

## GRENE 北極気候変動研究事業、最終年の課題 GRENE Arctic Climate Change Research Project in Final Phase

山内 恭<sup>1\*</sup>; 高田 久美子<sup>2</sup>; 榎本 浩之<sup>1</sup>; 藤井 理行<sup>1</sup>  
YAMANOUCHI, Takashi<sup>1\*</sup>; TAKATA, Kumiko<sup>2</sup>; ENOMOTO, Hiroyuki<sup>1</sup>; FUJII, Yoshiyuki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 国立極地研究所、総合研究大学院大学, <sup>2</sup> 国立極地研究所、国環研、JAMSTEC

<sup>1</sup>National Institute of Polar Research, SD, <sup>2</sup>NIPR, NIES, JAMSTEC

近年、北極は地球温暖化に伴う夏季海水域の急減、地上気温の急上昇、氷河の縮小、永久凍土の融解など、様々な変化が起こり、単に科学的な側面のみならず、社会的にも注目されるようになってきた。こういう中で、文部科学省、グリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス事業（GRENE）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」（2011-2015年度）（以後プロジェクトと言う）が実施の運びとなり、ここに5年目、最終年を迎えている。本プロジェクトは4つの戦略研究目標を掲げた：

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水分布の将来予測。

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ている：

- (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：海水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水分布の将来予測。

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、分野を融合し、観測とモデルを結合するプロジェクトとなっている。国立極地研究所を中心に、全国の大学・研究機関から300名以上の研究者が結集して進める、初のオールジャパンの北極環境研究である。

プロジェクトは、2011年開始以来、既に4年を経過し、その間、北極を周る様々な場所、スバルバルから、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、新たな研究成果が生まれている。

いよいよ、最終のまとめに向かう時である。各課題での研究成果は着々と出つつあるが、さらに戦略研究目標に向けた科学的成果の創出が求められる。プロジェクト・コーディネーターを中心に、各々の研究成果を包括したより高度な科学的成果を生み出すべく、検討が続けられている。重要なサイエンスを糧に課題間の連携の議論も進められている。プロジェクトを実施したことにより、全体として何が言えるのか、北極温暖化増幅を中心軸として、コミュニティに対して、また社会に対してのメッセージを明確にしていきたい。そうした検討過程で、さらに次のステップ（次期北極研究計画）に進むべき発展的課題も明らかになるであろう。

キーワード: 北極, 海水, 気候変動, 温暖化増幅, 地球温暖化

Keywords: Arctic, sea ice, climate change, warming amplification, global warming

## CO<sub>2</sub> 増加実験において大気熱と水蒸気の輸送が北極の温暖化に及ぼす効果 The effect of atmospheric heat and moisture transport on Arctic warming under the elevated CO<sub>2</sub> experiment

吉森 正和<sup>1\*</sup>; 阿部 彩子<sup>2</sup>

YOSHIMORI, Masakazu<sup>1\*</sup>; ABE-OUCHI, Ayako<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学 大学院地球環境科学研究院, <sup>2</sup> 東京大学 大気海洋研究所

<sup>1</sup>Hokkaido University, Faculty of Environmental Earth Science, <sup>2</sup>University of Tokyo, Atmosphere and Ocean Research Institute

It is well known that, under the elevated atmospheric CO<sub>2</sub> concentration, the Arctic experiences larger warming than the rest of the world. In this so-called Arctic amplification, ice albedo feedback plays a central role (Yoshimori et al., 2014a). While the ice albedo feedback is a process unique to the polar region, the magnitude of the Arctic warming is well correlated to the global mean warming among climate models, indicating a strong coupling of the Arctic to the rest of the world. In order to elucidate how the extra-Arctic warming remotely influences the Arctic warming, we conducted sensitivity experiments which isolate the remote and local effect by using an atmospheric general circulation model with thermally interactive and non-interactive ocean mixed layer depending on the region. We note, however, that the effect of ocean circulation change is not considered here. The resulting Arctic warming is generally larger when the model is forced by the remote warming, rather than responding to the local CO<sub>2</sub> increase. This indicates that much of the Arctic warming under the elevated CO<sub>2</sub> condition is initially induced by the lower latitude warming via the increased atmospheric heat transport. An additional experiment separates the following two effects: the initial Arctic atmospheric response to the remote warming and the subsequent effect of ice-ocean changes on the Arctic warming. In addition to the surface energy balance analysis, the climate feedback and response analysis method (CFRAM) following Yoshimori et al. (2014b) reveals that the remote warming initially warms the Arctic surface via the increased downward longwave radiation due to an enhanced greenhouse effect of water vapor and cloud as well as via the increased large-scale condensation and decreased evaporative cooling. Once the ocean temperature and sea ice cover is allowed to respond, the greenhouse effect of cloud increases substantially (positive feedback) while the evaporative cooling increases (negative feedback).

Yoshimori et al. (2014a) *Clim. Dyn.*, 42, 1613-1630.

Yoshimori et al. (2014b) *J. Climate*, 27, 6358-6375.

キーワード: 気候モデリング, 北極温暖化増幅  
Keywords: climate modelling, Arctic amplification

## 北極雪氷圏の季節変動と長期傾向 -両極の視点からの検討- Seasonal Change and Long-term Trend in the Arctic Cryospheric -Discussion from Bi-polar perspective-

榎本 浩之<sup>1\*</sup>; 田村 岳史<sup>1</sup>; 堀 雅裕<sup>2</sup>; 平沢 尚彦<sup>1</sup>; 山内 恭<sup>1</sup>; 矢吹 裕伯<sup>3</sup>  
ENOMOTO, Hiroyuki<sup>1\*</sup>; TAMURA, Takeshi<sup>1</sup>; HORI, Masahiro<sup>2</sup>; HIRASAWA, Naohiko<sup>1</sup>; YAMANOUCHI, Takashi<sup>1</sup>; YABUKI, Hironori<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 国立極地研究所, <sup>2</sup> 宇宙航空研究開発機構, <sup>3</sup> 海洋研究開発機構

<sup>1</sup>National Institute of Polar Research, <sup>2</sup>Japan Aerospace Exploration Agency, <sup>3</sup>Japan Agency of Marine-Earth Science and Technology

北極海での夏季の海氷減少が注目されているが、一方で南極海では海氷の増加が観測されている。2つの海氷域は温暖化に対しどうふるまっているのか、また南極の海氷の増加の原因に関心が集まっている。本発表では両極の海氷の拡大状況、季節変化、長期変動の特徴を比較する。海氷だけでなく陸上の積雪、氷床変化も領域で観測されている。本研究では北極域における雪氷圏の変動について、両極の比較から検討する。

キーワード: 北極, 雪氷圏, 両極

Keywords: Arctic, cryosphere, bi-polar

## グリーンランド氷床上における 2000-2014 年の衛星抽出積雪粒径変動 Satellite-derived snow grain size variation during 2000-2014 on Greenland ice sheet

青木 輝夫<sup>1\*</sup>; 朽木 勝幸<sup>1</sup>; 庭野 匡思<sup>1</sup>; 堀 雅裕<sup>2</sup>; 谷川 朋範<sup>2</sup>; 島田 利元<sup>3</sup>; 的場 澄人<sup>4</sup>; 山口 悟<sup>5</sup>;  
スタムネス クヌート<sup>6</sup>; リー ウェイ<sup>6</sup>; チェン ナン<sup>6</sup>  
AOKI, Teruo<sup>1\*</sup>; KUCHIKI, Katsuyuki<sup>1</sup>; NIWANO, Masashi<sup>1</sup>; HORI, Masahiro<sup>2</sup>; TANIKAWA, Tomonori<sup>2</sup>;  
SHIMADA, Rigen<sup>3</sup>; MATOBA, Sumito<sup>4</sup>; YAMAGUCHI, Satoru<sup>5</sup>; STAMNES, Knut<sup>6</sup>; LI, Wei<sup>6</sup>; CHEN, Nan<sup>6</sup>

