

## 2006年春季極域・寒冷域研究連絡会の報告

日本気象学会2006年度春季大会(つくば)2日目(5月22日)のセッション終了後に、極域・寒冷域研究連絡会がつくば国際会議場(大会会場)の小会議室303にて行われた。出席者は約120名であり、大変な盛況を見た。今回の極域・寒冷域研究連絡会は、「2005/2006年冬の寒さと大雪を考える」と題しての講演会と自由討論会を行った。2005/2006年の冬は20年ぶりの寒冬とも言われ、12月を中心に非常に寒く、また日本海側を中心に大雪にも見舞われた。この顕著な寒冷現象に関わる話題を、様々な研究者の方々に提供して頂き、有意義な研究会となった。まず前半では、大雪について現場の研究者からの報告や、2005年12月の日本海・オホーツク海および大気循環の異常についての話題を提供して頂いた。後半はこの寒冬大雪に関する自由討論を行った。まず、様々な分野の研究者に5分程度で大気循環やSSTなど関連する話題を幅広く紹介して頂き、その後、討論を行った。多数の研究者による活発な議論を通じて、この顕著な寒冷現象の特徴を理解し、さらに大気循環や気候変動の一般的な理解を深める機会になったのであれば幸甚である。

以下に、各講演者より寄せられた講演要旨を紹介する。また、自由討論において行われた議論を簡単にまとめたものを掲載する。なお、この研究連絡会での講演会及び自由討論会をきっかけとし、2006年度秋季大会ではスペシャル・セッション「2005/06年の異常な冬について」が開催された。さらに、それらの成果は気象研究ノート第216号「2005/06年日本の寒冬・豪雪」(2007)にまとめられている。

代表:

山崎孝治(北海道大学大学院地球環境科学研究院)

世話人:

平沢尚彦(国立極地研究所)

中村 尚(東京大学大学院理学系研究科)

浮田甚郎(新潟大学自然科学系理学部)  
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(東京大学大学院理学系研究科)  
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)  
猪上 淳(地球環境観測研究センター)  
高谷康太郎(地球環境フロンティア研究センター)

[http://polaris.nipr.ac.jp/~pras/coolnet/cl\\_index](http://polaris.nipr.ac.jp/~pras/coolnet/cl_index)

話題:

1. 2005/2006年冬の寒さについての気候学的側面
- 1.1 「2005/2006年冬の大雪:降雪の特徴と積雪地域からの報告」

中井専人(防災科学技術研究所  
雪氷防災研究センター)

2005/2006冬季(平成17年度,2006寒候年)は、12月1日からの降雪深積算値が北信越・関東北部平均で平年プラス190cmに達するなど、広域的に見ても顕著な豪雪であり、気象庁が「平成18年豪雪」と命名を行った。これに対し、積雪地域で活動する研究者を中心とした調査研究が組織され、降雪、積雪から雪崩、家屋被害、社会的影響までにわたる精力的な調査が行われた(佐藤 2006)。その中から、降積雪分布の特徴、積雪と災害について、いくつかの内容を紹介する。

降積雪分布については、地上積雪分布、気象庁全国合成レーダーデータの解析が行われ、北海道などを除いて平野部で少なく中山間地で通常より多いという結果が得られた。降水系別の出現頻度を見ると、線状降雪雲(筋雲)が北信越地方以北で多く見られたのに加えて、寒気吹き出しの強かった12月から1月前半にかけては渦状降雪雲が多く見られた。積雪深が4mを超えた津南アメダス観測地点(新潟県)では、ひと降り200mm以上の大雨に匹敵する降雪が何度も観測されていた。

このような豪雪の中で、例えば津南では1月13日の時点で既に8回目の雪下ろしをするなど、異常に多い除雪作業に伴う事故が多発した。また、低温下の連続的な強い降雪が構造物上で落ちにくく大きく成長する積雪を作り出し、落雪事故や農業施設の倒壊などを引き起こした。倒木による住家損壊、河道閉塞に伴う洪水など、雪が間接的に関わる被害も目立った。雪による孤立、渋滞、列車の長期遅延などライフラインが停止する影響も大きい。電線への着雪は新潟市を中心とした30市町村の65万戸に及ぶ停電を引き起こした。

多量の積雪に伴って雪崩災害が多発しただけでなく、雪崩発生が予測できないため通行止めとなる国道405号線（津南町～長野県栄村）のようなケースが現れた。そこで、この国道405号線を対象として雪崩危険度の判定実験が行われた。積雪変質モデルを駆動して積雪の安定度を求めたところ、実際に雪崩の発生した日に最も危険度が高かったことがわかった。

