

## □ 大気の水と極端降水について

筑波大学 生命環境系 助教 釜江 陽一

大雨をもたらす現象と言うと、皆さんは何を思い浮かべますか？台風、梅雨、線状降水帯、ゲリラ豪雨、といった言葉が挙げられるかと思います。加えて最近では、「大気の水」という用語が、日本の大雨の要因として報道で取り上げられることが多くなりました。本章では、大気の水という現象の正体に迫り、極端降水との関係を詳しく説明します。

### 1. 大気の水とは？

大気の水とは、日本を始めとした中緯度から高緯度地域で発生する、強い水蒸気の流れを指し

ます。長さは1,500km以上、幅は数百km程度と、細長い形をしていることが特徴です。気象学的には、中緯度を東進する温帯低気圧に伴う寒冷前線や、停滞前線に沿って吹く強い風によって水蒸気が運ばれる様子を表します。水蒸気の流量を水に換算すると、大陸上を流れる河川に匹敵するほどの量になり、あたかも空中を水が流れているかのように感じられることから、1990年代から用いられるようになった言葉です。

大気の水は地球規模で発生している現象です。図1は2021年11月にカナダに豪雨をもたらした大気の水の様子を表しています。ブリティッシュコロンビア州をはじめとした北米大陸西岸で記録的

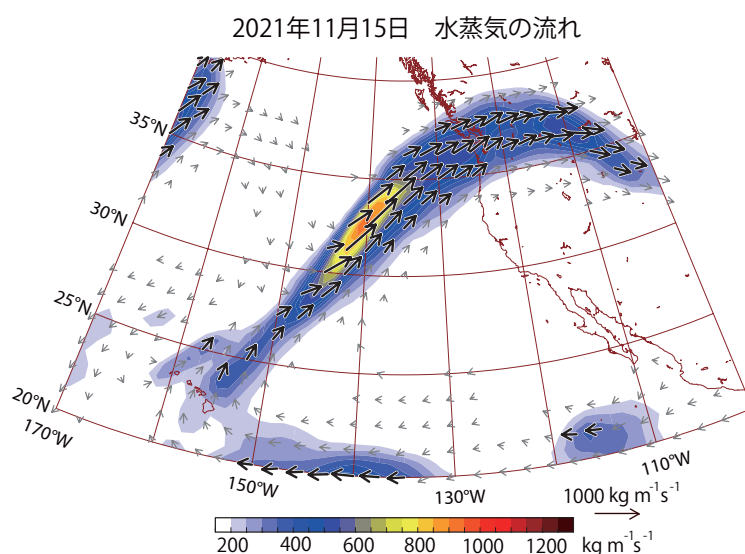


図1 2021年11月北アメリカ太平洋岸北西部水害をもたらした大気の水の様子。陰影および矢印の大きさは鉛直積算水蒸気輸送量、矢印はその向きを表す。釜江（2023）を一部改変。

な大雨が観測され、人的被害や交通障害をもたらされました。このとき、北太平洋からの強い水蒸気の流入が観測されています。今回のようにハワイ諸島から北米大陸西岸にかけて流れ込む大気の水蒸気の川は、パイナップルの産地から水蒸気がやってくる様子から「パイナップルエクスプレス」とも呼ばれます。大気の水蒸気の川は、降水量の少ない大陸西岸に突如として大雨や土砂災害をもたらすため、北米大陸西岸や欧州で盛んに研究が進められています。

一方で、大気の水蒸気の川は日本を含む世界中で発生しています。図2は日本で令和2年7月豪雨が起きたときの世界の水蒸気の流れを表したものです。7月3日から8日にかけて、九州を中心に多数の線状降水帯が発生し、特に熊本県球磨川水系の氾濫・決壊は甚大な被害をもたらしました。このとき、水蒸気は南シナ海を北上し、中国南東部、東シナ海を通過して西日本に流れ込んでいる様子が確認できます。この水蒸気の流れは非常に強く、細長い形状をしており、大気の水蒸気の川の特徴を有していると言えます。東アジア以外の地域に目を向けると、南インド洋からソマリ半島沖を經由してアラビア海やベンガル湾を流れる大規模な水蒸気の流れ（南アジアモンスーン）のほか、北大西洋や

