

気候変動と豪雨災害

中北 英一

京都大学防災研究所 教授

文部科学省 統合プログラム 領域テーマD代表

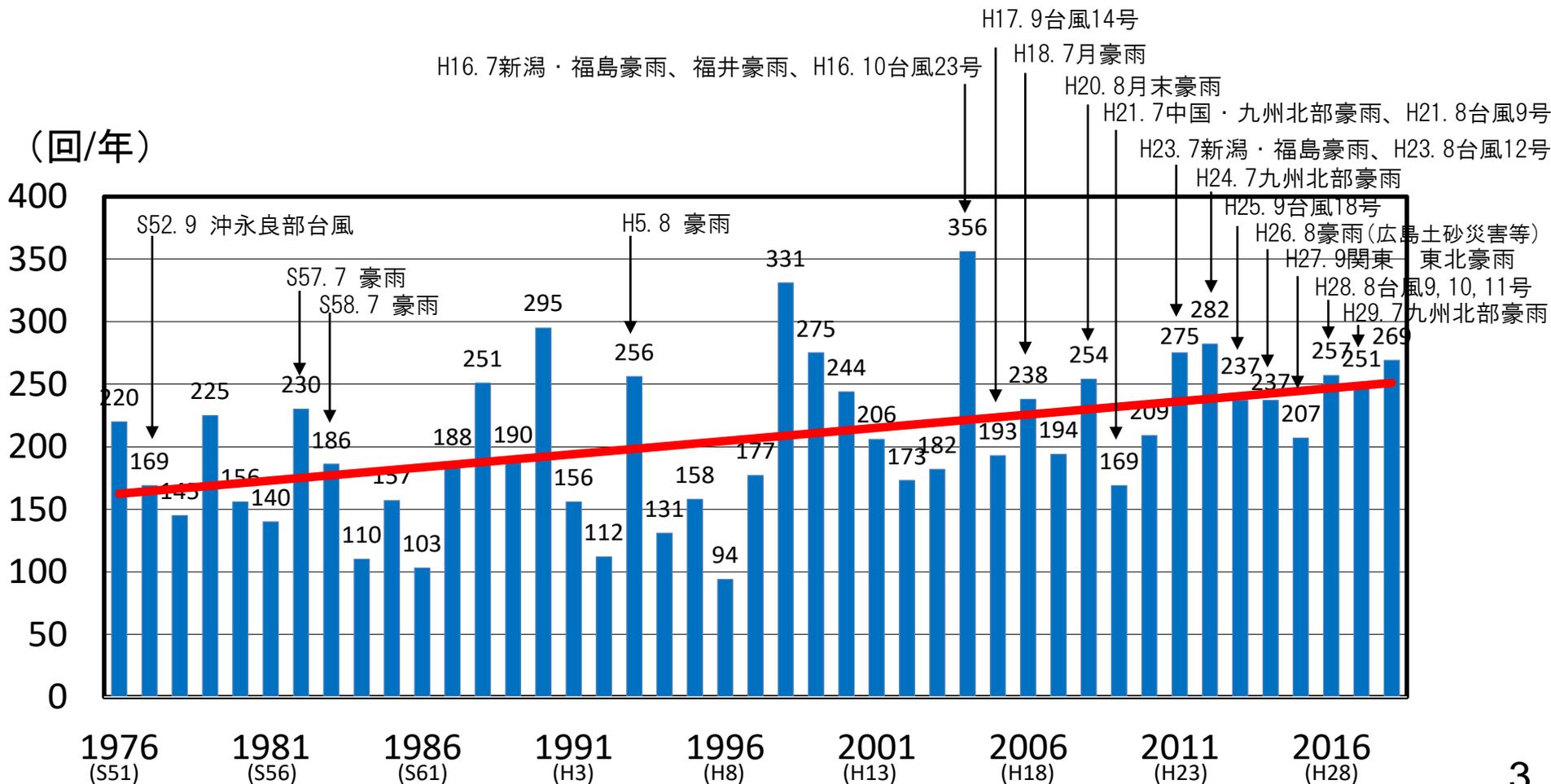
最近の災害から思うこと

- 地球温暖化の影響が出だしているのではないか？
- 今までの常識が通用しない。
 - 豪雨:より頻繁に、より強力に、初めての地域に=>未経験
 - 西日本豪雨:強力ではないが、広域で長期間
- 後悔しない、地球温暖化への適応
 - 科学的な気候変動将来予測を軸にした適応
 - 治水の基礎体力の増強
 - 危機管理の深化
 - 自助・共助としての防災力の増強
 - とともに時間がかかる。じわじわでも温暖化進行の方が早い。=>後悔しない早い目そして計画的な対応が必要！
- では、何を？どの優先順に適応するか？
 - 将来予測の共有
 - 災害からの教訓
- 水工学・土木工学・気象学”研究”として抜けているものはないか？



近年、雨の降り方が変化

- 時間雨量50mmを超える短時間強雨の発生件数が増加。
- 気候変動の影響により、水害の更なる頻発・激甚化が懸念。

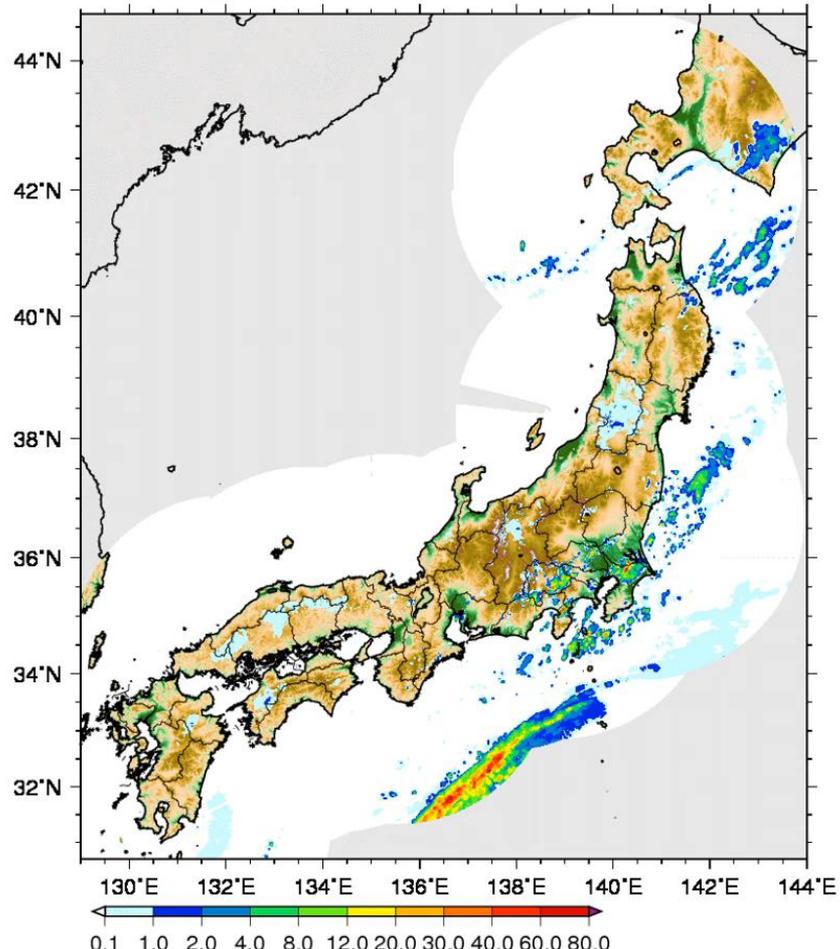


1時間降水量50mm以上の年間発生回数(アメダス1,000地点あたり) ※気象庁資料より作成 (気象庁が命名した気象現象等を追記)

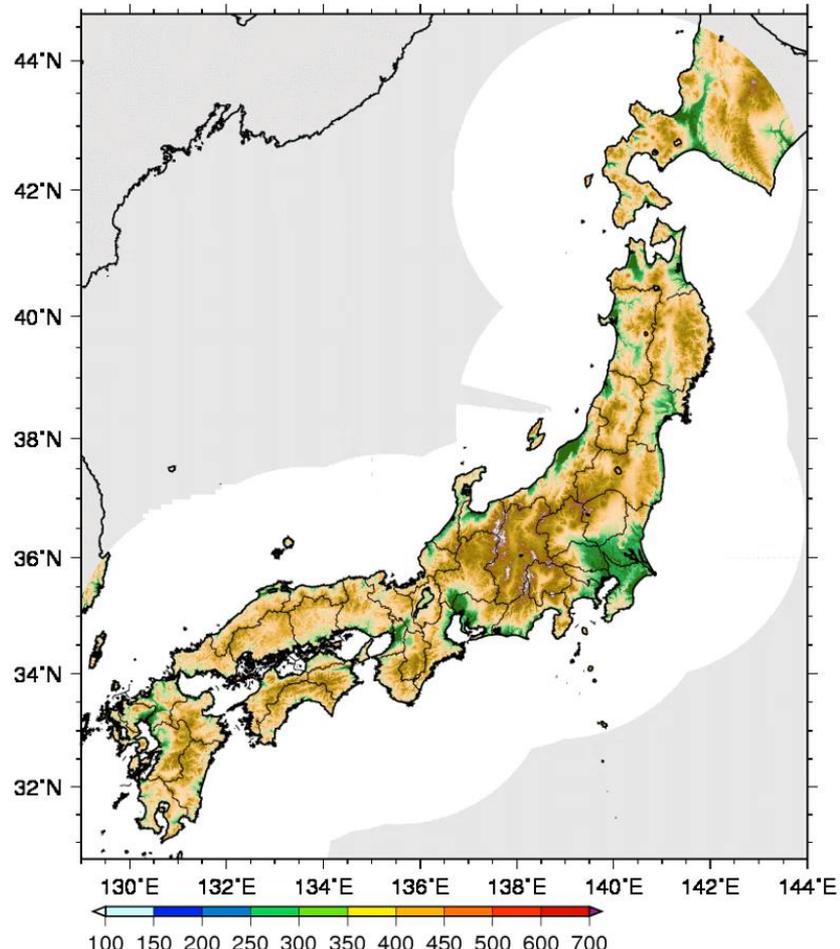


Typhoon Hagibis (T1919)