<sup>1</sup> 気象研究所, <sup>2</sup> 宇宙航空研究開発機構 地球観測研究センター, <sup>3</sup> 千葉大学 大学院理学研究科, <sup>4</sup> 北海道大学 低温科学研究所, <sup>5</sup> 防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター, <sup>6</sup> スティーブンス工科大学

<sup>1</sup>Meteorological Research Institute, <sup>2</sup>Earth Observation Research Center, Japan Aerospace Exploration Agency, <sup>3</sup>Graduate School of Science, Chiba University, <sup>4</sup>Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, <sup>5</sup>Snow and Ice Research Center, National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, <sup>6</sup>Steven Institute of Technology

Satellite-derived albedo of Greenland ice sheet (GrIS) in summer season reveals a remarkable decreasing trend since 2009. Snow surface albedo depends on snow grain size (SGS) and concentrations of light absorbing snow impurities (LASIs). In accumulation area of GrIS, the surface albedo strongly controlled by the SGS variation because the concentrations of LASIs are generally not high to reduce the albedo significantly. When air temperature increases, the SGS also increases by accelerating snow metamorphism and thus the albedo decreases. Hence, it is important to monitor the annual and seasonal changes of SGS distribution over GrIS. We have developed an algorithm to retrieve SGS for Second Generation Global Imager (SGLI) algorithms for Global Change Observation Mission - Climate (GCOM-C). The algorithm is based on a look-up table method for bidirectional reflectance distribution function at the top of the atmosphere as functions of SGS, LASI concentration and solar and satellite geometries. We employed a two-snow-layer model, which consists of the topmost layer (depth of 5 mm fixed) and the subsurface layer, for the retrievals of SGSs in those two snow layers (Rs1 and Rs2), respectively. We validated the Rs1 derived from Terra/Aqua Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) data with the in-situ measurements synchronized with the satellite overpasses at Summit (73° N, 38° W, 3,216 m a.s.l.) in 2011 and at SIGMA-A (78° N, 67° W, 1,490 m a.s.l.) in 2012. The results showed the excellent agreement for a wide range of SGS.

Using this algorithm, Rs1 and Rs2 over Greenland ice sheet were retrieved with Terra/MODIS data from 2000 to 2015 and the monthly averages were calculated for different elevation areas. The results showed that Rs1 and Rs2 for all of the GrIS except the areas higher than 3,000 m have an increasing trend from June to August during the observed period, which are 28  $\mu\text{m}$  and 174  $\mu\text{m}$  per decade in case the area of an elevation higher than 1,000 m in June. These values become small for the higher elevation areas from June to August and are close to zero or negative for all areas in April and September, indicating the warming influence to SGS is remarkable over the lower elevation areas than 3,000 m in summer season.

キーワード: グリーンランド氷床, 積雪粒径, アルベド, 光吸収性エアロゾル, 衛星リモートセンシング

Keywords: Greenland ice sheet, snow grain size, albedo, light absorbing snow impurities, satellite remote sensing



## トロムソにおける大気上下結合の研究 Study of the vertical coupling of the atmosphere at Tromsø, Norway

野澤 悟徳<sup>1\*</sup>; 堤 雅基<sup>2</sup>; 小川 泰信<sup>2</sup>; 藤原 均<sup>3</sup>; 津田 卓雄<sup>4</sup>; 川原 琢也<sup>5</sup>; 斎藤 徳人<sup>6</sup>; 和田 智之<sup>6</sup>;  
川端 哲也<sup>1</sup>; 高橋 透<sup>1</sup>; 日比野 辰哉<sup>1</sup>; ホール クリス<sup>7</sup>; ブレкке アスゲイア<sup>8</sup>  
NOZAWA, Satonori<sup>1\*</sup>; TSUTSUMI, Masaki<sup>2</sup>; OGAWA, Yasunobu<sup>2</sup>; FUJIWARA, Hitoshi<sup>3</sup>; TSUDA, Takuo<sup>4</sup>;  
KAWAHARA, Takuya<sup>5</sup>; SAITO, Norihito<sup>6</sup>; WADA, Satoshi<sup>6</sup>; KAWABATA, Tetsuya<sup>1</sup>; TAKAHASHI, Toru<sup>1</sup>;  
HIBINO, Tatsuya<sup>1</sup>; HALL, Chris<sup>7</sup>; BREKKE, Asgeir<sup>8</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学太陽地球環境研究所, <sup>2</sup> 国立極地研究所, <sup>3</sup> 成蹊大学理工学部, <sup>4</sup> 電気通信大学, <sup>5</sup> 信州大学工学部, <sup>6</sup> 理化学研究所光量子工学研究領域, <sup>7</sup> トロムソ大学 TGO, <sup>8</sup> トロムソ大学理学部

<sup>1</sup>STEL, Nagoya University, <sup>2</sup>National Institute of Polar Research, <sup>3</sup>Faculty of Science and Technology, Seikei University, <sup>4</sup>The University of Electro-Communications, <sup>5</sup>Faculty of Engineering, Shinshu University, <sup>6</sup>Advanced Photonics Technology Development Group, RIKEN, <sup>7</sup>Tromsø Geophysical Observatory, The Arctic University of Tromsø, <sup>8</sup>Faculty of Science, The Arctic University of Tromsø

我々は、ノルウェー・トロムソ（北緯 69.6 度、東経 19.2 度）の EISCAT レーダートロムソ観測所にて、ナトリウムライダー、MF レーダー、流星レーダーを運用し、中間圏から下部熱圏領域の大気温度および風速の観測を実施している。EISCAT レーダーを含むこれらの観測装置から得られたデータを用いて、大気波動の高度変動や成層圏突然昇温時における上部中間圏・下部熱圏の変動に関する研究を進めている。MF レーダーは、1998 年 11 月から、流星レーダーは、2003 年 10 月から、連続的に中間圏高度の風速測定を行っている。時間分解能は、MF レーダーが 5 分、流星レーダーが 1 時間であり、観測高度領域は、MF レーダーが 70-91 km、流星レーダーが 80-100 km である。2010 年秋からナトリウムライダーを用いて、高度 80-110 km における大気温度およびナトリウム密度を観測している。2012 年秋からは、5 方向同時観測により、風速データも同時に取得している。これまでナトリウムライダーによる観測は、2010 年 10 月から 5 シーズン（冬期暗夜期間：10 月から 3 月）行い、約 2800 時間の大気温度・ナトリウム密度データ、および約 1700 時間の風速データを取得している。

極域上部中間圏・下部熱圏高度（80-110 km）においては、下層大気から上方伝搬してくる半日潮汐波が支配的な変動成分となる。上方伝搬性の一週潮汐成分は、極域ではこの高度領域に達する前に散逸する。一方、夏期では太陽光加熱による直接励起成分が存在するが、冬期においては非常に弱い。極域中間圏・下部熱圏高度における半日周期潮汐波の理解は、南極域に比べ北極域は遅れている。今回、ナトリウムライダーにより 12 時間以上大気温度・風速データを所得できた 62 晩において、高度 80-110 km における半日潮汐波の高度変動を調べた。振幅強度は、高度 90 km 付近において、風速で 80 m/s 程度、大気温度で、15 K 程度に達する例が多い。高度変動は、大きく分けて、2 つに分類される。1 つは、90 km 付近で振幅が極大になり、その上方で一度減衰し、再度振幅が高度とともに大きくなる高度変動である。もう 1 つは、100 km 付近（またはそれ以上）まで振幅が高度とともに大きくなっていく高度変動である。この違いの原因について、東西平均風強度や、磁気圏からのエネルギー流入の有無について調べている。

