

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.1205

April 2022

気候変動を踏まえた治水計画のための 降雨量変化倍率に関する技術資料

水循環研究室

Technical Note on the Rate of Change in Heavy Rainfall Intensity
for Flood Control Planning to Cope with Climate Change

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

気候変動を踏まえた治水計画のための降雨量変化倍率に関する
技術資料

川崎将生* 前田裕太** 猪股広典***
秋田桜彩**** 工藤俊***** 幕内加南子***** 山地秀幸*****
(研究期間：平成 28(2016)年度～令和 3(2021)年度)

Technical Note on the Rate of Change in Heavy Rainfall Intensity
for Flood Control Planning to Cope with Climate Change

KAWASAKI Masaki* MAEDA Yuta ** INOMATA Hironori ***
AKITA Saaya ***** KUDO Shun ***** MAKUUCHI Kanako ***** YAMAJI Hideyuki *****

概要

本資料は、国土技術政策総合研究所が国土交通省「気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会」に提供した降雨量変化倍率に関する技術資料を補足、再整理したものである。

キーワード： 降雨量変化倍率、気候変動、治水計画

Synopsis

NILIM prepared the technical reports on the ratio of the intensity of heavy rainfall in future to that in the past, and provided them for the expert meeting on flood control planning to cope with climate change. This technical note contains the re-edited version of the reports with supplementary information.

Key Words： the Rate of Change in Heavy Rainfall Intensity,
Climate Change, Flood Control Planning

役職（研究当時）	担当期間	Job Title (at that time)
*河川研究部 水循環研究室長	平成 28 年度～ 令和 3 年度	Head, Water Cycle Division, River Department
**河川研究部水循環研究室 主任研究官	令和 2 年度～ 令和 3 年度	Senior Researcher, Water Cycle Division, River Department
***河川研究部水循環研究室 主任研究官	平成 28 年度～ 平成 28 年度	Senior Researcher, Water Cycle Division, River Department
****河川研究部水循環研究室 研究官	令和 2 年度～ 令和 3 年度	Researcher, Water Cycle Division, River Department
*****河川研究部水循環研究室 研究官	平成 29 年度～ 令和 2 年度	Researcher, Water Cycle Division, River Department
*****河川研究部水循環研究室 研究官	平成 30 年度～ 令和元年度	Researcher, Water Cycle Division, River Department
*****河川研究部水循環研究室 研究官	平成 28 年度～ 平成 30 年度	Researcher, Water Cycle Division, River Department

気候変動を踏まえた治水計画のための降雨量変化倍率に関する技術資料

目次

1	総説	1-1
1.1	本資料の背景と位置づけ	1-1
1.2	技術検討会における降雨量変化倍率の設定値	1-2
2	降雨量変化倍率の検討にあたっての背景・考え方	2-1
2.1	治水計画において気候変動予測モデルを活用するにあたっての観点	2-1
2.2	降雨量変化倍率の活用イメージ	2-3
3	降雨量変化倍率の算出に用いたデータ、地域区分の設定および解析手法	3-1
3.1	降雨量変化倍率の算出に用いたデータ	3-1
3.1.1	気候変動予測技術の発展	3-1
3.1.2	データの諸元	3-3
3.1.3	データの現況再現性	3-7
3.1.4	誤差の取扱い	3-9
3.1.5	ダウンスケーリング手法の比較	3-9
3.2	降雨量変化倍率を算出する地域区分	3-11
3.2.1	地域区分の考え方	3-11
3.2.2	地域区分の検討ケース	3-11
3.2.3	地域区分の検討に用いたデータ	3-15
3.2.4	地域区分内の降雨の類似性評価	3-16
3.2.5	地域区分ケースの評価	3-18
3.3	DAD 解析及び降雨量変化倍率の算出	3-22
4	降雨量変化倍率の算出結果及び考察	4-1
4.1	降雨量変化倍率の整理方法	4-1
4.2	大河川流域における降雨量変化倍率	4-2
4.2.1	算出結果	4-2
4.2.1.1	d4PDF の算出結果	4-2
4.2.1.2	d2PDF の算出結果	4-8
4.2.2	北海道の降雨量変化倍率に関する考察	4-16
4.2.2.1	気温と飽和水蒸気圧の関係からの考察	4-16
4.2.2.2	海面水温からの考察	4-18
4.2.3	九州北西部の降雨量変化倍率に関する考察	4-20

