

「北極気候変動研究」
の重点研究課題・研究基盤等に関する検討報告書（案）

作成年月日：2011年6月24日

作成世話人：大畑哲夫、榎本浩之、山内恭、安成哲三

本件に関する連絡先：北極環境研究コンソーシアム・準備事務局
国立極地研究所・北極観測センター内

報告書の構成。

1. はじめに
2. 重点課題検討方法
3. 北極気候システムの概要
4. 重点課題の内容と性格
5. 重点課題の概要
 5. 1 検討経過
 5. 2 重点課題
6. 重点課題解明を通じた社会貢献
7. 研究基盤
 7. 1 海洋観測基盤
 7. 2 大気観測基盤
 7. 3 陸上観測拠点・ネットワーク
8. データ基盤
 8. 1 衛星データ
 8. 2 現場観測データの現状と課題
 8. 3 統合データセットについて
 8. 4 データセンターの必要性
9. その他
 9. 1 実施体制
 9. 2 人材育成
- 10 おわりに

<資料>

- 資料1：4月11～12日全体会議事録。
- 資料2：同上・アジェンダと参加者一覧。
- 資料3：分野別検討17研究課題。
- 資料4：8重点研究課題。(4月会合検討結果)
- 資料5：北極研究戦略小委員会提出資料。

1. はじめに

本冊子は、文科省として 2011 年度から実施を計画している「北極気候変動研究プログラム」における重点研究の概要および実施に関する事項に関して研究コミュニティの検討結果を記したものである。本作業が実施された経緯は、2010 年度に設置された地球観測推進部会・北極研究検討作業部会の旧主査（安成哲三）に対し文部科学省・海洋地球課が研究課題の検討を依頼されことにより、当該部会の旧メンバーを中心に関係者を組織し議論を重ねたものである。2 月から作業を開始したが、内容は主として 4 月 11～12 日に行われたの全体会合の結果得られたものである。検討期間は 2 カ月程度と短く、しかもその最中に東北北関東大震災が重なったため、関係者の移動が難しい状況もあり十分な議論ができなかった部分もあるが、相当量の意見交換と議論を重ねて作成したものである。本報告書の主要部分は、4 月に開催された北極研究戦略小委員会に資料として提出した。本報告書は、北極環境コンソーシアムのプレ活動の一つとし位置づけ、コンソーシアムの資料として残す予定である。

2. 検討方法

研究分野別のグループに分け、それぞれで議論を開始し、4 月 11～12 日の全体会合において横断的課題の検討、および研究基盤に関する検討を行った。

2. 1 組織

5 研究分野の検討 G、4 つの基盤関係 G および総括 G を形成。各 G の代表は以下の通り。（3 月末段階）

海洋・海氷 G：大島慶一郎、榎本浩之

大気 G：山内恭、榎本浩之（暫定）

陸域 G：杉本敦子、石川守

雪氷 G：大畑哲夫

モデル G：野沢徹、大内彩子

海洋研究基盤：未定

陸上観測拠点：未定

衛星データ：榎本浩之

観測データ：大畑哲夫

総括 G：安成哲三

2. 2 作業の経過

2 月 8 日：旧部会メンバー会合（JAMSTEC 東京事務所）。

分野別検討 G を形成し、重点課題の検討を始めることとした。

2 月 28 日：方針をメールにて送付し、各グループでの検討が始まった。

3 月 3 日：陸域 G の第 1 回会合（東京オフィス）。

3 月 9 日：雪氷 G の第 1 回会合（JAMSTEC 東京事務所）。

3 月 22 日：陸域 G の第 2 回会合（東京オフィス）

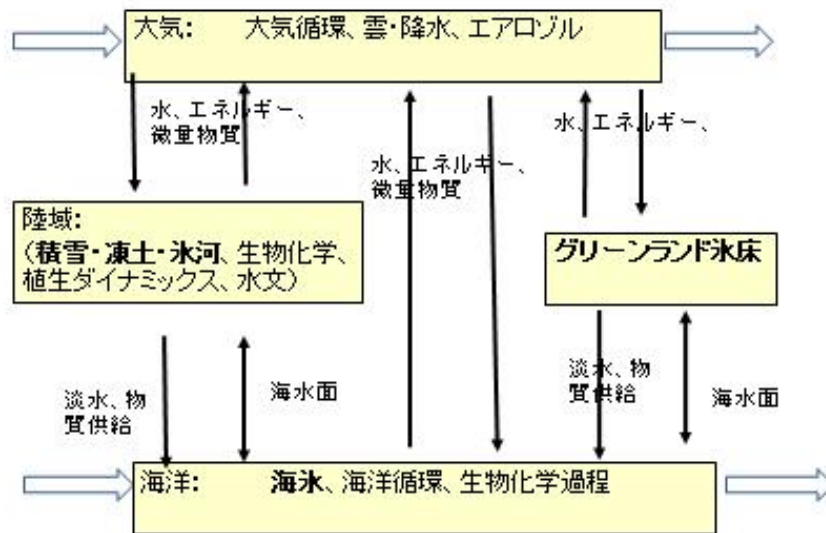
海洋・海氷 G の第 1 回会合（東京海洋大学）

3 月 25 日：雪氷 G の第 2 回目会合（航空会館（港区））

- 4月2日：雪氷Gの第3回会合（北海道大学）
- 4月6日：陸域Gの第3回会合（北海道大学）
- 4月7日：衛星データGの第1回会合（北大・東京事務所）
 大気Gの第1回会合（極地研（立川））
- 4月11日～12日 全体会合（一ツ橋記念講堂（竹橋））33名参加

3. 北極気候システムの概要

北極域における気候システム概念図。
 大気・陸域・海洋における水・エネルギー・物質循環。（SEARCH, 2003を改編）



4. 重点課題の内容と性格

本プログラムは、2010年度北極研究検討作業部会の報告書の中の「III. 我が国の北極圏研究の将来戦略 1. 北極圏研究における戦略的重要課題」（以下記述）に基づき、検討を開始した。

1. 北極圏研究における戦略的重要課題

北極圏研究の重要性は、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に基づいており、将来の変化を的確に予測し、必要な対策を講じるためには、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が優先順位の高い課題である。このモデリングの高度化のためには、未だに十分とは言えない古気候を含む観測データの充実が不可欠である。また、北半球高緯度の寒冷圏を含む北極圏での急激な気候変化のプロセスとメカニズムをより精確に評価し気候モデルと対話できる「北極圏システムモデル」の構築も重要であり、このための観測・プロセス研究の高度化も同時に必要である。

これらの気候モデルの精緻化、および「北極圏システムモデル」の構築にあたっては、モデリング研究者が観測研究者と協力して、モデルの高度化・精緻化に必要な観測情報を提示し、観測研究者側は、最適な観測データを提供しつつ、現実のプロセスにとって重要な

新たな観測事実も提示するという観測研究者と気候モデル研究者の協働による進め方が適当と考えられる。

a) 北極圏気候モデルの改良・高度化

近年、北極において地球温暖化の影響と考えられる事象が増加している。すでにここ20年程度の間には北極域では気温上昇、そして顕著な雪氷衰退が起こっているが、特に、2007年夏期に北極海の海氷が激減し、同年9月には海氷面積が観測史上最小となったことは記憶に新しい。しかしながら、現実に行進している北極圏の温暖化と、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）が予測している温暖化には乖離があり、その地域性や物理過程なども含め、まだ大きな不確定性を残している。また、北極振動指数の変化により北極圏の寒気が中緯度地域に流れ込み、地域的な寒波や我が国の不順な天候に影響与えるなど、気候・気象の極端現象に、北極圏の変化がどう作用しているかについては、その重要性にもかかわらず、十分に解明されていない。IPCC 第4次評価報告書においても、「極域の複雑な大気・海洋・陸域凍土及び生態系に対する理解が不十分であり、また観測データの不足により極域のモデル評価にも課題がある」と報告されている。

気候モデルについては、北極海における海氷面積が、その後回復傾向を見せているとは

- 6 -

いえ、IPCC の予測を超える速度で減少したことは、気候モデルにおける北極領域の再現性において大きな課題があることを示している。将来予測を改善し、どのような影響が発生するかを見極めるためには、必要なデータの取得・整備など観測データを充実させ、既存のシミュレーション結果を北極域の気候モデル研究者と観測研究者が協働して解析・検証し気候モデルの改良・高度化を行うことが喫緊に取り組むべき北極圏研究における戦略的重要課題である。

b) 観測研究を通じたプロセスとフィードバック過程の解明

気候モデルの改良・高度化が北極圏研究における最重要課題であるが、この課題に密接に関連した以下に列記するプロセスとフィードバック過程の解明は、地球の水・物質循環や生態系への影響も含めた重要な課題として位置付けられる。

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、海氷減少や海洋循環及び貯淡水量変化に伴う北極海生物化学過程への影響と海洋酸性化が起こっているが、いまだ総合的な理解はできていない。

② 北極圏の雲、エアロゾル、雪氷が放射収支に与える影響

北極圏の気候形成のもとになるエネルギー収支を支配する雲、エアロゾル、中でも放射強制力を弱め地球温暖化作用のあるブラック・カーボンは大気中においても、また積雪や海氷の表面においても大きな影響を与え得るものとしてその実態の把握が必要ある。

③ 氷床・氷河群の変化の実態とその機構

融解域が拡大し流速や流出が増大していると言われているグリーンランド、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およびその水収

支や海水準への影響を早急に把握すると共に、古気候・古環境を研究を通じて過去の地球環境の変化も把握する必要がある。

④ 永久凍土の融解過程とその影響

北半球寒冷圏の凍土融解が進行しているが、その水文学的影響、陸域生態系変化への影響の解明は、陸域からの温室効果気体放出・吸収の変化、その温暖化へのフィードバックも含めた評価が早急に求められている。特に、ユーラシア寒冷圏の凍土はタイガ（北方林）との共生的関係を有しており、温暖化によるこのシステムの変化は、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、その評価は重要である。

この報告書内容を下記に再整理し、作業課題として提示し、検討を開始した。

今後5年間の北極環境研究の主要な課題・テーマ（大課題）

温暖化とそれに伴う海氷減少や凍土衰退などによって、北極域の大気・海洋・雪氷・陸域で構成される北極気候システムが大きく変化し、またそれが北極域外の地域に影響を及ぼすとともに、全球的現象にも影響を及ぼす可能性がある。現状を把握し、統合的に理解することにより将来の変動性に関する知見を高度化する。

以下が主要な研究課題である。

1. 北極気候システムの構成領域の挙動の解明とそれがシステムにもたらす影響。
 - 1-1 北極海における海氷・海洋変動、プロセスと変動性。
 - 1-2 大気循環変動、および雲・降水過程、エアロゾルと放射過程。
 - 1-3 北極周辺陸域での凍土・積雪・植生・水文過程とその変動性。
 - 1-4 10～100年スケールでの氷床・氷河変動の実態と変動性。
2. 北極気候システムモデルの高度化と予測可能性の精緻化。
 - 2-1 北極域諸過程の高精度化と1年～100年スケールでの予測可能性の向上
 - 2-2 北極域大気循環・水文気候の季節内および年々変動の再現性・予測性の向上

3. 北極気候システム変動の全球的影響と中・低緯度との相互作用の解明。

各分野Gは、上記の単数・複数の項目を受け持った。具体的な重点課題を検討する際に下記の要件を満たす課題が望ましいとした。

(1) 本研究計画におけるプライオリティーの高い研究・課題の性格

- (1) 現在の急激な気候システムの変化（過去 100 年程度から短い期間）を理解し、将来（～100 年）の変化を予測するのに貢献する研究。
- (2) 気候システムを構成している水・物質・エネルギー循環の解明とそれに強く関わる物理・生物・化学的過程の解明とモデリングに関する研究。
- (3) 東・北アジアおよび全球の気候への影響、海面上昇、温室効果気体など重要視されている地球環境への影響を評価することのできる研究。
- (4) 北極気候システムに関する分野を超えた大きな question を解決する研究。たとえば、
 - ー20 世紀前半の温暖化と現在の温暖化の差異は？
 - ー北極域の温暖化 amplification の機構？
 - ー海氷変動のダイナミクス？
 - ー大河川流量増加の原因とその北極海の大気海洋系への影響？
 - ー炭素循環はどう変わるか？（CO₂、メタン、BC 等）
- (5) 変化・変動の大きい因子に関する持続的監視に関する観測。
(国際観測・監視ネットワークの中での位置づけが重要)

(2) 本研究計画を作成する場合の留意点。他に以下があるかと思えます。

- ・日本のコミュニティーが世界の研究をリードできる研究・分野・地域。
- ・日本のコミュニティーとしてギャップが大きく、埋める必要がある分野・研究。
- ・持続的データ蓄積と利活用。大型機器の基盤形成。観測拠点。
- ・国内の既存北極環境関係プロジェクトとの連携の強化を通じて実施する。

5. 重点課題の概要

5. 1 各分野での検討結果

各分野から 4 月 11～12 日の全体会合にて、以下の重点課題が提案された。(末尾、資料 3 に添付)

1. 海洋・海氷グループ

- 1-1 北極海の家氷減少による海洋生態系へのインパクト評価
- 1-2 太平洋側北極海における海氷激減のメカニズム
- 1-3 現場及び衛星観測による海洋・海氷モニタリング
ー海氷激減域を中心としてー

2. 大気グループ

- 2-1 雲・放射・エアロゾル、温室効果気体、降雪と北極の気候変動
- 2-2 温暖化する北極海の大気雪氷相互作用とそのテレコネクションによる高緯度ー中緯度影響伝播および極東アジア・日本への影響
- 2-3 海上・海氷上、季節海氷域での大気雪氷間プロセス解明
- 2-4 異常気象と温暖化の再現・解析研究による自然変動／人為変動の分析
- 2-5 北極大気の大気圏ー成層圏の間の影響連鎖／相互作用

3. 陸域グループ

- 3-1 北極陸域システムの変動解明（課題1）
- 3-2 北極陸域システムの持続的研究基盤の構築（課題1. 5）
- 3-3 北極気候システムにおける陸域の役割（課題2）
- 3-4 北極陸域モデルの開発とその北極気候システムモデルへの拡張

4. 雪氷グループ

- 4-1 グリーンランド氷床の氷体積減少
- 4-2 北極圏氷河の気候変動に対する応答と将来変化
- 4-3 モデル高度化のための北極圏古環境解析
- 4-4 北極気候システムにおける降積雪の変動特性と役割

5. モデルグループ

- 5-1 北極気候再現性検証および北極気候変動・変化のメカニズム解析に基づく全球気候モデルの高度化・精緻化

5. 2 重点課題

上記分野別グループの提案をにて整理し、重点研究課題として以下のものが提示された。会合後、4月19日までに行われた修正箇所も考慮された。各重点課題に関しては、資料として、研究の背景・必要性、目的・目標、実施事項を添付した。（資料4）

- ①北極海の海氷減少による物質循環と海洋生態系へのインパクト評価
- ②北極海の大気—海氷—海洋プロセスの解明
- ③北極における雲・エアロゾル・降積雪の変動特性と放射影響
- ④北極域温暖化に伴う大気循環変動の実態と機構の解明、およびその日本付近の気候変動、異常気象への影響
- ⑤北極陸域システムの変動と水・物質循環への影響
- ⑥北極圏氷河およびグリーンランド氷床の変動、将来変化と環境影響
- ⑦北極気候再現性検証および北極気候変動・変化のメカニズム解析に基づく全球気候モデルの高度化・精緻化
- ⑧現場及び衛星観測による北極海及び大陸域のモニタリング

①、③、⑤、⑥の4課題は各分野における研究センターの課題であるが、②、④、⑦、⑧の4課題は上記4領域ないし研究分野を超えた研究課題となっている。

6. 重点課題解明を通じた社会貢献

これら重点課題は、単に現在の変化に関する学問上の関心から生じたものではなく、それらの中でも社会的関心の強い事項に関して貢献することを念頭において描出した。これらの研究課題解明を推進することによって以下の社会的課題に貢献できると考えられる。記載している番号は、特に貢献度が高い課題である。

- (1) 北極の強温暖化の実態と北極環境への影響（①～⑧すべての課題）

- (2) 北極変動の日本および東アジア気候への影響 (⑤、⑧)
- (3) 北極海・海水変動のメカニズムと将来予測 (②、⑧)

7. 研究基盤

プロジェクトを実施する上で、観測プラットフォームやネットワーク、データ整備は不可欠である。本プログラムは、以下の点でこれらを重視する計画とする必要がある。

(1) 船舶は北極地域の海洋および大気を観測する上では不可欠なプラットフォームであり、多面的活用が求められている。

(2) 今までの北極環境研究は、歴史的経緯があり、分散して実施しており、その間での連携および協力関係が弱く、効率的・効果的な研究形態をとっていなかった。それを、一定程度、連携・効率化を図る必要がある。

以下、議論の時間は短く、記載者が関係者と検討をした結果をまとめたものである。

7. 1 海洋観測基盤

①日本の観測船による観測

2012年：「みらい」による太平洋側北極海航海観測を北極予算で行うことを強く要望

2013年：「みらい」(JAMSTEC 運営交付金)による太平洋側北極海航海 (確定)

「おしよろ丸」(北大水産)による太平洋側北極海観測 (確定)。2船の連携による広域観測。

2014-15年：「みらい」等の具体的な航海計画は未定であるが、北極海航海観測の継続を希望。

*2012年みらい航海について

2012年夏「みらい」による北極海観測は、海洋・海水分野としては、最優先の強い要望である。大気・海底コア掘削分野においても強い要望がある。2013年に予定されている「みらい」と「おしよろ」の北極航海と合わせることで、相乗的に研究成果が期待できる(例えば、係留系の設置・回収も可能となる)。その場合、2012年の航海はJAMSTECでの通常の枠組みの航海にはなりえないので(2013年度までの「みらい」航海スケジュールは決定済みであり、たまたま2012年の夏に日程が空いていて、そこに無理やり割り込む形となる)、北極コンソーシアムからの強い要望として、JAMSTECにお願いする形で進めていくことを希望する。ただし、通常とは異なる形であっても、「みらい」航海は成果も含めJAMSTECが中心となるべきであり、PIもJAMSTECの研究者を想定している。

②砕氷船による観測

しらせを夏季の北極海観測に使用することができればベストである。

それが難しい場合は、他国の砕氷船による共同観測として実施する。その場合、北極予算より運行費を一部負担する。現実的には、今までの実績による個人ベースでの交渉が重要となるが、中核機関の特任教員またはコーディネーターが調整を行い、機関対機関の関係で乗船参加することが望ましい。

想定される他国砕氷船としては、カナダのルイサンローラン(運行費負担：7百万/日)、韓国のアラオン、アラスカ大学のR/V SIKULIAQ(2013年完成予定)などがある。

③大型機器

みらい運航費 1 航海 1.5 億～2 億
係留系システム (約 2000 万円 x 5 系=1 億)
IPC-MS (4000 万?)
表層係留ブイ(2000 万円)
光学センサー(一式 2000 万円)
時系列採水器(一式 1000 万円)
栄養塩センサー(500 万円)

7. 2 大気観測基盤 未完成

7. 3 陸上観測拠点・ネットワーク

雪氷、生態や水文を含む陸域分野で地上観測が多くのもので行われていて、本プロジェクトにおいて、それらの充実・増加されることを期待する。それを実施するにあたって幾つか基盤形成を行う必要がある。

1. 実施観測域

日本の陸域・雪氷コミュニティーにおいてはスバルバール、シベリア・モンゴル域、アラスカ域、一部カナダ北部で観測研究がおこなわれている。本プロジェクトでは、すべての地域を対象とするわけではないが、それら全域を含め、検討を行った。

2. 今後の求められる方策

以下の主要方策が考えられる。

(1) 長期的データセットの質の向上によるより高度な解析を行うため、比較的分散的に行われてきた陸域観測点のネットワーク化を行い、多様な陸面での観測方式の統一化やデータの質の向上のために、協力体制を組む。これは本プロジェクトで実施する研究のみならず、他予算で実施している同一地域、関係分野を含めた観測・研究も包含して企画する必要がある。

(2) 本プロジェクトが気候変動を中心としたプログラムであるため、陸域関係の重点整備地域は、北極域の陸域でも面積が広大であるシベリア地域を重視する必要がある。当然、研究分野によっては地域的なアプローチは異なることが考えられるので、他の地域の整備も並行して行わなければならない。

3. 各地域の現状と対策

(1) ヤクーツクには JAMSTEC、北大、地球研などが諸ロシア機関と機関協定を結び、ヤクーツク近辺、ティクシ、チョクルダック、観測研究を実施している。ロシア側受け入れ協力態勢の向上を図り、より多くの既存・新規の分野の研究者が円滑に効率よく研究を行えるようにする必要がある。そこを起点に北東シベリアの観測を充実させる。方法としては、ロシア側における協力現地機関の横断組織の形成を促すこと、現地分析体制(場合により機器を購入してもらう)の強化、氷河等遠隔地観測中継点の強化、観測用車両や観測小屋等現地インフラ・諸設備の整備。現地における観測が省人力で行えるよう現地協力スタッフを充実させ、委託で作業を実施してもらうことも必要であろう。

(2) モンゴルは永久凍土帯の南端にあたる観測点であり、JAMSTEC 等が数機関と協定を結び、中央

部での水循環および西部山岳域で観測研究、凍土観測網を実施している。永久凍土における南北トランセクトの南端としての位置、北極圏南端とも見做せる氷河観測の基盤を維持する必要はあろう。

(3) NIPR によってスバルバールは長期に拠点として維持され周辺域で各種観測が実施されてきた。今後のモニタリングサイトとして長期的維持は必要であり、その更新を図る必要がある。

(4) アラスカにおける研究は、社会インフラが整備されているため、さほど問題はない。現在、JAMSTEC、JAXA はフェアバンクスで UAF-IARC と共同・委託研究を行っている結果、現地機関の一つでは観測・研究設備が一定程度充実している。本プログラムで研究課題が発生した場合、それらとの連携、協力、IARC からの便宜が受けられるよう調整が必要であろう。

(5) 北部カナダでは国内各機関が現地機関の協力を得て拠点化している観測点が幾つかあるが、今のところ単独のグループのみであるため、基盤として今の所充実させる必要はなからう。

(6) グリーンランド氷床観測が構想されているが、観測研究の内容によるが、観測拠点の設置および氷床上に観測設備が必要とならう。

8. データ基盤

以下、議論の時間は短く、記者が関係者と検討をした結果をまとめたものである。

8.1 衛星データ

衛星観測に対する期待は大きい。すべての研究分野から衛星データに対する要望が出ており、共通することは比較検証による高精度化と、現場観測ではわからない広域構造を知ることである。またいくつかの衛星観測データは 30 年の蓄積があるので気候資料として利用することが出来る。また、近年中に打ち上げられる新衛星センサーによる新たな観測項目、より高精度のデータの取得も期待できる。

しかし、衛星データの観測対象による精度、季節、地域による違いは使用の際に注意すべき点である。一般公開されている衛星データは多々あり、標準プロダクトとして提供されている。さらに、精度検証が十分でなかったり、利用希望者が多くないデータについては、研究プロダクトとして公開はされないものの、アルゴリズムは開発されているものがある。この中にも有用なものがあるので、衛星観測技術と観測解析研究者との情報交換が必要である。またモデル検証においても、もっとも適当なデータの選択において意見交換が重要である。

特定の観測域に特化した衛星データ範囲の切り出しは便利である。大気、衛星が同じメッシュ上にデータ整備されれば比較や組み合わせ解析は容易になる。

衛星データは観測計画の支援、実施中の現地、広域情報提供にも有効である。これらのシステムは IARC/JAXA では実行されているので IARC/JAXA (IJIS) 運用システムを参考に企画、実施することが効果的である。

8.2 現場観測データの現状と課題

a. 海洋データ

北極域の海洋観測データに関しては、海洋研究開発機構のみらいによって取得されたデータがあり、機構によって公開されている。これらのデータは機構のデータポリシー・データ公開基準に準じている。南太平洋で実施されている衛星による北極海全域の薄氷厚・海洋生産量・熱塩フラックスデータは作成後 1~2 年後で公開を行っている。

今後北極気候変動研究プロジェクトして取得する海洋観測データの CTD、ADCP、表層連続等の基本デ

ータは中核研究機関のデータセンターによって取得後速やかにオンラインデータ化し公開することが必要である。またメタデータ形式やデータ形式は、データの利活用のために過去のデータを公開している機構の形式に準拠することが望まれる。

b. 大気データ

未記述

c. 陸域・雪氷データ

陸域・雪氷に関するデータは、現業機関が実施する気象データ等に関しては **WMO** が実施しているが、研究機関・大学等の実施する研究・実験的データに関しては、独自にデータを公開する必要がある。雪氷データは、国際的にはアメリカが中心となって行った観測データや衛星プロダクトの公開を **NSIDC** が一部実施しているが、組織的なデータアーカイブが非常に弱体である。日本では国立極地研が北極地域での観測情報を収集しそのカタログ情報を北極圏科学観測ディレクトリーとして公開している。また北極地域の観測データのカタログ情報を公開する北極マスタディレクトリを公開しているがカタログ中心のポータルサイトにとどまっている。海洋研究開発機構は、北極域の陸域のデータセットの整備し寒冷圏データベースを運用・公開している。また様々な日本の研究機関・大学等が実施する、水・熱・物質循環に関するデータは **Asia_Flux** が韓国にデータセンターを持ちデータ等の公開を行っている。また永久凍土地帯の地温データ等に関しても、**Global Terrestrial Network for Permafrost(GTN-P)**等のカナダのデータセンターが公開を行っている。氷河・積雪データに関しては、日本が北極域で実施する観測データ等の公開はほとんどなされていないのが実状である。

今後陸域・雪氷データセットとして整備すべきデータとして下記があげられる。

1. 過去において日本が主体となって観測実施している、北極域の陸域・雪氷データ
2. 国外研究機関等(特にロシア)の実施している、既存の陸域・雪氷データ
3. これまで公開がなされてきていない、河川や湖沼等の水質データ
4. 古環境データ(アイスコア、海底および湖沼堆積コア等)のデータセット
5. 積雪水量・土壌水分量等の衛星プロダクト
6. 古環境データの統合・融合によって作成される、古環境グリッドデータベース

d. 生物試料

国立極地研究所は、生物多様性の研究などのために、極域観測によって収集された生物の標本資料を保管している。これらは、分類の証拠品として、あるいは模式標本として永久保存することを前提としている。標本は、研究終了後に標本データ等を整理した上で国立極地研究所の生物資料室に収納されている。現在までに、世界公共植物標本庫(**World Herbaria NIPR**)を中心に、資料の収集・管理を行っており、世界の標本庫と交換、寄贈を通して収集活動を行っている。一方、生物標本の多面的研究に向けて、冷凍保存標本および培養株の保存にも着手している。これまでに植物標本約 40000 点、動物標本約 2700 点が収集され、保管されている。良好な保管状態を保つために、定期的に防虫作業、標本の点検、保存液の補充作業などを実施している。生物資料室において保管されている標本のカタログは整理され、**CD** にまとめられており、大学や関係機関の利用者に配布されている。また、これらのカタログの大部分は、「極域生物多様性データベース」として、極地研のウェブページ上に公開されている。

今後北極域における生物資料の収集・保管を充実させ、極域生物多様性データベースへデータを加えていくためには、マンパワーと資金が必要だろう。また、生物種を特定する手法として、DNA バーコーディングが世界的に進められている。将来的には、このような遺伝子データもデータベースへ加えることが重要となるだろう。

8.3 統合データセットについて

全球気候モデルによる北極気候再現性を検証し、北極気候システム変動や長期変化のメカニズム解析を行い、それらに基づくモデル要素の開発・改良を行うことにより、同モデルの高度化・精緻化をはかるためには、季節変化などの気候値的な北極現在気候や年々～十年規模の気候変動の変動特性、古気候・古環境などの長期変化、温暖化にともなうと思われる近年の急激な北極気候システム変化などに関する、さまざまな観測的なデータセットが必要となる。一方で、ある一地点でしか取得されていない情報などはモデルと直接比較することが難しく、そのままでは有効に活用されないことが多い。限られた観測データから最大限の情報を引き出して、気候モデルの検証や気候システムのメカニズム解明などに活用するためには、古気候・古環境情報や直接観測、(衛星やライダーなどの)遠隔観測等を組み合わせた「統合データセット」の作成が必要である。このような課題は研究活動の一環として位置づけられるべきものであり、観測的研究とモデル研究とを繋ぐ一例としても有効に機能すると考えられる。

8.4 データセンターの必要性

データセットは、付随するメタデータによって管理されている。現在、情報技術の進歩・情報共通化の動きの中で、このメタデータ format は、統一する動きがあり、観測データを、必ずしも国際的なデータセンターの下に収集・蓄積する必要は無くなりつつある。しかし、日本国内の研究機関および大学の現場観測分野では、データセット構築・公開というデータマネジメントに重きが置かれずに、他国のデータセンターに依存しているのが現状である。しかし、国内予算を用いて研究観測を行い取得したデータは、貴重な成果であり、独自に公開し、国内研究者の利便性を高める必要がある。しかしこれらの現場観測データを個々の研究機関および大学が独自に行うには無理があり、北極域環境研究の分野では日本独自の統一的なデータセンターを持ち、データを公開することが望まれる。

8.5 データセンターにおけるデータマネジメント

北極域環境研究のためにデータセンターの設立および運用をしなくてはならない。そのためには以下を行う必要がある。

- ① 様々なユーザーおよびデータの公開のためのデータを登録・公開するための様々なガイドラインおよびデータポリシーの策定
- ② データセット構築のために、メタデータの整備、形式の統一や品質の確保などのフ手続きの確立
- ③ 北極域データ・解析サーバーのハードウェアとソフトウェアの設計・構築
- ④ 北極環境研究参画グループが共通で使用するデータの取得・整備
- ⑤ データの登録、公開等、データ提供者およびユーザーへの利用促進のためのデータマネジメントの実施
- ⑥ データ提供者などへのデータセット構築のためのメタデータ作成およびデータ登録に際しての教育・指導の実施

データセンターを運用するためには、すべてのグループ（海洋、大気、雪氷、陸域、モデル、観測拠点、データアーカイブ、衛星、総括）からなる運営委員会もしくはWGを立ち上げ、運用上の重点事項を検討、実行する必要がある。

北極域データセンターの運用ポリシーを以下のように決めることが望ましい。

- ① 本プロジェクト参加者に、北極環境データ基盤にプロジェクト研究で行ったメタデータおよび実データの登録を義務づける。
- ② また同時に本プロジェクト参加者は、過去に実施または現在実施している北極域の関連の観測データのメタデータおよび取得データの登録をしなくてはならない。
- ③ これらのプロジェクト参加者の登録状況は次年度以降の評価および予算に反映させるとし、本プロジェクト実施上の重要な事項とする。
- ④ 上記データ登録義務付けに伴い、メタデータ・データの登録スケジュールを下記の通りとすることが望ましい。

メタデータ

- ・ データ取得後 2 カ月

実データ

- ・ データ取得後 1 年後：プロジェクト内に公開
- ・ データ取得後 2 年後：完全公開

*ただし各プロジェクトのPIの判断で上記期間を短縮することができる、ただしデータ公開の延期はできない。

上記作業を実施する北極域データセンターの長期・安定的な運用を行うためには以下を行う必要がある。

- ① 北極域データセンターを中核研究機関のデータセンターと位置づけ ICSU-WDS (World Data System) への登録
- ② データの相互流通性を向上させるために、他国の北極関連研究機関の運営するデータセンター (NSIDC、GCMD、CADIS 等) との連携

9. その他

9. 1 実施体制<戦略委提出文章記載事項を転載>

本プロジェクトは、現在、地球環境研究のホットスポットとなっている北極について、研究分野を超えて、協力体制を組み、総合的理解を目指す計画である。以下の点を考慮する必要がある。

- (1) 予定されている中核機関（プロジェクト実施機関）の中に、プロジェクト推進委員会などを構成し、本プロジェクトを推進するとともに、課題間、研究分野間および地域間の研究コーディネーション、および既に実施されている研究との連携・協力を図る体制が必要である。
- (2) 研究自体は、多数の研究者が連携して実施する大型研究と少数者ないし単独の研究者が実施する比較的小型の研究の2種類必要である。
- (3) 本プロジェクトは、船舶の備船など現段階では不確定性が大きいいため、予算執行にあたっては実施期間中の柔軟性を確保する必要がある。

- (4) 本プロジェクトおよび持続的監視体制を効果的・効率的に実施するにあたっては、国内研究組織の整備が必要であろう。主要研究機関の中心所掌研究分野と研究基盤の担当項目に従い、早急に人員体制を整備することが望まれる。

9. 2 人材育成

本プロジェクトで実施すべき事項であるが、今回の検討時には陽には議論されなかった。

10. おわりに

本検討の主要部分をまとめ、4月19日に開催された地球観測推進部会「北極研究戦略小委員会」に資料として提出した(資料5)。本検討は2ヶ月という短い時間で行われ、しかも大震災が起り、人の移動が難しい状況が途中で発生した。しかしながら、関係者の熱意によって、それなりの検討が出来、文科省レベルの会議にインプットできたと考える。これは将来設立される予定の「北極環境研究コンソーシアム」の事前活動とみなすことができ、コンソーシアム設立後には、再び、議論が行われる箇所が多々あると考えられる。

