

北極研究戦略委員会「議論の取りまとめ」(素案)

1. 北極域をめぐる現状

- ・ 北極域における環境変動は、全球的な環境変動を増幅する懸念があり、単に北極圏国の課題にとどまらず、極端気象の頻発など非北極圏国にも影響を与える全球的な課題である。
- ・ 北極域における海氷域の減少による利用可能な海域の拡大は、資源開発や航路の確立などの経済的な活動にも大きな影響を与えるなど、国際的な関心が高まっている。

2. 北極域研究の意義、我が国の役割

(1) 北極域研究の意義

- ・ 我が国の強みである科学技術力を活かして、北極域の変化及び北極の変化が全球に与える影響について包括的・総合的に捉え、変化の原因やメカニズムを解明することにより精緻な将来予測を行い、これにより社会・経済的なインパクトを明らかにすることが重要である。
- ・ 我が国の強みである科学技術力を活かした貢献を行うことが、北極圏国や国際社会に対する我が国のプレゼンスの強化につながるものである。
- ・ 非北極圏である我が国は、北極圏国の領域や利益に直接関与しない立場を活かして、北極域の持続的発展、利用における国際的なルール形成や政策形成過程へ、科学的知見を活かして貢献することが重要である。

(2) 我が国の役割

- ・ 北極域における環境変化に関する科学的知見は未だ十分には解明されていない。北極域全体を俯瞰し、中長期的な課題と短期的な課題を整理しつつ、国際的に手つかずになっている課題や、我が国の強みを活かす課題解決を通じて国際社会に貢献できるよう戦略的に研究・観測を推進し、世界の北極域研究をリードしていくことが必要である。
- ・ これまでの我が国の研究観測結果の蓄積をもとに、オープンデータサイエンスを積極的に主張していくことも必要である。
- ・ 北極圏には、先住民をはじめ多くの人々が暮らしていることから、科学的知見に基づく情報や課題解決のための手法や選択肢を適切に内外のステークホルダーに発信していくことが重要である。

3. 北極域研究におけるこれまでの取り組み、成果、現状

- ・ 北極域は、その大半を北極海が占め、その周辺は沿岸国の領域で占められている。我が国の研究観測活動は、1950年代から大気、海氷、陸域等、北極圏全般で実施されており、これまでに多くの実績を有している。

(1) これまでの取り組み

- ・ その後、平成3年(1991年)には、国立極地研究所が、ノルウェー、スバルバル諸島ニーオルスン観測村にニーオルスン基地を開設し、大気、雪氷等の観測を開始した。また、海洋研究開発機構(JAMSTEC)においては、平成9年(1997年)から海洋地球観測船「みらい」を用いた海洋観測を開始している。
- ・ 北極域の超高層大気変動の解明を目指す欧州非干渉散乱レーダー科学協会(EISCAT)に国立極地研究所が平成8年(1996年)に加盟し、レーダーの整備等に貢献するとともに研究観測を実施してきた。
- ・ 平成23年(2011年)、文部科学省は GRENE 事業の一環として「北極気候変動分野」を取り上げ、「急変する北極気候システム及び全球的な影響の総合的解明」を目的に、GRENE 北極事業を5ヶ年の計画で開始した。
- ・ 平成23年(2011年)には、オールジャパン体制で北極環境研究の強化に取り組むネットワーク型組織である「北極環境研究コンソーシアム」(JCAR)が設立され、主要研究プログラム等の推進協力、研究者コミュニティ内の円滑な情報共有や国内外に対する研究観測成果の発信等、専門分野を越えた研究者間の連携等に取り組みはじめた。
- ・ 平成27年(2015年)4月に、海洋研究開発機構(JAMSTEC)が「北極環境変動総合研究センター」、北海道大学が「北極域研究センター」を新設。また、国立極地研究所が組織を改組し「国際北極環境研究センター」を設置した。

(2) 成果

- ・ これまで、ニューオルスン基地における北極圏の自然環境に関する様々な研究や、EISCAT レーダーによる北極圏超高層・中層大気の国際共同研究、海洋地球研究船「みらい」による北極海観測、GRENE 事業による北極域の気候変動の研究により、これまでに多くの実績を有している。
- ・ 1980年代末のソビエトによる北極圏における科学研究の促進の流れを受け、北極研究の機運が高まり、1990年に国際北極科学委員会(IASC)が設立され、

