

Analysis of the PWV variations observed by a hyper-dense network of GNSS receivers prior to localized rainfall
Analysis of the PWV variations observed by a hyper-dense network of GNSS receivers prior to localized rainfall

IWAKI, Yuya¹ ; REALINI, Eugenio¹ ; TSUDA, Toshitaka^{1*} ; SATO, Kazutoshi¹ ; OIGAWA, Masanori¹
IWAKI, Yuya¹ ; REALINI, Eugenio¹ ; TSUDA, Toshitaka^{1*} ; SATO, Kazutoshi¹ ; OIGAWA, Masanori¹

¹RISH, Kyoto University

¹RISH, Kyoto University

Sudden and localized heavy rainfall events are posing increasing danger to urban areas, not only for the generation of floods, but also for the possibility to trigger landslides and damage crucial infrastructures. Numerical weather prediction models need to be supported by observations with sufficiently high spatial resolution, in order to be able to successfully forecast such localized precipitation events. To this aim, a crucial parameter to be monitored is the amount of precipitable water vapor (PWV), as well as its spatial distribution over the area of interest, and its variation over time. The Global Positioning System (GPS), which is one of the Global Navigation Satellite Systems (GNSS) currently available, has been increasingly used not only for positioning, but also for the remote sensing of physical parameters useful in Earth sciences. The PWV, or integrated amount of water vapor along the zenith direction, can be estimated by GPS (or GNSS) meteorology, which is a method that associates the amount of water vapor to the tropospheric delays which affect the signals of positioning satellites.

We deployed a dual-frequency (DF) GNSS network around Uji campus of Kyoto University, Japan, with inter-station distances of about 1-2 km. By using this network, we built a basic system to observe PWV fluctuations occurring within a small horizontal scale (less than 10 km), which are then analyzed to identify possible precursors of local torrential rain. Results from two observation campaigns (executed in the summer of 2011 and 2012) to retrieve and study GPS-derived PWV showed that its difference from other meteorological instruments was at most 2 mm in RMSE. We analyzed the variations of PWV detected when localized heavy rain was observed on July 9 and 25, 2012. Both the averaged value and the variance of PWV among GNSS stations increased before a nearby meteorological radar detected the rain clouds. In the latter case, the relative value of PWV among stations was larger than 5 mm.

For turning this system into practical use, e.g. for supporting a heavy rain early warning system, real-time satellite orbit and clock products are required. To estimate and correct the error of predicted satellite clock information, we used stations from the existing nation-wide GPS network in Japan (GEONET), with long baselines (~100 km). The difference between the real-time PWV and that obtained in post-processing by means of precise orbit and clock products was 1.5 mm in RMSE.

Furthermore, the cost-effective deployment of hyper-dense GNSS networks over urban areas would benefit from the usage of inexpensive single-frequency (SF) receivers. We implemented and tested a software application that estimates and interpolates the ionospheric delay from DF stations surrounding the hyper-dense network, in order to compensate SF observations for the effect of the ionosphere, according to a method called SEID (Satellite-specific Epoch-differenced Ionospheric Delay), which was originally developed at the GFZ in Potsdam, Germany. By applying SEID for SF PWV retrieval, the error in terms of PWV with respect to the DF solution was about 1.6 mm in RMSE. The PWV horizontal distribution obtained by SF analysis with this model could detect localized PWV inhomogeneity emerging prior to a rainfall which occurred within a small horizontal scale (less than 10 km).

キーワード: GNSS, GPS, PWV, precipitation, tropospheric delay, ionospheric delay

Keywords: GNSS, GPS, PWV, precipitation, tropospheric delay, ionospheric delay

PWV retrieval by radiosondes and GPS receivers in Indonesia: spatial and time variations associated to rain events
PWV retrieval by radiosondes and GPS receivers in Indonesia: spatial and time variations associated to rain events

REALINI, Eugenio¹ ; SATO, Kazutoshi² ; TSUDA, Toshitaka^{1*} ; SUSILO, .³ ; MANIK, Timbul⁴
REALINI, Eugenio¹ ; SATO, Kazutoshi² ; TSUDA, Toshitaka^{1*} ; SUSILO, .³ ; MANIK, Timbul⁴

¹RISH, Kyoto University, Japan, ²RISH, Kyoto University, Japan - now at JAXA, Japan, ³Indonesian Geospatial Information Agency (BIG), Indonesia, ⁴National Institute of Aeronautics and Space (LAPAN), Indonesia
¹RISH, Kyoto University, Japan, ²RISH, Kyoto University, Japan - now at JAXA, Japan, ³Indonesian Geospatial Information Agency (BIG), Indonesia, ⁴National Institute of Aeronautics and Space (LAPAN), Indonesia

Flooding due to local convective rain is a serious problem in the urban area of Jakarta, Indonesia. However, accurate prediction of local heavy rainfall events by means of current mesoscale numerical prediction models is difficult, partly because of lacking meteorological observations in Indonesia. Spatial and time variations of water vapor over a given area are expected to increase before precipitation occurs, due to the accumulation of water vapor in the lower troposphere, followed by convective instability. A means to reliably and continuously monitor Precipitable Water Vapor (PWV) is needed in order to detect such variations before the formation of rain clouds. GPS meteorology, i.e. the retrieval of PWV above a GPS station of known coordinates, is a useful technique to achieve this objective. The GPS signal delay induced by tropospheric refractivity is related to the amount of water vapor along the slant path between each satellite and the receiver antenna, therefore each fixed GPS station can be effectively employed as a sensor that continuously monitors the PWV with high temporal resolution (down to few seconds). By deploying multiple GPS stations that concurrently estimate the amount of PWV at different locations within an area of interest, one can evaluate the spatial and time fluctuations of the water vapor field, and investigate their relation to rain events.

We conducted a PWV observation campaign from 23 July to 5 August 2010 by using five GPS receivers installed at four different locations in Jakarta and Bogor, on Java island, Indonesia. Radiosondes were launched three to four times a day, from a site co-located with two of the receivers, in order to validate the GPS-derived PWV data. The validation resulted in a root mean square error of 2-3 mm. The influence of atmospheric pressure and temperature on GPS-derived PWV can be significant, therefore it was evaluated by referring to ground pressure and temperature measured by weather stations, and radiosonde temperature profiles. A regular semi-diurnal pressure oscillation was observed, showing an amplitude ranging from 3 to 5 hPa, which corresponds to 1.1-1.8 mm in PWV. A temperature inversion layer was observed in the radiosonde profiles during the night, which resulted in an error of about 0.5 mm in the retrieved PWV.

During the campaign, there was a passage of precipitation clouds over western Java, moving southwestward from the Equator towards the Indian Ocean, from 26 to 29 July. A second precipitation event, with localized rain clouds near Bogor, occurred on 2 August. Both events were observed also by a C-band Doppler Radar, operated in Serpong by the Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC) as part of the HARIMAU project. The highest value of GPS-derived PWV (about 68 mm) was observed on 27 July, coinciding with the first rainfall event. Spatial and time variations in the estimated PWV between the four sites were enhanced before both the analyzed rainfall events, on 27 July and 2 August. We thus suggest the possibility that the spatial and time inhomogeneity of PWV detected by a network of GPS receivers could be used to support the prediction of rainfall events.

キーワード: PWV, GPS, precipitation, Indonesia

Keywords: PWV, GPS, precipitation, Indonesia

「気候変動に伴う極端気象に強い都市創り (TOMACS)」における首都圏稠密観測 A Dense Observation of the Tokyo Metropolitan Area Convective Study for Extreme Weather Resilient Cities (TOMACS)

小司 禎教^{1*}
SHOJI, Yoshinori^{1*}

¹ 気象研究所
¹ Meteorological Research Institute

高度に発達した交通網や通信網を有し、数百万以上の人々が生活する大都市には、台風、集中豪雨、落雷、突風などの激しい気象擾乱に対する脆弱性が内在している。今後の気候変動に伴って懸念される局地的豪雨の多発化や巨大台風の発生は都市型災害の被害を甚大化する可能性が高く、局地的大雨・強風などの極端気象の監視・予測技術の確立は急務となっている。

2010年4月より、文部科学省社会システム改革と研究開発の一体的推進「極端気象に強い都市創り」のもと、前例のない稠密観測網と、モデリング、及び社会実験が、防災科学技術研究所 (NIED)、気象研究所 (MRI) 及び 25 を越える研究機関、大学、地方公共団体、民間企業と 100 人を越える研究者・実務者の参加によって推進されている。首都圏の局地的な影響の大きい気象現象 (Local High Impact Weather: LHIW) をターゲットとするこのプロジェクトは、次の3つの研究テーマから構成されている。

- 課題1：稠密気象観測による極端気象のメカニズム解明
- 課題2：極端気象の監視・予測システムの開発
- 課題3：極端気象に強い都市創り社会実験

課題1では首都圏を対象に、気象庁や国土交通省の既存観測システムに加え、最新の観測システム (Xバンド及びCバンドの二重偏波レーダー、Kuバンド高速スキャンレーダー、ドップラーライダー、マイクロ波放射計、GPS観測網、高層ゾンデ、無人飛行機観測等) を結集した稠密気象観測により多数の積乱雲を観測する。それらのデータを用いて、環境場、積乱雲の発生要因、発生・発達・衰弱までのプロセスを理解した上で、データ解析、数値モデル再現実験等により災害をもたらす積乱雲、及び災害をもたらさない積乱雲の発生・発達・衰弱メカニズムを解明するとともに、研究テーマ2で使用するデータセットを作成する。大都市での深い対流の密な気象観測網はユニークであり、世界的なテストベッドとして着目されている。

集中観測期間は、統計的に雷雨発生頻度の多い7月下旬から8月末に設定され、2011-2013年に実施された。集中観測期間中、いくつかLHIWが発生し、対流圏の環境場、境界層、積乱雲の初期の発達過程と一生について、精力的な解析が進められている。ここでは研究の必要性、観測システムの概要、得られた成果について紹介する。

キーワード: メソ気象, 稠密観測, 気候変動, 極端気象

Keywords: Mesoscale Meteorology, Dense Observation, Climate Change, Extreme Weather

積乱雲発生に先立つ局地前線の事例解析と JMA-NHM の再現性検証 A case study on the local front prior to the cumulonimbus cloud and the verification of JMA-NHM simulation

南雲 信宏^{1*}; 山田 芳則¹; 川畑 拓矢¹; 佐藤 英一¹
NAGUMO, Nobuhiro^{1*}; YAMADA, Yoshinori¹; KAWABATA, Takuya¹; SATO, Eiichi¹

¹ 気象研究所

¹ Meteorological Research Institute

2013年7月23日の東京都心部に発生した積乱雲観測事例を対象に、孤立積乱雲の発生に先立ち関東平野で観測された局地前線を解析した。また、JMA-NHMを用いた数値シミュレーションを行い、その再現性を検証した。

局地前線と積乱雲の形成に関する解析は、羽田空港に設置されたドップラーレーダー (DRAW) と東京工業大学 (大岡山キャンパス) のドップラーライダー、そして地上に展開する気象観測データを含む、複数の観測測器で構築した稠密観測網によって得られたデータを用いた。数値シミュレーションの検証では、気象庁非静力学モデル (JMA-NHM) を解像度 500 m で計算した結果を用いた。

計算の初期値・境界値には2013年7月22日15UTCの気象庁メソ解析を用い、解像度5kmの計算を東日本を広く覆うスケールで計算し、関東平野を覆う領域を1km,500mの解像度でネスティングし、2013年7月23日02UTCからの10時間について解析を行った。尚、解像度500mの境界層過程の計算にはdeardorff(1980)を用いた。

夏の関東平野では一般に、日本の南にある高気圧や海風前線の影響で、東京湾や相模湾から南寄りの暖かく湿った空気が流入する。それらと関東平野東部の相模湾から流入する東風とが東京都心部周辺で収束することで積乱雲が発生するという説明がしばしばなされる。観測データの解析の結果、2013年7月23日の注目した孤立積乱雲の発生には海風前線同士の収束がトリガーとなっていることがわかった。さらに、そこにはガストフロントも重要な役割を果たしていることがわかった。この日は東京湾や相模湾では日中に海風前線が形成され、およそ1m/sで内陸に進入した。海風前線の後面では複数の孤立積乱雲が発生し、消失とともにガストフロントを形成した。ガストフロントはおよそ3m/s程度で海風前線の後面で広がった。海風前線の一部はガストフロントの前方にあって、次第に進行方向を変え、北東方向に進行した。この海風前線はもともとの東京湾から吹く南東の風と収束する点で積乱雲が発生した。

一方、現業の数値予報ではこの日の関東平野に強い降水を予想していたが、必ずしも全ての現象は再現していなかった。解像度500mのJMA-NHMのシミュレーションを羽田DRAWと比較した結果、東京湾や相模湾から発生する海風前線は表現していた。その水平分布は実況の位置に近かった。また海風前線通過後には一部の孤立積乱雲を表現していた。しかし、シミュレーションでは、積乱雲からのガストフロントは計算されていたが、その広がりや実況のガストフロントの進入に比べて小さかった。

ドップラーライダーは海風前線とガストフロントの水平・鉛直構造も捉えていたため、モデルが表現する同じ現象と比較することが出来る。モデルの再現性を検証し問題点を把握することは予報精度の改善につながる。そのため、今後は解像度500mのJMA-NHMが表現する海風前線とガストフロントを調査し、実況との共通点・相違点について検証する。

キーワード: 対流雲, 局地前線, 数値シミュレーション

Keywords: convective cloud, local front, numerical simulation

InSAR で捉えた局所的水蒸気シグナルの再現に向けた WRF による数値シミュレーション Numerical simulations using WRF model for reproducing localized delay signals derived from InSAR

木下 陽平^{1*}; 古屋 正人¹
KINOSHITA, Youhei^{1*}; FURUYA, Masato¹

¹ 北海道大学大学院理学研究院自然史科学部門
¹Natural History Sciences, Hokkaido University

For elucidating the mechanism of meso-scale phenomena involving a phase change of water molecule, water vapor is one of the most important but poorly understood parameter in meteorology. Recently, the Global Navigation Satellite System (GNSS) are routinely used to provide near-real-time estimates of PWV (Foster et al., 2005) and to assimilate routine weather forecasts (e.g. Nakamura et al., 2004). However, the limitation using GNSS atmospheric delay for meteorology is its spatial resolution, for example about 20 km for the Japanese GNSS network (GEONET). Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) phase signals, which can detect surface deformations with high-spatial resolution, are affected by earth's atmosphere like GNSS. Therefore, InSAR can detect water vapor distribution with high spatial resolution without any surface deformation signals or other errors and thus is potentially useful for meteorological applications. In previous studies, Hanssen et al. (1999) showed the coincidence between water vapor signals detected by InSAR and spatial distributions of rainfall echo detected by a weather radar (WR), indicating the possibility of InSAR as a water vapor sensor. Kinoshita et al. (2013) showed the water vapor distribution during the heavy rain event using ALOS/PALSAR emergency observation data. They conducted the estimation of the three-dimensional (3D) water vapor distribution and performed numerical simulations by means of the Weather Research and Forecast (WRF) model, which could reproduce a convective system observed as a localized signal in the InSAR image. However, there were still few cases detecting localized water vapor signals with InSAR and few studies using InSAR for meteorological applications.

In our past presentations, we reported several case studies detecting localized water vapor signals associated with deep convective systems with InSAR derived from ALOS/PALSAR data (Kinoshita et al., JpGU 2013), some of which reached over 20 cm in the line-of-sight direction within 10 km square. Observed locations of these interferograms are at Niigata (two cases), Shizuoka, Kyoto, Saga and Miyazaki. These signals are equivalent to about 21 mm in the precipitable water vapor, and are higher than that around each signal. Each signal located at the very location of high rainfall intensity in the WR data, and is regarded as including few ionospheric effects because of the use of PALSAR data with descending orbit. Such localized signals strongly suggest the existence of developed convective systems at SAR observation time. However, it is difficult to elucidate mechanisms of phenomena that caused these localized signals.

In this study, we will perform numerical simulations using the WRF model for the purpose of investigate mechanisms of these phenomena and compare simulation results with derived InSAR data. At the presentation, we will show these results and discuss them.

キーワード: InSAR, 水蒸気, WRF, 伝搬遅延, Numerical simulation

Keywords: InSAR, Water vapor, WRF, Propagation delay, Numerical simulation

Xバンドフェーズドアレイレーダの開発と観測 Development and Observation of the Phased Array Radar at X band

牛尾知雄^{1*}; 嶋村重治¹; 菊池博史¹; Wu Ting¹; 妻鹿友昭¹; 水谷文彦²; 和田将一²; 佐藤晋介³; 井口俊夫³
USHIO, Tomoo^{1*}; SHIGEHARU, Shimamura¹; KIKUCHI, Hiroshi¹; WU, Ting¹; MEGA, Tomoaki¹; MIZUTANI, Fumihiko²
; WADA, Masakazu²; SATOH, Shinsuke³; IGUCHI, Toshio³

¹ 大阪大学, ² 東芝, ³ 情報通信研究機構

¹Osaka University, ²Toshiba, ³NICT

A new Phased Array Radar (PAR) system for meteorological application has been developed by Toshiba Corporation and Osaka University under a grant of NICT, and installed in Osaka University, Japan last year. It is now well known that rapidly evolving severe weather phenomena (e.g., microbursts, severe thunderstorms, tornadoes) are a threat to our lives particularly in a densely populated area and the number of such phenomena tends to increase as a result of the global warming. Over the past decade, mechanically rotating radar systems at the C-band or S-band have been proved to be effective for weather surveillance especially in a wide area more than 100 km in range. However, rapidly evolving weather phenomena have temporal and spatial scales comparable to the resolution limit (-10 min. and -500m) of typical S-band or C-band radar systems, and cannot be fully resolved with these radar systems. In order to understand the fundamental process and dynamics of such fast changing weather phenomena, volumetric observations with both high temporal and spatial resolution are required. The phased array radar system developed has the unique capability of scanning the whole sky with 100m and 10 to 30 second resolution up to 60 km. The system adopts the digital beam forming technique for elevation scanning and mechanically rotates the array antenna in azimuth direction within 10 to 30 seconds. The radar transmits a broad beam of several degrees with 24 antenna elements and receives the back scattered signal with 128 elements digitizing at each elements. Then by digitally forming the beam in the signal processor, the fast scanning is realized. After the installation of the PAR system in Osaka University, the initial observation campaign was conducted in Osaka urban area with Ku-band Broad Band Radar (BBR) network, C-band weather radar, and lightning location system. The initial comparison with C band radar system shows that the developed PAR system can observe the behavior of the thunderstorm structure in much more detail than any other radar system. The observed high temporal resolution images of the severe thunderstorm are introduced, showing the potential capabilities of the PAR system. The correlation coefficient of the reflectivity in PAR with C band radar ranges from 0.6 to 0.9 as a function of the distance from the PAR.

Although the phased array radar system using the digital beam forming technique can estimate the 3 dimensional structure of the precipitation system within 10 to 30 seconds with 100 meter resolution, the observation results also shows the received signal was seriously contaminated by the relatively high received power from ground clutter and strong precipitation echoes through the side lobes of the transmitting beam. To avoid this problem, a beam forming technique using the MMSE (Minimum Mean Square Error) formulation was proposed and tested. This approach can adaptively mitigate the masking interference that results from the standard digital beam forming method in the vicinity of ground clutter and strong precipitation area. The proposed method is compared with the standard beam forming technique by applying to the huge raw IF signal data digitized at each 128 antenna elements. The results show that the proposed technique can correctly estimate the precipitation echo within a few dB even in the presence of a strong ground clutter that is more than 20 dB higher than the precipitation echo with 15 pulse repetition number. The MMSE based technique is shown to be superior to the standard DBF scenarios under the small number of pulse repetitions to achieve the rapid scanning.

キーワード: フェーズドアレイレーダ, 降水
Keywords: Phased Array Radar, Precipitation

Ku バンドレーダーによる降水コアの解析 Descending reflectivity core analysis by Ku-band radar

佐藤 英一^{1*}; 楠 研一¹; 藤原 忠誠¹; 斉藤 貞夫¹; 小司 禎教¹
SATO, Eiichi^{1*}; KUSUNOKI, Kenichi¹; FUJIWARA, Chusei¹; SAITO, Sadao¹; SHOJI, Yoshinori¹

¹ 気象研究所

¹ Meteorological Research Institute

我々は Ku バンドレーダーを東京都武蔵野市に設置し、局地的大雨や竜巻など都市域における極端気象をターゲットに 2011 年から観測を行っている。Ku バンドレーダーは 1 分毎にボリュームスキャンを作成可能なため、そのような現象のメカニズムの解明に役立つと考えている。

本研究では、セルを 25dBZ 以上の領域、コアをセル内のピークと定義し、それらの認識を以下の手順で行った。1) $r\theta$ データの xyz データへの変換、2) 値化、ラベリングによるセルの認識、3) 最急降下法によるコアの認識。

本発表では、セル・コア認識アルゴリズムによる解析結果について報告する。

キーワード: 降水コア, Ku バンドレーダー, 高速スキャンレーダー, 極端気象

Keywords: descending reflectivity core, Ku-band radar, fast scan radar, extreme weather

都市域での極端強雨発生に対するヒートアイランド影響 Influence of urban heat excess on heavy rain environment

菅原 広史^{1*}; 清野 直子²; 小田 僚子³
SUGAWARA, Hirofumi^{1*}; SEINO, Naoko²; ODA, Ryoko³

¹ 防衛大学校, ² 気象研究所, ³ 千葉工業大学

¹National Defense Academy, ²Meteorological Research Institute, ³Chiba Institute of Technology

There are several observed fact that cities give influence on the precipitation, or cumulus generation. However the mechanism of urban influence on precipitation is not clarified. There would be three physical processes. Buildings could form updraft through a roughness effect. Much heat excess from cars, air conditioners and asphalt roads could also form updraft. Urban aerosol can be a condensation nuclei and gives chance to form cloud, however too much nuclei should suppress cloud droplets growing.

This study focuses on the heat effect. We measured surface sensible heat flux in urban, suburban and rural areas, and evaluated the urban heat excess quantitatively. The resulted heat excess amount was used to in calculation of atmospheric stability index.

In the heat flux measurement, the eddy correlation method which should be the most reliable way of heat flux measurement was used at the rural and suburban site. At urban site, we used the scintillation method which has a advantage of larger scale of measurement (km scale) than that of the eddy correlation method (100 m scale). The reason for taking scintillation method at urban site is severe heterogeneity in urban area. Urban area is mosaic of buildings, roads, parks, bare soil on the school ground field, and sometimes rivers or channels. Scintillation method enable us to measure the area-averaged heat flux in the urban heterogeneity. We used a modified scintillation method which takes into account of surface unevenness by the buildings. We operated measurement site for three years and analyzed a hourly composite of 50 fine days in July. As a result, urban heat flux is largest followed by suburban and rural. The difference between urban and rural was 140 Wm⁻² at noon time.

We evaluated CAPE index for each site. We used simple 1D model to calculate the change of temperature profile by the surface flux. The morning initial condition to calculate daytime growing of mixed layer was acquired from the sonde observation. We adopted same initial profile for urban, suburban and rural, and give observed surface heat flux for each. This way of analysis evaluates thermal influence of land-use on CAPE index. The CAPE at 1500 LST is largest in cities and the difference between rural and city is 15%.

キーワード: ヒートアイランド, 都市気候

Keywords: heat island, urban climate

OROGRAPHIC PRECIPITATION OBSERVATION IN JEJU ISLABD, KOREA (2012-2013)
OROGRAPHIC PRECIPITATION OBSERVATION IN JEJU ISLABD, KOREA (2012-2013)

LEE, Dong-in^{1*}
LEE, Dong-in^{1*}

¹Department of Environmental Atmospheric Sciences, Pukyong National University

¹Department of Environmental Atmospheric Sciences, Pukyong National University

In summer monsoon season, a Korean Peninsula is influenced by several weather phenomena such as the Changma-front, typhoon, strong low pressure, and local heavy precipitation. Especially, the orography plays an important role in controlling the cloud formation, amount and precipitation distribution. To find out the precipitation development mechanism by orographic effect, we performed the intensive field observation around Mt. Halla in Jeju island (33.21 N and 126.32 E, width 78 km and length 35 km) which is located at the southern part of Korea with JNU (Jeju National University), KNU (Kyungpook National University), IJU (Inje University), KMA (Korea Meteorological Administration), and NIMR (National Institute of Meteorological Research). We installed and arranged the observational instruments such as, AWS, radiosonde (including mobile sonde and ship sonde), Parsivel, 2DVD, ultrasonic anemometer, and raingauge along the altitudes in Jeju island. Each disdrometer sites were located in straight line considering topography between two S-band Doppler radars. We analyzed synoptic condition by NCEP/NCAR reanalysis data and kinematic characteristics of precipitation by dual Doppler radar analysis using S-band radars in KMA.

In 2012 case, the Changma-front was located in the northern part of the Jeju island and the precipitation system passed from the southwest to the northeast. The accumulated precipitation (31.7 mm) was recorded at the site PR4 which was placed in the highest (H: 975 m). During the passage of precipitation, the south westerly wind ($>12 \text{ m s}^{-1}$) with warm and humid air and the cold (lower layer) and warm advection (upper layer) were observed. From the microphysical analyses, PR2 (windward side, H: 571 m) and PR6 (leeward side, H: 324 m) sites indicated high rain rate about 60 to 75 mm hr^{-1} by orographic effect.

In 2013 case, the Changma-front located in the center of Jeju island and precipitation system passed from the southwest to northeast. The warm advection in lower layer and cold advection in upper layer were observed by radiosonde analyses, relatively. Strong southwesterly winds were blown with moist environment in surface layer. By the wind field analysis, convergence in west and divergence in east were existed and updraft in Jeju island and downdraft in ocean area, relatively. High number concentration at PR4, 5 and PR8 were shown with small size raindrops (less than 2 mm), however large size raindrops (larger than 6 mm) were distributed at PR7(northeast in island) and PR9(southwest in island).

キーワード: Orographic precipitation, intensive field observation, Jeju island
Keywords: Orographic precipitation, intensive field observation, Jeju island

Characteristics of distribution and preceding surface conditions of cumulonimbus clouds appeared on Kofu Basin on a calm Characteristics of distribution and preceding surface conditions of cumulonimbus clouds appeared on Kofu Basin on a calm

佐野 哲也^{1*}; 末次 忠司¹; 大石 哲²
SANO, Tetsuya^{1*}; SUETSUGI, Tadashi¹; OISHI, Satoru²

¹ 山梨大学 大学院附属国際流域環境研究センター, ² 神戸大学 都市安全研究センター

¹International Reserch Center for River Basin Environment, University of Yamanashi, ²Research Center for Urban Safety and Security, Kobe University

On a calm summer day, cumulonimbus clouds often appear on complex terrains with the thermal induced local circulations. The appearance of such cumulonimbus clouds on a basin is not so frequent ordinarily. Once a cumulonimbus cloud appears on a basin, it often brings much rainfall in a short time, which becomes triggers of weather related disaster in urban city on a basin. However, the characteristics of the generation of cumulonimbus clouds on a basin and the conditions in a basin preceding the generation of them have not been known enough. In this study, for the example of above situation, we analyze the distribution of the appearance of cumulonimbus clouds on Kofu Basin and the conditions in Kofu Basin preceding the appearance of them.

The days of the appearances of cumulonimbus clouds on Kofu basin in a calm day confirmed by the observation of X-MP radar of University of Yamanashi (UYR) were 8 days out of 1 July to 30 September on 2012. Although the number of the events was limited, they brought large rainfall amount of 20 to 30 mm in an hour. The positions of the appearance concentrated from center to eastern side on Kofu Basin.

Before the appearance, south-southwesterly (SSW-ly) and southeasterly (SE-ly) surface wind was measured on western and eastern sides on Kofu Basin, respectively. When SSW-ly or SE-ly wind expanded to reach Kofu city that locates center of Kofu Basin, surface equivalent potential temperature (θ_e) increased. From The meso-scale objective analyzed data of Japan Meteorology Agency (JMA-MANAL) shows strong south-component wind with high- θ_e toward Kofu Basin from Suruga Bay through a valley connecting Suruga Bay to Kofu basin at the level of about 900 hPa. At the eastern side of Kofu Basin, strong east-component wind with high- θ_e crossing the mountains on the eastern side was appeared. Then, the south-component wind and the east-component wind formed horizontal convergence on Kofu basin. So, we consider that, the winds entering from the outer side of Kofu Basin, conditional instability intensified and horizontal convergence formed in Kofu Basin, which played a role as trigger of precipitating cell on Kofu Basin.

Keywords: Cumulonimbus cloud, Kofu Basin, Conditions preceding the appearance of a cumulonimbus cloud

Transition to resilience to extreme weather ,high-resolution monitoring and international synergies

Transition to resilience to extreme weather ,high-resolution monitoring and international synergies

SCHERTZER, Daniel^{1*} ; MAKI, Masayuki² ; TCHIGUIRINSKAIA, Ioulia¹
SCHERTZER, Daniel^{1*} ; MAKI, Masayuki² ; TCHIGUIRINSKAIA, Ioulia¹

¹Ecole des Ponts ParisTech, U. Paris Est, ²Research and Education Center for Natural Hazards, Kagoshima U.

¹Ecole des Ponts ParisTech, U. Paris Est, ²Research and Education Center for Natural Hazards, Kagoshima U.

Transition from high vulnerability to extreme weather to resilience is a major challenge for megacities in response to two main drivers: urban sprawling and climate change. The functioning of cities, particularly the large ones, should be observed, understood, simulated and monitored on much larger ranges of scales than usually done. This requires at first observations of many geophysical fields with an unprecedented resolution to achieve high-resolution monitoring. However, this also requires an advanced understanding/modeling of the nonlocal interactions between large and small scales, e.g. between weather and climate scales.

Finally, this pleads in favor of methodological approaches across scales, rather than over very limited ranges of scales. Such methodologies aim in fact to quotient out non trivial symmetries and therefore should enable us to dig out the relevant information from otherwise under-exploited big data.

Such approaches have been often invoked, but barely achieved because they correspond to formidable tasks that require an unprecedented development of international cooperation on both advanced technologies and methodologies. We will illustrate these questions with examples of research and innovation programs on flood resilience which seem rather complementary across national boundaries but require nevertheless much stronger international synergies.

キーワード: extreme weather, cities, resilience, high-resolution, synergies, international

Keywords: extreme weather, cities, resilience, high-resolution, synergies, international

The effect of scaling anisotropy on weather extremes The effect of scaling anisotropy on weather extremes

FITTON, George^{1*} ; TCHIGUIRINSKAIA, Ioulia¹ ; SCHERTZER, Daniel¹
FITTON, George^{1*} ; TCHIGUIRINSKAIA, Ioulia¹ ; SCHERTZER, Daniel¹

¹Universite Paris Est, Ecole des Ponts ParisTech, LEESU, 6-8 avenue B. Pascal, Cite Descartes, 7745

¹Universite Paris Est, Ecole des Ponts ParisTech, LEESU, 6-8 avenue B. Pascal, Cite Descartes, 7745

Predicting extreme weather events in and around cities is far from straight forward. Even in a stable and unbounded atmosphere, crude numerical approximations of the Navier-Stokes equations are required for reasonable computation times. Hence, numerical simulations of the weather in and around cities become even more complex, and therefore require much coarser space and time scales to model both the macro weather and the complex boundary conditions created by buildings and other urban structures. Such models will severely underestimate extremes due to the necessary truncation of scales to deal with these additional complexities.

While progress in numerical simulation depends on the next fastest processor, measurement techniques on the other hand are becoming rapidly more and sophisticated. There appears however to be a gap forming in the ability to utilise the enormous datasets produced from new measurement techniques. This seems mainly due to outdated statistical methods that are used to make sense of these overwhelming databases.

In this study we propose a method, based on the structure function, that allows one to easily estimate the Levy index α of the wind. We show that due to the complex nature of a three-dimensional wind a rotated frame of reference is necessary in order to obtain a universal multifractal structure function exponent. We show that the angular dependency of the scaling exponent results in either an increase or decrease in dimension. This increase or decrease in dimension causes a first or second-order phase transition respectively. The kind of phase-transition that occurs is directly related to the generation of extremes of the wind.

The combination of this kind of analysis with the advancements in measurement techniques that are coming to light should allow for the better prediction of extreme weather events in and around cities.

キーワード: Extremes, Weather, Universal Multifractals, Wind, Anisotropy, Scaling
Keywords: Extremes, Weather, Universal Multifractals, Wind, Anisotropy, Scaling

The Impacts of extreme weather on urban water bodies The Impacts of extreme weather on urban water bodies

MEZEMATE, Yacine^{1*} ; FITTON, George¹ ; TCHIGUIRINSKAIA, Ioulia¹ ; SCHERTZER, Daniel¹ ; BONHOMME, Celine¹ ; SOULIGNAC, Frederic¹ ; LEMAIRE, Bruno¹ ; VINCON LEITE, Brigitte¹
MEZEMATE, Yacine^{1*} ; FITTON, George¹ ; TCHIGUIRINSKAIA, Ioulia¹ ; SCHERTZER, Daniel¹ ; BONHOMME, Celine¹ ; SOULIGNAC, Frederic¹ ; LEMAIRE, Bruno¹ ; VINCON LEITE, Brigitte¹

¹Universite Paris Est, Ecole des Ponts ParisTech, LEESU, Marne La Vallee, France

¹Universite Paris Est, Ecole des Ponts ParisTech, LEESU, Marne La Vallee, France

In the event of heavy rainfall, large amounts of storm water will carry roof runoff pollutants into urban lakes. This kind of discharge not only changes the dynamics of the lake (i.e. the mixing processes that occur) but also complicates ones ability to predict pollutant concentrations. Being able to quantify these changes in pollutant during and after extreme weather events is important for water quality management.

In the interest of understanding the impact of extreme weather events on water bodies, we set-up an Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) next to a storm water discharge point at the bottom of a shallow urban lake in Creteil, a region in Paris.

The ADCP is particularly useful for analysing the turbulent boundary-layer (TBL) during these extreme weather events as it is able to measure the 3D velocity, in 127 vertical cells, over 3 meters. This is a unique situation compared to the atmospheric boundary-layer where profilers are typically coarsely spaced in the vertical.

To analyse the TBL dynamics we look only at the scaling properties of the velocity field. If the velocity is scaling the log-log plot of the energy spectra will be linear in wavenumber (or frequency). The slope of the log-log plot of the spectra gives the spectral scaling exponent. Performing the analysis we find a spectral exponent close to -1. Dimensional arguments suggest that this exponent occurs when the energy flux becomes dependent on the friction velocity instead of the length scale; likely a result of the strong inflow during extreme rainfall events. The ADCP data allows us to observe a smooth transition from a free stream turbulent regime (-5/3) to a bounded-turbulent exponent (-1) through depth.

This kind of analysis suggests the possibility for a general scaling model of the TBL that can be used to predict the mixing of pollutants during and after extreme weather events.

キーワード: Urban Lake, Turbulence, Extreme Weather, Boundary-Layer
Keywords: Urban Lake, Turbulence, Extreme Weather, Boundary-Layer

Statistical Analysis of Large Drop Occurrence and Its Effect on Drop Size Distribution Statistical Analysis of Large Drop Occurrence and Its Effect on Drop Size Distribution

JUNG, Sung-a^{1*}; MAKI, Masayuki²; LEE, Dong-in¹; KIM, Ji-hyeon³; TSUCHIYA, Shyuichi⁴
JUNG, Sung-a^{1*}; MAKI, Masayuki²; LEE, Dong-in¹; KIM, Ji-hyeon³; TSUCHIYA, Shyuichi⁴

¹Pukyong National University, Korea, ²Kagoshima University, Japan, ³Weather Radar Center, Korea, ⁴National Institute for Land and Infrastructure Management, Japan

¹Pukyong National University, Korea, ²Kagoshima University, Japan, ³Weather Radar Center, Korea, ⁴National Institute for Land and Infrastructure Management, Japan

A large data set of raindrop size distribution (DSD) measured by 2-Dimensional Video Distrometer (2DVD) on 12 locations in Japan is analyzed using the truncated modified gamma DSD model and the normalized gamma DSD model. The present study seeks to: 1) explore the general properties of DSD observed at Kanto, Hokuriku, Nagoya, Kinki and Kyushu in Japan; 2) find the governing parameters of DSD models in different geographical and seasonal regime; 3) statistics of big drops occurrence and intrinsic shape of the DSD with extremely large drops; 4) find relationships between DSD parameters such as the shape and slope parameters, the generalized intercept parameter and volume-weighted mean diameter, and etc. The present study on statistical analysis of DSD provide us information which is necessary to understand big drop microphysics and precipitation.

キーワード: large drop, DSD, 2DVD

Keywords: large drop, DSD, 2DVD

高度な気象情報を利用した防災に関する社会実験 A Social Experiments on Disaster Prevention by Using of the Advanced Weather Information

中谷 剛^{1*}; 小司 禎教²; 三隅 良平¹; 中村 功³; 真木 雅之⁴

NAKATANI, Tsuyoshi^{1*}; SHOJI, Yoshinori²; MISUMI, Ryohei¹; NAKAMURA, Isao³; MAKI, Masayuki⁴

¹ 独立行政法人 防災科学技術研究所, ² 気象研究所 気象衛星・観測システム研究部, ³ 東洋大学社会学部, ⁴ 鹿児島大学地域防災教育研究センター

¹National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, ²Dept. of Meteorological Satellite and Observation System Research, Meteorological Research Institute, ³Toyo Univ., Faculty of Sociology, ⁴ERCPD, Kagoshima Univ.

The National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention has been carried out the research project on 「Tokyo Metropolitan Area Convection Sturdy for Extreme Weather Resilient Cities(TOMACS)」 in cooperation with 25 research agencies, researchers of more than 100 people and disaster management personnel of local governments. In this project we have been working on the following three research subjects.

- (1) Studies on extreme weather with dense meteorological observations
- (2) Development of the extreme weather early detection and prediction system
- (3) Social experiments on extreme weather resilient cities

The study fields by the social experiment are Rescue Services (Tokyo Fire Department), Risk management(Edogawa ward, Yokohama city, Fujisawa city, Minamiashigara city), Infrastructure(JR East, JR Central, Obayashi) and Education and life(Toyo univ., The Certified and Accredited Meteorologists of Japan). In the social experiments, the each participated institutions have studied on the effective use of advanced weather information into disaster prevention according to their purposes.

The objective of social experiments are to enable the continuous use of advanced weather information through the fixing of the monitoring and prediction system of extreme weather. And also to discuss the problems and issues revealed in the course of social experiment, and to summarize as creating resilient city in extreme weather towards relevant government ministries and agencies, local government, the general population.

In this paper, overview of the social experiments is briefly explained and issues for continue use of advanced weather information are reported through the reference to the case of Edogawa-Ward where the X-band MP radar rainfall information is providing to residents. Finally this project is supported by the Japan Science and Technology Agency and Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology.

キーワード: 極端気象, 防災, 社会実験

Keywords: Extreme weather, Disaster prevention, Social experiment

GPS 気象学による熱帯域におけるメソ γ スケール対流現象の研究 Analysis of meso-gamma-scale convection in tropical regions using GPS meteorology

松田 貴文^{1*}
MATSUDA, Takafumi^{1*}

¹ 京都大学大学院理学研究科
¹ Graduate School of Science, Kyoto University

インドネシア等の熱帯域では、雨季に入ると夕方頃にスコールと呼ばれる豪雨を伴った突風が頻発し、住民生活に大きな影響を与えている。特にスコールに伴う豪雨に関して、数 km の範囲に短時間で大雨をもたらす局所的豪雨は現在では正確な予報が難しい。そのため、局所的に豪雨をもたらすメソ γ スケールの対流現象の発生・発達メカニズムを解明することが重要である。

「GPS 気象学」は衛星測位電波の大気遅延による「測位誤差」から水蒸気等の「大気情報」を得る大気計測法である。この手法により可降水量 (PWV、天頂方向の水蒸気積算量) が高い時間分解能で推定できる。メソスケール対流現象による降雨の発生は、GPS 気象学手法により推定した PWV (GPS-PWV) の時間変動および空間的非一様性と良く相関していることがわかっている。

本研究の目的は、熱帯域におけるメソ γ スケール対流現象を、特に GPS-PWV に着目して解明することである。

そこで我々は、インドネシアのバンドンで 2013 年の雨季に実施されたキャンペーンにおいて観測された GPS-PWV データ、ラジオゾンデデータ、降雨量データの解析を行った。

ラジオゾンデ測定による可降水量を解析することにより GPS-PWV の精度検証を行った。降雨量を解析した結果、夕方頃に降水する頻度が高いことがわかった。また、降雨が発生した場合には PWV の増加がみられることを確かめた。また、午前中に PWV が減少し極小値を示し、夕方頃に PWV が増加し極大値を示すという、PWV の一日周期の変動がみられることが確認された。

しかし、各観測点には 1000m 以上の標高差があり、GPS-PWV にその影響が強く出ている。そのため、GPS-PWV の空間的非一様性を考察するには、標高差補正が必要となる。

キーワード: GPS 気象学, 局所的豪雨, メソ γ スケール対流, 熱帯域, インドネシア

Keywords: GPS meteorology, local heavy rain, meso-gamma-scale convection, tropical regions, Indonesia

Development of high resolution spatio-temporal precipitation data using a network of polarimetric X-band radars in Japan

Development of high resolution spatio-temporal precipitation data using a network of polarimetric X-band radars in Japan

KIM, Yu-ra^{1*}; LEE, Dong-in¹; JEONG, Jong-hoon¹; MAKI, Masayuki²
KIM, Yu-ra^{1*}; LEE, Dong-in¹; JEONG, Jong-hoon¹; MAKI, Masayuki²

¹Department of Environmental Atmospheric Sciences, Pukyong National University, ²Department of Research and Education Center for Natural Hazards, Kagoshima University

¹Department of Environmental Atmospheric Sciences, Pukyong National University, ²Department of Research and Education Center for Natural Hazards, Kagoshima University

Localized convective precipitation develops rapidly in a very short time and is conducive to extreme local rainfall amount. The X-band polarimetric radar is useful to analyze the convective precipitation because it can provide us polarimetric radar parameters which are useful to understand microphysical process in the precipitation. However, the radar observation has some limitations in detecting initial stage of rapidly developing convective cell; the radar volume scan strategy adopted in operational radar is 5 minute interval which is not enough for measuring rapidly developing convective precipitation. To detect the early stage of convective cell, we developed the algorithm which is based on the interpolation method both in space and time. The algorithm reproduces higher resolution spatio-temporal volumetric data using the operational network of four X-band polarimetric radars. The mosaic of multiple radars could be benefit for increased sampling into a certain volume. In addition, different scan strategy at each radar also improve spatio-temporal resolution. The algorithm is applied to radar data of convective precipitations observed in Kanto area in 2012. The new volumetric data can recognize more detail about echo which developed rapidly and detect the first appearance of convective echo at upper layer. Early detection of convective precipitation at upper layer can be useful for nowcasting or very short-term forecasting.

キーワード: convective cell, X-band polarimetric radar, high resolution precipitation data
Keywords: convective cell, X-band polarimetric radar, high resolution precipitation data

An Ensemble Nowcasting of Rainfall over the Kanto Region, Japan An Ensemble Nowcasting of Rainfall over the Kanto Region, Japan

P.C., Shakti^{1*} ; MISUMI, Ryohei¹ ; NAKATANI, Tsuyoshi¹ ; MAKI, Masayuki² ; SEED, Alan³
P.C., Shakti^{1*} ; MISUMI, Ryohei¹ ; NAKATANI, Tsuyoshi¹ ; MAKI, Masayuki² ; SEED, Alan³

¹National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention(NIED), Tsukuba, Japan, ²Kagoshima University, Kagoshima, Japan, ³Bureau of Meteorology, Melbourne, Australia

¹National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention(NIED), Tsukuba, Japan, ²Kagoshima University, Kagoshima, Japan, ³Bureau of Meteorology, Melbourne, Australia

Every year weather-related disasters: extreme rainfall, landslides and flooding destroy livelihoods and damage economics somewhere on the planet. Recently, number of flash flooding is believed to be increasing specially in urban areas. It has being a great challenge to forecast flood warning and urban drainage management. Nowcasting of rainfall (very short-range forecasting) is an important tool to minimize or manage all these weather-related disasters since precipitation is the main input. Common practice to forecast heavy precipitation for hydrological application varies from 0-6 hr and there are different kinds of nowcasting based on different method.

Nowcasting of rainfall comprises the detailed description of the current weather along with forecasts obtained by extrapolation for a different time period ahead. In this study, we focus on ensemble nowcasting of rainfall. It refers to the fact that many forecasts are produced, with the rainfall areas moving at slightly different speeds, and with the small rainfall features represented by slightly different random statistics. By comparing these different nowcasting of rainfall, the forecaster can decide how likely a particular weather event will be. It gives a much better idea of what weather events may occur at a particular time. Short Term Ensemble Prediction System (STEPS), one of the most advanced Quantitative Precipitation Forecast (QPF) systems currently available is considered for nowcasting of rainfall. Japan Meteorological Agency (JMA) and X-band multi-parameter (MP) radar data were considered to produce an ensemble nowcasting of rainfall. First, JMA radar rainfall data of Kanto region was fixed to check the performance of STEPS. Skill scores showed that STEPS can give a good forecast for less than one hour. However, more uncertainties can be seen during the starting and ending of rain event. High resolution of data (MP data) also used in the STEPS under the default condition. Overall, an ensemble nowcasting of rainfall seems close with real time data, which could be interesting to use them in hydrological model.

キーワード: nowcasting, ensemble, weather radar, extreme rainfall, STEPS, hydrological model
Keywords: nowcasting, ensemble, weather radar, extreme rainfall, STEPS, hydrological model

Xバンド偏波レーダとCバンド在来型レーダを用いた高時空間分解能合成雨量 X-band polarimetric radar and C-band conventional radar composite rainfall map with high spatio-temporal resolution

真木 雅之^{1*}; 平野 洪賓²; P.C. Shakti²; Schertzer Daniel³
MAKI, Masayuki^{1*}; HIRANO, Kohin²; P.C., Shakti²; SCHERTZER, Daniel³

¹ 鹿児島大学, ² 防災科学技術研究所, ³Ecole des Ponts ParisTech, U. Paris-Est
¹Kagoshima University, ²NIED, ³Ecole des Ponts ParisTech, U. Paris-Est

Radar with shorter wavelength such as the X-band (3-cm) wavelength has several advantages compared to C- and S-band radar. First, X-band wavelength radar has high sensitivity of the specific differential phase of the rain rate. Second, it is possible to achieve finer spatial resolution more economically; for example, X-band wavelength radar can achieve a 1 degree beam width with a 2 m diameter parabolic antenna, while S-band needs a 7 m diameter antenna to achieve the same beam width. Third, due to advantage number two, X-band radar is easier to setup in mountainous areas, and at lower cost compared to S- and C-band wavelength radar. In Japan, success in the detection of torrential rainfall that occurred in Tokyo in 2008 triggered the deployment of 35 operational X-band polarimetric radars in major urban cities by MLIT. This radar network named XRAIN provides rainfall information with high spatio-temporal resolution. In US, the X-band polarimetric radar network is constructed in Dallas Fort Worth, which is a research and innovation network linking academic researchers, local stakeholders, and industry to address water issues as they relate to urban sustainability. In Europe, The project named RAINGAIN is ongoing to improve fine-scale measurement and prediction of rainfall and to enhance urban pluvial flood prediction. Activities include the implementation and use of advanced radar technologies (X Band) in Leuven, London, Paris, and Rotterdam. Although X-band polarimetric radar has the advantages mentioned above and used in hydrological applications, there are essential disadvantages. First, the maximum range is shorter than that of C-band and S-band radar; maximum ranges of 200km or 300km are easily obtained in case of C- and S- band radar, while that of X-band radar is limited to 30km-60km. Second, signal extinction area which is defined as the area where the received signal is below the receiver noise level occurs behind heavy rainfall areas. These disadvantages will be a fatal flaw when extremely heavy rainfalls occur. Authors have experience that the maximum observation range of X-band radar was shorter than 3km when heavy rainfall passed over the radar site. The present paper aims to develop an algorithm to overcome these disadvantages. The method is based on the C-band and X-band radar composite map which attains the 1 minute time resolution and 250m spatial resolution by the interpolation method. The algorithm is applied to the heavy rainfall case observed on 12-14 July, 2012 in northern Kyusyu, Japan. The algorithm is validated with surface raingauge network: the composite radar rainfall estimation agreed well with raingauge data.

キーワード: 偏波レーダ, Xバンド, 降水量, 高分解能, MPレーダ

Keywords: polarimetric radar, X-band, precipitation, high resolution, MP radar

AAS02-01

会場:314

時間:4月29日 09:00-09:30

エントロピー平衡論とフィールドラグランジアンの変分形式
Entropic Balance Theory and Variational Field Lagrangian Formalism

佐々木 嘉和^{1*}
SASAKI, Yoshi kazu^{1*}

¹ オクラホマ大学
¹University of Oklahoma

NA

最も確からしい状態の決定論的予測可能性と変分法データ同化の再定式化 Deterministic predictability of the most probable state and reformulation of variational data assimilation

露木 義^{1*}
TSUYUKI, Tadashi^{1*}

¹ 気象研究所
¹ Meteorological Research Institute

Four-dimensional variational data assimilation (4DVar) and ensemble Kalman filter (EnKF) have been widely used for data assimilation in meteorology and oceanography. Since prior probability density functions (PDFs) used in 4DVar and EnKF are usually assumed to be Gaussian, those two methods may not work well for a strongly nonlinear system. Thus data assimilation with nonlinear systems or non-Gaussian PDFs is a challenge in geophysics. Theoretical study of the two methods for nonlinear systems may be expected to provide insight for further advancement of data assimilation. The present study addresses this issue by reformulating variational data assimilation.

A necessary condition for deterministic predictability may be that the forecast state starting from the most probable state at an initial time remains close to the most probable state at a forecast time. It is found from the Liouville equation that if the trace of the Jacobian matrix of a deterministic nonlinear system does not depend on the state variables (hereafter referred to as the trace condition), the mode of a PDF of the state variables evolves according to the governing equations of the system. A condition for the forecast state to be close to the mode of the PDF is derived under an assumption of small prediction error for general deterministic nonlinear systems. This condition depends on the sensitivity of the trace to an initial condition, the size of initial condition error, and the length of forecast lead time.

Since the dynamical cores of numerical models of the atmosphere and the ocean are based on fluid dynamics, it is interesting to examine whether the governing equations of fluid dynamics satisfy the trace condition. The trace of the Jacobian matrix is calculated for finite-dimensional analogs of several Eulerian equations of ideal fluids. It is readily found that the trace condition generally holds for unbounded fluids under periodic boundary conditions. It is shown that the trace condition also holds for the quasigeostrophic equations with rigid boundaries, the Boussinesq approximation with rigid boundaries, and the shallow water equations on a sphere, by expanding the state variables in eigenfunctions of the Laplacian operator or the curl operator. The shallow water equations in a channel and compressible fluid with top and bottom boundaries do not satisfy the trace condition due to divergence at the boundaries.

A new formulation of variational data assimilation is presented for deterministic nonlinear systems that satisfy the trace condition. Though the cost function in the new formulation takes the same form as the conventional one, it makes clear an advantage of 4DVar over EnKF. If the trace condition holds, the forecast state starting from the mode of the posterior PDF at the last analysis time is the mode of the prior PDF. In the new formulation, the logarithm of the prior PDF is expanded around the forecast state, and covariance globalization is introduced to take into account the global distribution of the prior PDF that may be non-Gaussian. A feasible method for the covariance globalization may be to replace the local covariance matrix at the mode with a forecast error covariance matrix taken from EnKF. It is proved that a non-Gaussian prior PDF that evolves according to the Liouville equation is implicitly used for assimilating observational data in 4DVar. Results from an assimilation experiment with a toy model suggest that 4DVar thus formulated outperforms EnKF if the global minimum of the cost function is found.

Finally, it is pointed out that enough observational data are necessary for variational data assimilation to work well for a deterministic nonlinear system that does not satisfy the trace condition. Otherwise, EnKF and ensemble prediction may be a better choice for data assimilation and prediction of the system.

キーワード: 変分法データ同化, 決定論的予測可能性, 非ガウス性
Keywords: variational data assimilation, deterministic predictability, non-Gaussianity

Modal analysis of near-bank velocity profiles in a tidal river. Modal analysis of near-bank velocity profiles in a tidal river.

Wells John^{1*}; PHAN Tuy¹; NGUYEN Linh V.¹; SUSUKI Yoshihiko²; BONNER James³; ISLAM Mohammad S.³; KIRKEY William D.³
WELLS, John^{1*}; PHAN, Tuy¹; NGUYEN, Linh V.¹; SUSUKI, Yoshihiko²; BONNER, James³; ISLAM, Mohammad S.³; KIRKEY, William D.³

¹Ritsumeikan University, ²Kyoto University, ³Clarkson University
¹Ritsumeikan University, ²Kyoto University, ³Clarkson University

We apply two decompositions to long-beam velocities of a 600 kHz 3-beam Horizontal Acoustic Doppler Current Profiler (HADCP) at West Point on the Hudson River Estuary, so as to efficiently characterize the spatiotemporal variation of near-bank velocity. One main motivation is to test statistical tools with which to benchmark computations. The HADCP is deployed next to the USGS gauging station at West Point, some 100 km upriver from Manhattan, on the inner bank downstream of a sharp bend and its associated 40 m deep trough. We analyzed a time series of 1-minute averages from October 2011, out to 80 meters from the bank with 1 m bins.

The first decomposition we apply is Principal Component Analysis. The PCA generates an optimally convergent set of spatial eigenfunctions or "principal components" (PC), with which are associated temporally-varying amplitudes called "temporal coefficients". The first principal component captures more than 96.3% of the variance in velocity measured along the three HADCP beams, while the second PC captures about 2%. There appears an asymmetry between ebb and flood, as seen clearly from a phase plot of the temporal coefficient of the first PC versus that of the second.

The second is Fourier-based Koopman Mode Decomposition, i.e. decomposition into harmonic averages of the measurement vector. KMD associates a spatial structure with each of a series of temporal frequencies. For Oct 2011, the semidiurnal mode captured 74.33% of the variance. KMD also quantifies the phase lags at different distances from the river bank (and between normal and tangential velocity). Phase lags of tangential velocity between 10 and 80 m from the bank were about 1 hour for the semidiurnal mode, and 2 hours for the first (with a period of about 6 hours.), and this difference grew to a factor of four when considering flow within 10 m.

キーワード: principal component analysis, Koopman mode decomposition, ebb-flood asymmetry
Keywords: principal component analysis, Koopman mode decomposition, ebb-flood asymmetry

海洋大循環モデルの接線型・アジョイントコードを用いた北太平洋中層水の移動経路特定
Pathways of the North Pacific Intermediate Water identified through the tangent linear and adjoint codes of an OGCM

藤井 陽介^{1*}; 中野 俊也²; 碓氷 典久¹; 松本 聡²; 辻野 博之¹; 蒲地 政文¹
FUJII, Yosuke^{1*}; NAKANO, Toshiya²; USUI, Norihisa¹; MATSUMOTO, Satoshi²; TSUJINO, Hiroyuki¹; KAMACHI, Masafumi¹

¹ 気象研, ² 気象庁

¹Meteorological Research Institute, ²Japan Meteorological Agency

We develop a strategy of tracing a target water mass, and apply it for analyzing the pathway of the North Pacific Intermediate Water (NPIW) from the subarctic gyre to the northwestern part of the subtropical gyre south of Japan in a simulation of an ocean general circulation model. This strategy estimates the pathway of the water mass that travels from an origin to a destination area during a specific period using a conservation property concerning tangent linear and adjoint models. In our analysis, a large fraction of the low salinity origin water mass of NPIW initially comes from the Okhotsk and Bering Seas, meets at the southeastern side of the Kuril Islands, and is advected to the Mixed Water Region (MWR) by the Oyashio current. It then enters into the Kuroshio Extension (KE) around the first KE ridge, and is advected eastward by the KE current. It, however, deviates southward from the KE axis around 158E over the Shatsky Rise, or around 170E on the western side of the Emperor Seamount Chain, and enters into the subtropical gyre. It is finally transported westward by the recirculation flow. This pathway corresponds well to the shortcut route of NPIW from MWR to the region south of Japan inferred from the analysis of the long-term freshening trend of NPIW observation.

キーワード: Adjoint, Sensitivity analysis, North Pacific Intermediate Water, Kuroshio Extension, Oyashio
Keywords: Adjoint, Sensitivity analysis, North Pacific Intermediate Water, Kuroshio Extension, Oyashio

4次元変分法を用いた入れ子海洋モデルの最適化 Optimization of nested ocean circulation model by four dimensional variational data assimilation system

若松 剛^{1*}; 石川 洋一¹
WAKAMATSU, Tsuyoshi^{1*}; ISHIKAWA, Yoichi¹

¹ 独立行政法人海洋研究開発機構

¹ Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

領域海洋モデルのデータ同化技術による最適化は初期値及び境界値を含む外力項の最適化により達成される。最適化された広域モデルと入れ子技術により接続された領域モデルのデータ同化システムでは、これら制御変数を通して広域モデルの情報を効率良く領域モデルに反映させる事が必須であり、大気及び海洋の領域データ同化システムで多くの技術が提案されてきた。本発表ではこれまでに提案されている4次元変分法による入れ子領域モデルの最適化手法を統一化された視点で整理する。また日本列島を囲む領域海洋同化システムを用い、可観測性行列による領域変分法同化システムの解析についても述べる。

キーワード: データ同化, 領域海洋循環モデル

Keywords: data assimilation, regional ocean circulation model

Estimated State of Ocean for Climate Research by Using a 4 Dimensional Variational approach

Estimated State of Ocean for Climate Research by Using a 4 Dimensional Variational approach

増田 周平^{1*}; 土居 知将¹; 長船 哲史¹; 杉浦 望実¹; 石川 洋一¹; 福田 和代¹
MASUDA, Shuhei^{1*}; DOI, Toshimasa¹; OSAFUNE, Satoshi¹; SUGIURA, Nozomi¹; ISHIKAWA, Yoichi¹; FUKUDA, Kazuyo¹

¹JAMSTEC

¹JAMSTEC

A 4-dimensional variational data assimilation system has been used to better define the 50-year global ocean state estimation for climate research. The synthesis of available observations and general circulation model with a pelagic ecosystem model based on nitrogen cycle yields a dynamically self-consistent dataset. Obtained ocean state estimation possibly has greater information than do models or data alone. In our 4D-VAR approach, optimized 4-dimensional analysis fields are sought by minimizing a cost function on the basis of adjoint method for physical parameters and Green's function approach for biogeochemical ones. The assimilated elements are temperature and salinity based on EN3 dataset provided by Met Office Hadley Centre, sea surface height anomaly from AVISO, nitrate from WOA05, and chlorophyll-a from WOA98 and SeaWiFS. We here present the properties of the analysis fields and some results of climate study by using this state estimation named ESTOC. This report implies that our synthesis scheme as a dynamical interpolation for sparse observations including bio-geochemical parameters is possibly promising and useful for " Integrated Earth System Analyses " .

キーワード: データ同化, 海洋, 気候変動

Keywords: data assimilation, ocean, climate change

海洋・気候研究のためのデータ同化 Data assimilation for ocean and climate study

石川 洋一^{1*}; 西川 史郎¹; 増田 周平¹; 豊田 隆寛²; 杉浦 望実¹; 若松 剛¹; 西川 悠¹; 佐々木 祐二¹; 五十嵐 弘道¹; 田中 祐介¹; 淡路 敏之³
ISHIKAWA, Yoichi^{1*}; NISIKAWA, Shiro¹; MASUDA, Shuhei¹; TOYODA, Takahiro²; SUGIURA, Nozomi¹; WAKAMATSU, Tsuyohi¹; NISIKAWA, Haruka¹; SASAKI, Yuji¹; IGARASHI, Hiromichi¹; TANAKA, Yusuke¹; AWAJI, Toshiyuki³

¹ 海洋研究開発機構, ² 気象研究所, ³ 京都大学

¹JAPAN Agency for Marine-Earth Science and Technology, ²Meteorological Research Institute, ³Kyoto University

データ同化手法は数値天気予報のための初期値化を行う手法として発展してきたが、近年他の分野への応用が積極的に行われている。海洋分野でもいわゆる「海の天気予報」とよばれる海況予報に加えて、データ同化を利用したいくつかのユニークな研究が進められている。本講演ではそのような海洋・気候分野で特徴的なデータ同化を利用した研究についていくつか紹介したい。

その1つが海洋研究開発機構で開発を進めている4次元変分法を用いた大気海洋結合データ同化システムである(Sugiura et al., 2008)。このシステムは季節から経年変動スケールをターゲットとした統合データと季節予報のための初期値作成を目的としたものであり、大気海洋結合モデルに対するアジョイントモデルを用いて、大気・海洋双方の観測データを整合的に同化することを可能としている。中でもこのシステムに特徴的な点は、季節から経年変動という比較的長いスケールを対象としているので、海洋の初期値に加えて、大気海洋間のフラックスを修正するために、バルク係数についても制御変数として推定していることがあげられる。これにより、大気の下境界条件が修正され、大気海洋結合系の季節スケール変動の再現性が向上していることが示された。現在は、このシステムに海洋低次生態系モデルの組み込みも行われ、物理変数だけでなく海洋中の生物化学プロセスについての季節予報も行うことが出来るようになってきている。

海洋の長期間の解析データセットについても興味深いシステムが開発されている。4次元変分法を用いた海洋データ同化システム(Masuda et al., 2010)は、いわゆる強拘束条件を用いることにより数値モデルの力学を完全に満たしながら50年間の海洋観測データの同化を行っており、作られた統合データセットは、気候変動研究のための様々な解析に用いることができる。特に、数値モデル力学を完全に満たしているということは、再現された水温場などが保存則を満たしていることを意味しており、海洋中の3次元的水・熱輸送の時間変動、すなわち4次元的水・熱フローの解析に非常に適している。また、数値モデルの力学を満たしているという特徴はトレーサー解析にも有効であり、これを利用して海洋生態系モデルの物理環境場としても利用することにより、物質循環プロセスの解明にも役立てられている。

海洋低次生態系モデルに対するデータ同化も、海洋中の炭素循環などの生物化学過程を再現するために、近年非常に注目されている研究テーマである。生態系モデルでは用いられているパラメータの推定が難しく、また地域によっても異なると考えられていることから、データ同化によってモデルパラメータを推定する試みが行われ、現実的な生物化学過程の再現に成功している(Toyoda et al., 2013.)。

以上のように、データ同化システムはモデルの初期値化だけでなく、パラメータ推定や長期間の状態推定など幅広い応用をみせており、これらの利用方法は特に様々な分野への展開を考える際には非常に有益な情報となるであろう。

Development of an ensemble-based data assimilation system with a coupled atmosphere-ocean GCM

Development of an ensemble-based data assimilation system with a coupled atmosphere-ocean GCM

小守 信正^{1*}; 榎本 剛²; 三好 建正³; 山崎 哲¹; 田口 文明¹
KOMORI, Nobumasa^{1*}; ENOMOTO, Takeshi²; MIYOSHI, Takemasa³; YAMAZAKI, Akira¹; TAGUCHI, Bunmei¹

¹ 海洋研究開発機構地球シミュレータセンター, ² 京都大学防災研究所, ³ 理化学研究所計算科学研究機構

¹Earth Simulator Center, JAMSTEC, ²Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, ³RIKEN Advanced Institute for Computational Science

To enhance the capability of the local ensemble transform Kalman filter (LETKF) with the Atmospheric general circulation model (GCM) for the Earth Simulator (AFES), a new system has been developed by replacing AFES with the Coupled atmosphere-ocean GCM for the Earth Simulator (CFES). An initial test of the prototype of the CFES-LETKF system has been completed successfully, assimilating atmospheric observational data (NCEP PREPBUFR archived at UCAR) every 6 hours to update the atmospheric variables, whereas the oceanic variables are kept unchanged throughout the assimilation procedure.

An experimental retrospective analysis-forecast cycle with the coupled system (CLERA-A) starts on August 1, 2008, and the atmospheric initial conditions (63 members) are taken from the second generation of AFES-LETKF experimental ensemble re-analysis (ALERA2). The ALERA2 analyses are also used as forcing of stand-alone 63-member ensemble simulations with the Ocean GCM for the Earth Simulator (EnOFES), from which the oceanic initial conditions for the CLERA-A are taken.

The ensemble spread of SST is larger in CLERA-A than in EnOFES, suggesting positive feedback between the ocean and the atmosphere. Although SST in CLERA-A suffers from the common biases among many coupled GCMs, the ensemble spreads of air temperature and specific humidity in the lower troposphere are larger in CLERA-A than in ALERA2. Thus replacement of AFES with CFES successfully contributes to mitigate an underestimation of the ensemble spread near the surface resulting from the single boundary condition for all ensemble members and the lack of atmosphere-ocean interaction.

In addition, the basin-scale structure of surface and subsurface ocean temperature in the tropical Pacific is well reconstructed from the ensemble correlation in CLERA-A but not in EnOFES. This suggests that use of a coupled GCM rather than an oceanic GCM could be important even for oceanic analysis with an ensemble-based data assimilation system.

LETKFの双方向ネストシステムを用いたGNSS稠密観測で観測した水蒸気データの同化実験 Data assimilation experiment of water vapor data derived from a hyper-dense GNSS network using a nested LETKF system

大井川 正憲^{1*}; 津田 敏隆¹; Realini Eugenio¹; 岩城 悠也¹; 瀬古 弘²; 小司 禎教²; 佐藤 一敏³
OIGAWA, Masanori^{1*}; TSUDA, Toshitaka¹; REALINI, Eugenio¹; IWAKI, Yuya¹; SEKO, Hiromu²; SHOJI, Yoshinori²; SATO, Kazutoshi³

¹ 京都大学生存圏研究所, ² 気象庁気象研究所, ³ 宇宙航空研究開発機構

¹Research Institute for Sustainable Humanosphere (RISH), Kyoto University, ²Meteorological Research Institute (MRI), Japan Meteorological Agency (JMA), ³Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)

局地的な豪雨現象の予報精度を向上させるには、数値計算モデルの高解像度や高精度化に加え、高密度・高頻度な観測データを同化して、より詳細で正確な初期値を作成する必要がある。特に、水蒸気分布は、積乱雲の発生や発達に大きく寄与するため、これまでに、豪雨を対象にした同化実験により、GNSS (Global Navigation Satellite System) 測位によって得られた可降水量 (受信機上空の鉛直積算水蒸気量) が、数値予報の初期値の水蒸気分布を改善し、降水予報の精度を向上させたという報告がなされている。現在、気象庁では、国土地理院が運用している全国 GNSS 連続観測システム (GEONET、水平分解能約 20 km) で観測された可降水量を同化しているが、今後、さらに数値モデルや解析のスケールが高解像度化した場合には、より高密度・高頻度な可降水量データが必要になると期待される。そこで、我々は京都大学宇治キャンパスの西方の領域で、GNSS 受信機を 1km 間隔に配置した稠密観測を行い (Sato et al., 2013)、その観測網で得られた可降水量データを用いて、豪雨の降水予報に対する高密度・高頻度なデータのインパクトを調べた。

本報告の同化実験に用いる同化システムは、アンサンブルカルマンフィルタの一種である局所アンサンブル変換カルマンフィルタ (LETKF) の双方向ネスティングシステムである (Seko et al., 2013)。実験の対象事例として、6 時間で約 260 mm の降水をもたらした 2012 年 8 月 14 日の宇治豪雨を選んだ。同化実験では、まず、水平解像度 15 km の親モデルに GEONET の可降水量データを 6 時間の解析ウィンドウで 1 時間毎に同化し、その後、ネスティングした水平解像度 1.875 km の子モデルで、GNSS 稠密観測で得られた可降水量データを 1 時間の同化ウィンドウで 10 分毎に同化した。これらの同化実験では、可降水量データに加えて、気象庁の現業で利用されている地表及び高層観測データも同化している。

親及び子モデルに可降水量データを同化しなかった実験では、再現された降水域は、実況に比べて、位置がずれていて、降水強度も弱いものであった。親モデルに GEONET の可降水量データを同化し、子モデルに可降水量データを同化しなかった実験では、降水強度には変化が見られなかったが、降水域の位置ずれが修正されて実況に近づいた。さらに、親モデルに GEONET の可降水量データを同化し、子モデルに GNSS 稠密観測の可降水量を同化すると、位置ずれに加えて、降水強度も修正された。

以上の結果は、高密度・高頻度な可降水量データの局地的豪雨の予報に対する有効性を示している。今後は、稠密観測網の観測点数を変化させた同化実験を行って、降水予報に対する高密度な可降水量データの効果の現れ方について調べる予定である。発表では、可降水量に加え、受信機から衛星までの視線方向の積算水蒸気量の同化実験結果についても報告する予定である。

キーワード: データ同化, 局地豪雨, GNSS 稠密観測, nested LETKF

Keywords: Data assimilation, local heavy rainfall, Hyper-dense GNSS observation, nested LETKF

NHM-LETKFを用いた台風同化実験 Data assimilation experiments of tropical cyclones with the NHM-LETKF

国井 勝^{1*}
KUNII, Masaru^{1*}

¹ 気象研究所
¹ Meteorological Research Institute

Intensity forecast of tropical cyclones (TCs) has still been a challenging task whereas TC track forecasts have constantly improved over the past several decades owing to advances in numerical weather prediction models as well as observational capabilities. This is partly due to the difficulties in TC initialization because TCs occur and remain almost throughout their existence over the ocean, where observational data have generally been scarce. In this study, TC vital observations are assimilated with an ensemble Kalman filtering, and their impacts are estimated by comparing with the conventional bogus assimilation scheme.

キーワード: データ同化, アンサンブルカルマンフィルタ, 台風
Keywords: data assimilation, ensemble Kalman filter, tropical cyclone

Tropical cyclone forecast using a hybrid EnKF-4DVar system

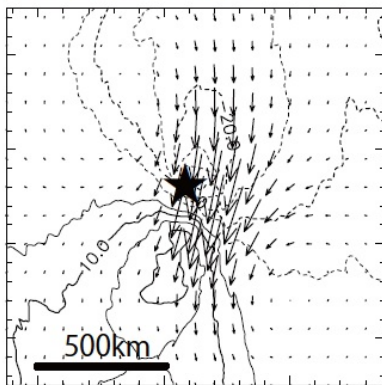
伊藤 耕介^{1*}; 国井 勝²; 川畑 拓矢²; 斉藤 和雄²; 本田 有機³
ITO, Kosuke^{1*}; KUNII, Masaru²; KAWABATA, Takuya²; SAITO, Kazuo²; HONDA, Yuki³

¹ 海洋研究開発機構, ² 気象研究所, ³ 気象庁
¹JAMSTEC, ²MRI, ³JMA

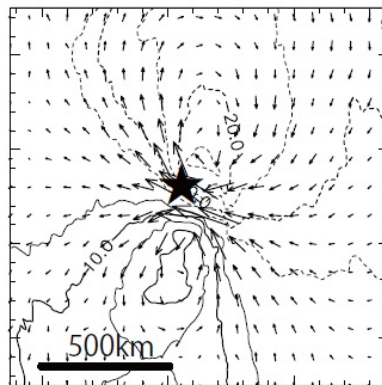
Analysis increment is dependent on the prescribed background error covariance \mathbf{B} in addition to innovation and model dynamics that describes the development of perturbations. Traditionally, \mathbf{B} is assumed to be static in time according to so-called NMC method. Following this method, the differences between pairs of forecasts valid at the same time, but having different lead times, are taken to represent the background error. While \mathbf{B} in NMC method approximates the climatological background error covariance, recent studies have shown that the forecast skill of 4DVar is further enhanced by making flow-dependent \mathbf{B} out of the perturbations in the ensemble-Kalman filter (EnKF) (Buehner et al. 2010). This system is referred to as Hybrid EnKF-4DVar. We have developed the meso Hybrid-4DVar system based on the meso 4DVar system (JNOVA) in the Japan Meteorological Agency since the improvements is thought to be more pronounced for severe impact weather such as tropical cyclones and heavy rainfall. In this presentation, we present a preliminary result for a forecast of tropical cyclone Talas (2011). Figure 1 shows the analysis increment of horizontal wind in the conventional 4DVar and hybrid EnKF-4DVar. The first guess of the zonal wind is overplotted. It shows a pseudo observation of wind field near the center of the tropical cyclone yields the analysis increment of a pair of cyclonic and anti-cyclonic circulations. It corresponds to a vortex displacement in the hybrid EnKF-4DVar system. In contrast, the analysis increment does not fit the structure of the tropical cyclone when using \mathbf{B} based on the NMC method. It suggests that the hybrid EnKF-4DVar system reproduces the reasonable analysis increment with a little information.

キーワード: データ同化, 台風, 4次元変分法, アンサンブルカルマンフィルタ
Keywords: data assimilation, tropical cyclone, 4DVar, ensemble Kalman filter

(a) conventional 4DVar



(b) Hybrid EnKF-4DVar



雲解像モデルへの2スケール Neighboring Ensemble 変分同化法 Dual-Scale Neighboring Ensemble Variational Assimilation for a Cloud-Resolving Model

青梨 和正^{1*}
AONASHI, Kazumasa^{1*}

¹ 気象庁気象研究所

¹ Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

1. はじめに

本研究の目的は、サンプリング誤差抑制法を含む Ensemble 変分同化法スキム (EnVA) を雲解像モデル (CRM、具体的には JMANHM を想定) 用に開発することである。これは CRM の Ensemble を使った同化法では、特に降水物理量に対して、サンプリング誤差が深刻な問題となるためである。

2. 2スケール Neighboring Ensemble 変分同化法

我々は、様々な降水事例の Ensemble 予報誤差解析に基づき、Neighboring Ensemble (NE) 法と、NE の2スケール分離から成るサンプリング誤差抑制法を開発した。NE 法は、Spectral Localization (SL) の仮定に基づき、粗格子内 (本研究では、5x5 grids) の NE を用いて予報誤差を近似する。NE の2スケール分離は、水平方向の予報誤差相関パターンの降水物理量とそれ以外の物理量の違いを反映させるため、NE 予報誤差を大規模場 (本研究では、13 x 13 grids の平均) とそこからの偏差へ分離する (降水物理量は偏差成分のみを持つと仮定した)。

上記サンプリング誤差抑制法を、3次元の EnVA (解析変数は、風速 (U,V,W)、温位、RHW2、降水強度、地上気圧) に導入するために、我々は、EnVA 解析インクリメントが、2スケール NE 予報誤差空間に属すると仮定した。我々は、鉛直方向の縮小近似を導入し、この予報誤差空間を2スケール NE 予報誤差の鉛直方向の相互相関の Singular Value Decomposition (SVD) 主要モードで表わした。(本研究では、この SVD は、大規模場については、大規模場の水平スケール (~600 km) の領域平均の鉛直相互相関から計算した。偏差成分に対しては、各粗格子の grid box 毎の鉛直相互相関から計算した。) 各点の SVD 主要モードは互いに独立なので、コストファンクションは、各モードの解析インクリメントの水平成分についての式に帰着する。次に、我々は、NE 予報誤差の水平方向の相関を使って、コストファンクションの第1推定項を水平方向に対角化した。我々は、上記のコストファンクションを共役勾配法によって最小値化し、Ensemble 平均の解析インクリメントの最適値を求めた。そして、各粗格子点での Ensemble 解析誤差共分散から Ensemble の各メンバーの解析値を計算した。RHW2、降水強度から、水物質 (雲水、雲氷、雨、雪、あられ) への変換には最小2乗法を使った。

3. OSSE の結果

本研究の EnVA のチェックのため、我々は、いくつかの降水事例について OSSE を行なった。地上降水強度のシミュレーションデータを同化した結果は、NE 法が、降水有りの Ensemble member の割合が 20% 以下の格子点でも尤もらしい降水物理量の解析値を作るのに成功していることを示す。また、ゾンデ観測のシミュレーションデータを同化した結果、NE の2スケール分離によって、非等方で降水強度に応じて空間スケールの変わる解析インクリメントが作られていることを示す。また、EnVA は、様々な水物質などの非線形関数である MWI TB の多チャンネルシミュレーションデータから、降水フラッグや降水プロファイルの情報をリトリブするのに成功している。

キーワード: アンサンブルを用いた変分同化法, 周囲のアンサンブル, 2スケール分離, GPM, GCOM, マイクロ波放射計
Keywords: Ensemble-based variational data assimilation, Neighboring ensemble, Dual-scale separation, GPM, GCOM, microwave imager

四次元変分法データ同化システムを用いた十年規模気候変動予測 Decadal climate prediction using 4D-VAR data assimilation approach

望月 崇^{1*}; 石川 洋一¹; 増田 周平¹; 淡路 敏之²

MOCHIZUKI, Takashi^{1*}; ISHIKAWA, Yoichi¹; MASUDA, Shuhei¹; AWAJI, Toshiyuki²

¹ 海洋研究開発機構, ² 京都大学

¹JAMSTEC, ²Kyoto University

It is very recently that decadal climate prediction experiments have been carried out with initialization. As a first step in decadal prediction, simple initialization approaches have usually been used so far, particularly focusing on ocean states. An advanced initialization technique is a pressing concern toward further enhancing the decadal predictability by obtaining suitable atmospheric and oceanic initial conditions that are compatible with both the model and observations. Here, by employing a 4D-VAR data assimilation approach to initialize the atmosphere-ocean coupled climate model, we attempt to perform ensembles of decadal hindcast experiments in line with the CMIP5 protocol. We perform full-field initialization rather than anomaly initialization and assimilate the atmospheric states together with the ocean states. We can validate the predictive skills in the atmosphere and ocean temperature hindcasts in some areas and, roughly speaking, the spatial patterns of the hindcast skills are similar to those of the multi-model ensembles of the CMIP5 decadal hindcasts. While our assimilation system has been developed originally for the purpose of seasonal-to-interannual climate simulations and we use 9-month assimilation window in these experiments, the hindcast results suggest that the atmosphere and ocean states associated with low-frequency variations beyond annual timescales can also be effectively initialized through the iterations of the forward and backward runs of the 4D-VAR data assimilation.

Keywords: decadal prediction, climate prediction, global warming, data assimilation, 4D-VAR

TRMM PR ブライトバンド高度データの同化実験 Assimilation of TRMM-PR bright band heights

榎本 剛^{1*}; 山本 宗尚²
ENOMOTO, Takeshi^{1*}; YAMAMOTO, Munehisa²

¹ 京都大学防災研究所, ² 京都大学大学院理学研究科

¹Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, ²Graduate School of Science, Kyoto University

熱帯降雨観測衛星 TRMM の PR センサのデータセット 2A23 に含まれる、ブライトバンド高度を気温の直接観測と見なした同化実験を行った。ブライトバンドは、融解層付近からの強いレーダーエコーを指す。ブライトバンド高度は、再解析との比較から 0C 高度の数百 m 下に位置することが知られている (Harris et al. 2000)。TRMM PR のアルゴリズム (Awaka et al. 2009) において、ブライトバンド高度は衛星・地球楕円体間の距離と衛星・ブライトバンド頂間の距離との差の天底方向への投影として計算される。ブライトバンドの検出には再解析や現業解析の 0C 高度が使われているが、ブライトバンド高度自体は直接観測である。ブライトバンド高度は、海洋上の少ない直接観測を補完する貴重なデータであり、これを同化すれば解析精度が向上する可能性がある。衛星の放射輝度は主に晴天域のデータが利用され、水物質の同化は難易度が高い。これに対し、ブライトバンド高度は層雲に対応した曇天域データであり、放射計算が不要で同化は容易である。

本研究で用いたデータ同化システム ALEDAS2 (Enomoto et al. 2013) は、地球シミュレータ用大気大循環モデル AFES に局所アンサンブル変換カルマンフィルタ (LETKF) を適用したものである。AFES の解像度は T119L48 (水平 1 度, 鉛直 48 層) で、解析アンサンブル数は 63 である。このシステムを利用して作成されたデータセット ALERA2 をブライトバンド高度観測を同化していない参照実験とした。ブライトバンド高度には以下のような処理を施した。まず、各データはブライトバンド高度に 500 m を加えた高度における 0C の気温観測と見なした。次に、観測間の過度の水平相関を避け、計算負荷を減らすため、水平方向に半径 0.5 度に含まれるデータを距離の重みつきで平均した超観測を作成し、1 時間毎のウィンドウにまとめた上で LETKF の入力形式に変換した。

2010 年 1 月の 1 か月間のブライトバンド高度データの観測数は 2572986、超観測数は 61905 である。データは、35N-35S の熱帯及び亜熱帯に広く分布している。冬季である北半球は多くのデータが 30N 付近の海洋上に分布しており、ストームトラック上の低気圧に伴う層雲に対応することを示唆している (Yamamoto et al. 2006)。赤道から 25N 付近の亜熱帯高圧帯では、データは少ない。夏季である南半球では、海洋上では熱帯収束帯や亜熱帯収束帯付近に分布している。陸上では、アフリカ大陸南部、オーストラリア東部、アマゾンにも多数分布している。ALEDAS2 では 6 時間毎の解析時刻に対し、前後 3 時間のウィンドウが設定されている。ラジオゾンデ観測が行われる 0, 12UTC では気温の観測数は数%増加するだけであるが、6, 18UTC では 1.5-2 倍にもなる。

2010 年 1 月 3 日 0UTC から 4 日間の予備的な同化実験の結果、解析誤差の指標となる解析アンサンブル・スプレッドは、1 月 7 日 0UTC における地表面気圧でみると参照実験に対して全球で 0.51 Pa、南半球 35S-0S 平均で 0.94 Pa 低下した。解析インクリメントの二乗平均平方根は、全球で 2.4%、南半球 35S-0S で 5.9%それぞれ増加している。

キーワード: 融解層, 曇天域衛星データ同化, 観測システム実験

Keywords: melting layer, satellite data assimilation in cloudy area, observing-system experiment

高解像 GCM データを用いた中間圏における不安定構造の研究 A Study on the Structure of Instability in the Mesosphere Using a High Resolution General Circulation Model

佐藤 薫¹; 増田 陽洋^{1*}; 岡本 功太¹
SATO, Kaoru¹; MASUDA, Akihiro^{1*}; OKAMOTO, Kota¹

¹ 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
¹Dept Earth & Planetary Sci., The University of Tokyo

It is well known that in the winter mesosphere, a necessary condition of barotropic and/or baroclinic instability, i.e., negative latitudinal gradient of potential vorticity (PV), is frequently satisfied. This study examines dynamical mechanism of the formation of such instability condition in boreal winter using high-resolution general circulation model data. This model does not include gravity wave (GW) parameterizations and hence all GWs are resolved, allowing us to analyze GWs directly. This is a strong advantage of our study because GWs are quite important for the momentum budget in the mesosphere. First, the 2-d TEM analysis was made. It is shown that the negative PV gradient is regarded as an enhanced PV maximum. This maximum is due to the poleward shift of the westerly jet in associated with strong EP-flux divergence caused by planetary waves from the troposphere. Strong GW drag slightly above the westerly jet shifts poleward as well, which can be understood by a selective GW-filtering mechanism. It seems that this GW-drag shift induces strong upwelling in the middle latitudes and adiabatically cools the middle mesosphere. Resultant enhanced static stability is the main cause of the PV maximum in the upper mesosphere. Because of the dominance of planetary waves during this event, this process may not be zonally uniform. Thus, the 3-d analysis was made using recent theoretical formula by Kinoshita and Sato (2013). As expected, the GW drag is distributed depending on the longitude. The zonal structure of PV maximum is consistent with the GW drag distribution. An interesting fact is that the spatial distribution of GW drag is not largely correlated with that of the zonal wind at the same level but highly correlated with that in the stratosphere. This result indicates that the mesosphere reflects the zonal structure of the stratosphere via the selective GW filtering.

昭和基地で観測された多重圏界面構造のメカニズム Dynamical mechanism of multiple tropopause structure observed over Syowa Station

澁谷 亮輔^{1*}; 佐藤 薫¹
SHIBUYA, Ryosuke^{1*}; SATO, Kaoru¹

¹ 東京大学 理学系研究科 地球惑星科学専攻

¹Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo

Multiple tropopauses which are determined following the definition by the World Meteorological Organization (WMO) were detected in winter at Syowa Station (69.0S, 39.6E). It is shown that the multiple tropopause structures were observed along with a descent of the first (i.e., lowest) tropopause five times in the autumn period from 1 April and 16 May 2013. A detailed analysis using data from the PANSY radar and radiosonde observations was performed for a typical case in 8-11.

The mechanism of the multiple tropopause structure was analyzed using the PANSY radar and radiosonde observations. It is shown that the multiple tropopause structure was regarded as strong temperature fluctuations with a vertical length of about 3 km. Moreover, it is seen that the temperature fluctuations were out of phase with vertical wind fluctuations observed by the PANSY radar by 90°. This feature is consistent with the linear inertia-gravity wave theory. Thus, it is likely that the multiple tropopause structure above the first tropopause was due to the temperature fluctuations associated with an inertia-gravity waves (IGW) having a vertical length of about 3 km. The hodograph analysis also indicates that the multiple tropopause structure above the first tropopause is due to a monochromatic IGW.

To examine the dynamical mechanism and three-dimensional structure of this phenomenon, a numerical simulation was performed by NICAM without using any gravity wave parameterization. The model simulation period is from 0000 UTC 7 April 2013 to 0000 UTC 12 April 2013.

A close look at the time-height cross section of the zonal wind velocity and the static stability over Syowa Station indicates that the multiple tropopause structures together with the descent of the first tropopauses and associated wind disturbances were successfully simulated. A polar front jet strongly meanders in the time period from 8 April to 10 April and a tropopause folding structure is developed near Syowa Station. This means that the descent of the first tropopause was likely caused by the passage of a developing tropopause folding over Syowa Station. The IGW parameters were also consistent with those estimated by the hodograph analysis using the PANSY radar data.

Next, possible sources of the IGWs observed over Syowa Station were examined using data from the NICAM simulation. As a result, it was shown that wave packets observed over Syowa Station include gravity waves both excited by the steep topographic effect and the spontaneous adjustment process.

This mechanism is quite different from mechanisms which previous studies examined in the monsoon region or midlatitude, which is closely related to stratosphere-troposphere exchange (e.g. Randel et al. 2007). It is suggested this enable us to interpret a part of a significant seasonal sensitivity in the poles discussed by Anel et al. (2008). The static stability in the winter lower stratosphere in the Antarctic is particularly weaker than in other latitudes (Gettleman et al., 2011). It is likely because ozone heating is absent due to polar night. Based on the radiosonde observations, Tomikawa et al. (2009) also shows that the static stability in the lower stratosphere over Syowa Station is minimized in April through July. Temperature fluctuations associated with gravity waves are observed as fluctuations of the static stability. Thus, when the background static stability is sufficiently weak such as in the polar lower stratosphere, the temperature fluctuations associated with gravity waves can make local minima of the static stability which are detected as thermal tropopauses. Therefore, it is likely that multiple tropopause events due to IGWs are considered to occur frequently in the Arctic / Antarctic region in winter.

キーワード: 多重圏界面, 対流圏界面, 重力波

Keywords: Tropopause, Multiple tropopause, Gravity wave

高分解能 GCM データにおける熱帯 non-migrating tides Tropical non-migrating tides appearing in a high vertical resolution GCM

坂崎 貴俊^{1*}; 佐藤 薫²; 河谷 芳雄³; 渡邊 真吾³

SAKAZAKI, Takatoshi^{1*}; SATO, Kaoru²; KAWATANI, Yoshio³; WATANABE, Shingo³

¹ 京都大学 生存圏研究所, ² 東京大学 大学院理学研究科, ³ (独) 海洋研究開発機構

¹Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, ²Graduate School of Science, The University of Tokyo, ³JAMSTEC

Atmospheric tides are global scale waves with periods that are harmonics of a solar day. They are primarily excited in the troposphere and the stratosphere, and then, propagate upward. Tides are generally classified into two components: migrating (Sun-synchronous) and non-migrating (non-Sun-synchronous) tides. Although migrating tides were examined by many previous studies, a much fewer studies considered non-migrating tides particularly in the troposphere and the stratosphere. The purpose of this study is to reveal the horizontal and vertical structure of non-migrating tides and its seasonal variations in the region from the troposphere to the mesosphere, as well as to clarify the underlying physical processes.

In this study, data from a high-resolution (T213L256) global spectral climate model (Watanabe et al., 2008) are analyzed. This model covers quite a wide height range from the ground surface to the upper mesosphere (80 km in altitude), enabling us to investigate the full tidal coupling between the lower and upper atmosphere. Also, the vertical resolution is ~300 m in the vertical, which is almost sufficient to simulate realistic propagation and momentum deposition of gravity waves including tides. We compared the model data with data from COSMIC GPS-RO measurements and TIMED/SABER satellite measurements, and confirmed that the model captures the observed characteristics at least qualitatively.

In the model data, we clearly see that non-migrating tides are mainly excited over the two large continents: over Africa and South America. The excited tides are propagating three-dimensionally like internal inertia-gravity waves. During the propagation, tides with small wavenumbers are filtered out by background zonal wind (e.g., stratospheric semiannual oscillation (SAO)). Thus, both excitation and filtering processes are important for understanding the tidal variability.

キーワード: 潮汐, 太陽非同期, KANTO, SABER, COSMIC

Keywords: nonmigrating tides, KANTO, SABER, COSMIC

AAS21-04

会場:313

時間:4月30日 09:45-10:00

成層圏ジオエンジニアリング Stratospheric Geoengineering

渡邊 真吾^{1*}
WATANABE, Shingo^{1*}

¹ 独立行政法人海洋研究開発機構
¹ Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Overview of stratospheric geoengineering simulations proposed by GeoMIP (Geoengineering Model Intercomparison Project) will be presented with emphasis on impact of anthropogenic stratospheric aerosols on stratospheric ozone and surface UV.

キーワード: ジオエンジニアリング, 成層圏, エアロゾル
Keywords: geoengineering, stratosphere, aerosol

地形が対流圏界面付近の気温変動に与える影響に関する研究 Influence of topography onto the temperature variation around the tropical tropopause layer

久保川 陽呂鎮^{1*}; 藤原 正智²; 那須野 智江³; 三浦 裕亮⁴; 山本 真之⁵; 佐藤 正樹¹

KUBOKAWA, Hiroyasu^{1*}; FUJIWARA, Masatomo²; NASUNO, Tomoe³; MIURA, Hiroaki⁴; YAMAMOTO, Masayuki⁵; SATOH, Masaki¹

¹ 東京大学 大気海洋研究所, ² 北海道大学 大学院環境科学院, ³ 独立行政法人 海洋研究開発機構, ⁴ 東京大学 大学院理学研究科, ⁵ 京都大学 生存圏研究所

¹ Atmosphere Ocean Research Institute, The University of Tokyo, ² Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, ³ Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ⁴ Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, ⁵ Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University

対流圏界面領域 (Tropical Tropopause Layer: TTL) は、対流圏の水蒸気を含んだ空気塊が成層圏に流入する前に通過する領域である。この領域は、平均的に極めて低温であることから、圏界面付近で水蒸気の凝結が生じ、気候学的にも大きな影響をもつ、巻雲が生成されていると考えられる。この領域で、ケルビン波などの波が観測される時には、更なる大きな気温変動が生じ、巻雲の生成がおこると期待される。全球非静力学大気モデル Non-hydrostatic ICosahedral Atmospheric Model (NICAM) の 2006 年 12 月実験 (Miura et al. 2007) を用いて、圏界面付近の気温変動を調べたところ、インドネシア山岳上で、ケルビン波の通過に伴い、圏界面付近の気温が大きく変動していた。興味深い点は、その変動が、同緯度の海洋上に比べ 2 倍程度の振幅を持っていたことである。こういった現象は、モデルの問題かもしれないが、仮に現実に存在するならば、面白い発見である。また、モデルの問題ならばどういった要因に伴っているかは重要な課題となろう。本件研究では、NICAM の出力データ、Constellation Observing System for Meteorology, Ionosphere, and Climate (COSMIC) 衛星データ、いくつかの再解析データ、現地観測データといった様々なデータを用いて、インドネシア海洋大陸上の標高の高い山岳が、TTL の気温変動に与える影響を調べた。COSMIC 衛星データを用いて、2006 年から 2010 年における冬季の圏界面付近の気温の変動を調べたところ、山岳付近で分散値が高くなっていることが見られた。統計的には有意ではあるが、山岳付近で得られるデータ数は少ないといった問題点はある。再解析データを用いたところ、モデルの水平解像度が上がるにつれ、山岳付近での気温の分散値は大きくなっていった。特に、水平解像度が 0.125° の European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) の Year of Tropical Convection (YOTC) データを用いたところ、ケルビン波が通過した時、山岳上と海洋上で気温の振幅が 2 K ほど異なっていることがわかった。実際、山岳上の気温の 7-12 日のパワースペクトルは、海洋上に比べ大きくなっていった。2001 年 11 月のインドネシアの Jambi と Kototabang (より山岳付近) の観測データも比較してみた。しかし、2 つの観測所の気温変動に明確な違いは見られなかった。気温の分散は、日変動などの局所的な影響に伴い、Kototabang の方がわずかに大きい。波の活動度の変化によるものではなかった。本研究では、モデルや衛星観測データで、山岳上において気温の変動が大きいことが観測されたが、より明確な証拠を示すための更なるデータや解析が必要である。当日の発表では、以上のような点について報告するとともに、本研究の今後の可能性についても議論したい。

全球非静力学大気モデル NICAM の中層大気への拡張 Constructing the Middle-Atmosphere Version of Non-hydrostatic Global Atmospheric Model NICAM

小玉 知央^{1*}; 那須野 智江¹; 渡辺 真吾¹; 久保川 陽呂鎮²; 佐藤 正樹²

KODAMA, Chihiro^{1*}; NASUNO, Tomoe¹; WATANABE, Shingo¹; KUBOKAWA, Hiroyasu²; SATOH, Masaki²

¹ 海洋研究開発機構, ² 東京大学

¹ Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ² University of Tokyo

大気重力波は地形や対流活動・前線・ジェットなどによって励起され、収束することで対流圏および中層大気の基本場形成に大きな影響を与える。励起・伝搬・収束のプロセスを GCM (大気大循環モデル) で陽に表現することは難しく、多くの場合は重力波抵抗スキームが用いられる。Watanabe et al. [2008] は水平 60 km、鉛直 300 m という高解像度の GCM を用いて、重力波抵抗スキームを用いずに現実的な重力波と中層大気基本場を再現することに成功した。しかし、重力波の分散関係は静力学系と非静力学系で異なり、静力学系に基づく GCM では重力波の伝搬特性の再現性に問題がある。また、GCM では重力波の励起源の一つである対流を陽に解像できない。

著者らは全球非静力学大気モデル NICAM (Non-hydrostatic Icosahedral Atmospheric Model) のモデルトップを拡張した中層大気版 NICAM を構築している。水平解像度は 220 km、56 km、又は 14 km である。鉛直座標は中層大気で座標面がほぼ平面になる hybrid-z* を用い、モデルトップは 80 km としている。鉛直層の間隔は中層大気で一定とし、2 km (61 層)、1 km (91 層)、500 m (162 層)、又は 300 m (261 層) で実験を行っている。重力波抵抗スキームは使用していない。これ以外の設定は、主に対流圏研究で用いられている標準的な NICAM 設定とほぼ同等である。

本発表では中層大気版 NICAM の基本場の再現性について初期結果を報告する。全体的に、対流圏・中層大気の気温およびジェットの基本構造はよく再現されている。極夜ジェットの軸は極側へずれているが、鉛直解像度を高めることで軸の傾きはやや改善される。夏半球の東風ジェットの強さや熱帯下部成層圏の QBO 的構造も、鉛直解像度が高い方が現実的に再現される。一方、冬半球極域の成層圏上部・中間圏において低温バイアスが顕著であり、極夜ジェットが過大に再現されている。現状では水平解像度・鉛直解像度を高めると数値不安定を起こしやすいという問題がある。当日の発表では以上のような点について報告するとともに、非静力学モデルを用いた今後の全大気層研究の可能性について議論したい。

キーワード: 非静力学全球大気モデル, 大気重力波, 中層大気, 熱帯対流

Keywords: nonhydrostatic global atmospheric model, atmospheric gravity wave, middle atmosphere, tropical convection

くりこみ群の方法を用いた重力波の自発的放射メカニズムの物理的解釈 Physical interpretation on the mechanisms of spontaneous gravity wave radiation using the renormalization group method

安田 勇輝^{1*}; 佐藤 薫¹; 杉本 憲彦²
YASUDA, Yuki^{1*}; SATO, Kaoru¹; SUGIMOTO, Norihiko²

¹ 東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻, ² 慶應義塾大学 法学部 日吉物理学教室
¹Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, ²Department of Physics, Keio University

Gravity waves (GWs) are categorized into orographic ones and non-orographic ones. The mechanisms for non-orographic GW radiation are not clear, because the dynamics is quite nonlinear and complicated unlike orographic GWs. Recently it has been revealed that GWs are spontaneously radiated from an approximately-balanced flow, especially in the jet/front systems (e.g., O'Sullivan and Dunkerton 1995). The balanced adjustment theory proposed by Plougonven and Zhang (2007) is considered to be the most likely to describe the spontaneous radiation. However, their theory does not give physical interpretations on GW sources and radiation mechanisms. In this study, we derived a new theory and made physical interpretations.

Using the renormalization group (RG) method (Chen et al. 1996), which is a singular perturbation method, the interaction between the vortical flow and the Doppler-shifted GWs which both have slow time-scales is formulated for the hydrostatic Boussinesq equations on the f plane. In general, the RG method enables us to extract slowly-varying components systematically and naturally from the system containing multiple timescale motions. The derived time evolution equations (RG equations, referred to as RGEs) describe the spontaneous radiation of GWs from the components slaved to the vortical flow through a quasi-resonance together with the GW radiation reaction on the large-scale vortical flow. The quasi-resonance occurs when the space and time scales of slaved components are comparable to those of GWs (quasi-resonance condition).

The RGEs are validated using numerical simulations of the vortex dipole by Japan Meteorological Agency Nonhydrostatic Model. The flow near the dipole center is quite strong due to the confluence, which is similar to a localized jet stream in the atmosphere. GW distribution obtained by the RGE integration accords well with the numerical simulation. This result supports the validity of our theory.

The main GW sources in the vortex dipole can be classified into two groups by using the RGEs. The GW sources in the first group are the slaved components produced by the horizontal divergence of acceleration of the vortical flow near the dipole center (Fig. A). The acceleration can be regarded as the sum of Coriolis and pressure gradient forces. This fact indicates that the GW sources express the horizontal compression of fluid. The horizontal compression can produce vertical motion, which radiates GWs when its space and time scales satisfy the quasi-resonance condition. This radiation mechanism corresponds to the velocity-variation mechanism proposed by Viúdez (2007).

The slaved component in the other group is mainly produced by the vortical flow over the deformed potential temperature surfaces (Fig. B). The deformation of potential temperature surfaces can be attributed to the Bernoulli effect due to the strong vortical flow near the dipole center. The vortical flow over the deformed potential surfaces can produce vertical motion, which radiates GWs when its space and time scales satisfy the quasi-resonance condition. In other words, the deformed potential temperature surfaces act like a mountain as in the radiation process of orographic GWs. This radiation mechanism corresponds to the mountain-wave-like mechanism proposed by McIntyre (2009).

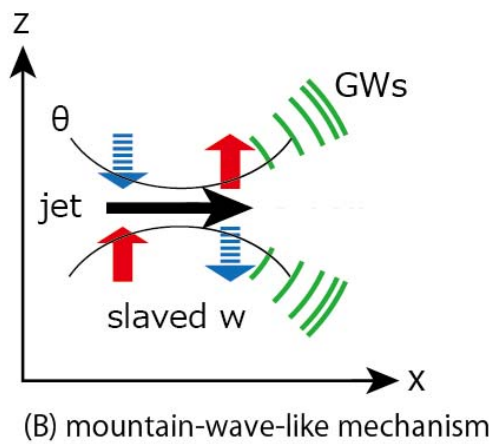
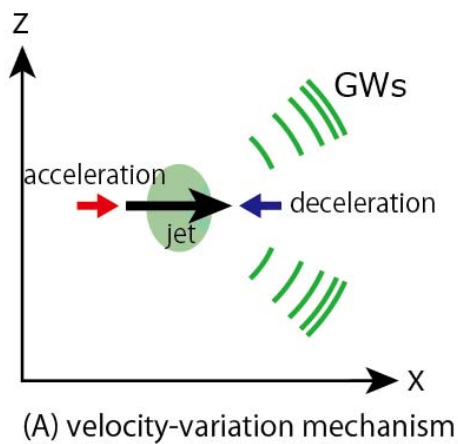
キーワード: 重力波, ジェット気流, 自発的放射, くりこみ, 波, 特異摂動法

Keywords: gravity wave, jet stream, spontaneous radiation, renormalization, wave, singular perturbation method

AAS21-07

会場:313

時間:4月30日 11:00-11:15



2次元湿潤対流モデルで得られた放射対流準平衡状態における QBO 的振動 QBO-like oscillation in a radiative-convective equilibrium state obtained with a two-dimensional moist convection model

余田 成男^{1*}; Bui Hoang-Hai²; 西本 絵梨子¹
YODEN, Shigeo^{1*}; BUI, Hoang-hai²; NISHIMOTO, Eriko¹

¹ 京都大学大学院理学研究科 地球惑星科学専攻, ² ハノイ科学大学

¹Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University, ²Hanoi University of Science

QBO (準2年周期振動) は赤道域成層圏に卓越する内部変動であり、対流圏から成層圏に伝播してきた波動が平均流と相互作用することにより生じている。20年以上前に Held et al.(1993) は2次元湿潤対流モデルで得られる放射対流平衡状態について研究し、QBO 的な振動を得た (約2か月分積分したのみ)。彼らのモデルは非回転系の2次元周期境界モデルで極度に理想化されたものであるが、QBO の基本的力学要素を包含している。本研究では、ARW(Advanced Research WRF) モデルを用い2年以上の長期間積分を行って、Held らが得た QBO 的振動を再検討する。また、計算領域や分解能、境界条件 (上端での東西風や海面温度など) を変えて感度実験を行って、QBO 的振動がどれだけロバストであるかを調べる。

コントロール実験は基本的に Held らと同じである。すなわち、水平に 640km の領域で分解能は 5km、鉛直 130 層でモデル上端は 26km に置く。積雲対流パラメタリゼーションは使用せず、雲微物理過程のみを入れる。短波放射、長波放射、地表フラックス、惑星境界層、乱流拡散、上端付近でのレイリー散逸などの物理過程は標準的なものを使う。時間積分すると、スピニアップの後に平均帯状流は周期 120.6 日の明瞭な QBO 的振動を示す。観測される QBO と異なり、QBO 的振動は対流圏でも明瞭であり、湿潤対流や重力波励起を変調させている。対流で励起された重力波は成層圏に伝播し、流れと相互作用して QBO 的振動を生んでいる。一方、対流圏では、組織化した対流システムの強さや伝播が対流圏内の平均帯状流の変動と同期して変動し、帯状平均した降水量も QBO 的振動の周期変動成分をもつ。

キーワード: QBO, 放射対流平衡, 波-平均流相互作用, 2次元湿潤対流モデル, 成層圏-対流圏力学結合

Keywords: QBO, radiative-convective equilibrium, wave-mean flow interaction, two-dimensional moist convection model, stratosphere-troposphere dynamical coupling

成層圏突然昇温により引き起こされる半年周期振動の年々変動 Interannual changes of the semiannual oscillation induced by stratospheric sudden warming events

大羽田 剛史^{1*}; 飯田 千尋¹; 廣岡 俊彦³; 江口 菜穂²
OHATA, Tsuyoshi^{1*}; IIDA, Chihiro¹; HIROOKA, Toshihiko³; EGUCHI, Nawo²

¹九州大学大学院理学府, ²九州大学応用力学研究所, ³九州大学大学院理学研究院

¹Graduate School of Science, Kyushu University, ²Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, ³Faculty of Science, Kyushu University

赤道域中層大気に見られる半年周期振動は、成層圏界面付近と中間圏に独立した極大を持ち、両者はほぼ逆位相の関係にあることが知られている [例えば Andrews et al., 1987]。成層圏界面付近では夏至・冬至の頃に東風極大、春分・秋分の頃に西風極大を取り、中間圏ではそれとは逆の位相となる。半年周期振動の励起機構は、成層圏界面付近と中間圏とでは幾分異なることが知られており、それらの年々変動機構についても同様であると考えられる。本研究では、Aura MLS による衛星観測データを格子点データに変換し、半年周期振動に関わる気温場、風系場の力学的解析を行った。その結果、北半球の冬至の時期に、半年周期振動の振幅には顕著な年々変動が見られ、それが成層圏突然昇温の生起と関連していることが明らかとなった。突然昇温に伴う残差平均子午面循環の形成により、赤道域成層圏の低温偏差と中間圏の高温偏差が引き起こされ、それらが赤道域の温度風平衡を通し、成層圏界面付近で東風加速、中間圏で西風加速をもたらし、結果的にそれぞれの領域で半年周期振動を強めるものと考えられる。

キーワード: 半年周期振動, 成層圏突然昇温, MLS データ

Keywords: semiannual oscillation, stratospheric sudden warming, MLS data

Recent variability and zonal asymmetry in upper troposphere and lower stratosphere observed with GPS radio occultation m
Recent variability and zonal asymmetry in upper troposphere and lower stratosphere observed with GPS radio occultation m

MEHTA, Sanjay^{1*}; TSUDA, Toshitaka¹; FUJIWARA, Masatomo²; SCHMIDT, Torsten³; VERNIER, Jean-paul⁴
MEHTA, Sanjay^{1*}; TSUDA, Toshitaka¹; FUJIWARA, Masatomo²; SCHMIDT, Torsten³; VERNIER, Jean-paul⁴

¹Research Institute for Sustainable Humanosphere (RISH), Kyoto University, Japan, ²Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, Japan, ³GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Germany, ⁴NASA Langley Research Center, Hampton, VA 23666, USA.

¹Research Institute for Sustainable Humanosphere (RISH), Kyoto University, Japan, ²Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, Japan, ³GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Germany, ⁴NASA Langley Research Center, Hampton, VA 23666, USA.

Tropical upper troposphere and lower stratosphere (UTLS) variability and zonal asymmetry are explored using global positioning system radio occultation (GPS-RO) measurements. GPS-RO offers global monitoring of fine structures of the UTLS temperature variability. GPS-RO continuous measurements from CHAMP (2001-2006) and COSMIC (2006-2013) for about 13 years allows us to study the interannual variability, trends (over the last decade) and its fine zonal structures. The warming of UTLS temperatures between 100 and 50 hPa, warming of tropopause and decrease in its height have been observed over the last decade. The possible reasons for such changes linking to the recent moderate volcanic eruptions and dynamical changes involving changes in sea surface temperature and Brewer Dobson circulation will be discussed. The variability and structure observed in GPS-RO will be compared with existing conventional radiosonde and reanalysis datasets.

キーワード: UTLS Temperature, Zonal Assymetry, GPS Radio Occultation, Moderate Volcanic Eruptions, Dynamical Changes
Keywords: UTLS Temperature, Zonal Assymetry, GPS Radio Occultation, Moderate Volcanic Eruptions, Dynamical Changes

南半球成層圏オゾン減少による気候変化に対する中緯度海洋フロントの役割 The role of the mid-latitude oceanic front in the ozone-induced climate change in the Southern Hemisphere

小川 史明¹; OMRANI Nour-Eddine²; 西井 和晃^{1*}; 中村 尚¹; KEENLYSIDE Noel³
OGAWA, Fumiaki¹; OMRANI, Nour-eddine²; NISHII, Kazuaki^{1*}; NAKAMURA, Hisashi¹; KEENLYSIDE, Noel³

¹ 東京大学先端科学技術研究センター, ²GEOMAR, University of Kiel, ³Geophysical Institute, University of Bergen
¹RCAST, University of Tokyo, ²GEOMAR, University of Kiel, ³Geophysical Institute, University of Bergen

The Southern Hemisphere Annular Mode (SAM) is the dominant mode of low-frequency atmospheric variability in the extratropical Southern Hemisphere, exerting substantial impacts on regional distributions of temperature and precipitation. Its multi-decadal trend in the troposphere observed in late 20th century has been related to the lower-stratospheric changes induced by the ozone depletion. Known as a manifestation of meridional shift of the eddy-driven polar-front jet (PFJ), which is collocated with the storm-track, the SAM variability may be sensitive to the near-surface baroclinicity associated with the midlatitude oceanic frontal zone.

In the present study, aqua-planet atmospheric general circulation model experiments are conducted with two different zonally symmetric profiles of sea-surface temperature (SST) whose frontal gradient in midlatitudes is retained or eliminated. A comparison of the tropospheric response to the assigned stratospheric ozone depletion between the two SST profiles reveals critical importance of the frontal SST gradient for the intensified stratospheric polar vortex, which is due to the ozone depletion, in triggering and keeping positive phase of the tropospheric SAM in late spring through summer.

We also reveal that the SAM trend in late 20th century simulated in CMIP3/5 models is sensitive to the position and intensity of the mid-latitude oceanic frontal zone. Specifically, a model that simulates the zonal-mean frontal zone at higher latitude tends to simulate the maximum positive trends in the zonal-mean westerlies and midlatitude precipitation also at higher latitudes than another model with the oceanic frontal zone at lower latitude. This relationship is more obvious in a subset of the models with the relatively strong oceanic fronts.

キーワード: オゾンホール, 環状モード, 海洋フロント

Keywords: Ozone hole, Annular mode, Oceanic front

9種の再解析データにおける大規模火山噴火に対する全球気候応答 Global response to the major volcanic eruptions in 9 reanalysis datasets

藤原 正智^{1*}; 日比野 敬司¹; Mehta Sanjay²; Gray Lesley³; Mitchell Daniel³; Anstey James³
FUJIWARA, Masatomo^{1*}; HIBINO, Takashi¹; MEHTA, Sanjay²; GRAY, Lesley³; MITCHELL, Daniel³; ANSTEY, James³

¹ 北大・環境, ² 京大・生存, ³ オックスフォード大
¹EES, Hokkaido Univ., ²RISH, Kyoto Univ., ³Oxford Univ.

The global climate response to the eruptions of Mount Agung in 1963, El Chichón in 1982 and Mount Pinatubo in 1991 is investigated using 9 reanalysis datasets (ERA-40, ERA-Interim, JRA-25/JCDAS, JRA-55, MERRA, NCEP/NCAR, NCEP/DOE, NCEP-CFSR, and 20CR). Multiple linear regression is applied to the zonal and monthly mean time series of key dynamical variables by considering the components of linear trends, seasonal variations, the Quasi-Biennial Oscillation (QBO), solar cycle, and El Niño Southern Oscillation (ENSO). The residuals are used to define the volcanic signals. Latitude-altitude distributions of the volcanic signals and of the regression coefficients are compared and discussed among the different reanalyses. In response to the Mount Pinatubo eruption most reanalyses show statistically significant negative and positive temperature anomalies in the tropical troposphere and in the tropical lower stratosphere, respectively. The signals are similar for the El Chichón eruption, with a statistically insignificant tropospheric response. The response to the Mount Agung eruption is asymmetric about the equator with significant warming in the Southern Hemisphere midlatitude upper troposphere to lower stratosphere. This work is a contribution to the SPARC Reanalysis Intercomparison Project (S-RIP).

キーワード: 火山噴火, 気候, 再解析, 成層圏, 対流圏
Keywords: volcanic eruption, climate, reanalysis, stratosphere, troposphere

ピナツボ火山噴火に伴う成層圏エアロゾル変化のシミュレーション Simulation of stratospheric aerosol changes after the Pinatubo eruption

関谷 高志^{1*}; 須藤 健悟¹
SEKIYA, Takashi^{1*}; SUDO, Kengo¹

¹ 名古屋大学 環境学研究科

¹ Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

An explosive volcanic eruption can inject a large amount of SO₂ into the stratosphere, which is oxidized to form sulfate aerosol. Such aerosol has an impact on the Earth's radiative budget by enhancing back-scattering of the solar radiation, and causes stratospheric ozone depletion through heterogeneous chemical reactions. This study investigates spatiotemporal changes in the volcanic aerosol after the 1991 Pinatubo eruption. We particularly focus on impacts of (1) heating due to volcanic ash, (2) injection height, and (3) temporal evolution of the aerosol radius, on transport and distribution of the volcanic aerosol. We conducted a control simulation and three sensitivity simulations using the MIROC-ESM-CHEM chemistry — climate model. In the control simulation, 20 Mt of the SO₂ and 30 Mt of the ash were injected into the altitudes between 16 km and 18 km over the Mt. Pinatubo on June 15th 1991. The radius of stratospheric sulfate aerosol is prescribed by the data estimated from SAGE II in the control simulation. The first sensitivity simulation injected only the SO₂ into the altitudes between 16 km and 18 km. The second sensitivity simulation injected the SO₂ into the altitudes between 17 km and 26 km. In the third sensitivity simulation, the radius of the sulfate aerosol was fixed to 0.08 μm. The control simulation reproduced a general feature of the observed aerosol optical depth (AOD) derived from SAGE II and AVHRR, although the simulated residence time of the aerosol is longer than the observed one. The sensitivity simulations show the following: (1) heating due to the ash causes an anomalous upward and equatorward transport of the volcanic aerosol during 4 — 5 days after the eruption, (2) the SO₂ injection into the altitudes of 17 — 26 km does not represent the anomalous transport due to the heating which is caused by long-wave absorption of the ash, (3) the temporal evolution of the aerosol radius slightly facilitates the removal of the aerosol from the stratosphere.

キーワード: 成層圏エアロゾル, 火山噴火, 化学気候モデル

Keywords: stratospheric aerosol, volcanic eruption, chemistry-climate model

SMILES データを用いた中層大気科学についての最近の成果 Recent Results for Middle Atmospheric Sciences using Data from SMILES

塩谷 雅人^{1*}
SHIOTANI, Masato^{1*}

¹ 京都大学生存圏研究所

¹ Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University

The Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder (SMILES) aboard the Japanese Experiment Module (JEM) of the International Space Station (ISS) made atmospheric measurements of minor species in the stratosphere and mesosphere for about six months from October 2009 to April 2010. Data for scientific community are now provided from DARTS (Data ARchives and Transmission System) of ISAS/JAXA (<http://darts.isas.jaxa.jp/iss/smiles/>). In this talk, we will present recent results from the SMILES measurements in association with middle atmospheric chemistry and dynamics. The main topics to be highlighted are as follows.

[Diurnal ozone variations in the stratosphere] The SMILES observations have revealed the global pattern of diurnal ozone variations throughout the stratosphere. The peak-to-peak difference in the stratospheric ozone mixing ratio reaches 8% over the course of a day, suggesting careful consideration when merging ozone data from different satellite measurements (Sakazaki et al., 2013).

[Ozonesonde bias suggested from comparisons with SMILES] The SMILES ozone data have been extensively compared with other satellite data sources (Imai et al., 2013a). Further comparisons of SMILES ozone profiles with those from ozonesondes show that the agreement was generally good, but at low latitudes the SMILES ozone data showed larger values than those at middle and high latitudes. To explain this bias, we examined an issue of the ozonesonde's response time, and found a negative bias in ozonesonde measurements more than 7% at 20 km in the equatorial latitude (Imai et al., 2013b).

[Mesospheric ozone variations during the solar eclipse] During the annular solar eclipse on 15 January 2010, SMILES successfully captured temporal changes in ozone concentration. We found that in the lower mesosphere ozone amounts get closer to the normal nighttime average, and the mechanism is detailed with use of an atmospheric chemistry box model (Imai et al., 2014).

Keywords: Middle Atmosphere, Ozone, Satellite Observation

JEM/SMILESにより成層圏ClO観測について Stratospheric ClO observation by JEM/SMILES

鈴木 睦^{1*}; 眞子 直弘²; 光田 千紘³; 今井 弘二¹; 尾関 博之⁴; 坂崎 貴俊⁵; 塩谷 雅人⁵
SUZUKI, Makoto^{1*}; MANAGO, Naohiro²; MITSUDA, Chihiro³; IMAI, Koji¹; OZEKI, Hiroyuki⁴; SAKAZAKI, Takatoshi⁵
; SHIOTANI, Masato⁵

¹宇宙研, ²千葉大/CEReS, ³富士通 FIP, ⁴東邦大学理学部, ⁵京都大学生存研研究所

¹JAXA/ISAS, ²Chiba U./CEReS, ³Fujitsu FIP.Corporation, ⁴Faculty of Science, Toho University, ⁵Kyoto U./RISH

SMILES operated on the ISS from Oct. 12, 2009 to Apr. 21, 2010. Since the detector (Superconductor-Insulator-Superconductor: SIS mixer) was cooled down to 4K, SMILES showed system noise figure, $T_{sys} \sim 250K$, or spectral noise floor $\sim 0.4K$, which gave one order better signal to noise ratio compared to previous sub-mm observations from space (Aura/MLS and Odin/SMR).

Aura/MLS have been measuring ClO with a 0.1 ppbv precision at 25-50km altitude. Theoretical precision of SMILES has been reported to be about 0.01 pptv at 30 km. This value can be verified from bin-width of histogram of nighttime ClO, which should be almost zero below 35km at the background atmosphere. We obtained actual bin-width, or ClO random error, to be 0.015 pptv, which is slightly larger than the theoretical value. It has been estimated that

the additional random error might come from IFOV pointing error, a priori pressure error, or baseline fitting error.

In tropical region (N10-S10), difference between day and night profiles was 792 pptv at 25km. This result agreed quite well with reproductive calculated value (nearby 80 pptv) by using Chemical Transport Model (SD-WACCM). On the other hand, in middle latitude (N30-50) during Mar. 13-25, 2010, SMILES value were 712 pptv at 22km, and 352 pptv at 19 km. These value were significantly larger than reported as 10 pptv by airplane and balloon observation in 1986. SMILES mid-latitude value is about 3-7 times higher than the past observation, however, agrees with reproductive calculated value like as tropical region. These discrepancy in the mid-latitude between SMILES and past observation can be explained partly by the historical increase of total Clx from 2.4 pptv in 1968 to the present value, ~ 3.0 ppbv.

キーワード: 一酸化塩素, 成層圏, 国際宇宙ステーション, サブミリ波, オゾン

Keywords: Chlorine monoxide, Stratosphere, International Space Station, submm, ozone, SMILES

SMILESによって観測された下部成層圏でのオゾンとHClの相関 Correlation between O₃ and HCl in the lower stratosphere as observed by SMILES

杉田 考史^{1*}; 笠井 康子²; 寺尾 有希夫¹; 林田 佐智子³; 佐川 英夫²; 鈴木 睦⁴; 塩谷 雅人⁵
SUGITA, Takafumi^{1*}; KASAI, Yasuko²; TERAO, Yukio¹; HAYASHIDA, Sachiko³; SAGAWA, Hideo²; SUZUKI, Makoto⁴
; SHIOTANI, Masato⁵

¹ 国立環境研究所, ² 情報通信研究機構, ³ 奈良女子大学, ⁴ 宇宙航空研究開発機構, ⁵ 京都大学
¹NIES, ²NICT, ³Nara Women's Univ., ⁴JAXA, ⁵Kyoto Univ.

上部対流圏におけるオゾンはそこでの放射強制力に寄与している。対流圏ではオゾンの光化学的な生成のみならず、成層圏からの輸送による寄与もより定量的に把握することが重要である。近年のモデル研究からは成層圏から対流圏へ400から700 Tg/yr程度の寄与があると見積もられている(光化学的な生成に対して最大2割程度)。したがって上部対流圏で観測的に成層圏起源オゾンの割合を見積もることは重要である。Marcyら(2004)は下部成層圏でオゾンとHClにはコンパクトな正相関関係があり、上部対流圏にはHClのソースが殆ど無いことに着目し、航空機観測結果から成層圏起源オゾンの割合を見積もることを提案した。しかし下部成層圏でのオゾン/HClの相関関係の報告はこれまで非常に少なく、これを確立することは重要である。本研究では国際宇宙ステーション搭載の超伝導サブミリ波リム放射サウンダ(SMILES)からのオゾンとHClのデータを解析し、限られた期間ではあるが南半球の中高緯度で相関関係を明らかにした。また、同季節での北半球の相関関係との比較を行ない、同じオゾン濃度に対して南半球の方が北半球よりもHCl濃度がわずかに高いことも示した。これらのオゾン/HCl相関は中高緯度における近年の貴重なリファレンスとして位置づけられる。

キーワード: SMILES, ISS, オゾン, 塩素
Keywords: SMILES, ISS, ozone, chlorine

FTIRで観測されたつくば上空HCl, HF全量の再増加 Reincrease of total columns of HCl and HF observed with FTIR at Tsukuba

村田 功^{1*}; 中島 英彰²; 森野 勇²; 秋吉 英治²
MURATA, Isao^{1*}; NAKAJIMA, Hideaki²; MORINO, Isamu²; AKIYOSHI, Hideharu²

¹ 東北大学大学院環境科学研究科, ² 国立環境研究所

¹Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, ²National Institute for Environmental Studies

東北大学と国立環境研究所では、国立環境研究所所有の高分解能フーリエ変換型赤外分光計 (FTIR) を用いて、つくばにおいて 1998 年 12 月よりオゾンをはじめとする大気微量成分の地上観測による研究を行っている。今回は HCl, HF 全量の経年変化について新たな傾向が見られたので報告する。HCl, HF はそれぞれ塩素、フッ素の主なりザーバー分子であり、ともにフロン類の分解が主な生成要因で成層圏に多く分布する。そのためフロン規制によるこれらの成分の変化、特に HCl の変化はオゾン層回復の観点から注目されている。

観測は期間によって異なる分光計を使用しているが、波数分解能はいずれも 0.0035cm^{-1} で解析にはスペクトルフッティングプログラム SFIT1 を用いている。各スペクトルから求めた全量は観測日毎に平均し、この経年変化を調べた。

観測結果は HCl, HF とも春極大・秋極小の季節変化を示すが、経年変化に注目すると、HCl は 1999 年から 2001 年にかけてはやや増加しているように見えるが、2003 年以降は減少し、2007 年頃から再び増加している。HF は 1999 年から 2002 年にかけてはやや増加しているように見え、2003 年からはほぼ横ばい、そして 2007 年頃以降は明らかに増加している。そこで、2001-2006 年と 2007-2013 年の 2 つの期間に分けてサイン関数 (季節変化) と直線 (経年変化) でフィッティングしてみると、HCl はそれぞれ $-1.8\%/yr$, $+1.0\%/yr$, HF はそれぞれ $+0.3\%/yr$, $+2.5\%/yr$ の経年変化となった。

2000 年代に入ってから成層圏 HCl の減少は HALOE や ACE などの衛星観測でも見られており、フロン規制による成層圏塩素量の減少が観測されたものと考えられているが、将来予測では成層圏の塩素量はそのまま減少し続けるとされており、これが再び増加に転じたとなるとオゾン層回復が遅れることにもつながると考えられる。

HCl, HF が増加に転じた原因としては、ひとつには大気輸送の変化が考えられる。全球化学輸送モデルを用いたシミュレーションによれば、気象場を観測値に固定しないモデルでは 2000 年代を通して HCl コラムが減少し続けるのに対し、気象場に ERA-interim を用いると 2008 年頃から減少が止まる結果が得られており、大気輸送に何らかの変化があったようである。近年ブリューワードブソン循環に変化が見られるという報告もあるが、こういったものとの関連があるのかなど具体的なメカニズムについてはまだ不明である。もうひとつには代替フロンとして使われている HCFC (Cl, F を含む) や HFC (F のみ含む) の排出量が増加しているため、これらが対流圏で分解されないうちに成層圏まで運ばれる量が増加したことも考えられるが、こちらについてはまだ証拠となるような観測はない。

キーワード: フーリエ変換型分光計, 大気微量成分, フロン
Keywords: FTIR, Trace Species, CFCs

RS80 ラジオゾンデ気圧バイアスに起因する高度誤差のオゾン・気温プロファイルへの影響 The impact of altitude mis-estimation caused by Vaisala RS80 pressure bias on ozone and temperature profile data

稲飯 洋一^{1*}; 塩谷 雅人¹; 藤原 正智²; 長谷部 文雄²
INAI, Yoichi^{1*}; SHIOTANI, Masato¹; FUJIWARA, Masatomo²; HASEBE, Fumio²

¹ 京都大生存研, ² 北海道大地球環境
¹RISH, Kyoto Univ., ²EES, Hokkaido Univ.

Non-biased meteorological data are necessary for studies for detecting long-term climate change. Vaisala RS80 radiosonde is widely used for operational and scientific observations. It has been known, however, that the RS80 has pressure bias. The pressure bias affects height information of the profile in a traditional way where the geometric height (or geopotential height in some cases) is calculated from the hydrostatics equation. In addition, the pressure measurements affect the mixing ratio values of any chemical species because the calculation needs air pressure value. The RS80 pressure bias is estimated to be -0.3 ± 0.2 hPa, -0.4 ± 0.1 hPa, and -0.4 ± 0.1 hPa (1σ) at 20 km, 25 km, and 30 km, respectively from the observations using RS80 together with global positioning system (GPS) sensor in the Soundings of Ozone and Water in the Equatorial Region (SOWER) project during from December 2004 to January 2010. Since ozone mixing ratio and temperature are also measured simultaneously, the impact of the mis-estimated altitude on observed profiles of ozone and temperature was evaluated. The net biases of $-1.3 \pm 1.4\%$, $-0.5 \pm 0.7\%$, and $3.1 \pm 1.9\%$ (1σ) at 20 km, 25 km, and 30 km, respectively for ozone mixing ratio and that of -0.1 ± 0.2 K, -0.2 ± 0.3 K, and -0.4 ± 0.7 K (1σ) at 20 km, 25 km, and 30 km, respectively for temperature are estimated as impacts from RS80 pressure bias. Those ozone and temperature biases can result in artificial variation in the long-term meteorological records when there is a radiosonde change from or to RS80. Especially, sign-reversed biases of ozone and temperature appear as artificial variations when the instrument is changed from RS80 to non-pressure-biased radiosonde (for example GPS sonde).

キーワード: ゾンデ観測, 観測誤差, 成層圏オゾン, 成層圏気温, 成層圏長期変動

Keywords: sonde observation, observational bias, stratospheric ozone, stratospheric temperature, stratospheric long-term variation

リオ・ガジェゴス (アルゼンチン) 上空における 2009 年 11 月の長期間のオゾン全量低下について—化学輸送モデルによる計算と解析—
Total ozone reduction over Rio Gallegos (Argentina) in November 2009 simulated by MIROC3.2 Chemical Transport Model

秋吉 英治^{1*}; 門脇 正尚¹; 中村 東奈²; 杉田 考史¹; 中村 哲³; 水野 亮⁴
AKIYOSHI, Hideharu^{1*}; KADOWAKI, Masanao¹; NAKAMURA, Haruna²; SUGITA, Takafumi¹; NAKAMURA, Tetsu³; MIZUNO, Akira⁴

¹ 国立環境研究所, ² 富士通 FIP, ³ 国立極地研究所北極観測センター, ⁴ 名古屋大学太陽地球環境研究所
¹NIES, ²Fujitsu FIP, ³Arctic Environment Research Center, NIPR, ⁴STEL, Nagoya University

科学技術振興機構 (JST) および国際協力機構 (JICA) の地球規模課題対応国際科学技術協力事業 (SATREPS) 「南米における大気環境リスク管理システムの開発」(代表: 水野亮) では、先端的観測施設の空白域である南米地域での地上大気観測網を、アルゼンチンおよびチリの研究者らと協力しながら整備し、その観測結果から迅速に地域社会へのアラート(警報・注意喚起)を発信するための社会システムを構築することを目指している。この課題の中で、南米地域へのオゾンホールの影響についての研究を開始した。アルゼンチンおよびチリ南部のパタゴニア地区は南極の極渦の通り道にあり、オゾンホール直下の紫外線被害にさらされる危険性が高い。本研究では、国立環境研究所で開発を行った MIROC3.2 ナッジング化学輸送モデルを用いて、2009 年 11 月に南米で観測された比較的長期間にわたるオゾン全量減少 (de Laat et al., Geophys. Res. Lett., 2010) の再現計算を行い、そのようなオゾン減少が続いた時の大気の力学場および化学場の解析を行った。

アルゼンチンのリオ・ガジェゴス (51S, 69W) では、ライダーによるオゾン濃度の鉛直分布の観測が行われており (Wolfram et al, 5th SPARC General Assembly, Queenstown, New Zealand, 2014)、2009 年 11 月 13~14 日頃に 675K 付近の温位面でオゾン濃度が低下、その後の 11 月 22~23 日頃にはそれより下層の 475K 付近でオゾン濃度が低下したことが報告されている。675K および 475K のそれぞれの温位面において、10 日程度異なる日付でオゾンホールの影響を受けた極渦がリオ・ガジェゴスの上空あるいはその近辺に位置したことが 2009 年 11 月の比較的長い期間のオゾン全量低下をもたらしたと考えられる。環境研の化学輸送モデル (MIROC3.2 大循環モデルをベースに構築) を用いたオゾン全量や渦位の計算からもこれを裏付ける結果が得られた

今後は、2009 年以外の年についての解析を進め、2009 年の南極周辺大気の力学場および化学場の特異性を明らかにしていく予定である。

キーワード: アルゼンチン, オゾンホール, 化学輸送モデル, 極渦, 地球規模課題対応国際科学技術協力事業, 2009 年 11 月
Keywords: Argentina, ozone hole, CTM, polar vortex, SATREPS, November 2009

南極域の波動活動とオゾン全量およびオゾン破壊過程との関係 Relationship between total ozone and wave activities in Antarctic region

門脇 正尚^{1*}; 秋吉 英治¹; 山下 陽介¹; 中村 哲²

KADOWAKI, Masanao^{1*}; AKIYOSHI, Hideharu¹; YAMASHITA, Yousuke¹; NAKAMURA, Tetsu²

¹ 独立行政法人国立環境研究所, ² 国立極地研究所北極観測センター

¹National Institute for Environmental Studies, ²Arctic Environment Research Center, National Institute of Polar Research

オゾンホールの大きさ・深さは、大気中のハロゲン量や大気波動の影響を受ける。例えば、2002年のオゾンホールは、成層圏の塩素濃度がほぼピークであったにもかかわらず、波動活動が大きかったため、オゾンホールの規模は小さかった。また、南極上空では波数1の定常波と波数2の非定常波が卓越するが、平年と比較してどちらがより卓越するかによって、そのオゾン破壊過程への影響に違いが生じると考えられる。波数2の非定常波が平年より極端に卓越した場合、引き延ばされた極渦が南極中心に回転することで、極渦内外の混合が進み、極渦外からの高濃度NO_xやオゾンの極渦内への流入によってClO濃度は低下し、オゾンホールが縮小することが考えられる。熱輸送による気温上昇も不均一反応の進行を抑え、オゾンホールを縮小する方向に働く。また、波数1の定常波のみが卓越した場合、NO_xやオゾンの混合が大きくなるのではなく、気温が上昇して不均一反応の進行を抑えるであろう。その一方で、極渦の中心が南極点からずれて存在するので、春分前では極渦がより日射に曝される状況となり、日射に曝された領域ではよりオゾン破壊が進むことも予想される。

TOMSおよびOMIのオゾン全量データからオゾン全量が220DU以下になる面積を9月7日~10月13日の期間で計算し、その最大値をオゾンホール面積の年最大値とした。また、オゾン全量最低値は同期間での最低値をオゾン全量の年最低値とした。本研究では、ERA-Interimの客観解析データ(東西風、南北風、気温)をナッジングした化学輸送モデル計算の結果を用いた。オゾンホールが十分発達した1985-2011年の期間において、南半球中・高緯度の波動活動とオゾンホール面積、オゾン全量最低値及びオゾン破壊に係わる量成分分布との関係を調べた。本発表では波動活動がどのような過程を通してオゾンホール大きさに影響するのかについて解析結果を報告する。

キーワード: 成層圏オゾン, 波動活動, 化学輸送モデル

Keywords: stratospheric ozone, dynamics, chemical transport model

AIRS 高解像温度データを用いた重力波の年々変動及び季節内変動の解析 Interannual and intraseasonal variability of gravity waves revealed from high resolution AIRS observations

土屋 主税¹; 佐藤 薫^{1*}; Alexander M. Joan²; Hoffmann Lars³
TSUCHIYA, Chikara¹; SATO, Kaoru^{1*}; ALEXANDER, M. joan²; HOFFMANN, Lars³

¹ 東大院理, ² ノースウエスト研究所, ³ ユーリヒ総合研究機構

¹University of Tokyo, ²NorthWest Research Associates, ³Forschungszentrum Juelich

An analysis was made of high-resolution temperature data from satellite onboard Atmospheric Infrared Sounder (AIRS) over eight years from 2003/2004 to 2010/2011 to examine gravity wave (GW) characteristics around an altitude of 40 km in terms of the interannual and intraseasonal variability in austral summer (DJF). AIRS is a nadir-view instrument and sensitive to the temperature fluctuations with vertical wavelengths greater than 15 km. The S-transform was applied to the data series in both cross-track or along-track directions to estimate GW characteristics. First, the DJF-mean time series of GW amplitudes and precipitation were regressed to the sea surface temperature time series in NINO.3 region. It is shown that both GW amplitudes and precipitation are large to the northeast (southwest) of the South Pacific convergence zone (SPCZ) in the El Nino (La Nina) phase. Second, the intraseasonal variation of GWs were examined in terms of the Madden-Julian Oscillation (MJO). Ten-day-mean time series was examined as a function of the longitude for GW amplitudes and precipitation that were averaged over the latitudes of 0-20S. Large GW amplitudes are observed in association with the eastward migrating precipitation of MJO, which is more clearly described by a regression to the Real-time Multivariate MJO Index. Another interesting finding is that the GW amplitudes are significantly weak when the zonal wind at 100 hPa is eastward regardless of the precipitation amount. These results suggest that the interannual and intraseasonal variations of GWs in the subtropical middle stratosphere are modified largely by ENSO and MJO through the precipitation as GW sources and the zonal wind around the tropopause regulating GW vertical propagation.

キーワード: 重力波, ENSO, MJO, QBO

Keywords: gravity waves, ENSO, MJO, QBO

南極昭和基地における下部成層圏水蒸気観測 Balloon-borne observations of lower stratospheric water vapor at the Antarctic Syowa Station

富川 喜弘^{1*}; 佐藤 薫²; 堤 雅基¹; 中村 卓司¹; 平沢 尚彦¹
TOMIKAWA, Yoshihiro^{1*}; SATO, Kaoru²; TSUTSUMI, Masaki¹; NAKAMURA, Takuji¹; HIRASAWA, Naohiko¹

¹ 国立極地研究所, ² 東京大学

¹National Institute of Polar Research, ²The University of Tokyo

下部成層圏水蒸気量の変化は、大きな放射強制力を持つ。1980~90年代の下部成層圏水蒸気量の増加、および2000年以降の減少は、それぞれの期間の地表気温トレンドを3割程度増減させたと考えられている。しかし、水蒸気量は対流圏界面近傍で高度と共に大きく変動するため、鉛直分解能の低い衛星観測では捉えることができない。ゾンデや航空機によるin-situ観測も、多くは中低緯度域で実施され、極域で実施された例は少ない。南極昭和基地では、2013年に第54次日本南極地域観測隊(JARE54)により3回の水蒸気ゾンデ観測が実施され、高度25km付近までの水蒸気量の高精度・高鉛直分解能データの取得に成功した。本発表では、これらの水蒸気ゾンデ観測の初期結果を報告し、今後の南極昭和基地での定常的な水蒸気ゾンデ観測の必要性について議論する。

キーワード: 水蒸気, ゾンデ, 南極, 下部成層圏

Keywords: water vapor, sonde, Antarctic, lower stratosphere

El Nino 期、La Nina 期に見られる熱帯域と中高緯度におけるプラネタリー波活動の 3 次元構造に関する研究 Three dimensional structure of planetary wave activity from tropical to extratropical regions in ENSO

木下 武也^{1*}; 佐藤 薫²; Hitchman Matthew, H.³
KINOSHITA, Takenari^{1*}; SATO, Kaoru²; HITCHMAN, Matthew, H.³

¹ 情報通信研究機構, ² 東京大学 大学院理学系研究科, ³ ウィスコンシン大学

¹Ntnl. Inst. of Information Comm. Tech., Japan, ²Graduate School of Science, The University of Tokyo, ³University of Wisconsin, Madison

El Nino Southern Oscillation (ENSO) に伴う熱帯域の対流活動のシフトに伴い、中高緯度域のオゾン分布が変調されることが知られている (Hitchman and Rogal 2010a,b)。この現象は、「熱帯域の対流に伴う上部対流圏の極向きの流れ」、「低渦位の極向き輸送に伴う亜熱帯高気圧の強化」、「中高緯度における総観規模擾乱活動の変調」といった 10 ~ 20 日スケールの応答によるものと考えられている。一方で、プラネタリースケールの擾乱活動の寄与も示唆されているが、まだ確認されていない。そこで本研究では、Kinoshita and Sato (2013a, 2013b)、Sato et al. (2013) により導出された波動平均流相互作用を 3 次元に記述可能な方程式系と解析手法を用い、上部対流圏から成層圏における ENSO に伴うプラネタリー波活動の変化について解析した結果を報告する。

まず、ERA Interim 再解析データを使用する。解析期間は 8~10 月とし、NOAA の Ocean Nino Index に基づき El Nino 期として 1991, 1997, 2002, 2004, 2006, 2009 年を、La Nina 期として 1998, 1999, 2000, 2007 年を選んだ。本研究で解析対象のプラネタリー波は、東西波数 1~3 の 30 日以上周期を持つ擾乱とした。このプラネタリー波活動を記述する 3 次元波活動度 flux 及びその収束発散を計算したところ、アジアモンsoon 域では、La Nina 期でプラネタリー波活動が大きく、熱帯上部対流圏から南半球高緯度成層圏に伝播している様子が見られ、El Nino 期では逆の応答が見られた。一方、太平洋東部では、El Nino 期でプラネタリー波活動が大きく、上記と同様の伝播が見られ、La Nina 期では逆の応答が確認できた。またどちらの領域・期間においても、高緯度対流圏におけるプラネタリー波は熱帯域上部対流圏から伝播してくる波とは異なる励起源の可能性が示唆された。今後は、上記結果に伴う物質輸送の 3 次元構造を明らかにし、Hitchman and Rogal (2010a,b) が示したメカニズムに伴う輸送と比較する予定である。

キーワード: 中層大気, プラネタリー波, 波活動度フラックス, 残差循環

Keywords: middle atmosphere, planetary wave, wave activity flux, residual mean circulation

A study of Antarctic ozone variation by using FORMOSAT-3/COSMIC observation A study of Antarctic ozone variation by using FORMOSAT-3/COSMIC observation

HSIAO, Chun-chieh¹ ; LIU, Jann-yenq^{1*} ; YU, Shiann-jeng¹
HSIAO, Chun-chieh¹ ; LIU, Jann-yenq^{1*} ; YU, Shiann-jeng¹

¹National Space Organization

¹National Space Organization

The Formosa Satellite 3, also named as the Constellation Observing System for Meteorology, Ionosphere, and Climate (abbreviated as FORMOSAT-3/COSMIC, F3/C), is a constellation of six micro-satellites, designed to monitor weather and space weather. The constellation was launched into an initial circular low-Earth orbit at an altitude of 512 km on 15 April 2006. The six micro-satellites have deployed to six mission orbits at around 800 km altitude with 30-degrees separation in longitude for evenly distributed global coverage. The major payload onboard F3/C, GPS occultation experiment (GOX) instrument daily provides more than 2000 soundings of atmospheric vertical temperature profile. By binning radio occultation observations, the three-dimensional temperature structure can be obtained to monitor Antarctic temperature variation. Real-time measurements of vertical temperature structures over the Antarctic region are important for monitoring the formation of polar stratospheric clouds (PSCs) which is a critical factor in the ozone variation. On the other hand, the Ozone Monitoring Instrument (OMI) in the Aura mission observes for total ozone and other atmospheric parameters related to ozone chemistry and climate. The instrument observes Earth's backscattered radiation with a wide-field telescope feeding two imaging grating spectrometers. In this work, more than 5 years observation will be used to make a quantitative comparison of ozone and atmospheric temperature variation in Antarctic.

キーワード: FORMOSAT 3/COSMIC, ozone, Antarctic

Keywords: FORMOSAT 3/COSMIC, ozone, Antarctic

衛星観測と気候モデルを用いた成層圏水蒸気の年々変動 Interannual variations of stratospheric water vapor in microwave limb sounding observations and climate model simulation

河谷 芳雄^{1*}; ジャエリー³; ハミルトン ケビン²
KAWATANI, Yoshio^{1*}; JAE, Lee³; HAMILTON, Kevin²

¹ 独立行政法人海洋研究開発機構, ² メリーランド大学, ³ ハワイ大学国際太平洋研究センター
¹JAMSTEC, ²University of Maryland, ³IPRC, Univ. Hawaii

Using the almost decade-long record of water vapor (H₂O) measurements now available from the Microwave Limb Sounder (MLS) instrument on the NASA AURA satellite, the time-height structure of interannual variations in H₂O content are investigated. The interannual anomalies display upward propagation below about 10 hPa in a manner analogous to the seasonal tape recorder, but at higher levels the anomalies in H₂O appear to propagate downward. An explanation for this effect is sought by examining stratospheric water vapor in simulations of a fine horizontal and vertical resolution (T106L72) version of the MIROC-AGCM. This model is notable for its rather realistic simulation of the quasi-biennial oscillation (QBO) in the tropical stratosphere. The interannual anomalies in simulated stratospheric H₂O display a similar propagation as seen in the MLS data. Further analysis shows that the upward propagation in the lower stratosphere is related to the mean advection of interannual water content anomalies induced by the QBO at the tropopause, while the downward propagation is due to the advection of the mean vertical gradient of water content by QBO's interannual fluctuations in the vertical wind. This conclusion is supported by additional experiments run with a modified MIROC that had a significantly different the mean vertical H₂O gradient in the middle and upper stratosphere. Also analyzed are global warming simulations in both the MIROC model and in several other global models included in the recent Coupled Model Intercomparison Project 5 (CMIP5). The upward propagating interannual H₂O variations are projected to become weaker in all these models because of a weakened QBO amplitude in the lowermost stratosphere.

キーワード: 赤道準 2 年振動

Keywords: quasi-biennial oscillation

気象庁 1 ヶ月ハインドキャスト実験における予報スキル変動の基本特性 Basic characteristics of forecast skill variations in JMA 1-month hindcast experiments

田口 正和^{1*}
TAGUCHI, Masakazu^{1*}

¹ 愛知教育大学
¹ Aichi University of Education

This study investigates basic characteristics of stratospheric predictability in the Northern Hemisphere using 1-month hindcast (HC) experiment data of the Japan Meteorological Agency for 1979-2009. We describe characteristics of forecast properties of spread, error (root mean square error), and anomaly correlation, contrasting the stratosphere and troposphere for different seasons, as well as explore the so-called spread-skill relationship for the winter stratosphere. We also examine the role of stratospheric sudden warmings (SSWs) in variations in the forecast skills. Our results show that for lead times shorter than about 10 to 15 days, the forecast skills of the HC data are higher on average and more variable in the stratosphere than in the troposphere especially for Northern winter. This is reflected in larger average and variability in predictable time limit, or characteristic time scale of useful predictions, for the winter stratosphere. We also reveal that the spread-skill relationship for the Northern winter stratosphere is characterized by the existence of notable outliers from their expected linear distribution; the outliers have markedly large errors, or low skills, for given spreads. Most of the outliers are contributed by HC sets initialized before observed major SSWs. Such HC data fail to reproduce the strength and/or shape of the stratospheric polar vortex including both onset and recovery phases of SSWs. The HC data tend to yield too strong vortex and shorter-than-average predictable limit.

フーリエ変換型赤外分光計で観測された日本上空における北極オゾン層破壊の影響 Impacts of the Arctic ozone depletion on Japan observed with FTIR

橋本 優希¹; 村田 功^{1*}; 中島 英彰²; 長浜 芳寛²; 森野 勇²; 長浜 智生³
HASHIMOTO, Yuki¹; MURATA, Isao^{1*}; NAKAJIMA, Hideaki²; NAGAHAMA, Yoshihiro²; MORINO, Isamu²; NAGAHAMA, Tomoo³

¹ 東北大学大学院環境科学研究科, ² 国立環境研究所, ³ 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, ²National Institute for Environmental Studies, ³Solar Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

極域におけるオゾン層の破壊は南極だけではなく北極においても発生しており、2011年には観測史上最大のオゾン層の破壊が確認された。オゾン層の破壊自体は極域の極渦内部で起きる現象であり、人が多く住む中緯度域に直接影響を与えることは少ない。しかし、下部成層圏においてオゾン再生する化学反応は存在しないため、極渦が崩壊するとオゾン破壊の起きた空気塊が拡散し中緯度域におけるオゾンの量は減少するはずである。そこで本研究では、つくば・陸別上空における極渦崩壊前後のオゾン量を比較することによって、北極オゾン層破壊が日本にどの程度影響するかについて調べることが目的とした。

オゾン層の破壊は化学反応が原因で起こるが、オゾンの変動要因には力学的変動も含まれているため、オゾン層の破壊の影響を調べるためにはこの力学的変動分を排除しなければいけない。そのために化学的に安定な HF や N₂O をトレーサーとし、O₃-HF 相関や O₃-N₂O 相関を調べることによって北極オゾン層破壊の影響を調べた。

解析には、つくばの国立環境研究所に設置されている FTIR および陸別に設置されている名古屋大学太陽地球研究所の FTIR の観測スペクトルを用い、高度分布導出にはスペクトルフィッティングプログラム SFIT2 を使用した。つくばに関しては 2006 年 10 月～2013 年 5 月の O₃・HF の高度分布、陸別に関しては国立環境研究所が解析した 1997 年 10 月～2008 年 7 月の O₃・HF・N₂O 高度分布を使用した。

O₃-HF 相関や O₃-N₂O 相関の直線フィッティングを決める際に必要なパラメータは傾きとオフセットである。O₃-HF 相関の傾きについては使用する極渦崩壊前の全てのデータを用いてフィッティングした際の傾きを用いた。オフセットは化学破壊量を推定するのに重要であるため、極渦崩壊前の O₃-HF 相関の取り方については全ての年を通して同じ値を用いる方法 A と年ごとにフィッティングをする方法 B の 2 つの方法を用いて結果を比較した。極渦崩壊後のオフセットは年ごとにフィッティングを行い、極渦崩壊前の相関のオフセットとの差を「オゾン変化量」とした。O₃-HF 相関は下部成層圏のいくつかの高度とコラム全量について求め、その結果からオゾン変化量の年ごとの違いを見たところ、高度 19km や 21km、コラム全量について北極オゾン層の破壊が大きい年の方が極渦崩壊後のオゾン変化量が大きい傾向が見られた。

O₃-N₂O 相関に関しては、N₂O の解析の感度が下部成層圏にはなかったためコラム全量のみ相関を取った。O₃-N₂O 相関の直線フィッティングは、年ごとのフィッティングでもかなり相関が良く、傾きやオフセットを一定にしてしまうと明らかに合わない年も出てきてしまったため極渦崩壊前の O₃-N₂O 相関は傾きとオフセットの両方について年ごとにフィッティングを行った。崩壊後の O₃-N₂O 相関は、傾きは極渦崩壊前の値を用いてオフセットだけフィッティングを行った。すると O₃-N₂O 相関についても北極オゾン層破壊の大きい年の方が、オゾン変化量が多い傾向が見られた。

北極オゾン層の破壊の規模とオゾン変化量との間に関係が見られそうだったので、両者の相関を取った。北極オゾン層破壊量の定量化は難しく、標準的なやり方があるわけではないため、気象庁 [2012] と Pommereau et al. [2013]、Rex et al. [2013] の 3 つの指標を用いてそれぞれ比べた。

北極オゾン層の破壊量とオゾン変化量の相関からどの方法や指標を用いるのが妥当かについて考察したところ、方法・指標の両方ともどの方法が最も妥当か判断ができるほどの差はなかった。そのため、すべてに共通して見られる特徴から判断し考察することにした。

その結果、つくばでは高度 21km、陸別では高度 19km において北極オゾン層の破壊量と極渦崩壊後のオゾン変化量との間に良い正の相関が見られた。コラム全量の O₃-HF 相関や O₃-N₂O 相関においても同様に正の相関が見られた。観測地点によって相関の見える高度が異なった結果については、成層圏では大気が等温位面に沿って移動しその等温位面は低緯度に行くにしたがって高度が上昇すること、北極オゾン破壊が下部成層圏の限られた高度範囲で起こることを考えるとこの結果は妥当であると考えられる。

この結果を用いて、日本上空における化学的なオゾン破壊量に対しどのくらい紫外線量が増加するかについて調べた。オゾン全量の化学的変化量を見積もったところ、つくばは最大約 30DU、陸別は最大約 40DU だった。そこでつくばにおいてはオゾン全量変化量が 30DU 減少した時とその中間値にあたる 15DU 減少した時の紫外線増加量、陸別においてはオゾン全量変化量が 40DU 減少した時とその中間値にあたる 20DU 減少した時の紫外線増加量について調べた。その結果、中間値で見てもつくばでは約 6.0%の紫外線が増加し、陸別では約 7.0%の紫外線が増加することが分かった。

AAS22-01

会場:511

時間:4月30日 16:15-16:30

キーワード: フーリエ変換型分光計, 北極オゾン破壊, 中緯度
Keywords: FTIR, Arctic ozone depletion, mid-latitude

衛星から観測された中国上空の対流圏最下層におけるオゾン増大：紫外放射観測からとらえた初めての事例
The first observation of ozone enhancement in the lowermost atmosphere over China from a spaceborne ultraviolet spectrom

林田 佐智子^{1*}; 毛家村 友里子¹
HAYASHIDA, Sachiko^{1*}; YURIKO, Keyamura¹

¹ 奈良女子大学理学部

¹ Faculty of Science, Nara Women's University

本発表は、衛星からの紫外放射観測でとらえられた東・中部中国における最下層（およそ0?3 0 0 0 m）のオゾンの顕著な増大現象に関する初めての報告である。EOS/Aura 衛星に搭載された Ozone Monitoring Instrument (OMI) の最近のプロダクトから、対流圏最下層のオゾン時空間変動が明らかになった [Liu et al., ACP, 2010]。東・中部中国上空におけるオゾンの増加は、毎年6月に顕著で、同じ時期に Measurements Of Pollution In The Troposphere (MOPITT) で観測されたCO濃度や MODerate resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) で観測されたホットスポット（火災検知の指標）も増加していた。このことから、増大したオゾン量のかなりの部分は冬小麦の残渣焼却によるバイオマス燃焼による結果ではないかと推測される。オゾンの増加は秋や冬にも東・中部中国で毎年観測されているが、ホットスポットを伴わない時期もある。このことは、バイオマスバーニングではなく、工業活動、自動車、暖房などからのCO放出がオゾン生成に影響した可能性を示唆している。

謝辞

本研究はハーバードスミソニアン宇宙研究所の Xiong Liu 博士、Kelly Chance 博士との共同研究である。本研究は文部科学省 GRENE-ei プログラムの支援を受けている。

キーワード: 対流圏オゾン, 衛星観測, 紫外線, 大気汚染

Keywords: tropospheric ozone, satellite observation, ultraviolet radiation, atmospheric pollution

タグ付きトレーサー実験を用いて検証された空気塊分類手法による地表オゾン起源推定の妥当性 The validity of the estimation of ozone origin by sectoral air mass classification verified with tracer-tagging simulati

永島 達也^{1*}; 池田 礼佳²; 須藤 健悟³; 林田 佐智子²
NAGASHIMA, Tatsuya^{1*}; IKEDA, Ayaka²; SUDO, Kengo³; HAYASHIDA, Sachiko²

¹ 国立環境研究所, ² 奈良女子大学, ³ 名古屋大学

¹National Institute for Environmental Studies, ²Nara Women's University, ³Nagoya University

東アジア地域における広域越境大気汚染が深刻化する中、地域内における大気汚染物質のやり取りを定量的に把握すること、すなわち大気汚染物質の起源推定を行うことの重要性は論を俟たない。様々な場所で観測される大気汚染物質の濃度に対して、それをもたらした空気塊の通過経路を後方流跡線解析で見積もり、当該空気塊が多くの時間を滞在した領域をもってその汚染物質の起源とみなし、空気塊の起源を分類する手法（空気塊分類手法）が従来から広く用いられてきた。これにより、起源毎に異なった濃度や季節変化を持つ空気塊の特徴が明らかにされ、東アジア地域における大気汚染の構造理解に大きな役割を果たしてきた。しかしながら、ある領域内で同じだけの滞在時間を経験した空気塊であっても、それが受ける化学的な影響は、領域内での通過経路の違いや季節の違いなどの条件により異なることが予想される。つまり、空気塊の通過領域と滞在時間だけで起源領域を推定する手法では、本当は余り影響を受けていない領域を誤ってその空気塊の起源と判定してしまう可能性がある。本研究では、地表オゾン対象として、こうした過誤の可能性、すなわち空気塊分類手法によって汚染空気塊の起源を推定する手法の妥当性の検証を目的とする。そのために、大気組成の全球分布を再現することができる化学輸送モデル（CTM）を用いたタグ付きオゾントレーサー実験の結果を利用する。タグ付きオゾントレーサー実験では、モデル大気をいくつかの領域に分割して、それぞれの領域でのみ化学的に生成される仮想的なオゾントレーサーの濃度を計算し、それぞれのトレーサーの濃度をもってその領域を起源とするオゾンの寄与とみなす。すなわちモデルの内部では、あらゆる場所においてオゾンの起源毎の寄与が把握されており、このモデル大気内で空気塊分類手法による起源推定を行って、その結果とタグ付きトレーサーによって把握されている各起源の寄与を比較することにより、空気塊分類手法の妥当性を評価する。

タグ付きトレーサー実験には、全球規模のCTMであるCHASERを使用し、まずはモデル大気中におけるオゾンの計算値が実際の大気状態を再現しているかを調べるために、モデル大気内での空気塊分類結果と日本におけるオゾンゾンデ観測を用いた空気塊分類結果の比較を行い、良好な再現性を確認した。次に、モデル大気内における両手法の起源推定結果を比較するため、日本に到達する中国起源のオゾンに注目した。日本の4地点（札幌、つくば、鹿児島、那覇）において空気塊分類手法によって中国からの空気塊と判定された場合、タグ付きトレーサー実験によって推定されたオゾンの起源毎の寄与においても中国領域起源のオゾン寄与が高くなると予想を立てたが、タグ付きトレーサー実験から推定された中国領域起源オゾンの寄与にはケースごとにはばらつきが見られ、必ずしも中国領域起源のオゾン寄与が優勢となるわけではなく、その優勢度には大きな違いの存在することが分かった。特徴して、暖候期には両手法による起源推定の結果は一致することが比較的多く、空気塊分類手法でも中国を起源とする空気塊を的確に判定する可能性が高いものの、寒候期においては、中国より更に遠方の領域を起源とする空気塊を、誤って中国起源と判定してしまう可能性が高くなることが示唆された。今回採用した空気塊分類手法では、中国上空に48時間以上滞在した空気塊を中国起源と判定しているが、寒候期ではより十分に（100時間以上）中国領域内で滞在した場合でない限り、タグ付きトレーサー実験による中国寄与が優勢とはならなかった。一方、暖候期では48時間以上という閾値の設定は比較的上手く中国起源を分別できているといえる。これらの結果から、空気塊分類手法においては起源分類の際の経過時間の閾値の設定を少なくとも季節ごとに変更する必要性のあることが示唆された。

日中韓露 MAX-DOAS 長期観測網による NO₂ 計測 (2007-2012) : OMI 衛星データの系統的検証 Long-term MAX-DOAS network observations of NO₂ in Russia and Asia: comparisons with OMI satellite observations

金谷 有剛^{1*}; 入江 仁士²; 高島 久洋³; 岩淵 弘信⁴; 秋元 肇⁵; 須藤 健悟⁶; Gu Myojeong⁷; Chong Jihyo⁷; Kim Young-Joon⁷; Lee Hanlim⁷; Li Ang⁸; Si Fuqi⁸; Xu Jin⁸; Xie Pinhua⁸; Liu Wenqing⁸; Dzhola Anatoly⁹; Postlyakov Oleg⁹; Ivanov Victor¹⁰; Grechko Evgeny⁹; Terpugova Svetlana¹¹; Panchenko Mikhail¹¹
KANAYA, Yugo^{1*}; IRIE, Hitoshi²; TAKASHIMA, Hisahiro³; IWABUCHI, Hironobu⁴; AKIMOTO, Hajime⁵; SUDO, Kengo⁶; GU, Myojeong⁷; CHONG, Jihyo⁷; KIM, Young-joon⁷; LEE, Hanlim⁷; LI, Ang⁸; SI, Fuqi⁸; XU, Jin⁸; XIE, Pinhua⁸; LIU, Wenqing⁸; DZHOLA, Anatoly⁹; POSTYLYAKOV, Oleg⁹; IVANOV, Victor¹⁰; GRECHKO, Evgeny⁹; TERPUGOVA, Svetlana¹¹; PANCHENKO, Mikhail¹¹

¹ 海洋研究開発機構, ² 千葉大学, ³ 福岡大学, ⁴ 東北大学, ⁵ アジア大気汚染研究センター, ⁶ 名古屋大学, ⁷ 光州科学技術院, ⁸ 中国科学院安徽光学精密機械研究所, ⁹ ロシア科学アカデミー大気物理研究所, ¹⁰ ベラルーシ国立大学, ¹¹ ロシア科学アカデミーシベリア支部大気光学研究所

¹JAMSTEC, ²Chiba University, ³Fukuoka University, ⁴Tohoku University, ⁵Asia Center for Air Pollution Research, ⁶Nagoya University, ⁷Gwangju Institute of Science and Technology (GIST), ⁸Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, ⁹A. M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics, Russian Academy of Sciences, ¹⁰Belarusian State University, ¹¹V. E. Zuev Institute of Atmospheric Optics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

人間活動の活発化により、中国上空では大気中窒素酸化物濃度が過去 15 年に 3 倍にも増加したと考えられており、発生源の把握や大気中での反応、風下にあたるアジア太平洋地域でのオゾン生成による大気汚染の増加や、酸化生成物である硝酸の沈着による富栄養化影響などを明らかにすることが重要である。我々は、標準化された MAX-DOAS (複数仰角・差分吸収分光) 装置を日本・中国・韓国・ロシアの 7 地点に設置して、2007 年以降長期観測を実施し、80000 を超える対流圏 NO₂ カラム濃度解析値を得てきた。この大きなデータセットを解析することで、日～季節スケールの時間変動を明らかにするとともに、衛星センサ OMI からの広域観測値の検証を行った。OMI 衛星データの 2 つの解析値 (NASA によるもの (ver.2.1)、およびオランダ王立気象研究所の DOMINOver.2.0 によるもの) は、MAX-DOAS での値と高い正相関を示したが、ともに 30-50% 程度の過小評価を示した。その差は NO₂ が地上付近に偏在する場合や、エアロゾル光学的厚さが大きい場合に顕著となることがわかり、衛星観測データ解析を改善するための今後の指針が得られた。顕著なバイアスを除けば、衛星データは MAX-DOAS 観測と非常に一致度の高い季節性を示した。また、MAX-DOAS データを用いた全球大気化学輸送モデル MIROC-ESM-CHEM の評価も行った。沖縄辺戸岬や福江島では、太平洋からの清浄な海洋性大気の影響が卓越する夏季にはモデルとの一致度が高いことが示された。

キーワード: 二酸化窒素, MAX-DOAS, 衛星観測検証, 時間変動

Keywords: Nitrogen dioxide, MAX-DOAS, Satellite data validation, temporal variation

エアロゾル・グリオキサール・ホルムアルデヒド濃度の時間変動： 詳細な誤差解析に基づいた MAX-DOAS 法による観測
Temporal variations of aerosol, glyoxal, and formaldehyde retrieved by MAX-DOAS based on detailed error analysis

入江 仁士^{1*}; 陳 誠¹; 倪 聞濤¹; 中山 智喜²; 山崎 明宏³; 高村 民雄¹; Khatri Pradeep¹
IRIE, Hitoshi^{1*}; CHIN, Sei¹; NI, Wentao¹; NAKAYAMA, Tomoki²; YAMAZAKI, Akihiro³; TAMIO, Takamura¹; KHATRI, Pradeep¹

¹ 千葉大学, ² 名古屋大学, ³ 気象研究所

¹Chiba University, ²Nagoya University, ³Meteorological Research Institute

The degradation of volatile organic compounds (VOCs) results in the formation of ozone (O₃) and secondary organic aerosols (SOA) in the troposphere. This process consists of the oxidation of VOCs by hydroxyl radical (OH), O₃, and nitrate radical (NO₃). Detailed understanding of the VOC degradation mechanism is challenged by the co-existence of vast variety of VOC species in the atmosphere. However, investigations on ubiquitous oxidation intermediates, e.g., formaldehyde (HCHO) and glyoxal (CHOCHO), can help us to test and improve the current knowledge of the VOC sources and degradation pathways.

We installed one ground-based Multi-Axis Differential Optical Absorption Spectroscopy (MAX-DOAS) system in Meteorological Research Institute (MRI) located at Tsukuba, Japan (36.06N, 130.13E) in June 2010. In addition, two more systems were installed in Chiba University at Chiba, Japan (35.63N, 140.10E) in June and December 2012, respectively. Since then, we have retrieved lower-tropospheric vertical profile information for eight components; aerosol extinction coefficients at two wavelengths, 357 and 476 nm, and NO₂, HCHO, CHOCHO, H₂O, SO₂, and O₃ concentrations. For a detailed evaluation for the aerosol retrieval, which is a key step in the MAX-DOAS eight-component retrieval, simultaneous aerosol observations with the Cavity Ring-Down Spectroscopy (CRDS) and the sky radiometer were conducted at Tsukuba on October 5-18, 2010 and September 7-18, 2012. At Chiba, in addition to the comparison with sky radiometer data, a self-consistency test was performed by comparing results obtained from two MAX-DOAS systems operated at the same place. Through these detailed evaluations, our retrieval method was improved significantly, attaining excellent agreement with CRDS and sky radiometer data. On the basis of these efforts, seasonal and diurnal temporal variations in HCHO and CHOCHO concentrations retrieved from our MAX-DOAS system are discussed in this talk.

キーワード: CHOCHO, HCHO, MAX-DOAS, CRDS, sky radiometer

Keywords: CHOCHO, HCHO, MAX-DOAS, CRDS, sky radiometer

エアロゾル散乱全角度分布同時計測装置の開発と様々な非球形粒子の測定 Development of an angle-resolved polar nephelometer and its application to non-spherical particles

中川 真秀^{1*}; 笹子 宏史¹; 中山 智喜¹; 松見 豊¹; 上田 紗也子¹
NAKAGAWA, Maho^{1*}; SASAGO, Hiroshi¹; NAKAYAMA, Tomoki¹; MATSUMI, Yutaka¹; UEDA, Sayako¹

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹ Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

【はじめに】 エアロゾル粒子の地球温暖化への寄与の不確定性は大きく、それを解決するにはエアロゾルの光学特性を正確に測定する必要がある。不確定性は粒子の粒径、複素屈折率、形状に依存するため、これらの要素が不確定性を大きくさせている要因の一つと言える。エアロゾルの光学特性パラメーターの一つとして、散乱の角度分布(位相関数)がある。散乱の角度分布は、入射光の偏光方向により異なることから、異なる偏光方向に対する散乱の角度分布を測定する必要がある。そのため、単一粒子について平行偏光と垂直偏光を同時に測定できるようなマルチチャンネル型のエアロゾル散乱全角度分布同時計測装置を開発した。

【計測装置の概要】 開発した装置は YAG レーザーの第二高調波 ($\lambda = 532 \text{ nm}$) の緑色のレーザー光を使用しており、エアロゾル粒子が流れる導入管を二重にし、外側にシースフローを流すことで、導入された粒子の空間的な広がりを抑えている。粒子は検出器中心でレーザーと当たり、その散乱光強度が前方散乱 11.74 度から後方散乱 167.26 度まで約 8.3 度の角度分解能で検出される。本装置では、レーザー光の偏光面と垂直および平行面上の散乱光の角度分布が同時に測定できる。また、時間平均した多粒子の光散乱角度分布を測定することができるだけでなく、 100 Hz という高い時間分解能の計測により 1 つ 1 つの粒子の水平垂直偏光面の角度分解散乱強度を測定できる。この装置を使用して、Rayleigh 散乱および Mie 散乱領域での散乱の角度分布を測定した。

Rayleigh 散乱領域での測定のために使用したガスは二酸化炭素と代替フロン (HFC-134a) であり、Mie 散乱領域での測定に使用した粒子は、非光吸収性球形粒子であるポリスチレンラテックス (PSL) 粒子、光吸収性球形粒子であるニグロシン粒子、および非球形粒子の塩化ナトリウム粒子である。これらの散乱角度分布を計測し、Mie 散乱理論とモンテカルロ計算を組み合わせることで、各検出器の検出効率と検出される散乱角度幅を考慮したシミュレーション結果と比較した。実験装置は、粒子生成、粒径選別、粒子の散乱角度分布の測定を行う 3 つの部分からなる。粒子はネブライザーを用いて発生させ、拡散ドライヤーで水分を除去した後、微分型静電分級器とエアロゾル質量分級装置で粒径選別した。得られた単分散粒子を散乱全角度分布計測装置に導入し、レーザーの偏光面と平行および垂直面における散乱角度分布を計測した。

【性能評価試験】 散乱光の計測においては、散乱点(レーザー光路と導入された粒子が交差する部分)や検出点(検出器の面積)が点でないため、散乱された光子のうち各検出器に到達する光子の割合(検出効率)や各検出器で検出される散乱角度の幅(角度分解能)は、検出器(散乱角度)により異なる。そこで、モンテカルロ計算によりこれらの効果を推定した。計算では、散乱点(原点)の位置をレーザー光線上の設定した範囲のランダムな位置とし、散乱点から単位球面に対しランダムな散乱光線を数千万回発生させ、散乱光がそれぞれの検出器の受光面に何回当たったか(ヒット回数)を調べた。このヒット回数の違いを用いて、各検出器の検出効率の違いの影響を除去し、各検出器の感度のバラつきを推定したところ、各検出器の感度は $\pm 14\%$ の範囲内で一致することがわかった。

様々な粒径の PSL 粒子(選別直径 151 から 903 nm)の複数粒子の平均と単一粒子による散乱角度分布を測定した結果、Mie 散乱理論と各受光器の効率と検出できる散乱角度幅を加味した理論的なシミュレーションによる散乱角度分布により予想される波動干渉による波状のパターンが再現できた。ニグロシン粒子を用いた光吸収性球形粒子は、文献値である $n = 1.63 + 0.24i$ の理論曲線の散乱角度分布と最もよく一致した。その結果、複素屈折率の実部および虚部を決定でき、散乱角度分布測定から光吸収の大小が区別することができることがわかった。

また、形状の違いによる影響について調べるため、立方体に近い形状をしていると考えられる塩化ナトリウム粒子や不規則形状のススの散乱角度分布の計測も行っている。本発表では、粒子の非球形性の推定についても、議論する予定である。

マルチ視野角ライダーによるエアロゾル粒径分布の導出 Lidar With Multiple Field-Of-View Receiver To Determine Aerosol Size-Distribution

LIU YUTONG^{1*}; 矢吹 正教¹; 津田 敏隆¹
LIU, Yutong^{1*}; YABUKI, Masanori¹; TSUDA, Toshitaka¹

¹ 京都大学生存圏研究所

¹ Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University

大気中には、エアロゾルと呼ばれる微小粒子が多数存在する。とりわけ、小さな粒子は気管支や肺泡への沈着による人への健康被害や、気候変動の要因となる放射収支への作用など、多方面に亘って複雑な影響力を有するため、エアロゾルの粒径分布を把握するのは必須である。時間・空間的変動の高いエアロゾルのモニタリングには、ライダーなどの光学のリモートセンシング手法が効果的である。UV、VIS、及び近 IR 波長の光は実用化されたが、それぞれの波長と同程度の直径を持つ粒子の検出には有効であった。一方で、粒径分布の形状まで定量的に推定するためには、よりサイズの小さな粒子の情報を取得可能な計測手法の確立が必要となる。

従来のエアロゾル観測ではライダーの FOV を小さく絞り、レーザーの入射方向から 180° 方向に散乱された単散乱成分の計測が主流であった。一方で、多重散乱成分には、単散乱計測のみでは抽出が難しい経路上のエアロゾル濃度と粒径分布情報が含まれている。本研究では、エアロゾル粒径分布をライダー計測から定量的に得るための手法を提案する。先行して実施したシミュレーション研究からは、多波長の単散乱計測と、UV 領域の 1 波長の多重散乱計測の組み合わせが、粒径分布の導出に有効であることを確かめた。ここでは、その手法を適用するために開発した多重散乱成分を検出するマルチ視野角ライダーの概要について主に述べる。マルチ視野角ライダーの光源には、微小粒子に感度が高い波長 355 nm、または波長 266 nm のレーザーを用いた。受光部には、望遠鏡の視野角を 0.1 mrad から 12.4 mrad の範囲をリモート制御できるシステムを付加し、各観測視野角に対するレーザー散乱光の強度を、各偏光成分に分けて計測することができる。発表では、マルチ視野角ライダーのシステム構成の詳細および性能評価と、エアロゾル粒径分布観測の初期解析結果についても紹介する。

キーワード: ライダー, エアロゾル

Keywords: Lidar, Aerosol

都市と遠隔域における耐熱性炭素粒子の長期沈着レコードの復元 Retrieval of decadal record on the deposition of particulate refractory carbon urban and remote sites in Japan

兼保直樹^{1*}; 松本潔²; 山口高志³; 秋山雅行³; 野口泉³; 村尾直人⁴; 西本駿也⁴; 船木大輔⁵; 高木智史⁵
KANEYASU, Naoki^{1*}; MATSUMOTO, Kiyoshi²; YAMAGUCHI, Takashi³; AKIYAMA, Masayuki³; NOGUCHI, Izumi³; MURAO, Naoto⁴; NISHIMOTO, Shunya⁴; FUNAKI, Daisuke⁵; TAKAKI, Satoshi⁵

¹産業技術総合研究所, ²山梨大学, ³北海道立総合研究開発機構, ⁴北海道大学大学院工学研究科, ⁵島根県保健環境科学研究所

¹National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ²University of Yamanashi, ³Hokkaido Research Organization, ⁴Graduate School of Engineering, Hokkaido University, ⁵Shimane Prefectural Institute of Public Health and Environment Science

The atmospheric concentration of refractory carbonaceous aerosol (black carbon, or elemental carbon) concentration are used for the evaluation of their direct radiative forcing. In addition, the deposition of such light absorbing substances on the snow or ice surface will result in the increase of the positive radiative forcing at the surface level. Long-term record of deposition for such relative inert substances is expected to reflect the change in the regional emission strength.

However, the reported measurements of deposition to the ground surface are scarce. We thus have conducted the retrieval of decadal record on the deposition of refractory carbon at two sites in the northern Japan (Rishiri Island: a remote site, and Sapporo City: an urban site). At these sites, the environmental monitoring division of local government have been measuring the total deposition of water-soluble aerosol components in the collected water by use of deposition gauges. To remove insoluble particles from the collected water placed beneath the funnel, a membrane pre-filter is placed at the bottom of the funnel of these deposition gauges. Such pre-filters were stored for more than 18 years for Sapporo site. These can be regarded as the long-term record of the deposited water-insoluble aerosol components in the past, as those in ice-core samples collected in glaciers.

We re-suspend these water-insoluble components into the aqueous phase by dissolving the membrane filter (mixed cellulose acetate) by an organic solvent and re-filter the suspended particles through quartz fiber filters for the analysis of TOT refractory carbon. Before dissolved into organic solvent, carbonate in soil dust particles were removed by the 2N HCl with heat. Collection efficacy of quartz fiber filters were corrected by the amount of retained particulate carbon on the first and second filters placed in series.

The deposition flux of TOT-EC is larger in Sapporo, while that in Rishiri showed a large seasonal variation, in general. In Sapporo, the flux decreased greatly in 2010s compared to those in 1990s, probably due to the introduction of regulations for diesel exhaust emission in 2000s. In addition, the deposition sample has been collected in Oki Island since 2013 spring. The preliminary result for this site will also be shown in the presentation.

キーワード: 黒色炭素, 沈着フラックス, 長期レコード, 森林火災, 長距離輸送, ディーゼル車排気

Keywords: black carbon, deposition flux, decadal record, forest fire, long-range transport, diesel-powered vehicle exhaust

夏季の沖縄県辺戸岬における降水中のブラックカーボン粒子濃度の支配要因 The main controlling factor of black carbon mass concentration in rainwater during 2010-2013 summer in East Asia

森 樹大^{1*}; 大畑 祥¹; 近藤 豊¹; 茂木 信宏¹; 松井 仁志²; 岩崎 綾³; 友寄 喜貴³; 嘉手納 恒³
MORI, Tatsuhiko^{1*}; OHATA, Sho¹; KONDO, Yutaka¹; MOTOKI, Nobuhiro¹; MATSUI, Hitoshi²; IWASAKI, Aya³; TOMOYOSE, Nobutaka³; KADENA, Hisashi³

¹ 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻, ² 海洋研究開発機構, ³ 沖縄県衛生環境研究所
¹Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, University of Tokyo, Japan, ²Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Tokyo, Japan, ³Okinawa Prefectural Institute of Health and Environment

化石燃料などの不完全燃焼によって大気中に放出される黒色炭素粒子(ブラックカーボン:以下BC)は、特に東アジア域において多く排出されており、気候に強い影響を与える。BCの空間分布は発生、輸送、除去の過程に支配され、主に降水によって大気から除去される(湿性除去)。BCの湿性除去過程は非常に複雑であり、従来のフィルター抽出法や熱分離法によるバルク測定¹⁾、定量性に不確かさがあることから、個々の降水イベントにおける降水中のBC濃度の支配要因の理解は不十分であった。そこで本研究では、中国大陸起源の汚染空気塊の下流域にあたる沖縄県辺戸岬大気・エアロゾル観測ステーションにおいて、2010年4月から2013年3月までの3年間にわたって大気中のBC濃度と降水中のBC濃度の同時観測を行い、特に沖縄の夏季(6月~8月)の降水イベントにおける降水中のBC濃度の支配要因を定量的に理解することを目的とした。大気中のBC濃度(M_{BC})は、ブラックカーボンモニタ(COSMOS)を用いて、連続的に測定された。また、降水中のBC濃度(C_{BC})は、降水試料から粒子を抽出する超音波式ネブライザーとレーザー誘起白熱法によるBC分析装置(SP2)を組み合わせた方法²⁾で測定された。

沖縄の夏季は、積乱雲によるローカルな対流が起こる降水イベントが頻繁に起こることが知られており、降水開始前の地上の M_{BC} は C_{BC} に影響すると考えられる。しかし、夏季の全降水イベントにおいて、降水開始1時間前の M_{BC} と C_{BC} の相関を調べたところ、両者の間には相関が見られなかった($r^2 = 0.12$)。そこで、強い対流の降水イベントを抽出するため、大気が不安定な状態を表す指標である対流有効位置エネルギー(CAPE)を用い、CAPEがゼロ以上の降水イベントを抽出した。CAPEを算出するために6時間毎のNational Centers for Environmental Prediction(NCEP)の再解析データを用いた。その結果、降水開始1時間前の M_{BC} と C_{BC} の間に良い相関が見られ($r^2 = 0.47$)、沖縄県辺戸岬における非常にローカルな対流による降水イベントでは、 M_{BC} と C_{BC} の間に良い因果関係が見られた。

次に、地上の M_{BC} と水蒸気量(m_v)から C_{BC} の推定式が作れるかどうかを、観測した C_{BC} と比較することによって検証した。 M_{BC} は降水開始1時間前のデータを使用した。水蒸気が水滴に変換された量の算出は降水開始1時間前の m_v とNCEPの再解析データを使用した。いくつかの仮定の下、空気塊のBCと水蒸気の混合比が平衡高度まで保存し、平衡高度以上で水蒸気が凝結しないとすれば、水蒸気から水滴に変換した量は平衡高度において最大となる。平衡高度における C_{BC} を(1)式で表されると考えられる。

$$\text{Estimated } C_{BC} = \text{大気中のBC濃度} / \text{水蒸気から水滴に変換された量} \quad (1)$$

観測した C_{BC} とEstimated C_{BC} の間には良い相関が見られたことから($r^2 = 0.68$)、(1)式は水蒸気が平衡高度まで凝結成長した際の C_{BC} であることが確かめられた。観測した C_{BC} はEstimated C_{BC} よりも、約3倍高かった。これは、平衡高度まで到達せずにBCが降水によって除去された可能性などが考えられる。

1)Ogren J. A., Groblicki P. J. and Charlson R. J. (1984). Measurement of the removal rate of elemental carbon from the atmosphere. *Sci. Total. Environ.*, 36 :329-338.

2)Ohata, S., N. Moteki, J. Schwarz, D. Fahey, and Y. Kondo. (2013). Evaluation of a method to measure black carbon particles suspended in rainwater and snow samples. *Aerosol. Sci. Technol.*, 47, 10 : 1073-1082.

