

深刻化する豪雨

～我々はどのようなリスクに直面しているのか～

2025

気候変動への適応策を考えるきっかけに

近年、台風や大雨による気象災害が毎年のように発生し、生活環境や企業活動に大きな影響をもたらしています。その原因の一つとして地球温暖化があるとされています。IPCCの報告書^(参考1)では、将来地球温暖化が進行する場合、大雨の頻度や強度が増加していくことが予測されています。環境省では、甚大な被害をもたらした平成30年7月豪雨を例に、地球温暖化が進行し、世界平均気温が工業化以前に比べて2℃、4℃上昇した場合にどのような影響をもたらすようになるのか、スーパーコンピュータを活用して予測しました。気候変動の身近なリスクを知っていただき、今後の気象災害対策や気候変動への適応策を考えるきっかけとしていただければ幸いです。

地球温暖化が進行した将来の平成30年7月豪雨の姿

地球温暖化が進行すると何が起こる？

人間活動によって温室効果ガスの濃度が高まり、世界平均気温が上昇しています。
気温が上昇すると、大気中に含まれる水蒸気量が増加し、一度に大量の雨が降るようになると予測されています。
そのため、地球温暖化が進行した世界で平成30年7月豪雨のような大雨が再度発生した場合、より大きな影響もたらされる可能性があります。



雨、洪水はどうなる？

5-6 ページ参照

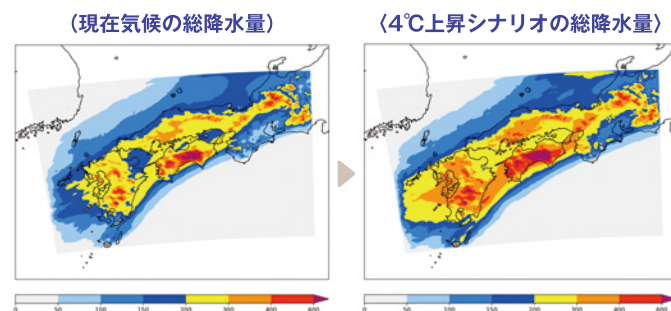
実際の豪雨は…

- 120以上の気象観測所で、48、72時間降水量の観測史上第1位が更新されました（気象観測所は全国で約1,300箇所）。
- 国管理河川22水系、都道府県管理河川69水系で被害が生じ、住家被害は全壊が6,767棟、半壊・一部破損が15,234棟、浸水が28,469棟に及びました。（参考2）

地球温暖化が進むと…

降水量が増加します。

- 2℃上昇シナリオ：平均9%増加（最小1%～最大23%）
- 4℃上昇シナリオ：平均25%増加（最小1%～最大50%）

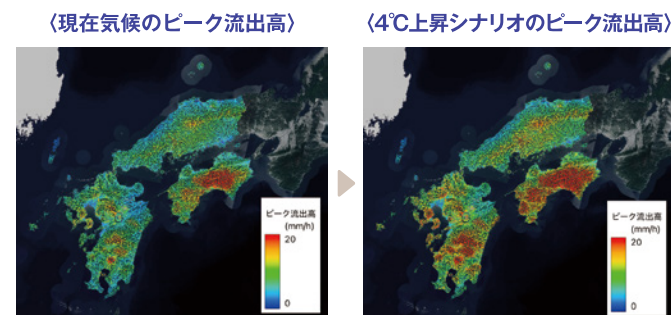


色が赤に近づくほど降水量が多いことを表します。4℃上昇シナリオでは赤い部分が増えており、豪雨が深刻化することが分かります。

※降水量は、7/5 09:00～7/8 09:00に陸地に降った総降水量を意味する。

河川流量の最大値（ピーク流量）が増加します。

- 2℃上昇シナリオ：平均17%増加（最小3%～最大40%）
- 4℃上昇シナリオ：平均46%増加（最小11%～最大89%）



色が赤に近づくほどピーク流量が多いことを表します。4℃上昇シナリオでは黄色～赤の部分が増えており、河川流量が増えていることが分かります。

※ピーク流出高は、ピーク流量を上流の集水面積で除した値であり、ピーク流量と相関関係がある。

※「地球温暖化が進むと…」では、現在・将来の気候条件を想定したシミュレーションの結果を掲載している。シミュレーションの条件については、11～12 ページ参照

SUMMARY OF DAMAGE

過去の被害の概要

ここでは参考のため、実際に発生した被害の概要をまとめています。

平成30年7月豪雨

平成30年6月28日から7月8日にかけて日本に停滞していた前線と、6月29日に日本の南海上で発生し沖縄本島の西海上を北上した台風第7号の影響により、西日本を中心に全国的に大雨がもたらされました（参考3）。
期間中の総降水量は四国地方で1,800mm、東海地方で1,200mmを超えるところがあるなど、一部では7月の月降水量平年値の2～4倍に達しました。また、九州北部、四国、中国、近畿、東海、北海道地方の多くの観測地点で24、48、72時間降水量の値が観測史上第1位の値を更新しました。



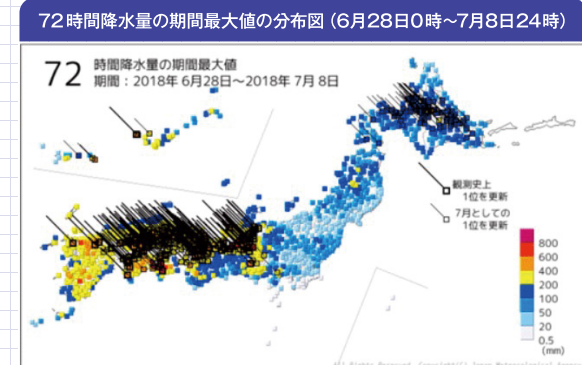
広島県三原市の浸水被害（参考4）



広島県坂町の土砂災害（参考4）



岡山県倉敷市の浸水被害（参考4）



愛媛県宇和島の土砂災害（参考5）



愛媛県大洲市の浸水被害（参考2）



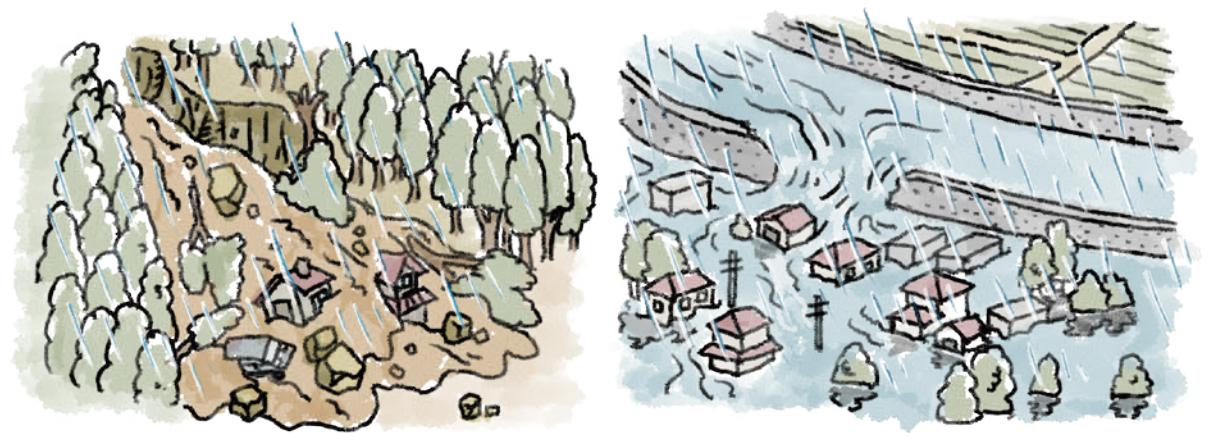
愛媛県大洲市の災害廃棄物（参考6）

この豪雨により、河川の氾濫、浸水害、土砂災害等が発生し、死者237名（広島県115名、岡山県66名、愛媛県31名、他府県25名）、行方不明者8名、重軽傷者は432名となりました。住家被害については、岡山県を中心に、全壊が6,767棟、半壊・一部破損が15,234棟、浸水が28,469棟を数えました。
ライフラインの被害も相次ぎ、停電被害が最大約8万戸、断水が最大約26万戸発生しました。
避難所については、計3,779所開設され、最大避難者数は約2万8千名（うち、岡山県約2千5百名、広島県約1万2千名、愛媛県約8百名）に及びました。

