

平成 30 年 7 月豪雨について - 要因と地球温暖化の影響の可能性 -

THE HEAVY RAIN EVENT OF JULY 2018 IN JAPAN - METEOROLOGICAL FACTORS AND POSSIBLE INFLUENCE OF GLOBAL WARMING-

高野 清治

Kiyoharu TAKANO

福岡管区気象台 (〒810-0052 福岡市中央区大濠 1-2-36)

1. はじめに

九州北部はほぼ毎年大雨に見舞われる。特にここ 3 年は特別警報が発表されるような顕著な豪雨が続いた。本稿ではここ 3 年の豪雨について触れつつ「平成 30 年 7 月豪雨」を中心にその要因と地球温暖化の影響の可能性について気象庁内の調査・研究をもとにレビューすることとしたい。

2. 最近 3 年の九州北部における豪雨の概要

(1) 令和元 (2019) 年 8 月 26 日から 30 日にかけての佐賀県・福岡県・長崎県の大雨

8 月 26 日朝には九州南部付近にあった前線が、27 日には対馬海峡付近まで北上し、前線に向かって暖かく湿っ

た空気が南から流れ込み、九州北部地方では大気の状態が非常に不安定となった。このため、九州北部地方では降り始めからの降水量が 600 ミリを超えた所があったほか、佐賀県、福岡県、長崎県では、8 月の降水量の平年値の 2 倍を超える所があるなど、記録的な大雨となった (図-1. 図-2¹⁾)。また、1 時間雨量や、3 時間雨量、6 時間雨量なども記録を更新した地点が多くあった。

図-3 は 8 月 27 日～29 日平均の 925hPa の水蒸気フラックスと相当温位を示すが、九州地方北部から対馬海峡にかけて等相当温位線の集中帯 (前線帯) があり、そこに向けて水蒸気フラックスの流れ込みが見られた。

アメダス総降水量の分布図(8月26日～30日)

