

PRESS RELEASE (2023/05/11)

今世紀末の日本海寒帯気団収束帯(JPCZ)の将来変化を初めて予測

～JPCZ に伴う日本海側の降水量変化が明らかに～

ポイント

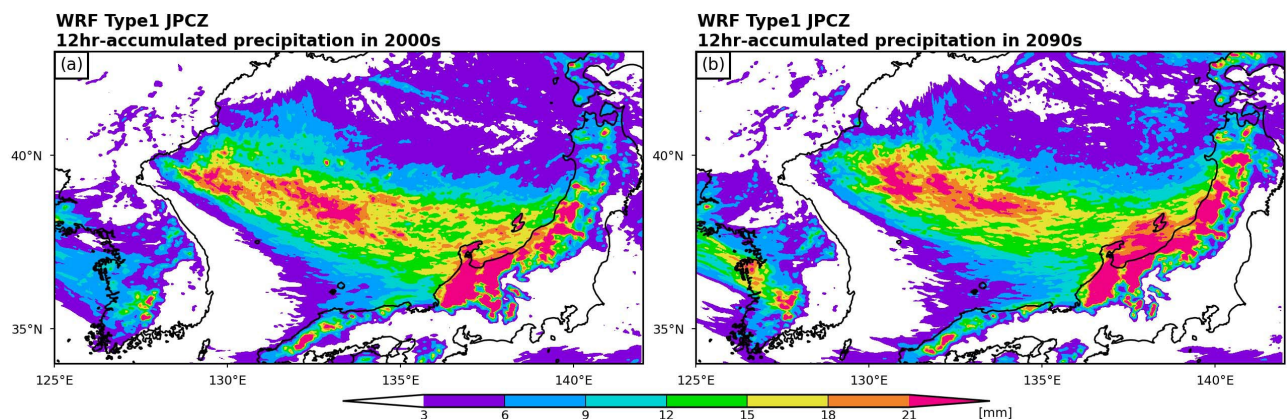
- ① 地球温暖化が進行しているにもかかわらず、局地的豪雪による深刻な被害が近年も頻繁に発生しています。減災・防災の観点から局地的豪雪の将来変化の予測が求められています。
- ② 本研究で、局地的豪雪をもたらす日本海寒帯気団収束帯 (JPCZ) が今世紀末にはどのように変化し、日本海沿岸地域の降水分布にどのような変化をもたらすのかを初めて予測すると共に、その変化の要因を明らかにしました。
- ③ 要因解明は、日本海沿岸地域における大雪発生頻度や山岳域の水資源の将来予測の不確実性を低減していく事にも繋がります。

概要

日本海寒帯気団収束帯 (JPCZ) が関係する局地的豪雪による被害が近年頻発しています。地球温暖化が進行していくと、JPCZ の変化に伴って日本海沿岸地域の冬季降水がどうなるのかよくわかっていませんでした。本研究で、九州大学大学院理学研究院の川野哲也助教、川村隆一教授、理学府修士課程 2 年の安清莉奈大学院生 (研究当時) らの研究グループは、温室効果気体の最大排出量シナリオで今世紀末の気候を予測した全球気候モデルの結果に基づき、領域気象モデルによる力学的ダウンスケーリング実験から JPCZ の変化傾向を調査したところ、JPCZ は北偏し、関連して本州中部山岳域の冬季降水量 (降雪量と降雨量の和) は減少するものの、東北地方では日本海側を中心に降水量の顕著な増加が生じる可能性が高いことを初めて明らかにしました。

JPCZ はメソスケールの現象のため、全球気候モデルの空間解像度では十分に再現できません。そこで、全球気候モデルで予測された将来気候を背景場にして領域気象モデルによる高解像度数値シミュレーションを実施することで、JPCZ 自体の将来変化を見出すことに成功しました。局地的豪雪の発生に JPCZ が関与している事例が多いため、これらの知見は日本海沿岸地域における大雪発生頻度や山岳域の水資源の将来予測の信頼性の向上に資することが期待されます。また JPCZ とそれに伴う降水分布の将来予測の信頼性を更に高めるためには、日本海の高解像度の将来予測の影響を詳しく調べていく必要があります。

本研究成果は、2023 年 5 月 10 日に国際学術誌「Scientific Online Letters on the Atmosphere」にオンライン掲載 (早期公開) されました。また本研究は JSPS 科研費補助金 (JP19H05696、JP20H00289) の助成を受けました。



【上図】(a)現在気候における JPCZ 出現時の降水量分布。JPCZ ピーク時の 12 時間積算降水量で示す。(b) 図(a)と同様、ただし今世紀末 (2090 年代)。

