

## 国際極年オスロ科学会議参加報告\*

平 沢 尚 彦\*<sup>1</sup>・橋 田 元\*<sup>2</sup>・山 内 恭\*<sup>3</sup>  
 本 田 明 治\*<sup>4</sup>・西 井 和 晃\*<sup>5</sup>・飯 島 慈 裕\*<sup>6</sup>  
 藤 田 秀 二\*<sup>7</sup>・青 木 茂\*<sup>8</sup>・飯 田 高 大\*<sup>9</sup>

### 1. はじめに

国際極年 (International Polar Year : IPY) 活動は、極域科学の発展とその成果に基づいたアウトリーチを目的に、2007年3月1日～2009年3月1日の間、実施された。IPYの詳細は他の記述 (山内ほか 2008等) を参照いただきたい。国際極年オスロ科学会議 (IPY Oslo Science Conference, 以下、OSC) は、2010年6月8日から12日に開催され、各プロジェクトの成果を発表し、また将来の発展につなげることを目的とした。OSCのホームページアドレスは <http://ipy-osc.no/> (2011年1月13日閲覧) である。

極域への関心は世界的に強くなってきており、OSCのホスト国ノルウェーも、近年、極域科学の国際的活動に積極的である。開会式では、ハーコン皇太子はじめ研究・高等教育大臣が出席した。その他に

も、インドの大臣、ロシアのチリングロフ (EEZ (排他的経済水域) 拡張申請の一環として北極点の海底にロシア国旗を立てた研究者)、モナコのアルバート II 公など各国の要人がさまざまな場面で出席した。

総講演数は、口頭発表とポスター発表を合わせて約2500件に上り、そのうち日本からの講演数は約50件であった。極域科学に焦点を当てた国際会合としては過去にない大きな数字だったと思われる。IPY活動全体の傾向と同様に、気象、雪氷、海洋分野の講演でも南極域よりも北極域を対象とした研究が多かった。極域の環境に関する研究は、地球温暖化など気候変動への関心の広がりに伴い、今後ますます盛んになると思われる。今後日本からこの分野への貢献を期して、ここにOSCの内容を紹介する。

尚、各IPYプロジェクトを集めたシンポジウムの第1回目は、2008年8月にロシアのサンクトペテルブルクで行われており、今回は第2回目の全体会にあたる。第3回目の全体会 (最終) は2012年4月にカナダのモントリオールで開催される予定である。また、閉会式では、WMOを中心に提案されている国際極十年 (IPD) について説明された。

(平沢尚彦・山内 恭)

### 2. プログラム構成

第1表に示すプログラムに沿って、20もの会場で並行して39のセッションがもたれた。6つのテーマは複数のセッション (括弧内にセッション数を示す) で構成された。テーマ1, 2, 3, 5については、セッションタイトルも示す。本報告では、各テーマ内のセッションをT1-1 (テーマ1の第1セッション) などと示す。T1-4で本田明治が、T1-7で山内 恭が座

\* Report on "IPY Oslo Science Conference"