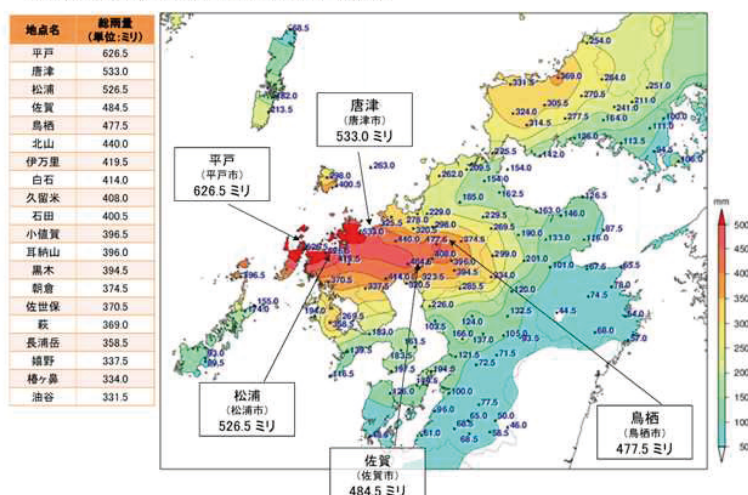


図-1 令和元年 8 月 26 日から 30 日にかけてのアメダス総降水量の分布図¹⁾

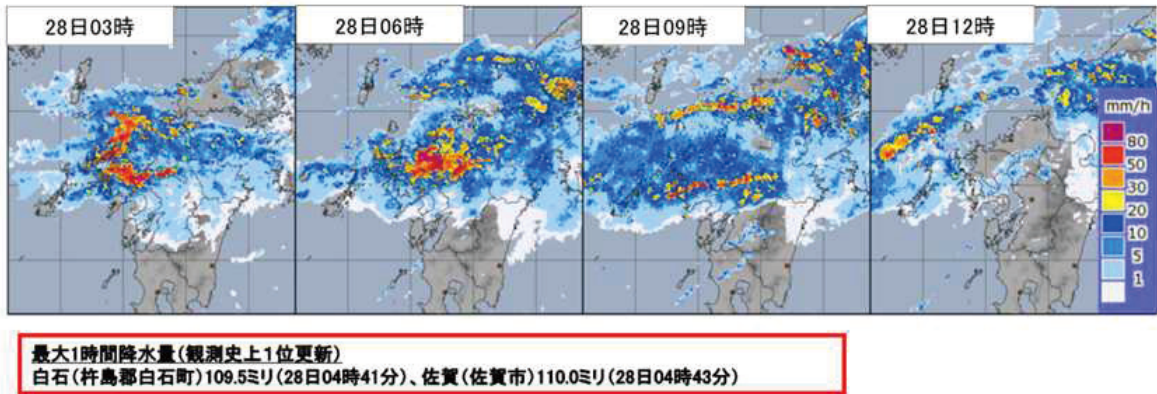


図-2 令和元年8月28日3時から12までの3時間おきのレーダー画像¹⁾

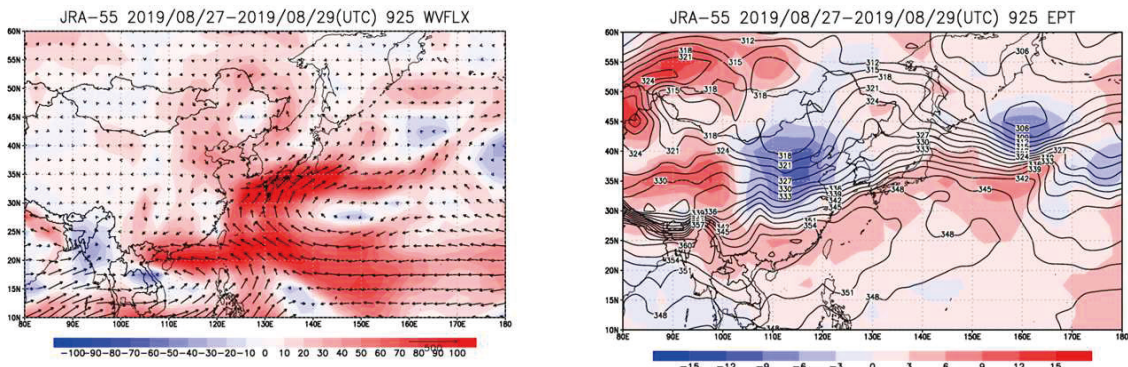


図-3 左: 令和元年8月27日～8月29日平均の925hPaの水蒸気フラックス(矢印)とその平均偏差(陰影)
右: 同925hPaの相当温位(実線)とその平均偏差(陰影)

(2) 平成30年7月豪雨

「平成30年7月豪雨」では、西日本から東海地方を中心に広い範囲で数日間大雨が続き、その総雨量は1982年以降の豪雨災害時の雨量と比べて極めて大きいものとなった。九州では特に7月5日から8日にかけて梅雨前線が九州付近に停滞し続けたため、広い範囲で長時間にわ

たり大気の状態が非常に不安定となり記録的な大雨となった(図-4²⁾)。この豪雨では1時間雨量もさることながら48時間雨量や72時間雨量などの記録が九州に限らず広い範囲で多く出た、また日本全体の総雨量が記録的だったことが特徴である(図-5³⁾)。

