

新潟大学災害・復興科学研究所
共同研究報告書

長期間の交通障害をもたらす海岸平野部の集中降雪動態の解明

研究代表者担者氏名 山根 省三 1)

研究分担者氏名 吉田 聡 2)

研究分担者氏名 川瀬 宏明 3)

研究分担者氏名 山崎 哲 4)

研究分担者氏名 河島 克久 5)

研究分担者氏名 本田 明治 5)

- 1) 同志社大学理工学部 2) 京都大学防災研究所 3) 気象庁気象研究所
4) 海洋研究開発機構 5) 新潟大学災害・復興科学研究所

研究要旨

近年しばしば海岸平野部が大雪に見舞われ、周辺都市域で大規模な交通障害が発生している。温暖化に伴う海面水温の上昇が集中降雪の一因として挙げられているが、その詳細な発現メカニズムは明らかとなっていない。本研究では、気象観測・解析データと領域大気モデルを用いて集中降雪事例の動態を調べた。また、過去約 60 年間の全球再解析データを用いて日本周辺の冬季の大気場の特徴を調べた。その結果、柏崎市、長岡市を中心に車両滞留が発生した 2022 年 12 月の集中降雪の事例では、日本海寒帯気団収束帯 (JPCZ) に伴う雪雲によって大雪をもたらされたが、このとき上空の寒冷渦が世代交代しながら強い寒気を日本上空にもたらす様子が確認された。また、領域大気モデルを用いた計算から、産業革命以降の温暖化が降水量を 1 割程度増加させ、集中降雪に寄与した可能性が示唆された。2018 年 2 月に福井で発生した集中降雪の事例では、領域大気モデルの計算により、東シベリアに停滞したブロッキングが大陸からの寒気の流出を強化し、JPCZ の発生を促していたことが分かった。長期再解析データの解析からは、日本海周辺の気圧配置が西高東低となる割合と冬季降雪量との間に正の相関があることが分かった。また、日本周辺の爆弾低気圧の活動が 12 月において近年活発化する傾向がみられ、その活発化に低気圧の発達率の増加と発生頻度の増加が寄与している領域があることが分かった。

A. 研究目的

近年、2 日間で降雪量が 2 m に達するような集中降雪が頻発している。このような集中降雪によって発生する交通障害が数日～1 週間の長期に及ぶことで、緊急時の広域避難が著しく困難になる可能性がある。地球温暖化の進行に伴い 21 世紀末には本州山沿いのドカ雪増加が指摘されており、その走りとして海岸平野部の集中降雪が頻発している可能性がある。本研究では、海岸平野部の集中降雪の発現メカニズムを明らかにすることを目的として、近年の集中降雪事例についてデータ解析及び数値実験を実施する。集中降雪の雪雲をもたらす日本海寒帯気団収束帯 (JPCZ) に加

え、日本周辺で発現する低気圧にも着目する。また、大雪発現の別の主要因である上空寒気や日本海の海面水温上昇の集中降雪への影響についても調査する。そうして、適切な道路除雪・避難計画に向けた基礎資料を提出することを目指す。

B. 研究方法

地球温暖化進行後 (主に 2005/06 年冬季以降) の集中降雪事例を抽出する。海岸平野部の長岡市、柏崎市、福井市など都市部を中心とした集中降雪事例を取り上げる。2011/12 冬季以降は準リアルタイム積雪分布監視システムによる取得データも活用する。発生した交通障害の実態を調査し、

降雪分布の時空間特性との関係を明らかにする。

寒冷渦マップ（指標）を用いて集中降雪をもたらした事例の上空寒気動態を解析する。大気大循環場・総観場及びメソ気象場の解析を通じて、集中降雪をもたらした雪雲の動態を確認する。メソ大気場と大循環場を繋ぐメカニズムを全球再解析と領域メソ再解析を使って調査する。メソ気象モデルを用いた再現実験を実施し、集中降雪をもたらす雪雲の発現過程のプロセスを明らかにする。また、集中降雪に関わる地球温暖化の影響を分析する。さらに、気象庁 55 年長期再解析（JRA-55）データからダウンスケーリングしたデータを用いて、顕著現象の発現特性を評価する。

