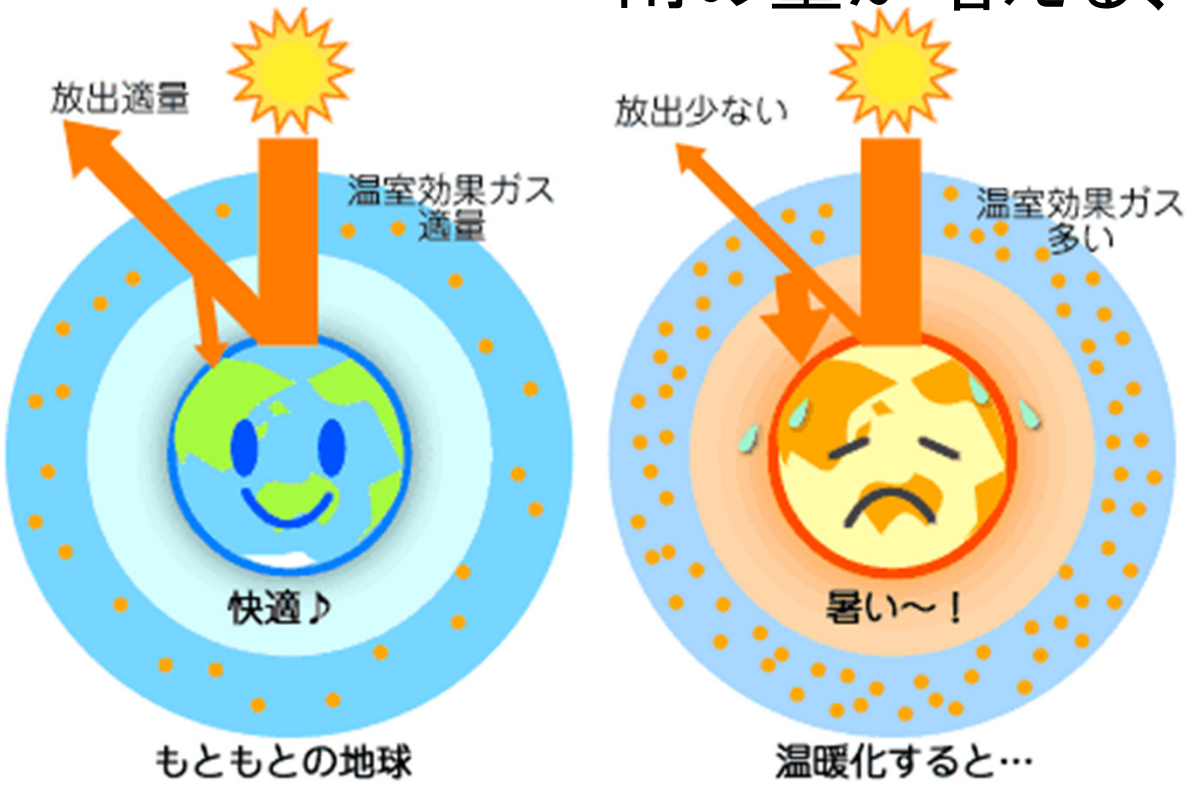
第29回京都大学防災研究所公開講座、
於：アクロス福岡国際会議場、福岡、2018/10/2

気候変動予測と災害環境への影響

京都大学防災研究所　中北英一

地球温暖化（ちきゅうおんだんか）

- 地球温暖化→地球がふとんでくるまれる。
  空気があたたかくなる。
  すると水蒸気が増える。
  雨の量が増える、減る？。

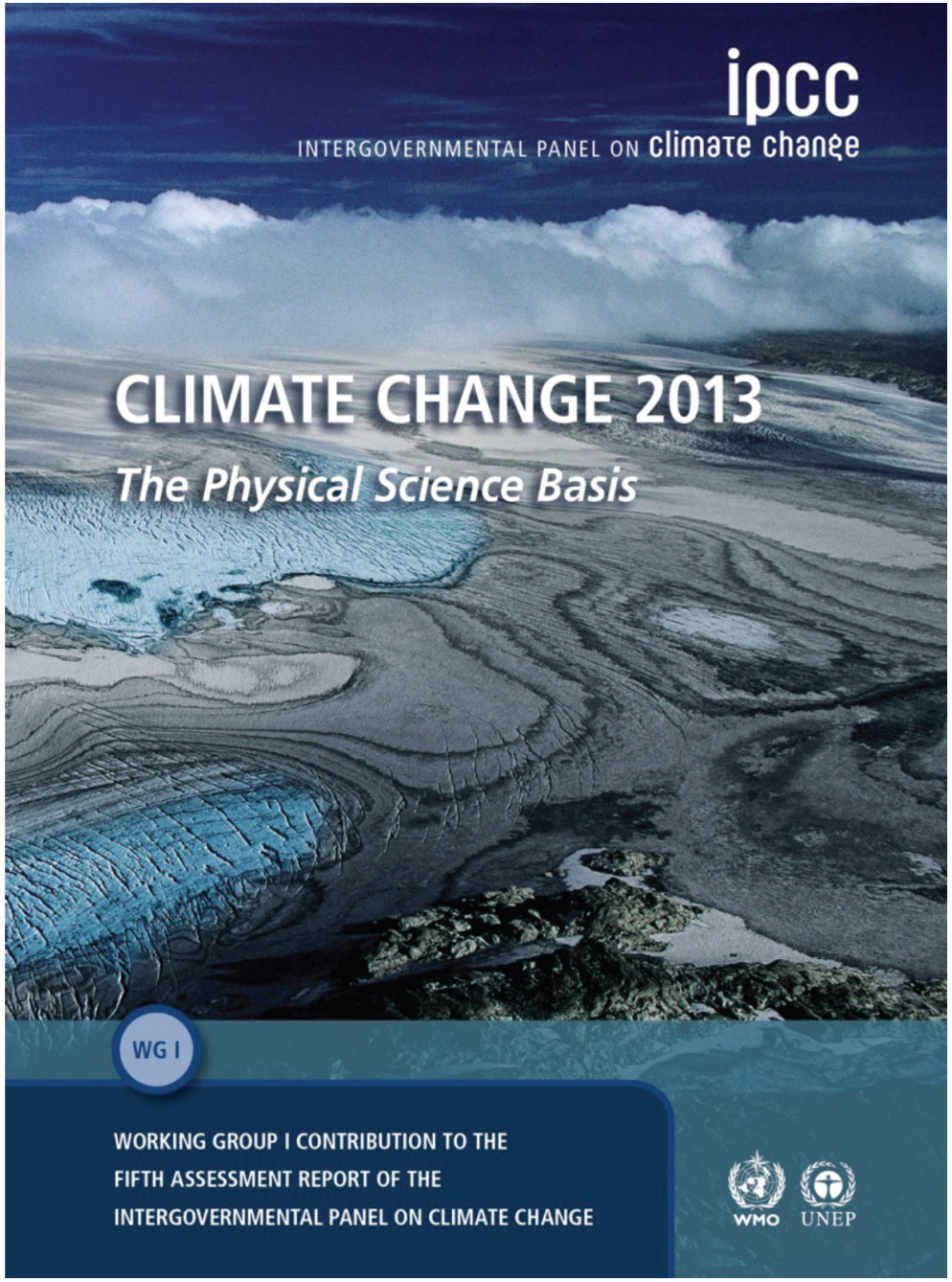


二酸化炭素（にさんかたんそ）などの温暖化ガスは、地球のふとんの役割をします。

観測

理解

将来

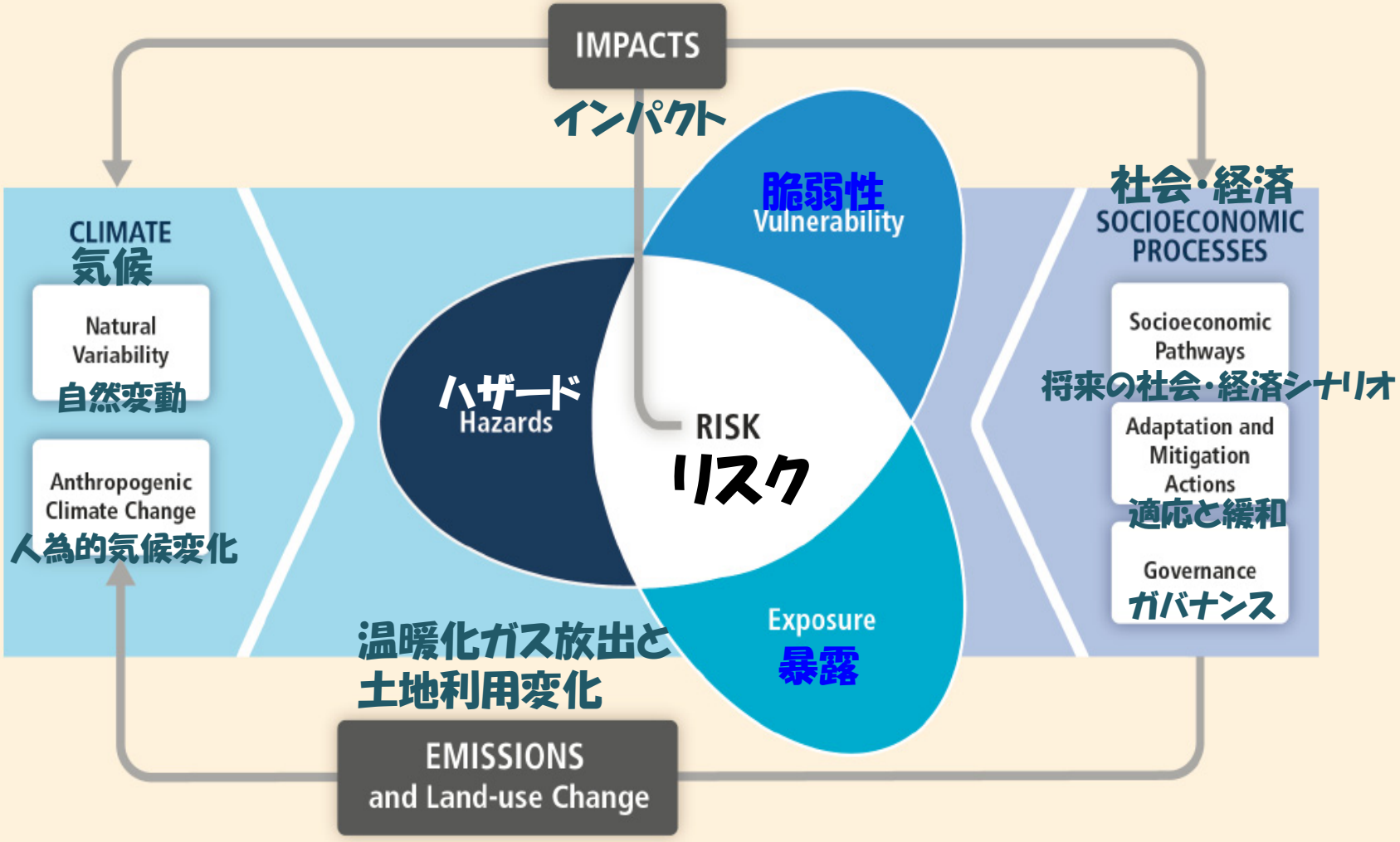

ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change
CLIMATE CHANGE 2013
The Physical Science Basis
WG I
WORKING GROUP I CONTRIBUTION TO THE
FIFTH ASSESSMENT REPORT OF THE
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE
WMO
UNEP