キーワード: ブラックカーボン, 湿性沈着
Keywords: Black Carbon, wet deposition

沖縄県辺戸岬および長崎県福江島におけるエアロゾル個数濃度の粒径分布 Number size distribution of ambient aerosols at Cape Hedo, Okinawa and Fukue Island, Nagasaki

三好 猛雄^{1*}; 高見 昭憲¹; 伊禮 聡¹
MIYOSHI, Takao^{1*}; TAKAMI, Akinori¹; IREI, Satoshi¹

¹(独) 国立環境研究所
¹NIES

[序]

東アジアは近年、経済発展が著しく、ガス成分や大気エアロゾル等の人為起源物質が大量に大気中に放出されている。このうち、エアロゾルには雲核となるものがあることから、気候に影響を及ぼすことが指摘されている。水蒸気の過飽和度が同じ場合、エアロゾル全体(無機エアロゾルと有機エアロゾルの合計)に占める無機エアロゾルの割合が高いほど、そして、エアロゾルの粒径が大きいほど、凝結核に対する雲凝結核の割合が高いことが報告されている。

われわれはこれまで、エアロゾルの放出や生成が多い東アジアにおいて、エアロゾル中に含まれる化学成分の観測を行ってきた。本研究では、雲生成に大きく影響する、もう一つの要素であるエアロゾル個数濃度の粒径分布を観測した。エアロゾル粒径分布の東アジアでの空間分布に関する知見を得ることを目的として、得られたデータを観測地点による違いに着目し解析した結果について報告する。

[観測]

2012年2月15日から22日にかけて、辺戸岬(北緯:26.9度、東経:128.3度)において、2013年2月15日から28日にかけて、福江島(北緯:32.8度、東経:128.7度)において、エアロゾル個数濃度の観測を行った。観測に使用したのは、ワイドレンジ粒子スペクトロメータ(WPS: Wide-Range Particle Spectrometer, MSP社)である。WPSは電気移動度による分級を行い、粒子を凝結成長させて個数濃度を測定する凝結粒子計測部(DMA-CPC)、および光散乱を用いて個数濃度を測定する光散乱計測部(LPS)から構成されている。粒径が5-350nm(または10-500nm)の微小粒子はDMA-CPCで、350-10000nmの粒子はLPSで測定される。この装置を用いることで、広い粒径範囲の粒子を同一の測定器を用いて観測することができる。

WPSによる測定と同時に、大気エアロゾルの化学組成(測定された成分はアンモニウム、硝酸塩、硫酸塩、塩化物、有機物)についても、エアロゾル質量分析計(Q-AMS: Quadrupole Aerosol Mass Spectrometer(辺戸岬)、ACSM: Aerosol Chemical Speciation Monitor(福江島)、いずれもエアロダイン社)を用いて観測した。さらに、福江島ではSO₂計(Model 43i、日本サーモ社)による二酸化硫黄濃度の測定を行った。

[結果と考察]

WPSによって測定されたエアロゾル個数濃度の粒径分布に関して、辺戸岬では期間を通して50nmと200nm付近にピークをもつ二峰型の分布を示した。一方、福江島では期間中、分布の様子に変動がみられた。2月23日0時過ぎには分布は二峰型を示し、ピークの位置は50nmと最大の150nm付近にあった。また、2月24日の正午過ぎ、粒径15-25nmにおいて、辺戸岬に比べて、はるかに高濃度の100000個/cm³を超える粒子が観測された。このときの分布は一峰型であった。福江島では2月24日以外にも16日や25日などにおいて、高濃度の粒子が観測された。いずれも正午ごろから夜にかけて、核生成モード粒子が徐々に粒径の大きい粒子へと成長していく様子がみられ、新粒子生成イベントをとらえたと考えられる。しかし、辺戸岬ではこのような現象はみられなかった。

福江島において観測された二酸化硫黄および硫酸塩濃度、辺戸岬において観測された硫酸塩濃度、さらに国設辺戸岬酸性雨測定局における二酸化硫黄濃度を用いて、WPSによる観測期間中の各地点の二酸化硫黄と硫酸塩の和に対する二酸化硫黄の割合(=SO₂/(SO₂+SO₄);モル比)を調べた。福江島において、新粒子生成が観測されたとき、比は80%まで上昇していたが、辺戸岬では、中国からの気塊の輸送時間が福江島と同様に1日程度であった2012年2月17日においても60%にしかならなかった。福江島周辺では新粒子生成が起こるのに十分な二酸化硫黄などのガス成分が存在していたのに対し、辺戸岬周辺ではガス成分の濃度が低い上に、すでに高濃度の硫酸塩などの粒子が存在していたため、光化学反応により新たに半揮発性の成分が生成しても、既存の粒子への凝縮が起こったと考えられる。

キーワード: 個数濃度粒径分布, 東アジア, ワイドレンジ粒子スペクトロメータ, 新粒子生成

Keywords: Number size distribution, East Asia, Wide-range particle spectrometer (WPS), New particle formation

能登半島珠洲における有機硝酸エステル類の連続観測 Continuous measurement of organic nitrates at Suzu, the Noto peninsula

定永 靖宗^{1*}; 高治 諒¹; 石山 絢菜¹; 松木 篤²; 佐藤 啓市³; 長田 和雄⁴; 坂東 博¹
SADANAGA, Yasuhiro^{1*}; TAKAJI, Ryo¹; ISHIYAMA, Ayana¹; MATSUKI, Atsushi²; SATO, Keiichi³; OSADA, Kazuo⁴;
BANDOW, Hiroshi¹

¹大阪府立大学, ²金沢大学, ³アジア大気汚染研究センター, ⁴名古屋大学

¹Osaka Prefecture University, ²Kanazawa University, ³Asia Center for Air Pollution Research, ⁴Nagoya University

Peroxyacyl nitrates (PANs) and alkyl nitrates (ANs) act as one of the reservoirs of nitrogen oxides (NO_x) in the atmosphere. Since their lifetime is longer than that of NO_x , they can be transported over a long-distance and would be important as trans-boundary pollutants. In this research, continuous measurement system of total PANs and ANs in the troposphere has been developed by using a thermal dissociation / cavity attenuated phase shift spectroscopy (TD/CAPS) method. Both PANs and ANs are thermally decomposed to produce NO_2 and then NO_2 is measured by CAPS method. This system can observe PANs and ANs with high time resolution while this system cannot separate constituents of PANs and ANs. Total PANs and ANs can be measured separately by setting up decomposition lines at different temperatures.

Continuous field observations of PANs and ANs concentrations have been being carried out at NOTOGRO (NOTO Ground-based Research Observatory) supersite in Suzu, Noto Peninsula, since November 2012. NO_x , NO_y , total inorganic nitrate (T.NO_3), O_3 and CO concentrations have also been being observed at NOTOGRO.

NO_y concentrations were in agreement with the sum of observed NO_y components ($= \text{NO}_x + \text{T.NO}_3 + \text{PANs} + \text{ANs}$) regardless of seasons. NO_x fractions were the highest in NO_y constituents. T.NO_3 fractions were small in winter and increased in spring. Opposite tendencies were observed for PANs fractions. These reflect that wet deposition of T.NO_3 is promoted in winter and temperature increasing accelerates decomposition of PANs.

Seasonal variations of both PANs and ANs concentrations showed spring maximum and summer minimum. From winter to spring, both PANs and ANs concentrations from Korea-China air mass origin were higher than those from the other air mass origins. On the other hand, both PANs and ANs concentrations were independent of air mass origins from spring to summer. These indicate that PANs and ANs concentrations in winter and spring are governed by long-range transport and local photochemical productions of PANs and ANs are relatively important from spring to summer. In addition, PANs and ANs diurnal variations being high and low in the daytime and nighttime, respectively, in spring and summer also imply the local photochemical productions of PANs and ANs.

キーワード: 有機硝酸エステル, 反応性総窒素酸化物, 長距離輸送

Keywords: Organic nitrates, Total odd nitrogen species, Long-range transport

能登半島で観測されたススと硫酸塩の混合粒子の光吸収特性および形態的特徴 Light absorption and morphological properties of soot-containing particle mixed with sulfate observed at Noto Peninsula

上田 紗也子^{1*}; 中山 智喜¹; 松見 豊¹; 竹谷 文一²; 足立 光司³; 松木 篤⁴; 岩本 洋子⁴; 定永 靖宗⁵
UEDA, Sayako^{1*}; NAKAYAMA, Tomoki¹; MATSUMI, Yutaka¹; TAKETANI, Fumikazu²; ADACHI, Kouji³; MATSUKI, Atsushi⁴; IWAMOTO, Yoko⁴; SADANAGA, Yasuhiro⁵

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ² 海洋研究開発機構, ³ 気象研究所, ⁴ 金沢大学, ⁵ 大阪府立大学
¹STEL, Nagoya University, ²JAMSTEC, ³Meteorological Research Institute, ⁴Kanazawa University, ⁵Osaka Prefecture University

大気エアロゾル粒子に含まれるススは、黒色炭素 (BC) を母体とした大気中の主要な光吸収性物質であり、その大気加熱効果は地球の放射収支に正の影響を強く及ぼすとされている。スス粒子の光吸収特性は、硫酸塩や有機物などの被覆物があると、レンズ効果により増すとされている。一方、実際のススを含む粒子の形状・組成は複雑であり、従来のコア・シェル構造の粒子や単純な組成の仮定では、レンズ効果を過剰に評価し得ることが指摘されている (Adachi et al., 2010; Lack and Cappa, 2010; Cappa et al., 2012)。本研究では、東アジアからのアウトフローを対象とし、より aging されたスス粒子を観測するため、能登半島で春季に観測を行った。エアロゾル粒子の光散乱・吸収係数のオンライン測定と電子顕微鏡試料の解析から、ススの被覆による光吸収係数への寄与と個別粒子の形状・組成・混合状態を調べた。

観測は、2013年4月17日から5月14日に金沢大学・能登スーパーサイトで実施した。エアロゾル光散乱・吸収係数は、エアロゾルが浮遊した状態で吸収係数を直接計測できる三波長光音響分光装置 (DMT, PASS-3; $\lambda = 405, 532, 781 \text{ nm}$) を用いて測定した。試料大気を PM1 サイクロンと拡散ドライヤーに通した後、サーモデニューダーに導入し、室温、300°C、400°C の3経路を10分毎切り替え測定した。また同経路で SP2 (DMT) により BC 質量濃度と被覆厚を測定した。電子顕微鏡観察用の試料は、大気を拡散ドライヤーに通した後、2段インパクト (50%カットオフ径 1.5、0.3 μm) で、カーボン補強したコロジオン膜上に採取した。下段の試料について、透過型電子顕微鏡 (TEM) を用いて、個別粒子形態を観察し、TEM に付属したエネルギー分散形 X 線分光 (EDS) 分析により、個別粒子の元素組成を調べた。さらに、EDS 分析の際の高密度電子線の照射で揮発した後の粒子の観察から、不揮発かつ鎖状形状を有する物質をススとして判別し、その他の物質との混合状態を調べた。

粒子を高温加熱すると、ススを被覆する硫酸塩などが揮発するため、レンズ効果が取り除かれると考えられる。781 nm では有機炭素 (OC) による光吸収の寄与がないと仮定し、室温と 300°C の光吸収係数の比から BC のレンズ効果による光吸収の増加率を見積もったところ、期間平均で $23 \pm 25\%$ であった。期間中では、後方流跡解析より上海を経由して輸送された気塊とみられる際に、BC の光吸収の増加率が最も大きい値 (40%以上) であった。この際に採取した TEM 試料では、ススの多くは球に近い形状の硫酸塩に十分被覆された内部混合粒子として観察された。一方、観測期間を通して 300°C に対する室温の 405 nm 光吸収係数の増加率は、781 nm と比べて低く、特に日本や朝鮮半島を経由した気塊で増加率が負になる傾向があった。405 nm での光吸収の増加率を負に過小評価した要因として、サーモデニューダーでの加熱の際に光吸収性が増す OC が存在した可能性が挙げられる。405 nm の光吸収の増加率が負で 781 nm の増加率が 25% 以下の際の TEM 試料を分析した。上海由来の気塊と同様に、殆どのススが硫酸塩を十分多く付着した内部混合粒子であったが、硫酸塩粒子が凝集した形跡のある非球形の粒子が多く、高密度電子線照射後にスス以外の炭素質の残渣が観察された点も異なった。以上より、本観測手法で見積もられたレンズ効果が、ススを被覆する物質の形状と組成に応じて異なることが示された。

Adachi, K. et al., *J. Geophys. Res.*, 115, D15206 (2010)
Lack, D. A. and Cappa, C. D., *Atmos. Chem. Phys.*, 10, 4207-4220 (2010)
Cappa, C. D. et al., *Science*, 337, 1078-1081 (2012)

キーワード: エアロゾル光学特性, 大気観測, 黒色炭素, 電子顕微鏡, レンズ効果
Keywords: Aerosol optical properties, Ambient measurement, Black carbon, electron microscope, Lensing effect

夏季の能登半島におけるエアロゾルの混合状態 Mixing states of summer time aerosol particles in Noto peninsula

山田 怜奈^{1*}; 上口 友輔¹; 木ノ内 健人²; 岩本 洋子³; 上田 紗也子⁴; 足立 光司⁵; 松木 篤³
YAMADA, Reina^{1*}; KAMIGUCHI, Yusuke¹; KINOUCHI, Kento²; IWAMOTO, Yoko³; UEDA, Sayako⁴; ADACHI, Kouji⁵
; MATSUKI, Atsushi³

¹ 金沢大学理工学域, ² 金沢大学大学院自然科学研究科, ³ 環日本海域環境研究センター, ⁴ 名古屋大学太陽地球環境研究所,
⁵ 気象研究所

¹College of Science and Engineering, Kanazawa University, ²Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, ³Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, ⁴Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, ⁵Meteorological Research Institute

エアロゾル粒子の特徴を決める要素の一つに、混合状態が挙げられ、その気候影響を評価する上でも重要である。近年、能登での複数年にわたる観測より、従来あまり注目されてこなかった夏季に、エアロゾル粒子が高い個数濃度を示すことが明らかになった。そこで本研究では透過型電子顕微鏡 (TEM) を使用し、夏季のエアロゾル粒子の成分や混合状態を分析することで、その特徴を明らかにすることを目的とした。能登半島の先端に位置する観測サイト NOTOGRO (NOTO Ground-based Research Observatory) において、6月9日から8月23日まで間、ほぼ毎日サンプリングを行い、その中から特に高濃度イベントのものを選出し、分析を行った。夏季には太平洋側から気塊が流入する傾向があるが、夏の高濃度イベント時でも大陸側からの流入を含む、いくつか異なる流入パターンが存在することがわかった。また、流入経路により、その主な成分も異なることを確認した。一方、夏のサンプル全体を通して、多くの粒子が内部混合をしており、微小な粒径では有機物の、粗大な粒径では硫酸塩の割合がそれぞれ高い傾向を示した。以上の結果は、中部日本の遠隔地域において夏季に高濃度で観測されるエアロゾル粒子の混合状態が、流入経路などの違いなどに応じて、それぞれのイベントごと、また粒径別に大きく変化することを示している。

キーワード: 大気エアロゾル, 混合状態, 有機エアロゾル粒子, 硫酸塩エアロゾル粒子

Keywords: atmospheric aerosols, mixing state, organic aerosol particles, sulfate aerosol particles

能登半島における新粒子生成イベントの観測 Observation of new particle formation event at Noto peninsula

鏡味 沙良^{1*}; 松木 篤²; 岩本 洋子²; 木ノ内 健人³
KAGAMI, Sara^{1*}; MATSUKI, Atsushi²; IWAMOTO, Yoko²; KINOUCHI, Kento³

¹ 金沢大学理工学域, ² 環日本海域環境研究センター, ³ 金沢大学大学院自然科学研究科

¹College of Science and Engineering, Kanazawa University, ²Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, ³Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University

新粒子生成は、雲凝結核となりうる大気エアロゾル粒子の個数濃度を増加させる重要な供給源の一つであり、地球上の気候に重要な影響力を持っている。能登半島にある大気観測サイト NOTOGRO において、2012年10月から2013年9月にかけて、大気エアロゾル粒径分布の観測が行われた。これは長期間にわたって日本海沿岸地域における新粒子生成イベントを観測した数少ない報告となる。観測した新粒子生成イベントは、既存粒子数濃度を表すパラメータである Condensation Sink (CS) が相対的に低下した時に発生する傾向がみられた。気象条件と比較すると、イベントは日射のある時間帯に集中的で、冬季と夏季には降雨によって既存粒子数濃度が低下することが引き金となる傾向がよい。一方、秋季と春季に観測されたイベントは相対湿度が著しく低い日に集中的に観測された。以上のことから、新粒子生成イベントが起きやすい条件が、冬季には冬季季節風、夏季には梅雨と台風、秋季と春季には移動性高気圧というふうに、観測地域の気候の季節変化の特徴と密接に関係しているものと考えられる。

キーワード: 大気エアロゾル, 新粒子生成, Condensation Sink, 降水, 季節変化

Keywords: atmospheric aerosol, new particle formation, condensation sink, precipitation, seasonal variation

夏季富士山頂における, Hg/CO比を用いた大気中水銀の起源と汚染解析 Origin of atmospheric gaseous mercury using the Hg/CO ratio in pollution plume observed at Mt. Fuji Weather Station

永淵 修^{1*}; 横田 久里子²; 加藤 俊吾³; 尾坂 兼一¹; 中澤 暦¹; 古賀 勝¹; 菱田 尚子¹; 西田 友規¹
NAGAFUCHI, Osamu^{1*}; YOKOTA, Kuriko²; KATO, Syungo³; OSAKA, Ken'ichi¹; NAKAZAWA, Koyomi¹; KOGA, Masaru¹; HISHIDA, Naoko¹; NISHIDA, Yuki¹

¹ 滋賀県立大学, ² 豊橋技術科学大学, ³ 首都大学東京

¹the University of Shiga Prefecture, ²Toyohashi university of technology, ³Tokyo Metropolitan University

Mercury (Hg) is a global pollutant, which is dispersed worldwide mainly in gaseous elemental form via long-range atmospheric transport. Due to the increasing fossil fuel consumptions and industrial emissions, Asia now contributes more than 50% of the global anthropogenic Hg emission with China being the largest atmospheric Hg emitter. Previous studies have demonstrated that the trans-Pacific Asian Hg export could impact North America. Therefore, we would like to study its transport mechanism in the free troposphere by monitoring atmospheric Hg concentrations at high elevation site in Japan. The sampling site is at the summit of Mt. Fuji Weather Station, which is 3,777 m above sea level.

Gaseous mercury and particulate mercury in the atmosphere were separately collected by using a mercury sampler developed by Kagaya et al., (2007). A quartz filter (Palflex2000, Tokyo Dylec) was attached at the tip of a mercury absorbing tube in which amalgamated gold was impregnated, and the air was aspirated by an air pump through the filter and the mercury absorbing tube at a rate of 0.5L/min. Particulate mercury was filtered by the quartz filter and gaseous mercury was absorbed by the amalgamated gold in the tube. Both particulate and gaseous mercury were analyzed by an atomic absorbance spectrophotometer (Nippon Instruments, MA-2000) after vaporization by heating.

The mercury sampler was set in a place 5m or more away from the building at summit of Mt. Fuji (N35.21'.38", E138.43'39"). The sampling was performed from 11 to 18 August, 2008. The filter and the absorbing tube were changed with 12-24 hour-intervals.

Atmospheric mercury concentrations observed at summit of Mt. Fuji and Japan. High concentrations of both gaseous and particulate mercuries were observed at the summit of Mt. Fuji. Swartzendruber et al. reported the gaseous and particulate mercury concentrations in the free troposphere at the Mt. Bachelor as 1.54 and 0.0043 ng/m³, respectively. Hans R. Friedli et al reported that gaseous elemental mercury were found in industrial plumes exiting China, Korea, and Japan ~6.3ng/ m³, ~3ng/ m³ and ~3ng/ m³, respectively. The higher atmospheric mercury concentrations at the summit of Mt. Fuji may imply that there is a specific pollution source in the East Asia. Because from the result of the back trajectory calculation, the air mass came from the China during this observation periods.

粗大粒子、微細粒子中の鉛化学種およびその形成過程に関して
Clarification of lead (Pb) species and its formation mechanisms in coarse and fine aerosol particles using X-ray absorpt

坂田 昂平^{1*}; 坂口 綾¹; 谷水 雅治²; 高橋 嘉夫¹
SAKATA, Kohei^{1*}; SAKAGUCHI, Aya¹; TANIMIZU, Masaharu²; TAKAHASHI, Yoshio¹

¹ 広島大学大学院理学研究科, ² 海洋開発研究機構
¹Graduate school of Science, Hiroshima University, ²JAMSTEC

There are very few studies on chemical speciation and atmospheric chemistry of trace elements. Among the trace elements in the aerosol particles, lead(Pb) has long been measured due to the toxicity of this element. The measurement of Pb isotope ratios in aerosol particles has also been employed as a powerful tracer for air-mass transportation because Pb isotope ratios differ significantly depending on the emission area/source. However the speciation of Pb has not been clarified, although their solubility is important to estimate the health effects for human/animal body. Furthermore, Pb in the aerosol particle is the dominant source of Pb, which is used as oceanic circulation tracer, in the surface seawater. Thus, the speciation of Pb in the aerosol particle is one of the important issue. In this study, we attempted to determine the Pb species in aerosol samples using X-ray absorption fine structure (XAFS) analysis.

Size-fractionated aerosol particles were collected by a high-volume aerosol sampler with cascade impactor at Higashi-Hiroshima. Lead LIII-edge (absorption edge: 13.04 keV) X-ray absorption near-edge structure (XANES) spectra were recorded on SPring-8 on BL01B1 and at KEK PF-AR on NW10A to identify the Pb species. The analyzed sample-sets of size-fractionated aerosol particles are follows: Spring (Asian dust event), summer (two sample sets), fall, and winter (transboundary pollution event).

Lead species in size-fractionated aerosol particles are different between fine and coarse aerosol particles. In the fine aerosol particles, the dominant Pb species were two or three components, PbSO_4 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ and PbC_2O_4 , in all seasons. That is, the seasonal variation of Pb species in the fine aerosol was not found. It is because the Pb species in the fine aerosol particles are formed by uniform chemical reaction with H_2SO_4 , HNO_3 and oxalic acid in droplet through a year. Pb species in the coarse aerosol particles, except for on Asian dust event, were $2\text{PbCO}_3\text{-Pb}(\text{OH})_2$, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ and PbC_2O_4 . These $2\text{PbCO}_3\text{-Pb}(\text{OH})_2$ and partial PbC_2O_4 were derived from road dust, and $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ in coarse aerosol particles was formed by chemical reactions with HNO_3 on the surface of the particle. In Asian dust event, the coarse aerosol particles showed PbSiO_3 as major Pb species, although other species, $2\text{PbCO}_3\text{-Pb}(\text{OH})_2$ and PbC_2O_4 , were also obtained. Thus we could found the clear seasonal variation in the coarse aerosol particles. These results will be able to estimate the accurate estimation of Pb solubility to the surface seawater.

CARIBICで観測された上部対流圏の塩化メチル変動：広域分布と夏季のアジアモンスーンからの流出 Methyl chloride in the upper troposphere observed by CARIBIC: large-scale distributions and Asian summer monsoon outflow

梅澤 拓^{1*}; K. Baker Angela¹; Oram David²; Sauvage Carina¹; O'Sullivan Debbie²; Rauthe-Schoech Armin¹; A. Montzka Stephen³; Zahn Andreas⁴; A.M. Brenninkmeijer Carl¹
UMEZAWA, Taku^{1*}; K. BAKER, Angela¹; ORAM, David²; SAUVAGE, Carina¹; O'SULLIVAN, Debbie²; RAUTHE-SCHOECH, Armin¹; A. MONTZKA, Stephen³; ZAHN, Andreas⁴; A.M. BRENNINKMEIJER, Carl¹

¹ ドイツマックスプランク化学研究所, ² 英国イーストアングリア大学, ³ 米国海洋大気庁地球システム調査研究所, ⁴ ドイツカールスルーエ工科大学

¹Max Planck Institute for Chemistry, ²National Centre for Atmospheric Science, School of Environmental Sciences, University of East Anglia, ³Earth System Research Laboratory, NOAA, ⁴Institute for Meteorology and Climate Research, Karlsruhe Institute of Technology

CARIBIC is a flying observatory onboard a Lufthansa A340-600 aircraft that observes various atmospheric compounds at almost monthly intervals. In this study, we present spatial and temporal variations of methyl chloride (CH_3Cl) in the upper troposphere (UT) observed mainly by CARIBIC for the years 2005-2011. The CH_3Cl mixing ratio in the UT over Europe was higher than that observed at a European surface baseline station throughout the year, indicative of a persistent positive vertical gradient at NH mid latitudes. A series of flights over Africa and South Asia show that CH_3Cl mixing ratios increase toward tropical latitudes, and the observed UT CH_3Cl level over these two regions and the Atlantic was higher than that measured at remote surface sites. Strong emissions of CH_3Cl in the tropics combined with meridional air transport through the UT may explain such vertical and latitudinal gradients. Comparisons with carbon monoxide (CO) data indicate that non-combustion sources in the tropics dominantly contribute to forming the latitudinal gradient of CH_3Cl in the UT. We also observed elevated mixing ratios of CH_3Cl and CO in air influenced by biomass burning in South America and Africa, and the emission ratios derived for CH_3Cl to CO in those regions agree with previous observations. In contrast, correlations indicate a high CH_3Cl to CO ratio of 2.9 ± 0.5 ppt ppb⁻¹ in the Asian summer monsoon anticyclone and domestic biofuel emissions in South Asia are inferred to be responsible. We estimated the CH_3Cl emission in South Asia to be 134 ± 23 Gg Cl yr⁻¹, which is higher than a previous estimate due to the higher CH_3Cl to CO ratio observed in this study.

キーワード: CARIBIC, 航空機観測, 塩化メチル, 上部対流圏

Keywords: CARIBIC, aircraft observation, methyl chloride, upper troposphere

2009/2010年のエルニーニョ時に西部太平洋で観測された年平均APOの赤道極大の平坦化
Flattening of the equatorial bulge of annual mean APO observed in the Western Pacific during the 09/10 El Nino event

遠嶋 康徳^{1*}; 向井 人史¹; 町田 敏暢¹; 寺尾 有希夫¹; 野尻 幸宏¹
TOHJIMA, Yasunori^{1*}; MUKAI, Hitoshi¹; MACHIDA, Toshinobu¹; TERAOKA, Yukio¹; NOJIRI, Yukihiro¹

¹ 国立環境研究所

¹National Institute for Environmental Studies

A tracer known as atmospheric potential oxygen ($APO=O_2+1.1\times CO_2$) has been proved to be useful to study air-sea gas exchange. Although both atmospheric CO_2 and O_2 concentrations are affected from the air-sea and air-land gas exchanges, APO mainly reflect the air-sea gas exchange because APO is invariant with respect to the land biotic gas exchanges (-1.1 in the definition represents the molar land biotic $-O_2:C$ exchange ratio). To investigate the spatio-temporal variations in the APO over the Pacific region, we have been observing the atmospheric CO_2 and O_2 concentrations onboard commercial cargo ships sailing between Japan and US/Canada and Australia/New Zealand since December 2001. Our previous studies based on the shipboard flask measurements for 7-year period (2002-2008) revealed that the average latitudinal distribution of the annual-mean APO in the Western Pacific (from 40 deg. S to 50 deg. N) show a maximum near the equator and decreasing trends toward the mid-latitude in both hemisphere (Tohjima et al, 2012). This latitudinal distribution of the annual-mean APO is mainly attributed to the latitudinal differences in the air-sea gas exchange: outgassing fluxes around the equator and ingassing fluxes in the mid and high latitude. In the previous study, the equatorial bulge was robust and always observed during the 7-year period. However, the equatorial bulge disappeared and the latitudinal distribution was flattened especially in the Southern Hemisphere during the period from July 2009 to June 2010, when the most recent El Nino event occurred. Simulated APO based on an atmospheric transport model (NIES99) driven by a set of climatological oceanic O_2 and CO_2 fluxes also shows suppression of the equatorial bulge during El Nino periods, indicating that the atmospheric transport substantially contributes to the inter-annual change in the latitudinal distribution of the annual-mean APO. The simulated APO, however, cannot fully reconstruct the flattening of APO in the Southern Hemisphere. Thus, the suppression of the Eastern Pacific upwelling during the El Nino period might reduce O_2 and/or CO_2 outgassing around the equatorial ocean.

キーワード: 大気ポテンシャル酸素, APO, 大気?海洋ガス交換, エルニーニョ, 西部太平洋熱帯域

Keywords: atmospheric potential oxygen, APO, air-sea gas exchange, El Nino, Tropical western Pacific ocean

大気-森林間の酸素と二酸化炭素の交換比の観測に基づく森林の生態系呼吸量と光合成量の分離評価

Separation of gross primary production and ecosystem respiration of a Japanese forest using atmospheric O₂/N₂ ratio

石戸谷 重之^{1*}; 村山 昌平¹; 近藤 裕昭¹; 三枝 信子²; 岸本文紅³; 山本 晋¹

ISHIDOYA, Shigeyuki^{1*}; MURAYAMA, Shohei¹; KONDO, Hiroaki¹; SAIGUSA, Nobuko²; KISHIMOTO, Ayaka³; YAMAMOTO, Susumu¹

¹ 産業技術総合研究所, ² 国立環境研究所, ³ 農業環境技術研究所

¹National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), ²National Institute for Environmental Studies,

³National Institute for Agro-Environmental Sciences (NIAES)

大気中 O₂ 濃度 ($\delta(O_2/N_2)$) の高精度観測は全球 CO₂ 収支推定の有力な手法であり、1990 年代初頭より全球的な観測が展開されている (e.g. Manning and Keeling, 2006)。 $\delta(O_2/N_2)$ を用いた全球 CO₂ 収支解析には大気-陸上生物圏間の平均 O₂ : CO₂ 交換比 (ER = -O₂:CO₂ molar exchange ratio) が必要であり、初期の研究では Keeling (1988) により各種有機物の元素存在度分析結果に基づいて報告された 1.05 の値が、近年の研究では Severinghaus (1995) により改訂された 1.1 の値が広く用いられている。しかしながら、Seibt et al. (2004) および Ishidoya et al. (2013) が森林の呼吸および光合成の ER 観測値と森林内の O₂ および CO₂ の収支に基づいて推定した大気-森林間フラックスの ER (ER_F) は、1.1 とは大きく異なる値であった。また森林が CO₂ を吸収する際の ER_F として、Seibt et al. (2004) では 1.1 より大きい値が、Ishidoya et al. (2013) では 1.0 より小さい値がそれぞれ報告されており、両者で逆の傾向の結果が得られている。そのため、大気-陸上生物圏間平均 ER の検証のためには、各種森林における ER_F 値の直接観測が強く望まれる。また ER_F の直接観測が可能になれば、渦相関法により観測された大気?森林間 CO₂ フラックスを、光合成量 (GPP : Gross Primary Production) と生態系呼吸量 (RE : Ecosystem Respiration) とに分離して評価することも可能になる。そのため本研究では岐阜県高山市乗鞍岳中腹の冷温帯落葉広葉樹林内観測サイト (TKY サイト; 36° 09' N, 137° 25' E, 1420 m a.s.l.) において傾度法 (aerodynamic method) (Yamamoto et al., 1999) による解析を適用することで、ER_F 値の初めての直接観測例として 2013 年夏期の平均 ER_F 値を観測するとともに、得られた結果を GPP と RE の分離評価に応用したので報告する (Ishidoya et al., in preparation)。

傾度法の適用のためには森林樹冠上の複数高度での観測が必要であるため、本研究では TKY サイト樹冠上の高度 18 および 27 m の 2 高度において、燃料電池式分析計 (Goto et al., 2013) と非分散型赤外分析計とを用いて $\delta(O_2/N_2)$ と CO₂ 濃度の連続観測を行なった。観測は 2013 年 5 月 24-8 月 28 日の期間に行なわれた。ER_F は、森林内の鉛直拡散係数が O₂ と CO₂ とで等しいと仮定し、高度 18 と 27 m の $\delta(O_2/N_2)$ 差 ($\Delta\delta(O_2/N_2)$) と同 CO₂ 濃度差 (ΔCO_2) の比を用いることで計算される。ただし、 $\delta(O_2/N_2)$ の測定精度は連続的な ER_F の変化を導出するには不十分であるため、各日の $\Delta\delta(O_2/N_2)$ (ΔCO_2) 値を全て同一日に重ね合わせることで得られた観測期間平均の気候値的な $\Delta\delta(O_2/N_2)$ (ΔCO_2) 日変化に基づいて ER_F を計算した。その結果、観測期間平均の日平均 ER_F として 0.79 ± 0.07 の値が得られた。この値は、森林が CO₂ を吸収する際に ER_F が 1.0 より小さい値を示すことを予測した Ishidoya et al. (2013) と整合的である。得られた日平均 ER_F と、光合成の ER として Calvin-Benson-Bassham サイクルから予測される 1.00、および生態系呼吸の ER として Ishidoya et al. (2013) により報告された TKY サイト土壌呼吸における 1.11 ± 0.01 の値をそれぞれ与えることで、大気-森林間 CO₂ フラックス観測値 (Saigusa et al., 2005) に基づく生態系純一次生産 (NEP : Net Ecosystem Production, NEP = GPP-RE) を GPP と RE とに分離して評価した。得られた RE および GPP は、Saigusa et al. (2005) による呼吸温度関数から推定された RE とそれに基づく GPP よりそれぞれ 1.6 および 1.3 倍大きく、チャンバーによる土壌呼吸観測値 (Mo et al., 2005) から推定した RE とそれに基づく GPP と整合的な値であった。今後、 $\delta(O_2/N_2)$ による全球 CO₂ 収支解析の検証と、GPP および RE 分離推定の高精度化のため、各種森林における ER_F 観測の展開とそのさらなる精密観測法の開発が重要な課題となる。

キーワード: 大気中 O₂/N₂ 比, 大気-森林間 O₂:CO₂ 交換比, 光合成, 生態系呼吸, 森林炭素収支

Keywords: atmospheric O₂/N₂ ratio, O₂:CO₂ exchange ratio between a forest and the atmosphere, gross primary production, ecosystem respiration, forest carbon cycle

民間航空機によって観測された上部対流圏/下部成層圏温室効果気体の季節変化 Seasonal changes of greenhouse gases in the upper troposphere/lower stratosphere observed by commercial airliner

澤 庸介^{1*}; 町田 敏暢²; 松枝 秀和¹; 丹羽 洋介¹; 坪井 一寛¹; 村山 昌平³; 森本 真司⁴; 青木 周司⁴
SAWA, Yousuke^{1*}; MACHIDA, Toshinobu²; MATSUEDA, Hidekazu¹; NIWA, Yosuke¹; TSUBOI, Kazuhiro¹; MURAYAMA, Shohei³; MORIMOTO, Shinji⁴; AOKI, Shuji⁴

¹ 気象研究所, ² 国立環境研究所, ³ 産業技術総合研究所, ⁴ 東北大学

¹Meteorological Research Institute, ²National Institute for Environmental Studies, ³National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ⁴Tohoku University

Atmospheric mixing ratios of greenhouse gases at about 11 km altitude were analyzed from monthly air sampling aboard commercial airliner during the flights between Europe and Japan from April 2012 to August 2013. Compared to the subtropic, higher CH₄ and SF₆ mixing ratios, similar values of N₂O, and larger seasonal changes of CO₂ were found in the upper troposphere. CH₄, N₂O and SF₆ in the lower stratosphere, above the tropopause up to 30 K in potential temperature, showed simultaneous increases from June to October, and faster decreases at higher altitudes from January to March. Mean age of the air in the lower stratosphere was estimated based on SF₆ mixing ratios to be about 2 years in late spring and 1 year in autumn, suggesting stronger influences on the mixing ratios in the stratosphere from troposphere in summer.

キーワード: 大気化学, 温室効果気体, 上部対流圏・下部成層圏

Keywords: Atmospheric Chemistry, Greenhouse Gas, Upper Troposphere/Lower Stratosphere

日本上空の成層圏下部におけるメタン濃度と炭素同位体比の長期変化 Long-term changes of CH₄ concentration and its carbon isotopic ratio in the lower stratosphere over Japan

菅原 敏^{1*}; 森本 真司²; 梅澤 拓³; 青木 周司²; 中澤 高清²; 石戸谷 重之⁴; 豊田 栄⁵; 本田 秀之⁶
SUGAWARA, Satoshi^{1*}; MORIMOTO, Shinji²; UMEZAWA, Taku³; AOKI, Shuji²; NAKAZAWA, Takakiyo²; ISHIDOYA, Shigeyuki⁴; TOYODA, Sakae⁵; HONDA, Hideyuki⁶

¹ 宮城教育大学, ² 東北大院理大気海洋センター, ³ Max Planck Institute for Chemistry, ⁴ 産業技術総合研究所, ⁵ 東京工業大学, ⁶ 宇宙科学研究所

¹ Miyagi Univ. of Education, ² CAOS, Tohoku Univ., ³ Max Planck Institute for Chemistry, ⁴ AIST, ⁵ Tokyo Institute of Technology, ⁶ ISAS/JAXA

It is expected that d13C of CH₄ provides us with useful information not only about CH₄ emissions from biogenic and abio-genic sources but also about its oxidation process in the atmosphere. Therefore, measurements of d13C have been carried out for the major CH₄ sources as well as for the background atmosphere. However, the measurements are still insufficient for elucidating the CH₄ cycle on the earth's surface. In the stratosphere, CH₄ is destroyed by reactions with OH, O(1D) and Cl atom. These destruction processes play an important role in the stratospheric chemistry, but the respective contributions to the CH₄ loss and their temporal changes have not been yet well understood quantitatively. Measurements of the isotopic ratios of the stratospheric CH₄ are one of the most promising methods to detect possible change of the CH₄ destruction processes in the stratosphere on the basis of the different isotopic fractionations occurring in the different reactions. However, only a few measurements have been made so far, due mainly to difficulty of collecting air samples in the stratosphere. Systematic collections of stratospheric air samples have been carried out over Japan since 1985 using a balloon-borne cryogenic sampler. We analyzed the air samples collected in the period of 1994-2010 for concentrations of CH₄, N₂O, CO₂ and SF₆, and d13C of CH₄. In this study, we report the preliminary results of the long-term change of d13C of CH₄ in the stratosphere. Almost linear and compact relationships between CH₄ and N₂O concentrations were found for the all observations in the different years. CH₄ concentration and d13C also showed compact relationships in the lower stratosphere, although those in the mid-stratosphere were less correlated. The tight correlations between CH₄ and N₂O in spite of the different destruction processes suggest that the ratio of both destruction rates has been kept as almost constant during the transport process in the stratosphere. It is well known that tropospheric CH₄ and N₂O have been secularly increasing in the recent decades. Such increasing trends should have been propagated into the stratosphere, and the compact relationships between the stratospheric CH₄ and N₂O would change depending on their increase rates. To elucidate an inter-annual changes of the stratospheric CH₄ and its d13C, we employed N₂O-loss, instead of the N₂O concentration, as an indicator of how the chemical reactions have proceeded during the stratospheric transport. The N₂O-loss was calculated as a concentration difference between the tropical troposphere and the stratosphere by considering the mean age of air estimated from CO₂ and SF₆ concentrations. This procedure eliminates the effect of the secular N₂O increase from the relationships between CH₄ and N₂O, and enables us to detect possible change in the stratospheric CH₄. As a result, we found that the CH₄ concentration increased at a rate of 4.5±0.9 ppbv/year in the lower stratosphere during 16 years. This increase rate is consistent with those observed in the troposphere. The same technique was applied to the correlations between CH₄ concentration and d13C, and we found no significant changes of d13C in the lower stratosphere. Considering the fact that d13C in the troposphere also does not show a clear trend in a recent decade, our result implies that the relative contributions of the CH₄ destruction processes have been unchanged in the lower stratosphere over the observed period.

キーワード: 成層圏メタン, 炭素同位体比

Keywords: stratospheric methane, carbon isotopic ratio

バイオマス燃焼からの揮発性有機化合物の放出量の燃焼状態依存性に関する室内実験 Laboratory biomass burning experiments to investigate the dependence of emissions of volatile organic compounds on burni

猪俣 敏^{1*}; 谷本 浩志¹; 潘 小楽²; 竹谷 文一²; 駒崎 雄一²; 宮川 拓真²; 金谷 有剛²
INOMATA, Satoshi^{1*}; TANIMOTO, Hiroshi¹; PAN, Xiaole²; TAKETANI, Fumikazu²; KOMAZAKI, Yuichi²; MIYAKAWA, Takuma²; KANAYA, Yugo²

¹ 国立環境研究所, ² 海洋研究開発機構
¹NIES, ²JAMSTEC

バイオマス燃焼は、大気中への粒子状およびガス状有機化合物の大きなソースとなっている。¹ 我々のグループでは、2010年5-6月に中国長江デルタから北に約180kmの地点(如東)で大気観測を行い、観測期間に農作物残渣の野焼き由来と考えられる気塊を何度にもわたって観測した。粒子に関しては、元素炭素(EC)、有機炭素(OC)ともに、都市大気由来の気塊よりもバイオマス燃焼由来の気塊でCOに対して高い増大比が観測された。² ガス状有機化合物に関しては、バイオマス燃焼時には、特に含酸素揮発性有機化合物(OVOC)の占める割合がかなり大きいことがわかった。³ これらの観測事実を検証するため、中国観測地点付近の農作物残渣を持ち帰り、室内で燃焼実験を行った。

実験では、麦わらとアブラナの2種類の試料を用いた。ガス状成分としては、CO₂とCOを1秒間隔で、揮発性有機化合物(VOC)に関しては陽子移動反応質量分析計を用いて約2秒間隔で、OVOC、芳香族炭化水素を中心に測定した。粒子に関しては、個数密度をOPCで、黒色炭素(BC)および有機粒子の数密度をSP2(Single Particle Soot Photometer)を用いて計測した。本発表では、ガス状VOCの結果を主に発表する。

燃焼の状態は、flamingとsmolderingとその中間状態に大きく分けられる。燃焼状態の指標として、MCE(modified combustion efficiency, $\Delta \text{CO}_2 / (\Delta \text{CO}_2 + \Delta \text{CO})$)が用いられ、0.99付近がflaming、0.65~0.85がsmolderingとされている。¹ 実験では、MCEが0.8から1での燃焼状態を作ることができ、VOCの放出量の燃焼状態依存性について調べることができた。測定したVOCのうち、ベンゼンのみ、MCE依存が顕著にはみられず、このことからベンゼンは燃焼時の一次生成物と考えられる。一方、他のVOCに関しては、MCEの値が小さくなるにつれ、COに対する放出量が増大する傾向がみられ、smoldering時に二次生成していることが示唆された。そのため、COに対するVOCの放出量の比は、燃焼状態の違いで大きく変動することが、本室内実験でわかった。

References

- 1) Akagi et al., Atmos. Chem. Phys. 11, 4039-4072, 2011.
- 2) Pan et al., J. Geophys. Res. 117, D22304, 2012.
- 3) Kudo et al., submitted to J. Geophys. Res., 2013.

キーワード: バイオマス燃焼, 揮発性有機化合物, 農作物残渣, 燃焼効率, PTR-MS, SP2

Keywords: Biomass burning, Volatile organic compounds, Crop residue, Combustion efficiency, PTR-MS, SP2

ガソリン乗用車から排出される VOC に関するオゾン生成ポテンシャル Impact of VOC emission from gasoline cars on ozone formation

山田 裕之^{1*}; 猪俣 敏²; 谷本 浩志²
HIROYUKI, Yamada^{1*}; INOMATA, Satoshi²; TANIMOTO, Hiroshi²

¹交通安全環境研究所, ²国立環境研究所

¹National Traffic Safety and Environment Laboratory, ²National Institute for Environmental Studies

都市大気においてしばしば問題となるオゾンは、揮発性有機化合物 (VOC) と NO_x の大気中における反応により生成されることが知られている。従って都市大気においてオゾン濃度を良好な状態に保つためには、これら前駆物質を削減する必要がある。

そのため固定発生源、移動発生源双方において前駆物質の削減が行われている。この中で VOC に関しては、物質ごとにオゾン生成への寄与度は異なることが知られているが、排出量管理はオゾン生成能の違いを考慮せず、VOC 排出総量で評価が行われている。そこで、本研究では移動発生源として大きな VOC 排出割合を占めるガソリン乗用車からの VOC 排出について、Maximum Increment Reactivity (MIR) に基づくオゾン生成能を用いて評価を行う。

一般に自動車からの VOC 排出においては、テールパイプからのエンジン排気エミッションが注目されるが、以前の研究において駐車中のガソリン車からの蒸発ガスが、テールパイプを凌ぐ排出であることを示した。そのため本研究ではテールパイプエミッションのみならず、蒸発ガスに関して、その成分分析を行い、それぞれのオゾン生成ポテンシャルを算出する。

キーワード: オゾン, オゾン生成ポテンシャル, 蒸発ガス, ガソリン車, テールパイプエミッション

Keywords: ozone, ozone formation potential, evaporative emissions, gasoline cars, tailpipe emissions

VOC/NO_x/O₃ 反応系に関する有機硝酸生成計測法の改良 Improvement of measurement system for organic nitrates produced in the mixture of VOC, NO_x and O₃

松本 淳^{1*}

MATSUMOTO, Jun^{1*}

¹ 早稲田大学人間科学学術院

¹ Faculty of Human Sciences, Waseda University

【はじめに】 有機硝酸類 ONs は、揮発性有機化合物 VOC を前駆体とする大気中での二次有機エアロゾル SOA の生成過程における中間生成物の一種に挙げられる。また、対流圏でのオゾン (O₃) 生成過程での過酸化ラジカル RO₂ による NO 酸化において、NO₂ を生成せずに ONs となる割合 (分岐比) は、NO-NO₂ 連鎖反応における O₃ 生成効率に影響する。したがって、SOA や O₃ に関連する大気質評価には、ONs 生成挙動の把握が重要である。すなわち、VOC を含む大気試料が酸化反応によって生成する ONs 量、有機硝酸生成能を新たに考える必要がある。二次生成 ONs は前駆体 VOC と同様に多種多様であるため、ONs 全成分を数え落とし無く網羅して捕捉する包括的計測法が有効である。そこで発表者は、VOC 試料の有機硝酸生成能の評価を目指して、熱分解レーザー誘起蛍光法 (TD-LIF) ONs 計を活用し、VOC 酸化反応系にて二次生成 ONs 量 (dONs) を計測する研究を実施している。今回は、これまでの試作型反応容器よりも大型の反応容器を新作し、その使用条件や性能について調査した。本発表では、VOC 標準試料に NO, O₃ を添加し、新型反応容器にて反応させた後の dONs を計測した室内実験の結果を紹介し、本手法の可能性を検証する。

【原理・方法】 TD-LIF 法では、窒素酸化物を含む試料を加熱して生成する NO₂ のうち、360 °C前後での増分をアルキルナイトレート ANs 由来、170 °C前後での増分をペルオキシアルキルナイトレート PANs 由来、としたうえで、ONs = ANs + PANs を算出した。今回は、ガス状と粒子状の成分を区別しない総量を計測したが、経験上、ONs はガス状成分が支配的と考えられる。実験は、VOC 標準試料、NO 標準ガス、O₃ 発生器からのガス、を二重管フローチューブ式のガラス製反応容器 (内径 143 mm, 長さ 500 mm, 実効反応体積 6.4 L, 流量 0.86 SLM での反応時間 7.5 分、光照射なし) の入口側から導入し、出口側にて TD-LIF 計による ONs 計測を行なった。VOC による有機硝酸生成量 dONs は、VOC 導入時と清浄空気導入時の測定値の差として算出した。基礎実験として、NO の添加流量や反応容器内の吸引流量に対する dONs 検出強度の依存を調べて、dONs 感度の向上を図った。そのうえで、イソプレンやリモネンといった VOCs 標準試料について dONs の検量線を作成し、現時点での測定性能を評価した。

【結果・考察】 ppmv レベルのイソプレン標準試料に 100 ppbv 程度の NO と O₃ を添加したところ、VOC の有無に対して TD-LIF 信号の有意な変化が計測され、反応による ONs 生成の捕捉に成功した。流量条件を決めたうえで、イソプレン標準試料の濃度と dONs 量の関係性を調べたところ、試作型反応容器と比較して約 3 倍の感度 $S(dONs) = 0.00085$ ppbv/ppbv を得た (感度 $S(dONs)$ は単位イソプレン濃度あたりの ONs 生成量)。十分な反応時間を確保した新型反応容器によって有機硝酸生成計測性能が大幅に改善した。同様に、同じ反応条件におけるリモネンの検出特性を調べたところ、 $S(dONs) = 0.013$ ppbv/ppbv を得た。今回捕捉されたリモネンおよびイソプレンの ONs 生成量の比 (約 15 倍) は、298 K におけるリモネンおよびイソプレンのオゾンとの反応速度定数の比 (約 16 倍) と良く一致した。VOC とオゾンの反応が ONs 生成量を支配しうることを実験的に確認し、本手法による ONs 生成計測の妥当性を示した。ただし、ONs 生成量の議論には、オゾン反応による RO₂ 生成効率や、反応 NO+RO₂ における NO₂ と ANs への分岐比も、考慮する必要がある。発表では、本手法を活用した ONs とポテンシャルオゾン PO の同時計測に基づいた、RO₂ 生成効率や NO₂ - ONs 生成分岐比を含めた ONs 生成特性評価の試みについても紹介する。

【謝辞】 本研究は、科学研究費補助金・挑戦的萌芽研究 (課題番号 24651014) の助成を受けて実施された。

キーワード: 窒素酸化物, 揮発性有機化合物, 対流圏オゾン, 有機硝酸, 室内実験, 気相反応

Keywords: Nitrogen oxides, Volatile organic compounds, Tropospheric ozone, Organic nitrates, Laboratory experiments, Gas phase reactions

二次有機エアロゾルの消散係数の湿度依存性と化学特性の関係 Humidity dependence of extinction coefficients of secondary organic aerosols and its relation with chemical properties

中山 智喜^{1*}; 松見 豊¹; 佐藤 圭²; 今村 隆史²
NAKAYAMA, Tomoki^{1*}; MATSUMI, Yutaka¹; SATO, Kei²; IMAMURA, Takashi²

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ² 国立環境研究所

¹Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, ²National Institute for Environmental Studies

大気エアロゾルによる太陽光の散乱や吸収は、地球大気の放射収支の決定に重要な役割を果たしているため、その光学特性(消散・散乱・吸収)の詳細な理解が重要である。エアロゾル粒子に水蒸気を取り込まれ吸湿成長すると、粒径や屈折率(化学組成)が変化するため、エアロゾル光学特性は相対湿度に依存する。そのため、エアロゾルの大気放射への影響を見積もるためには、光学特性の相対湿度依存性に関する知見が必要となる。しかし、二次有機エアロゾル(SOA)については、実験的な困難さから、その光学特性の湿度依存性について調べた例はほとんどなかった。そこで本研究では、実験室内で生成したSOAの消散係数の湿度依存性について詳細に調べた。

実験では、国立環境研究所のスモッグチャンバー(6 m³)内に反応ガスを導入し、SOAを生成させた。SOA生成反応として、代表的な人為起源の揮発性有機化合物(VOC)であるトルエンの光酸化反応(NO_x存在下)、および代表的な植物起源VOCであるアルファピネンのオゾン酸化反応を用いた。生成したSOAを、2つのセルを有するキャピティリングダウン分光装置(CRDS)に導入し、乾燥および高湿度条件における波長532 nmでの消散係数をリアルタイムに計測した。また、粒径分布を走査型移動度粒径測定器(SMPS)、粒子の化学成分を飛行時間型エアロゾル質量分析計(ToF-AMS)で測定した。

乾燥条件での消散係数に対する高湿度(相対湿度80%)条件での消散係数の比であるF(RH)と、全有機物信号に対するカルボン酸の含有量の指標となる質量電荷比(m/z=44)の信号の割合であるf₄₄との関係について調べた。その結果、アルファピネンから生成したSOAのF(RH)は、1.05程度と消散係数の湿度依存性が小さいことがわかった。一方、トルエンの光酸化反応で生成したSOAでは、f₄₄の増加とともにF(RH)が1.2-1.4程度まで増加すること、また、F(RH)とf₄₄の関係は初期NO_x濃度にほとんど依存しないことがわかった。本研究の結果から、トルエンの光酸化反応で生成するSOAでは、時間とともに酸化が進行して極性官能基が増え、粒子の吸湿性が増加することが示唆された。

キーワード: 二次有機エアロゾル, 光学特性, 湿度依存性, 化学特性, 気候変動

Keywords: Secondary organic aerosol (SOA), Optical property, Humidity dependence, Chemical property, Climate change

大気中の不溶性シュウ酸錯体：その安定化の原因や地球冷却効果との関連 Insoluble metal-oxalate complexes in the atmosphere: its stability and global cooling effect

山川 庸芝明^{1*}; 坂田 昂平¹; 宮原 彩¹; 宮本 千尋²; 坂口 綾¹; 高橋 嘉夫¹
YAMAKAWA, Yoshiaki^{1*}; SAKATA, Kohei¹; MIYAHARA, Aya¹; MIYAMOTO, Chihiro²; SAKAGUCHI, Aya¹; TAKAHASHI, Yoshio¹

¹ 広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻, ² 広島大学理学部
¹Department of Earth and Planetary Systems Science, Graduate School of Science, Hiroshima University, ²Department of Science, Hiroshima University

Aerosols have cooling effect on the earth, which is divided into direct and indirect effects. The direct effect is reflection of sunlight directly by aerosols, whereas the indirect effect is the reflection by clouds formed by the aid of aerosols working as cloud condensation nuclei (CCN). Oxalic acid is a main component of secondary organic aerosols and abundant in the atmosphere, which is formed by degradation of organic matters with longer carbon chain such as cyclic olefin. Oxalic acid is hygroscopic, which can work as CCN with indirect cooling effect. It has been estimated that the degree of cooling effect by the aerosols are equal to that of the warming effect of carbon dioxide (CO₂). However, there is large uncertainty in the estimation. In addition, it is suggested that oxalic acid may form insoluble metal-oxalate complexes and does not have the indirect cooling effect. Therefore, it is important to re-evaluate the cooling effect of aerosols for precise prediction of global warming. Although dicarboxylic acid including oxalic acid is decomposed into CO₂ by photolysis, oxalic acid is more abundant than the other dicarboxylic acids. It is possible that oxalic acid can be stabilized by forming metal-oxalate complexes. This study was aimed (i) to measure the concentration of metal-oxalate complexes in the atmosphere to contribute to precise prediction of global warming and (ii) to measure the half-life time to evaluate the stability of metal-oxalate complexes during photoreaction.

Size-fractionated aerosol samples were collected at Higashi-Hiroshima in winter (Dec., 2012-Jan., 2013), spring (April, 2013), and summer (July-Aug., 2013). The ratio of oxalic acid and total metal-oxalate complexes was estimated based on the X-ray absorption fine structure (XAFS) spectroscopy for zinc (Zn), lead (Pb), and calcium (Ca). Photolysis experiments were conducted by ultraviolet ray for oxalic acid, Zn complex, and magnesium (Mg) complex, while absorption spectra were measured to evaluate photoreactivity.

As a result, metal-oxalate complexes were found in finer particles. There was a positive correlation between the ratio of oxalate/nitrate and ratio of metal-oxalate complexes/total oxalate species. Therefore, it is considered that metal-oxalate complexes are formed by relative increase of oxalate for nitrate. Although concentration of total oxalate species was largest, the ratio of metal-oxalate complexes/total oxalate species was smallest in summer. Concentration of total oxalate species was higher than that of metal ions (Zn²⁺, Pb²⁺, and Ca²⁺). Therefore, it is considered that the ratio of metal-oxalate complexes is smallest in summer.

This ratio was about 30% to 50% for each sample through the year. This result showed that the cooling effect of oxalic acid may be smaller than previous estimation.

As a result of photolysis experiments, half-life time of oxalic acid, Mg complex, and Zn complex is 19 min, 71 min, and 172 min, respectively. This result showed that photoreactivity of oxalic acid was decreased by forming metal-oxalate complexes. Compared to absorption spectra between oxalic acid and metal-oxalate complexes, absorbance was decreased by forming metal-oxalate complexes. Therefore, it is considered that the increase of half-life time may be caused by the decrease of absorbance by forming metal-oxalate complexes.

キーワード: エアロゾル, シュウ酸錯体, 地球冷却効果, 光反応性, X線吸収微細構造法

Keywords: Aerosol, Metal-Oxalate Complex, Global Cooling Effect, Photoreactivity, X-ray Absorption Fine Structure Spectroscopy

VBS法を用いた有機エアロゾルモデルの開発と検証：アジア域における人為・自然起源の相互作用 Volatility basis-set approach simulation of organic aerosol formation in East Asia

松井仁志^{1*}; 小池真²; 近藤豊²; 高見昭憲³; 金谷有剛¹; 滝川雅之¹
MATSUI, Hitoshi^{1*}; KOIKE, Makoto²; KONDO, Yutaka²; TAKAMI, Akinori³; KANAYA, Yugo¹; TAKIGAWA, Masayuki¹

¹ 海洋研究開発機構, ² 東京大学, ³ 国立環境研究所

¹Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ²University of Tokyo, ³National Institute for Environmental Studies

有機エアロゾル(OA)は大気中の微小粒子の主要な寄与を占め、直接・間接効果の両面で重要な役割を果たす。しかし、その生成過程は非常に複雑であるため、大気中のOA濃度とその気候・健康影響の見積もりには依然として大きな不確実性がある。全球・領域モデルを用いたOAの計算が多く行われてきたが、実大気中のOA濃度やその生成量を大きく過小推定してきた。近年これまで考えられてこなかったOAの前駆気体(半揮発性の有機化合物、S/IVOC)とその酸化過程が発見され、これらを考慮した新しいOAモデルの概念が提唱された(Volatility basis set、VBS)。VBSモデルは全球・領域モデルにも取り入れ始めており、大気中の現実的なOA濃度を説明でき得る手法として注目されてきている。

本研究では、この手法に基づいたOAモデルを開発し、領域3次元モデルWRF-chemに導入した。このモデルでは揮発性有機化合物(VOC)とS/IVOCの大気中での連続的な酸化過程と気相-エアロゾル相の分割を計算する。このモデルをアジア域に適用し、1) 2次有機エアロゾル(SOA)の生成に対するVOC・S/IVOCの酸化過程の重要性、2) SOA生成における人為起源VOC・S/IVOCと自然起源VOC・S/IVOCの相互作用を調べた。また、3) 人為的な排出源の影響を受けて生成したOA(Controllable OA)の寄与を推定した。

まず、東京周辺域(埼玉・騎西、2004年7~8月)および東アジア域の下流域(長崎・福江島、沖縄・辺戸岬、2009年3~4月)においてエアロゾル質量分析計を用いて行われたOA観測結果との比較を行った。VOC・S/IVOCの酸化過程を考慮したVBSモデルの計算は、観測されたOA・SOAの質量濃度や時間変動を概ね再現することに成功した。一方、S/IVOCおよびそれらの酸化過程を考慮しない計算(従来型のOAモデル)では観測されたOA・SOAの質量濃度を80~90%も過小推定する結果が得られた。アジア全域では、酸化過程を考慮することによってOA質量濃度が $0.24\mu\text{g}/\text{m}^3$ から $1.28\mu\text{g}/\text{m}^3$ へと大幅に増大した(2009年3~4月平均、高度約1km)。これらの結果は、これまで考慮されてこなかったOAの前駆気体や酸化機構がアジア域の現実的なOA・SOAの質量濃度や時間変動を表現する上で重要になることを示している。

次に、OA生成における人為起源・自然起源発生源の相互作用を調べた。その結果、人為起源のVOC・S/IVOCの酸化過程は、人為起源VOC・S/IVOCからのOA生成だけでなく、自然起源VOC・S/IVOCからのOA生成も大幅に(約50%)増大すると見積もられた。この結果は、全球で主要な割合を占めると考えられている自然起源SOAの濃度を精度よく計算するためには、人為起源VOC・S/IVOCからの現実的なSOA生成量を(自然起源SOAの増大効果を含めて)表現できるOAモデルを用いることが重要となることを示唆している。

Controllable OAの寄与は全OAの87%と見積もられ、春季アジア域においてほとんどのOAが人為的な排出源の影響を受けて(人為起源のVOC、NO_x、OAの排出・酸化反応への影響を通して)生成したことを示唆している。自然起源SOAについてもその大部分(78%)がControllable OAであると見積もられた。Controllable OAはVOC・S/IVOCの酸化過程を考慮することによってその量が大幅に増大した($0.18\mu\text{g}/\text{m}^3$ から $1.12\mu\text{g}/\text{m}^3$ へ増大)。これらの結果は、VOC・S/IVOCの酸化過程やその人為・自然起源相互作用が、OAの気候影響を精度良く推定する上で大きな役割を果たす可能性を示している。

キーワード: エアロゾル, 有機エアロゾル, 領域3次元モデル, 人為・自然起源相互作用, 東アジア, VBS

Keywords: aerosol, organic aerosol, regional three-dimensional model, anthropogenic-biogenic interaction, East Asia, volatility basis-set

BVOCsの変動が全球大気化学場に与える影響: CHASER・VISITのオフライン結合 Impacts of BVOCs changes on global atmospheric chemistry: off-line coupling of CHASER and VISIT

須藤 健悟^{1*}; 伊藤 昭彦²
SUDO, Kengo^{1*}; ITO, Akihiko²

¹ 名古屋大学 大学院環境学研究科, ² 国立環境研究所

¹Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, ²National Institute of Environmental Studies

植物起源の揮発性有機化合物 (BVOCs) は対流圏オゾンの生成・破壊、OH ラジカル濃度 (大気酸化能) に影響し、二次有機エアロゾル (SOA) の全球生成量にも大きく寄与するため、全球規模の大気環境変動や気候変動の重要な要因の一つである。BVOCs の大気への放出は、陸域生態系プロセスに加えて、気候環境 (気温・降水量)、大気 CO₂ 濃度、および窒素沈着量などと密接に関連している。このため、BVOCs の変動とその影響を考察するには、陸域生態系と大気化学過程を結合した枠組みが必要である。本研究では、大気化学モデル CHASER (Sudo et al., 2002, 2007) と陸域生態系・微量ガス交換モデル VISIT (Ito, 2008) を用い、全球大気化学過程と陸域生態系の結合シミュレーションの構築を進めている。CHASER モデルは MIROC 地球システムモデル (MIROC-ESM-CHEM) の一貫としても開発が進められ、対流圏・成層圏化学やエアロゾルの同時オンライン計算が可能であり、SOA の化学的生成過程も考慮されている。VISIT では、陸域生態系からの CO₂、CH₄、N₂O、や各種 BVOCs の大気への放出量の推定が可能である。本発表では、VISIT で計算された BVOC 放出量のうちイソプレン (isoprene) に着目し、これまでの放出量変動が大気化学場に与える影響について CHASER を用いてオフライン的に評価した。VISIT の計算では、20 世紀前半 (1900~1950 年) から 2011 年までに、温暖化等の要因により、全球イソプレン放出量について、420 TgC a⁻¹ から、520 TgC a⁻¹ の増加 (24%) を計算している。CHASER による計算では、このイソプレン放出量変動に対して全球対流圏オゾン生成が 2% 増加し、熱帯域の上部および中部対流圏のオゾン量が 4% 前後増加することが計算された。また、北半球全域で、5-10% の OH ラジカルの減少がみられ、CO は北半球全域で 2-4 % 増加することが示された。SOA は、熱帯域を中心に対流圏全層で、30 % 以上の顕著な増加が見られた。

キーワード: 植物起源揮発性有機化合物, 化学気候モデル, 陸域生態系モデル, 二次有機エアロゾル, 大気・陸面相互作用
Keywords: biogenic VOCs, chemistry climate model, land ecosystem model, secondary organic aerosol, atmosphere-land interaction

ヨウ化物イオンを含む凍結した水溶液からのヨウ素分子と一酸化ヨウ素の放出 Emission of iodine molecule and iodine monoxide from frozen solutions containing iodide ion

奥村 将徳¹; 藪下 彰啓^{1*}

OKUMURA, Masanori¹; YABUSHITA, Akihiro^{1*}

¹ 京都大学

¹ Kyoto University

南極においてハロゲンガスが生成・拡散する現象が確認されている。ハロゲンの中でもヨウ素原子, I, は微量ながら触媒サイクルにより対流圏オゾン濃度を減少させたり、一酸化ヨウ素, IO, が反応してできる OIO と IO が再結合反応してエアロゾルを生成したりして気候に影響を与えている。近年、ウエッデル海 (南極大陸の南極半島とクイーンモードランドに挟まれた大湾) の海氷上と氷棚近傍で地上観測が行われ、生物放出のような既往の研究のみでは説明できない高濃度の I₂(g) と IO(g) が測定されている。この観測結果は、無機化学反応など別の I₂(g) と IO(g) 生成源があることを示唆している。そこで、I₂(g) と IO(g) の放出源の候補の一つとして気体オゾン, O₃(g), とヨウ化物イオン, I⁻, の不均一反応に着目した。O₃(g) は極域でも観測されており、また微量ながら I⁻ も海氷に含まれている。そこで本研究では、I⁻ を含む凍結した水溶液表面と O₃(g) の反応によって氷表面から放出される I₂(g) と IO(g) の計測を行った。

ガラス製二重管の内側に NaI 水溶液を入れた後、外側に冷媒を循環させて、冷媒の温度を下げることで NaI 水溶液を凍結させた。NaI 氷の状態を同じにするため、凍結させる時の冷媒の温度は毎回同じ温度に固定した。毎回同じ条件で NaI 氷を作成した後、冷媒の温度を変化させて O₃(g) と反応させる目的の温度 (-1 ~ -25 °C) に設定した。O₃(g) をセル内に導入し、I⁻ との反応により生成した I₂(g) と IO(g) をキャビティーリングダウン分光法を用いて測定した。用いた NaI 水溶液の濃度は 1 mM、もしくは 5 mM である。導入し続けた O₃(g) 濃度は (0.5-4.2) × 10¹⁵ molecules cm⁻³ であり、生成した IO(g) と I₂(g) の濃度はそれぞれ、~10¹¹ molecules cm⁻³ と ~10¹⁴ molecules cm⁻³ である。NaI 水溶液の濃度、pH、温度などを変化させて実験を行った。温度計はできるだけ氷表面付近の温度を測定するように設置した。

凍結した NaI 水溶液表面と O₃(g) を反応させるとすぐに I₂(g) と IO(g) が生成した。O₃(g) 濃度に依存して、導入後数秒~数十秒以内に [I₂(g)]、[IO(g)] は最大となりその後徐々に減少した。-1 °C において、凍結した NaI 水溶液から放出された [I₂(g)]、[IO(g)] の最大値は、凍結していない過冷却状態の NaI 水溶液と比較して数倍以上になった。これは I⁻ を含む水溶液が凍結する際に、I⁻ が氷表面に濃縮したためである。このようなことは実際の海氷でも起こりうると考えられる。また、[I₂(g)] 放出量は pH4 以下で増加し、温度を下げるに従って減少した。本研究により、0 °C 以下の氷表面上でも O₃(g) による I⁻ の酸化が起こり、IO(g) と I₂(g) が気相中に放出されることが明らかになった。

キーワード: ヨウ素, 一酸化ヨウ素, 氷, オゾン, 不均一反応, キャビティーリングダウン分光法

Keywords: iodine, iodine monoxide, ice, ozone, heterogeneous reaction, cavity ring-down spectroscopy

エアロゾル中のイオウやカルシウムの化学種同定：地球冷却効果との関連や粒子表面での反応過程 Speciation of S and Ca species in aerosols with its relations to global cooling effects and processes of chemical reaction

宮本 千尋^{1*}; 山川 庸芝明²; 坂田 昂平²; 宮原 彩²; 坂口 綾²; 菅 大暉²; 武市 泰男³; 小野 寛太³; 高橋 嘉夫²
MIYAMOTO, Chihiro^{1*}; YAMAKAWA, Yoshiaki²; SAKATA, Kohei²; MIYAHARA, Aya²; SAKAGUCHI, Aya²; SUGA, Hiroki²; TAKEICHI, Yasuo³; ONO, Kanta³; TAKAHASHI, Yoshio²

¹ 広島大学理学部, ² 広島大学院理学研究科, ³ Photon Factory, KEK

¹ Faculty of Science, Hiroshima University, ² Graduate School of Science, Hiroshima University, ³ Photon Factory, KEK

Speciation of particles in aerosols is necessary to interpret what effects each species in the aerosols can have on environment. For example, global cooling effect by aerosols influences earth's climatic change (IPCC, 2007). In particular, sulfate aerosols are known to cool the earth by forming cloud condensation nuclei (CCN) because of their high hygroscopicity, which induces indirect cooling effect. Because the hygroscopicity differs depending on the species, sulfate speciation in aerosols is important for the determination of the magnitude of the indirect cooling effect.

In this study, major ion concentrations in aerosol samples were measured by ion-chromatography. In addition, chemical species of calcium and sulfur in the each aerosol sample were determined using X-ray absorption near-edge structure (XANES) measured at BL-9A in Photon Factory, KEK. The speciation analyses can have some implications on the influence on the environment and the processes of chemical reaction of aerosols collected during several periods, such as (a) dust (Kosa) period (March 4-9, 2013), (b) the period with high PM2.5 concentration (Jan. 31-Feb. 1, 2013), and (c) the periods before and after (a) and (b).

Major ion concentration data showed that Ca^{2+} , which is originated from soil, and NO_3^- and SO_4^{2-} , which were from human activities, increased in the period (a) compared with those in the periods before and after the period (a). On the other hand, SO_4^{2-} and NH_4^+ , which were emitted from human activities, increased in the period (b). In the period (a), it is considered that species originated from acids such as sulfate and nitrate which were incorporated into the particles increased in the samples whose aerodynamic diameter is over 1.0 μm , because they have reacted with CaCO_3 which was increased by Kosa event. In addition, from the fitting of XANES spectra, it was found that gypsum with low hygroscopicity were the main sulfur species in the period (a), whereas NH_4HSO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, and hydrated sulfate with high hygroscopicity were main sulfur species in the period (b). Therefore, it is considered that when the concentration of PM2.5 increases, the indirect cooling effect can be large due to the large fraction of NH_4HSO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, and hydrated sulfate. On the other hand, the indirect cooling effect by sulfate aerosols can be smaller during the dust period due to the formation of non-hygroscopic gypsum by high amount of calcite in the atmosphere.

Using the results of calcium and sulfur speciation both in the bulk and at the surface by fluorescence and conversion-electron yield detection, respectively, in the XANES analyses, we can discuss how chemical reactions occur at the surface of aerosol particles in each period. The abundance ratios of gypsum, CaCO_3 , and $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ were different at the surface and the bulk. As a result, it was concluded that calcium species changes from gypsum, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, to CaCO_3 from the surface to the core of the calcite particle. This results showed that (i) sulfuric acid from the atmosphere forms insoluble gypsum at the surface of calcite, (ii) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, formed as a result of the reaction of nitric acid and calcite, exists in the middle part, and (iii) unreacted CaCO_3 remains in the core of the particle.

キーワード: エアロゾル, XANES, 硫酸塩化学種, 冷却効果

Keywords: aerosol, XANES, sulfate, global cooling effect

富士山頂、東京神楽坂、北太平洋で採取された鉄含有粒子の性状と鉱物粒子の構造 Properties of Fe-containing particles and structure of mineral particles in the mountain, urban, and marine atmosphere

三木 裕介^{1*}; 上田 紗也子²; 三浦 和彦¹; 加藤 大樹¹; 古谷 浩志³; 植松 光夫³

MIKI, Yusuke^{1*}; UEDA, Sayako²; MIURA, Kazuhiko¹; KATO, Hiroki¹; FURUTANI, Hiroshi³; UEMATSU, Mitsuo³

¹ 東京理科大学, ² 名古屋大学, ³ 東京大学

¹Tokyo University of Science, ²Nagoya University, ³University of Tokyo

エアロゾル粒子は大気を介した物質輸送などを通じて、地球規模の物質循環や気候システムにおいて重要な役割を担っている。栄養塩が豊富に含まれていても生物生産の指標であるクロロフィル濃度が低い (HNLC) 領域では、鉄の欠乏により植物プランクトンの生育・増殖が制限されることが知られている。こうした海域では大陸からのエアロゾル粒子の輸送・沈着が鉄を供給する重要なプロセスである。エアロゾル粒子の沈着しやすさは、粒子サイズや水溶性物質との混合状態に依存する。鉄含有粒子の性状と輸送過程での変質について調べるために、富士山頂、東京神楽坂および学術研究船白鳳丸の KH-12-1(EqPOS) の Leg2 航海においてエアロゾル粒子の採取を行った。低圧カスケードインパクターに小型ポンプを付けたものを風上に向けて粒子の捕集をした。透過型電子顕微鏡 (TEM) を用いて、水透析法とエネルギー分散型 X 線分析器 (EDX) に基づく個別粒子の分析を行った。5 日間の後方流跡線、光散乱式粒子計数器 (OPC) から得られたエアロゾル個数粒径分布および電子顕微鏡での形態観察・分析結果を基に、大陸からの長距離輸送イベントサンプルについて考察した。

鉄の主な供給源としては、地殻由来の鉱物や工業起源の人為起源粒子などが挙げられ、これらは水に難溶性な化合物であることが多い。本研究では、水透析により水溶性物質を溶かし出し、残った非水溶性物質中の鉄の有無を調べた。いずれのサンプルでも、非水溶性物質は水溶性物質と内部混合した状態 (混合粒子) で存在していたものがほとんどであった。混合粒子の水溶性物質の体積割合は、他のサンプルに比べ海洋のサンプルで高い傾向が見られたことから、海洋へと輸送される過程で水溶性物質と混合したことが示唆される。鉄含有粒子についても同様な傾向が見られた。

また、粒子の存在状態を明らかにするために、収束イオンビーム (FIB) 法により鉱物粒子の構造を決定した。Ti プレート上に採取した 5 μm 以上の粒子を FIB-SIM を用いて 200 nm 程度に薄片化し、粒子の断面に対して制限視野電子線回折を行った。回折像と EDX の結果から粒子構造を決定した。粒子表面かつ CaCO_3 に接する部分で、 CaCl_2 の存在が確認されたことから、 CO_3^{2-} が Cl^- に置換されて CaCl_2 が生成した ($\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) 可能性が示唆された。粒子内部にはわずかながら鉄が含まれていた。難溶性の CaCO_3 から易溶性の CaCl_2 に変わることで、雲核・氷晶核能力や粒子内部に存在する鉄の溶けだしやすさが変わる可能性がある。

キーワード: エアロゾル, 鉄, 水溶性物質, 非水溶性物質, 長距離輸送

Keywords: aerosol, Fe, water-soluble materials, water-insoluble materials, long-range transportation

鉱物粒子の給源に関する長崎県大村市の大気中鉛の起源 Source of atmospheric lead in Omura City, west Japan, tied to the source of mineral particles

齋藤 有^{1*}; 梅澤 有²; 河本 和明²; 谷水 雅治³; 石川 剛志³

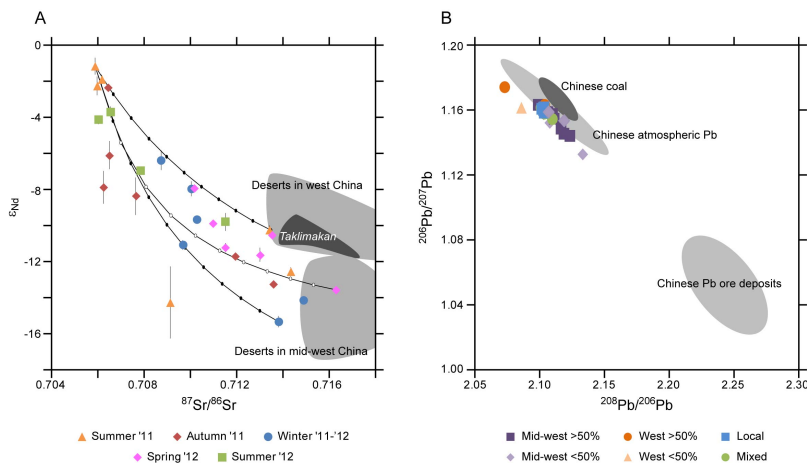
SAITOH, Yu^{1*}; UMEZAWA, Yu²; KAWAMOTO, Kazuaki²; TANIMIZU, Masaharu³; ISHIKAWA, Tsuyoshi³

¹ 高知大学海洋コア総合研究センター, ² 長崎大学大学院 水産・環境科学総合研究科, ³ 海洋研究開発機構高知コア研究所
¹Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, ²Graduate School of Fisheries Science and Environmental Studies, Nagasaki University, ³Kochi Institute for Core Sample Research, JAMSTEC

Lead is one of the major environmental pollutants, which seriously harms human body. Atmospheric lead concentration has been suppressed in Japan after the forbiddance of leaded gasoline in 1970s. However, the cross-border air pollution is getting unable to disregard with industrial development in neighboring countries. Identifying the source of aerosol particles is essential in painting a precise picture of the cross-border air pollution. The northern part of the Kyushu Island is the most affected area of the cross-border pollution in Japan due to closeness to the continent. We conducted isotopic analysis of aerosol particle samples corrected with high temporal resolution, once per a few days, from June 2011 to August 2012 in Omura City in the north Kyushu. Pb isotope ratios of 1M-HCl soluble component ("leachate") of the corrected particles indicate the direct source of anthropogenic lead, while Sr-Nd isotope ratios of the residual mineral component digested by concentrated HF-HNO₃ ("silicate") indicate the source area of the mineral particles. High resolution sampling allowed us to distinguish the sources much more sensitively than commonly adopted monthly order sampling.

Sr-Nd isotope ratios of silicates indicate that the main source area of mineral particles changes seasonally. They have local origin in summer, while they are derived from deserts in mid-west China in fall and winter, and those in west China in spring (Figure A). Pb isotope ratios of leachates are distinct when the source of mineral particles is the mid-west China (Figure B). The values suggest the influence of the Chinese lead ore deposits. On the other hand, Pb isotope ratios of leachates are indistinguishable between samples of local origin and those originated from west China. An additional character of samples of west China origin is high amount of Pb in leachate relative to that of mineral component. Anthropogenic lead may be easier to be entrained to wind when the mineral particles comes from mid-west China because the wind trajectory should be much lower in altitude than when particles come from further distant west China. Cross-border atmospheric Pb pollution is suggested more serious in fall and winter when wind trajectory is low than in spring when the westerly transports vast amount of mineral particles known as "Kosa" from the deserts in west China.

キーワード: ダスト, 人為起源鉛, PM10, ストロンチウム同位体, ネオジウム同位体, 鉛同位体
 Keywords: dust, anthropogenic lead, PM10, Sr isotope ratio, Nd isotope ratio, Pb isotope ratio



黄砂粒子の組成と混合状態の高度による違い Difference of composition and mixed state of dust particles by height

上口友輔^{1*}; 岩本洋子²; 岩田歩³; 原和崇²; 木ノ内健人³; 牧輝弥¹; 小林史尚¹; 柿川真紀子²; 松木篤²
KAMIGUCHI, Yusuke^{1*}; IWAMOTO, Yoko²; IWATA, Ayumi³; HARA, Kazutaka²; KINOUCHI, Kento³; MAKI, Teruya¹; KOBAYASHI, Fumihisa¹; KAKIKAWA, Makiko²; MATSUKI, Atsusi²

¹ 金沢大学 理工学域, ² 環日本海域環境研究センター, ³ 金沢大学 大学院 自然科学研究科

¹ College of Science and Engineering, Kanazawa University, ² Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, ³ Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University

アジア内陸部を発生源とする黄砂粒子の大気を介した長距離輸送と、それらの変質に関して、これまでも多くの研究がなされてきた。黄砂粒子の変質によって、粒子本来の光散乱特性や雲凝結核能が変化する可能性が指摘されている。黄砂の変質を引き起こす3つの要素として、黄砂粒子を構成している鉱物種、周囲の相対湿度と酸性ガス濃度が挙げられる。これらの要素と黄砂が運ばれてくる高度には密接な関係があると考えられるが、同一の黄砂現象において、自由対流圏と接地混合層の両方で直接黄砂粒子を採集し、個別粒子レベルで形状と化学組成を分析・比較した報告例はない。

本研究では、上空での試料の採集にヘリコプターを使用した。エアロゾル粒子は2013年3月19日に羽咋市上空(36.9° N, 136.7° E)でインパクターによって直接採集された。この日は、気象庁で西日本を中心に黄砂が観測された。得られた試料について、SEM-EDXを用いた個別粒子分析を行った結果、自由対流圏ではほとんど形態上変質した黄砂粒子は見つからなかった一方、接地混合層では非常に多くの黄砂粒子が半液滴状に変質していた。変質した黄砂からはCa, Mgが高割合で検出された。また、形態上変質していない黄砂粒子を自由対流圏と接地混合層で比較したところ、接地混合層の方がSの含有割合が高かった。

自由対流圏を通過する黄砂粒子は、酸性ガス及び、水蒸気の流入が温度逆転層によって制限されることで、接地混合層に比べて変質を受けることなく観測値上空まで長距離輸送されたものと考えられる。

キーワード: 鉱物粒子, 自由対流圏, 接地混合層, SEM-EDX

Keywords: mineral dust, free troposphere, planetary boundary layer, SEM-EDX

屋久島西部森林域における燃料電池と太陽電池を用いた大気採取システムの実証試験結果—PM2.5の評価
Demonstration test of atmosphere sampling system using combination of solar and fuel battery at Western part of Yakushim

永淵 修^{1*}; 横田 久里子²; 尾坂 兼一¹; 中澤 暦¹; 手塚 賢至³
NAGAFUCHI, Osamu^{1*}; YOKOTA, Kuriko²; OSAKA, Kenichi¹; NAKAZAWA, Koyomi¹; TEZUKA, Kenshi³

¹ 滋賀県立大学, ² 豊橋技術科学大学, ³ YOCA

¹ the University of Shiga prefecture, ² Toyohashi University of Technology, ³ YOCA

We have measured PM 2.5 using solar panel and fuel cell system at Southern area of Yakushima island Japan.

In order to clarify the long-range transport of atmospheric pollutants in the East Asian regions, we have challenged the continuous observation at a mountainous area without the commercial power. Although, we are considered to be better the system with a solar battery, the pump was sometimes stopped for the brownout cause by the lack of insolation. Thereupon, we make an attempt the continuous observation of atmospheric pollutants using the combination of the solar and fuel battery. And thus we achieve the continuous observation of the atmospheric pollutants. Consequently, we will report new monitoring system.

ブラックカーボン含有粒子の吸湿性を測定する新手法の開発 Development of a method to measure the hygroscopicity of black carbon-containing particles

大畑 祥^{1*}; 茂木 信宏¹; シュワルツ ジョシュア²; 近藤 豊¹
OHATA, Sho^{1*}; MOTOKI, Nobuhiro¹; SCHWARZ, Joshua P.²; KONDO, Yutaka¹

¹ 東京大学大学院理学系研究科, ² アメリカ海洋大気庁

¹Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, ²Earth System Research Laboratory, National Oceanic and Atmospheric Administration

化石燃料やバイオマスの燃焼により放出されたブラックカーボン (BC) 粒子は、大気中を輸送される過程で、ガス成分の凝縮や他のエアロゾルとの凝集により被覆を持つようになる。BC は元来疎水性であるため、BC 含有粒子の吸湿性は被覆成分の組成と被覆量により支配される。実大気における BC 含有粒子の吸湿性の測定は、BC 含有粒子の雲凝結核特性や光学特性を知る上で重要であるが、先行研究が極めて限られている (McMeeking et al. 2011; Liu et al. 2013)。そこで本研究では、既存の BC 分析装置 Single Particle Soot Photometer (SP2) を改造し、相対湿度制御機能を追加した humidified-SP2 (hSP2) の開発を行った。hSP2 は、レーザー内に導入された個々の BC 含有粒子の発する白熱光と散乱光を検出し、任意の相対湿度下における BC 質量と被覆量をオンラインで測定する。エアロゾル質量分級装置 (APM) や標準の SP2 と、新たに開発した hSP2 を組み合わせることにより、BC 含有粒子の吸湿成長率 (乾燥粒径に対する吸湿後の粒径の比) や吸湿パラメータ κ を BC 含有量の関数として高時間分解能で測定することができる。

hSP2 の評価を行うため、実験室内で発生させた BC と硫酸アンモニウムの内部混合粒子を APM により乾燥質量 7.4 fg (体積等価粒径約 200 nm) で分級し、分級した粒子を hSP2 により相対湿度 60-90% の範囲で測定した。この APM と hSP2 を直列に接続する手法 (APM-hSP2 法) では、APM により乾燥粒子の質量、hSP2 により BC 質量と吸湿成長後の被覆量、また乾燥粒子質量と BC 質量の差から乾燥時の被覆量が求まる。hSP2 のデータ解析には、BC 含有粒子の形態としてコアシェルモデルを仮定し、被覆成分の屈折率が吸湿成長により減少することを考慮したアルゴリズムを用いた。APM-hSP2 法による吸湿成長率の測定値は κ -Köhler 理論による理論値と測定誤差内で一致し、hSP2 を用いた新しい測定法が実大気観測に適用可能であることが確認された。

キーワード: ブラックカーボン, 吸湿性

Keywords: black carbon, hygroscopicity

An Empirical Correction Factor for Filter-based Photo-absorption Black Carbon Measurements

IRWIN, Martin^{1*}; KONDO, Yutaka¹; MOTEKI, Nobuhiro¹
IRWIN, Martin^{1*}; KONDO, Yutaka¹; MOTEKI, Nobuhiro¹

¹The University of Tokyo

¹The University of Tokyo

Long-term observations of black carbon (BC) aerosol provide important information regarding seasonal variations, emission source attribution, and regional distribution & transport. Filter-based BC measurement techniques such as the Continuous Soot Monitoring System (COSMOS) are particularly well suited to this application, due to their relative robustness and reliability. However, caution is required when determining the threshold transmittance, Tr_{thresh} (proportional to the time interval between filter changes), in order to ensure that acceptable measurement accuracy is maintained throughout the sampling period. We present a new, empirically derived transmittance-dependent correction factor used to interpret the response characteristics of filter-based aerosol absorption measurements performed by COSMOS. Simultaneous measurements of ambient BC aerosol mass (M_{BC}) were conducted in Tokyo, Japan, using two identical COSMOS instruments operated with different threshold transmittance, Tr_{thresh} , values, of 0.95 and 0.6. The derived values for M_{BC} were consistently underestimated by the COSMOS operating at lower Tr_{thresh} , as a function of decreasing filter transmittance. The 1-hour averaged values of M_{BC} were underestimated by around 10 %, incorporating measurements across the entire range of filter transmittance (1 - 0.6), with a maximum underestimation at around 17 % immediately preceding filter advancement (i.e. $Tr = \sim 0.60$), and a minimum of ~ 1 % immediately following filter advancement (i.e. $Tr = \sim 1$). An empirical second-order correction factor was derived from these ambient measurements, and was applied to M_{BC} as a function of filter transmittance, resolving the instruments to within 2 %.

Furthermore, the operational performance of COSMOS was tested for a new quartz fibre filter (HEPA). A comparison of different filter types demonstrated a systematic overestimation of M_{BC} of around 6 - 8 % when using HEPA filters. A sensitivity study of a radiative transfer model indicated that this enhanced absorption was primarily a result of the increased thickness of the HEPA filter.

キーワード: aerosol, black carbon, filter-based measurements, absorption
Keywords: aerosol, black carbon, filter-based measurements, absorption

西部北太平洋及びベーリング海上における黒色炭素エアロゾルの船上観測 Ship-borne measurements of black carbon aerosols over northwestern Pacific and Bering Sea

宮川 拓真^{1*}; 金谷 有剛¹; 竹谷 文一¹; 潘 小楽¹; 駒崎 雄一¹
MIYAKAWA, Takuma^{1*}; KANAYA, Yugo¹; TAKETANI, Fumikazu¹; PAN, Xiaole¹; KOMAZAKI, Yuichi¹

¹ 海洋研究開発機構

¹ Japan Agency Marine-Earth Science and Technology

大気中の黒色炭素エアロゾル (Black carbon; BC) は、太陽光を効果的に吸収し、また雲凝結核としても機能することから、地球の放射収支に多大な影響を与えており、大気化学研究において、最重要物質の一つであると考えられている。[1] 低濃度であることが予想される外洋上での BC 濃度の測定例は測定法の限界から限られていた。近年、レーザー誘起白熱法に基づく BC 単一粒子計測器 (SP2, Droplet Measurement, Inc.) の開発により、高精度な BC 濃度の計測が行われている。[2] 本研究では、2013 年 8 月に実施された研究船「みらい」の研究航海 MR13-05 (東経 141-194 度、北緯 41-58 度) で SP2 を用いて得られた外洋上での BC 濃度・混合状態について発表する。

日本近海 (東経 145 度以東) では陸域からの空気塊の輸送により、BC 質量濃度は $\sim 200 \text{ ng m}^{-3}$ まで上昇したが、西部太平洋・ベーリング海上では $< \sim 40 \text{ ng m}^{-3}$ と低濃度であった。SP2 で得られる信号波形を基に BC 粒径別混合状態を「薄く被覆した/被覆なし」、「厚く被覆あり」、「非コアシェル型」の 3 種に分類した。薄く被覆した/被覆なしの BC 粒子は、西部太平洋・ベーリング海上では $\sim 13\%$ であった。外洋上では厚く被覆された BC 粒子が支配的 ($\sim 80\%$) であった。非コアシェル型 BC は量的には少ないが外洋上でも優位に存在していることがわかった。発表ではより詳細な解析結果を示す。

References

[1] Bond et al., J. Geophys. Res., 118, 5380-5552, doi:10.1002/jgrd.50171, 2013.

[2] Schwarz et al., Geophys. Res. Lett., 37, L18812, doi:10.1029/2010GL044372, 2010.

キーワード: ブラックカーボン, 混合状態, レーザー誘起白熱法, 船舶観測, 海洋大気

Keywords: Black carbon, Mixing state, Laser Induced Incandescence, Ship-borne measurement, Marine atmosphere

エアロゾル質量分析計で測定される二次有機エアロゾルの質量スペクトルに占める高質量数イオン信号の比率 High- m/z ion signal to total mass signal ratios measured for secondary organic aerosol using aerosol mass spectrometer

佐藤 圭^{1*}; 藤谷 雄二¹; 田邊 潔¹; 森野 悠¹; 伏見 暁洋¹; 高見 昭憲¹; 今村 隆史¹; 疋田 利秀²; 下野 彰夫²
SATO, Kei^{1*}; FUJITANI, Yuji¹; TANABE, Kiyoshi¹; MORINO, Yu¹; FUSHIMI, Akihiro¹; TAKAMI, Akinori¹; IMA-MURA, Takashi¹; HIKIDA, Toshihide²; SHIMONO, Akio²

¹ 国立環境研究所, ² 汀線科学研究所

¹NIES, ²Shoreline Science Inc.

揮発性基底関数 (VBS) のさらなる精度向上のため、オリゴマー生成を考慮したモデルが検討されるようになった¹⁾。オリゴマー化の速度や SOA の質量スペクトルに高質量数の成分が占める割合を調べるため、スモッグチャンバー実験で生成した SOA をエアロゾル質量分析計 (AMS) によって分析した。 α -ピネン、イソプレン、トルエン、1,3,5-トリメチルベンゼン (TMB) の光酸化を NO_x 存在下で調べた。 α -ピネンおよびイソプレンのオゾン分解も調べた。AMS の捕集管にステンレス管を用いた。AMS によって $m/z = 10 \sim 675$ の領域で測定した有機エアロゾル (OA) の質量スペクトルを 7 つの質量数領域に分け各領域の全信号強度の時間変化を調べた。いずれの実験でも質量数 500 以下の領域に OA の生成に伴う信号の増加が見られた。オリゴマーは核形成から 1 時間以内に生成した。オリゴマーの生成後には、全 OA の信号に占める各質量領域の信号の寄与率の時間変化はなかった。次に、OA の質量スペクトルのうち m_1 よりも高い質量数の信号が全 OA の信号に占める割合 (ϕ) を評価した:

$$\phi = \text{OA} (m/z > m_1) / \text{OA}(\text{total})$$
$$m_1 = n m_C (\text{OM}/\text{OC})$$

ここで n は SOA 前駆物質の炭素数、 m_C は炭素の原子量、OM/OC は AMS で測定された有機物有機炭素比を表す。 α -ピネン、イソプレン、トルエン、および TMB の m_1 は、それぞれ 217、147、180、および 204 と決定された。 m_1 よりも高い質量数ではモノマー由来の信号の寄与が小さいとみなした。AMS の電子イオン化によって測定される信号は有機物の親イオンによる信号だけでなく分解イオンによる信号も含む。 ϕ は SOA に占めるオリゴマーの比率の指標であり、オリゴマーの比率の絶対値でないことに注意が必要である。同じ前駆物質から生成した SOA の ϕ は粒子濃度が増加するほど減少した (Fig. 1)。この結果は高濃度であるほどオリゴマーを形成しにくいことを示している。10~100 $\mu\text{g m}^{-3}$ の濃度領域で比較すると ϕ はトルエン由来 SOA の場合に一番高く、 α -ピネン由来 SOA の場合に一番低かった。酸化方法 (光酸化またはオゾン酸化) による違いはなかった。

【謝辞】本研究は文部科学省の科学研究費補助金 (No. 25340021, FY2013-2015) および国立環境研究所の分野横断型研究 (No. 1214AO001, FY2012-2014) によって支援された。

【参考文献】¹⁾ Trump and Donahue, Oligomer formation within secondary organic aerosol: equilibrium and dynamic considerations. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, **13**, 24605-24634 (2013).

キーワード: 二次有機エアロゾル, オリゴマー生成, エアロゾル質量分析計, エアロゾル質量濃度, 化学構造

Keywords: secondary organic aerosol, oligomerizations, aerosol mass spectrometer, aerosol mass loading, chemical structure

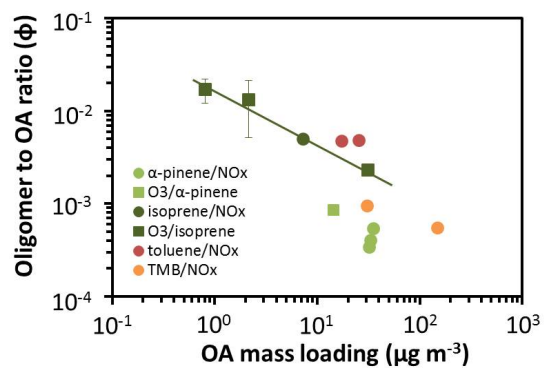


Fig. 1. Effects of OA mass loading on the oligomer to OA signal ratio (ϕ).

航空機観測による東アジアにおけるエアロゾル粒径分布の支配要因の解明 Controlling factors of aerosol size distribution over East Asia

橋岡 秀彬^{1*}; 芝野 佑樹¹; 茂木 信宏¹; 北 和之²; 松井 仁志³; 小池 真¹; 近藤 豊¹
HASHIOKA, Hideaki^{1*}; SHIBANO, Yuki¹; MOTOKI, Nobuhiro¹; KITA, Kazuyuki²; MATSUI, Hitoshi³; KOIKE, Makoto¹
; KONDO, Yutaka¹

¹ 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻, ² 茨城大学理学部, ³ 海洋研究開発機構

¹Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, University of Tokyo, Japan, ²Faculty of Science, Ibaraki University, Mito, Japan, ³Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Tokyo, Japan

エアロゾルは地球気候への直接的・間接的効果が知られている。温室効果ガスの代表例として知られる二酸化炭素の放射強制力の見積りに比べ、エアロゾルや、エアロゾルによって生じる雲の変化についての見積りは現在も極めて不確定性が大きなものである。直接・間接効果共にエアロゾル粒子の大きさが強く影響しており、気候への影響の不確定性の重要な一因であるため、その粒径分布を調べる事は重要である。

エアロゾルは局在する物質であり、空間的分布は、エアロゾルの発生・輸送・湿性除去といった過程に支配される。粒径分布は、前述の過程の他、新粒子生成や、凝集等でも変化を受ける。よってエアロゾルの実態把握においては、リアルタイム観測と、エアロゾルを含む空気塊が経た過程を踏まえた解析の双方が必要となるが、過去の観測において過程を踏まえ、必要な粒径範囲を十分な時間解像度により分析した事例はない。本研究では航空機観測において新たに超高感度エアロゾル測定機 (Ultra High Sensitivity Aerosol Spectrometer: UHSAS) を導入し、東アジア上空における粒径分布の取得と、特に湿性除去プロセスを考慮した解析を試みた。

UHSAS は個々のエアロゾルの散乱光を効率的に集め、感度の異なる二種類のセンサーを用いることで、従来よりも幅広い粒径測定範囲 (70 - 1500 nm) を実現した光散乱エアロゾル測定装置である。航空機観測に対応するため、UHSAS のソフト・ハード両面において改良を行った。航空機観測での気圧変化に対応する為、内部の流量制御システムを整備した。またエアロゾルのレーザー光散乱による信号波形をすべて保存し、ノイズとシグナルの判別を行うシステムを構築した。加えて、光学系の集光立体角を、偏光状態の測定と粒径既知屈折率既知の粒子を導入することで正確に推定した。この推定の結果、70 nm -1500nm に対して粒径と信号値が 1 対 1 対応する事も確認した。こうして、個々の粒子に基づくエアロゾルの数濃度と粒径分布を、高時間分解能かつ信頼性の高いデータとして取得・解析できるシステムを確立した。なお本システムにおいては、粒径はエアロゾル粒子が屈折率 1.52 であり球形であるという仮定で算出される。

UHSAS を搭載した観測キャンペーン A-FORCE2013W が 2013 年 2 月下旬から 3 月上旬に行われた。航空機外部のインレットから大気を採取し、各種測定器に導入した。この観測において UHSAS により得られた測定データは他の観測機器と一貫性があった。

この観測において測定された粒径分布は、高度上昇に伴い粒径が小粒径側にシフトする傾向が見られた。次に、湿性除去の指標である Black Carbon (BC) の輸送効率 (TE: Transport Efficiency) を BC 質量濃度と CO 濃度から算出したところ、高度上昇に伴い湿性除去をより強く受ける傾向が観測された。また、この湿性除去の指標と粒径分布の関係も、湿性除去を受けるほど粒径分布が小粒径側にシフトする傾向にあった。

高度と湿性除去のどちらが粒径分布に対して支配的な要因であるかを判断する為、各高度における粒径分布を TE ごとの値により区分したところ、粒径分布の傾向はどの高度においても湿性除去の度合いに依存しており、かつ同一 TE の区分において粒径分布の形状はよく一致していた。この結果は粒径分布の高度依存性のメカニズムは湿性除去であることを示唆するものであり、かつ湿性除去がエアロゾルの粒径に依存することを初めて観測的に示したものである。

UHSAS により初めて観測された粒径分布の動態は、直接・間接効果双方の定量的な理解にとって重要なものである。

キーワード: エアロゾル, 粒径分布, 湿性除去, ブラックカーボン, 輸送効率, UHSAS

Keywords: aerosol, size distribution, wet removal process, black carbon, transport efficiency, UHSAS

都市郊外域の森林におけるエアロゾル粒径分布の鉛直プロファイル観測 Vertical profiles of aerosol size distribution in small forest within a western suburb of Tokyo

矢吹 正教^{1*}; 高橋 けんし¹; 津田 敏隆¹; 松田 和秀²

YABUKI, Masanori^{1*}; TAKAHASHI, Kenshi¹; TSUDA, Toshitaka¹; MATSUDA, Kazuhide²

¹ 京都大学生存圏研究所, ² 東京農工大学

¹Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, ²Tokyo University of Agriculture and Technology

人為起源および自然起源で放出された微量物質（ガス状および粒子状）、および、それらが大気中で化学反応を起こして生成される物質は、太陽放射の吸収・散乱や、雲凝結核としての働きなどを通じて、グローバルな気候に影響を及ぼしていると考えられている。森林は、これら微量物質の発生源および消失源として重要である。森林樹冠内外を含む大気境界層における大気微量成分の時空間変動は、二次粒子の生成などの化学過程のほか、地形等の環境要因による複雑な拡散・輸送過程が関わっている。

本研究では、2013年7月27日から8月3日にかけて東京農工大学フィールドミュージアム（FM）多摩丘陵で実施した、エアロゾル粒径分布の鉛直プロファイル観測について報告する。FM 多摩丘陵は、都市圏にある小規模な森林集水域という特徴があり、人為起源物質と植物起源物質が入り交じる興味深いサイトである。観測では、森林内の高度 30 m の研究用タワーをプラットフォームとし、合計 5 つの高度に計測点を設けて、樹冠内と森林上空のエアロゾル粒径分布の高度変化を連続で捉えることを試みた。講演では、観測システムの概要や、樹冠内外におけるナノ粒子およびサブミクロン粒子の個数濃度変動の特徴について紹介する。

キーワード: エアロゾル, 粒径分布, 鉛直構造, 樹冠

Keywords: Aerosol, Size distribution, Vertical distribution, Forest canopy

西部太平洋における蛍光性エアロゾル粒子の測定 Measurement of fluorescent particles over the western Pacific

竹谷 文一^{1*}; 潘 小楽¹; 宮川 拓真¹; 駒崎 雄一¹; 金谷 有剛¹; 松本 和彦¹; 本多 牧生¹
TAKETANI, Fumikazu^{1*}; PAN, Xiaole¹; MIYAKAWA, Takuma¹; KOMAZAKI, Yuichi¹; KANAYA, Yugo¹; MATSUMOTO,
Kazuhiko¹; HONDA, Makio¹

¹ 海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

Recently, fluorescence from suspended single particles has been employed to identify and classify the certain types of organic/biological particles. Bioaerosols, including bacteria and other particles derived from living organisms, may explain large unidentified fraction of organic aerosols and play important roles in the cloud formation. In this study, we employed a single-particle fluorescence sensor, WIBS-4, to understand the abundance of bioaerosol particles over the western Pacific.

We conducted ambient air measurements over the western Pacific at July 2011, 2012, and 2013 by R/V MIRAI cruise. In order to avoid analyzing the particles emitted by ship's funnel, we eliminated the data by the wind direction. In the cruises, the bioaerosol particles based on fluorescent pattern were in the range of 0.1-2 particles/cc over the western Pacific. In the presentation, we will compare ocean surface chlorophyll data with detected fluorescence particles.

キーワード: エアロゾル粒子, 蛍光

Keywords: aerosol particles, fluorescence

黒潮暖水域の下層雲への影響：平滑化海面水温を用いた数値実験 Impact of the Kuroshio warm SST on low altitude clouds: Numerical model simulation with smoothed SST

浅野 匠彦^{1*}; 小池 真¹; 松井 仁志²; 中村 尚³

ASANO, Naruhiko^{1*}; KOIKE, Makoto¹; MATSUI, Hitoshi²; NAKAMURA, Hisashi³

¹ 東京大学大学院理学系研究科, ² 海洋研究開発機構, ³ 東京大学先端科学技術研究センター

¹University of Tokyo, ²Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ³RCAST, University of Tokyo

Along the Kuroshio ocean current, high sea surface temperature (SST) is maintained even in winter and a steep SST gradient is formed across the current. In winter and spring, cold northwesterly air often flows from the Asia continent into the East China Sea. Once this cold air reaches the Kuroshio warm current, a large temperature contrast between sea surface and surface air (SAT) causes the marine boundary layer unstable and affect low altitude cloud formation. The northwesterly wind also transports a large amount of anthropogenic aerosols to East China Sea. These aerosols work as cloud condensation nuclei (CCN) and they affect microphysical properties of clouds. Because the marine boundary layer stability affects aerosol activation to form cloud particles, the large contrast between SST and SAT over the Kuroshio can also affect the aerosol-cloud interaction as proposed by Koike et al. [2012].

In order to assess the impact of Kuroshio warm SST on low clouds, we made WRF model calculations for a period between 21 Mar and 30 Apr 2009. In addition to the control calculation, we made sensitivity calculations, in which artificially smoothed SST was given for a lower boundary condition. In this smoothed SST, the SST gradually decreases toward higher latitudes and the maximum along the Kuroshio current no longer exists.

In the control calculation, the monthly mean cloud fraction (frequency of cloud occurrence in April 2009) was high in the south of Kuroshio and had a steep north-south gradient, corresponding to the SST steep gradient. A monthly mean liquid water path (LWP) was large along Kuroshio and small in East China Sea, although it enhanced when cyclones passed. As compared with the control calculation, both the cloud fraction and LWP decreased over the Kuroshio in smoothed-SST calculations, and their north-south gradients became gentler.

LWP differences between control and sensitivity calculations varied depending on the wind direction. In northerly wind conditions, the LWP decreased in warmer flank (downwind) of a SST front. Under calm and horizontally homogeneous wind conditions, water vapor transport convergence was relatively small over the Kuroshio and column-integrated water vapor increased mainly by evaporation from the sea surface. In such case, LWP decreased on the Kuroshio in sensitivity calculation. This suggests that warm SST associated with Kuroshio enhances the evaporation and contributes to increase LWP of low clouds.

キーワード: 下層雲, 黒潮

Keywords: low clouds, Kuroshio

HTDMA-AMS 装置を用いたエアロゾル粒子の吸湿成長度分布および個別粒子の質量スペクトルの測定 Measurement of the hygroscopic growth factor distributions of aerosol particles and the mass spectra of single particles

川名 華織^{1*}; 中山 智喜²; 持田 陸宏¹
KAWANA, Kaori^{1*}; NAKAYAMA, Tomoki²; MOCHIDA, Michihiro¹

¹名古屋大学大学院環境学研究科, ²名古屋大学太陽地球環境研究所
¹Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, ²Solar-Terrestrial Environmental Laboratory, Nagoya University

Hygroscopicity is a property that relates to the lifetime, chemical reactivity and cloud condensation nucleus activity of atmospheric aerosol particles. The amount of water retained by the particles as a function of relative humidity (RH) is governed by the phase state and chemical composition. In this study, hygroscopic growth factor distributions of atmospheric aerosol particles and mass spectra of single particles selected by the growth factors were measured using a combination of hygroscopicity tandem differential mobility analyzer (HTDMA) and a high resolution time-of-flight aerosol mass spectrometer (AMS) in Nagoya.

The observation of urban aerosols was performed on Higashiyama campus of Nagoya University in June and July, 2013. After aerosols were passed through PM1 cyclone and dried in diffusion driers, 300 nm particles were selected in the first DMA of the HTDMA. The growth factor distributions of the particles were measured under humidified conditions (setting RH: 37%, 65%, and 87%). The measurements were performed in both humidification and dehumidification modes. The mass spectra of single particles with specific hygroscopic growth factors g (1.0 at setting RH of 37%; 1.0, 1.1, and 1.25 at setting RH of 65%; 1.0 and 1.5 at setting RH of 87%) were measured using the AMS. The size distributions of aerosol particles were measured separately. The concentrations of organic carbon and elemental carbon in parts of the study period were also obtained.

In the humidification mode, the averages of the growth factor distributions at setting RH of 37% and 65% did not show substantial hygroscopic growth in terms of mean g (1.00 and 1.02, respectively), and those at setting RH of 87% showed large mean g (1.48). In the dehumidification mode, mean g of the averages of the growth factor distributions at setting RH of 37% and 65% (1.07 and 1.18, respectively) were substantially larger than those in the humidification mode, suggesting the presence of metastable-state aqueous solutions in the particles. At setting RH of 87%, the mean g in the dehumidification mode was large (1.44) as in the case of the humidification mode. The mass spectra of single particles with specific g were extracted from the obtained data; the number of these spectra was 349.

キーワード: 吸湿性, 個別粒子
Keywords: hygroscopicity, single particle

CCN activity of aerosol and its relation to air mass origins: an analysis based on year-round observation at Noto, Japan
CCN activity of aerosol and its relation to air mass origins: an analysis based on year-round observation at Noto, Japan

IWAMOTO, Yoko^{1*}; KINOUCHI, Kento²; MATSUKI, Atsushi¹
IWAMOTO, Yoko^{1*}; KINOUCHI, Kento²; MATSUKI, Atsushi¹

¹Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, ²Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University

¹Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, ²Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University

Atmospheric aerosols play an important role in controlling the earth's radiation balance and/or the hydrological system by acting as cloud condensation nuclei (CCN). For a quantitative evaluation of CCN characteristics in the East Asia, CCN activity of atmospheric aerosols in submicrometer size range were measured at Noto Ground-based Research Observatory (NOTOGRO), located at the tip of Noto peninsula, facing the Sea of Japan. The observation was conducted from October 2012 to September 2013, to investigate the seasonal variability in CCN activity of the atmospheric aerosols.

CCN efficiency spectra, where CCN number fraction is plotted against the diameter of aerosols, were obtained at four different supersaturation (SS) conditions (0.1%, 0.2%, 0.5% and 0.8%) by using a scanning mobility CCN analysis (SMCA) system (Moore et al., 2010). Hygroscopicity parameters kappa (Petters and Kreidenweis, 2007), which depends on the chemical composition of aerosols, were estimated through analyses of the CCN spectra. The bulk chemical composition of non-refractory submicrometer-sized aerosols was also measured by an aerosol chemical speciation monitor (ACSM). Seven-days backward trajectories at the height of 500 m above the sea level were calculated by using NOAA/HYSPLIT4 model.

The CCN activation diameters of the atmospheric aerosols were clearly larger than those of pure ammonium sulfate throughout the year. The mean kappa values ranged between those of pure ammonium sulfate (0.61) and several pure organic compounds (0 to 0.25). These evidences suggest that the atmospheric aerosols were mixture of ammonium sulfate and organics. The bulk chemical composition derived by ACSM also showed that organics, sulfate and ammonium were three major components throughout the observation period. The contribution of organics to the CCN activity of the atmospheric aerosols observed in this study was more apparent than those obtained in the previous studies in the East Asia. As most of the previous CCN studies in East Asia were conducted in the season significantly affected by Asian outflow of pollutants, current numerical models might overestimate CCN concentrations in the East Asia.

The mean kappa values were 0.30, 0.26, and 0.18 during the spring, autumn and summer, respectively. The difference in kappa values among the seasons might be caused by difference in air mass origin. Air masses to the NOTOGRO site came mainly from NW across the Sea of Japan during the autumn and spring, whereas air masses of Pacific origin, those passed over the Japan islands, prevailed in the summer. Relatively high kappa values were observed under the influence of continental polluted air masses with high sulfate concentration. On the other hand, organic aerosols derived by photochemical oxidation were dominant in summer, resulted in low kappa values. The variation in kappa values of organics with air mass origins will also be discussed.

References

- Petters and Kreidenweis (2007), *Atmos. Chem. Phys.*, 7, 1961-1971.
Moore et al. (2010), *Aerosol Sci. Tech.*, 44, 861-871.

キーワード: atmospheric aerosol, cloud condensation nuclei, organic aerosol, hygroscopicity parameter, East Asia
Keywords: atmospheric aerosol, cloud condensation nuclei, organic aerosol, hygroscopicity parameter, East Asia

能登半島における活性化させたCCNの初期成長の通年観測 Long-term observation of initial droplet growth of activated CCN at Noto peninsula, Japan

木ノ内 健人^{1*}; 岩本 洋子²; 鏡味 沙良³; 松木 篤²
KINOUCHI, Kento^{1*}; IWAMOTO, Yoko²; KAGAMI, Sara³; MATSUKI, Atsushi²

¹ 金沢大学大学院自然科学研究科, ² 金沢大学環日本海域環境研究センター, ³ 金沢大学理工学域

¹Graduate School of Natural Science & Technology, Kanazawa university, ²Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa university, ³College of Science and Engineering, Kanazawa university

大気エアロゾルは雲凝結核 (Cloud Condensation Nuclei: CCN) として働き、雲の光学特性や大気中での寿命などを変化させることで、間接的に気候変動に影響を与える。また、雲粒の粒径はその大小によって雲のアルbedoや降水頻度に影響するため気候変動を考える上で重要な要素の1つと言える。この雲粒の成長に関わる要素として、1. 大気の過飽和度 (Supersaturation: SS)、2. CCNの粒径、3. CCNの化学組成が挙げられる。近年、CCNの化学組成が雲粒の成長を左右するのではないかという報告がある。特に、CCNとして働く大気エアロゾル中に占める有機物の割合の高さが指摘されており (Zhang et al., 2007)、その成分が活性化後の雲粒の成長にどう影響するのかに注目が集まっている。さらに、東アジアは世界の中でも最もエアロゾル濃度が高い地域の1つであり、CCN計測を行うには非常に興味深い地域であると言える。そこで、本研究では能登半島においてCCNカウンタ (CCN counter: CCNC, CCN-100, DMT) を用いた実大気中CCNの活性化初期における粒径の計測と同時に、エアロゾル質量分析計 (Aerosol Chemical Speciation Monitor: ACSM, Aerodyne Inc.) による化学組成の測定も行い、化学組成の変化に伴う初期段階の雲粒粒径の成長の変化を観測した。

本研究では、能登半島先端の珠洲市に設置した能登スーパーサイト (NOTO Ground-based Research Observatory: NOTO-GRO) において観測を行った。大気エアロゾル試料は地上14.7mの高さにあるPM10インレットから採取した。その試料を拡散ドライヤーで乾燥させ、電荷を中和したサブミクロンサイズの粒子を微分型移動度分級器 (Differential Mobility Analyzer: DMA, TSI) へ導入した。DMAで粒径選別した大気試料を分岐させ、凝結核計数器 (CNカウンタ) とCCNカウンタに導入し、高時間分解能でCNとCCNの数粒径分布を得た。CCNカウンタは4つのSS (0.1%、0.2%、0.5%、0.8%) に設定して操作した。また、同一インレットから採取した試料をACSMに導入し、サブミクロンサイズの大気エアロゾルのバルク化学組成も同時計測した。解析には Moore et al. (2010) の手法を用い、雲粒の粒径を得た。本研究では、無機CCNの代表格である硫酸アンモニウムからできたもの (D_{AS}) と実大気エアロゾルから成長してできた雲粒の大きさ ($D_{ambient}$) を比較した。

各季節を通して、SSが大きい場合 (0.5%及び0.8%) では D_{AS} と $D_{ambient}$ で顕著な違いは見られなかった。しかし、SSが小さい条件下 (0.1%及び0.2%) では、秋季と春季に D_{AS} に比べ $D_{ambient}$ の成長が抑制されている期間があった。このことから、SSが小さい場合にはより強くエアロゾルの化学組成の影響を受けることが考えられる。ACSMによるバルク化学組成の結果によると、観測期間を通してサブミクロン粒子はほぼ有機物と硫酸塩、アンモニウムで構成されていたが、雲粒の成長が抑制されていた期間は特に有機物の割合が高い時期と一致することが示された。有機物の割合と雲粒の粒径には負の相関が見られることから、雲粒の成長を抑制した要因は、有機物が大きく影響したと考えられる。一方、冬季の雲粒粒径の変動はSSが小さい条件においても顕著ではなかった。冬季の能登半島は他の季節と異なり、日本海側特有の季節風の影響下にあり、輸送されてくるCCN中に含まれる化学種に違いがあると考えられる。

キーワード: 雲凝結核, 雲粒, 化学組成

Keywords: cloud condensation nuclei, cloud droplet, chemical composition

能登半島珠洲における PANs および有機硝酸エステルの季節変動 Seasonal variations of peroxyacyl nitrates and alkyl nitrates concentration at Suzu, the Noto Peninsula

石山 絢菜^{1*}; 高治 諒¹; 定永 靖宗¹; 松木 篤²; 佐藤 啓市³; 長田 和雄⁴; 坂東 博¹
ISHIYAMA, Ayana^{1*}; TAKAJI, Ryo¹; SADANAGA, Yasuhiro¹; MATSUKI, Atsushi²; SATO, Keiichi³; OSADA, Kazuo⁴; BANDOW, Hiroshi¹

¹ 大阪府立大学, ² 金沢大学, ³ アジア大気汚染研究センター, ⁴ 名古屋大学

¹Osaka Prefecture University, ²Kanazawa University, ³Asia Center for Air Pollution Research, ⁴Nagoya University

NO_x emissions have been increasing in East Asia with recent remarkable economic progress. NO_x has relatively short lifetime and NO_x concentrations are governed by local NO_x emissions. On the other hand, descendant photochemical products of NO_x such as T.NO_3 (the sum of gaseous nitric acid and particulate nitrates), PANs (peroxyacyl nitrates) and ANs (alkyl nitrates) have longer lifetime than NO_x , so that they can be transported over a long-distance. In order to understand influences of the cross-border pollution, it is important to clarify the long-range transport of T.NO_3 , PANs, and ANs.

We have been continuously observing several pollutants at NOTOGRO (Noto Ground-based Research Observatory) super-site in Suzu, the Noto Peninsula. NOTOGRO is located at 37.45N and 137.36E. NO_x were determined by an LED photolytic converter / NO-O_3 chemiluminescence method. NO_y and T.NO_3 were observed by a scrubber difference / NO-O_3 chemiluminescence method. CO was monitored by a non-dispersive infrared photometer. PANs and ANs were measured by a thermal dissociation / cavity attenuated phase shift spectroscopy method.

In this presentation, observational results and discussion from December, 2012 to July, 2013 are described, focusing on seasonal variations of PANs and ANs. The air mass origins arriving at Suzu were classified into the following four groups, Russia and North China (RC), Korea and Middle China (KC) and Japan (JP) and Sea (S) using backward trajectory analyses. From winter to spring, both PANs and ANs concentrations from KC were higher than those from the other air mass origins. From spring to summer, their concentrations were independent of air mass origins.

From winter to spring, the lifetimes of PANs and ANs are long because of low temperature and weak solar radiation. In addition, their in-situ photochemical generation rates are low, so that PANs and ANs concentrations in this season are governed by long-range transport. From spring to summer, the lifetimes of PANs and ANs become shorter and their photochemical production rates become higher, that is, local photochemical productions of PANs and ANs are relatively important. Diurnal variations of PANs and ANs also support these concentration variation factors. From winter to spring, no diurnal variations were observed. Meanwhile, PANs and ANs concentrations began to be higher and lower in the daytime and nighttime, respectively, from spring to summer.

キーワード: パーオキシアシルナイトレートおよび有機硝酸エステル, 長距離輸送, 季節変動

Keywords: peroxyacyl nitrates and alkyl nitrates, long-range transport, seasonal variation

大気中 PANs・有機硝酸エステル連続測定装置の開発および能登半島珠洲における観測

Development of a continuous measurement system of PANs and alkyl nitrates in the atmosphere and observations at Suzu, th

高治 諒^{1*}; 石山 絢菜¹; 定永 靖宗¹; 松木 篤²; 佐藤 啓市³; 長田 和雄⁴; 坂東 博¹
TAKAJI, Ryo^{1*}; ISHIYAMA, Ayana¹; SADANAGA, Yasuhiro¹; MATSUKI, Atsushi²; SATO, Keiichi³; OSADA, Kazuo⁴; BANDOW, Hiroshi¹

¹大阪府立大学, ²金沢大学, ³アジア大気汚染研究センター, ⁴名古屋大学

¹Osaka Prefecture University, ²Kanazawa University, ³Asia Center for Air Pollution Research, ⁴Nagoya University

Peroxyacyl nitrates (PANs) and alkyl nitrates (ANs) are generated in the atmosphere by oxidation of NO_x in the presence of solar ultraviolet. They have a comparatively long lifetime, and are important as transboundary air pollutants. On the other hand, PANs and ANs act as the reservoirs of NO_x . In order to clarify transboundary pollution of nitrogen oxides, comprehensive measurements of total odd nitrogen species (NO_y), including PANs and ANs, are required. In this research, a continuous measurement system of total PANs and ANs has been developed by a thermal dissociation / cavity attenuated phase shift spectroscopy (TD/CAPS) method.

This instrument consists of heated quartz tubes to decompose PANs and ANs into NO_2 , and a CAPS- NO_2 analyzer. This system has three intake lines; NO_2 , PANs and ANs lines. The NO_2 line equip of a quartz tube without heating. The PANs and ANs line equip quartz tubes heated at 433 K and 633 K, respectively for thermally decomposing them into NO_2 . Concentrations of NO_2 , $\text{NO}_2 + \text{PANs}$ and $\text{NO}_2 + \text{PANs} + \text{ANs}$ can be obtained from the NO_2 , PANs and ANs lines, respectively. These concentrations are sequentially measured by switching solenoid valves and then NO_2 , PANs and ANs concentrations are obtained. Since a part of HNO_3 is pyrolyzed in the ANs line, annular denuder coated with NaCl to remove HNO_3 is set before the heated quartz tube in the ANs line. The decomposition efficiencies of PANs and ANs were calibrated to be 100 and 95%, respectively, for all kinds of PANs and ANs examined.

Continuous field observations of PANs and ANs have been being performed at NOTOGRO (Noto ground-based Research observatory) supersite in Suzu, the Noto Peninsula, since November 2012. Continuous measurements of NO_x , NO_y , T.NO_3 (the sum of gaseous nitric acid and particulate nitrate) O_3 , and CO have also been being conducted. NO_y concentrations were in agreement with the sum of observed NO_y components (= $\text{NO}_x + \text{T.NO}_3 + \text{PANs} + \text{ANs}$) regardless of seasons. NO_x fractions were the highest in NO_y constituents. Fractions of T.NO_3 in January and February were lower than those in other months. This reflects that wet deposition of T.NO_3 would be accelerated in winter due to snowfall. On the other hand, PANs fractions in spring and summer were smaller than those in winter. This suggests that temperature increasing promotes decomposition of PANs.

キーワード: ペルオキシアシル硝酸 (PANs), 有機硝酸エステル, 反応性総窒素酸化物, キャビティ減衰位相シフト分光法
Keywords: peroxyacyl nitrates (PANs), alkyl nitrates, total odd nitrogen species, cavity attenuated phase shift spectroscopy

NO⁺ を試薬イオンにした化学イオン化質量分析法によるアルカンのオンライン計測 On-line measurements of multiple alkanes by chemical ionization mass spectrometry using NO⁺ as the reagent ion

猪俣 敏^{1*}; 谷本 浩志¹; 山田 裕之²
INOMATA, Satoshi^{1*}; TANIMOTO, Hiroshi¹; YAMADA, Hiroyuki²

¹ 国立環境研究所, ² 交通安全環境研究所
¹NIES, ²NTSEL

大気中のエアロゾルは地球大気の大気熱収支に影響を及ぼし、一般的には冷却に作用する。しかし、その放射強制力の見積りの誤差は大きく、全放射強制力の誤差の大部分を占めている。エアロゾルの見積りにおいて、二次生成の寄与を過小評価していることが指摘されている。その原因の1つとしては、半揮発性、中間揮発性（揮発性と半揮発性の中間）の揮発性有機化合物（VOC）を十分に捉えられていない可能性が考えられている。半揮発性、中間揮発性の VOC は、蒸気圧が低いため、壁、ライン等への吸着が考えられ、そのために過小評価している可能性が考えられる。そこで、これら半揮発性、中間揮発性の VOC をリアルタイムで、しかも多種類を同時に測定することが必要と考えている。

H₃O⁺ を試薬イオンとした陽子移動反応質量分析法（PTR-MS）では、従来の GC 法等では定量が困難であった含酸素 VOC を含め、ほとんどの VOC を検出することができるが、ただアルカンに関してはイオン化が起こらなかったり、あるいはフラグメンテーションが起こったりして、測定ができなかった。アルカンは GC 法を用いて安定して測定することは可能であるが、炭素数 12 以上の中間揮発性のものになると、キャニスター内で消失が起こることが指摘されており、そこで我々は炭素数 12 以上のアルカンを主に検出対象としたリアルタイム計測手法の開発に取り組んだ。

最近、PTR-MS の試薬イオンを切り替えられる手法が開発され、NO⁺ を試薬イオンにして、アルカンの検出特性について調べた。ノルマルトリデカン（分子量 184）の一例を示している。従来の H₃O⁺ でのイオン化では、フラグメンテーションが起こり、多くのアルキルラジカルイオンが検出されることになり、この質量スペクトルを見ても何をイオン化したのかわからない。一方、NO⁺ を試薬イオンに用いると、質量数 183 のイオンシグナルが 1 本だけ強く検出された。このことから、分子量 184 の化合物が存在することがわかり、C₁₃ のアルカンと帰属することができる（ただし異性体は区別できない）。

この手法を用いて、シャシーダイナモメータで過渡走行モードを走行する自動車から排出される多種類のアルカンをリアルタイムで計測した。実際、C₄ から C₁₆ の多種類のアルカンの秒オーダーでの濃度変化を捉えることに成功した。濃度レベルも ppmv オーダーから ppbv オーダーの変化を検出できた。ガソリン車は、スタート時、エンジン、三元触媒が温まっていない時に、アルカンの多くの排出が見られた。一方のディーゼル車では、急激な加速時の排出が見られた。また、ディーゼル車のほうがガソリン車よりも重いアルカンが検出され、これらのアルカンの排出は燃料（ガソリン・軽油）由来であることを示している。今後、自動車排ガスからの中間揮発性 VOC の排出が二次粒子生成に及ぼす影響に関する研究を行う予定である。

キーワード: PTR-MS, アルカン, NO⁺ 化学イオン化, ガソリン車, ディーゼル車, 排ガス
Keywords: PTR-MS, alkane, NO⁺ chemical ionization, Gasoline vehicle, Diesel vehicle, Exhaust gas

2013年の千葉とつくばにおける MAX-DOAS 法によるホルムアルデヒドとグリオキサル濃度変動の観測 Observation of formaldehyde and glyoxal variations by MAX-DOAS in Chiba and Tsukuba in 2013

陳 誠^{1*}; 倪 聞涛¹; 入江 仁士¹
CHIN, Sei^{1*}; NI, Wentao¹; IRIE, Hitoshi¹

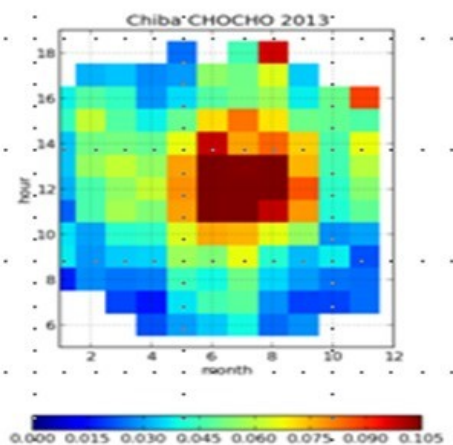
¹ 千葉大学
¹ Chiba university

BVOC(Biogenic Volatile Organic Compounds) は常温常圧で大気中に容易に揮発する有機化学物のうち植物から放出されるものの総称のことである。BVOC の大気中の反応は、大気酸化能を左右する OH ラジカルの収支に大きな影響を及ぼす。また、BVOC の反応で生成するオゾンは、人の健康や植物に悪影響を及ぼすほか、強力な温室効果気体としてもはたらく。更に、BVOC の酸化反応の生成物の一部はエアロゾルを形成し、放射収支や雲の形成に関与する。この様に、BVOC は人間や植物を取り巻く大気質や気候と深く関わっている。グリオキサルとホルムアルデヒドは BVOC の重要な指標の一つであるが、観測データは限られている。本研究では MAX-DOAS 法によって観測された、グリオキサルとホルムアルデヒド濃度を日変動や季節変動の観点から詳しく解析し、その変動要因を議論する。

本研究で使用した MAX-DOAS(Multi-Axis Differential Optical Absorption Spectroscopy) 法は、複数の仰角(本研究の仰角は 2 度、4 度、8 度、15 度、30 度と 70 度)について紫外可視域の太陽散乱光のスペクトルを測定する方法である。我々は千葉大学(北緯 35.62 度、東経 140.10 度)およびつくばの気象研究所(北緯 36.06 度、東経 140.13 度)において 2013 年に通年観測を実施した。グリオキサルとホルムアルデヒド濃度の情報はそれぞれ、436.0-457.0nm と 336.5-359.0nm の波長域を DOAS 法を用いて解析して得た。インバージョン法と放射伝達モデルを利用して、地表付近(高度 0-1km)の濃度を導出した。

2013 年の一年間、千葉で観測されたグリオキサル濃度のデータを図 1 に示す。季節変化と日変化を調べるために、各月において 1 時間毎の平均値を計算した。グリオキサルの濃度が日中に高く、また、夏季に高いという明瞭な日変化・季節変化が起きていることが分かった。夏季の正午には、0.105ppbv 以上まで増大した。同様な日変化・季節変換はつくばでも観測された。本発表ではホルムアルデヒドのデータも合わせて解析し、2013 年の一年間の千葉とつくばで観測したのデータを整理し、一年間の変化原因を議論する。

キーワード: ホルムアルデヒド, グリオキサル, MAX-DOAS, 日変化, 季節変化
Keywords: Formaldehyde, Glyoxal, MAX-DOAS, diurnal variation, seasonal variation



光化学オゾン生成速度直接測定装置の開発 Development of a direct measurement system of photochemical ozone production rate in the troposphere

川崎 粹央^{1*}; 定永 靖宗¹; 田中 悠基¹; 梶井 克純²; 坂東 博¹
KAWASAKI, Shio^{1*}; SADANAGA, Yasuhiro¹; TANAKA, Yuki¹; KAJII, Yoshizumi²; BANDOW, Hiroshi¹

¹大阪府立大学, ²京都大学

¹Osaka Prefecture University, ²Kyoto University

Recently, ozone concentrations in the troposphere have been rising in spite of a steady decrease in concentrations of ozone precursors such as NO_x and volatile organic compounds. Photochemical production processes of ozone are non-linear to concentrations of ozone precursors. In addition, ozone concentration variations are influenced by meteorological factors such as transport and deposition processes as well as photochemistry. It is useful that the meteorological and photochemical factors could be divided to discuss ozone concentration variations. In order to discuss only "photochemical" factors for ozone production, a direct measurement system of photochemical ozone production rate has been developed.

Ambient air is introduced into "reaction" and "reference" chambers. The reaction and reference chambers (171-mm inner diameter and 500-mm length) are made of quartz and Pyrex, respectively. Inner walls of both the chambers are coated with Teflon to avoid wall loss of ozone. An outer wall of the reference chamber is coated with a UV-cut film (50%-cutoff wavelength of 405 nm). In the reaction chamber, photochemical reactions proceed to generate ozone. On the other hand, ozone is not produced photochemically in the reference chamber. Air passed from the reaction and reference chambers is introduced into "NO-reaction" tubes to convert O_3 to NO_2 in the presence of a high concentration of NO, and then the air is introduced into an NO_2 measurement system by a laser-induced fluorescence technique. Increment of ozone (ΔO_3) is defined by the difference of NO_2 concentrations derived from the reaction chamber and those from reference chamber. The ozone production rate is obtained by dividing ΔO_3 by a mean residence time of air in the reaction chamber (τ). In this system, O_3 concentrations are not directly measured but NO_2 concentrations converted by the reaction of O_3 with excess NO are observed. This is because the photostationary states between NO_x and O_3 are different between in the reaction and reference chambers, and ozone concentrations vary apparently. The sum of ozone and NO_2 concentrations (abbreviated as PO) are kept in the different photostationary states, so that this instrument measures production rates of PO instead of those of ozone practically.

Important parameters in this system are (1) ultraviolet transmittance of the reaction and reference chambers, (2) τ , and (3) conversion efficiency of O_3 to NO_2 in the NO-reaction tube. For (1), we measured solar spectra at inside and outside of the chambers using a spectroradiometer. Almost a hundred % of solar UV was transmitted into the reaction chamber. A wall of the reference chamber cut off solar UV adequately. For (2), about 10 ppmv of pulsed NO_2 was added into the reaction chamber and temporal variations of LIF signals were measured. τ was calculated to be 22.1 ± 0.5 min using the temporal variation the signals. For (3), quantitative conversions of O_3 up to 160 ppbv by NO in the NO-reaction tube were confirmed under the excess NO condition 0.97 ppmv.

キーワード: 光化学オゾン, オゾン生成速度の直接測定, レーザー誘起蛍光法

Keywords: photochemical ozone, direct measurement of ozone production rate, laser-induced fluorescence

中国から日本へのオゾン越境汚染の事例解析 Transboundary ozone pollution from China to Japan; a case study

毛家村 友里子^{1*}; 林田 佐智子¹
YURIKO, Keyamura^{1*}; HAYASHIDA, Sachiko¹

¹ 奈良女子大学

¹ Faculty of Science, Nara Woman's University

しばしば観測される日本における対流圏オゾンの増加は、風上にある中国から高濃度オゾンが長距離輸送されたためではないかと疑われている。

本研究では、日本の環境基準値である 60ppbv を超える高濃度オゾンが下部対流圏において連続的に観測された事例に対し、その観測地点から 1 時間毎に後方流跡線解析を行った。流跡線解析には、本研究室で開発された SPIRAL を用いた。本研究では、気象研究所のオゾンライダーで得られたオゾン濃度の鉛直分布と日本全国で取得された地上オゾン観測データを使用した。オゾンライダーは Nakazato et al. (Applied Optics, 2007) で述べられているように、従来よりも短い波長を用いて昼夜連続での観測を行っている。一方、大気環境時間値データは、1 時間ごとに直接大気中に含まれるオゾンの濃度を測定している。両者のデータは短い時間間隔で得られているため、流跡線解析の結果と観測されたオゾン濃度の時系列変動を詳細に対応させる事が出来る。さらに、流跡線解析の結果と、Aura 衛星に搭載された Ozone Monitoring Instrument (OMI) のオゾン鉛直分布データを比較する。ここで使用した OMI のデータは X.Liu らにより、紫外・可視スペクトルを用いて、対流圏を 3 層に区切った層ごとのオゾン濃度として直接導出されたものである [Liu et al., 2010]。このように、本発表では、地上観測データや衛星データを用いて空気塊の輸送過程を解析することで、中国から高濃度オゾンが流出し日本に長距離輸送された可能性について議論する。

本研究は Grant-in-Aid from the Green Network of Excellence, Environmental Information (GRENE - ei) の支援のもと実施されている。さらに、OMI のデータはハーバード大学の Xiong.Liu 氏と Kelly.Chance 氏から提供を受けた。オゾンライダーは中里真久氏より提供を受けた。

キーワード: 対流圏, オゾン, 越境汚染, 長距離輸送, 中国

Keywords: troposphere, ozone, trajectory, transport, China

リモートセンシングによる下部対流圏オゾン量導出のための検証観測 Validation observation for the derivation of lower tropospheric ozone by remote sensing

谷中 郁哉^{1*}; 北 和之²; 山口 裕樹¹; 福寿 旅人¹; 板橋 良平¹; 木名瀬 健¹; 入江 仁士³; 野口 克行⁴; 中山 智喜⁵; 松見 豊⁵; 永井 智広⁶; 酒井 哲⁶; 財前 祐二⁶; 森野 勇⁷; 内野 修⁷; 井上 誠⁷; 田中 智章⁸
YANAKA, Fumiya^{1*}; KITA, Kazuyuki²; YAMAGUCHI, Yuuki¹; FUKUJU, Tabito¹; ITABASHI, Ryohei¹; KINASE, Takeshi¹; IRIE, Hitoshi³; NOGUCHI, Katsuyuki⁴; NAKAYAMA, Tomoki⁵; MATSUMI, Yutaka⁵; NAGAI, Tomohiro⁶; SAKAI, Tetsu⁶; ZAIZEN, Yuji⁶; MORINO, Isamu⁷; UCINO, Osamu⁷; INOUE, Makoto⁷; TANAKA, Tomoaki⁸

¹ 茨城大学大学院理工学研究科, ² 茨城大学理学部, ³ 千葉大学環境リモートセンシング研究センター, ⁴ 奈良女子大学理学部, ⁵ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ⁶ 気象研究所, ⁷ 国立環境研究所, ⁸ NASA エイムズ研究センター

¹Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University, ²College of Science, Ibaraki University, ³Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University, ⁴Faculty of Science, Nara Women's University, ⁵Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, ⁶Meteorological Research Institute, ⁷National Institute for Environmental Studies, ⁸NASA Ames Research Center

対流圏下部のオゾンは光化学スモッグを引き起こす光化学オキシダントの主成分であり、高濃度になると人体の健康や農作物・生態系に悪影響を及ぼす。そのため大気汚染物質として、その挙動を把握することが重要である。近年日本ではオゾン前駆気体の現象に反して下部対流圏オゾン量の増加傾向が認められており、その原因の一つとして中国大陸などからの越境汚染が考えられているが、未だその実態は明らかではない。越境汚染のような広域な現象を観測するためには、人工衛星などからのリモートセンシングが有効であると考えられるが、下部対流圏オゾンの観測については観測される光強度、地表面反射スペクトルの影響などにより従来困難であった。そのため本研究では、衛星リモートセンシングによる下部対流圏オゾン観測の実現に向けて多波長同時分光観測を提案し、その検証のための航空機観測を実施した。

多波長同時分光観測は、オゾンが紫外・可視・赤外光など異なる波長域の光を吸収し、かつ各波長域で吸収の高度依存性が異なることを利用して、その違いから下部対流圏オゾン濃度を推定する手法である。本研究では紫外域と可視域での太陽散乱光スペクトルを観測することによって、主にレイリー散乱の散乱強度の違いにより下部対流圏で生じる光路長の差を利用して、下部対流圏オゾン量の導出を試みる。

この手法について、2012年9月10日および13日に筑波上空で航空機による検証観測を行った。航空機には、分光器 Maya2000pro とオゾン計を搭載し、25000ft(7600m) と 2500ft(760m) の2つの高度で紫外・可視散乱光スペクトルとオゾンの直接観測を行った。同時に、気象研究所で CRDS や PASS、PSAP による地上エアロゾル観測、オゾン計による地表オゾンの観測、ライダー観測によるオゾンおよびエアロゾルの高度分布観測が行われた。また、オゾンゾンデによるオゾン高度分布の直接観測を行った。航空機からは、紫外(波長 300~380nm) および可視(波長 400~700nm) 域での天頂散乱光、鉛直下方散乱光を観測している。特に下方からの散乱光には地表反射光が大きく関与しており、オゾン量の精度良い推定のためには地表反射スペクトルの正確な推定が不可欠となる。今回、低高度(2500ft)にて緑地帯、刈田(農場)、裸地、市街地などの異なる地表利用状況での地表反射スペクトルを測定した。地表反射スペクトルの推定には、航空機周辺やその下方での散乱の影響を考慮しなければならない。そのため観測時の幾何学条件およびエアロゾルの条件を設定し、放射伝達モデル SCIATRAN(Rozanov et al.,2005)にて天頂方向、鉛直下方それぞれのスペクトルを計算し、観測されたスペクトルからエアロゾル散乱を考慮して推定を行った。

航空機観測では、2013年5月31日に取得した太陽直達光スペクトルと、各直下視方向の観測スペクトルの比から差分分光フィッティングにより傾斜オゾンカラム量を導出する。推定された地表反射スペクトルを考慮して、導出された傾斜オゾンカラム量の結果、および考察について、講演会にて報告を行う。

謝辞: 本研究は、科学研究費補助金「可視紫外同時分光観測による地表境界層オゾンのリモートセンシング手法の開発」によるものです。ここに記し、深く感謝します。

キーワード: リモートセンシング, 下部対流圏オゾン
Keywords: Remote Sensing, Lower tropospheric ozone

中国華北平原における CO と火災件数の関係 The Relationship between CO Concentration and Biomass Burning over the North China Plain

茅場 聡子^{1*}; 林田 佐智子¹; 小野 朗子¹
KAYABA, Satoko^{1*}; HAYASHIDA, Sachiko¹; ONO, Akiko¹

¹ 奈良女子大学

¹ Faculty of Science, Nara Women's University

CO は化学過程においてメタンや対流圏オゾン濃度に関与することから、重要な間接的温室効果ガスと見なされており、その時空間変動を把握することは重要である。

中国華北平原で 6 月初旬に行われる冬小麦収穫後の残渣焼却は大気中 CO 濃度に大きな影響を及ぼしていることが指摘されており [Wang et al., JGR, 2002]、更に 2006 年の中国泰山における現地観測とモデルシミュレーションによって確認されている [Kanaya et al., ACP, 2013 及び ACP 特集号参照]。また、近年の急速な経済成長に伴い、工業活動による CO の放出が急増している [Ohara et al., ACP, 2007]。この様に、火災 (バイオマスバーニング) と火災以外のソースが混在するこの地域において、火災発生地域と CO 濃度の関係を調べることは、ソースの違いを把握することに繋がると考えられる。そこで本研究では、衛星観測データを用いて中国華北平原における火災発生地域と CO 濃度の関係を調べた。

解析したデータは以下の通りである。CO 濃度データは Terra 衛星搭載の MOPITT センサ (Ver5) による混合比プロダクト、火災件数データは Terra, Aqua 衛星搭載の MODIS センサによる熱異常値データ (Thermal Anomalies & Fire) に火災検知アルゴリズム [Giglio et al., RSE, 2003] を適用して作成されたアジア域森林火災プロダクト [Takeuchi and Yasuoka, 2006] である。解析期間は 2001~2012 年と定めた。

火災件数と CO 濃度の時空間分布を調べたところ、毎年 6 月には火災件数の急増に伴う CO 濃度の上昇が見られ、上記で述べた畑作の残渣焼却が大気中 CO 濃度へ与える影響が衛星観測からも捉えられていた。一方で秋から冬にかけては、火災はほぼ検知されていないにも関わらず CO 濃度は増加する。これは工業活動や暖房の影響である可能性が高い。更に、6 月と秋から冬の時期では CO 濃度の年々変動の様相は異なっていた。

本研究は、文部科学省の Green Network of Excellence, Environmental Information (GRENE-ei) 事業の支援を受けて実施しています。

南米チリ・アルゼンチンにおける大気環境リスク管理システムの開発プロジェクト Development of Atmospheric Environmental Risk Management System in Chile and Argentina

水野 亮^{1*}; 杉本 伸夫²; 長浜 智生¹; 大山 博史¹; 中島 拓¹; 杉田 考史²; 秋吉 英治²; 中根 英昭³; 山岸 久雄⁴; 小川 英夫⁵

MIZUNO, Akira^{1*}; SUGIMOTO, Nobuo²; NAGAHAMA, Tomoo¹; OHYAMA, Hirofumi¹; NAKAJIMA, Tac¹; SUGITA, Takafumi²; AKIYOSHI, Hideharu²; NAKANE, Hideaki³; YAMAGISHI, Hisao⁴; OGAWA, Hideo⁵

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ² 国立環境研究所, ³ 高知工科大学, ⁴ 国立極地研究所, ⁵ 大阪府立大学

¹Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, ²National Institute for Environmental Studies, ³Kochi University of Technology, ⁴National Institute of Polar Research, ⁵Osaka Prefecture University

我々、名古屋大学太陽地球環境研究所と国立環境研究所の研究者を核としたグループでは、昨年度より JST - JICA SATREPS(地球規模課題対応国際科学技術協力) プログラムの下で、標記の国際協力プロジェクトをスタートさせた。本プロジェクトでは、先端的観測施設の空白域である南米地域での地上大気観測網、特にオゾン・紫外線およびエアロゾルの観測網をアルゼンチンおよびチリとの国際協力の下で整備し、その観測網で得られた情報を一般市民や関係諸機関に準リアルタイムで伝達するための情報通信システムを開発することを目的とした5年間のプロジェクトである。南半球に位置する(南極を除く)3大陸のうち、最も南まで広がっている南米大陸の南端の上空はオゾンホールがしばしば到来し、パタゴニアの南部地域に居住している住民にとっては、オゾンホールは日常の生活に密着した現象となっている。また、アンデスの山々を間に挟むチリとアルゼンチンでは、大きな火山の噴火が数年に一度の割合で起きており、火山灰の飛散が航空機の運航に影響を与えているが、火山灰の動きを迅速に把握し予測するための有効な観測網が存在していなかった。

そこで、本プロジェクトでは、アルゼンチンの CEILAP(レーザー応用技術研究センター) およびチリのマゼラン大学と協力しながら、両国におけるオゾン・紫外線・エアロゾルの観測網を新たに整備する。オゾンに関しては、アルゼンチン南端部に位置するリオ・ガジェゴスで差分吸収ライダー、ミリ波分光計、ブリューワー分光計等を設置した総合的な観測施設を充実させ、エアロゾルについては6台のラマンライダーと3台の高分散スペクトルライダーの計9台からなるライダーの広域観測網を整備する。また観測網で取得されたデータを集約し、短期予測を行うためのデータ解析システムやモデルの構築を目指す。取得されたデータは、チリ・アルゼンチンの関係諸機関の間で共有されるだけでなく、国際的なデータベースにも供出し、関連分野の研究者が活用できるように整備していく計画である。

発表では、プロジェクトの概要と初年度終了時点での進捗、初期成果の報告等を行う。

キーワード: エアロゾル, オゾンホール, ライダー, ミリ波分光, 国際協力, 社会貢献

Keywords: Aerosol, Ozonehole, Lidar, Millimeter-wave spectroscopy, International cooperation, Contribution to society

MAX-DOAS 法による大気汚染物質の水平分布観測 Observations of horizontal distributions of air pollutants by MAX-DOAS

倪 聞涛^{1*}; 入江 仁士¹; 陳 誠¹; 高村 民雄¹; KHATRI Pradeep¹
NI, Wentao^{1*}; IRIE, Hitoshi¹; CHEN, Cheng¹; TAKAMURA, Tamio¹; KHATRI, Pradeep¹

¹ 千葉大学
¹Chiba University

2012年6月に我々は千葉大学にMAX-DOAS装置を設置し、それ以来、連続観測を実施している。MAX-DOAS法は複数の仰角で太陽散乱光の紫外可視域のスペクトルを測定し、それらを放射伝達モデルやインバージョン法を利用してエアロゾル・ガス成分の鉛直分布/対流圏積算量を算出する手法である (Irie et al., 2008, 2009; Vlemmix, 2010)。本研究ではまず、MAX-DOAS装置で測定したエアロゾル光学的厚さ (AOD) のデータとスカイラジオメーターのデータを比べて、一致性を調べた。両者は概ね30%以内で一致したことが分かった。次に、2台の装置 (1号機、2号機) を同じ場所に同じ方位に向けて設置し、同時観測を実施した。両方の装置とも、460-490 nm および 338-370 nm の波長範囲をDOAS法で解析し、O₄(O₂-O₂; 酸素分子の衝突錯体) の差分スラントカラム濃度 (DSCD) を導出した。仰角の系統的誤差が及ぼすO₄ DSCD値への影響を定量化するために、2号機の仰角設定に±0.5度、±1.0度のオフセットを与えた実験を行い、1号機と2号機のO₄ DSCD値の比較を行った。相関解析等による詳細な比較を行ったところ、O₄ DSCD値は概ね20%以内で一致した、±0.5度程度の小さなオフセットによって有意な系統的な影響が認められないことが分かった。このような詳細な誤差評価を踏まえ、2013年12月より、1号機を北、2号機を西に向けた水平分布観測を実施している。本講演ではその結果についても議論する。

キーワード: MAX-DOAS, 仰角オフセット, 鉛直分布, 対流圏積算量, スラントカラム濃度
Keywords: MAX-DOAS, Elevation angle offset, vertical profile, tropospheric column amount, differential slant column density

GOSAT SWIR xCH₄ の検証 (地上観測ネットワーク TCCON と航空機観測を用いて) Validation of GOSAT SWIR xCH₄ using TCCON and Airborne Measurements

岩崎 千沙^{1*}; 林田 佐智子¹; 小野 朗子¹; 町田 敏暢²
IWASAKI, Chisa^{1*}; HAYASHIDA, Sachiko¹; ONO, Akiko¹; MACHIDA, Toshinobu²

¹ 奈良女子大学, ² 国立環境研究所

¹Faculty of Science, Nara Women's University, ²NIES

メタン (CH₄) は短寿命大気汚染物質 (Short-Lived Climate Pollutants; SLCPs) のひとつであり, その発生源と消失源を推定するために, 世界規模で正確な観測をおこなうことが求められている. CO₂ と CH₄ の全球濃度分布を調べるため, 2009 年に GOSAT (Greenhouse gases Observing SATellite) が打ち上げられ, 現在も観測を続けている. しかし, 雲が多く発生する地域では衛星観測が困難であるため, この地域での CH₄ 収支を理解するには, 適切な雲スクリーニングによりデータを選別し, 検証する必要がある.

本研究では, GOSAT の短波長赤外域 (Short-Wavelength InfraRed; SWIR) での観測から求められたメタン混合比 (xCH₄) プロダクトを, 地上観測ネットワーク TCCON (Total Carbon Column Observing Network) のデータと比較し, 検証した. NIES (National Institute for Environmental Studies) プロダクトに対する同様の解析の結果が Yoshida et al. (AMT, 2013) で既に報告されているが, 本研究は解析期間を延長し, 観測地点を拡げて TCCON のデータを使用した. 先行研究は 2009 年 6 月から 2012 年 12 月について, 13 地点で観測された TCCON のデータを用いたのに対し, 本研究は 2009 年 6 月から 2013 年 8 月について, 17 地点で観測された TCCON のデータを用いた. 全期間の平均の NIES プロダクトと TCCON のデータの差は, -6.0 ± 16.1 ppbv であった.

また, "proxy 法" によって得られた RemoTeC-MACC プロダクトに対し, 3 つの異なる条件で雲スクリーニングをおこない, 適切な条件を検討した. "proxy 法" は, 雲の多い状態に対しても, 多くのプロダクトを作成することができるという利点がある. さらに, シベリアを中心に, GOSAT のデータと航空機観測のデータとの比較もおこなったので, 併せて結果を報告する.

謝辞

本研究は, 環境省・環境研究総合推進費の平成 24-26 年度課題 (A-120) により実施しています. RemoTeC-MACC プロダクトは, Andre Butz 博士 (IMK-ASF, Karlsruhe Institute of Technology; KIT) より提供していただきました.

キーワード: GOSAT, 検証, メタン, 雲スクリーニング, 航空機

Keywords: GOSAT, validation, methane, cloud screening, aircraft

1988-2010年の日本上空の対流圏メタンの変動 Variations of tropospheric methane over Japan during 1988-2010

梅澤 拓^{1*}; 後藤 大輔¹; 青木 周司¹; 石島 健太郎²; Patra Prabir²; 菅原 敏³; 森本 真司¹; 中澤 高清¹
UMEZAWA, Taku^{1*}; GOTO, Daisuke¹; AOKI, Shuji¹; ISHIJIMA, Kentaro²; PATRA, Prabir²; SUGAWARA, Satoshi³; MORIMOTO, Shinji¹; NAKAZAWA, Takakiyo¹

¹ 東北大学大学院理学研究科大気海洋変動観測研究センター, ² 海洋研究開発機構地球環境変動領域, ³ 宮城教育大学
¹Center for Atmospheric and Oceanic Studies, Graduate School of Science, Tohoku University, ²Research Institute for Global Change, JAMSTEC, Yokohama, Japan, ³Miyaigi University of Education, Sendai, Japan

Mixing ratios of greenhouse gases and related trace gases have been measured using chartered and commercial aircraft in the lower to upper troposphere (LT and UT) over Japan by Tohoku University. We present variations of CH₄ during 1988-2010. The analysis is aided by simulation results using an atmospheric chemistry transport model (i.e. ACTM). Tropospheric CH₄ over Japan shows altitude-dependent interannual and seasonal variations, reflecting differences in air mass origins at different altitudes. The long-term trend and interannual variation of CH₄ in the LT are consistent with previous reports of measurements at surface baseline stations in the northern hemisphere. However, those in the UT show excursions from those in the LT. In the UT, CH₄ mixing ratios show seasonal maximum in August due to efficient transport of air masses influenced by continental CH₄ sources, while LT CH₄ reaches its seasonal minimum during summer due to seasonally maximum chemical loss. Vertical profiles of the CH₄ mixing ratios also vary with season, reflecting the altitude-dependent seasonal cycles. In summer, transport of CH₄-rich air from Asian regions elevates UT CH₄ levels, forming the uniform vertical profile above the mid troposphere. On the other hand, CH₄ decreases nearly monotonically with altitude in winter-spring. The ACTM simulations with different emission scenarios reproduce general features of the tropospheric CH₄ variations over Japan. Tagged tracer simulations using the ACTM indicate substantial contributions of CH₄ sources in South Asia and East Asia to the summertime high CH₄ values observed in the UT. This suggests that our observation data over Japan are highly valuable for capturing CH₄ emission signals, particularly from the Asian continent.

キーワード: 航空機観測, メタン, 対流圏, 日本上空
Keywords: aircraft observation, methane, troposphere, over Japan

中赤外レーザー分光法を用いたCO₂安定同位体の測定：都市のCO₂循環の解析 Measurement of CO₂ stable isotope ratio by mid-infrared laser absorption spectrometry; analysis of CO₂ cycle in urban

弓場 彬江^{1*}; 高橋 けんし²; 中山 智喜¹; 松見 豊¹

YUBA, Akie^{1*}; TAKAHASHI, Kenshi²; NAKAYAMA, Tomoki¹; MATSUMI, Yutaka¹

¹名古屋大学 太陽地球環境研究所, ²京都大学 生存圏研究所

¹Solar-terrestrial environment laboratory, Nagoya university, ²Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University

CO₂ concentration has been increasing from the range of 275 ppmv (parts per million by volume) to 285 ppmv in the previous industrial period to about 400 ppmv in 2013. IPCC reported that CO₂ has the most effective on the positive radiative force. The insight of CO₂ emission and absorption flux helps us to estimate the variation of radiative forcing and atmospheric environment. CO₂ concentration changed with the anthropogenic and biogenic emission and absorption. The stable isotope ratio of CO₂ ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$) is associated with the CO₂ source such as combustion and biogenic respiration. The contribution of each CO₂ source in the urban area was estimated by using the stable isotope ratio of CO₂.

We conducted the continuous measurement for CO₂ concentration and stable isotope ratio of CO₂ using the mid-infrared absorption spectrometry which can obtain CO₂ concentration and its isotope ratio with high time resolution. The water vapor and stable isotope ratios of water vapor (δD and $\delta^{18}\text{O}\text{-H}_2\text{O}$) were measured to show the relationship between H₂O and CO₂ due to the isotopic exchange reaction. CO and NO_x concentrations were obtained as a tracer of anthropogenic emission. The measurement was conducted for two weeks in summer and winter. The seasonal variation of CO₂ source was shown according to the comparison of CO₂ concentration and stable isotope ratio. Especially, we focused on the contribution of biogenic process to CO₂ concentration variation in the urban area.

CO₂ concentration and stable isotope ratio of CO₂ in the summer showed the diurnal variation. On the other hand, those in the winter had no diurnal variation. CO₂ concentration variation in the winter was correlated with CO concentration variation. These results suppose that CO₂ concentration variation in the winter was mainly dominated by the anthropogenic emission and that in the summer was related with biogenic process as well as anthropogenic emission. We will discuss the relationship between stable isotope ratio and meteorological condition or water vapor isotope ratio to identify the detail of CO₂ source.

キーワード: CO₂, 都市域, CO₂ 循環, 中赤外レーザー分光法

Keywords: CO₂ stable isotope ratio, Urban area, CO₂ cycle, mid-infrared laser absorption spectrometry

北西太平洋上の大気中ラドン濃度の時空間変動 Temporal and spatial variations of Radon-222 in the western North Pacific

坪井 一寛^{1*}; 松枝 秀和¹; 澤 庸介¹; 丹羽 洋介¹; 村山 昌平²
TSUBOI, Kazuhiro^{1*}; MATSUEDA, Hidekazu¹; SAWA, Yousuke¹; NIWA, Yosuke¹; MURAYAMA, Shohei²

¹ 気象研究所, ² 産業技術総合研究所

¹Meteorological Research Institute, ²National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

A new compact radon measuring system has been developed for high-resolution observation of low-level radon-222 (Rn) for the remote sites, in collaboration with the MRI and AIST. The Rn measuring system was installed at 4 stations of Minamitorishima (MNM), Yonagunijima (YON), Chichijima (CCJ) and Ryori (RYO) operated by Japan Meteorological Agency (JMA) since 2007. The Rn measurements clearly show that distinct seasonal variations as well as frequent episodic events with Rn enhancement peaks on a synoptic scale are successfully captured at all 4 stations. Although the seasonal cycles depended on the stations, significant correlations between the Rn and other trace gases were found for the most of the synoptic-scale events, indicating a large impact of widespread pollutions from the East-Asian countries on the regional air quality over the western North Pacific.

キーワード: ラドン

Keywords: Radon

GNSS 視線遅延を用いた積乱雲監視のための数 km スケールの PWV 分布解析 Estimation of Several Kilometer Scale PWV Distribution using GNSS Slant Path Delay for Monitoring of Cumulus Convection

小司 禎教^{1*}
SHOJI, Yoshinori^{1*}

¹ 気象研究所
¹ Meteorological Research Institute

全球衛星測位システム (Global Navigation Satellite System) を用いた数 km スケールの可降水量 (Precipitable Water Vapor: PWV) 分布を解析する手法を提案する。この手法は観測された電波の位相から、GNSS 解析によって得られた天頂遅延量と、天頂方向に投影した個々の衛星方向の視線遅延量との差を利用する。水蒸気勾配が高度とともに指数関数的に減少すると仮定すると、両者の差を用いて観測点から視線の方向の PWV 勾配を推定できる。Shoji(2013) では水蒸気の非一様性を示す Water Vapor Inhomogeneity (WVI) 指標を提案した。これは天頂方向に投影した SPD のばらつき (標準偏差) として定義される。WVI 指数では電波の方向に関する情報は使われない。ここで紹介する SPD 方向の PWV 勾配は、視線のばらつきと方向の両方を利用する。

この手法を用いて、2012 年 5 月 6 日に茨城県つくば市に大きな被害をもたらした竜巻の親雲について、PWV の分布を解析した。この親雲は、気象研究所の二重偏波レーダーの観測から、特に発達した数 km スケールの積乱雲の存在が、竜巻発生の 1 時間程度前に確認されている (Yamauchi et al. 2013)。益子 (2012) による高解像度非静力学モデル (NHM) 実験では、親雲の周辺 5km 程度の領域に 18mm/km にも達する強い PWV 勾配が再現されていた。平均 17km 間隔の国土地理院 GNSS 観測網から再現された PWV 分布では、そのような強い勾配は表現されない。今回提案する手法では、親雲周辺での PWV 勾配の強化が表現されていた。

しかし、解析された PWV 勾配は最大でも 8mm/km 程度で、NHM モデルによる結果の約 1/2 程度にとどまった。この理由は二つ考えられる。ひとつは観測点密度の粗さである。NHM シミュレーションで再現された PWV 勾配の強い領域は、数 km 程度の領域であり、平均 17km 間隔の観測点では、補足に限界がある。もう一つは SPD の数である。当研究では GPS 衛星のみを用いている。GPS 衛星は 2014 年 1 月現在 30 機が運用中で、日本では観測可能な衛星数は 6-12 機と時間によって変化する。上記の提案指標の精度は、SPD の数や配置に依存するため、なるべく観測点上空で偏りのない、数多くの衛星を利用する必要がある。国土地理院では GEONET に、複数の GNSS 観測が可能な改良を行い、2013 年 5 月 10 日より GPS に加え、準天頂衛星 (日本) と Glonass (ロシア) の観測データ提供を開始した。発表では GPS 以外の衛星の利用可能性についても議論する。

キーワード: メソ気象, 水蒸気, 全球航法支援システム
Keywords: Mesoscale meteorology, Watervapor, Global Navigation Satellite System

準天頂衛星システムを用いたメソ γ スケールの可降水量分布測定についてのシミュレーション Numerical Simulation on Retrieval of Meso-gamma Scale PWV Distribution with the Quasi-Zenith Satellite System (QZSS)

大井川 正憲^{1*}; Realini Eugenio¹; 瀬古 弘²; 津田 敏隆¹
OIGAWA, Masanori^{1*}; REALINI, Eugenio¹; SEKO, Hiromu²; TSUDA, Toshitaka¹

¹ 京大大学生存圏研究所, ² 気象庁気象研究所

¹Research Institute for Sustainable Humanosphere (RISH), Kyoto University, ²Meteorological Research Institute (MRI), Japan Meteorological Agency (JMA)

準天頂衛星 (Quasi-Zenith Satellite System: QZSS) と GPS 衛星 (Global Positioning System) の位置情報と数値モデルの出力を用い、メソ γ スケールの可降水量 (Precipitable Water Vapor: PWV) 分布測定のシミュレーションを行った。空間分解能の評価では、従来の GNSS 気象学と同様に QZSS と GPS の仰角 10° 以上の全視線データを用いる手法、QZSS 衛星の最も仰角の高い視線データを用いる手法、GPS 衛星の最も仰角の高い視線データを用いる手法の 3 手法で得られた PWV を比較した。

数値モデルの格子点上に GPS 受信機があると仮定し、その直上の水蒸気量の鉛直積算値である PWV の真値と、上記の 3 つの手法で求めた PWV (PWVG、PWVQ 及び PWVHG) との RMSE を比較すると、雨が降り始める 5 分前では、PWVG、PWVQ 及び PWVHG の RMSE はそれぞれ 2.78 mm, 0.13 mm, 0.59 mm であった。PWVHG では、最も仰角の高い GPS 衛星の入れ替わりの時刻に約 2 mm の値の不連続が生じるのに対し、PWVQ の場合では、QZSS 衛星の入れ替わりが天頂付近で起きるため不連続が小さかった。また、GPS の衛星配置が QZSS よりも短時間で大きく変動するため、PWVG と PWVHG の標準偏差も PWVQ の標準偏差よりも大きくなる事が分かった。

PWVG、PWVQ の水平分布を PWV の真値と比較すると、真値の分布に見られる豪雨に伴うメソ γ スケールの細かな分布が、PWVG では平滑化されてしまうのに対し、PWVQ ではメソ γ スケールの特徴をとらえていた。

以上の結果は、稠密な GNSS 受信機網を用いて、最も高い仰角にある測位衛星の視線遅延量を使って PWV を解析する事で、雷雨に伴うメソ γ スケールの水蒸気変動が表現できる事を示しており、この高分解能のデータをメソモデルに同化すれば雷雨等の予報精度を改善できると考えられる。特に、準天頂衛星が高仰角に長時間滞在する日本域では、将来的に QZSS を利用する事で分散が小さいデータを連続的に解析できる事が示された。

キーワード: 可降水量, 準天頂衛星システム, 雷雨, 非静力学モデル

Keywords: precipitable water vapor, Quasi-Zenith Satellite System, thunderstorm, non-hydrostatic model

気象庁現業ドップラーレーダで求めた屈折率分布のデータ同化実験 Data assimilation experiments of refractivity distribution observed by an operational Doppler Radar of JMA

瀬古 弘^{1*}; 佐藤 英一²; 坂梨 貴紀³
SEKO, Hiromu^{1*}; SATO, Eiichi²; SAKANASHI, Takanori³

¹ 気象研究所/JAMSTEC, ² 気象研究所, ³ 気象庁

¹Meteorological Research Institute, JAMSTEC, ²Meteorological Research Institute, ³Japan Meteorological Agency

ドップラーレーダから送出した電波で、送電鉄塔などの固定物で反射して戻ってきたものは、経路上の水蒸気等により遅延する。電波の位相情報から遅延量を算出することができれば、経路上の屈折率、すなわち水蒸気量や気温の情報を取り出すことができる。気象庁で全国に展開しているドップラーレーダから水蒸気情報を抽出し、データ同化によって数値モデルの初期値の下層の水蒸気量を改善できれば、局地的豪雨を引き起こす夏季の積乱雲の発生等の予報の精度向上が期待できる。

本報告では、気象庁の現業の東京レーダで得られた IQ データから屈折率の時間変化を求め、局所アンサンブル変換カルマンフィルターで同化した結果について報告する。

謝辞： 本報告の一部は、科研費「固定反射物からのレーダーエコー位相情報を用いた水蒸気情報の抽出手法の確立」および「次世代スーパーコンピュータ戦略プログラム」戦略分野3「防災・減災に資する地球変動予測」に関する研究の成果です。ここに記して感謝いたします。

キーワード: ドップラーレーダー, 屈折率, 水蒸気, データ同化

Keywords: Doppler Radar, Refractivity, Water vapor, Data assimilation

ドコモ環境センサーネットワークと今後の展開について Overview and future strategy of docomo Environmental Sensor Network(ESN)

坪谷 寿一^{1*}; 東 邦昭²; 古本 淳一²

TSUBOYA, Hisakazu^{1*}; HIGASHI, Kuniaki²; FURUMOTO, Jun-ichi²

¹NTT ドコモ ライフサポートビジネス推進部, ² 京都大学生存圏研究所

¹Division of life support business promotion, NTT DOCOMO Corporation, ²Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University

NTTドコモでは2008年より全国の無線基地局を活用して気象情報・環境情報の観測を行い、新しい情報コンテンツとして提供を行ってきた。本情報は応用気象分野として、防災、農業、ヘルスケアと多岐にわたる活用が可能である。今後は自社の情報蓄積クラウドと観測資産を、情報を活用する自治体、企業、さらには個人に対しても提供し、より稠密な観測ネットワークを構築していく予定である。

地上稠密観測 POTEKA と群馬県を中心とした実証実験の成果 High Dense Ground Observation Network "POTEKA" in Gunma, Japan

前田 亮太^{1*}; 吉倉 智美¹; 呉 宏堯¹; 矢田 拓也¹; 森田 敏明¹; 岩崎 博之²
MAEDA, Ryota^{1*}; YOSHIKURA, Tomomi¹; KURE, Hiroataka¹; YADA, Takuya¹; MORITA, Toshiaki¹; IWASAKI, Hiroyuki²

¹ 明星電気株式会社, ² 群馬大学教育学部

¹ Meisei Electric co., ltd., ² Faculty of Education, Gunma University

明星電気株式会社は、稠密観測のための小型気象計 POTEKA Sta.(POTEKA: Point Tenki Kansoku) とクラウド環境 POTEKA Lab. を開発した。それらを用いて、地元企業、教育委員会の協力の下、「伊勢崎市 POTEKA プロジェクト」を発足させ、局所気象の対策や、医療や熱中症予防、教育活動、農業・エネルギー管理、快適な生活等に役立てることを目的に、2013年8月より稠密観測情報利活用の実証実験を行っている。

POTEKA Sta. は気温・相対湿度・現地気圧・感雨・日照を1分間隔で測定する。従来と比較し安価な気象計により、稠密観測網の構築が容易に実現できる。POTEKA Sta. の観測データは、クラウド環境 (POTEKA Lab.) によって収集、統計的に処理される。データは、専用ソフトウェアなしで、既設の PC 又はタブレット端末により WEB 閲覧可能である。

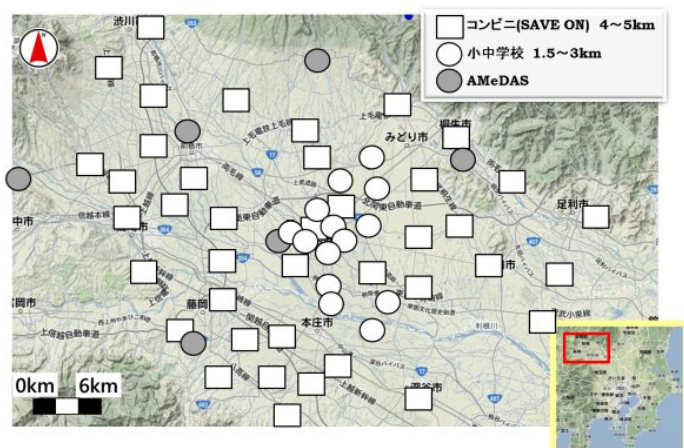
群馬県伊勢崎市内の小中学校 14 カ所、同市周辺のコンビニ (SAVE ON)41 カ所の計 55 カ所の稠密観測網 (約 1.5~4km 間隔) を構築した (図 1)。従来より細かい稠密観測により点ではなく面的に地上における局所気象現象を捉えることができた。

本発表では 1. 地域による局所的な気温分布の違いや 2. 学校での熱中症対策、3. 理科授業・自由研究の学校教育利用など稠密観測情報の有効性が示された事例を紹介する。

謝辞: 本プロジェクト始動にあたり、サンデン (株) 殿、(株) セーブオン殿には POTEKA 設置のご協力を頂きました。ここに御礼申し上げます。

キーワード: 稠密, ビッグデータ, 測器, ネットワーク, 観測

Keywords: dense, big data, instrument, network, observation



2013年8月11日に群馬県高崎市・前橋市で発生したダウンバーストの解析結果 Observation of downburst in Takasaki and Maebashi city, Gunma on 11 August 2013

野呂瀬 敬子^{1*}; 小林 文明¹; 呉 宏堯²; 森田 敏明²
NOROSE, Keiko^{1*}; KOBAYASHI, Fumiaki¹; KURE, Hiroataka²; MORITA, Toshiaki²

¹防大地球, ²明星電気

¹National Defense Academy, ²Meisei Electric

2013年8月11日18時から18時半頃にかけて群馬県高崎市・前橋市では激しい雷雨が発生し、突風被害が生じた。小型気象計 POTEKA を用いた地域稠密気象観測網で突風発生時の地上気象変化を捉えた(野呂瀬ほか 2014)。本報告では、地上気圧の時間変化からこの突風の成因を考察する。突風発生地点における地上の気象要素(気温・気圧・混合比・感雨)の時系列をみると、これらの気象要素の中でも特に気圧に顕著な変化がみられた。17:42~17:59JSTに1.3hPa、17:53~18:07JSTに1.9hPaの気圧上昇(pressure jump)、その直前に気圧低下(pressure dip)が観測された。突風周辺の他の地点でも同様の傾向が確認できた。この気圧の時間変化は、最も顕著な気圧の上昇(pressure jump; Peak2)に先行する形で、相対的に小さな pressure jump (Peak1)が特徴的であり、それらはガストフロントによる pressure jump (Peak1)とダウンバーストによる pressure jump (Peak2)と考えられる。さらに、それぞれの前後には局所的な低圧部による pressure dip が観測された。他の気象要素をみると、Peak1と感雨及び気温の急降下が時間的に対応していた。また、本事例では混合比の変化は相対的に小さかった。Pressure jumpの空間分布をレーダーエコーと対応させてみると、Peak1は強エコー域の前面に位置しながら進行していた。その進行速度は約10m/sと見積もられ、エコーの平均移動速度と一致した。それに対し、Peak2はエコーコアに位置し、その移動速度は約9m/sと見積もられた。Peak2の pressure jumpは約20~30kmの水平スケールを有していた。18:19JST、前橋地方気象台では最大瞬間風速23.4m/sを記録し、18:20JSTにおけるPeak2の位置は被害地域とも一致したことから、前橋市内にもたらされた被害はダウンバーストによるものであったと結論づけられた。

ヘリ搭載サーモカメラにより観測された東京都心エリアの地表面温度分布とヒートアイランド対策効果の検証—2013年と2007年の比較 Helicopter-borne thermocamera measurements of surface temperatures in downtown Tokyo -Comparison of 2013 with 2007-

常松 展充^{1*}; 横山 仁¹; 本條 毅³; 市橋 新¹; 安藤 晴夫¹; 松本 太¹; 瀬戸 芳一²
TSUNEMATSU, Nobumitsu^{1*}; YOKOYAMA, Hitoshi¹; HONJO, Tsuyoshi³; ICHIHASHI, Arata¹; ANDO, Haruo¹; MATSUMOTO, Futoshi¹; SETO, Yoshihito²

¹ 東京都環境科学研究所, ² 千葉大学, ³ 東京都環境科学研究所/首都大学東京

¹Tokyo Metropolitan Research Institute for Environmental Protection, ²Chiba University, ³Tokyo Metropolitan Research Institute for Environmental Protection/Tokyo Metropolitan University

東京ではヒートアイランド現象と地球温暖化の進行により、過去 100 年間に平均気温が 3 °C 上昇し、熱中症等さまざまな形で都民生活に影響を及ぼしている。このため、東京都環境科学研究所では、この高温化の実態を正確に把握するとともに、これまでに実施されてきた東京都におけるヒートアイランド対策事業の効果を検証することで、都の施策に資する調査研究を行っている。

都市のヒートアイランドに関する数値シミュレーションは数多くの先行研究によって行われてきたが、その重要な検証材料となる、高い空間解像度かつ都市部を広域にカバーする観測データが不足している。本研究では、2013 年 8 月 19 日と 2007 年 8 月 7 日に、大丸有地区を中心とした東京都心エリアを対象として、ヘリコプターによる地表面温度水平分布の稠密観測を実施した。

ロビンソン R22 ヘリコプターにサーモレーサ (NEC 三栄社製の熱画像監視カメラ TS7302; 測定波長帯: 8~14 マイクロメートル) を搭載し、約 610 メートルの高度から、昼間 (12 時頃) と夜間 (21 時頃) に地表面温度を計測した。熱画像の解像度は約 2 メートルである。気象条件は両観測実施日で類似しており、最高気温は 33 °C 前後、昼間は南寄りの海風が卓越していた。また、観測実施日前において、2013 年の方が 2007 年よりも高温な状態が続いていた。なお、観測対象エリアの一部は、2020 年の東京オリンピックにおけるマラソンコース (予定) になっている。

観測から得られた 2013 年と 2007 年の昼間の地表面温度分布を解析した結果、全体的には 2013 年の方が 2007 年に比べて地表面温度が高いものの、東京駅周辺の再開発地区等、新規にビルが建設された場所付近においては、逆に地表面温度の低下が認められた (下図参照)。ただし、地表面の射出率の違いが影響している可能性もあり、今後慎重に分析する必要がある。また、観測結果を Google Earth に投影するなどして詳しく調べた結果、街区の交差点で地表面温度が特に高いなどの特徴がみられた。

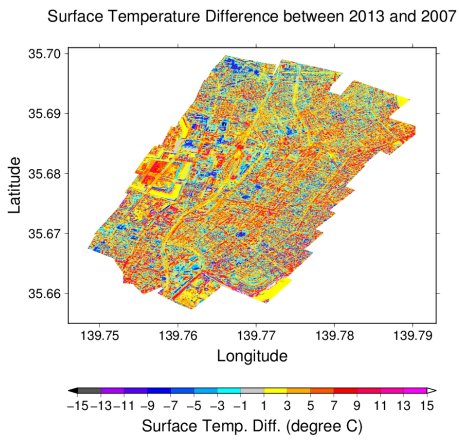
さらに、夜間における地表面温度分布の特徴や、昼間と夜間の地表面温度の差異、それに、場所ごとの地表面温度の高低と天空率との関係を調査し、それらの結果についても発表したい。その他、東京都が展開している高密度気象観測網について紹介する予定である。

キーワード: ヘリコプター観測, サーモカメラ, 地表面温度, 東京都心エリア, ヒートアイランド対策効果検証, 猛暑日
Keywords: Helicopter-borne measurements, thermocamera, surface temperature, downtown Tokyo, verification of measure effects on urban heat island, extremely hot days

AAS23-07

会場:424

時間:4月28日 11:45-12:00



局地風広戸風の発生に対する台風の影響 How Does A Typhoon Affect The Local Downslope Wind Hirodo-Kaze In Japan?

筆保 弘徳^{1*}; 清原 康友²; 大橋 唯太³; 桑形 恒男⁴; 森山 文晶¹
FUDEYASU, Hironori^{1*}; KIYOHARA, Yasutomo²; OHASHI, Yukitaka³; KUWAGATA, Tsuneo⁴; MORIYAMA, Fumiaki¹

¹ 横浜国立大学, ² 日本気象予報士会, ³ 岡山理科大学, ⁴ 農業・食品産業技術総合研究機構

¹Yokohama National University, ²The Certified and Accredited Meteorologists of Japan, Japan, ³Okayama University of Science, Japan, ⁴National Institute for Agro-Environmental Sciences, Japan

The Hirodo-kaze is one of the well-known strong local winds in Japan. Hirodo-kaze occurs at the southern base of Mt. Nagi (1240 m) in the northeastern Okayama Prefecture, when the lower-troposphere synoptic wind is strong northerly in association with a typhoon. Previous studies have described the mechanisms that force downslope winds and large-amplitude mountain waves. However, descriptions of the effect of temporal changes in the large-scale environment on the severe downslope wind are not enough. The purpose of present study is to examine the forcing mechanisms during a Hirodo-kaze and the effects of typhoons on the occurrence of a Hirodo-kaze.

The Hirodo-kaze that occurred in association with Typhoon Pabuk was investigated as a case study. At 06 UTC on 21 August 2001, when Pabuk was located over the sea about 80 km southwest of the Kii peninsula, strong surface winds related to the cyclonic circulation of Pabuk were observed in Shikoku and Kinki districts. Relatively weak northerlies prevailed in Chugoku district far from Pabuk, but a strong northerly was observed at the station located in the lee of Mt. Nagi, about 5 km south of the crest of Mt. Nagi, namely Hirodo-kaze.

The mesoscale model, MM5, successfully reproduces the major features of the observed Hirodo-kaze and Typhoon Pabuk. During the Hirodo-kaze, the severe downslope winds in the transitional flow develop in the lower troposphere below the mean-state critical layer. The Hirodo-kaze is closely linked to the strong wind region accompanying the severe downslope winds. After the cessation of the Hirodo-kaze, distinct mountain waves dominate in the lower troposphere where the Scorer parameter decreases with height. The region of strong wind retreat windward as the Hirodo-kaze ceases. Temporal changes in the characteristics of mountain waves in the lee of Mt. Nagi are primarily attributed to the changes in the large-scale environmental winds due to the movement of Typhoon Pabuk.