【研究の背景と経緯】

本州日本海沿岸地域は世界に類のない豪雪地帯であり、これまで多くの雪氷災害が発生してきました。気象庁が命名する程の豪雪被害は「平成 18 年豪雪」以降発生していませんが、最近においても 2021 年 1 月上旬に北陸地方中心に局地的豪雪が発生するなど、地球温暖化が進行しているにもかかわらず、地域によっては局地的豪雪が頻発する傾向がみられています。地域の社会生活に深刻な影響を与える、ライフライン・交通障害を含む豪雪被害を軽減するための降雪量の短期予測の精度向上が求められる一方、局地的豪雪の発生頻度が将来どのように変化していくのかという長期的予測も非常に重要な研究課題となっています。研究の推進によって減災・防災の観点からの貢献のみならず、将来の水資源確保の観点からも、山岳域の水資源の将来予測の不確実性を低減していく事にも繋がります。

局地的豪雪発生の背景にある現象として、日本海寒帯気団収束帯（Japan Sea polar airmass convergence zone; 略して JPCZ¹⁾）の存在が知られています。JPCZ は冬季日本海特有のメソスケール²⁾現象で、北西季節風の下流側に位置する北陸地方中心にしばしば深刻な豪雪被害をもたらします。また JPCZ 形成の主要因として朝鮮半島の北に位置する長白山系の障壁効果（blocking effect）が指摘されています（Nagata et al., 1986 ほか）。温暖化の進行に伴う日本海側の冬季降水量分布の将来変化の先行研究はありますが、JPCZ との関連が示唆されているものの、JPCZ 自体の将来変化については未解明のままでした。JPCZ が局地的豪雪に関与している観測事例が多々あることを考慮すると、将来気候において JPCZ がどのように変化し、関連して日本海沿岸地域の降水分布にどのような変化をもたらすのかを明らかにすることは、上述の観点からも必要かつ喫緊の課題です。

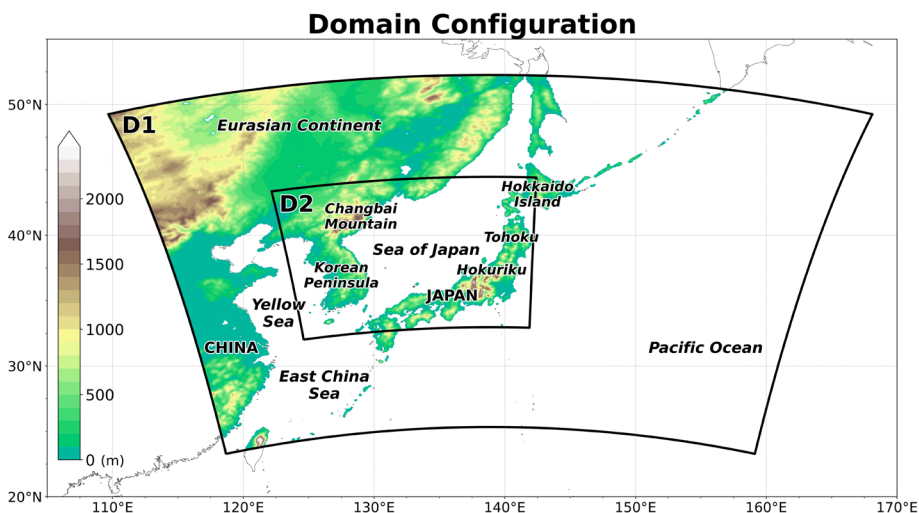


図1
領域気象モデルの地理的範囲。カラーの陰影は標高を示す。領域 D1（水平解像度 10km）で数値シミュレーションを実施し、さらに JPCZ を解像するために、領域 D2（水平解像度 3.33km）で高解像度数値シミュレーションを実施。

【研究の内容と成果】

そこで本研究では、温室効果気体の最大排出量シナリオで今世紀末の気候を予測した全球気候モデル（MIROC6）の結果に基づき、領域気象モデルによる力学的ダウンスケーリング実験から JPCZ の変化傾向を調査しました。JPCZ を精度よく再現するために、ダウンスケーリング実験での日本海周辺地域の水平解像度は 3.33km としました（図 1）。温室効果気体の最大排出量シナリオは SSP5-8.5 と呼ばれるもので、化石燃料依存型の発展を続けて排出抑制等の気候政策を行わない最悪のシナリオです。比較にあたっては、将来気候（今世紀末の 2090 年代）と現在気候（2000 年代）の各 10 年間について JPCZ の抽出を行い、その動態を解析しました。また JPCZ の抽出には、下層収束場と北西季節風の強度を指標とした Shinoda et al. (2021)の客観的手法を用いました。主な結果は以下の通りです。