Rainrate 20191011 1201



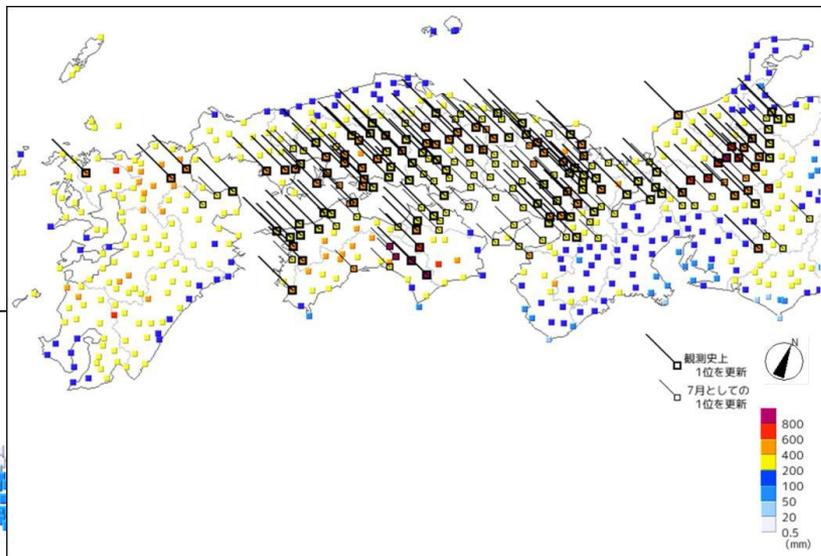
Accumulate 20191011 1201



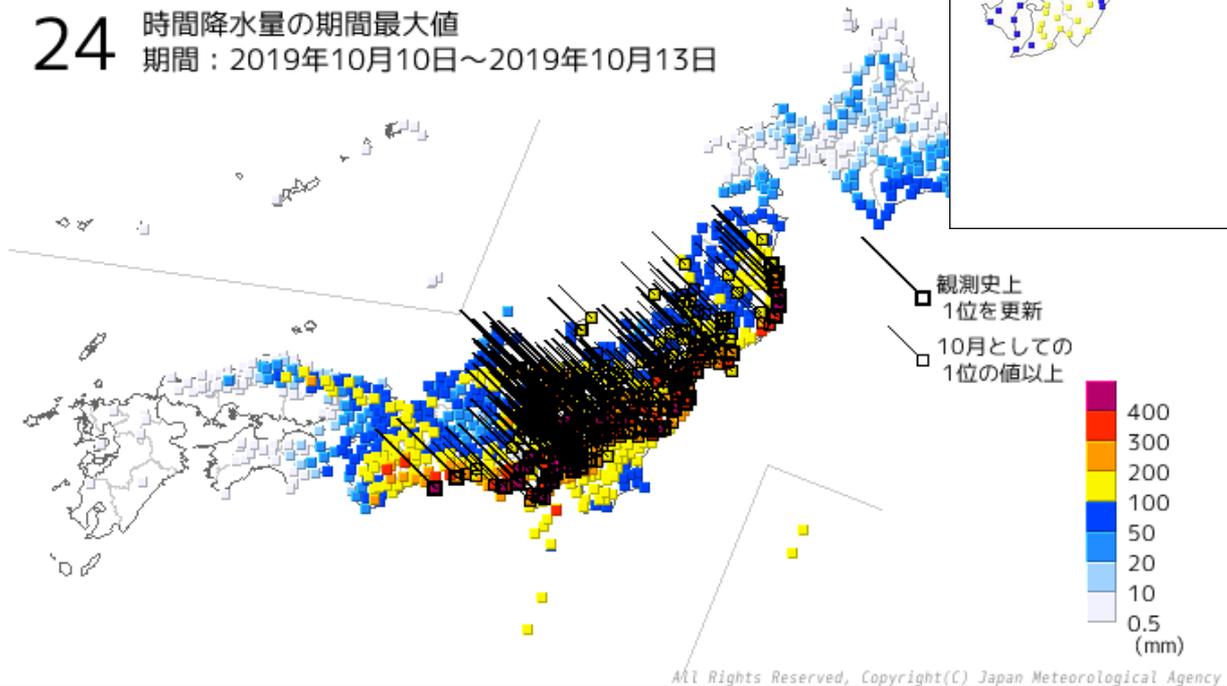
令和元年10月台風第19号の特徴(降雨)

■全体概要

平成30年西日本豪雨時の72時間降水量の期間最大値



24 時間降水量の期間最大値
期間：2019年10月10日～2019年10月13日



72時間降水量	53
48時間降水量	72
24時間降水量	103
12時間降水量	120
6時間降水量	89
3時間降水量	40
1時間降水量	9

※気象庁ウェブサイトより作成(特定期間の気象データ:2019年10月10日～2019年10月13日(令和元年台風第19号による大雨と暴風))
※数値は速報値であり、今後変更となる場合がある。

19号台風災害について思うこと

- **温暖化影響もある可能性がある(総雨量)**
 - 2017年九州北部豪雨は4度上昇の世界で普通
 - 2018年西日本豪雨では温暖化影響なしでは考えられないほどの総水蒸気流入量、総雨量は温暖化のせいで6~7%増加
- **温暖化の台風への影響予測**
 - 発生数は若干減るが、発生するとスーパー台風の可能性大
 - 台風のコースは東にずれてゆく
 - 東北でも500~800mmの総降水量
- **気候区の境界での災害**
 - 温暖化の影響は気候区境界で見えやすい
 - 計画規模を今話越えなくても計画規模に近いものももたらされやすい。計画規模まで整備が進んでいないところが弱点となる危険性がある。

19号台風災害について思うこと

- 温暖化影響もある可能性がある(総雨量)
 - 2017年九州北部豪雨は4度上昇の世界で普通
 - 2018年西日本豪雨では温暖化影響なしでは考えられないほどの総水蒸気流入量、総雨量は温暖化のせいで6~7%増加
- 温暖化の台風への影響予測
 - 発生数は若干減るが、発生するとスーパー台風の可能性大
 - 台風のコースは東にずれてゆく
 - 東北でも500~800mmの総降水量
- 気候区の境界での災害
 - 温暖化の影響は気候区境界で見えやすい
 - 計画規模を今話越えなくても計画規模に近いものももたらされやすい。計画規模まで整備が進んでいないところが弱点となる危険性がある。

文部科学省・統合的気候モデル高度化研究プログラム

4つの研究領域テーマを連携させた統合的な研究体制の構築

全球規模の気候変動予測と基盤的モデル開発

気候変動予測を可能とする「**全球気候モデル**」を構築し、他の研究・予測へと活用。



統合的気候変動予測

日本周辺を中心とした「**領域気候モデル**」を構築し、適応策検討に活用できるよう、高精度な予測情報を創出。



統合的ハザード予測

温暖化により激甚化が想定される**高潮・洪水**等のハザードの予測。



炭素循環・気候感度・ティッピング・エレメント等の解明

炭素・窒素の循環も含む「**地球システムモデル**」を構築。**気候感度(*)**や**ティッピングエレメント(**)**等を解明。



* 気候感度: 大気中のCO2濃度が2倍になった時の気温上昇量。

** ティッピング・エレメント: 気候変動があるレベルを超えたとき、気候システムにしばしば不可逆性を伴うような激変が生じる現象。

○前身事業以降開発している**わが国独自の気候モデルの利用数は、世界でもトップクラス。**

○創出された**気候変動予測情報は、気候変動の影響評価の基盤として活用。**

地球温暖化で地球はどうなるだろう

気候モデルによる科学ベースの将来予測



TOUGOU
Integrated Research Program
for Advancing Climate Models

SOUSEI



気候学・コンピューターサイエンス・地球工学の融合



KAKUSHIN

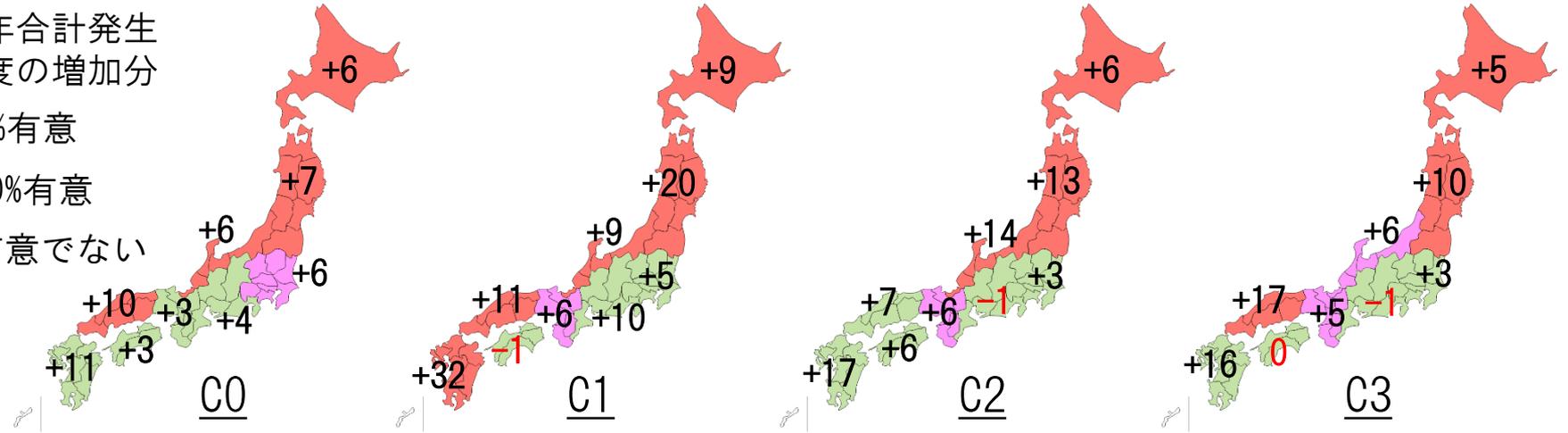
文部科学省・統合的気候予測モデル高度化プログラム

梅雨豪雨発生頻度の将来変化

中北・小坂田(2017), 小坂田・中北(2018), Osakada and Nakakita (2018)

+ 20年合計発生
頻度の増加分

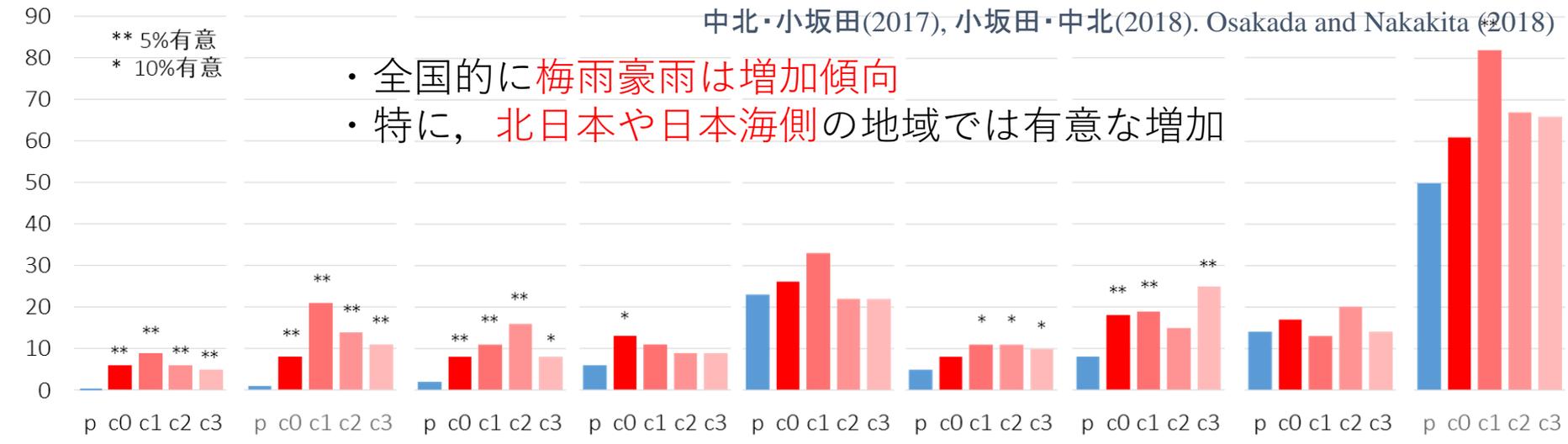
● 5%有意
● 10%有意
● 有意でない



(Osakada and Nakakita, 2018)

