



やさしい解説
-気象学動静-

1042 (温帯低気圧；大気の川)

カリフォルニアに大雨をもたらす大気の川

釜 江 陽 一*

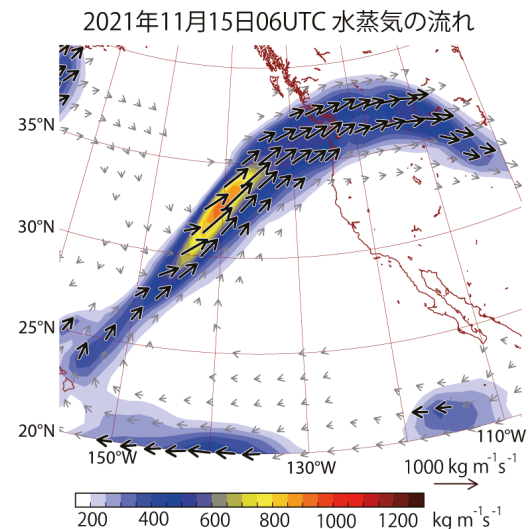
1. 北米西岸に上陸する大気の川

2015年から2年間、私はカリフォルニア大学サンディエゴ校スクリプス海洋研究所に滞在していました(詳しくは釜江ほか(2016)をご覧ください)。米国カリフォルニア州南部に位置するサンディエゴの気候は、同じ緯度帯に位置する日本のそれとは全く異なり、夏はほとんど雨が降らず、年間降水量は東京の1/5程度で、大変乾燥しています。冬季も降雨を観測する日は少ないのですが、時折太平洋からやってくる激しい嵐に見舞われます。2016年12月、私達ラボメンバーは毎週金曜日のビーチサイドでの飲み会に繰り出さず、ポストクの部屋に集まって相談していました。モニタに降雨レーダーを映してみると、ここ数年で一番強い降雨バンドがサンディエゴに到達しようとしている様子が映っていました(結局、会場に着く前に大雨に打たれ、びしょ濡れになりました)。私が初めて「大気の川」という現象を実際に体感したのは、このときだったように思います。

降水量が少なく、熱帯低気圧も接近しないカリフォルニアを始めとした北米西岸では、冬季に突如として大雨をもたらす現象に社会的に高い関心が寄せられています。ハワイ諸島を始めとした亜熱帯北太平洋から水蒸気が帯状に流れ込み、多量の降水をもたらす現象は、1990年代から「大気の川」と呼ばれるようになりました(例えば、Newell *et al.* 1992, Zhu and Newell 1998)。2021年11月にカナダを襲った洪水(第1図)のように、大気の川による大雨とそれに伴う洪水、土砂

災害はしばしば日本でもニュースとして取り上げられます。一方で、大気の川による恩恵もあります。乾燥したカリフォルニアにとって大気の川による降水は水資源として重要であり、大気の川がもたらした多量の降水のおかげで、カリフォルニアの広大な砂漠が突如として草花に覆われる(スーパーブルーム)こともあります。

大気の川は、温帯低気圧に伴う寒冷前線前面に形成されるウォームコンベアベルト(上昇しながら南から北に暖気を運ぶ気流)に沿って、大量の水蒸気が極向きに流れる様子を指します(米国気象学会の用語集(<https://glossary.ametsoc.org/> 2023.2.7閲覧)で



第1図 2021年11月北米太平洋岸北西部水害の際の大気の川の様子。2021年11月15日06UTCの鉛直積算水蒸気フラックスのベクトル(矢印)および絶対値(陰影)。

* 筑波大学生命環境系。

〒305-8572 茨城県つくば市天王台1-1-1

kamae.yoichi.fw@u.tsukuba.ac.jp

© 2023 日本気象学会

「Atmospheric river」を検索してみてください). 空間データを用いて解析する場合は, 大気中の水蒸気量(可降水量)や鉛直積算水蒸気フラックスの顕著な領域が細長くのびている領域を, 大気の川と定義するのが通例です. サンディエゴ滞在中に, コロラド州立大学の Elizabeth Barnes が, 研究所の公開セミナーでこの手法を用いた大気の川の研究を紹介したことがありました. このセミナーに参加し, 私とラボ仲間との間で議論が盛り上がったことが, 私が大気の川の研究に足を踏み入れるきっかけでした.

2. 東アジアにおける大気の川の振る舞い

渡米前に, 日本では文部科学省気候変動リスク情報創生プログラムのもとで, 大規模アンサンブル実験データセット d4PDF (Mizuta *et al.* 2017) が開発されました. このデータセットを用いた研究例をラボで紹介したこともあり, 現地ではこれを活用して研究に取り組むことにしました. JRA-55 (Kobayashi *et al.* 2015) と d4PDF の全球モデル過去実験の出力データを用いて, 過去数十年間に渡って北半球上で発生した大気の川を抽出し, 日本付近の振る舞いを調査しました. すると, 日本に上陸する頻度は暖候期に高く, その年々変動は JRA-55 と d4PDF とでよく対応していることがわかりました (Kamae *et al.* 2017a). このことは, d4PDF の全球モデル過去実験で境界条件としている世界の海面水温変動が, 夏季東アジア域の大気の川の通過頻度を大きく左右していることを意味します. この年々変動の支配的要因を調べてみると, 半年前の冬季に熱帯太平洋でエルニーニョが発達し, 引き続き春季から夏季にかけて, 北インド洋の海面水温が上昇する, インド洋キャパシタ効果 (Xie *et al.* 2009) が重要であることに気づきました. つまり, 北インド洋が昇温し, 西部北太平洋で高気圧正偏差が生じることで, 東アジアに暖湿流が流れ込みやすくなるのです (Kamae *et al.* 2017a).