C. 研究結果

2022 年 12 月 19 日から 20 日にかけて、新潟県の中越・下越一帯や福島県会津で記録的な大雪となった。長岡市、柏崎市、新潟市など海岸平野部では 2 日間の降雪量が 70~100 cm に達した。この集中降雪により、新潟県を含む北陸地方を中心に合計 17 件の車両滞留（立ち往生）が発生した。中でも柏崎市と長岡市の周辺で発生が集中しており（10 件）、柏崎市の国道 8 号線で 12 月 19 日に発生した立ち往生では 805 台の車両が 38 時間もの時間にわたって滞留を余儀なくされた。

このときの大雪は JPCZ に伴う雪雲によりもたらされた。地上天気図をみると西高東低の冬型の気圧配置が緩んでいるが、上空では寒気を伴った低気圧（寒冷渦）が日本を広く覆っており、里雪をもたらしやすい条件が整っていた。寒冷渦指標を用いて追跡した結果、19 日に日本上空にあった寒冷渦を 12 日ころまで遡ることができた。また、17 日から 8 日まで遡れる先行する寒冷渦、さらにその前には 13 日から遡れる寒冷渦があり、寒冷渦の世代交代を通じて強い寒気を日本上空にもたらす様子が確認された。これらの寒冷渦はユーラシア大陸北部の北極海沿岸付近で発生しており、これは冬季の日本に到来する寒冷渦の特徴と一致したものであった。

この集中降雪事例を 2 km 格子の領域大気モデル NHM（気象庁非静力学モデル）により再現した。NHM の計算結果はやや南寄りの降雪帯を示したものの、新潟付近の降雪分布をよく再現していた。計算条件として用いる境界値から産業革命以降

の気温や海面水温の変化分を差し引いて同様の計算（擬似非温暖化実験）を行い、計算結果を比較したところ、降水量は産業革命以前の条件に比べて温暖化した現在の条件の方が 1 割程度多くなった。降雪量は海上や富山や石川の沿岸部で減少したが、新潟県から福島県、山形県の大雪が降った地域では増加した。温暖化による降雪量増加を示唆する結果であった。

2018 年 2 月に福井市を中心とする地域で JPCZ の雪雲に伴う集中降雪が発生した。このとき東シベリアにブロッキング高気圧が停滞していた。Fukui et al. (2018) の領域再解析システムを使って、同化を行わない力学的ダウンスケールによる再現実験を行った結果、JPCZ や福井市の大雪について再現性の高い計算結果が得られた。ダウンスケールの外部境界に存在するブロッキングを除去した実験（消ブロッキング実験）では JPCZ が発生せず、福井での降雪量が大幅に減少する結果となった。ブロッキングが大陸からの寒気流出を強化し、JPCZ の発生や福井での降雪に大きく寄与していたことがわかった。

気象庁長期再解析データ JRA-55 を用いて、日本付近の冬季の大気場の特徴を調べた結果、日本海付近で西高東低の冬型の気圧配置になる割合が高い年に冬季の降雪量が多いという関係がみられた。また、12 月の爆弾低気圧の活動が太平洋側で活発化する傾向がみられた。爆弾低気圧に伴う強風の影響も北日本と本州・四国南岸で増加する傾向がみられた。この爆弾低気圧に伴う地上風の長期変化の内訳を調べた結果、北海道と四国では爆弾低気圧の発達率強化に伴って地上風が強まり、本州南岸では爆弾低気圧の通過頻度の増加に伴って強風頻度が増加したことが分かった。

D. 考察

寒冷渦は発生から 1 週間程度で最盛期を迎える特性があり、集中降雪や JPCZ に比べて現象の時間スケールが長い。寒冷渦指標を用いて寒冷渦の動向を注視することにより、大雪などの顕著現象の予測リードタイム向上が期待される。

領域大気モデルによる数値実験から温暖化の影響により降水量が増加する結果が得られた。降水量の増加が降雨量の増加となるのか、降雪量の増加となるのかは、平均気温 0 度の等値線とほぼ

対応していた。今回の実験では 12 月の事例において温暖化の影響を調べたが、より寒い時期の事例においては、温暖化による海岸平野部の降雪量の増加がより顕著に表れる可能性が考えられる。

