

# 北極域研究における調査観測体制について

平成 25 年 7 月  
科学技術・学術審議会  
研究計画・評価分科会  
地球観測推進部会  
北極研究戦略小委員会



— 目次 —

1. 今次検討の趣旨	1
2. 北極域観測の現状と課題	1
(1) 大気観測	1
(2) 海洋・海氷観測	3
(3) 陸域観測	4
(4) 生態系観測	6
(5) 海底地形・資源関係観測	7
(6) 北極海航路利用関係観測	7
3. 北極域研究の充実に向けた今後の取組	8
(1) 国際連携の強化	9
① 多国間協力	9
② 二国間協力	10
(2) 観測プラットフォームの充実	12
4. まとめ	14
別添資料 1 北極域観測の現状と課題	
別添資料 2 北極域における観測地点	
別添資料 3 北極における国際組織等について	



## 1. 今次検討の趣旨

科学技術・学術審議会に設置された北極研究検討作業部会の方針に基づき、平成23年度より「北極気候変動研究プロジェクト」が開始された。このプロジェクトにおいては、①北極域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氷分布の将来予測の4つの戦略研究目標を掲げ、調査研究活動が展開されている。本プロジェクトは開始から2年が経過したところであるが、プロジェクトの進展に伴い、所要の研究を行うために必要な観測網の充実や体制の強化の必要性も明らかになってきている。

一方、我が国は、本年5月に北極評議会のオブザーバー資格が承認され、北極域の環境監視・評価や保護、汚染対策、動植物保護等の活動に一層の貢献を果たすべき立場となった。北極評議会オブザーバー国としての役割を果たしていくためにも、北極域における国際的な調査観測活動に積極的に参画していくとともに、我が国の調査研究活動を充実し、北極評議会参加国等に有益な情報を提供していくことが重要である。

以上の状況を踏まえ、我が国として整備・充実すべき調査観測体制の現状と課題を整理し、今後必要となる取組について検討を行うこととした。

## 2. 北極域観測の現状と課題

北極域は、気候の厳しさや観測拠点が限られていることなどからアクセスやデータの取得が困難な地域が多く、観測活動を行うに当たっては北極海沿岸国等との国際協力が大前提となる。このような中、我が国は北極海沿岸国との二国間協力や多国間協力の枠組みにより、我が国の観測拠点を設けたり、国際共同観測を行っている。また、他国の砕氷船や北極圏国の観測ステーションを利用するなどにより、観測の機会を確保している。以下、主要観測分野ごとに観測の現状と課題を概括する。また、観測の現状と課題に関する総括表を別添資料のとおり取りまとめた。

### (1) 大気観測

#### (現状)

- 気温、降水量、風、気圧などの気象基本要素については、研究プロジェクトによる観測データに加えて、世界気象機関(WMO)が統合する全球的な地上・ゾンデ観測網による現地データ、及び米国国立環境予報センター、ヨーロッパ中期予報センター、我が国気象庁が作成する長期間の全球再解析データを利用し、地表面における水収支・熱収支及びストームトラック(低気圧が頻繁に通るところ)の維持過程等のプロセス研究や気候変動等の研究を実施。
- 温室効果気体の高精度モニタリングについては、ノルウェー・スバルバル諸島の

ニーオルスンの観測拠点で実施。

- 中層、超高層大気については、欧州非干渉散乱（EISCAT）科学協会（欧州諸国、日本、中国の6か国が参加）の大型レーダーを用いた電場等の物理量観測、アイスランドでのオーロラの南北共役性同時観測、アラスカやカナダ北部での超高感度イメージャーによる大気光・オーロラ観測等を実施。
- 雲・エアロゾルについては、ニーオルスンにおける地上リモートセンシングによる現地観測データ及びアメリカ航空宇宙局、アメリカ海洋大気庁、宇宙航空研究開発機構（JAXA）等の運営する各種人工衛星データを利用し、放射収支及び水・物質循環に関するプロセス研究や気候変動等の研究を実施。
- 北極海域では、一年の大半が海氷に覆われるため、海氷が融解する暖候期の大陸沿岸域上空の観測が主体であり、これまで海洋地球観測船「みらい」の北極海航路において、ラジオゾンデ観測、ドップラーレーダー観測、エアロゾル観測、気象基本要素の連続観測等を実施。