今回の作業に関し、関係者の多大の努力に感謝したい。

<資料 1 >

4 月 11～12 日全体会合議事録

議事録

会合名：「北極気候変動研究プログラム」の重点研究課題に関する検討会

日時：2011 年 4 月 11-12 日

場所：一橋記念講堂・会議室

検討事項

<1 日目>

- (1) 安成氏がその後のプログラム検討に関する経過を説明した。本検討は 4 月 19 日に開催される地球観測推進部会・北極研究戦略小委員会に提出する予定であるとの説明有。
- (2) 大畑が重点課題検討に関する経過と本会の進め方に関して説明した。
- (3) 各分野別検討グループからの検討結果の報告があった。
- (4) 5 グループからの提案は 17 件に及んだ、11 日夕刻の結果、全体のバランスを調整しつつ 8 課題に絞った。

<2 日目>

- (1) 極地研におけるデータの現状に関して金尾氏が説明し、矢吹氏が本プロジェクトに対する提案を行った。
- (2) 観測拠点、船舶観測、陸上基盤等に冠し、グループに分かれて検討を行った。
- (3) 全て整理は出来なかったが、主要関係者から記述をいただき、戦略小委員会へ提出することとなった。
(その後の 8 課題の調整は安成、山内、榎本、大畑と主執筆者との議論を通じて行われ、資料 4 としてまとめられた。また報告書の内容をもとに戦略小委員会への提出文書（資料 5）がまとめられた。)

<資料 2 >

「北極気候変動研究計画研究課題に関する検討会合」のアジェンダ（暫定版）

および参加者一覧。

日時：2011年4月11日（月）10：30～4月12日（火）13：00

場所：学術総合センター2F会議室。（一橋記念講堂内。東京都千代田区一ツ橋2-1-2）

（時間の配分等は、当日の議論の結果、変更することも考えられます）

4月11日（月）

10：30～ <全体>

趣旨説明（安成）

会合進行・作業説明。

11：00～12：30 <全体>

2分野（海洋G・陸域G）課題説明と討論

<各分野、説明30分>

13：30～15：30 <全体>

3分野（雪氷G・大気G・モデルG）課題説明と討論

<各分野、説明30分>

横断検討課題の抽出

15：30～16：00

休憩

16：00～17：30 <分科会を予定>

横断課題の個別検討、文書書き換え

17：30～18：30 <全体>

重点課題の整理と確定。

実施体制。社会貢献整理。

2日目研究基盤の検討事項の内容と事前討論

18：30～20：00 総括Gの会合（必要に応じて）

4月12日（火）

9：00～ <全体>

本日の作業の確認

9：15～10：30 <分科会>

海洋観測基盤、陸上観測基盤・ネットワーク

10：30～11：30 <分科会>

衛星・地上・海上データアーカイブの検討、他

11：30～12：30 <全体> 12：30 終了。

研究基盤に関する整理、全体まとめ。

12 日午後：事務局担当による計画書（案）の整理・作成作業

<参加者一覧>

	氏名	所属		分野	備考
1	安成 哲三	名古屋大学		全体	旧北極作業部会主査
2	榎本 浩之	国立極地研究所		海洋・海水	旧部会
3	大島 慶一郎	北海道大学低温科学研究所		海洋・海水	
4	山本 美千代	東京海洋大学		海洋・海水	
5	平諱 亨	北海道大学水産学部		海洋・海水	
6	杉本 敦子	北海道大学地球環境科学研究所		陸域	旧部会
7	石川 守	北海道大学地球環境科学研究所		陸域	旧部会
8	松浦 陽次郎	森林総合研究所		陸域	旧部会
9	内田 雅己	国立極地研究所		陸域	
10	兒玉 裕二	北海道大学低温科学研究所		陸域	
11	山内 恭	国立極地研究所		大気	旧部会
12	塩原 匡貴	国立極地研究所		大気	
13	田中 博	筑波大学		大気	
14	立花 義裕	三重大学		大気	
15	浮田 甚郎	新潟大学		大気	
16	大畑 哲夫	海洋研究開発機構		雪氷	旧部会
17	東 久美子	国立極地研究所		雪氷	旧部会
18	高橋 修平	北見工業大学		雪氷	
19	杉山 慎	北海道大学		雪氷	
20	杉浦幸之助	海洋研究開発機構		雪氷	
21	阿部 彩子	東京大学		モデル	旧部会
22	野沢 徹	国立環境研究所地球環境研究センター		モデル	旧部会
23	高田 久美子	海洋研究開発機構		モデル	
24	斎藤 和之	海洋研究開発機構		モデル	
25	小室 芳樹	海洋研究開発機構		モデル(海洋・海水)	
26	小倉 知夫	国立環境研究所		モデル(大気)	
27	保坂 征宏	気象研究所		モデル(陸域)	
28	五十嵐 保	宇宙航空研究開発機構		衛星データ	旧部会
29	香木 輝夫	気象研究所		衛星データ	旧部会
30	矢吹 裕伯	海洋研究開発機構		データアーカイブ	
31	金尾 政紀	国立極地研究所		データアーカイブ	
32	大村 崇	スイス連邦工科大学 (名古屋大学[客員教授])		全般	
	事務 岡本 拓也	国立極地研究所			
	欠席:(旧部会) 福田・原田・島田・藤谷・原(5名)				

<資料 3 >

分野別提出重点課題（17 課題）

重点課題一覧表 (2011年4月11日全体会合に提出された課題)

1. 海洋・海氷 G

- 1-1 北極海の海氷減少による海洋生態系へのインパクト評価
- 1-2 太平洋側北極海における海氷激減のメカニズム
- 1-3 現場及び衛星観測による海洋・海氷モニタリング -海氷激減域を中心として-

2. 大気 G

- 2-1 雲・放射・エアロゾル、温室効果気体、降雪と北極の気候変動
- 2-2 温暖化する北極海の大気雪氷相互作用とそのテレコネクションによる高緯度-中緯度影響伝播および極東アジア・日本への影響
- 2-3 海上・海氷上、季節海氷域での大気雪氷間プロセス解明
- 2-4 異常気象と温暖化の再現・解析研究による自然変動/人為変動の分析
- 2-5 北極大気の大気圏-成層圏間の影響連鎖/相互作用

3. 陸域 G

- 3-1 北極陸域システムの変動解明 (課題1)
- 3-2 北極陸域システムの持続的研究基盤の構築 (課題1.5)
- 3-3 北極気候システムにおける陸域の役割 (課題2)
- 3-4 北極陸域モデルの開発とその北極気候システムモデルへの拡張

4. 雪氷 G

- 4-1 グリーンランド氷床の氷体積減少
- 4-2 北極圏氷河の気候変動に対する応答と将来変化
- 4-3 モデル高度化のための北極圏古環境解析
- 4-4 北極気候システムにおける降積雪の変動特性と役割

5. モデル G

- 5-1 北極気候再現性検証および北極気候変動・変化のメカニズム解析に基づく全球気候モデルの高度化・精緻化

番号：1-1

(1) 課題名 (日本語) :	北極海の海水減少による海洋生態系へのインパクト評価
(2) 課題名 (英語) :	Assessment of rapid sea ice reduction on ecosystem in the Pacific sector of the Arctic Ocean
(3) 記述責任者ないし コンタクトパーソン :	菊地 隆(JAMSTEC)、斉藤 誠一(北海道大学)、川合 美千代(東京海洋大学)
(4) 研究の背景と必要性 :	<p>著しい海水減少に伴う北極海の生態系や物質循環の変化が近年注目されている。気候へのフィードバック、種の絶滅の危惧、水産資源の利活用の可能性などに関連して、科学的のみならず社会的な関心も集めている。</p> <p>特に海水減少が著しい太平洋側北極海では光環境や栄養塩の分布などに顕著な変化が起きており、温暖化や海洋酸性化といった地球規模で懸念されている現象が他の海域に先駆けて急速に進行している。近年、砕氷船や海洋地球研究船「みらい」などによる観測結果から、この海域での物理・化学・生物的な変化が発表されている。しかし、温暖化や海水減少に伴う様々な環境変化(光、水温、混合、栄養塩分布の変化など)の定量的把握や、それらの生物への影響とそのプロセスについてはまだごく限られた断片的情報しかなく、生態系の応答や魚類資源の予測にはほど遠い。</p> <p>予測モデルの結果から、海水減少とその影響は現在を含めたこの 10~20 年の間に最も急激であることが示唆されている。太平洋側北極海で現在起きつつある急速な環境変化と生態系変動との関係を研究するとともに、予測される環境変動に対する物質循環や生態系へのインパクトを評価し、将来予測につなげることはまさに焦眉の急であり、この海域に関する多くの知見と過去のデータを有する日本がリードして行うべき研究である。</p>
(5) 研究の目的と目標 :	<p>北極海側太平洋における海水減少に関わる物理・化学的環境変動を捉え、それに伴う低次生態系と物質循環さらに高次捕食者までの海洋生態系全体への影響を理解することで、将来の北極海魚資源の確保などに資することを目的とする。具体的には、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・観測やモデル・解析などの統合的な手法を用いた、気象、海水、海洋物理学的、海洋化学的環境(海洋循環、水塊分布、形成過程、栄養塩や炭酸系など化学パラメーターの分布など)の実態・変化の把握 ・低次生態系(基礎生産、プランクトン活動、微生物群集ほか)から高次の魚類資源までに至る太平洋側北極海の海洋生態系の変動要因の解明、太平洋側北極海における海洋生態系の実態および環境変動に対して予測される生態系の応答の解明 ・離島や上記船舶をプラットフォームとした海鳥類および鰭脚類の日視調査。砕氷船を利用した海水上の生物のバイオロギング調査による高次捕食者の行動、分布と海水変動や行動・分布を誘引・抑制する化学物質との関係の解明 ・高次捕食者(魚類の耳石等)に含まれる微量金属をトレーサーとして生物に蓄積された海洋環境変動の解明 ・現場観測データを用いた衛星観測データやモデル計算結果の検証と、将来予測モデルの精度向上への貢献を推進する。
(6) 実施計画 : ＜研究の具体的なイメージが分かる形で記述＞	<p>平成 23,24 年; これまでに得られた観測データや培養実験などによる海水変動および関連する物理・化学環境の変化に対する海洋生態系の応答とその進行度、プロセスの解明、成果の公表。</p> <p>砕氷船航海による太平洋側北極海における生態系調査、係留系の回収・再設置</p> <p>平成 25 年; 海洋地球研究船「みらい」や北海道大学水産学部付属練習船「おしよ丸」による太平洋側北極海での連携観測の実施。生物反応予測実験による生態系への影響評価。得られた観測データの解析と成果・観測データの公表</p> <p>(平成 24 年に「みらい」航海が実施される場合は、これを 2 年継続して実施する)</p> <p>平成 26,27 年以降; 得られた観測データの解析と成果・観測データの公表。観測航海が実施されれば、上記の観測を継続実施し、変化・プロセスの解明を行う。</p>
(7) 重点課題の条件との関係 : ＜添付の重点課題の要件との関連を記述＞	<p>(1)の全てに関連。(2)の全てに該当。特に</p> <ul style="list-style-type: none"> ・日本のコミュニティーが世界の研究をリードできる研究・分野・地域 (太平洋側北極海では観測・研究成果の実績があり、多くの知見・データを有する) ・日本のコミュニティーとしてギャップが大きく、埋める必要がある分野・研究 (将来予測のために、気候・生態系・物質循環モデルへの貢献が喫緊の課題)

<p>(8) 他分野との協力および要望:</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・大気グループと、北極海域における観測機会の共有及び大気-海水-海洋相互作用に関する研究についての連携が必要不可欠。 ・モデル研究グループと、モデル精度向上や将来予測に関して、連携が必要不可欠
<p>(9) 3年後、5年後に期待される成果(社会的貢献を含む) <具体的な記述></p>	<ul style="list-style-type: none"> ・太平洋側北極海における海洋循環、水塊分布・形成過程の変化(季節変化・経年変化)の実態を示し、これらの変化に対する海水減少や消長の影響、大気変動に対する応答などを説明することができる。 ・太平洋側北極海における溶存酸素・栄養塩・炭酸系の化学パラメーターに関して、観測から海水減少に伴う変化の実態を明らかにし、今後の海洋環境変化の予測に資することができる。 ・太平洋側北極海における基礎生産・微生物など低次生態系から高次栄養段階に至るまでのそれぞれの変動プロセスと海水減少の影響予測に必要な知見が得られる共に、生態系変動による海洋環境へのフィードバックの理解が進むことが期待できる。 ・観測研究、実験研究とモデル研究との連携から、将来の北極海の生態系、特に魚資源などへの影響を明らかにすることが期待できる。 ・地球温暖化の影響が最も早く顕著に進行している太平洋側北極海における観測結果及び研究成果を広く社会に啓蒙することで、一般社会における気候変動への対策に貢献することができる。
<p>(10) 国際的研究・観測計画ならびに国際的事業等との関係:</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・欧米アジア各国が実施する北極海観測研究との連携の継続 ・特にアラスカ大学との共同研究の継続 ・IASCの元にあるPacific Arctic Group(PAG:太平洋側北極海グループ)と密接に関係して実施 ・SARES, NOW, CASES から続く ArcticNET との連携
<p>(11) 国内において既に実施されている類似研究、およびそれとの関係:</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・JAMSTECにおいて実施されている北極海総合研究及び、国内外の研究機関と連携して行う海洋地球研究船「みらい」による観測研究 ・北海道大学水産学部が実施している練習船「おしよろ丸」や衛星による観測研究 ・極域海域におけるバイオリギンググループによる観測研究 ・そのほか、北極海研究に関する競争的資金による研究活動 <p>これらが連携する形で、本研究計画を実施する。</p>
<p>(12) 必要とする高額の経費(500万超):<項目と概算額></p>	<p>(3 課題共通) みらい観測航海の運行費(1.5-2 億/回),砕氷船航海分担費用(数千万円/回?)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・人件費(研究員、ポスドク、観測技術員など)(約550万円 x 5人/年) ・観測機器、分析装置(グライダー(3000万円)、表層係留ブイ(2000万円)、光学センサー(一式2000万円)、時系列採水器(一式1000万円)、栄養塩センサー(500万円)、IPC-MS、ほか)
<p>(13) 必要とする研究・観測基盤や観測拠点:</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・船舶(海洋地球研究船「みらい」や北海道大学水産学部所属練習船「おしよろ丸」、各国研究機関の砕氷船など) ・バイオリギングに砕氷船が必要(海氷上に降りてロガーを装着する)、係留系にマイクを付けて大型動物のモニタリングも可能、離島(季節海水の到達するプリビロフ島、セントローレンス島等)の観測拠点利用
<p>(14) データアーカイブ(衛星含む)の方針と要望:</p>	<p>海洋研究開発機構の研究基盤(例えば海洋地球研究船「みらい」など)を用いて実施されたテーマについては、機構のデータポリシー・データ公開基準に準じる。</p> <p>そのほか、データポリシーは各大学・研究機関が有するものを尊重するが、可能な限り早い公開を実施する。詳細はコンソーシアムで議論される。Metadataの公開を含めて、統一されたデータサイトがあることは望ましいと考える。</p>

<p>(15) 当該課題に参加の可能性がある、ないし参加してもらいたい方々：</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・北海道大学水産学部(基礎生産、低次から高次栄養段階に係る生態系への応答、衛星観測との比較、鉄などの海洋化学観測研究など) ・東海大学生物理工学部(低次生態系に関するプロセス研究) ・石巻専修大学(動物プランクトンへの環境変動の影響評価) ・創価大学工学部(低次生態系に対する環境変動の影響評価) ・東京海洋大学(酸性化、各種トレーサー等の化学観測、低次生態系への影響評価) ・気象庁気象研究所(高精度栄養塩観測) ・東京大学大気海洋研究所(微生物生態システムの動態と制御) ・神戸大学(北極海古環境推定のための海底堆積物採取、浮遊性生物の応答の理解) ・つくば大学(古細菌由来の有機炭素循環プロセスの解明) ・国立環境研究所(有機炭素循環メカニズムの解明、北極海古環境の再現) ・国立極地研究所(Bi-polarの視点からの生態系変動の解明) ・JAMSTEC(気象、海洋物理、海洋生物地球化学(栄養塩、溶存酸素、炭酸系、基礎生産、Chl-a、セジメントラップ他)の観測とこれらを用いた統合的観測研究) <p>ほか</p>
--	---

番号：1-2

注意：2 ページに収まるように記述量を調整。(4)、(5)、(6) を重視すること。

(1) 課題名 (日本語) :	太平洋側北極海における海水激減のメカニズム
(2) 課題名 (英語) :	Mechanism on rapid reduction of sea ice in the Pacific sector of the Arctic Ocean
(3) 記述責任者	島田浩二 (東京海洋大学海洋科学部)
(4) 研究の背景と必要性 :	<p>北極海は地球温暖化の影響を受けやすい地域であると考えられている。しかし、近年、北極海の海水は、全球平均気温の上昇を凌ぐ勢いで減少している。このことは、北極海が受動的に温暖化の影響を受けているだけでなく、北極海には、海水減少を加速させる正のフィードバック・メカニズムが内在していることを示唆する。海水減少は、海洋生態系や北極海航路の利用可能性など、様々な分野に対し影響を与えるため、その理解と予測は北極研究の中核に位置づけられる。また、海水減少は地球規模の熱バランスに影響を与え、全地球規模の海洋および大気循環場に変調をもたらす。しかし、現在の気候予測モデルにおいては、海水減少の速度と空間パターンは、現実と大きな乖離がある。これは、海水を含む大気-海洋システムのパラメタリゼーションが十分でないことを意味する。正確な将来予測を行うためには、大気-海水-海洋システムにおける素過程の理解を進め、モデルの改善に反映させることが必要である。</p>
(5) 研究の目的と目標 :	<p>太平洋側北極海を中心に、夏季の開水域のみならず海水域を含めた観測を実施し、海水減少メカニズムの解明を目的とする。北極海では、通常の海域とは異なり、大気-海洋が直接相互作用するのではなく海水を介して相互作用が起きる。大気-海水-海洋システムにおける、"運動量"、"熱"、"塩分 (淡水)" の水平輸送及び鉛直輸送 (フラックス) の実態を把握と海水変動への影響を評価し、モデルのパラメタリゼーション向上に貢献する。また、冬季の海水形成量低下と海洋熱フラックスの増大など、海水減少のプレコンディションの詳細を把握し、海水減少を加速させる正のフィードバック機構の実態解明を目指す。</p>
(6) 実施計画 :	<p>CTD 観測、トレーサー観測、船舶搭載 ADCP 観測、表層連続モニタにより海洋構造と循環場の把握、渦運動場と諸量の関係の把握を行う。また、上記項目に加えて、乱流観測、係留系観測を行い海洋熱塩フラックスの実態と海水への影響を理解する。人工衛星観測との連携を図り、極力現場観測を行わずに済む方法を考案する (モニタリングのためのプロセス研究)。</p> <p>① 日本の観測船による観測 (開水域)</p> <p>2011 年 : 機材の購入とその試験・整備</p> <p>2012 年 : みらい太平洋側北極海航海 (北極予算で要望) での海洋データ取得</p> <p>2013 年 : みらい (JAMSTEC 予算) とおしよる丸 (北大水産) により同様な観測を継続</p> <p>2014~15 年 : 具体的な航海計画は未定であるが、北極海航海の継続と同様な観測を希望。</p> <p>② 他国砕氷船による共同観測 (海水域)</p> <p>2011 年 : アラオン航海、ルイサンローラン航海。機材の購入とその試験・整備</p> <p>2012~15 年 : アラオン航海、ルイサンローラン航海。</p> <p>他国との共同研究にて砕氷船 (アラオン、ルイサンローラン) を利用し、太平洋水の流路変</p>

	<p>動および循環を捉える海洋物理およびトレーサー観測を行う。また、航路上および水上（可能ならヘリコプター）にて海水観測を行う。海洋フラックスの実態とその海水状態・運動依存性を調べるために乱流観測、高時間分解能流速観測（海底および海水設置係留系）などを行う。</p> <p>③海水厚、海水速度データの検証：上記の現場データをトゥルースデータとして人工衛星観測データの高精度化を図る。</p>
<p>(7) 重点課題の条件との関係： <添付の重点課題の要件との関連を記述></p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 北極気候変化の核心である海水減少のメカニズム解明の課題であり、(1)の全てに関連。 ● 海洋の変化が海水激減をもたらすという仮説に基づき世界をリードして研究を推進してきた実績がある。 ● 国際的にモデルのパラメタリゼーション向上を目指したプロジェクトは少なく、観測・理論・モデル分野のコミュニティ・ギャップ改善をリードする課題となる。
<p>(8) 他分野との協力および要望：<内容を記載。クロスカット研究としての検討対象の判断></p>	<ul style="list-style-type: none"> ● プロセス理解のための現場観測データはモデリングのパラメタリゼーション改善に貢献。 ● 海水域での継続的な海水厚観測・海水速度観測は、人工衛星観測データの検証と高精度化に必要であり、モデルの検証に有用。 ● 海洋・海水の物理環境変化の情報は生物化学分野および大気分野の研究にとって不可欠。
<p>(9) 3年後、5年後に期待される成果(社会的貢献を含む) <具体的な記述></p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 海水激減のメカニズムの理解：本北極プロジェクト全体の中でも特に重要。 ● 2007年以降の変化は、これまでの変化とは異なり、淡水プールの移動、混合層の深化、新たな水温極大層の出現などが見られている。二度とない変化の実態と要因を捉えるデータになる。 ● 北極海航路の実現可能性の是非など、社会要請に対し回答できる。
<p>(10) 国際的研究・観測計画ならびに国際的事業等との関係：</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● IASC-AOSB傘下のISAC(International Study of Arctic Change)のScience Plan(2010) [http://www.arcticchange.org/]、ACIA,ICARP2の重要テーマである。 ● 海水激減の中核海域における砕氷船観測は韓国極地研究所およびカナダ漁業海洋省との持続的共同観測で実施。 ● IASC,AOSB傘下のプログラム(ART、DBO、PAG)との連携を図る。 ● Emerging Dynamics of the Marginal Ice Zone(米国 ONR)との連携を図る。
<p>(11) 国内において既に実施されている類似研究、およびそれとの関係：</p>	<p>人工衛星観測データを基にした海水厚観測データ(北見工業大学)、海水速度データ(東京海洋大学)の高精度化に関する研究は、JAXA 研究公募に申請中である。高精度化のための研究に加え、本申請課題により海水-海洋相互作用の詳細、海洋内部構造と海水状態との関連、海洋混合などのプロセス研究など、プラットフォームを共有し、効率よく多角的に研究推進できる。</p>
<p>(12) 必要とする高額の経費(500万超)： <項目と概算額></p>	<p>(3課題共通) mirai観測航海の運行費(1.5-2億/回)、砕氷船航海分担費用(数千万円/回?)</p> <p>(砕氷船運航分担費に関しては検討&調整要：韓国砕氷船、カナダ砕氷船等のシブタイム(ヘリコプター利用を含む)を追加する手立てがあれば良い。200-300万/日×10日=2000-3000万)</p>

	<p>IPS(氷厚計)等からなる係留系 (モニタリング観測と共有)</p> <p>ADCP・CTD からなる海洋観測ブイ (1000 万×2)</p> <p>氷上観測作業機器 (500 万)、電磁誘導式氷厚計 (?)、マイクロ波放射計(海面塩分: 500 万)</p> <p>人件費 (特任教員、ポスドクなど) (550 万円 x 2 人/年)</p>
(13) 必要とする研究・観測基盤や観測拠点:	砕氷船・みらい・おしよる丸のプラットフォーム。
(14) データアーカイブ(衛星含む)の方針と要望:	<p>海洋観測データ (CTD、ADCP、表層連続等) の基本データは、中核機関(例えば極研の北極観測センター)にサイトを作り、速やかにオンライン化してはどうか。</p> <p>衛星による海水厚および海水運動データは、アルゴリズムの確定と精度評価を行った後オンラインデータベースにして公表してはどうか。</p>
(15) 当該課題に参加の可能性がある、ないし参加してもらいたい方々:	<p>海水速度観測: 島田、溝端、笠島 (海洋大)</p> <p>海洋微細構造&乱流混合: 笠島、吉田、北出 (海洋大)</p> <p>海洋構造: 菊地、伊東、川口、渡邊 (JAMSTEC)、島田、川合、溝端、笠島 (海洋大)</p> <p>係留観測: 深町・清水 (北大低温研)、菊地、伊東 (JAMSTEC)、島田、溝端、笠島 (海洋大)</p> <p>モデルなどとの連携: 大島、三寺 (低温研)、島田、溝端 (海洋大)、渡邊、川口、小室、小守 (JAMSTEC)、須股 (AWI)、坪内 (サウサンプトン)、羽角、岡 (CCSR)、野沢 (環境研)</p>

(16) 付録: 概要図、概念図、フローチャート等: <あれば、添付>

番号：1-3

注意：2 ページに収まるように記述量を調整。(4)、(5)、(6) を重視すること。

(1) 課題名 (日本語) :	現場及び衛星観測による海洋・海氷モニタリング –海氷激減域を中心として–
(2) 課題名 (英語) :	In-situ and satellite monitoring of ocean and sea ice, focusing on the rapid ice decline area
(3) 記述責任者ないし コンタクトパーソン :	大島慶一郎 (北海道大学低温科学研究所)、菊地隆 (JAMSTEC)
(4) 研究の背景と必要性 :	<p>近年、太平洋側北極海を中心として、夏季北極海の家氷減少が著しい。夏季北極海の家氷減少は、将来の北極航路や北極海での魚資源の確保にも繋がり、その現状把握と予測は科学的のみならず社会的にも喫緊の課題である。その際に海氷激減のメカニズム解明にもまたそのインパクト評価にも、海洋・海氷のモニタリングが大前提となる。</p> <p>太平洋側北極海は 1990 年代から日本が観測実績を持つ海域であり、海洋地球研究船「みらい」や、北大水産学部練習船「おしよろ丸」で観測可能な海域である。これまでの実績からも日本が海洋・海氷モニタリングを担うにはベストの海域といえる。一方、衛星よる海氷・海色観測やそのアルゴリズム開発の一部についても、日本が先導的研究を行っている実績を持っている。特に 2011 年度 JAXA が打ち上げ予定のマイクロ波放射計 AMSR2 は日本発のものであり、今後の衛星海氷研究の中心を担うセンサーである。日本には、最高精度の衛星による海氷諸データセットを提供しうるポテンシャルを持っている。合わせて、衛星データの検証に必要な海氷域での係留系・漂流ブイや EM(電磁誘導式氷厚計)などを用いた海氷現場観測・自動観測も、日本が国際連携の下で実施してこれまで様々な成果を挙げており、研究コミュニティから日本がかけられている期待は大きい。</p>
(5) 研究の目的と目標 :	<p>太平洋側北極海を中心として、みらい・おしよろ丸等により、海氷激減のメカニズム解明・インパクト評価に最も効果的な海洋データ取得する。将来にわたってモニターすることを想定し、適切な定線定点を決めて海洋・海氷諸量をモニターする観測体制を構築する。その中には IPS (氷厚計) の係留による継続的な氷厚モニターも含み、これらのデータは衛星(CryoSat2)のトゥルースやモデルの重要な検証データに資することも目標とする。</p> <p>また、日本が先導する衛星観測・アルゴリズム開発、および衛星データ検証のための漂流ブイ展開と海洋・海氷・気象自動観測・EM などを用いた海氷厚現場観測を合わせて実施することで、世界最高精度の海氷漂流速度・海氷生産量・熱塩フラックス・海色等のデータセットを作成する。これらをオンラインデータベース化し、全世界のモデル研究者等の利用を推進することで、海氷減少の予測精度向上に資する。</p>

<p>(6) 実施計画： <研究の具体的なイメージが分かる形で記述></p>	<p>①日本の観測船によるモニター観測 2011年：IPSなど機材の購入とその試験・整備。 2012年：「みらい」による太平洋側北極海航海（北極予算で要望）での海洋データ取得、係留系設置、海色・基礎生産量のモニターと衛星トゥルース観測。 2013年：「みらい」（JAMSTEC 予算）と「おしよろ丸」（北大水産）により太平洋側北極海での広域連携観測を実施、係留系回収・再設置。 2014-15年：具体的な航海計画は未定であるが、北極海航海の継続と同様な観測を希望。</p> <p>②他国砕氷船・氷上キャンプなどによる共同観測 随時他国との共同研究として砕氷船を利用し、定線定点を定めて海洋観測・EM 観測など行う。また日本の観測船による北極航海が実施されない年に、係留系の回収・再設置も実施する。漂流ブイの展開を行い、通年自動観測により海洋・海氷・気象データを取得することで、海水域における海氷厚・漂流速度・気象・海洋に関するデータを取得する。</p> <p>③北極海アラスカ沿岸観測拠点からの観測 バローの観測施設 BASC を拠点として、アラスカ大と共同して IPS 係留観測等を行う。</p> <p>④衛星データの解析とデータセット作成：上記の現場データをトゥルースデータとして用いる。</p> <p>⑤得られたデータの解析から、北極海の家氷減少にかかる研究成果(大気・海氷・海洋相互作用とその海氷減少へのインパクト、海氷減少に伴う海洋水塊構造や分布の変化など)を公表する。モデル研究とも連携して、海氷分布変動の予測精度向上のための研究を推進する。</p>
<p>(7) 重点課題の条件との関係： <添付の重点課題の要件との関連を記述></p>	<p>(2)-(1)(4)(5): 北極の急激な変化の源である海水激減海域を監視し、最重要基礎データを提供する。海氷変動のダイナミクスを理解するための基礎データを提供。</p> <p>(3)日本が前から実績を持つ（海水激減が顕著な）太平洋側北極海を中心に、モニターする。</p>
<p>(8) 他分野との協力および要望： <内容を記載。クロスカット研究としての検討対象の判断></p>	<p>モニタリングによるデータセットはモデリング研究の重要な検証データになる。また衛星によるプロダクトや現場観測・漂流ブイ自動観測データの解析結果を元に、モデルの改良・高度化を図ることで海氷分布予測の精度向上に資する。熱フラックスデータセット、漂流ブイ自動観測データは大気分野の研究に役立つ（連携研究可能）。</p>
<p>(9) 3年後、5年後に期待される成果（社会的貢献を含む） <具体的な記述></p>	<p>海水激減の鍵を握る海域において、将来も持続可能な観測体制ができる。 オンラインデータベース化される予定の海氷諸データセットは、それ自体が重要な海氷変動を明らかにするデータとなるだけでなく、世界の種々のモデルの比較検証データや境界条件になりうるため、気候変動予測精度の向上に繋がる。</p>
<p>(10) 国際的研究・観測計画ならびに国際的事業等との関係：</p>	<p>太平洋側北極海の観測は国際観測ネットワーク Pacific Arctic Group(PAG)のもと他国と共同・補完的に行う。バロー沖の係留観測は北極海の観測ネットワークプログラム(SIZONET: Seasonal Ice Zone Observing Network)のもとで行う。漂流ブイの展開は、国際北極ブイ計画(International Arctic Buoy Programme: IABP)のもと国際連携で最適な展開を行う。</p>

<p>(1 1) 国内において既に実施されている類似研究、およびそれとの関係：</p>	<p>南極海・オホーツク海での海氷生産量・熱塩フラックスマッピングは北大低温研により行われており、同様の衛星解析と衛星トゥルース観測を北極海へ適用する。海洋研究開発機構では、IABPのもと漂流ブイの展開とこれを用いた研究を継続的に行っており、これと関連した国際連携による砕氷船による現場観測も実施している。</p>
<p>(1 2) 必要とする高額な経費 (500 万超)： <項目と概算額></p>	<p>(3 課題共通) みらい観測航海の運行費 (1.5-2 億/回) ,砕氷船航海分担費用(数千万円/回?) IPS(氷厚計)等からなる係留系 (1,500 万円 × 5 系) 氷海観測用プロファイラー(POPS)及び各種海氷観測用漂流ブイ (2,000 万円 × 2 セット) 人件費 (特任教員、ポスドクなど) (550 万円 × 2 人/年)</p>
<p>(1 3) 必要とする研究・観測基盤や観測拠点： <共通性の高い事項は別途扱う可能性があるので、その指摘をして下さい></p>	<p>みらい・おしよる丸のプラットフォームが太平洋側北極海の観測・作業に最重要。まずは、2012 年の「みらい」北極航海観測は不可欠。2013 年の航海観測と合わせることではじめて係留観測も可能となる。なお 2014 年以降の「みらい」の運航は今後決定される(3 年分の計画を毎年作成・更新するシステムのため)。同様の観測航海の継続を希望。砕氷船航海や漂流ブイの展開のための国際連携による基盤確保もあわせて必要</p>
<p>(1 4) データアーカイブ (衛星含む) の方針と要望：</p>	<p>北極気候変動研究プログラムとしての統一感を持たせるために、中核機関(例えば極研の北極観測センター)にサイトを作り、全分野の公表可能なデータセットをオンライン化してはどうか。 なお、衛星による北極海全域の薄氷厚・海氷生産量・熱塩フラックスデータは 1-2 年後くらいよりオンラインデータベースにして公表予定：南大洋ではすでに行っている (下のサイト参照)。http://wwwod.lowtem.hokudai.ac.jp/polar-seaflux/</p>
<p>(1 5) 当該課題に参加の可能性がある、ないし参加してもらいたい方々：</p>	<p>IPS (氷厚計) 係留系観測：深町・清水 (北大低温研)、菊地・伊東(JAMSTEC) 電磁誘導式氷厚計(EM)観測：館山 (北見工大)、白沢 (北大低温研) 漂流ブイ観測研究：菊地・川口 (JAMSTEC) 衛星薄氷厚アルゴリズム開発：田村 (タスマニア大)・二橋 (苫小牧高専)・岩本 (北大低温研)・直木 (JAXA/EORC) 衛星海氷漂流ベクトルデータセット作成：木村 (東大新領域)・島田 (海洋大) 衛星海色アルゴリズム開発：平譚 (北大水産)・平田 (北大環境)</p>