(頻度) 北海道 東北 北陸 関東甲信 東海 近畿 中国 四国 九州

中北・小坂田(2017), 小坂田・中北(2018), Osakada and Nakakita (2018)



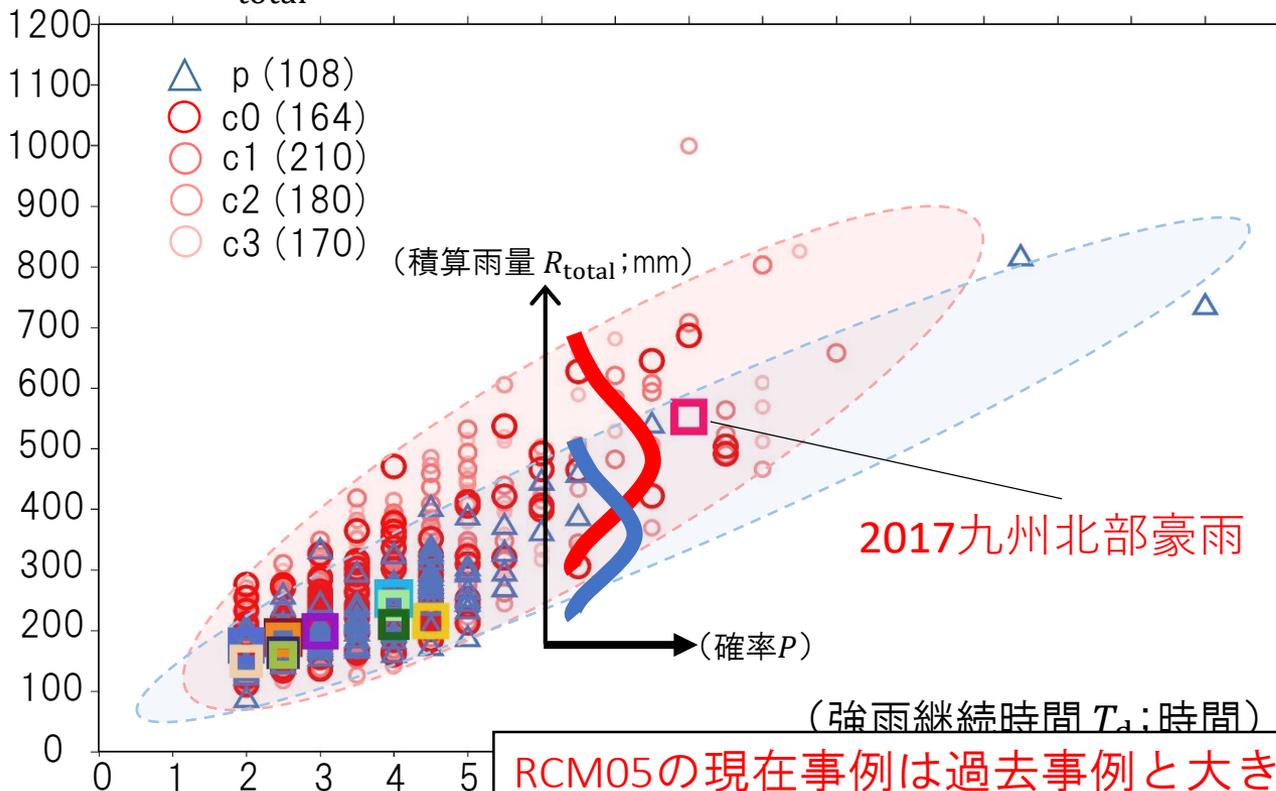
- ・全国的に梅雨豪雨は増加傾向
- ・特に、北日本や日本海側の地域では有意な増加

梅雨豪雨の強雨総雨量の将来変化

中北・小坂田(2017), 小坂田・中北(2018), Osakada and Nakakita (2018)

定量的な情報である偏波のXバンドレーダ及びCX合成雨量
情報を用いて, 過去の梅雨豪雨事例の積算雨量を解析.

(積算雨量 R_{total} ; mm)

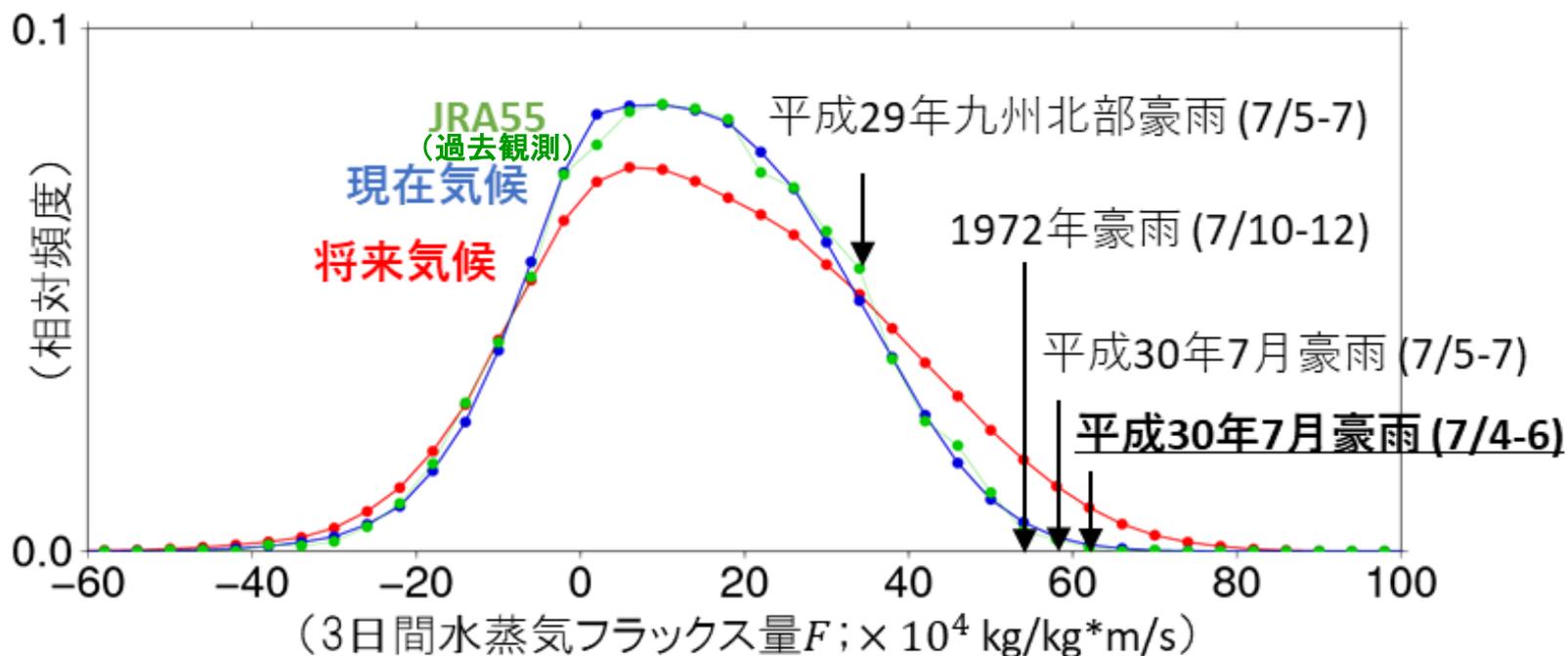
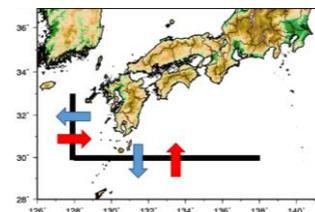


- a. 2017.07.九州北部豪雨 (CX)
- b. 2017.07.鳥根豪雨 (CX)
- c. 2016.06.熊本豪雨 (CX)
- d. 2014.09.胆振豪雨 (X)
- e. 2014.08.広島豪雨 (X)
- f. 2014.08.福知山豪雨 (X)
- g. 2013.08.鳥根豪雨 (X)
- h. 2012.08.宇治豪雨 (X)
- i. 2012.07.亀岡豪雨 (X)
- j. 2012.07.北九州豪雨_筑後 (X)
- k. 2012.07.北九州豪雨 (X)
- l. 2010.07.可児豪雨 (X)

