

新しい北極気候変動プロジェクトの始動 START OF NEW ARCTIC CLIMATE RESEARCH PROJECT

山内 恭^{1*}, 榎本 浩之¹, 大畑 哲夫², 兒玉 裕二¹
YAMANOUCHI, Takashi^{1*}, ENOMOTO, Hiroyuki¹, OHATA, Tetsuo², KODAMA, Yuji¹

¹ 国立極地研究所, ² 海洋研究開発機構
¹National Institute of Polar Research, ²JAMSTEC

2011年度より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」が開始した。日本の大学や研究所の様々な分野の研究者をつなぎ北極の温暖化や気候変動のメカニズムを調べ、海洋や陸域の生態系や北極航路への影響と将来予測を行うことを目的としている。

また、GRENE北極気候変動プロジェクトでは、今後の研究推進のため研究者組織である北極環境研究コンソーシアムの支援を実施している。北極環境研究コンソーシアムは2011年5月に発足し、約300人の登録がある。本発表ではこれらの新たな活動について紹介する。

Arctic Climate Research Project: <http://www.nipr.ac.jp/grene/>
JCAR: http://www-arctic.nipr.ac.jp/web_HKCC/HKCC_top/index.html

キーワード: 北極, 気候, プロジェクト, コンソーシアム
Keywords: Arctic, Climate, Project, consortium

北極環境研究に関する国際的推進など研究環境の状況 International promotion of Arctic Environmental Research

大畑 哲夫^{1*}
OHATA, Tetsuo^{1*}

¹ 海洋研究開発機構
¹JAMSTEC

今まで日本の中の北極環境研究に関しては幾つかの研究機関での事業的研究や研究機関・大学等の研究者が競争的資金を取得し実施する研究がほとんどであったが、文科省の戦略的研究である GRENE が始まり、研究の環境は複雑になりつつある。一方、各国の諸事業（プロジェクト・プログラム）や国際的な推進活動も増え、それらがアクロニムとして表現され氾濫しつつある。その状況は年々変化するため、理解するだけでも一苦労である。北極環境に関しては、自然科学のみならず社会科学や工学なども関係してくるため状態がより複雑になっている。

個々の科学者は具体的な研究の際に、これらの状況を知らなくても仕事ができるが、ファンディングの際や諸外国の研究者と研究の進め方などを議論する場合には、これらの状況やアクロニムで表されている事柄に関する知識があると、役立つことが考えられる。むしろそれらをうまく活用すれば、研究を豊かにできるとも言える。

本発表では、これら北極環境研究に関する国際的推進活動の現況を、可能な範囲で分かりやすく説明する予定である。

キーワード: 北極環境研究, 国際情勢

Keywords: Arctic Environmental Research, International promotion

北極域データアーカイブ Arctic Data archive System(ADS)

矢吹 裕伯^{2*}, 川本 温子¹

YABUKI, Hironori^{2*}, KAWAMOTO, Haruko¹

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

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。日本の北極域研究の推進は、これまでそれぞれの分野で独立して行ってきた。国立極地研究所では、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、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。

キーワード: 北極域, 環境, 温暖化

Keywords: Arctic, Environment, Global Warming

Arctic Satellite Remote Sensing Real-Time and Archived Data for Environmental and Climate Research and Operations Arctic Satellite Remote Sensing Real-Time and Archived Data for Environmental and Climate Research and Operations

Scott Macfarlane^{3*}, Tom Heinrichs³, Larry Hinzman², Dayne Broderon³
MACFARLANE, Scott^{3*}, Tom Heinrichs³, Larry Hinzman², Dayne Broderon³

¹University of Alaska Fairbanks, ²International Arctic Research Center, ³Geo. Information Network of Alaska

¹University of Alaska Fairbanks, ²International Arctic Research Center, ³Geo. Information Network of Alaska

The Geographic Information Network of Alaska (GINA) at the University of Alaska Fairbanks' (UAF) International Arctic Research Center receives, archives, and distributes in near-real-time satellite data for the Arctic region. The millions of images and data products stored at GINA provide an important tool for long-term environmental studies and as a baseline for climate change detection. GINA operates its own X-band receiving station for MODIS data and the newly launched US NOAA Suomi NPP satellite. MODIS and NPP VIIRS sensor data are processed and delivered in near-real-time and provide valuable support for wildfire, volcanic eruption, sea ice, and ship operations. GINA partners with the NOAA/NESDIS Fairbanks Command and Data Acquisition Station to receive MODIS, AVHRR, DMSP, Landsat, and other satellite data. Landsat 8 and GOES-R data will be captured and processed in the future under this partnership, as well. This presentation will describe environmental and imagery satellite data sets available from the University of Alaska GINA program. The presentation will also highlight ongoing wildfire, sea ice, volcano, and hydrology research outcomes using this data that have been achieved by Japanese and American researchers working together at the UAF International Arctic Research Center.

キーワード: arctic, remote sensing, Alaska, near-real-time data, environmental research, climate research

Keywords: arctic, remote sensing, Alaska, near-real-time data, environmental research, climate research

北極：新しいフロンティア The Arctic: A New Frontier

赤祖父 俊一^{1*}

AKASOFU, SHUNICHI^{1*}

¹ 国際北極圏研究センター

¹International Arctic Research Center

The Arctic is a new frontier in science, transportation, natural resources, and international politics. In particular, the Arctic is a treasure house of natural science. There are many fascinating phenomena that need intense, explorative research, such as the aurora, noctilucent clouds, the ozone hole, Arctic oscillation, sea ice, glaciers, tundra, and permafrost.

The Arctic is sensitive to climate change and environmental changes, presenting an ideal region for examining future changes.

As the Arctic sea ice seems to be receding, the Northeast Passage sea route may become operable in the future, and the exploration of oil and natural gas may begin soon. Unlike the Antarctic continent, there is so far no international treaty on territorial and resource claims yet, though many countries aside Japan are active on this issue.

キーワード: 北極, フロンティア

Keywords: Arctic, Frontier

雪氷微生物で覆われた北西グリーンランドの氷河表面の波長別アルベド Spectral albedos of glacier surfaces covered with glacial microbes in northwestern Greenland

青木 輝夫^{1*}, 朽木 勝幸¹, 庭野 匡思¹, 的場 澄人², 植竹 淳³, 本山 秀明³, 竹内 望⁴

AOKI, Teruo^{1*}, KUCHIKI, Katsuyuki¹, NIWANO, Masashi¹, MATOBA, Sumito², UETAKE, Jun³, MOTOYAMA, Hideaki³, TAKEUCHI, Nozomu⁴

¹ 気象研究所, ² 北海道大学低温科学研究所, ³ 国立極地研究所, ⁴ 千葉大学

¹Meteorological Research Institute, ²Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, ³National Institute of Polar Research, ⁴Chiba University

Snow and ice in the Arctic are presently undergoing drastic changes. The mass balance loss from the Greenland Ice Sheet increased significantly after the mid-1990s. One of the possible reasons of snow/ice surface melting is due to the increases of light absorbing impurities in snow/ice and snow grain size. This is because the surface albedo of snow (ice) is strongly controlled by mass concentration of light absorbing impurities including glacial microbes and snow (ice) grain size. To clarify this we carried out the spectral albedo measurements on ablation area in Qaanaaq Glacier in northwestern Greenland in July 2011. The almost glacier surfaces in the ablation area were covered with cryoconite (biogenic dust) on ice grain layer with the size of 1 to 2 centimeters and the several-centimeter depth above bare ice. There were also cryoconite holes (a water filled cylindrical melt-holes with cryoconite on the bottom), red snow (snow algae) and rivulets in some parts of the glacier surfaces. We measured the spectral albedos of the glacier surfaces using a spectrometer FieldSpec3 (ASD Inc., USA) for a spectral range from 350 to 2500 nm. The target surface conditions are comparatively homogeneous cryoconite, bare ice, and red snow. The measured spectral albedos had a remarkable contrast between red snow surface and ice surface covered with cryoconite mainly for the ultraviolet to visible regions (350-750 nm), where red snow albedo increased rapidly with the wavelength, while cryoconite surface albedo was relatively flat. The spectral albedos of cryoconite surface in the spectral domain from 1000 to 1400 nm were higher than that for the underlying bare ice. This is due to light scattering by ice grains, on which the cryoconite covers, above the bare ice. We also simulated the spectral albedos of cryoconite surface and red snow surface with a radiative transfer model for the atmosphere-snow system. The snow grains are assumed to be spherical particles with the size of several millimeters and the ice grains are non-spherical particles with the size of several tens millimeters. Those grain sizes are based on in-situ measured values. For the effects of snow impurities of cryoconite and snow algae (red snow), we simply assumed the optical properties of mineral dust of in-situ measured mass concentrations with external mixtures. The theoretically calculated albedos were higher than the measurements for the spectral region less than 750 nm for both cases of cryoconite and red snow. The differences would be the effects of glacial microbes.

キーワード: アルベド, 雪氷微生物, グリーンランド, 積雪粒径, クリオコナイト, 放射伝達モデル

Keywords: albedo, glacial microbes, Greenland, snow grain size, cryoconite, radiative transfer model

Results of the SeaRISE numerical experiments with the model SICOPOLIS for the Greenland ice sheet Results of the SeaRISE numerical experiments with the model SICOPOLIS for the Greenland ice sheet

Ralf Greve^{1*}
GREVE, Ralf^{1*}

¹Hokkaido University

¹Hokkaido University

SeaRISE (Sea-level Response to Ice Sheet Evolution) is a multi-model community effort to predict the likely range of the contribution of the Greenland and Antarctic ice sheets to sea level rise over the next few hundred years under global warming conditions. The Japanese ice sheet modelling community is contributing to SeaRISE with three large-scale, dynamic/thermodynamic models: SICOPOLIS, IcIES and Elmer/Ice. Here, results for the Greenland ice sheet obtained with SICOPOLIS are discussed under the forcings (surface temperature and precipitation scenarios) defined by the SeaRISE effort. A crucial point for meaningful simulations into the future is to obtain initial conditions that are close to the observed state of the present-day ice sheet. This is achieved by proper tuning during model spin-up from the last glacial/interglacial cycle to today. Experiments over 500 years into the future investigate the sensitivity of the ice sheet to changed conditions at the ice surface (future climate warming), the base (increased basal sliding) and the margin (increased melting of marine ice fronts).

