

GRENE 北極気候変動研究プロジェクトまとめと今後の課題

Synthesis and Legacy of GRENE Arctic Climate Change Research Project

*山内 恭^{1,2}、高田 久美子^{1,3,4}*Takashi Yamanouchi^{1,2}, Kumiko Takata^{1,3,4}

1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.国立環境研究所地球環境研究センター、4.海洋研究開発機構総合的気候変動予測研究分野

1.National Institute of Polar Research, 2.The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI), 3.National Institutes for Environmental Studies, 4.JAMSTEC

グリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス（GRENE）北極気候変動研究プロジェクト「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」は、2011～2015年度の5カ年にわたって実施された、わが国初の、分野横断、観測・モデル融合、オールジャパンの北極研究である。既に、プロジェクト期間は終了し、多くの成果を得たとともに、これからの観測・研究のための基盤をも整備することができた。

本プロジェクトでは4つの戦略研究目標が提示された：

1. 北極における温暖化増幅メカニズムの解明、
2. 全球の気候変動及び将来予測における北極域の役割の解明、
3. 北極域における環境変動が日本周辺の気象や水産資源等に及ぼす影響の評価、
4. 北極海航路の利用可能性評価につながる海氷分布の将来予測。

その解明を目指して公募された7つの研究課題が推進された：

- (1)北極気候再現性検証および北極気候変動・変化のメカニズム解析に基づく全球気候モデルの高度化・精緻化、
- (2)環北極陸域システムの変動と気候への影響、
- (3)北極温暖化のメカニズムと全球気候への影響：大気プロセスの包括的研究、
- (4)地球温暖化における北極圏の積雪・氷河・氷床の役割、
- (5)北極域における温室効果気体の循環とその気候応答の解明、
- (6)北極海環境変動研究：海氷減少と海洋生態系の変化、
- (7)北極海航路の利用可能性評価につながる海氷分布の将来予測。

このように、トップダウンで示された目標に向けてボトムアップで構想された課題を進めるという大変ユニークな構成であった。

プロジェクトでは、2011 年開始以来、北極を周る様々な場所、スバールバルから、ロシア・シベリア、アラスカ、カナダ、グリーンランドに北極海と多岐にわたる場所で観測が行われてきた。特に、スバールバル・ニーオルスンには、高精度の雲レーダー（95 GHz）が設置され、大気の集中観測が行われている。また、北極海では「みらい」や砕氷船の航海が行われ、係留系の観測も進められた。取得したデータは北極データアーカイブ（ADS）に蓄積され、解析用のインターフェースとともに供されている。また、原理的な物理モデルから大循環モデルまで、様々なモデル研究が進められて来た。

これらの観測・研究を通じ、多くの新たな研究成果が生まれているが、その代表的なものとしては：

- (1) 北極温暖化増幅の季節進行を含めた詳しいしくみ、
- (2) 北極温暖化の中緯度影響、特に日本の冬の寒波・豪雪への影響、
- (3) 北極海氷予測と北極海航路の可能性、
- (4) 陸上植物活動の変化と大気中CO₂吸収の増加、
- (5) 生態系に影響する海洋酸性化等の海洋環境変化と優占種の変化、
- (6) 氷河・氷床崩壊による海面上昇への寄与、

などがあげられよう。戦略研究目標毎の関係を示した科学的成果の関連は図1の通りである。

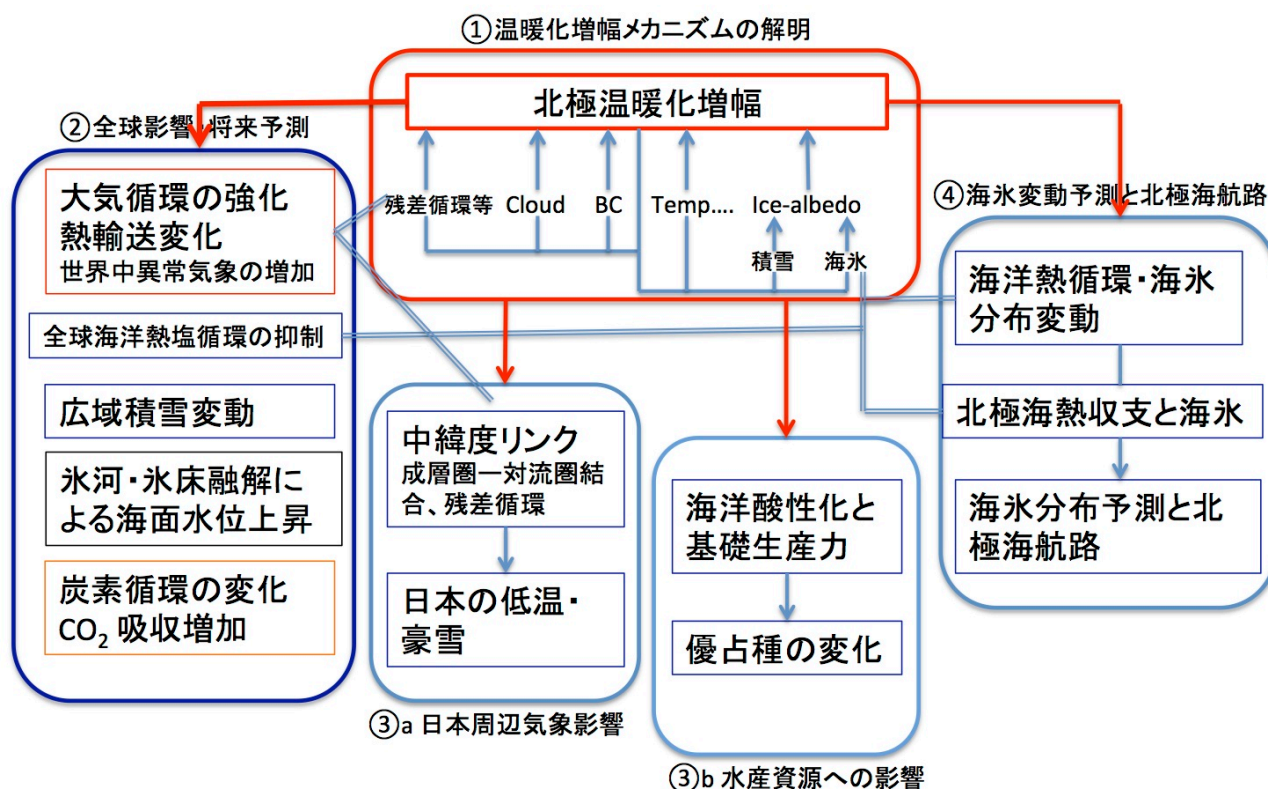
しかし、温暖化に伴う雲のふるまい、気象予測の高精度化、水循環、永久凍土融解や海洋底からのメタン発生など、未だ解明しきれなかった課題も多く、今後の研究が待たれる。基盤施設としての雲レーダーをはじめ、GRENE で培われた分野融合の研究体制などをLegacyとして、これからの研究を進めて欲しい。既に

ArCS (Arctic Challenge for Sustainability 北極域研究推進) プロジェクトやYOPP (極域予測年; WMO/PPP極域予測プロジェクト) をめざした計画が進んでいるが、それ以外にも、活発な研究推進が期待される。

キーワード: 北極、海氷、温暖化増幅、中緯度影響、北極海航路

Keywords: Arctic, sea ice, warming amplification, mid-latitude link, Arctic sea routes

全体のまとめ



西部北極海における厳冬期の亜表層暖水輸送

Mid-winter transport of subsurface warm water in western Arctic Ocean

*渡邊 英嗣¹、小野寺 丈尚太郎¹、伊東 素代¹、西野 茂人¹、菊地 隆¹*Eiji Watanabe¹, Jonaotaro Onodera¹, Motoyo Itoh¹, Shigeto Nishino¹, Takashi Kikuchi¹

1. 海洋研究開発機構

1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Ocean heat transport is a possible important factor for recent sea ice decline, especially in the western Arctic Ocean. It has been indicated that vertical hydrographic profiles in the Canada Basin were characterized by three temperature maxima. The near-surface temperature maximum was the shallowest one arising from summer solar heat absorption and subsequent autumn Ekman downwelling. The subsurface temperature maximum reflected intrusion of Pacific summer water. The deepest maximum was located in the Atlantic layer. Substantial parts of upper ocean heat would eventually affect sea ice freezing/melting. However, spatial and temporal variabilities of these warm layers still remain uncertainties. Recently, year-long moorings in Chukchi Abyssal Plain detected mid-winter subsurface warming, plausibly caused by lateral advection of shelf-origin water. In this study, a pan-Arctic sea ice-ocean modeling was performed to address overwinter transport of subsurface warm water. The horizontal grid size was approximately 5 km to resolve mesoscale eddies and narrow jets. The interannual experiment from 2001 to 2014 demonstrated that Barrow Canyon throughflow and westward shelf-break jet established primary pathways of subsurface heat transport toward Chukchi Borderland. Shelf-break heat was partly lost by event-like wind mixing but remained under highly stratified surface layer until mid-winter.

キーワード：北極海、亜表層水温極大、陸棚縁ジェット

Keywords: Arctic Ocean, Subsurface temperature maximum, Shelf-break jet

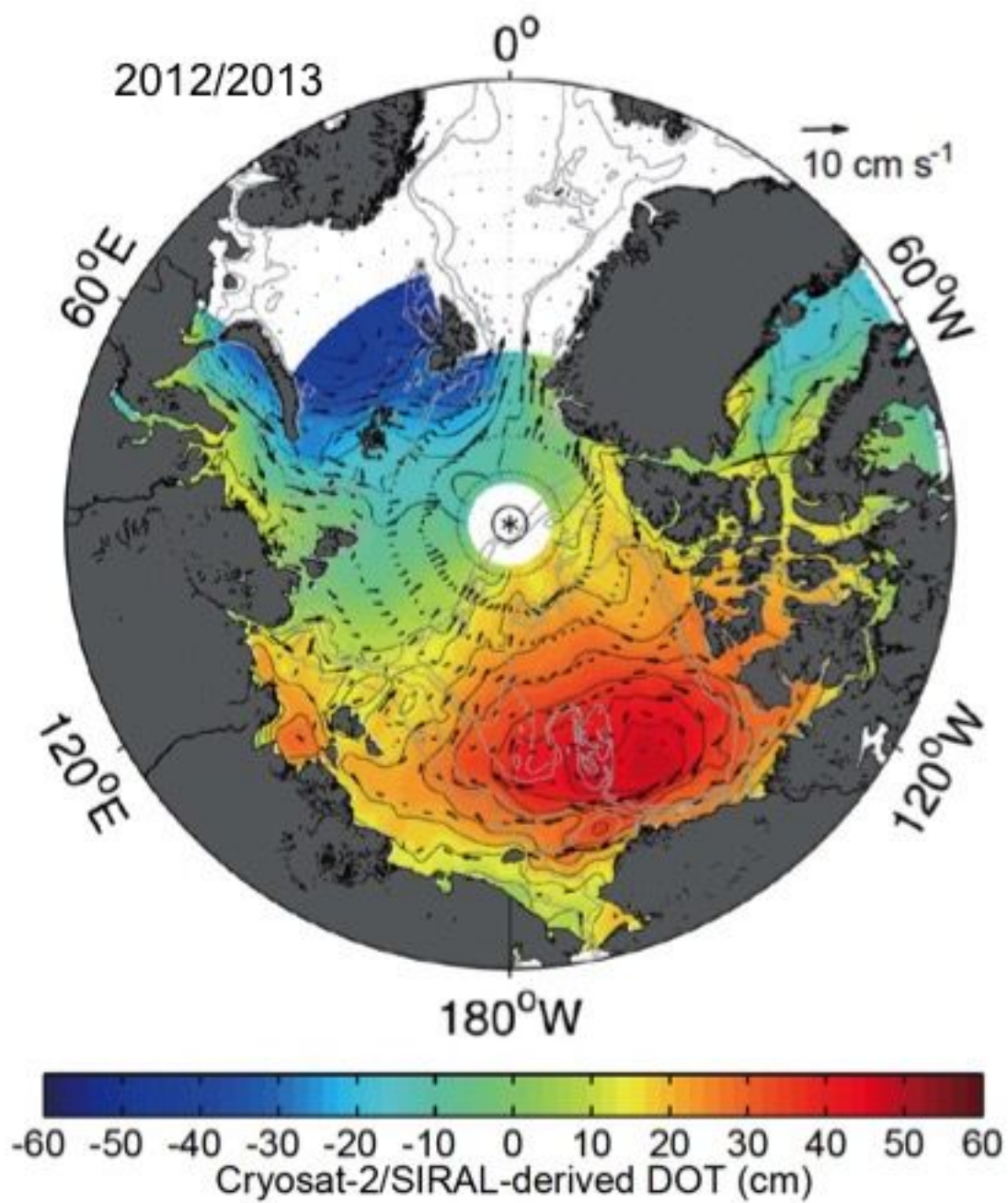
Wintertime variability of the Beaufort Gyre in the Arctic Ocean derived from CryoSat-2/SIRAL measurements

*Kohei Mizobata¹, Eiji Watanabe², Noriaki Kimura³

1.Tokyo University of Marine Science and Technology, 2.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3.National Institute of Polar Research

The monthly dynamic ocean topography (DOT) of the Arctic Ocean was successfully estimated .by using the sea surface height measured by the SAR / Interferometric Radar Altimeter (SIRAL) on board CryoSat-2 (CS-2). The CS-2 monthly DOT showed the interannual and monthly variability of the Beaufort Gyre (BG) during winter between 2010/2011 and 2014/2015. Estimated BG in the Pacific Sector of the Arctic Ocean indicates that the northward flow at the western edge of the BG was primarily estimated over the Chukchi Borderland (CBL). However, in the winter of 2012/2013, the BG extended across the CBL (see figure). Our analyses revealed a significantly variable BG in response to changes in the sea surface stress field. Our analysis suggests that 1) sea ice motion, driven by wind fields, acts as a driving force for the BG when sea ice motion was intensified during winter and 2) sea ice motion can also act as an inhibiting force for the BG when sea ice motion is weakened during winter. In addition, the relationship between the DOT, steric height and ocean bottom pressure implied that the DOT during winter responded to varying wind stresses through baroclinic and also barotropic adjustments. According to a tracer experiment based on our monthly CS-2 DOT and derived geostrophic velocity field, we inferred that in the winter of 2012/2013, the Pacific-origin water carried into the BG through the Barrow Canyon was transported to the northern shelf and shelf break of the Chukchi Sea rather than the CBL, which is where the Pacific-origin water had been transported in the other years of the observation period.

