

北極域研究加速プロジェクトの成果及び 中間評価における留意事項への対応状況について

2024年3月8日

国立極地研究所
北極域研究加速プロジェクト (ArCS II) プロジェクトディレクター 榎本浩之

北極域研究加速プロジェクト (ArCS II) (事業概要)

目的

持続可能な社会の実現に向けて、北極の急激な環境変化が我が国を含む人間社会に与える影響を評価し、社会実装を目指すとともに、北極における国際的なルール形成のための法政策的な対応の基礎となる科学的知見を国内外のステークホルダーに提供する。

北極域の課題解決に向けた取組

- 4つの戦略目標（「先進的な観測」、「予測の高度化」、「社会への影響評価」、「社会実装の試行・法政策的対応」）を設定し、ArCSで整備された観測拠点、研究船、観測衛星及びデータアーカイブシステム(ADS)の各研究基盤を駆使して、オールジャパンで3本柱を中心とした課題解決に資する研究開発を加速。
- 代表機関：国立極地研究所 / 副代表機関：海洋研究開発機構・北海道大学 / その他大学・国研・企業計51機関が参画(2024年3月1日現在)
- 実施期間：2020～2024年度

戦略目標①：先進的な観測

観測システムを活用した北極環境変化の実態把握の強化

地球観測衛星や観測船を活用した高精度観測



資料：JAMSTEC

資料：JAXA

戦略目標②：予測の高度化

気象気候予測の高度化・精緻化



2050年頃までに地球全体の気温は1.5℃上昇
※IPCC特別報告(2018年10月)による予測

戦略目標③：社会への影響評価

北極域における自然環境の変化が社会に与える影響評価の手法を多角的に検討

日本や北極圏国の極端気象への対応



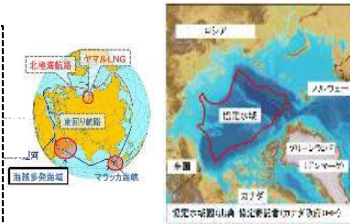
日本の豪雪

グリーンランドの洪水

戦略目標④：社会実装の試行・法政策的対応

戦略目標①～③で得られた成果の社会実装の試行及び国際ルール形成への貢献

左図：北極航路
右図：中央北極海無規制公海漁業防止協定の海域(赤線内)



- 2つの重点課題（「人材育成と研究力強化」、「戦略的情報発信」）を設定し、我が国の次代の北極域研究及び国内外のステークホルダーへの貢献

重点課題1：人材育成と研究力強化

若手研究者の派遣・招へい等による人材育成と国際的な人的ネットワークの強化

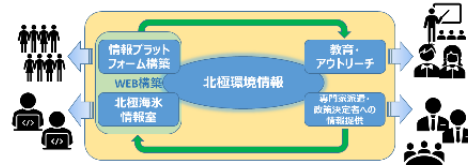


北極の課題解決に貢献する人材の育成

国際的な人的ネットワーク

重点課題2：戦略的情報発信

国内外のステークホルダーを対象に、研究成果や北極環境に関する情報の統合的発信、地球環境に関心を持つ裾野の拡大につながる教育・アウトリーチ活動を実施



- 研究基盤：国際連携拠点一覧

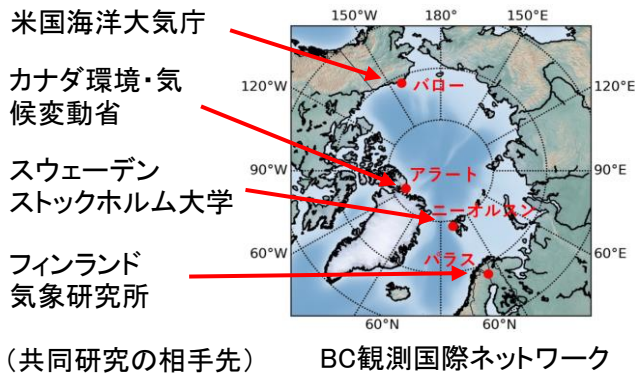


ArCS II の成果例

課題名：戦略目標①大気課題
北極域でのブラックカーボン（BC）測定法の標準化

- 課題：北極温暖化を加速させるBCの測定手法には大きな不確定性があり、それがBCの影響評価をするための課題となっていた。
- 対応：日本で開発されたBC測定器（COSMOS）を北極の4観測地点に設置し、国際比較観測を実施。北極評議会の作業部会の報告書で、BC測定をCOSMOSの濃度スケールで統一することが勧告された。国際的な施策立案に必要な科学的エビデンスを得る手法確立における日本の主導を牽引。