（課題）

- 気温、降水量等の再解析データの精度が、観測点が少ないために低くなっている。特に、降水量は大気の熱輸送に深くかわり、地域社会への影響も大きいため、その精度の向上が求められる。再解析データの精度向上のためには地上及びゾンデによる気象基本要素の観測体制の増強が重要であり、そのため米国、ドイツ、ロシア、ノルウェー、カナダ等との国際連携の推進が必要である。また、既存の観測点においても、降水（雪）量及び大気境界層の観測データを充実させていく必要がある。観測データの充実併せて気象モデルにおける大気境界層過程、雲・降水物理過程、地表層物理過程などの精緻化に向けた研究を進める必要がある。
- 温室効果気体の高精度モニタリングは、環北極観測網での観測が重要であり、既存で実施されているアラスカ、カナダ、スバルバル諸島以外の観測空白域であるロシア・シベリア域などで観測点の拡充が必要である。これにより、温室効果ガス発生域から遠いスバルバルと発生源に近い他の地域の両方の観測を実施できることから、長期・短期、広域・地域の変動を分離解析することが可能になる。
- 全大気圏環境の包括的理解のためには、極域特有の現象である波動の大気下層から上層への伝播や、これに伴って起こる大気の上下間結合過程、太陽風として飛来する荷電粒子の流入・流出過程の定量的な観測が重要である。このため、極域超高・中層大気の三次元高精度観測や広域なネットワーク観測が必要である。また、大気三次元構造を把握するため、航空機による定期的なドロップゾンデ観測、数値モデルによる短期・長期予測が必要である。
- 雲・エアロゾルの状態を広域に把握し、気候変動への影響を明らかにするためには、人工衛星を用いた広域の三次元的なリモートセンシング観測を継続することが必要である。また、観測装置の高度化や取得したデータを気象物理量に変換するためのアルゴリズム技術の向上に取り組む必要がある。これらリモートセンシングデータから引き出される雲粒数濃度、雲水・雲氷量等の雲物理量、雲・エアロゾルに含まれる化学成分等の推定値は、航空機、気球等を用いた直接観測によって検証されることが必

要である。

- 北極海域においては、基本気象要素の観測データ不足により、気象場を正確に把握できず、研究の大きな障害となっている。最近では、北極域の気象場の精度の低さが中緯度の予報精度の低下にも影響していることが判明している。データ不足を補うためには、北極海域を取り巻く大陸域での効果的な観測実施とデータ同化手法を組み合わせることが有効であり、データを有する米国、ドイツ等との連携が必要である。

## (2) 海洋・海水観測

### (現状)

- 海水分布の観測の主力は人工衛星を用いたリモートセンシングである。天候によらず広範囲のデータがほぼ毎日得られるマイクロ波放射計によるデータを活用しており、海水の被覆度（密接度）の研究を実施。
- 海水の密接度とメルトポンド率（海水面積の中で氷上にできた融解池が占める割合）、厚さについては、夏にカナダの砕氷船「ルイサンローラン」を用いた電磁式氷厚計やマイクロ波放射計、レーザー・センサーを用いた観測、カメラを用いた連続観測を実施。
- 海水の漂流速度の現場観測データを取得するため、夏季にカナダの砕氷船「ルイサンローラン」及び韓国の砕氷船「アラオン」を利用し、係留系を用いた定点観測を実施。また、衛星マイクロ波放射計画像の解析により、全海水域における海水漂流速度データセットの作成を実施。海水移動ベクトルの解析により冬季の海水の集積、発散、凍結等の海水成長が計算され、翌年の夏季の海水変化予測に利用されている。
- 国際北極ブイ観測計画（IABP）の漂流ブイを用いたGPS観測の気象データ等を活用して研究を実施。
- 海洋（水温・塩分）については、夏季にカナダの砕氷船「ルイサンローラン」、韓国の砕氷船「アラオン」や海洋地球研究観測船「みらい」を用いた塩分・水温・水深計（CTD）による観測、投下式水温・塩分・水温深度計（XCTD）による鉛直構造観測及び表層連続観測を実施。また、係留系や漂流ブイを用いた通年定点観測を実施。

### (課題)

- 海水分布について、空間解像度の高い観測が求められており、高精度の合成開口レーダー（SAR）を搭載した人工衛星による観測が必要である。また、間接観測である衛星観測データを活用するためには、現場における直接観測データを用いたアルゴリズムの開発と精緻化が不可欠である。
- 現在、船舶による現場観測が夏季に限定されており、夏季の海水面積縮小の原因解明や予測のために不可欠な結氷期（春及び秋冬）の観測が実施できていない。これを実施するためには、航空機観測、砕氷観測船による観測が必要不可欠である。
- 他国の砕氷船を傭船して観測を実施する場合、観測時期、対象海域を選定できない。また、突然の航行変更等がありうるため、確実に毎年の観測計画を立てることが難しい。毎年安定的な観測活動を実施するためにも、我が国独自の砕氷観測船が必要である。

