

北極域研究加速プロジェクト
中間評価結果

令和5年3月
科学技術・学術審議会
海洋開発分科会

北極域研究加速プロジェクトの概要

1. 課題実施期間及び評価時期

課題実施期間：令和2年度～令和6年度

中間評価：令和4年度

事後評価：令和7年度を予定

2. 課題の概要・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、研究成果の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。このために、北極域の環境変化の実態把握とプロセス解明、気象気候予測の高度化・精緻化などの先進的な研究を推進する。

3. 研究開発の必要性等

北極域の急激な環境変化は、我が国や世界の社会・経済・環境・生活に大きく影響するため、自然環境変化のメカニズムの解明と精緻な将来予測、変化への適応策の検討は、依然として世界各国が協働して取り組むべき喫緊の課題である。

本プロジェクトは、これまで実施されてきた北極域研究で得られた成果等を活用しつつ、4つの戦略目標の下で国際共同研究を実施するものであり、持続可能な開発のための2030アジェンダ（SDGs）」の目標13（気候変動とその影響に立ち向かうため、緊急対策を取る）及び目標14（海洋と海洋資源を保全し、持続可能な形で利用する）の達成に資するものである。我が国の政策文書等においても、北極域研究の必要性が示されており、本プロジェクトを実施する必要性は高いと考えられる。

また、4つの戦略目標下で実施される国際共同研究の成果は、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）への提供も目指しており我が国の国際的プレゼンスの更なる向上にも資する。北極域研究に係る海外の主要な研究機関と、若手研究者の派遣・受入を相互に実施し、国際的な研究者ネットワークの構築・強化などの施策を講じることや、本格的な産学連携を目指した海氷情報サービスの提供に向けた取組は、北極域における課題解決や、我が国の産業界への貢献などの面において、有効性が高いと考えられる。

これまで構築された観測拠点や研究基盤の機能が、本プロジェクトで引き続き活用されていること、計画・実施体制、研究開発の手段やアプローチについて、プロジェクト外部の目を通して妥当性が評価される仕組みが構築されていること、また、我が国の政府や国内の産業界、国際会合等における課題を効率的に把握し、成果を役立てることが検討されていることから、効率性は高いと考えられる。

4. 予算（執行額）の変遷

年度	R2(初年度)	R3	R4	R5	R6	総額
予算額	950百万	950百万	1,003百万			2,903百万
執行額	933百万	944百万 ※1				—

※1：R3執行においては、R4年度へ283万円を繰り越しを含む。

5. 課題実施機関・体制

研究代表者 大学共同利用機関法人情報・システム研究機構 国立極地研究所
副所長 榎本 浩之

代表機関 大学共同利用機関法人情報・システム研究機構 国立極地研究所

副代表機関 国立研究開発法人 海洋研究開発機構、
国立大学法人 北海道大学

北極域研究加速プロジェクト(ArCS II)

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

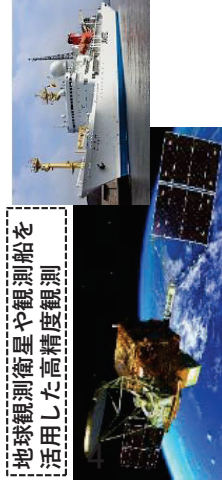
○ 4 つの**戦略目標**（「**先進的な観測**」、「**予測の高度化**」、「**社会への影響評価**」、「**社会実装の試行・法政策的対応**」）を設定し、ArCSで整備された観測拠点、研究船、観測衛星及びデータアーカイブシステムの各研究基盤を駆使して、オールジャパンで3本柱を中心とした課題解決に資する研究開発を加速。

○ 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44機関が参画

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



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を本格化



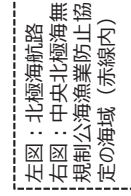
日本の豪雪



グリーンランドの洪水

戦略目標④：社会実装の試行

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：北極海航路
右図：中央北極海無制限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