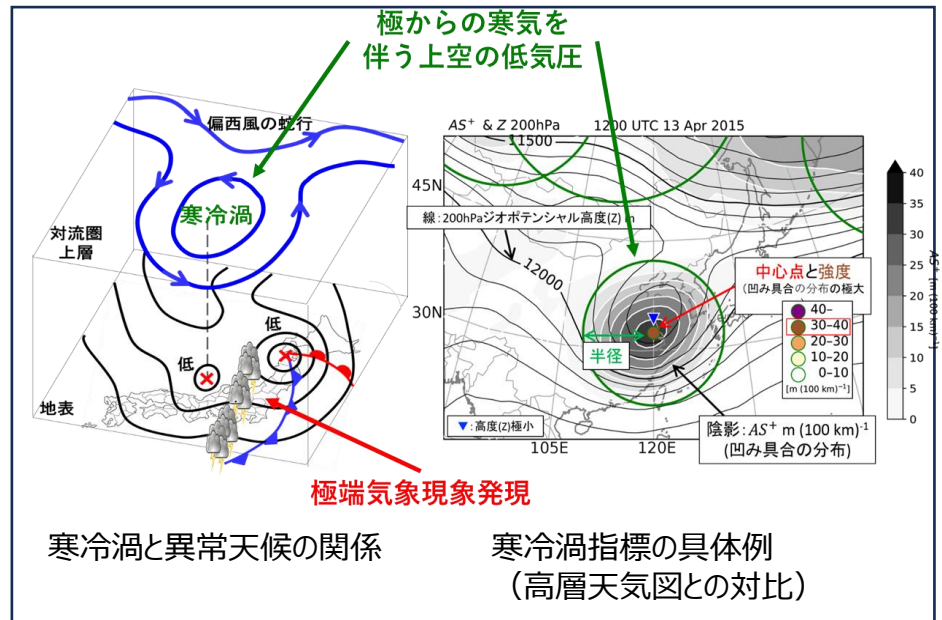
- 今後望まれる方向性：
 - 1) アジアの人為的発生源、森林火災、北極での石油採掘時のガス燃焼などのBC発生源の影響を評価。北極温暖化に関わる施策立案のための科学的根拠（エビデンス）を提供。
 - 2) 世界のBC観測の統一化に、COSMOSにより貢献。



ArCSIIでの取り組み
COSMOSと欧米の他のBC測定器の比較により、濃度スケールの統一方法を確立

課題名：戦略目標②遠隔影響課題
日本の異常天候に対する早期警戒情報の創出

- 課題：北極寒気が影響する日本の異常天候（豪雪や突風など）の頻度や強度が増大しており、防災・減災につながる早期警戒情報等が求められる。
- 対応：北極寒気の実体である寒冷渦を気象観測データから同定する手法を確立し、寒冷渦指標（位置・強度等）をリアルタイムで公開している。
- 今後望まれる方向性：
寒冷渦指標と具体的な異常天候発現の関係性解明。
早期警戒情報としての社会実装。



ArCS II の成果例

課題名：重点課題①緊急提案課題、戦略目標③沿岸環境課題 気象観測分野におけるドローンの社会実装

- 課題：天気予報に活用する気象データの観測コストが高騰し、観測の空白域である北極域の観測網の持続可能性が危惧。環境に配慮したエコな観測ニーズもある。
- 対応：市販のドローンに気象センサーを搭載し、安価に高精度観測を実現する手法を確立。ドローン業社・極地研・気象庁との産学官連携で実証実験を実施。



