

2004年春季極域・寒冷域研究連絡会の報告

日本気象学会2004年度春季大会(東京)3日目(5月18日)のセッション終了後に、極域・寒冷域研究連絡会が気象庁講堂にて行われた。出席者は約60名であった。今回の極域・寒冷域研究連絡会の前半は、南極観測隊報告であった。2003年冬の44次越冬隊及び45次夏隊にて観測に携わった方々から最新の成果を報告して頂いた。後半は、「極域・寒冷域の気候変化」と題して、観測データに見られるここ数十年の気候の変化についての講演特集を行った。最近、極域・寒冷域の観測データの蓄積が進み、数十年規模の変動も議論できるようになってきた。地球温暖化のシグナルが高緯度に現れやすいという議論もあるが、実際の観測データに見られる極域・寒冷域のここ数十年の変動のシグナルについて、観測データの解析に携わる5名の方々から話題提供して頂いた。以下に、各講演者より寄せられた講演要旨を紹介する。

代表:

山崎孝治(北海道大学地球環境科学研究科)

世話人:

平沢尚彦(国立極地研究所)

中村 尚(東京大学理学部)

浮田甚郎(コロンビア大学)

高田久美子(地球環境フロンティア研究センター)

阿部彩子(東京大学気候システム研究センター)

佐藤 薫(国立極地研究所)

本田明治(地球環境フロンティア研究センター)

齋藤冬樹(地球環境フロンティア研究センター)

高谷康太郎(地球環境フロンティア研究センター)

話題:

1. 南極観測報告

1-1 「45次におけるクライオサンプラー回収気球実験についての報告」

菅原 敏(宮城教育大学)

クライオジェニックサンプラー(成層圏大気採集装置)回収気球実験は、南極観測の第VI期五カ年計画プロジェクト研究観測『南極域からみた地球規模環境変化の総合研究』におけるサブプログラム「南極域における地球規模大気変化観測」の研究課題である成層圏-対流圏間の物質輸送の研究の一環として実施されたものであり、南極成層圏内の様々な大気成分の挙動を調べるために、高度10 km から30 km において大気サンプルを採取することを目的としている。この実験の特徴は、直接成層圏の大気を採取し、国内に持ち帰ることによって、国内の研究機関の最先端技術を駆使した様々な分析が可能になることである。持ち帰った大気サンプルは、大学や研究機関に分配され、温室効果気体の濃度や同位体比、フロン類の濃度など、20項目以上にわたってガス分析が行われる。これにより、南極成層圏大気中の物質の輸送や、光化学反応過程について重要な知見が得られるものと期待されている。この回収気球実験は39次隊において一度実施されており、当時の観測結果と今回のものを比較することで、大気成分の変化の長期傾向を解明することもこの研究の重要な目的の一つである。

昭和基地では、44次越冬隊の極地研・橋田元氏を実験主任、45次夏隊の東北大・石戸谷重之氏と筆者が観測器担当という体制で作業が進められた。今回は、成層圏大気採集の確実性を高めるために、短い夏の期間に2回の実験が計画され、それぞれ12月26日と1月5日にサンプラーを搭載した気球の放球が実施された。放球時の地上風は、2回ともにほぼ無風に近く、放球には理想的な状態であった。気球は予定通りに5 m/s の速度で上昇し、高度30 km で25分間程度の水平浮遊をした。この間、気球上昇中と水平浮遊中に、予定し

ていた11の高度において、大気サンプリング実行のコマンドを送信し、モーター駆動バルブの開閉を行うサンプリングシーケンスが順調に実施された。サンプリングが終了した後、着地予想地点の海水状況や回収可能性などを検討しながら、適当と思われるタイミングで気球とゴンドラをカットコマンドにより切り離し、パラシュートでゴンドラを海水上に降下させた。一連の気球飛行に要した時間はおよそ2時間半である。