Keywords: Beaufort Gyre, CryoSat-2/SIRAL, Dynamic ocean topography



北極海における冬季から春季の海氷状況をもとにした夏季海氷分布の予測

Medium-range prediction of the Arctic sea ice

*木村 詞明^{1,2}、山口 一²*Noriaki Kimura^{1,2}, Hajime Yamaguchi²

1.国立極地研究所、2.東京大学大学院新領域創成科学研究科

1.National Institute of Polar Research, 2.Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

INTRODUCTION

The summer Arctic sea-ice extent has decreased in this several decades. This reduction has accelerated maritime transport using the Arctic sea route. Sea ice prediction is essential to realize safe and sustainable use of the route. Especially, medium-term forecast looking several months ahead is necessary to determine whether or not the shipping route through the Arctic will be navigable.

The Arctic Ocean is nearly fully covered by sea ice until April or May, after which time interannual differences in ice area become noticeable. One possible cause of the interannual difference of ice retreat is ice thickness in spring before the start of melting. However, observations of ice thickness are insufficient in their spatial and temporal coverage, observation period or their accuracy to resolve the interannual difference of the thickness. Recently, Krishfield et al. (2014) shows the way to derive the daily sea ice thickness from the satellite microwave data.

To estimate the spatial distribution of spring ice thickness, we focus on the winter ice motion and redistribution. Our prediction is basing on the relationship between the ice thickness in spring and ice area in the following summer. We predict the summer ice area based on this relation.

DATA

We prepare a daily ice-velocity product on a 60 km resolution grid for 2003-2015, calculated from data of the satellite microwave sensors Advanced Microwave Scanning Radiometer-Earth Observing System (AMSR-E) and AMSR2. The procedure for detecting ice motion is based on the maximum cross correlation method (Kimura et al., 2013). Ice thickness is calculated from AMSR-E and AMSR2 images using the algorithm by Krishfield et al. (2014). This study also uses satellite derived daily ice concentration on a 10 km resolution grid, distributed by Arctic Data archive System (<https://ads.nipr.ac.jp/index.html>).

METHOD OF ICE PREDICTION

To investigate the dynamic redistribution of sea ice during winter, movement of particles spread over the ice area is calculated. About 20000 particles having initial ice thickness are arranged at an interval of 30 km over the ice area on December 1 of each year. Daily displacement of the particles is calculated from the satellite derived ice velocity on one-day time steps up to April 30.

Provisional ice thickness on April 30 is estimated by 1) particle density only, 2) particle density multiplied by the initial ice thickness, 3) particle density multiplied by the initial ice thickness only in the thick-ice (>1.5m) area. We found the highest correlation between the spring ice thickness and summer ice cover in the case of 3. We can predict the summer ice area based on the relationship between the provisional ice thickness and summer ice area. Based on the analysis, first report of the summer ice prediction showing the ice concentration map for July 1 to September

11 is released in May on our website.

The medium-term forecast looking several months ahead should be useful for safe and efficient use of the Arctic sea route. As a next step, we are trying to predict the ice thickness distribution.

ACKNOWLEDGEMENTS

We wish to thank the Arctic Data archive System for the gridded AMSR-E and AMSR2 data. This study was supported by the Green Network of Excellence Program Arctic Climate Change Research Project.

REFERENCES

- Kimura N., Nishimura A., Tanaka Y. and Yamaguchi H. (2013) Influence of winter sea ice motion on summer ice cover in the Arctic, *Polar Research*, 20193.
- Krishfield, R. A., Proshutinsky, A., Tateyama, K., Williams, W. J., Carmack, E. C., McLaughlin, F. A., and Timmermans, M. L. (2014) Deterioration of perennial sea ice in the Beaufort Gyre from 2003 to 2012 and its impact on the oceanic freshwater cycle, *J. Geophys. Res.*, 119, 1271-1305.

キーワード：北極、海氷、衛星リモートセンシング

Keywords: Arctic, Sea ice, Satellite remote-sensing

北極海のラジオゾンデ観測データが冬の中緯度で生じる寒波の予報精度に与える影響

Impact of radiosonde data over the Arctic ice on forecasting winter extreme weather over mid latitude

*佐藤 和敏¹、猪上 淳^{1,2,3}、山崎 哲²、Kim Joo-hong⁴、Maturilli Marion⁵、Dethloff Klaus⁵、Hudson Stephen⁶

*Kazutoshi Sato¹, Jun Inoue^{1,2,3}, Akira Yamazaki², Joo-hong Kim⁴, Marion Maturilli⁵, Klaus Dethloff⁵, Stephen R Hudson⁶

1.国立極地研究所、2.海洋研究開発機構、3.総合研究大学院大学、4.Korea Polar Research Institute、5.Alfred Wegener Institute、6.Norwegian Polar Institute

1.National Institute of Polar Research, 2.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3.SOKENDAI (Graduate University for Advanced Studies), 4.Korea Polar Research Institute, 5.Alfred Wegener Institute, 6.Norwegian Polar Institute

In February 2015, the Arctic air outbreak caused extreme cold events and heavy snowfall over the mid latitude, in particular over the North America. During the winter, special radiosonde observations were made on the Norwegian RV Lance around the north of Svalbard under the N-ICE2015 project. We investigated the impact of the radiosonde data on forecasting of a cold extreme event over the eastern North America using the AFES-LETKF experimental ensemble reanalysis version2 (ALERA2) data set. ALERA2 was used as the reference reanalysis (CTL) while the observing-system experiment (OSE) assimilated the same observational data set, except for the radiosonde data obtained by the RV Lance. Using these two reanalysis data as initial values, ensemble forecasting experiments were conducted. Comparing these ensemble forecasts, there were large differences in the position and depth of a predicted polar vortex. The CTL forecast well predicted the southward intrusion of the polar vortex which pushed a cold air over the eastern North America from the Canadian Archipelago. In the OSE forecast, in contrast, the trough associated with southward intrusion of the polar vortex was weak, which prevented a cold outbreak from Arctic. This result suggested that the radiosonde observations over the central Arctic would improve the skill of weather forecasts during winter.

キーワード：北極、極渦、アンサンブル予報

Keywords: Arctic, polar vortex, ensemble forecast

数十年スケールの地上気温変動と北極振動との関係

Relationship between the Arctic Oscillation and Surface Air Temperature in Multi-Decadal Time-Scale

*田中 博¹*Hiroshi Tanaka¹

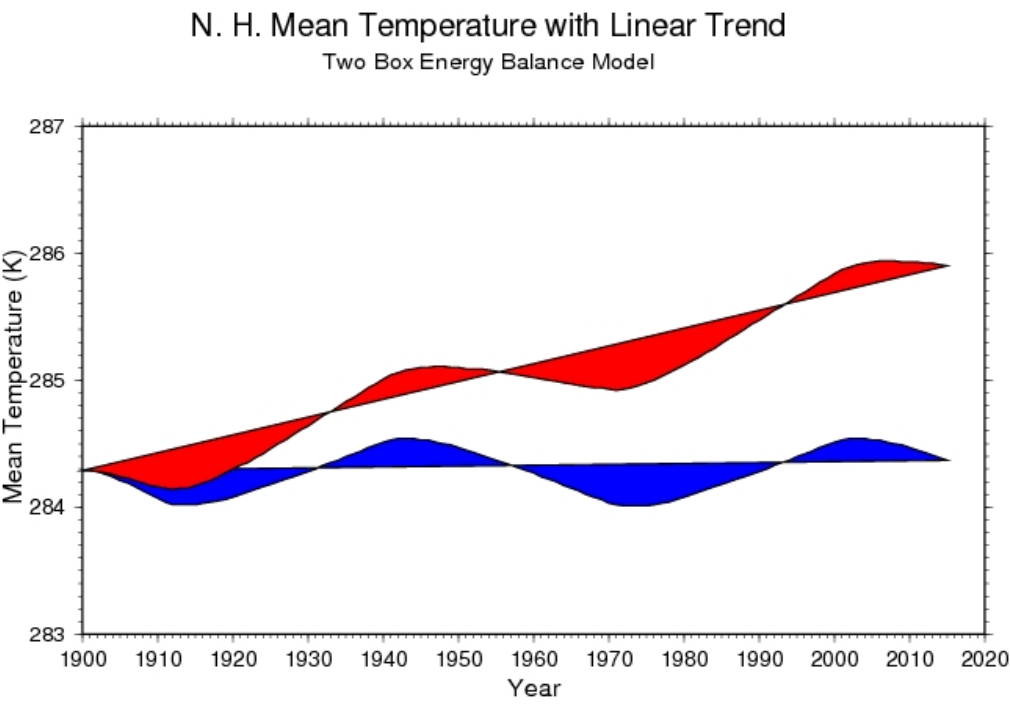
1.筑波大学計算科学研究センター

1.Center for Computational Sciences, University of Tsukuba

本研究では、簡単なエネルギーバランスモデル(EBM)の時間積分を行い、アルベド変化に伴う数十年スケールの気温変化を説明する仮説を提唱した。この数値実験では、人為起源の温暖化に自然変動が重なることで、温暖化ハイエイトが再現された。同時に、1970年から2000年頃の急激な温度上昇には自然変動が人為起源の温暖化と同程度の大きさで重なっている事が示された。このモデルで鍵となる惑星アルベドの長周期変動について、JRA-55再解析データを用いて調査したところ、惑星アルベドはEBM仮説のように、1958-1970年で増加、1970-2000年で減少、2000-2012年で増加した。この長周期変動を、気温変化のEOFとして得られる北極振動モードとバレンツ海モードと比較した結果、バレンツ海モードは惑星アルベドと同じ数十年変動を示し、20世紀末の急激な温暖化や近年の温暖化ハイエイトと整合的な変動を示した。一方、北極振動は温和な北極域と寒冷な中緯度という近年の局所的な気温変化に大きく貢献していることを示した。

キーワード：北極振動、北極温暖化増幅、エネルギーバランスモデル、惑星アルベド、数十年スケール変動

Keywords: Arctic Oscillation, Arctic Amplification, Energy Balance Model, Planetary Albedo, Multi-decadal Variability



人文学と科学の協働—ばらばらを統合する

Cooperation between the arts and science ----Integration of disintegration----

*本多 俊和¹*Henry Stewart¹

1.元放送大学

1.Former professor of the Open University of Japan

Integration of research in the arts (humanities) and science is the focus of attention, both in academia and the media. However, little attention has been given to the fundamental differences in methodology and research posture between the two. This difference can, and often does hinder productive cooperation, as well as becoming the grounds of distrust in research results. Based upon personal experience as an Arctic anthropologist, I discuss instances of success and failure in cooperative research. As a contribution to further cooperation, I conduct natural scientists on a journey into the mysteries and pitfalls of anthropological field research.

ロシア水文気象環境監視局の航空機による北極・西シベリア域における大気環境観測

Observation of Atmospheric Environment over The Arctic and West Siberia using ROSHYDROMET Airplane

*今須 良一¹、町田 敏暢²、青木 周司³、山内 恭⁴、松永 恒雄²、松枝 秀和⁵、金谷 有剛⁶、松見 豊⁷、篠田 太郎⁷、谷本 浩志²、五藤 大輔²、森野 勇²、澤 庸介⁵、坪井 一寛⁵、丹羽 洋介⁵、兼保 直樹⁸、村山 昌平⁸、末吉 哲雄⁴、滝川 雅之⁶、竹谷 文一⁶、佐藤 陽祐⁹、竹内 渉¹⁰、入江 仁士¹¹、笠井 康子¹²、Strunin Mikhail¹³、Fomin Boris¹³

*Ryoichi Imasu¹, Toshinobu Machida², Shuji Aoki³, Takashi Yamanouchi⁴, Tsuneo Matsunaga², Hidekazu Matsueda⁵, Yugo Kanaya⁶, Yutaka Matsumi⁷, Taro Shinoda⁷, Hiroshi Tanimoto², Daisuke Goto², Isamu Morino², Yousuke Sawa⁵, Kazuhiro Tsuboi⁵, Yosuke Niwa⁵, Naoki Kaneyasu⁸, Shohei Murayama⁸, Tetsuo Sueyoshi⁴, Masayuki Takigawa⁶, Fumikazu Taketani⁶, Yousuke Sato⁹, Wataru Takeuchi¹⁰, Hitoshi Irie¹¹, YASUKO KASAI¹², Mikhail Strunin¹³, Boris Fomin¹³

1.東京大学大気海洋研究所、2.国立環境研究所、3.東北大学大学院理学研究科、4.国立極地研究所、5.気象庁気象研究所、6.海洋研究開発機構、7.名古屋大学宇宙地球環境研究所、8.産業技術総合研究所、9.理化学研究所、10.東京大学生産技術研究所、11.千葉大学環境リモートセンシング研究センター、12.情報通信研究機構、13.ロシア水文気象環境監視局高層気象観測センター

1.Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2.National Institute for Environmental Studies, 3.Graduate School of Science, Tohoku University, 4.National Institute of Polar Research, 5.Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 6.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 7.Institute for Space-Earth Environmental Research, 8.National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 9.RIKEN, 10.Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, 11.Center of Environmental Remote Sensing, Chiba University, 12.National Institute of Information and Communications Technology, 13.Central Aerological Observatory, ROSHYDROMET