資料：国立極地研究所



資料：国立極地研究所



資料：国立極地研究所

世界気象機関 (WMO) の実証プロジェクトで検証
→天気予報にデータを流通させる体制を整備



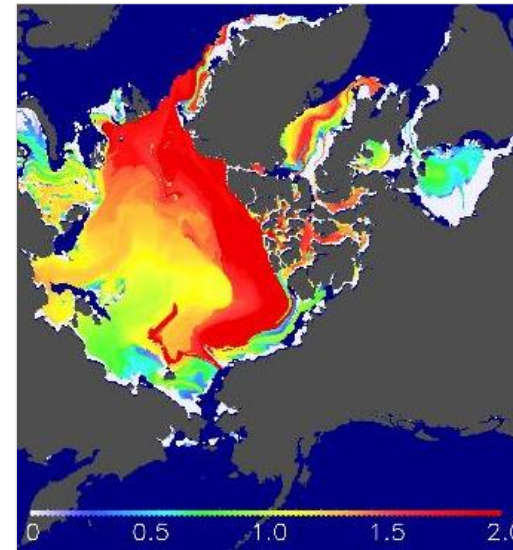
北極域研究船(みらいII)
資料：JAMSTEC

- 今後望まれる方向性：北極域研究船や沿岸国での定常観測に応用し、持続可能な観測網の構築と高精度予報に貢献。他の観測項目にも応用。

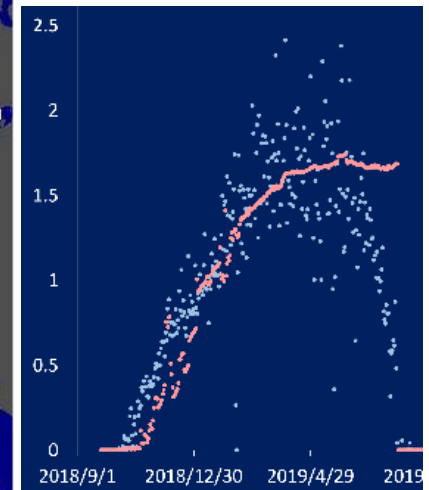
課題名：戦略目標②気候予測課題 気候予測の期間延長に向けたデータセット構築

- 課題：海氷厚は北極域気候の予測期間延長に最も必要とされるデータだが、現場や人工衛星による直接観測では十分な精度や解像度を得られない。
- 対応：人工衛星観測に基づく高精度海氷流動データを自ら作成し、それと数値モデルを融合させることで、高精度・高時空間解像度の海氷厚推定手法を確立した。

- 今後望まれる方向性：データセットの作成と公開。気候予測モデルへのデータ同化手法の開発を通して、気候予測の期間延長を実証。



推定された海氷厚分布
(2021年5月31日)