（被害規模の数値は「令和元年版防災白書」（参考2）より引用）

INDEX [目次]

地球温暖化が進行した将来の平成30年7月豪雨の姿



INTRODUCTION

はじめに

目次	3
はじめに	4
謝辞	4

CHAPTER 1

第1章 平成30年7月豪雨の評価結果

地球温暖化が進行した条件下の平成30年7月豪雨の様相	5-6
場合によっては起こり得た現在気候条件下の豪雨の様相	7-8

CHAPTER 2

第2章 気候変動と適応

深刻化する気象災害への適応	9
気候変動適応関連ツールの紹介	10

CHAPTER 3

第3章 参考情報

本プロジェクトにおけるシミュレーションの手法	11-12
本シミュレーションに用いたモデル	13
用語の説明・出典	14

はじめに

近年、大雨や台風による気象災害が毎年のように発生し、生活環境や企業活動に大きな影響をもたらしています。

その背景として、地球温暖化に伴う大気中の水蒸気量の増加があると考えられています。

では、地球温暖化が更に進行した場合、大雨の様子はどのように変化し、我々の生活にどのような影響をもたらすのでしょうか。このような知見は、気候変動の影響を回避・軽減する適応策の検討において重要な情報となります。そのため環境省では、「気候変動による災害激化に関する影響評価業務（令和2年度～令和6年度）」において、平成30年7月豪雨などの気象災害を対象とし、工業化以前と比較して2℃及び4℃温暖化した世界では、大雨の様子や与える被害にどのような変化が生じるかをシミュレーションしました。実際に発生した大雨を例にシミュレーションを行うことで、地球温暖化が進むにつれて気象災害がどの程度深刻な影響をもたらすのか、行政機関、企業、市民の皆様に分かりやすくご提供することを目指しています。本報告のp5-8を通じて気候変動の身近なリスクを知っていただき、p9-10を読んであなたが取りうる対策を考えるきっかけといただければ幸いです。

なお、本パンフレットでは平成30年7月豪雨を扱いますが、令和元年東日本台風・平成30年台風第21号を扱ったパンフレット「勢力を増す台風」も公開されているので、あわせてご覧ください。^(参考7)

※工業化以前とは、世界全体をカバーする観測データのある1850～1900年を想定します^(参考1)。

謝辞

ACKNOWLEDGMENTS

「気候変動による災害激化に関する影響評価業務」（令和2年度～令和6年度）の実施にあたり、文部科学省「統合的気候モデル高度化研究プログラム」（平成29年度～令和3年度）、「気候変動予測先端研究プログラム」（令和4年度～）及び気象庁気象研究所より気象モデルの貸与及び関連データの提供を受けました。シミュレーションの実行のための計算機については、国立研究開発法人国立環境研究所より同機関が保有するスーパーコンピュータの計算機リソースの提供を受けました。さらに、国土交通省より関連データの提供及び助言を受けました。

また、本業務においては、気象庁気象研究所、国立環境研究所、東京大学、京都大学、北海道大学、名古屋大学、香川大学、茨城大学等のメンバー（下表、旧メンバー含む）から構成される「気候変動による災害激化に関する影響評価検討委員会」を設置し、調査の方針や結果の検証等に関して助言を受けました。ここに記して感謝の意を表します。

「気候変動による災害激化に関する影響評価検討委員会」メンバー

今田 由紀子	：東京大学大気海洋研究所 気候システム研究系 気候変動現象研究部門 准教授	立川 康人	：京都大学 工学研究科 社会基盤工学専攻水工学講座 教授
梶谷 義雄	：香川大学 創造工学部 創造工学科 防災・危機管理コース 教授	田中 智大	：京都大学防災研究所 社会防災研究部門 防災技術政策研究分野 准教授
金田 幸恵	：名古屋大学 宇宙地球環境研究所 附属統合データサイエンスセンター 特任准教授	仲江川 敏之 ^(座長)	：気象庁気象研究所 気候・環境研究部・部長
川瀬 宏明	：気象庁気象研究所 応用気象研究部・第一研究室・室長	中北 英一	：京都大学 副理事、防災研究所 所長、気象・水象災害研究部門 水文気象災害研究分野 教授
佐山 敬洋	：京都大学防災研究所 社会防災研究部門 防災技術政策研究分野 教授	脇岡 靖明	：国立研究開発法人国立環境研究所 気候変動適応センター／センター長
塩竈 秀夫	：国立研究開発法人国立環境研究所 地球システム領域（地球システムリスク解析研究室）室長	日比野 研志	：東京大学 河川／流域環境研究室 特任助教
高藪 出 ^(前座長)	：元気象庁気象研究所 研究総務官	藤見 俊夫	：京都大学防災研究所 気候変動適応研究センター 適応計画管理研究領域 准教授
竹見 哲也	：京都大学防災研究所 気候変動適応研究センター 暴風雨・極端気象研究領域 教授	村田 昭彦	：気象庁気象研究所 応用気象研究部・部長
多々納 裕一	：京都大学防災研究所 気候変動適応研究センター長 適応計画管理研究領域 教授	森 信人	：京都大学防災研究所 気候変動適応研究センター 沿岸リスク研究領域 教授
		山田 朋人	：北海道大学大学院工学研究院 土木工学部門 社会基盤マネジメント 教授
		若月 泰孝	：茨城大学理工学研究科（理分野）地球環境科学領域 准教授

※ 敬称略。所属、役職は2025年5月時点

第 1 章

平成30年7月豪雨の評価結果

地球温暖化が進行した条件での平成 30 年 7 月豪雨の様相を、気象シミュレーションにより評価しました。

地球温暖化が進行した条件下の平成30年7月豪雨の様相

Point 1

地球温暖化が進むと、降水量はどう変わる？

気象・河川のシミュレーションは不確実性を含むため、一回の計算だけで精度良く現実を再現したり、将来を予測することは困難です。そこで本プロジェクトでは、複数のシミュレーションを行い、その結果の平均値などを参照することで、起こり得る可能性が高い状況の評価しました（詳細はp11-12に記載）。

そのようにして計算された全54ケース^{※1}のシミュレーションに対して、平成30年7月豪雨の発生期間における総降水量の平均値を計算しました。その結果、現在気候の結果（図1）と比較して、4℃上昇シナリオ（図2）では西日本全体で降水量が増加していることが確認できました。西日本全体で総降水量の平均値が増加することについては、現在気候から2℃上昇シナリオの変化においても同様の結果でした。現在気候から2℃上昇シナリオにおける総降水量の増加率^{※2}は、全54ケースで平均9%（最小-1%～最大23%）、現在気候から4℃上昇シナリオでは平均25%（最小1%～最大50%）となりました。