1号機の回収は、放球の翌日に実施され、観測隊員3名がしらせの大型ヘリで着地現場に向かい、ホイスト(昇降装置)により海水上に降下して作業が行われた。当初の計画では、ヘリによってゴンドラ全体を基地までスリング輸送(吊り下げ輸送)する予定であったが、海水上の安全確認が不十分であるとのしらせ側の判断により見送られた。その結果、海水上でゴンドラを分解して中身だけをヘリに揚収することとなった。2号機では計画通りにゴンドラのスリング輸送が実施され、ゴンドラの海水着地の約2時間半後には基地への輸送が完了した。回収方法の変更に伴い1号機の観測機材の一部を海水上に残置せざるを得なかったが、結果的に2回の実験とも大気試料は無事に回収され、実験は成功に終わった。採取された成層圏大気サンプルはしらせにより国内に輸送され、各種ガス成分の分析が現在継続されている。全ての高度において、十分な量の試料が採取されていたことが確認されており、今後の分析結果に基づく成果が期待される。

本実験の成功は、国内における成層圏大気採集実験の実施体制を維持しながら、南極での実験のために周到な準備をしてきた、クライオ実験グループの努力の結果である。また、高度な技術を要する気球放球作業では、45次観測隊員である並木道義氏、飯嶋一征氏をはじめとする宇宙科学研究本部気球工学グループの全面的な支援を頂くことができた。多くの人員を必要とする放球作業が円滑に実施されたのは、45次サポートメンバーに加えて、大気球放球の経験を積んでいた44次越冬隊サポートメンバーの協力によるところが大であった。その他にも、クライオ実験に不可欠な液体ヘリウムを基地で製造して頂いた44次・池田博氏、回収オペレーションをサポートして頂いた44次・小田幸男氏をはじめとして、多くの方々の支援を頂いた。この場を借りてあらためて皆様に感謝の意を表したい。

1-2 「44次隊越冬報告：南極の気象—カタバ風とブリザード—」

佐藤 薫 (極地研究所)

第44次日本南極地域観測隊に参加し、2002年12月から2004年2月にかけて昭和基地にて越冬生活を行った。南極昭和基地大型大気レーダーの予備調査、6か月にわたるオゾンホール生成期、消滅期のオゾンゾンデ集中観測が主な仕事であった。その概要を紹介した後、越冬中に行った、昭和基地地上気象データの解析結果を報告した。まず、1次隊から44次隊までの42年間にわたる地上気象データを収集し、同じフォーマットに整理した。データの時間間隔は初期の頃を除き、1時間である。気温、気圧、風向、風速について、頻度分布、スペクトル、季節変化、日変化、年々変化を調べた。スペクトルは2時間から20年の5桁以上にわたる広い周波数領域について解析した。1年周期とその高調成分、1日周期とその高調成分の卓越が確認できた。太陽活動の11年周期に対応するピークは見られなかった。季節変化や日変化は、南極の代表的な現象であるカタバ風により説明できることを示した。気圧の年々変化は南極振動の時系列とよく対応しており、昭和基地が南極の気象特性を示す代表的な観測地点であることが改めて確認できた。また、印刷媒体で保存されているブリザードのデータを整理し、統計解析を行った。ブリザードは3月から10月にかけて多いが、極夜期となる6月ごろ弱い極小となる季節変化を示す。また、際だった年々変動は見られないが、80年代にやや少ない傾向が見られ、90年代に入ってから、増減を繰り返しながら徐々に減っていく傾向も見られる。これらの結果は、Polar Meteorology and Glaciology に投稿予定であり、「天気」に解説記事として紹介する予定である。

2. 極域・寒冷域の気候変化

2-1 「昭和基地の40年間の気象データに見られる特徴」

平沼尚彦 (極地研究所)

地球温暖化を象徴として、様々な地域或いは地球規模での気候の変化に高い関心が持たれている。気候変化と南極氷床との関わりについては、社会的な関心事であるとともに気候学的大変興味深い課題である。一方、人の住まない南極における長期の観測データは、やはりそれほど多くはない。その中で、昭和基地の気象データは、高い品質管理の下で40年以上を数える(松

原, 2003). 本研究では, 昭和基地の観測データに見られる長期変化を明らかにすることを目的としている. 本報告では1966年から2003年までの地上気温の長期トレンドについて紹介した.

