

新潟大学災害・復興科学研究所
共同研究報告書

極渦・寒冷渦による日本海側地域の顕著大気現象の発生過程

研究代表者 山根 省三¹⁾
研究分担者 河島 克久²⁾
研究分担者 本田 明治³⁾
研究分担者 山崎 哲⁴⁾
研究分担者 川瀬 宏明⁵⁾

1) 同志社大学理工学部 2) 新潟大学災害・復興科学研究所 3) 新潟大学自然科学系
4) 海洋研究開発機構 5) 気象庁気象研究所

研究要旨

2012年8月6日の新潟の突風事例について、全球再解析値と気象庁メソ解析値、2つの領域メソ気象モデルの再現実験をもとに寒冷渦接近から突風発生に至るまでの過程を調べた。その結果、北陸沖大気下層に存在していた湿域が寒冷渦の南下により不安定化し、積乱雲が次々に発生してにんじん状雲の線状降水帯が形成された。そして、線状降水帯内の下層に冷気が蓄積されてメソ高気圧が形成され、メソ高気圧から流れ出た冷気がスコールラインを形成し、ガストフロント発生に至るという階層構造が確認された。また、310年分の力学的ダウンスケーリングデータをもとに強い降雪事例の特徴を調べた結果、日本海側地域の強い降雪は西高東低型の気圧配置のときに発生する割合が高いことが分かった。そのときの日平均地上気温が -5°C 以下であったことから、日本海側地域の強い降雪は、気温よりも日本海寒帯気団収束帯の位置や強度に強く依存することが示唆された。

A. 研究目的

北半球の極渦の変動や寒冷渦の接近により日本付近の上空に寒気が入り込むと、大気の状態が不安定となり、日本海側地域に豪雨・豪雪、突風の災害をもたらす顕著大気現象が発生することがある。近年、レーダー等による気象観測網の充実化と気象モデル計算技術の進展により、顕著大気現象の描像は明らかとなりつつある。しかし、総観場の極渦・寒冷渦の変動と局所的に発生する顕著大気現象との関係については、まだ十分には調べられていない。本研究は、北半球の極渦の変動や寒冷渦の接近と顕著大気現象の発生との関係を観測データと気象モデルの数値実験から定量的に明らかにすることを目的とする。また、地球温暖化予測データをもとに日本海側地域の積雪分布や顕著現象発生確率の変化と北半球大気総観場の変化との関係を調査する。これらの知見をもとに、極渦・寒冷渦の週間予報から顕著大気

現象の発生確率を評価できるようになれば、減災への寄与が期待できる。

B. 研究方法

新潟大学で運用している「新潟市域準リアルタイム気象解析システム」で捉えた2012年8月6日の突風事例について、気象庁55年長期再解析(JRA-55: Japanese 55-year Reanalysis)データと気象庁メソ数値予報モデル格子点値(MSM-GPV: Meso-Scale Model Grid Point Value)を用いて極渦・寒冷渦との関係を調べた。そして、大規模場を領域気象モデルの境界条件として与えた数値実験を実施し、新潟市域リアルタイム風情報サイト及び対流圏気象ドップラーレーダーシステムで観測された大気場と比較した。ここでは、気象庁非静力学モデル(NHM: Non-Hydrostatic Model) rel-03-04とWRF(Weather Research and Forecasting Model) version 3.7の2つの領域メ

メソ気象モデルを用いて、佐渡島北西沖（北緯 38.5 度，東経 137.5 度）を中心とする 900 km 四方の領域を水平格子間隔 3 km で、300 km 四方の領域を水平格子間隔 1 km でネスティング計算を行った。初期値・境界値は、雲水や雲氷の 3 次元分布情報を含む気象庁メソ解析 z-hybrid 面ランベルト解析値（水平格子間隔 5 km、鉛直 50 層、3 時間毎）から作成した。