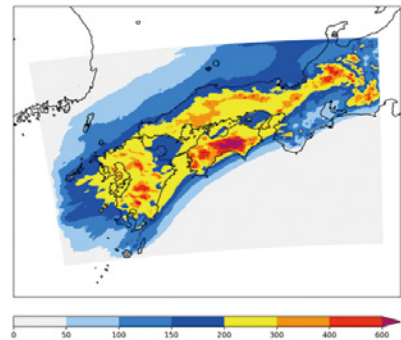


図1 総降水量のアンサンブル平均^{※3}
(現在気候, mm)

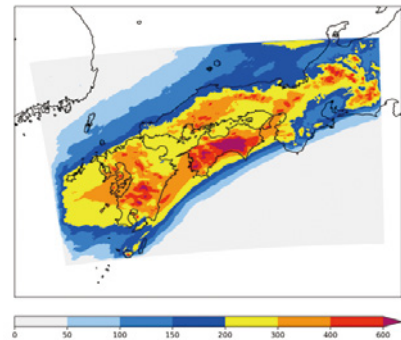


図2 総降水量のアンサンブル平均^{※3}
(4℃上昇シナリオ, mm)

総降水量の平均増加量の分布（図3）を確認すると、将来気候における降水量の増加は九州南部や四国等の西日本南部において顕著です。ただし、実際に将来において平成30年7月豪雨と似た災害が生じた場合に、本ページで示した図と同様の量・分布で降水量が増加するとは限りません。そのため、九州南部や四国に限らず、将来の降水量増加やそれに伴う洪水等の災害発生には注意する必要があります。

※1：入力値27パターン×気象モデル2種（NHRCM, WRF）の全54パターン
※2：全54パターンそれぞれについて計算領域の陸域における総降水量の増加率を算出し、全体の平均値、最小値、最大値を求めた。
※3：累積期間は2018/7/5 09:00～2018/7/8 09:00

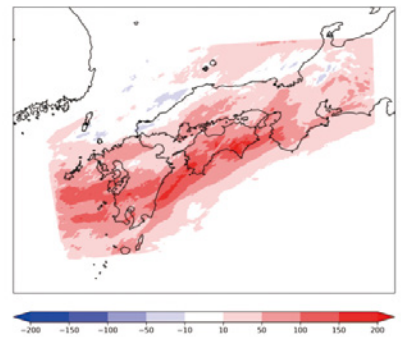


図3 総降水量の平均増加量^{※3}
(現在気候⇒4℃上昇シナリオ, mm)

シミュレーションの条件、留意事項 11-12 ページ参照

- 本シミュレーションでは、まず、実際の平成30年7月豪雨が発生した時の状況をコンピュータの中で表現しました（これを本パンフレットでは「現在気候」と表現します）。
- 次に、地球温暖化によって世界平均気温が工業化以前より2℃、4℃上昇したという条件下で平成30年7月豪雨と同様の状況が発生した場合、どのような影響をもたらすのか複数のモデルを用いたシミュレーションによって評価しました。
- このパンフレットで示された2℃、4℃上昇シナリオの予測結果は、「現在気候」との比較であり、「観測値」との比較ではないことに留意が必要です。
- 本シミュレーションでは、現在気候の計算結果を実際の観測データと比較し、一定の再現性を確認していますが、実際の豪雨を完全に再現したものではありません。
- また、このような豪雨が将来どのような頻度で発生するかを示すことは評価の対象外であり、災害のリスクを総合的に評価したものではありません。

Point 2

地球温暖化が進むと、河川流量はどう変わる？

p5のとおり計算された全54ケースの降水量に対し、2つの河川モデルを使って計108ケースのシミュレーションを行い、各ケースにおける河川流量の最大値（以下、ピーク流量）を求めました。

その結果、現在気候と2℃上昇シナリオを比較すると、中国・四国・九州地域の41水系でピーク流量の増加率は平均17%（最小3%～最大49%）であり、現在気候と4℃上昇シナリオを比較すると、同じく41水系のピーク流量の増加率は平均46%（最小11%～最大89%）となりました。いずれの場合でもピーク流量が増加していることが分かります。

水系ごとのピーク流量の増加率を確認すると、図4に示すように地域や水系によるばらつきが見られました。現在気候と4℃上昇シナリオを比較する場合、増加率が最も大きい水系は89%、最も小さい水系は11%と差が見られました。また、地域ごとに比較すると、九州地方の水系で将来変化が大きく、中国地方の水系で将来変化が小さい傾向が見られました（図5）。

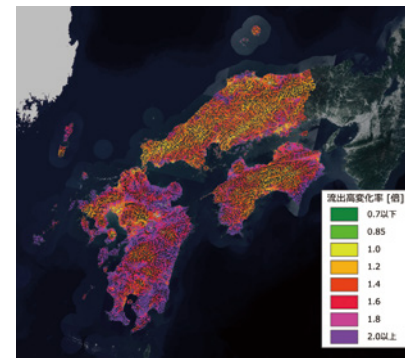


図4 ピーク流量の増加率（現在気候⇒4℃上昇シナリオ）
※河川モデル：RRI、気象モデル：NHRCMの例

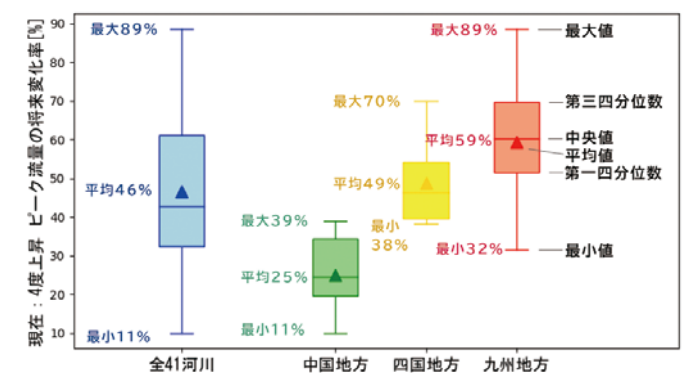


図5 対象41水系におけるピーク流量の増加率の分布
(増加率は現在気候・4℃上昇シナリオで比較)

※対象水系のピーク流量の将来変化率を箱ひげ図として示している。例えば「中国地方」の場合、中国地方の13水系の将来変化率を抜粋して図化している。

41水系のうち8水系に着目してピーク流量を見てみると、特に九州南部の水系では気候変動が進むとピーク流量が大きく増加する傾向が見てとれます（図6）。ただし、この結果もあくまで平成30年7月豪雨のような状況を想定した場合のシミュレーション結果であり、九州南部や四国の流域以外でも深刻な大雨が生じる可能性があります。