キーワード: Greenland, Ice sheet, Climate change, Sea level rise, Modelling

Keywords: Greenland, Ice sheet, Climate change, Sea level rise, Modelling

Simulations of the Greenland ice sheet 200 years into the future with the full Stokes model Elmer/Ice Simulations of the Greenland ice sheet 200 years into the future with the full Stokes model Elmer/Ice

Hakime Seddik^{1*}, Ralf Greve¹, Thomas Zwinger², Fabien Gillet-Chaulet³, Olivier Gagliardini³
SEDDIK, Hakime^{1*}, GREVE, Ralf¹, Thomas Zwinger², Fabien Gillet-Chaulet³, Olivier Gagliardini³

¹Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, ²CSC IT Center for Science Ltd, ³Laboratory of Glaciology and Environmental Geophysics, CNRS, UJF-Grenoble I

¹Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, ²CSC IT Center for Science Ltd, ³Laboratory of Glaciology and Environmental Geophysics, CNRS, UJF-Grenoble I

The full Stokes thermo-mechanically coupled model Elmer/Ice is applied to the Greenland ice sheet. Elmer/Ice employs the finite element method to solve the full Stokes equations, the temperature evolution equation and the evolution equation of the free surface. The general framework of this modeling effort is a contribution to the Sea-level Response to Ice Sheet Evolution (SeaRISE) assessment project, a community-organized effort to estimate the likely range of ice sheet contributions to sea level rise over the next few hundred years (<http://tinyurl.com/srise-lanl>, <http://tinyurl.com/srise-umt>).

The present geometry (surface and basal topographies) is derived from data where the basal topography was created with the preservation of the troughs at the Jakobshavn Ice Stream, Helheim, Kangerdlussuaq and Petermann glaciers. A mesh of the computational domain is created using an initial footprint which contains elements of 5 km horizontal resolution and to limit the number elements on the footprint while maximizing the spatial resolution, an anisotropic mesh adaptation scheme is employed based on the Hessian matrix of the observed surface velocities. The adaptation is carried out with the tool YAMS and the final footprint is vertically extruded to form a 3D mesh of 320880 elements with 17 equidistant, terrain-following layers.

The numerical solution of the Stokes and the heat transfer equations employs direct solvers with stabilization procedures. The boundary conditions are such that the temperature at the surface uses the present-day mean annual air temperature given by a parameterization or directly from the available data, the geothermal heat flux at the bedrock is given by data and the lateral sides are open boundaries. A non-linear Weertman law is used for the basal sliding.

Results for the SeaRISE 2011 sensitivity experiments are presented so that seven different experiments have been conducted, grouped in three sets. The Set C (three experiments) applies a change to the surface precipitation and temperature, the set S (three experiments) applies an amplification factor to change the basal sliding velocity and the Set T (one experiment) combines the forcings. The experiments are compared to a constant climate control run beginning at present (epoch 2004-1-1 0:0:0) and running up to 200 years holding the climate constant to its present state.

Relative to the control run, the experiments with the changes to the surface precipitation and temperature (Set C) show a contribution to sea level rise of ~5 cm SLE when a factor 1x is applied to the temperature and precipitation anomalies. A factor 1.5x produces a sea level rise of ~10 cm SLE and a factor 2x produces a sea level rise of ~20 cm SLE. The experiments with the amplification factor applied to the basal sliding velocity (Set S) show higher sensitivities. The scenario with an amplification factor of 3x produces a Greenland contribution to sea level rise of ~70 cm SLE. An amplification factor of 2.5x produces a contribution of ~46 cm SLE and an amplification factor 2x produces a contribution of ~26 cm SLE. The combo run (factor 1x applied to the temperature and precipitation anomalies in combination with the doubling of the basal sliding) produces a contribution of 31 cm SLE.

キーワード: ice sheet, modeling, Greenland, SeaRISE

Keywords: ice sheet, modeling, Greenland, SeaRISE

東シベリア山岳地域の氷河平衡線高度の変動要素

Factors of variation of glacier equilibrium line in mountainous area of Eastern Siberia

高橋 修平^{1*}

TAKAHASHI, Shuhei^{1*}

¹ 北見工業大学

¹Kitami Institute of Technology

東シベリア・スタラルハヤタ地域には大小 180 の氷河が存在し、この地域の温暖化指標の一つになっている。氷河形成の要素である気温、降水量、日射量、風向・風速、地吹雪等が氷河平衡線高度変動にどのように係わるか検討する。この地域は温暖化が著しい地域ともされており、その変動解析は重要である。

キーワード: シベリア, 氷河, 平衡線高度

Keywords: Siberia, glacier, Equilibrium Line Altitude

亜寒帯河川流出のモニタリング研究：アラスカ・ユーコン河 Intra-annual variabilities of a subarctic river flux by monitoring: the Yuokon River, Alaska

知北 和久^{1*}, 和田 知之¹, 工藤 勲², 金 龍元³

CHIKITA, Kazuhisa^{1*}, WADA, Tomoyuki¹, KUDO, Isao², KIM, Yongwon³

¹ 北海道大学大学院理学研究院, ² 北海道大学大学院水産科学研究院, ³ アラスカ大学・国際北極圏研究センター

¹Faculty of Science, Hokkaido University, ²Faculty of Fisheries Sciences, Hokkaido University, ³International Arctic Research Center, University of Alaska Fairbanks

アラスカ・ユーコン河下流部の USGS 水位観測点で、3 年余の間、土砂流出と POC・PON 流出に関するモニタリング観測を行った。特に、融雪出水の寄与について、アラスカの河川では氷の breakup によってモニタリングが困難であったが、本研究では 3 回の融雪出水をとらえることができた。結果として、約 40 日間続く融雪出水の寄与は、年間の土砂流出量、POC・PON フラックスの 20~25% を占め、残りは 6 月~9 月の「氷河融解出水+降雨出水」によることがわかった。

キーワード: ユーコン河, 氷河融解, 降雨流出, 永久凍土, 融雪出水

Keywords: Yukon River, Glacier-melt, Rainfall runoff, Permafrost, Snowmelt runoff

東シベリア・レナ川の長期河川流量データから算出した永久凍土融解量の変化傾向 Changes of permafrost thawing determined from long-term streamflow measurements of the Lena River, Eastern Siberia

ブルツァート ウィルフリード¹, 檜山 哲哉^{2*}
Wilfried Brutsaert¹, HIYAMA, Tetsuya^{2*}

¹ コーネル大学, ² 総合地球環境学研究所
¹Cornell University, USA, ²RIHN, Japan

北ユーラシアや北アメリカの高緯度域で永久凍土が融解しつつあるとの研究報告がある。しかし、これまでの研究は、時間的に限られた地温プロファイルや狭い領域の観測値に基づくものがほとんどであった。そこで本研究では、夏季の(河川表面が凍結していない状態での)基底流量変化を凍土の融解凍結に伴う活動層深さの変化と関係づけ、永久凍土の融解速度をサブ流域スケールで推定した。今回は、東シベリア・レナ川上流の4つのサブ流域で得られた1950年から2008年までの流量データを用いた。解析の結果、対象とした全期間(59年間)の平均的傾向として、レナ川上流域の不連続永久凍土域で年間0.3cmから1cmの割合で、アルダン川上流の寒冷な連続永久凍土域でその半分程度の割合で、それぞれ活動層が増加(凍土が融解)していた。しかし、解析期間を約20年間ごとに区切った場合、前半の1950年から1970年にかけては活動層が減少(凍土が増加)し、後半の1990年代以降は、年間2cmあるいはそれ以上の割合で活動層が急激に増加(凍土が急激に融解)していることがわかった。

キーワード: 永久凍土, 融解, 東シベリア, レナ川

Keywords: Permafrost, thawing, Eastern Siberia, Lena River

過去 100 年間の気候変動に対する東シベリアタイガ林の応答の変化 Changes in the growth-climate relationship of larch trees in eastern Siberian taiga over the past 100 years

鄭 峻介^{1*}, 杉本 敦子², 米延 仁志³, Trofim C. Maximov⁴

TEI, Shunsuke^{1*}, SUGIMOTO, Atsuko², YONENOBU, Hitoshi³, Trofim C. Maximov⁴

¹ 北海道大学大学院 環境科学院, ² 北海道大学大学院 地球環境科学研究所, ³ 鳴門教育大学大学院学校教育研究科, ⁴ Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS.

¹ Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, ² Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, ³ Graduate School of Education, Naruto University of Education, ⁴ Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS.

Dendrochronological studies in high-latitude region focused on the positive growth of trees to warmth (D'Arrigo and Jacoby, 1993). From these results, it had been expected that warming would lead to more tree growth, better survival of individuals and ultimately expansion of trees in tundra. However, from middle of 20th century positive sensitivity of trees growing in northern high-latitude to temperature has declined (Briffa et al., 1998) and temperature induced drought stress may limit radial growth of trees (Barber et al., 2000). That is, trees growing in high-latitude region like as east Siberian taiga are on water stress and moisture condition is likely to be limiting factor for tree growth (Kagawa et al., 2003). Here, we report an analysis of tree ring and climate data including soil moisture reconstructed from $\delta^{13}C$ of tree ring to explore the tree growth-climate relationship and a change in this relationship over the past 100 years in eastern Siberia.

Larch trees (*Larix cajanderi*) collected in Yakutsk (62N, 129E) were used for the analyses of tree ring width and its carbon isotope ratio. The samples were crossdated with ITRDB's (International Tree-Ring Data Bank) ring-width records in eastern Siberia. Soil moisture for the past 100 years was reconstructed from the $\delta^{13}C$ of tree ring (Tei et al., in preparation). Reconstructed soil moisture from the $\delta^{13}C$ of tree ring was compared with the regional climate record (precipitation), the amount of water input into the soil and a calculated results by one dimensional land surface model (2LM), and seems to be reasonable.

Tree ring width showed positive and negative correlation with soil moisture reconstructed from $\delta^{13}C$ of tree ring ($r=0.56$, $P<0.001$) and July-August temperature ($r=-0.20$, $P<0.05$) in previous year over the past 100 years, respectively. However, these correlations were not stable and the correlation coefficients changed over time. Moving-interval correlation analysis, using 31 years window showed that the relationship between tree growth and late summer soil moisture and temperature in previous year became gradually stronger. These results show that water stress during the late summer in the previous year caused a reduction of tree growth.

