

平成 30 年 7 月豪雨をもたらした大気の川の特徴

釜江陽一（筑波大学 生命環境系）

1. はじめに

欧州、北米を中心に、東進する温帯低気圧に伴う寒冷前線の前面に強い水蒸気フラックスの帯が発達し、これが上陸して豪雨災害をもたらす事象が注目を集めている。この中緯度の細長い水蒸気の流れは「大気の川」(atmospheric river) と呼ばれる (Gimeno et al. 2016; AMS 2017)。2018 年 7 月 3 日から 7 日にかけて、西日本を中心に広い範囲で豪雨が発生した要因の一つに、「大気の川」によって大量の水蒸気が流れ込んだことが挙げられる (Tsuguchi et al. 2018)。図 1 は当時の水蒸気フラックスの分布を表しており、南シナ海、東シナ海および西太平洋から高気圧の縁を回り込む水蒸気の流れが確認できる。今回は、日本付近で観測される大気

の川の気候学的な特徴と比較して、2018 年 7 月に発生した大気の川の性質を調べる。

2. 手法

全球再解析データ JRA-55 (Kobayashi et al. 2015) を用いて、2018 年 7 月豪雨時の水蒸気の流れを調査した。気候学的な大気の川の特徴と比較するため、1958 年以降の鉛直積算水蒸気フラックスの 6 時間値から大気の川を抽出した (Kamae et al. 2017a)。抽出方法は Mundhenk et al. (2016) に従った。鉛直積算水蒸気フラックスの絶対値の気候値からの偏差 ($>140 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$) のクラスタが、細長い形状 (長さ $>1,500 \text{ km}$ など) をしているとき、そのクラスタを大気の川と定義した。

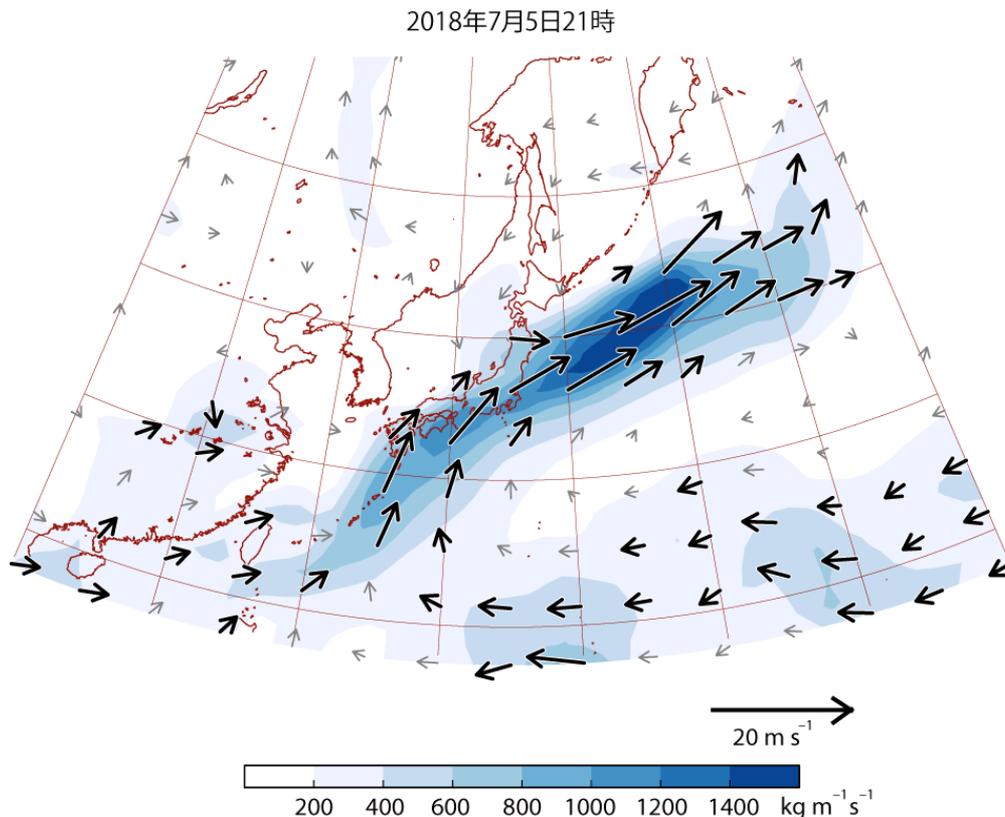


図 1. 2018 年 7 月 5 日 21 時の大気の川の様子。陰影は鉛直積算水蒸気フラックスの絶対値 ($\text{kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$)、矢印は 900-1000hPa 面で平均した風向風速 (m s^{-1}) を示す。