我が国の加盟も 1991 年 1 月に開催された第 1 回評議会で認められた。

- ・ 我が国のこれまでの科学的貢献等を踏まえ、平成 25 年 (2013 年) に、我が国の北極評議会 (AC) へのオブザーバー資格が承認された。
- ・ 平成 27 年 (2015 年) 4 月、北極科学サミット週間 (ASSW) を我が国で初めて富山で開催し、北極に関する世界の研究者やステークホルダー等約 700 名が参加し、北極研究の推進等に関する議論を行った。

(3) 現状

- ・ 平成 27 年 (2015 年) から、文部科学省では、北極域における環境変動と地球全体へ及ぼす影響を包括的に把握し、社会・経済的影響を明らかにすることを目指した「北極域研究推進プロジェクト (ArCS)」を開始し、国際連携拠点の整備、国際共同研究の推進等に取り組んでいる。
- ・ 平成 28 年 4 月、北海道大学北極域研究センターがネットワーク型の共同利用・共同研究拠点、「北極域研究共同推進拠点」として文部科学大臣認定された。

4. 今後、取り組むべき課題

(1) 研究全般

- ・ 北極域における環境変動は、全球的な環境変動を増幅する懸念があり、単に北極圏国の課題にとどまらず、極端気象の頻発など非北極圏国にも影響を与える全球的な課題であるため、我が国としても、引き続き、北極域研究に積極的に取り組んでいく必要がある。
- ・ 従来の研究者及び研究者グループを中心に実施されてきた研究から、より外交や安全保障といった、グローバルな政策判断、課題解決に資する国際共同研究の拡充や新たな国際共同研究等の推進が必要である。
- ・ 北極域研究全体を俯瞰した俯瞰図を作成するとともに、北極域研究の特徴を踏まえた上で、北極域研究における中長期、短期的な課題の抽出及び整理するとともに、政策形成、課題解決に向けた研究・観測等の実施が必要である。
- ・ AC 等の国際場裡において解決が必要とされている課題を積極的に研究テーマに取り込むとともに、研究観測結果を AC 等の国際場裡に発信し、科学技術を通じた我が国の貢献を積極的に打ち出す必要がある。
- ・ 北極海海底地形図作成のための研究観測等、日本で関与する研究者が少ないため、

その分野の世界的な研究観測状況を把握しにくい分野もある。北極域における国際的な研究観測動向を把握し、我が国として進める必要のある研究分野等を検討する際には、このような分野が存在することに留意する必要がある。

(2) 研究枠組み

- ・ 研究者個人の自由な発想に基づく研究活動は重要であるが、加えて、ArCS のように目的を明確にした研究観測活動も北極域研究を通じた国際貢献を目指すこととしている我が国にとっては重要であり、ArCS や ArCS 終了後も同様な目的による研究支援の枠組みが必要である。
- ・ 温暖化等のデータ観測など分野によっては長期間に及ぶ継続的な研究観測が必要なものもあるため、年限を区切った研究プロジェクトとしてではなく、長期間の研究観測が実施可能な体制の確保が必要である。

(3) 人文・社会科学分野を含めた研究者ネットワークの構築

- ・ 北極域研究は、大気、雪氷、海洋、陸域、超高層大気等、幅広い分野を対象とする総合科学である。このため、地球環境変動等、我々が直面する課題解決のためには、専門分野を越えた研究者ネットワークの構築、研究者の協働が必要である。
- ・ 人文・社会科学分野においては、特定の専門分野であっても北極地域全体を対象とした研究というより特定の国や地域における研究を実施しているケースが多く、同じ専門分野であっても他の国や地域を専門とする研究者との協働が必須であり、人文科学や社会科学の間でも学際的研究を進める必要がある。
- ・ 北極域における持続可能な発展のためには、人文・社会科学、自然科学分野全体における、研究者ネットワークの構築、協働のもとに北極域全体を総合的に理解していくことが必要である。

