

気候変動と災害のメカニズムから減災を考える

中北英一

京都大学防災研究所 所長 教授

気候変動リスク予測・適応研究連携研究ユニット ユニット長

気象・水象災害研究部門 教授

京都大学 副理事(宇治・遠隔地キャンパス担当)

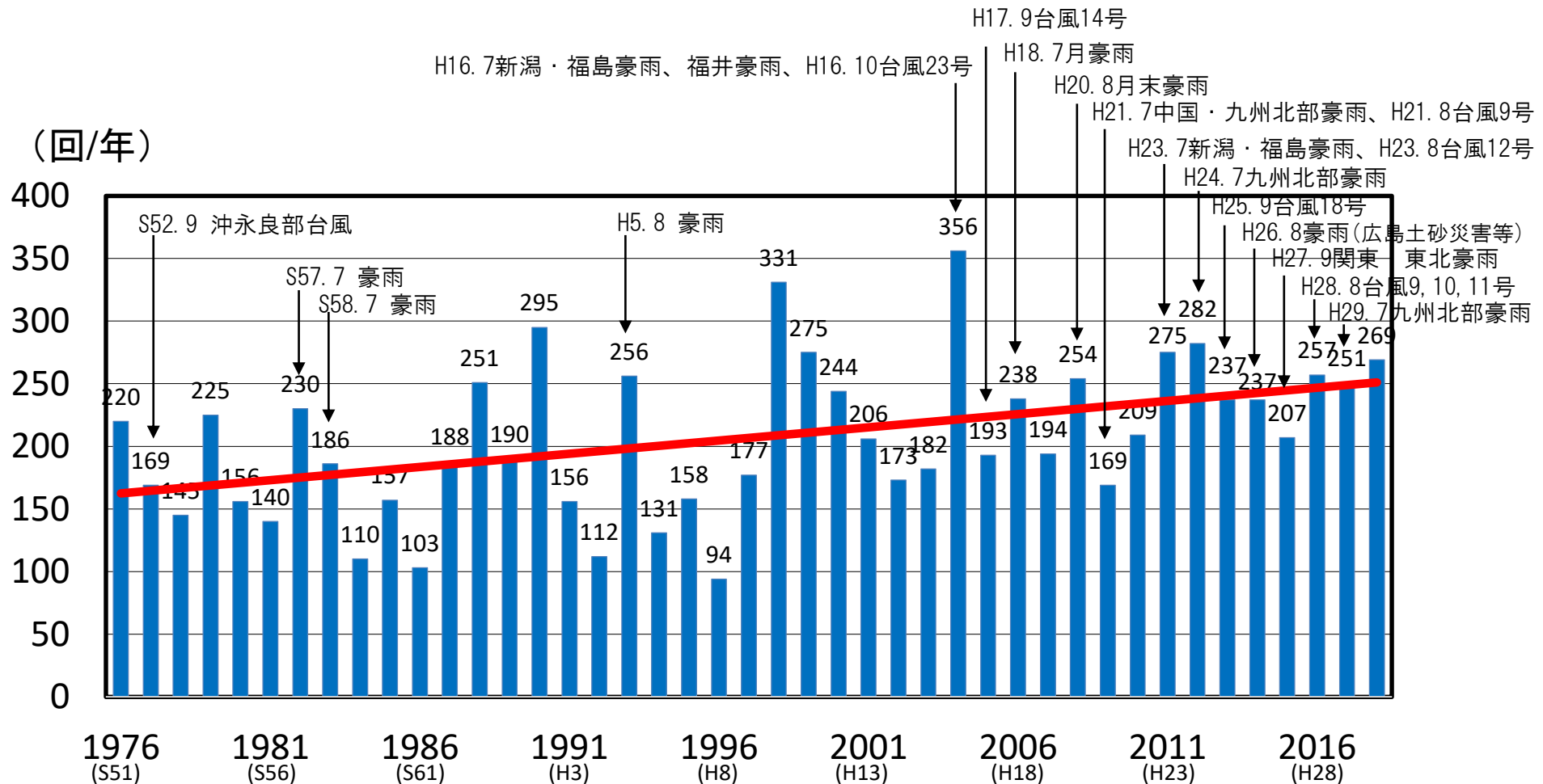
文部科学省 技術参与(環境エネルギー科学技術担当)

内 容

1. 気候変動影響が出だしている
2. 科学的な気候変動予測とは？
3. 台風、梅雨豪雨、ゲリラ豪雨と気候変動影響
 - ① 台風
 - ② 梅雨豪雨とゲリラ豪雨
4. 行政との連携と気候変動適応
5. おわりに ～後悔しない気候変動適応～

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)

近年における水害・土砂災害の発生状況

【2011年7月新潟・福島豪雨】



○只見川における浸水被害
(福島県大沼郡)

【2012年7月九州北部豪雨】



①白川における浸水被害
(熊本県熊本市)

【2013年9月台風18号】



②由良川の浸水状況
(京都府福知山市)

【2014年8月19日からの大雨】



③土砂災害の状況
(広島県広島市)

【2015年9月10日 関東・東北豪雨】



④鬼怒川の堤防決壊による浸水被害
(茨城県常総市)

【2016年8月台風10号】



⑤小本川の氾濫による浸水被害
(岩手県岩泉町)

【2017年7月九州北部豪雨】



⑥桂川における浸水被害
(福岡県朝倉市)

【2018年7月豪雨】



⑦小田川における浸水被害
(岡山県倉敷市)

【2018年台風第21号】



⑧神戸港六甲アイランドに
おける浸水被害
(兵庫県神戸市)

【2019年台風第19号】

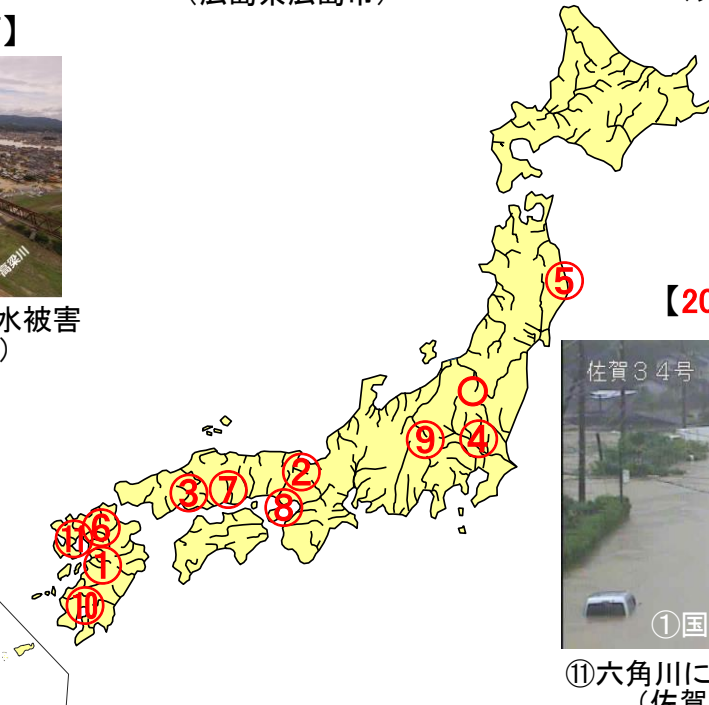


⑨北陸新幹線車両基地
(長野県長野市)

【2020年7月豪雨】



⑩球磨川における浸水被害
(熊本県人吉市)



【2021年8月豪雨】



⑪六角川における浸水被害
(佐賀県武雄市)

国土交通省(2019)に中北が追加

令和5年 7月15日からの大雨に関する河川の被害及び土砂災害の状況について

令和5年7月25日 6:30時点

※速報であり、数値等は今後変わることもある。

国土交通省 水管理・国土保全局

- 国管理河川では、雄物川水系雄物川、米代川水系米代川の浸水被害を確認(概ね解消)。その他の河川については内水被害を含めて調査中。氾濫危険水位を超過する水位上昇を記録した雄物川水系雄物川、玉川の上流にある玉川ダム(国管理)では、通常の洪水調節よりも大幅に流量を抑制する特別防災操作(全量カット)を実施し被害を軽減。
- 都道府県管理河川では、秋田県管理の6水系16河川で氾濫が発生(概ね解消)。このうち、雄物川水系岩見川では、堤防が決壊し農地が浸水(応急復旧中)。その他の河川の被害については内水被害を含めて調査中。
- 22ダムにおいて洪水調節(事前放流2ダムを含む)を実施。このうち、3ダム(雄物川水系旭川：旭川ダム(秋田県管理)、米代川水系小阿仁川：萩形ダム(秋田県管理)、雄物川水系三内川：岩見ダム(秋田県管理)では、大雨の長期化に伴いダムが満杯に近づき、異常洪水時防災操作(緊急放流)に移行(被害なし又は被害軽減)。
- 土砂災害については、秋田県、新潟県でがけ崩れが発生しており、被害の状況を確認中。

○ 氾濫による浸水被害の発生状況

<国管理河川>

雄物川水系雄物川(秋田市)
米代川水系米代川(北秋田市)

<秋田県管理河川>

雄物川水系新城川、太平川、岩見川(秋田市)、
入見内川(仙北市)
米代川水系檜山川、種梅川、悪土川(能代市)
小阿仁川(上小阿仁村)
馬場目川水系馬場目川、内川川(五城目町)、
馬踏川(秋田市)、三種川、鶺鴒川(三種町)
比詰川水系比詰川(男鹿市)
塙川水系塙川(八峰町)
水沢川水系水沢川(八峰町)

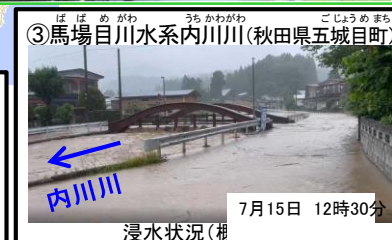
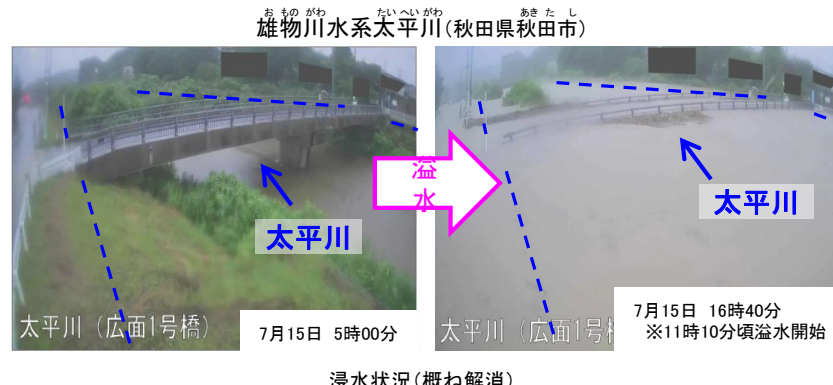


○ 土砂災害の発生状況

<秋田県>
がけ崩れ(秋田市添川)



①秋田市 秋田駅周辺の浸水状況



土砂災害発生件数

326件

土石流等： 20件
 地すべり： 5件
 がけ崩れ： 301件

【被害状況】

人的被害：死者 7名
 負傷者 11名
 家屋被害：全壊 10戸
 半壊 12戸
 一部損壊 42戸

7/10 土石流等 くるめし たぬしまるまちたけの 福岡県久留米市田主丸町竹野



死者：1名
 負傷者：5名

7/13 がけ崩れ なんとしすなごだに 富山県南砺市砂子谷



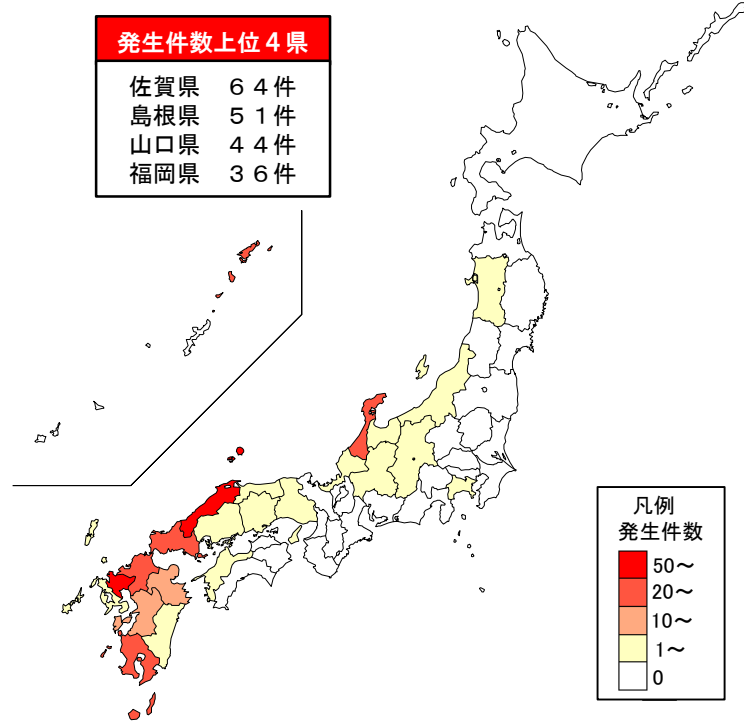
死者：1名

7/15 がけ崩れ あきたし そえがわ 秋田県秋田市添川



負傷者：4名
 全壊：2戸
 一部損壊：2戸

発生件数上位4県
 佐賀県 64件
 島根県 51件
 山口県 44件
 福岡県 36件



7/10 がけ崩れ そえだまししょう 福岡県添田町庄



死者：1名
 負傷者：1名
 半壊：1戸

7/10 土石流等 からつしはまたままちひらばる 佐賀県唐津市浜玉町平原



死者：3名
 全壊：2戸

6/30 地すべり ゆふしゆふいんちょうかわにし 大分県由布市湯院町川西



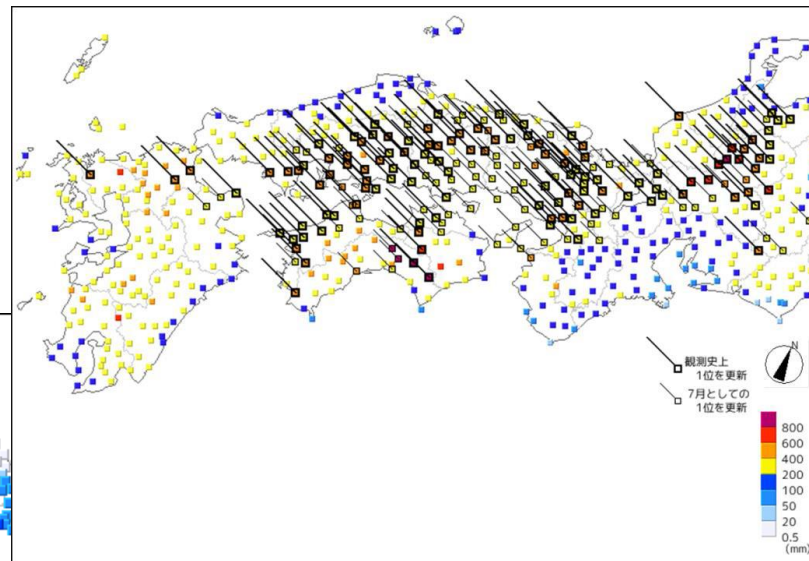
死者：1名
 全壊：1戸

※これは速報値であり、今後数値等が変わる可能性があります。

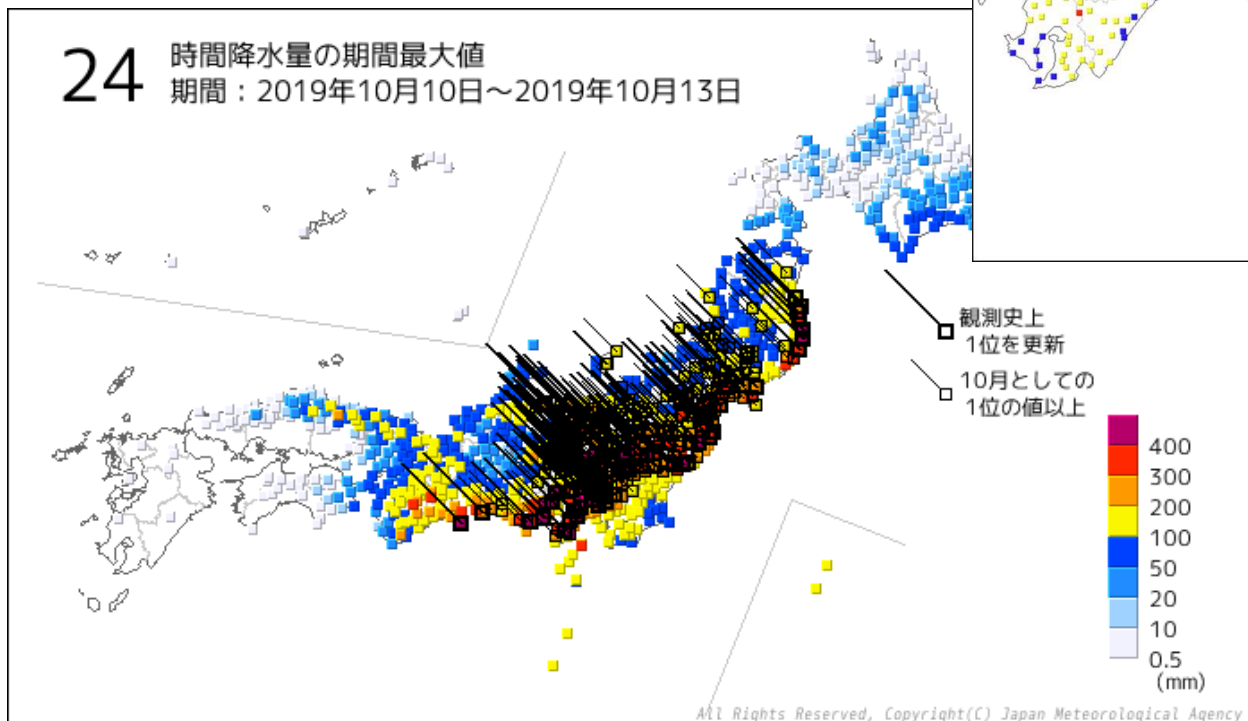
令和元年10月台風第19号の特徴(降雨)

■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。

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
 - 流域治水、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？

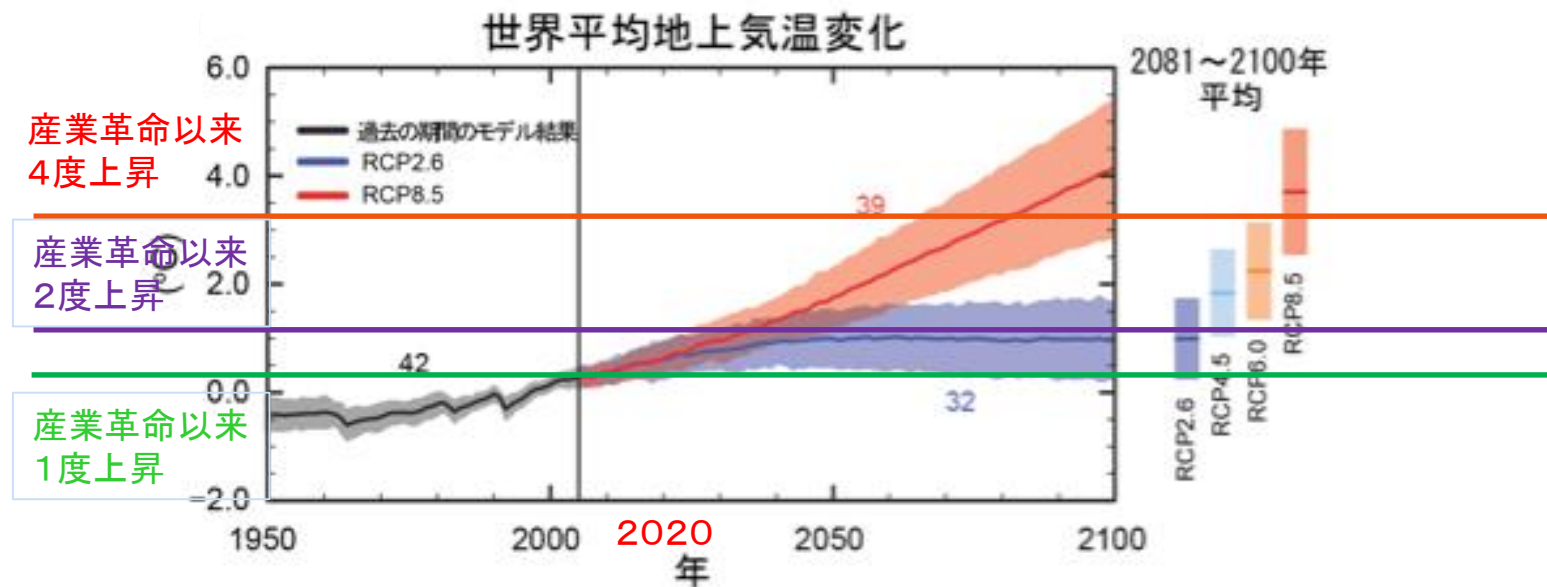


(国土交通省 中国地方整備局)



(国土交通省 九州地方整備局)

今世紀末までの世界平均気温変化予測:



COP26では、1.5°C上昇で抑えることを目標に。

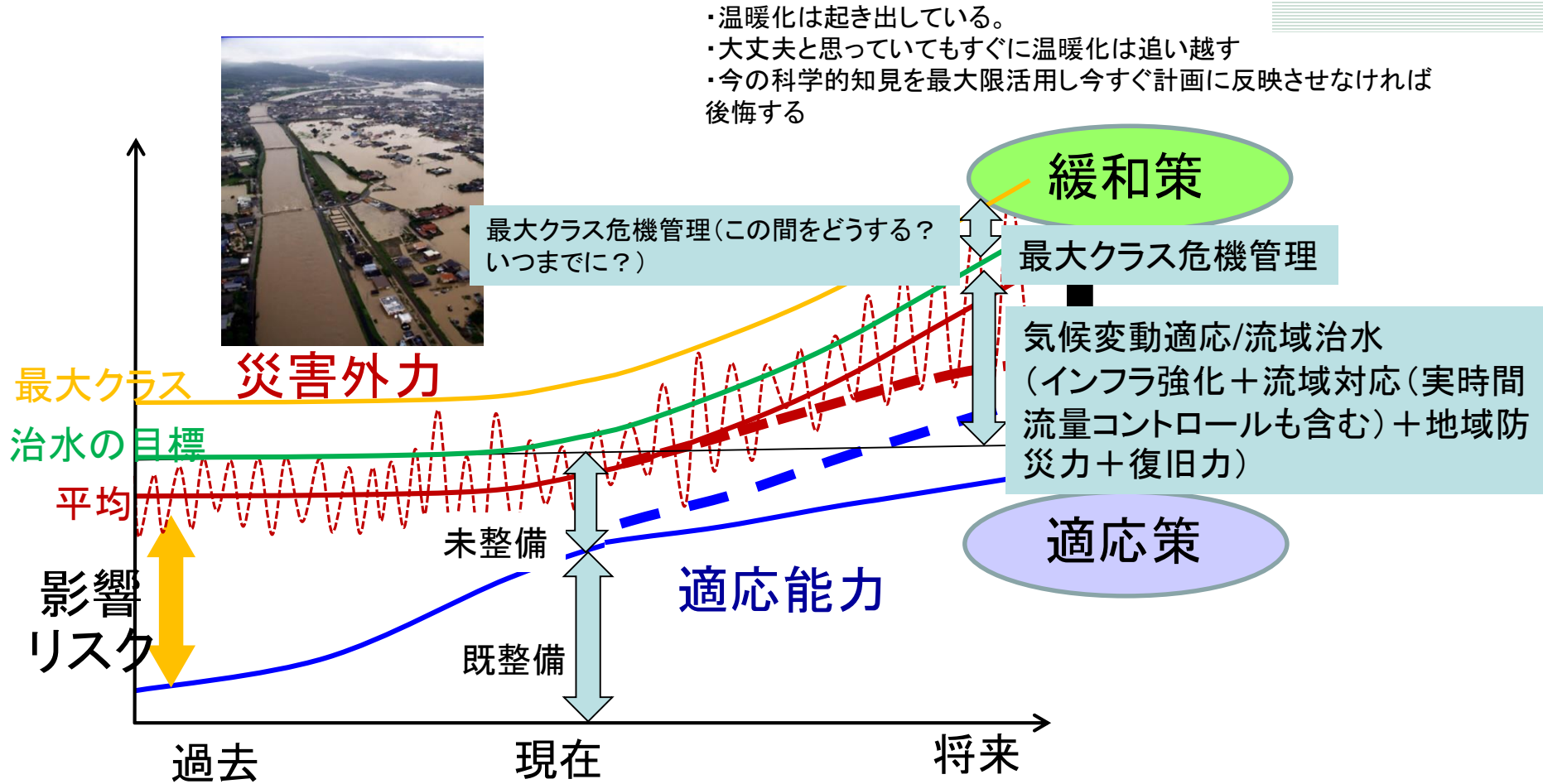
現在、1.1~1.2°C上昇中。

さまざまなゼロエミッション宣言が出されているが、それでも2°C上昇は不可避。

2°C上昇はいつ起きるか？ => 2050年までに起きる(世紀末の話ではない！)