In this presentation, we will also show the tree ring width and $\delta^{13}C$ chronology of dead trees and compare with that of living trees to explore the records of stress which larch trees in high-latitude region had experienced.

Keywords: eastern Siberia, tree ring, carbon isotope, soil moisture

カナダ高緯度北極域の植物社会学的特性 Phytosociological characterization of the High Arctic Region of Canada

小島 覚^{1*}

KOJIMA, Satoru^{1*}

¹ 北方生態環境研究学房

¹Northern Oikoscape Research Atelier

カナダの高緯度北極域には、極度に寒冷な気候のため樹木はおろか低木（高さ 50 以上 5 m 以下の木本植物）も生育せず、そこには矮性低木、草本類、蘚苔類、地衣類が疎生する景観が広がっている。このような景観はしばしば極地砂漠とも呼ばれる。この地域の植生に関する植物社会学的研究の歴史は比較的新しい。Barrett (1972) は、Devon Island の植生を調査し、そこに 9 つの群集 (association) を認め、これを 7 つの群団 (alliance)、7 つのオーダー (order) に統合した。このほかカナダ高緯度地域の植生研究に関しては、Sheard & Geale (1983), Bergeron & Svoboda (1989), Kojima (1991, 1999), Batten & Svoboda (1994) などがある。演者は、これらの研究に基づいてカナダ高緯度北極域の植生を分類体系化し、4 つの群団 (ラップヒナゲシ群団、マキバチヨウノスケソウ群団、オニイワヒゲ群団、ヒメミズスゲ群団) を認めたが、これらは上位の分類単位として 2 つのオーダー (1. ムラサキクモマグサ・オーダー、2. ヒメミズスゲ・オーダー)、さらに高次の単位 (ホッキョクヤナギ・クラス) に統合されるものであった。

キーワード: カナダ, 高緯度北極域, 植生分類, 植物群落型と成立環境, ホッキョクヤナギ・クラス

Keywords: Canada, High Arctic Region, vegetation classification, vegetation types and environment, *Salicetea arcticae*

衛星リモートセンシングと地上観測の融合によるアラスカの亜寒帯林の研究 Studies on boreal forest in Alaska by satellite remote sensing and in-situ surveys

鈴木 力英^{1*}, 永井 信¹, 小林 秀樹¹, 中井 太郎², 金 龍元²

SUZUKI, Rikie^{1*}, Shin Nagai¹, Hideki Kobayashi¹, Taro Nakai², KIM, Yongwon²

¹ 海洋研究開発機構 地球環境変動領域, ² アラスカ大学フェアバンクス校 国際北極圏研究センター

¹Research Institute for Global Change, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), ²International Arctic Research Center (IARC), University of Alaska Fairbanks

生態系の主要な構成要素である植生は、光合成と呼吸によって大気と陸面との間の炭素循環を支配している。炭素循環は最も重要な温室効果ガスである二酸化炭素の大気中濃度と密接に関連するので、植生の生産性を広域で調べることが気候変動を理解する上からも重要である。また、植生はバイオマスという形で炭素を陸面に貯蔵する機能を通して、大気と陸面間の炭素循環に関わるとともに、食料や燃料といった資源としても位置付けられる。本発表ではアラスカの亜寒帯林の生産機能と炭素貯蔵機能の地理的分布について、衛星リモートセンシングと地上観測を組み合わせた研究の取り組みを紹介する。本研究は海洋研究開発機構 (JAMSTEC) とアラスカ大学フェアバンクス校 (UAF) 国際北極圏研究センター (IARC) との共同研究である「JAMSTEC-IARC Collaboration Study (JICS)」の一環で行われている。

アラスカの亜寒帯林における植生の生産機能、すなわち光合成ポテンシャルに関し、UAF のポーカーフラット試験地 (PFRR) において三つの研究を行っている。

(1) クロトウヒ林の二方向性反射率分布関数の観測。クロトウヒ林からの分光反射を森林中に建設された 17m の観測タワーの頂上から 2010 年 7 月 (無積雪季) と 2011 年 3 月 (積雪季) に分光反射計を用いて測定した。太陽の南中時前後に、日射の方向に平行な主平面とそれに直行する平面内で観測角を 20 度から 70 度に変化させて測定した。無積雪季では主平面内において観測角に対する反射特性は凹面形状を呈し、前方散乱と比べ後方散乱が強かった。これに対して、積雪季は凹面形状を呈するものの、無積雪季とは反対に後方散乱と比べ前方散乱が強かった。こういった結果は、3次元森林放射伝達モデルによる葉面積指数 (植生の光合成ポテンシャルについての指数) の推定アルゴリズム開発に応用可能である。

(2) 森林景観の季節変化のモニタリング。17m の観測タワー頂上に魚眼レンズを付けたカメラを下向きに取り付け、森林景観の毎日の変化を写真によって記録した。衛星搭載センサーの MODIS の観測から計算された植生指数の季節変化と撮影された写真を比べたところ、植生指数は常緑であるクロトウヒ林の樹冠でなく林床植生の季節変化に影響を大きく受けていることが分かった。この知見は、衛星データから森林の生育期間を解釈する際に重要となる。

(3) 森林ギャップの測定。2011 年秋に PFRR において森林ギャップを LAI-2000 で測定した。この結果は衛星データと 3次元森林放射伝達モデルによる葉面積指数の推定アルゴリズムの開発に応用される。

一方、亜寒帯林の炭素貯蔵機能に関し、2007 年にフェアバンクスからブルックス山脈に至る Trans-Alaska Pipeline 沿いの 29 か所の森林で地上部バイオマスの現地測定を行った。測定値は ALOS-PALSAR によって森林地上部バイオマスを推定する際の地上真値とした。衛星観測値と地上計測値の間には強い正の相関関係が発見され、それを元に森林地上部バイオマス分布を推定したところ、乾重で 5 から 100 Mg/ha の範囲であることがわかった。また、おおまかに対象地域の南部から北部へと小さくなることが分かった。ただし、地形の影響による誤差が目立ち、今後その誤差を低減することが必要になっている。

キーワード: クロトウヒ林, 森林バイオマス, 3次元森林放射伝達モデル, 葉面積指数, 二方向性反射率分布関数

Keywords: black spruce forest, forest biomass, 3D forest radiative transfer model, leaf area index, BRDF

Ecosystem modeling of ice and ocean carbon production in the Arctic Ecosystem modeling of ice and ocean carbon production in the Arctic

Meibing Jin^{1*}
JIN, Meibing^{1*}

¹University of Alaska Fairbanks

¹University of Alaska Fairbanks

In the Arctic Ocean, both phytoplankton and sea ice algae are important contributors to the primary production and the arctic food web. A coupled ice algal and ocean phytoplankton ecosystem was developed within the global sea ice and ocean climate model POP-CICE (Parallel Ocean Program- Los Alamos Sea Ice Model). The model results were validated with various observations of Chl and primary production. The model results compared well with the following observations and observed trends: 1) an increase of ocean primary production from 2003 to 2007 in the arctic open water areas as derived from remote sensing data; 2) regional annual ice and ocean primary production measured in the Bering and Chukchi seas, and Canadian Basin; 3) primary production rate with phytoplankton size composition and Chl-a concentration along an arctic cruise track in the Chukchi Sea and Canadian Basin from August 2 to September 7, 2008; 4) observed decadal changes of ocean primary production from the 1990s to 2007 due to rising temperature and increasing open-ocean area in the western Arctic. The changes were shown as a trend of a northward shift of production with a decrease in the Bering Sea and an increase in the arctic shelf.

キーワード: ecosystem modeling, Arctic, ocean, sea ice, climate change

Keywords: ecosystem modeling, Arctic, ocean, sea ice, climate change

北極温暖化増幅と北極振動の関係について Relationship between the Arctic Amplification and the Arctic Oscillation

田中 博^{1*}, 長門裕太², 海野友美³
TANAKA, Hiroshi^{1*}, Yuta Nagato², Tomomi Umino³

¹ 筑波大学計算科学研究センター, ² 筑波大学生命環境科学研究科, ³ 筑波大学地球学類

¹Center for Computational Sciences, University of Tsukuba, ²Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, ³College of Geoscience, University of Tsukuba

近年の北極圏の急激な温暖化の研究は、地球温暖化問題における研究の最前線と位置付けられ、北極航路の開発や資源問題とも関係し、国内外における最重要研究課題のひとつに位置づけられている。地球温暖化は北極圏においてもっとも顕著に発現し、北極温暖化増幅 (Arctic Amplification) と呼ばれている。その原因として挙げられるアイス・アルベドフィードバックは温暖化を増強するメカニズムであり、このメカニズムを含まない水惑星モデルによる研究でも、北極圏の温暖化が顕著となることが知られている。この北極圏温暖化の増幅の物理的・力学的メカニズムの解明が重要とされる一方で、北極圏の10年から100年スケールの温暖化には、人為的な温室効果ガスの増加によるものの他に、北極振動 (AO) に伴う大振幅の自然変動の影響が含まれており、両者の定量的な分離と詳細なメカニズムの研究が、IASC (国際北極科学会議) の最重要課題のひとつとされている。そのような中で、北極評議会 (Arctic Council) 傘下の研究組織 (AMAP: Arctic Monitoring and Assessment Program) は2011年5月に、近年のグリーンランド周辺の温暖化が進めば、今世紀末には、海面水位が最大で1.6 m上昇するとの予測を発表した。これはIPCCの第4次報告による100年で最大0.5 mという海面水位の上昇を更新する新たな科学的知見として注目されている。しかし、本研究の結果によると、近年のグリーンランド周辺の気温上昇の大半は、北極振動に伴う自然変動によるものであることが解析された。この知見はAMAPによる海面水位の上昇予測が過大評価となっている事を示唆するものである。

キーワード: 北極振動, 北極温暖化増幅, 地球温暖化, グリーンランド, 自然変動, アイスアルベドフィードバック

Keywords: Arctic Oscillation, Arctic Amplification, Global Warming, Greenland, Natural Variability, Ice Albedo Feedback

Polar amplification: is signal from lower latitudes important? Polar amplification: is signal from lower latitudes important?