西シベリアを含む北極域は、地球温暖化の影響を最も敏感に受ける地域である。そのため、同地域での継続的で総合的な大気環境の観測が求められている。そのためには、航空機による観測が非常に有力な手段となる。近年、ロシア水文気象環境監視局（ROSHYDROMET）は、新規にYakovlev-42D型の大型航空機（写真）を導入し、“Airplane-Laboratory”と呼んで、その運用を中央高層大気観測所（CAO）に託した。この航空機は、ロシア領土内の北極域からシベリア上空を研究のために飛行できる唯一の大型航空機である。一方、日本ではGOSATやGCOM-C1などの衛星プロジェクトが進行中であり、これらの衛星と上記航空機との同時運用が、北極域の総合的な研究に大いに貢献するものとして期待されている。そのため、2014年11月7日に東京大学大気海洋研究所とROSHYDROMET/CAOとの間で研究協力協定を締結した。2015年11月23-24日にはキックオフミーティングをモスクワで開催し、この枠組みの中で行う飛行計画やデータ利用方法についての議論をスタートした。“Airplane-Laboratory”の機内は、1)気象要素、2)気体・エアロゾル（ライダー含む）、3)放射（イメージャー含む）、4)放射線、5)雲微物理量、6)レーダーの6つの区画に分かれ、対流圏の気体、粒子状物質を総合的に観測できるよう、様々な観測機器を搭載している。気体成分としては、CO₂、CH₄、O₃、NO、NO_x、NO_yを個別に測り、キャビティリングダウン分光分析装置(CRDS)も搭載する。エアロゾルは、0.06-3.0μm間の粒径分布、雲凝結核、黒色炭素(BC)などを測定する。雲微物理量については、各種プローブを搭載して雲粒径径の他、粒子形状も記録する。放射計は紫外域から熱赤外域をカバーし、ライダーは上向き、イメージャーは紫外域から近赤外域をカバーする。ロシア側からは、ガスとBCの測定精度向上のために、CRDSとブラックカーボン単一粒子測定方法(SP2)の校正について、日本側の協力を期待されている。航空機の飛行時間は、2014年は計200時間、2015～2033年（計20年間）は500時間/年とされているが、日本との共同観測への割り当て時間については、現在、協議中である。

キーワード：北極圏、航空機、大気環境、ロシア水文気象環境監視局、西シベリア

Keywords: The Arctic, Airplane, Atmospheric Environment, ROSHYDROMET, West Siberia

Yakovlev-42D



20 世紀前半の北極圏温暖化に対する熱帯からの遠隔強制

Tropical Forcing of the Early Twentieth Century Warming over the Arctic

*Tokinaga Hiroki^{1,2}、Xie Shang-Ping³、Mukougawa Hitoshi¹*Hiroki Tokinaga^{1,2}, Shang-Ping Xie³, Hitoshi Mukougawa¹

1.京都大学防災研究所、2.京都大学白眉センター、3.カリフォルニア大学サンディエゴ校スクリプス海洋研究所

1.Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2.The Hakubi Center for Advanced Research, Kyoto University, 3.Scripps Institution of Oceanography, University of California San Diego

Land air temperature over the Arctic had warmed by about 1.5C during the early twentieth century (20C). We examine a remote forcing of tropical oceans on the early 20C warming over the Arctic, analyzing new sea surface temperature (SST) products and comparing SST-forced atmospheric general circulation model (AGCM) simulations. The new SST products feature a significant warming in the equatorial Pacific during the early 20C while conventional ones exhibit a broad warming over the tropics and subtropics. Only AGCM simulation forced with the new SST product successfully reproduces the observed Arctic warming and atmospheric teleconnection patterns triggered by the equatorial Pacific warming. They effectively transport heat from the subtropics to the higher latitude, contributing to the Arctic warming during the early 20C.

キーワード：北極温暖化、太平洋数十年規模振動

Keywords: Arctic warming, Interdecadal Pacific Oscillation

植生フィードバックが北極温暖化増幅をもたらすメカニズムについて

On the mechanism of vegetation feedback to the Arctic warming amplification

*吉森 正和^{1,2}、大石 龍太^{3,4}、阿部 彩子³*Masakazu Yoshimori^{1,2}, Ryouta O'ishi^{3,4}, Ayako Abe-Ouchi³

1.北海道大学大学院地球環境科学研究院、2.北海道大学北極域研究センター、3.東京大学大気海洋研究所、4.国立極地研究所

1.Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, 2.Arctic Research Center, Hokkaido University, 3.Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 4.National Institute of Polar Research

It is well known that the Arctic climate is sensitive to the external radiative forcing and its response is generally larger than the rest of the world. Observations show that the Arctic is indeed warming at about twice the speed of the global average, and climate model simulations also projects that the Arctic warming amplification continues to the future. Various physical processes have been listed as important contributors to the amplification, but the feedback effect of vegetation distribution change in response to the climate change is not always taken into account. Here, we extend the study of O'ishi and Abe-Ouchi (2009) in which the vegetation change is internally predicted in a coupled climate-dynamic vegetation model. In the current study, a calibration for the model's systematic bias against present-day observations is added. This is important as the present-day vegetation distribution impacts on how the vegetation changes under the perturbed climate, and that the vegetation responds to the temperature itself and not to the temperature anomaly. Detailed energy transport and energy balance analysis are conducted for the doubled and quadrupled CO₂ equilibrium experiments.

In the experiment of atmospheric CO₂ increase, much of the current tundra area is replaced by the boreal forest, and the temperate forest expands as the boreal forest migrates to the north. Arctic land surface warms the most in spring due to albedo increase through vegetation-type changes and earlier snow melting. The effect of vegetation feedback is, however, not confined to the land warming. The large warming occurs in the Arctic Ocean in winter. Part of the excessive energy over land is cancelled by the increased evaporative cooling and part of it is transported to the Arctic Ocean in spring. This transport is accomplished by the mean meridional circulation (polar cell) in the atmosphere. This increased heat transport induces sea ice albedo feedback in summer and large heat release from the ocean in winter, causing the Arctic warming amplification.

キーワード：北極域温暖化増幅、植生フィードバック、気候モデル、動態植生モデル

Keywords: Arctic warming amplification, vegetation feedback, climate model, dynamic vegetation model

トップダウン法とボトムアップ法によるCO₂フラックス推定値の比較 - シベリア・ヤクーツクでの試み -

Comparison of CO₂ fluxes estimated by top-down and bottom-up methods -- a case study at Yakutsk, Siberia --

*高田 久美子^{1,2,3}、Patra Prabir³、Belikov Dmitry^{2,1}、小谷 亜由美⁴、森 淳子^{3,1}、GTMIP グループ、市井 和仁³、佐伯 田鶴³、丹羽 洋介⁵、斉藤 和之³、太田 岳史⁴、Maksyutov Shamil²、町田 敏暢²、Ganshin Alexander^{6,7}、Zhuravlev Ruslan^{6,7}、杉本 敦子⁸、青木 周司⁹

*Kumiko TAKATA^{1,2,3}, Prabir Patra³, Dmitry Belikov^{2,1}, Ayumi Kotani⁴, Junko Mori^{3,1}, GTMIP Group, Kazuhito Ichii³, Tazu Saeki³, Yosuke Niwa⁵, Kazuyuki Saito³, Takeshi Ohta⁴, Shamil Maksyutov², Toshinobu Machida², Alexander Ganshin^{6,7}, Ruslan Zhuravlev^{6,7}, Atsuko Sugimoto⁸, Shuji Aoki⁹

1.国立極地研究所 国際北極環境研究センター、2.国立環境研究所地球環境研究センター、3.海洋研究開発機構、4.名古屋大学、5.気象庁気象研究所、6.Tomsk State University、7.Central Aerological Observatory、8.北海道大学、9.東北大学

1.Arctic Environment Research Center, National Institute of Polar Research, 2.CGER, National Institute for Environmental Studies, 3.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 4.Nagoya Univ., 5.Meteorological Research Institute, JMA, 6.Tomsk State University, 7.Central Aerological Observatory, 8.Hokkaido University, 9.Tohoku University

森林生態系の炭素収支が気候変動において重要な役割を担っているとともに大きな不確実性があることは広く認識されており、炭素収支に関するボトムアップ推定とトップダウン推定を比較することによって両者の不確実性を低減しようとする試みは、近年精力的に進められている。GRENE事業北極気候変動分野（以下、GRENE北極事業）では、観測データが乏しいシベリア域をはじめとした北極域で陸域観測や大気観測が実施されるとともに、プロセスモデルや逆解析モデルによる地上CO₂フラックスの推定も実施されている。

GRENE北極事業の陸域の研究課題では環北極域でエネルギー・水・炭素循環の観測を多地点で実施しており、その中の4地点で複数の陸域のプロセスベースモデル（陸面過程モデル）によるエネルギー・水・炭素フラックスの相互比較(GTMIP)(Miyazaki et al., 2015)を進めている。一方、温室効果気体の研究課題では航空機や地上ステーションでのCO₂濃度の高精度観測を実施するとともに、逆解析モデルによる地域スケールでのCO₂地上フラックスの推定を実施している。今回はNet Ecosystem Production (NEP) またはNet Biome Productivity (NBP) に相当する炭素収支量を対象として、ヤクーツクでの陸域タワー観測に基づくCO₂フラックス値、陸面過程モデルのCO₂フラックス推定値、逆解析モデルによるヤクーツク周辺500km四方のCO₂フラックス推定値について、1980年から2012年の月平均値で比較した（タワー観測は2004-2011年）。

その結果、タワー観測、陸面過程モデル、逆解析モデルの値は概ね一致し、6-8月に大きな吸収、他の月は小さな放出または吸収となる季節変化の特徴が共通して見られた。経年変動は、夏季平均値（6-8月）のほうが年間値よりもばらつきが小さい傾向が認められた。冬季はもともとフラックス値が小さい上に、不確実性の大きい呼吸過程が支配的であるため、冬季の推定値のばらつきが大きく、年間値もその影響を受けたと考えられる。夏季平均値の年々変動は、幾つかのモデルで観測と似た傾向が認められるが、一致・不一致の原因には様々なものが考えられる。第一には、それぞれの推定方法の代表的な水平スケールの違いがある。また、森林火災の考慮の仕方や影響の受け方が違うことも不一致の原因の一つとして考えられる。タワー観測では湿潤年・高温乾燥年などの特徴的な気象条件と対応したNEPの変動が見られるが、モデルでは必ずしもそれらの特徴が捉えられていない。これらを個別に調査して一致・不一致の原因を明らかにすることにより、CO₂収支の不確実性の低減していくことができる。

キーワード：CO₂収支、寒帯林帯、トップダウン法とボトムアップ法、タワー観測

Keywords: CO₂ balance, boreal forest region, topdown and bottomup hethod, tower observation

アラスカの大規模森林火災期間中の気象条件

Weather Conditions During Large-Scale Widespread Forest Fires in Alaska

*早坂 洋史¹、田中 博²、ピーター ビーニック³*Hiroshi Hayasaka¹, Hiroshi I. Tanaka², Peter A. Bieniek³

1.NPO北海道水文気候研究所、2.筑波大学、3.アラスカ大学

1.NPO Hokkaido Institute of Hydro-climate, 2.University of Tsukuba, 3.University of Alaska Fairbanks

世界の森林火災の頻発地域は、衛星データのホットスポット（HS）を使った世界森林火災地図で把握できる。大規模で広範囲な森林火災地帯の1つであるアラスカの北方林（タイガ、針葉樹林帯）は、面積が約 $0.47 \times 10^6 \text{ km}^2$ （アラスカ州面積の32%）である。近年、2004、2005、2009、および2015年に、大規模で広範囲な森林火災を経験した。特に2004年の森林火災は、記録のある1956年以降では、最大の焼損面積となった。2004年の焼損面積は、史上最大の面積で約 $26,700 \text{ km}^2$ 、2015年は史上2番目で $20,900 \text{ km}^2$ であった。この2年の焼損面積は、アラスカ北方林の約10.5%に相当する。

本研究では、近年の激しい火災期間の毎日の火災象条件を分析した。総観的気象条件は、高層（500hPa）および下層（1000hPa）の大気再分析データを使って分析した。大気再分析データに基づく総観的天気図は、気圧の高い条件下と低い条件下での広域森林火災活動を引き起こしていた激しい火災気象条件を明確にするために使用した。気圧の高い条件では、高気圧システムの南から北への移動に伴い、風向が南から南西寄りだったものが、北から東寄に変化した。これをロスビー砕波（RWB）との関連で考察した。RWBと火災活動との関連も考察した。

解析結果を要約すると、

1. 気圧の高いタイプの火災気象は、RWBと関連したユニークな気象現象下で生じた。RWBはアラスカ近傍で生じたジェット気流の大きな蛇行に伴う東寄の風で生じた。上層（500hPa）の尾根とブロック高気圧のために、下層（1000hPa）の高気圧は北へ動いた。この南からの北への高気圧の動きの間に、2の激しい火災気象条件が生じ、最初のホットスポット（HS）ピーク①と2番目のHSピーク②（同一火災期間中では最大、②>①）が現れた。
2. この2つのHSピーク、①と②は、2つの総観的気象条件下で生じた。HSピーク①は、上層・下層のアラスカ湾の気圧の尾根により、南と西寄りの風をアラスカ内陸部に供給し生じた。HSピーク②は高気圧がアラスカ越えて移動した後のボーフォート高気圧（BSH）で生じた。
3. 上層ブロック高気圧と連携してBSHが生じ、東寄りの風をアラスカ内陸部に供給した。この東寄りの風は、BSHとアラスカ内陸との大きな気圧差によるもので、最大のHSピーク②が生じた。HSピーク①の南と西寄りの風よりも強い風のために、HSピーク、①と②のHS数に違いが生じた。
4. 低い気圧の火災気象タイプでは、アラスカ内陸部に南と西寄りの風を供給されて、単一の大きなHSピーク①が生じた。この風の条件は、北極海の低圧のシステムおよびベーリング海の高圧のシステムの大きい気圧差で起きていた。
5. 以上の気圧の高い条件下と低い条件下でのアラスカ火災気象条件は予測できるかもしれない。本研究の結果から、（1）アラスカ近傍でのジェット気流の大きな蛇行の監視と（2）北極海での低気圧の発達とベーリング海での高気圧の発達の監視、が重要であると言える。