気候システムの温暖化には疑う余地がない

気候システムに対する人間の影響は明らかである

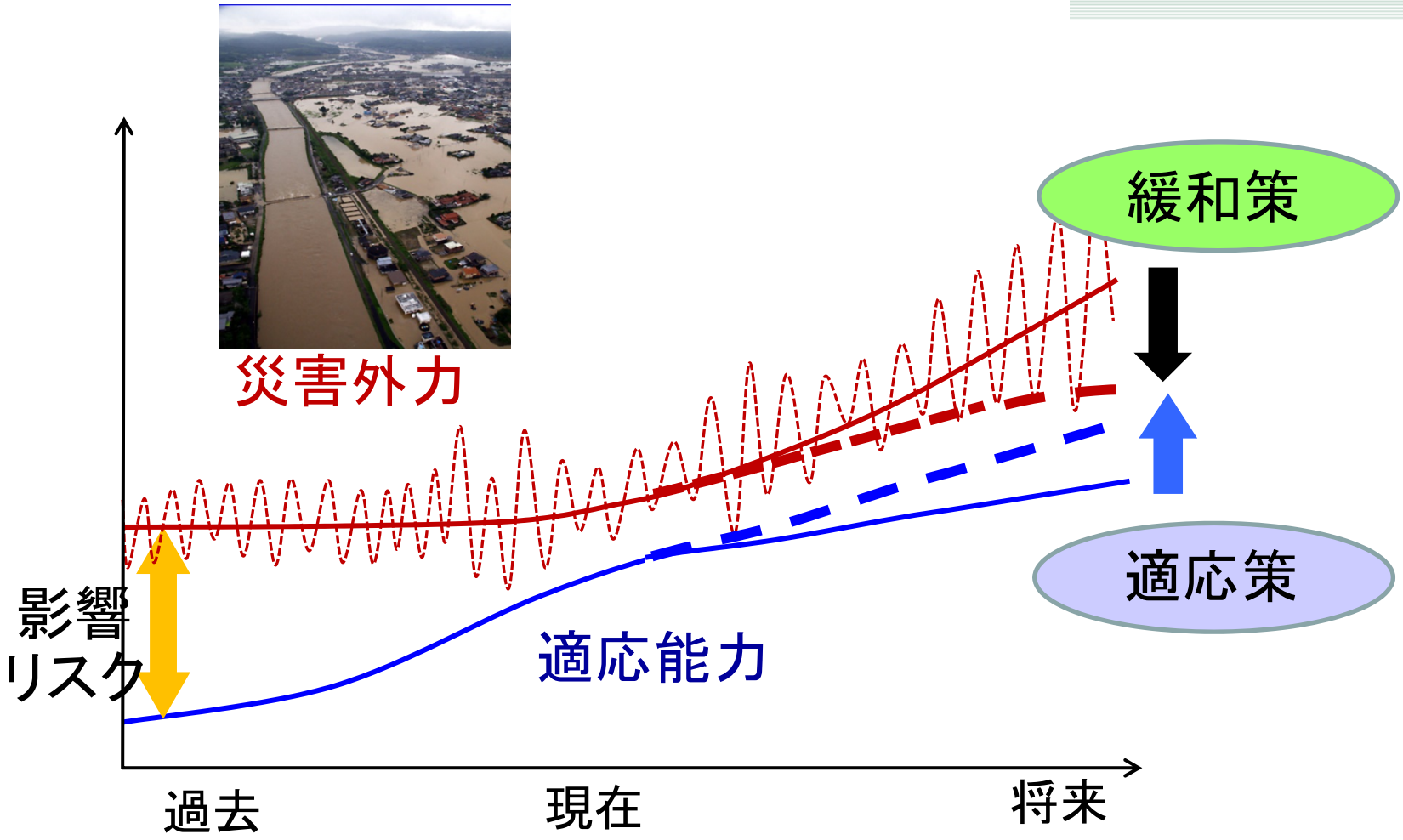
気候変動を抑制するには、温室効果ガス排出量の大幅かつ持続的な削減が必要であろう

気候変動リスクに関連する要因



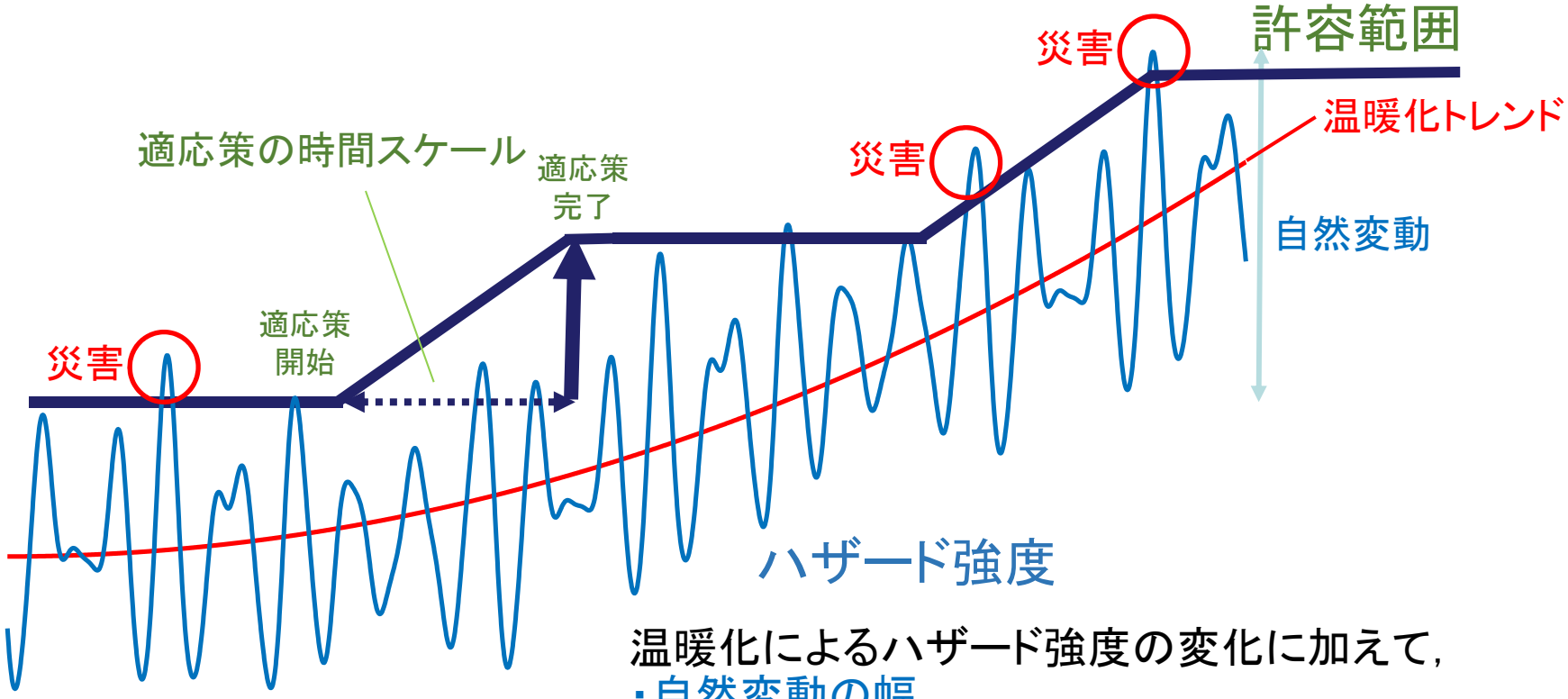
（IPCC WGII SPM，2014）

適応策の役割



三村（茨城大）、2104

温暖化に対する順応的適応策の考え方



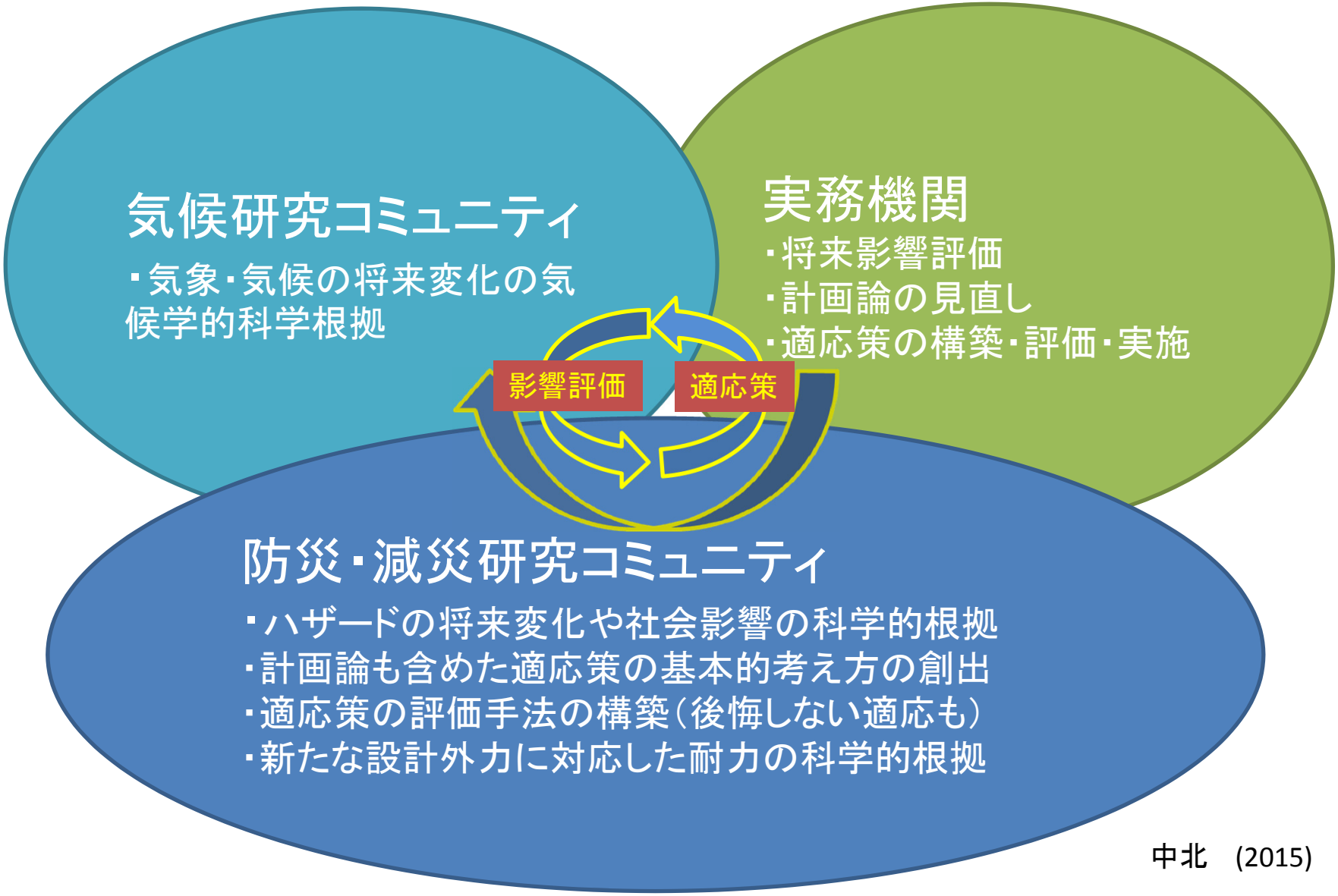
温暖化によるハザード強度の変化に加えて，
・自然変動の幅
・温暖化影響の時間スケール
・適応策の時間スケール
・費用対効果
を知ることが重要

作図：森信人(2015)

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
  - 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
  - 自助・共助としての防災力の増強
  - 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”研究”として抜けているものはない？

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

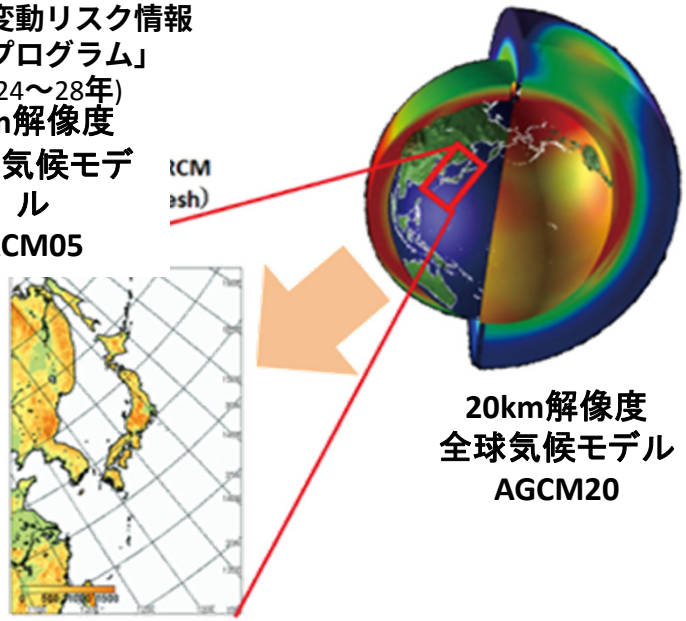


中北　(2015)

01 Sep 208X 00 UTC
地球温暖化で地球はどうなるだろう
SOUSEI
地球工学・気候学・コンピューターサイエンスの融合