成層圏突然昇温は、プラネタリー波の碎波に伴う冬期成層圏に発生する大擾乱である。最近、成層圏突然昇温時における、中間圏・熱圏・電離圏の変動が注目を集めている。この変動の様子を、ナトリウムライダーや流星レーダーデータを用いて調べた。さらに、ナトリウムライダーデータから、レイリー散乱光を用いて上部成層圏温度を導出し、上部成層圏と中間圏・下部熱圏の温度変動の相関や、変動の開始時期の違いについて調べている。

講演では、ナトリウムライダーデータを中心に用いて、（1）半日大気潮汐波の高度変動、（2）成層圏突然昇温イベントにおける北極域上部中間圏・下部熱圏変動、を報告する予定である。

キーワード: 大気上下結合, トロムソ, EISCAT, ナトリウムライダー, 成層圏突然昇温, 大気潮汐波  
Keywords: Vertical coupling of the atmosphere, Tromsø, EISCAT, sodium LIDAR, SSW, tidal waves

## 冬季北極域中間圏の擾乱状態を示す新たな指標の検討 Discussion about new indices which display condition of disturbance in the mesosphere during Arctic winter

坂野井 和代<sup>1\*</sup>; 木下 武也<sup>2</sup>; 村山 泰啓<sup>2</sup>; 佐藤 薫<sup>3</sup>

SAKANOI, Kazuyo<sup>1\*</sup>; KINOSHITA, Takenari<sup>2</sup>; MURAYAMA, Yasuhiro<sup>2</sup>; SATO, Kaoru<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 駒澤大学, <sup>2</sup> 情報通信研究機構, <sup>3</sup> 東京大学

<sup>1</sup> Komazawa University, <sup>2</sup> NICT, <sup>3</sup> The University of Tokyo

本研究は、冬季北極域における代表的な擾乱現象である成層圏突然昇温を、中間圏まで含めた中層大気全体の擾乱として捉え、その擾乱について、長期的な太陽活動度との関係を解明することを最終的な目的としている。成層圏突然昇温と太陽活動度との関連は、太陽活動 11 年周期による成層圏の熱的構造の変調として、成層圏領域では研究が進んでいる。冬季北極域成層圏の代表的な熱的構造は、北半球環状モード (Northern hemisphere Annular Mode: NAM) と呼ばれるパターンを示し、極域が低温・中緯度域が高温となる正のモードとその逆パターンとなる負のモードに分類される。Labitzke(2005) は、北極域・中緯度の上部成層圏温度と F10.7 index の相関を、QBO の位相に分けて比較し、QBO 西 (東) 風位相時には、太陽活動極大で負 (正) の NAM、極小で正 (負) の NAM となることを示した。

成層圏突然昇温の程度を表すものとして、伝統的に、昇温が「大昇温」か「そうでない」という定性的な分類が使われてきた。しかしこのような定性的な分類だけでは他の現象との比較が難しい。本発表では、中間圏まで含めた中層大気擾乱と太陽活動度を定量的に比較するための準備として、中間圏の擾乱度を表す指標としてどのようなものがあるかを検討する。

これまでの解析では、気象全球客観解析データ (英国 Met Office が提供する UKMO データおよび NASA が提供する MERRA データ) を用いて、中間圏まで含めた中層大気擾乱の程度を指標化することを試みてきた。まず始めに、UKMO データ帯状平均東西風の東風領域 (成層圏突然昇温時に対応) の、最低高度を指標として使うことを検討した。日々の帯状平均東西風データから、高度 15km 以上の範囲において、東風となっている高度領域の最低高度を抽出、それぞれのイベントでその抽出した最低高度を平均し、1つのイベントに対して1つの指標 (今後、この指標を ZEW index とする) を作成した。導出した ZEW index を QBO の東風位相と西風位相に分けて、太陽活動度 (F10.7 index) との相関図を作成した。この結果、おおむね ZEW index <35 が大昇温に対応し、ZEW index は伝統的な成層圏突然昇温の分類に対応し、擾乱度を定量的に表す指標としては使えるようであることを確認した。

次に、1000~0.1hPa (約 65km 高度) の高度において AO index を計算し、中間圏まで含めた中層大気の擾乱度を表す指標として使用できるか検討を始めた。10hPa より高高度で AO index を用いた研究はほとんど例がなく、慎重な検討を必要とするが、以下のようなことが明らかになった。中層大気での AO index の値のピークは、おおむね 0.5hPa (~50km) 高度にある。100hPa - 0.1hPa 高度において AO index の正負はほぼ一致するが、ときおり 10hPa の上下で正負が異なる場合もある。AO index の負のピーク値が大きいことと大昇温とは対応しない、また負の領域が 10hPa 以下まで達していることも、必ずしも大昇温とは対応しない。伝統的な昇温の分類では成層圏突然昇温と判定されない中間圏のみの擾乱も存在する。

また、4つのイベントにおいて、10hPa および 1hPa でポーラーマップを作成し、擾乱が起きている際の気圧や風速・温度場のパターンを確認したところ、以下のような傾向が見られた。(1)10hPa 高度と 1hPa 以上の高度では、循環パターンが異なる場合が多い。(2) 大昇温かそうでないかにかかわらず、イベント時に波数 2 構造がみられると、AO がほぼ全高度で負になっていた(3) 波数 1 構造が維持される場合は、AO 負の高度範囲が限られるように見える。

本発表では、さらにイベント数を増やして 10hPa および 1hPa 高度の気圧および風速・温度場と大昇温、AO index の関係について検討を進めていく。

キーワード: 中層大気擾乱, 太陽活動, 北極振動, 成層圏準 2 年周期振動, 北極域, 成層圏突然昇温

Keywords: Middle atmosphere disturbance, Solar activity, Arctic Oscillation, QBO, Arctic region, Stratospheric sudden warming

## MF radar observations of gravity wave variation with 12-/24-hr periods MF radar observations of gravity wave variation with 12-/24-hr periods

村山 泰啓<sup>1\*</sup>; 木下 武也<sup>1</sup>; 川村 誠治<sup>1</sup>; 野澤 悟徳<sup>2</sup>; Hal Chris<sup>2</sup>  
MURAYAMA, Yasuhiro<sup>1\*</sup>; KINOSHITA, Takenari<sup>1</sup>; KAWAMURA, Seiji<sup>1</sup>; NOZAWA, Satonori<sup>2</sup>; HALL, Chris<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 情報通信研究機構, <sup>2</sup> 名古屋大学, <sup>3</sup> University of Tromsø

<sup>1</sup> National Institute of Information and Communications Technology, <sup>2</sup> Nagoya University, <sup>3</sup> University of Tromsø