南半球の中緯度海洋上に細長く強い水蒸気の流れ、つまり大気の水蒸気の川が存在を確認することができます。このように、世界には常に数本の大気の水蒸気の川が存在しています。

地球上を巡る大気の水蒸気は、水蒸気を温暖湿潤な熱帯から冷涼乾燥な高緯度域へと運ぶ役割を果たしています。大気の水蒸気の川は、幅は狭いながらもその流量の大きさから、この水蒸気輸送において本質的役割を果たしています。先に紹介した北米西岸を襲う大気の水蒸気の川も、その流れが比較的穏やかな場合は、乾燥した地域にとって貴重な水資源を供給する役割を果たします。このように、大気の水蒸気の川には、地域的な水循環や地球気候システムにとって欠かせない役割があります。

## 2. 大気の水蒸気の川と線状降水帯

日本では、極端降水によって土砂災害が起きたというニュースを毎年のように目にします。日本で発生する極端降水のうち、どの程度が大気の水蒸気の川によるものなのでしょうか？大気の水蒸気の川は、線状降水帯やゲリラ豪雨とどのように関係しているのでしょうか？

いわゆる夕立のような、急速に湧き上がった積

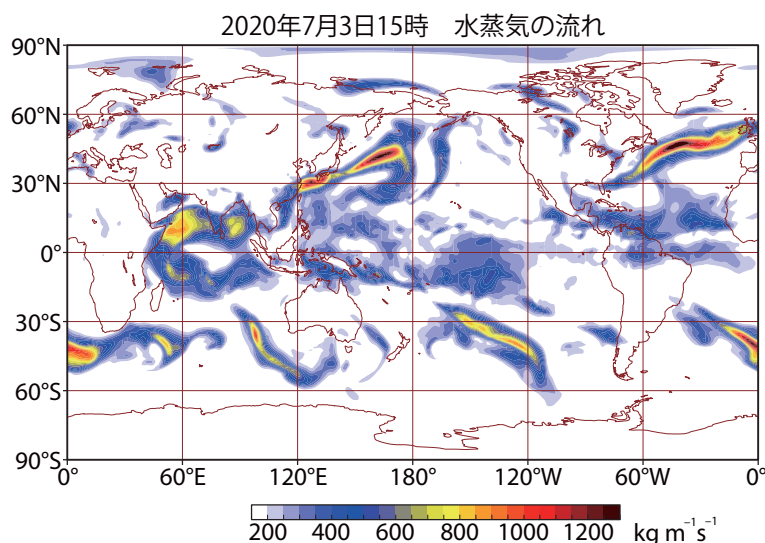


図2 日本で2020年7月豪雨が発生したときの世界の鉛直積算水蒸気輸送量の分布。

乱雲により局地的に大雨が降る「ゲリラ豪雨」は、局地的大雨に分類されます。一方で、強い降水域が線状（50-300km）に伸び、同じ場所に大雨を降らせ続ける現象を「線状降水帯」と呼びます。どちらも、日本を囲む海から大量の水蒸気が運ばれ、大気の状態が不安定になると起こりやすい現象です。大気の流れは、日本に流れ込む水蒸気のうち、特に熱帯や亜熱帯の海から運ばれてくる温暖湿潤な空気の流れが、1,500km以上に渡って細長く伸びている現象を指します。このように、大気の流れの空間スケールは局地的大雨や線状降水帯よりも大きいことに注意が必要です。日本列島上空を大気の流れが通過していると、線状降水帯や局地的大雨が発生しやすい傾向があります。大気の流れは空間スケールが大きいので、狭い地域で大雨が降るだけでなく、日本列島の広い範囲で同時多発的に線状降水帯や災害に直結する大雨が観測されやすくなります。

表1はアメダスと呼ばれる気象観測システムによって観測された降水量を、旬（10日間）ごとに分け、全国的に集計したものです。どこか一か所の雨の強さではなく、広い範囲で記録的な大雨が数日間観測された時期を表しています。水蒸気流量のデータと照らし合わせてみると、上位10例のうち、7例で上空を大気の流れが通過している様子が確認できました。なお、残りの3例は台風の通過によるものです。さらに、この表によると、上位3例は過去数年のうちに起きています（平成30年7月豪雨、令和2年7月豪雨、令和3年8月の大雨）。このことから、近年は大気の流れによって広い範囲で記録的な大雨が観測される事例が頻発していることがわかります。