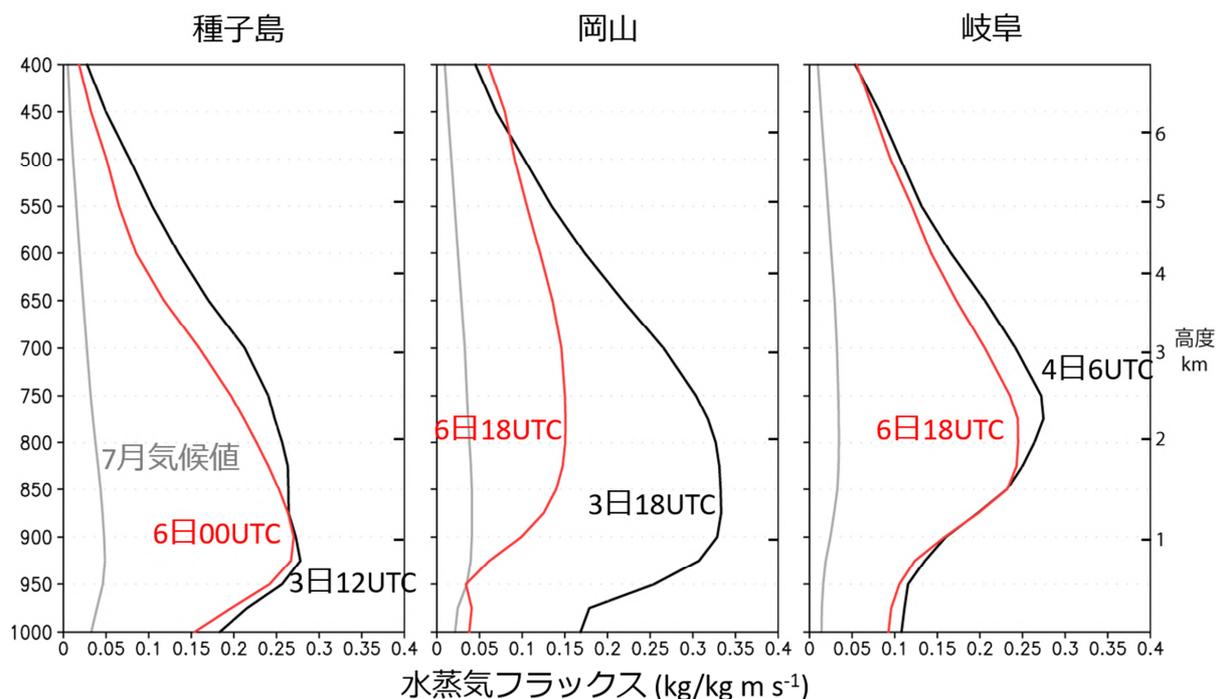


図 2. 2018 年 7 月 3 日から 7 日（日本時間）にかけての水蒸気フラックスの絶対値の高度分布。左から、種子島、岡山、岐阜上空を示す。黒線、赤線は大気の流れ通過時、灰色線は 7 月の気候値を示す。左側縦軸は気圧（hPa）、右側縦軸は高度（km）。

地球温暖化の寄与を見積もるため、気象研究所 60km 解像度大気大循環モデルを用いて開発された d4PDF アンサンブル実験データセット (Mizuta et al. 2017) を用いた。過去 60 年間を対象にした再現実験に加え、地球温暖化成分を除いた非温暖化実験、放射強制力と海面水温上昇パターンを加えた温暖化実験の結果を使用した。

3. 結果

豪雨が発生していた数日間の水蒸気フラックスの動きを確認すると、前半（7 月 3 日～4 日）は南シナ海、東シナ海からの西寄りの流れが卓越していたのに対し、後半（7 月 5 日～7 日）には、日本の南東海上に張り出した太平洋高気圧の縁を回り込む流れが強まっていたことが確認された。水蒸気の強い流れは、長さ 3,000km、幅 800km に渡っており、水の流量に換算すると $480,000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ である。これは、世界最大の流量を誇るアマゾン川の流量の 2 倍以上に相当する。過去に発生していた大気の流れと比較すると、この流量は極めて大きいというわけではない。今回

の大気の流れは、梅雨期に南北の高気圧に挟まれた位置に発生する典型的な大気の流れの特徴を有しており、数日間に渡って日本周辺に停滞していた。これは、欧米で注目される大気の流れや、日本付近で梅雨期以外の時期（例えば 5 月）に発生する大気の流れのように、東進する寒冷前線とともに短時間で通過する事例とは明らかに性質が異なる。今回、発生した甚大な洪水・土砂災害の要因には、長時間に渡って大雨が持続したことが挙げられる。大気の流れの停滞しやすさを決める要因（上層の渦位との関係など）を探ることが、今後の災害発生リスクの予測にとって重要であろう。