Intensive observational studies have been conducted in past of interaction between atmospheric gravity waves (GWs) and tides in the mesosphere and lower thermosphere. Tidal winds can be background winds for small-scale and/or high-frequency GWs. If mesospheric tides play a role in the mesospheric GW momentum dissipation process, the tides may be a substantial element for the mean flow acceleration process since there are tides every day and every months in the middle atmosphere almost all over the globe. In this study, we employed 10-year horizontal wind velocity datasets in the mesosphere and lower thermosphere observed with MF radars at Poker Flat, Alaska and at Tromsø, Norway. The data analysis was carried out for 1999 - 2008, to show daily and seasonal behaviors of mesospheric gravity waves and the 12 and 24 hour components of horizontal winds. The wind velocity component with the wave periods of 1-4 hours are analyzed as short-period gravity waves, to which a harmonic analysis was applied in terms of temporal variations with periods of 24, 12, and 8 hours with the 5-day running window shifted by every 30 min. Sinusoidal curve fitting is not the best fit model for the behavior of GW kinetic energy (GW-KE), but the fitted amplitude and phase can be used as measures of GW activity variation with a target period (24, 12, or 8hrs) and local time identification where GW-KE enhances and decreases. In case studies that we have carried out, phase relation between the 12-hr components of zonal wind and GW-KE shows that their phases are locked for more than 10 days, in several cases in multiple years at the both observation sites. We confirmed a phase lock phenomena at both Tromsø and Poker Flat continued for about 20 days from November to December in 2000. However, between Tromsø and Poker Flat, the phases of 12 hour component of GW-KE are almost in anti-phase or differed by approximately 180 degrees. We plan to discuss climatological aspects and also more detail of underlying physical processes, focusing on gravity wave drags and background state of horizontal wind velocities at both sites.

キーワード: 中間圏, 大気重力波, 大気潮汐, 相互作用, MF レーダー

Keywords: mesosphere, atmospheric gravity waves, atmospheric tide, interaction, MF radar

## 北極域トロムソからの成層圏から下部熱圏の大気分子のミリ波分光観測計画 A plan of new millimeter-wave observations of atmospheric molecules from stratosphere to lower-thermosphere at Tromsø

水野 亮<sup>1\*</sup>; 野澤 悟徳<sup>1</sup>; 中島 拓<sup>1</sup>; 長浜 智生<sup>1</sup>; 大山 博史<sup>1</sup>; 加藤 智隼<sup>1</sup>; 川端 哲也<sup>1</sup>; Hall Chris<sup>2</sup>  
MIZUNO, Akira<sup>1\*</sup>; NOZAWA, Satonori<sup>1</sup>; NAKAJIMA, Tac<sup>1</sup>; NAGAHAMA, Tomoo<sup>1</sup>; OHYAMA, Hirofumi<sup>1</sup>;  
KATO, Chihaya<sup>1</sup>; KAWABATA, Tetsuya<sup>1</sup>; HALL, Chris<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学太陽地球環境研究所, <sup>2</sup> トロムソ大学 TGO

<sup>1</sup>Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, <sup>2</sup>Tromsø Geophysical Observatory, The Arctic University of Tromsø

極域では太陽活動に伴い高エネルギーの太陽陽子、オーロラ電子、放射線帯の相対論的電子等が振り込み、上部成層圏から下部熱圏にわたる大気分子の生成に影響を与えている。我々は極地研の宙空グループとともに南極昭和基地にミリ波分光計を設置し、高エネルギー粒子の影響を受けやすい酸化窒素分子（NO）のモニタリング観測を行ってきた。2012年から2014年の観測を通して、昭和基地上空では、冬季の極夜期にNOが増加する季節変動と数日のタイムスケールでNOが増加する短期変動を検出し、季節変動は極夜期に反応が鈍る光解離反応と振り込む電子の積算量が、数日の短期変動は磁気嵐に伴い急激に降り込んでくる放射線帯の高エネルギー電子が重要な役割を果たしていることを明らかにした。こうした高エネルギー粒子の大気への影響をより南北両極域からより詳細に調べるため、我々はミリ波分光計をあらたに北極域のノルウェー・トロムソのEISCAT施設内に設置し、2015年度から観測を始めることを計画している。同施設内には、EISCATレーダーを始め、流星レーダー、ナトリウムライダー、オーロライメージャーなどが運用されており、昭和基地と同様に大気の大気力学的情報や大気電離の状況が詳細に調べられている。これらの既設の観測機群から得られるデータとミリ波分光計から得られる大気分子の鉛直分布の時間変化のデータを組み合わせ、南極昭和基地のデータと比較し、高エネルギー粒子の振り込みの影響を始め、力学的な輸送過程や大気加熱が大気分子の組成変動にどのような影響を与えているかを観測的に明らかにしたいと考えている。講演では、本計画の概要、目的等について発表する。

キーワード: ミリ波分光, 極域大気, 成層圏, 中間圏, 下部熱圏

Keywords: millimeter-wave spectroscopy, polar atmosphere, stratosphere, mesosphere, lower thermosphere



## 簡易湿地スキーム導入による大気海洋大循環モデルの改良 Improvements in AOGCM by the introduction of a simple wetland scheme

大石 龍太<sup>1\*</sup>; 新田 友子<sup>2</sup>; 芳村 圭<sup>2</sup>; 高田 久美子<sup>3</sup>; 阿部 彩子<sup>2</sup>

O'ISHI, Ryouta<sup>1\*</sup>; NITTA, Tomoko<sup>2</sup>; YOSHIMURA, Kei<sup>2</sup>; TAKATA, Kumiko<sup>3</sup>; ABE-OUCHI, Ayako<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 極地研究所, <sup>2</sup> 東京大学大気海洋研究所, <sup>3</sup> 国立環境研究所

<sup>1</sup>National Institute of Polar Research, <sup>2</sup>Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, <sup>3</sup>National Institute for Environmental Studies

気候変動の将来予測において用いられている大気海洋大循環モデル (GCM) には、バイアスが存在するため、その低減が将来予測の信頼性向上にとって重要である。特に、中高緯度陸域の高温バイアスは多くの GCM に共通して見られる特徴である。北極域の積雪域では、融雪水が一時的に水たまりとして陸域に留まるため、大気と陸域の間で相互作用が起こり地表面熱収支に影響を与えていると考えられるが、この効果は GCM 陸面では考慮されていない。新田ら (2014) は融雪水が一時的に陸面に滞留することを表現した新スキームを大気海洋大循環モデルの陸面サブモデルに導入した。その結果、この新スキーム導入によって、陸域の高温バイアスが低減されることが示された。本研究では、この新スキームを大気海洋大循環モデルに導入し、GCM のバイアスに対する効果を調べた。また、新旧スキームを用いて大気二酸化炭素 4 倍増実験を行い、温暖化時の融雪水の効果を調べた。

キーワード: 大気海洋大循環モデル, 地表面エネルギー収支, 北極域

Keywords: general circulation model, surface energy balance, Arctic region

## 北極域データアーカイブの進展 Developments of Arctic Data archive System(ADS)

矢吹 裕伯<sup>1\*</sup>; 杉村 剛<sup>2</sup>; 照井 健志<sup>2</sup>  
YABUKI, Hironori<sup>1\*</sup>; SUGIMURA, Takeshi<sup>2</sup>; TERUI, Takeshi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構, <sup>2</sup> 国立極地研究所

<sup>1</sup>Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, <sup>2</sup>National Institute of Polar Research

Arctic is the region where the global warming is mostly amplified, and the atmosphere/ ocean/ cryosphere/ land system is changing. Active promotion of Arctic environmental research, it is large and responsible for observational data. Promotion of Arctic research in Japan, has not been subjected to independent in their respective fields.

In the National Institute of Polar Research, perform the integration and sharing of data across a multi-disciplinary such as atmosphere, ocean, snow and ice, land, ecosystem, model, for the purpose of cooperation and integration across disciplines, we build a Arctic Data archive System (ADS).

Arctic Data archive System (ADS), to promote the mutual use of the data across a multi-disciplinary to collect and share data sets, such as observational data, satellite data, numerical experiment data. Through these data sets, clarify of actual conditions and processes of climate change on the Arctic region, and further contribute to assessment of the impact of global warming in the Arctic environmental change, to improve the future prediction accuracy.

