

2009年秋季極域・寒冷域研究連絡会の報告

日本気象学会2009年度秋季大会(福岡)1日目(11月25日)の国際極年に関するスペシャルセッション終了後に、極域・寒冷域研究連絡会が大会A会場(アクロス福岡国際会議場)にて行われた。出席者は約30名であった。今回の極域・寒冷域研究連絡会は、「夏季北極圏の低気圧活動の特徴」と題し、北極圏の大規模大気循環の特徴について講演会を行った。この数年の北極圏の急激な変化を考える上で、夏季北極圏の大気循環、とりわけ夏季の低気圧が果たす役割に注目する必要が出てきたように思われる。降水活動の強化・海水減少・凍土融解など北極圏での気候システムに大きな影響を与える夏季北極圏における低気圧の発達や維持機構の解明は、将来予測を理解する上でも重要である。そこで、今回は、初めに北極の大気循環のレビューをして頂いた後、夏季北極圏のストームトラック活動について、及び北極域における低気圧のライフサイクルについて、計3名の方々に講演をお願いした。以下に、各講演者より寄せられた講演要旨を紹介する。

担当世話人：

猪上 淳(海洋研究開発機構地球環境変動領域)
http://polaris.nipr.ac.jp/~pras/coolnet/cl_index

話 題：

「夏季北極圏の低気圧活動の特徴」

1. 「北極の大気循環のレビューと今年の北極海の状況」

堀 正岳(海洋研究開発機構地球環境変動領域)

近年の北極海の海水減少に関連して、夏季后半に出現する「北極低気圧」が注目を集めている。

北極低気圧は夏季の季節平均場において北極点から東シベリア海上にみられる低気圧で、ユーラシア大陸上で発生し、北極海で発達・消滅する低気圧の平均状態としてとらえることができる。北極低気圧の活動が

強い場合、500hPa高度場においてウラル・トラフは東側へシフトし、渦の中心が北極点側に移動することで対流圏下層が軸対称の構造を持つようになる一方で、ユーラシア沿岸地域に顕著な傾圧帯が出現する(Serreze and Barrett 2008)。

夏季の7-9月は北極域における海水面積が最小となる時期と重なっており、そのトレンドに対する北極低気圧の寄与が指摘されている。たとえばSimmonds and Keay (2009)は9月における海水面積と低気圧活動の相関をとり、特に東シベリア海側における海水面積の減少トレンドが北極海の低気圧の中心気圧の深まりと半径の増加と関連していることを報告している。こうした北極海の低圧化は、風応力を通して海水の流動性を高める効果が指摘されている(Hakkinen *et al.* 2008)とともに、潜熱フラックスの増加にともないローカルな低気圧の成長に対して正のフィードバックを与えている可能性がある。また、こうした低気圧活動が夏の北極振動とも高い相関をもっていることも指摘されている(Simmonds *et al.* 2008)。

北極低気圧自体のトレンドに関連して、Sorteberg and Walsh (2008)は低気圧経路のクラスター分析から、夏において大西洋およびシベリアの陸上など複数の経路から進入する低気圧が東シベリア海上において収束することを報告しており、こうした低気圧経路の収束がこの地域においてどの季節よりも強い低圧化トレンドを生み出していることを示している。

夏季の北極域の低気圧発達メカニズムに関する研究はまだ少ない。Lynch *et al.* (2003)はアラスカ州バローに強風をもたらした低気圧の2つの事例を領域モデルで再現し、ウォームコア・コールドコアの両方が存在していたことを指摘している。これら2つの事例の共通点として、低気圧は極前線帯上で発生しており、シベリア沿岸の無海水領域から供給される顕潜熱によって成長し、さらに上層の渦熱輸送によって東シベリア海に移動・発達していたことが報告されている。

北極低気圧の研究に関しては、さらなる研究が待たれる。特に、1. ポーフォート高気圧との関係、2. 北極低気圧それ自体の成因と発達メカニズム、3. 海水との相互作用と長期トレンドのメカニズムの解明という3つのテーマの発展は地球温暖化に伴う北極域の気候変動の理解に不可欠といえるだろう。