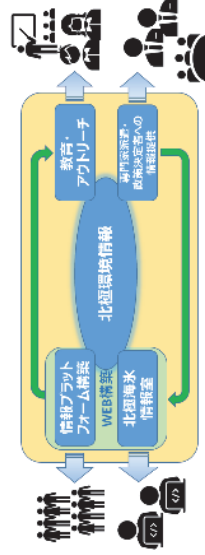
重点課題1：人材育成と研究力強化

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

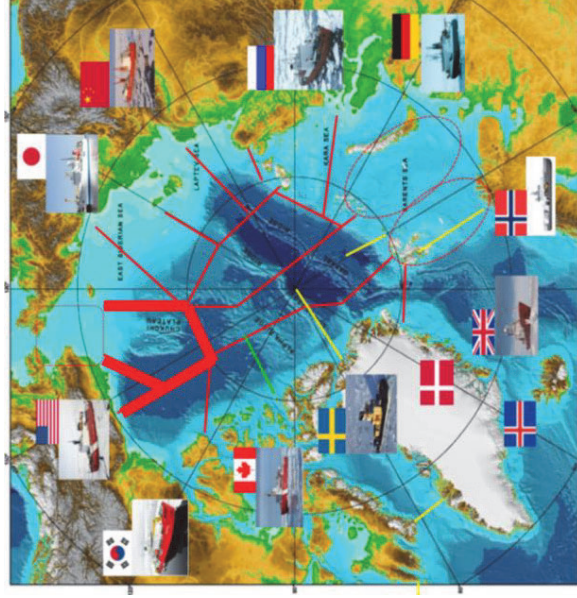


重点課題2：戦略的情報発信

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、地球環境に関心をもち裾野の拡大につながる教育・アウトリーチ活動を実施



○ 海洋地球研究船「みらい」による北極海観測



- Synoptic Arctic Survey (SAS) は、研究者発案の**北極点付近を含む北極海国際観測プロジェクト**。国際連携による複数の砕氷船/研究船による複数集中観測を同時期に実施。
- 「みらい」による北極海観測は**赤太字部分の航路**において、北極海における**地球温暖化・海洋温暖化の影響等を観測**。SASのゴールである、気候研究の基礎となるべき北極海の**包括的なデータセットの作成に貢献**。

北極域研究推進プロジェクト推進委員会 委員名簿

- ◎ 池島 大策 早稲田大学国際教養学部 教授・前学部長
- 窪川 かおる 帝京大学先端総合研究機構 客員教授
- 合田 浩之 東海大学海洋学部海洋理工学科航海学専攻 教授
- 三枝 信子 国立環境研究所 地球システム領域 領域長
- 坂野井 和代 駒澤大学総合教育研究部 教授・学長補佐
総合情報センター所長
- 瀧澤 美奈子 科学ジャーナリスト
- 中田 薫 国立研究開発法人水産研究・教育機構 理事

◎ : 委員長

中間評価票

(令和5年1月現在)

1. 課題名 北極域研究加速プロジェクト (ARCS II プロジェクト)

2. 研究開発計画との関係

施策目標：地球規模の気候変動への対応

大目標（概要）：

アクセスが困難な深海や、地球環境にとり重要な北極域・南極域は、人類のフロンティアであり、それらの研究開発の推進は、これら海洋、地球、生命に関する総合的な理解を進めることにより、人類の知的資産を創造し、青少年に科学への興味と関心を抱かせ、我が国の国際社会におけるプレゼンス向上に資するものである。

我が国にとっての北極の重要性を十分に認識し、観測・研究活動の推進を通じた地球規模課題の解決による我が国のプレゼンスの向上、国際ルール形成への積極的な参画、我が国の国益に資する国際協力の推進等の観点を踏まえ、研究開発、国際協力、持続的な利用に係る諸施策を重点的に推進する。