The effects of intense typhoons on the occurrence of the Hirodo-kaze were also investigated statistically using data using European Center for Medium Range Weather Forecast 40-year re-analysis data (ERA-40). According to the several reports of Okayama meteorological station, twelve Hirodo-kaze events occurred between 1989 and 2001. During these events, strong lower-tropospheric northerlies were overlain by middle-tropospheric southerlies. These favorable conditions occur only as an intense typhoon moves over the sea southwest of Kii peninsula. Thus, the intense typhoon that moves over the sea southwest of the Kii peninsula creates favorable environmental conditions that support the occurrence of the Hirodo-kaze.

キーワード: 広戸風, おろし風, 数値シミュレーション
Keywords: typhoon, local downslope wind, MM5

フェーズドアレイレーダによる観測と今後の展開について Observation and application of the Phased Array Radar

牛尾 知雄^{1*}; Wu Ting¹; 菊池 博史¹; 嶋村 重治¹; 妻鹿 友昭¹; 水谷 文彦²; 和田 将一²; 井口 俊夫³; 佐藤 晋介³; 高橋 暢宏³

USHIO, Tomoo^{1*}; WU, Ting¹; KIKUCHI, Hiroshi¹; SHIMAMURA, Shigeharu¹; MEGA, Tomoaki¹; MIZUTANI, Fumihiko²; WADA, Masakazu²; IGUCHI, Toshio³; SATOH, Shinsuke³; TAKAHASHI, Nobuhiro³

¹ 大阪大学, ² 東芝, ³ 情報通信研究機構

¹Osaka University, ²Toshiba, ³NICT

The phased array radar system which was installed in 2012 in Osaka University has the unique capability of scanning the whole sky with 100m and 10 to 30 second resolution up to 60 km. The system adopts the digital beam forming technique for elevation scanning and mechanically rotates the array antenna in azimuth direction within 10 to 30 seconds. The radar transmits a broad beam of several degrees with 24 antenna elements and receives the back scattered signal with 128 elements digitizing at each elements. Then by digitally forming the beam in the signal processor, the fast scanning is realized. After the installation of the PAR system in Osaka University, the continuous operation has been done and succeeded in getting several hazardous rain fall events with lightning locations. The data for these events captured by the Phased Array Radar shows the unique capability of the high resolution weather radar. In this presentation, over view of the Phased Array Radar is firstly given, and after that observation results and future direction of the Phased Array Radar Network with polarimetric capability is shown.

キーワード: レーダ, フェーズドアレイ, 降水

Keywords: Radar, Phased Array, Precipitation

集中豪雨の特徴に関する統計解析 Statistical analyses on the characteristics of heavy rainfall events

津口 裕茂^{1*}; 加藤 輝之¹
TSUGUTI, Hiroshige^{1*}; KATO, Teruyuki¹

¹ 気象研究所

¹ Meteorological Research Institute

本研究では、日本域での集中豪雨の一般的な特徴を理解するために、集中豪雨に関するさまざまな統計解析に取り組んでいる。

1995年から2009年の暖候期(4月~11月)を対象として、気象庁作成の解析雨量を用いて、日本で発生した集中豪雨事例を客観的に抽出した。その結果、合計で386事例が抽出された。抽出された集中豪雨事例は、7・8・9月の3か月に全体の75%以上が発生しており、九州・四国・近畿・東海地方の太平洋側沿岸部で発生数が多いという特徴がみられた。それぞれの集中豪雨をもたらした総観規模擾乱の分類を行ったところ、台風・熱低本体が全体の32.4%を占めてもっとも多く、次いで、停滞前線が21.2%、台風・熱低の遠隔が17.9%、低気圧が14.2%であった。また、集中豪雨をもたらす降水系の形状の分類を行ったところ、“線状”によるものが全体の43.5%を占めていたことがわかった。

気象庁55年長期再解析データ(JRA-55)を用いて、集中豪雨(>130 mm/3hr)の環境場についての統計解析を行った。並の降水(10-30 mm/3hr)の発生時と比較することで、集中豪雨の発生時の環境場の特徴を調べた。梅雨末期にあたる7月の九州地方を対象に解析を行ったところ、九州地方付近の大気下層の相当温位や水蒸気フラックス量は集中豪雨発生時の方が明らかに大きくなっていった。また、九州地方付近の大気の安定度を比較したところ、集中豪雨発生時の方がより不安定になっていた。さらに、集中豪雨と並の降水を区別するためには、単独の要素だけを利用するのではなく、大気下層の水蒸気フラックス量と大気の安定度の2つの要素を組み合わせることが有効であることがわかった。

キーワード: 集中豪雨, 統計解析

Keywords: heavy rainfall, statistical analysis

気象研究所における高速スキャン・高分解能レーダーによる竜巻等の顕著気象に関する研究：現状と今後
MRI Rapid-Scan and Super-Resolution Observations in severe storms: Recent Progress and Future Plans

楠 研一^{1*}; 猪上 華子¹; 吉田 智¹; 加藤 亮平²; 藤原 忠誠³
KENICHI, Kusunoki^{1*}; INOUE, Hanako¹; YOSHIDA, Satoru¹; KATO, Rhohei²; FUJIWARA, Chusei³

¹ 気象研究所, ² アルファ電子, ³ 東日本旅客鉄道
¹Meteorological Research Institute, ²Alpha-denshi Co., Ltd., ³East Japan Railway Company

本発表では、気象研究所における竜巻等突風等の激しい大気現象の高時間・空間分解能観測について、現在の進捗、事例、今後の予定を報告する。

(1) 多点型地上観測システム

竜巻渦の構造を調べるために、風速計を 100 m 間隔で 12 台、気圧計を 50m 間隔で 25 台を直線状に配置し、高時間分解能サンプリング (100ms) で観測する超高密度観測システム「多点型地上観測システム」を開発し、観測網の海岸沿いに総延長 1.2k m にわたって配置し、観測を行っている。本発表では、多点型地上観測システムの概要と測定方式、ドップラーレーダーとの同時観測で得られた実際の冬期竜巻の微細構造について紹介する。

(2) 激しい大気現象のためのフェーズドアレイレーダーの導入

竜巻等突風・局地的大雨は、短時間で急激に発達するため、現状のレーダーでは捉えることが難しい。気象研究所では、フェーズドアレイレーダーを導入し、これら現象の観測を行い、メカニズムを解明する予定である。本発表では、フェーズドアレイレーダーの仕様や今後の予定を説明する。

キーワード: 竜巻, 高時間・空間分解能観測, フェーズドアレイレーダー
Keywords: tornado, rapid-scan and super-resolution observations, phased array radar

高時間・空間分解能の船舶レーダを用いた降水エコーの微細構造観測 Fine radar echo structure revealed by a high scanning and high-range-resolution X-band marine radar

藤吉 康志^{1*}
FUJIYOSHI, Yasushi^{1*}

¹ 北海道大学低温科学研究所
¹ Inst. Low Temp. Sci., Hokkaido Univ.

X-バンドの船舶レーダは、感度は悪いが距離分解能は15mでアンテナは2秒に1回と高速で回転する。このレーダを鉛直方向に回転させることで、降水雲の鉛直構造の詳細な短時間変動を観測することが可能である。本報告では、これまで船舶レーダを用いて行ってきた観測結果から、雨脚の落下、雨滴の風によるふるい分け、対流セルのジャンプ、発達した雷雲の頂部から前方に吹き出す粒子による風下の対流雲への種まき効果、発達した雷雲の側面から吹き出す細い降水エコー、そして2本のブライトバンドの形成過程、昆虫エコーによるサーマルや海風の可視化、山岳斜面に沿った冷気流の下降など、このレーダによって初めて見出されたマイクロスケールの現象を紹介する。

キーワード: 船舶レーダ, レーダエコーの微細構造, 降水雲, 昆虫エコー, 密度流
Keywords: marine radar, fine structure of radar echo, precipitating cloud, angel echo, gravity current head

民間企業における気象レーダー利活用について Applications of weather radar network in private companies

手柴 充博^{1*}
TESHIBA, Michihiro^{1*}

¹ (株) ウェザーニュース
¹Weathernews Inc.

近年、新しい気象レーダーが各社によって開発され、機能追加が行われており、一方、従来より安価なレーダーも開発されて、民間企業でも気象レーダーを展開できるようになってきている。ところが、米国のように、例えばテレビ局それぞれが気象レーダーを持ち、独自に解説を行うようなところまではまだ至っていない。それには、日本特有の問題点もあるかと思われるが、本講演では、弊社ウェザーニュースの気象レーダー展開についての現状と、今後日本でこのようなレーダー観測網をさらに発展させるにはどのようにしていくべきかについて考えたい。

キーワード: 気象レーダー, レーダーネットワーク, 民間企業
Keywords: weather radar, radar network, private company

顕著な竜巻をもたらしたスーパーセル近傍の環境場の時間変化 Temporal Variation of Close-Proximity Soundings within a Significant Tornadoic Supercell Environment

荒木 健太郎^{1*}; 石元 裕史¹; 村上 正隆¹; 田尻 拓也¹

ARAKI, Kentaro^{1*}; ISHIMOTO, Hiroshi¹; MURAKAMI, Masataka¹; TAJIRI, Takuya¹

¹ 気象研究所

¹ Meteorological Research Institute

We examined proximity soundings at intervals of a few minutes and at distances of less than 20 km from a significant tornadoic (SIGTOR) supercell that occurred on 6 May 2012 in Japan. We used a 1-dimensional variational (1DVAR) technique that combined the observations of a ground-based microwave radiometer with outputs from a numerical model. Based on the results of the 1DVAR, several supercell and tornado forecast parameters were calculated and compared with values typical of SIGTOR supercell environments in the United States. One and a half hours before the occurrence of the tornado, the value of convective available potential energy increased significantly to about 1000 J kg^{-1} , a value that is smaller than the typical value in the United States. Low-level vertical wind shear and some composite parameters attained maximum values at the time when the distance to the supercell was the smallest. The vertical wind shear parameters and some composite parameters indicated that the environment fell into the SIGTOR supercell category. This result shows that the thermodynamic environments became unstable before the approach of the supercell, and the low-level vertical wind shear changed locally near the supercell.

キーワード: 竜巻, スーパーセル, マイクロ波放射計, 1DVAR

Keywords: tornado, supercell, microwave radiometer, 1DVAR

2012年5月6日につくば市付近で発生した竜巻に関する気象研究所ドップラーレーダーデータの同化実験 Data Assimilation experiment of Tsukuba tornado on May 6, 2012 using MRI Doppler Radar data

横田 祥^{1*}; 国井 勝¹; 瀬古 弘²
YOKOTA, Sho^{1*}; KUNII, Masaru¹; SEKO, Hiromu²

¹ 気象研究所, ² 気象研究所/海洋研究開発機構
¹Meteorological Research Institute, ²Meteorological Research Institute/JAMSTEC

2012年5月6日の午後12時30分(JST)頃、つくば市付近で藤田スケールF3と推定される国内最大級の竜巻が発生し、大きな被害が生じた。この竜巻は西からやってきた降水帯の南端で発生しており、ほぼ同時刻にこの竜巻の北側でさらに2つの竜巻が発生していた。気象研究所のドップラーレーダーはこの竜巻から約15kmの近距離にあり、竜巻を発生させた降水系だけでなく竜巻に伴う下層渦もとらえることに成功しているが、このレーダーによる高密度観測データを同化した実験はこれまでに行われていない。そこで本研究では、局所アンサンブル変換カルマンフィルターをネストしたシステム(LETKFネストシステム)を用い、このレーダーで観測されたドップラー風の同化が再現される渦に与える影響を調べた。

本実験では、アンサンブルメンバー数を12とし、親LETKF(水平格子間隔15km)では1時間間隔の観測データを5月3日09JSTから6時間サイクルで、子LETKF(水平格子間隔1.875km)では10分間隔の観測データを6日03JSTから1時間サイクルで同化した。観測データは気象庁の現業データ同化システムで使用されているもの(地上・海上で観測された気圧、ラジオゾンデで観測された風・気温・湿度、ウインドプロファイラで観測された風、航空機で観測された風・気温)を用いたが、子LETKFではこれに加えて気象研究所のレーダーのドップラー風も同化した(以後この実験をVRと呼ぶ)。比較のためにドップラー風を同化しない実験(CTL)も併せて行い、CTLとVRの両方の実験について、子LETKFで6日10JSTに解析された13メンバーの値(12メンバーとその平均である解析値)を初期値として水平格子間隔350mにダウンスケールしたアンサンブル実験を行った。

6日10JSTの解析値を初期値にしたダウンスケール実験では、実際に発生した渦を3つとも再現することはCTL、VR共にできなかったが、南北に並んだ2つの渦は再現された。南側の渦の位置に着目すると、CTLとVRで大きな違いはないものの、VRの方が2km程度南を通っており、現実の位置に近づいていた。また、この渦の下層の最大風速はVRの方がCTLより強かった。これらに関係する要因として、ここでは「ストームに相対的なヘリシティ(SReH)」と「下層の水蒸気」に注目し、6日10JSTにおけるこれらの量について、再現された南側の渦の下層の最大風速(Vmax)や、その渦が東経140度を通る時の緯度(L140)との相関をVRの13メンバーで計算した。すると、SReHは降水域とその南において、下層の水蒸気は降水域南と渦発生域南において、Vmaxと正の相関があった。このことは、Vmaxの大きさに初期値のSReHと下層の水蒸気量が影響を及ぼしていることを示している。VRをCTLと比較すると、6日10JSTにおける降水域のSReHはCTLより小さく、一方で渦発生域の下層の水蒸気はCTLより増大していた。VRではCTLに比べ、レーダー付近の晴天エコー内のドップラー風の同化によって、降水域に供給される下層の水蒸気が増大する方向に修正されており、この効果がSReHの減少よりも大きく影響を及ぼしたために渦が強くなったのだと考えられる。一方、L140については、降水域南の下層の水蒸気と負の相関があった。このことは、降水域南で下層の水蒸気が多いほど降水域が南に伸びて渦がより南で発生するというを示唆している。

本実験の結果、竜巻に伴う渦の強度や位置が、降水域とその南の風速や、降水域南と渦発生域南の下層の水蒸気と相関を持つことが分かった。したがって、数値実験によってこの竜巻に伴う渦の再現性を向上させるためには、データ同化によりこれらの量を適切に修正することが必要と考えられる。

謝辞:

気象研究所のレーダーデータは、気象研究所気象衛星・観測システム研究部第二研究室からご提供いただきました。また本研究の一部は「次世代スーパーコンピュータ戦略プログラム」戦略分野3「防災・減災に資する地球変動予測」に関する研究、および文部科学省・社会システム改革と研究開発の一体的推進「気候変動に伴う極端気象に強い都市創り」より支援を受けました。ここに記して感謝いたします。

キーワード: データ同化, 竜巻, ドップラーレーダー
Keywords: data assimilation, tornado, Doppler Radar

フェーズドアレイ気象レーダー・ドップラーライダー融合システムの開発 Development of Phased Array Weather Radar and Doppler Lidar Network Fusion Data System

佐藤 晋介^{1*}; 安井 元昭¹; 前野 英生¹; 花土 弘¹; 高橋 暢宏¹; 岩井 宏徳¹; 川村 誠治¹; 児島 正一郎¹; 雨谷 純¹; 田中 健二¹; 落合 啓¹; 久保田 実¹; 井口 俊夫¹

SATO, Shinsuke^{1*}; YASUI, Motoaki¹; MAENO, Hideo¹; HANADO, Hiroshi¹; TAKAHASHI, Nobuhiro¹; IWAI, Hironori¹; KAWAMURA, Seiji¹; KOJIMA, Shoichiro¹; AMAGAI, Jun¹; TANAKA, Kenji¹; OCHIAI, Satoshi¹; KUBOTA, Minoru¹; IGUCHI, Toshio¹

¹ 情報通信研究機構

¹ National Institute of Information and Communications Technology

情報通信研究機構 (NICT) では、局地的大雨 (いわゆるゲリラ豪雨) や竜巻・突風等による突発的局所的災害の予測と軽減を目指して、最先端リモートセンシング技術の研究開発を進めている。東芝、大阪大学、NICT の産学官連携チームが開発した 1 次元フェーズドアレイ気象レーダー (PAWR) は 10~30 秒間で隙間のない 3 次元降水分布を観測することができ 2012 年 6 月から大阪大学吹田キャンパスで実証実験を開始した。試験観測で得られた孤立した対流性エコーでは、ファーストエコーが発生してから地上に落下するのに約 10 分の時間がかかったが、その前に積乱雲発生場所を推測したりエコーの成長程度を予測したりするためには気象レーダー以外のデータが必要である。降水発生前の風速分布を観測できるドップラーライダーは積乱雲発生の前兆現象を捉えることが期待されるし、水蒸気分布やエアロゾルに関する情報も豪雨予測には重要と考えられる。そこで、我々は PAWR にドップラーライダー等のセンサーを融合させたシステムを開発し、NICT 未来 ICT 研究所 (兵庫県神戸市西区岩岡町) および NICT 沖縄電磁波技術センター (沖縄県国頭郡恩納村) に設置し、大阪大学に設置した PAWR との連携オペレーションなどによるネットワーク融合データ処理システムを NICT 本部 (東京都小金井市) 内に設置する。

本システムは、高さ 20m の鉄塔の最上部に直径 4m、高さ 4.5m のレドームを設置して、その中にフェーズドアレイ気象レーダーのアンテナ部 (送受信機を含む) を収納する。鉄塔の 5 階 (高さ 15m) 部分のデッキには、仰角 -10~190°、方位角 360° のスキャンが可能で、最大観測レンジ 10 km のドップラーライダー (Leosphere 400s) を設置する。同じ鉄塔階の別テラスには、水蒸気分布を測定する多波長マイクロ波放射計、エアロゾルを測定するスカイラジオメータを設置し、他に放射収支計、温湿度計・超音波風速計、全天カメラ・雲監視カメラ (4 方向) を鉄塔に設置する。地上には風向風速計、気圧計、雨量計を設置する。すべてのセンサーは常時リモート運用を行うためにネットワーク接続され、総合運用監視画面からの制御や全ての電源操作等が可能である。NICT 神戸と NICT 沖縄の観測データは基幹回線速度 10Gbps 以上の JGN-X 回線を通して NICT 小金井にリアルタイム転送される。そこでレーダー・ライダー合成マップ、気象センサーの時系列表示、気象レーダーの 3 次元データ表示などを行うための処理を行う。また、大阪大学と NICT 神戸の PAWR によるデュアルドップラー解析をリアルタイムで行い風速ベクトルマップの表示も行う。これらの処理データは NICT 小金井・神戸・沖縄に設置する大型 4K ディスプレイに表示され、解析研究やデモンストレーションに用いられると同時に、NICT 小金井の Web サーバーを通して公開される。

本システムは 2014 年 3 月の完成後、速やかに観測実験を開始する予定であり、できるだけ早期にデータ公開を行いたい。NICT では、大規模データ処理・伝送・可視化を行う最新 ICT を融合的に駆使することで、最先端センシング情報ネットワークシステムの研究開発を進めており、本システムで処理するデータも社会に役立つソーシャル・ビッグデータとして情報発信していく予定である。本システムは PANDA — Phased Array weather radar and Doppler Lidar Network fusion DAta system — という愛称を用いて、<http://panda.nict.go.jp/> にてデータ公開などを行っていく予定である。

キーワード: フェーズドアレイ気象レーダー, ドップラーライダー, ネットワークデータシステム, リモートセンシング, 局地的大雨

Keywords: phased array weather radar, Doppler lidar, network data system, remote sensing, localized heavy rainfall

豪雨の「種」を捉えるための京阪神観測および都市気象モデルの開発 Campaign Observation at Keihanshin Area for Detecting Convection Genesis

山口 弘誠^{1*}; 中北 英一¹
YAMAGUCHI, Kosei^{1*}; NAKAKITA, Eiichi¹

¹ 京都大学防災研究所

¹ Disaster Prevention Research Institute

豪雨災害が頻発しており、温暖化・都市化の影響との関係も議論されている。比較的規模の大きな豪雨はメソ数値気象モデルでおおよその予測が可能となってきたが、それより規模の小さな集中豪雨は未だ再現すら難しい。加えて、ゲリラ豪雨災害においては、ほんの5分、10分でも早い避難情報が極めて重要である。このような状況下、雲物理過程のさらなる解明、降雨予測精度・降雨量推定精度の向上、ゲリラ豪雨等の早期探知・予知、急激な出水・浸水の予測、ならびに新たな避難情報発信手法の確立が古くて新しい課題となっている。本研究では、降水粒子の形態に関する観測パラメータを得ることができる最新型偏波レーダー、ならびに上空に存在する降水粒子をカメラで撮影するビデオゾンデを同期させた基礎観測実験をベースに、近年では積乱雲の発生・発達を捉えるための観測へと進化させ、これらの観測を通して、雲物理・大気モデルを改良し、降雨量推定・予測の向上を図りながら、併せて水管理への様々な利用手法の基礎開発を行うことを目的とする。

2012年7月京都・亀岡豪雨、2012年8月宇治豪雨などは、大阪湾から流入してくる水蒸気が神戸や大阪付近で雲となり、その後淀川に沿って積乱雲が発達しながら移動し、大阪北部や京都で豪雨をもたらしたメカニズム（淀川ラインと呼ばれる）を持つ。これら一連の積乱雲の発生・発達を捉えるために、近畿で整備されている国土交通省のCバンドおよびXバンドの偏波レーダー網に加えて、2011年に、独自に設置したXバンド偏波レーダーによって大阪湾口を対象とした配備とRHI観測、ミリ波レーダーによる雲観測、GPS受信機をパイフェリーに設置して大阪湾から流入してくる海上での水蒸気観測、をそれぞれ設置した。2012年には初めて都市域でのビデオゾンデ観測に成功した。豪雨の3次元レーダーエコー分布に、豪雨の発生・発達を捉える観測網を重ねた京阪神観測のイメージ図を示す。

上記のフィールド基礎観測に加えて、局地的豪雨に対する予測の新たなステップとして、積乱雲の生起に関わる都市境界層での現象に着目が集まっている。本研究では、都市で発生する熱プルームや、さらにスケールの小さなわずかな上昇流を豪雨の「種」と呼び、その現象解明のためにLES (Large Eddy Simulation) を用いた都市気象モデルの開発への着手を始めている。豪雨の種を捉えるためには、種からタマゴへの成長過程、都市の粗度効果、熱的効果の陽的な表現が必要であるとして、LESを用いた準圧縮非静力学の都市気象モデルを独自に構築している。現状は、力学および熱に関する基礎部分を構築済みであり、構築したモデルの検証として、バックステップ流れ、建物の後流、プルーム、ラフネスブロック上の流れ、のそれぞれについて数値実験を行い、既往研究と比較しながら、それぞれの流れ場の特徴である渦構造・剥離・再付着などを再現できることを確認している。今後は、都市を想定した実験を行い、豪雨の「種」の解明を目指す。

キーワード: レーダー, ライダー, ビデオゾンデ, 都市気象

Keywords: Radar, Lidar, Videosonde, Urban Meteorology



超高分解能数値モデルによる複雑地表面上の局所的な気流変動の解析 Analysis of fine-scale airflows over complex topography by super-high-resolution numerical model

竹見 哲也^{1*}
TAKEMI, Tetsuya^{1*}

¹ 京都大学防災研究所
¹ Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

計算機能力の持続的発展に伴い、メソスケールの気象シミュレーションは、利用した条件設定のみならず現実的な気象場を対象としても格子間隔 100 m の桁で行うことが可能となってきた。高分解能シミュレーションの利点は、現実場においては、地形や構造物といった複雑地表面をより良く表現できることにある。本発表では、地形や都市といった複雑地表面での局所的な気流がどのように数値シミュレーションで表現されるのか、ということについて述べる。現実の気象イベントの数値シミュレーションには、Weather Research and Forecasting (WRF) モデルを用い、ネスティングにより 100 m スケールに細密化する。さらに 100 m スケールから 10 m スケールへの高分解能化には、複雑地表面を陽に取り扱う必要があり、このために WRF モデルと数値流体力学 (CFD) モデルを結合する手法を開発した (Nakayama et al. 2012)。CFD モデルには、ビル状の粗度ブロック上の流れ場をシミュレートする Large-eddy simulation (LES) モデル (Nakayama et al. 2011) を用いた。本結合手法は、Mayor et al. (2002) のリサイクリング法を改良したものであり、現実気象場の状況を取り込みつつ粗度により生成される乱流も表現することが可能である。本結合手法の考え方を紹介し、東京での強風事例を対象としたシミュレーション実験の結果について発表する。さらに、複雑地表面上の気流の高分解能シミュレーションに関する他の解析事例についても紹介する。

キーワード: 高分解能モデル, 複雑地表面上流れ, メソスケール気象モデル, LES

Keywords: High-resolution numerical model, airflows over complex topography, mesoscale meteorological model, large-eddy simulation

固定電波源を利用した大気遅延推定手法に関する研究 A study on an atmospheric propagation delay estimation method using a fixed radio source

伊中 茂^{1*}; 古本 淳一¹; 瀬古 弘²; 津田 敏隆¹; 橋口 浩之¹; 石原 正仁³
INAKA, Shigeru^{1*}; FURUMOTO, Jun-ichi¹; SEKO, Hiromu²; TSUDA, Toshitaka¹; HASHIGUCHI, Hiroyuki¹; ISHIHARA, Masahito³

¹ 京都大学生存圏研究所, ² 気象研究所, ³ 京都大学学際融合教育研究推進センター極端気象適応社会教育ユニット
¹Research Institute of Sustainable Humanosphere, Kyoto University, ²Meteorological Research Institute, ³Education unit for Adaptation to Extreme Weather Conditions and Resilient Society, Kyoto University

This study aims to develop a new method to observe water vapor horizontal distribution using a side-lobe emission of the 1.3 GHz-band wind profiling radar (WPR). The phase delay of the received side-lobe emission is mainly due to the refractive index fluctuation along the propagation path. In the atmospheric boundary layer, the temporal and spatial non-uniformity of water vapor determines the refractive index fluctuation. Main scope of the study is to extract humidity information from the atmospheric phase delay of side-lobe emission from a WPR. Horizontal humidity distribution can be derived by the data assimilation into numerical prediction model.

The receiver system and data analysis algorithm were developed. A software radio, USRP N200 with an RX daughter board was employed to detect side-lobe emission received by an antenna. A Rubidium frequency standard and a 1 pps signal source of GPS receiver were used for accurate estimation of phase delay variation. The frequency stability of a crystal oscillator, which is generally employed for a reference frequency source of WPR, is insufficient for the accurate estimation. We proposed a new method to compensate the frequency uncertainty of WPR by using data of the additional receiver nearby the WPR site.

IQ data detected by USRP B210 which is controlled by GNURadio, an open source software. By using GNURadio the system will be low cost. The program written in IDL language extracts the temporal variation of the phase delay from the received IQ signal. In order to achieve good performance even in low SNR conditions, we developed an algorithm using STFT (Short-term Fourier transformation) aiming to remove noise in undesired frequency range.

The developed system is promising to derive humidity information from side-lobe emission from various WPRs such as the operational WPR network in Japan (WINDAS (WInd profiler Network and Data Acquisition System)).

キーワード: ウィンドプロファイラ, 水蒸気の水平分布の推定, 非静力学モデル, ソフトウェアラジオ, 側方放射, 大気伝搬遅延

Keywords: Wind Profiling Radar, estimation of horizontal humidity distribution, non-hydrostatic forecast model, software radio, side-lobe, propagation delay

波長 266 nm のレーザーを用いた水蒸気ラマンライダーの開発 Development of a 266 nm Raman lidar for profiling atmospheric water vapor

上杉 拓磨^{1*}; 矢吹 正教¹; LIU YUTONG¹; 津田 敏隆¹
UESUGI, Takuma^{1*}; YABUKI, Masanori¹; LIU, Yutong¹; TSUDA, Toshitaka¹

¹ 京都大学生存圏研究所

¹ Research Institute for Sustainable Humanosphere

水蒸気は、雲・降水過程を通じて、気象水災害の要因となる局所的で時間変動が激しい大気現象に寄与する物質として知られている。本研究グループでは、水蒸気の時空間変動を捉えるための複数のラマンライダーを開発してきた。ラマンライダーでは、物質ごとに特有の周波数シフトを示す微弱なラマン散乱光を検出するため、背景光雑音の大きさが水蒸気の推定精度に強く影響する。現在までに構築したライダーは、光源として波長 532 nm と 355 nm のレーザーを使用しており、主に太陽光の影響が少ない夜間の観測に適用してきた。

本研究では、Nd:YAG レーザーの 4 倍高調波となる波長 266 nm のレーザーを用いた水蒸気ラマンライダーを開発する。波長 300 nm 以下では、ほとんどの太陽放射が成層圏のオゾン層によって吸収されるため、この波長領域では、太陽光に起因する背景雑音の影響をほぼ無視することができる。これにより昼夜連続の観測が可能となる。受光系は、口径 25 cm の望遠鏡と分光検出器で構成され、エアロゾルと空気分子からの弾性散乱 (波長 266.1 nm)、窒素振動ラマン散乱 (波長 283.6 nm)、水蒸気振動ラマン散乱 (波長 294.6 nm) の信号を取得する。発表では、システムの概要と、水蒸気計測の初期解析結果について紹介する。

ドコモ環境センサーネットワークによる稠密観測の取組みについて About the approach and the progress of the DoCoMo environmental sensor network

加納 佳代^{1*}; 宮島 亜希子¹; 吉川 義章¹; 坪谷 寿一¹; 東 邦昭²; 古本 淳一²

KANO, Kayo^{1*}; MIYAJIMA, Akiko¹; KIKKAWA, Yoshiaki¹; TSUBOYA, Hisakazu¹; HIGASHI, Kuniaki²; FURUMOTO, Jun-ichi²

¹ 株式会社 NTT ドコモ ライフサポートビジネス推進部, ² 京都大学 生存圏研究所

¹Division of life support business promotion, NTT DOCOMO Corporation, ²Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University

NTT ドコモでは 2008 年より自社無線基地局設備を活用して気象情報・環境情報の観測を行っており、現在全国 4,000 か所の環境センサーネットワークを展開している。

また、2012 年 10 月からは京都大学生存圏研究所と連携し、滋賀県の湖西地方に吹く強い局地風「比良おろし」の実態解明のため、より稠密な観測環境を整備してきた。

本発表においては、これまでの NTT ドコモによる稠密観測の取組みについて紹介を行う。

キーワード: 環境センサーネットワーク

Keywords: Environmental Sensor Network

稠密観測 POTEKA によるダウンバーストと竜巻の観測結果 Surface Pressure Distributions of Downburst and Tornado captured by High Dense Ground Observation Network "POTEKA"

佐藤 香枝^{1*}; 呉 宏堯¹; 矢田 拓也¹; 前田 亮太¹; 小島 慎也¹; 森田 敏明¹; 岩崎 博之²
 SATO, Kae^{1*}; KURE, Hiroataka¹; YADA, Takuya¹; MAEDA, Ryota¹; KOJIMA, Shinya¹; MORITA, Toshiaki¹; IWASAKI, Hiroyuki²

¹ 明星電気株式会社, ² 群馬大学教育学部
¹ Meisei Electric Co. Ltd., ² Faculty of Education, Gunma University

明星電気株式会社は、稠密観測のための小型気象計 POTEKA Sta.(ポテカ: Point Tenki Kansoku、以下 POTEKA)を開発した。POTEKA は気温・湿度・気圧・感雨・日照を 1 分間隔で測定できる。その POTEKA を用いて、地元企業及び教育委員会の協力の下、「伊勢崎市 POTEKA プロジェクト」を発足させ、伊勢崎市市内小中学校及び同市周辺のコンビニ (SAVE ON) に約 1.5~4km 間隔で計 55 ヶ所に設置した。本稿では、顕著な観測事例として 8 月 11 日に高崎市・前橋市で発生した突風現象と 9 月 16 日にみどり市で発生した竜巻の気圧の観測結果について紹介する。

8 月 11 日の観測結果は、POTEKA の 1 分値では、1~2hPa 程度の一時的な上昇がみられた。これはダウンバースト発生時の下降流による一時的な気圧上昇であると示唆される。さらに詳しく見ると、気圧の上昇は 2 回発生している地点もあり、1 回目はガストフロントによるもの、2 回目はダウンバーストによる上昇と考えられる (詳細は「地上稠密観測 POTEKA によるダウンバーストとガストフロントの識別」を参照のこと)。

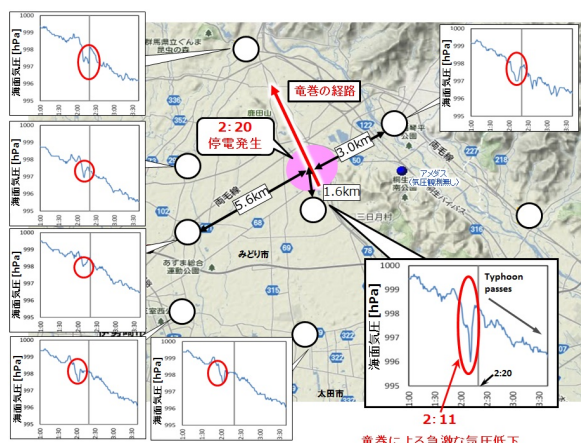
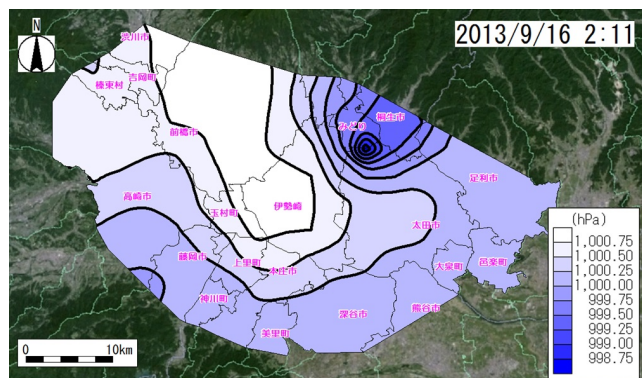
9 月 16 日は、台風通過に伴う気圧の低下の中で竜巻が発生し、みどり市内で 2 時 20 分に停電が発生した。その 1.2km 離れた POTEKA の気圧は 2 時 11 分に最大 3 分間で 3hPa の気圧の急低下を観測した。

今回のプロジェクトにより、ダウンバースト・竜巻発生時の地上における気圧の急激な変化を観測できた。ダウンバースト・竜巻発生時の地上における気圧変化を、これほど細かい時間的・空間分解能で観測した事例はほとんど見られない。また、観測結果から、気圧低下から被害発生までに、約数分~十数分の時間差があることから、稠密観測網による突風に対する事前の注意喚起が出来る可能性がある。この観測網はデータ蓄積の為、今後も観測を継続し、局所的な気象現象を捉え、日々の生活に密着したデータ活用方法を模索していきたい。

謝辞: 本プロジェクト始動にあたり、伊勢崎市教育委員会殿、サンデン (株) 殿、(株) セーブオン殿には POTEKA 設置のご協力を頂きました。ここに御礼申し上げます。

キーワード: 稠密観測, ダウンバースト, 竜巻

Keywords: High Dence observation network, Downburst, Tornado



領域モデルNHRCMにおける都市陸面のスキームの役割に関する感度実験 A sensibility study on the role of the urban land surface scheme for a regional climate model, NHRCM

志藤 文武^{1*}; 青柳 暁典¹; 清野 直子¹; 佐々木 秀孝¹
SHIDO, Fumitake^{1*}; AOYAGI, Toshinori¹; SEINO, Naoko¹; SASAKI, Hidetaka¹

¹ 気象庁気象研究所

¹ Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

The conditions of land surfaces give large impacts on surface air temperature, via the dynamical and thermal energy exchanging. In order to forecast the physical quantities, such as momentum, heat, and vapor fluxes from the land surface, we have selected a sophisticated vegetation scheme of the SiB (Simple Biosphere) as the land surface scheme of the MRI's NHRCM (Non-Hydrostatic Regional Climate Model). Recently, as model-resolution became higher up to several kilo-meter, non-vegetation but urbanized grids had appeared, and these grids were treated as dried bare ground on the SiB to express the so-called urban deserts. But, in these grids, reproducibility of the climatology seemed to be insufficient. Therefore, we need to apply the new scheme to improve the representation of radiation and heat budgets in such urban area. For that purpose, we developed a new scheme for urban land surface to applied to a regional climate model. This new scheme is called SPUC (Square Prism Urban Canopy, Aoyagi and Seino 2011).

In this study, we applied SiB and SPUC scheme to the 4km-resolution NHRCM, executed present climate simulations, and compared outputs with observational data of JMA(Japan Meteorological Agency). The target area was Kanto-Koshin region including Tokyo metropolitan area. As initial and boundary condition, we used the JMA's RANAL (Regional analysis) dataset (20km resolution), which was downscaled once by NHRCM10km with SiB scheme for all grid. The 10km resolution dataset was also downscaled by NHRCM4km. We executed the 4km experiments, using SiB scheme for all land grids (NHRCM-SiB), and using both SiB for natural surface grids and SPUC for urban surface grids (NHRCM-SPUC). Time integration was continuously executed for about 5 years from August 1st, 2001 to September 1st, 2006.

The result of the experiment using SiB scheme had negative bias(about -1.3 °C) in the surface temperature in the Tokyo metropolitan area. By using SPUC scheme, this negative bias changed to positive(+1.55 °C). Although the bias remains, the correlation factor between the simulation and observation was improved from 0.73 (NHRCM-SiB) to 0.86 (NHRCM-SPUC). This improvement implies that NHRCM-SPUC had the better reproducibility on horizontal distribution of air temperature. On the other hand, the difference was hardly seen in total amount of precipitation in five years.

This research is supported by SOUSEI program of MEXT, Japan.

Keywords: regional climate, land surface, downscaling, urban canopy

おろし風頻発域における突風率の時空間特性 Temporal and spatial characteristics of gust ratio in the

阪本 洋人^{1*}; 東 邦昭¹; 松井 一幸²; 加納 佳代³; 坪谷 寿一³; 古本 淳一¹; 橋口 浩之¹
SAKAMOTO, Hiroto^{1*}; HIGASHI, Kuniaki¹; MATSUI, Kazuyuki²; KANO, Kayo³; TSUBOYA, Hisakazu³; FURUMOTO,
Jun-ichi¹; HASHIGUCHI, Hiroyuki¹

¹ 京都大学生存圏研究所, ² 琵琶湖地域環境教育研究会, ³ NTT ドコモ株式会社

¹ Research Institute for Sustainable Humanosphere, ² Environmental Education Working Group in Biwako Region, ³ NTT DO-COMO Corporation

Localized downslope wind often causes severe disasters, although the dynamics of these severe phenomena has not fully elucidated due to their small temporal and spatial scale. The damage by downslope wind is strongly determined by the instantaneous maximum wind speed. Since the numerical model can derive averaged wind speed along time and space determined by the model resolution. The classical analogous theory points out that the gust ratio, which is defined as the ratio of maximum wind velocity to the averaged wind velocity, becomes a constant value (1.5-2.0), depends only on the roughness length of surface condition.

In the actual atmosphere with the horizontal inhomogeneity, the gust ratio may varies with time even at the same location. The sophisticated modeling of gust ratio beyond the simple constant model is very important for the forecasting of gust damage. The detailed characteristics of gust ratio was investigated by the data of hyper-dense surface observation network in the Hira Oroshi region. The temporal and spatial characteristics of gust ratio and future prospective to install our algorithm into the numerical prediction models are discussed in the presentation.

超高分解能気温センサーを用いた気球観測による乱流の直接測定の試み
An trial of direct monitoring of turbulence intensity by using the balloon-borne high-resolution temperature sensor

古本 淳一^{1*}; 清水 健作²; 甲斐 浩平²; 東 邦昭¹; 橋口 浩之¹

FURUMOTO, Jun-ichi^{1*}; SHIMIZU, Kensaku²; KAI, Kohei²; HIGASHI, Kuniaki¹; HASHIGUCHI, Hiroyuki¹

¹ 京都大学生存圏研究所, ² 明星電気株式会社

¹Research Institute for Sustainable Humanosphere, ²Meisei Electric Corporation

The fine tungsten wire (10 μ m diameter) temperature sensor, whose response time is 5/1000sec on surface and 40/1000sec at around 30km altitude, were employed to detect turbulence intensities. For the temperature data at the sampling frequency of 16Hz were used for the turbulence detection. The contamination of the wake of the balloon should be carefully removed from the original data before the analysis of turbulence.

We are developing the new method to extract temperature perturbation by turbulence at the vertical wavelength shorter than the effects of pendular movement of radiosondes.

The preliminary results show very promising to detect turbulence intensities to compare with echo intensity of atmosphere radar.

The detailed scheme and first results are discussed in the presentation.

高解像度数値モデルによる比良おろしの再現実験 High resolution numerical study of migrating strong downslope wind "Hira-Oroshi" in Japan

東邦昭^{1*}; 古本 淳一¹; 橋口 浩之¹
HIGASHI, Kuniaki^{1*}; FURUMOTO, Jun-ichi¹; HASHIGUCHI, Hiroyuki¹

¹ 京都大学生存圏研究所

¹ Research Institute for Sustainable Humanosphere Kyoto University

This paper studied the generation mechanism of a unique downslope wind in the west coast of Lake Biwa, Shiga, Japan. This strong downslope wind, feared as "Hira-Oroshi" for millennial years shows the narrow gust of a few kilometers in the various location within 10 km width area. This feature cannot be explained by the conventional mechanism of previous studies: the location of downslope wind is strongly restricted by the location of valley in mountain range. Due to such distinct characteristic, the numerical prediction of this gust wind is too inaccurate to use operationally.

Considering strong demands to the prediction of this gust wind, this study aims to elucidate the mechanism via very fine numerical forecast model with the horizontal resolution of 50 m. The results successfully represented the narrow gust wind structure in the edge of the mountain range. The spots of gust wind due to complicated topographical structure is also seen in the simulation results, although the gust wind speed changes with the larger scale wind direction and speed. Because the stagnant region due to the breaking of the mountain wave is widely extended in the leeward of the mountain range in the free atmosphere (~1 km), the location of the gust wind looks to be determined by the detailed topographic structure of the mountain range and the a kilometer-scale eddies over the Lake Biwa.

The simulation results suggested these synergy effects determined the gust generation and its location. The unveiled behavior of the gust wind is also beneficial to the improvement of the gust prediction.

キーワード: 高解像度数値モデル, おろし風, 局地風

Keywords: High resolution numerical simulation, Downslope wind, Local wind

日本における海洋物質循環・海洋生態系モデリング: 最近20年間レビューおよび今後の発展性 Modeling of marine biogeochemical and ecosystem in Japan: future perspective and review during the last 20 years

山中 康裕^{1*}
YAMANAKA, Yasuhiro^{1*}

¹ 北海道大学大学院地球環境科学研究院

¹ Faculty of Earth Environmental Science, Hokkaido University

大循環を考慮した海洋物質循環モデルの開発は Bacastow and Maier-Reimer(1990)、海洋生態系モデルでは、Fasham(1993)により行われた(国内では、例えば Yamanaka and Tajika(1996)、Kawamiya et al.(2000))。2000年頃、海洋物質循環モデルも、より短い時間スケールに注目するにつれて、亜寒帯海域での春季ブルームに伴う栄養塩や二酸化炭素分圧の低下など、明示的に生態系を表現することが多くなり、海洋生態系モデルと同程度の生物過程を表現したものが主流となった。その頃、微量栄養塩である鉄循環の表現は、両者にとって重要な課題であり、気候と炭素循環を同時に扱うことも行われ、ほぼ現在の研究の枠組みが完成した。

誰しもが、数十、数百、数千、数万種といったプランクトンやネクトンからなる海洋生態系をより詳しく取り扱ったモデルを開発したいと思う。その第一歩として、生態系に対して、栄養塩やプランクトンを明示的に比較的少数の予報変数で取り扱う、機能別プランクトングループ(Plankton Functional Types, PFTs)が導入された(例えば Le Quere, 2005; Kishi et al., 2007)。PFTsモデルには2つの方向性、物質循環のため、あるいは、生態系のためが存在する。前者は物質フローが大きい植物プランクトンに注目し、後者は魚などの高次捕食者への食物連鎖の役割をもつ動物プランクトンに注目して区分する。PFTsモデルの2つの方向性を同時に満たすには、プランクトン数×元素組成数(さらに食物連鎖網の捕食関係はプランクトン数の二乗に比例)という膨大な予報変数が必要するため、それぞれの方向へ分化するだろう。モデルの複雑さを議論する際には、予報変数の数に単に注目することが多かった(e.g., Friedrichs et al., 2007)。しかし、個別の素過程やパラメータのトレードオフの研究が重要な改良を促すことも事実である。例えば、Smithらは、栄養塩取り組みの最適化の考え(Pahlow, 2005)に基づき、古典的なミカエリスメンテンにおける半飽和定数ではなく、立ち上がり定数(Affinity)による定式化、また、非制限栄養塩の取り込みは制限栄養塩のパラメータ最適化によること、温暖化への影響などを論じている(Smith and Yamanaka, 2007; Smith et al., 2009)。また、最近、生物多様性を意識した、多数の植物プランクトンを競合させるモデルの開発が注目されている(Follows, 2007)。

もう一つの視点は、海洋生態系・物質循環モデルを開発する研究者コミュニティの発展である。海洋物質循環モデリングの先駆者たちは、海洋炭素循環モデル相互比較研究計画(Ocean Carbon cycle Model Intercomparison Project, OCMIP)を立ち上げた。議論のリードは、OCMIPの初期では先駆者たちにより行われたが、Phase 2の終わり頃(2002年)にはそのプロジェクトに関わる若手研究者によって行われた。彼らこそ、現在、この分野で世界をリードしている研究者であることは言うまでもない(Le Quere, Follows, Gruber等)。現在行われている海洋生態系相互比較研究計画(MARine Ecosystem Model Intercomparison Project, MAREMIP)も、OCMIPの経験に基づいて設計され、次の世代がまさにいま頭角を露わさんとしている。また、いくつかの研究グループが注目される。北太平洋海洋科学機関PICESにおける海洋生態系モデルNEMUROの開発は、もう一つの国際共同研究として特筆される。トレードオフなどの個別の素過程の改良に関しては北ドイツのグループのリードがある。日本の若手研究者が、海洋物質循環・生態系モデリングの国際共同研究計画の一翼を担うことを目指して欲しいと切に願う。なお本講演は昨年度行えなかった内容に基づくものである。

キーワード: 海洋物質循環, 海洋生態系, モデリング, 国際共同研究計画, 海洋炭素循環モデル相互比較研究計画, 海洋生態系相互比較研究計画

Keywords: marine biogeochemical cycles, marine ecosystem, modeling, international research project, OCMIP, MAREMIP

魚類生産モデリング: 物質循環への影響と生態系サービス評価 Modeling fish production in the ocean: impacts on biogeochemical cycles and ecosystem service evaluation

伊藤 幸彦^{1*}; 伊藤 進一²

ITOH, Sachihiko^{1*}; ITO, Shin-ichi²

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 水産総合研究センター東北区水産研究所

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, ² Tohoku National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency

Marine organisms play fundamental roles in biogeochemical cycles in the ocean. Ecosystem models formulating chemical and biological processes relevant to these organisms and materials have been developed in the past few decades, enabling quantitative evaluation of biological production, carbon and nutrient cycles, and their impact on the climate system. However, many of these models consider trophic levels up to zooplankton. Although much of storage and flux of carbon and nutrients are observed in the lower trophic levels, which is a good reason to focus on this level, importance of higher trophic levels has been increasingly recognized. Here, we review modeling studies incorporating higher trophic levels than zooplankton, especially focusing on fish production models. There are two major motivations developing the fish production model. The first one is that lower trophic level models with zooplankton as the highest trophic level are sometimes controlled too strongly by parameterized zooplankton mortality terms. Although parameterization of mortality terms is needed unless the model contains the apex predator (trophic closure), inclusion of planktivorous fish components does decrease the arbitrariness of the biogeochemical cycle in the model. The second reason to develop fish production models, the more classical reason than the first one, is based on the fact that fish stocks themselves have been major food resources for human societies. In this context, some recent models do not only include commercially important large piscivorous fishes but also consider fishing fleets. Increasing concern for the conservations of marine mammals and sea birds also enhances the model development. There are two different streams of the fish modeling at present: size-based and species-based approaches. We review their advantages and limitations and discuss future improvements of preferable frameworks of the higher trophic models.

キーワード: 魚類生産モデル, trophic closure, 水産資源

Keywords: fish production model, trophic closure, fisheries resources

温暖化時の海洋の鉄循環変化の予測計算

The iron budget in ocean surface waters in the 20th and 21st centuries: projections by the Community Earth System Model

三角 和弘^{1*}; Lindsay Keith²; Moore Keith³; Doney Scott⁴; Bryan Frank²; 津旨 大輔¹; 吉田 義勝¹
MISUMI, Kazuhiro^{1*}; LINDSAY, Keith²; MOORE, Keith³; DONEY, Scott⁴; BRYAN, Frank²; TSUMUNE, Daisuke¹;
YOSHIDA, Yoshikatsu¹

¹ 電力中央研究所, ² 米国大気研究センター, ³ カリフォルニア大学アーバイン校, ⁴ ウッズホール海洋研究所

¹Central Research Institute of Electric Power Industry, ²National Center for Atmospheric Research, ³University of California at Irvine, ⁴Woods Hole Oceanographic Institution

We investigated the simulated iron budget in ocean surface waters in the 1990s and 2090s using the Community Earth System Model version 1 and the Representative Concentration Pathway 8.5 future CO₂ emission scenario. We assumed that exogenous iron inputs did not change during the whole simulation period; thus, iron budget changes were attributed solely to changes in ocean circulation and mixing in response to projected global warming, and the resulting impacts on marine biogeochemistry. The model simulated the major features of ocean circulation and dissolved iron distribution for the present climate. Detailed iron budget analysis revealed that roughly 70 % of the iron supplied to surface waters in high-nutrient, low-chlorophyll (HNLC) regions is contributed by ocean circulation and mixing processes, but the dominant supply mechanism differed by region: upwelling in the eastern equatorial Pacific and vertical mixing in the Southern Ocean. For the 2090s, our model projected an increased iron supply to HNLC waters, even though enhanced stratification was predicted to reduce iron entrainment from deeper waters. This unexpected result is attributed largely to changes in gyre-scale circulations that intensified the advective supply of iron to HNLC waters. The simulated primary and export production in the 2090s decreased globally by 6 and 13 %, respectively, whereas in the HNLC regions, they increased by 11 and 6 %, respectively. Roughly half of the elevated production could be attributed to the intensified iron supply. The projected ocean circulation and mixing changes are consistent with recent observations of responses to the warming climate and with other Coupled Model Intercomparison Project model projections. We conclude that future ocean circulation has the potential to increase iron supply to HNLC waters and will potentially buffer future reductions in ocean productivity.

植物プランクトン群集構造の温暖化応答 Response of phytoplankton community structure to global warming

橋岡 豪人^{1*}; 平田 貴文²; 千葉 早苗¹; 山中 康裕²
HASHIOKA, Taketo^{1*}; HIRATA, Takafumi²; CHIBA, Sanae¹; YAMANAKA, Yasuhiro²

¹JAMSTEC, ²北海道大学

¹JAMSTEC, ²Hokkaido Univ.

In recent studies using high-performance liquid chromatography (HPLC) pigment data, empirical relationships between total chl-a concentration and a phytoplankton size/PFT fraction on a global scale are shown. For example, a fraction of diatoms increases with total chl-a concentration. The same tendencies can be seen in the most of the hindcast experiments by current PFT models of MARine Ecosystem Model Intercomparison Project (MAREMIP) and Coupled Model Intercomparison Project Phase5 (CMIP5) although the reproduced absolute values of a phytoplankton fraction still has large uncertainties. Then, two different mechanisms can be expected as potential responses of phytoplankton community to global warming. One is a possibility that the phytoplankton community structure (i.e., relationships between a phytoplankton fraction and total chl-a concentration) can be significantly changed by changes in ecosystem dynamics under global warming condition (e.g., changes in grazing pass/strength, decomposition/mortality/respiration rate and phytoplankton stoichiometry). Another possibility is that the plankton community shifts to the other stable states associated with changes in total chl-a concentration (e.g., by decrease/increase in nutrient supply to the surface ocean by changes in stratification) while maintaining the current relationship between a phytoplankton fraction and total chl-a concentration. To clarify impacts of both effects, we analyzed model results of future simulation, which was conducted by CMIP5 and MAREMIP under the RCP8.5 emission scenario. PFT model more than half showed that relationships between phytoplankton composition and total chl-a concentration are stable against environmental changes associated with global warming. In these model results, changes in phytoplankton composition are mainly caused by plankton community shifts associated with changes in total chl-a concentration. This result suggests the possibility that current empirical relationships obtained by HPLC would be maintained in a future environment. Based on this hypothesis, we project a potential future community structure of phytoplankton using a multi-model ensemble mean of future changes in total chl-a concentration with the empirical relationship of HPLC. Some other models projected large changes in the community structure in specific regions and seasons. These results also suggest potentially important mechanisms, regions and seasons.

キーワード: 植物プランクトン, 群集構造, 地球温暖化

Keywords: Phytoplankton, Community structure, Global warming

Introduction to our on-going development of an adaptive model for plankton communities in the North Pacific

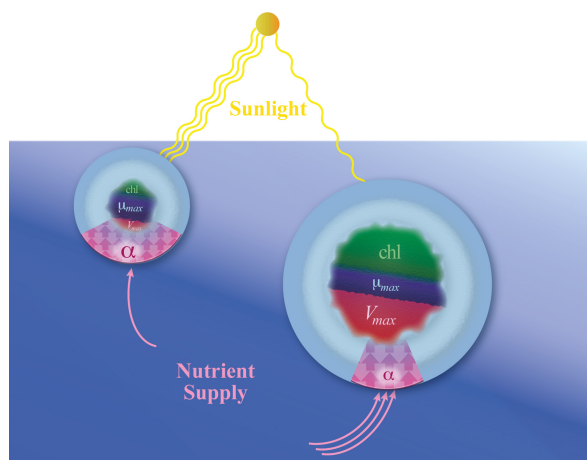
SMITH, S. Ian^{1*} ; YOSHIKAWA, Chisato¹ ; SASAI, Yoshikazu¹
SMITH, S. Ian^{1*} ; YOSHIKAWA, Chisato¹ ; SASAI, Yoshikazu¹

¹RIGC, JAMSTEC, ²CREST, JST
¹RIGC, JAMSTEC, ²CREST, JST

This presentation will introduce our on-going efforts, as part of a CREST project funded by JST, to develop a new prototype model to represent the biodiversity and adaptive capacity of lower-trophic ecosystems in the North Pacific. The ultimate goal is to develop a computationally efficient representation of the community-level interactions of the producers (phytoplankton) and consumers (zooplankton) with each other and with the marine environment. This of course includes the adaptive response of plankton communities to changing environmental conditions, and later potential feedbacks, including for example the impact of plankton communities on controlling nutrient concentrations. We will present the size-based model of phytoplankton communities that is already under development and one scientific result already obtained, regarding the size-scaling of growth parameters, as commonly applied in large-scale models, in terms of the more commonly measured parameters for nutrient uptake kinetics. This scaling relationship provides a basis for consistently incorporating observed allometries into models based on Monod growth kinetics. This new simplified model of phytoplankton communities accounts for biodiversity via size-scaling of phytoplankton traits and for flexibility of the C:N ratio of biomass.

Fig. 1. Traits, which define how organisms respond to environmental conditions, have evolved subject to inescapable biophysical constraints. Thus have arisen trade-offs in competitive ability under different conditions, here illustrated for typical small phytoplankton adapted to low-nutrient, high-light conditions, which have high affinity (α), low maximum uptake rates (V_{max}) and relatively less allocation to chlorophyll/light harvesting ability, vs. large phytoplankton adapted to high-nutrient, low-light conditions, which have low α , high V_{max} , and relatively more allocation to chlorophyll/light harvesting ability. Maximum growth rate (μ_{max}) is constrained by the opportunity cost of allocating resources to the various processes necessary to support growth.

キーワード: plankton, ecosystem, model, traits, trade-offs, adaptive
Keywords: plankton, ecosystem, model, traits, trade-offs, adaptive



渦解像生態系モデルを用いた植物プランクトン多様性の形成メカニズム、種数の検討 Exploring mechanisms of phytoplankton coexistence using a marine ecosystem model with eddy-resolving resolution

増田 良帆^{1*}; 山中 康裕¹; 中野 英之²
MASUDA, Yoshio^{1*}; YAMANAKA, Yasuhiro¹; NAKANO, Hideyuki²

¹北海道大学 地球環境科学研究所, ²気象研究所
¹Hokkaido University, ²Meteorological Research Institute, Japan

海洋の植物プランクトンは多様性に富んでおり、総計で約7万種以上が存在すると見積もられている (Guiry, 2012)。海洋が比較的単調な環境に見えるにも関わらず、これほどの多様性があるのは驚きであり、このような多様性を可能とする様々なメカニズムが提案されている。本研究では特にニッチ分割説、中立説 (Hubbell, 2001) に着目し、数値モデルを用いて検証を行った。また、同時に共存可能な植物プランクトンの種数を定めるものは何かという問題にも取り組んだ。本研究では、数値モデルを用いた多様性の研究にいち早く取り組んだ Follows グループのモデル (Follows et al., 2007) とは異なり、棲み分けを先験的に可能にしているプランクトンファンクショナルグループを設けない方針を取った。また、海洋の中規模渦によって作られる物理環境の多様性が植物プランクトン多様性に大きな影響を及ぼしていると考え、渦解像モデル (水平解像度 0.1 度) を用いた。

海洋低次生態系モデル NEMURO、MEM を基に植物プランクトン多様性モデルを新たに開発し、気象研究所共用海洋モデル (MRI.COM) に組み込んだ。物理場は理想化した亜熱帯循環と亜寒帯循環を再現しており、計算領域は東西 30 度×南北 30 度の矩形領域である。標準実験では温度・栄養塩・光特性の異なる 240 の植物プランクトングループを設けた。栄養塩についてはアンモニアを含む窒素循環のみを再現しており、異なる栄養塩の利用による共生は考えない。動物プランクトン 1 グループによる捕食は植物プランクトン全体に比例し、数が少ないグループを有利にはしない。

240 グループのうち、31 グループが 10 年後に生き残った。亜寒帯では高栄養塩環境下で成長が早いグループ、亜熱帯では低栄養塩環境下で成長が早いグループが生き残る傾向があった。生き残りと絶滅を分けるメカニズムを調べるために、成長率 (光合成速度-呼吸速度) を植物プランクトングループ毎に調べた。成長率で一位を取れる海洋の体積が大きくなるほど生き残る確率が高かった。成長率で一位を取れる海洋の体積が 0 だった 118 グループは全て絶滅した。

陸上植生では性能が劣る種でも生態的浮動によって系に長期間存在する可能性があり、このことは中立説をサポートすると考えられている。海洋植物プランクトンで中立説を検証する為、生き残った 31 種に最大光合成速度が 98% となる 31 種を加えた実験を行った。性能の劣る 31 種は全て数年の時間スケールで絶滅へと向かった。よって、海洋植物プランクトンでは陸上生態系に比べると中立説が成立しづらいと推定される。

次にニッチ分割によって共存出来る種数の上限を調べる為、最も卓越する 1 グループをニッチが僅かに異なる 200 グループに分割する実験を行った。結果、200 グループは長期間共存可能であった。このような分割を他のグループについても行えば、1000 グループがこのモデル内で共存出来ると推定される。分割したグループが生き残るには成長率で一位を取れる海洋の体積がある値以上である必要があるが、この値はこれまでの実験から推定可能である。

キーワード: 植物プランクトンの多様性, 海洋生態系モデル, 中規模渦
Keywords: Phytoplankton diversity, Marine ecosystem model, Mesoscale eddy

メソ動物プランクトンの死亡特性が低次生態系に及ぼす影響 Numerical analysis of the influences of the meso-zooplankton mortality

吉江直樹^{1*}; 富田和之¹; 奥西武²; 伊藤進一²
YOSHIE, Naoki^{1*}; TOMITA, Kazuyuki¹; OKUNISHI, Takeshi²; ITO, Shin-ichi²

¹ 愛媛大 CMES, ² 水研セ 東北水研

¹Center for Marine Environmental Studies, Ehime University, ²Tohoku National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency

近年、海洋低次生態系（遊泳能力のないプランクトンを主要構成生物とする生態系）は、気候変動に起因する環境変化や人類活動に伴う様々なストレスにより多大な影響を受け続けている。このような様々な環境変化が低次生態系に及ぼす影響を定量的に評価することが世界的にも重要視されている。それは、この低次生態系の変化が私たちの生活にも関連深い水産資源量の変動や炭素循環などの物質循環と密接にリンクしているからである。例えば、メソ動物プランクトンのカイアシ類は、おなじみのサンマやカタクチイワシなどの多獲性浮魚類の主要な餌生物であると共に、彼らの水深 1000m にも及ぶ季節的な鉛直移動や沈降速度の速いカプセル状の糞粒は大量の有機炭素を効率よく海洋表層から深層へと輸送しており、それらへの環境変化の影響を定量的に評価することは極めて重要である。これまでに、我々は、先に挙げたカイアシ類のような生態系内で重要な機能を持つ生物群を機能毎にまとめて取り扱うことができる数値モデル、プランクトン機能群 (PFTs) モデルの開発を推進してきた。具体的には、PICES（北太平洋海洋科学機構）の標準 PFTs モデル「NEMURO」を拡張した「eNEMURO」（4種の栄養塩、4種の植物プランクトン、4種の動物プランクトン、4種のデトリタスを取り扱う）の開発を行い、日本周辺海域の低次生態系の時空間変化を現実に近い形で再現してきた。本研究では、日本周辺の5海域（親潮域、親潮-黒潮移行域、黒潮内側域、黒潮外側域、東シナ海）において、現場観測や室内実験からの知見が極めて乏しいカイアシ類の死亡特性について、eNEMURO中のカイアシ類の死亡に関わる二つの生理パラメータの感度解析を行い、それらの変化が生態系に及ぼす影響を調べた。その結果、水温上昇に伴うカイアシ類の死亡速度の増加が、栄養塩濃度・植物プランクトン現存量・動物プランクトン現存量に及ぼす影響が大きく、特に、高水温海域でその影響が大きいことが明らかとなった。講演では、この感度解析から得られた知見の他に、遺伝的アルゴリズムを用いた生理パラメータ最適値の推定に関する知見も報告したい。

キーワード: 低次生態系, プランクトン, 生理パラメータ, 生態系モデル

底泥系を考慮した沿岸域の海洋生態系モデルによる物質循環の解明 A benthic-pelagic coupled ecosystem model to clarify nutrient cycles in coastal areas

舘野 聡^{1*}; 畑 恭子¹; 永尾 謙太郎¹
TATENNO, Satoshi^{1*}; HATA, Kyoko¹; NAGAO, Kentaro¹

¹ いであ株式会社
¹IDEA Consultants, Inc.

我が国の多くの閉鎖性海域においては、高度経済成長以降、流入負荷の増加や埋め立て等の開発等によって海域環境が変化した。これにより、海中の栄養塩類の循環バランスが崩れ、赤潮や貧酸素水塊、硫化水素が発生し、生態系に大きな影響が生じた。環境基準や水質総量削減等の取り組みにより水質は改善したものの、循環バランスは損なわれたままの海域がみられる。これは陸域からの負荷の変化、底泥への影響の蓄積、外海の状況の変化、生物量の変化など、様々な要因が絡み合っているためである。

そこで、それらを総合的に把握し、評価・改善できるよう、水中の栄養塩類や低次生態系に加えて沿岸域の環境に重要な底質、底生生物、カキ等の高次捕食者、藻類、溶存酸素を同時に解析できるモデルを開発した。このモデルを広島県中部に位置し、カキの養殖が盛んな三津湾に適用し、物質循環の状況を調べた。その結果、三津湾の物質循環においては外海からの栄養塩の流入が支配的で、陸域からの負荷の影響は相対的に小さいことがわかった。また、貧酸素水塊はみられなかったが、カキの養殖によって底泥に有機物が堆積し、底泥内で硫化水素が発生していることがわかった。この硫化水素の抑制が、三津湾の生態系の改善と持続的な利用に重要であることが示唆された。

キーワード: 海洋生態系モデル, 海洋物質循環
Keywords: Marine Ecosystem Model, Marine Material Cycles

魚類の産卵回遊を制御する環境要因の解明に向けてーサンマを例に A challenge to investigate environmental factors which determine spawning migration variability of small pelagic.

伊藤 進一^{1*}; 大野 創介¹; 奥西 武¹; 巢山 哲¹; 中神 正康¹; 安倍 大介¹; 亀田 卓彦¹; 箕 茂穂¹
ITO, Shin-ichi^{1*}; OHNO, Sohsuke¹; OKUNISHI, Takeshi¹; SUYAMA, Satoshi¹; NAKAGAMI, Masayasu¹; AMBE,
Daisuke¹; KAMEDA, Takahiko¹; KAKEHI, Shigeho¹

¹ (独) 水産総合研究センター

¹ Fisheries Research Agency

近年、植物および動物プランクトンを対象とした低次栄養段階生態系モデルと魚類の成長一回遊モデルを結合させ、海洋環境変動に対する魚類の成長や回遊の応答をモデルを用いて研究することが可能となってきた。しかしながら、魚類の回遊のメカニズム、殊に海洋中を大回遊する回遊性魚類が、自らの産卵場へと回帰する産卵回遊がどのような環境要因によって制御されているか未知な部分が多く、そのモデル化には多くの課題が残されている。本研究では、現場観測による初夏のサンマの分布を初期値に、観測衛星から得られた流速場、水温場、餌環境を外力として、できる限り現実的な条件のもとサンマの水平2次元成長一回遊モデルを駆動し、産卵回遊メカニズムとして不足している項目について検討を行った。サンマの成長はNEMURO.FISHと呼ばれる生物エネルギーモデルを用いて計算し、策餌回遊は最大成長できる方向に、産卵回遊は仔魚の成長が最大となる方向に向かうと仮定して計算した。その結果、現実的な初期値、境界値を用いても、日本近海への産卵期の来遊が少ないことが判明した。日本近海への来遊を再現するには、産卵期の西向き能動遊泳が必要であり、近年の来遊量の変動を再現するためには、この産卵期の西向き能動遊泳も大きく変化することが示された。日本近海への来遊量の経年変動を再現するために必要とされた西向き能動遊泳速度の変動は、北太平洋規模の夏季から秋季にかけての水温場と高い相関を示し、北太平洋規模の気候変動と関連する現象によって産卵期の回遊が決定されている可能性が示唆された。

キーワード: 海洋生態系モデル, 魚類成長一回遊モデル, サンマ, 海洋環境

Keywords: ecosystem model, fish growth-migration model, Pacific saury, ocean environment

気候モデルを用いた温暖化による水産業への影響評価：北海道におけるホタテガイを例として
Impacts of global warming on fisheries estimated from climate models: An application to Japanese scallops in Hokkaido

柴野 良太^{1*}; 藤井 賢彦¹; 山中 康裕¹; 山野 博哉²; 高尾 信太郎¹
SHIBANO, Ryota^{1*}; FUJII, Masahiko¹; YAMANAKA, Yasuhiro¹; YAMANO, Hiroya²; TAKAO, Shintaro¹

¹ 北海道大学大学院地球環境科学研究院, ² 国立環境研究所
¹Faculty of Env. Earth Sci., Hokkaido Univ., ²NIES

近年、温暖化など気候変動による海洋生物への影響が注目されている。過去の多くの研究において、水温の上昇が海洋生物の分布に影響を及ぼす可能性、沿岸固着生態系など行動範囲の比較的狭い生物種にとっては温暖化が大きな影響を及ぼす懸念が指摘されている。ホタテガイは、日本の主要な水産資源のひとつであるとともに、北海道と東北の一部の県のみ水揚げが集中している沿岸固着生物種である。我々は北海道のホタテガイの収穫可能域が将来の水温上昇の影響によりどのように推移するかを、気候モデルによって得られた海面水温の出力とホタテガイの生息域に関する簡易指標を組み合わせることにより解析・予測した。その結果、北海道のホタテガイの増養殖産業に対して 2100 年までの水温上昇は顕著な影響があることが示唆された。本研究結果は、沿岸海洋生態系の将来予測を行う上での簡易的な手法を提案するとともに、沿岸環境データの重要性を指摘するものである。

キーワード: 地球温暖化, 水産資源, ホタテガイ, CMIP5
Keywords: Global warming, Fisheries resources, Japanese scallop, CMIP5

温帯ヒノキ林における蒸発散量の年々変動とその決定要因の解明 Interannual variations and its control factors of evapotranspiration in a temperate Japanese cypress forest

鶴田 健二^{1*}; 小杉 緑子¹; 高梨 聡²; 谷 誠¹
TSURUTA, Kenji^{1*}; KOSUGI, Yoshiko¹; TAKANASHI, Satoru²; TANI, Makoto¹

¹ 京都大学大学院農学研究科, ² 独立行政法人森林総合研究所
¹ Graduate School of Agriculture, Kyoto University, ² Forestry and Forest Products Research Institute

1. 背景

森林の蒸発散は流出量ひいては水資源量に影響を及ぼす主要な要素である。近年、各地で報告されている年平均気温の上昇や降水特性の変化が蒸発散量に及ぼす影響を評価するためには、長期で蒸発散量の計測を行い、その変動要因を明らかにしておく必要がある。そこで本研究では、日本の主要な森林タイプであるヒノキ林において乱流変動法による蒸発散量の計測を7年間継続して行い、その年々変動の変動幅を定量化するとともに、多層モデルを用いることで蒸発散量の変動要因を特定した。

2. 方法

試験地は滋賀県南部に位置する桐生水文試験地である。本試験地は林齢約50年生、樹高約19m、葉面積指数約4.5?5.5のヒノキ林で覆われている。試験地内に設けられた微気象観測タワーを使用して林冠上の気象観測を行うとともに、乱流変動法により林冠上の顕熱・潜熱フラックスを計測した。エネルギーインバランスの補正を行うために、ボーエン比に応じて顕熱・潜熱フラックスの補正を行った。潜熱フラックスの欠測値は、有効エネルギーと潜熱フラックスの関係を用いて補完した。雨量の観測は試験地内の露場において行った。

蒸発散量の年々変動の決定要因を特定するために、多層モデルを用いた解析を行った。多層モデルには放射伝達モデルや光合成・蒸散モデルなどのガス交換に関わる各種サブモデルが含まれ、林冠上の気象要素を入力環境変数として、植生内の気象要素の鉛直プロファイルおよび植生-大気間の顕熱・潜熱・CO₂フラックスを求めることができる。モデル中のパラメータは本試験地における個葉のガス交換測定などを基に決定した。なお、解析期間は2001年~2007年である。

3. 結果と考察

7年間で蒸発散量は2004年が780 mm year⁻¹で最も大きく、2001年が715 mm year⁻¹で最も小さかった。蒸発散量の7年平均は743 mm year⁻¹となり、最大で75 mm程度の年々変動が確認された。

多層モデルを用いて蒸発散量の再現計算を行ったところ、蒸発散量の日変化および7年間の年々変動を良好に再現することができ、モデル構造とパラメタリゼーションは妥当であると考えられた。

蒸発散量を蒸散・遮断蒸発・林床面蒸発の要素別に分離評価したところ、気象条件に対応した各要素の年々変動が認められた。降水量が少なかった2001年や2002年は遮断蒸発が少なく、蒸散が多かった。一方で、降水量が多かった2003年や2006年は遮断蒸発が多く、蒸散が少なかった。2004年は遮断蒸発・蒸散ともに多かった。林床面蒸発は蒸散・遮断蒸発に比べて量的に小さく、年々の変動幅も小さかった。

7年間のうち、対照的な2年(年蒸発散量計算値が最大となった2004年および最小となった2003年)の蒸発散量の季節変化を調べたところ、蒸発散量は6月~8月の夏季に平均値からの差が大きくなっていった。蒸散は大気飽差や日射量が増加する傾向にあり、夏季に大気飽差や日射量が小さかった2003年は蒸散量が小さく、大気飽差や日射量が多かった2004年は蒸散量が大きかった。林床面蒸発にも同様の傾向が認められた。また、遮断蒸発は降水量に対応した季節変化を示した。

以上のことから、蒸発散量の年々変動は気象要素の変動で概ね説明可能であり、蒸散・遮断蒸発・林床面蒸発の気象要素に対するそれぞれ異なる応答の違いにより生じているものと考えられた。

キーワード: 蒸発散, 年々変動, 乱流変動法, 多層モデル, ヒノキ林

Keywords: Evapotranspiration, Interannual variation, Eddy covariance, Multi layer model, Japanese cypress forest

九州地方の人工林小流域における蒸発散と水利用効率について Evapotranspiration and water use efficiency on a coniferous planted forest watershed in south western Japan

清水 貴範^{1*}; 玉井 幸治¹; 熊谷 朝臣²; 石塚 成宏³; 大谷 義一¹; 清水 晃³
SHIMIZU, Takanori^{1*}; TAMAI, Koji¹; KUMAGAI, Tomo'omi²; ISHIZUKA, Shigehiro³; OHTANI, Yoshikazu¹; SHIMIZU, Akira³

¹ 森林総合研究所, ² 名古屋大学地球水循環研究センター, ³ 森林総合研究所九州支所

¹Forestry and Forest Products Research Institute, ²Hydrospheric Atmospheric Research Center, Nagoya University, ³Kyushu Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute

Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D. Don) and Japanese cypress (*Chamaecyparis obtusa* Endl.) are the most popular planted species in Japan. These species cover about 20% of the land surface of the country. On a mountainous topography which is common in Japan, Japanese cedar was usually planted from valleys to lower hillsides with relatively wet and fertile soils, while Japanese cypress was planted on the drier and more nutrient poor ridge areas. Accordingly, evapotranspiration (*ET*) and carbon assimilation may be variable in the two species.

We applied multiple methods to estimate *ET* from a planted forest watershed located in Kyushu Island, south western part of Japan. The watershed existed on mountainous terrain, and the right bank was mainly covered with well-grown Japanese cedar while the larger part of the left bank was covered with relatively less-grown Japanese cypress. We applied the eddy covariance method, using an observation tower built in the center of the watershed. The eddy covariance data were experimentally divided to two sectors by wind direction, right bank side and left bank side of the watershed, and the lack of data for each wind sector were interpolated by the mutual imputation method. The analysis period in this study is 2007-2008. Within the period, the rainfall interception loss (I_c) and sap-flux density were also measured in Japanese cedar plots, and the lower canopy *ET* was estimated by a model. From the eddy covariance result, *ET* from the left bank side was estimated as 85% of that from the right bank side in the period. Compared the right bank side *ET* with the combination of I_c , upper- and lower-canopy *ET*, the difference in annual total *ET* was about 1% when global solar radiation (S_d) was greater than 0, which assured the accuracy of the eddy covariance method even over the complex terrain.

As for carbon assimilation, we simultaneously measured CO₂ flux and CO₂ concentration profile by using the observation tower. Based on the measurements, we can estimate the CO₂ exchange between the forest and atmosphere through the similar procedure to *ET*. Thus in this study, we will estimate the carbon budget and calculate the water use efficiency of the whole ecosystem of the watershed and of the both bank sides. From the tentative result obtained at present, the average NEE of the left bank side was 87% to that of the right bank side, in the daytime ($S_d > 0$) in 2007-2008. From the value and the aforementioned *ET* ratio (0.85), the water use efficiency of the both bank sides were might be almost the same as each other. In the presentation, we will discuss about the detail, considering the respired CO₂ in the nighttime and the rainfall interception in the Japanese cypress plot.

Keywords: Planted coniferous forest stand, Growth difference, Water vapor flux, Carbon dioxide flux, Water use efficiency

乾燥熱帯域のチークプランテーションの水収支とその結果として起こる着葉期間 Water budget and the consequent canopy duration period in a teak plantation in a dry tropical region

田中 克典^{1*}

TANAKA, Katsunori^{1*}

¹ 独立行政法人海洋研究開発機構

¹ Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

A soil-plant-air continuum multilayer model was used to numerically simulate canopy net assimilation (A_n), evapotranspiration (ET), and soil moisture in a deciduous teak plantation in a dry tropical climate of northern Thailand to examine the influence of soil drought on A_n . The timings of leaf flush and the end of the canopy duration period (CDP) were also investigated from the perspective of the temporal positive carbon gain. Two numerical experiments with different seasonal patterns of leaf area index (LAI) were carried out using above-canopy hydrometeorological data as input data. The first experiment involved seasonally varying LAI estimated based on time-series of radiative transmittance through the canopy, and the second experiment applied an annually constant LAI. The first simulation captured the measured seasonal changes in soil surface moisture; the simulated transpiration agreed with seasonal changes in heat pulse velocity, corresponding to the water use of individual trees, and the simulated A_n became slightly negative. However, in the second simulation, A_n became negative in the dry season because the decline in stomatal conductance due to severe soil drought limited the assimilation, and the simultaneous increase in leaf temperature increased dark respiration. Thus, these experiments revealed that the leaflessness in the dry season is reasonable for carbon gain and emphasized the unfavorable soil water status for carbon gain in the dry season. Examining the duration of positive A_n (DPA) in the second simulation showed that the start of the longest DPA (LDPA) in a year approached the timing of leaf flush in the teak plantation after the spring equinox. On the other hand, the end appeared earlier than that of all CDPs. This result is consistent with the sap flow stopping earlier than the complete leaf fall, implying that the carbon assimilation period ends before the completion of defoliation. The model sensitivity analysis in the second simulation suggests that a smaller LAI and slower maximum rate of carboxylation likely extend the LDPA because soil water from the surface to rooting depth is maintained longer at levels adequate for carbon gain by decreased canopy transpiration. The experiments also suggest that lower soil hydraulic conductivity and deeper rooting depth can postpone the end of the LDPA by increasing soil water retention and the soil water capacity, respectively. These hypotheses will be verified based on observations.

キーワード: 着葉期間, 炭素獲得, 乾燥熱帯域, 土壌-植生-大気連続系, チークプランテーション, 水収支

Keywords: canopy duration period, carbon gain, dry tropical region, soil-plant-air continuum system, teak plantation, water budget

山地小流域における樹冠遮断が伐採後の水収支の回復に与える影響
Influence of canopy interception on the recovery in water balance after clear-cutting at a small headwater catchment

小田 智基^{1*}; 江草 智弘¹; 大手 信人¹; 堀田 紀文²; 田中 延亮³; Green Mark⁴; 鈴木 雅一¹
ODA, Tomoki^{1*}; EGUSA, Tomohiro¹; OHTE, Nobuhito¹; HOTTA, Norifumi²; TANAKA, Nobuaki³; GREEN, Mark⁴; SUZUKI, Masakazu¹

¹ 東京大学大学院農学生命科学研究科, ² 筑波大学生命環境系, ³ 東京大学大学院生態水文学研究所, ⁴ Plymouth State University
¹ Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, ² Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, ³ Ecohydrology Research Institute, The University of Tokyo Forests, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, ⁴ Center for the Environment, Plymouth State University

The impact of forest disturbance on stream runoff has been well studied using the paired catchment approach, usually finding increased stream runoff following forest disturbance due to the decline of transpiration and canopy interception. However the recovery processes of transpiration and interception have rarely been directly observed under a recovering forest, therefore mechanisms behind recovery time of stream runoff following forest cutting is still not well understood. The objective of this study is to evaluate the contribution of interception to the change of stream runoff after forest cutting. This study was conducted in a pair of small headwater catchments, where one catchment was clear-cut in 1999 and planted with the same species in 2000. Annual runoff increased 200 to 300 mm/yr after forest cutting and the higher runoff remains 12 years after cutting. Interception ratio in the clear-cut catchment were lower than 10 % of precipitation in 2007, 2011 and 2012, and those in the control catchment were 20 to 24 % of precipitation. The mean annual interception was still around 300 mm/yr smaller in the young forest compared to the mature forest, although canopy cover and LAI were similar. These results suggested that the recovery of interception rate is an important controlling factor for the recovery of stream runoff after forest cutting, and not only canopy structure, but also the microclimate condition above the canopy of young forest could be also important factors affecting interception.

Keywords: forest cutting, water balance, canopy interception, headwater catchment

針広混交林流域における水流出の年々変動 Changes in interannual variability of runoff in a conifer and deciduous hardwood mixed forested watershed

野口 正二^{1*}; 村上 亘¹; 谷 誠²
NOGUCHI, Shoji^{1*}; MURAKAMI, Wataru¹; TANI, Makoto²

¹ 森林総合研究所, ² 京都大学農学研究科

¹Forestry and Forest Product Research Institute, ²Graduate School of Agriculture, Kyoto University

The National Forest Management conducts forest management in National Forests for the fulfillment of multi functional roles of forest including long-term wood production management. On the other hand, there are few studies that evaluated the runoff characteristics including a state of the forest for a long term. This study was conducted within the Kamabuchi No1 experimental watershed (3.06ha) in North part of Japan. Hydrological observation has been continued in cold snowy region since 1939. It is the longest record in this region in Japan. The site is covered with Natural hardwood forest (ex. *Fagus crenata*, *Quercus mongolica* var. *grosseserrata* and *Quercus serrata*) and coniferous plantation forest (*Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtuse*) which planted around 1912 to 1916. Surficial geology is tuff and shaletic tuff of the Tertiary period and soils are clay loam. Meteorological observation was conducted Yamagata experimental forests located to 800m from the watershed to the northeast. A 71-year record (1939-2010) of the precipitation and runoff was used for an analysis of the flow-duration curve. Tree (DBH \geq 6cm) census in the watershed was also conducted at 5 times (1942, 1950, 1957, 1979, 2008). The tree volume of *Chamaecyparis obtuse* is a regular tendency and the tree volume of *Cryptomeria japonica* linearly increased. Stem volume of oak trees has increased remarkably from 1942 to 1979 but there was a close tendency of an increase in 2008 because mortality of oak trees occurred in the watershed. Based on 5 times tree census, positive linear relationship was found between tree volume and age of stand. While the proportion of plentiful runoff has shown a tendency to decrease over long term, those of ordinary, low and scanty runoffs have tended to increase with increasing the tree volume.

キーワード: 長期水文観測, 積雪寒冷地域, 流況曲線, 流出特性

Keywords: duration curve, cold snowy region, long term hydrological observation, runoff characteristics

山地流域の降雨流出応答に一般則はあるか？ Is there any general rainfall-runoff response function in mountainous catchments?

内田 太郎^{1*}; 浅野 友子²; 蒲原 潤一¹; 友村 光秀³
UCHIDA, Taro^{1*}; ASANO, Yuko²; KANBARA, Jun'ichi¹; TOMOMURA, Mitsuhide³

¹ 国土技術政策総合研究所, ² 東京大学, ³ 気象工学研究所
¹National Institute for Land and Infrastructure Management, ²University of Tokyo, ³Meteorological Engineering Center

Clarifying rainfall-runoff response function in mountainous catchments is one of key issues for flood and sediment disaster prediction, management of aquatic environment, water supply and so on. So, rainfall-runoff response function in mountainous catchments has been debated in more than several decades. A variety of studies, observation, modeling, theoretical studies etc., has been conducted. Many noble efforts have been conducted for clarifying complex systems in catchment hydrology through intensive observations. These observations were effective for documentation of the idiosyncrasies of each catchment environments. However, it has been difficult to derive general rainfall-runoff response function from these basin-centric approaches. So, several researchers emphasized the importance of intercomparison so as to better see first order controls of hydrologic responses. Except for several exceptions, intercomparisons for rainfall-runoff responses in many catchments are still limited. Thus, still it is very hard to predict rainfall-runoff response function at ungauged basin.

Thus, we compiled rainfall and stream flow data for around 150 catchments in Japan. We focused relatively small catchment (<100 km²) and a variety of geological, topographical and climatic conditions. We removed catchments where strongly affected human activities, such as urbanized catchment etc., from our intercomparison.

In this study, we randomly sampled 10 storms, i.e., total rainfall amounts were large than 50 mm, for each catchment and calculated three indices, peak specific discharge, peak lag time and direct runoff ratio, to characterize rainfall-runoff response. Also, we defined rainfall-runoff responses using three reservoirs model. We parameterized all of catchments using four storms data using SCE-UA method and validated these parameters using other four storms data. Then, we tested the roles of rainfall condition, climate, geology and topography on rainfall-runoff responses. We used multiple regression analysis to define first order controls of rainfall-runoff responses.

We found large variability in rainfall-runoff responses and it is hard to define general response patterns. While, through multiple regression analysis, we found several interesting results, as follow;

-Climatic conditions affected peak specific discharge and direct runoff ratio, suggesting that climate might give impacts on hydrological characteristics soil and bedrock.

-Geology, such as type of rocks and geological age, gave impacts on rainfall-runoff responses, but effects of geology were not so large, although many study focused on rock-controls on hydrology.

-Flowpath length, calculated by DEM, was one of important topographic parameters for describing rainfall-runoff responses.

キーワード: 山地流域, 降雨流出応答, データベース, 多変量解析

Keywords: headwater catchment, rainfall-runoff response, database, multiple regression analysis

斜面・河道発達過程を導入した模擬流域発生手法
A method of generating virtual drainage-basin by introducing models of slope/stream evolution

中北 英一^{1*}
NAKAKITA, Eiichi^{1*}

¹ 中北英一
¹ Eiichi Nakakita

A method of generating virtual drainage basin to understand relationship among characteristics of geomorphic distribution, rainfall distribution, and runoff distribution was developed. Here the concept of generating virtual drainage-basin is that the drainage-basins are generated at random under some physically based conditions on the basin form. The method is an improvement of Nakakita and Matsuda (2007). They proposed the method of generating virtual drainage-basin based on erosional developing model of channel network by Horton (1945). For the improvement, mathematical models of evolution of slopes and streams were introduced into the methodology. As a result, we achieved to introduce the concept of time into the generating virtual drainage-basin model.

Keywords: drainage basin, landform evolution, channel network, slope evolution, longitudinal profile

湿潤温暖地域におけるロックコントロールおよびはげ山と浸透水の排水システム Rock control, denuded hillslope and discharge system in warm humid regions

飯田 智之^{1*}

IIDA, Tomoyuki^{1*}

¹ 筑波大学アイソトープ環境動態研究センター

¹Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba

日本のような湿潤で温暖な気候下では、地形や地盤（土層・風化層）だけでなく、植生特に樹木が重要な役割を果たすことで、豪雨時の安定的な排水システムが維持されている。長期的に見た場合、そこでは、地形・地盤・樹木・浸透水がそれぞれ直接的・間接的に水文地形学的な相互作用を及ぼしあっている。

排水システムの中で、透水性と保水性を支配する地盤の大小の間隙は特に重要である。洪水時に重力水の主要な排水ルートとなる水みち（パイプ）は、連続した大間隙である。また、小間隙に保持されていた毛管水は、無降雨時に樹木の成長に利用される。このような大小の間隙や水みちの生成には、物理的風化作用や化学的風化作用よりも、むしろ生物的風化作用が大きく寄与している。すなわち、樹木をはじめとする植生や地中の小動物は、それぞれの生活に快適な環境をみずから実現することで、無機的で硬い土層を有機的で軟らかい山地土壌へと変化させている。

安定した排水システムは生物にとって快適な環境のひとつと推定されるが、降雨条件によって以下のように変化する。

- 1) 通常の豪雨時：排水システムは安定しており、降雨を浸透水に変換してスムーズに系外へと排水する。
- 2) 異常な豪雨時：地下水位上昇や水みち閉塞に伴う間隙水圧上昇により斜面崩壊が発生して、排水システムが部分的に破壊される。しかし、その後長い時間をかけて植生や土層が回復することで、排水システムも徐々に回復する。これは正のフィードバックと呼ぶことができる。この植生や土層の回復には、植生の生育に適した湿潤温暖気候が大きく寄与している。そのため、自然のままでは、崩壊面が拡大して山地が全面的に裸地化することはない。
- 3) 森林破壊後の異常な豪雨時：人間により、森林伐採だけでなく、根株の掘り起こしなど、樹木の根茎まで収奪して、土層全体を攪乱するような徹底した森林破壊がなされた場合には、花崗岩や第三紀層など地質によっては、正のフィードバック作用の臨界点を超過して負のフィードバック作用が働くようになる。その結果、山地の裸地化が一方向的に進行し、もはや自然の作用では植生や土層が回復することができなくなる。これが、20世紀後半の比較的最近まで、日本各地で見られた“はげ山”である。そこでは、当然安定した排水システムも無くなるので、豪雨時には表面流が増加することで洪水が頻発して土砂流出も激しくなる。森林からはげ山、あるいは、はげ山から森林への過渡的状況では、斜面崩壊が多発する。

以上のような、降雨の排水システムは、水文地形学的な斜面発達の一環として形成されるが、それには基盤岩の地質が大きく影響しており、地質ごとに独自の排水システムが形成されると推定される。一種のロックコントロールである。

そのような観点から、本研究では、花崗岩と花崗せん緑岩という対称的な2種類の地質からなる山地における、風化・斜面崩壊・はげ山・地形変化と排水システムの相互作用について比較検討する。

キーワード: 浸透水, 排水システム, ロックコントロール, はげ山, 地盤構造, 水文地形学的相互作用

Keywords: hillslope hydrology, discharge system, rock control, bare land, ground structure, hydro-geomorphological interaction

毎木調査による崩壊防止力二次元分布図の作成法 The making method of two dimensional distribution map of the collapse prevention force with tree survey

阿辻 雅言^{1*}; 北原 曜²; 小野 裕²
ATSUJI, Makoto^{1*}; KITAHARA, Hikaru²; ONO, Hiroshi²

¹ 信州大学大学院農学研究科, ² 信州大学大学院農学部
¹Graduate School of Agriculture, Shinshu University, ²Faculty of Agriculture, Shinshu University

森林根系の崩壊防止力は土層の鉛直断面 1m²あたりの引き抜き抵抗力の総和である。このうち引き抜き抵抗力は、根系直系の1.6乗程度に比例し、その係数は樹種により異なる。一方、根系量は立木中心から同心円状に分布し、立木からの距離に対して指数関数的に減少する。

ここでは、この引き抜き抵抗力と根系分布から、地下を掘削することなく毎木調査による地上の情報から崩壊防止力の二次元分布図を作成したことを報告する。調査はヒノキ人工林3林分と広葉樹天然林1林分にてそれぞれ行い、毎木調査により得た立木位置と胸高直径のデータから崩壊防止力二次元分布図を作成し、検証のためにトレンチを掘削して計測した崩壊防止力と比較した。その結果、実測値と推定値は一致しなかったものの、両者の間には危険率1%で有意な関係が見られた。

さらに、この手法を応用して崩壊防止力の時系列変化を推定した。崩壊防止力推定に必要なデータは立木位置と胸高直径のみであるため、密度管理曲線による成長予測と併せて用いることで間伐後の崩壊防止力変化なども推定できる。

キーワード: 根系, 崩壊防止力, 人工林, 天然林, 二次元分布図

Keywords: root system, collapse prevention force, artificial plantation, natural forest, two dimensional distribution map

地形・土壌・植生の発達・崩壊シミュレーション手法
The growth-collapse simulation method of soil depth in which the effect of vegetation
was taken into consideration

黒川 潮^{1*}
KUROKAWA, Ushio^{1*}

¹ 森林総合研究所九州支所
¹ Kyushu Research Center, FFPRI

The impact accompanying the transition of the watershed conditions in a forest appears under the structurally development process of a triplex in which time scales differ; geographical feature is formed by a tubercle and erosion of a mountain, the soil which supports and grows up in the root system of a vegetation repeats a collapse and a renature, the forest grows and withers. Without understanding this process, the runoff impact evaluation of watershed conditions cannot occur. We paid our attention to the collapse process in which a soil grows up again, after the soil was supported by the root of the forest, grew up and collapsed with progress of a temporal. And the development method of the longterm soil growth simulation was considered.

This method is computed for every mesh. The following routines perform the compute process of geomorphic development. First, the amount of growths of the soil stratum in the fixed period in each mesh is computed. The amount of developments of the soil depth used the equation of the following which Heimsath et al. (1999) proposed.

Soil Production(m/million year)= $77 \times \exp(-0.024 \times \text{Soil Depth})$

The soil depth after a fixed period is computed by applying to the initial soil depth of each mesh the value calculated by the equation. Slope stability is computed using the soil depth set up newly. It is considered by the equation that the mesh by which the safety factor was computed or less with one is that to which the collapse occurred. After setting the value of the soil depth in the mesh to 0, the altitude data after a collapse and a soil depth are re-calculated. A prolonged soil development simulation is computed by repeating the predetermined number of these processes. The simulation was computed at the place which many shallow landslides caused by heavy rainfall. The initial soil depth in the mesh which the collapse caused by the heavy rain was set to 0, and the mesh which has not collapsed was set to 1 m. And, the soil layer assumed the condition of being completely saturated by the heavy rain. In addition, the effective soil internal angle was 32 degrees, effective soil cohesion was 0.01 kPa, unit weight of the moist soil was 17.64 kN/m³, and unit weight of water was 9.8 kN/m³. The effect of the vegetation was included in the simulation as the cohesion.

As results of the simulation, It was confirmed that the soil layer which collapsed with progress of the temporal is recovered. Moreover, when a vegetation does not exist, the probability that a soil layer will repeat a collapse becomes high, but when a vegetation exists, a soil layer does not collapse but is recovered early.

Keywords: soil depth, geographical feature, vegetation, simulation method

Limits of Soil Production and the Couplings with Hillslope Hydrology Limits of Soil Production and the Couplings with Hillslope Hydrology

HEIMSATH, Arjun^{1*}
HEIMSATH, Arjun^{1*}

¹School of Earth and Space Exploration, Arizona State University

¹School of Earth and Space Exploration, Arizona State University

Rocky mountain ranges are broken down to sediment that is ultimately removed to the sea. Tectonic forces continually push mountains up, while physical and chemical processes continually transform bedrock to sediment and move it down. This simple sounding cycle is thought to regulate global climate over long timescales, while also responding to climate forcing itself, although the causal direction remain a mystery despite decades of sleuthing. Similarly mysterious are the connections between mechanisms of sediment production and the responses of watersheds to changes driven by humans, climate, or tectonics.

To address some of the potential connections between sediment production and hillslope hydrology, I focus here on soil mantled and steeply sloped landscapes from around the world, some thought to be at a critical threshold of soil cover. Observations reveal that even in the most rapidly eroding landscape there are significant areas mantled with soil that fit the conceptual framework of a physically mobile layer derived from the underlying parent material with some locally-derived organic content. The extent and persistence of such soils depends on the long-term balance between soil production and erosion despite the perceived discrepancy between high erosion and low soil production rates. I present cosmogenic Be-10-derived soil production and erosion rates that show that soil production increases with catchment-averaged erosion, suggesting a feedback that enhances soil-cover persistence, even in threshold landscapes. I also show that a process transition to landslide-dominated erosion results in thinner, patchier soils and rockier topography, but find that there is no sudden transition to bedrock landscapes. The landslide modeling is combined with a detailed quantification of bedrock exposure for these steep, mountainous landscapes.

To conclude, I draw an important conclusion connecting the physical processes producing and transporting soil and the chemical processes weathering the parent material by measuring parent material strength across three different field settings. Parent material strength is observed to increase with overlying soil thickness and, therefore, the weathered extent of the saprolite. Soil production rates, thus, decrease with increasing parent material competence. These observations highlight the importance of quantifying hillslope hydrologic processes where such multi-faceted measurements are made.

キーワード: Soil erosion, Soil production, Critical Zone, Weathering, Hillslope hydrology, Saprolite
Keywords: Soil erosion, Soil production, Critical Zone, Weathering, Hillslope hydrology, Saprolite

日本の花崗岩山地流域における土層形成速度関数と土層輸送係数: 豪雨による表層崩壊の水文地形学的危険度評価にむけて
Soil production functions and soil layer mobility in Japanese mountainous catchments underlain by granitoid rocks

松四 雄騎^{1*}; 松崎 浩之²
MATSUSHI, Yuki^{1*}; MATSUZAKI, Hiroyuki²

¹ 京都大学防災研究所地盤災害研究部門, ² 東京大学大学院工学系研究科
¹DPRI, Kyoto University, ²MALT, The University of Tokyo

Soil-mantled hillslopes cover a major area of mountainous catchments in humid temperate regions. The soil layer on hillslopes is maintained by a balance between soil production and transport especially at hill noses, while the soil accumulated in hollows is eventually removed by a rainfall-induced shallow landslide. The rates of soil production and soil creep pace the growth of soil thickness at a hollow and thus determine the return period of landsliding. The soil layer buffers rainfall infiltration into hillslopes and hence controls subsurface runoff system in a catchment. Hydro-geomorphological evolution of a catchment results from the interaction between long-term soil layer development and short-term rainfall runoff processes. The quantification of soil dynamics on hillslopes is thus critical in understanding present-day hydrological condition of a catchment and for geomorphological landslide hazard mitigation.

The uppermost part of decomposed bedrock (saprolite) gradually disintegrates to form the mobile soil layer, which achieves to a steady-state thickness reflecting sediment budget at a soil column. The saprolite-to-soil conversion rate beneath a soil column decreases with increasing thickness of the soil layer, which is called as soil production function (SPF). Soil particles apart from the saprolite move downslope by soil creep at a rate controlled by slope gradient, biological activity and soil thickness. Evaluation of SPF as well as the soil layer mobility is essential when we simulate soil dynamics on a hillslope. SPF can be determined from concentration of terrestrial cosmogenic nuclides at uppermost part of saprolite, while soil layer mobility can be estimated by soil thickness survey by digging pits on a nose-hollow pair of hillslopes. We present examples of SPFs in Japanese mountainous catchment underlain by granitic rocks, and demonstrate results of simulation of soil development to map potential sites of shallow landslide and to assess volume of sediment that may yield at a catastrophic landslide event by heavy rainfall.

キーワード: 土層形成速度関数, 宇宙線生成核種, 土砂輸送, 表層崩壊, 地形発達

Keywords: soil production function, terrestrial cosmogenic nuclides, sediment transport, shallow landslide, landscape evolution

古生層堆積岩流域における山地斜面土壌水分と渓流水量の連動性 Interrelation between hillslope soil moisture and stream flow in a Paleozoic sedimentary rock watershed

細田 育広^{1*}
HOSODA, Ikuhiro^{1*}

¹ 森林総合研究所関西支所
¹ Kansai Research Center, FFPRI

It is well known that geology is one of influential factors on river regime. In the Paleozoic sedimentary rocks area in Japan, hydrographs are characterized by low base flow and spiky peak flow. To clarify the reasons of such characteristics occur, observation focused on hillslope soil moisture condition was conducted in the gauged Tatsunokuchi-yama Minami-tani watershed (34° 42' N, 133° 58' E, 50-257 m, 23 ha) underlain by Paleozoic sedimentary rocks. The watershed is covered with primarily *Quercus serrata* dominant mixed forest, and partly *Chamaecyparis obtusa* stands planted in 1970s. Annual precipitation is about 1200 mm with little snowfall.

Ground water levels (GWL) and soil moisture were continuously measured in and around boreholes in a concave slope in the middle reach. Deeper than 0.3 m from ground surface, a thick fractured and weathered bed rock layer extends down to about 10 m at upper slope, and about 16 m at mid-slope. Below the weathered bed rock layer, boring core was relatively unweathered. But conspicuous cracks were obviously seemed to perform as water flow pathway because the surface of crack was dyed. Low coefficients of permeability which ranged from 2^{-8} to 1^{-6} m/s were measured by in situ test in the boreholes.

In the mid-slope, GWL appeared about 15 to 17.5 m in depth from ground surface when surface soil layer was more than field moisture capacity. Although GWL greatly respond to about over 40 mm rainfall events, direct flow rate did not simply increased. In a little antecedent rainfall condition, GWL rising was detected only at the lower slope. Depending on increase of antecedent rainfall, fluctuations of GWL at the mid-slope and the upper slope became obvious, and also direct flow rate went up. The greater amount of rainfall including antecedent rainfall was brought, the more GWL rising belated to stream flow peak observed. The greater intensity of rainfall leads quick rising of stream flow, but it was not effective for GWL rising. According to the stream water quality, rain water component increased when intense rain was brought, subsequently ground water component increased for the duration of rainfall event.

It is realized that water movement is having macroscopic interrelation in the space from upper slope to stream channel. Its complexity would be derived from large soil moisture change by rainfall amount and vegetation activity in the thick weathered bed rock layer in the hillslope as water flow pathways. And it is considered that since the permeability of subsoil is low, stream flow respond by spiky peak against intense rainfall.

キーワード: 透水性, 土壌 pF, 地下水, 瀬戸内海式気候, 竜ノ口山

Keywords: permeability, soil water pF, ground water, Seto inland sea climate, Tatsunokuchi-yama

風化花崗岩山地における基岩地下水の水質特性 Variability of the chemistry of streamwater and bedrock groundwater at a weathered granite mountain, Japan

藤本 将光^{1*}; 小杉 賢一朗²; 正岡 直也²; 馬場 直輝¹; 上田 竜也¹; 酒井 康祐¹; 深川 良一²; 谷 誠¹
FUJIMOTO, Masamitsu^{1*}; KOSUGI, Ken'ichirou²; MASAOKA, Naoya²; BANBA, Naoki¹; UEDA, Ryuya¹; SAKAI, Yasuhiro¹; FUKAGAWA, Ryouichi²; TANI, Makoto¹

¹立命館大学, ²京都大学

¹Ritsumeikan University, ²Kyoto University

Introduction

Previous studies have noted that bedrock groundwater is one of the important factors influencing stream discharge and streamwater chemistry. However, most previous studies were conducted not by direct measurement of bedrock groundwater but by using indirect methods, such as solute tracers and water budget analysis. Thus, the movement and chemical characteristics of bedrock groundwater remain incompletely understood based on direct measurements of bedrock groundwater. To better understand the dynamics of bedrock groundwater, we investigated groundwater table movement and water chemistry of bedrock groundwater using dense borehole wells at a small catchment in a mountainous area.

Methods

The study was performed at the Fudoji Experimental Watershed located in the Tanakami Mountains in the southeastern part of Shiga Prefecture, central Japan. Precipitation was monitored using tipping-bucket rain gauges, and discharges were observed at eight small catchments, ranging in area from 0.1 to 2.3 ha. Seven small catchments (subcatchments) were included in the largest catchment (2.3 ha), within which we installed 61 borehole wells. The water table of bedrock groundwater was then observed at these borehole wells. Rainwater, streamwater from the small catchments and bedrock groundwater from the borehole wells were sampled, and the concentrations of major ions and SiO₂ as well as the water stable-isotope ratios d¹⁸O and dD were measured in the Graduate School of Agriculture, Kyoto University.

Results and Discussion

The results of the analysis of the groundwater table of bedrock groundwater indicated that there were several fluctuating characteristics and that these characteristics of groundwater table change had locality. At the area having higher altitude in the ridge, the bedrock groundwater-table changes were gradual but the ranges of fluctuation were larger than those of the lower wells. At the lower-altitude points, although the bedrock groundwater table responded rapidly, the ranges of fluctuation of the groundwater table were small relative to those of the higher points. Some areas responded only to peak rainfall over a short time. Based on the groundwater flux analysis, bedrock groundwater moves across the surface divide. A catchment inflowed by a neighboring catchment showed a high specific discharge. Additionally, the direction of groundwater movement changed during rainfall events, and such changes were similar for rainfall events of the same size.

The relationships among chemistries derived from the chemical weathering of bedrock indicated that although the weathering processes were similar in the catchment, the weathering level varied among the borehole wells. The chemistries of bedrock groundwater at each catchment and of streamwater at each catchment showed large variability. The concentrations of Na⁺ and Ca²⁺ had local characteristics, but no clear characteristics were observed among other bedrock groundwater components. The chemical concentrations of bedrock groundwater were higher than those of streamwater. We chose borehole wells that may contribute directly to the stream based on the direction of groundwater movement by an analysis of groundwater flux and distance from the borehole wells, and noticed that there were also large gaps between the chemistries of streamwater and bedrock groundwater. These results indicate that complex processes of chemical dynamics occur in the weathered bedrock and from the weathered bedrock to the stream.

キーワード: 風化基岩, 高密度ボーリング孔, 水質分布, 基岩地下水

Keywords: weathered bedrock, densely bore holes, chemical variability, bedrock groundwater

風化花崗岩山地における平均滞留時間から見た基岩内地下水動態 Mean residence time and hydrochemistry of bedrock groundwater aquifer in a Granite mountain

勝山 正則^{1*}; 小杉 賢一郎²; 谷 誠²
KATSUYAMA, Masanori^{1*}; KOSUGI, Ken'ichiro²; TANI, Makoto²

¹ 京都大学学際融合教育研究推進センター, ² 京都大学農学研究科

¹Center for the Promotion of Interdisciplinary Education and Research, Kyoto University, ²Graduate School of Agriculture, Kyoto University

Bedrock groundwater dynamics is one of the latest frontier of hillslope- and catchment hydrology. Although it relate to water resources as well as sediment disasters, only few studies have accessed directly with boreholes to bedrock groundwater aquifer because of, for example, high costs. In this context, tracer approach is effective to clarify the bedrock groundwater dynamics and water pathways within deeper layers of mountains. We have been keeping on monitoring of the chemical and isotopic compositions of bedrock groundwater and streamwater in Kiryu Experimental Watershed (KEW), Japan since 2003. We set up a nested observation system; a hillslope plot (AP, 0.024ha), a subcatchment (A catchment, 0.086ha), and whole of KEW (K catchment, 5.99ha), and monthly sampled the streamwater of K and A, the outflow from AP, which occurs as saturated throughflow on the soil-bedrock interface during rainstorms, and groundwater in the soil sediment. Moreover, we excavated the bedrock and installed some tension lysimeters at 0.1, 0.2, 0.4, and 0.8 m deep and boreholes at 12, 15, and 20 m deep below bedrock surface, and sampled them. The stream flow from K and A were perennial. The SiO₂ and Na⁺ concentrations increased along with the infiltration process. On the other hand, the NO₃⁻ concentration was highest at the surface soil water, and removed along with the infiltration process. The concentrations of both solutes in the streamwater from A and K were intermediate between the concentrations in the surface soil water and bedrock groundwater. These facts mean that the streamwater is the mixture of shallow soil water and deep groundwater. The mean residence times calculated by delta 18O variations were about 4 or 5 months in the groundwater in the soil sediment and in the shallow (<0.8m) bedrock groundwaters, about 50 months in 12- and 15 m deep, and about 120 months in 20 m deep, respectively. That in the streamwater in A was estimated as about 30 months. Thus, the MRT in 20 m deep groundwater is quite different from the others. The relationship between the MRTs and the solute concentrations were different in each solute; for SiO₂, the concentration increased as a saturation curve, and it increased as linearly for Na⁺. It exponentially decreased for NO₃⁻. The streamwater chemistries in A were on these curves. Therefore, the solute concentrations can be described as functions of MRTs. These results suggest that a part of the bedrock groundwater can contribute to the stream from the shallower layers. The fact that the stream flow is perennial in this subcatchment A means that plentiful supply of groundwater from the relatively shallow bedrock layers exist. On the other hand, other part of the bedrock groundwater infiltrate deeply and less contribute to the stream in this small subcatchment; we have to consider whether the deeply infiltrated groundwater may contribute at the outlet of K catchment. Moreover, as the deeper bedrock groundwater have especially long residence time, we have to keep long-term monitoring to understand the dynamics and roles of this groundwater to hydrological and hydrochemical processes, because it will be a key of spatio-temporal scaling of these processes, as well as the water yield function of forests.

Keywords: Bedrock groundwater, Tracer, Mean residence time, granite catchment

Hydrological change at the catchment scale: The need to address both velocity and celerity
Hydrological change at the catchment scale: The need to address both velocity and celerity

MCDONNELL, Jeffrey^{1*}
MCDONNELL, Jeffrey^{1*}

¹Global Institute for Water Security, University of Saskatchewan CANADA

¹Global Institute for Water Security, University of Saskatchewan CANADA

Water quantity and quality response to climate- and land use change are difficult to predict. Much of this relates to the complexities of water flow paths and our inability to relate measureable catchment properties to measureable hydrologic response metrics. To date, most work has focused on rainfall-runoff response — that is, the celerity component of change. Here I present new work from 15 headwater catchments, (0.1 to 100 km²) in the Oregon Cascades and Oregon Coast Range in the USA, aimed at quantifying both celerity and flow velocities (i.e. particle transport through the system). I illustrate this velocity component through stable isotope analysis of runoff components and the mean transit time and residence time analysis of surface water and groundwater, respectively. Results show that despite very similar rainfall-runoff determined celerities, these systems have distinctly different tracer velocities, where transit time of headwater streamflow is 1-3 years in the catchments draining the Western Cascade mountains and 3-11 years in the streams draining the Coast Range mountains. More importantly, the scaling of surface water mean residence time in the Cascades is linked to internal topographic structure of individual sub-catchments whereas Coast Range sites show no evidence of this; and streamwater residence times scale linearly with catchment area. I discuss the implications of these celerity-velocity differences for catchment-scale climate- and landuse change effects in the USA Pacific Northwest and for more general efforts like the IAHS Panta Rhei initiative.

キーワード: Hillslope, Rainfall-runoff, Stable isotope, Climate change, Landuse, Groundwater
Keywords: Hillslope, Rainfall-runoff, Stable isotope, Climate change, Landuse, Groundwater

急峻なゼロ次谷流域における洪水流出過程と侵食過程の相互因果関係の理解に向けて Toward understanding causal interrelationships between stormflow and erosion processes in a steep zero-order basin

谷 誠^{1*}
TANI, Makoto^{1*}

¹ 京都大学農学研究科
¹ Graduate School of Agriculture, Kyoto University

ゼロ次谷における洪水流出発生と土壌侵食過程は、時間スケールがはるかに異なるにもかかわらず、密接な相互依存性がある。本研究は、洪水流と侵食過程の相互依存性に関して、ゼロ次谷内部の尾根筋と谷筋における相違点があることに注目する。

さて、地殻変動帯における強い侵食力によって流域全体で重力による土壌移動が進行するが、尾根筋では、土壌移動が拡散的で緩慢であるため、基岩表面の地形の凹凸によって土壌の厚さがきまる傾向がある (Heimsath, *Geomorphology* 27, 1999)。一方、谷筋では、土壌層が突発的な表層崩壊で失われるわけであり、崩壊が起こらない限り、10² から 10⁴ 年の長い時間スケールで土壌層が発達してゆく (Tsukamoto et al., *IAHS Publ.* 137, 1982)。そのため、尾根筋では、土壌層は植生を攪乱なく乗せたまま移動してゆくのだが、その尾根筋からの拡散的な土壌供給によって、谷筋の表層崩壊後における土壌層の回復が支えられている。したがって、尾根筋の拡散過程と谷筋の土壌層回復過程は密接な相互関係を持つとみられる。

こうした過程が進行するためには、尾根筋であれ谷筋であれ、表層崩壊のきっかけとなる飽和地表面流は抑制されていなければならない。この抑制に対しては、パイプ状の水みちを通じた排水能力 (McDonnell, *Water Resour. Res.* 26, 1990) が大きな役割を果たしているとみなされる。

ここでは、この考え方を水文学的に考察するため、小流域における降雨流出応答関係から、洪水発生寄与域の拡大を推定する解析を試みる。降雨がほとんどすべて洪水流になるような湿潤な条件では、準定常状態であるような水文学的連続体が形成され、一段タンクモデルによって、洪水流出応答が良く再現されることがわかっている (Tani: *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17, 2013)。こうした単純な応答特性を利用すると、洪水発生寄与域の拡大状況が流出応答から逆推定可能というわけである。

その解析を行った結果、乾燥状態が残る降雨初期の短い期間を除き、洪水時の降雨流出の波形変換は、一段タンクモデルの同一のパラメータで良く再現され、流出寄与域のみが増加することがわかった。この結果は、波形変換が主に斜面方向の地中流や地表面流で起こるのではなく、鉛直方向の水移動に由来していることを推定させる。こうした流出メカニズムの概念モデルはすでに指摘されているところであって (Montgomery and Dietrich, *Water Resour. Res.* 38, 2002)、パイプ状水みちの大きな排水能力によって雨水が土壌層内に閉じ込められることを示唆している。この閉じ込めによって、尾根筋はもとより谷筋において、強い侵食力に抗して土壌層が発達できる環境が創り出されているわけである。

流出過程と侵食過程は強く結びついており、その観測による裏づけが今後重要になる。加えて、既存の水文データからも、こうした結びつきの観点から解析することによって、興味深い知見が得られると考えている。

キーワード: 侵食, 斜面水文学, 土壌層発達, 洪水流, 寄与域変動, ゼロ次谷流域

Keywords: erosion, hillslope hydrology, soil-layer evolution, stormflow, variable contribution area, zero-order basin

山地源流域における基岩地下水と表層水文プロセス・地形形成プロセスとの相互作用
Interaction between bedrock groundwater and surface-hydrological and geomorphological processes in mountainous headwater

小杉 賢一朗^{1*}; 藤本 将光²; 山川 陽祐³; 正岡 直也¹; 糸数 哲¹
KOSUGI, Ken'ichirou^{1*}; FUJIMOTO, Masamitsu²; YAMAKAWA, Yosuke³; MASAOKA, Naoya¹; ITOKAZU, Tetsushi¹

¹ 京都大学, ² 立命館大学, ³ 筑波大学
¹Kyoto Univ., ²Ritsumeikan Univ., ³Tsukuba Univ.

Enormous landslides with deep slipping surfaces, which are likely to be triggered by the huge storms expected with climate change, can be one of the major geomorphological processes in the temperate climate zone. This study focuses on groundwater in mountainous headwater regions as a potential cause of such landslides. Recent hydrological studies have revealed that large amounts of rainwater infiltrate into bedrock, suggesting the possibility that steep mountains could contain greater amounts of groundwater than previously thought. The decline in groundwater levels due to water harvesting should be effective for the prevention of landslides. At the same time, the exploitation of groundwater resources in mountainous regions may contribute to establish a sustainable supply of safe water; that is, groundwater in mountainous regions is of better quality and less vulnerable to pollution because human activities are limited in the source areas. Thus, the exploitation of groundwater resources in mountainous regions should produce a win-win situation that achieves both disaster mitigation and a sustainable water supply. This study investigates hydrological methods for observing and analyzing quantitative and qualitative signals in mountain streams that can be used for detecting groundwater dynamics in steep mountains. Such hydrological methods are effectively combined with geophysical surveys.

In the steep Rokko mountain range of central Japan, which consists of granite and has been greatly affected by diastrophic activities, discharge hydrographs are characterized by significant amount of baseflow. In order to elucidate contributions of bedrock groundwater to the hydrograph formation, long-term hydrological observations were conducted by using bedrock wells with depths of 7-78 m drilled at 31 points within a 2.1-ha headwater catchment in the Rokko mountain range. Results indicated a fairly regionalized distribution of bedrock groundwater; that is, upper, middle, and lower aquifers were present. We observed large differences in water level among the aquifers, instead of a gradual and continuous decline in water level. Discharge hydrograph from the catchment was notably characterized by gentle and significant variations in base flow and exhibited triple-peak responses. Flashy first peaks occurred just after rainfall peaks, while the second peaks lagged behind the rainfall peaks by a few days. Broad peaks in the base-flow discharge corresponded to the third peaks, which occurred once or twice in each hydrological year. The triple-peak discharge responses were explained by three types of water pathways: the first peak was caused by the peak in soil mantle groundwater around the outlet of the watershed; the second peak was caused by the first peak in the lower aquifer, which was fed by vertical rainwater infiltration; and the third peak was caused by the second peak in the lower aquifer, resulting from an increased lateral water supply from the middle aquifer. The middle aquifer was recharged by vertical infiltration through weathered bedrock and lateral flow from the upper aquifer. Because of its broad regional expanse and large capacity, the middle aquifer had a dominant effect on formation of the discharge hydrograph. Thus, this study has demonstrated how discharge from the steep headwater catchment is dominated by complex flow systems within bedrock groundwater; the spatial expanse of bedrock aquifers and interaction among aquifers are key factors.

キーワード: 大崩壊, 地形形成, 源流域, 基岩地下水, 水資源

Keywords: enormous landslide, geomorphological processes, headwater catchment, bedrock groundwater, water resources

関東地方のスギ壮齢林における樹液流速測定法による蒸散量の評価 Evaluation of transpiration in a mature stand of Japanese cedar in Kanto region, Japan

飯田 真一^{1*}; 清水 貴範¹; 玉井 幸治¹
IIDA, Shin'ichi^{1*}; SHIMIZU, Takanori¹; TAMAI, Koji¹

¹ 森林総合研究所水土保全研究領域

¹ Department of Soil and Water Conservation, Forestry and Forest Products Research Institute

Forests cover about 70% of land area of Japan, and Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) occupies about 20% of total forested area. To understand the hydrologic cycle in Japan, we need measurements conducted in forested area, especially for the most representative species of Japanese cedar. Recently, the water balance of a stand of Japanese cedar has been made clear quantitatively by using eddy-covariance method and sap flow technique in Kyushu Island, south-western part of Japan (Kumagai et al., 2014; Shimizu et al., submitted). However, although Japanese cedar is most representative species in Japan, very few studies have been carried out in other part of the country. Based on the sap flow technique, we started to evaluate the amount of transpiration of a stand of Japanese cedar located in Kanto region, in the central part of Japan. In this paper, we show the relationship between outermost sap flow (Q_{0-20}) and single-tree transpiration (Q), tree-size parameter affecting Q , and correlation between stand transpiration (TR) and meteorological factors.

We conducted measurements in a mature stand of Japanese cedar, whose age is 61, within Tsukuba Experimental Watershed located in southern part of Mt. Tsukuba, Japan. Tree density is 1115 trees/ha, and annual mean leaf area index measured with LAI-2000 (LI-COR, USA) is 3.6. We set an observation plot in a Japanese cedar stand, and measured sap flux densities for all trees of the plot, 13 trees, with Granier method (Granier, 1985). Based on the wood core sampling with an increment borer, we determined the width of sapwood for 13 trees. Japanese cedar has white zone, in which water movement stops, in the sapwood area. We injected acid fuchsin into stem, and distinguished colored area as sapwood. The length of Granier sensor was 20 mm: in case that the width of sapwood was more than 20 mm, additional sensors were inserted into the sapwood at the depths from 20 to 40 mm and 40 to 60 mm. The sap flow at each depth is calculated as the product between the sapwood area corresponding to the depth and measured sap flux density. Q is finally obtained as total sum of sap flow of all depths. We calculated TR as the sum of Q of 13 trees divided by the area of the plot. On the meteorological tower, air temperature, humidity and net radiation were measured. Analyses are performed in the period from August to November, 2013.

The value of $Q/(Q_{0-20})$ had positive linear relationship with canopy projection area unshaded by other trees (CPA_{TH}). This trend implied that the contribution of Q_{0-20} to Q is small for trees having good light condition. Q had positive linear correlation with diameter at breast height ($R^2=0.62$), however, the higher correlation ($R^2=0.70$) was found between Q and CPA_{TH} . In this stand, CPA_{TH} is probably important factor affecting distribution of sap flow within the stem and tree-to-tree difference in Q . On the other hand, through the analysis period, TR had high positive correlation with equilibrium evaporation ($R^2=0.83$), but had lower correlation ($R^2=0.39$) with vapor pressure deficit (D). Focused on the summer period from August to September, we found higher correlation between TR and D ($R^2=0.74$). Thus, in summer, the driving energy of transpiration is mainly D due to the large aerodynamic conductance at the stand. However, the correlation between TR and D became small in the autumn. This stand is located in the north-facing slope, and has very high contrast in meteorological condition between summer and autumn. The different relationship between TR and D probably implies that plant physiological response of Japanese cedar in summer is different from that in autumn.

Cited paper

Granier 1985. Ann. Sci. For. 42: 193-200.

Kumagai et al. 2014. J. Hydrol. 508: 66-76.

Shimizu et al. Submitted for publication.

キーワード: スギ, 樹液流, 蒸散, 樹体サイズパラメータ, 飽差

Keywords: Japanese cedar, sap flow, transpiration, tree-size parameter, vapor pressure deficit

SURFACE RUNOFF ESTIMATION BASED ON TOTAL RAINFALL-TOTAL LOSS RAINFALL RELATIONSHIP FOR CATCHMENTS IN ISHIKARI RIVER
SURFACE RUNOFF ESTIMATION BASED ON TOTAL RAINFALL-TOTAL LOSS RAINFALL RELATIONSHIP FOR CATCHMENTS IN ISHIKARI RIVER

SUPRABA, Intan^{1*}; YAMADA, Tomohito J.²
SUPRABA, Intan^{1*}; YAMADA, Tomohito J.²

¹Member of JSCE, M.Sc., Doctoral Student, Graduate School of Engineering, Hokkaido University, ²Member of JSCE, PhD., Associate Professor, Faculty of Engineering, Hokkaido University

¹Member of JSCE, M.Sc., Doctoral Student, Graduate School of Engineering, Hokkaido University, ²Member of JSCE, PhD., Associate Professor, Faculty of Engineering, Hokkaido University

One of the main objectives of research in hydrology is to improve the accuracy of surface runoff estimation for enhancing flood prediction. Rain water falling to the ground surface will infiltrate into the soil and the excess rainfall will be surface runoff. The infiltrated water is defined as loss rainfall and loss rainfall is subtracted from total rainfall (actual rainfall intensity) to obtain the surface runoff (excess rainfall intensity). The non-linearity of surface runoff phenomena in the mountainous basins based on universal lumped kinematic wave model has been studied. Current study about total rainfall-total loss rainfall relationship by using tanh fitting curve has been conducted for 65 catchments located in 27 prefectures in Japan. Hourly rainfall and hourly runoff observation data for 10 years during summer time is used as required input data. Runoff parameters in the tanh function represented by a and b parameters are utilized to estimate effective rainfall based on water holding capacity theory. The purpose of this study is to estimate surface runoff by using effective rainfall for semi-ungauged river basins at the upper catchments area in Ishikari River Basin, Hokkaido Island, Japan. The obtained results are compared to the observation data for validation purpose.

キーワード: Surface Runoff, Flood Prediction, Total Rainfall-Total Loss Rainfall, Water Holding Capacity Theory
Keywords: Surface Runoff, Flood Prediction, Total Rainfall-Total Loss Rainfall, Water Holding Capacity Theory

Integrate simulated annealing algorithm and WASH123D to develop an automatic identification system for Chuoshui River in Integrate simulated annealing algorithm and WASH123D to develop an automatic identification system for Chuoshui River in

CHANG, Ya-chi^{1*}; WANG, Yu-chi¹; CHEN, Cheng-hsin²
CHANG, Ya-chi^{1*}; WANG, Yu-chi¹; CHEN, Cheng-hsin²

¹Associate Researcher, Taiwan Typhoon and Flood Research Institute, NARL, Taiwan, ²Assistant Researcher, Taiwan Typhoon and Flood Research Institute, NARL, Taiwan

¹Associate Researcher, Taiwan Typhoon and Flood Research Institute, NARL, Taiwan, ²Assistant Researcher, Taiwan Typhoon and Flood Research Institute, NARL, Taiwan

Taiwan is located in the subtropical areas and often suffers from typhoons and heavy rains. In order to reduce the threat caused by typhoon, it is necessary to accurately estimate the water level of a river for flood disaster prevention and mitigation. Hydraulic analysis of a river is important in river management planning and engineering design. The identification of hydraulic parameter has huge impact on the water level estimation of a river during the hydraulic analysis. Manning's roughness coefficient is usually used to describe a river's surface roughness and sinuosity in hydraulic modeling. This coefficient is usually determined empirically in the past, which is tedious and time-consuming. Therefore, the optimization algorithms become an effective tool for engineers to select the Manning's roughness coefficient.

The concept of simulated annealing algorithm (SA) is based on an analogy to crystallization process of the physical annealing from a high temperature state. Since SA has the Metropolis mechanism to escape local optimum trap, it has been applied to various types of optimization problems. In addition, the hydraulic model plays a crucial role for flood simulation and the WASH123D, an integrated multi-media, multi-processes and physics-based computational model suitable for various spatial-temporal scale, is selected in this study to simulate the water level. The purpose of this study is to integrate SA and WASH123D to develop a system for automatically identifying the optimal Manning's roughness coefficients of the reach according to the given upstream and downstream boundary conditions of the river. Firstly, the cross sections and related hydrological data of the river are collected for flood hydrograph simulation in WASH123D and make sure the model can be executed for the reasonable range of the Manning's roughness coefficient. Then, the system incorporates SA with WASH123D to identify the optimal Manning's roughness coefficient according to the objective function for minimizing the difference between observed and simulated water level. The system is applied to the Chuoshui River in Taiwan. Flood in two typhoon events is simulated and the flood hydrograph is analyzed in this study to find the optimal Manning's roughness coefficient. Results demonstrate that the system proposed in this study has feasibility to automatically identify the Manning's coefficient.

キーワード: Simulated annealing algorithm, WASH123D, Manning's roughness coefficient, Automatic identification system
Keywords: Simulated annealing algorithm, WASH123D, Manning's roughness coefficient, Automatic identification system

Groundwater levels and qualities in megacities of Korea Groundwater levels and qualities in megacities of Korea

YUN, Sang woong^{1*} ; JEON, Woo-hyun¹ ; LEE, Jin-yong¹
YUN, Sang woong^{1*} ; JEON, Woo-hyun¹ ; LEE, Jin-yong¹

¹Department of Geology, Kangwon National University, Republic of Korea

¹Department of Geology, Kangwon National University, Republic of Korea

This study was conducted to evaluate the groundwater levels and groundwater qualities in six metropolitan cities (Seoul, Busan, Daegu, Incheon, Daejeon and Ulsan) of Korea. For this purpose, we collected the groundwater level data of 2001-2011 from the Korean National Groundwater Monitoring Stations in the cities and semi-annual groundwater quality data analyzed by the Korean Ministry of Environment for the same period. Using these collected data, we analyzed the change in the water levels in and outskirt of the cities and in groundwater qualities in the cities. The groundwater levels in the outskirt were generally higher (0.84-15.66 m bgs), compared with those in the central part of the city (3.89-75.16 m bgs), and well responded with the seasonal rainfall (higher in the summer but lower in the winter). However, the groundwater levels in the central part of the city were largely affected by pavement, deep underground building such as subway, and artificial pumping, not by the seasonal effect. The six metropolitan cities showed ranges of 0-507 mg/L and 0-22,000 mg/L for NO₃-N and coliform, respectively. In addition, groundwater contamination with TCE (0.00-4.50 mg/L), PCE (0.00-0.48 mg/L) and 1.1.1 TCA (0.00-0.11 mg/L) was also found. The groundwater contamination with these contaminants was relatively severe especially in Seoul and Busan, which may be attributed to their high densities of populations and industrial facilities. This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (NRF-2011-0007232).

キーワード: groundwater levels, qualities, metropolitan cities, contaminants, Korea
Keywords: groundwater levels, qualities, metropolitan cities, contaminants, Korea

Variation in groundwater-stream water interaction with season: focus on water level, temperature and chemistry

Variation in groundwater-stream water interaction with season: focus on water level, temperature and chemistry

JEON, Woo-hyun^{1*}; YUN, Sang woong¹; LEE, Jin-yong¹
JEON, Woo-hyun^{1*}; YUN, Sang woong¹; LEE, Jin-yong¹

¹Department of Geology, Kangwon National University, Republic of Korea

¹Department of Geology, Kangwon National University, Republic of Korea

This study was conducted to reveal seasonal variations of the groundwater and stream water interaction in Gangwon province of Korea using analyses of measured water levels, water temperature and water chemistry from August to November of 2013. For measuring the water levels in the hyporheic zone, four piezometers (IYGW-1~4) were installed at depths of 0.830~1.565 m below stream bed, perpendicular to stream flow direction and the stream level was also measured at IYSW-1. The water level and water temperature were measured every hour using an automatic logger (DIVER). In addition, nearby groundwater, hyporheic water and stream water were collected for ion and stable isotope analyses in the wet (September) and dry seasons (November) along with field measurements of pH, EC, DO and ORP. The water levels of the piezometers generally increased with rainfall, and they were lower than the stream water level in September, indicating a losing stream, but the former was higher than the latter in November, indicating a gaining stream. The reversal of the heads occurred at October 10. The stream water temperature (IYSW-1), directly affected by the surrounding air, was between 0.9~22.9 °C with a large fluctuation. However, the hyporheic water (IYGW-4; 1.565 m depth) showed a small range of 13.2~17.8 °C. The water temperature at IYGW-4 was lower than those of the other piezometers but the reversal of the water temperatures also occurred at October, like the water levels. The groundwater, hyporheic water and stream waters were all classified as Ca-HCO₃ type by Piper diagram, which is indicative of effect of ambient air. The EC of IYGW-4 was the highest (136.7 μS/cm), indicating relatively higher influence of the groundwater. This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (NRF-2011-0007232).

キーワード: hyporheic zone, interaction, groundwater, piezometer, Korea

Keywords: hyporheic zone, interaction, groundwater, piezometer, Korea

Change of groundwater condition by operation of geothermal heat pump Change of groundwater condition by operation of geothermal heat pump

PARK, Youngyun¹ ; MOK, Jong-koo² ; PARK, Yu-chul² ; LEE, Jin-yong^{1*}
PARK, Youngyun¹ ; MOK, Jong-koo² ; PARK, Yu-chul² ; LEE, Jin-yong^{1*}

¹Department of Geology, Kangwon National University, Republic of Korea, ²Department of Geophysics, Kangwon National University, Republic of Korea

¹Department of Geology, Kangwon National University, Republic of Korea, ²Department of Geophysics, Kangwon National University, Republic of Korea

This study was conducted to evaluate the influence of open loop geothermal cooling and heating system (OLGCHS) and closed loop geothermal cooling and heating system (CLGCHS) on temperature and water level of local groundwater. For this study, groundwater temperature and level were measured daily using level logger at two sites where OLGCHS and CLGCHS are installed for approximately 30 months. In OLGCHS, fluctuation of groundwater temperature was similar to seasonal variation of ambient air temperature. However, this is not attributed to influence of air temperature. The groundwater temperature was fluctuated according the load of OLGCHS. The groundwater temperature was largely changed by operation of OLGCHS in summer compared to those in winter. These results represent that load of OLGCHS in summer is larger than that in winter. The groundwater levels were mainly controlled by precipitation and were slightly influenced by operation of OLGCHS. In CLGCHS, the groundwater temperature and level did not affected by operation of CLGCHS. The groundwater temperature was changed with 3°C. The groundwater level was mainly influenced by precipitation because groundwater is not used directly in CLGCHS. In addition, response of groundwater level for precipitation was slower than those at OLGCHS because of difference of hydraulic conductivity. These results show that groundwater temperature and level did not significantly changed by OLGCHS and CLGCHS. However, it is necessary that long-term monitoring of groundwater temperature and level at sites, where OLGCHS and CLGCHS are installed, because OLGCHS and CLGCHS can affect the hydrological properties of aquifer with scale and type of use of geothermal energy. This work is supported by the Energy Efficiency and Resources of the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) grant funded by the Korea government Ministry of Knowledge Economy (No.20123040110010) and by the Korean Ministry of Environment under "The GAIA project (No. 171-101-011)".

キーワード: open loop geothermal cooling and heating system, closed loop geothermal cooling and heating system, time series analysis, groundwater level, groundwater temperature, Korea

Keywords: open loop geothermal cooling and heating system, closed loop geothermal cooling and heating system, time series analysis, groundwater level, groundwater temperature, Korea

Impact of ground source heat pumps operation on groundwater condition Impact of ground source heat pumps operation on groundwater condition

KIM, Namju^{1*} ; PARK, Youngyun¹ ; JEON, Woo-hyun¹ ; YUN, Sang woong¹ ; LEE, Jin-yong¹
KIM, Namju^{1*} ; PARK, Youngyun¹ ; JEON, Woo-hyun¹ ; YUN, Sang woong¹ ; LEE, Jin-yong¹

¹1Department of Geology, Kangwon National University, Republic of Korea, ²Geo Engineering Co. Ltd
¹1Department of Geology, Kangwon National University, Republic of Korea, ²Geo Engineering Co. Ltd

This study was conducted to summarize status of installation of open loop geothermal cooling and heating system (OLGCHS) and to evaluate impact caused by its operation on groundwater condition. In this study, six facilities where OLGCHS is installed were considered. Groundwater is directly used in OLGCHS. The facilities considered in this study have been operated over two years. Groundwater temperature ranged from 6.0 to 24.2°C. Water temperature of natural groundwater and groundwater used to operating of OLGCHS showed difference of 5 to 9°C. pH and EC ranged from 7.5 to 9.1 and from 138 to 465 µS/cm, respectively. pH and EC of natural groundwater and groundwater used to operating of OLGCHS did not show significant difference. All groundwater meet Korean standard of water quality for domestic purpose. In addition, saturation indexes of most major dissolved components except H₄SiO₄ showed lower than 1. These results represent undersaturated condition and that there are no minerals which can be precipitated from groundwater used in OLGCHS. Consequently, impact of ground source heat pumps operation on groundwater condition do not observed. However, these monitoring have been conducted continuously because contamination by ground source heat pumps operation can occur in any time. This work is supported by the Energy Efficiency and Resources of the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) grant funded by the Korea government Ministry of Knowledge Economy (No.20123040110010).

キーワード: Heat pump, groundwater, ground source
Keywords: Heat pump, groundwater, ground source

源流域における降雨イベント規模に応じた河川流出機構の変化 Change of the stream discharge process affected by the rainstorm magnitude in the small headwater catchment

工藤 圭史^{1*}; 嶋田 純¹; 田中 伸廣²
KUDO, Keishi^{1*}; SHIMADA, Jun¹; TANAKA, Nobuhiro²

¹ 熊本大学大学院自然科学研究科, ² 熊本県庁
¹ Kumamoto University, ² Kumamoto prefecture office

地球温暖化に起因して降水量や降雨強度などの降雨イベント特性が増加しているため、世界中の地域で洪水や地滑りなどの災害が多く発生している。この変化は、水資源の在りかたを変えるかもしれない。本研究では地下水流出の割合と降雨規模の関係を理解するために、熊本県阿蘇山西麓台地に隣接する森林流域と牧草流域において 2012 年 7 月から 2013 年 11 月までのあいだの降雨イベントを対象に EC を用いてハイドログラフの二成分分離を実施した。河川水の EC は、EC ロガーを用いて各パーシャルフリュームにおいて 10 分間隔で記録した。これらの観測データと先行研究 (Onda et al., 2006; 一柳・加藤, 1998; Ichiyonagi et al., 1994; Iwagami et al., 2010; 大類ほか, 1992; 勝山ほか, 2000; Katsuyama et al., 2001) から、河川流出量・地下水流出の割合・降雨規模の関係についてまとめて検討を試みた。

総降水量が 9 mm から 727 mm で、ピーク雨量が 5 mm/h から 94 mm/h までの様々な規模の 18 回の降雨イベントを観測した結果、従来の観測研究において報告されている範囲の降雨規模では、地下水流出割合が降雨規模の増加に伴う減少傾向が認められ、従来の結果と一致していた。この場合、降雨の増加に伴う河川流出量は降雨起源の”新しい水”の増加によるものと考えられる。一方本研究では、従来の研究では観測されていない大降雨時の観測値が加わっており、総降水量が 200 mm でピーク時の雨量が 20 mm/h 以上の場合、地下水流出割合の増加してくる傾向が観測された。この規模の大降雨の場合、河川流出量の増大は地下水起源の”古い水”が押し出されて増加しているものと考えられた。本研究の観測結果から、降雨の規模が河川流出機構の形成に影響を与えていると考えられ、降雨規模に応じた二段階の分類を試みた。第一段階では、降雨開始前の河川流出の大部分は”古い水”によって形成されているが、降雨規模の増大に伴い河川水を占める”古い水”成分が徐々に減少し、総降水量が 200 mm 付近のイベントになると、河川水の大部分は降水成分を主体とする”新しい水”によって支配される。その後、総降水量が 200 mm を超えるような大降雨の場合には、これまでの傾向と逆に河川流出量の増加に伴い河川水中に占める地下水を主体とした”古い水”成分が増加する (第二段階)。

キーワード: 2 成分分離, 河川流出機構, 降雨規模, 地下水流出

Keywords: Two component hydrograph separation, Stream discharge process, Rainstorm magnitude, Groundwater discharge

水文学における変化・発達の視点に関する総合討論 General discussion on insight into change and evolution in hydrology

谷 誠^{1*}
TANI, Makoto^{1*}

¹ 京都大学農学研究科
¹ Graduate School of Agriculture, Kyoto University

洪水・渇水、水質変動などの水・物質循環の変動は、より時間的に長いスケール流域条件や気候変動の変化・発達の影響を受けている。そのため、これらの変動を地形・土壌・植生などに関する「現在」の条件だけから予測することには限界があり、「変化・発達」を考えることが水文学の今後の展開において重要である。こうした概念は、IAHS では PUB(Predictions in ungauged basins) に引き続く次の 10 年計画である Panta Rhei (万物は流転する) でも指摘され、広範な討議が要請されている。

また、われわれは、2011-15 年度の科研費を得て、植生成長、土壌層発達、地形発達の時間入れ子構造の流出影響について、独自に研究を行ってきた。

そこで、本セッションでは、これらの自然変化に、人為攪乱・管理など人間影響をも加え、各変化とその相互作用が水・物質循環に及ぼす影響に関する発表をもとに、今後の研究方向を討議したい。

キーワード: 総合討論
Keywords: general discussion

断層周辺の地下水ラドン濃度の特徴 Radon Concentration around Tachikawa Active Fault

角森 史昭^{1*}
TSUNOMORI, Fumiaki^{1*}

¹ 東京大学理学系研究科
¹ Graduate School of Science, University of Tokyo

本講演では、立川断層周辺の地下水（湧水・温泉水）のラドン濃度の特徴について報告する。

立川断層帯における30年以内の地震発生確率が、東北地方太平洋沖地震の後、0.5%から0.9%に上昇した（地震調査研究推進本部、http://www.jishin.go.jp/main/p_hyoka02.htm）。立川断層帯は、北西部の名栗断層と南東部の立川断層とが、東京都青梅市小木曾で接続して構成されている。われわれは、人口密集地を貫く立川断層に注目し、地下水溶存物質の観測によって断層断層の状態を監視したいと考えている。これまでに、断層周辺の地下水（湧水・温泉水）の水質の現状を把握するための調査を行ってきた。本講演では、地下水を涵養している帯水層内の空隙や亀裂の状態を検知すると考えられるラドン濃度について、立川断層との関係を議論したい。

2012年は、主に不圧帯水層からもたらされる湧水を重点的に調査した。2012年の表層湧水のラドン濃度の分布は、齋藤らによって調査された20年前のラドン濃度の分布と異なっていた。これは、多摩北西部の土地利用の形態の変化や大きな影響を与えていると推測された。結果として、表層湧水のラドン濃度の計測では、立川断層に関係した情報を得ることは難しいことが確認された（井出他 2013）。

2013年は、主に1500m以深の被圧帯水層からもたらされる温泉水を重点的に調査した。反射法による調査の結果（山口他 1998）によれば、多摩北西部の基盤の深さは、起点の瑞穂で250m、終点の府中で2000mであり、ほぼ直線的に深くなっていくと見られる。1500m以深の温泉水のラドン濃度の分布の調査はこれが初めてである。詳細は、下館らが「断層帯の化学」のセッションで報告するが、断層に近い温泉からは高いラドン濃度が検出され、断層から距離が離れるとラドン濃度が低くなることが観測された。これは、立川断層の構造と関係していると推測される。

なお、温泉の調査には、多くの方々に協力を頂いた。とりわけ、株式会社スパサンフジ様には、多大なるご協力を頂いた。ここに記して感謝を申し上げます。

キーワード: 地下水, 温泉, ラドン, 断層
Keywords: Grounwater, Hot Spring, Radon, Active Fault

年輪酸素同位体比による過去2千年間の本州中部における夏季降水量の年々変動の復元—歴史水文学への展開— Reconstruction of summer precipitation during last two millennia in central Japan by tree-ring oxygen isotope ratios

中塚 武^{1*}; 佐野 雅規¹; 許 晨曦¹; 大石 恭平²; 坂本 稔³; 中尾 七重⁴; 横山 操⁵; 樋上 昇⁶; 光谷 拓実⁷
NAKATSUKA, Takeshi^{1*}; SANNO, Masaki¹; XU, Chenxi¹; OHISHI, Kyohei²; SAKAMOTO, Minoru³; NAKAO, Nanae⁴; YOKOYAMA, Misao⁵; HIGAMI, Noboru⁶; MITSUTANI, Takumi⁷

¹ 総合地球環境学研究所, ² 名古屋大学環境学研究科, ³ 国立歴史民俗博物館, ⁴ 武蔵大学, ⁵ 京都大学農学研究科, ⁶ 愛知県埋蔵文化財センター, ⁷ 奈良文化財研究所

¹Research Institute for Humanity and Nature, ²Grad. Sch. Env. Studies, Nagoya Univ., ³National Museum of Japanese History, ⁴Musashi University, ⁵Grad. Sch. Agriculture, Kyoto Univ., ⁶Aichi Pref. Center for Archaeol. Operations, ⁷Nara Nat. Res. Inst. Cultural Properties

●はじめに

ダム建設や河川改修など、治水・利水の計画を立てていくためには、地球温暖化等に伴う将来の降水量の変動を的確に予測して行くことが必要である。一方で、降水量は人為的な影響がなくても、さまざまな時間スケールで自然変動するため、100年に一度、1000年に一度の大洪水の発生の可能性を、統計的に理解しておくことも重要である。近代的な気象・水文観測のデータは過去100年余りの長さしかなく、それ以前については古文書などが唯一の情報源であるが、古日記の天候記録から、降水量がある程度復元可能な江戸時代よりも以前の時代については、統計的な降水量変動の理解には、大きな制約があった。近年、日本や東南アジアなどの温暖湿潤地域において、樹木年輪のセルロース酸素同位体比が、当年の夏季降水量の変動を正確に記録していることが明らかとなり、アジアモンスーンの影響下にある各地で、長期に亘る降水量変動の年単位での復元が行われている。本研究では、中部地方と近畿地方から得られた、さまざまな時代の多数の木材年輪試料の酸素同位体比を元にして、過去2千年以上に亘る夏季降水量の年々変動を復元し、その歴史的・水文学的意味について考察した。

●年輪酸素同位体比による降水量復元の原理

セルロースは、樹木の葉内で光合成された糖類を元に作られるため、その酸素同位体比は、葉内水の酸素同位体比の変動を記録している。葉内水の酸素同位体比は、「降水の酸素同位体比」と「相対湿度」の線形結合で示されるが、降水同位体比とは正の相関、相対湿度とは気孔からの軽い酸素原子の水蒸気の優先的蒸散を介して負の相関がある。日本のような中・低緯度の湿潤地域では、降水量が少ない時には、降水の酸素同位体比は高くなり（雨量効果）、相対湿度は低くなるので、両因子を介して、葉内水の酸素同位体比は高くなる。つまり葉内水、更には年輪セルロースの酸素同位体比は、降水量と強い負の相関を持ち、過去数千年に亘って、光合成が生じた夏季の降水量の変動を記録している訳である。

●降水量復元に用いた年輪試料と分析方法

樹木の樹齢は、一般に数百年以下であるため、過去2千年を越える信頼できる年輪酸素同位体比の時系列データを構築するためには、現生木だけでなく、古い建築物の用材や、遺跡からの発掘材、土砂崩れなどによる埋没木など、さまざまな時代の多様な木材からデータを集める必要がある。本研究では、長野、岐阜、愛知、滋賀、奈良などの酸素同位体比の変動パターンがよく一致する本州中央部の各地から、多数の樹試料を得て、年輪セルロースの酸素同位体比を測定し、酸素同位体時系列のパターンマッチングにより、それらのデータを相互に接続し、統計的にも信頼できる2千年を越える酸素同位体比の連続時系列データを得た。分析に際しては、木材から木口面に平行に厚さ1mmの薄板を切り出し、板のままセルロース抽出に供して、セルロース繊維の集合体となった板から年層を1枚ずつ切り出して、熱分解元素分析計と同位体比質量分析計のオンライン装置を用いて、その酸素同位体比を測定した。

●復元の信頼性と歴史水文学への応用

得られた年輪セルロースの酸素同位体比時系列は、近代の気象観測データや、近世の古日記から推定された梅雨期降水量、中世の洪水や干ばつの記録、古代の低地集落における竪穴住居数の変遷など、さまざまな降水量に関連した気象学的・歴史的・考古学的記録とよく一致しており、セルロース酸素同位体比が、過去の夏季降水量変動の記録として、時代を越えて有効であることが明らかになった。一方で、残念ながら樹齢には、その生育期間中、年輪酸素同位体比が、平均的に低下し続けるという樹齢効果が認められ、その補正を行った結果、200年以下の変動周期のデータは得られても、数百年以上の長周期の変動を、ヒノキの酸素同位体比を使って議論することは難しいことも分った。復元された夏季降水量の変動を、古文書に書かれている近畿各地における河川の洪水記録等と比較してみると、平安時代には、鴨

AHW25-02

会場:414

時間:5月2日 09:15-09:30

川や桂川の洪水発生頻度と年輪酸素同位体比の関係が10年スケールで良く合致するのに対して、江戸時代になると、木津川では良く合致する反面、集水域が狭く開発が進んだ鴨川では一致が見られず、上流の琵琶湖の影響を受ける宇治川ではその中間の傾向があるなど、人為的な治水や利水への取り組み、或いは集水域での森林伐採などが、降水量と洪水の因果関係に深く影響していることが見て取れた。今後、日本各地の過去数千年に亘る降水量の変動を年単位で詳しく復元していくことで、その変動の周期性を詳しく解析できると共に、洪水や干ばつへの人間社会の応答について、歴史的・考古学的な詳細な解析が可能になって行くものと思われる。

キーワード: 過去2千年, 夏季降水量, 中部日本, 樹木年輪, 酸素同位体比
Keywords: two millennia, precipitation, central Japan, tree ring d18O

同位体領域モデルによって推定された冬季日本列島における水蒸気の起源 Water vapor origins in all over Japan in winter simulated by the regional isotope circulation model

田上 雅浩^{1*}; 一柳 錦平¹; 芳村 圭²; 嶋田 純¹
TANOUE, Masahiro^{1*}; ICHIYANAGI, Kimpei¹; YOSHIMURA, Kei²; SHIMADA, Jun¹

¹ 熊本大学大学院自然科学研究科, ² 東京大学大気海洋研究所

¹Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, ²Atmosphere and Sea Research Institute and Institute of Industrial Science, University of Tokyo

本研究では、水の安定同位体 ($\delta^{18}\text{O}$ 、 δD) を導入した領域モデルを用いて冬季日本列島における水蒸気の起源を推定した。計算期間は 2000 年から 2010 年までで行った。モデルは冬季の降水量および安定同位体比の空間分布を良く再現していた。計算された海面気圧は冬季モンスーン型 (WM型) と低気圧型 (EC型) の 2 つに分けた。WM型では、降水量は日本海側で多く、太平洋側で少なかった。降水 $\delta^{18}\text{O}$ の空間分布は、太平洋と日本海では緯度が高いほど $\delta^{18}\text{O}$ が低かった。降水と蒸発水の d-excess の空間分布は、日本周辺域で 16 ‰以上で、特に太平洋と日本海では 22 ‰を超えていた。WM型では、日本海起源の水蒸気は沖縄を除く日本列島における主な水蒸気の起源であった。興味深いことに、その水蒸気の一部は太平洋まで輸送されていたが、太平洋側では降水量が少ないため、日本海起源の水蒸気は太平洋側の降水としてほとんど寄与していなかった。その一方、EC型における降水量は日本全国で多かった。降水 $\delta^{18}\text{O}$ の空間分布は、太平洋と日本海では緯度が高いほど $\delta^{18}\text{O}$ が低く、日本列島では降水量が多いため同緯度の海上の降水より低かった。降水と蒸発水の d-excess の空間分布は、東シナ海西部を除いて 14 ‰以下であった。EC型では、太平洋起源の水蒸気が日本全国に卓越していた。WM型とEC型とで降水 $\delta^{18}\text{O}$ と d-excess を比較したところ、日本海側ではWM型に降水 $\delta^{18}\text{O}$ が 2 ‰以上、降水 d-excess が 8 ‰以上高いことがわかった。

キーワード: 降水の安定同位体比, 水蒸気の起源, 同位体領域モデル, 日本全国

Keywords: stable isotopes in precipitation, water vapor origins, regional isotope circulation model, in all over Japan

2013年に観測した日本全国の降水安定同位体比の初期解析の結果 Preliminary results of the stable isotopes in precipitation throughout Japan observed in 2013

一柳 錦平^{1*}; 田上 雅浩²

ICHIYANAGI, Kimpei^{1*}; TANOUE, Masahiro²

¹ 日本水文学会同位体マッピングワーキンググループ, ² 熊本大学

¹ Isotope Mapping Working Group, JAHS, ² Kumamoto University

Stable isotopes in precipitation are used for a proxy of climate change, which is related with temperature or precipitation amount. By using the atmospheric general circulation model with stable isotopes in water, water vapor origins (where the water vapor evaporated from?) can be estimated to determine the air mass transportation process. There are a lot of studies to observe stable isotopes in precipitation at only one or a few places in Japan. Tanoue et al. (2013) revealed seasonal variation and spatial distribution of stable isotopes in precipitation over Japan from the previous observational data at about 50 stations. However, spatial and temporal variations of stable isotopes in precipitation across Japan are still unknown, because a specific site and an observation period are different among the previous studies. Intensive observation of stable isotopes in precipitation over the whole Japan is required during the same period.

The Isotope Mapping Working Group of Japanese Society of Hydrological Sciences was conducted intensive observation of stable isotopes in precipitation throughout the year in 2013 (IOP2013). More than 2,000 precipitation samples are already collected at about 50 stations, and are analyzing its stable isotopic ratios by the Isotope Ratio Mass Spectrometer (Delta-V, Thermo Scientific) in Kumamoto University. Stable isotopic ratios in precipitation across Japan will be considered the relationships with locations (i.e. latitude, altitude, and distance from the coastline) and meteorological elements (i.e. temperature, precipitation amount, winds, specific humidity). Also, water vapor origins are estimated by using atmospheric general circulation model with stable water isotopes. Finally, the equations to reproduce stable isotopic ratios in precipitation at a specific place in Japan will be determined by its location and/or meteorological elements. It's a useful for the paleo-climate change as a proxy data of temperature and/or precipitation amount in the past.

In this study, we present the preliminary result of the IOP2013.

Keywords: Stable isotopes in precipitation, d-excess, Japan, IOP2013

Tracking phosphorus sources and cycling in freshwater: stable isotope approach Tracking phosphorus sources and cycling in freshwater: stable isotope approach

CID, Abigail^{1*}; SONG, Uhran¹; TAYASU, Ichiro¹; OKANO, Jun-ichi¹; TOGASHI, Hiroyuki²; ISHIKAWA, Naoto F.⁵; MURAKAMI, Aya¹; HAYASHI, Takuya⁴; IWATA, Tomoya⁴; OSAKA, Ken-ichi³; NAKANO, Shin-ichi¹; OKUDA, Noboru¹
CID, Abigail^{1*}; SONG, Uhran¹; TAYASU, Ichiro¹; OKANO, Jun-ichi¹; TOGASHI, Hiroyuki²; ISHIKAWA, Naoto F.⁵; MURAKAMI, Aya¹; HAYASHI, Takuya⁴; IWATA, Tomoya⁴; OSAKA, Ken-ichi³; NAKANO, Shin-ichi¹; OKUDA, Noboru¹

¹Ctr Ecol Res, Kyoto Univ, ²Field Sci Educ Res Ctr, Kyoto Univ, ³Univ Shiga Pref, ⁴Dept Ecol Syst Engineer, Univ Yamanashi, ⁵JAMSTEC

¹Ctr Ecol Res, Kyoto Univ, ²Field Sci Educ Res Ctr, Kyoto Univ, ³Univ Shiga Pref, ⁴Dept Ecol Syst Engineer, Univ Yamanashi, ⁵JAMSTEC

Stable isotope technique is increasingly used to provide ecological information to understand biological cycling and tracking environmental pollutants. The technique used for tracing phosphorus (P) in water is primarily based on the possibility of distinguishing the different P inorganic sources by phosphate oxygen isotopic signatures ($\delta^{18}\text{O}_p$) [1]. To date, there are only few studies to examine P cycling on watershed scales using the phosphate oxygen isotope analysis.

Here we aim to characterize individual $\delta^{18}\text{O}_p$ signatures of water, natural sources and potential anthropogenic sources in the Yasu River, the largest tributary river in the Lake Biwa Watershed. Special attention was paid to identify primary sources of P loadings in the Yasu River, associating with the land use pattern in its each catchment.

Materials & Methods

We collected river waters from 19 sites across the mainstream of Yasu River and its branches, whose catchment areas greatly vary in land use pattern. We also gathered water samples from 8 sewage treatment plants, 2 agricultural waste water plants and one livestock farm as point sources of anthropogenic P. We regarded phosphate fertilizers and sewage treatment plant waste waters as indicators for agricultural and domestic non-point P sources, respectively. We also collected sand from the riverbed of 5 headwaters as natural P sources. The sand samples were acid extracted to desorb dissolved inorganic phosphates [2]. These samples were treated with magnesium-induced coprecipitation (MagIC) method for phosphate extraction and then converted to silver phosphate after purification through the sequence of resin separation and precipitation [1,3]. We determined $\delta^{18}\text{O}_p$ for each of these silver phosphate samples using a thermal conversion elemental analyzer coupled to a continuous flow isotope ratio mass spectrometer via a helium stream.

We constructed an isotopic mixing model to estimate the relative contribution of individual P sources in each catchment.

Results & Discussion

A wide range of $\delta^{18}\text{O}_p$ in river water was detected. This indicates that this technique is a promising tool to trace P sources in the watershed ecosystems.

The isotopic mixing model showed that urban land use accounted for spatial variation in the relative contribution of domestic P loadings though there were some uncertainty in the model simulation.

[1] Young et al. (2009) Environ. Sci. Technol, 43:14, 5190-5196

[2] Tamburini et al. et al. (2010) Eur J Soil Sci, 61, 1025-1032

[3] McLaughlin et al. (2004) Limnol. Oceanogr. : Methods 2, 204-212

キーワード: Biological recycling, Eutrophication, Land use, Non-point phosphorus loading, Phosphate oxygen isotope analysis
Keywords: Biological recycling, Eutrophication, Land use, Non-point phosphorus loading, Phosphate oxygen isotope analysis

白神山地における河川水、湧水の安定同位体マップ Stable isotopic map of spring water and surface water in the Shirakami Mountains, Japan

網田 和宏^{1*}; 三浦 巧也¹; 林 武司²
AMITA, Kazuhiro^{1*}; MIURA, Takuya¹; HAYASHI, Takeshi²

¹ 秋田大学大学院工学資源学研究科地球資源学専攻, ² 秋田大学教育文化学部

¹Department of Earth Science & Technology Faculty of Engineering and Resource Science Akita University, ²Faculty of Education and Human Studies, Akita University

白神山地は青森県南西部と秋田県北西部にまたがる山岳地帯の総称である。本山岳地域における純度の高い原生的なブナ林を主体とする独自の生態系が高く評価され、1993年12月には世界遺産（自然遺産）に登録された。また、1995年に策定された「白神山地世界遺産地域管理計画」によって核心地域（面積10,139 ha）は原則として入山が禁止されており、現在は人間活動による直接的な影響を受けていない状況にある。

しかしその一方で、近年では酸性雨による生態系への影響等が懸念されるなど、大気降下物中に含まれる人為起源物質による山地・森林環境中への窒素付加量の増加が問題となりつつある。我々は、2011年より白神山地の渓流水、湧水を主な対象として、水の主要化学組成および水素・酸素安定同位体比測定を行い、水の起源や涵養プロセスに関する検討を進めてきた。現在までに白神山地南部域の49地点、北西地域の20地点において採水し、各種水質項目の分析を行っている。

採取した水試料の $\delta\text{-}^{18}\text{O}$ および $\delta\text{-D}$ は $-8.2\text{‰} \sim -11.5\text{‰}$, $-48.8\text{‰} \sim -64.8\text{‰}$ の範囲の値をとっており、現在までに得られている全てのデータを用いて求めた回帰直線は $\delta\text{-D} = 5.7\delta\text{-}^{18}\text{O} + 1.7$ ($R^2 = 0.88$) となった。これに対して白神山地西部（日本海側）の試料のみを用いて求めた場合には $\delta\text{-D} = 6.0\delta\text{-}^{18}\text{O} + 0.5$ ($R^2 = 0.98$) の関係が示され、山地の西部や東部など採水地域の違いにより、それぞれ高度効果の影響が異なっている可能性が示唆された。また、同一地点で複数回の採水を実施して得た試料では、春季・秋季（6月・11月）の $\delta\text{-D}$ ・ $\delta\text{-}^{18}\text{O}$ 値に比べて夏季（8月、9月）の方が低い値をとっており、採水時期の違いによっても同位体比が異なることが確認された。

キーワード: 白神山地, 安定同位体マップ

Keywords: The Shirakami Mountains, Stable isotope map

富士北麓の湧水と硝酸イオンの起源の検討 Source of spring water and nitrate in northern foot of Mt.Fuji

中村 高志^{1*}; 長谷川 達也²; 山本 真也²; 内山 高²
NAKAMURA, Takashi^{1*}; HASEGAWA, Tatsuya²; YAMAMOTO, Shinya²; UCHIYAMA, Takashi²

¹ 山梨大学・国際流域環境研究センター, ² 山梨県環境科学研究所

¹ICRE, University of Yamanashi, ²Yamanashi institute of environmental Sciences

Water chemistry of spring water in Northern foot of Mt. Fuji is discussed with special reference to its source of water and nitrate. Monthly spring water and river water samples were collected from 8 springs and 7 locations of the 3 rivers, from June 2013 to January 2014. Land use of the study area are urban located about <1000m, forest distributed >1000m and forest limit is about 2500m. The oxygen isotope range of all spring water samples shows temporal variation (>1.0 permil), which suggests the possibility of the water changes of groundwater water recharge elevation. The nitrate-nitrogen concentration ranges from 0.2 to 1.8 mg/L and from 0.1 to 2.2 mg/L in river water and spring water samples respectively. Similarly, nitrate-nitrogen isotope values ranges from 2.7 to 9.9 permil and 1.4 to 10.4 permil in river water samples and spring water samples respectively. Although nitrate concentration was low, nitrogen isotope values overlaps with forest soil nitrogen and sewage or manure nitrogen. This trend suggests that the recharge elevation of the spring water might spread across a wide area. This presentation will discuss about recharge processes of the spring water including temporal variation of the isotopic values and water quality.

キーワード: 富士山, 湧水, 水の酸素・酸素安定同位体, 硝酸イオンの窒素・酸素安定同位体

Keywords: Mt.Fuji, spring water, oxygen and hydrogen isotopes in water, nitrogen and oxygen isotopes in nitrate

河口湖の湖底直上水の安定同位体比とバナジウム濃度の空間分布 Spatial distribution of vanadium concentrations and water isotopes in lake bottom water from Lake Kawaguchi

山本 真也^{1*}; 長谷川 達也¹; 吉澤 一家²; 中村 高志³; 内山 高¹
YAMAMOTO, Shinya^{1*}; HASEGAWA, Tatsuya¹; YOSHIZAWA, Kazuya²; NAKAMURA, Takashi³; UCHIYAMA, Takashi¹

¹ 山梨県環境科学研究所, ² 山梨県衛生環境研究所, ³ 山梨大学国際流域環境研究センター

¹Yamanashi Institute of Environmental Sciences, ²Yamanashi Institute for Public Health, ³International Research Center for River Basin Environment, University of Yamanashi

Spatial distribution of vanadium concentrations was examined in bottom water from Lake Kawaguchi, on the northern foot of Mt. Fuji, in order to test the hypothesis that the water outflow from underwater springs in Lake Kawaguchi could affect the vanadium concentrations of lake water. The samples were collected from the east lake basin and the Funatsu lake basin on July 14-August 2, 2005, and from the west lake basin on November 1 and October 31, 2013. Vanadium concentrations in the bottom water from Lake Kawaguchi range from 0.66 $\mu\text{g/L}$ to 3.18 $\mu\text{g/L}$. Because vanadium concentration in precipitation is generally $<0.1 \mu\text{g/L}$, the variations are most likely attributed to the dilution of the lake water due to precipitation, and/or the input of water masses with high vanadium content. Although the concentrations of vanadium are significantly lower than those in the groundwater of the Mount Fuji, we found a relatively vanadium-enriched water mass along the southern coast of the west lake basin, off coast of Higashiken lava flow from Mount Fuji. The area matches well with the potential location of underwater springs in Lake Kawaguchi, and the lack of any riverine input around the area suggests that a water mass with relatively high vanadium concentration is likely provided from underwater springs that are located in off coast of the basaltic lava flow of Mount Fuji. We also plan to discuss the source of underwater springs based on stable water isotope ratios in the presentation.

キーワード: 河口湖, バナジウム, 水安定同位体比, 富士山

Keywords: Kawaguchiko, vanadium, stable water isotopes, Mount Fuji

羊蹄山麓湧水への火山ガスの寄与に関する検討 Contribution of volcanic gas to spring waters in the Mt. Yotei.

草野 由貴子^{1*}; 安原 正也²; 浅井 和由³; 稲村 明彦²; 高橋 浩²; 森川 徳敏²
KUSANO, Yukiko^{1*}; YASUHARA, Masaya²; ASAI, Kazuyoshi³; INAMURA, Akihiko²; TAKAHASHI, A., Hiroshi²; MORIKAWA, Noritoshi²

¹ 東京大学, ² 産業技術総合研究所, ³ 株式会社地球科学研究所

¹The University of Tokyo, ²Geological Survey of Japan, AIST, ³Geo science Laboratory Co. Ltd.

羊蹄山は西南北海道に位置する標高約 1893m の成層火山であり、山麓部には多くの湧水が存在している。これらの多くの湧水は標高 200~260m に分布し、羊蹄山の火山噴出物とその基盤を成す留寿都層との境界部から湧出している(山口・佐藤, 1971)。北~東~南麓側は羊蹄山から噴出された火山降下物及びその再堆積物に広く覆われている一方、西麓側には複数の寄生火山が存在し、その活動に伴って噴出した溶岩流が分布している(勝井, 1956)。羊蹄山麓湧水に関しては、既往研究によりその水質組成や流量の特性について議論がなされてきている。それらの研究によると、東~南麓には湧出量の多い湧水が分布し、それらの溶存成分が低い一方で、西麓には湧出量の少なく、溶存成分の多い湧水が分布し、湧水の流量、水質組成の分布に特徴がみられることが明らかにされている(山口・佐藤, 1971; 山口, 1972; 鶴巻, 1989)。また、西麓側の湧水では HCO_3^- 濃度および遊離 CO_2 濃度の高い湧水がみられ、水温も高い傾向にあることから、西麓側の湧水への火山ガスの影響が指摘されている(山口・佐藤, 1971; 鶴巻, 1989)。しかし、山麓湧水への火山ガスの寄与の有無や実態は明らかにされていない。本研究では 2013 年 8 月の現地調査にて山麓湧水を採水し、それらの主要溶存成分、酸素・水素安定同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$ ・ δD)、炭素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$)、ヘリウム濃度、ヘリウム安定同位体比 ($^3\text{He}/^4\text{He}$) の分析を行った。今回の発表では、羊蹄山麓に湧出する湧水への火山ガスの寄与について、過去の研究との結果の比較に加え、同位体組成をもとに検討を行った結果について報告する。

本研究で採取した湧水の溶存成分濃度は、山口・佐藤 (1971) や鶴巻 (1989) によって得られた結果とほぼ同様であり、多くの湧水は Ca-HCO_3 型、もしくは Na-HCO_3 型を示した。また、東~南麓側の湧水の主要溶存成分濃度は低く、西麓側では高い傾向にあり、西麓側では HCO_3^- 濃度および遊離 CO_2 濃度が高い傾向も一致していた。無機溶存炭素の $\delta^{13}\text{C}$ は東~南麓で約 -21.7~-17.7‰であったのに対し、西麓側の湧水では約 -18.1~-3.0‰を示し、湧水的全炭素濃度が高いほど、無機溶存炭素の $\delta^{13}\text{C}$ が高くなる傾向が見られた。この結果は、起源の異なる無機溶存炭素が混入していることを示唆している。湧水は羊蹄山の火山噴出物中を流動してきた地下水であると考えられるため、地下水中への海成炭酸塩の寄与は考えにくい。 $\delta^{13}\text{C}$ と全炭酸濃度の逆数の関係を見ると、湧水の値は土壌起源 CO_2 と火山ガス起源 CO_2 との混合を示す範囲内の値を示し、 $\delta^{13}\text{C}$ および全炭酸濃度が高い湧水ほど火山ガス起源 CO_2 の寄与が高くなる傾向が見られた。これらの結果から、湧水は火山ガス起源の CO_2 の混入により高い全炭素濃度および $\delta^{13}\text{C}$ を示したことが示唆された。一方で、湧水の水素・酸素安定同位体比は全て天水線に沿った値をとるため(産総研未公表データ)、水そのものは天水起源であり、マグマ水は殆ど混入していないと考えられる。西側の湧水への火山ガスの混入がより強く示唆された要因については現時点では明らかではないが、西麓側には寄生火山が分布しており、山口・佐藤 (1971) では寄生火山の影響を指摘している。今後は、ヘリウム安定同位体比、および地下水年代指標等を用いて、地下水流動系の相異と火山ガスの寄与の関係についても検討していく予定である。

引用文献

勝井義雄, 1956. 5万分の1地質図幅説明書, 留寿都, 付録. 北海道開発庁, p14.

鶴巻道二, 1989. 地下水学会誌, 31, 3, 165-173.

山口久之助・佐藤巖, 1971. 羊蹄山麓湧泉調査報告, 北海道立地下資源調査所, 27p.

山下久之助, 1972. 地学雑誌, 81, 4-20.

羊蹄山の山麓湧水の涵養標高と滞留時間 Estimation of recharge elevation and residence time for springs in Mt. Yotei

浅井 和由^{1*}; 安原 正也²; 草野 由貴子³; 稲村 明彦²; 森川 徳敏²; 高橋 浩²
ASAI, Kazuyoshi^{1*}; YASUHARA, Masaya²; KUSANO, Yukiko³; INAMURA, Akihiko²; MORIKAWA, Noritoshi²; TAKA-
HASHI, Hiroshi²

¹ 地球科学研究所, ² 産業技術総合研究所, ³ 東京大学

¹Geo science laboratory, ²AIST, ³University of Tokyo

羊蹄山は、北海道後志地方南部に位置する標高 1,898m の第四紀成層火山である。成層火山らしい見事な円錐形の山体形状を有し、蝦夷富士と形容される。本家富士山と同じく、火山体の透水性は非常に高く、山体地下水の大部分は、標高 250m 付近の山麓部から湧水として流出する。山麓湧水については古くから水文化化学的な調査が行われており、山体の東側と西側では湧水の流量・水温・水質の分布に顕著な違いがあり、東側の湧水を形成する地下水流動系の規模が相対的に大きいと推察されている (山口, 1972)。本研究では、湧水の涵養標高や滞留時間を見積もり、地下水流動系の規模を定量的に明らかにすることを目的としている。2013 年 8 月に山麓湧水 14 地点において採水を実施し、酸素・水素安定同位体比と年代トレーサー (³H, CFCs, SF₆) 濃度を測定した。湧水の水素同位体比は、-80~-72 ‰の範囲にある。この地域の地下水涵養線 (産総研未公表データ) を利用すると、湧水の平均涵養標高は 500m~1000m と見積もられる。地域的にみると、北麓や南麓の湧水において涵養標高が高い傾向 (750m 以上) が認められる。湧水の CFCs, SF₆ 濃度は、いずれも大気溶解によって説明できる範囲内にあり、全地点で CFCs, SF₆ に基づく年代推定が可能であった。トレーサープロット (CFC-12 vs CFC-11, CFC-12 vs SF₆) によって地下水の流動様式を検討した結果、ピストン流モデルよりも指数関数モデルの方が適していると判断された。指数関数モデルによって得られた山麓湧水の平均滞留時間は 11 年~35 年の範囲にあり、平均涵養標高が高く、地下水の平均流動距離が長い湧水において、平均滞留時間が長い傾向が認められた。発表ではトリチウムの結果を加えた総合的な地下水年代に加え、山体内の地下水貯留量と水理地質特性との関係について検討した結果を紹介する予定である。

キーワード: 羊蹄山, 湧水, 涵養標高, 滞留時間, 年代トレーサー

Keywords: Mt. Yotei, spring, recharge elevation, residence time, transient tracer

三瓶山とその周辺の地下水の同位体的特徴 Isotope characteristics of groundwater in and around Mt. Sambe, an active volcano in western Japan

安原 正也^{1*}; 鈴木 秀和²; 浅井 和由³; 稲村 明彦¹; 山本 純之⁴; 森川 徳敏¹; 高橋 浩¹; 高橋 正明¹; 風早 康平¹; 北岡 豪⁵

YASUHARA, Masaya^{1*}; SUZUKI, Hidekazu²; ASAI, Kazuyoshi³; INAMURA, Akihiko¹; YAMAMOTO, Atsushi⁴; MORIKAWA, Noritoshi¹; TAKAHASHI, Hiroshi¹; TAKAHASHI, Masaaki¹; KAZAHAYA, Kohei¹; KITAOKA, Koichi⁵

¹ 産業技術総合研究所, ² 駒澤大学, ³ 地球科学研究所, ⁴ 近畿大学, ⁵ 岡山理科大

¹Geological Survey of Japan, AIST, ²Komazawa University, ³Geo Science Laboratory, ⁴Kinki University, ⁵Okayama University of Science

島根県東部に位置する三瓶山は主にデイサイトから構成される活火山であり、4 × 6km 程度の大きさのカルデラを有する。カルデラ内には標高 1126m の男三瓶や孫三瓶山をはじめとする中央火口丘（溶岩円頂丘）と、それらを取り巻く崖錐や火砕流堆積物が広がる。カルデラ外部には、早水川、角井川、伊比谷川、伊佐川、三瓶川、大江川等のカルデラからの流出河川によって開析された花崗岩類からなる低い山地が続いている。このような三瓶山と周辺域において、水源井（もっとも深い井戸で深度 70m 程度）、湧水、温泉井を対象とした水文調査を 2012 年と 2013 年に実施し、地下水の一般水質、酸素・水素同位体、炭素同位体、ヘリウム同位体の測定を行った。その結果、地下水の水質・同位体的な特徴と地域性が明らかになった。また、中央火口丘群の南麓と東麓では、浅層地下水系への火山性流体の活発な混入が生じている可能性が示唆された。これらの内容について報告する。

一般水質からは、中央火口丘群の南麓と東麓にあたる志学、東の原、角井地区の地下水は Na-Cl 型もしくは Na-HCO₃・Cl 型の組成を示し（カルデラ内の他の地域は Ca-HCO₃ 型か Na-HCO₃ 型）、さらに溶存成分濃度も顕著に高いという地域性が明らかになった。

酸素同位体比と水素同位体比はそれぞれ -8.9 - -8.1 ‰ δ¹⁸O, -51 - -46 ‰ δD と非常に狭い範囲の値を示し、カルデラ内の地下水に明確な地域差は認められなかった。この結果は、三瓶山の中央火口丘群では地下水の主涵養標高には山麓毎に大きな差はなく、それぞれの山麓の地下水の流動距離が似通っていることを示唆していると考えられる。

一方で志学、東の原、角井地区の地下水は炭素同位体比が -9 - -5 ‰ δ¹³C と、他の地域と比べて高い値を有することがわかった。同時に全炭酸濃度も明らかに高く、炭素同位体比と全炭酸濃度プロットにおいて地下水は火山性流体（-5 ‰ δ¹³C 前後）と降水浸透水（-21 - -19 ‰ δ¹³C）を結ぶ混合ライン上に分布する。このことから、中央火口丘群の南麓から東麓にかけての地下水には火山性流体の混入が生じているものと判断された。これは、地下水が Na-Cl 型もしくは Na-HCO₃・Cl 型という塩化物イオンに富んだ水質を呈する（前述）こととも整合的である。同地域は地質的には中央火口丘群の中でもっとも形成時期の古い日景山溶岩の分布域とほぼ重なる。当日は、温泉水の分析データや現在測定を進めているヘリウム同位体の結果を加味することによって、三瓶山と周辺の地下水の流動系や水質形成プロセスについて地質学的な側面も含めて議論したい。

キーワード: 活火山, 地下水, 水質, 同位体, 火山性流体

Keywords: active volcano, groundwater, water chemistry, isotopes, volcanic fluid

希ガス水文学的な見地から見た関東平野高塩濃度地下水の起源について Origin of the high-chloride groundwater in the central part of the Kanto Plain from the viewpoint of noble gas hydrology

森川 徳敏^{1*}; 安原 正也¹; 林 武司²; 宮越 昭暢¹; 稲村 明彦¹; 高橋 正明¹; 仲間 純子¹
MORIKAWA, Noritoshi^{1*}; YASUHARA, Masaya¹; HAYASHI, Takeshi²; MIYAKOSHI, Akinobu¹; INAMURA, Akihiko¹;
TAKAKASHI, Masaaki¹; NAKAMA, Atsuko¹

¹ 産業技術総合研究所, ² 秋田大学

¹ Geological Survey of Japan, AIST, ² Akita University

関東平野には、高塩化物イオン濃度 (Cl^- ; 最大で 450mg/l 程度) によって特徴づけられる被圧地下水が、主に 1) 埼玉県東部の平野部 (関東平野中央域)、2) 群馬県南東部の太田市から館林市にかけての地域、3) 茨城県南部から千葉県北部にかけての小貝川・利根川沿いの地域などにおいて認められ、水温、水質、各種同位体の分布、成因に関する研究が進められている (たとえば、林, 2003; 2004; 宮越ほか, 2003; Yasuhara et al., 2007; 安原ほか, 2011; 宮越・林, 2012)

このうち、関東平野中央域の高 Cl 濃度地下水は、分布域の南西端を綾瀬川断層付近とし、幅約 10km 長さ約 35km (北西~南東方向) のいわゆる元荒川構造帯 (清水・堀口, 1981) とほぼその分布域が重なる。構造帯内部の上部-中部上総層群相当層 (深さ 200m-430m 付近) に最大で 216mg/l の Cl 濃度を有する被圧地下水が認められ、 Cl 濃度が概ね数 10mg/l 以下の構造帯外部の地下水とは対照的な特徴を有する。 Cl の起源は、放射性塩素同位体 ($^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$) の結果より上総層群堆積時に地層中に取り込まれた海水ではなく、より新しい時代の海水にその起源がある可能性が示唆されている (安原ほか, 2011)。一方、溶存希ガスに関する研究からも、元荒川構造帯内の地下水はヘリウム濃度 (^4He) が高いことで周囲の地下水と大きく異なり、 ^4He 濃度と Cl 濃度により正の相関が見られている。 ^4He - Cl 濃度の相関および、ヘリウム同位体比 ($^3\text{He}/^4\text{He}$) の特徴より、この元荒川構造帯内の地下水は、a) ^4He 濃度が低く、 Cl 濃度が数 mg/l 程度の地下水と、b) $^3\text{He}/^4\text{He}$ が帯水層より生成されるヘリウムに比べて明らかに高いヘリウムを多く含む高 Cl 濃度成分との混合であることが示されている (森川ほか, 2006)。

本研究では、関東平野中央域の上部-中部上総層群相当層に賦存する高 Cl 濃度地下水の Cl と水の起源をはじめとする地下水システムをさらに詳細に明らかにすることを目的に、群馬県南東部の高 Cl 濃度地下水および、関東平野深層地下水 (温泉) の希ガス組成分布を明らかにした。その結果、元荒川構造帯周辺の温泉の $^3\text{He}/^4\text{He}$ は、上位に位置する上部-中部上総層群相当層に賦存する高 Cl 濃度地下水に比べて低い結果が得られた。このことは、関東平野中央域において、高 Cl 濃度地下水胚胎層と温泉胚胎層間の鉛直方向の交流の可能性が低いことを示している。一方、群馬県南東部の高 Cl 濃度地下水は、 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 、 ^4He - Cl 濃度の相関ともに元荒川構造帯内の高 Cl 濃度地下水に近い傾向を示す地点が見られた。このことは、両地域の地下水の間に水平方向の水文学的連続性が存在することを示唆しているものと考えられる。

【引用文献】 林 (2003) 日本水文科学会誌, 33, 53-70; 林 (2004) 日本水文科学会誌, 34, 217-226; 清水・堀口 (1981) 地質学論集, 20, 95-102; 宮越ほか (2003) 日本水文科学会誌, 33, 137-148; 森川ほか (2006) JPGU; Yasuhara et al. (2007); 安原ほか (2011) JPGU, AHW023-P10, 宮越・林 (2012) JPGU, AHW27-P07

キーワード: 関東平野, 地下水, 塩化物イオン, 希ガス, ヘリウム同位体

Keywords: Kanto Plain, groundwater, chloride ion, Noble Gas, Helium isotope

定山溪温泉とその周辺地域から得られた深層地下水、ガスの地球化学的研究 Geochemical study of hot spring waters and gases in Jozankei area, Hokkaido, northern Japan

高橋 正明^{1*}; 風早 康平¹; 佐々木 宗建¹; 森川 徳敏¹; 高橋 浩¹
TAKAHASHI, Masaaki^{1*}; KAZAHAYA, Kohei¹; SASAKI, Munetake¹; MORIKAWA, Noritoshi¹; TAKAHASHI, Hiroshi¹

¹ 産業技術総合研究所・地質調査総合センター

¹ Geological Survey of Japan, AIST

札幌市西部に位置する定山溪温泉では、豊平川の川床一帯から 85 °C を越える温泉水が約 10t/min 自然湧出している。温泉の熱階級は V と北海道の登別地獄谷や川湯温泉並の大きさである (Fukutomi, 1961) が、近傍に活動している第四紀火山はない。また温泉水の水素・酸素同位体比からその起源の大部分は天水である (松葉谷ほか, 1978) と考えられている。

本研究では、定山溪温泉水の別の起源を解明するため、定山溪温泉とその周辺の温泉、噴気地帯、坑井等から深層地下水およびガス試料を採取し、化学組成、同位体組成等の分析を行った。その結果、定山溪温泉水の塩化物イオン濃度と水素・酸素同位体比には非常に良い相関が見られることがわかり、定山溪温泉水の端成分の一つは地殻下部のマグマから供給された熱水をもう 1 つの起源とし、その熱水は NaCl 濃度で 3-5wt% 程度の可能性が考えられた。

本研究で用いた試料の採取にご協力頂いた定山溪温泉および周辺の温泉の源泉所有者の方々、また試料採取をしてくださった JX 日鉱日石金属グループの方々に謝意を表します。

【引用文献】 Fukutomi(1961)J.Fac.Sci.Hokkaido Univ.Ser.VII, 315-330; 松葉谷ほか (1978) 岡山大学温研報, 47, 55-67.