4.2.3.1	海面水温からの考察	4-20
4.2.3.2	気象擾乱からの考察	4-25
4.3	中小河川流域における降雨量変化倍率	4-31
4.3.1	気候変動による短時間、小面積での降雨量変化	4-31
4.3.2	短時間の降雨量変化倍率	4-31
4.3.3	小面積の降雨量変化倍率	4-37
4.4	島しょ部（沖縄）における降雨量変化倍率	4-40
4.4.1	島しょ部（沖縄）の検討に使用したデータ	4-40
4.4.2	島しょ部（沖縄）の降雨量変化倍率	4-43
5	結語	5-1

謝辞

1 総説

1.1 本資料の背景と位置づけ

近年、平成 29 (2017) 年九州北部豪雨、平成 30 (2018) 年 7 月豪雨、令和元 (2019) 年東日本台風、令和 2 (2020) 年 7 月豪雨等、毎年のように豪雨災害による甚大な人的被害・社会経済被害が生じている。今後、気候変動の影響による豪雨の更なる激甚化・頻発化に伴う被害拡大が懸念される中、気候変動に適応した治水計画への転換は喫緊の課題である。

国土交通省においては、平成 19 (2007) 年の国連気候変動に関する政府間パネル（以下、「IPCC」という。）の第 4 次評価報告書を踏まえ、同年に社会資本整備審議会河川分科会に「気候変動に適応した治水対策検討小委員会」が設置され、平成 20 (2008) 年に同審議会より「水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について 答申」として、気候変動適応策の基本的考え方が示された。また、平成 25～26 (2013～2014) 年の IPCC 第 5 次評価報告書を受け、上記小委員会が平成 26 (2014) 年に再開され、平成 27 (2015) 年に「水災害分野における気候変動適応策のあり方について～災害リスク情報と危機感を共有し、減災に取り組む社会へ～ 答申」が出された。ここでは、「想定最大外力での浸水想定区域」といったソフト対策の必要性や「施設計画、設計等のための気候変動予測技術の向上」の必要性等が示された。その後、平成 30 (2018) 年に「施設能力を上回る外力に対して（中略）ハード対策も含めた気候変動適応策の検討が進められる環境を整える必要がある」として「気候変動を踏まえた治水計画の前提となる外力の設定手法」等を検討するための「気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会」（以下、「技術検討会」とする）が設置され、令和元 (2019) 年 10 月に「気候変動を踏まえた治水計画のあり方 提言」（以下、「提言」とする）が出され、その後、同提言については、暫定値を精査した改訂版が令和 3 (2021) 年 4 月に出された。

国土技術政策総合研究所（以下、「国総研」とする。）は、気候変動を踏まえた治水計画の立案において重要な役割を果たす「現在気候と将来気候との降雨量の比」（以下、「降雨量変化倍率」とする）について、大量アンサンブル気候変動予測データを用いて算出し、その結果について、地域区分ごとの値の分布傾向を明らかにした上で、その要因を気温・飽和水蒸気圧の関係や海面水温等の観点から分析した技術資料を技術検討会に提供してきた。そして、同資料などをもとに、技術検討会において議論が行われ、気候変動を踏まえた治水計画に用いる降雨量変化倍率が設定された。

本資料は、技術検討会に提供した国総研作成の技術資料について、算出方法や考え方を提供者の立場から詳述するものである。そのため、必ずしも技術検討会において明示的に議論を経た内容のみで構成されるわけではなく、国総研独自の解釈が含まれることに注意いただきたい。

気候予測技術の発展はめざましく、日進月歩である。今後、新たな技術的知見が得られた際に、気候変動を踏まえた治水計画の立案について、過去の手法を参考とし、更なる改善を行うため、本資料がその一助となることを期待する。

1.2 技術検討会における降雨量変化倍率の設定値

技術検討会では、気候変動を踏まえた治水計画の前提となる外力の設定手法や気候変動を踏まえた治水計画に見直す手法等について検討が行われ、提言（令和3年4月改訂）¹⁾において表-1.1に抜粋する降雨量変化倍率が設定された。提言の本文及び別紙1～3の全文は、原典を参照されたい。