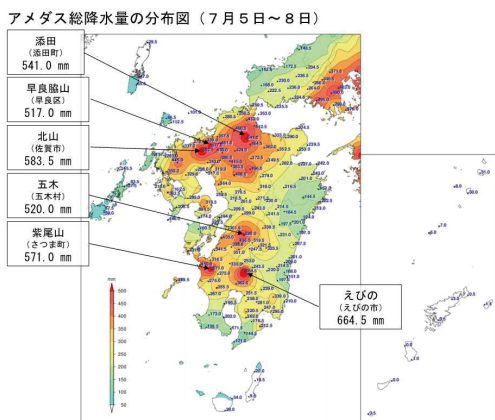


図-4 平成30年豪雨時のアメダスによる九州の総降水量(7月5日～8日)²⁾

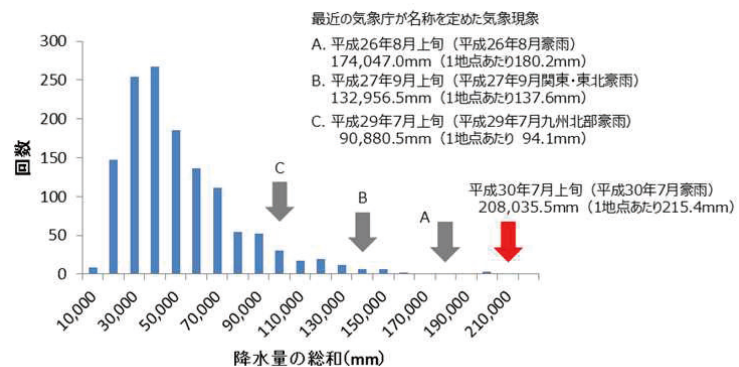


図-5 全国のアメダス地点(比較可能な966地点)で観測された降水量の総和(1982年1月上旬から2018年7月上旬における各旬の値の度数分布)³⁾

(3) 平成 29 年 7 月九州北部豪雨

平成 29 年 7 月 5 日から 6 日にかけて、対馬海峡付近に停滞した梅雨前線に向かって暖かく非常に湿った空気が流れ込んだ影響等により、線状降水帯が形成・維持され、同じ場所に猛烈な雨を継続して降らせたことから、九州北部地方で記録的な大雨となった。九州北部地方では、7 月 5 日から 6 日までの総降水量が多いところで 500 ミリを超え、7 月の月降水量年平均値を超える大雨となったところがあった(図-6⁴⁾)。また、福岡県朝倉市や大分県日田市等で 24 時間降水量の値が観測史上 1 位の値を更新するなど、これまでの観測記録を更新する大雨となった。この豪雨は比較的狭い範囲で強い雨(朝倉で 1 時間最大 129.5mm)が 10 時間程度降り続いたことが大きな特徴である(図-7⁴⁾)。

- (A) 多量の水蒸気を含む 2 つの気流が西日本付近で持続的に合流
- (B) 梅雨前線の停滞・強化などによる持続的な上昇流の形成
- (C) 局地的な線状降水帯の形成

ここで、(A) と (B) が主要な要因であり、(C) の寄与が大きい地域もあったとされている。

昨年、本シンポジウムで気象研究所津口がこの豪雨についての速報的報告を行っている⁵⁾。その中で (C) について解析し、(C) は降水量の局所的強化に一定の役割を果たしているものの、平成 29 年九州北部豪雨の時と比べると線状降水帯の割合が小さかったことを報告している。ここではさらに(A)及び(B)の要因について述べる。

まず (A) についてであるが、図-9³⁾ は 2018 年 7 月 5 日から 7 日の平均の対流圏(地上からおおよそ 9 km) で積算した水蒸気フラックスである。南からの強い水蒸気フラックスを確認できる。図-10 はその収束・発散の時系列である。灰色の線は 1958 年以来的の毎年値を書いたものであるが、過去のデータと比べても水蒸気の収束は最も強かったことが分かる。このように大量の水蒸気が南から運ばれ収束したことが、平成 30 年 8 月豪雨をもたらした大きな要因の一つである。なお、青い線(中くらいの太さの線)は平成 29 年(2017 年)のものであるが九州北部豪雨時の収束も強いものの、他の年と比べても極端に強いとは言えないことが分かる。

次に (B) については、気象的な役者は変わりながらも強い上昇流が維持される場が続いた。すなわち、7 月 3 日頃から顕在化していたオホーツク海高気圧と太平洋高気圧の間で、梅雨前線が停滞していた。4 日に日本海で台風第 7 号から変わった温帯低気圧が 5 日には日本海から北海道付近へ進んだため、この低気圧の西側の日本海北部に、オホーツク海高気圧から下層の冷たい空気が南下した。これにより、5 日から 6 日にかけて、前線の北側で南北の温度差が大きくなり上昇流の励起されやすい場となって、前線の活動が活発化した。一方、朝鮮半島付近にあった上空の気圧の谷が、7 日には日本海西部へ急速に深まりながら進んだ。それにより気圧の谷の東側で南風が強まり、西日本で水蒸気の流れ込みが強まると共に、さらに上昇流の励起が強まった。

なお、大量の水蒸気をもたらす南西の流れを作り、また梅雨前線を強めた太平洋高気圧の日本の南東側への張り出し、梅雨前線の強化、上昇流の持続に寄与したオホーツク海高気圧の強まりには、より大規模な流れである上空の亜熱帯ジェット気流や寒帯前線ジェット気流の蛇行とその持続が寄与していると考えられる。

アメダス日降水量の分布図(7月5日)