2. 「夏季北極圏のストームトラックについて」

西井和晃（東京大学大学院理学系研究科）

移動性低気圧は悪天をもたらすため日々の天気にとって重要であり、それがよく通る領域はストームトラックと呼ばれる。また、低気圧は運動量や熱を輸送するため、個々の低気圧よりも長い時間スケールの変動や、気候平均場の形成・維持にも重要である。本研究では再解析データ及び気候モデルデータに時間フィルタを施すことによって得られた、8日間以下の周期変動場を移動性低気圧・高気圧に伴うものとみなし、その振る舞いや、長周期変動への寄与を、夏季（6-8月）北極圏で解析した。

移動性低気圧に伴う変動（以後ストームトラック活動と呼ぶ）は、シベリア沿岸からポーフォート海上にかけて活発であった。この活発なストームトラック活動に伴う運動量輸送は気候平均西風を維持するように働いていた。また、夏の北極振動（Ogi *et al.* 2004）に伴う月平均スケールの変動に伴い、ストームトラック活動は夏の北極振動を維持するような運動量輸送をもたらすように変動していた。

次にIPCC第4次報告書の基礎となった、CMIP3気候モデルによって行われた現在気候再現実験でのストームトラック活動の再現性を調べた。気候平均場としての再現性はモデルによるばらつきが見られた。このばらつきは対流圏下層の西風の再現性とも関連していた。このばらつきをよく見るために個々のモデル中での、ポーフォート海上での対流圏下層のストームトラック活動と西風との強度を比較した。南北熱輸送で評価したストームトラック活動が活発なモデルほど、西風が強い傾向にあった。これは南北熱輸送が上層の西風運動量を下層に運ぶ働きがあることと整合的な結果である。また、南北地上気温差で評価した、ここでの傾圧性が大きいモデルほど、ストームトラック活動の強さも大きくなっており、モデル中での傾圧性の再現性がストームトラック活動の再現性に寄与している可能性を示唆している。

次に気候モデル中での夏の北極振動とそれに伴って

変動するストームトラック活動の再現性を調べた。解析に用いた全てのモデルで、北極上で観測と同様な変動が月平均高度場にみられた。また、ほとんどのモデルで、ストームトラック活動は、北極振動に伴う高度場パターンを維持するように変動していた。

最後にA1Bシナリオに基づく将来気候予測実験と現在気候実験の結果を比較した。ストームトラック活動は北極海周辺で活発化を予測するモデルから、あまり変化が見られないモデルまでさまざまであり、一定の傾向を見いだせなかった。そこでシベリア大陸沿岸での地表の傾圧性の将来変化と、そこでのストームトラック活動の将来変化を比較したところ、大きな傾圧性の増加を予測するモデルほど、ストームトラック活動の強化を予測していた。また、傾圧性の将来予測はシベリア大陸の昇温予測に大きく影響を受けていた。シベリア沿岸は北極海上に侵入する低気圧の発達地域であるため（Serreze and Barrett 2008）、ここでの傾圧性、およびシベリア大陸の昇温の正確な予測が北極域のストームトラック活動の将来予測にとって重要であることが示唆される。

本解析では海水については調べられなかった。気候モデル中での海水の再現性、および将来変化は、顕熱・潜熱フラックスを通してストームトラック活動の再現性に影響を与える可能性がある。また、逆にストームトラック活動が影響する風速場の再現性が、海水の再現性に影響を与えている可能性があるため、今後は海水についても解析を行いたい。