Vladimir Alexeev^{1*}, Craig Jackson²
ALEXEEV, Vladimir^{1*}, Craig Jackson²

¹International Arctic Research Center, Fairbanks, AK, USA, ²Ohio Wesleyan University, Columbus, OH, USA

¹International Arctic Research Center, Fairbanks, AK, USA, ²Ohio Wesleyan University, Columbus, OH, USA

Surface albedo feedback is widely believed to be the principle contributor to polar amplification. However, a number of studies have shown that coupled ocean-atmosphere models without ice albedo feedbacks still produce significant polar amplification in 2xCO₂ runs due to atmospheric heat transports and their interaction with surface conditions. The relative importance of atmospheric heat transport and surface albedo is assessed using a conceptual energy balance model. Running the model with prescribed ice area - and, therefore, no surface albedo feedback - always produces a significant polar amplification although smaller than that of the full model. Running the model with prescribed atmospheric heat transport and active surface albedo mechanism produces polar amplification similar to the one obtained in the full model. This could lead to the conclusion that atmospheric heat transport does not participate in forming the polar-amplified global warming response especially when the sea ice feedback plays a significant role. We identify several scenarios in which the equilibrium response to uniform forcing by the model with fixed atmospheric heat transport is identical to that of the full model. However, a detailed analysis suggests that although the temperature responses may be the same, the trajectories of reaching the final equilibrium as well as the underlying physics are quite different.

キーワード: climate dynamics, atmospheric transport, albedo feedback

Keywords: climate dynamics, atmospheric transport, albedo feedback

Predictability of Arctic Temperatures from Observational Data and Model Simulations Predictability of Arctic Temperatures from Observational Data and Model Simulations

John Walsh^{1*}

WALSH, John^{1*}

¹IARC, University of Alaska, Fairbanks

¹IARC, University of Alaska, Fairbanks

Low-frequency variations and secular trends offer the potential for predictability of Arctic temperatures over timescales from months to decades. Here we consider the effects of natural variability and trends together by asking the question "What is the probability that the next N-year period will be warmer than the preceding N-year period?". We compute the probabilities as a function of N based on observational data from particular Arctic stations and corresponding climate model grid cells, as well as from areal averages derived from observational data and model output. The model output is from the Community Climate System Model, Version 4 (CCSM4). The probability generally increases from about 50% for N=1 to 60-90% for N=20-30 in both the observational data and the model results, implying a greater predictability of longer-term averages. The North Atlantic subarctic shows less predictability of this kind than do other sectors of the Arctic. However, the increase with N is smaller in observational data than in the corresponding model output, and smaller for local temperatures than for areal averages. The implication is that the natural variability is smaller relative to the trend in the model output. All ensemble members of the 20th-Century simulations by CCSM4 show this behavior. Similar results based on sea level pressures indicate that the atmospheric circulation, through its advective driving of temperature variations, is the reason for the discrepancy in temperature predictability. Not surprisingly, sea ice variations show similar increases of predictability with N as the effect of the trend eventually outweighs the effect of natural variability. However, even over decadal timescales, there are substantial probabilities that sea ice extent will increase, as shown by similar examinations of sea ice output from CCSM4 in other studies.

キーワード: Arctic climate, predictability, Arctic temperatures, climate change

Keywords: Arctic climate, predictability, Arctic temperatures, climate change

MIROC GCMにおける北極温暖化増幅プロセスの診断について A Diagnosis of Contributing Processes in Maintaining Arctic Amplification in MIROC GCM

吉森 正和^{1*}, 阿部 彩子¹

YOSHIMORI, Masakazu^{1*}, ABE-OUCHI, Ayako¹

¹ 東京大学 大気海洋研究所

¹The University of Tokyo/AORI

Both observational and model studies show enhanced warming in the Arctic compared to lower latitudes in response to increasing level of greenhouse gases. There have been many proposed mechanisms that contribute to this "Arctic amplification". In order to understand the mechanisms of Arctic amplification and verify each process represented in models, it is essential to first identify and quantify the relative importance of individual processes. While the traditional feedback analysis evaluates radiative effect of processes relevant to radiation at the top of the atmosphere, it does not provide other important information such as the effect of meridional heat transport change. CFRAM, recently proposed diagnostic by Lu and Cai (2009, *Clim. Dyn.*, 32, 873-885), does provide a more complete picture of contributing processes for temperature change. Here we apply this relatively new method to a general circulation model MIROC with partially utilizing the information from the traditional radiative feedback analysis (PRP), and examine the important processes that determine the temperature response in the Arctic to different levels of atmospheric carbon dioxide concentration. We emphasize how processes other than albedo feedback is important in creating the temperature response contrast between Arctic and lower latitudes.

北極域観測とモデリングによる大気上下結合過程の研究

Studies of coupling processes between upper and lower atmospheres in the arctic region from observations and simulations

三好 勉^{1*}, 中村 卓司², 藤原 均³, 野澤 悟徳⁴, 川原 琢也⁵, 田口 真⁶, 小川 泰信², 富川 喜弘², 宮岡 宏², 行松 彰², 堤 雅基², 江尻 省²

MIYOSHI, Yasunobu^{1*}, NAKAMURA, Takuji², FUJIWARA, Hitoshi³, NOZAWA, Satonori⁴, KAWAHARA, Taku D.⁵, TAGUCHI, Makoto⁶, OGAWA, Yasunobu², TOMIKAWA, Yoshihiro², MIYAOKA, Hiroshi², YUKIMATU, Akira S.², TSUTSUMI, Masaki², EJIRI, Mitsumu²

¹九州大学, ²極地研究所, ³成蹊大学, ⁴名古屋大学, ⁵信州大学, ⁶立教大学

¹Kyushu University, ²NIPR, ³Seikei University, ⁴Nagoya University, ⁵Shinshu University, ⁶Rikkyo University

極域超高層大気(熱圏・電離圏領域)は、太陽からのX線・紫外線に加えて磁気圏からのエネルギー流入によって常に激しく変動している。このような上方からの擾乱に加え、下方から伝わる変動もまた大きい。近年、観測および数値シミュレーションにより下層大気に起源をもつ様々な擾乱によって、超高層大気が複雑に変動している様子が明らかとなりつつある。例えば、2009年1月に発生した成層圏突然昇温時に、中間圏・下部熱圏での温度減少・増大が出現し、電離圏電子密度も大きく変動することが明らかとなった。逆に、成層圏突然昇温の数日前に中間圏上部で最初に昇温が発生し、時間とともに昇温高度が次第に下降すること、さらに突然昇温後には、対流圏上部の温度・東西風に影響を及ぼすことが明らかになってきた。また、現在の環境問題の中心的話題となっている地球温暖化に関連し、中層・超高層大気は温暖化ではなく寒冷化に進んでいるという考え方が一般的となっている。人工衛星による超高層大気の質量密度観測によれば、寒冷化による大気収縮の結果による質量密度減少傾向を示しているほか、中緯度帯にて夜光雲が目視されるようになった事実も中間圏の温度減少を示唆している。この中層・超高層大気寒冷化に伴い、各種大気波動の活動度変動が大気上下結合過程を通じて、下層大気を含めた全大気領域の大気大循環が複雑に変動することが推測されている。このように、極域超高層大気は磁気圏、下層大気領域と強く結びついた領域である。

ここでの領域間結合過程を明らかにすることは大気科学の新たな扉を開くと同時に、環境問題へ新たな視点を与え、また宇宙利用といった人類の活動に対しても重要な役割を果たすものと考えられる。本発表では、特に北極域での超高層大気研究に際し、長年にわたって開発・整備されてきたレーダー・光学機器による観測や、近年大きく進展している数値モデルを用いた総合研究とこれらを用いた大気上下結合研究の取り組み、成果の一例を紹介する。

キーワード: 大気上下結合, 北極域観測, 数値モデリング, 気候変動

Keywords: atmospheric coupling process, observations in the arctic region, numerical modeling, climate change

MODIS から推定された北西グリーンランドにおける積雪物理量経年変化の初期解析結果

Preliminary analysis of interannual variation in snow physical parameters retrieved from MODIS over northwest Greenland

朽木 勝幸^{1*}, 青木 輝夫¹, 本吉 弘岐², 庭野 匡思¹, 谷川 朋範³, 堀 雅裕³, Knut Stamnes⁴, Wei Li⁴, 島田 利元⁵
KUCHIKI, Katsuyuki^{1*}, AOKI, Teruo¹, MOTOYOSHI Hiroki², NIWANO, Masashi¹, TANIKAWA Tomonori³, HORI, Masahiro³, STAMNES, Knut⁴, LI, Wei⁴, SHIMADA, Rigen⁵

¹ 気象研究所, ² 防災科学技術研究所雪氷防災研究センター, ³ 宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター, ⁴ スティーブンス工科大学, ⁵ 千葉大学

¹Meteorological Research Institute, ²Snow and Ice Research Center, NIED, ³Earth Observation Research Center, Japan Aerospace Exploration Agency, ⁴Stevens Institute of Technology, ⁵Chiba University

近年、北極域では雪氷の急激な変動がおこっており、グリーンランド氷床の消耗量は1990年代後半から急増している。その要因として、積雪粒径や積雪不純物などの積雪表面状態の質的变化とその結果として生じるアルベド変化が挙げられる。積雪粒径の増加は近赤外域のアルベドを低下させ、光吸収性不純物の増加は可視域のアルベドを低下される。また、後者の不純物効果は積雪粒径が大きいほど増大する。従って、不純物の増加に伴って積雪に吸収される日射量が増加すると、積雪粒子の成長が促進され、さらなるアルベド低下が引き起こされるという正のフィードバックが生じる。これら積雪アルベドに影響する積雪の質的变化をとらえるために、Terra/MODIS から積雪粒径と不純物濃度を抽出し、グリーンランド氷床における経年変化の初期解析を行った。

解析したパラメータは異なる層の粒径(表面、表層、下層)と光学的にすすに等価な不純物濃度であり、2001-2011年の各年の7月下旬から8月上旬の間に取得されたグリーンランド北西部におけるMODISの1シーンのデータから抽出された。積雪粒径は沿岸部で大きく、内陸部で小さかった。粒径が大きく、濡れ雪と考えられる領域の面積は年によって大きく変動しており、粒径の季節変化が年によって大きく異なると推察される。また、表面粒径が最も小さく、表層と下層の粒径はほぼ同じ値であったことから、表面以外は粒径がほぼ鉛直均一であったと考えられる。粒径の抽出結果は概ね2011年8月の予備検証観測の範囲内にあった。一方、すす濃度は最初の期間はほとんど検出下限濃度0.001 ppmw以下であり、過去の実測値と一致した。しかし、最後の数年は下限を上回り、0.01 ppmw程度となった。これは、2011年8月の検証観測値に比べて過大評価であった。原因としてMODISセンサーの感度劣化が考えられる。