KAKUSHIN
©MRI,JMA,JAMSTEC,MEXT

気候モデルを用いた気候変動予測

文部科学省
「気候変動リスク情報
創生プログラム」
(平成24～28年)
5km解像度
領域気候モデル
RCM05



文部科学省：影響評価のための気候モデルデータの利用(2015)より引用

予測の
不確実性を
小さくするため

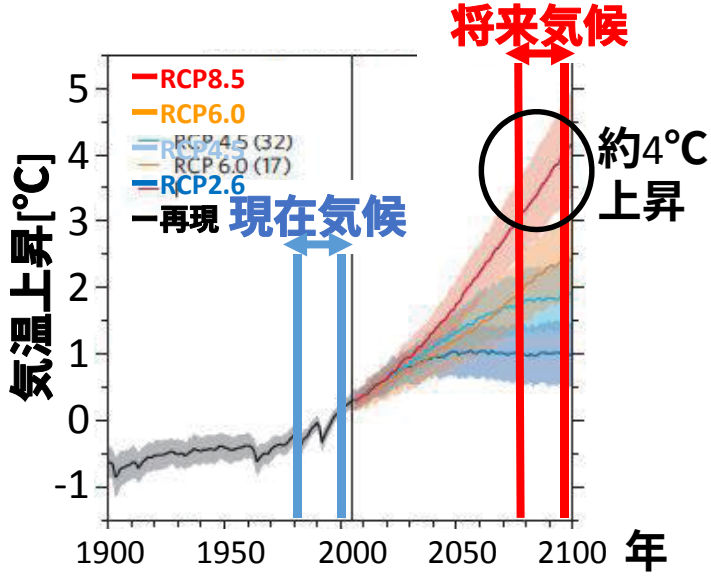
将来気候
- RCP8.5
- 海面水温(SST)アンサンブル4つ
(アンサンブル平均(c0)
＋３クラスターc1,c2,c3)

RCP8.5：温室効果ガスの
排出量に関して、
特に対策を取らなかった場合の
最悪シナリオ

気候モデルで表現される降雨

RCM05
（5km領域気候モデル）

AGCM20
（20km全球気候モデル）



気候変動予測で求められもの

適応策創出の哲学・考え方の構築

大きな不確定性下での意思決定法の構築

最悪シナリオなどの確率のわからない状況下での意思決定法の構築

生態系の経済指標など新しい価値観の創出

より精度の高い確率の推定

粗いモデルによるアンサンブル情報により確率密度関数を推定する。

GCM20やRCMを用いて、粗い時・空間解像度での値を、領域スケールでの値にコンバート

最大クラス外力の想定ー生存の縁

最大クラス台風

複合災害

社会シナリオの想定

対象:

自然災害, 水資源、生態系・生物多様性

For adaptation decision making

Deterministic, Probabilistic and Beyond

SOUSEI

中北 (2012, 2015)