2012年の九州北部豪雨を始め, 西日本では暖候期に甚大な大雨による災害がたびたび発生しています. そこで, 大気の川がこのような大雨と関係しているのかを調べました. 総観規模の現象である大気の川が上空を通過しているときの降水を「大気の川通過時の降水」と定義します. すると, 西日本から東日本にかけて暖候期に観測される降水の14-44%が, 大気の川通過時に生じていることがわかりました (Kamae *et al.* 2017b). 日降水量100mm を超える強い降水の発生頻

度に占める割合は, 多いところで90%を占めていました. 特に日本アルプスのように急峻な地形の南西側の斜面では, 南西からの水蒸気流が地形にぶつかることで, より強い降水が観測されます. さらに, 比較的強い雨を観測する日の継続日数に注目すると, 北日本でも, 前線が停滞することで, 大気の川による強い雨が続くことがあることがわかりました (山田・釜江 2022).

近年, 暖候期に日本の広い範囲で大雨が続き, 総降水量が極めて大きな値に上る事例が立て続けに起きています. このような背景もあり, 日本を含む東アジアでも, 大気の川と大雨の関係についての研究が盛んに行われるようになりました. 一方で, 日本における大雨と水蒸気輸送の関係は, 特に梅雨期に形成される下層ジェットや湿舌, メソ低気圧といった特徴的な現象も含めて, かねてから幅広く調べられており, 知見が集積されています (例えば, Ninomiya and Murakami 1987). 冬季に目を転じると, 日本付近の大気の川は, 爆弾低気圧や二つ玉低気圧に対応して形成される特徴があります (Yamamoto 2018). 大気の川は, 水蒸気輸送の強さや形状に基づいて定義される現象ですが, その構造やメカニズムは季節や事例によって様々であることに注意が必要です.

参 考 文 献

- 釜江陽一, 2015: 二酸化炭素濃度上昇に対する速い気候応答—2014年度山本賞受賞記念講演—. 天気, 62, 391-401.
- 釜江陽一, 氏家将志, 小川史明, 小玉知央, 端野典平, 村上裕之, 2016: 若手研究者6名による海外研究滞在の紹介. 天気, 63, 919-927.
- 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, doi:10.1175/JCLI-D-16-0875.1.
- 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, doi:10.2151/jmsj.2017-027.
- Kamae, Y., W. Mei and S.-P. Xie, 2019: Ocean warming pattern effects on future changes in East Asian atmospheric rivers. *Env. Res. Lett.*, 14, 054019, doi:10.1088/1748-9326/ab128a.
- Kamae, Y., Y. Imada, H. Kawase and W. Mei, 2021: Atmospheric rivers bring more frequent and intense extreme rainfall events over East Asia under global

- warming. *Geophys. Res. Lett.*, **48**, e2021GL096030, doi:10.1029/2021GL096030
- 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, doi:10.1175/BAMS-D-16-0099.1.
- Newell, R. E., N. E. Newell, Y. Zhu and C. Scott, 1992: Tropospheric rivers?—A pilot study. *Geophys. Res. Lett.*, **19**, 2401–2404, doi:10.1029/92GL02916.
- Ninomiya, K. and T. Murakami, 1987: The early summer rainy season (Baiu) over Japan. *Monsoon Meteorology* (C. P. Chang and T. N. Krishnarurty, eds.), Oxford Univ. Press, 93–121.
- Xie, S.-P., *et al.*, 2009: Indian Ocean capacitor effect on Indo-western Pacific climate during the summer following El Niño. *J. Climate*, **22**, 730–747, doi:10.1175/2008 JCLI2544.1.
- 山田将喜, 釜江陽一, 2022: 日本で発生する相対的に強い降水に占める大気の川事例の割合. *天気*, **69**, 609–620, doi:10.24761/tenki.69.11_609.
- Yamamoto, M., 2018: Migration of contact binary cyclones and atmospheric river: Case of explosive extratropical cyclones in East Asia on December 16, 2014. *Dyn. Atmos. Oceans*, **83**, 17–40, doi:10.1016/j.dynatmoce.2018.05.003.
- Zhu, Y. and R. E. Newell, 1998: A proposed algorithm for moisture fluxes from atmospheric rivers. *Mon. Wea. Rev.*, **126**, 725–735, doi:10.1175/1520-0493(1998)126<0725:APAFMF>2.0.CO;2.

釜江陽一

筑波大学生命環境系 助教

筑波大学大学院生命環境科学研究科修了 博士（理学）

東京大学大気海洋研究所と国立環境研究所において、放射強制に対する気候システムの応答に関する研究に組み込みました（釜江 2015）。そのうち、筑波大学および米国カリフォルニア大学サンディエゴ校スクリプス海洋研究所において、東アジアにおける大気の川の振る舞いに興味を持ち、北西太平洋における大気の川の気候学的特徴、東アジアにおける水循環に果たす役割、地球温暖化進行時の変化予測（Kamae *et al.* 2019, 2021）といった研究に取り組んでいます。変わりゆく気候システムについての理解を深めるための研究に組みつつ、大学教員として、人材育成にも力を注いでいます。

参考：気象学会 人材育成・男女共同参画委員会「みんな輝く気象学会」のホームページ

<http://jinzai.metsoc.jp/pkamae.html>