

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 *Emiliana 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

¹ Hokkaido 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イ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イ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、ノースウインド海底平原(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-Marui 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順圧高度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傾圧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 10 年スケールの変動は外部強制によるものではなく、地球大気の内部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力学的な内部変動 (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所

¹Arctic Environmental Research Center, National Institute of Polar Research, ²Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, ³Faculty 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、 $-16.3 \pm 4.0 \text{ m}$ (-5.3 m yr^{-1} : 2007-2010 年)、 $-10.8 \pm 4.0 \text{ m}$ (-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く。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 (Campbell 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院, 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.