<sup>1</sup> Naohiko HIRASAWA, 国立極地研究所/総研大極域科学専攻。

<sup>2</sup> Gen HASHIDA, 国立極地研究所/総研大極域科学専攻。

<sup>3</sup> Takashi YAMANOUCI, 国立極地研究所/総研大極域科学専攻。

<sup>4</sup> Meiji HONDA, 新潟大学自然科学系/海洋研究開発機構。

<sup>5</sup> Kazuaki NISHII, 東京大学大学院理学研究科。

<sup>6</sup> Yoshihiro IJIMA, 独立行政法人海洋研究開発機構。

<sup>7</sup> Shuji FUJITA, 国立極地研究所/総研大極域科学専攻。

<sup>8</sup> Shigeru AOKI, 北海道大学低温科学研究所。

<sup>9</sup> Takahiro IIDA, 国立極地研究所/総研大極域科学専攻。

第1表 会議のテーマとセッションタイトル。

テーマ1 (8). 極域と全球システムの繋がり
T1-1 極域海洋と全球海洋循環への関わり
T1-2 地球システムにおける, プレートテクトニクスと極域の海洋ゲートウェイ
T1-3 極域の雪氷・大気・海洋間の化学的交換
T1-4 極域気候のフィードバック, 増幅, テレコネクションと中緯度への影響
T1-5 海水準変動に対する極域の影響
T1-6 北極・南極の海洋化学: その全球炭素循環と酸性化に対する役割
T1-7 極域大気と全球大気の繋がり: 極域エアロゾルの発生源と影響
T1-8 極域の物理的・生物的環境の汚染とその人類及び気候への影響
テーマ2 (8). 極域の過去・現在・将来の変化
T2-1 気候と古気候の力学と諸過程
T2-2 対流圏と成層圏の力学と諸過程, 及びそれらの気候との繋がり
T2-3 雪氷圏の力学と諸過程
T2-4 地球温暖化における永久凍土
T2-5 陸から海洋へ: 極域の海岸域・大陸棚上部における水文学的諸過程
T2-6 海洋物理と地球化学の力学と諸過程
T2-7 固体地球物理・化学の諸過程
T2-8 ジオスペースに与える太陽圏の影響
テーマ3 (8). 極域の生態系と生物多様性
T3-1 全北極域システムに関連した太平洋側北極域における生態系の変化
T3-2 極域環境に侵入及び持ち込まれた生物種
T3-3 北極と亜北極域の繋がり: 生態系と生物多様性
T3-4 極域の深層海洋底の生物多様性の諸過程
T3-5 北極域と南極域における淡水の生態系
T3-6 極域の陸域生態系に対する気候変化の影響
T3-7 リードとポリニヤにおける諸過程
T3-8 南大洋の生態系
テーマ4 (6). 人類にとっての変化: 健康, 社会, 資源
テーマ5 (5). 極域研究の新しい方向, データ取得, 計画
T5-1 生物学, 生態系, 生物多様性に関する新しい方向と計画
T5-2 観測と技術に関する新しい方向と計画
T5-3 氷床下の調査に関する新しい方向と計画
T5-4 将来の極域研究に向けたデータとその他の連携すべき課題
T5-5 極域科学のための宇宙利用
テーマ6 (6). 極域科学の教育, アウトリーチ, 広報

長として活躍した。また、山内は、IPY ICSU/WMO Joint Committeeのメンバーであり、シンポジウム前日の2010年6月7日に行われた第9回会合（最終回）に出席した。（平沢尚彦・橋田 元）

### 3. 極域気候変動の増幅とテレコネクション (T1-4)

筆者は当セッションの副コンピーナーを務めた。主コンピーナーはJ. E. Overland (NOAA)であった。口頭セッションの前半は主に“極域変動の増幅”、後半は“テレコネクションを介した中緯度への影響”を扱った。極域のさまざまな要素の変動の振幅がここ最近大きくなってきているという事実は、特に今回の

会合で明らかになった訳ではない。いわゆる極域気候研究の大家たちによる、これまでの内容のレビューが目立ったが、新しい観測事実や改良されたモデルを用いた成果も加わり、近年の極域変動振幅の増幅過程に関する研究の進展を知ることができた。

筆者は2005/06年冬の日本の寒冬・豪雪の研究から発展し、夏～秋の北極海の海水域減少が、続く冬のユーラシア広域に有意に低温をもたらすことを指摘してきたが、セッション後半では、10件以上の講演が近年の北極海の海水域変動の周辺各地への影響を扱ったものであった。セッションのタイトルにもなっているように、既にそれだけ重要性が認識されているということであろう。多くの発表が、北極海の海水減少に

伴って中緯度帯の低温化を支持したが、その時空間分布はさまざまであった。その中では V. Petoukhov (ポツダム気候影響研究所) らの示した結果はユニークで、北極バレンツ海の海水密接度を段階的に減少させても、気温場は線形に応答しておらず、半球規模の大気循環場そのものも変わりうることを指摘した。これは重要な指摘で、海水の一層の減少が更なる低温化をもたらさないことを意味する。他には高解像度モデルを用いた結果もあったが、そもそも海水の影響は抽出しにくいので、閏雲に結果が複雑になるだけで、現時点では時期尚早に思われた。解像度を落としてでもアンサンブル数を稼いでシグナルを有意に抽出する方法がまだ当面の主流であろう。