豪雪時の積雪構造を記録に残すという意義を踏まえて、北海道から中国地方までで一斉に積雪断面観測が行われた。これは時には4mを超える積雪を雪面から地面まで掘って垂直な乱されていない断面を出し、雪温、密度、含水率などを数cmごとに測定していくもので、積雪構造のtruthが得られる反面、労力がかかる。参加者延べ75名にのぼるこの観測の結果から、積雪量が多い地点では全層平均密度が大きかったことなどがわかっている。

2005/2006冬季には、12月初旬から低温下で多量の降雪が継続し、構造物から落ちにくい雪塊、雪崩の多発、ライフラインの遮断など多様な災害をもたらした。これらの事実は、降雪から積雪変質までつなげた予測が重要なことを示す。また、早い降雪時期が対策の先を突いて被害を大きくしており、これは季節予報の重要性をも示すと言えよう。

講演内容は参考文献に示した共同研究の内容を紹介したものです。この講演の機会にあたり、図表を提供された方々を始めとする研究参加者の皆様に深く感謝致します。

## 1.2 「熱源・水蒸気源解析からみた2005年12月の日本海・オホーツク海および大気循環の異常」

立花義裕（地球環境観測研究センター）

高野陽平（東海大学）

### 1.2.1 概要

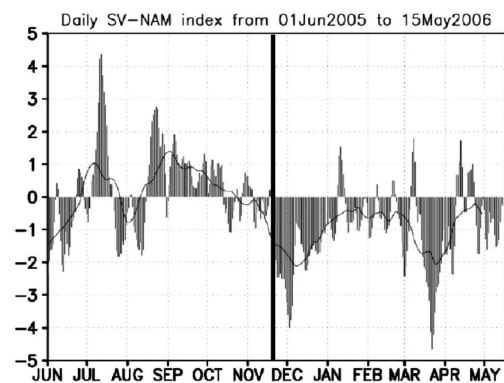
2005/06年の日本周辺は、本州日本海側での約40年

ぶりの豪雪と、オホーツク海での史上最小の海水量で代表される、際だった寒さと際だった暖かさが隣接した非常に特徴的な冬であった。本報告ではこの冬の豪雪を、日本海の熱・水収支の年々変動の観点から解析を行い、この冬の豪雪の異常な度合いを調査した。

### 1.2.2 データ及び解析手法

2005/06年の冬の中高緯度の異常な程度を概観するために、Ogi *et al.* (2004) の定義に基づくSV NAM index（帯状平均場でみた北極振動/環状モードの指標を示すインデックス）をdailyのNCEP再解析データから作成した。第1図が、2005年夏から2006年春にかけての時系列である。2005年の夏では北極振動は、「正」のパターンが長い間持続していたが、11月下旬を境に突如として「負」に転じ、それが1月中旬まで持続した。北極振動の指数の急変と日本の大雪の時期が丁度一致しており、北極振動が2005/06年豪雪を示す指標となっていたことが確認できる。

一方、豪雪をもたらす直接的な源は、日本海で発生する対流性の雪雲にあり、さらにその水蒸気の源は日本海の暖かい海水である。2005/06年冬の日本海の対流性の雲の発生の活動度は、長期変動の時間スケールでみた場合どのような位置づけにあるのだろうか。それを調べるために、我々はNCEP-NCAR再解析データのdailyデータから、Yanai *et al.* (1973) の手法を基にYoshizaki *et al.* (2004) が2004年の寒気

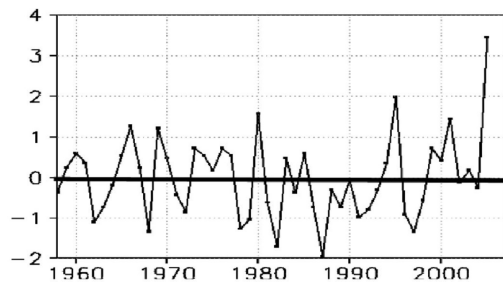


第1図 2005年夏から、2006年春にかけての北極振動指数の毎日の変化傾向。用いた指数は、Ogi *et al.* (2004) の定式によるSV NAM index（帯状平均場でみた北極振動/環状モードの指標を示すインデックス）によって計算した。折れ線は31日間移動平均を示す。太い縦線は、北極振動の「正」から「負」への急激な変化の起こった時期を示す。

吹き出しの事例について日本海で計算したものと同様、「見かけの熱源 Q1」, 「見かけの水蒸気シンク Q2」を1958年から2006年までの毎日すべての日について計算した。得られた daily の Q1, Q2 から月平均を計算し, Q1, Q2 の差 (Q1-Q2) を対流圏内で鉛直積分した。鉛直積分によって得られた値は, 海面からの乱流フラックスの変動を主として反映する。Q1-Q2 を日本海 (37°N~42°N, 132°E~140°E) と黒潮続流域の太平洋 (30°N~40°N, 140°E~155°E) の範囲でそれぞれ面積平均を行い Q1-Q2 の日本海時系列と太平洋時系列 (1958年~2006年2月) を作成し, それぞれの Index と大気場との関係性を調べた。なお黒潮続流域は, 世界的にも, もっとも大気海洋間の熱交換が盛んな場所の一つとして知られている。また, 日本付近の Q1-Q2 の主要な変動を調べるために Q1-Q2 の EOF 解析も行った。

