

8. 降水帯や豪雨に関わる大規模環境場と温暖化の影響

中 村 尚*

1. はじめに

我が国では、異常高温・低温、豪雨・豪雪や干魃などの異常気象が、上空のジェット気流の蛇行や台風などの自然変動により、以前から発生していた。近年では、顕著な自然変動が温暖化に重なり、顕著な猛暑や豪雨が発生しやすくなっている。気象庁に拠れば、時間雨量80mm以上の猛烈な雨の観測頻度は近年明瞭な増加傾向を示している。気象庁異常気象分析検討会も、最近では2018、2020、2021年とほぼ毎夏のように開催され、「平成30年7月豪雨」、「令和2年7月豪雨」、そして翌2021年8月の持続的広域豪雨が検討対象となった。これら豪雨事例においても、線状降水帯が局地的に猛烈な降雨をもたらし、災害発生のリスクを高めていた。

2. 線状降水帯の発生を伴う豪雨の環境場

「平成30年7月豪雨」では、瀬戸内地域を中心とした西日本、「令和2年7月豪雨」と令和3年8月の豪雨では九州に線状降水帯が形成されていた。いずれの事例でも、日本付近に停滞する梅雨前線（令和3年8月豪雨についても便宜上「梅雨前線」と呼ぶ）に向けて地表付近では熱帯起源の暖湿な気流が流れ込んでいた。地表の梅雨前線は上空の亜熱帯ジェット気流（STJ）に沿って形成される。特にSTJが南西から北東に流れる状況では前線形成に有利となる（Sampe and Xie 2010）。実際、上記3事例では、発生時期の違いに依ってSTJ緯度の平均偏差は異なるものの、いずれの事例でも対流圏上層で気圧の谷が黄海上空に形成され、STJが九州・西日本上空で南西から北東に流れていた（Shimpo *et al.* 2019; Horinouchi *et al.* 2021）。そして、前線上に発生

したメソ α 低気圧の接近につれ、上昇運動や前線へ向かう暖湿気流が強化され（Takemura *et al.* 2019）、線状降水帯の形成により適した状況がもたらされていた。

なお、梅雨前線に向かう熱帯起源の暖湿な気流が通過する海洋の状態も重要である。「平成30年7月豪雨」では、南海上から西日本へ向かう強い南寄りの気流が記録的な水蒸気輸送を担うとともに、黒潮からの蒸発も促していた（Sekizawa *et al.* 2019）。令和の両豪雨事例においても、前線に向かう熱帯起源の暖湿気流が季節的に水温の高い東シナ海を経由したこと（Horinouchi *et al.* 2021）が九州での記録的雨量の一因だったと考えられる。実際、2012年の「平成24年7月九州北部豪雨」における線状降水帯を領域大気モデルにより再現した万田らは（Manda *et al.* 2014）、モデルに与える東シナ海の海面水温を6月気候値に差し替えると雨量がほぼ半減することを見出した。上記の結果は、日本近海の水温が高ければ、熱帯起源の暖湿気流の対流不安定性が保持されやすいことを意味する。その一方で、2013年8月の秋田・山形豪雨の領域大気モデル再現実験では、暖湿気流が吹き渡る日本海の海面水温のデータセット間の差異が領域内平均雨量や線状降水帯の最大降雨強度に影響することも示されている（Iizuka and Nakamura 2019）。

3. 地球温暖化の影響の可能性

異常気象分析検討会では、2018、2020、2021年の各豪雨事例にて温暖化が雨量を増大させた可能性を指摘した。日本域の夏季地表気温は最近40年で約1℃上昇し、対応する飽和水蒸気量の増加は理論上7%程度と見積もられる。気象庁の観測に拠れば、夏季日本域では対流圏下層（850hPa）の水蒸気量は約10%増加しており（Kawase *et al.* 2020）、その分だけ40年前より降水量が増加した可能性がある。40年間の温暖化によって、例えば「平成30年7月豪雨」での西日本の雨量が

* Hisashi NAKAMURA, 東京大学先端科学技術研究センター。

© 2023 日本気象学会

約7%増加した可能性が領域大気モデル実験で確認されている (Kawase *et al.* 2020).

さらに、日本近海は過去100年で全球平均水温上昇率の2倍超のペースで温暖化し (Wu *et al.* 2012), ここ40年でも1°C近くの水温上昇があった。実際、2019年の「令和元年東日本台風」の領域大気モデル再現実験では、過去40年の温暖化の影響で関東甲信地方の降水量が10%余り上乗せされ、その過半が日本近海の温暖化の寄与と推算されている (Kawase *et al.* 2021)。同様に、「平成24年7月九州北部豪雨」を対象とした領域大気モデルによる擬似温暖化実験でも、将来の温暖化に伴う降水量増加の大部分が東シナ海の水温上昇の寄与と推算されている (Manda *et al.* 2014)。

参 考 文 献

- Horinouchi, T., Y. Kosaka, H. Nakamigawa, H. Nakamura, N. Fujikawa and Y. N. Takayabu, 2021: Moisture supply, jet, and Silk-Road wave train associated with the prolonged heavy rainfall in Kyushu, Japan in early July 2020. SOLA, 17B, 1-8.
- Iizuka, S. and H. Nakamura, 2019: Sensitivity of midlatitude heavy precipitation to SST: a case study in the Sea of Japan area on 9 August 2013. J. Geophys. Res. Atmos., 124, 4365-4381.
- Kawase, H., Y. Imada, H. Tsuguti, T. Nakaegawa, N. Seino, A. Murata and I. Takayabu, 2020: The heavy rain event of July 2018 in Japan enhanced by historical warming. Explaining extreme events of 2018 from a climate perspective. Bull. Amer. Meteor. Soc., 101, S109-S114.
- Kawase, H., M. Yamaguchi, Y. Imada, S. Hayashi, A. Murata, T. Nakaegawa, T. Miyasaka and I. Takayabu, 2021: Enhancement of extremely heavy precipitation induced by Typhoon Hagibis (2019) due to historical warming. SOLA, 17A, 7-13.
- Manda, A., H. Nakamura, N. Asano, S. Iizuka, T. Miyama, Q. Moteki, M. K. Yoshioka, K. Nishii and T. Miyasaka, 2014: Impacts of a warming marginal sea on torrential rainfall organized under the Asian summer monsoon. Sci. Rep., 4, 5741.
- Sampe, T. and S.-P. Xie, 2010: Large-scale dynamics of the Meiyu-Baiu rainband: environmental forcing by the westerly jet. J. Climate, 23, 113-134.
- Sekizawa, S., T. Miyasaka, H. Nakamura, A. Shimpo, K. Takemura and S. Maeda, 2019: Anomalous moisture transport and oceanic evaporation during a torrential rainfall event over western Japan in early July 2018. SOLA, 15A, 25-30.
- Shimpo, A., *et al.*, 2019: Primary factors behind the heavy rain event of July 2018 and the subsequent heat wave in Japan. SOLA, 15A, 13-18.
- Takemura, K., S. Wakamatsu, H. Togawa, A. Shimpo, C. Kobayashi, S. Maeda and H. Nakamura, 2019: Extreme moisture flux convergence over western Japan during the heavy rain event of July 2018. SOLA, 15A, 49-54.
- Wu, L., W. Cai, L. Zhang, H. Nakamura, A. Timmermann, T. Joyce, M. J. McPhaden, M. Alexander, B. Qiu, M. Visbeck, P. Chang and B. Giese, 2012: Enhanced warming over the global subtropical western boundary currents. Nature Clim. Change, 2, 161-166.