また、期間 1980–2010 年の水平格子間隔 5 km の力学的ダウンスケーリングデータを用いて、日本海側地域で強い降雪が発生するときの総観場の特徴を調べた。このデータは、水平格子間隔 20 km の地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース（d4PDF: database for Policy Decision making for Future climate change）の領域版の過去実験 10 メンバーと水平格子間隔約 60 km の JRA-55 から水平格子間隔 5 km の非静力学地域気候モデル（NHRCM: Non-Hydrostatic Regional Climate Model）による力学的ダウンスケーリングにより得られたデータである。JRA-55 からのダウンスケーリングデータは、水平格子間隔 20 km と 5 km の 2 段階ネスティングを通して得られている。310 年分（31 年×10 メンバー）の d4PDF ダウンスケール（d4PDF-DS）データと 31 年分の JRA-55 ダウンスケール（JRA55-DS）データからそれぞれ日降雪量の多い上位 30 日を地点ごとに抽出した。そして、その日の気圧型を西高東低型、南岸低気圧型、その他の型の 3 つに分類して、地点ごとに日降雪量の多い日の気圧配置の特徴を調べた。310 年分の d4PDF-DS から抽出した強い日降雪上位 30 事例は、10 年に 1 度程度発生する強い降雪事例に相当すると考えることができる。

C. 研究結果

2012 年 8 月 6 日の正午頃に、新潟市内で 10°C 程度の急激な気温低下と局所的に 20 m/s を超す強い風が観測されている。この日の日本付近は、上空に寒冷渦を伴う気圧の谷が存在し、南西諸島付近の台風の影響により大気下層に暖湿流がもたらされ、地上と 500 hPa の気温差は約 40°C となり、大気の状態は非常に不安定であった。

2 つの領域メソ気象モデルによる再現実験では、ともに日本海域に発生した積乱雲群に伴って大

気下層に冷氣塊が形成され、その冷気が暖気側に流れ出る領域で強い地上風が発生する様子が計算された。そして、冷氣塊が時間とともに南下し、北陸から東北地域にわたる日本海沿岸に気温低下と強い風をもたらす様子が計算された。計算された冷氣塊の温度は周囲よりも 5°C 以上低く、厚さは約 1 km であった。冷気が流れ出る領域で水平温度傾度が非常に大きくなり、積乱雲が次々に発生し、常に 15 m/s を超す強い地上風が吹いていた。にんじん状雲に対応する大気擾乱の形成とその南下も計算され、その様子は現実と定性的に類似していた。しかし、最も強い大気擾乱が到達する場所は新潟付近とはならなかった。

JRA-55 と MSM-GPV、及び、2 つの領域メソ気象モデルによる再現実験から、新潟でガストフロント発生に至る過程は次のように解析された。まず、ユーラシア大陸上空で形成された寒冷渦が極域の寒気を伴って日本上空付近にまで南下してきた。これを 345 K 等温位面渦位でみると、高渦位域として表される極渦の一部が日本上空にのびてきたことに対応する。寒冷渦の下層には湿域が存在し、その湿域は寒冷渦とともに日本海上を南下してきた。一方、北陸沖周辺の下層大気では小規模の高気圧性循環が形成され、太平洋上の暖湿な空気が伊勢湾から琵琶湖、北陸付近を通過して日本海上に侵入していた。この 2 つの湿域がぶつかる北陸沖の日本海上で、6 日 6 時頃から積乱雲が次々に発生し、にんじん状雲の線状降水帯が形成された。その後、数時間にわたって強い降水をもたらす積乱雲の発生が続き、線状降水帯内の下層に冷気が溜まり、メソ高気圧が形成された。そして、メソ高気圧から流出した冷気によりスコールラインが形成され、強風をもたらすガストフロントが発生した。

310 年分の d4PDF-DS から得られた地点ごとの日降雪量の最大値は、一部の東北の地域などを除いて、31 年分の JRA55-DS の日降雪量の最大値よりも大きかった。d4PDF-DS から抽出した十日町の強い日降雪上位 30 事例の多くは、冬型の西高東低型の気圧配置のときに発生していた。日本海側地域や愛知県から岐阜県にかけての地域では同様に、西高東低型のときに強い降雪が発生する傾向がみられたが、関東や甲信、東北の太平洋側の地域では南岸低気圧型のときに強い降雪が現れる

