

## □ 令和2年梅雨前線豪雨の特徴と 近年の異常気象について

気象庁気象研究所 気候・環境研究部 主任研究官

今田 由紀子

近年、日本では豪雨や猛暑などによる気象災害が後を絶ちません。図1は、平成20年以降に気象庁が命名した気象災害を列挙したのですが、ほぼ毎年のように日本のどこかで気象災害が発生していることが分かります。記憶に新しいのは令和2年7月に九州を中心に甚大な被害をもたらした「令和2年7月豪雨」でしょう。特に球磨川流域では、線状降水帯の形成により河川氾濫が発生し、80名以上の方が犠牲になりました。日本で発生する豪雨の直接の要因は、梅雨前線や台風、線状降水帯など様々ですが、近年、これらに対する地球温暖化の寄与が指摘され始めています。本章では、令和2年7月の豪雨災害の背景にあった気象場の

特徴を概説するとともに、近年話題に上ることが多い、極端気象現象に対する地球温暖化の寄与を推定する最新の研究について御紹介します。

### 1. 令和2年7月豪雨の気象場の特徴

令和2年7月3日から7月31日にかけて、華中から日本付近に停滞した梅雨前線の影響で、暖かく湿った空気が継続して流れ込み、日本の全国各地で大雨となり、多くの地点で7月の総降水量の最多を更新しました。九州や岐阜県周辺では、7月上旬だけで平年の7月ひと月分の雨量の3倍近くを観測した場所もあり、気象庁が7県（熊本・

平成20年8月末豪雨	名古屋市・岡崎市(愛知)の浸水害等。
平成21年7月中国・九州北部豪雨	防府市(山口)の土砂災害等、九州北部・山口・広島で死者30名以上。
平成23年7月新潟・福島豪雨	五十嵐川・阿賀野川(新潟)の氾濫等、新潟・福島で死者行方不明者6名。
平成24年7月九州北部豪雨	熊本広域の大水害、八女市(福岡)・竹田市(大分)の土砂災害・洪水害、矢部川(福岡)の氾濫等。死者行方不明者30名以上。
平成26年8月豪雨	台風12号・11号や前線停滞による西日本の土砂災害・河川氾濫・浸水、広島の土砂災害で死者74名。
平成27年9月関東・東北豪雨	鬼怒川(茨城)・渋井川(宮城)の氾濫等で死者8名、家屋被害16,000棟以上。
平成29年7月九州北部豪雨	朝倉市(福岡)・日田市(大分)の洪水害・土砂災害等、死者40名以上。
平成30年7月豪雨	西日本を中心に長時間の記録的大雨と広域的な被害、広島・愛媛の土砂災害、倉敷市真備町(岡山)の洪水害など、死者行方不明者200名以上。
令和元年房総半島台風(ファクサイ)	房総半島を中心とした各地で暴風等による被害。
令和元年東日本台風(ハギビス)	東日本の広範囲で記録的大雨、大河川の氾濫等による被害、1都12県で大雨特別警報を発表。
令和2年7月豪雨	西日本から東日本の広範囲にわたる長期間の大雨、球磨川(熊本県)などの河川氾濫や土砂災害による被害、死者行方不明者80名以上。

図1 平成20年以降に気象庁が命名した豪雨事例の年表と概要。

鹿児島・福岡・佐賀・長崎・岐阜・長野)に大雨特別警報を発表して最大級の警戒を呼び掛ける事態となりました。その後も前線は本州付近に停滞し続け、7月半ばには中国地方を中心に、7月末には東北地方を中心に大雨となりました。この大雨により、球磨川や筑後川、飛騨川、最上川といった大河川で氾濫が相次ぎ、土砂災害や浸水などにより人的被害を伴う甚大な災害が発生しました。また、不安定な大気の状態が続いたため、埼玉県で竜巻が発生したり、各地で突風被害が発生したりと、全国的に広がる大規模な豪雨災害に発展しました(図2:各地の雨量と水災害リスクの概要)。

図3は、令和2年7月豪雨が発生した際の大気の流れの特徴を説明したものです(気象庁の令和2年7月31日の報道発表資料から抜粋、一部改変)。日本の上空には偏西風と呼ばれる西風が存在し、一時的に蛇行することで日本に様々な異常