筆者がこれまで取り組んできた、海水変動が大気循環や更には気候変動に及ぼす影響に関する研究は、これまであまり多くなかったが、欧米の研究者が本格的に取り組み始め、極域・雪氷研究の中で「雪氷圏変動と大気大循環」に関する興味が大きくなってきていると感じた。極域の変動が顕著になり、その影響がグローバルに及ぶとすれば、その主たる介在者である大気大循環場への興味は自然な成り行きだろう。なお、T1-4の報告は AGU の広報誌 EOS に掲載された (Overland *et al.* 2010)。 (本田明治)

T1-4のポスター発表では、R. Senan (ノルウェー気象研究所) が、海水分布のみを人為的に与える大気海洋結合モデルを用い、2007年10月1日を初期値とした5ヶ月間の予報実験を行った結果を報告した。観測された海水を与えた実験では、そうでない実験より良い予報成績が得られ、また、極東付近での予測が特に海水分布の与え方に敏感であることを示した。西井 (東京大学) は CMIP3モデルの夏季北極圏のストームトラックの再現性を調べ、北極海とシベリア大陸上の気温勾配が大きいモデルほど活発なストームトラック活動を再現していることを示した。M. E. Higgins (CIRES/コロラド大学) は、将来夏に海水が無くなると、大気中の水蒸気が増え、アラスカ上での降雪が増えることによりアルベドが上がり気温が低下すると、AGCM 実験に基づき主張した。A. H. Butler (NOAA/NCEP) は単純化された AGCM を用いて温暖化時の大気循環の応答を調べた。北極域での非断熱加熱はストームトラックを北上させ、逆に北極域地表面付近での加熱はストームトラックを南下させる傾向を示した。 (西井和晃)

#### 4. 全球から見た極域のエアロゾルと輸送 (T1-7)

IPY 期間を中心にエアロゾルに関する多くの観測・研究が進められた様子が明らかになった。エアロゾルの光学的厚さの観測・データ収集の話題、新しく南極各基地でエアロゾル観測が活発化している様子 (フランス、イタリアの共同によるドーム C (南極氷床上の頂上の一つ、南緯75度、東経123度、標高3230 m) など)、航空機を使った北極域でのエアロゾル観測などが目を引いた。後者では、IPY プロジェクトである POLARCAT (特にブラックカーボン観測; 近藤 豊 (東大先端研) グループを含む) やドイツ主導の環北極航空機観測初年度の結果などが盛んに報告されたが、先に実施した日本の AAMP や ASTAR, ANTSYO-II などが、新しい研究にとっての先駆的観測となっている。 (山内 恭)

筆者は、南極域のプロッキング後のドームふじ基地 (南緯77.5度、東経40度、標高3810 m) の地上気温及び気圧の高温・高圧偏差と総観規模循環場による大気輸送の特徴を示した。今回のセッション構成では、対流圏の総観規模循環や雲・降水を扱ったセッションがなく、T1-7, T1-4, T2-2からの選択となった。大気関連の IPY プロジェクトは、大気微量成分の動態や気候問題を焦点に設定していたものが多かったことを改めて認識した。しかしながら、ポスト IPY を考えるとき、対流圏の気象を中心に据えたセッションが必要であると考え、大会終了後のアンケートにその旨を記載した。 (平沢尚彦)

#### 5. 対流圏・成層圏の力学と気候との関連 (T2-2)

主に極域成層圏に関して紹介する。E. W. Koltstad (ビャークネス気候研究センター) は、CMIP3気候モデル中で、北極域成層圏の温度の高い月の1カ月前にシベリア大陸上の対流圏で波列構造が見られることを示した。筆者 (西井) は、西太平洋パターンが北極域成層圏の気温低下に寄与し、極成層圏雲を増加させることを示した。B. Hassler (CIRES) は、4つの南極基地で観測された10月のオゾン全量のトレンドが90年代以降ばらついてきているのは、成層圏の極渦が移動し幾つかの観測地点で極渦の中に入ったためであることを示した。G. R. Simpkins (東アングリア大学) は、CMIP3モデル中での南半球環状モードのトレンドの将来予測が、成層圏オゾンの回復を与えたモデルとそうでないモデルで異なることを示した。L. M.