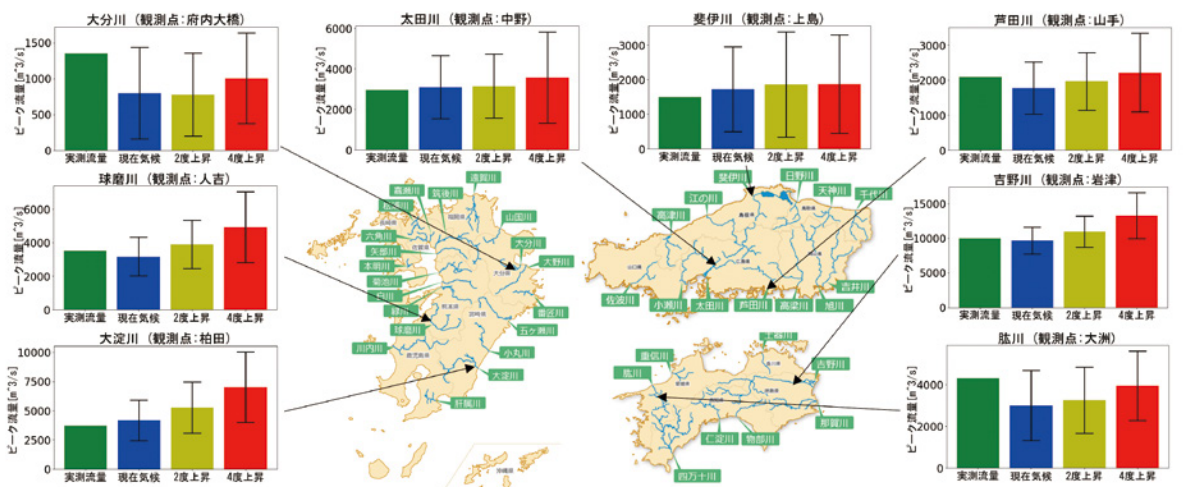


図6 8つの水系におけるピーク流量の比較

※図のエラーバーは全計算ケース（108ケース）の標準偏差を示す。また、グラフの「実測流量」の値は、観測期間における実測河川流量の最大値を示す。
実測河川流量の出典：国土交通省「水文水質データベース」^{※8}
※高梁川などでも甚大な被害が見られたが、流量が欠測の期間があるため図6には含めていない。
※下図（地図）の出典：国土交通省「日本の川」^{※9}

場合によっては起こり得た現在気候条件下の豪雨の様相

豪雨はどの地域でも起こり得る

平成30年7月豪雨では、西日本の多くの地域で河川氾濫、がけ崩れ等が発生しましたが、中でも岡山県、広島県、愛媛県等での被害が甚大でした。一方で、もし次に平成30年7月豪雨のような災害が起きた場合は、違う流域で氾濫やがけ崩れが起きたり、洪水の被害がより大きくなったりする可能性があります。

現実の気象現象は、一般的に「カオス性」という特性を持ち、少しの条件の違いで結果が大幅に変わります。シミュレーションの世界でもそれは同様で、少しの初期条件の違いが降水量、降水分布に大きな影響を及ぼします。この度計算した現在気候の全54ケースを並べると図7のようになりますが、その中にも、解析雨量（実際の降水量を再現したデータ）と比較して九州地方の降水量が多いケース、四国地方の降水量が多いケース等、様々な降水分布の結果が含まれます（図8）。

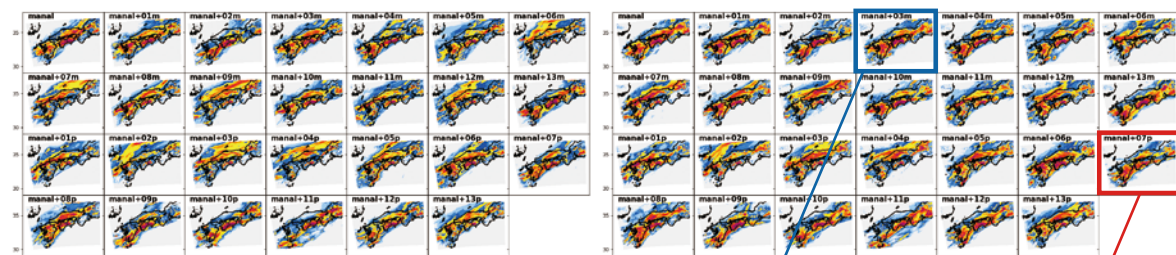


図7 現在気候の54ケース（入力値27パターン×気象モデル2種）の総降水量（mm）*

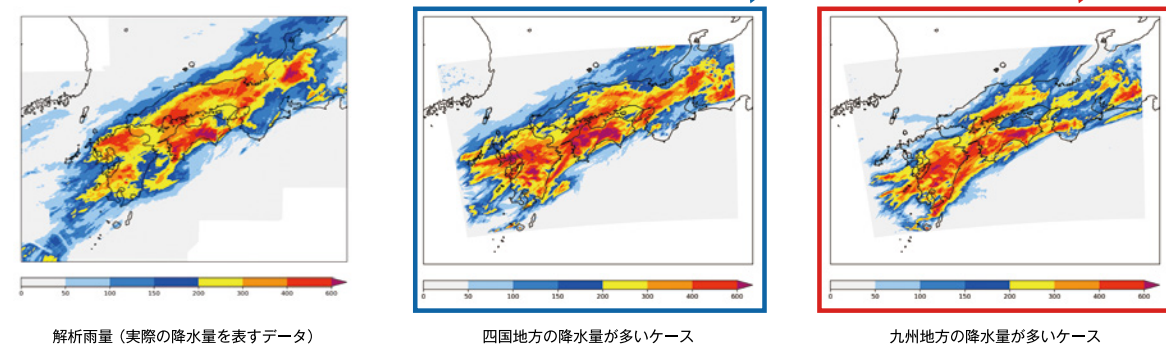


図8 54ケースに含まれる様々なケースの総降水量（mm）*

※：累積期間は2018/7/5 09:00～2018/7/8 09:00

もし九州で多く降っていたら？

p7における「九州地方の降水量が多いケース」に着目して、河川モデルRRIによるシミュレーションを行い、河川流量の最大値（以下、ピーク流量）を求めました。すると、図9で示すとおり、実際には氾濫が起これなかった九州の球磨川や大淀川で、現在気候条件のピーク流量（青色）は実測流量（緑色）を上回っており、仮にそのような雨の降り方をしていた場合は、実際よりも河川流量が大きくなっていた可能性が示されました。また、4℃上昇シナリオのピーク流量（赤色）は更に大きくなっていました。

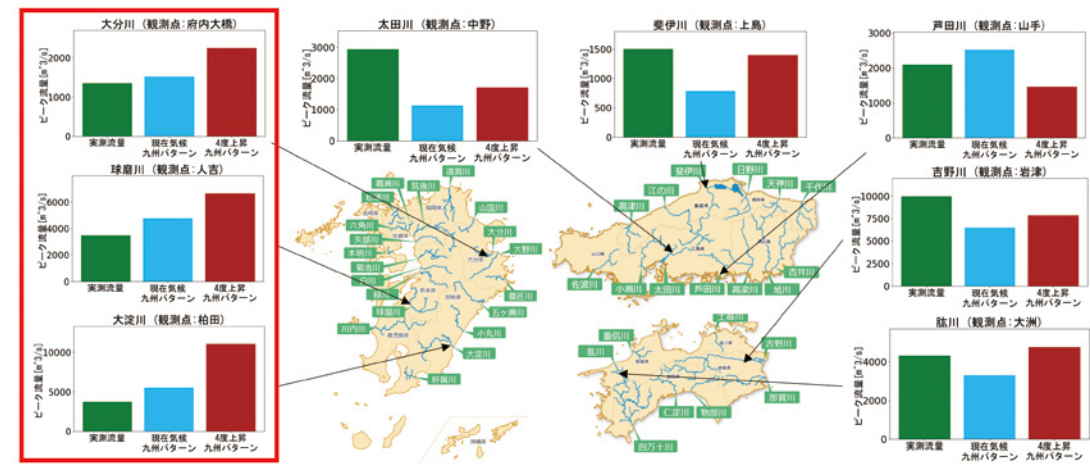


図9 九州地方で降水量が多かった場合のピーク流量

もし四国で多く降っていたら？

同様に、「四国地方の降水量が多いケース」に着目して、河川モデルRRIによるシミュレーションを行い、河川流量の最大値（以下、ピーク流量）を求めた場合、結果は図10のとおりとなります。現実には大きな被害が出た肱川においても、更にピーク流量が増しているという結果になりました。