今の時点でこんなに自然があらぶれだしている。2°C、4°Cはどんな世界か？

適応策の役割

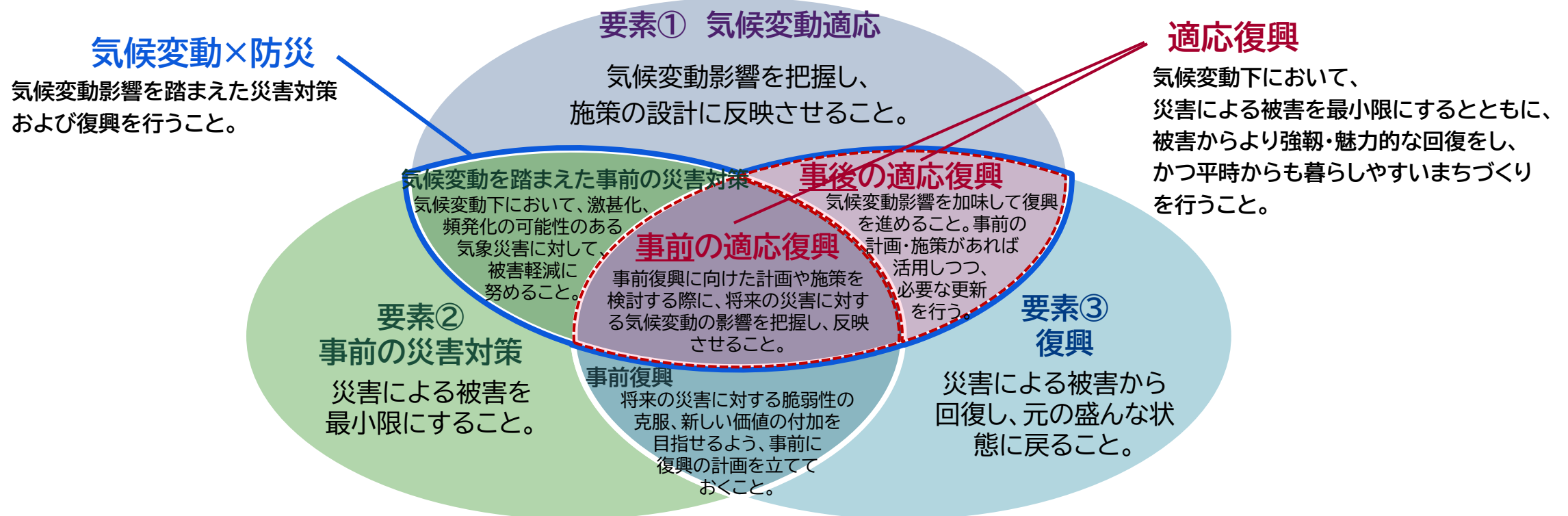


小松(九大、2012)、三村(茨城大、2014)に中北が追加(2019)

環境省・内閣府防災 『気候危機時代の「気候変動×防災」戦略』『適応復興』

- 災害からの復興に際して、原形復旧の発想に捉われず、土地利用のコントロールを含めた弾力的な対応により気候変動への適応を進める「**適応復興**」の発想で「**災害をいなし、すぐに興す**」社会を目指すことが必要。
- 環境省で実施中の事業において、各地域で「気候変動×防災」に取り組む際は、**気候変動適応、事前の災害対策、復興の3要素**の組合せを意識して取り組むことが重要と整理。

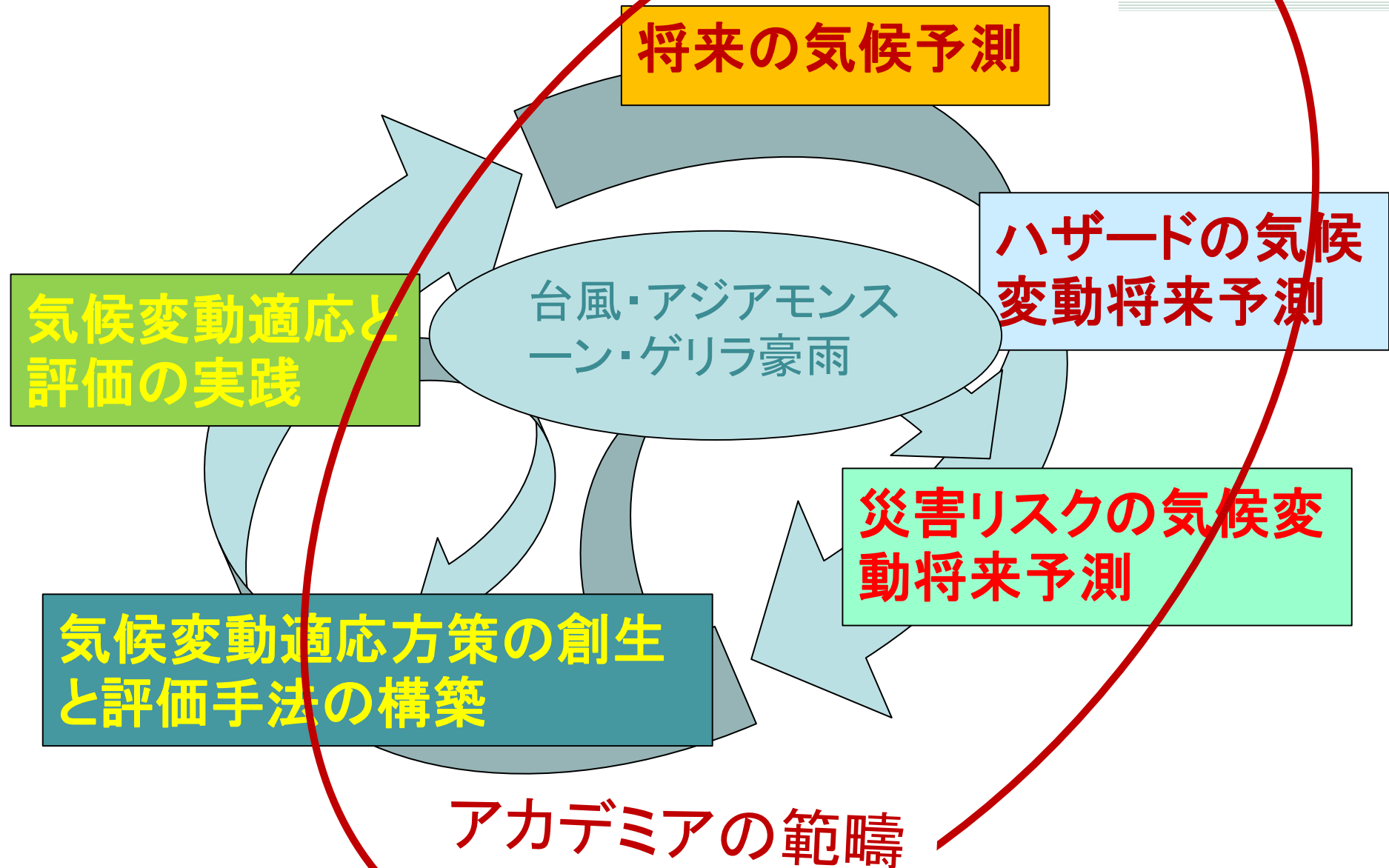
⇒災害による被害を最小限にするとともに、被害を受けてもより強靱で魅力的な回復をする、**弾力的かつ安全・安心で持続可能な地域**づくりに貢献



内 容

1. 気候変動影響が出だしている
2. 科学的な気候変動予測とは？
3. 台風、梅雨豪雨、ゲリラ豪雨と気候変動影響
 - ① 台風
 - ② 梅雨豪雨とゲリラ豪雨
4. 行政との連携と気候変動適応
5. おわりに ～後悔しない気候変動適応～

益々深まるべき気候変動影響予測と適応研究



気候研究コミュニティと防災・減災コミュニティの融合



文部科学省 共生～統合プログラム

- **Kyousei(共生)Program:2002-2006**
 - 地球シミュレータ用の温暖化予測モデルを開発
 - 20km日本域出力(日雨量)
- **Kakushin(革新)Program:2007-2011**
 - 20km全球出力, 5,2km日本域出力(時間雨量)
 - 自然災害への影響評価が可能に
- **Sousei(創生)Program:2012-2016**
 - 最大クラス外力による影響評価も
 - 自然災害、水資源、生物・生態系
 - 適応に向けたリスク評価
- **Togo(統合)Program:2017-2021**
 - 気候モデル～ハザードモデルの統合と高度化
 - 後悔しない適応・評価
- **Sentan(先端)Program:2022-2026**
 - 複合災害、統合的ハザードモデル



TOUGOU
Integrate Research Program
for Advancing Climate Models

SOUSEI



KAKUSHIN

地球温暖化で地球はようになるだろう

気候モデルによる科学ベースの将来予測

気候学・コンピューターサイエンス・地球工学の融合

文部科学省・統合的気候予測モデル高度化プログラム

©MRI,JMA,JAMSTEC,MEXT



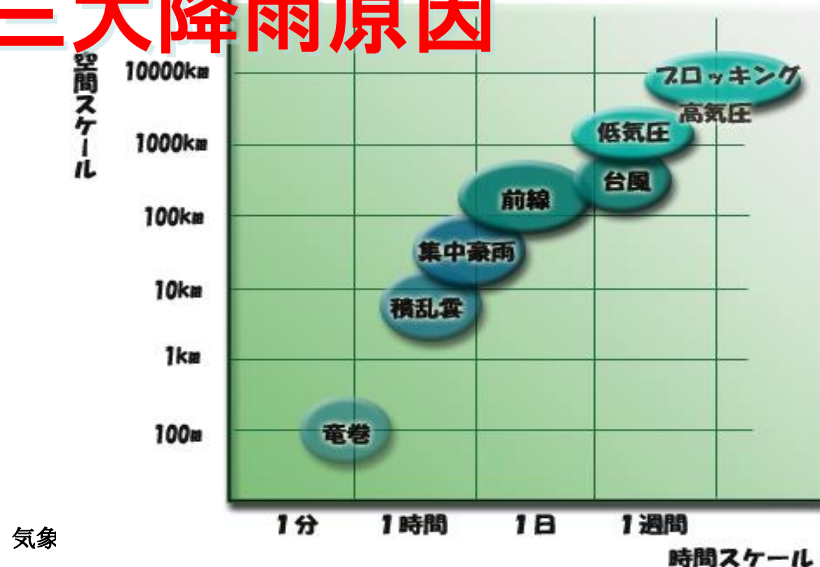
TOUGOU
Integrated Research Program
for Advancing Climate Models

SOUSEI



KAKUSHIN

日本で災害をもたらす 三大降雨原因



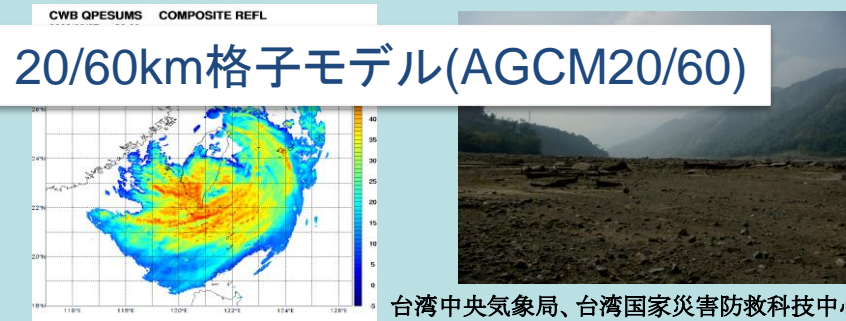
台風

範囲: 1000km

期間: 1日～数日

大河川での洪水、大規模水害、土砂災害

2009/08/08 in 台湾



局地豪雨(梅雨、秋雨前線)

範囲: 100km

期間: 6時間～半日

中・小河川での洪水、内水氾濫、土砂災害

2014/8/20 in 広島 2017/7/05 in 九州北部



(国土交通省 九州地方整備局)

局所的豪雨(ゲリラ豪雨)

範囲: 10km

期間: 30分から1時間

小河川や下水道内での鉄砲水、都市内水氾濫

2008/07/28 at 都賀川 2008/08/05 at 雑司ヶ谷



都賀川モニタリング映像

共同通信

地球温暖化で地球はどうなるだろう

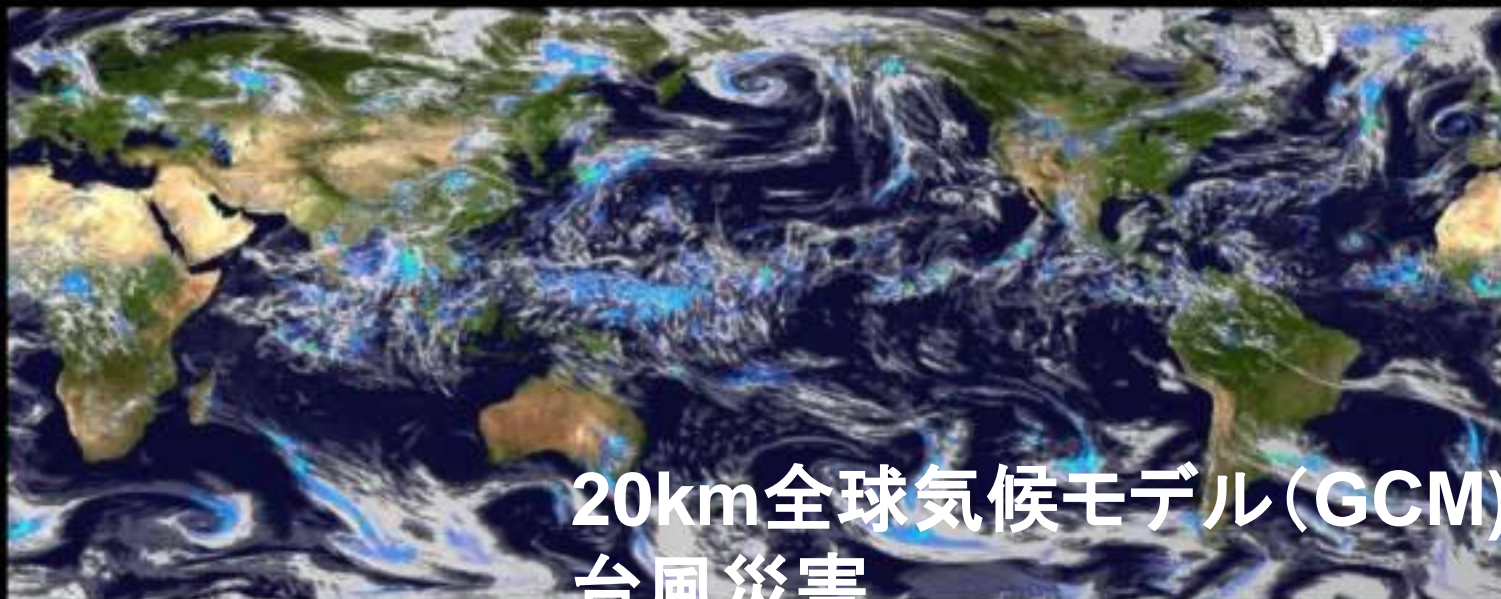
気候モデルによる科学ベースの将来予測

(全球気候モデルと領域気候モデル)

5km領域気候モデル(RCM)
梅雨豪雨災害

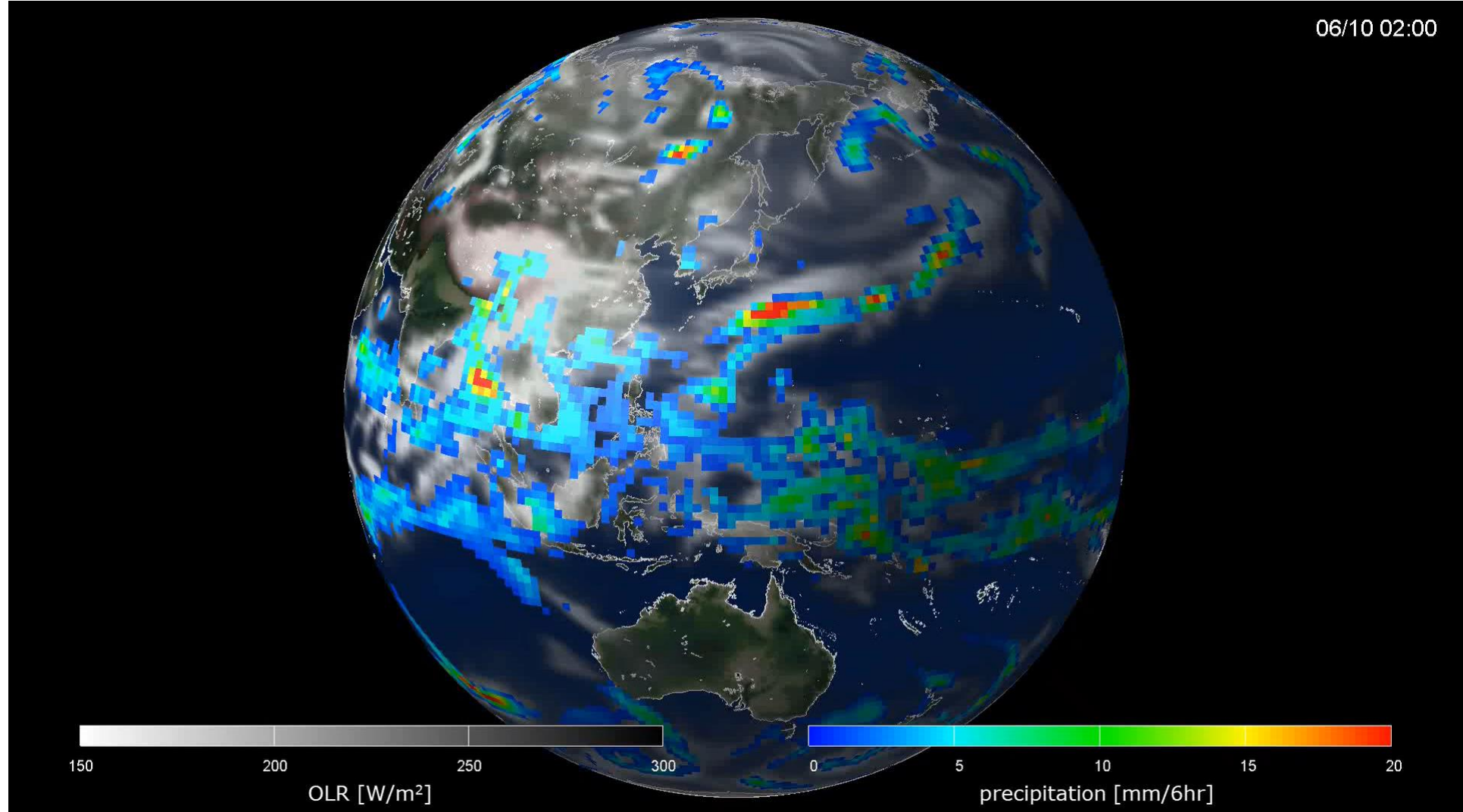
2km領域気候モデル
梅雨豪雨・ゲリラ豪雨災害

05 Sep
208X
00 UTC



20km全球気候モデル(GCM)
台風災害

大アンサンブル d4PDF d2PDF (20km) とダウンスケール(5km)



温暖化による日本への影響推測

• 台風：

- 大気の安定化により、日本への到来回数は減る
- それでも、海面水温の上昇により、スーパー台風の危険性は高まる

• 梅雨：

- 海面水温の上昇による下層水蒸気の流入増があり、7月上旬の日100mm以上の割合や 集中豪雨の生起回数が増える。
- より東へ、北へ豪雨チャンスが増える
- 日本海側の豪雨も増えるだろう

• ゲリラ豪雨：

- 海面水温の上昇による下層水蒸気の流入増があり、強度も頻度も増えるだろう



SOUSEI



水災害・水資源に関し、我が国で おおよそ何が推測されているか？



TOUGOU
Integrated Research Program
for Advancing Climate Models

SOUSEI



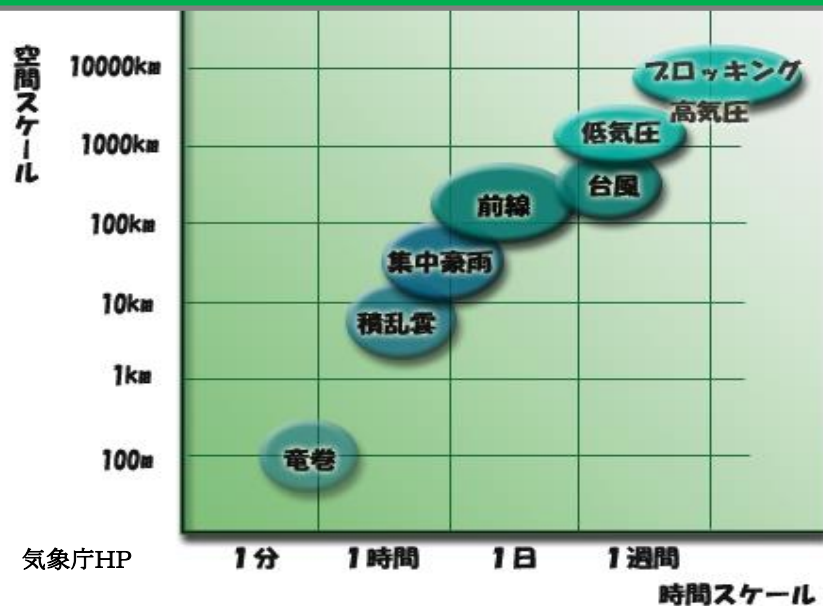
KAKUSHIN

- 100年に一度起こる規模の河川最大流量が全国で増大
- 10年に一度の少ない規模で起こる河川流量が多くの流域で悪化
- 融雪水を利用している地域では、融雪ピークの減少やおそが早期化する
- ダム操作の有効性が変化する（洪水時も、渇水時も）
- 表層崩壊や、深層崩壊という数10mの深さでかつ水平規模の大きい斜面崩壊の危険性が増大すること
- 100年に一度の規模で起こる高潮・高波が主要湾で悪化
- 東北南部以南の日本海側では降雪、積雪が減り、水ストレスが増加
- ただし、福井、石川、富山ではどこか雪が起こったときはもっとどこか雪になる

内 容

1. 気候変動影響が出だしている
2. IPCC第6次評価報告書
3. 科学的な気候変動予測とは？
4. 台風、梅雨豪雨、ゲリラ豪雨と気候変動影響
 - ① 台風
 - ② 梅雨豪雨とゲリラ豪雨
5. 行政との連携と気候変動適応
6. おわりに ～後悔しない気候変動適応～

災害をもたらす豪雨のスケール



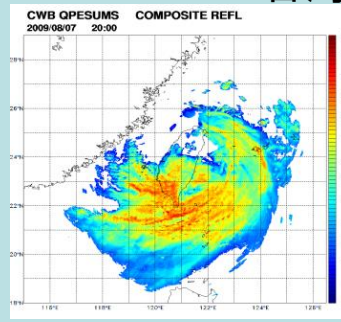
台風

範囲: 1000km

継続時間: 1日から数日

大河川での洪水、大規模水害、土砂災害

2009/08/08 in台湾



台湾中央気象局、台湾国家災害防救科技中心

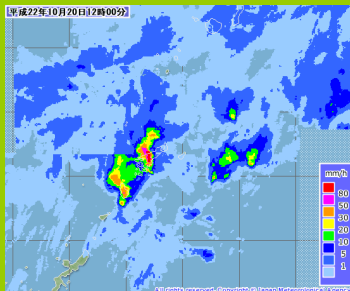
集中豪雨

範囲: 100km

継続時間: 6時間から半日程度

中・小河川での洪水、内水氾濫、土砂災害

2010/10/20 in奄美



南日本新聞 OFFICIAL SITE

ゲリラ豪雨(局地的豪雨)