Polvani (コロンビア大学) は、1960年～2000年の間に観測された南半球の夏の気候変化にとって、成層圏オゾンの減少による影響の方が、温室効果ガスの増加より重要であることを AGCM 実験に基づき主張した。A. H. Butler (NOAA/NCEP) は、エルニーニョ時の夏季には北極振動の位相の出現確率に違いはないが、冬季には負の位相を示すことが多く、この季節による違いには成層圏変動が関係していると主張した。S. Kirkwood (スウェーデン宇宙物理研究所) は、VHF レーダーにより見積もられた静的安定度の時間変動から、対流圏界面直上には慣性重力波が普遍的に存在していることを示した。(西井和晃)

## 6. 温暖化と永久凍土 (T2-4)

永久凍土とそれに関連する環境変化は IPY での陸域の主要な観測研究課題であることもあり、多くのセッションが設定された。ロシアや東欧からの研究者(特に若手)の参加・発表が多かったのが印象的であった。尚、この会議の直後にノルウェーのスピッツベルゲンにて EUCOP (欧州永久凍土会議) が開かれた。

IPY 期間には、IPA (国際永久凍土学会) との連携で新規の凍土観測が周北極、南極の各地に展開され、発表の大半は永久凍土の温度変化や、それに伴う活動層内及び地表面の植生やサーモカルスト (凍土地帯で融解、凍結を繰り返して形成される起伏のある地形) 変化、ツンドラ生態系での炭素循環 (メタン放出) との関係などの発見と、速報的な報告が多かった。例えば、M. Mastepanov (ルンド大学) は、グリーンランド湿原における地上観測で、活動層の凍結開始期間に夏季の総量に匹敵するメタン放出があることを発見しそれが複雑な年々変動をもつことを紹介するなど、凍土地帯にはまだまだ未知 (未観測) の現象がある印象を受けた。また、各地で永久凍土の温度状態が積極的に観測されたことで、将来の変動に対するベースラインとなるとともに、陸面モデルの検証として、これらの結果の今後の活用が期待される。日本からは、石川 守 (北海道大学) が、モンゴル全土に新規展開した永久凍土観測網の紹介をし、朴 昊澤 (海洋研究開発機構) が陸面モデルによる東シベリアの凍土・水循環変動のシミュレーション結果を報告した。筆者は、最近10年間における、北極域の降水変化に起因した東シベリアの活動層の大きな変化を観測で捉え、その結果を報告した。ポスター発表では、ロシアや東欧の若

手研究者と知り合ったが、日本人が東シベリアで研究をしているのが驚きであったようだ。アラスカや北欧以外に、ウラル山脈北部やタイミル半島での凍土環境の実態を知ることができた。

IPY 後の永久凍土研究は、IPY-IPA Permafrost Legacy として四半世紀規模の継続した研究課題へと継承されるようである。現状は、北極海水変動研究などに比べ、国際連携 (特に日本の研究者の参画、情報発信) はまだまだ途上にある印象が残ったが、今後は、これらの観測的知見が集積され、極域全体を俯瞰した凍土変動のメタ解析や熱・水・炭素循環、更には気候へのフィードバックに繋がる研究へと進むことが期待される。(飯島慈裕)

## 7. 南極氷床の質量収支 (T5-5)

地球温暖化にともない、将来の氷床の縮小や海水準の上昇が懸念されるなか、南極氷床の今後の動向は監視し続けなければならない。地上観測のみでは、全体像の把握やその時系列変化を捉えることは至難であり、衛星リモートセンシング手法 (InSAR, 重力計測、衛星搭載レーダ・レーザー高度計、マイクロ波放射計) は不可欠である。

このセッションでは、東南極の氷床の質量が有意に減っているという主張と、そうではないとする主張が同時に発表された。まず、E. Rignot (NASA) らは下記のようにいくつかの手法を組み合わせた。質量収支の「支出」の大部分を占める、氷流 (流動速度の速い部分) を通過する氷の量を InSAR により、氷床表面の堆積量を M. R. van den Broeke (ユトレヒト大学) が構築した気候・堆積数値モデルにより見積もった。これらと GRACE 衛星搭載の重力センサで得られた重力の時系列変化から、氷床全体の質量の変化トレンドをとらえた。その結果、しばしば指摘される西南極のみではなく、東南極でも、質量収支は負であり、氷床は縮小しているという。彼らの主張は、重力データからみた質量収支が、InSAR と表面堆積モデルの組み合わせからみた質量収支と、整合しはじめたということである。