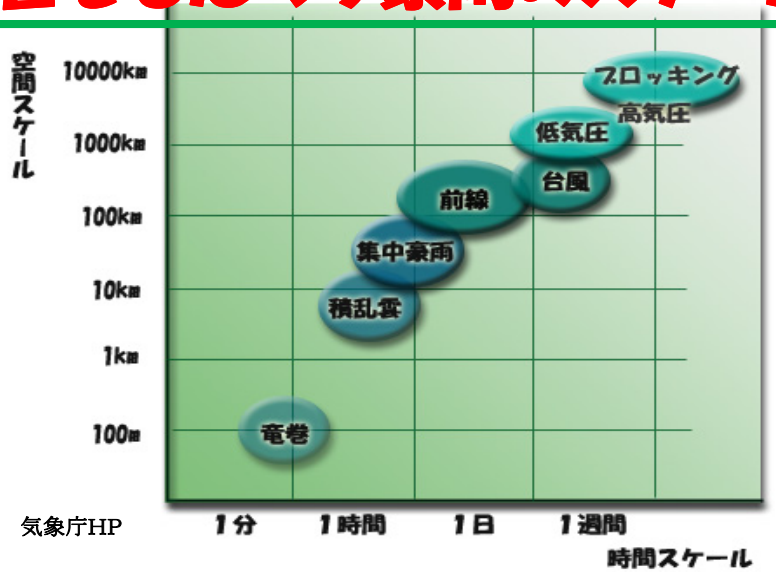
文部科学省　共生～創生プログラム

- 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

SOUSEI

革新

災害をもたらす豪雨のスケール

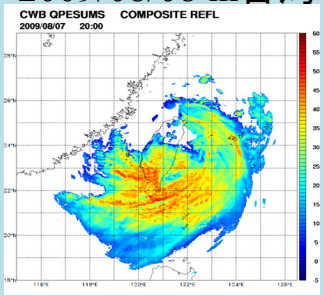


気象庁HP

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

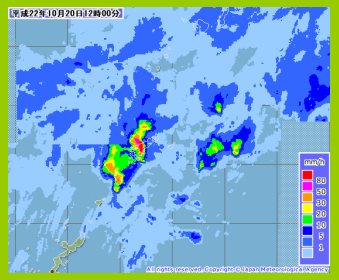


台湾中央気象局、台湾国家災害防救科技中心

梅雨タイプの集中豪雨

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

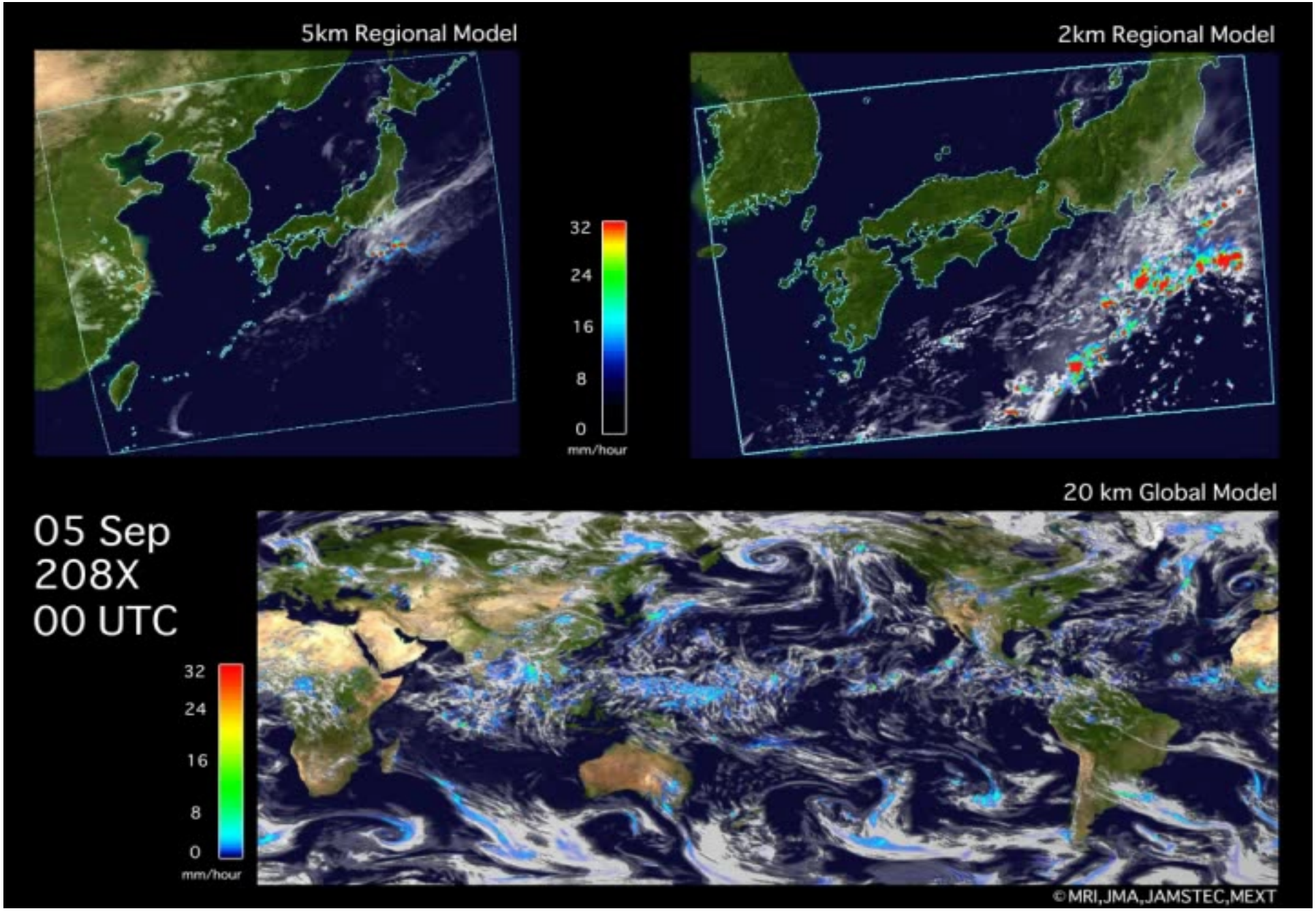
小河川や下水道内での鉄砲水、都市内水氾濫
2008/07/28 at都賀川　2008/08/05 at雑司ヶ谷

都賀川モニタリング映像

共同通信

災害をもたらす豪雨

- 台風による豪雨は1000 km四方の広がりで1日～数日の継続時間を持つので、数1000 km^{2}より大きな流域をもつ河川でも洪水をもたらす危険性があり、大規模水害の想定対象でもある。大規模な土砂災害も生起する。
- 通常の集中豪雨は、100 km程度の長さで10～20 kmの幅をもち、6時間～半日程度継続するので、流域面積が100 km^{2}オーダーまでの流域面積をもつ中・小河川および内水氾濫が問題となる。台風による豪雨と同様に深刻な土砂災害も生起する。
- ゲリラ豪雨（局地的集中豪雨）は数km四方の広がりで時間的には1時間以下の継続時間であるから10 km^{2}程度の小河川や下水道内での鉄砲水、都市内水氾濫が問題となる。


5km Regional Model
2km Regional Model
32
24
16
8
0
mm/hour
20 km Global Model
05 Sep
208X
00 UTC
32
24
16
8
0
mm/hour
©MRI,JMA,JAMSTEC,MEXT

温暖化による日本への影響推測

- **台風：**
  - 日本への到来回数は減る
  - スーパー台風の危険性は高まる
- **梅雨：**
  - 7月上旬と8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。
  - 日本海側の豪雨も増えるだろう
- **ゲリラ豪雨：**
  - 都市化や下層水蒸気の流入増があり増えるだろう

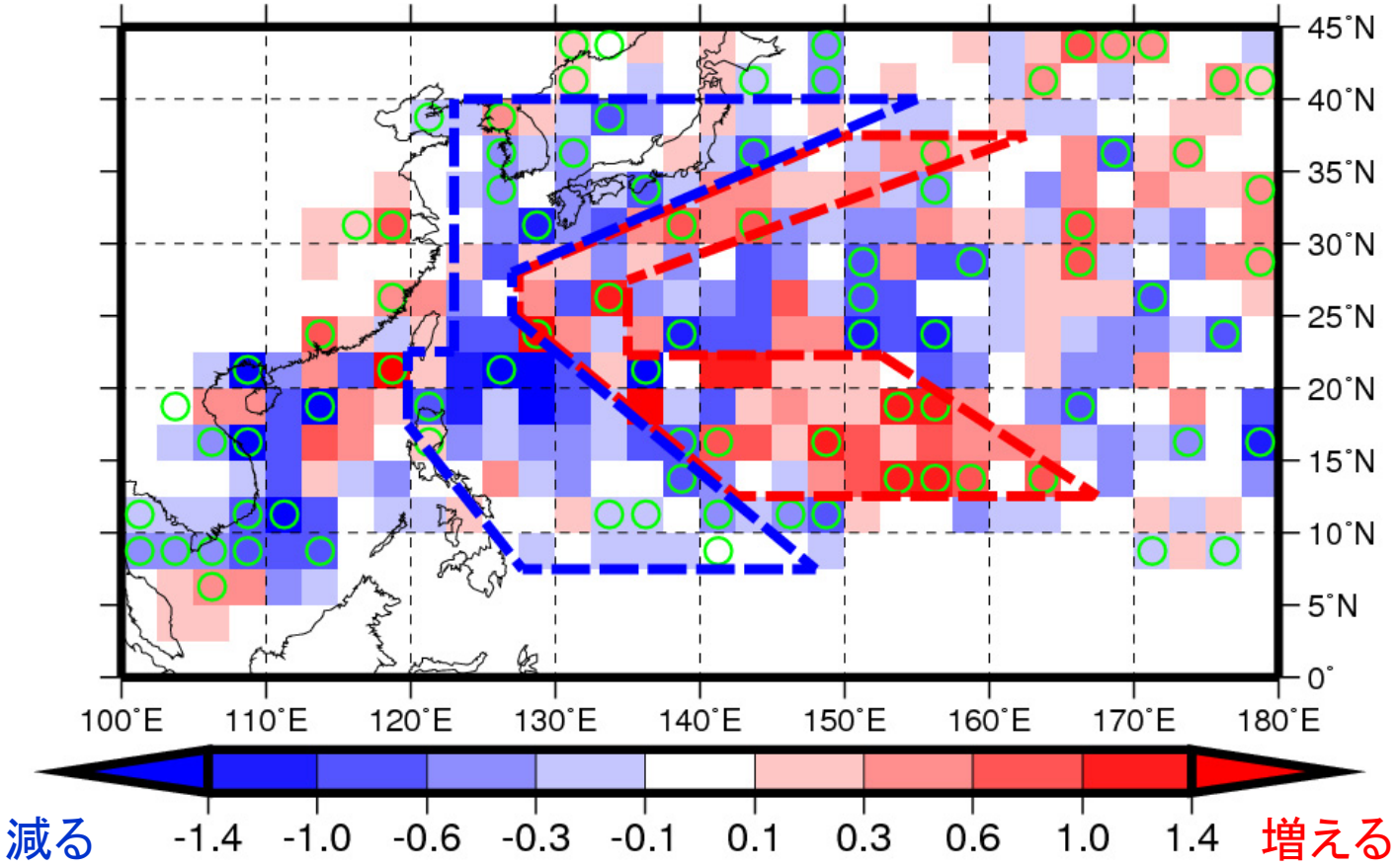
台風の影響

- 温暖化で海面水温は上昇する。＝＞台風が生まれやすくなる。
- 温暖化で大気は安定化する。＝＞台風ができにくくなる。
- 一端できた台風は、大気の安定化に打ち勝つものになるので、スーパー台風になりやすい。
- スーパー台風とは、大型化というよりむしろ強力化。
- 台風の発生域、経路が東にシフト

台風の存在頻度は東へシフト (前期モデル)