気象をもたらすことがあります。令和2年7月には、偏西風が長時間ほぼ同じ位置で蛇行を続けたことにより、梅雨前線が本州付近に停滞する結果となりました。この梅雨前線は黄海付近まで伸びており、梅雨前線に沿って西から流れ込んだ水蒸気と、日本の南で南西に張り出し続けた太平洋高気圧の縁辺を回る南からの水蒸気が、九州を中心とする西日本・東日本に大量に集まりやすい状態になっていました。同時に、朝鮮半島上空の気圧の谷の影響で上昇流が強まり、梅雨前線が活発化されました。太平洋高気圧の南西方向への張り出しは、インド洋からインドネシア付近の海面水温が高く、積雲の発達が生じたことと関連していると考えられます。

流れ込んだ大量の水蒸気に伴い、九州では多数の線状降水帯の発生が確認され、洪水等の水災害の引き金となりました。これ以前の豪雨災害として記憶に新しいのは、平成30年の梅雨期に200人

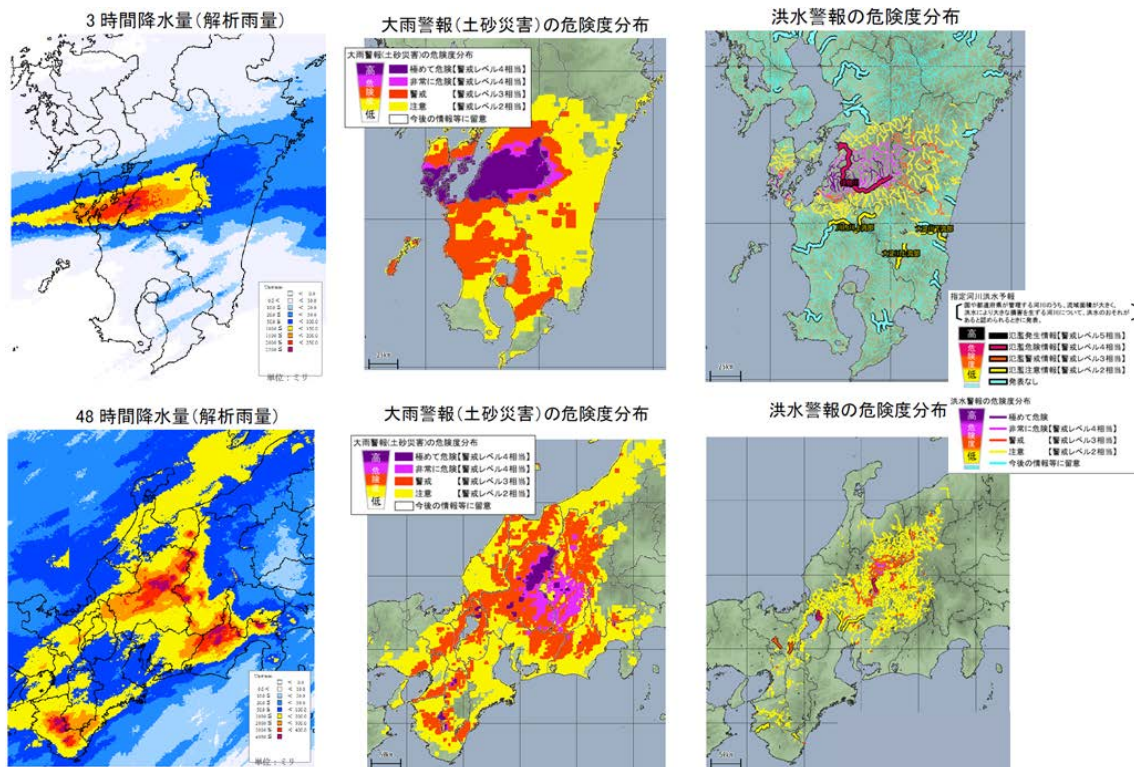


図2 上段: 令和2年7月4日5時、熊本県・鹿児島県に大雨特別警報が発表された直後の解析雨量及び土砂災害・洪水の危険度分布。下段: 令和2年7月8日7時、岐阜県・長野県に大雨特別警報が発表された直後の解析雨量及び土砂災害・洪水の危険度分布(令和2年8月11日の気象庁報道発表資料から抜粋)。