キーワード: 積雪粒径, 光吸収性積雪不純物, MODIS, グリーンランド, 経年変化

Keywords: snow grain size, light absorbing snow impurities, MODIS, Greenland, interannual variation

シベリア no.31 氷河の質量収支に関するこれまでの情報と今後の観測予定 Review of previous study and observation plan for mass balance of No. 31 glacier, Siberia

紺屋 恵子^{1*}, 門田勤¹, 矢吹裕伯¹, 杉浦幸之助¹, 高橋修平², 白川龍夫², 大畑哲夫¹

KONYA, Keiko^{1*}, Kadota Tsutomu¹, Hironori Yabuki¹, Konosuke Sugiura¹, Shuhei Takahashi², Tatsuo Shirakawa², Tetsuo Ohata¹

¹ 海洋研究開発機構, ² 北見工業大学

¹Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ²Kitami Institute of Technology

東シベリア、スタル・ハヤタ山域には182の氷河が存在する。この地域の小氷期は1800年代と考えられている(高橋他, 2005. 雪氷)。AD1500年頃から2回の温暖期と2回の寒冷期を繰り返し、この傾向はロシア内ではタイミルやコーカサスと似ている(Solomina, 2005)。

IGY 期間中(1957-1959年)に、No.31 氷河についての観測が行われ、高度プロファイルの実測値が報告されている(Koreisha, 1963)。現在の質量収支を明らかにするため、2011年9月に、No.31 氷河にて質量収支の観測を開始した。2011年度は測器の設置のみを行い、2012年度に再度測定することにより年間の質量収支を得ることとした。氷河下流域にてステイク設置、氷河付近にAWS・雨量計・インターバルカメラ・積雪深計の設置を行った。2012年度はステイク観測網、気象観測網の拡張を図る予定である。

これまでのNo.31 氷河の質量収支については、Ananicheva et al., (2005)では、過去の氷河末端位置から、1945-1973年の後退量は少なく、1970年代の温暖化は激しかったことが示されている。

近年については、Ananicheva et al., (2010)にて質量収支の計算がされている。消耗量をKoreisha, (1991)から、夏季気温の関数として扱い、涵養量は、ELAでの消耗量と涵養量が等しいとして扱うことにより計算している。この方法では、気温は近くの気象官署、およびNo.31 氷河付近で1957-66に観測されていた値との遞減率を用いて外挿していた。一方、Koreisha, (1963)では、質量収支を夏季気温の関数として表している。Koreisha, (1963)で使われた式と、現在稼働している気象官署データから、最近の質量収支変動を再現した。両者を比較すると、相関の低い年代があることが分かった。今後の観測の結果を用いて、既存の方法を検証し過去の質量収支変動を再現する予定である。

キーワード: 氷河, 北極, シベリア, no.31, 質量収支, 観測

Keywords: glacier, arctic, Siberia, no.31, mass balance, observation

シベリア北極域 DeLong 諸島の氷河周辺環境 Glacier environment in DeLong islands, Siberian arctic

紺屋 恵子^{1*}, 門田勤¹, 矢吹裕伯¹, 大畑哲夫¹
KONYA, Keiko^{1*}, Kadota Tsutomu¹, Yabuki Hironori¹, Ohata Tetsuo¹

¹ 海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

introduction

北極域は世界の中でも特に温暖化が急激に進行している地域である。北極海沿岸の氷河のうち、スバルパールやカナダ北極域の氷河では質量収支の変動現地観測が行われ、徐々に縮小傾向にあることがわかっている(たとえば GMBB, 2009,)。ロシア北極域については、動態が不明な氷河が多い。本研究で対象とするシベリア北極域の氷河は、1980年代にロシア人研究者にて観測が実施されたが(Verkulich et al., 1992)、その後の観測研究が途絶えている。

対象地域

DeLong 諸島は Bennett island, Genrietta island, Jaenetta island で構成される。DeLong 諸島総面積の約 50% が氷河域である。Bennett 島 (76.4N, 149.0E) は、長さ約 30 の島で、3 つのアイスクャップがある。アイスクャップの山頂の標高は、中央で 384m、西は 426 m、東は約 200 m である (world atlas of snow and ice resources)。

質量収支

Bennett 島最大の Toll 氷河の 1986/1987 年質量収支は -0.303m w.e. (Verkulich et al., 1992)、1956-1972 年の質量収支は -0.10 m w.e. と報告されている。(Jania and Hagen, 1996)。衛星画像から、Bennett 島では 1951-2010 年で、20 % 程度縮小していることが分かった (Yabuki, persn com)。また、DeLong 諸島の他の二つの島に存在する小さな氷河では、40 ~ 50 % の縮小率と見積もられている (Yabuki, persn com)。1997 年に出版された地図では、DeLong 島の氷河上の雪線高度は 200 ~ 300 m と表されている。1999 年の衛星画像では、一部でそれより上昇していることがわかる。ELA は、カナダ北極域では 1000m 以上、スバルパールでは 500 m 程度であるが、Bennett では 200 ~ 300 m 程度である (Jania and Hagen, 1996)。

気温変動

De Long 諸島西隣の New Siberian island の北西部に観測所; Ostrov Kotel'nyj (76.0N, 137.9E 標高 8m) があり、1937 年から気象観測が続けられている。他の地域と同様に、1930 年代から現在までのうち、1960 年代が最も気温が低い。1960 年代の 10 年平均と 2000 年代の 10 年平均を比較すると、-15.4 から -13.6 へ 1.8 上昇している。特に 1990 年代以降の温暖化は急速で、2000 年以降も上昇しつづけている。この期間の氷河の質量収支がマイナスに傾いたと予想できる。

海氷の変化とその影響

シベリア北極域はとくに海氷面積の減少率が大きい地域である。1996 年までは 9 月でも海氷は大陸に接岸することもあったが、2004 年からは 9 月には島に接岸しなくなった。北極海の海氷域が最小となった 2007 年には、東シベリア沖は大きく海氷が開いた状態となった。海氷の位置が氷河の質量収支に及ぼす影響を考えると、135 ~ 155 E の範囲で 1979 ~ 2010 年について 9 月の海氷の南端位置を抽出した。データは、SSM/I, 25km grid data, 1979-2008 を使用した。海氷が 20% 以上ある場所の最南端の位置の緯度を検出した結果、この範囲内での経度による南端位置の違いはほとんどないこと、近隣の年平均気温や 9 月の平均気温と良い相関を示すことが分かった。海氷が減少した 2000 年代は島の周囲の 9 月の海水面温度がプラスに転じており、特に 2007 年は海水面温度が高く、島の北側でも 5 度まで上昇している。海水温の上昇により、海水面から水蒸気が供給されて氷河の涵養に影響を与える可能性がある。

キーワード: 氷河, 北極, アイスクャップ, 質量収支, 気温上昇, 海氷分布

Keywords: glacier, arctic, ice cap, mass balance, temperature increase, sea ice distribution

GRENE 事業北極気候変動分野の季節積雪に関する研究
Research related to seasonal snow cover in the Arctic Climate Change Project as one of GRENE programs

杉浦 幸之助^{1*}, 榎本 浩之²

SUGIURA, Konosuke^{1*}, ENOMOTO, Hiroyuki²

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

The Arctic Climate Change Project as one of Green Network of Excellence (GRENE) programs in collaboration with various research communities has started since 2011.

Seasonal snow cover will be significantly affected by climate change, and changes in seasonal snow cover can affect climate through various feedback mechanisms. Towards a better understanding of the role of seasonal snow cover in the Arctic, research related to seasonal snow cover is mainly dealt with in a research theme entitled "Role of snow, glacier and ice sheet in the Arctic under global warming" to contribute to GRENE goals such as 1) Elucidation of Polar Amplification mechanism on warming in the Arctic region, and 2) Elucidation of role of the Arctic region in global climate change and its prediction. This presentation will describe the outline and progress of the plan.

キーワード: 季節積雪, 北極, 気候変動

Keywords: seasonal snow cover, the Arctic, climate change

北極雪氷圏の融解シグナルの観測 Observation of melting signal from Arctic cryosphere

アリマス ヌアスムグリ^{1*}, 榎本 浩之², 高橋 修平¹

ALIMASI, Nuerasimuguli^{1*}, ENOMOTO, Hiroyuki², TAKAHASHI, Shuhei¹

¹ 北見工業大学, ² 国立極地研究所

¹Kitami Institute of Technology, ²national institute of Polar Research

北極圏の氷河、氷床、積雪域など雪氷圏の融解を衛星マイクロ波観測でとらえる。北極雪氷圏観測プロジェクトにおける現場観測点の予備調査や変動モニターを行う。

キーワード: 北極, 積雪, アラスカ, 融解, グリーンランド

Keywords: Arctic, snow, Akaska, Greenland, melting

グリーンランド氷床再現実験における感度の不確定性 Uncertainties in steady-state and short-term responses of Greenland ice sheet simulation

齋藤 冬樹^{1*}, 阿部 彩子², 高橋邦生¹

SAITO, Fuyuki^{1*}, ABE-OUCHI, Ayako², Kunio TAKAHASHI¹

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

¹Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ²AORI, Univ. of Tokyo

We present a series of numerical experiments of Greenland ice sheet to global warming and uniform warming using Ice sheet model for Integrated Earth system Studies (IcIES) to describe the model characteristics and its sensitivity.

Various uncertainties in the model result due to several factors such as parameterization schemes (physical aspects) as well as numerical aspects in the model are discussed.

Keywords: Greenland ice sheet, Ice sheet model

西グリーンランドの氷河塞き止め湖で2010年に発生した排水イベント(ジョークルホープス): 加速的融解のさらなる証拠か

The 2010 draining episode of an ice-dammed lake in West Greenland: Further evidence for accelerated melting?