キーワード: 定山溪, マグマ水, 水素・酸素同位体比

Keywords: Jozankei, magmatic fluid, hydrogen and oxygen isotopic ratio

AHW25-14

会場:414

時間:5月2日 12:30-12:45

鹿塩塩水の起源：スラブ流体 Genesis of Kashio brine: slab-derived fluid

風早 康平^{1*}; 高橋 浩¹; 森川 徳敏¹; 大和田 道子¹; 稲村 明彦¹; 安原 正也¹; 高橋 正明¹
KAZAHAYA, Kohei^{1*}; TAKAHASHI, Hiroshi¹; MORIKAWA, Noritoshi¹; OHWADA, Michiko¹; INAMURA, Akihiko¹; YASUHARA, Masaya¹; TAKAHASHI, Masaaki¹

¹ 産業技術総合研究所

¹ Geological survey of Japan, AIST

In this study, we investigated a very saline spring named Kashio brine, central Japan. The brine water is spouting out through the cracks of metamorphic rocks close to Median Tectonic Line (MTL) at 700m asl. The Cl concentration of water is almost twice greater than that of the seawater with 18O-shifted isotopic composition.

キーワード: 鹿塩塩水, 同位体比, 流量, スラブ起源流体

Keywords: Kashio brine, isotopic ratio, flow rate, slab-derived fluid

GC/C/IRMS による地下水中の有機塩素系化合物分解の評価 GC/C/IRMS as a tool to evaluate the degradation of chlorinated organic compounds in groundwater

米山 由紀^{1*}; 新井 洋平²; 中村 高志¹; 風間 ふたば¹
YONEYAMA, Yuki^{1*}; ARAI, Yohei²; NAKAMURA, Takashi¹; KAZAMA, Futaba¹

¹ 山梨大学国際流域環境研究センター, ² 株式会社日立プラントサービス
¹ICRE, UNIVERSITY OF YAMANASHI, ²Hitachi Plant Services Co.,Ltd

近年、微生物を利用したオンサイトでの地下水中の有機塩素系化合物の処理が注目されている。しかし、濃度のみの分析では実際に微生物作用がどの程度あったかを評価することが難しく、評価するための技術が求められている。

そこで、微生物による処理と同位体比値の関係を調べるために、有機塩素系化合物のトリクロロエチレン (TCE) とその分解生成物であるジクロロエチレン (DCE)、塩化ビニル (VC) 中の炭素安定同位体比 (δ 13C 値) の測定を行った。

測定には P&T(GL サイエンス社製) を前処理装置とした GC-C-IRMS(Agilent : 7890A GC System, SerCon : GC-CP, SerCon : 20-22) を用いた。測定下限は 200ng-C 程度で、測定精度は δ 13C 値でそれぞれ ± 0.08 、 ± 0.37 、 ± 0.11 ‰ であった。

地下水は、微生物活動を活発化させるための栄養剤を注入した場所と、対照地点として注入していない複数の場所で採取を行った。

微生物による処理を行っていない場所では濃度の減少はあるものの、一般に製造販売されている TCE の同位体比値とほぼ同じであった。一方、微生物処理を行っている場所の TCE は、濃度の減少とともに同位体比値が上昇する傾向を示した。また、TCE の分解生成物である DCE、VC でも同様の傾向を示した。

同等の濃度減少が起こった場合でも、GC-C-IRMS を用いた有機塩素系化合物中の δ 13C 値を測定することにより、希釈・拡散・吸着等の物理的要因による濃度減少と、微生物的分解を受けたことによる濃度減少を判別することが可能であることが明らかとなった。

キーワード: GC/C/IRMS, 有機塩素系化合物, 微生物分解

Keywords: GC/C/IRMS, chlorinated organic compounds, biodegradation

平塚市における大気水蒸気と雨水の地域特性 Isotope characteristic of rain water and atmospheric vapor in Hiratsuka, Japan

高木 健太^{1*}; 大木 誠吾²; 大場 武²
TAKAGI, Kenta^{1*}; OOKI, Seigo²; OHBA, Takeshi²

¹ 東海大学大学院理学研究科化学専攻, ² 東海大学理学部化学科
¹Course of Chemistry, Graduate School of Science, Tokai University, ²Course of Chemistry, School of Science, Tokai University

天水の酸素水素安定同位体比は地理的条件や気候に影響される。天水線は世界全体の平均同位体組成を表し、次式が与えられている。(Craig,1961)

$$\delta D = 8\delta^{18}O + 10 \quad (1)$$

しかしながら、y 切片はすべての地域で 10 になるとは限らない。日本では、天水は太平洋と日本海から生成され、季節風により 2 つの海の影響が変化する。一方、大気水蒸気の同位体比は大気循環の研究において重要とされているが、その研究例は少ない。本研究では、平塚市の降水と大気水蒸気で d-excess の変動について調べた。

実験方法

試料は東海大学湘南キャンパス 17 号館屋上にて 2013 年 7~12 月の期間採取を行なった。降水は Negrel et al.(2011) と Yoshimura(2002) を参考にし、時間日単位で採取した。採取した降水は 0.2 μm フィルターで濾過し、100 ml ポリエチレンボトルに保管した。大気水蒸気は大気をドライアイスアルコールのトラップにて採取した。試料は降水 42 試料水蒸気 11 試料を採取した。同位体組成は水同位体比アナライザー PICARRO にて測定した。同日に採取した試料は日平均として値を出した。

結果考察

降水は δD が -86.4~+6.2 ‰、δ¹⁸O が -12.6~-2.6 ‰の間でそれぞれ変化を示した。大気水蒸気は δD が -223.5~-98.6 ‰、δ¹⁸O が -31.2~-14.7 ‰の間でそれぞれ変化を示した。δD と δ¹⁸O の関係式は降水で δD=9.2δ¹⁸O+24.0 (R²=0.95) 大気水蒸気で δD=7.3δ¹⁸O+7.9 (R²=0.96) と与えられた。そして、d-excess は 4.4~33.2 ‰の間で変化した。日本では、d-excess が太平洋では低く (10≤d)、日本海で高くなる (20≤d) ことが知られている (Waseda and Nakai,1983)。本研究の試料では、d-excess の値は季節風の影響により値が夏は南風で低く、冬は北風で高い傾向が見られた。この傾向は大気水蒸気でも表れており、天水が受ける影響は大気水蒸気にも及ぼされると考えられる。降水の天水線はいくつかの要因、例えば異なる水蒸気の供給源を反映した d-excess に影響を受けていた。そのため GMWL とは傾きが変化していた。

キーワード: 降水, 同位体

Keywords: rain water, isotope

琵琶湖北部森林流域から流出する硫酸イオンの動態とその起源 Exploring the sources of sulfur ion deposition and runoff in forest watersheds on the northern side of Lake Biwa

中澤 暦^{1*}; 堀江 清吾¹; 永淵 修¹; 尾坂 兼一¹; 西村 拓朗¹
NAKAZAWA, Koyomi^{1*}; HORIE, Seigo¹; NAGAFUCHI, Osamu¹; OSAKA, Ken'ichi¹; NISHIMURA, Takuro¹

¹ 滋賀県立大学

¹The University of Shiga Pref.

To clarify the sources of sulfur ions in precipitation and runoff from forest watersheds, bulk deposition and stream water samples were collected within the small Kutsuki and Surumi forest watersheds on the northern side of the Lake Biwa basin, central Japan. Samples were analyzed for major ions and $\delta^{34}\text{S}$. Continuous monitoring from 1990 to 2010 showed that the average SO_4^{2-} concentration in stream water samples was 1.62 ± 0.31 (0.76, 3.58) mg l^{-1} at Kutsuki and 6.59 ± 1.54 (3.68, 16.1) mg l^{-1} at Surumi (t-test, $p < 0.01$). However, the average SO_4^{2-} concentration in bulk deposition samples was similar in both watersheds: 2.15 ± 1.31 (SD) mg l^{-1} (range, 0.202-10.2 mg l^{-1}) at Kutsuki and 2.24 ± 1.29 mg l^{-1} (0.350-6.07 mg l^{-1}) at Surumi (t-test, $p > 0.05$). The $\delta^{34}\text{S}$ values in bulk deposition samples fluctuated from +8.86 to +9.14 ‰ at Kutsuki and from +9.87 to +11.1 ‰ at Surumi, whereas non-sea salt (nss-) $\delta^{34}\text{S}$ in stream water samples varied from +6.89 to +12.0 ‰ and from +4.64 to +5.11 ‰, respectively (t-test, $p < 0.01$). It is said that the $\delta^{34}\text{S}$ values in coal products from northern China varied from -3 to -1 ‰ and Japanese oil varied from +5 to +18 ‰.

Our findings suggest that the difference in the ability of canopies in the watersheds to catch SO_4^{2-} dry deposition is the reason for the significant difference in nss- $\delta^{34}\text{S}$ values in stream water samples. The more open canopy in the Kutsuki watershed consists of young conifers and deciduous broadleaf trees, whereas the canopy in the Surumi watershed consists of mature conifer trees at a high density. Therefore, it appears that the Kutsuki watershed was only affected by SO_4^{2-} deposition from the Asian continent. There were not any domestic air pollution sources on the north side of Kutsuki. In contrast, the dense canopy of the Surumi watershed was affected by local SO_4^{2-} pollution sources of national roads which were located 1 km northwest from Kutsuki, rather than continental sources. Overall, this investigation suggests that the difference in stream water SO_4^{2-} concentrations in both watersheds is caused by the canopy differences.

岡山県旭川・吉井川水系の水質研究 Geochemical and isotope systematics of Asahi and Yoshii rivers

亀井 隆博¹; 山下 勝行^{1*}; 大西 彩月²; 栗原 洋子²; 千葉 仁¹; 中野 孝教³

KAMEI, Takahiro¹; YAMASHITA, Katsuyuki^{1*}; OONISHI, Ayaka²; KURIHARA, Yoko²; CHIBA, Hitoshi¹; NAKANO, Takanori³

¹ 岡山大学 大学院自然科学研究科, ² 岡山大学 理学部, ³ 総合地球環境学研究所

¹Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, ²Faculty of Science, Okayama University, ³Research Institute for Humanity and Nature

瀬戸内海式気候に属する岡山県は年間降水量が全国平均よりも低く、安定した水資源の利用が課題となっている。岡山県をほぼ南北に流れる一級河川である旭川と吉井川の水は農業用水や水道水として利用されているが、多くの元素濃度や同位体比を用いた詳細な地球化学的研究は行われていない。本研究では、旭川水系では 2011 年 3 月、吉井川水系では 2012 年 4 月より採水を行い、それぞれ 147 地点 189 サンプル、119 地点 150 サンプルを採水し、サンプルに含まれる主要溶存成分、微量元素、O-H-S-Sr 同位体比について分析した。

《旭川水系》

旭川における重水素過剰値 (d 値) は源流域である中国山地で 20 以上の値をとる。これは流域内で最も高い値である。下流域に向かうにつれて支流の d 値は低くなり (< 12)、それが本流に流れ込むことによって本流の d 値も低下している。d 値の同一地点における季節変動は 3~4 ‰程度であり、地理的変動よりも小さいことが確認された。Ca, Mg などの主要溶存成分や Sr, Ba などの微量元素は上流から下流に向けて濃度が増加する。Sr 同位体比も一部の例外を除いて下流に向かうにつれて値が上昇する (0.705 から 0.7085)。上流域には主に第三紀~第四紀の火成岩類が分布しているが、中流域以南には古生代の堆積岩類や火成岩類が分布する。地層の年代変化に Sr 同位体比の変化がある程度対応していることから、Sr 同位体比はその地域の地層の Sr 同位体比を反映していると考えられる。

《吉井川水系》

吉井川における d 値や主要溶存成分、微量元素については旭川とよく似た傾向を示す。しかし、源流域での Sr 同位体比は旭川が約 0.705 であったのに対して吉井川では約 0.706 の値をとる。これは吉井川の源流域に中生代の花崗岩類が広く分布しているためだと考えられる。その他の旭川水系との大きな違いは SO₄ である。SO₄ 濃度は主要溶存成分や微量元素と同様に上流から下流に向けて高くなる傾向があるが、人口密度の高い津山盆地や農業地域で高い値を示す特徴がある。また、S 同位体比は両河川共に上流域では $\delta^{34}\text{S} > 10$ を示すが、下流に向かうにつれて値が低下する傾向が見られた。このような傾向は、Nakano et al. (2008) によって琵琶湖付近の河川水からも報告されており、農業に用いられる肥料の影響が強くでている可能性がある。

キーワード: 水質マップ, 旭川, 吉井川, 岡山県, 同位体, 微量元素

Keywords: Geochemical map, Asahi River, Yoshii River

鳥海山西麓の地下水流出特性 Characteristics of groundwater discharge around western foot of Mt.Chokai

浅井 和見^{1*}; 浅井 和由¹; 林 武司²; 草野 由貴子³; 茂木 勝郎³; 安原 正也⁴; 森川 徳敏⁴; 高橋 浩⁴
ASAI, Kazumi^{1*}; ASAI, Kazuyoshi¹; HAYASHI, Takeshi²; KUSANO, Yukiko³; MOGI, Katsuro³; YASUHARA, Masaya⁴
; MORIKAWA, Noritoshi⁴; TAKAHASHI, Hiroshi⁴

¹ 地球科学研究所, ² 秋田大学, ³ 東京大学, ⁴ 産業技術総合研究所

¹GEO-SCIENCE LABORATORY, ²Akita university, ³University of Tokyo, ⁴AIST

出羽富士と形容される鳥海山は、日本を代表する成層火山の1つである。火山体は主に安山岩溶岩によって形成されており、西麓においては溶岩流の末端が日本海まで達している。海岸付近では溶岩流末端から地下水が集中的に流出しており、その一部は海底湧水になっている(谷口, 2009)。著者らは、海底湧水の湧出機構を明らかにすることを目的として2012年と2013年の夏季に地球化学的手法による調査を実施した。その結果、安定同位体比や年代トレーサーの分析結果に基づいて、海底湧水や海岸湧水の主涵養域が山麓部であることや比較的長い滞留時間(約25年)を持つことが分かってきた(浅井ほか, 2013)。一方、海底湧水の流出量については、いくつかの地点で直接測定が試みられているが、溶岩流の割れ目等から点として湧出する海底湧水の総量を評価するのは容易ではない。本研究では、陸域側の水収支から海底湧水の流出量を間接的に評価することを目的として、2014年1月末に鳥海山西麓を中心に15河川において渇水期の河川流量観測を実施した。発表では、基底流量分布からみえる西麓の地下水流出特性や渇水期における海底湧水・海岸湧水の涵養標高・年代データについて紹介する予定である。

キーワード: 鳥海山, 海底湧水, 基底流量, 水収支, 地下水年代

Keywords: Mt.Chokai, submarine spring, base-flow, hydrological balance, groundwater age

磐梯山南麓の湧水の安定同位体比と涵養域の推定—2013年の調査結果を元にした解析—
Estimation of groundwater recharge area at the south foot of Mt. Bandai using the observation data in 2013

藪崎 志穂^{1*}
YABUSAKI, Shiho^{1*}

¹ 福島大学共生システム理工学類
¹ Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University

磐梯山は標高 1,816 m の第四紀の活火山で、福島県のほぼ中央部に位置する猪苗代湖の北側にそびえる山である。1888 年に水蒸気爆発が発生し、山頂北側の山体が大きく崩壊し、下方へと流れ出たこれらの堆積物が磐梯山北麓を流れていた河川をせき止めて、檜原湖、小野川湖、秋元湖、そして五色沼をはじめとした大小数百の湖沼群を作り出したことは有名である。磐梯山は火山であるため地表面の透水性はよく、多量の水が地下へ浸透し、地下水を涵養している。磐梯山の地下水は、磐梯山の周辺自治体（北塩原村、猪苗代町、磐梯町）で水道水源として利用されており、地下水利用の観点においても地下水流動の解明は重要である。しかしながら、磐梯山の地下水流動については、これまで殆ど明らかにされていない。そこで、本研究では、磐梯山一帯の湧水、地下水の水質・同位体特性等を把握して、地下水流動や滞留時間を推定することを目的として、各地点で調査を実施している。本発表では、2013 年度に磐梯山の南麓で実施した調査結果について報告する。

磐梯山南麓の調査は磐梯山の中腹から山麓部の 2 地域を対象として、2013 年 6 月と 11 月に実施した。調査地点の標高は約 590~620 m (地域 1) と 640~704 m (地域 2) である。EC は 10 mS/m 以下の地点が殆どで、水質組成は Ca-HCO₃ 型が多くを占めている。酸素安定同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$) は -11.1~-10.8 ‰ (地域 1), -11.2~-11.1 ‰ (地域 2) で、水素安定同位体比 (δD) は -67~-65 ‰ (地域 1), -68~-67 ‰ (地域 2) であり、それぞれ高度効果が認められる。これらの同位体比を 2012 年の調査結果から求めた涵養直線 (藪崎ほか, 2013) に当てはめると、平均涵養標高は約 1,150~1,270 m (地域 1) と約 1,360~1,420 m (地域 2) となり、地域によってやや異なっているが、概ね 1,200~1,400 m 付近で涵養されていることが推定された。2012 年に調査を行った北麓や西麓の涵養標高の推定値と比べると、南麓ではやや涵養標高が低いという特徴が認められた。今後は南麓部の更に標高の低い地域 (標高 520~550 m 付近) の調査を行い、磐梯山南麓部の地下水等の涵養域、地下水流動について更に検討を進めてゆく予定である。

キーワード: 磐梯山, 涵養域, 湧水, 水質, 安定同位体
Keywords: Mt. Bandai, recharge area, spring water, water quality, stable isotopes

気候変動を考慮した荒川における水量・水質の将来予測 Future Projection of flow regime and water quality in Arakawa river basin

石平 博^{1*}
ISHIDAIRA, Hiroshi^{1*}

¹ 山梨大学大学院医学工学総合研究部
¹ Interdisciplinary Graduate School of Medicine and Engineering

CREST 研究領域「持続可能な水利用を実現する革新的な技術とシステム」の研究課題「気候変動に適応した調和型都市圏水利用システムの概要」(代表: 東京大学 古米弘明教授)では、従来の都市水利用システムを見直し、気候変動に適応可能な新たな都市圏水利用システムを提示することを目的とした研究を行っております。対象フィールドとしては、日本の荒川流域とベトナムのホン川流域という、モンスーンアジア圏にあって経済や人口の成長段階が異なる二つの都市圏流域を選定し、それぞれに適した水利用戦略を多角的に検討しています。本研究の特色は、多角的な観点から都市水利用システムを評価する総合的なアプローチにあり、研究グループは、1. 流域水資源グループ、2. 都市雨水管理・利用グループ、3. 都市地下水管理・利用グループ、4. 水質評価グループ、5. 都市水利用デザイングループの5つから構成されています。

本発表では、この研究課題の中の流域水資源グループが取り組んできた「気候変動を考慮した荒川における水量・水質の将来予測」に関する成果や都市地下水管理・利用グループとの連携事例などを紹介する予定です。

キーワード: 気候変動, 流域水資源
Keywords: climate change, water resources

東京湾岸埋立地地下ボーリングコアの塩化物イオン濃度 (千葉県浦安市) Cl⁻ concentration in pore water beneath Tokyo bay area, Urayasu, Chiba Japan

吉田 剛^{1*}; 風岡 修¹
YOSHIDA, Takeshi^{1*}; KAZAOKA, Osamu¹

¹ 千葉県環境研究センター地質環境研究室
¹ Research Institute of Environmental Geology, Chiba

はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震では東京湾岸埋立地は大きな液状化・流動化被害を受け、沈下のために深い基礎を持つ構造物との段差から上水道管や下水道管などのライフラインの断絶がおこった。井戸を持つ町内会では、震災後すぐに地下水の使用をはじめることができ、震災に対する井戸の重要性を認識することができた。このため、本研究では東京湾岸地域の浅層の塩化物イオン濃度を測定し、井戸作成のための基礎資料とすることを目的とした。本研究には、千葉県による平成23年度東日本大震災千葉県液状化調査業務で掘削したボーリングコアを使用した。

分析方法

コアの中心部を15g程度採取し含水率を測定後、乾燥試料2.500gを測りとり50mLの蒸留水を加え1時間振とうによって溶出をおこなった。この溶出液を遠心分離後、孔径0.2 μmのフィルターでろ過しこれを検液とした。この検液をイオンクロマトグラフィーで分析測定をし、含水率・希釈率からコア中の間隙水の塩化物イオン濃度を計算し求めた。

結果

調査地点の地下には後期更新世の最終氷期にできた埋没谷が存在し(石綿, 2004)、その谷の上位に沖積層が重なる。調査地点の標高約-57.3mに沖積層の基底が存在し、標高約1.1mに沖積層の上端があり、その上位に人工地層が重なる。

コアの間隙水中のCl⁻濃度の結果は、標高-57.2~-20.1mまでの層準では下部から上部にかけて約60mg/Lから1300mg/Lへと上方に向かって濃度が上昇する。この上位の標高-19.1~-9.0mの層準では2000mg/Lを超える急激に濃度の高い層準となる。最も濃度の高い層準は、標高-12.4mの8300mg/Lであり、これは海水のCl⁻濃度の約40%である。この高濃度層準の上位の層準である標高-8.3~-7.03mは930~570mg/Lであった。そして、これ上位の層準および人工地層は170mg/L以下であった。

考察

浦安谷の沖積層中の珪藻化石群集によると(石綿, 2004)、標高-20~-30mの層準が海生種90%以上であり、堆積年代も6000年~3000年前となっている。この層準は高海面期の堆積物のため間隙水中の塩化物イオン濃度も高いことが予想されたが、本研究の結果からコア中の高濃度層準は標高-19.1~-9.0mであった。

この沖積層の間隙水中の塩化物イオン濃度の分布は、吉田ほか(2012, 2013)の千葉市美浜区稲毛海岸(地質環境研究室敷地)の沖積層コアでも認められている。加えて、この千葉市の調査地に更新統・沖積層・人工地層にそれぞれスクリーンを設けた観測井の地下水位から、人工地層から沖積層へ、更新統から沖積層へ地下水流動が起きるポテンシャルを持つことが報告されている。千葉市コアや浦安市コアにおけるこの塩化物イオンが高濃度になる層準は、海食台のような沖積層の埋没谷の谷幅が急に拡大する層準である。埋没谷の境界を挟んで更新統から沖積層へと流れる地下水流動によって、沖積層中の間隙水がフラッシングを受けていると考えられ、谷幅の急に拡大する層準ではボーリング地点と谷の境界までの距離が物理的に遠いため、更新統からのフラッシングを受けにくく高濃度の層準が存在すると思われる。浦安谷の沖積層においても、標高-20m以下は埋没谷の谷幅が急拡大する層準であり、堆積環境よりも埋没谷の地形が沖積層の間隙水中の塩化物イオン濃度を支配する可能性が高いことを示した。

引用文献

- 石綿しげ子(2004), 東京湾北部沿岸域の沖積層と堆積環境. 第四紀研究, 43, 297-310.
吉田剛ほか(2012), 千葉県における東京湾岸の埋立地層・自然地層の地下水位と地下水中の塩化物イオン濃度, 第22回環境地質学シンポジウム論文集
吉田剛ほか(2013), 千葉県における東京湾岸の埋立地層・自然地層の地下水位と地下水中の塩化物イオン濃度, 日本地球惑星科学連合2013年大会要旨

キーワード: 沖積層, 塩化物イオンプロファイル, 埋没谷地形
Keywords: Alluvium, Profile of Cl⁻ concentration, basal topography

都市の浅層地下水中の硫酸イオンの起源に関する同位体的研究—東京、石神井川流域を例として—

An isotopic study on the origins of sulfate ion in shallow urban groundwater of the Musashino Plateau, Tokyo, Japan

安原 正也^{1*}; 林 武司²; 中村 高志³; 稲村 明彦¹; 浅井 和由⁴

YASUHARA, Masaya^{1*}; HAYASHI, Takeshi²; NAKAMURA, Takashi³; INAMURA, Akihiko¹; ASAI, Kazuyoshi⁴

¹ 産業技術総合研究所, ² 秋田大学, ³ 山梨大学, ⁴ 地球科学研究所

¹Geological Survey of Japan, AIST, ²Akita University, ³University of Yamanashi, ⁴Geo Science Laboratory

武蔵野台地上を東西方向にのびる石神井川の流域では、浅層(自由)地下水の硫酸イオン濃度は全調査地点の約30%において30mg/L以上と高濃度であり、またその分布には7-135mg/Lと著しい地域性が認められる。安原ほか(2013)では、都市化が進行した同流域の浅層地下水の水質形成機構解明研究の一環として硫酸イオンに注目し、その起源について予察を行った。引き続き、今回は硫黄安定同位体($\delta^{34}\text{S}$)の測定地点数を増やし、また硝酸イオンの窒素($\delta^{15}\text{N}$)・酸素($\delta^{18}\text{O}$)同位体データ(中村ほか, 2013; 2014)も加味して、硫酸イオンの起源についてさらに詳細な検討を行った。その結果を紹介する。

同流域の浅層(自由)地下水は、板橋粘土層や渋谷粘土層といった凝灰質粘土層が厚く分布する下流域においては粘土層上位のローム層中に(水位は地表面下数m程度)、またこれら粘土層が薄いもしくは存在しない上流域では武蔵野礫層中に賦存する(水位は地表面下数5-10m程度)。浅層地下水の硫酸イオン濃度の平均値は北区(35mg/L)、板橋区(36mg/L)、豊島区(33mg/L)、練馬区(21mg/L)、西東京市(19mg/L)、小平市(28mg/L)と、都市化がより進んだ下流域の北区、板橋区、豊島区で高い値を示す。同様に、 $\delta^{34}\text{S}$ 値もこれら下流域において最高値が $+10.5\text{‰}$ $\delta^{34}\text{S}$ (豊島区)、 $+10.6\text{‰}$ $\delta^{15}\text{N}$ (北区)と上・中流域と比較して相対的に高い値を示す傾向が認められた。都市地下水の涵養源として各地でその重要性が指摘されている水道漏水については、硫酸イオン濃度は20-40mg/Lと高いものの、 $\delta^{34}\text{S}$ 値については -2.6‰ - $+0.6\text{‰}$ という低い測定結果が得られた。このことから、下流域の浅層地下水中の硫酸イオンの起源としての水道漏水の寄与は全体としては大きくないと判断される。一方で、化学肥料の $\delta^{34}\text{S}$ 値は -2.7‰ - $+3.5\text{‰}$ (村松ほか, 2010; 千葉県野田市の下総台地における測定値)、また生活排水の $\delta^{34}\text{S}$ 値は $+6\text{‰}$ - $+10\text{‰}$ 程度(Vengosh, 2004)とされている。これらの値に基づくと、石神井川流域の下流域の場合、同位体的には化学肥料(中・上流域の農地などで現在使用されている肥料、もしくは土壌中に残留している過去に使用された肥料)と下水がその浅層地下水の硫酸イオンの起源となっている可能性が示唆される。 $\delta^{34}\text{S}$ 値からは下水成分の寄与は下流域ほど大きいものと推定されるが、これは並行して測定された $\delta^{15}\text{N}$ の結果とも整合的である。下水には通常高濃度の硫酸イオンが含まれている(東京都区部の下水では最高で55mg/L; 産総研未公表データ)。下水道管渠の経年変化による老朽化に伴い、管渠の建設時期が古い地域ほど漏水は著しいものと推定される。このように、石神井川流域においても、下水漏水は都市化が早くから進んだその下流域の浅層地下水の水質形成に特に重要な影響を及ぼしているものと考えられる。一方で、特に関東ローム層のように火山灰を起源とする土壌からはパイライト起源の硫酸イオンが大量に溶出している可能性もある。今後はこのようなエンドメンバーも考慮に入れながら、浅層地下水中の硫酸イオンの起源の特定をはじめとする水質形成プロセスの解明を進めてゆきたい。

キーワード: 都市の地下水, 東京都区部, 浅層地下水, 硫酸イオン, 硫黄同位体

Keywords: urban groundwater, central Tokyo, shallow groundwater, sulfate ion, sulfur isotope

武蔵野台地における都市河川と周辺地下水のPPCPs汚染 PPCPs pollution in an urban watershed in Musashino upland, Tokyo

林 武司^{1*}; 安原 正也²; 中村 高志³

HAYASHI, Takeshi^{1*}; YASUHARA, Masaya²; NAKAMURA, Takashi³

¹ 秋田大学教育文化学部, ² 独立行政法人産業技術総合研究所, ³ 山梨大学国際流域環境研究センター

¹Faculty of Education and Human Studies, Akita university, ²Geological Survey of Japan, AIST, ³ICRE, University of Yamanashi

都市域では、人間活動に伴って多様な化学物質が水環境中に排出されている。これらの中には、自然環境中で分解されにくく下水処理場でも除去されにくいものがあり、ヒトや水生生物への影響が懸念されている。国内でも都市河川を対象とした調査事例が増えているが、地下水を対象としたものはまだ少ない。我々は、日本を代表する都市域の1つである東京都の台地部（武蔵野台地）を対象として、浅層地下水の起源・涵養機構ならびに生活排水由来汚染物質の地下水へへの付加機構を明らかにすることを目的として調査を実施してきた（中村ほか, 2013; 安原ほか, 2013; 林ほか, 2012 など）。これらの結果を踏まえ、新たに武蔵野台地上を流れる都市河川と周辺の浅層地下水のPPCPs組成の特徴と分布特性について調査した。調査を実施した河川は2つあり、1つは台地の西部に源流域を持ち、東方に流下する自然河川であり、主に地下水によって涵養される。もう1つは、下水再生水を水源とする人工河川である。浅層地下水は、自然河川の地形的な流域内に分布する個人井戸を対象として、不圧地下水を台地西部（上流域、郊外）から東部（下流域、市街地）まで広範囲に採取した。PPCPs組成については、78物質について半定量分析を行うとともに、これら以外に、既往研究で検出率・検出濃度が比較的高い6物質（amantadine, caffeine, carbamazepine, crotamiton, ibuprofen, N,N-diethyl-m-toluamide）について定量分析を行った。

河川についてみると、下水再生水を水源とする人工河川では、半定量分析では19物質が検出され、定量分析を行った6物質も全てが検出された。自然河川においても、半定量分析では3物質が検出され、定量分析では5物質が検出された。一方、不圧地下水では、半定量分析によってPPCPsが検出されたのは1試料のみであり、検出物質も1つのみであったが、定量分析結果ではamantadine, carbamazepine, crotamiton, N,N-diethyl-m-toluamideの4物質が上流域（郊外）でも下流域（市街地）でも検出された。これらの物質は、抗インフルエンザ薬や抗てんかん薬、向精神薬、鎮痒剤、昆虫忌避剤など多様な用途に用いられており、対象地域において多様なPPCPsが使用され、下水道を介して地下水中に付加されていることを示している。発表では、PPCPs組成の特徴や空間的な分布について報告する。

キーワード: 武蔵野台地, 都市河川, 浅層地下水, 汚染, PPCPs

Keywords: Musashino upland, urban river, shallow groundwater, pollution, PPCPs

ベトナム・ハノイ市における地下水中の汚染物質除去のための家庭用浄水処理
Title: Household water treatment for the removal of contaminants in groundwaters in Hanoi, Vietnam

ドチュアン・アン¹; 滝沢 智^{1*}; 黒田 啓介¹; 林 武司²; チャン ヴィエット・ガ³
DO, Thuan an¹; TAKIZAWA, Satoshi^{1*}; KURODA, Keisuke¹; HAYASHI, Takeshi²; TRAN, Viet nga³

¹ 東京大学, ² 秋田大学, ³ ハノイ土木大学

¹The University of Tokyo, ²Akita University, ³University of Civil Engineering, Hanoi

Between 2000 and 2025, the urban population in Vietnam is expected to double from 19 million to 40 million. Therefore, urbanization and increasing water demand is one of the most important challenges in Vietnam, especially in Hanoi. At present, Hanoi city relies on groundwater as a main source of water supply, but it is going to shift to the surface water as the demand increases in the near future. However, variation of rainfall, dam construction in the upstream of the Red River and climate change in the near future make the surface water unreliable water source for water supply in Hanoi City. As the extension of water supply coverage is slow, many households still rely on groundwater as their drinking water sources. However, groundwater is contaminated by ammonia, arsenic, iron, bacteria and others. In order to obtain clean drinking and cooking water many households use point-of-use (POU) treatment devices including sand filters, ceramic filters, reverse-osmosis filters, and UV irradiation.

To identify the impact of POU usage to water consumption and water quality, a survey of POU usage in 170 households in six communes in Hanoi was carried out in 2012 and 2013. Water samples were also taken to investigate the treatment efficiency of those POU devices. As a result of the household survey, it was found that many households in rural and suburban areas have multiple water sources and use them for different purposes, while the urban households use only piped water supply. The result indicated that between 18% and 76% of the households in these communes used POU water treatment devices, of which RO devices accounted for 58%. Groundwater was contaminated by arsenic (max 0.3 mg/L), ammonia (max. 26 mg/L), and manganese (max. 3 mg/L). Although most of the arsenic was As(III) form in groundwater, it was oxidized to As(V) in the sand filters. Thus, RO filtration was found quite effective in removal of arsenic from groundwaters.

Keywords: ammonia, arsenic, household water treatment, MDGs, reverse osmosis device, safe drinking water

自然由来重金属含有土の溶出抑制 Prevention of heavy metals release from natural soil

隅倉 光博¹; 浅田 素之^{1*}; 田崎 雅晴¹; 芹澤 貞美¹

SUMIKURA, Mitsuhiro¹; ASADA, Motoyuki^{1*}; TASAKI, Masaharu¹; SERIZAWA, Sadayoshi¹

¹ 清水建設

¹ Shimizu Corporation

湾岸地区の海成シルト層、山岳地域の火山灰地質などの現場で、ヒ素、鉛などの自然由来の重金属が問題となっている。ここでは、ヒ素の溶出防止策について、室内試験結果を中心に検討した内容を報告する。

地下水位上昇に伴う近年のバンコクの地盤変位 Recent surface displacement in Bangkok associated with groundwater recovery

石塚 師也^{1*}; 福島 洋²; 辻 健³; 山田 泰広¹; 松岡 俊文¹

ISHITSUKA, Kazuya^{1*}; FUKUSHIMA, Yo²; TSUJI, Takeshi³; YAMADA, Yasuhiro¹; MATSUOKA, Toshifumi¹

¹ 京都大学大学院 工学研究科, ² 東北大学 研究推進本部, ³ 九州大学 カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所
¹ Graduate School of Engineering, Kyoto University, ² Office of Research Promotion, Tohoku University, ³ International Institute for Carbon-Neutral Energy Research (I2CNER), Kyushu University

世界中の多くの地域では地下水の汲み上げに伴い、地下水位の低下や地盤沈下が観測されている。タイの首都バンコクでも、1960年代から経済発展に伴い、地下水の汲み上げ量は増加し、最大1m程度の地盤沈下が報告されていた。一方、タイ政府は、地盤沈下を鎮静化させるため、地下水使用規制等の施策を行い、近年では地下水汲み上げ量の低下及び地下水位の上昇が報告されている。

本研究では、persistent scatterer SAR interferometry (PS-InSAR) と呼ばれる解析手法を用いて、2007年11月から2010年12月の約3年間の地盤変動量の推定と解釈を行った。PS-InSAR解析では、人工衛星に搭載された Synthetic aperture radar (SAR) のマイクロ波の位相変化を用いて対象地域の地表変動を推定する手法であり、広域の時系列変動を高密度に推定することに利点をもつ。

解析の結果、バンコク中心部で年間1cm程度の隆起が推定された。この隆起傾向は年々減衰しており、指数関数で模擬できることが示唆された。隆起が確認された地域では地下水位の上昇が報告されていることから、観測された隆起は地下水位の上昇によるものと考えられる。さらに、バンコク東部では、季節性の変動(隆起と沈下)が推定された。この季節性の変動はバンコクの降雨量と相関をもつことから、降雨の帯水層への浸透により発生した変動と推測される。

キーワード: 地下水位上昇, 地盤変動, バンコク, PS-InSAR 解析

Keywords: groundwater recovery, surface displacement, Bangkok, persistent scatterer SAR interferometry

The Use of Isotopic Technique to the Assessment of River Recharge to the Depleted Ground Water Systems in Dhaka, Banglad

The Use of Isotopic Technique to the Assessment of River Recharge to the Depleted Ground Water Systems in Dhaka, Banglad

NAHAR, Mst. shamsun^{1*} ; ZHANG, Jing¹
NAHAR, Mst. shamsun^{1*} ; ZHANG, Jing¹

¹University of Toyama, Department of Environmental Biology and Chemistry

¹University of Toyama, Department of Environmental Biology and Chemistry

Surveys of groundwater quality across Dhaka demonstrate the impact of intensive groundwater abstraction, which has led to invasion of the Dupi Tila aquifer by lower quality water in parts of the city. Groundwater chemical/isotopic monitoring is capable of discriminating between the effects of induced recharge from the polluted River Buriganga and of enhanced vertical leakage through the Madhupur Clay in contaminated urban areas. Over-exploitation of the aquifer has led to a progressive decline in water levels. The resulting cone of depression is thought likely to be causing the infiltration of polluted surface water. Stable isotopic techniques were used to characterize the hydrogeology and water sources the Dupi Tila aquifer beneath Dhaka. An interpretation of the linear $\delta^{18}\text{O}$ versus $\delta^2\text{H}$ relationship as a simple two-member mixing series between river water and recent meteoric recharge suggests that all groundwater in the lower Dupi Tila aquifer of Dhaka contains at least 30% river water.

Environmental isotope distributions approaches identify the polluted River Buriganga as the main threat to groundwater quality, indicating priorities for monitoring and aquifer protection.

キーワード: Ground Water, Dupi Tila Aquifer, Isotopic Technique, Dhaka

Keywords: Ground Water, Dupi Tila Aquifer, Isotopic Technique, Dhaka

新宿区おとめ山公園湧水の地下水位-流量モデルと地下水位の大気圧応答 Groundwater Level and Flow Rate Model and Barometric Response of Water Level of Well at Otomeyama Park in Shinjuku Ward

高野 雄紀^{1*}; 芳村 圭²; 村上 道夫³; 上村 剛史⁴

TAKANO, Yuki^{1*}; YOSHIMURA, Kei²; MURAKAMI, Michio³; UEMURA, Takeshi⁴

¹ 東京大学理学部地球惑星物理学科, ² 東京大学大気海洋研究所, ³ 東京大学生産技術研究所, ⁴ 海城中学・高等学校
¹Dept. of Earth and Planetary Phys., Univ. Tokyo, ²Atmosphere and Ocean Research Institute, Univ. Tokyo, ³Institute of Industrial Science, Univ. Tokyo, ⁴Kaijo Junior and Senior High school

東京都新宿区下落合二丁目にあるおとめ山公園の湧水(おとめ山湧水)は東京の名湧水 57 選の一つである。近年、おとめ山湧水の減少や枯渇が問題となっている。湧水量の長期的な変化を把握することを目的として、海城学園地学部では流量と地下水位を 2011 年から継続的に測定している。本稿では、この観測データを用いて行った地下水位と湧水の変動要因についての検討と、地下水位と流量を同時に表現するモデルの作成した結果を報告する。

おとめ山公園は武蔵野台地東部の落合崖線に位置しており、周辺の地層は地下に進むにつれ関東ローム層、下末吉ローム層(凝灰質粘土層)、武蔵野礫層、東京層(砂層、粘土層)、東京礫層の順に分布している。佐藤ら(2013)の調査から、おとめ山湧水は武蔵野礫層を帯水層とし、その集水域面積は 10ha から 100ha 程度であると推定される。湧水は公園内の水路を流れた後、最終的におとめ山公園の南を流れる神田川に合流する。

流量は水路の途中の段差を下る水をバケツに集めることで測定した。1 年以上に渡る観測の結果、平均流量は 20L/min 程度であると分かった。降水に対し流量は強く応答し、2012 年 4 月 2 日から 3 日までの総雨量 118mm の降水イベントでは、流量は 35 時間で 4L/min から 50L/min へと上昇した。

地下水位(井戸水位)は、おとめ山公園内にある 2 つの井戸(No.1, No.2)と、おとめ山公園から北 0.5km の井戸(目白の井戸、新宿区下落合三丁目)の 3 地点で測定した。井戸水位は自記圧力計を用い、井戸内の水圧と大気圧を同時測定することで算出した。おとめ山公園内にある井戸 No.1 と No.2 は同じ標高(T.P.26m)にあるが、帯水層が異なる。No.1 の帯水層は武蔵野礫層で井戸水位は G.L.-6m から -5m 程度であるのに対し、No.2 の帯水層は東京礫層で井戸水位は G.L.-9.3m から -9.5m 程度である。いずれも帯水層より井戸の水面が高いため被圧帯水層である。目白の井戸は標高は T.P.34m で、井戸水位は G.L.-5m から -4m 程度である。よって目白の井戸の水は関東ローム層を帯水層とする自由地下水と考えられる。おとめ山 No.1 と目白の井戸は降水に対し同様の変化をした。

おとめ山 No.1 と No.2 の井戸水位には半日周期の変動があることが分かった。そこで No.1 の井戸水位に対し無降水期間(前 2 日の降水量が 0 である日)の日コンポジットを計算した。大気潮汐により日本時間の午前 9 時頃と午後 9 時頃の 2 回極大値をとる大気圧に対して、井戸水位が逆位相で変化するのが見られた。このような井戸水位の気圧応答は、帯水層の間隙水圧が大気圧の影響を受けず一定であるときに、大気圧に釣り合うように井戸水位が減少することで生ずる(Rojstaczer, 1988 など)。大気圧応答が明瞭に見られた理由として、井戸の口が開放されていて大気圧が孔内に伝わる、井戸径が 51mm と小さいため井と帯水層との水のやり取りが少なく済む、帯水層の武蔵野礫層の上に下末吉ローム層があり透気性が小さいなどが挙げられる。これに対し目白の井戸には大気圧応答が見られなかったが、これは関東ロームの上には透気性の低い地層が存在しないためだと考えられる。

湧水量の変化の把握には精度の高いモデルが必要である。佐藤ら(2013)は 2 段タンクモデルを用いて降水量から流量の予測を行ったが、このモデルは地下水位を利用していない。そこで、我々は流量だけでなく地下水位を表現するモデルを作成した。このモデルは 3 段タンクモデルを基礎としており、1 段目が中間流出を表し、2 段目のタンクは鉛直方向への浸透のみで流出孔はなく、3 段目は地下水位に対応している。このモデルのパラメータを流量と大気圧の影響を受けず流量との相関が強い目白の井戸のデータに対し、Duan et al. (1993) による SCE-UA 法を用いて推定した。得られたパラメータを用いて予測実験を行ったところ、実測値をよく再現した。

キーワード: 湧水, 地下水位, タンクモデル, 大気圧応答, 大気潮汐

Keywords: spring water, groundwater level, tank model, barometric response, atmospheric tides

神奈川県足柄平野における自噴井湧水量の季節変化について The Seasonal variation of the amount of flowing artesian well springwater in the Ashigara Plain, Kanagawa Prefecture.

宮下 雄次^{1*}
MIYASHITA, Yuji^{1*}

¹ 神奈川県温泉地学研究所
¹ Hot Springs Res. Insti. of Kanagawa Pref.

はじめに

島国であるわが国にとって、都市の多くが沿岸部の沖積平野に位置している。その沖積平野では、上部の扇状地や山地等において涵養された被圧地下水が、河川水とともに、工業用水源や水道水源として利用されている。高度経済成長期における都市域での過剰な地下水利用は、典型7公害のひとつとして挙げられた地盤沈下や、湧水の枯渇などの地下水障害の原因となった。

神奈川県西部足柄平野中・下流域に分布する自噴井湧水域においても、1960年代以降、自噴域の減少傾向が報告されている。また、2011年の調査により、足柄平野全体で自噴井戸は1,000本以上あり、平野全体から、一日あたり約五万トンの湧水が、自噴井から湧出していることが分かった。しかし、自噴量の季節変化については、水田への灌漑との関連が指摘されているが、詳細については不明な点が多い。

そこで本研究では、神奈川県西部地域足柄平野の中・下部に広く分布する自噴井湧水について、一年間にわたる調査を行い、自噴井から湧出する湧水量の季節変化を明らかにした。

調査結果及び考察

調査は、2013年6月から一年間、205井の自噴井を対象に毎月一回の調査を行い、自噴量、水温、電気伝導度、pH、及び溶存イオン濃度の測定を行った。

205地点において毎月1回測定した自噴量は、地点ごとの自噴量のばらつきが大きかったため、各月の自噴量を標準得点化し、クラスター分析により、自噴量の変化パターンが似た地点ごとにグループ分けを行った。その結果、自噴量の変化パターンは、水田への灌漑期に増加する「灌漑期対応型」と、年間を通して顕著な変化傾向が見られない「灌漑期非対応型」に分類することができた。

また、上記の方法で分類した「灌漑期対応型」の自噴井は酒匂川の西側に多く分布し、「灌漑期非対応型」は、酒匂川の東側に多く分布していた。

キーワード: 自噴井, 足柄平野, 自噴量, 季節変化, 水田灌漑

Keywords: flowing artesian well, Ashigara Plain, amount of flowing artesian well springwater, seasonal variation, irrigation to a paddy field

3次元図からみた大阪平野の地下水の深度別帯水層の水質と同位体特性 Three-dimensional mapping of geochemical and isotopic characteristics of groundwater beneath the Osaka Plain

新谷 毅^{1*}; 益田 晴恵¹; 淵田 茂司¹; EVEN Emilie¹; 森川 徳敏²; 安原 正也²; 中野 孝教³
SHINTANI, Tsuyoshi^{1*}; MASUDA, Harue¹; FUCHIDA, Shigeshi¹; EVEN, Emilie¹; MORIKAWA, Noritoshi²; YASUHARA, Masaya²; NAKANO, Takanori³

¹ 大阪市立大学大学院理学研究科, ² 産業技術総合研究所, ³ 総合地球環境学研究所

¹Graduate school of science, Osaka city University, ²National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ³Research Institute for Humanity and Nature

Osaka Basin, which is a large Quaternary sedimentary basin beneath the Osaka Plain, is a large reservoir of groundwater resources. The uptake of groundwater has been strictly regulated since 1960 to avoid land subsidence, which actively occurred in the period of rapid economic growth. Although the land subsidence has stopped since 1970s because of the regulation, it became a threat again due to start of uptake of groundwater for private water supplies after 2000's. Excess groundwater uptake from 100 to 300 m depths for those purposes would squeeze porewater from impermeable marine clay layers causing subsidence again.

In this study, groundwaters were mainly sampled from the wells >100 m depths, and stable hydrogen and oxygen isotope ratios and major chemical components were determined to estimate origins of water. Combining the results of our and previous studies, overall picture of three-dimensional mapping of groundwater geochemistry was drawn to discuss the groundwater flow system and the relationship to the land subsidence.

In the coastal region below sea level, seawater invaded into the groundwater aquifers <100 m depth. Stable isotope ratios of the groundwater at >100m of this area ($\delta^2\text{H}$: -50 ‰ ~ -60 ‰, $\delta^{18}\text{O}$: -8 ‰ ~ -9 ‰) is smaller than those of groundwater at <100m ($\delta^2\text{H}$: -40 ‰ ~ -50 ‰, $\delta^{18}\text{O}$: -6 ‰ ~ -7 ‰). Especially low isotope ratios of the groundwaters, of which chemistry was diluted Na-HCO₃ type, from the lowland west of Uemachi plateau suggest squeezing the pore water from clay layers.

In the same area, high electric conductivity and Na-Cl type chemistry indicates seawater invasion into the groundwater aquifers <100 m depth. Uemachi Fault works as recharging path for the groundwater aquifers <100 m along the western edge of Uemachi plateau. However, the recharge is not enough to fill the aquifer >200 m apart from the fault. These observations indicate that the aquifers in the aquifers beneath western lowland of Osaka Plain have not been recovered by newly recharged groundwater.

キーワード: 地下水, 同位体

Keywords: groundwater, isotope

東京都・石神井川流域における浅層地下水中の硝酸イオンの起源についての検討 Source of nitrate in shallow groundwater in the Shakujii river catchment, central Tokyo, Japan

中村 高志^{1*}; 林 武司²; 安原 正也³
NAKAMURA, Takashi^{1*}; HAYASHI, Takeshi²; YASUHARA, Masaya³

¹ 山梨大学・国際流域環境研究センター, ² 秋田大学, ³ 産総研・地質調査総合センター
¹ICRE, University of Yamanashi, ²Akita University, ³Geological survey of Japan, AIST

Water chemistry of shallow groundwater in the Shakujii river catchment in the downtown Tokyo is discussed with special reference to its nitrate and chloride concentrations. The catchment is divided into the highly urbanized lower reaches (Toshima, Kita and Itabashi Wards) and the upper reaches which have been urbanized to a lesser extent (Nerima Ward, and Nishi-Tokyo and Kodaira Cities). Shallow groundwater samples were collected from 28 wells of less than 10m deep at October 2012 and October 2013. Groundwater aquifer is in the Kanto loam layer and/or underlying stream terrace gravels. The nitrate-nitrogen concentration had wide ranges (from 0.1 to 13.6mg/l). The total coliform was detected from all shallow groundwater samples. The nitrate nitrogen isotope ranges from 5.6 to 12.3 permil, which overlaps fertilized soil and wastewater nitrogen. Moreover, End-member mixing analysis using hydrogen and oxygen isotope values revealed spatial distribution in the contribution ratios of the local precipitation and domestic water (sewage and tap). The concentration of nitrate nitrogen and total coliform was increasing along with contribution ratios of precipitation in shallow groundwater, except some samples that has high nitrogen isotope and chloride concentration. This trend suggests that the nitrate source in this area is not only from sewage leakage. It also needs to consider the loading of the nitrogen fertilizer to shallow groundwater by the precipitation infiltration.

キーワード: 東京, 都市, 地下水, 硝酸イオンの窒素・酸素安定同位体
Keywords: tokyo, urban, groundwater, nitrate nitrogen and oxygen isotopes

愛媛県西条平野における地下構造と地下水流動 Underground structure and groundwater flow in Saijo plain

越智 亮太^{1*}; 田中 和広²; 鈴木 浩一³; 徳増 実⁴
RYOTA, Ochi^{1*}; TANAKA, Kazuhiro²; SUZUKI, Koichi³; TOKUMASU, Minoru⁴

¹ 山口大学, ² 山口大学, ³ 電力中央研究所, ⁴ 西条市役所

¹ Yamaguchi University, ² Yamaguchi University, ³ Central Research Institute of Electric Power Industry, ⁴ Saijyo City Hall

愛媛県西条市に広がる西条平野には、数多くの自噴井戸が分布しており、生活、工業、農業用水として利用されている。そのため、豊富な地下水資源を確保し保全していく必要がある。そこで、本研究では、西条平野の地下構造と地下水流動について調査を行い、地下構造と地下水流動について議論することを目的とした。

本調査地域には、後期白亜紀和泉層群と完新統が分布している。地下の比抵抗分布を明らかにするために、CSA-MT法による地下構造の比抵抗調査を行った。その結果、調査地域の南部において完新統と和泉層群の境界である岡村断層を確認した。また、北部において約6000年前に噴出した鬼界アカホヤ火山灰(K-Ah)を変位させる西条北断層を新たに認定した。さらに、低比抵抗を示す古海水の上部に高比抵抗を示す淡水が分布していると考えられる。

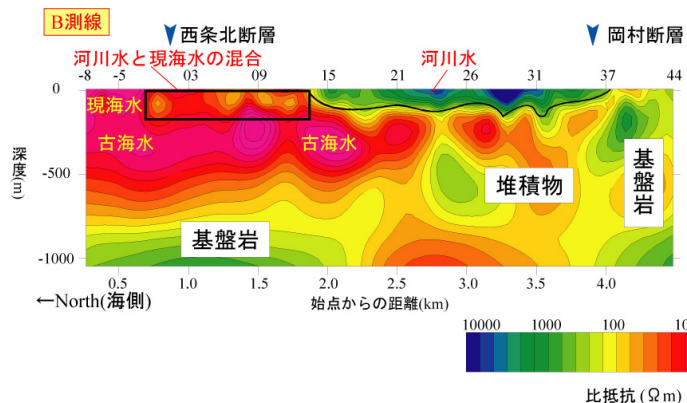
これらの結果より被圧地下水の形成メカニズムについて、次のように考察を行った。

被圧構造は、調査地域の地形、地質構造が形成されていく過程で形成したものであると考えられる。現在の西条平野は、第四紀の海水準変動の影響を受け、長い期間海域であり、地下には海水が浸入していたものと考えられる。有史以降、平野は干拓によって形成された。それに伴い、淡水が古海水の上部に浸入しはじめ、淡水と古海水との境界が形成された。淡水と塩水の密度は異なるため、古海水によって淡水の流動が妨げられ、海岸部へ向かう地下水流動が生じる。この地下水は、不透水層によって加圧され、破碎幅2mほどの不透水性を示す断層破碎帯によってさらに加圧され、海岸域に分布する古海水域が淡水の流れを制限することによって被圧地下水となったものと考えられる。

以上のことより、“うちぬき”と呼ばれる被圧地下水が形成されたものと考えられる。

キーワード: 自噴井, CSA-MT法, 地下水流動, 地下構造

Keywords: flowing wells, CSA-MT method, groundwater flow, underground structure



(図. 1) 加茂川での比抵抗断面図.

電磁探査を用いた隠岐島前・中ノ島における塩水・淡水分布の検討 The subsurface distribution of saltwater and freshwater in the Nakano-shima island, by electromagnetic exploration

草野 由貴子^{1*}; 鈴木 浩一²; 徳永 朋祥¹
KUSANO, Yukiko^{1*}; SUZUKI, Koichi²; TOKUNAGA, Tomochika¹

¹ 東京大学, ² 電力中央研究所
¹The University of Tokyo, ²CRIEPI

近年の研究からは、沿岸域の地下深部や海底下において、最終氷期に涵養された淡水地下水が存在していることが明らかにされてきている。その説明の一つとして、難透水性の地層が存在することにより、淡水から塩水への置換に遅れが生じるためであるとする考えが提唱されている (e.g. Groen et al., 2000)。このことは、沿岸域の地下水の塩水淡水分布の理解のためには、海水準変動の影響を考慮に入れる不可欠であるといえる。

本研究の対象地域である隠岐島前・中ノ島は大陸棚上の島嶼であるため、最終氷期から現在までの海水準変動に伴い、地下深部の塩水・淡水分布は海水準変動の影響を受けていると推測される。中ノ島の温泉井掘削時の報告書によると、深度 320m まで掘削したに揚水された地下水の Cl 濃度は海水の約 20%程度を示す一方で、温泉井の掘削完了後 (スクリーン深度 560~866m) から揚水される温泉水の Cl 濃度は海水の約 5%程度であり、温泉水の同位体組成、年代指標、溶存成分の結果から、現在よりも寒冷な気候下で涵養された地下水であることが示唆されている (Kusano et al., in press)。これらの結果から、少なくとも深度 320m より浅い部分には塩濃度の高い地下水、より深い部分には寒冷な気候下で涵養された塩濃度の低い地下水が存在していることが示唆される。そこで、本研究では、中ノ島における塩水淡水分布とその形成要因を明らかにすることを目的とし、CSAMT 法を用いた電磁探査を行った。CSAMT 法では、人工的に送信した電磁波により地盤に誘導された地電流を計測することで深度約 1km までの比抵抗を求めることが出来る (物理探査学会, 1998)。今回の発表では、電磁探査により得られた比抵抗分布から推測された中ノ島の塩水淡水分布と地質構造に関する検討結果について述べる。

電磁探査の計測地点は、中ノ島の温泉井掘削地点を東西方向に横切る約 2.5km の測線沿いに、約 100m 間隔で設置した。計測により得られた見かけ比抵抗は、解析コード (Uchida and Ogawa, 1993) を用いて 2 次元逆解析を行い、深度約 1km までの比抵抗分布を求めた。また、電磁探査で得られる地下の比抵抗構造を解釈するために、中ノ島から採取された岩石試料を塩濃度の異なる溶液で飽和させて比抵抗の測定を行った。

測線において計測された比抵抗の 2 次元逆解析を行った結果、深度約 100~200m に東西方向に広がる低比抵抗帯がみられた。その下部の約 200~500 m 程度には高比抵抗帯存在し、それよりも深部には低比抵抗帯が分布していた。深さ 100~200m および 500m 以深の比抵抗は、中ノ島から得られた堆積岩、火山岩が塩濃度の高い水で飽和された際の比抵抗の値とほぼ整合していた。この結果は、温泉井の掘削時に 320m より浅い部分から塩濃度の高い地下水が揚水され、温泉井掘削完了後に揚水された地下水の塩濃度が低かった結果とも矛盾していない。上述のように隠岐島前は大陸棚上に位置する島嶼であるため、海水準変動に伴う陸域面積の変化によって淡水・塩水の分布が影響を受けてきたことが推測される。仮に、深度 100~200m の低比抵抗帯が塩濃度の高い地下水、200~500m 程度の高比抵抗帯が塩濃度の低い地下水の存在を示しているとするれば、今回の計測結果は、最終氷期の海水準が低い時期に地下深部まで淡水地下水が浸透し、その後の海進によって深度 100~200m に塩水が侵入しているが、それより深い部分の淡水は塩水に置換されずに残っていることを示唆しているのかもしれない。今後は、比抵抗分布と地質構造、地下水の化学分析の結果を併せて検討することで、地下の塩水・淡水分布について適切な解釈を進める必要があり、その検討を行う予定である。

引用文献

- 物理探査学会, 1998. 物理探査ハンドブック, 手法編. 301-326.
Groen, J. et al., 2000. J. Hydrol. 234, 1-20.
Kusano et al., in press, J. Hydrol.
Uchida and Ogawa, 1993. Geological Survey of Japan Open-File Report, 205.

AHW27-02

会場:424

時間:5月1日 09:15-09:30

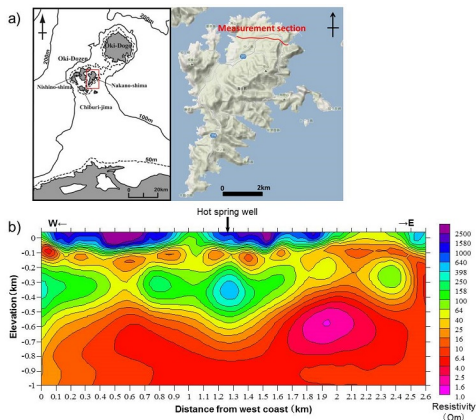


Fig. a) Location of measurement section of CSAMT survey and b) resistivity profile analyzed by 2D inversion of the CSAMT survey in the island.

間欠沸騰泉の動力学モデルを用いた地下の各情報の推定方法
The method of an estimation of underground parameters of a geyser induced by boiling
using the dynamical model

鏡 裕行^{1*}

KAGAMI, Hiroyuki^{1*}

¹ 名古屋短期大学

¹ Nagoya College

We have proposed a static model, a dynamical model and a modified dynamical model of a geyser induced by gas inflow based on observation and model experiments of it and have also proposed a combined model combining above two models. And numerical simulations of the modified dynamical model or the combined model reappear spouting dynamics of a geyser induced by gas inflow and it becomes possible that parameters (volume of the underground space, depth of spouting hole and so on) under a geyser are estimated through comparison between results of numerical simulation and those of observation. Moreover we proposed a dynamical model which assumed more than two underground gas supply sources by extension of above-mentioned usual dynamical model. As a result, irregular spouting dynamics of a geyser induced by gas inflow could also be reappeared by the modified model. As a result, spouting mechanism of all kinds of geysers induced by gas inflow has been clarified.

However, in general, geysers are classified into two types dependent on inducer. That is, one is a geyser induced by inflow of gas and the other is a geyser induced by boiling. The latter is more popular and many ones exist all over the world. Though qualitative spouting models of a geyser induced by boiling have been proposed, its dynamics has not been discussed sufficiently. Therefore, then we derived a dynamical model of a geyser induced by boiling applying the above-mentioned dynamical model of a geyser induced by inflow of gas. Then we tried to estimate time derivation of spouting rate of a geyser induced by boiling through numerical simulations. Using the model we can estimate underground parameters of a geyser induced by boiling by comparison of results of numerical simulation of the model and those of observation of a geyser induced by boiling.

In this presentation, after we review above-mentioned models of a geyser induced by gas inflow and one induced by boiling in outline, we explain the method of an estimation of underground parameters of a geyser induced by boiling using the dynamical model.

猪苗代湖における近年の湖水のアルカリ化について: 生物生産が湖の炭素循環に与える影響の考察
Rapid alkalization in Lake Inawashiro: implications for future changes in the carbonate system of terrestrial waters

真中 卓也^{1*}; 牛江 裕行¹; 荒岡 大輔¹; 稲村 明彦²; 鈴木 淳²; 川幡 穂高¹
MANAKA, Takuya^{1*}; USHIE, Hiroyuki¹; ARAOKA, Daisuke¹; INAMURA, Akihiko²; SUZUKI, Atsushi²; KAWAHATA, Hodaka¹

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 産業技術総合研究所

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, ² National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

The global carbon cycle, one of the important biogeochemical cycles controlling the surface environment of the Earth, has been greatly affected by human activity. Anthropogenic nutrient loading from urban sewage and agricultural runoff has caused eutrophication of aquatic systems. The impact of this eutrophication and consequent photosynthetic activity on CO₂ exchange between freshwater systems and the atmosphere is unclear. In this study, we focused on how nutrient loading to lakes affects their carbonate system. Here, we report results of surveys of lakes in Japan at different stages of eutrophication. Alkalization due to photosynthetic activity and decreases in PCO₂ had occurred in eutrophic lakes (e.g., Lake Kasumigaura), whereas in an acidotrophic lake (Lake Inawashiro) that was impacted by volcanic hot springs, nutrient loading was changing the pH and carbon cycling. When the influence of volcanic activity was stronger in the past in Lake Inawashiro, precipitation of volcanic-derived iron and aluminum had removed nutrients by co-precipitation. During the last three decades, volcanic activity has weakened and the lake water has become alkalized. We inferred that this rapid alkalization did not result just from the reduction in acid inputs but was also strongly affected by increased photosynthetic activity during this period. Human activities affect many lakes in the world. These lakes may play an important part in the global carbon cycle through their influence on CO₂ exchange between freshwater and the atmosphere. Biogeochemical changes and processes in these systems have important implications for future changes in aquatic carbonate systems on land.

キーワード: 炭素循環, 湖, アルカリ化, 栄養塩, PCO₂

Keywords: the global carbon cycle, lake, alkalization, nutrient, PCO₂

九頭竜川水系における懸濁態有機物の炭素同位体比の変動 Variation of $\delta^{13}\text{C}$ carbon isotope signatures of particulate organic matter in the Kuzuryu River system in Japan

長尾 誠也^{1*}; 金森 正樹²; 荒巻 能史³; 落合 伸也¹; 山本 政儀¹

NAGAO, Seiya^{1*}; KANAMORI, Masaki²; ARAMAKI, Takahumi³; OCHIAI, Shinya¹; YAMAMOTO, Masayoshi¹

¹ 金沢大学環日本海域環境研究センター, ² 金沢大学大学院自然科学研究科, ³ 国立環境研究所

¹LLRL, INET, Kanazawa University, ²Grad. School of NST, Kanazawa University, ³National Institute for Environmental Studies

炭素安定同位体比と放射性炭素は、有機物のバルクの特徴とともに時間軸を組み込むことが可能であり、有機物の有効なトレーサーとして利用することができる。本研究では、流域環境が異なる河川における粒子態有機物の移行挙動を炭素同位体比を用いて検討した。

九頭竜川水系は福井県に位置し、146の支流から構成されている。本研究では、九頭竜川本流と主要な支流の日野川を調査地域に設定し、下流域の1地点で2010年に4回、河川水約120Lを流心から採取した。連続遠心機を用いて河川水から懸濁粒子を分離し、凍結乾燥した後にメノウ乳鉢で粉砕して粉末試料とした。有機物のC-14/C-12の測定は、1M塩酸で炭酸塩の除去を行った試料について、日本原子力研究開発機構青森研究開発センターむつ事務所の加速器質量分析計により行った。測定した値は $\Delta^{14}\text{C} = ((\text{pMC}/100) - 1) \times 1000$ として表した。また、C-13/C-12の測定は、質量分析計により行い、 $\delta^{13}\text{C}$ 値として表した。河川懸濁粒子と沿岸域堆積物の有機炭素含量、全窒素含量は元素分析計により測定した。

河川懸濁粒子有機物の $\delta^{13}\text{C}$ 値は、九頭竜川で-26.3‰から-24.0‰、日野川では-27.0‰から-26.1‰であった。一方、 $\Delta^{14}\text{C}$ 値は九頭竜川で-168‰から-87‰、日野川で-209‰から-143‰であり、九頭竜川の方が見かけ上、新しい有機物で構成されていることが明らかとなった。また、C/N比の平均値は、九頭竜川で 9.1 ± 1.1 、日野川で 8.2 ± 1.1 と、炭素同位体比と同様に九頭竜川と日野川で違いが認められた。これらの懸濁粒子の有機物の特徴の違いを検討した結果、流域の特徴と流量が関係する可能性が示唆された。

キーワード: 粒子態有機炭素, 炭素同位体, 河川水, 移行挙動, 流量

Keywords: POC, carbon isotopes, river waters, migration, water discharge

山地源流域におけるマルチ・トレーサー手法による湧水・地下水・河川水の滞留時間の推定 Age dating of spring water, groundwater and stream water in mountainous watersheds using multi-tracer approach

池田 隼人^{1*}; 辻村 真貴²; 勝山 正則³; 長野 龍平⁴
IKEDA, Hayato^{1*}; TSUJIMURA, Maki²; KATSUYAMA, Masanori³; NAGANO, Ryuhei⁴

¹ 筑波大学生命環境学群地球学類, ² 筑波大学生命環境系, ³ 京都大学学祭融合教育研究推進センター グローバル生存学連携大学院ユニット, ⁴ 京都大学大学院農学研究科

¹College of Geoscience, School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, ²Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, ³Inter-Graduate School Unit for Sustainable Development and Survivable, Kyoto University, ⁴Graduate School of Agriculture, Kyoto University

源流域における渓流水等の平均滞留時間を求めることは基本的に重要であるが、用いるトレーサーの種類により、推定される滞留時間の値に差が生じることが指摘されている。しかしながら、複数のトレーサーを適用し、求められる滞留時間を水文プロセス等の視点から比較検討した研究は従来少ない。

そこで本研究では、山地源流域においてマルチ・トレーサー法により滞留時間を推定し、空間分布を明らかにすること、また水文特性と滞留時間変動との関係性を明らかにすることを目的とした。滋賀県南部に位置する桐生水文試験地において、2013年6月、8月、10月の計3回、現地調査、及び採水を行い、一般水質、SiO₂、溶存フロン濃度、水素・酸素安定同位体の分析を行った。次に水中のフロン濃度と大気中の北半球平均フロン濃度を用いて平均滞留時間の推定を行った。また本流域において2008年から2012年まで毎月測定されている、降水と渓流水、地下水の安定同位体比を用いて、それらの季節変化から平均滞留時間を推定した。

安定同位体により推定された河川水、地下水の平均滞留時間は約2.8から4.4年と推定された。またフロン濃度を用いた方法では湧水、地下水の滞留時間は、涵養温度を各試料の水温とした場合に1.5から8.5年、及び15から23年と得られた。また滞留時間との関係性が示唆されるNa⁺濃度と滞留時間の関係から、大気中フロン濃度の減少過程で得られる、短い滞留時間である可能性が高いことが示された。

それぞれの手法により得られた結果を総合的に検討した結果、本流域の湧水、地下水、河川水の滞留時間は約1.5から8.5年であると推測された。この結果は、従来、安定同位体によって得られたそれと整合的であるが、フロンによる推定値は、より大きな時空間変動を示した。これは異なる滞留時間、及び流動経路からなる水の混合過程により引き起こされていることが推測される。50年程度の時間情報を有するフロンは、こうした現象をよりの確に再現しているものと示唆される。

キーワード: マルチ・トレーサー法, 平均滞留時間, 安定同位体, フロン類

Keywords: multi-tracer approach, mean residence time, stable isotope, chlorofluorocarbons

ベトナム・ハノイ市郊外における地下水の起源と地下水涵養機構の検討 Sources and recharge process of groundwater in sub-urban area of Hanoi city, Viet Nam

林 武司^{1*}; 黒田 啓介²; An Do Thuan²; 滝沢 智²; Nga Tran Thi Viet³

HAYASHI, Takeshi^{1*}; KURODA, Keisuke²; AN, Do thuan²; TAKIZAWA, Satoshi²; NGA, Tran thi viet³

¹ 秋田大学教育文化学部, ² 東京大学大学院都市工学研究科, ³ Hanoi University of Civil Engineering

¹ Faculty of Education and Human Studies, Akita university, ² School of Engineering, the University of Tokyo, ³ Hanoi University of Civil Engineering

ベトナムの首都であるハノイ市では、都市化に伴って水資源の需要が急増している。しかし、ハノイ市の主要な水源の1つである地下水には、自然由来のヒ素が高濃度に含まれることがある。一方、近年では、もう1つの主要な水源である紅河の水量の減少が指摘されている。このため、量・質ともに安定した水源の確保が喫緊の課題となっている。特に郊外では、地下水が主要な水源であり、開発の進行に伴って揚水量が増加している。これにより、上部帯水層中の地下水位が大きく低下し、旧来の井戸が枯れる地域も現れている。また、開発に伴う造成によって、小河川・湖沼等の自然水域や水田が減少している。このように、地表・地下ともに水環境が大きく変化し続けているが、水循環機構については不明な点が多い。しかし地下水を持続的に利用するためには、地下水の涵養・流動機構を明らかにすることが重要である。我々は、開発が進行している郊外の複数の集落において、地下水の起源や涵養機構等を明らかにすることを目的として、地表水・地下水の水質・同位体組成の定期的な観測や地下水年代の検討、地下水位のモニタリングなどを実施している。

我々のこれまでの調査により、紅河より離れた地域では、“蒸発の影響を受けた水”が主要な地下水涵養源の1つであることが明らかとなっている。上部帯水層（不圧帯水層）の地下水位モニタリングならびに地下水の地球化学性状の定期観測の結果、地下水位ならびに地下水の酸素・水素安定同位体比は、降水量の雨季・乾季の変動に応じて変動した。ただし、降水量、地下水位、酸素・水素同位体比の季節的な変動には、それぞれ1~2カ月程度の時間差が認められた。これらの差は、地表からの水の浸透時間を反映していると考えられた。一方、地下水中のCFCs・SF₆濃度から、見かけの地下水滞留時間として数十年程度の滞留時間を有することが示された。発表では、これらの結果に基づく地下水の起源や涵養機構の検討結果について報告する。

キーワード: ハノイ市, 地下水涵養機構, 地下水位変動, 同位体, 地下水年代

Keywords: Hanoi city, groundwater recharge process, fluctuation of groundwater level, isotopes, groundwater age

ベトナムドンナイ川流域上部における気候変動の検討 Long-term trends of climate variability in upper Dong Nai river basin in Vietnam

Truong Nguyen Cung Que^{1*}; 近藤 昭彦²
TRUONG, Nguyen cung que^{1*}; KONDOH, Akihiko²

¹ 千葉大学大学院 理学研究科 生命・地球科学専攻, ² 千葉大学環境リモートセンシング研究センター

¹Department of Earth Sciences, Graduate School of Science, Chiba University, ²Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University

IPCC よるとベトナムは気候変動によって最も深刻な影響を受ける国の一つだと評価されている。すなわち 1m 海面が上昇すると、人口の約 10~12 % が直接影響を受ける可能性があり、経済的損失が 10 % GDP にのぼると予測されている。また雨季における降水量の増加と海面上昇が組み合わさると、沿岸域の低地に深刻な影響を与える可能性がある。それは沿岸デルタ地域の 40,000km²、メコンデルタの 90 % が洪水になるという予測もある。高原地域では気温がより顕著に上昇すると予測される。ベトナム南部に位置するドンナイ川はメコン川と並び、南部の主要な水資源を供給している。ドンナイ川流域は東南部の高原から発し、ベトナム南部の主要電源ダムである TriAn 貯水池発電所を経て、下流でメコンデルタ下流の支川と合流した後、東海まで流れていく。

メコン川は気候変動による水資源の変動、メコンデルタ上流部のカスケード型水力発電所システムやダム建設などによる下流の河川流量や土砂輸送に対する潜在的な影響に関する論争が続いているが、ドンナイ川流域はベトナムがコントロールできる水資源の供給源であるため、気候変動による水文レジームの変化及びそれへの適応について検討することが必要だと考えられる。本研究ではドンナイ川流域における気候変動による流出量と気象データの長期変化を検出することを目的とする。

対象流域のドンナイ川流域の水文情報として、ベトナム国立水文気象予測センター (NCHMF: National Center for Hydro-Meteorological Forecasting); 各地方の天然資源環境省 (DONRE: Department of Natural Resources and Environment); TriAn 水力発電所管理所の最近の 20 年間 (1992 年から 2011 年まで) 観測データを経験的モード分解 (EMD; empirical mode decomposition) より降雨・気温・パン蒸発・流域出口の流出量の長期変化を検出した。複数の周波数成分を持つ信号を狭帯域の信号に分解する手法である EMD は、時間-周波数解析手法として最近非線形および非定常な性質の時系列データを分析するために設計され開発されている。この狭帯域の信号は固有モード関数 (IMF; Intrinsic mode function) と呼ばれる。

対象流域内における最近の 20 年間の降雨量・気温がわずかに増加する傾向にありが逆にパン蒸発・流域出口の流出量がやや低下する傾向にある結果が出た。メコンデルタ河委員会や世界銀行のベトナムの気候変動について研究結果と同じように降雨量と気温の増加傾向を検出できた。また流域出口の流出量の低下傾向の原因としては流域内の土地被覆・土地利用の変化が原因の一つだと考えられるが、それについて別の研究を行う。

キーワード: ドンナイ川流域, 気候変動, 経験的モード分解, EMD

Keywords: Dong Nai river basin, climate variability, empirical mode decomposition, EMD

モンゴルでの近年の気候・植生変動からみた遊牧の持続可能性に関する一考察 A consideration of sustainable grazing over Mongolia, as point of view of recent climate change and vegetation responses

川上 聖¹; 樋口 篤志^{2*}

KAWAKAMI, Satoshi¹; HIGUCHI, Atsushi^{2*}

¹ 日本 HP, ² 千葉大学 環境リモートセンシング研究センター

¹ HP Japan, ² CEReS Chiba University

ユーラシア大陸東部の内陸に位置するモンゴル国は、国土の約8割が草地であり、遊牧牧畜が伝統的に営まれてきた。近年の市場経済体制への移行や冬の寒雪害である“ゾド”が頻発したことにより、同国の基幹産業である牧畜は著しい変化を見せている。本研究ではモンゴルにおける気候変動と植生利用という観点から、遊牧の持続可能性について考察を行った。

1979年から2012年の冬季にかけて、JRA-25及びJCDASの日平均地表面気温を解析した結果、極端な低温発生が近年増加していたことが明らかとなった。これは東アジアに強い寒波をもたらすメカニズムと関連し、起点である北極付近のバレンツ海の海氷減少による大気循環の変動が要因である。

2009年冬季の寒波は家畜頭数の全国的な減少をもたらし、多くの地域で放牧圧減少による植生回復が見られた。2009年から2012年にかけてMODISより得られたNDVI (Normalized Difference Vegetation Index) とGRVI (Green-Red ratio Vegetation Index) から、短期的な植生回復の過程、植生状態の解析を行った。植生回復の早い領域が地形と対応し、現地観測による植生データと整合性もみられた。これはバイオマスのみでは判断できない、2つの植生指数の組み合わせによるものであり、モンゴル草原域において植生状態の把握が可能であることが示された。

キーワード: モンゴル, 放牧, 極端低温現象, NDVI, GRVI

Keywords: Mongolia, grazing, extreme colod events, NDVI, GRVI

高層湿原の冬期水環境に対する積雪の影響評価—霧多布、サロベツ、尾瀬における
PALSAR/ALOS データ解析—
Effect of snow depth on hydrology of highland marshes - Analysis of PALSAR/ALOS
data at Kiritappu, Sarobetsu and Oze -

五十嵐 雅俊¹; 久田 泰広¹; 出村 裕英¹; 小川 佳子^{1*}; 祖父江 真一¹
IGARASHI, Masatoshi¹; HISADA, Yasuhiro¹; DEMURA, Hirohide¹; OGAWA, Yoshiko^{1*}; SOBUE, Shinichi¹

¹ 会津大学, ² リモートセンシング・技術センター
¹Univ. of Aizu, ²RESTEC

積雪地域の高層湿原は、冬季の立ち入りが困難であることから、水環境の年間を通じたモニタリングはほとんどなされていらない。これまで、我々は年平均2 mを超える積雪がある尾瀬湿原に注目し、Lバンド合成開口レーダーの一種であるALOS(だいち)搭載PALSARのデータプロダクトを解析した結果、厚い積雪層を透過した下部に広く水が浸潤した領域が存在する可能性が示された。融雪期よりも厳寒期の方が浸潤度合いが大きいことから、この水体の起源は融雪によるものではなく積雪による荷重で泥炭層から絞り出された水と結論づけるに至った。今回は、新たに、北海道の代表的な高層湿原である、霧多布、サロベツ、について、同様の解析を試み、尾瀬との比較を行った。また、浸潤度合いに対する積雪量と泥炭層厚の影響について定量的な議論を行ない、評価した。

キーワード: 高層湿原, 水環境, PALSAR, リモートセンシング, 積雪, 泥炭
Keywords: highland marsh, hydrology, PALSAR, remote sensing, snow, peat

ユニバーサルモデルによる水文時空間データのモデル化 Modeling of hydrological temporal-spatial data by a universal model

葛葉 泰久^{1*}; 荒木 大輔¹; 齋藤 華子²; 五味 千絵子³; 千田 眞喜子⁴
KUZUHA, Yasuhisa^{1*}; ARAKI, Daisuke¹; SAITOH, Hanako²; GOMI, Chieko³; SENDA, Makiko⁴

¹ 三重大学大学院生物資源学研究所, ² 三重大学生物資源学部, ³ 愛知県, ⁴ 京都光華女子大学・大阪成蹊大学・大阪成蹊短期大学

¹Graduate School of Bioresources, Mie University, ²Faculty of Bioresources, Mie University, ³Aichi Prefectural Government, ⁴Kyoto Koka Women's University / Osaka Seikei University / Osaka Seikei College

多くの地球科学的データがフラクタルモデルでモデル化できることが多くの研究結果で示されている。本研究では、モノフラクタルモデルのうち、Bm (ブラウン運動), fBm (非整数ブラウン運動), fLm (非整数 Lévy 運動), それにフラクタルモデルではないが e-model (Gomi and Kuzuha, 2013) の適用可否について検討した。Bm, fBm, fLm の構成法として、スペクトル法 (Lavallée, 2008 など) がある。場がフラクタルである場合、データをフーリエ変換すると、角振動数 (または波数) とパワースペクトルは、log-log-linear な関係となる。スペクトル法は、ホワイトノイズ (Gauss ホワイトノイズ, Lévy ノイズなど) を発生させ、log-log-linear なフィルタを通すことによってモンテカルロシミュレーション的なデータを作成する。多くの地球科学データはフラクタル的ではあるが、例えば、Gomi and Kuzuha (2013) によれば、日降水量時系列は、角振動数とパワースペクトルの関係が指数関数的になり、指数関数で表したフィルターを用いることでデータを再現できた (e-model)。本研究では、このように、log-log-linear なフィルタ (すなわちフラクタルな場合) 以外のフィルターを用いる場合も含め、このようなスペクトル法で表すモデルをユニバーサルモデルと考え、それで時空間的な水文学的データがモデル化が可能かどうかを確認した。その結果、解析雨量を用いた 1 時間降水量の時系列、空間的な降水量の場が、fBm や fLm でモデル化できることが分かった。さらに、量的データだけではなく、河川水中のイオン濃度の時系列や、水道水中の硝酸態窒素の時系列も、fLm で表現可能であることが分かった。

Gomi, C. and Y. Kuzuha (2013), Simulation of a Daily Precipitation Time Series Using a Stochastic Model with Filtering, Open Journal of Modern Hydrology, DOI: 10.4236/ojmh.2013.34025

Lavallée, D. (2008), On the Random Nature of Earthquake Sources and Ground Motions: A United Theory, Advances in Geophysics, Vol. 50, 2008, pp. 427-461.

キーワード: フラクタル, 水文時空間データ, フィルタリング, ユニバーサルモデル, e-model
Keywords: fractal, hydrological temporal-spatial data, filtering, universal model, e-model

チュニジア北東沿岸部の貯水ダム下流域における浅層地下水の水質形成特性 Characteristics on groundwater salinization in a downstream area of dam reservoir, a coastal region of NorthEast Tunisia

内田 千智^{1*}; 河内 敦²; 辻村 真貴²; 柴山 直之¹; Ziadi Amira³; Tarhouni Jamira³
UCHIDA, Chisato^{1*}; KAWACHI, Atsushi²; TSUJIMURA, Maki²; SHIBAYAMA, Naoyuki¹; ZIADI, Amira³; TARHOUNI, Jamira³

¹ 筑波大学大学院生命環境科学研究科, ² 筑波大学生命環境系, ³ National Institute of Agronomy in Tunisia
¹ Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, ² Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, ³ National Institute of Agronomy in Tunisia

主に乾燥・半乾燥地域の沿岸域で生じている地下水位低下に伴う浅層地下水の塩水化に対して、ダム貯水池が周辺地域の地下水環境に与える影響を空間的に把握することを目的として、現地調査と水質分析結果を基に対象地域の水質形成プロセスを検討し、その形成特性を地域別に記述することを試みた。対象地域は、北アフリカのチュニジア北東部 Korba 帯水層上に位置し、ダム貯水池 (Lebna ダム) が存在する Lebna 下流域とそれに隣接する Chiba 下流域からなる地域で、2013年6月に計72地点で調査し、66地点で水試料を得た。

まず、各調査地点で計測した地下水位データを基に対象地域の地下断面図を作成し、地下水流動方向を調べた。次に、無機溶存イオン濃度と酸素・水素安定同位体比を分析し、水質組成の空間分布を明示するとともに、Cl⁻を海水起源と仮定して物質収支式より求めた各地点の海水の混合割合を基に、上流端地下水と海水が単純混合したと仮定した場合の地下水の溶存イオン濃度と酸素安定同位体比を推定し、それと分析値の偏差を求め、その空間特性を調べた。加えて、地下水と鉱物間の溶存イオンの化学平衡理論を基に飽和指数を求め、考えられる水質形成過程を抽出した。さらに、溶存イオン濃度と酸素・水素安定同位体比を用いてクラスター分析と主成分分析を行い、地下水質組成の空間特性とそれを決める水質パラメータを調べた。

その結果、現地調査より Lebna ダム下流域の地下水位は海水面よりも高く、Chiba 流域の地下水位は海水面よりも最大10mも低いことが分かった。物質収支式によって求めた海水割合、及び酸素・水素安定同位体比結果より、各調査地点は(i)海水割合の高い地点、(ii)海水割合と同位体比が低い地点、(iii)海水割合は低いが高同位体比が高い地点の3グループに分類できた。一方、クラスター分析より各調査地点を5つのクラスターに大別することができ、その要因として主成分分析より、(a)海水の混合率、(b)海水と粘土鉱物の接触による逆イオン交換反応の有無、(c)Lebna ダム貯水池からの涵養の有無の3つの事象が関与しているものと考えられた。また、その3つの事象 a, b, c と、上述の海水割合と酸素・水素安定同位体比から分類された3グループ i, ii, iii, 及び地下水位から、対象地域を水質形成特性の異なる3つの地域 A, B, C に分類することができた。

地下水位が海水面よりも高い Lebna ダム下流域の酸素・水素安定同位体比が高く、海水割合の低い地域 A では、Lebna ダム水の直接浸透、もしくはダム水を用いた地表水灌漑農業による地表水浸透によって、地下水位が高く維持され、地下水の塩水化が抑制されていると考えられた。また、地下水位が0m~4m程度で海水割合が高く、各溶存イオン濃度の高い海岸近くの地域 B では、塩水侵入の影響で Na⁺, Cl⁻ 濃度が高いことに加えて、粘土鉱物との逆イオン交換反応によって生じる高い Ca²⁺ 濃度によってその地下水が特徴づけられている可能性が示唆された。最後に、地下水位が4m以下で Chiba 流域の内陸側に位置する地域 C では、地域 A からの地下水と、Chiba 流域のさらに上流側からの降水起源の地下水、及び Ca²⁺ 濃度の高い地域 B の地下水が流入していると考えられ、それらが混合してその地下水質を形成しているものと考えられた。

キーワード: 塩水侵入, ダム水の涵養効果, 無機溶存イオン濃度, 酸素・水素安定同位体比, 物質収支式, 多変量解析
Keywords: seawater intrusion, dam reservoir, dissolved inorganic ions, stable hydrogen and oxygen isotopic compositions, mass balance, multivariable analyses

甲府盆地西方の糸魚川—静岡構造線周辺に賦存する地下水の地球化学的特徴 Geochemical features of groundwaters around the southern Itoigawa-Shizuoka tectonic line, western Kofu Basin

谷口無我^{1*}; 村松容一²; 千葉仁³; 奥村文章⁴; 山室真澄¹
YAGUCHI, Muga^{1*}; MURAMATSU, Yoichi²; CHIBA, Hitoshi³; OKUMURA, Fumiaki⁴; YAMAMURO, Masumi¹

¹ 東大新領域, ² 東理大理工, ³ 岡山大理, ⁴ 石油資源開発(株)技術研究所
¹ Gra.Shc., The Univ. Tokyo, ² Fac.Sci. and Tech., Tokyo Univ.Sci., ³ Fac.Sci., Okayama Univ., ⁴ Japex R.C.

1. 目的

日本列島の非火山地域では掘削による温泉開発が盛んに行われているが、これらの非火山性の温泉は成因が不明のものが多い。太平洋プレートとフィリピン海プレートの境界付近に位置する甲府盆地周辺には、深度1000mを超えるような深部掘削による温泉井が多数存在する。これらの中には海水と同程度かそれ以上の塩分を持つ流体が存在するが、その水や溶存成分の起源は明らかにされていない。本研究は、甲府盆地西方の糸魚川—静岡構造線および中央構造線周辺に賦存する高塩分流体の水質および安定同位体の特徴に基づき、地質鉱物学的視点に立って、当該流体の起源および水質形成メカニズムを考察することを目的とした。

2. 方法

温泉水(掘削深度0~1500m)を中心に、地下水を全25か所から採水した。採水現場ではカスタニー ACT pHメータ(HORIBA D-24)を使用して水温、電気伝導度、pHを測定するとともに聞き取り調査を実施し、掘削井戸構造図などのデータを得た。主要陽陰イオンの分析にはイオンクロマトグラフ法(SHIMADZU LC-VP)、SiO₂はモリブデン黄法(SHIMADZU UV-1650PC)、Feは原子吸光法(SHIMADZU AA-6200)、HCO₃⁻濃度は容量法によるpH4.8アルカリ度から算出した(HACH AL-DT)。水素、酸素、硫黄の安定同位体比(δ D, δ ¹⁸O, δ ³⁴S)分析には、安定同位体比質量分析計(GV Instruments Isoprime-EA)を使用した。

3. 結果と考察

試料水の温度は最大48.8℃、pHは6.4~9.7の範囲であり、泉質はCa-HCO₃型、Ca-Mg-HCO₃型、Na-Ca-HCO₃型、Na-HCO₃型、Ca-SO₄型、Na-Cl-HCO₃型、Na-Cl型と多様な水質を示した。これらの中で最も支配的な水質はNa-Cl型であり、Cl濃度は最大約23000mg/Lだった。

試料水のNaとCl濃度の関係は降水-海水混合線に沿って分布したことから、当該地域の地下水は大局的に降水端成分および海水端成分との混合によって形成されたと考えられる。低塩分の試料水の δ Dと δ ¹⁸Oの関係は天水線に沿って分布しており降水起源が支持される一方、海水と同程度あるいはそれ以上の塩分濃度の試料水の δ Dと δ ¹⁸Oはいずれも現海水に比較して低い。このような高塩分の試料水は、Mg/ClおよびSO₄/Cl当量比が現海水の当量比に比べて著しく小さく、一方でCa/Cl等量比は現海水の当量比よりも高いことから、当該海水端成分は海底玄武岩の変質および海底堆積物中の火山性物質のMg-ス멕タイト化の影響を受けて変質した海水であると推察される。当該地域に卓越するNa-Cl型の地下水は、このような高塩分の流体が糸魚川—静岡構造線などの深部に達する断層に沿って流動する過程で、降水起源の低塩分の地下水と混合して形成されたと推定される。

キーワード: 糸魚川—静岡構造線, 深部流体, 水質, 成因

Keywords: Itoigawa-Shizuoka tectonic line, deep fluid, water quality, formation mechanism

鳥取砂丘内湧水(オアシス)の起源に関する研究 A Study on the Origin of a Spring in Tottori Sand Dunes using various geophysical and hydrological methods

塩崎 一郎^{1*}; 河合 隆行²; 野口 竜也¹; 齊藤 忠臣³
SHIOZAKI, Ichiro^{1*}; KAWAI, Takayuki²; NOGUCHI, Tatsuya¹; SAITO, Tadaomi³

¹ 鳥取大学大学院工学研究科, ² 新潟大学 災害・復興科学研究所, ³ 鳥取大学農学部
¹Graduate School of Engineering, Tottori University, ²Research Institute for Natural Hazards and Disaster Recovery, Niigata University, ³Faculty of Agriculture, Tottori University

鳥取砂丘の起伏の象徴である馬の背, その南側の凹地に季節によりその姿を変化させるオアシスがある. このオアシスはいつもみられるわけではなく, 夏季には消滅する. また, オアシス凹地へは絶え間なく地表を流れて注がれる流入水が存在しているが, オアシスが存在していないときには, 流入水は尻無川となっている. はたして, このオアシスが如何なるメカニズムで発生・消滅しているのだろうか. すなわち, この流入水はどこからきて, どこへ流出するのだろうか. このオアシス湧水に関する問いかけは, 古くからの学術的関心であり, 例えば, 砂丘に降った雨水が地下水となり, 一部が泉となって地表に再び表れるという考え方(赤木, 1991), 保水性の良くない砂丘砂に浸透した雨水が, 水を通さない基盤岩の不透水層や透水性の悪い火山灰層の付近に地下水として貯留し, これが湧水となるという考え方(財団法人自然美化管理財団, 1995), 近年では, オアシスの形成と砂丘南側に位置する多鯨ヶ池の水位変化の関連性を調べた研究(星見, 2009)などの知見が既に提出されている.

一方で, 学術的に高い価値を有している鳥取砂丘の自然環境は, その自然状態を保全・維持しつつ後世に継承されることが強く望まれているため, 砂丘内の自然環境に人為的な影響が生じないように厳しく管理されており, 井戸などの人工物の設置や大型測器による地下水位探査が事実上不可能である. このような理由から, 現在に至るまで十分な調査が成されておらず, オアシスの発生・消滅メカニズムを定量的に解明する目的で行われた研究はなく, まだ結論は出ていない.

本研究はこの問いに答える目的のために, すなわち, 砂丘内湧水(オアシス)の起源を探るために鳥取砂丘の地下構造と地下水大循環に関する研究を実施した. すなわち, 様々な非破壊的な物理探査法を用いて砂丘の地下構造を推定し, 地下水の存在形態や流動様式, 砂丘の基盤構造などに関する基礎データを得ると共に, 水文的手法も用いてオアシス湧水の起源ならびに定量的な消長メカニズムの解明を試みた. ここで用いた具体的な方法論は後節に譲るが, 概略として, 前者の地下構造推定のためには, 電気比抵抗映像法, 1m 深地温探査法, 自然電位法, 微動探査法, 重力探査法を適用し, 後者のために, オアシス水に関する水位連続観測ならびに蒸発量解析, オアシス域およびその周辺域の地下水位調査, 降水ならびにオアシス湧水と多鯨ヶ池の採水データの安定同位体比解析を導入した. なお, 前者の用途においては観測地点の位置や砂丘域全体の地形を把握するためにデファレンシャル法を用いた GPS 測量を行い, 後者の用途ではオアシス水域およびその周辺の微地形把握のためのトータルステーションを用いた測量を実施した.

その結果, 鳥取砂丘の地下構造と砂丘内湧水(オアシス)の起源に関して, 次に示すようなひとつの結論を得た. 「雨水が砂丘砂に浸透し, 地下水となる. その一部は火山灰層を主体とする帯水層に導かれ(宙水として)オアシス湧水へ注がれる. オアシス湧水は馬の背の地下を超えて海へ注がれる. オアシス湧水と多鯨ヶ池の水には同時刻的・直接的関連はみられない. また, 鳥取砂丘(観光砂丘)全域の大局的な地下水分布は地下構造解析から推定された基盤形状の起伏と関連がみられる.」本研究によりこれらのことが砂丘の地下構造や水位変化, 同位体変化などの定量的な観測値から検証されたことに意義があると考えられる. ここではこのような研究の基礎となる学術的背景と調査の概要, 複数の調査結果とその解釈, そして, 全体を統括したまとめを報告する.

なお, 本稿で報告されるデータは主に平成 21 年度・平成 23 年度に交付を受けた鳥取県環境学術研究振興事業「鳥取砂丘の地下構造と地下水大循環に関する研究—砂丘内湧水(オアシス)の起源を探る—」の一環として取り組まれた種々の研究により取得されたものであることを明記する.

キーワード: 鳥取砂丘, 地下水, 物理探査法

Keywords: Tottori sand dunes, underground water, geophysical exploration methods

谷頭部斜面におけるリンの空間分布および挙動について Spatial distribution and transport of phosphorus in a hillslop profile in Ichikawa City, Chiba Prefecture, Japan

朴 晶秋^{1*}; 唐 常源¹; 張 ハン¹; 佐古 瑤子¹
PIAO, Jingqi^{1*}; TANG, Changyuan¹; ZHANG, Han¹; SAKO, Yoko¹

¹ 千葉大学大学院園芸学研究科

¹ Graduate School of Horticulture, Chiba University

Transport of phosphorus (P) in subsoil is presumed to be minor in comparison to transport in topsoil. Three Soil columns that located at upland (agriculture land), hillslope and forest (background) were sampled in Ichikawa City (35.76°N, 139.97°E), Chiba Prefecture, Japan. Contents of the total P (STP), organic P (OP) and inorganic P (IP) were determined to assess the spatial distribution, origin and transport pathways of P in the soil of unsaturated zone. In unsaturated zone soil texture is in a sequence surface layer (SF), Kanto loam layer (LO), Joso clay layer (CY) and Narita sand layer (SA) of the upper part of slope profile and SF, the secondary deposited loam layer (SE), clayey sand layer (MI) and SA of the down part of slope profile. Soil samples were obtained from the slope profile at four sites (A, B, C, D). LO, CY and SA is covered the forest soil profile.

In forest soil, the contents of STP, OP and IP were 30-163 mg/kg, 5-63 mg/kg and 19-103 mg/kg, respectively. There averages in different layers were in the order: LO >CY >SA, respectively. In hillslop, the contents of STP, OP and IP were 42-1723 mg/kg, 20-1229 mg/kg and 18-839 mg/kg, respectively. The average in different layers were in the order: SF (1564 mg/kg) >SE (1349 mg/kg) >LO (494 mg/kg) >MI (492 mg/kg) >SA (91 mg/kg) >CY (69 mg/kg). There were similar changing trends between OP, IP and STP with the average in different layers. And the contents of OP were not higher than IP content in most layers, however, more than twice in SF and SE. Ratios of OP/STP in SF and SE were 63% and 64% which were similar with the ratios in topsoil of upland profile. Therefore, it is supposed that P in topsoil of hillslope was transported from upland by runoff and soil erosion. In addition, the average ratios of OP in LO, CY, MI and SA were 30-52%, lower than the average in SF and SE in hillslope profile.

STP contents of subsoil in hillslope were much higher than forest. It is assumed that there was external phosphorus loading on the subsoil in slop profile. The results indicated that P transported form the surface soil to subsoil. Moreover, there was an accumulation on the soil above CY which the depth is 2.8-3.4m than upper LO of A site. The CY is supposed to block the P transport along the profile. In SE, there was no obvious change of site B and C, showing that the soil of SE may be in saturation status of the P adsorption. And STP contents of MI and SA were lower than SE. It means there was no a great phosphorus accumulation on MI and SA. So P could transport toward to deeper stratum with soil water flow. Finally, P would be likely to enter the groundwater.

The results indicated that the contents of STP, OP and IP varied greatly in different stratum. And this study inferred that two P transport pathways. One was P transports as particulate form by surface runoff, soil erosion in the topsoil. The other one was P transports with the infiltration of soil water as soluble phosphate in the unsaturated zone. And P is likely to enter the groundwater, and would be moved towards wetland with groundwater flow, affect the ecological environment finally.

Keywords: phosphorus, spatial distribution, transport, hillslop profile

谷頭部湿地における窒素の収支について Nitrogen budget of a headwater wetland

李 杏^{1*}; 唐 常源¹; 韓 志偉¹; 曹 英傑¹; 朴 晶秋¹

LI, Xing^{1*}; TANG, Changyuan¹; HAN, Zhiwei¹; CAO, Yingjie¹; PIAO, Jingqiu¹

¹ 千葉大学 園芸学研究科

¹Graduate School of Horticulture, Chiba University

As human activities continue to alter the global nitrogen cycle, understanding of the impact of increased nitrogen loading to freshwater systems is becoming more and more important. The study area is a typical headwater wetland, located at Ichikawa City (35.76°N, 139.97°E), Chiba Prefecture, Japan. The wetland valley is U-shaped with an elevation of about 16 m above sea level. The wetland receives discharge (both groundwater and overland flow) from an adjacent upland (elevation 26-31m) area with vegetation consisting of mostly pear orchard. A stream flowing through the wetland valley is recharged by spring water and groundwater in the wetland. Average flow rate of the stream all around a year is 21.7 L S⁻¹ at the export of the wetland. The wetland is with surface area of 48000 m², corresponding to 4.7% of the watershed. The uplands are covered by pear orchard, whereas the lowland is wetland. The average nitrate load is 501.9 mg S⁻¹ at export of stream and average dissolved N₂O load is 151.9 μg S⁻¹ at export around a year. Ammonia and nitrite were nearly undetectable in the upland groundwater stream water in this study.

For the upland, annual nitrogen inputs refer to the sum of fertilizer application and atmospheric deposition, whereas the outputs refer to root absorption, N₂O emission from soil surface and leaching of nitrogen. Nitrogen fertilizer is 346 kg ha⁻¹yr⁻¹ which is relative high to other studies. Annual average N deposition by precipitation over Japan was from 7 to 10 kg ha⁻¹yr⁻¹ (with a mean value of 8.5 kg ha⁻¹yr⁻¹) during the past few decades (Hara, 1995). The composition in leaching nitrogen is only nitrate and the leached nitrate is 202 kg ha⁻¹ yr⁻¹ in upland. The annual N₂O emission was 5.77 kg ha⁻¹ from the upland area.

For the wetland, annual nitrogen inputs refer to the sum of nitrate leaching from upland and atmospheric deposition of wetland. Annual nitrogen outputs refer to the sum of export by stream, and gas emission. The wetland receives 20652 kg-N yr⁻¹ from atmospheric deposition and groundwater which recharge from agricultural upland. The nitrogen exports by stream were 15359.8 kg yr⁻¹. The measured emission of N₂O was 61.6 kg yr⁻¹ and the calculated emission of N₂ was 5218.6 kg yr⁻¹. As a result, our estimate of N retention for the wetland watershed was 26.5%. Valigura (1996) and Whitall and Paerl (2001) estimated that N retention in urban watersheds ranges from 25% to 95%, with a best estimate of 40%. From the view of literature, the nitrate-nitrogen retention by mass was extremely low in this study. It is assumed that the high loading of nitrogen is a limit factor of nitrogen retention in wetland. The reason that the low percentage of nitrate-nitrogen retention may be due to the extremely high load of nitrate input of groundwater (430 g-N m⁻²yr⁻¹ or 4300 kg ha⁻¹ yr⁻¹). However, the nitrate-nitrogen retention was 110 g-N m⁻²yr⁻¹ which is much higher than that (39 g-N m⁻²yr⁻¹ and 46 g-N m⁻²yr⁻¹) in study of William J. Mitsch (2005) and reach the retention level of constructed wetland.

Direct emission factor EF₁ was 0.017 which is higher both than the default values of IPCC 1996 and 2006, but was still in agreement with the range of uncertainty. Indirect emission factor EF_{5-g} was 0.003 which is much lower than the default value of IPCC 1996, whereas it was agreement with the default value of IPCC 2006. EF_{5-g} value in this study was also consistent with the result of (0.0025) another study in Japan (Sawamoto, 2005). Ratio of dissolved N₂O and NO₃⁻ in groundwater ranged from 0.00026 to 0.0157, with an average value of 0.0025. Using 0.0025 as the EF_{5-g} value would revise the estimation of the indirect emission from this wetland, resulting of 51.5 kg yr⁻¹. The measured emission of wetland was 61.5 kg yr⁻¹ which is the same order of magnitude with calculated value, indicating that the method advised by IPCC could reasonable predict the indirect emission of wetland.

キーワード: 窒素収支, 溶存亜酸化窒素, 湿地

Keywords: nitrogen budget, dissolved N₂O, wetland

北海道・登別熱水系の周辺水域への影響評価 Influence of the Noboribetsu hydrothermal systems on surrounding water regions

落合 泰大^{1*}; 知北 和久¹
OCHIAI, Yasuhiro^{1*}; CHIKITA, Kazuhisa¹

¹ 北海道大学大学院理学院自然史科学専攻地球惑星ダイナミクス講座

¹ Division of Earth and Planetary Dynamics, Department of Natural History Sciences, Faculty of Science

多様な熱水系が発達している北海道・登別地域は酸性の高温温泉が存在し、温泉水の高い δD 値、 δO^{18} 値などからマグマ起源の流体の寄与が推定されている(松葉谷ほか、1977)。隣接する第四紀火山起源の倶多楽湖も含め、この地域全体として $90\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$ と非常に高い地温勾配が報告されている(茂野、2011)。しかし、地質構造データの不足により同地域の熱水系の議論は十分になされておらず、定量的な評価には至っていない。本研究では、初めに登別・沸騰泉池における水収支・熱収支を評価した。沸騰泉池では、熱電対による水温の連続観測を行っており、底部からは、約 $89\text{ }^{\circ}\text{C}$ の熱水が安定して流出している。この水温データに基づく池底からの熱流入量は、2つの期間で $2,482\text{ W}/\text{m}^2$ 、 $3,360\text{ W}/\text{m}^2$ と得られ、福富ら(1968)による大湯沼での $2,600\text{ W}/\text{m}^2$ と比べ妥当な値を得た。他方、隣接水域である倶多楽湖では最深点で水温の垂直分布の連続観測を行っており、倶多楽湖の湖底水温変動との関係を調べることで登別熱水系の周辺への影響を検討している。なお、同地点でのTCTDプロファイラー観測から、湖底から $1.01\text{ W}/\text{m}^2$ の熱流量が見積もられ、これは熱水流入があることを示唆している。今後は、こうした変動をより詳細に評価し、周辺地域の熱水系の解明をめざすつもりである。

キーワード: 登別温泉, 倶多楽湖, 熱収支, 熱流量, 熱水系

Keywords: Noboribetsu hot spring, Lake Kuttara, Heat budget, Heat flux, Hydrothermal system

水源林からの窒素、燐の流出量の推計とその抑制策の検討 Nitrogen and phosphorus export to watershed from Water-Conservation Forest

川邊 遼介^{1*}; 丹治 三則²; 岡村 雅人³
KAWABE, Ryosuke^{1*}; TANJI, Kazunori²; OKAMURA, Masato³

¹ 慶應義塾大学総合政策学部, ² 慶應義塾大学環境情報学部, ³ 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科
¹Faculty of Policy Management Keio University, ²Faculty of Environment and Information Studies Keio University, ³Graduate school of Media and Governance Keio University

本研究では水源林からの面源負荷の流出を抑制する施策を検討する。このために、森林からの窒素、燐の面源負荷量の推計とその検証を行ったことを目的としている。対象地域は神奈川県横浜市の水源地源涵養林である山梨県南都留郡道志村(森林面積 7,468ha)の私有民有人工林(4,594ha)及び横浜市所有の水源地源涵養林(2,8234ha)である。

水源地源涵養林は横浜市が1916年に取得以降、計画的な水道局の管理の下森林管理適宜間伐実施が行われているが、私有民有人工林については昭和30年代から林業が衰退し現在では林業による間伐はほとんど実施さば行われていない。そのため、河川流量・地下水水源地源涵養量の低下、土砂流出量や面源負荷量の増加が懸念されている。

道志川の流末端にある道志ダムのは年間の平均流入量は6.7(?/sec)であり、そのうち3.0(?/sec)は相模ダム・宮ヶ瀬ダムには導水し、3.7(?/sec)は下流に放流している。そのため窒素、燐等の面源負荷量の増加は相模ダム・宮ヶ瀬ダム等のダム湖の水質に大きな影響を及ぼすと懸念される。

森林の面源負荷は、降雨から蒸発散を差し引いた表面流出の流出強度によって変化する。この点を考慮するために本研究では Kareiv(P.Kareiva et al.,2011)らが開発した InVEST model を用いて面源負荷量を推計した。流出量を推計するための用いた式を(1)~(3)に示す。

$$EXP_x = EAF_x \cdot pol_x \prod [(1 - E_y)] \quad (1)$$

$$EAF_x = \log \sum Y_u / \log \sum Y_w \quad (2)$$

$$Y_x = \sum (1 - AET_x / P_x) A_x \quad (3)$$

ここで、 x は流域におけるグリッドの位置、 y は流域において x よりも上流に位置するグリッド、 u は x の上流部に位置する全てのグリッド、 w は x, y が属する流域を意味している。 pol_x は x における面源負荷発生量、 E_y はグリッド y における窒素、燐の表面流出の保持係数、 EAF_x は x における表面流出の流出強度を示しており(2)式で表されるあらわされる。 Y_x とは区画 x における流出量、 P_x とは区画 x における年降水量、 AET_x とは区画 x における年蒸発散量、 A_x とは区画 x の面積である。 pol_x は S.Shrestha ら (S.Shrestha et al.,2007) が富士川流域で作成した森林、農地、都市の面源負荷原単位を用いた。また E_y は LQ 式と比較することで算出するためゼロと設定して推計した。

上記 InVEST model による面源負荷量の推計に加え一方で、負荷量を検証するために流末端の道志ダムにおける流量データ(1955年~2012年)と水質観測データ(1991年~2012年)から LQ 式を作成し窒素とリンの年間フラックスを算出した。

結果として、表面流出の保持係数をゼロとした場合の窒素、燐の面源負荷量の推計結果はそれぞれ 5.9251.5(t/yr)、5.9(t/yr)であり、そのうち人為由来のものは 0.11.8(t/yr)、0.1(t/yr)であった。このことから面源負荷量のほとんどが山林からの負荷であることが明らかにされた。一方で2012年の道志ダムにおける LQ 式を作成したところ窒素(TN=0.791*Q0.0616, R2:0.8374)、燐(TP=0.00762*Q0.0238+0.004)という結果が得られた。この式を用いて年間の窒素、リンの流入量を推計するとそれぞれ 192.3(t/yr)、2.4(t/yr)192.3 であり推計結果と 59.0(t/yr)、3.5(t/yr)程度の差があった。結論として、InVEST model での推計結果と LQ 式による年間の窒素、燐のフラックスにはそれぞれ 59.0(t/yr) 23.5%、3.5(t/yr) 59.3%の差があったが、これが発生地点から流下する過程で窒素、燐が保持された量であると考えられる。降雨後の雨水の表面流出は谷に集約的に流下するためことが明らかであり、下流のダム湖の水質保全のためには森林の谷にある植生の適正管理、間伐等が重要であることが明らかにされた。

キーワード: 水源地源涵養林, 面源負荷, 窒素, 燐, LQ 式

Keywords: Water-Conservation Forest, Non-point sources, Nitrogen, Phosphorus, L-Q Equation

郊外流域における SWAT モデルを用いた時間単位での窒素輸送量の推定 Estimation of hourly nitrogen flux in a suburban watershed using SWAT model

清水 裕太^{1*}; 小野寺 真一²; 松森 堅治³
SHIMIZU, Yuta^{1*}; ONODERA, Shin-ichi²; MATSUMORI, Kenji³

¹(独) 農研機構 近畿中国四国農業研究センター・JSPS-PD, ² 広島大学大学院総合科学研究科, ³(独) 農研機構 近畿中国四国農業研究センター

¹NARO/WARC JSPS-PD, ²Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University, ³NARO/WARC

本研究は、準分布型水文流出モデル SWAT を用いて、流域からの時間単位での窒素輸送量の推定を行った。SWAT モデルは、米国農務省およびテキサス A&M 大学によって開発された、主に農業流域に特化したモデルである。流域の水・土砂・物質輸送を限られたデータでも良く再現できる等の特徴を持っており世界中で適用されているが、計算は基本的に日単位で行われるため、洪水時を含む物質輸送量の評価については検討する必要があると考えられる。一方で、水収支に関しては1時間もしくはそれ以上の間隔で測定された雨量データを用いることで、河川流出量の時間解像度を1時間単位まで向上させるオプションを備えている。そこで、本研究では、広島県東部を流れる一級河川芦田川水系高屋川流域において1時間単位での窒素輸送量の推定を試みた。計算結果の検証には、公共用水域水質測定データに加え、現地にて測定した平水時および洪水時の水質データを用いた。

この結果、全体的な再現性の評価指標値 (RSR, NSE, PBIAS) は日単位での推定と比較して若干低下したものの、出水時のピークを再現できた。窒素輸送量の推定については、まだ改良の余地が見られるが、実測濃度との検証では概ね再現できた。

キーワード: 窒素輸送, 時間単位, SWAT モデル, 郊外流域

Keywords: Nitrogen flux, Hourly estimation, SWAT model, suburban watershed

森林流域における微量元素 (Rb, Cs, Sr, Ba) の動態 Trace elements fluxes and budgets in two forest watersheds

伊藤 優子^{1*}; 小林 政広¹; 篠宮 佳樹²
ITO, Yuko^{1*}; KOBAYASHI, Masahiro¹; SHINOMIYA, Yoshiki²

¹ 森林総研, ² 森林総研・東北支所

¹FFPRI, ²FFPRI, Tohoku

大気中に放出された様々な物質が、乾性、湿性沈着物として森林生態系に負荷される。そのような物質には、窒素、硫黄の他に微量元素が含まれている。森林生態系内では、大気由来の元素に地質由来の微量元素が加わり、系内を循環するとともに一部は系外に流出している。これら微量元素の動態は、森林および下流域の生態学的プロセスに影響するとともに、水資源の保全にも関わると考えられる。また、2011年3月の福島第一原子力発電所事故により放出された放射性物質（例えば放射性Cs）の森林生態系内での動態予測には、もともと微量に存在する安定同位元素の動態に関する知識が役立つ。しかし、森林における微量元素の動態には不明の点が多い。本研究では、2つの森林流域においてRb, Cs, Sr, Ba（安定同位元素）の流入－流出収支、また土壌中の動態を明らかにし、各元素の同族元素であるKおよびCaとの挙動と比較した。

茨城県内にある筑波共同試験地、および、桂試験地において、林外雨、林内雨、土壌水、渓流水を定期的に採取した。両地点の土壌は火山灰母材由来の褐色森林土壌である。流域の基盤地質はそれぞれ黒雲母片麻岩および中古生層堆積岩である。また、流域の植生は、斜面上部はヒノキおよび広葉樹、斜面下部はスギの人工林（45～55年生）である。採取した各試料の主要および微量元素濃度の測定を行った。

大気から森林流域への流入量はK, Rb, Ca, Sr, Baで筑波共同試験地のほうが桂試験地より多く、Csは同程度であった。一方、流域からの流出量は、Csのみ桂試験地のほうが多くなった。流域の物質収支は、K, Rb, Csにおいては各流域で異なる傾向を示したが、Ca, Ba, Srは両流域においては流域からの流出が流入より多く、流域を構成する地質の影響がこれらの微量元素の物質収支に影響していた。また、土壌水中の各元素の濃度変動パターンは、K, Rb, Cs, Ca, Srは各同族元素間で類似していたが、Baにおいては必ずしも類似しておらず、近年、土壌水中の濃度が急激に上昇している地点が認められたが、その原因は現時点では不明である。

キーワード: 森林流域, Rb, Cs, Sr, Ba

Keywords: forest watershed, Rb, Cs, Sr, Ba

森林流域における降下浸透機構：十勝・生花苗川流域 The percolation mechanism in a forested drainage basin: The Oikamanai River basin

宮本 拓人^{1*}; 知北 和久²; 岩坂 航¹; Hossain Md Motaleb¹
MIYAMOTO, Takuto^{1*}; CHIKITA, Kazuhisa²; IWASAKA, Wataru¹; HOSSAIN, Md motaleb¹

¹ 北海道大学大学院理学院, ² 北海道大学大学院理学研究院

¹Graduate School of Science, Hokkaido University, ²Faculty of Science, Hokkaido University

河川における降雨出水に対し、流域斜面土壌での降下浸透において、特に透水性の良い所での水の動きをとらえることが重要である。本研究では、北海道・生花苗（おいかまない）川流域を対象とした。対象地域は、河川の水位観測点から上流の流域面積が 62.6km²、土地利用は森林帯 88.3%および農業地 10.6%である。また流域地質は主に新第三紀・中新世のレキ岩・砂岩・泥岩で、農作地は流域下流の完新世・氾濫原堆積物の平坦部にある。前者は主に丘陵地に分布し、透水性が高いことが予想される。森林と牧草地に 4 深の土壌水分プロファイラーを設置し、各降雨イベント（総雨量 50mm 以上）に対し降下浸透量を見積もった。その結果、降下浸透量はほぼ雨量に近い値を示し、水位観測点での総流出高に対する割合は、森林で約 12%、牧草地で約 19%と低い値をとった。この低い値は、丘陵部での高透水性の地質に加え、多くの断層が存在するため、降水による深層への地下水涵養が大きいことを示唆する。他方、農業地では透水性の低い粘土性土壌（20cm 以深）が存在するため、降雨イベントでは森林域に比べ飽和側方流が盛んであると推察される。このため、現在は農作地の上流端にさらに観測点を設けており、今後は下流観測点での流量と栄養塩負荷量との違いから、水と栄養塩について降雨出水における農作地の寄与を評価することを考えている。

キーワード: 降下浸透, 土壌水分プロファイラー, 栄養塩, 河川

Keywords: percolation, soil moisture profiler, nutrient, river

森林流域における平水時の渓流水中の放射性セシウム濃度 The radioactivity of cesium in stream water during base flow from a small watershed in forested headwaters

篠宮 佳樹^{1*}; 小林 政広²; 玉井 幸治²; 大貫 靖浩²; 伊藤 優子²; 清水 貴範²; 飯田 真一²; 延廣 竜彦³; 澤野 真治²; 坪山 良夫²; 蛭田 利秀⁴

SHINOMIYA, Yoshiki^{1*}; KOBAYASHI, Masahiro²; TAMAI, Koji²; OHNUKI, Yasuhiro²; ITOH, Yuko²; SHIMIZU, Takanori²; IIDA, Shin'ichi²; NOBUHIRO, Tatsuhiko³; SAWANO, Shinji²; TSUBOYAMA, Yoshio²; HIRUTA, Toshihide⁴

¹ 森林総合研究所東北支所, ² 森林総合研究所, ³ 森林総合研究所北海道支所, ⁴ 福島県林業研究センター

¹Tohoku Res. Ctr. For. and For. Prod. Res. Inst., ²For. and For. Prod. Res. Inst., ³Hokkaido Res. Ctr., For. and For. Prod. Res. Inst., ⁴Fukushima Pref. For. Res. Ctr.

福島第一原発事故により放射性セシウムが環境中に放出された。森林は放射性セシウムを系内に保持する傾向が強いが、微量の放射性セシウムが渓流水を通じて流出し、農作物や河川や湖沼の生態系に影響を及ぼしている可能性がある。そこで、福島県の森林小流域から流出する平水時の渓流水の放射性セシウム濃度とその特徴について報告する。

調査は、福島県郡山市（年雨量 1163 mm, 平均気温 12.1 °C）の福島県林業研究センター多田野試験林（北緯 37° 22′, 東経 140° 14′）の小流域（流域面積 1.2ha, 標高 358~409m, 起伏比 0.42）で行った。地質は堆積岩（砂岩・凝灰岩）である。植生はスギ・ヒノキ人工林（約 48 年生）にコナラ等落葉広葉樹林とアカマツ林が混在する。三角堰と水位計を流域末端に設置して流量を観測した。渓流水は 2~3 週間ごとに約 10L 採集した。ガラス繊維ろ紙（0.7 μm）により懸濁態を分画した後、溶存態セシウムは固相抽出ディスク（住友 3M 製, エムポアラドディスクセシウム）に濃縮して測定した。

2012 年 6 月~2013 年 3 月のデータを用いて検討したところ、溶存態のセシウム 137 濃度は夏季に高く、冬に低い傾向を示した。また、1、2 月は検出限界以下であったが、3 月には再び濃度上昇を示した。平水時の渓流水中の溶存態セシウム 137 濃度の変動は温度上昇による有機物分解と関連している可能性が考えられた。懸濁態のセシウム 137 濃度も溶存態と同じ様に、概ね夏季に高く、冬季に低い傾向であった。流量が多い時ほど懸濁物質の流出が多くなる傾向であること、また積雪期は流域が積雪に覆われて、懸濁物質の流出が少なくなるためと考えられた。

キーワード: 放射性セシウム, 平水, 渓流水, 森林

Keywords: radiocaesium, baseflow, streamwater, forest

森林内の放射性Csの移行における懸濁物の寄与 Contribution of suspended solids to the migration of radiocaesium in forests

小林 政広^{1*}; 篠宮 佳樹²; 大貫 靖浩²; 蛭田 利秀³

KOBAYASHI, Masahiro^{1*}; SHINOMIYA, Yoshiki²; OHNUKI, Yasuhiro²; HIRUTA, Toshihide³

¹ 独立行政法人森林総合研究所, ² 独立行政法人森林総合研究所東北支所, ³ 福島県林業研究センター

¹Forestry and Forest Products Research Institute, ²Tohoku Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute,

³Fukushima Prefectural Forestry Research Centre

東京電力福島第一原子力発電所事故により広範囲の森林が放射性Csで汚染された。樹冠とリター層に捕捉された放射性Csは、時間の経過に伴い鉱質土壌に移行している。放射性Csを輸送している林内雨(TF)およびリター層通過水(LL)には、懸濁物が含まれていることが多く、Csの移行に関与していると考えられるが、不明の点が多い。本研究では、TFおよびLLに含まれる溶存態および懸濁態の放射性Cs濃度を測定し、懸濁物の寄与を明らかにすることを目的とした。

茨城県城里町および福島県郡山市の森林においてTFおよびLLを月に1~2回採取した。孔径0.45マイクロメートルのメンブレンフィルターによる濾過前、および濾過後に、ゲルマニウム半導体検出器を用いてCs-137濃度を測定した。

事故直後の2011年3月および4月に採取した茨城県の森林(スギ人工林)のTFには、14~60 Bq/LのCs-137が含まれており、大部分が溶存態であった。その後、TF中のCs-137の総濃度(溶存態+懸濁態の濃度)は低下し、懸濁態の割合が増加した。夏季にはCs-137の総濃度が一時的に20 Bq/Lを超えることがあり、このときは大部分が懸濁態であった。夏季における一時的な懸濁態のCs濃度の増加は、LLでも観測された。また、福島県のスギ林および落葉広葉樹林のTF、LLにおいても同様の濃度変動が観測された。冬季には溶存態、懸濁態の放射性Cs濃度がともに低下し、移行量が小さくなった。これらの結果から、TFとLLによる放射性Csの移行では、夏季には懸濁物の寄与が大きくなることが明らかになった。

キーワード: 放射性セシウム, 森林, 移行, 懸濁物

Keywords: Radiocaesium, Forest, Migration, Suspended solid

福島県内の立地の異なる水田における水および放射性セシウムの収支 Water and radiocesium balance in several paddy fields in Fukushima

吉川 省子^{1*}; 江口 定夫¹; 板橋 直¹; 井倉 将人¹; 木方 展治¹; 藤村 恵人²; 斎藤 隆³; 藤原 英司¹; 神山 和則¹; 山口 紀子¹; 大越 聡³

YOSHIKAWA, Seiko^{1*}; EGUCHI, Sadao¹; ITAHASHI, Sunao¹; IGURA, Masato¹; KIHOU, Nobuharu¹; FUJIMURA, Shigeto²; SAITO, Takashi³; FUJIHARA, Hideshi¹; KOHYAMA, Kazunori¹; YAMAGUCHI, Noriko¹; OHKOSHI, Satoru³

¹ 農業環境技術研究所, ² 農研機構東北農業研究センター, ³ 福島県農業総合センター

¹National Institute for Agro-environmental Sciences, ²National Agriculture and Food Research Organization, ³Fukushima Agricultural Technology Centre

はじめに

放射性 Cs の水稲吸収量予測, および水田を含む流域動態モデル開発のためには, 水田における水および放射性 Cs の動態解明が必要である。福島県内の放射性 Cs 高濃度玄米を産出した立地の異なる 3 水田において, 試験的に水稲栽培を行い, 水および放射性 Cs の収支を調べた。

方法

(1) モニタリングと測定

福島県内の 3 つの水田: ① 方が森林に面している基盤整備水田 (粘質土壌) ② 3 方が森林に囲まれている谷津田 (砂質土壌) ③ 方が森林に面している谷津田 (有機質土壌) を対象として, 2012 年 5 月に水田の流入・流出水の量と濁度, 降雨量の測定を開始した。また, 大気降水, 灌漑水, 表面排水, 暗渠排水の採取を毎月 1 回, および代掻き・田植え期や大雨等のイベント時に実施した。水試料は 0.025 μ m フィルターにより溶存態と懸濁態 (SS) に分離し, Ge 半導体検出器により放射性 Cs 濃度を測定した。水稲については部位別に重量を求め, 上記と同様に放射性 Cs 濃度を測定した。②, ③では, 栽培期間中に数回, 水田土壌面での浸透水量を測定した。

(2) 放射性 Cs の流入, 流出量の推定

2012 年 5 月 23 日から 2013 年 5 月 27 日までの約 1 年間の水田の放射性 Cs の収支は, 以下のように算出した。水田の流入・流出水による出入りは, 水量, 濁度と SS の関係, および, SS と放射性 Cs 濃度の関係から算定した。大気降水由来の流入量は, 降雨量と放射性 Cs 濃度から, 作物体による持ち出し量は, 搬出した水稲の重量とその放射性 Cs 濃度をもとに算定した。また, 2013 年 7~11 月の 50~150mm 程度の大きい降雨イベント時についてもこれらを検討した。

結果と考察

上記期間における水田①, ②, ③それぞれでの降水量は, 約 800, 900, 1000mm, 流入水量は約 300mm, 1300mm, 3300mm, 流出水量は約 600mm, 1000mm, 7700mm と算出された。①と②, ③の流入・出水量の大きな違いは, ②, ③において山側斜面の複数箇所から常時水の湧出がみられたことに加え, 田面の浸透水量では②では浸透と湧出がほぼ同じ程度, ③では灌漑期間に平均 4mm/day 程度の湧出が測定され, 最も気温の低下する 1 月下旬においても, 雪氷の下の田面では水の流入・流出がみられたことによると考えられた。この結果, 谷津田では水の出入りが大きくなり, 定量しきれない流入があるものの, 通常の水田の数倍以上にも及ぶことがわかった。水試料の全放射性 Cs 濃度 (溶存態と SS の和) は, 大気降水では 0.2~0.9 Bq/L, 灌漑水では 0.1~0.31 Bq/L, 表面排水では 0.02~1.4Bq/L, 暗渠排水では 0.01~0.03 Bq/L であり, その多くが SS 部分に存在した (一部未測定試料あり)。

各水田の放射性 Cs の流入水による流入量, 大気降水による流入量, 表面流去水による流出量, 水稲収穫による Cs 持ち出し量は, それぞれ 10^2 , 10^2 , 10^3 , 10^2 Bq/m² のオーダーであった。差引 Cs 流出量は, 10^3 Bq/m² オーダーと計算され, それらは, 各水田土壌の総放射性 Cs 量 (2012 年春に測定) の 0.2%, 0.2%, 0.7% に相当した。水田からの SS, および放射性 Cs 流出のほとんどは, 代掻き, 移植時, 中干し時, 落水時の作業時に生じていたが, 夏~秋の大雨でも顕著な流出が観察された。このことから, 降水特性は年次変動の主要因と考えられた。

*この研究は環境省の放射性物質動態解明プロジェクトの中で行った。

キーワード: 放射性セシウム, 水収支, 谷津田, 懸濁物質

Keywords: radiocesium, water balance, mountainous paddy field, suspended solid

沿岸帯森林流域における土砂流出特性とその要因 (2) The characteristics of sediment load from a coastal forested drainage basin and their agents (2)

知北 和久^{1*}; 岩坂 航²; Hossain Md Motaleb²; 宮本 拓人²
CHIKITA, Kazuhisa^{1*}; IWASAKA, Wataru²; HOSSAIN, Md motaleb²; MIYAMOTO, Takuto²

¹ 北海道大学大学院理学研究院, ² 北海道大学大学院理学院
¹Faculty of Science, Hokkaido University, ²Graduate School of Science, Hokkaido University

北海道・十勝地方沿岸には5つの潟湖が存在し、これらの幾つかは外海と湖を隔てる砂州が間欠的に決壊して湖水が流出する間欠開口型である。この湖沼群の水質・堆積状況は、開口による太平洋沿岸域への水質・堆積にも影響する。この研究では、潟湖群の一つである生花苗沼の流入河川流域（約88%が森林帯）における土砂流出の実態を、河川水の浮遊物質濃度 C (m^3/s)と河川流量 Q (mg/L)の1時間データを用いて調べた。その結果、一連の降雨土砂流出では、浸食される土砂の量 (sediment availability) に応じて、 $C \sim Q$ 相関図上では時計回りループの先行型 (C のピーク C_p が Q のピーク Q_p より先行して現れる)、同時型 (C_p と Q_p が同時に発生)、および反時計回りループの遅れ型 (C_p が Q_p に遅れて現れる)と変化することがわかった。この送流土砂の起源は、堆積物の積算粒度分布に対する限界掃流力理論の適用から、河道のほか森林流域土壌の30~40cm深で発生する飽和側方流による土壌浸食と考えている。これに加え、同流域には多くの断層があり、これにより崩落も盛んなため突発的な土砂流出イベントも観測された。

キーワード: 森林流域, 土砂流出, 先行型, 遅れ型, 崩落

Keywords: forested catchment, sediment load, precedent type, antecedent type, land collapse

北海道沙流川懸濁物の鉱物組成と運搬量の2003年前後の変化 Changes of mineral composition and load of suspended materials in the Saru River, Hokkaido before and after 2003

入野 智久^{1*}; 中田 聡史²; 池原 研³; 山下 洋平¹; 関 宰¹; 長尾 誠也⁴

IRINO, Tomohisa^{1*}; NAKADA, Satoshi²; IKEHARA, Ken³; YAMASHITA, Youhei¹; SEKI, Osamu¹; NAGAO, Seiya⁴

¹北海道大学, ²京都大学, ³産業技術総合研究所地質情報研究部門, ⁴金沢大学

¹Hokkaido University, ²Kyoto University, ³Institute of Geology and Geoinformation, National Institute of Advanced Industrial Science and Techn, ⁴Kanazawa University

Supply of detrital material from river can affect the continuity, sedimentation rate, and composition of marine sediments deposited in front of the river system, which is controlled by the relief, weathering rate, and precipitation of the hinterland. In spite of the small drainage area, the small rapid rivers in the island arc located under warm humid climatic condition supply a huge amount of detrital materials to the surrounding seas. In addition, sediment transports tend to be concentrated during flooding events. In order to understand the depositional history and utilized it for paleo-climate reconstruction, it is necessary to study a mechanism of suspension generation and controlling factor of its composition.

We conducted a field survey during 2005-2011 in the Hidaka area in Hokkaido, Japan, to evaluate the influence of the flooding mud to marine sediments, promoted by the typhoon precipitation in August, 2003. We selected the Saru River as our target, and conducted the river water sampling and turbidity measurements along the main stream and a major branch called Nukabira River. Water samples were taken from the surface of flow center of each stream and stored in plastic bottles. The collected water was filtered through Millipore filter with 0.4 μm opening and the suspended particles were collected and weighed in the laboratory. Mineral composition of the collected suspended materials on the filter was measured using an X-ray diffraction analysis (XRD).

Distribution of the turbidity in the Saru River drainage shows that high turbid water is localized only to the Nukabira River and others are relatively clear. The turbidity seems to be supplied only from one local source. Mineral composition of the suspended material in the Nukabira River does not contain serpentine, while the upper main stream before the junction with the Nukabira River contain serpentine. The suspended material in the lower main stream is also characterized by the lack of serpentine because of higher contribution from the Nukabira River. The surface sediment at the mouth of the Saru River also shows the same character. We also examined the mineral composition of marine surface sediments supplied as flood mud during the typhoon event in August, 2003. The flood mud contains the major amount of serpentine, which was not expected from the mass budget of suspended materials from the upper main stream and the Nukabira River under usual condition.

In order to estimate the suspension loads from the upper main stream and the Nukabira River, we compared the water discharge and suspension loads and established the rating curve for each tributary. Water discharge data for the main stream was available from the Water Information System of the Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan. However, since the database contains too many missing data for the Nukabira River after 2008, we calculated the water discharge for this branch using the Hydrometeorological and multi-Runoff Utility Model (Nakada et al., 2012). As a result, the rating curve of the upper main stream is steeper than that of the Nukabira River, and the suspension load of the upper main stream could be larger than the Nukabira River at the water discharge of >300 m³/s. Therefore, the Nukabira River transports 5-10 times more suspended materials than the main stream during the usual discharge, which is reversed during the flooding situation.

キーワード: 河川懸濁物, 沙流川, 2003年台風10号, 鉱物組成

Keywords: river suspended material, Saru River, Typhoon Etau, mineral composition

水源林における分布型 USLE モデル及び LQ 式を用いた森林の土砂流出量の推計と検証 Estimation of Sediment discharge with distributed USLE and L-Q Equation in Water-Conservation Forest

中島 綾一郎^{2*}; 丹治 三則²; 岡村 雅人³
NAKASHIMA, Ryoichiro^{2*}; TANJI, Kazunori²; OKAMURA, Masato³

¹ 慶應義塾大学総合政策学部, ² 慶應義塾大学環境情報学部, ³ 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科
¹Faculty of Policy Management Keio University, ²Faculty of Environment and Information Studies Keio University, ³Graduate school of Media and Governance Keio University

本研究では、水源林からの土砂流出抑制を目的として、流出土砂量の推計と推計結果の検証を行った上で土砂流出抑制策を検討した。対象地域は神奈川県横浜市の水源である山梨県南都留郡道志村の私有民有林 (4,594ha) および横浜市所有の水源涵養林 (2,823ha) である。水源涵養林は横浜市水道局の管理の下適切な森林管理が行われているが、私有民有林については林業が衰退し現在では間伐はほとんど行われていない。そのため、水源涵養機能・土砂流出防止機能・水質浄化機能の低下が懸念されている。

流出土砂量の推計には USLE(Universal Soil Loss Equation) を用い、R(降雨係数)、K(土壌係数)、LS(地形係数)、C(植被係数)、P(保全係数) から求めた。各入力データは、R および LS は国土交通省の国土数値情報、K は横浜市水道局提供の土壌図、C は北原 (2002)、P は山瀬他 (2010) から作成した。また土地利用/土地被覆は自然環境 GIS および横浜市水道局提供の小林班図、森林管理方法は道志村森林整備計画 (2010) および道志水源林第 10 期管理計画書を用いて GIS で変換結合し、活用した。

次に推計結果を検証するために、下流の両国橋付近で実測された 1955 年～2012 年までの河川流量と浮遊物質 (SS) データを用いて、L-Q 式を作成し年間の SS フラックスを求め、これに道志川流域のさらに下流にある道志ダムで観測された毎年の堆積土砂量を加えて年間の流出土砂量を推計した。その結果、USLE で推計された年間の流出土砂量は 97,820t/yr であり、これに対して L-Q 式で算出された SS フラックスは 400t/yr(SS=aQb(R²=0.3223))、ダムでの年間の堆積土砂量は 62,500t/yr であることが明らかにされた。なお、道志村の人為的な SS 負荷量は年間 1.8t/yr 程度であることがわかっており、人為的な影響は軽微であると考えられる。

USLE は各グリッドから隣接グリッドへの土砂流出を意味するため観測ポイントまでの流達量を考慮してはいない。よって 97,820(t/yr) の土砂が流出し、その後流下する過程で土砂が保持され、道志ダムの流達地点では 62,500(t/yr) 程度の土砂量に減衰したと考えられる。USLE の結果をグリッド別にみると、2つの傾向に大別されることがわかった。第 1 に、広葉樹林が多く分布する小流域では流出土砂量は大きくなる傾向があると明らかにされた。第 2 に、人工林であるが間伐されず放置された私有民有林の針葉樹林においては流出土砂量が大きくなることが明らかにされた。第 3 に、いずれの流域においても傾斜が急な尾根部で流出土砂量が大きくなることが明らかにされた。

結論として、USLE と実際の堆積土砂量及び土砂フラックスを比較した結果、土砂流出が多いグリッドから流出した土砂は、流下過程において各グリッドで徐々に保持され、道志川流域の末端までに 27%程度減衰することが明らかにされた。主な土砂供給源は、傾斜地の放棄された人工林と天然林であり、流出土砂量を抑制するためには人工林では急傾斜地帯の間伐、天然林では谷沿いの重点的な砂防事業の実施が求められる。

キーワード: 水源涵養林, 土砂流出量, USLE, LQ 式

Keywords: Water Conservation Forest, Sediment Discharge, Universal Soil Loss Equation, LQ equation

多断層の森林流域における土砂流出過程：観測とモデリング
Sediment loading processes in a tectonic and forested catchment: field observations and modelling

Hossain Md Motaleb^{1*}; 知北 和久²; 宮本 拓人¹
HOSSAIN, Md motaleb^{1*}; CHIKITA, Kazuhisa²; MIYAMOTO, Takuto¹

¹ 北海道大学大学院理学院, ² 北海道大学大学院理学研究院

¹Graduate School of Science, Hokkaido University, ²Faculty of Science, Hokkaido University

Exploring fluvial sedimentary processes on catchment scale is useful for studies on the forest management, material cycle and ecosystem of short time scale and topographic evolution of long scale. The fluvial transportation of sediment is also related to sedimentation, material cycle and ecosystem in coastal regions. A considerable portion of suspended sediment discharging into a costal lagoon, the Oikamani Lagoon, Tokachi, Hokkaido annually is contributed by the forested Oikamanai River catchment with many tectonic faults. It is important to find out the sediment source in such forested catchments. Here, we have tried to find how sediment load occurs by rainfall and snowmelt runoffs in the forested (ca. 90% area) catchment. Grain size and mineralogy of catchment soil and stream sediment, survey techniques, and turbidimeters provide the information that allows us to understand fluvial sedimentary processes and the sediment source and its availability. Here, a semi-distributed model, ArcSWAT2012, was applied to time series of discharge and sediment load, which were obtained in 2011 to 2013. In ArcSWAT2012, the total basin area (62.48 km²) was divided into 3 sub-basins, as subbasin into hydrological response unit (HRU) based on soil type, land use and slope classes that allow a high level of spatial detail simulation. In this study we have used the data of discharge, Q (m³/s), suspended sediment concentration (SSC; C , mg/L) and sediment load, L (kg/s) of April 2011 to October 2013, weather data of 2008 to 2013, and soil data. Discharge and sediment load simulations by SWAT2012 offer reasonable results. The simulations of sediment load time series and hysteresis analysis indicate that most of the sediment input is coming from sub-basin 2, especially, from its basin slope.

Keywords: tectonic, forested, sediment load, SWAT, hysteresis

扇状地河川近傍の河川—地下水交流特性 - 酸素安定同位体比と栄養塩濃度分布による評価 -

Interaction properties between river and groundwater with assessment of oxygen isotope ratio and nutrient concentration

丸山 豊^{1*}; 小野寺 真一¹; 齋藤 光代²; 北岡 豪一³

MARUYAMA, Yutaka^{1*}; ONODERA, Shin-ichi¹; SAITO, Mitsuyo²; KITAOKA, Koichi³

¹ 広島大学大学院総合科学研究科, ² 岡山大学大学院環境生命科学研究科, ³ 岡山理科大学理学部基礎理学科

¹Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University, ²Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, ³Department of Applied Science, Okayama University of Science

In the alluvial fan, there are many palaeo-channels which are composed of more permeable media like gravel and sand, and many springs and wells on those have been useful for human life as well as ecosystem. These type of the springs have the different waveforms of the seasonal thermal variation from those of the river or air which is the thermal source. In detail, the phase shifting and amplitude declining are confirmed in springs. In this research, we examine to confirm the thermal waveforms in the river and springs and to estimate the horizontal bypass flow velocities in palaeo-channels around the river in the alluvial fan. The study areas are Asahi river springs in Okayama prefecture of western Japan. At the springs of Asahi River, the temperature data was collected 1 week interval. The temperature data of Asahi River springs was analyzed, assuming the subsurface water flow only through the bypath as the one-dimensional advection-diffusion equation and heat flux from the ground surface depends on the temperature gradient between the aquifer and the upper layer. The analytical solution of this equation was verified by parameter fittings with the data.

The Darcy velocity of subsurface flow was estimated about 1.3 m/day. The distribution of one-dimensional subsurface temperature in the alluvial fan was simulated that thermal conductive flux from the river exponentially decreased. The flux was mainly controlled by the advection process. In addition, the heat flux from the ground surface varied spatially from the rivers depends on the variation of the heat gradient. Especially, the flux was about 0 at several sites where heat gradient decreased.

Keywords: Surface water-groundwater interaction, Oxygen-18 isotope, Nutrient concentration, Temperature, Alluvial fan

地表水-地下水交流とその栄養塩輸送に及ぼす影響—八郎潟の例
Surface water ? groundwater interaction and its effect on nutrient transport; the example
in Hachiro-gata

小野寺 真一^{1*}; 齋藤 光代²; 早川 敦³; 金 广哲¹; 丸山 豊¹

ONODERA, Shin-ichi^{1*}; SAITO, Mitsuyo²; HAYAKAWA, Atsushi³; JIN, Guangzhe¹; MARUYAMA, Yutaka¹

¹ 広島大学, ² 岡山大学, ³ 秋田県立大学

¹Hiroshima University, ²Okayama University, ³Akita Prefecture University

We examined to confirm the surface water-groundwater interaction in Hachiro-gata of Akita prefecture and nutrient transport with the water flow. Hachiro-gata have decreased since 1960s. The reclamation land touches mainly at the east and south side to Hachiro-gata. The height of the reclamation land is lower than the lake water level. Water flow in the underground between the lake and land would have the stable direction from the lake to the land. Because the eutrophication often occurs in Hachiro-gata lake, the nutrient would accumulate in sediment. We installed three piezometers at the bankside of the lake and reclamation land, respectively. The water levels were monitored from September to December in 2013 and water samples were collected in September and December in 2013. We confirmed water flow from the lake to the land with the gradient of from 0.05 to 0.1. In addition, DOC and nutrient concentrations of groundwater were higher in the land than in the lake and lake water. The lake water has recently eutrophic condition, and so many organic matter originated from phytoplankton are deposited. The porewater in the lake bottom near the bank had the high nutrient and DOC concentrations. Based on this research, we can make a hypothesis of nutrient conversion from the lake to the land with groundwater flow.

Keywords: surfacewater, groundwater, interaction, nutrient, Hachiro-gata

湿地の斜面における水の流動系、窒素と硫酸イオンの源と挙動について Identification of flow system, sources and behaviors of major anion in a typical soil water-groundwater continuum hills

曹英傑^{1*}; 唐常源¹; 李杏¹; 韓志偉¹; 朴晶秋¹
CAO, Yingjie^{1*}; TANG, Changyuan¹; LI, Xing¹; KANG, Zhiwei¹; PIAO, Jingqiu¹

¹ 千葉大学園芸学研究科

¹ Graduate School of Horticulture, Chiba University

1 Introduction

In the hydrological system, headwater catchments are source areas for water, nutrients, sediment, and biota for larger streams (Sidle et al., 2000). Unsaturated zone is an important pathway for nutrition leaching in headwater where baseflow dominates (Costa et al., 2002), and the leach pattern is mainly controlled by soil texture and corresponding hydraulic properties. In this study, an intensive study including soil physics investigation, long-term monitoring about the soil water and groundwater hydrochemistry and sources identification of nitrogen by nitrogen isotope are conducted to describe the conceptual soil water-groundwater flow system and discuss the factors controlling the local groundwater hydrochemistry.

2 Study area

The study area is a typical headwater catchment in Ichikawa City (35.76°N, 139.97°E), Chiba Prefecture, Japan (reference). The annual average precipitation is 1,316mm, with the maximum monthly precipitation of 226.5mm/month in study area. The annual average temperature is 15.6 °C while the highest temperature of 31.2 °C occurring in August.

3 Result

From the surface, there are sandy loam (0-1 m), loam (1-2.5 m), clay loam (2.5-3.2 m) and sandy clay (3.2-4.5 m). The porosity shows slight increases from 0.68 at the surface to 0.78 at depth of 4.3m. Due to the occurrence of the Joso clay underlying the loam, the Ks of layer below 3.2 m in depth about two orders lower than the loam and sandy loam. The vertical profile of θ_r changes little with an average of 0.30.

The average background values for Cl⁻, NO₃⁻ and SO₄²⁻ were 17.64 mg/L, 0.33 mg/L and 1.52 mg/L, respectively. At the pear orchard, Cl⁻, NO₃⁻ and SO₄²⁻ concentrations increased dramatically due to anthropogenic inputs of fertilizers. The average concentrations of Cl⁻, NO₃⁻ and SO₄²⁻ were 32mg/L, 233 mg/L and 85 mg/L, respectively. The concentrations of Cl⁻, NO₃⁻ and SO₄²⁻ in groundwater of the valley in average are 35.17 mg/L, 129.67 mg/L and 2.39 mg/L, respectively.

4 Discussion

Base on the soil texture of the cross section A-A, there are three flows, interflow along the slope (I), local groundwater flow (LG) and regional groundwater flow (RG), and all of them finally discharge to the valley wetland. In average, the groundwater discharging to the valley at S4 is consisted of waters from LG (43%), RG (56%) and I (less than 1%). Mixing ratios also show seasonal variations. In winter, the ratio of RG with an average of 68% is larger than LG (32% in average), which implies that lateral discharge of groundwater is the dominant factor controlling the groundwater flow in the wetland. While in summer, the contribution of LG becomes higher, and the ratio of LG has exceeded that of RG in May and July, showing the strength of recharge from the upland to LG.

5 Conclusion

An intensive study including both hydrochemical monitoring and numerical simulation are applied to discriminate pollutants sources, evaluate pollutants behaviors and predict long-term effect of soil pollution to local groundwater.

Base on the soil texture and physics investigation, three runoff components interflow (I), local groundwater flow (LG) and regional groundwater flow (RG), are discriminated in the hillslope soil water-groundwater flow system. Two anthropogenic pollutants NO₃⁻ and SO₄²⁻, which have been approved keep conservation in both soil groundwater according to isotope and redox analysis, are treated as traces to separate these components. And it is found that in average, about 43% of groundwater comes from local groundwater recharge (LG) and 56% comes from regional groundwater recharge (RG). The ratio of interflow (I) only takes up smaller than 1%.

Reference

Sidle, R.C. et al., 2000. Stormflow generation in steep forested headwaters: a linked hydrogeomorphic paradigm. *Hydrological Processes*, 14(3): 369-385.

Costa, J.L. et al., 2002. Nitrate contamination of a rural aquifer and accumulation in the unsaturated zone. *Agricultural water management*, 57(1): 33-47.

八郎瀨堆積物の対照的なリン鉛直分布 - 水移動効果を考慮して Contrasting vertical phosphorus profiles in sediment of Hachirogata ; considering water flow effect

金 廣 哲^{1*}; 小野寺 真一¹; 太田 雄貴¹; 佐藤 高晴¹; 齋藤 光代²; 早川 敦³; 有富 大樹¹
JIN, Guangzhe^{1*}; ONODERA, Shin-ichi¹; OTA, Yuki¹; SATOU, Takaharu¹; SAITO, Mitsuyo²; HAYAKAWA, Atsushi³; ARITOMI, Daiki¹

¹ 広島大学大学院総合科学研究科, ² 岡山大学大学院環境生命科学研究科, ³ 秋田県立大学生物資源科学部
¹Hiroshima University Graduate School of Integrated Arts and Sciences, ²Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, ³Faculty of Bioresource Sciences, Akita Prefectural University

Coastal shallow lake sediment play an important role in the lake eutrophication process, it should be considered important sinks and sources of phosphorus. The accumulation and regeneration of sediment nutrients would be affected by some hydrological process. Lake Hachirogata is a shallow eutrophic lake located in north of Akita City. It used to be the second largest brackish water lake in Japan before the land reclamation project finished in 1977. A salt water barrier has been constructed at the outlet of the regulating reservoir through which water is discharged intermittently out to the Japan Sea. There probably exists the water flow from lake water into sediment due to the lower altitude of the farmland than lake water level after the land reclamation project. We would like to research on the sediment phosphorus accumulation and its activities base on the sediment phosphorus profiles, in consideration of the water flow effects. In order to better understand the possible change on lake phosphorus cycle by land reclamation.

Two core sediment samples were collected by piston core sampler (7-8 cm diameter), in east and west part of the lake (core HL-1 represents the core samples near river mouth area, core HL-2 represents the core samples which was collected near land reclamation area) during the investigations in September 2013. Samples were sliced at 1cm interval then centrifuged for extracting pore water soon after sampling, pore water nutrient and chlorine ion were determined in the laboratory with a spectrophotometer. The advanced SEDEX methods was used in sediment phosphorus fractionation.

Our results shows different pore water Cl^- and nutrient patterns between two locations. In HL-1 core, it shows an increasing trend of Cl^- from around 50mg/L at surface to around 500mg/L at bottom, however in HL-2 this profile shows relatively a constant range around 40mg/L. Both the DTP and DTN concentrations from the HL-1 core showed an increasing trend towards bottom, and they shows relatively constant and low in the HL-2 core, respectively. In sediment P fractionations, Iron bounded P comprise the main phosphorus species in HL-2 core, which comprises 42-72% of total phosphorus. this value is 15-28% in HL-1. Based on the dating information calculated by ^{210}Pb , it shows a larger sediment accumulation rate in HL-2 than HL-1 but with higher phosphorus burial trend in HL-1.

The sediment pore water profile shows significant change after the land reclamation project. Due to the enclosing of the sluice gate decades before, the changing from saline environment to freshwater could reflected by gradually decreasing trend of Cl^- profile towards current in HL-1. The pore water DTN DTP molar ratio shows large variations in HL-1 core. In HL-2, the low Cl^- and DTP in HL-2 provides an evidence that the diluting and transporting pore water phosphorus by water flow from lake into the sediment. On the other hand, it shows high sedimentation accumulation rate and sediment P accumulation rate in HL-2 core site, both at about 3.5 times of the HL-1 core. The supplying of relatively oxic lake water in into pore water may inhibit the iron bounded phosphorus releasing from sediment, decrease and average the mineralization process in sediment, this change in sediment could also be reflected by high phosphorus content, high phosphorus activities in HL-2 core. The increasing in sediment nutrient may be resulted from filtration by water flow into sediment, enhancing the sediment accumulation. Large mobile phosphorus trapped in sediment may increase the phosphorus releasing risk and intensify the algal bloom in Lake Hachirogata. Due to the high sediment phosphorus content and high activities in core HL-2, it would also be a considerable pollutant resources brought by water flow into coastal groundwater. The detailed results on sediment phosphorus property would be described in the presentation.

キーワード: Lake Hachirogata, sediment, pore water, phosphorus fractionation, water flow, land reclamation
Keywords: Lake Hachirogata, sediment, pore water, phosphorus fractionation, water flow, land reclamation

琵琶湖湖底の DO 変化が堆積物—湖水境界のマンガン挙動に及ぼす影響 Effect of DO fluctuation on the manganese cycle around the sediment water interface in bottom of the Lake Biwa

板井 啓明^{1*}; 兵部 唯香¹; 近岡 浩介¹; 森下 洋平¹; 新 典樹¹; 熊谷 道夫³; 中野 伸一²; 田辺 信介¹
ITAI, Takaako^{1*}; HYOBU, Yuika¹; CHIKAOKA, Kosuke¹; MORISHITA, Yohei¹; SHIN, Yoshiki¹; KUMAGAI, Michio³;
NAKANO, Shin-ichi²; TANABE, Shinsuke¹

¹ 愛媛大学沿岸環境科学研究センター, ² 京大生生態学研究センター, ³ 立命館大学琵琶湖Σ研究センター
¹Center for Marine Environmental Studies (CMES), Ehime University, ²Center for Ecological Research (CER), Kyoto University,
³Ritsumeikan University Research Center for Biwako Sigma

Enrichment of Mn and As in the surface of sediment has been reported from various lakes in the world. This enrichment is generally caused by the precipitation/adsorption of MnO_2 and arsenate after upward diffusion of Mn^{2+} and arsenite. Lake Biwa is a typical example, in which clear enrichments of Mn and As within thin surface enriched layer (<2 cm) of sediment were observed. However, progressive hypoxia recently reported from the lake can induce release of these elements into water column (Yoshimizu et al. 2010, Itai et al. 2012). In order to reveal the dynamics of Mn and As in the lake bottom, we made geochemical survey through determination and speciation of Mn and As in sediment, porewater and lake bottom water. According to our estimation, total Mn and As in the enriched layer of Lake Biwa was roughly 10000 and 240 tons, respectively (Itai et al., 2012). These amounts are ca. 1800 and 12 times respectively higher than the inventory of these elements in Lake water, suggesting that releasing a portion of Mn and As from enriched layer can be a cause of large increase of these in lake water. The speciation of Mn and As in sediment determined by X-ray absorption fine structure (XAFS) indicated that predominant species of Mn from surface to 2 cm depth was MnO_2 while divalent Mn, likely ionic form, was predominant below enriched layer. Similar to Mn, oxidation state of As was gradually changed with depth, i.e., arsenate was predominant in surface, then arsenite and As in sulfide becomes predominant toward deep. These results suggested that Mn and As in enriched layer should be reduced when DO level in lake bottom becomes lower. The flux of Mn and As from the lake sediment to water column estimated by porewater profile were 3400 - 16000 and 400 - 1800 $\text{mg m}^{-2} \text{ year}^{-1}$, respectively. The fluxes were higher in deeper part of the lake in which sediment character was more reducing than shallower part. With progressive hypoxia, this flux should increase. The monthly monitoring of DO and Mn level in lake water suggested that Mn level in water above 1 m of the lake floor increased from August to December with the highest level was ca. 100 times higher than the baseline level. This trend is consistent with the gradual decrease of DO during thermal stratification period. In the bottom water, the threshold DO level where apparent Mn release started was estimated to be 5-6 mgO_2/L . This value is higher compare to the inter-annual DO minimum ever reported (<4 mgO_2/L). If 40% of Mn released from enriched layer then completely mixed in whole lake, the Mn level becomes 0.6 mg/L which corresponds to lethal levels of some crustaceans and insects. Although such an extreme situation is unlikely, continuous monitoring Mn and As levels is important to safeguard the lake ecosystem and food supply.

キーワード: 琵琶湖, 溶存酸素, マンガン, ヒ素, 間隙水, 化学形態

Keywords: Lake Biwa, dissolved oxygen, manganese, arsenic, pore water, speciation

沿岸地下水流出域におけるリン動態に関する近年の研究動向
Current status of the research on the phosphorus dynamics in the coastal groundwater discharge area

齋藤 光代^{1*}; 小野寺 真一²
SAITO, Mitsuyo^{1*}; ONODERA, Shin-ichi²

¹ 岡山大, ² 広島大
¹Okayama Univ., ²Hiroshima Univ.

地下水中のリンの大部分は、河川水等の地表水と異なり、生物に利用されやすい溶存態として存在し輸送される。すなわち、地下水の最終的な流出域である沿岸域の生態系に大きく影響を及ぼす可能性があり、その詳細な動態を明らかにすることは重要である。本発表では、沿岸地下水流出域におけるリン動態に関する近年の研究をレビューするとともに、今後の課題について議論することを目的とする。

沖縄島河川におけるウランの濃度分布と供給機構 Distribution and sources of uranium in Okinawan rivers, Japan

望月 陽人^{1*}; 細田 耕¹; 杉山 雅人¹
MOCHIZUKI, Akihito^{1*}; HOSODA, Ko¹; SUGIYAMA, Masahito¹

¹ 京都大学大学院人間・環境学研究科

¹ Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University

We measured natural background concentrations of dissolved U in 194 Japanese rivers and the highest concentrations were observed in two Okinawan rivers in the limestone region, the Hija and Kokuba Rivers (Mochizuki and Sugiyama, 2012). However, the U concentrations in the earth's surface of their drainage areas are relatively low and therefore the mechanisms of U supply to these rivers are of interest. In this study, we determined U concentrations as well as major chemical compositions in 17 Okinawan rivers and estimated the sources of U supplied to these rivers.

The major chemical compositions of the rivers in the northeastern region of the island were the Na-Cl or Na-HCO₃ types, while those in the southwestern region were the Ca-HCO₃ type. The Ca-HCO₃-type composition is derived from the dissolution of limestone, which is widely distributed in the southwestern region. The U concentrations in rivers were much higher in the southwestern region (32 - 3500 ng/L) than in the northeastern region (5.6 - 18 ng/L).

In the 11 rivers with Ca-HCO₃-type compositions, the limestone-derived fraction of U was estimated using the concentration ratio of U/Ca in the limestone and the Ca concentration derived from limestone. The U concentrations were almost explained by the simple dissolution of limestone in 6 rivers, but this mechanism could not account for the concentrations in 5 rivers with higher U levels (710 - 3500 ng/L). These results suggest that the U in these 5 rivers is supplied by other mechanisms, such as selective dissolution of U from rocks in the drainage areas by carbonate ions.

キーワード: ウラン, 沖縄島河川, 石灰岩

Keywords: Uranium, Okinawan rivers, Limestone

沖縄本島南部の琉球石灰岩帯水層の溶解に伴う地下水の水質の長期（50年以下）挙動

Longtime behavior (<50 yr) of Groundwater Quality with Dissolution of a Ryukyu-limestone Aquifer in Okinawa Island

中屋 眞司^{1*}; 安元 純²; ファン・ミンハ¹; 青木 秀斗¹; 中野 拓治²
NAKAYA, Shinji^{1*}; YASUMOTO, Jun²; PHAN MIN, Ha¹; AOKI, Hideto¹; NAKANO, Takuji²

¹ 信州大学, ² 琉球大学

¹Shinshu University, ²The University of Ryukyu

Dissolution of a terrestrial limestone layer by chemical weathering is one of the most important factors affecting the carbon cycle and the transport of calcium from the land to the ocean. Residence times of sulfur hexafluoride (SF₆) and chlorofluorocarbons (CFCs), as well as their chemical composition in the groundwater, were investigated to estimate the longtime behavior of field dissolution of the Ryukyu-limestone aquifer on Okinawa Island, Japan. The Ca, (HCO₃+SO₄) and Pco₂ increase with groundwater residence time. The field dissolution of Ca was estimated to be 0.090 mM(Ca)/L/yr, with groundwater Ca ranging from 1.75 to 4.0 mM/L. The increase observed in groundwater alkalinity and SO₄ over time (0.170 meq(HCO₃+SO₄)/L/yr; 16 to 34 yr) implies that the groundwater acts as a CO₂ sink through chemical weathering of the Ryukyu-limestone aquifer when groundwater CO₂ (gas) concentrations range from 1.0% to 4.5% (logPco₂=-2 ~ -1.35 atom). The (Ca + Mg) content of groundwater was also affected by groundwater alkalinity (HCO₃), SO₄ and NO₃ derived from fertilizers used on Okinawa Island. These findings imply that the influence of fertilizer and the high partial pressure of groundwater CO₂ on the dissolution of Ryukyu-limestone aquifer may not be negligible. pH decreases with dissolution of the Ryukyu-limestone aquifer.

キーワード: 地下水, 石灰岩, 溶解, 滞留時間, 六フッ化硫黄, 沖縄本島

Keywords: Groundwater, Limestone, Dissolution, Residence time, Sulfur hexafluoride, Okinawa Island

倍速 IRMS 法による硝酸イオンの $\delta^{15}\text{N}$ および $\delta^{18}\text{O}$ 同時分析技術の開発と流域研究への適用 Rapid procedure for $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{18}\text{O}$ determination and identifying nitrate sources in agricultural watershed

箭田 佐衣子^{1*}; 中島 泰弘¹; 鶴野 光¹; 板橋 直¹; 朝田 景¹; 吉川 省子¹; 江口 定夫¹
YADA, Saeko^{1*}; NAKAJIMA, Yasuhiro¹; UNO, Hikaru¹; ITAHASHI, Sunao¹; ASADA, Kei¹; YOSHIKAWA, Seiko¹; EGUCHI, Sadao¹

¹ 農業環境技術研究所

¹National Institute for Agro-Environmental Sciences

硝酸イオンの窒素 ($\delta^{15}\text{N}$) および酸素 ($\delta^{18}\text{O}$) 安定同位体比は、その起源により固有の値を有し、汚染源の特定や環境中の物理的・生化学的変化プロセスを解明できるトレーサーである。脱窒菌法 (Casciotti et al., 2002) の開発によって、 $\delta^{15}\text{N}$ と $\delta^{18}\text{O}$ の低濃度および多数試料の迅速測定が可能となった。中島ら (2008) はこの手法を用いて IRMS により $\delta^{15}\text{N}$ および $\delta^{18}\text{O}$ を測定し、農地集水域における硝酸態窒素の負荷源の解析や脱窒の寄与率を推定した。さらに最近、オートサンプラー (Matthew et al., 2011) の開発によって自動分析が可能となった。本研究は、サンプル導入系におけるトラップと 6 方バルブの制御を改良し、硝酸イオンの $\delta^{15}\text{N}$ および $\delta^{18}\text{O}$ の同時自動分析をさらに迅速化することを目的とした。

本研究の結果、現サンプルを IRMS 分析しながら次サンプルを導入し、従来と同じ測定精度を保ちつつサンプルスループットを約 2 倍に改善した。また、キャリアガスのヘリウムならびに液体窒素の使用量を半減し、分析コストの削減に成功した。本手法は、周辺装置の諸設定は従来法を維持し、タイムイベントのみ高効率化するため、IRMS の汎用性が担保される点で独自性が高い。さらに二酸化炭素等、濃縮を要するガスの分析にも適用でき、温室効果ガスの発生源や生成・消滅過程の研究にも貢献できる。

本研究で開発した技術を用いて、渓流水、霞ヶ浦用水を灌漑水源とする茨城県筑波山麓の水田集水域において硝酸イオンの $\delta^{15}\text{N}$ と $\delta^{18}\text{O}$ を評価した。灌漑期の $\delta^{15}\text{N}$ - $\delta^{18}\text{O}$ プロットから、河川水中の硝酸イオンは主に渓流水と用水に由来し、灌漑による混合・希釈効果に比べると脱窒の影響は相対的に小さいことを明らかにした (図 1)。

(引用文献)

Casciotti K. L., Sigman D. M., Galanter Hastings M. Bohlke J. K. and Hilkert A., Analytical Chemistry, 74, 4905-4912, 2002

Matthew R. M. and Casciotti K. L., Analytical Chemistry, 83, 1850-1856, 2011

中島泰弘, 尾坂兼一, 松森堅治, 藤原英司, 加藤英孝, 日本土壤肥料学会講演要旨集, 54, 17-17, 2008

キーワード: 水田集水域, 灌漑, 同位体質量分析, 硝酸, 安定同位体, 流域

Keywords: agriculture, irrigation, IRMS, nitrate, stable isotope, watershed

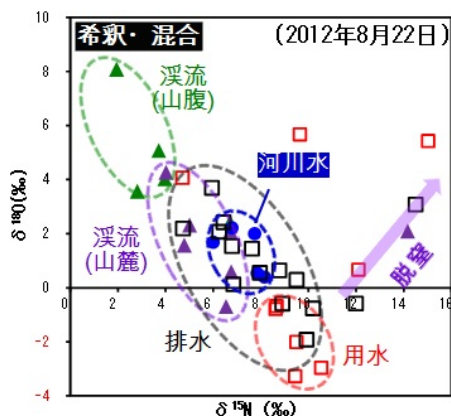


図1. 水田集水域の $\delta^{15}\text{N}$ - $\delta^{18}\text{O}$ プロット

降雨分布と降雨強度が流域末端の流量に与える影響に関する研究 Study on Effect of Rainfall Distribution and Rainfall Intensity on Discharge at The Concentration Point of The Basin

吉見 和紘^{1*}; WANG CHAO-WEN¹; 山田 正²
YOSHIMI, Kazuhiro^{1*}; WANG, Chao-wen¹; YAMADA, Tadashi²

¹ 中央大学理工学研究科, ² 中央大学理工学部都市環境学科

¹Graduate School of Science and Engineering, Chuo University, ²Department of Civil and Environmental Engineering, Chuo University

In recent years, the damage caused by flood comes obvious because of unprecedented record-breaking rainfall event or largest recorded rainfall. Because of this situation, river planning starts to be looked at again in Japan. For example, it has been reported by MLIT (Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism) that even if total rainfall is the same when the rainfall distribution differs in a basin, the discharge at a reference point may differ (refer to MLIT). In other words, it is necessary to innovate a new intellection considering the difference of rainfall distribution when creating river planning.

This study aims to clarify the relation between rainfall distribution in a target basin and peak discharge at a reference point. The authors therefore verified how the peak discharge at a basing point responds to rainfall distribution at an intended basin. Moreover, the authors examine the impact on discharge at a reference point if rainfall intensity increases or decreases in a basin.

A target basin of this study is *Tone* upper river basin. In addition, largest recorded flood of this basin is Kathleen typhoon which 3-days accumulated rainfall is about 320mm(refer to document of Japan Society of Civil Engineers) in the basin. First, the authors separated the target basin into 4 parts (refer to document of Science Council of Japan). Then, we did runoff analysis for a number of rainfall distributions using this typhoon event as basic rainfall pattern. The conditions of this calculation are, first, average rainfall of *Tone* upper river basin is the same in every rainfall distribution. Secondly, soil condition and geotechnical condition do not change in every case. After that, we compared every peak discharge at the reference point. Moreover, the authors also did runoff analysis using a number of average-rainfall over watershed 0.8, 0.9, 1.1, 1.2 times as much as basic rainfall event. And then, we compared the peak discharge in the same way.

In consequence, the authors indicated that peak discharge at the point of reference was about from 20800m³/s to 23800m³/s in which case rainfall distribution differs. These range of values is $\pm 7\%$ in contrast with basic design flood of *Tone* river. In particular, the peak discharge of the reference point becomes 22000m³/s or more in which case heavy rainfall intensity occurred in a watershed nearby the point. Furthermore, it was found that the range of values of peak discharge grows wider as average-rainfall over watershed builds in intensity. Therefore, flood exceeding the designed level is necessary to be defined newly and exactly in *Tone* upper river basin.

Keywords: rainfall distribution, runoff analysis, peak discharge, average-rainfall over watershed

ベトナム・メコンデルタの水位変動解析 Increasing Water Level in the Vietnamese Mekong Delta

藤原 洋一^{1*}; 星川 圭介²; 藤井 秀人³; 横山 繁樹³; 長野 宇規⁴; 小寺 昭彦⁴
FUJIHARA, Yoichi^{1*}; HOSHIKAWA, Keisuke²; FUJII, Hideto³; YOKOYAMA, Shigeki³; NAGANO, Takanori⁴; KOTERA, Akihiko⁴

¹ 石川県立大学, ² 京都大学, ³ 国際農林水産業研究センター, ⁴ 神戸大学

¹Ishikawa Prefectural University, ²Kyoto University, ³Japan International Research Center for Agricultural Sciences, ⁴Kobe University

ベトナム・メコンデルタは、洪水の増加、海面上昇、地盤沈下などといった影響を大きく受けることが懸念されている。近年、デルタ内における河川水位上昇が報告されているが、その原因については必ずしも明らかになっていない。そこで、本研究では、河川水位の上昇の原因として、(1) 輪中堤防（フルダイク）の増設による氾濫域の減少に伴う洪水緩和機能の低下、(2) 海面上昇、(3) 地盤沈下の3つの要因を考え、デルタにおける水位変動の解析を行った。

解析にはメコン河委員会が管理している21地点の水位データを利用した。なお、解析期間は、1987年から2006年の20年間である。まず、年間の水位差（年間の最高水位と年間の最低水位の差）と日水位差の年平均を利用して、流況特性から見てデルタを分類した。さらに、観測日平均水位データを利用して、年最高水位、年最低水位を抽出し、それぞれのトレンドを求めた。土地利用変化に関しては、輪中堤防が増設されたエリアは水稲3期作、氾濫原は水稲2期作エリアと考えることができる。そこで、それぞれの面積を算定するためにMODIS/TerraのプロダクトであるMOD13Q1のNDVI（空間解像度：250m、時間解像度：16日）を利用した。

まず、流況からみたデルタの分類図を見たところ、河口に近い4地点は、潮位の影響の方が季節変動より大きく、海面上昇の影響を大きく受けやすいことがわかった。さらに、Can Tho, My Thoといった河口から数十キロ内陸に入った地点であっても、上流からの洪水よりも潮位変動を大きく受けることが注目された。なお、河口から120キロ以上内陸（デルタ北部）では、潮位よりも上流からの流量の影響を受けていることがわかった。年最高水位、最低水位に関しては、デルタ中部から河口において、最高水位、最低水位が有意に増加トレンドであった。土地利用変化の推定結果によると、堤防で囲まれた3期作エリアが急速に拡大しており、とくに、カンボジアとの国境付近のアンジャン省、ドンタップ省における面積の拡大が顕著であった。これらの結果を重ね合わせたところ、最高水位の上昇とダイク拡大地域はほとんど一致していない、最低水位の上昇と最高水位の上昇が見られるゾーンは、季節的な洪水の影響より潮位の影響が大きいゾーンであることから、最高水位の上昇には、相対的な海面水位の上昇の影響が大きいと考えられた。

次いで、相対的な海面上昇量は、地盤沈下量と海面上昇に分離できると仮定して、それぞれの変化量を推定した。デルタ東部の潮位観測所の近年のトレンドを調べたところ、2.4mm/yearの海面上昇が検出された。最低水位の上昇量について、有意水準5%で有意と判定された地点における上昇量は7.3mm/yearであったことから、およそ、4.9mm/yearが地盤沈下と推定できる。さらに、7.3mm/yearの上昇量によって、河川水位の生起確率がどのように変化したのか試算した。年最高水位のデータから、最高水位のトレンド成分を除去することによって、海面上昇および地盤沈下が生じなかった場合のデータを復元した。そして、復元したデータセットによる確率水位を計算し、50年確率および100年確率の水位が、相対的な地盤沈下によって何年確率になったのかを求めた。その結果、50年確率の水位は平均で11.7年確率に、100年確率の水位は21.2年確率になっていることが分かった。

キーワード: メコンデルタ, 水位上昇, 洪水, 海面上昇, 地盤沈下, 輪中堤防

Keywords: Mekong delta, Increasing water level, Flood, Sea level rise, Land subsidence, Dyke

森林斜面における表面流出への EUROSEM モデル適用性の検討 Applicability of EUROSEM for surface runoff in forested slope plain

池田 英史^{1*}; 若松 孝志¹; 中屋 耕¹; 阿部 聖哉¹
IKEDA, Hideshi^{1*}; WAKAMATSU, Takashi¹; NAKAYA, Ko¹; ABE, Seiya¹

¹ 一般財団法人 電力中央研究所

¹Central Research Institute of Electric Power Industry

Sediment yield in agricultural area has been environmental and economic problems in many countries. In order to restrain sediment yield and to conserve water resource, scientific watershed managements are required in many watersheds. In USDA (United State Department of Agriculture), USLE model (Universal Soil Loss Equation) was developed and applied to many sites. USLE model is empirical model, and requires long term observation data. Then, physical based models, such as WEPP (Water Erosion Prediction Project) and EUROSEM (EUROpean Soil Erosion Model), were developed and applied to watersheds where long-term observation had not been conducted.

In some Japanese forest, forest management, such as thinning, has not been conducted fitly in these years. In poorly managed forest area, sediment yield with surface runoff has occurred and supplied suspended solids into stream, reservoir and coastal area. However, in forested watersheds, application of these models has not been conducted frequently, and it is required to validate and apply these models based on observation of meteorology, forestry, pedology and hydrology.

EUROSEM model is one of the useful tools for evaluation of sediment yield in forested area. In this study, hydrological applicability of EUROSEM is discussed. EUROSEM is a prediction model for sediment yield, which was developed by European Union in 1990s. It consists of hydrological and sediment sub-models, those are physical-based process models in non-steady state. EUROSEM has been applied to agricultural areas in Europe and China, for example in watershed of Three Gorge dam, Yangtze River. On the other hand, it is not applied to Japanese forest area frequently, where sediment yield is reported recently.

In Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI), we have been conducting observation for sediment yield since June 2010 in Akagi testing center, located in north Kanto plain. The observation system consists of 3 sites, one open field and two forest stands. For open field, precipitation was observed using Laser Precipitation Monitor (LPM, THEIS, FRG) consequently. For in two forest stands, vegetation, meteorology and hydrology survey were conducted. In vegetation survey, canopy analyzing and forest floor survey were conducted in every months. In meteorology survey, precipitation was observed using LPM consequently. In hydrology survey, surface runoff was observed in experimental area with 2m length and 0.5m width using tipping gauge continuously. Soil moisture and temperature were observed in every 10 minutes in experimental area.

In these two forest stands, EUROSEM hydrological sub - model was applied in 35 storm events, and simulated surface runoff was validated based on observed data. EUROSEM hydrological sub model was applied to 10 storm events in previous study and appeared to simulate surface runoff for storm events with rainfall intensity between 2.0 - 5.0mm / 10min. In this study, surface runoff was simulated well in storm events with rainfall intensity larger than 5.0mm/10min using infiltration rates lower than those in laboratory experiments.

キーワード: 森林, 表面流出, 土壌流出, 予測手法, EUROSEM, 降雨-流出

Keywords: Forest, Surface Runoff, Sediment Yields, Prediction Method, EUROSEM, Storm - Runoff

Distribution of trace elements in 3 small rivers and the surrounding geology in the North Osaka prefecture, Japan

Distribution of trace elements in 3 small rivers and the surrounding geology in the North Osaka prefecture, Japan

EVEN, Emilie^{1*}; NOJIMA, Aki¹; MASUDA, Harue¹
EVEN, Emilie^{1*}; NOJIMA, Aki¹; MASUDA, Harue¹

¹Department of Geosciences, Osaka City University, Japan

¹Department of Geosciences, Osaka City University, Japan

The Rivers Yono, Ibaraki and Minoh, that are tributaries of the River Yodo in the northern part of the Osaka prefecture, Japan, flow across the Paleozoic-Mesozoic sedimentary formations and the Ibaraki granitic complex. Waters from these rivers have been used for domestic purposes and some trace metals have been reported in concentrations above the environmental standard limits. Previous studies have shown that the sedimentary rocks were the sources of trace metals, especially arsenic, whereas the granitic sequence of quartz diorite, granodiorite and adamellite is believed to be the source of rare earth elements (REEs). In addition to track back of the origin of these trace elements, the transportation phases and the geochemical budget of trace metals along the river flow are examined as a first step to set up a simple transportation model. Here are presented first results.

Results showed that the geochemical patterns of riverbed sediments matched the distribution of the source rocks. The geochemistry of trace elements in river water is likely controlled by the weathering of riverbed sediments. River sediments from sandstone and quartz diorite contained high amount of trace elements and yielded high concentrations of trace metals in river water but low concentrations of REEs. Comparatively, river sediments originated from adamellite contain lower amounts of trace elements but river waters flowing across this formation showed to have the highest concentrations of REEs. O/H isotopic ratio in river water pointed at the meteoritic origin of the water in the upper reaches of rivers and the contribution of groundwater in the lower reaches. The fractionation of trace elements regarding the different size pools of total concentration, 0.45 μm and 0.22 μm filtration showed that most of the trace elements were transported within the <0.22 μm phase. Temperature of river water seems to influence the concentrations of elements, as concentrations increased with increasing temperature throughout the year. The role of organic matter (likely as colloidal carriers) is limited since an inverse relationship was observed. Water mixing calculation with major and trace elements yielded accurate geochemical budget model (<5% error), where as redox sensitive species induce large errors of >15%, even on few meters distance along the flow path.

キーワード: Rare Earth Elements, River Water, Source rock, Trace Metals, Transportation

Keywords: Rare Earth Elements, River Water, Source rock, Trace Metals, Transportation

山地農業流域における地下水中の酸素安定同位体比および硝酸態窒素濃度の季節変化
Seasonal variation in oxygen stable isotopic ratio and nitrate concentration in a mountain agricultural watershed

有富 大樹^{1*}; 小野寺 真一¹; 齋藤 光代²; 丸山 豊¹; 金 广哲¹; 大西 晃輝³
ARITOMI, Daiki^{1*}; ONODERA, Shin-ichi¹; SAITO, Mitsuyo²; MARUYAMA, Yutaka¹; JIN, Guangzhe¹; ONISHI, Koki³

¹ 広島大学, ² 岡山大学, ³ 株式会社復建調査設計

¹Hiroshima University, ²Okayama University, ³Fukken Co., Ltd.