表-1.1 降雨量変化倍率¹⁾

		降雨継続時間 12時間以上	降雨継続時間 3時間以上12時間未満	降雨継続時間 3時間未満
4℃上昇		1.3	1.4	—
	北海道、九州北西部	1.4	1.5	—
	その他の地域 (沖縄含む)	1.2	1.3	—
2℃上昇		1.1	1.1	1.1
	北海道	1.15	1.15	1.15
	その他の地域 (沖縄含む)	1.1	1.1	1.1

【適用範囲】

- ・4℃上昇時における降雨継続時間 12 時間未満の値は、3 時間未満では適用できない。
- ・雨域面積 100km² 以上について適用する。ただし、100km² 未満の場合についても降雨量変化倍率が今回設定した値より大きくなる可能性があることに留意しつつ適用可能とする。
- ・年超過確率 1/200 以上の発生頻度の降雨を対象とする計画に適用する。

【留意事項】

- ・降雨量変化倍率は、現在気候に対する将来気候の状態を表す。なお、4℃上昇時の降雨量変化倍率は、21 世紀末時点の将来気候であり、2℃上昇時の降雨量変化倍率については、RCP2.6 では 2040 年頃以降の気温上昇が横ばいとなることから、2040 年以降の値として適用可能。

【計算条件】

- ・現在気候の実験期間は、d4PDF(5km,SI-CAT)が 1980～2011 年（中間年 1995 年）、d4PDF(5km,yamada)が 1951～2010 年（中間年 1980 年）であり、中間年でみると 15 年の差があるが、現在の治水計画では主に戦後以降のデータを対象としているため、d4PDF(5km,yamada)の実験期間である 1951～2010 年を基準とする。なお、1951～1980 年を基準とすると、d4PDF(5km,SI-CAT)の降雨量変化倍率は約 0.02 倍低く評価されているが、それも考慮した上で上表のとおりとする。
- ・降雨量変化倍率は年超過確率 1/100 規模の降雨量を用い設定しているが、適用対象の治水計画の目標規模に幅があるため、確率規模を変化させて降雨量変化倍率の感度分析を実施した。これらの結果は、いずれの確率規模においても年超過確率 1/100 の降雨量変化倍率と同程度の値となっていること、及び降雨量変化倍率の算定に用いたアンサンブル数を踏まえ、年超過確率 1/200 以上の規模の計画へ適用することが可能と考える。
- ・沖縄は、d4PDF 等の計算領域外であるため NHRCM02 を用いて年超過確率 1/30～1/50 規模の降雨量変化倍率を算定、その他の地域は d4PDF 等を用いて年超過確率 1/100 規模の降雨量変化倍率を算定。

【参考文献】

- 1) 国土交通省「気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会」：「気候変動を踏まえた治水計画のあり方」提言（令和 3 年 4 月改訂）

2 降雨量変化倍率の検討にあたっての背景・考え方

2.1 治水計画において気候変動予測モデルを活用するにあたっての観点

気候変動は、社会経済発展や放射強制力のシナリオによっては、異なる水準をとることが予測されている¹⁾。そのため、気候変動を踏まえた治水計画（河川整備基本方針や河川整備計画）の立案にあたっては、過去の実績データのみに頼ることはできず、各種シナリオを考慮できる気候変動予測モデルによる予測結果が必要となる。

治水計画において気候変動予測モデルを活用するにあたっては、治水計画として必要とされる性質<治水 1～3>と気候変動予測モデルの技術水準<気候 1～3>とを踏まえて、活用方法を検討する必要がある。下記にその観点を示す。

<治水 1> 治水計画は低頻度かつ極端な豪雨を対象としている

治水計画は、一般に低頻度かつ極端な豪雨による洪水に対して、洪水防御が図られるよう計画されており、河川整備基本方針で対象とする降雨の生起確率は、一級河川において1/100～1/200 となっている。