古屋 正人^{1*}, リウリン², カン アバス³, ウォール ジョン⁴
FURUYA, Masato^{1*}, LIU, Lin², KHAN, Abbas Shfaqat³, WAHR, John⁴

¹ 北海道大学大学院理学研究院, ² スタンフォード大学, ³ デンマーク工科大学, ⁴ コロラド大学ボルダー校
¹Hokkaido University, Graduate School of Science, ²Stanford university, ³Technical University of Denmark, ⁴Univeristy of Colorado at Boulder

Furuya and Wahr (2005, GRL) は、西グリーンランドの Jakobshavn 氷河の南約 40km に位置する Tiningnilik 湖の周辺で顕著な地殻変動が 1993 年と 2003 年に生じていることを発見した。我々は、この地殻の変形が氷河塞き止め湖である Tiningnilik 湖の水が急激に排水した結果起きた「除荷変形」であると解釈した。

氷河周辺の湖でのこのような排水イベントは Jokulhaups と呼ばれ、Iceland や Alaska などでも知られている。現地の観測データは豊富にあるわけではないが、およそ 10 年に一度の頻度で起こることが知られており、次のイベントは 2013 年頃かと思われた。ところが、2010 年に最近の Jokulhaups が起きたことが分かった。InSAR や GRACE などの観測結果から最近のグリーンランドの加速的融解が指摘されてきたが、この局所的な観測結果も同様の背景で解釈できる。すなわち、氷河の融解が速い分だけ、湖への水の流入が速いことに加えて、Jokulhaups が起きるための周辺の氷河の厚さが従来より薄かったため、これまでよりもおよそ 3 年早く排水イベントが起きた、ということである。

また、排水時期の周辺の氷河流動速度は、それ以前や以後に比べて、明らかに加速していたことも分かった。このデータは、氷河底面での排水機構に関する情報を持っていると考え、解析を進めている。

キーワード: グリーンランド, 氷河塞き止め湖, ジョークルホープス, 合成開口レーダー, 氷河流動

Keywords: Greenland, ice-dammed lake, Jokulhaups, Synthetic Aperture Radar, glacier flow

広帯域地震計広域観測によるグリーンランド氷河地震モニタリング The GreenLand Ice Sheet monitoring Network (GLISN)

金尾 政紀^{1*}, 坪井 誠司², 東野 陽子², 豊国 源知³, 姫野 哲人¹

KANAO, Masaki^{1*}, TSUBOI, Seiji², TONO, Yoko², TOYOKUNI, Genti³, HIMENO, Tetsuto¹

¹ 国立極地研究所, ² 海洋研究開発機構, ³ 東北大学大学院理学研究科

¹National Institute of Polar Research, ²JAMSTEC, ³Graduate School of Science, Tohoku University

近年グリーンランド氷床、特にその縁辺部での流出に伴う振動現象（氷河地震, Glacial Earthquake）が顕著に観測されている。この地震は高周波成分が少なく、明らかに通常と異なるメカニズムで発生し、氷床流動や氷河末端部の崩落により励起されたと推定されている。Ekstrom et al (2006, Science) では、21 世紀初頭 5 年間の発生頻度がそれ以前の倍であること、さらに季節変動も見られることから、最近の気候変動による氷床後退の速度変化が原因と示唆した。氷河地震は規模が小さく、グリーンランド島内で観測することが望ましいが、その地理・気候的困難さから既存の定常観測点の数は非常に少ない。そのためグリーンランド氷河地震を継続的に観測する目的で、多国間の国際共同による「グリーンランド氷床の地震モニタリング観測計画 GLISN (The GreenLand Ice Sheet monitoring Network)」が、ポスト国際極年 (IPY) で組織されている。グリーンランドに広帯域地震計を多数設置し、氷床とその縁辺部で発生する氷河地震の活動度と発生メカニズムを解明することが期待される。既存の汎地球デジタル地震観測網 (FDSN) と並行観測を行うことで、温暖化による氷床後退と氷河地震発生に関連性が明らかにされる。グリーンランド氷床の地震活動と発生過程から温暖化影響評価をする研究は独創的であり、北極域の雪氷環境に及ぼす温暖化影響について新視点をもたらす可能性がある。本発表では、グリーンランドの温暖化と氷河地震について紹介し、現在進行中の GLISN 計画の概要を述べる。また、既存データによる周辺域の地震活動の解析結果についても紹介する。

キーワード: グリーンランド, 温暖化, 氷河地震, 広帯域地震計, モニタリング, グローバル網

Keywords: Greenland, global warming, glacial earthquakes, broadband seismometer, monitoring, global network

北極海海氷の季節変化とその変動 SEASONAL CYCLE AND VARIABILITY OF ARCTIC SEA ICE

舘山 一孝^{2*}, 柴田 啓貴², 田中 康弘², アリマス ヌアスムグリ²

TATEYAMA, Kazutaka^{2*}, SHIBATA, Hiroki², TANAKA, Yasuhiro², ALIMASI, Nuerasimuguli²

¹ 国立極地研究所, ² 北見工業大学

¹National Institute of Polar Research, ²Kitami Institute of Technology

Seasonal cycle is a very principal variation of sea ice change and has been studied for basic understanding of sea ice study. Recently many satellite data became available and strong variation has been reported. In the seasonal cycle, Arctic summer sea ice minimum is strong concern. This shows largest interannual variations in the annual cycle. In May and November, Arctic sea ice shows least interannual variations. There are some important turning points of ice conditions in the annual cycle. We tried to summaries resent understanding and unsolved problems, and discussed again the fundamental seasonal cycle.

キーワード: 北極, 海氷, 季節変化

Keywords: Arctic, sea ice, seasonal cycle

海水減少に伴う北極海大気 - 海洋相互作用の強化 Transfer of momentum from Atmosphere into the ocean via sea ice

吉澤 枝里^{1*}, 島田浩二¹, 溝端浩平¹
YOSHIZAWA, Eri^{1*}, SHIMADA, Koji¹, MIZOBATA, Kohei¹

¹ 東京海洋大学大学院

¹ Graduate School of Marine Science and Technology

北極海の気候システムは近年の地球温暖化に対して脆弱であるとのイメージが先行しているが、数値モデルの予測結果からは違った側面がみえてくる。例えば、IPCC AR4において今世紀中に最も表面温度が上昇すると予測された領域は正に北極海である。これは海水消失域における秋～冬の昇温が主要因であり、海水減少に伴い北極海は温暖化を主導する存在に変貌することを示唆している。今後の温暖化及び気候変動予測には海水分布の正確な予測が不可欠になるが、現行の予測モデルでは海水減少の空間パターンを再現できておらず、海水減少メカニズムの核心部分を捉えられていないのが現状である。

我々は、このような現実と予測結果の乖離をもたらしている未解明の素過程を、海洋観測や衛星観測のデータを利用して特定・理解し、数値モデルの精緻化に繋ぐことを目的としている。

我々の課題の主軸は海水減少の“正のフィードバック・メカニズム仮説 (Shimada et al., 2006)”の定量化である。同仮説とは、海水減少に伴う海水運動の増大、海洋上層循環の強化、太平洋水からの熱流量の増大、海洋の温暖化、海水形成量減少が、更なる海水減少をもたらす正のフィードバック・メカニズムを構成しており、太平洋側北極海での近年の海水激減の特徴を定性的に説明しているが、予測分野に繋ぐには不十分である。本発表では、上記の一連の事象のうち、及び について、定量性の理解に向けた研究結果を紹介する。

(1) 海水物性変化に起因する海水運動の増大メカニズム

現在の海水モデルでは、海水運動の海上風依存性が大きく、モデル結果と現実の海水運動には大きな差がある。特に近年の海水運動の増大は風応力の変化だけでは説明できない。そこで、本研究では海水物性の違いによる海水運動の応答特性を調べた。その結果、多年氷から一年氷に支配的な海水タイプが変化すると、同じ応力が加わる条件下でも海水運動が著しく増大することが示された。また、多年氷が支配的である場合でも、海水運動の発散が大きな場合には海水運動が著しく増大することが分かった。いずれも、内部応力散逸量の海水特性依存性に起因するものである。海水種別や海水の収束・発散を大気-海水間相互作用に関するパラメタリゼーションに導入することにより、モデルの改善が見込めると想定される。

(2) 海洋上層循環の変化と空間パターン形成

北極海の海洋循環強度の変動についても、海面応力に起因するエクマン収束・発散に線形的にตอบสนองするというイメージが先行している。しかし、観測データから求めた海洋上層循環強度の指標となる主密度躍層深とエクマン収束・発散の空間分布は必ずしも一致しない。その理由は、存在する波動の影響を考慮しているか否かにある。両者の空間パターンの不一致は、ある海底地形勾配以上の斜面となっている海域でみられる。海水運動のパワースペクトルから、そのエネルギーは年スケールに卓越ピークがみられる。海底地形が平坦であれば、惑星ベータ効果が非常に小さい北極海では、スケールの変動により励起される傾圧構造は傾圧惑星ロスビー波が波動解を持ちえないため伝播できず、その場に滞在する。したがって、海底傾斜度がある臨界値以下である場合には、海洋上層循環構造の変動はエクマン鉛直流にておおよそ定まる。一方、臨界値以上の斜度をもつ海域では、年周期以下の海水運動成分が地形性ロスビー波として遠方場へと放射され、エクマン収束・発散により与えられた凹凸構造はその場に残らない。実際に、2008年の海面応力の増大に比例して海洋循環が強化していないのは、上記の力学により説明できる。また、海底地形が平坦な海域については、海面応力場、つまり、海水運動場を正確に把握していれば、最小の海洋観測にて、海洋構造を推定できる。

海洋循環場の強度・空間パターン変動の理解は、海洋熱の供給場所の推定に繋がり、海水減少海域を事前に理解する上で重要なポイントになる。比較的単純な力学と衛星データから循環構造の把握が可能である海底地形が平坦な海域から、海底地形が起伏に富み、波動による循環構造のモジュレーションが起き、かつ、太平洋水が北極海内部に輸送されるノースウインド海嶺以西の海域が、今後海水減少の理解を進めるに際し最重要海域になる。そこで、今夏から開始予定の海洋観測では、太平洋水の近年の流路をカバーする係留系・CTD観測を新規展開し、カナダ海盆における既存の観測体系と併せて、太平洋側北極海の海洋循環を東西に横断する観測網を設計した。この観測から我々は、海洋水平熱輸送量変動を決める上層循環変動とその要因を明らかにし、さらに、鉛直熱フラックス変動をもたらす力学も含め、著しい海水減少をもたらす“正のフィードバック・メカニズム”全体の理解を目指している。

キーワード: 北極海, 海水減少, 気候変動, 温暖化

Keywords: Arctic Ocean, sea ice reduction, climate change, global warming

モンゴル永久凍土域のカラマツ林における水文気象・生態・年輪年代の長期モニタリング

Long-term hydrometeorological, ecological and dendrochronological monitoring at larch forests on permafrost of Mongolia