る。

- 海氷下から水深40mまでは、海洋が海氷消長に影響を及ぼす重要な深度帯であるが、係留系を用いた定点観測では、積み重なった海氷と係留系が接触し、係留機材を亡失する可能性があるため、観測ができていない。このため、空白深度帯をカバーできる技術（例えば、海氷自動検知システムなど）の開発が必要である。
- 現在は、海氷の直接観測は、氷上からのピンポイント観測が主体であるが、今後は、氷盤全体を捉えるために、自律無人潜水艇（AUV）を活用した先端的な観測が求められる。これにより、海氷下面の形状と海洋海氷間相互作用の関係など、未知の重要なプロセスの研究に新たな展開を見出すことが可能となる。また、沿岸域に集中する北極海主要海流の横断観測により、水平熱フラックスモニター等の飛躍的発展が見込まれる。以上の達成のため、強流域で自律航行可能な AUV の開発、海氷下での位置同定技術の開発が必要である。
- 漂流ブイによる観測には安定した厚い海氷が必要であるため、科学的に重要である夏季に海氷が消滅する海域において観測ができない状況に陥っている。このため、海氷残存域、消滅域での重要プロセス（海氷成長、海氷融解プロセス）を時空間的に監視できる観測手法（砕氷船、耐氷船、係留系、漂流ブイ、氷上観測、AUV）を組み合わせた最適な観測が必要である。また、一つの国では機器の開発や調達、実施できる観測領域は限界があるため、アルゴ計画（全世界の海洋の状況をリアルタイムで監視・把握するシステムを構築する国際科学プロジェクト）のように、国際的な枠組みのもとで運用・分担・実施を行うことが必要である。

### （3）陸域観測

（現状）

- 凍土については、シベリアのヤクーツク、アラスカ、カナダ周辺で永久凍土の分布や融解等の観測を実施。
- 土壌水分については、東シベリアのスパスカヤパッドで、植生との関係の調査を約15年継続して実施。
- 積雪水量については、シベリア、アラスカで、融雪前に積雪全量を採取して積雪水量を測定。
- 氷床・氷河については、グリーンランド氷床縁辺部で融解及び氷河の崩壊観測を各国（ヨーロッパ諸国、アメリカ、カナダ、日本、中国、韓国）が実施。また、グリーンランド氷床上で、ブラックカーボン、ダストの降下量、微生物の繁殖の観測を実施。
- 氷河変動については、世界各国の分担観測により、カナダ北極圏、アラスカ、グリーンランド氷床周囲、スバルバル諸島、アイスランド、スカンディナヴィア、シベリア等で観測を実施。また、人工衛星による広域観測では重力変化により氷河質量を求めめる方法の観測も実施。
- 森林火災に関しては、火災の発生早期検出による北方森林域の防災、火災による二酸化炭素発生、地表面の露出による土壌温度上昇や凍土融解などの影響が懸念されている。広域観測体制については、宇宙航空研究開発機構（JAXA）と国際北極圏研



究センター（IARC）でアラスカ観測システムが構築されている。各地の火災の発生と延焼の監視、火災終了後の森林域の変化、落雷と火災発生との関連を解明するための森林火災の観測を実施。また、森林火災量から二酸化炭素発生量を計算する取組も実施。

（課題）

- 凍土については、現地でボーリング孔を掘っての実測に限定されている。このため、現地の観測者の協力が必要。カナダでは現地コミュニティと協力して永久凍土の地温監視網の構築を開始したが、シベリア域でも現地の研究者と協力して観測網の構築が必要である。
- 土壌水分については、測器の維持管理が必要であるため、観測地点が限定されている。このため、太陽電池の導入などによる維持管理の負担の少ない観測システムの設置が必要である。
- 積雪については、積雪断面観測などを行って積雪の雪質変化を観測することが重要である。積雪断面観測は自動計測が行えないため、その観測が可能な人材の確保が必要であり、現地に居住する観測協力者を育成して観測を行うことが必要である。また、世界気候研究計画（WCRP）等による国際プロジェクトとして各国の気象現業機関の活動に含める形で国際雪氷監視（GCW（Global Cryosphere Watch））が、計画されている。この観測を研究に活用するために、監視地点の配置や得られたデータの集計や公開等が必要であり、このためには、各国のモニタリング観測との連携が必要である。
- 氷河観測については、国際的に見ても北極域での長期間モニタリング観測の例が少ないため、特定の時期の写真などで判明できる氷河面積、雪線高度、平衡線高度とともに、測量が必要になる厚さ分布、氷河質量収支、氷河流動速度、融解水、氷河上気象や表面アルベド、氷河内部温度分布等の観測が必要である。また、北極域において網羅的にこのような観測を行うためには、多国間で共同することで観測地点を増やし、データを共有することが必要である。
- 凍土の融解については、地盤、水環境、植生変化等を通じて現地の住民生活への影響が懸念されており、観測者がその観測情報を、速やかに現地コミュニティへ還元するため、現地現業機関との間での情報流通伝達ルートを築くなどの協力体制の確立が必要である。
- 氷床・氷河では、リモートセンシングによる解析が必要不可欠。グリーンランド氷床の変化観測を行うグリーンランド気候ネットワーク（GC-Net（Greenland Climate Network））のような取組への継続的な参画と氷床上の気象・涵養・消耗データ利用の促進が必要である。また、アメリカ航空宇宙局をはじめとする衛星重力観測により得られる氷床や氷河群の質量変化の活用も始められているが、まだグリーンランド氷床等一部の地域に限られている。今後は、カナダ、ロシア等の他地域の氷河等においても活用を図っていくことが必要である。