ADS developed the the online visualization system (VISION) of grid data (a satellite and model simulation), which observational researcher was not good. This VISION which can easily visualize special change can become effective for not only the understanding of the phenomenon but also the design of the observation for an observational researcher.

キーワード: 北極域, 環境, 温暖化, 可視化, VISION, VISHOP

Keywords: Arctic, Environment, Global Warming, Visualization, VISION, VISHOP

## CFSR 再解析データによる海氷上積雪量の再現性について Comparison of snow depth on the sea ice between buoys and CFSR data

佐藤 和敏<sup>1\*</sup>; 猪上 淳<sup>1</sup>  
SATO, Kazutoshi<sup>1\*</sup>; INOUE, Jun<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 総合研究大学院大学

<sup>1</sup>The Graduate University for Advanced Studies

To understand snow depth distribution on Arctic sea ice, we compared the snow depth data on the Arctic multiyear sea ice obtained by Ice Mass Balance (IMB) buoys developed by CRREL (Cold Region Research and Engineering Laboratory) with reanalysis data of the Climate Forecast System Reanalysis (CFSR) provided by National Centers for Environmental Prediction (NCEP). In this study, we examined 23 buoys in 2002-2013. Although mean annual cycle of snow depth from the CFSR was reproduced well, the reanalysis data has a positive bias during winter and spring, and a negative bias during summer and autumn. Because the correlation coefficients between the reanalysis and observation are around 0.70 between October and December. Sea-ice thickness in the reanalysis was approximately 1 m thicker than the observations during all seasons. We investigated recent changes in snow depth and sea-ice growth rate during autumn and early winter using the reanalysis data. Due to enhanced cyclone activity and enhanced surface evaporation from the ice-free ocean, the increases in precipitation (i.e., snow depth) are seen over Chukchi and Beaufort seas, resulting in reduction of growth of thin ice during November. However, ice thickness anomaly in the CFSR reduced an insulating effect of the snow depth on sea-ice growth. We will discuss about sea ice thickness anomaly in the CFSR using 1-D thermodynamic model.

キーワード: 積雪量, 海氷厚, ブイ, 北極

Keywords: Snow depth, Sea ice thickness, buoy, arctic

## 北西グリーンランド氷床における表面熱収支の季節変動 Seasonal cycle of surface energy balance in the northwest Greenland ice sheet

庭野 匡思<sup>1\*</sup>; 青木 輝夫<sup>1</sup>; 的場 澄人<sup>2</sup>; 山口 悟<sup>3</sup>; 藤田 耕史<sup>4</sup>; 谷川 朋範<sup>5</sup>; 對馬 あかね<sup>2</sup>;  
朽木 勝幸<sup>1</sup>; 本山 秀明<sup>6</sup>  
NIWANO, Masashi<sup>1\*</sup>; AOKI, Teruo<sup>1</sup>; MATOBA, Sumito<sup>2</sup>; YAMAGUCHI, Satoru<sup>3</sup>; FUJITA, Koji<sup>4</sup>;  
TANIKAWA, Tomonori<sup>5</sup>; TSUSHIMA, Akane<sup>2</sup>; KUCHIKI, Katsuyuki<sup>1</sup>; MOTOYAMA, Hideaki<sup>6</sup>

<sup>1</sup> 気象研究所, <sup>2</sup> 北海道大学 低温科学研究所, <sup>3</sup> 防災科学研究所 雪氷防災研究センター, <sup>4</sup> 名古屋大学 環境学研究科, <sup>5</sup> 宇宙航空研究開発機構, <sup>6</sup> 極地研究所

<sup>1</sup>Meteorological Research Institute, <sup>2</sup>Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, <sup>3</sup>Snow and Ice Research Center, National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, <sup>4</sup>Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, <sup>5</sup>Earth Observation Research Center, Japan Aerospace Exploration Agency, <sup>6</sup>National Institute of Polar Research

The Greenland ice sheet (GrIS) has lost its mass during the last two decades significantly, and the rate of ice loss has accelerated since 1992. It is hypothesized that the recent ice loss can be partitioned in approximately similar amounts between surface melt and outlet glacier discharge (IPCC AR5). In the present study, we investigate physical mechanism of surface melt in recent years from the standpoint of surface energy balance (SEB) using data from automated weather station (AWS) in the northwest GrIS. The AWS was installed at the SIGMA-A site (78°03'N, 67°38'W, 1490 m a.s.l.) in June 2012 (Aoki et al., 2014), and data is now open at ADS (<https://ads.nipr.ac.jp/kiwa/Summary.action?selectFile=A20140714-002&downloadList=&scr=top>). SEB at SIGMA-A during 2012-2014 was calculated using a one-dimensional multi-layered physical snowpack model SMAP (Niwano et al., 2012; 2014), where observed albedo and snow surface temperature were forced to drive. Obtained monthly mean SEB values at SIGMA-A indicates that the main contributor for melt energy available for the surface melt was net shortwave radiant flux throughout all summer seasons, however, melt energy during July 2012 (GrIS experienced a record-breaking surface melt extent) was exceptionally high (more than 25 W m<sup>-2</sup>) compared to other summer (JJA) months (lower than 5 W m<sup>-2</sup>). The annual maximum of melt energy was recorded during July in 2012 and 2014, however it was reached during August in 2013. This result suggests that the melting period of GrIS snowpack differs from year to year, and the further monitoring of surface climate is necessary in order to understand long-term interannual variability of GrIS surface melt.



## グリーンランド北西部 Bowdoin, Tugto 氷河の表面高度変化 Surface elevation change of Bowdoin and Tugto Glacier in northwestern Greenland

津滝 俊<sup>1\*</sup>; 杉山 慎<sup>2</sup>; 榊原 大貴<sup>2</sup>; 澤柿 教伸<sup>3</sup>; 丸山 未妃呂<sup>2</sup>; 齊藤 潤<sup>2</sup>; 片山 直紀<sup>2</sup>  
TSUTAKI, Shun<sup>1\*</sup>; SUGIYAMA, Shin<sup>2</sup>; SAKAKIBARA, Daiki<sup>2</sup>; SAWAGAKI, Takanobu<sup>3</sup>; MARUYAMA, Mihiro<sup>2</sup>;  
SAITO, Jun<sup>2</sup>; KATAYAMA, Naoki<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 国立極地研究所北極観測センター, <sup>2</sup> 北海道大学低温科学研究所, <sup>3</sup> 北海道大学地球環境科学研究所

<sup>1</sup>Arctic Environmental Research Center, National Institute of Polar Research, <sup>2</sup>Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, <sup>3</sup>Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University

Ice discharge from marine-terminating outlet glaciers has increased in the Greenland ice sheet (GrIS), and this increase plays important roles in the volume change of GrIS and its contribution to sea level rise. Thinning of GrIS marine-terminating outlet glaciers has been studied by differencing digital elevation models (DEMs) derived by satellite remote-sensing (RS). Such studies rely on the accuracy of DEMs, but calibration of RS data with ground based data is difficult because field data on GrIS marine-terminating outlet glaciers are few. Bowdoin Glacier is a marine-terminating outlet glacier in northwestern Greenland (77°41'18"N, 68°29'47"W). The fast flowing part of the glacier is approximately 3 km wide and 10 km long. Tugto Glacier is a 10 km long land-terminating glacier. These two glaciers are located adjacently, and those altitudinal range is almost same (0 - 350 m a.s.l.). Because those glaciers of different shape of the terminus are located under the same climate condition, comparing surface elevation change of those glaciers is crucial to better understand the influence of ice dynamics on the glacier thinning. In this study, we compare surface elevation change and ice flow regime near the terminus of Bowdoin and Tugto Glacier.