彼らの研究アプローチの特徴は、表面堆積量の見積りに、実測値や、リモートセンシングによる観測値からの推定値を用いずに、気候モデルに信頼をおいた点である。「必要な物理がモデルのなかに組み込まれており最も信頼できる」と語った。このような、実測値よりもモデル計算を優先する立場は、筆者には今後非常

に注意深い点検が必要のように思われた。たとえば、今後 IPCC レポートを執筆するような際には、氷床の質量の変化は重要な課題のひとつである。

対照的な主張が、J. Zwally (NASA) からなされた。彼らは、ICESat 衛星に搭載されたレーザー高度計を用いて南極氷床の質量収支を調査した。西南極は質量を減らしつつあるが、東南極は質量を減らしているわけではないというものである。

彼らの結論の違いの原因はただちには同定できない。レーザー高度計も万能ではない。たとえば、氷床縁辺部の棚氷底面で氷が融解したとしても、高度計では検知できない。また、表面高度は、降雪量の短期的な変動とともに、夏季の強い日射にともなう変態過程をとともなう。これらを広域に且つ適切に評価できなければ、表面質量収支の見積を誤ることになる。上に述べた対立した結果を導くもとなつた各手法を総合的に検証し、より確度の高い見積りに向かうことになる。

人工衛星のデータを適切に使いこなすには、現地の雪氷環境の把握が不可欠である。2007/2008年のシーズンに日本とスウェーデン王国との共同で実施した南極大陸内陸部の雪氷調査は、広域の氷床表面の物理的・化学的特徴に関する衛星データの地上検証も目的としたものである。筆者はこの観測に参加し、今回の講演では、氷床深層掘削地点であるドームふじ基地とコーネン基地（ドイツ、南緯75度、東経0度、標高2892 m）を結ぶルートに沿って、氷床内部探査レーザーによる氷床内部反射層の断面構造を示した。

(藤田秀二)

## 8. 極域海洋循環場 (T1-1, T2-6)

T1-1の南大洋関連では、S. Rintoul (オーストラリア海洋大気研究所) が招請講演を行った。冒頭で Fukamachi *et al.* (2010) のケルゲレン海台沖での南極底層水の輸送量を12 Sv (1 Sv=10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/s) とする日豪協同観測の成果を織り交ぜ、IPY 期間中の観測に基づく底層水の淡水化に関する最新成果やモード水、周極流に関する研究成果も示し圧巻であったが、底層水の形成が底性サンゴの群生に関係があるとする生態系とのリンクを示す指摘も興味深かった。L. Boehme (BAS) はアザラシによる沿岸海洋観測 SAVEX の成果を示し、バイオリギング (動物にセンサー及びデータロガーを装着することにより、動物の行動や環境データを計測する手法) がすでに実用段階に入った印

象を受けた。日本からは大島慶一郎 (北大低温研) がケープダンレイ沖での新しい底層水の沈み込みを捉えた係留観測の成果を紹介し、注目を集めた。

T2-6の南大洋関連では、E. Fahrbach (AWI) が招請講演を行った。中層フロートによる詳細なウェッデル循環の描像が描き出された。グリニッジ子午線上で繰り返し実施してきた観測に基づき、南極底層水の水温・塩分の経年的な変化を求めていた。1992年から2008年まででウェッデル海底層水の占める面積は25%減少し、暖水化している。ウェッデル深層水の水温変化と風系の変化のかかわりについても議論していた。また L. H. Smedsrud (ビャークネス気候研究センター) がフィンブル棚氷 (東南極の西経0-5度付近にある棚氷) を熱水ドリルで掘り抜いて行った海洋観測の予備的な結果と数値実験の結果を紹介しているのが興味深かった。係留観測が現在継続中であり、結果が待たれる。

