

北極通信



GPSによる流動速度の観測（写真・杉山慎）

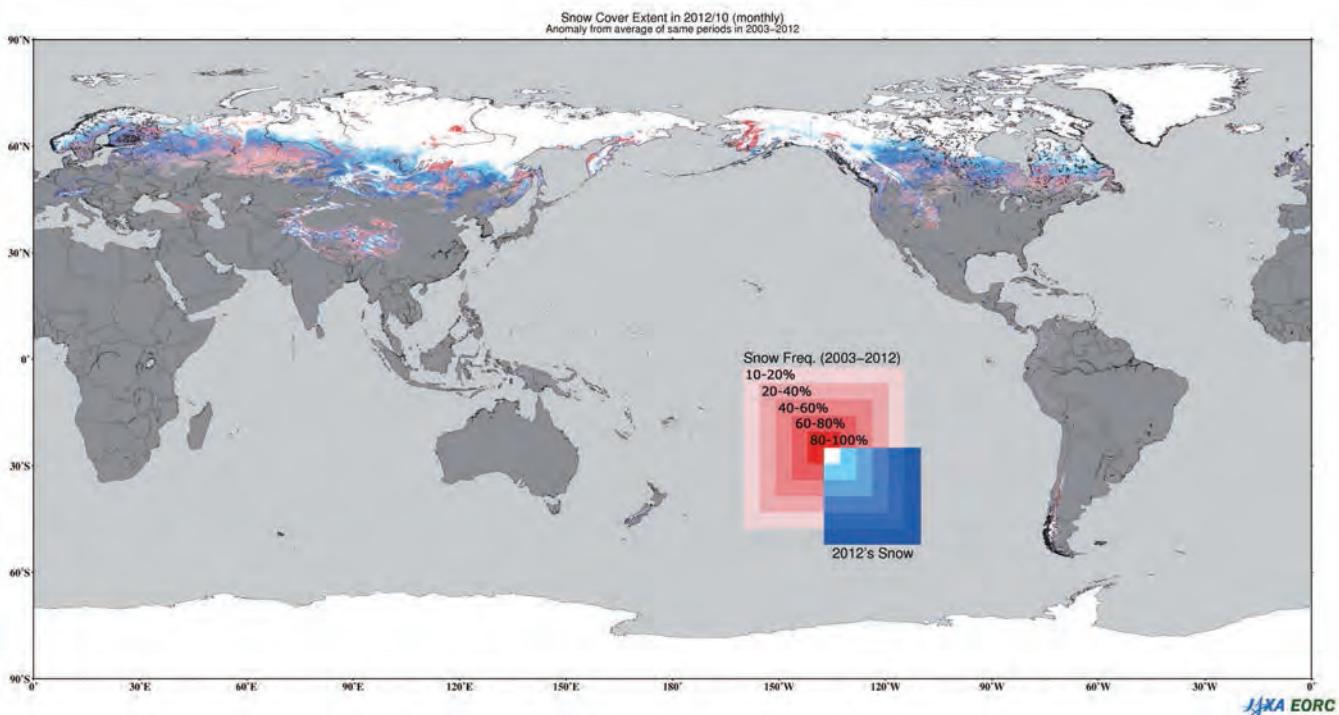
北極の雪氷圏変動の解明へ向けた様々なアプローチ

榎本浩之／国立極地研究所 教授

北極の気候の急速な変化を生み出している雪氷。我々雪氷研究グループでは、その変動と急速な温暖化につながるメカニズムの研究活動を行なっています。わずか数cmの積雪が表面の反射特性を大きく変えます。冬の積雪は断熱材の働きをして地面からの熱の放出を防ぎ、春になれば高いアルベドが地上の昇温を抑えますが、春の融雪開始から雪が消えるまでの時期は予測の不確定さが大きいことが指摘されています。このように北極温暖化プロセスや影響にかかわる基本的な雪氷圏の季節サイクルの中にもまだ把握、理解、予測が十分でない部分が多くあります。

また、積雪表面に落下する微細なカーボン粒子などの不純物による雪氷圏のアルベド変化への影響は大きな関心事です。しかし、実態はまだまだ未知数なため、厳冬期の観測にも果敢に臨んでいます。広域・早い変化・接近や滞在が困難な雪氷圏の観測に対し JAXA からは衛星観測の支援を受けています。