(1 6) 付録：概要図、概念図、フローチャート等：<あれば、添付>

番号：2-1

注意：2 ページに収まるように記述量を調整。(4)、(5)、(6) を重視すること。

(1) 課題名 (日本語) :	雲・放射・エアロゾル、温室効果気体、降雪と北極の気候変動
(2) 課題名 (英語) :	Cloud, Radiation, Aerosol and Greenhouse Gas and Arctic Climate
(3) 記述責任者ないし コンタクトパーソン :	山内、塩原、森本、 (記載：榎本浩之)
(4) 研究の背景と必要性 :	<p>(雲・エアロゾル・放射) 雲は、一般に、地球を冷却する方向に作用すると考えられるが、雲を構成する雲粒子の大きさや形状 (相)、出現高度によって冷却効果に大きな違いがある。場合によっては温暖化を促進することもあり得る。雲核や氷晶核となるエアロゾルとの相互作用による間接効果として、その気候影響を考える。その放射強制力の評価については不確定性が大きく、その実態解明が急がれてきた。極域では雲分布そのものから、雲の光学特性やその変動特性について、未だ十分に理解されていない。広域の雲の理解に衛星観測は欠かせない。同時に、衛星データの解析には地上での精密観測による検証が重要である。</p> <p>エアロゾル観測と放射観測とを組み合わせることなどにより、物質と放射をつなぐエアロゾル放射スキームなどの検討。北極エアロゾル、特に BC の発生源、輸送過程、時空間分布を明らかとする。エアロゾルの間接効果 (雲の変調)。北極におけるエアロゾルの放射強制力の評価が可能になる。また、継続した観測が必要な大気観測の維持による変動傾向の監視も重要である。</p> <p>(温暖化気体) 北極域は、周囲を温室効果気体の放出・吸収源であるユーラシア大陸・北米大陸に取り囲まれ、また、北極の海洋は強い吸収源となっている。それらの変動の影響を強く受ける北極域の環境変動が温室効果気体の放出・吸収源に与える影響を検出する上で、北極域大気中の温室効果気体観測が重要である。全球へのフィードバックの立場からも大気観測の継続・維持による変動傾向の監視も重要である。</p> <p>(オゾン) 北極のオゾンについては、冬季成層圏平均気温が南極に比べて 10 度ほど高く PSC の生成温度に近いとため、今後の気温の変化により敏感に反応することが想定される。最近の温室効果ガスの増加により、成層圏では寒冷化傾向が見られる。そのため、オゾン将来予測モデルによっては、北極上空でのオゾン破壊のピークは、南極より後にずれ込むという予測がある。そこで、今後 10 年間ほど、引き続き北極上空でのオゾン層の様子を、継続的にモニタリングしていくことが重要である。ロシア・シベリア北部には、広大な観測の空白域が存在する。極渦の中に位置することが多いロシア北部において観測を充実させることは重要である。</p>
(5) 研究の目的と目標 :	極域の雲の構造と放射特性およびその変動特性の実態把握のための観測研究を実施する。観測・解析を通じて、特に、水雲、氷雲、混合相雲の存

	<p>在比、それらの雲の光学的厚さ、雲頂雲底高度、出現頻度および季節変化等の変動特性を定量的に求め、衛星観測による雲物理パラメータ抽出アルゴリズムの開発や雲物理モデルの検証にも資する。衛星観測の地上検証も念頭におき、衛星観測に対応する受動型・能動型のリモートセンシング観測を主体とする。</p> <p>地上多点での連続観測、人工衛星によるエアロゾル全量（光学的な厚み）の広域分布観測から、気候変動に関わる北極エアロゾルの動態を把握する。</p> <p>広域展開による比較（温室効果気体、オゾンなど）北極上空での状況を継続的にモニタリングしていき、温室効果気体の動態やオゾン破壊の様子を把握する。</p>
<p>(6) 実施計画： <研究の具体的なイメージが分かる形で記述></p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ スバルバル・ニーオルスンを地上観測拠点候補とし、氷雲および混合相雲を重点的な観測対象とし、雲レーダーを含む各種機器による観測を実施する。 ・ 地上での連続観測、人工衛星によるエアロゾル全量（光学的な厚み）の広域分布観測による北極エアロゾルの動態を把握 ・ Earth Care などの衛星観測とのタイアップ。 ・ 温暖化気体の観測サイトの比較検証サイトの拡大（スバルバードーカナダ等のモニタリングサイトの構築） ・ オゾン観測サイト（ロシア北部など含む）における観測を充実させ、従来のオゾンゾンデ観測だけではなく、可能なら FTIR による観測拠点の構築
<p>(7) 重点課題の条件との関係： <添付の重点課題の要件との関連を記述></p>	<p>重点課題の性格の各項全てに関連するとともに、世界の研究をリードしている分野であり、かつ持続的モニタリングが重要な課題である。</p>
<p>(8) 他分野との協力および要望： <内容を記載。クロスカット研究としての検討対象の判断></p>	<p>雲の生成消滅、組成は海洋状態・海氷分布と大きく関係し、また放射影響としても海氷との相互作用が大きい。近年の海氷急減に関しても、雲の役割が問題。さらに、温室効果気体・エアロゾルのシンク・ソースにとって、海洋域の役割、陸上生態系、永久凍土など大きく関係する。さらに、成層圏オゾンは、極渦等大気循環場の影響が大きい。さらに上空超高層との関連も。</p>
<p>(9) 3年後、5年後に期待される成果（社会的貢献を含む） <具体的な記述></p>	<p>(3年) 拠点でのメカニズム解明、現象把握、衛星検証 (5年) 衛星解析、モデル改良、北極強温暖化の中での雲の役割解明、北極温暖化に伴う全球規模温室効果気体の動向予測</p>
<p>(10) 国際的研究・観測計画ならびに国際的事業等との関係：</p>	<p>ニーオルスンや、カナダ北極圏、スウェーデン・キルナでは、オゾンゾンデや FTIR 観測あり。温室効果気はカナダ、アラスカでの観測と国際共同比較。エアロゾルなど、ドイツ AWI の環北極航空機観測との共同の可能性。NASA のライダー観測網にも加入。</p>
<p>(11) 国内において既に実施されている類似研究、および</p>	<p>雲・放射・エアロゾル：スバルバル（極地研・千葉大・福岡大・名大） 温室効果気体：スバルバル（極地研）、シベリア（環境研） オゾン：スバルバル（名大・環境研）、シベリア（環境研）</p>

びそれとの関係：	
(12) 必要とする高額な経費 (500 万超) : <項目と概算額>	地上観測機器の整備、航空機観測費用、カナダ、シベリアにおける新観測拠点の構築費用が想定される。
(13) 必要とする研究・観測基盤や観測拠点 : <共通性の高い事項は別途扱う可能性があるため、その指摘をして下さい>	ノルウェー、カナダ、シベリアの観測拠点・機器整備。 雲レーダー (CPR) の導入、衛星観測の地上検証という意味からも必須。共通施設として導入し、ニーオルスン観測のほか、他の拠点 (観測船含む) にも移動利用。
(14) データアーカイブ (衛星含む) の方針と要望 :	衛星観測データの利用率. 多点モニタリングの状況モニター
(15) 当該課題に参加の可能性がある、ないし参加してもらいたい方々 :	山内恭 (極地研)、小池真・近藤豊・(東京大学)、原圭一郎・林政彦 (福岡大学)、長田和雄 (名大)、竹村俊彦 (九州大学)、塩原匡貴 (極地研)、鷹野敏明 (千葉大)、森本真司 (極地研)、青木周司 (東北大)、中澤高清 (東北大) 梅澤拓 (極地研)、菅原敏 (宮教大)、石戸谷重之 (産総研)、猪上淳 (JAMSTEC)、藤吉康志 (北大)

(16) 付録 : 概要図、概念図、フローチャート等 : <あれば、添付>

番号：2-2

注意：2 ページに収まるように記述量を調整。(4)、(5)、(6) を重視すること。

(1) 課題名 (日本語):	温暖化する北極海の 대기雪氷相互作用とそのテレコネクションによる高緯度-中緯度影響伝播および極東アジア・日本への影響
(2) 課題名 (英語):	Global warming affecting Far East Asia and Japan, through high-middle latitude Teleconnection derived by Cryosphere-Atmosphere Interactions in the Arctic
(3) 記述責任者ないし コンタクトパーソン:	榎本、山内 (国立極地研)
(4) 研究の背景と必要性:	<p>北極海の海氷域面積は 2005 年及び 2007 年の夏季にシベリア沿岸で激減し相次いで最小記録を塗り替え、続く 2005/06 年及び 2007/08 年冬季はシベリア高気圧が発達し日本を含む極東～中央アジア～東欧の各地で記録的な低温や大雪などの異常気象に見舞われた。2009/10 には北半球高緯度各地で寒波が襲来した。2011 年には太平洋アラスカの高緯度に生じたブロッキングによる日本付近の鄭重恩が発生した。</p> <p>現在、Polar Amplification の発生パターンと駆動するメカニズムが注目されているが Polar Amplification において顕著な変化がおきている北極の気候が中緯度の気象に影響してくる過程は注意深く検証する必要がある。</p>
(5) 研究の目的と目標:	<p>近年の北半球の海水域変動を中心とした雪氷圏変動が大気 (循環) 場及ぼす影響の定量的な評価とその時空間特性の理解を通じて、雪氷圏変動に伴う異常気象の実態を解明し、地球規模の長期的な気候変動へのインパクトを評価する。</p> <p>北極海を中心に海氷後退域と大気循環場との関連等の大気・海氷相互作用、海洋温暖化に伴う海氷薄氷化等の海洋・海氷結合作用、さらには海氷や雪氷表面アルベードの問題である氷・アルベード・フィードバックなどを取り上げ、雪氷圏の介在したフィードバック効果を解析する。</p> <p>この研究を通して、極東アジア・日本の気象への影響についても明らかにすることを目標とする。</p>
(6) 実施計画: ＜研究の具体的なイメージが分かる形で記述＞	<ul style="list-style-type: none"> ・北半球中-高緯度データの解析 ・北極海の雪氷変動域でのフィードバック解析 ・北極海における船舶、ゾンデ観測データの取得活動と連携し、より精度の高いデータ整備のための観測時期・地域の確認を行なう。
(7) 重点課題の条件との関係: ＜添付の重点課題の要件との	

関連を記述>	
(8) 他分野との協力および要望： <内容を記載。クロスカット研究としての検討対象の判断>	
(9) 3年後、5年後に期待される成果(社会的貢献を含む) <具体的な記述>	(3年) (5年)
(10) 国際的研究・観測計画ならびに国際的事業等との関係：	北極海における各国の観測計画との連携。
(11) 国内において既に実施されている類似研究、およびそれとの関係：	バレンツ海の海水氷以上が日本の気象に与える影響の研究
(12) 必要とする高額の経費(500万超)：<項目と概算額>	北極海観測への参加・観測実施費用。
(13) 必要とする研究・観測基盤や観測拠点： <共通性の高い事項は別途扱う可能性があるので、その指摘をして下さい>	
(14) データアーカイブ(衛星含む)の方針と要望：	雪氷面衛星観測情報の提供。気象多点観測点の収集
(15) 当該課題に参加の可能性がある、ないし参加してもらいたい方々：	本田明治(新潟大)、浮田甚郎(新潟大)、高谷康太郎(JAMSTEC)、猪上淳(JAMSTEC)、中村尚(東大) 他。 関連研究活動を含め、検討・参画・連携などの活動調整による。

(16) 付録：概要図、概念図、フローチャート等：<あれば、添付>

番号：2-3

注意：2 ページに収まるように記述量を調整。(4)、(5)、(6) を重視すること。

(1) 課題名 (日本語) :	海上・海氷上、季節海氷域での大気雪氷間プロセス解明
(2) 課題名 (英語) :	Air-Sea-Sea ice processes on the sea ice cover
(3) 記述責任者ないし コンタクトパーソン :	榎本、山内 (国立極地研)
(4) 研究の背景と必要性 :	<p>海氷域における大気-海氷-海洋間の熱交換プロセスには未知のものが多い。たとえば Polar Amplification の発生パターンと駆動するメカニズムが注目されているが、そのモデル再現には不確定な要素が残っており、海氷上での境界層の情報が必要とされている。領域モデルと観測によるプロセス理解、また降水降雪システムの理解のアプローチも有効であると考えられている。領域モデルの開発にはまだまだ多くの時間と労力が必要であるが、その有効性や問題点を確認することは今後の北極研究にとっても有効である。</p> <p>北極海が夏期にオープンウォーターとなり、冬季に薄氷からの単年度成長と翌年の広域融解消滅を繰り返す季節海氷化することが予想されるが、このように変化する北極圏の海氷生成とそれにかかわる海洋・大気の変化システムを検証が必要である。</p>
(5) 研究の目的と目標 :	<p>大気場の熱力学構造及び大気-海洋間の熱収支とフィードバック・メカニズムを明らかにするためのプロセスの観測に集中する。</p> <p>変動する海氷域での観測、海氷縁辺部、海氷上の境界層の観測を実施。海氷衛星観測情報の高精度化のための海氷の状態の季節変化を追跡する。</p> <p>ここで得られた観測情報により Polar Amplification にかかわるフィードバックシステムについて実態を調査することを目標とする。海氷成長・消耗過程とそれに伴う熱フラックスの成果はモデル研究の高精度化につながり、より精度の高い長期予測に貢献する。</p>
(6) 実施計画 : <研究の具体的なイメージが分かる形で記述>	<ul style="list-style-type: none"> ・北極海の雪氷変動域でのフィードバック過程の重要・不確定プロセスの検討 ・使用できる雪氷データの確認 ・北極海における船舶観測、沿岸観測の実施、ゾンデ観測データの実施/取得。 ・北極海の海氷厚、表面融解、氷厚季節変化大気・海洋の熱フラックスの測定。 ・衛星観測による海氷成長・消耗観測と組み合わせ北極海の大気・海氷・海洋間の相互作用に寄与する海洋熱フラックスの推定をおこなう。
(7) 重点課題の条件との関係 : <添付の重点課題の要件との	プライオリティの(2),(4),(5)に関わる。

関連を記述>	
(8) 他分野との協力および要望： <内容を記載。クロスカット研究としての検討対象の判断>	海洋観測との共通観測域、自動観測設置の協力
(9) 3年後、5年後に期待される成果（社会的貢献を含む） <具体的な記述>	(3年) (5年)
(10) 国際的研究・観測計画ならびに国際的事業等との関係：	北極海における各国の夏期船舶観測。 北極周辺海域における冬期砕氷船観測による気象・雪氷データの取得。 アラスカ沖北極海における米国氷上ステーションの維持・観測
(11) 国内において既に実施されている類似研究、およびそれとの関係：	夏期：みらい、カナダ砕氷船観測への参加。 冬期：バルティック海、オホーツク海での砕氷船観測。 ノースウォーター域における海氷観測。
(12) 必要とする高額な経費（500万超）：<項目と概算額>	北極海観測への参加・観測実施費用。
(13) 必要とする研究・観測基盤や観測拠点： <共通性の高い事項は別途扱う可能性があるため、その指摘をして下さい>	砕氷船乗船、 海上上定点観測（設置・気象および海氷観測設備）、 海氷縁辺部～沿岸域での広域観測展開
(14) データアーカイブ（衛星含む）の方針と要望：	雪氷面衛星観測情報の提供。気象多点観測点の収集
(15) 当該課題に参加の可能性がある、ないし参加してもらいたい方々：	テレコネクション研究活動を含め、検討・参画・連携などの活動調整による。

(16) 付録：概要図、概念図、フローチャート等：<あれば、添付>

番号：2-4

注意：2 ページに収まるように記述量を調整。(4)、(5)、(6) を重視すること。

(1) 課題名 (日本語) :	異常気象と温暖化の再現・解析研究による自然変動／人為変動の分析
(2) 課題名 (英語) :	Air-Sea-Sea ice processes on the sea ice cover
(3) 記述責任者ないし コンタクトパーソン :	田中 (筑波大)、榎本、山内 (国立極地研)
(4) 研究の背景と必要性 :	<p>温暖化は北極域で顕著に現れる。そのメカニズムに Ice-Albedo Feedback が関与する事は分かっているが、それは主に応答を増幅させているのであり、本来そのフィードバックがなくても北極の温暖化は顕著になる。この本質的な Arctic Amplification のメカニズムを探ることが重要である。それに対する Ice-Albedo Feedback の応答の大きさが地球温暖化の程度を決めているが、その応答の仕方にモデル間で、またはモデルと現実との間で大きな誤差がある。</p> <p>その応答の定量化を行う事は Arctic Warming の研究で重要と認識されている。</p> <p>・ Anthropogenic or Natural variability</p> <p>北極域を中心とする中高緯度の異常気象パターンと北極振動のパターンという基本的な自然変動 (力学的内部変動) および人為的な地球温暖化の応答として現れる Ice-Albedo Feedback パターンとの分離、評価を通しての温暖化研究の推進が重要である。一方で、領域モデルを用いた北極プロセス研究が企画され、観測データの収集とモデルの開発、シミュレーションの実施からメカニズムを探る活動が進められている。</p>
(5) 研究の目的と目標 :	<p>Arctic Amplification のメカニズムを探る。</p> <p>Anthropogenic or Natural variability の分離と再現を行なう。</p> <p>全球モデルと領域モデルのネスティング</p>
(6) 実施計画 : <研究の具体的なイメージが分かる形で記述>	<p>全球雲解像モデル NICAM の利用。</p> <p>次世代型領域モデル WRF をネスティングしたモデル開発と北極プロセス研究への応用。</p>
(7) 重点課題の条件との関係 : <添付の重点課題の要件との関連を記述>	<p>20 世紀前半の温暖化と現在の温暖化の差異。</p> <p>北極域の温暖化 amplification の機構</p>
(8) 他分野との協力および要望 : <内容を記載。クロスカット研究としての検討対象の判断	<p>大気大循環研究は北極温暖化に置いて多くの気候サブシステム (海洋、海水、陸域、生態) の中核となるが、これらのサブシステムとの相互作用をより正確に再現するには、ダウンスケーリングによる領域モデルとの結合が欠かせないが、多くのサブシステムの観測との共同研究が必要である。</p>

>	
(9) 3年後、5年後に期待される成果(社会的貢献を含む) <具体的な記述>	(3年) (5年)
(10) 国際的研究・観測計画ならびに国際的事業等との関係:	アラスカ大学との共同研究やドイツポツダム大学 IASC の枠内で領域モデル開発を精力的に推進する予定。主な課題は: 1. Surface energy budget components 2. Sea ice thickness and ice properties 3. Atmospheric radiative, turbulent fluxes and inversions 4. Planetary boundary layer structure, feedbacks with baroclinic cyclones 5. Vertical profiles of ozone and carbon dioxide 6. Aerosol concentrations and compositions 7. Cloud properties and vertical distribution このなかには観測を中心とするものも含まれるが、大気変動再現実験二注目してこれらの研究活動の一部を担う。
(11) 国内において既に実施されている類似研究、およびそれとの関係:	全球雲解像モデル NICAM と次世代型領域モデル WRF をネスティングしたモデル開発など。
(12) 必要とする高額の経費(500万超): <項目と概算額>	北極海観測への参加・観測実施費用。
(13) 必要とする研究・観測基盤や観測拠点: <共通性の高い事項は別途扱う可能性があるので、その指摘をして下さい>	計算機使用 専任で担当できる研究者が望ましい。
(14) データアーカイブ(衛星含む)の方針と要望:	アルベードフィードバック検証に関わる雪氷面情報の整備。
(15) 当該課題に参加の可能性がある、ないし参加してもらいたい方々:	NiCAM: 田中(筑波大)、他、領域モデル: 平沢(極地研)、検証: 榎本(極地研)

(16) 付録: 概要図、概念図、フローチャート等: <あれば、添付>

番号：2-5

注意：2 ページに収まるように記述量を調整。(4)、(5)、(6) を重視すること。

(1) 課題名 (日本語) :	北極大気の大気圏-成層圏間の影響連鎖/相互作用
(2) 課題名 (英語) :	Arctic Troposphere-Stratosphere Connection
(3) 記述責任者ないし コンタクトパーソン :	榎本、山内、宮岡 (国立極地研)
(4) 研究の背景と必要性 :	北極圏の大気圏の変動が成層圏に影響するシステム、逆に成層圏から大気圏への影響が注目されている。これらのコネクションの理解は、北極圏の大気変動のメカニズムの理解、モデル計算の精度向上には重要である。
(5) 研究の目的と目標 :	北極圏での上空大気の観測実施による北極大気の大気構造の理解と変動メカニズムの解明、大気モデルの高精度化への貢献を目指す。
(6) 実施計画 : ＜研究の具体的なイメージが分かる形で記述＞	<ul style="list-style-type: none"> ・ 北極圏における上層大気の観測。 ・ 大気圏観測との統合解析
(7) 重点課題の条件との関係 : ＜添付の重点課題の要件との関連を記述＞	<p>プライオリティの(2)気候システムを構成している水・物質・エネルギー循環の解明とそれに強く関わる物理・生物・化学的過程の解明とモデリングに関する研究に関わる。</p> <p>国際的な研究における日本ポテンシャルは高く、世界の研究をリードできる研究分野。</p>
(8) 他分野との協力および 要望 : ＜内容を記載。クロスカット 研究としての検討対象の判断 ＞	

<p>(9) 3年後、5年後に期待される成果(社会的貢献を含む) <具体的な記述></p>	<p>(3年) (5年)</p>
<p>(10) 国際的研究・観測計画ならびに国際的事業等との関係:</p>	<p>北大西洋～北極圏のヨーロッパ共同観測網での活動。</p>
<p>(11) 国内において既に実施されている類似研究、およびそれとの関係:</p>	<p>北大西洋～北極圏のヨーロッパ共同観測網での活動。</p>
<p>(12) 必要とする高額な経費(500万超): <項目と概算額></p>	
<p>(13) 必要とする研究・観測基盤や観測拠点: <共通性の高い事項は別途扱う可能性があるため、その指摘をして下さい></p>	
<p>(14) データアーカイブ(衛星含む)の方針と要望:</p>	
<p>(15) 当該課題に参加の可能性がある、ないし参加してもらいたい方々:</p>	

(16) 付録: 概要図、概念図、フローチャート等: <あれば、添付>

番号：3-1

注意：2 ページに収まるように記述量を調整。(4)、(5)、(6) を重視すること。

(1) 課題名 (日本語):	北極陸域システムの変動解明 (課題 1)
(2) 課題名 (英語):	Organized analysis of changes in Arctic Terrestrial System
(3) 記述責任者ないし コンタクトパーソン:	北大・地球環境 杉本 敦子
(4) 研究の背景と必要性:	<p>環北極陸域には、連続永久凍土帯から季節凍土帯まで異なる状態の凍土が存在し、水・物質循環を介して水文過程や植生動態と相互作用環を形成し一つ陸域システムを成している。また、この陸域システムは大気および海洋とも相互作用しながら、大気循環場や降水量の変動などを通して様々な時間スケールの変動を示しつつ全体として変化している。例えば、植生の変化等に伴う陸域地表面のアルベドやそこにおける温室効果ガス放出量の変化は、全球の気候への重要なフィードバック効果を示すことは言うまでもなく、陸は北極システムの中の一つの重要なサブシステムである。</p> <p>地球システムにおいて北極陸域システムがもつ重要な機能を大別すると、(1) 永久凍土と地表面土壌中の大量の炭素の蓄積と循環、(2) 地表面状態に対応したアルベドの変化、(3) 河川による淡水と物質の北極海への輸送の3つに大別される。いずれの機能においても永久凍土の動態把握が必要不可欠であるが、このような基本的情報さえ現時点では十分ではない。北極域における気候変動を理解し予測していくためには、北極陸域システムの変動を解明する必要がある、そのためには地表面における現象を診ることに加え、永久凍土の動態を含めて相互作用環のなかで把握していくことが不可欠である。</p>
(5) 研究の目的と目標:	<p>凍土の状態が異なる環北極陸域の各地域において、絶対的に不足している現場の観測データを取得し、北極陸域システムの機能とその変動を理解することを目的とする。</p> <p>観測は、以下のことを念頭におき実施する。</p> <p>(1) 各地域に共通の重要観測項目を設定し、一部の観測項目は長期観測とする</p> <p>(2) 各地域それぞれに特徴的なテーマも設定し、観測を実施</p> <p>(3) 長期的に観測を継続し、時間的変化を示す観測データを取得するとともに、空間的不均質性を評価するためのデータもあわせて取得する。</p> <p>(4) モデルおよびリモートセンシングによる評価との対応および連携。陸域分野では、課題 1~3 をあわせて実施することにより、例えば以下のような現象を解明する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・活動層の状態と地表面植生の変化、それに伴う GHG 放出、フラックス変化 ・地温上昇と永久凍土の融解による炭素循環の変化、GHG 放出

	<ul style="list-style-type: none"> ・林野火災による炭素放出量と生態系の応答 ・水域面積、陸上の水貯留量、河川流量の変化、それに伴う流出物質の変化 ・過去 100 年と将来 100 年の環境、炭素収支（年輪、堆積物など）
<p>(6) 実施計画：</p> <p><研究の具体的なイメージが分かる形で記述></p>	<p>第 1 年度 観測態勢確立のための準備。モデル、リモセン、および大気や海洋など他分野との調整をはかりつつ準備を進める。また、すでに存在はしているが、利用できていないデータの入手をデータ班と始める。</p> <p>第 2-4 年度 観測の実施</p> <p>第 5 年度 長期観測態勢への移行と成果とりまとめ</p>
<p>(7) 重点課題の条件との関係：</p> <p><添付の重点課題の要件との関連を記述></p>	<p>今後の急激な変化を理解し予測する上で、陸域システムのフィードバック機構は極めて重要で、(1) 現在の急激な気候システムの変化を予想するのに貢献する研究である。(2) に関してはモデルの評価データとして観測データは重要で、また逆に観測側から重要と考えられる現象のモデル化のリクエストを考える。(3)、(4) に関しては、永久凍土の融解により凍土中に閉じ込められている炭素が温室効果ガスとして放出される量とタイミングを評価することにつながる研究であると言える</p>
<p>(8) 他分野との協力および要望：</p> <p><内容を記載。クロスカット研究としての検討対象の判断></p>	<p>モデル、リモートセンシングによる研究と連携して進める。また、北極システムの陸以外のサブシステムである大気や海洋との相互作用の解明（課題 2）も重要な課題と位置づけ、本課題はそのための基盤的研究でもある。</p>
<p>(9) 3 年後、5 年後に期待される成果（社会的貢献を含む）</p> <p><具体的な記述></p>	<p>(3 年) モデル、リモセンと連携した観測研究体制の確立。</p> <p>(5 年) 陸と大気の相互作用解明、長期観測態の確立へ</p>
<p>(10) 国際的研究・観測計画ならびに国際的事業等との関係：</p>	<p>IASC 陸域グループ、FLUXNET、IPY-TSP、IASC-SEON, NYSMAC</p>
<p>(11) 国内において既に実施されている類似研究、およびそれとの関係：</p>	<p>地球研シベリアプロジェクト、IARC-JAXA プロジェクト、JAMSTEC-IARC collaboration study, 地球研アムール-オホーツクプロジェクトなど、既存、終了したプロジェクトの観測サイトやノウハウを利用</p>
<p>(12) 必要とする高額な経費（500 万超）：</p> <p><項目と概算額></p>	<p>分析の効率化をはかるための分析装置（現地、日本国内）</p> <p>多点長期観測態勢に移行するためのセンサー、ロガー</p> <p>フラックス観測、一般気象観測の機材の更新（一式約 1200 万円）</p> <p>凍土ボーリング外注（約 1000 万円）</p>
<p>(13) 必要とする研究・観測基盤や観測拠点：</p> <p><共通性の高い事項は別途扱う可能性があるため、その指摘をして下さい></p>	<p>既存の観測サイト（シベリア、アラスカ、スバルバールなど）を維持し、共通観測項目のデータ取得に利用</p> <p>観測機材、人件費が必要</p>

(14) データアーカイブ(衛星含む)の方針と要望:	ロシア既存のデータアーカイブが必要。流量データに加え、化学成分の分析値を利用できるようにしてほしい
(15) 当該課題に参加の可能性がある、ないし参加してもらいたい方々:	杉本、石川、飯島、松浦、内田、兒玉、白岩、知北、太田、檜山、野口、早坂、串田、鈴木、斉藤和之、末吉、伊藤昭彦、山崎、村松、岩花、松浦、その他のかた

(16) 付録: 概要図、概念図、フローチャート等: <あれば、添付>

番号：3-2

注意：2 ページに収まるように記述量を調整。(4)、(5)、(6) を重視すること。

(1) 課題名 (日本語) :	北極陸域システムの持続的研究基盤の構築 (課題 1.5)
(2) 課題名 (英語) :	Establishment of sustainable observation network on Arctic Terrestrial System
(3) 記述責任者ないし コンタクトパーソン :	北大・地球環境 杉本 敦子
(4) 研究の背景と必要性 :	北極陸域システムの変動や陸域システムとその他のサブシステム (大気、海洋) との相互作用の解明には、環北極陸域の凍土や植生、河川、積雪、その他基本的な観測項目のデータが必須である。しかしながら北極陸域は、基本的な観測項目に関しても観測の空白域となっている。加えて、北極陸域システムで重要な要素である凍土は、地下の現象であり衛星等のデータが利用できないため、凍土の観測データは絶対的に不足している。環北極陸域を一つのシステムとして理解するためには、既存の観測サイトにおいて共通の観測を実施し、地上の点データをネットワーク化して面的に現象を見る必要がある。
(5) 研究の目的と目標 :	<p>既存の観測サイトを有効に利用し、各地域、サイトに共通の重要観測項目 (基盤観測) を設定し、時系列のデータセットを面的に広げることを目標とする。これらは、各観測サイトの基盤的データセットとなるだけでなく、モデルの評価・改良・構築、衛星データを利用した観測・解析においても必須である。また、一部の基盤観測は、長い時間をかけて変化する北極陸域を理解するための長期観測態勢へ移行させる。</p> <p>< 共通観測項目の例 ></p> <p>一般気象観測：積雪 水・熱、CO₂ フラックス、GHG フラックス 土壌 (活動層厚の少なくとも 3 倍の深さ)：土壌水分 (含水率)、地温、有機物量 (C, N) , メタン、およびそれらの同位体比 植生：LAI、バイオマス、年輪 (幅、同位体比) 河川：流量と同位体比、化学成分、有機物など</p>
(6) 実施計画 : < 研究の具体的なイメージが分かる形で記述 >	<p>第 1 年度 観測態勢確立のための準備。</p> <p>第 2-4 年度 観測の実施</p> <p>第 5 年度 長期観測態勢への移行</p>
(7) 重点課題の条件との関係 : < 添付の重点課題の要件との関連を記述 >	陸域分野の課題すべてにおいて、この課題は基盤的観測データとして必須。
(8) 他分野との協力および要望 :	モデル、リモートセンシングによる研究とも連携し、観測項目やサイトなどの選定を進める。

<p><内容を記載。クロスカット研究としての検討対象の判断></p>	
<p>(9) 3年後、5年後に期待される成果(社会的貢献を含む) <具体的な記述></p>	<p>(3年) モデル、リモセンと連携した観測研究体制の確立。 (5年) 陸と大気の相互作用解明、長期観測態の確立へ</p>
<p>(10) 国際的研究・観測計画ならびに国際的事業等との関係:</p>	<p>IASC 陸域グループ、FLUXNET、IPY-TSP、IASC-SEON, NYSMAC</p>
<p>(11) 国内において既に実施されている類似研究、およびそれとの関係:</p>	<p>地球研シベリアプロジェクト、IARC-JAXA プロジェクト、JAMSTEC-IARC collaboration study, 地球研アムール・オホーツクプロジェクトなど、既存、終了したプロジェクトの観測サイトやノウハウを利用</p>
<p>(12) 必要とする高額な経費(500万超): <項目と概算額></p>	<p>分析の効率化をはかるための分析装置(現地、日本国内) 多点長期観測態勢に移行するためのセンサー、ロガー フラックス観測、一般気象観測の機材の更新(一式約1200万円) 凍土ボーリング外注(約1000万円)</p>
<p>(13) 必要とする研究・観測基盤や観測拠点: <共通性の高い事項は別途扱う可能性があるため、その指摘をして下さい></p>	<p>既存の観測サイト(シベリア、アラスカ、スバルバールなど)を維持し、共通観測項目のデータ取得に利用 観測機材、人件費が必要</p>
<p>(14) データアーカイブ(衛星含む)の方針と要望:</p>	<p>ロシア既存のデータアーカイブが必要。流量データに加え、化学成分の分析値を利用できるようにしてほしい</p>
<p>(15) 当該課題に参加の可能性がある、ないし参加してもらいたい方々:</p>	<p>杉本、石川、飯島、松浦、内田、兒玉、白岩、知北、太田、檜山、野口、早坂、串田、鈴木、斉藤和之、末吉、伊藤昭彦、山崎、村松、岩花、松浦、その他のかた</p>