中目標（概要）：

気候変動が顕著に表れる北極域は、北極海航路の利活用等もあいまって国際的な関心が高まっており、重点取組に記載のある研究開発の強化を図るとともに、南極域の継続的な観測を実施し、地球環境変動の解明に貢献する。

重点取組（概要）：

海洋の現状、将来の状況、気候変動への影響等を解明するために、地球温暖化の影響が最も顕著に出現している北極を巡る諸課題に対して、国際共同研究等の推進、最先端の北極域観測技術の開発等を進めることにより、我が国の強みである科学技術を活かして貢献する。

指標（目標値）：

【アウトカム指標】

○ 海洋環境の現状と将来の変化、気候変動への影響等に関する知見の国内外の研究機関等による活用

(実績)

- 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した。観測結果は民間企業に提供し、観測精度の向上等に貢献した。
- 海洋動態に関するデータセットは、将来気候予測の不確実性の低減や、将来的な水産資源の管理・利活用の判断への活用につながることで期待される。
- 海洋地球研究船「みらい」による北極航海は、北極海同時広域観測研究計画である SAS (Synoptic Arctic Survey) の一環として実施された。SAS の成果は将来の環境・気候を予測するための基礎データとして期待されている。
- 研究者の要望に応じた地球観測衛星データを提供。また「みらい」北極航海の予報データ等にも活用された。

○ 気候変動への適応策・緩和策の策定等の政策的議論への貢献

(実績)

- 北極域で進む多様な国際協力に関するワークショップを計6回オンラインで開催。北極圏内外の研究者、自治体の実務者、先住民代表団体、NGOのメンバーなどを招へいし、政策に携わる実施者間のネットワークが形成された。
- 気候変動の適応策・緩和策を含む政策的議論への貢献が期待される成果の例
 - 北極寒気の動態を定量化した寒冷渦指標の完成に伴い、短期的な極端気象予測と防災・減災への貢献準備が整いつつある。
 - ベーリング海の海洋生物の退避海域の発見により、水産資源管理や海洋保護区策定等の政策決定プロセスへの貢献が期待される。
 - 赤雪の発生の定量的な実態把握と影響評価により、温暖化対策の議論への貢献が期待される。
 - 二酸化硫黄(SO₂)排出量を抑制しても大気中の硫酸濃度が下がらないという結果は、大気汚染の緩和策の策定や気候変動予測への貢献が期待される。
 - 永久凍土プロセスの改善モデルは、永久凍土融解に伴う現地住民の生活・社会基盤に対する適応策策定への貢献が期待される。

○ IPCC等の国際的な議論への貢献

(実績)

- 気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第6次評価報告書(AR6)第1作業部会(WGI:自然科学的根拠)報告書の作成にあたって、本プロジェクトの成果が引用されるとともに、著者や査読者として貢献した。
(IPCCでの貢献の例)
 - 気候モデルの国際比較プロジェクト(CMIP6)へ研究チームが多数参加し、数値実験データ等を提供した。
 - 氷河の国際的なデータベース(WGMS)に、グリーンランド氷河のモニタリングデータを提供した。
- 北極評議会(AC)の作業部会AMAPの短寿命気候強制力因子(SLGFs)評価報告書および気候変動評価報告書の作成に、本プロジェクトに参加する研究者が著者として貢献した。
(AC作業部会での貢献の例)
 - ACAPに初めて参加。これにより外務省等が参加のEPPRを含めて、日本からすべての作業部会に関わることとなった。
 - AMAPの評価報告書の政策決定者向けサマリーの日本語訳(※)を作成し、国内の関係省庁に提供するとともに、研究者による説明会を実施した。
※ サマリー日本語訳は、AMAPのウェブサイトにもオリジナルの英語版と並んで掲載され、作業部会でも報告された。
- 各国の北極域研究に関するデータベースを制作し、第3回北極科学大臣会合(ASM3)に貢献

【アウトプット指標】(2021年度末時点実績)