RCM05の現在事例は過去事例と大きく乖離していない。

さらに, 2017年九州北部豪雨は現在では非常に極端な事例であった一方, 将来では特別極端ではないことがわかった。

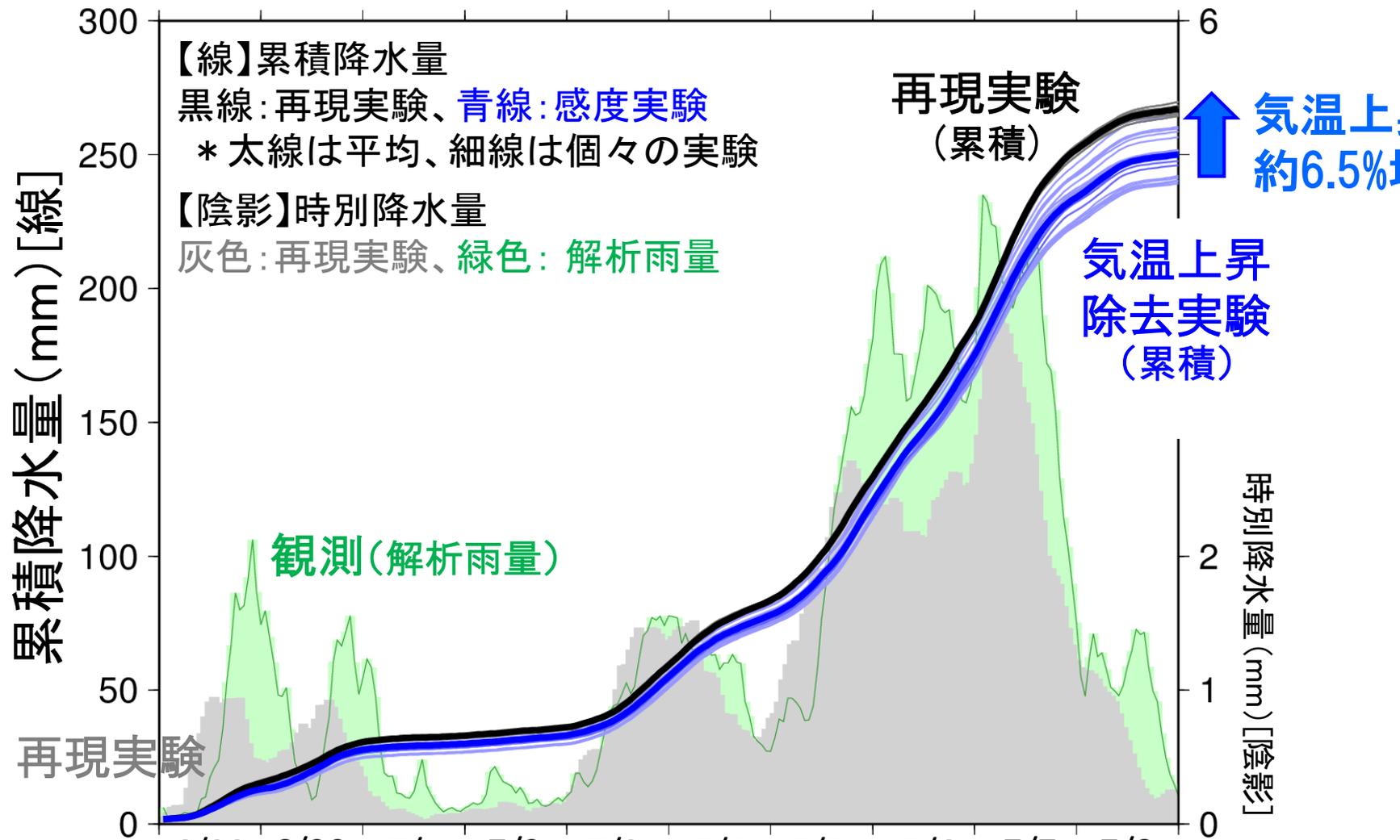
平成30年西日本豪雨の水蒸気浸潤の異常さ



～事例ベースの量的アプローチ～

H30年7月豪雨に**温暖化がどの程度「量的に」寄与したか？**

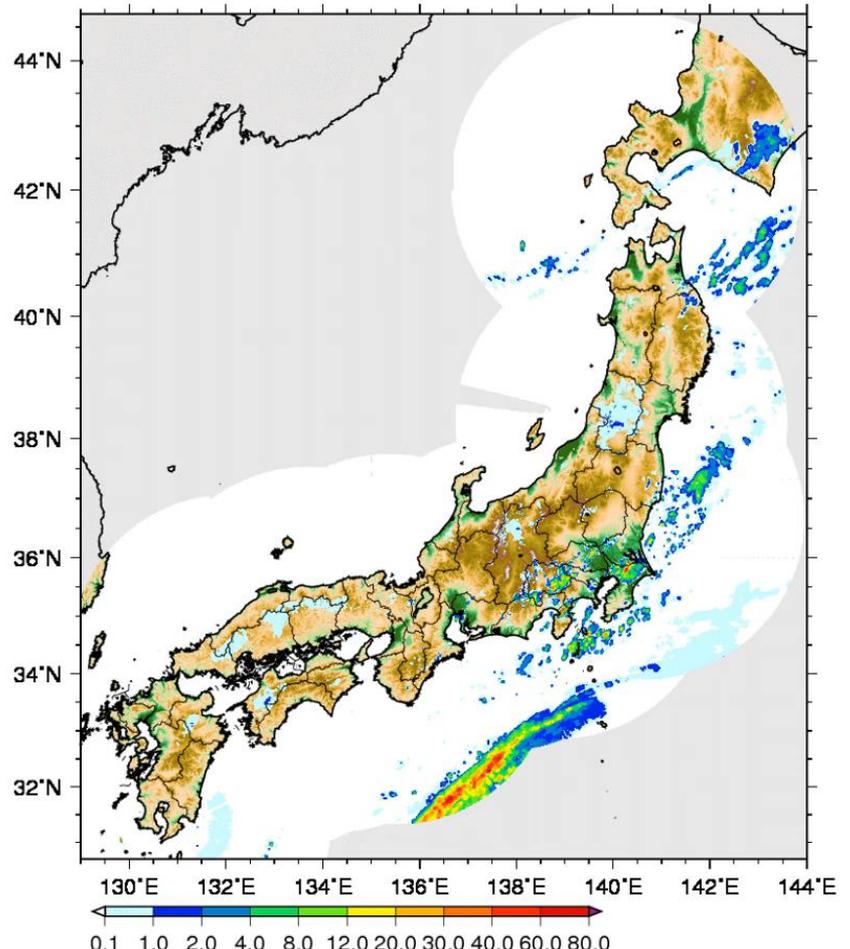
東日本から西日本の陸上で平均した降水量



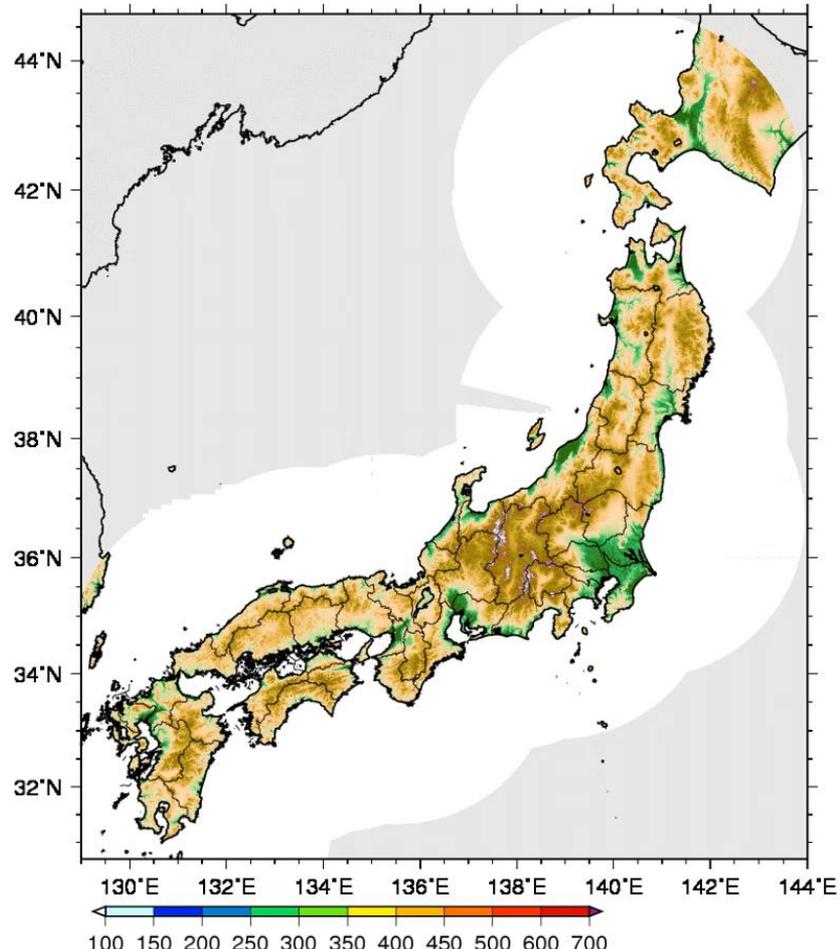


Typhoon Hagibis (T1919)

Rainrate 20191011 1201



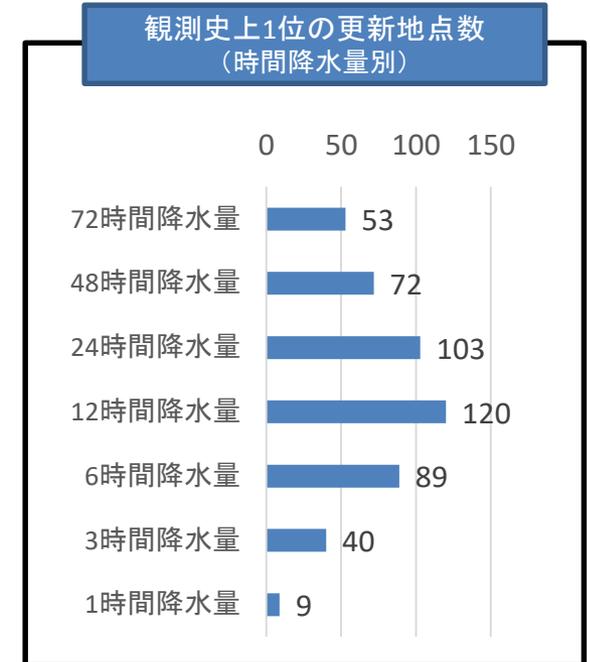
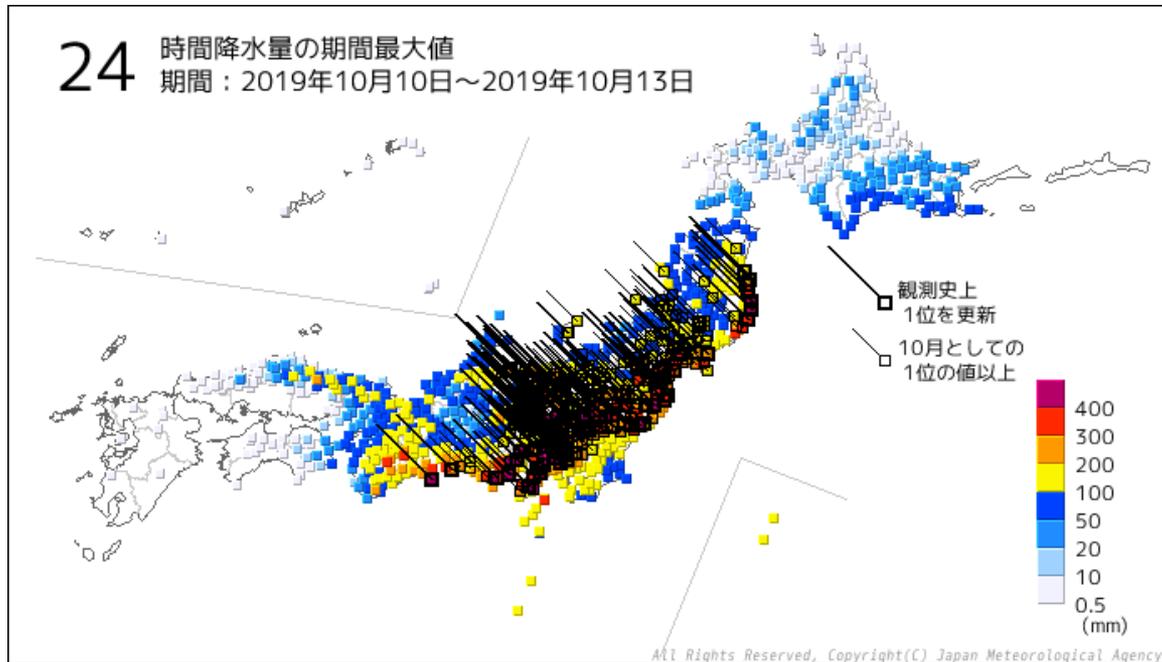
Accumulate 20191011 1201



令和元年10月台風第19号の特徴(降雨)

- 10月6日に南鳥島近海で発生した台風第19号は、12日19時前に大型で強い勢力で伊豆半島に上陸した。その後、関東地方を通過し、13日12時に日本の東で温帯低気圧に変わった。
- 台風第19号の接近・通過に伴い、広い範囲で大雨、暴風、高波、高潮となった。
- 雨については、10日から13日までの総降水量が、神奈川県箱根で1000ミリに達し、東日本を中心に17地点で500ミリを超えた。特に静岡県や新潟県、関東甲信地方、東北地方の多くの地点で3、6、12、24時間降水量の観測史上1位の値を更新するなど記録的な大雨となった。
- 降水量について、6時間降水量は89地点、12時間降水量は120地点、24時間降水量は103地点、48時間降水量は72地点で観測史上1位を更新した。