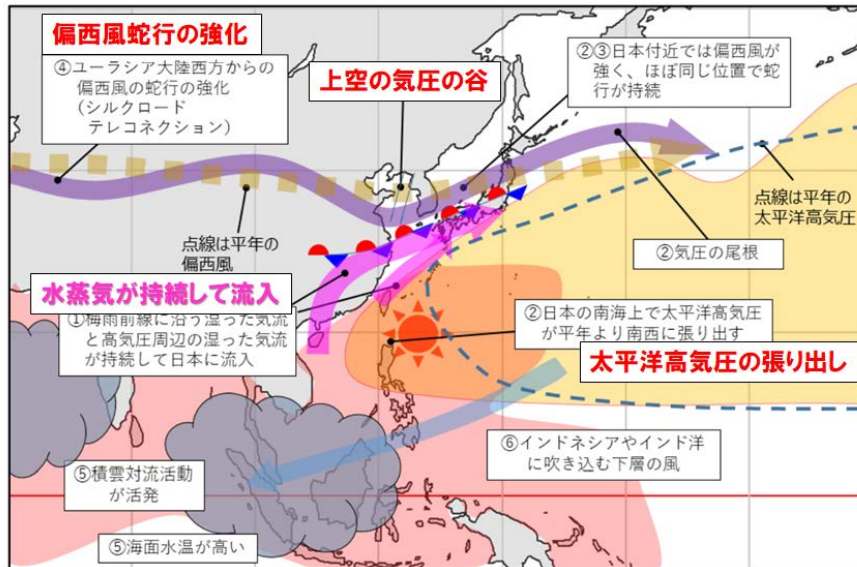


図3 令和2年7月豪雨時の日本周辺の気象場の概要。令和2年7月31日の気象庁報道発表資料を一部改変。

を超える死者を出した未曾有の気象災害である平成30年7月豪雨ですが、令和2年7月豪雨と比較してみると、いずれの場合も広範囲に被害をもたらした豪雨事例でありましたが、平成30年の事例では総降水量に対する線状降水帯の寄与は半分程度であったのに対し、令和2年の事例では寄与率が70%を超える地域があったという点が特徴的でした。

この梅雨前線（中国では Meiyu band と呼ばれる）は中国本土まで伸びており、長江の中下流域でも同時期に大雨による多大な被害が報告されました。この流域で平均した7月の積算雨量は平年の1.7倍以上で過去最多となり、一部地域では平年の5倍を超えるところもあり、洪水などによる死者・行方不明者は150人を超えました。このように、令和2年の梅雨前線は中国から日本までの広範囲に被害を及ぼした大規模な豪雨災害を引き起こしました。

## 2. 近年の極端気象現象と地球温暖化

冒頭でも述べた通り、日本ではほぼ毎年のように甚大な被害を伴う豪雨が発生しています。この

ような状況下で必ず話題に上るのが、地球温暖化との関連です。地球温暖化のせいで近年の気象災害が発生している、という考え方はもっともらしく聞こえるかもしれませんが、このことを科学的に証明することは、実は簡単ではありません。図3で見えてきたように、個々の極端な気象現象には必ず、気圧の谷や水蒸気の流れ込みといった地球温暖化以外の直接的な要因が存在します。これらの決定的な発生要因と比較して、その発生に地球温暖化がどの程度影響していたかを定量的に評価することは、これまで困難であると考えられてきました。

しかし、近年の数値シミュレーション技術やスーパーコンピュータの発展により、地球温暖化が特定の極端気象現象に与える影響を数値で示すことが可能になってきました。地球の気候を表現する気候モデルを用いて、実際に温暖化が進行している現実的な世界と、温暖化が起こらなかったと仮定した仮想の世界を作り出し、それぞれの状況下で極端気象現象がどのような振舞いをするかを比較することで、地球温暖化の影響を評価する手法を、「イベント・アトリビューション」(Event Attribution、以下 EA) と呼びます。一言

にEAと言っても、極端現象のどのような側面に注目するかによってアプローチが異なってきます。極端現象の頻度に注目して、地球温暖化がどの程度その現象の「発生確率」を左右しているかを調べる方法を「確率的アプローチ」、極端現象の「強度」に注目して地球温暖化の影響を評価する方法を「量的アプローチ」と呼ぶことがあります。確率的アプローチでは、温暖化した気候状態と温暖化しなかった気候状態それぞれにおいて、注目する極端現象を対象とした大量の数値シミュレーションを行い、注目する現象に相当する事例が全実験中の何本に出現していたかを数え上げることで、発生確率がどの程度変化したかを定量的に見積もります。大量の数値計算を必要としますので、用いるモデルの解像度には限界があり、実際に発生した極端現象そのものを忠実に再現するわけではありません。一方、量的アプローチでは、高解像度モデルを用いて実際の極端現象を忠実に再現した上で、地球温暖化が現象の強さや量に与える影響を評価します。この手法では、極端現象が発生した後の成長過程に注目しており、その現象が発生するかしないか（発生確率）は議論しませんので、大量の計算は必ずしも必要ではありません。以下では、近年の日本の豪雨事例を対象とした2種類のEAについて紹介します。