本研究では、酸素安定同位体比等の分布をもとに、花崗岩流域の沿岸不圧帯水層における岩盤地下水の寄与を含む地下水流動を推定するとともに、それに伴う硝酸態窒素濃度の季節変化について考察を行うことを目的とした。そのため、対象地域には、齋藤 (2008), 大西 (2013) によって硝酸態窒素濃度の減衰が確認されている果樹園流域を設定した。

水文流出モデルによる河川からのリン輸送量推定の現状と課題 An Overview of Recent Hydrological Models for Estimating Phosphorus flux

清水 裕太^{1*}; 小野寺 真一²; 齋藤 光代³
SHIMIZU, Yuta^{1*}; ONODERA, Shin-ichi²; SAITO, Mitsuyo³

¹(独)農研機構 近畿中国四国農業研究センター・JSPS-PD, ²広島大学大学院総合科学研究科, ³岡山大学大学院環境生命科学研究科

¹NARO/WARC JSPS-PD, ²Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University, ³Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University

森林、農地そして都市から流出したリンは地表流や排水路など様々な経路を通じて、最終的に河川へと流れ込む。そして河道内において物理的、化学的、生物的プロセスを経ることにより、その多くが河道内に保持される。このため、河川へ流入してから海域へと到達するまでに時間を要する。流域物質収支に関する多くの研究事例では、流域内で発生したリンの合計量と、流域から流出したリンの合計量は一致しないことが多い。この原因としては、流域内での保持効果によるものと考えられる。河道内でのリンの保持は、様々なプロセスの複合的な結果によって生じる。このため、河川からのリン流出を考える上で、発生プロセスだけでなく、保持プロセスについても知る必要がある。近年では流域の不均一性を考慮することのできる水文流出モデルが使用されつつある。これらは欧米を中心に数多く開発され、最近では河川流量だけでなく水質や土砂流出量の推定精度も向上してきている。

本発表では、流域からのリン輸送量をどの程度の精度で見積もることができるのかについて、水文流出モデルのリン動態プロセスの取り扱いとその問題点について整理し、今後の課題を含め議論を行う。

キーワード: 水文流出モデル, リン, 物質輸送, 流域

Keywords: Hydrological Model, Phosphorus, Material transport, Watershed

ベトナム北部を流れる紅河における水質汚濁とヒ素の挙動について Water pollution and arsenic behavior in the Red River, North of Vietnam

井上 凌^{1*}
INOUE, Ryo^{1*}

¹ 大阪市立大学大学院理学研究科
¹graduate school of science, Osaka City

ベトナム北部を流れる紅河は中国の雲南省に源流をもち、ベトナム領内では 3000 m 級の山々からなるホアンリエン山脈に沿ってほぼ平行に流れている。その下流域には紅河デルタが広がっているが、そのデルタの直上に位置する農村地帯では地下水のヒ素汚染が深刻な問題となっている。ヒ素の原因物質は河川を通じて帯水層に運搬されたと考えられているが、その運搬過程はわかっていない。本研究ではベトナム領内において採集した紅河の河川水・懸濁物・堆積物の分析を行うことにより、紅河を通じたヒ素の運搬過程を考察した。また、主成分の分析結果から浮かび上がったベトナム領内における水質汚濁の状況と原因に関しても述べる。

河川水の主化学成分濃度はベトナム領内で最上流部に位置するラオカイ周辺で 5.0(meq/L)、中流のバオハでは 2.4(meq/L)、イェンバイで 2.1(meq/L)、下流のハノイで 3.4(meq/L)であった。ラオカイとハノイの間で濃度が低下しているが、この原因はホアンリエン山脈を涵養域とする支流から周辺よりも低濃度の水の流入があるからである。本流への支流の寄与は水の酸素・水素同位体比の変化からも明らかである。ラオカイ周辺では水の $\delta 18O$ が -9.9~-10.0 ‰、 $\delta 2H$ が -69 ‰程度である。一方、ホアンリエン山脈を涵養域とする支流では $\delta 18O$ が -12.9~-13.0 ‰、 $\delta 2H$ が -91~-92 ‰である。ラオカイとハノイの間では $\delta 18O$ が -11.6~-11.9 ‰、 $\delta 2H$ が -82~-84 ‰である。ホアンリエン山脈から流入する河川水は下流域への水質汚濁の影響を緩和しているといえる。

ヒ素は河川水試料から全ヒ素濃度と溶存ヒ素濃度を得ることができ、これらの差分を懸濁態ヒ素濃度とした。さらに、水試料を濾過して得られた懸濁物を XRD に使用し、懸濁物の鉱物組成を調べた。これらの結果から懸濁態として河川水中に存在するヒ素はスメクタイトと非常に高い正の相関 ($r^2=0.92$) を持ち、カオリナイトとも緩やかに正の相関を持つ ($r^2=0.55$) ということが明らかになった。また、懸濁態として存在する鉄とヒ素には相関は見られなかった。

したがって、ヒ素は河川中では酸水酸化鉄と挙動していない。また、分析済みの懸濁物ではスメクタイトは紅河本流で採集したサンプルでのみ確認された。そのことから紅河では粘土鉱物(主にスメクタイト)に吸着することで上流域から下流へとヒ素が運ばれている可能性が高いと考えられる。

キーワード: ヒ素, 紅河, ベトナム, 同位体
Keywords: arsenic, Red River, Vietnam, Isotope

SWAT および HYDRUS モデルを用いた沿岸農業流域の水収支解析 Estimation of water balance in a coastal agricultural catchment using SWAT and HYDRUS Model.

金 広 哲^{1*}; 清 水 裕 太²; 小 野 寺 真 一¹; 齋 藤 光 代³; 松 森 堅 治²
JIN, Guangzhe^{1*}; SHIMIZU, Yuta²; ONODERA, Shin-ichi¹; SAITO, Mitsuyo³; MATSUMORI, Kenji²

¹ 広島大学大学院総合科学研究科, ²(独) 農業・食品産業技術総合研究機構・近畿中国四国農業研究センター, ³ 岡山大学大学院環境生命科学研究科

¹Hiroshima University Graduate School of Integrated Arts and Sciences, ²National Agriculture and Food Research Organization, Western Region Agricultural Research Center, ³Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University

Quantify the rate of ground water recharge and clarify the water balance in watersheds is basic and important for efficient ground water resource management. It is particularly important in regions with little rain which face with the risk of water shortage. However, the rate of aquifer recharge is one of the most difficult factors to evaluate. Especially, the former method of groundwater recharge estimation, are normally subject to large uncertainties and easily to cause errors. Recently, there are several attempting for estimation of groundwater recharge using distributed hydrological models in the world.

The Soil and Water Assessment Tool (SWAT) Model is one of a physically based and quasi-distributed continuous time hydrological model used to estimate water budget in previous researches around the world. SWAT Model has been implemented for watershed hydrology related issues such as estimation of surface water flow and groundwater recharge rate. We could more specific testify the groundwater flux combined SWAT Model with HYDRUS Model which is a software package for simulating water, heat, and solute movement in two- and three-dimensional variably saturated media. The objective of this research is to estimate water balance and to clarify the groundwater recharge parameter in an agricultural catchment in the Seto Inland Sea, using the SWAT Model, and to estimate the groundwater flow using the HYDRUS Model.

The study site is located on the southern part of Ikuchi Island, which is one of the islands in central Seto Inland Sea. The orange groves cover approximately 50% of the total catchment area. Due to the small annual precipitation (approx.1000mm/y) with large inter-annual variation, Ikuchi Island is facing a risk of water shortage in the serious dry year.

As input to SWAT Model, topographic data (10 m grid), soil map (1/25000), land use map (1/25000) and weather information were used to build and calculate the SWAT Model. Evaporation was estimated by the Penman-Monteith method. Simulation time periods is 2000-2013, including warm up period of 2000-2003 and calibration period of 2003-2004. The calibration was conducted using the Sequential Uncertainty Fitting (SUFI2). The reproducibility of daily discharge in calibration period by the model was found to be acceptable (NSE=0.69, RSR=0.56, PBIAS%=18, R²=0.75). Amount of groundwater recharge is accounted as the water discharge into aquifer except the flows which are eventually discharged from aquifer, such as return flows into river and amount of water moving into the vadose zone.

The result shows spatial difference in groundwater recharge rate. About 10 times higher groundwater recharge rate was found in middle and downstream areas. While middle and downstream area are indicated the main groundwater recharge area, upstream is small recharge rate due to steep slope. Groundwater recharge shows smaller volume than river discharge, it comprise about 17% of total precipitation in annual average consideration. From the comparison of water balance calculation, it is found that both of river discharge and groundwater recharge fluctuated in high precipitation year of 2011 (1,527mm), low precipitation year of 2005 (781mm) compared to average balance. In high precipitation year, groundwater recharge rate increased about 6 times than in low precipitation year, the increasing of river discharge is at about 2.5 times.

Consequently, it was confirmed that spatial and temporal variation of groundwater recharge rate in long term. And we could estimate the long term water balance base on these information. However, it is noted that this result may include some uncertainty and chance to improve. Seat model could not reflect the groundwater flow, simulated with HYDRUS Model on the groundwater flow could provide us with the groundwater data. In the presentation, more detailed data cover long time periods and results testifying groundwater level variation with HYDRUS Model will be displayed.

キーワード: Ikuchi Island, SWAT Model, HYDRUS Model, groundwater recharge rate, water balance
Keywords: Ikuchi Island, SWAT Model, HYDRUS Model, groundwater recharge rate, water balance

大和川感潮域における栄養塩動態の季節変化 Seasonal variation in nutrient dynamics in the tidal zone of Yamato river

小野寺 真一^{1*}; 齋藤 光代²; 清水 裕太³; 丸山 豊¹; 宮岡 邦任⁴; 金 広哲¹; 有富 大樹¹
ONODERA, Shin-ichi^{1*}; SAITO, Mitsuyo²; SHIMIZU, Yuta³; MARUYAMA, Yutaka¹; MIYAOKA, Kunihide⁴; JIN,
Guangzhe¹; ARITOMI, Daiki¹

¹ 広島大学, ² 岡山大学, ³ 近畿中国四国農研センター, ⁴ 三重大学
¹Hiroshima University, ²Okayama University, ³NORO, ⁴Mie University

In coastal megacities, severe groundwater depression and water pollution occurred. These impacts affected to river environment change. Especially, the river mouth area has been deposited the polluted matters. These areas have characteristics of water level fluctuation which causes river water-groundwater interaction and the associated change in dynamics of nutrients. However, these effects on the nutrient transport in tidal reaches and nutrient load to the sea have not been fully evaluated in previous studies. Therefore, we aimed to clarify the nutrient dynamics with the river water-groundwater interaction in the tidal river of Osaka metropolitan city. We conducted the field survey from the river mouth to the 7km upstream area of Yamato River, which has a length of 68km and a watershed area of 1070 km². In addition, model simulations were also conducted. Spatial variations in radon (²²²Rn) concentrations and the difference of hydraulic potential between river waters and the pore waters suggest that the groundwater discharges to the river channel in the upstream area. In contrast, river water seeped into the groundwater in the river mouth area. It may be caused by the lowering of groundwater level associated with the excess abstraction of groundwater in the urban area. The spatial and temporal variations in nutrient concentrations indicate that nitrate-nitrogen (NO₃-N) concentrations changed temporally and it negative correlated with dissolved organic nitrogen (DON) concentrations. Inorganic phosphorous (PO₄-P) concentrations showed the increasing trend with the increase of the river water level. Based on the mass balance, nutrient reproduction from the river bed was suggested in tidal reach during a summer, especially phosphorus was large.

キーワード: 季節変化, 栄養塩動態, 干潮河川, 汚濁, リン

Keywords: seasonal variation, nutrient dynamics, tidal river, pollution, phosphorus

成層安定度に基づくため池の類型化及び生態系指標に関する検討
Examination on the classification and ecological index of ponds based on the stability of stratification

大久保 賢治^{1*}; 齋藤 光代¹; 高木 真也¹; 小野寺 真一²; 丸山 豊²; 金 广 哲²; 有富 大樹²; 清水 裕太³
OKUBO, Kenji^{1*}; SAITO, Mitsuyo¹; TAKAGI, Shinya¹; ONODERA, Shin-ichi²; MARUYAMA, Yutaka²; JIN, Guangzhe²
; ARITOMI, Daiki²; SHIMIZU, Yuta³

¹ 岡山大, ² 広島大, ³ 学振 PD, (独) 農研機構 近中四農研セ

¹ Okayama Univ., ² Hiroshima Univ., ³ JSPS PD, NARO/WARC

We aimed to examine on the classification and ecological index of the small ponds based on the stability of stratification. The seasonal variation of the stratification was examined using the monitoring data of water temperature in multiple depths in the 4 different ponds located on an island which is highly influenced by agricultural activity. DO, fluorescence, nutrients data were used for the evaluation of ecosystem condition.

*This research is supported by the Grants-in-Aid for Scientific Research (A) (No. 25241028, Shin-ichi Onodera).

八郎瀨調整池の堆積物柱状試料における岩石磁気測定の鉛直分布特性 - 干拓地建設の影響 - Rock magnetic profiles of sediment cores in Hachirogata : effect of a land reclamation

太田 雄貴^{1*}; 佐藤 高晴¹; 小野寺 真一¹; 金 广哲¹; 齋藤 光代²; 早川 敦³
OTA, Yuki^{1*}; SATO, Takaharu¹; ONODERA, Shin-ichi¹; JIN, Guangzhe¹; SAITO, Mitsuyo²; HAYAKAWA, Atsushi³

¹ 広島大学大学院総合科学研究科, ² 岡山大学大学院環境生命科学研究科, ³ 秋田県立大学生物資源科学部
¹Graduate School of Integrated and Arts Sciences, Hiroshima University, ²Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, ³Faculty of Bioresource Sciences, Akita Prefectural University

We examined the influence of land reclamation on rock magnetic profiles in Lake Hachirogata. In this lake, all flowing rivers exist on an east side and a large reclamation land touch at west and north sides. Two sediment core samples were collected at the eastern central (HL-1) and northwestern bankside (HL-2) sites in this lake in September 2013, using the 1m piston core sampler (7-8 cm diameter). HL-1 was 77cm and HL-2 was 78cm. 岩石磁気測定試料は、半裁した堆積物断面の中央からパイプの長さ方向について連続的に採集した。採集は約 7cm³ の立方体状のプラスチックキューブを用いた。HL-1 から 33 個、HL-2 から 34 個得られた。採取後直ぐに試料を冷蔵保存した。その後、広島大学にて帯磁率測定、等温残留磁化 (isothermal remanent magnetization : IRM) 測定、三成分 IRM 段階熱消磁実験を行った。帯磁率測定には Bartington 社製 MS2 センサーを用いた。帯磁率測定では測定値に多少のばらつきが見られたため、1 個の試料につき 3 回以上測定し、安定して得られた値の平均値を試料の帯磁率として採用した。IRM 段階付加には夏原技研社製 MMPM-10 パルスマグネタイザーを用いた。各段階付加後、夏原技研社製 SSM-85 スピナー型磁力計を用いて IRM 測定を行った。IRM 測定は残留磁化強度が十分に大きく再現性が高かったため、1 個のキューブ試料について 1 回測定した。1.3T で獲得された IRM を飽和残留磁化 (Saturation IRM : SIRM) とした。HL-1 の三成分 IRM 段階熱消磁実験は試料中含まれる磁性鉱物推定のために行われた。熱消磁は、夏原技研社製 TDS-1C 熱調節器を持つ夏原技研社製 TDF-8 熱消磁装置を用いた。TDF-8 は外部磁場を 25nT 以下まで遮断している。今回は 80,120,180,240,280,320,360,440,520,540,560,580,600,640,680 °C の 15 段階で熱消磁を行った。

HL-1 では帯磁率と SIRM が上方に向かって徐々に減少する傾向を示した。これは磁性鉱物の含有量が上方に増加していることを示唆している。三成分 IRM 段階熱消磁実験からは、どの層準も Soft 成分が卓越していることが明らかであった。深度 0~60cm の Soft 成分は 240~280 °C と 560~580 °C で急激な減少を示した。このことから HL-1 に含まれる主な磁性鉱物はチタノマグネタイト、マグヘマイト、マグネタイトである可能性が高い。しかし、HL-1 基底部の Soft 成分は 240~280 °C で急激な減少を示したが、280 °C 以上では緩やかに減少し、360~440 °C でほぼ全て消磁された。HL-1 基底部は SIRM/x も高かったため、グレイジャイト (Fe₃S₄) を含んでいる可能性がある。

HL-2 の三成分 IRM 熱消磁実験結果は全ての層準で Soft 成分が卓越していた。また、240~280 °C と 560~580 °C で Soft 成分の急激な減少を示した。このことから HL-2 の主な磁性鉱物は HL-1 と同じくチタノマグネタイト、マグヘマイト、マグネタイトである可能性が高い。帯磁率は深度 45~76cm で上方にわずかに増加し、深度 30~40cm で最大値を示した。深度 0~30cm は上方に減少する傾向を示した。SIRM は帯磁率とわずかに傾向が異なり、深度 58cm で最大値を示した。深度 58cm は他の層準と比べて Hard 成分がわずかに大きかった。深度 58cm の Hard 成分は 680 °C で消磁されたため、ヘマタイト (Fe₂O₃) が含まれていることが考えられる。

以上のように HL-1 と HL-2 の岩石磁気パラメータはそれぞれ異なる傾向を示しており、八郎瀨干拓工事を含め、八郎瀨調整池周辺の何らかの環境変化を反映している可能性がある。

キーワード: 八郎瀨調整池, 堆積物, 岩石磁気, 干拓

Keywords: Lake Hachirogata, sediment, rock magnetism, land reclamation

瀬戸内沿岸海水中でのラドン・ラジウム核種の空間分布およびその影響要因
Spatial distribution of radon (^{222}Rn) and radium (^{226}Ra , ^{228}Ra) in the coastal seawater
of Seto Inland Sea and its con

齋藤 光代^{1*}; 小野寺 真一²; 太田 朋子³; Guo Xinyu⁴; 武岡 英隆⁴; 大西 秀次郎⁴; 窪田 卓見⁵
SAITO, Mitsuyo^{1*}; ONODERA, Shin-ichi²; OHTA, Tomoko³; GUO, Xinyu⁴; TAKEOKA, Hidetaka⁴; ONISHI, Hidejiro⁴;
KUBOTA, Takumi⁵

¹ 岡山大, ² 広島大, ³ 北大, ⁴ 愛媛大・CMES, ⁵ 京大炉

¹ Okayama Univ., ² Hiroshima Univ., ³ Hokkaido Univ., ⁴ CMES, Ehime Univ., ⁵ KURRI, Kyoto Univ.

本研究では、瀬戸内海中央部の沿岸域を対象に海水中における放射性ラドン・ラジウム核種の空間分布を確認するとともに、その影響要因について検討することを目的とした。

*本研究は、H24 年度クリタ水・環境科学振興財団（代表：齋藤光代）および H24 年度京都大学原子炉事件所共同利用研究（代表：小野寺真一）の支援により行われた。

熊野灘沖南海トラフ堆積物中におけるヒ素濃度の分布 Arsenic distribution in porewater and coexisting sediments of Kumano Basin, Nankai Trough

吉西 晴香^{1*}
YOSHINISHI, Haruka^{1*}

¹ 大阪市立大学大学院理学研究科
¹Osaka City University

ヒ素汚染地下水は世界中で深刻な問題となっている。特に、バングラデシュやインドの西ベンガル地域など、ヒマラヤ山系に源流域を持つ大河流域で汚染が進んでいることが知られている。ヒ素の原因物質は泥岩中の硫化鉱物であると考える研究者がいるが、どのようなメカニズムで堆積岩中にヒ素が濃縮するのかは、あまり研究がされていない。そこで本研究では、現世の付加体堆積物中における初期続成作用に伴うヒ素の挙動を探ることを目的として堆積物と共存する間隙水中のヒ素濃度の深度ごとの変化を追跡した。

本研究では統合国際深海採掘計画 (IODP) の第 338 回航海によって南海トラフ、熊野海盆沖で採取された 3 地点 (C0002、C0021、C0022) で得られた間隙水とそれを搾り取った後の堆積物試料を用いて、主成分とヒ素濃度の測定を行った。堆積物については主成分鉱物組成も分析した。C0002 地点は半遠洋性のタービタイト末端堆積物で構成される。C0021 地点は地滑り堆積物で構成されている。C0022 地点はスプレー断層直上で 100mbsf (mbsf = meters below the seafloor) に断層が観察されている。

間隙水中でのヒ素の濃度は C0002 では、200 – 300mbsf までは 0 – 1.1 μ M であるが 300 – 400mbsf までは深度に伴いおよそ 3 μ M まで増加傾向にある。400mbsf で最大値をとると、その後は減少する。C0021 では、0 – 160mbsf まではヒ素濃度は平均して 0.2 μ M で深度による変化はほとんど見られない。しかしその後 200mbsf までにヒ素濃度は急増している。C0022 では、0 – 100mbsf までは、ヒ素濃度は 0.3 μ M まででほとんど変化しない。その後 130 – 160mbsf で高いピーク (1.5 μ M 程度) をとり、200mbsf までは急減する。200mbsf 以深は深度による変化は見られない。一方、堆積物中のヒ素濃度は C0002 (300 – 500mbsf) では 40 – 120 μ M、C0022 (100 – 150mbsf) では 40 – 90 μ M であり、濃度変化は深度によらない。XRD で検出された鉱物組成はいずれの地点でも主に石英、長石、雲母、方解石、粘土鉱物類、緑泥石・カオリナイトで構成されており、角閃石、黄鉄鉱が検出された試料もあった。

船上分析による間隙水中の主成分組成との比較から、ヒ素濃度は pH や鉄、鉛、マンガンと関係していることが分かった。ヒ素は多くの微量重金属と同様に海底面で酸水酸化鉄とともに共沈して堆積物に濃縮し、還元的な環境下で脱着しないしは酸水酸化鉄の分解に伴っていったん間隙水中に溶出すると推定される。その後、深度が増すと黄鉄鉱などに固定されると考えられるが、最終的にヒ素を固定する鉱物は現時点では不明である。

キーワード: ヒ素, 南海トラフ, IODP
Keywords: Arsenic, Nankai Trough, IODP

山地森林溪流における溶存無機態リン濃度の形成過程に関する研究 Research on dissolved inorganic phosphorus concentrations forming process in a forested mountainous stream

武田 愛実^{1*}; 大手 信人¹; 江草 智弘¹; 鈴木 雅一¹
TAKEDA, Manami^{1*}; OHTE, Nobuhito¹; EGUSA, Tomohiro¹; SUZUKI, Masakazu¹

¹ 東京大学大学院農学生命科学研究科

¹ Department of Forest Science Graduate School of Agricultural and Life Sciences

Since the ecosystems of river, lake, and ocean are supported by P supply from terrestrial area, it is important to understand the mechanisms behind the P discharge from the catchments through the aquatic system. It has generally been considered that loss of P from a forested area through a headwater stream is small, because it is preserved tightly within forested ecosystem. It has previously been reported that heavy rainfalls lead to a large P loss from forested catchments, and major fractions of exported P is particulate form absorbed onto soil particles. Therefore, many studies have focused on particulate P load during high flow condition. However, it has been still poorly understood about the controlling mechanisms of sources and transport of dissolved inorganic phosphorus (DIP), which is directly available for organisms. In order to explain the controlling mechanisms of DIP discharge, we conducted field investigations on the DIP dynamics through the elemental hydrological processes in the hill slopes of a headwater catchment, and illustrated the spatial distribution of DIP concentrations of the stream network in meso-scale catchment.

The study site was Fukuroyamasawa experimental watershed located in The University of Tokyo Chiba Forest and Inokawa watershed including Fukuroyamasawa. The size of Fukuroyamasawa is 1 ha, and that of the Inokawa watershed is 503 ha. Through fall water, stem flow water, litter layer infiltration water, soil water, groundwater and stream water were sampled once every two weeks from August 2013 to November 2013. Rainwater was collected at the meteorological station located near by Fukuroyamasawa. In Inokawa watershed, flow observation and stream water sampling at the point with various watershed area on low-flow period in September 2013 and December 2013. The samples were filtered by 0.45 micrometer membrane filters immediately after the sampling. Then DIP was analyzed using molybdenum blue (ascorbic acid) absorptiometry.

The average DIP concentration of rainwater was 0.2 micromol / L during the observation period. That of through fall, stem flow and litter layer infiltration water were 0.9, 1.7 and 10.9 micromol / L respectively. DIP concentration felt remarkably with soil layer passage, and the average DIP concentration of soil water, groundwater and stream water was 0.6 micromol /L. DIP concentration in Inokawa stream water ranged from minimum limit of determination, 0.1 micromol /L, or less to 9.2 micromol / L. When we investigated the relation between DIP concentration and a contributory area, DIP concentration differed in about 2 km² or less, and it increased at the larger than 2 km² as the contributory area became large. There was a strong positive correlation between DIP concentration and EC.

In Fukuroyamasawa, it was shown that DIP added during canopy passage was almost absorbed in the soil layer at particles, and was removed from the water, and hardly contributing to the outflow to a mountain stream. EC is an index for underwater dissolved matter concentration, and it turns out that the amount of the dissolved matter concentration of mineral origin is shown at Inokawa watershed. Therefore, the relationship of DIP concentration and EC has suggested that mountain stream underwater DIP mainly originates in bedrock weathering, and that the spatial distribution of DIP concentration is determined with the contribution of a groundwater course which passes bedrock.

Keywords: Dissolved Inorganic Phosphorus (DIP), forested mountainous stream, spatial distribution, catchment area

秋田県玉川における主化学成分濃度とストロンチウムおよび硫黄同位体比を用いた 河川水混合過程の推定 Mixing of river water as deduced from major component concentration, Sr and S isotopic ratios in Tama River, Akita.

若狭 幸^{1*}; 石山 大三²; 松葉谷 治³; 佐藤 比奈子²; 申 基澈⁴; 中野 孝教⁴
WAKASA, Sachi^{1*}; ISHIYAMA, Daizo²; MATSUBAYA, Osamu³; SATO, Hinako²; SHIN, Kicheol⁴; NAKANO, Takanori⁴

¹ 秋田大学 大学院 工学資源学研究科 環境資源学研究センター, ² 秋田大学国際資源学部, ³ 秋田大学名誉教授, ⁴ 大学共同
利用機関法人 人間文化研究機構 総合地球環境学研究所

¹Center for Geo-Environmental Science, Akita University, ²Faculty of International Resource Sciences, Akita University, ³Emeritus
professor, Akita University, ⁴Research Institute for Humanity and Nature

秋田県玉川は、その上流（渋黒川）に玉川温泉大噴から強酸性（pH=1.2）、高温（T=98℃）の温泉水が混入するため、下流域まで河川水が酸性である。その酸性度を弱めるために、温泉水を河川流出前に中和する施設が設置されている。本研究では、河川水の主化学成分濃度やストロンチウムおよび硫黄同位体比をトレーサーとして、支流の合流による河川水の混合率を推定し、この酸性温泉水の下流への影響範囲を明らかにすることを目的とした。玉川温泉大噴の温泉水は、中和処理施設に導入され、石灰岩で中和されたのち、渋黒川に放出される。大噴の温泉水は、塩化物イオン、硫酸イオン濃度が高く、硫黄同位体比が高い（ $\delta^{34}\text{S}=31.8\text{‰}$ ）。さらに、中和処理により、カルシウムイオン濃度とストロンチウムイオン濃度が高くなり、ストロンチウム同位体比も高い（ $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.7068$ ）。渋黒川に放出された温泉水は、渋黒川が玉川本流に合流するまでに混合率20%まで河川水により希釈される。さらに、玉川本流との合流により8%まで希釈される。その後、雄物川との合流までのあいだに主化学成分濃度は、ほぼ流入する支流とほぼ同じ値になる。また、pHは約3から約7まで変化する。ストロンチウム同位体比については、大噴が0.7040、中和施設が0.7068、合流する各支流の値は、それぞれの流域の地質を反映して0.7049-0.7062の範囲で異なる。したがって、主化学成分でみられたような二成分のはっきりした混合関係はみられないが、ほぼ同様な混合関係を示す。硫黄の同位体比は大噴の SO_4^{2-} が31.8‰で、雄物川合流点近くの河川水の SO_4^{2-} の値が6.5ないし8.8‰で、主化学成分で見られた二成分の混合関係とほぼ同じ混合関係がみられる。これらの結果から、玉川における合流する各支流の混合関係について発表する。

キーワード: 河川水の混合, 秋田県, 主化学成分濃度, ストロンチウム同位体比, 硫黄同位体比

Keywords: Mixing of river water, Akita, Concentration of major chemical components, Strontium isotopic ratio, Sulfur isotopic ratio

農業用水路内における放射性セシウムの分布特性について Feature of distribution of radioactive cesium in irrigation canal

久保田 富次郎^{1*}; 樽屋 啓之¹; 田中 良和¹; 浜田 康治¹
KUBOTA, Tomijiro^{1*}; TARUYA, Hiroyuki¹; TANAKA, Yoshikazu¹; HAMADA, Koji¹

¹ (独) 農研機構 農村工学研究所

¹National Institute for Rural Engineering, NARO

2011 年 3 月に発生した東日本大震災に起因する東京電力福島第一原子力発電所の事故により、放射性物質が福島県を中心とする地域に沈着した。地域に広く沈着した放射性セシウムが、環境中でどのように再移動し集積するかを明らかにすることは、住民の安全安心の確保や農業・農地の再汚染防止の観点から重要な課題である。本研究では、農業用水路の取水口から用水路の下流までの底質に含まれる放射性セシウムを事例として調べることで、農業用水路内への放射性セシウムの堆積特性を明らかにすることを目的とする。

事例調査地区として、福島県中通り地方に立地し、阿武隈川より取水する幹線用水路および支線用水路を含む水路システムを選定し、H24 年 11 月に堆砂量と底質中の放射性セシウム濃度および空間線量率の分布調査を実施した。その結果、以下が得られた。

はじめに、水路勾配が比較的大きい幹線用水路上流では掘込み部を中心として、砂質堆積物がみられ、それらの放射性セシウムは $1\sim 5\text{kBq kg}^{-1}$ と比較的低かった。それに対して水路勾配が緩やかで流速が低下する支線用水路では泥状物の堆積が卓越し、それらに含まれる放射性セシウムは、 $3\sim 28\text{kBq kg}^{-1}$ と全般に高かった。

また、単位面積当たりの放射性セシウムの堆積量は、上流水路の掘込み部で $44\sim 86\text{kBqm}^{-2}$ および $8\sim 17\text{kBqm}^{-2}$ 、下流水路で $25\sim 315\text{kBqm}^{-2}$ 、 55kBqm^{-2} となった。ここで、水路内の単位面積当たりのセシウム 137 の堆積量を、同じ場所へのセシウム 137 の沈着量 ($120\sim 210\text{kBqm}^{-2}$) と比較した。その結果、下流水路の一部を除くと多くの地点で、水路内への放射性セシウムの堆積は周辺への沈着量より小さかった。

一方、水路内の空間線量率は、全般的に湛水の影響を受けて低かったが、堆積面が露出した水路では、空間線量率が高い傾向にあり堆積物の影響が認められた。

キーワード: 放射性セシウム, 農業用水路, 堆積物, 空間線量率

Keywords: radioactive cesium, irrigation canal, sediment, air dose rate

瀬戸内海島嶼部における地下水利用—尾道市瀬戸田町生口島の事例— Current status of the groundwater use in an island of the Seto Inland Sea: a case study of Ikuchijima-island

谷口 智雅^{1*}; 小野寺 真一²; 高橋 英博³; 齋藤 光代⁴; 清水 裕太⁵
TANIGUCHI, Tomomasa^{1*}; ONODERA, Shin-ichi²; TAKAHASHI, Hidehiro³; SAITO, Mitsuyo⁴; SHIMIZU, Yuta⁵

¹ 三重大学人文学部, ² 広島大学大学院総合科学研究科, ³ (独) 農業・食品産業技術総合研究機構 近畿中国四国農業研究センター, ⁴ 岡山大学大学院環境生命科学研究科, ⁵ (独) 農研機構 近畿中国四国農業研究センター, 学振 PD

¹Faculty of Humanities, Law and Economics, Mie University, ²Graduate School of Integrated and Arts Sciences, Hiroshima University, ³NARO Western Region Agricultural Research Center, ⁴Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, ⁵NARO Western Region Agricultural Research Center, JSPS PD

本研究は、降水量が少なく、水資源も限られており、渇水リスクの高い瀬戸内海島嶼部における尾道市瀬戸田町生口島を対象として、アンケート調査による地下水利用の実態把握を行った。アンケート調査は、柑橘栽培農業が盛んに行われており、農業用水用水源に地域的差がある尾道市瀬戸田町宮原地区と林地区を対象に選択式アンケート票を用いた対面方式により2013年7月13～15日の期間に行った。宮原地区は人口446人(203世帯)、林地区は人口1,201人(519世帯)で、その内、宮原地区で90世帯、林地区で146世帯からアンケート結果が得られた。

本対象地域の上水道はかつて島内の水を水源としていたが、安定した水源確保のため島外からの受水が開始され、現在では島外からの受水量を充実させている。かつては、地下水を水源として頼っていたため、家庭用井戸の所有率も宮原地区で74.4%、林地区で61.6%と高くなっている。しかし、井戸は所有しているが、利用していない世帯もある。用途としては、宮原地区・林地区ともに庭の散水や洗車としての雑用水としての利用が多く、家事や洗濯、風呂などにも利用している世帯も見られる。また、飲用水として利用している世帯も宮原地区で6世帯、林地区で10世帯あった。さらに、渇水期における農地の井戸の地下水量について、十分でないと感じている人は宮原地区で約21%、林地区で18%と、地下水の賦存量は少なくないと感じており、島内の重要な水資源として認識されている。また、アンケートによる用途結果から生活用水としての1日あたりの地下水利用量の推計を行った結果、宮原地区で1世帯平均361.1リットル、林地区で1世帯平均270.7リットルが利用されていると算出された。

本調査は科研費基盤研究(A)(No.25241028、研究代表者:小野寺真一)の支援によって行われた。

観測とモデルを用いた北海道の森林生態系の炭素収支に与える攪乱の影響評価：サイトスケールから地域スケールまで
Evaluating the impact of disturbances on the carbon balance of forest ecosystems in Hokkaido by using data and model: fr

平田 竜一^{1*}; 伊藤 昭彦¹; 高木 健太郎²; 平野 高司³; 三枝 信子¹
HIRATA, Ryuichi^{1*}; ITO, Akihiko¹; TAKAGI, Kentaro²; HIRANO, Takashi³; SAIGUSA, Nobuko¹

¹ 国立環境研究所, ² 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター, ³ 北海道大学大学院農学研究院
¹National Institute for Environmental Studies, ²Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido University, ³Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University

Changes in carbon flux and storage in forest ecosystems are influenced by climate at various temporal and spatial scales, whereas carbon flux and storage are affected instantaneously and heterogeneously by artificial and natural disturbances at the local scale. Disturbance events such as forest fire, damage by insects, and forest harvest drastically change NEP and carbon storage. In this study, we address the effect of disturbance on carbon balance based on two scale; one is site scale and another is local scale.

First, we performed a baseline simulation of carbon dynamics and compared these values with those observed across a wide range of stand ages (old mixed forest and young and middle-aged larch forests). By taking into account seasonal variation in the understory leaf area index, simulated net ecosystem production (NEP), gross primary production, ecosystem respiration, and biomass for the three types of forests were consistent with observed values.

We compared two cases of simulations concerning the carbon balance: one taking account of spatial distribution of disturbance-induced forest age derived from forest inventory data (disturbance case) and another ignoring the disturbance impact (non-disturbance case). NEP was gradually and spatially changed ranging from 0 to 1 t C/ha/y depending on meteorological conditions such as temperature or solar radiation. On the other hand, in the case of disturbance, large NEP ranging from 3 to 5 t C/ha/y were distributed patchwise like hotspots, because forest age of these spots ranging from 20 to 100 years old and then younger than those of the non-disturbance case. In the 1970s, wood harvest and tree planting were intensively conducted in Hokkaido. In the disturbance case during this period, there were many hotspots which show negative NEP.

キーワード: 陸域生態系モデル, 渦相関法

Keywords: process-based ecosystem model, eddy covariance method

陸域炭素循環モデルの初期化方法に関する検討 Examining initialization procedures of terrestrial carbon cycle models

伊藤 昭彦^{1*}
ITO, Akihiko^{1*}

¹ 国立環境研究所
¹National Institute for Environmental Studies

陸域生態系は長い時間スケールを持つため、モデル研究において初期化は常に問題となる。初期化が不十分であると、人工的なトレンドが生じ、意図せぬ CO₂ のシンクやソースが生じる場合がある。これはモデルシミュレーションの結果を解釈し、観測されたフラックスとの比較を困難にする。これまでは数千年の反復計算によって定常状態を数値的に求める初期化方法が用いられてきたが、その計算負荷は大きく、そこで使用する入力データにも定見は無かった。本研究では、半解析的手法により初期化に要する時間を短縮できる可能性を示し、より一般的で実用的な初期化のあり方について議論を行う。

キーワード: 陸域生態系モデル, 初期化, 炭素収支
Keywords: terrestrial ecosystem model, initialization, carbon budget

冷温帯落葉広葉樹林におけるアロケーションの年次変化解析 Interannual variation of carbon allocation in a cool-temperate deciduous forest from 1999 to 2006

近藤 雅征^{1*}; 市井 和仁²; 植山 雅仁³
KONDO, Masayuki^{1*}; ICHII, Kazuhito²; UYAMA, Masahito³

¹ 福島大学 共生システム理工学類, ² 海洋研究開発機構, ³ 大阪府立大学大学院生命科学研究科

¹Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University, ²Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology,

³Graduate School of Life and Environmental Sciences, Osaka Prefecture University

Carbon allocation is the key factor controlling the dynamics of carbon cycle. It determines partitioning of assimilated carbohydrate to components of vegetation, leaves, woody organs, and fine roots. To analyze seasonal and annual scale carbon allocation of forest ecosystems, it is conventional to use the mass-balance approach, which combine individual estimations of flux and biometric observations such as gross primary production, ecosystem respiration, soil respiration, net ecosystem production, leaf and tree biomass, litterfall, and soil organic carbon considering appropriate balances with each components. However, it is often the case that an attribution of fine roots was not fully assessed because it is required significant effort to monitor its dynamics in a long term. Pulse labelling technique allows directly measure allocation of assimilated carbon from foliage to belowground in various tree species. This approach provides detailed aspects of allocation dynamics, but assessing labelled carbohydrate allocated to fine roots is still challenging. Absence of allocation to fine roots limits our knowledge about mechanism of carbon allocation because net primary productivity of fine root (frNPP) potentially account for one-third of the annual total NPP. To compensate limited observation, a model-data integration technique would be a useful tool, in which a process-based biosphere model combined with multi-year biometric observations to inversely estimate plausible allocation to fine roots.

This study investigated the interannual variability of carbon allocation of a cool-temperate forest in the Takayama Forest Research Site, Japan. The multi-year biometric observations are available for most of carbon cycle components at the Takayama site (e.g., woody tissue net primary productivity (wNPP), foliage NPP (fNPP), aboveground and belowground woody biomasses, litterfall, recruitment, and mortality) except fine root NPP (frNPP); only one year data of frNPP is available for 2000-2001. To compensate the limited frNPP measurement, we calculated frNPP from 1999-2006 by a model-data integration technique. In the process of calculation, unnecessary freedom in the simulation of a process-based ecosystem model, Biome-BGC, was constrained as much as possible with multiple biometric observations at the Takayama site. With the observed components of allocation (fNPP and wNPP) in conjunction with the modeled frNPP, we characterized the interannual variability of carbon allocation at the Takayama site by focusing two aspects: (1) allocation priority among leaves, woody components, and fine roots, and (2) controlling climate factors for these allocation components.

Acknowledgments

This research was supported by the Environment Research and Technology Development Fund (RFa-1201) of the Ministry of the Environment of Japan.

キーワード: アロケーション, 生態系モデリング

Keywords: Allocation, ecosystem modelling

関東地方の水田における大気沈着および灌漑水由来の正味の窒素インプット Net nitrogen input through the atmospheric deposition and irrigation water at a paddy field in central Japan

林 健太郎^{1*}; 小野 圭介¹; 常田 岳志¹; 中村 浩史²; 長谷川 利拡¹

HAYASHI, Kentaro^{1*}; ONO, Keisuke¹; TOKIDA, Takeshi¹; NAKAMURA, Hirofumi²; HASEGAWA, Toshihiro¹

¹ 独立行政法人農業環境技術研究所, ² 太陽計器

¹Natl. Inst. Agro-Environ. Sci., ²Taiyo Keiki

The aim of the present study was to evaluate the net nitrogen input through the atmospheric deposition and irrigation water at a paddy field for single cropping of paddy rice in central Japan, where the wet deposition and exchanges of gases and particles (as the difference between the dry deposition and emissions) were measured for the atmospheric deposition. Target species of reactive nitrogen (Nr) were ammonium (NH_4^+) and nitrate (NO_3^-) for the wet deposition, ammonia (NH_3), nitric acid (HNO_3), and nitrous acid (HNO_2) as gases and particulate ammonium (pNH_4) and nitrate (pNO_3) as particles for the atmosphere-rice paddy exchange, and NH_4^+ , NO_3^- , and organic nitrogen (OrgN) for the irrigation water.

Monitoring of those processes were conducted for three years from September 2010 to September 2013 at a paddy field in central Japan which was devoted for an experimental site of free-air CO_2 enrichment (FACE). Rainwater samples were collected weekly and the wet deposition was calculated using the Nr concentration and the collected volume of water. The air concentrations of Nr were measured using a filter-pack method at two heights of 6 m and 2 m above the ground surface on a weekly mean basis with day/night separation. A filter-pack consisted of five filter holders to collect the target Nr. The diffusion velocity was calculated using the micrometeorological and eddy covariance data in half-hourly basis and then the weekly-mean values in the daytime and nighttime were calculated. The exchange fluxes were expressed as the product of the difference in air concentration between the two heights multiplied by the diffusion velocity. Cumulative exchange fluxes were also calculated based on the weekly mean exchange fluxes. The flow rate and quality of irrigation water was monitored in the cropping seasons in 2011, 2012, and 2013 at a bay in the paddy field. Each of two inlets and one outlet at the bay was equipped with a flow gaging weir and the water flow was measured continuously. Water was sampled at the weirs every week in principle and the concentrations of Nr were measured, where OrgN was calculated as the difference between the total nitrogen and the sum of NH_4^+ and NO_3^- . The inflow and outflow of Nr by irrigation were then calculated using the flow rate and concentration data.

Annual wet deposition of Nr was 9.5, 8.6, and 5.9 $\text{kg N ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$ for the first, second, and third years, respectively, where NH_4^+ and NO_3^- showed similar contributions quantitatively. In addition, the contribution of OrgN was negligible in the wet deposition. Annual exchanges of Nr between the paddy field and the atmosphere were estimated to around 2-3 $\text{kg N ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$, where a certain extent of the dry deposition was counterbalanced by the emissions. Ammonia was the most dominant Nr among the target species in the atmosphere. Ammonia also showed the largest dry deposition among Nr; however, a large part of which was canceled by the emissions of NH_3 from the paddy field. The differences between the inflow and outflow for the irrigation water were 10.7, 8.8, and 6.7 $\text{kg N ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$ for the first, second, and third years, respectively, where OrgN accounted for 30-40% of Nr. In total, the net input of Nr to the paddy field through the atmospheric deposition and irrigation water was estimated to approximately 20 $\text{kg N ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$ which corresponds to approximately 30% of a standard application rate of nitrogen fertilizers in this area. However, it is desired that the following processes are also incorporated to complete the evaluation of the nitrogen balance: the biological nitrogen fixation and the dry deposition of nitrogen oxides (nitrogen monoxide and nitrogen dioxide) as inputs; and the denitrification (nitrogen monoxide, nitrous oxide, and dinitrogen) and the leaching of Nr to the groundwater as outputs.

キーワード: 反応性窒素, 窒素収支, 大気沈着, 放出, 灌漑, 水田

Keywords: reactive nitrogen, nitrogen balance, atmospheric deposition, emission, irrigation, rice paddy field

周期灌漑水田における土壌電位変化とメタン発生量に与える影響
The variations of ORP in the paddy soil and effects on the methane emission from a periodically irrigated paddy field.

八木 健太¹; 脇黒丸 尚紀¹; 岩田 徹^{1*}
YAGI, Kenta¹; WAKIKUROMARU, Naoki¹; IWATA, Toru^{1*}

¹ 岡山大学大学院環境生命科学研究科

¹ Graduate school of Environmental and Life Science, Okayama University

周期灌漑が行われている単作水田土壌における酸化還元電位 (ORP) を水稲耕作期間中に実測し、メタンフラックスに与える影響について解析した。水田に灌漑水が導入されると、ORP は急激に低下し、灌水経過時間が長くなるにつれ低い値を示した。水稲栽培全期間で見れば、ORP は栽培後期になるにつれ低い値を示した。ORP は、湛水時間の長さによって、モデル近似することができた。4日間の一つの灌漑期間では、ORP の低下とともにメタンフラックスの増加が見られた。しなしながら、栽培期間全体では、ORP とメタンフラックスに有意な関係は見られなかった。メタンフラックスの季節変化は、地温、気温、水稲の成長の影響を受けていることが示唆された。

キーワード: 水田, メタン, 土壌, 酸化還元電位

Keywords: Rice Paddy, Methane, soil, Oxidation-Reduction Potential

水田における野焼きによる炭素放出と残渣有機物の炭素分解 Carbon emission by open burning from a paddy field and decomposition of the residual biomass in the paddy soil

岡田 和也¹; 小野 圭介²; 岩田 徹^{1*}
OKADA, Kazuya¹; ONO, Keisuke²; IWATA, Toru^{1*}

¹ 岡山大学大学院環境生命科学研究科, ² 独立行政法人農業環境技術研究所
¹Graduate school of Environmental and Life Science, Okayama University, ²National Institute for Agro-Environmental Sciences

水稲収穫後の野焼きイベントによる炭素放出量を評価する目的で、野焼き前後の地上残渣採取調査を行い、炭素量を比較した。地上部炭素量の43%が収穫により持ち出され、30%が焼却によりCO₂として放出されたことが推定された。また、単作水田土壌中の粗大有機物(COM)を3年間定期採取調査し、その炭素量の変化を分析して、収穫残渣の有機物分解による炭素放出量を評価した。4?6月の地温の上昇する時期に、粗大有機物の減少が促進されるが、夏季の栽培期間には分解が抑制された。1年が経過した後には、粗大有機物の70%が分解されると推測された。

キーワード: 有機炭素, 水田, 土壌, 分解, CO₂

Keywords: Organic Carbon, Rice Paddy, Soil, Decomposition, Carbon Dioxide

富士北麓カラマツ林における林床部CO₂フラックスの連続測定 Continuous measurement of forest floor CO₂ fluxes in a larch forest on the base of Mount Fuji

寺本 宗正^{1*}; 梁 乃申¹; 曾 継業¹; 井手 玲子¹; 三枝 信子¹; 高橋 善幸¹
TERAMOTO, Munemasa^{1*}; LIANG, Naishen¹; ZENG, Jiye¹; IDE, Reiko¹; SAIGUSA, Nobuko¹; TAKAHASHI, Yoshiyuki¹

¹ 国立環境研究所地球環境研究センター

¹Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies

Carbon fluxes of forest floor are thought to be important part of forest carbon dynamics. Multi-channel automated chamber system was installed to a larch forest site on the base of Mount Fuji in 2006 for continuous measurement of forest floor CO₂ fluxes. We prepared soil chambers for measuring soil respiration (Rs) and heterotrophic respiration (Rh). Root trenching was applied to separate Rs and Rh. Net ecosystem exchange (NEE) on the forest floor was measured with plant chambers. In 2013, the average efflux of CO₂ was 2.24, 1.81 and 2.11 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ in Rs, Rh and NEE, respectively. Root respiration was estimated to occupy 80.7% of Rs. Plants of forest floor was suggested to absorb about 5.9% of CO₂ in Rs, and it meant that the amount of carbon fixed by those plants was relatively low. There was little rain in summer time (July-August), and forest floor CO₂ fluxes were decreased due to decreased soil moisture. Q₁₀ was 2.49 and 2.87 in Rs and Rh, respectively. Soil respiration was estimated to be 8.48 tC ha⁻¹ yr⁻¹, and the forest floor was seen as 7.98 tC ha⁻¹ yr⁻¹ carbon source.

キーワード: 土壌呼吸, チャンバー, 林床植生, 光合成

Keywords: soil respiration, chamber, forest floor plants, photosynthesis

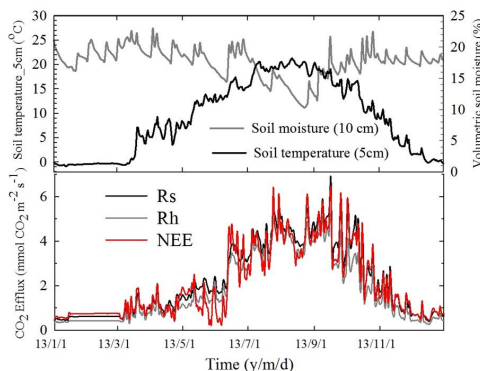


Fig 1. Seasonal variation of soil temperature, soil moisture and CO₂ efflux of each fluxes in 2013.

台風攪乱による落葉広葉樹林の二酸化炭素吸収量の変化 Change in carbon dioxide absorption by a deciduous broadleaf forest due to the 2004 typhoon disturbance

溝口 康子^{1*}; 山野井 克己¹; 宇都木 玄¹; 飛田 博順¹
MIZOGUCHI, Yasuko^{1*}; YAMANOI, Katsumi¹; UTSUGI, Hajime¹; TOBITA, Hiroyuki¹

¹ 森林総合研究所

¹ Forestry and Forest Products Research Institute

森林では自然攪乱が様々な規模・頻度で起こり、攪乱は森林の二酸化炭素吸収量にも大きな影響を与える。日本では台風による風害でしばしば大規模攪乱が起こる。2004年には台風18号が、北海道胆振・石狩地方を中心に大きな被害をもたらした。札幌市南東部に位置する羊ヶ丘実験林（札幌森林気象試験地：SAP）も大きな被害を受けたが、台風被害をうける以前からフラックスタワーによるNEEの観測など、二酸化炭素吸収量の研究が行われており、台風による施設被害のため1年あまりのフラックス・気象観測の中断はあるものの、森林の再生過程を調べるため、タワー周辺の森林の枯損木はそのまま残り観測が継続されている。フラックス観測とともにバイオマス量の変化等、この風害による攪乱前後の長期観測結果について報告する。

タワーフラックス観測結果では、年間の炭素収支は台風被害後マイナスとなり、現在もCO₂放出となっている。風倒による大量の枯損木の供給があったことから分解によるCO₂放出が増えたため、生態系呼吸量は顕著に増大し、台風前の約1.5倍となった。一方、GPPは、2007年から2012年の平均は、台風前の4年間の平均の約5%減であった。

光合成有効放射量の減衰率およびバイオマス調査から推定した樹木とササの合計年最大LAIは、攪乱前は約7で、台風被害翌年は4まで減少したものの2007年以降は5.5前後で推移している。LAIの回復の主な原因は、ササのLAIが台風前の約2倍になったことによる。樹木の現存量は台風前の約7割となった一方、ササのバイオマス量は1.5倍に増加した。ただし、ササのバイオマス量は樹木の1割前後のため、樹木の被害による減少を補うには至っていない。

これらの観測結果から、ササの光合成量の増加により、樹木の光合成量低下の多くが補われているものの、枯損木の増大によって生態系呼吸量が増大したため、結果的に炭素収支は負になったと考えられた。対象森林がCO₂のソースからシンクに移行するためには、風倒被害によって供給された枯損木の分解がすすみ、分解による放出量が減少する必要がある。

キーワード: 落葉広葉樹林, ササ, CO₂ フラックス, 攪乱

Keywords: deciduous broadleaf forest, dwarf bamboo, CO₂ flux, disturbance

熱帯泥炭林の蒸発散 Evapotranspiration of tropical peat ecosystems

平野 高司^{1*}; クシン キツソ²; リミン スイドー²; 大崎 満¹
HIRANO, Takashi^{1*}; KUSIN, Kitso²; LIMIN, Suwido²; OSAKI, Mitsuru¹

¹ 北海道大学大学院農学研究院, ² パランカラヤ大学
¹Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, ²University of Palangkaraya

In Southeast Asia, mainly in Indonesia and Malaysia, peatland is widely distributed, coexisting with swamp forest, over an area of 2.48×10^5 km² and accumulates 11-14% of global peat carbon (Page *et al.*, 2011). The peatland, however, has been rapidly degraded by deforestation and drainage. As a result, the proportion of forest cover in the peatlands of Peninsular Malaysia, Sumatra and Borneo fell from 77% to 36% from 1990 to 2010 (Miettinen *et al.*, 2012). Such human pressures made the huge peat carbon pool vulnerable and raised the risk for the pool to be a large carbon source to the atmosphere chiefly because of peat fires and lowered groundwater level (GWL). The carbon balance of peatland is chiefly controlled by local hydrology, which determines saturation or unsaturation of surface peat. Under unsaturation conditions, peat is aerated, and its soil organic compounds are easily oxidized into carbon dioxide (CO₂). Therefore, drainage to lower GWL necessarily enhances oxidative peat decomposition and its resultant CO₂ emissions. Because tropical peatland is typically ombrotrophic, GWL varies according to residuals (storage change) between precipitation as input and evapotranspiration (ET) and runoff as output. Although precipitation can be also affected by large-scale deforestation, ET and runoff are directly affected by deforestation and drainage, respectively. To predict GWL under human pressures and assess the carbon balance of tropical peatland, therefore, it is crucial to quantify ET and elucidate the effects of disturbances on ET.

We have measured fluxes of sensible heat and latent heat using the eddy covariance technique and determined ET and energy balance at three sites within 15 km on tropical peatlands near Palangkaraya, Central Kalimantan, Indonesia (Hirano *et al.*, 2012). The sites are different in disturbance degree: a relatively intact peat swamp forest with little drainage (UF), a heavily drained swamp forest (DF) and a drained burnt swamp forest (DB). Here we show the results of field measurement for four to six years between 2002 and 2009, including El Nino and La Nina events and discuss the effects of disturbances on the energy balance and ET of tropical peat swamp forest.

Because of energy imbalance (84 to 91% on an annual basis), ET was adjusted to close energy balance on a daily basis. Mean annual ET (± 1 standard deviation) for the four years from 2004 to 2008 was 1636 ± 53 , 1553 ± 117 and 1374 ± 75 mm y⁻¹, respectively, for the UF, DF and DB sites, which account for 67, 64 and 56% of mean annual precipitation of 2435 mm y⁻¹, respectively. Annual ET of the DB site was significantly smaller than those of the other sites, mainly owing to less transpiration due to few trees. This fact indicates that more water is lost by surface and groundwater runoff in the DB site. In addition, annual ET showed a positive linear relationship with annually mean GWL at each site. This significant linearity suggests that annually mean GWL is a robust indicator to assess the annual balances of carbon and water in tropical peat ecosystems (Hirano *et al.*, 2012).

キーワード: 攪乱, 排水, 乱流フラックス, エネルギー収支, 火災
Keywords: disturbance, drainage, eddy flux, energy balance, fire

大気汚染物の硫酸によるナラ枯れと木炭による立ち枯れ防止 Withering of Japanese oak by sulfuric acid of an air pollutant. and prevention from withering by charcoal

大森 禎子^{1*}; 吉池 雄藏²; 岡村 忍³; 岩崎 真理⁴
OMORI, Teiko^{1*}; YOSHIIKE, Yuzo²; OKAMURA, Shinobu³; IWASAKI, Masato⁴

¹大森禎子, ²吉池雄藏, ³岡村 忍, ⁴岩崎真理
¹Teiko Omori, ²Yuzo Yoshiike, ³Shinobu Okamura, ⁴Masato iwasaki

マツやナラ枯れの原因は虫とされ、大量の薬剤を散布されたが止まることなく、日本全土に拡大している。原因は化石燃料の燃焼で発生する硫酸である。産業革命で使用され始めた化石燃料は、210年前のグリーンランドのアイスコアから硫酸イオンとして測定され1), それ以来、世界中で化石燃料は燃焼を続けている。硫酸は雨に溶解して落ちない限り、鯉のぼりは風がある限り空中を泳いでいるように、大気中に蓄積して移動している。風の中の硫酸は接触した樹木に付着して濃縮と蓄積で濃度が高くなり、雨で根元に落とされて土壌を酸性化する。硫酸は土壌成分の金属を溶解性金属硫酸塩に変え、雨水に溶解した金属イオンは樹木に吸収され、成長に必須成分のリン酸と化合してリン酸を不活性化する。マツは松脂の生成量が減少し2) 3) 4), 防虫効果のあるタンニン金属タンニン酸になり、虫に対して無害化する。虫は大発生して樹木の立ち枯れの原因になる。

コナラ枯れの木炭による防止検討は福島県の国有林* 1 12 haで行った。樹木の全体の構成は、263本、コナラは82%, 虫の穿孔木は56%, 枯死木は3%である。試験地は南側も北側も800m~1000mの山が連なり、その間の低地に只見川が流れている。試験地は北側と東側が川に隣接し、標高は45.8m~486mである。ナラ山はA区~F区と6区画に区切り、各区3本の標準木を定め、炭散布前の各区の標準木の下の土壌の水素イオン濃度と硫酸イオン濃度(eq/dm³)との関係を図に示した。土壌の中の水素イオンは硫酸が土壌成分と反応するとき水となるため低くなりE14まで大差がない。硫酸イオン(SO₄²⁻)は反応後も式が変わらないので測定され、表層土のSO₄²⁻濃度は生育している場所により大きく変わる。大陸からの偏西風は低地の川の上を西から東に吹き抜ける。C14は林道に近く、D区は北の端で川に近く、E、F区も東側の川に近い。土壌の深さ10cmと20cmは、SO₄²⁻濃度が低くて大差がなく、10cm以下には浸透が少ない。SO₄²⁻濃度から水素イオン濃度を引いた残りのSO₄²⁻濃度は、土壌成分のアルミニウムや鉄等と化合した量に相当し、SO₄²⁻濃度に相当する金属イオンが樹木に吸収されて、リン酸は不活性化し、タンニンは無害化し、虫が大発生して立ち枯れの原因になる。D区とE区は衰退木が多い。

立ち枯れの原因は土壌の酸性化で、中和剤に木炭を使用した。使用した木炭は粉炭で、スギ80%, マツ20%で自然発火防止のために水分29.34%(110℃ 2時間乾燥)を含んでいた。A, C, E区に2011年10月に3トンの炭を散布した(コナラ117本, 0.3898ha)。樹木は生長に必要でアルカリ金属を含み、炭化するとそれらの金属は炭酸化合物や酸化物になり木炭の中に残る。雨水は木炭にかかるるとアルカリ溶液になり、酸性土壌を中和し、残った元素は理想的な割合で含む栄養源になる。炭の散布効果は、木から樹液を流出している孔は当年虫が穿孔した孔として、2011年10月の炭散布前の数と2013年10月の数を比較すると炭散布区の穿孔数は減少し、炭無散布区では増加している。F区は無散布区であるが減少し、その理由は、炭散布区のE区に隣接し、標高がE区より低いため、雨によりアルカリ成分が移動して、効果が出たと考えられる。ナラの立ち枯れは酸性土壌を木炭で中和することで、虫の穿孔数が減少し、立ち枯れを防止できると考えられる。

コナラの木の虫の穿孔数別に測定値を比較すると、穿孔数300以下の木の直径は38.5cmに対し、穿孔数の300以上

AHW29-10

会場:314

時間:5月2日 16:45-17:00

の木は 53.0cm と太く, 土の pH の差が低いが, 太い木の下の土の硫酸イオン濃度が高い。太い木は細い木より葉の量が多く, 表面積が広いために硫酸の捕集量が多くなり, 土壌の酸性化が早くなり金属イオンを溶出し, タンニンが無害化して穿孔数が増加したと考えられる。

* 1 福島県大沼郡金山町大字栗山上平国有林 547 ち林小班・会津森林管理 (23 会い管理署第 418 号)
 平成 23.9.27~28.3.31 使用許可協定書締結

謝辞

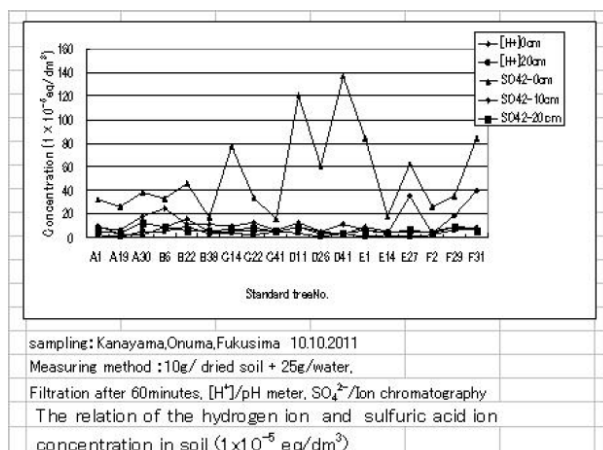
本研究は NPO 法人森びとプロジェクト委員会 (理事長岸井成格氏) の皆様の御協力によるもので感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 渡邊興亜・本山秀明・牛尾収輝・森本 真 (2003) 遺伝, 別冊 17 号 pp.58-68
- 2) 大森禎子 (2010) 硫酸化物と樹木の立ち枯れの関係, 河川文化を語る会講演集 (その 30), pp. 85-163. 日本河川協会発行
- 3) 大森禎子・岩崎真理 (2010) 木質炭化学会, 7, (1), pp.3-11
- 4) 大森禎子 (2013) 日本奥山学会, 1, pp.3-18. ¥

キーワード: 大気汚染, 木炭, マツ枯れ, ナラ枯れ, タンニン, リン酸

Keywords: air pollutant, charcoal, withering of pine, withering of Japanese oa, tannin, phosphoric acid



中部山岳地域の積雪に含まれる化学成分の動態 Chemical dynamics of snow in the Japanese Alps region

倉元 隆之^{1*}; 佐々木 明彦¹; 鈴木 啓助¹
KURAMOTO, Takayuki^{1*}; SASAKI, Akihiko¹; SUZUKI, Keisuke¹

¹ 信州大学山岳科学総合研究所

¹IMS, Shinshu University

The Japanese Alps region is one of the heaviest snowy regions in Japan. In this area, winter precipitation is observed mainly two patterns such as winter monsoon pattern and low pressure pattern. Therefore, the chemical characteristics of the snowpack are different by snowfall types. In this study we aimed to clarify chemical dynamics of snowpack in the Japanese Alps region. We conducted a snow pit studies in the Japanese Alps region. We collected snow samples at the large flat place without obstruct by trees and the impact of human activities. The samples were melted, then pH, electric conductivity and major ions (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , NO_3^- and SO_4^{2-}) were analyzed in clean room. The Na^+ concentration correlates well with Cl^- concentration. These ions are considered to be sea-salt components. On the other hand, SO_4^{2-} concentrations included non-sea-salt components.

最近20年間の樹氷中成分の変化 Change for chemical component of rime ice in two decades

永淵 修^{1*}; 横田 久里子²; 中澤 暦¹; 菱田 尚子¹; 池田 佳祐¹
NAGAFUCHI, Osamu^{1*}; YOKOTA, Kuriko²; NAKAZAWA, Koyomi¹; HISHIDA, Naoko¹; IKEDA, Keisuke¹

¹ 滋賀県立大学, ² 豊橋技術科学大学

¹the University of Shiga Prefecture, ²Toyohashi University of Technology

Rime-ice and snow samples were collected at mountainous sites in Kyushu Island, Japan during from 1991 to 2014, and both soluble and insoluble substances in the melted rime-ice were analyzed by ion chromatography, inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP/MS) and analytical electron microscopy, in order to find the change of composition ratio of atmospheric pollutants cause by East Asian region. Although N/S ratio in rime-ice ranged from 0.1 to 0.3 in 1990's, recent year this ratio increased about 1.0. This phenomenon indicates that the composition of atmospheric pollutants changed during two decades in East Asian Continent.

北極圏スヴァールバル諸島の氷河表面の化学主成分の特徴 Variations in chemical composition of surface ice and meltwater on Svalbard glaciers

今野 雄大^{1*}; 竹内 望¹
KONNO, Yudai^{1*}; TAKEUCHI, Nozomu¹

¹ 千葉大学大学院理学研究科
¹ Graduate School of Science, Chiba University

氷河や積雪などの雪氷中には、微量であるが様々な物質が含まれている。これらの化学物質は様々な場所から大気や降水、降雪を介して供給されている。氷河表面や融解水の化学成分は、その地域の地理的特性や大気・物質循環系、雪氷生物の生態を理解する上で重要である。そこで、本研究では、北極圏のスヴァールバル諸島北西部の3つの氷河（アウストラブレッガー氷河、ミドトレラーヴェン氷河、ペダーセン氷河）を対象に、融解期の氷河表面、融解水、新雪に含まれる化学成分を分析し、その供給源、地域特性を明らかにすることを目的とした。

主要化学成分濃度を分析した結果、全体的に化学成分濃度は低かったが、採取した場所によって濃度や成分構成が異なった。分析を行った全試料の化学成分の相関を調べたところ、互いに有意な相関を示す成分が存在し、成分は大きく3つのグループに分類することができた。強い相関のあった Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ をグループ A、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} をグループ B、その他の相関のない NO_3^- 、 NH_4^+ 、 K^+ をグループ C とした。それぞれのグループは異なる供給源に由来するものと考えられ、その化学成分からグループ A は海塩由来、グループ B は陸上起源のダストに由来する成分であると考えられる。

分析を行った各地点の化学成分の構成は、海塩由来のグループ A の成分の割合が高いタイプ 1 と、グループ A の成分と陸上ダスト由来のグループ B の化学成分が同じ割合で含まれるタイプ 2 の 2 種類に分類できた。濃度を比較すると特にグループ A 成分が両タイプで差が大きいことから、海塩成分の影響の有無がこのようなタイプの違いの原因となっていると考えられる。各採取地点のタイプは、海からの距離とは関係がないことから、供給過程と溶脱過程の両方がタイプの決定に関わっているものと考えられる。

氷河表面氷と氷河表面を流れる融解水の化学成分を比較した結果、成分構成比にはどのサイトでも大きな違いはないが、 K^+ と SO_4^{2-} には特定の場所で氷河水と融解水の間で濃度の違いがあることが明らかになった。これらの違いは、局地的な陸上起源のダストの供給量の違いや、成分ごとの溶脱過程の違いが関わっていると考えられる。

本研究の分析結果を、他の地域と比較した結果、スヴァールバル諸島の氷河の積雪やアイスコアでは海塩成分が支配的であり、タイプ 1 の成分構成に一致した。グリーンランドの氷河との比較からは、海に近いカナック氷河の成分はタイプ 1 に概ね一致し、内陸に位置するラッセル氷河ではタイプ 2 に一致した。このことは、北極圏の氷河では、積雪も裸氷域も含め、海塩由来成分の供給と溶脱過程が、化学成分を決定していることを示している。

キーワード: スヴァールバル諸島, 氷河, 化学成分, 海塩
Keywords: Svalbard, glacier, chemical composition, sea salt

2002年から2013年までのモンゴル Tuul川上流域積雪調査による総積雪水量の経年変動

Interannual variability of total SWE obtained by snow surveys in the Tuul river basin, Mongolia, from 2002 until 2013

杉浦 幸之助^{1*}; 門田 勤²; 飯島 慈裕²; 紺屋 恵子²; Zhang Yinsheng³; 石川 守⁴; 山崎 剛⁵; Purevdagva Khalzan⁶; Davaa Gombo⁶; 大畑 哲夫²

SUGIURA, Konosuke^{1*}; KADOTA, Tsutomu²; IJIMA, Yoshihiro²; KONYA, Keiko²; ZHANG, Yinsheng³; ISHIKAWA, Mamoru⁴; YAMAZAKI, Takeshi⁵; PUREVDAGVA, Khalzan⁶; DAVAA, Gombo⁶; OHATA, Tetsuo²

¹ 富山大学極東地域研究センター/海洋研究開発機構, ² 海洋研究開発機構, ³ 中国科学院青藏高原研究所, ⁴ 北海道大学, ⁵ 東北大学, ⁶ モンゴル気象水文環境研究所

¹University of Toyama/JAMSTEC, ²JAMSTEC, ³Institute of Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Science, ⁴Hokkaido University, ⁵Tohoku University, ⁶Institute of Meteorology, Hydrology, and Environment, Mongolia

It is necessary for the southern limit of snow cover and the semi-arid region to be supplied with sustainable water. Mongolia is located in the southern limit and the semi-arid region. The capital, Ulaanbaatar, lies in a valley on the Tuul River. In order to investigate the actual conditions of snow water equivalent (SWE) in the upper Tuul River as water resources, the snow survey in the upper Tuul River has been carried out from 2002 to 2013. We have observed in each February when it will be the maximum amount of SWE. The snow water equivalent was estimated using a cylindrical snow sampler with 0.005-m² area. The total amount of SWE in the upper Tuul River basin was estimated using a global digital elevation model (DEM) with a horizontal grid spacing of 30 arc seconds (GTOP30) and a relationship between altitude and SWE. The main results obtained are shown below. The amount change of SWE in the upper Tuul River basin fluctuates over multiple years. The range of fluctuation was 0.25±0.07km³. It was not necessarily fluctuating in monotone. The steep rise of the amount of SWE in the upper Tuul River basin coincides with increasing air temperature and snowfall roughly.

キーワード: 積雪水量, 積雪, 水資源, 水循環, モンゴル

Keywords: snow water equivalent, snow cover, water resources, water cycle, Mongolia

新雪粒径の与え方が積雪変質モデル SMAP の計算精度に与える影響 Impacts of new snow grain size setup on the performance of a physical snowpack model SMAP

庭野 匡思^{1*}; 青木 輝夫¹; 朽木 勝幸¹; 的場 澄人²; 兒玉 裕二³

NIWANO, Masashi^{1*}; AOKI, Teruo¹; KUCHIKI, Katsuyuki¹; MATOBA, Sumito²; KODAMA, Yuji³

¹ 気象研, ² 北大低温研, ³ 極地研

¹Meteorological Research Institute, ²Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, ³National Institute of Polar Research

The snow albedo is a key parameter that controls energy exchanges between the snow surface and the atmosphere. Essentially, the near-infrared albedo is strongly affected by (optically equivalent) snow grain size, while the visible albedo depends on snow impurities. Recently we developed a multilayered 1-D physical snowpack model called Snow Metamorphism and Albedo Process (SMAP) that considers the physical nature of snow albedo explicitly. SMAP calculates temporal evolution of snow grain size as a function of snow metamorphic regimes, namely equi-temperature metamorphism, temperature gradient metamorphism, and wet snow metamorphism. In these processes, tendencies of snow grain sizes are diagnosed every time step, implying that new snow grain size should be provided realistically for accurate simulations of not only snow grain size but also snow physical states. At present SMAP calculates new snow grain size as a function of only air temperature. However, new snow grain size could be affected by the shape of new snow, wind speed, and relative humidity in addition to air temperature. Therefore, the present formulation might cause error in simulation results. In the present study, we investigated impacts of new snow grain size on snow physical states at Sapporo, Japan (Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University (43° 05' N, 141° 21' E, 15 m a.s.l)) during 2007-2013 winters by two types of sensitivity tests with SMAP driven by in-situ meteorological and snow data, where we set the new snow grain size to be de facto minimum and maximum values. In the first test new snow grain size was always set to be 20 μm (Test-1), while we set it to be 65 μm in the second test (Test-2). Using the obtained simulation results we examined yearly mean differences of simulated snow depths between Test-1 and Test-2 cases during whole winter period (November to April). As a result, we found significant yearly mean differences that ranged between 2 and 7 cm during the six winters. This result highlights that uncertainties in simulation results traceable to new snow grain size cannot be ignored, and physically based formulation for new snow grain size should be developed in order to improve SMAP model performances.

キーワード: 積雪粒径, 積雪アルベド, 積雪変質モデル

Keywords: snow grain size, snow albedo, physical snowpack model

準リアルタイム積雪分布監視システムを用いた新潟県内の積雪深分布の把握 Observation of snow distribution in Niigata Prefecture using near real-time snow depth monitoring system

伊豫部 勉^{1*}; 河島 克久¹; 和泉 薫¹
IYOBE, Tsutomu^{1*}; KAWASHIMA, Katsuhisa¹; IZUMI, Kaoru¹

¹ 新潟大学 災害・復興科学研究所

¹ Research Institute for Natural Hazards and Disaster Recovery, Niigata University

積雪深の変化を時間的・空間的に詳細に把握することは、雪氷防災や水資源としての積雪量、さらに気温上昇などの環境変動による積雪分布への影響を理解する上で重要である。そのためには多地点での地上観測値が必要であるが、気象庁の観測網では全国約 330 地点のデータしか得ることができず、そのような情報に基づく積雪深の空間分布の推定には多くの不確実性を伴う。一方、近年では気象庁のほか、国の行政機関、研究機関、民間企業、都道府県、さらに一部の市町村等において、防災気象情報として降積雪量の実況値をウェブ上に公開する機関が増加している。しかし、観測は複数の機関によって個別になされているものの、観測実施主体によって観測頻度や観測値の管理・公開方法が異なる等の理由により、観測機関以外のユーザーが利用しやすい状況ではない。

このような背景の下、著者らは以前からこれら多機関データに着目した詳細な積雪深分布解析を取り組んでおり、現在はウェブ上で公開される多機関の降積雪データの一元的集約とデータベース作成までを全て自動化した「準リアルタイム積雪分布監視システム」の開発に着手し、2012/13 年冬期より新潟県を対象に試験運用を行っている。本システムでは、観測機関の URL 毎に観測点名、データ取得日時、観測値などの配列の規則性を解析し、観測情報を自動的に取得するためのプログラムを作成するとともに、それらを 1 時間毎に定期的に行い、取得データを標準的な形式に統合して保存、表示することを主眼としている。これまでのところ、新潟県内 320 地点において、オンラインでの積雪深データの準リアルタイム取得とデータベース作成までのシステム化は概ね目途がついた。今後は、積雪深の面的な分布を推定するための未観測地点における積雪深の補間手法や本システムの利活用方法について検討を進めていくことが重要である。

キーワード: 積雪深分布, 準リアルタイム解析, 新潟県

Keywords: snow distribution, near real-time analysis, Niigata Prefecture

新潟県における年最大積雪深および積雪期間の長期変動 Long-term trends of the annual maximum snow depth and number of days with snow cover in Niigata Prefecture

柴田 有貴¹; 河島 克久^{2*}; 鈴木 博人³
SHIBATA, Yuki¹; KAWASHIMA, Katsuhisa^{2*}; SUZUKI, Hiroto³

¹新潟大学理学部, ²新潟大学災害・復興科学研究所, ³東日本旅客鉄道株式会社 JR 東日本研究開発センター

¹Faculty of Science, Niigata University, ²Research Institute for Natural Hazards and Disaster Recovery, Niigata University,

³Research and Development Center, East Japan Railway Company

1. はじめに

新潟県は冬季気温が0℃前後の温暖積雪地域であるため、わずかな気温の変動が積雪の変動に大きく影響すると考えられる。実際に Nakamura and Shimizu (1995) は、長岡における年最大積雪深と冬季平均気温の間に負の相関があり、冬季気温が年最大積雪深の変動に大きく関係することを示した。同様な関係は県内の複数の山間部でも確認されている(飯倉ら, 1997; Takeuchi et al., 2008)。一方、鈴木(2006)は、新潟県内10地点を対象に Mann-Kendall 法を用いたトレンド検定を行い、年降雪深、年最大積雪深などが有意な減少傾向にあることを明らかにした。これらの先行研究があるものの、これらは解析対象の地点数が少なく、特に山間部の観測点が含まれていない。また、積雪深や降雪深以外の解析を行った事例がほとんどない。そこで本研究では、新潟県内の年最大積雪深と積雪期間(積雪初日から積雪終日までの期間、期間内の無積雪日も含む)について長期変化傾向を明らかにすることを目的としてトレンド解析を行った。

2. 用いたデータと解析方法

新潟県では気象台の他にも自治体や消防署、鉄道などで古くから積雪観測が行われているので、これらのデータを収集し、解析に用いた。収集したデータは新潟県内244地点に及んだが、観測期間の違いや欠測などのため解析期間を長くするほど地点数が少なくなるため、本研究では1941/42~2012/13年(72年分)を解析対象とした。この期間では、新潟(標高4m)、直江津(4m)、相川(5m)、柏崎(7m)、村上(9m)、三条(9m)、高田(13m)、長岡(緑町23m)、長岡(城内町30m)、下関(33m)、小千谷(63m)、小出(98m)、十日町(170m)、入広瀬(230m)、湯沢(340m)、越後湯沢(358m)、妙高高原(507m)の17地点について年最大積雪深の解析が可能であった。なお、積雪期間は11地点の解析となった。

解析では、まず一次回帰分析を行い、回帰直線を求めた。その傾きの有意性について、t検定と Mann-Kendall 法を用いて危険率5%で検定を行い、両者とも有意であるとみなされたものについて有意な傾向があったとした。

3. 解析結果

年最大積雪深については、新潟、直江津、相川、村上、三条、高田、長岡(緑町)で有意な減少傾向が認められた。すなわち、例外はあるものの、標高30m付近を境に減少傾向の有無が分かれることが明らかになった。減少傾向がみられた7地点の長期変化傾向は-2.9~-12.8cm/10年であり、各地点の10年当りの減少率(年最大積雪深の平均に対する長期変化傾向の割合)を求めると、どの地点でも10%程度であった。

一方、積雪期間については、新潟、相川、柏崎、高田、長岡、下関、小千谷、小出、十日町、入広瀬、湯沢のうち、十日町を除くすべての地点で有意な縮小傾向がみられた。このことから、新潟県では少なくとも標高400m以下の地点では積雪期間が短くなっていることが分かった。縮小傾向のみられた地点の長期変化傾向は-1.7~-7.5日/10年であった。積雪初日と終日のそれぞれについてもトレンドの検定を行った結果、11地点のうち新潟、相川、高田、長岡、小出、湯沢の6地点で積雪初日の遅れが有意であり、新潟、相川、柏崎、高田、長岡、下関、小千谷、小出、湯沢の9地点で積雪終日の早まりが有意であった。

キーワード: 年最大積雪深, 積雪期間, 長期変化傾向, 新潟県

Keywords: annual maximum snow depth, number of days with snow cover, long-term trend, Niigata Prefecture

UAV 撮影画像の SfM 処理による積雪環境の数値表面モデル (DSM) の取得 Acquisition of digital surface models (DSMs) by structure from motion (SfM) analysis of UAV images in snowy environment

内山庄一郎^{1*}; 井上公¹; 上石 勲¹; 鈴木 比奈子¹
UCHIYAMA, Shoichiro^{1*}; INOUE, Hiroshi¹; KAMIISHI, Isao¹; SUZUKI, Hinako¹

¹ 独立行政法人防災科学技術研究所

¹National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED)

近年、Structure from Motion (SfM) と multi-view stereo (MVS) 技術を統合したソフトウェアが開発され、デスクトップ PC で簡易かつ低コストに三次元モデルの構築が可能となった。SfM、MVS とともに、コンピュータビジョンの分野で開発された技術である。SfM により複数の画像からカメラの位置を推定し、MVS により三次元モデルを生成する。本稿では、小型 UAV (unmanned aerial vehicle) に搭載した民生用コンパクトデジタルカメラで低高度から積雪環境の垂直写真を撮影し、SfM によって数値表面モデル (DSM: digital surface model) を生成することを試みた。本研究の目的は次の 2 点である。

- 1) 輝度が高く表面テクスチャーに乏しい積雪環境において SfM の適用可能性を検証する。
- 2) 複数時期の画像を用いた積雪深の変化抽出を試みる。

小型 UAV による画像の取得は、数 cm の積雪が観察された晴天の 2014 (平成 26) 年 2 月 5 日に茨城県つくば市の防災科学技術研究所 (標高 26 m) において実施した。小型 UAV にはマルチコプターの DJI F450 を用いた。撮影は対地高度を 50 m、100 m、150 m の 3 段階と、研究所敷地内にて 3 箇所の撮影を実施した。図は微起伏のあるエリアにおいて、対地高度 50 m から 1 秒インターバルで 128 枚の垂直写真を撮影したものである。カメラには Ricoh GR (APS-C CMOS, 16M ピクセル) を用いた。これらの画像を SfM で処理し、ポイントクラウド (点群データ) を生成した。SfM ソフトウェアには Agisoft PhotoScan 1.0.1 を用いた。また、Laser Technology TruPulse 360B を用いて 3 点の GCP を測定した。SfM ソフトウェア上でポイントクラウドに対し GCP を設定することにより、地上解像度 1.2 cm のオルソ画像、および地上解像度 4.8 cm の DSM を生成した。さらに、DSM をベースに GIS ソフトウェア上で等高線間隔 0.2 m の詳細地形図を作成した。

ここで、積雪環境特有の技術的な課題について述べる。直射日光下の積雪環境は反射光が強く、通常のカメラ設定では雪面が白飛びするために表面のテクスチャーが得られず、画像間のマッチングができないため、SfM 処理が不可能であった。そこで、カメラの設定を $f=5.6$ 、シャッタースピード 1/640、露出補正 -1.3 EV、ISO 自動とし、白飛びを抑えた。しかし、この設定では建物の影などが黒潰れするため、12 bit RAW 画像からシャドウ補正を行い、暗部の階調を復元した。これにより、強烈な直射日光下の表面テクスチャーに乏しい積雪環境であっても、SfM で処理が可能な画像を得ることができた。

以上のことから、雪氷調査における UAV および SfM 活用の可能性が示された。積雪環境において SfM 処理による DSM 作成が可能であれば、積雪深の調査のほか、UAV との併用により、雪崩調査等での活用も期待される。今後は、複数時期の画像を用いた積雪深の変化抽出と、雪崩等の自然斜面における計測を実施する。

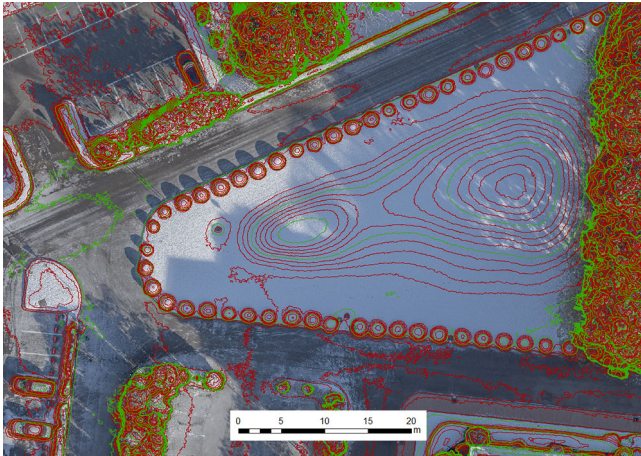
キーワード: UAV (unmanned aerial vehicle), SfM (structure from motion), DSM (digital surface model), オルソ画像, 積雪環境

Keywords: unmanned aerial vehicle (UAV), structure from motion (SfM), digital surface model (DSM), orthophoto, snowy environment

ACC31-08

会場:312

時間:4月29日 11:00-11:15



重水を含む水から純水の分離 Separation of HDO in water solution

対馬 勝年^{1*}; 松山 政夫¹; 上石 勲²
TUSIMA, Katsutoshi^{1*}; MATSUYAMA, Masao¹; KAMIISHI, Isao²

¹ 富山大学, ² 防災科学研究所

¹University of Toyama, ²National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

福島第一原子力発電所事故で発生した40万Bqを超える放射性汚染水の減容化が課題となっている。昨年度は氷結晶法による水分離により、水以外の放射性物質を1回の凍結当たり最大1/1000程度まで除染できることを示した。氷結晶法は汚染物を母液側に閉じこめ、純水を氷の形で分離して減容化を目指すものであった。氷結晶法はトリチウム以外の全ての放射性物質(62種類)を吸着処理するALPSとは手法が異なるものであった。ALPSは除染能力は高いが新たな放射性汚染物を多量に発生する欠陥がある。これに対し、氷結晶法は新たな放射性汚染物を発生させずに減容化できるのが長所である。最新のセシウム、放射性セシウムを含む汚染水の試験から氷結晶法が10ppmから10pptの広範囲の汚染濃度に適用できることも示された。極めて低濃度の放射性汚染水に対しては汚染物を母液に閉じこめ純水を分離する方法は理想的な減容化法と考えられる。

その後、ALPSが処理できず、また氷結晶法も処理できないトリチウム水(HTO)の分離課題が一般にも知られるようになった。トリチウムはβ崩壊する放射性元素であり、食品包装用ラップ一枚で防止できる弱い放射能であるが、飲料や食品、呼吸とともに体内に入ると体内被曝の恐れがある。このトリチウム水は水の同位体であるから化学的手法で水からトリチウム水を分離するのが難しく、未解決の課題として残され、その結果、放射性汚染水は減ることなく増え続ける現実がある。

ところで水とトリチウム水(あるいは重水)など水の同位体は物理的性質である氷点、融解熱、などに顕著な違いがある。T₂Oの氷点は+4.49℃、HTOの氷点は+2.25℃、HDOの氷点は+1.91℃でH₂Oの氷点0.00℃とは著しく異なる。例えばトリチウム汚染水の半分を凍らせ、その氷をカンナで削って細かい粒子状に変えて母液に戻しシャーベット状すると氷と汚染水の接触面積は桁違いに増大する(バッチ法)。各氷界面で水分子の出入りがあり水素結合の強いトリチウム水分子は雪粒に凍り付きやすいと考えられ、水側のトリチウム濃度が減少していくと期待される。加えて、大小の雪粒子間に粗大化が進行するから表面に凍り付いたHTO分子は次々に凍り付いていくH₂O分子のため氷体内部に移動していく。ただし融解する粒子からはHTO分子が水側に付加される。この分離法の欠点は水中の水分子の拡散係数が小さい(濃度勾配がない)から分子を氷界面へ移動させる駆動力がないことである。分子自身の熱運動(氷の構造から推測すると水の中の空孔や格子間分子への移動)を通して偶然氷界面に到達したHTO分子が氷に組み込まれる可能性を持つにすぎない。したがって分離を高めるには①液体をできるだけ狭い隙間において氷粒子に接触させること、②水そのものに攪拌や流れ等の動きを与えることの2点を考えた。方法としてはバッチ batch 法とカラム column 法の2つを採用した。カラム法は鉛直の長い筒に粉状にした汚染雪を詰め、筒上端から汚染水を注ぐもので下端から流出する水に含まれるトリチウム水の濃度が低下していると期待される。水流量が小さい場合、雪筒内は被膜流下となり雪粒表面を薄く覆いながら流下する。この場合、水膜内のトリチウム水分子が氷界面に接触する機会は非常に高く、高い割合での分離が期待される。欠点は被膜流下の速さは毎分数cm程度とされているため処理能力が小さい点にある。

測定の結果はHDO濃度が半減する程度の分離に留まっており、分離割合の画期的向上が課題である。

キーワード: 放射性汚染水, 純水分離, トリチウム水分離, 重水, 氷り結晶法

Keywords: separation of HTO, melting point, HDO solution, radioactive polluted water

グリーンランド, カナック氷河におけるクリオコナイトホールの時間変化と表面アルベドへの影響
The temporal variation in cryoconite holes on Qaanaaq Glacier, in Greenland, and its effect on the surface albedo

榊 龍太郎^{1*}; 竹内 望¹; 植竹 淳²; 永塚 尚子²; 島田 利元¹; 青木 輝夫³; 庭野 匡思³
SAKAKI, Ryutaro^{1*}; TAKEUCHI, Nozomu¹; UETAKE, Jun²; NAGATSUKA, Naoko²; SHIMADA, Rigen¹; AOKI, Teruo³
; NIWANO, Masashi³

¹ 千葉大学大学院理学研究科, ² 国立極地研究所, ³ 気象研究所

¹Faculty of Earth Science, Chiba University, ²National Institute of Polar Research, ³Meteorological Research Institute

Cryoconite holes are cylindrical melt-holes on glacial ice surface. Their size is usually several centimeters in diameter and depth. At the bottom of the holes, dark-colored sediment called cryoconite is deposited. Cryoconite absorbs solar radiation and promotes melting of the ice beneath it, consequently the cylindrical holes are formed.

Diameter and depth of the holes are known to change temporally with weather conditions. It is particularly important to understand their dynamics because development and collapse of the holes possibly affect surface albedo of the glacial ice. In this study, we aimed to clarify the weather conditions causing collapse of the holes and effect of the collapse on surface albedo by time-lapse photographing of cryoconite holes on the Qaanaaq Glacier in northwestern Greenland.

The photography revealed that cryoconite holes collapsed twice on 7/25 and 7/27 during the study period. As compared with weather conditions observed on the glacier, both collapses took place under the conditions of cloudy and strong wind. The air temperature and relative humidity were lower and higher in the first collapse, respectively. In contrast, they were higher and lower in the second collapse, respectively. The heat balance on the glacier surface showed that the total melt heat was relatively lower due to lower solar radiation when the holes were collapsed. The collapses were likely to be caused by the relatively higher latent heat on the first collapse, and higher sensible heat on the second collapse.

The image processing of the captured photographs showed that the dark-colored pixels, which correspond to the cryoconite-covered areas, increased when the holes were collapsed. This is probably due to spreading of cryoconite to the outer ice surface from the holes. The increase of cryoconite-covered area suggests that the collapses of holes can reduce significantly surface albedo on the ice area.

キーワード: クリオコナイトホール, 北極圏, カナック氷河, 熱収支, アルベド

Keywords: Cryoconite holes, Arctic, Qaanaaq Glacier, heat balance, albedo

ユーコン周辺におけるサージ型氷河の季節変化：静穏期の冬期加速とそのメカニズムについて
Seasonal fluctuations of quiescent surge-type glaciers around Yukon: Winter speed-up and the mechanism

阿部 隆博^{1*}; 古屋 正人¹
ABE, Takahiro^{1*}; FURUYA, Masato¹

¹ 北海道大学大学院理学院

¹Graduate School of Science, Hokkaido University

氷河・氷床の短期的な流動速度の変化は、氷河底面の水が大きな役割を担っている (e.g., Zwally *et al.*, 2002; Sundal *et al.*, 2011). 流動速度を高頻度に観測することは、氷体内の水の時空間分布を解明するのに有効な手段である。

近年の衛星リモートセンシングデータによって、南極やグリーンランド氷床、そして山岳氷河の流動速度の全容が明らかになってきた (e.g., Rignot *et al.*, 2011; Yasuda and Furuya, 2013). アラスカ/ユーコン地域においては、昨年初めて地域全体の流動速度マップが報告されたが (Burgess *et al.*, 2013)、その時空間発展は未だ明らかになっていない。また、この地域においては氷河サージ (季節変動と異なり、数倍~数百倍の速度で流動する現象) を起こす氷河が多数存在し、その多くは冬に発生することが知られているが、そのメカニズムは明らかになっていない。また、この地域の氷河は将来の海水準変動に大きく寄与し、氷河浸食と地形進化の相互作用も示唆されている。

JAXA が 2006 年に打ち上げた L バンド衛星搭載型合成開口レーダー ALOS/PALSAR のデータにオフセットトラッキング法を適用し、2006 年から 2011 年までの流動速度の時空間変化を調べた。その結果、多くのサージ型氷河において、静穏期にも関わらず上流において顕著な冬期の加速が見られた。さらに、一般的な季節変化として知られる夏期の加速は、下流から上流へ伝搬するのに対し、この冬期の加速は上流から下流へ伝搬していた。冬期に氷河表面に多量の融解水が存在し、氷河内へ浸透することは考えにくい。そこで我々は、これまでの様々な先行研究を元に、氷河内に貯まった融解水が底面滑りを促進し、冬期の加速を起こしているという仮説 (Lingle and Fatland, 2003) をこのデータが支持していると考えた。我々の発見は、今後氷河の流動モデルや氷河浸食の推定等に新たな知見を与えるだろう。

この研究のいくつかの結果とその議論については、昨年 of 連合大会で報告した (阿部・古屋, 2013)。我々は、その後解析範囲を拡大し、この冬期の加速が普遍であるかを調べている。当日は、新たな解析結果とそれが示唆する冬期加速のメカニズムについて発表する予定である。

キーワード: 合成開口レーダー, オフセットトラッキング, サージ型氷河, アラスカ/ユーコン, 冬期加速

Keywords: SAR, Offset tracking, Surge-type glaciers, Alaska/Yukon, Winter speed-up

西クンルン山脈における氷河サージ Surging glacier in West Kunlun Shan

安田 貴俊^{1*}; 古屋 正人²
YASUDA, Takatoshi^{1*}; FURUYA, Masato²

¹ 北海道大学大学院理学院, ² 北海道大学大学院理学研究院自然史科学部門
¹Graduate School of Science, Hokkaido University, ²Department of Natural History Sciences, Hokkaido University

Surge-type glacier quasi-periodically oscillate between long periods of slow flow (quiescent phase) and shorter periods of typically 10-1000 times faster flow (active phase). Only about 1% glaciers worldwide are of surge-type (Jiskoot et al., 2000), but some glaciers were not identified as surge-type due to long surge cycle. During a surge cycle, glaciers advance and retreat without external factor so surge-type glaciers obscure the climate signal. Several controlling processes are identified but it is still elusive what trigger switch from slow to fast flow. Owing to the difficulty of observation, spatiotemporal data of surging glacier are still less.

West Kunlun Shan (WKS), located in northwestern Tibetan plateau, is one of the most glaciated regions in Asia. The annual mean temperature and precipitation is very low, ~14 deg. C and 460mm, respectively (Zhang et al. 1989). Main precipitation occur in Summer (Ageta et al., 1989). Almost debris free and polythermal glaciers develop under subpolar environment.

We detected glacier surge, its velocity changes in WKS using Synthetic Aperture Radar (SAR) techniques, based on SAR archived data from 1990's. Also we detected the changes of glacier terminus using a box measurement method (Moon and Joughin, 2008), based on Landsat optical-images archived from 1972.

We paid attention to 36 glaciers in WKS. Five glaciers surged during 1990-2013 and three of them were continued by late 2013. The velocity gradually increased up to ~1000m/year accompanied with advancing ~1.4km, and then degreased to ~30m/year. Also, two glaciers were in quiescent phase during our observation periods. These glaciers rapidly retreated and had stagnant profiles in the lower part. We could not observe whole a surge cycle that was estimated at least 40 years.

キーワード: 氷河サージ, 西クンルン, SAR, ピクセルオフセット, 氷河流動
Keywords: Glacier Surge, West Kunlun Shan, SAR, Pixel offset, Glacier velocity

Geodetic mass balance of Gangjula Glacier, Bhutan Himalaya from 2004 to 2013 Geodetic mass balance of Gangjula Glacier, Bhutan Himalaya from 2004 to 2013

TSHERING, Phuntsho^{1*} ; FUJITA, Koji¹
TSHERING, Phuntsho^{1*} ; FUJITA, Koji¹

¹Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

¹Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Himalayan glaciers have been retreating over the recent decades but few in-situ observations are available in the Bhutan Himalaya. Initial observation by stake method has been conducted on Gangjula glacier, Bhutan Himalaya for one year from 2003 to 2004. Also performed was differential global positioning system (DGPS) survey in 2004. After seven years gap, we re-surveyed the glacier surface using DGPS in 2011 and continued the survey every year since then. The DGPS data were processed using Global Navigation Satellite System (GNSS) software and data having errors equal to 1m or more both horizontally and vertically are excluded. Exact location of bench marks installed in 2004 was obtained using precise point positioning (PPP) in 2011. The data of other years are shifted by referring the bench mark locations. Digital elevation model (DEM) of 1m resolution for different years has been generated by using inverse distance weighted method and then elevation change between two different years is obtained. Elevation change within 50m elevation band is averaged and then the area-weighted mass balances are calculated by multiplying the elevation change with density of ice (900kg/m^3) divided by number of years. Mass balance since 2003 ranges from -1000 to -2000mm water equivalent (mm w. e.), and it is significantly accelerated for the last two years.

キーワード: glacier mass balance

Keywords: glacier mass balance

地中レーダー (GPR) を用いた立山連峰の5つの多年性雪渓の氷厚観測 Identifying the ice thickness of five perennial snow patches in the Tateyama Mountains based on GPR soundings

福井 幸太郎^{1*}; 飯田 肇¹
FUKUI, Kotaro^{1*}; IIDA, Hajime¹

¹ 富山県立山カルデラ砂防博物館
¹Tateyama Caldera Sabo Museum

We carried out ground penetrating radar (GPR) soundings in the Kuranosuke, the Hamaguri-yuki, the Tsurugisawa, the Chojiro and the Ikenotan-migimata perennial snow patches in the Tateyama Mountains, the northern Japanese Alps since 2012. The Kuranosuke and the Ikenotan-migimata perennial snow patches had large ice masses (>30 m in thickness). We had measured the surface flows of both ice masses since 2011. The maximum surface flows of the Ikenotan-migimata and the Kuranosuke perennial snow patches were about 2 m a⁻¹ and 0.14 m a⁻¹, respectively. Thus, we regard the both snow patches as active glaciers.

The Hamaguri-yuki, the Tsurugisawa and the Chojiro perennial snow patch had thin ice masses (<20 m in thickness). It is possible that these ice masses are not flowing at the present time. Thus, we guess that these snow patches are glacierets rather than active glaciers.

キーワード: 氷河, 多年性雪渓, 立山, 剣岳, 地中レーダー

Keywords: glacier, perennial snow patch, Mt. Tateyama, Mt. Tsurugi, GPR

立山連峰の氷河の内部構造調査 Studies on internal structure of active glacier in the Tateyama Mountains

飯田 肇^{1*}; 福井 幸太郎¹
IIDA, Hajime^{1*}; FUKUI, Kotaro¹

¹ 富山県立山カルデラ砂防博物館
¹Tateyama Caldera Sabo Museum

In 2013, we carried out 20 m depth boring in the Sannomado Glacier (2000 m above sea level), in the Tateyama Mountains, the northern Japanese Alps. The 20 m core was analyzed paying attention to the structure of firn and ice. The following observations were carried out;

- (i) stratigraphic observation of snow layer and glacier ice.
- (ii) measurement of density profile.
- (iii) measurement of grain shape and profile of grain size.
- (iv) observation of elongation of air bubbles.

The internal structure of the Sannomado Glacier was characterized by obvious boundary between firn and ice. At the depth of 5m, there was a distinct dirt layer formed in the last autumn. Above this dirt layer, firn transformed into ice abruptly and the density curve showed a discontinuity to 850kg/m^3 . The temperature of the snow and ice measured in the borehole was $0\text{ }^\circ\text{C}$ throughout the layer. Spouting water was found in the borehole, indicating an aquifer in the glacier. From these results, such a rapid transformation process from snow to ice in this glacier will be discussed.

The grain size gradually increased with depth and elongation of air bubbles was shown below 15m which suggests internal flow of the glacier.

キーワード: 氷河, 多年性雪渓, 立山, 劔岳, ボーリング

Keywords: glacier, perennial snow patch, Mt. Tateyama, Mt. Tsurugi, boring

モンゴル・アルタイ地域の氷河流出河川中の氷河融解水の割合 Contribution ratio of glacier discharge to the river water in Mongolian Altai

紺屋 恵子^{1*}; 門田 勤¹; Davaa Gombo²; Pugvdagwa Kalzan²
KONYA, Keiko^{1*}; KADOTA, Tsutomu¹; DAVAA, Gombo²; PURVDAGVA, Kalzan²

¹ 海洋研究開発機構, ² モンゴル気象水文環境研究所
¹JAMSTEC, ²IMHE, Mongolia

1. 背景

氷河からの流出河川に関する研究は数多く行われている。モンゴル・アルタイ地域では、降水から十分な生活用水をとることが難しいため、氷河からの水が重要な水資源であると考えられている。モンゴルの貯留水のうち 10%は氷河に蓄えられているという報告もある (Davaa et al., 2007)。また、モンゴル・アルタイ地域の氷河からの流出河川は、氷河の融解水、季節的な降水 (雨)、融雪水で構成され、モンゴル西部の河川水では、約 50%が雪、氷、氷河起源である (Davaa et al., 1999)。

本研究では、①モンゴル・アルタイ地域の氷河の融解水、降水・融雪水の量と流出河川水の化学的性質を明らかにすること、②今後の温暖化で変化しうる氷河から獲得可能な水量を予測することを目的とする。

2. 方法

氷河下流の河川の 2 か所にて、流量、水温、電気伝導度 (EC)、pH、河川水 δD 、 $\delta^{18}O$ の観測を、氷河融解期初期、中期、末期の 3 期間、1 日 3 回実施した。氷河融解水の河川水への寄与率を、A) 流量と EC から、B) 氷河融解量からの二つの方法で見積もった。

3. 結果

いずれの方法でも、これまでよりもやや多い 20~50 %の寄与率が計算された。方法 B にて、今後の温暖化に対する融解量の変化から、河川流量変化を計算した。近い将来 (数十年後) は、流量の増加が見込まれ、遠い将来 (約 100 年後) には流量が減少し始めると考えられる。ただし河川水は氷河の融解のみならず、積雪量の変化も受けるため、融雪水の変化も考慮する必要がある。

キーワード: 氷河, 氷河流出河川, 温暖化, 水資源, モンゴル, 気候変動

Keywords: glacier, glacier discharge, temperature warming, water resources, Mongolia, climate change

数値標高モデル (DEM) を用いたヒマラヤの氷河下流域における周辺地形の特徴量に関する比較 Comparison of surrounding land features on the glacier terminal areas in the Himalayas derived from DEM

鈴木 亮平^{1*}
SUZUKI, Ryohei^{1*}

¹ なし
¹ none

山岳氷河の表面における放射収支 (正味放射量) は、周辺の複雑な地形によって、空間的に不均一であることが知られている。放射収支は、これまでの現地観測によって、ヒマラヤに分布する氷河の融解熱量として、大きな割合を占めることが知られている。一方、ヒマラヤの南斜面においては、氷河下流域の氷の表面が、岩屑 (デブリ) によって覆われた「デブリ氷河」が数多く分布する。このような氷河においては、岩屑の熱特性分布が、氷河の融解速度の空間分布に直結する。それらの空間分布を正確に推定するためには、氷河の消耗域における放射収支に対して、氷河周辺の地形が与える影響を考慮する必要がある。しかしながら、ヒマラヤにおいては、これらの現象を現地観測によって広域的に明らかにすることは、困難である。したがって、遠隔的・広域的な観測手法として、衛星リモートセンシングの応用が有効である。

本研究では、一例として、2002 年以降に現地観測の実績があるブータン・ルナナ地方の数値標高モデル (DEM) を用い、氷河周辺の地形が放射収支に与える影響を推定することを目的とする。同地域に分布する複数の氷河における下流域表面の各地点 (画素) について、周囲の地形と空との境界を見込む方位角・仰角の分布を近似的に算出し、特徴量として比較した。この特徴量は開度を応用した概念であり、周囲が水平面に近いほど 1 に近く、反対に、急峻な壁面に囲われた窪地であるほど 0 に近づく。第一段階の試算によれば、8 方位、かつ、半径約 4.5km 内を対象とした場合、Thorthormi、Lugge、Lugge II 氷河の下流域における値は、0.7 から 0.9 の範囲に分布した。

この結果は、DEM の精度だけでなく、その上を走査するラスタ画像処理の方法に強く依存する。すなわち、着目する画素 (地点) において、走査する際の方位角の刻み値、視線方向の走査半径、半径の増分値などの条件によって変化する。このため、今回の発表では、複数の実験結果を事例として示し、同地域における放射収支の空間分布への影響について考察・報告する予定である。

キーワード: 数値標高モデル, 画像処理, 氷河融解速度, 放射収支, 山岳氷河, ヒマラヤ

Keywords: Digital Elevation Model (DEM), image processing, glacier melt rate, radiation budget, mountain glaciers, Himalayas

天山山脈とラダーク山脈の氷河湖と氷河湖決壊洪水 Glacier lake and glacier lake outburst floods in Tien Shan and Ladakh Range

奈良間 千之^{1*}; 風晴 彩雅¹; 山本 美菜子¹; 浮田 甚郎¹; 池田 菜穂²; 田殿 武雄³
NARAMA, Chiyuki^{1*}; KAZEHARE, Saiga¹; YAMAMOTO, Minako¹; UKITA, Jinro¹; IKEDA, Naho²; TADONO, Takeo³

¹ 新潟大学理学部自然環境科学科, ² 東北大学災害科学国際研究所, ³ 宇宙航空研究開発機構

¹Niigata University, Department of Environmental Science, ²Tohoku University, Institute for Disaster Reconstruction and Regeneration Research, ³JAXA

調査地域である中央アジアの天山山脈やインド北西部のラダーク山脈(インド・ヒマラヤ西部)には、小規模な氷河湖が多数分布する。天山山脈では、1963年に多くの犠牲者がでた氷河湖決壊洪水(GLOF)をはじめ、いくつかの氷河湖決壊洪水(GLOF)が1950~1970年代に起きている。最近では1998~2012年に再び犠牲者をともなうGLOFが1998年7月にギッサール・アライ地域(5万m³, 犠牲者多数), 2002年8月にパミール(10万m³, 犠牲者24人), 2008年に天山山脈北部地域(45万m³, 犠牲者3人)の3回生じている。一方、ブータン・ヒマラヤにおいては、2000~2010年に急速に拡大した氷河湖は全体のわずか1~3%であった。東ヒマラヤでは1994年以降犠牲者をともなうGLOFは生じておらず、氷河湖の脅威は以前よりも減少している。これまでの我々の調査結果によると、天山山脈北部地域に分布する約800の氷河湖のうちの多くが1980年代以降に出現した新しい氷河湖であり、この1980年代以降に出現・発達した次世代の氷河湖が2000年以降再びGLOFを起こしはじめている。もう一つの対象地域であるインド北西部のラダーク山脈(インド・ヒマラヤ西部)では、天山山脈と同様に小規模な氷河湖が多数分布する。2010年, 2011年, 2012年と立て続けにGLOFが生じ、その特徴は両地域で多くの類似点を持つ。このような状況を鑑み、本研究では、小規模氷河湖分布地域である二つの山岳地域を対象に、氷河湖の現状分析、過去の氷河湖決壊洪水の被害状況とその被害予測をおこない、氷河災害軽減に向けての対策を提案することを目的としている。

氷河災害の軽減に向けて、本発表では以下の2点について報告する。(1) 発生誘因である小規模氷河湖の基礎的な情報, (2) 過去の洪水履歴からの災害実績図である。天山山脈とインド・ヒマラヤ西部のラダーク山脈では、1年~数か月の短期間で出現・決壊する短命氷河湖が複数確認されている。天山山脈のテスケイ山脈では、2008年7月にわずか2か月半で氷河湖が出現・決壊して、45万m³の水を流出し、3人の犠牲者をだした短命氷河湖のGLOFが生じた。2012年7月には、同地域のキルギス山脈で1年前に出現した氷河湖(6万m³)が決壊し、上流の村々の住民は突然の洪水に混乱した。インド北西部のラダーク山脈では2011年に出現した氷河湖が2012年7月に決壊し2つの橋を流出した。この短命氷河湖の現状を把握するため、空中写真, Corona, Landsat TM/ETM+など複数の衛星データを用いて、氷河湖の面積変動の追跡調査をおこなった。ALOS AVNIR-2/PRISM画像から、現在のキルギス山脈において229の氷河湖(0.001km²以上)が確認された。これら氷河湖の面積変動の傾向から、氷河湖は短命・繰り返し型と変動型(拡大・縮小)の2つのタイプに分類でき、短命・繰り返し型の氷河湖タイプが3割ほどを占めていることがわかった。さらに、過去の氷河湖決壊洪水の記録から、短命氷河湖タイプの出水が多いことが明らかになった。詳細は学会において報告する。

キーワード: 氷河湖, 氷河湖決壊洪水, 小規模氷河湖分布地域, 天山山脈, ラダーク山脈

Keywords: glacier lake, glacier lake outburst floods, small-size glacier lake region, Tien Shan, Ladakh Range

中国・天山山脈ウルムチNo.1 氷河表面の化学成分分析 Chemical Composition on the surface in the Urumqi No.1 glacier, Tien Shan, China

若林 梢¹; 竹内 望^{1*}; 田中 聡太¹; 雨宮 俊¹

WAKABAYASHI, Kozue¹; TAKEUCHI, Nozomu^{1*}; TANAKA, Sota¹; AMEMIYA, Shun¹

¹ 千葉大学理学研究科

¹ Graduate School of Science, Chiba University

氷河や積雪などの雪氷中には、様々な溶存化学成分が含まれている。とくに融解期の雪氷面の化学成分は、氷河や積雪表面で繁殖する雪氷微生物の生態の理解に重要である。微生物の中でも光合成により氷河表面で有機物を生産する雪氷藻類は、氷河表面のアルベドを変えて融解を促進する効果があるため、その生態は氷河の融解過程の理解に重要である。雪氷藻類の繁殖には、雪氷表面の化学成分の中でも、特に栄養塩として利用している窒素やリンの成分が深く関与していると考えられる。中央アジアの山岳には多くの氷河が分布しており、その氷河表面に繁殖する雪氷藻類は、パイオマスが大きくシアノバクテリアが比較的多く占めている。これらは緑藻が占める割合の大きい北極域の氷河とは異なる特徴である。雪氷藻類のこのような群集構造を決定する要因に、栄養塩などに関わる化学成分が関与しているかもしれない。そこで本研究では、中央アジアの乾燥域に位置する中国天山山脈・ウルムチNo.1 氷河の融解期表面の2010年から2012年までの3年間の主要化学成分の濃度分析を行い、標高による化学成分の違いや経年変動を明らかにし、その変動の原因と雪氷藻類への影響について理解することを目的とした。

本研究では、2010~2013年8月に中央アジア天山山脈・ウルムチNo.1 氷河表面において採取したサンプルを使用した。標高の異なる6地点(標高が低い順にS1~S6)で表面の氷を採取し、これらを融解させた後、濾過を行い千葉大学の実験室に持ち帰った。これを冷凍保存したものを解凍させ、イオンクロマトグラフ(DIONEX, ICS-1100)を用いて主要化学成分濃度の分析を行った。また、フィルター上にろ過したものを、DMFにクロロフィルを抽出し、蛍光光度計を使ってクロロフィル量を算出した。

ウルムチNo.1 氷河表面に溶存する主要化学成分は、標高によらずCaが6割以上を占めていることがわかった。これは融解表面の化学成分も氷河周囲から飛来するダストの影響を大きく受けていることを示している。Ca以外の化学成分も、標高によって濃度の違いがあることが明らかとなった。藻類の栄養塩として重要なNH₄⁺の濃度は、末端から中流部までは標高が高いほど増加し、S4でピークとなっていた。クロロフィル濃度の測定結果も、S4で最大値をとったことから、これらの全窒素濃度が藻類の高度分布に影響している可能性がある。

キーワード: 化学成分, 氷河

Keywords: chemical composition, glacier

デジタル画像処理を用いたキルギス天山山脈グレゴリア氷帽アイスコアの氷結晶粒径に関する研究
Digital-image processing to analyze grain size variation in ice core from Gregoriev Ice Cap, Kyrgyz Tien Shan

松橋 勇太^{1*}; 藤田 耕史¹; 竹内 望²; ウラジミール B アイゼン³
MATSUHASHI, Yuta^{1*}; FUJITA, Koji¹; TAKEUCHI, Nozomu²; VLADIMIR B, Aizen³

¹名古屋大学大学院, ²千葉大学, ³アイダホ大学
¹Nagoya University, ²Chiba University, ³University of Idaho

極域の氷床アイスコア中の氷結晶粒径の成長は、ダストなどの不純物が多く含まれることにより阻害されることが知られている。一方、中緯度の氷河で得られたアイスコアに含まれる不純物濃度は、氷床アイスコアと比較して高い濃度を示すことが知られているが、氷結晶粒径の成長に対して、どのような影響を及ぼしているかについてはわかっていない。本研究では、2007年にキルギス天山山脈グレゴリア氷帽にて掘削されたアイスコアを用い、中緯度地域における氷結晶粒径の成長と不純物の関係を明らかにすることを目的とした。

本研究では、アイスコアから薄片(0.4mm厚)を作成し、薄片に対する偏光板の角度を変えた(0°、30°、60°)、3枚の画像を撮影した。結晶粒界を画像処理により自動抽出するため、薄片写真の2値化画像を作製し、さらに写真のコントラスト、RGBを調節した画像を複数枚重ねることで、すべての結晶粒界を抽出することができた。これらの手順により、目視よりも短時間で精度よく結晶粒界を抽出することが可能となった。このようにして得られた結晶粒界から粒径を自動算出し、ダストなどの濃度と比較を行う。

発表では、解析手法の紹介とともに、ダスト濃度と比較した結果を報告する。

キーワード: アイスコア, 結晶粒径, グレゴリア氷帽
Keywords: ice core, grain size, Grigoriev ice cap

南極の異なる堆積環境下における主要イオン濃度の堆積後の変化
Post-depositional alteration of major ions under different accumulation environment in Antarctica

保科 優^{1*}; 藤田 耕史¹; 飯塚 芳徳²; 本山 秀明³
HOSHINA, Yu^{1*}; FUJITA, Koji¹; IIZUKA, Yoshinori²; MOTOYAMA, Hideaki³

¹名古屋大学, ²北海道大学低温科学研究所, ³国立極地研究所
¹Nagoya University, ²Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, ³National Institute of Polar Research

Major soluble ions and water stable isotopes are important for reconstructing paleo-environment and atmosphere circulation. It is also known that ion and isotope signals are modified after deposition if firn or ice core samples are analyzed at high temporal resolution such as seasonal scale. In inland Antarctica, we revealed that low accumulation rates have resulted in significant post-depositional modification of ions and isotopes due to long time exposure of snow near the surface.

We further investigated relation between major ion concentration and accumulation rate using a several snow pits and firn cores taken from east and west Antarctica. To exclude the geographical factor (east or west), we analyzed correlations with ions against oxygen stable isotope. Correlations of sea salt against oxygen stable isotope are gradually changed from no correlations under higher accumulation sites near coast to more negative correlations under dry environment in inland. On the other hand, correlations of MSA (methanesulfonic acid) against oxygen stable isotope rapidly are changed from positive to negative correlations at $100 \text{ kg m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ of accumulation sites. Those different trends suggest different mechanisms of post-depositional modification for these ion species.

キーワード: 南極, アイスコア
Keywords: Antarctica, ice core

NGRIP と GISP2 氷床コアから見る過去 2000 年のグリーンランドの気温変動 Greenland temperature variability over the past 2000 years inferred from NGRIP and GISP2 ice cores

小端 拓郎^{1*}; 東 久美子¹; 川村 賢二¹; Vinther Bo²; Blunier Thomas²; Box Jason³; Buizert Christo⁴; Muto Atsuhiko⁵; White James⁶

KOBASHI, Takuro^{1*}; GOTO-AZUMA, Kumiko¹; KAWAMURA, Kenji¹; VINTHER, Bo²; BLUNIER, Thomas²; BOX, Jason³; BUIZERT, Christo⁴; MUTO, Atsuhiko⁵; WHITE, James⁶

¹ 国立極地研究所, ² コペンハーゲン大学, ³ デンマーク・グリーンランド地質調査所, ⁴ オレゴン州立大学, ⁵ ペンシルバニア州立大学, ⁶ コロラド大学ボルダー

¹National Institute of Polar Research, ²Copenhagen University, ³Geological Survey of Denmark and Greenland, ⁴Oregon State University, ⁵Pennsylvania state University, ⁶University of Colorado at Boulder

グリーンランドの気温変動の理解は、将来の氷床変動予測をするうえで欠かせない。しかし、これまで数十年から百年規模の変動を知ることは非常に難しかった。そこで、氷床コア中の気泡のアルゴンと窒素を使うことにより表面の気温を復元する手法を開発した (Kobashi et al., 2010; Kobashi et al., 2011)。これまでこの手法は、GISP2 コアのみに適応されていたが、本研究では NGRIP のアルゴン・窒素を使った過去 2000 年の気温復元データを紹介する。

これまでの先行研究では 300 キロ離れた GISP2 と NGRIP コアの過去 2000 年の酸素同位体比と積雪量には相関がなかったため、この二つの地点の数十年から百年の気温変動にどの程度関連があるかに関しては全く分からなかった。しかし、窒素とアルゴン同位体比から、復元した気温変動には、統計的に有意で高い相関があることが分かった。また、本研究では、アルゴン・窒素を使った気温復元 (フォワードモデル) のほかにも、掘削孔の気温データのみを使った気温復元、インバースモデルモデルを用いた復元、酸素同位体比を使った気温復元など、いくつかの手法を用いて過去 2000 年の気温復元を行い、現実起こった過去 2000 年の気温変動を最も信頼性高く評価することを試みる。

Kobashi, T., Severinghaus, J. P., Barnola, J. M., Kawamura, K., Carter, T., and Nakaegawa, T.: Persistent multi-decadal Greenland temperature fluctuation through the last millennium, *Climatic Change*, 100, 733-756, 2010.

Kobashi, T., Kawamura, K., Severinghaus, J. P., Barnola, J.-M., Nakaegawa, T., Vinther, B. M., Johnsen, S. J., and Box, J. E.: High variability of Greenland surface temperature over the past 4000 years estimated from trapped air in an ice core, *Geophysical Research Letters*, 38, 10.1029/2011GL049444, 2011.

キーワード: グリーンランド, 気温, アイスコア, GISP2, NGRIP, 2000 年

Keywords: Greenland, temperature, ice core, GISP2, NGRIP, 2000 years

過去千年気候シミュレーションにおけるグリーンランドの気温変動 Greenland temperature variations in the last millennium climate simulation

吉森 正和^{1*}; 阿部 彩子¹

YOSHIMORI, Masakazu^{1*}; ABE-OUCHI, Ayako¹

¹ 東京大学大気海洋研究所

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

A series of climate simulations of the last millennium are conducted using the MIROC climate model. These include a simulation under volcanic-only, solar-only, or total forcings. Sensitivity experiments using different strength of volcanic and solar forcings are also conducted. With these dataset, we analyze the factors that influence Greenland temperature variations during the last millennium. Attention is paid to the effect of different external forcings and changes in the atmosphere and ocean circulations such as the North Atlantic Oscillation and the Atlantic meridional overturning circulation.

MIROC および MIROC-ESM を用いた過去 1000 年シミュレーションにおける北極域 雪氷圏の変動 The variation of the Arctic cryosphere in the Last Millennium simulation using MIROC and MIROC-ESM

末吉 哲雄^{1*}; 大垣内 るみ¹; 吉森 正和²; 羽島 知洋¹; 阿部 学⁴; 大石 龍太⁴; 岡島 秀樹¹; 齋藤 冬樹¹; 渡邊 真吾¹; 河宮 未知生¹; 阿部 彩子²

SUEYOSHI, Tetsuo^{1*}; OHGAITO, Rumi¹; YOSHIMORI, Masakazu²; HAJIMA, Tomohiro¹; ABE, Manabu⁴; O'ISHI, Ryouta⁴; OKAJIMA, Hideki¹; SAITO, Fuyuki¹; WATANABE, Shingo¹; KAWAMIYA, Michio¹; ABE-OUCHI, Ayako²

¹ 独立行政法人海洋研究開発機構, ² 東京大学大気海洋研究所, ³ 国立環境研究所, ⁴ 国立極地研究所

¹ Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ² Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo,

³ National Institute for Environmental Studies, ⁴ National Institute of Polar Research

1. はじめに

本研究では、大気海洋結合モデル MIROC および地球システム統合モデル MIROC-ESM を用いた過去 1000 年再現実験 (Last Millennium Experiment: 以後 LM と略記) の結果を解析し、モデルで再現される雪氷圏の応答を解析する。この実験で扱う西暦 850 年以降の期間には、ヨーロッパ地域が中世にやや温暖だったとされる「中世温暖期」や、ほぼ全球的に寒冷な気候が続いたとされる「小氷期」が含まれ、積雪・降雪などを中心にどのようなシグナルが見られるかに注目する。

2. モデルと境界条件

2.1 モデルの構成

本研究で用いるモデルは、東京大学・海洋研究開発機構・国立環境研究所を中心に継続的に開発が行われている大気海洋結合大循環モデル MIROC を地球システムモデル化した、MIROC-ESM) である。水平解像度 T42 (2.8 σ 格子)・80 層の大気モデルと中解像度 (0.5-1 σ × 1.4 σ) の海洋モデルをベースに、6 層 14m の 1 次元陸面モデル MATSIRO、陸上動態植生モデル SEIB-DGVM、エアロゾル輸送モデル SPRINTARS、及び海洋生態系モデルを統合したものである。陸面モデルでは、雪面・氷床上での融解水によるアルベド低下、並びにダストおよびブラックカーボンの沈着によるアルベド低下を考慮している。

2.2 初期値と境界条件

実験設定は Paleoclimate Modelling Intercomparison Project Phase III (PMIP3) の仕様に従い、西暦 850 年から西暦 2000 年まで、時間変化する境界条件を与えて時間発展問題として実施した。与える境界条件は軌道要素、太陽の日射量変動、火山活動の影響、温室効果ガス濃度が含まれる。ESM 実験については、大気 CO₂ 濃度を強制条件とせず、炭素循環コンポーネントが予報した値を大気モデルの放射過程で参照する、CO₂ 濃度予報実験とする。

初期値としては、大気海洋陸面とも、Preindustrial Control と呼ばれる 1850 年条件の標準実験から開始してスピンアップを行った。西暦 850 年と 1850 年では強制条件の値が似通っており、地形などの境界条件に変更はないため、60 年分のスピンアップで大気物理場が平衡に達したのちに本実験へと移行した。

3. 予備的な結果と今後の展望

現在 GRENE 北極環境研究によって現地観測が行われている極域の 4 地域に着目し、冬季気温、降水、降雪、降水に占める降雪の割合、地表面流出量の時系列を解析した。20 世紀後半の温暖化が顕著である一方で 19 世紀以前の変動には目立ったトレンドが見られず、年々の振幅が大きい結果となっている。降水量には変動が見られないにも関わらず積雪は減少しており、冬季の気温上昇を反映して降雪の割合が低下している結果が現れていると考えられる。

キーワード: 古気候, 気候モデル, 過去 1000 年, 雪氷圏, 気候変動

Keywords: paleoclimate, climate modelling, Last Millennium, cryosphere, climate change

ドームふじアイスコアから得られた長期¹⁰Be記録と宇宙線層序学 A long-term ¹⁰Be record from Dome Fuji ice core and cosmic-ray stratigraphy

堀内 一穂^{1*}; 須口 翔太¹; 須田 健介¹; 内田 智子²; 阿瀬 貴博³; 横山 祐典⁴; 村松 康行⁵; 松崎 浩之⁶; 本山 秀明⁷
HORIUCHI, Kazuho^{1*}; SUGUCHI, Shota¹; SUDA, Kensuke¹; UCHIDA, Tomoko²; AZE, Takahiro³; YOKOYAMA,
Yusuke⁴; MURAMATSU, Yasuyuki⁵; MATSUZAKI, Hiroyuki⁶; MOTOYAMA, Hideaki⁷

¹ 弘前大学大学院理工学研究科, ² 東北大学大学院理学研究科, ³ 東京工業大学大学院理工学研究科, ⁴ 東京大学大気海洋研究所, ⁵ 学習院大学理学部, ⁶ 東京大学大学院工学系研究科, ⁷ 国立極地研究所

¹Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University, ²Institute of Geology and Paleontology, Tohoku University, ³Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology, ⁴Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, ⁵Faculty of Science, Gakushuin University, ⁶Graduate School of Engineering, The University of Tokyo, ⁷National Institute of Polar Research

地球に到達する銀河宇宙線とその二次粒子の大気中でのフラックスは、太陽磁場と地球磁場と言う二つの遮蔽要因の時間変動に主に支配されていることが知られている。地球上では主に銀河宇宙線と大気との相互作用により生成される宇宙線生成核種 (¹⁰Be, ¹⁴C, ²⁶Al, ³⁶Cl など) は、従ってこれらの磁場の強度変動に依存してその生成率を変化させる (Lal and Peters, 1967)。大気にて生成された宇宙線生成核種は、それぞれの化学種に固有な経路を経由しながら、最終的には堆積物やアイスコア及び年輪等の様々な古環境アーカイブに保存される。よって古環境アーカイブ中での宇宙線生成核種の分布を知ることで、過去の宇宙線変動を、ひいては太陽活動や地球磁場強度の変動を知ることができるとみなされている (例えば Masarik and Beer, 1999)。

一方で上記の事実は、逆方向から考えると、アーカイブ中での宇宙線生成核種の分布が、異なる古環境アーカイブ間を同期させる手段、つまり層序学的対比手段となることを意味する (堀内, 2014)。

我々は、日本の南極観測拠点から得られたドームふじアイスコアを対象にして、様々な年代スケールで宇宙線生成核種の分析を行っている。本発表では、なかでも過去 30 万年間を千年分解能で網羅する ¹⁰Be 記録を主な対象とし、そこに刻まれた変動の特徴を半定量的に明らかにするとともに、実際にこれに基づいて異なる古環境アーカイブ間の対比を試みた結果を紹介する。

南極氷床コアと北半球海底コアの年代同期：特に40万年前の間氷期に着目して Age synchronization between an Antarctic ice core and Northern Hemisphere marine cores: with special focus on MIS 11

川村 賢二^{1*}; 青木 周司²; 中澤 高清²; 阿部 彩子³; 齋藤 冬樹⁴

KAWAMURA, Kenji^{1*}; AOKI, Shuji²; NAKAZAWA, Takakiyo²; ABE-OUCHI, Ayako³; SAITO, Fuyuki⁴

¹ 国立極地研究所, ² 東北大学, ³ 東京大学, ⁴ 海洋研究開発機構

¹National Institute of Polar Research, ²Tohoku University, ³University of Tokyo, ⁴JAMSTEC

Investigation of the roles of different forcings (e.g. orbital variations and greenhouse gases) on climate and sea level requires a paleoclimate chronology with high accuracy. Such a chronology for the past 360 ky was constructed through orbital tuning of O₂/N₂ ratio of trapped air in the Dome Fuji and Vostok ice cores with local summer insolation (Kawamura et al., 2007). We extend the O₂/N₂ chronology back to ~500 kyr by analyzing the second Dome Fuji ice core, and find the duration of 11 ka, 5 ka, 9 ka, and 20 ka for MIS 5e, 7e, 9e and 11c interglacial periods in Antarctica, with similar variations in atmospheric CO₂. The termination timings are consistent with the rising phase of Northern Hemisphere summer insolation.

Marine sediment cores from northern North Atlantic contain millennial-scale signatures in various proxy records (e.g. SST, IRD), including abrupt climatic shifts and bipolar seesaw. Based on the bipolar correlation of millennial-scale events, it is possible to transfer our accurate chronology to marine cores from the North Atlantic. As a first attempt, we correlate the planktonic d₁₈O and IRD records from the marine core ODP 980 with the ice-core d₁₈O and CH₄ around MIS 11. We find that the durations of interglacial plateaus of planktonic d₁₈O (proxy for sea surface environments) and benthic d₁₈O (proxy for ice volume and deep-sea temperature) for MIS 11c are 20 and 15 ka, respectively, which are significantly shorter than originally suggested. These durations are similar to that of Antarctic climate and atmospheric CO₂. However, the onsets of interglacial levels in ODP980 for MIS 11 are significantly later than those in Antarctic d₁₈O and atmospheric CO₂ (by as much as ~10 ka), suggesting very long duration (more than one precession cycle) for the complete deglaciation and northern high-latitude warming for Termination V. Atmospheric CO₂ may have been the critical forcing for this termination. The long duration of Termination V is consistent with our new ice sheet simulations (extended from the work of Abe-Ouchi et al., 2013) in which an ice-sheet/climate model is forced by insolation and CO₂ variations. In the presentation, comparisons for other interglacial periods will also be reported.

キーワード: 南極氷床コア, 海底コア, 年代決定, 氷期・間氷期サイクル

Keywords: Antarctic ice core, Marine core, Chronology, Glacial-interglacial cycles

氷期の気候変動を強く支配する要因について What is the major factor which control global climate in the ice age?

公文 富士夫^{1*}
KUMON, Fujio^{1*}

¹ 信州大学理学部
¹ Faculty of Science, Shinshu University

筆者は共同研究者や大学院生の協力を得て、日本の湖沼堆積物や日本海の堆積物に含まれる有機炭素量の変動を高時間分解能で測定してきた。また、堆積物中の有機炭素量変動が気候変動（特に気温）に支配された湖沼（海洋）内の生物生産性であることを花粉組成との比較などを通じて検証してきた。その結果、中緯度地域に当たる日本列島周辺でも、特に氷期においては、グリーンランドの氷床の酸素同位体比変動をきわめて良く一致する生物生産性変動が生じていたことが明らかになった。異なる湖沼間や日本海という環境の大きく異なる場においても共通して生じていることからみて、それは少なくとも半球規模で生じている気候変動に支配されていると考えられる。

もっとも有力な根拠は、日本海堆積物の有機炭素含有率（濃度）の経年的変動が、グリーンランド氷床の酸素同位体比の変動の変動と酷似することである（Urabe et al., 2013）。特に氷期における一致は高く、間氷期にはずれがある。その点で以下の議論は氷期に限定したものと考えるべきである。

まずグリーンランドの氷床の酸素同位体比は調査サイトと氷床を構成する雪（水蒸気）の起源海域との距離を反映しており、言い換えれば、グリーンランド氷床の面積を直接的に反映することになる。グリーンランド氷床を拡大させる要因はシベリアや北アメリカ北部の氷床をも拡大させ、北極域の氷床全体の拡大をもたらした可能性が高い。北極域における氷床面積の拡大は、北極の寒冷な気団の強化・拡大をもたらす。それは夏季にも冬季にも影響して、大気における南北循環の境界のひとつ（極前線）の平均的な位置を南下させる。極前線は日本付近においても南下し、日本列島周辺が寒冷な北極気団に支配される期間の増加や平均的な気温の低下をもたらす。それが日本の湖沼や日本海における生物生産性を支配したと考えると、Tada et al.(1999)が指摘したようにその同時性・同調性が説明できる。また、気温の上昇や低下が生物生産の増加（減少）をもたらすプロセスとしては、湖沼の場合には春季と秋季の全循環期の拡大（縮小）や、海洋では混合水塊の発達（弱体化）や季節風による吹送が原因となる湧昇の強化（弱体化）を通じた栄養塩供給の増加（減少）が推定できるが、まだ、その検証はまだ十分とは言えない。

ミランコビッチ・サイクルに支配された夏季の太陽放射量の変動が氷期—間氷期サイクルを支配するという学説は、多くの研究者に受け入れられている。それは北半球の夏季に残される氷床量が地球全体の気候を支配するメカニズムがあることを意味している。例えば、氷床の拡大は反射能（アルベド）の増加をもたらす。一層の寒冷化に寄与するという正のフィードバック機能もよく知られている。一方、氷床が無限に拡大することはなく、ある程度の厚さの氷床となると、氷床底面における融解が不安定化をもたらす。大規模な氷床の崩壊がおき、多量の氷山となって流出する（ハインリッヒ・イベント）。すなわち、氷床には自律的な増減のメカニズム（binge-purge model）があることになる。ミランコビッチの周期に加えて、このような短い周期での氷床量（面積）の自律的な変動があれば、D-Oサイクルのような短い周期の気候変動が説明できる。

一方間氷期には、北極域の氷床量が減少するため、その増減が北極気団へ強く影響せず、全球レベルの気候変動に対して十分な影響力を持たなくなる。それが日本海資料の間氷期における一致性の弱さを説明することになる。氷期モードとの閾値は、MIS 5bの時期の氷床量程度と推定される。

謝辞：本研究において科学研究費補助金（代表者 公文富士夫）とMH21プロジェクトの支援を受けた。

キーワード: 有機炭素量, 気候変動, 氷床, 日本海堆積物, ミランコビッチサイクル, ハインリッヒイベント
Keywords: organic carbon content, climate change, ice sheet, Japan Sea sediment, Milankovich hypothesis, ping-purge model

氷期に氷床が大気循環変化を通して大西洋子午面循環に与える影響 The influence of glacial ice sheet on Atlantic Meridional Overturning Circulation through atmospheric circulation change

シェリフ多田野 サム^{1*}; 阿部 彩子¹; 吉森 正和¹; 陳 永利¹
SHERRIFF-TADANO, Sam^{1*}; ABE-OUCHI, Ayako¹; YOSHIMORI, Masakazu¹; CHAN, Wing-le¹

¹ 東京大学大気海洋研究所

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo

In glacial period, huge ice sheet covered the North America and the Northern Europe. Also, the Antarctica Ice sheet had expanded and increased its altitude. It is well known that these ice sheets (hereafter glacial ice sheets) have large influence on climate, for example atmospheric circulation, surface air temperature, and sea surface temperature. On the other hand, recent studies showed that wind stress changes play a crucial role on the AMOC under glacial climate. Moreover, increasing evidence suggests that glacial ice sheets have large influence on the Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC). However the process how the ice sheets cause such a large impact on the AMOC is yet fully understood. Thus, in this study, we aim to reveal the detailed process of the ice sheet affecting the AMOC through atmospheric circulation change.

Commonly, the Atmosphere-Ocean General Circulation Model (AOGCM) is used to assess the influence of the ice sheet on the AMOC. However, as the atmospheric general circulation model (AGCM) and ocean general circulation model (OGCM) interacts in this model, the wind change as well as other process affect the AMOC. Therefore, it is difficult to divide each effect. Using the AGCM and the OGCM separately can overcome this problem because in this manner, they do not interact and the wind stress or other process can be treated as a boundary condition for the OGCM. This method consists of 2 steps. First, by using the AGCM, the effect of glacial ice sheets on the surface wind stress are evaluated by adding glacial ice sheets as a boundary condition. Second, by using the wind stress result as a boundary condition for the OGCM, the influence of the wind stress change on AMOC is estimated. In addition, by analyzing the results from each model, the underlying mechanism is explored.

As a result, glacial ice sheets largely intensified the AMOC under glacial climate. It was also found that the wind stress change at North Atlantic was important, thus glacial ice sheets at northern hemisphere were important. On the other hand, the AMOC was hardly influenced by wind stress change at Southern Ocean, which is mainly induced by the change in the Antarctica Ice sheet. Therefore change in the Antarctica Ice sheet had small impact on AMOC through surface wind stress change.

By analyzing the results from the AGCM and OGCM, it revealed that two processes were crucial; first, the strengthening of the northward salt transport, which resulted from enhanced westerly due to the North America Ice sheet. Second, the northward sea ice transport due to the southerly wind at Norwegian Sea forced by the Northern Europe Ice sheet. These two processes were found to drastically intensify the AMOC through affecting the sea ice distribution and shifting the NADW formation region.

キーワード: 氷床, 氷期気候, 大西洋子午面循環, 風応力

Keywords: Ice sheet, Glacial climate, AMOC, wind stress

大気海洋大循環モデルと陸域生態系モデルを用いた古植生分布再現とその不確実性評価 Reconstruction of paleo-vegetation distribution by using an atmosphere ocean coupled GCM and a DGVM

大石 龍太^{1*}; チャン ウィンリー²; 阿部 彩子²
O'ISHI, Ryouta^{1*}; CHAN, Wing-le²; ABE-OUCHI, Ayako²

¹ 国立極地研究所, ² 東京大学大気海洋研究所, ³ 海洋開発研究機構

¹National Institute of Polar Research, ²Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, ³JAMSTEC

ネアンデルタールと現生人類の交替が起きた20万~3万年までのうち、最終氷期の後期にあたる6万~3万年前は、ダンシュガード・オシュガーサイクルと呼ばれる数千年スケールでの気候変動が頻発した時代でもあった。この時期のネアンデルタールと現生人類の遺跡の分布は、当時の古植物相および古動物相と相関があることが示唆されている。この結果は、当時の変動する気候のもとで実現した植生分布と対応した動物種を、食料資源として適切な方法で狩ることが可能だったかどうかという点で、ネアンデルタールと現生人類の環境適応能力の差異を反映していると考えられる。従って、ネアンデルタールと現生人類の交替時期を通して、動物相、植物相、気候の変化を面的に時系列に沿って再現・推定することが、交替劇を解明するためには重要な課題となる。一方で、過去における動物の分布を正しく推定するには、当時の植生分布状況、気候変動に由来する環境の変化を定量化する必要があるが、それらは直接的には特定地点の湖底や海底の堆積物等から得られた花粉の構成比率や、酸素同位体比などの古環境指標から情報を得ており、堆積物等の発掘だけでこれらの古環境情報に面的な広がりを持たせるのは非常に困難である。

本研究では大気大循環モデルによる古気候再現実験結果と、植生分布を再現可能な全球動態植生モデルを用いることで、アフリカ北部~地中海沿岸~ヨーロッパにかけての植物相変動の面的な再現を6万~3万年前を対象として試みた。大気大循環モデルは大量の計算機資源を必要とするため、通常は低解像度で行う。しかし、低解像度では人類学の研究資料としては不十分である。そこで本研究では、手法として差分法を用いた高解像度化を行い、大気大循環モデルの再現する古気候情報を反映しつつ、比較的高解像度で植生分布を得ることができた。しかし、技術的には古植生分布の再現は可能になったものの、現時点では地質学的証拠から得られている当時の古植生情報とどのように比較できるかを判断できていない。今後は、植生モデルの入力に用いる古気候実験が適切であるかどうか、また、植生モデルの出力結果をどのように地質学証拠と比較し、意味のある結果として提供することが可能かを検討してゆく。

キーワード: D-O サイクル, 古気候, 古植生, モデリング

Keywords: D-O cycle, Paleoclimate, Paleovegetation, Modeling

最終間氷期のグリーンランド氷床と極域気温増幅：植生の役割 Arctic amplification and the Greenland ice sheet at the Last Interglacial: the role of vegetation feedback

阿部 彩子^{1*}; 大石 龍太¹; 高橋 邦夫²; 齋藤 冬樹²
ABE-OUCHI, Ayako^{1*}; O'ISHI, Ryouta¹; TAKAHASHI, Kunio²; SAITO, Fuyuki²

¹ 東京大学大気海洋研究所, ²JAMSTEC

¹University of Tokyo AORI, ²JAMSTEC

We calculated the climatic conditions, mass balance and the transient volume of the Greenland ice sheet in the last interglacial period using the atmosphere slab-ocean vegetation general circulation model ASVGCM MIROC-LPJ and IciES ice sheet model. Taking into account the vegetation feedback, the annual mean temperature anomaly increases from +1 K to +2 K, and of summer temperature anomaly from +4 K to +6 K in central Greenland. This is close to the +5 K at NGRIP and +8 K at NEEM as inferred from ice core isotope data, which takes into account that summer precipitation contributes more to oxygen isotope values{reference}. The vegetation feedback, also increases precipitation by 20% averaged over the entire ice sheet and by 30 % in northwestern Greenland. The combination of the sea ice-temperature feedback and the vegetation feedback amplifies both the temperature and precipitation changes in the Eemian.

The increased ablation caused by high temperatures in central Greenland is partly compensated by the increased precipitation. The ice volume loss of Greenland in the Eemian compares to present day amounts to 1 to 2.5 meters sea level equivalent depending on the inferred present day reference climate and model parameters, such as lapse rate. The spatial pattern of increased temperature and increased precipitation is supported by the fact, that the modeled Eemian Greenland ice sheet covers all locations of ice core sites (GRIP/GISP, NGRIP, NEEM and Dye3), for which the existence of Eemian ice is confirmed. The reconstructed sea level elevations in the Eemian range from 6 to 9 m{references} above present day sea level. Thus, our results imply that the larger part of the difference in sea level between Eemian and present day stems from the Antarctica ice sheet.

キーワード: climate

最終間氷期の気候条件がグリーンランド氷床に与える影響について Sensitivity of Greenland ice sheet to climatic parameters during the last interglacial

高橋 邦生^{1*}; 阿部 彩子²; 齋藤 冬樹¹; 大石 龍太³
TAKAHASHI, Kunio^{1*}; ABE-OUCHI, Ayako²; SAITO, Fuyuki¹; O'ISHI, Ryouta³

¹ 独立行政法人 海洋研究開発機構, ² 東京大学 大気海洋研究所, ³ 国立極地研究所

¹Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ²Atmosphere Ocean Research Institute, University of Tokyo, ³National Institute of Polar research

In the last interglacial (LIG), sea level was 5 to 9 m above present, including contribution from Antarctica. Whole melting of the Greenland ice sheet (GIS) can contribute to the global sea-level rise of up to 7 m. It is important source of sea-level change. In the previous IPCC report in 2007 (IPCC AR4), estimates the GIS contribution to sea-level change during LIG range between 4 to 6 m. New IPCC AR5 points out that based on ice-sheet model simulations consistent with elevation changes derived from a new Greenland ice core, the Greenland ice sheet *very likely* contributed between 1.4 to 4.3 m sea level equivalent.

In this study, we present numerical experiments of GIS from 140 ka to 110 ka by using anomaly approach (present-day climate + perturbation obtained from MIROC-AGCM simulations including dynamic vegetation). We focus on the influence of the climatic parameters such as AMOC or northern hemisphere ice sheets. Our results are consistent with IPCC AR5. Considering of transient response to transient climate change are important to moderate ice melting. Several uncertainties remain however, such as the reference climate condition (influence melt from south, north or both?). and related the ice sheet model itself, more numerical studies are required.

キーワード: 最終間氷期, グリーンランド, 氷床, 海水準
Keywords: Last interglacial, Greenland, Ice sheet, Sea-level

3次元氷床力学モデルより求められた氷床融解史に基づくグリーンランドにおける
第四紀海水準変動と地殻変動
Sea-level changes and crustal deformations in Greenland based on the loading histories
derived from 3D ice sheet model

奥野 淳一^{1*}; 齋藤 冬樹²; 阿部 彩子³; 高橋 邦生²
OKUNO, Jun'ichi^{1*}; SAITO, Fuyuki²; ABE-OUCHI, Ayako³; TAKAHASHI, Kunio²

¹ 国立極地研究所, ² 海洋研究開発機構, ³ 東京大学大気海洋研究所
¹NIPR, ²JAMSTEC, ³AORI, Univ. Tokyo

We study the implications of a recently published ice sheet history in Northern hemisphere and Greenland ice sheet, derived from the 3D thermo-mechanical ice sheet model (Ice Sheet for Integrated Earth system Studies: IcIES developed by Abe-Ouchi et al. 2013). To characterize the effects of this glaciologically consistent ice sheet history, we examine the time-variations of various geophysical quantities in response to the ice and water mass redistributions. They include vertical uplift and subsidence, global patterns of sea-level change, and regional sea-level variations along the coasts of Greenland. Relative sea-level (RSL) changes in response to past ice and water load variations are obtained solving the sea-level equation, which accounts for the crustal deformation due to glacio-isostatic adjustment (GIA). In this study, we report the predictions of RSL and geodetic signals in Greenland induced by GIA process based on the glaciologically and climatologically consistent ice loading history. And also, we show the temporal and spatial characteristics of predicted geophysical signals in Greenland in comparison with these observations. We expect that using the ice sheet histories derived from IcIES as input in GIA model may put better constraints on postglacial rebound and current rates of crustal deformation.

キーワード: グリーンランド氷床, 海水準変動, 地殻変動, アイソスタシー
Keywords: Greenland ice sheet, relative sea-level change, crustal deformation, isostasy

過去10万年間のグリーンランドNEEM氷床コア中に含まれる不揮発性微粒子の化学組成 Chemical compositions of non-volatile particles in NEEM (Greenland) ice core over the last 100,000 years

大藪 幾美^{1*}; 飯塚 芳徳²; Karlin Torbjorn³; 福井 学²; Hansson Margareta³
OYABU, Ikumi^{1*}; IIZUKA, Yoshinori²; KARLIN, Torbjorn³; FUKUI, Manabu²; HANSSON, Margareta³

¹北海道大学環境科学院, ²北海道大学低温科学研究所, ³ストックホルム大学

¹Graduate school of Environmental Science, Hokkaido University, ²Institute of Low Temperature Science, ³Department of Physical Geography and Quaternary Geology, Stockholm University, Sweden

The polar ice cores provide us with information of past atmospheric aerosols. Soluble aerosols in polar ice cores are well discussed by using proxies of ion concentration/flux, however, there are few studies about chemical compositions of soluble aerosols in ice cores. Using a sublimation method, we show differences in the compositions of non-volatile aerosols over the last 100,000 years in the NEEM ice core, which was drilled during 2008-2012 on the northwest ridge line of Greenland ice sheet (77° 27' N, 51° 03' W).

A total of 86 samples were distributed from NEEM ice core sections from 220 to 2195 m, which covers from late Holocene to Dansgaard-Oeschger event 24. Non-volatile particles were extracted from the ice by sublimation system [Iizuka et al., 2009]. Constituent elements of each non-volatile particle were measured by a scanning electron microscope and energy dispersive X-ray spectroscopy. We made a classification of non-volatile particles into insoluble dust, soluble sulfate salts and soluble chloride salts as following; if Si found in a particle, we regard the particle as dust (Silicates); if S found, we regard the particle as sulfate; if Cl found, we regard the particle as chloride salt. For the sulfate salt, we did further classification that a particle containing Ca and S are assumed as CaSO₄, Na and S are Na₂SO₄, Mg and S are MgSO₄, K and S are K₂SO₄, the residual sulfate particles are "the other sulfate salt (other-S)". In the same way, for chloride salts, we assumed NaCl, CaCl₂, MgCl₂, KCl and the other chloride salt (other-Cl).

The number ratio of soluble salts to total particles is 9±6% during Dansgaard-Oeschger (DO) events. In Last Glacial Maximum (LGM), the ratio decreased in 3±2%. In Bolling-Allerod (BA), ratio of soluble salts slightly increased (10±5%). In Younger Dryas (YD), the ratio decreased again (6±3%). After Holocene, the ratio increased (16±10%). In summary, more than 90% of particles contain insoluble dust during the cold stages. These ratios suggest that during cold periods, insoluble dust concentration is higher contribution to total non-volatile particles than that in warm periods.

We examined chemical characteristics of non-volatile particles by dividing into 7 climatic stages (Late Holocene; LH, Early Holocene; EH, YD, BA, LGM, DO events-warm; DO-W and DO events-cold; DO-C). The 7 stages can be sorted into 2 types; interglacial-type (LH, EH and BA) and glacial-type (YD, LGM, DO-W and DO-C). For the interglacial-type, number of Na-containing particles is larger than that of Ca-containing particles (Na:Ca = 4:3). On the other hand, for the glacial-type, number of Ca-containing particles is larger than that of Na-containing particles (Na:Ca = 5:9). Ca-containing particles is suggested to mainly comes from terrestrial materials and Na-containing particles is mainly comes from sea-salt [Steffense et al., 1997]. Our results of the ratio of Ca and Na particles may be explained by not only absolute concentration of dust and sea-salt but also relative valance of those concentrations. In the three interglacial-type, the ratio of other-S and other-Cl, those are sulfate and chloride salts without Na, Mg, K, nor Ca, during the LH are relatively higher than the other stages. Since NH₄⁺ concentration increased due to increasing of vegetation area and biological activity by warming in LH [Fuhrer and Legrand, 1997], other-S and Cl might be ammonium sulfate and ammonium chloride, respectively. Focusing on Ca-particles more in detail in the four glacial-type, number of Ca-containing particles without S and Cl is higher in LGM (11%) and DO-C (12%) than that in YD (6%) and DO-W (7%). Since the X-ray spectroscopy cannot detect carbon, the Ca-containing particles may be CaCO₃ in the LGM and DO-C because CaCO₃ was founded during the LGM by single particle measurement in the GRIP (Greenland) ice core [Sakurai et al., 2009].

キーワード: アイスコア, エアロゾル, 古気候, グリーンランド, 氷床
Keywords: ice core, aerosol, paleo climate, greenland, ice sheet, NEEM

過去千年の気候と二酸化炭素濃度のモデリングの初期的研究 Modelling the climate and the terrestrial carbon cycle for the last millennia

阿部 彩子^{1*}; 大石 龍太¹; 吉森 正和¹
ABE-OUCHI, Ayako^{1*}; O'ISHI, Ryouta¹; YOSHIMORI, Masakazu¹

¹ 東京大学大気海洋研究所

¹ University of Tokyo AORI

Climate-induced changes in the terrestrial biosphere and the ocean modulate the release and uptake of carbon dioxide and this, in turn, alters atmospheric composition and influences the climate. This is known as the climate-carbon cycle feedback. The Coupled Carbon Cycle Climate Model Intercomparison Project (C4MIP), using models of the ?terrestrial and ocean carbon cycles inside ocean-atmosphere general circulation models, has shown that the carbon cycle-climate feedback appears to be positive BUT there is great uncertainty about the magnitude. It is important to know the magnitude of this feedback because it affects the amount of carbon dioxide that can be emitted in the future in order to stabilize the concentration of CO₂ at a given level. There are projects attempting to reduce these uncertainties through systematic evaluation of carbon cycle models against observations of the contemporary carbon cycle. An alternative approach is to use knowledge about past variations in climate and CO₂ to provide additional constraints. Here we therefore work on the last millennium (LM) climate-carbon modeling and examine the factors that contribute to atmospheric CO₂ change. Ice core is the only proxy that provides the CO₂ content in detail for the last millennium and it shows up to 10ppm change around the Little Ice Age and during the LM. Several LM experiments by AOGCM are used to drive the terrestrial carbon cycle model LPJ. We investigate the role of external forcing of climate such as volcano and solar forcing as well as that of internal variability of climate in an unforced experiment of decadal to centennial time scale. We show that the CO₂ changes in the same order of magnitude in the unforced experiment as in the forced experiment.

Concentration and Potential Mobility of Trace Metals in Surface Sediment of the North Pacific Ocean By BCR Sequential Concentration and Potential Mobility of Trace Metals in Surface Sediment of the North Pacific Ocean By BCR Sequential

ANDREAS, Roy^{1*} ; ZHANG, Jing¹
ANDREAS, Roy^{1*} ; ZHANG, Jing¹

¹Graduated school of science and engineering University of Toyama

¹Graduated school of science and engineering University of Toyama

Metals can accumulated in sediment, sludge and soil may therefore pose an environmental problem concerning possible metal transfer from sediment to the aquatic system and including them in the food chain. European Community Bureau of Reference (BCR) sequential methods commonly used to trace metals in the sediment or soil samples and can be provide information about bio-availability, mobility or toxicity which are basically depend on the chemical bonding between metals and solid phases of the samples.

Geochemical fractionation of Cadmium (Cd), Lead (Pb), Cobalt (Co), Zinc (Zn), Iron (Fe) and Manganese (Mn) in sediment of the North Pacific Ocean were determined using four-stages of modified BCR sequential extraction methods combination with ICP-MS. Also the contamination factors and risk assessment code effects on surface sediment samples are discussed.

The mean contents of the trace metals in surface sediment of the North Pacific Ocean were: Cd: 0.00; Pb: 13.94; Mn: 2732.94; Fe: 29795.10; Co: 22.16; and Zn:76.75 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, allowing to arrange the trace metals concentration from higher to lower were in the following order: Fe > Mn > Zn > Co > Pb > Cd. Pb was distributed in three fractions (acid soluble, reducible, and residual). Mn and Co were found in a group with mainly reducible fraction, while Fe and Zn were mainly in residual fraction. The high contamination factor was obtained for Mn and Co in the sediment samples, while the lowest was found for Fe. The result showed non risk for Fe, Co, Pb and Cd, while low risk is indicated for Mn and Zn at all stations.

キーワード: trace metals, BCR sequential extraction, North Pacific Ocean

Keywords: trace metals, BCR sequential extraction, North Pacific Ocean

Leaching Properties of Naturally Occurring Heavy Metals from the Soils around Abandoned Metal Mines Leaching Properties of Naturally Occurring Heavy Metals from the Soils around Abandoned Metal Mines

張 銘^{1*}; 星野 美保子¹; 原 淳子¹; 杉田 創¹; 吉川 美穂²; 井本 由香利¹
ZHANG, Ming^{1*}; HOSHINO, Mihoko¹; HARA, Junko¹; SUGITA, Hajime¹; YOSHIKAWA, Miho²; IMOTO, Yukari¹

¹ 産業技術総合研究所, ² ケミカルグラウト株式会社

¹AIST, ²Chemical Grouting Co., LTD

The major threats to human health from heavy metals are associated with exposure to lead, cadmium, mercury, chromium, arsenic, as well as selenium, fluorine and boron. The effects of such heavy metals on human health have been extensively studied and officially reviewed by international organizations such as the WHO and heavy metal pollutions have been regulated by national environmental standards and/or laws such as the Soil Contamination Countermeasures Act in Japan.

Leaching of naturally occurring heavy metals from the soils around abandoned metal mines into surrounding water systems, either groundwater or surface water systems, is one of the major pathways of exposure. Therefore, understanding the leaching properties of toxic heavy metals from naturally polluted soils is of fundamental importance for managing abandoned metal mines, excavated rocks discharged from tunneling and/or selecting a pertinent countermeasure against pollution when it is necessary.

In this study, soil samples taken from the surroundings of abandoned metal mines in Tochigi, Miyagi, Yamagata, Akita and Iwate prefectures in Kanto and Tohoku regions were collected and analyzed. The samples contained multiple heavy metals such as lead, arsenic and chromium. Standard leaching test and sequential leaching test considering different forms of contaminants, such as trivalent and pentavalent arsenics, and trivalent and hexavalent chromiums, together with X-ray Fluorescence Analysis (XRF), X-ray diffraction analysis (XRD) and Cation Exchange Capacity (CEC) tests were performed. This presentation illustrates the details of the above experimental study, discusses the relationships among leaching properties, and chemical and mineral compositions, indicates the difficulties associated with remediation of naturally polluted sites, and emphasizes the importance of risk-based countermeasures against naturally occurring heavy metals.

キーワード: Naturally occurring, Heavy metals, Leaching properties, Mineral composition, Bulk concentration
Keywords: Naturally occurring, Heavy metals, Leaching properties, Mineral composition, Bulk concentration

不飽和層の影響を考慮した透水係数推定のための自然電位分布逆解析手法の研究 Self-potential inversion for the estimation of hydraulic conductivity in the presence of unsaturated zone

尾崎 裕介^{1*}; 三ヶ田 均¹; 後藤 忠徳¹; 武川 順一¹
OZAKI, Yusuke^{1*}; MIKADA, Hitoshi¹; GOTO, Tada-nori¹; TAKEKAWA, Junichi¹

¹ 京都大学大学院工学研究科

¹ Graduate School of Engineering, Kyoto University

Self-potential (SP) is the electrical potential naturally generated in and on the earth. The positive electrical charge in the diffuse layer of the electrical double layer is conveyed by the groundwater flow. The electrical potential is generated when the groundwater flow through the porous medium. This electrical potential directly reflects on the Darcy velocity in the porous material, and therefore the hydraulic conductivity can be estimated from the SP data. The hydraulic conductivity has non-linear characteristics as functions of the water saturation, and so does SP. These features suggest that the effect of the unsaturated zone should be considered for much quantitative analysis of SP. However, the dependency of the SP on the water saturation makes the development of inversion difficult. We solved this problem with the adjoint state method for the calculation of the sensitivity matrix that could save the calculation time. The characteristic of water saturation in SP based on Van-Genuchten model is adapted to our inversion. We applied our inversion to a synthetic SP profile to test the performance of our inversion scheme to compare the results with and without the consideration to unsaturated zone. When the effects of the unsaturated zone are not considered, the value of estimated hydraulic conductivity is underestimated. On the other hands, more accurate image could be derived from the inversion with the consideration to the unsaturated zone. Therefore, our inversion technique would allow us to obtain the accurate hydraulic conductivity structure from SP data at the ground surface, although the SP is affected by the distribution of saturation.

キーワード: 自然電位, インバージョン, 透水係数, 不飽和層

Keywords: Self potential, Inversion, Hydraulic conductivity, Unsaturated zone

Root Water Uptake and Soil Water Storage in a Karst Savanna on the Edwards Plateau, Texas, USA

徳本 家康^{1*}
TOKUMOTO, Ieyasu^{1*}

¹ ...

¹ Arid Land Research Center, Tottori University

Woody plants, especially Ashe juniper (*Juniperus ashei*) and honey mesquite (*Prosopis glandulosa*), are encroaching into a karst savanna on the Edwards Plateau in central Texas. However, their impact on hydrology is unclear because of high variability in soil depth and uncertainties about shallow and deep root contributions to water uptake in rocky soil overlying bedrock or other substrates that limit water storage capacity and root growth, and create high spatial variability in plant available water. This complex below-ground structure, while not uncommon, has not been adequately characterized by most hydrological models. We evaluated root water uptake and water storage in the karst of the Edwards Plateau, at a typical savanna site with ~50% woody cover, mainly Ashe juniper (*Juniperus ashei*) and honey mesquite (*Prosopis glandulosa*). Water content profiles to a depth of 1.6 m were measured by neutron thermalization and time domain reflectometry at 36 locations in a 25-by-25 m grid (5 m node spacing). Bulk density profiles were measured by gamma densitometry. Temporal changes in water storage were compared with eddy covariance measurements of evapotranspiration (ET) to evaluate relative amounts of ET originating from root water uptake at various depths. Water storage capacity in the measurement grid ranged from 185 to 401 mm, and coupled with heterogeneous distribution of trees created high spatial variability in root water uptake. Water uptake was higher beneath trees than beneath grass, in part because tree roots were able to extract water from regions of the root zone with high rock density. On average, 81% of the water uptake occurred from the upper 1 m of the profile with the greatest uptake occurring at depths of 0.4 to 0.8 m. An estimated 10% of the uptake occurred from below the maximum measurement depth of 1.6 m. While this result confirms the hypothesis that trees on rocky substrates take up water from greater depths compared to similar ecosystems on soil, it also refutes the view that trees in karst regions have greater access to groundwater.

Keywords: Root water uptake, Karst, Evapotranspiration, Spatial variability

5線熱パルスセンサーによる黒ボク土中の水分フラックスの推定について Estimation of Water Flux in Andisol with a Penta-Needle Heat Pulse Probe

坂井 勝^{1*}; 近藤 菜穂¹; ジョーンズ スコット²
SAKAI, Masaru^{1*}; KONDO, Naho¹; JONES, Scott²

¹ 三重大学大学院生物資源学研究科, ² ユタ州立大学 植物・土壌・気候学科

¹Graduate school of Bioresources, Mie University, ²Department of Plants, Soils, and Climate, Utah State University

The potential for using heat pulse probes for estimating soil water flux as well as soil thermal properties has received more attention this past decade. Although many studies were carried out to validate water flux estimation using heat pulse probes in sandy soils, few studies were reported for other soils. The purpose of this study was to estimate water fluxes in an aggregated Andisol using a heat pulse probe, and investigate the applicability with hydrodynamic dispersion in a soil.

The Penta-needle heat pulse probe, which has a central heater needle surrounded by two pairs of orthogonally arranged thermistors, was used to estimate two directional water flux. Steady-state saturated water flow and unit-gradient unsaturated water flow experiments were conducted in Mie Andisol. To achieve saturated conditions, the Andisol was packed in the column with a bulk density of 0.85 g/cm³ and afterward it was saturated by applying water from column bottom. A glass filter was located at the bottom of the column. CaCl₂ solutions were applied from the top of the column at fixed rates using a peristaltic pump, and outflows from the bottom were measured by a scale. The flow rates were decreased stepwise from fast (around 350 cm/day) to slow rates (around 5 cm/day). Using faster flow steps, steady state saturated water flows were developed. Steady state conditions for unit-gradient - unsaturated water flow were developed by controlling suction at the column bottom, in which water contents were uniform and water flowed by gravity. At each flow steps, heat pulse measurements were conducted, and the influent solution concentrations were changed to obtain breakthrough curves (BTCs) by measuring soil electrical conductivities with four-probe salinity sensors. Water fluxes were estimated by applying an analytical solution to temperature rise data. Dispersivities were determined by applying the convection-dispersion equation to BTCs. Each experiment, including packing soil and water flow testing, were repeated a few times.

In saturated conditions, water fluxes estimated by the heat pulse probe agreed well with independently measured water fluxes in one experiment and underestimations were found in two cases. For unsaturated conditions, estimated water fluxes agreed well with actual fluxes even in the experiment with disagreement in saturated conditions. The flux estimation errors were compared with dispersivities which can be interpreted as the scale of water flow spreading from mean displacement position. Large estimation errors were found for experiments with large dispersivities ($\lambda > 1.5$ cm), while errors were relatively small for conditions with smaller dispersivities both in saturated and unsaturated water flows. Generally, dispersivity values in aggregated Andisol is larger in saturated condition than in unsaturated condition. The experimental results in this study indicates that the applicability of heat pulse probe to aggregated soils potentially results in better water flux estimation in unsaturated conditions.

キーワード: 水分フラックス, 熱パルスセンサー, 黒ボク土, 分散長
Keywords: soil water flux, heat pulse probe, Andisol, dispersivity

ボーリングコア試料より求められた熱物性値の地球統計学的補間に関する研究 Geostatistical Interpolation of Thermal Properties of Boring Core Samples

武藤 啓^{1*}; 斎藤 広隆¹

MUTO, Hirou^{1*}; SAITO, Hirotaka¹

¹ 東京農工大学, ² 科学技術振興機構 CREST

¹Tokyo University of Agriculture and Technology, ²CREST, JST

Ground source heat pump systems (GSHP) that use ground or groundwater as a heat source can achieve much higher coefficient of performance (COP) than conventional air source heat pump systems. Although use of GSHP systems has been rapidly increasing worldwide, environmental impacts by GSHP systems have not been fully investigated. To rigorously assess GSHP impact on the subsurface environment, instead of relying on "effective" properties, ground thermal properties including thermal conductivity and heat capacity need to be accurately characterized.

A geostatistical least-square interpolation method, known as kriging, has been used to characterize the spatial distribution of soil (or ground) physical (both hydrological and thermal) properties in one, two, and three dimensional domains. Kriging can estimate not only the values of an attribute at un-sampled locations accounting for spatial correlations between variables but also their uncertainties in terms of an error variance. Ordinary kriging (OK) which estimates unknown value as a linear combination of neighboring observations is one of the most commonly used kriging estimators. A secondary variable which is spatially cross-correlated with the primary variable can be used to reduce the estimation variance for the primary variable. Such method is known as cokriging. Ordinary cokriging (OCK) is one of the most commonly used cokriging estimator. The objective of this study was to compare OK and OCK in terms of estimating soil thermal properties along 50-m boreholes through the cross validation. Water content and sand content, which are relatively easy to measure, were used as the secondary attributes in cokriging.

In this study, undisturbed boring core samples were collected from two 50-m long boreholes at the campus of Tokyo University of Agriculture and Technology in Tokyo. Volumetric heat capacity (HC), thermal conductivity (TC), gravimetric water content (WC) and volumetric sand content (SC) were measured every 10-20 cm along the cores. The impact of sampling intensity on prediction errors were investigated by drawing random subsets of increasing size and using them to predict thermal properties at the remaining locations (jackknife approach). Then, subsets of N data were selected randomly or randomly per 10-m depth from the entire data set. For both sampling approaches, 50 different random subsets were selected to account for sampling fluctuations. Thermal properties at the remaining locations were then predicted.

This study showed that increasing the size of the subset leads to smaller mean absolute error. It was also found that kriging with random subsets per every 10-m depth yields lower mean absolute error than that with random subsets. Prediction errors by OCK were smaller than those by OK when the sampling intensity was the same.

Keywords: thermal conductivity, kriging, cokriging, sampling intensity, prediction error

Evaluation of Tangential Model Parameters with Respect to Various Soil Types Evaluation of Tangential Model Parameters with Respect to Various Soil Types

Thiam Magatt^{1*} ; Kohgo Yuji² ; Saito Hiroataka³
THIAM, Magatt^{1*} ; KOHGO, Yuji² ; SAITO, Hiroataka³

¹PhD Student, United Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, ²IEAS, Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, ³Department of Ecoregion Science, Tokyo University of Agriculture and Technology

¹PhD Student, United Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, ²IEAS, Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, ³Department of Ecoregion Science, Tokyo University of Agriculture and Technology

Usage of Tangential model (Kohgo, 1995) for Soil Water Retention Curves (SWRCs) fitting requires knowing its parameters which are the numerical values of the coordinates of 3 tree points that are selected on the SWRC obtained from an experiment. Performing such an operation might be time consuming and may also lead to errors in the parameter estimation. This study aims to estimate these parameters and investigate possible relations between the parameters and some basic soil properties. SWRCs data and their corresponding hydraulic and physical properties were taken from the Unsaturated Soil Hydraulic Properties Database (UNSODA). The selected data consisted of 458 soils; among them: sand, sandy loams, loamy sands, sandy clay loams, silty loams, silty clay loams and silty clays. These SWRCs were fitted to Tangential model using nonlinear regression analysis with solver, the in-built Microsoft Excel tool. The iteration procedure, in solver, was the Generalized Reduced Gradient method. Results showed that the model performed well. The sum of the squared residuals (SSR) varied between 0.00011 and 0.2114 for sand and sandy soils, while it ranged between 0.021 and 0.00017 for all the others. Highest SSR values were noted with coarse sandy soils while the lower SSR values were noted with materials of finer structure. This suggests that this model is more adapted to fine structured soils. An attempt is being made in order to predict the Tangential model parameters, through multiple linear regression analysis, by using the soil bulk density values, saturated volumetric water content and the soil grain size distribution data.

キーワード: soil water retention curves, simulation, UNSODA, parametric model, fitting
Keywords: soil water retention curves, simulation, UNSODA, parametric model, fitting

発光バクテリアを用いたバイオアッセイによるメッキ金属に関する土壌汚染濃度の 定量化 Quantification of soil pollution concentration of plating metals by bioassay using lumi- nous bacteria

杉田 創^{1*}; 駒井 武²; 原 淳子¹; 井本 由香利¹; 張 銘¹
SUGITA, Hajime^{1*}; KOMAI, Takeshi²; HARA, Junko¹; IMOTO, Yukari¹; ZHANG, Ming¹

¹ (独) 産業技術総合研究所, ² 東北大学

¹National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), ²Tohoku University

メッキに深く関係する物質である Cd、Cr(6+)、Pb、As、CN は土壌汚染対策法によって第二種特定有害物質として規制されているが、その他の多くのメッキ金属はこの法律の対象にはなっていない。しかしながら、第二種特定有害物質以外にも、メッキ金属として使用されている重金属類の中には、過剰に摂取すれば人体に対して有害となり得る物質もあり、第二種特定有害物質同様にリスク評価等を行う必要があると考えられる。

一方、有害物質に関する急性毒性評価試験のひとつに発光バクテリアによるバイオアッセイがある。急性毒性の強さと有害物質の濃度との間には通常相関関係があるため、この急性毒性影響の強さから有害物質の濃度を概算できる可能性がある。

本研究ではメッキ金属として広く一般に使われている Fe、Ni、Cu、Zn、Ag 及び Sn に着目し、発光バクテリア (*Vibrio fischeri*) を用いて系統的なバイオアッセイ試験を実施した。そして、得られたデータを基に詳細な解析を行い、各メッキ金属濃度と急性毒性の強さとの相関関係の定量化を試みた。

キーワード: 土壌汚染, メッキ金属, 発光バクテリア, バイオアッセイ, 定量化

Keywords: Soil contamination, Plating metal, Bioassay, Luminous bacteria, Quantification

荒川低地海成堆積物の地下水水質に原位置長期熱負荷が与える影響 Effects of in-situ, long-term thermal loading on groundwater quality in marine sediments of Arakawa Lowland, Japan

斎藤 健志^{1*}; 植木 崇¹; 濱本 昌一郎²; Moldrup Per³; 大久保 智司¹; 川本 健¹; 小松 登志子¹
SAITO, Takeshi^{1*}; UEKI, Takashi¹; HAMAMOTO, Shoichiro²; MOLDRUP, Per³; OHKUBO, Satoshi¹; KAWAMOTO,
Ken¹; KOMATSU, Toshiko¹

¹ 埼玉大学 / JST-CREST, ² 東京大学 / JST-CREST, ³ オルボー大学 / JST-CREST

¹Saitama University / CREST, JST, ²The University of Tokyo / CREST, JST, ³Aalborg University / CREST, JST

Subsurface temperature increase ("subsurface warming") has been documented below many large cities worldwide. The observed subsurface temperature increase has shown close relations with surface warming effects due to global warming and urbanization. Recently, ground source heat pump (GSHP) systems have become popular as a renewable energy technology for space cooling and heating. Operation of GSHP systems for space cooling discharges waste heat into the subsurface environment and, thus, induces additional subsurface temperature increase. However, any potentially negative impacts of GSHP-induced temperature increase on the subsurface environment have not been studied in detail. The objective of this study was therefore to investigate the effects of in-situ, long-term thermal loading on groundwater quality.

A GSHP system was installed in a 50-m deep borehole with a corresponding 50-m long U-tube heat exchanger at the campus of Saitama University in the Arakawa Lowland, Japan. Four groundwater monitoring wells were installed in a marine sand sediment aquifer (around 17-m depth) at 1-m (W1), 2-m (W2), 5-m (W5), and 10-m (W10) distance from the U-tube. At each monitoring well, temperature detectors were placed in 10 depths at approximately 5-m interval, and the subsurface temperature was monitored before and during thermal loading. For the thermal loading, approximately 40 °C water was circulated inside the U-tube heat exchanger for 13 months, and groundwater was frequently sampled from all four monitoring wells every 1 to 2 weeks. A wide spectrum of chemical properties (including pH, EC, DO, ORP "oxidation-reduction potential", dissolved gases, dissolved organic carbon, inorganic ions, and trace elements) were measured to characterize groundwater quality.

The subsurface temperature at the nearest monitoring well (W1) increased gradually with approximately 8 °C from 17 °C (baseline) to 25 °C during 13 months of thermal loading. In contrast, at the farthest monitoring well (W10), there was no significant change in subsurface temperature, and W10 was therefore selected as a reference (non-temperature affected) monitoring well. A number of chemical components in the groundwater, including boron and potassium, increased markedly at W1 compared to W10. Since marine sediments typically contain high concentrations of chemical components including boron and potassium, the observed increase in groundwater concentration is likely due to thermally-induced dissolution and/or desorption from the marine sediment. The possible mechanisms behind the observed concentration increases will be discussed.

Keywords: subsurface temperature, thermal pollution, long-term thermal loading, GSHP, marine sediment, groundwater quality

Characterization of water repellency parameters in soil water repellency characteristic curves for JP and NZ soils Characterization of water repellency parameters in soil water repellency characteristic curves for JP and NZ soils

WIJWARDANA, Senani^{1*} ; KAWAMOTO, Ken¹ ; MULLER, Karin² ; CLOTHIER, Brent³ ; HIRADATE, Syuntaro⁴ ; KOMATSU, Toshiko¹ ; MOLDRUP, Per⁵
WIJWARDANA, Senani^{1*} ; KAWAMOTO, Ken¹ ; MULLER, Karin² ; CLOTHIER, Brent³ ; HIRADATE, Syuntaro⁴ ; KOMATSU, Toshiko¹ ; MOLDRUP, Per⁵

¹Graduate School of Science and Engineering, Saitama University, Japan, ²Plant & Food Research Institute, Ruakura Research Centre, New Zealand, ³Plant & Food Research Institute, Palmerston North, New Zealand, ⁴Biodiversity Division, National Institute for Agro-Environmental Sciences (NIAES) Japan, ⁵Department of Civil Engineering, Aalborg University, Denmark
¹Graduate School of Science and Engineering, Saitama University, Japan, ²Plant & Food Research Institute, Ruakura Research Centre, New Zealand, ³Plant & Food Research Institute, Palmerston North, New Zealand, ⁴Biodiversity Division, National Institute for Agro-Environmental Sciences (NIAES) Japan, ⁵Department of Civil Engineering, Aalborg University, Denmark

Soil water repellency (SWR) is the phenomenon where soil does not wet when water is applied to its surface. Characterization of water repellency in natural soil is very important to understand the soil hydrological processes, surface flow and infiltration rates. Objectives of this study were (i) to characterize SWR using molarity of ethanol droplet (MED) test, sessile drop method (SDM) and water drop penetration time (WDPT) test, and (ii) to identify the relationships between the determined SWR parameters and soil organic carbon (SOC) contents. Soil samples were collected from different soil depths of representative Andosols and Cambisols in Japan (Nishigo, Hiruzen and Nikko; all sites under forest) and New Zealand (Ngahinapouri, Wahihora and Whatawhata; all sites under pasture). The soil-water contact angle was directly measured using SDM, and indirectly derived from MED and WDPT measurements. All the A horizons of the Japanese soils showed water repellency, and the New Zealand soils were also water repellent at all depths except the Ngahinapouri, B horizon. Then, soil water repellency characteristic curves (SWRCCs) were obtained for water repellent (WR) soils, i.e., soil-water contact angle / degree of WR as a function of the volumetric water content (θ). Three WR parameters were determined from the SWRCCs. They are (i) the integrated areas below a SWRCC, $S_{WR}(\theta)$, (ii) the soil water content at maximum (θ_{WR-Max}) and (iii) minimum (θ_{WR-Min}) WR. Further, WR parameters were studied with soil organic carbon (SOC) contents. These relationships were agreed well with recently published work of Kawamoto *et al.* (2007) and Karunarathna *et al.* (2010). The SOC contents of New Zealand soils varied between 1.4% (WR) to 12.1% (WR), for the Japanese soils they ranged between 2.6% (Non-WR) and 26.3% (WR). Although the Japanese soils had high SOC contents in >10 cm depths, they were not WR (for Nikko >5 cm depth-Not WR). Therefore, further studies are needed to assess SWR as affected by SOC.

キーワード: soil water repellency characteristic curve, water repellency parameters, soil organic carbon
Keywords: soil water repellency characteristic curve, water repellency parameters, soil organic carbon

福島第一原子力発電所事故後の森林土壌における Cs 移動のモニタリング事例
A result of Cs redistribution in a forest soil after FNP-I accident.

西村 拓^{1*}
NISHIMURA, Taku^{1*}

¹ 東京大学
¹The University of Tokyo

Cesium is a large atom which does not likely to hydrate. Similar to potassium and ammonium cation it prefers to site at siloxane ditrigonal cavity of silica sheet of phyllosilicates. Cesium is strongly, almost irreversibly, captured at frayed edge site of layered clay particles. These facts may make partition coefficient of cesium to be very large. The large partition coefficient may produce larger retardation of cesium transport with percolating water. At the same time large partition coefficient may cause enhance in migration of Cs with moving colloids. A comparison of Cs content distribution of near surface soil of between cleared forestry and a forestry with 5cm litter layer in Iitate village, Fukushima suggested organic colloids could be a transporter of Cs at litter covered forest. Soil total carbon content as well as C/N ratio had relation with soil Cs content. A depth where soil had higher organic carbon and lower C/N ratio tended to show high Cs content.

キーワード: セシウム, 森林, 土壌有機物, コロイド
Keywords: Cs, forest, soil organic matter, colloids

Observation of Pore Structure for Differently Compacted Landfill Final Cover Soils Using Microfocus X-ray CT

Observation of Pore Structure for Differently Compacted Landfill Final Cover Soils Using Microfocus X-ray CT

BANIYA, Arjun^{1*}; KOIKE, Takuya¹; WATANABE, Kai²; HAMAMOTO, Shoichiro³; KAWAMOTO, Ken¹
BANIYA, Arjun^{1*}; KOIKE, Takuya¹; WATANABE, Kai²; HAMAMOTO, Shoichiro³; KAWAMOTO, Ken¹

¹Graduate School of Science and Engineering, Saitama University, Japan, ²Department of Civil and Environmental Engineering Saitama University, Japan, ³Graduate School of Agricultural and life Sciences, University of Tokyo, Japan, ⁴Institute of Environmental Science and Technology, Saitama university, Japan

¹Graduate School of Science and Engineering, Saitama University, Japan, ²Department of Civil and Environmental Engineering Saitama University, Japan, ³Graduate School of Agricultural and life Sciences, University of Tokyo, Japan, ⁴Institute of Environmental Science and Technology, Saitama university, Japan

The final cover soil on a solid waste landfill consists of many layers of materials and is highly compacted. It is used to prevent rain/surface water infiltration in to the waste layer. On the otherhand, the landfill site has a significant emission source of greenhouse gases. Gas and mass transport in soils occurs through the soil pore network, which is highly affected by soil physical properties including compaction, particle size, moisture content and total porosity. However, there are a limited number of studies on visualization and quantification of soil pore network for highly compacted soil like final cover soil. The objectives of this study were setting of microfocus X-ray Computed tomography (CT) for scanning landfill final cover soils in conjunction with 3-D image analysis techniques and analyzing the soil pore structure parameters. In this study, soil samples were collected from landfill site in Saitama prefecture, Japan. Soil pore structure was analyzed using micro focus X-ray CT (Shimadzu inspeXio SMX-90CT, Shimadzu Corporation) for air dried final cover soil samples of particle size ($d \leq 2\text{mm}$) with different dry densities 1.4, 1.55 and 1.65 g cm^{-3} by a hand compaction. The tested soil texture was silty sand. The scanned images were taken by the micro focus X-ray CT. Then, by the use of software VGStudio MAX, they were reconstructed in 3-D images. Finally, using software of EXFact analysis they were analyzed to obtain pore structure parameters such as pore size distribution, coordination number, specific area and pore-network tortuosity. For determining suitable scanned images for soil pore structure and network, several scanning conditions for the microfocus X-ray CT have been tested i.e. different combinations of voxel size (10, 30 and $50 \mu\text{m}$), scan number, view number, field of view(FOV), region of interest(ROI), and percent of interior pore for pore structure analysis. Base on the results from the tested conditions, we will propose a suitable condition on the microfocus X-ray CT scanning for macropore network (typically, effective pore diameter $> 100 \mu\text{m}$) in differently compacted final cover soils.

キーワード: Microfocus X-ray Computed Tomography (CT), Pore network and structure, Final cover soil
Keywords: Microfocus X-ray Computed Tomography (CT), Pore network and structure, Final cover soil

Consolidation characteristics of landfilling waste samples in Japan: Effects of waste compositions and various mixing pr Consolidation characteristics of landfilling waste samples in Japan: Effects of waste compositions and various mixing pr

Iqbal Muhammad Rashid^{1*}; OOHATA Hiroyuki¹
IQBAL, Muhammad rashid^{1*}; OOHATA, Hiroyuki¹

¹Graduate School of Science and Engineering, Saitama University, Japan, ²Graduate School of Agricultural and Life Sciences, the University of Tokyo, Japan, ³Institute for Environmental Science and Technology, Saitama University, Japan, ⁴Center for Material Cycles and Waste Management Research, NIES, Japan

¹Graduate School of Science and Engineering, Saitama University, Japan, ²Graduate School of Agricultural and Life Sciences, the University of Tokyo, Japan, ³Institute for Environmental Science and Technology, Saitama University, Japan, ⁴Center for Material Cycles and Waste Management Research, NIES, Japan

Solid waste materials are highly heterogeneous depending on various waste compositions, making it difficult to understand their consolidation characteristics. The purpose of study is to find out effects of waste compositions and mixing proportions on the consolidation characteristics of compacted solid waste materials. In this study, totally 6 different waste materials, un-burnable domestic waste, un-burnable industrial waste, incineration ash, crushed concrete, organic sludge and inorganic sludge, were used as tested materials.