範囲: 数km

継続時間: 1時間程度

小河川や下水道内での鉄砲水、都市内水氾濫

2008/07/28 at都賀川

2008/08/05 at雑司ヶ谷



都賀川モニタリング映像



共同通信

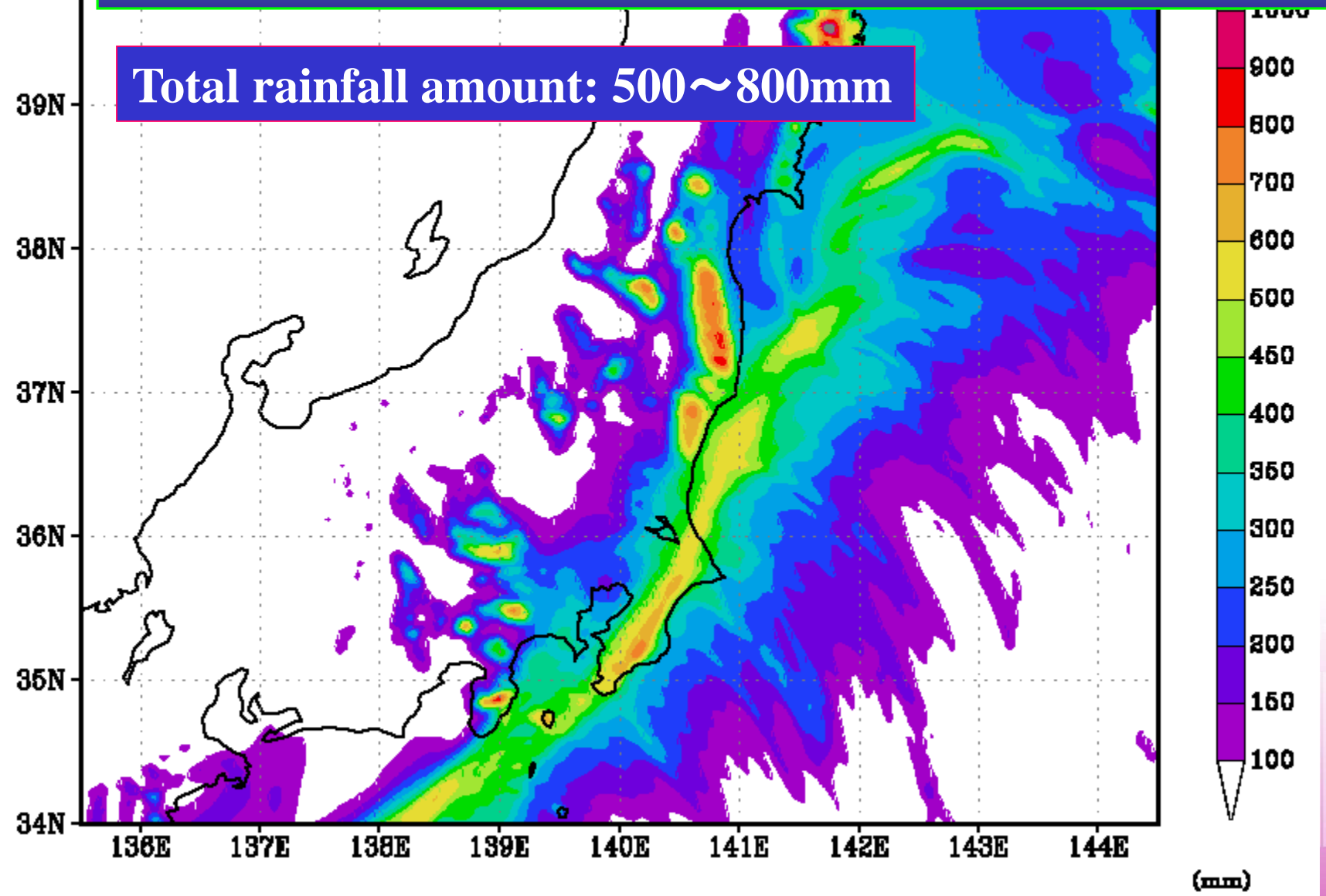
スーパー台風

地球シミュレーターによる格子解像度
1kmでの台風のシミュレーション結果。
台風の詳細な構造や、台風の降雨帯を構成
する雲が解像されている。

t=2-121 total rain (sf002_t0508_2076aug)

SF0508 projected by GCM20 + CReSS (down scale)

Total rainfall amount: 500~800mm

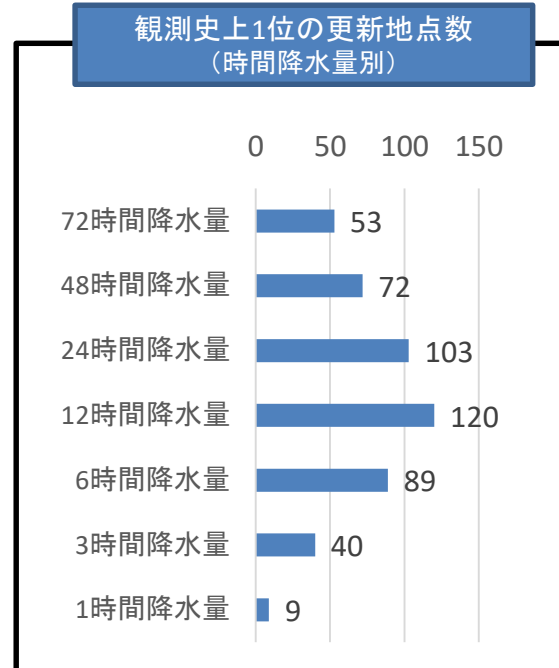
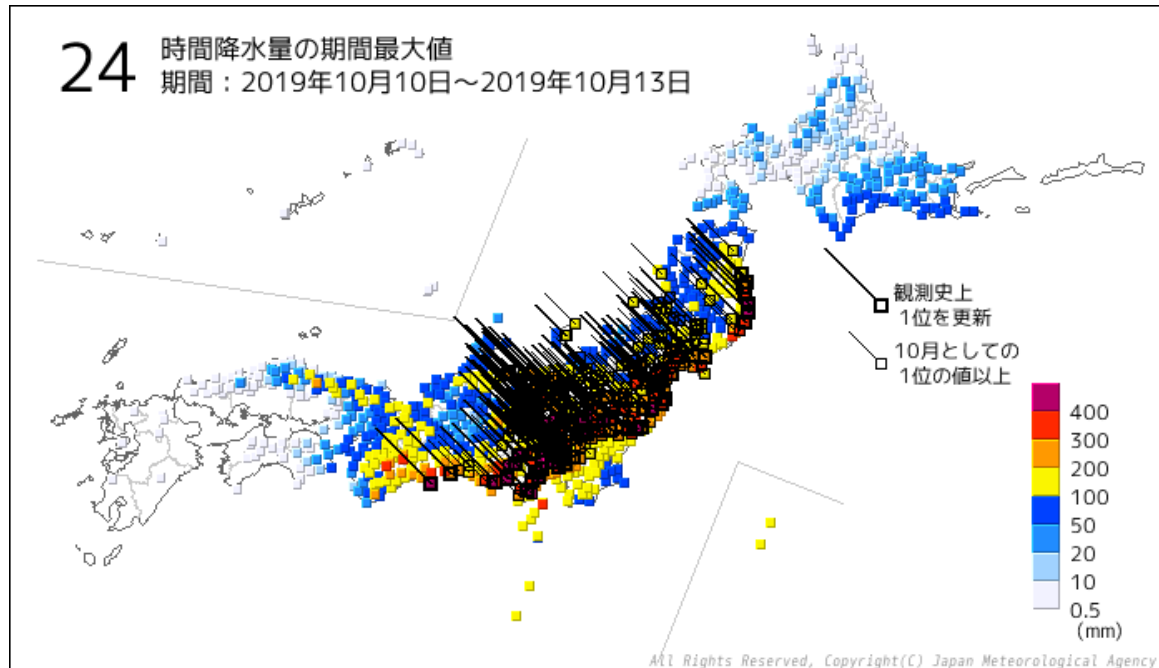


令和元年10月台風第19号の特徴(降雨)

■全体概要

- 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。

CD連携 NHKスペシャル (2021年1月9日21:00~22:00)

「2030 未来への分岐点 第1回 暴走する温暖化 “脱炭素への挑戦”」

映画館 1都3県 シネマサンシャイン 東京と千葉の3館 11日から午後8時まで 商業施設 1都3県 専門店以外の売り場 午後8時までに閉店 イオンモール

1
都3
県
緊
急
事
態
宣
言

9:00

NHK SPECIAL

字幕放送



1
都3
県
緊
急
事
態
宣
言



水工学

温暖化との因果関係

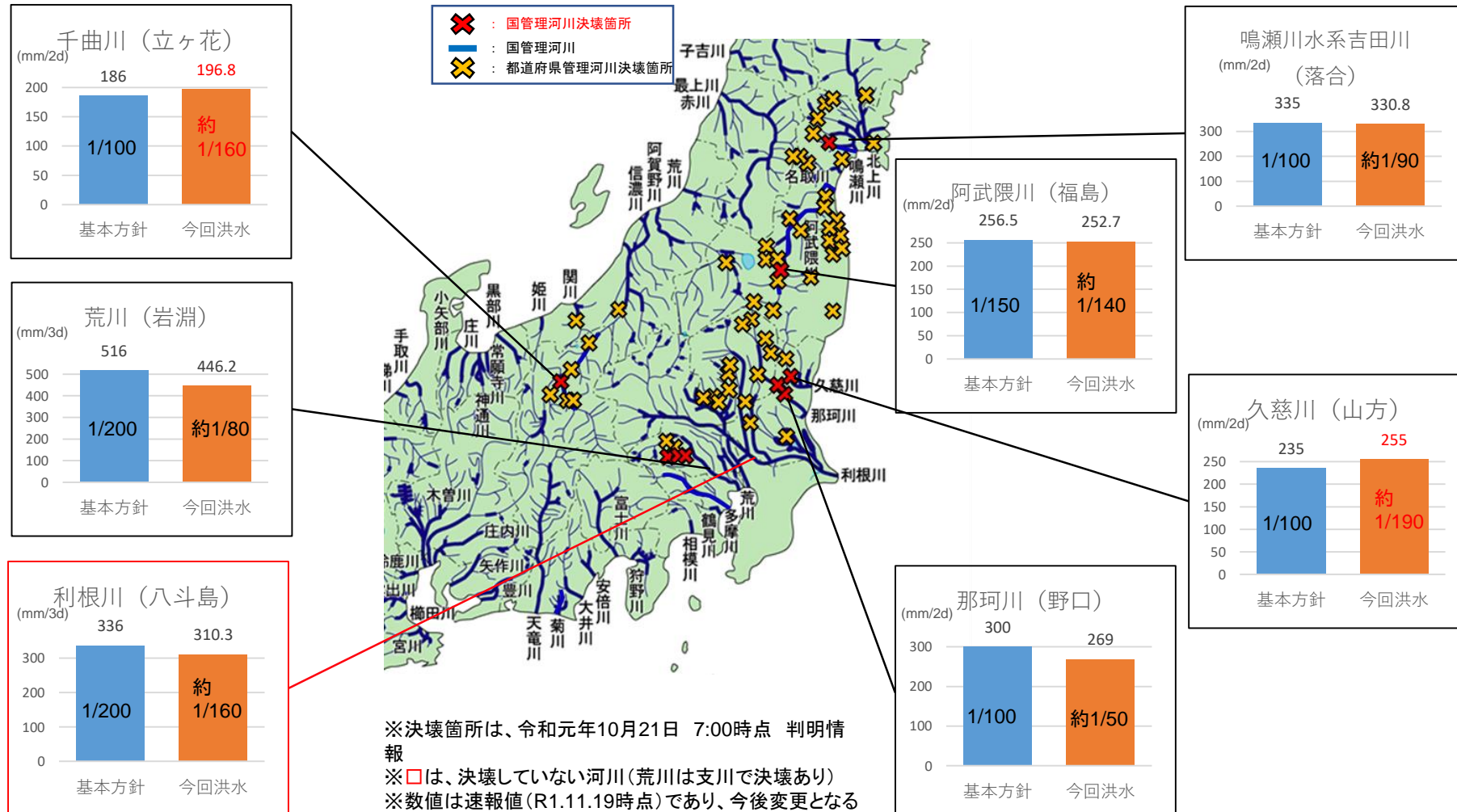
加速する温暖化
地球が非常事態

河川工学

気象学

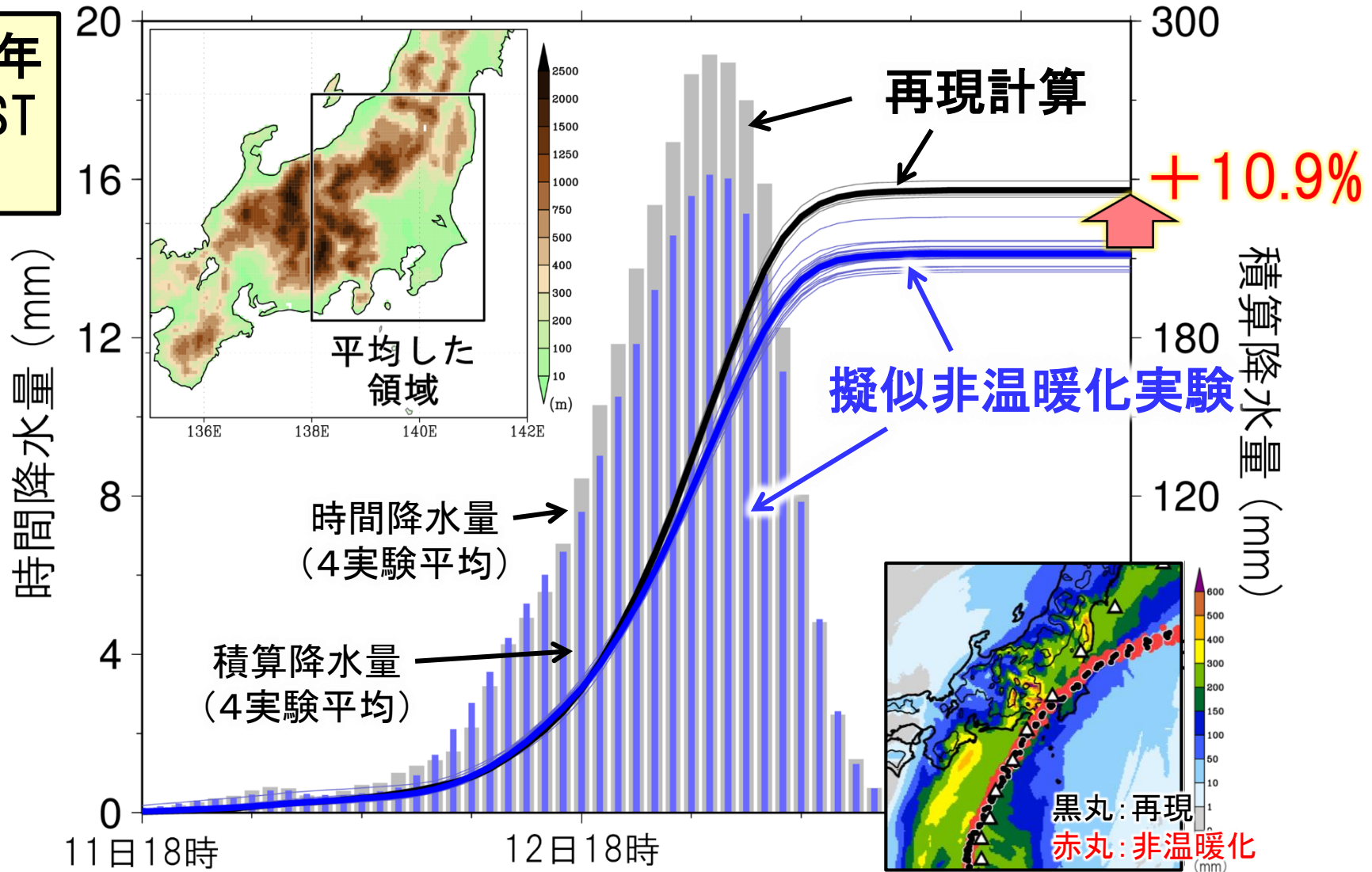
台風第19号による国管理河川の状況(降雨)

- 国管理河川の阿武隈川水系阿武隈川、鳴瀬川水系吉田川、信濃川水系千曲川、久慈川水系久慈川(3カ所)、那珂川水系那珂川(3カ所)、荒川水系越辺川(2カ所)・都幾川では堤防が決壊。
- これらの河川では、基準地点上流域平均雨量が河川整備基本方針の対象雨量を超過又は迫る雨量となった。



令和元年東日本台風 (Hagibis) の大雨に対する量的EA

JRA-55の1980年
以降の気温/SST
変化で評価



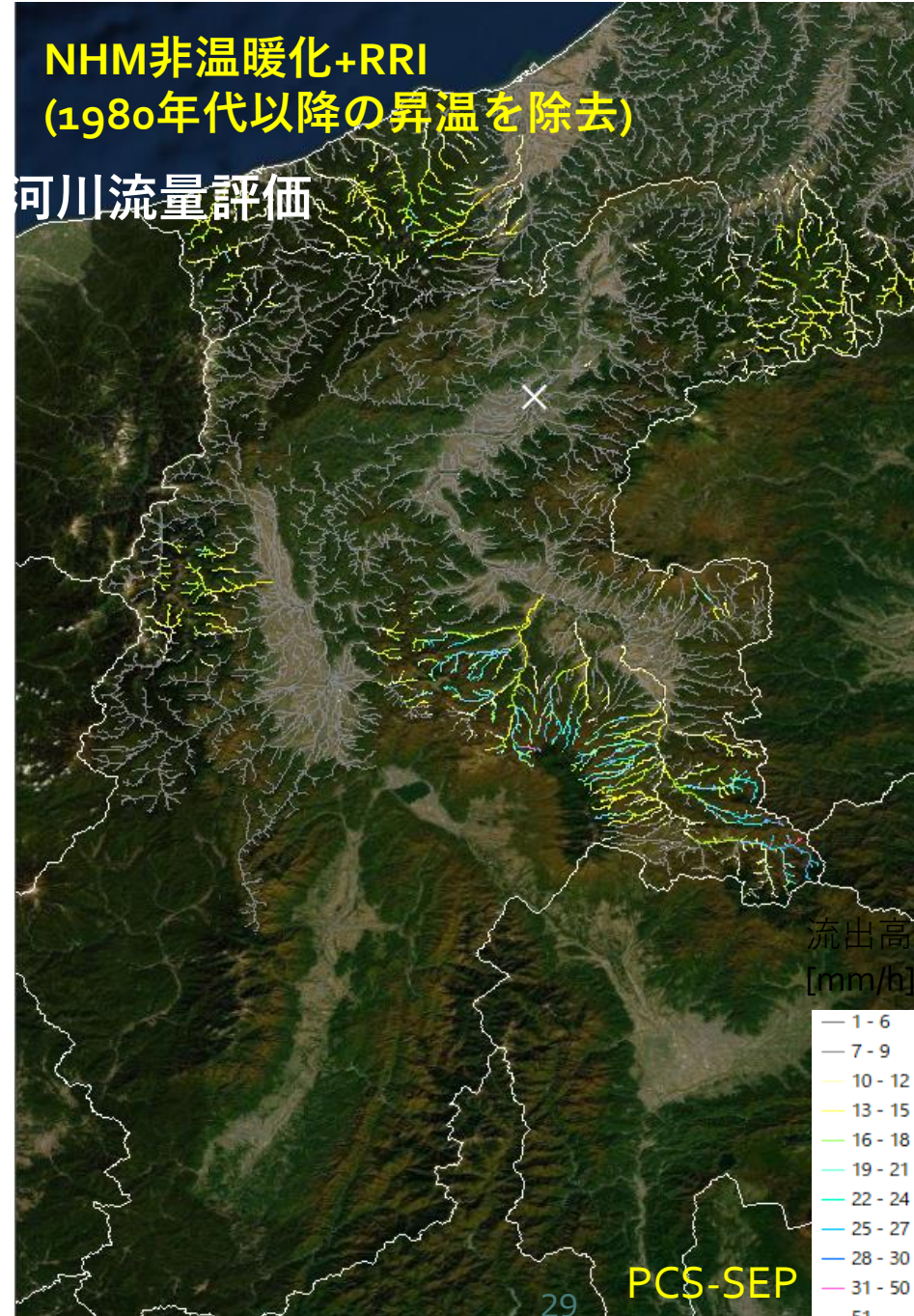
- 気温及び海面水温の上昇に伴う水蒸気量の増加
- 海面水温の上昇に伴う台風の勢力強化 (SST感度実験)

NHM再現実験(CTL)+RRI
(Rainfall-Runoff-Inundation model)

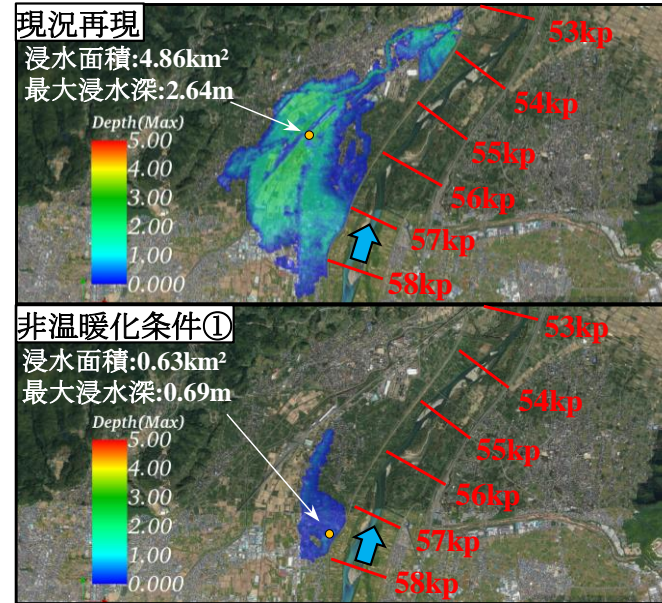
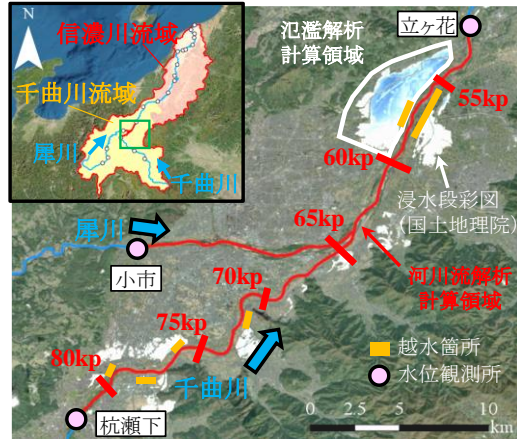
疑似温暖化実験、非温暖化実験による河川流量評価
(領域研究Cとの共同)



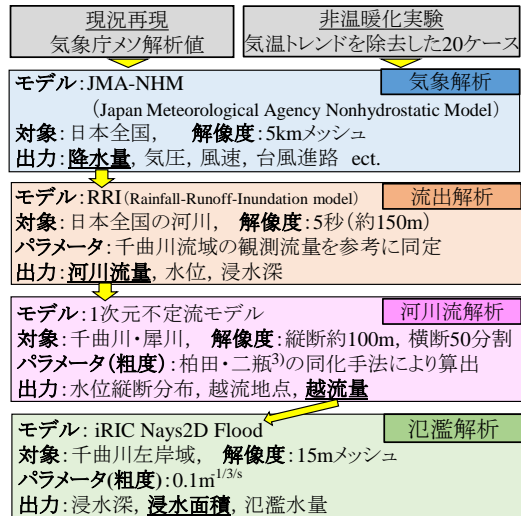
NHM非温暖化+RRI
(1980年代以降の昇温を除去)



東日本台風の非温暖化：水位・氾濫



ケース	越流水深 [m]	越流区間 [kp]	総越流量 [万m ³]	越流時間 [h]
現況再現	0.07	79.0~79.3	3.77	2.3
	0.44	56.7~57.9	307	5.5
非温暖化条件①	0.11	57.3~57.6	5.54	2.3
非温暖化条件②	0.04	57.3~57.5	1.67	1.3