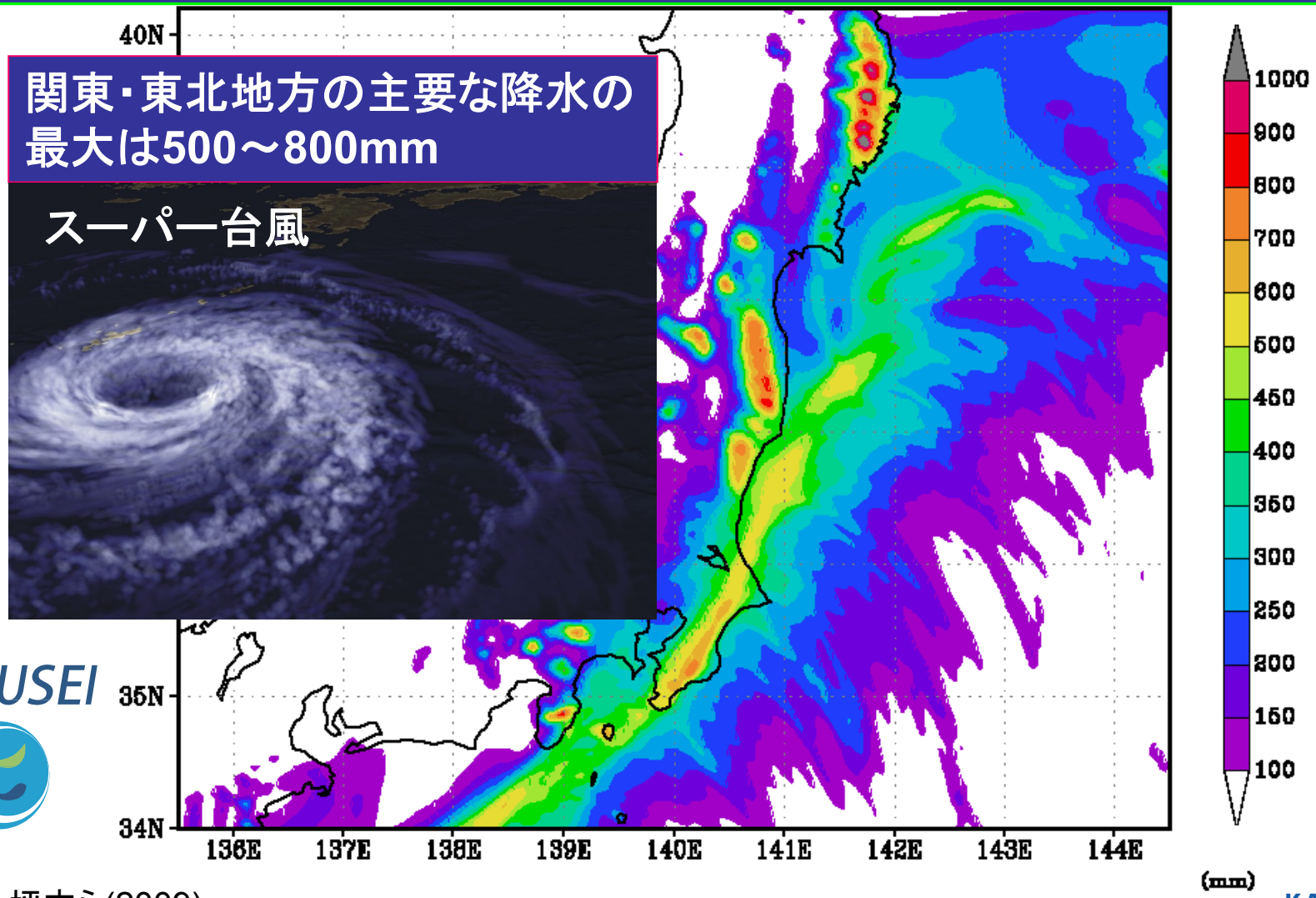
Murakami et al. (2011) *J. Climate*

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

地球シミュレーターによる台風のシミュレーション



SOUSEI

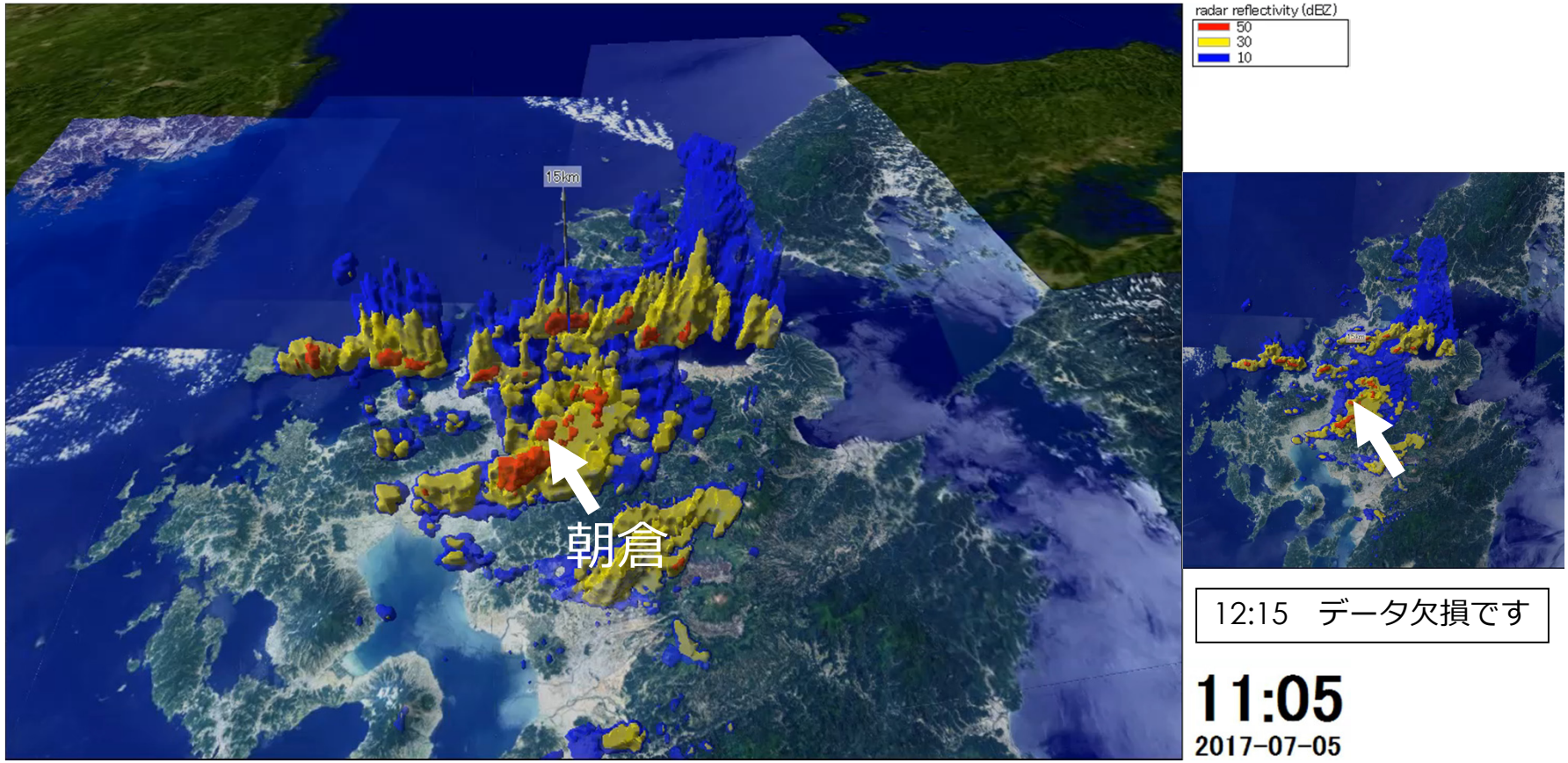
KAKUSHIN

坪木ら(2009)

日本の梅雨への影響

- 水蒸気の南からの浸潤が増加により、梅雨タイプの豪雨の頻度が増加
- これまでは、九州は東シナ海からの水蒸気侵入、東海関東は南方に現れた台風や低気圧によるポンプアップによる水蒸気侵入。
- 九州浸潤型が増える。日本海側にも。
- 梅雨豪雨のない東北や北海道でもこれから起きる。
- 8月にも梅雨タイプの豪雨（バック形成型豪雨）が生起する