We measured the surface elevation over the glacier on August 20, 2007 and September 4, 2010, by analyzing Advanced Land Observing Satellite (ALOS), Panchromatic remote-sensing Instrument for Stereo Mapping (PRISM) images. We also measured surface elevation on bedrock in the eastern flank of Bowdoin Glacier by using the global positioning system on July 18, 2014. We calibrated the satellite derived elevation data with our field measurements, and generated a DEM for each year with a 25 m grid mesh. The DEMs were compared to calculate recent glacier elevation change. Mean surface elevation change for on Bowdoin Glacier increases downglacier from -13 to -20 m, whereas that in Tugto Glacier is spatially uniform (-11 to -12 m). The mean elevation change in Bowdoin Glacier is significantly greater than those observed on ice caps in the region, and similar to those reported for other marine-terminating outlet glaciers in northwestern Greenland. Ice flow velocity increases downglacier in Bowdoin Glacier, whereas no significant gradient of ice velocity was measured in Tugto Glacier. We suggest that a certain portion of the thinning in Bowdoin Glacier was due to stretching flow enhanced by acceleration of ice flow. Our study demonstrate that calving Bowdoin Glacier is losing more ice than land-terminating Tugto Glacier, which suggests the importance of ice dynamics and/or ice-ocean interaction in the ice mass loss in Greenland.

キーワード: 氷河, グリーンランド

Keywords: Glacier, Greenland

## 北極圏グリーンランドカナック氷帽の積雪観測に基づいた雪氷藻類の繁殖条件の推定

### Growth conditions of snow algae inferred from snowpack observations in Greenland

大沼 友貴彦<sup>1\*</sup>; 竹内 望<sup>1</sup>; 田中 聡太<sup>1</sup>; 植竹 淳<sup>2</sup>; 永塚 尚子<sup>2</sup>; 庭野 匡思<sup>3</sup>; 青木 輝夫<sup>3</sup>  
ONUMA, Yukihiro<sup>1\*</sup>; TAKEUCHI, Nozomu<sup>1</sup>; TANAKA, Sota<sup>1</sup>; UETAKE, Jun<sup>2</sup>; NAGATSUKA, Naoko<sup>2</sup>;  
NIWANO, Masashi<sup>3</sup>; AOKI, Teruo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 千葉大学理学研究科, <sup>2</sup> 国立極地研究所, <sup>3</sup> 気象研究所

<sup>1</sup>Graduate School of Science, Chiba University, Chiba, Japan, <sup>2</sup>National Institute of Polar Research, Tokyo, Japan, <sup>3</sup>Meteorological Research Institute, Tsukuba, Japan

雪氷藻類とは、積雪や氷河上に繁殖する寒冷環境に適応した光合成微生物である。雪氷藻類の繁殖は雪氷表面の色を変化させ、アルベド（反射率）を低下させる。雪氷表面のアルベドが低下すると太陽光の吸収量が増加し、雪氷の融解が促進され、気温や海面の上昇といった地球環境への影響が考えられる。そのため、雪氷藻類がどのような環境で繁殖するのかを明らかにすることは、北極域の融雪への影響を考える上で重要である。しかしながら、雪氷藻類の繁殖に最も影響を与える要因が何かはまだ明らかになっていない。

そこで本研究は、グリーンランド北西部にあるカナック氷帽上の積雪において雪氷藻類の繁殖開始時期を決定する要因を明らかにすることを目的とした。本研究では、2013年および2014年の6月から8月にかけてグリーンランド北西部のカナック氷帽（N 77°, W 69°）の積雪で観測を行った。対象サイトは積雪上に赤雪現象が確認された2地点（Site-A 550m a.s.l, Site-B 950m a.s.l）とし、1週間間隔で積雪表面の観測、雪サンプルの採取を行った。採取した雪サンプルから、顕微鏡による細胞数のカウントとクロロフィル a (Chl-a) の蛍光分析を行い、雪氷藻類のバイオマスを評価した。雪氷藻類の発生と繁殖の主な要因を明らかにするために、雪氷藻類のバイオマスと観測した気象データ、融雪量との比較を行った。

赤雪現象は、2013年はSite-Aで8月3日に確認され、Site-Bでは8月上旬の観測終了まで確認されなかったのに対し、2014年はSite-Aで7月20日、Site-Bで8月3日に確認された。積雪表面のChl-a濃度は、赤雪の発生とともに増加を開始し、8月上旬まで20 [ $\mu\text{g m}^{-2}$ ] から70 [ $\mu\text{g m}^{-2}$ ] に至るまで増加した。顕微鏡カウントから求めた細胞濃度の変化も同様の傾向を示した。日平均気温が初めて0℃を超えたのは、2013年のSite-Aでは6月8日、2014年のSite-AとSite-Bでは6月2日であり、その日から赤雪発生までの期間は、それぞれ49-63日間であった。また、その日から赤雪発生までの正の積算気温は、2013年のSite-Aで106-140℃ day、2014年のSite-Aで116-141℃ day、2014年のSite-Bで93-107℃ dayであった。赤雪の発生時期と日射量、積雪密度、積雪含水率、pH、電気伝導度といった雪の物理条件、化学条件との関係は見られなかった。これらの結果は、雪氷藻類の繁殖の開始には、以上のような積雪の物理的・化学的変化ではなく、一定期間の融雪または一定の正の積算気温が必要であることを示唆している。

キーワード: 雪氷藻類, 赤雪, クロロフィル a, 積算気温, グリーンランド

Keywords: snow algae, red snow, chlorophyll-a, positive degree-day, Greenland

## 東シベリア・スンタルハヤタ地域の山岳氷河の雪氷藻類群集- 3年間の調査結果から- The snow and ice algal communities of mountain glaciers in Suntar Khayata region, Eastern Siberia

田中 聡太<sup>1\*</sup>; 竹内 望<sup>1</sup>; 宮入 匡矢<sup>1</sup>; 藤澤 雄太<sup>1</sup>; 門田 勤<sup>2</sup>; 白川 龍生<sup>3</sup>; 日下 稜<sup>3</sup>; 高橋 修平<sup>3</sup>;  
榎本 浩之<sup>4</sup>; 大畑 哲夫<sup>2</sup>; 矢吹 裕伯<sup>2</sup>; 紺屋 恵子<sup>2</sup>; Fedorov Alexander<sup>5</sup>; Konstantinov Pavel<sup>5</sup>  
TANAKA, Sota<sup>1\*</sup>; TAKEUCHI, Nozomu<sup>1</sup>; MIYAIRI, Masaya<sup>1</sup>; FUJISAWA, Yuta<sup>1</sup>; KADOTA, Tsutomu<sup>2</sup>;  
SHIRAKAWA, Tatsuo<sup>3</sup>; KUSAKA, Ryo<sup>3</sup>; TAKAHASHI, Shuhei<sup>3</sup>; ENOMOTO, Hiroyuki<sup>4</sup>; OHATA, Tetsuo<sup>2</sup>;  
YABUKI, Hironori<sup>2</sup>; KONYA, Keiko<sup>2</sup>; FEDOROV, Alexander<sup>5</sup>; KONSTANTINOV, Pavel<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 千葉大学, <sup>2</sup> 海洋研究開発機構, <sup>3</sup> 北見工業大学, <sup>4</sup> 国立極地研究所, <sup>5</sup> Melnikov Permafrost Institute