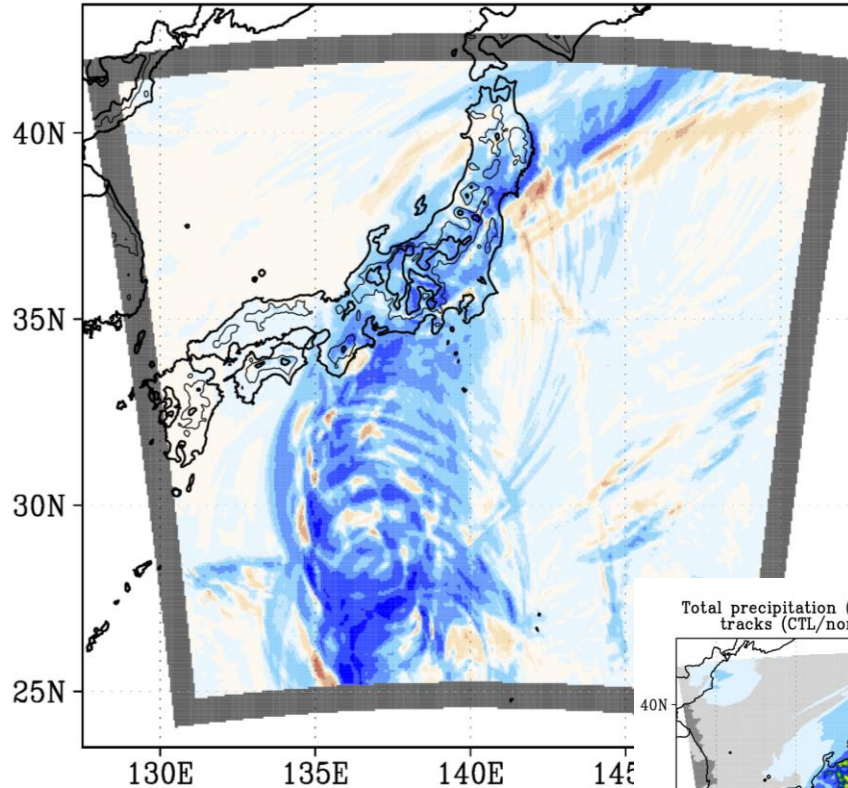


- 現況再現では、ピーク水位は計算区間の85.8%でHWLを超過、57.5kp地点で最大の11.3時間にわたり超過した。左岸側で2か所越水。
- 非温暖化条件では、HWL超過区間は全体の59.4~82.3%で、現況再現条件と同じく洪水氾濫の危険性が十分高い。しかし、ピーク水位が現況再現条件よりも0.43~1.19m低く、越水が生じたのは1か所で、全20ケース中2ケースのみ。

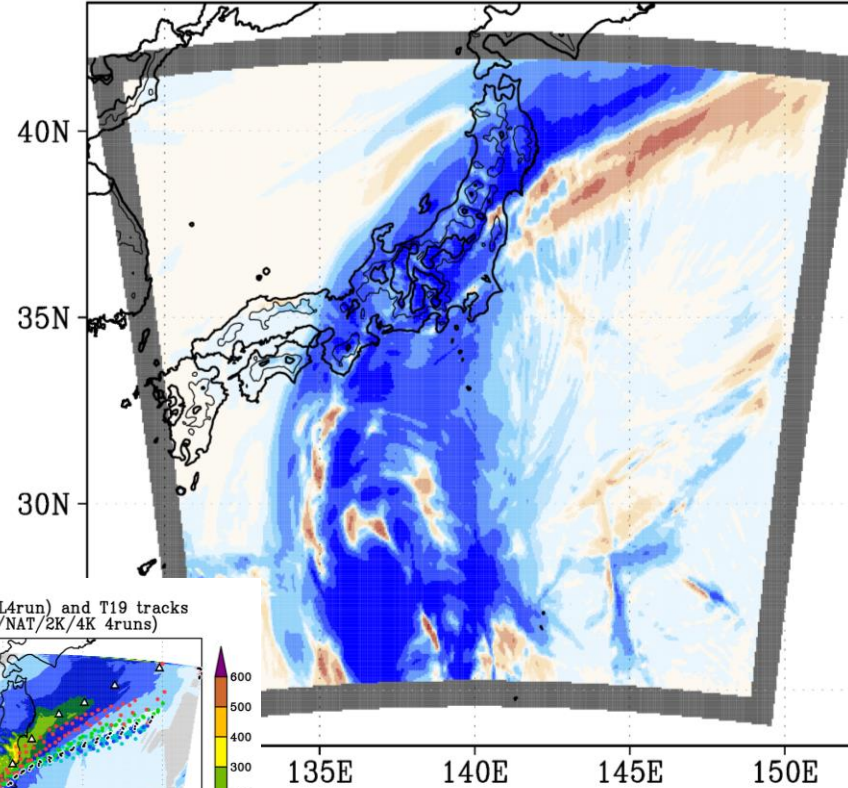
Nihei et al. (2022), submitted

期間積算降水量の差（絶対量）

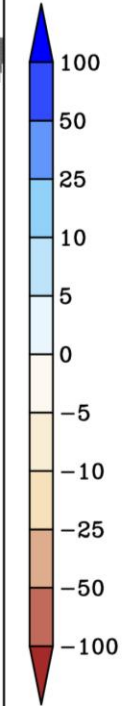
2度上昇-再現 (mm)



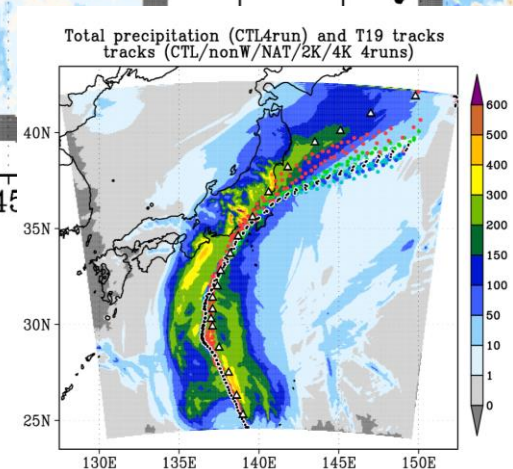
4度上昇-再現 (mm)



温暖化
で増加

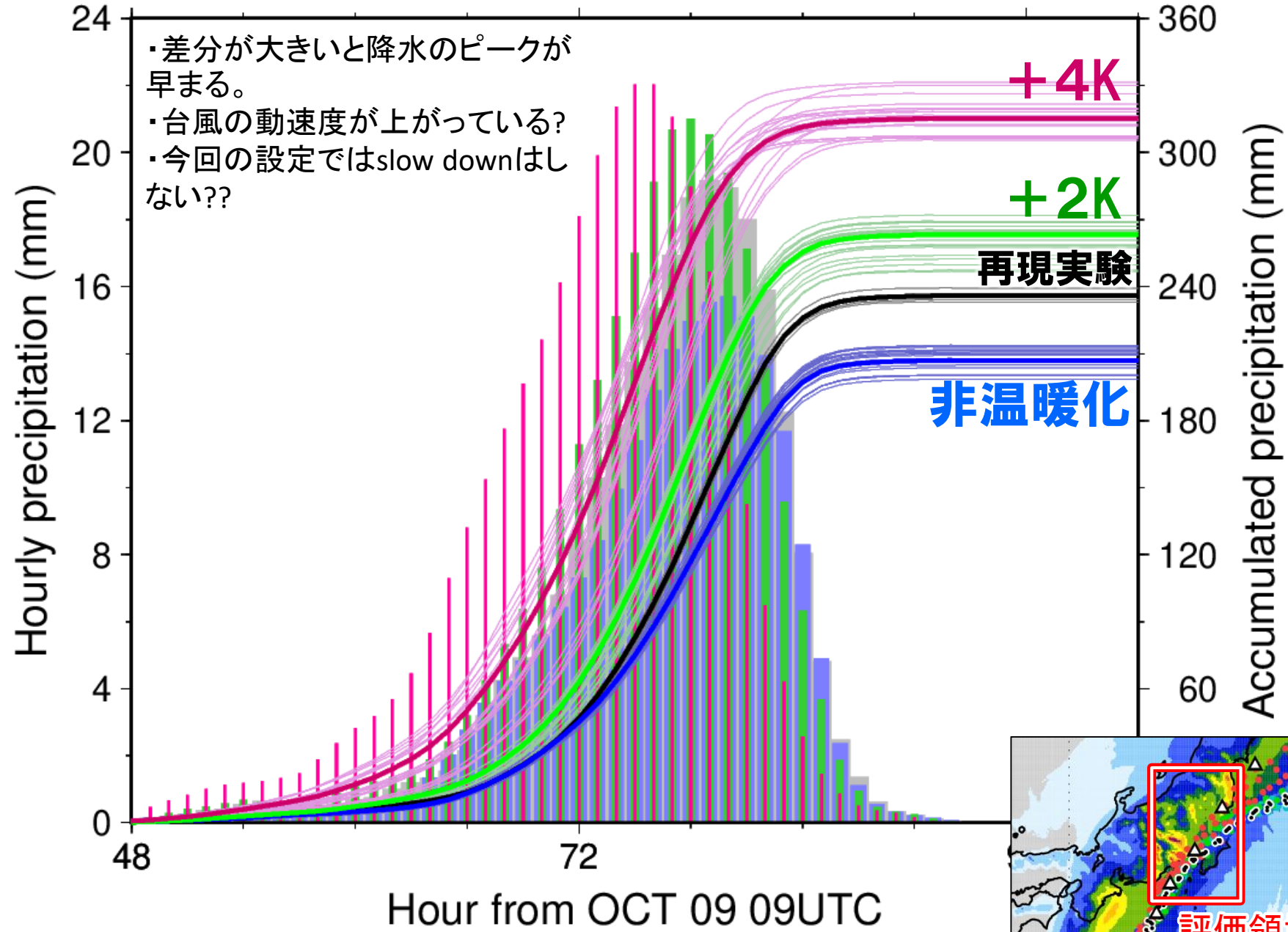


温暖化
で減少



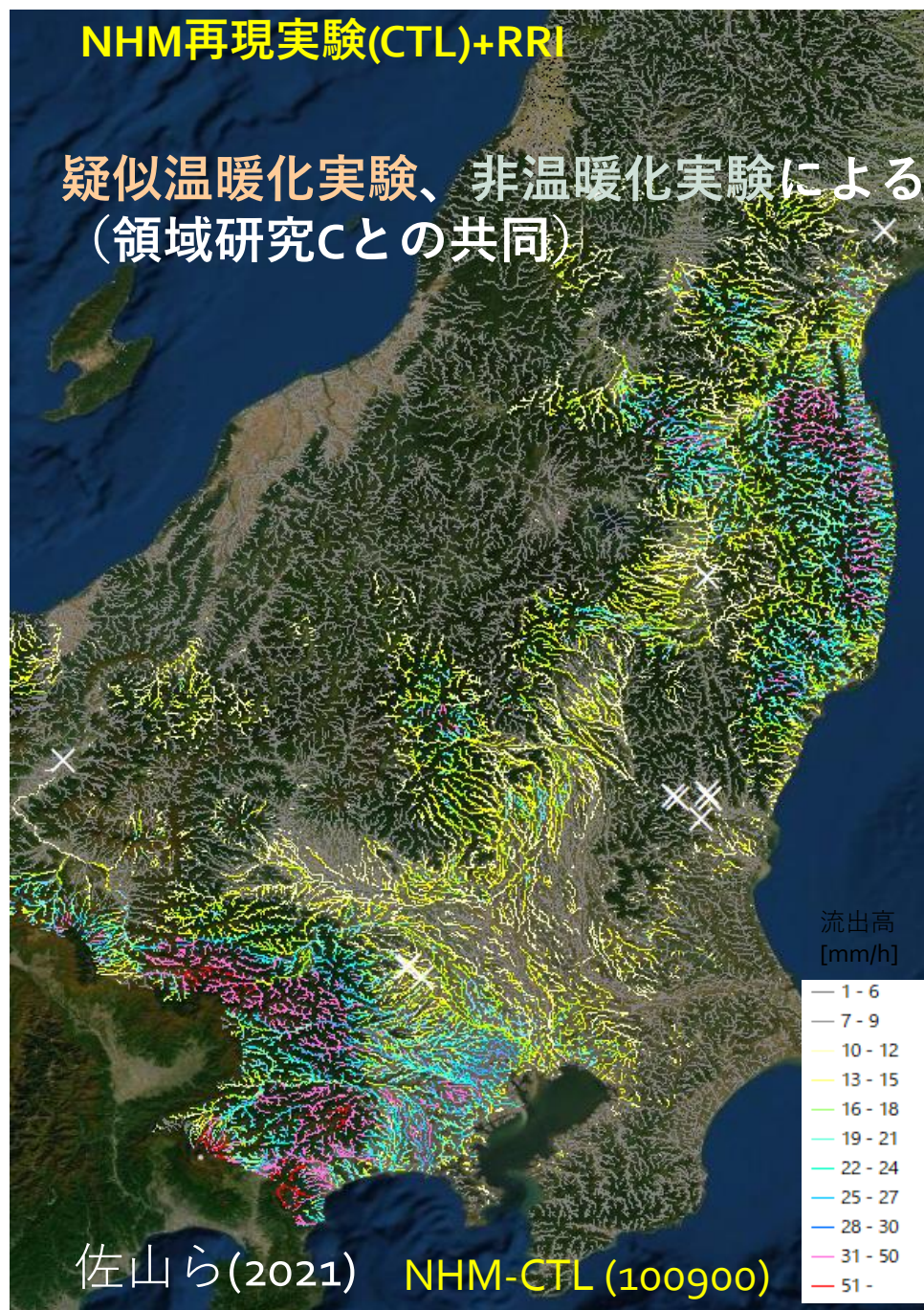
★北緯37度以北は、台風の経路
が変わった影響が大きい。

関東甲信で領域平均した累積降水量と時間降水量



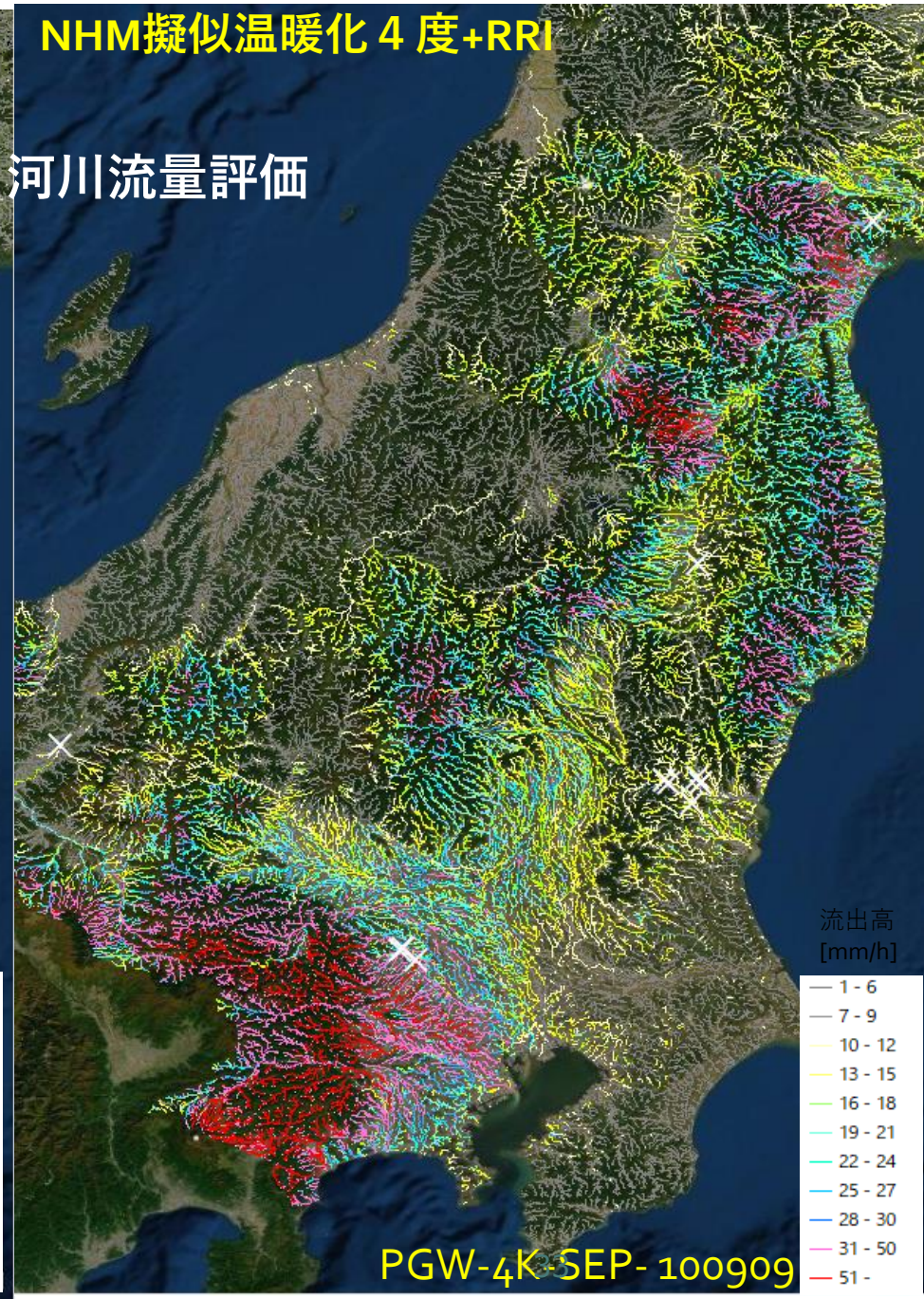
NHM再現実験(CTL)+RRI

疑似温暖化実験、非温暖化実験による河川流量評価
(領域研究Cとの共同)



佐山ら(2021) NHM-CTL (100900)

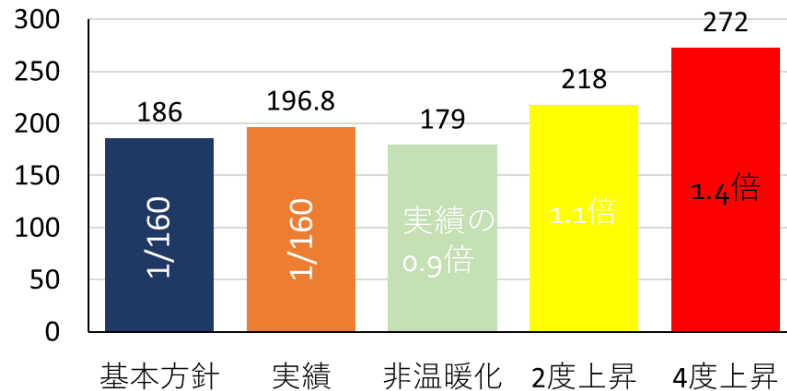
NHM疑似温暖化 4 度+RRI



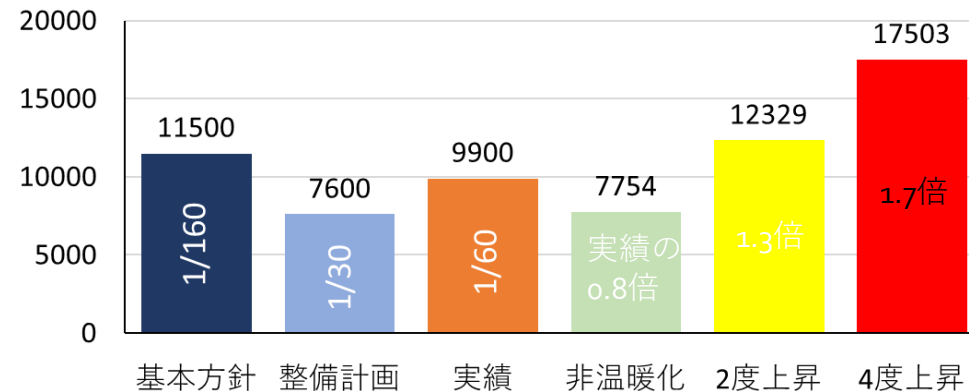
PGW-4K-SEP-100909

温暖化影響評価：千曲川（立ヶ花地点）

千曲川（立ヶ花）：流域雨量 (mm/2d)



千曲川（立ヶ花）：ピーク流量 (m³/s)

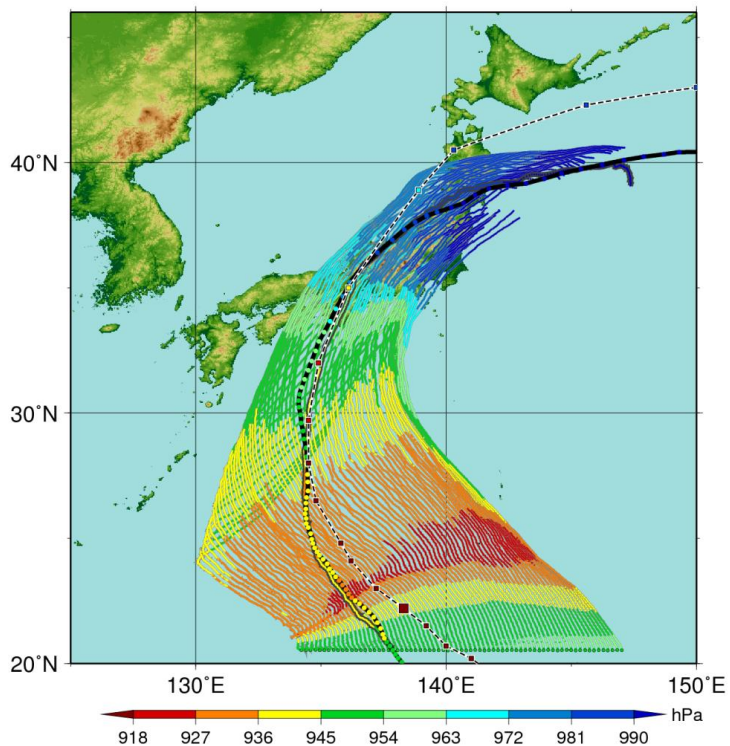


千曲川（立ヶ花）のまとめ

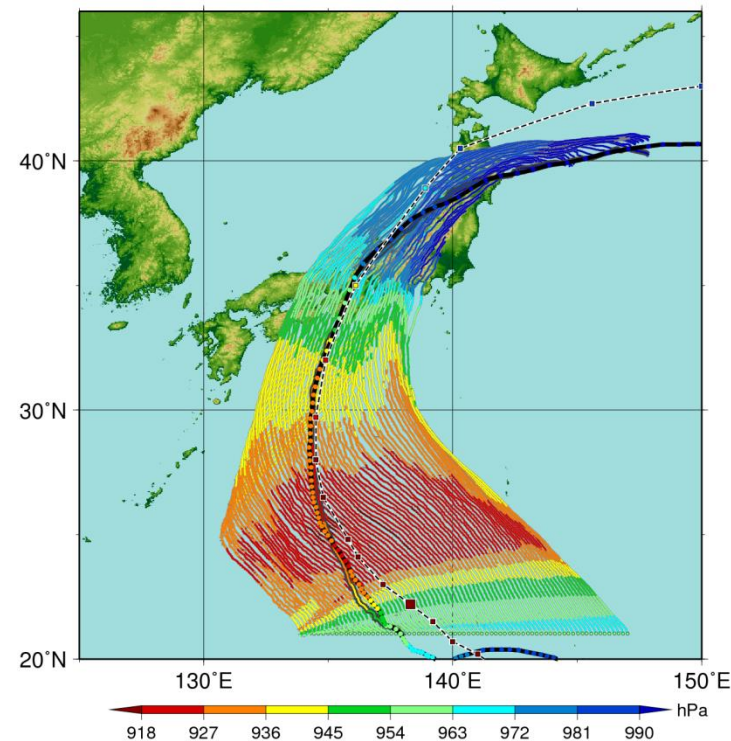
- ・ 非温暖化と実績との比較から、すでに温暖化の影響が出ていることが分かる。
- ・ 非温暖化で越水が生ずるか？ - (理科大・二瓶先生の分析では) 18/20ケースは越水しない
- ・ 1/60の今回の台風が、2℃上昇下でも、基本方針（1/160）の水準を超えてしまう。
- ・ 4℃上昇下では基本方針(1/160)をはるかに上回る雨量と流量規模になる。

コースシフトと疑似温暖化による最悪シナリオ (伊勢湾台風)

実際のコースとコースシフト



疑似温暖化後

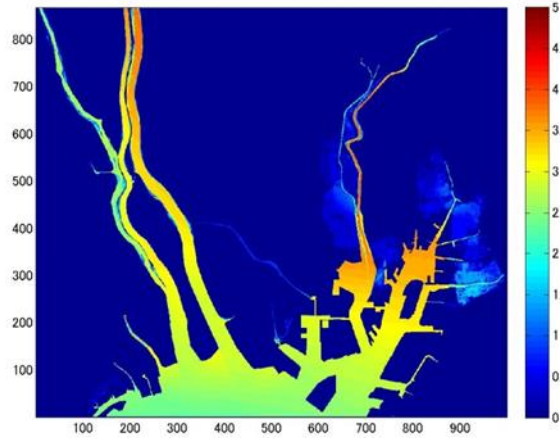


Max. wind	Reproduced	PGW	diffrence
Ise Bay	35.7(m/s)	41.1(m/s)	+5.4(m/s)
Osaka Bay	32.3	36.3	+4.0