まず、平成29年7月九州北部豪雨（九州北西部）と平成30年7月豪雨（瀬戸内地域）の大雨、及び台風が連続で九州に接近した平成5年の九州東部の大雨の発生確率について、確率的アプローチを用いて地球温暖化の影響を評価した例を紹介します（Imada et al. 2020）。大雨特別警報の基準の一つである「50年に一度の大雨」を基準値として、このレベルの大雨の発生確率が過去から現在までの地球温暖化によってどの程度変化していたかを、最新の気象庁気象研究所の気候モデルによる大量の気候再現実験（現実的な温暖化レベルの実験）と非温暖化実験（温暖化がなかったと仮定した場合の実験）を用いて見積もったところ、平

成29年7月九州北部豪雨時の発生確率は、温暖化が進行している現実の気候条件下では約2.8%、温暖化がなかった仮想の気候条件では約1.9%、平成30年7月豪雨時の発生確率は、温暖化が進行している現実の気候条件下では約4.8%、温暖化がなかった仮想の気候条件では約1.5%と推定されました。つまり、過去から現在までの地球温暖化の影響により、平成29年7月九州北部豪雨の発生確率は約1.5倍に、平成30年7月豪雨の発生確率は約3.3倍になっていたと考えられます。一方、平成5年の台風による大雨については、2つの実験群の間にほとんど差が見られませんでした。この結果をそのまま受け取ると、この大雨に対する温暖化の影響は検出できないほど小さいということになりますが、一方で、台風の接近自体の不確実性が大きいことや、モデルによる台風の再現が不十分であることも原因として考えられます。

次に、平成30年7月豪雨及び令和元年台風第19号（Hagibis）の際の総雨量に対してEAの量的アプローチを実施した結果を紹介します。ここでは、気象庁気象研究所が開発した高解像度の地域気候モデルを用いています。観測などから得られる現実的な境界値をモデルに与え、注目する極端現象を正確に再現した上で、その境界値から、温暖化に相当すると思われる気温上昇トレンドのみを除去することで、温暖化していない世界を作り出します。温暖化していない状況下で同じ極端現象が起こった場合に、その強さや量がどの程度変わるかを見積もります。平成30年7月豪雨の例では、1980年以降の気温上昇によって総降水量が6.7%増加していたと見積もられました（Kawase et al. 2019）。令和元年台風第19号の例では、地球温暖化により総降水量が10.9～13.6%多くなっていたと見積もられました（Kawase et al. 2021）。一般的に気温が1度上がると飽和水蒸気量は7%増加することが知られています（Clausius-Clapeyronの式）。日本付近の気温上昇量は現時点で約1度ですが、令和元年台風第19号の例では、水蒸気量

の増加から想像される雨量の増加量を大きく超えていました。この理由として、台風が強化したこと、また、地形性の上昇流が降水量の増加率を増幅させた可能性が考えられます。

以上で見てきたように、地球温暖化はもはや将来の問題ではなく、その影響は私達の生活に既に現れ始めています。EAは、漠然と感じている地球温暖化の極端現象への影響を数字で示すことが可能な方法です。令和2年7月豪雨についても今後、EAを実施する計画があります。このような結果を発信することで、地球温暖化によって現在我々が暮らしている世界、また今後子供たちが暮らしていく世界がどのような危機に直面しているのかを実感していただき、現象への理解を深めていただくことで、ひとりひとりが温暖化対策の推進に参加できるような手助けをすることが我々の使命であると考えています。

#### 参考文献：

- Imada et al. 2020: Advanced risk-based event attribution for heavy regional rainfall events. *npj Climate and Atmospheric Science*, 37, 3–37.
- Kawase et al., 2019: The Heavy Rain Event of July 2018 in Japan enhanced by historical warming [in “Explaining Extreme Events of 2018 from a Climate Perspective”]. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 101, S109–S114.
- Kawase et al. 2021: Enhancement of extremely heavy precipitation induced by Typhoon Hagibis (2019) due to historical warming. *SOLA*, <https://doi.org/10.2151/sola.17A-002>.