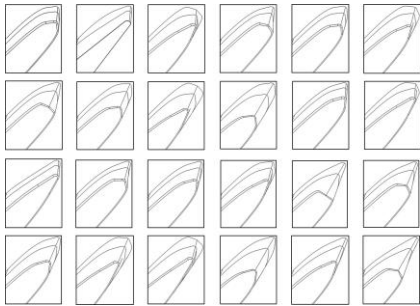


カナダ沖における観測データ (青点) と推定された海氷厚 (赤点) の比較

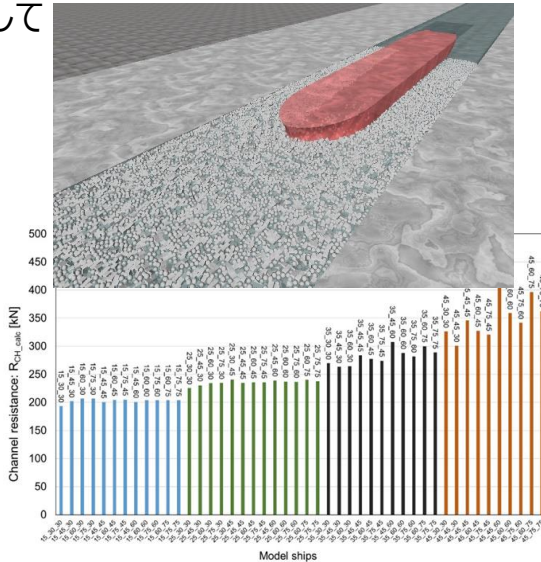
ArCS II の成果例

課題名：戦略目標③北極航路課題
北極航路の利活用に向けた評価・開発

- 課題：北極航路航行船舶の設計規則策定への貢献および航行リスクのひとつである航行不能状態の回避のため、必要主機出力の評価手法の開発。
- 対応：数値解析により氷片密集水路航行時の抵抗を評価、傾向の妥当性を確認。→設計および安全性評価に使える解析技術として提案。



(左) 多数の船型データを生成
資料：工学院大学



(右) 小氷片密集水路航行時の抵抗を数値シミュレーションにより評価
資料：工学院大学

- 今後望まれる方向性：
模型実験等による検証と船体設計への提供。
北極域研究船での実証実験にも期待。



課題名：戦略目標④北極域の持続可能な利用のための研究成果の社会実装の試行・法政策的対応

- 課題：日本の北極政策の実施・展開を支える社会科学研究的の学術的な基盤の確立、北極圏において必要とされる適応策の実施に日本の北極域研究の自然科学的知見を結びつけるための体制の構築。
- 対応：北極域をめぐる法・政治・政策の問題について、包括的に検討を行うことのできる研究体制の下で研究を推進。科学技術外交のあり方や科学的な知見に基づくガバナンスの検討を通じて自然科学との連結を図るとともに、幅広いステークホルダーを交えた学際的な課題解決のための実践に取り組んだ。

- ・北極に関する国際法・国際政治の研究成果数が格段に増加、国際学会・国際会議を通じた日本の研究のプレゼンスも向上。
- ・科学技術外交や中央北極海漁業協定に関する研究を中心に、社会科学と自然科学を連結する成果。
- ・ウクライナ情勢の北極への影響など、最新の問題状況についてもタイムリーに研究成果を発表するとともに、一般向けにも発信。



Arctic Circle Assembly (レイキャビク) での中央北極海漁業協定と日本の貢献に関するセッションの開催 (国際法・海洋科学・先住民知識の各観点から横断的に検討)

- 今後望まれる方向性：
社会科学分野での北極研究の継続的な推進、自然科学の知見を踏まえた学際的研究のさらなる深化。

中間評価における今後の事業を推進する上での留意事項

【留意事項 1】

国際法規制の議論への貢献は北極域研究の重要な目的の一つであり、法学者の参画が提言にとって重要となる。そのため、課題別研究会は、プロジェクト内の研究者だけでなく、社会への情報発信を考慮した法律、政治などの社会科学の専門意見を取り入れる場として機能するよう今後の方針を検討すべきである。 温暖化への社会の関心は急速に高まってきていることから、北極域研究は、学術研究の内に留まることなく、政策および社会への情報発信の強化が必要である。

- ・国際法制度課題の課題別研究会では、テーマに沿ってArCS IIプロジェクト外の国際法・国際政治学や文化人類学の研究者にも参加を呼びかけ、意見交換の場として機能している（2022/5/31:ArCS II 国際法制度第3回勉強会、2023/3/13:24th Kobe PCRC International Law Seminar など）。
- ・国際法制度課題では、「北極海のガバナンスと海洋法」をテーマに、世界中から国際法の専門家を集めてオンライン国際ワークショップを実施（2023/2/17）。
- ・定期的に行われている「北極関係省庁・関係機関連絡会」（北極担当大使主催）において、ArCS II の研究成果が共有されている。2022年4月にアメリカで開催された北極シンポジウム(Arctic Encounter Anchorage) では、北極担当大使から、ArCS II での取組を活用した海洋プラスチック問題への言及があった。
- ・国際学術シンポジウムを開催し、国内外の専門家・研究者を招へいして先端的な学術的議論を行っている。それらの模様は、YouTube などを活用し、広く一般にも公開している。