By using the standard proctor test, compaction curves and maximum dry bulk densities were determined for each sample. Compaction results showed that maximum dry bulk densities of the Incineration ash (1.65 g/cm³) and crushed concrete (1.45g/cm³) were higher than the inorganic sludge (0.90 g/cm³) and organic sludge (0.742 g/cm³) respectively. The maximum dry bulk densities for mixed sample of inorganic sludge, concrete and incineration ash were larger than each independent waste sample. In especial, the maximum dry bulk density for the mixed sample with ratio 1:1:1 (dry mass basis) was 1.48 times larger than that for inorganic sludge.

Consolidation tests were carried out for selected pre-compacted waste samples with degree of compaction higher than 90 % after the compaction tests. For the consolidation tests, oedometer test apparatus which dimension of 10 cm diameter and 10 cm height was used for the waste materials with particle size larger than 2mm. Results of each independent sample showed that the coefficient of consolidation (C_v) for crushed concrete and incineration ash was higher than organic and inorganic sludge wastes while compressibility of un-burnable industrial waste was higher than the other materials due to a presence of compressible material. As the mixing ratio of crushed concrete in the mixed samples increased, the compression index (C_c) decreased. When the inorganic sludge and crushed concrete are mixed with the ratio 1:3, the C_c value of the mixed sample decreased up to 75% as compared to the one for only inorganic sludge. In addition, by mixing the inorganic sludge with the crushed concrete, the C_v values for mixed samples increased in the order of 10¹-10². Effect of mixed proportion of the various wastes on consolidation parameters will be further investigated.

キーワード: Compaction, Consolidation, Sludge, landfill
Keywords: Compaction, Consolidation, Sludge, landfill

炭酸カルシウム及び有機物を用いた津波被害の塩類土壌修復に関する研究 Remediation of a Tsunami affected saline and sodic soil by calcium carbonate and rice straw

石橋 咲耶^{1*}; 西村 拓¹; 濱本 昌一郎¹; 井本 博美¹

ISHIBASHI, Sakuya^{1*}; NISHIMURA, Taku¹; HAMAMOTO, Shoichiro¹; IMOTO, Hiromi¹

¹ 東京大学大学院農学生命科学研究科

¹ Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

Japanese government recommends leaching of soluble salts as well as adding calcium amendments for remediating saline and sodic soil after Tsunami by the earthquake on March 11, 2011. Application of calcium carbonate (CaCO_3) is recommended for soils having pH lower than 6 and calcium sulfate (CaSO_4) is that for pH higher than 6. However, since CaCO_3 has low solubility to water, it has not been often used in reclamation of sodic soils (Shainberg et al, 1989).

Solubility of CaCO_3 is controlled by $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O-CaCO}_3$ equilibrium in water. The concentration of calcium ion in CaCO_3 solution is affected by CO_2 concentration (partial pressure) of air phase. The higher partial pressure of CO_2 causes the higher concentration of Ca^{2+} . In general, addition of organic matter may enhance soil respiration and increase partial pressure of CO_2 in soil. This might potentially enhance solubility of CaCO_3 and increase Ca^{2+} concentration in soil solution.

Increase in Ca^{2+} concentration in soil decreases exchangeable sodium percentage (ESP) of the soil. Lower ESP may inhibit soil dispersion and help to keep aggregation. Stability of aggregates has a role on soil permeability, and it affects efficiency of leaching practice.

Objective of this study was to investigate the effect of changes in partial pressure of CO_2 by organic matter decomposition on dissolution of CaCO_3 , and subsequent $\text{Na}^+\text{-Ca}^{2+}$ ion exchange of a Tsunami affected soil.

Soil was collected at a former paddy field at Terashima, Miyagi, Japan, where was damaged by Tsunami at the Great East Japan Earthquake. EC (1:5) of the soil was 5.2dS m^{-1} . The soil was mixed with rice straw and/or CaCO_3 , and then packed into plastic columns of an inner diameter of 8.5cm and 20cm-high with the bulk density of 0.95g cm^{-3} . Amount of rice straw and CaCO_3 application was 10t ha^{-1} and 1t ha^{-1} , respectively. The soil columns were incubated for 23 days. During the incubation, 18mm of water was supplied for each three days. The temperature inside and around the columns, and soil water pressure were continuously monitored. The CO_2 concentration in soil air phase was measured at 5-days interval.

After the incubation, the columns were leached by 4 pore volumes of 4mmol L^{-1} KCl solution with. The leachate was collected for further analysis of EC, pH and concentration of cations. After the leaching, the soil columns were separated to 3cm thick layers. Each 3cm thick soil sample was used to measure EC, pH, soluble cations, and exchangeable cations of the soil.

In average, soil CO_2 concentration inside the column was high under the rice straw treatment regardless of CaCO_3 application. The CO_2 concentration rose at the periodical water application, and gradually decreased with time. Rise in CO_2 concentration could be due to the enhanced organic matter decomposition and the restricted CO_2 diffusion by higher soil water content following the water application.

Exchangeable cations of the column soil were measured after the leaching. Exchangeable Ca^{2+} slightly increased at whole layer of the four treatment. Increase in exchangeable K^+ coincided with decrease in exchangeable Na^+ , suggesting ion exchange between Na^+ and K^+ was a dominant reaction during the leaching.

In this experiment, the effect of organic matter and CaCO_3 application on remediation of the Tsunami affected saline and sodic soil was not clear. With fluctuating soil water content, soil CO_2 concentration was not always high during the column incubation experiment. It is expected that depression of soil CO_2 concentration with decrease in soil moisture after water application could not enhance dissolution of applied CaCO_3 .

Keywords: Tsunami affected soil, saline and sodic soil, rice straw, calcium carbonate

人工マクロポアの輸送システムを用いた土壌表面からの放射性物質の除去促進 Enhancing Radioactive Fallout Removal from the Surface Soils by using artificial macro- pore transport system

佐藤 直樹^{1*}; 宮本 珠未²; 森 也寸志¹; 稲生 栄子³; 登尾 浩助⁴
SATO, Naoki^{1*}; MIYAMOTO, Tamami²; MORI, Yasushi¹; INAO, Eiko³; NOBORIO, Kousuke⁴

¹ 岡山大学 環境理工学部, ² 岡山大学院 環境生命科学研究科, ³ 宮城県農業・園芸総合研究等, ⁴ 明治大学 農学部
¹Faculty of Environmental Science and Technology, Okayama University, ²Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, ³Miyagi Prefectural Institute of Agriculture and Horticulture, ⁴Faculty of Agriculture, Meiji University

東日本大震災による被害を受けた福島原子力発電所は、東北地方周辺に放射性物質の降下を引き起こした。降下し放射性物質は土壌表面に吸着されるため、とどまると報告されている。それゆえ表土はぎや深耕は放射性物質を取り除くために効果的である。しかしながら、これらの技術は校庭や農地などの広くて平らな土地で用いることができる。

多くの果樹園では降下した放射性物質はただちに土壌表面に吸着したわけではなく、交換態イオンとしてとどまり、それが植物根によって吸収され、果実に放射性物質が吸収される。それゆえこの技術は傾斜地のために放射性物質を管理するために必要となる。

私たちは土壌表面から効果的に放射性物質を取り除くために人工マクロポアを用いた。人工マクロポアは土壌中に竹繊維で充填したものである。(現地では直径 1cm、長さ 50cm 実験室では直径 6mm、長さ 20cm) マクロポアの底には交換態のセシウムを吸着させるためにゼオライトを設置した。(現地では 50cm、実験室では 20cm) 現地実験のためにマクロポアあり・硫酸アンモニウムあり区、マクロポアなし・硫酸アンモニウムなし区のような 4 つの対照区を用意した。室内実験では、安全のためカリウムを用い、400ml の人工降雨を 1 カ月降らせた。実験結果は人工マクロポアは放射性セシウムとカリウムを下層に効率的に輸送することができることを示した。室内実験では人工マクロポアは排水から放射性セシウムが検出されずに、カリウムを下方に輸送することに成功した。

キーワード: マクロポア, 土壌劣化, 放射性物質

Keywords: Macropore, Degraded Soils, Radioactive Substance

人工マクロポアの最適設計 A Design of Artificial Macropore for Improving Infiltration Process in Degraded Soils

崎川 和起^{1*}; 森 也寸志¹; 末継 淳¹
SAKIKAWA, Kazuki^{1*}; MORI, Yasushi¹; SUETSUGU, Atsushi¹

¹ 岡山大学

¹ Okayama university

土壌は植物や大気など地球全体において最大の炭素貯留体です。しかしながら、近年、気候変動や不十分な管理の影響によって、土は水の貯留層や栽培地としての機能することができない。今研究では、耕耘を行わず、雨水の浸透を促進することを目的として土壌中に人工マクロポアを導入した。マクロポア構造を強化するために繊維状物質を挿入した。その上、微飽和における繊維の毛管力による土壌中への表面水の導入が見られた。繊維の毛管力は鉛直輸送を行い、マクロポアは水平方向への浸透を促進する。これは空隙マクロポアよりも効果的な浸透が可能である。今実験において、人工マクロポアの最適設定が調査された。繊維状物質の充填密度を 0.2 0.3 0.5 g/cm³ のように変化させた。m²、降雨強度 2,20 mm/h の人工降雨をこのカラムに降らせた。結果として、繊維の充填物質に応じた水分特性曲線の変化が見られた。そして、密度を変化させることで毛管力を効果的に作り出すことができる。弱い雨が降ったとき、その地表水は密度の高い人工マクロポアによって効果的に集められる。そして強い雨は密度の低いマクロポアにより効果的に排水される。

キーワード: マクロポア, 土壌劣化

Keywords: macropore, soil degradation

劣化土壌における植物バイオマス量に人工マクロポア導入が与える影響 Artificial Macropore installation effect on organic matter storage at a degraded land.

守分 秀一^{1*}; 森 也寸志¹; 末継 淳¹
MORIWAKE, Shuichi^{1*}; MORI, Yasushi¹; SUETSUGU, Atsushi¹

¹ 岡山大学
¹ Okayama University

排水不良地では強雨によって侵食され、土壌劣化がより早く進む。我々の先行研究では、人工マクロポアの導入によって鉛直浸透の促進と有機物量の増加に成功している。しかしながら、人工マクロポアは土壌水と同時に栄養塩と酸素を供給するために、結果的に有機物量の減少をもたらす心配があった。

本研究では、セルロースを混ぜた砂のカラム（直径 5 cm、高さ 30 cm）を用意し、栄養塩を含んだ 210ml の人工降雨を土壌表面に滴下した。有機物の減少が促進されるよう 30 °C の恒温室に静置した。構造による炭素量の違いを観察するために、未処理区・耕耘区・人工マクロポア導入区の 3 種を用意した。

耕耘区では蒸発量が大きく、従来の耕耘法は水分保持で不利だと分かった。一方で人工マクロポア区は排水性の高い構造に関わらず、蒸発量は未処理区と近いものとなった。水分量の影響を受けたために、3 試験区で炭素量の鉛直分布に違いがあった。炭素量の鉛直分布の標準偏差は未処理区で小さく、耕耘区とマクロポア区で大きかった。

キーワード: 人工マクロポア, 劣化土壌
Keywords: Artificial Macropore, degraded land

Modelling of Critical Loads for Heavy Metals in Terrestrial Ecosystem in Slovenia Modelling of Critical Loads for Heavy Metals in Terrestrial Ecosystem in Slovenia

SVETINA VEDER, Marta^{1*}
SVETINA VEDER, Marta^{1*}

¹RCE, marta.svetina@rce.si
¹RCE, marta.svetina@rce.si

In Slovenia a modelling application of As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb and Zn critical loads in soil were performed. The calculation in the Salek Valley involved 30 research areas in the town Velenje area on a 500 x 500 m grid, where the chemical analyses of precipitation and soil were made.

The aim was application of theoretical models for determination the maximum critical levels of heavy metals in terrestrial ecosystem with empirical data. The basis for calculation was an effect-based approach, which limits are based on adverse effects on the ecosystem and the heavy metal concentrations should stay below those limits. As receptor was used a human health through the eco toxicological risks with use of ground water for drinking water and/or consume crops that are grown on the soil. The simple model based on dynamic mass balance of heavy metals in soil was used for calculation. It was estimated that the critical time well illustrates the acute danger of soil pollution and is recommended as the draft estimation of actual condition in soil which could be valued with few data.

Two different soil conditions at the actual atmospheric input were used in calculation: unpleasant and average. The unpleasant condition was simulated for the surface soil to depth of 5 cm, and the advanced to soil depth of 20 cm and density of 1.500 kg/m³. The critical time for both conditions is calculated for As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Zn. The comparison between heavy metals indicates high accumulation of As and Hg, and thus their quit fast approach to the critical loads. In second rang of atmospheric input are Cd, Pb and Zn which are accumulated much slowly, followed by Mo, Ni, and Co, and the slowest progress make Cr. The estimated periods to reach the permitted Slovene limits in surface soil are calculated for As, Hg 100, Cd 140, Pb 230, Zn 350, Cu 830, Mo 1.700, Ni 1.800, Co 1.900, and for Cr 6.000 years.

キーワード: heavy metals, soil, contamination, modelling
Keywords: heavy metals, soil, contamination, modelling

土壌の物理的性質データベースを用いた気候変動下の農地土壌水分状態予測 Predicting soil moisture in arable land under climate change with soil-profile physical properties database

加藤 千尋^{1*}; 西村 拓²

KATO, Chihiro^{1*}; NISHIMURA, Taku²

¹ 弘前大学農学生命科学部, ² 東京大学大学院農学生命科学研究科

¹Faculty of Agriculture and Life Science, Hirosaki University, ²Graduate school of Agricultural and Life Sciences, the University of Tokyo

Soil is foundation of agriculture and ecosystems. Soil physical condition such as soil moisture and temperature directly and indirectly affects yields and quality of crop production. Therefore predicting soil moisture of arable lands under climate change is important and valuable for yield prediction and adaptation under climate change. For predicting soil moisture condition of agricultural lands in arbitrary areas, use of soil database and datasets of General Circulation Model (GCM) projections should be useful since physical properties of soils and meteorological condition vary with location. Most of available GCM projections have spatial and temporal resolution of 100 km and a month. However, using GCM projections as input data for soil moisture and temperature prediction, temporal and spatial scale of the input data is favorable to be small since effective surface soil layer of agricultural production is generally shallow. In this study we investigated possibility of predicting soil moisture of arable lands in arbitrary areas with local-scale (approximately 20km×20km) daily GCM projection dataset “ELPIS-JP” (Iizumi et al., 2012) and the agricultural soil-profile physical properties database, Japan, “Solphy” (Eguchi et al., 2010).

In this study, soybean fields of Yoshioka and Ookubo, which are located in neighbors (approximately 2 ~ 3km), in Toyama city were chosen as experimental sites and scenario studies were done for predicting soil moisture condition with HYDRUS model (Simunek et al., 2008) under climate change in the future (2071 ~ 2090). Soil physical properties of each site were determined with water retention data in the SolphyJ database by using RETC program (Yates et al., 1992). Before the scenario studies, validation of HYDRUS model and soil physical properties which are obtained with SolphyJ database was conducted by comparing observed and simulated soil moisture of the Yoshioka field. The projection of MIROC-hires 3.2 A1B scenario was chosen among 26 (10 GCMs × 3 Special Report of Emission Scenario) ELPIS-JP scenario datasets. For preparing input data for numerical simulation of soil water movement, daily ELPIS-JP datasets were temporally downscaled to hourly or minutes scale by using weather generator “CLIGEN” (Nicks et al., 1995)

Simulated results suggested that the duration of excess soil moisture condition following heavy rainfall events are more likely at Ookubo than Yoshioka even though they are located in neighbors and have similar soil textures. Increase in surface runoff fluxes is possible to be larger in Ookubo than in Yoshioka as well. These results imply that even in a small watershed it is important to consider soil spatial distribution in predicting effects of climate change on agricultural production. Also, combination of temporally downscaled GCM projection dataset and agricultural soil-profile physical properties database may be useful for predicting soil moisture in arbitrary areas.

References: Eguchi et al., 2011, Proceedings of Annual Meeting of JSDIRE, 302-303; Iizumi et al., 2012, Phil. Trans. R. Soc. A, 370, 1121-1139; Nicks et al., 1995, NSERL Report #10, pp.2.1-2.22.; Simunek et al., 2008, Vadose Zone J. 7, 587-600; Yates et al., 1992, Soil Sci. Soc. Am. J, 56, 347-354

キーワード: 気候変動, 土壌水分, 数値シミュレーション, SolphyJ, ELPIS-JP

Keywords: Climate change, Soil moisture, Numerical simulation, SolphyJ, ELPIS-JP

A Case Study of Combining Geophysics Prospecting Techniques to a Soil Contaminated Site

A Case Study of Combining Geophysics Prospecting Techniques to a Soil Contaminated Site

WANG, Tzu-pin^{1*} ; CHEN, Chien-chih¹ ; DONG, Tien-hsing⁴ ; CHEN, Yi-chieh³ ; LIU, Hsin-chang² ; LIN, Chih-ping⁵ ; HUNG, Hao-chun⁶ ; HO, Ching-jen⁶
WANG, Tzu-pin^{1*} ; CHEN, Chien-chih¹ ; DONG, Tien-hsing⁴ ; CHEN, Yi-chieh³ ; LIU, Hsin-chang² ; LIN, Chih-ping⁵ ; HUNG, Hao-chun⁶ ; HO, Ching-jen⁶

¹Dep. of Earth Sciences and Graduate Institute of Geophysics, National Central University, Taiwan, ²Disaster Reduction Research Center, Chien Hsin University of Science and Technology, Taiwan, ³Geophysical Technology and Engineering Co.,Ltd. R.O.C, ⁴Apollo Technology Co.,Ltd. R.O.C., ⁵D.P.W.E. National Chiao Tung University, Taiwan, ⁶Environmental Protection Administration, Taiwan

¹Dep. of Earth Sciences and Graduate Institute of Geophysics, National Central University, Taiwan, ²Disaster Reduction Research Center, Chien Hsin University of Science and Technology, Taiwan, ³Geophysical Technology and Engineering Co.,Ltd. R.O.C, ⁴Apollo Technology Co.,Ltd. R.O.C., ⁵D.P.W.E. National Chiao Tung University, Taiwan, ⁶Environmental Protection Administration, Taiwan

This study utilizes a combination methods of Electrical Resistivity Tomography (ERT), Ground Penetrating Radar (GPR), and Horizontal Loop Electromagnetic (HLEM) to examine a heavy-metal contaminated site before and after the remediation. It was a processed sludge tacking site of a smelting plant. The sludge is homogeneous red, and the main pollutants are chromium, arsenic and lead. The plant has been closed for more than twenty years. At the time when it was shut down, instead of removing the stacked sludge and underground structures (tank), the site was leveled directly and planted with lawns. Now, it is difficult to know the distribution of the sludge, the depth of its cover, and the correct location of the underground structures.

The pre-remediation investigation conducted with the application of geophysical prospecting techniques found that the HLEM could efficiently define the distribution of sludge efficiently, and ERT could be used to detect the thickness of the sludge and the location of the underground structures, but GPR results failed to meet expectations which may due to a significant attenuation of electromagnetic energy caused by the nature of the sludge. The post-remediation examination shows obvious different morphologies of the site than it was before the remediation. The results can be used to assess the effectiveness of remediation, and to check if any sludge remains.

キーワード: ERT, GPR, EM, pollution
Keywords: ERT, GPR, EM, pollution

飯舘村剥ぎ取り除染後農地における水稲へのCs移動性 Cs migration to rice crop from soil after stripping the contaminated top soil at Iitate Village in Fukushima Prefecture.

西脇 淳子^{1*}; 浅木 直美¹; 小松崎 将一¹; 溝口 勝²; 登尾 浩助³

NISHIWAKI, Junko^{1*}; ASAGI, Naomi¹; KOMATSUZAKI, Masakazu¹; MIZOGUCHI, Masaru²; NOBORIO, Kosuke³

¹茨城大学 農学部, ²東京大学 大学院農生命科学研究科, ³明治大学 農学部

¹College of Agriculture, Ibaraki University, ²Graduate school of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo,

³School of Agriculture, Meiji University

Iitate Village is at about 40 km northwest from a Fukushima Daiichi nuclear power plant. An agricultural fertile layer in agricultural fields was contaminated by radionuclides, e.g., 134-Cs, 137-Cs, and 90-Sr, just after the accident of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant in 2011. The decontamination work is an important subject for villagers to return to a village and live there again. Three decontamination methods are proposed by a Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries. They are 1) Stripping the top soil off, 2) Removal of fine particles after soil and water mixing, and 3) Tillage reversal. By the report of the Ministry of Agriculture, Forestry, and Fishery, 90% of radioactive contaminant has been removed by the method of stripping the contaminated top soil off. In this time, we examine the Cs migration to rice crop from soil after stripping the contaminated top soil off.

We used ~4*20 m paddy field at Iitate Village in Fukushima Prefecture. At first we decontaminated the site using the method of stripping 5 cm top soil off. After that potassium chloride (KCl) was put in all area as basal fertilizer on June 8, 2013. We comparted the area and made three kinds of treatments such as (1) mixed with rice straw that was harvested last year here, (2) only decontaminated, and (3) mixed with farmyard manure, and transplanted rice crop (rice cultivar is hitomebore) on June 9, 2013. We had sampled top soils at three points from each plot twice a month and the 134-Cs, 137-Cs, and 40-K concentration in soils were analyzed using a Ge semiconductor detector. The concentration of 134-Cs, 137-Cs, and 40-K in rice crop was analyzed by a NaI scintillation counter after harvest.

As a result, 134-Cs is about half of 137-Cs. Since the half-life of 34-Cs is two years, it has become approximately a half. Changes of Cs and K concentrations in soil were not observed during a rice cultivation period. The concentrations of radionuclides in mixed rice crop were 572.93 ± 8.05 Bq/kg-dry / Cs-134, 1089.35 ± 11.41 Bq/kg-dry/ Cs-137, and 127.29 ± 27.59 Bq/kg-dry/ K-40. Although these values were comparatively high, soil did not show the high dose. The reason of that would be the volume of mixed rice straw was small and migration of caesium from the rice straw to the soil was hardly happened. The soil dose mixed with manure had been high through the whole cropping period. It might be the original manure dose was high, but the analysis of the manure has not completed yet. The concentration of radionuclides in rice crop below a detection limit of the NaI scintillation counter and it is below the regulation value defined in our country.

キーワード: 剥ぎ取り除染, 水稲, セシウム

Keywords: stripping top soil off, rice crop, caesium

Nitrogen removal and effect of chemical oxygen demand on removal of nitrogen in Coir Fiber Biofilm Treatment System

Nitrogen removal and effect of chemical oxygen demand on removal of nitrogen in Coir Fiber Biofilm Treatment System

DHARMARATHNE, Nirmala kumuduni^{1*} ; SATO, Naofumi³ ; KAWAMOTO, Ken¹ ; TAKAHIRO, Koide² ; SATO, Hiroyasu⁴ ; TANAKA, Norio¹
DHARMARATHNE, Nirmala kumuduni^{1*} ; SATO, Naofumi³ ; KAWAMOTO, Ken¹ ; TAKAHIRO, Koide² ; SATO, Hiroyasu⁴ ; TANAKA, Norio¹

¹Graduate School of Science and Engineering, Saitama University, Japan, ²Institute of Environmental science and Technology, Saitama University, Japan, ³Kokusai Kogyo Co., Ltd, ⁴Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo, Japan
¹Graduate School of Science and Engineering, Saitama University, Japan, ²Institute of Environmental science and Technology, Saitama University, Japan, ³Kokusai Kogyo Co., Ltd, ⁴Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo, Japan

Biological treatment is the most useful process to remove nitrogen from water and wastewater. In this process, ammonium is first oxidized to nitrate by aerobic autotrophic nitrifying microorganisms. Nitrate is then reduced to nitrogen gas by heterotrophic denitrifying bacteria under anoxic conditions. Oxygen and organic carbon must be supplied to act as electron acceptor in nitrification and electron donor in denitrification. This study has carried out microcosm experiments in the laboratory for evaluating wastewater treatment mechanism and efficiency in the Coir Fiber Biofilm Treatment System (COTS). Coconut fiber was used to encourage the development of contaminant-degrading biofilms. A string of coconut-fiber (0.2-m length) was used as a biofilm support media and experiments were carried out using synthetic wastewater. The string of coconut-fiber was put inside the treatment container (0.012-m³ volume) with two conditions: low fiber density (LFD; single string per a container) and high fiber density (HFD; two strings per a container). As a control condition, a blank container without a coconut-fiber string was also used in the experiment. The flow rate is about 870 cm³/day (two-weeks retention time)

The inflow ammonium nitrogen concentration was 500 mg/l- 640 mg/l and the average nitrate nitrogen concentration in influent was 5.9 mg/l- 6.5 mg/l (low nitrate nitrogen loading rate). Dissolved Oxygen (DO) value of the treatment tanks were range between 0-0.3 mg/l. DO concentration in LFD and HFD treatment tanks were slightly lower than the inflow and blank tank during the whole experimental period. The maximum ammonium nitrogen removal efficiency was recorded in the 14 days of startup. It was approximately 45% and 30% in HFD and LFD treatment tank respectively. After that, ammonium nitrogen removal efficiency shows the slightly decreasing trend over the time. The maximum nitrate nitrogen removal was observed for 70 days of operation. It was around 90% and 72% in HFD and LFD tank respectively. Over the duration of the experiment, very low concentrations of Nitrite Nitrogen were observed and it was below 1 mg/l. low nitrite nitrogen is evident that the oxygen limited anaerobic nitrification-denitrification process leads to removal of ammonium nitrogen in this system. This process involves two-step as partial nitrification and Anammox. One of the most critical parameters of the nitrification process is the influent chemical oxygen demand (COD), because it directly influences the growth competition between autotrophic and heterotrophic microorganism population. The average inflow COD concentration in influent was 18300 mg/l- 19800 mg/l. Ammonium nitrogen removal efficiency decreased with the increasing of COD removal efficiency in both LFD and HFD treatment tanks. So there is a negative relationship between organic carbon concentration and biological ammonia removal. High organic loading can result in decreased nitrification due to faster growing heterotrophic bacteria dominating the surface of the biofilm, and leads to oxygen limitations for the nitrifying bacteria growing deeper inside the biofilm. As considering the results obtained from the microcosm system it can be conclude that partial nitrification and the subsequent anaerobic ammonium oxidation (Anammox) are the major process associated with the removal of ammonium nitrogen. This process is a shortcut biological nitrogen removal without increasing nitrite and nitrate concentration in the system. At the same time treatment tank with HFD always tend to eliminate significant amount of ammonium nitrogen than the LFD tank. Difference between results in HFD and LFD treatment tank indicating that surface provided for growth of biofilms is a major factor for improving biodegradation rates. COTS has effect on remove nitrate nitrogen effectively at low nitrate loading rate from the wastewater.

キーワード: Coir Fiber, Biofilm, Nitrogen removal, Chemical Oxygen Demand
Keywords: Coir Fiber, Biofilm, Nitrogen removal, Chemical Oxygen Demand

鉱物-水界面と水-空気界面の電気二重層相互作用に基づく地質媒体中の水膜厚さの評価
Estimation of water film thickness in geological media based on electric double layer interactions

西山直毅^{1*}; 横山正¹
NISHIYAMA, Naoki^{1*}; YOKOYAMA, Tadashi¹

¹ 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻
¹Department of Earth and Space Science, Osaka University

Water film plays an important role in mineral-water interactions and mass transport in geological media under water-unsaturated conditions (Nishiyama and Yokoyama, 2013, *Geochim. Cosmochim. Acta*). To quantify such reactive-transport in water film, the understanding of the properties of water film is essential. Water film is retained on grain surfaces due to the action of electric double layer force associated with the compression of diffuse layers developed from mineral-water and water-air interfaces. In this study, we focused on the thickness of water film and developed a model to estimate the thickness taking into consideration the effect of ion concentration, pH, and electric double layers overlapping.

The surface charge density and electric potential at mineral-water and water-air interfaces depend on the amount of adsorption-desorption of proton and ions. When two diffuse layers developed from the opposite interfaces overlap, the concentration of ions in diffuse layers changes and consequently the adsorption-desorption reactions at the interfaces achieve a new equilibrium state. To take into account this process, we used a triple-layer model and a double-layer model to numerically solve the Poisson-Boltzmann equation describing the ion distribution in diffuse layer between the interfaces. We considered water film on quartz grains and calculated water film thickness as a function of pH and ion concentration. The results show that water film thickens with decreasing ion concentration and increasing pH. The model presented in this study allows film thickness to be estimated as a function of mineral type, ion concentration, and pH. Such model would be useful for considering the reactive-transport under unsaturated conditions including the geological storage of carbon dioxide and soil formation.

キーワード: 水膜, 電気二重層, 不飽和帯
Keywords: water film, electric double layer, unsaturated zone

ACG04-01

会場:413

時間:5月1日 14:20-14:40

Coastline as triple boundary among atmosphere, ocean and earth Coastline as triple boundary among atmosphere, ocean and earth

YAMANAKA, Manabu D.^{1*}
YAMANAKA, Manabu D.^{1*}

¹JAMSTEC/Kobe U
¹JAMSTEC/Kobe U

Coastline is the boundary between ocean and land (earth beyond the sea level), and the liquid-solid heat contrast there produces monsoon or sea-land breeze circulation responding revolution (annual) and rotation (diurnal) periodicity of solar heating. The coastline is also the intersection between ocean surface and bottom, and its location is determined by water budget and erosion-orogeny balance. Furthermore, the coastline is the most active ecological (and also anthropogenic) zone. Based on these geoscientific meanings of coastline, we discuss climatological characteristics of land-sea coexisting planet such as earth.

キーワード: atmosphere-ocean-land interaction, monsoon and local circulation interaction
Keywords: atmosphere-ocean-land interaction, monsoon and local circulation interaction

白鳳丸太平洋上ゾンデ観測で捉えられた2012年12月の寒気吹き出し Cold surge event observed by the research vessel Hakuho-maru over the Pacific in December 2012

荻野 慎也^{1*}; 伍 培明¹; 服部 美紀¹; 遠藤 伸彦¹; 久保田 尚之¹; 井上 知栄¹; 松本 淳¹
OGINO, Shin-ya^{1*}; WU, Peiming¹; HATTORI, Miki¹; ENDO, Nobuhiko¹; KUBOTA, Hisayuki¹; INOUE, Tomoshige¹; MATSUMOTO, Jun¹

¹ 海洋研究開発機構, ² 神戸大学大学院理学研究科, ³ 首都大学東京

¹JAMSTEC, ²Graduate School of Science, Kobe University, ³Tokyo Metropolitan University

1. Introduction

A cold surge from the Siberian High is the typical phenomenon of the Asian winter-monsoon that sometimes reaches the southeast Asian regions, such as Philippines and the Indochina Peninsula, across the Pacific and resulted in heavy rainfall there. Air mass transformation is one of the key processes for this phenomenon. However, the quantitative evaluation based on the observation has not yet been done so far. We succeeded in observing a cold surge event by radiosondes from the research vessel over the Philippines Sea in the end of December 2012. The preliminary results are reported in this paper.

2. Observation and data

We conducted radiosonde observations on board the research vessel "Hakuho-maru" during December 21, 2012 and January 4, 2013. Figure 1 shows the observation points and the launch time of the radiosondes. We launched radiosondes with 6-hour or 12-hour intervals during 23 to 24 December between 21N and 29N along the cruise from north to south. At the southernmost point (21N, 133E), we further carried out the fixed-point observation of 3-hour intervals for about 1.5 days during 24 to 25 December.

3. Synoptic fields

The cold surge from the Siberian High was intensified during December 20 to 26. Northwesterly winds were intensified around Japan and the northeasterly was strengthened in the Pacific Ocean and the Philippine Sea. Convections were activated over the Philippines, and the precipitation also became strong in the coastal area. The cyclonic disturbance propagated westward near the equatorial region over the western Pacific. The easterly flow at the northern edge of the disturbance and the northeasterly by the cold surge formed convergence zone over the offshore of Philippines.

4. Results

Latitude-height section of potential temperature and water vapor mixing ratio obtained by the moving observation during 23 to 24 December revealed the cold air intrusion was observed in the lower layer from the surface to 2 km height. The stable layer was formed at the top of the cold air intrusion (about 2 km height). The temperature and humidity were higher in the southern area. Time-height section of potential temperature and water vapor mixing ratio obtained by the fixed-point observation during 24 to 25 December showed that the stable layer around 2 km height were gradually intensified and that below the stable layer both the potential temperature and the water vapor mixing ratio had the uniform vertical distributions, which is consistent with the well-mixed layer during the cold surge event. The transition to such a typical mixed-layer structure was captured by high temporal resolution observation.

With the help of the operational radiosonde data at Minami-daitojima and at Chichijima, we performed a thermodynamic energy budget analysis and evaluated the transfer of thermodynamic energy between the atmosphere and the ocean. The result indicates that the amount of the energy transfer from the ocean to the atmosphere was even large over the Pacific remote from the Eurasian continent and compares with the one that observed near-continent area over the East China Sea by the AMTEX project (Ninomiya, 1975, JMSJ). The effect of the energy transfer to the precipitation over the Philippine area will be discussed.

Acknowledgement

We would like to thank Dr. Hodaka Kawahata (The University of Tokyo), Mr. Katsura Kameo (The University of Tokyo),

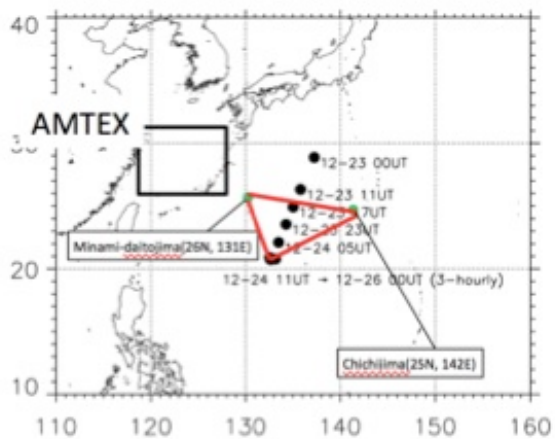
ACG04-02

会場:413

時間:5月1日 14:40-14:55

Mr. Ei Hatakeyama (Marine Works Japan LTD) and all the crews of Hakuho-maru for their great help with conducting the radiosonde observation on board the research vessel. We wish to express our gratitude in Drs. Kaoru Sato (The University of Tokyo), Naohiko Hirasawa and Yoshihiro Tomikawa (National Institute of Polar Research) for permitting us to use their launch device. Part of this study is supported by The Green Network of Excellence (GRENE) program of the Japanese Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology.

キーワード: コールドサージ, 大気海洋相互作用
Keywords: cold surge, air-sea interaction



SYNOPI3年観測およびGSMaP降水データに基づくインドネシア・ジャカルタの雷気候学 Lightning climatology around Jakarta, Indonesia, based on 13-years SYNOPI observation and GSMaP rainfall data

森 修一^{1*}; Arbain Ardhi²; Syamsudin Fadli²; 山下 幸三³; 高橋 幸弘⁴; 山中 大学⁵

MORI, Shuichi^{1*}; ARBAIN, Ardhi²; SYAMSUDIN, Fadli²; YAMASHITA, Kozo³; TAKAHASHI, Yukihiro⁴; YAMANAKA, Manabu D.⁵

¹ 海洋研究開発機構, ² インドネシア技術評価応用庁, ³ サレジオ工業高等専門学校 電気工学科, ⁴ 北海道大学大学院理学院 宇宙理学専攻, ⁵ 海洋研究開発機構/神戸大学大学院理学研究科

¹JAMSTEC, ²BPPT, Indonesia, ³Dept.Electrical Engineering, Salesian Polytechnic, ⁴Department of Cosmosciences, Graduate School of Science, Hokkaido University, ⁵JAMSTEC/Graduate School of Science, Kobe University

Operational observation in Indonesia, where has much amount of active convections under the tropical maritime climate with high atmospheric and sea surface temperatures and abundant water vapor supply, showed more than 100-200 days of lightning a year and more than 10 times/km²/year of lightning density. Developed convective systems with lightning (thunderstorms) often generates severe mesoscale phenomena of heavy rainfall, gusty wind, and tornados, as well as lightning strikes at the ground. Indeed, much amount and kinds of serious damages caused by thunderstorms have been reported in Indonesia, e.g., massive blackout and serious damage on electrical devices in urban areas, and forest fires and burn-out of high voltage power lines in rural regions. Although Virts et al. (2013a, 2013b) clearly documented lightning climatology over Indonesia based on TRMM LIS and the World Wide Lightning Location Network (WWLLN) observations, temporal and spatial distributions of lightning activity and their dynamics have not been examined in detail because ground-based radar and lightning locating observations are not well organized and satellite observations have deficiencies in their spatial resolution and sampling frequency.

We started three years (JFY2013-2015) program to study lightning activity mainly over Jakarta, where is the capital megacity in Indonesia and has much risk to be damaged seriously by thunderstorms especially in the social sector, to clarify its characteristics from both the points of precipitation climatological and mesoscale meteorological views based on three approaches as follows: 1) statistical analyses for lightning activity by using operational surface observation and TRMM satellite, 2) case studies on environmental conditions for severe thunderstorms based on a C-band radar and surface observation data already obtained, and 3) campaign observation by using X-band dual-polarimetric radar, VLF receiver network, and hydrometeor video soundings.

We examined 13-years SYNOPI data for statistical analysis of lightning activity around Jakarta and its relation to rainfall variation based on GSMaP data as the first step. Seasonal variation of lightning frequency shows two peaks in April and November, which correspond to periods just before and after the peak of the rainy season in February around Jakarta, at most of the stations over the inland region. However, these peaks are not clearly shown at stations close to the coastline of Java Sea and one peak in February is more predominant. Because previous studies (e.g, Hattori et al. 2011, Wu et al 2007) suggested the cross equatorial northerly surge (CENS) intensify local convection around Jakarta in the boreal winter season, the effect of CENS to generate thunderstorms was limited only along the coastal region but not for inland in February. Intraseasonal variation of lightning activity based on MJO index clearly shows a major peak in the MJO phases 3 (eastern Indian Ocean) and minor one in phase 7 (western Pacific). It suggested the lightning activity was intensified at the leading and trailing edges of MJO large scale disturbance which is consistent with previous studies (e.g., Morita et al. 2006). Whereas, GSMaP data show a peak of rainfall around Jakarta in the phase 3 at the same time of lightning peak, though the previous studies showed the rainfall was peaked in the phases 4-5 (maritime continent).

We plan to examine lightning characteristics more focused around Jakarta and its relation to rainfall quantitatively by adapting the rain-yields per flash (RPF) (Williams et al 1992, Takayabu 2006) and the other parameters. More than 15-years TRMM LIS and PR data shall be used in our future study as well as Asia VLF network (AVON) and WWLLN datasets.

キーワード: 雷雨, 日変化対流, インドネシア海大陸

Keywords: lightning & thunderstorm, convective diurnal variation, Indonesian maritime continent

インドシナ半島東岸における雨季開始の年々変動 Interannual variability of rainy seasons onset over the eastern Indochina Peninsula

Nguyen-Le Dzung¹; 松本 淳^{1*}; Ngo-Duc Thanh²
NGUYEN-LE, Dzung¹; MATSUMOTO, Jun^{1*}; NGO-DUC, Thanh²

¹ 首都大学東京, ² ベトナム国立大学

¹Tokyo Metropolitan University, ²Vietnam National University

The onset dates of rainy seasons over eastern Indochina Peninsula (8.5o-23.5oN, 100o-110oE) for individual years from 1958 to 2007 were objectively determined by the principal component of two first dominant empirical orthogonal (EOF) modes of the precipitation data. It is found that onset of summer rainy season (SRS), which is described by the EOF1, is in 6 May on the average, with a standard deviation of 13 days. Meanwhile, the autumn rainy season (ARS) indicated by the EOF2 has the climatological onset and standard deviation is 16 Sep and 12 days, respectively. The SRS starts simultaneously with the eastward shift of the Western North Pacific sub-tropical high (WPSH) and the evolution of summer monsoon westerlies. On the contrary, the retreat of summer monsoon over northern and central Indochina in boreal autumn indeed signifies the onset of ARS. The relationship between the onset and intraseasonal variations (ISVs): the 30?60-day (30?60DV) and the 10?20-day variation (10?20DV), are identified.

The results also insisted that ENSO has considerable influence on the onset of rainy season in the Indochina. In general, La Nina (EL Nino) years with warm (cold) sea surface temperature (SST) anomalies in the western Pacific and cold (warm) SST anomalies in the central?eastern Pacific in the preceding winter-spring have early (late) SRS onset. For an early onset year, the equatorial easterly winds are observed be stronger. Strong convective activities also occur over the southern Indochina Peninsula and the SCS in the preceding winter and spring. Whereas, the early onset of ARS is likely related to El Nino years with weaken equatorial easterly winds. It could be explained by the earlier retreat of westerlies monsoon and farther westward extension of the WPSH. Finally, the differences of ISV between early-late onset years of two rainy seasons are also discussed.

Keywords: monsoon onset, interannual variation, Indochina Peninsula, sub-tropical high, summer monsoon

**How did North Atlantic Oscillation (NAO) cause drought in northwestern China at the multi-decadal to centennial scales?
How did North Atlantic Oscillation (NAO) cause drought in northwestern China at the multi-decadal to centennial scales?**

LEE, Harry^{1*}

LEE, Harry^{1*}

¹The University of Hong Kong

¹The University of Hong Kong

North Atlantic Oscillation (NAO) plays an important role in the Northern Hemisphere climate system. Although there is growing interest in the connection between NAO and precipitation change in China, there are few studies concerning that connection in northwestern China. Based on fine-grained historical drought disaster records and NAO proxies, we explored quantitatively their possible connection in northwestern China over the past millennium at the multi-decadal to centennial timescales. Statistical results show that NAO and drought disaster were negatively correlated, as positive modes of NAO caused northward-displaced, stronger-than average mid-latitude Westerlies with an enhanced latitudinal water vapor gradient into the central Asian drylands, resulting in reduced drought frequency and intensity in northwestern China. But, their correlation was out-of-phase during the Little Ice Age because of the southward shifting of monsoon, Westerlies, and the East Asian Jet Stream brought by long-term land surface cooling. As it has been indicated that the precipitation in northwestern China is also determined by El Nino-Southern Oscillation and North Atlantic sea surface and air temperature aside from NAO, further studies are needed to evaluate their individual roles and combined impacts upon the drought disaster there.

キーワード: NAO, Precipitation, Drought, Northwestern China

Keywords: NAO, Precipitation, Drought, Northwestern China

バックトラジェクトリー解析を用いたモンゴル北部の降水起源の推定 Identifying Precipitation Sources in Northern Mongolia using Back Trajectory Analysis

小池 百合子¹; 浅沼 順^{2*}; Davaa G.³
KOIKE, Yuriko¹; ASANUMA, Jun^{2*}; DAVAA, G.³

¹ 筑波大学大学院生命環境科学研究科, ² 筑波大学アイソトープ環境動態研究センター, ³ モンゴル国大気環境監視庁
¹Graduate school of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Japan, ²Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba, Japan, ³National Agency for Monitoring for Environment and Meteorology, Mongolia

Prediction of precipitation variability and understanding of its mechanisms are essential in Northern Asia [Yatagai and Yasunari, 1994]. The objective of this study is to investigate linkages between the interannual variability of precipitation sources and that of precipitation amount in this area.

For this purpose, a back-trajectory model [Merrill et al., 1986] of atmospheric water vapor was developed and applied to the rainfall during the warm season from 2003 to 2009 at semi-arid grassland Kherlenbayan-Ulaan (KBU) in northern Mongolia, where an air parcel is tagged with the ambient potential temperature where it is precipitated, and is tracked adiabatically above the planetary boundary layer (PBL). When a parcel is tracked back into the PBL, its potential temperature is adjusted to the value at the top of PBL. In addition, diffusion process of water vapor evaporated from the ground surface into the atmosphere and the altitude raindrops are formed are calculated using the Monte Carlo simulation [Dirmeyer and Brubaker, 1999]. The model uses JRA-25/JCDAS [Onogi et al., 2007] reanalysis data set with 6hour intervals.

The results show that the major precipitation sources of rainwater at KBU are the local area of Mongolia and the central and the western Asia. Water vapor evaporated from the local area of Mongolia is approximately 20% of the total summer precipitation, and this ratio is particularly higher in Mongolia in compared with the other area on the globe [Dirmeyer et al., 2009]. This result consists with Yatagai and Yasunari, [1995] which suggested that the variability of precipitation in the arid areas in the northeastern Asia has higher correlation with the local atmospheric circulation, and Sato et al., [2007]. Moreover, this paper clearly exhibits that this ratio is fairly constant over the years in spite that the total precipitation varies.

Moreover, it was found that water vapor supply from the central and the western Asia is approximately 30% of the total summer precipitation at the target point, and therefore, the central and the western Asia may explain a major portion of the summer total precipitation.

In addition, the year 2003 and 2004 were found to here, anomalous relation. It is discovered that larger precipitation in the autumn of 2003 [Hirata et al., 2008] was followed by the increased contribution of the local evaporation to the precipitation in the following 2004. Shinoda et al., [2011] claimed that the cold season climate with low evapotranspiration and strong soil freezing acts to prolong the decay time scale of autumn soil moisture anomalies to the next spring over the eastern part of Mongolia. Therefore, it is considered that soil moisture at the local region in the autumn may be preserved during the winter up to the next spring and contribute to precipitation in summer in northern Mongolia.

フィリピンにおける夏季モンスーンオンセット —集中観測とデータレスキュー—
Philippine summer monsoon onset -Intensive observation PALAU2013 and data rescue for 109 years-

久保田 尚之^{1*}; 城岡 竜一¹; 松本 淳²; Cayanan Esperanza³; Hilario Flaviana³
KUBOTA, Hisayuki^{1*}; SHIROOKA, Ryuichi¹; MATSUMOTO, Jun²; CAYANAN, Esperanza³; HILARIO, Flaviana³

¹ 独立行政法人海洋研究開発機構, ² 首都大学東京, ³ Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration

¹ Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ² Tokyo Metropolitan University, ³ Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration

The Philippines is an archipelago country which is located in the western side of tropical western Pacific. There are distinct summer monsoon in the western side and winter monsoon in the eastern side of the country. This study focuses on the onset of summer monsoon in the western Philippines during May to July. Intensive observation of Pacific Area Long-term Atmospheric observation for Understanding of climate change (PALAU2013) was conducted by launching additional upper-air observation in Cebu, Laoag, and Puerto Princesa during May to August 2013. We captured the onset of summer monsoon in June 10, 2013. Low level strong southwesterly wind associated with moistening air was penetrated in the central Philippines during the onset. We compared the behavior of Philippines summer monsoon onset when there was no continuous upper-air observation in reanalysis data. The recovery of historical station back to 1903 called “Data rescue” was performed using Monthly Bulletins of Philippine Weather Bureau from 1903 to 1940. We created rainfall dataset in the Philippines from 1903 to 2012 by connecting recovered data and PAGASA station data. Summer monsoon onset was defined by using 8 station rainfall data in the western Philippines. The onset date becomes earlier after 1990s and tends to occur in middle May. Early onsets were also seen in early 20th century.

キーワード: フィリピン, モンスーンオンセット, データレスキュー, アジアモンスーン
Keywords: Philippines, monsoon onset, data rescue, Asian summer monsoon

熱帯低気圧の経路・強度・持続パターンと東・東南アジアの大雨との関係について Relationships between heavy rainfall in East/Southeast Asia and track, intensity, duration patterns of tropical cyclones

井芹 慶彦^{1*}; 鼎 信次郎¹

ISERI, Yoshihiko^{1*}; KANAE, Shinjiro¹

¹ 東京工業大学大学院理工学研究科

¹Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology

Tropical cyclones (TCs) have considerable impacts to many areas in East/Southeast Asia. For instance, TCs accompanied with heavy precipitation could cause floods, and the strong winds of TC also could induce huge damages on their track and surrounding environment. In addition, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 5th assessment report mentions possible increasing of both global mean tropical cyclone maximum wind speed and rain rates. Thereby, it would be very important to deepen our understanding on the relation between TCs and their impacts to local climate in East/Southeast Asia.

This study aims to extract observed TC patterns by employing a nonlinear classification method, and also examine relations between extracted TC patterns and heavy rainfall in East/Southeast Asian cities. The classification method used in this study is the self-organizing maps (SOM). The SOM has been recently used in climate science and have shown significant performance for analysis of high dimensional climate data.

In this study, we utilized the TC data provided by JTWC (Joint Typhoon Warning Center). The data period used in this study is 62 years from 1951-2012. Then, we extracted longitude, latitude, maximum sustained wind speed, and duration from TC genesis in order to make input for the SOM. Consequently, each TC is represented as 39 dimension vector, and total 1,837 TCs are utilized as input for the clustering by the SOM. We set the map size of the SOM as 3x3 hexagonal grids.

By the SOM algorithm, total 1,837 TCs were classified in nine nodes (i.e. nine patterns). As a result, several distinguishable TC patterns were extracted by the SOM, according to their track, intensity and duration. Then, we extracted the TCs classified in each pattern, and subsequently examined relations between the extracted TC patterns and rainfall at 21 meteorological stations in East/Southeast Asian cities. Our analysis confirmed clustering method is quite useful in identifying TC properties. The result also suggested extracted TC patterns are highly related with heavy rainfall in some of the target cities.

Acknowledgments: This research was supported by the Environment Research and Technology Development Fund (S-10) of the Ministry of the Environment, Japan and the Research Program on Climate Change Adaptation (RECCA) of the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, Japan.

Keywords: typhoon, western North Pacific, heavy rainfall, Self-Organizing Maps

擬似温暖化手法を用いた地球温暖化に伴う日本周辺での台風特性の変化 Application of pseudo global warming method and dynamic downscaling for typhoons approaching to Japan

谷口 健司^{1*}; 細井 麻里²

TANIGUCHI, Kenji^{1*}; HOSOI, Mari²

¹ 金沢大学 理工研究域 環境デザイン学系, ² 金沢大学 自然科学研究科 環境デザイン学専攻

¹Faculty of Environmental Design, Kanazawa University, ²School of Environmental Design, Kanazawa University

Results of global warming experiments indicate that an intensity of typhoon will be magnified in future climate. In this study, reproductive simulation of typhoons which approach to Japan are made. At the same time, pseudo global warming conditions are composed of a reanalysis product and multiple global warming experiments. Then, numerical simulations using the pseudo global warming conditions were conducted for each actual typhoon and variations of typhoons in future climate were investigated by comparing the reproductive simulation and the runs with pseudo global warming conditions. Results of a typhoon in summer showed significant variations in tracks. When a track deflects eastward, a typhoon goes over the ocean and its center pressure remarkably decreases. In addition, wind speed around the typhoon increases very much. Geopotential height in lower troposphere showed lower anomaly over the Pacific Ocean. Decreasing Pacific high is thought to be a cause of the change in typhoon tracks. In another typhoon in summer, although variations in tracks and center pressure were smaller, total precipitation in the typhoon increased in future. However, another typhoon in summer showed decreasing precipitation with small variation in tracks and center pressure. Results for another typhoon in autumn showed smaller variation in tracks and center pressures, and total precipitation increases in results of future climate. Such characteristics in future variations were found in other typhoons in autumn. On the other hand, hourly precipitations were not necessarily increased in future climate both in summer and autumn. These results indicate that extremely strong rainfall does not necessarily occur in short time, but modestly strong rainfall continues longer time. Even if no significant variation in center pressure, or intensity is similar to current climate, precipitation will increase in future climate.

キーワード: 地球温暖化, 台風, 数値気象モデル, ダウンスケーリング

Keywords: global warming, typhoon, numerical weather prediction, downscaling

モンスーンアジアにおける衛星雨量プロダクト GSMaP の性能調査 Assessment of GSMaP satellite rainfall products in Asian monsoon region

上米良 秀行^{1*}; 鍋坂 誠志¹; Fadli Syamsudin²; Thanh Ngo-Duc³; Le Viet Xe⁴; Hernando Hilton T.⁵; 松本 淳⁶; 牛尾 知雄⁷; 岩見 洋一¹

KAMIMERA, Hideyuki^{1*}; NABESAKA, Seishi¹; SYAMSUDIN, Fadli²; NGO-DUC, Thanh³; LE VIET, Xe⁴; HERNANDO, Hilton T.⁵; MATSUMOTO, Jun⁶; USHIO, Tomoo⁷; IWAMI, Yoichi¹

¹ 土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター, ² インドネシア技術評価応用庁, ³ ベトナム国家大学ハノイ校, ⁴ ベトナム水文気象局, ⁵ フィリピン大気地球物理天文局, ⁶ 首都大学東京・海洋研究開発機構, ⁷ 大阪大学

¹International Centre for Water Hazard and Risk Management, Japan, ²Agency for the Assessment and Application of Technology, Indonesia, ³Vietnam National University at Ha Noi, Vietnam, ⁴National Hydro-Meteorological Service, Vietnam, ⁵Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration, the Philippines, ⁶Tokyo Metropolitan University, Japan, also at Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ⁷Osaka University, Japan

Satellite rainfall products provide the spatial and temporal distribution of rainfall estimates over the ungauged regions where no ground-based measurements with rain gauges and/or meteorological radars are available. For the regions, the satellite products have special importance in, for example, hydrological and agricultural applications such as flood forecasting/warning and water resources management. The Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP) products have high resolution in space and time (0.1 deg. and 1 h); besides the near-real-time version of GSMaP opens to the public within four hours after measurements. They are thus highly expected to be in operational use in many countries and regions. There are the problems in accuracy and precision of the products due to the limitations on measuring principles, time intervals of sampling and others. However, the above-mentioned strengths of the products are considerable. Therefore, the performance of the GSMaP products needs to be investigated in various areas for the appropriate and effective use; moreover, through the investigation, it can be expected that the knowledge useful for improving the performance will be obtained. The present study investigates the performance of two GSMaP products, GSMaP_MVK and GSMaP_Gauge (a gauge-adjusted GSMaP_MVK), in the four river basins located from the tropics to mid-latitudes in the Asian monsoon region, including: the Solo Basin (16,100 km²) in Jawa, Indonesia; the Thu Bon – Vu Gia Basin (10,350 km²) in central Vietnam; the Pampanga Basin (9,759 km²) in Luzon, the Philippines; and the Tone Basin (16,840 km²), Japan. The study is ongoing and intermediate results mainly for the Solo and Thu Bon – Vu Gia river basins are discussed at this session.

キーワード: アジアモンスーン, 降水, 衛星

Keywords: Asian monsoon, precipitation, satellite

INTERIOR FLOOD DAMAGE IN JAPAN: PRESENT AND FUTURE INTERIOR FLOOD DAMAGE IN JAPAN: PRESENT AND FUTURE

BHATTARAI, Rajan^{1*} ; YOSHIMURA, Kei¹ ; KIGUCHI, Mashasi¹ ; NODA, Keigo¹ ; NAKAMURA, Shinichiro¹ ; OKI, Taikan¹

BHATTARAI, Rajan^{1*} ; YOSHIMURA, Kei¹ ; KIGUCHI, Mashasi¹ ; NODA, Keigo¹ ; NAKAMURA, Shinichiro¹ ; OKI, Taikan¹

¹Depart. of Civil Engineering, The University of Tokyo

¹Depart. of Civil Engineering, The University of Tokyo

The assessment of flood risk and its future prediction under anthropogenic climate change are important to policy makers for future preparedness and adaptation planning. Almost all countries in the world including major cities suffer from flood damage every year due to large exposed population and property. The intensity of damage amount varies as per the level of their preparedness. The case of Japan is also similar, having about 100 billion yen annual damage due to interior flood. Flood losses are increasing more rapidly during late 20c and is expected to increase in future too. Another major factor contributes to future climate events like floods and its losses will be anthropogenic climate change. But due to lack of robust analytical framework to estimate future losses and lack of long term damage data; future projections of flood loss still have many uncertainties.

Most studies regarding flood damage assessment have been done for river flood which always excludes interior flood damage usually caused by rainfall inside city area due to poor or insufficient drainage facilities. Also some extreme events corresponding to large return period is usually taken for damage assessment, which always exclude the damages caused by high frequency events, but reported as equal as an extreme event. In this study, we present a robust methodology for interior flood damage assessment exclusively; taking all daily rainfall events into account and its application to future climate.

We use recorded historical daily damage data in Japan that was archived in Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT) of Government of Japan to produce functions namely damage occurrence probability function and damage cost function. Our statistical approach gives the probability of damage following every daily rainfall event and thereby the annual damage as a function of rainfall, population density, topographical slope, and gross domestic product. Our results for Japan show reasonable agreement with area-averaged annual national damage for period 1993-2002 in calibration and 2003-2009 in validation. The flexibility of this method leads to future projection of interior flood damage in Japan.

Multiple climate models in different resolution with different convective schemes, sea surface temperature (SSTs) and future climate scenarios to predict the future interior flood damage amount in monetary term are being used. For Japan, we use high resolution Meteorological Research Institute (MRI) atmospheric general circulation models (MRI-AGCM) for present and future precipitation. The precipitation parameters are calculated from 1979-2009 in present and 2075-2099 in future using MRI-AGCM with two mesh sizes (20 km and 60 km) and three different convective schemes (Yoshimura Scheme, Arakawa-Schubert scheme & Kain-Fritsch scheme) which give multi-physics ensemble. The future sea surface temperature (SST) is as per the multi-model ensemble mean change of CMIP3 and CMIP5 with A1B and RCP8.5 scenario respectively. Moreover to consider uncertainty of future SST due to geographical SST distribution, three different clusters SST are also taken for future damage assessment.

Initial results for annual average interior flood damage in Japan shows 13.25% increase in average for future [2083- 2099] from the base period [1993-2009] for A1B scenario and 10.08 % increase for RCP8.5 scenario. The range of future estimate of average annual interior flood damage for A1B scenario is 68.17 billion yen to 117.81 billion yen and for RCP8.5 scenario, it is 78.93 billion yen to 119.06 billion yen in 2005 price. Another important notice in the result is future largest annual damage in A1B scenario seems quite same as present largest annual damage, but for RCP8.5, some year shows the largest damage will double than the present.

We will add different models and CMIP5 results and will describe more features of future interior flood damage in our presentation.

キーワード: interior flood damage, damage occurrence probability, damage cost function, preparedness, economic losses, climate change

Keywords: interior flood damage, damage occurrence probability, damage cost function, preparedness, economic losses, climate change

GCMの現在期間再現性を考慮したチャオプラヤ流域における将来流量予測 Application of performance metrics to climate models to project future river discharge in the Chao Phraya River basin

渡部 哲史^{1*}; 平林 由希子¹; 鼎 信次郎²
WATANABE, Satoshi^{1*}; HIRABAYASHI, Yukiko¹; KANAE, Shinjiro²

¹ 東京大学工学系研究科, ² 東京工業大学理工学研究科
¹the University of Tokyo, ²Tokyo Institute of Technology

Future river discharge in the Chao Phraya River basin was projected, taking into account the performance of multiple General Circulation Models (GCMs). Future hydrological simulations using outputs from multiple GCMs are important for assessing the uncertainty in the projections. In addition, consideration of the spread of GCM projections should be included in the analysis to appropriately evaluate extremes, as there can be significant differences among projections. This study, therefore, developed a bias-corrected dataset for multiple GCMs outputs and a performance metrics to evaluate each GCM in order to project future river discharge more appropriately.

To develop a bias-corrected future climate dataset, an advanced bias correction method is applied, in which the trend of variables from the reference to the projection period is preserved. Then, future river discharge was projected by the H08 hydrological model. The newly developed future climate dataset enabled us to conduct a projection that considered the spread of projection derived from multiple GCMs.

Several metrics to evaluate the performance of each GCM to reproduce monsoon precipitation were proposed to estimate performance-based projection because evaluation of GCM performance in simulating monsoon behavior is important for projecting future discharge in the Chao Phraya River basin. This study was performed to investigate the effects of performance metrics and to estimate the spread of projections derived from the differences in multiple performance metrics.

Multiple future projections using available GCM outputs were conducted in the Chao Phraya River basin and multiple weighted ensemble means were obtained using the proposed multiple metrics related to monsoon precipitation. We compared the projected results obtained and discuss the characteristics of each projection. The performance-based projections indicated that the future river discharge in September is increased by 60%?90% of the retrospective simulation. Our results highlight the importance of appropriate evaluation for the performance of GCMs.

キーワード: 気候変動, 河川流量

Keywords: Climate Change, River discharge

南シナ海夏季モンスーンの開始日の変動 Variation of the South China Sea Summer Monsoon onset

今川 新^{1*}; 樋口 篤志²

IMAKAWA, Shin^{1*}; HIGUCHI, Atsushi²

¹ 千葉大学大学院理学研究科地球生命圏科学専攻地球科学コース, ² 千葉大学環境リモートセンシングセンター

¹Graduate School of Science, Chiba University, ²CEReS, Chiba University

本研究では、南シナ海夏季モンスーン (South China Sea Summer Monsoon: SCSSM) の開始日の変動の要因を明らかにする。まず、南シナ海 (SCS) を北緯 5~15 度、東経 110~120 度とする。JRA-25/JCDAS のデータセットを用いて 1979 年から 2008 年の計 30 年間について東西風の定義を用いて SCSSM の開始日を算出。Kajikawa and Wang(2012) では 1993 年と 1994 年を境に SCSSM の開始日が早期化していることを指摘している。そこで 1979~1993 年を前期 (Prior)、1994~2008 年を後期 (Later) に分け、さらにそれぞれの期間の中で開始日が早い年 (Advanced)、遅い年 (Delayed) を 3 年ずつ抽出し 4 つのグループ (P-A、P-D、L-A、L-D) に分類する。

海表面温度 (SST) の時間変化について着目すると、フィリピン海 (PS: 0~北緯 15 度、東経 125~140 度) の SST は前期 (P-A、P-D) と後期 (L-A、L-D) で違いが見られる。前期のグループの方が後期に比べて約 0.5 度高い。一方 SCS の SST は、開始日の早いグループ (P-A、L-A) の方が遅いグループ (P-D、L-D) よりも高い。この違いは 4 月までの地表の南北風の強度の違いによるものであると考えられる。よって、SST による SCSSM の開始日への影響は SCS と PS とで異なることが分かる。SCS の SST は SCSSM の開始日の年々変動に、一方、PS の SST は 93/94 年変動に寄与する。

また、SCSSM の開始日に関してチベット高原の温度上昇による影響も挙げられる。Ueda and Yasunari(1998) ではベンガル湾及び南シナ海夏季モンスーンの開始日がチベット高原 (北緯 30~35 度、東経 80~100 度) の温度が周辺海域よりも急激に上昇する時期と一致することを指摘した。そこで 200hPa 高度と 500hPa 高度のジオポテンシャル高度の差からチベット高原の温度を算出。4 つのグループで温度上昇の時間変化を比較すると、グループ毎に急激に温度が上昇する時期が異なることが分かる。よって、チベット高原の温度上昇にも変動が存在し、SCSSM の開始日との関連性が考えられる。

そこで、水平風定義による SCSSM の開始日の偏差、チベット高原の急激な温度上昇の時期の偏差、4 月の SCS と PS の SST コントラストの偏差を年々変動と比較すると、特に、水平風定義による SCSSM の開始日とチベット高原の急激な温度上昇の時期との間で高い相関があることが分かった。

また、SCS と PS の SST コントラストが負 (正) の値になり、チベット高原の気温上昇の時期が早く (遅く) になると、SCSSM の開始日が早くなると考えられる。

キーワード: アジア, モンスーン

Keywords: Asia, monsoon

Recent changes in heavy precipitation occurrences along the eastern coast of the Indochina Peninsula Recent changes in heavy precipitation occurrences along the eastern coast of the Indochina Peninsula

福富 慶樹^{1*}; 伍 培明¹; 松本 淳²
FUKUTOMI, Yoshiki^{1*}; WU, Peiming¹; MATSUMOTO, Jun²

¹ 海洋研究開発機構, ² 首都大学東京
¹JAMSTEC, ²Tokyo Metropolitan University

Long-term changes of the frequency of heavy precipitation occurrence along the eastern coast of the Indochina Peninsula were analyzed using daily data from six Vietnamese meteorological stations for the period September–November of 1961–2010. The heavy precipitation days were defined by the 50 and 100 mm/day threshold values. The frequency of the coastal heavy precipitation days were decomposed into tropical cyclone (TC)-induced heavy precipitation days and non-TC heavy precipitation days, and their contribution to a recent increase in the coastal precipitation was examined. Over the 50-yr period, heavy precipitation occurrence indices show a significant increasing trend that is linked to an increasing trend in seasonal amount of the coastal precipitation. A rapid increase in the coastal heavy precipitation days was found from the mid-1990s through the 2000s. This marked increase is basically due to non-TC heavy precipitation events, suggesting that TC passages do not play a role in the recent increase in the seasonal precipitation amount and the heavy precipitation events. A role of tropical synoptic-scale disturbances (TSDs) as non-developing disturbances for TC formation in the non-TC heavy precipitation events was also explored. About 70% of the non-TC heavy precipitation events are associated with TSDs originated from the western North Pacific–South China Sea region. TSD passages are responsible for the recent increase in non-TC heavy precipitation events.

キーワード: heavy precipitation, synoptic-scale disturbances, Indochina Peninsula
Keywords: heavy precipitation, synoptic-scale disturbances, Indochina Peninsula

黒潮前線帯で最発達する爆弾低気圧の進路と発達を導く環境場について Climatology of explosively developing extratropical cyclones over the Kuroshio Front

永井 将貴^{1*}; 樋口 篤志²
NAGAI, Masaki^{1*}; HIGUCHI, Atsushi²

¹ 千葉大学大学院理学研究科地球生命圏科学専攻地球科学コース, ² 千葉大学環境リモートセンシング研究センター
¹Graduate School of Science, Chiba University, ²CEReS, Chiba University

冬季アジアモンスーンが強い時、爆弾低気圧は黒潮流域に集中する (Yoshiike and Kawamura, 2009)。暖流からの熱・水蒸気供給と低気圧の発達過程との関係を理解することは重要である。本研究は、黒潮前線帯近傍で最発達した爆弾低気圧について、進路及び発達位置の違いをもたらす環境場を黒潮前線帯の応答も含めて明らかにすることを目的とした。

黒潮前線帯を西部と東部で区分し、それぞれの領域で最発達した低気圧 (TypeW_P, TypeE_P) に対してコンポジット解析を行った結果、TypeW_P が発達する際には日本海上にメソスケール擾乱が存在することが分かり、低気圧発達後の進路との関連が示唆された。TypeW_P の発達前には黒潮前線帯に顕著な潜熱フラックスの極大域が見られた。これは発達中の低気圧前面に吹く東風に、南北に蛇行した黒潮前線帯が応答したものであった。これらは TypeE_P には見られない特徴であった。また、関東地方の気象に及ぼす影響について、TypeW_P 時は大雪や大雨、TypeE_P 時は強風による災害が発生しやすい傾向にあることがわかった。TypeW_P のもたらす大雨には潜熱フラックス上昇に伴う黒潮続流域からの水蒸気供給の寄与が示唆される。低気圧中心におけるコンポジット解析を行ったところ、低気圧中心に吹き込む水蒸気移流についても両タイプで大きな違いが見られた。低気圧南西象限から中心に吹き込む水蒸気フラックスは TypeE_P でより強く、低気圧南方の可降水量は TypeW_P でより大きい値を示していた。TypeE_P は強い水蒸気引き込みによる発達の促進、TypeW_P は湿潤な空気移流による発達の促進がそれぞれ特徴的であった。同様の解析を大西洋亜寒帯前線帯の西部及び東部で発達する低気圧 (TypeW_A, TypeE_A) においても実施したが、発達の前後で下層環境場に大きな違いは見られなかった。したがって発達位置の違いに伴う下層環境場の違いは黒潮前線帯に特徴的な現象であることがわかった。また、大西洋で発達する低気圧よりも黒潮前線帯で発達する低気圧の方が、低気圧中心への水蒸気移流の影響を強く受けて発達していることが示唆された。

キーワード: 爆弾低気圧, 冬季東アジアモンスーン

Keywords: Explosively developing extratropical cyclone, East Asian winter monsoon

バングラデシュ北東部のGPS可降水量の変動特性 Variability of GPS precipitable water vapor over the northeast Bangladesh

村田 文絵^{1*}; 田部井 隆雄¹; 寺尾 徹²; 林 泰一³; Choudhury S. A.⁴
MURATA, Fumie^{1*}; TABEL, Takao¹; TERAOKI, Toru²; HAYASHI, Taiichi³; CHOUDHURY, S. A.⁴

¹ 高知大学, ² 香川大学, ³ 京都大学, ⁴ バングラデシュ気象局
¹Kochi University, ²Kagawa University, ³Kyoto University, ⁴Bangladesh Meteorological Department

Precipitable water vapor (PWV) derived from Global Positioning System (GPS) which were installed in the northeast Bangladesh was analyzed for different seasons. A GPS utilized for the analysis of pre-monsoon (May 2011) was installed at Sylhet. Two GPS utilized for the analysis of monsoon (July 2007) and winter seasons(December 2007) were installed by UNAVCO at Jamalpur and Jaflong. The simultaneous observation with GPS and radiosondes were conducted in May 2011. The PWV derived from GPS was well corresponded with that derived from radiosondes. A sharp PWV increase frequently observed during the passage of severe storms during the pre-monsoon season. The active and break monsoon periods in July 2007 showed average PWV of 67 mm and 62 mm, respectively. Severe flood occurred over Sylhet area during the active period. The PWV in the winter season showed 10-15-day periodicity in PWV between 15 mm in minimum and 25 mm in maximum. The amplitude of diurnal variation was larger in the break monsoon period than the active monsoon period. The nocturnal maximum and early afternoon minimum were remarkable in the diurnal variation of PWV in the monsoon period. The amplitude of diurnal variation was also large in winter. The phase in the diurnal variation was different in the two GPS stations. The PWV was increase on 12-18 LT at Jaflong, but the PWV had minimum on the same period of time at Jamalpur.

キーワード: GPS 可降水量, バングラデシュ, 季節内変動, 日変化
Keywords: GPS precipitable water, Bangladesh, Intraseasonal variation, Diurnal variation

Distributed hydrological model simulation on the diurnal-cycle of Ciliwung River basin Distributed hydrological model simulation on the diurnal-cycle of Ciliwung River basin

SULISTYOWATI, Reni^{1*}; HAPSARI, Ratih indri²; MORI, Shuichi³; SYAMSUDIN, Fadli⁴; OISHI, Satoru¹; YAMANAKA, Manabu D.¹

SULISTYOWATI, Reni^{1*}; HAPSARI, Ratih indri²; MORI, Shuichi³; SYAMSUDIN, Fadli⁴; OISHI, Satoru¹; YAMANAKA, Manabu D.¹

¹Kobe University, ²State Polytechnic of Malang, ³JAMSTEC, ⁴BPPT

¹Kobe University, ²State Polytechnic of Malang, ³JAMSTEC, ⁴BPPT

A systematic diurnal-cycle of water level is persistently generated over Ciliwung River basin during the Intensive Observational Period of HARIMAU2010 (15 January to 15 February 2010). It is almost uniquely explained by diurnal-cycle of rainfall observed with weather radar (C-band Doppler Radar) over Jakarta and surrounding area.

In this study, we have shown a simulation of the diurnal cycle of Ciliwung River water level by distributed hydrological model (the CDRMV3 model). Using the CDR rainfall data, river discharge is simulated both for short period and one-month period in two station, i.e. Manggarai (downstream outlet) and Katulampa (upstream outlet), and verified by comparing with the observation discharge from those two station.

Further improvement of the simulation scheme for the diurnal-cycle rainfall is also discussed.

キーワード: Diurnal-cycle, Weather radar, Distributed hydrological model, Rainfall, Runoff

Keywords: Diurnal-cycle, Weather radar, Distributed hydrological model, Rainfall, Runoff

Introduction of the SCOSTEP' s VarSITI program - Variability of the Sun and Its Terrestrial Impact

Introduction of the SCOSTEP's VarSITI program - Variability of the Sun and Its Terrestrial Impact

塩川 和夫^{1*}; Georgieva Katya²
SHIOKAWA, Kazuo^{1*}; GEORGIEVA, Katya²

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ²Space Research and Technologies Institute, Bulgarian Academy of Sciences

¹Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, ²Space Research and Technologies Institute, Bulgarian Academy of Sciences

The Scientific Committee on Solar Terrestrial Physics (SCOSTEP) is an interdisciplinary body of the International Council for Science (ICSU) to run international interdisciplinary scientific programs and promotes solar-terrestrial physics research. The last solar minimum in 2008-2009 and the current solar maximum of sunspot cycle 24 show much lower activities compared with the previous two solar cycles 22 and 23. The scientists in the solar-terrestrial physics are watching very low solar activities and their consequences on Earth, which have never been observed since modern scientific measurements become available. The SCOSTEP program "Variability of the Sun and Its Terrestrial Impact (VarSITI)" (2014-2018) will focus on this particular low solar activity and their consequences on Earth, for various times scales from the order of thousands years to milliseconds, and for various locations and their connections from the solar interior to the Earth's atmosphere. In order to elucidate various sun-earth connections, we encourage communication between solar scientists (solar interior, sun, and the heliosphere) and geospace scientists (magnetosphere, ionosphere, and atmosphere). Campaign observations will be promoted for particular interval in collaboration with relevant satellite and ground-based missions as well as modeling efforts. Four scientific projects will be carried out in VarSITI as (1) Solar Evolution and Extrema (SEE), (2) International Study of Earth-Affecting Solar Transients (ISEST/Minimax24), (3) Specification and Prediction of the Coupled Inner-Magnetospheric Environment (SPeCIMEN), and (4) Role Of the Sun and the Middle atmosphere/thermosphere/ionosphere In Climate (ROSMIC). In this presentation we introduce the VarSITI program and its four projects to promote interdisciplinary studies among different fields.

キーワード: VarSITI, 太陽活動, 気候変動, 大気圏, 電磁気圏, 太陽圏

Keywords: VarSITI, solar activity, climate change, atmosphere, magnetosphere and ionosphere, heliosphere

California Nino/Nina in boreal summer California Nino/Nina in boreal summer

袁 潮霞^{1*}; 山形 俊男¹
YUAN, Chaoxia^{1*}; YAMAGATA, Toshio¹

¹APL, JAMSTEC

¹APL, JAMSTEC

Anomalous warming/cooling in the coastal ocean off Baja and Alta California has attracted broad attention due to its significant impacts on the coastal marine ecosystem. The anomalous warming/cooling has been attributed, especially in boreal winter, to the remote forcing of the tropical El Nino/Southern Oscillation (ENSO) through both oceanic and atmospheric teleconnections and/or the ENSO-independent basin-wide atmospheric circulation anomalies in mid-latitudes. In the present study, we show for the first time the existence of coastal air-sea coupled phenomenon in the coastal ocean off Baja and Alta California in boreal summer. An initial decrease/increase in the southward alongshore surface winds along the coast weakens/strengthens the coastal upwelling and raises/lowers the coastal sea surface temperatures (SSTs) through oceanic mixed-layer processes. The resultant coastal warming/cooling, in turn, heats/cools the overlying atmosphere anomalously, decreases/increases the atmospheric pressure in the lower troposphere, generates an anomalous cross-shore pressure gradient, and thus reinforces or maintains the alongshore surface wind anomalies. The air-sea coupled phenomenon is analogous to the well-known ENSO in the tropical Pacific but with much smaller time and space scales, and referred to as California Nino/Nina (CAN) after the pioneer work that describe the warming events in the coastal ocean off Baja and Alta California as California El Nino.

キーワード: California Nino/Nina, coastal air-sea interaction

Keywords: California Nino/Nina, coastal air-sea interaction

River discharges, ocean circulation and material transport in Japanese coastal waters: simulation with JCOPE ocean model
River discharges, ocean circulation and material transport in Japanese coastal waters: simulation with JCOPE ocean model

VARLAMOV, Sergey^{1*} ; MIYAZAWA, Yasumasa¹ ; YAMASHIKI, Yosuke² ; SASAKI, Toshiaki²
VARLAMOV, Sergey^{1*} ; MIYAZAWA, Yasumasa¹ ; YAMASHIKI, Yosuke² ; SASAKI, Toshiaki²

¹Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ²Graduate School of Advanced Integrated Studies in Human Survivability, Kyoto University

¹Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ²Graduate School of Advanced Integrated Studies in Human Survivability, Kyoto University

The total volume of fresh water discharged by rivers into the world ocean is incompatible with the total mass of ocean waters; however these discharges contribute significantly into formation of fresher coastal waters and details of coastal ocean circulation.

This impact is not local, and supports presence of lower salinity waters in wide coastal areas along Japanese coast. In an absence of rivers in ocean model for appropriate reproducibility of ocean surface salinity it is often required to apply salinity restoration approach. Additionally, rivers could bring to ocean surface-floating, suspended and dissolved substances, some of which are hazardous, like radioactive materials initially dropped on the ground following such disasters as Fukushima Dai-Ichi nuclear power plant accident. These could be washed to rivers by strong rainfalls.

Method of counting inflow of fresh water from rivers as horizontal fluxes to the designated model cells is used. Demonstrated are direct impacts of rivers on formation of fresher waters along the coast of Japan and some cases of induced by discharges local ocean circulation patterns near the river mouth locations. A preliminary experiment when the model utilizes the hourly information on the amount of river discharges demonstrates an importance of such approach for the correct simulation of transport processes in extreme conditions like the typhoon-induced precipitations that often take place in Japan and East Asia. For achieving of this capacity, we are looking for utilization of simple land waters hydrological models for main river basins that could transfer the detailed meteorological precipitation forecast information into the approximate forecasts of river discharges.

キーワード: river discharge, ocean circulation, river-ocean interaction, coastal ocean processes

Keywords: river discharge, ocean circulation, river-ocean interaction, coastal ocean processes

東日本大震災に伴う、パーフルオロアルキル基を有する化学物質の日本沿岸から北西太平洋への突発的流入
A spike-like input of perfluoroalkyl substances into the Western North Pacific from the Japanese Coast associated with t

宮澤 泰正^{1*}; 山下 信義²; 谷保 佐知²; 山崎 絵里子²; Guo Xinyu³; Varlamov Sergey¹; 美山 透¹
MIYAZAWA, Yasumasa^{1*}; YAMASHITA, Nobuyoshi²; TANIYASU, Sachi²; YAMAZAKI, Eriko²; GUO, Xinyu³; VARLAMOV, Sergey¹; MIYAMA, Toru¹

¹ 海洋研究開発機構, ² 産業技術総合研究所, ³ 愛媛大学

¹Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ²National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ³Ehime University

The recent great earthquake of magnitude 9.0 on 11 March 2011 followed by TSUNAMI and fire in Japan has resulted in serious environmental problems in and around Japan. A huge amount of materials has been discharged into the ocean after the tremendous flood damage by TSUNAMI. A research group of the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology has sampled the perfluoroalkyl substances (PFAs), which are chemical materials included in the industrial products, in the Western North Pacific for past a few years. They found some evidences showing an abrupt increase of the PFAs concentration east of Japan in 2011 after the great earthquake. To confirm the anomalous input of two typical PFAs (PFOA and PFOS) from the Japanese coast into the ocean, we conducted a series of chemical tracer simulations using an eddy-resolving ocean reanalysis product, JCOPE2, by assuming the oceanic dispersion of the PFAs dissolved in sea water mainly driven by the ocean current. Comparison of the simulation results with the observation actually indicates a spike-like input of PFOA into the Western North Pacific after the great earthquake; however, the simulations could not well explain the observed distribution of PFOS, suggesting some differences in the oceanic dispersion processes between PFOA and PFOS. We discuss estimates of the total emission amounts of PFOA and PFOS based on a simple process representing the TSUNAMI effect on the emission from the land.

キーワード: パーフルオロアルキル基, 東日本大震災, 海洋分散, 津波, 海洋観測, 数値シミュレーション

Keywords: perfluoroalkyl substances, the great earthquake 0311, oceanic dispersion, Tsunami, oceanic observation, numerical simulation

スーパーコンピュータ「京」を用いた集中豪雨の超高解像度実験 Super high resolution experiments of torrential rainfall events with the K super computer

大泉 伝^{1*}; 黒田 徹¹; 齊藤 和雄²
OIZUMI, Tsutao^{1*}; KURODA, Tohru¹; SAITO, Kazuo²

¹ 独立行政法人海洋研究開発機構, ² 気象研究所 / 海洋研究開発機構

¹Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ²Meteorological Research Institute / JAMSTEC

近年、局所的な大雨による災害が増加している。例えば、神戸では2008年7月にゲリラ豪雨による突発的な洪水が発生し、昨年は伊豆大島で土石流が発生し、人命が失われる等の被害を引き起こした。これらの災害で特徴的なのは、狭い範囲で雨の降り方が異なる点である。神戸のケースでは、14km²の小さな流域の3割を占める都市部からの流出が7割であった事が報告されている。伊豆大島のケースでは、4kmしか離れていないアメダス観測所の雨量が約2倍も違っていた。これらの現象は地形に強く依存していると考えられており、気象モデルで、数百mスケールの高解像度実験を行う事は非常に重要である。発表では、スーパーコンピュータ「京」と気象庁非静力学モデル (JMA-NHM) を用いて行った結果を報告する。

キーワード: 数値気象モデル, 気象庁非静力学モデル, スーパーコンピュータ京
Keywords: Numerical weather prediction model, JMA-NHM, Kei super computer

Interannual variability of Kuroshio nitrate flux and transport along western boundary in the North Pacific Interannual variability of Kuroshio nitrate flux and transport along western boundary in the North Pacific

笹井 義一^{1*}; 佐々木 英治¹; 野中 正見¹
SASAI, Yoshikazu^{1*}; SASAKI, Hideharu¹; NONAKA, Masami¹

¹ 海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

An eddy-resolving coupled physical-biological ocean model has been employed to examine the interannual variability of nitrate flux and transport mechanism by the Kuroshio during 1995-2012. The Kuroshio provides an advective flux of nitrate carried in subsurface waters, redistributing nitrate from the tropics to the mid-latitude. Some observed data capture the nitrate flux and transport in the subsurface layers by the Kuroshio. The maximum nitrate flux core appears about 400 m depth in the East China Sea, and the nitrate transport by the Kuroshio had a mean of 170 kmol s⁻¹. The model reproduces the maximum nitrate flux core in the subsurface layer from the Luzon strait to the Kuroshio Extension with the downstream. Along the vertical section of east side of Taiwan (24N), west side of Okinawa (28N), south of Kagoshima (130E), the time series of nitrate flux, volume transport, and nitrate concentration show the interannual variation. The variability of nitrate flux is strongly correlated with the variability of Kuroshio volume transport, but the nitrate concentration shows the increasing trend between 1995 and 2008. This trend may be related to the variability of nitrate concentration in the upstream of Kuroshio.

キーワード: Nitrate transport, Kuroshio, Interannual variability, High-resolution ocean physical-biological model
Keywords: Nitrate transport, Kuroshio, Interannual variability, High-resolution ocean physical-biological model

High Resolution, Terrain Independent Radiation Mapping High Resolution, Terrain Independent Radiation Mapping

Scott Thomas^{1*}
SCOTT, Thomas^{1*}

¹Interface Analysis Centre School of Physics University of Bristol

¹Interface Analysis Centre School of Physics University of Bristol

The University of Bristol has developed a terrain-independent, wide area radiation mapping system using an UAV (Unmanned Aerial Vehicle). At the heart of the system is a micro computer, carried by a semi-autonomous multi-rotor copter (drone), combining data from a lightweight gamma spectrometer, laser range finder, and GPS, to geospatially map radioactive anomalies.

Aerial vehicles can be purpose built, according to range/flight time required, payload/sensing strategy and operational environment. For example, an unmanned vehicle could be tailored for mapping over both land and sea areas, where it could land in the sea at different locations to make water based gamma measurements. The system is also adaptable for use on ground vehicles, or handheld, walking surveys.

Information is streamed in real-time, providing high resolution detail on source isotopes, intensity and location of the radiation anomaly. More than just a flying Geiger counter, the system can differentiate between natural and man-made anomalies - such as types of nuclear fuel, radioactive waste or spent munitions.

This is all achieved from a safe distance, keeping people and manned aircraft away from hazardous environments.

Examples of uses include;

*Rapid disaster response monitoring of nuclear events, providing real-time data on spread, source and intensity. This could range from site incidents to terrorist events.

*Routine monitoring of nuclear sites (internally and externally), mining operations and oil and gas facilities.

*Nuclear plants - new build: site survey and characterisation of pre and post construction and monitoring during plant life time.

*Environmental monitoring for site decommissioning.

*Environmental monitoring of war zones for spent depleted uranium munitions.

*Homeland security and nuclear material detection.

The instrument securely transmits the location, identity and intensity of radionuclide contamination to a remote operator or base station. Sub metre resolution is attainable by flying slowly, even to the point of a fixed hover, relatively close to the ground.

It can be operated manually, using traditional radio-controls or semi autonomously via programmed GPS waypoints. Grid lines are used to create survey routes that provide detailed geographical coverage of a designated area. Programming can include automated landing and take-off, such that the device can gather long exposure spectra of the region of interest.

Heat budget analysis on cooling events associated with typhoon passages in Seto Inland Sea, Japan

Heat budget analysis on cooling events associated with typhoon passages in Seto Inland Sea, Japan

内山 雄介^{1*}; 西井 達也¹
UCHIYAMA, Yusuke^{1*}; NISHII, Tatsuya¹

¹ 神戸大学大学院工学研究科

¹ Graduate School of Engineering, Kobe University

Typhoons alter coastal oceans significantly through several mechanisms including the enhanced vertical mixing through increased surface wind and waves, resulting in extensive cooling of the upper oceans. In the present study, we investigate impacts of typhoon passages with a detailed ocean modeling in particular on the temperature structure in Seto Inland Sea, the largest semi-enclosed estuary in Japan. We develop a synoptic, double nested downscaling ROMS model (Shchepetkin and McWilliams, 2005; 2008) forced by the assimilative JCOPE oceanic reanalysis (Miyazawa *et al.*, 2009) and JMA GPV-MSM atmospheric reanalysis for the surface momentum, heat and radiation fluxes by exploiting a bulk formula developed for COAMPS. The horizontal grid refinement occurs from 1/12 degree (JCOPE2) to 2 km (ROMS-L1) and to 600 m (ROMS-L2), where the L2 model running for about two years (2012-2013) is our test bed for the comprehensive heat budget analysis. The persistent clockwise estuarine circulation and the eastward-flowing Kuroshio are key features that cause the overall circulations of the estuary.

In the fall 2012, SST is found to decrease about two degrees for a two-week period during three consecutive typhoons passing nearby. The first EOF mode of the modeled SST corresponds to the seasonal cooling along with mixed-layer deepening, whereas the effects of the typhoons appear in higher modes. Kuroshio interacts with the topography to form standing cyclonic cold-core eddies as extracted in the second mode, resulting in intermittent eastward cold-water transport beyond the headlands. The third and fourth modes jointly represent cold water formation associated with storm-driven coastal upwelling that propagates with the estuarine circulation. Similar EOF modes are detected in the SST during the fall 2013 when two typhoons attacked the study area.

In the falls in 2012 and 2013 after the mid September when a series of typhoons pass by the estuary, the heat budget analysis exhibits that the net heat flux at surface becomes negative to induce prominent surface cooling and cold-water formation in the upper ocean. Whereas divergence of the horizontal advective heat flux is crucial in the daily-averaged heat budget, the surface net heat flux is essential to long-term temperature variation. Latent heat flux is found to play a primary role in the negative net surface flux as well as decrease of downward shortwave (solar) radiation. Unstable lowest atmospheric planetary boundary layer leads to pronounced changes in the latent heat flux in response to surface wind and abrupt decrease of the near-surface humidity after the typhoon passages.

Keywords: typhoon, estuary, heat budget analysis, EOF analysis, ROMS

海洋－水文結合モデルの開発 Development of a hydro-ocean coupled model

木田 新一郎^{1*}; 山敷 庸亮²
KIDA, Shinichiro^{1*}; YAMASHIKI, Yosuke²

¹ 海洋研究開発機構, ² 京都大学
¹Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ²Kyoto University

A new hydro-oceanic coupled model is developed for examining the basic dynamics of river-ocean interaction in estuary zones during high water discharge events. These high frequency and vigorous events are not reproduced in climatological river transport data sets that are often used in ocean circulation models. The new hydro-oceanic model is based on an isopycnal layer model. It treats continental and oceanic water with separate layers but allows dynamical interaction between the two. Mixing between the two layers occurs through a Richardson number criterion. When the model is forced with Radar-Rain gauge analyzed precipitation data around eastern Japan, the model simulates the river discharge of Abukuma river basin that is analogous to observations. The abrupt changes in the water mass transport at upstream and downstream locations are well captured, showing its applicability for hydrological basin analysis. Freshwater plumes that hug along the oceanic coasts are also well captured. We find the model, based on single dynamical core, useful for both hydrological catchment and estuary mixing zone and can be used for examining the impact of weather related events.

キーワード: 海洋モデル, 水文モデル
Keywords: Ocean model, Hydrological model

FIELD OBSERVATION ON PHYSICAL CHARACTERISTICS OF ABUKUMA RIVER ESTUARY IN SENDAI BAY FIELD OBSERVATION ON PHYSICAL CHARACTERISTICS OF ABUKUMA RIVER ESTUARY IN SENDAI BAY

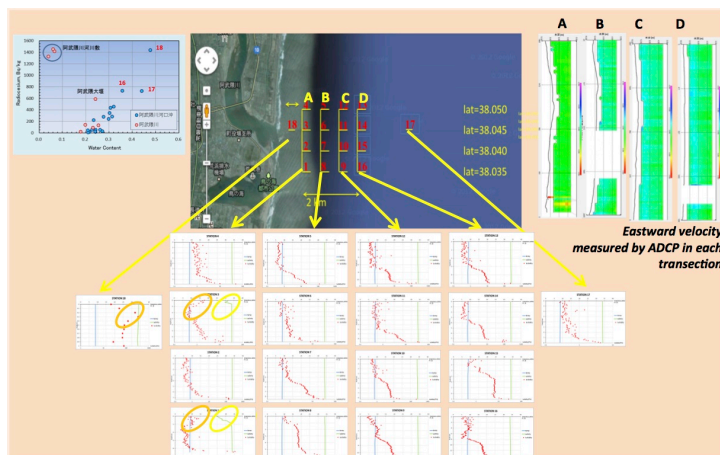
YAMASHIKI, Yosuke^{1*}; PRATAMA, Adhiraga³; VARLAMOV, Sergey⁴; MIYAZAWA, Yasumasa⁴; YAMAZAKI, Hideo⁵; ISHIDA, Masanobu⁵; NIWA, Yoshihiro⁶
YAMASHIKI, Yosuke^{1*}; PRATAMA, Adhiraga³; VARLAMOV, Sergey⁴; MIYAZAWA, Yasumasa⁴; YAMAZAKI, Hideo⁵; ISHIDA, Masanobu⁵; NIWA, Yoshihiro⁶

¹GSAIS, Kyoto University, ²Application Laboratory, JAMSTEC, ³GSE, Kyoto University, ⁴RCGC, JAMSTEC, ⁵Kinki University, ⁶EPS, The University of Tokyo

¹GSAIS, Kyoto University, ²Application Laboratory, JAMSTEC, ³GSE, Kyoto University, ⁴RCGC, JAMSTEC, ⁵Kinki University, ⁶EPS, The University of Tokyo

Higher amount of radiocaesium transport from Abukuma river into Pacific Ocean, especially during the extreme events, has already estimated. The current study aims to clarify the following: i) to survey estuary mixing processes during freshwater and turbidity intrusion from Abukuma river mouth, largest river basin affected fallout, where annual radiocaesium flux reached 10 Terabecquerel during our observation in 2011-2012; ii) To identify bottom-sediment contamination along the river mouth by sediment sampling. Field observation was conducted both in March 18 and September 2-3 in Sendai Bay. Vertical temperature and turbidity, together with the salinity field are observed using fishing vessel. We analyzed also vertical velocity profile using ADCP to identify the current movement of the bay. The velocity fields in Sendai Bay of the observation date are illustrated using JCOPE2 program. Figures 1 illustrates observation points, vertical salinity, turbidity and temperature field in each points, and vertical velocity profile observed in 18 March 2013. The eastward surface current was observed in each transection line. At near bottom of the sea, westward current was observed, indicating estuary circulation. Southward surface current was observed in most of latitudinal section, weak northward bottom current was also found. Freshwater intrusion was observed on some of the stations in transection A which is located near the mouth of Abukuma River. In most of the station, turbidity peak was observed in near bottom of the sea, except in some station in transection A where the peak of turbidity was found in surface similar to the location of freshwater intrusion. Higher concentration of radiocaesium in the bottom sediment near the Abukuma river mouth is observed where fine argilliferous soil are found, much higher than that in surrounded area, giving important evidence of radiocaesium in particulate form supplied from Abukuma River. Peaks of turbidity near the river mouth were found at slightly lower position than the freshwater-saline boundary at stations 1 and 3 (March 20), implying that the occurrence of coagulation of suspended particulate matter through mixing with saline water, supporting the observed concentration found in (1).

キーワード: Abukuma river, Coastal zone, Estuary circulation, Mixing zone, Radiocaesium
Keywords: Abukuma river, Coastal zone, Estuary circulation, Mixing zone, Radiocaesium



地理観測用衛星データ操作ソフト「Geo-Sim」の開発 Development of Satellite data manipulator for geography analysis

中野 不二男^{1*}
NAKANO, Fujio^{1*}

¹ 独立行政法人 宇宙航空研究開発機構, ² 京都大学 宇宙総合学研ユニット
¹Japan Aerospace Exploration Agency, ²Kyoto University

地理観測用衛星データ操作ソフト「Geo-Sim」の開発

1. 衛星データの多機能化

地球観測衛星によって取得されたデータは、土地利用や災害監視など幅広い分野で活用されている。特に過去10年ほどの間に、搭載される各種センサやレーダーが高性能化し、取得される衛星データの解像度は急速に向上した。とくに我が国の陸域観測技術衛星 ALOS (Advanced Land Observing Satellite:通称「だいち」) は、地表面の凹凸を高い精度で観測できるセンサ PRISM を搭載し、DSM (Digital Surface Model) データの取得を可能にした。こうした先進的なセンサによって取得されるデータを活用することにより、2次元の平面で扱うことが一般的であった衛星データを、立体的な3次元のデータとすることが可能になる。衛星データを3次元として扱うことは、利活用範囲の拡大を意味し、これまでにない多機能化が期待できる。

2. 「Geo-Sim」の開発

衛星データは GB 単位になることが珍しくはなく、市販のコンピュータによる3次元化は負荷が大きかった。しかし近年、コンピュータの高性能化と低価格化により、その障壁は低くなった。そこで我々は、ALOS データをはじめとする各種衛星データを、市販のコンピュータ上で3次元表示できる Viewer を開発した。これにより一般の人々でも、マウス等の操作により立体的な地形を自在な角度から観察したり、地盤を傾斜させたり、さらには海水準を変動させるなどして海岸線の変化を確認することが可能になった (図 1.)。

図 1. iPad による Geo-Sim の操作

さらに GPS と連動した iPad 上に3次元衛星データを表示し、通信環境のないエリアでも使用可能な「Geo-Sim」を開発した。これにより、土石流の発生状況、あるいは古代の海岸線などを CG によって再現し、かつ現場における照合作業が可能になる。

3. ALOS-2 の打ち上げ

陸域観測衛星 ALOS (「だいち」) は、東日本大震災発生直後に被災地周辺を集中的に観測した後、電力異常により運用停止となった。2014年春に打ち上げ予定の後継機 ALOS-2 は、ALOS とは異なり搭載される機能は合成開口レーダーに限定される。しかし解像度は極めて高くなるため、土石流発生箇所の観測精度は向上することが期待できる。また、水面の波による反射から、風の影響を可視化することも期待される。

4. 今後の計画

「Geo-Sim」は、3DCG による古代景観の再現を表示するなど主として観光用を目的としたソフトウェアとして、民間企業により実用化に向けた計画が最終段階に入っている。我々は、これまで蓄積してきた技術をもとに、海底地形データと、衛星による陸域のデータを融合し、海水準の上昇だけではなく降下も含めた、さまざまなシミュレーションに対応する、新たなソフトウェア「地理学シミュレータ」の開発に取り組む予定である。

キーワード: ALOS, AVNIR-2, PRISM/DSM, DEM, Geo-Sim
Keywords: ALOS, AVNIR-2, PRISM/DSM, DEM, Geo-Sim

ACG05-11

会場:211

時間:4月30日 12:05-12:25



図1. iPadによるGeo-Sim の操作

Land-Ocean Mutual Interaction: Sediment Transportation Processes in Coastal Zone Induced by Abukuma River Mouth Runoff

Land-Ocean Mutual Interaction: Sediment Transportation Processes in Coastal Zone Induced by Abukuma River Mouth Runoff

TROSELJ, Josko^{1*} ; YAMASHIKI, Yosuke² ; TAKARA, Kaoru³
TROSELJ, Josko^{1*} ; YAMASHIKI, Yosuke² ; TAKARA, Kaoru³

¹Graduate School of Engineering, Kyoto University, ²Graduate School of Advanced Integrated Studies in Human Survivability, Kyoto University, ³Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University
¹Graduate School of Engineering, Kyoto University, ²Graduate School of Advanced Integrated Studies in Human Survivability, Kyoto University, ³Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

1. Introduction

Modeling of a contact zone between a river coming from potentially contaminated basin and an ocean is especially sensitive case for Land-Ocean coupling interaction due to significant risk of major environmental disaster which can occur in the case of contamination of the coastal zone. Therefore, it is of great importance to study and develop integrated modeling approach to comprehend the complex interaction processes in the contact zone in order to minimize disaster risk potential, which can consequently cause undesirable social and economical costs.

2. Objectives

The focus of this study is to promote relevant numerical simulation on Land-Ocean coupling modeling approach applicable for the bay and estuary zone affected by river inflow and associated sediment transportation from the Abukuma river basin in Japan. By conducting several field observations, we found interesting and unusual temporal and spatial distribution of radionuclides within the coastal zone near the river mouth. Sediment transportation processes which have led to the distribution as well as influence of near-shore bathymetry to sediment dispersion are of close interest for the study. Calculation was conducted by simulating stages and conditions for mechanisms of sediment transport in the coastal zone, from initial deposition onto river bed to final deposition onto ocean floor, with special focus on processes which are occurring during high water periods.

3. Model Description

The modeling approach has been studied by combining river mouth runoff boundary conditions by using Lagrangian particle tracking model for simulating sediment transportation, with coupled atmosphere-ocean-land model (MSSG model, JAMSTEC) which used fine resolution grid, and associated downscaling techniques for oceanic boundary conditions (JCOPE2 model, JAMSTEC) which used coarse resolution grid. We have simulated two different cases, at first circulation of ocean itself in non-equilibrium quasi stationary state, where its dynamics was induced only by its own temperature and salinity data differences among adjacent cells, and at second response of the ocean circulation to inflow from the river outlet, simulated under various boundary conditions and external effects.

ETOPO1, 1 Arc Minute Global Relief Model was chosen as initial database for bathymetry data, while World Ocean Atlas 2005 database was chosen as initial 3D database for temperature, salinity, pressure, and velocity field data. Incompressible Navier-Stokes equation and Yin-Yang grid were used in the calculation of the flow field.

4. Conclusions and follow up

The study is continuous part of the PhD study of the first author, so the results are about to be improved as the course will continue. So far, results neither confirmed nor denied the hypothesis that near-shore bathymetry may have important role in spatial dispersion of radionuclides, so the question still remains open and subject for discussion. Our assumption is that using fine resolution grid within the contact zone between two different fluids should give us better insight into the problem, while simultaneously proper downscaling of outer oceanic boundary conditions and proper coupling with sediment transportation model are needed to be done in order to maintain satisfactory level of simulated physics of processes during the calculation. In follow up of the study, we will try to simulate hydrograph based water wave rather than constant inflow from the river mouth, as well as try to put ocean side into initial dynamic state rather than non-equilibrium quasi stationary state. Also, more focus will be aimed to the physical processes behind mechanisms of radionuclide transportation from the basin towards the river mouth.

Acknowledgements

ACG05-P01

会場:3 階ポスター会場

時間:4 月 30 日 18:15-19:30

Dr. Shinichiro Kida, executive supervisor, JAMSTEC
Dr. Keiko Takahashi, MSSG program director, JAMSTEC
Monbukagakusho (MEXT) scholarship, GCOE-HSE program

キーワード: River-ocean interaction, Integrated atmosphere-land-ocean model, Sediment transportation of radionuclides, Lagrangian particle tracking model, Near-shore bathymetry influence

Keywords: River-ocean interaction, Integrated atmosphere-land-ocean model, Sediment transportation of radionuclides, Lagrangian particle tracking model, Near-shore bathymetry influence

modelling of radiocesium movement in catchment area of abukuma river, japan modelling of radiocesium movement in catchment area of abukuma river, japan

PRATAMA, Mochamad adhiraga^{1*}; YAMASHIKI, Yosuke²; YONEDA, Minoru¹
PRATAMA, Mochamad adhiraga^{1*}; YAMASHIKI, Yosuke²; YONEDA, Minoru¹

¹Department of Environmental Engineering, Kyoto University, ²Graduate School of Advanced Integrated Studies in Human Survivability, Kyoto University

¹Department of Environmental Engineering, Kyoto University, ²Graduate School of Advanced Integrated Studies in Human Survivability, Kyoto University

The great earthquake on March of 2011 followed by tsunami caused Fukushima Dai-ichi reactor meltdown which led to explosion and emission of radioactive substances into environment. As a result, Abukuma River, one of the most important rivers in Japan and its catchment area, received up to 2.25×10^6 Bq/m² of radiocesium. Previous study found that 80-90% of radiocesium influx to Abukuma River was in particulate form and it was estimated that 10 TBq of the radionuclide was released into the end point of the river, coastal sea of Sendai Bay. A lot of models of radionuclides movement had been developed, however just few models that account solid wash off process in catchment area. This study tried to simulate the influx of radiocesium into Abukuma River from its catchment area by modifying MOIRA model with addition on solid transport which was calculated with SWAT model. Deposition of the radiocesium was used as an input of the model. Then after, fixation process into surface ground, liquid wash-off by surface run off, and solid wash off by erosion are the mechanisms which govern the dynamic of the radiocesium in this model. The result at the model shows an agreement compared to the observed data. With R² value of 0.8 showed that the model could explain seasonal variability of observed data. However, as several uncertainties were observed such as quantification of storm effect and decontamination activities, further study to optimize and improve the result of the model is deemed necessary

キーワード: model, influx, radiocesium, Abukuma River
Keywords: model, influx, radiocesium, Abukuma River

福島県須賀川市における菜の花プロジェクトの貢献と農業復興に関する一考察
A Study of Contribution of "Nanohana Project" and Agricultural restoration in Sukagawa,
Fukushima, Japan

木村 直子^{1*}

KIMURA, Naoko^{1*}

¹ 京都大学大学院地球環境学舎

¹GSGES, Kyoto University

This paper explores for what and to what extent "Nanohana Project" contributes to restoration in Sukagawa, Fukushima Prefecture, Japan. Since the huge earthquake and tsunami occurred in March 2011, agricultural fields in these cities have been suffering damages caused by radionuclides classified as nuclear-fission products from the Fukushima No.1 Nuclear Power Plant (Tokyo Electricity Power Company (TEPCO)) due to the accident. Agricultural field restoration, especially decontamination of radionuclides from the soil, is one of the most important issues to be tackled for local farmers. This research reviews literatures regarding and conducted an interview to an agricultural production corporation in Sukagawa in order to grasp what initiatives has been taken to reduce radionuclides in their products as well as to fight to bad rumors among general public. "Nanohana Project" has been implemented with local stakeholders in Sukagawa since 2007. They grow Nanohana (rapeseed flower or colza, Brassica Napus) and produce Biodiesel fuel (BDF) from seeds as well as biogas (BG) out of the pomace (leaves and stems after producing BDF), and they use the BDF and BG in the local area. The Nanohana absorbs some radionuclides in the soil in its growing process, and there was attention to it after disaster, however some scientific researches found that the absorption amount is limited and may not be a remedy itself for decontamination of radionuclides. Nevertheless, "Nanohana Project" has been ongoing and the network is expanding in Sukagawa. This paper discusses contribution of "Nanohana Project" and initiatives by an agricultural production corporation for restoration through qualitative analysis of interview and some key figures in order to speculate the Project's possible roles for future reconstruction in the region.

Keywords: Nanohana, decontamination, restoration, agricultural production corporation, Sukagawa

ライン川における1979年から1994年における月および経年変化と土地利用変化に関する研究
The relationship between monthly and yearly trend of Ammonia and SS loading at Rhine River and land use change

寺本 智子¹; 山敷 庸亮^{2*}; 寶 馨³
TERAMOTO, Tomoko¹; YAMASHIKI, Yosuke^{2*}; TAKARA, Kaoru³

¹ 京都大学大学院工学研究科, ² 京都大学大学院総合生存学館, ³ 京都大学防災研究所

¹Department of Environmental Engineering Graduate School of Engineering Kyoto University, ²Graduate School of Advanced Integrated Studies in Human Survivability Kyoto University, ³Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

Rhine River is the international river, which flows through several countries, so it is important to know and maintain the water quality. To estimate the gross loading to the marine environment is necessary for assessment of the current status of the coastal zone, especially for the water quality of Bays and Estuary zone.

In this study, we estimate Ammonia SS loading at Rhine River by using GEMS/Water (Global Environment Monitoring System/ Water) Dataset and GRDC (Global Runoff Data Centre) Dataset.

The procedure of this research is three steps. First, we have used the set of discharge data obtained from GRDC to be used for the loading estimation based on the observed data. Second, the locations of GEMS/Water and GRDC station have been compared to identify appropriate station to set the calculation loading. Finally, we have multiplied concentration and discharge to get the loading.

The characteristics land use of Rhine River basin has been analyzed using the Global Land Cover Characterization dataset prepared by USGS.

For land use change of Rhine River basin has been analyzed by using landsat5 and landsat7 images.

The concentration and loading results show seven things : (1) From December to February, Ammonia concentration was higher than other months. (2) From January to march, Ammonia loading was higher than other months. (3) Ammonia concentration was gradually decreasing except through 1983 to 1987. (4) Ammonia loading was decreasing and the number suddenly dropped at 1989 (5) SS concentration was stable through 1979 to 1994 except 1983, 1984 and 1995. (6) From December to February SS loading was higher than other months. (7) SS loading was gradually decreasing and the number suddenly dropped at 1989.

The Rhine river watershed is mainly forest and grassland by analyzing land use from USGS data. This land use affects water quality

キーワード: 水質, 汚濁負荷量, 土地利用, ライン川
Keywords: Water Quality, loading, land use, Rhine River

NASA Earth Science and Applications NASA Earth Science and Applications

Freilich Michael^{1*}
FREILICH, Michael^{1*}

¹Director, Earth Science Div. NASA Headquarters

¹Director, Earth Science Div. NASA Headquarters

Earth is a complex, dynamic system we do not yet fully understand. The Earth system, like the human body, comprises diverse components that interact in complex ways. We need to understand the Earth's atmosphere, lithosphere, hydrosphere, cryosphere, and biosphere as a single connected system. Our planet is changing on all spatial and temporal scales. The purpose of NASA's Earth science program is to develop a scientific understanding of Earth's system and its response to natural or human-induced changes, and to improve prediction of climate, weather, and natural hazards. A major component of NASA's Earth Science Division is a coordinated series of satellite and airborne missions for long-term global observations of the land surface, biosphere, solid Earth, atmosphere, and oceans. This coordinated approach enables an improved understanding of the Earth as an integrated system.

Over the coming decades, NASA and the Agency's research partners will continue to pioneer the use of both spaceborne and aircraft measurements to characterize, understand, and predict variability and trends in Earth's system for both research and applications. NASA Earth System Science conducts and sponsors research, collects new observations, develops technologies and extends science and technology education to learners of all ages. We work closely with our global partners in government, industry, and the public to enhance economic security, and environmental stewardship, benefiting society in many tangible ways. We conduct and sponsor research to answer fundamental science questions about the changes we see in climate, weather, and natural hazards, and deliver sound science that helps decision-makers make informed decisions. We inspire the next generation of explorers by providing opportunities for learners of all ages to investigate the Earth system using unique NASA resources, and our Earth System research is strengthening science, technology, engineering and mathematics education nationwide.

JAXAの地球観測衛星計画 JAXA's Earth Observation Missions

中村 健治^{1*}; 福田 徹²
NAKAMURA, Kenji^{1*}; FUKUDA, Toru²

¹JAXA / 獨協大学, ²宇宙航空研究開発機構

¹Earth Observation Research Center, Japan Aerospace Exploration Agency/Dokkyo University, ²Earth Observation Research Center, Japan Aerospace Exploration Agency

The Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) is promoting the Earth observation from space. JAXA is now operating GOSAT (the Green House Gases Observing Satellite) and GCOM-W1 (the Global Change Observation Mission 1st-Water). The GOSAT mission is a joint effort of JAXA, the National Institute for Environmental Studies (NIES) and the Ministry of the Environment (MOE). GOSAT has been launched in January 2009, and is equipped with the Fourier Transform Spectrometer and the Cloud Aerosol Imager providing global distribution of carbon dioxide and methane with seasonal changes. GCOM-W1 was launched in May 2012 for global water cycle observation and has the AMSR-2 (Advanced Microwave Scanning Radiometer 2). AMSR-2 follows the design of AMSR which was aboard ADEOS-2 satellite, but with improvements in antenna size and onboard calibration, etc. JAXA is also operating the Precipitation Radar (PR) aboard the TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) satellite and Advanced Microwave Scanning Radiometer (AMSR-E) aboard Aqua satellite of the National Aeronautics and Space Administration (NASA). TRMM is a joint venture of JAXA and NASA. The TRMM satellite was launched in 1997 and is still in operation. The Precipitation Radar (PR) aboard the TRMM satellite is the first spaceborne radar dedicated for precipitation observation developed by JAXA and the National Institute of Information and Communications Technology, Japan (NICT). The data from PR for more than 16 years contributed much for better understanding the precipitation system climatology over tropical and subtropical regions. The Global Precipitation Measurement (GPM) which is led by JAXA and NASA with international collaboration is a multi-satellite system dedicated for the global precipitation observation. The core satellite of GPM will be launched by JAXA at the end of February 2014. JAXA has developed the dual-wavelength radar (DPR) with NICT for the GPM core satellite. DPR will observe rain including solid precipitation with better accuracy than TRMM PR. The ALOS-2 (Advanced Land Observing Satellite-2) which is equipped with an L-band Synthetic Aperture Radar (PALSAR) is scheduled to launch in 2014. ALOS-2 is a follow-on mission from ALOS contributing to cartography, disaster monitoring, resource survey, etc. EarthCARE for cloud and aerosol observation is a collaboration mission with the European Space Agency (ESA). JAXA has developed a W-band Cloud Profiling Radar (CPR) with NICT for EarthCARE. CPR has high sensitivity to clouds with Doppler function. Using the Doppler function CPR can measure the vertical movement of clouds which is important to understand the cloudy systems. JAXA is also developing GCOM-C1 (the Global Change Observation Mission 1st-Climate) which is for surface and atmospheric measurements related to the carbon cycle and radiation budget. An SGLI (Second Generation Global Imager) will be aboard the satellite. JAXA is also studying future sensors including small sensors for the International Space Station (ISS).

キーワード: 地球観測, 衛星, リモートセンシング
Keywords: Earth observation, satellite, remote sensing

GOSATによる5年間の定常運用期間における温室効果ガスの観測 Greenhouse gas observation by GOSAT during its five-year nominal operation period

横田 達也^{1*}; 菊地 信弘¹; 吉田 幸生¹; ブリル アンドレイ¹; オフシェプコフ セルゲイ¹; 井上 誠¹; 森野 勇¹; 内野 修¹; 金 憲淑¹; 高木 宏志¹; 齊藤 誠¹; Maksyutov Shamil¹; 幸 昭¹; 金今 さやか¹; 河添 史恵¹; 網代 正孝¹
YOKOTA, Tatsuya^{1*}; KIKUCHI, Nobuhiro¹; YOSHIDA, Yukio¹; BRIL, Andrey¹; OSHCHEPKOV, Sergey¹; INOUE, Makoto¹; MORINO, Isamu¹; UCHINO, Osamu¹; KIM, Heon-sook¹; TAKAGI, Hiroshi¹; SAITO, Makoto¹; MAKSYUTOV, Shamil¹; YUKI, Akira¹; KANEKON, Sayaka¹; KAWAZOE, Fumie¹; AJIRO, Masataka¹

¹ 国立環境研究所

¹National Institute for Environmental Studies

The Greenhouse gases Observing SATellite (GOSAT) recently completed its planned nominal operation period of five years on 23 January 2014, and it now entered the phase of extended operation. During the past five years, almost all of the GOSAT standard data products were opened to general users. These data products are publicly available and can be obtained through the GOSAT User Interface Gateway (GUIG, <http://www.data.gosat.nies.go.jp/>). From the spectral data that GOSAT collected, the concentrations of major greenhouse gases (GHGs), namely carbon dioxide (CO₂) and methane (CH₄), were retrieved, and their precisions are now at the level of much less than 1%. These concentration data are used to estimate the monthly surface fluxes of CO₂ and CH₄ on sub-continental and ocean-basin scales. The data are also utilized to monitor GHGs' temporal and spatial changes. Various reports on the results of GOSAT data analysis have appeared in peer-reviewed journals so far. The topics reported include the detection of large GHG point sources and anomalies in the inter-annual trend of CO₂ uptake by terrestrial biosphere.

In this presentation, we will summarize the five-year-long GHG observation by GOSAT and present the global distributions of the GHG concentrations and the surface flux estimates. Also, we will touch on the current status of researches conducted within the framework of the GOSAT Research Announcement.

キーワード: 温室効果ガス, 二酸化炭素, メタン, カラム平均濃度, 収支量, 温室効果ガス観測技術衛星
Keywords: greenhouse gases, carbon dioxide, methane, column concentration, flux, GOSAT

The NASA Orbiting Carbon Observatory - 2 (OCO-2), the next step in CO₂ measurements from space

The NASA Orbiting Carbon Observatory - 2 (OCO-2), the next step in CO₂ measurements from space

Crisp David^{1*}
CRISP, David^{1*}

¹Jet Propulsion Laboratory, Caltech

¹Jet Propulsion Laboratory, Caltech

Global, space-based remote sensing observations of atmospheric carbon dioxide (CO₂) and methane (CH₄) hold substantial promise for future, long-term monitoring of these important greenhouse gases. These measurements will complement those from the existing ground based greenhouse gas monitoring network with increased spatial coverage and sampling resolution. The principle challenge for this approach is the high precision and accuracy needed to resolve the small (<0.3 percent) variations in the background distributions of these gases associated with their emission sources and natural sinks. The European Space Agency (ESA) EnviSat SCIAMACHY and Japanese Greenhouse Gases Observing Satellite (GOSAT) TANSO-FTS were the first two space-based sensors designed to return high resolution spectra of the reflected sunlight in molecular oxygen (O₂), CO₂, and CH₄ bands at near-infrared wavelengths. These spectra are being analyzed to yield spatially resolved estimates of the column-averaged CO₂ and CH₄ dry air mole fractions (X_{CO_2} , X_{CH_4}) over the sunlit hemisphere. The availability of these data has already enabled substantial improvements in instrument calibration techniques, remote sensing retrieval algorithms, and data validation techniques. However, sensors with greater sensitivity, coverage, and resolution are needed to implement the space-based segment of a global greenhouse gas monitoring system.

In July of 2014, these space-based greenhouse gas pathfinders will be joined by the NASA Orbiting Carbon Observatory-2 (OCO-2). This satellite will fly at the front of the 705-km Afternoon Constellation (A-Train), along an orbit track aligned with the ground footprints of the CloudSat radar and CALIPSO lidar. Its 3-channel, imaging, grating spectrometer has been optimized to record high resolution spectra of reflected sunlight in the 765 nm O₂ A-band and in the 1610 and 2060 nm CO₂ bands. Coincident O₂ and CO₂ spectra are combined into soundings that are analyzed with a full-physics retrieval algorithm to yield estimates of X_{CO_2} with accuracies exceeding 0.3 percent over most of the Earth. The OCO-2 spectrometer will collect up to 1 million of these soundings each day along a narrow ground track as it flies over the sunlit hemisphere. Between 20 and 30% of these soundings are expected to be sufficiently cloud free to yield full-column estimates of X_{CO_2} . Even with these assets, OCO-2 is still only a research satellite, designed to validate a space-based CO₂ measurement approach. A coordinated network of satellites with similar capabilities will be needed to discriminate and quantify the CO₂ emissions from fossil fuel combustion, land use practices, and other human activities in the presence of the much larger CO₂ fluxes associated with the natural carbon cycle.

キーワード: Carbon Dioxide, Greenhouse Gases, Remote Sensing, Orbiting Carbon Observatory - 2

Keywords: Carbon Dioxide, Greenhouse Gases, Remote Sensing, Orbiting Carbon Observatory - 2

国立環境研究所 GOSAT-2 プロジェクトについて NIES GOSAT-2 Project

松永 恒雄^{1*}; 森野 勇¹; 吉田 幸生¹; 齊藤 誠¹
MATSUNAGA, Tsuneo^{1*}; MORINO, Isamu¹; YOSHIDA, Yukio¹; SAITO, Makoto¹

¹ 国立環境研究所

¹National Institute for Environmental Studies

温室効果ガス観測技術衛星 GOSAT の後継機である GOSAT-2 は平成 19 年度の打上げを目指して、環境省・宇宙航空研究開発機構・国立環境研究所により現在開発が進められている。本発表では国立環境研究所 GOSAT-2 プロジェクトの活動計画等について紹介する。

キーワード: GOSAT, GOSAT-2, 衛星, 温室効果ガス
Keywords: GOSAT, GOSAT-2, satellite, greenhouse gas

衛星によるクロロフィル蛍光観測のための三次元植生放射シミュレータの開発 Development of a 3D solar induced chlorophyll fluorescence simulator for satellite fluorescence observation

小林 秀樹^{1*}; 永井 信¹; 井上 智晴¹; 市井 和仁¹
KOBAYASHI, Hideki^{1*}; NAGAI, Shin¹; INOUE, Tomoharu¹; ICHII, Kazuhito¹

¹ 独立行政法人 海洋研究開発機構

¹ Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Recent studies show that the vegetation canopy scale chlorophyll fluorescence can be observed from satellite, such as GOSAT and OCO-2, using Fraunhofer lines (e.g. Frankenberg et al., 2011). Satellite-based fluorescence can be used to infer the photosynthetic capacity of plant canopy. To understand how the canopy scale bidirectional fluorescence observations are related to three-dimensional fluorescence distribution within a plant canopy, it is necessary to evaluate canopy scale fluorescence emission using a detail plant canopy radiative transfer model. In this study, we developed a three-dimensional plant canopy radiative transfer model that can simulate the bidirectional chlorophyll fluorescence radiance. This modeling was based on the 3D radiative transfer model, forest light environmental simulator (FLiES) (Kobayashi and Iwabuchi, 2008). FLiES is a Monte Carlo ray-tracing model to simulate radiative field in shortwave (solar domain) and long-wave (thermal infrared) radiation in 3D landscape. To realize individual tree crown shapes, the original FLiES model used geometric objects such as cone, cylinder, and spheroid. Recently, FLiES has been extending to utilize voxel-based tree crown datasets, which are favorable to LiDAR based tree crown data sets. In this presentation, we show the current status of the development of the 3D chlorophyll fluorescence simulator.

キーワード: GOSAT, 植生放射モデル, クロロフィル蛍光, GPP

Keywords: GOSAT, plant canopy radiative transfer model, chlorophyll fluorescence, GPP

全球降水観測計画/二周波降水レーダの軌道上初期機能確認状況 Orbital checkout status of the DPR on the GPM core spacecraft

小嶋 正弘^{1*}; 古川 欣司¹; 三浦 健史¹; 百束 泰俊¹; 改井 洋樹¹; 石切 孝之¹; 井口 俊夫²; 花土 弘²; 中川 勝広²; 奥村 実³

KOJIMA, Masahiro^{1*}; FURUKAWA, Kinji¹; MIURA, Takeshi¹; HYAKUSOKU, Yasutoshi¹; KAI, Hiroki¹; ISHIKIRI, Takayuki¹; IGUCHI, Toshio²; HANADO, Hiroshi²; NAKAGAWA, Katsuhiko²; OKUMURA, Minoru³

¹宇宙航空研究開発機構, ²情報通信研究機構, ³NEC 東芝スペースシステム株式会社

¹Japan Aerospace Exploration Agency, ²National Institute of Information and Communications Technology, ³NEC TOSHIBA Space systems

The Dual-frequency Precipitation Radar (DPR) on the Global Precipitation Measurement (GPM) core satellite was developed by Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) and National Institute of Information and Communications Technology (NICT). The GPM is a follow-on mission of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM). The objectives of the GPM mission are to observe global precipitation more frequently and accurately than TRMM. The frequent precipitation measurement about every three hours will be achieved by some constellation satellites with microwave radiometers (MWRs) or microwave sounders (MWSs), which will be developed by various countries. The accurate measurement of precipitation in mid-high latitudes will be achieved by the DPR. The GPM core satellite is a joint product of National Aeronautics and Space Administration (NASA), JAXA and NICT. NASA developed the satellite bus and the GPM microwave radiometer (GMI), and JAXA and NICT developed the DPR. JAXA and NICT developed the DPR through procurement. The contract for DPR was awarded to NEC TOSHIBA Space Systems, Ltd.

The configuration of precipitation measurement using an active radar and a passive radiometer is similar to TRMM. The major difference is that DPR is used in GPM instead of the precipitation radar (PR) in TRMM. The inclination of the core satellite is 65 degrees, and the flight altitude is about 407 km. The non-sun-synchronous circular orbit is necessary for measuring the diurnal change of rainfall similarly to TRMM. The DPR consists of two radars, which are Ku-band (13.6 GHz) precipitation radar (KuPR) and Ka-band (35.5 GHz) precipitation radar (KaPR). The objectives of the DPR are

- (1) to provide three-dimensional precipitation structure including snowfall over both ocean and land,
- (2) to improve the sensitivity and accuracy of precipitation measurement,
- (3) to calibrate the estimated precipitation amount by MWRs and MWSs on the constellation satellites.

The DPR consists of Ku-band (13.6 GHz) precipitation radar (KuPR) and Ka-band (35.5 GHz) precipitation radar (KaPR). The KuPR unit will measure 2.6m X 2.4m X 0.7m in size. The KaPR unit will measure 1.3m X 1.5m X 0.8m in size. Both KuPR and KaPR have almost the same design as TRMM PR. The DPR system design and performance were verified through the development test and the proto flight test. DPR has handed over to NASA and integration of the DPR to the GPM core spacecraft have completed in May 2012. GPM core spacecraft satellite system test has completed in November 2013. The results of the satellite system test concerning to the DPR satisfied system requirements.

GPM core observatory was shipped to Tanegashima Space Center, JAPAN and Launch Site Operations has started on November 2013 and GPM core observatory will be launched in February 2014. DPR orbital check out will be started in March 2014 and it will be completed in April 2014. The orbital check out status of DPR will be reported .

キーワード: 全球降水観測計画, 二周波数降水レーダ
Keywords: GPM, DPR

全球降水観測 (GPM) 計画研究プロジェクトの状況 Status of the Japanese Global Precipitation Measurement (GPM) Research Project

沖 理子^{1*}; 可知 美佐子¹; 久保田 拓志¹; 正木 岳志¹; 金子 有紀¹; 古川 欣司¹; 高藪 縁³; 井口 俊夫²; 中村 健治⁴
OKI, Riko^{1*}; KACHI, Misako¹; KUBOTA, Takuji¹; MASAKI, Takeshi¹; KANEKO, Yuki¹; FURUKAWA, Kinji¹; TAKAYABU, Yukari³; IGUCHI, Toshio²; NAKAMURA, Kenji⁴

¹ 宇宙航空研究開発機構, ² 情報通信研究機構, ³ 東京大学, ⁴ 独協大学

¹JAXA, ²NICT, ³University of Tokyo, ⁴Dokkyo University

The Global Precipitation Measurement (GPM) mission is a satellite program led by Japan and the U.S., to measure the global distribution of precipitation accurately in a sufficient frequency so that the information provided by this program can drastically improve hydrological predictions, climate modeling, and understanding of water cycles. The GPM Core Observatory carries the Dual-frequency Precipitation Radar (DPR) developed by Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) and the National Institute of Information and Communications Technology (NICT), and the GPM Microwave Imager (GMI) developed by the National Aeronautics and Space Administration (NASA). The frequent precipitation measurement about every three hours will be achieved by constellation satellites with microwave radiometers or microwave sounders, which will be developed by international partners. JAXA also provides the Global Change Observation Mission (GCOM) 1st ? Water (GCOM-W1) named "SHIZUKU," launched on May 18, 2012, as one of constellation satellites.

The Japanese GPM research project conducts scientific activities on algorithm development, ground validation, application research including production of research products. In addition to those activities, we promote collaboration studies in Japan and Asian countries, and seek potential users of satellite precipitation products. JAXA develops the DPR Level 1 algorithm, and the NASA-JAXA Joint Algorithm Team develops the DPR Level 2 and DPR-GMI combined Level2 algorithms. JAXA also develops the Global Rainfall Map algorithm, which is a new version of the Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP), as one of national products to distribute hourly and 0.1-degree horizontal resolution rainfall map. In the GPM era, the GSMaP algorithm will be improved by refining rainfall retrievals over land, considered the orographic rainfall effects, added the rain gauge corrected rainfall product. In the future, information from the Dual-frequency Precipitation Radar (DPR) will be compiled as a database to improve the retrieval accuracy of weak rainfall in mid-to-high latitudes.

The GPM Core Observatory is scheduled to be launched from the JAXA Takengashima Space Center by the H-IIA F23 rocket around 3:07 a.m. thru 5:07 a.m. (JST) on February 28 (Fri.,) 2014. After the initial checkout (about 2-month,) calibration and validation of the DPR, GMI and other products will be implemented toward the public release of all products to general users. Data release date is currently scheduled to be 6-month after the launch.

Keywords: GPM, DPR, GSMaP, ground validation

全球降水観測計画二周波降水レーダの初期検証結果 Initial validation results of Dual-frequency Precipitation Radar on Global Precipitation Measurement Core Observatory

久保田 拓志^{1*}; 井口 俊夫²; 瀬戸 心太³; 阿波加 純⁴; 瓜田 真司⁵; 吉田 直文⁵; 沖 理子¹

KUBOTA, Takuji^{1*}; IGUCHI, Toshio²; SETO, Shinta³; AWAKA, Jun⁴; URITA, Shinji⁵; YOSHIDA, Naofumi⁵; OKI, Riko¹

¹ 宇宙航空研究開発機構, ² 情報通信研究機構, ³ 長崎大学, ⁴ 東海大学, ⁵ リモート・センシング技術センター

¹Japan Aerospace Exploration Agency, ²National Institute of Information and Communications Technology, ³Nagasaki University, ⁴Tokai University, ⁵Remote Sensing Technology Center of Japan

The Global Precipitation Measurement (GPM) Mission consists of a Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)-like non-sun-synchronous orbiting satellite (GPM Core Observatory) and a constellation of satellites carrying microwave radiometer instruments. The GPM Core Observatory, which will be launched in 28 February 2014, carries the Dual-frequency Precipitation Radar (DPR) developed by the Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) and the National Institute of Information and Communications Technology (NICT). The DPR consists of two radars; Ku-band (13.6 GHz) precipitation radar (KuPR) and Ka-band (35.55 GHz) radar (KaPR). The DPR is expected to advance precipitation science by expanding the coverage of observations to higher latitudes than those obtained by the TRMM Precipitation Radar (PR), by measuring snow and light rain via high-sensitivity observations from the KaPR, and by providing drop size distribution (DSD) information based on the differential scattering properties of the two frequencies. For operational productions of precipitation datasets, it is necessary to develop computationally efficient, fast-processing DPR Level-2 (L2) algorithms that can provide estimated precipitation rates, radar reflectivity factors, and precipitation information, such as the DSD and precipitation type. The L2 algorithms have been developed by the DPR Algorithm Development Team under the NASA-JAXA Joint Algorithm Team.

Before the launch of the GPM Core Observatory, synthetic DPR Level-1 (L1) data are needed as a test bed for the DPR L2 algorithms. In this work, we use data simulated from the TRMM/PR. The primary advantage is that measured Ku-band data from the TRMM/PR, obtained under a wide variety of meteorological conditions, forms the basis of the simulation. As such, the results can be compared directly to the standard TRMM/PR retrievals. Thus, "at-launch" codes of DPR precipitation algorithms, which will be used in GPM ground systems at launch, were evaluated using synthetic data based upon the TRMM/PR data. Results from the codes (Version 4.20131010) of the KuPR-only, KaPR-only, and DPR algorithms were compared with "true values" calculated based upon drop size distributions assumed in the synthetic data and standard results from the TRMM algorithms at an altitude of 2 km over the ocean. The results indicate that the total precipitation amounts during April 2011 from the KuPR and DPR algorithms are similar to the true values, while the estimates from the KaPR data are underestimated. By analysis results, the underestimation of the KaPR can be caused by a problem in the attenuation correction method. This was verified by the improved codes (Version 4.20131129), and so this problem has been resolved in the latest version.

After the launch, calibration and validation of the DPR products will be implemented toward the public release of all products to general users. Data release date is currently scheduled to be 6-month after the launch. In this work, we introduce initial validation results of the DPR-L2 product, mainly based upon comparisons of the TRMM/PR product.

キーワード: 全球降水観測計画, 二周波降水レーダ, アルゴリズム, 検証

Keywords: Global Precipitation Measurement, Dual-frequency Precipitation Radar, algorithm, validation

降水科学における全球降水観測計画（GPM）への期待 Expectations for the Global Precipitation Measurements for Precipitation Sciences

高藪 縁^{1*}; 沖 理子²; 井口 俊夫³; 青梨 和正⁴; 可知 美佐子²; 久保田 拓志²; 濱田 篤¹; 高橋 暢宏³; 中村 建治⁵
TAKAYABU, Yukari^{1*}; OKI, Riko²; IGUCHI, Toshio³; AONASHI, Kazumasa⁴; KACHI, Misako²; KUBOTA, Takuji²; HAMADA, Atsushi¹; TAKAHASHI, Nobuhiro³; NAKAMURA, Kenji⁵

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 宇宙航空研究開発機構, ³ 独立行政法人 情報通信研究機構, ⁴ 気象庁気象研究所, ⁵ 獨協大学
¹The University of Tokyo, ²Japan Aerospace Exploration Agency, ³National Institute of Information and Communications Technology, ⁴Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, ⁵Dokkyo University

Three dimensional precipitation data observed with Ku (13.8GHz) band Precipitation Radar (PR) on board the Tropical Rainfall Measurement Mission (TRMM) satellite have enabled us to discover various precipitation characteristics over the tropics and subtropics between 36N and 36S. Precipitation system regimes are estimated with precipitation characteristics. The multiple instrument observations of TRMM have also made us quantify the discrepancies between TRMM Microwave Imager (TMI) vs. PR estimated rainfall, and provided us with opportunities to investigate various approaches to improve the rainfall retrieval algorithms.

With the launch of the GPM/DPR, scheduled in February 2014, dual band measurements from space with Ku (13.6GHz) and Ka (35.5GHz) band frequencies will be started. Increasing information of the drop size distributions with DPR should improve the accuracy of precipitation profile structures, which are essential to study precipitation characteristics. GPM/DPR will provide excellent cross calibrations for constellation microwave observations to construct better mapping of precipitation from 65N to 65S, which covers 91% of the earth surface. Weak rainfall measurements will enable us better energy budget calculations after all, as well as more precise examinations of rainfall system lifecycles. We can also expect reexamination and further improvements of TRMM PR rainfall products by comparing Ku-band retrievals with DPR retrievals.

Three dimensional satellite measurement of precipitation at mid-to-high latitudes is a completely new scientific experiment. Since the precipitation systems there are very different from those in the tropics and subtropics, we can certainly expect further scientific discoveries to improve our knowledge of precipitation characteristics with thorough observations from the satellite. Using this outcomes, we also expect to provide useful knowledge to improve the numerical models for weather predictions and climate projections.

キーワード: 全球降雨観測計画, 二周波降雨レーダー, 降水科学, 熱帯降雨観測計画, 降雨特性, コンステレーション
Keywords: GPM, DPR, Precipitation Science, TRMM, precipitation characteristics, satellite constellation

The Global Precipitation Measurement (GPM) Mission: Advancing precipitation measurement for science and society
The Global Precipitation Measurement (GPM) Mission: Advancing precipitation measurement for science and society

KIRSCHBAUM, Dalia^{1*}
KIRSCHBAUM, Dalia^{1*}

¹NASA Goddard Space Flight Center

¹NASA Goddard Space Flight Center

Too much or too little rain can serve as a tipping point for triggering catastrophic flooding and landslides or widespread drought. Knowing when, where and how much rain is falling globally is vital to understanding how vulnerable areas may be more or less impacted by these disasters. Global Precipitation Measurement (GPM) is an international satellite mission to provide next-generation observations of rain and snow worldwide every three hours. The foundation of the GPM mission is the Core Observatory satellite provided by NASA and JAXA. This satellite, launching in early 2014, carries advanced instruments that will set a new standard for precipitation measurements from space. The Core satellite will measure rain and snow using two science instruments: the GPM Microwave Imager (GMI) and the Dual-frequency Precipitation Radar (DPR). The GMI captures precipitation intensities and horizontal patterns, while the DPR provides insights into the three dimensional structure of precipitating particles. Together these two instruments provide a database of measurements against which other partner satellites' microwave observations can be meaningfully compared and combined to make a global precipitation dataset.

Data collected from the Core satellite serves as a reference standard that will unify precipitation measurements from research and operational satellites launched by a consortium of GPM partners in the United States, Japan, France, India, and Europe. The GPM constellation of satellites can observe precipitation over the entire globe within 3 hours of acquisition. The GPM mission will help advance our understanding of Earth's water and energy cycles, improve the forecasting of extreme events that cause natural disasters, and extend current capabilities of using satellite precipitation information to directly benefit society.

二周波降水レーダ用の減衰補正手法の開発 Development of attenuation correction method for GPM/DPR

瀬戸 心太^{1*}; 井口 俊夫²
SETO, Shinta^{1*}; IGUCHI, Toshio²

¹ 長崎大学 大学院工学研究科, ² 情報通信研究機構

¹Graduate School of Engineering, Nagasaki University, ²National Institute for Information and Communications Technology

A new attenuation correction method is developed for the Dual-frequency Precipitation Radar (DPR) on the core satellite of the Global Precipitation Measurement (GPM) mission. Hitschfeld and Bordan's attenuation correction method (HB method) assumes relation between the specific attenuation k and the effective radar reflectivity factor Z_e (k-Ze relation) as $k=aZ_e^b$. The new method is based on HB method, but k-Ze relation is modified as $k=eaZ_e^b$ by using dual-frequency ratio of Z_e (DFR) and surface reference technique (SRT). Therefore, the new method is called HB-DFR-SRT method (H-D-S method in short). While the authors' previous attenuation correction method called HB-DFR method (H-D method in short) results in underestimation of precipitation rates for heavy precipitation, H-D-S method and its improved version try to correct the negative bias by means of SRT. When only single-frequency measurement is available, H-D-S method can be easily switched to HB-SRT method (H-S method in short), which is similar to the attenuation correction method used in the TRMM/PR standard algorithm.

The attenuation correction methods are tested with a simple synthetic dataset of DPR. As long as SRT gives the perfect estimates of path integrated attenuation (PIA) and the parameters of k-Ze relation (a and b) are given properly so that e could be vertically constant, H-S method is much better than the dual-frequency methods. In reality, SRT has error and we cannot give the parameters of k-Ze relation properly so that e should be vertically variable. Tests with SRT error and vertical variation of e show that H-D method is better than H-S method for weak precipitation but H-S method is better than H-D method for heavy precipitation. It is because SRT is unreliable for weak precipitation and DFR is unreliable for heavy precipitation. H-D-S method shows not the best but stable results for both weak and heavy precipitation, and it may work well for medium precipitation. Quantitative evaluation should be done with real measurement dataset of DPR.

キーワード: 二周波降水レーダ, 全球降水観測計画, 減衰補正
Keywords: DPR, GPM, attenuation correction

CloudSat と TRMM/PR を用いた降水の特徴の解析について Analysis of rain characteristics by using CloudSat and TRMM/PR

高橋 暢宏^{1*}
TAKAHASHI, Nobuhiro^{1*}

¹ 情報通信研究機構

¹National Institute of Information and Communications Technology

Spaceborne cloud/precipitation radars are suitable for understanding the global climate (especially precipitation in this study) that means both the average figure of the Earth climate and the local climate in the global climate. In terms of precipitation climatology, major parameters are the precipitation amount and its diurnal/seasonal changes as well as the drop size information that is a kind of proxy of the precipitation processes such as warm/cold rain. The purpose of this study is to develop the climate map of precipitation by using CloudSat that equips W-band (94 GHz) radar and TRMM/PR that equips Ku-band (13.8 GHz) radar; rain amount is estimated by the TRMM/PR level 2 product (2A25) and the drop size information is obtained by combining the CloudSat and TRMM/PR. The basic idea of the analysis method is to compare the histograms of radar reflectivity factor (Z) at near-surface range bin at the overlapping Z range (weak to moderate rain echo). Because the both satellites have different orbit, only the statistical approach is available. Since the different Mie scattering effect appears for the different frequency and drop size, the Z value of rainfall is different between w- and Ku-band radar observations and it reflects the difference in the histograms of w- and Ku-band. Based on these characteristics, drop size information is estimated by comparing the histograms. In this study, median diameter (D_0) is estimated. For the comparison of the estimation, D_0 is estimated by TRMM/PR only.

Climate data are created in 10×10 degrees in latitude and longitude boxes and each box consists of the unconditional and conditional rain rate (the former corresponds the rain amount) and D_0 (median diameter) both from the CloudSat-TRMM/PR combined analysis and TRMM/PR-only analysis for every seasons (DJF, MAM, JJA, and SON), diurnal cycle (night time/day time orbit) and over land or ocean.

The results show that the general characteristic of global maps of D_0 through the year and local time is apparent land-ocean contrast; larger D_0 appears over land and smaller D_0 appears over ocean except for relatively small D_0 over southeastern Asia to China. Also, relatively larger D_0 appears in tropical area and mid latitude summer. Diurnal change of D_0 can be seen by comparing the day/night time D_0 ; D_0 is larger in the night time over ocean while day time D_0 is larger over land. Tropical Ocean shows smaller seasonal change, while larger changes are seen over mid-latitude area. Comparison of the two estimates of D_0 between CloudSat-TRMM/PR combined estimation and TRMM/PR-only estimation.

Since the Dual-frequency Precipitation Radar (DPR) onboard Global Precipitation Measurement (GPM) core satellite, which is launched in February 2014, can estimate the drop size distribution (DSD), the approach in this study can be useful of evaluation of the algorithm for DSD estimation.

Keywords: rain, drop size distribution, CloudSat, TRMM

極端な降雨と極端な対流を伴う降水システムの地域・季節特性 Characteristic differences between the heaviest rainfall and the strongest convection

濱田 篤^{1*}; 高藪 縁¹

HAMADA, Atsushi^{1*}; TAKAYABU, Yukari¹

¹ 東京大学大気海洋研究所

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

Regional and seasonal differences in the rain characteristics between rain-rate and convection extreme events are examined using 11-yr measurements from the Precipitation Radar (PR) onboard the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) satellite. After defining a rainfall event as a set of contiguous rainy pixels of TRMM PR measurements, three different types of regional extreme rainfall events are defined, using the maximum values of near-surface rainfall rate (NSR) and 30-dBZ echo top height (ETH30) in rainfall event; Rainfall events of which the maximum NSR is within top 0.1% at a grid but the ETH30 is not are defined as R-only extreme events, those of which the maximum ETH30 is within top 0.1% but the NSR is not are defined as H-only extreme events, and those of which both of the maximum NSR and maximum ETH30 are within top 0.1% are defined as RH extreme events. This is done on a local basis with 2.5 x 2.5 degree horizontal resolution to examine regional extreme events.

It is shown that the fractional occurrence of RH extreme events are less than 30% in most regions, indicating that only a few dozen percent of convection extremes are related to rain rate extremes. There are robust differences in echo profiles, rainfall characteristics, and local environments between R-only and H-only extreme events. These characteristic differences are basically independent on region and season, except for their seasonal occurrence. R-only extreme events exhibit lower echo-top height than H-only extremes, linear downward increase of radar reflectivity (Z_e) below freezing level, and sharp upward decrease of Z_e in 5-7 km, whereas H-only extreme events exhibit slight downward decrease of Z_e below freezing level. R-only extreme events are almost in phase with mean monthly rainfall, while H-only extremes tend to peak slightly out of phase with rainy season. Local environments related to R-only extremes are less convectively unstable, wetter in the low-middle troposphere, and larger moisture flux convergence in the lowermost troposphere, compared with those related to H-only extremes. The features related to R-only extreme events imply a dominance of warm-rain process.

キーワード: 降水, 極端現象, TRMM

Keywords: precipitation, extreme event, TRMM

次世代 GSMaP MWI 降水リトリバルアルゴリズム The next-generation GSMaP MWI precipitation retrieval algorithm

青梨 和正^{1*}
AONASHI, Kazumasa^{1*}

¹ 気象庁気象研究所

¹ Meteorological Research Institute Japan Meteorological Agency

1. はじめに

現状の GSMaP マイクロ波イメージャ (MWI) 降水リトリバルアルゴリズムは (Aonashi et.al 2009)、降水強度以外の物理量の MWI 輝度温度 (TB) への影響が大きい、弱い降水域でリトリバル精度が低下する。この問題に対処するため、本研究は、MWI TB から、降水強度を含む各種物理量をリトリバルするアルゴリズムを開発する。このアルゴリズムの基本的考え方は、Elsaessar & Kummerow (2008) や、Boukabara et.al (2011) と同様に、Bayes の定理に基づき、MWI TB から物理量の統計的な最尤値を求めることである。本研究では、物理量の非線形関数である TB から物理量をリトリバルするために、アンサンブルに基づく変分法 (EnVA) を採用する。このアルゴリズムは、降水域検出部分と、降水域に対して降水強度を含む物理量をリトリバルする部分から構成される。

今回は、降水域検出の部分について報告する。

2. 降水域検出部分の記述

降水域検出の部分では、非降水を仮定し、解析変数として、海上では (地表面温度 (Ts), 海上風速 (SSW), 雲水量 (CLWC)、可降水量 (PWC))、陸上では (Ts, 地表面射出率 (es)) を選択した。EnVA は、その第 1 推定値として雲解像モデル (CRM) 予報を使い、誤差共分散を CRM アンサンブル予報値から推定した。但し、Ts については、観測データを元にした統計値を使う。また、陸上の es については、名大データベースから作った統計値を使う。そして、EnVA が計算した MWI TB の innovation や post fit residual を使って、降水域の検出を行なった。

キーワード: GSMaP, MWI, GPM, GCOMW, 降水リトリバル
Keywords: GSMaP, MWI, GPM, GCOMW, precipitation retrieval

雨量計補正全球降水マップ (GSMaP Gauge) Gage Adjusted Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP Gauge)

妻鹿 友昭^{1*}; 牛尾 知雄¹; 久保田 拓志²; 可知 美佐子²; 青梨 和正²; 重 尚一⁴

MEGA, Tomoaki^{1*}; USHIO, Tomoo¹; KUBOTA, Takuji²; KACHI, Misako²; AONASHI, Kazumasa²; SHIGE, Shoichi⁴

¹ 大阪大学工学研究科, ² 宇宙航空研究開発機構, ³ 気象研究所, ⁴ 京都大学理学研究科

¹Graduate School of Engineering, Osaka University, ²Japan Aerospace Exploration Agency, ³Meteorological Research Institute,

⁴Graduate School of Science, Kyoto University

Fresh water is one of the most important resources for human. Precipitation is the main source of fresh water. Precipitation is also heating atmosphere by latent heat and one of important energy transport mechanism of atmosphere. Knowledge of world precipitation activity is important information for not only human activity, but also earth science.

Passive Microwave Radiometer (PMR) is a small and low power consumption sensor, thus many space-borne PMRs observe precipitation from low earth orbit. Space-born PMR provides uniform quality and stable observation data all over the world. PMR have become the precipital sensors for global precipitation retrieval, since these emission and scattering signals have a more direct relationship with precipitation rates than infrared radiometer (IR). The Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP) project is developing PMR algorithm to provide global precipitation map with space-born PMRs. The GSMaP's goal is to develop the algorithm of high precision and eventually to produce a global precipitation map with high temporal (one hour) and special resolution (0.1 degree). PMR swathes, however, do not cover all surface in one hour. Therefore, it is necessary to utilize a gap-filling technique to generate precipitation maps with high temporal resolution. GSMaP derives Moving Vector (MV) from two successive IR images. GSMaP algorithm interpolates precipitation between gaps when PMRs overpass successive swath with MV by Kalman-filter. GSMaP algorithm now produces 0.1-grid-resolution precipitation map every one hour. Some evaluations, however, show the tendency of underestimation compared to some ground based observations, because PMR precipitation estimation over land has difficulty due to emission variability in surface. Rain gauge provides reliable data, and a rain gauge collects precipitation for certain period at a fixed location. PMR observes signals from precipitation instantaneously. We are developing the GSMaP gauge adjusted product (GSMaP Gauge). The GSMaP Gauge algorithm fits the GSMaP precipitation map to NOAA Climate Prediction Center (CPC) global rain gauge data set. The CPC data set is provided daily with low resolution (0.5-grid-degree). Quality of the CPC data set is not uniform (Quality of gauge-based analysis depends on density of rain gauge). We fill the gap of the precipitation estimation between the satellite and rain gauge attributable to the retrieval difficulty, the spatial and temporal resolution difference. The GSMaP Gauge succeeded to reduce the under estimation of the GSMaP algorithm. In this presentation, we introduce the GSMaP Gauge and its performance.

キーワード: 降水, 衛星観測, マイクロ波, リモートセンシング

Keywords: Precipitation, Satellite observations, Microwave observations, Remote sensing

GCOM-W1 衛星搭載 AMSR2 プロダクトの現状 Current Status of the Products of AMSR2 on GCOM-W1 Satellite

沖 大幹^{1*}; 可知 美佐子²; 直木 和弘²; 堀 雅裕²; 前田 崇²; 今岡 啓治²
OKI, Taikan^{1*}; KACHI, Misako²; NAOKI, Kazuhiro²; HORI, Masahiro²; MAEDA, Takashi²; IMAOKA, Keiji²

¹ 東京大学生産技術研究所, ² 宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター

¹Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, ²Earth Observation Research Center, Japan Aerospace Exploration Agency

The Advanced Microwave Scanning Radiometer 2 (AMSR2), on board the first generation satellite of Global Change Observation Mission - Water (GCOM-W1 or "SHIZUKU") satellite, is multi-frequency, total-power microwave radiometer system with dual polarization channels for all frequency bands. The GCOM-W1 satellite was launched on May 18, 2012 (JST), and has started scientific observation since July 3, 2012. After the calibration and validation phase, which confirmed that all the pre-defined release accuracies are satisfied, the AMSR2 bright temperature product (Level 1) and geophysical parameter product (Level 2) were released to public since January 2013 and May 2013, respectively.

Monitoring and validation of the AMSR2 geophysical parameters have been continued for further improvements of the observation accuracy in future algorithms. For example, the precipitation product is validated by comparing with the Precipitation Radar (PR) on board the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) satellite, and relative errors were 48% over ocean and 88% over land for the period from September 1, 2012 to August 31, 2013.

Quality control (QC) of in-situ data is also improved for the better validation. New QC method for buoy data, which is used in the validation of the sea surface temperature (SST) and sea surface wind speed products, is introduced to remove unreliable in-situ observation data from comparisons, including overlap check, movement speed check, comparison with numerical model, and statistical check by Bayes' theorem. Those efforts will contribute to improve the algorithm for future version-up.

The AMSR2 standard products have been distributed through the GCOM-W1 Data Providing Service (<https://gcom-w1.jaxa.jp/>), and quick look of the products, browse images of all AMSR2 brightness temperatures and geophysical parameters are available at the JAXA Satellite Monitoring for Environmental Studies (JASMES) for Water Cycle (<http://kuroshio.eorc.jaxa.jp/JASMES/WC.html>).

キーワード: 地球観測, 水循環, 地球物理パラメータ, 検証, データ配布

Keywords: earth observation, hydrologic cycles, geophysical products, validation, data distribution

マイクロ波イメージャ観測の海上風向情報の大気湿度解析への利用 Applications of ocean surface wind direction signals in microwave imager observation for atmospheric humidity analysis

計盛 正博^{1*}

KAZUMORI, Masahiro^{1*}

¹ 気象庁

¹ Japan Meteorological Agency

An empirical relative wind direction (RWD) model function was developed to represent azimuthal variations of oceanic microwave brightness temperatures of vertical and horizontal polarizations. The RWD model function was based on measurements of observed brightness temperature from the Advanced Microwave Scanning Radiometer and wind vector from SeaWinds, both on board the Advanced Earth Observing Satellite - II, and Special Sensor Microwave Imager Sounder (SSMIS) first guess departure and wind vector data in European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) Integrated Forecasting System. The model function was introduced to a microwave ocean emissivity model; a FAST microwave Emissivity Model (FASTEM) in a radiative transfer model for satellite radiance assimilation. Performances of the RWD model function were much more realistic than present azimuthal model functions in FASTEM for low wind speed and high frequency channels.

An assimilation experiment using the RWD model function was performed in the ECMWF system. The experiment demonstrated reductions of first guess departure biases arising from modelling of the azimuthal variations in areas of high wind speed and low variability of wind direction. For example, bias reductions in ascending and descending SSMIS 19 GHz vertical polarized brightness temperature in Somali jet at the Arabian Sea were approximately 0.6 K and 0.7 K. The bias reductions were found for all assimilated microwave imager channels in a wide wind speed range. Moreover, analysis increments of specific humidity in the lower troposphere were reduced (e.g., 0.3 g kg⁻¹ reduction at 1000 hPa in the Somali jet). We found improvements of relative humidity and temperature in short-range forecasts in the lower troposphere. The experiment results clearly showed the importance of modelling the azimuthal variation of emissivity for assimilation of microwave imager observations. The RWD model function should be included in the radiative transfer model used in the microwave radiance assimilation observation operator.

衛星マイクロ波観測による極域研究 Polar Research using Satellite Microwave Remote Sensing

榎本 浩之^{1*}; アリマス ヌアスムグリ¹; スーディック シルヴィアンヌ¹; 藤田 秀二¹; 矢吹 裕伯²; 杉村 剛¹; 杉山 慎³;
ホルムルンド ペレ⁴; イングバンダー スーザン⁴
ENOMOTO, Hiroyuki^{1*}; ALIMASI, Nuerasimuguli¹; SURDYK, Sylviane¹; FUJITA, Shuji¹; YABUKI, Hironori²; SUG-
IMURA, Takeshi¹; SUGIYAMA, Shin³; HOLMRUND, Per⁴; INGVANDER, Susanne⁴

¹ 国立極地研究所, ² 海洋研究開発機構, ³ 北海道大学低温科学研究所, ⁴ ストックホルム大学
¹National Institute of Polar Research, ²JAMSTEC, ³Hokkaido University ILTS, ⁴Stockholm University

Satellite Microwave remote sensing is the powerful tool to investigate polar regions. The data enables monitoring and surveying ice sheet, sea ice, snow cover conditions for large scale and continuous monitoring in the changing climate, and, and studying their changing mechanisms. Satellite passive microwave observation has almost 30-years long data set which contribute climatological study. The recent GCOM-W data is useful for more precise investigations.

For the Arctic study, GRENE Arctic climate research project(2011-2016) has started by integrating Japanese scientific activities. satellite microwave data is very important to this project since satellite data expands availability of site data to large area and long term. The Arctic project enhances interdisciplinary study and collaboration between modelling and observation. Multi-disciplinary information and scale-upping by satellite is very important.

キーワード: 極域, 北極, 南極, 雪氷, 衛星, マイクロ波

Keywords: Polar region, Arctic, Antarctic, Cryosphere, satellite, Microwave

AMSR-E データを用いて見積もった南極海沿岸ポリニヤにおける海氷生産量 Sea-ice production in Antarctic coastal polynyas estimated using AMSR-E data

二橋 創平^{1*}; 大島 慶一郎²

NIHASHI, Sohey^{1*}; OHSHIMA, Kay I.²

¹ 苫小牧工業高等専門学校 機械工学科, ² 北海道大学 低温科学研究所

¹Department of Mechanical Engineering, Tomakomai National College of Technology, ²Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

Coastal polynyas are newly-forming sea-ice areas formed by divergent ice drift due to prevailing winds and/or ocean currents. In coastal polynyas, huge amounts of heat flux from the ocean to the atmosphere occur because the heat insulation effect of sea-ice is greatly reduced in the case of thin ice, and accordingly sea ice is formed actively. Dense water formed in Antarctic coastal polynyas with the intense sea-ice production is a major source of Antarctic Bottom Water, which is a key player in the global climate system.

In this study, an algorithm for estimating daily thin ice thickness is developed based on a relationship between polarization ratios (PR) of AMSR-E brightness temperatures (TBs) and thermal ice thickness. The TBs at 89 GHz and 36.5 GHz are used. The thermal ice thickness is based on heat flux calculation using ice surface temperatures derived from satellite thermal infrared images. We used cloud-free MODIS images.

In the Antarctic Ocean, landfast sea-ice (fast ice), which is stationary sea ice attached to coastal features such as grounded icebergs, is formed along the coast. Antarctic coastal polynyas tend to be formed adjacent to fast ice. The AMSR-E ice thickness algorithm possibly mis-classifies fast ice as thin ice, because the PR values of thin ice and fast ice are similar. Thus, also the fast ice detection algorithm is developed. Monthly fast ice extent is detected based on microwave characteristics that the horizontally- and vertically-polarized TBs of fast ice tend to be lower than those of thin ice and are similar to those of ice sheet close to the coast.

The spatial resolution of AMSR-E is about 6.25 km, and the pixel density is four times higher than that of SSM/I which has been used in previous studies. This advantage is critical for the coincident detection and monitoring of coastal polynyas and fast ice because their areal extent is fairly small (tens to a hundred kms at most). The accuracy of the created AMSR-E dataset is validated from comparisons with backscatter images acquired by ASAR on Envisat.

Sea-ice production in Antarctic coastal polynyas is estimated based on heat flux calculation using the AMSR-E dataset. For the estimation, it is assumed that heat from the ocean below is negligible and that all of the heat loss to the atmosphere goes towards freezing. The sea-ice production estimated using the AMSR-E data has been improved from the SSM/I ice production because of the finer spatial resolution. First, the AMSR-E data can better resolve the high production area close to the coast. Second, false sea-ice production in the fast ice pixels mis-included by SSM/I is corrected because AMSR-E can detect fast ice that cannot be resolved by SSM/I. In fact, the total sea-ice production in each polynya by AMSR-E does not change much from the SSM/I ice production for many polynyas because these two effects of opposite direction compensate for each other. The AMSR-E dataset presented in this study would give the boundary/validation data of sea-ice production and fast ice for modeling studies.

キーワード: AMSR-E, 南極海, 沿岸ポリニヤ, 海氷生産量, 南極底層水

Keywords: AMSR-E, Antarctic Ocean, Coastal polynyas, Sea-ice production, Antarctic Bottom Water

A proposal of mission combining active and passive microwave sensors and its applications for global water cycle
A proposal of mission combining active and passive microwave sensors and its applications for global water cycle

江淵 直人^{1*}
EBUCHI, Naoto^{1*}

¹ 北海道大学低温科学研究所
¹Hokkaido University

A mission carrying active and passive microwave sensors is proposed to monitor the global water cycle and air-sea coupling. The passive microwave sensor will be a successor of AMSR2 on GCOM-W2, which was launched by JAXA on 12 May 2012. Channels to observe solid precipitation will also be added to AMSR2. The active sensor will be a scatterometer at operated at Ku- and Ka-bands. The Ka-band scatterometer can measure vector wind fields near the coasts with higher spatial resolution than the Ku-band scatterometer, which is similar to SeaWinds on QuikSCAT and ADEOS-II and OSCAT on Oceansat-2. Merits of the combination of the active and passive microwave sensors will be discussed in aspects of sensor and science synergisms. The microwave radiometer contributes to improve accuracy of vector wind measurements by the scatterometer under rain conditions. The wind direction provided by the scatterometer improves accuracy of the SST, water vapor and precipitation measured by the radiometer. The science synergy includes applications for studies of monsoon, tropical cyclones, air-sea coupling in various scales, global and regional water cycles, sea ice, soil moisture and snow over land.

キーワード: リモートセンシング, マイクロ放射計, マイクロ波散乱計, 全球水循環, 大気海洋相互作用
Keywords: remote sensing, microwave radiometer, microwave scatterometer, water cycle, air-sea interaction

Upwelling events at the western African coast related to atmospheric structures: An analysis with satellite observations

Upwelling events at the western African coast related to atmospheric structures: An analysis with satellite observations

DESBIOLLES, Fabien^{1*} ; BLANKE, Bruno¹ ; BENTAMY, Abderrahim²
DESBIOLLES, Fabien^{1*} ; BLANKE, Bruno¹ ; BENTAMY, Abderrahim²

¹Laboratoire de Physique des Océans (LPO), UMR 6523 CNRS-Ifremer-IRD-UBO, Brest, France, ²Laboratoire d'Océanographie Spatiale (LOS), IFREMER, centre de Brest, France

¹Laboratoire de Physique des Océans (LPO), UMR 6523 CNRS-Ifremer-IRD-UBO, Brest, France, ²Laboratoire d'Océanographie Spatiale (LOS), IFREMER, centre de Brest, France

Satellite scatterometers provide continuously valuable surface wind speed and direction estimates over the global ocean on a regular grid both in space and time. The Level 3 data derived from the Advanced Scatterometer (ASCAT), available at 1/4° spatial resolution (hereafter AS25), and Quick Scatterometer (QuikSCAT), available on 1/2° and 1/4° horizontal grids (QS50 and QS25 respectively), are studied at regional scales in both the Benguela and Canary upwelling systems. They are compared to the European Center for Medium-Range Weather Forecast surface wind analysis, with insight into their intrinsic and effective spatial resolutions. In the coastal band, the finest spatial patterns are found in the QS25 winds and are O(75km). This demonstrates the sensitivity of the high-resolution satellite-derived winds to coastal processes related to sea surface temperature (SST) perturbations and land-sea transition. More specifically, mesoscale coupling processes between SST and winds play a leading part in structuring the wind stress curl in both the Canary and Benguela upwelling systems. These processes act especially over the upwelling extension zone (O(100km) off the coast). Next, short-lived upwelling episodes (SUEs) calculated from SST anomalies are defined consistently with the QS25 effective resolution. These cold events refer to local, short-lived perturbations that add to seasonal upwelling variability. We characterize concomitant atmospheric synoptic conditions for SUEs identified at chosen latitudes and highlight two subregions in both upwelling systems, with contrasted patterns for the alongshore wind stress component and curl. The complexity of the latter patterns is closely linked to local, short-term SST variability. Closer to the shore, wind stress curl patterns derived from QS25 are only loosely related to SST/wind interactions and, as a working hypothesis, can also be associated with orographic effects that may play an important role in cooling processes. The derivation of a realistic coastal wind drop-off from satellite observations is an almost impossible task, first because a blind zone at the coast, second because the horizontal scales of pure orographic effects (a few tens of kilometers) are finer than the effective resolution of the satellite-derived product (~75km). However, an alternative assessment can be given by evaluating the ocean response to contrasted coastal wind profiles. Numerical sensitivity experiments show that the imbalance between Ekman transport and Ekman pumping has an impact on ocean dynamics: a reduction of the wind in the QS25 forcing, partly induced by orography, contributes to SST cooling.

キーワード: scatterometry, upwelling dynamics, SST/Wind Interactions, orography effects, air-sea coupling
Keywords: scatterometry, upwelling dynamics, SST/Wind Interactions, orography effects, air-sea coupling

The GNSS Ocean Winds and AIS Mission, An Earth Science and Marine Safety Satellite Constellation

The GNSS Ocean Winds and AIS Mission, An Earth Science and Marine Safety Satellite Constellation

Rose Randall^{1*} ; GLEASON Scott¹ ; RUF Christopher² ; KITAZAWA Yukihiro³ ; TANIMOTO Kazuo⁴
ROSE, Randall^{1*} ; GLEASON, Scott¹ ; RUF, Christopher² ; KITAZAWA, Yukihiro³ ; TANIMOTO, Kazuo⁴

¹Southwest Research Institute, ²University of Michigan, ³IHI Corporation, ⁴Meisei Electric Co., Ltd.

¹Southwest Research Institute, ²University of Michigan, ³IHI Corporation, ⁴Meisei Electric Co., Ltd.

Recent developments in electronics and nano-satellite technologies combined with modeling techniques developed over the past 20 years have enabled a new class of remote wave and wind sensing capabilities that offer markedly improved performance over existing observatories while opening avenues to new applications. Most existing space borne ocean wind observatories operate in the C and Ku-bands which obscures key information about the ocean and the global climate. Using GNSS-based bi-static scatterometry performed by a constellation of nano-satellites, ocean wave and wind data can be provided with unprecedented temporal resolution and spatial coverage across the full dynamic range of ocean wind speeds in all precipitating conditions.

The NASA Cyclone Global Navigation Satellite System (CYGNSS) is a space borne mission being developed to study tropical cyclone inner core processes. CYGNSS consists of 8 GPS bi-static radar receivers to be deployed on separate nano-satellites in October 2016. It is anticipated that numerous additional Earth science applications can also benefit from the cost effective high spatial and temporal sampling capabilities of GNSS remote sensing. These applications include monitoring of rough and dangerous sea states, global observations of sea ice cover and extent, meso-scale ocean circulation studies, and near surface soil moisture observations.

The Automatic Identification System (AIS) is a maritime system used for global identification and tracking of ships. It is proposed as part of the GNSS Ocean Winds and AIS (GOWA) nano-satellite constellation concept to combine and improve upon the GNSS remote sensing capability of CYGNSS with a space based AIS system. GOWA will be capable of monitoring both the ocean roughness and the locations of ship traffic at the same time. This will result in both an increase in maritime safety and valuable Earth science measurements of ocean winds, sea ice and land surfaces.

This presentation will present a summary of the CYGNSS mission and plans for future instrument development to increase the number of science observations. The goal of this development is to enable the GOWA mission being proposed for Japanese science and maritime safety applications.

キーワード: GNSS, Earth Science, Remote Sensing, Satellites, GPS

Keywords: GNSS, Earth Science, Remote Sensing, Satellites, GPS

雲エアロゾル放射ミッション (EarthCARE) 搭載用雲プロファイリングレーダ (CPR) の開発 Development of Cloud Profiling Radar (CPR) for Earth Clouds, Aerosols and Radiation Explorer (EarthCARE) mission

関 義広^{1*}; 富田 英一¹; 木村 俊義¹; 中塚 大貴¹; 会田 芳久¹; 岡田 和之¹; 飯出 芳弥¹; 門崎 学¹; 高橋 暢宏²; 大野 裕一²; 堀江 宏昭²; 佐藤 健治²

SEKI, Yoshihiro^{1*}; TOMITA, Eiichi¹; KIMURA, Toshiyoshi¹; NAKATSUKA, Hiroataka¹; AIDA, Yoshihisa¹; OKADA, Kazuyuki¹; IIDE, Yoshiya¹; KADOSAKI, Gaku¹; TAKAHASHI, Nobuhiro²; OHNO, Yuichi²; HORIE, Hiroaki²; SATO, Kenji²

¹ 宇宙航空研究開発機構, ² 情報通信研究機構

¹Japan Aerospace Exploration Agency, ²National Institute of Information and Communications Technology

Earth Clouds, Aerosols and Radiation Explorer (EarthCARE) is a Japanese-European collaborative Earth observation satellite mission aimed to deepen understanding of the interaction process between clouds and aerosols and its effects on the Earth's radiation. The outcome of this mission is expected to improve accuracy of the Global Climate Change prediction.

The EarthCARE spacecraft, which weighs approximately 2,250kg and goes along a Sun-Synchronous 400km-high orbit around the Earth, accommodates four instruments which are to observe the Earth's clouds, aerosols and radiation. The observation data acquired simultaneously by the four sensors will be processed into a variety of synergy products including vertical profiles of clouds and aerosols, microscopic cloud parameters, radiation fluxes and so on. As one of those observatories, the Cloud Profiling Radar (CPR), which has a 2.5m-diameter main reflector and W-band 1.5kW transmitter and receiver, is the world's first space-borne Doppler cloud radar jointly developed by the Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) and the National Institute of Information and Communications Technology (NICT), which provides vertical velocity as well as vertical structure inside clouds. The other payloads on the satellite are the Atmospheric Lidar (ATLID) for vertical structure measurement of clouds and aerosols, the Multi-Spectral Imager (MSI) for horizontal distribution measurement of clouds and aerosols, and the Broad-Band Radiometer (BBR) for measurement of radiation fluxes at top of the atmosphere. ATLID, MSI, BBR and the base-platform of the spacecraft are developed by the European Space Agency (ESA).

In Japan, the critical design review of the CPR has been completed in 2013 and CPR proto-flight model is currently being manufactured, integrated, and tested. After handed-over to ESA, the CPR will be installed onto the EarthCARE satellite together with the other instruments, tested, transported to Guiana Space Center in Kourou, French Guiana and launched by a Soyuz launcher in JFY2016.

Keywords: Cloud, Aerosol, Radiation, EarthCARE, CPR, Cloud Profiling Radar

Shortwave direct aerosol radiative forcing using CALIOP and MODIS measurements Shortwave direct aerosol radiative forcing using CALIOP and MODIS measurements

及川 栄治^{1*}; 中島 映至¹; Winker David²
OIKAWA, Eiji^{1*}; NAKAJIMA, Teruyuki¹; WINKER, David²

¹ 東京大学大気海洋研究所, ²NASA Langley Research Center
¹AORI, University of Tokyo, ²NASA Langley Research Center

The aerosol direct effect occurs by direct scattering and absorption of solar and thermal radiation. Shortwave direct aerosol radiative forcing (SWDARF) under clear-sky condition is estimated about 5 Wm^{-2} from satellite retrievals and model simulations [e.g., Yu *et al.*, 2006]. Simultaneous observations of aerosols and clouds are, however, very limited to validate the estimation of SWDARF under cloudy-sky condition. In 2006, the CALIPSO (Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observations) satellite was launched with the space-borne lidar, CALIOP (Cloud-Aerosol Lidar with Orthogonal Polarization). This enabled us to get data of the vertical distribution of aerosols and clouds all over the world. Oikawa *et al.* [2013] estimated SWDARF under clear-sky, cloudy-sky, and all-sky conditions using CALIOP Version 2 data and MODIS (Moderate resolution Imaging Spectrometer) data. They investigated four scenarios for evaluating the SWDARF: clear-sky, the case that aerosols exist above clouds (above-cloud case), the case that aerosols exist below high-level clouds (below-cloud case), and the case that aerosols are not detected by CALIOP in cloudy-sky condition. The cloudy-sky SWDARF is, then, estimated by the latter three scenarios. The all-sky SWDARF is the combination of clear-sky and cloudy-sky SWDARF weighted by the cloud occurrence.

We calculated SWDARF from 2007 to 2009 using CALIOP Level 2 Cloud and Aerosol Layer Products Version 2 (V2) and Version 3 (V3) with the method of Oikawa *et al.* [2013]. The procedure of daytime calibration, cloud screening, and aerosol-cloud classification are improved in the V3 algorithms [Powell *et al.*, 2010; Vaughan *et al.*, 2010; Liu *et al.*, 2010]; therefore, the distributions of aerosols and clouds are significantly changed from V2 data. Compared V3 data with V2 data, the total cloud fraction and occurrence probability of above-cloud case decrease. In clear-sky condition, marine aerosols increase and single scattering albedo (SSA) of total aerosols increases over the ocean. In cloudy-sky condition, smoke and polluted dust decrease. Annual zonal averages of SWDARF from 60°S to 60°N under clear-sky, cloudy-sky, and all-sky are -2.85 , -0.16 , and -0.78 Wm^{-2} for V2 data and -3.70 , -1.07 , and -2.02 Wm^{-2} for V3 data. It indicates that SWDARF largely depends on the retrieval and classification algorithms of aerosols and clouds.

Previous studies reported that the aerosol absorption above clouds cause the underestimation of cloud optical thickness (COT) in the satellite retrievals [Haywood *et al.*, 2004; Coddington *et al.*, 2010]. We, therefore, have a plan to examine the effect on SWDARF from underestimation of COT.

Keywords: aerosol, radiative forcing, DARF, CALIPSO, CALIOP

雲水平不均質性に起因する雲特性リトリバルのバイアス誤差の推定手法
A new method for estimating biases in multi-spectral cloud parameter retrievals caused by cloud horizontal inhomogeneity

永尾 隆^{1*}; 中島 孝¹
NAGAO, Takashi^{1*}; NAKAJIMA, Takashi¹

¹ 東海大学
¹ Tokai University

Clouds play an important role in terrestrial atmospheric dynamics, thermodynamics, and radiative transfer and are key elements of the water and energy cycles. Modification of cloud properties, lifetime, and amount by indirect aerosol effects has an effect on radiative forcing in the climate. Cloud observations using satellite-borne multispectral imagers (e.g. Aqua/MODIS, GCOM-C/SGLI and EarthCARE/MSI) provide data sets useful for understanding cloud characteristics and their distributions on a global scale. Previous studies, however, pointed out that cloud parameters (e.g. cloud optical thickness, cloud particle effective radius and cloud top temperature) retrieved from multispectral measurements were significantly impacted by vertical and horizontal inhomogeneities of clouds, bimodal particle size distributions in drizzling clouds, and three-dimensional radiative transfer. In this study, we suggest a new method for estimating bias in multi-spectral-retrieved cloud parameters caused by cloud horizontal inhomogeneity. The impact of cloud horizontal inhomogeneity is considered as a key for interpreting discrepancies between cloud parameters from satellite observations and in-situ measurements or numerical cloud models. The estimation method considers the bias as the combination of the following two impacts: One is the impact of clear-contamination in cloud pixel, which is parameterized by cloud-fraction. The other is the impact of subpixel scale variance of cloud properties (but no clear-contamination), which is parameterized by variance of multi-spectral radiances in sub-pixels, and based on error propagation theory. We evaluate the method by using high-spatial resolution measurements of Landsat 8. Additionally, to apply the method to several multi-spectral imagers (e.g. MODIS, GCOM-C/SGLI and EarthCARE/MSI), we also investigate co-variance matrices of adjacent pixels or sub-pixels obtained from different IFOVs because the accuracy of the method depends on the accuracy of the co-variance matrix.

三次元離散雲の放射収支算定に関わる放射伝達解法の研究 (2) A study of the earth radiation budget using a 3D Monte-Carlo radiative transfer code (2)

大方 めぐみ^{1*}; 中島 映至¹
OKATA, Megumi^{1*}; NAKAJIMA, Teruyuki¹

¹ 東京大学 大気海洋研究所

¹ University of Tokyo, Atmosphere and Ocean Research Institute

本研究は、Earth Explore/EarthCARE ミッションで打ち上げられる EarthCARE 衛星で、大気上端の放射フラックスを 10Wm^{-2} 以下の精度で見積もるために、3次元 Monte Carlo 放射伝達コード (MCstar) の開発を行い、また EarthCARE 衛星に搭載される 4 センサー (CPR, Lidar, MSI, BBR) を用いて 3次元の雲場を構築し、MCstar を用いて放射収支の算定を行うことを目的としている。

MCstar は Forward 型と Backward 型を開発しており、両者とも相関 k 分布法も導入しており (Sekiguchi and Nakajima 2008)、Forward 型は広帯域の放射フラックスを算定でき、Backward 型は広帯域の放射輝度を算定できる。

3次元の雲場の構築には 2つの方法を用いた。1) 最適雲情報プロファイリング法 (MIDPM) (Barker and Donovan et. al., 2011)、2) ビン法を用いた雲微物理モデルと結合した非静力学モデルによる数値シミュレーションの結果を用いたものである。

MIDPM では、Cloudsat/CPR と AQUA/MODIS のプロダクトによる観測パラメータのペアのライブラリを作成した。この観測パラメータのライブラリは CPR のレーダー反射因子 $\text{dBZe}(z)$ の鉛直分布と MODIS の多波長イメージャー MSI のスペクトル放射輝度、雲の光学的厚さ (COT)、粒子の有効半径 (RE)、雲頂温度 (T_c) である。CPR の軌道上にない MODIS のピクセルでの MODIS の雲パラメータをライブラリのもものと比較し、偏差が最小となる組を選択し、最も一致するレーダー反射因子の鉛直プロファイルを選び出した。ここでは、2007年7月2日のカリフォルニア沖での夏の層雲のデータを用いた。

2つめの雲構築法は、気象庁 NHM 非静力学モデルにビン法雲モデルを組み込んだモデルを用いたカリフォルニア沖での夏の層雲の数値シミュレーションによって行われた (Iguchi et al., 2008; Sato et al., 2009, 2011)。数値シミュレーションは、 $30\text{km} \times 30\text{km} \times 1.5\text{km}$ の周期境界条件の領域で、水平、鉛直グリッドが $100\text{m}, 20\text{m}$ と $300\text{m}, 20\text{m}$ の解像度で行われた。それぞれの分解能で 2つの異なるセルシステムは、異なる凝結核 (CCN) 濃度でシミュレーションされた。分解能 100m の場合、領域平均した雲の光学的厚さ $\langle \text{COT} \rangle$ と標準偏差は、雲核数のすくない Pristine Case では 3.0 と 4.3 であり、雲核数の多い Polluted Case では 8.5 と 7.4 である。

改良した MCstar (Forward 型) では光路長を消散と散乱の透過率で決める 2つのコードを開発し、両者を用いて 2つの手法で構築した離散雲場の放射収支を再度見積もった。それらと Plane Parallel Approximation (PPA) (Cahalan et al., 1994) と Independent Pixel Approximation (IPA) との比較を行った。全ての結果を反射率の差で考察を行った。3次元離散雲場での放射収支の見積もりと PPA との差は雲の離散的であるほど大きくなり、また分解能が細かいほどその差は大きくなった。 ΔR (3D-PPA) の最大値は 0.080 で、放射フラックスに換算すると 70Wm^{-2} であった。

一方で、IPA は平均の消散係数が 5 から 8km^{-1} であると、衛星のようなキロメートル単位の分解能の場合、IPA 近似には十分に厚い光学的厚さである。この場合、 ΔR (3D-IPA) は 0.010 以下で放射フラックスに換算すると 10Wm^{-2} であった。一方で、モデルシミュレーションの場合では IPA 近似では光学的に薄く、 ΔR (3D-IPA) は最大で 0.070 であった。このように、3次元雲の放射収支をより精度よく見積もるために、3次元雲システムの解明が重要である。

キーワード: 三次元放射伝達解法, 最適雲情報プロファイル, モンテカルロ
Keywords: 3D radiative transfer, MIDPM, Monte Carlo

Synergistic use of the geostationary and the polar orbit satellites for surveying the cloud evolution process: plan
Synergistic use of the geostationary and the polar orbit satellites for surveying the cloud evolution process: plan

中島 孝^{1*}; 永尾 隆¹; Letu Husi¹
NAKAJIMA, Takashi^{1*}; NAGAO, Takashi¹; LETU, Husi¹

¹ 東海大学
¹Tokai University

The use of spaceborne radar and imager aboard the CloudSat, Aqua, EarthCARE, GCOM-C1, and the 3rd generation geostationary satellites for investigating cloud evolution process, is suggested. These satellites have been in orbit or will be launched in the middle of 2010-era and contribute for observing aerosols, clouds on the earth system. Since aerosols and clouds exert an important influence on the planet's water and energy balances, more understanding of their lifecycle is required. Optical thickness and particle size of clouds are primal information for estimating the cloud evolution process. These parameters are retrieved from multi-spectral imageries obtained from space-borne satellite sensors. Recently, active sensors, such as the CloudSat cloud profiling radar (CPR) and the CALIPSO Lidar present a new epoch of aerosol and cloud observation with the purpose of revealing transition of particles, from cloud condensation nuclei to rain droplets via cloud and drizzle particles. They observe vertical cross section of the cloud system along the satellite footprint. As follow on the CloudSat / CALIPSO, the EarthCARE that has both active and passive sensors is planed by JAXA, NICT, and ESA collaboration. Doppler capability of the EarthCARE CPR will reveals vertical motion of cloud particles. Moreover, the 3rd generation geostationary weather satellite will appear in 2015 and observe aerosol and cloud system in every 10 or 2.5 minutes. Therefore, it is expected that the combined use of polar orbital passive/active sensors and geostationary satellites reveal details of cloud evolution process, statistically and dynamically. In this presentation, we introduce recent progresses of aerosol and cloud observations from satellites, showing the multi-sensor views of cloud growth process obtained from an active radar (CPR) and a passive imager (MODIS).