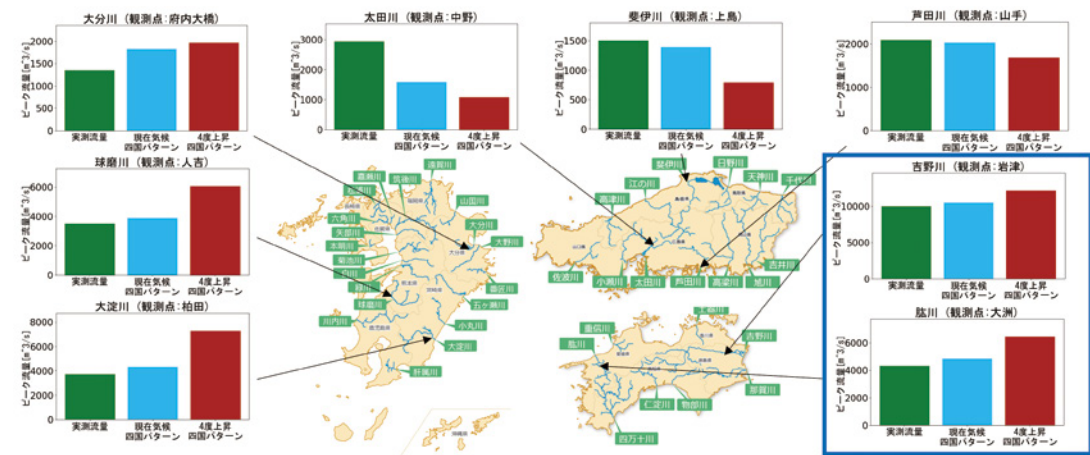


図10 四国地方で降水量が多かった場合のピーク流量

いずれにしても、もし雨の降り方が違っていたら、現実では被害が生じなかった河川でもさらに流量が大きくなっていた可能性があったことが分かります。

また、温暖化が進んだ場合、河川流量はさらに大きくなりやすいことが示されました。

※グラフの「実測流量」の値は、観測期間における実測河川流量の最大値を示す。

実測河川流量の典拠：国土交通省「水文水質データベース」(※8)

※高梁川などでも甚大な被害が見られたが、流量が欠測の期間があるため図9、10には含めていない。

※下図（地図）の典拠：国土交通省「日本の川」(※9)

第2章 気候変動と適応

深刻化する気象災害へ適応しよう

気候変動の影響による被害を回避・軽減することを一般に「気候変動適応」といいます。
ここでは気候変動によって影響の増大が懸念される水害への適応に向けた行動について考えます。

地球温暖化の影響は既に現れ始めていることを知る

平成30年7月豪雨では広域で持続的な大雨がもたらされましたが、気象庁によると、これには地球温暖化に伴う水蒸気量の増加の影響もあったとされています^(参考10)。将来の社会のために二酸化炭素排出を削減するなど気候変動を緩和する努力がなされていますが、現在の社会で生じている地球温暖化の影響は、今後さらに増大していきます。まずはそれを知ることで「過去に経験のない大雨がいつ降ってもおかしくない」との危機感をもって、事前に備える行動につなげていくことが大切です。

完全な防御は無いことを知る

私たちは、「専門家が議論しているのだから災害に対する堤防等の物理的なハード対策は万全な対策だ」と思いがちです。しかし、激甚化する自然災害に対応できるよう、ハード対策を増強していくには長い年月を要することに加え、ハード対策だけでは防ぎきれないような大雨が降る可能性があります。このため、川から水があふれても被害をできるだけ減らせるように、流域の上・中・下流が一体となった流域治水対策を行うことや、自助共助といった行動で補おうとする姿勢が大切です。

今すぐ始める

激甚化の程度に不確実性があるからといって、対策を行わずにいると有事の際の対応が間に合わなくなる可能性があります。科学的な予測情報に基づき、今後どんな対応をするべきなのかを考え、実行に移すことが重要です。

～流域治水と3つの柱～^(参考11,12)

気候変動による水害の頻発化、激甚化に対応するため、本川、支川、上流、下流など流域全体を俯瞰し、あらゆる関係者が協働して行う「流域治水」への転換が必要です。

1 氾濫をできるだけ防ぐ・減らすための対策

堤防等の河川整備をさらに加速化することに加え、遊水機能の確保や利水ダムの事前放流、官民による雨水貯留などにも取り組み、対策の充実強化を図ります。

2 被害対象を減少させるための対策

氾濫が発生した場合も想定し、リスクのより低い地域への居住誘導や、浸水が想定される高さ以上に居室を確保する住まい方の工夫等を行います。

3 被害の軽減・早期復旧・復興のための対策

被害の軽減のため、水害リスク情報の空白域を解消する等の土地のリスク情報の充実や、高齢者等の避難の実効性確保といったことも大切です。

リスク情報を適切に発信・理解する

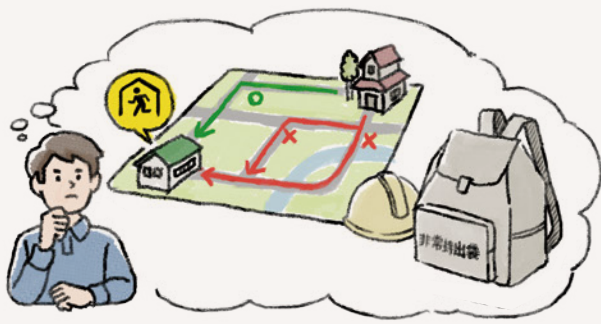
災害発生を見越した情報の発信には正確性と迅速性が求められますが、両者はトレードオフの関係にあります。例えば、早期に発せられた河川氾濫情報を活用するためには、予測の不確実性を加味したタイムラインを設定し、防災行動に繋げることが肝心です。

自助共助によって被害を回避・最小化する

災害への備えは誰でもできます。過去に経験のないような大雨が発生したとき、安全な場所を確保し身を守るのは、地方公共団体やあなた自身の役割です。そのためには、地域の人々とも協力しながら、食料、避難経路、タイムラインを事前に考えておくことも大事です。そして、これからの地球温暖化の状況下では、これまで使っていた避難先や避難経路では十分に対応しきれなくなる場合があるので、科学的な情報に基づく見直しを行うことが大切です。

最悪のシナリオを想定する

気候変動に伴い、これまで経験したことがないような災害が発生するリスクが高まっていると考えられます。ハード対策を強化し自助共助を何重に施していても、有事の際には最悪のシナリオを想定して危機管理を行いましょう。そうすれば、「逃げ遅れゼロ」や「社会経済被害の最小化」に繋がります。