キーワード：ボーフォート高気圧、ジェット気流蛇行、ロスビー砕波、広域森林火災、MODISホットスポット

Keywords: Beaufort Sea High, Jet stream meandering, Rossby waves breaking, Widespread fires, MODIS hotspot

ALOS-PALSARを利用したInSARによるツンドラ火災後の融解沈下検出

InSAR detection of thermokarst after a tundra wildfire, using ALOS-PALSAR

*岩花 剛¹、内田 昌男²、山之口 勤³、ヒンズマン ラリー¹*Go Iwahana¹, Masao Uchida², Tsutomu Yamanokuchi³, Larry Hinzman¹

1. アラスカ大学・国際北極圏研究センター、2. 国立環境研究所、3. 一般財団法人リモート・センシング技術センター

1. International Arctic Research Center, University of Alaska, 2. National Institute for Environmental Studies, 3. Remote Sensing Technology Center of Japan

Through the subsidence of ice-rich permafrost upon thaw (thermokarst), the consequences of permafrost degradation for surface ecology, landscape evolution, and hydrological processes have been of great scientific interest and social concern. Part of a tundra patch affected by wildfire in northern Alaska (27.5 km²) was investigated here, using remote sensing and in-situ survey to understand permafrost thaw dynamics after surface disturbances. L-band InSAR with spatial resolution of less than ten meters detected ground subsidence triggered by the tundra fire. We introduced a calibration procedure comparing burned and unburned areas for InSAR subsidence signals to remove the noise from seasonal surface movement. In the first year after the fire, an average surface subsidence rate of 6.2 cm/year (vertical) was measured. Subsidence in the burned area continued over the following two years with decreased rates. These results suggest that this InSAR-measured ground subsidence is caused by the thaw of ice-rich permafrost (thermokarst), a feature supported by surface change observations from high-resolution optical images and in-situ ground level surveys. InSAR analysis clearly showed spatial variation in thermokarst subsidence at fine scale, enabling us to investigate dynamics of thermokarst processes and quantify permafrost degradation, and leading to accurate estimates of ground ice loss upon permafrost thaw.

走査型電子顕微鏡（SEM）を用いた北極域の積雪に含まれる黒色炭素の形態観察

Scanning Electron Microscopy (SEM) analysis of Black Carbon in Arctic snow

*永塚 尚子¹、Mateiu Ramona²、東 久美子^{1,3}、塚川 佳美¹、杉浦 幸之助⁴、榎本 浩之^{1,3}、青木 輝夫⁵*Naoko Nagatsuka¹, Ramona Valentina Mateiu², Kumiko Goto-Azuma^{1,3}, Yoshimi Ogawa-Tsukagawa¹, Konosuke Sugiura⁴, Hiroyuki Enomoto^{1,3}, Teruo Aoki⁵

1.国立極地研究所、2.デンマーク工科大学、3.総合研究大学院大学、4.富山大学、5.気象研究所

1.National Institute of Polar Research, 2.Technical University of Denmark, 3.SOKENDAI (The Graduate University for Advanced Studies), 4.University of Toyama, 5.Meteorological Research Institute

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（ブラックカーボン）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いると考えられている。ブラックカーボンはその構造によって光吸収特性が大きく異なる性質があることが報告されているが、実際の雪氷中のブラックカーボンの形態について明らかにした例はない。

本研究では、北極雪氷圏に供給される大気エアロゾルの気候変動への応答、および放射強制力への影響を評価することを目的として、走査型電子顕微鏡（SEM）を用いた北極域積雪試料中のブラックカーボンの構造観察を行い、その空間的変動を考察する。

分析を行ったのは、GRENE北極プロジェクトにおいてグリーンランド、アラスカ、シベリア、および北海道札幌市で採取された積雪サンプルである。サンプルはパウダーフリー・ポリ袋内で融解した後、ガラスバイアルに移し替えて冷蔵保存したものを使用した。

ブラックカーボン粒子の構造をより明瞭に観察するため、レース状のカーボン支持膜を乗せた200mesh Cu Holeyマイクログリッド、あるいは洗浄済みのシリコンウェハーを使用して試料台基盤上の汚れを排除し、その上にサンプルを1滴垂らして蒸発させ、観察を行った。さらに、エネルギー分散型X線分析装置（EDS）を用いて、ブラックカーボン粒子の表面の化学組成を分析した。試料の観察は国立極地研究所の走査型電子顕微鏡（QUANTA FEG 450）を用いて行った。

顕微鏡観察の結果、アラスカおよび札幌の積雪サンプルには、いずれも直径～60 nmの同サイズの球形粒子で構成された、鎖状体構造を持つ粒子と凝集体構造を持つ粒子が含まれていた。さらにEDSによる定性分析の結果、これらの粒子は主にC（カーボン）で構成されていることがわかった。これは、先行研究で報告されているブラックカーボン粒子の構造（e.g. Buseck et al., 2012）に比較的近い特徴であることから、本研究で観察されたこれらの粒子もブラックカーボンであると考えられる。

しかしながら、鎖状体、および凝集体構造を持つブラックカーボン粒子の割合はサンプル間で大きく異なった。たとえば、グリーンランドの積雪にはアラスカや札幌に比べて鎖状体構造を持つ粒子が多く含まれており、これは北極域各地の積雪に含まれるブラックカーボンの起源あるいは輸送経路が地域によって異なることを示している。化石燃料や森林火災の燃焼によって大気中に排出された直後のブラックカーボンには、鎖状体構造を持つ粒子が比較的多く含まれていることが明らかになっていることから、グリーンランドの積雪に含まれるブラックカーボンは、硫酸塩などの他の大気エアロゾルの吸着や混合などのプロセスをほとんど受けていないと考えられる。

積雪サンプルには、ブラックカーボンだけではなく、鉱物粒子やその他の不純物も含まれていた。札幌のサンプルには直径1-2 μmの球状粒子が含まれており、それはC, Cu, Si, Na, Al, Fe, Mg, K, Caなどの元素で構成されていた。このような粒子の形態、粒径、および化学組成は、人為起源エアロゾルの1つであるフライアッシュとよく似た特徴を示していることから、札幌のサンプルに含まれるブラックカーボンも人為起源由来（化石燃料燃焼）である可能性が考えられる。

キーワード：黒色炭素、走査型電子顕微鏡、北極域の積雪

Keywords: Black Carbon, SEM, Arctic Snow

アラスカ積雪中のブラックカーボン及び固体微粒子の濃度と堆積量

Concentrations and depositions of black carbon and insoluble particles in Alaskan snows

*塚川 佳美¹、東 久美子¹、近藤 豊¹、杉浦 幸之助²、大畑 祥³、森 樹大³、茂木 信宏³、小池 真³、平林 幹啓¹、Dallmayr Remi¹、榎本 浩之¹

*Yoshimi Ogawa-Tsukagawa¹, Kumiko Goto-Azuma¹, Yutaka Kondo¹, Konosuke Sugiura², Sho Ohata³, Tatsuhiro Mori³, Moteki Nobuhiro³, Makoto Koike³, Motohiro Hirabayashi¹, Remi Dallmayr¹, Hiroyuki Enomoto¹

1.国立極地研究所、2.富山大学極東地域研究センター、3.東京大学大学院理学系研究科

1.National Institute of Polar Research, 2.Center for Far Eastern Studies, University of Toyama,

3.Graduate School of Science, The University of Tokyo

ブラックカーボン(BC)や鉱物性ダストなどの光吸収性エアロゾルは、雪氷面に沈着することでアルベドを低下させ、積雪の融解を加速させる。これらの過程により正の放射強制力を生じるが、放射強制力の推定には大きな誤差が伴っている(Bond *et al.*, 2013)。このエアロゾルが雪氷面のアルベドに与える影響を評価する上で、雪氷中の光吸収性エアロゾルの濃度や堆積量を正確に把握することが重要である。しかし北極域での雪氷中の光吸収性粒子濃度と堆積量の高精度の観測報告例は、極めて限られている。そこで、我々はGRENE北極気候変動研究事業のもとで北極域における積雪中BCと固体微粒子の濃度・堆積量を明らかにするため、北極広域で積雪を採取した。そのうちアラスカの近年の積雪中BC及び固体微粒子の濃度・堆積量とその空間的分布について報告する。積雪試料の採取は2012年から2015年の2月下旬-3月中旬に、アラスカの広域22地点で行った。本研究では、BCの分析にレーザー誘起白熱法を測定原理とするSingle Particle Soot Photometer (SP2; Droplet Measurement Technologies)を用い、固体微粒子の分析にはCoulter Counter Multisizer4 (Beckman Coulter Inc.)を用いた。

アラスカのBC濃度は緯度によって地域差があり、BC濃度の緯度分布の違いから、観測領域を南部

(61.82-63.27°N)、中部(63.57-65.9°N)、北部(66.56-68.62°N)、Prudhoe Bay(70.19°N)、Barrow(71.32°N)の5つに分けた。このうちフェアバンクスを含む中部地域ではBC濃度が他の地域に比べて高かった。またBCの質量粒径分布はBarrow, Prudhoe Bay, 北部, 南部地域ではほぼ単一モードであるのに対して、中部地域では2つのモードからなっており、BC質量濃度に占める大粒子(>645nm)の割合が大きくなっていた。BC濃度と質量粒径分布の特徴から中部地域のBCは局地的な人為起源の発生源の影響を受けていると考えられた。局所的な影響の小さい地点を選別し、平均BC濃度を求めたところ、観測期間中の平均BC濃度の年々変動は比較的小さく、異なった測定手法を用いた先行研究と比べて低濃度であった。一方、固体微粒子の質量濃度は、BC質量濃度の数百倍であった。固体微粒子の質量濃度はBC濃度と同様に中部で高濃度であり、北部と南部は低濃度であった。BC濃度と水等量から求めた一冬分のBC堆積量は、BC濃度と同様に中部が最も多く、南部では少なかった。固体微粒子の堆積量は、中部と南部で大きな差はなかった。

Bond *et al.* (2013): *J. Geophys. Res., Atmos.*, 118, 5380-5552

キーワード：ブラックカーボン、アラスカ

Keywords: black carbon, Alaska

グリーンランド北西部の氷河雪氷中の窒素の起源と表面微生物への影響

The sources of nitrogen and its effect on microbes on glacial snow and ice in the northwest Greenland

*竹内 望¹、大手 信人²、永塚 尚子³、植竹 淳³、田中 聡太¹、大沼 友貴彦¹

*Nozomu Takeuchi¹, Nobuhito Ohte², Naoko Nagatsuka³, Jun Uetake³, Sota Tanaka¹, Yukihiro Onuma¹

1.千葉大学、2.京都大学、3.国立極地研究所

1.Chiba University, 2.Kyoto University, 3.National Institute of Polar Research

グリーンランド氷床は近年予測を上回る速さで融解しており、その融解量は単に気温の上昇だけでは説明できないことがわかってきた。気温以外の融解の原因の一つとして注目されているのが、氷床表面のアルベドの低下、いわゆる暗色化である。氷床表面のアルベドの低下は日射の吸収を増やすため、氷床の融解が促進されるのである。アルベドの低下は、主に氷床表面の雪氷に含まれる不純物によって引き起こされることがわかっている。特に氷床の辺縁部の裸氷域では暗色化が顕著であり、その原因は微生物が形成する黒色の微生物複合体、クリオコナイトであることが明らかになっている。このような生物学的氷河の暗色化過程を理解するには、微生物の栄養塩の一つである氷河上の窒素の起源と微生物利用を定量的に明らかにする必要がある。そこで本研究では、2012年から2014年にかけてグリーンランド北西部のカナック氷帽から採取した雪氷の無機窒素濃度と溶存硝酸イオンの $\delta^{15}\text{N}$ および $\delta^{15}\text{N}$ 同位体比、不純物の有機物成分のC およびN 同位体比を測定し、グリーンランド上の窒素供給源およびその微生物利用について考察した。

カナック氷帽の積雪および氷河氷には $0.9 - 4.1 \text{ } \mu\text{eq l}^{-1}$ の硝酸が含まれていたが、アンモニアや亜硝酸はほとんど含まれていなかった。このことは大気由来の硝酸および氷体内に蓄積されていた過去の硝酸が、氷河の主な窒素供給源であることを示している。硝酸同位体比の分析の結果、そのほとんどは微生物由来ではなく大気由来であること、また積雪中の硝酸は人為起源窒素であるのに対し、氷体内の窒素は自然起源の窒素であることを示していた。また氷河上の微生物を含む有機体窒素の同位体比は、人為起源硝酸の窒素同位体比に一致した。以上の結果から、グリーンランド氷床上の微生物は、大気由来の人為起源窒素を主な栄養塩として利用していることがわかった。このことは、大気由来の窒素供給が氷床上の微生物活動に影響し、暗色化に寄与する可能性を示している。

キーワード：グリーンランド、微生物、窒素

Keywords: Greenland, microbe, nitrogen

グリーンランド北西部における海洋性溢流水河の末端位置と流動速度の季節変化

Seasonal variations in frontal positions and flow speeds of marine terminating outlet glaciers in northwestern Greenland

*榊原 大貴^{1,2}、杉山 慎²*Daiki Sakakibara^{1,2}, Shin Sugiyama²

1.北海道大学大学院環境科学院、2.北海道大学低温科学研究所

1.Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, 2.Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

Greenland ice sheet is losing mass due to increase in surface melting and ice discharge from marine terminating outlet glaciers. The mass loss from the Greenland ice sheet accounts for a substantial part of global sea level rise over the last several decades. To accurately include the contribution of marine terminating outlet glaciers in the future projection of global sea level rise, better understanding of mechanisms controlling the glacier dynamics is required. Thus, it is important to study changes of marine terminating outlet glaciers in connection with atmospheric and the ocean conditions. For this purpose, we analysed Landsat images to measure frontal positions and flow speeds of marine terminating outlet glaciers along the coast of the Prudhoe Land, northwestern Greenland between 1987 and 2015. Relationships among frontal position, flow speed, sea ice condition in front of glacier terminus, and air temperature were investigated with special focus on seasonal variations.