<治水 2> 長期方針に頻繁な見直しはなじまない

治水計画のうち、特に河川整備基本方針は、一般に数十年以上の長期に渡り、水系ごとの河川整備に適用される方針である。河川整備基本方針は、基本方針流量を超過する洪水が発生した場合や、降雨一流出特性や洪水の流下特性などの基本高水等を算定する条件が大きく変化した場合など、必要な見直しは適宜行われるものの、長期方針という性質から頻繁な見直しはなじまない。

<治水 3> 治水計画の対象とする水系の特徴は様々である

治水計画に関する検討は従来から水系単位で発生した降雨イベントを基に検討されることが多く、水系が位置する地域や流域面積、対象とする降雨イベントの降雨継続時間などの特徴は様々に異なる。これらの特徴により、気候変動による影響の程度が無視できないほど変化する可能性があるため注意が必要である。

<気候 1> 気候変動予測モデルにより大量アンサンブル計算を行ったデータが整備された

3.1.1 項に後述するが、近年の気候変動予測技術の発展はめざましく、大量アンサンブル計算を行った d4PDF 等が整備・公表されたことによって、治水計画の対象とするような低頻度かつ極端な豪雨についても直接評価できるようになってきている。なお、国総研が平成25(2013)年に公表した気候変動による降雨量変化の評価は、当時としては最先端の気候変動予測モデルを用いたものであったが、大量アンサンブル計算が行われておらず、降雨量の確率評価までは行えていなかった²⁾。

＜気候 2＞気候変動予測モデルによる計算結果には系統誤差（バイアス）が含まれている

気候変動予測モデルは現実の大気や海洋の運動を完璧に再現できるものではなく、計算結果には気候モデル特有の系統誤差（バイアス）が含まれているため、気候モデルによる予測値をそのまま利用するのは適切ではないと指摘されている³⁾。

＜気候 3＞小スケールにおける気候変動予測では不確実性が大きくなる

地域的な気候の変化には、世界規模や大陸規模で平均的に現れる変化に比べて、大気・海洋の自然変動の影響が現れやすくなることや、気候モデルで再現できる現象のスケールは水平解像度の数倍程度以上のものであり、都道府県レベルなどある程度の広がりを持つ領域を対象として結果を解釈する必要があることが指摘されている³⁾。

これらの観点を踏まえて、本資料における分析方針を整理した。詳細は、3 章に示す。

①気候変動予測モデルによる大量アンサンブル計算結果の活用（3.1 節参照）

＜治水 1＞、＜気候 1＞を踏まえて、治水計画の対象とするような低頻度かつ極端な豪雨を評価するため、気候変動予測モデルによる大量アンサンブル計算結果を用いる。

②降雨量変化倍率の算出（3.2～3.3 節参照）

＜気候 2＞を踏まえて、バイアスに対処するため、次の 2 種類の手法が考えられる。1 つは、気候変動予測モデルからメッシュ時系列データで出力される予測結果にバイアス補正を行った上で評価する手法である。もう 1 つは、気候変動による影響を予測結果から指標として抽出し、既往の計画立案手法に対して変化分として適用する手法である。

前者は、例えば、降雨のメッシュ時系列データにバイアス補正を行った上で、水系ごとの流出解析モデルへ直接入力することなどが考えられる。大量アンサンブルデータを捨象することなく最大限活用できる点がメリットである一方、特に小面積の水系にとっては不確実性が大きくなる可能性がある（＜気候 3＞）とともに、今後の気候変動予測技術の発展によって値が大きく変動する可能性がある（＜治水 2＞）。また、バイアス補正手法は様々なものが提案されており、その特徴や仮定をよく理解して選択する必要がある。

後者は、例えば、気候変動予測モデルから出力される降雨データより、気候変動に伴う降雨量の増加率及びその全国的な変化傾向を分析し、現在気候の降雨量に乗じることなどが考えられる。降雨量変化倍率はこの手法に属している。前者の手法と比較し、降雨の時空間パターンなど、対象とした指標以外の変化を十分に活用できない点がデメリットであるが、気候変動による大局的な変化傾向を掴むことで安定的な指標となり（＜治水 2＞）、変化要因の説明もしやすくなる点がメリットである。

降雨量変化倍率が採用された経緯は提言に記載されているが、補足的に本資料では＜治水 2＞＜気候 2,3＞の観点から降雨量変化倍率という手法の特徴を理解した上で、以降の検討を進めた。