※全国の気象観測地点は約1,300地点



※気象庁ウェブサイトより作成(特定期間の気象データ:2019年10月10日～2019年10月13日(令和元年台風第19号による大雨と暴風))
※数値は速報値であり、今後変更となる場合がある。

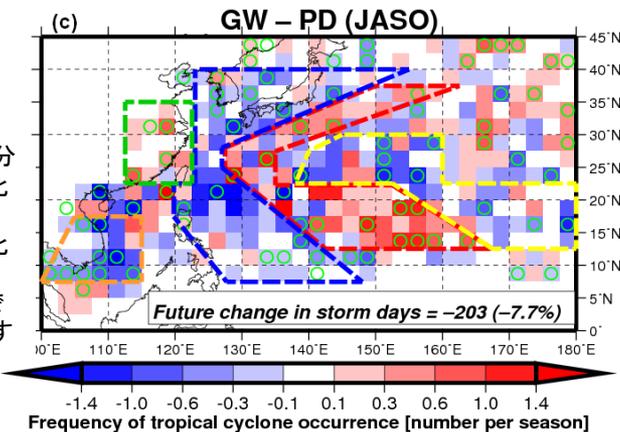
19号台風災害について思うこと

- 温暖化影響もある可能性がある(総雨量)
 - 2017年九州北部豪雨は4度上昇の世界で普通
 - 2018年西日本豪雨では温暖化影響なしでは考えられないほどの総水蒸気流入量。総雨量は温暖化のせいで6~7%増加
- 温暖化の台風への影響予測
 - 発生数は若干減るが、発生するとスーパー台風の可能性大
 - 台風のコースは東にずれてゆく
 - 東北でも500~800mmの総降水量
- 気候区の境界での災害
 - 温暖化の影響は気候区境界で見えやすい
 - 計画規模を今話越えなくても計画規模に近いものももたらされやすい。計画規模まで整備が進んでいないところが弱点となる危険性がある。

沿岸に接近する台風の将来変化

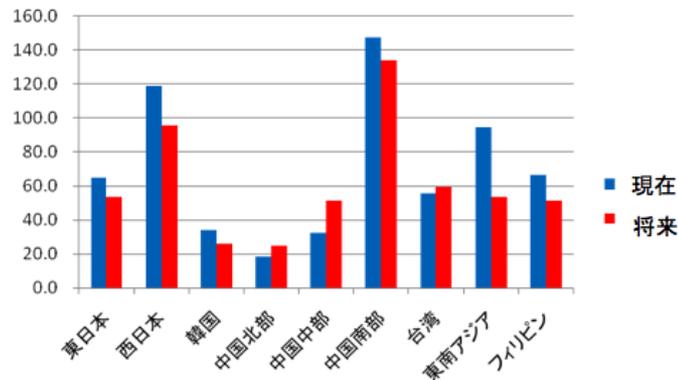
台風存在頻度の 21世紀末将来変化

TC存在頻度分布の将来変化を示す。緑の丸は将来変化が有意水準90%で有意であることを示す

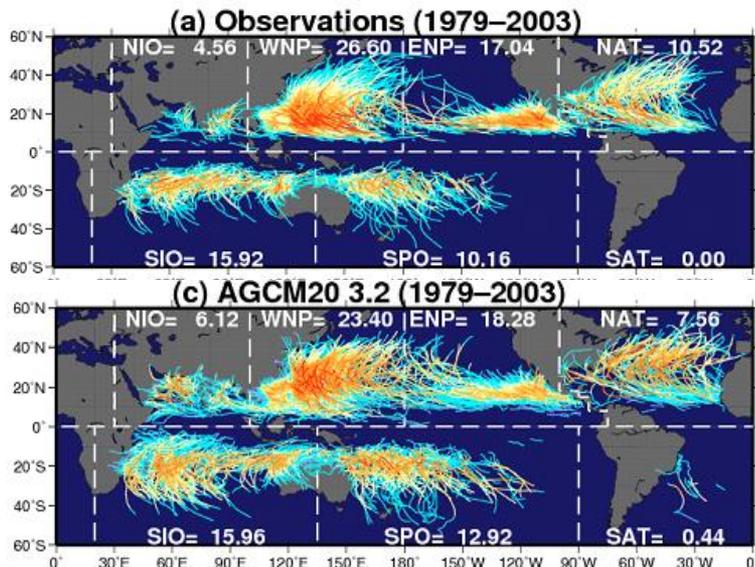


(気象研究所よりスライドを借用)

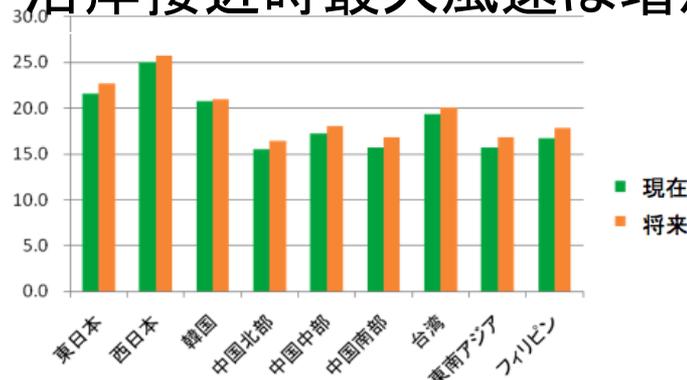
沿岸接近数(25年間)は減少傾向



モデル各地域の陸グリッドから半径200km域内に存在したTCの存在頻度(単位:ストーム日数/25年間)。青色棒グラフは現在気候実験、赤色棒グラフは将来気候実験を示す。



沿岸接近時最大風速は増加



モデル各地域の陸グリッドから半径200km域内に存在したTCの最大風速(ms^{-1})の平均値。緑色棒グラフは現在気候実験、オレンジ棒グラフは将来気候実験を示す。

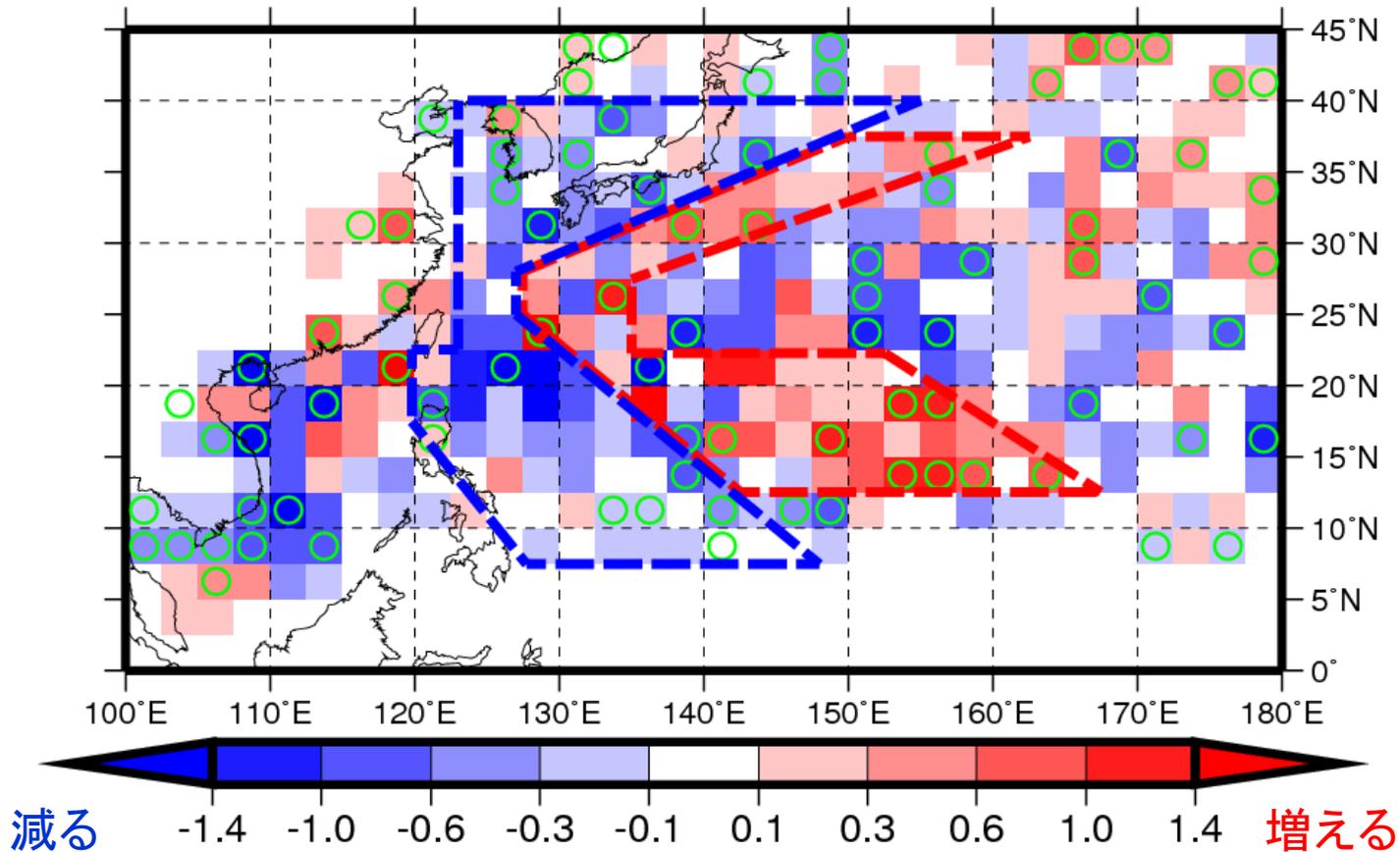
台風の存在頻度は東へシフト (前期モデル)