2017年7月5日 九州北部豪雨



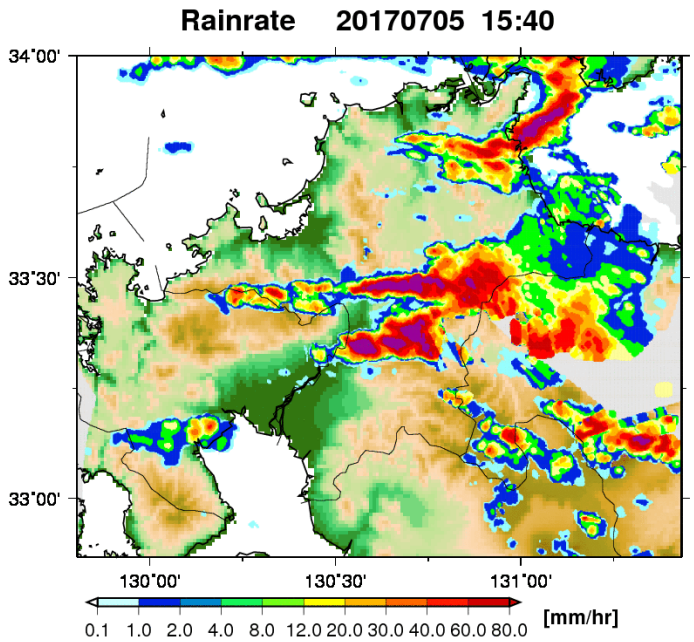
脊振山地東側で積乱雲
が繰り返し発生

⇒

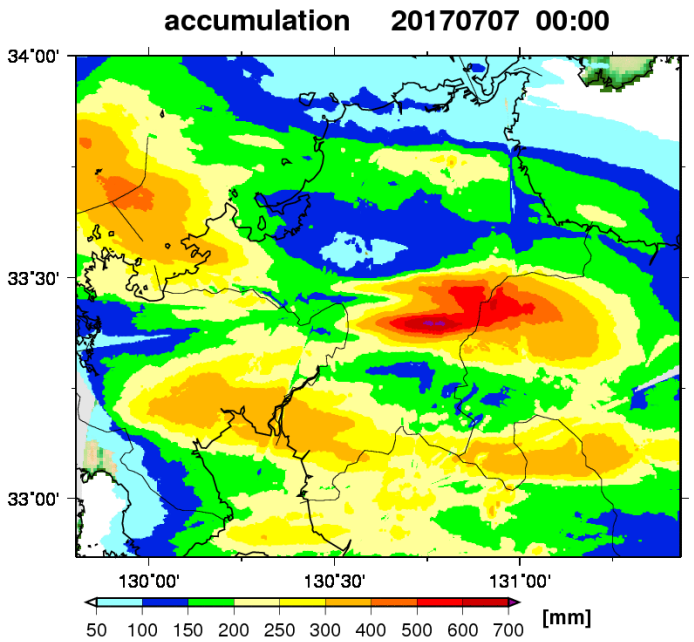
同じ場所に強い雨を
継続して降らせた

2017年九州北部豪雨(国土交通省XRAIN)
20170705 04:00 – 20170707 18:00

時間雨量



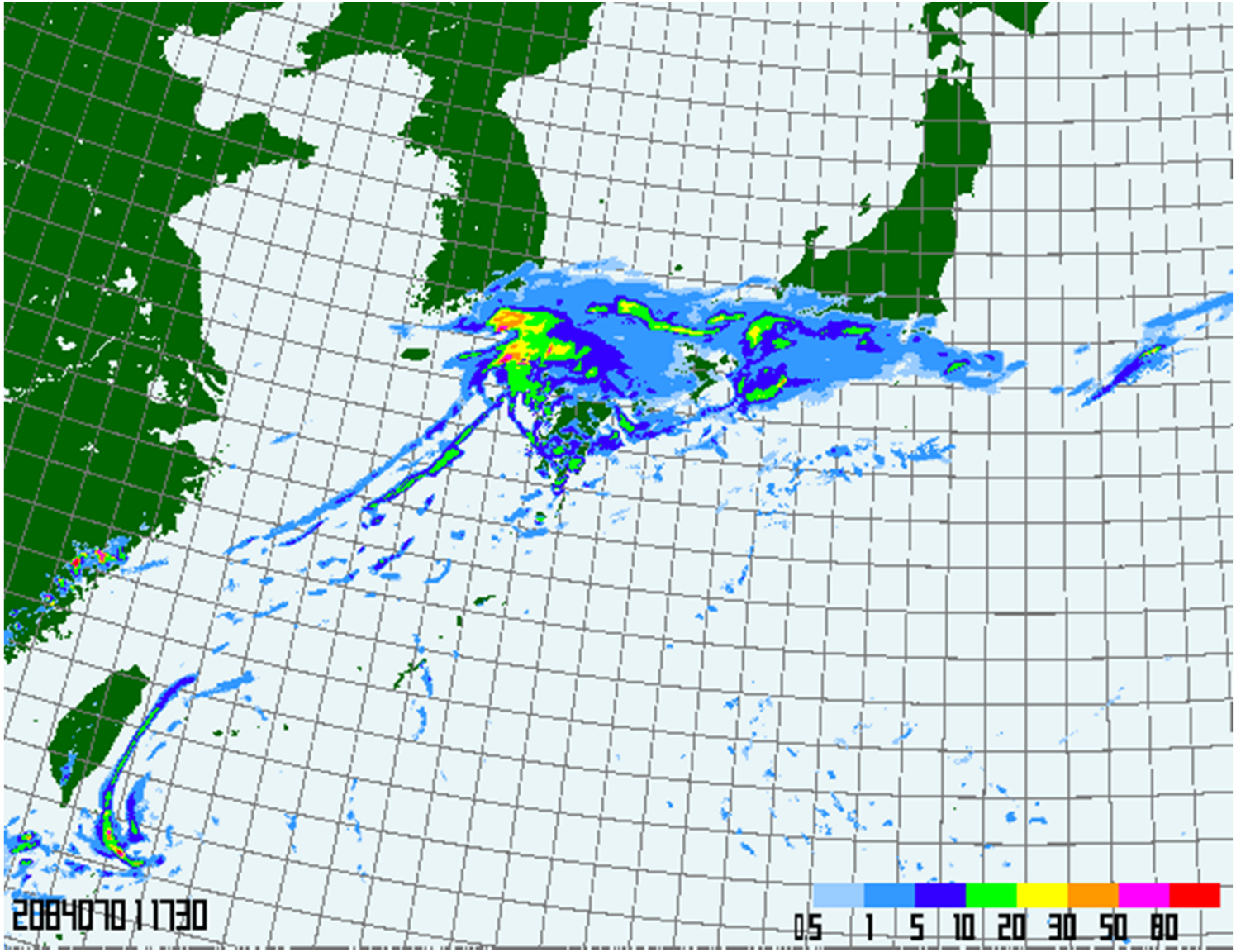
積算雨量



小坂田、山口、中北 (2017)

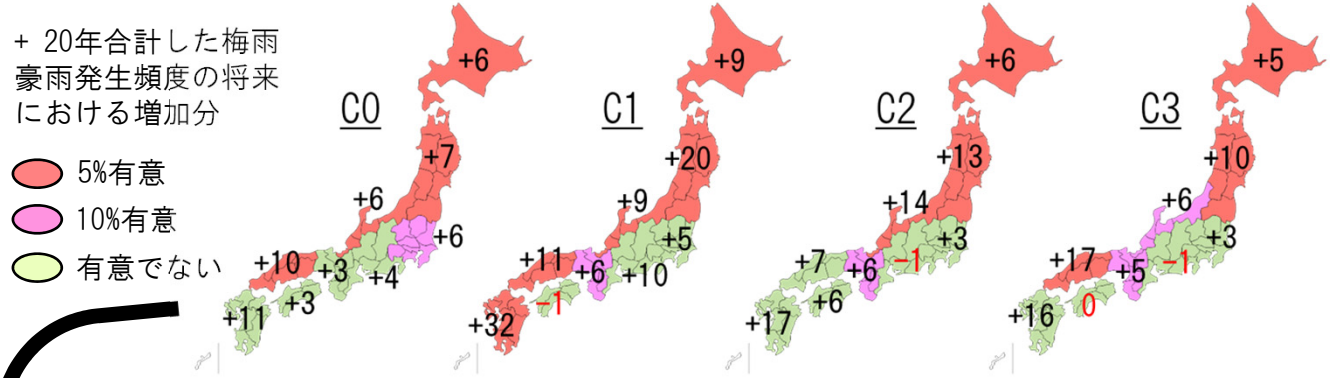
・1日以内で梅雨時豪雨の総雨量が600～700mmとなるのはまれ。
・限られた上流域のあちこちの沢が崩れて(表層崩壊)、土石流がもたらされたことはL2に匹敵。
・その積分効果で多量の土砂、流木が下流の里(小規模な扇状地など)にもたらされたことも、L2であり、気候変動適応も含めて、今後どう対応すべきかは新たな視点。(台風でも数少ない)
・5年前の九州北部豪雨は7月3日、熊本は7月12日。
・気候変動で、7月上旬の梅雨豪雨は頻度が増えると推測されている。この豪雨は温暖化の影響？

中北 (2017)



シミュレーション：気象庁気象研究所

● 創生RCM05(6～8月)の降雨分布から抽出した梅雨豪雨発生頻度の将来変化



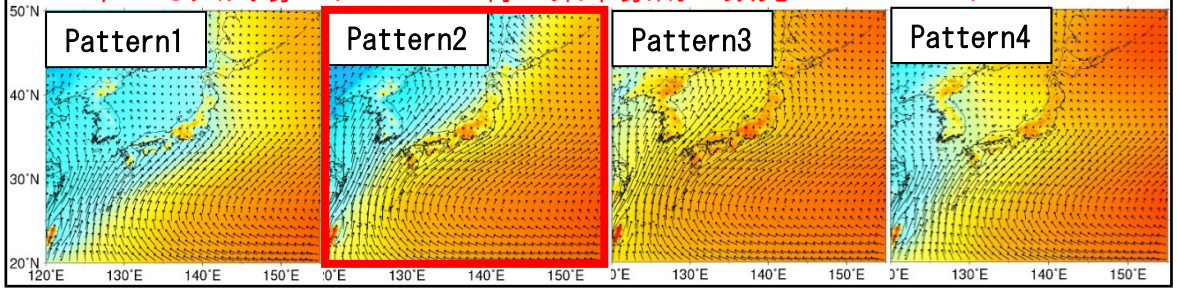
- 北日本と日本海側の地域は全てのクラスターで有意な増加が見られる．
- 太平洋側は多くのクラスターで有意な増加がない．

● RCM05豪雨と対応するAGCM20の大気場の抽出およびd4PDF20の解析

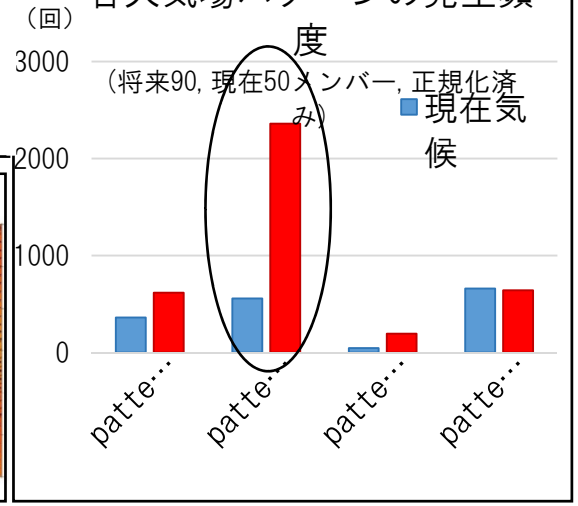
① AGCM20の大気場指標（海面更正気圧と地表面水蒸気フラックスの10日平均値）をクラスター分類し，RCM05豪雨と対応が高かった大気場パターン1～4を抽出．

② 同様にd4PDF20の大気場指標をクラスター分類し，各大気場パターンの発生頻度を算出．

中でも大気場パターン2は特に集中豪雨が頻発していたパターン．



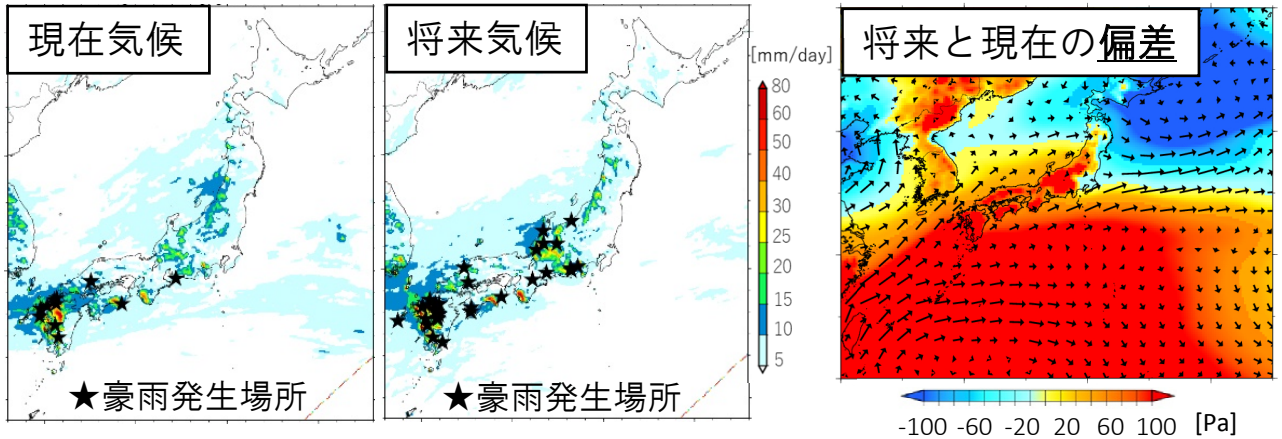
d4PDF20(6～8月)における各大気場パターンの発生頻度



- RCM05とAGCM20を用いて梅雨豪雨と大気場を結びつけると，豪雨をもたらす大気場パターンが複数抽出された．
- 豪雨をもたらす大気場の発生頻度は，d4PDF20の大量アンサンブルの中でも顕著に増加している．