○ 北極研究における国際共同研究の実施状況

課題数：国際共同研究課題数	：11課題
研究参画者数	：約220名
拠点数：国際連携拠点数	：6カ国11拠点
研究成果発表報道数	：73件(日本語48件、英語25件)
うち複数での共同リリース	：9件(日本語5件、英語4件)

査読付き論文発表数 : 428件
うち、複数研究課題による共著論文 : 81件
連携している国際プロジェクト等 : 37件
海外機関参加数（海外交流研究力強化プログラム） : 9機関

- 得られたデータや科学的知見の集積状況、国内外の関係機関への提供実績
 - ステークホルダー（民間企業、行政等）を対象とした講演会などの開催 : 34件
 - 北極域データアーカイブシステム（ADS）等による汎用性の高いデータの提供 : データセット数は75件、アクセスは330万件で85%が海外から
 - 北極域政策担当者等のステークホルダーに向け、文理横断的な専門知見に基づき国政法政策的視点から研究成果を解説する「ブリーフィングペーパー・シリーズ」を2021年度までに6件刊行
 - 政策決定者との意見交換会 : 6回

- 国際的な枠組みへの日本人研究者等の参画状況
 - 25の国際会合に、32回にわたり延べ51名の専門家を派遣
 - 第3回北極科学大臣会合（ASM3）科学助言委員会の共同議長、およびASM3での基調講演を本プロジェクト研究者が担当
 - 国際北極科学委員会（IASC）の副委員長、持続的北極観測ネットワーク（SAON）の日本代表などとして、本プロジェクト研究者が活動
 - 亜寒帯～北極海海洋生態系プログラム（ESSAS）科学運営委員会の共同議長、北極海中央部における海洋生態系ワーキンググループ（WGICA）の共同議長などを、本プロジェクトに参加する研究者が担当

3. 評価結果

（1）課題の進捗状況

本プロジェクト（ArCS II）は、目標の達成に向けて、概ね計画通りの実績・成果を上げていると評価する。

- 北極域研究の推進は我が国の重要課題のひとつであり、ArCS IIは国際社会への貢献という責務を負うプロジェクトとの認識に立ち、これまで実施してきた北極域研究プロジェクトの積み重ねを背景に、十分に考慮された組織と計画を構築し、プログラムの進捗に結び付けている。

- このArCS IIが、北極域における諸課題の解決と持続可能な社会の実現に貢献するために、北極の継続的な科学研究、人材育成及び北極圏の住民と協力関係の構築など、国際協力に基づく先進的・学際的研究プロジェクトを文理融合で進めていることは我が国にとって重要である。新型コロナウイルス感染症の影響による現地調査

の延期や中止、ロシア・ウクライナ情勢の影響による渡航制限や国際交流の制限の影響により、研究計画や人材育成の計画について、変更は避けがたいものであった。

しかし、国内海域における予備調査、現地住民に対するSNS等を利用した、健康や環境衛生状況に関するアンケート調査、及び現地委託による調査の実施などへの変更や、過去に蓄積したサンプルの活用、予定の前倒しなどの様々な工夫により、適切な代替措置を講じて対応したことは、当初の計画にない努力が払われたものと評価できる。

特記すべき点として、新型コロナウイルス感染症の影響により他国が船舶観測を中止、延期する中でも、海洋地球研究船「みらい」の航海を着実に実施し、北極海同時広域観測研究計画（SAS）を継続した数少ない国として観測データを提供したことは、国際的にも貢献したと高く評価できる。

- 一方で、多様なステークホルダーとの連携強化による社会的活用に向けた取組を実施したとはいえ、社会への波及については、更に文理融合を進めると同時に、アウトカム目標の達成に向けてプロジェクト後半における活動を強化すべきである。また、建造中の北極域研究船の活動体制の充実などを視野に入れ、最終目標及び実施計画を検討されることを期待したい。