(16) 付録: 概要図、概念図、フローチャート等: <あれば、添付>

番号：3-3

注意：2 ページに収まるように記述量を調整。(4)、(5)、(6) を重視すること。

(1) 課題名 (日本語) :	北極気候システムにおける陸域の役割 (課題 2)
(2) 課題名 (英語) :	Roles of terrestrial system in Arctic climate System
(3) 記述責任者ないし コンタクトパーソン :	海洋研究開発機構 飯島慈裕
(4) 研究の背景と必要性 :	<p>北極域の気候・環境変動の全体像を解明する上で、海洋・大気の変化に連動した陸域の内部システム (永久凍土-植生-水文-雪氷の相互作用) の変容と、それら陸域環境の変化が大気、海洋へ影響を返すフィードバック機構の解明は、北極研究の一翼を担う重要な課題である。最近数十年間の時間スケールで見ると、北極海氷の急減は既知の事実であるが、その北極変動に同調するように、大陸上では陸域水循環の降水-貯留-河川流出という異常が顕在化し、陸域の植生・水文・凍土環境の変化が連鎖的に生じている。これら陸域での変化は、特に衛星観測や既存の気象データでは抽出し難い、植生内や地下の変化に起因する現象が多い。これは、現在でもなお未知の変化過程とそれによって引き起こされる大気・海洋への影響が、数多く潜在していることを強く示唆しており、ここに、新たな相互作用系解明の研究展開が必要とされる。</p>
(5) 研究の目的と目標 :	<p>本課題では、北極域の大規模な海洋・気候変動に端を発する陸域の内部システムの広域的な変容、それが誘発する熱・水・物質循環の変化を通じた大気・海洋への影響程度の解明を大目標とする。この5年間では、海洋・大気が陸域環境変化に与えた影響とその相互作用系の解明 (時間スケールは最近30年を主とし、古環境との比較も含む)、陸域変化が引き起こす大気・海洋への影響の解明 (北極域内または中緯度 (東アジア・日本) への影響伝播の解明を主とし、温暖化シミュレーションによる将来予測も含む)、を具体的な研究課題とする。その達成には、観測研究との連携による観測データの統合的解析、衛星リモートセンシングと観測データの相互利用による広域解析、各種モデルを用いた相互作用系のシミュレーションとその検証、が積極的に活用されることが期待される。本研究課題の推進に伴い、陸域での新たな観測課題の提案 (要請)、北極気候モデル構築との連携が進むことも、北極域の長期的な研究体制構築の視座となる。</p>
(6) 実施計画 : ＜研究の具体的なイメージが分かる形で記述＞	<p>第1年度 気象観測データの入手と衛星観測データの収集に基づく、海洋・大気-陸面間相互作用の解析的研究、領域水文気候モデルによる再現実験等の実施</p> <p>該当研究テーマ例：降水量・積雪変動の空間パターンと大気場の解析、降水・積雪と土壌水分変動、蒸発散、河川流量等との関係の解析、河川流出にともなう陸域からの物質循環と海洋生態系への影響の解析など。</p>

	<p>第 2-4 年度 海洋・大気-陸面間相互作用の解析的研究 様々な相互作用検討のための各種モデルシミュレーションの適用と検証 観測結果と連携した相互作用系の解析や将来予測について調査・作業。</p> <p>第 5 年度 北極域から中緯度にかけての海洋・大気-陸面相互作用系の総括</p>
<p>(7) 重点課題の条件との関係： <添付の重点課題の要件との関連を記述></p>	<p>検討の際の留意事項と参考情報における(2)プライオリティに関しては、「現在の急激な変化(過去 100 年程度から短い期間)を理解し、将来(～100 年)の変化を予測するのに貢献する研究」、「(3) 東アジアおよび全球の気候への影響、海面上昇、温室効果気体など重要視されている地球環境への影響を評価することのできる研究。」、「北極気候システムに関する分野を超えた大きな question を解決する研究。たとえば、『大河川流量増加の原因とその北極海の気候系への影響?』が該当すると考えられる。また、(3) 留意点については、研究対象地域を陸域観測の重点トランセクトを含むシベリアから東アジアに置き、北極から中緯度圏への相互作用系を貫いて研究するという独自性を出すことができるため、「日本のコミュニティーが世界の研究をリードできる(可能性のある)分野」であり、「日本のコミュニティーとしてギャップ(もしくは連携の効果が望める知見・成果・方向性が個々にありながら種々の理由や事情でその統合的研究が現在まで行われていない部分)が大きく、埋める必要(価値)がある分野・研究」である。</p>
<p>(8) 他分野との協力および要望： <内容を記載。クロスカット研究としての検討対象の判断></p>	<p>大気大循環、衛星リモートセンシング、陸面過程、陸面大気相互作用、大気海洋相互作用、メソ対流系の研究者が、北極域または中緯度へ広域に影響を与える相互作用系の解明という目的の下で、双方向に意思が疎通できる協力体制が必須と考える</p>
<p>(9) 3年後、5年後に期待される成果(社会的貢献を含む) <具体的な記述></p>	<p>(3年)既存の観測データに基づく、陸域と大気・海洋間の相互作用系の解明。 (5年)観測結果と各種モデル解析結果に基づく相互作用系の解明</p>
<p>(10) 国際的研究・観測計画ならびに国際的事業等との関係：</p>	
<p>(11) 国内において既に実施されている類似研究、およびそれとの関係：</p>	<p>下記(15)にあげられた陸域と大気・海洋の相互作用関連の研究者のこれまでの解析手法・成果を統合的に組みあわせて、環北極陸域システムが果たす相互作用系のより詳細な解明を目指す。</p>
<p>(12) 必要とする高額の経費(500万超)：<項目と概算額></p>	<p>特になし</p>

<p>(13) 必要とする研究・観測基盤や観測拠点： <共通性の高い事項は別途扱う可能性があるので、その指摘をして下さい></p>	<p>JAXA の衛星データ利用、人件費</p>
<p>(14) データアーカイブ(衛星含む)の方針と要望：</p>	<p>本課題で創出される、北極域の再解析データや衛星データの加工データ、モデル出力等については、利用可能なデータアーカイブを目指す必要がある</p>
<p>(15) 当該課題に参加の可能性がある、ないし参加してもらいたい方々：</p>	<p>北大：佐藤、松村、山崎、白岩、知北、東大：中村、新潟大：本田、浮田、三重大：立花、JAMSTEC：鈴木力、高谷、堀、小木、飯島、朴、JAXA：堀、筑波大：浅沼 他。(順不同. 完全ではない)</p>

(16) 付録：概要図、概念図、フローチャート等：<あれば、添付>

番号：3-4

注意：2 ページに収まるように記述量を調整。(4)、(5)、(6) を重視すること。

(1) 課題名 (日本語) :	北極陸域モデルの開発とその北極気候システムモデルへの拡張 (課題 3)
(2) 課題名 (英語) :	Transformation of Arctic Terrestrial models into Arctic System modeling
(3) 記述責任者ないし コンタクトパーソン :	海洋研究開発機構 斉藤和之
(4) 研究の背景と必要性 :	<p>北極陸域システム (凍土, 陸水・水文, 生態系や生物地球化学過程, またそれらを繋ぐ熱・水・物質循環を主要な構成要素あるいは過程とする) は北極圏環境システムの一つであり, 他のサブシステムである大気や海洋と, また内部にそれぞれ相互に強く連携している. 陸域システムの個々の過程について単体でその変化・変動とを記述し理解するだけでは, 複雑系である北極圏全体の理解や将来予測のための知見の深化に繋がらない. 第一には, 上記のような陸域重点要素間での相互作用系としてのまとまった理解 (モデル化) が必要であり, また続いてはそれを他の北極圏サブシステムと連結したシステム化が必須である. 現時点において, 上記陸域重点諸要素は国内でも, それぞれ程度の差こそあれ (概念的もしくは数値的な) モデル化の努力がなされている. しかしながら, 現実事象の反映具合やモデル間での協働など, 観測研究や他モデル開発との連携を含めた情報交換や共同研究は限られており, 何らかの意味での協力体制が望ましい. この 5 年間は, 次の期での統合的「北極システム」モデル (北極圏を一つの系とし, その挙動や諸要素間の相互作用を研究・調査するための大気-陸域-雪氷-海洋結合の領域規模モデル) 構築のための国内体制の調整と準備が主となる.</p>
(5) 研究の目的と目標 :	<ol style="list-style-type: none"> 1. 寒冷圏での総括的 (凍土, 動的植生, 水・物質動態などを組み込んだ) 陸域モデルの開発を目標として, 国内で行われている関連するモデル開発やモデルを用いた研究に関する状況や情報や知見の交換. これはモデル (開発者) 間のみでなく, 他分野 (大気, 海洋, 海水, 生態など) も含む観測研究者との相互理解も含まれる. 2. その後, 相補的あるいは統合的に研究が進められるものについては共同して陸域モデルの開発・改良や運用を行い, 諸過程間の相互作用についても調査・研究を行う. 3. 続いては, 北極システムモデルへの拡張を目標として, 全球気候モデルや領域気候モデルとの連携や結合可能性について調査・作業を行い, 第二期 5 年間を目途とする「北極システム」モデル構築の準備を行う.
(6) 実施計画 : <研究の具体的なイメージが分かる形で記述>	<p>第 1 年度 各モデルおよび必要なまたは利用できる基礎データ (境界条件, 検証値等) のリストアップ. モデル開発者間および観測研究者との情報・知見の交換. 方針の検討と設定.</p> <p>第 2-3 年度 諸過程間の相互作用検討のためのモデルの開発・改良・運用. 統合的モデル開発の可能性の検討</p>

	<p>第4年度 全球／領域気候モデルとの連携や結合可能性について調査・作業.</p> <p>第5年度 「北極システム」モデル構築の準備</p>
<p>(7) 重点課題の条件との関係： <添付の重点課題の要件との関連を記述></p>	<p>(1) <u>プライオリティ</u>に関しては、「現在の急激な変化（過去100年程度から短い期間）を理解し、将来（～100年）の変化を予測するのに貢献する研究」、「北極域の気候システム変化の基礎の物理過程としての水・物質循環・エネルギー循環の解明とそのモデリング」、「北極気候システムに関する分野を超えた大きなquestionを解決する研究。たとえば、『北極圏陸域は全球あるいは北極圏気候システムの中で負のフィードバックとして働くのか、またそうであるなら（あるいはそうでないなら）、その閾値、条件や過程は何か』」が該当すると考えられる。</p> <p>また、(2) <u>留意点</u>については、陸域の物理・化学・生物過程全体を統合的に捕らえた分野横断的モデルは世界的に見てもまだできあがっていないので「日本のコミュニティーが世界の研究をリードできる（可能性のある）分野」であり、「日本のコミュニティーとしてギャップ（もしくは連携の効果が望める知見・成果・方向性が個々にありながら種種の理由や事情でその統合的研究が現在まで行われていない部分）が大きく、埋める必要（価値）がある分野・研究」である。</p>
<p>(8) 他分野との協力および要望： <内容を記載。クロスカット研究としての検討対象の判断></p>	<p>陸域分野内では、観測研究者（現地観測，衛星観測）とともにモデルを構築していくような両方向的な協力関係・協力体制が必須と考える。</p> <p>また、北極システム全体を視野に入れたモデリング（数値モデル，概念モデル）の一部という位置づけであるので，大気，海洋・海水，雪氷それぞれの分野でのモデリング研究（横のつながり）や，領域規模や全球気候モデルとの連携（縦のつながり）はもとより必須である。</p>
<p>(9) 3年後、5年後に期待される成果（社会的貢献を含む） <具体的な記述></p>	<p>(3年) 現在ある過程モデルを組上げた北極陸域モデル。 (5年) 統合的「北極システム」モデル構築のための準備。</p>
<p>(10) 国際的研究・観測計画ならびに国際的事業等との関係：</p>	<p>Arctic System Modeling (ASM) community の一員としての活動。 各種モデル相互比較プロジェクト(CMIP等)への参加。</p>
<p>(11) 国内において既に実施されている類似研究、およびそれとの関係：</p>	<p>下記(15)にあげられたモデル関連の研究者のこれまでの成果を相補的あるいは統合的に組み合わせしていくことを目指す。それを効果的に行うことが all Japan 体制の成功裡の確立，あるいは日本独自の特色ある研究成果を生み出すと考える。</p>
<p>(12) 必要とする高額な経費（500万超）：<項目と概算額></p>	<p>計算用の計算機（比較的低価格で高性能の計算能力を可能とするためのクラスター化も考慮）。記憶媒体。</p>
<p>(13) 必要とする研究・観測基盤や観測拠点： <共通性の高い事項は別途扱</p>	<p>人件費。 さまざまな時間・空間規模で気候・環境・生態系モデリング開発を行っているグループやコミュニティーを横断的に，(ゆるやかに)繋げるよう</p>

う可能性があるので、その指摘をして下さい>	な体制. System Engineer 的な計算機環境に対する後方支援体制.
(14) データアーカイブ(衛星含む)の方針と要望:	モデルの検証や各種境界条件データの作成や評価で密接に連携する必要がある. 衛星観測データの優先的(つまり一般公開前や, 研究のための無償での)使用. 積分(シミュレーション)結果の系統的な保存と公開.
(15) 当該課題に参加の可能性がある、ないし参加してもらいたい方々:	名古屋大: 佐藤(尚), 東大: 大石, 吉森, 阿部, 兵庫県立大: 伊勢, 北大: 原, 佐藤(友), 環境研: 伊藤, 東北大: 山崎, 気象研: 保坂, 庭野, JAMSTEC: 高田, 鈴木(和), 末吉, 馬, 原, 朴, 防災科研: 山口. 他. (順不同. 完全ではない)

(16) 付録: 概要図、概念図、フローチャート等: <あれば、添付>

番号：4-1

注意：2 ページに収まるように記述量を調整。(4)、(5)、(6) を重視すること。

(1) 課題名 (日本語) :	グリーンランド氷床の氷体積減少
(2) 課題名 (英語) :	Ice mass loss in Greenland ice sheet
(3) 記述責任者ないしコンタクトパーソン :	杉山 慎(北大・低温研)
(4) 研究の背景と必要性 :	<p>グリーンランド氷床は北半球最大の氷塊であり、全球氷体積の 10%、海水準 7m に相当する。近年の人工衛星による観測データは、その氷体積が顕著な減少傾向にあるだけでなく、その減少速度が加速していることを示している。この傾向が続けば、2010 年から 2050 年の間に予想される 32±5cm の海水準上昇のうち、約 25% がグリーンランド氷床によって生じると見込まれている。IPCC の 4 次レポートは、氷床縮小の原因として (1)融解量の増加と(2)沿岸部での氷流動加速であることを指摘。しかしながら、これらのプロセスの詳細(原因、規模、空間分布、将来予測)は明らかになっておらず、国際的な雪氷研究コミュニティの最重要課題となっている。最近の推定によると 100 年後に海水準上昇が 1m になるという報告も出されている。</p> <p>特にこれまでの観測の多くが衛星データに頼っているため、氷床上での詳細な観測データが求められている。これまでの研究から、氷床融解には気候変動の影響が明らかであり、流動加速は海洋との相互作用が原因として挙げられている。また氷床が大気と海洋に影響を受けるばかりでなく、氷床からの淡水流入が北大西洋の海洋循環をコントロールし、大規模な気候変動の引き金となることが明らかとなっている。以上のような状況にありながら、グリーンランドにおける日本の雪氷研究活動は氷コア中心に進められており、数 10 年スケールでの氷床変動にはほとんど手がつけられていない。</p>
(5) 研究の目的と目標 :	<p>1) グリーンランド氷床の比較的小規模、かつ典型的な流域(内陸氷床、収束域、氷流、棚氷を持ち、海水、海洋と接する)の質量収支を測定し、以下を解明する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現在の氷床体積変動(流域スケール)、・氷床体積変動の原因(質量収支決定の各プロセスの変動)(降雪、融解、アルベド、雪氷微生物、流動、氷厚、カービング、棚氷融解) <p>2) 各種衛星による表面状態およびその変化等の監視。</p> <p>3) 氷床モデル・領域気候モデルの開発およびそれを用いた将来 50-100 年間の氷床変動予測(流域スケール+全氷床スケール)</p> <p>4) 気候との相互作用(降雪、気温、アルベド、中-大規模大気循環)</p> <p>5) 海洋との相互作用(棚氷融解、海水温度・塩分濃度、小-中規模の海洋循環)</p>
(6) 実施計画 : <研究の具体的なイメージが分かる形で記述>	<p>前半：氷床質量収支や動力学に関係した個別観測研究、衛星データ解析手法の検討、現存する数値モデルの高度化の着手、流域観測研究に関するワークショップの開催(課題の洗い出し、観測地・観測手法の詳細を検討)。流域研究</p>

	<p>に関する小規模野外観測(気象、融解・涵養、流動などの測定を開始)、現地観測による衛星データの検証と解析の高度化、流域スケールの数値モデルの開発</p> <p>後半: 中規模野外観測(熱水掘削、浅層コア掘削、氷厚測定、海洋観測、冬季観測)、衛星データを用いた長期変動監視手法の確立、観測データを用いた数値モデル実験(流域スケール、全氷床スケール)</p>
<p>(7) 重点課題の条件との関係: <添付の重点課題の要件との関連を記述></p>	<p>(1) 現在の急激な気候システム変化: 氷床では過去 10 年間に急激な変動が生じ、加速している。この変化量把握が、今後 50-100 年間の氷床変動を予測する鍵を握る。</p> <p>(2) 気候システムを構成している水・物質・エネルギー循環の解明: グリーンランド氷床は北半球最大の陸上淡水源であり、水循環・気候システム・海洋循環に対する一つの大きな影響因子である。</p> <p>(3) 全球の気候への影響、海面上昇、温室効果気体など地球環境への影響評価: 海面上昇への寄与が現時点で明らかであり、今後の寄与増加が予想される。また淡水の流入による海洋循環の変化が、大規模な気候変動の原因となりうる。</p> <p>(4) 北極気候システムに関する分野を超えた大きな question を解決する研究: 気候および海洋との相互作用が顕著であり、半球スケールでの環境変動の鍵を握る。</p> <p>(5) 変化・変動の大きい因子に関する持続的監視に関する観測: 氷床の質量収支(降雪、融解)および流動に関する長期的監視が必要。</p>
<p>(8) 他分野との協力、要望: <内容を記載。クロスカット研究としての検討対象の判断></p>	<p>プロジェクト後半では大気・気候分野、海洋、海水分野との連携および共同研究が必要。特に気候モデルと氷床モデルの結合による氷床変動の将来予測、氷床沿岸部での海洋観測による氷床-海洋相互作用の解明、が重要課題。</p>
<p>(9) 3年後、5年後に期待される成果(社会的貢献を含む) <具体的な記述></p>	<p>3年後の成果</p> <ul style="list-style-type: none"> ・観測・数値実験・衛星データ解析を統合したグリーンランド研究コミュニティの確立 ・国際的な研究コミュニティへの参画 ・現場観測の環境整備(現地カウンターパート、現地滞在、人員移動、物資輸送) ・表面質量収支(融解・涵養)、気象、流動に関する初期データ <p>5年後の成果</p> <ul style="list-style-type: none"> ・流域規模での氷床変動速度の定量化 ・各プロセスに関するデータ(降雪、融解、アルベド、流動、カービング、棚氷融解)取得 ・流域の質量収支将来予測(観測データと数値モデル実験の結合)、氷床全域の質量収支将来予測(海水準への影響)

	・氷床と海洋・大気との相互作用の初期解明、・海外研究機関との共同研究
(10) 国際的研究・観測計画ならびに国際的事業等との関係:	・デンマーク、スイス、アメリカとの共同研究の可能性。 ・デンマークを中心とした国際的な氷コア研究プロジェクトとの連携の可能性。 ・CliC, IASC における議論参加、協同研究の構築
(11) 国内において既に実施されている類似研究、およびそれとの関係:	・氷床変動に関する数値モデルを使った研究(北大と東大)との連携 ・氷床表面のアルベドに着目した研究(気象研、京大、千葉大)との連携。 ・氷コア研究プログラム(極地研、北大、北見工大)との連携。
(12) 必要とする高額な経費(500万超): <項目と概算額>	・博士研究員の雇用×2名×4年間(2012-2016年)(1000万円×4年間)、・スノーモビル×2(500万円)、・熱水掘削システム(500万円)、・GPSシステム(500万円)、AWS(1000万)
(13) 必要とする研究・観測基盤や観測拠点:	・グリーンランド沿岸での観測拠点(宿泊所、機材倉庫)
(14) データアーカイブ(衛星含む)の方針と要望:	NSIDC へのデータ提供に加えて、国内でのデータアーカイブでの管理を希望
(15) 当該課題に参加の可能性がある、ないし参加してもらいたい方々:	北大(的場、白岩、Greve、飯塚、古屋、澤柿)、極地研(榎本、本山、藤田)、JAMSTEC(大畑、門田、矢吹、紺屋、杉浦、齋藤)、北見工大(高橋、亀田、館山)、RESTEC(山之口)、東大(阿部)、産総研(中村)、京大(幸島)、千葉大(竹内)、気象研(青木)

(16) 付録: 概要図、概念図、フローチャート等: <あれば、添付>

番号：4-2

注意：2 ページに収まるように記述量を調整。(4)、(5)、(6) を重視すること。

(1) 課題名 (日本語) :	北極圏氷河の気候変動に対する応答と将来変化
(2) 課題名 (英語) :	Response of glaciers to climate change in the Arctic Region
(3) 記述責任者ないし コンタクトパーソン :	高橋修平 (北見工業大学)
(4) 研究の背景と必要性 :	<ul style="list-style-type: none"> ・氷河と氷帽の質量欠損は、海面水位変動に換算して 1961~2004 年にかけて年 $0.50 \pm 0.18\text{mm}$ であるが(第4次 IPCC 報告)、質量の 50%程度が北極域に分布していると言われている。気候変動に対する応答性が早いこと、および北極圏地域では温暖化が急激に進んでいることから、北極圏での氷河、氷帽の調査および変動解析が重要である。 ・氷河は容易に境界が視認されるため、温暖化の指標として適当であり、季節積雪分布の指標ともなり得る。また過去データとの比較が行いやすい。 ・氷河変動を議論する上で重要となる氷河厚の情報が不足しており、現場観測及び氷河流動モデル導入など間接的手法により導出することが求められている。 ・将来氷河変化予測が求められているが、それは過去に関する気温・降水量データ集積および現地での熱・質量収支観測によるモデル検証に基づき、広域の将来推定および氷河分布変化の見積もりを行う必要がある。 ・とくに温暖化が急速に進んでいるが氷河の観測が少なく空白域であるシベリア地域等に関する研究を強化する必要がある。
(5) 研究の目的と目標 :	<p>北極圏の氷河・氷帽の規模について現在状況を正確に把握した上で、寒冷地氷河の特徴を明らかにしつつ、過去 200 年の変化を検証し、将来 200 年の変化を予測する。そのために以下の項目を明らかにする。</p> <p>[現状把握] 主として衛星観測から現在の氷河・氷帽の面積、存在高度、斜面方位等を明らかにし、氷河台帳を充実する。氷河流動モデルによる流動計算から、氷河体積を見積もる手法を確立し、質量としての氷河データを求める。現在の氷河平衡線高度を求めるとともにその決定要素を確定する。寒冷地氷河特有の現象である上積み氷(融解水の内部凍結氷)の氷河涵養寄与や、冬期積雪が少ない内陸地域で重要な雪・雨の臨界気温条件を解明する。これらの検証として代表的地域の現地観測により行う。</p> <p>[過去変化復元] 衛星画像から末端モレーン(氷河堆積物)の長さを求め、過去 200 年程度にさかのぼった小氷期氷河拡大期からの後退距離等を求める。また過去の気象データ(気温、降水量等)をもとに過去平衡線高度を求め、過去の氷河分布を復元する。</p> <p>[将来予測] 過去変化復元の過程で求められた氷河平衡線高度変化モデルにより、温暖化シナリオや将来気象予測データをもとに、氷河面積、体積、融解水量等の将来氷河変動を予測する。また、日本として分担する指標氷河(山域)をいくつか設定し、長期監視体制を構築する。</p>
(6) 実施計画 : <研究の具体的なイメージが分かる形で記述>	<p>[1年目]・研究集会開催:研究目標の年次設定、課題検討、観測地・観測手法検討。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・衛星画像収集開始:氷河台帳の充実 ・:第1検証地・予備調査、ロジステック確立、計測器設置。 <p>[2年目]・衛星画像:氷河面積解析、氷河流動モデル計算、気象データ収集:積雪 G と共同</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ・第1検証地・本調査:氷河・モレーン観測、第2検証地・予備調査。 [3年目]・衛星画像:モレーン解析、現地氷河情報収集、気象データ収集:積雪 G と共同 ・第1検証地:データ回収、第2検証地:本調査。 [4年目]・現在氷河平衡線高度解析、現地氷河情報収集、流動モデルによる体積計算。 ・第1検証地:データ解析、第2検証地:データ回収 [5年目]・データ集積、各地氷河体積計算、氷河平衡線変化過去検証・将来解析、氷河分布将来変動計算、氷河変動の海水準寄与見積もり、データアーカイブ。
<p>(7) 重点課題の条件との関係:</p> <p><添付の重点課題の要件との関連を記述></p>	<ul style="list-style-type: none"> ・「急激な気候システム」の一因として氷河の変動が考えられる。アラスカやシベリアの氷河は急速温暖地域にあり、その急激変化によるアルベド変化は正のフィードバックとなる。 ・「水循環の解明とモデリング」に関して、北極海大河川の流量変化、北極海開水面変動と降水量による氷河涵養変化が連動する。 ・「海面上昇」に関して、氷河、氷帽の寄与の精度良い見積もりを求める。 ・「持続的監視」として特定監視氷河を定めて観測を行い、10年定期観測等を提唱する。
<p>(8) 他分野との協力および要望:</p> <p><内容を記載。クロスカット研究としての検討対象の判断></p>	<ul style="list-style-type: none"> ・「大気モデル」分野に関しては、北極圏の過去および将来200年の気温(1000～700hPa)、降水量、風向・風速を求めて欲しい。 ・「雪氷・積雪」課題とは、協力して北極圏(とくにシベリア、アラスカ地域)の過去の気象データ(気温、降水)データを収集する ・「雪氷・氷床」課題と連動して、北極圏の氷河-氷帽-氷床の熱収支、質量収支変動の寒冷地氷河としての共通体系化を図る。 ・「海氷」分野に、水蒸気源として重要な北極海開水面変化の過去・将来データを希望。
<p>(9) 3年後、5年後に期待される成果(社会的貢献を含む)</p> <p><具体的な記述></p>	<ul style="list-style-type: none"> ・[氷河台帳] これまで北極圏では情報不足であった氷河情報をコンパイルして氷河台帳を充実させる。データはアーカイブして公開する。 ・[氷河変化の将来予測] 北極圏の氷河変化の過去検証をもとに、氷河規模の将来変化を予測し、河川流量の変化、海水準変化への寄与が求められる。 ・[寒冷氷河の体系化] 寒冷地の氷河は、上積み氷(融解水内部再凍結氷)の存在や冬期涵養が少なく、春秋気温に左右されるなど寒冷地氷河特有の性質を体系化する。
<p>(10) 国際的研究・観測計画ならびに国際的事業等との関係:</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・[ポスト IPY] IPY(国際極年)は50年に一度、極地環境について観測を行う国際プログラムであるが、温暖化が急速に進む現状では10～20年の頻度で定期観測を行う必要があり、関係各国際機関に提唱する。IPD(International Polar Decade)の動きが現在ある。 ・IASC-WAG, IASC-WG Cryosphere では北極域氷河に関する情報交換を行っており、それに積極的に関わることを通じて協同研究を行う。
<p>(11) 国内において既に実施されている類似研究、およびそれとの関係:</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・IPY 観測年における東シベリア・スタルハイアタ観測(科研B:代表者・高橋修平):スタルハイアタ地域気象観測が2004-2007に行われた。その経験をもとにさらに発展観測を行うことができる。 ・JAMSTEC:東シベリア・ヤクーツクおよびチクシに観測装置設置:各気象・熱収支デ

	ータは維持観測し、平成 23 年度予備的調査を山岳域で行う。
(12) 必要とする高額な経費 (500 万超) : <項目と概算額>	<ul style="list-style-type: none"> ・観測拠点設置 (2カ所) : 800 万円 x 2カ所 : 16,000 万円 (他の課題と共通) ・ヘリコプターチャーター料 : 600 万円 x 6回 : 3,600 万円
(13) 必要とする研究・観測基盤や観測拠点 : <共通性の高い事項は別途扱う可能性があるため、その指摘をして下さい>	<p>観測拠点: 観測装置設置・あるいは野外観測中継拠点となるものが欲しい。例えば</p> <ul style="list-style-type: none"> シベリア観測拠点(オイミヤコン): 「雪氷・積雪」課題と共通 アラスカ観測基地(ダルトン HW): 「雪氷・積雪」課題と共通 アラスカ観測拠点(カクトビック): 「海氷」分野と共通 カナダ観測拠点(レゾリュート): 「海氷」分野と共通
(14) データアーカイブ (衛星含む) の方針と要望 :	<ul style="list-style-type: none"> ・データを共有し、多くの研究者に有効利用してもらうために、データの集積公開は必須である。プロジェクト参加者はデータ供出あるいは公開を義務にするとよい。
(15) 当該課題に参加の可能性がある、ないし参加してもらいたい方々 :	<ul style="list-style-type: none"> ・国内: [北大] 白岩孝行、杉山慎、的場澄人、[JAMSTEC] 大畑哲夫、門田勤、杉浦幸之助、矢吹裕伯、紺屋恵子、[極地研] 榎本浩之、本山、東久美子、[北見工大] 高橋修平、亀田貴雄、館山一孝、[氷河・氷床モデル] 阿部彩子、斉藤冬樹、Greve ・国外研究機関: ロシア科学アカデミー (モスクワ地理研究所、ヤクーツク凍土研、北極南極研究所)、ロシア水文気象環境監視局、アラスカ大学 IARC・寒冷地工学研、NP、ETH

番号：4-3

注意：2 ページに収まるように記述量を調整。(4)、(5)、(6) を重視すること。

(1) 課題名 (日本語) :	モデル高度化のための北極圏古環境解析
(2) 課題名 (英語) :	Arctic paleoenvironment analyses towards climate model improvements
(3) 記述責任者ないし コンタクトパーソン :	東久美子・川村賢二・三浦英樹 (国立極地研究所)、阿部彩子 (東京大学)、山本正伸 (北海道大学)
(4) 研究の背景と必要性 :	<p>北極圏の気候・環境予測を高精度化するためには、数年から数百年スケールにおける変動周期やメカニズム、氷床・氷河変動と大気・海洋変動との相互作用などを理解し、人為起源と自然起源の変動を分離した上で、気候・氷床・地球変形モデルの改良に結びつける必要がある。しかし、北極域では長期にわたる観測データが少なく、気候・環境変動の地域差やテレコネクションの実態も明らかではないため、北極振動など自然変動の振幅が大きいにも関わらず、20 世紀前半に生じた温暖化など、過去百年以内に生じた変動についてさえ理解が不十分である。</p> <p>北極圏の環境構成要素間の相互関係と変動メカニズムを解明するうえで、古環境データは、直接観測データと並んで重要である。様々な古気候・古環境データは、観測の空間的及び時間的な空白を埋めるだけでなく、気象観測データや全球客観解析データを用いた解析や、気候モデル、固体地球変形モデルと合わせた総合的な研究を通じて、気温変化や全球の氷床量変動・海面変動の予測の向上に貢献する。そのことにより、準備中の IPCC 第 5 次報告書でも重要な位置づけを与えられている。</p> <p>これまでも北極圏における様々な古気候・古環境データの取得と解析が行われ、一定の成果が上がってきた。しかし、現状のデータは質・量ともに不十分なうえ、時代別・環境要素別に研究が行われてきたため、各環境要素間の相互関係の解明や将来予測のためのモデルの改良には十分に活かされてこなかった。このため、日本の古環境研究者コミュニティの総力を結集し、幅広い古気候・古環境データを蓄積するとともに、気象学や気候・氷床モデル研究との連携を大幅に強化し、社会的ニーズが強い将来予測の精度を上げるためのモデルの高精度化を目指す必要がある。</p>
(5) 研究の目的と目標 :	<p>本研究の目的は、北極圏における環境変動の実態把握やメカニズムの理解、北極圏がアジアの環境変動に与える影響の解明、予測精度向上のためのモデル検証である。そのための実施目標は、(1) グリーンランドや環北極の多点で掘削されたアイスコア、海底コア、湖底コア、地形地質情報等から得られる様々な古気候・古環境データを同じ時間軸上にのせて、過去の気候・環境変動を総合的に解析すること、(2) 将来数十年～百年の気候・環境変動 (氷床変動、海面変動を含む) を予測するためのモデルで過去の気候・環境変動を再現し、古環境データとの比較からモデルの検証を行い、モデルの高度化に貢献することである。</p>
(6) 実施計画 : < 研究の具体的なイメージが分かる形で記述 >	<p>本研究では、北極環境変動を理解する上で重要な、①過去数百年～千年、② 完新世の気候温暖期 (現在よりも温暖)、③最終間氷期 (現在よりも数℃温暖)、④ 最終氷期 (急激な温暖化と寒冷化が交互に生じた時代) に着目し、次の 2 つのプロセスで研究を実施する。</p>