#### (4) 生態系観測

##### (現状)

- カナダの砕氷船「ローリエ」を利用し、海域において、夏から秋にかけて生物の分布、種組成、現存量の観測を実施。
- 海洋地球研究観測船「みらい」を利用し、海域において、採水分析観測による生物観測、プランクトンネット等による試料採集とその分析を実施。
- 陸域生態の水、熱、CO<sub>2</sub>、土壌呼吸については、東シベリアのヤクーツクで森林、ティクシでツンドラ観測を実施している。フラックスの基本情報の取得により、生態系の炭素固定量の推定を実施。
- 国際北極圏研究センター（IARC）との協力により、アラスカにおいて一般気象観測・研究を実施。長期定点観測、太平洋岸から北極海沿岸までを縦断したアラスカの森林、ツンドラの広域観測を実施。
- 高緯度北極ツンドラ生態系は、アクセスが困難なこと及び経費がかかることから、ごく僅かの地域でしか研究が行われていない。また、スバル諸島スピッツベルゲン島のツンドラ生態系では、夏季の観測のみを実施。
- 毎年夏季にスキャンディナビア、カナダで移動観測を実施。

##### (課題)

- 海洋生態系の観測においては、生物生産・活動が活発になる春から初夏及びその準備期間である冬季の観測が必要。特に、砕氷船による直接観測が不可欠である。また、今後は、生物間、空間内での物資収支や、エネルギーのフロー解明を目指した観測も必要である。
- 陸域生態は、冬季データの欠測が多い。気温降水量等は通年データが必要であり、このため、冬季観測期間中も継続的に機器等のメンテナンスが行えるような人員体制を組むことが必要である。
- 特に、ロシア及びカナダ北部での観測点が不足しており、ロシア及びカナダとの研究協力によりスーパーサイトの設置・維持、サテライト観測点の展開、これらの連続観測や定期観測の実施を行いうる協力体制の構築が必要である。
- アラスカ内陸部の凍土条件と植生区分を踏まえた観測網の充実が必要であり、この観点から国際北極圏研究センター（IARC）との協力の継続が必要である。連続観測や多点観測を行い得る体制の維持や、観測場所、知識や技術を継承できる継続的な研究体制を維持するために新たな研究者を投入することも重要である。
- 生態系の変化が進行していく中で、陸域において早期にモニタリング地点の設置と長期継続できる体制を作る必要がある。カナダやロシアといった広大な観測空白域にモニタリング地点を設置しそれを長期継続させるためには、現場観測の協力者の養成が必要である。
- 高緯度北極ツンドラ生態系は、気候変動に対して脆弱であるとともに、土壌中に蓄えられている多量の有機炭素の分解が温暖化によって促進され、温室効果ガスである二酸化炭素を放出する可能性が示唆されている。そのため、炭素循環に関する長期モ

ニタリング体制の確立及び現状理解や将来予測を行うための研究体制の確立が必要であり、長期にモニタリングを行うために必要な観測拠点の設置・整備が必要である。

#### (5) 海底地形・資源関係観測

##### (現状)

- 韓国の砕氷船「アラオン」や海洋地球研究船「みらい」を利用し、海底地形、地質構造の調査、堆積物の採取を実施。
- 日米欧が主導する統合国際深海掘削計画（IODP）において、中部北極海ロモノソフ海嶺において科学掘削が行われ、北極海が形成された5500万年前の堆積物を採取。