中間評価における今後の事業を推進する上での留意事項

【留意事項2】

若手の研究支援や人材育成は、戦略的情報発信と並ぶプロジェクトの重点課題だが、その効果が不明確である。これまでの北極域研究のプロジェクトからの連続性があることから、育成した人材について、研究分野のみならずその他多様な海洋関連分野への参画実態などのフォローアップが必要である。また、ArCS IIで育成した若手人材の姿が外からわかるように情報発信をすべきである。

- ・若手派遣を担当している北海道大学では、GRENE, ArCS, ArCS II（以下「プログラム」という。）参加者の実態についてフォローアップを進め、その一環としてWebで報告の場を設けている。<https://www.nipr.ac.jp/arcs2/outreach/fellowship-interview2020/>引き続き北海道大学が中心となって、プログラムに参加した者が研究分野以外での参画状況・活躍状況についてもフォローアップできる体制を検討予定。
- ・現時点では、プログラムに参加した若手研究者のフォローアップは、主に研究者になった者を対象として行っている。GRENEやArCSに大学院生や特任研究員として参加した者が、ArCS IIでは中心的な役割を担う研究者として参加している。
- ・2023年度おしよる丸北極航海（2023年6月8日～8月3日）には、分野を問わず10名の学生が参加した。
- ・2023年度「みらい」北極航海（2023年8月25日～10月4日）には、国際的な研究公募により採択された若手研究者11名（日本4名・米国2名・英国2名・ポルトガル1名・デンマーク1名・ルウェー1名）が乗船した。航海の様子は、ArCS IIのホームページ上で公表されている。またこのうち、5名（海外研究機関に所属する者4名）の若手研究者が2023年11月に開催された「北極域研究船国際ワークショップ」（JAMSTEC主催）に登壇した。自身の研究テーマや次世代の研究者育成について活発な議論を交わし、若手研究者による国際的な研究ネットワーク構築へ貢献した。
- ・第3回ArCS II 公開講演会（2023年11月19日）では、2023年度「みらい」北極航海やおしよる丸北極航海に参画した若手研究者（GRENE・ArCSプロジェクト参加者）と参加学生がパネルディスカッションに登壇し、若手研究者の育成の一助となった。今後とも、シンポジウム・Web等の場を活用し、ArCS IIで育成した若手人材の活躍する姿を発信予定。

中間評価における今後の事業を推進する上での留意事項

【留意事項3】

社会実装の試行については、急速に北極を取りまく状況が変化中、ArCS II にかかわる研究者が研究基盤を超えて連携することが重要となる。最新の知見を他分野から集めるとともに、学際的な研究でしか解決できない社会課題を把握し、ArCS II という枠組みだからこそ社会実装が達成できたという成果を期待する。

・北極の遠隔影響に伴い、我が国に災害をもたらす豪雨（特に線状降水帯など）、豪雪・竜巻・突風の3事象を中心に、寒冷渦指標との関係について解析を進めている。新潟県との間で、意見交換や環境政策セミナーを開催し、社会的ニーズの調査とその結果への対応という社会科学との学際的な研究を課題内で実践している。 今後は、「寒冷渦指標」を用いて数日～1週間程度前に極端気象の発現予測の手法開発や他の気象要素だけではなく、海洋データ、あるいは他分野・異分野への展開も期待される。（ArCS II の成果例「日本の異常天候に対する早期警戒情報の創出」参照）

・地球温暖化に伴うグリーンランドの雪氷変化予測を精緻化させるため、ArCS II では、今まで考慮されてこなかった雪氷微生物が氷床表面を暗色化させる過程や積雪や裸氷の内部構造が気象条件によって変化する過程も計算できるNHM-Chem-SMAP（領域大気－化学－積雪変質予測モデル）の開発を進めている。 本モデルの根幹とも言える大気－積雪変質モデルが、2022年10月から、気象庁の天気予報及び実況解析システムに組み込まれ、現業運用が開始された。 ArCS II で開発を進める当該モデルが、気象庁の降雪・積雪予報や実況解析の改良に繋がり、社会生活の向上に資することが期待される。