(4) 観測データの共有

- ・ 効果的・効率的に研究観測を進めていくためには、観測データの共有化は重要な課題であり、国際的な関心も高い。
各研究者グループが観測データベースを構築し、相互の連携・協力を向けた動きも見られ、メタデータについては一定の連携が進んでいるが、実データの連携については、不十分な現状である。
- ・ 我が国が率先して実データの連携構築に取り組むことは、我が国の自らの強みである科学技術力を活かした北極域における国際貢献として大きな意味があると考えられるため、積極的に取り組んで行く必要がある。

(5) 研究拠点の整備

- ・ ネットワーク型の共同利用・共同研究拠点として文部科学大臣認定された「北極域研究共同推進拠点」において、北極域における環境と人間の相互作用の解明に向けた異分野連携による課題解決に資する先端的・学祭的共同研究等を推進し、北極域の持続可能な利用と保全に関する新たな学祭的共同研究を推進するためには、より一層の体制の強化を図るとともに、ArCS プロジェクトと車の両輪として機能していくことが必要である。
- ・ 北極域における研究対象は大気、海氷、海洋、陸域、超高層等と幅広いものであるが、長期間にわたり確実に観測が実施できる体制を構築するとともに、現在空白となっている観測網の強化を図ることが必要である。

(6) 国際連携、国際協力

- ・ 北極域における研究観測は、北極圏諸国の主権等に配慮する必要があるため、国際的な連携の下で進めることが必要である。また、非北極圏国との連携・協力も、北極域における効果的・効率的な研究観測の実施のためには必要である。
- ・ 諸外国との間において、大学や研究機関等の実際に研究を実施する機関では対応が困難な状況が生じた際には、文部科学省をはじめとする関係省庁が相手方政府との交渉等を適切に実施し、北極域における研究観測の実施を阻害する要因等の除去に取り組む必要がある。
- ・ 北極域における課題は、“北極”が単体として存在しているものではなく、南極地域や全球的な地球環境変動と密接に連携するものである。このため、南極や全球を専門とする研究者との連携・協力を促進し、効果的、効率的に研究・観測を進めることが必要である。

(7) 研究観測のための施設・設備

- ・ 北極域において研究観測を実施するためには、その研究観測を行う観測機器等の開発及び維持するために技術が必要である。このため、必要な技術力の維持及び技術力を担う人材の育成が必要である。
- ・ 北極域の研究観測に研究船が果たす役割は大きい。一方、北極域での研究観測を実施できる研究船の建造・維持には多額の経費が必要となる。このため、①何を観測するために研究船が必要であるのか。②保有/傭船のいずれが効果的・効率的であるのか。③保有する場合は、どの規模（大きさ、砕氷・耐氷能力等）、どのような装備（ヘリコプター搭載能力等）の研究船が必要であるのか等について、その在り方

についての議論を行う必要がある。

- ・ AUV 等、既存の技術を応用した氷海下観測機器の開発等も必要である。
- ・ 北極域の気候変動等に関する研究・観測を推進するためには、国際連携による研究観測点や衛星による観測データ等は我が国が誇る共有データ。このため、衛星からの観測データを継続的に取得できる体制の構築とともに、研究観測拠点における観測データを継続的に取得できる体制の強化が必要である。
- ・ 大学間連携等、ソフト的なプラットフォームの構築・活用も必要である。

(8) 人材育成

- ・ 若手研究者の育成は重要。北極域研究の担い手となる若手研究者育成の枠組みの構築が必要である。

(9) 社会との連携、社会への情報発信

- ・ 研究・観測を実施するためには、そのための技術開発が必要であり、技術開発を含めた長期的な計画を作成することが必要である。
- ・ 研究成果の出口における市場化が明確でないと、民間企業からの研究資金の投入は期待できない。民間企業が研究資金を投入するような、魅力的な研究支援枠組みの構築が必要である。
- ・ 南極域と異なり北極域は人間が居住し、社会的活動を行っている地域である。北極域における環境の急激な変動等は、そこに暮らす人々の生活に直結する問題でもある。このため、北極域における研究観測で得られた成果については、そこで生活する人々への暮らしに貢献することが必要である。