（２）各観点の再評価

（ア）必要性

- 北極域は世界で最も温暖化の影響が顕著な海域であり、状況の変化を把握し、その結果を活用した将来予測は、地球環境にとっても人類にとっても必要不可欠であり、世界の環境問題の解決に重要な意味を持つことは明らかである。
ArCS II での取組により、科学的・技術的意義や社会的・経済的意義が大きい数々の成果が得られており、国費により本プロジェクトを実施する必要性が認められる。

（科学的・技術的意義が大きい成果の例）

- 北極域の環境変化の実態把握とプロセス解明。
- 気象気候予測の高度化に係るアイスコア掘削や海氷厚データセットの構築。
- 日本に気象災害をもたらす現象の早期予測を可能にする寒冷渦指標の完成。など

これらの科学的な成果の例は、リアルタイムでの気候変動や影響をとらえるデータが取得され続けていることが科学的にも大きな意義があるということを示している。

（社会的・経済的意義が大きい成果の例）

- ブラック・カーボンの発生・輸送・沈着は、中緯度からの影響が重要であることの解明。
- 気候モデル解析による20世紀前半の北極域の温暖化と中頃の寒冷化の要因の定量的な解明。
- 気候変動下での多様性維持に重要なベーリング海の退避海域の発見。
- 北極海全域を対象とした海氷海洋モデルの着実な高度化。
- 河川水を介した熱や物質の流入の役割を把握可能。 など

これらの自然科学分野における新知見は、科学的成果であると同時に、社会的・経済的意義の大きな成果である。

(国際的なプレゼンス向上に関する成果の例)

- 気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の第6次評価報告書における、ArCS II の成果の引用。
- 新型コロナウイルス感染症の拡大やロシア・ウクライナ情勢等で渡航制限のある中、海外調査を実施。また、他国が船舶観測を中止、延期する中で「みらい」の北極航海を2年続けて実施し、北極海同時広域観測研究計画 (SAS)に参加し、観測データを提供。

以上の成果は、我が国の国際的なプレゼンス向上に多大に貢献したと考えられる。

- 国際法規制の動向や政策論議をプロジェクト内にフィードバックする研究会を開催して課題を共有し、ブリーフィングペーパー・シリーズなどにまとめている活動は、コミュニティ形成に寄与するなど社会貢献の観点からも評価できる。例えば、近年、グリーンランドで頻発する豪雨による地滑り災害の調査結果からハザードマップを作成するなど、北極域の社会の適応やステークホルダー等による適応方針の検討に寄与する成果も得られている。
- 情報発信については、国内外の北極情報を集約・発信する北極環境統合情報 WEB の構築・運用や、小学生から社会人にまで分かりやすい教育・アウトリーチ活動を戦略的に行うなど、積極的に社会にプロジェクト成果を還元しようとする取組は認められる。さらに多くの人たちが関心を持つような情報を届けられるように、一層の強化を期待する。

評価項目

科学的・技術的意義、社会的・経済的意義・国費を用いた研究開発としての意義

評価基準

本プロジェクトにおける取組が、我が国の国際的プレゼンスの向上につながるものであるか。

(イ) 有効性

- 気候変動に関する北極域の研究は、これまで人類が体験したことがない変動をリアルタイムで観測・研究するもので、広く新しい知見が得られている。また、長期に渡る観測・研究をすることで、ようやくそのメカニズムが解明できるものであり、今後も継続的に観測・研究を続けていくことが、国際的にもより新しい知の創出へ貢献し、先住民社会による受け入れ可能な対応策の検討につながれると期待できる。
- 本格的な文理融合に基づく社会実装に向けた取組については、重要とされるテーマを挙げて取り組んでいることは認められる。しかし、プロジェクト後半において、見える形で成果を上げるための更なる努力が必要である。そのためには、産業との連携・対話を通じて社会における課題を把握し、解決に向けて学問分野間の連携を具体的なものとするのが重要である。
- 海洋プラスチック汚染問題や海洋酸性化、北極海航路での環境規制などの緊急に対応すべき国際法規制と関係する課題については、国際的プレゼンスの向上に貢献する取組として以下のものが挙げられる。