自治体の方へ

自治体が豪雨に適応するためのアプローチとしては、将来起こり得る影響の把握、適応計画の策定などがあります。詳しくは自治体向けの気候変動適応情報プラットフォーム(A-PLAT)のページを参照ください。



事業者の方へ

事業者が豪雨に適応するためのアプローチとしては、豪雨に対応するための事前対策の強化、緊急対応の強化、課題を解決するビジネスや製品の検討などがあります。詳しくは事業者向けのA-PLATのページを参照ください。



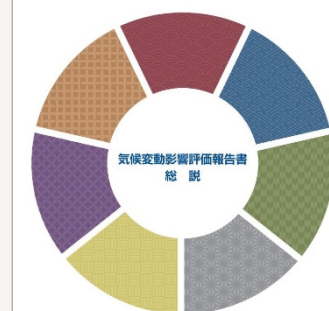
気候変動適応関連ツールの紹介

気候変動適応に関する日本の取組み

平成30年12月1日に気候変動適応法が施行され、国や地方公共団体、事業者、国民の各主体が気候変動適応を推進するための枠組みが整備されています。

環境省は令和2年12月17日に「**気候変動影響評価報告書**」^(参考13)を公表しました。同報告書は、各主体が適応策を検討する際に必要な情報を効率的に抽出できるよう、様々な分野・項目ごとに、すでに報告されている気候変動の影響や、将来予測される影響をとりまとめ、影響の重大性・緊急性・確信度を評価しています。報告書は令和7年度に改訂予定です。

また、気候変動適応法に基づき、気候変動適応に関する施策の総合的かつ計画的な推進を図るために策定された「**気候変動適応計画**」^(参考14)(平成30年11月27日閣議決定)は、熱中症対策実行計画に関する改訂などを加え、令和5年5月30日に一部変更版が閣議決定されました。



令和2年12月

環境省

気候変動影響評価報告書^{参考13}

気候変動適応情報プラットフォーム

気候変動による影響への対応を考える際に役立つ情報を一元的に発信する「**気候変動適応情報プラットフォーム(A-PLAT)**」^(参考15)が、国立環境研究所気候変動適応センターにより提供されています。適応に取り組むに当たって役立つ右記コンテンツのほか、参考情報のリンク集、気候変動関連ニュース、普及啓発のための動画などを掲載しています。

- 気候変動の観測・予測データ
- 気候変動適応の取組事例
- 適応に関する普及啓発・学習ツール
- 国および地方公共団体の適応計画一覧
- 民間企業の気候変動適応ガイド
- 適応ビジネス等の事例

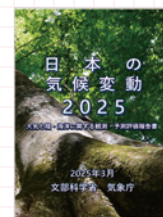


気候変動適応情報プラットフォーム(A-PLAT)

気候変動適応に役立つ観測・予測情報

気候変動影響評価のためには、気候(気温・降水など)がこれまでどのように変化してきたのか、また、将来どのように変化するのかに関する情報が必要不可欠です。日本の気候変動の現状や予測について、以下のような文献やデータが利用できます。

文部科学省・気象庁は令和7年3月に「**日本の気候変動2025**」^(参考16)を公表しました。日本の気候(気温・降水など)について、観測結果や将来予測が詳しくまとめられています。また、令和4年12月に、国内の気候変動研究プログラム等において作成された気候予測データを取りまとめた「**気候予測データセット2022**」^(参考17)を利用上の注意点をまとめた解説書とあわせて公表しました。文部科学省では気候変動等の地球規模課題の解決に資する情報システムとして、地球環境ビッグデータ(観測情報、気候変動予測情報等)を蓄積・統合解析する「**データ統合・解析システム(DIAS)**」^(参考18)を開発・運用しています。



日本の気候変動2025



気候変動影響評価報告書



気候変動適応計画



気候変動適応情報
プラットフォーム(A-PLAT)



日本の気候変動2025

第3章 参考情報

概要

地球温暖化が進行した将来における台風の影響を評価するため、「気候変動による災害激化に関する影響評価検討委員会」メンバー^{3ページ参照}の協力・指導を受けながら、文部科学省「統合的気候モデル高度化研究プログラム」（平成29年度～令和3年度）、「気候変動予測先端研究プログラム」（令和4年度～）及び気象庁気象研究所より貸与・提供頂いた気象モデル・関連データを用いて、温暖化が進行した条件において平成30年7月豪雨が発生した場合の気象の状態をコンピュータ上にて計算（シミュレーション）しました。ここでは、そのシミュレーションの手法について紹介します。

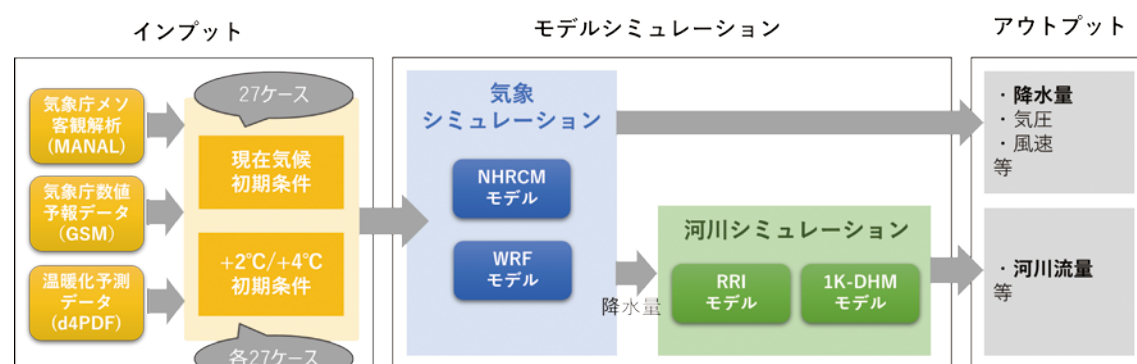
最初に、大雨をもたらすことになった当時の気象の状態を表す入力データを元に、気象モデルのシミュレーションによって大雨の発生、終息までの一連の現象をコンピュータ上に再現します。次に、地球温暖化が進行した条件を考えるため、気候変動に関する予測データ（地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース、d4PDF）^{14ページ参照}を用いて、地球温暖化によって海面水温や気温がどの程度変化するかを示すデータを作成します。最後に、大雨をもたらすことになった当時の気象の状態に、地球温暖化に伴う変化量を足し合わせて再度シミュレーションを行うことにより、地球温暖化が進行した状況において大雨が発生した場合の気象の状態を計算しています。このような手法は擬似温暖化^{14ページ参照}と呼ばれています。この手法

は既にいくつかの台風等気象災害に適用されて、評価手法が確立されています。

気象モデルにより得られた現在気候と将来気候の降水量等を元に、河川モデルを用いて評価を実施します。河川モデルでは、雨が地面に落ちてから地表や地中を通して河川に流れ込み、河道を流下する過程を計算し、河川流量の最大値（ピーク流量）を評価しています。

今回のシミュレーションは、平成30年7月豪雨が影響を与えた地域である中国・四国・九州地方を対象に行いました。河川の流下計算は、中国・四国・九州地方の一級河川41水系で行っています。