##### (課題)

- 氷期における氷床の広がり、現在の海底地形の成り立ちを理解する上で、海底地形、地質構造を把握し、堆積物層序を確立することが必要である。
- 砕氷船を用い、音波探査装置による海底地形と地質構造の調査や海底からの堆積物等の採取により、予察的層序を確立することが重要である。
- 掘削の最適地を選定するために詳細な事前調査を行うことが必要である。
- 北極海で行われた科学掘削はロモノソフ海嶺のみであり、北極海の形成史、地質構造を理解するには不足している。今後、更なる掘削により実際の資料を得て、解析を進めることが必要である。

#### (6) 北極海航路利用関係観測

##### (現状)

- カナダの砕氷船「ルイサンローラン」を利用し、海水飛沫計、船体動揺計、電磁誘導式氷厚計、マイクロ波放射計、インターバルカメラを用いた観測、目視観測による海氷密接度、氷厚、メルトポンドの観測を実施。加えて、航行・操船のモニタリングを行い、氷況との照合を実施。
- 衛星観測や船舶搭載レーダーを利用して海氷分布情報を収集し、分析を実施。また、冬季の海水漂流情報から夏季海氷分布の予測を実施。
- 北極海航路の利用に関し、資金投資の判断や実際の利用に必要な、海氷の10年単位の長期変動予測、各年度の航行計画策定のための海氷の季節予測、航行支援のための短期海況情報提供と数日予測等が求められる。このため、気候モデルによる計算実施や、現場観測情報収集、衛星広域観測などによる統計予測等の技術開発を実施。

##### (課題)

- 現場観測について、時期が夏季（主に8月）、海域が北西航路区間及びカナダ海盆に偏っている。時期については海氷融解の始まる5、6月と再結氷が始まる10、11月、海域については、北東航路区間の観測が求められている。このためには、砕

氷観測船による観測が必要である。また、航空機観測との併用も効果的である。

- 北極海は、今後季節海氷域化が進むことが予想されており、減少する多年氷のモニタリングや季節海氷化の海氷変化プロセスの把握が必要である。このため、多地点における現場観測が必要であるが、一国で北極海全体を観測するのは困難であり、各国が共同して現場観測を行うとともに取得データの相互利用を可能にする体制の構築が求められる。
- 合成開口レーダー（SAR）の連続観測を継続して実施することが必要。また、衛星観測や予測から得られる氷況情報と実際の航行行動を結びつけるには、今後、数多くの実航行データを収集することが必要である。

### 3. 北極域研究の充実に向けた今後の取組

2. に掲げた北極域観測における課題を克服し、我が国の調査・観測活動を充実していく必要があるが、この際、我が国として取り組むべき活動を念頭に置いた取組が求められる。我が国としては、北極研究検討作業部会報告書（平成22年7月）で取りまとめたとおり、北極がもたらす全球の気候変動へのフィードバックや我が国への影響を的確に予測し必要な対策を講じるため、気候モデルにおける北極地域の水・物質・エネルギー過程の精緻化を図ることを優先順位の高い課題としている。

これに対応するためには、観測研究を通じてプロセスとフィードバック過程を解明し、気候モデルの改良・高度化に反映させていくことが必要であるが、特に、以下に列記するプロセスとフィードバック過程の解明が重要である。

#### ①北極海の急激な変化の発生と原因

海氷の急激な減少や海水温の上昇及び海氷運動の活性化、海氷変化が大気の挙動を制約し海氷変化を加速することなどの総合的理解が必要。

#### ②北極圏の雲、エアロゾル、雪氷が放射収支に与える影響

雲、エアロゾル（特に放射強制力を弱めるブラック・カーボン）、雪氷の変化を観測することが重要。

#### ③氷床・氷河群の変化の実態とその機構

特に融解域が拡大し流速や流出が増大していると言われるグリーンランド、全面的に後退しつつある北極域やユーラシア・アラスカの氷河群の衰退の実態把握が重要。

#### ④永久凍土の融解過程とその影響

特にユーラシア寒冷圏の凍土は北極海域水循環や生物多様性にも大きな影響を与える可能性があり、これについて、凍土融解とその水文学的影響や陸域生態系変化への影響を観測することが重要。また、凍土融解に強く影響する森林火災についての観測も重要であり、陸域生態や大気組成変動にも影響する。

我が国としては、上記の事項を中心に、関連する国際協力や我が国観測体制の充実・強化を図っていくことが必要である。

## (1) 国際連携の強化

### ① 多国間協力

北極における研究・観測活動を円滑に行うための大前提として、北極圏に係る共通の課題（持続的な開発、環境保護等）解決に貢献するために北極圏国が構築する多国間枠組みに、積極的に参画していくことが必要である。特に、本年5月に我が国がオブザーバーとなることが認められた北極評議会においては、我が国の調査研究活動を積極的に発信するとともに、メンバー国等に有益な情報を提供していくことが重要である。また、国際的な北極域観測ネットワークの構築を目指す持続可能な北極域観測ネットワークプログラム（SAON）、北極変化に対応する研究提言や北極観測サミットの開催等を行っている科学者の協議体である国際北極科学委員会（IASC）等の活動に積極的に参画していくことが重要である。