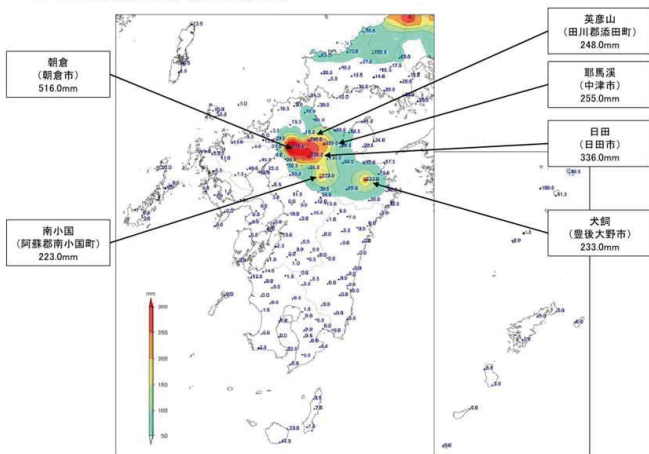


図-6 平成 29 年 7 月九州北部豪雨時の雨量。7 月 5 日の雨量分布⁴⁾

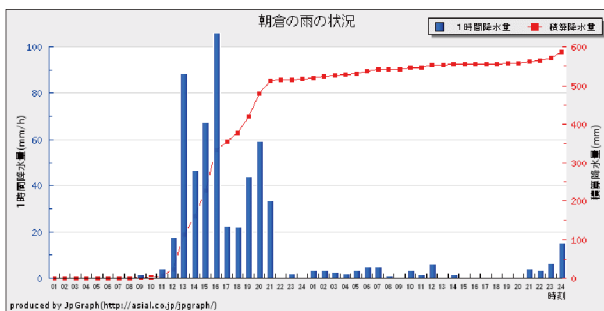


図-7 平成 29 年 7 月九州北部豪雨時の朝倉の 7 月 5 日から 6 日の時間雨量(棒グラフ)と積算雨量(折れ線グラフ)⁴⁾

3. 平成 30 年 7 月豪雨の気象学的要因

平成 30 年 8 月に開催された有識者による気象庁の「異常気象分析検討会(臨時会)」の結論によればこの平成 30 年 7 月豪雨の要因として以下の三つが挙げられている(図-8³⁾)。

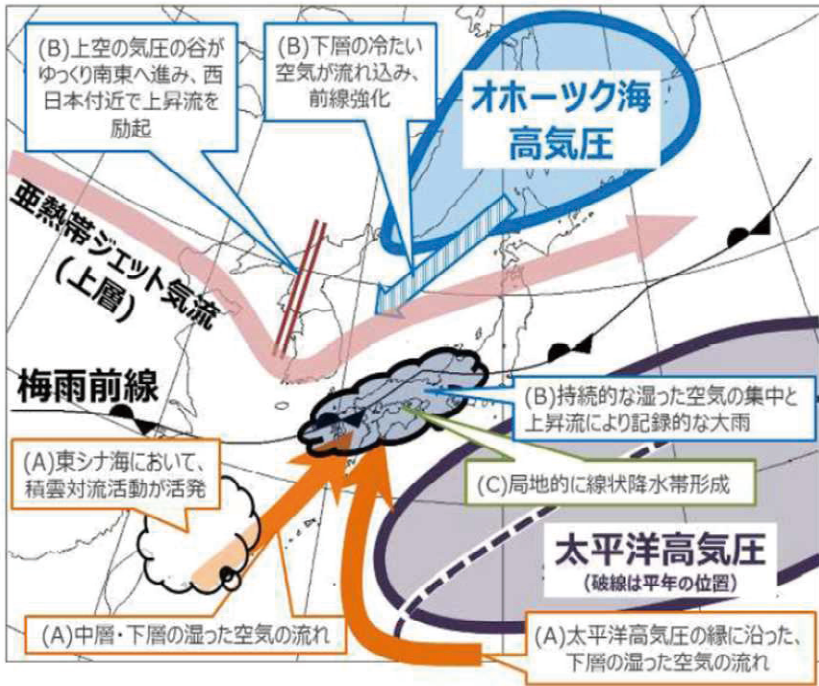


図-8 2018年7月5日から8日の記録的な大雨の気象要因の模式図³⁾

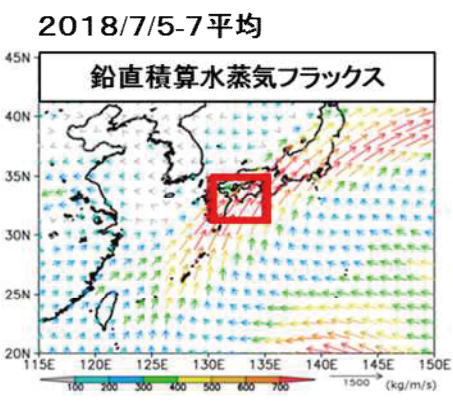


図-9 2018年7月5日から7日の3日間で平均した日本周辺の水蒸気の流れ(鉛直積算水蒸気フラックス)³⁾
単位は kg/m²/s
鉛直積算は地上から300hPa面における積算