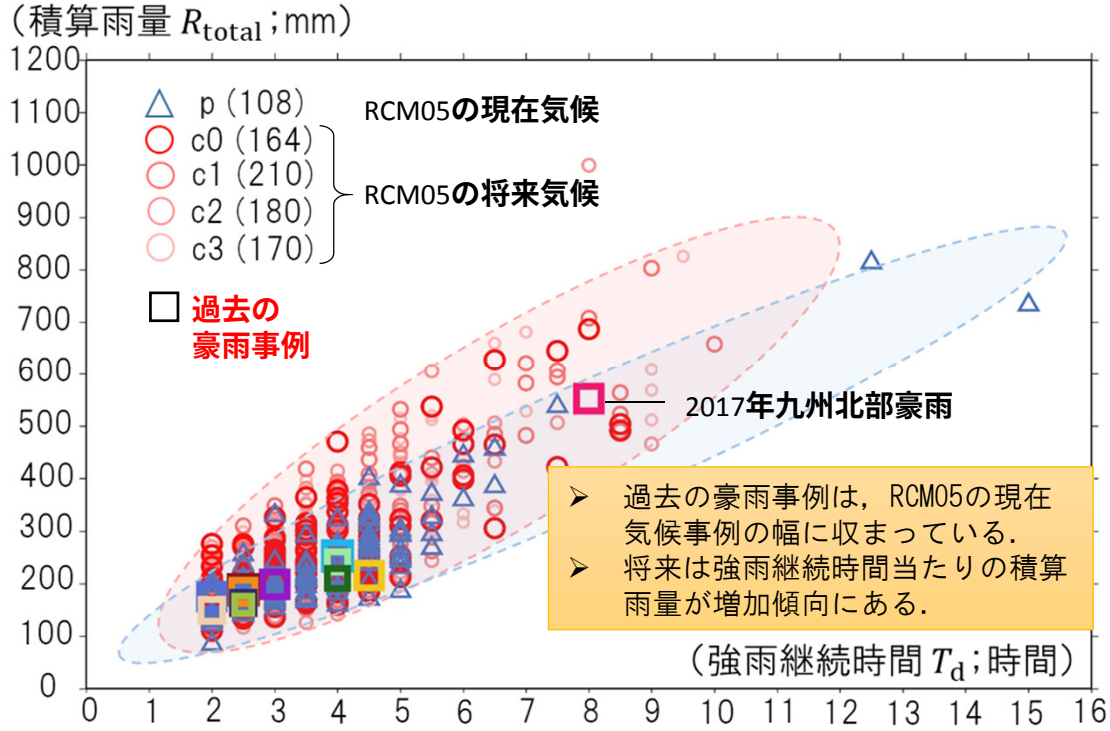
中北・小坂田(2017), 小坂田・中北(2018). Osakada and Nakakita (2018)

● 顕著に増加する大気場パターン2における梅雨豪雨発生場所の将来変化



- 将来は，現在よりも多くの水蒸気フラックスが日本域に流入することにより，梅雨豪雨発生場所がより東まで拡大する.
- 九州北部豪雨のような西日本型豪雨が，西日本以外でも発生し始める危険性.

● RCM05及び過去の梅雨豪雨の強雨(50mm/h以上)継続時間と積算雨量



- 過去の豪雨事例は，RCM05の現在気候事例の幅に収まっている.
- 将来は強雨継続時間当たりの積算雨量が増加傾向にある.

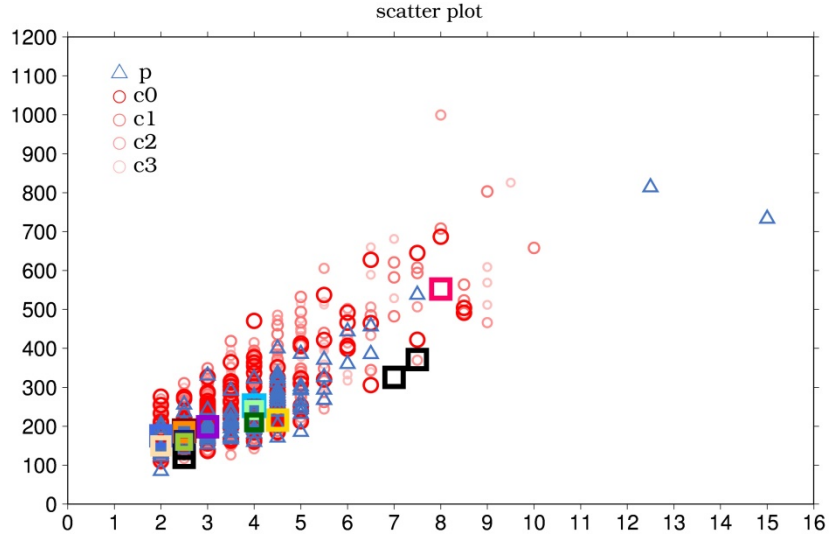
過去の豪雨事例

- a. 2017.07.九州北部豪雨（CX）
- b. 2017.07.島根豪雨（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.島根豪雨（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）

(CX)はCX合成雨量，(X)はXバンドMP合成雨量を示す.

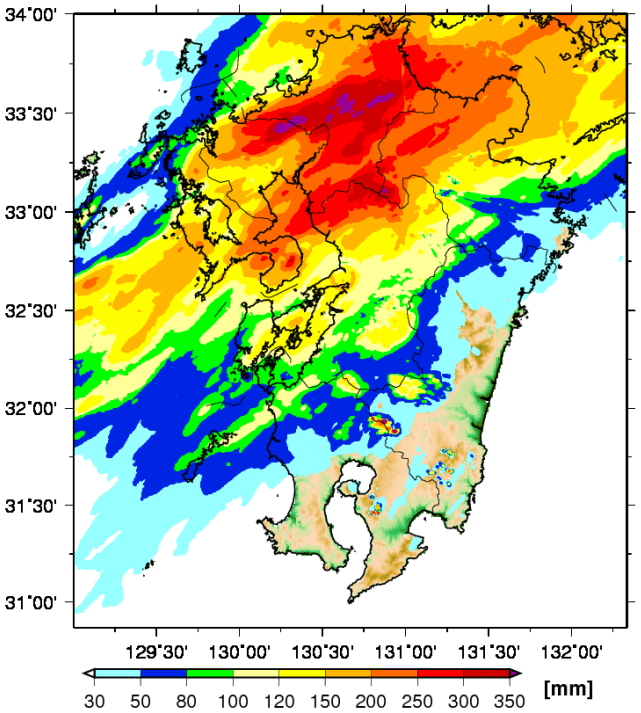
中北・小坂田(2017), 小坂田・中北(2018), Osakada and Nakakita (2018)