以上のような全般的な協力枠組みに加え、個別の観測事項に特化した枠組みが検討・推進されている。特に、以下に掲げる協力枠組みについては、我が国として重要課題としている気候モデルにおける物質、エネルギー過程の精緻化、グリーンランド氷床の観測、北極海氷上の物理過程の観測を行うものであり、参画を検討すべきである。また、砕氷船の効果的な運行や利活用に関するプロジェクトについて各国で調整されており、我が国も参加を検討すべきである。

#### ○ EISCAT\_3D計画

中層・超高層大気分野の研究推進を主目的に欧州非干渉散乱（EISCAT）科学協会がEISCAT\_3D計画を進めている。本計画は、最先端の多局式非干渉散乱（IS）レーダーシステムを整備し、大気科学、ジオスペース科学、宇宙天気など、幅広い分野での未解明課題のブレークスルーを図ることを可能とする画期的な国際観測計画である。我が国が本計画へ参画することにより、我が国一国レベルではなしえない最先端の観測システムが可能となり、大気・宇宙科学で高解像度の三次元観測を実施することができる。EISCAT\_3D計画は平成26年に協定書を発効して建設を開始し、平成30年から本格稼働する予定である。

#### ○ 北東グリーンランド氷流計画

北東グリーンランド氷流（North East Greenland Ice Stream（NEGIS））計画は、これまでのグリーンランド氷床深層掘削では十分に化学分析ができなかった完新世の氷床コアを採取・分析し、グリーンランド氷床の氷床流動のメカニズムを解明することにより、詳細な気候復元を行うものである。デンマーク、アメリカ、ドイツ及び日本が計画策定を進めており、早ければ平成26年からスタートする予定である。

我が国が本計画に参加することにより、我が国一国ではなしえない共同観測や各国とのデータの共有化が可能となる。

○ 北極気候研究のための学際的漂流観測プロジェクト（MOSAIC）

国際北極科学委員会（IASC）の大気作業部会が中心となって進めている北極気候研究のための学際的漂流観測プロジェクト（MOSAIC）は、北極海氷上の物理過程（表面熱収支、大気境界層、雲微物理等）の詳細な理解とモデル化、及びそれらを予測モデルに反映させることを目的とし、ドイツの砕氷船 Polarstern 号を海氷域に 1 年以上閉じ込め、大気-海氷-海洋の通年観測データを取得するという大型国際観測計画であり、平成 30 年の開始を予定している。

我が国が本計画に参加することにより、取得したデータ及びデータ同化等の手法を用い、北極海航路上の天気予報の精緻化、及び中緯度気候システム（異常気象等）への影響評価が可能となるというメリットがある。

○ 砕氷船の効果的な運行や利活用に関するプロジェクト

砕氷船の効果的な運行に関して、ヨーロッパ各国の観測計画を調整し、最適化すべく、ユーロフリートと呼ばれる公募運用体制が構築されている。

今後は、ヨーロッパのみならずロシア、カナダ、アメリカを含む世界規模での調整機能が必要になってくると考えられ、各国の研究観測砕氷船を如何に全体として有効活用していくかを考えて行くことが重要である。我が国は、従来からの科学的なプレゼンスや共同利用・国際協力のノウハウを活かしつつ、各国の利害を調整し、北極海における研究観測の全体最適を調整・実現する機能の実現と運用にリーダーシップをとっていくことが必要である。

② 二国間協力

我が国における重要観測項目のうち、特に海氷、氷床・氷河、永久凍土については、観測地域を領土または排他的経済水域とする北極圏国との協力が必要不可欠である。これまでの我が国の観測実績やカナダ、ロシアを中心とする観測空白域の状況を踏まえれば、特に、アメリカ、カナダ、ノルウェー、ロシアとの間で以下に掲げるような協力の強化を検討すべきである。

（アメリカ（アラスカ））

日米両国が共同で設置した国際北極圏研究センター（IARC）は、世界的に見ても北極域研究の重要な拠点である。我が国は、これまで海洋研究開発機構（JAMSTEC）や宇宙航空研究開発機構（JAXA）が中心となり、海洋循環、海水温・塩分、海洋生態系、海氷、森林火災、陸上積雪分布と河川流出、凍土地形観測に関する共同研究、人工衛星データの利用等で協力を行ってきたところであるが、IARCを更に活用することを検討すべきである。その際、我が国におけるIARCのカウンターパートとして、国立極地研究所の北極研究の中核的機関としての機能を強化する必