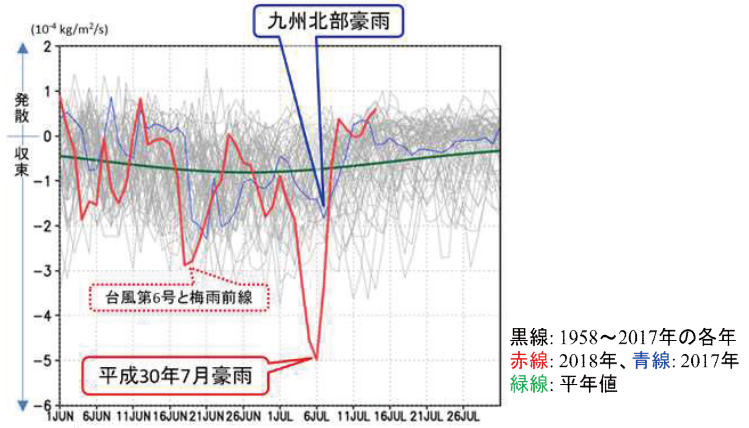


図-10 西日本付近に集中した水蒸気量(水蒸気フラックス収束・発散の鉛直積算)の日別時系列(3日移動平均) 単位は $10^4 \text{ kg/m}^2/\text{s}$ 計算領域は、北緯31.25度～35度、東経130度～135度(図-9の赤太線で囲った領域)。横軸は時間で、各年の6月1日から7月31日。赤線は2018年の値(7月14日まで)。灰色細線は1958年から2017年の各年の値。緑線は1981年から2010年の平均値(平年値)。青細線は2017年。

4. 地球温暖化の影響の可能性

前述の気象庁で開催された有識者による「平成30年度「異常気象分析検討会(臨時会)」では、「平成30年7月豪雨の背景要因として地球温暖化による気温の長期的な上昇傾向とともに、大気中の水蒸気量も長期的に増加傾向にあることが考えられる」として地球温暖化が影響している可能性について言及している。ここではそのことについて触れてみたい。

(1) 近年の統計的傾向

まずここでは近年の傾向を見てみる。日本全国(51地点)で平均した日降水量100mm以上の年間日数と日降水量

1mm未満の日数はどちらも統計的に有意な増加傾向がある。また、図-11³⁾はアメダスによる全国の年最大72時間降水量の基準値との比の経年変化であるがこれにも統計的に有意な増加傾向が見られる。図-12³⁾は日本域の850hPaの比湿の経年変化だが、近年の増加傾向が顕著である。

地球温暖化予測に関する研究によれば、地球温暖化が進展すると気温上昇とともに空気中の水蒸気量が増えると考えられている。クライペロン-クラウジウスの式によれば飽和水蒸気量は1℃あたり7%程度増加するが、湿度が変わらなければ実際の水蒸気量も同じように増加すると考えられる。一方総蒸発量(=総降水量)はエネルギーバランスの制約から増加はするものの1℃あたり2%程

度と考えられている⁶⁾。このため、水蒸気量の増加に伴い短時間で降る雨は増加するとされている一方、総降水量があまり大きく増えないとすると雨が降らない日数も増加する可能性があると考えられている(例えばTrenberth 2011⁷⁾)。これらはあくまで全球平均であり、総降水量が地域的にごう変化するかは微妙だが、これまでの日本における観測事実からもそのような傾向が見て取れる。また、気象庁が公開している温暖化予測情報第9巻でも21世紀末にはそのような傾向がより顕著に予測されている⁸⁾