全体としては、物理的に重要なテーマに関するプロセス研究やモニタリング的な研究が着実に積み重ねられ成果を出している一方で、バイオリギングや棚氷下海洋観測などが新たな段階へステップアップした印象を個人的に受けた。この背景には、例えば生態系に対する温暖化の影響や棚氷・氷床融解に関する海洋の影響などといった具合に、近年クローズアップされる問題が分野横断的になっているという状況があるのだろう。こうした課題すべてに日本として付いていくように努力する必要はないが、貢献できる分野で手をこまねていることは許されないだろうと感じた。

(青木 茂)

## 9. 南大洋の溶存炭酸系変動および海洋酸性化 (T1-1, T1-6, T2-6, T3-8)

T1-6では、海洋酸性化を先導する研究者の参加が十分ではなかったが、EPOCA を中心とした海洋酸性化に関する、室内実験、メゾコズム (自然界の海洋中等で、考察したい生態系を隔離するように仕切って設けられた水塊) における疑似現場飼育実験、そしてシミュレーション実験の成果は着実に上がっていることは十分認識できた。米国、欧州ともに海洋酸性化研究への巨額な経費投入が決定している。

海洋酸性化の生態系影響は、飼育実験が最も手を付けやすいことは必然であるが、フィールド調査による報告が著しく少ないことが気がかかった。一方、海洋酸性化自体は大気・海洋炭酸系の長期的変化であるの

で、現場観測による現象の直接把握は容易ではなく、シミュレーションが先行している。N. S. Lovenduski (コロラド大学) と T. Ito (コロラド大学) による発表は、南半球の風の場合に対する海洋循環・炭酸系変動すなわち海洋酸性化の応答をシミュレーションしたもので、海洋炭酸系研究者にとっては目新しい視点ではないが、飼育実験に偏りがちな酸性化研究者の目をフィールドに向けさせる点で有益な発表であった。また、緑川 貴 (気象研究所) による南大洋東経150度線上の長期酸性化傾向を示したポスター発表は、品質管理された良質の炭酸系データに基づく説得力があって、多くの参加者を集め活況を呈していた。

T2-6では、筆者は  $p\text{CO}_2$  の増加と pH の減少に関する講演を行った。Argo フロート、係留系、バイオリングなどによる、空間的/時間的に高密度の観測網が近年展開され、南大洋における経度方向の不均一性や長期トレンド方向の海域による相違などが議論された。このことは、T1-1における S. Rintoul (オーストラリア海洋大気研究所) の招待講演でも指摘されていた。T3-8では、栄養段階や生息環境 (底生、外洋、沿岸) に関わらず、気候変動の影響を長期的な観測に基づき明らかにするアプローチが非常に多く、観測対象は生態系であるが、考察段階では大気・海洋・雪氷圏変動に踏み込まねば先に進めない状況にあることを改めて認識した。

振り返って、南大洋の環境変動研究に投入できるリソースは限られている状況のなかで、青木 茂も本報告で指摘しているように、インパクトある成果を得るためには、南大洋海洋研究関係者の情報共有はもとより、コミュニティとして、分野に特化した取り組みと横断的な取り組みとにメリハリをつけた総合的なプランニング力が今、正に問われている。(橋田 元)

## 10. 海洋生態系 (T3-1, T3-3)

近年、太平洋側北極海では劇的な夏季の海水融解が観測され、物質循環や生態系への影響が非常に危惧されている。各国の研究者の活発な研究を反映し、約100件の講演が行われた。大気・物理海洋学的視点からは、K. Shimada (東京海洋大学) らは、太平洋側北極海での急激な海水減少の要因として、海水減少により促された海水の移動と海洋循環の加速が、太平洋側からの熱の取り込みを誘発させることでさらに海水を減少させるという positive feedback の発現を示した。D. G. Barber (マニトバ大学) は多年氷の減少は

2007年以降の北極海海面積の増加時にも進行していたことを示した。

生物化学的観点からは、J. M. Grebmeier (メリーランド大学) はベーリング海において海水が後退したことから、サケやスケトウダラなど南東部陸棚域で見られていた生物相が北部陸棚域で多く見られるようになったことを示した。また、ベーリング海から remineralization (再無機化) によって生成された栄養塩豊富な水が輸送されており、これが植物プランクトンの大増殖を促し、チャクチ海の底生生態系を支えていることを示した。M. Yamamoto-Kawai (高知大学) は北極海カナダ海盆の表層で低塩分化が進んでいることや、エクマン輸送の増加により、栄養塩躍層 (栄養塩濃度の鉛直プロファイルにおいて、下層に向かって急激に濃度が増加する層) が深くなっていることを示した。また、W. Williams (海洋科学研究所) らは、海水の減少によりポーフォート海での湧昇が強化し、大陸棚への栄養塩の供給が増加している可能性を指摘した。