年平均気温のトレンドは $+0.004^{\circ}\text{C}/\text{年}$ である. 第3次 IPCC 資料で発表されている1960年以降の全球平均気温のトレンドはおおよそ $+0.01^{\circ}\text{C}/\text{年}$ と読み取れる. 昭和基地のトレンドはその数分の1のオーダーであり, また, 例えば1年短い2002年までのトレンドは $-0.0022/\text{年}$ とマイナスの符号になるなど, 昇温, 降温どちらの傾向も顕著ではないと見られる. しかし, 月ごとのトレンドは, 冬季(6~8月)に昇温($\sim+0.04^{\circ}\text{C}/\text{年}$), 夏季(11~1月)と初冬(3~5月)に降温($\sim-0.02^{\circ}\text{C}/\text{年}$)の傾向が現れている.

牛尾(2003)によれば, 昭和基地周辺の海水が流出し海面が現れることが最近頻繁に起こっている. もともと海水に覆われている冬季に海面が現れることで, 付近の気温が上がるなど地上気象に影響を与えることはよく知られたプロセスであるが, そうしたことが昭和基地の地上気温の年々変化にどのように関わっているかについては今後の課題である. 海水の流出現象は1980年代にも比較的頻繁に見られているが, このときにも昭和基地の地上気温は高めの傾向であった.

2-2 「気象庁におけるオホーツク海の海水解析」

金子秀毅(気象庁)

気象庁では, 1971年より海難防止や沿岸防災を目的に最新のオホーツク海の海水域の分布状況とその予想を内容とした「全般海水情報」の発表を開始し, 今年で34シーズンが経過した. 海水域の解析には, 主に気象衛星(GOES, NOAA)の可視画像を利用しているが, 近年では地球観測衛星のマイクロ波データを利用して海水域を解析する手法も用いている. また, 海水域の予想には数値モデルで計算された結果を用いている.

オホーツク海は, 広範囲に海水が生成・融解する海域としては地球上で最も低緯度に位置しており, その海水域の変動は地球温暖化の指標になるものとして近年注目を集めてきている. これを背景に, 気象庁が解析・蓄積した34年間のデータからオホーツク海の海水域面積の長期変動の実態を調査した.

オホーツク海の海水域は持続性が高いという性格をもっている. 12月5日から5月31日までの5日毎の海水域面積を足し合わせた「積算海水域面積」を定義し,

これをその年の海水の勢力を表す指標とした. 積算海水域面積の5年移動平均でみると, オホーツク海の海水域面積は漸減傾向にあり, 1970年代後半と1990年代後半に極大があることがわかった. さらに, 5日毎の各日付における34年間の海水域面積のトレンドをみると, 12月上旬はほとんどトレンドがみられないが, 12月中旬より負のトレンドとなって1月にその値は最大となり, その後は負のトレンドは徐々に小さくなり, 3月下旬には再びトレンドがみられなくなっていた. このことは, 12月から2月にかけて海水域の拡大が鈍ってきていることを意味し, 海水域面積のピークが現れる時期も1970年代の2月中旬から1990年代の3月中旬へと遅れてきていた.

気象庁がオホーツク海の海水域面積のデータの蓄積をはじめてまだ34年であり, この傾向がこの先も続くのかどうかを見極めるためにも, オホーツク海の海水域の監視を続ける必要がある.

2-3 「永久凍土地帯の炭素循環」

中野智子(東京都立大学=現在, 首都大学東京)

永久凍土は地球の高緯度や高山地域に広く分布し, 全陸地のおよそ14%を占めるといわれている. 永久凍土地帯では, その熱収支・水収支的な観点からこれまで多くの研究が行われてきたが, 最近では炭素循環という観点からの研究が多く行われている. 炭素循環とは, 地球を構成する各要素(大気圏, 水圏, 地圏, 生物圏など)における炭素の蓄積量(stock)と各要素間の移動量(flow)とを含む. 大気圏に存在する炭素の多くが温室効果気体として名高い二酸化炭素(CO_2)やメタン(CH_4)の形をとっているため, 気候変動, 特に近年の温暖化と関連して, 炭素循環が注目を集めているわけである.