大気の流れは、日本列島のどの地域に、大雨をもたらすのでしょうか？南北に長く伸びる日本列島には、亜熱帯から亜寒帯、また山脈によって分けられる日本海側と太平洋側のように、非常に多様な気候が分布しています。それぞれの地域・季節によって、普段観測される雨の強さは異なりま

表1 1982年以降の全国1029地点のアメダス旬降水量の総和の順位と大気の流れの影響の有無。気象庁（2021）を元に作成。

順位	年月旬	総和 (mm)	大気の流れ
1	2021年8月中旬	235,788.5	✓
2	2018年7月上旬	218,844.0	✓
3	2020年7月上旬	217,037.5	✓
4	1985年6月下旬	209,016.0	✓
5	1990年9月中旬	205,925.0	-
6	2017年10月下旬	203,475.5	-
7	2014年8月上旬	185,173.0	-
8	1999年6月下旬	170,692.0	✓
9	1995年7月上旬	166,014.0	✓
10	1989年9月上旬	165,200.0	✓

す。例えば、西日本太平洋側では24時間で100mmを超える強い雨が1年間に数回観測される一方で、北日本では滅多に観測されることはありません。このように、異なる地域で同じ強さの雨が降っても、強い雨に慣れていない地域では、甚大な災害に繋がる可能性がより大きい可能性があります。そこで、地域・季節ごとに大雨の基準を設定し、上位1パーセントに相当する雨を極端降水と定義しました。その極端降水発生時のうち、上空を大気の流れが通過していた割合を図3に示します。その地域・季節で滅多に観測されることのない極端降水の発生には、大気の流れが密接に関与していることがわかります。特に、春季（3-5月）には西日本の広い範囲と、中部地方、東北地方日本海側、北海道南部で、大気の流れが通過していた日の割合が非常に高い（70-100%）傾向があります。日本で観測される極端降水は、台風を始めとした熱帯低気圧の影響で発生することが多いという傾向があります。熱帯低気圧は春季には少なく、夏季から秋季にかけて日本に接近する頻度が増えます。そのため、9-11月の極端降水の発生に占める大気の流れ通過時の割合は相対的に少なくなります。冬季には日本列島の西から低気圧が急速に発達しながら通過していく、「爆弾低気圧」によっ

て強い降水が観測されることがあります。この爆弾低気圧は、南西から北東に向かう温暖湿潤な気流、つまり大気の川を伴い、西日本太平洋側から東海地方にかけて大雨が観測されます。それに対して、日本海側では大気の川の割合が非常に小さい傾向があります。冬季の日本海側には、ユーラシア大陸のシベリア地域で蓄積された寒気が吹き出し、日本海を通過して流れ込む、冬季アジアモンスーンによる降雪が卓越します。このモンスーンに伴う気流は大陸上では乾燥していて、相対的に暖かい日本海上を吹走する際に水蒸気を受け取って、日本海側に雪をもたらします。この水蒸気の流れは大気の川には該当しないため、日本海側の大雪には大気の川はあまり貢献していないと言えます。

図3をよく見ると、大気の川による大雨の降りやすさに地域性があることがわかります。例えば九州では中央の九州山地やその西側、南側で多く、

東側では少ない傾向があります。中部地方では日本アルプスの西側と南側で多く、関東平野の割合の小ささは対照的です。これらの地域性は、日本列島が擁する複雑な地形によって生み出されていると考えられます。つまり、大気の川は組織的な水蒸気の南西から北東に向かう流れであり、日本列島上の山地にぶつかると、西側から南側にかけての斜面上で強制的に上昇することで強い雨が降りやすく、山を越えた先では雨が降りづらくなるのです。この様子は、台風によって降る強い雨とは少し事情が違います。渦を巻くように風が吹く台風の場合、その地点にどの方角から風が吹き込むかによって、山地の風上側になるか、山地の陰になるかが変わり、その地点で観測される雨量に大きな差が生じます。ですので、台風の進路が予報からずれば、雨量の予報が大きく外れることがあります。一方で大気の川の場合、水蒸気の流れは南西から北東に向かうことが多いため、