E. 結論

2022 年 12 月の JPCZ に伴う集中降雪により、柏崎市、長岡市の周囲を中心として車両滞留が多発した。このとき上空に寒冷渦が存在し、積乱雲の活動の活性化に寄与したものと考えられた。寒冷渦はユーラシア大陸北部の北極海沿岸付近で発生しており、寒冷渦の動向を注視することで集中降雪の発現に関する予測のリードタイムを伸ばせる可能性が示唆された。この集中降雪事例に関する領域大気モデルを用いた数値実験により、産業革命以降の温暖化が降水量を増加させ、降雪量の増加に寄与したことが示唆された。

2018 年 2 月の JPCZ に伴う集中降雪(福井豪雪)では、東シベリアのブロッキング高気圧が大陸からの寒気流出を強化し、JPCZ の発生に寄与したという結果が領域大気モデルによる数値実験を通して得られた。

長期再解析データを用いた解析から、日本海周辺の気圧配置が西高東低となる割合と冬季降雪量の年々変動の間に正の相関がみられた。また、12 月の爆弾低気圧の活動が活発化する傾向がみられ、その内訳として発達率の強化と通過頻度の増加が寄与している領域がそれぞれ確認された。

本研究により複数の現象が集中降雪にかかわっていることが明らかとなった。今後は、これらの現象をつなげてゆく研究を進めるとともに、集中降雪発現予測のリードタイムの向上、および、適切な道路除雪・避難計画に寄与する基礎資料の提出を目指す。

F. 研究発表

1. 論文発表

Tachibana, Y., M. Honda, H. Nishikawa, H. Kawase, H. Yamanaka, D. Hata, and Y. Kashino, 2022: Japan Sea polar air mass convergence zone in the form of atmospheric rivers revealed by hourly radiosonde launches from a ship. *Sci. Rep.*, **12**, 21674, doi.org/10.1038/s41598-022-23371-x.

Kawase et al.: Historical regional climate

changes in Japan assessed from a long-term 5 km dynamical downscaling of JRA-55. PEPS. (in revision)

Kawase et al.: Impacts of historical atmospheric and ocean warming on heavy snowfall in December 2020 in Japan. *JGR-Atmosphere*. (in press)

2. 学会発表

Honda, M., Kasuga, S., J. Ukita, S. Yamane, H. Kawase, and A. Yamazaki: A new proposed scheme for seamless detection of cutoff lows and preexisting troughs. Seventh International Symposium on Arctic Research (ISAR-7), Tachikawa, Japan, March, 2023.

本田明治: 冬季日本海側地域に大雪をもたらすさまざまな雪雲と海の役割, 日本海洋学会 2022 年度秋季大会, 名古屋, 2022 年 9 月。(招待講演)

本田明治: 近年の日本の大雪にかかわる冬季北半球大気循環場の特徴, 雪氷研究大会 (2022・札幌), 札幌, 2022 年 10 月。

本田明治, 高橋加奈, 川瀬宏明: 本州日本海側の大雪に関わる日本海寒帯気団収束帯と北海道西岸小低気圧, 日本気象学会 2022 年度秋季大会, 札幌, 2022 年 10 月。

川瀬宏明, 本田明治: 日本海寒帯気団収束帯と北海道西岸小低気圧に影響を受けた新潟市周辺の大雪の再現実験と SST 感度実験, 日本気象学会 2022 年度秋季大会, 札幌, 2022 年 10 月。

川瀬宏明, 本田明治: JPCZ 周辺で発生する大雪の気温・SST 感度実験, 中緯度大気海洋相互作用の観測・解析に関する研究集会, 津, 2022 年 9 月。

川瀬宏明, 福井真, 渡邊俊一, 大友啓嗣, 野坂真也, 村田昭彦, 仲江川敏之, 村崎万代: 非静力学地域気候モデルを用いた JRA-55 からの 5km 長期ダウンスケーリング実験, 日本気象学会 2022 年度春季大会, オンライン, 2022 年 5 月。

山崎哲, 福井真: 日本海寒帯気団収束帯(JPCZ)のアンサンブルダウンスケール実験—2018年2月の福井豪雪事例—, 雪氷研究大会 (2022・札幌), 札幌, 2022 年 10 月。

山崎哲, 福井真: 2018 年 2 月の福井豪雪をもたらした JPCZ へのブロッキングの影響, 日本気象学会 2022 年度秋季大会, 札幌, 2022 年 10 月。