ここでは, 特にメタンガスに関して述べる. メタンは「メタン生成菌」による有機物の異化作用の結果として生成される. メタン生成菌は嫌気性の細菌であるため, 酸素から隔離された湿地・水田土壌や反芻動物の腸管内などを活動場所とし, 自然発生源としては湿地が最も大きい割合を占めている. 産業革命以降, 二酸化炭素と同様に人為的な放出によって大気中濃度が増加しているが, そうした人為的影響のない過去においても, 水期-間水期のサイクルと同期した濃度の増減があったことが, 南極などのアイスコアの解析から分かっている. 筆者はこうした自然状態での濃度変動の原因が永久凍土地帯にあるのではないかと考えてい

る。

永久凍土地帯では、その寒冷な気候と排水の悪さから、地表付近には泥炭が集積し、湿地となっている場所が多く存在する。筆者は、これまでシベリアのツンドラ湿地を中心としてメタンフラックスの現地観測を行ってきた。その結果、永久凍土地帯においても、夏季には湿潤土壌からのメタンの放出がおこり、その放出量は融解深が深く地温が高いほど大きくなるという知見を得た。また、地表付近の土壌中で生成されたメタンは、アイスウェッジ（氷楔：永久凍土の収縮と融解水の浸透によって形成される楔状の水）が形成される際に氷の中に閉じ込められるため、地下水には数千ppmに達する高濃度のメタンが含まれているという報告もある。シベリアには厚さ40 mにもおよぶ地下集塊氷が存在するが、海岸や河岸の露頭では年々、地下水の融解が起こっており、氷中のメタンを大気へと放出していると考えられる。これらの結果は、温暖化に伴ってメタンの放出量がより増加するという正のフィードバックが生じる可能性を示唆している。今後、メタン放出量の長期的な変動傾向を明らかにする研究や、火災などの環境攪乱の影響などを焦点とした研究が必要とされている。

2-4 「山岳氷河の縮小傾向」

藤田耕史（名古屋大学環境学研究所）

気象学会会員には「氷河」そのものがあまり馴染みがないと考え、氷河が維持されるプロセス（質量収支）とその変動を引き起こす原因についての説明に多くの時間をかけた。その後、現在公開されている世界の氷河の質量収支に関するデータベース（Fluctuations of Glaciers, IAHS (ICSI)-UNEP-UNESCO 発行）を元に、比較的長期（1950年代以降～現在まで）の連続データが利用できる39の氷河（全て北半球）について解析結果の紹介をおこなった。

各氷河の変動の振幅は降水量の多少によって様々であるため、アノマリーを求め地域ごとに整理したところ、同地域と見なせる氷河はほぼ同じ変動を示していることが明らかになった。スカンジナビア半島・スバルバード諸島を除く全地域で氷河は縮小傾向にあるが、一方的な減少というわけではなく、何らかの周期性を示している。これらの一部については北大西洋振動や北極振動との関連を指摘した研究もある。

南極氷床やグリーンランド氷床に比べると圧倒的に規模の小さい山岳氷河であるが、気候変動に対するレ

スponsが早いと、数百年程度の時間スケールではもっとも海水準変動に影響していることが指摘されている。氷河の変動は涵養と消耗の収支によって決まるが、涵養と消耗を規定する要因は様々であるため、それぞれの地域特性を把握する必要がある。

2-5 「大気循環の最近数十年の変動」

小林ちあき（気象庁）

気象庁気候情報課では定常的に大気や海洋など、気候の形成に関与する要素の監視を行っている。そこから見えてきている大気の変動について紹介する。

地球温暖化の監視のため年平均地上気温のデータの時系列をみると、1880年から2003年までの100年で0.7°Cの上昇トレンドが見られる。気温上昇のトレンドは年代によって異なっており、季節依存性もある。冬から春にかけてはトレンドが大きく、夏から秋にかけてはトレンドが小さい傾向がみられる。