以降では、実際に発生した大雨を再現したシミュレーションの結果を「現在気候の結果」、地球温暖化が進行した条件でのシミュレーションの結果を「将来気候の結果」と呼びます。地球温暖化によって将来どの程度気温が上昇するかは、今後の地球温暖化対策がどの程度推進されるかによって変わりますが、ここでは、世界平均気温が工業化以前と比べて約2℃上昇した場合、約4℃上昇した場合の2つのシナリオを考えます。これらをそれぞれ「2℃上昇シナリオ」、「4℃上昇シナリオ」と呼びます。また、シミュレーションと実際の大雨の状況を比較するために、気象庁が数値予報の初期値や局地的な気象現象の解析や研究のために公表している「メソ客観解析データ」^{14ページ参照}を用いています。



Simulation

本プロジェクトにおけるシミュレーションの手法

シミュレーションの不確実性の扱い方

一般的に、シミュレーションの結果は入力値や手法において不確実性を含むため、現実を精度良く再現したり、将来を精度良く予測することは困難です。そこで本プロジェクトでは、起こりうる現象を可能な限り科学的・客観的に評価するため、平成30年7月豪雨に近い状況を27通りシミュレーションし、その全ての結果を用いることで、起こり得る気象現象・災害にかかる温暖化の影響を、幅（ばらつき）を持たせて評価することとしました。これにより、不確実性に伴うばらつきがある中でも、起こり得る可能性が高い状況を評価することが可能となります。このような多数の計算結果によって現象を確率的に捉える手法をアンサンブル実験^{14ページ参照}と呼びます。27通りのシミュレーションを行うための手法は以下の通りです。

■ステップⅠ（現在気候の入力値の作成方法）

気象庁が実際の観測データに基づいて作成した気象状況のデータ（メソ客観解析【データ①】）を用意します。気象庁が数値予報を行う際は、GSMと呼ばれる計算モデルの初期値にわずかな違いを加えて複数の予報を行い、その結果を統計的に処理していますが、ここでそのばらつき

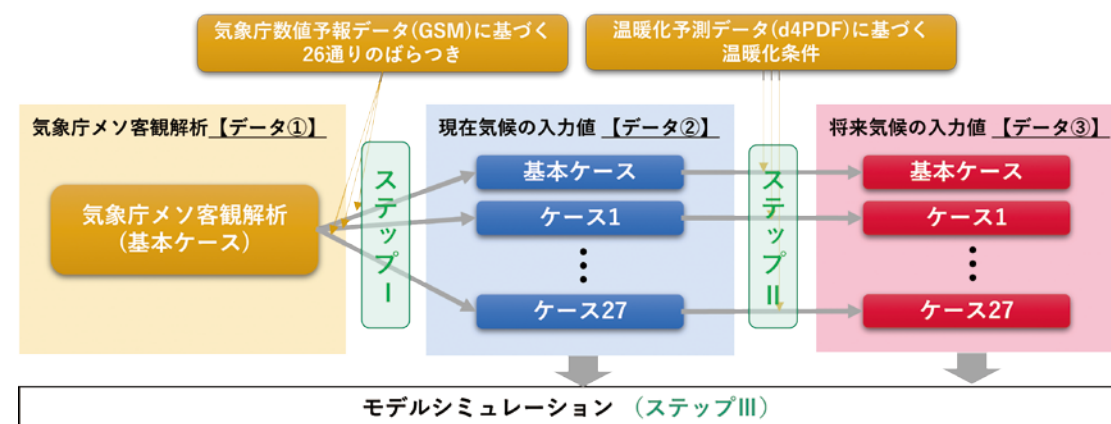
を26通り用意して【データ①】に加えることで、計27通りの気象状況を作成します（【データ②】）。【データ②】の各ケースは、平成30年7月豪雨をもたらす基となった気象状況に近いものの、わずかに異なる状況を表現しています。

■ステップⅡ（将来気候の入力値の作成方法）

現在気候・将来気候における気象モデルシミュレーションを大量に行って作られたデータベース（d4PDF）を参照し、将来の気候状態と現在の気候状態の差を示すデータを用意します。上記の差を計27通りの【データ②】に加えることで、将来気候における計27通りの気象状況を作成します（【データ③】）。すなわち、【データ③】は「平成30年7月豪雨をもたらす基となった気象状況に近い状態が、将来の気候条件で発生したらどうなるか？」を示しています。

■ステップⅢ（モデルシミュレーション）

【データ②】と【データ③】の各27ケースを入力値として、気象モデル及び河川モデルを用いて詳細な降雨や河川流下の状況をシミュレーションします。



気象モデル

NHRCM^(参考19)

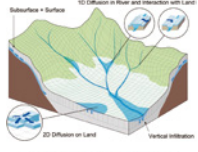
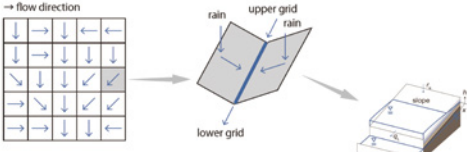
NHRCMは、2004年から2017年まで気象庁がオペレーションで用いていた非静力学モデル（JMANHM）をもとに気象研究所が開発した長時間積分可能な領域気候モデルです。本プロジェクトでは気象庁GSM^{14ページ参照}のアンサンブル予報をモデルの入力値として使用し、シミュレーションを行っています。

WRF^(参考20)

WRFは、米国大気研究センター（NCAR）と米国環境予測センター（NCEP）にて開発された、学術研究と天気予報の双方に対応した非静力学領域気象モデルです。データ同化システムと並列計算やシステムの拡張性をサポートする豊富なソフトウェアを特徴としています。本プロジェクトではNHRCMの5km解像度の実験をモデルの入力値として使用し、シミュレーションを行っています。

モデル名	NHRCM	WRF
計算領域・計算格子	日本周辺 (単方向ネスティング ^{14ページ参照} による20km解像度から5km、2kmへの力学的ダウンスケーリング ^{14ページ参照})	日本周辺（4km）
初期値・境界条件	気象庁GSMのアンサンブル予報	NHRCM（5km）の計算結果
ナッジング ^{14ページ参照} の有無	有	有

河川モデル

モデル名	RR1 ^(参考21)	1K-DHM ^(参考22)
概要	低平地での大規模な氾濫を迅速に予測するための手法として開発。流域に降った雨が河川に集まる現象、洪水が河川を流下する現象、河川を流れる水が氾濫原にあふれる現象を流域一体で予測する空間分布型モデル。中小河川の洪水予測などにも応用可。	降雨流出モデルであり、流域中のセルを河道セル及び斜面セルに分けて計算が行われる。表面流及び中間流を考慮したキネマティックウェーブモデルを用いて降水データから河川流量を算出する。
再現現象	流出解析・氾濫解析	流出解析
入力変数	降水量	降水量
水文地形情報	J-FlwDir	HydroSHEDS
解像度	5秒	30秒
出力変数	河川流量、河道水位 など	河川流量 など
イメージ		

このパンフレットで使われている用語

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）

人為起源による気候変動、影響、適応及び緩和方策に関し、科学的、技術的、社会経済学的な見地から包括的な評価を行うことを目的として、1988年に世界気象機関（WMO）と国連環境計画（UNEP）により設立された組織。自然科学的根拠（WG1）、影響・適応・脆弱性（WG2）、気候変動の緩和（WG3）に関するレポートがおおよそ5～8年ごとに刊行されている。最新の第6次評価報告書は2021-2023年に刊行されている。^(参考1)

d4PDF

文部科学省「気候変動リスク情報創生プログラム」が作成した「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース（database for Policy Decision making for Future climate change）」の4℃上昇実験データ及び2℃上昇実験データ。多数の実験例（アンサンブル）を活用することで、台風や集中豪雨などの極端現象の将来変化を、確率的に、かつ高精度に評価することができる。^(参考23)

