

東北沖の海洋熱波が東北地方沿岸の冬季降水量に及ぼす影響

課題責任者

中村 尚 東京大学先端科学技術研究センター

著者

福田 紫都^{*1}, 西井 和晃^{*1}, 杉本 周作^{*2}

^{*1} 三重大学大学院生物資源学研究科, ^{*2} 東北大学大学院理学研究科

キーワード: 海洋熱波, 冬季降水量, 南岸低気圧

1. 序論

海洋熱波(MHW)は、海面水温(SST)が平年より顕著に高い状態が数日以上持続する現象である([1])。これまでMHWの影響として、生態系や漁業資源への影響が多く報告されてきた([2]など)。一方で、局所的な大気への影響や沿岸地域の気象との関係は十分に解明されていない。

東北沖では2022年秋以降、黒潮続流の北偏に伴って顕著なMHWが継続している。2024年1月には、8℃以上の正のSST偏差が観測され、全球で最も高い偏差となった(図1)。この異常な高水温は東北地方沿岸の気象に影響を及ぼす可能性がある。実際、2023年の北日本で歴代1位となった暑夏は、このMHWが要因であったことが指摘されている([3])。しかし冬季における影響は十分に検討されていない。

本研究では、2024年1月21日に岩手県大船渡市で1月における観測史上1位の日降水量(149mm)を記録した大雨事例に着目する。この日は南岸低気圧の通過に伴い、東北地方の太平洋側の各地で大雨がもたらされた。この南岸低気圧に伴う南東風がMHW上を通過して大量の水蒸気を陸上に輸送した可能性が高い。したがってこの大雨は低気圧の力学的な要因に加えて、MHWによる顕熱・潜熱フラックスの増加が降水を強化した事例であると考えられる。本研究では、この事例を対象に数値モデルを用いてMHWの冬季降水量への影響を明らかにすることを目的とする。

2. 手法

領域気象モデルWRF(Weather Research and Forecasting Model)のバージョン4.5.1([4])を用いて2種類の数値実験を行った。一つは観測されたSSTを用いた標準実験(CNTL)、もう一つはMHWが発生していた東北沖(北緯36°~42°、東経141°~147°)のSSTを気候値に置き換えた気候値実験(CLIM)である。

初期値および境界値には3時間間隔のNCEP FNL解析値、SSTデータにはOISSTを用いた。計算期間は2024年1月20日0時JSTから2024年1月23日0時JSTまでとした。

計算領域は図2に示すように、北緯37.5度、東経143度を中心とする189×180格子の領域であり、one-way ネスティングを適用した。水平解像度は親領域で10km、子領域で2kmである。なお、初期時刻を6時間前後にずらした実験や微物理のパラメタリゼーションを変更した実験

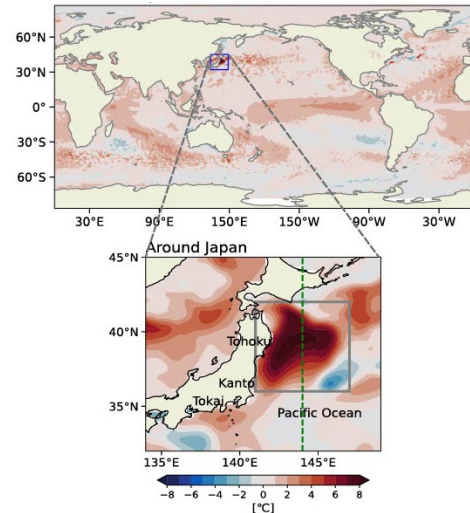


図1 2024年1月のSST偏差(℃). 下図は日本周辺の拡大図を示す。灰色の四角形は東北沖(36°~42°N, 141°~147°E)を示す。

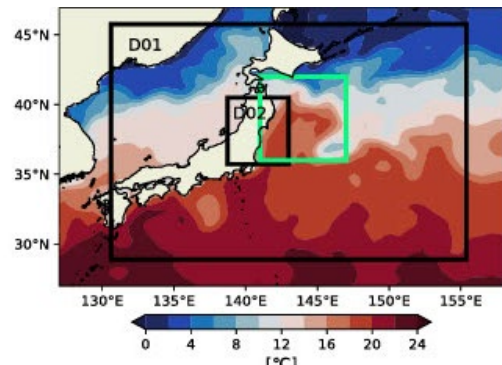


図2 2024年1月21日のSST(℃). 黒枠のD01およびD02はそれぞれ数値実験に用いた親領域と子領域を示す。

でも同様な結果が得られている。

3. 日降水量への影響

(CNTLとCLIMそれぞれの24時間降水量の分布を図3に示す。CNTLでは特に岩手県沿岸においてCLIMの約2倍に相当する強い降水が再現された。大船渡市周辺では観測結果と整合的に100mmを超える降水が見られた一方で、

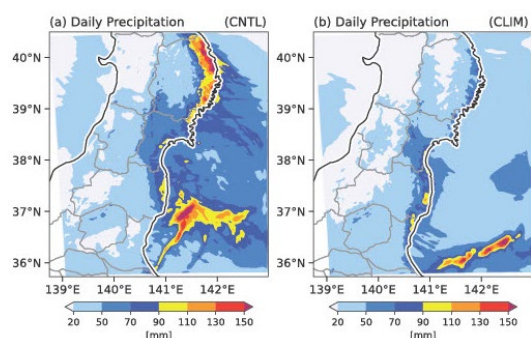


図3 2024年1月21日のD02領域における日降水量(mm). (a) CNTL, (b) CLIM.