All of studied 19 glaciers retreated from the 1980s to 2014. Among those, Heilprin, Tracy, Farquhar, Melville, Bowdoin, and Diebitsch Glaciers retreated by more than 1 km. Most of the studied glaciers began retreat around 2000, as demonstrated by the increase in the mean retreat rate from -1 m a^{-1} in 1980s-1999 to 66 m a^{-1} in 2000-2014. A possible driver of the rapid retreat since 2000 is atmospheric warming because the rapid retreat followed the onset of summer temperature increase in northwestern Greenland. Within 5 km from the studied fronts, ice speed ranged between 14 and 1814 m a^{-1} . Many of the studied glaciers accelerated in the early 2000s. Magnitude of the acceleration was correlated with the retreat rate as demonstrated by rapid retreat and flow acceleration at Heilprin, Tracy, Farquhar, Bowdoin and Diebitsch Glaciers. The acceleration was greater near the front, suggesting the change in the flow regime enhanced stretching of ice along the glacier and induced dynamic thinning. These results indicate that ice thinning due to flow acceleration was the driver of the rapid frontal retreat of the studied glaciers.

In general, studied glaciers advanced from spring to early summer, which was followed by retreat in late summer. Then, the front stayed at the retreated positions throughout the following fall. Magnitude of the seasonal front variations ranged in 50-400 m. The timing of the seasonal retreat agreed with the disappearance of sea ice in front of the glacier terminus. Many of the glaciers indicated speedup from spring to mid-summer and deceleration in late summer. Magnitude of the seasonal variations in ice speed was between 80 and 440 m a^{-1} . Because the speed changes were correlated with air temperature in summer season, the seasonal speedups were probably due to enhanced basal sliding driven by meltwater input to the bed.

キーワード：氷河、グリーンランド

Keywords: Glacier, Greenland

気候モデルMIROCを用いた北極海における海氷変動のメカニズムと予測可能性

Mechanisms and Predictability for Arctic Sea-Ice Variability with the MIROC Climate Model

*小野 純¹、建部 洋晶¹、小室 芳樹¹、野津 雅人²、石井 正好²*Jun Ono¹, Hiroaki Tatebe¹, Yoshiki Komuro¹, Masato I Nodzu², Masayoshi Ishii²

1.海洋研究開発機構、2.気象庁気象研究所

1.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2.Meteorological Research Institute

The Arctic environment has markedly changed due to the rapid decline of sea ice in summer Arctic Ocean. The retreat of sea-ice cover could be associated with the Arctic amplification and an increase in the frequency of severe cold winters in the Northern Hemisphere mid-latitudes. Accurate predictions of sea-ice variability on seasonal to decadal time-scales and its mechanisms would be useful for further progress in science as well as socio-economic activity. To examine the mechanisms and predictability for Arctic sea-ice variability, we analyze the control simulations from the Arctic Predictability and Prediction On Seasonal to Inter-annual Timescales (APPOSITE) project. The model used for the APPOSITE is the climate model MIROC 5.2 in which external forcing is fixed in 2005. The time evolution in sea-ice extent and volume shows that an extreme reduction event occurs one or two for a century even without the global warming trend. The spatial feature in sea-ice distribution and its reduction mechanisms resemble those in 2007. This suggests that an anomalous sea-ice loss could be caused by only natural variability. We have currently investigated the key factors closely related to the sea-ice variability.

キーワード：北極、海氷、気候モデル

Keywords: Arctic, Sea ice, Climate model

アラスカ沖バロー沿岸ポリニヤにおける海氷生産量の経年変動

Interannual variability of sea ice production in the Barrow Coastal Polynya off Barrow, Alaska

*平野 大輔¹、深町 康²、渡邊 英嗣³、岩本 勉之⁴、大島 慶一郎²、田村 岳史¹

*Daisuke Hirano¹, Yasushi Fukamachi², Eiji Watanabe³, Katsushi Iwamoto⁴, Kay I. Ohshima², Takeshi Tamura¹

1.国立極地研究所、2.北海道大学低温科学研究所、3.海洋研究開発機構、4.紋別市役所

1.National Institute of Polar Research, 2.Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 3.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 4.Mombetsu City

Recently, it has been proposed that the Barrow Coastal Polynya (BCP), previously considered to be a latent heat polynya, is a "wind-driven" hybrid latent/sensible heat polynya, with both features caused by the same northeasterly wind (*Hirano et al.*, 2016). In this study, we examine the interannual variability of sea ice production in the BCP from 2002/03 to 2010/11 during AMSR-E operation period, with focus on the northeasterly wind that characterizes the BCP as a hybrid coastal polynya. Throughout the ice-growth season (November–May), sea ice production was the highest in 2003/04 and the lowest in 2010/11. In 2003/04, amount of the suppressed sea ice production was also highest, when ~30% of the BCP ice production was suppressed by the ocean heat transport associated with warm water upwelling. Wind pattern around the BCP region varies from year to year, and frequency and magnitude of the northeasterly wind correlate well with sea level pressure difference between the Beaufort High and Aleutian Low. Compared with climatology, the northeasterly wind in the BCP was more frequent and stronger in 2003/04 due to strengthening of the Beaufort High. In contrast, it was less frequent and weaker in 2010/11 due to weakening of both the Beaufort High and Aleutian Low. Frequency and magnitude of the northeasterly wind, mainly regulated by variabilities of the Beaufort High and Aleutian Low, are considered to be major factors of the interannual variability of sea ice production in the BCP.

キーワード：ハイブリッド潜熱・顕熱ポリニヤ、海氷生産、経年変動

Keywords: hybrid latent/sensible heat polynya, sea ice production, interannual variability

バレンツ海における水塊変質過程とその経年変動に関するモデリング研究

A modeling study on water modification and its interannual variability in the Barents Sea

*川崎 高雄^{1,2}*Takao Kawasaki^{1,2}

1.国立極地研究所、2.東大大気海洋研

1.National Institute of Polar Research, 2.Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

The sea ice is not found in the southern half of the Barent Sea even in winter due to the warm Atlantic Water inflow through the Barents Sea Opening. Recent several studies have shown the significant relationship between sea ice extent in the Barents Sea and winter air temperature in some mid latitude regions of northern hemisphere. Therefore, it is important to investigate the inflow and modification of the Atlantic Water in the Barents Sea for getting a better understanding of climate change in mid-latitude regions. In this study, we utilize a high resolution realistically configured ice-ocean general circulation model to examine the mechanism of water modification and its interannual variability.

The modeled routes of the Atlantic Water are affected by the oceanic bottom topography and consistent with observations and previous modeling studies. The cooling and freshening of the Atlantic Water by the atmosphere and sea ice melting, respectively, are also well simulated. Calculated heat flux at the Barents Sea Opening is $\sim 87\text{TW}$ ($1\text{ TW} = 10^{12}\text{ Watt}$) is in range of observational estimates ($73\text{-}103\text{TW}$). The sea ice formation at the coastal polynya, which contributes the increasing of salinity in the Barents Sea, is slightly underestimated compared with satellite observation. The interannual variability of Atlantic Water modification and its mechanism are currently under investigation.

キーワード：バレンツ海、海氷-海洋大循環モデル、海面熱フラックス

Keywords: Barents Sea, Ice-Ocean General Circulation Model, Sea surface heat flux

北極温暖化増幅下での天候レジームの変化

Change in persistent extratropical regimes under an Arctic amplified climate

*森 正人¹、渡部 雅浩¹、木本 昌秀¹*Masato Mori¹, Masahiro Watanabe¹, Masahide Kimoto¹

1. 東京大学大気海洋研究所

1. Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo

The Arctic surface air temperature has warmed more than twice as fast as the global average (e.g., Cohen et al. 2014), which is known as Arctic Amplification (AA). All the fifth Coupled Model Intercomparison Project (CMIP5) model projects that the warming become more and more conspicuous toward the end of this century, which is one of the most robust climate change signal projected by the models. Therefore, it is important to clarify the extent to which the AA influences the Northern Hemisphere mid-latitudes extreme events, especially recurrent and persistent circulation pattern which causes the heat wave and cold spell.

Here we use a 100-member ensemble of historical simulations and future projections with a hi-resolution atmospheric general circulation model to show that as a result of change in the climatological atmospheric flow induced by the AA, the probability of occurrence of a specific circulation anomaly pattern will increase in future. This circulation pattern is strongly tied to winter cold spell over the Northern Hemisphere mid-latitudes in present climate, but not necessarily in the Arctic amplified future climate. This is because a reduced climatological meridional temperature gradient in lower troposphere acts to weaken the variance of surface temperature.

キーワード：北極域、北極温暖化増幅、異常気象

Keywords: Arctic region, Arctic Amplification, extreme event

20km、60km格子全球大気モデルで予測された北極圏の降水変化

Changes in precipitation over the Arctic projected by global atmospheric models with 20-km and 60-km grid sizes

*楠 昌司¹

*Shoji Kusunoki¹

1.気象研究所

1.Meteorological Research Institute

A set of global warming projections was conducted using global atmospheric models with high-horizontal resolution of 20-km (MRI-AGCM3.2S, the 20-km model) and 60-km (MRI-AGCM3.2H, the 60-km mode) grid sizes. For the present-day climate (1983-2003, 21 years), models were forced with observed historical sea surface temperatures (SST). For the future climate (2079-2099, 21 years, RCP8.5), models were forced with future SST distributions projected by the models of the Fifth phase of Couple Model Intercomparison Project (CMIP5). The uncertainty of projection was evaluated by ensemble simulations for four different SST distributions and three different cumulus convection schemes.

The annual mean precipitation (PAVE), the simple daily precipitation intensity index (SDII), and the maximum 5-day precipitation total (R5d) averaged over the Arctic increased in the end of the 21st century. The increases in PAVE, SDII, and R5d can be partly attributed to an increase in water vapor associated with increasing temperatures, and to an increase in the horizontal transport of water vapor from low to high latitudes. These results are consistent with Kusunoki et al. (2015).

キーワード：北極圏、地球温暖化予測、全球大気モデル、降水量

Keywords: Arctic, Global warming projection, Global atmospheric model, Precipitation

雲解像モデルCReSSを用いた北極海低気圧の再現実験

Simulation on low pressure systems over the Arctic Ocean using a cloud-resolving model

*篠田 太郎¹、加藤 雅也¹、猪上 淳^{2,3}、増永 浩彦¹、坪木 和久¹*Taro Shinoda¹, Masaya KATO¹, Jun Inoue^{2,3}, Hirohiko Masunaga¹, Kazuhisa Tsuboki¹

1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.国立極地研究所、3.海洋研究開発機構

1.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2.National Institute of Polar Research, 3.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

これまでに雲解像モデルCReSSを用いて日本周辺(温帯域)や熱帯域での数値実験を実施しているが、寒冷域での再現性の確認は行っていない。本研究では、2013年9月に海洋研究開発機構の海洋地球研究船「みらい」による北極海域観測MR13-06期間中に観測されたポーラーローを対象として、CReSSを用いて実施した数値実験の結果と特徴を紹介する。「みらい」で観測されたドップラーレーダデータ・高層気象観測データ・船上観測データを用いて、CReSSの再現性の評価と改善点を示すことを目的とする。

水平解像度2.5 kmのCReSSを用いて、「みらい」定点観測点(西経168.25度・北緯72.75度)を含む2000 km×2000 kmで数値実験を実施した。鉛直は32層でモデルの上端高度は12.8 kmである。「みらい」のレーダで複数のポーラーローが観測された事例を対象として、2013年9月23日00時(世界時)を初期値として72時間にわたって計算を行った。GSM予報値を大気の初期値・境界値として、海面水温(SST)と海氷分布の初期値はOISSTを使用した。CReSSでは海中温度と地中温度を1次元熱伝導方程式を解くことにより、地表面からの顕熱・潜熱フラックスを現実的に表現することができる。また、海氷のパラメタリゼーションは含んでいない。再現実験では、計算開始51時間後(9月25日03時)に、弱い降水(雪)を伴う総観規模の低気圧と、その南側に渦状の雲域を確認できる。同時刻のNOAA-AVHRRの可視画像(衛星画像)でもメソスケールの渦状擾乱が確認できることから、再現実験で少なくとも一つのポーラーローの再現に成功したと考えられる。「みらい」のドップラーレーダによる観測結果では、この渦状擾乱に伴ってエコー頂高度が4 kmに及ぶ対流性の降水域を観測した。しかしながら、再現実験では、この渦状擾乱に伴う雲域の厚さは1.5 kmと低く、深い対流性降水雲は再現されなかった。対流性降水雲の高さを確認するために、衛星搭載雲レーダ(CloudSat-CPR, 95 GHz)による20経路分の観測結果と、再現実験の結果に衛星シミュレータSDSUを適用して衛星観測と同じ鉛直断面における反射強度分布の比較を行った。この結果、衛星観測で観測される高度3 km以下における0 dBZ以上の大きな反射強度域が再現実験では見られないことから、今回の実験では深い対流性降水域の再現を行っていないことを確認した。