傾向がみられた。また、強い日降雪 30 事例の日平均地上気温は、関東や東北太平洋側の地域で 0°C前後であったのに対して、日本海側地域や本州の内陸では-5°C以下、山沿いでは-10°C以下であった。

D. 考察

2012 年 8 月 6 日の新潟突風事例では、日本海上の大気下層で 2 つの湿域がぶつかることが、突風発生に至る重要な過程の 1 つと考えられた。このうちの 1 つの湿域は寒冷渦とともに南下してきた。寒冷渦は対流圏上層の高渦位偏差に対応しており、一般に、高渦位偏差が接近すると下層大気が持ち上げられて大気の状態が不安定になることが知られている。この力学過程が、南下する寒冷渦の前面の下層付近に帯状に湿域が存在していた要因の 1 つと考えられる。もう 1 つの湿域は、太平洋上の暖湿な空気が日本海上へ流入することにより形成されていた。南西諸島付近に位置する台風による南寄りの風が、比較的高度の低い地域をすり抜けて日本海上に暖湿な空気をもたらした可能性が考えられる。この風の通り道は、冬季の雪雲の通り道でもある。太平洋から流入した暖湿な空気が日本海上で寒冷渦の接近により持ち上げられて、積乱雲群の発生に至ったと考えられる。

d4PDF-DS の強い日降雪 30 事例で平均した日平均気温は、関東や東北の太平洋側地域では 0°C付近であったが、日本海側地域は-5°C以下であった。これは、日本海側地域の強い降雪が単純に大気中に含まれる水蒸気量では決まらないことを意味しており、日本海寒帯気団収束帯(JPCZ: Japan sea Polar air mass Convergence Zone)の収束の位置や強度の変化が日本側地域の強い降雪に関係していることを強く示唆している。今後、極渦・寒冷渦の強度や位置を変えた数値実験を行い、日本海側地域で観測された里雪・山雪・里山雪(両方で降雪が多い事例)の事例との対応関係を明らかにする必要がある。

E. 結論

全球再解析値と気象庁メソ解析値、及び、2 つの領域メソ気象モデルの再現実験をもとに、2012 年 8 月 6 日の新潟の突風事例の発生過程を調査し

た結果、以下の階層構造が確認された。北陸沖周辺の下層大気に存在していた湿域が寒冷渦の接近に伴って不安定化し、積乱雲が次々に発生してにんじん状雲の線状降水帯が形成された。降水過程に関連して生成された冷気が線状降水帯の下層に溜まり、メソ高気圧が形成された。メソ高気圧から流れ出た冷気によりスコールラインが形成され、ガストフロントが発生した。

310 年分の d4PDF-DS における強い日降雪 30 事例の解析から、日本海側地域の強い降雪は西高東低型の気圧配置のときに多く発生することが分かった。そのときの日平均地上気温は、関東や東北太平洋側の地域で 0°C前後であったのに対して、日本海側地域の内陸では-5°C以下であり、JPCZ の収束の位置や強度が日本海側地域の強い降雪に深く関係していることが示唆された。

F. 研究発表

1. 論文発表

Kawase, H., T. Sasai, T. Yamazaki, R. Ito, K. Dairaku, S. Sugimoto, H. Sasaki, A. Murata, and M. Nosaka, 2018: Characteristics of synoptic conditions for heavy snowfall in western to northeastern Japan analyzed by the 5-km regional climate ensemble experiments. *Journal of Meteorological Society of Japan*, 96, 161-178.

2. 学会発表

本田明治, 山根省三, 山崎哲, 川瀬宏明, 春日悟, 河島克久: 2012 年 8 月 6 日新潟市のガストフロント発現にかかわる大気場の 3 次元構造の特徴. 日本気象学会 2017 年秋季大会, 札幌, 2017 年 11 月.

川瀬宏明, 佐々井崇博, 山崎剛, 伊東瑠衣, 大楽浩司, 杉本志織, 佐々木秀孝, 村田昭彦, 野坂真也: 日本における極端に強い降雪発生時の総観場の特徴とその地域特性. 日本気象学会 2017 年秋季大会, 札幌, 2017 年 10 月.

G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)
なし