

北極温暖化の遠隔影響により梅雨期の降水量が増加することを発見

～豪雨災害の予測にむけて新たなメカニズムを提唱～

ポイント

- ・2020年夏に発生したシベリアの熱波と梅雨前線活動に伴う降水量の関係を多角的に調査。
- ・北極温暖化は高緯度の熱波だけでなく中緯度の豪雨の要因となりうることを解明。
- ・ブロッキング高気圧の発達状況を評価することで、数日後の豪雨の予測精度を高める手法を開発。

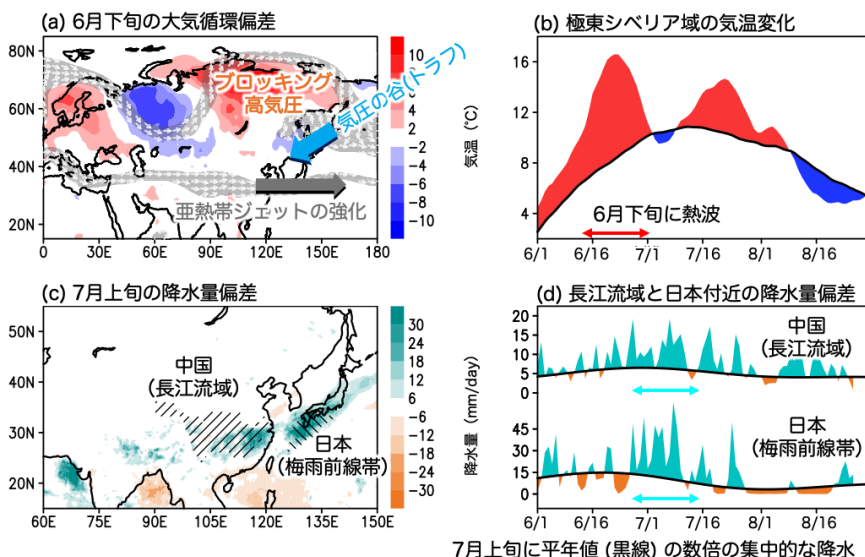
概要

北海道大学大学院地球環境科学研究院の中村 哲博士研究員、佐藤友徳准教授の研究グループは、気候モデル実験や気象庁の予報データの分析による多角的な調査を行い、令和2年7月豪雨（2020年7月）の原因の一つとして北極温暖化の影響があることを発見しました。

2020年夏は6月下旬にシベリアで記録的な熱波が観測され、その直後の7月上旬には中国の長江流域や日本の九州を中心とした地域で記録的な大雨が起り、大きな被害が出ました。本研究では、シベリアで熱波を引き起こしたブロッキング高気圧に着目し、その発達度合いが大きいほど梅雨前線の降水量が強まることを発見しました。気象庁の全球アンサンブル予報データを分析し、ブロッキング高気圧の予測が現実的になるように補正することで、当初の予測では過小評価していた豪雨時の降水量が最大で20%増加し、予測精度が向上しました。さらに、北極温暖化が進行することを仮定した気候予測シミュレーションを行ったところ、シベリアでのブロッキング高気圧の発生頻度が増加し、東アジアの夏の降水量も増加することがわかりました。

北極温暖化は雪氷や永久凍土の融解など北極圏に多大な影響を及ぼすことが知られていますが、これに加えて、大気循環を介した遠隔影響の結果、日本周辺の豪雨災害とも関連することがわかりました。本研究の成果は、これまであまり着目されていなかった北極域から中緯度地域への遠隔影響の一端を明らかにしたことに加え、その影響を気象予報技術に応用することで、豪雨災害の予測精度向上に寄与することが期待されます。

なお、本研究成果は2022年2月3日（木）公開の *Environmental Research* 誌にオンライン先行公開されました。



2020年夏のシベリア熱波と東アジアの豪雨の概略図。北極温暖化により強化されたブロッキング高気圧が熱波をもたらし、大気循環による遠隔影響として中国と日本の豪雨時の降水量を増加させた。