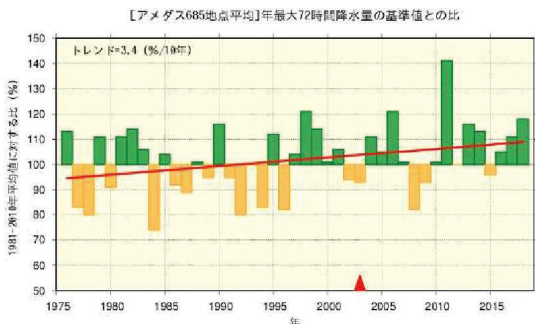


図-11 全国の年最大72時間降水量の基準値との比の経年変化(期間:1976年から2018年)
棒グラフは全国のアメダス地点のうち1976年から2018年の期間で観測が継続している地点(685地点)の基準値との比(%)を平均した値。直線(赤)は長期変化傾向(信頼度水準90%で統計的に有意)。2018年の値は8月1日までのデータに基づく。基準値は1981年から2010年の平均値。▲は観測の時間間隔を変更した年を示す(2003年より前は1時間間隔、以後は10時間間隔)³⁾

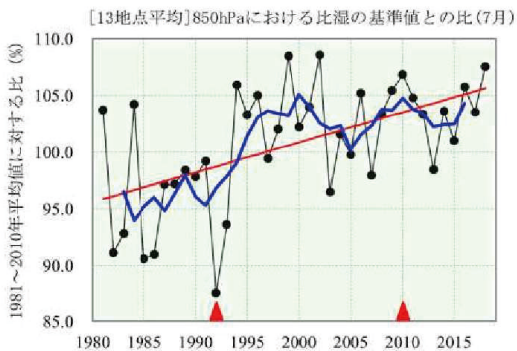


図-12 日本域における7月の上空約1500メートル(850hPa)の月平均比湿(空気1kgあたりに含まれる水蒸気量)の基準値との比の経年変化(期間:1981年から2018年)
細線(黒)は国内にある13の高層気象観測地点の基準値との比(%)を平均した値を示す。太線(青)は5年移動平均値を、直線(赤)は長期変化傾向(信頼度水準99%で統計的に有意)を示す。基準値は1981年から2010年の平均値。2つの▲の間では測器の変更の影響により、相対的にやや値が高めになっている可能性がある。³⁾

(2) 平成30年7月豪雨への地球温暖化の影響の可能性

それでは平成30年7月豪雨へ温暖化の寄与はどれくらいあったのだろうか?ここでは気象研究所川瀬主任研究官らの数値シミュレーションによる結果を紹介することとしたい^{9), 10), 11)}。川瀬らは以下の二通りの方法でアプロ

ーチをしている。

(i) 確率的アプローチ

このやり方は、温暖化時に大雨などの頻度、あるいは発生確率が実際にそれくらい増えるかをシミュレーションで計算するものである。具体的には現在の気候状態と20世紀の温暖化部分と考えられる部分を除去した状態の二つの状態で数値シミュレーションをアンサンブル実験によりそれぞれ多数例(およそ通算で3000年分)を行い、両者を比較するものである。平年から大きく隔たった大雨の頻度を再現するにはこのように多くの事例が必要となる。図-13⁹⁾はその結果であるが、温暖化がないときと比べるとごく弱い雨と強い雨が増え、中程度の雨が減っていることが分かる。

(ii) イベントベースアプローチ

(i)のやり方では直接的に平成30年7月豪雨のときどれくらい温暖化が寄与していたかは分からないので、川瀬らは疑似温暖化(寒冷化)実験という方法で比較を行っている。やり方は、まず、平成30年7月豪雨の再現実験を行う。次に平成30年7月の状態から1981-2015年間の夏季平均の変化量を差し引いたものを作り同じく再現数値実験を行う(寒冷化実験)。この間の温暖化トレンドを差し引いているので、およそ1980年頃の平均的な気候状態となっていることになる。平均的なトレンドを差し引くだけなので初期値の中に擾乱などは残っており、豪雨の再現実験ができる。

図-14⁹⁾は再現実験と解析雨量との比較だが、九州北部の雨量が過少なのは残念だが、概ね豪雨を再現している。図-15⁹⁾は再現実験と上昇トレンドを差し引いた寒冷化実験との比較、表-1⁹⁾は両者の陸域の総雨量の差をまとめたものだが、気温上昇除去実験と比べ約6%の雨量の増加となっている。計算に用いた1980年からの地上気温の上昇