同時に氷河、氷床では急激な消耗が起きています。グリーンランド氷床表層の大量融解水は氷床底面に回り込んで氷河流動の増加につながり、氷河末端の崩壊はグリーンランド氷床縮小の 50%を説明するといわれています。グリーンランドではこれまでによくわかつていない融解水と氷河の動きの研究を進めています。そして北極圏各地にある氷河群も縮小しており、現地観測とデータベース、将来気候予測の取り組みを行っています。



2012年10月に見られる北半球の早い積雪被覆の進行。赤色：2003年から2012年の10年間の積雪頻度。青色：2012年の積雪被覆。白色：2003年から2012年の10年間かつ2012年に積雪がある場合 (JASMES (JAXA Satellite Monitoring for Environmental Studies)による宇宙航空研究開発機構 (JAXA) /米国航空宇宙局 ゴダード宇宙飛行センター (NASA/GSFC) 提供の MODIS Monthly データ)

積雪は、高いアルベド、低い熱伝導率、相変化に伴う大きなエネルギー、温度が0°C以下であるなどの特性を持つため、これらの変化が広域にわたると気候システムに影響を及ぼすことが考えられます。また、積雪の量そのものの多寡によっても、影響の度合いが異なり、さらに消雪した後も他のプロセスを介して、タイムラグを伴って気候システムに影響を及ぼすことが考えられます。一方で積雪は、他のプロセスからの影響を受けて変動しています。このため積雪は、気候システムを構成する重要な要素の一つとなります。

この積雪の分布を広域に把握するには、衛星観測データを活用するのが有効です。しかしながら、特に積雪水量や積雪物理量に関して、精度が十分とは言いがたい面があります。また、広域な積雪面積に関するデータセットがいくつか存在するものの、これらデータセット間には相違が見られます。そこで、地

上積雪観測データをもとにデータセットの精度評価をふまえて、特に北極域で積雪がどのように変動してきているのか、その実態解明を衛星観測データを用いて進めています（例：北極海の海氷面積が観測史上最小記録となった2012年9月に続く10月には積雪被覆が広範囲で早まりました。上図参照）。さらに、2000年から現在までの積雪面積はMODISの全球5kmグリッド輝度データをもとにし、2000年までは過去に遡りました1978年からの他のセンサー(AVHRR)のデータと接続することによって、35年以上の長期にわたる積雪面積の変動解析も現在進めています。

このような積雪そのものの変動の実態を的確に把握する研究を進めると同時に、積雪に沈着するブラックカーボン(BC)の動態把握が精力的に進められています。



積雪採取地点マップ

2012年～2014年にかけて積雪資料を採取した地点。現在、積雪試料に含まれるブラックカーボン(BC)の分析を進めている。
(図版：小川佳美／国立極地研究所)

*Snow * Ice * Glaciers*

地球温暖化における 北極圏の積雪・氷河・氷床の役割



アラスカ・ディナリ国立公園近くの積雪調査地
(写真: 小川佳美/国立極地研究所)

積雪中のブラックカーボンの大きさや形は

東 久美子/国立極地研究所 准教授

積雪中に含まれるブラックカーボン (BC) は、積雪のアルベドを低下させ、融雪を促進すると考えられており、気候変動研究者の注目を集めています。しかし、これまで分析技術が確立していないかったことや、北極域広域での系統的観測がほとんどなかったことにより、北極域における BC の動態は不明でした。本課題では、大気課題と共同で、北極域広域の積雪中における BC の研究を実施しています。

従来の分析法では、BC 濃度の不確定性が 100% 以上もありましたが、本研究では、東京大学が開発した最先端の分析技術と国立極地研究所が提案したネブライザーの組み合わせにより、従来検出できなかった、 $1 \mu\text{m}$ を超える大粒径の粒子を含む、BC の粒径分布と質量濃度を高精度で計測できるようになりました。こ

の方法を用いてこれまでにアラスカ、シベリア、フィンランドで採取した積雪を分析したところ、BC の粒径分布と濃度に大きな地域差があることがわかりました。

アラスカは BC 濃度がシベリアやフィンランドに比べて低かったのですが、 $1 \mu\text{m}$ を超える大粒子が多いのが特徴でした。また、新規に導入した走査型電子顕微鏡で BC 粒子の観察を行なったところ、BC 粒子の形状にも地域差があることが分かりました。