(i) 現在気候と将来気候における JPCZ の発生頻度に大きな変化はありませんでしたが、将来気候では JPCZ の地理的位置が北偏することが見出されました。JPCZ の北偏によって本州日本海側の降水量（降

雪量と降雨量の和)の分布も変化し、具体的には、本州中部山岳域の冬季降水量は減少するものの、東北地方では日本海側を中心に降水量の顕著な増加が生じる可能性が高いことが明らかになりました(1ページ目参考図参照)。

(ii) 冬季降水量を降雪量と降雨量に分けて比較すると、温暖化による気温上昇の影響を強く受けて、降雨量の変化に関しては、日本海中部と東北地方の日本海側で増加する一方、降雪量の変化では、北陸地方から中部山岳域で減少傾向が顕著でした。ただし、東北地方の山岳域や本州中部山岳の一部ではむしろ増加傾向になることがわかりました(図2)。

(iii) 全球気候モデルの温暖化予測では中緯度ジェット気流の北偏が予測されており(図3a)、その背景場の変化に伴い、日本海北部でメソスケールの低気圧性擾乱(じょうらん)の活発化が生じていることが領域気象モデルによるダウンスケーリング実験で初めて見出されました(図3b)。この擾乱活動に伴う低気圧性循環が JPCZ の北偏の主因であることが示唆されました。

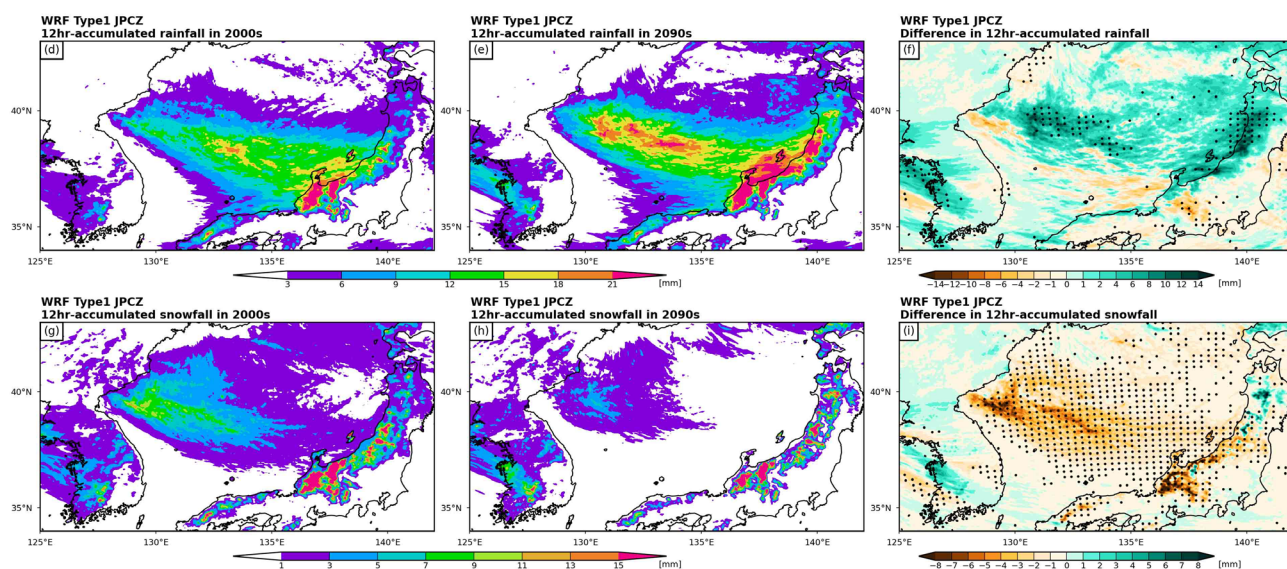


図2：(上段) 現在気候と将来気候の JPCZ 出現時の降雨量分布と両者の差(将来気候－現在気候)。(下段) 上段と同様、ただし降雪量分布。小さな黒い点は有意水準 5%を満たす領域である。