「みらい」定点観測点における海面水温(SST)の時間変化と再現実験の結果の比較を行った。初期時刻においては再現実験(OISST)のSSTは観測結果に比べて0.2℃低かった。その後、観測結果ではSSTがほぼ一定である一方、再現実験の結果では顕熱・潜熱フラックスの放出によりSSTが徐々に低下し、計算終了時(72時間後)には約1.0℃の乖離を示した。観測結果でSSTが一定であったのは、ベーリング海峡(南側)からの暖水が南寄りの風によって移流されてきたことによると考えられる。CReSSはこのような表層海水の移流を表現することはできない。再現実験におけるSSTの再現の失敗により、海面からの潜熱フラックスが観測結果よりも過小となるとともに、実験の最後の24時間にわたって海面付近に非現実的な飽和層(霧)を形成する結果となった。海面水温の再現の失敗と海面からの潜熱フラックスが過小であることによって、ポーラーローに伴う深い対流性降水雲の再現に失敗したと考えられる。これらの結果から、北極域において、高解像度の3次元海洋モデルを結合した大気海洋相互作用を再現する実験を実施することで、メソスケールの現象の再現性の向上を図れる可能性がある。

キーワード：北極圏、大気海洋相互作用、雲解像モデル、ポーラーロー

Keywords: Arctic region, air-sea interaction, a cloud-resolving model, mesoscale polar low

完新世中期と将来の北極温暖化メカニズムの比較

A Comparison between the mid-Holocene and the future in the Arctic warming mechanism

*鈴木 まりな¹、吉森 正和^{2,3}*Marina Suzuki¹, Masakazu Yoshimori^{2,3}

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.北海道大学 北極域研究センター

1.Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, 2.Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, 3.Arctic Research Center, Hokkaido University

観測事実から、近年の地球温暖化は北極域で顕著である。また、気候モデルのシミュレーション結果から、北極域の温暖化傾向は将来さらに強まると予測されており、生態系や地球規模の気候への影響が懸念されている。しかし、予測された温暖化の程度は気候モデルにより異なるため、不確実性がある。

Shmidt et al.(2013)では、現在より北極域が温暖であった過去の時代を利用し、将来予測の不確実性低減の可能性を示唆した。しかし、多数の大気海洋結合モデルにおける古気候シミュレーションの結果と将来気候のシミュレーション結果のばらつきに対して統計的相関を示しているのみで、両者の北極温暖化メカニズムに共通性があるかについては言及されていない。したがって、将来予測の不確実性低減に利用できる根拠は十分ではない。

そこで本研究では、過去と将来の北極温暖化メカニズムの共通性、相違性を調べ、過去の気候を用いた将来予測の不確実性低減の可能性について考察することを目的とする。方法としては、多数の大気海洋結合モデルにおける大気CO₂濃度を4倍に増した実験と完新世中期実験の結果を、産業革命前の気候シミュレーション結果を基準として比較する。なお、完新世中期はおよそ6000年前の時代で、地球の軌道要素の違いにより現在と比べて北極域が温暖であったことがわかっている。

まず、各実験における北極温暖化について、地表面エネルギー収支に基づいてその支配的プロセスを調べ、その際、海氷や雲、水蒸気、海面水温に着目した。その結果、両実験ともに、主に夏に北極域に入力された過剰なエネルギーは直接大気を暖めるのにほとんど使われず、海氷を融かすのに使われたり、海洋に吸収され蓄えられており、数カ月後に露出した暖かい海水から熱が放出されることで北極温暖化が引き起こされていることがわかった。またそれに伴う海氷、雲、水蒸気の変化も共通していた。つまり、完新世中期と将来は異なる原因により北極温暖化が引き起こされているが、そのメカニズムには共通性が多く見られる。

次に、4倍CO₂実験と完新世中期実験における地表面温度のモデル間のばらつきに対する各プロセスの寄与を、それぞれの実験について明らかにした。4倍CO₂実験では年平均温度のばらつきには地表面アルベドフィードバック、10～12月平均温度のばらつきには海洋からの放熱量が最も寄与していた。完新世中期実験ではどちらの期間の温度のばらつきに対しても晴天時の下向き長波放射の寄与が最大であったが、年平均温度のばらつきに対しては地表面アルベドフィードバック、10～12月平均温度のばらつきに対しては海洋からの放熱量の寄与も比較的大きく、統計的にも有意であった。ステファンボルツマンの法則により、地表面温度と地上気温、つまり下向き長波放射は強く結びついているため、他のプロセスを正確に表現できれば、同時に晴天時の下向き長波放射の不確実性の制約も期待される。したがって、完新世中期実験の北極温暖化が精度よく再現できていれば、地表面アルベドフィードバックや海洋のエネルギー放出プロセスの表現に対する信頼性が高まり、同時に将来予測におけるそれらのプロセスの表現に対する信頼性も高まると考えられる。

以上から得られた北極温暖化メカニズムの理解を基に、完新世中期の北極温暖化に関する古環境情報は、将来の北極温暖化予測の不確実性にとって有用となることが考察される。

キーワード：気候モデル、古気候、将来予測

Keywords: Climate models, Paleoclimate, Future projections

長期気象陸域観測データから探るスバルバル諸島ニーオルスン・ロングイヤービンの気候変化
Climate changes in Ny-Ålesund and Longyearbyen, Svalbard based on long-term meteorological
and terrestrial dataset

*猿谷 友孝¹、末吉 哲雄¹、榎本 浩之¹

*Tomotaka Saruya¹, Tetsuo Sueyoshi¹, Hiroyuki Enomoto¹

1. 国立極地研究所

1. National Institute of Polar Research

北極域では全球規模の温暖化の進行により様々な気候要素の変化が起きている。気温上昇率は全球平均と比較して2倍程度大きく、永久凍土の融解や海氷面積の減少といった影響が出始めている。北極域の気候システムは大気循環や、陸域水文プロセス、海氷変動などの相互作用の上に成り立っているため、大気-陸域（雪氷）-海洋間のフィードバックを明らかにすることが、温暖化に伴う環境変動を理解する上で重要となる。そのためには各気象要素や大気海洋成分のモニタリングを複数地点で行い、長期的な傾向を明らかにすることが重要である。

スバルバル諸島は北極研究の代表的な拠点であり、スピッツベルゲン島のロングイヤービンとニーオルスンでは多くの観測・調査が行われてきた。特にニーオルスンは人的擾乱が少ないため、世界各国の研究機関がモニタリングを行っている。ロングイヤービンではスバルバル大学（UNIS）がAdventdalenなど各所で気象・凍土の観測を行っている。またニーオルスンでは国立極地研究所（NIPR）やドイツのアルフレッドウェゲナー研究所（AWI）がウェザーステーションによる気象要素のモニタリングをしており、数十年スケールの変動を監視している。我々はNIPR、UNIS、AWIが観測してきた数十年の気象・凍土データを収集・整理し、ノルウェー気象局（NMI）の1970年代からの降水・積雪データとあわせて短期・長期的な変動や要素間の相関関係などを調べてきた。時系列データを解析した結果、冬季気温と降水量に顕著な傾向が見られた。この20年余りでニーオルスン、ロングイヤービンともに冬季気温は上昇しているが、3月の気温は減少傾向を示していることがわかった。また、降水量に関して、ニーオルスンでは目立った変化が見られないのに対して、ロングイヤービンの降水量は夏冬ともに明らかな減少傾向を示している。本発表では様々な気象・凍土時系列データから北極域の変化傾向を探るとともに、要素間の相関関係についても議論する。

キーワード：気候変化、スバルバル

Keywords: climate change, Svalbard

ユーラシア大陸の春季積雪面積変化が東アジアの夏季降水量に及ぼす影響の再考

Revisiting impacts of spring Eurasian snow cover change on the East Asian summer precipitation

藤原 昂¹、*野沢 徹¹Subaru Fujiwara¹, *Toru Nozawa¹

1.岡山大学大学院自然科学研究科

1.Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

The Eurasian snow cover extent (SCE) anomaly in spring has been considered as one of the important factors affecting East Asian summer monsoon (e.g. Wu and Kirtman, 2007; Wu et al., 2009; Yim et al., 2010). In these studies, the authors analyzed traditional SCE dataset of National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Recently, Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) has developed a new long-term SCE product using Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) and Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) data spanning from 1980's to 2014. This new product (JAXA/SCE) has higher spatial resolution and smaller commission error compared with NOAA/SCE. Continuity of the algorithm is another strong point in JAXA/SCE. Here, we revisit impacts of spring Eurasian snow cover change on the East Asian summer precipitation by using the new JAXA/SCE dataset. Climatological mean fields of spring SCE is not largely different from each other. On the other hand, interannual variability of spring SCE has somewhat different spatial distribution over the Eurasian region (45°N-70°N, 20°E-140°E); NOAA/SCE shows a dipole pattern but JAXA/SCE shows monopole pattern. We will present analyzed results on relationships between spring SCE anomaly over the Eurasia and the East Asian summer rainfall anomaly.

東シベリアに優占するカラマツ林は、今後予測される気候変動の元で存続できるか？

Endurance of larch forest ecosystems in eastern Siberia under warming trends

*佐藤 永¹、小林 秀樹¹、岩花 剛²、太田 岳史³

*Hisashi Sato¹, Hideki Kobayashi¹, Go Iwahana², Takeshi Ohta³

1.海洋研究開発機構 地球表層物質循環研究分野、2.国際北極圏研究センター、3.名古屋大学生命農学研究科

1.Department of Environmental Geochemical Cycle Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), 2.International Arctic Research Center, University of Alaska Fairbanks,

3.Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University

The larch (*Larix* spp.) forest in eastern Siberia is the world's largest coniferous forest. Its existence is considered to be depending on near-surface permafrost, which increases water availability for trees, and the boundary of the forest closely follows the permafrost zone. Therefore, the degradation of near-surface permafrost due to forecasted warming trends during the 21st century is expected to affect the larch forest in Siberia. However, predictions of how warming trends will affect this forest vary greatly, and many uncertainties remain about land-atmospheric interactions within the ecosystem.

We developed an integrated land surface model to analyze how the Siberian larch forest will react to current warming trends. This model analyzed interactions between vegetation dynamics and thermo-hydrology and showed that, under climatic conditions predicted by the IPCC's RCP scenarios 2.6 and 8.5, annual larch net primary production (NPP) increased about 2 and 3 times, respectively, by the end of 21st century compared with that in the 20th century. Soil water content during larch growing season showed no obvious trend, even after decay of surface permafrost and accompanying sub-surface runoff. A sensitivity test showed that the forecasted warming and pluvial trends extended leafing days of larches and reduced water shortages during the growing season, thereby increasing productivity.

キーワード：シベリアのカラマツ林、気候変動、植生モデル

Keywords: Siberian Larch Forest, Climatic Change, Vegetation Model

樹木年輪、及び生態系モデルを用いた気候変動に対する周北極域森林生態系樹木の応答の推定 Tree-ring and modeling estimates for tree response to climate change over circumpolar forest ecosystems

*鄭 峻介^{1,2}、杉本 敦子²、梁 茂厂³、松浦 陽次郎⁴、大澤 晃⁵、米延 仁志⁶、佐藤 永⁷、Maximov Trofim^{8,9}

*Shunsuke Tei^{1,2}, Atsuko Sugimoto², Maochang Liang³, Yojiro Matsuura⁴, Akira Osawa⁵, Hitoshi Yonenobu⁶, Hisashi Sato⁷, Trofim Maximov^{8,9}

1.国立極地研究所、2.北海道大学、3.長江大学、4.森林総合研究所、5.京都大学、6.鳴門教育大学、7.海洋研究開発機構、8.ロシア科学アカデミー IBPC、9.北東連邦大学

1.National Institute of Polar Research, 2.Hokkaido University, 3.Yangtze University, 4.Forestry and Forest Products Research Institute, 5.Kyoto University, 6.Naruto University of Education, 7.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 8.Institute for Biological Problem of Cryolithozone, 9.North-Eastern Federal University

Arctic and boreal ecosystems are exposed to rapid and strong increases in temperature and related environmental changes under Arctic amplification. Yet, there is uncertainty how trees in these ecosystems respond to the changes due to an insufficiency of such long term records and this is where tree-rings can provide an advantage. Early dendrochronological studies in the region focused on the positive growth of trees to warmth (D'Arrigo and Jacoby, 1993, Clim. Change). However, A number of more recent studies have demonstrated a reduced sensitivity of tree growth to rising temperatures (now referred to as "divergence problem") at least since the 1960s (e.g., Wilson et al., 2007, J. Geophys. Res). Although several studies (e.g., Barber et al., 2000, Nature) suggested that temperature-induced drought may limit tree growth under the limited availability of soil moisture, the underlying processes for the phenomenon are not well understood.

We here investigated past tree response to climate changes, especially to warming, using retrospective analyses from tree-ring width and carbon isotope ratios ($\delta^{13}\text{C}$) of three genera (*Larix*, *Picea* and *Pinus*) in 6 forest sites with a strong gradient of temperature and precipitation, reaching from northern Europe to northern America; Kalina (59N, 27E), Yakutsk (62N, 129E), Ust'Maya (60N, 133E), Chokurdakh (70N, 148E), Inuvik (68N, 133W) and Fort Smith (60N, 112W). The results suggest that tree response to past climate changes have varied with regions. The tree responses to warming are negative in eastern Siberia forests, resulting in decreasing trend of tree growth over past 60 years. On the other hand, the negative effect of warming is not seen in European and Canadian forests, where no decrease trend of growth is observed. The results then have been used in testing a dynamic global vegetation model (SEIB-DGVM, Sato et al., 2007, Ecol. Model). The simulated annual net primary productions (NPP) show no decreasing trend over the study period and discrepancy from tree-ring based long-term (more than half-decadal) growth variations in eastern Siberian forests, although relatively better reproductions of the model for the variations are obtained in European and Canadian forests.