宮崎 真^{1*}, 石川 守¹, ピリグバートル ナンザンド², パータービレグ ナチン², ダムディンスレン ソドブ², ジャンバル ジャブ ヤムヒン³

MIYAZAKI, Shin^{1*}, ISHIKAWA, Mamoru¹, Nanzand BILEGBAATAR², Nachin BAATARBILEG², Sodov DAMDINSUREN², Yamkhin JAMBALJAV³

¹北海道大学地球環境科学研究所, ²モンゴル国立大学, ³モンゴル科学アカデミー地理研究所

¹Hokkaido University, ²National University of Mongolia, ³Institute of Geography, MAS

1. はじめに

モンゴルはシベリアから続くタイガ林の南限に位置している。モンゴルの森林面積は国土の約7%を占めており、その約80%はカラマツ林 (*Larix siberica*) である。モンゴルでは森林は地下に永久凍土がある北向き斜面に主に分布し、永久凍土がない南向き斜面には草原が主に分布している。火災、伐採、虫害等の森林に対する攪乱は森林の将来変化において考慮すべき重要な要素である。モンゴルでは、気温の上昇(近年60年間で1.8℃)、降水量の変化(夏季に7.5%の減少、冬季に9%の増加)等の気候変化が顕著である。気候の変化や人為的影響などの変化がモンゴルの生態系、特に森林の分布に影響を与える可能性がある。

2009年よりモンゴル北部永久凍土域のカラマツ林において水文気象・生態・年輪年代の長期モニタリングを開始した。本研究の目的は、モンゴル北部の永久凍土上のカラマツ林における熱・水・二酸化炭素の交換過程とその動態を複数のアプローチから総合的に明らかにすることである。本稿では、観測の方法と得られたデータならびに初期解析結果を示す。

2. 観測方法とデータ

観測サイトはモンゴル国トゥブ県バツンブル郡ウドレグ村(48°15'43.7"N, 106°50'56.6"E, 標高1264m)のモンゴル国立大学研究林内のカラマツ林にある。観測器材は高さ25mの鉄塔およびその周辺の樹木や地面に設置した。水文気象観測は、気温・相対湿度(2高度:25m, 2m)、気圧、風向風速、降水量、積雪深、短波・長波・光合成有効放射量(上向き・下向き:2高度:25m, 5m)、地温(0, -0.2, -0.4, -0.8, -1, -2, -3, -4, -6, -8, -10m)、土壌水分量(-0.1, -0.3, -0.5, -0.7, -0.9, -1.3, -1.8, -2)と顕熱・潜熱・運動量・二酸化炭素フラックス(超音波風速温度計と赤外線水蒸気二酸化炭素分析計のデータから渦相関法で算出)を計測している。生態観測は、樹木の胸高直径の成長量(デンドロメーター)、樹液流量(グラニエ法)を計測し、植生および地表面状態(タワー頂上から北向きに設置した定点カメラの写真から解析)を記録している。年輪年代観測は、各樹木の年齢、各年の成長量、干ばつ・火災履歴を測定している。カラマツ林の平均高は18.3m、平均胸高直径は33.2cmであった。

3. 結果

気温の年較差は約60℃(6・7月に+25℃~27℃、1・12月に約-30℃)、年平均気温は約-1℃であった。年降水量は約250mm、5月から9月の降水量が年降水量の約90%を占めていた。定点カメラ画像の解析結果から地表面状態とカラマツ林の生物季節が明らかとなった。1月~3月、11・12月は地表面に積雪があり、5月下旬にカラマツの葉が展葉したのち、葉の成長の最盛期を7月に迎え、10月上旬に落葉していた。1月~3月と11・12月にはアルベードは0.2~0.3でカメラ画像の積雪期と一致していた。光合成有効放射量(PAR)は、5月下旬の展葉期にPARアルベードの急激に減少し、10月上旬の落葉期に急激に増加していた。深さ10cmの土壌水分量は、4月には約10%以下であったが、降水の季節変化と対応して5月ごろから増加し、8月までの間は約20%で、10月から減少し約10%以下となっていた。地温は深さ3m以下では一年中0.2℃程度となっており、永久凍土となっていることが分かった。

キーワード: モンゴル, カラマツ林, 熱・水・炭素収支, 土壌水分, 永久凍土

Keywords: Mongolia, Larch forest, Heat, water and carbon balance, Soil moisture, Permafrost

東シベリアタイガ林の大気水蒸気同位体比の変動と水蒸気の起源と輸送過程 Isotopic composition of atmospheric water vapor and its source and transport in the taiga forest, eastern Siberia

上田 哲大^{1*}, 杉本 敦子²

UETA, Akihiro^{1*}, SUGIMOTO, Atsuko²

¹ 北海道大学大学院環境科学院, ² 北海道大学大学院 地球環境科学研究所

¹Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, ²Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University

東シベリアは気候変動等に敏感に応答する地域であり、非常に厳しい乾燥気候下にあるにも関わらず、広範囲にわたり永久凍土と落葉性針葉樹林(タイガ林)が分布している。その中で、植物の蒸散過程がこの地域の水循環に大きく寄与している。そこで、植物の蒸散過程がどのように水循環に関与するか明らかにするために、本研究では、2006年、2007年、2008年の夏季后半に東シベリアタイガ林にて、降水・植物体内水・土壌水・地表有機層中の水の安定同位体比と併せて、大気水蒸気安定同位体比の数週間スケールの変動を観測し、その変動要因の解明を気象パラメータとの比較を通して行なった。これらの年は、夏季の降水量や冬季の積雪量が近年増大した影響で土壌水分量が多くなっており、特に2007年は他の年に比べて異常に高い土壌水分量が観測された。

大気水蒸気 ^{18}O の数週間スケールでの変動について、2006年と2007年では大気水蒸気 ^{18}O と混合比の間に正の相関 ($R^2=0.99, 0.88$) が見られた。これは、植物の蒸散過程により大気中に放出された ^{18}O 値の高い水蒸気と、降水イベントの影響により ^{18}O 値が低くなった水蒸気が混合したものであることが示唆された。その一方、土壌水分が過多にあった2007年ではそのような関係は見られず、蒸散よりも湿潤な地表面からの蒸発が顕著であったことが示唆された。

500 km × 500 km の領域を設定し、再解析データを用いて領域の各境界における水平方向の水蒸気フラックスの変動を算出し、その変動と大気水蒸気 ^{18}O の変動を比較した。その結果、特定の方角からの水蒸気の流入量の変動に対して水蒸気 ^{18}O 値は特定の変動を示さなかった。これは、特定の位置に特定の水蒸気のソースが存在しなかったことを示唆している。降水量と気温の空間分布と後方流跡線解析(HYSPLIT4)より、 ^{18}O 値の高い水蒸気は観測地点の周辺の、気温が比較的高く降水が観測されなかった森林から流れていたことが示され、その一方、 ^{18}O 値の低い水蒸気は、気温が低く、降水が観測された森林上から流れていたことが示された。これは、空気塊に蒸散由来・降水の影響を受けた水蒸気が取り込まれ、流れてきたことを示唆しており、結果として、大気水蒸気 ^{18}O 値は「植物の蒸散過程」と「降水の影響」の2つの要素で変動が決まることが示された。

以上の結果及び考察により、比較的高い ^{18}O 値を持つ植物の蒸散由来の水蒸気が数週間スケールという時間スケールにおいてタイガ林の水循環の中で大きな役割を果たすことが示された。この結果は、今後モデル等でタイガ林内の降水過程を考察するうえで、その元になる水蒸気についての有益な情報を与えることができるものであると考えられる。

キーワード: 大気水蒸気同位体比, 東シベリア, タイガ林, 蒸散, 降水

Keywords: stable isotope of atmospheric water vapor, eastern Siberia, taiga, plant transpiration, precipitation

アラスカにおける最近の森林とツンドラの大火災 Recent Large Forest and Tundra Fires in Alaska

早坂 洋史^{1*}

HAYASAKA, Hiroshi^{1*}

¹ 北海道大学大学院

¹ Graduate School of Hokkaido University

アラスカでは、2004, 2005, 2007年に例年の3倍の約12万回の雷が発生し、約300件の火災が発生した。この3年の最終的な焼損面積は、かなり異なっていた。2004と2005年は、過去55年間(1956-2010年)で、順に過去最大と過去3位の焼損面積であった。しかし、2007年は大規模なツンドラ火災が起きたものの焼損面積は、平均より少し小さい結果となった。この3年の活発な雷の発生、最大焼損面積となった背景に付いて、種々の気象条件を検討した結果について検討した結果について報告する。

キーワード: 活火災, 火災期間, ホットスポット, 雷, 日照り, 降雨

Keywords: live fire, fire duration, hotspot, lightning, drought, precipitation

北極海上における生物起源揮発性有機化合物の分布 Distribution of biogenic volatile organic compounds over the Arctic Ocean

横内 陽子^{1*}, 猪上 淳²
YOKOUCHI, Yoko^{1*}, Jun Inoue²

¹ 国立環境研究所, ² 海洋研究開発機構

¹National Institute for Environmental Studies, ²Japan Marine Science and Technology Center

There are a variety of biogenic volatile organic compounds (BVOCs) in the atmosphere. They are believed to be playing an important role in the global environment through aerosol formation, ozone depletion, etc. We studied spatial/temporal distribution of selected BVOCs in the atmosphere over the Arctic Ocean, and found that their concentrations were likely to be affected by sea-ice type.

Air samples were collected during an Arctic cruise conducted by the R/V Mirai from 30 August to 21 October. Sampling was done with stainless steel canisters on board at the front of the uppermost deck, forward of potential contamination from stack. After transport to the laboratory, the samples were analyzed using a pre-concentration/capillary gas chromatograph - mass spectrometry (GC-MS).

Methyl iodide (CH₃I) is the most abundant organic iodine compound in the atmosphere, which is mostly emitted from the ocean. Methyl chloride (CH₃Cl) is the most abundant chlorine compound in the atmosphere, which is mostly emitted from tropical forests followed by warm ocean and biomass burning on a global scale. Both of them showed gradual decrease with latitude, but they showed quite different variation in the marginal ice zone. CH₃Cl concentration was higher at the sites surrounded by sea ice than at the open sea near the ice edge, while CH₃I concentration decreased over/near the sea ice. This finding would suggest CH₃Cl is absorbed by the cold seawater, but CH₃I is emitted even from the cold water. Among the other BVOCs, methyl bromide (CH₃Br) was similar to CH₃Cl in the relationship to sea ice. Bromoform (CHBr₃), which is mainly emitted from macroalgae, showed the third pattern: lowest over thin (new) sea ice and highest over thick (old) sea ice. This would be consistent with that ice-algae usually grow on the old sea ice.