【背景】

2020年6月下旬から7月上旬にかけて、特筆すべき2つの異常気象がほぼ同時期に観測されました(p1.図)。一つはシベリアの熱波*¹で、極寒の地として知られるベルホヤンスクで38°Cに達する高温を記録しました。もう一つは中国の長江流域や、日本の九州を中心に起こった豪雨です。日本では「令和2年7月豪雨」と名称が定められ、社会経済や人命に多大な被害がありました。梅雨前線帯の降水量は近年顕著な増加傾向を示しています(図1)。地球温暖化の進行に伴い、大気中の水蒸気量が増加することで豪雨のような強い降水イベントが増加することはよく知られています。一方で近年観測されたような急激な降水量の増加は、地球規模の温暖化に加えて、世界平均の2倍のスピードで進行する北極の温暖化の影響を受けていることが示唆されます。夏の東アジアの豪雨に関してはいくつかの先行研究が熱帯域からの影響を論じてきましたが、北極からの影響はこれまでほとんど確かめられてきませんでした。

【研究手法】

本研究では、シベリアの熱波を引き起こしたブロッキング高気圧*²に着目し、経験的直交関数分析*³を用いて、ブロッキング高気圧の発達度合いを指数化しました。気象庁の全球アンサンブル予報データを分析することで、ブロッキング高気圧に伴う大気循環が豪雨に及ぼす影響を評価しました。これによって得られた評価関数を用いて、アンサンブル予報の予測修正手法を開発し、降水量の予報精度改善を試みました。また、北極だけが強く温暖化することを想定したシミュレーション実験を行い、北極温暖化がブロッキング高気圧及び夏季の降水量に及ぼす影響を評価しました。

【研究成果】

本研究グループの先行研究によって、夏の大気循環場はユーラシア大陸を西から東へと伝搬する大きな波構造と、温暖化に伴う大陸全体を覆う高気圧場が卓越することがわかっています。2020年6月下旬の大気循環場は、波構造が発達しており(p1.図 a)、これに温暖化に伴う高気圧場が加わることでブロッキング高気圧の発達・維持が強化され、記録的な熱波を引き起こしたことがわかりました。気象庁のアンサンブル予報システムにおいてもこのような大気循環場は予測できていました。7月上旬には中国の長江流域から日本にかけて分布する梅雨前線域で平年を大きく超える集中的な降水が観測されましたが、予報システムではこれらの降水を過小評価していました。アンサンブル予報システムはわずかに異なる初期値から開始した複数のシミュレーション(メンバーと呼ぶ)で構成されており、メンバー間の予測の差異(誤差共分散)を利用することで、ブロッキングの発達度と降水量の関係を評価しました。得られた評価関数を用いてアンサンブル予報システムで予測されたブロッキング高気圧を現実と一致するように補正を行なったところ、その後の予報において中国の長江流域と日本の梅雨前線帯の降水量が増加し、予報の改善が見られました。この増加量は観測された降水量偏差(平年値からのずれ)の20%ほどに相当し、当初過小評価していた降水量の予測が、ブロッキング高気圧の発達を考慮することで大幅に改善されたことがわかります。

次にブロッキング高気圧の発達が、北極の温暖化によるものかどうかを調査しました。全球気候モデルを用いたシミュレーション実験の結果から、北極温暖化が起こると、極東シベリア域に持続的な高気圧偏差が出現しやすくなり、東アジアの梅雨前線帯の降水量も増加することがわかりました(図2)。ブロッキング高気圧が発達すると、その南方に気圧の谷(トラフ)が固定され、ダブルジェット構造という特異な大気循環パターンが生じます(p1.図 a)。この構造は南側の亜熱帯ジェットを加速することで、梅雨前線帯への水蒸気流入を強め、降水量増加が起きると考えられます。過去の観測デ

ータを詳細に解析したところ、シミュレーションで見出された大気循環場の変化とよく類似した特徴を確認でき、既に北極温暖化の影響が中緯度の降水に及んでいることがわかりました（図3）。

【今後への期待】

北極域は現在地球温暖化の影響が最も顕著に現れている地域です。本研究では、北極温暖化に伴う大気循環場の変化が、シベリアでの熱波と東アジアの豪雨災害の一因となっていた可能性が高いことを示しました。研究では2020年夏の事例を詳細に分析しましたが、2021年夏の伊豆山土砂災害や8月の大雨の直前にも極東シベリアでブロッキング高気圧の発達が見られました。北極温暖化がこのような異常気象の増加に関係している可能性があり、今後の詳細な分析が切望されます。本研究で開発した予測修正手法は1週間以上先の気象予報の信頼性を向上できる可能性があり、防災・減災に役立つことが期待されます。