The observed discrepancy in eastern Siberian forest may become more severe for future projection. We developed a climate-driven statistical growth equation that uses regional climate variables to model tree-ring width values for each site and then applied these growth models to predict how tree growth will respond to twenty-first-century climate change (RCP8.5 scenario). Although caution should be taken when extrapolating past relationships with climate into the future, we observed future continues reduction of the growth in central part of eastern Siberia, which is opposite trend from the DGVM based estimate. Our results imply that the negative effect of warming override the expected positive effects i.e., warming-induced lengthened growing season and increase in photosynthetic ratio, in arid region such as eastern Siberia, suggesting further reduction of tree

growth by future warming, and no reproduction of the negative effect in the DGVM seems to be a cause for the observed discrepancy between tree-ring and DGVM estimates. The negative effect of warming for tree growth is a key process for accurate future projection of ecosystem functions and therefore further field and modeling investigations are essential to deep understanding of the underlying processes for the phenomenon.

北極圏北東シベリアのインディギルカ川低地におけるヤナギの分布様式

Spatial distribution pattern of willows in Indigirka river lowland of northeast Siberian Arctic

*両角 友喜¹、樊 榮¹、新宮原 諒¹、鷹野 真也¹、シャクマトフ ルスラン¹、鄭 峻介²、小林 秀樹³、鈴木 力英³、Maximov Trofim^{4,5}、杉本 敦子^{6,1}

*Tomoki Morozumi¹, Rong Fan¹, Ryo Shingubara¹, Shinya Takano¹, Ruslan Shakmatov¹, Shunsuke Tei², Hideki Kobayashi³, Rikie Suzuki³, Trofim C Maximov^{4,5}, Atsuko Sugimoto^{6,1}

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、3.国立研究開発法人 海洋研究開発機構、4.ロシア科学アカデミーIBPC、5.ロシア北東連邦大学BESTセンター、6.北海道大学 地球環境科学研究院

1.Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, 2.NIPR, 3.JAMSTEC, 4.IBPC SB RAS, 5.BEST center, NEFU, 6.Faculty of Earth Environmental Science, Hokkaido University

温暖化と生育期間の増加は、北極圏の落葉性のツンドラ低木のより高い一次生産や生育域の拡大をもたらすことが知られている。しかし、高頻度で攪乱を受けるヤナギやハンノキなど優占する河岸生態系は生産力の高い植物種からなるため炭素循環に重要であると考えられているが、その広がりには十分に理解されているとは言えない。北東シベリアの低地氾濫原にはヤナギが大きな面積を占め、地上部バイオマス大きいと考えられるが、正確な見積もりはなされていない。そこで、本研究では北東シベリアの河川氾濫原において、両岸に広がるヤナギ植生を衛星画像分類とGISによって捉え、氾濫原のヤナギの分布様式とNDVIについて知見を得ることを目的とする。

東シベリアのチョクダ周辺の10km四方において2013年7月に観測されたWorldView-2衛星画像を、地上植生観測データを基に分類し、高解像な植生図と衛星観測したNDVI値を得た。ヤナギ植生の分布と河川からの距離の関係をGISの空間解析によって示した。ヤナギ植生が10km四方の観測地域の約1/6を占めインディギルカ川本流周辺に特に大きな広がりを見せた。このことは、本流沿いの広いエリアに春の洪水の影響が及び、そこにヤナギが分布していることを意味している。また、河川沿いヤナギ植生のNDVIは他の植生クラスに比べて大きな値を示し、この地域の生産量に大きな影響を及ぼしていると考えられる。

キーワード：植生、氾濫原、NDVI、GIS

Keywords: vegetation, floodplain, NDVI, GIS

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 Northeastern Siberia

*村瀬 潤¹、杉本 敦子^{2,3}、新宮原 諒²、マキシモフ トロフィーム・C⁴*Jun Murase¹, Atsuko Sugimoto^{2,3}, Ryo Shingubara², Trofim C Maximov⁴1.名古屋大学大学院生命農学研究科、2.北海道大学大学院環境科学院、3.北海道大学地球環境科学研究
院、4.ロシア科学アカデミー寒冷圏生物学研究所1.Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University, 2.Graduate School of
Environmental Science, Hokkaido University, 3.Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido
University, 4.Institute for Biological Problems of Cryolithozone

Arctic wetlands are significant sources of atmospheric methane and the observed accelerated warming of the arctic causes increased methane formation in water-saturated tundra soil with deepened permafrost thawing. Methane oxidation is the key process to regulate methane emission from wetlands. In this study we determined the potential methane oxidation rate of the wetland soils of a Taiga-Tundra transition zone in Northeastern Siberia. Peat soil samples were collected in the summer from depressions that were covered with tussocks of sedges and *Sphagnum* spp. and from mounds vegetated with moss and larch trees. The potential methane oxidation rate was estimated by a bottle incubation experiment in which homogenized soil samples were incubated with methane at the initial concentration of 0.5-0.8 %v/v. Soil samples collected from depressions in the moss- and sedge-dominated zones exhibited active methane oxidation with no lag. The potential methane oxidation rates at 15 °C ranged from 270 to 190 nmol h⁻¹ g⁻¹ dw. Methane oxidation was active over the depths including the water-saturated anoxic layers. The maximum methane oxidation rate was recorded in the layer above the water-saturated layer: the surface (0-2cm) layer in the sedge-dominated zone and in the middle (4-6 cm) layer in the moss-dominated zone. The methane oxidation rate was temperature-dependent and the threshold temperature of methane oxidation was estimated to be -4 to -11 °C, which suggested methane oxidation at subzero temperatures. Soil samples collected from the frozen layer of *Sphagnum* peat also showed immediate methane consumption when incubated at 15 °C. The present results suggest that methane oxidizing bacteria keep their activity in the wetland soils even under anoxic and frozen conditions and immediately utilize methane when the conditions become favorable. On the other hand, difluoromethane, the inhibitor of methane oxidation, did not alter the methane flux from the sedge and moss vegetation, indicating the undetectable levels of methane oxidation associated with the peat plants.

キーワード：メタン酸化、泥炭、凍土、酸素

Keywords: Methane Oxidation, Peat, Permafrost soil, Oxygen

北東シベリア・インディギルカ低地における湿潤化がCH₄フラックスに及ぼす持続的影響Multi-year response of CH₄ efflux to wetting at Indigirka Lowland in Northeastern Siberia

*新宮原 諒¹、杉本 敦子^{2,1}、村瀬 潤³、鄭 峻介^{4,2}、鷹野 真也¹、両角 友喜¹、Liang Maochang^{1,7}、岩花 剛^{2,8}、Maximov Trofim^{5,6}

*Ryo Shingubara¹, Atsuko Sugimoto^{2,1}, Jun Murase³, Shunsuke Tei^{4,2}, Shinya Takano¹, Tomoki Morozumi¹, Maochang Liang^{1,7}, Go Iwahana^{2,8}, Trofim C. Maximov^{5,6}

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院、3.名古屋大学大学院生命農学研究科、4.国立極地研究所、5.ロシア科学アカデミーIBPC、6.ロシア北東連邦大学BESTセンター、7.中国長江大学、8.アラスカ大学国際北極圏研究センター

1.Grad. Sch. Envir. Sci., Hokkaido Univ., 2.Fac. Earth Envir. Sci., Hokkaido Univ., 3.Grad. Sch. Bioagr. Sci., Nagoya Univ., 4.NIPR, 5.IBPC SB RAS, Russia, 6.BEST center, NEFU, Russia, 7.Yangtze Univ., China, 8.IARC, UAF, USA

Under the amplified Arctic warming climatic response of CH₄ emission from the wetlands needs to be understood and predicted because of possible influence to the global climate. Indigirka Lowland in Northeastern Siberia has wetlands in a taiga-tundra boundary on permafrost, whose ecosystem are possibly sensitive to the climate change. Though environmental controls on CH₄ efflux have been found such as water level (soil moisture), soil temperature and vegetation, the quantitative relationship between the controls and CH₄ efflux are still unclear, which depends on region and timescale (Olefeldt et al., 2013, Global Change Biol.; Treat et al., 2007, JGR). One difficulty is that CH₄ emission is composed of 3 processes, i.e. CH₄ production, oxidation and transport; they can respond to environmental controls and affect CH₄ efflux in different ways. These processes are reflected by stable isotope ratios of CH₄ (delta-¹³C-CH₄, delta-D-CH₄), which can associate field observation and knowledge from laboratory incubation experiments on CH₄ production and on oxidation.

In this study we assessed interannual variation in chamber CH₄ efflux and in delta-¹³C-, delta-D-CH₄ near Chokurdakh (70.62 N, 147.90 E) over summers of 2009-2013 to understand relationship between CH₄ efflux and environmental factors based on the 3 processes of CH₄.

CH₄ efflux was around the detection limit at dry tree mounds through the observation period, while large interannual variation was observed at wet areas of sphagnum moss and sedges. Wet event concurrent with the highest precipitation occurred in 2011 and CH₄ efflux increased at wet areas in the same year. Although water level decreased from 2011 to 2013, large CH₄ emission continued. Moreover, dissolved CH₄ concentration in soil pore water (at 10-15 cm depth) increased by 1 order of magnitude from 2011 to 2012 and kept high till 2013. CH₄ isotopes implies that CH₄ oxidation was depressed in 2012 after the wetting in 2011, suggesting soil reduction induced by the wetting proceeded over multiple years, which may have affected dissolved CH₄ concentration and CH₄ efflux. Such variation in CH₄ efflux and in dissolved CH₄ concentration will be discussed in relation to the 3 processes in this presentation.

キーワード：メタンフラックス、年々変動、同位体比、タイガ - ツンドラ境界

Keywords: methane flux, interannual variation, isotope ratio, taiga-tundra boundary

フェアバンクスおよびヤクーツクの北方林における着雪氷の発生頻度

Occurrence frequency of ice and snow accretion in the boreal forest regions, Fairbanks and Yakutsk

*杉浦 幸之助^{1,2}、永井 信²、鈴木 力英²、Eicken Hajo³、Maximov Trofim⁴

*Konosuke Sugiura^{1,2}, Shin Nagai², Rikie Suzuki², Hajo Eicken³, Trofim Maximov⁴

1.富山大学、2.海洋研究開発機構、3.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、4.ロシア科学アカデミー北方圏生物問題研究所

1.University of Toyama, 2.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3.International Arctic Research Center, University of Alaska Fairbanks, 4.Institute for Biological Problems of Cryolithozone Siberian Branch of RAS

Generally snow covers the ground, even if the ground type is different in such as tundra and taiga. Erosion/deposition of the snow cover and growth/decay of ice and snow accretion to vegetation occasionally occur, and the surface albedo changes and will affect the atmosphere. Previous research has demonstrated the high variations of the surface albedo in winter/spring in snow-covered forest regions in various global climate models. In this study, we focused on the surface albedo over snow-covered forest regions, and carried out field observations to verify the occurrence frequency of ice and snow accretion in the boreal forest regions. Using interval cameras installed on the observation tower at the site located to the north of Fairbanks (USA) and on the observation tower at the site located to the north of Yakutsk (Russia), ice and snow accretion in the boreal regions were monitored. It was found that the boreal forest at the Yakutsk site is covered with snow in comparison with the boreal forest at the Fairbanks site for a long term. After calculating using a one-dimensional mathematics model about the energy flow including atmospheric multiple scattering, it was shown that the mean surface temperature rises approximately 0.5 [K] when the boreal forest is not covered with snow. In this presentation, the snow albedo parameterization and the one-dimensional mathematics model are discussed to contribute to a better understanding of the role of snow in the climate system.

キーワード：着氷、着雪、アルベド、北方林

Keywords: ice accretion, snow accretion, albedo, boreal forest

MIROC-ESMの将来気候変化予測にみられるシベリアでの積雪アルベドフィードバックにおける植生マスキング効果

Vegetation masking effect on snow albedo feedback in Siberia during future global warming simulated by MIROC-ESM

*阿部 学¹、高田 久美子²、河宮 未知生¹、渡邊 真吾¹

*Manabu Abe¹, Kumiko TAKATA², Michio Kawamiya¹, Shingo Watanabe¹

1.海洋研究開発機構、2.国立極地研究所

1.JAMSTEC, 2.NIPR

We have investigated future change in snow amount and vegetation masking effect on snow albedo feedback (SAF) in Siberia, boreal forests region of the northern Eurasia, in the future climate change simulation by Earth System Model, MIROC-ESM. Under the future scenario, RCP8.5, snow amount during fall-spring over the northern Eurasia decreases due to global warming. The significant reduction of snow amount is found in western Eurasia during fall-spring. On the other hand, although reduction of snow amount over Siberia in fall and spring occurs, winter snow amount over Siberia increases due to increasing snow fall, which is attributable to more water vapor with higher air temperature. Relating to such snow changes, then, surface air temperature (SAT) changes are enhanced through SAF. During spring, particularly, future SAT increases largely over Siberia, boreal forest region, although snow cover decreases less than that in western Eurasia. The dominant increase in SAT over Siberia is attributed to strong SAF which is caused by both reduced snow-covered surface albedo and reduced snow cover fraction. Further, to evaluate an effect of future LAI change on the surface albedo reduction, we have conducted an additional future climate change simulation, in which change in LAI is not included. The comparison between the future climate changes with and without the LAI changes suggests growing vegetation in the future may be a potential factor of the future strong warming through the vegetation masking effect on snow-covered surface albedo change.