### 1.2.3 結果

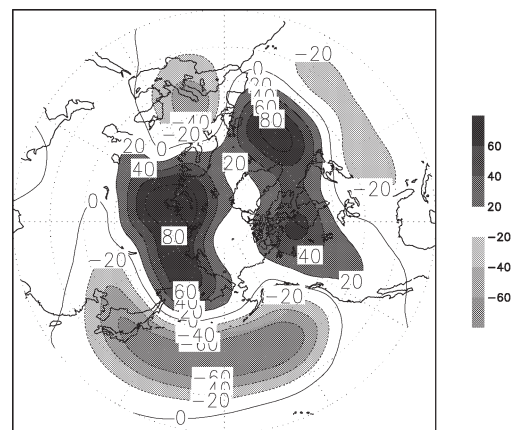
第2図は, 日本海時系列と太平洋時系列のそれぞれの12月の月平均の和をとり, 標準偏差で規格化した1958年~2005年の Q1-Q2 時系列である。2005年は標準偏差の3倍 (3 $\sigma$ ) を超えており, 解析期間で最大の熱が大気へ放出されていたことがわかる。第3図は, Q1-Q2 時系列 (第2図) において1 $\sigma$  を超えた年を抽出し作成した500 hPa 高度 (以下 Z500) のコンポジット解析図である。両海域で異常な熱フラックスの放出があるとき, Z500は日本の東側~アラスカの南, 及びヨーロッパで低気圧性の偏差となる一方, シベリア大陸の北方で高気圧性の偏差パターンとなり, このパターンは WP パターンと似ている。Wallace and Gutzler (1981) の定式による WP index と, 第2図の時系列との相関係数は, -0.61であった。



第2図 月平均した12月の日本海+太平洋の Q1-Q2 時系列。1958年~2005年。標準偏差で規格化してあり, 平均 (0) のラインに実線が引いてある。

また, Q1-Q2 に EOF 解析を行った結果 (図省略), 日本海と太平洋は同位相で変動し, オホーツク海では逆符号の変動パターンが第1モードとして抽出された。従って本州日本海側で大雪となる年のオホーツク海の海面からの熱フラックスは小さくなり海水の生成を抑制する傾向にあることが示唆される。Ogi and Tachibana (2006) は, オホーツク海の海水の年々変動は, 「夏の北極振動」の影響を受けることを示した。「夏の北極振動」が「正」の年は, オホーツク海を含むユーラシア東部の下層大気は高温偏差になる。海は熱容量が大気よりも大きいので, 一度形成された偏差は持続性が高い。その影響で初冬のオホーツク海の海水温は高温偏差が持続し, 高温の海水温のために初冬の海水の生成が遅れる。Ogi and Tachibana (2006) をふまえ第1図を再び眺めると, 2005年夏の北極振動は正偏差であったことが意味深長に感じられる。2005年の「夏の北極振動」異常が, 冬のオホーツク海の海水異常にも寄与した可能性があろう。また, 2005年12月の日本海の海面水温もオホーツク海と同様に異常に高温偏差であり, これが日本海の活発な雲対流活動にも寄与したであろう。この日本海の海面水温の正偏差も「夏の北極振動」の「なごり」かもしれない。冬を予測するためには, 「夏の北極振動」にも眼がはなせない。

最後に, 発表の機会を与えて頂いた極域・寒冷域研究連絡会運営の諸氏及び, 図作成の手助けをしていた



第3図 第2図に基づいた, 日本海の Q1-Q2 時系列の1 $\sigma$  超えの Z500 のコンポジット解析の図。濃い陰影が高気圧性偏差を示し, 薄い陰影が低気圧性の偏差を示す。等値線及び陰影の単位はメートル。