	<p>1. 北極圏における古環境変動史の復元：アイスコア、海底コア、湖底コア、地形地質情報など、様々な古気候・古環境データを用いて、過去の気温、降水量、氷河・氷床の拡大縮小や海面変化、海水温、北大西洋の深層循環、植生、火山活動、海氷面積、エアロゾルの変動史を復元し、同じ時間軸上にのせることで各変動の周期や振幅、相互作用を明らかにしメカニズムを考察する。そのために、出版されたデータの収集、現有サンプルの分析、新たなサンプル採取を実施する。</p> <p>2. 気候・氷床・地球モデルの統合による地球環境変動メカニズムの解明：全球3次元大気海洋結合モデルに、氷床モデルと固体地球変形モデルを組み合わせ、古環境モデリングを行う。今後数十年～百年のグリーンランド氷床や海水準の変動を正確に予測するため、数年スケールの現象だけでなく、氷床流動や固体地球の変形といった、数百～数千年の時間スケールの現象まで表現できるモデルを用いて、過去のフォーシングを与え、気候や氷床の歴史の再現性に関してモデルを検証する。また、過去のフォーシングを与えた場合の北極とアジアとの関連の再現や、雪氷圏によるフィードバックの定量化、地形地質データと組み合わせた氷床融解史の同定などを行う。</p>
<p>(7) 重点課題の条件との関係： <添付の重点課題の要件との関連を記述></p>	<p>重点課題の要件「(1) 現在の急激な変化（過去100年程度から短い期間）を理解し、将来（～100年）の変化を予測するのに貢献する研究」、(3) 東・北アジアおよび全球の気候への影響、海面上昇、温室効果気体など重要視されている地球環境への影響を評価することのできる研究」及び「(4) 北極気候システムに関する分野を超えた大きなquestionを解決する研究」の例として挙げられている「20世紀前半の温暖化と現在の温暖化の差異は？」や「北極域の温暖化 amplification の機構？」の推進に不可欠な研究である。</p>
<p>(8) 他分野との協力および要望： <内容を記載。クロスカット研究としての検討対象の判断></p>	<p>本研究は雪氷Gから提案するが、モデル・プロセスG、大気G、海洋・海氷G、陸域Gとの連携の下で実施する必要がある、複数Gクロスカット課題として実施するのが望ましい。</p>
<p>(9) 3年後、5年後に期待される成果（社会的貢献を含む） <具体的な記述></p>	<p>3年後には、様々な古気候・古環境データがコンパイルされ、北極圏における最終間氷期以降の様々な環境変化（気温、降水量、氷河・氷床の融解量、海水温、北大西洋の深層循環、植生、火山活動、海氷面積、エアロゾル、氷床高度、氷山流出、海面水準変化等）の実態が明らかにされる。これによって、IPCCに大きく貢献することができる。また、古気候・古環境データを検証データとして用いることにより、将来予測に用いられるモデル群を高精度化するために改良すべき点が明らかになる。</p> <p>5年後には、様々な古環境データを同じ時間軸上に並べることで、それぞれの現象間の相互関係や変動のメカニズムについての考察を行うことができる（例えば、20世紀前半の北極域の温暖化、Polar amplification、北極振動等のテレコネクション、数十年～数百年の時間スケールを持つ自然起源の気候・環境変動など）。数十年～数百年スケールの周期的変動の振幅やタイミングが明らかになり、自然起源と人為起源による気候変動への寄与を分離することができる。また、グリーンランド氷床の安定性を評価し、グローバルな海面変動への寄与を定量的に評価することができる。</p>
<p>(10) 国際的研究・観測計画ならびに国際的事業等との</p>	<p>北極圏における新たなアイスコア掘削はノルウェー、カナダ、デンマーク等との国際共同研究として実施。数百年～千年の気候・環境復元に用いる現在のアイスコアは、NGRIP</p>

関係：	計画、ICAPP 計画の下で掘削された。最終間氷期の気候・環境復元に用いるアイスコアは、現在グリーンランドで進行中のNEEM計画によって掘削されたもの。海底コアはACEX、HOTRAX、韓国極地研究所との国際共同研究等によって採取された、または、今後採取するもの。本研究全体はIPICS、IGBP/PAGES、Past 4 Future、IGAC、CMIP5/PMIP3などの国際共同研究プロジェクトと連携。
(11) 国内において既に実施されている類似研究、およびそれとの関係：	グリーンランドの NEEM アイスコアの解析は、科学研究費補助金で実施しているが、科学研究費補助金の研究にはモデリング研究が含まれておらず、モデルとの連携研究は本研究で実施する。北極と南極を比較するために用いるデータは、南極地域観測第Ⅷ期計画の一環として取得する。気候モデルは文科省「革新」プロジェクトで開発してきたものを使用するが、「革新」プロジェクトでは熱帯・中緯度を中心にした開発がされており、北極に焦点を当てた開発や古環境実験を行ってモデルを高度化する段階には至っていない。また、北極圏の古環境復元研究とモデル研究を統合した総合的研究は、これまで実施されておらず、本研究が先駆的な役割を果たすことが期待される。
(12) 必要とする高額な経費(500万超)： ＜項目と概算額＞	全炭素分析装置 500 万円、リアルタイム PCR500 万円、アイスコア掘削経費 3000 万円、グリーンランドにおける氷河地形地質学的観測経費 2000 万円、海底コア年代決定外注費 500 万円、グリーンランド深層コア掘削プロジェクトの参加分担金 2500 万円、サンプルの分析消耗品 5000 万円、モデル計算担当のポストク雇用経費 5400 万円(2名*4年半)
(13) 必要とする研究・観測基盤や観測拠点：＜共通性の高い事項は別途扱う可能性があるため、その指摘をして下さい＞	質量分析器 6000 万円、ブラックカーボン分析装置 2500 万円、液体クロマトグラフ質量分析計 2500 万円、ICP 質量分析計 3500 万円、「みらい」による北極海航海、韓国極地研究所 Araon による北極航海。「みらい」の航海と氷床・氷河への航空機チャーターは、他の研究課題と共同利用できる可能性がある。
(14) データアーカイブ(衛星含む)の方針と要望：	古気候・古環境データ、気象観測データ、全球客観解析データ、モデル計算結果等をアーカイブし、利用しやすい形で提供するシステムの構築を希望。
(15) 当該課題に参加の可能性がある、ないし参加してもらいたい方々：	<p>＜アイスコア解析＞ <u>東久美子</u>・川村賢二・本山秀明・藤田秀二・平林幹啓・倉元隆之・高村近子・小端拓郎・瀬川高弘・植竹淳・山内恭・平沢尚彦・榎本浩之(国立極地研究所)、亀田貴雄(北見工業大学)、近藤豊(東京大学)、青木周司(東北大)、東信彦(長岡技術科学大)、河村公隆・白岩孝行・的場澄人・飯塚芳徳(北海道大学)</p> <p>＜海底堆積物コア解析・湖沼堆積物コア解析＞ <u>山本正伸</u>(北海道大学)・坂本竜彦・原田尚美(JAMSTEC)</p> <p>＜地形地質解析＞ <u>三浦英樹</u>・菅沼悠介・奥野淳一(国立極地研究所)、前李英明(広島大学)</p> <p>＜モデリング研究＞ <u>阿部彩子</u>・吉森正和(東京大学)、奥野淳一(国立極地研究所)</p>

(16) 付録：概要図、概念図、フローチャート等：＜あれば、添付＞

番号：4-4

注意：2 ページに収まるように記述量を調整。(4)、(5)、(6) を重視すること。

(1) 課題名 (日本語) :	北極気候システムにおける降積雪の変動特性と役割
(2) 課題名 (英語) :	Understanding snow variations in the Arctic climate system and the role of snow in the Arctic climate system
(3) 記述責任者ないしコンタクトパーソン :	杉浦幸之助 (海洋研究開発機構)
(4) 研究の背景と必要性 :	<p>降積雪は、地表のエネルギー収支、水循環、大気循環パターン、凍土の消長、温室効果ガスの放出や植生生育といった多くの地表面プロセスと相互に作用しており、気候システムの基本的な構成要素の1つである。衛星観測データをもとに近年の雪氷圏の面積変動をみると、北極の海氷面積は数十万km²/年の規模で減少している。一方積雪は、面積の減少率はさほど大きくはないが、被覆面積が大きいため実際の減少面積が他より1オーダー大きく、数百万km²/年の規模で減少していることが示された (Lemke et al., 2007)。したがって、北極気候システムにおける変動指標として、また温暖化への正の気候フィードバック要素として降積雪は重要である。しかし、衛星観測に対比される地上観測網は必ずしも密なものではなく、特に高緯度のユーラシア大陸東部から中央部にかけて空白域が広がっている。また、積雪面積に関しては光学センサーにより1kmスケールの高精度で衛星観測が可能であるものの、積雪水量は数十kmスケールと粗い。加えて、森林帯、山岳域、寒冷域等では積雪水量の推定精度が低いために、10mm以下の精度で地上観測によるアルゴリズムの継続的な改良と開発が求められている。また積雪をもたらす降雪に関しては、一般に設置されている降雪量計では降雪の捕捉損失が生じることが広く知られており、捕捉損失を定量化する試みが各国関係研究機関により国際的に観測実施されてきている。北極域で高精度な降雪量を得るためにはレーダー等の活用や得られた降水量計の捕捉特性を活用しつつ、さらなる測器の改良や開発が期待されている。</p> <p>一方、多くのグローバル及びメソスケールモデル (GSM・MSM) では、積雪の物理的性質やその変動並びに積雪再配分が反映されていないため、積雪と大気や地表面 (土壌、氷塊、植生等) との相互作用がうまく表現できていない。そこで北極圏を特徴づけるタイガからツンドラ、海氷域などでこれら積雪の特性を広域に明らかにし、GSM・MSMを精緻化していくことが求められている。</p> <p>さらに、地球温暖化の進行に伴って北極域の降水量や蒸発量が増加するという水循環の高速化が予想されており、積雪の物性値 (アルベド、熱伝導率や密度等) が急激に回答している可能性も指摘されている。広大な積雪域でこのような変化が起これば、大気の循環やその平衡点としての気候システムを変えることが予想される。そこで地球温暖化研究の進展とともに、積雪が北極気候システム (気圏-水圏-陸圏) にもたらす影響を定量的に総合評価することが求められており、降雪を含む積雪の総合的かつ効率的な研究を進め、雪氷分野だけでなく各分野間における相互連携が必要不可欠である。</p>
(5) 研究の目的と目標 :	<ol style="list-style-type: none"> 1. 北極気候システムにおける降積雪の量的質的変動を高精度で把握 2. 北極気候システムにおける積雪変動モデルの精緻化並びに高精度化 3. 北極域積雪変動が他の北極気候システム構成要素の変動にもたらす影響評価
(6) 実施計画 : < 研究の具体的なイメージが分かる形で記述 >	<ol style="list-style-type: none"> 1. 降積雪観測 降積雪の実態把握、衛星アルゴリズムの改良・開発、GSM・MSMの高度化、積雪と大気や地表面 (土壌、氷塊、植生等) との相互作用を明らかにするために、北極積雪観測空白域 (特に高緯度ユーラシア大陸の東部や中央部) での定点・測線観測や、高緯度強風域での欠測のない通年集中観測点での観測を実施する (目標目的1に相当) 2. 積雪変動モデルの高度化 長期積分可能で北極域スケールに対応可能な既存のGSM・MSMにおける積雪変動表現を観測及び実験をもとに精緻化・高精度化する (目標目的2に相当) 3. データ解析 地上観測、衛星観測、再解析データセット、モデル出力の各種データセットを用いて積雪変動の相互比較を行う (目的目標1, 3に相当) 4. 影響評価 高度化されたGSM及びMSMを用いた積雪変動の地域的特性及び他プロセスにもたらす影響

	を解明する（目的目標3に相当）
（7）重点課題の条件との関係： ＜添付の重点課題の要件との関連を記述＞	本研究課題は、重点課題の要件「本研究計画におけるプライオリティーの高い研究・課題の性格」の(1)から(5)のすべてに関連している。積雪は北極気候システムの重要な構成要素の一つであり、ほかの構成要素と相互に作用していることが大きな特徴である。また世界有数の豪雪地帯であり雪氷災害国の日本では、降雪から乾雪、湿雪までの降積雪に関する幅広い知見が培われている。 本研究課題ではこのような背景をふまえて、最終的に北極域積雪変動が他の北極気候システム構成要素の変動にもたらす影響を評価することで、北極気候変動研究プログラムの趣旨に貢献することが十分可能である。
（8）他分野との協力及び要望： ＜内容を記載。クロスカット研究としての検討対象の判断＞	大気G及び陸域G：気象レーダー等の活用による北極域（あるいは限定的な上述集中観測点）の降水量データセット構築に関して、連携を希望。時空間スケールは再解析データセットと同じ。 海洋・海氷G：海氷観測による積雪物理量データ情報を共同で収集することを希望。 他の課題：積雪物理量に関する観測が本課題以外で計画されている場合には、協力のもとでそのデータの利用を希望。 モデルG：北極気候変動研究プログラムで対象とする積雪に関する現有モデルを本課題で利用するための整備を希望。 陸域G：陸域観測による凍土、河川、森林における雪氷変動の評価に関して、連携を希望。 観測拠点整備：下記「(13) 必要とする研究・観測基盤や観測拠点」に関して、現有観測点で、高緯度強風域であることと観測項目の強化が可能であるということが満たされれば効率がよい。また他の課題で新規に高緯度強風域に観測点を設置する予定であれば、本課題の観測項目を含むように連携を希望。
（9）3年後、5年後に期待される成果（社会的貢献を含む） ＜具体的な記述＞	1. 本研究によりグローバルな積雪観測の空白域を狭めることができる。 2. 衛星観測では、これまで評価対象外だった山岳域積雪水量を評価することができる。 3. 地球温暖化の積雪への影響評価、また積雪変動の地球温暖化へのフィードバックの評価精度を向上させることができる。 4. 2011年度にマイクロ波放射計を搭載する水循環変動観測衛星 GCOM-W、2014年度には光学センサーを搭載する気候変動観測衛星 GCOM-C の打ち上げが JAXA で予定されていることから、本研究は GCOM-W 及び C 用積雪物理量導出のためのアルゴリズムやデータ同化手法の開発やそのための検証準備に貢献する。 5. 北極気候システム積雪変動研究の発展に資する精緻化された陸面過程モデルを構築することができる。 6. 降積雪の増加は雪氷災害を招く。吹雪による交通システムの遮断、山岳地域における雪崩による人身やインフラへの被害などである。これらに対処するため、降積雪研究による北極域気象モデルの高度化は大きな貢献が期待できる。
（10）国際的研究・観測計画ならびに国際的事業等との関係：	1. 世界気候研究計画(WCRP)/気候と雪氷圏 (CliC) 2. International Arctic Research Center, Univ. Alaska Fairbanks (IARC) 3. Permafrost Institute, Russian Academy of Sciences (PI) 4. Institute for Biological Problems of Cryolithozone of Russian, Russian Academy of Sciences (IBPC)
（11）国内において既に実施されている類似研究、及びそれとの関係：	1. 海洋研究開発機構・地球環境変動領域・北半球寒冷圏Pの積雪課題 2. IARC-JAXA 北極圏研究プロジェクト 3. 防災科学技術研究所・雪氷防災研究センター・高度降積雪情報に基づく雪氷災害軽減研究Pの積雪モデルの改良課題
（12）必要とする高額の経費（500万超）： ＜項目と概算額＞	1. 通年集中観測拠点の構築 2. 非破壊測定装置（X線CT）の導入（初年度：6000万円） 3. (500[万円/年]未満項目では、自動積雪変動観測機器費、積雪変動データ解析費、器材輸送費、設置保守点検費、現地観測経費等)
（13）必要とする研究・観測基盤や観測拠点： ＜共通性の高い事項は別途扱う可能性があるため、その指摘をして下さい＞	高緯度強風域での欠測のない気象・積雪集中観測拠点を構築。主要観測項目は、地上（放射4成分、気温、湿度、風向、風速、降水量、積雪深、吹雪量、地温、雪温、地中熱流量、積雪構造）、上空（風向、風速、気温、湿度のプロファイル）。現在存在する観測点（例えばニーオルスンやティクシ）で観測項目の強化が可能であれば効率がよい。積雪の変化(物性値等)を非破壊で測定するX線CTの導入。気候変動に伴い、積雪の物

	性値がどのように変化していくかを高精度に予測するためのモデル構築に不可欠。なお上記装置は氷河のフィルンや氷の高精度解析等にも応用可能なためコア解析にも貢献が期待される (Hörhold et al., 2009; Weikusat et al., 2011)。
(14) データアーカイブ (衛星含む) の方針と要望:	北極気候変動研究プログラムの他の課題との共同実施により、共同で得た研究成果に係る権利は共有するものとする。
(15) 当該課題に参加の可能性がある、ないし参加してもらいたい方々:	海洋研究開発機構 (杉浦, 高田), 宇宙航空研究開発機構 (堀, 谷川, 直木), 防災科学技術研究所 (佐藤篤司, 佐藤威, 山口), 国立極地研究所 (平沢, 榎本), 国立環境研究所 (野沢), 気象庁気象研究所 (保坂, 青木), 東京大学 (小池, 筒井), 北海道大学 (兒玉), 北見工業大学 (館山), 東北大学 (山崎) 等

(16) 付録: 概要図、概念図、フローチャート等: <あれば、添付>

番号：5-1

注意：2 ページに収まるように記述量を調整。(4)、(5)、(6) を重視すること。

(1) 課題名 (日本語):	北極気候再現性検証および北極気候変動・変化のメカニズム解析に基づく全球気候モデルの高度化・精緻化
(2) 課題名 (英語):	
(3) 記述責任者ないしコンタクトパーソン:	野沢 徹 (環境研)
(4) 研究の背景と必要性:	北極での諸現象は北極域だけでなく、日本域や全球にも少なからぬ影響を及ぼしている。北極気候の温暖化に対する感度は高いと考えられ、温暖化に伴うと思われる長期変化も顕在化しつつあり、北極気候の将来予測に対する需要は高まっている。このような将来予測には数値モデルが有効であるが、北極の現在気候や変動特性、長期変化については必ずしも十分に調べられていない。また、北極気候の将来予測における信頼性を向上させるためには、気候モデルの高度化・精緻化が不可欠である。一方で、北極領域モデルの需要も高まっていると考えられるが、領域モデルを有効活用するためにも、その境界条件としての全球モデルの再現性・予測可能性をまずは向上させることが重要となる。
(5) 研究の目的と目標:	現行の気候モデルによる北極気候再現性の検証、北極において重要となる要素モデルの開発・改良およびさまざまな感度実験、北極における気候変動・長期気候変化の原因特定・メカニズム解明に関する研究、などを通して、全球気候モデルを高度化・精緻化し、同モデルによる北極気候の再現性・予測可能性の向上に資する。
(6) 実施計画: ＜研究の具体的なイメージが分かる形で記述＞	<ul style="list-style-type: none"> ● 現行の気候モデルによる北極現在気候 (気候値や季節変化)、年々～十年規模の気候変動の変動特性、数十年以上の規模の長期気候変化の再現性を検証する。 ● 改良が必要である点については、要素モデルの開発・改良を進めるとともに、コンポーネントの追加・差し替えなども含めたさまざまな感度実験を行い、北極気候の再現性・予測可能性向上の可能性を探る。 ● 北極における気候変動・長期気候変化の原因特定・メカニズム解析を進め、気候システムのメカニズムに関する理解を深める。 ● これまでの知見を元に、全球気候モデルを高度化・精緻化する。
(7) 重点課題の条件との関係: ＜添付の重点課題の要件との関連を記述＞	すべての要件と密接に関係しており、それらの基本となるツールを提供するものである。
(8) 他分野との協力および要望: ＜内容を記載。クロスカット研究としての検討対象の判断＞	<p>本課題では、大気、海洋・海水、陸域、雪氷すべてを含んだ、全体としての気候モデルに重点を置いている。その意味では、すべての分野との協力は不可欠である。</p> <p>個別のプロセスモデルそのものは各分野で対応いただくことを想定しているが、気候モデルのパーツとしての要素モデルの開発・改良には、それらの課題との連携が不可欠であり、積極的に協力させていただきたい。</p> <p>観測との接点に関しては、改善が必要な大きなポイントと考えている。モデルの検証に</p>

	直接活用できるようなデータの提供はもちろんであるが、直接比較が難しいデータに関しても、プロセスモデル研究を介して、一緒に議論できる環境を構築したい。
(9) 3年後、5年後に期待される成果(社会的貢献を含む) ＜具体的な記述＞	気候モデルによる北極気候の再現性、予測可能性の向上が期待される。それに伴い、北極域の気候変動対策立案に資する情報の高度化が期待される。
(10) 国際的研究・観測計画ならびに国際的事業等との関係:	さまざまな気候モデル相互比較プロジェクト(CMIP、AOMIPなど)に深く関与することはもちろん、IPCCなどとも密接にリンクする。
(11) 国内において既に実施されている類似研究、およびそれとの関係:	21世紀気候変動予測革新プログラムなど:解析すべき数値シミュレーションデータの提供を受ける
(12) 必要とする高額な経費(500万超): ＜項目と概算額＞	人件費(ポスドク数名~10名分) 大型計算機使用料 大容量ストレージ、解析サーバ
(13) 必要とする研究・観測基盤や観測拠点: ＜共通性の高い事項は別途扱う可能性があるため、その指摘をして下さい＞	各種観測データを集約したデータサーバ
(14) データアーカイブ(衛星含む)の方針と要望:	各種観測データを集約して一元管理すべき
(15) 当該課題に参加の可能性はある、ないし参加してもらいたい方々:	モデル研究に直接携わる方だけでなく、観測研究者、解析研究者にも積極的に参加していただきたい。

(16) 付録: 概要図、概念図、フローチャート等: <あれば、添付>

<資料4>

整理後の重点研究課題（8課題）

課題番号：1

(1) 課題名 (日本語) :	北極海 of 海氷減少による物質循環と海洋生態系へのインパクト評価
(2) 課題名 (英語) :	Impact of rapid sea ice reduction on geochemical cycles and ecosystem in the Pacific sector of the Arctic Ocean
(3) 記述責任者ないし コンタクトパーソン :	菊地 隆(JAMSTEC)、齊藤 誠一 (北海道大学)、川合 美千代(東京海洋大学)
(4) 研究の背景と必要性 :	<p>著しい海氷減少に伴う北極海の生態系や物質循環の変化が近年注目されている。気候へのフィードバック、種の絶滅の危惧、水産資源の利活用の可能性などに関連して、科学的のみならず社会的な関心も集めている。</p> <p>特に海氷減少が著しい太平洋側北極海では光環境や栄養塩の分布などに顕著な変化が起きていると同時に、温暖化や海洋酸性化といった地球規模で懸念されている現象が他の海域に先駆けて急速に進行している。近年、砕氷船や海洋地球研究船「みらい」、地球観測衛星などによる観測結果から、この海域での物理・化学・生物学的な変化が発表されている。しかし、温暖化や海氷減少に伴う様々な環境変化(光、水温、混合、栄養塩分布、二酸化炭素吸収量の変化など)の定量的把握や、それらと生物との相互作用、さらに海氷下の環境については未だごく限られた断片的情報しかなく、生態系の応答や魚類資源、物質循環のモデリングと予測にはほど遠い。</p> <p>予測モデルの結果から、海氷減少とその影響は現在を含めたこの 10~20 年の間に最も急激であることが示唆されている。太平洋側北極海で現在起きつつある急速な環境変化による物質循環や生態系へのインパクトを評価し、将来予測につなげることはまさに焦眉の急であり、この海域に関する多くの知見と過去のデータを有する日本がリードして行うべき研究である。</p>
(5) 研究の目的と目標 :	<p>北極海側太平洋における海氷減少に関わる物理・化学的環境変動を捉え、それに伴う物質循環および低次生態系から高次捕食者までの海洋生態系全体への影響を理解することで、将来の生態系・物質循環モデルの発展と気候への影響評価、北極海生物資源の確保などに資することを目的とする。具体的には、以下のことを推進する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・観測やモデル・解析などの統合的な手法を用いた、海洋物理学的、海洋化学的環境(海洋循環、水塊分布、形成過程、栄養塩や二酸化炭素、メタンなど化学物質の分布など)の実態・変化の把握および、大気環境・海氷動態との関係について解明 ・低次生態系(基礎生産、プランクトン活動、微生物群集ほか)から高次の魚類資源までに至る太平洋側北極海の海洋生態系の変動要因の解明、太平洋側北極海における海洋生態系の実態および環境変動に対して予測される生態系応答と物質循環へのフィードバックの解明 ・目視およびバイオロギング調査による海鳥類および鰭脚類などの高次捕食者の行動、分布と海氷変動や行動・分布を誘引・抑制する化学物質との関係の解明、および海氷下の海洋環境の解明 ・高次捕食者(魚類の耳石等)に含まれる微量金属をトレーサーとした生物に蓄積された海洋環境変動の解明 ・陸上からの河川水流入が海洋の物質循環と生態系に与える影響の解明 ・現場観測データを用いた衛星データやモデルの結果の検証と、将来予測の精度向上
(6) 実施計画 : ＜研究の具体的な イメージが分かる形で記 述＞	<p>平成 23 年；これまでに得られた観測データや培養実験などによる海氷変動および関連する物理・化学環境の変化に対する海洋生態系の応答とその進行度、プロセスの解明、成果の公表。砕氷船による太平洋側北極海における生態系調査、係留系の回収・再設置</p> <p>平成 24, 25 年；海洋地球研究船「みらい」や北海道大学水産学部附属練習船「おしよる丸」による太平洋側北極海での連携観測の実施。生物反応予測実験による生態系への影響評価。得られた観測データの解析と成果・観測データの公表平成</p> <p>平成 26, 27 年以降；得られた観測データの解析と成果・観測データの公表。観測航海が実施されれば、上記の観測を継続実施し、変化・プロセスの</p>

	<p>解明を行う。</p>
<p>(7) 重点課題の条件との関係： <添付の重点課題の要件との関連を記述></p>	<p>(1)の全てに関連。(2)の全てに該当。特に</p> <ul style="list-style-type: none"> ・日本のコミュニティーが世界の研究をリードできる研究・分野・地域（太平洋側北極海では観測・研究成果の実績があり、多くの知見・データを有する） ・日本のコミュニティーとしてギャップが大きく、埋める必要がある分野・研究（将来予測のために、気候・生態系・物質循環モデルへの貢献が喫緊の課題）
<p>(8) 他分野との協力および要望： <内容を記載。クロスカット研究としての検討対象の判断></p>	<ul style="list-style-type: none"> ・大気グループと、北極海域における観測機会の共有及び大気-海氷-海洋相互作用に関する研究についての連携が必要不可欠。 ・陸上グループと、河川水流入に関する観測機会の共有およびデータの共有 ・モデル・プロセス研究グループと、モデル精度向上や将来予測に関する連携
<p>(9) 3年後、5年後に期待される成果（社会的貢献を含む） <具体的な記述></p>	<ul style="list-style-type: none"> ・太平洋側北極海における海洋循環、水塊分布・形成過程の変化(季節変化・経年変化)の実態を示し、これらの変化に対する海氷減少や消長の影響、大気変動に対する応答などを解明することができる。 ・太平洋側北極海における温暖化効果ガス、溶存酸素・栄養塩・炭酸系の化学パラメーターに関して、観測から海氷減少に伴う変化の実態を明らかにし、今後の環境変化の予測に資することができる。・太平洋側北極海における基礎生産・微生物など低次生態系から高次栄養段階に至るまでのそれぞれの変動プロセスと海氷減少の影響予測に必要な知見が得られる共に、生態系変動による物質循環へのフィードバックの理解が進むことが期待できる。 ・温暖化や海洋酸性化が顕著に起きたケースでの生態系や物質循環の応答を明らかにし、今後の他の海域における変化・影響予測につなげることができる。・海氷下の環境について理解が進む。 ・観測研究、実験研究とモデル研究との連携から、モデル精度を向上させ、将来の北極海の生態系（特に魚類資源の北上など）への影響を明らかにすることが期待できる。 ・北極航路、油田開発などの人為的影響を受ける前の海洋環境、生物多様性、海洋生態系を把握することができ、将来の影響評価を可能とする。 ・地球温暖化の影響が最も早く顕著に進行している太平洋側北極海における観測結果及び研究成果を他の海氷生態系研究に応用することができる。また広く社会に啓蒙することで、一般社会における気候変動への対策に貢献することができる。
<p>(10) 国際的研究・観測計画ならびに国際的事業等との関係：</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・欧米アジア各国が実施する北極海観測研究との連携の継続 ・特に、IASC の元にある Pacific Arctic Group (PAG：太平洋側北極海グループ) と密接に関係して実施 ・アラスカ大学との共同研究の継続 ・SARES, NOW, CASES から続く ArcticNET との連携
<p>(11) 国内において既に実施されている類似研究、およびそれとの関係：</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・JAMSTEC において実施されている北極海総合研究及び、国内外の研究機関と連携して行う海洋地球研究船「みらい」による観測研究 ・北海道大学水産学部が実施している練習船「おしよる丸」や衛星による観測研究 ・極域海域におけるバイオリギンググループによる観測研究 ・そのほか、北極海研究に関する競争的資金による研究活動 <p>これらが連携する形で、本研究計画を実施する。</p>

<p>(12) 必要とする高額 の経費 (500 万超) : <項 目と概算額></p>	<ul style="list-style-type: none"> ・人件費 (研究員、ポスドク、観測技術員、サポーティング・スタッフなど) 約 3,000 万円/年 ・船舶運航費、砕氷船航海分担費用 約 2 億円/年 ・観測機器、分析装置 (グライダー、表層係留ブイ、光学センサー、時系列採水器、栄養塩センサー、IPC-MS、データロガーほか) 約 1.5 億円
<p>(13) 必要とする研 究・観測基盤や観測拠点:</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・船舶 (海洋地球研究船「みらい」や北海道大学水産学部所属練習船「おしよる丸」、各国研究機関の砕氷船など) ・バイオリギングに砕氷船が必要 (海氷上に降りてロガーを装着する)、係留系にマイクを付けて大型動物のモニタリングも可能、離島 (季節海氷の到達するプリビロフ島、セントローレンス島等) の観測拠点利用
<p>(14) データアーカイ ブ (衛星含む) の方針と 要望:</p>	<p>海洋研究開発機構の研究基盤 (例えば海洋地球研究船「みらい」など) を用いて実施されたテーマについては、機構のデータポリシー・データ公開基準に準じる。</p> <p>そのほか、データポリシーは各大学・研究機関が有するものを尊重するが、可能な限り早い公開を実施する。詳細はコンソーシアムで議論される。Metadata の公開を含めて、統一されたデータサイトがあることは望ましいと考える。</p>
<p>(15) 当該課題に参加 の可能性がある、ないし 参加してもらいたい 方々:</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・北海道大学水産学部 (基礎生産、生態系応答、衛星観測、鉄などの海洋化学観測研究) ・東海大学生物理工学部 (低次生態系に関するプロセス研究) ・石巻専修大学 (動物プランクトンへの環境変動の影響評価) ・創価大学工学部 (低次生態系に対する環境変動の影響評価) ・東京海洋大学 (酸性化、各種トレーサー等の化学観測、低次生態系への影響評価) ・気象庁気象研究所 (高精度栄養塩観測) ・東京大学大気海洋研究所 (微生物生態システムの動態と制御) ・神戸大学 (北極海古環境推定のための海底堆積物採取、浮遊性生物の応答の理解) ・つくば大学 (古細菌由来の有機炭素循環プロセスの解明) ・国立環境研究所 (有機炭素循環メカニズムの解明、北極海古環境の再現) ・国立極地研究所 (Bi-polar の視点からの生態系変動の解明) ・JAMSTEC (気象、海洋物理、海洋生物地球化学の観測とそれらの統合的観測研究)