<sup>1</sup> Chiba University, <sup>2</sup> Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, <sup>3</sup> Kitami Institute of Technology, <sup>4</sup> National Institute of Polar Research, <sup>5</sup> Melnikov Permafrost Institute

雪氷藻類とは寒冷な環境でも繁殖可能な光合成微生物の総称であり、世界中の積雪上や氷河表面で観察される。これらは体内に色素を持っているため、雪や氷のアルベドを低下させることが報告されており、氷河の融解を理解する上で重要である。

雪氷群集の群集は、地域によって異なる構造を示すことが明らかになっている。アラスカでは緑藻類が群集構造の優占種であるのに対して、アジア乾燥域では糸状のシアノバクテリアが優占種であり緑藻はほぼ含まれていない。特に後者の群集は、氷河の融解に大きく寄与するクリオコナイト粒を形成することが示唆されている。

東シベリアに位置するスンタルハヤタ地域は雪氷藻類調査の空白地帯の一つであり、どのような群集が形成されているのか不明であった。本研究は GRENE プロジェクトの一環として、同地域の4氷河を対象に2012年から2014年まで行われた。

光学顕微鏡による分析の結果、この地域の雪氷藻類群集は2種の緑藻と5種のシアノバクテリアによって構成されていることが明らかになった。氷河全体としては緑藻が優占的であり、シアノバクテリアが占める割合は少なかった。より細かく群集構造を見ると、裸氷域の群集は *Ancylonema nordenskioldii* が優占種、積雪域では *Chloromonas* sp. が優占種であった。藻類の総バイオマスは高度変化を示し、氷河中流部で高い値を示す一方で、上流部および下流部では低い値を示した。このような群集構造の特徴は、アラスカやグリーンランドでも観察されている。その特徴の類似性から、スンタルハヤタ地域の氷河上に形成されている雪氷藻類群集は“北極域型”に分類できると考えられる。

このような藻類群集の特徴は調査を行った4氷河で共通し、かつ3年間ほぼ変化しなかった。氷河の優占種は変化せず、バイオマスは氷河中流部でピークを示した。この事実は、本調査で観察された藻類群集の特徴が、近年のこの地域において一般的なものであることを支持している。例外は総バイオマスの値である。総バイオマスは年毎に大きく変化し、同じ時期に調査を行っているにもかかわらず、2013年の値は2012年の値の約10分の1であった。氷河上に堆積し、翌年まで量が維持されるクリオコナイト粒とは異なり、緑藻は冬季の積雪下で減少し、夏季に再度繁殖して増加していることが示唆されている。このため、緑藻主体であるこの地域の雪氷藻類の総バイオマスは、年毎の天候や気象の影響を大きく受けて変化したのだろう。

キーワード: 雪氷藻類, 北極圏, 山岳氷河, 経年変化, 群集構造, 地域的な特徴

Keywords: Snow and ice algae, Arctic region, Mountain glacier, Annual change, Community structure, Regional characteristics

## スバルバル諸島北西部の氷河におけるクリオコナイトの特性の空間分布 The spatial variations in characteristics of cryoconite on glaciers in northwest Svalbard

宮内 謙史郎<sup>1\*</sup>; 竹内 望<sup>1</sup>; アーヴィン-フィン トリストラム<sup>2</sup>; エドワーズ アーウィン<sup>2</sup>  
MIYAUCHI, Kenshiro<sup>1\*</sup>; TAKEUCHI, Nozomu<sup>1</sup>; IRVINE-FYNN, Tristram<sup>2</sup>; EDWARDS, Arwyn<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 千葉大学大学院理学研究科, <sup>2</sup> イギリス, アベリストウィス大学

<sup>1</sup> Graduate school of Science, Chiba University, <sup>2</sup> Aberystwyth University, United Kingdom

氷河上に堆積している暗色の固体不純物はクリオコナイトと呼ばれる。クリオコナイトを構成する有機物や鉱物粒子は、氷河上の微生物の働きにより暗色で球状の集合体を形成している（クリオコナイト粒）。クリオコナイトは氷河表面のアルベドを下げ、日射の吸収を増やして氷河の融解を促進する効果があるため、その量や質、空間分布を決定する要因を明らかにすることは重要である。クリオコナイトの形態や光学特性は、地域によって異なることが明らかになっているが、ある一つの地域や氷河の空間的な変化については詳しくわかっていない。そこで本研究では、北極圏スバルバル諸島北西部の AustreBrogger 氷河、Midtreloven 氷河、Pedersen 氷河において採取されたクリオコナイトについて、光学、化学、生物学的特性を分析し、空間的な違いとその決定要因を明らかにすることを目的とした。顕微鏡観察の結果、どの地点から採取されたクリオコナイトも鉱物粒子と糸状のシアノバクテリアを含むクリオコナイト粒が含まれていることが明らかとなった。クリオコナイト粒の内部構造の観察の結果、単層構造、多粒構造が比較的多くみられ、このことからクリオコナイト粒が1年程度の時間スケールで、形成と崩壊をくりかえしていると考えられる。クリオコナイト中の有機物量は、Midtreloven 氷河、Pedersen 氷河および AustreBrogger 氷河の上流部で大きく、反対に AustreBrogger 氷河の下流部で少ないことが明らかになった。クリオコナイト粒の粒径は、有機物量が多い地点ほど大きいことが明らかになり、これは豊富な有機物が粒の維持に重要である可能性を示唆している。一方、クリオコナイト粒の表面のシアノバクテリアの密度を顕微鏡で分析したところ、クリオコナイトの有機物量とは明確な関係はなかった。クリオコナイトの光学特性の分析の結果、有機物量の多いクリオコナイトでは、反射率は比較的低くスペクトルも一定であるのに対し、有機物量の少ないクリオコナイトは、反射率が比較的高く多様な反射スペクトルを示すことが明らかになった。これは、有機物量の多いクリオコナイトは、有機物によって暗色化しているのに対し、有機物量の少ないクリオコナイトは鉱物成分の色の影響が強いことを示している。以上の結果から、この地域の氷河のクリオコナイトには、場所によって有機物量の多いタイプと少ないタイプが存在し、有機物の多いタイプは粒径が大きく黒い色をしているのに対し、少ないタイプは粒径が小さく多様な色を持っていることがわかった。周辺の地形や鉱物分析の結果から、この二つのタイプの違いは、シアノバクテリアなどの微生物活動の違いというよりは、氷河の周囲の岩壁からの鉱物粒子の供給量に依存していると考えられた。このようなクリオコナイトの空間分布は、氷河表面のアルベドに不均一な影響を与え、氷河の融解量を見積もる上で重要であると考えられる。

キーワード: クリオコナイト, 特性の空間分布, 鉱物粒子

Keywords: cryoconite, spatial variations in characteristics, mineral particles



## 東グリーンランド深層氷床掘削プロジェクト (EGRIP) によるグリーンランド氷床変動研究の新展開 Studies on changes of Greenland ice sheet under the East Greenland Ice Core Project (EGRIP)

東 久美子<sup>1\*</sup>; 川村 賢二<sup>1</sup>; 藤田 秀二<sup>1</sup>; 本山 秀明<sup>1</sup>; 阿部 彩子<sup>2</sup>; グレーベラルフ<sup>3</sup>;  
ダールジェンセンドータ<sup>4</sup>; 榎本 浩之<sup>1</sup>