北極海は海洋酸性化の影響が地球上で最も早く現れる海域である。N. R. Bates (バーミュダ海洋科学研究所) は、北極海の炭素循環は大気海洋間より海水の移流の影響が非常に大きい、氷の融解とともに大気海洋間のフラックスが増大し、1970年代に比べて2000年代は4~5倍になったことを示した。J. T. Mathis (アラスカ大学) はベーリング海における冷水塊内部において炭酸カルシウム未飽和の海域が現れたことを初めて示し、これにより貝類やカニなどの底棲生物に多大な影響が及ぶ可能性を示唆した。J. C. Orr (ハーバード大学) らは北極海の淡水化が海水のアルカリ度を低下させることで、大気中の  $p\text{CO}_2$  上昇とともにさらに炭酸カルシウム未飽和に進むことを示した。さらに、C. Manno (トロムソ大学) は pH 変動に対する生物への影響を調べ、生物のライフステージにより影響に差があることを明らかにした。

(飯田高大)

## 謝辞

天気編集担当委員ならびに本報告書原稿の編集に協力いただいた極地研究所の堤 真希子氏に感謝申し上げます。また、西井和晃は国際学術交流委員会より渡航費用の援助を頂きました。記して感謝します。

## 略語一覧

AAMP : Arctic Airborne Measurement Program 北極圏航空機観測  
 AGU : American Geophysical Union 米国地球物理学連合  
 ANTSYO-II : Antarctic flight missions at Syowa region 南極昭和基地航空機観測  
 ASTAR : Arctic Study of Tropospheric Aerosol and Radiation 北極対流圏エアロゾル放射研究計画  
 AWI : Alfred-Wegener-Institut アルフレッド・ウェゲナー・極域海洋大気研究所  
 BAS : British Antarctic Survey 英国南極研究所  
 CIRES : Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences 米国環境科学共同研究所  
 CMIP3 : Phase 3 of the Coupled Model Intercomparison Project 第3次結合モデル相互比較プロジェクト  
 EEZ : Exclusive Economic Zone 排他的経済水域  
 EPOCA : European Project on Ocean Acidification  
 EUCOP : European Conference on Permafrost 欧州永久凍土会議  
 GRACE : Gravity Recovery and Climate Experiment  
 ICESat : Ice, Cloud and land Elevation Satellite  
 ICSU : International Council for Science 国際科学会議  
 InSAR : Interferometry Synthetic Aperture Rader 干

渉合成開口レーダー

IPA : International Permafrost Association 国際永久凍土学会  
 IPD International Polar Decade 国際極十年  
 POLARCAT : Polar study using Aircraft, remote sensing, surface measurements and modelling of Climate, Chemistry, Aerosols and Transport  
 SAVEX : South Atlantic Variability Experiment  
 SCAR : Scientific Committee on Antarctic Research 南極研究科学委員会

## 参考文献

Fukamachi, Y., S. R. Rintoul, J. A. Church, S. Aoki, S. Sokolov, M. A. Rosenberg and M. Wakatsuchi, 2010 : Strong export of Antarctic Bottom Water east of the Kerguelen plateau. *Nature Geosci.*, **3**, 327-331.  
 Overland, J. E., R. G. Graversen and M. Honda, 2010 : Hot Arctic-cold continents : Global impacts of Arctic change. *EOS Trans. AGU*, **91**, 373.  
 山内 恭, 山崎孝治, 平沢尚彦, 中村 尚, 浮田甚郎, 高田久美子, 阿部彩子, 佐藤 薫, 本田明治, 齋藤冬樹, 猪上 淳, 高谷康太郎, 原 圭一郎, 2008 : 2007年春季極域・寒冷域研究連絡会の報告, *天気*, **55**, 696-702.