課題番号：2

(1) 課題名 (日本語) :	北極海の大気-海水-海洋プロセスの解明
(2) 課題名 (英語) :	
(3) 記述責任者	島田浩二 (東京海洋大学海洋科学部), 榎本浩之 (国立極地研究所)
(4) 研究の背景と必要性 :	<p>北極海は地球温暖化の影響を受けやすい地域であると考えられおり、それは Polar Amplification として下層大気で顕在化するといわれている。そのプロセスについては未知の部分が多い。近年の北極海の海水は、全球平均気温の上昇の影響による変動予測を凌ぐ勢いで減少している。このことは、北極海が受動的に温暖化の影響を受けているだけでなく、北極海には、海水減少を加速させる正のフィードバック・メカニズムが内在していることを示唆する。海水減少は、海水減少は地球規模の熱バランスに影響を与え、全地球規模の海洋および大気循環場に変調をもたらす。また、北極海の海洋生態系や北極海航路の利用可能性など様々な分野に対し影響を与える。その理解と予測は北極研究の中核に位置づけられる。</p> <p>しかし、現在の気候予測モデルにおいては、海水減少の速度と空間パターンは、現実と大きな乖離がある。これは、海水を含む大気-海水-海洋システムのパラメタリゼーションが十分でないことを意味する。正確な将来予測を行うためには、大気-海水-海洋システムにおける素過程の理解を進め、モデルの改善に反映させることが必要である。</p>
(5) 研究の目的と目標 :	<p>海水域で起きているフィードバック・メカニズムを探る目的で、大気・海洋・海水の観測を行なう。海水変動の著しい海域を中心に、夏季の開水域のみならず海水域を含めた観測を実施し、海水減少メカニズムの解明を目的とする。北極海では、通常海域とは異なり、大気-海洋が直接相互作用するのではなく海水を介して相互作用が起きる。大気-海水-海洋システムにおける、“運動量”、“熱”、“塩分(淡水)”の水平輸送及び鉛直輸送(フラックス)の実態を把握と海水変動への影響を評価し、モデルのパラメタリゼーション向上に貢献する。また、冬季の海水形成量低下と海洋熱フラックスの増大など、海水減少のプレコンディションの詳細を把握し、海水縁辺部、海水上の境界層の観測を結果とともに、海水域の大気場の熱力学構造及び大気-海洋間の熱収支と海水減少を加速させる正のフィードバック機構の実態解明を目指す。海水成長・消耗過程とそれに伴う熱フラックスの成果はモデル研究の高精度化と将来予測の改善につながる。</p>
(6) 実施計画 : < 研究の具体的なイメージが分かる形で記述 >	<p>海洋観測、大気観測、海水特性観測からなる。海洋は、CTD 観測、トレーサー観測、船舶搭載 ADCP 観測、表層連続モニタにより海洋構造と循環場の把握、渦運動場と諸量の関係の把握を行う。また、上記項目に加えて、海洋乱流観測、係留系観測を行い海洋熱塩フラックスの実態と海水への影響を理解する。大気は船上での境界層、上層大気ゾンデ観測、雲、降水観測を</p>

	<p>行なう。人工衛星観測との連携を図り、時間空間的に限られた現場観測の制限を克服した広域連続観測方法を考案する(モニタリングのためのプロセス研究)。これにより北極変動を駆動する地域の確認を行なう。</p> <p>③ 日本の観測船による大気・海洋観測(開水域)</p> <p>④ 他国砕氷船による大気・海洋・海水共同観測(海水域)</p> <p>夏期:アラオン航海、ルイサンローラン航海。冬期:期間中にノルウェー、フィンランドの砕氷船観測との大気・海水の共同観測を企画。他国との共同研究にて砕氷船(アラオン、ルイサンローラン)を利用し、太平洋水の流路変動および循環を捉える海洋物理およびトレーサー観測を行う。また、航路上および氷上(可能ならヘリコプター)にて海水観測を行う。</p>
<p>(7) 重点課題の条件との関係: <添付の重点課題の要件との関連を記述></p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 北極気候変化の核心である海水減少のメカニズム解明の課題であり、(1)の全てに関連。 ● 海洋の変化が海水激減をもたらすという仮説に基づき世界をリードして研究を推進。 ● 北極のモデル計算の不確定性の原因である大気-海水間プロセスについて解明する。 ● 国際的にモデルのパラメタリゼーション向上を目指したプロジェクトは少なく、観測・理論・モデル分野のコミュニティ・ギャップ改善をリードする課題となる。
<p>(8) 他分野との協力および要望:<内容を記載。クロスカット研究としての検討対象の判断></p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 海水域での継続的な海水厚観測・海水速度観測:衛星観測データの検証と高精度化に必要であり、モデルの検証に有用。 ● 海水域の大気・海洋プロセスの評価は広域に伝播する大気のテレコネクションの発信の定量的解明に重要であり、プロセス計算、グローバルモデル計算を改善する。 ● 海洋・海水の物理環境変化の情報は生物化学分野の研究にとって不可欠。
<p>(9) 3年後、5年後に期待される成果(社会的貢献を含む) <具体的な記述></p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 海水激減のメカニズムの理解:本北極プロジェクト全体の中でも特に重要。 ● 2007年以降は、これまでの変化とは異なり、淡水プールの移動、混合層の深化、新たな水温極大層の出現などが見られている。二度とない変化の実態と要因を捉えるデータになる。 ● 北極海航路の実現可能性やその変化傾向、短期・長期予測による安定性・安全性の評価は、北極を取り巻く社会、経済、環境保全、安全に対し回答できる。
<p>(10) 国際的研究・観測計画ならびに国際的事業等との関係:</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● IASC-AOSB 傘下の ISAC の Science Plan(2010) [http://www.arcticchange.org/]、ACIA,ICARP2 の重要テーマである。(ART、DBO、PAG)との連携を図る。 ● 海水激減の中核海域における砕氷船観測は韓国極地研究所およびカナダ漁業海洋省との持続的共同観測で実施。北欧諸国の観測船での観測。

	<ul style="list-style-type: none"> ● Emerging Dynamics of the Marginal Ice Zone (米国 ONR)との連携を図る。
(11) 国内において既に実施されている類似研究、およびそれとの関係：	人工衛星観測データを基にした海水厚観測データ（北見工業大学）、海水速度データ（東京海洋大学）の高精度化に関する研究は、JAXA 研究公募に申請中である。みらいによる北極海大気観測の実績があり、今後もより大気状態をあきらかにする研究推進が期待できる。衛星観測の高精度化のための研究に加え、本申請課題により海水-海洋相互作用の詳細、海洋内部構造と海水状態との関連、海洋混合、大気構造、変化などのプロセス研究など、プラットフォームを共有し、効率よく多角的に研究推進できる。
(12) 必要とする高額 の経費（500万超）： ＜項目と概算額＞	みらい観測航海運航費（1.5-1.7億/回）を2航海。砕氷船運航分担費（検討&調整要：韓国砕氷船（2週間）、カナダ砕氷船（4週間）のシップタイムは不足。シップタイム（ヘリコプター利用を含む）を追加。200-300万/日×10日=2000-3000万）、ADCP・CTD・ULS からなる係留系（モニタリング観測と共有）、ADCP・CTD からなる海洋観測ブイ（1000万×2）、氷上観測作業機器（500万）、電磁誘導式氷厚計（500万）、マイクロ波放射計（海面塩分：500万）、気象観測機器（500万）
(13) 必要とする研究・観測基盤や観測拠点：	各国砕氷船・みらい・おしよる丸のプラットフォーム。
(14) データアーカイブ（衛星含む）の方針と要望：	海洋観測データ（CTD、ADCP、表層連続等）の基本データは、中核機関（例えば極研の北極観測センター）にサイトを作り、衛星による海水厚および海水運動データは、速やかに実施状況の利用可能データのオンライン化を目指す。
(15) 当該課題に参加の可能性がある、ないし参加してもらいたい方々：	海水速度観測：島田、溝端、笠島（海洋大）、海洋微細構造&乱流混合：笠島、吉田、北出（海洋大）、海洋構造：菊地、伊東、川口、渡邊（JAMSTEC）、島田、川合、溝端、笠島（海洋大）、坪内（サウサンプトン）、係留観測：深町・清水（北大低温研）、菊地、伊東（JAMSTEC）、島田、溝端、笠島（海洋大）、大気・海水現場観測：猪上、菊地、川口（JAMSTEC）、本田、浮田（新潟大）、遊馬（琉球大）、館山（北見工大）、立花（三重大）、平沢（極地研）、青木（気象研）、モデルとの連携：大島、三寺（低温研）、島田、溝端（海洋大）、渡邊、川口、小室、小守（JAMSTEC）、須股（AWI）、坪内（サウサンプトン）、羽角、岡（CCSR）、野沢（環境研）

(16) 付録：概要図、概念図、フローチャート等：＜あれば、添付＞

課題番号：3

課題名：	現場及び衛星観測による北極環境のモニタリング
英語名：	
記述責任者	榎本浩之、大島慶一郎、大畑哲夫、杉本敦子
研究の背景と必要性：	<p>北極地域は1980年以降の地球温暖化の過程で全球平均の2～3倍の気温上昇が見られ、気温など気候のみならず、北極海・海水減少と海洋環境の変化、永久凍土の活動層の増加や面積縮小、氷河・氷床の縮小加速、植生状態の変化など地球表面・内部に様々な変化が見られる。これらは、北極気候システムにフィードバックし、北極環境の変化の方向に影響を与える。現在状態の推移を把握するため、現業機関の観測に加え、実験観測に関係した大気・海洋・陸域・雪氷の監視データを取得することが重要である。特に温暖化に関係した温室効果気体も必要である。それらは海水減少による将来の北極航路や北極海での魚資源の確保にも繋がり、また中緯度などの気候変化の予測の基礎となり、科学的のみならず社会的にも喫緊の課題である。</p> <p>広域監視については衛星データ活用が重要であり、データの整備とプロダクト生成が求められている。必要な情報の内、取得可能な情報は衛星にて得るのが重要であるが、表面下の海洋環境の諸情報、地中の凍土情報や積雪水量情報、フラックス情報、氷床・氷河の厚さや、内部情報などは衛星ではほとんど得られないため、現場観測として重視する必要がある。それらは、今まで実施してきた地域に関してより質のよいデータを取得すること、また基本的な観測項目に関しても観測の空白域となっている地域には新たな観測体制を敷き実施することが求められている。これらの現場の実験的データ取得、現業機関のデータ活用、そして衛星による広域監視の組み合わせによって、変動のモニタリングが初めて十分できる。</p>
研究の目的と目標：	<ol style="list-style-type: none"> 1. 北極地域の海洋・海水、陸域、雪氷、大気における熱的状态、水・物質循環に関係した諸要素に関する現場観測を実施することにより監視する。海洋では、水温・塩分・流速・生物化学的要素・海水状態などの取得が重要である。陸域では凍土や植生、河川、積雪に関する基本情報が重要である。雪氷では、氷床・氷河の形状・質量収支や流動等・ダイナミクス、気象状態や基本情報であろう。大気では地表面での気温、降水量などの基本情報、各気象官署の基本気象データ（気温、湿度、風向風速、日射、気圧、降水量）、客観解析によるグリッド毎の高度毎の気象データおよび温室効果気体のデータなどである。 2. 現場監視データと衛星データを効果的に利用し面的な情報を生成する。 3. 主要な監視データは準リアルタイムで公開し、社会貢献を行う。
(6) 実施事項：	<p><海洋・海氷></p> <ol style="list-style-type: none"> ① IPS など機材の購入とその試験・整備、2011年—2015年にかけて、実績のある太平洋側北極海を中心として日本船（「みらい」、「おしよろ丸」等）による航海で水温・塩分・流速・生物化学的要素・海水状態などを監視する。 ② 他国砕氷船・氷上ステーションなど共同観測によるデータ取得。 ③ 漂流ブイの展開による、通年の海洋・海氷・気象データの取得 ④ 北極海アラスカ沿岸観測拠点からの観測：バローの観測施設 BASC を拠点として、アラスカ大と共同して IPS 係留観測等を行う。 ⑤ 日本が先導する衛星観測・アルゴリズム開発、および衛星データ検証のための漂流ブイ展開と海洋-海氷-気象自動観測・EM(電磁誘導式氷厚

	<p>計)観測を合わせて実施することで、世界最高精度の海氷漂流速度・海氷生産量・熱塩フラックス・海色・一次生産量等のデータセットを作成する。これらをオンラインデータベース化し、提供に資する。</p> <p><陸域></p> <p>①既存の陸域観測拠点および一部の新規観測点を利用し、研究グループ間の相互乗り入れによる共通観測の連続的实施により監視を行う。拠点をベースに周辺のサイトにも観測網を広げる。</p> <p>②集中観測点観測項目の例：一般気象観測、積雪、水・熱・CO2 フラックス・GHG フラックス、土壌（活動層厚の少なくとも3倍の深さ）：土壌水分（含水率）、地温、有機物量（C, N）、メタン、およびそれらの同位体比、植生：LAI、バイオマス、年輪（幅、同位体比）、河川：流量と同位体比、化学成分、有機物などである。</p> <p>③トランセクト・トラバース観測：地温や積雪など特定測定線上の連続及び定期的観測による監視を行う。</p> <p>④一部の基盤観測は、長期観測態勢へ移行させる。</p> <p><雪氷></p> <p>① グリーンランド氷河の研究流域における、氷河形状、力学および表面変化、気象・水文・地震状態の監視を行う。</p> <p>② 山岳氷河、氷帽を含む2~3の監視氷河における、氷河形状、力学および表面変化の観測、気象・水文の監視を行う。また、衛星画像による広域氷河監視を併せて行う。</p> <p><大気></p> <p>① シベリア方面の気象観測所のデータ収集、維持、閲覧。</p> <p>② EarthCare 衛星などによる雲分布および鉛直速度の計測。大気水蒸気量のマイクロ波観測。再解析データの解析による、観測域の選択、モニター継続。</p> <p>③ 温室効果気体濃度の高精度観測と同位体組成分析の継続（スバルバル・ニーオルスン）と広域比較（カナダ、アラスカ、シベリアなど）</p> <p>④ 再解析と衛星によるデータを広域のバックグラウンド情報として監視を行う。雲量分布、新しい衛星EarthCareによる雲の鉛直構造などが期待できる。</p> <p>⑤ 温室効果気体の濃度および同位体組成の変化等から吸収・発生源の変化を推定するとともに、グローバルな濃度変動へのフィードバックも解明する。</p> <p><衛星>衛星観測プロダクトの観測域の抽出、研究プロダクトの利用相談。観測計画立案支援のための広域・季節変化の把握。観測実施中のリアルタイム観測知域情報の提供。特に2011年度JAXAが打ち上げ予定のマイクロ波放射計AMSR2は今後の衛星による海氷・雪氷研究の中心を担うセンサーであり、大気中の雲水量も監視する。光学センサーであるSGLIは大気のアエロゾル観測、雲観測にも利用できる。放射を考える上で重要な役割を果たす積雪表面のアルベドや積雪粒径、不純物観測データも取得する。</p>
<p>(7) 重点課題の条件との関係： <添付の重点課題の要件との関連を記述></p>	<p>(2)-(1)(4)(5)：北極の急激な変化の源である海氷激減海域を監視し、最重要基礎データを提供。海氷変動のダイナミクスを理解するための基礎データを提供。</p> <p>(3)日本が前から実績を持つ（海氷激減が顕著な）太平洋側北極海を中心に、モニターする。</p>
<p>(8) 他分野との協力お</p>	<p>モニタリングによるデータセットはモデリング研究の重要な検証データに</p>

よび要望：	なる。 温室効果気体のモニタリングは、海水変動に伴う海の吸収量変化や陸域生態系、永久凍土変化による吸収・放出の変化の監視につながる。
(9) 3年後、5年後に期待される成果（社会的貢献を含む） <具体的な記述>	極域アンプリフィケーション及び海水激減の鍵を握る領域において、将来も持続可能な観測体制ができる。オンラインデータベース化される予定の海水諸データセットは、世界の種々のモデルの比較検証データや境界条件に資され、気候変動予測精度の向上に繋がる。また、北極海航路への重要な情報提供として、変動特性の理解は環境保全、航行安全、予測に貢献する。また、グローバルな温室効果気体の将来の動向把握、ひいては正確な温暖化予測に貢献する。
(10) 国際的研究・観測計画ならびに国際的事業等との関係：	太平洋側北極海の観測は国際観測ネットワーク Pacific Arctic Group (PAG)のもと他国と共同・補完的に行う。バロー沖の係留観測は北極海の観測ネットワークプログラム(SIZONET)のもとで行う。漂流ブイの展開は、国際北極ブイ計画(IABP)のもと国際連携で最適な展開を行う。
(11) 国内において既に実施されている類似研究、およびそれとの関係：	南極海・オホーツク海での海水生産量・熱塩フラックスマッピングは北大低温研により行われており、同様の衛星解析と衛星トゥルース観測を北極海へ適用する。 JAMSTEC では、IABP のもと漂流ブイの展開とこれを用いた研究を継続的に行っている。 南極昭和基地では、1984 年以来、温室効果気体の高精度モニタリングを継続しており、北極データとの比較はグローバルな分布変動を探る貴重な南北対比研究となる。
(12) 必要とする高額 の経費（500 万超）： <項目と概算額>	IPS(氷厚計)等からなる係留系 (1,500 万円 x 5 系) 氷海観測用プロファイラー(POPS)及び各種海水観測用漂流ブイ (2,000 万円 x 2 セット) 共通観測機器 (地温、土壌水分、一般気象観測) 100 万円 x 50 点
(13) 必要とする研究・観測基盤や観測拠点： <共通性の高い事項は別途扱う可能性がある ので、その指摘をして下さい>	みらい・おしよろ丸のプラットフォームが太平洋側北極海の観測・作業に最重要。 まずは、2012 年の「みらい」北極航海観測は不可欠。 スバルバル・ニーオルスン観測基地の整備・維持とともに、他の北極観測拠点の確保・維持 (カナダ、アラスカ、シベリアなど) 陸域は既存の観測拠点を活用する。
(14) データアーカイブ (衛星含む) の方針と要望：	衛星からの付加プロダクトの一部 (海水生産量, 一次生産量など) は全域グリッドデータとして、1-2 年以内にも中核機関のサイトへのオンライン化が可能。 陸域遠隔地の観測サイトは年に 1 回程度の訪問で観測を継続できるものとする。拠点サイトでは多種類の観測を実施し、基本的な観測データは公開する。また、ロシアなどの存在するが利用できないデータをアーカイブし利用でききるようにしてほしい。

<p>(15) 当該課題に参加の可能性がある、ないし参加してもらいたい方々：</p>	<p>IPS (氷厚計) 係留系観測：深町・清水 (北大低温研)、菊地・伊東 (JAMSTEC) 電磁誘導式氷厚計 (EM) 観測：館山 (北見工大)、漂流ブイ観測研究：菊地・川口 (JAMSTEC) 衛星薄氷厚アルゴリズム開発：田村 (タスマニア大)・岩本 (北大低温研)・直木 (JAXA) 衛星海氷漂流ベクトルデータセット作成：木村 (東大新領域)・島田 (海洋大) 海色・一次生産アルゴリズム開発：平譚・斉藤 (北大水産)・飯田 (極地研)・平田 (北大環境) 大気成分観測グループ：森本真司 (極地研)、青木周司・中澤高清 (東北大) 梅澤拓 (極地研)、菅原敏 (宮教大)、石戸谷重之 (産総研) 陸域 G 観測担当者</p>
--	--

(16) 付録：概要図、概念図、フローチャート等：<あれば、添付>

課題番号：4

(1) 課題名 (日本語) :	北極における雲・エアロゾル・降積雪の変動特性と放射影響
(2) 課題名 (英語) :	The role and variability of clouds, aerosol and snow in the Arctic climate system
(3) 記述責任者ないし コンタクトパーソン :	山内恭・榎本浩之・塩原匡貴 (国立極地研究所)、杉浦幸之助 (海洋研究開発機構)
(4) 研究の背景と必要性 :	<p>放射エネルギー収支を支配する雲およびエアロゾル、降雪は、ブラック・カーボンを含めて、北極気候変化の鍵となる過程として、そのメカニズム解明と実態把握が必要である。特に近年の強温暖化や海氷急減に対する役割とその影響が (20 世紀前半の温暖化解明とともに) 問われており、気候モデルにおいてもその改善が求められている最も不確かな過程の一つである。</p> <p>雲は、一般に、地球を冷却する方向に作用すると考えられるが、雲を構成する雲粒子の大きさや形状 (相)、出現高度によって冷却効果に大きな違いがあり、温暖化を促進することもあり得る。雲核や氷晶核となるエアロゾルとの相互作用は間接効果として雲の特性を左右するだけでなく、降水過程にも影響を及ぼす。そのため、北極の気候システムの理解と温暖化現象の解明には、温室効果気体だけでなく雲やエアロゾル等の大気成分および降積雪の果たす役割と変動特性の実態把握が急務となる。加えて、北極気候システムにおける変動指標として、また温暖化への正の気候フィードバック要素として降積雪は重要である。多くの総観規模スケールのモデルでは、積雪の変動並びに積雪再配分が反映されていないため、積雪と大気や地表面 (土壌、氷塊、植生等) との相互作用がうまく表現できていない。地球温暖化研究の進展とともに、降積雪が北極気候システムにもたらす影響を定量的に総合評価することが求められている。こうした、雲やエアロゾル、降積雪の広域の理解に衛星観測は欠かせない。同時に、衛星データの解析には地上での精密観測による検証が重要である。</p> <p>北極のオゾンについても、温室効果ガスの増加による成層圏寒冷化に伴うオゾン破壊の進行と関連して継続的にモニタリングしていくことが重要である。</p>
(5) 研究の目的と目標 :	<ol style="list-style-type: none"> 1) 北極での雲・エアロゾルの放射・微物理特性、雲の生成消滅過程における雲エアロゾル相互作用をはじめ、降積雪を伴う大気地表面過程、ブラック・カーボンの寄与の解明。エアロゾルの発生、輸送過程と雪氷圏のシンクとしてのつながりの解明。 2) 雲物理量 (水雲、氷雲、混合相雲の存在比) の変動特性の定量化による衛星観測雲物理パラメータ抽出アルゴリズムの開発や雲物理モデルの改良。 3) 衛星観測の地上検証としての雲・エアロゾルの直接観測と降積雪の現場観測 4) 衛星データ解析やモデル・シミュレーションの比較検証による広域現象の把握と放射効果、総観規模スケールにおける積雪変動の総観規模大気場への強制や、大気場からの影響、フィードバックの評価など総合的に北極システムにおける各要素の役割とその全球気候への影響の解明。
(6) 実施計画 : < 研究の具体的な イメージが分かる形で記 述 >	<ul style="list-style-type: none"> ・ スパールバル・ニーオルスンを地上観測拠点候補とし、氷雲および混合相雲を重点的な観測対象とし、雲レーダーを中心に各種機器による観測を実施。 ・ 雲物理過程のモデルとその放射効果の表現改良。 ・ 地上での連続観測、航空機や気球による鉛直分布の観測、人工衛星による雲やエアロゾルの広域分布観測による北極における雲やエアロゾルの

	<p>動態を把握。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 積雪コアからみた大気中エアロゾルの動態把握。 ・ Earth Care などの衛星観測とのタイアップによる地上検証観測。 ・ オゾン観測サイト（ロシア北部など含む）における観測の充実と、従来のオゾンゾンデ観測に加えた、FTIR観測拠点の構築。 ・ 降積雪に関する定点および測線観測の実施。 ・ 総観規模スケールにおける積雪変動モデルの検証と精緻化。 <p>広域分布の衛星解析とモデル・シミュレーション検証。</p>
<p>(7) 重点課題の条件との関係： <添付の重点課題の要件との関連を記述></p>	<p>重点課題の性格の各項全てに関連するとともに、世界の研究をリードしている分野である。</p>
<p>(8) 他分野との協力及び要望： <内容を記載。クロスカット研究としての検討対象の判断></p>	<p>雲の生成消滅、組成や空間分布は海洋状態・海氷分布と大きく関係し、また放射影響としても海氷との相互作用が大きい。近年の海氷急減に関して、日射量、長波放射量における雲の役割が重要視された。さらに、成層圏オゾンは、極渦等大気循環場の影響が大きい。さらに上空超高層との関連も指摘される。</p>
<p>(9) 3年後、5年後に期待される成果（社会的貢献を含む） <具体的な記述></p>	<p>雲・エアロゾル・降積雪の総合的な観測に基づく実態解明は、ひいては気候モデルにおける大気地表過程のモデル化やパラメタリゼーションの改良を通じて、北極温暖化の将来予測の精度向上に資することが期待される。</p> <p>(3年) 拠点でのメカニズム解明、現象把握、衛星検証 (5年) 衛星解析、モデル改良、北極温暖化の中での雲や降積雪の役割解明。</p>
<p>(10) 国際的研究・観測計画ならびに国際的事業等との関係：</p>	<p>ニーオルスンや、カナダ北極圏、スウェーデン・キルナでは、オゾンゾンデやFTIR観測あり。エアロゾルなど、ドイツAWIの環北極航空機観測との共同の可能性。NASAのライダー観測網にも加入。その他、世界気候研究計画(WCRP)/気候と雪氷圏(Clic)や国際北極大気観測システム計画(IASOA)への関連と貢献</p>
<p>(11) 国内において既に実施されている類似研究、及びそれとの関係：</p>	<p>雲・放射・エアロゾル：スバルバル（極地研・千葉大・福岡大・名大） オゾン：スバルバル（名大・環境研）、シベリア（環境研） 降積雪：シベリア・アラスカ・モンゴル（JAMSTEC）</p>
<p>(12) 必要とする高額 の経費（500万超）： <項目と概算額></p>	<p>地上観測機器整備費：雲レーダー、雲降水粒子ゾンデ、マイクロ波放射計、飛雪粒子計数装置、地表面熱収支観測機器 その他、航空機観測費用、カナダ・シベリア等における新観測拠点構築費用が想定される。</p>
<p>(13) 必要とする研究・観測基盤や観測拠点： <共通性の高い事項は別途扱う可能性がある ので、その指摘をして下さい></p>	<p>雲レーダー（CPR）の導入、衛星観測の地上検証という意味からも必須。共通基盤施設として導入し、ニーオルスン観測のほか、他の拠点（観測船含む）にも移動利用。 その他、ノルウェー、カナダ、シベリアの観測拠点・機器整備。</p>
<p>(14) データアーカイブ（衛星含む）の方針と要望：</p>	<p>観測データのデータベース化と公開利用。 衛星観測データの解析と利用。</p>
<p>(15) 当該課題に参加の可能性がある、ないし参加してもらいたい方々：</p>	<p>小池真・近藤豊（東京大）、原圭一郎・林政彦（福岡大）、長田和雄（名大）、竹村俊彦（九大）、鷹野敏明（千葉大）、猪上淳（JAMSTEC）、藤吉康志（北大）、内山明博・山崎明宏（気象研）、青木一真（富山大）、久慈誠（奈良女子大）、矢吹正教（京都大）、平沢尚彦（極地研）、保坂征宏・青木輝夫（気象研）、小池俊雄（東京大）、山崎剛（東北大）、堀雅裕（JAXA）</p>

(16) 付録：概要図、概念図、フローチャート等：〈あれば、添付〉

課題番号：5

(1) 課題名 (日本語):	北極域温暖化に伴う大気循環変動の実態と機構の解明、およびその日本付近の気候変動、異常気象への影響
(2) 課題名 (英語):	Arctic-midlatitude teleconnection and its interaction with global warming
(3) 記述責任者ないし コンタクトパーソン:	立花義裕 (三重大学/JAMSTEC) 田中博 (筑波大学)、本田明治・浮田甚郎 (新潟大学)、安成哲三
研究の背景と必要性:	<p>北極海の海氷が近年激減している。2007年には最小記録を塗り替え、海氷の少ないことが「普通」の状態になりつつある。海氷の激減とほぼ同時に、シベリアを中心としたユーラシア大陸での水循環および北極海低気圧の活発化が進み、さらには北極上空のオゾン量の減少も顕在化している。これら北極域での異変は、同時に、この我々の住む日本の気候変動や異常気象の頻発とも密接に関係していることが最近の研究で示唆されている。</p> <p>長期的には北極とシベリアなどの周辺域で顕在化する温暖化にも拘わらず、日本では寒冬・豪雪が近年頻発している。例えば2005/06年冬の豪雪、また、2009/10年冬の北極振動の記録的な「負」の状態、2010/11年冬の東アジアでの寒波は記憶にあたらしい。夏の日本とヨーロッパ各地の猛暑についても、冬季と類似した極ジェットの異常な蛇行パターンと、それに伴うテレコネクションパターンおよびブロッキング高気圧に関係していると考えられる。</p> <p>冬季に共通の特徴は、北極海からユーラシア大陸北部域での偏西風の蛇行(大気の停滞性ロスビー波)が、大陸上でその振幅を増しながら、東アジアにいたるテレコネクションパターンを形成し、それに対応してシベリア高気圧が発達(弱化する)ことにより、日本を含む極東から欧州の各地での記録的な寒冬(暖冬)などの異常気象をもたらすと考えられる。これら寒冬暖冬の原因として、対流圏・成層圏間の力学的相互作用の可能性も指摘されている。一方、これらの変動には大気循環の自励的振動に加え、北極海での大気海洋相互作用や、ユーラシア大陸での大気陸面相互作用、熱帯・中緯度間のテレコネクションなども関与している可能性も大きく、北極域も含む北半球中高緯度での季節内変動から季節変化、経年変動を通じた系統的な気候力学的記述とモデルを用いた機構解明が必要である。</p>
研究の目的と目標:	本研究は、北極振動も含む北半球中高緯度の夏季と冬季の大循環変動を、特に日本付近の異常気象をもたらす変動に着目して、北極域での大気海洋相互作用、ユーラシア大陸での大気陸面相互作用および熱帯からのテレコネクションなどの相互作用過程として理解し、その変動機構の解明と予測可能性を研究する。特に、季節内変動から10年周期以上の長期変動までの時間スケールごとに、高精度の大気データと気候モデルによる数値実験結果を統合して解明する。
実施事項:	<p>1) 陸面・海面(海氷面)からの熱フラックス、大気での非断熱加熱率の算定を含む大気・地表面の熱力学的解析を行い、陸面・海氷海洋・大気相互作用や積雪を含む大気・雪氷相互作用を定量的に評価する。2) 上記の熱力学過程による大気の準停滞性ロスビー波及び偏西風の蛇行の機構について、大循環モデルや客観解析データ等もちいて解析する。3) 北極海周辺の大気循環変動とユーラシア大陸、太平洋域でのテレコネクションパターン形成、ブロッキング高気圧の発生など、北極域での循環変動が遠隔的に日本及び極東アジアに影響する過程を、季節内変動、経年変動から長期変化傾向と、異なる時間スケールごとに研究を行う。4) 北極振動を含む北極・高緯度循環と成層圏循環の相互作用を、大気・海洋・陸面過程の影響と役割を含めて研究する。5) 100年スケールの変動については、北極域氷河アイスコアなどの各種古環境データと、過去数十年での気象気候データとを統合的に解析することにより復元し、近年の温暖化に伴う長期変化傾向の解明にもつなげる。6) 21世紀末頃までの大気循環変化の傾向については、IPCC-AR5による数値実験結果により、同様の解析を行い、考察する。</p>

<p>(7) 重点課題の条件との関係： <添付の重点課題の要件との関連を記述></p>	<p>本テーマは、条件に掲げられている、「東・北アジアおよび全球の気候への影響、海面上昇、温室効果気体など重要視されている地球環境への影響を評価することのできる研究」そのものの研究である。</p>
<p>(8) 他分野との協力および要望：<内容を記載。クロスカット研究としての検討対象の判断></p>	<p>大気放射を中心とする課題4とは相補関係にある。大気は、海洋と陸面と接しており、海洋異常や陸面異常と大きく関連している。従って課題2の海洋中心の研究課題、課題6の陸域中心の研究課題、課題7の雪氷中心の研究課題と強固な連携協力が必要であることは言うまでもない。また大循環モデル強力な武器であり、モデル班との連携は必須</p>
<p>(9) 3年後、5年後に期待される成果（社会的貢献を含む） <具体的な記述></p>	<p>(3年) 極異変と日本の異常気象との関連性の実態のよりよい把握 (5年) 日本の異常気象へ及ぼす極域のインパクトが解明され、気象予測精度が向上</p>
<p>(10) 国際的研究・観測計画ならびに国際的事業等との関係：</p>	<p>北極海における各国の観測計画との連携。</p>
<p>(11) 国内において既の実施されている類似研究、およびそれとの関係：</p>	<p>新学術領域研究「中緯度海洋と気候」における極域からの影響についての研究 part と相補関係。</p>
<p>(12) 必要とする高額な経費（500万超）：<項目と概算額></p>	<p>北極観測への参加・観測実施費用。研究人件費</p>
<p>(13) 必要とする研究・観測基盤や観測拠点： <共通性の高い事項は別途扱う可能性があるのので、その指摘をして下さい></p>	<p>「しらせの北極航海」は是非必要。開水面から海氷域内部に至るライン上でのラジオゾンデ連続高層観測の実施や、「しらせ」から無人飛行機やヘリコプターを飛ばすことによって得られる氷内外の大気の鉛直構造を知ること、北極観測のブレイクスルーをもたらす。これは海洋分野、大気の雲放射分野の研究課題においても目玉ともいえる観測基盤。海氷上の大気砕氷船である「しらせ」が北極海に入るという実績は、科学研究そのものの発展のみならず、日本の国家的戦略にとっても、国際社会へのインパクトという点からも極めて重要である。</p>
<p>(14) データアーカイブ（衛星含む）の方針と要望：</p>	<p>雪氷面、海氷面、衛星観測情報の提供。気象多点観測点の収集</p>
<p>(15) 当該課題に参加の可能性がある、ないし参加してもらいたい方々：</p>	<p>青木、遊馬、東、阿部、飯島、猪上、浮田、榎本、大村、小木、川村、小森、近藤、斉藤、佐藤、塩原、白岩、杉浦、鈴木、高田、高谷、立花、田中、中村、野沢、朴、林、原、原田、平沢、保坂、堀、本田、三浦、宮岡、本井、森本、山崎、山内、山本、渡辺（他、完全ではない）</p>