BC 濃度の大小だけでなく、BC 粒子の粒径や形状も、アルベドに影響を及ぼすので、今後、更に詳細な研究を実施する予定です。また、BC 濃度の空間分布と粒径等から、BC の輸送・沈着過程についても研究を実施する予定です。

北極海に面した地球最大の島グリーンランド。この島を覆う北半球最大の氷が急速に縮小しています。GRENE 雪氷課題では、グリーンランドにおける氷減少の定量化とメカニズムの解明を目指して研究を進めてきました。研究のターゲットはグリーンランド北西部、カナック周辺の氷床・氷河・氷帽。2012 年以来 3 度の現地観測を実施した他、人工衛星データの解析、数値シミュレーションで氷の変化に迫っています。

氷床から海へ流れ込むボードイン氷河では、その末端付近で集中的な観測を行っています。氷の末端が海に浸かった氷河をカービング氷河と呼びますが、このような氷河の縮小が氷減少の鍵を握っているのです。2014 年 7 月にはスイス連邦工科大学の研究者と協力して、海から約 2 km 上流で厚さ 260 m の氷河を掘削しました（下写真の○地点）。海のすぐ近くで氷河を全層掘削するのは、グリーンランドでは初めての試み。氷の内部と底面から、氷河の変動メカニズムを探ります。また氷河が流れ込むフィヨルドにボートを出して、海底地形、水温や塩分濃度などを測定しました。温暖化する海がグリーンランドの氷を蝕んでいる、そんな仮説の検証に取り組んでいます。

一方グリーンランドの沿岸部には、氷床から独立した氷帽・氷河が多数存在しています。これらの氷は標高が低く海に近いため、気温上昇の影響を受けて急激に縮小しています。カナック周辺の氷帽を現地観測と人工衛星データで解析したところ、従来の見積もりを上回る年間 1~2 m の速度で氷が薄くなっていることが判明。氷表面の暗色化による融解促進、融解水による氷の加速など、氷変動に関わる新しいメカニズムが明らかになっています。



氷床の表面に広がる暗色化の様子（写真：杉山）

本グリーンランドプロジェクト紹介 HP

<http://wwwice.lowltem.hokudai.ac.jp/~sugishin/research/hokudai2/greenland/greenland.html>



海のすぐ近くで行われた全層掘削（写真：杉山）



ボードイン氷河末端：○は掘削地点を示す（写真：杉山）

北極へ若手研究者の派遣、始まる。

アラスカ、カナダの北極研究に関する機関を対象に、この夏から北極環境研究若手研究者派遣支援事業が始まりました。第1回目と第2回目の派遣から帰国したお二人の報告を紹介します。

UAFでの氷河研究 紺屋恵子(海洋研究開発機構)

(写真：紺屋)

若手研究者派遣事業の第1回目公募で採択されてから渡航まで、大変短い準備期間でしたが、2014年7月のおよそ1ヶ月間、アラスカ大学フェアバンクス校(UAF)のGeophysical Instituteに滞在しました。

ここでは氷河の質量収支モデルに関する研究を実施しました。受け入れ研究者にモデルについて教わりながら、自分で作業できるようにデータの加工やモデルのテストランをしました。

アラスカには、特にフェアバンクスから見えるアラスカ山脈には、氷河がたくさんあります(タイトル写真)。日帰りでも多くの氷河を見に行けるということが日本と大きく違う点です。アラスカ大学の氷河研究は歴史がありますが、スタッフの入れ替わりとともに研究内容もかわってきます。現在はアラスカ山脈の氷河の研究をしている人ばかりではなく、グリーンランドを研究テーマとして扱う

人が多いようでした。研究室には在籍の学生やポスドクだけでなく、海外からの訪問者が何人もいました。滞在中は、グリーンランドやニュージーランドの氷河に関するセミナーがありました。また、アラスカ大学はオーロラや火山の研究が盛んで設備が整っているので、一般公開されているツアーに参加して施設を見学しました。

アラスカもアメリカなので、自分で研究費を貯める必要があり、またポジションの獲得はシビアであるようです。私が使わせてもらっていた席には、数日前まで他のポスドクが使っていて他のプロジェクトに移ったところでした。

研究室のメンバーの多くとはランチの時間に会う程度でしたが、帰国する前に受け入れ先の研究者がケーキを作ってくれた際には、研究室のメンバーが集まってきて皆で食べました。