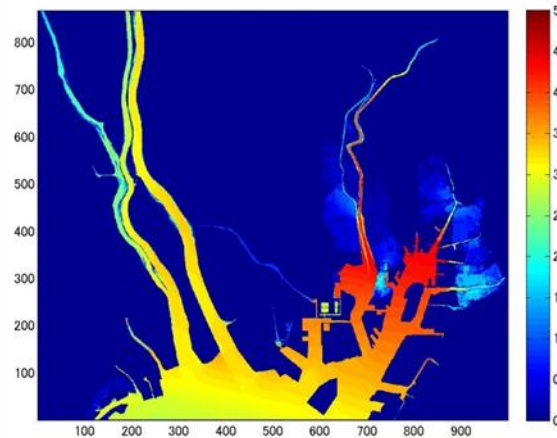
(DPRI : Oku, Takemi, Ishikawa)

Projected maximum storm surge height with inundation –typhoon Vera at Ise Bay–

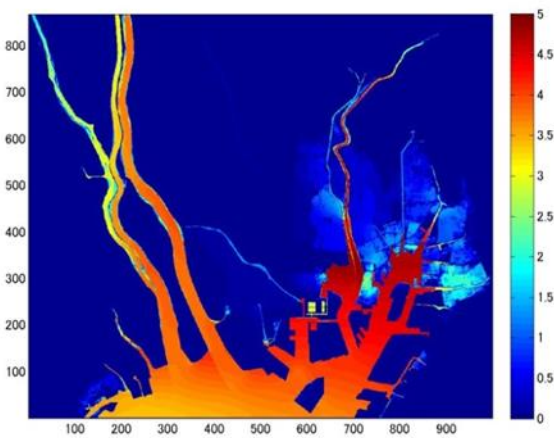
Typhoon Vera
(historical run)



Extreme typhoon Vera
(future climate)



Extreme and shifted typhoon Vera
(future climate+ worst course)



Multiple flooding disaster (river and storm surge flooding)

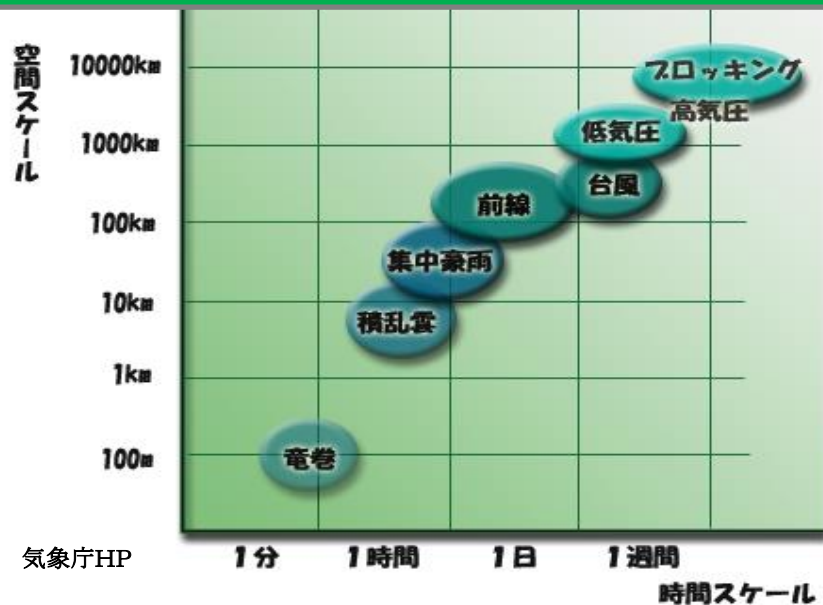
- Worst scenario is different between storm surge and river flooding
- Storm surge
 - Key factors: central pressure and track of the typhoon, astronomical tide
- River flooding
 - Key factors: intensity and duration of precipitation



内 容

1. 気候変動影響が出だしている
2. IPCC第6次評価報告書
3. 科学的な気候変動予測とは？
4. **台風、梅雨豪雨、ゲリラ豪雨と気候変動影響**
 - ① 台風
 - ② **梅雨豪雨とゲリラ豪雨**
5. 行政との連携と気候変動適応
6. おわりに ～後悔しない気候変動適応～

災害をもたらす豪雨のスケール



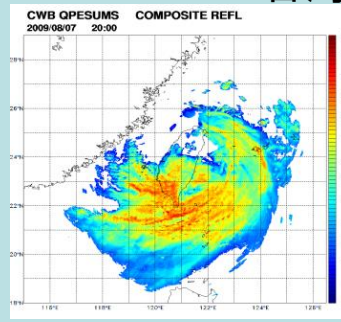
台風

範囲: 1000km

継続時間: 1日から数日

大河川での洪水、大規模水害、土砂災害

2009/08/08 in台湾



台湾中央気象局、台湾国家災害防救科技中心

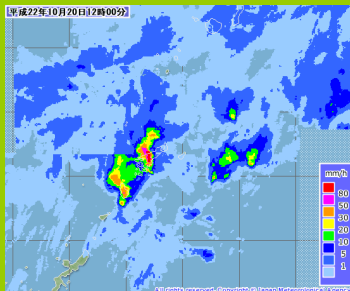
集中豪雨

範囲: 100km

継続時間: 6時間から半日程度

中・小河川での洪水、内水氾濫、土砂災害

2010/10/20 in奄美



南日本新聞 OFFICIAL SITE

ゲリラ豪雨(局地的豪雨)

範囲: 数km

継続時間: 1時間程度

小河川や下水道内での鉄砲水、都市内水氾濫

2008/07/28 at都賀川 2008/08/05 at雑司ヶ谷

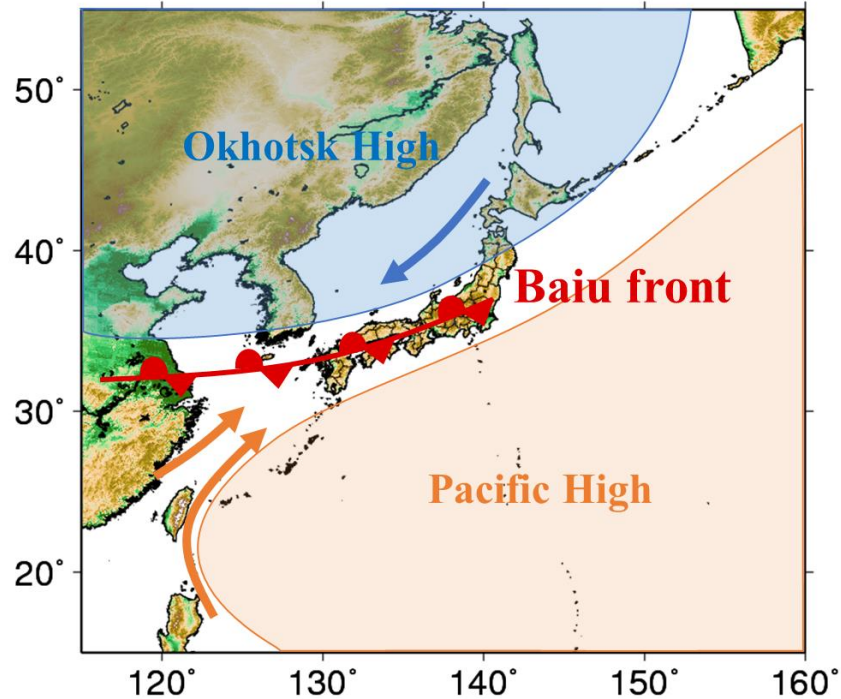


都賀川モニタリング映像



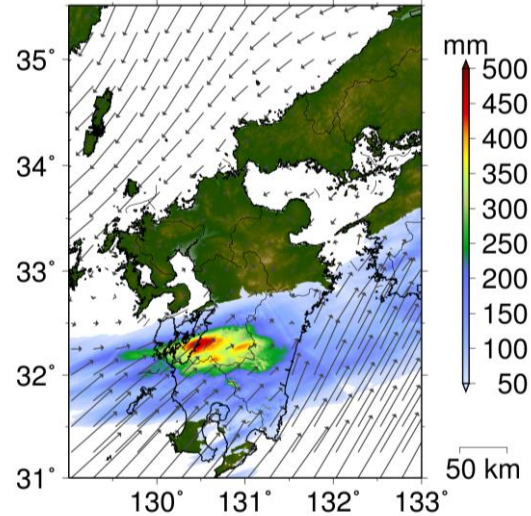
共同通信

梅雨前線と豪雨



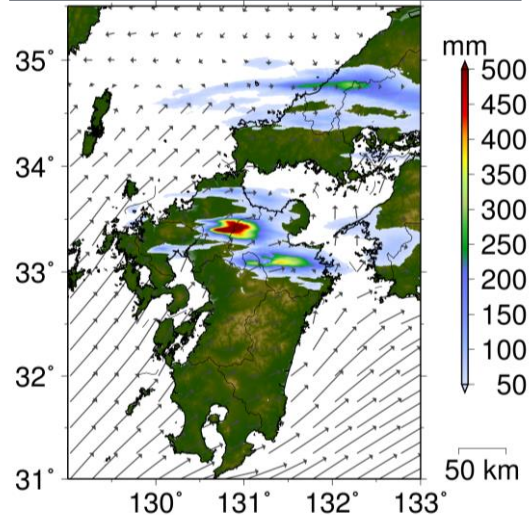
- 梅雨前線による豪雨により甚大な洪水、土砂災害がもたらされる。

2020-熊本豪雨（球磨川豪雨災害）タイプA



<https://www.nishinippon.co.jp/item/n/623344/>

2017-九州北部豪雨_タイプB



<https://www.cwsjapan.org/2017/11/17/n-kyushu-report/>

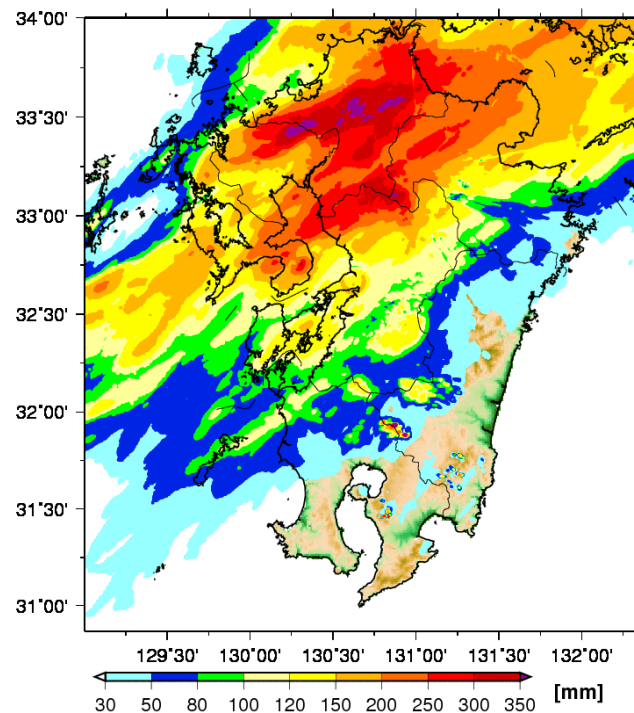


平成30年西日本豪雨

7月4日～7日までの3日雨量

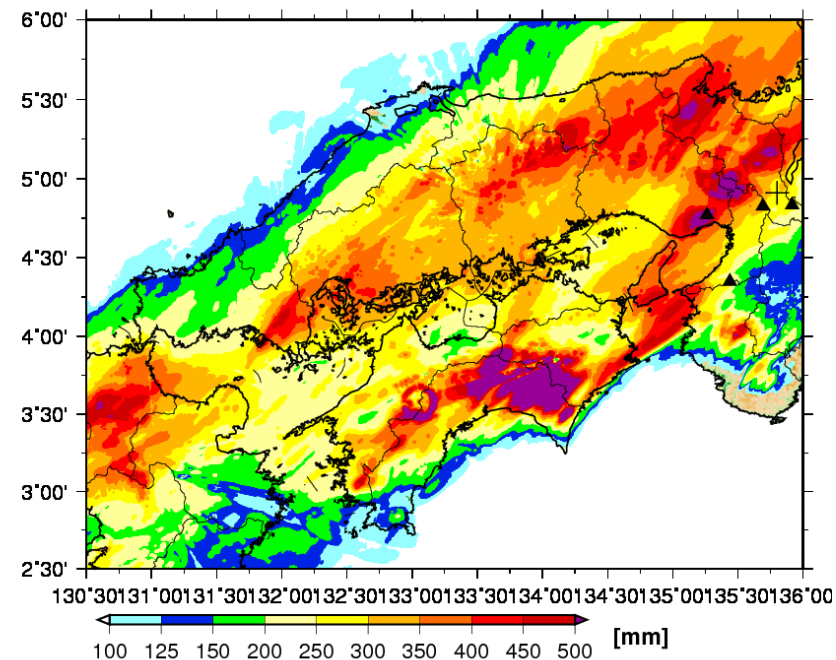
7月6日の1日雨量

Rainrate 20180706 23:59



7月4日～7日までの3日雨量

Rainrate 20180707 11:59

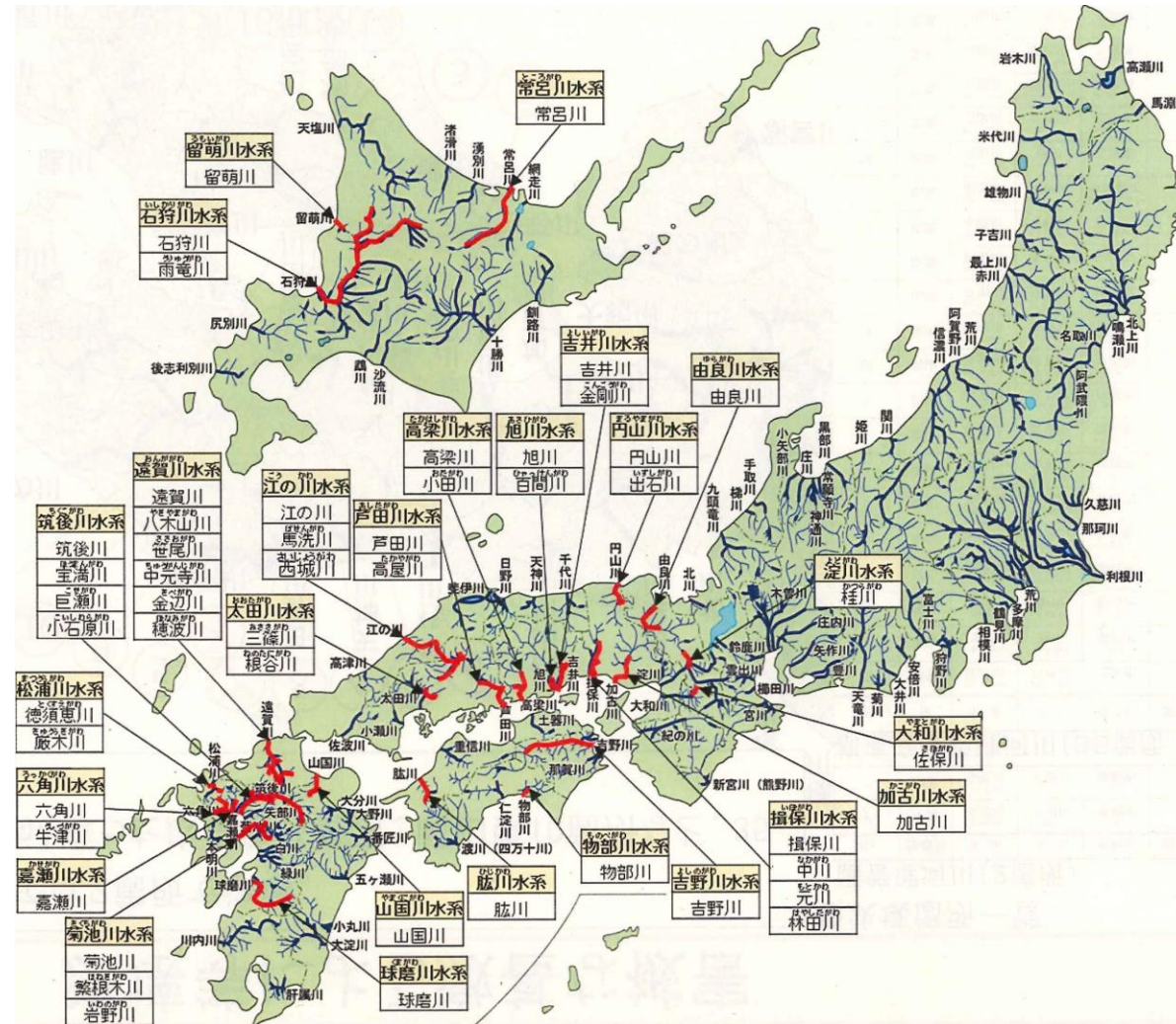


元々筋状の線状降水帯が生起しやすい場所で、総降雨量分布では筋状が見える。そして、今まで起きていないところでも筋状が見える。背が低い。雷少ない。

国土交通省XRAINから作成(中北・小坂田・山口)

平成30年7月豪雨により氾濫危険水位を超えた国管理河川

国管理河川では、26水系50河川で、氾濫危険水位を超過。
このうち、23水系46 河川は記録的な大雨となった西日本に集中。



浸水被害の発生状況

○ 堤防の決壊や越水による河川氾濫等により、西日本を中心に各地で浸水被害が発生した。

高梁川水系小田川(岡山県倉敷市)

- 左岸及び複数の支川の決壊、右岸の越水により、多数の家屋等浸水(約1,200ha、約4,600戸)(7/7)
- 排水作業により浸水は概ね解消(7/11)
- 決壊2箇所及び法崩れ1箇所にて緊急復旧を実施。7月15日に堤防締切盛土の施工が完了。**



肱川水系肱川(愛媛県大洲市)

- 全ての暫定堤防箇所や、東大洲地区の二線堤からの越水等により、大洲市全域で浸水家屋数3,114棟(床上2,296棟、床下818棟)の被害が発生(8月30日19時現在大洲市調べ)。
- 7月8日までに浸水は解消



○ 国管理河川の主な浸水被害地域

No.	水系	主な河川	主な市町村
①	由良川	由良川	京都府福知山市
②	江の川	江の川	島根県江津市
③	江の川	馬洗川	広島県三次市
④	高梁川	小田川	岡山県倉敷市
⑤	芦田川	芦田川	広島県福山市、府中市
⑥	太田川	三篠川	広島県広島市
⑦	肱川	肱川	愛媛県大洲市
⑧	遠賀川	遠賀川	福岡県飯塚市
⑨	筑後川	巨瀬川	福岡県久留米市
⑩	六角川	武雄川	佐賀県武雄市

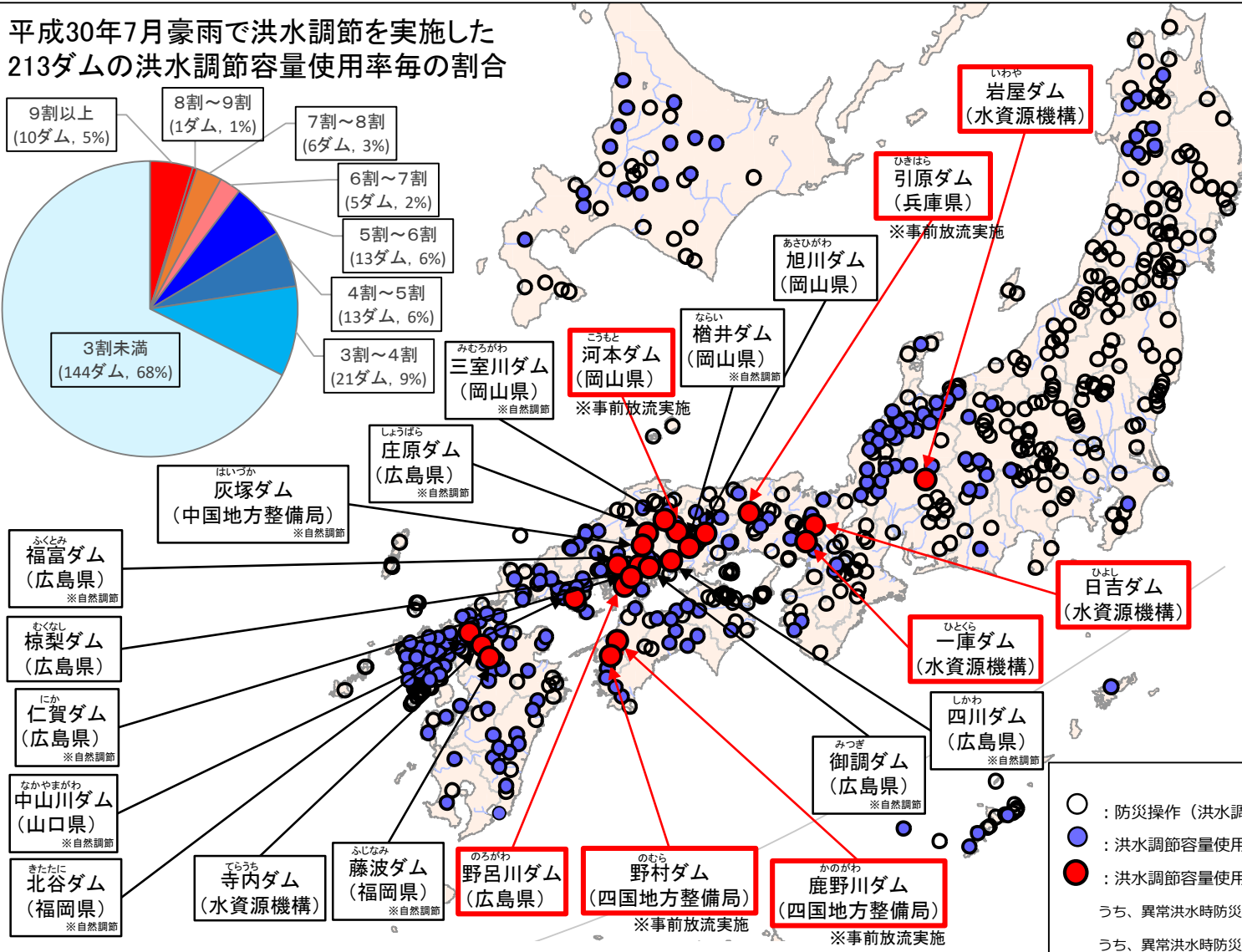
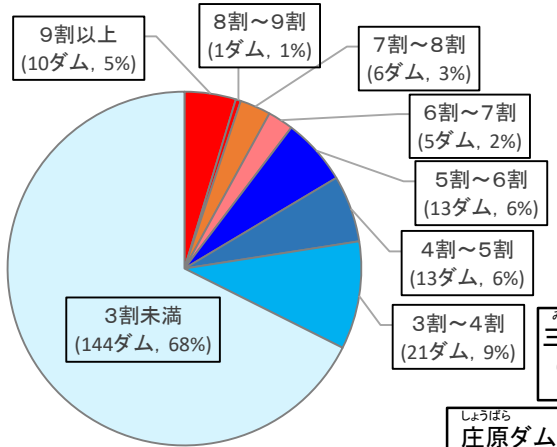
○ 府県管理河川の主な浸水被害地域

No.	水系	主な河川	主な市町村
①	木曾川	津保川	岐阜県関市
②	由良川	犀川	京都府綾部市
③	高野川	高野川	京都府舞鶴市
④	旭川	旭川	岡山県岡山市
	旭川	砂川	岡山県岡山市
⑤	旭川	宇甘川	岡山県岡山市
⑥	旭川	備中川	岡山県真庭市
⑦	高梁川	高梁川	岡山県総社市、高梁市
	高梁川	小田川	岡山県矢掛町、井原市
⑧	高梁川	尾坂川	岡山県笠岡市
	芦田川	高屋川	岡山県井原市
	芦田川	福川	広島県福山市
⑨	芦田川	西谷川	広島県福山市
	芦田川	瀬戸川	広島県福山市
	手城川	手城川	広島県福山市
⑩	芦田川	御調川	広島県府中市
⑪	太田川	矢口川	広島県広島市
	太田川	奥迫川	広島県広島市
	太田川	府中大川	広島県広島市
	太田川	榎川	広島県府中町
⑫	総頭川	総頭川	広島県坂町
	瀬野川	瀬野川	広島県広島市
	矢野川	矢野川	広島県広島市
⑬	西野川	西野川	広島県三原市
	沼田川	沼田川	広島県三原市
⑭	野呂川	野呂川	広島県呉市
⑮	島田川	島田川	山口県周南市、光市
⑯	肱川	肱川	愛媛県大洲市、西予市
⑰	渡川	広見川	愛媛県松野町、鬼北町
⑱	安芸川	安芸川	高知県安芸市
⑲	松田川	松田川	高知県宿毛市
⑳	筑後川	山ノ井川	福岡県久留米市
	筑後川	池町川	福岡県久留米市
	筑後川	不動川	福岡県久留米市
	筑後川	築地川	福岡県小郡市
㉑	筑後川	下弓削川	福岡県久留米市
	筑後川	大刀洗川	福岡県大刀洗町
	筑後川	陸屋川	福岡県大刀洗町
㉒	相割川	相割川	福岡県北九州市
㉓	御笠川	高尾川	福岡県筑紫野市

