九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

Interdecadal explosive cyclone activity associated with winter storm events in Hokkaido, the northernmost island of Japan

築地原, 匠

https://hdl.handle.net/2324/4784415

出版情報：Kyushu University, 2021, 博士（理学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：Public access to the fulltext file is restricted for unavoidable reason (3)

（様式６－２）

氏　　名	築地原　匠
論　文　名	Interdecadal explosive cyclone activity associated with winter storm events in Hokkaido, the northernmost island of Japan （北海道地方の冬の嵐イベントに関連する数十年規模の爆弾低気圧活動）
論文調査委員	主　査　　九州大学　　教授　　川村 隆一 副　査　　九州大学　　教授　　廣岡 俊彦 副　査　　九州大学　　准教授　　望月　崇

論　文　審　査　の　結　果　の　要　旨

日本に突風・暴風波浪・高潮や局地的豪雨等の気象・海象災害をもたらす総観規模擾乱は台風と爆弾低気圧が双璧をなしている。爆弾低気圧は世界気象機関の定義では、中心気圧が 24 時間で 24hPa 以上低下するような急発達する温帯低気圧である。爆弾低気圧は日本海沿岸や北海道・東北の太平洋沿岸の高波被害や局地的大雪発生要因として非常に重要な擾乱であり，また海難事故（船舶の座礁や転覆など）の原因ともなっている。その暴風圏は台風をも凌ぐ事例が数多い。近年の衛星観測の充実やスーパーコンピュータ演算性能の向上、そして数値計算技術・気象モデルの高度化に伴い、爆弾低気圧の中心近傍のメソスケール構造や急発達の力学・熱力学的プロセスの更なる理解、黒潮・メキシコ湾流域の大気海洋相互作用の役割等が明らかになりつつある。一方で、日本付近の爆弾低気圧活動がどのように長期的に変動しているのか、地球温暖化が進行する将来気候において、爆弾低気圧活動はどのように変調するのかについての研究は未だ発展途上にある。冬季日本の大雪や暴風雪等による甚大な被害の発生頻度が将来的にどのように推移していくのかという問題とも密接に関連しているため、その長期変動のメカニズム解明が社会的にも要請されている。近年北海道地方では暴風雪の頻発が続いており、爆弾低気圧活動との関連性が示唆されていたが、その明快な答えはこれまで皆無であった。上述の問題を明らかにするために、本研究では地上観測データ、大気再解析データを用いて極端現象の力学プロセスを解明し、さらに大規模アンサンブルシミュレーションのデータによる検証ならびに地球温暖化の影響評価に取り組んだ。具体的な研究成果は以下にあげられる。

気象庁長期再解析データである JRA-55 を用いて北半球冬季 1979/80 年から 2016/17 年までの期間における日本周辺で急発達した温帯低気圧（爆弾低気圧）の活動を調査した。現場観測と再解析データから、今世紀に入って北海道地方で暴風と強い降水の頻度が急増（暴風雪が頻発）しており、その主要因は南岸低気圧が北進して北海道地方に接近する数が近年増加していることによるものである。低気圧の経路と急発達を支配している要因を明らかにするために、南岸低気圧を北進タイプ（N-type）と東進タイプ（E-type）に分類してそれぞれ合成図解析を行った。N-type に関して言えば、ユーラシア大陸上の寒帯前線ジェットと亜熱帯ジェットに沿って流線関数偏差場に波列パターンが卓越しており、 それによって下流側に位置する低気圧の西方（東方）で上層トラフ（リッジ）が形成されている。N-type の急発達に伴う上層発散はロスビー波ソースとして下流方向に波束を励起することで、 低気圧東方の上層リッジをさらに強化する。順圧的構造をもつ、その高気圧偏差は障壁となって低気圧経路の北偏を促すことができる。さらに、N-type とその東に位置する高気圧偏

差の複合によって、低緯度から低気圧システム内部への水蒸気流入が促進されており、 低気圧中心近傍の水蒸気フラックス収束の強化に寄与している。実際、中心近傍の非断熱加熱は E-type より N-type の方が大きくなっている。このように、なぜ発達して北進する南岸低気圧が増加したのかという問いに対して合理的な力学プロセスを提示することに成功した。

また、1998/99 年頃に起こった熱帯大気海洋結合系のレジームシフトに関連して亜熱帯ジェットに沿う準定常ロスビー波の波束伝播が顕在化しており、 そのレジームシフトが N-type（北進して北海道地方に接近する南岸低気圧）の発生数の近年の増加をもたらしている可能性を初めて指摘した。その仮説を検証すべく、100 メンバーの大規模アンサンブルシミュレーションのハインドキャスト実験データを用いて、より詳細に調査した。まずは N-type の合成図を参考に、亜熱帯ジェットに沿う波列構造を指標化し、上位 10%の明瞭な波列パターン（NI10%）に着目した。NI10%の頻度は 1998/99 年以降で増加しており、また NI10%に関する合成解析は近年におけるベンガル湾付近の熱帯降水量偏差の増加も示していた。ベンガル湾付近の熱帯降水量、NI10%頻度、N-type 頻度の 3 つのアンサンブル平均の経年変動は、互いに高い相関関係を示し、1998/99 年以降の増加傾向も確認された。これらの結果は、熱帯気候のレジームシフトに伴うフィリピン付近の海面水温の上昇が、ベンガル湾付近の熱帯降水を増加させることで亜熱帯ジェットに沿う準定常ロスビー波の波束伝播を活発化させ、N-type 頻度の増加に寄与するというメカニズムを強く支持している。さらにこれらの特徴は非温暖化実験でも同様に再現されている事から、過去の地球温暖化の影響は小さく、気候システムの自然変動により引き起こされた数十年規模変動であることも明らかになった。

一連の研究成果は爆弾低気圧活動の長期変動に重要な示唆を与えるものである。北海道地方の暴風雪発生頻度の観点から、観測・再解析・大規模アンサンブルシミュレーションのデータを用いて日本付近の複雑な爆弾低気圧活動（特に南岸低気圧）の有意な変調を見出し、その変調メカニズムを提案し仮説を検証した本研究は，総観気象学の主要課題の一つである温帯低気圧の発生・発達とその活動度に新たな知見を与える学術的価値の高い業績であるのみならず、日本で発生する爆弾低気圧起源の暴風・異常波浪等の気象・海象災害の減災・防災研究や爆弾低気圧活動の長期変化に関する近未来予測の研究の発展にも大きく資するものである。

よって、本研究者は博士（理学）の学位を受ける資格があるものと認める。