キーワード: 雲物理, 衛星観測, 大気放射
Keywords: Cloud evolution, Satellite, GCOM, EarthCARE

Retrieval algorithm for aerosols based on GCOM-C1/SGLI Retrieval algorithm for aerosols based on GCOM-C1/SGLI

佐野 到^{1*}; 向井 苑生¹; 中田 真木子¹; Holben Brent²; Dubovik Oleg³; Kokhanovsky Alexander⁴
SANO, Itaru^{1*}; MUKAI, Sonoyo¹; NAKATA, Makiko¹; HOLBEN, Brent²; DUBOVIK, Oleg³; KOKHANOVSKY, Alexander⁴

¹ 近畿大学, ²NASA/GSFC, ³Lille University, ⁴EUMETSAT

¹Kinki University, ²NASA/GSFC, ³Lille University, ⁴EUMETSAT

It is known that atmospheric aerosols have valuable information in many research fields. However estimation of aerosol direct and indirect effects on climate changes in the 5th report of IPCC still involves large uncertainty due to lack of precise aerosol properties.

JAXA (Japanese space agency) is developing the GCOM-C (Global change observing mission?climate) satellite series, which are expected to provide us new aerosol information as well as geo-physical parameters for thirteen years after launch. The first of GCOM-C series will carry the SGLI (second generation global imager) sensor which observes total radiance from near UV to thermal infrared wavelengths including polarization measurements at red and near IR. This work intends to develop an efficient algorithm for aerosol retrieval based on this polarization information to be given by GCOM-C1/SGLI.

キーワード: Aerosol, SGLI, GCOM-C

Keywords: Aerosol, SGLI, GCOM-C

GCOM-C1/SGLIのための海洋基礎生産力推定アルゴリズム Ocean primary production algorithm for the GCOM-C1/SGLI

平譚 享^{1*}; 夫津木 亮介¹; 新明 克仁¹; 高尾 信太郎²; 藤原 周³; 齊藤 誠一¹

HIRAWAKE, Toru^{1*}; FUTSUKI, Ryosuke¹; SHINMYO, Katuhito¹; TAKAO, Shintaro²; FUJIWARA, Amane³; SAITOH, Sei-ichi¹

¹ 北海道大学大学院水産科学研究院, ² 北海道大学大学院地球環境科学研究院, ³ 国立極地研究所

¹Faculty/Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University, ²Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, ³National Institute of Polar Research

One of the objectives of second-generation global imager (SGLI) on the earth observation satellite, Global Change Observation Mission 1st-Climate (GCOM-C1) is to understand the global carbon cycle. Therefore, estimation of column integrated daily net primary production (PP_{eu}) as carbon assimilation by photosynthesis of phytoplankton in the ocean is essential for the objective of SGLI/GCOM-C1 project. Most of the algorithms developed in the past used chlorophyll *a* (chl *a*) concentration. However, estimation of chl *a* concentration from satellite data has uncertainty due to the effect of pigment packaging that leads to underestimation, and the interference of colored dissolved organic matter (CDOM) which leads to overestimation. Another uncertainty is derivation of photosynthetic rate of phytoplankton. Although the vertically generalized productivity model (VGPM) which is one of the frequently used algorithms expressed the maximal photosynthetic rate (P_{opt}^B) as a function of sea surface temperature (SST), the SST derived P_{opt}^B had large error, particularly in the polar waters. Furthermore, discussion on the effect of global warming to primary productivity in the ocean using satellite data is facilitated, if the photosynthetic rate is an independent parameter on the SST.

To reduce these issues, light absorption coefficient of phytoplankton (a_{ph}) was used in the algorithm for SGLI/GCOM-C1; product of P_{opt}^B and chl *a* in the VGPM, which means productivity at the depth with the maximal photosynthetic rate within a water column, was expressed by photosynthetic available radiation (PAR) absorbed in phytoplankton. In situ primary production and optical data to develop the algorithm were measured in the North Pacific, Japan Sea, East China Sea, Southern Ocean, Chukchi Sea (Arctic Ocean), Bering Sea. Additional datasets of the Bermuda Atlantic Time-series Study (BATS), Hawaii Ocean Time-series (HOT) and The California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations (CalCOFI) were also obtained for the development and validation of the algorithm. Accuracy in the estimation of product of P_{opt}^B and chl *a* (P_{opt}) and PP_{eu} were fairly well and estimated values from the new algorithms almost satisfied a factor of 2 of the values measured in situ. If accurate value of a_{ph} is derived from SGLI data, global estimation of PP_{eu} without the issues of pigments packaging, CDOM and SST are expected.

キーワード: 基礎生産, 植物プランクトン, 吸収係数, GCOM-C, SGLI

Keywords: primary production, phytoplankton, absorption coefficient, GCOM-C, SGLI

気候変動研究のための GCOM-C/SGLI による全球雪氷観測と検証計画 Global snow and ice cover observations using GCOM-C1/SGLI for studying climate changes

堀 雅裕^{1*}; 青木 輝夫²; Stamnes Knut³; 谷川 朋範¹; 朽木 勝幸²; Li Wei³; Chen Nan³
HORI, Masahiro^{1*}; AOKI, Teruo²; STAMNES, Knut³; TANIKAWA, Tomonori¹; KUCHIKI, Katsuyuki²; LI, Wei³; CHEN, Nan³

¹ 宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター, ² 気象研究所, ³ スティーブンス工科大学

¹Japan Aerospace Exploration Agency, ²Meteorological Research Institute, ³Stevens Institute of Technology

The "Global Change Observation Mission-Climate" (GCOM-C) is a project of Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) for the global observation of the Earth environment. The GCOM-C is a part of the JAXA's GCOM mission which consists of two satellite series, GCOM-C and GCOM-W (Water). GCOM-C carries a multi-spectral optical radiometer named Second Generation Global Imager (SGLI), which will have special features of wide spectral coverage from 380 nm to 12 micrometer, a high spatial resolution of 250m, a field of view exceeding 1000km, two-direction simultaneous observation, and polarization observation. The GCOM-C mission aims to improve our knowledge on the global carbon cycle and radiation budget through high-accuracy observation of global vegetation, ocean color, temperature, cloud, aerosol, and snow and ice. As for the cryosphere observation, not only snow and ice cover extent but also snow physical parameters are retrieved from SGLI data such as snow grain sizes at shallow layers, temperature, and mass fraction of impurity mixed in snow layer and so on. These snow physical parameters are important factors that determine spectral albedo and radiation budget at the snow surface. Thus it is essential to monitor those parameters from space in order to better understand snow metamorphosis and melting process and also to study the response of snow and sea-ice cover extent in the Polar Regions to a climate forcing such as global warming. In addition, one of important objectives of the GCOM mission is to monitor long-term trend of the geophysical parameters for understanding the mechanism of earth's climate system. For this purpose, the data from GCOM series satellites are not enough. Thus, JAXA launched a website named "JAXA Satellite Monitoring for Environmental Studies (JASMES)" for semi-near real-time monitoring of earth's environmental variables. Through this website JASMES provides users with not only satellite datasets (flat binary) but also information on the current status of the climate variables such as solar radiation reaching the earth's surface (photosynthetically available radiation: PAR), snow and cloud cover, dryness of vegetation (water stress trend), wild fire and so on. MODIS data since February 2000 are currently processed for this analysis but SGLI data will be used after the launch of GCOM-C. Furthermore, the data from Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) onboard polar orbiting satellites operated by the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) since 1978 are also under preparation toward establishing a half-century long datasets of remote sensing after the success of the GCOM mission. This presentation will summarize the SGLI cryospheric products and validation plans, and also briefly introduce the JASMES dataset.

キーワード: 積雪, 積雪粒径, 積雪不純物, 雪氷面温度, リモートセンシング, 気候

Keywords: Snow Cover, Snow Grain Size, Snow Impurity, Surface Temperature, Remote Sensing, Climate

GCOM-C1 陸面反射率プロダクトの開発 Development of GCOM-C1 land surface reflectance product

村上 浩^{1*}
MURAKAMI, Hiroshi^{1*}

¹ 宇宙航空研究開発機構 地球観測研究センター
¹JAXA, Earth Observation Research Center

陸面反射率 (RSRF) プロダクトは植生や被覆分類等の陸域の高次アルゴリズムの入力になると共に放射収支におけるアルベードや大気推定のバックグラウンドとなる情報でもあり、GCOM-C1/SGLI (2016年度打ち上げ予定) の要となるプロダクトである。RSRFの推定は、晴天域において衛星による大気上端輝度データから大気分子とエアロゾルの散乱・吸収を補正して地表面からの光を分離 (大気補正) することで行われる。しかし、大気上端輝度からエアロゾルの情報を抽出するためには背景となる陸面の情報を差し引く必要があり、結局両者を同時推定することが必要となってしまう。この推定においては、エアロゾルや RSRF の波長特性についての経験的な仮定や候補モデルを拘束条件としてしばしば用いられる。ただしこの場合、求めたい量を拘束条件にしてしまう恐れもあるので多様な波長特性の知見を蓄積して適切な選択を行う必要がある。RSRF を先見値とする場合、衛星観測は特定の方向からの観測になるため、RSRF の観測太陽・衛星幾何条件による変化 (BRDF) もモデル化する必要がある。

大気補正におけるエアロゾル候補モデル (粒径・高度分布、屈折率等) の設定は、エアロゾル推定を目的とするアルゴリズム (候補モデルを選択するような一般的なエアロゾル推定アルゴリズムの場合) における候補モデルとも整合性を持たせられる可能性がある。特にエアロゾル推定時のバックグラウンドとして RSRF を使うこともあり、アルゴリズム間の整合性が取れば誤差評価や精度向上などにおいてメリットがあると考えられる。

GCOM-C1 サイエンスチームには SKYNET や AERONET 等の地上観測を用いたエアロゾル特性やその地域性の知見の蓄積、植生等の陸面分光反射率やその方向性の観測やモデル化 (キャノピー放射伝達) を行っているグループがある。2012年の夏にミニワークショップを開催し、それらの知見を JAXA が集約しながら段階的に取り込んで陸面大気補正アルゴリズムを開発していくという方針を決めている。その際には RSRF や BRDF を利用する被覆や LAI やアルベードなどの下流のアルゴリズムとの整合性 (大気補正時の拘束条件を下流で利用することにならないようにすること) の考慮の必要性も確認された。

GCOM-C1 打ち上げ時に向けた開発としては、既存の知見を基にアルゴリズムを開発する予定である。RSRF 推定の対象とする SGLI の波長はあまり強い吸収はないものの、その弱い吸収について水蒸気、オゾン、酸素、NO₂ 等の吸収補正を行う。また、標高については、海面気圧と高分解能の高度データ (ASTER GDEM-2 と GTOPO1 を併用) を用いて標高補正を行う。地表面の勾配の影響については地表面の法線を高度データから推定しておき太陽入射角から近似的に斜面補正を行う予定である。GCOM-C1/SGLI の特長として 380nm の近紫外波長バンドを持っている。RSRF の事前推定には、一般に反射率が小さく BRDF の変化も小さい近紫外や青波長域で陸面反射率を拘束し、その波長の大気散乱光を抽出することで大気補正することを計画している。しかし近紫外～青波長の RSRF の推定のためには地表面の状態 (植生や被覆) の推定が必要であり、そのためにエアロゾルの影響を受けにくい長波長域 (NIR や SWIR) のデータや、(RSRF の時間変動は大気より小さいと仮定して) 近い過去の推定値を用いることを計画している。

GCOM-C1 打ち上げ後の将来のアルゴリズムとしては、LAI 開発におけるキャノピー放射伝達研究の知見を入れて土地被覆や植生の季節フェーズを考慮した拘束条件を用いるように改善したり、新たなエアロゾル推定手法やエアロゾル輸送モデルの予測値を用いることなどが期待される。GCOM-C1/SGLI には斜め方向から赤と NIR 波長で観測を行う偏光センサを搭載している。陸面 BRDF や地表面偏光等の知見が蓄積されれば、将来的にはこれも用いて大気補正の精度を改善できる可能性がある。

キーワード: GCOM-C1, SGLI, 陸面反射率, 大気補正
Keywords: GCOM-C1, SGLI, land surface reflectance, atmospheric correction

Assessing the variations of the Alaskan tundra vegetation using MODIS NDVI 250-m imagery

SETIAWAN, Yudi^{1*} ; KUSHIDA, Keiji¹
SETIAWAN, Yudi^{1*} ; KUSHIDA, Keiji¹

¹College of Bioresource Sci., Nihon Univ. Japan

¹College of Bioresource Sci., Nihon Univ. Japan

Improving the understanding of Alaskan tundra vegetation using remote sensing data is a challenging task due to a general lack of consistency and coverage from historical and existing platforms. Furthermore, it should be essential for many aspects of global environmental change research.

Vegetation dynamics of the land surface is an integrated reflection of the vegetation and physical and chemical factors that shape the environment of a given land area and determinants for overall biological diversity patterns. In this paper, we demonstrate an approach for displaying detailed information of the Alaskan tundra ecosystem from the vegetation dynamics point of view. We assumed that locations displaying similar temporal vegetation patterns are inferred to have a similar vegetation and/or environment characteristics. Differences among land cover types as reflected in temporal profiles of NDVI are caused by differences in vegetation type composition and/or in their densities, and their responses to local environmental conditions, consequently, the use of long time-series NDVI will capture such different patterns in seasonal growth cycles.

The clustering method yields sets of clusters, which each cluster represents a significant different NDVI pattern at detailed information in the land cover type. However, the complexity and enormous amount of time-series NDVI datasets may lead to the difficulty of obtaining the actual number of clusters in this study. Therefore, to provide maximum effectiveness of the clustering algorithm, we first consider the number of clusters 15 which correspond to the number of dominant physiognomy of Alaska tundra ecosystem (Raynold et al., 2005). The number of clusters was then evaluated based on a statistical measurement of how separate that pattern is to patterns in its own cluster compared to patterns in other clusters. This separability analysis was applied to discriminate among high detailed significant patterns that were theoretically defined to portray the specific characteristics of each land cover type.

キーワード: Vegetation dynamics, Tundra vegetation, Alaska, MODIS
Keywords: Vegetation dynamics, Tundra vegetation, Alaska, MODIS

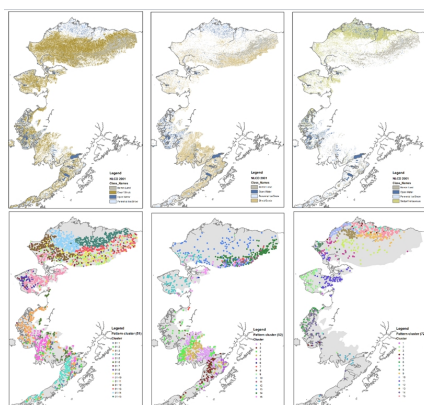


Figure 1. Three-dominant land cover classes of NLCD 2001 in Alaskan tundra: a) dwarf shrub, b) shrub/scrub, and c) sedge/herbaceous. Distribution of the 15-clusters for: d) dwarf shrub, e) shrub/scrub and f) sedge/herbaceous

ALOS-AVNIR2・PALSARを用いた湿潤年における東シベリア北方林内の永久凍土融解・湛水被害域の抽出 Detection of regional extent of permafrost thawing and waterlog damage area in boreal forest in eastern Siberia during w

飯島 慈裕^{1*}; 阿部 このみ²; 伊勢 紀²; 増澤 直²
IJIMA, Yoshihiro^{1*}; ABE, Konomi²; ISE, Hajime²; MASUZAWA, Tadashi²

¹ 独立行政法人海洋研究開発機構, ² 株式会社 地域環境計画
¹JAMSTEC, ²Regional Environmental Planning Inc.

永久凍土が広く分布する東シベリアでは、2000年代後半に、冬季積雪と夏季降雨が共に大きく増加した気候が過剰に湿潤化した状態が複数年継続した。活動層（地表面直下の凍結融解土壌層）の土壌水分量が大幅に増加したことで、土壌の熱的性質が変化した。その結果、永久凍土表層の融解が進み、活動層が深くなると共に、この土壌の過剰な湿潤化によって、谷や平坦地、アラス（凍土融解による陥没地形）周辺といった水が集まりやすい地形では、長期的に湛水状態が継続する事態となった。さらに、湛水した地表面上では、北方林（カラマツ (*Larix cajanderi*) を優占種とする）の生育環境が悪化し、森林の枯死・荒廃が数年の時間差をもって進行した。

これら一連の現象の連鎖は、気候湿潤化の広がりによって東シベリアに広域的に生じていると考えられる。すなわち、過湿な地表面と森林が枯死・荒廃した地域を特定することによって、気候湿潤化による永久凍土荒廃現象の空間的広がりが示されることになる。この際、従来の森林リモートセンシングで使われる可視・近赤外の情報に加えて、水分状態を検出できるマイクロ波衛星の情報を組み合わせることで、水環境変化を伴う北方林内の永久凍土環境変化の検出が有効であると考えた。以上から、本研究では、ALOS-AVNIR2・PALSARを用いた衛星データ解析と現地調査結果に基づき、ヤクーツク近郊での湿潤化による水域の拡大状況と、それによる永久凍土・活動層変化を伴う北方林変化域の抽出を試みた。

本研究では、レナ川中流域で活動層内土壌水分の過剰な湿潤化が進行した2006~2009年の夏季のALOS-PALSARおよびAVNIR2画像を利用した。研究対象地域は、地上検証データが得られるレナ川左岸のスパスカヤパッド地域と、右岸のユケチ地域である。各対象地域として、現地観測点を含む10x10kmの領域を設定した。PALSAR画像データは、ジオコーディングとノイズ軽減の平滑化処理を行った後、PALSARのマイクロ波後方散乱係数から、2007年時点の値と2009年と2007年との差分を組み合わせた閾値として段階的な区分をすることで、通常の森林と、過湿で林床面まで湛水した森林の違いの抽出を試みた。また、同期間のAVNIR2画像から、土地被覆状態として、草原と北方林、ならびに枯死・荒廃が進行した北方林の教師付分類を行い、同様に複数年度の分類図から、北方林が変化した領域を抽出した。

レナ川左岸スパスカヤパッド地域は、地下水が少ない砂質ロームからなる河岸段丘上に北方林が広がっており、永久凍土融解に伴う陥没地形であるアラス湖沼は少ない。この地域のPALSAR分類図では、段丘を刻む谷筋や平坦面に沿って北方林内の湛水域が拡大し、それに対応してAVNIR2分類図からは筋状に森林の変化域が抽出された。これは、左岸では谷や地形的に平坦になった地域の土壌水分飽和度が高く、カラマツが選択的に枯死していた現地観測結果とよく一致する。

一方、レナ川右岸ユケチ地域は、凍土氷を多く含む平地が広がり、アラス湖沼の密度が非常に高い。そこでは、同期間にアラス湖沼の面積が拡大し、湖沼の周囲を囲むように、森林内の湛水域が広がる様子が抽出された。右岸では閉鎖水域のアラス湖沼に多くの融雪水と降水が流入し、水域面積が拡大すると共に湖水があふれる縁辺部では活動層が湛水状態となってカラマツが倒伏、枯死しており、この解析結果もこれらの現地の観察状況とよく一致する。

以上から、ALOS-AVNIR2とPALSARデータの複合に基づく森林内湛水域と森林変化域を抽出し複合させる手法によって、湿潤化が永久凍土、森林荒廃をもたらす一連の現象を広域的に捉えることができ、地形や凍土状態の異なる地域で特徴的な荒廃状況を時系列的に示す可能性が確認された。凍土の性質が異なる左岸・右岸ともに湛水領域と森林枯死域が短期間の気候湿潤化で大きく広がっており、森林変化による熱・水・炭素循環における影響は無視できないと考えられる。今後は更なる現地検証と、広域への適用を進める方針である。

キーワード: ALOS, 永久凍土, 気候湿潤化, 北方林, 荒廃, 東シベリア

Keywords: ALOS, permafrost, wet climate, boreal forest, degradation, eastern Siberia

静止気象衛星を用いた降雨域推定マップの作成と GSMaP A potential map of precipitation area using the geostationary meteorological satellite for the GSMaP

広瀬 民志^{1*}; 樋口 篤志¹; 牛尾 知雄²; 妻鹿 友昭²; 山本 宗尚³; 重 尚一³; 里村 雄彦³; 濱田 篤⁴
HIROSE, Hitoshi^{1*}; HIGUCHI, Atsushi¹; USHIO, Tomoo²; MEGA, Tomoaki²; YAMAMOTO, Munehisa³; SHIGE, Shoichi³
; SATOMURA, Takehiko³; HAMADA, Atsushi⁴

¹ 千葉大学環境リモートセンシング研究センター, ² 大阪大学大学院 工学研究科 電気電子情報工学専攻, ³ 京都大学大学院 理学研究科 地球惑星科学専攻, ⁴ 東京大学大気海洋研究所

¹Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University., ²Division of Electric and Information Engineering, Osaka University., ³Division of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, Kyoto University., ⁴Atmosphere and Ocean Research Institute, Tokyo University.

GSMaP は広域・高時間分解能の降水観測データの需要に応えるために複数台の衛星に搭載されたマイクロ波放射計の輝度温度観測から全球の降水量を推定している。さらにマイクロ波放射計搭載衛星の観測がない場所や時間帯では、静止気象衛星の赤外線観測から雲の移動ベクトルを計算し、前後の時間のマイクロ波観測で得た降雨域の移動先を推定することで1時間毎という高時間分解能の降水観測を可能にしている (GSMaP_MVK, GSMaP_NRT; v5.222.1)。しかしこの手法では短時間に発生する対流性降水を見逃す危険性が指摘されており (Ushio et al. 2009)、また雲の移動ベクトルの推定には静止気象衛星の赤外 1 チャンネル (IR1) のみしか用いられていない。そこで本研究では静止気象衛星のマルチチャンネルを用いてより精度の高い降雨域推定マップ (降雨域ポテンシャルマップ) を作成し、ポテンシャルマップを用いて GSMaP_MVK・NRT の降雨域を修正することでどの程度精度の向上が見込めるのかを検証した。

静止気象衛星から降雨域を推定する指標は MTSAT-1R が観測する 10.5~11.5 μm の IR1 と 6.5~7 μm の水蒸気チャンネル (WV) の差分を用いた。これは IR1 と WV の輝度温度差が小さい場所は降雨を伴う深い対流雲の存在する確率が高いという Ohsawa et al.(2001) の結果に基づいており、また IR1 と WV はほとんどの静止気象衛星に搭載されているため広範囲・長期観測が容易である。降雨域の真値として熱帯降雨観測衛星 (TRMM) 降雨レーダー (PR; 2A25, V7) の地上降水強度と気象庁全国合成レーダーの換算降水強度を用い、MTSAT-1R との同時観測から輝度温度を降雨確率に変換することでポテンシャルマップを作成した。

最初に GSMaP の降雨域とレーダー観測から得られた降雨域を比較した結果、海上のマイクロ波放射計搭載衛星が使えない場所で GSMaP_MVK が降雨域を過大評価しているという結果が得られた。そこで GSMaP の降水量とポテンシャルマップの降雨確率が一定の閾値以下の場所を晴れと判定し直した結果、海上の GSMaP_MVK の降雨域推定精度が向上するという結果が得られた。パラメタスウィープの結果最も精度がよいのは GSMaP の降水量が 1.0mm/hr 以下かつポテンシャルマップの降雨確率が 15 % 以下を閾値に設定した時で、降雨域推定のスレットスコア (TS) が 0.37 から 0.41 まで向上しマイクロ波放射計搭載衛星が利用可能な場合の TS の値である 0.45 に近づいた。また一方でマイクロ波搭載衛星が使えない陸域・海岸域において GSMaP_NRT が降雨域を過小評価しているという結果が得られたため、作成したポテンシャルマップの降雨確率が 40 % 以上の場所を降雨域と判定し直して GSMaP の降雨域に加えた結果、陸域・海岸域の GSMaP_NRT の TS が 0.27 から 0.34 まで向上するという結果が得られた。

これらの結果から、マイクロ波放射計搭載衛星が使えない場所では静止気象衛星マルチチャンネルを用いた降雨域ポテンシャルマップを利用することで GSMaP の降雨域推定精度の向上が期待される。

キーワード: マイクロ波放射計, 衛星全球降水マップ, 静止気象衛星, 降水レーダー, 高時間分解能, 中高緯度
Keywords: microwave radiometer, GSMaP, GMS, precipitation radar, high time resolution, mid-high latitude

多地点・多変数解析手法を用いたエアロゾル特性の推定のための衛星リモートセンシング手法の研究

A study of multi-pixel and multi-parameter satellite remote sensing for aerosol properties

橋本 真喜子^{1*}; 森本 祥太郎¹; 竹中 栄晶¹; 中島 映至¹

HASHIMOTO, Makiko^{1*}; MORIMOTO, Shotaro¹; TAKENAKA, Hideaki¹; NAKAJIMA, Teruyuki¹

¹ 東京大学大学院大気海洋研究所

¹ AORI, the University of Tokyo

We have developed a new satellite remote sensing algorithm to retrieve the aerosol optical characteristics using multi-pixel information of satellite imagers. In this algorithm, the inversion method is a combination of the MAP method (Maximum a posteriori method, Rodgers, 2000) and the Phillips-Twomey method (Phillips, 1962; Twomey, 1963) as a smoothing constraint for the state vector. Retrieved parameters in our algorithm are aerosol optical properties, such as aerosol optical thickness (AOT) of fine mode, sea salt, and dust particles, a volume soot fraction in fine mode particles, and ground surface albedo of each observed wavelength. We simultaneously retrieve all the parameters that characterize pixels in each of horizontal sub-domains consisting the target area. Then we successively apply the retrieval method to all the sub-domains in the target area.

We conducted numerical tests for the retrieval of aerosol properties and ground surface albedo for GOSAT/CAI imager data to test the algorithm for the land area. The result of the experiment showed that AOTs of fine mode and dust particles, soot fraction and ground surface albedo are successfully retrieved within absolute. We discuss the accuracy of the algorithm for various land surface types. Our future work is to extend the algorithm for analysis of AGEOS-II/GLI and GCOM/C-SGLI data.

Keywords: GCOM/C-SGLI, Aerosol, Satellite remote-sensing

水色衛星観測による海洋植物プランクトンのグループ別一次生産速度の推定 Estimation of Phytoplankton Group-Specific Primary Production in Kuroshio Waters Using Ocean Colour Remote Sensing

平田 貴文^{1*}; 杉江 恒二¹; 鈴木 光次¹; 齋藤 宏明²
HIRATA, Takafumi^{1*}; SUGIE, Koji¹; SUZUKI, Koji¹; SAITOH, Hiroaki²

¹北海道大学 大学院地球環境科学研究所, ²水産総合研究センター 東北海区水産研究所

¹Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, ²Tohoku National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency

The ocean is a major sink of carbon dioxide released into the atmosphere. Phytoplankton conducting primary production plays a significant role on temporal and spatial variability in the absorption of the carbon. Also phytoplankton transfers carbon to higher trophic levels in a marine ecosystem, and the carbon pathways to the higher trophic levels affect vulnerability of food web, or the ecosystem, against external forcings. Tremendous efforts to measure primary productivity of the total phytoplankton community in the global oceans have been made historically. On the other hand, measurements of primary productivity of individual phytoplankton groups composing of the total community are relatively sparse. This is partly due to methodological difficulties to differentiate such productivity of individual groups in situ, on top of practical circumstance that in situ observation requiring ship time is usually expensive. Therefore, it is of great interest if satellite remote sensing can overcome these problems, given that a number of earth observation satellites have been and will be launched. Especially, it is a great advantage of satellite observation that one can hindcast primary productivity of individual phytoplankton groups using historical remote sensing data, once a remote sensing methodology/algorithm is developed. In this presentation, we show a primitive result of development of such methodology to estimate primary productivity of diatoms and haptophytes in Kuroshio waters using ocean colour remote sensing.

キーワード: 水色, 衛星観測, 植物プランクトン, 一次生産

Keywords: Ocean Colour, Satellite Observation, Phytoplankton, Primary Production

NICTのGPM/DPR地上校正および検証実験について NICT Calibration and Validation experiment for DPR/GPM

中川勝広^{1*}; 花土弘¹; 川村誠治¹; 岩井宏徳¹; 高橋暢宏¹; 井口俊夫¹
NAKAGAWA, Katsuhiko^{1*}; HANADO, Hiroshi¹; KAWAMURA, Seiji¹; IWAI, Hironori¹; TAKAHASHI, Nobuhiro¹; IGUCHI, Toshio¹

¹ 独立行政法人情報通信研究機構

¹ National Institute of Information and Communications Technology

GPMの主衛星の打ち上げは、2014年2月28日に予定されている。主衛星には、JAXA（宇宙航空研究開発機構）とNICT（情報通信研究機構）が開発した13.6GHz帯（KuPR）と35.5GHz帯（KaPR）の二周波降水レーダが搭載されている。NICTは、NICT小金井において主に、2台のレーダのビーム一致度の評価を目的にした校正実験を予定している。またNICT神戸（未来ICT研究所）とNICT沖縄（沖縄電磁波技術センター）の2箇所でも地上検証実験を計画している。現在開発中のX帯フェイズドアレーレーダ（PANDA：PANDA: Phased Array radar Network DATA system）は、短時間での体積観測が可能で二周波降水レーダの観測体積を一致させたレーダ反射因子の厳密な比較・評価を実施する。NICT沖縄のC帯偏波降水レーダ（COBRA）の偏波情報を用いたレベル2アルゴリズムで用いられている雨滴粒径分布パラメータや融解層行動の検証などを行う。さらに、地上設置の2次元ビデオディストロメータ（2DVD）、衝撃型ディストロメータ（Joss-type Disdrometer）、レーザ雨滴計（Parsivel）を用いたk-Z関係の評価についても引き続き実施する。

キーワード: GPM, DPR (二周波降水レーダ), ビーム一致度, 地上検証, PANDA (Phased Array radar Network DATA system), COBRA

Keywords: GPM, DPR, Beam matching, Ground Validation, PANDA (Phased Array radar Network DATA system), COBRA

地上観測によるGPM/DPR検証 Ground-based Validation of GPM/DPR

金子有紀^{1*}; 沖理子¹; 中川勝広²; 中村健治³

KANEKO, Yuki^{1*}; OKI, Riko¹; NAKAGAWA, Katsuhiko²; NAKAMURA, Kenji³

¹ 独立行政法人宇宙航空研究開発機構, ² 独立行政法人 情報通信研究機構, ³ 獨協大学経済学部

¹Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA), ²National Institute of Information and Communications Technology, ³Faculty of Economics, Dokkyo University

The Global Precipitation Measurement (GPM) mission is an expanded follow-on mission to TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) and GPM core satellite carries dual frequency precipitation radar (DPR) and GPM Microwave Imager on board. The DPR is expected to advance precipitation science by expanding the coverage of observations to higher latitudes than those of the TRMM/PR, measuring snow and light rain by the KaPR, and providing drop size distribution information based on the differential attenuation of echoes at two frequencies. After launch of GPM core satellite JAXA will perform evaluation of DPR L2 products, for example, precipitation rate, measured radar reflectivity, and drop size distribution. Those physical values will be compared with ground-based observations. This poster presentation will show the preliminary report of DPR evaluation comparison between DPR products and ground-based instruments during the first 2 months after launch, including a ground-based Ka-band radar system.

Keywords: GPM, DPR, validation

EarthCARE/MSIのための地表面反射率推定方法とエアロゾルモデル Optimal choice of surface reflectance and aerosol types for Multi-Spectral Imager on board EarthCARE

福田 悟^{1*}; 中島 映至²; 竹中 栄晶²
FUKUDA, Satoru^{1*}; NAKAJIMA, Teruyuki²; TAKENAKA, Hideaki²

¹ 宇宙航空研究開発機構, ² 東京大学大気海洋研究所

¹Japan Aerospace Exploration Agency, ²Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

EarthCARE is a satellite which will be launched in 2016. EarthCARE is a joint mission between Europe and Japan. Four instruments such as CPR, ATLID, MSI and BBR will be equipped. MSI is a multi-spectral imager, and the purpose of it is to get the horizontal structure of aerosol and cloud. We are developing the aerosol retrieval algorithm for MSI. MSI aerosol products are consists of optical thickness over land, optical thickness over ocean, and Angstrom Exponent over ocean. Over ocean we implement two channel method with 0.68 μm and 0.86 μm (Higurashi and Nakajima, 1999) and we retrieve optical thickness and Angstrom Exponent. Over land we estimate the surface reflectance at 0.68 μm from longer wavelength. Kaufman et al (1997) used 2.2 μm to estimate the surface reflectance at 0.68 μm . In this study we tried to use 1.6 μm to estimate the surface reflectance at 0.68 μm . This is because there is a possibility to get better estimation than to use 2.2 μm and we can use this method for sensors which don't equip 2.2 μm such as GOSAT/TANSO-CAI or CAI2. We have made a scatter plot of the reflectance between 0.68 μm and 1.6 μm . As reflectance data set, we used AERONET data of 0.68 μm and GOSAT/TANSO-CAI's reflectance data of 1.6 μm . We found that there are some correlations between these two reflectances when we classified by NDVI. The correlation is larger when the NDVI is large. The error induced by this parameterization is calculated. The standard error is 0.009 when $0.5 < \text{NDVI} < 0.7$, and the standard error is 0.007 when $0.7 < \text{NDVI}$. We also calculated the error as aerosol optical thickness. The error as aerosol optical thickness at 0.5 μm is 0.18 when $0.5 < \text{NDVI} < 0.7$, and that is 0.14 when $0.7 < \text{NDVI}$. We will also develop aerosol models for each area by use of cluster method and linear classifier method.

キーワード: エアロゾル, リモートセンシング

Keywords: aerosol, remote sensing, EarthCARE

南極海とオホーツク海におけるヘリ搭載型マイクロ波放射計による観測 Helicopter-borne observation with portable microwave radiometer in the Southern Ocean and the Sea of Okhotsk

田村 岳史^{1*}; 大島 慶一郎²; リーサー ヤン³; 豊田 威信²; 舘山 一孝⁴; 野村 大樹²; 中田 和輝²; フレーザー アレックス²; ヤンセン ペーター³; ニューバリー キム³; マッサム ロバート³; 牛尾 収輝¹
TAMURA, Takeshi^{1*}; OHSHIMA, Keiichiro²; LIESER, Jan³; TOYOTA, Takenobu²; TATEYAMA, Kazutaka⁴; NOMURA, Daiki²; NAKATA, Kazuki²; FRASER, Alex²; JANSEN, Peter³; NEWBERY, Kym³; MASSOM, Robert³; USHIO, Shuki¹

¹ 国立極地研究所, ² 低温科学研究所, ³ 南極気候生態学共同研究センター, ⁴ 北見工業大学

¹National Institute of Polar Research, ²Institute of Low Temperature Science, ³ACE CRC, ⁴Kitami Institute of Technology

It has been recently recognized that sea ice production in the polar regions is controlled by the thin sea ice area with thickness of less than 0.2 m. Spatial distribution of thin ice area and its variability are important information to better understand the reduction of the sea ice covered region in a changing climate environment. We have developed a thin ice thickness algorithm for satellite passive microwave data of the Advanced Microwave Scanning Radiometer-EOS (AMSR-E) and Special Sensor Microwave Imager (SSM/I). Although the microwave skin depth of bare sea ice is about several cm at most, microwave brightness temperatures correlate with the surface salinity (brine volume fraction), which is sensitive to thin ice thickness. Here, we present in-situ observations using a helicopter-borne portable passive microwave radiometer that has the same specifications as the satellite AMSR-E and AMSR-II sensors (36 GHz-vertical and -horizontal channels), to validate and improve our thin ice thickness algorithm. This study estimates the relationship between the microwave brightness temperatures (both satellite and helicopter-borne portable sensors) and in-situ observations of sea ice thickness.

We present data from two airborne missions, one in early austral spring 2012 during the Sea Ice Physics and Ecosystem eXperiment (SIPEX-2) of the Australian Antarctic Program in East Antarctica, and one from the Sea of Okhotsk in mid-winter 2009. These microwave data are compared with the satellite AMSR-E and AMSR-II data and ice thickness estimated from Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) data, helicopter-borne IR sensor data, and ship-borne downward looking camera data. High-resolution airborne microwave brightness temperatures show good agreement with low AMSR-E and AMSR-II brightness temperatures, despite the significant resolution mismatch. In the thin ice region, the polarization ratio of 36 GHz vertical and horizontal temperatures (PR-36) is found to be well correlated with ice thickness, supporting the validity of the AMSR-E thin ice algorithm which was developed previously by our group. We also discuss the microwave characteristics of fast versus pack ice, with a view to improving a satellite fast ice detection algorithm.

キーワード: マイクロ波, ヘリ搭載型マイクロ波センサー, 薄氷域, 現場検証, 南極海, オホーツク海

Keywords: passive microwave, heli-borne portable radiometer, thin ice region, in-situ validation, Southern Ocean, Sea of Okhotsk

長野市南部, 後期更新世高野層の珪藻化石群集の解析と比較 Diatom analysis on the late Pleistocene Takano Formation, Nagano, Japan

永安 浩一^{1*}; 大谷 裕美³; 公文 富士夫²
NAGAYASU, Koichi^{1*}; OTANI, Hiromi³; KUMON, Fujio²

¹ 信州大学大学院総合工学系研究科, ² 信州大学理学部, ³ 元 信州大学大学院工学系研究科

¹Interdisciplinary Graduate School of Science and Technology, Shinshu University, ²Department of Environmental Sciences, Faculty of Science, Shinshu University, ³Faculty of Science, Shinshu University

長野市南部の丘陵に分布する高野層は、最終間氷期から最終氷期までをカバーする更新世後期の湖成堆積物である(木村, 1987)。また、均質な泥質堆積物を主体としている点で、連続的な古気候記録の復元に有利である(田原ほか, 2006)。2004年6月に長野市信更長高野(標高730m, N 36° 32' 55", E 138° 2' 7")で学術掘削がおこなわれ、深度53.88mまでのコア試料(TKN-2004)が採取され、指標テフラを用いた年代モデルの作成や有機炭素量などの各種の分析が行われた(田原ほか, 2006)

そのTKN-2004コアを用いて、約50cmの間隔での深度3223cmから5271cmまでを永安が分析した。それに、大谷(2010MS)がコア深度274cmから4924cmまでを50cm間隔で分析した結果を加えて、TKN-2004コア全体の珪藻化石群集変動を再検討した。このコア試料は17万年前から4万年前までに相当する。

170kaから140kaまでは*Achnanthes* spp. や*Staurosira* spp. といった付着性の珪藻が優勢し、殻数は 1.0×10^8 valves/g未満であり他の年代と比べて珪藻含有数は非常に少ない。140kaから40kaにかけては浮遊性珪藻が優勢するが、その優勢種は*Cyclotella radiosa*, *Aulacoseira ambigua*, *Cyclotella stelligera*, *Aulacoseira alpigena*で入れ替わる。その内、140kaから130kaでは*C. radiosa*が優勢し、殻数は $1.6 \sim 6.9 \times 10^8$ valves/gで増減する。130kaから115kaでは*Aul. ambigua*が優勢し、殻数は 10×10^8 valves/g以上であり珪藻が多産する。115kaから100kaでは*C. stelligera*が優勢し、殻数は $0.1 \sim 38.2 \times 10^8$ valves/gの範囲で大きく変動しており、110ka付近で 38.2×10^8 valves/gのピークがある。100kaから70kaでは*C. radiosa*が優勢し、殻数は $3.2 \sim 56 \times 10^8$ valves/gの範囲で変動しており80ka付近に 56×10^8 valves/gのピークがある。70kaから40kaでは*C. radiosa*と*Aul. alpigena*が優勢し殻数は $0.9 \sim 20 \times 10^8$ valves/gの範囲で変動する。

TKN-2004コアの結果を琵琶湖堆積物コアBIW08-Bの珪藻分析結果と比較すると、170kaから140kaでは、殻数や種構成変動に明瞭な一致は見られない。これはTKN-2004下部の珪藻が狭い水域を反映しているためである。一方、140kaから40kaでは殻数変動は大局的に一致する。また、TKN-2004の珪藻群集は100kaと70kaにて優勢種が入れ替わるが、同じタイミングでBIW08-Bコアの優勢種も入れ替わる。異なる湖間において優勢種が入れ替わる時期が一致することは、優勢種の変遷が湖周辺の環境変遷といった局所的な変動だけではなく日本における中緯度地域の環境変遷を反映している可能性がある。

偽高山帯におけるオオシラビソ小林分は分布を拡大しているか？—秋田駒ヶ岳を例として—

Is small *Abies mariesii* forest in Pseudo-Alpine Zone spreading? :Case study in the Aki-takomagatake

今野 明咲香^{1*}
KONNO, Asaka^{1*}

¹ 宮城教育大学教育学研究科

¹Miyagi University of Education, MA

東日本の日本海側山地には亜高山帯に針葉樹林帯が欠落し、代わりにササや灌木が成立する偽高山帯が広がっている。これは多雪な環境による雪圧害のために、針葉樹帯が成立できないことが要因のひとつであると考えられている。しかし、日本海側山地よりも積雪の少ない奥羽山脈の一部にも偽高山帯を持つ山域が存在する。その一つの秋田駒ヶ岳には、偽高山帯景観が広がる中に亜高山帯針葉樹のオオシラビソ (*Abies mariesii*) が小林分で点在している。

奥羽山脈における偽高山帯景観は、花粉分析の研究からオオシラビソ林が分布拡大の途上にある景観と考えられてきた。しかし、この点についてはこれまで現地調査における検討がなされてこなかった。よって本研究は、秋田駒ヶ岳笹森山に分布するオオシラビソの小林分を対象に、樹木の分布と立地環境について調査を行い、林分が分布を拡大しているかどうかの検討を行った。

調査の結果、オオシラビソ小林分の周囲のササやブナ林内には、オオシラビソの実生が全く確認できなかった。林分内と林分外で土壌条件を比較すると、林分内の方がより湿潤な環境であった。すなわち、秋田駒ヶ岳に広がる偽高山帯景観は、オオシラビソ林の分布拡大途上の景観ではなく、限られた湿潤な環境のもとにオオシラビソ林が分布することによって成立した景観だと考えられる。

キーワード: オオシラビソ林, 偽高山帯, 分布拡大, 土壌水分

Keywords: *Abies mariesii* forest, Pseudo-Alpine Zone, Spreading range, Soil moisture

上高地における湧水と河川水の水質特性
The chemical characteristics of spring and river water in Kamikochi at the Japanese Alps

倉元 隆之^{1*}; 佐々木 明彦¹; 鈴木 啓助¹
KURAMOTO, Takayuki^{1*}; SASAKI, Akihiko¹; SUZUKI, Keisuke¹

¹ 信州大学山岳科学総合研究所

¹IMS, Shinshu University

There are much spring waters in the Azusa River which flows through Kamikochi. These spring waters form the branch of the Azusa River. Spring water shows the characteristics reflecting an underground water flow. Therefore, in order to understand the water cycle of Kamikochi, it is important to understand the formation mechanism of spring water. The purpose of this study is to clarify the chemical characteristics of spring and river water in Kamikochi. We set up the thermometer in five places of a basin for the measuring of spring and river water temperature. The water samples were collected in water temperature measuring site and Azusa River. The pH, electric conductivity, major ions (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , NO_3^- and SO_4^{2-}), and stable isotope of water were analyzed with the pH meter, conductivity meter, ion chromatographs, and isotopic water analyzer, respectively. In addition, HCO_3^- concentration was measured using the sulfuric acid titration method. At almost observation points, the temperatures of spring and river water showed seasonal change. However, only one site did not have change of spring water temperature through a whole year.

白馬岳高山帯における山火事発生後の地表環境の変化 Geo-environmental changes after the fire on the alpine slopes of Mount Shirouma-dake, northern Japanese Alps

佐々木 明彦^{1*}; 苅谷 愛彦²; 池田 敦³; 鈴木 啓助¹
SASAKI, Akihiko^{1*}; KARIYA, Yoshihiko²; IKEDA, Atsushi³; SUZUKI, Keisuke¹

¹ 信州大学山岳科学総合研究所, ² 専修大学, ³ 筑波大学
¹IMS, Shinshu Univ., ²Senshu Univ., ³Tsukuba Univ

This is the continuous study to clarify the geo-environmental changes on the post-fire alpine slopes of Mount Shirouma-dake in the Northern Japanese Alps. The fire occurred at May 9, 2009 on the alpine slopes of Mount Shirouma-dake, and the fire spread to the *Pinus pumila* communities and grasslands. Although the grass had a little damage by the fire, the *Pinus pumila* received nearly impact of the fire. In the *Pinus pumila* communities where the leaf burnt, forest floor is exposed and become easy to be affected by atmospheric condition such as rain, wind, snow, and etc.

First, we illustrated a map of micro-landforms, based on geomorphological fieldworks. We observed these micro-landforms repeatedly for four years after the fire. As the results of the observation, it is clear that remarkable changes of these micro-landforms have not occurred but some litters on the forest-floor in the *Pinus pumila* communities are flushed out to surroundings. The litter layer on the forest-floor in the *Pinus pumila* communities were 3-4 cm thick in August of 2011, but it became 1-2 cm thick in September of 2013. The *Pinus pumila* communities established on the slopes consists of angular and sub-angular gravel with openwork texture, which are covered by thin soil layer. Therefore, it is necessary to pay attention to soil erosion following the outflow of the litter.

In addition, we observe the ground temperature and soil moisture, under the fired *Pinus pumila* communities and the no fired *Pinus pumila* communities after the fire, to find influence of the fire. The ground temperature sensors were installed into at 1 cm, 10 cm, and 40 cm depth. The soil moisture sensors were installed into at 1 cm and 10 cm depth. The 1 cm depth of the soil on the post-fire slopes, diurnal freeze-thaw cycles occurred in October and November of 2011 and 2012, but it had not occurred in 2009 and 2010. In addition, the period of seasonal frost at 10 cm and 40 cm depth on the post-fire slopes are extended for two weeks. These thermal condition changes are triggered by decrease in the thickness of the litter layer on the fired *Pinus pumila* communities.

インターバルカメラと多種センサーによるデータロギングを併用した南アルプス山頂部での斜面変動の観測
Combining time-lapse photography and multisensor data logging to monitor slope dynamics in the southern Japanese Alps

松岡 憲知^{1*}
MATSUOKA, Norikazu^{1*}

¹ 筑波大学生命環境系
¹University of Tsukuba

Onsite time-lapse photography (TLP) is applied to visual monitoring of soil movements and rockfalls in an alpine zone (Mt. Ainodake area) of the southern Japanese Alps. The time-series images greatly improve understanding of slope processes in remote, seasonally inaccessible areas. TLP detects the timing of slope movements at a high time resolution. Stereographic view of successive images displays 3D slope dynamics that indicates the location and magnitude of displacement. When combined with sensor-based data logging, TLP allows more reliable evaluation of thresholds (environmental controls) for slope movements. This presentation demonstrates (1) how visual information improves the interpretation of both slow progressive soil movements (frost creep) and rapid temporary movements (rill erosion and rockfalls) and (2) how highly active is slope dynamics in the southern Japanese Alps that experience deep seasonal frost in winter and heavy rain storms in summer.

Continuous monitoring of a painted line drawn on a debris lobe highlights biannual shallow soil movements, mostly derived from diurnal frost heave by needle ice or shallow ice lens formation and approximated by the potential frost creep. The surface velocity shows a small interannual variation mainly reflecting snow conditions, but an extraordinary velocity is recorded once per decade. This is due to episodic rill erosion released when the topmost frozen soil is rapidly thawed and super-saturated by intensive rainfall during seasonal thawing periods.

Year-round TLP images of a rockslide scarp allows evaluation of the timing and magnitude of rockfalls at different scales. Close-up images of color-painted quadrangles (50 cm square) indicates centimeter- to decimeter-scale spalling events. Spalling activity reach a maximum at the beginning of seasonal thawing, when the rockwall experiences both diurnal freeze-thaw alternations within the outermost 20 cm and progressive warming of the still-frozen substrate. Stereographic view of successive images also identifies block-scale rockfalls. Such an event occurred between 16 h on 7 July and 8 h on 8 July 2011, triggered by nocturnal rainfall (total 33 mm).

キーワード: インターバルカメラ, 野外観測, 落石, ソリフラクション, 周氷河, 日本アルプス
Keywords: time-lapse photography, field monitoring, rockfalls, solifluction, periglacial, Japanese Alps

山地森林流域における降雨流出特性の長期変動の評価 Evaluation of long-term variability of rainfall-runoff properties in forested alpine catchment

児島 利治^{1*}; ザイナル エドウィナ²; 大橋 慶介³; 篠田 成郎⁴
KOJIMA, Toshiharu^{1*}; ZAINAL, Edwina²; OHASHI, Keisuke³; SHINODA, Seirou⁴

¹ 岐阜大学流域圏科学研究センター, ² 岐阜大学大学院工学研究科, ³ 岐阜大学工学部, ⁴ 総合情報メディアセンター
¹River Basin Research Center, Gifu University, ²Graduate School of Engineering, Gifu University, ³Faculty of Engineering, Gifu University, ⁴Information and Multimedia Center, Gifu University

森林の水源涵養機能は緑のダムとも呼ばれ、森林の重要な機能の一つと認識されている。しかし「スポンジ理論」のようにしばしば一般には間違って理解されていることもある。森林域の水収支は多数の水文過程の複雑な構成であり未だ不明な点がある。本研究では、岐阜県中津川市のガマン沢集水域(3km²)において、森林の生長及び気候変動による降雨流出現象の長期変動について検討を行った。対象集水域では岐阜県及び林野庁により1984年から2007年まで長期の水文観測が実施されている。対象集水域の主な樹種はヒノキ(67%)、スギ(4%)、広葉樹(20%)等である。Landsat/MSS, TM, Terra/ASTERを用いた衛星画像解析を行ったところ、集水域の平均NDVIは増加傾向にあり、解析対象期間内において森林は生長し続けていると考えられる。長期水文観測データを降雨イベント毎に分割し、イベント流出率 f (=降雨イベント内の総直接流出量/総降雨量)の長期傾向について検討を行ったところ、 $df/dt = -0.006 [y^{-1}]$ という傾きで減少傾向にあることが分かった。また、長期水文観測データを4期間に分割し、各期間に4段タンクモデルを適用し、モデルパラメータの変動傾向より、降雨流出現象の変動傾向の検討を行った。ここで、我々は森林の生長に伴い土壌層厚や側方浸透能は変化するが、岩盤の亀裂に関連する鉛直浸透能はあまり変化しないと仮定し、第2段タンク以下のモデルパラメータ及び第1段タンク下部孔のモデルパラメータは固定し、第1段タンク側方孔のモデルパラメータの変動のみ検討を行ったところ、0.9から0.7 [d^{-1}]と約20年の解析期間で減少傾向が見られた。次にこのモデルパラメータを用いてテスト降雨イベントのシミュレーションを行ったところ、以下の結果が得られた。1) ピーク流量が減少した。2) イベント流出率 f が0.6から0.5という減少傾向にあり、長期水文データを用いたイベント流出率の長期変動解析結果($df/dt = -0.006$)とほぼ同等の傾向を示した。これらの結果は、森林の生長に合わせて洪水抑制機能が増加していることを示唆していると考えられる。一方、下部浸透孔のモデルパラメータは固定されているものの、下部タンクへの総浸透量は増加し、基底流も増加した。この結果は基岩層の亀裂等の鉛直浸透能は増加しなくとも帯水層への貯留機能は増加することを示唆している。この減少は以下のように説明できる。側方孔、下部孔が一つずつの簡易なタンクを考える。側方孔からの流出 q [mm/d]は $q = ah$ と定義される。ここで h [mm]はタンクの貯留高、 a [d^{-1}]は側方孔のモデルパラメータ。下部孔からの浸透速度 i [mm/d]は $i = bh$ と定義できる。ここで b [d^{-1}]は下部孔のモデルパラメータである。ここで、総浸透量 I [mm]は $I = bC/(a+b)$ と定義できる。ここで C は積分定数。上式において、パラメータ b を固定し、 a のみ減少させると、総浸透量 I は増加することが分かる。以上より、鉛直浸透に関する特性が変化しなくとも、森林の生長に伴い水源涵養機能が増加することが示唆された。また、本研究では蒸発散について、蒸発散量を固定した場合とハモン式による可能蒸発散量を与えた場合の2ケースについて検討を行った。ハモン式は日平均気温と日照時間より可能蒸発散量を算出する経験式である。この2ケースにおいて側方孔の長期変動傾向はほとんど同じであり、気候変動による気温上昇はあまり森林流域における降雨流出特性に対して大きな影響を与えていないと考えられる。

キーワード: 水源涵養機能, 気候変動, 深部浸透, タンクモデル
Keywords: water conservation function, climate change, percolation, tank model

温暖化実験による冷温帯落葉広葉樹林の光合成特性と土壌呼吸の環境応答の解明 Canopy photosynthetic and soil respiratory responses to rising temperature in a cool-temperate deciduous forest

村岡 裕由^{1*}; 魯 南賑¹; 長尾 彩加¹; 斎藤 琢¹; 栗林 正俊¹; 野田 響²; 伊藤 昭彦²; 永井 信³; 中路 達郎⁴; 日浦 勉⁴
MURAOKA, Hiroyuki^{1*}; NOH, Namjin¹; NAGAO, Ayaka¹; SAITOH, Taku M.¹; KURIBAYASHI, Masatoshi¹; NODA, Hibiki M.²; ITO, Akihiko²; NAGAI, Shin³; NAKAJI, Tatsuro⁴; HIURA, Tsutomu⁴

¹ 岐阜大学, ² 国立環境研究所, ³ 海洋研究開発機構, ⁴ 北海道大学

¹Gifu University, ²National Institute of Environmental Studies, ³JAMSTEC, ⁴Hokkaido University

Prediction of possible influences of global warming on terrestrial ecosystem structure and functions is one of an urgent research tasks in environmental sciences. This paper overviews our challenging research by open-field warming experiments on forest canopy photosynthetic productivity and on soil respiration in a cool-temperate deciduous broadleaf forest at Takayama AsiaFlux and JaLTER site, located on a mountainous landscape in central Japan. Canopy warming experiment is conducted by three open-top canopy chambers (OTCC) on branches of a mature tree of *Quercus crispula*, one of the dominant canopy species in the forest. The OTCC increased mean daytime air temperature by about 2 degree-C, with midday maximum of about 5 degree-C throughout the growing seasons. Soil warming treatment, with 3 degree-C higher than the control area, was made by installing electric heating cables below the soil surface.

Warming treatment at the canopy-top led (1) expansion of canopy photosynthetically active season in about 10 days by 3-5 days earlier leaf budbreak and expansion and about 5 days delay of leaf senescence, and (2) slightly higher chlorophyll content and photosynthetic capacity of oak leaves. Warming treatment of forest soil showed (1) higher soil respiration throughout the seasons, resulting in 15% higher CO₂ efflux from the soil during the growing season, but (2) the temperature response of soil respiration acclimated to the higher temperature condition characterized by lower slope of the response curve. We also examined the possible effects of growing period length on forest canopy and understory vegetation ecosystem CO₂ budget under future climate conditions by using canopy-phenology ecosystem carbon cycling combined model. Our simulation indicated that annual total ecosystem GPP, RE and NEP was greater under the future condition than under the current condition by 9-12%, 9-13% and 12-17%.

Our study demonstrates that open-field warming experiments provide us with useful and insightful knowledge on the ecophysiological responses of both canopy and soil processes to rising temperature, and their critical roles in predicting future changes of forest carbon cycle processes in cool-temperate region in Japan where ecosystem structure, functions and services are subjected to influence of the climate change.

キーワード: 温暖化, 森林, 光合成, 土壌呼吸, フェノロジー

Keywords: global warming, forest, photosynthesis, soil respiration, phenology

中部山岳木曾駒ヶ岳樹木限界付近での温暖化実験が土壌性ササラダニ類に与える影響 Effects of Open-top Chamber on Soil Oribatid Mites (Acari:Oribatida) at Mt. Kisokomatake

福山 研二^{1*}; 中村 寛志¹; 小林 元¹; 田中 健太²
FUKUYAMA, Kenji^{1*}; NAKAMURA, Hiroshi¹; KOBAYASHI, Hajime¹; TANAKA, Kenta²

¹ 信州大学農学部, ² 筑波大・菅平高原実験センター

¹Faculty of Agriculture, Shinshu University, ²Sugadaira Montane Research Center, University of Tsukuba

目 的

地球温暖化が進行した場合、高山の樹木限界付近において特に大きな影響が出ることが考えられる。そこで、中央アルプスの木曾駒ヶ岳の樹木限界付近、標高 2650 m 付近において、オープントップチャンバーによる、温暖化実験を行っている。中型土壌動物のササラダニ類は、どのような土壌環境にも生息し、その種類数、個体数が多いこと、環境により分布域が異なることなどから、環境指標生物として注目されている。今回は、温暖化実験を実施したオープントップチャンバー内の土壌中と対照区でのササラダニ類相を比較し、温暖化実験の影響を評価することとした。一方、この地域のササラダニ類の垂直分布を調査し、温暖化実験の影響と比較した。また、実際に温暖化がササラダニ類の死亡率にどのような影響を与えるかの室内実験も行った。

方 法

垂直分布は、信州大学農学部附属西駒演習林の登山道に沿って、1250m、1700 m、1900 m、2100 m の地点で、広葉樹林と針葉樹林に調査プロットを設置した。2012 年 7 月 26 日に各調査プロットから、100cc のコアサンプラーで、5 サンプルずつ採取し、その日のうちにツルグレン装置にて抽出を行った。また、2012 年 8 月 28 日に 1250m、1400m、1700m、1800m、1900m、2000m、2100m、2200m、2600m のそれぞれ 2 箇所から約 400cc ずつサンプリングを行った。温暖化の試験地は、信州大学農学部附属西駒演習林の 2650 m 付近の樹木限界付近に設置した。2013 年 9 月 20 日に夏期温暖化区、対照区の 9 箇所ずつから 100cc のコアサンプラーにて 2 個採集したものをあわせて 1 サンプルとした。サンプルはその日のうちにツルグレン装置にて抽出を行った。

2013 年 7 月 17 日に、西駒演習林 2100 m 地点と 1250m 地点から土壌を採取し、攪拌後に 400cc ずつ不織布に包んで、パーミュキュライトを入れた 11cm 径の植木鉢に設置し、10 °C、20 °C、30 °C で 1 ヶ月間の飼育を行った。5 回繰り返しとした。1 カ月後の土壌をツルグレン装置に設置し動物の抽出を行った。

結果と考察

垂直分布では、*Cyrtozetes* 属の一種とクワガタダニ (*Tectocephus velatus*)、ヤマトイレコダニ (*Phthiracarus japonicus*) などが、標高が高くなるほど増加し、特に *Cyrtozetes* は 1900 m 以上でしか出現しなかった。一方、標高に関係なく、広葉樹に特異的に出現する種もあり、ツノバナダニの一種やナガヒワダニの一種のように低標高のみに出現するものもあった。

温暖化実験では、高標高にしか出現しない *Cyrtozetes* は、加温区で減少し、*Ghilarobizetes* がやや増加し、*Cyrtozetes* 属が温暖化に敏感に反応する可能性が示唆された。

これらのことから、ヤマトイレコダニ *Phthiracarus japonicus* や *Cyrtozetes* sp., 特に *Cyrtozetes* は、高山帯における温暖化の指標生物として有能であることを示している。

しかし、室内での飼育実験結果を見ると、2100 m から採取したササラダニ類は、ほとんどが温度条件が異なっても生存率はほとんど変わらないことが分かった。温暖化に敏感に反応することが予想された *Cyrtozetes* は、30 °C でわずかに減少することが分かったが、それほど大きな違いではなかった。また、同じく高標高に特異的なヤマトイレコダニ (*Phthiracarus japonicus*) は、逆に 20 °C で増加していることが分かった。このことから、短期間の温度の変化による影響と温暖化実験の結果は異なる可能性があること、温暖化実験の影響は必ずしも温度の上昇だけが要因ではない可能性が出てきた。これは、ササラダニの世代が 1 年以上と長いものが多いことも影響している可能性があり、世代交代の時期も含めた実験が必要であることが分かった。

キーワード: ササラダニ, 垂直分布, 温暖化, 生物指標, *Cyrtozetes* 属

Keywords: oribatid mites, vertical distribution, global warming, bio-indicator, *Cyrtozetes*

地域産材の樹種別需要量に基づく木造住宅のHWPとしてのCO₂貯蔵量のパラメトリック推計 The parametric estimation of the amount of CO₂ to be stored as HWP of the wooden house, based on the each of tree specie

高村 秀紀^{1*}; 浅野 良晴¹
TAKAMURA, Hideki^{1*}; ASANO, Yoshiharu¹

¹ 信州大学工学部、信州大学山岳科学総合研究所

¹Faculty of Engineering, Shinshu University and Institute of Mountain Science, Shinshu University

京都議定書における木材の取り扱いについて、第1約束期間では立木が林地から伐採された時点で成長段階において蓄積した炭素を即時に大気中に放出するとされていた。第2約束期間では林地からの伐採後に木材製品(以下、HWP)として利用されている間は炭素を固定し、廃棄される段階で放出とみなすことになる。国産木材の利用先としては国内で建築される木造住宅は主要であり、HWPの炭素プールとしても重要な役割を持っている。しかしながら国産材の利用率は低下し続けている。今後の国産材利用率増加を計る方策をより具体的なものにするためには樹種毎の現状利用量や、将来の利用増加見込み量の推計を行っていくことが重要である。

既往の研究では全国を対象としたHWPによる炭素プールの将来推計が行われている。全国を推計範囲とした、広範囲を一括りに見た推計では、全国の総延べ床面積、年間新築数、世帯数、m³あたりの平均木材使用量を基礎データとしており樹種毎の推計には至っていない。よって、樹種毎の利用増加目標量の推計を行うために地域ごとの部材別使用樹種量や樹種毎の炭素ストック量(以下、カーボンバランス)を用いることにより、地域毎の特性を取り入れた算出フローを作成することが喫緊の課題である。

本研究では木材統計に適応可能でいずれの都道府県にも適用可能である、樹種別利用量及び炭素ストック量の推計方法を検討した。既往の研究において山形らが明らかにした長野県内の樹種別カーボンバランスと長野県の調査で明らかにされた樹種別木材利用率を用いて、長野県を対象に樹種別利用量及び炭素ストック量の推計を行った。

推計の結果、2021年(平成33年)の380,000[t-C]をピークに炭素ストック量は減少していくという結果が得られた。2021年まで、一戸当たりの平均延べ床面積の増加に依る長野県全域の総延べ床面積の増加から、炭素ストック量は増加傾向を示した。しかしながら2022年以降、年間新築戸数の減少と既存住宅の減失戸数の増加から炭素ストック量は減少に転じた。本研究では、炭素ストック量の減少への対策として林野庁の掲げている国産材利用率6割が達成された場合の推計を行った。2011(平成23年)年以降の国産材利用率を6割に変更した結果、2038年(平成50年)まで減少は見られなかった。

国産材利用率6割を達成するためには国産材供給量を年間約50,000m³増加させる必要があることが推計から明らかになった。長野県内における森林蓄積資源量は十分であるため、供給能力を確保する必要がある。井戸らは既往の研究にて、需要量の見込みが立てられないため林地からの伐採量の調整が困難であることを指摘している。これに対して本研究の推計が非常に有用であり、供給側に推計結果をフィードバックすることで国産材の流通量を増やす一助となる。都道府県間での国産材の流通が行われていることから、他の都道府県においても本研究の推計を行う必要がある。今後、それぞれの需要量見込みを得ることで国内全体の木材流通を把握、計画して国産材利用率を挙げていくロードマップを作成することが重要である。

キーワード: 京都議定書, HWP, 木造住宅, 炭素ストック, 国産材

Keywords: Kyoto Protocol, HWP, wooden house, carbon stock, domestic wood

日本アルプスにおける2013年越年性雪渓とその動態 Snow patches of Japanese Alps last until late autumn 2013 and their past variations

朝日 克彦^{1*}
ASAHI, Katsuhiko^{1*}

¹ 信州大
¹Institute of Mountain Science, Shinshu University

Variations in glaciers are visible indicators of climate change, especially in mountain region. In Japan, snow patch can be an alternate indicator since glaciers, long years, were not recognized in the Japanese Alps. One characteristic of the Japanese Alps is their extensive distribution of snow patch last until late autumn. A snow patch inventory for this mountain is urgently required, not only for monitoring snow patch variations but also to evaluate water reservoir in the region. Limited number of studies has attempted to complete snow patch atlas in Japan. As a step in this direction, the author has produced an inventory of snow patch lasts before winter 2013 at the entire area of the Japanese Alps. This study addresses the results of snow patch mapping 2013.

The work of compiling a perennial snow patch inventory for the Japanese Alps initially involved oblique aerial photographs taken from a charter flight throughout the Japanese Alps. These photographs were interpreted using a stereoscope. The photographs were taken on 7th and 10th October 2013. The planimetric outline of each perennial snow patch was manually delimited and drawn on 1:25 000 scale topographical maps and successfully compiled the complete set of snow patch inventory of the Japanese Alps in 2013. Then inventory of 2013 thus compiled reveals 579 snow patches with a total surface area of 3.66 km². The year 2013 distribution was much extensive rather than that of usual years. The lowest snow patch termini appeared at the altitude of 1070 m on Mt. Inu of the northern Japanese Alps and the southernmost was 35° 40' 30.5" at Mt. Kita of the southern Japanese Alps. The largest one was the area of 0.184km² on Mt. Karamatsu of the Northern Japanese Alps. Ca. 80% of them locate east-facing slopes, where leeward side against winter prevailing NW wind. Latitudinal profile of the terminus altitudes of snow patches shows northward gradients. Winter northwesterly blown from the Siberian High, collecting vapor from warm current on the Sea of Japan, bring orographic heavy snowfall to the northern part of the Japanese Alps. Thereafter, peculiar snow patch distribution last before winter is likely to be a ruling by maldistribution of snowfall in winter.

In the same area, the inventory of 1976/77, compiled by the vertical aerial photograph interpretation, counts 264 with the area of 2.48 km². Major distribution concentrated in Mts. Tsurugi and Tateyama, central part of the Northern Japanese Alps. The total area in this mountains were 0.78, 0.77, 0.58, 0.84 km² in 1969, 1977, 2009, and 2013, respectively. Snowfall amount in winter and the snow patch area fluctuate largely year-by-year. However, the area fluctuation limits within a range of 30% the total area.

キーワード: 2013年, 越年性雪渓, 日本アルプス, 雪渓目録, 空中写真
Keywords: Year 2013, Perennial snow patch, Japanese Alps, Snow patch inventory, Aerial photograph

山岳域における森林伐採が冬季の微気象・土砂移動へ及ぼす影響 Effects of forest harvesting on winter microclimate and sediment movements in mountainous area

今泉 文寿^{1*}; 西井 稜子²; 上野 健一²; 黒部 皓生³
IMAIZUMI, Fumitoshi^{1*}; NISHII, Ryoko²; UENO, Kenichi²; KUROBE, Kousei³

¹ 静岡大学大学院農学研究科, ² 筑波大学生命環境系, ³ 静岡大学大学院生命環境科学研究科

¹Graduate School of Agriculture, Shizuoka University, ²Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba,

³Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

Activities of periglacial processes are controlled by the hillslope microclimate (i.e., air and ground temperatures, ground water content) that is highly affected by land cover conditions. Thus, forest harvesting in periglacial areas possibly affects activities of sediment movement (i.e., soil creep, dry ravel) by changing the microclimate of hillslopes. Knowledge on the effect of forest harvesting on sediment movement are needed to protect aquatic ecosystems as well as to develop better mitigation measures for preventing sediment disasters. We also observed difference in the microclimate as well as sediment movement between harvested and non-harvested artificial forests in a periglacial area. The field observation was conducted in Ikawa University Forest, University of Tsukuba, in southern Japanese Alps. In this region, air temperature frequently rises above and falls below 0 degree in winter. Forest harvesting changed both temperature and water condition of hillslopes; diurnal fluctuations in the ground surface temperature in the harvested area (about 15 degree) were much larger than that in the non-harvested area (about 3 degree). In the period without rainfall, water content ratio of soil in the harvested area was lower than that in the non-harvested area. Difference in the freezing and thawing frequency between the harvested and the non-harvested area was also observed by interval cameras. In the period without snow cover, diurnal frost heave was observed almost everyday in the harvested area. In contrast, diurnal frost heave in the non-harvested was observed only several times in one winter. Consequently, forest harvesting changes both microclimate and activities of periglacial processes. Meanwhile, the volume of sediment captured by sediment traps was not clearly different between the harvested and the non-harvested areas. In the harvested area, we found that a large volume of sediment was captured by litters and branches of harvested trees left on the hillslopes. Therefore sediment supply rate from harvested area may be also affected by other factors, such as existence of litters and branches on the ground surface.

キーワード: 凍結融解, 土砂移動, ソイルクリープ, 凍上, ドライラベル, 森林伐採

Keywords: freeze-thawing, sediment movement, soil creep, frost heave, dry ravel, forest harvesting

白山山麓のブナ原生林における土壌呼吸の時間的・空間的変動 Spatial and temporal changes in soil respiration in an old-growth forest on the slope of Mt Hakusan

大塚 俊之^{1*}; シュワボリポイント ビラニー¹; 飯村 康夫²; 吉竹 晋平¹
OHTSUKA, Toshiyuki^{1*}; SUCHEWABORIPONT, Vilanee¹; IIMURA, Yasuo²; YOSHITAKE, Shinpei¹

¹ 岐阜大学・流域圏科学研究センター, ² 滋賀県立大学環境科学部

¹Gifu University, River basin research center, ²University of Shiga Prefecture, School of Environmental Science

Structure and function of cool-temperate beech forests have been dramatically altered by disturbance. Especially in old-growth forests, canopy disturbance has important influences on the structure and organization of forest communities. As a result, the complexity of forest structure affects the spatial difference in micro-environmental factors such as soil temperature and soil water content. Therefore, the spatial and temporal changes in soil respiration were studied using soda lime in 1-ha study site, and automated open-close chamber using IRGA (AOCC method) in canopy and gap areas in 2013 in an old-growth beech forest, Mt Hakusan. The spatial pattern with the different vegetation and micro-environmental factors showed the high efflux in canopy and the low efflux in gap. All soil effluxes increased from spring (Jun.-Jul.) to summer (Aug.), and then decreased in autumn (Sep.-Nov.). The seasonal pattern showed the hysteresis loop that soil respiration in spring was greater than that at the same temperature in autumn. Diel soil efflux was greatly controlled by soil temperature but a diel lag between soil respiration and soil temperature led to diurnal hysteresis loop in some season.

キーワード: 土壌呼吸, 冷温帯, 原生林, 炭素循環, ブナ林

Keywords: Soil respiration, cool-temperate region, old-growth forests, carbon cycling, beech forests

複雑な地形を持つ冷温帯落葉広葉樹林における土壌微生物特性の空間分布 Spatial distribution of soil microbial characteristics in a cool-temperate deciduous broad-leaved forest in Takayama

吉竹 晋平^{1*}; 吉竹 彩子¹; 飯村 康夫²; 大塚 俊之¹
YOSHITAKE, Shinpei^{1*}; YOSHITAKE, Ayako¹; IIMURA, Yasuo²; OHTSUKA, Toshiyuki¹

¹ 岐阜大学流域圏科学研究センター, ² 滋賀県立大学環境科学部

¹Gifu University, River Basin Research Center, ²The University of Siga Prefecture, School of Environmental Science

1. Introduction

Heterotrophic microorganisms have an important role in nutrients cycling and soil formation through the organic matter decomposition. Therefore, it is important to clarify the spatiotemporal variation in quantitative and qualitative characteristics of soil microbial community and the factor(s) affecting such spatiotemporal variation in considering the matter cycling. Takayama Field Station of Gifu University has studied carbon cycling in a cool-temperate deciduous forest for long term and have clarified that various ecological processes such as soil respiration showed significant spatiotemporal variation. However, the information of soil microbial community is largely limited and especially, the spatial variation of microbial characteristics and factors affecting it still remain unclear. Then, we aimed to describe the spatial distribution of microbial characteristics and clarify the relationships between spatial distribution and environmental factors.

2. Materials and Methods

Our study site was cool-temperate deciduous broad-leaved forest on the northwestern slope of Mt. Norikura, central Japan. The site was dominated by oak (*Quercus crispula*) and birch (*Betula ermanii*, *B. platyphylla*) and the forest floor is covered with a dense dwarf bamboo (*Sasa senaninsis*) community. A permanent plot of 1 ha was set on a west-facing slope and 100 subplots (each 10 m×10 m) are distributed along five microtopographic type: ridge (30), northern slope (25), valley bottom (19), southern slope (19) and western slope (7) (Fig.1). Litter (L layer) and mineral soil (0-5 cm of A layer) samples were collected from 100 subquadrat on early May 2013. Some soil properties (e.g., water content, pH, NH₄⁺-N, NO₃⁻-N) were determined. Microbial respiration rate from mineral soil sample was determined by open-flow method with infrared gas analyzer in laboratory condition.

3. Results, Discussion and future plan

Average value of microbial respiration rate per gram soil was significantly differed among five topographic types (one-way ANOVA, $P < 0.01$) and that in ridge ($3.6 \pm 0.81 \mu\text{g CO}_2\text{-C g}^{-1} \text{h}^{-1}$) was significantly higher than that in valley bottom ($2.9 \pm 0.78 \mu\text{g CO}_2\text{-C g}^{-1} \text{h}^{-1}$) (Tukey-Kramer test, $P < 0.05$). In this poster presentation, the effects of topography on microbial respiration rate will be discussed based on the differences in environmental factors such as soil water content, litter amount, and soil carbon and nitrogen contents. In addition, soil microbial biomass and community structure will be determined for collected mineral soil samples by phospholipid fatty acid (PLFA) analysis in near future and spatial distribution of microbial biomass, community structure, and respiration activity (respiration rate per biomass) will be clarified.

キーワード: 冷温帯落葉広葉樹林, 土壌微生物群集, 微地形, 微生物呼吸速度

Keywords: a cool-temperate deciduous broad-leaved forest, soil microbial community, microtopography, microbial respiration rate

標高傾度に応じた山岳植物の遺伝子流動パターン Global pattern of gene flow in plant species along altitudinal gradients on mountains

平尾 章^{1*}
HIRAO, Akira^{1*}

¹ 筑波大学菅平高原実験センター
¹ Sugadaira Montane Research Center, University of Tsukuba

幅広い標高帯に分布する山岳植物では、標高に沿った環境傾度（標高傾度）の大きな勾配が、環境条件の異質性や開花時期の異相を引き起こすため、標高間での遺伝的分化が予想される。しかしながら、山岳植物の遺伝的多様性パターンを調べた諸研究によれば、標高間で著しい遺伝的分化が示す事例は、あまり見出されていない。そこで本発表では、既存文献のメタ解析から、標高傾度に応じた山岳植物の遺伝子流動パターンを類型化し、1) 距離による隔離、2) 同じ標高内の流動性、3) 異なる環境間の流動性、を検討することで、山岳植物における集団の遺伝構造の形成プロセスや温暖化への応答について議論する。

キーワード: 標高傾度, 遺伝子流動, 遺伝的分化, 植物
Keywords: altitudinal gradients, gene flow, genetic differentiation, plants

陸域生態系—水文—大気プロセス研究における水の安定同位体比情報利用の最前線 Frontier of using stable water isotopic information in studies on land-ecological, hydrological, and atmospheric process

芳村 圭^{1*}
YOSHIMURA, Kei^{1*}

¹ 東京大学大気海洋研究所

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

陸域生態系—水文—大気プロセスにおける水循環の全体像についての理解は十分進んでいると思われがちである。しかしながら、例えば降水中の海洋起源の水の割合 (Gimeno et al., 2012) や、陸面からの潜熱フラックス、すなわち蒸発散量のうち、植生を経由する蒸散量と土壌からの蒸発量の割合 (Jasechko et al., 2013)、対流雲生成活動における激しい相変化を伴う雲中の水循環や雲底下の蒸発効率 (Moyer et al., 2012)、ハドレー循環の下降流地帯 (乾燥地帯) における水蒸気の挙動 (Frankenberg et al., 2009) などは、地球水循環を理解するうえの基本的な事項であるにもかかわらず未だ十分理解されているとは言えず、活発な議論が行われている最中である。いずれも将来気候の予測に大きな影響を与えるものであり、理解の向上は喫緊の課題である。水の安定同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$ と δD) は水の相変化に対して敏感であり、特に上記のような相変化を伴う水循環過程の理解向上への利用に適した指標である。これまでは質量分析計で測定していたため、液体の水を採集する必要があり、結果的に降水や地表水といった地表面のデータが大部分であったが、近年の技術進歩により、人工衛星搭載型の赤外線スペクトル分光計や可搬型のレーザー分光計を用いて水蒸気同位体比が圧倒的高頻度で測れるようになり、データ数が爆発的に増加している。また、水同位体を含む大循環モデル・領域モデル・雲解像モデルなどの開発が飛躍的に進み、これまで仮説の限定的な側面からの状況証拠程度にしか使われてこなかった同位体情報 (例えば高緯度への水蒸気輸送への証拠として同位体比に緯度傾度が生じていることなど) が、より詳細な物理過程の包括的な検証に使われるようになってきている (雲微物理過程におけるパラメタの同定に同位体情報を用いること (Risi et al., 2012) など)。しかしながら、そのように爆発的に増加した水蒸気データを多角度からまだ十分に使い切っていないという現状も依然として存在している。こういった背景から、著者は全球水同位体比データ同化システムを世界に先駆けて開発し (芳村ら, 2013; Yoshimura et al., 2014)、水蒸気同位体比データを同化することにより、水同位体比の時空間分布だけでなく気温・風速・湿度といった大気循環場そのものを拘束できることを示した。このことは、地球水循環研究において、水同位体比が持つ大気中での降水履歴と輸送経路などのユニークな情報を、他の気象要素との整合性を考慮しながら加えることによって、より正確な地球水循環の姿を描き出すことが可能であることを示している。また、降水の同位体比及びアイスコアや樹木セルロース、サンゴ殻、石筍などの同位体比をデータ同化システムへの入力情報として用いることによって、プロキシデータの拘束による、直接観測が存在しない過去の「気候再解析」実現への可能性を秘めている。

キーワード: 水安定同位体比, データ同化, 水循環, 気候プロキシ, 気候再解析, 分光分析

Keywords: stable water isotope ratio, data assimilation, hydrologic cycle, climate proxy, climate reanalysis, spectroscopic analysis

ハイパースペクトル日射観測の意義 Significance of hyper spectral solar radiation observation

久米 篤^{1*}; 秋津 朋子²; 奈佐原 顕郎²
KUME, Atsushi^{1*}; AKITSU, Tomoko²; NASAHARA, Kenlo²

¹九州大学農学部附属北海道演習林, ²筑波大学 生命環境系

¹Ashoro Research Forest, Kyushu University, ²Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

Land plants exhibit relatively weak absorbance of green light at around 550 nm, for reasons which remain elusive. Most research, however, has assumed that the solar radiation spectrum can be averaged without considering the spectral dynamics. The relations between the spectrum of incident radiation and light-harvesting pigments of organisms are crucial to understanding photosynthesis and light use efficiency. Although several light-harvesting pigments exist, most land plants use specific light harvesting chlorophylls, Chl a and Chl b, and carotenoids. Wavelengths longer than 700 nm or shorter than 400 nm are scarcely absorbed by chlorophylls, and cannot be used for photosynthesis. Radiation within the 400 to 700 nm waveband is defined as photosynthetically active radiation (PAR). However, chlorophylls do not absorb photons in the PAR waveband evenly. Only a few per cent of relative absorbance occurs in the green region (500 to 600 nm), nevertheless the photosynthetic quantum yields are equivalent to those from blue and red light.

Incident PAR comprises two main components, direct PAR (PARdir), which arrives directly from the sun, and diffuse PAR (PARdif), which is sunlight scattered by sky and clouds. These components are characterized by large differences in light quantity, directional characteristics and spectral quality. PARdir is highly directional and its energy can be concentrated and localized on a surface. PARdif is non-directional and its incident energy is well-averaged across a surface, allowing it to penetrate deeper into canopies. Consequently, PARdir and PARdif play different roles in the photosynthetic process both at the scale of individual leaves and of canopies. Most research, however, has assumed that the solar radiation spectrum can be averaged without considering the spectral and directional dynamics.

We had developed a precise solar tracking device for detecting direct and diffuse radiation. Direct and diffuse radiations were measured separately by two grating spectroradiometers (MS700, EKO Instruments Co. Ltd., Tokyo, Japan) fixed to sun trackers (STR-22G-S, EKO Instruments Co. Ltd.) equipped with a collimation tube (angle of view 5 degrees) for measurement of PARdir, and a shadow ball for measurement of PARdif.

Analyzing the relative absorption spectra of chlorophyll, we found that Chl a does not absorb direct solar radiation, while diffuse solar radiation is efficiently up-taken by Chl b. The spectrum of diffuse solar radiation is almost fixed with a peak wavelength (λ_{max}) around 460 nm. However, that of direct solar radiation shifts from a broad peak with λ_{max} around 700 nm towards a narrower peak around 540 nm, as solar zenith angle decreases. The absorption spectrum of Chl a lies outside the strongest energy regions of direct solar radiation. The λ_{max} of the Chl b absorption spectrum matches that of diffuse solar radiation; therefore, Chl b can absorb the most energetic parts of this radiation. The spectral differences between direct and diffuse solar radiation elucidate the meaning of slight spectral differences in pigments for terrestrial organisms.

Strong light is known to enhance accumulation of carotenoids. We found that β -carotene consistently absorbed more energy per photon than other pigments, indicating that it effectively filters (i.e. accepts) the 350-500 nm waveband, independently of PAR class.

Overall, the spectral differences between PARdir and PARdif, as well as the steady λ_{max} of PARdif, exert multiple effects on terrestrial organisms and may be effective drivers of diversification in pigment distribution and function. Further spectral-directional radiation observation at various sites is needed to reveal the effects of the dynamics of incident solar radiation on the terrestrial ecosystem.

キーワード: 分光放射計, 直達日射, 散乱日射, 光合成, 分光光利用効率, 光合成有効放射

Keywords: spectroradiometer, direct solar radiation, diffuse sky radiation, photosynthesis, spectral light use efficiency, PAR

マイクロ波衛星観測を利用した水文-陸上生態系結合モデルのパラメータ最適化 Simultaneous Estimation of Hydrologic and Ecologic Parameters in an Eco-Hydrological Model Assimilating Microwave Signal

澤田 洋平^{1*}; 小池 俊雄¹

SAWADA, Yohei^{1*}; KOIKE, Toshio¹

¹ 東京大学工学系研究科

¹ School of Engineering, the University of Tokyo

To improve the skill of reproducing land-atmosphere interactions in weather, seasonal, and climate prediction systems, it is necessary to simulate correctly and simultaneously the surface soil moisture (SSM) and terrestrial biomass in land surface models. Despite the performance of hydrological and ecosystem models depends highly on parameter calibration, a method for parameter estimation in ungauged areas has yet to be established. We develop an auto-calibration system that can simultaneously estimate both hydrological and ecological parameters by assimilating a microwave signal that is sensitive to both SSM and terrestrial biomass. This system comprises a hydrological model that has a physically based, sophisticated soil hydrology scheme, a dynamic vegetation model that can estimate vegetation growth and senescence, and a radiative transfer model that can convert land surface condition into brightness temperatures in the microwave region. By assimilating microwave signals from the Advanced Microwave Scanning Radiometer for Earth Observing System, the system simultaneously optimizes the parameters of these models. We test this approach at three in situ observation sites under different hydroclimatic conditions. Estimated SSM and leaf area index (LAI) exhibit good agreement with ground in situ observed SSM and satellite observed LAI, respectively. The root mean square error of SSM and LAI at all sites, estimated by the model with optimized parameters, is much less than that estimated by the model with default parameters. Using microwave satellite brightness temperature data sets, this system offers the potential to calibrate parameters of both hydrological and ecosystem models globally. This global-scale and automated parameter optimization system may contribute to many other research activities related to land surface, hydrological, and ecosystem modelling although the global-scale applicability of this approach should be investigated as a future work.

Keywords: Eco-hydrological model, passive microwave remote sensing, parameter optimization, data assimilation

永久凍土環境の変遷と長期的な気候変動への応答 Changes of permafrost environment and the response to the long term climate change

末吉 哲雄^{1*}; 齊藤 和之¹; 石川 守²; 原田 鈺一郎³; 岩花 剛⁴
SUEYOSHI, Tetsuo^{1*}; SAITO, Kazuyuki¹; ISHIKAWA, Mamoru²; HARADA, Koichiro³; IWAHANA, Go⁴

¹ 独立行政法人海洋研究開発機構, ² 北海道大学, ³ 宮城大学, ⁴ アラスカ大学
¹Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ²Hokkaido University, ³Miyagi University, ⁴University of Alaska

永久凍土は2年以上連続して凍結した状態の土壌・岩盤として定義され、北半球陸面の20%以上の面積を占める。主に高緯度地域に分布し、寒冷圏の陸面としては所与の状態である。定義上、永久凍土は必ずしも氷の存在を意味するわけではないが、高緯度の永久凍土では表層に氷体を含むことが多く、地球上の淡水の0.02%に相当するという推定もある。土壌中には未分解の炭素を多く含み、約1700Gt（陸上の有機炭素の約半分、大気中の炭素量の約2倍）の存在量を持つと推定されている。

永久凍土の分布は、現在の気候・地表面条件と過去の履歴によって決定されるが、依存する時間スケールは凍土中の各点の深さ・熱物性によって異なる。また、例えば土壌中の炭素蓄積量は地温とは異なる時間スケールの変動に依存し、様々なプロセスに複雑に依存して分布が決まっている。現在分布する永久凍土は、深い部分では最終氷期以降に形成されており、完新世の気候変化に緩やかに応答している過程であると考えられる。

本発表では、これら永久凍土の特性と今後明らかにすべき研究課題を整理し、長期的な気候変動に対する応答の一例として最終氷期以降の気候変動と現在の凍土分布に関する研究の一例を簡単に紹介する。

キーワード: 永久凍土, 気候変動, 地下水, 炭素循環

Keywords: Permafrost, climate change, ground ice, Carbon Cycle

気孔コンダクタンスモデルの違いが、21世紀の変動気候条件の元における水・炭素収支の予測に与える影響 Impacts of representation of stomatal conductance on vegetation distribution and functions under changing climate

佐藤 永^{1*}; 熊谷 朝臣²; Katul Gabriel³
SATO, Hisashi^{1*}; KUMAGAI, Tomo'omi²; KATUL, Gabriel³

¹ 海洋研究開発機構 地球環境変動領域, ² 名古屋大学 地球水循環研究センター, ³ デューク大学
¹RIGC, JAMSTEC, ²HyARC, Nagoya University, ³Duke University

気孔コンダクタンスは、水蒸気飽差 (VPD; water vapor pressure deficit)、大気中 CO₂ 濃度、光量、葉の水ポテンシャルといった環境要因によって制御されている。このような気孔コンダクタンスの挙動を記述するために、様々な経験的・半経験的なモデルが構築されてきた。これら気孔コンダクタンスモデルが、21世紀中に生じうると考えられる気候条件(高 CO₂・高気温・高 VPD)の下においても的確に挙動するか否かは、水循環や気候の予測において重要な問題である。なぜならば蒸散は、全球の陸面から大気に戻る水の8割から9割を占めていると推定されており、また地表面に吸収される放射エネルギーの約半分を消費していると推定されているからである (Jasechko et al. 2013)。

Kumagai et al. (2004) は、21世紀中に予測される気候変動が、ボルネオ島の熱帯林地域における水・炭素循環に与える影響を予測した。この予測は、2種類の気孔コンダクタンスモデルの元で行われたが、いずれのモデルも現在の気候条件下における出力には大きな差は生じなかったものの、予測される21世紀末の気候条件下においては顕著な差を示した。そして、その差は、気孔コンダクタンスを、湿度の関数とするか VPD の関数にするかの違いが生じさせたことを示した。なぜならば、気候温暖化は VPD を上昇させるものの、湿度には大きく影響を与えないという傾向が予測されているためである。しかし、このようなモデル間の挙動の差が、より広い地域の水・炭素循環に与える効果については、未だ検討が行われていない。

他方で、従来の経験的・半経験的な手法に代わり、気孔開閉の制御が経済性合理性を有している(気孔から失われる水の量に対して光合成速度を最大にするという)と仮定する進化的手法による気孔コンダクタンスモデルの発展が近年著しい (Katul et al. 2010)。そして、この手法による気孔コンダクタンスモデルは、予測される高 CO₂・高気温・高 PD といった様々な環境条件に対して、定量的に適切な応答をすることが示されている。

本講演では、乾燥度が植生の分布を強く制御しているアフリカ大陸を対象に、気孔コンダクタンスの定式化の方法が、21世紀に予測されている気候変化の元で植生の分布や機能に与える効果を検討する。この検討には、動的全球植生モデル SEIB-DGVM を利用する。過去の開発と研究において、SEIB-DGVM はアフリカ大陸の乾燥度に応じた植生の分布や機能を的確に出力させることが検証されている (Sato et al. 2012)。

・引用文献

Jasechko S, Sharp ZD, Gibson JJ, Birks SJ, Yi Y & Fawcett PJ (2013) Terrestrial water fluxes dominated by transpiration. *Nature* 496.

Katul G, Manzoni S, Palmroth S et al. (2010) A Stomatal Optimization Theory to Describe the Effects of Atmospheric CO₂ on Leaf Photosynthesis and Transpiration. *Annals of Botany* 105: 431-442.

Kumagai, T., Katul, G. G., Porporato, A., Saitoh, T. M., Ohashi, M., Ichie, T. and Suzuki, M. (2004) Carbon and water cycling in a Bornean tropical rainforest under current and future climate scenarios. *Advances in Water Resources*, 27(12), P1135-1150.

Sato H & Ise T (2012) Effect of plant dynamic processes on African vegetation responses to climate change: Analysis using the spatially explicit individual-based dynamic global vegetation model (SEIB-DGVM). *Journal of Geophysical Research-Biogeosciences* 117.

キーワード: 気孔コンダクタンス, 水循環, 炭素循環, 動的全球植生モデル, 地球温暖化, アフリカ

Keywords: Stomatal Conductance, Hydrological Cycle, Carbon Cycle, Dynamic Global Vegetation Models, Global Warming, Africa

北極陸域変動モデル相互比較プロジェクトの概要 Overview for terrestrial model intercomparison project in Arctic

宮崎 真^{1*}; 斉藤 和之²; 山崎 剛⁴; 伊勢 武史³; 森 淳子¹; 荒木田 葉月⁵; 羽島 知洋²; 保坂 征宏⁶; 飯島 慈裕²; 伊藤 昭彦⁷; 松浦 陽次郎⁸; 庭野 匡思⁶; 大石 龍太¹; 太田 岳史⁹; 朴 昊澤²; 佐藤 篤司¹⁰; 末吉 哲雄²; 杉本 敦子¹¹; 鈴木 力英²; 山口 悟¹⁰; 芳村 圭¹²

MIYAZAKI, Shin^{1*}; SAITO, Kazuyuki²; YAMAZAKI, Takeshi⁴; ISE, Takeshi³; MORI, Junko¹; ARAKIDA, Hazuki⁵; HAJIMA, Tomohiro²; HOSAKA, Masahiro⁶; IIJIMA, Yoshihiro²; ITO, Akihiko⁷; MATSUURA, Yojiro⁸; NIWANO, Masashi⁶; O'ISHI, Ryouta¹; OHTA, Takeshi⁹; PARK, Hotaek²; SATO, Atsushi¹⁰; SUEYOSHI, Tetsuo²; SUGIMOTO, Atsuko¹¹; SUZUKI, Rikie²; YAMAGUCHI, Satoru¹⁰; YOSHIMURA, Kei¹²

¹ 国立極地研究所, ² 海洋研究開発機構, ³ 東北大学, ⁴ 兵庫県立大学, ⁵ 理化学研究所, ⁶ 気象研究所, ⁷ 国立環境研究所, ⁸ 森林総合研究所, ⁹ 名古屋大学, ¹⁰ 防災科学技術研究所, ¹¹ 北海道大学, ¹² 東京大学

¹National Polar Research Institute, ²Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ³Tohoku University, ⁴University of Hyogo, ⁵RIKEN, ⁶Meteorological Research Institute, ⁷National Institute for Environmental Studies, ⁸Forestry and Forest Products Research Institute, ⁹Nagoya University, ¹⁰National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, ¹¹Hokkaido University, ¹²The University of Tokyo

1. はじめに

2011年度から文部科学省の「グリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス (GRENE) 事業北極気候変動分野「急変する北極気候システム及びその全球的な影響の総合的解明 (GRENE Arctic Climate Change Research Project (GRENE-ACCRP))」が開始された。同事業の研究課題「環北極陸域システムの変動と気候への影響 (GRENE Terrestrial Ecosystem in Arctic: GRENE-TEA)」は、気候システムにおける北極陸域システムの役割と機能を明らかにして、全球の気候への北極域の変化の影響を評価する事を目的としている。GRENE-TEA のモデリンググループは、大気海洋結合全球気候モデル (CGCMs) の既存の陸域スキームを含む北極陸域変動モデルにおける物理・生態過程の改良と、次世代の北極陸域モデル開発の基礎を据えることを目標としている。その一環として、北極陸域における観測値 (stage 1) やモデル出力値 (stage 2) を用いたモデルの相互比較となる「北極陸域モデル相互比較プロジェクト (GTMIIP)」を行う。そこでは、幅広い視野でモデルの較正、検証、改良と開発をより効果的に行えるようにするために、現場観測研究者、リモートセンシング観測研究者とモデル研究者間で観測データや情報を変換する為に必要な情報交換を促進する。

2. GTMIIP で使用するデータと参加モデル

2.1 データ

Stage 1 はモデル間およびサイト間の比較を目的とし、既存ならびに GRENE-TEA で展開する観測サイトの観測値を主体として陸域モデルへの入力データおよび検証データを作成する。観測値には欠測値や、モデル入力として必要であるが観測されていない項目があるため、そのままではモデル入力データとして十分でない。そのため、再解析データ (NCEP/NCAR など) とグローバルな観測ベースのデータ (CRU) を用いて、モデル入力用の連続データを Ver. 0 として 4 地点 (アラスカ・フェアバンクス、ロシア・ヤクーツク、ティクシ、チョクルダ、フィンランド・ケボ) で作成した。各観測サイトでの観測値をこの Ver. 0 データに埋め込むことにより、各サイトの実情を反映した入力データ Ver.1 が作成される。Ver. 1 データはフェアバンクスにおいて作成済みで、他地点も順次作成予定である。これらのモデル入力用のデータは極地研の Arctic Data Archive System (<https://ads.nipr.ac.jp/index.html>) にて公開予定である。

2.2 参加モデル

GTMIIP 参加モデルは、陸面過程モデル (MATSIRO、2LM、CHANGE、HAL)、物質循環モデル (VISIT)、陸域生態モデル (STEM-NOAHbgc)、動的生態系モデル (SEIB-DGVM)、領域気候モデル (WRF)、1 次元物理積雪モデル (SNOWPACK)、積雪モデル (SMAP)、凍土モデル (FROST) である。参加モデルのうち CGCMs や RCM (領域気候モデル) との結合が可能なモデルは全体の 70% を占めている。対象とする空間スケールはサイトレベルから全球までわたっている。

3. 結果

3.1 Ver.0 データと観測値の比較

Ver.0 データ (65.713° N, 148.125° W) とフェアバンクス近郊の 2 地点 (Poker Flat Research Range: PFRR、65.123° N, 147.487° W、Caribou Peak: CP、65.189° N, 147.500° W) の観測値との比較を行った。日平均気温は Ver.0 と PFRR の値がほぼ同じであったが、日最高・日最低気温の幅が Ver.0 の方が PFRR に比べて小さかった。年降水量は Ver.0 (238.2mm) と PFRR (247.0mm) はほぼ同じであったが、CP (353.5mm) は前者より大きかった。

3.2 Ver.0 データによるモデル出力

Ver.0 データを GTMIIP 参加モデルに入力した結果の例をいくつか示す。2011 年の地温の PFRR における観測結果とモ

ACG34-06

会場:213

時間:5月1日 16:15-16:30

デルによる計算結果 (CHANGE、凍土改良版 MATSIRO(MATSIRO-r)、PB-SDM) は、冬季にモデルによる計算値の方が観測値に比べて低めの傾向がどのモデルにおいても見られた。1988年～2011年の積雪深と活動層の厚さの CHANGE、MATSIRO-r と PFRR の観測値の 2011 年の積雪深は、モデルが観測値の半分程度の積雪深であった。2LM による熱フラックスの主要な項が顕熱と潜熱フラックスが 6 月頃に入れ替わった。CHANGE による CO₂ フラックスの季節変化では、夏季に吸収が見られ、年々変動は GPP に増加傾向がみられた。SEIB-DGVM の 2000 年ランの GPP、木本バイオマス、草本バイオマス、土壌有機物は、オリジナル MATSIRO では小さかったが、MATSIRO-r は気温=地温と仮定したのと同程度か最大だった。

謝辞：本研究は GRENE 北極気候変動事業により実施された。

キーワード: 北極, 陸域モデル, 積雪, 永久凍土

Keywords: Arctic, Terrestrial model, Snow cover, Permafrost

ISI-MIPにおける複数RCP, GCM, 生態系モデルによる陸域生態系炭素収支の将来予測不確か性評価
The assessments of projection uncertainties of global C budget in ISI-MIP study

仁科 一哉^{1*}; 伊藤 昭彦¹; 加藤 悦史¹; 横島 徳太¹; ISI-MIP team²
NISHINA, Kazuya^{1*}; ITO, Akihiko¹; KATO, Etsushi¹; YOKOHATA, Tokuta¹; ISI-MIP, Team²

¹ 国立環境研究所, ²ISI-MIP team

¹National Institute for Environmental Studies, ²ISI-MIP team

Global net primary production (NPP), vegetation biomass carbon (VegC), and soil organic carbon (SOC) changes estimated by six global vegetation models (GVMs) obtained from an Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison Project study were examined. Simulation results were obtained using five global climate models (GCMs) forced with four Representative Concentration Pathway (RCP) scenarios. To clarify which component (emission scenarios, climate projections, or global vegetation models) contributes the most to uncertainties in projected global terrestrial C cycling by 2100, we applied analysis of variance (ANOVA) and wavelet clustering to 70 projected simulation sets. ANOVA revealed that the main sources of uncertainty are different among variables and depend on the projection period. We determined that in the global SOC and VegC projections, GVMs dominate uncertainties (90% and 60%, respectively) rather than climate driving scenarios, i.e., RCPs and GCMs. The clustering wavelet spectra of VegC and SOC time series data could identify more specific characterization of simulations in each GVM. Our study suggests that the improvement of GVMs is a priority concern for reduction of total uncertainties in projected C cycling for climate impact assessments.

Keywords: Model inter-comparison, Global carbon cycle, Uncertainties, RCP, GCM

GOSAT TANSO-CAI 植生指数プロダクト改善のためのエアロゾル補正アルゴリズム An aerosol correction algorithm to improve the GOSAT TANSO-CAI NDVI product

菊地 信弘^{1*}; 横田 達也¹
KIKUCHI, Nobuhiro^{1*}; YOKOTA, Tatsuya¹

¹ 国立環境研究所
¹ National Institute for Environmental Studies

温室効果ガス観測技術衛星 GOSAT に搭載されている雲・エアロゾルセンサ TANSO-CAI (以下 CAI) は、380, 674, 860, 1600 nm の 4 つの観測波長帯 (順にバンド 1-4 とする) を備えたイメージャ型のセンサである。CAI は、温室効果ガス観測センサ TANSO-FTS が計測する大気吸収スペクトルから二酸化炭素濃度などを高精度に導出するために必要な雲やエアロゾルの情報を取得するための補助センサという位置付けではあるが、単体でも炭素循環の研究に資する観測が可能でバンド構成となっており、正規化植生指数 (NDVI) が標準プロダクトとして既にリリースされている。CAI は 1 回帰 3 日周期で同一地点を同一方向から観測するため、CAI の NDVI プロダクトは MODIS のそれとは異なり双方向反射率の影響を補正することは出来ないが、周期が短いことを生かして植生の変化をより短期間に検出することが期待できる。現バージョンの NDVI プロダクトに対しては、衛星観測輝度から地表面反射率を導出する際にエアロゾル補正がなされていない。そのため、エアロゾルの影響を出来るだけ小さくするために、最小反射率の 30 日間コンポジットから NDVI を算出している。本研究はエアロゾル補正アルゴリズムを開発・適用することにより、より短い期間のコンポジットでも精度の高い NDVI が算出できるようにすることを目的としている。

CAI は観測波長帯が限られているため、本研究では既存のいわゆる最小反射率法や Kaufmann 法とは異なるアプローチでエアロゾル補正アルゴリズムを開発している。観測量は大気上端反射率でバンド 1-4 の 4 つ、推定パラメータはダストなどの大粒子エアロゾルの光学的厚さ、硫酸塩などの小粒子エアロゾルの光学的厚さ、バンド 3 と 4 における地表面反射率の計 4 つである。バンド 1 と 2 の地表面反射率はバンド 3 と 4 の地表面反射率によってパラメタライズされる。この地表面反射率パラメタライゼーションに最小反射率の 30 日間コンポジットを利用している。地表面反射率パラメタライゼーションは厳密に成り立つものではないので、エアロゾル量はピクセル単位でなく 10×10 ピクセル (水平方向 5 km \times 5 km) の分解能で導出する。さらに、 $10 \times 10 = 100$ ピクセルの観測データを全て使うのではなく、暗い順に 10 ピクセルを選択する。そうすると、観測量は 40 個、推定パラメータは 22 個になるので最小自乗法によってパラメータを決定する。

図 (左) は 2013 年 10 月 20 日のオーストラリア南東部における小粒子のエアロゾル光学的厚さを図示したものである。現状では、バンド 4 における反射率が 0.2 以下のピクセルのみを解析対象としている。図 (右) は、同じ領域において、Rayleigh 散乱の影響のみを補正して算出した NDVI と、エアロゾルの影響も補正して算出した NDVI の頻度分布を比較したものである。エアロゾル補正により NDVI の分布が 0.1 程度大きくなる方向にシフトしているが、これは Vermote et al. (2002) の結果とも概ね一致している。

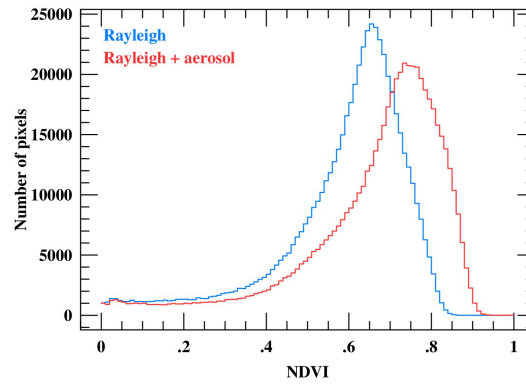
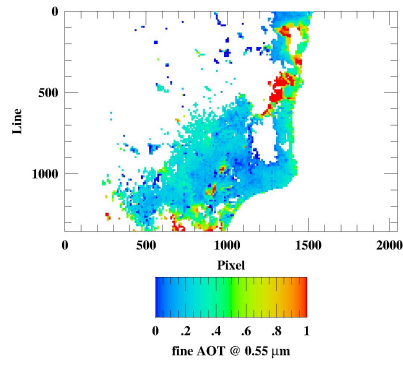
今後は地表面反射率パラメタライゼーションの高度化によってアルゴリズムの精度を高めた後、AERONET などを利用して検証していく予定である。

キーワード: 植生指数, 観測手法, GOSAT
Keywords: vegetation index, retrieval method, GOSAT

ACG34-P01

会場:3階ポスター会場

時間:5月1日 18:15-19:30



熱帯雨林の物質生産と樹木群集の動態における気候変動に伴う水ストレスの影響 Effects of water stresses due to climate change on production and dynamics of tree community in tropical rain forests

藤井 新次郎^{1*}; 佐藤 永²; 熊谷 朝臣¹
FUJII, Shinjiro^{1*}; SATO, Hisashi²; KUMAGAI, Tomo'omi¹

¹ 名古屋大学・地球水循環研究センター, ² 名古屋大学大学院・環境学研究科

¹Hydrospheric Atmospheric Research Center, Nagoya University, ²Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

近年、世界各地でエルニーニョ・南方振動に起因する気候変動に伴う干ばつによる樹木の一斉枯死が報告されている。樹木の成長とリターフォール生産における大幅な減少は、記録的な高温の 1997/98 年エルニーニョで発生した。熱帯域は強い太陽放射を受けるため、熱帯域の植生は炭素固定、水循環、さらには気候形成に対して強いフィードバック効果を持つ。また、熱帯林は陸上植生の 40-50%の炭素を貯蔵しており、炭素を貯蔵する巨大な炭素シンクとして重要な生態系である。熱帯林のように多様な種で構成される生物群集では、物理環境の変化に対する反応は作用する機能群によりその影響は異なる。生物群集の中で重要な役割を果たしている特定の機能群の動態の変化は、熱帯林全体の構造や生態系機能に大きな影響を及ぼす可能性がある。本研究の目的は、地球温暖化などの気候変動に伴う全球レベルの植生動態の変化を予測するために開発された空間明示で個体ベースの植生動態モデルである SEIB-DGVM を用いて、熱帯雨林の物質生産や樹木群集の動態における干ばつのインパクトを予測することである。モデルシミュレーションでは、マレーシアのスマトラ島の熱帯雨林において観測された大規模なエルニーニョ現象の 1997/98 年を含む 1997-2009 年間の樹木群集と気象観測の実測データから典型的な降雨パターンを再現し、降水イベントの頻度や日降水量に関するパラメータを操作して干ばつ実験を行った。実験結果に基づき、水ストレス環境の変化に伴う 200 年間の熱帯雨林における生産量の変化と枯死動態を検証した。

キーワード: 干ばつ, 水ストレス, エルニーニョ, 熱帯雨林, 物質生産, SEIB-DGVM

Keywords: drought, water stress, El Nino, tropical rain forests, matter production, SEIB-DGVM

Modeling Interactions between Vegetation and Aeolian Processes Modeling Interactions between Vegetation and Aeolian Processes

BANZRAGCH, Nandintsetseg^{1*}; SHINODA, Masato¹; SHAO, Yaping²
BANZRAGCH, Nandintsetseg^{1*}; SHINODA, Masato¹; SHAO, Yaping²

¹Arid Land Research Center, Tottori University, ²Institute for Geophysics and Meteorology

¹Arid Land Research Center, Tottori University, ²Institute for Geophysics and Meteorology

The sustainability of temperate grassland (TGs) ecosystems is determined by the feedbacks between climate, vegetation and human activities, in which Aeolian processes play a key role. Current existing dust models do not have sufficient capability in simulating vegetation growth and decay effects that play a major role in TG aeolian processes. In this study, we purposed to couple the DAYCENT, a vegetation-growth and nutrient-cycle model (the most prominent biogeochemical model), with QF2003, a wind-erosion model. The DAYCENT-QF2003 modeling system enables an examination of the feedbacks between grassland-grazing and aeolian processes. This approach is a completely new approach. First, we assessed the DAYCENT for its capability to provide estimations of vegetation dynamics under different grazing conditions in order to incorporate into the QF2003. DAYCENT was parameterized with the field experiment data (soil physical/chemical properties, vegetation and grazing) at the Bayan-Unjuul (BU) site in 2010-2012. BU is located in north of the most frequent dust outbreak region in Mongolia. Results showed that the DAYCENT could simulate realistically vegetation growth-decay, nutrient-cycle and the effect of grazing on grasslands, which are the factors controlling dust outbreaks in TGs. Then, the DAYCENT model was coupled into the QF2003 wind-erosion scheme. We conducted the numerical test of the coupled DAYCENT-QF2003 model to predict dust flux. With the initial results, we have demonstrated the potential of the DAYCENT-QF2003 coupled model. Therefore, the integrated DAYCENT-QF2003 modeling system will provide a useful tool for an early warning system and the future projection of dust events over dust source areas in TGs region.

キーワード: Temperate grassland, dust, vegetation, model

Keywords: Temperate grassland, dust, vegetation, model

陸—海間の水・物質循環が沿岸生態系と水産資源に及ぼす影響 Effects of water and dissolved material exchanges between land and ocean on coastal ecosystem and fishery resources

谷口 真人^{1*}
TANIGUCHI, Makoto^{1*}

¹ 総合地球環境学研究所

¹ Research Institute for Humanity and Nature

陸と海をつなぐ水と栄養塩の経路には、河川水と地下水がある。後者は目に見えないためこれまで評価が遅れていたが、この陸から海への直接流出地下水である「海底地下水流出」が、藻場や干潟等での汽水環境や、沿岸生態系・沿岸水産資源にとって重要な要因であることが世界各地で報告されている。

海への直接地下水流出（海底地下水流出）の量を評価する方法には、シーページメータ（湧出量測定器）やピエゾメータ（間隙水圧測定器）による点での測定や、ラドン（²²²Rn）などの放射性同位体やストロンチウム等の安定同位体比等のトレーサーがあり、淡水起源の特定と湾単位での湧出量の評価に使われている。また、海底堆積物中の間隙水の比抵抗を測定し、塩淡水境界の変動などを評価する研究も多く行われている。

シーページメータなどによる海底地下水湧水の定点連続観測と、ラドンの定点連続観測の比較は、地質や気象・水文条件の異なる世界各地で行われてきたが、両者は正の相関を示している。またこれまでの研究から、海底地下水流出には淡水成分と再循環による海水成分が含まれることが明らかになっている。この淡水成分と再循環成分の分離は、再循環水を決める海洋学的要因と、淡水成分をきめる陸域の水循環駆動力としての水文要因を分離する事でもあり、陸と海の境界での沿岸水環境を明らかにする上で重要である。これはさらに、汽水環境で生育する沿岸生物や水産資源にとっても重要であり、この淡水成分と海水成分の比率や変化のプロセスがこれまで明らかにされてきた。

本研究では、これまで世界各地で行われてきた、シーページメータによる観測結果と、ラドンにより測定された観測結果を整理し、海底湧出地下水の淡水起源と海水起源の割合を決める物理化学的要因を特定し、それらが貝類などの分布を含む沿岸生態系・水産資源の分布にあたる影響について考察する資料を提供する。また淡水や再循環水がもたらす栄養塩の河川起源との比較を通して、沿岸生態系・水産資源に与える海底地下水の影響評価を行う。

陸域と海域間の水と栄養塩を通した連環は、河川水の場合、降雨イベントや季節変動などその時間変動が大きい。一方で海底地下水流出の場合は、その量自体はそれほど多くないが時間変化が小さく、常に陸と海を水と物質でつなげている。この定常的な海への出口環境である地下水流出は、一定の温度環境を含む物理環境とともに、沿岸生態系・沿岸水産資源への栄養供給源としての化学環境、一定の物理・化学環境下での藻場形成などの生物環境を形成する要因と考えられる。

キーワード: 海底地下水湧出, 沿岸生態系, 沿岸水産資源, 栄養塩, 湧出, ラドン

Keywords: submarine groundwater discharge, coastal ecosystem, coastal fishery resources, nutrients, seepage, radon

河川水の流入が沿岸域の生態系に及ぼす影響 The effect of freshwater input from rivers on the ecosystem in coastal waters

笠井 亮秀^{1*}
KASAI, Akihide^{1*}

¹ 京都大学フィールド科学教育研究センター

¹Field Science Education and Research Center, Kyoto University

High production in coastal areas is supposed to be supported by large organic and inorganic inputs from rivers. Therefore, excessive reduction of nutrient loads from rivers would decrease nutrient concentrations in coastal areas. This manifests in poor growth of seaweeds, which has been observed in Seto Inland Sea in recent years. However, primary production in coastal areas is not only supported by terrestrial nutrients, but also external nutrients derived from ocean and regenerated nutrients formed in hypoxic water at the bottom. Evaluation of the contribution of each source of dissolved inorganic nitrogen (DIN) to phytoplankton production in Ise Bay revealed that DIN consumption by phytoplankton exceeds the DIN supply from rivers and ocean. This indicates that a large amount of primary production depends on regenerated DIN within the bay rather than on newly supplied DIN, although the ratio of consumption to external supply differs seasonally. We have to pay more attention to the behavior of each source of nutrients for future managements of coastal waters.

The effect of the freshwater input from rivers on coastal areas is not only the nutrient supply, but also the formation of estuarine circulation, which plays an important role in coastal ecosystems. Since the flux of water by the estuarine circulation is considerably larger than the river discharge, it has large effects on the material transport and biological production in estuaries and bays. For example, larvae of temperate seabass do not distribute in the surface, but in the middle layer, and thus the landward flow effectively transports larvae to coastal areas from the spawning grounds in the offshore. Therefore, the year-to-year variation in the amount of juveniles in the coastal area shows that the survival of juveniles improves in the years when the river discharge increases.

キーワード: 沿岸生態系, エスチュアリー循環, 淡水, 栄養塩

Keywords: coastal ecosystem, estuarine circulation, freshwater, nutrients

海底湧水が沿岸生態系の生物多様性、水産資源に与える影響 Possible effects of submarine groundwater on biodiversity and fishery production in coastal ecosystems

小路 淳^{1*}; 杉本 亮²; 富永 修²; 小林 志保³; 山田 誠⁴; 谷口 真人⁴

SHOJI, Jun^{1*}; SUGIMOTO, Ryo²; TOMINAGA, Osamu²; KOBAYASHI, Shihō³; YAMADA, Makoto⁴; TANIGUCHI, Makoto⁴

¹ 広島大学, ² 福井県立大学, ³ 京都大学, ⁴ 総合地球環境学研究所

¹Hiroshima University, ²Fukui Prefectural University, ³Kyoto University, ⁴Research Institute for Humanity and Nature

Economic values of the ecosystem services of coastal ecosystems have been evaluated as among the highest of those the world's ecosystems. Recently more attentions have been paid on the mechanisms how the freshwater contribute to the high productivity and species diversity of the coastal ecosystems. In the present paper, previous researches that focused on effects of freshwater input from the land on productivity and species diversity of fishery resources in the coastal ecosystems are reviewed. In addition, results from recent surveys conducted in order to examine the possible effects of river water and submarine groundwater on productivity and species diversity of fishery resources are introduced.

Relationship between river discharge and recruitment of several estuarine-dependent fish species (flatfish, seabass and clupeid) have been reported in the world. Among these fish species, the mechanisms how river discharge promotes survival during the early life stages and recruitment of Morone fishes (striped bass and white perch) have been well studied. Larval survival rate is high and recruitment of 1-year-old fish is successful in years with high precipitation in these species. High freshwater discharge has been reported to increase availability of prey for the larvae, decrease predation through affecting predator species composition and biomass, then increase the growth and survival during the larval stage.

In a previous paper, on the other hand, low salinity zone has been reported to be one of the ecosystems where biodiversity is the lowest among the world's aquatic ecosystems. High fluctuation in salinity and tidal level within a relatively small spatial and temporal scale could be stressful for a variety of animal species. Recently high abundance of juveniles of several flatfish species were observed in low salinity zones nearby an estuary in the coastal waters of Japan. Species diversity of fishes was higher in a seagrass bed where freshwater supply from the land through submarine groundwater was expected compared to the surrounding areas. These observations suggest that low salinity condition does not always decrease diversity of fish species in coastal ecosystems. Future research plan to investigate the mechanism how the freshwater input from the land contributes to the high productivity and species diversity in the coastal ecosystems will be introduced.

キーワード: 水-食料の連環, 水産資源の生産, 種多様性, 海底湧水

Keywords: water-food NEXUS, fishery production, species diversity, submarine groundwater

安定同位体比を利用した淀川河口域における窒素動態解析 Evaluation of nitrogen dynamics in the Yodo River estuary using stable isotopes

杉本 亮^{1*}; 笠井 亮秀²

SUGIMOTO, Ryo^{1*}; KASAI, Akihide²

¹ 福井県立大学海洋生物資源学部, ² 京都大学フィールド科学教育研究センター

¹Faculty of Marine Biosciences, Fukui Prefectural University, ²Field Science Education and Research Center, Kyoto University

The increase in human population in coastal watersheds has increased the delivery of nitrogen from the land to coastal environments. Accelerated nitrogen cycles in coastal environments have led to an increase in hypoxic waters and instances of harmful algal blooms. Physical and biogeochemical processes within estuaries generally regulate nitrogen fluxes from land to sea. The estuaries of major rivers on the continents are thought to be sites of massive nitrogen losses. However, function of estuaries to nitrogen transfer must vary according to each estuarine hydrology and biogeochemistry. A large amount of terrestrial nitrogen empties into Osaka Bay head from the Yodo River. Although the estuary would have a crucial role in modifying nitrogen fluxes, its function to nitrogen transfer is still unclear. In this presentation, we will report the seasonal difference of nitrogen dynamics along the longitudinal section from the estuary to the head of Osaka Bay.

キーワード: 窒素, 安定同位体比, 河口循環流, 富栄養化, 再生産

Keywords: nitrogen, stable isotopes, estuarine circulation, eutrophication, regeneration

淀川河口での海洋性植物プランクトン濃度の変動要因 Factors of the temporal variation of marine phytoplankton at Yodo River estuary

林 美鶴^{1*}; 古賀 竜太郎¹; 藤井 智康²; 山本 圭吾³
HAYASHI, Mitsuru^{1*}; KOGA, Ryuraro¹; FUJII, Tomoyasu²; YAMAMOTO, Keigo³

¹ 神戸大学, ² 奈良教育大学, ³ 大阪府環境農林水産総合研究所水産技術センター
¹Kobe Univ., ²Nara University of Education, ³Marine Fisheries Research Center, Osaka Prefecture

2007年、2011年及び2013年に淀川下流で麻痹性貝毒が検出され、シジミの出荷が停止された。この原因種は海洋性有毒植物プランクトンの*Alexandrium tamarense*であるが、その増殖・赤潮形成原因や抑制方法は明らかになっていない。そこで、2012年2月2~3日にかけて淀川河口で観測を実施し、得られたデータを使用して数値生態系モデルによる植物プランクトン濃度の変動要因解析を行った。観測日の潮位変動にあわせて、CTD及びADCP観測と採水を実施した。採水では、栄養塩、クロロフィル濃度に加え、*A. tamarense*の細胞密度も計測したが、この年は極めて少なかった。河口の下層から海水が遡上し、表層では淡水が流出する、典型的な河口循環流の構造が観測された。数値生態系モデルでは、河口2800mを、ほぼ淡水の表層0~50cm、密度躍層のある中層0.5~1.5m、ほぼ海水の底層1.5m~河床の鉛直三層に分けた。下層は潮位により層厚が変化する。各層に、栄養塩、植物プランクトン、溶存有機物、懸濁物の5形態を想定し、形態間の生化学過程（光合成、枯死、分解など）を定式化して、各形態の濃度変動を計算した。同時に*A. tamarense*も計算した。これには、日周鉛直移動、光合成での塩分制限と溶存有機物利用、低塩下による枯死を加味した。各層での植物プランクトン濃度の時間変動は、観測値を概ね再現した。植物プランクトンは、上層では上流から下流へ、下層では下流から上流へ輸送されており、鉛直輸送は水平輸送に比べ極めて少なく、河口での増殖は水平輸送の1割程度だった。一方*A. tamarense*は、下層で下流から輸送された量の約半分が上流へ輸送され、残りは日周鉛直輸送と鉛直拡散によって上層まで輸送される。これに上流から中層に戻ってくる量をあわせて、半分は下流へ流出し、半分は上層の低塩下で枯死する。河口での増殖は下流からの流入量の5%程度だった。すなわち淀川河口における海洋性植物プランクトンは、ここでの増殖は少なく、主として下流から輸送されている事が明らかとなった。また遊泳能力のない植物プランクトンのほとんどは、河口循環流による水平移流で輸送されるが、日周鉛直移動を行う*A. tamarense*は、下流から輸送された量の約27%だけが上流へ輸送され、約36%は上・中層から下流に流出し、約36%は上層で枯死する。上流への*A. tamarense*輸送を制限するには、河口循環流を弱くする事が有効である。

キーワード: 淀川, 河口, 数値生態系モデル, 植物プランクトン, *Alexandrium tamarense*
Keywords: Yodo River, Estuary, Numerical ecosystem model, Phytoplankton, *Alexandrium tamarense*

河口域生態系における海洋底生多毛類による陸起源有機物の利用 Utilization of terrestrial organic matter by marine benthic polychaetes in estuarine ecosystem

佐藤 専寿¹; 杉本 亮²; 横山 芳博²; 富永 修^{2*}

SATO, Takahisa¹; SUGIMOTO, Ryo²; YOKOYAMA, Yoshihiro²; TOMINAGA, Osamu^{2*}

¹ 山形県立加茂水産高校, ² 福井県立大学

¹Yamagata prefectural fisheries high school, ²Fukui prefectural university

In semi-enclosed bays, terrestrial plants transported by river have become a major constituent of estuary sediment. Since it is difficult for marine organisms to digest the terrestrial plants which mainly contains the non-living refractory cellulosic matrices, few studies have been taken into account the role played by the terrestrial particulate organic matter (tPOM) in enhancing the productivity of the coastal biotic community. However, the important role of tPOM as the food source for marine benthic organisms has been recognized in estuarine environments. In the present study, we examined the $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ values and cellulase activity of the several species of polychaetes to elucidate the contribution of terrestrial plants to benthic biological production in small semi-enclosed Bay. Polychaete annelids were collected at estuary of the Kita and Minami River in semi-enclosed Obama Bay, the Sea of Japan from August 2007 to June 2010. The carbon and nitrogen stable isotope ratios of polychaetes were analyzed. Cellulase activity analyses were assayed by using carboxymethyl cellulose (CMC) plate assay. The $\delta^{13}\text{C}$ values of deposit or suspension feeding polychaetes were lower than the $\delta^{13}\text{C}$ value of POM but higher than the terrestrial plants. The $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ values of carnivores-feeding polychaetes were higher than those polychaetes. Cellulase activities was found in many deposit or suspension feeding polychaetes but also carnivorous feeding polychaetes. On the other hand, the polychaete species with lower isotope signature did not show cellulase activities. The polychaetes which showed cellulase activity were abundant through the four seasons in estuary. These results suggest that many polychaetes can decomposition and assimilation the terrestrial plants.

キーワード: 陸域植物, セルラーゼ, 半閉鎖的内湾, 多毛類

Keywords: terrestrial plants, cellulase, semi-enclosed bay, polychaetes

大分県日出町沿岸に湧出する海底湧水の起源 The origin of submarine groundwater discharge in the coastal zone of Hiji, Oita prefecture

山田 誠^{1*}; 大沢 信二²; 三島 壮智²; 安部 豊¹; 谷口 真人¹
YAMADA, Makoto^{1*}; OHSAWA, Shinji²; MISHIMA, Taketoshi²; ABE, Yutaka¹; TANIGUCHI, Makoto¹

¹ 総合地球環境学研究所, ² 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設

¹Research Institute for Humanity and Nature, ²BGRL, Institute for Geothermal Sciences, Kyoto University

It is said that groundwater discharge from the seabed of the coastal zone of Hiji, Oita prefecture. The marbled sole which lives around this submarine groundwater discharge is called a “Shirosita Karei”, and is loved by the local people. From ancient times, the local people have believed that this Shirosita Karei grows because of submarine groundwater discharge. However, regarding the relevance of the ecology of a marbled sole and submarine groundwater discharge, it is not clear that this is the case. Moreover, although it is clear that there is submarine groundwater discharge, there is almost no information about the origin and dissolved component. Kono and Tagawa (1996) conducted an analysis of the major dissolved components of groundwater of this land area, and a vertical distribution investigation of the electric conductivity of the ocean. As a result, it has suggested the possibility that submarine groundwater discharge is the confined groundwater recharged in the mountain area. However, in that report, they said that they were not able to identify a recharge area clearly by this research. Because of that, we sampled the spring water of the land area, the spring water of a salt water mixture discharged in a seashore area, and a sea water sample, in order to conduct hydrological research using the stable isotope of water in this area and to clarify the flow process of submarine groundwater discharge. The recharge elevation of the spring water of this land area was assumed using the recharge-water line (Ohsawa et al., 2009) made using the data of the Beppu area of the southwest part of this research region. As a result, it became clear that the recharge area of most spring water is at an elevation of 200 m or more. Regarding fresh water and salt water mixture, the mixed rate of sea water and fresh water was calculated using electric conductivity, and the isotopic ratio of the original fresh water was computed using the mixed rate. As a result, it became clear that the recharge elevation of the fresh water mixed in sea water is near 300 m. Moreover, as a result of extracting the terrestrial environment of this area, the area with an elevation of 200 m or more is mainly forest, and there was a boundary between the forest area and plains near an elevation of 200 m. It became clear from these results that the origin of the submarine groundwater discharge in the coastal zone of Hiji is the water recharged in the forest area of the mountain slope, and that the water moves under the plain and is discharged at the sea bed.

Keywords: Submarine groundwater discharge, Stable isotope, recharge area, Hiji

駿河湾における富士山地下水海底湧出場所の推定 Location estimation of submarine groundwater discharge from Mt. Fuji in Suruga Bay

村中 康秀^{1*}; 神谷 貴文¹; 渡邊 雅之¹; 小野 昌彦²; 丸井 敦尚²
MURANAKA, Yasuhide^{1*}; KAMITANI, Takafumi¹; WATANABE, Masayuki¹; ONO, Masahiko²; MARUI, Atsunao²

¹ 静岡県環境衛生科学研究所, ² (独) 産業技術総合研究所

¹Shizuoka Institute of Environment and Hygiene, ²National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

富士山周辺では、透水性に富む玄武岩質の新富士溶岩が主要な地下水の流路になっている。特に富士山南西麓では、富士川河口断層が南北方向に分布しており、この断層が駿河湾への地下水流動に大きな影響を与えている可能性がある。そのため、富士山にもたらされた降水が駿河湾で海底湧水となって湧出し、沿岸海域の生物資源に大きな影響を与えていると考えられる。

本研究では、駿河湾の豊かな沿岸生態系の解明への貢献を目指し、富士川～田子の浦間の奥駿河湾において海底湧水調査を実施した。断層がある富士川河口周辺から深さ 100～200m に新富士溶岩が分布する富士川～田子の浦間の奥駿河湾において、水深 250m までの海底面や地層の状況をサイドスキャンソナー、音波探査機を用いて測定し、地下水の湧出場所の推定を試みている。また、これらの推定された場所を対象に、遠隔操作無人探査機 (ROV) を使用して海底の状況を把握している。本発表ではこれらの取り組みについて紹介する。

キーワード: 海底湧水, 富士山, 駿河湾, サイドスキャンソナー, ROV

Keywords: submarine groundwater discharge (SGD), Mt. Fuji, Suruga Bay, side scan sonar, remotely operated vehicle (ROV)

ラドン 222 を用いた駿河湾沿岸域における海底地下水湧出の実態把握 Evaluation of submarine groundwater discharge in Suruga Bay by using radon 222

小野 昌彦^{1*}; 丸井 敦尚¹
ONO, Masahiko^{1*}; MARUI, Atsunao¹

¹ 産業技術総合研究所

¹National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

沿岸域における海底地下水湧出 (SGD) は陸域から海域への重要な物質輸送経路であると考えられてきた。SGD は世界各地で研究が行われ、沿岸域では普遍的に存在する現象であると考えられている。

駿河湾は富士山の南麓に接し、透水性の高い溶岩流から成る堆積物とそれに伴う活発な地下水流動が存在している。そのため、駿河湾沿岸域においては多量の地下水の流入が考えられる。また、SGD が駿河湾沿岸域の水産物にも大きな影響を与えている可能性が考えられる。

本研究では駿河湾沿岸域における SGD の実態を把握するため、ラドン濃度の連続測定、試料水の採水と化学分析を実施した。本発表ではその結果について紹介を行う。

キーワード: ラドン 222, 海底地下水湧出, 駿河湾

Keywords: Rn-222, Submarine groundwater discharge, Suruga Bay

222Rnを用いた小浜湾における海底地下水湧出量の定量評価 Estimating submarine groundwater discharge in Obama Bay, Japan, using 222Rn mass balance model

本田 尚美^{1*}; 杉本 亮¹; 小林 志保²; 田原 大輔¹; 富永 修¹; 谷口 真人³
HONDA, Hisami^{1*}; SUGIMOTO, Ryo¹; KOBAYASHI, Shiho²; TAHARA, Daisuke¹; TOMINAGA, Osamu¹; TANIGUCHI, Makoto³

¹ 福井県立大学, ² 京都大学, ³ 総合地球環境学研究所

¹Fukui Prefectural University, ²Kyoto University, ³Research Institute for Humanity and Nature

Recently, a number of studies have shown that submarine groundwater discharge (SGD) is even more important than surface runoffs in terms of nutrient transport and can drive primary production in coastal seas. Obama Bay is semi-enclosed bay in central Japan. In spring, phytoplankton blooms in the bottom layer around 2 km offshore from the river mouth. Aquifer distribution in the Obama plain and our previous observation of low salinity water around the bottom layer suggests that unconfined groundwater discharges induce this phytoplankton bloom. However, quantitative contribution of groundwater discharge to the coastal ecosystem has not been well evaluated in Obama Bay. In this study, we estimated the input of freshwater and nutrients via SGD into Obama Bay using mass balance model of radon (²²²Rn) and salinity. As a result, the volume of SGD into the bay was estimated to be $0.05-0.80 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ during February 2013 to November 2013. Especially, the fraction of SGD in total freshwater flux in summer reached to 44%, because river water discharge decreased drastically. The nutrient fluxes from SGD were approximately 84%, 210% and 28% of riverine fluxes dissolved inorganic nitrogen (DIN), dissolved inorganic phosphorous (DIP) and dissolved inorganic silicate (DSi), respectively.

キーワード: 海底地下水湧出, 222Rn 収支, 小浜湾

Keywords: Submarine groundwater discharge, 222Rn mass balance, Obama Bay

河川水流出による沿岸域基礎生産の考察 A study of primary production in plankton blooms driven by riverine inputs

干場 康博^{1*}; 山中 康裕¹
HOSHIBA, Yasuhiro^{1*}; YAMANAKA, Yasuhiro¹

¹ 北海道大学地球環境科学院

¹ Faculty of Env. Earth Science, Hokkaido University

Rivers transport nutrients and suspended sediment matter (SSM) as well as fresh water from land to coastal regions, where the biological productivity is high. In the coastal area, the buoyancy of fresh water leads to the formation of horizontal anticyclonic gyres and vertical circulations, which affect the variation of biological production such as plankton blooms. However, the primary production caused by the three-dimensional dynamics have not been quantitatively discussed, and observations can hardly capture the daily temporal variations of phytoplankton blooms. We developed an ocean general circulation model (OGCM) including a simple ecosystem model, to investigate the three-dimensional and temporal changes in phytoplankton blooms caused by riverine input such as flooding.

We first conducted ideal setting-simulations. The distribution patterns of nutrients and phytoplankton differ significantly from that of fresh water. The phytoplankton maxima shift from the downstream (right-hand side of the river mouth) to the upstream regions (left-hand side of the river mouth). The shift from the downstream to the upstream region (D-U Shift) is categorized by the different nitrate origins: (1) river-originated nitrate (RO-nitrate) is dominant in the downstream region; (2) subsurface-originated nitrate (SO-nitrate) is dominant in the upstream region, and is transported by upwelling associated with vertical circulation and horizontal anticyclonic gyre; and (3) regenerated nitrate (R-nitrate) is dominant in the upstream region. The total primary production in phytoplankton blooms is maintained not only by RO-nitrate but also by SO-nitrate that is larger than the river-originated.

Next, we conducted a realistic simulation and a few ideal setting-simulations. The phytoplankton maxima shift toward the left-hand side of the river mouth during the early time, but the shift does not keep going to the left-hand side all the time. This is because much SO-nitrate does not come from the subsurface to the surface layer after the middle simulated time, due to weak upwelling forced by vertical circulation in the left-hand side. The gentle angle of bottom slope weakens the vertical circulation and SO-nitrate supply from the subsurface, and the NPP is small.

It is natural that D-U Shift of phytoplankton maxima often occurs in the real situation like Ishikari Bay when high riverine input such as flooding. The conclusion that the shift is categorized into three stages by the different nitrate origins, RO-, SO- and R- nitrates in turn depends on the bottom slope angle and the way of inputs and the amounts of fresh water and nutrients. Bottom slope angle and the way of fresh water input change the behaviour of plumes, nutrient supply from the subsurface with the change of vertical circulation, and the rate of regeneration.

Keywords: coastal ocean, biogeochemical cycles, 3-D modeling, riverine input, phytoplankton bloom, nutrient supply

播磨灘への生態系モデル適用による陸域からの栄養塩負荷と海域の物質循環との関係解明
Clarification of relationship between nutrient loading and biological productivity in coastal area by ecosystem model

阿部 真己^{1*}; 館野 聡¹; 永尾 謙太郎¹; 畑 恭子¹
ABE, Masami^{1*}; TATENO, Satoshi¹; NAGAO, Kentaro¹; HATA, Kyoko¹

¹ いであ株式会社

¹IDEA Consultants, Inc.

富栄養化指標とされているCOD濃度の環境基準達成の主な対策として、陸域からの流入負荷量削減が進められてきたことにより、近年では多くの沿岸海域でCOD濃度の低下がみられ、陸域からの負荷量削減は水質濃度の改善に一定の効果を発揮したといえる。一方で、沿岸海域の栄養塩濃度の低下が海の生産力の低下につながっている可能性が指摘されるようになった。陸域と海域の健全な相互作用を築くという課題に対しては、単純に陸域からの負荷量の増減の制御だけに頼る手法では限界があるという事実と直面している。

陸域からの栄養塩の供給と海域の生産力との関係を把握するには、陸域から供給された栄養塩がどのように生物や有用水産生物に取り込まれ、最終的にどのように漁獲へとつながるかを解明することが有効である。この栄養塩の循環経路は、生物間のネットワーク(様々な戦略を持った生物間の競合・捕食など)としても非生物学的な効果(沿岸域の流動場の変化・貧酸素水塊による捕食者の死滅など)としても複雑に絡みあっており、陸域からの負荷量の増減に対する応答は単純ではない。

本報告では、瀬戸内海播磨灘加古川周辺の沿岸海域において、ノリや二枚貝の水産有用種を含む生態系モデルを構築し、海水交換促進対策や干潟・浅場増設対策等を仮想的に施した場合の陸域からの負荷量増減に対する物質循環量の応答を定量評価した。海域での物質循環のネットワークの構造によって、陸域からの負荷量増加に伴う水産資源の応答は、増加する場合も減少する場合もあった。浅場等の少ない現状の海域での流入負荷の増加は沿岸部の貧酸素化を助長する影響がみられる一方、浅場造成により、陸域からの負荷量の増加分を、ノリの収穫・二枚貝の漁獲を同時に上昇させ、海域全体での物質循環をより大きくする方向に作用させていた。

キーワード: 生態系モデル, 栄養塩負荷, 物質循環, 生産, 播磨灘

Keywords: ecosystem model, nutrient loading, material circulation, productivity, Harima-Nada

伊勢湾流域圏の水系総合モデルの構築 Construction of the comprehensive aquatic model of the Ise Bay watershed

大西 健夫^{1*}; 杉本 亮²; 青木 一弘³; 宗村 広昭⁴; 吉野 純⁵; 平松 研¹

ONISHI, Takeo^{1*}; SUGIMOTO, Ryo²; AOKI, Kazuhiro³; SOMURA, Hiroaki⁴; YOSHINO, Jun⁵; HIRAMATSU, Ken¹

¹ 岐阜大学応用生物科学部, ² 福井県立大学海洋生物資源学部, ³ 水産総合研究センター中央水産研究所, ⁴ 島根大学生物資源科学部, ⁵ 岐阜大学工学部

¹Faculty of Applied Biological Sciences, ²Faculty of Marine Bioscience, Fukui Prefectural University, ³National Research Institute of Fisheries Science, ⁴Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University, ⁵Faculty of Engineering, Gifu University

流域の「統合的水資源管理」の重要性が1990年代に認識され、陸域と海洋の一体的な水系管理の重要性が注目されている。しかし、科学的な裏付けが乏しいために、未だ概念論に留まっている。政策決定の場でも広く利用可能な形に実体化していくためには、陸域における環境変化が海洋環境へ及ぼす影響が科学的に評価される必要がある。そこで、本研究では、伊勢湾流域圏を対象として、陸域、河川、海洋における水・物質・生態系モデルを結合した「水系総合モデル」の構築を進めている。対象としている物質は、炭素(C)、窒素(N)、リン(P)、生態系は低次生産者である。また、ユーザーによる自由な改変が可能なモデルとなるように、既存のオープンソースプログラムをベースにしてコードを付加することを開発原則としている。

モデルの構造は、水文・水質モデル、河道モデル、海洋モデル、生態系モデルを結合したものである。水文・水質モデルは、森林・草地などの自然植生地にはPnET-BGC、農地にはSWATモデルを適用した。また、都市域からの生活排水負荷量はタンクモデルによる流出と原単位で与えた。さらに河道プロセスは、Kinematic Wave法による次元開水路モデルと、水域の低次生産を考慮したNPZDモデルとを組み合わせた。また海洋モデルにはROMSを用いた。加えてダム操作規則を組み込みダム群の影響を考慮した。モデルの検証期間は観測データがそろっている2000~2010年の期間とし、時間解像度は1日、気象データとして2kmメッシュの高解像度データセットを用いた。標高データにはASTER-GDEM、植生データは国土数値情報、土壌・地質データは20万分の1土地分類基本調査から取得したデータを用いた。また、ダム操作規則は、国土交通省地方整備局等から入手した。流域の流出についてはおおそ再現することができたが、水質の再現性は良好とは言い難かった。原因として農業用水の取水・排水が考慮されていないことが考えられた。また海洋モデルとの結合がなされていないため、今後は、陸域モデルの改良、海洋モデルとの結合と検証、そして感度解析を進めていくことが課題である。

キーワード: 統合的水資源管理, 土地利用変化, 富栄養化, 貧酸素水塊, 伊勢湾

Keywords: Integrated Water Resource Management, Landuse change, Eutrophication, Hypoxia, Ise Bay

河口域—海草場の堆積物に埋没する有機物の時空間的分布 Spatiotemporal distribution of organic matter buried in estuarine seagrass meadows

渡辺 謙太^{1*}; 桑江 朝比呂¹
WATANABE, Kenta^{1*}; KUWAE, Tomohiro¹

¹ 港湾空港技術研究所

¹Port and Airport Research Institute

海洋生態系による炭素の吸収・固定（ブルーカーボン）は人為起源炭素の主要なシンクとして注目されている。海域の炭素隔離において重要なプロセスは、堆積物への有機態炭素の埋没である。特に、河口域や海草場などの浅海域は外洋に比べて、有機態炭素の堆積速度が非常に速く、炭素の埋没量も多い。浅海域は陸域からの流入負荷を受けるため、陸起源炭素が堆積する場である。また栄養塩流入は浅海域の自生性有機物生産を増大させる。従って浅海域には起源や反応性の異なる有機物が混在している。炭素隔離機能を定量的に評価するためには、これら起源の異なる有機物の質・量についてその時空間分布を検証する必要がある。そこで本研究では、有機物の安定同位体比、C/N比、炭素年代測定を組み合わせることで、河口域—海草場に埋没する有機物の時空間的分布を調べた。

研究対象となる風蓮湖は北海道根室半島の付け根に位置し、根室湾に面したラグーンである。風蓮湖は河川流入によって富栄養化しており、ラグーン面積の67%は海草場である。塩分勾配に沿って2m程度の堆積物コアを採取し、泥深ごとにTOC、TN、炭素・窒素安定同位体比、 $\Delta^{14}\text{C}$ を測定した。河口域のコアは $\delta^{13}\text{C}$ が低く、C/N比が高かった。このことから、河口部では陸域由来有機物が多く堆積していることが示唆された。鉛直方向に大きな変化はなく、数千年にわたって安定して陸域由来有機物が堆積していることが分かった。海草場内のコアでは $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ が高くなり、ラグーン内で生産される植物プランクトンやアマモの寄与が高くなると推定された。しかし、時間的な $\delta^{13}\text{C}$ の変化が見られ、堆積環境は安定ではなく、時期によって陸域由来有機物の寄与率が増減した。これらの結果から、浅海域では陸域由来の炭素の堆積に加えて、内部生産により固定された炭素が長期にわたって貯留されていることが示唆された。

キーワード: 炭素隔離, ブルーカーボン, 河口域, 海草場, 安定同位体, 14C年代測定

Keywords: carbon sequestration, blue carbon, estuary, seagrass meadows, stable isotope, 14C dating

海底湧水が沿岸海域の生物化学的環境に及ぼす影響
Influences of submarine ground water discharge (SGD) on biogeochemical properties in coastal sea

小林 志保^{1*}; 杉本 亮²; 本田 尚美²; 宮田 洋実¹; 富永 修²; 田原 大輔²; 谷口 真人³
KOBAYASHI, Shiho^{1*}; SUGIMOTO, Ryo²; HONDA, Hisami²; MIYATA, Yoji¹; TOMINAGA, Osamu²; TAHARA, Daisuke²; TANIGUCHI, Makoto³

¹ 京都大学, ² 福井県立大学, ³ 総合地球環境学研究所

¹Kyoto University, ²Fukui Prefectural University, ³Research Institute for Humanity and Nature

Submarine groundwater discharge (SGD) often influences on biogeochemical properties in coastal seas. We have estimated the flux of SGD using seepage meter and compared it with ²²²Rn, chlorophyll and nutrients concentrations at a fixed point in Obama Bay for a month

キーワード: 海底湧水, 沿岸生態系, 陸海相互作用

Keywords: submarine groundwater discharge, costal ecosystem, land-ocean interaction

沿岸域における海底湧水と一次生産過程の同時モニタリング手法の開発 Development of simultaneous monitoring method of submarine groundwater discharge and primary production in coastal seas

杉本 亮^{1*}; 大河内 允基¹; 本田 尚美¹; 小路 淳²; 大沢 信二³; 谷口 真人⁴

SUGIMOTO, Ryo^{1*}; OHKOUCHI, Masaki¹; HONDA, Hisami¹; SHOJI, Jun²; OHSAWA, Shinji³; TANIGUCHI, Makoto⁴

¹ 福井県立大学, ² 広島大学, ³ 京都大学, ⁴ 総合地球環境学研究所

¹Fukui Prefectural University, ²Hiroshima University, ³Kyoto University, ⁴Research Institute for Humanity and Nature

In recent years, a number of studies have shown that submarine groundwater discharge is an alternative nutrient pathway and can drive primary production in coastal seas. However, very little is known about quantitative relationship between input of groundwater and response of primary production, because both processes are temporally variable. Recent technological advances (i.e., automation) have increased our ability to assess submarine groundwater discharge in coastal ecosystems using natural tracers such as radon-222 (²²²Rn). Simultaneous monitoring of ²²²Rn with indicators of primary production such as pCO₂ and/or chlorophyll-a would allow us to grasp the nexus of both processes. Therefore, automated radon and CO₂ gas analyzer were connected in series and a closed air loop was established with gas equilibration devices to examine the nexus between submarine groundwater discharge and primary production. In this presentation, we will report the results of simultaneous monitoring of ²²²Rn and pCO₂ with other parameters in several coastal environments.

キーワード: 同時モニタリング, 海底湧水, 一次生産, 沿岸海域

Keywords: simultaneous monitoring, submarine groundwater discharge, primary production, coastal seas

222Rnを用いた沿岸海底湧水の空間調査：別府湾・大槌湾・小浜湾をモデルフィールドに
Local scale assessment of submarine groundwater discharge in coastal seas (Beppu, Obama and Otuchi Bay)

本田 尚美^{1*}; 杉本 亮¹; 富永 修¹; 小林 志保²; 宮田 洋実²; 小野 昌彦³; 大沢 信二⁴; 谷口 真人⁵
HISAMI, Honda^{1*}; SUGIMOTO, Ryo¹; TOMINAGA, Osamu¹; KOBAYASHI, Shiho²; MIYATA, Youji²; ONO, Masahiko³
; OHSAWA, Shinji⁴; TANIGUCHI, Makoto⁵

¹ 福井県立大学海洋生物資源学部, ² 京都大学フィールド科学教育研究センター, ³ 産業技術総合研究所, ⁴ 京都大学地球熱学研究施設, ⁵ 総合地球環境学研究所

¹Faculty of Marine Bioscience, Fukui Prefectural University, ²Field Science Education and Research Center, Kyoto University, ³National Institute of Advanced Science and Technology, ⁴Institute for Geothermal Sciences, Kyoto University, ⁵Research Institute for Humanity and Nature

Submarine groundwater discharge (SGD) is important as a major pathway for freshwater and nutrients loads from land to ocean. Various natural tracers of SGD have been applied to quantify local to regional SGD fluxes. Radon-222 (²²²Rn) is a naturally occurring radioactive gas that is typically 2-3 orders of magnitude higher in groundwater than surface waters. Therefore, it is a powerful tracer of groundwater inputs to oceans. We have applied the continuous ²²²Rn monitoring survey to three local scale coasts (Beppu Bay, Obama Bay and Otsuchi Bay), which have large amounts of groundwater resources in each watershed. As a result, spatial distributions of ²²²Rn and other parameters displayed not only influence of submarine groundwater discharge but also possibility of submarine hot spring discharge.

キーワード: 海底湧水, ラドン, 陸海相互作用

Keywords: submarine groundwater discharge, ²²²Rn, land-ocean interaction

沿岸域海底下の地下水の水と溶存炭酸の安定同位体比 Stable isotope compositions of dissolved inorganic carbon and water under the seabed of the coastal zone

山田 誠^{1*}; 杉本 亮²; 大河内 允基²; 本田 尚美²; 小林 志保³; 安部 豊¹; 谷口 真人¹
YAMADA, Makoto^{1*}; SUGIMOTO, Ryo²; OKOCHI, Masaki²; HONDA, Hisami²; KOBAYASHI, Shiho³; ABE, Yutaka¹;
TANIGUCHI, Makoto¹

¹ 総合地球環境学研究所, ² 福井県立大学, ³ 京都大学

¹Research Institute for Humanity and Nature, ²Fukui Prefectural University, ³Kyoto University

Groundwater often discharges from the seabed of the coastal zone. Such groundwater is called “ submarine groundwater discharge (SGD) ” . Mostly, SGD is the water which not fresh water but sea water and fresh water mixed. Although it is assumed that mixture has occurred under the seabed, there is almost no information about the behavior of water and dissolved component under the seabed such as the mixed process, zone of influence of sea water, and the behavior of the dissolved component from the land area. In order to clarify the behavior of water and dissolved component under the seabed of the coastal zone, we conducted the sampling of the water under the seabed of Obama Bay, Fukui prefecture. The stable carbon isotope ratio of dissolved inorganic carbon (DIC) was lower than that of sea water, and higher than that of groundwater which sampled from well near the seashore. The results show that not only mixture of water but mixture of DIC has occurred under the seabed. In the future, in order to comprehend the extent of the impact of sea water, it is necessary to research vertical distribution of the stable isotope composition under the seabed.

キーワード: 海底湧水, 水の安定同位体, 溶存炭酸の炭素安定同位体

Keywords: submarine groundwater discharge, water stable isotope, carbon stable isotope, dissolved inorganic carbon

北極海の海氷激減－海洋生態系へのインパクト－ Catastrophic reduction of sea-ice in the Arctic Ocean - its impact on the marine ecosystems in the polar region-

原田 尚美^{1*}; 木元 克典¹; 小野寺 丈尚太郎¹; 渡邊 英嗣¹; 本多 牧生¹; 岸 道郎¹; 菊地 隆¹; 田中 裕一郎²; 佐藤 真奈美³; 伊藤 史紘³; 白岩 善博³; 松野 孝平⁴; 山口 篤⁵
HARADA, Naomi^{1*}; KIMOTO, Katsunori¹; ONODERA, Jonaotaro¹; WATANABE, Eiji¹; HONDA, Makio¹; KISHI, Michio¹; KIKUCHI, Takashi¹; TANAKA, Yuichiro²; SATOH, Manami³; ITOH, Fumihiro³; SHIRAIWA, Yoshihiro³; MATSUNO, Kohei⁴; YAMAGUCHI, Atsushi⁵

¹ 海洋研究開発機構, ² 産業技術総合研究所, ³ 筑波大学, ⁴ 国立極地研究所, ⁵ 北海道大学
¹JAMSTEC, ²AIST, ³Univ. of Tsukuba, ⁴NIPR, ⁵Hokkaido Univ.

The sea-ice in the Arctic Ocean has dramatically reduced during the past decade. The drastic sea-ice reduction would cause a complicated and difficulty to understand the perspective on marine ecosystem surrounding the Arctic Ocean, because disadvantage phenomena such as ocean acidification and advantage phenomena such as improving light condition for primary producers, respectively, are simultaneously progressing. We have investigated the response of marine organisms caused by catastrophic sea ice reduction in the Chukchi Sea and Northwind abyssal plain at where the sea ice reduction has progressed most seriously in the Arctic Ocean. The aims of our study are No.1 to understand temporal changes in primary production, No.2 to understand the physiological response of marine phyto and zooplanktons having carbonate tests on warming or freshening associated with sea ice melting, No.3 to develop a new model for marine ecosystems in the Arctic Ocean, to reproduce the primary production by using the model and to understand the response of marine ecosystems on the environmental changes caused by rapid sea-ice reduction. In this presentation, we will show an overview of this project composed of three sub-themes, Observation, Culturing, and Modeling. For the observation, we will show a seasonal change in biogenic components flux obtained at the Northwind abyssal plain by a year round time series sediment trap system and seasonal change in dissolution of pteropod tests due to the seasonal change in the ocean acidification. We will also show the potential mechanism of high biogenic fluxes found in the beginning of the sea-ice season using the original Arctic Ocean ecosystem model. For the culture experiment, the physiological response of *Emiliania huxleyi*, coccolithophorid strain on the environmental changes caused by sea-ice melting will be presented.

キーワード: 北極海, 生物起源粒子, 渦, 海洋酸性化, 円石藻

Keywords: Arctic Ocean, Biogenic particle, Eddy, Ocean acidification, Coccolithophorid

Hindcast simulation of the ice and circulation in the Arctic Ocean for 1978-2012: An application of AO-FVCOM.

Hindcast simulation of the ice and circulation in the Arctic Ocean for 1978-2012: An application of AO-FVCOM.

CHEN, Changsheng^{1*}; ZHANG, Yu¹; PROSHUTINSKY, Andrey²; BEARDSLEY, Robert²; LAI, Zhigang³; GAO, Guoping⁴
CHEN, Changsheng^{1*}; ZHANG, Yu¹; PROSHUTINSKY, Andrey²; BEARDSLEY, Robert²; LAI, Zhigang³; GAO, Guoping⁴

¹School of Marine Science, University of Massachusetts, USA, ²Department of Physical Oceanography, Woods Hole Oceanographic Institution, USA, ³School of Marine Sciences, Sun Yet-Sen University, China, ⁴International Center for Marine Studies, Shanghai Ocean University, China

¹School of Marine Science, University of Massachusetts, USA, ²Department of Physical Oceanography, Woods Hole Oceanographic Institution, USA, ³School of Marine Sciences, Sun Yet-Sen University, China, ⁴International Center for Marine Studies, Shanghai Ocean University, China

A high-resolution, unstructured-grid, finite-volume ice-ocean fully coupled model system, named AO-FVCOM, has been developed for the Arctic Ocean. The governing equations are cast in a generalized terrain-following coordinate system with spatially variable vertical distribution in the vertical and are discretized using flexible non-overlapped triangular grids in the horizontal. This model system includes a) an unstructured grid version of the Los Alamos sea ice model Community Ice CodE (UG-CICE), b) hydrostatic and non-hydrostatic dynamics (NH-FVCOM); c) an unstructured-grid version of the Simulating Wave Nearshore model (SWAN) (named SWAVE), d) 3-D wet/dry point treatment, which can simulate flooding/drainage processes in estuaries and wetlands; e) 4-D nudging, OI and Kalman Filters data assimilation algorithms; f) the mass conservative nesting module to integrate multi-domain FVCOM domains; and g) the MPI parallelized visualization tool ViSiT, which allows users to monitor model performance during the simulation and post-process the model output data. An updated version of AO-FVCOM is capable of simulating the ice imbedded in the ocean.

AO-FVCOM is a regional model nested with Global-FVCOM. Two version of AO-FVCOM were configured with a finest horizontal resolution of 300 m and 2 km for the Arctic Ocean, respectively. The 2-km version has run for a period of 1978-2012. Without data assimilation, the model was capable of reproducing the seasonal and interannual variability of the ice coverage area in the Arctic and also significant drops of the ice coverage in 2007 and 2012. The 35-year simulation results for the circulation and water transport are being validated with comparison to field measurement data. The influence of the model resolution on water transport through the Canadian Archipelago has been also examined over seasonal and interannual scales, and an example of the water transport through Nares Strait will be presented.

キーワード: Arctic Ocean Modeling, Global-FVCOM, Arctic-FVCOM, Multi-domain nesting, 35 year Arctic simulation, Ice-Current Interaction

Keywords: Arctic Ocean Modeling, Global-FVCOM, Arctic-FVCOM, Multi-domain nesting, 35 year Arctic simulation, Ice-Current Interaction

Changes in the Western Arctic Biogeochemistry over the Last Three Decades: a Modeling Perspective.
Changes in the Western Arctic Biogeochemistry over the Last Three Decades: a Modeling Perspective.

SPITZ, Yvette H.^{1*}
SPITZ, Yvette H.^{1*}

¹Oregon State University, CEOAS, Corvallis OR 97331, USA

¹Oregon State University, CEOAS, Corvallis OR 97331, USA

Over the last three decades, the Western Arctic Ocean (WAO) seasonal and permanent sea ice have experienced significant changes, with the summer sea ice extent still shrinking to record low levels and the permanent ice thickness being greatly reduced. Thus, the WAO circulation (e.g. intensification of the Beaufort Gyre), the oceanic heat content and biogeochemistry are directly impacted. We use the coupled pan-arctic Biology/Ice/Ocean Modeling and Assimilation System (BIOMAS) to investigate changes in the physical system, nutrient fluxes and productivity of the planktonic ecosystem between 1988 and 2011. Model simulations show that an earlier phytoplankton bloom and a slight increase in its biomass in general characterize the WAO. The largest response in the secondary producers is seen as an increase in the magnitude of the microzooplankton biomass as well as in the duration of its growing season. Primary productivity while increasing on average over the WAO shows some decrease in the Beaufort Gyre due to its intensification. Under ice blooms such as the one observed during the ICESCAPE (NASA funded program) in July 2011 are also intensified. This research was done in collaboration with colleagues from University of Washington (Dr M. Steele and Dr. J. Zhang), Woods Hole Oceanographic Institution (Dr. C. Ashjian) and University of Rhode Island (Dr. R. Campbell).

キーワード: Arctic, Modeling, Primary Productivity, Climate Change, Food Web
Keywords: Arctic, Modeling, Primary Productivity, Climate Change, Food Web

ノースウインド深海平原における基礎生産性とボーフォート循環変動の関係 Relationship of Primary Productivity in Northwind Abyssal Plain with Beaufort Gyre Variation

渡邊 英嗣^{1*}; 小野寺 文尚太郎¹; 原田 尚美¹; 照井 健志²; 岸 道郎³

WATANABE, Eiji^{1*}; ONODERA, Jonaotaro¹; HARADA, Naomi¹; TERUI, Takeshi²; KISHI, Michio³

¹ 海洋研究開発機構, ² 国立極地研究所, ³ 北海道大学

¹Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ²National Institute of Polar Research, ³Hokkaido University

The western Arctic marine ecosystem was addressed using a combination year-round mooring observation and multiple numerical models. Our previous studies have revealed eddy-induced biological pump from the Chukchi shelf region to the southern Canada Basin. Whereas this system caused an early-winter peak of sinking flux of Particulate Organic Nitrogen (PON), we then focused on summertime ecological processes. The sediment trap measurements in the Northwind Abyssal Plain (NAP: 75N, 162W) of the western Arctic Ocean captured a maximum diatom flux with dominance of sea ice species in summer 2011. However, the particle fluxes in summer 2012 were considerably suppressed probably due to extension of oligotrophic Beaufort Gyre water to the NAP area. To examine interannual variability in ocean circulation around the target region, the decadal experiment from 1979 to 2012 was performed using the pan-Arctic ice-ocean model COCO. A virtual passive tracer provided inside the Canada Basin certainly suggested that the Beaufort Gyre direction switched southwestward (toward Station NAP) during the early period of 2012. In addition, the three-box lower-trophic model with sea ice species was applied under physical environments at Station NAP to assess an impact of nutrient deficiency on primary production in 2012. Finally, we plan to discuss how to improve existent problems of Arctic marine ecosystem model.

キーワード: 北極海, 低次海洋生態系モデル, アイスアルジー, 貧栄養水

Keywords: Arctic marine ecosystem model, ice algae, oligotrophic water

3次元物理-生態系モデルによる北極海でのシロザケ成長の可能性 Estimating potential habitat for chum salmon (*Oncorhynchus keta*) in the Western Arctic using a bioenergetics model coupl

岸 道郎^{1*}; 尹 そくじん¹; 渡邊 英嗣¹
KISHI, Michio^{1*}; YOON, Seokjin¹; WATANABE, Eiji¹

¹ 北海道大学

¹Hokkaido University

Chum salmon (*Oncorhynchus keta*) are distributed widely in the Northern Pacific and are an important commercial fisheries resource in North Pacific countries. Chum salmon can be divided into North American and Asian groups, and the Asian groups can be divided further into Japanese and Russian groups, which show different migration routes. Japanese and Russian chum salmon stocks are predominant in the Bering Sea during summer and fall. However, recently, several studies reported different tendency. Higher densities of chum salmon were observed within the vicinity of the Bering Strait and the Chukchi Sea than the eastern Bering Sea on September 2007 and alike Japanese chum salmon migrated to northern areas in the Bering Sea on August 2009. Sea surface temperature in the Arctic marginal seas has increased since the mid-1960s, especially since 2000. We speculated that SST increase affect to salmon northing directly. Therefore, we focused on chum salmon migrating northward to the Western Arctic. We estimated the potential habitat for chum salmon in the Western Arctic using a bioenergetics model coupled with a three-dimensional lower trophic ecosystem model (3-D NEMURO). The model domain contained the entire Chukchi Sea and the southern area of the Canada Basin. The horizontal resolution was about 2.5 km, and there were 25 vertical levels (surface to 4000 m). We assumed chum salmon move to a depth where the growth rate is the maximum within 100 m, because chum salmon migrate vertically to below 100 m depth for controlling their body temperature and searching for prey. The model was run for nine months from March to November 2003, thus representing the entire months chum salmon are distributed in the Bering Sea from June to November. In the bioenergetics model, the growth rate of an individual chum salmon was calculated as a function of water temperature, salinity, and prey density, which were obtained from the 3-D NEMURO model results. We calculated the growth rates of chum salmon of 100 gWW to 4000 gWW and defined 'Potential habitat' as 'an area where chum salmon can grow up (i.e., the growth rate is positive)'. The potential habitat reflected the warm and nutrient-rich Pacific water inflowing from the Bering Strait. That was restricted to the southwestern Alaskan coast on June and expanded to the Chukchi Sea and along the Alaskan northwestern coast from July to September and reduced from October. The main limiting factor was the water temperature on June and November and the prey density on July to October. For global warming scenario, we used the modeled monthly water temperature anomaly between 2005 and 2095 under the IPCC SRES-A1B scenario. Under the global warming scenario, the potential habitat for chum salmon increased during early summer and autumn due to the water temperature increase, whereas during summer the potential habitat for smaller chum salmon increased but that for larger chum salmon decreased because the water temperature exceeded the optimal condition, especially in the southern Chukchi Shelf and near the Bering Strait. The water temperature limitation was relaxed with a water temperature increase on June and November, but regionally the water temperature was the main limiting factor during summer.

キーワード: 北極海, 生態系モデル, シロザケ

Keywords: Arctic, marine ecosystem model, Chum salmon

セジメントトラップに捕集された西部北極海ノースウィンド海底平原における動物プランクトン群集と糞粒の季節変動 Seasonal changes in zooplankton swimmer and faecal pellets collected using a sediment trap in the western Arctic Ocean

松野 孝平^{1*}; 山口 篤²; 藤原 周¹; 小野寺 丈尚太郎³; 渡邊 英嗣³; 原田 尚美³; 菊地 隆³
MATSUNO, Kohei^{1*}; YAMAGUCHI, Atsushi²; FUJIWARA, Amane¹; ONODERA, Jonaotaro³; WATANABE, Eiji³; HARADA, Naomi³; KIKUCHI, Takashi³

¹ 国立極地研究所, ² 北海道大学水産科学研究所, ³ 海洋研究開発機構

¹National Institute of Polar Research, ²Hokkaido University, Graduate School of Fisheries Sciences, ³Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

季節海水域である西部北極海は10月-7月にかけて海水に覆われるため、年間を通じた観測が難しく、動物プランクトンの季節変動については不明な点が多い。セジメントトラップは周年を通じた沈降粒子試料捕集が可能であり、半定量的ながら、動物プランクトンの季節変動解析に適した測器である。本研究は、西部北極海ノースウィンド海底平原の水深184-260 mに、2010-2012年の2年にわたり設置されたセジメントトラップに捕集された多細胞動物プランクトンに関わる2項目(動物プランクトンスイマーと糞粒)について解析を行い、動物プランクトン群集構造の季節変動を明らかにしたものである。

2010年10月4日-2011年9月28日および2011年10月4日-2012年9月18日に、ノースウィンド海底平原(St. NAPt, 水深1975 m)の184-260 mに、開口面積0.5 m²のセジメントトラップを設置し、10-15日間隔で沈降粒子試料を捕集した。全試料数は52である。試料カップにはあらかじめ5%ホルマリン海水を入れた。試料は回収後、1 mmメッシュで分画し、1 mm以下のサイズフラクションを沈降粒子輸送量(mg DM m⁻² day⁻¹)として測定した。<1 mm試料中に含まれていた動物プランクトンの糞粒は形態から4タイプ(楕円型、円柱型、球型、茶色楕円型)に区別して計数した。実体顕微鏡下にて動物プランクトンは分類群、カイアシ類は種および发育段階毎に同定・計数を行った。得られた動物プランクトン個体数データ(ind. m⁻² day⁻¹)は、対数変換した後にBray-Curtisと平均連結法によるクラスター解析を行った。また、SIMPER解析により、群集間に差異を与えていた種を同定した。

衛星データから、St. NAPtにおける結氷期間は11月6月で、開放水面期間は8月-10月であったことが分かった。また、海表面クロロフィルaは開放水面期間(8月-10月)にのみ検出された。沈降粒子輸送量は0.1-263.3 mg DM m⁻² day⁻¹の範囲にあり、いずれの年も結氷後の11月にピークを示していた。糞粒はその形態から4タイプ(楕円型、円柱型、球型、茶色楕円型)に分けられ、全糞粒数に占める割合は年平均で楕円型が60%、球型が30%であった。一方、茶色楕円型の出現には明確な季節性が見られ、開放水面期の7-8月に多く、数的に最大80%にも達していた。動物プランクトン個体数は35-739 ind. m⁻² day⁻¹の範囲にあり、いずれの年も結氷後の9月-11月に有意に多かった($p < 0.0001$, one-way ANOVA)。個体数にはポエキロストム目カイアシ類が最優占分類群(年平均±標準偏差: 69±18%)で、季節的に二枚貝幼生が10月-11月に優占し(最大53%)、フジツボ幼生は2011年8月に出現したが(最大33%)、2012年には出現しなかった。クラスター解析の結果、2年間にわたる全52試料は5つのグループに分けられた。各グループの出現には明確な季節性があり、結氷期間中にも群集構造の変化が見られ、これは日照時間の変化に起因するものと考えられた。

糞粒において明確な季節性を持っていた茶色楕円型の糞粒は、別途行った船上飼育実験より端脚類の糞粒であると考えられ、開放水面時に端脚類の摂餌活性が高かったことの反映と考えられた。動物プランクトン群集に季節性をもたらしていた二枚貝幼生とフジツボ幼生は、いずれも底生生物により放出された浮遊幼生であり、チャクチ海など浅い海域から移流されてきたものと考えられた。また、フジツボ幼生の出現に年変動(2011年には出現したが、2012年には出現せず)があったのは、St. NAPt表層の水塊構造に年変動があったことの反映と考えられた。

キーワード: 西部北極海, セジメントトラップ, 動物プランクトン群集, 糞粒

Keywords: western Arctic Ocean, sediment trap, zooplankton community, faecal pellets

北極海バロー海底谷における流量、熱、淡水輸送量
Volume, heat and freshwater fluxes of Pacific Water through the Barrow Canyon in the Arctic Ocean

伊東 素代^{1*}; 菊地 隆¹; 西野 茂人¹
ITO, Motoyo^{1*}; KIKUCHI, Takashi¹; NISHINO, Shigeto¹

¹ 海洋研究開発機構
¹JAMSTEC

Interest in Pacific Water flowing from the Bering Strait into the Arctic Ocean has increased markedly in recent years, because of warming and increasing of Pacific Water inflow. Barrow Canyon, in the northeast Chukchi Sea, is a major conduit for Pacific Water to enter the interior Arctic basins. Our study focuses on the quantitative estimate of volume, heat and freshwater fluxes through Barrow Canyon by mooring observations with hydrographic surveys. We conducted year-round mooring observations at one station from 2000 to 2001 and at three stations from 2001 to 2013 in the mouth of Barrow Canyon. The annual mean volume, heat and freshwater fluxes through Barrow Canyon were 0.49 Sv, 2.25 TW and 31 mSv, respectively. Annual averaged volume and freshwater fluxes through Barrow Canyon in recent years from 2010 to 2013 were lower than the 2000-2008 averages, mainly due to strong northerly wind. In contrast, heat flux for the period 2010-2013 was higher than the 2000-2008 average. It tended to be three highest maximum in 2007, 2010 and 2012, when summer sea ice extent extraordinary retreats in the Arctic Ocean, mainly because of the warming of Pacific Summer Water. Heat fluxes observed in these years were 3-4 times larger than that observed in summer 1993. It is sufficient to melt 1-m-thick ice over an area of 360,000 km², which is equivalent to the total land area of Japan. The heat possibly contributes to both sea-ice melt in summer and a decrease in sea-ice formation during winter because this water typically subsides just below the surface mixed layer in the Canada Basin.

Keywords: Arctic Ocean, Pacific Water, Heat flux, Sea ice extent

Water masses transporting process from the Bering Sea to the Arctic Ocean revealed from multiple chemical tracers

JIANG, Kai^{1*}; ZHANG, Jing²
JIANG, Kai^{1*}; ZHANG, Jing²

¹Graduate School of Science and Engineering for Education, University of Toyama, ²Graduate School of Science and Engineering for Research, University of Toyama

¹Graduate School of Science and Engineering for Education, University of Toyama, ²Graduate School of Science and Engineering for Research, University of Toyama

The Arctic Ocean is tightly connected to the Pacific Ocean through the only oceanic gateway Bering Strait. Water, heat, nutrients, and other substances inflowing via water masses exchanges affect the marine environment in the Arctic Ocean. In recent decades, the Arctic Ocean has changed dramatically, especially the rapid reduction of sea ice. The changing of water masses through the Bering Strait is thought to be one of the main reasons. Thus, focusing on the process of water masses transporting will contribute to understanding and forecasting the marine environment in the Arctic Ocean. In this research, stable oxygen isotopes, salinity and rare earth elements (REEs) are used to reveal the water masses transporting process from Bering Sea to the Chukchi Sea, which data comes from the Oshoro-Marun C255 cruise during 14 June - 07 August 2013. 182 water samples of $\delta^{18}\text{O}$ from 31 stations were analyzed by IR-MS (Isotope Ratio Mass Spectrometry). The $\delta^{18}\text{O}$ composition and salinity are used to separate the different water sources based that river water is highly depleted in $\delta^{18}\text{O}$ relative to marine waters as well as to sea-ice. Rare earth elements in the sediments from 8 stations were also analyzed by the method of BCR sequential extraction procedure which partitions the elements in sediments among various forms. It aims to trace the material sources, reflecting the water masses transporting process indirectly. The investigations show that in the Bering Sea, $\delta^{18}\text{O}$ value is around -2 ‰ in the surface increasing to -0.8 ‰ in the bottom water, closed to the $\delta^{18}\text{O}$ value of Pacific Ocean water, indicating that the upper layer water is obviously affected by freshwater. In the Bering Strait, $\delta^{18}\text{O}$ value is similar in the whole water column, around -1.3 ‰, consistent with salinity, which means that the water is well mixed in the Bering Strait (East side of Bering Strait). In the Chukchi Sea, $\delta^{18}\text{O}$ value is also affected by sea ice melt water. REEs data shows that different fraction of sediment has different sources, most part of sediments originally come from land, after charged into ocean, they combine with particles or substance under different marine environment.

キーワード: Arctic Ocean, water mass, oxygen isotope, rare earth element

Keywords: Arctic Ocean, water mass, oxygen isotope, rare earth element

メキシコ湾流の水温分布変化とバレンツ海の海氷減少の因果関係について Influence of the Gulf Stream on the Barents Sea ice retreat and Eurasian coldness

佐藤 和敏^{1*}; 猪上 淳²; 渡部 雅浩³
SATO, Kazutoshi^{1*}; INOUE, Jun²; WATANABE, Masahiro³

¹ 総合研究大学院大学, ² 国立極地研究所, ³ 東京大学大気海洋研究所

¹The Graduate University for Advanced Studies, ²National Institute of Polar Research, ³Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo

Abnormal winter sea-ice retreat over the Barents Sea has been considered as a leading clue to the recent midlatitude severe winters. Barents Sea is considered as a hot spot for the rapid Arctic climate change due to the intense air-sea interaction induced by the sea-ice decrease; however, the underlying mechanisms remain uncertain, in particular causal relation of sea-ice retreat and atmospheric forcing and response. To understand this causality, we selected typical cases, defined as averaged warm and averaged cold years of December using the NCEP Climate Forecast System Reanalysis (CFSR). The composite analysis, revealed that anticyclonic anomaly is obvious over the northwestern Eurasia. The western Barents Sea and Sbarvard locates at the strong pressure gradient zone, prevailing southerly winds. Over the Barents Sea, the difference in daily mean air temperature between warm and cold winters is more than 10°C, suggesting that warm advection prevails during warm years. Therefore, during warm years, decrease in sea-ice cover is induced by southerly warm advection. The positive anomalies of precipitation from the southeast of Greenland to Barents Sea and negative anomalies of them from Nordic Sea to western Eurasia means the poleward shift of cyclone tracks, suggesting that the moisture transport is also changed poleward. Because the cyclones tend to shift poleward in less sea ice year over the Barents Sea, it is natural that the snow depth over the sea ice near the Fram Strait shows a positive anomaly during warm winters. Here we show that the poleward shift of sea surface temperature over the Gulf Stream, where is situated upstream from the Barents Sea, modifies the horizontal distribution of tropospheric condensational heating resulted from change in convection over the warm current, likely acting as a bridge to the Barents Sea by forcing planetary waves. This remote atmospheric response modifies cyclone tracks poleward, resulting in anomalous warm advection over the Barents Sea sector.

キーワード: メキシコ湾流, 北極, バレンツ海, ユーラシアの寒冷化
Keywords: Gulf Stream, Arctic, Barents Sea, Eurasian coldness

環北極域における大気水循環の経年変動 Study of interannual variability of the atmospheric water cycle in the Arctic circumpolar region

石毛 貴也¹; 檜山 哲哉^{2*}; 藤波 初木³
ISHIGE, Takaya¹; HIYAMA, Tetsuya^{2*}; FUJINAMI, Hatsuki³

¹名古屋大学大学院環境学研究科, ²総合地球環境学研究所, ³名古屋大学地球水循環研究センター

¹Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, ²Research Institute for Humanity and Nature, ³Hydrospheric Atmospheric Research Center, Nagoya University

東シベリアのレナ川中流域では2005年から2008年にかけての降水量が多かったため、この間の夏季の融解深が深くになるとともに、融解層(活動層)中の土壌水分量がかなり高い状態で継続した。そのためカラマツに代表されるタイガ林の一部が枯死し、湖沼水が増加するなど、この地域の植生や景観に影響が現れた。このような湿潤状態が過去にも存在したのかどうかを明らかにするために、本研究では、降水量データ(PREC/L)と大気再解析データ(JRA-25およびJRA-55)を用いて、レナ川流域の大気水循環と大気水収支を調べた。従来の研究から、レナ川流域とオビ川流域間には夏季の総観場に負相関があると指摘されていた一方、北米のマッケンジー川流域を含む環北極域の大気水循環の様相は必ずしも明らかになっていなかった。そこで本研究では、北ユーラシア3大河川(レナ川、エニセイ川、オビ川)流域とともに、マッケンジー川流域にも着目し、環北極域の大気水循環と正味降水量の経年変動に関して、レナ川流域を中心とした流域間比較の観点で解析した。解析の結果、以下の3点が明らかになった。

1) 1958年から2012年の期間中のレナ川流域における夏季正味降水量上位5年間には、バレンツ海からレナ川流域にかけて有意な低気圧性偏差がみられた。これにより、レナ川流域に西側から流入する水蒸気フラックスが増大し、夏季正味降水量の正偏差が形成された。

2) 2005年から2008年の夏季に着目した場合、バレンツ海からレナ川流域にかけて低気圧性循環の強化がみられた。その一方、モンゴル周辺では高気圧性循環の強化が確認された。これらにより、レナ川流域の夏季降水量が増加した。

3) 1995年以降、レナ川流域とエニセイ川流域間で、夏季降水量と夏季正味降水量に非常に有意な正の相関がみられた。一方、レナ川流域とオビ川流域間のそれらの負相関は、1993年頃から有意ではなくなっていた。また、レナ川流域とマッケンジー川流域間のそれらの相関には特に有意な相関はみられなかった。

キーワード: 夏季降水量, 夏季正味降水量, レナ川流域, 北極低気圧

Keywords: summer precipitation, summer net precipitation, Lena River Basin, Arctic cyclone

北半球高緯度における 1980-2010 年の地表面湿潤度の広域変動の評価 Evaluation of Large-scale Surface Wetness Variations in Northern High Latitudes During 1980-2010

高田 久美子^{1*}; 徐 健青²; 原 政之²; 野沢 徹³
TAKATA, Kumiko^{1*}; XU, Jianqing²; HARA, Masayuki²; NOZAWA, Toru³

¹ 国立極地研究所/国立環境研究所/海洋研究開発機構, ² 海洋研究開発機構, ³ 岡山大学
¹NIPR/NIES/JAMSTEC, ²JAMSTEC, ³Okayama University

GPCC の降水量と ERAinterim から算定した可能蒸発散量 (E_p) による湿潤度指数 (WI) を用いて、1980-2010 年の湿潤度の広域変動について高緯度を中心に解析した。また、表層土壌水分量の年間気候値や年々変動の偏差が、WI のそれらと良く対応し、降水量よりも相関係数が高いことが示された。従って、WI は表層土壌水分の気候値や年々変動と対応するといえる。

WI、降水量、 E_p の線形トレンドを求め、WI のトレンドを E_p に起因する部分と降水量に起因する部分に分けて定量評価を試みた。ユーラシアの高緯度やカナダ東部では、降水の増大トレンドと E_p の増大トレンドが相殺して WI にはトレンドがほとんど見られなかった。一方、中央アジアや北米西部およびアラスカでは、降水量の減少トレンドと E_p の増大トレンドによって、WI に減少トレンドが見られた。大部分の地域では降水量の変動が WI の変動に支配的である。WI のトレンドに対する降水量と E_p の寄与をしたところ、アラスカでは WI の増大世練度に対する寄与が、降水は 72%、 E_p は 27% となった。一方、 E_p のトレンドが WI のトレンドに重要な地域もあり、モンスーンアジアでは WI の減少トレンドに対して降水の寄与はわずか 3% で、 E_p の寄与が 99% となった。

このように、WI は表層土壌水分と対応して地表面の乾湿状態を表し、WI のトレンドに対して降水の寄与と E_p の寄与を算定できることが示された。今後、WI による地表面湿潤度の広域評価方法を、全球気候モデルの数値実験結果にも適用して、地表面熱水収支の再現性評価を試みたい。

キーワード: 地表面湿潤度, 広域変動, 再解析データ

Keywords: surface wetness, large-scale variations, reanalysis data

地上と衛星の統合観測による周北極域の植生フェノロジーの検出の高精度化 Multidisciplinary in situ and satellite observations for accurate detection of phenology in sub- and Arctic ecosystems

永井 信^{1*}; 鄭 峻介²; 小林 秀樹¹; 伊川 浩樹⁴; 中井 太郎³; 金 龍元⁴; 鈴木 力英¹; 杉本 敦子²
NAGAI, Shin^{1*}; TEI, Shunsuke²; KOBAYASHI, Hideki¹; IKAWA, Hiroki⁴; NAKAI, Taro³; KIM, Yongwon⁴; SUZUKI, Rikie¹; SUGIMOTO, Atsuko²

¹ 海洋研究開発機構地球環境変動領域, ² 北海道大学大学院地球環境科学研究院, ³ 名古屋大学地球水循環研究センター, ⁴ アラスカ大学国際北極圏研究センター

¹Research Institute for Global Change, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ²Graduate School of Env.Science / Faculty of Env.Earth Science Hokkaido University, ³Hydrospheric Atmospheric Research Center, Nagoya University, ⁴International Arctic Research Center, University of Alaska Fairbanks

To accurately evaluate the spatio-temporal variability of ecosystem functions and service in sub- and Arctic regions under rapid meteorological and climate changes, global, long-term, and comprehensive phenological observations are required. Towards this aim, satellite remote-sensing is useful to detect the spatio-temporal variability of plant phenology such as the timing of start (SGS) and end of growing season (EGS). However, from the in situ ecological research viewpoint, the satellite remote-sensing has not been sufficiently tested and validated by ground-truthing. Here, (1) we performed daily field observations with time-lapse digital cameras in boreal forests in Alaska and Siberia; (2) we examined the relationship between satellite-observed vegetation indices and plant phenology; and (3) we evaluated the spatio-temporal variability of the timing of SGS and EGS in sub- and Arctic regions by using MODIS Terra and Aqua-observed green-red vegetation index (GRVI). We found that (1) satellite-observed vegetation indices (i.e. NDVI, EVI, and GRVI) mainly detected the plant phenology of forest floor in sparse forests; (2) large year-to-year variability of the timing of SGS was detected in eastern Siberia and western Ural Mountains, while that of EGS was not clearly detected; and (3) in contrast, large year-to-year variability of the timing of EGS was detected in western Alaska, which is mainly covered by tundra vegetation, while that of SGS was not clearly detected.