平成30年7月豪雨におけるダム状況や特徴

○平成30年7月豪雨で洪水調節を行った213ダムのうち、22ダムは洪水調節容量の6割以上を使用。

平成30年7月豪雨で洪水調節を実施した213ダムの洪水調節容量使用率毎の割合



<22ダムの特徴>

- 長時間にわたる降雨による複数のピーク流量を形成する洪水により、洪水調節容量を長時間にわたり使用し続けたダム。
- 急激な降雨の増大による鋭いピーク流量を形成する洪水により、洪水調節容量を短時間で一気に使用したダム。
- 事前放流を実施してもなお洪水調節容量を使い切り、異常洪水時防災操作へ移行したダム。
- 下流河川の流下能力等に応じた暫定的な操作規則において、洪水調節容量を使い切り、異常洪水時防災操作へ移行したダム。

【凡例】

- : 防災操作（洪水調節）を実施していないダム（345ダム）
- : 洪水調節容量使用率が6割未満のダム（191ダム）
- : 洪水調節容量使用率が6割以上のダム（22ダム）

うち、異常洪水時防災操作を実施していないダム（14ダム） □

うち、異常洪水時防災操作を実施したダム（8ダム） □

平成30年7月豪雨による内水被害の概要

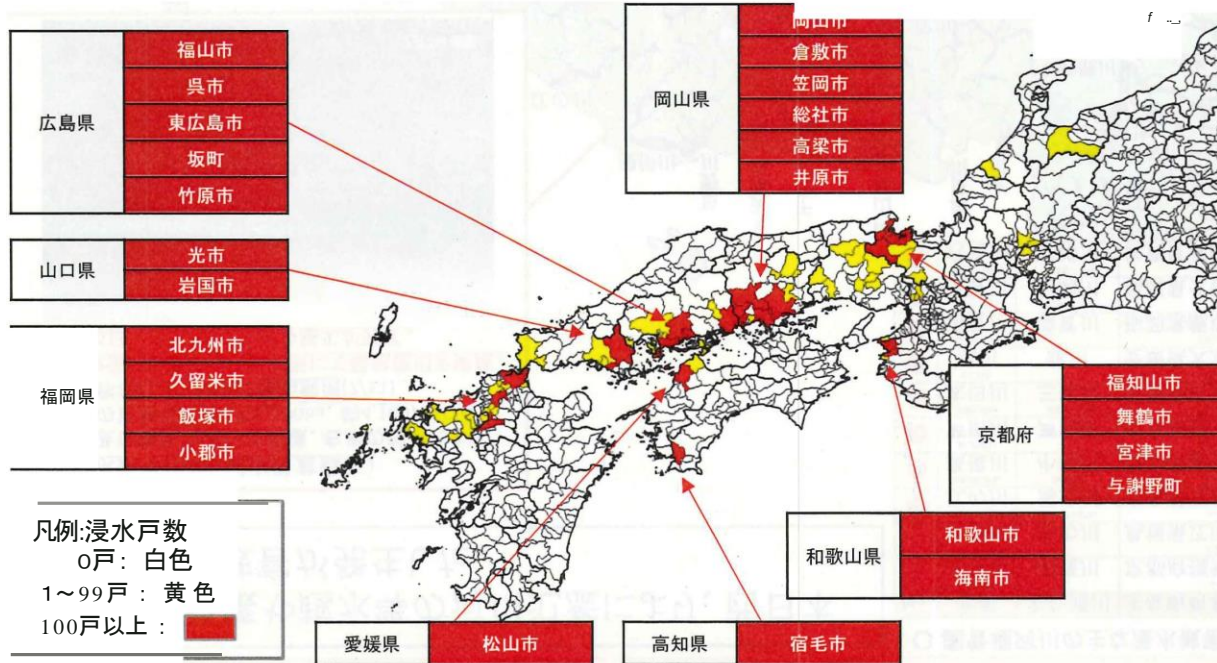
- 内水氾濫による浸水被害が西日本を中心に19道府県88市町村で発生。
- 浸水戸数は全国で約2.9万戸。そのうち、内水被害が約1.9万戸。

○ 主な内水被害団体※(被害戸数 1,000戸以上)

○ 内水被害発生団体※ ()内は市町村数

北海道(6)、富山県(1)、石川県(1)、岐阜県(2)、愛知県(1)、京都府(8)、大阪府(1)、兵庫県(3)、和歌山県(3)、岡山県(1)、広島県(1)、山口県(1)、香川県(1)、愛媛県(4)、高知県(1)、福岡県(4)、佐賀県(6)、長崎県(1)、沖縄県(2)

※被害戸数は地方公共団体からの報告による。
なお、外水被害を含む場合があることから、今後変動することがある。



8月末時点



平成30年7月豪雨による土砂災害の発生状況

9月25日時点

土砂災害発生件数
(7月2日以降を集計)

(都道府県報告)
1道2府28県
2,512件※

土石流等 : 769件 |

地すべり: 55件

がけ崩れ 1,688件

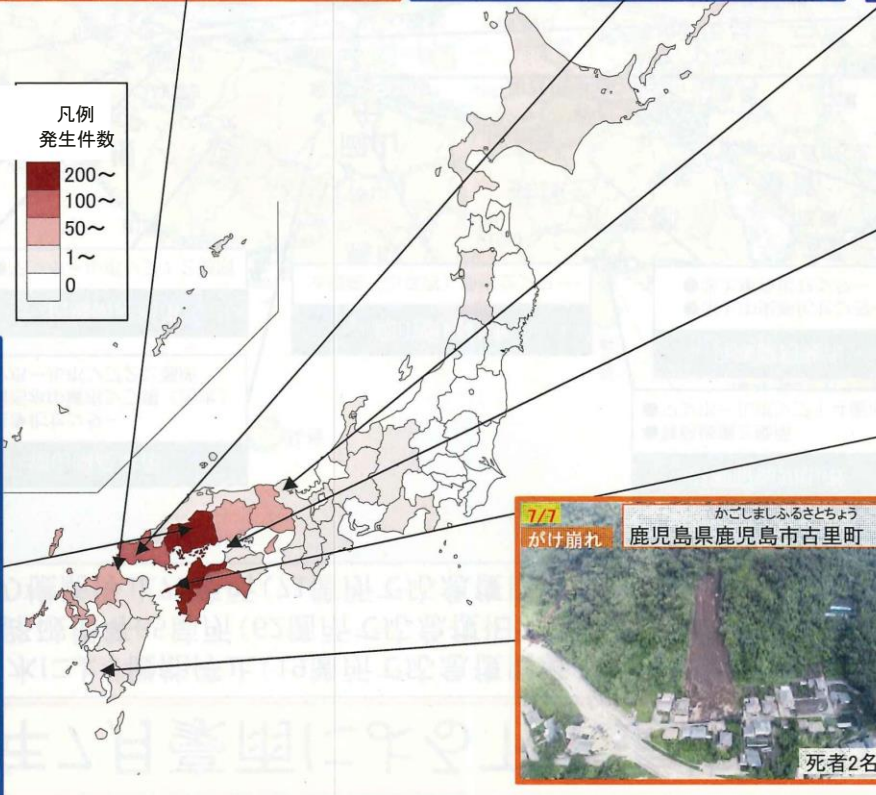
【被害状況】

人的被害 : 死者 119名
 : 負傷者 29名
人家被害 : 全壊 213戸
 : 半壊 340戸
 : 一部損壊 290戸

※被害状況等については精査中

※1 近10年(H20~29)の平均土砂災害発生件数 1.106件/年

※2 近10年(H20から29)の最大土砂災害発生件数 1.514件/年<H29>



平成30年7月豪雨の特徴

平成30年7月豪雨の特徴を大枠でまとめますと、

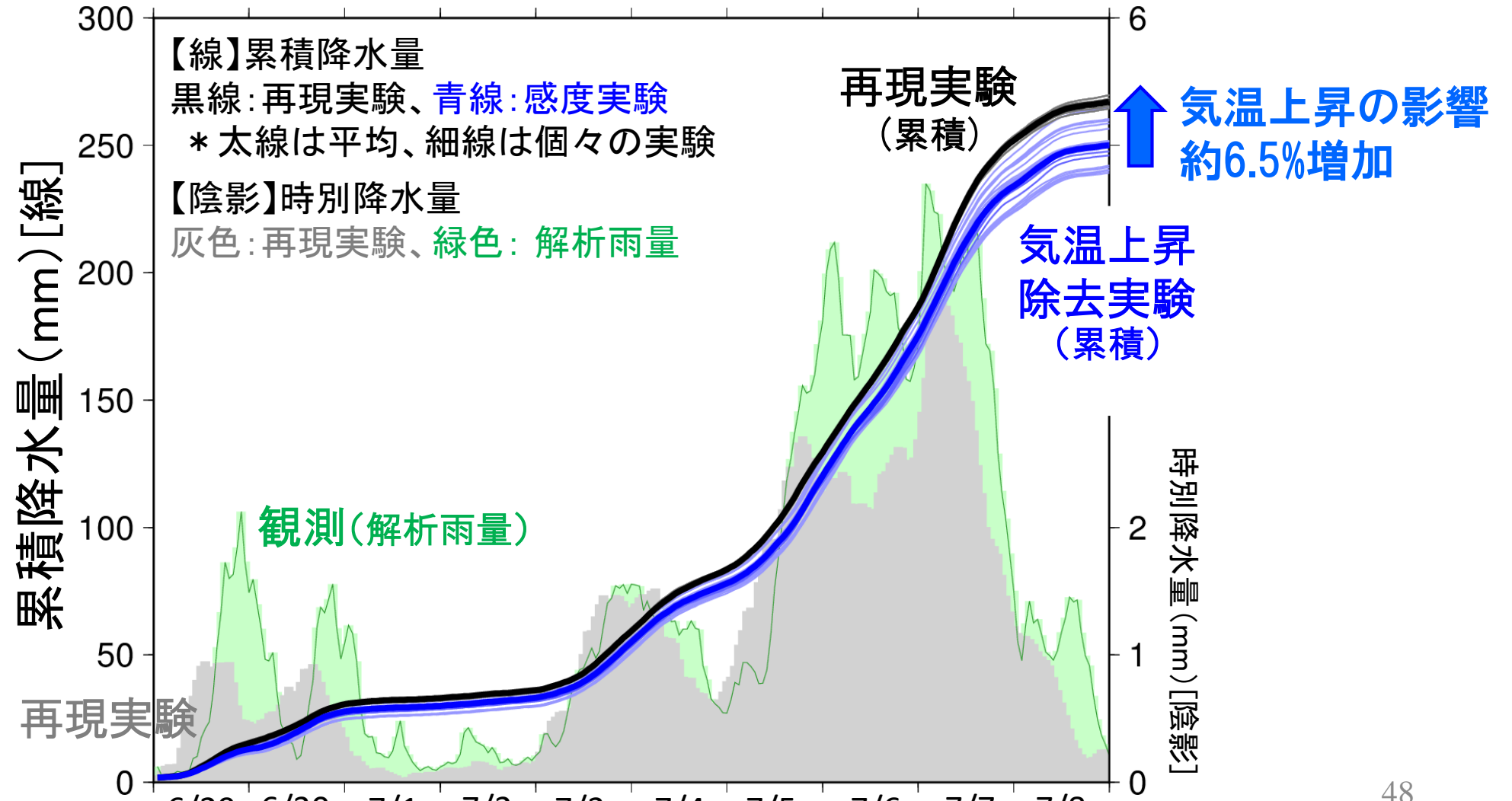
- ① 梅雨豪雨としては珍しく、長期間に広い範囲でたくさんの総雨量がもたらされた、
- ② それによって満身創痍になっていた多くの山腹斜面・河川流域・ダム貯水池で、通り過ぎていった**そう強くない豪雨の一波二波第三波第四波**がトンカチがたたき付けるがごとく土砂崩壊、洪水、ダムの小貯水池からの緊急放流をもたらした。
- ③ そのため、情報伝達、避難に関して多くの視点をもたらした、

となります。満身創痍とは山腹斜面、河川流域の山々、ダム貯水池が水で満杯になっていて、それ以上少しでも豪雨があると土石流・斜面崩壊・崖崩れが生じたり、河川流域の山々からすでに満杯の川やダム貯水池に雨水が流出したりしやすい状態を言っています。耐えることのできる限界にあってことを言っています。そして事実、その上で加えての豪雨がやってきたのです。トンカチ役である**そう強くない豪雨の一波二波の影響を評価するには、レーダー等を使った短時間降雨予測の強化とその利用の促進を図る必要がある。**

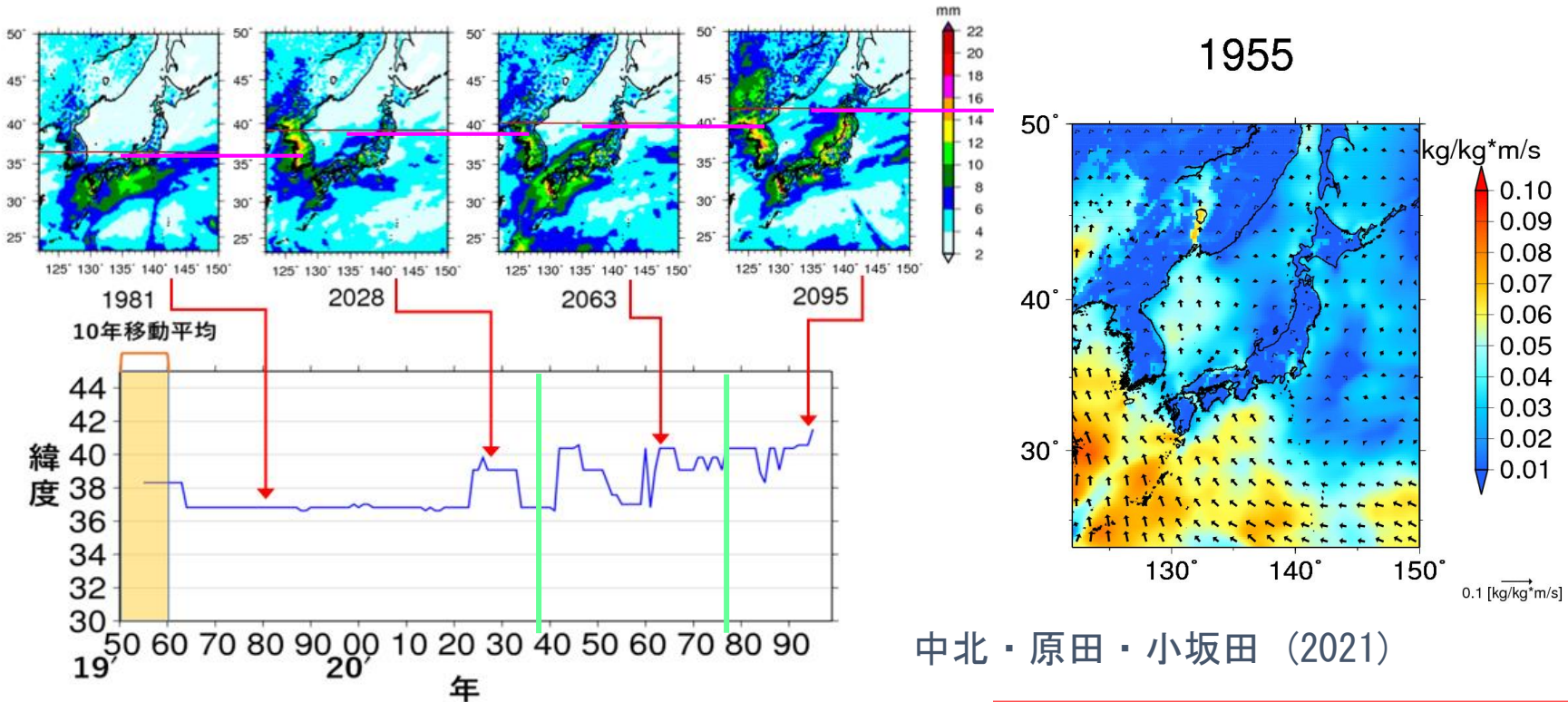
中北(2018)

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



将来予測：梅雨前線の豪雨エリアのじわじわ北上予測の重要性

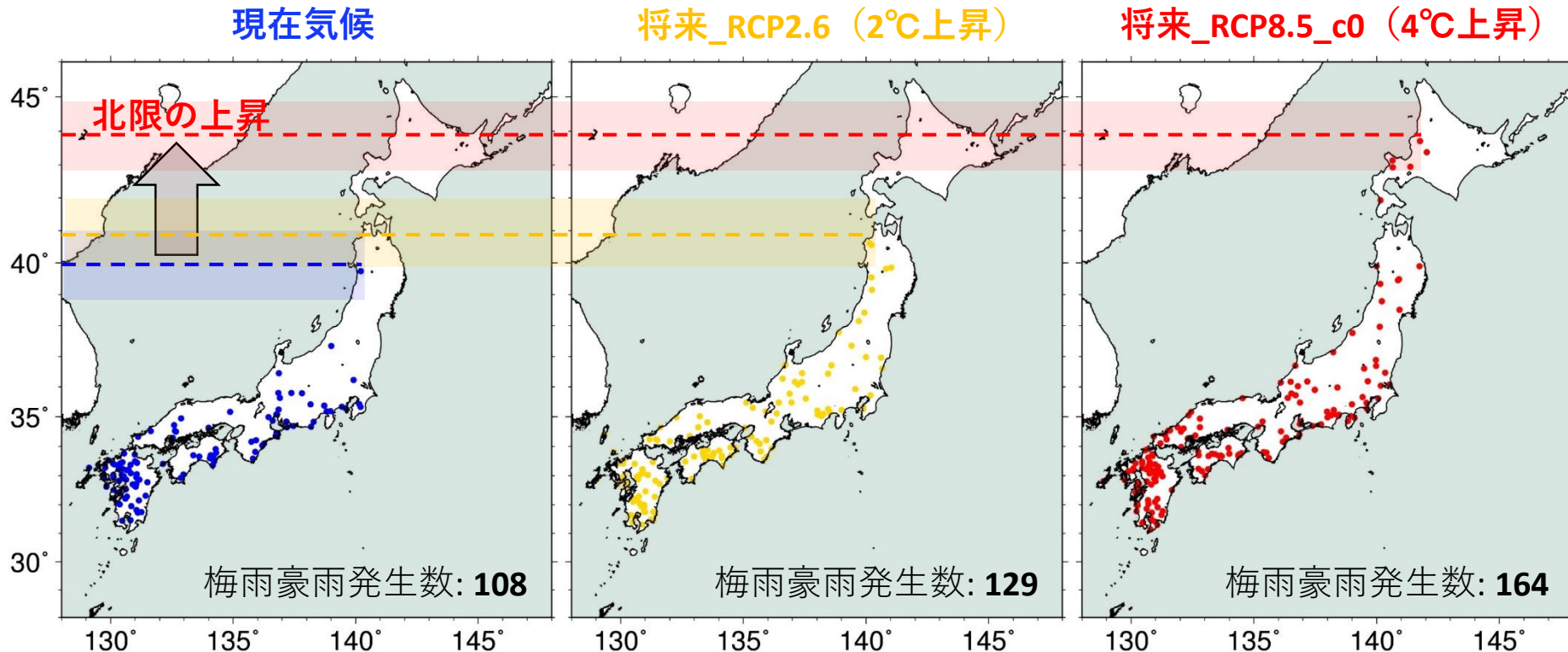


- あくまで1アンサンブルによる結果だが、梅雨前線の位置は2010年代まではほとんど変化しない中、南方からの水蒸気浸潤の強化により、2020年代から2050年代まで変動しながら徐々に北上。
- 一方では、2010年代に入り梅雨豪雨災害が頻発している。
- 先10年で、梅雨集中豪雨がどう頻発化し、総雨量を増し、より東や北へと広がるかは、温暖化適応計画を”今”策定するため（後悔しない適応）に極めて重要。

梅雨豪雨の発生頻度の将来変化

RCM05による現在気候と将来気候（RCP8.5とRCP2.6）それぞれの梅雨豪雨発生場所

- 現在気候：20年間（1981 - 2000年）
- 将来気候：20年間



- 梅雨豪雨の発生数は将来気候において**増加**。
- 豪雨発生エリアの**北限もより北へ**上がっていく。
- 北海道など、これまで梅雨豪雨を経験したことの**ない地域での新たなリスク**。

Naka and Nakakita, 2023.