キーワード: 揮発性有機化合物, 北極, ヨウ化メチル, 塩化メチル, ブロモホルム

Keywords: volatile organic compounds, Arctic, methyl iodide, methyl chloride, bromoform

東シベリアタイガ ツンドラ境界域におけるメタンフラックスと安定同位体比 Methane flux and its stable isotope ratios in a taiga-tundra ecotone in East Siberia

新宮原 諒^{1*}, 岩花 剛², 鷹野 真也¹, 中村 恵¹, トロフィーム・マキシモフ³, 杉本 敦子²

SHINGUBARA, Ryo^{1*}, IWAHANA, Go², TAKANO, Shinya¹, NAKAMURA, Megumi¹, MAXIMOV, Trofim C.³, SUGIMOTO, Atsuko²

¹ 北海道大学大学院環境科学院, ² 北海道大学地球環境科学研究所, ³ ロシア科学アカデミー寒冷圏生物学研究所

¹ Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, ² Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, ³ Institute for Biological Problems of Cryolithozone, Siberian Branch, Russian Academy of Science

One of the major sources of CH₄ is natural wetland and CH₄ is partly absorbed into forest soil. These CH₄ exchange between soil and the atmosphere is known to be spatially variable to great extent (Sachs *et al.*, 2010). Wetland is broadly distributed in the Arctic (Aselmann & Crutzen, 1989) and taiga-tundra ecotone (low and high shrub tundra) also covers significant area in the region (Kaplan & New, 2006). The vegetation in the taiga-tundra ecotone might be changed by climate change such as enhanced warming in the Arctic (Walker *et al.*, 2006) and eventually CH₄ flux as well, which is a strong greenhouse gas. In order to estimate CH₄ emission from a region in the taiga-tundra ecotone, it is necessary to observe CH₄ flux not only at a typical tundra site but also at multiple sites including taiga area. Such observation had been carried out in other region such as West Siberia (Flessa *et al.*, 2008), but not yet in East Siberia. The objective of this study is (1) to establish new observation sites in a taiga-tundra ecotone in East Siberia and observe CH₄ flux at each vegetation landscape and (2) to clarify the controls of CH₄ flux in the ecosystem.

We observed CH₄ flux by closed chamber method in Jul 2009-2011 at 4 new sites (separated for tens of km) with different vegetation in the taiga-tundra boundary of Indigirka lowland near Chokurdakh (70N, 148E), Russia. The region has a typical tundra station, where CH₄ flux had been observed since 2004 (van Huissteden *et al.*, 2005). We set new sites denoted as V (taiga-like), K (typical boundary), B (tundra-like), where tree mounds with moss cover (*Sphagnum spp.*) and with larch, wet area with sedges (or *Sphagnum*) and frequently with surface water were distributed in a patchy way. We also set site F (floodplain) in 2010. Along with flux observation, we measured oxidation reduction potential (ORP), soil temperature, soil moisture, and thaw depth as potential controls of CH₄ flux. In 2011, we also measured CH₄ concentration in surface water and in soil pore (at ca. 15 cm) in wet areas, and delta-13C and delta-D of these dissolved CH₄ and emitted CH₄ to clarify the production, transport, and oxidation process. GC-FID was used to analyze CH₄ concentration and GC/GC/C(TC)/IRMS for delta-13C and delta-D of CH₄.

The observed CH₄ flux was -0.23~7.0 mgC m⁻² h⁻¹ and different among vegetation types. At tree mounds and river terrace (F site), the soil was drier with relatively higher ORP than wet areas and CH₄ emission wasn't observed. At K wet area (sphagnum/sedge), where dead larch with flat Sphagnum cover on ground could be seen and regarded vegetation succession was taking place, small CH₄ emission was observed (2.1 mgC m⁻² h⁻¹ at maximum). At V, B sedge wet area, the largest emission was observed (0.05~7.0 mgC m⁻² h⁻¹). CH₄ flux didn't correspond with CH₄ concentration in surface water, but the flux was large when CH₄ concentration in soil pore was high, indicating that the contribution of CH₄ diffusion throughout surface water is small and that CH₄ could be emitted from soil through vascular plants. CH₄ flux was positively correlated with soil temperature at wet areas, as well as CH₄ concentration in soil pore. CH₄ flux at K sedge wet area, however, was almost constant and had no correlation with CH₄ concentration in soil pore. In 2011, when the water level of the river system was remarkably high and the soil was wet, the largest CH₄ flux was observed with low ORP. The observed delta-13C of CH₄ in soil pore was extremely high (-59~-47 per mil), which indicates the delta value was affected by diffusion or oxidation in the soil. Delta-D-delta-13C plot supported the CH₄ transportation by plants. To estimate CH₄ flux of the region, it's necessary to consider not only tree mound and sedge wet area but also vegetation succession. If vegetation changes from tree mound to succession area, or from succession area to sedge wet area, regional CH₄ flux might increase and cause positive feedback on climate.

キーワード: メタン, タイガ ツンドラ境界域, 東シベリア, 北極圏, 炭素安定同位体比, 水素安定同位体比
Keywords: methane, taiga-tundra ecotone, East Siberia, Arctic, carbon isotope ratio, hydrogen isotope ratio

極域寒冷域の降雪の降水強度分布 The intensity distribution of snowfall in the cold regions

平沢 尚彦^{1*}, 小西啓之²

HIRASAWA, Naohiko^{1*}, Hiroyuki Konishi²

¹ 国立極地研究所, ² 大阪教育大学

¹National Institute of Polar Research, ²Osaka Kyoiku University

地球温暖化等の気候変動において、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過程の働きに影響を及ぼす。極域の水循環の実態やその気候への影響を研究するために、まず、降水量を正しく観測したい。しかし、現在世界中で行われているレインゲージを用いた降雪量観測では、その捕捉率が50%以下になることは珍しくなく、観測精度の向上が強く求められている。極域寒冷域では、気温が低く、少量の降水量、かつ降水強度の弱い降水の頻度が大きく、これを捉えていく必要がある。このような問題を解決する目的で、我々は、これまで新潟県や北海道で幾つかの測器を用いて観測を行ってきた。本講演では、主に降水粒子カウンターにより観測された国内の降雪データをもとに、我々が捉えなければならない降雪が実際にどのような降水強度によって構成されているのかを明らかにする。また、シーロメーター観測の利用についてもコメントしたい。

キーワード: 降雪量観測, 極域, 寒冷域, 降雪粒子計数計, シーロメーター

Keywords: snowfall amount observation, polar region, cold region, snow particle counter, ceilometer

20世紀後半におけるユーラシア大陸上の春季降水量変化に対する人間活動の影響 Anthropogenic impact on spring precipitation over Eurasian continent in the late 20th century

野沢 徹^{1*}, 川瀬宏明²

NOZAWA, Toru^{1*}, KAWASE Hiroaki²

¹ 国立環境研究所, ² 海洋研究開発機構

¹National Institute for Environmental Studies, ²Japan Agency for Marine-earth Science and Technology

Global warming due to anthropogenic greenhouse gases (GHGs) causes an increase in mean and extreme precipitation. It also causes a decrease in snow cover duration and snow water equivalent (SWE) in mid-latitude and lower altitudinal area, whereas it causes an increase in SWE in high-latitude and high altitudinal area. On the other hand, anthropogenic emissions of aerosols have decreased over European countries, the U.S., Japan, etc., although they are still increasing in China, India, and developing countries. Changes in the anthropogenic aerosols alter the surface radiation fluxes through the scattering and absorbing processes of aerosols. These changes in surface radiation fluxes affect the surface energy budget; that is latent and sensible heat fluxes. Recently, it is pointed out that 'dimming and brightening' associated with aerosol changes affect regional and global climate changes. Decrease in anthropogenic aerosols induces brightening over Europe, which resulting in an increase in evaporation. The increase in evaporation contributed to the increase in precipitation via the water budget relationship.

Here, we investigate the impact of changes in GHGs and aerosols on precipitation over the Eurasian continent in the late 20th century using historical simulations performed by a coupled general circulation model generally known as the medium-resolution version of the Model for Interdisciplinary Research On Climate (MIROC). The atmospheric component of MIROC includes an explicit representation of the first and second kinds of indirect effects induced by soluble aerosols as well as the direct effects of all aerosols. We look into the relative contribution of individual anthropogenic forcing factors by analyzing datasets of several experiments forced with different combinations of external climate forcing factors. We focus on the changes in surface radiation and heat budgets which affect the evaporation and precipitation statically.

The historical simulation by MIROC can simulate the observed precipitation trend over high-latitude area in the late 20th century. Significant increase in precipitation was observed and simulated during spring. Moistening trends are significant over the western part of Eurasia (Europe) during all season. The annual drying trend can not be simulated over the eastern parts of Eurasian continent. According to an analysis using an approximated atmospheric moisture budget equation, we find that the increase in precipitation is caused by the increase in evaporation and advection over the western and eastern parts of Eurasian continent, respectively. The change in evaporation is thought to be related to the surface radiation changes, hence, we investigate the changes in surface shortwave and longwave radiation. Change in net surface shortwave radiation (SSR) controlled the changes in net radiation. The net SSR increases over central and western parts of Eurasian continent not only in the all-sky situation but also in the clear-sky situation. The downward SSR shows an increase over Europe. In contrast, the upward SSR shows a decrease, which means the increase in net radiation at the surface, over the central part of Eurasia. According to an analysis of several experiments forced with individual forcing factors, it is speculated the change in downward SSR is associated with the changes in aerosols, while the changes in upward SSR is associated with the snow cover change. The increase in downward SSR over Europe was caused by the decreases in aerosols. The decrease in upward SSR over the central part of Eurasian continent was caused by the increasing concentrations of GHGs; the decrease in upward SSR is strongly associated with the surface albedo reduction which is caused by the decrease in snow cover due to global warming.

キーワード: 地球温暖化, 人間活動, 温室効果ガス, エアロゾル

Keywords: global warming, anthropogenic, greenhouse gases, aerosols