地上気温トレンドの地域分布を見るために、2001年から使用されている平年値（1971年から2000年）と1991年から2000年まで使用されていた平年値（1961年から1990年）を比較した。統計期間が20年分重なっているため、60年代と90年代の差をみていることになる。この分布をみると、ユーラシア大陸、カナダ北部で上昇傾向が顕著に見られるが、北米大陸からグリーンランドにかけては下降傾向が見られる。また、季節によっても地域特性が異なり、特に秋は年平均と異なった分布となり、ヨーロッパ付近では下降トレンドがみられる。

次に、大気客観解析データを使って求めた、対流圏の層厚換算温度の経年変化をみる。1980年以降では長期的で緩やかな上昇トレンドも見られるが、顕著な変動は1997/98エルニーニョにともなう変動である。エルニーニョ発生とともに熱帯で層厚換算温度が上昇し、少し遅れて北半球の層厚換算温度が上昇すること、および、エルニーニョ終息とともに熱帯の温度が下降し、少し遅れて北半球の温度が下降する様子が見られる。

一方、成層圏の層厚換算温度には下降トレンドが見られる。1992年の終わり頃に境に負偏差の状態が長く続いている。

空間分布の変動を監視するため、季節平均北半球500 hPa 高度場の主成分分析を行い、変動成分の経年変化も監視している。冬の場合の第1主成分はAO（北極振動）と呼ばれる空間パターンを示しており、この成分はほぼ10年の周期で符号を変えるような変動が見られ

る。また、夏の第2主成分も夏のAOと呼ばれるパターンであると考えられ、1980年以降では上昇トレンドが見られる。

長期間の観測データの蓄積が進み、数十年規模の変動や長期トレンドが解析できるようになってきている。最近数十年の変動としては、長期トレンドが顕著に見られる要素も多い。ただし、言うまでもないが、長期間のデータを解析する際には、観測データの品質の変化にも十分注意を払わなければならない。空間的・時間的に均質なデータとして、使用されている客観解析データ（再解析データ）も、この観測データの品質変化が少なからず反映されている。これらに十分に気を付けながら、引き続き気候の変動を監視していきたい。

お詫びおよび謝辞

編集作業が遅れ、一年遅れの研究会報告になってしまったことを、ここに心からお詫びいたします。また、講演を快く引き受けてくださった諸氏に感謝申し上げます。

参考文献

- 松原廣司, 2003: 南極昭和基地における定常気象観測の歩みと現状, 天気, 50, 599-604.
牛尾収輝, 2003: 頻発する南極リュツォ・ホルム湾の海水流出—1980年~2003年の海水状況から—, 南極資料, 47, 338-348.



平成17年度気象研究所研究活動報告会開催のお知らせ

気象研究所では、下記の要領で「平成17年度気象研究所研究活動報告会」を開催いたします。どなたでもご参加いただけますので、皆様のご来場をお待ちいたしております。

なお、詳細につきましては「気象研究所ホームページ」をご覧ください。

記

日時：平成17年7月21日（木）13時10分～16時40分

場所：気象庁講堂

プログラム

司会 石原 正仁（気象研究所 企画室長）

13：10～

報告1：新たな中期研究計画と研究推進体制について

報告者：藤谷徳之助（気象研究所長）

13：40～

報告2：日本における猛暑と大雨の実態に関する研究

—「異常気象」の解明を目指して—

報告者：藤部 文昭

（予報研究部 第三研究室長）

栗原 和夫

（環境・応用気象研究部 第三研究室長）

—休憩（14：35～14：50）

14：50～

報告3：平成16年の上陸台風の総合研究

報告者：中澤 哲夫

（台風研究部 第二研究室長）

15：45～

報告4：山岳性降雪雲の人工調節に関する研究

—水資源確保を目指して—

報告者：村上 正隆

（物理気象研究部 第一研究室長）

16：40 閉会

問い合わせ先：気象研究所企画室

電話：029-853-8546

e-mail：houkoku2005@mri-jma.go.jp

Homepage：http://www.mri-jma.go.jp/