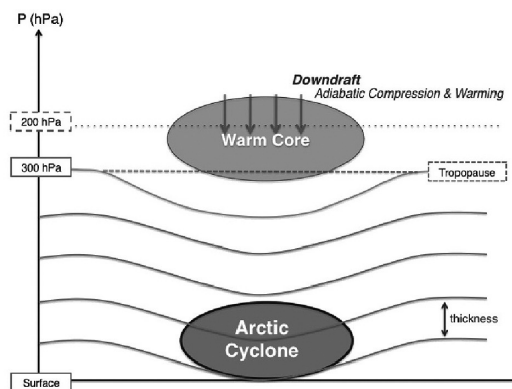
3. 「夏季における北極低気圧のライフサイクルについて」

高橋真司（筑波大学大学院生命環境科学研究科）

田中 博（筑波大学計算科学研究センター）

本講演では、近年劇的に変化している北極域の低気圧について発表を行った。近年の海水の劇的な減少の重要な要因の1つは、夏季の異常なポーフォート高気圧の持続と北極海中央の低気圧の持続が合わり、強い循環をもたらされたことである（Serreze and Barrett 2008）。この北極域に位置する特殊な低気圧は、北極低気圧（Arctic Cyclone）と呼ばれている。北極低気圧の最も特殊な点として、長時間（3週間程度）持続する点がある。この北極低気圧の発生から発達、消滅までのライフサイクルの特徴を示した。

北極低気圧は、以下に述べるような特徴を持っている。北極低気圧の持続時間は平均3週間とかなり長



第1図 北極低気圧の形成概念図。中高緯度からのウォームコアの移流や200hPa付近の下降気流に伴う断熱圧縮により、ウォームコアが形成・維持され、地上に北極低気圧をもたらされた。

く、北極海上を迷走している。また、200hPa程度まで順圧の構造をしている。気温アノマリをみると、地表から300hPaまでは低温偏差、300hPaから上層では高温偏差となっている。低気圧の中心付近に上昇気流が位置しており、これは熱帯低気圧と似ている。また、極渦の真下の地表には頻繁に低気圧が形成・発達・消滅を繰り返し、ときには周囲の低気圧とマージングしている。

以上のような特殊な低気圧は、どのように形成し持続しているのか。まず北極低気圧の形成要因として、気温場でみられたウォームコアの存在が考えられる。このウォームコアは、成層圏での下降気流に伴う断熱圧縮によるものと考えた(第1図)。しかし、アリューシャン低気圧においても類似の特性がみられ、またウォームコアが発生時からある事例もある。このことから、高緯度地域の温帯低気圧(アイスランド低気圧やアリューシャン低気圧)が対流圏上層に高温偏差をもたらし、その高温偏差が北極域に移流し、下層

に低気圧をもたらしたと考えることもできる(温帯低気圧の成れの果てとしての北極低気圧)。ただ、北極低気圧は長時間持続するという点において特異である。長時間持続する理由としては、下降気流に伴う断熱圧縮によりウォームコアが維持されたと考える。夏季の北極域での低気圧活動は、海水の減少や陸域の降水活動など様々な影響をもたらすことより、重要な低気圧の一種であると考えられる。

謝辞

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

- Hakkinen, S., A. Proshutinsky and I. Ashik, 2008: Sea ice drift in the Arctic since the 1950s. *Geophys. Res. Lett.*, **35**, L19704, doi: 10.1029/2008GL034791.
- Lynch, A. H., E. N. Cassano, J. J. Cassano and L. R. Lestak, 2003: Case studies of high wind events in Barrow, Alaska: Climatological context and development processes. *Mon. Wea. Rev.*, **131**, 719-732.
- 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**, D20114, doi: 10.1029/2004JD004514.
- Serreze, M. C. and A. P. Barrett, 2008: The summer cyclone maximum over the central Arctic Ocean. *J. Climate*, **21**, 1048-1065.
- Simmonds, I. and K. Keay, 2009: Extraordinary September Arctic sea ice reductions and their relationships with storm behavior over 1979-2008. *Geophys. Res. Lett.*, **36**, L19715, doi: 10.1029/2009GL039810.
- Simmonds, I., C. Burke and K. Keay, 2008: Arctic climate change as manifest in cyclone behavior. *J. Climate*, **21**, 5777-5796.
- Sorteberg, A. and J. E. Walsh, 2008: Seasonal cyclone variability at 70°N and its impact on moisture transport into the Arctic. *Tellus*, **60A**, 570-586.