【謝辞】

本研究は、文部科学省北極域研究推進プロジェクト「ArCSII: Arctic Challenge for Sustainability II Project」(JPMXD1420318865)及び日本学術振興会科研費(JP18K03735, JP19H05668, JP19H05697)の支援を受け実施されました。

論文情報

論文名	A possible linkage of Eurasian heat wave and East Asian heavy rainfall in Relation to the Rapid Arctic warming (急速な北極温暖化に伴うユーラシア熱波と東アジア豪雨の連関)
著者名	中村 哲 ¹ , 佐藤友徳 ¹ (¹ 北海道大学大学院地球環境科学研究院)
雑誌名	Environmental Research
DOI	10.1016/j.envres.2022.112881
公表日	2022年2月3日(木)(オンライン公開)

お問い合わせ先

【研究に関すること】

北海道大学大学院地球環境科学研究院 博士研究員 中村 哲 (なかむらてつ)

T E L 011-706-2372 F A X 011-706-4867 メール nakamura.tetsu@ees.hokudai.ac.jp

U R L <http://wwwoa.ees.hokudai.ac.jp/people/nakamura.tetsu/index.html>

北海道大学大学院地球環境科学研究院 准教授 佐藤友徳 (さとうともりの)

T E L 011-706-2288 F A X 011-706-4867 メール t_sato@ees.hokudai.ac.jp

U R L http://wwwoa.ees.hokudai.ac.jp/people/t_sato/index-j.html

【北極域研究加速プロジェクトについて】

U R L <https://www.nipr.ac.jp/arcs2/>

配信元

北海道大学総務企画部広報課 (〒060-0808 札幌市北区北8条西5丁目)

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール jp-press@general.hokudai.ac.jp

【参考図】

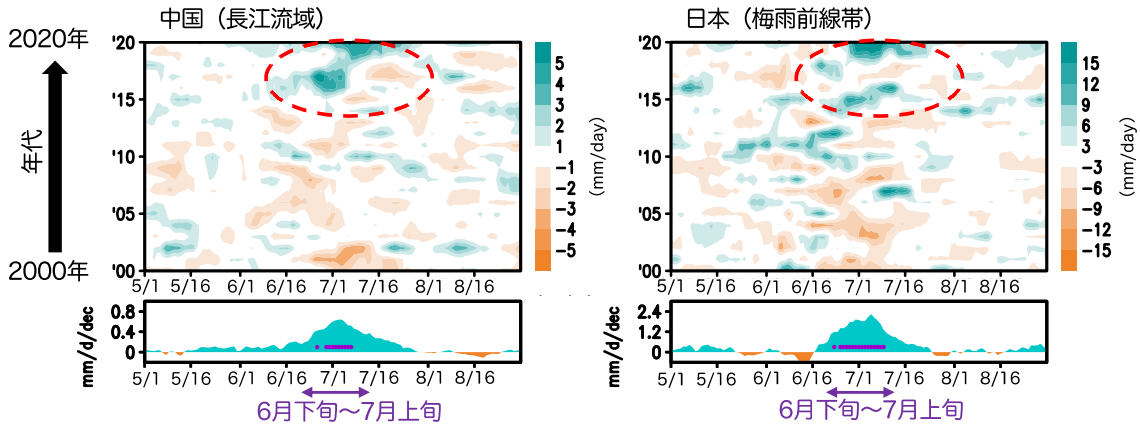


図 1. 中国と日本における夏季降水量偏差。それぞれの日付（横軸）における降水量が年代（縦軸）によってどのように変化したかを色で表す。青は平年よりも降水量が多く、オレンジは少ないことを表す。図の下部には降水量の10年あたりの増減を示し、紫線は増加が統計的に有意であることを表す。6月下旬から7月上旬にかけて顕著な降水量の増加傾向が見られる。