(16) 付録：概要図、概念図、フローチャート等：<あれば、添付>

課題番号：6

(1) 課題名 (日本語) :	北極陸域システムの変動と水・物質循環への影響
(2) 課題名 (英語) :	Organized analysis of changes in Arctic Terrestrial System
(3) 記述責任者ないし コンタクトパーソン :	北大・地球環境 杉本 敦子
(4) 研究の背景と必要性 :	<p>環北極陸域には、連続永久凍土帯から季節凍土帯まで異なる状態の凍土が存在し、水・物質循環を介して水文過程や植生動態と相互作用環を形成し一つの陸域システムを成している。この陸域システムは大気および海洋と相互作用して全球に及ぶ気候を形成する。例えば、積雪域や植生の変化等に伴う陸域地表面のアルベドの変化やそこにおける温室効果ガス放出量の変化は、全球の気候への重要なフィードバック効果を示すなど、陸域は北極システムの中の一つの重要なサブシステムであり、日本の気候・気象にも大きく影響する。</p> <p>海洋における海氷面積激減は既知の事実である。その一方で陸上では活動層の増加や、地形陥没、河川流量増加、湖沼面積拡大や植生の変化などが一部で報告されているが、それらの基礎となる凍土の全体的現状把握は進んでいない。</p> <p>北極陸域システムの変動を理解し予測していくためには、地表面のみならず凍土の動態やその生態系や水循環に与える影響などの把握が不可欠であるが、基本的観測データを拡充し、解析方法の共通化、衛星データも含めた観測とモデルの融合的研究を進めることが必要である。</p>
(5) 研究の目的と目標 :	<p>1. 凍土の状態が異なる環北極陸域の各地域において、絶対的に不足している気象・水文・植生・雪氷・土壌の現場の観測データを取得し、各プロセスモデルの開発や領域規模での相互評価を行い、衛星データなどともあわせて北極陸域システムの機能とその変動を理解することを目的とする。</p> <p>2. 北極陸域システムは地球システムの中で重要なフィードバック機能を有するサブシステムであるが、現状では全球モデルにその重要な機能が反映されているとは言えない。本研究では陸域システムの特性を理解し、陸域の重要なフィードバック機構を評価すること、およびそれらを通して全球の気候システムモデルの高度化に資することも目的とする。</p>
(6) 実施計画 : <研究の具体的なイメージが分かる形で記述>	<p>1. 各地域ではそれぞれに特徴的なテーマの設定を行うとともに、共通の重要観測項目を設定し、一部の観測項目は長期観測体制にする。以下のような現象を調べる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・凍土の状態と地表面植生の変化、それに伴う GHG 放出、フラックス変化 ・積雪面積・積雪深・積雪水量の分布と変化 ・地温上昇と凍土の融解による炭素循環の変化、GHG 放出 ・林野火災による炭素放出量と生態系の応答 ・降水、水域面積、陸上の水貯留量、蒸発散や河川流量などの水循環の実態

	<p>と変化、およびそれに伴う流出物質の変化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・過去 100 年と将来 100 年の環境、炭素収支（年輪、堆積物など） <p>2. 上記に関する観測を充実させて実施、データセットの構築。共通の手法を設定し、ポイントデータを基礎に地域的な把握を行う</p> <p>3. プロセスモデルの開発、モデルと観測データをあわせた各地域における特徴的な現象の解明。</p> <p>4. 領域モデルの開発・改良を行い、各過程の評価と諸過程間の相互作用に関する知見を得る。</p> <p style="padding-left: 40px;">5. 陸域システムと他の大気・海洋サブシステムとの相互作用の影響、およびその重要なフィードバック機構を評価し、気候モデルに反映させるための方策を検討する</p>
<p>(7) 重点課題の条件との関係： <添付の重点課題の要件との関連を記述></p>	<p>今後の急激な変化を理解し予測する上で、陸域システムのフィードバック機構は極めて重要で、(1) 現在の急激な気候システムの変化を予想するのに貢献する研究である。(2) に関してはモデルの評価データとして観測データは重要で、また逆に観測側から重要と考えられる現象のモデル化のリクエストを考える。(3)、(4) に関しては、永久凍土の融解により凍土中に閉じ込められている炭素が温室効果ガスとして放出される量とタイミングを評価することにつながる研究であると言える</p>
<p>(8) 他分野との協力および要望： <内容を記載。クロスカット研究としての検討対象の判断></p>	<p>モデル、リモートセンシングによる研究と連携して進める。また、北極システムの陸以外のサブシステムである大気や海洋との相互作用の解明も協力してすすめる。プロセスモデルの開発を観測側と進めることに加え、陸域システムのもつ重要なフィードバック機構を領域規模での評価や全球気候モデルに反映させるための融合的な研究を進める必要がある。</p>
<p>(9) 3年後、5年後に期待される成果（社会的貢献を含む） <具体的な記述></p>	<p>(3年) モデル、リモセンと連携した観測研究体制の確立。 (5年) 陸と大気の相互作用解明、長期観測態の確立へ</p>
<p>(10) 国際的研究・観測計画ならびに国際的事業等との関係：</p>	<p>IASC 陸域グループ、FLUXNET、IPY-TSP、IASC-SEON、NYSMAC、Clic、モデルでは ASM (Arctic System Modeling)、各種モデル相互比較 MIP への参加など</p>
<p>(11) 国内において既に実施されている類似研究、およびそれとの関係：</p>	<p>地球研シベリアプロジェクト、IARC-JAXA プロジェクト、JAMSTEC-IARC collaboration study, 地球研アムール-オホーツクプロジェクトなど、既存、終了したプロジェクトの観測サイトやノウハウを利用</p>
<p>(12) 必要とする高額 の経費 (500 万超)： <項目と概算額></p>	<p>分析の効率化をはかるための装置（現地、日本国内） 1 式 1000 万円 x2 多点長期観測態勢構築のためのセンサー・ロガー (100 万円 x50) 凍土ボーリング外注 (約 1000 万円)、GHG flux 観測 (100 万円 x10) タワーflux・一般気象観測の機材の更新 (一式約 1200 万円) X線 CT (6000 万円)、同位体比アナライザー (800 万円 x2)</p>

<p>(13) 必要とする研究・観測基盤や観測拠点： <共通性の高い事項は別途扱う可能性があるので、その指摘をして下さい></p>	<p>既存の観測サイト（シベリア、アラスカ、スバルバル、モンゴルなど）を維持し、共通観測項目のデータ取得に利用 観測機材、人件費が必要</p>
<p>(14) データアーカイブ（衛星含む）の方針と要望：</p>	<p>ロシア既存のデータアーカイブが必要。流量データに加え、化学成分の分析値を利用できるようにしてほしい</p>
<p>(15) 当該課題に参加の可能性がある、ないし参加してもらいたい方々：</p>	<p>杉本、石川、飯島、松浦、内田、兒玉、白岩、知北、太田、檜山、野口、早坂、串田、鈴木、斉藤和之、末吉、伊藤昭彦、山崎、村松、岩花、松浦、杉浦、小池、筒井、佐藤篤司、他にも多数</p>

(16) 付録：概要図、概念図、フローチャート等：<あれば、添付>

課題番号：7

<p>(1) 課題名 (日本語):</p>	<p>北極圏氷河およびグリーンランド氷床の変動、将来変化と環境影響</p>
<p>(2) 課題名 (英語):</p>	<p>Response of Arctic glaciers and Greenland ice sheet to climate change and environmental influence</p>
<p>(3) 記述責任者なし コンタクトパーソン:</p>	<p>高橋修平 (北見工大), 杉山 慎 (北大)</p>
<p>(4) 研究の背景と必要性:</p>	<p>北極圏地域は温暖化が急激に進み、氷床・氷河・氷帽にはその効果が顕著に現れる。北極域には北半球最大の氷塊であり、地表の全氷体積の 10%、海水準 7m に相当するグリーンランド氷床があり、世界の 50% 近い氷河・氷帽が存在する。しかしその正確な変動量と変動メカニズムの理解は不十分であり、高精度データの収集とプロセス研究が急務である。</p> <p>グリーンランド氷床は近年の衛星観測データからは、氷体積が顕著な減少傾向にあり、かつ減少速度が加速している。この傾向が続けば、2010-2050 年に予想される 32 ± 5cm の海水準上昇のうち、約 25% がグリーンランド氷床によって生じると見込まれている。IPCC4 次レポートは、その原因として (1) 融解量の増加と (2) 沿岸部での氷流動加速であることが挙げているが、そのプロセスの詳細は明らかではない。氷床縁辺部では氷床流動・崩壊に伴う氷河地震 (Glacial Earthquake) が起きており、継続観測の国際計画がなされつつある。グリーンランド氷床中央部・北部では深層氷コアにより氷期・間氷期気候変動が調査されているが近年の急激変動に対してはより精度よい積雪堆積過程コア解釈モデルが必要である。</p> <p>氷河と氷帽は体積的には氷床より小さいが、気候変動に対する応答性が速いことから北極圏での氷河、氷帽の調査および変動解析が重要である。氷河は容易に境界が視認され、過去情報との比較が可能であり、温暖化の指標として適当である。アルベード変化や水文情報に重要である季節的積雪についても、過去・将来予測が必要であり、氷河分布変動解析と同様な手法で降水・気温データから求める手法を開発する必要がある。</p>
<p>(5) 研究の目的と目標:</p>	<p>北極圏の氷河・氷帽とグリーンランド氷床について。らかにする明を以下</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 過去数 10-100 にわたる年氷河氷床の変動量変動速度の現在および (2) 氷河 (融解、流動、質量収支) プロセス主要をつかさどる氷床変動降雪など気候要素との関係など変動の (機構) (3) 将来 100-200 年の氷河・氷床変動予測
<p>(6) 実施計画: <研究の具体的なイメージが分かる形で記述></p>	<p>北極域の 2~3 地域の氷河・氷帽、およびグリーンランド氷床の典型的な流域ひとつを対象として、重点的に野外観測を実施し、それと衛星データ、過去の観測データを併せて解析を行い、過去・現在・将来の氷河氷床変動を明らかにする。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 氷河氷床変動量: 人工衛星データ解析による表面高度と面積変化の算出。野外観測による衛星データの検証と、高精度、高時間分解能の変動解析。 (2) 現状把握とプロセス研究: 重点観測氷河・氷床観測流域における、気象観測、積雪量、積雪再配分、融解量など表面質量収支、氷河・氷床平衡線高度分布の測定。降雪量変化も予測されているため、重要視する。表面アルベードと雪氷微生物・ブラックカーボンの影響評価。多点での浅層氷コア掘削

	<p>による質量収支の変動測定。観測データに基づいた質量収支モデルの構築。表面質量収支の変動メカニズムの解析および氷床流動メカニズムの解析（底面流動、カービング、氷河地震観測、海洋・海氷との相互作用）。</p> <p>(3) 氷流動：衛星データと野外観測による氷河氷床流動速度分布の測定。氷床沿岸部における氷流流動速度とカービング速度の測定。熱水掘削を用いた氷河底面流動、底面堆積物に関する観測。氷床底面流動およびカービングに伴う氷河地震観測。上記のプロセスを取り込んだ流動モデルの開発。</p> <p>(4) 過去の変動検証：衛星や氷河末端モレーンなどを用いた、小氷期以降の氷河後退量分布の算出（過去200年）。衛星データ、数値モデル、氷コアに基づいた過去のグリーンランド氷床変動の解明。気象データによる過去の平衡線高度・氷河分布の復元。</p> <p>(5) 将来変動見積り：質量収支、および流動モデルを結合した氷河氷床モデルの開発。新規に開発した数値モデルを用いた氷河氷床将来変動予測シミュレーション。大気循環モデル、領域気候モデルとのカップリングによるIPCC温暖化シナリオの条件下でのグリーンランド氷床および北極地域氷河の体積・面積変動と氷河分布および平衡線高度の変化予測と海水準への影響予測。</p> <p>(6) 指標氷河・氷床流域の長期監視体制の構築。</p>
<p>(7) 重点課題の条件との関係： <添付の重点課題の要件との関連を記述></p>	<p>(1) 氷床では過去10年間に急激な変動が生じ、加速している。氷河の変動も大きく、この変化量把握が、今後50-100年間の氷床変動を予測する鍵を握る。</p> <p>(2) グリーンランド氷床は北半球最大の陸上淡水源であり、水循環・気候システム・海洋循環に対する一つの大きな影響因子である。</p> <p>(3) 海面上昇への寄与が現時点で明らかであり、今後の全球気候への影響増加が予想される。また淡水の流入による海洋循環の変化が、大規模な気候変動の原因となりうる。</p> <p>(4) 「水循環の解明とモデリング」に関して、北極海大河川の流量変化、北極海開水面変動と降水量による氷河涵養変化が連動する。</p> <p>(5) 「持続的監視」として特定監視氷河・氷床流域の質量収支・流動の長期監視が必要。</p>
<p>(8) 他分野との協力および要望:<内容を記載。クロスカット研究としての検討対象の判断></p>	<ul style="list-style-type: none"> ・「大気モデル」分野に関しては、北極圏の過去および将来200年の気温、降水量、風向・風速を求めて欲しい。 ・「積雪」課題とは、協力して北極圏（とくにシベリア）の過去の気象データを収集する。 ・「海氷」分野に、水蒸気源として重要な北極海開水面変化の過去・将来データを希望。
<p>(9) 3年後、5年後に期待される成果(社会的貢献を含む) <具体的な記述></p>	<p>3年後の成果</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ロシア・アメリカ・ヨーロッパ各国との観測・研究の国際的な研究コミュニティの確立 ・氷河情報をコンパイルした氷河台帳の作成。データはアーカイブ。 ・表面質量収支（融解・涵養）、気象、流動に関する初期データ <p>5年後の成果</p> <ul style="list-style-type: none"> ・氷河および流域規模床変動速度の定量化 ・各プロセスに関するデータ（降雪、融解、アルベド、流動、）取得 ・氷河の質量収支将来予測（観測データと数値モデル実験の結合）、氷床全域の質量収支将来予測（海水準への影響） ・氷床と海洋・大気との相互作用の初期解明、海外研究機関との共同研究
<p>(10) 国際的研究・観測計画ならびに国</p>	<p>・ポスト IPY として10～20年の頻度で定期観測を行う必要があり、関係各国際機関に提唱する。IPD (International Polar Decade) の動きが現在ある。</p>

<p>際的事業等との関係：</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ IASC-WAG, IASC-WG Cryosphere では北極域氷河に関する情報交換を行っており、それに積極的に関わることを通じて協同研究を行う。
<p>(11) 国内において既に実施されている類似研究、およびそれとの関係：</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 氷床変動に関する数値モデルを使った研究（北大と東大）との連携 ・ 氷コア研究プログラム（極地研、北大、北見工大）との連携。 ・ IPY 観測年における東シベリア・スントルハイアタ観測（科研B）が行われた。 ・ JAMSTEC：東シベリア・ヤクーツクおよびチクシに観測装置設置。
<p>(12) 必要とする高額の見積（500万円超）： <項目と概算額></p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 博士研究員の雇用×2名×4年間（2012-2016年）（1000万円×4年間）、・スノーモービル×2（500万円）、・熱水掘削システム（500万円）、・GPSシステム（500万円）、AWS（1000万） ・ グリーンランド沿岸での観測拠点（宿泊所、機材倉庫） ・ ヘリコプターチャーター料：600万円 x 6回： 3,600万円
<p>(13) 必要とする研究・観測基盤や観測拠点：<共通性の高い事項は別途扱う可能性があるため、その指摘をして下さい></p>	<p>観測拠点：観測装置設置・あるいは野外観測中継拠点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ シベリア観測拠点（オイミヤコン）：「雪氷・積雪」課題と共通 ・ グリーンランド沿岸での観測拠点（宿泊所、機材倉庫）
<p>(14) データアーカイブ（衛星含む）の方針と要望：</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ データの集積公開は必須。プロジェクト参加者はデータ供出・公開を義務にするとよい。
<p>(15) 当該課題に参加の可能性がある、ないし参加してもらいたい方々：</p>	<p>[北大] 白岩、杉山、的場、Greve、飯塚、澤柿 [JAMSTEC] 大畑、門田、杉浦、矢吹、紺屋、斉藤、坪井 [極地研] 榎本、本山、東、金尾 [北見工大] 高橋、亀田、館山、[東大] 阿部 [産総研] 中村、[京大] 幸島、[千葉大] 竹内、[気象研] 青木</p>

課題番号：8

<p>(1) 課題名 (日本語) :</p>	<p>北極気候再現性検証および北極気候変動・変化のメカニズム解析に基づく 全球気候モデルの高度化・精緻化</p>
<p>(2) 課題名 (英語) :</p>	<p>Sophistication and elaboration of global climate models based on validation of the Arctic climate reproducibility and analysis on the Arctic climate variability and changes</p>
<p>(3) 記述責任者ないし コンタクトパーソン :</p>	<p>記述責任者：野沢 徹 (環境研) コンタクトパーソン：阿部彩子 (東大大気海洋研)、保坂征宏 (気象研)、 東久美子 (極地研)</p>
<p>(4) 研究の背景と必要 性 :</p>	<p>北極での諸現象は北極域だけでなく、日本域や全球にも少なからぬ影響を 及ぼしている。北極気候の温暖化に対する感度は高いと考えられ、温暖化 に伴うと思われる長期変化も顕在化しつつある。近年では、気候モデルに よる予測を上回る勢いで進行する海氷減少にともない、北極海航路の実現 可能性が政治的・経済的にも注目されており、北極気候の将来予測に対す る需要が高まっている。このような将来予測には数値気候モデルが有効で あるが、既存の気候モデルにおける海氷や気温、降水量をはじめとする現 在の平均的気候状態 (気候値や季節変化) や年々～十年規模の気候変動の 変動特性、産業革命以降の気候変化や古環境などの再現性については、北 極域では必ずしも十分に調べられていない。また、北極気候の将来予測に おける信頼性を向上させるためには、大気海洋の結合システムを表現した 気候モデルの高度化・精緻化が不可欠である。さらに、近年の極域気温増 幅や雪氷変化などに関わる極域特有の大気海洋結合システムの性質の理解 と予測の不確実性の把握にはモデルとデータを統合したメカニズム研究が 必要である。一方で、領域モデルや高解像度モデルを将来有効活用するた めにも、その境界条件としての全球大気海洋結合モデルの信頼性を向上さ せることが重要となる。</p>
<p>(5) 研究の目的と目標 :</p>	<p>現行の気候モデルによる北極気候再現性の検証、北極において重要となる 要素モデルの開発・改良およびさまざまな感度実験、古環境数値実験とデ ータによる検証、北極における気候変動・長期気候変化の原因特定・メカ ニズム解明に関する研究、などを通して、全球気候モデルを高度化・精緻 化し、同モデルにおける北極気候の信頼性向上に資することを目的とする。</p>
<p>(6) 実施計画 : < 研究の具体的な イメージが分かる形で記 述 ></p>	<p>現行の気候モデルによる北極現在気候 (気候値や季節変化)、年々～十年 規模の気候変動の変動特性、古環境や温暖化をはじめとする数十年以上の 規模の長期気候変化の再現性を検証する。これには既存の各種全球デー タセットを用いた検証を進める一方、観測データに関して、現地観測、衛星・ レーダーなどの遠隔観測、アイスコア、海底コア、湖底コア、地形地質学 情報等から得られる古気候・古環境情報など、北極におけるさまざまなデ ータを整備するとともに、観測研究者の協力を得ながら、必要に応じてモ</p>

	<p>デルと比較しやすいように加工する。</p> <p>改良が必要である点については、海水や積雪をはじめとする各種要素モデルの開発・改良を進めるとともに、氷床・氷河や凍土などのコンポーネントの追加やパラメタリゼーションの差し替えなども含めたさまざまな感度実験を行い、気候モデルにおける北極気候の再現性・予測可能性向上の可能性を探る。平行して、北極における気候変動・長期気候変化の原因特定・メカニズム解析を進め、気候システムのメカニズムに関する理解を深める。</p> <p>北極気候再現性の検証、要素モデルの開発・改良および感度実験、北極気候変動・変化のメカニズム解明などで得られた知見を元に、全球気候モデルを高度化・精緻化する。</p>
<p>(7) 重点課題の条件との関係： <添付の重点課題の要件との関連を記述></p>	<p>本課題はすべての要件と密接に関係している。近未来～100年程度までの将来の気候変化予測に貢献することはもちろんであるが、気候システムの水・物質・エネルギー循環およびそれらに深く関係する物理・生物・化学過程の解明とモデリング、それらに立脚した近過去～現在の急激な気候システム変化の理解、さらには東・北アジアおよび全球におけるさまざまな地球環境への影響評価などを行う際の基本となるツールを提供するものである。</p>
<p>(8) 他分野との協力および要望： <内容を記載。クロスカット研究としての検討対象の判断></p>	<p>本課題では、大気、海洋・海水、陸域、雪氷すべてを含んだ、全体（システム）としての気候モデルに重点を置いている。その意味では、すべての分野との協力は不可欠である。</p> <p>個別のプロセスモデルそのものは他課題で対応いただくことを想定しているが、気候モデルのパーツとしての要素モデルの開発・改良には、それらの課題との連携が不可欠であり、積極的に協力させていただきたい。</p> <p>観測的研究との接点に関しては、改善が必要な大きなポイントと考えている。モデルの検証に直接活用できるようなデータの提供はもちろんであるが、直接比較が難しいデータに関しても、プロセスモデル研究を介して、一緒に議論できる環境を構築したい。</p>
<p>(9) 3年後、5年後に期待される成果（社会的貢献を含む） <具体的な記述></p>	<p>観測研究者、解析研究者との協働により、北極における水・物質・エネルギー循環の基本的なメカニズムや、近年の急激な北極気候システムの変化、古環境や温暖化などの長期的な北極気候変化などに関する理解が進むことが期待される。また、それらの結果に基づいて気候モデルの開発・改良を行うことにより、同モデルが高度化・精緻化され、同モデルによる北極気候の信頼性向上が期待される。さらに、北極域における急激な気候変化対策の立案や、近未来における北極海航路の実現可能性の検討などに資する高度な情報提供が期待される。</p>
<p>(10) 国際的研究・観測計画ならびに国際的事業等との関係：</p>	<p>本研究課題は、IGBP/PAGES や WCRP/CMIP などの国際共同研究プロジェクトと深く関与する。特に、さまざまな気候モデル相互比較プロジェクト（CMIP3/5、AOMIP、PMIP など）と緊密な連携を図ることはもちろん、IPCC</p>

	などにも直接的に貢献するものである。
(11) 国内において既に実施されている類似研究、およびそれとの関係：	文部科学省の21世紀気候変動予測革新プログラムでは、国内における全球気候モデルの開発・改良およびIPCCへの貢献を目指した長期積分などを実施しているが、平成23年度で終了予定である。また、北極気候に主眼を置いている点で、本課題とは相補的な関係にある。一方で、本課題で解析すべき数値シミュレーションデータの一部は、同プログラムより提供を受ける。
(12) 必要とする高額 の経費(500万超)： ＜項目と概算額＞	人件費(ポストドク約10名分)：7000万円/年 大型計算機使用料、大容量ストレージ、解析サーバ：1500万円/年 観測経費：2000万円/年 古環境試料解析経費：2000万円/年
(13) 必要とする研究・観測基盤や観測拠点： ＜共通性の高い事項は別途扱う可能性がある ので、その指摘をして下さい＞	古気候・古環境データ、気象観測データ、衛星データ、全球客観解析データ、モデル計算結果等を集約して一元管理するデータベースが必要。 中核研究拠点に比較的規模の大きい計算機資源(スーパーコンピュータなど)があり、それを活用できるのであれば、気候モデルの移植や開発・改良、数値シミュレーションの実行などをサポートする支援スタッフが必要。
(14) データアーカイブ(衛星含む)の方針と要望：	古気候・古環境データ、気象観測データ、衛星データ、全球客観解析データ、モデル計算結果等を集約して一元管理し、利用しやすい形で提供するシステムの構築を希望。
(15) 当該課題に参加 の可能性がある、ないし 参加してもらいたい 方々：	東大大気海洋研：阿部彩子、羽角博康、渡部雅浩、芳村圭、吉森正和、大石龍太 国立環境研究所：野沢徹、小倉知夫、阿部学 JAMSTEC：高田久美子、斎藤和之、小室芳樹、斎藤冬樹、坂本竜彦・原田尚美 気象研究所：保坂征宏、足立恭将、辻野博之 国立極地研究所：東久美子、三浦英樹、川村賢二、奥野淳一 北海道大学：山本正伸 その他、観測研究者、解析研究者にも広く積極的に参加していただきたい。

(16) 付録：概要図、概念図、フローチャート等：＜あれば、添付＞

<資料 5 >

地球環境推進部会・北極研究戦略小委員会
提出資料

北極環境研究の重点研究課題・研究基盤およびコンソーシアムに関する検討結果

2011年4月18日

安成哲三（検討メンバーを代表して）

1. はじめに

本資料は、我が国の北極環境研究コミュニティが、今後の我が国の北極環境研究における当面の重点研究課題およびその実施に関する事項を検討した結果をとりまとめたものである。2010年度に設置された地球観測推進部会・北極研究検討作業部会の旧主査が主導して当該部会の旧メンバーを中心に北極環境研究コミュニティの関係者間で議論を重ねた。重点研究課題の検討期間が2カ月程度と短く、しかもその最中に東北関東大震災が重なったため、関係者の参集が難しい局面もあり十分な議論ができなかった部分もあるが、相当量の意見交換と議論を重ねて作成したものである。この資料が、文部科学省が平成23年度に開始する「北極気候変動研究プロジェクト」の実施にとって、参考になればと考える。

2. 研究プロジェクトに関する検討結果

2. 1 重点研究課題と検討の概要と経過

2011年2月以来、北極気候システムを構成する4つの分野ないし領域の検討グループ（海洋・海氷、大気、陸域、雪氷）およびモデルグループに分けて、計8回の会合を持ち、各グループから見た場合の当面の重点課題の検討を行ってきた。大震災のため十分な検討ができなかったグループも見られたが、4月11-12日に全体会合を東京で開催し、各グループで行われた検討結果および分野を超えた総合的議論に基づき研究コミュニティとしての重点研究課題および研究基盤等に関する考えをまとめる作業を行った。グループ検討を含め本検討に関係した研究者の数は80人を超える。

2. 2. 重点研究課題

重点課題の検討に当たっては、水・エネルギー・物質循環からなる北極気候システムの最近の急激な変化を含む変動の理解と10~100年スケールでの将来変動性と予測に資する知見を得るためGCMおよび各種モデルの向上を行うこと、およびその変化が日本および全球へもたらす影響を評価することを目的とし、国際コミュニティとの協同研究を視野にいれつつも国内コミュニティの研究上の強みとギャップを考慮に入れて、重点課題の検討を行った。

その結果、以下のものが提示された。各重点課題に関しては、資料として、研究の背景・必要性、目的・目標、実施事項を添付した。

- ①北極海の海氷減少による物質循環と海洋生態系へのインパクト評価
- ②北極海の大気-海氷-海洋プロセスの解明
- ③北極における雲・エアロゾル・降積雪の変動特性と放射影響
- ④北極域温暖化に伴う大気循環変動の実態と機構の解明、およびその日本付近の気候変動、異常気象への影響
- ⑤北極陸域システムの変動と水・物質循環への影響
- ⑥北極圏氷河およびグリーンランド氷床の変動、将来変化と環境影響

⑦北極気候再現性検証および北極気候変動・変化のメカニズム解析に基づく全球気候モデルの高度化・精緻化

⑧現場及び衛星観測による北極海及び大陸域のモニタリング

①、③、⑤、⑥の4課題は気候システムの各領域における研究が中心の課題であるが、4課題(②、④、⑦、⑧)は研究分野を超えた横断的な色彩が強い研究課題となっている。早急の共通実施事項として、北極環境に関する過去30年程度のモデルと観測の検証を行い、研究に反映させる必要がある。

上記の研究課題の対象地域は限定されており、また研究内容も日本コミュニティーが5年間の本プロジェクトで対応できるものに焦点が絞られている。北極環境の総合的把握の観点からは、研究上の国際・国内連携および協力が必要であり、以下の点に留意することが必要である。

(1) IASC(国際北極科学委員会)や WCRP・CliC、AOSB 等での情報交換・議論を通じて、諸外国研究コミュニティーと連携し、また当該重点課題への協力を働きかけることにより、より効果的な研究体制が出来る形をとる。

(2) SAON、IABP、PAG、GTN-P、IASOA、SIOS など観測・データ取得の国際プログラムと連携・協力することにより広域でのデータ確保を行う。

(3) 当該地域における国内の既存プロジェクト・研究との連携を計り、観測・研究を効果的・効率的に行う。

2. 3. 社会貢献

これら重点課題は、単に現在の北極環境変化に関する学問上の関心からのみ選択されたものではなく、それらの中でも社会的関心の強い事項に関して貢献することを念頭において描出した。これらの研究課題に関する研究を推進することによって以下の社会的課題に貢献できると考えられる。記載している番号は、特に貢献度が高い課題である。

(4) 北極の強温暖化の実態と北極環境への影響 (①～⑧すべての課題)

(5) 北極変動の日本および東アジア気候への影響 (⑤、⑧)

(6) 北極海・海氷変動のメカニズムと将来予測 (②、④、⑧)

(7) 北極環境変化の準リアルタイムでの情報提供 (①、②、③、⑤、⑥、⑧)

2. 4. 研究基盤

上記の重点研究課題を効果的に推進していくために、「観測プラットフォーム」、「大型観測機器」、「陸上観測・研究拠点」および「データ・アーカイブ等」、などの研究基盤の確保・整備が必要である。なお、これらの研究基盤は、単に本プロジェクトの実施にとってのみ重要なことではなく、現在実施中の他研究計画および北極環境研究の長期的推進にとっても重要な意味を持つ。

2. 4. 1 観測プラットフォーム

(1) 海洋における観測基盤の強化

課題①、②、③に関して北極海における海洋・大気観測に関しては、観測用船舶の確保が重要となる。以下の点に留意する必要がある。

(a) 観測船の航海：2013年には既に「みらい」と「おしよる丸」の太平洋側航海が予定されて

いるが、2011年に航海が無いことを考えると2012年にも「みらい」の航海が必要である。2014年および2015年についても、「みらい」の航海が一度は望まれる。

(b) 砕氷観測船：特に課題②に関しては、砕氷船は不可欠であり、「しらせ」の北極航海を強く望むところである。これが確保できない場合には、「カナダ船」など外国船を視野に入れ、二国間・国際共同プロジェクトとして費用分担し観測航海を実施することが必要である。

(2) 航空機・ヘリ観測の強化

一時的・広域の観測を実施するために、特に大気観測では観測調査航空機・ヘリ、無人飛行機など飛翔体を活用することが必要である。本プロジェクト期間中、必要に応じて確保する必要がある。

2. 4. 2 観測機器の整備

課題①、②、⑧に関しては、海洋観測の機器が必要である。③、⑤、⑥、⑧に関係して陸上で観測基盤の強化が必要である。

(1) 海洋観測：漂流ブイ（表面）、係留系（水中：水温、塩分、セジメント）、海氷観測用係留系（海氷厚、流速）等、北極海の変動状況を的確にモニタリングできる観測機器の充実が必要である。

(2) 大気観測：実績のあるスバルバールに加え北極域のシベリア・北米大陸での1~2地点において新たに観測点を形成し、環北極海大気観測網を形成することが必要と考えられる。研究者が継続的に観測活動を実施できるよう観測施設の充実を図るとともに、雲レーダー等、北極域における変動状況を的確にモニタリングできる機器の整備が必要となる。

(3) 陸域・雪氷観測：現在、スバルバール、シベリア、アラスカ、カナダ、グリーンランド地域での観測研究が観測点・観測線において数多く小規模・分散形で実施されている。観測内容を充実させることが重要である一方、観測点のネットワーク化を通じて、高品質で持続性のある主要要素の広域把握を図ることが必要である。測器の統一化・充実化が望まれるが、機器としては陸面要素・諸フラックス観測装置、諸化学分析装置、積雪非破壊測定装置などがあげられる。

2. 4. 3 陸上観測・研究拠点の強化

円滑かつ効果的に本プロジェクトの大気・陸域・雪氷観測および研究を実施する上で、スバルバール観測拠点を整備・充実させるのに加えて、北極海沿岸を含むシベリア地域などについて1~2の陸上観測・研究拠点を準備し「国際・2国間協同研究の仕組み」を形成することが重要であろう。シベリアは政治的な側面での難しさはあるが、北極変動現象の全球及び我が国への影響を目指す本プロジェクトの性格上、特に重要である。UAF-IARCの活用も視野に入れる必要がある。

2. 4. 4 データ基盤の強化

全ての分野に共通なことであるが、北極環境データのアーカイブは、歴史的経緯もあり日本ではおろそかにされてきた。しかしながら、北極環境変動に焦点を当てている本プロジェクトでは、過去データレスキューを含め、以下を実施すべきであろう。

(1) 本プロジェクトで取得するデータおよび、今まで日本研究コミュニティーが取得してきたものを含め収集・保管・公開を行い、本プロジェクトおよび他の国内・国際的研究の向上に貢献する必要がある。

- (2) データポリシーを確立し、データセンターを設けて実行する。研究者が利活用しやすい形態であることが望ましい。
- (3) 将来予測等を行うために GCM モデル等で利用しやすい統合的データセットの構築を開始する必要がある。
- (4) 優れた日本のセンサーを含め衛星観測データを有効活用することが必要である。観測データの利用性の向上、観測計画立案や実施支援への活用、基幹の観測項目は安定した長期継続が必要である。標準プロダクト以外の利用可能性を確認し、積極的に使用・データ公開を推進するとともに、JAXA/IARCなどで構築されているデータ提供機能・観測支援機能を維持・拡大することが望ましい。