だいた東海大学の中村 哲さんに感謝致します。

## 2. 2005/2006年冬の寒さについての自由討論会

後半での自由討論会に先立って、まず、様々な分野の研究者から、2005/06年冬季の特徴などについて簡単な review を提供していただいた。まず、前田修平氏（気象庁気候情報課）より、2005/06年冬の天候の特徴についての概要が発表された。引き続き、広瀬直毅氏（九州大学応用力学研究所）より、日本の冬季降雪量における日本海の影響についての発表がなされた。その中で、冬季の日本海対馬暖流域の海面水温 (SST) とアメダスによる日本海側の降水量との間には、SST が1 か月リードする形での正の相関があること、ただし2005年12月の大雪は日本海の SST 変動だけでは説明しきれないことなどが紹介された。渡部雅浩氏（北海道大学・地球環境）からは、2005/06年の熱帯対流活動と冬季天候との関係について説明がなされた。2005/06年の冬季は、熱帯の対流活動が活発だった。そこで、観測された熱帯対流活動から推測される熱源を与え循環場を再現した数値実験の結果が紹介された。田中 博氏（筑波大学）からは、北極振動 (AO) の観点から見たときの2005/06年冬の気候循環変動の説明が行われた。併せて、冬季北半球気候循環の過去数十年の変動についても、AO の観点からみた解釈が議論された。

以上の話題提供に続き、出席者による自由討論会が行われ、活発な議論が交わされた。例えば、AO でどこまで2005/06年冬季の異常が説明されるのかについて、または2005年の晩秋から12月の大寒波に至るまでの気候循環場の時間発展、熱帯対流と極東付近の寒波との関係、38豪雪 (1963年) など過去の豪雪年と2005/06年冬季との類似性、日本海 SST 変動と日本海側の降雪との関係、などの論点について、幅広い議論が行われた。

ここで、議論から浮かび上がってきたと思われる課題について、簡単にまとめた。今後の研究の何らかの参考になれば幸いである。自由討論では、2005/06年の冬季の気候循環に何が起きたのかという視点から、この時期の季節進行に注目が集まった。12月の寒波大雪に注目しがちであるが、11月の「暖冬フェーズ」から「寒冬フェーズ」の遷移の時期に何が起きていたのか、また2月には一転して暖冬になったが、そのメカニズムはどう理解されるべきか、などが今後の研究課題として挙げられると思う。また、12月から1

月上旬にかけての寒波の維持メカニズムの考察も重要である。これらは一般的に、中高緯度大気の大気長周期変動のメカニズムは何か、という問題に発展しうるものである。具体的には、SST、積雪、海水などの境界条件がどのように変動し大気に影響しているのか、または中高緯度大気固有の内部モードとしてどこまで変動を理解できるのか、などの点が論点となろう。さらに、北極振動 (AO) の観点からどの程度、長周期の大気変動を理解できるのか、できないとすれば、ではどのように変動を理解すればよいか、という議論も引き続き行っていく必要がある。

また、2005年12月は、なぜ寒いだけでなく大雪になったのか、日本海による水蒸気供給から降雪システムの形成に至る過程を含んだ精緻な議論が要求される。最後に、この冬季の寒波大雪は、3 か月予報では予測できなかったが、予測精度の向上に向けて更に議論を続けるべきであろう。

まだ他にもあると思われるが、以上、自由討論で話題になったと思われる点を簡単に記してみた。これらの課題を理解または解決するためにはどのような研究が必要なのだろうか。研究発表のみならず、このような情報交換の場を極域・寒冷域研究連絡会がこれからも提供し続けることができればと考えている。

## お詫びおよび謝辞

編集作業が遅れ、研究会報告が大幅に遅れてしまったことを、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

- Ogi, M. and Y. Tachibana, 2006: Influence of the annual Arctic Oscillation on the negative correlation between Okhotsk Sea ice and Amur River discharge. *Geophys. Res. Lett.*, **33**, L08709, doi: 10.1029/2006GL025838.
- Ogi, M., K. Yamazaki and Y. Tachibana, 2004: The summertime annular mode in the Northern Hemisphere and its linkage to the winter mode. *J. Geophys. Res.*, **109**, doi: 10.1029/2004JD004514.
- 佐藤篤司, 2006: 平成17年度科学研究費補助金 (特別研究促進費) 『2005-06年冬期豪雪による広域雪氷災害に関する調査研究 (課題番号17800006, 研究代表者: 佐藤篤司)』研究成果報告書, 198pp.
- Wallace, J. M. and D. S. Gutzler, 1981: Teleconnec-

- tions in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter. *Mon. Wea. Rev.*, **109**, 784-812.
- Yanai, M., S. Esbensen and J.-H. Chu, 1973 : Determination of bulk properties of tropical cloud clusters from large-scale heat and moisture budgets. *J. Atmos. Sci.*, **30**, 611-627.
- Yoshizaki, M., T. Kato, H. Eito, S. Hayashi and W.-K. Tao, 2004 : An overview of the field experiment "Winter Mesoscale Convective Systems (MCSs) over the Japan Sea in 2001", and comparisons of the cold-air outbreak case (14 January) between analysis and a non-hydrostatic cloud-resolving model. *J. Meteor. Soc. Japan*, **82**, 1365-1387.
-