・干ばつに伴うパナマ運河の水位低下と中東付近の情勢緊迫化により、長期的視点では、北極航路はスエズ航路貨物の一部を補完することはありうる。ArCS II では、海氷情報に係る情報発信と社会実装に関して、民間企業とも連携しながら海氷情報の活用及び検証を進めており、北極航路の利用に向けた情報提供のあり方も含めて検討している。 このような活動においては工学のみならず、国際法規制や気象予測、海洋研究など幅広い研究者が関係している。

・天気予報に必要な気象データの観測コストが高騰し、観測の空白域である北極域の持続的な観測の実施が課題となっている。また、北極域はその環境の脆弱性により、環境に配慮した観測を実施する必要がある。このため、ArCS II では、市販のドローンに気象センサーを搭載し、安価に高精度観測を実現する手法を確立した。 現在では、民間企業・気象庁・極地研との間で実証実験を行っており、今後、北極域研究船や沿岸国での定常観測にも応用し、持続可能な観測網の構築と高精度予報に貢献することが期待される。（ArCS II の成果例「気象観測分野におけるドローンの社会実装」参照）

これまでの成果を踏まえた今後の課題等

- ・北極域は地球温暖化の影響が最も顕著に現れている地域であり、その継続的な観測・シミュレーション研究が必要。
- ・北極域はさまざまな制約から、元来観測データが乏しく、その環境変化の正確な把握、気象気候予測の精度向上の観点等から観測の空白域を埋めていく必要がある。
- ・北極域環境の変化を北極域のローカルな視点だけでなく、グローバルな視点から社会活動に与える影響の把握と対応策を講じる必要がある。

【これまでの成果例】

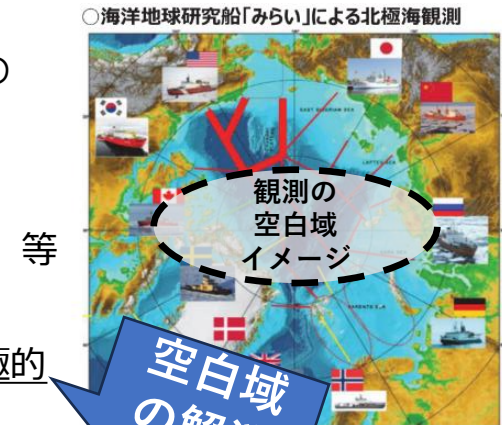
- ・観測データの乏しい北極域においてこれまで船舶、衛星などの多様な研究基盤を用いて観測研究を実施。
- ・特に、「みらい」による北極航海を北極海同時広域観測研究計画SAS (Synoptic Arctic Survey) の一環として実施するとともに、汎用ドローンを用いた気象観測手法を考案し、ラジオゾンデ観測と同等の精度で大気境界層の気象データを取得可能であることを実証。
等

【課題】

- ・未だ観測の空白域や乏しい領域（特に海氷域）が存在しそれが気象気候予測を大きく制約。
加えて、北極域の環境変動による地球規模課題に対処するため、また更なる国際貢献や人材育成の観点からも国際連携を強化する必要がある。
- ・日本への遠隔影響を含む災害の防止などの積極的な社会課題解決型研究が必要である。
- ・また、社会課題解決型研究を進めるためには、より出口を見据え、これまでの研究課題を横断した一体的な取組が必要である。

【今後望まれる方向性】

- ・今後は、新たな北極域研究船などを活用し、観測の空白域（空白時期等含む）の観測研究を積極的に進める。
- ・重要な研究基盤である北極域研究船を国際共同研究や人材育成の「国際研究プラットフォーム」としても活用。
- ・上記で得られた観測データを活用して各種数値モデリングの高度化を図り、将来予測の不確定性を低減させていく。
- ・これまでに得られた知見等を用いた、日本への遠隔影響の解明や地域社会の気候変動への適応などに資する社会課題解決型研究を実施。そのため、大気・海洋・陸域・雪氷観測、人文社会科学などの様々な分野を横断した一体的な研究などに
等



北極域研究船(みらいII)
資料：JAMSTEC



新たなツールの活用
資料：国立極地研究所