国際的な研究プログラム	GRENE	ArCS	今後	用いる手法
国内				
<1.1 北極温暖化増幅>				
①フィードバックの役割				
1. 季節変化過程				スーパーコンピュータ
2. BC,エアロゾル・雲等の放射強制力の評価				衛星、航空機、海外観測拠点、研究船等
3. 大気と陸・海面の相互作用				海外観測拠点、データアーカイブ
②成層圏-対流圏結合				
4. 大気の下層・上層間における水平鉛直熱輸送				スーパーコンピュータ
③陸域雪氷圏の役割				
5. 積雪・凍土・植生・氷床				衛星、海外観測拠点
④将来予測				
6. モデルの改良、大気海水海洋相互作用の重要過程の確認、国際プログラムとの協働				スーパーコンピュータ、同化データ
<1.2 北極-中緯度気象連鎖、全球との相互作用>				
①大気の役割				
1. 北極海の海水縮小が中緯度の気象に与える影響				スーパーコンピュータ、同化データ
2. 極端気象の予測可能性				スーパーコンピュータ、同化データ
3. 大気テレコネクションパターン及びその変動の理解				スーパーコンピュータ、同化データ
②海洋の役割				
4. 海水変動に伴う海洋循環の変化				研究船等、係留系
5. グリーンランド海における北大西洋深層水形成				研究船等、係留系
6. 温暖化に伴う太平洋水の流入の変動				研究船等、係留系
7. 中緯度大気海洋大循環を介する北極へのフィードバック				スーパーコンピュータ、同化データ、モデル
③陸域の役割				
8. 北極-全球相互作用における陸域プロセスの影響				スーパーコンピュータ、同化データ、モデル
④超高層大気の役割				
9. 北半球大気循環場・成層圏大気を通じての極域・中緯度大気変動連鎖				スーパーコンピュータ、同化データ
10. 極域超高層大気の全球超高層大気への影響				レーダ系
⑤多圏相互作用				
11. 大気海洋結合計、大気陸面結合計などの多圏相互作用の解明				レーダ系、モデル
<1.3 物質循環と生態系>				
①大気微量成分の濃度変化				
1. BC、温室効果気体、短寿命気体、エアロゾル等の大気微量成分の時空間変動				衛星、航空機、海外観測拠点、雲レーダ、研究船等
2. 定点観測点、航空機観測、衛星データのインバージョン計算、地上観測との比較				衛星、航空機、海外観測拠点
3. 観測手法開発と評価指標の検討、複数地域サンプリング				衛星、航空機、研究船等
②陸域生態系の影響				
4. 二酸化炭素の陸域生態系による発生・吸収				衛星、航空機、海外観測拠点
5. 森林火災による大気微量成分発生の把握				海外観測拠点、境界層タワー
6. 湖沼からのメタン放出				海外観測拠点
7. 植生・土壌と温室効果気体の放出・吸収評価				海外観測拠点
③海洋生態系に関わる物質循環				
8. 温室効果気体と吸収・放出に関する海洋の影響				研究船、係留系
9. 海水・海洋変動に伴う大気微量成分循環の変動				研究船、衛星、AUV
④陸から海への物質輸送				
10. 陸から海への物質輸送				海外観測拠点
11. 北極における淡水収支メカニズム				研究船、衛星