- 自然科学分野で得られたデータや知見をもとに研究会を組織し、対応を検討。
 - 政策決定者への専門的な知見の説明。
 - 北極科学協定の実施に係る会合への専門家派遣に的確・迅速に繋げている。
また、新型コロナウイルス感染症の影響により渡航制限等の影響が長引く中でも、可能な範囲で対面の活動を実施し、一方で、オンラインで開催された国際会合や講演会に参加するなど、当初の計画の「知の創出」や「人材育成」に最大限取り組んだことが認められる。なお、今後は支援した者に対するフォローアップが重要であると考えます。
- 将来の人材育成という観点からは、子供向けの教育・アウトリーチ活動も熱心に行われ、特に初等・中等教育段階の子供へのアプローチは、将来的な科学者育成への効果が期待できる。また、ジェンダーバランスの側面からは、例えば女子中高生への出張授業等によるすそ野拡大の取組も評価できるが、国際助言委員会からの指摘を踏まえて、研究チームの構成や若手研究者の支援にあって、更なる取組の推進を期待する。

評価項目

新しい知の創出への貢献、人材の養成

評価基準

本プロジェクトにおける取組が、新しい知の創出、我が国の北極域研究分野における人材等の基盤強化、我が国の産業競争力の強化及び国際的プレゼンスの向上につながるものであるか。

(ウ) 効率性

- 代表機関である国立極地研究所、副代表機関である海洋研究開発機構および北海道大学の3機関による共同運営体制を構築し、全体を統括するプロジェクトディレクター（PD）及びサブプロジェクトディレクター（SPD）のもと、4つの戦略目標ごとに統括役を配置し、戦略目標間、研究課題間の調整、連携を図りつつ、事業を実施している。研究者が一堂に会して活動の進捗や成果を共有する全体会合や半期ごとの自己点検の実施に加え、国際助言委員会を設置し国際的な視点からの助言を踏まえて改善するという取組は非常に重要である。
- 年度途中には計画変更の調査を実施し、推進本部による変更計画の審査を経て必要予算の再配分を行い、予算を有効活用するとともに、新型コロナウイルス感染症拡大などの状況下において、計画をより効率的、効果的に推進するべく運営している。
- また、政策対話および社会実装については、専任のコーディネーターを配置し関連する省庁に情報発信を行うなど、各省庁による北極関連政策の検討に資することが期待できる。社会実装については、例えば汎用ドローンを用いた観測法を開発し、企業にデータを提供して双方の利益としたことは好事例ではある。しかし、この他にも、例えば、比較的短期間で実装できる可能性のある寒冷渦指標の発信など、今後はプロジェクト全体を見渡し、戦略を持って社会実装を進めるなどの工夫がコーディネーターに望まれる。

評価項目

計画・実施体制の妥当性、研究開発の手段やアプローチの妥当性

評価基準

目的の達成に向け、効率的に研究を推進する実施体制等が形成されているか。

(3) 今後の研究開発の方向性

本課題は「**継続**」、「中止」、「方向転換」する。

新型コロナウイルス感染症の影響による各種現地調査の延期や中止、ロシア・ウクライナ情勢の影響による渡航制限や国際交流の制限の影響があった。しかし、適切な代替措置を講じるなどの様々な工夫により対応することで、研究成果の創出やデータの公開、国際共同観測へ貢献するなど、その進捗状況、「必要性」、「有効性」、「効率性」の観点で一定の評価に値するといえる。引き続き、北極域における地球規模課題への取組と持続的な社会の実現に貢献すべく、本事業を継続する方向性は妥当である。

(4) その他（今後の事業を推進する上での留意事項）

- 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ひとつであり、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。
- 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部からわかるように情報発信をすべきである。
- 社会実装の試行については、急速に北極をとりまく状況が変化する中、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。最新の知見を多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という枠組みであるからこそ社会実装が達成できたという成果を期待する。