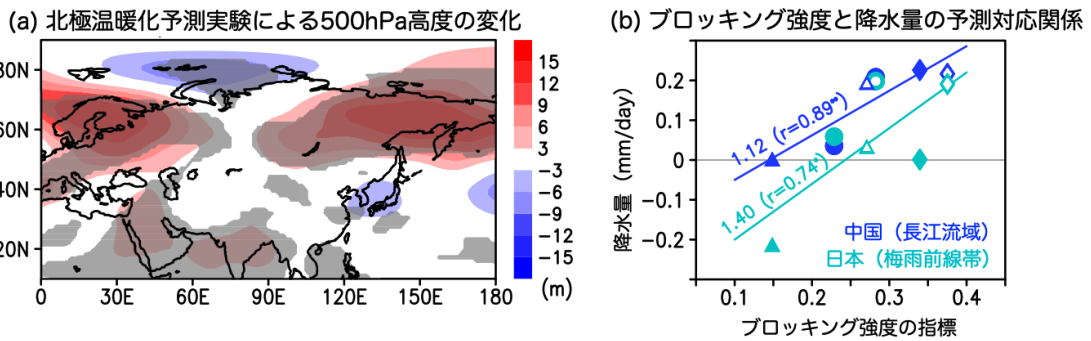


図 2. 北極温暖化予測実験の結果。(a)500hPa 気圧面高度の変化。灰色の影は予測の信頼度が高い領域を示す。(b)予測されたブロッキング強度の変化と降水量変化の対応関係。図中の数字は勾配（相関係数）を表す。北極温暖化により強いブロッキングが生じる予測ほど、降水量も増加する関係が見られる。

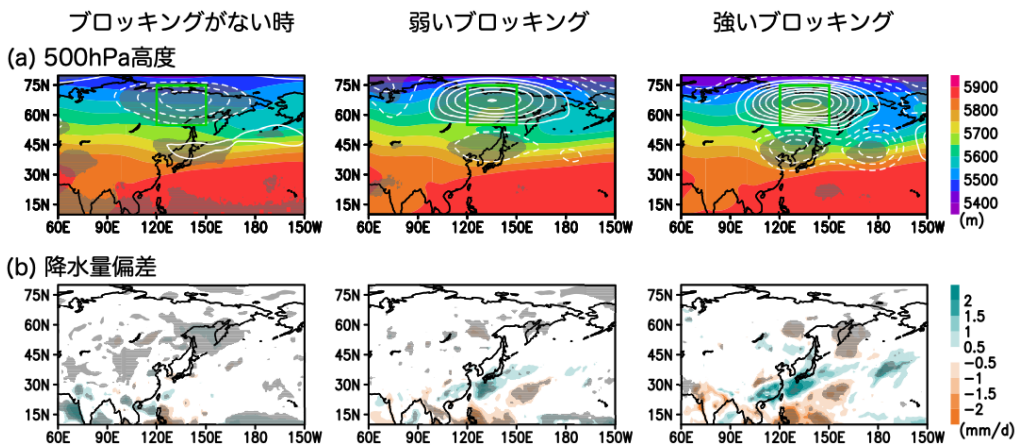


図 3. 観測（JRA55 再解析）データの統計処理から得られた(a)500hPa 気圧面高度と、(b)降水量偏差。6-7月にブロッキングがない時、弱いブロッキング、強いブロッキングのイベントを集めた合成図。灰色の影は統計的に有意であることを示す。

【用語解説】

- *1 熱波 … 平均的な気温に比べて著しく高温な状態が数日間継続すること。シベリアの熱波は近年増えており、永久凍土融解や森林火災などの要因となって、気候変動の影響を顕在化させている。
- *2 ブロッキング高気圧 … 偏西風が非常に大きく蛇行した時、北側に蛇行した場所で高気圧が発達し、停滞する現象。ブロッキング高気圧は数週間持続することもあり、熱波を引き起こしやすい。
- *3 経験的直行関数分析 … 統計解析で用いられる主成分分析を気象・気候分野の研究に適用したものの。様々な大気場の変化から、主要な変動パターンを抽出し、その変動の大きさを指数化することができる。

【関連する研究成果】

「北極域の積雪がユーラシア大陸の熱波を強めることを解明～雪氷圏のモニタリングによる夏の季節予報の改善を示唆～」2019年8月6日プレスリリース

URL <https://www.hokudai.ac.jp/news/2019/08/post-556.html>