(気象研究所よりスライドを借用)
Murakami et al. (2011) *J. Climate*



KAKUSHIN

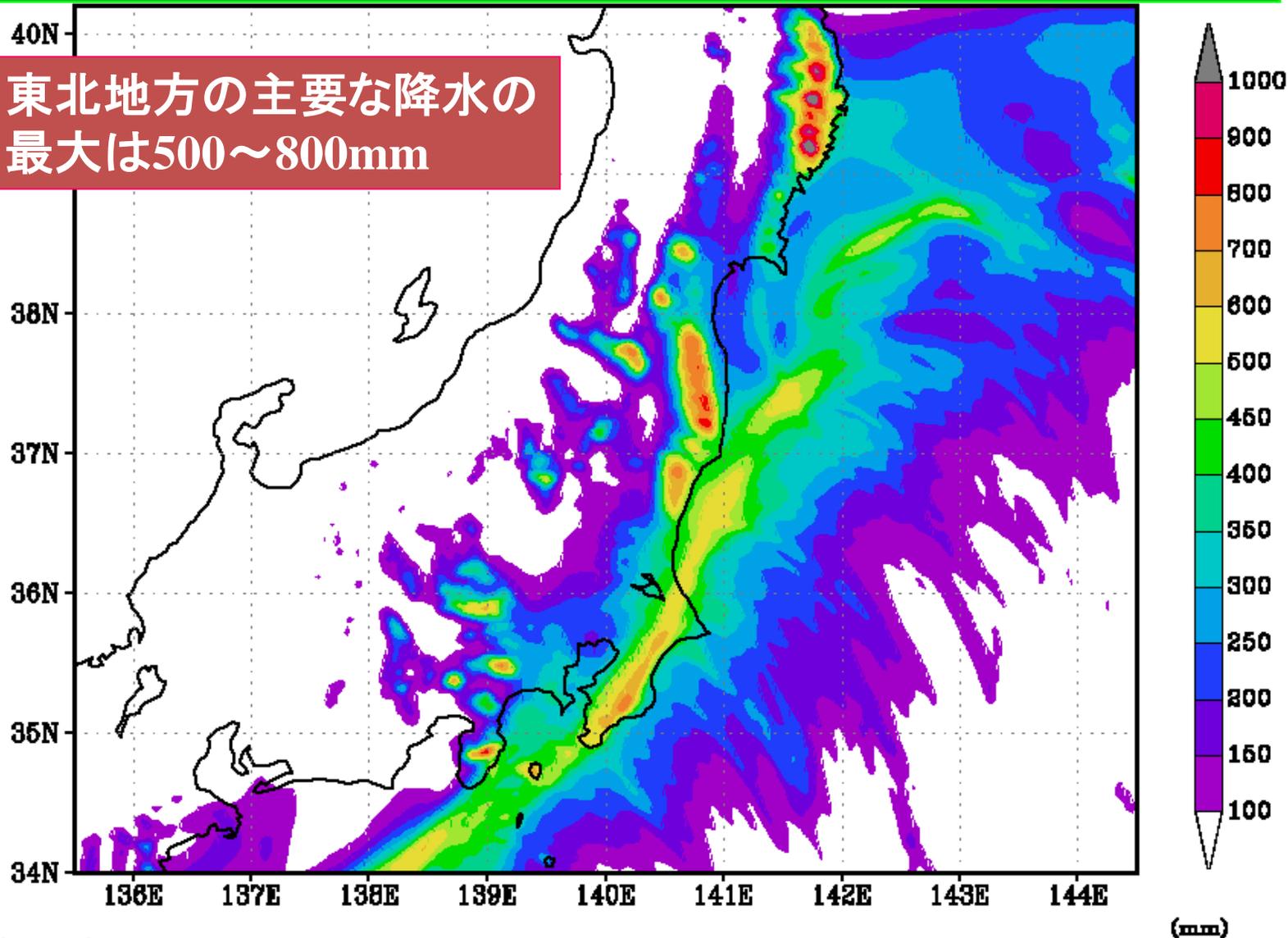
1年の台風最盛期(7月~10月)、東西2.5度x南北2.5度領域あたりの個数
将来気候実験(2075-2099年)と現在気候実験(1979-2003年)の差



マーシャル諸島付近から日本の南岸に沿って増加(赤の枠線)
フィリピンや台湾の東から韓国、西日本にわたる領域(青の枠線)で減少

GCM温暖化気候の台風のCReSS実験: 台風SF0508による総降水量(mm)

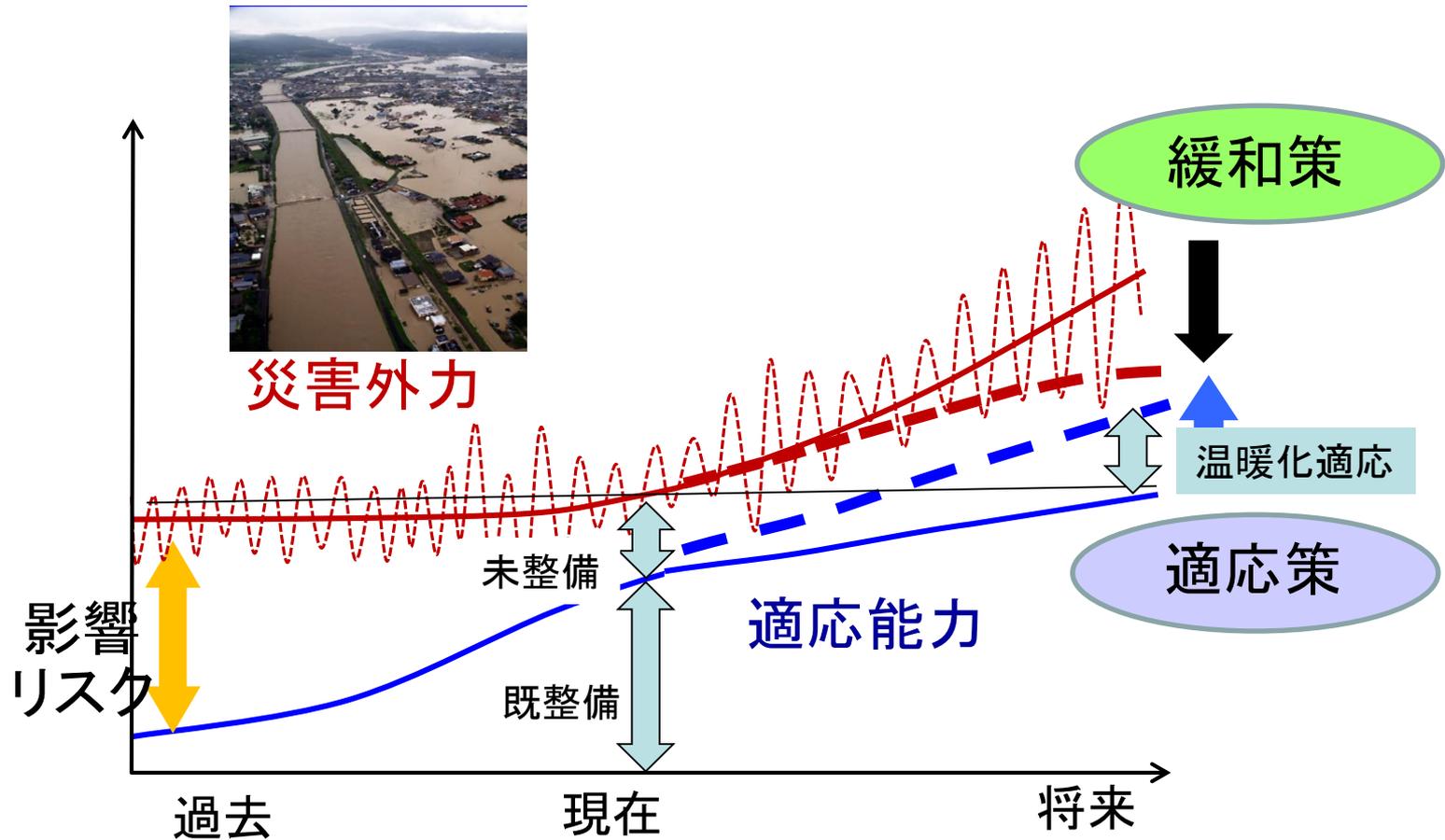
東北地方の主要な降水の
最大は500~800mm



19号台風災害について思うこと

- **温暖化影響もある可能性がある(総雨量)**
 - 2017年九州北部豪雨は4度上昇の世界で普通
 - 2018年西日本豪雨では温暖化影響なしでは考えられないほどの総水蒸気流入量。総雨量は温暖化のせいで6~7%増加
- **温暖化の台風への影響予測**
 - 発生数は若干減るが、発生するとスーパー台風の可能性大
 - 台風のコースは東にずれてゆく
 - 東北でも500~800mmの総降水量
- **気候区の境界での災害**
 - 温暖化の影響は気候区境界で見えやすい
 - 計画規模を今話越えなくても計画規模に近いものももたらされやすい。計画規模まで整備が進んでいないところが弱点となる危険性がある。

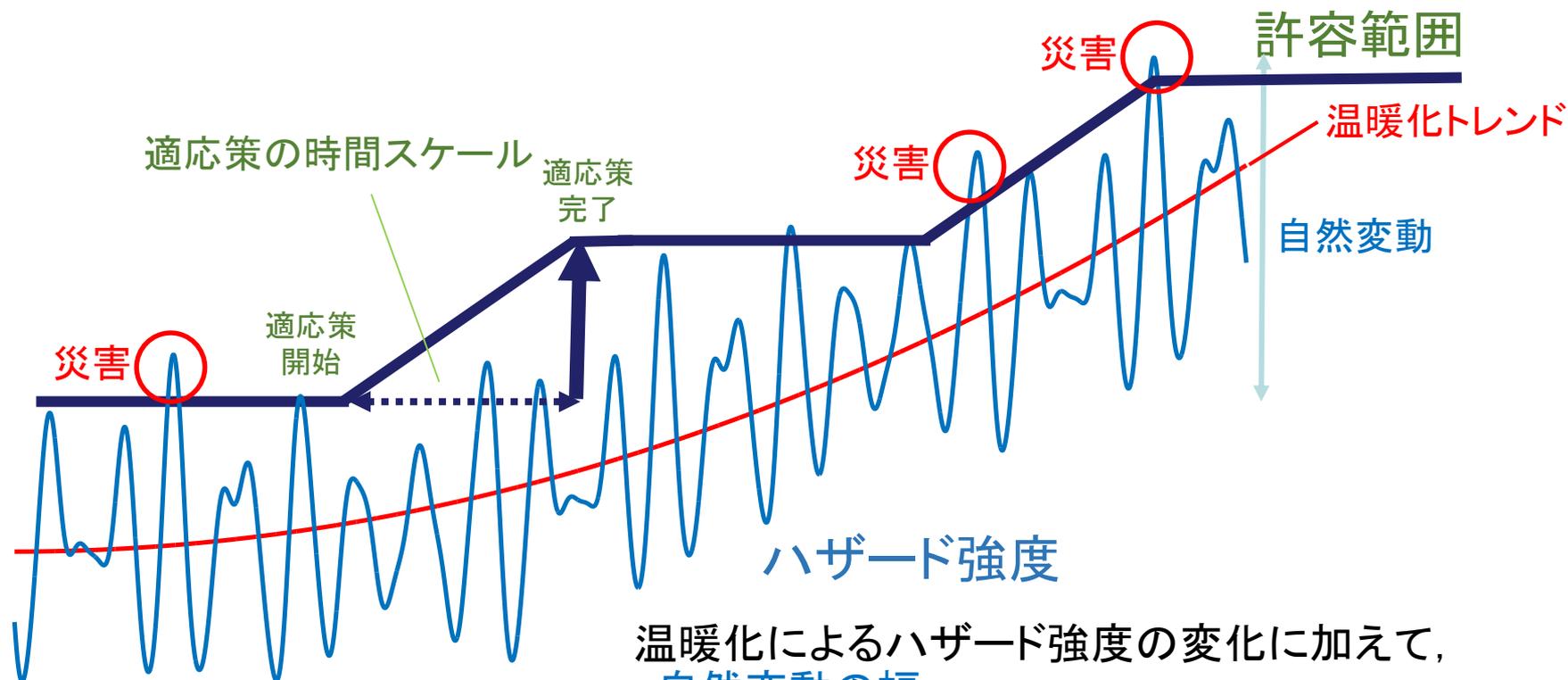
適応策の役割



小松(九大、2012)、三村(茨城大、2014)に中北が追加(2109)