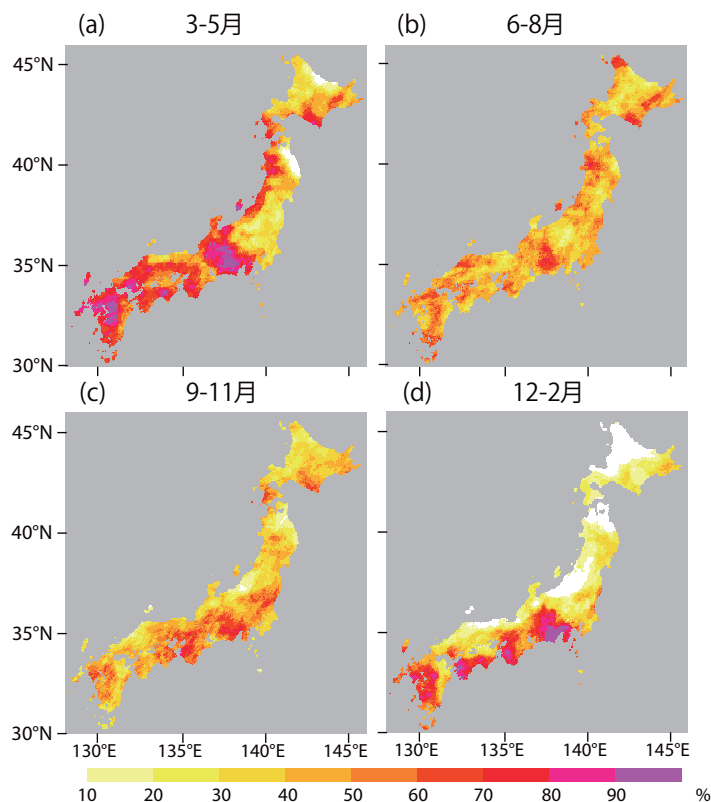


図3 上位1パーセントに相当する極端降水が観測された時に大気の川が通過していた割合。山田・釜江(2022)を一部改変。

図3のように、地形の西側から南側にかけての地域でより大雨に警戒する必要があると言えます。

最後に、この先の大気の見通しについて解説します。大気の水蒸気は毎年日本列島上空を通過する現象ですが、より注意が必要な年があります。それは「エルニーニョが冬に発達して夏に勢力が弱まった年」です。東部熱帯太平洋では、平年に比べて広い範囲で海面水温が高い状態が続く「エルニーニョ現象」が3～7年おきに発生しています。このエルニーニョ現象は冬に発達しやすく、その後の春から夏にかけて衰退しやすいう傾向があります。エルニーニョ発達後の春から夏には、インド洋の広い範囲で海面水温が高くなりやすく、この影響で日本の南方にある亜熱帯の海上に太平洋高気圧が張り出しやすくなります。すると、この高気圧の周囲には時計回りに風が流れやすいため、高気圧の縁にそって、亜熱帯海上から西日本に向かう水蒸気の流れが強まりやすくなります。そのため、平年に比べ、エルニーニョ後の夏には日本列島上空を通過する大気の水蒸気の頻度が増えます。

さらに長期的な見通しとして、地球温暖化がそのまま進行していくと大気の水蒸気はどのようになるでし

うか？ 空気の温度が上昇すると、空気が含むことのできる水蒸気の量が増えます。海から絶えず水蒸気を受け取っている日本の南方海上では、地球温暖化とともに、空気中に含まれる水蒸気の量が増える傾向があります。このため、将来は大気の水蒸気がより強まり、その頻度が増えると考えられます。最近の研究では、このように強まった大気の水蒸気が通過することで、経験したことのないような大雨が観測されるようになる可能性が指摘されています。

大雨に関する用語は様々で混同しやすいですが、それぞれの意味を把握し、その性質を掴むことで、大雨に関連した災害に効果的に対策することに繋がります。

#### 【参考文献】

- 釜江陽一，2023: カリフォルニアに大雨をもたらす大気の水蒸気。天気，70，324-326。
- 気象庁，2021: 令和3年8月の記録的な大雨の特徴とその要因について。 <https://www.jma.go.jp/jma/press/2109/13a/kentoukai20210913.html> (2024年9月26日閲覧)
- 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水蒸気事例の割合。天気，69，609-620。