キーワード: フェノロジー, リモートセンシング, 陸域生態系, シベリア, アラスカ, 地上真値
Keywords: phenology, remote sensing, terrestrial ecosystem, Siberia, Alaska, ground-truthing

放射性炭素同位体を用いたアラスカ永久凍土における土壌有機炭素収支の推定 Estimate of permafrost organic carbon balance in Alaskan boreal and tundra ecosystems using natural radiocarbon tracer

近藤 美由紀^{1*}; 内田 昌男¹; 内海 真生²; 岩花 剛³; 吉川 謙二³; 岩田 拓記⁴; 原 蘭 芳信³; 中井 太郎⁵; 田邊 潔¹; 柴田 康行¹

KONDO, Miyuki^{1*}; UCHIDA, Masao¹; UTSUMI, Motoo²; IWAHANA, Go³; YOSHIKAWA, Kenji³; IWATA, Hiroki⁴; HARAZONO, Yoshinobu³; NAKAI, Taro⁵; TANABE, Kiyoshi¹; SHIBATA, Yasuyuki¹

¹ 独立行政法人国立環境研究所, ² 筑波大学, ³ アラスカ大学フェアバンクス校, ⁴ 京都大学, ⁵ 名古屋大学

¹National Institute for Environmental Studies, ²University of Tsukuba, ³University of Alaska, Fairbanks, ⁴Kyoto University, ⁵Nagoya University

The high-latitude regions, where a serious warming is expected, currently store large amounts of soil organic carbon in active-layer soils and permafrost, accounting for nearly half of the global belowground organic carbon pool. Despite the importance of these regions in the present carbon cycle, the soil C fluxes and budget are still only poorly known. Here, we use radiocarbon as the tool for quantifying the C balance of the inputs and decomposition in tundra and boreal soil. We evaluated the C inputs (I) and decomposition rates (k , inverse of turnover time) and net C accumulation (CA), using ^{14}C approaches.

Tundra and boreal soils show different patterns of depth distribution and C storage. Cumulative organic carbon stocks in boreal forest are 5.3 and 19.2 kgCm^{-2} , in surface organic layer (0-25 cm), and deep organic and mineral layers (25-70 cm), respectively. Large annual C input (0.25 $\text{kgCm}^{-2} \text{yr}^{-1}$) and relatively slow decomposition (27 years) lead to rapid CA (0.05 $\text{kgCm}^{-2} \text{yr}^{-1}$) in surface organic layer in boreal forest. Deep organic and mineral layers including near-surface permafrost show slower rate of input (0.03 $\text{kgCm}^{-2} \text{yr}^{-1}$) and turnover (617 years) and CA about 20 times slower (0.003 $\text{kgCm}^{-2} \text{yr}^{-1}$) than surface organic layer. Decomposition organic matter (Rh), which in accord with C losses from both surface and subsurface layers, was 0.23 $\text{kgCm}^{-2}\text{yr}^{-1}$. This value agreed well with Rh (0.23 $\text{kgCm}^{-2} \text{yr}^{-1}$) simulated by process-based models that simulate the biogeochemical and hydrologic cycle, where Rh averaged 45% of ecosystem respiration and 59% of soil respiration.

In contrast, large amount of SOC (36.4 kg m^{-2}) have accumulated over millennia (turnover time: 4540 yrs) below the thin organic layer in tundra. The CA of mineral layer and permafrost is close to zero (0.003 $\text{kgCm}^{-2} \text{yr}^{-1}$), and Rh is 0.008 $\text{kgCm}^{-2} \text{yr}^{-1}$. Our radiocarbon data show that the most SOC in tundra soil was mode of stabilizing OC by permafrost and steady-state SOC stocks under current C balance.

アラスカにおける大規模森林火災：2004年と2005年の気象条件 Large-Scale Forest Fires in Alaska: Weather Conditions in 2004 and 2005

早坂 洋史^{1*}
HAYASAKA, Hiroshi^{1*}

¹ 北海道大学工学研究院
¹ Graduate School of Hokkaido University

アラスカでは、2004年と2005年に大規模な森林火災が主に内陸部の森林地帯で広域的に発生した。焼損面積500km²以上の大規模火災が2004年には17箇所、2005年には12箇所が発生した。2004年と2005年の大規模火災の発生により、年間焼損面積は、1956年から2013年までの過去58年間で、2004年の約26,000km²が過去最大、2004年の約18,800km²が第3位であった。

この両年の大規模火災を評価するために、過去58年間の火災データの統計解析を行った。この結果、年平均の焼損面積は3,480km²、標準偏差(σ)の係数は2004年が+4.25、2005年が+2.88であることがわかった。これらの大きな標準偏差係数の背景には、年間焼損面積6,000km²を越す大火災年が過去58年間で11年しかなく、他の47年は年間焼損面積が5,000km²以下という傾向がある。この傾向に加え、6,000km²を越す大火災年の発生は、1950年代から1980年代頃までは、十年に一回程度の頻度であったものが、1990年代頃より増える傾向が見られている。つまり、1957年(第2位)、1969年(第6位)、1977年(第7位)、1988年(第8位)と、十年に一回程度の頻度であった。しかし、1990年代になると、1990年(第4位)、1997年(第9位)、1991年(第11位)の3年に、さらに2000年代になると、2004年(第1位)、2005年(第3位)、2009年(第5位)、2002年(第10位)の4年と、急激に増えつつあることがわかる。この様な最近の大規模森林火災の頻発傾向から、近年の急激な気候変動下での北極海氷の急激な減少現象との関連性が示唆された。

そこで、2004年と2005年の大規模火災発生のプロセスをホットスポットと気象データを使って詳細な分析を行った。この結果、2004年の解析から、寒気の流入による雷の発生、その後の気温が高くなった時期での火災拡大傾向が確認できた。2004年の火災拡大期は7月上中旬と8月下旬の計三回あり、各期の日最大ホットスポット数は、順に約3.9万、3.2万、2.8万個/日であった。2005年の火災拡大期は、2004年と比べ降雨の多い傾向があったにも拘わらず、7月上中旬と8月中旬の計三回あり、各期の日最大ホットスポット数は、順に約1万、1.6万、4.6万個/日であった。2005年8月中旬の日最大ホットスポット数4.6万個/日は、南南西風が東北東に変わり、風速6~8m/s、相対湿度40%以下の条件で生じていた。

本論文での総合的な解析結果から、2004年の過去最大の焼損面積は、カナダ方面からの気圧の尾根が6月から8月までの約3ヶ月間継続した日照り下で長期間燃え続けた結果であった。2005年8月中旬に観測された激しい火災は、高気圧がアラスカ湾からボーフォート海への移動に伴って発生した事を明らかにした。

キーワード: 森林火災, ホットスポット, 気候変動, 雷, ジェット気流, 海氷
Keywords: Forest Fire, Hotspot, Climate Change, Lightning, Jet Stream, Sea ice

Detection and attribution of changes in arctic ecosystems and atmospheric CO₂

Detection and attribution of changes in arctic ecosystems and atmospheric CO₂

PATRA, Prabir^{1*} ; KOBAYASHI, Hideki¹ ; SAEKI, Tazu¹
PATRA, Prabir^{1*} ; KOBAYASHI, Hideki¹ ; SAEKI, Tazu¹

¹RIGC/JAMSTEC

¹RIGC/JAMSTEC

Atmospheric CO₂ responds to terrestrial ecosystem activity widely from sub-hourly to decadal time scales primarily due to photosynthesis, weather and climate variations. The measurements of CO₂ thus consist of source signals from anthropogenic as well as natural ecosystem activities convolved with atmospheric transport. Since the records of CO₂ concentration in ambient air at monthly or finer time resolution began in the late 1950s, the seasonal ecosystem dynamics has enhanced significantly in the recent years (Graven et al., 2013). We further analyse the relative contributions of fossil fuel emissions and atmospheric transport on the CO₂ at a greater number of surface measurement sites since the 1980s using the CCSR/NIES/FRCGC atmospheric general circulation model (AGCM)-based chemistry transport model (ACTM). Our results suggest the trends in fossil fuel emissions and transport have detectable contribution to the CO₂ seasonal cycle changes at the sites in northern tropics to mid-latitudes, and that the seasonal cycle increase in the arctic region is governed mainly by the terrestrial ecosystem.

To attribute causes for the recent changes in carbon cycle dynamics we have chosen the period of 1999-2011, which is covered by high quality process oriented ecosystem parameters from remote sensing and atmospheric CO₂ measurements at the largest network of sites for flux inversion. Our analysis suggests that the early greening by several days in the Alaskan tundra region closely correlated with the amplitude of CO₂ seasonal cycle at Point Barrow, Alaska. But no clear trend in the greening onset is detectable at semi-arid grasslands near Ulaanbaatar, Mongolia, except for the closely coupled interannual variations in greening onset time and CO₂ seasonal cycle amplitude. We estimated CO₂ fluxes from 84-regions of the globe at monthly time intervals using measurements from about 100 sites. The terrestrial CO₂ fluxes are estimated after removing the effects of fossil fuel emissions and oceanic fluxes in measured CO₂ concentrations. We find the carbon exchange of the Alaska region of our inversion is increased both for the seasonal cycle amplitude and net annual uptake over the period of 2002-2011.

Our results have large implications for developing the future and validating the present earth system models for studying climate-carbon-biosphere interactions.

キーワード: CO₂ seasonal cycle, Ecosystem phenology, Arctic environment

Keywords: CO₂ seasonal cycle, Ecosystem phenology, Arctic environment

年代によって異なる東西シベリアの水循環 Epoch difference of water cycles in eastern and western Siberia

大島 和裕^{1*}; 緒方 香都²; 朴 昊澤¹; 立花 義裕²
OSHIMA, Kazuhiro^{1*}; OGATA, Koto²; PARK, Hotaek¹; TACHIBANA, Yoshihiro²

¹ 海洋研究開発機構, ² 三重大学

¹Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ²Mie University

Among all the rivers flowing into the Arctic Ocean, the three great Siberian rivers; Lena, Yenisei and Ob, are the three largest in terms of water discharge (R), and they are a large source of freshwater. We examined the relationship of long-term water cycle variability between eastern and western Siberia on the basis of net precipitation ($P-E$) estimated from an atmospheric reanalysis, and R s from observations at the river mouths and from a reconstruction based on tree rings.

The relationship of summer ($P-E$)s between the Lena and Ob Rivers is different in the first half and the second half of the past three decades. During 1980s to mid-90s, the ($P-E$)s have a strong negative correlation. These variations were affected by the east-west seesaw pattern of moisture flux. These results are consistent with Fukutomi et al. (2003). The decomposition analysis revealed that the stationary component of moisture flux dominates the seesaw pattern during the period. After mid-1990s, the correlation of the ($P-E$)s between the Lena and Ob becomes weak. During mid-1990s to 2000s, the $P-E$ over the Lena was affected by cyclonic moisture flux over the basin. In addition to the stationary component, the transient component of moisture flux also affects the $P-E$ variation in this period.

Long-term records revealed that the R s of the Lena and Ob Rivers have moderate or weak positive correlations and strong negative correlations before the 1980s. Interestingly, the correlations tend to be distributed in the negative side. It implies that the east-west seesaw pattern frequently appear over Siberia. In conclusion, the moisture transport processes over Siberia are different in each era and they result in the different variability of the R s and ($P-E$)s of the Lena and Ob Rivers.

キーワード: シベリア河川, 水蒸気輸送プロセス, 正味降水量, 河川流量, 経年変動, 長期変動

Keywords: Siberian rivers, moisture transport process, net precipitation, river discharge, interannual variation, long-term variability

The Structure Change of Arctic Cyclones on Cyclone Phase Space The Structure Change of Arctic Cyclones on Cyclone Phase Space

相澤 拓郎^{1*}; 田中 博²
AIZAWA, Takuro^{1*}; TANAKA, Hiroshi²

¹ 筑波大学生命環境科学研究科, ² 筑波大学計算科学研究センター

¹Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, ²Center for Computational Sciences, University of Tsukuba

In this study, we investigated the structure change of the Arctic cyclone's life cycle on a cyclone phase space.

キーワード: 北極低気圧, 構造変化, 低気圧位相空間

Keywords: Arctic cyclone, Structure change, Cyclone phase space

近年の秋の北極海海氷減少に伴う北極振動の負位相シフト
A negative phase shift of winter AO/NAO due to the recent Arctic sea ice reduction in late autumn

中村 哲^{1*}; 山崎 孝治¹; 岩本 勉之¹; 本田 明治²; 浮田 甚郎²; 三好 勉信³; 小川 泰信¹
NAKAMURA, Tetsu^{1*}; YAMAZAKI, Koji¹; IWAMOTO, Katsushi¹; HONDA, Meiji²; UKITA, Jinro²; MIYOSHI, Yasunobu³
; OGAWA, Yasunobu¹

¹ 国立極地研究所, ² 新潟大学, ³ 九州大学

¹National Institute of Polar Research, ²Niigata University, ³Kyushu University

Attribution of the long-term changes in the wintertime Arctic Oscillation (AO)/North Atlantic Oscillation (NAO) to the recent Arctic sea ice reduction is studied. Observations using ERA interim reanalysis and Merged Hadley/OI-SST show that small (large) sea ice area in summer to autumn leads the negative (positive) phase of AO in early winter and NAO in late winter. Relationship with winter AO/NAO is the strongest with the sea ice variability in November rather than September. To separate influences of sea ice variability and sea surface temperature (SST) anomalies, sensitivity experiments are performed with atmospheric general circulation model (AGCM for Earth Simulator, AFES4.1), in which observed changes (anomalies of 2005-2009 from 1979-1983) of the sea ice and SST are prescribed. The Arctic ice reduction generates the negative AO/NAO pattern that brings cold winter in mid-latitude continental regions. Both SST anomalies in the tropics and mid-/high-latitudes mask the continental cooling. Model-based analysis reveals that stationary Rossby wave response to the ice reduction in Barents Sea induces anomalous meridional circulation corresponding to the negative AO. The ice reduction increases (decreases) a frequency of the large negative (positive) AO occurrence about a twice (half). The anomalous meridional circulation warms the Arctic and cools the mid-latitudes. This provides additional Arctic heating about 25% of heat release due to the ice reduction. As a response to ice reduction, transient eddy activity over northern Eurasia is reduced and the change in the eddy damps the stationary responses.

キーワード: 海氷減少, 北極振動, 長期変動

Keywords: Arctic sea ice loss, Arctic Oscillation, long-term changes

AOI 方程式を用いた北極振動のクロススペクトル解析 Cross spectral analysis of the AO index using the AOI equation

田中 博^{1*}
TANAKA, Hiroshi^{1*}

¹筑波大学 C C S, ²筑波大学生命環境

¹CCS, University of Tsukuba, ²Life and Environmental Science, University of Tsukuba

北極振動 (AO) の成因としては、地球大気の力学的な固有解であるとする説と、EOF 解析に伴う統計的な虚像であるとする説がある。Tanaka and Matsueda (2005, JMSJ) では、順圧大気における力学的な定在解 (振動数が 0) の中で、最も増幅率の大きい順圧不安定解として AO モードが得られており、地表摩擦と擾乱による正のフィードバックを考慮することで、その増幅率も 0 となることを示した。AO は固有値が 0 の力学的な固有解が任意の準定常外力に共鳴して増幅することで生じるという理論を特異固有解理論と呼んだ。一方、北太平洋と北大西洋の間で AO に伴う有意な相関が見られないという問題に関して、Suzuki and Tanaka (2007, JMSJ) では地上気圧ではなく大気の高層場を解析することで北太平洋と北大西洋の間で AO に伴う有意な相関が見えてくることを示した。つまり、無相関問題は大気の高層成分の影響によるものである。以上のように北極振動のメカニズムは徐々に解明されつつあるが、10 年スケールの AO の変動が、外部強制によるものではなく、内部力学によって変動することを実際のデータから確認する必要がある。そこで本研究では、北極振動指数 (AO Index : AOI) の変動を力学的に表現した AOI 方程式を導出し、その要因を内部力学の線形項に依存する部分、非線形項 (非定常擾乱との相互作用) による部分、そして外部強制による部分に分離し、AO の変動の原因を解析した。解析の結果、10 年スケールの AOI は線形項と比例関係にあり、 $L \cdot x = a \cdot x$ の関係にあることが分かった。これは線形項の固有解の構造と整合的である。このことは、北半球の大気の高層成分の変動は外部強制によるものではなく、地球大気の高層成分の変動によってもたらされていることを意味する。このことから北半球の長周期変動の大部分が大気の高層成分の内部変動 (線形項と非線形項) によって生じており、AO の長周期変動は線形項の共鳴によって特徴づけられることが明らかになった。今回得られた結果は Tanaka and Matsueda (2005) で示された特異固有解理論と整合的であり、AO が大気の高層成分の固有解であることを示す結果となっている。

キーワード: 北極振動, 温暖化, 長周期変動, 特異固有解理論, ノーマルモード, 順圧不安定

Keywords: Arctic Oscillation, Global warming, Low-frequency variability, Singular eigenmode theory, Normal mode, Barotropic instability

GRENE 北極プロジェクトにおける衛星を使った雪氷研究の進展 Cryospheric studies using satellite data in the GRENE Arctic Project

榎本 浩之^{1*}; アリマス ヌアスムグリ¹; 亀田 貴雄²; 矢吹 裕伯³; 杉村 剛¹

ENOMOTO, Hiroyuki^{1*}; ALIMASI, Nuerasimuguli¹; KAMEDA, Takao²; YABUKI, Hironori³; TAKESHI, Sugimura¹

¹ 国立極地研究所, ² 北見工業大学, ³ 海洋研究開発機構

¹National Institute of Polar Research, ²Kitami institute of Technology, ³JAMSTEC

GRENE 北極気候変動研究プロジェクトでは、北極データアーカイブシステム (Arctic Data archive System: ADS) が整備されている。ADS は GRENE 北極プロジェクトであられた観測データを記録し、多分野及びモデルとの連携研究の進展を目指すものである。また、ADS には JAXA ほかの衛星データも収納される。この研究では、GRENE 北極プロジェクトにおける、雪氷研究活動として、衛星データを使った研究活動について紹介する。

キーワード: 北極, 雪氷圏, 衛星, データアーカイブ

Keywords: Arctic, Cryosphere, Satellite, data archive

グリーンランド氷床における近年の衛星抽出積雪粒径及び雪氷微生物活動 Recent changes of satellite-derived snow grain size and glacial microbial activities in Greenland ice sheet

青木 輝夫^{1*}; 朽木 勝幸¹; 庭野 匡思¹; 谷川 朋範²; 堀 雅裕²; 島田 利元³; 竹内 望³; Stamnes Knut⁴; Li Wei⁴
AOKI, Teruo^{1*}; KUCHIKI, Katsuyuki¹; NIWANO, Masashi¹; TANIKAWA, Tomonori²; HORI, Masahiro²; SHIMADA,
Rigen³; TAKEUCHI, Nozomu³; STAMNES, Knut⁴; LI, Wei⁴

¹ 気象研究所, ² 宇宙航空研究開発機構, ³ 千葉大学, ⁴ Steven Institute of Technology

¹ Meteorological Research Institute, ² Japan Aerospace Exploration Agency, ³ Chiba University, ⁴ Steven Institute of Technology

Snow surface albedo strongly depends on snow grain size and mass concentration of light absorbing impurities. These snow parameters are uncertain factors for the recent drastic snow and ice meltings in the Arctic. Particularly, Greenland ice sheet (GrIS) is presently undergoing drastic changes. In 2012 a record melting event of surface snow/ice occurred over the GrIS. When air temperature increases, snow grain size is also increased by accelerating the snow metamorphism and thus the albedo is reduced (positive albedo feedback). This process is mainly dominant in the accumulation areas. On the other hand, the bare ice area is extended by snow melting on ice associate with air temperature raise in ablation areas. It is recently reported that wide bare-ice areas in GrIS are covered with glacial microbes whose albedos are lower than that of blue ice surface. This albedo reduction effect is also another positive albedo feedback effect by glacial microbes. To examine these feedback effects by snow grain growth and glacial microbial activities in conjunction with air temperature increase, we retrieved snow grain size and glacial microbe concentration from Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) data. The employed algorithm is based on a look-up table method for bidirectional reflectance distribution function at the top of the atmosphere as functions of snow grain size, snow impurity (soot) concentration, solar and satellite geometry. The employed satellite channels are 0.46, 0.86, 1.24, and 1.64 μm . Since the snow impurity concentrations in accumulation area are the same or lower level of the detection limit of soot concentration in GrIS, we use this retrieval result as an indicator of microbial activities in bare ice areas. The monthly averages of snow grain size and snow impurity concentration from 2000 to 2013 in GrIS derived from Terra/MODIS revealed the following facts. (1) The areas of large grain size changed year by year. (2) There is no constant increasing trend, but the larger values were observed in recent years (2009-2012) and especially for 2012 the remarkable increase in whole Greenland. (3) Larger snow grain size and high impurity concentration, which indicate the areas of high glacial microbial activities, are distributed in coastal regions of GrIS in June (mainly in southern part), July and August. These parameters in colder summer of 2013 than the recent several years, were almost the same as those in 2000.

キーワード: グリーンランド, 積雪粒径, 雪氷微生物, アルベド, 衛星リモートセンシング, MODIS
Keywords: Greenland, snow grain size, glacial microbe, albedo, satellite remote sensing, MODIS

グリーンランドの加速的・減速的な氷厚変動：ICESat 衛星 (2003-2009) による観測 Acceleration and deceleration of ice thickness variations in Greenland from ICESat laser altimetry (2003-2009)

松尾 功二^{1*}; 福田 洋一¹; 鈴木 和良²
MATSUO, Koji^{1*}; FUKUDA, Yoichi¹; SUZUKI, Kazuyoshi²

¹ 京都大学 理学研究科, ² 海洋開発研究機構
¹ Graduate school of Science, Kyoto University, ² JAMSTEC

2003年1月にNASAが打ち上げた衛星高度計 ICESat (Ice, Cloud, Elevation, Satellite) は、レーザー測距儀を搭載しており、地表高度の変化を数 cm の精度で計測する。ICESat は 2003 年 9 月から 2009 年 10 月の期間、冬 (2-3 月)、夏 (5-6 月)、秋 (9-10 月) の 30 日間ごとに 1 年間で計 90 日間のキャンペーン観測を行ってきた。空間分解能は、グリーンランドでは平均 20km である。本研究では、ICESat 衛星の表面高度データから、グリーンランドの加速的・減速的な氷消失のシグナルを捉える。衛星航路に沿って 700m 間隔で、衛星の繰り返し軌道のズレによって生じる地形の寄与を Plane fitting 法 (e.g. Zwally et al., 2011) で補正し、表面高度の時系列を 1 次+2 次関数で最小 2 乗近似する。また、レーザーパルスの大気遅延と地球の粘弾性変形 (固体潮汐、極潮汐、海洋潮汐荷重、後氷期回復) の影響は、各種モデルによって補正を行う。このようにして得られた表面高度の 1 次変化が氷厚の線形的な変動であり、2 次変化が氷厚の加速的・減速的な変動である。

得られた 1 次変化は、グリーンランドの南東部と西部で顕著な氷厚の減少を示す。その速度は年間 1.5-2m に及ぶ。内陸部は僅かに氷厚の増加 (年間 0.3m) が見られた。いずれも近年の温暖化の影響を反映している。すなわち、沿岸部では昇温による融解・消耗が、内陸部は昇温による降雪量の増加が起きている (Matsuo et al., 2013)。表層の積雪 (フィルン) 密度を、減少域で 700kg/m³、増加域で 300kg/m³ と想定すると、2003-2009 年の平均的な氷床質量変化率として約 200 Gt/yr が得られた。これは約 0.55mm/yr の海面上昇に寄与していることに相当する。このような結果は、重力衛星 GRACE の結果とも調和的であった。

続いて、2 次変化に着目する。グリーンランド西部では、顕著な負の 2 次変化が確認された。これはつまり、西部氷床が加速的に消失していることを意味する。その傾向は、特に主要な溢流水河の 1 つである Jakobshavn 氷河と Qaanaaq 周辺域で顕著である。一方、南東部では、同じく主要な溢流水河である Helheim 氷河と Kangerdlugssuag 氷河で負の 2 次変化を示し、その他の沿岸域は正の 2 次変化を示した。つまり南東部は、溢流水河域では氷消失が加速しているが、その他沿岸域では氷消失が減速していることを意味する。このように、氷床質量収支の加速的・減速的な変動パターンが、人工衛星から詳細に検出されたことは大変興味深い。重力衛星 GRACE から導かれる 2 次変化を見てみると、空間分解能は約 300km と荒いが、西部で負の変化 (加速的消失)、南東部で正の変化 (減速的消失) を示しており、ICESat の結果と調和的であった。

グリーンランド西部の加速的な氷消失は近年の温暖化を反映したものであり、Qaanaaq における現地観測からも、2000 年代後半からカービン氷河の顕著な消耗が確認されている (杉山ほか, 2014)。南東部の沿岸域で見られる氷消失の減速は、北極振動による降雪量の増加を反映したものと考えられる。2007 年と 2008 年の冬期は比較的強い正のフェーズの北極振動が発生した年であり、例年よりも多い降雪がもたらされている (Matsuo and Heki, 2012)。このような降雪量異常が、一時的に氷消失を抑えたものと推測される。事実、GRACE 重力観測は、グリーンランド南東部で、2007-2008 年は氷消失の減速、2010-2013 年は加速を示す。すなわち、南東部は西部と比べ、数年スケールの年々変動が顕著であることが分かる。

キーワード: グリーンランド, 氷厚変動, 気候変動, 宇宙測地学, ICESat, GRACE

Keywords: Greenland, Ice thickness variation, Climate change, Space geodesy, ICESat, GRACE

表面質量収支モデルおよび初期化方法に対するグリーンランド温暖化応答の感度実験
Sensitivity of Response of Greenland Ice Sheet to Global Warming on Surface Mass Balance and Initialization methods

齋藤 冬樹^{1*}; 阿部 彩子²; 高橋 邦生¹
SAITO, Fuyuki^{1*}; ABE-OUCHI, Ayako²; TAKAHASHI, Kunio¹

¹ 独立行政法人海洋研究開発機構, ² 東京大学大気海洋研究所
¹JAMSTEC, ²AORI, Univ. of Tokyo

We present a series of numerical experiments of Greenland ice sheet under global warming condition using Ice sheet model for Integrated Earth system Studies (IcIES).

In this study, influence on the simulation from the difference in the method to compute the surface mass balance is focused.

Typically, ice sheet simulation is driven by a *reference-anomaly* method, in which the surface temperature and/or the accumulation are decomposed into the reference terms (e.g., observation), the anomaly (e.g., climate scenario from climate models).

Then the surface melting is computed using parameterization such as positive degree-day (PDD) method with the temperature.

These decomposed terms have own uncertainties, which may influence the ice-sheet simulation.

In this study, impact of these properties to the present-day control case, as well as the response under uniform warming condition are discussed, which is thought be a useful and basic information of the property/sensitivity of the Greenland ice sheet.

In addition, several initialization methods (free spin-up, fixed-topography spin-up, etc) are applied to IcIES in order to evaluate the influence of the error in the present-day simulated topography to the short-term response of Greenland ice sheet.

Keywords: Greenland ice sheet, Ice-sheet model

グリーンランド北西部ボードイン氷河における氷厚変化 Ice thickness change of Bowdoin Gletscher, northwestern Greenland

津滝 俊^{1*}; 杉山 慎²; 榊原 大貴²; 澤柿 教伸³; 丸山 未妃呂²
TSUTAKI, Shun^{1*}; SUGIYAMA, Shin²; SAKAKIBARA, Daiki²; SAWAGAKI, Takanobu³; MARUYAMA, Mihiro²

¹ 国立極地研究所北極観測センター, ² 北海道大学低温科学研究所, ³ 北海道大学地球環境科学研究院
¹ Arctic Environmental Research Center, National Institute of Polar Research, ² Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, ³ Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University

グリーンランド氷床沿岸に多数存在するカービング氷河では、近年氷河流動の加速によって海洋へ流出する氷フラックスが増加している。この変化は、氷床表面の融解増加と同様に氷床の体積変化および海水準変動に重要な役割を担っている。最近では、人工衛星データを用いてカービング氷河の氷厚変化が明らかになってきている。しかしながら、アクセスの困難さ等の問題から、現地観測が実施されてきたカービング氷河は限られている。従ってその多くは現地観測データによる補正および検証を行わずに人工衛星データのみで議論しているため、見積もられた氷厚変化量の精度は限られている。

本研究では、人工衛星データ解析から得た数値標高モデル (DEM) と現地での GPS 測量データを用いて、グリーンランド氷床北西部に位置するボードイン氷河 (77°41'18"N, 68°29'47"W) の 2007-2013 年の氷厚変化量を明らかにすることを目的とした。DEM の作成には、2007 年 8 月 20 日と 2010 年 9 月 4 日に撮影された陸域技術観測衛星 (ALOS) で得られたパナクロマティック立体視センサー (PRISM) 画像を用いた。直下および後方視画像を、ステレオ視モニターおよびデジタルフォトグラメトリソフトウェアを使用したデジタル図化機を用いて処理した。また 2013 年 7 月に GPS を用いて、氷河の中央流線と 3 本の横断測線に沿って表面高度測量を行った。その結果、氷河の中央流線と 3 本の横断測線における平均氷厚変化は、 -16.3 ± 4.0 m (-5.3 m yr⁻¹: 2007-2010 年)、 -10.8 ± 4.0 m (-3.8 m yr⁻¹: 2010-2013 年) であった。特に氷河末端から約 800 m に位置する横断測線では、上流部よりも氷厚の減少が顕著であることがわかった。観測領域全体を通して、過去 6 年間で氷厚減少速度は小さくなっていることが明らかになった。今後も継続的に氷厚が減少すれば、氷河末端の崩壊 (カービング) が予想される。今後はより多時期に及ぶ氷厚、氷河末端位置の変動や表面流動速度の解析を進めてボードイン氷河の体積変化を明らかにするとともに、近年の氷厚減少メカニズムを明らかにする予定である。

キーワード: カービング氷河, グリーンランド

Keywords: Calving glacier, Greenland

ALOS/PALSAR を用いた Svalbard, NovayaZemlya における氷河の流動速度の検出 Estimation of glacier motions at Svalbard, NovayaZemlya with ALOS/PALSAR

小沼 義季^{1*}; 古屋 正人²
KONUMA, Yoshiaki^{1*}; FURUYA, Masato²

¹ 北海道大学大学院理学院自然史科学専攻, ² 北海道大学大学院理学研究院自然史科学部門

¹Department of Natural Sciences History, Hokkaido University, ²Department of Natural Sciences History Hokkaido University

本研究は、日本が打ち上げた人工衛星 ALOS「だいち」に搭載された合成開口レーダー PALSAR の観測データを用いて、氷河の流動速度を検出することを試みた研究である。

近年、合成開口レーダー SAR を用いた研究で、グリーンランドの氷河の流動速度が速くなっているということが報告されている (Moon et al., 2012)。これは地球温暖化に伴う、気温・海水温上昇が原因であると考えられている。それでは、同じく高緯度に位置する他の地域の氷河の、近年の流動はどうなっているのだろうか。

Svalbard, NovayaZemlya とは北緯 70° ~81° 付近に位置する北極圏の島で、氷河が多数存在している。この2つの地域で氷河を調べることで、グリーンランドで起こった氷河流動速度の上昇が、他の北極圏の氷河でも起こっているのかを調べた。この2つの地域は、1990年代に SAR を用いて氷河流動が調べられている先行研究がある (Strozzi et al., 2008)。その先行研究ではいくつかの氷河を調べており、本研究ではその中の Duvabreen 氷河 (Svalbard)、Vize Glacier (NovayaZemlya) に注目して観測を行った。

今回、用いたデータは PALSAR が観測したものであり、Duvabreen 氷河は 2007 年 7 月から 2010 年 10 月までの 10 の時期の観測データを、Vize Glacier は 2007 年 2 月から 2010 年 12 月までの 13 の時期の観測データを用いた。

これらの観測データを解析して速度計算を行い、先行研究のデータを比べることで、近年の氷河流動速度の変化を調べた。

その結果、本研究で調べた Svalbard, NovayaZemlya の2つの氷河は、どちらも 1990 年代の速度よりも速くなっていることが確認された。これは、北極圏にある他の氷河の流動速度が増加していることを示唆しており、グリーンランドで観測された氷河流動速度の増加が、広域で起きている可能性を示した結果となった。

キーワード: 氷河, 速度

Keywords: svalbard, novaya zemlya, glacier, alos, duvabreen, vize glacier

スバルバル諸島ニーオルスンにおいて観測された積雪不純物濃度と積雪粒径 Snow impurity concentration and snow grain size measured in Ny-Alesund, Svalbard

朽木 勝幸^{1*}; 青木 輝夫¹; 庭野 匡思¹; 塩原 匡貴²; 東 久美子²

KUCHIKI, Katsuyuki^{1*}; AOKI, Teruo¹; NIWANO, Masashi¹; SHIOBARA, Masataka²; GOTO-AZUMA, Kumiko²

¹ 気象研究所, ² 国立極地研究所

¹Meteorological Research Institute, ²National Institute of Polar Research

Mass concentration of light absorbing impurities in snow and snow grain size are important parameters controlling snow albedo. An increase in light absorbing impurities such as black carbon (BC) reduces the visible albedo and that in snow grain size reduces the near-infrared albedo. To monitor these snow physical parameters and evaluate those effects on snow albedo in the Arctic, we have measured the snow parameters using a ground-based spectral radiometer system for albedo and flux (GSAF) in Ny-Alesund, Svalbard (78°55'N, 11°55'E). The BC concentration in snow and snow grain sizes in the topmost and subsurface layers were retrieved from spectral albedos measured using the GSAF from March to June, 2013. Furthermore, the retrieved snow parameters were validated by comparing with in-situ measurements based on snow pit work and snow sampling in April, 2013. The collected snow samples were filtrated, and then elemental carbon (EC), organic carbon (OC) and dust concentrations in snow were measured by filter weighing and thermal optical analysis.

The snow depth gradually increased up to 40 cm during the polar night from late October to late February. It maintained around 40 cm until the middle of May, and then rapidly decreased to 0 cm in early June. The BC concentrations retrieved from the GSAF varied little during March to June with about 110 and 40 ppbw for external and internal mixture models employed in the retrieval algorithm, respectively. The in-situ measured EC, OC and dust concentrations were 8-35, 32-190 and 570-3180, respectively. The BC-equivalent concentrations estimated from the light absorbing effects of both EC and dust were 18-43 ppbw, which agreed with the GSAF-derived BC concentrations using the internal mixture model. The topmost layer snow grain radius retrieved from the GSAF were varied within the range 30-300 μm until the middle of May, then increased more than 1000 μm with the snow melting. The snow grain sizes in the subsurface layer were generally larger than those in the topmost layer, which was consistent with the in-situ measurement. We estimated the possible albedo reduction by snow impurities using a physically based snow albedo model with the GSAF-derived snow parameters. The albedo reduction was enhanced to -0.038 during snow melting period after the mid-May, compared with -0.027 before the mid-May, mainly due to the increase in snow grain size.

キーワード: 光吸収性積雪不純物, 黒色炭素, ダスト, 積雪粒径, ニーオルスン

Keywords: light absorbing snow impurity, black carbon, dust, snow grain size, Ny-Alesund

北極域データアーカイブの新たな展開 New developments of Arctic Data archive System(ADS)

矢吹 裕伯^{1*}; 杉村 剛²
YABUKI, Hironori^{1*}; SUGIMURA, Takeshi²

¹ 海洋研究開発機構, ² 国立極地研究所

¹Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ²National Institute of Polar Research

北極域は地球の中でも温暖化が最も顕著に現れている地域であり、大気・海洋・雪氷・陸域が急速に変化している。北極域研究の積極的な推進は、観測データに担うことが大きい。

日本の研究者により北極域の研究は数十年前から広く行われており、現地での観測データやサンプルの分析データといった。現業観測では得られない貴重なデータが含まれる。これらのデータは、研究所もしくは研究者個人によって管理がまかされてきたこともあり、系統的に保管管理されてこなかった。

今回、GRENE 事業北極気候変動分野では、大気、海洋、雪氷、陸域、生態、モデル等の複数分野にまたがるデータの集積・共有を行い、分野間連携及び融合を目的として、国立極地研究所において北極域データアーカイブの構築を行っている。

北極域データアーカイブは、各分野間でのデータの相互利用を図り、現場観測、収集データ、衛星データ、数値実験データ等のデータセットの構築を通して北極域の大気—海洋—陸域システムの変動の実態とプロセスの解明、地球温暖化における北極域の環境変動の影響を評価、将来予測精度の向上に貢献する。

ADS では観測研究者がこれまであまり得意としてこなかった、グリッドデータ（衛星やモデルシミュレーション）の可視化システム VISION を構築した。これらの空間変動を簡単に可視化できるツールは、観測研究者にとっては、現象の理解だけでなく、さらには観測の設計にとっても有効なものとなり得る。

キーワード: 北極域, 環境, 温暖化, ADS, 可視化, VISION

Keywords: Arctic, Environment, Global Warming, ADS, Visualization, VISION

北極環境研究推進に関する最近の動向 Recent advance in discussions on the Arctic Environmental Studies

榎本 浩之^{1*}; 大畑 哲夫²
ENOMOTO, Hiroyuki^{1*}; OHATA, Tetsuo²

¹ 国立極地研究所, ² 海洋研究開発機構
¹National Institute of Polar research, ²JAMSTEC

北極研究について国内外で様々な取り組みが行われている。GREENE北極気候変動プロジェクトは5年計画の4年目に入り、研究成果のとりまとめが望まれている。また国内ではJCARによる長期構想検討が進められている。また、国際的には4月にASSWが開かれ、来年は儲億研究提案にもかかわるICARP-IIIとあわせてASSWが日本で開かれる予定である。また、近年、北極に関する国際検討会も新しいものが生まれ、頻繁に開かれるようになっている。また、米国、カナダ、ノルウェー、ドイツ、ロシアなどとの2国間の協力推進についても多くの話し合いがもたれている。一方、北極圏にとどまらずグローバル気候研究の一端としてGCWやChC、Future Earthなど、WCRPを継承する活動も進められている。

本発表では、急速に変化する北極の環境に対応して、急速に拡大・加速している研究コミュニティの動きについて紹介する。

キーワード: 北極, 環境研究, 研究動向
Keywords: Arctic, Environmental study, planning

Sea ice and ocean primary production and phenology in the Arctic Ocean Sea ice and ocean primary production and phenology in the Arctic Ocean

JIN, Meibing^{1*}

JIN, Meibing^{1*}

¹International Arctic Research Center, University of Alaska Fairbanks

¹International Arctic Research Center, University of Alaska Fairbanks

In the Arctic Ocean, both phytoplankton and sea ice algae are important contributors to primary production and the arctic food web. We use a coupled ice algal and pelagic ecosystem model embedded in the global physical model POP-CICE (Parallel Ocean Program- Los Alamos Sea Ice Model) to study the ecosystem response to climate changes. The model results showed a mean seasonal cycle of ice algal production from March to May and subsequent ocean production from May to September in the Arctic. The ice algal production, although smaller than that of the ocean, is of ecological importance as a food source for higher trophic levels during the long arctic winter before ice melt. The simulated mean open-ocean upper 100m primary production within the Arctic Circle was 413 Tg C/yr in the years 1998 to 2006, close to the remote sensing derived estimate of 419 Tg C /yr but with higher interannual variations. The mean sea ice algal production in the Northern Hemisphere from 1998 to 2007 was 21.3 Tg C/yr, which is in the range of multi-observational estimations of 9 to 73 Tg C/yr based on in situ measurements. Arctic organisms are adapted to the strong seasonality of environmental forcing. Climate warming causes shrinking ice coverage and earlier ice retreat in the Arctic, which is likely to change the timing of primary production. Using a synthesis of available satellite observation data and the coupled ice-ocean ecosystem model, we found that, over a large portion of the Arctic marginal seas, the timing variability of ice retreat at a specific location has a strong impact on the timing variability of pelagic phytoplankton peaks but weak or no impact on the timing of ice-algae blooms in those regions. The model predicts latitudinal and regional differences in the timing of ice algae biomass peak (varying from April to May) and the time lags between ice algae and pelagic phytoplankton peaks (varying from 45 to 90 days). The correlation between the time lag and ice retreat is significant in areas where ice retreat has no significant impact on ice-algae peak timing, suggesting that changes in pelagic phytoplankton peak timing control the variability of time lags. Phenological variability of primary production is likely to have consequences for higher trophic levels, particularly for the zooplankton grazers, whose main food source is composed of the dually pulsed algae production of the Arctic.

キーワード: Arctic Ocean, primary production, phenology, sea ice algae, phytoplankton

Keywords: Arctic Ocean, primary production, phenology, sea ice algae, phytoplankton

シベリア北東部タイガ・ツンドラ境界域における熱・炭素収支に対する気象条件の影響 The effect of meteorological condition on energy and carbon budget on taiga-tundra boundary in North-eastern Siberia

宮崎 真^{1*}; 鄭 峻介¹; ブラギン イワン⁴; 鈴木 力英²; 鷹野 真也³; 新宮原 諒³; 両角 友喜³; 杉本 敦子³; マキシモフ トロフィム⁵

MIYAZAKI, Shin^{1*}; TEI, Shunsuke¹; BRAGIN, Ivan⁴; SUZUKI, Rikie²; TAKANO, Shinya³; SHINGUBARA, Ryo³; MOROZUMI, Tomoki³; SUGIMOTO, Atsuko³; MAXIMOV, Trofim⁵

¹ 国立極地研究所, ² 海洋研究開発機構, ³ 北海道大学, ⁴ ロシア極東地質研究所, ⁵ ロシア寒冷圏生物研究所

¹National Institute of Polar Research,, ²Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ³Hokkaido University, ⁴FarEast Geological Institute, FE RAS, ⁵nstitute for Biological Problems of Cryolithozone SD RAS

1. はじめに

北極域は近年の地球温暖化による全球平均気温の上昇の約2倍の温度上昇が起きている。今後、温度上昇に伴う環境変化が予想される。タイガ域 (e.g., Ohta et al., 2008, AFM; Miyazaki et al., 2014, Polar Sci.) やツンドラ域では (e.g., van der Molen et al., 2007, Biogeosciences: 以下, VDM07; Parmentier et al., 2011, JGR)、研究例が多数あるが、タイガ・ツンドラ境界域では熱・炭素収支観測研究は殆ど行われていない。

2013年6月から北極域シベリア北東部のロシア連邦サハ共和国チョクダ近郊のエコトーン (生態系遷移域) のタイガ・ツンドラ境界域にあるコダックサイト (北緯 70.564°、東経 148.267°、標高 7m) において熱・炭素収支観測を開始した。エコトーンは地球温暖化に伴う環境変化のシグナルが出やすい領域の一つである。同地域における熱・炭素収支に対する気象条件の影響についての解析から同地域の地表面-大気相互作用の素過程を明らかにすることを本研究の目的とする。

2. 観測サイトと手法

2.1 観測サイト

コダックサイトは、シベリア北東部の北極海に流れるインディギルガ川流域 (流域面積: 324,244km² の支流域に位置しており、カラマツのあるマウンド状の少し高い地形とミズゴケがある少し低い湿地が混在している。年平均気温は -13.4°C、平均年降水量は 200mm (1979年~2008年, BMDS Ver5.0; Yabuki et al., 2011) である。熱・水・二酸化炭素フラックス観測システムは、カラマツが優占している場所の北約 200m 北の高さ 10 数 cm の灌木があるマウンドの上で、インディギルガ川の支流の東の約 200m のところに設置した。地表面は 20cm 程度の厚さの有機層に覆われ、7月上旬でも土壌層は凍結していた。

2.2 観測手法

熱・水・二酸化炭素フラックス観測システムは、超音波風速温度計 (Campbell Sci. Inc. CSAT3) と赤外線水蒸気二酸化炭素分析計 (Campbell Sci. Inc. EC150) により高さ 2.55m において 10Hz で計測を行い、渦相関法により 30分平均のフラックスを算出した。放射収支の測定には4成分 (長波・短波の上下) 放射計 (HukseFlux. NR01; 高さ 1.37m) を用い、地中熱流量は熱流板 (Hukseflux; HFP01) と地温 (Campbell Sci. Inc.; 107), 土壌水分 (Cambell Sci. Inc.; CS616, Sentek; EnviroSMART) の鉛直分布から算出した。その他に一般気象要素として気温、相対湿度、風向風速、気圧、降水量 (Vaisala WXT520; 高さ 1.6m) を測定し (10分平均値を記録)、地温と土壌水分についてはマウンドと湿地の両方において測定した。生物季節や地表面状態のモニタリングの為に定点カメラ (GardenWatchCam) を設置して画像を取得している。衛星リモートセンシングの地上検証のための分光放射観測も植生毎に行った。

3. 結果

2013年6月23日から10月27日までの解析結果を示す。日平均気温と日平均相対湿度は、それぞれ -17.9~21.9°C と 53.9%~90% の間で変動していた。期間中の総降水量は 81.6mm で、最大日降水量は 23.6mm day⁻¹ であった。日平均風速は 0~7.0 m s⁻¹ の間で変動していた。夏季には日平均気温と日平均風向の間には明瞭な関係があり、北風成分の時には気温が低く、南風成分の時には気温が高くなっていた。最表層の地温は -2.2~11.1°C の間で変動していたが、深さ 0.625m の地温は 0°C 以下を維持しており、凍結していたと考えられる。深さ 0.225m と 0.425m における地温はそれぞれ 7/18 と 8/18 に 0 度以上になり融解したこの地域の活動層厚は 0.25-0.45m (VDM07) とほぼ同程度であった。湿地の深さ 0.145m の土壌水分は 10月初めまで 50% 以上であったが、その後は急激に下降したのは、凍結によるものと考えられる。マウンド上の深さ 0.335m の7月下旬から急激に上昇し、8月上旬には 50% に達したのは、活動層底の氷の融解によるものと考えられる。日平均正味放射量は -65~200 W m⁻² の間で変動し、地中熱流量は -39~40 W m⁻² の間で変動した。日平均潜熱フラックス (期間平均: 20.8W m⁻²) は日平均顕熱フラックス (16.4W m⁻²) より少し大きかった。日平均正味

生態系炭素交換量 (NEE) は、8/25 までは数日を除いて負の値で、地表面が大気中の二酸化炭素を吸収していたが、その後は数日を除いて正の値で地表面から大気中に二酸化炭素が放出されていた。期間中の積算 NEE は $-64 \text{ g C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ で、この値はツンドラで観測された値 ($-92 \text{ g C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$; VDM07) より吸収量が少なめだが、本研究では生育期間開始 (おそらく 5 月下旬) から 6 月中旬までの観測値が含まれていないので来年以降の観測結果を用いた検討が必要である。さらに、フラックス観測時のフットプリント解析を行い、測定値に影響した地表面の土地被覆について検討を行う必要がある。

謝辞：本研究は GRENE 北極気候変動事業により実施された。

キーワード: タイガ・ツンドラ境界域, シベリア, 熱・炭素収支

Keywords: Taiga-Tundra boundary, Siberia, Energy and carbon budget

Year to year variations in larch growth and their controlling factors in taiga-tundra boundary ecosystem, NE Siberia
Year to year variations in larch growth and their controlling factors in taiga-tundra boundary ecosystem, NE Siberia

LIANG, Maochang^{1*}; TEI, Shunsuke¹; SUGIMOTO, Atsuko²; MAXIMOV, Trofim C.³; KIYASHKO, Sergey⁴; VELIVETSKAYA, Tatiana A.⁵; IGNATIEV, Alexander V.⁵
LIANG, Maochang^{1*}; TEI, Shunsuke¹; SUGIMOTO, Atsuko²; MAXIMOV, Trofim C.³; KIYASHKO, Sergey⁴; VELIVETSKAYA, Tatiana A.⁵; IGNATIEV, Alexander V.⁵

¹Graduate School of Environmental Sci. Hokkaido Univ., ²Faculty of Environmental Earth Sci. Hokkaido Univ., ³Inst. Biological Problems of Cryolithozone, SBRAS, Yakutsk, Russia, ⁴Far East Inst. of Marine Biology, FEB RAS, Vladivostok, Russia, ⁵Far East Inst. of Geological, FEB RAS, Vladivostok, Russia

¹Graduate School of Environmental Sci. Hokkaido Univ., ²Faculty of Environmental Earth Sci. Hokkaido Univ., ³Inst. Biological Problems of Cryolithozone, SBRAS, Yakutsk, Russia, ⁴Far East Inst. of Marine Biology, FEB RAS, Vladivostok, Russia, ⁵Far East Inst. of Geological, FEB RAS, Vladivostok, Russia

Eastern Eurasia is covered by permafrost which is the largest and the deepest in the world. In its arctic region of lowland of Indigirka River, taiga-tundra boundary ecosystem covers the area. For better understanding of this boundary ecosystem, it is important to understand controlling factors on the growth of larch trees which is the dominate tree species of taiga. Larch growth can vary spatially and temporally. In spatial variation, we found that high soil moisture influences mortality of the larch trees and N availability explains differences in trees ability of C assimilation among the sites. To know the controlling factors on temporal variation of larch growth, we conducted field measurements on photosynthesis, needle nitrogen (N) content, needle mass and isotopic ratios in larch needle and stem in every summer from 2009 to 2013 at four sites in the Indigirka River Basin, near Chokurdakh (70°37'N, 147°53'E), northeastern Siberia.

There was no seasonal variation in needle mass during the growing season after needles were fully open, while needle N content showed seasonality. Needle N content in the year positively correlated with July air temperature and stem $\delta^{13}\text{C}$ and following year needle $\delta^{13}\text{C}$. These results indicates that, in the year with higher July air temperature, more N was allocated to needle and larch trees exhibited higher photosynthetic rate and photosynthetic C used for needle production was one year delayed. Higher air temperature in the year possibly indicates higher solar radiation based on positive correlation between July temperature and sun hours. Therefore, it can be said that larch growth shows strong dependence on solar radiation. In terms of temperature itself, we found higher temperature could limit photosynthetic rate. In addition, wet event, occurred at some sites in 2011 and 2012, caused low photosynthetic rate and low needle N content in 2012, and higher needle $\delta^{13}\text{C}$ in 2012 and 2013. These results indicate that high soil moisture could limit larch photosynthesis and reduce N uptake and cause stomata closure as well.

Our observational results indicate that solar radiation is one of the most important controlling factors on larch growth, and high soil moisture and high temperature can limit larch growth.

キーワード: Carbon and nitrogen isotopes, Needle N content, Photosynthesis, Air temperature and solar radiation, Soil moisture, Vegetation change

Keywords: Carbon and nitrogen isotopes, Needle N content, Photosynthesis, Air temperature and solar radiation, Soil moisture, Vegetation change

東シベリアタイガ-ツンドラ境界における植生の空間分布 Spatial distribution of vegetation at taiga-tundra boundary ecosystem in eastern Siberia

両角 友喜^{1*}; Bragin Ivan⁵; Starostin Egor⁶; 新宮原 諒¹; 鄭 峻介²; 鷹野 真也¹; 宮崎 真²; Maximov Trofim C.⁷; 杉本 敦子³

MOROZUMI, Tomoki^{1*}; BRAGIN, Ivan⁵; STAROSTIN, Egor⁶; SHINGUBARA, Ryo¹; TEI, Shunsuke²; TAKANO, Shinya¹; MIYAZAKI, Shin²; MAXIMOV, Trofim C.⁷; SUGIMOTO, Atsuko³

¹北海道大学大学院環境科学院, ²情報・システム研究機構 国立極地研究所 北極観測センター, ³北海道大学地球環境科学研究所, ⁴海洋研究開発機構 地球環境変動分野, ⁵Far East Geological Institute, Far Eastern Branch Russian Academy of Science, ⁶North-Eastern Federal University, ⁷Institute for Biological Problems of Cryolithozone, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences

¹Hokkaido University Graduate School of Environmental Science, ²National Institute of Polar Research, Arctic Environment Research Center, ³Hokkaido University Faculty of Environment Earth Science, ⁴Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Research Institute for Global Change, ⁵Far East Geological Institute, Far Eastern Branch Russian Academy of Science, ⁶North-Eastern Federal University, ⁷Institute for Biological Problems of Cryolithozone, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences

東シベリア、インディギルカ川低地チョクダ周辺(70° N, 148° E)にはタイガ-ツンドラ境界生態系が広がっている。比較的乾燥した立地にはカラマツ (*Larix gmelinii* etc.) が生育し、湿潤になるにつれて中間域には灌木 (*Betula nana* etc.) が、中湿域にはミズゴケ (*Sphagnum* sp. etc.) が、湛水域にはスゲ (*Eriophorum angustifolium* etc.) が生育している。より河川側の氾濫原には広大なヤナギ灌木林 (*Salix udensis* etc.) が存在する。土壌水分はこれらの植生タイプを決める支配的因子である。メタンなどの温室効果ガス放出速度も土壌水分によってコントロールされるので、その放出速度の空間的な分布を知るためには地表植生の分類がカギとなる。

そこで本研究の目的は衛星画像と空撮写真データによる地表植生の分類とした。植生分類と植生分布図作成には高解像度マルチスペクトル衛星データ (GeoEye-1, WorldView-2) とラジコンヘリを用いた空撮写真 (2013) とを用いた。空撮写真に基づき衛星画像データについて教師付分類を行った。また、地上観測で得られた出現植物種の記載等と照らし合わせて分類結果の検証を行った。本研究結果は観測によって得られた温室効果ガスや生産量などのデータとあわせて広域評価のために利用される。

キーワード: タイガ-ツンドラ境界域, 植生分布図, リモートセンシング, シベリア

Keywords: Taiga-Tundra boundary, vegetation map, remote sensing, Siberia

北極データアーカイブシステム (ADS) による北極域雪氷圏変動の衛星観測 Satellite observation of cryospheric change using Arctic Data archive System (ADS)

アリマス ヌアスムグリ^{1*}; 榎本 浩之¹; 矢吹 裕伯³; 杉村 剛¹; 亀田 貴雄²

ALIMASI, Nuerasimuguli^{1*}; ENOMOTO, Hiroyuki¹; YABUKI, Hironori³; SUGIMURA, Takeshi¹; KAMEDA, Takao²

¹ 国立極地研究所, ² 北見工業大学, ³ 海洋研究開発機構

¹National Institute of Polar Research, ²Kitami Institute of Technology, ³JAMSTEC

GRENE 北極気候変動研究プロジェクトでは、北極域のデータアーカイブシステム (Arctic Data archive System : ADS) が整備されている。ADS は衛星データの可視化機能を備えている。北極圏の海氷減少は環境の変化のみならず、沿岸地域の産業や居住環境にも影響を与えている。ADS では 1978 年からの衛星マイクロ波観測データとして SMMR, SSM/I, AMSR, AMSR-E, AMSR2 のデータを収納している。これらのデータにより 35 年以上の北極の積雪域や海氷域の長期変動の解析が可能である。データ全天候性で、極夜の期間でも観測可能である。この発表では、ADS を使って各地の衛星マイクロ波データをサンプリングし、雪氷域の長期変動についてまとめる。

キーワード: 北極, 雪氷圏, 衛星, データアーカイブ

Keywords: Arctic, Cryosphere, Satellite, Data archive

SF₆によるカナダ海盆における太平洋冬季水の水塊年齢の分布 Age of the Pacific Winter Water in the Canada Basin estimated from SF₆

荻原 佑介^{1*}; 川合 美千代²

OGIWARA, Yusuke^{1*}; KAWAI, Michiyo²

¹ 東京海洋大学 大学院 海洋科学技術研究科, ² 東京海洋大学 先端科学技術研究センター

¹Tokyo University of Marine Science and Technology, ²Tokyo University of Marine Science and Technology

In the Pacific sector of the Arctic Ocean, Pacific Winter Water (PWW) distributes between 100m and 200m depths. Because the PWW has high nutrient concentrations and low pH, its spreading pathway has implications on primary production and ocean acidification in the Arctic Ocean. In this study, we have observed distribution of SF₆, a transient tracer alternative to CFCs, in order to trace newly formed PWW into the Canada Basin.

Sampling was carried out in summer of 2013 on the CCGS Louis S. St-Laurent. Seawater at the core of PWW (salinity = 33.1) were collected in Niskin bottles and then transferred into custom-made glass bottles. Samples were kept at low temperature and brought back to Japan. Concentrations of SF₆ in seawater samples were determined by an ECD-GC following the method described in Bullister and Wisegarver (2008).

Results show that younger PWW distributes at the periphery of the Beaufort Gyre, a major anticyclonic circulation in Canada Basin. The age of PWW estimated from SF₆ was 13~15 years in the center of the gyre, whereas age was 6~9 years around the gyre. From the distributions of SF₆ age, dissolved oxygen and nutrients, it is suggested that there is a pathway of PWW from the Siberian shelves or slopes into the northeastern Canada Basin.

キーワード: 北極海, 時系列トレーサー, 六フッ化硫黄, 海洋循環

Keywords: arctic ocean, time transit tracer, SF₆, ocean circulation

北東シベリアインディギルカ川低地における土壌有機物の無機化速度 Mineralization Rate of Soil Organic Carbon at the Lowland of Indigirka River in North-eastern Siberia

新宮原 諒^{1*}; 田辺 真一²; 鷹野 真也¹; Ivan Bragin³; 村瀬 潤⁴; 鄭 峻介⁵; Trofim C. Maximov⁶; 杉本 敦子⁷
SHINGUBARA, Ryo^{1*}; TANABE, Shinichi²; TAKANO, Shinya¹; BRAGIN, Ivan³; MURASE, Jun⁴; TEI, Shunsuke⁵; MAXIMOV, Trofim C.⁶; SUGIMOTO, Atsuko⁷

¹北海道大学大学院環境科学院, ²北海道大学理学部, ³Far East Geological Inst. FEB RAS, Vladivostok, Russia, ⁴名古屋大学大学院生命農学研究科, ⁵国立極地研究所, ⁶Inst. for Biol. Problems of Cryolithozone SB RAS, Yakutsk, Russia, ⁷北海道大学大学院地球環境科学研究院

¹Grad. School of Env. Sci., Hokkaido Univ., ²School of Sci., Hokkaido Univ., ³Far East Geological Inst. FEB RAS, Vladivostok, Russia, ⁴Grad. School of Bioagr. Sci., Nagoya Univ., ⁵National Inst. of Polar Research, ⁶Inst. for Biol. Problems of Cryolithozone SB RAS, Yakutsk, Russia, ⁷Faculty of Earth Env. Sci., Hokkaido Univ.

北極域には多量の土壌有機炭素が蓄積されている。北極域の温暖化増幅のもと、地温の上昇や活動層の深化が起これば、土壌有機炭素の分解が促進され、温室効果気体であるCO₂およびCH₄の放出量が増大する懸念がある。CO₂やCH₄の放出速度を決める主要な因子である有機物の分解速度は、有機物の量だけでなく有機物の質にも依存すると考えられる。本研究では北東シベリアインディギルカ川低地の表層土壌層を一定温度(5, 10℃)で培養することにより、CH₄およびCO₂の生成速度を評価し、土壌有機物の分解性を検討した。

土壌層はチョクルダ(70.62 N, 147.90 E)の周辺域で採取した。この地域は東シベリアの連続的永久凍土帯の中に位置し、タイガ林とツンドラの境界域にあたる。カラマツが生育し比較的乾燥した立地のマウンドと、土壌水分が高くスゲやミズゴケが生育する湿地の計7か所において深度約10-60 cmの土壌層を採取した。7月に採取した融解層(10, 20, 30 cm)を現地で8日間嫌気培養したほか、6月の早夏に採取した融解前の土壌層(13-62 cm)を日本へ輸送し、34-42日間の嫌気培養および好気培養を行った。採取した土壌は、この地域の活動層(約20-50 cm)と最上部の永久凍土層を含む。

マウンドの土壌ではCO₂は生成したもののCH₄生成が確認されず、通常乾燥した地点ではメタン菌数が少なく、嫌気条件に変化してもCH₄生成の起こらないことが示唆された。一方湿地の土壌はCH₄生成が検出されたうえ(0-0.88 μmol (g dry soil)⁻¹ day⁻¹)、特に浅い深度でCO₂とともに活発な生成が見られ、易分解性の有機物が表層で多いことに対応していると考えられる。CH₄生成速度の温度依存性は、表層(約10-40 cm)において10℃での生成速度が5℃の0.9-1.1倍であったのに対し活動層の中下部(32-50 cm)では1.9-3.3倍となり、表層よりも活動層中下部で大きいことが明らかとなった。

キーワード: メタン, 二酸化炭素, 培養実験, 東シベリア, タイガ-ツンドラ境界, 安定同位体比

Keywords: methane, carbon dioxide, incubation experiment, Eastern Siberia, taiga-tundra boundary, stable isotope ratio

ヤクーツクにおける高精度降雪観測 Accurate snowfall measurement at Yakutsk, Russia

平沢 尚彦^{1*}; 杉浦 幸之助²; 保坂 征宏³; Maximov T.⁴

HIRASAWA, Naohiko^{1*}; SUGIURA, Konosuke²; HOSAKA, Masahiro³; MAXIMOV, Trofim⁴

¹ 国立極地研究所/総合研究大学院大学, ² 富山大学極東地域研究センター, ³ 気象研究所, ⁴ 寒冷圏生物問題研究所

¹National Institute of Polar Research, ²Center for Far Eastern Studies, University of Toyama, ³Meteorological Research Institute,

⁴Institute for Biological Problems of Chryolithozone

地球温暖化において、水循環もまた地球規模の変動を起こす。極域では降雪の変動が積雪被覆の面積や期間を変えることによって、アイス-アルベドフィードバックに影響を及ぼす。極域において、現在、気候変動がどのように顕在化し、気候システムがどのように変わってきているのかを理解するためには、気温だけでなく降水量・降雪量の変化も知る必要がある。気温、気圧、風向風速などは天気予報や気候の記述に関して十分な精度で観測することができるようになったが、降水量、とりわけ降雪量の観測精度は現在においても十分とは言えない。世界中で使われている筒状のゲージタイプの降雪量計では、その降雪粒子捕捉率が 50 % 以下になることは少なくない。極域寒冷域では降水強度の弱い降水の頻度が高く、降水イベントを通した総降水量が少ないため、蒸発による過小評価もより深刻に影響する。極域の気候研究において、降水(雪)量を正しく観測することは焦眉の課題となりつつある。

本研究は北極域における降水量を高い精度で観測することを第一の目的とし、その結果に基づいて、既存の降水量データの修正及び気候モデルの精緻化に貢献しようとしている。ゲージタイプの降雪量計における問題を回避するために、ディストロメーター(個々の降水粒子粒径、落下速度の計測の統計)を利用する。本講演では、2013 年初冬に測定した降雪イベントの解析結果を示す。

キーワード: ヤクーツク, 降雪量, ディストロメーター

Keywords: Yakutsk, Snowfall, Disdrometer

スバルバル諸島ニーオルスンにおける大気中酸素濃度連続観測 Continuous measurements of the atmospheric O₂/N₂ ratio at Ny-Ålesund, Svalbard

後藤 大輔^{1*}; 森本 真司²; 青木 周司²; 中澤 高清²; 村山 昌平³
GOTO, Daisuke^{1*}; MORIMOTO, Shinji²; AOKI, Shuji²; NAKAZAWA, Takakiyo²; MURAYAMA, Shohei³

¹ 国立極地研究所, ² 東北大学大学院理学研究科, ³ 産業技術総合研究所

¹National Institute of Polar Research, ²Graduate School of Science, Tohoku University, ³National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Simultaneous observations of atmospheric O₂ (defined as O₂/N₂ ratio) and CO₂ concentrations provide valuable information about the global carbon cycle. For a better understanding of the global carbon cycle, several laboratories have developed precise measurement systems for the O₂/N₂ ratio and carried out systematic observations since the early 1990s. To elucidate the variations of the atmospheric O₂/N₂ ratio in detail and to contribute to a better understanding of the role of Arctic region on the regional and global carbon cycle, we developed a continuous measurement system using a differential fuel-cell O₂ analyzer, and then initiated systematic observation at Ny-Ålesund, Svalbard in November 2012, which is the first continuous observation in the Arctic region. The system is equipped with NDIR analyzer to measure CO₂ concentration simultaneously. The analytical precisions of O₂/N₂ ratio and CO₂ are estimated to be ±1.4 per meg and ±0.03 ppmv, respectively. Here, we will present observational results of the first year.

The O₂/N₂ ratio observed at Ny-Ålesund shows a clear seasonal cycle with peak-to-peak amplitude of about 120 per meg, which reaches a minimum in late March to early April and a maximum in August. On the other hand, the CO₂ concentration varies seasonally in opposite phase with the O₂/N₂ ratio, showing the amplitude of 16 ppm. Short-term variations on time scales of several hours to several days are also clearly seen. In winter, it is often observed that the O₂/N₂ ratio sharply declines in a short time, accompanied by an increase in the CO₂ concentration, and the low values last for several hours or days. The O₂:CO₂ exchange ratio defined as the slope of a linear regression line between the measured values of O₂/N₂ ratio and CO₂ range between -1.6 and -1.5 ppm/ppm, which are close to the average O₂:CO₂ exchange ratio expected from fossil fuel burning in Europe. The results of backward trajectory analysis indicated that the air masses arrived at Ny-Ålesund during the periods when such short-term variations were observed passed near or over Scandinavian Peninsula. Therefore, such a decline in the O₂/N₂ ratio is ascribed to transport of urban air influenced by human activities in Europe. In spring to summer, irregular fluctuations of O₂/N₂ ratio are often observed. The amplitude of such fluctuations reaches 50-60 per meg (corresponding to about 10-13 ppm). Similar fluctuations of CO₂ are also found in opposite phase with O₂/N₂ ratio. However, their amplitudes are 5 ppmv at most. The comparison of backward trajectories of air parcels with the distributions of marine biotic net primary production suggests that such fluctuations of O₂/N₂ ratio are closely related to O₂ emission due to marine biological activity near Norwegian Sea.

キーワード: 大気中酸素濃度, 炭素循環, O₂:CO₂ 交換比, 大気-海洋間 O₂ フラックス
Keywords: atmospheric O₂, carbon cycle, O₂:CO₂ exchange ratio, air-sea O₂ flux

北極圏氷河のクリオコナイト粒の地域特性と形成過程 Geographical variations in formation process of cryoconite granules on Arctic glaciers

藤澤 雄太^{1*}; 竹内 望¹; 永塚 尚子²; 植竹 淳²; 宮入 匡矢¹

FUJISAWA, Yuta^{1*}; TAKEUCHI, Nozomu¹; NAGATSUKA, Naoko²; UETAKE, Jun²; MIYAIRI, Masaya¹

¹ 千葉大学大学院理学研究科, ² 国立極地研究所

¹Graduate School of Science, Chiba University, ²National Institute of Polar Research

氷河上にはクリオコナイトと呼ばれる暗色の不純物が堆積している。クリオコナイトは主に雪氷微生物由来の有機物や鉱物粒子で構成されている。これらの構成物は、氷河上に生息する糸状のシアノバクテリアの働きによってクリオコナイト粒と呼ばれる粒状の複合体を形成していることが多い。クリオコナイト粒は通常1mmほどの球形で、バクテリアの腐食作用により黒色に近い色をしている。近年、グリーンランド氷床裸氷域南西部の表面には、クリオコナイト粒の堆積による暗色域が出現していることが明らかになっている。衛星画像の解析から、暗色域の拡大に伴い氷河表面のアルベドの低下が大きくなっていることが確認されている。このようなクリオコナイト粒による表面の暗色化は、氷河の融解に大きな影響を及ぼす可能性がある。したがって、クリオコナイト粒の形成過程についての理解は、氷河生態系の理解や氷河の質量収支への影響を考える上で重要である。しかし、質量減少著しいグリーンランド氷床をはじめとする北極圏の氷河では、クリオコナイト粒の形成過程は明らかになっていない。本研究では、北極圏に位置する氷河のクリオコナイト粒の表面状態や形態、内部構造を分析し、氷河による形成過程の違いを明らかにすることを目的とした。

本研究では、グリーンランドの氷床北西部、スバルバードのロングヤービン氷河、シベリアのスタルハヤタ氷河、アラスカのグルカナ氷河の各消耗域で採取されたクリオコナイト粒サンプルの分析を行った。実体顕微鏡、透過型光学顕微鏡を用いてクリオコナイト粒の表面を観察し、その形態的特徴や構成物の特徴、粒径の測定を行った。さらに、クリオコナイト粒の内部構造を明らかにするためにサンプルを樹脂で包埋し、研磨によって薄片を作成し、断面構造の顕微鏡観察を行った。

クリオコナイト粒の顕微鏡観察の結果、同じ北極圏に位置するグリーンランド、スバルバード、シベリア、アラスカの氷河間で、クリオコナイト粒の形態の違いがあることがわかった。クリオコナイト粒の平均粒径は、スバルバードが最も大きく、シベリア、アラスカ、グリーンランドの順であった。スバルバードのクリオコナイト粒の平均粒径は0.63mm、色は褐色。シベリアのクリオコナイト粒の平均粒径は0.50mm、色は黒色。アラスカのクリオコナイト粒の平均粒径は0.49mm、色は灰色から褐色。グリーンランドのクリオコナイト粒の平均粒径は0.43mm、色は褐色から黒色であった。各氷河のクリオコナイト粒サンプルの薄片を作成し、内部構造を観察した結果、クリオコナイト粒の内部には複数の構造が存在することがわかった。グリーンランドでは、粒同士が融合してひとつの粒を形成する構造が観察され、スバルバードでは、主に褐色の層とそれよりも濃い色の層の同心円状の層構造が観察された。シベリアでは、比較的大きな鉱物粒子を取り込む構造が観察され、アラスカでは、粒がひとつの層からなる単層の構造が多く観察された。これらの構造の違いは、各地域でのクリオコナイト粒の形成段階、また氷河上の形成環境の条件を反映していると考えられる。

アラスカ・デナリハイウェイ沿いのパルサの発達史 Development of a Palsa along the Denali Highway, Alaska

岩花 剛^{1*}; 内田 昌男²; 近藤 美由紀²; 吉川 謙二¹; ラリー ヒンズマン¹
IWAHANA, Go^{1*}; UCHIDA, Masao²; KONDO, Miyuki²; YOSHIKAWA, Kenji¹; LARRY, Hinzman¹

¹ アラスカ大学フェアバンクス校, ² 国立環境研究所

¹University of Alaska Fairbanks, ²National Institute for Environmental Studies

パルサは、連続および不連続永久凍土地帯の泥炭湿原に分布する多年凍結丘である。地中が凍結する際に形成される層脈状の析出氷晶による凍上現象が隆起の主要因である。上層部はピートに覆われ、下層は鉱物土を含む層になっており、堆積層の年代測定や凍土の地球雪氷学的特徴、パルサの内部構造から、周辺地域における氷河後退前後の環境変動に関する情報が得られることが期待される。対象のパルサは、アラスカ・デナリハイウェイ沿いに位置し、1957年に開通したハイウェイの建設によって削られ、内部構造が露呈していた。現在は約20m後退して完全な断面は見えないが、露頭の一部からある程度の内部構造情報が得られた。Pewe (1983) によってパルサと紹介され、底面ピートの年代測定から、この地域での氷河後退が少なくとも約10500年以前であったとした。本発表では、6.5mのボーリングコアの分析と地温測定、露頭の観察から推測される対象パルサの発達史と環境変化について報告する。

キーワード: アラスカ, デナリハイウェイ, パルサ

Keywords: Alaska, Denali Highway, Palsa

北極域の積雪中に含まれるダストのSr-Nd同位体比を用いた供給源推定 Sr-Nd isotopic ratios of mineral dust in Arctic snow

永塚 尚子^{1*}; 小川 佳美¹; 東 久美子¹; 杉浦 幸之助²; 榎本 浩之¹; 山田 廣宣¹; 中野 孝教³
NAGATSUKA, Naoko^{1*}; OGAWA, Yoshimi¹; GOTO-AZUMA, Kumiko¹; SUGIURA, Konosuke²; ENOMOTO, Hiroyuki¹
; YAMADA, Hironobu¹; NAKANO, Takanori³

¹ 国立極地研究所, ² 富山大学, ³ 総合地球環境学研究所

¹NIPR, ²Toyama University, ³RIHN

極地に分布する積雪や氷河の氷の中には、様々な大気降下物が保存されている。このうち、黒色炭素や鉱物ダストなどの光吸収性エアロゾルは雪氷面に沈着してアルベドを低下させることで最近の北極域の温度上昇に寄与しており、地球の気候に対して正の放射強制力を持つ。これらの大気エアロゾルは主に大陸からの長距離輸送によって極域に供給されていることが明らかだが、その輸送経路や空間分布は近年の急速な地球表層環境の変化の影響を受けて著しく変動することが予想され、アイスアルベドフィードバックの変化などを通じたさらなる地球環境変動をもたらすと考えられる。

量が少なくても分析が可能なSr-Nd同位体比は、積雪中に含まれるダストの分析に応用可能な供給源特定法の1つである。しかしながら、このような同位体比を使った積雪中のダストの供給源に関する研究は、表面に大量のダストが堆積するアジアの雪氷圏では行われているが、極域の雪氷圏で行われた例はまだほとんどない。そこで本研究では、モンゴル、アラスカ、およびグリーンランドの積雪中に含まれるダスト濃度、およびそのSr-Nd同位体比を測定し、各地域のダストの供給源を明らかにすることを目的とした。得られた結果を、各地域で報告されている砂漠の砂やレスなどの堆積物の値と比較し、各地域の積雪中に堆積している鉱物ダストの供給源の解釈を試みた。

分析を行ったのは、2012年にモンゴル、アラスカ中部、およびグリーンランド北西部のカナック氷帽の積雪域で採取された鉱物ダストである。分析の結果、鉱物ダストの同位体比は各積雪域で大きく異なる値を示した。モンゴルのダストはSrが低くてNdが高い傾向を示したのに対し、グリーンランドのダストはSrが低くてNdが高い傾向を示した。また、アラスカのダストはモンゴルよりもわずかに低いNd比を示した。これは積雪中のダストの供給源がアラスカ・モンゴルとグリーンランドとで大きく異なることを示している。このダストの値を先行研究で報告されている各地の堆積物の値と比較すると、モンゴルはアルタイや中国北部の砂漠、アラスカはカザフスタンの砂漠やタクラマカン砂漠、グリーンランドは積雪域周辺のモレーンや土壌にそれぞれ近い値を取った。このことから、2012年のモンゴルとグリーンランドの積雪中に含まれるダストは、遠方から飛来したものではなく、それぞれ比較的近距离の供給源から供給されたものであることがわかった。先行研究によるSr-Nd同位体比分析の結果、グリーンランド内陸域で掘削されたアイスコア中ダストは、主にゴビ砂漠などのアジアの砂漠を起源とする風送ダストであることが明らかにされているが、本研究で分析を行ったダストは沿岸域の氷河で採取したことから、沿岸域には風送ダストよりも周辺のモレーン由来の鉱物が多く供給されている可能性が考えられる。一方、アラスカの2012年の積雪に含まれるダストは周辺から供給されたものではなく、主に太平洋を超えたアジアの砂漠から供給された可能性があることが明らかになった。

キーワード: Sr-Nd 同位体比, 積雪中ダスト, 北極域

Keywords: Sr-Nd isotopic ratio, mineral dust in snow, Arctic region

北極陸域における全球再解析データ比較 -観測に基づく陸面モデル入力データセットの作成に向けて-
Intercomparison of Arctic atmospheric reanalysis data: Deriving observation-based forcing data for terrestrial models

森 淳子^{1*}; 斉藤 和之²; 宮崎 真¹; 末吉 哲雄²; 飯島 慈裕²; 羽島 知洋²
MORI, Junko^{1*}; SAITO, Kazuyuki²; MIYAZAKI, Shin¹; SUEYOSHI, Tetsuo²; IJIMA, Yoshihiro²; HAJIMA, Tomohiro²

¹ 国立極地研究所, ² 海洋研究開発機構

¹National Institute of Polar Research, ²Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

2011 年度から文部科学省の「グリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス (GRENE) 事業北極気候変動分野「急変する北極気候システム及びその全球的な影響の総合的解明 (GRENE Arctic Climate Change Research Project (GRENE-ACCRP))」が開始された。同事業の研究課題「環北極陸域システムの変動と気候への影響 (GRENE Terrestrial Ecosystem in Arctic: GRENE-TEA)」は、気候システムにおける北極陸域システムの役割と機能を明らかにして、全球の気候への北極域の変化の影響を評価する事を目的としている

北極陸域における観測値を用いたモデルの相互比較「北極陸域モデル相互比較プロジェクト (GTMP)」は、GRENE-TEA のモデリンググループのプロジェクトの一つである。GTMP では、GRENE-TEA などによる現地観測で得られたデータを用いて、モデル入力データ及び検証データを作成し、モデル間および各サイト間の比較を行う。

現地観測データを入力値として用いる場合、実際の観測値には欠測値や観測されていない項目があるため、そのままではモデル入力データとはならない。そこで、GTMP では以下のような手順で観測サイトごとの入力データセットを作成している。まず、再解析データ (モデルベースの全球再解析およびステーションベースの CRU) をベースにした 7 要素 (気温、比湿、降水量、風速、気圧、下向き短波・長波放射量) 30 年分の連続データ (version.0; v0) を作成する。その後、現地観測データを用いて v0 を補正することで、観測サイトの特徴を持ち、かつ、モデル入力に適したデータセット (version1; v1) を作成する。このようにして作成された v1 を入力とするモデル出力を用いることにより、現地観測された検証データ (地温、土壌水分、積雪深や葉面積指数など) との比較に際して、モデル以外の要素に起因する誤差が少なくなることが見込まれる。

使用する再解析データについては、異なる特性を持つ数種類のデータセットが現在利用可能である (例えば、提供期間が比較的長い NCEP/NCAR や、2013 年に公開されたばかりの JRA-55 など)。これらのうち、GRENE 北極プロジェクトの観測サイトが分布する北緯 60 度以北の状況を最もよく再現しているデータセットを選択することを目的として、以下の主要な全球再解析データ間で比較を行った。比較した再解析データは ERA Interim, JRA-55, MERRA, NCEP/NCAR Reanalysis 1, NCEP-DOE Reanalysis 2, NCEP-CFSR の 6 種類であり、比較対象は CRU とした。本研究では、入力データセットとして GTMP で提供する予定の 7 要素のうち、より本質的と考えられる 2 m 気温と降水量について検討を行った結果を示す。

キーワード: 北極域, 陸域モデル, 再解析データセット

Keywords: Arctic region, Terrestrial model, Reanalysis dataset

自動測定システムによるアラスカ凍土コアサンプルの各種微量ガス交換量測定 Automatic measurement of gas emission/uptake of Alaskan permafrost soils

米村 正一郎¹; 内田 昌男²; 近藤 美由紀^{2*}
YONEMURA, Seiichiro¹; UCHIDA, Masao²; KONDO, Miyuki^{2*}

¹ 農業環境技術研究所, ² 環境研究所
¹NIAES, ²NIES

温暖化にともない凍土からの急激な温室効果ガスの発生が懸念されている。本研究ではアラスカ凍土を採取して、室内実験により採取された凍土コアからのガス発生量に関する実験の方法論を構築したのでこれについて報告する。CO₂は負の温度でも発生が見られた。CO, H₂についても発生がみられた。NO, N₂Oについては窒素含量の多いサンプルほど多くの発生が見られる傾向にあった。

キーワード: 凍土, アラスカ, 二酸化炭素, 窒素酸化物, 室内実験
Keywords: permafrost soil, Alaska, CO₂, NO, laboratory experiment

自然火災がアラスカの北方林とツンドラの土壌炭素蓄積量に及ぼす影響のシミュレーション解析
Simulating effects of natural fire disturbance on soil carbon storage of boreal forest and tundra ecosystems in Alaska

王新^{1*}; 横沢正幸²; 荒木田葉月³; 森健介⁴; 伊勢武史⁵; 近藤美由紀⁶; 内田昌男⁶; 串田圭司⁷; 戸田求¹
WANG, Xin^{1*}; YOKOZAWA, Masayuki²; ARAKIDA, Hazuki³; MORI, Kensuke⁴; ISE, Takeshi⁵; KONDO, Miyuki⁶; UCHIDA, Masao⁶; KUSHIDA, Keiji⁷; TODA, Motomu¹

¹ 広島大学生物圏科学研究科, ² 静岡大学工学部・工学研究科, ³ 神戸理科学研究所, ⁴ カルガリー大学地球情報学部, ⁵ 兵庫県立大学シミュレーション学研究科, ⁶ 国立環境研究所地球環境研究センター, ⁷ 日本大学生物資源科学部

¹Department of Environmental Dynamics and Management, Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima, ²Department of Mathematical and Systems Engineering, Graduate School of Engineering, Shizuoka Univ., ³Riken Kobe Branch, Kobe, ⁴Department of Geomatics Engineering, University of Calgary, ⁵Graduate School of Simulation Studies, University of Hyogo, ⁶Center for Environment Measurement and Analysis, National Institute for Environmental Studies, ⁷College of Bioresource Sciences, Nihon University

Boreal forest and tundra are the major ecosystems in the northern high latitudes and represent one of the largest reservoirs of carbon over terrestrial ecosystems in the world. Most of the carbon is stored in permafrost where frozen organic matter is protected from decomposition due to biotic activity in the underlying soil. The surface humus layers that should work as the protective layers insulate the permafrost soil far away from the effect of climate warming. Hence, the removal of protective layers by natural fire episodes increases the vulnerability of permafrost to thaw, and the carbon stored in permafrost to decomposition under climate warming in the near future. To elucidate effects of fire severity and temperature sensitivity on the soil carbon storage of boreal forest and tundra ecosystems in Alaska, we conducted simulations using the Physical and Biogeochemical Soil organic carbon Dynamics Model (PB-SDM), which consists of meteorologically-relevant land surface model and soil organic carbon dynamics model. The PB-SDM model of fire severity, designed from the analysis of the field observations, describes the effects of fire characteristics in frequency and size on the reduction of the soil organic layer. The simulation captured realistic annual variations in soil organic carbon storage and thickness in boreal forest and tundra ecosystems individually by finding optimal model parameters in terms of the frequency and size of fire events and temperature sensitivity. The result reveals that our model can be used for predicting soil carbon storage in boreal forest and tundra ecosystems at regional scales where fire regimes play a key role in the soil organic carbon storage as affected by climate warming.

Keywords: High-latitude soil, fire severity, Soil organic carbon, boreal forest, tundra

北東シベリアタイガ - ツンドラ境界域湿地土壌のメタン酸化ポテンシャル Methane Oxidation Potential of Arctic Wetland Soil of a Taiga-Tundra Ecotone in North-eastern Siberia

村瀬 潤^{1*}; 杉本 敦子²; 新宮原 諒³; Maximov Trofim C.⁴
MURASE, Jun^{1*}; SUGIMOTO, Atsuko²; SHINGUBARA, Ryo³; MAXIMOV, Trofim C.⁴

¹ 名大院生命農学, ² 北大院地球環境, ³ 北大院環境科学院, ⁴ ロシア科学アカデミー寒冷圏生物学研究所
¹Grad. Sch. Bioagr. Sci., Nagoya Univ., ²Fac. Earth Environ. Sci., Hokkaido Univ., ³Grad. Sch. Environ. Sci., Hokkaido Univ.,
⁴Inst. Biol. Problems of Cryolithozone

北極域の湿地帯は大気メタンの重要なソースであり、気候変動にともなう温暖化と永久凍土の融解は北極域湿地帯のメタン生成を促進すると考えられる。メタン酸化は湿地から大気へのメタン放出を制御する鍵となるプロセスであり、本研究では北東シベリアのタイガ-ツンドラ移行帯における湿地土壌の潜在的なメタン酸化活性を、その空間分布と環境要因の影響に着目して測定した。2012年、2013年の夏期にミズゴケ、スゲの泥炭、および隣接するカラマツ、コケ植生のマウンドから表層土壌(0-10cm)を採取した。採取した土壌を均質にした後に一定濃度のメタン(0.5-0.8% v/v)とともにガスクロバイアル中で培養し、経時的にメタン濃度を測定した。マウンドの土壌ではメタン酸化活性は認められなかったが、泥炭土壌では活発なメタン酸化(培養温度15℃のとき190-270 nmol h⁻¹ g⁻¹ 乾土)が観察された。層位別のメタン酸化活性を測定したところ、最大活性は水飽和層の直上(ミズゴケ泥炭:4-6 cm, スゲ泥炭:0-2 cm)で観察された。また、嫌氣的と考えられる水飽和層の土壌でも活発なメタン酸化が認められ、メタン酸化細菌が環境の変化に素早く反応したものと推察された。0-15℃の範囲で温度依存的なメタン酸化活性の変化が確認されたが、0℃でもメタンの酸化は観察され、メタン酸化が起こる最低温度は-4~-11℃と推定された。大気から供給されると想定される無機養分やブラックカーボンの添加はメタン酸化活性に影響を与えなかった。

キーワード: メタン酸化, ツンドラ, 泥炭
Keywords: Methane oxidation, tundra, peat

極域データアーカイブシステムにおけるオンライン可視化アプリケーション「VISION」の開発 Online visualization tool "VISION" on Arctic Data archive System (ADS)

杉村 剛^{1*}; 矢吹 裕伯²
SUGIMURA, Takeshi^{1*}; YABUKI, Hironori²

¹ 国立極地研究所, ² 独立行政法人 海洋研究開発機構

¹National Institute of Polar Research, ²Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

GRENE 北極気候変動分野において、我々は北極域研究に関するデータの一元的な収集・蓄積・公開を目指して「北極域データアーカイブシステム」(以下、ADS: Arctic Data archive System)の構築を進めている。このシステムでは、北極域研究に関わる研究者や研究機関がそれぞれの流儀でまとめたそれぞれの分野のデータ(例えば観測データやサンプルデータ、分析データ、モデルによる計算データ)を系統的に管理することで、各研究者や研究機関によるデータの相互利用を分野横断的に実現させようとしている。

そもそもデータの相互利用には、データの管理形式の差異という壁に加えて、極論を言えば、データの内容が作成者本人以外には理解しづらいという大きな壁がある。そのため、研究者にとって、同分野ならまだしも、異分野のデータの内容は類推することすら容易ではない。すなわち逆に、データ内の情報をあらゆる研究者が容易に把握できるシステムを提供できれば、研究者間で異なる分野のデータに対する理解が進み、分野間でのデータ相互利用が促進されると期待できる。

そこで、ADS 開発に伴い我々は、特に北極域研究に関わるあらゆる研究者が容易に操作可能なオンラインデータ可視化アプリケーション"VISION"の開発を行った。

本講演では、可視化アプリケーション"VISION"の仕組みや機能を紹介する。

キーワード: オンライン可視化, 衛星データ, SSMI, AMSR

Keywords: online visualization, satellite data, SSMI, AMSR

縮小する東シベリアースンタル・ハヤタの氷河 Shrinking glaciers in Suntar Khayata, east Siberia

門田 勤^{1*}; 白川 龍生²; 日下 稜²; 高橋 修平²; Galanin Andrey³; Fedorov Alexander³; 榎本 浩之⁴; 大畑 哲夫¹; 矢吹 裕伯¹

KADOTA, Tsutomu^{1*}; SHIRAKAWA, Tatsuo²; KUSAKA, Ryo²; TAKAHASHI, Shuhei²; GALANIN, Andrey³; FEDOROV, Alexander³; ENOMOTO, Hiroyuki⁴; OHATA, Tetsuo¹; YABUKI, Hironori¹

¹ (独) 海洋研究開発機構, ² 北見工業大学, ³ メルニコフ永久凍土研究所, ⁴ 国立極地研究所

¹Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ²Kitami Institute of Technology, ³Melnikov Permafrost Institute,

⁴National Institute of Polar Research

Introduction

Since Northern Hemisphere high latitude regions are noticeable trend of global warming and climate change, appearance of its impact is interest. Northeastern Eurasia is area of blank of observational research. One of a few regions studied in the past is Suntar Khayata in east Siberia, where Russian scientists carried out wide range of study during IGY (1957-1959).

Study area

Suntar Khayata region, located in the latitudes between 62 and 63 degree north and in the longitudes between 140.7 and 142 degree east, forms a divide between the Arctic Sea and the Sea of Okhotsk. Oymyakon depression, known as the cold pole in the Northern Hemisphere, is located to the northeast. Glacier inventory of this region was prepared based on the aerial photographs taken in 1944-1947 (Koreisha, 1963). Total number and area of glaciers were 205 and 206.28 km². Three glacierized region are recognized, namely Northern massif, Central massif and Southern massif. The highest elevation of each massif is 2959 m, 2933 m and 2944 m.

Glaciers observed are No. 29 to 33 in Northern massif including No. 31 which was intensively studied during IGY.

Observation

We carried out glaciological observations such as mass balance (stake method), ice thickness measurement (radio-echo soundings), and topographic survey (DGPS) in July/August in 2012 and 2013. Automatic weather stations were also set on/around the glaciers.

Results

Glacier-wide mass balance in 2012/2013 was -1.04 m w.e. for a glacier complex (Glaciers No. 29, 30 and 31). This value shows more negative state than those in 1957-1959.

We generated DEMs of surface and bed of the Glacier No. 31 using ice thicknesses obtained by radio-echo soundings and surface elevations by GPS survey, then we estimated the volume of the glacier to be 0.20 km³ (area: 3.02 km², mean thickness: 62 m). Ice thicknesses in its tongue reduced by 110-60 m (terminus to upstream) since 1957.

Based on multi-temporal aerial and satellite imagery, 18 investigated glaciers reduced in area by approximately 36% from 1945 to 2011.

Concluding remark

Summer (July-August) air temperature observed on the glacier in 2012 and 2013 were higher than those in 1957-1959, which brought about more negative mass balance than those in 1957-1959. Superimposed ice formation was also very limited in 2012/2013. This resulted in disappearance of accumulation area. Reconstruction of long-term mass balance history is present target.

Acknowledgement

This study has been jointly carried out by JAMSTEC (Northern Cryosphere Research Program) and GRENE Arctic Climate Change Research Project (The role of arctic cryosphere in global change).

キーワード: 氷河, シベリア, スンタル・ハヤタ, 縮小

Keywords: glacier, Siberia, Suntar Khayata, shrink

環北極の地温に及ぼす積雪の影響 Effect of snow depth on pan-Arctic permafrost thermal regimes

朴 昊澤^{1*}; フェドロフ アレクサンダー²; ワルシ ジョン³
PARK, Hotaek^{1*}; FEDOROV, Alexander²; WALSH, John³

¹ 海洋研究開発機構, ² ロシア凍土研究所, ³ アラスカ国際北極研究センター

¹JAMSTEC, ²Melnikov Permafrost Institute, Yakutsk, Russia, ³International Arctic Research Center, University of Alaska Fairbanks

This study quantitatively evaluated how insulation by snow depth (SND) affected the soil thermal regime and permafrost degradation in the pan-Arctic area, and more generally defined the characteristics of soil temperature (T_{SOIL}) and SND from 1901-2009. This was achieved through experiments performed with the land surface model CHANGE, to assess sensitivity to winter precipitation as well as air temperature. Simulated T_{SOIL} , active layer thickness (ALT), and SND were generally comparable with in-situ or satellite observations at large scales and over long periods. Northernmost regions had snow that remained relatively stable and in a thicker state during the past four decades, generating greater increases in the T_{SOIL} . Changes in SND have led to changes in the thermal state of the underlying soil, which is strongly dependent on both the magnitude and the timing of changes in snowfall. Simulations of the period 2001-2009 revealed significant differences in the extent of near-surface permafrost, ranging from 15.6 to 18.7 million km². This spread was the result of differences in the model's treatment of meteorology. Permafrost loss was greater when SND increased in the autumn rather than in the winter, due to insulation of the soil from the early cooling. Simulations revealed that T_{SOIL} tended to increase over most of the pan-Arctic from 1901-2009, and this increase was significant in northern regions, especially in northeastern Siberia where SND is responsible for 50% or more of the changes in T_{SOIL} at a depth of 3.6 m. In the same region, ALT also increased at a rate of approximately 2.3 cm per decade. The most sensitive response of ALT to changes in SND appeared in the southern boundary regions of permafrost, in contrast to permafrost temperatures within the 60°-80°N region, which were more sensitive to changes in the SND. Finally, the modeling performed in this study suggests that snow cover contributes to the warming of permafrost in northern regions and could play a more important role under conditions of future Arctic warming.

キーワード: 活動層, 陸面過程モデル, 凍土, 積雪深, 地温

Keywords: active layer thickness, land surface model, permafrost, snow depth, soil temperature

2013年9月の北部チャクチ海における珪藻生群集と水塊環境の定点観測 Fixed-point observation of diatom biocoenosis and water mass condition in the northern Chukchi Sea during September 2013

小野寺 文尚太郎^{1*}; 西野 茂人¹
ONODERA, Jonaotaro^{1*}; NISHINO, Shigeto¹

¹ 海洋研究開発機構地球環境変動領域
¹JAMSTEC-RIGC

In order to estimate the relationship between diatom flora and water mass condition in the northern Chukchi Sea, fixed-point ocean observation was conducted at Station 41 (72.45N, 168.24W, 56 m water depth) by R/V Mirai (Cruise MR13-06) in 10-25 September 2013. The optical equipment named "Multi-wave length excitation fluorescence photometer (Multi-Exciter)" was applied with CTD observation for the estimation of chlorophyll concentration in each major phytoplankton groups (diatom, green algae, and blue algae). Chlorophyll concentration gradually increased with the weakening of summer stratification by intensified sea-surface wind. The Multi-Exciter showed the clear increase of diatom in upper water column, which were also suggested by size-fractionated analysis of chlorophyll concentration and microscopic observation by scanning electron microscope and light microscope. However, the increase of diatom cell abundance was minor compared to the increase of total chlorophyll concentration. The dominance of large diatom genus *Proboscia* and the increased chlorophyll concentration in one diatom cell were the main causes on the increase of total chlorophyll concentration. The 3-6 fold increase of chlorophyll concentration within 6 hours was rarely observed around chlorophyll maximum layer during the middle observation period, which is probably explained by not only improved habitat environment for diatom but also movement of water masses such as lateral input of high chlorophyll waters.

キーワード: 北極海, チャクチ海, 珪藻, 多波長励起蛍光, クロロフィル
Keywords: Arctic Ocean, Chukchi Sea, diatom, excitation fluorescence, chlorophyll concentration

北極海チャクチボーダーランドにおける過去15.5万年にわたる古環境変動 Reconstruction of paleoenvironmental changes in the Chukchi Borderland over the last 15.5kyr

内田 昌男¹; 熊田 英峰²; 近藤 美由紀^{1*}; レラ シュテファン¹; 芝原 暁彦³; 天野 千恵⁴; 内海 真生⁵
UCHIDA, Masao¹; KUMATA, Hidetoshi²; KONDO, Miyuki^{1*}; RELLA, Stephan¹; SHIBAHARA, Akihiko³; AMANO, Chie⁴; UTSUMI, Motoo⁵

¹ 国立環境研究所, ² 東京薬科大学, ³ 産業総合技術研究所, ⁴ 東洋大学, ⁵ 筑波大学

¹National Institute for Environmental Studies, ²Tokyo University of Pharmacy and Life Sciences, ³National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ⁴Toyo University, ⁵University of Tsukuba

Knowledge on past variability of sedimentary organic carbon in the Arctic Ocean is important to assess natural carbon cycling and transport processes related to global climate changes. However, the late Pleistocene oceanographic history of the Arctic is still poorly understood. In the present study we show sedimentary records of organic carbon(TOC, $\delta^{13}C$), $CaCO_3$, benthic and planktonic foraminiferal $\delta^{18}O$, BIT index for terrestrial organic carbon input, IP25 for sea ice condition, and the coarse grain size fraction. The 8m length sediment core was retrieved in the northern Northwind Ridge in the far western Arctic Ocean, during the MR08-05 cruise by R/V Mirai. An age model based on oxygen isotope stratigraphy, radiocarbon dating and lithological constraints suggests that the core records paleoenvironmental changes of the last 155 kyr. In this conference, we discuss presented millennial scales records of glacial erosion, intermediate water and/or surface water and sea ice variabilities during cold/warm episodes of the last two glacial interglacial cycles in the light of ice sheet and ocean-atmosphere dynamics.

インド洋における国際集中観測を通して得られた MJO 研究の最前線 What the recent international field campaign in and around the Indian Ocean has advanced our knowledge of the MJO?

米山 邦夫^{1*}
YONEYAMA, Kunio^{1*}

¹ 海洋研究開発機構
¹ JAMSTEC

2011年10月から2012年1月にかけて中部熱帯インド洋を中心に行われた MJO 対流の発生メカニズムの解明をメインターゲットにした国際集中観測を通して得られた、現在までの最新の知見を主に観測の観点から紹介する。4カ月の集中観測期間中に同海域では3つの MJO 対流現象の発生を観測した。ただし、現在 MJO 対流域の同定にもっとも利用されている Wheeler and Hendon (2004) による MJO インデックスでは12月のイベントが同定されないという特徴が興味深い。

中部インド洋に展開した収支解析のためのラジオゾンデ観測網のデータなどから、従来指摘されている鉛直方向に段階的な湿潤傾向を確認する一方で、MJO 対流発生前に南半球側に存在した熱帯収束帯からの雲域の北進、大規模雲域に対するロスビー応答などによる亜熱帯からの乾燥空気の侵入、インドネシア海大陸域で活発化した対流の西進、などいずれも水平移流が MJO 対流発生に重要な役割を担っていることを示す結果が得られている。プロジェクト終了から2年経つ2014年1月末現在で約30編の論文がでていますが、当初の研究計画で予想していたもの、まったく予想していなかったものなど、プロジェクト全体の計画からいくつか代表的なものについても紹介する。

キーワード: マッデン・ジュリアン振動, CINDY2011
Keywords: Madden-Julian Oscillation, CINDY2011

Mesoscale Convective Complex Activities over Indian Ocean and Their Effects on Convections Over Sumatera Island

Mesoscale Convective Complex Activities over Indian Ocean and Their Effects on Convections Over Sumatera Island

-, Trismidianto^{1*}; HADI, Tri wahyu²; KODAMA, Yasu-masa¹
-, Trismidianto^{1*}; HADI, Tri wahyu²; KODAMA, Yasu-masa¹

¹Meteorological Laboratory, Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University, ²Departement of Earth Sciences, Faculty of Earth Sciences and Technology, Institut Teknologi Bandung

¹Meteorological Laboratory, Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University, ²Departement of Earth Sciences, Faculty of Earth Sciences and Technology, Institut Teknologi Bandung

Effects of Mesoscale Convective Complexes (MCC) over Indian Ocean on convections over Sumatera Island have been investigated using Multi-functional Transport SATellite (MTSAT) infrared (IR1) imageries, Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) rainfall data and Cross-Calibrated Multi-Platform (CCMP) surface wind data of 10-year period (2000-2009). Occurrences of MCC were identified using an algorithm that combines criteria of cloud coverage, eccentricity, and cloud lifetime. This study begins with a case study on 16 to 17 August 2005 and 27 to 28 October 2007 to show the evolution of MCC, we found the development phase of MCC was accompanied by surface wind convergence, while wind divergence was clearly seen below decaying MCC. Following the decay of MCC, convective activities were observed in the surrounding regions by the presence of a new convective cell around the MCC, indicating the role of cold pool mechanism. The new convective cell was generated from cold pool affect convective clouds in the surrounding area and propagate to over Sumatra Island so causing extreme rainfall over Sumatra.

The correlation between MCC and convection over Sumatera was further investigated by performing composite analysis using more samples of MCC events. During the 10-year period, about a number of 553 MCC events have been identified over Indian Ocean. However, it is of interest to that MCC events tend to occur with significantly higher frequency during the monsoon transition season of March- April-May (MAM) period. Available data suggest that the life cycle of MCC over Indian Ocean is about 12 to 15 hours. Results of composite analyses confirmed that the MCC have significant influence on the development of cloud convection over Sumatera Island by means of cold pool propagation mechanism. This seems to imply that weather observations over the western Indian Ocean are crucial for rainfall prediction in Sumatera regions.

キーワード: Cold Pool, MCC, Convection, Rainfall

Keywords: Cold Pool, MCC, Convection, Rainfall

Observed moisture variations associated with shallow convection Observed moisture variations associated with shallow convection

BELLENGER, Hugo^{1*}; KATSUMATA, Masaki¹; YONEYAMA, Kunio¹; NISHIZAWA, Tomoaki²; YASUNAGA, Kazuaki³
; SHIROOKA, Ryuichi¹
BELLENGER, Hugo^{1*}; KATSUMATA, Masaki¹; YONEYAMA, Kunio¹; NISHIZAWA, Tomoaki²; YASUNAGA, Kazuaki³
; SHIROOKA, Ryuichi¹

¹JAMSTEC, ²NIES, ³University of Toyama

¹JAMSTEC, ²NIES, ³University of Toyama

The variability of tropospheric moisture is a key feature of tropical climate. In particular, the importance of moisture variations due to convective transport is still to be quantified on a variety of spatial and temporal scales. For instance, there is a debate on the importance of moisture convective transport in preconditioning the atmosphere prior to deep convection development associated with the Madden-Julian Oscillation (MJO). We use here high frequency observations of humidity and convection in the Indian Ocean by lidars and radars on board the R/V Mirai during the CINDY/DYNAMO campaign. Significant moisture variations on the scale of few hours are observed within the first first kilometers of the atmosphere in association with shallow convective and congestus clouds. We then compare these local tendencies with large-scale ones and discuss the potential importance of convective transport by convection in the moisture budget during the transition from convectively suppressed to convectively active periods.

キーワード: Convection, moisture, MJO, CINDY/DYNAMO, preconditioning, observation

Keywords: Convection, moisture, MJO, CINDY/DYNAMO, preconditioning, observation

西部熱帯太平洋で観測された海洋表層 10m の詳細水温変動とそれに伴う大気変動 In-situ observed detailed temperature profile in surface 10-meter layer over the tropical western Pacific

勝俣 昌己^{1*}; Bellenger Hugo¹; 米山 邦夫¹
KATSUMATA, Masaki^{1*}; BELLENGER, Hugo¹; YONEYAMA, Kunio¹

¹ 海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

海洋表層数メートルの熱的分布は海面水温 (SST) に直接影響し、大気海洋間のエネルギー交換を左右する。この領域の詳細水温構造を把握するため、研究船「みらい」によるサーミスターチェーン観測を、「みらい」MR13-03 航海における定点観測期間 (12N、135E、17 日間) に実施した。観測データは、明瞭な日変化パターン、すなわち表層数メートルの昼間の水温上昇やその後の高水温層の深まりと消滅、を示していた。一方、表層 1m 以浅における約 0.5K 程度の水温低下イベント (約 3 時間) も観測された。同時観測された気象データからは、冷氣外出流を伴う降水システムがもたらす低水温の雨水の供給および弱風化による海洋鉛直混合の抑制がこの水温低下イベントをもたらしていると考えられた。

CINDY2011 期間中に観測された急激な SST 冷却と海洋ロスビー波との関係 Abrupt cooling associated with the oceanic Rossby wave and lateral advection during CINDY2011

清水 亜矢子^{1*}; 勝俣 昌己¹; 堀井 孝憲¹; 長谷川 拓也¹; Richards Kelvin J.²; 米山 邦夫¹; 城岡 竜一¹
SEIKI, Ayako^{1*}; KATSUMATA, Masaki¹; HORII, Takanori¹; HASEGAWA, Takuya¹; RICHARDS, Kelvin J.²; YONEYAMA,
Kunio¹; SHIROOKA, Ryuichi¹

¹ 海洋研究開発機構, ² ハワイ大学

¹Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ²University of Hawaii

熱帯域において支配的な大気変動であるマッデン・ジュリアン振動 (MJO) に伴う大気海洋変動メカニズムの解明を目的としたインド洋国際観測プロジェクト CINDY2011 が 2011 年秋~2012 年春に実施された。その中で研究船「みらい」は東経 80.5 度、南緯 8 度の中部南インド洋において約 2 ヶ月間の定点観測を行った。期間中、MJO に伴う大規模対流は 10 月下旬と 11 月下旬に発達し、11 月事例での赤道南側の対流活動は北側に比べ 1 週間ほど遅れて活発化した。11 月中旬、みらい観測において海洋表層の水温と塩分に急激な低下がみられた。この劇的な変化は、南インド洋を西進する海洋ロスビー波に伴う表層流の南西向きから西向き/西北西向きへの変化と関連していた。海洋混合層収支解析において、海面フラックスは海洋を暖める方向に働いており、今回の急激な冷却事例への寄与は小さかった一方で、水平移流は大きな役割を担っていた。一般的に暖水ロスビー波は水温躍層を押し下げ海面水温を高くする傾向にあるが、今回はロスビー循環に伴う移流の効果によって冷却をもたらしたと考えられる。また、この冷たい表層水温が MJO 発達における初期対流を抑制し、赤道南側における対流オンセットの遅れにつながった可能性がある。

キーワード: CINDY2011, SST 冷却, インド洋

Keywords: CINDY2011, abrupt cooling, Indian Ocean

赤道不安定波と乱流混合 Modulation of Equatorial Turbulence by Tropical Instability Waves

井上 龍一郎^{1*}; リエン レン-チエ²; モウム ジェームス³; ペレス レネリス⁴; グレググ マイク²
INOUE, Ryuichiro^{1*}; LIEN, Ren-chieh²; MOUM, James³; PEREZ, Renellys⁴; GREGG, Mike²

¹ 海洋研究開発機構, ² ワシントン大学, ³ オレゴン州立大学, ⁴ マイアミ大学
¹JAMSTEC, ²University of Washington, ³Oregon State University, ⁴University of Miami

Strong modulation of turbulent mixing by a westward propagating Tropical Instability Wave (TIW) was observed during October and November 2008 on the equator at 140°W in the stratified shear layer between the equatorial undercurrent (EUC) and the surface mixed layer. At these depths, the unique deep diurnal-cycle mixing in the stratified layer under the equatorial cold tongue was observed with nighttime turbulent mixing a factor of 10 greater than during daytime. The turbulent kinetic energy dissipation rate, ϵ , was $O(10^{-6})\text{Wkg}^{-1}$, and the turbulent heat flux was $\sim 500\text{Wm}^{-2}$, at least 5-10 times greater than previously observed at the central equatorial Pacific. Turbulence mixing varied significantly during the four distinct phases of the meridional flow associated with the TIW: steady northward ($\sim 0.6\text{ms}^{-1}$), northward-to-southward transition, steady southward ($\sim -0.6\text{ms}^{-1}$), and southward-to-northward transition. During the northward-to-southward transition, we observed the largest values of reduced shear squared ($Sh^2/4N^2$), where Sh^2 is the total shear squared and N^2 the buoyancy frequency squared, the thickest nighttime surface mixed layer, the deepest penetration of the deep-cycle turbulence, and the largest turbulent heat flux and largest integrated ϵ in the deep-cycle layer. During steady southward flow, the depth of the bases of the nighttime surface mixed layer and of the deep-cycle layer were shallowest. For the first time, a 50-m-thick layer of strong turbulence was observed immediately above the EUC core during the northward-to-southward and steady southward phases. The average ϵ exceeded 10^{-6}Wkg^{-1} , the eddy diffusivity was $\sim 10^{-3}\text{m}^2\text{s}^{-1}$, and the turbulent heat flux was $\sim 500\text{Wm}^{-2}$. It is likely that to accurately parameterize mixing in the central equatorial Pacific, numerical models must properly simulate not only the enhancement of mixing associated with TIWs but also the variability of mixing within individual TIWs. In this talk, some results from the extensive (from November 2008 to February 2009) mooring data set, comparisons with a general circulation model, and details of mixing events will also be shown.

太平洋暖水プール北部における大気海洋相互作用 Air-sea interaction over the northern edge of the Pacific warm pool

長谷川 拓也^{1*}; 永野 憲¹; 服部 美紀¹; 井上 知栄¹; 久保田 尚之¹
HASEGAWA, Takuya^{1*}; NAGANO, Akira¹; HATTORI, Miki¹; INOUE, Tomoshige¹; KUBOTA, Hisayuki¹

¹ 海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

ENSO メカニズムの理解は遅延振動子理論の提唱(1980年代後半)によって、飛躍的に進歩したが、最近の研究では遅延振動子理論では説明できない経年スケールの大気海洋場の偏差が赤道外太平洋(太平洋暖水プール北端からフィリピン海)に存在することが指摘されており、この暖水プール北端周辺海域の変動が赤道域の大気海洋変動にが影響する可能性が指摘されている(western Pacific oscillator modelなど)。また、長周期変動(quasidecadal:QD変動やより長期の変動)に関しても海面水温偏差などが、この海域に出現することが過去の研究から指摘されている(e.g., White et al. 2003; Hasegawa et al. 2013)

さらに、フィリピン海では、夏季・冬季モンスーンやコールドサージ、北進 ISV、PJ pattern、熱帯低気圧などの短周期変動が存在することが指摘されており、フィリピン海は、様々な時間(および空間)スケールにおいて、air-sea interaction が盛んな海域であると考えられる。また、これらの現象はフィリピン海のみならずインド洋や、西部赤道太平洋や日本・アジアの極端気象現象・気候変動に関連していることが指摘されている(例えば PJ パターンを含む広域リンク: Nitta 1987; Xie et al. 2010)。

日本に影響を与える要因として黒潮続流域における小規模 air-sea interaction (hot spot) の研究が近年盛んに実施されているが、フィリピン海はその上流に位置しており、フィリピン海の変動が黒潮続流域の大気海洋変動のバックグラウンドとしての役割を果たす可能性がある。くわえて、複数の水塊や海洋流速ジェットなどのような特徴的な海洋変動場が存在する海域であることが過去のデータから示唆されている。

このように暖水プール北端やフィリピン海は、ENSO や他の現象の発生・発達に関連して、局所的のみならず海盆規模・全球規模の気象および気候変動に寄与する可能性がある。

しかしながら、北緯 10 度以北の暖水プール北端やフィリピン海は、大気海洋同時観測が長期的に実施されたことがなく、現在でも観測網の「空白域」となっている。また気候モデルの夏季モンスーン再現性も現実的ではないことが最近の研究で指摘されており(e.g., Inoue and Ueda 2009)、暖水プール北端およびフィリピン海における multi-scale air-sea interaction の実態は解明されていない。

本発表では、暖水プール北端およびフィリピン海における過去の研究のレビューや著者による最新の解析結果を示すとともに、当該海域における multi-scale air-sea interaction の実態解明に向けた将来の観測システムデザインなどについて議論することを目的とする。

キーワード: 太平洋暖水プール北部, 大気海洋相互作用, マルチスケール時空間変動

Keywords: northern edge of the Pacific warm pool, air-sea interaction, multi-scale temporal-spatial variability

海面水温ナudging法を用いたインド洋熱帯域の蓄熱量偏差の初期化 Why is initialization of heat content anomalies in the tropical Indian Ocean difficult in a CGCM with SST-nudging?

神山 翼¹; 東塚 知己^{2*}

KOHYAMA, Tsubasa¹; TOZUKA, Tomoki^{2*}

¹ ワシントン大学, ² 東京大学

¹University of Washington, ²The University of Tokyo

We have evaluated oceanic initial conditions in the tropical Indian and Pacific Oceans prepared by a coupled general circulation model (CGCM) with a sea surface temperature (SST)-nudging scheme. It is shown that the heat content anomalies in the upper 150 m are generated extremely well in the Pacific even though only the SST data is incorporated. In contrast, the upper ocean heat content anomalies produced by the model have negative correlation coefficients over vast areas of the tropical Indian Ocean. We propose that this is due to a difference in the SST-outgoing longwave radiation (OLR) relationship between the Indian and Pacific Oceans; the use of SST-nudging generally assumes that correlation coefficients between SST and OLR are negative, but this is not necessarily true. The correlation coefficients between SST and OLR anomalies are negative in the central to eastern equatorial Pacific, and this feature is well reproduced in the model. As a result, equatorial zonal wind anomalies are well captured by the model, and forced equatorial Kelvin and Rossby waves are accurately reproduced. On the other hand, the model cannot capture the observed positive correlation coefficients in the eastern equatorial Indian Ocean, particularly from January to April. As a result, equatorial zonal wind anomalies tend to have an opposite sign and induce equatorial Kelvin and Rossby waves with a wrong sign. The positive correlation between SST and OLR is an outcome of remote influence, but this is more difficult to simulate in an atmospheric general circulation model (AGCM) and a CGCM with strong SST nudging, in which local air-sea interaction is not explicitly allowed. Since the results presented in this study is based on a single model, it will be interesting to check skills of other models in initializing the upper ocean heat content with an SST-nudging scheme.

キーワード: インド洋熱帯域, 大気海洋結合モデル, 海面水温・外向き長波放射の関係, 海洋上層蓄熱量, 海面水温ナudging法

Keywords: Tropical Indian Ocean, Ocean-atmosphere coupled model, SST-OLR relationship, Upper ocean heat content, SST-nudging

2種類のインド洋ダイポールモード現象に関する研究 Two flavors of the Indian Ocean Dipole

遠藤 理^{1*}; 東塚 知己¹
ENDO, Satoru^{1*}; TOZUKA, Tomoki¹

¹ 東京大学大学院理学系研究科

¹Graduate School of Science, The University of Tokyo

The Indian Ocean Dipole (IOD) is known as a climate mode in the tropical Indian Ocean accompanied by negative (positive) sea surface temperature (SST) anomalies over the eastern (western) pole and easterly wind anomalies along the equator during its positive phase. However, the western pole of the IOD is not always covered by positive SST anomalies throughout the region. For this reason, the IOD is further classified into two types in this study based on SST anomalies in the western pole. The first type is close to the canonical IOD with negative (positive) SST anomalies in the eastern (central to western) tropical Indian Ocean. The second type, on the other hand, is associated with negative SST anomalies in the eastern and western tropical Indian Ocean and positive SST anomalies in the central tropical Indian Ocean. Based on a composite analysis, it is found that easterly wind anomalies reach the east coast of Africa in the first type, and as a result, positive rainfall anomalies are observed over East Africa. Also, due to the basin-wide easterly wind anomalies, the first type is accompanied by strong sea surface height (SSH) and thermocline depth anomalies. In contrast, zonal wind anomalies converge in the central tropical Indian Ocean in the second type, and no significant precipitation anomalies are found over East Africa. Also, only weak SSH and thermocline depth anomalies are seen during the second type, because equatorial downwelling anomalies induced by westerly wind anomalies in the west are counteracted by equatorial upwelling anomalies caused by easterly wind anomalies in the east. Due to the above difference in oceanic anomalies, the first type is stronger and lasts longer than the second type.

2012年に発生した正のインド洋ダイポールモード現象のメカニズム Evolution and mechanism of the positive Indian Ocean Dipole event in 2012

谷崎 知穂^{1*}; 東塚 知己¹

TANIZAKI, Chiho^{1*}; TOZUKA, Tomoki¹

¹ 東京大学大学院理学系研究科

¹ Graduate School of Science, The University of Tokyo

Evolution and mechanism of a peculiar positive Indian Ocean Dipole (IOD) event that occurred in 2012 are examined. In contrast to the normal IOD event, which starts to develop in late boreal spring, peaks in fall, and decays in winter, the 2012 IOD event was initiated in July, peaked in August, and decayed quickly in fall. Although the normal IOD event is associated with shallower thermocline in the eastern equatorial Indian Ocean, it was deeper than normal in 2012 and this may have delayed the onset of the IOD in this year. For quantitative discussions, mixed layer temperature balance of the eastern pole of the IOD is calculated using outputs from an ocean general circulation model. In agreement with past studies, negative sea surface temperature anomalies in the eastern pole are generated mainly owing to anomalous cooling by the vertical terms (i.e. entrainment and turbulent vertical diffusion) during the normal IOD. However, anomalous cooling by the surface heat flux term played the dominant role in the development of the eastern pole in 2012, and the vertical terms opposed the anomalous cooling. The anomalous cooling by the surface heat flux term is due to stronger cooling by latent heat flux. Also, warming of the surface mixed layer by the climatological shortwave radiation was suppressed owing to deeper mixed layer.

Bangladesh 沖海面水温の年々変動 Interannual Variability in SST off Bangladesh

名倉 元樹^{1*}; 寺尾 徹²; 橋爪 真弘³
NAGURA, Motoki^{1*}; TERAO, Toru²; HASHIZUME, Masahiro³

¹ 海洋研究開発機構, ² 香川大学, ³ 長崎大学
¹JAMSTEC, ²Kagawa University, ³Nagasaki University

Oceanic variability off Bangladesh is one of the environmental factors which can impact on the local community. For example, Hashizume et al. (2011) pointed out that the number of cholera patients increases in Dhaka, which is populated by 15 million people and the largest city in Bangladesh, when sea surface temperature (SST) off Bangladesh rises. This study examines interannual SST variability in the coastal regions off Bangladesh, which has not attracted much attention in climate sciences so far. We detect a significant interannual SST variability off Bangladesh in two different satellite datasets (NOAA OI SST and TMI SST) and a high-resolution ocean general circulation model driven by a reanalysis dataset. The SST variability is trapped near the coast, amounts to 0.5 to 1.0 degrees Celsius in magnitude, and peaks in the boreal winter. The two observational datasets and the model results show consistency in the spatial and temporal patterns of SST variability, which gives credibility to the detected phenomenon. A statistical analysis shows that SST off Bangladesh tends to be high in the year next to El Nino and in the year of negative Indian Ocean Dipole events, suggesting those climate modes as possible drivers. We are conducting a mixed layer heat budget analysis using the model output, a preliminary result of which shows that a thick barrier layer caused by the freshwater supply from the Ganges plays a role in the generation of the SST variability. Details of the mixed layer heat budget analysis will be reported in the meeting.

オーストラリア西岸域における降水量の季節予測可能性とその1990年代後半からの劇的な変化について
A drastic change in predictability of precipitation off the west coast of Australia after late 1990s

土井 威志^{1*}; ベヘラ スワディヒン¹; 山形 俊男¹
DOI, Takeshi^{1*}; BEHERA, Swadhin¹; YAMAGATA, Toshio¹

¹ 独) 海洋研究開発機構 アプリケーションラボ
¹JAMSTEC APL

Global warming and natural decadal variability after late 1990s strongly warm the coastal ocean off West Australia, which drastically changed climate dynamics there. The warm ocean drives precipitation locally there after the late 1990s, while the local atmospheric variability or the remotely forced atmospheric bridges mainly controlled the local precipitation variability before that. By virtue of that, precipitation predictability off West Australia on a seasonal time scale is also drastically changed after late 1990s; austral summer precipitation off West Australia is significantly predictable 5 months ahead after late 1990s, while there is no predictability of that in 1980s and early 1990s. Although the high prediction skill of precipitation off West Australia is useful for its early warning to extreme events and reducing their damages, the extreme event itself might increase due to global warming and decadal climate variability through a local air-sea feedback.

キーワード: 季節予測, 降水量, ニンガルーニーニョ
Keywords: Seasonal prediction, Precipitation, Ningaloo Nino

熱帯太平洋十年規模変動（TPDV）における ENSO 振幅の数十年変調の影響 Interdecadal Amplitude Modulation of ENSO and its Impacts on TPDV

尾形 友道^{1*}

OGATA, Tomomichi^{1*}

¹ 筑波大学生命環境科学研究科

¹ Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

熱帯太平洋における重要な気候変動モードである ENSO は、振幅や伝播特性、周期において数十年スケールでの変動が見られる事が知られており、不安定解析や簡略化した大気海洋結合モデルを用いて平均場の変化に対する ENSO 応答の変化として種々の先行研究がなされた (e.g. Fedorov and Philander 2001, Burgman et al. 2008)。一方、熱帯太平洋における主要な長期変動として、熱帯太平洋十年規模変動（TPDV）が知られている。最近の研究では、CGCM を用いた ENSO と TPDV の相互作用についても議論されており (e.g. Rodgers et al. 2004, Choi et al. 2009)、ENSO は平均場である TPDV にも作用する事が指摘されている。しかしながら、TPDV における ENSO 変調の役割について定量的には未だ評価されていない。今回は ENSO 変調と TPDV との関係について GFDL-CM2.1 の長期積分から確認し、OGCM の感度実験を通して TPDV における ENSO の振幅変調の影響について評価した。

キーワード: 大気海洋相互作用, 熱帯海洋, ENSO

Keywords: air-sea interaction, tropical ocean, ENSO

ENSOの季節予測における熱帯太平洋 - 熱帯北大西洋間の大気海洋相互作用の重要性 The role of interaction between the Pacific and the north Atlantic Oceans in the prediction of ENSO

山崎 邦子¹; 今田 由紀子^{1*}; 渡部 雅浩¹
YAMAZAKI, Kuniko¹; IMADA, Yukiko^{1*}; WATANABE, Masahiro¹

¹ 東京大学大気海洋研究所

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo

観測や気候モデルをベースとした研究から、大西洋の海水温偏差と熱帯太平洋のエルニーニョ・南方振動 (ENSO) との間に相互作用が存在することが知られている。Ham et al. (2013) では、春先の熱帯北大西洋の海面水温の暖水偏差が、引き続く秋から冬の熱帯太平洋においてラニーニャ傾向をもたらすことを、理想化したモデル実験によって示した。しかし、熱帯太平洋内部で ENSO 自身の周期を維持する遷移プロセスが存在する状況下で、Ham らが提唱する熱帯北大西洋からの影響がどの程度有意な影響を及ぼすかについては依然として定かではない。

そこで本研究では、熱帯北大西洋の海面水温からの寄与が、過去に実際に起こった代表的な ENSO の遷移プロセスにおいてどの程度影響を与えていたかを定量的に見積もる試みを行った。大気海洋結合大循環モデル (AOGCM) によるアンサンブル事後季節予測システムを用いて、北大西洋の海面水温偏差の影響を遮断した感度実験を実施した結果、過去の代表的な El Nino から La Nina への遷移過程において北大西洋の海面水温偏差が重要な役割を果たしていたことが明らかとなった。

さらに先行するエルニーニョ発達時に熱帯太平洋における海洋から大気へのフィードバックを遮断する追加の感度実験の結果から、北大西洋における海面水温の暖水偏差が成長するには先行するエルニーニョの存在が重要である可能性が示された。

AOGCM を用いた季節予測研究においては ENSO が季節予測可能性の鍵であることから、熱帯太平洋の再現性向上を主眼においた予測システムの改良が行われてきたが、本研究の結果から、モデルにおける大西洋の大気海洋結合過程の再現性が季節予測性能を向上させる重要な要因であることが示唆された。

参考文献：

Ham, Y.-G., J.-S. Kug, J.-Y. Park, and F.-F. Jin, 2013: Sea surface temperature in the north tropical Atlantic as a trigger for El Nino/Southern Oscillation events, *Nature Geoscience*, 6, 112-116

キーワード: エルニーニョ・南方振動, 熱帯北大西洋大気海洋相互作用, 季節予測, 大気海洋結合大循環モデル

Keywords: ENSO, the north tropical Atlantic climate variability, seasonal prediction, atmosphere and ocean general circulation model

ENSOの遷移システムの長期変化 Important factors for long-term change in ENSO transitivity

大庭 雅道^{1*}
OHBA, Masamichi^{1*}

¹ 電力中央研究所
¹ CRIEPI

エルニーニョ・南方振動 (ENSO) には、持続期間に有意な非対称が見られることが知られている。正位相から負位相への遷移は急速に進むのに対し、負位相から正位相への遷移は多くのイベントで停滞する。一方で、この ENSO の非対称性には長期的な変化傾向が見られることが指摘されており、El Nino の遷移性が 1970 年代以降と以降で特に強くなっている (McPhaden and Zhang 2009)。一方で、La Nina の持続性は長期的には強化される傾向ではあるものの、それほど大きな変化がない。本研究では主に正位相時に注目し、i) El Nino の振幅の変化 (Wang 1995; Wallace et al. 1998)、ii) 大気海洋基本場の変化 (Deser et al. 2003; Timmerman et al. 2003)、iii) 外洋との結合強度の変化 (e.g., Xie et al. 2010) が ENSO の遷移性/持続性に与える影響とその寄与の割合を気候モデルを用いた実験により見積もり、ENSO の遷移プロセスの長期変化の原因を明らかにする。

キーワード: 海面水温, 太平洋, エルニーニョ・南方振動, インド洋
Keywords: Sea surface temperature, Pacific Ocean, El Nino/Southern Oscillation, Indian Ocean

夏季南インド洋におけるマスカリン高気圧の時空間変動とその要因, および海面水温への影響

Temporal variations of Mascarene High in austral summer and their causes, and influences on the SST field

大石 俊^{1*}; 杉本 周作¹; 花輪 公雄¹

OHISHI, Shun^{1*}; SUGIMOTO, Shusaku¹; HANAWA, Kimio¹

¹ 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻

¹Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University

Changes in intensity and longitudinal/latitudinal position of Mascarene High (MH) in austral summer (November-January) from 1951 to 2012 are investigated using NCEP-NCAR reanalysis dataset. We define the MH intensity and longitudinal/latitudinal position as sea level pressure (SLP) maximum within a region of [40E-120E, 50S-10S]. The intensity has an interannual variation on a dominant timescale of 3-4 years. The pressure variations associated with the intensity show annular and equivalent barotropic structures throughout the troposphere, which are similar to Southern Annular Mode (SAM). The intensity time series shows a significant correlation with the SAM index. Therefore, it is suggested that the MH intensity variation results from the SAM. The MH longitudinal position also shows an interannual variation on a dominant timescale of 5-6 years and the time series has no significant correlation with the intensity time series. The SLP anomalies associated with the longitudinal variation represent a dipole pattern, whose centers of action are located off the western Australia (WA) and off the south-eastern Madagascar Island (SEMI). The geopotential height anomalies in these regions have different vertical structures; those off the WA are confined from the sea surface to the middle troposphere, while those off the SEMI are distributed throughout the troposphere. In addition, the SLP anomalies averaged within these regions show no significant correlation. It is indicated that the SLP variations off WA are associated with El Nino Southern Oscillation (ENSO). On the other hand, the SLP changes off the SEMI have no relationship with the large-scale atmospheric variations such as SAM and ENSO.

The MH intensity variation forms southwest-northeast dipole pattern of sea surface temperature (SST) field, which resembles the Indian Ocean Subtropical Dipole (IOSD) pattern. In addition, the MH longitudinal changes also show the dipole pattern, which is shifted westward by 10 degrees in longitude compared to the SST pattern associated with the intensity variation. The correlations between the MH variations and IOSD index show significant values (0.39 for intensity and -0.57 for longitudinal position). Therefore, it is suggested that both the changes in the intensity and the longitudinal position cause the IOSD.

Keywords: Mascarene High, Indian Ocean Subtropical Dipole, El Nino Southern Oscillation, Southern Annular Mode

亜熱帯ダイポールの発生における熱帯域の海面水温変動の役割 Role of tropical SST variability in the generation of subtropical dipoles

森岡 優志^{1*}; マソン セバスティアン²; テレー パスカル²; プロドム クロエ²; Behera Swadhin³; 升本 順夫⁴
MORIOKA, Yushi^{1*}; MASSON, Sebastien²; TERRAY, Pascal²; PRODHOMME, Chloe²; BEHERA, Swadhin³; MA-SUMOTO, Yukio⁴

¹(独) 海洋研究開発機構 地球環境変動領域, ² マリーキュリー大学 LOCEAN-IPSL, ³(独) 海洋研究開発機構 アプリケーションラボ, ⁴ 東京大学 大学院理学系研究科

¹JAMSTEC / RIGC, ²LOCEAN-IPSL, Universite Pierre et Marie Curie, ³JAMSTEC / APL, ⁴Graduate School of Science, The University of Tokyo

南半球の亜熱帯域から中緯度における海面水温の経年変動は、周辺国の降水量変動に大きな影響を与えることが知られている。この海面水温変動は、海盆の北東部と南西部に正と負の海面水温偏差を伴い、亜熱帯ダイポールと呼ばれている。本発表では、亜熱帯ダイポールに関するこれまでの研究を紹介し、亜熱帯ダイポールの発生における熱帯域の海面水温変動の役割について、大気海洋結合モデルを用いて実験を行い議論する。熱帯域の各海盆におけるモデルの海面水温を観測の気候値に緩和させた感度実験を行ったところ、亜熱帯ダイポールの発生頻度は、モデルの海面水温を大気と自由に結合させた標準実験に比べ、あまり変化が見られなかった。また、感度実験の亜熱帯ダイポールは、中高緯度の大気の変動現象である南極振動を伴っており、中高緯度を伝播する定常ロスビー波が亜熱帯高気圧を変動させることで、発生していた。これらの結果は、熱帯域の海面水温変動が亜熱帯ダイポールの発生に必ずしも必要不可欠ではないことを示唆している。

キーワード: 大気海洋相互作用

インド洋亜熱帯ダイポールモード現象の長期変調のメカニズム Mechanism of long-term change in the Indian Ocean subtropical dipole mode

山上 遥航^{1*}; 東塚 知己¹
YAMAGAMI, Yoko^{1*}; TOZUKA, Tomoki¹

¹ 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻

¹Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo

インド洋亜熱帯ダイポールモード現象 (IOSD) は、南インド洋における気候変動現象として知られており、正の IOSD は熱帯インド洋南東部に負の海面水温偏差、南インド洋南西部に正の海面水温偏差を伴う。本研究では、観測データと海洋大循環モデルの結果を用いて、IOSD の長期変調を初めて調べた。その結果、1,2 月の南西極における混合層厚の減少傾向のために、IOSD の発生周期が短くなっていることが明らかになった。IOSD に伴う正 (負) の海面水温偏差は、混合層が通常よりも薄く (厚く)、気候値の短波放射による加熱が強められる (抑えられる) ために生じる。近年、混合層が薄いことによって、この効果が増幅され、弱い大気の強制によっても IOSD が励起されている、と考えられる。モニンオブコフ深に基づく診断から、混合層厚の減少傾向は、海面熱フラックスの増加傾向によることが分かった。一方、IOSD の振幅が減少していることも示された。これは、12 月に成長が始まる IOSD が、近年 12 月の混合層が深くなっている傾向により、現象の成長に適さない場が作られているからである。また、1,2 月において混合層が薄くなる傾向にあるため、海面水温偏差を作りやすくする正の効果と共に、海面水温偏差を減衰させる負のフィードバック過程も強化されることによる影響も考えられる。IOSD の長期変調に対応する大気による強制の変化は見られないため、混合層厚の長期変調が IOSD の長期変調において重要であると言える。

PALAU2013で観測された台風4号発生時のマルチスケール相互作用について Multiscale Interactions In The Genesis Of Tropical Cyclone Observed In PALAU2013

吉岡 大秋^{1*}; 筆保 弘徳¹; 勝俣 昌己²; 横井 覚²; 辻野 智紀³; 舩田 あゆみ¹
YOSHIOKA, Hiroaki^{1*}; FUDEYASU, Hironori¹; KATSUMATA, Masaki²; YOKOI, Satoru²; TSUJINO, Satoki³; MASUDA, Ayumi¹

¹ 横浜国立大学大学院, ² 海洋研究開発機構, ³ 名古屋大学地球水循環研究センター

¹Yokohama National University Graduate School, ²Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ³Hydrospheric Atmospheric Research Center, Nagoya University

To understand the formation of a tropical cyclone (TC), has long been a captivating subject at the frontier of science and remains challenging because of the complex multi-scale interactions involved. During the genesis stage, sustained convective activities, which may stem from a variety of processes in a favorable environment, develop into a surface mesoscale or synoptic vortex. The mesoscale processes in the genesis stage have been the least understood aspect of the lifecycle of a TC. Although the climatological large-scale conditions favorable for TC genesis have been well known since Gray (1968, 1979), the interactions between the large-scale conditions and mesoscale processes have been poorly understood. The main purpose of this study is to conduct a detailed analysis on the multiscale interactions involved in the cyclogenesis based on observational data and numerical simulations.

The Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC) conducted a field project named the Pacific Area Long-Term Atmospheric Observation for Understanding of Climate Change (PALAU2013) over the northwest Pacific Ocean. In this project, a sounding and radar network was deployed over the ocean during the early summer of 2013. During PALAU2013, the four initial disturbances growing tropical depression (TD) or tropical storm (TS) were observed. This study focused on the disturbances, growing TS (T1304) in association with the temporal changes in large-scale environment. We analyzed re-analysis data (JMA-GSM data), observational data during PALAU2013, and simulation results using WRF-ARW. The radiosondes were launched every 3h on the R/V Mirai and every 6h at Koror and Yap. The Doppler radar was installed on this ship, collected volume-scan every 10 and 7.5 min.

Initial disturbances which occurred at (3N, 175W) in 03UTC June 10, 2013, passed through the observation point R/V MIRAI MR13-03 at (12N, 135E), grew T1304 in 00UTC June 18. The disturbance was developing along the convergence region between the trade easterlies and monsoonal westerlies. Results of radiosonde show that potential temperature was higher in the middle and upper troposphere and CAPE increased as disturbances approached. Moreover, the zonal wind component of the lower troposphere changed to the strong easterly, corresponding to the meridional wind component of the troposphere also changed to the south from the north. The temporal variation of the radar-echo area during the convections showed the organization of convective clouds to form the intense cyclones.

キーワード: 台風, 熱帯低気圧, 熱帯, ドップラーレーダー, WRF

Keywords: Tropical storm, Tropical depression, Tropics, Doppler radar, WRF

冬期 MJO の季節性と SST 変動との関係について Seasonality of boreal winter MJO and its relation to SST variability

末松 環^{1*}; 三浦 裕亮¹
SUEMATSU, Tamaki^{1*}; MIURA, Hiroaki¹

¹ 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻
¹ Graduate School of Science University of Tokyo

Madden-Julian Oscillation (MJO) is a prominent intraseasonal variability in the tropics, which is characterized by eastward moving large-scale convective system along the equator. Overall seasonality of MJO paths has been recognized to be eastward during boreal winter and north-eastward during boreal summer. However, analysis of satellite data of NOAA Interpolated Outgoing Longwave Radiation (OLR) from 1982-2012 suggests that there is a notable variability in MJO paths just within boreal winter season. The paths of MJOs were observed to make a notable shift southward from about 10° N to 10° S from September to April, often with an event passing over the equator during November to December. Structural differences were also recognized between MJOs taking northern paths (northern MJO) and southern paths (southern MJO), with northern MJOs consisting of smaller convective components and being accompanied by more westward propagating components. Using weekly NOAA Optimum Interpolated Sea Surface Temperature (SST) data of the same time period, this shift in the paths of MJOs is further analyzed in relation to variability in SST distribution. Temporal changes in zonal SST gradient of MJO occurring regions, and equatorial asymmetry of SST distribution were evaluated. The result was suggestive of effective influence of positive zonal SST gradient from equatorial Indian Ocean to equatorial Western Pacific on the existence of MJO, and that equatorial asymmetry of SST distribution may be playing a part in the shift of the MJO paths.

Keywords: MJO, SST variability, intraseasonal variability

マスカリン高気圧とそれに伴う西風ジェットとストームトラックの季節変動 Seasonal Variations of the Mascarene High and Related Changes in Jetstreams and a Stormtrack

宮本 歩^{1*}; 中村 尚¹; 宮坂 貴文¹

MIYAMOTO, Ayumu^{1*}; NAKAMURA, Hisashi¹; MIYASAKA, Takafumi¹

¹ 東京大学 先端科学技術研究センター

¹ RCAST, University of Tokyo

The subtropical high in the Southern Indian Ocean, called the Mascarene high, is an integral part of the climate system there, influencing not only weather conditions in the surrounding regions but also the oceanic state. The present study examines the mechanisms for the seasonal variations of the Mascarene high. The high resides over the eastern portion of the basin in summer, while it shifts westward in winter toward the Agulhas storm-track core in strengthening. This large seasonal displacement is a distinct feature of the Mascarene High from other subtropical highs. Our analysis reveals that, while low-level thermal contrasts between the Australian continent and southeastern Indian Ocean is important for the formation of the high in summer, its wintertime formation is owing primarily to eddy-feedback forcing due to the seasonally-enhanced storm-track activity that is maintained in the presence of pronounced SST gradient along the Agulhas Return Current. In winter, the mid-tropospheric subsidence over the surface high is associated with upper-tropospheric convergence of the cross-equatorial divergent flow, indicative of a connection between the high and the Asian summer monsoon. From the viewpoint of vorticity budget, the cyclonic tendency by the upper-level convergence is balanced with the westerly advection of the anti-cyclonic vorticity. While the converging upper-tropospheric flux of Rossby wave activity from lower and higher latitudes acts to reinforce the high in winter, the high itself acts as a source of the climatological-mean planetary waves with the net local divergence of the flux, which is suggestive of the importance of the high even on the hemispheric scale.

Keywords: subtropical high, Indian Ocean, Agulhas Return Current, SST front, jetstream, stormtrack

近年の北半球猛暑頻度の増加に対する太平洋・大西洋十年規模変動の寄与 Decadal variabilities in the Pacific and Atlantic Oceans and frequency of hot summers over the Northern Hemisphere

釜江 陽一^{1*}; 塩竈 秀夫¹; 渡部 雅浩²; 木本 昌秀²

KAMAE, Youichi^{1*}; SHIOGAMA, Hideo¹; WATANABE, Masahiro²; KIMOTO, Masahide²

¹ 国立環境研究所, ² 東京大学大気海洋研究所

¹National Institute for Environmental Studies, ²Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo

北半球夏季陸上における平均的な気温の上昇は、極端な高温イベント（例えば 2010 年のロシア熱波）の発生確率を高める [1]。特に 20 世紀後半以降は、各大陸において明瞭な昇温傾向が認められ、その大部分は人為的な強制力によるものと考えられる。近年の 15 年間は、全球平均気温の上昇は停滞傾向にある [2] 一方で、夏季の陸上平均気温はわずかな上昇、猛暑の頻度は明瞭な増加傾向を示す。これらは、近年の全球平均 SST の上昇の停滞からは説明することができない。近年の海盆スケールの海面水温 (SST) 変動は、太平洋と大西洋で特徴的な空間分布を示す。これらの太平洋・大西洋の十年・数十年規模の SST 変動は、大陸上の平均気温や極端な高温イベントに寄与しうる。

大気大循環モデル (AGCM) を用いた過去再現実験と感度実験を通して、近年の猛暑の継続的な増加の要因を特定した。AGCM に観測された SST, 放射強制力 (GHG, 火山噴火など), 土地利用変化を与え、過去 63 年間 (1949~2011 年) の再現実験を行う。また、人為的な強制を除いた実験と、さらに SST から人為的な昇温成分を除いた実験を行うことで、SST を介さない人為的な寄与、SST を介した人為的な寄与、自然起源の強制による応答と内部変動の三つに分離する。

AGCM は、観測データが示す 1) 長期的な猛暑の増加傾向と、2) 地球温暖化停滞期の猛暑の増加傾向をどちらもよく再現する。1) には SST を介さない人為起源放射強制と SST を介した寄与が大きい。特に中高緯度では SST を介さない寄与が大きく、夏季の陸上平均気温上昇に対する放射強制力の直接効果の重要性を示す先行研究の結果 [3][4] と一致する。2) には内部変動の寄与が大きい。近年の太平洋・大西洋 SST 分布は負の PDO, 正の AMO で特徴づけられる。この海面水温分布は、大気の大気遠隔応答を介してカナダの低温、中緯度北米の高温をもたらす。また、正の AMO と温暖な地中海 SST は、欧州に高温をもたらす。結果として、近年は地球温暖化の停滞期にあるにも関わらず、太平洋と大西洋の十年規模変動の寄与により、北半球中緯度の陸上では平均気温が高く、猛暑頻度が増加している。

近年の太平洋・大西洋 SST の内部変動は、地球温暖化の停滞を通して猛暑の頻度を抑えている一方で、北半球中緯度の猛暑の頻度を増やしている。今後、十年規模変動の位相が変わることにより、全球及び地域的な猛暑の頻度は大きく変わることが示唆される。

References

[1] Watanabe, M., H. Shioyama, Y. Imada, M. Mori, M. Ishii, and M. Kimoto, 2013: Event attribution of the August 2010 Russian heat wave. SOLA, 9, 64-67, doi:10.2151/sola.2013-015.

[2] Watanabe, M., Y. Kamae, M. Yoshimori, A. Oka, M. Sato, M. Ishii, T. Mochizuki, and M. Kimoto, 2013: Strengthening of ocean heat uptake efficiency associated with the recent climate hiatus. Geophys. Res. Lett., 40, 3175-3179.

[3] Kamae, Y., and M. Watanabe, 2013: Tropospheric adjustment to increasing CO₂: its timescale and the role of land-sea contrast. Clim. Dyn., 41, 3007-3024.

[4] Kamae, Y., M. Watanabe, M. Kimoto, and H. Shioyama: Summertime land-sea thermal contrast and atmospheric circulation over East Asia in a warming climate. Part II: Importance of CO₂-induced continental warming. Clim. Dyn., in revision.

キーワード: 地球温暖化, 猛暑, 熱波, 太平洋十年規模振動, 大西洋数十年規模振動

Keywords: global warming, hot summer, heat wave, PDO, AMO

高解像度 OGCM における赤道インド洋の東西運動量収支解析 Zonal Momentum Budget Along the Equator in the Indian Ocean from a High Resolution Ocean General Circulation Model

名倉 元樹^{1*}; McPhaden Michael J²
NAGURA, Motoki^{1*}; MCPHADEN, Michael J²

¹ 海洋研究開発機構, ² 米国大気海洋庁
¹JAMSTEC, ²NOAA

This study examines the zonal momentum budget along the equator in the Indian Ocean, with emphasis on the Wyrтки Jets in a high-resolution ocean general circulation model. The Wyrтки Jets are wind-driven eastward flows in the upper 100 m of the equatorial Indian Ocean that appear typically twice per year during the monsoon transitions in boreal spring and fall. Our results indicate significant contributions from zonal, meridional and vertical advection of zonal momentum, with the dominant contribution coming from zonal momentum advection. These results contrast with those from previous idealized wind-forced model experiments that emphasized the importance of vertical momentum advection. The extra eastward force caused by zonal momentum advection reinforces eastward wind stress, resulting in swifter jets in the eastern basin than in the western basin. Another consequence of these nonlinearities is that, annually averaged, zonal currents in the upper thermocline flow against the zonal pressure gradient rather than down gradient. Thus, there is no mean subsurface undercurrent flowing against the surface winds in the Indian Ocean as there is in the Pacific and Atlantic Oceans. These results indicate that proper simulation of the mean and the semi-annual zonal flows along the equator in the Indian Ocean, including their climatically relevant impacts on the mass and heat balance of the region, requires accurate representation of nonlinearities that derive from a broad range of interacting time and space scales.

キーワード: インド洋, 赤道ジェット, 運動量収支, 高解像度 OGCM

海洋環境再現データセット可視化・ダウンロードシステムの開発 Development of a visualization and download system for dataset of ocean state estimation

福田和代^{1*}; 齋藤秀亮¹; 石川洋一¹; 増田周平¹; 杉浦望実¹; 石黒駿¹; 園田朗¹
FUKUDA, Kazuyo^{1*}; SAITO, Hideaki¹; ISHIKAWA, Yoichi¹; MASUDA, Shuhei¹; SUGIURA, Nozomi¹; ISHIGURO,
Shun¹; SONODA, Akira¹

¹ 独立行政法人海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

気候変動研究に有用な海洋環境再現データセットの利用を促進するための可視化・ダウンロードシステム”Estimated State of Global Ocean for Climate Research (ESTOC) [1]”を開発した。対象となるデータセットは、ポテンシャル水温・塩分などの8つの海洋物理変数と硝酸態窒素・植物プランクトンなどの5つの海洋生態系変数から成る3次元または2次元の格子点データである。その期間は1957年から2009年までの53年にわたり、6996個、55GBのNetCDFファイルで構成される。データセットを利用する主なユーザとして気候分野だけでなく、海洋生態系分野や水産分野の研究者も想定し、システムに必要な機能を検討した。

可視化ページではユーザが指定した条件でデータのクイックルックを行うことが可能である。コンターやベクトルはベースマップ上に描画される。ユーザが興味のある領域をズームインしたり、カラーテーブルを用いて表示色の変更を行うことができる。また、その表示状態に対応したアニメーションを再生することも容易である。さらに、マップで指定した地点のデータについて、時系列・鉛直プロファイル・緯度-深度断面図、経度-深度断面図が表示できる。表示されたマップやグラフはPNGやJPEG形式の画像ファイルとしてダウンロードすることも可能である。

ログインユーザはデータファイルのダウンロードが可能である。可視化ページにおいてマップ表示に対応したデータファイルがダウンロードできるほか、ダウンロードページにおいて複数データファイルのダウンロードも可能である。ダウンロードは次の二つの方法が選択可能である。一つは通常のブラウザによるダウンロードである。もう一つはwgetコマンドを用いるためにダウンロードURLをユーザの登録アドレスにメール送信する方法である。システム管理者向けには、ダウンロード状況がダウンロードログに記録される。その情報は今後のデータ提供サービスの改善に役立てられる予定である。

URL

[1] <http://www.godac.jamstec.go.jp/estoc/j/>

様々な地球環境関連データのための広域観測網監視システムとデータ収集システム Development of Wide-area Observation Monitoring System and Data Crawling System for Global Earth Observation

村田 健史^{1*}; 長妻 努¹; 山本 和憲¹; 渡邊 英伸¹; 鶴川 健太郎²; 村永 和哉²; 鈴木 豊²
MURATA, Ken T.^{1*}; NAGATSUMA, Tsutomu¹; YAMAMOTO, Kazunori¹; WATANABE, Hidenobu¹; UKAWA, Kentaro²;
MURANAGA, Kazuya²; YUTAKA, Suzuki²

¹ 情報通信研究機構, ² 株式会社 セック

¹NICT, ²Systems Engineering Consultants Co., LTD.

NICT サイエンスクラウドは、情報通信研究機構が 2010 年より構築を進めている科学研究専用のクラウドシステムである。NICT サイエンスクラウドは地球規模での地球環境観測および宇宙環境観測データ収集機能およびインターネット公開データ収集機能を有している。データ収集機能としては、世界的に広がった観測拠点からの各種観測プロジェクトデータの自動収集および監視機能 (WONM システム) と、インターネットで公開されている各研究機関のデータの自動収集 (クローリング) 機能 (NICTY/DLA) から構成される。

WONM は、利便性向上のために小型サーバ (アプライアンス) を準備している。小型サーバには必要なアプリケーションが事前に設定してあり、観測拠点に設置・パラメータ設定を行った後に観測装置からデータが保存されるストレージをマウントするだけで、NICT サイエンスクラウドにより監視およびデータ伝送が始まる。この仕組みはデータの種類に依存しないため、様々な地球観測網への応用が期待できる。

NICTY/DLA はインターネット上に公開されている科学データ (時系列観測データ) を収集するシステムである。現在までに、1700 万を超えるデータファイルのメタ情報収集を行っている。特に注目すべき点は、これらのクローリングはほぼ自動化されており、1 名のシステム監視対応員が定期的に状況を確認しているだけで収集を実現している点である。

本発表では、WONM システムと NICTY/DLA の機能について紹介する。さらにこれを NICT サイエンスクラウド上で実装し、地球環境および宇宙環境観測データを収集した実績とその有効性について議論する。とくに、これを NICT サイエンスクラウド上で実装し、地球環境および宇宙環境観測データを収集した実績とその有効性について議論する。

DIAS における GEWEX/AMY データアーカイブと公開 WCRP/AMY data archive and data release on the DIAS

玉川 勝徳^{1*}; 太田 哲¹; 生駒 栄司¹; 絹谷 弘子¹; 大柳 美佐¹; 松本 淳²; 喜連川 優³; 小池 俊雄⁴
TAMAGAWA, Katsunori^{1*}; OHTA, Tetsu¹; IKOMA, Eiji¹; KINUTANI, Hiroko¹; OYANAGI, Misa¹; MATSUMOTO, Jun²
; KITSUREGAWA, Masaru³; KOIKE, Toshio⁴

¹ 東京大学地球観測データ統融合連携研究機構, ² 首都大学東京大学院地理環境科学域, ³ 東京大学生産技術研究所, ⁴ 東京大学大学院工学系研究科

¹EDITORIA, The University of Tokyo, ²Dept. of Geography, Tokyo Metropolitan University, ³IIS, The University of Tokyo, ⁴Dept.Civil Eng., The University of Tokyo

The purpose of this presentation is to introduce World Climate Research Programme (WCRP)/Asian Monsoon Years (AMY) data archiving and opening status along with its data uploading, data quality control, and metadata registration systems on the Data Integration and Analysis System (DIAS).

DIAS was launched in 2006 as a part of the Earth Observation and ocean Exploration System that provides cooperative opportunities for constructing data archives, and developing data integration and analysis functions (<http://www.editoria.u-tokyo.ac.jp/projects/dias/>).

The goal of WCRP/AMY is to improve Asian monsoon prediction for societal benefits through coordinated efforts and to promote a better understanding on Asian monsoon variability and predictability. Under the framework of the WCRP/AMY the various kinds of in-situ data have been archived among 21 different international projects. (<http://www.wcrp-amy.org/>). The basic for the WCRP/AMY collaborative framework is the mutual consensus among the participating countries, international organizations, individual participants, and their partner projects. It that defines the data sharing and exchange policies and is responsible for the data management.

キーワード: データ統合解析システム, アジアモンスーン年, 地上観測データ, 水循環, アジアモンスーン
Keywords: DIAS, WCRP/AMY, in-situ data, Water Cycle, Asian Monsoon

Google Earth用ボリューム可視化ソフトウェア VDVGE VDVGE: Volume Data Visualizer for Google Earth

川原 慎太郎^{1*}; 杉山 徹¹; 荒木 文明¹; 高橋 桂子¹

KAWAHARA, Shintaro^{1*}; SUGIYAMA, Tooru¹; ARAKI, Fumiaki¹; TAKAHASHI, Keiko¹

¹ 独立行政法人 海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

Google Earth 用ボリューム可視化ソフトウェア VDVGE の開発を継続して実施している。本ソフトウェアでは、四次元スカラー場データを Google Earth での表示に適したデータ形式にて可視化・出力する。現在、VDVGE はシミュレーションデータの可視化だけでなく、気象衛星や気象レーダで取得した観測データの可視化にも利用されている。講演では、VDVGE の開発状況について紹介する。また、最近の適用事例についても紹介する。

キーワード: Google Earth, ボリューム可視化, ソフトウェア開発

Keywords: Google Earth, Volume visualization, Software development

新しい海洋観測測器である UnderwayCTD 観測結果の紹介 Introduction of the UnderwayCTD observation: A new instrument of oceanography

長谷川 拓也^{1*}; 横井 覚¹; 茂木 耕作¹; 勝俣 昌己¹; 植木 巖¹; 安藤 健太郎¹; 米山 邦夫¹
HASEGAWA, Takuya^{1*}; YOKOI, Satoru¹; MOTOKI, Qoosaku¹; KATSUMATA, Masaki¹; UEKI, Iwao¹; ANDO, Kentaro¹
; YONEYAMA, Kunio¹

¹ 海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

1. はじめに

2013年5月から7月にかけてフィリピン海周辺で実施された「みらい」MR13-03航海において、新世代の海洋観測測器である Underway CTD(UCTD: 米国 Oceanscience 社製)の試験観測を行った。本試験観測の目的は、大型船である「みらい」における UCTD 運用手順を確立することや、CTD 観測との比較を行い UCTD 精度の検証を行うことである。本講演では、MR13-03 で実施した UCTD 試験観測に基づいて、UCTD 運用に関する情報や CTD との比較結果を示す。

UCTD の特徴は、従来の CTD 観測とは異なり、XCTD/XBT と同様に航走しながら観測を行える点である。さらに、プローブを破棄することなく、XCTD よりも高い精度で水温・電気伝導度・圧力の測定を繰り返し行う。すなわち、UCTD は、XCTD と CTD の長所を併せ持つ。UCTD は非常にコンパクトであり、主な構成パーツは、ウィンチ、リワインダー、ダビット、電源ボックス、センサープローブおよびテールスプールである。

2. 結果

(i) 所要時間など

リワインディングからデータ吸い出すまでの一連の作業に要する時間は、200-750m 観測では約 25 分から 35 分であった。「みらい」が大型船であることを考慮すると、より小型の船舶では揚収がより容易になることから、所要時間を 5 分以上短縮可能であると考えられる。また夜間観測を行ったが作業に支障は生じなかった。

(ii) 連続キャスト

連続キャスト時における注意点として、巻き上げに使用するウィンチのモーターの負荷が増大した際にモーターの作動に支障が生ずる可能性が挙げられる。本航海では、3 連続 200m キャスト、3 連続 500m キャスト、7 連続 250m キャストの全てにおいてウィンチモーターの作動に支障は発生しなかった。

(iii) 落下速度

投入時にセンサープローブの落下速度が規定値の 4m/s 程度となることが重要となる。試験観測の結果、落下速度は概ねおよそ 3.5m-4.2m の範囲に収まっており、この場合は観測データに異常は見られなかった。ただし、テールスプールから全てのラインを出し切った後は、ウィンチからのライン繰り出しのみとなり、落下速度が 2m/s 以下まで低下し、塩分スパイクが見られたケースがあった(詳細は発表時に示す)。

(iv) UCTD/CTD 比較実験

前述の「連続観測比較実験」及び「同時観測比較実験」を行った結果、UCTD システム全体の妥当性及び UCTD センサーの精度ともに良好であることが確認された。詳細は発表時に示す。

[謝辞] 本観測で使用した UCTD は、UCTD に関する日本代理店(株)イーエムエスより借用いたしました。「みらい」MR13-03 航海に乗船された(株)グローバルオーシャンディベロップメント、(株)マリン・ワーク・ジャパンの皆様および本航海の全ての関係者の皆様に感謝致します。

キーワード: 海洋表層現場観測, UnderwayCTD

Keywords: In-situ observation in the upper-ocean, UnderwayCTD

WRFを結合した陸面・雲の衛星マイクロ波データ同化システムの開発と関東域への適用 Development of a satellite land and cloud data assimilation system coupled with WRF, and its application to Kanto area

瀬戸 里枝^{1*}; Rasmy Mohamed¹; 小池 俊雄¹
SETO, Rie^{1*}; RASMY, Mohamed¹; KOIKE, Toshio¹

¹ 東京大学大学院工学系研究科

¹Department of Civil Engineering, the University of Tokyo

洪水予測・警報システムや貯水池操作の最適化を実現するには、数時間先に降水域が河川流域の中に生じるか否か、という細かな時空間分布の予測が極めて重要である。そこで、降水の生じる‘位置’の予測精度向上に焦点を置いたシステム開発として、降水を生じる雲を直接初期値として同化することが有効と考えられる。雲はマイクロ波によって衛星から観測することが可能であるが、陸面の射出が雲に比べて非常に強いことから、陸上の雲を直接観測することは困難である。一方で近年、複数の波長での適用が可能な陸面のマイクロ波放射伝達モデルが開発され、観測の技術も発展したことで、大気と陸面の結合系において、異なる対象に感度を持つ複数の波長を用いることで、陸面の射出を適切に表現するための陸面のデータ同化と、陸面の射出を下部境界条件とした、陸上の雲の観測・同化を同時に行うことが可能となった。本研究では、このような発想で Rasmy et al.,2011 によって開発された初めての大気-陸面結合衛星データ同化システム CALDAS のシステム構成を基に、より汎用性の高いコミュニティモデルである WRF を結合した大気-陸面結合衛星データ同化システム (CALDAS-WRF) を開発・改良し、関東域に初めて適用した。

CALDAS-WRF は、大気モデル WRF、陸面モデル SiB2、土壌の放射伝達モデルとアンサンブル・カルマンフィルタから成る陸面データ同化部分、大気の放射伝達モデルと 1DVAR から成る雲データ同化部分で構成され、Aqua 衛星搭載の改良型高性能マイクロ波放射計 (AMSR-E) の観測を同化する。システム全体はメインプログラムである Coupler によって統括的にコントロールされる。

システムの流れは、まず全体の初期化に続いて、大気モデル WRF の積分計算、大気モデルからの Forcing を受けて陸面モデル SiB2 のアンサンブル予測計算を観測が得られるまで繰り返し行う。AMSR-E による観測が得られると長波長マイクロ波の観測とアンサンブル・カルマンフィルタによって土壌水分の最適値を推定する。その後、推定された土壌水分量から短波長の陸面射出を算出し、それを背景情報として 1次元の変分法と最小値探索アルゴリズム Shuffled Complex Evolution (SCE) によって雲の情報を抽出して同化し、大気モデルの計算に戻る。

CALDAS-WRF を関東周辺での豪雨イベントへ適用した結果、CALDAS-WRF によって衛星観測から雲の情報を適切に抽出し、雲の分布を非常に良く再現することができた。更に、大気モデルの雲微物理スキームを通して、適切な位置に降水を生じさせることにも成功し、局地的に物理的整合性のとれた大気場をも形成した。しかしながら、降水量についてはまだ観測の強度を再現するには至らず、降水の継続時間も不十分であり、今後の改善を目指したい。

キーワード: 雲, 土壌水分, 衛星マイクロ波データ同化, 関東域, 豪雨予測

Keywords: cloud, soil moisture, satellite microwave data assimilation, Kanto area, heavy rain prediction

大気海洋結合領域モデルによる現在および将来気候の力学的ダウンスケーリング Atmosphere-Ocean coupled regional modeling for dynamical downscaling of current and future climates

芳村 圭^{1*}; Ham Suryun¹; Li Haiqin²
YOSHIMURA, Kei^{1*}; HAM, Suryun¹; LI, Haiqin²

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² フロリダ州立大海洋大気予測研究センター

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, ² Center for Ocean-Atmospheric Prediction Studies, Florida State University

本研究では、領域大気海洋結合モデル (RSM-ROMS) を開発し、CCSM3 によって計算された 20 世紀気候再現実験と 21 世紀気候予測実験の結果を大気と海洋両方の側方境界条件として、アメリカ合衆国南西部を対象とした力学的ダウンスケーリングを行った。その結果、海洋湧昇流による低温海水の供給により、沿岸域、特にサンフランシスコベイエリアなどにおいて沿岸湧昇流の効果による気温上昇の低減が見られた。そのため、極端な高温日の頻度が大気海洋結合時と非結合時のシミュレーションによって大きく異なった。また、カタリナ渦という南カリフォルニア沖に数時間スケールで現れるメソスケール現象の頻度が、温暖化により約 3 割低下することが予想されていたが、大気と海洋を結合することで頻度の減少が約 2 割に抑えられることが判明した。このような大気海洋が結合することによる相互作用による気候への影響は、海に囲まれた日本列島においてはより顕著であると考えられるため、同様なフレームワークの実験を東アジア領域に適用した。初期結果として、日本の夏から秋にかけて、特に黒潮とその上空表層の風が逆方向になる時期には沿岸沈降流が発生し、暖かい海水が沿岸域に集中する傾向があることがわかった。すなわち、カリフォルニアのケースとは逆に、非結合モデルで予測されていた温暖化の程度は東京を含む太平洋側地域では過小評価である可能性があること示唆している。今後さらに解析をすすめるとともに、発表時には陸域からの河川流出による海洋への影響を考慮した結果を紹介する予定である。

キーワード: 大気海洋結合領域モデル, 沿岸湧昇流, 領域気候予測, 力学的ダウンスケーリング

Keywords: Atmosphere-Ocean coupled regional model, coastal uplifting current, regional climate projection, dynamical downscaling

アンサンブル大気再解析 ALERA2 で何が見えるか?MJO の新たな視点?
What can we find with the ensemble atmospheric reanalysis: ALERA2? -New aspect of
the MJO-

茂木 耕作^{1*}
MOTEKI, Qoosaku^{1*}

¹ 海洋研究開発機構
¹JAMSTEC

アンサンブル大気再解析 ALERA2 が一般公開され、2003 年?2013 年までの期間について、既存の再解析との比較も可能な段階に入ってきた。ここでは、マッデンジュリアン振動 MJO を例として、アンサンブル大気再解析で新たに得られる視点を紹介する。

キーワード: ALERA, アンサンブル, 大気再解析, MJO
Keywords: ALERA, ensemble, reanalysis, MJO

再解析に表現される気候変動 Climate Change Signal Represented in Reanalyses

釜堀 弘隆^{1*}
KAMAHORI, Hirotaka^{1*}

¹ 気象研究所

¹ Meteorological Research Institute

NOAA/NCEP が初の気候再解析 NCEP/NCAR を完成させて 20 年が経過した。この間、NCEP/DOE, ERA-15, ERA-40, JRA-25 が世に送り出され、さらに最近、MERRA, CFSR, ERA-Interim, JRA-55 など新世代の再解析も次々と完成している。

今日では気候再解析は気象学のみならず、様々な研究分野において利用されている。観測に準じるデータとして大変有用な基盤データとして幅広く使われている再解析プロダクトであるが、気候変動の分野においては利用があまり進んでいない。その原因は、気候変動のシグナルの大きさに較べてより大きい人為的変動のシグナルが再解析には内在しており、S/N 比がまだまだ良くないためである。初の再解析 NCEP/NCAR 以来、すべての再解析はデータ同化システムを frozen system (同一のシステム・同一のパラメータ) として作成されてきた。このことにより、時間的に均質なプロダクトが期待されたが、実際には観測システムの変動により現実大気の変動とは異なる変動が多く含まれる。特に、1979 年の静止気象衛星の登場により、その前後で再解析プロダクトには大きな品質のギャップが内包されており、再解析の気候学研究への適用を困難にしていた。一方、プロダクトにおける人為的変動を極力減らして気候変動のシグナルを利用できるようにする不断の努力も続けられており、最近の再解析では、データ同化システムに入力する衛星データやラジオゾンデデータのバイアス補正も適用されるようになった。これにより、再解析プロダクトの時間的均質性は格段に向上し、気候変動のシグナルもある程度抽出可能になってきた。再解析における気候変動の再現性については、気象要素毎にその差異が大きく、気温については良く再現されているが、降水量などはまだまだ変動を再現できていない。講演では、最新の再解析プロダクトに表現される気候変動の現状について述べる。

キーワード: 気候変動, 再解析, データ同化, 観測

Keywords: Climate Change, Reanalysis, Data Assimilation, Observation

データ提供者のポリシーを考慮した DIAS による地球観測事業データプロダクト公開 The data release of Earth observation project data products considering data provider's policies by DIAS

絹谷 弘子^{1*}; 清水 敏之²; Li Jiyi²; 中原 陽子²; 吉川 正俊²; 喜連川 優³; 小池 俊雄¹
KINUTANI, Hiroko^{1*}; SHIMIZU, Toshiyuki²; LI, Jiyi²; NAKAHARA, Yoko²; YOSHIKAWA, Masatoshi²; KITSUREGAWA, Masaru³; KOIKE, Toshio¹

¹ 東京大学, ² 京都大学, ³ 東京大学 国立情報学研究所

¹The University of Tokyo, ²Kyoto University, ³The University of Tokyo, National Institute of Informatics

研究者が収集したデータ, 作成したプロダクトデータの分野を超えた利活用を目的として我々のデータ統合・解析システム (DIAS: Data Integration and Analysis System) は 2006 年から開発を始めた。DIAS 開発の目的は, 最先端の情報科学技術と地球環境に関わる様々な科学技術の連携によって, 地球観測データや数値モデル, 社会経済データを効果的に統合し, 情報を融合するデータインフラを構築し, 地球環境問題を解決に導く知を創造し, 公共的利益を創出することである。2010 年 10 月から DIAS が収集したデータの公開を始めた。DIAS が収集したデータ, メタデータは <http://dias-dss.tkl.iis.u-tokyo.ac.jp/ddc/> から俯瞰, 検索が行える。さらに検索後, ダウンロードが可能なデータセットは 195 種類である。

DIAS 公開データは

- 1) 研究用モデル出力データ,
- 2) 研究用衛星データ,
- 3) DIAS 研究成果プロダクト,
- 4) DIAS サポートプロジェクトプロダクト

に大別できる。2013 年度, 新たに公開されたデータセットは, 国立環境研究所・地球環境研究センター「落石岬モニタリングステーション 温室効果ガスデータ」, 「苫小牧 熱・水・CO₂ フラックス」, 「分光放射, 植生指標データ」, 「日本-アメリカ西海岸間の定期貨物船 (Pyxis) を利用する大気海洋二酸化炭素モニタリング」, 気象庁「55 年長期再解析 (JRA-55) データ」, GRENE-City「津波アーカイブ」, AGURAM「全球都市域マップ地上情報データベース」, アジアモンsoon年参加プロジェクトデータプロダクトなどである。

DIAS が公開するデータに対し, データ提供者は必ずデータセットを説明するドキュメント・メタデータ (英語, 日本語) を作成する。この中にデータに関するポリシーを記述し, データ利用者に周知する。ドキュメントメタデータには, データ提供者が記述するポリシーに加え, データ作成の背景となったプロジェクトのポリシー, そして DIAS のポリシーが含まれる。相反する規約が記述されている場合は, 優先順位をデータ提供者, プロジェクト, DIAS の順と定めている。

DIAS のデータ利用規約は次の通りである。

1. 利用者は, データ提供者が示すデータ利用規約がある場合はそれを優先し従うこと。
2. 利用者は, DIAS データセットを研究及び教育目的のみに利用し, 営利などのそれ以外の目的に利用しないこと。
3. 利用者は, DIAS データセットの内容を改変しないこと。
4. 利用者は, DIAS データセットを第三者に提供しないこと。
5. 利用者は, DIAS データセットを利用した学会発表・論文発表・誌上発表・報告等を行った場合は, データ引用文に掲載されている文章をカッコ書きで引用すること。
6. 利用者は, DIAS データセットを利用した学会発表・論文発表・誌上発表・報告等を行った場合は, 公表物の写し (論文の場合は別刷り, 口頭・ポスター発表の場合は講演要旨のコピー) を下記の「連絡・送付先」に提出すること。

データ提供者がポリシーを作成する際の土台として DIAS のポリシーは利用されている。

また DIAS が開発しているデータダウンロードシステムでは, データダウンロードに際し利用者のデータへのアクセス管理を 4 段階にわけて行っている。

- 1) DIAS にユーザ登録していればダウンロードが可能
- 2) 1) に加え, データポリシーに同意すればダウンロードが可能
- 3) 2) に加え, データ提供者にシステムを通して利用申請を行い, 承認が得られたのちダウンロードが可能
- 4) 2) に加え, データ提供者と個別に交渉をして, 承認がえられたのちダウンロードが可能

このようにデータ提供者のデータポリシーを考慮することによって, 我々はデータ提供者にデータ公開に対する信頼性を高めるよう努めている。

ACG38-P01

会場:3 階ポスター会場

時間:4 月 28 日 18:15-19:30

キーワード: DIAS, 地球観測データ, 衛星データ, モデル出力データ, 現地観測データ, データポリシー
Keywords: DIAS, Earth Observation data, Satellite data, Model output data, In-situ data, data policy

将来 HPC での使用を見据えた共通基盤ライブラリ (SCALE) の開発と SCALE を用いて作成されたデータセット Development of a basic common library (SCALE) for future HPC and datasets created by the library

佐藤 陽祐^{1*}; 西澤 誠也¹; 八代 尚¹; 宮本 佳明¹; 富田 浩文¹
SATO, Yousuke^{1*}; NISHIZAWA, Seiya¹; YASHIRO, Hisashi¹; MIYAMOTO, Yoshiaki¹; TOMITA, Hirofumi¹

¹ 理化学研究所計算科学研究機構

¹RIKEN Advanced Institute for Computational Science

近年の計算機能力の急速な発達によって、数値モデルは高解像度化とそれ自体が取り扱う個別のプロセスの精緻化が急速に進んでいる。このような数値モデルの発展は大型計算機と切っても切れない関係があるが、大型計算機の動向の変化と、高解像度化、精緻化に伴って生じてきた問題がある。理化学研究所計算科学研究機構では次世代 High Performance Computing (HPC) での使用を見据えた、超並列、大規模計算のための数値計算ライブラリ SCALE (Scalable Computing for Advanced Library and Environment) ライブラリを開発を進めている。SCALE ライブラリは BSD 2 条項に基づいて、誰でも自由に利用することができ、理化学研究所のホームページより公開されている (<http://scale.aics.riken.jp/>)。

現状では SCALE ライブラリのひとつのコンポーネントとして、SCALE-Large Eddy Simulation (LES) が利用可能である。この SCALE-LES は完全圧縮方程式の基づき、完全陽解放 (水平鉛直ともに陽解放を用いる HE-VE スキーム) を用いていることが一つの特徴である。また陰的な数値粘性を極力排除するために、空間差分化には偶数次の差分を用い、密度に関わる項は 2 次の中央差分、その他の項は 4 次の中央差分を用いている。また時間積分は 3 段のルンゲ・クッタスキームを用いている。

実装されている物理コンポーネントは乱流スキーム、放射モデル、3 種類の雲微物理モデル (1-moment bulk, 2-moment, Bin モデル) などである。近い将来、エアロゾルモデル、地表面過程、陸面モデル、都市モデル、化学輸送モデルなども実装予定である。

また現状で利用できるコンポーネントは LES のみであるが、領域モデルや全球モデル、さらには気象・気候にとどまらず、数値計算の対象となる様々なコンポーネントを実装し、様々なコンポーネントを組み合わせることで計算を行うことができるようにする予定である。さらに、SCALE ライブラリを用いて、解像度数 $m \sim$ 数十 m で計算された計算結果のデータセットが整いつつある。

本発表ではこの SCALE ライブラリの紹介と、計算結果の一部を紹介し、高解像モデルにおいて大きな問題となっている大規模なデータの取り扱いや可視化の問題に関して、他分野で同様の問題を抱えている参加者と活発な議論することを期待する。

全国合成国土数値情報土地利用メッシュラスターデータセット Japan mosaic land-cover 0.01 degrees raster dataset

樋口 篤志^{1*}; 川上 聖²; 村上 暁信³; 増富 祐司⁴; 高見 昭憲⁵
HIGUCHI, Atsushi^{1*}; KAWAKAMI, Satoshi²; MURAKAMI, Akinobu³; MASUTOMI, Yuji⁴; TAKAMI, Akinori⁵

¹ 千葉大学 環境リモートセンシング研究センター, ² 日本 HP, ³ 筑波大学, ⁴ 埼玉県環境科学国際センター, ⁵ 国立環境研究所

¹CEReS, Chiba University, ²HP Japan, ³University of Tsukuba, ⁴Center for Environmental Science in Saitama, ⁵NIES

数値シミュレーションの基礎情報として、土地被覆・土地利用データセットは必須である。我が国においては国土数値情報として、土地利用3次メッシュがベクターデータ (ArcGIS で読み出し可) が国土交通省より公開されている。今回紹介するデータセットは、国土数値情報土地利用3次メッシュを元に、全国を0.01°ラスターデータとして合成したものである。1976, 1987, 1991, 1997, 2009分が作成済みである。代表的な陸面モデル (SiB, SiB2等) の陸面状態 (フラグ) との変換プログラムも作成し、容易に雲解像モデルの初期場として利用することが可能となっている。展示時には都市キャノピーモデルが含まれないモデルによる都市緑化の影響評価のための土地利用変更に関するルール作成の一例についても示したい。なお、本データセット作成には文部科学省 RECCA/SALSA project の支援を受けた。

キーワード: 土地利用, 国土数値情報, 日本合成, ラスターデータ

Keywords: land use, land numerical mesh, Japan mosaic, raster data

神戸市長田区における教育利用を目的とした気象観測 Meteorological observations for the purpose of educational use in Nagata ward, Kobe

福島 あずさ^{1*}; 大塚 成昭¹
FUKUSHIMA, Azusa^{1*}; OTSUKA, Shigeaki¹

¹ 神戸学院大学人文学部
¹ Faculty of Humanities and Sciences, Kobe Gakuin University

気象や気候は小学・中学・高等学校の理科や地理の単元として扱われる。近年、気象観測機器の普及によって、気象庁以外でも各地で教育・研究目的での気象観測が行われるようになり、インターネットを通じて多くのデータが入手しやすくなっている。一方で、観測やデータ解析の実習を伴う発展的な授業を行なうためには、解析事象の選定やデータの準備など教員の負担が大きい。気象データの教育利用を推進するためには、学校教員の負担を軽減するため、公開する側が何らかの支援策を用意することが望ましいと考えられる。本報告では、神戸学院大学地域研究長田センターにおいて、2011 年より開始された気象観測データの教育利用に向けた取り組みについて発表する。

地域研究長田センターは 2010 年に神戸市長田区の旧二葉小学校内に設置された。2011 年夏に環境計測システムを導入し、9 月 11 日より気象要素と地震要素の計測を開始した。気象要素として、気温、風向風速、相対湿度、雨量、全日射量、紫外線 A・B、気圧を、さらに強震計による震度・波形、地下水位、地下水温を計測している。データは日報（日最高・日最低・1 時間値）、月報（日最高・最低・平均値等）、年報（月最大・最小・平均値等）として自動的にサーバに保存される。現在、教育・研究目的での利用に限り、事前に登録済みのユーザーに対して日報形式のデータファイルを公開している。

観測地点は長田港から約 400m の低位段丘層に位置し、海に近接した市街地の 3 階建て旧校舎屋上である。同じく海浜地区にある神戸地方気象台から南西に 7km ほどの距離にある。神戸近辺の気象庁観測所はほかに明石のアメダスがあるが、明石海峡をはさんで播磨灘側の二見に設置されている。長田は大阪湾側に位置し、歴史的にも有名な須磨の浦、六甲・淡路島断層帯の須磨断層のすぐ東にあたる。神戸市の中心市街の東側に位置するため、東側に設置されている神戸地方気象台のデータと併せて利用すれば、地域スケールでの海陸風やヒートアイランドの研究を行うことが可能である。また観測装置の見学や観測方法の解説、体験なども可能である。

身近な長田での観測データから、気象変化を解析的に理解する教材を作成できる。さらに、地方気象台やアメダスのデータと比較することで、地理的、時間的感覚を養うことも可能となる。発表では、2012 年、2013 年の二年分のデータを利用した夏季の天候比較を示し、これらの解析を使った教材への展開について述べる予定である。

キーワード: 気象・地震観測データ, 地学教育, 神戸市長田区

Keywords: Meteorological and Seismological Data, Earth Science Education, Nagata ward, Kobe

ニューラルネットワークを用いた対流圏水蒸気トモグラフィーの試みに関する研究 Study of tropospheric tomography for water vapor distribution with Neural Network

廣木 暁充^{1*}; 服部 克巳¹; 廣岡 伸治¹
HIROKI, Akimitsu^{1*}; HATTORI, Katsumi¹; HIROOKA, Shinji¹

¹ 千葉大学大学院理学研究科
¹ Graduate School of Science, Chiba University

近年、ゲリラ豪雨やそれに伴う斜面崩壊が多く報告されている。このような気象地盤災害に対する防災には、降雨状況の監視と予測が重要である。日本においては、気象レーダー網によって降雨の観測が行われている。しかし、インドネシアやフィリピンといった発展途上国では、レーダー網による観測はコストや維持管理の面で、現状ではレーダー網による降雨の監視は実現が困難である。一方、GPS電波や衛星放送の既存電波を用いた受動的な水蒸気トモグラフィーは、その簡便さからレーダーに代わる降水状況モニタリングシステムとして前述の国々では有効であると思われる。

大雨や落雷の被害をもたらすような雨雲の発達が起こるときには顕著な水蒸気の流入がある。このような水蒸気の分布や水蒸気の流れはGPSによる測定が可能である。従来のGPS気象学はPWV(可降水量)が用いられている。トモグラフィーもモデル依存性のものが一般的に使われていた。本研究ではモデル依存性の無い残差最小化学習ニューラルネットワーク(RMTNN)のアルゴリズムを用いて、GPSデータとAMeDASデータから3次元水蒸気分布の再構成を試みた。シミュレーション結果は、水蒸気量に逆転層や急峻な変化がある場合にもGPSデータから3次元水蒸気分布が推定できる能力があることを示した。詳細は講演時に発表する。

キーワード: トモグラフィー, 水蒸気, GPS
Keywords: tomography, water vapor, GPS