2. 4. 5 その他

GCM 等モデルの高度化と活用を図るため、計算機資源の利用確保に関する計画、及び計算機資源保有機関との調整が必要である。

2. 5 実施体制

本プロジェクトは、現在、地球環境研究のホットスポットとなっている北極について、研究分野を超えて、協力体制を組み、総合的理解を目指す計画である。以下の点を考慮する必要がある。

- (5) 予定されている中核機関（プロジェクト実施機関）の中に、プロジェクト推進委員会などを構成し、本プロジェクトを推進するとともに、課題間、研究分野間および地域間の研究コーディネーション、および既に行われている研究との連携・協力を図る体制が必要である。
- (6) 研究自体は、多数の研究者が連携して実施する大型研究と少数者ないし単独の研究者が実施する比較的小型の研究の2種類必要である。
- (7) 本プロジェクトは、船舶の備船など現段階では不確実性が大きいため、予算執行にあたっては実施期間中の柔軟性を確保する必要がある。
- (8) 本プロジェクトおよび持続的監視体制を効果的・効率的に実施するにあたっては、国内研究組織の整備が必要であろう。主要研究機関の中心所掌研究分野と研究基盤の担当項目に従い、早急に人員体制を整備することが望まれる。

3. 北極環境研究コンソーシアム

本研究プロジェクトでは、研究プロジェクト実施とともに北極環境研究コンソーシアムの形成が、実施事項として考えられている（部会中間報告にも記載）。当該コンソーシアムは以下の性格であると構想している。

- (1) 全日本の研究者参加によって組織された団体である。
- (2) 北極環境研究に関し、下記の機能を有する。
 - ・ 総合的・長期的な研究計画の策定。
 - ・ 研究者・研究機関・関連機関等間での有機的な連携および研究活動の推進。
 - ・ 観測基盤整備・活用方策、国際国内対応および協力、人材育成、データ・成果等の流通および利活用に関する企画・立案・推進。
 - ・ 諸活動の情報交換促進および広報、アウトリーチ活動。

・ 上記の他、北極環境研究に関する重要事項の企画・立案・推進。

(3) 組織としては、運営委員会を設置し、それが運営の中心に当たり、個別事項に関する検討を行う常置・臨時WGを設置する。

(4) 中核機関（プロジェクト実施機関）において、事務局を設置し、運営をサポートする。

旧部会メンバーがリードするかたちで、関係各分野の研究者（各レベルを合計すると80名程度）に集まっていただき、あるいはメールベースで意見を聞きながら、まとめたものである。今後、そしてコンソーシアムが設立されればそこで、さらに具体的な重点課題間の連携策等の検討が進められると期待している。

重点研究課題 ①

課題：	北極海の海水減少による物質循環と海洋生態系へのインパクト評価
研究の背景と必要性：	<p>著しい海水減少に伴う北極海の生態系や物質循環の変化が近年注目されている。気候へのフィードバック、種の絶滅の危惧、水産資源の利活用の可能性などに関連して、科学的のみならず社会的な関心も集めている。</p> <p>特に海水減少が著しい太平洋側北極海では光環境や栄養塩の分布などに顕著な変化が起きていると同時に、温暖化や海洋酸性化といった地球規模で懸念されている現象が他の海域に先駆けて急速に進行している。近年、砕氷船や海洋地球研究船「みらい」、地球観測衛星などによる観測結果から、この海域での物理・化学・生物的变化が発表されている。しかし、温暖化や海水減少に伴う様々な環境変化(光、水温、混合、栄養塩分布、二酸化炭素吸収量の変化など)の定量的把握や、それらと生物との相互作用、さらに海水下の環境については未だごく限られた断片的情報しかなく、生態系の応答や魚類資源、物質循環のモデリングと予測にはほど遠い。</p> <p>予測モデルの結果から、海水減少とその影響は現在を含めたこの10~20年の間に最も急激であることが示唆されている。太平洋側北極海で現在起きつつある急速な環境変化による物質循環や生態系へのインパクトを評価し、将来予測につなげることはまさに焦眉の急であり、この海域に関する多くの知見と過去のデータを有する日本がリードして行うべき研究である。</p>
研究の目的と目標：	<p>北極海側太平洋における海水減少に関わる物理・化学的環境変動を捉え、それに伴う物質循環および低次生態系から高次捕食者までの海洋生態系全体への影響を理解することで、将来の生態系・物質循環モデルの発展と気候への影響評価、北極海生物資源の確保などに資することを目的とする。具体的には、以下のことを推進する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・観測やモデル・解析などの統合的な手法を用いた、海洋物理学的、海洋化学的環境(海洋循環、水塊分布、形成過程、栄養塩や二酸化炭素、メタンなど化学物質の分布など)の実態・変化の把握および、大気環境・海水動態との関係について解明 ・低次生態系(基礎生産、プランクトン活動、微生物群集ほか)から高次の魚類資源までに至る太平洋側北極海の海洋生態系の変動要因の解明、太平洋側北極海における海洋生態系の実態および環境変動に対して予測される生態系応答と物質循環へのフィードバックの解明 ・目視およびバイオリギング調査による海鳥類および鰭脚類などの高次捕食者の行動、分布と海水変動や行動・分布を誘引・抑制する化学物質との関係の解明、および海水下の海洋環境の解明 ・高次捕食者(魚類の耳石等)に含まれる微量金属をトレーサーとした生物に蓄積された海洋環境変動の解明 ・陸上からの河川水流入が海洋の物質循環と生態系に与える影響の解明 ・現場観測データを用いた衛星データやモデルの結果の検証と、将来予測の精度向上
実施計画：	<p>平成23年；これまでに得られた観測データや培養実験などによる海水変動および関連する物理・化学環境の変化に対する海洋生態系の応答とその進行度、プロセスの解明、成果の公表。砕氷船による太平洋側北極海における生態系調査、係留系の回収・再設置</p> <p>平成24,25年；海洋地球研究船「みらい」や北海道大学水産学部附属練習船「おしよる丸」による太平洋側北極海での連携観測の実施。生物反応予測実験による生態系への影響評価。得られた観測データの解析と成果・観測データの公表平成</p> <p>平成26,27年以降；得られた観測データの解析と成果・観測データの公表。観測航海が実施されれば、上記の観測を継続実施し、変化・プロセスの解明を行う。</p>

重点研究課題 ②

課題：	北極海の大気—海氷—海洋プロセスの解明
研究の背景と必要性：	<p>北極海は地球温暖化の影響を受けやすい地域であると考えられおり、それは Polar Amplification として下層大気で顕在化するといわれている。そのプロセスについては未知の部分が多い。近年の北極海の家氷は、全球平均気温の上昇の影響による変動予測を凌ぐ勢いで減少している。このことは、北極海が受動的に温暖化の影響を受けているだけでなく、北極海には、海氷減少を加速させる正のフィードバック・メカニズムが内在していることを示唆する。海氷減少は、海氷減少は地球規模の熱バランスに影響を与え、全地球規模の海洋および大気循環場に変調をもたらす。また、北極海の海洋生態系や北極海航路の利用可能性など様々な分野に対し影響を与える。その理解と予測は北極研究の中核に位置づけられる。</p> <p>しかし、現在の気候予測モデルにおいては、海氷減少の速度と空間パターンは、現実と大きな乖離がある。これは、海氷を含む大気-海氷-海洋システムのパラメタリゼーションが十分でないことを意味する。正確な将来予測を行うためには、大気-海氷-海洋システムにおける素過程の理解を進め、モデルの改善に反映させることが必要である。</p>
研究の目的と目標：	<p>海氷域で起きているフィードバック・メカニズムを探る目的で、大気・海洋・海氷の観測を行なう。海氷変動の著しい海域を中心に、夏季の開水域のみならず海氷域を含めた観測を実施し、海氷減少メカニズムの解明を目的とする。北極海では、通常の家氷とは異なり、大気-海洋が直接相互作用するのではなく海氷を介して相互作用が起きる。大気-海氷-海洋システムにおける、“運動量”、“熱”、“塩分(淡水)”の水平輸送及び鉛直輸送(フラックス)の実態を把握と海氷変動への影響を評価し、モデルのパラメタリゼーション向上に貢献する。また、冬季の家氷形成量低下と海洋熱フラックスの増大など、海氷減少のプレコンディションの詳細を把握し、海氷縁辺部、海氷上の境界層の観測を結果とともに、海氷域の大気場の熱力学構造及び大気-海洋間の熱収支と海氷減少を加速させる正のフィードバック機構の実態解明を目指す。海氷成長・消耗過程とそれに伴う熱フラックスの成果はモデル研究の高精度化と将来予測の改善につながる。</p>
実施計画：	<p>海洋観測、大気観測、海氷特性観測からなる。海洋は、CTD 観測、トレーサー観測、船舶搭載 ADCP 観測、表層連続モニタにより海洋構造と循環場の把握、渦運動場と諸量の関係の把握を行う。また、上記項目に加えて、海洋乱流観測、係留系観測を行い海洋熱塩フラックスの実態と海氷への影響を理解する。大気は船上での境界層、上層大気ゾンデ観測、雲、降水観測を行なう。人工衛星観測との連携を図り、時間空間的に限られた現場観測の制限を克服した広域連続観測方法を考案する(モニタリングのためのプロセス研究)。これにより北極変動を駆動する地域の確認を行なう。</p> <p>⑤ 日本の観測船による大気・海洋観測(開水域)</p> <p>⑥ 他国砕氷船による大気・海洋・海氷共同観測(海氷域)</p> <p>夏期：アラオン航海、ルイサンローラン航海。冬期：期間中にノルウェー、フィンランドの砕氷船観測との大気・海氷の共同観測を企画。他国との共同研究にて砕氷船(アラオン、ルイサンローラン)を利用し、太平洋水の流路変動および循環を捉える海洋物理およびトレーサー観測を行う。また、航路上および氷上(可能ならヘリコプター)にて海氷観測を行う。</p>

重点研究課題 ③

課題	北極における雲・エアロゾル・降積雪の変動特性と放射影響
研究の背景と必要性	<p>放射エネルギー収支を支配する雲およびエアロゾル、降雪は、ブラック・カーボンを含めて、北極気候変化の鍵となる過程として、そのメカニズム解明と実態把握が必要である。特に近年の強温暖化や海氷急減に対する役割とその影響が（20世紀前半の温暖化解明とともに）問われており、気候モデルにおいてもその改善が求められている最も不確かな過程の一つである。</p> <p>雲は、一般に、地球を冷却する方向に作用すると考えられるが、雲を構成する雲粒子の大きさや形状（相）、出現高度によって冷却効果に大きな違いがあり、温暖化を促進することもあり得る。雲核や氷晶核となるエアロゾルとの相互作用は間接効果として雲の特性を左右するだけでなく、降水過程にも影響を及ぼす。そのため、北極の気候システムの理解と温暖化現象の解明には、温室効果気体だけでなく雲やエアロゾル等の大気成分および降積雪の果たす役割と変動特性の実態把握が急務となる。加えて、北極気候システムにおける変動指標として、また温暖化への正の気候フィードバック要素として降積雪は重要である。多くの総観規模スケールのモデルでは、積雪の変動並びに積雪再配分が反映されていないため、積雪と大気や地表面（土壌、氷塊、植生等）との相互作用がうまく表現できていない。地球温暖化研究の進展とともに、降積雪が北極気候システムにもたらす影響を定量的に総合評価することが求められている。こうした、雲やエアロゾル、降積雪の広域の理解に衛星観測は欠かせない。同時に、衛星データの解析には地上での精密観測による検証が重要である。北極のオゾンについても、温室効果ガスの増加による成層圏寒冷化に伴うオゾン破壊の進行と関連して継続的にモニタリングしていくことが重要である。</p>
研究の目的と目標	<ol style="list-style-type: none"> 1) 北極での雲・エアロゾルの放射・微物理特性、雲の生成消滅過程における雲エアロゾル相互作用をはじめ、降積雪を伴う大気地表面過程、ブラック・カーボンの寄与の解明。エアロゾルの発生、輸送過程と雪氷圏のシンクとしてのつながりの解明。 2) 雲物理量（水雲、氷雲、混合相雲の存在比）の変動特性の定量化による衛星観測雲物理パラメタ抽出アルゴリズムの開発や雲物理モデルの改良。 3) 衛星観測の地上検証としての雲・エアロゾルの直接観測と降積雪の現場観測 4) 衛星データ解析やモデル・シミュレーションの比較検証による広域現象の把握と放射効果、総観規模スケールにおける積雪変動の総観規模大気場への強制や、大気場からの影響、フィードバックの評価など総合的に北極システムにおける各要素の役割とその全球気候への影響の解明。
実施事項	<ul style="list-style-type: none"> ・ スパールバル・ニーオルスンを地上観測拠点候補とし、氷雲および混合相雲を重点的な観測対象とし、雲レーダーを中心に各種機器による観測を実施。 ・ 雲物理過程のモデルとその放射効果の表現改良。 ・ 地上での連続観測、航空機や気球による鉛直分布の観測、人工衛星による雲やエアロゾルの広域分布観測による北極における雲やエアロゾルの動態を把握。 ・ 積雪コアからみた大気中エアロゾルの動態把握。 ・ Earth Care などの衛星観測とのタイアップによる地上検証観測。 ・ オゾン観測サイト（ロシア北部など含む）における観測の充実と、従来のオゾンゾンデ観測に加えた、FTIR観測拠点の構築。 ・ 降積雪に関する定点および測線観測の実施。 ・ 総観規模スケールにおける積雪変動モデルの検証と精緻化。 <p>広域分布の衛星解析とモデル・シミュレーション検証。</p>

重点研究課題④

課題：	北極域温暖化に伴う大気循環変動の実態と機構の解明、およびその日本付近の気候変動、異常気象への影響
研究の背景と必要性：	<p>北極海の海氷が近年激減している。2007 年には最小記録を塗り替え、海氷の少ないことが「普通」の状態になりつつある。海氷の激減とほぼ同時に、シベリアを中心としたユーラシア大陸での水循環および北極海低気圧の活発化が進み、さらには北極上空のオゾン量の減少も顕在化している。これら北極域での異変は、同時に、この我々の住む日本の気候変動や異常気象の頻発とも密接に関係していることが最近の研究で示唆されている。</p> <p>長期的には北極とシベリアなどの周辺域で顕在化する温暖化にも拘わらず、日本では寒冬・豪雪が近年頻発している。例えば2005/06年冬の豪雪、また、2009/10年冬の北極振動の記録的な「負」の状態、2010/11年冬の東アジアでの寒波は記憶にあたらしい。夏の日本とヨーロッパ各地の猛暑についても、冬季と類似した極ジェットの異常な蛇行パターンと、それに伴うテレコネクションパターンおよびブロッキング高気圧に関係していると考えられる。</p> <p>冬季に共通の特徴は、北極海からユーラシア大陸北部域での偏西風の蛇行(大気の停滞性ロスビー波)が、大陸上でその振幅を増しながら、東アジアにいたるテレコネクションパターンを形成し、それに対応してシベリア高気圧が発達(弱化する)ことにより、日本を含む極東から欧州の各地での記録的な寒冬(暖冬)などの異常気象をもたらすと考えられる。これら寒冬暖冬の原因として、対流圏・成層圏間の力学的相互作用の可能性も指摘されている。一方、これらの変動には大気循環の自励的振動に加え、北極海での大気海洋相互作用や、ユーラシア大陸での大気陸面相互作用、熱帯・中緯度間のテレコネクションなども関与している可能性も大きく、北極域も含む北半球中高緯度での季節内変動から季節変化、経年変動を通じた系統的な気候力学的記述とモデルを用いた機構解明が必要である。</p>
研究の目的と目標：	本研究は、北極振動も含む北半球中高緯度の夏季と冬季の大循環変動を、特に日本付近の異常気象をもたらす変動に着目して、北極域での大気海洋相互作用、ユーラシア大陸での大気陸面相互作用および熱帯からのテレコネクションなどの相互作用過程として理解し、その変動機構の解明と予測可能性を研究する。特に、季節内変動から10年周期以上の長期変動までの時間スケールごとに、高精度の大気データと気候モデルによる数値実験結果を統合して解明する。
実施事項：	1) 陸面・海面(海氷面)からの熱フラックス、大気での非断熱加熱率の算定を含む大気・地表面の熱力学的解析を行い、陸面・海氷海洋・大気相互作用や積雪を含む大気・雪氷相互作用を定量的に評価する。2) 上記の熱力学過程による大気の準停滞性ロスビー波及び偏西風の蛇行の機構について、大循環モデルや客観解析データ等ももちいて解析する。3) 北極海周辺の大気循環変動とユーラシア大陸、太平洋域でのテレコネクションパターン形成、ブロッキング高気圧の発生など、北極域での循環変動が遠隔的に日本及び極東アジアに影響する過程を、季節内変動、経年変動から長期変化傾向と、異なる時間スケールごとに研究を行う。4) 北極振動を含む北極・高緯度循環と成層圏循環の相互作用を、大気・海洋・陸面過程の影響と役割を含めて研究する。5) 100年スケールの変動については、北極域氷河アイスコアなどの各種古環境データと、過去数十年での気象気候データとを統合的に解析することにより復元し、近年の温暖化に伴う長期変化傾向の解明にもつなげる。6) 21世紀末頃までの大気循環変化の傾向については、IPCC-AR5による数値実験結果により、同様の解析を行い、考察する。

重点研究課題⑤

課題：	北極陸域システムの変動と水・物質循環への影響
研究の背景と必要性：	<p>環北極陸域には、連続永久凍土帯から季節凍土帯まで異なる状態の凍土が存在し、水・物質循環を介して水文過程や植生動態と相互作用環を形成し一つの陸域システムを成している。この陸域システムは大気および海洋と相互作用して全球に及ぶ気候を形成する。例えば、積雪域や植生の変化等に伴う陸域地表面のアルベドの変化やそこにおける温室効果ガス放出量の変化は、全球の気候への重要なフィードバック効果を示すなど、陸域は北極システムの中の一つの重要なサブシステムであり、日本の気候・気象にも大きく影響する。</p> <p>海洋における海氷面積激減は既知の事実である。その一方で陸上では活動層の増加や、地形陥没、河川流量増加、湖沼面積拡大や植生の変化などが一部で報告されているが、それらの基礎となる凍土の全体的現状把握は進んでいない。</p> <p>北極陸域システムの変動を理解し予測していくためには、地表面のみならず凍土の動態やその生態系や水循環に与える影響などの把握が不可欠であるが、基本的観測データを拡充し、解析方法の共通化、衛星データも含めた観測とモデルの融合的研究を進めることが必要である。</p>
研究の目的と目標：	<ol style="list-style-type: none"> 1. 凍土の状態が異なる環北極陸域の各地域において、絶対的に不足している気象・水文・植生・雪氷・土壌の現場の観測データを取得し、各プロセスモデルの開発や領域規模での相互評価を行い、衛星データなどともあわせて北極陸域システムの機能とその変動を理解することを目的とする。 2. 北極陸域システムは地球システムの中で重要なフィードバック機能を有するサブシステムであるが、現状では全球モデルにその重要な機能が反映されているとは言えない。本研究では陸域システムの特性を理解し、陸域の重要なフィードバック機構を評価すること、およびそれらを通して全球の気候システムモデルの高度化に資することも目的とする。
実施事項：	<ol style="list-style-type: none"> 1. 各地域ではそれぞれに特徴的なテーマの設定を行うとともに、共通の重要観測項目を設定し、一部の観測項目は長期観測体制にする。以下のような現象を調べる。 <ul style="list-style-type: none"> ・凍土の状態と地表面植生の変化、それに伴う GHG 放出、フラックス変化 ・積雪面積・積雪深・積雪水量の分布と変化 ・地温上昇と凍土の融解による炭素循環の変化、GHG 放出 ・林野火災による炭素放出量と生態系の応答 ・降水、水域面積、陸上の水貯留量、蒸発散や河川流量などの水循環の実態と変化、およびそれに伴う流出物質の変化 ・過去 100 年と将来 100 年の環境、炭素収支（年輪、堆積物など） 2. 上記に関する観測を充実させて実施、データセットの構築。共通の手法を設定し、ポイントデータを基礎に地域的な把握を行う 3. プロセスモデルの開発、モデルと観測データをあわせた各地域における特徴的な現象の解明。 4. 領域モデルの開発・改良を行い、各過程の評価と諸過程間の相互作用に関する知見を得る。 5. 陸域システムと他の大気・海洋サブシステムとの相互作用の影響、およびその重要なフィードバック機構を評価し、気候モデルに反映させるための方策を検討する

重点研究課題⑥

課題：	北極圏氷河およびグリーンランド氷床の変動、将来変化と環境影響
研究の背景と必要性：	<p>北極圏地域は温暖化が急激に進み、氷床・氷河・氷帽にはその効果が顕著に現れる。北極域には北半球最大の氷塊であり、地表の全氷体積の10%、海水準7mに相当するグリーンランド氷床があり、世界の50%近い氷河・氷帽が存在する。しかしその正確な変動量と変動メカニズムの理解は不十分であり、高精度データの収集とプロセス研究が急務である。氷床等の融解は海水準上昇のみならず北極域海洋環境に影響する。</p> <p>グリーンランド氷床は近年の衛星観測データからは、氷体積が顕著な減少傾向にあり、かつ減少速度が加速している。この傾向が続けば、2010-2050年に予想される32±5cmの海水準上昇のうち、約25%がグリーンランド氷床によって生じると見込まれている。IPCC4次レポートは、その原因として(1)融解量の増加と(2)沿岸部での氷流動加速であることが挙げているが、そのプロセスの詳細は明らかではない。氷床縁辺部では氷床流動・崩壊に伴う氷河地震(Glacial Earthquake)が起きており、継続観測の国際計画がなされつつある。グリーンランド氷床中央部・北部では深層氷コアにより氷期・間氷期気候変動が調査されているが近年の急激変動に対してはより精度よい積雪堆積過程コア解釈モデルが必要である。</p> <p>氷河と氷帽は体積的には氷床より小さいが、気候変動に対する応答性が速いことから北極圏での氷河、氷帽の調査および変動解析が重要である。氷河は容易に境界が視認され、過去情報との比較が可能であり、温暖化の指標として適当である。アルベド変化や水文情報に重要である季節的積雪についても、過去・将来予測が必要であり、氷河分布変動解析と同様な手法で降水・気温データから求める手法を開発する必要がある。</p>
研究の目的と目標：	<p>北極圏の氷河・氷帽とグリーンランド氷床について以下を明らかにする。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 過去数10-100年にわたる氷河氷床の変動量および現在の変動速度 (2) 氷河・氷床変動をつかさどる主要プロセス(質量収支、流動、降雪など気候要素との関係など)の変動機構 (3) 将来100-200年の氷河・氷床変動予測
実施事項：	<p>北極域の2~3地域の氷河・氷帽、およびグリーンランド氷床の典型的な流域ひとつを対象として、重点的に野外観測を実施し、それと衛星データ、過去の観測データを併せて解析を行い、過去・現在・将来の氷河氷床変動を解明。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 氷河氷床変動量：人工衛星データ解析による表面高度と面積変化の算出。野外観測による衛星データの検証と、高精度、高時間分解能の変動解析。 (2) 現状把握とプロセス研究：重点観測氷河・氷床観測流域における、気象観測、積雪量、積雪再配分、融解量など表面質量収支、氷河・氷床平衡線高度分布の測定。質量収支に関係した降雪量、表面アルベド、雪氷微生物・ブラックカーボンの影響評価および浅層氷コア掘削による質量収支の変動測定を行う。観測データに基づいた質量収支モデルの構築。表面質量収支の変動メカニズムの解析および氷床流動メカニズムの解析(底面流動、カービング、氷河地震観測、海洋・海氷との相互作用)。 (3) 氷流動：衛星データと野外観測による氷河氷床流動速度分布の測定。氷床沿岸部における氷流流動速度とカービング速度の測定。熱水掘削を用いた氷河底面流動、底面堆積物に関する観測。氷床底面流動およびカービングに伴う氷河地震観測。上記のプロセスを取り込んだ流動モデルの開発。 (4) 過去の変動検証：衛星や氷河末端モレーンなどによる小氷期以降の氷河後退量分布の算出。衛星データ・数値モデル・氷コア・気象データに基づいた過去のグリーンランド氷床変動、平衡線高度・氷河分布の復元・解明。 (5) 将来変動：質量収支、および流動モデルを結合した氷河氷床モデルの開発し、変動予測シミュレーションを行う。大気循環・領域気候モデルとのカップリングによるIPCC温暖化シナリオの条件下でのグリーンランド氷床・氷河の体積・面積変動、平衡線高度の変化予測と海水準への影響予測。 (6) 指標氷河・氷床流域の長期監視体制の構築。

重点研究課題⑦

課題：	北極気候再現性検証および北極気候変動・変化のメカニズム解析に基づく全球気候モデルの高度化・精緻化
研究の背景と必要性：	<p>北極での諸現象は北極域だけでなく、日本域や全球にも少なからぬ影響を及ぼしている。北極気候の温暖化に対する感度は高いと考えられ、温暖化に伴うと思われる長期変化も顕在化しつつある。近年では、気候モデルによる予測を上回る勢いで進行する海氷減少にともない、北極海航路の実現可能性が政治的・経済的にも注目されており、北極気候の将来予測に対する需要が高まっている。このような将来予測には数値気候モデルが有効であるが、既存の気候モデルにおける海氷や気温、降水量をはじめとする現在の平均的気候状態（気候値や季節変化）や年々～十年規模の気候変動の変動特性、産業革命以降の気候変化や古環境などの再現性については、北極域では必ずしも十分に調べられていない。また、北極気候の将来予測における信頼性を向上させるためには、大気海洋の結合システムを表現した気候モデルの高度化・精緻化が不可欠である。さらに、近年の極域気温増幅や雪氷変化などに関わる極域特有の大気海洋結合システムの性質の理解と予測の不確実性の把握にはモデルとデータを統合したメカニズム研究が必要である。一方で、領域モデルや高解像度モデルを将来有効活用するためにも、その境界条件としての全球大気海洋結合モデルの信頼性を向上させることが重要となる。</p>
研究の目的と目標：	<p>現行の気候モデルによる北極気候再現性の検証、北極において重要となる要素モデルの開発・改良およびさまざまな感度実験、古環境数値実験とデータによる検証、北極における気候変動・長期気候変化の原因特定・メカニズム解明に関する研究、などを通して、全球気候モデルを高度化・精緻化し、同モデルにおける北極気候の信頼性向上に資することを目的とする。</p>
実施計画：	<p>現行の気候モデルによる北極現在気候（気候値や季節変化）、年々～十年規模の気候変動の変動特性、古環境や温暖化をはじめとする数十年以上の規模の長期気候変化の再現性を検証する。これには既存の各種全球データセットを用いた検証を進める一方、観測データに関して、現地観測、衛星・レーダーなどの遠隔観測、アイスコア、海底コア、湖底コア、地形地質学情報等から得られる古気候・古環境情報など、北極におけるさまざまなデータを整備するとともに、観測研究者の協力を得ながら、必要に応じてモデルと比較しやすいように加工する。</p> <p>改良が必要である点については、海氷や積雪をはじめとする各種要素モデルの開発・改良を進めるとともに、氷床・氷河や凍土などのコンポーネントの追加やパラメタリゼーションの差し替えなども含めたさまざまな感度実験を行い、気候モデルにおける北極気候の再現性・予測可能性向上の可能性を探る。平行して、北極における気候変動・長期気候変化の原因特定・メカニズム解明を進め、気候システムのメカニズムに関する理解を深める。</p> <p>北極気候再現性の検証、要素モデルの開発・改良および感度実験、北極気候変動・変化のメカニズム解明などで得られた知見を元に、全球気候モデルを高度化・精緻化する。</p>

重点研究課題⑧

課題：	現場及び衛星観測による北極環境のモニタリング
研究の背景と必要性：	<p>北極地域は 1980 年以降の地球温暖化の過程で全球平均の 2～3 倍の気温上昇が見られ、気温など気候のみならず、北極海・海氷減少と海洋環境の変化、永久凍土の活動層の増加や面積縮小、氷河・氷床の縮小加速、植生状態の変化など地球表面・内部に様々な変化が見られる。これらは、北極気候システムにフィードバックし、北極環境の変化の方向に影響を与える。現在状態の推移を把握するため、現業機関の観測に加え、実験観測に関係した大気・海洋・陸域・雪氷の監視データを取得することが重要である。特に温暖化に関係した温室効果気体も必要である。それらは海氷減少による将来の北極航路や北極海での魚資源の確保にも繋がり、また中緯度などの気候変化の予測の基礎となり、科学のみならず社会的にも喫緊の課題である。</p> <p>広域監視については衛星データ活用が重要であり、データの整備とプロダクト生成が求められている。必要な情報の内、取得可能な情報は衛星にて得るのが重要であるが、表面下の海洋環境の諸情報、地中の凍土情報や積雪水量情報、フラックス情報、氷床・氷河の厚さや、内部情報などは衛星ではほとんど得られないため、現場観測として重視する必要がある。</p> <p>それらは、今まで実施してきた地域に関してより質のよいデータを取得すること、また基本的な観測項目についても観測の空白域となっている地域には新たな観測体制を敷き実施することが求められている。これらの現場の実験的データ取得、現業機関のデータ活用、そして衛星による広域監視の組み合わせによって、変動のモニタリングが初めて十分できる。</p>
研究の目的と目標：	<ol style="list-style-type: none"> 1. 北極地域の海洋・海氷、陸域、雪氷、大気における熱的状态、水・物質循環に関係した諸要素に関する現場観測を実施することにより監視する。海洋では、水温・塩分・流速・生物化学的要素・海氷状態などの取得が重要である。陸域では凍土や植生、河川、積雪に関する基本情報が重要である。雪氷では、氷床・氷河の形状・質量収支や流動等・ダイナミックス、気象状態や基本情報であろう。大気では地表面での気温、降水量などの基本情報、各気象官署の基本気象データ（気温、湿度、風向風速、日射、気圧、降水量）、客観解析によるグリッド毎の高度毎の気象データおよび温室効果気体のデータなどである。 2. 現場監視データと衛星データを効果的に利用し面的な情報を生成する。 3. 主要な監視データは準リアルタイムで公開し、社会貢献を行う。
(6) 実施事項：	<p><海洋・海氷></p> <ol style="list-style-type: none"> ② IPS など機材の購入とその試験・整備、2011 年—2015 年にかけて、実績のある太平洋側北極海を中心として日本船（「みらい」、「おしよる丸」等）による航海で水温・塩分・流速・生物化学的要素・海氷状態などを監視する。 ② 他国砕氷船・氷上ステーションなど共同観測によるデータ取得。 ③ 漂流ブイの展開による、通年の海洋・海氷・気象データの取得 ④ 北極海アラスカ沿岸観測拠点からの観測：バローの観測施設 BASC を拠点として、アラスカ大と共同して IPS 係留観測等を行う。 ⑥ 日本が先導する衛星観測・アルゴリズム開発、および衛星データ検証のための漂流ブイ展開と海洋・海氷・気象自動観測・EM(電磁誘導式氷厚計)観測を合わせて実施することで、世界最高精度の海氷漂流速度・海氷生産量・熱塩フラックス・海色・一次生産量等のデータセットを作成する。これらをオンラインデータベース化し、提供に資する。 <p><陸域></p> <ol style="list-style-type: none"> ① 既存の陸域観測拠点および一部の新規観測点を利用し、研究グループ間の相

互乗り入れによる共通観測の連続的实施により監視を行う。拠点をベースに周辺のサイトにも観測網を広げる。

②集中観測点観測項目の例：一般気象観測、積雪、水・熱・CO₂フラックス・GHGフラックス、土壌（活動層厚の少なくとも3倍の深さ）：土壌水分（含水率）、地温、有機物量（C,N）、メタン、およびそれらの同位体比、植生：LAI、バイオマス、年輪（幅、同位体比）、河川：流量と同位体比、化学成分、有機物などである。

③トランセクト・トラバース観測：地温や積雪など特定測定線上の連続及び定期的観測による監視を行う。

④一部の基盤観測は、長期観測態勢へ移行させる。

<雪氷>

③ グリーンランド氷河の研究流域における、氷河形状、力学および表面変化、気象・水文・地震状態の監視を行う。

④ 山岳氷河、氷帽を含む2~3の監視氷河における、氷河形状、力学および表面変化の観測、気象・水文の監視を行う。また、衛星画像による広域氷河監視を併せて行う。

<大気>

⑥ シベリア方面の気象観測所のデータ収集、維持、閲覧。

⑦ EarthCare衛星などによる雲分布および鉛直速度の計測。大気水蒸気量のマイクロ波観測。再解析データの解析による、観測域の選択、モニター継続。

⑧ 温室効果気体濃度の高精度観測と同位体組成分析の継続（スバルバル・ニーオルスン）と広域比較（カナダ、アラスカ、シベリアなど）

⑨ 温室効果気体の濃度および同位体組成の変化等から吸収・発生源の変化を推定するとともに、グローバルな濃度変動へのフィードバックも解明する。

<衛星>衛星観測プロダクトの観測域の抽出、研究プロダクトの利用相談。観測計画立案支援のための広域・季節変化の把握。観測実施中のリアルタイム観測知域情報の提供。特に2011年度JAXAが打ち上げ予定のマイクロ波放射計AMSR2は今後の衛星による海氷・雪氷研究の中心を担うセンサーであり、大気中の雲水量も監視する。光学センサーであるSGLIは大気のエアロゾル観測、雲観測にも利用できる。放射を考える上で重要な役割を果たす積雪表面のアルベドや積雪粒径、不純物観測データも取得する。