温暖化に対する順応的適応策の考え方

手戻りのない適応・後悔しない適応とは



温暖化によるハザード強度の変化に加えて、

- ・自然変動の幅
- ・温暖化影響の時間スケール
- ・適応策の時間スケール
- ・費用対効果

を知ることが重要

設計値Design value(確率値)

減災(Mitigation)と 危機管理(Crisis Management)



河川流量、
高潮・高波高

設計値(Design value)
(平均何年に一度
(Return period))

防ぐ・防災(Prevention)



SOUSEI



革新

適応に向けて

最悪シナリオ
(最大外力)

サバイバビリティ・クリティカル (生存の淵、土俵際) から、しなやかにより戻せる足 (社会システム) が、より重要となる

滅亡の対象となる範囲

= 大規模災害の場合もふくむ

世紀末のデザイン値

将来気候下での推測デザイン値には不確定性がある

気候変動による影響評価では
= 同じ頻度に対応するデザイン値は上昇する。
= でも、どこまで上昇するかにはあいまいさがある。

現気候下でのデザイン値

河川の流量
高潮の水位

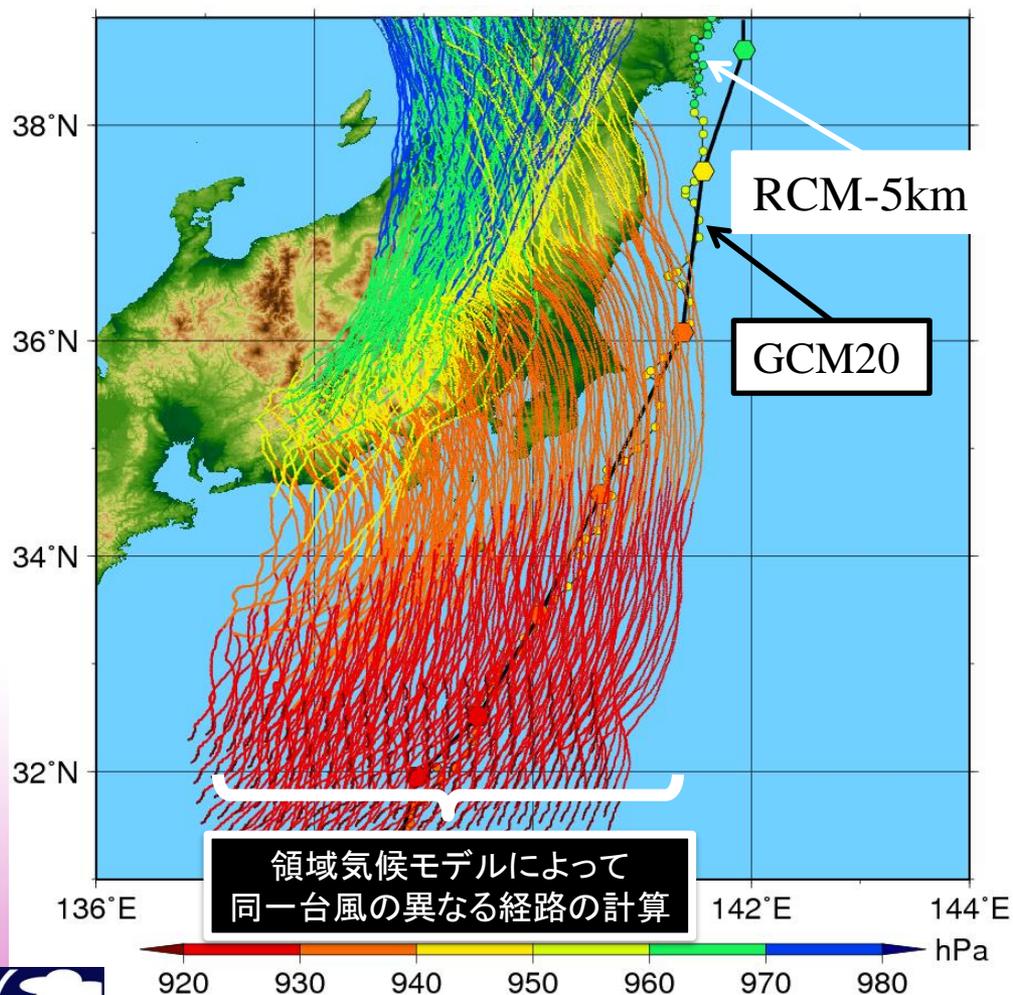
既整備

基幹インフラによる防災の対象となる範囲

= 堤防から水は溢れさせない、防波堤から水は越えさせない。



極端台風の進路を操作して最悪シナリオを



台風の渦を保存させて中心位置を移動させる。

(コマを移動させる)



領域気象モデルで移動後の数値シミュレーションを実施。

(コマを再び放して勝手に移動させる)



影響評価

- ・ 陸：強風・河川流量・浸水
- ・ 海：波浪・高潮



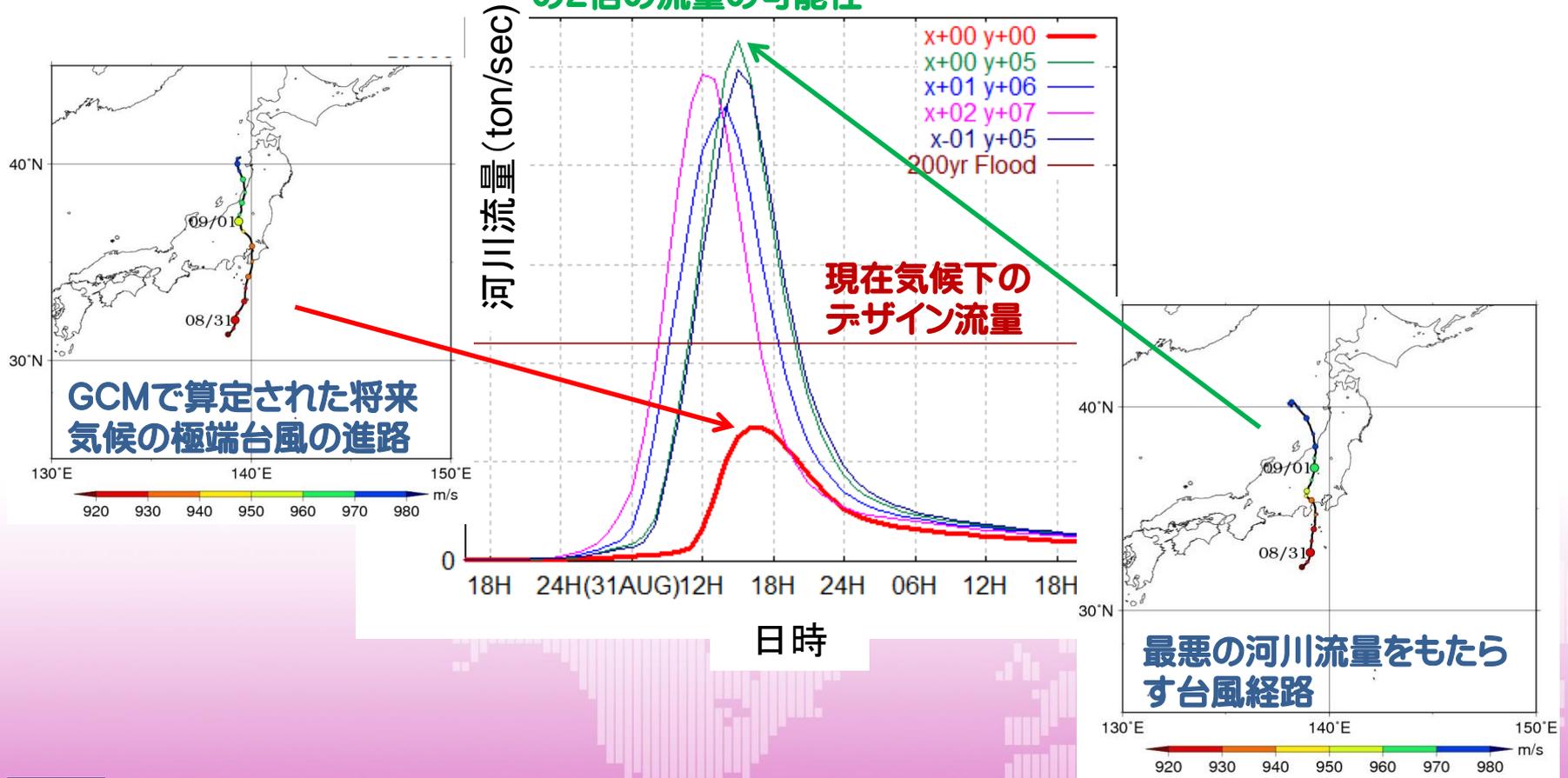
石川ら (2009)



KAKUSHIN

GCMで算定された将来気候極端台風を 進路変更させたときの最悪河川流量

現在気候のデザイン流量
の2倍の流量の可能性



温暖化影響予測と適応



KAKUSHIN

- 気候モデルによる時間毎の出力値により、我が国のハザード・水資源の気候変動影響予測が可能となっている。
- 世紀末にかけて、極端現象はよりシリアスになると推測されている。
- 「どれくらい？」が不確定だからといって適応を遅らせていると将来の適応が不可能あるいは困難になる危険性がある。
 - 今すぐ始める！ => 後悔しない適応
- 実践を通しての気候変動適応もボトムアップとしてひとつひとつ進める。
 - まずこの認識を持つことが大事
 - 現在進行している対策も大切な温暖化適応である
 - 現気候下でも気づいていない脆弱性の発掘(災害調査等の重要性)
- 科学的将来予測をベースに進める(基幹インフラの計画)
 - Step by step の適応 を計画する。手戻りのない適応。
- 最悪の事態も推測した適応(危機管理)を考える。
 - 気候変動下の最悪の状況をどう適応に組み込んで行くかが重要
- 地域・街・町・都市づくりによる適応

(中北、2010, 2019)

適応に向けて大切なこと



TOUGOU
Integrated Research Program
for Advancing Climate Models

1. 対象とする河川流量などの設計値を見直す。
2. 気候変動下での最悪ケース群を想定する。
3. 高い不確実性の中で後悔しない意志決定。
4. 普段の「しんどい管理」の「じわじわ」とした高頻度化、これが今後、現場のしんどさ・疲労増大に結びついてリアルタイム防御システムの安全度を低下させる、そのようなことがないように対応して行く。
5. シリアスに早期に逃げること。やばいと感じること。
6. 危険な場所には住まないこと。
7. 猛暑や水不足など、普段の場のじわじわ変化への適応。
8. ○○○○○○
9. ○○○○○○