要がある。具体的な協力としては、IARCをハブとして国際的な研究ネットワークに参画していくことや、IARC以外の研究機関も含めた研究協力を進めていくことが期待される。また、IARC及びIARCが立地するアラスカ大学フェアバンクス校(UAF)が持つ人材育成機能を活用し、若手研究者の派遣や定期的なワークショップを開催すること等を検討すべきである。

#### (カナダ)

カナダ極北地域は、アクセスの悪さにより広大な観測空白域となっており、環北極域環境変動観測における大きな課題となっている。この空白域を埋めるため、カナダ政府は、カナダ極北観測拠点(CHARS)計画を進めており、平成29年にはビクトリア島ケンブリッジベイに国際的な観測拠点が開設される見込みがある。ケンブリッジベイ観測拠点は、北極域の環境変動の多様性を解明する上で重要な位置にあり、我が国もCHARS計画に積極的に参加し、同拠点を有効に利用し得る協力関係を構築すべきである。

また、我が国の北極海の海氷・海洋観測の多くは、カナダとの共同研究により、同国の砕氷船を利用して行っている。我が国は北極域を調査するための独自の砕氷船を持たないため、引き続きカナダとの協力関係を維持するとともに、我が国研究者のカナダ砕氷船利用がより円滑かつ柔軟に行えるようなスキームの構築が望まれる。

さらに、我が国とカナダとのこのような協力関係を維持・発展させるため、カナダの北極研究者の団体であるカナダ北極エクセレンスセンターネットワーク(Arctic Net)と連携し、両国を繋ぐ人材の育成を強化していくことが期待される。

なお、本年1月に開催された日加科学技術協力協定に基づく科学技術協力合同委員会で、北極研究が日加科学技術協力の重点領域として位置づけられており、上記のようなことを進めていく機運が高まっている。両国政府機関間のネットワークも活用した取組を期待する。

#### (ノルウェー)

ノルウェーとの間では、ニーオルスン観測基地における観測活動を中心として、温室効果気体の連続観測、氷河後退域の植生調査等多分野にわたる共同研究を実施し、メタン濃度上昇と温暖化への影響や温暖化による環境変化の解明などの成果をあげており、今後とも共同研究を強化することが期待される。

なお、本年は日本ーノルウェーの科学技術協力協定締結10周年であり、北極研究セミナーやワークショップの開催が予定されている。これらの機会を通じて、ニーオルスン基地の常時観測体制やニーオルスン観測村での共同観測体制の強化を検討するとともに、スバルバル諸島ロングイヤービンにある高等教育機関・スバルバル大学拠点との人材育成に関する協力を検討することが期待される。

#### (ロシア)

ロシアは北極域に最大の領土・領海を有し、北極域観測を実施する上では避けては通れない国である。一方、日・ロ間の北極関連の研究交流が少ないなどの理由に

より、共同研究の実施が難しく、国土の広大さから観測の空白域も大きい。また、我が国を含めた各国が利用できる観測拠点が極めて少なく、環北極域環境変動観測を実施するに当たって、大きな課題となっている。

現在、ロシア北極南極研究所、ロシア永久凍土研究所、ロシア生物研究所との間で個別に共同研究を実施しているところであるが、今後は、既存の協力機関との関係をさらに深めつつ、現地現業機関とも連携し、基礎的な観測データの収集を進める必要がある。また、それら観測を担う現地協力者を育成する方策も検討すべきである。以上の取組を行うに当たっては、ノルウェーやIARCが有するロシアとのネットワークを積極的に活用していくべきである。特に、IARCはロシアとの関係が良好で、ロシア人研究者が多数在籍するため、今後、広大な観測空白域であるロシアでの観測計画を円滑に進めていくためにも、IARCとの戦略的な協力関係の構築・維持が重要となる。

## (2) 観測プラットフォームの充実

我が国の調査・観測体制の課題と我が国として重視する研究観測項目を踏まえれば、以下に記述する我が国独自の砕氷船の整備、観測拠点の整備、衛星データ活用基盤の整備が特に重要である。また、我が国の高い技術開発能力を活かし、自立型無人潜水艇(AUV)、海水の有無にかかわらず観測できる漂流ブイなど北極観測特有の観測機器の開発などが求められる。

### (我が国独自の砕氷船の整備)

海洋・海水観測に関しては、砕氷船による観測が不可欠であり、現在、カナダや韓国の砕氷船を利用して観測を実施している。その際に、利用する国の事情により、航路や日数、計測項目が制限されることが少なからず発生しており、海洋・海水観測に支障を来している。