CLIMでは同地域で50 mm程度にとどまった。この比較から、東北沖のMHWが東北地方沿岸の降水量を顕著に増加させたことが示唆される。

4. 大気への影響

上向き潜熱フラックスと顕熱フラックスの差(CNTL-CLIM)については、いずれもCNTLが顕著に大きな値を示した。特に潜熱フラックスではCNTLがCLIMより最大で 300W/m^2 高かった。これはMHW上で蒸発が強化されていたことを示す。さらに鉛直断面では、CNTLでは上空約800hPaまで比湿が高く、多量の水蒸気が含まれていたことが確認できる。また、相当温位の正の鉛直勾配をもつ安定層は、CNTLの方がCLIMよりも上層に位置していた。これによりCNTLでは混合層がより深く、静的安定度が低下していたことが分かった。

5. 水蒸気輸送への影響

図4aにCNTLとCLIMの鉛直積算水蒸気フラックス(WVF)の差を示す。CNTLでは東北沖でWVFが増加し、東北地方沿岸への水蒸気輸送が強化されていた。WVFの変化要因を風循環の変化(循環項)と水蒸気量の変化(水蒸気項)に分けて評価した結果、WVFの増加の主因は風循環であり、水蒸気項の寄与は小さかった(図4b, c)。

さらに、図4dに示すように、MHWの存在する領域でCNTLの海面気圧(SLP)がCLIMより4hPa以上低下していた。これに伴い低気圧性循環が生じ、水蒸気輸送が強化されたと考えられる。

6. まとめ

本研究では、東北沖における海洋熱波(MHW)が東北地方沿岸の冬季降水量に及ぼす影響を明らかにするため、WRFを用いた数値実験を行った。2024年1月21日の大雨事例を対象に、観測されたSSTを用いた実験(CNTL)と東北沖のSSTを気候値に置き換えた実験(CLIM)を比較した。その結果、CNTLではCLIMの約2倍の降水が再現される地域があり、MHWが東北地方沿岸の降水を顕著に増加させたことが示された。

この要因として、MHW上で蒸発が強化されて、多量の水蒸気が風循環の強化によって東北地方沿岸に運ばれた

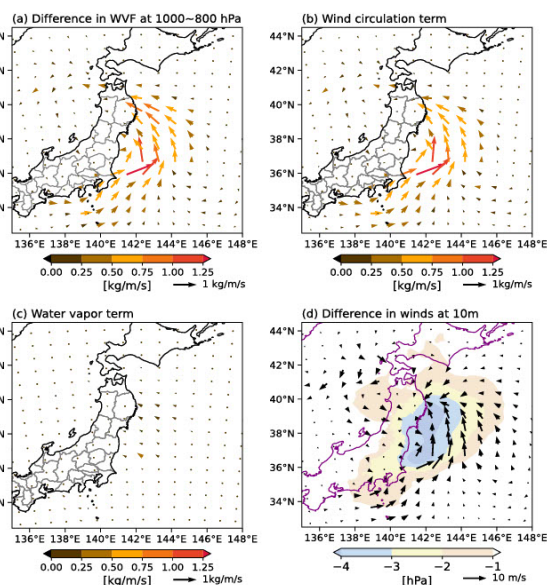


図4 2024年1月21日のD01領域におけるCNTLとCLIMのWVFの差。(a)矢印はWVFの差(kg/m/s)を示し、色はその大きさの違いを表す。(b)循環項、(c)水蒸気項、(d)地上風(矢印, [m/s])とSLP(等値線, hPa)。

ことが挙げられる。さらに、風循環の強化はSLPの低下に伴う低気圧性循環に起因していたことがわかった。

以上の結果から、冬季においてもMHWは局所的な大気循環と水蒸気輸送を変化させ、東北地方沿岸の降水量を増加させる重要な要因となり得ることが示された。今後は、冬季全体を対象として東北沖のMHWの影響を系統的に評価していく予定である。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費(JP22K03714, JP24H02221, JP24H02223)の助成を受けた。本研究の数値実験の一部は地球シミュレーターで実行した。

文献

- [1] Hobday et al. A hierarchical approach to defining marine heatwaves, *Prog. Oceanogr.*, **141**, 227-238, 2016.
- [2] Frölicher et al. Emerging risks from marine heat waves. *Nat. Commun.*, **9**, 650, 2018.
- [3] Sato et al. Impact of an unprecedented marine heatwave on extremely hot summer over Northern Japan in 2023. *Sci. Rep.*, **14**, 16100, 2024.
- [4] Skamarock et al. A description of the Advanced Research WRF version 3. NCAR Tech. Note NCAR/TN-475+STR, 113 pp. 2008.