気候研究コミュニティ,防災減災研究コミュニティ,実務機関

気候研究コミュニティ

- ・気象・気候の将来変化の気候学的科学根拠

実務機関

- ・将来影響評価
- ・計画論の見直し
- ・適応策の構築・評価・実施

影響予測

適応策

防災・減災研究コミュニティ

- ・ハザードの将来変化や社会影響の科学的根拠
- ・計画論も含めた適応策の基本的考え方の創出
- ・適応策の評価手法の構築(後悔しない適応も)
- ・新たな設計外力に対応した耐力の科学的根拠

Collaborative symposium and research meetings with implementation Ministries (2109)



2019年5月24日 国立オリンピック記念青少年総合センター

**主催 文部科学省統合的気候モデル高度化研究プログラム/文部科学省研究開発局
/国土交通省 水管理・国土保全局**

**後援 農林水産省農村振興局、環境省地球環境局、京都大学PCCウィークス、土木学会水工学委員会、
地球環境委員会、海岸工学委員会、地盤工学委員会、計画学委員会、水文・水資源学会、
地盤工学学会、日本自然災害学会**

近年の災害や気候変動を踏まえた対策の検討体制

参考

(水管理・国土保全局関係分)

気候変動を踏まえた水災害対策検討小委員会(社会資本整備審議会 河川分科会)〔11/7設置,11/22第1回〕

【気候変動を踏まえた計画の見直し】

- 気候変動に伴う降雨量の増加や海面水位の上昇を踏まえた、流域全体で備える水災害対策を検討
 - ・気候変動による影響を踏まえた計画への転換と対策
 - ・水災害リスクを軽減するための様々な手法の組合せ
 - ・国・県・市や企業、住民等との連携方策

【今年の災害の課題への対応】

- 今年の災害で明らかになった課題に関して検討する有識者会議や関係機関との実務者会議を実施し、必要に応じて小委員会において包括的に検討
 - ・安全度を向上させる効率的な河川整備
 - ・まちづくり等との連携のあり方
 - ・住民の避難や企業の防災対策の充実
 - ・災害時の自治体への支援体制の強化

気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会 (H30.4設置、R1.10提言とりまとめ)

- 気候変動による降雨量の増加等の外力の評価

気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討会(R1.10設置)

- 海面水位の上昇等に関する技術的評価及びそれを踏まえた適応策の検討

気候変動を踏まえた砂防技術検討会(R1.12設置)

※ 流出土砂の変化や土砂・洪水氾濫対策、気候変動を踏まえた内水対策の検討を実施

堤防強化に関する検討

- 各堤防調査委員会での報告を受け、今後の堤防強化の方向性の検討

破堤の要因分析や復旧方法検討のための会議

阿武隈川堤防調査委員会〔第1回:10/16,第2回:11/7〕
鳴瀬川堤防調査委員会〔第1回:10/16,第2回:11/7〕
荒川水系越辺川・都幾川堤防調査委員会〔第1回:10/17〕
那珂川・久慈川堤防調査委員会〔第1回:10/18〕
千曲川堤防調査委員会〔第1回:10/15〕
宮城県の有識者会議〔第1回:11/8〕

ダムの洪水調節に関する検討

- 異常洪水時防災操作に移行した6ダムの情報提供等の検証
- ダムのより効率的な操作方法等の検討

河川・気象情報の改善に関する検証チーム(水局・気象庁)〔第1回:11/14〕

- 河川の氾濫発生情報の発表のあり方
- 大雨特別警報解除後の洪水への注意喚起

水災害リスクを踏まえたまちづくりのあり方について検討

- 水災害リスクを踏まえた居住誘導

- …社会資本整備審議会による検討
- …有識者による検討会等
- …行政担当者による調整会議

土砂災害防止対策検討(社会資本整備審議会 河川分科会)〔10/18諮問〕

- 気候変動による集中豪雨の多発化も踏まえ、土砂災害への警戒避難の実効性を向上させるための方策の検討

気候変動を踏まえた治水計画のあり方提言の概要

I 顕在化している気候変動の状況

- IPCCのレポートでは「気候システムの温暖化には疑う余地はない」とされ、実際の気象現象でも気候変動の影響が顕在化

<顕在化する気候変動の影響>

	既に発生していること	今後、予測されること
気温	・世界の平均気温が1850～1900年と2003～2012年を比較し 0.78℃上昇	・21世紀末の世界の平均気温は更に 0.3～4.8.℃上昇
降雨	・豪雨の発生件数が約30年前の 約1.4倍に増加 ・平成30年7月豪雨の陸域の 総降水量は約6.5%増	・21世紀末の豪雨の発生件数が 約2倍以上に増加 ・短時間豪雨の発生回数と降水量がともに増加 ・ 流入水蒸気量の増加 により、総降水量が増加
台風	・H28年8月に北海道へ 3つの台風が上陸	・日本周辺の 猛烈な台風の出現頻度が増加 ・ 通過経路が北上

II 将来降雨の変化

<将来降雨の予測データの評価>

- 気候変動予測に関する技術開発の進展により、地形条件をよりの確に表現し、治水計画の立案で対象とする台風・梅雨前線等の気象現象をシミュレーションし、災害をもたらすような極端現象の評価ができる大量データによる気候変動予測計算結果が整備

<将来の降雨量の変化倍率> <暫定値>

- RCP2.6(2℃上昇相当)を想定した、将来の降雨量の変化倍率は全国平均約1.1倍

<地域区分ごとの変化倍率*>

地域区分	RCP2.6 (2℃上昇)	RCP8.5 (4℃上昇)
北海道北部、北海道南部、九州北西部	1.15倍	1.4倍
その他12地域	1.1倍	1.2倍
全国平均	1.1倍	1.3倍



※IPCC等において、定期的に予測結果が見直されることから、必要に応じて見直す必要がある。
※沖縄や奄美大島などの島しょ部は、モデルの再現性に課題があり、検討から除いている

III 水害対策の考え方

水防災意識社会の再構築する取り組みをさらに強化するため

- 気候変動により増大する将来の水害リスクを徹底的に分析し、分かりやすく地域社会と共有し、社会全体で水害リスクを低減する取組を強化
- 河川整備のハード整備を充実し、早期に目標とする治水安全度の達成を目指すとともに、災害リスクを考慮した土地利用や、流域が一体となった治水対策等を組合せ

IV 治水計画の考え方

- 気候変動の予測精度等の不確実性が存在するが、現在の科学的知見を最大限活用したできる限り定量的な影響の評価を用いて、治水計画の立案にあたり、実績の降雨を活用した手法から、気候変動により予測される将来の降雨を活用する方法に転換
- ただし、解像度5kmで2℃上昇相当のd2PDF(5km)が近々公表されることから、河川整備基本方針や施設設計への降雨量変化倍率の反映は、この結果を踏まえて、改めて年度内に設定

<治水計画の見直し>

- パリ協定の目標と整合するRCP2.6(2℃上昇に相当)を前提に、治水計画の目標流量に反映し、整備メニューを充実。将来、更なる温度上昇により降雨量が増加する可能性があることも考慮。
- 気候変動による水害リスクが顕在化する中でも、目標とする治水安全度を確保するため、河川整備の速度を加速化

<河川整備メニューの見直し>

- 気候変動による更なる外力の変化も想定した、手戻りの少ない河川整備メニューを検討
- 施設能力や目標を上回る洪水に対し、地域の水害リスクを低減する減災対策を検討
- 雨の降り方(時間的、空間的)や、土砂や流木の流出、内水や高潮と洪水の同時発生など、複合災害にも効果的な対策を検討

<合わせて実施すべき事項>

- 外力の増大を想定して、施設の設計や将来の改造を考慮した設計や、河川管理施設の危機管理的な運用等も考慮しつつ、検討を行うこと。
- 施設能力を上回る洪水が発生した場合でも、被害を軽減する危機管理型ハード対策などの構造の工夫を実施すること。

V 今後の検討事項

- 気候変動による、気象要因の分析や降雨の時空間分布の変化、土砂・流木の流出形態、洪水と高潮の同時発生等の定量的な評価やメカニズムの分析
- 社会全体で取り組む防災・減災対策の更なる強化と、効率的な治水対策の進め方の充実

ご静聴ありがとうございました

影響評価・
適応策創出
の仲間です。



写真：宇治川、塔の島

気候変動に伴う降雨量や洪水発生頻度の変化

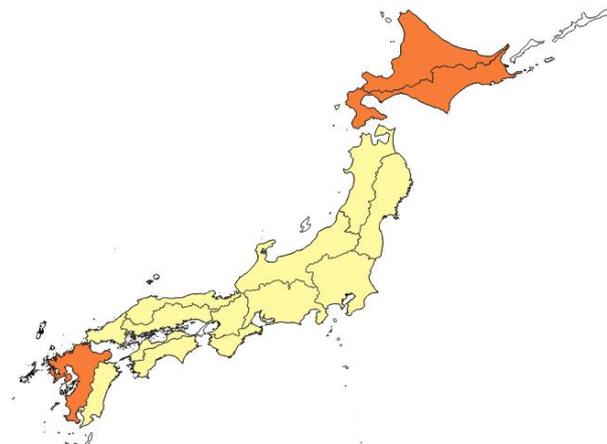
○2℃上昇した場合の降雨量変化倍率は、3地域で1.15倍、その他12地域で1.1倍、4℃上昇した場合の降雨量変化倍率は3地域で1.4倍、その他12地域で1.2倍と試算。

○4℃上昇時には小流域・短時間降雨で影響が大きいいため、別途降雨量変化倍率を設定する。

<地域区分毎の降雨量変化倍率>

地域区分	2℃上昇 (暫定値)	4℃上昇	
			短時間
北海道北部、北海道南部、九州北西部	1.15	1.4	1.5
その他12地域	1.1	1.2	1.3
全国平均	1.1	1.3	1.4

※ 4℃上昇の降雨量変化倍率のうち、短時間とは、降雨継続時間が3時間以上12時間未満のこと



<参考>降雨量変化倍率をもとに算出した、流量変化倍率と洪水発生頻度の変化

気候変動シナリオ	降雨量	流量	洪水発生頻度
RCP2.6(2℃上昇相当)	約1.1倍	約1.2倍	約2倍
(RCP8.5(4℃上昇相当))	(約1.3倍)	(約1.4倍)	(約4倍)

※ 降雨量変化倍率は、20世紀末(過去実験)に対する21世紀末(将来実験)時点の、一級水系の治水計画の目標とする規模(1/100~1/200)の降雨量の変化倍率の平均値

※ RCP8.5(4℃上昇相当)時の降雨量変化倍率は、産業革命以前に比べて全球平均温度が4℃上昇した世界をシミュレーションしたd4PDFデータを活用して試算

※ 流量変化倍率は、降雨量変化倍率を乗じた降雨より算出した、一級水系の治水計画の目標とする規模(1/100~1/200)の流量の変化倍率の平均値

※ 洪水発生頻度は、一級水系の治水計画の目標とする規模(1/100~1/200)の降雨の、現在と将来の発生頻度の比の平均値

(例えば、ある降雨量の発生頻度が現在は1/100として、将来ではその発生頻度が1/50となる場合は、洪水発生頻度の変化倍率は2倍となる)