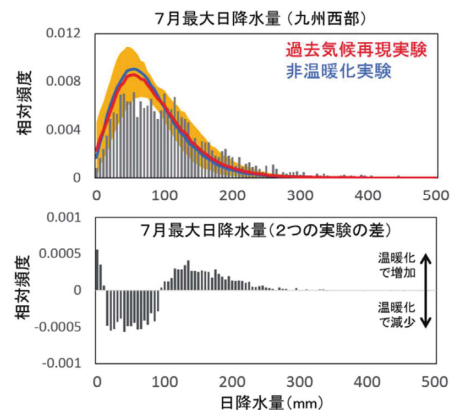


図-13 過去実験(1981年-2010年)と非温暖化実験で計算された九州西部の7月最大日降水量の頻度分布(上段)と両実験の差(下段)。上段の灰色棒は観測、赤線が過去実験、青線が非温暖化実験。橙色の陰影は過去実験のばらつき(±1標準偏差)を示す⁹⁾

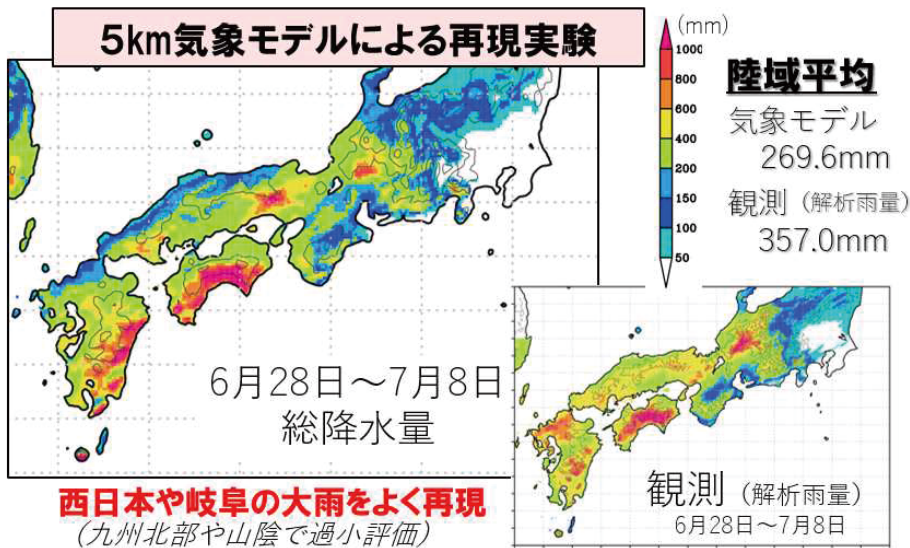


図-14 H30年7月豪雨再現実験の結果
計算開始日6月25日⁹⁾

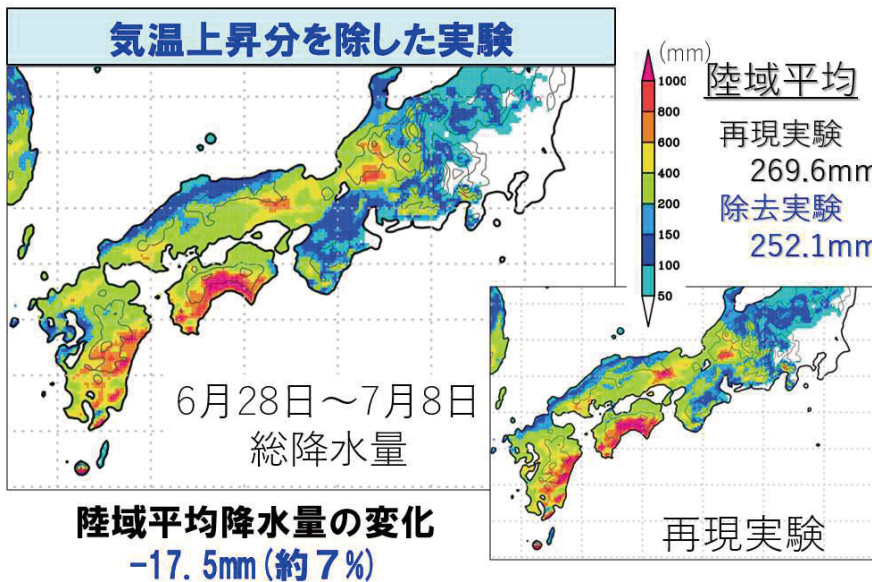


図-15 H30年7月豪雨に対する再現
実験と1981年以降の気温上
昇トレンドを除去した「寒冷化
実験」の結果及び両者の差。
計算開始日6月25日⁹⁾

期間積算した陸域平均降水量 (6/28-7/8)				
計算 開始日	解析雨量 (mm)	2018/7/1 再現実験(mm)	気温上昇 除去実験(mm)	変化率 (除去実験比)
6月23日		268.7	253.7	5.90%
6月24日		267.3	251.4	6.30%
6月25日	357	269.6	252.1	6.90%
6月26日		265.9	252.1	5.40%
6月27日		268.1	252.1	6.30%
平均	357	267.9	252.3	6.20%