(写真：紺屋)

若手派遣支援を経験して 伊勢武史(京都大学)



円周魚眼レンズ撮影データの一例。
ここから葉面積指数と胸高断面積の推定が可能。(写真：伊勢)

ふだんの私は北極域の陸域生態系をコンピュータシミュレーションで研究しています。専門がシミュレーションなだけに、なかなか現地で観測する機会に恵まれず、現地の状況は他の研究者の論文やデータを通して間接的に知ることしかできていませんでした。そんなとき、北極環境研究若手研究者派遣支援事業を知り、さっそく応募することにしました。ふだんとは正反対の、フィールド観測を主体とした研究を思いつき実行してみたかったからです。幸いにして採択していただき、自分のやりたい調査を妥協なく計画し、実行することができました。

といっても、興味本位で調査に行ったのではありません。得られたデータを使って、自分の研究の弱点を補い、さらなる発展を目指す計画を立てました。カナダ西部の針葉樹林で、円周魚眼レンズ撮影を用いた非破壊・非接触の葉面積指数および胸高断面積の調査を行うことで、広い範囲の森林を单一のプロトコルで観測することができました。この結果を用いて人工衛星観測データからの植生情報の推定を高精度化し、広域の植生動態の理解と将来予測に活用していきたいと考えています。

そして、見渡すかぎり単一の樹種で構成されるような広大な北方林を見ることができたので、今後の研究では現地の状況を思い描きながらシミュレーションでの再現を目指していきたいと思います。

ASSW 2015 日本で開催



北極科学サミット週間(Arctic Science Summit Week, ASSW)は、国際北極科学委員会(IASC)が中心となって毎年開催する北極研究に関する会議の集合体です。北極研究を進めている組織が多い、北極に関するあらゆる分野間の調整・協力や科学的成果について集中的に議論を行うことを目的としており、世界の北極研究者や関連機関の代表者にとって最も重要な会合の一つとして位置づけられています。2015年4月、日本で初めて富山市で開催されます。

4月23日(木)～25日(土)	国際北極科学委員会関連会合
4月26日(日)	市民向け公開講演会
4月27日(月)～30日(木)	第4回国際北極研究シンポジウム および第3回国際北極科学計画会議 (ISAR-4/ICARPⅢ)

会場 富山国際会議場

ASSW2015 オフィシャルサイト
<http://www.assw2015.org>

2014年夏の北極海水分布予報答え合わせ

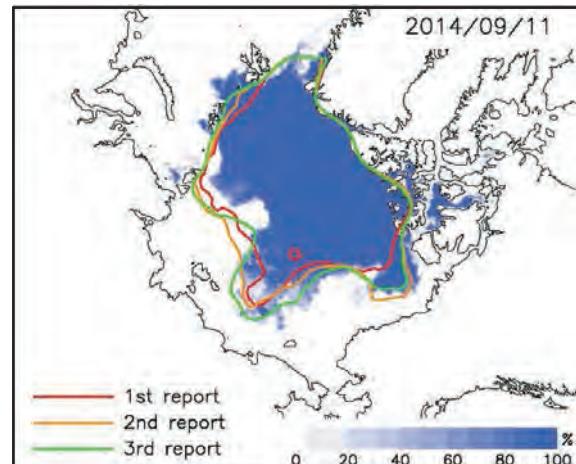
前号で「北極航路利用のための海水予測および航行支援システムの構築」(研究サブ代表者:山口一・東京大学教授)のグループによるこの夏の北極海水分布予報をお知らせしましたが、5月30日の第1報に続き、6月30日に第2報、7月31日には第3報を発表しました。この夏、海氷面積は9月中旬に最小となり冬に向けて増加をはじめました。そこで、この海水予報がどの程度的中したのか見てみましょう。

最小面積は昨年よりやや減少したものの、第1報で予測したほどは小さくならず、第2、第3報での予測面積とほぼ同程度でした。北極航路は第1、第2報ともにロシア側が8月11日頃、カナダ沿岸が7月26日に開通と予報しましたが、ほぼこの予報通りロシア側が8月10日頃、カナダ側が7月30日頃に開水面域がつながりました。さらに、海域ごとの特徴としてラプテフ海で海水が早く後退し、東シベリア海での海水後退が遅れると予測しました。これも予報通りとなりましたが、ラプテフ海での海水域の後退は予報よりもさらに大きくなりました。