亀岡豪雨_擬似温暖化実験結果

現在再現実験

RCP2.6実験

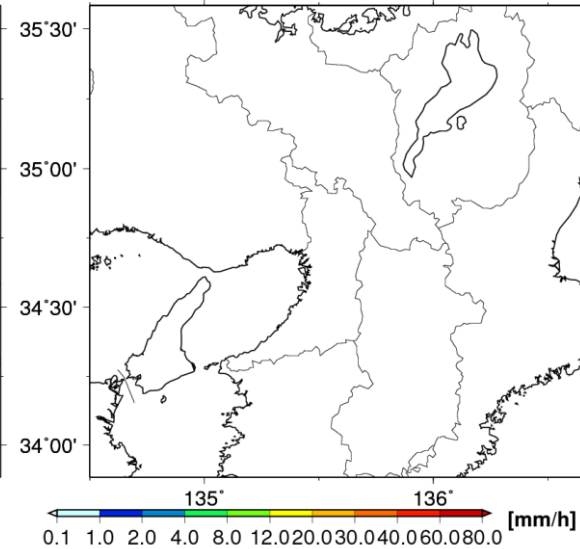
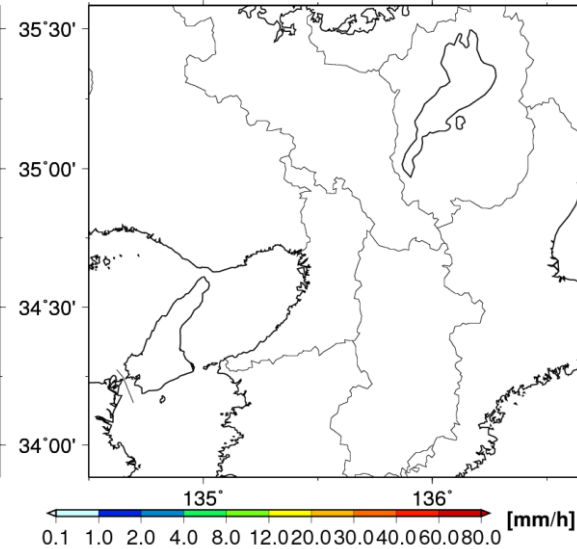
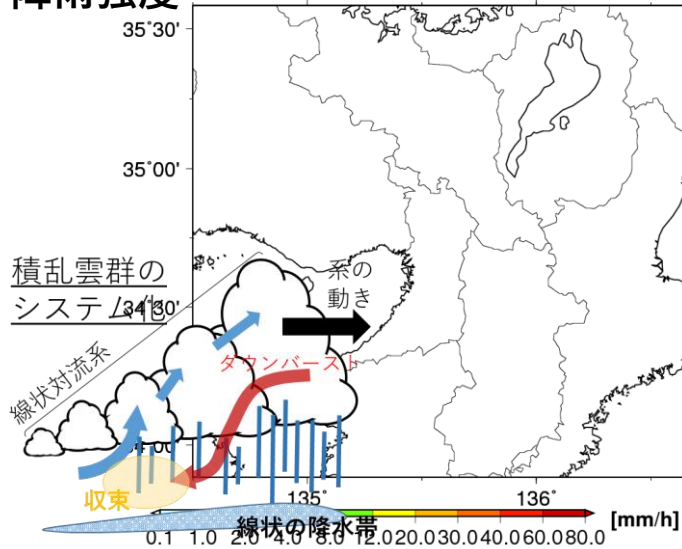
RCP8.5実験

降雨強度

CReSS rainrate 20120714 21:00

CReSS rainrate 20120714 21:00

CReSS rainrate 20120714 21:00

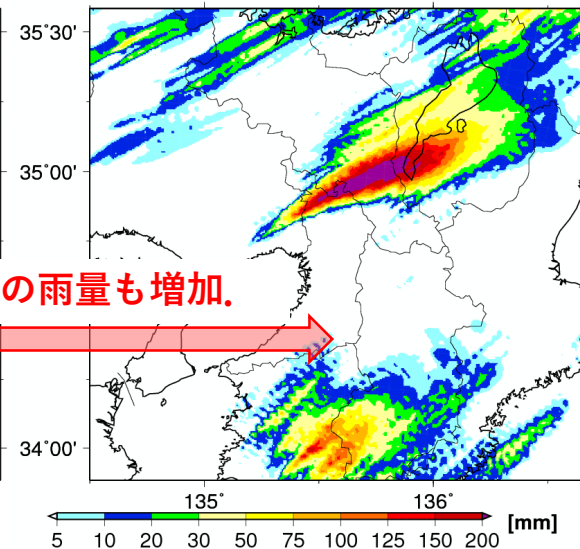
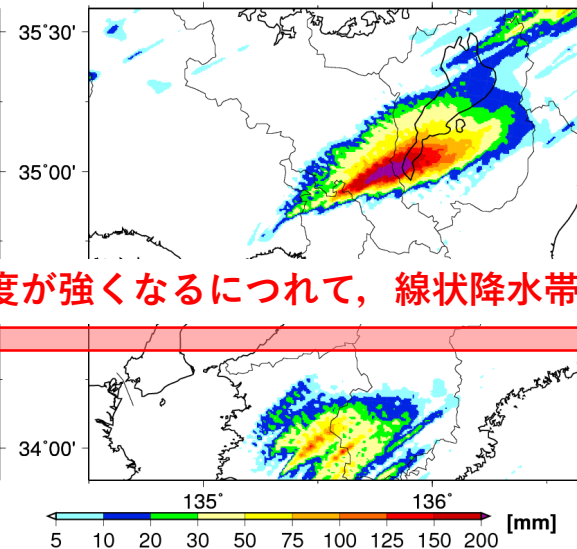
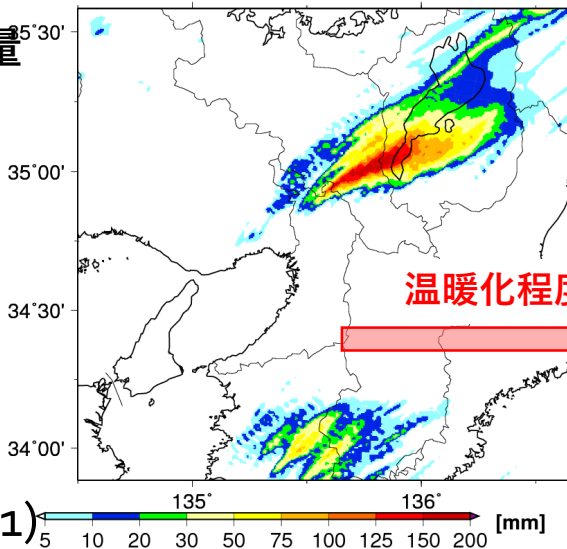


6時間
総雨量

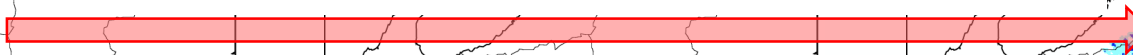
Accumulated rainfall 20120715 00:00-06:00

Accumulated rainfall 20120715 00:00-06:00

Accumulated rainfall 20120715 00:00-06:00



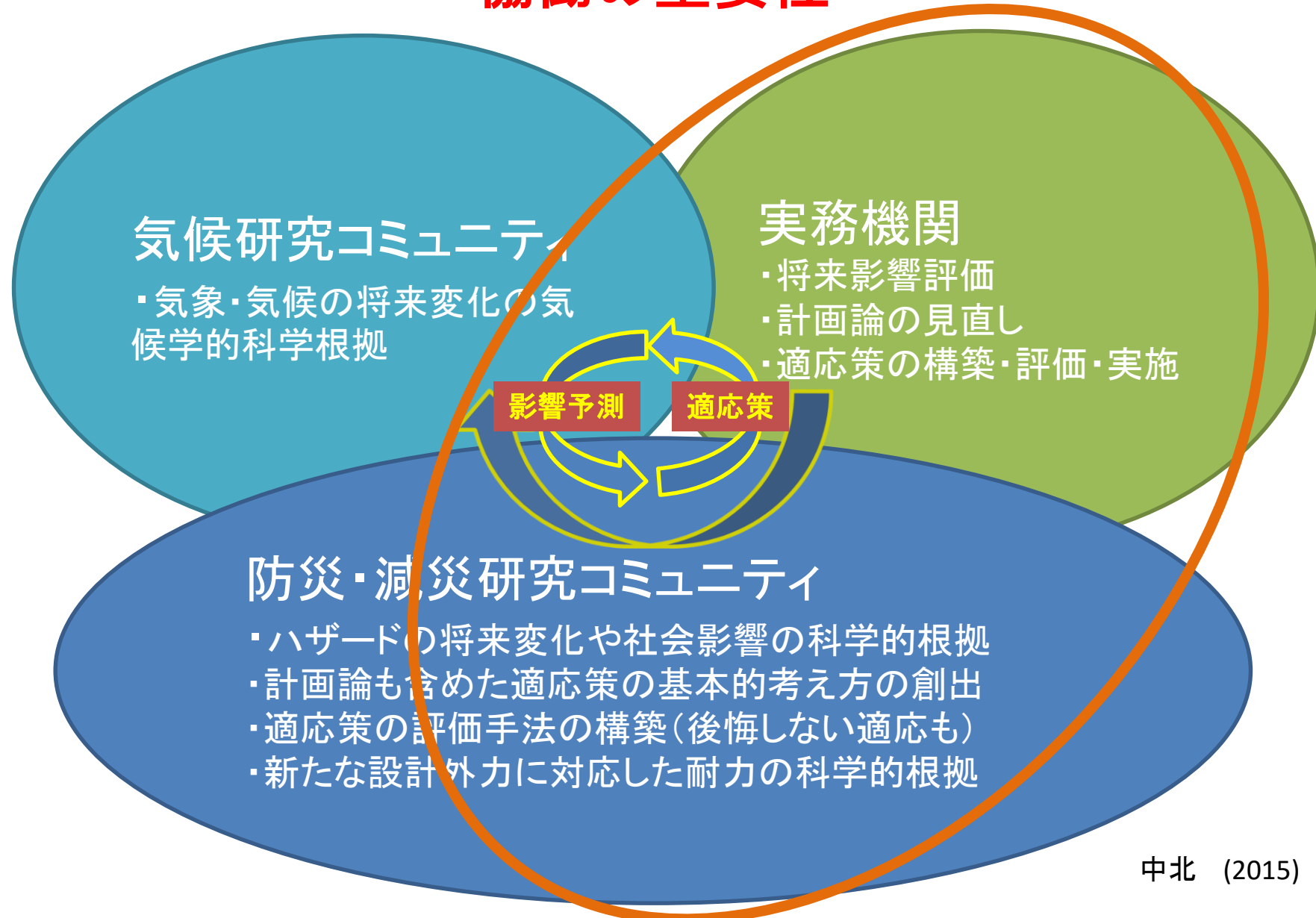
温暖化程度が強くなるにつれて、線状降水帯の雨量も増加。



内 容

1. 気候変動影響が出だしている
2. IPCC第6次評価報告書
3. 科学的な気候変動予測とは？
4. 台風、梅雨豪雨、ゲリラ豪雨と気候変動影響
 - ① 台風
 - ② 梅雨豪雨とゲリラ豪雨
5. **行政との連携と気候変動適応**
6. おわりに ～後悔しない気候変動適応～

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 協働の重要性



水災害・水資源適応に向けた 関係省庁と統合プログラムとの協働シンポジウム



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

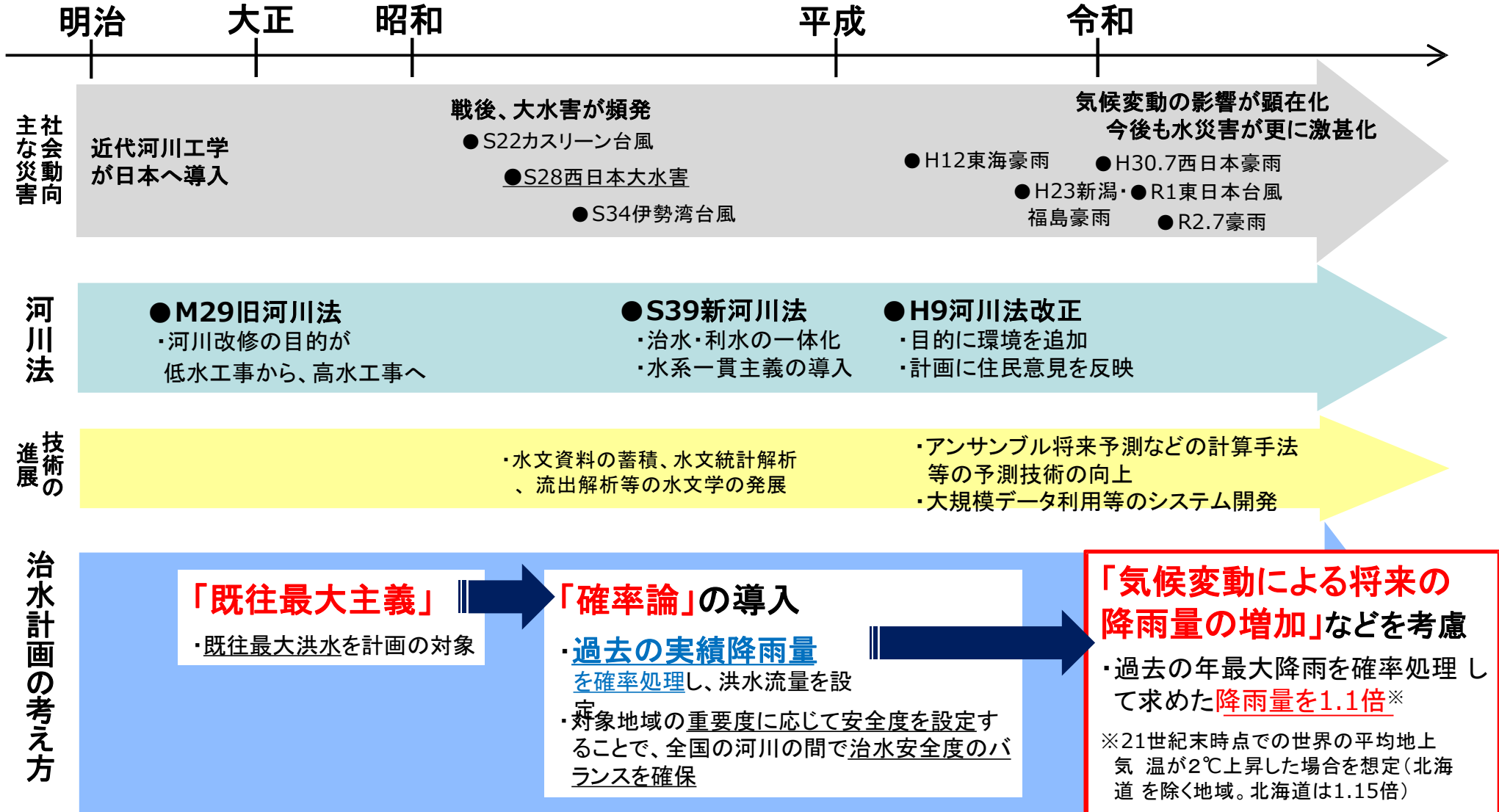
主催 文部科学省統合的気候モデル高度化研究プログラム/文部科学省研究開発局
/国土交通省 水管理・国土保全局

後援 農林水産省農村振興局、環境省地球環境局、京都大学IPCC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、
地盤工学会、日本自然災害学会

中北 (2019)

我が国の治水計画の変遷

○「過去の実績降雨を用いて確率処理を行い、所要の安全度を確保する治水計画」から、「気候変動の影響による将来の降雨量の増加も考慮した治水計画」へと転換。

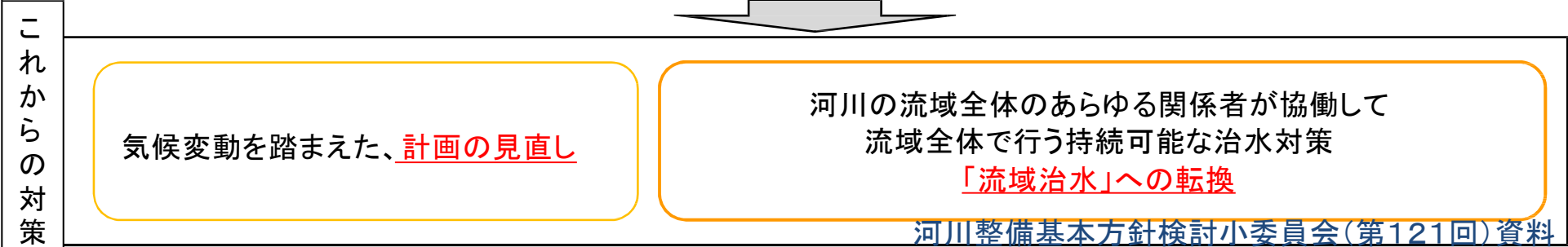
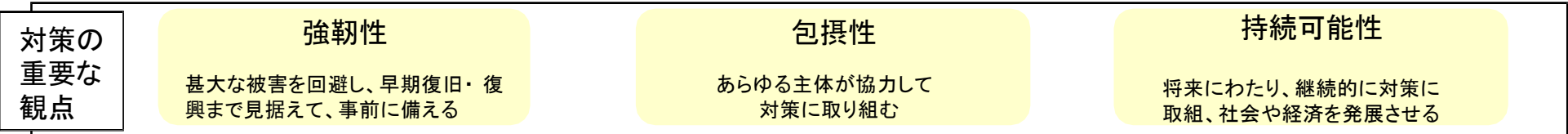
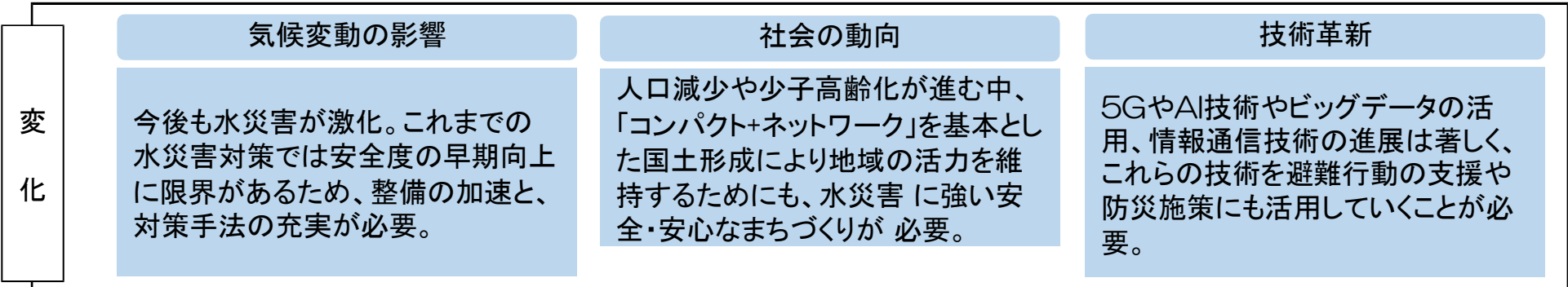


気候変動を踏まえた水災害対策のあり方について

○近年の水災害による甚大な被害を受けて、施設能力を超過する洪水が発生することを前提に、社会全体で洪水に備える水防災意識社会の再構築を 一歩 進め、気候変動の影響や社会状況の変化などを踏まえ、あらゆる関係者が協働して流域全体で行う、流域治水への転換を推進し、**防災・減災が主流となる社会を目指す。**

これまでの対策

施設能力を超過する洪水が発生することを前提に、社会全体で洪水に備える、水防災意識社会の再構築 洪水防御の効果の高いハード対策と命を守るための避難対策とのソフト対策の組合せ



気候変動を踏まえた計画へ見直し

○治水計画を、「過去の降雨実績に基づく計画」から「気候変動による降雨量の増加などを考慮した計画」に見直し

これまで 洪水、内水氾濫、土砂災害、高潮・高波等を防御する計画は、これまで、過去の降雨、潮位などに基づいて作成してきた。

しかし、
気候変動の影響による降雨量の増大、海面水位の上昇などを考慮すると現在の計画の整備完了時点では、実質的な安全度が確保できないおそれ

気候変動による降雨量の増加※、潮位の上昇などを考慮したものに計画を見直し

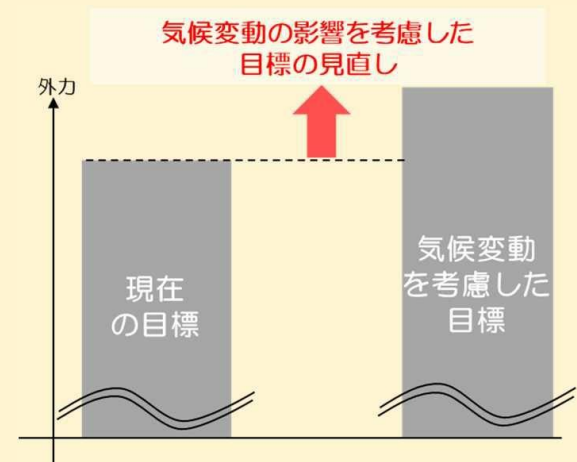
※ 世界の平均気温の上昇を2度に抑えるシナリオ(パリ協定が目標としているもの)

気候変動シナリオ	降雨量 (河川整備の基本とする洪水規模(1/100等))
2℃上昇相当	約1.1倍

降雨量が約1.1倍となった場合

全国の平均的な傾向【試算結果】	流量	洪水発生頻度
	約1.2倍	約2倍

※ 流量変化倍率及び洪水発生頻度の変化倍率は、一級水系の河川整備の基本とする洪水規模(1/100~1/200)の降雨に降雨量変化倍率を乗じた場合と乗じない場合で算定した、現在と将来の変化倍率の全国平均値



「流域治水」の施策のイメージ

- 気候変動の影響や社会状況の変化などを踏まえ、河川の流域のあらゆる関係者が協働して流域全体で行う治水対策、「流域治水」へ転換。
- 治水計画を「気候変動による降雨量の増加などを考慮したもの」に見直し、集水域と河川区域のみならず、氾濫域も含めて一つの流域として捉え、地域の特性に応じ、①氾濫をできるだけ防ぐ、減らす対策、②被害対象を減少させるための対策、③被害の軽減、早期復旧・復興のための対策をハード・ソフト一体で多層的に進める。

① 氾濫をできるだけ防ぐ・減らすための対策

雨水貯留機能の拡大

集水域

【国・市・企業、住民】

雨水貯留浸透施設の整備、ため池等の治水利用

流水の貯留

河川区域

【国・県・市・利水者】

治水ダムの建設・再生、利水ダム等において貯留水を事前に放流し洪水調節に活用

【国・県・市】

土地利用と一体となった遊水機能の向上

持続可能な河道の流下能力の維持・向上

【国・県・市】

河床掘削、引堤、砂防堰堤、雨水排水施設等の整備

氾濫水を減らす

【国・県】

「粘り強い堤防」を目指した堤防強化等

② 被害対象を減少させるための対策

リスクの低いエリアへ誘導／

住まい方の工夫

【国・市・企業、住民】

土地利用規制、誘導、移転促進、不動産取引時の水害リスク情報提供、金融による誘導の検討

氾濫域

浸水範囲を減らす

【国・県・市】

二線堤の整備、自然堤防の保全



③ 被害の軽減、早期復旧・復興のための対策

土地のリスク情報の充実

氾濫域

【国・県】

水害リスク情報の空白地帯解消、多段型水害リスク情報を発信

避難体制を強化する

【国・県・市】

長期予測の技術開発、リアルタイム浸水・決壊把握

経済被害の最小化

【企業、住民】

工場や建築物の浸水対策、BCPの策定

住まい方の工夫

【企業、住民】

不動産取引時の水害リスク情報提供、金融商品を通じた浸水対策の促進

被災自治体の支援体制充実

【国・企業】

官民連携によるTEC-FORCEの体制強化

氾濫水を早く排除する

【国・県・市等】

排水門等の整備、排水強化

(1)ハード・ソフト一体の水災害対策「流域治水」の推進

- 気候変動の影響による災害の頻発化・激甚化に対応するため、抜本的な治水対策として、集水域と河川区域のみならず、氾濫域も含めて一つの流域として捉え、地域の特性に応じ、ハード・ソフトの両面から「流域治水」を推進。
- 河川、下水道、砂防、海岸等の管理者が主体となって行う治水対策に加え、水田、校庭、民間施設、国有地等の機能連携を進めるなど、府省庁・官民が連携したあらゆる対策の充実を図る。



あらゆる関係者が協働して行う「流域治水」

流域のあらゆる関係者が協働して行う対策

■氾濫をできるだけ防ぐ・減らすための対策

- ・ 河川堤防や遊水地等の整備
- ・ 治水ダムの建設・再生
- ・ 雨水貯留浸透・排水施設の整備
- ・ 砂防関係施設の整備
- ・ 海岸保全施設の整備
- ・ 利水ダム等の事前放流
- ・ 利水ダムの事前放流等の判断に資する雨量予測の高度化
- ・ 水田の貯留機能の向上
- ・ 森林整備、治山対策
- ・ 民間企業等による雨水貯留浸透施設の整備
- ・ 未活用の国有地を活用した遊水地・雨水貯留浸透施設等の整備 など

■被害対象を減少させるための対策

- ・ 高台まちづくりの推進（線的・面的につながった高台・建物群の創出）
- ・ リスクが高い区域における立地抑制・移転誘導 など

■被害の軽減、早期復旧・復興のための対策

- ・ ハザードマップやマイタイムライン等の策定
- ・ 要配慮者利用施設（医療機関、社会福祉施設等）の浸水対策
- ・ 渡河部の橋梁や河川に隣接する道路構造物の流失防止対策
- ・ 地下駅等の浸水対策、鉄道橋梁の流出等防止対策
- ・ 学校及びスポーツ施設の浸水対策による避難所機能の維持 など



あらゆる関係者が協働して、「流域治水プロジェクト」を策定し、実行

本川支川を俯瞰的に捉えた河川の規模の応じた流域治水の取組

大河川での対策

- ①当面は、大河川(本川)の水位低下に大きく寄与する利水ダムの事前放流や河道掘削、ダム建設等を推進
- ②支川での流域対策を推進し、流域対策を多くの支川に拡大することで、大河川の水位低下にも寄与。

中小河川(支川)の対策

- ・水田貯留、ため池貯留、調節地などの流域対策を推進
- ・水害リスクが高い区域における土地利用規制や安全な地域への移転、宅地の嵩上げ等を推進 ※特定都市河川浸水被害対策法も積極的に活用
- ・本川との合流点において、バックウォーター対策、排水機場の整備等を推進