表-1 H30年7月豪雨に対する再現
実験と「寒冷化実験」とその差
の一覧表⁹⁾

量は0.8℃程度であり、飽和水蒸気量の増加が1℃につき7%程度だから、概ねこの水蒸気の増加量とオーダー的には辻褃のあった値になっている。

防災上の観点からこの約6%という値を考えると、この6%が土砂災害や洪水災害の最後の一押しとなる可能性も十分あり決して小さな値ではないと考えられる。

5. まとめ

ここ3年連続で特別警報クラスの豪雨が続き、同じ九州北部での豪雨と言いながら、共通な部分もあるものかなり気象学的特徴が異なるものとなった。平成30年7月豪雨は大規模でかつ何日にもわたり継続時間が長いことが大きな特徴であったのに対し、平成29年九州北部豪雨は狭い領域に集中・連続して猛烈な雨が降り続いたことが大きな特徴である。さらに令和元年8月の大雨は梅雨期ではなくまた違ったタイプの大雨であった。いずれの豪雨にも共通しているのは南からの暖湿流の流入であるが、今後もこの暖湿流の流入に伴ういろいろなタイプの大雨に警戒する必要がある。

地球温暖化の影響の可能性について、平成30年7月豪雨についての気象研究所川瀬らの成果を中心に紹介した。この豪雨は大規模でかつ継続時間も長かったこともあり、シミュレーションが比較的容易で温暖化による降水量の増加の可能性を示すことができた。また、温暖化に伴う、大雨の増加、無降水や少ない雨の増加の可能性も示すことができ、観測事実と並んで遠い将来のことではなく、現に地球温暖化がすでに着実に進展しつつある可能性が高まった根拠となるかもしれない。ただし、顕著な豪雨に対する温暖化のより正確な影響評価には、まだまだ未解明の部分がある豪雨のメカニズムの解明や、より現象の再現性の高い、高分解能のシミュレーション技術が必要であり、今後の進展が期待される。

最後に平成30年に「気候変動適応法」が施行されたが、今後温暖化の進展に伴いますます大雨が増加する可能性があるため、ますますしっかりと防災に関する「適応策」の検討を進め、実施していく必要がある。

参考文献

- 1) 福岡管区気象台：災害時気象資料～令和元年8月26日から30日にかけての佐賀県・福岡県・長崎県の大雨について～、福岡管区気象台ホームページ、2019。
- 2) 福岡管区気象台：災害時気象資料～平成30年7月5日から8日にかけての九州・山口県の大雨について～、福岡管区気象台ホームページ、2018。
- 3) 気象庁：気象庁報道発表資料「平成30年7月豪雨」及び7月中旬以降の記録的な高温の特徴と要因について、気象庁ホームページ、2018。

- 4) 福岡管区気象台：災害時気象資料～平成29年7月5日から9日にかけての九州・山口県の気象状況について～、福岡管区気象台ホームページ、2017。
- 5) 津口裕茂：平成30年7月豪雨について（速報）、第17回都市水害に関するシンポジウム論文集、2018。
- 6) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2013. Climate Change: The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535pp, 2013. (第一作業部会技術要約等は邦訳あり、気象庁ホームページ等)。
- 7) Trenberth, K. E : Changes in precipitation with climate change. *Clim. Res.*, 47, 123–138, 2011.
- 8) 気象庁：温暖化予測情報第9巻、気象庁ホームページ、2017。
- 9) 川瀬宏明、2018：地球温暖化で変わりつつある日本の豪雨、気象研究所成果発表会、気象研究所ホームページ、2018。
- 10) Kawase, H., Y. Imada, H. Tsuguti, T. Nakaegawa, S. Naoko, A. Murata, and I. Takayabu: The Heavy Rain Event of July 2018 in Japan enhanced by historical warming, *BAMS special report, in revision*, 2019.
- 11) Kawase, H., Y. Imada, H. Sasaki, T. Nakaegawa, A. Murata, M. Nosaka, and I. Takayabu: Contribution of historical global warming to local-scale heavy precipitation in western Japan estimated by large ensemble high-resolution simulations, *J. Geophys. Res.*, 124, 6093-6103, 2019.

(2019. 10. 4 受付)