擬似温暖化手法

過去の気象データを初期・境界条件とした再現実験を行うとともに、過去の気象データに地球温暖化による海面水温、気温等の変化分を足し合わせたものを初期・境界条件とする擬似温暖化実験を行い、両者を比較することで地球温暖化に伴う現象の変化を評価する手法。

メソ客観解析データ

不規則に分布している気温・風速などの観測データから、データ同化と呼ばれる計算手法などにより規則的な格子点上に値を配置し直したデータ。気象庁によりとりまとめ、公表されている。

アンサンブル実験

気象データの揺らぎやモデルの特性からくる計算結果の不確実性を把握するために、多数の計算結果（アンサンブル）を用いて確率的な評価を行う実

験。特に気象の状態は僅かに異なる2つの初期値からシミュレーションを行っても、計算が進むにつれて大きな差が生まれる性質を持つ。アンサンブル実験を行うことによって、気象シミュレーションの不確実性を統計的に把握し、起こり得る可能性が高い気象の状態の特定や、極端現象の確率的な評価を行うことが可能となる。

気象庁GSM

GSMは全球モデル（Global Spectral Model）の意。地球全体の大気を対象とした気象庁の数値予報モデル。気象庁では、全球数値予報モデルの計算結果を図示化した数値予報天気図を1日2回（一部資料は1日1回）作成している。数値予報ではアンサンブル予報という手法を利用し、少しずつ異なる初期値を多数用意した多数の予報を行うことで数値予報の誤差を統計的に考慮した予報を行っている。

ネスティング

ダウンスケーリングを実施する際の、親モデルと子モデルの入れ子構造のこと。親モデルから子モデルに一方的に情報を引き渡すものを単方向ネスティング、両モデル間で情報を交換するものを双方向ネスティングという。

力学的ダウンスケーリング

あるモデル（親モデル）の出力を初期・境界条件にして、それより空間解像度の高いモデル（子モデル）を計算し、空間的に詳細な解析値を得ること。なお、観測値と解析値との統計的關係を用いた空間詳細化手法を統計的ダウンスケーリングという。

ナッジング

数値モデルに実測データ等を取り入れ、モデルの再現性を高める手法の一つ。解析値を外部の気象条件（観測値やダウンスケーリング時の親モデル等）に近づくよう強制を加えた上でシミュレーションを行う手法をナッジングという。

出典・参考

- IPCC（文部科学省・経済産業省・気象庁・環境省暫定訳）「IPCC 第6次評価報告書 統合報告書 政策決定者向け要約」（<https://www.env.go.jp/content/000265059.pdf>, 2025年9月22日閲覧）
- 内閣府「令和元年版 防災白書」（https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/h31/honbun/0b_1s_01_01.html, 2025年9月22日閲覧）
- 気象庁「平成30年7月豪雨（前線及び台風第7号による大雨等） 平成30年（2018年）6月28日～7月8日」（<https://www.data.jma.go.jp/stats/data/bosai/report/2018/20180713/20180713.html>, 2025年9月22日閲覧）
- 国土交通省中国地方整備局「平成30年7月豪雨の写真・動画」（<https://www.cgr.mlit.go.jp/photo/h3007gouu/index.html>, 2025年9月22日閲覧）
- 総務省消防庁「平成30年版消防白書 特集1 平成30年7月豪雨の被害と対応」（<https://www.fdma.go.jp/publication/hakusho/h30/topics1/38135.html>, 2025年9月22日閲覧）
- 環境省「平成30年7月豪雨における災害廃棄物対策について」（<https://www.env.go.jp/recycle/waste/disaster/h30gouu/30.html>, 2025年9月22日閲覧）
- 環境省「勢力を増す台風2023 ～我々はどのようなリスクに直面しているのか～」（<https://www.env.go.jp/content/000147982.pdf>, 2025年9月22日閲覧）
- 国土交通省「水文水質データベース」（<http://www1.river.go.jp/>, 2025年9月22日閲覧）
- 国土交通省「日本の川」（https://www.mlit.go.jp/river/toukei_chousa/kasen/jiten/nihon_kawa/index.html, 2025年9月22日閲覧）
- 気象庁「『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」（<https://www.jma.go.jp/jma/press/1808/10c/h30goukuon20180810.html>, 2025年9月22日閲覧）
- 国土交通帳 水管理・国土保全局「『流域治水』の基本的な考え方」（https://www.mlit.go.jp/river/kasen/suisin/pdf/01_kangaekata.pdf, 2025年9月22日閲覧）
- 国土交通省「カワナビ」（<https://www.mlit.go.jp/river/kawanavi/prepare/>, 2025年9月22日閲覧）
- 環境省「気候変動影響評価（気候変動の科学的知見）」（https://www.env.go.jp/earth/earth/tekiou/page_00003.html, 2025年9月22日閲覧）
- 環境省「気候変動適応計画/ フォローアップ」（https://www.env.go.jp/earth/earth/tekiou/page_00004.html, 2025年9月22日閲覧）
- 国立研究開発法人国立環境研究所「気候変動適応情報プラットフォームポータルサイト」（<https://adaptation-platform.nies.go.jp/>, 2025年9月22日閲覧）
- 文部科学省・気象庁「日本の気候変動2025」（<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/index.html>, 2025年9月22日閲覧）
- 文部科学省・気象庁「気候予測データセット2022」（<https://diasjp.net/ds2022/>, 2025年9月22日閲覧）
- 国立研究開発法人海洋研究開発機構「データ統合・解析システム（DIAS）」（<https://diasjp.net/about/>, 2025年9月22日閲覧）
- 気象研究所「気象研究所技術報告 第73号 気象研究所非静力学地域気候モデルによる日本付近の将来気候変化予測について」（https://www.mri-jma.go.jp/Publish/Technical/DATA/VOL_73/tec_rep_mri_73.pdf, 2025年9月22日閲覧）
- NCAR（Weather Research & Forecasting Model（WRF））（<https://www.mmm.ucar.edu/models/wrf>, 2025年9月22日閲覧）
- 国立研究開発法人土木研究所「降雨流出氾濫モデル（RR1モデル）」（https://www.pwri.go.jp/icharm/research/rr1/index_j.html, 2025年9月22日閲覧）
- 京都大学大学院工学研究科 社会基盤工学専攻水工学講座 水文・水資源学分野「1K-FRM/DHM」（<https://hywr.kuciv.kyoto-u.ac.jp/products/1K-DHM/1K-DHM.html>, 2025年9月22日閲覧）
- 文部科学省気候変動リスク情報創生プログラム「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース（d4PDF）」（<https://www.miroc-gcm.jp/d4PDF/about.html>, 2025年9月22日閲覧）

深刻化する豪雨

～我々はどうなリスクに直面しているのか～ **2025**

本冊子に掲載のシミュレーション結果は、
環境省「気候変動による災害激化に関する影響評価業務」(令和2年度～令和6年度)の成果です。
本冊子の図表等には、引用に際して許諾申請が必要なものがあります。

企画・監修／環境省

編集／株式会社三菱総合研究所

株式会社Gaia Vision、株式会社ハスコ、エム・アール・アイリサーチアソシエイツ株式会社

問合せ先／環境省地球環境局総務課気候変動科学・適応室