現状の北極海に最適化された自国の砕氷船による北極観測を行うことは、我が国の自律的な観測活動を保障するとともに、新たな観測手法の開発の可能性や我が国の国際的プレゼンスの向上が期待できる。このため、我が国独自の砕氷船の整備や、南極観測船「しらせ」の活用を検討すべきである。我が国の砕氷船整備に当たっては、これを最大限に活用すべく、我が国研究者の利用にとどまらず国際的な北極観測プラットフォームとして海外研究者の利用に供するなど、多角的な検討を行うべきである。なお、南極観測船「しらせ」の活用については、南極観測事業の時期や期間等との関係や運用上の制約など、解決すべき課題が多い。

### (観測拠点の整備)

拠点の整備は、研究者が現地で円滑な調査観測を遂行するために極めて重要である。我が国では、ノルウェーのスバルバル諸島ニーオルスン基地を国立極地研究所が観測拠点として整備してきたが、継続しているモニタリングや投入される新機器による観測力の向上とは逆に、基地のインフラ設備及び居住機能の老朽化が課題となってお



り、情報インフラ等について早急に抜本的な対策が必要である。

また、アメリカの I A R C を人材育成機能も含めた観測・研究拠点として強化するとともに、カナダにおける拠点構築のためカナダ極北観測拠点（CHARS）計画への参加を検討することが必要である。さらに、広大な観測空白域があるロシアにも観測拠点が必要であり、国際的な研究ネットワークを活用するなどして早急に拠点構築に向けた取り組みを進めるべきである。

#### （衛星データの活用基盤の整備）

現在、宇宙航空研究開発機構（JAXA）の水循環変動観測衛星「しずく（GCOM-W）」、温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」等を活用して観測データを収集し、水循環や温室効果ガスの研究を実施している。今後、「気候変動観測衛星（GCOM-C）」、「だいち2号（ALOS2）」、「EarthCare 衛星」の打ち上げが予定されており、エアロゾル、雲、森林の状況などに関わるデータの取得が期待される。また、国立極地研究所と JAXA とで衛星データの活用に関する包括協定が締結され、国立極地研究所の北極域データアーカイブを通じて各種衛星データが公開されることとなっており、研究者コミュニティでの一層の利用促進が見込まれている。

しかしながら、日本の衛星情報だけでは必ずしも十分な観測情報を得ることはできないため、今後は、カナダの「RADARSAT2」の合成開口レーダの観測情報、米国及びフランスの「CALIPSO」の雲情報、欧州宇宙機関（ESA）の「CRYOSAT」による海氷厚さ等の雪氷情報、米国の「ICESAT」の表面高度変化情報、米国とドイツの「GRACE」の重力測定情報等の海外の衛星観測情報を利用することにより観測データの高精度化を図っていくことを検討する必要がある。

これら衛星観測データを活用するためには、膨大な量のデータを短期間で処理するための計算機資源の確保も重要となる。また、衛星データをリアルタイムに観測現場へ提供するためのデータのリアルタイム配信システムの構築も必要である。

さらに、現在まだ定常的に得られていない海氷厚情報については、衛星によるデータ取得のため、衛星高度計などを国際的に、かつ、計画的に整備、運用する仕組みを整えることを検討する必要がある。

#### （観測装置）

観測装置に関しては、今後、より精緻な観測を行うために更なる技術開発が必要となる。海洋・海氷観測においては、漂流ブイは海氷に設置するものであり、氷のないところでは稼働できず、また観測海域は海氷の動きに規定されてしまうため、海氷の有無に左右されず能動的にデータを取得できる海氷検知システムを搭載した自動昇降ウインチ式係留系の開発が望まれる。この係留系を用いれば、観測が不可能であった海氷下面から水深40mの観測も可能となる。また、氷海域における自律無人潜水艇（AUV）の利用はなされていなかったが、深海探査で培った我が国の技術を応用すれば活用が可能であり、今後、強流域でも活用できる自律無人潜水艇（AUV）を開発し、活用を検討する必要がある。

また、大気観測においては、高頻度、広範囲の観測が可能とするためには、気象観測

ゾンデ自動放球装置、無人小型航空機の活用が望まれる。

#### 4. まとめ

北極観測・研究の現状と課題を踏まえつつ、国際連携の強化や観測プラットフォームの充実について検討を行った。

我が国が北極評議会オブザーバー国としての役割を果たしていくためにも、北極域における国際的な調査観測活動に積極的に参画していくとともに、我が国の調査研究活動を充実することが重要である。今後は、今次検討結果も踏まえ、国際協力の強化、拠点整備や研究者交流の促進、船舶、衛星等プラットフォームの充実強化がなされることを期待する。