今回の大気の流れの通過に伴う降水分布は、夏季の大気の流れ通過時の気候学的な分布 (Kamae et al. 2017b) と非常に類似していた。特に西日本に加えて、両白山地と日本アルプスの影響によって岐阜県で多量の降雨が観測された点がよく似ている。図 2 に水蒸気フラックスの鉛直分布を示す。大気の上流側（種子島上空）では地表近く（高度）700m 付近）にピークが認められるのに対し、

下流側(岐阜県上空)ではピーク高度が2km付近まで上昇しており、Knippertz and Wernli (2010) と整合する。

夏季に日本付近を通過する大気の水蒸気の頻度を年ごとに比べると、半年前にエルニーニョが発達していた年、夏季にラニーニャが発達を始めた年に多くなる傾向がある(Kamae et al. 2017a, 2019)。これは、亜熱帯北西太平洋の下層に発達する高気圧を回り込むように、熱帯からの水蒸気の輸送が強まることによる。2018年の事例では、冬季にラニーニャ傾向だった赤道東部太平洋の海面水温は、夏季から徐々にエルニーニョへと遷移しており、ENSOによって2018年に大気の水蒸気がより発生しやすくなっていたわけではないことがわかる。

より長期的には、地球温暖化が進行すると、大気中の水蒸気量が増加し、水平フラックスも強まるために、大気の水蒸気の発生頻度は熱力学的に増加する(Kamae et al. 2019)。d4PDFの過去再現実験と非温暖化実験とで、夏季東アジアを通過する大気の水蒸気の頻度を比較すると、緩やかな地球温暖化が認められる過去実験では増加トレンドが確認できる一方で、非温暖化実験では有意なトレンドが生じていない。このことは、過去60年間で進行している地球温暖化が、夏季東アジアを通過する大気の水蒸気と、それによる豪雨のリスクを高めていることを意味している。評価に用いるサンプル数を増やしたり、再解析データをもとにした大気の水蒸気の増加トレンドを比較するなど、より定量的な検証が必要である。

4. まとめ

平成30年7月豪雨は、非常に広範囲で強い降水が生じており、大規模場の水蒸気流入が重要であったことを示唆している。水蒸気の流量は過去の大気の水蒸気の事例と同程度であったが、西日本に4日間停滞していたことで、総降水量が極めて大きくなり、甚大な災害に繋がった。2017年から2018年にかけてのENSOの位相は、大気の水蒸気の発生確率には寄与していなかった。地球温暖化の寄与は、大気の水蒸気の発生しやすさには認められるが、今後、持続時間や豪雨のリスクを含めて包括的に検討する必要がある。

謝辞

本研究はJSPS 科研費17K14388、文部科学省委託事業統合的気候モデル高度化研究プログラムの支援を受けた。

参考文献

- American Meteorological Society, 2017: "Atmospheric river". Glossary of Meteorology.
- Gimeno, L., et al. 2016: Major mechanisms of atmospheric moisture transport and their role in extreme precipitation events. *Ann. Rev. Environ. Res.*, **41**, 117–141.
- Kamae, Y., W. Mei, S.-P. Xie, M. Naoi, and H. Ueda, 2017a: Atmospheric rivers over the Northwestern Pacific: Climatology and interannual variability. *J. Climate*, **30**, 5605–5619.
- Kamae, Y., W. Mei, and S.-P. Xie, 2017b: Climatological relationship between warm season atmospheric rivers and heavy rainfall over East Asia. *J. Meteor. Soc. Japan*, **95**, 411–431.
- Kamae, Y., W. Mei, and S.-P. Xie, 2019: Ocean warming pattern effects on future changes in East Asian atmospheric rivers. *Env. Res. Lett.*, submitted.
- Knippertz, P., and H. Wernli, 2010: A Lagrangian climatology of tropical moisture exports to the Northern Hemispheric extratropics. *J. Climate*, **23**, 987–1003.
- Kobayashi, S., et al. 2015: The JRA-55 Reanalysis: General specifications and basic characteristics. *J. Meteor. Soc. Japan*, **93**, 5–48.
- Mizuta, R., et al. 2017: Over 5000 years of ensemble future climate simulations by 60km global and 20km regional atmospheric models. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **98**, 1383–1398.
- Mundhenk, B. D., E. A. Barnes, and E. D. Maloney, 2016: All-season climatology and variability of atmospheric river frequencies over the North Pacific. *J. Climate*, **29**, 4885–4903.
- Tsuguti H, N. Seino, H. Kawase, Y. Imada, T. Nakaegawa, and I. Takayabu, 2018: Meteorological overview and mesoscale characteristics of the Heavy Rain Event of July 2018 in Japan. *Landslides*, doi:10.1007/s10346-018-1098-6.