③地域区分の導入（3.2 節参照）

＜治水 2＞＜気候 3＞を踏まえて、ある程度の広がりを持つ領域を対象とし、極力安定した降雨量変化倍率の値を得る観点から、降雨特性が類似する複数の地域への分割区分（地域区分）を導入する。

④DAD 解析を用いた分析（3.3 節参照）

＜治水 3＞を踏まえて、③の地域区分で発生する降雨に対して、DAD 解析を行い雨域面積や降雨継続時間ごとに降雨量変化倍率を求め、地域区分や雨域面積・降雨継続時間による違いがどの程度あるか傾向の分析を行う。

2.2 降雨量変化倍率の活用イメージ

降雨量変化倍率は、水系ごとに策定される河川整備基本方針において、実績雨量から算出される確率雨量に乘じることが活用手法の一つとして念頭に置かれている。技術検討会の提言（令和 3 年 4 月改訂）が出された以降、実際に、新宮川水系、五ヶ瀬川水系、球磨川水系において、現時点での技術開発の水準を踏まえて気候変動の影響を考慮した基本高水の検討フロー（図-2.1）において降雨量変化倍率が活用されている⁴⁾。本資料においても、降雨量変化倍率についてこのような活用手法を想定した上で検討を行った。

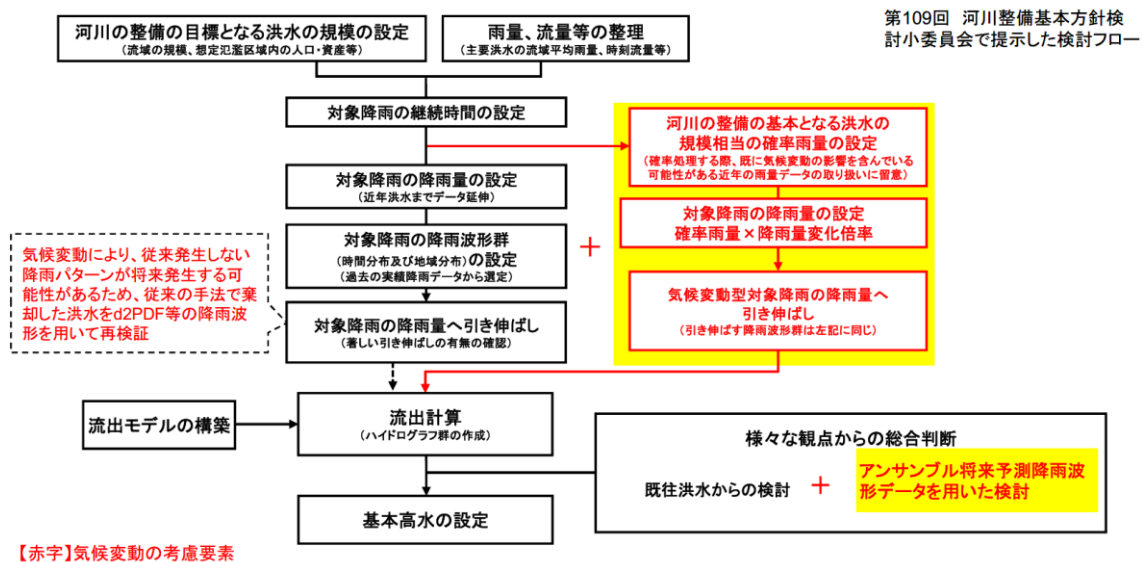


図-2.1 降雨量変化倍率の活用イメージ⁴⁾

【参考文献】

- 1) IPCC WG I : Climate Change 2021 The Physical Science Basis Summary for Policymakers, 2021
- 2) 国土技術政策総合研究所：気候変動適応策に関する研究（中間報告），国土技術政策総合研究所資料第 749 号, 2013
- 3) 気象庁：地球温暖化予測情報第 9 巻, 2017, <http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/GWP/Vol9/pdf/all.pdf>
- 4) 社会資本整備審議会 河川分科会 河川整備基本方針検討小委員会：第 115 回資料 1「河川整備基本方針の変更の考え方について」, 2021