キーワード：積雪アルベドフィードバック、植生マスキング効果、地球システムモデル

Keywords: snow albedo feedback, vegetation masking effect, Earth system model

東シベリアインディギルカ川低地における積雪特性

Snow cover properties observed in Indigirka lowland near Chokurdakh, Northeastern Siberia

*鷹野 真也¹、鄭 峻介^{2,3}、両角 友喜¹、杉本 敦子^{1,2}、ペトロフ ローマン^{4,5}、マキシモフ トロフィーム^{4,5}*Shinya Takano¹, Shunsuke Tei^{2,3}, Tomoki Morozumi¹, Atsuko Sugimoto^{1,2}, Roman Petrov^{4,5}, Trofim Maximov^{4,5}

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.情報・システム研究機構国立極地研究所、4.ロシア科学アカデミー寒冷圏生物学研究所(IBPC)、5.ロシア北東連邦大学BESTセンター

1.Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, 2.Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, 3.National Institute of Polar Research, 4.Institute for Biological Problems of Cryolithozone, SB RAS, 5.BEST center, NEFU, Yakutsk, Russia

Quantifying the spatial and temporal variations in snow depth, density, and snow water equivalent (SWE) is essential for many applications in hydrology and ecology. Snow survey including observation on the water isotope ratios of snow was conducted in Indigirka lowland near Chokurdakh (70.62 N, 147.90 E), Northeastern Siberia. Isotopic composition of water is powerful tool for investigation of hydrological processes such as discerning of source water for river discharge, ground ice, etc. The purposes of this study are (1) to know the spatial variations in snow depth, density, SWE and stable isotopic composition in this area, and (2) to estimate SWE in areal or regional scale, by scaling-up based on topographic and vegetative controls on SWE.

Snow survey was conducted in April 2014 and April 2015. Two transects from Chokurdakh to south and southwest, which are approximately 40 km and 20 km in length respectively, were set, and observation and sampling were made at 7 points and 4 points in 2014, respectively, and 12 points on the 40 km transect in 2015. In addition, snow survey was conducted at 25 points in 2014 (24 points in 2015) in total in the area measured approximately 1.2 km east to west at site K where various observations are conducted for taiga-tundra boundary ecosystem. The ranges of snow depth, density, SWE and $\delta^{18}\text{O}$ in this area observed in 2014 were 30 to 90 cm, 0.137 to 0.318 g/cm³, 70 to 200 mm and -36.5 to -22.9‰, respectively, whereas those observed in 2015 were 12 to 83 cm, 0.131 to 0.325 g/cm³, 20 to 160 mm and -31.2 to -22.8‰, respectively. Although the values and the ranges were slightly different between 2014 and 2015, observed snow cover properties depended on vegetation type and showed consistencies: snow cover was the deepest at the site covered by dense and tall shrub, while snow density was the highest on ice over a lake. The SWE was the highest at shrub site, whereas that was the lowest at the site of sedge and/or sphagnum wetland. Spatial variation in delta-values of snow was observed, however there was no correlation with vegetation type, snow depth and snow density. Since clear relationship between SWE and vegetation type, SWE was estimated using a data on fraction of each vegetation obtained from a vegetation map drawn with high resolution satellite data (world view 2) and in situ observation (Morozumi et al., in preparation). The local average SWE values in observation area (10 x 10 km) were estimated to be 100 mm in 2014 and 78 mm in 2015.

キーワード：積雪水量、水安定同位体比、北東シベリア

Keywords: snow water equivalent, water isotope ratios, Northeastern Siberia

グリーンランド北西部における溢流氷河の表面高度変化

Surface elevation change of outlet glaciers in northwestern Greenland

*津滝 俊^{1,2}、片山 直紀^{2,3}、榊原 大貴^{2,3}、杉山 慎²、澤柿 教伸⁴*Shun Tsutaki^{1,2}, Naoki Katayama^{2,3}, Daiki Sakakibara^{2,3}, Shin Sugiyama², Takanobu Sawagaki⁴1.国立極地研究所国際北極環境研究センター、2.北海道大学低温科学研究所、3.北海道大学大学院環境科学
院、4.法政大学社会学部1.Arctic Environment Research Center, National Institute of Polar Research, 2.Institute of Low
Temperature Science, Hokkaido University, 3.Graduate School of Environmental Science, Hokkaido
University, 4.Faculty of Social Science, Hosei University

Ice discharge from calving glaciers has been increasing in the Greenland ice sheet (GrIS) since 2000s. This increase plays important roles in the volume change of GrIS and its contribution to sea level rise. To investigate the mass loss of GrIS calving glaciers, ice surface elevation change has been studied by differencing digital elevation models (DEMs) derived by satellite remote-sensing. Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping (PRISM) images of Advanced Land Observing Satellite (ALOS) have a spatial resolution of 2.5 m, which is fine enough to measure several meters of elevation change on glaciers. The large spatial coverage of the images (1225 km²) is suitable for studying glaciers distributed over a large area.

In this study, we measured surface elevation change of 14 outlet glaciers near Inglefield Bredning in northwestern Greenland (77°47'–78°10'N, 65°00'–72°47'W). These glaciers flow into the ocean except for two land-terminating glaciers. We processed stereo pair ALOS PRISM images acquired in summer 2007 and 2010 with a digital map plotting instrument (Leica Photogrammetry Suite) to generate DEMs with a 25 m grid mesh. Elevation data from ALOS DEMs were calibrated on ice-free terrain, and compared to calculate ice surface elevation change between 2007 and 2010.

The surface elevation of all the studied glaciers decreased and the magnitude of the elevation change increases downglacier. The mean elevation change rate ranged from -0.4 to -4.9 m a⁻¹. Marine-terminating Tracy and Bowdoin Glaciers thinned at rates of -4.9 and -4.1 m a⁻¹, which were larger than those at other glaciers. The rate at Tugto Glacier, a land-terminating glacier located near Bowdoin Glacier, was -2.8 m a⁻¹. This result confirms that recent thinning of GrIS outlet glaciers is more significant at marine-terminating glaciers as compared to land-terminating glaciers. Rapid thinning of marine-terminating outlet glaciers observed in this study suggests the importance of ice dynamics and/or ice-ocean interaction in the mass loss of GrIS.

キーワード：北極圏雪氷学、氷河表面高度変化、氷河ダイナミクス

Keywords: Arctic glaciology, Glacier thinning, Glacier dynamics

グリーンランド北西部における氷河前縁海洋の水塊特性

Water properties and circulation in front of tidewater glaciers in northwestern Greenland

*箕輪 昌紘^{1,2}、杉山 慎¹、大橋 良彦^{1,2}、澤柿 教伸³、津滝 俊⁴、榊原 大貴^{2,1}、青木 茂¹、ポドルスキ エヴゲニ⁵、ウェインドマン イボ⁶

*Masahiro Minowa^{1,2}, Shin Sugiyama¹, Yoshihiko Ohashi^{1,2}, Takanobu Sawagaki³, Shun Tsutaki⁴, Daiki Sakakibara^{2,1}, Shigeru Aoki¹, Evgeny Podolskiy⁵, Yvo Weindmann⁶

1.北海道大学低温科学研究所、2.北海道大学大学院環境科学院、3.法政大学社会学部、4.国立極地研究所北極観測センター、5.北海道大学北極観測センター、6.スイス連邦工科大学

1.Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 2.Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, 3.Faculty of Social Science, Hosei University, 4.Arctic Environment Research Center, National Institute of Polar Research, 5.Arctic Research Center, Hokkaido University, 6.The Laboratory of Hydraulics, Hydrology and Glaciology

Tidewater glaciers in Greenland are rapidly retreating, and it contributed global sea-level rise during the twentieth century. Studies have been carried out to understand the mechanisms of the glacier retreat. Previous studies suggested the importance of submarine melting, but physical processes relevant to submarine melting (e.g. heat source of the melting, water circulation and bathymetry) are not understood well. This is because in-situ observations are difficult in front of a glacier where icebergs usually cover the ocean. In addition to this, there is no hydrographical observation in front of tidewater glacier in northwestern Greenland. To better understand the ice-ocean interaction, we measured ocean temperature, salinity, turbidity, chlorophyll, dissolved oxygen, $\delta^{18}\text{O}$, d-excess and bathymetry in front of Bowdoin and Sun Glaciers, tidewater glaciers in northwestern Greenland, in 2014 and 2015 summer. We also performed high spatial (2560x1920 pixel) and temporal (10 s) time-lapse photography in front of Bowdoin Glacier in 2015 July. Below the depths of 280 m (2014) and 250 m (2015) in the Bowdoin Fjord, we observed Atlantic Water (AW), which is believed as the heat source of submarine melting. The mean temperature and salinity within the layer of AW was 1.2°C and 34.4 g kg⁻¹ in 2014, and 1.1°C and 34.5 g kg⁻¹ in 2015. The results suggested that warm water flows into the Bowdoin Fjord from the open ocean. Contrasting to these observations at Bowdoin, AW was missing in front of Sun Glacier and relatively fresh and cold water mass was found. It was suggested that relatively shallow bathymetry (~100-m deep) and existence of sill (~10-m deep) inhibited entering warm water from the open ocean. Near the surface in the vicinity of plume of Sun Glacier (~200 m away from the front), water mass properties were completely different from those in the open ocean. Water was highly turbid, fresh and cold, suggesting subglacial discharge of meltwater as the origin of the water. The time-lapse photographs revealed fjord circulation near the ice-ocean interface. It was clear that the circulation was driven by buoyant plume, which was generated subglacial discharge and/or submarine melt. In early July, waters emerged by buoyant plume was always visible along the surface approximately 5 km from the front, but it was only visible near the front in late July. The change from early July to late July may be explained by amount of subglacial discharge and the stability of stratification near the ocean surface as reported by recent modelling studies. Our observations water mass structures and circulation in the fjord in front of the tidewater glaciers in northwestern Greenland, which are important properties to calculate submarine melting rate in two different types of tidewater glaciers.

キーワード：カービング氷河、グリーンランド、フィヨルド、水中融解

Keywords: Tidewater glacier, Greenland, Fjord, Submarine melting

グリーンランド北西部Qaanaaq氷帽とその周辺氷帽の質量収支

Mass balance fluctuation of Qaanaaq Ice Caps and its vicinity in northeastern Greenland

*紺屋 恵子¹、斉藤 潤²、丸山 未妃呂²、杉山 慎²*Keiko Konya¹, Jun Saito², Mihiro Maruyama², Shin Sugiyama²

1.海洋研究開発機構 地球表層物質循環研究分野、2.北海道大学 低温科学研究所

1.DEGCR, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2.Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

Many of glaciers and ice caps (GICs) exist at the margin of the Greenland. The contribution of GICs mass loss to sea level rise under recent warming is large. The northeastern Greenland is one of the areas, which experienced large mass change and has little in-situ mass balance observation. Bolch et al. (2013) estimated that the surface elevation change of ice caps in northeastern Greenland from 2003 to 2008 was -0.6 m a^{-1} . Saito et al. (2015) revealed that the mean surface level change of six ice caps in northeastern Greenland from 2006 to 2010 was -1.1 m a^{-1} .

We have estimated surface mass balance of five ice caps in northern Greenland by a mass balance model constructed by Hock (1999). The model takes temperature index method for calculating ablation. The model computes spatial variation of surface mass balance for the ice caps. The 100m - gridded DEM and surface condition of the ice cap, derived from modified ALOS (Advanced Land Observing Satellite) data, were used for the model calculation. The climate data as input of the model was air temperature and precipitation at Thule climate station (TCS, 77.2N, 68.4W), which is one of the long-term running climate stations in Greenland situated about 100 km south to Qaanaaq. The air temperature at TCS has been increasing after 1990.

The calculation has been done for Qaanaaq Ice Cap (QIC) since 1980s. The mass balance of QIC has been negative since 1980s. The mass balance calculation by the model has been done for other four ice caps for 2006 -2009 and compared with the surface elevation change reported by Saito et al. (2015). Ice caps situated in coastal area show less negative mass balance than those situated inland. The ice caps situated in coastal area show higher albedo (Saito, et al., 2015), which is possibly because higher fraction of precipitation falls as snow.

キーワード：グリーンランド、質量収支、気候変動、氷帽

Keywords: Greenland, mass balance, climate change, ice cap

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^{1,2}、杉村 剛²、照井 健志²*Hironori Yabuki^{1,2}, Takeshi Sugimura², Takeshi Terui²

1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.国立極地研究所

1.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2.National 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。

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。

北極研究の新たなプロジェクトであるArCS（北極域研究推進）プロジェクトが2015年が開始された。北極域研究推進プロジェクトは、文部科学省の補助事業として、国立極地研究所、海洋研究開発機構及び北海道大学の3機関が中心となって、2015年9月から2020年3月までの約4年半にわたって実施する、我が国の北極域研究のナショナルフラッグシッププロジェクトである。ADSはこのプロジェクトのデータマネージメントを担当する。

キーワード：北極域、環境、温暖化、ArCS、データ

Keywords: Arctic, Environment, Global Warming, ArCS, Data

極域におけるデータ可視化Webサービスのアクセス解析

Access analysis of data visualization web service for polar region

*照井 健志¹、杉村 剛¹、矢吹 裕伯¹*Takeshi Terui¹, Takeshi Sugimura¹, Hironori Yabuki¹

1.国立極地研究所

1.National Institute of Polar Research

北極域データアーカイブ(Arctic Data archive System)は、北極域で得られた様々なデータセットを一元的に収集・公開するために構築された研究基盤です。GRENE北極気候変動事業が開始されてから5年間、ADSでは以下のようなWebサービスの開発を行った。1)極域研究に関わる他分野のデータの相互流通を実現するKIWA。2)衛星データおよびモデル計算結果のグリッドデータをブラウザ上で可視化・解析するVISION。3)地球観測衛星データを利用した極域監視ウェブサイトVISHOP。これらのWebサービスは世界中からアクセスされている。本研究では、これらのサービスが開始されてからGRENE終了までの期間を対象にアクセス解析を実施した。本発表では、これらのサービスについて、どれぐらいのアクセスがあり、閲覧者はどのようなデータに興味を持っていたのか、解析結果を紹介したい。

キーワード：ウェブサービス、アクセス解析、可視化、データ

Keywords: Web Service, Access Analysis, Visualization, Data