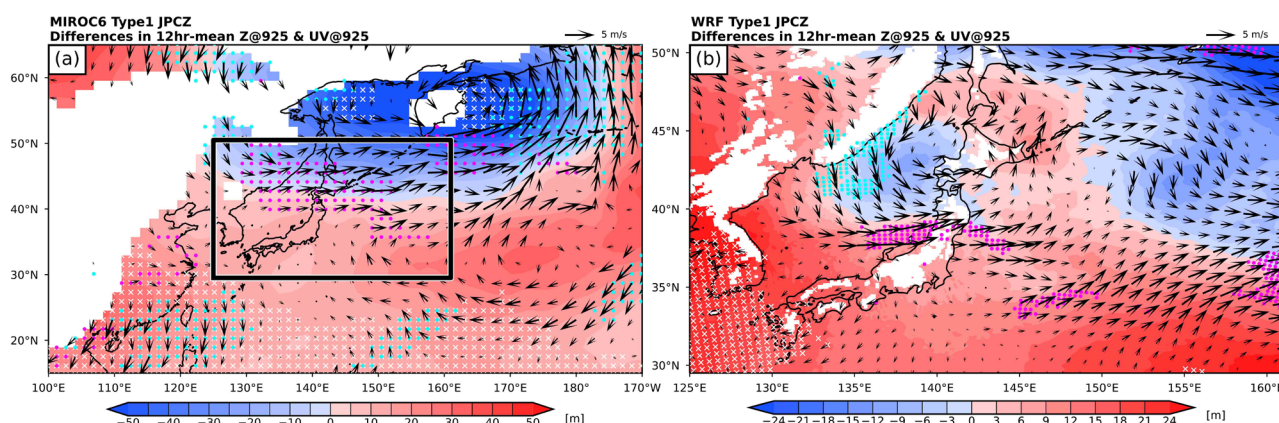


図3：(a) 全球気候モデルで再現された 925hPa 面のジオポテンシャル高度および水平風速の分布。JPCZ 出現時における現在気候と将来気候の差(後者－前者)で表す。暖色系は気圧上昇、寒色系は気圧低下を意味する。(b) 図(a)と同様、ただし領域気象モデルの再現結果(図(a)内の黒枠の領域に対応)。図中の小さな点は有意水準 5%を満たす領域である。

【今後の展開】

本研究で得られた知見は、JPCZ と呼ばれる現象の包括的理解に寄与するのみならず、日本海沿岸地域における大雪発生頻度や山岳域の水資源の将来予測の信頼性の向上に資することが期待されます。一方、今回の力学的ダウンスケール実験に用いた日本海の海面水温データは全球気候モデルの将来予測実験結果に基づくもので、JPCZ 形成の一要因として指摘されている亜寒帯フロント（日本海の海洋前線）を十分に解像できていません。したがって、JPCZ とそれに伴う降水分布の将来予測の信頼性を更に高めるためには、日本海の海面水温の高解像度の将来予測の影響を詳しく調べていく必要があります。

また、前述したように、地球温暖化が進行しているにもかかわらず、今世紀に入って地域によっては局地的豪雪が頻発する傾向がみられています。当然ながら、JPCZ が活発化している可能性があります。このような十年～数十年規模の長期変化は気候システムの自然変動（揺らぎ）の影響を強く受けるため、地球温暖化の影響と区別する必要があります。その意味で、日本海沿岸地域における冬季降水量の年々変動が今後どのように推移して、どのように個々の局地的豪雪の発生に JPCZ が実質的に関与しているのか注視していく必要があります。

【用語解説】

注1) JPCZ

空間スケールは全く異なるが熱帯収束帯（ITCZ）という用語を参考にして、日本海寒帯気団収束帯（Japan Sea polar airmass convergence zone; 略して JPCZ）と呼ぶようになった（浅井、1988）。JPCZ の形成要因として、先ず朝鮮半島の北に位置する長白山系の障壁効果が挙げられるが、朝鮮半島周辺の海岸線の形状に伴う海陸間の温度差や日本海の海洋前線である亜寒帯フロントの寄与も指摘されている。

注2) メソスケール

地上天気図に見られる高気圧や温帯低気圧の空間スケール（総観スケール）より小さい、20～200km 程度を中心とした水平スケールを指す。メソスケールはさらに細分化されているが、研究者によって定義が異なる場合がある。

【謝辞】

本研究は JSPS 科研費補助金（JP19H05696、JP20H00289）の助成を受けて行われました。

【論文情報】

掲載誌：Scientific Online Letters on the Atmosphere

タイトル：A projection of future JPCZs by WRF dynamical downscaling simulations based on MIROC6 ScenarioMIP ssp585

著者名：Tetsuya Kawano, Rina Yasukiyo, Ryuichi Kawamura, and Takashi Mochizuki

D O I : 10.2151/sola.2023-014

【お問合せ先】

<研究に関すること>

九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門 助教 川野 哲也（かわの てつや）

TEL：092-802-4232

Mail：kawano.tetsuya.942@m.kyushu-u.ac.jp

九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門 教授 川村 隆一（かわむら りゅういち）

TEL：092-802-4233

Mail：kawamura.ryuichi.130@m.kyushu-u.ac.jp

<報道に関すること>

九州大学広報課

TEL：092-802-2130 FAX：092-802-2139

Mail：koho@jimu.kyushu-u.ac.jp