ため池貯留の例

洪水時の放流状況



春日池

【事例:春日池(ため池:広島県)】

校庭貯留の例

土手を整備し貯留容量を確保



洪水時

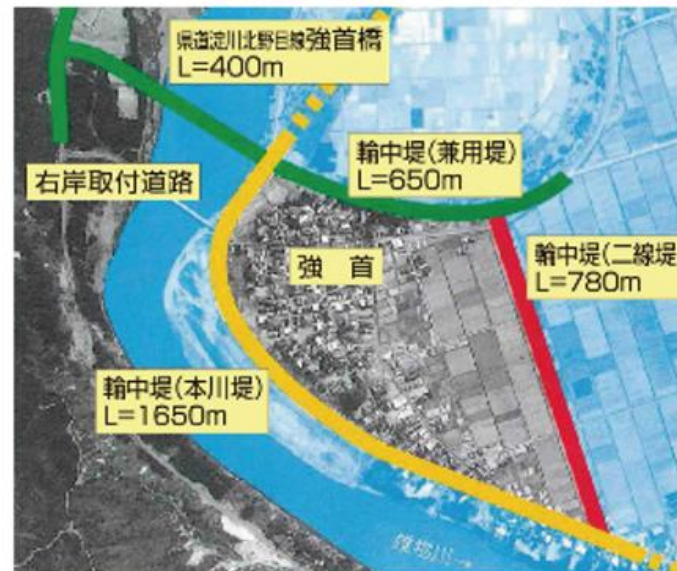
【事例:栄町小学校(札幌市)】

先人の知恵を使う：土地利用と一体となった治水対策（輪中堤、霞堤）

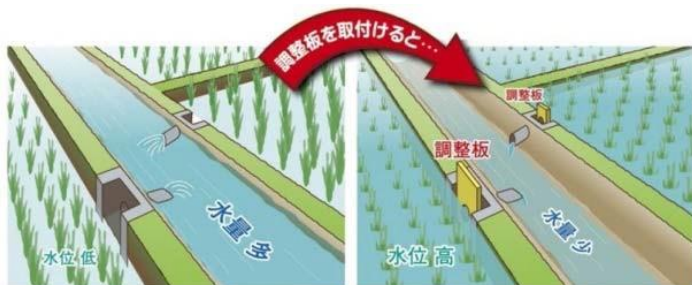


霞堤：河川の水位が極めて高いときに堤防から水田などの危ない地域へ洪水を誘導

輪中堤：街だけを堤防で囲って水没しないようにする



農業と治水の融合：ダムとしての田んぼの利用（田んぼダム）



田んぼダム：排水溝を絞った板を堰として挿入して、一時的に水田に水を貯留する
（新潟県資料）

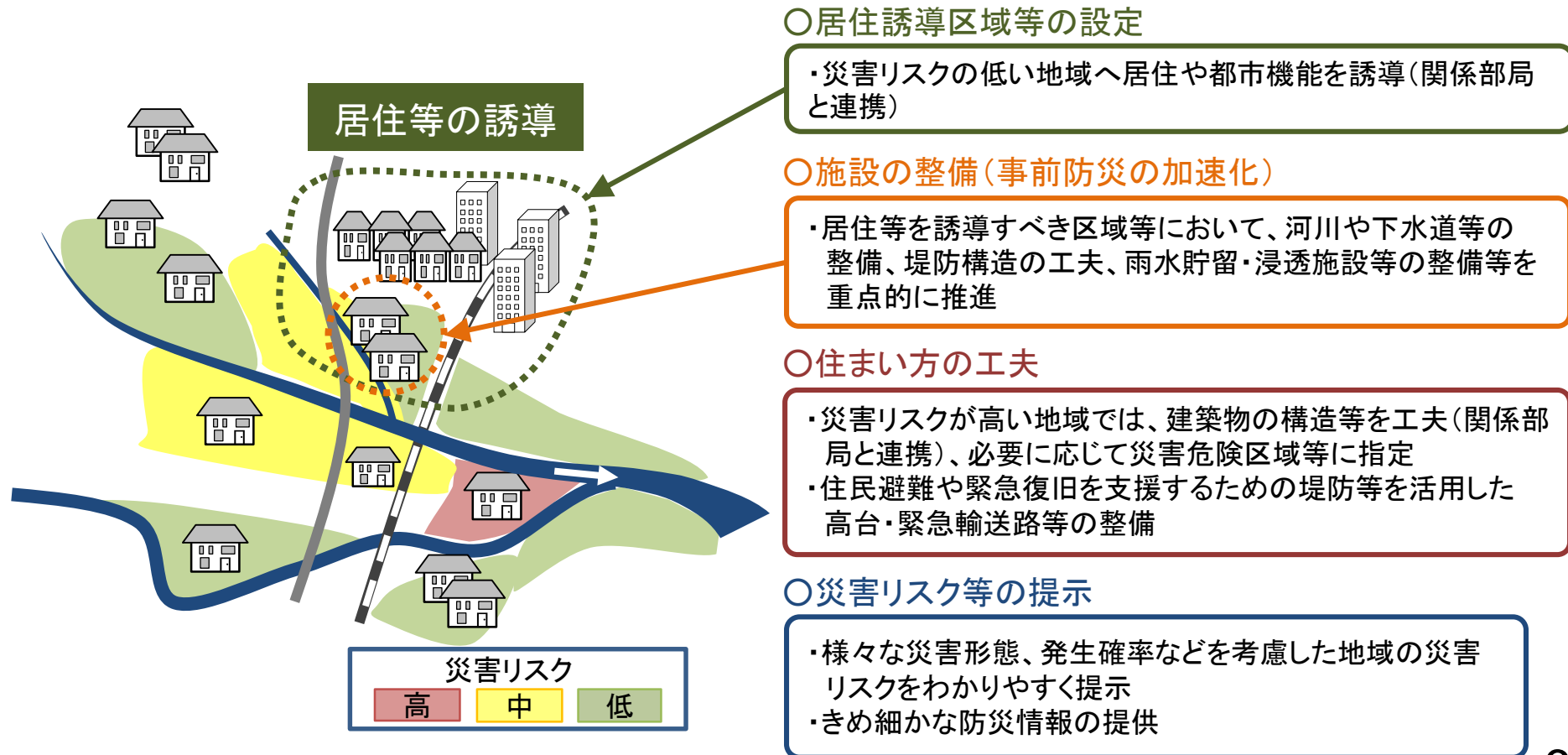


スマート田んぼダム：遠隔操作が可能な電動堰
（球磨川流域：中北撮影）



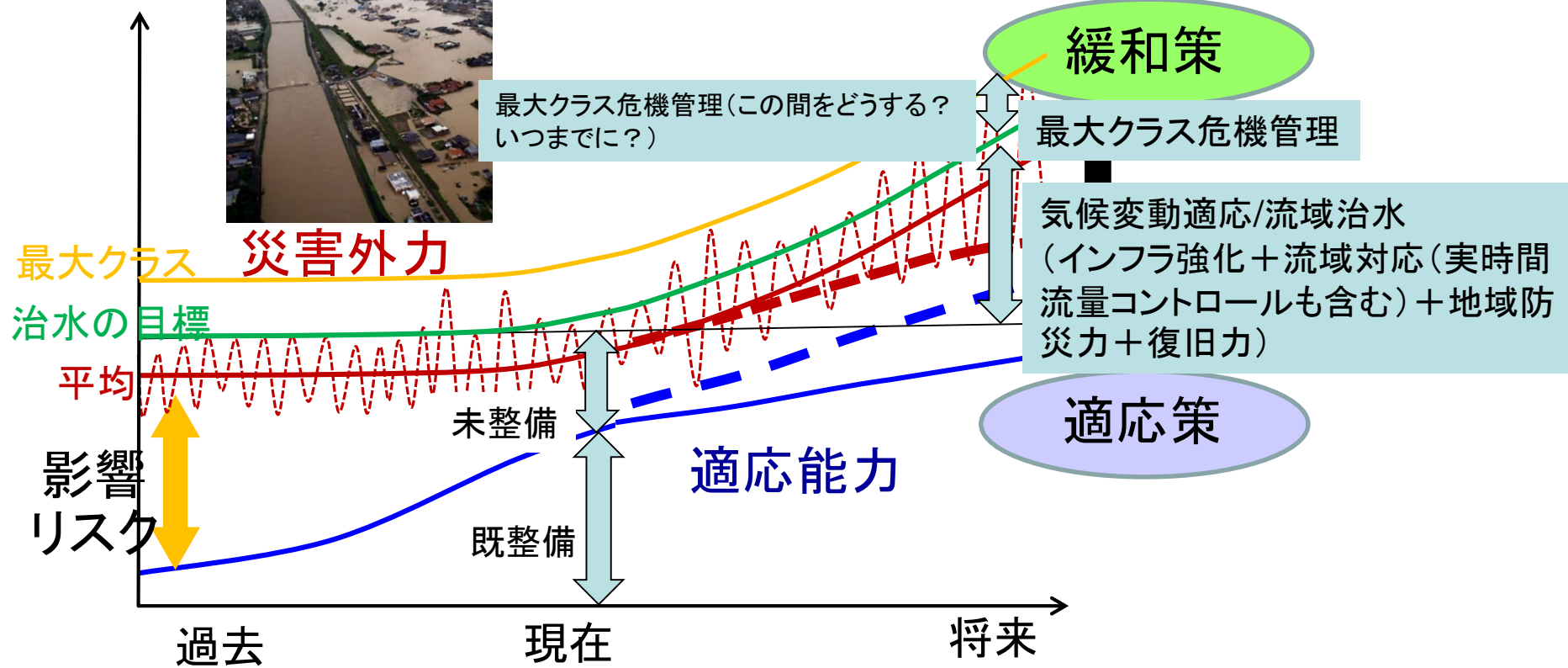
まちづくり：災害リスクを考慮したまちづくり等の取組

- 床上浸水の頻度が高い地域など、災害リスクを分かりやすく提示することにより、災害リスクの低い地域への居住や都市機能の誘導等を促進
- 特に、浸水深が大きく、人命に関わるリスクが極めて高い地域などは、その災害リスクを提示し、建築物の構造等の工夫を促進



適応策の役割

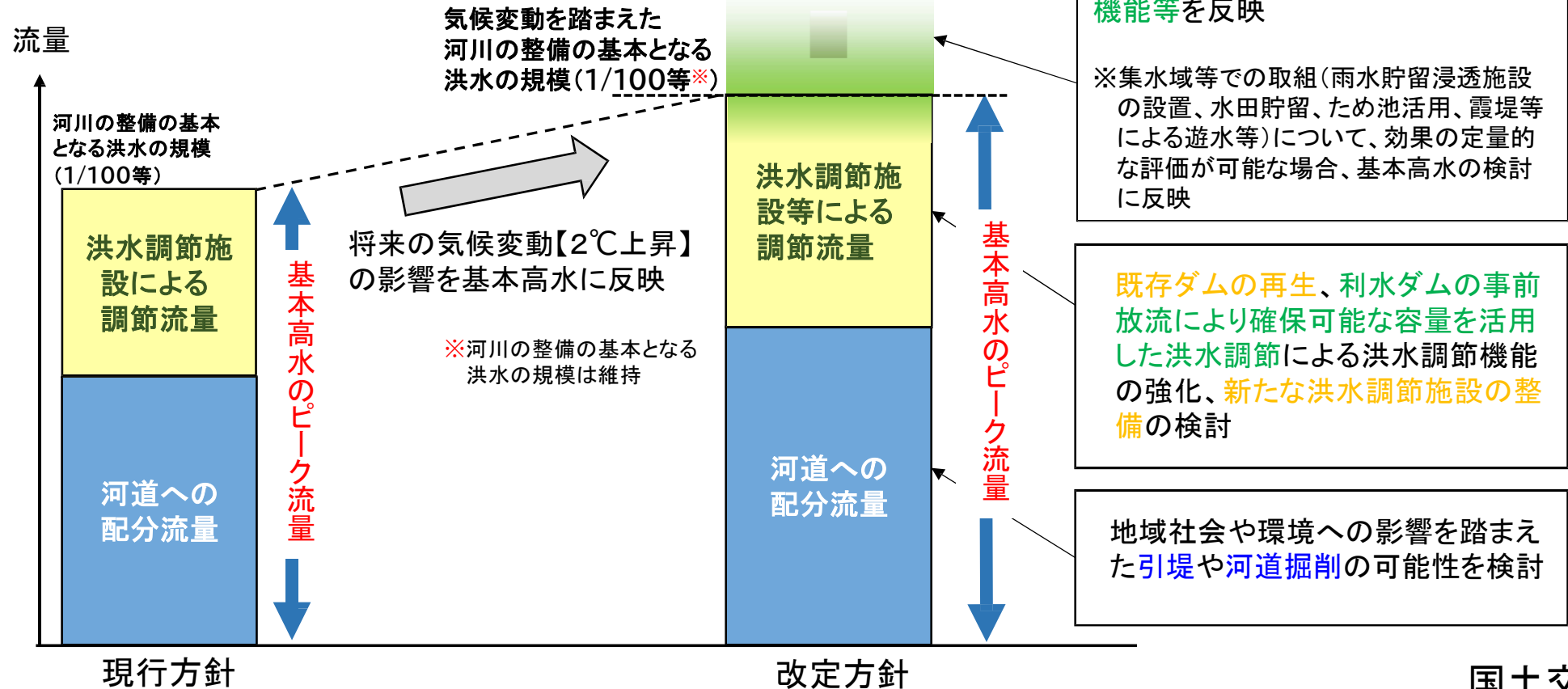
- ・温暖化は起き出している。
- ・大丈夫と思ってもすぐに温暖化は追い越す
- ・今の科学的知見を最大限活用し今すぐ計画に反映させなければ後悔する



気候変動の影響や流域の取組等の基本高水や流量配分への反映

- 科学技術の進展や現時点のデータの蓄積を踏まえ、将来の降雨量変化倍率、アンサンブル実験による予測降雨波形の活用など、気候変動の影響を考慮して基本高水のピーク流量を設定。
- 基本高水の設定においては、流域の土地利用、沿川の保水・遊水機能等について現況及び将来動向などを評価し、流域の降雨・流出特性や洪水の流下特性として反映。(集水域等での対策(水田貯留、ため池の活用等)については、取組が進み、効果の定量的評価が可能になった場合、基本高水の検討に反映)
- 河道と洪水調節施設等への配分については、改めて地域社会や環境への影響を踏まえた引堤や河道掘削の可能性の検討を行うとともに、既存ダムの洪水調節機能強化等の検討を行い決定。

「気候変動」と「流域治水」の新たな視点を踏まえ改定

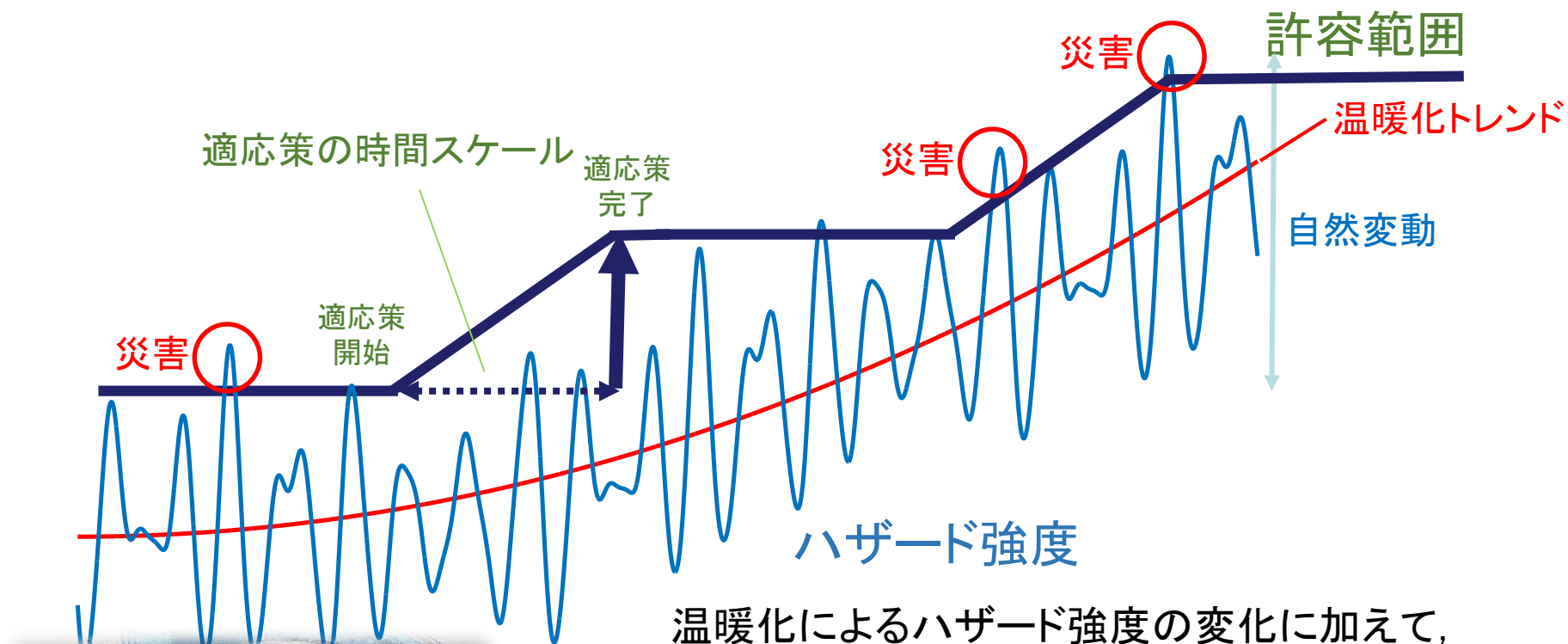


内 容

1. 気候変動影響が出だしている
2. 科学的な気候変動予測とは？
3. 台風、梅雨豪雨、ゲリラ豪雨と気候変動影響
 - ① 台風
 - ② 梅雨豪雨とゲリラ豪雨
4. 行政との連携と気候変動適応
5. おわりに ～後悔しない気候変動適応～

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、

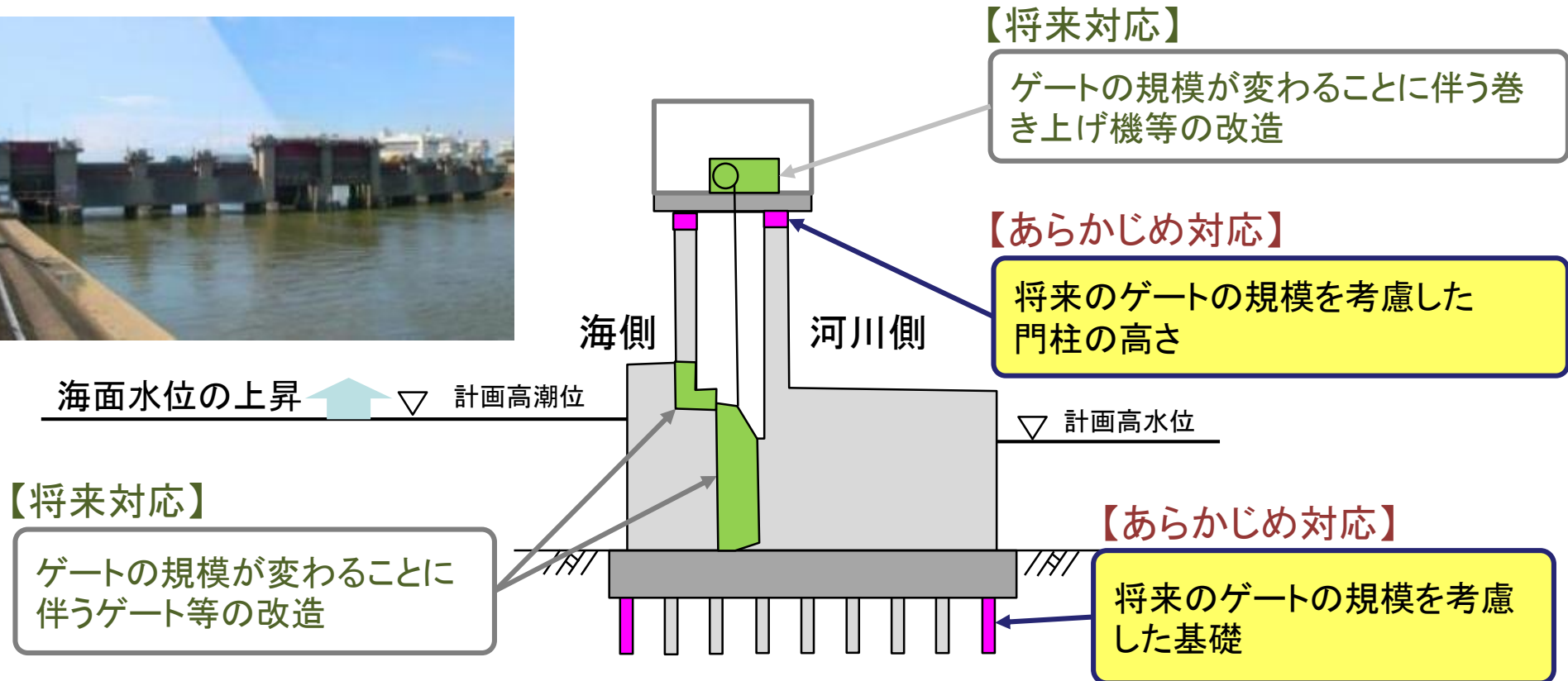
- ・自然変動の幅
- ・温暖化影響の時間スケール
- ・適応策の時間スケール
- ・費用対効果

を知ることが重要

できるだけ手戻りのない施設の設計

○施設の整備にあたっては、設計段階で幅を持った外力を想定し、改造等が容易な構造形式の選定や、追加的な補強が困難な基礎部等をあらかじめ増強しておくなど、外力の増大に柔軟に追従できるような設計に努める

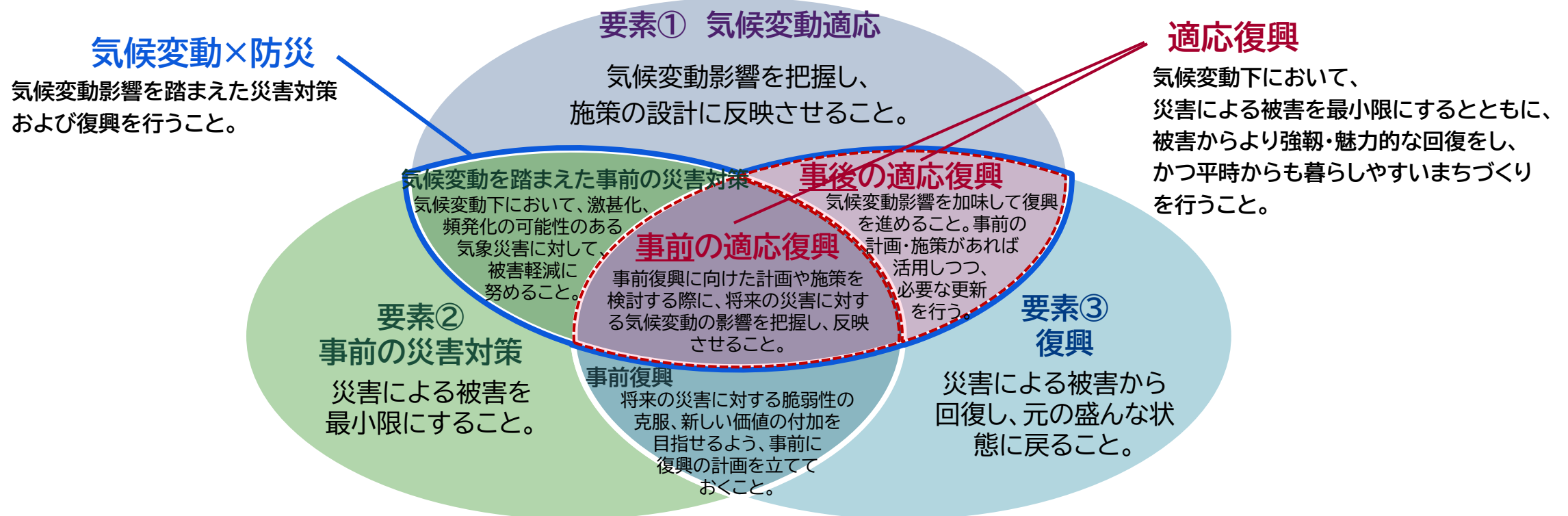
(例) 海面水位上昇に対する水門設計での対応イメージ



環境省・内閣府防災 『気候危機時代の「気候変動×防災」戦略』『適応復興』

- 災害からの復興に際して、原形復旧の発想に捉われず、土地利用のコントロールを含めた弾力的な対応により気候変動への適応を進める「**適応復興**」の発想で「**災害をいなし、すぐに興す**」社会を目指すことが必要。
- 環境省で実施中の事業において、各地域で「気候変動×防災」に取り組む際は、**気候変動適応、事前の災害対策、復興の3要素**の組合せを意識して取り組むことが重要と整理。

⇒災害による被害を最小限にするとともに、被害を受けてもより強靱で魅力的な回復をする、**弾力的かつ安全・安心で持続可能な地域**づくりに貢献



「気候変動×防災」に取り組む上で意識すべき要素(仮案)

- 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

結論

- 近年、気候関連災害は激甚化している。早急に適応策を講じることが必要である。
- 気候変動影響をより正確に評価するための科学研究が進められており、適応策の策定にも用いられている一方、気候リスクの変化やスピードにも注意が必要だ。
- 気候変動影響予測には不確実性がある。だが、「後悔しない適応」のためには、予防原則を適用すべきであり、科学的証拠や情報の欠如が行動を起こさない理由であってはならない。
- 直ちに行動を起こすことが急務である。地域の実情に基づいたボトムアップアプローチが不可欠である一方、国レベルでは、関係省庁間の協力を強化し、学界と防災地域の連携を促進することも必要。
- 日本政府は治水計画の基準を引き上げ、かつ「流域治水」へ転換している。

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