今年の予報は、特に航路に関係する部分ではかなり的中したと言えます。第2、第3報と後の予測ほど現実と近くなっています。最新の情報を取り入れながらの予報の更新も効果的でした。

今年の結果を参考に、来年以降も予報精度の更なる向上と、より効果的な予報結果の提供に取り組んでいきます。

国立極地研究所ホームページ <http://www.nipr.ac.jp/grene/>
山口研究室ホームページ <http://www.1.k.u-tokyo.ac.jp/>



人工衛星「しづく」のAMSR2によって観測された9月11日の海水分布と第1、第2、第3報で予報された9月11日の海水域(密接度30%の位置)

公開特別セミナー “北極海航路の利用実現に向けて”を開催しました。

2014年11月17日 東京海洋大学品川キャンパス楽水会館

研究課題『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』を構成する研究サブ課題「北極航路利用のための海氷予測および航行支援システムの構築」のメンバーを中心に、北極海航路研究の最新研究成果に関する報告の公開セミナーを開催しました。

研究者や学生、海運・造船会社を中心に中央官庁から地方自治体、保険会社、マスコミ各社、シンクタンクなど多様な分野からご参加をいただき、開始から夕方の終了まで参加者の熱心な様子に社会の関心の高さが伺えました。研究成果を産業界へ積極的に情報発信をしていく重要性と必要性、将来の利活用を見据えた研究の在り方が期待されていることを認識し閉幕しました。



研究代表者が語る「私のチーム」

島田浩二 (東京海洋大学)



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

課題7は、3つのサブグループからなりますが、科学－技術横断、社会経済内在型の体制で進められており、GRENE北極事業5年との戦略研究目標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」を達成する見込みです。5年での達成とは、課題名および戦略研究目標名に含まれる「つながる」という言葉に象徴されるように、次なる入口に繋がる出口を明示することであります。出口とは予測モデルの開発を進めると同時に、

モデルの精度向上の方策を具体的に示すことがあります。

海氷中期予測モデルは開発段階ですが、ADSを通じて予測結果を正直にリアルタイムで公表しており、産業界において航路利用事業実施を見極める重要な情報となっています。

モデル開発と同時に衛星データの高度化や海水域での現場観測を他国砕氷船に乗船し積極的に行っているのが本課題の特徴でもあります。北極海の大部分を覆うようになった一年氷の厚さをモニタする手法が開発され、また、海氷厚を規定する海洋循環と海洋成層の状態を推定する方法も見出され、モデル精度を向上させるポイントが明らかになりました。事業4年目を迎えた今、海氷分布予測のために必要なパートが出揃った段階にあります。

「つながる」と課題タイトルで宣言した以上、次なるタームでは、さらに“産－学－官”的協働を強化し、基礎研究でトップを走り続けつつも、開発から実行、具体化利用を前提とした実用研究を実施するという、両者の密な連携をもって国際社会の中での北極研究をさらに発展させてゆきたいと思っています。



山口一
(研究サブ課題7-1)

北極海水の短期・中期予測、リモートセンシング海水アルゴリズム考案と現場観測、船体と氷片の衝突問題、船体着氷、北極航路利用の経済性評価、最適航路探索といった、北極航路の利用可能性評価につながる広範囲な研究を実施しています。明確な目標に向かって綿密な協力ができます。多忙ながらも楽しく過ごさせて頂いています。

子供の時から海が好き、船が好きで、そのまま仕事になっています。マリンレジャーなどはやってませんが、いつも好きな海と一緒にいる気分。高校時代からの趣味の謡曲と仕舞を、多忙ながらも楽しむことで、



羽田博康
(研究サブ課題7-2)

北極海水の存在条件や将来的な大規模変動に深く関わる北極海成層構造の形成・維持メカニズムを大きな焦点として、観測とモデリングの両面から研究を進めています。本事業開始のずっと前から密な研究連携を行ってきており、本事業ではその経験をうまく活かしてサブ課題名にある「融合」を進められているのではないかと思っています。

オフの楽しみは10年前なら迷わず「競馬」と答えてましたが、最近は趣味の活動を全然してません。小学生の頃からなんとなく学者になりたいと思っていました。いかにも実験している印象のある化学者を思い描いていました。

研究サブ代表者の横顔