⑤生態系変化					
12. 温暖化と環北極陸域生態系の変化					海外観測拠点
13. 表層湿潤化と植生変動					海外観測拠点
14. 環北極森林調査					海外観測拠点
15. ツンドラ生態系					海外観測拠点
<1.4 海洋・海水変動>					
① 海水減少のメカニズムの解明					
					同化データ、モデル
② 海水の熱的減少過程					
					研究船等
③ 大気(雲・低気圧等)に与える影響					
					研究船等、係留系、モデル
④ 海洋(成層・深層循環・物質循環・生態系など)に与える影響					
1 北極海の循環と海水変動およびその物理過程モデリング					
					同化データ、モデル衛星
2 北極海の淡水収支の変動					
					衛星、モデル
3 海水生産量のマッピングと沿岸観測					
					衛星、研究船等
4 北極海酸性化:新評価手法の運用					
					研究船等
5 北極海における物質循環・生態系の変化の定量的な理解					
					研究船等、係留系、AUV
6 北極海の一次生産力と海洋循環					
					衛星、研究船等、AUV等
7 北極海からのメタン放出・海底永久凍土の融解によるメタン放出					
					研究船等、AUV等
8 陸域からの淡水及び物質供給が海洋生態系に与える影響					
					研究船等、係留系、AUV等
⑤ 海水変動予測					
					研究船等、AUV等
<1.5 雪氷圏・水循環>					
① 氷河水床					
1 北極における氷河の縮小傾向把握と予測					
					衛星、海外観測拠点
2 グリーンランド氷床の変動メカニズムと将来予測					
					衛星、海外観測拠点、スーパーコンピュータ
3 気候と氷床流動・不安定化					
					掘削
② 永久凍土					
4 永久凍土域における物質循環(氷・炭素)の定量的な解明					
					衛星、データアーカイブ
5 永久凍土の気候システムにおける役割・フィードバック解明					
					スーパーコンピュータ、データアーカイブ
6 海底永久凍土およびその融解による海洋への影響(メタン放出)					
					研究船等、AUV
③ 降積雪					
7 陸域変動モデルによる再現及び予測:植生・積雪凍土を含んだ地表面過程のモデル比較					
					衛星、データアーカイブ
8 温暖化と陸域関連変動:陸域雪氷被覆と温暖化増幅					
					衛星、モデル
④ 水文過程					
9 温暖化に伴う水循環の変動					
					衛星、データアーカイブ
<1.6 古環境から探る現在未来の環境変化>					
① 温暖化に伴う氷床表面質量収支変動・氷床流動メカニズムの解明					
					スーパーコンピュータ、国内拠点
② 過去の北極温暖化増幅の現在との違い及びその要因					
					スーパーコンピュータ、国内拠点
③ 過去のグリーンランド氷床の変動とその要因					
					掘削
<1.7 環境変化の社会への影響>					
① 気候変動による影響:異常気象、森林火災、農畜生産等					
					海外観測拠点
② 陸域変動による影響					
					衛星、海外観測拠点
③ 海洋変化による影響					
					衛星、研究船等
④ 太陽活動や超高層大気の変動の影響					
					レーダ系
⑤ 人間社会への対応					
					スーパーコンピュータ、衛星、同化データ、データアーカイブ、専門家派遣

＜2.1 ジオスペース・超高層・中層大気＞					
① 下層大気から超高層大気までの大気上下結合過程					スーパーコンピュータ、同化データ
② 温室効果ガスの増大に伴う、中層・超高層大気の寒冷化					レーダ系
③ 下層大気で励起された大気波動による中層・超高層大気の熱的・力学的構造への影響					スーパーコンピュータ、同化データ、レーダ系
④ 電離圏擾乱現象の有効かつ確実な検出と予測					レーダ系
⑤ 太陽風・磁気圏から北極域への電磁・粒子エネルギー侵入過程					レーダ系
⑥ 北極域から中低緯度の中層・超高層大気へのエネルギー・物質循環過程					レーダ系
⑦ 中層・超高層大気の微量成分変動の下方伝播とオゾン濃度への影響					衛星、データアーカイブ、レーダ系

＜2.2 生物多様性＞					
○陸域					
① 人間活動の北極陸域生態系への影響					衛星、データアーカイブ
② 生物多様性への影響					衛星、海外観測拠点、データアーカイブ、AUV
③ 生物多様性の変化が高次動物や気候に与える影響					
○海洋					
④ 陸域・大気物質が海洋生態系・多様性へ与える影響					衛星、研究船等、係留系
⑤ 低次生態系の物質循環に果たす役割					衛星、研究船等、係留系
⑥ 北極海における食物連鎖と生態系変化・多様性との関係					衛星、研究船等、係留系
⑦ 気候変動に伴う海洋の成層化・脱陸・酸性化の生態系・多様性に及ぼす影響					衛星、研究船等、係留系

＜2.3 凍土＞					
① 永久凍土の現状の把握					衛星、海外観測拠点
② 永久凍土の構成物質の不均一性					データアーカイブ
③ 永久凍土の昇温・融解の様態・規模					海外観測拠点

＜2.4 固体地球＞					
① 北極海海嶺熱水系の海洋環境との相互作用					衛星、研究船等
② 氷床変動と地殻変動					衛星
③ 北極海形成過程における大気—氷床—海洋相互作用					研究船
④ 数千年～数十億年スケールにおける地球表層環境変動と北極海・周辺大陸の発達過程					