GOTO-AZUMA, Kumiko<sup>1\*</sup>; KAWAMURA, Kenji<sup>1</sup>; FUJITA, Shuji<sup>1</sup>; MOTOYAMA, Hideaki<sup>1</sup>; ABE-OUCHI, Ayako<sup>2</sup>;  
GREVE, Ralf<sup>3</sup>; DAHL-JENSEN, Dorte<sup>4</sup>; ENOMOTO, Hiroyuki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 国立極地研究所, <sup>2</sup> 東京大学, <sup>3</sup> 北海道大学, <sup>4</sup> コペンハーゲン大学

<sup>1</sup>National Institute of Polar Research, <sup>2</sup>University of Tokyo, <sup>3</sup>Hokkaido University, <sup>4</sup>University of Copenhagen

グリーンランド氷床は、近年、夏期の融解が内陸部まで及んだり、海への氷の流出量が増加するなど、急激な変化を示している。グリーンランド氷床の変動は、海水準変動にも直接関わるため、そのメカニズムの解明が急務となっている。グリーンランドで掘削された氷床コアを解析することにより、過去の氷床表面融解や表面質量収支の変化に関する情報が得られているが、それだけでなく、最近ではグリーンランドの多地点で掘削された氷床コアの解析データを統合し、モデル研究と組み合わせることにより、過去の氷床高度を復元することが可能になってきた。しかし、これまでのグリーンランド氷床コア掘削は、掘削地点での気候・環境変動の復元を目的としており、可能な限り水平方向の流動速度が小さい地点で掘削を行っていたため、氷床流動についての詳細な情報を得ることができなかった。

氷床の底面滑りや氷の変形メカニズムの解明は、グリーンランド氷床の変動予測、更には海面変動予測に不可欠であるため、デンマークのコペンハーゲン大学が中心となって、グリーンランド氷床変動の研究を第一の目的とする東グリーンランド深層氷床掘削プロジェクト (EGRIP 計画) が立案されている。EGRIP 計画では、グリーンランド最大の氷流である「北グリーンランド氷流」の上流部を掘削地点として選定し、2015 年 4 月から設営開始、2015 年から掘削開始を予定している。日本、ドイツ、フランス、スイスに参加が要請されている。水平方向の流動速度が年間数十メートルと推定されている EGRIP 地点での氷床コア掘削・解析が実現できれば、氷床変動についての新たな知見が得られると期待できる。EGRIP 計画の第二の目的は、完新世初期の詳細な気候・環境変動の復元である。この時代は現在よりも温暖であったと推定されており、温暖化した将来の地球の気候・環境を予測するためのヒントとなる時代であるが、これまで詳細な分析データがなかったため、EGRIP 計画による詳細な研究が期待される。

キーワード: グリーンランド, 深層氷床コア, EGRIP, 氷床ダイナミクス, 氷流

Keywords: Greenland, Deep ice core, EGRIP, Ice sheet dynamics, Ice stream

## 動的植生モデル SEIB-DGVM を用いた葉面積指数に基づくデータ同化実験 Data assimilation experiments with simulated LAI observations and the dynamic global vegetation model SEIB-DGVM

荒木田 葉月<sup>1</sup>; 三好 建正<sup>1</sup>; 伊勢 武史<sup>2\*</sup>; 島 伸一郎<sup>3</sup>  
ARAKIDA, Hazuki<sup>1</sup>; MIYOSHI, Takemasa<sup>1</sup>; ISE, Takeshi<sup>2\*</sup>; SHIMA, Shin-ichiro<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 理化学研究所計算科学研究機構, <sup>2</sup> 京都大学フィールド科学教育研究センター, <sup>3</sup> 兵庫県立大学大学院シミュレーション学研究科

<sup>1</sup> Advanced Institute for Computational Science (AICS), RIKEN, <sup>2</sup> Field Science Education and Research Center, Kyoto University, <sup>3</sup> Graduate School of Simulation Studies, University of Hyogo

Vegetation dynamics is strongly tied to the global carbon cycle and is an important part of the Earth System Model (ESM) to simulate the climate change. The dynamical vegetation model is also useful to predict the biodiversity change. However, vegetation models tend to have large uncertainties. Data assimilation provides an approach to dealing with the uncertainties, and recently started to be applied to the ecological studies. In this study, we develop an ensemble data assimilation system with a dynamical global vegetation model known as the SEIB-DGVM (Spatially Explicit Individual Base Dynamic Global Vegetation Model). As the first step, data assimilation experiments are performed with the SEIB-DGVM using simulated LAI observations. The results suggest that the LAI and parameters related to the phenology be a key to designing an appropriate data assimilation system for the SEIB-DGVM.

キーワード: データ同化, 陸域生態系, シミュレーション  
Keywords: data assimilation, terrestrial ecosystem, simulation

## GRACEによって観測されたシベリア・レナ川流域における12年間の貯留量変動 Decadal changes of the terrestrial water storage in the Lena River basin, eastern Siberia detected by GRACE

鈴木 和良<sup>1\*</sup>; 松尾 功二<sup>2</sup>; 檜山 哲哉<sup>3</sup>  
SUZUKI, Kazuyoshi<sup>1\*</sup>; MATSUO, Koji<sup>2</sup>; HIYAMA, Tetsuya<sup>3</sup>

<sup>1</sup> (独) 海洋研究開発機構, <sup>2</sup> 国土地理院, <sup>3</sup> 名古屋大学地球水循環研究センター

<sup>1</sup>JAMSTEC, <sup>2</sup>GSI, <sup>3</sup>HyARC, Nagoya Univ.

Velicogna et al. (2012) showed that the terrestrial water storage (TWS) in the Lena River basin observed by GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) had an upward trend throughout the whole basin, primarily due to the increase in groundwater in the discontinuous permafrost zone.

Moreover, Vey et al. (2013) showed that there was no trend in TWS in the Lena River basin when results were extended to 2011. A decrease began in 2008 and continued afterwards, which was unlike the tendency in the amount stored before 2007. No trend in TWS in the same basin was observed over the period of 2003 - 2011.

These changes in the TWS in the Lena River basin have been interpreted as being in accordance with changes in the active layer and groundwater. However, because the analysis period was short, the primary factor controlling the changes in TWS in the Lena River basin is not yet clear. To determine this, further data accumulation is necessary, and the analysis of data for a long time period is required.

In this research, we extended the period of the TWS anomaly in the Lena River basin until March, 2014. Then, we analyzed the factors leading to variations in the TWS, using re-analyzed data from the Global Land Data Assimilation System (GLDAS).

Our results indicated a trend for an increase of about 4 mm per year in the western Lena. The location of this positive trend was similar to that identified by Velicogna et al. (2012), although the trend itself was smaller than their values, probably because our analysis period (2002-2014) was longer than theirs (2002-2010). Although Velicogna et al. (2012) identified a positive trend of the TWS anomaly in the Lena River basin, the results of our study revealed that a large negative trend existed in areas downstream of the Lena and at the Arctic Ocean coast. To better understand this negative trend of TWS anomaly, we considered two possible explanations. First, Gunther et al. (2013) showed that the permafrost layer, which contains ice from the Arctic Ocean coast, melted and eroded in response to heat from the ocean, which caused a retreat in the coastline. The trend for a reduction in the TWS at the Arctic Ocean coast or in the downstream area of the Lena River, as revealed by GRACE, suggests a possible influence from the ocean as well as the atmosphere. Second, a decrease in the area of lakes and wetlands, or the melting of ice-rich permafrost can affect, but those changes were not clear.

When the basin average TWS values from GLDAS and GRACE results were compared, a very high correlation (correlation coefficient = 0.73) was recorded. From this relation, it was considered that it was possible to interpret the TWS anomaly at the basin-scale using GLDAS, and that the primary factor controlling the changes in TWS could be analyzed. The details will be given in our presentation.