平成30年
西日本豪雨
7月4日～7日までの3日雨量

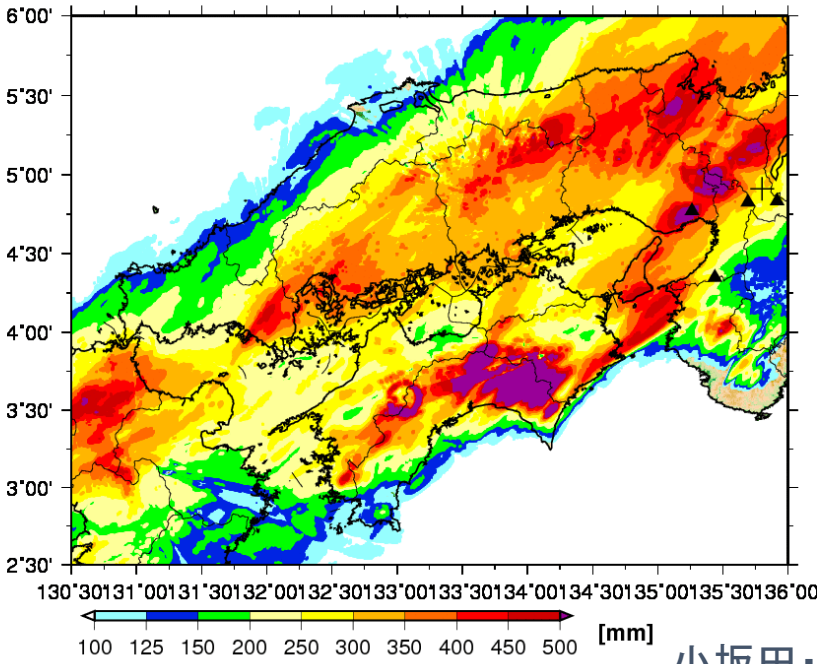


強雨(50mm/h以上)継続時間と積算雨量

7月6日の1日雨量



7月4日～7日までの3日雨量



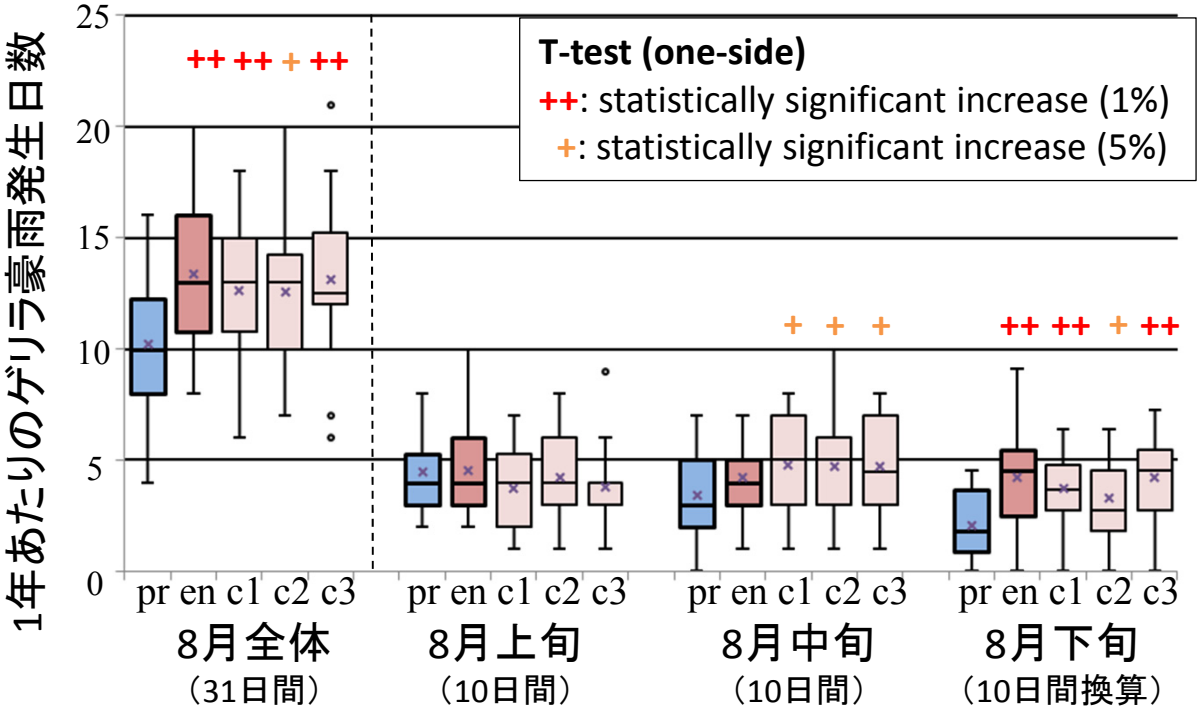
小坂田・中北(2018)

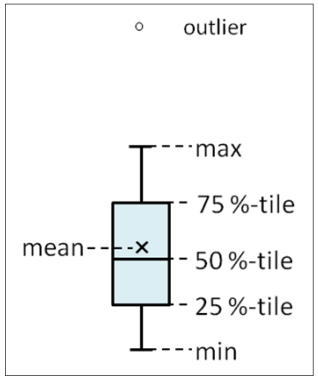
ゲリラ豪雨への影響

- 都市化を考慮していない場合、8月、特に8月下旬に増加
- 水蒸気の増加が、大気の安定度の増加に勝ることが原因と推測

NHRCM05降水量を用いたゲリラ豪雨生起頻度の解析

レーダ降雨情報の平滑化により5km・30分毎で表現されるゲリラ豪雨降水分布を把握したうえで，**NHRCM05の30分降水量**を用いて「ゲリラ豪雨発生日」を抽出し，その将来変化を解析した．



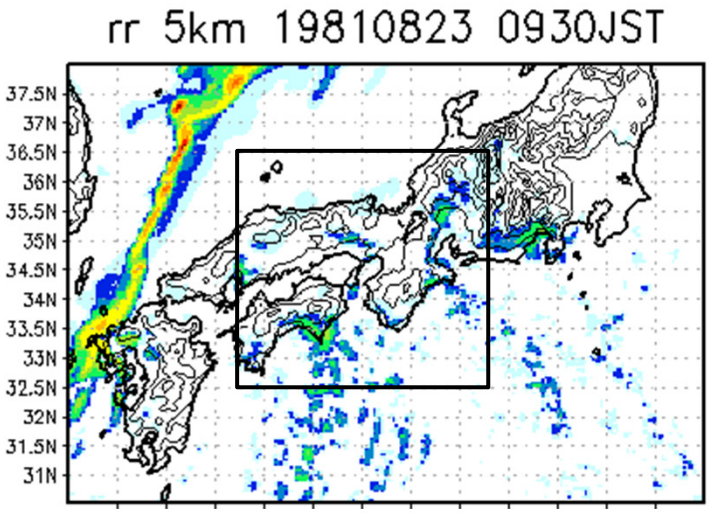


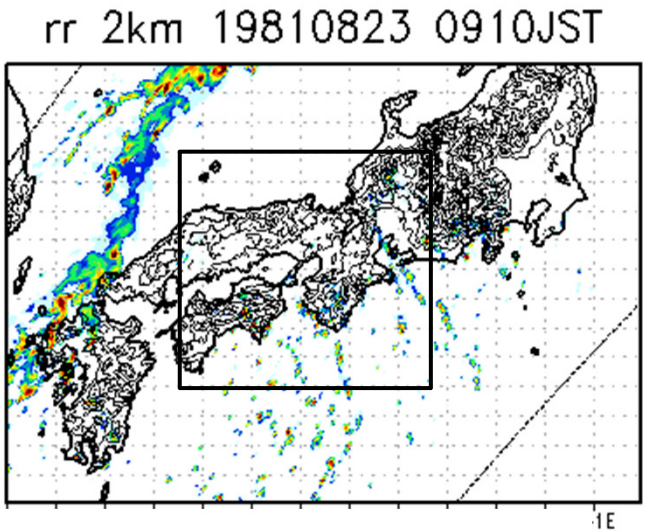
pr: present
en: future ensemble mean
c1-3: future cluster1-3
(3 SST patterns)

中北・森元・峠（2017）

8月全体 AUGUST: 有意な増加 Significant increase (all 4 ensembles)
8月上旬 Beginning of August: 有意な変化なし Not significant change
8月中旬 Middle of August: 有意な増加 Significant increase (3 ensembles)
8月下旬 End of August: 有意な増加 Significant increase (all 4 ensembles)

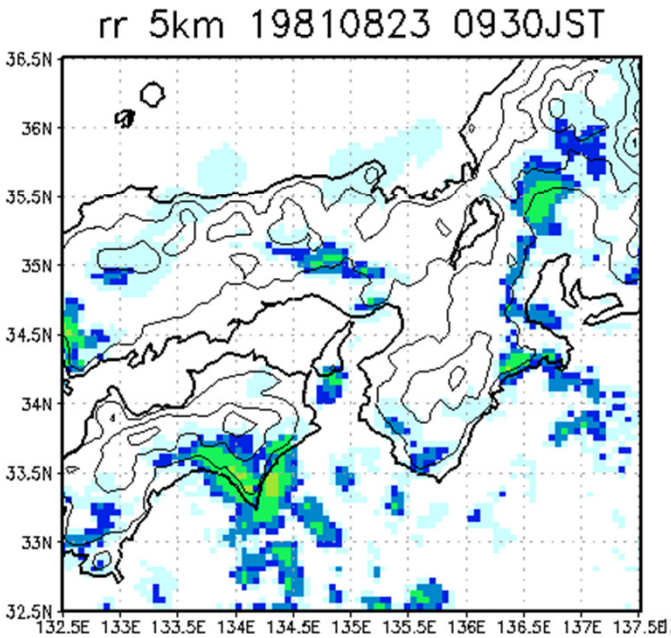
◆降雨分布がより精緻に再現された形でゲリラ豪雨の解析を行いたい．→**NHRCM02へ**

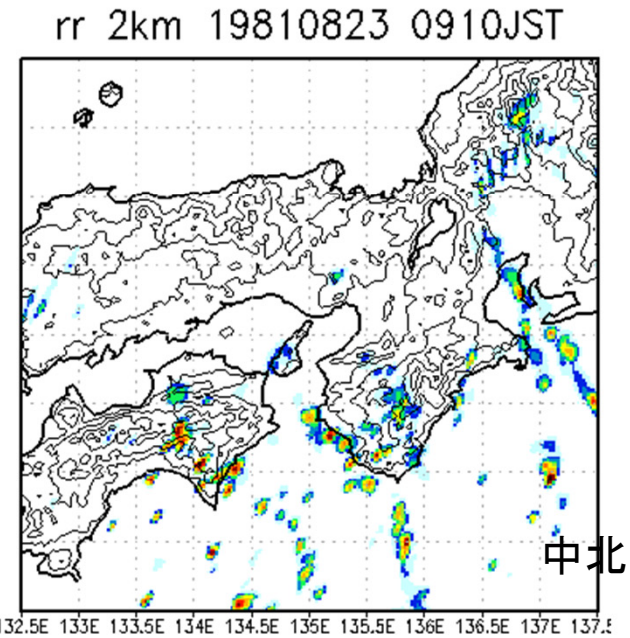


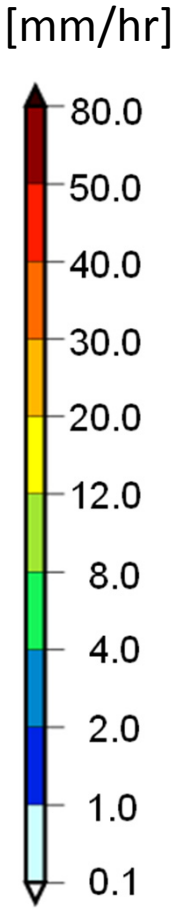


NHRCM05・30分降水量

NHRCM02・10分降水量

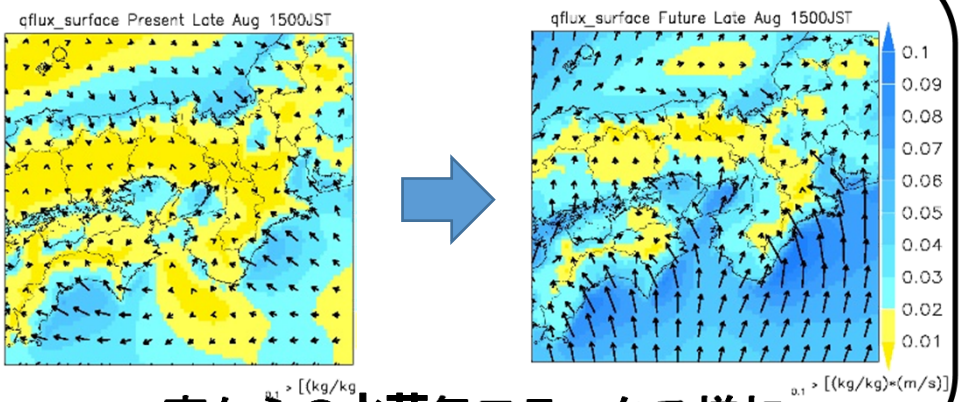




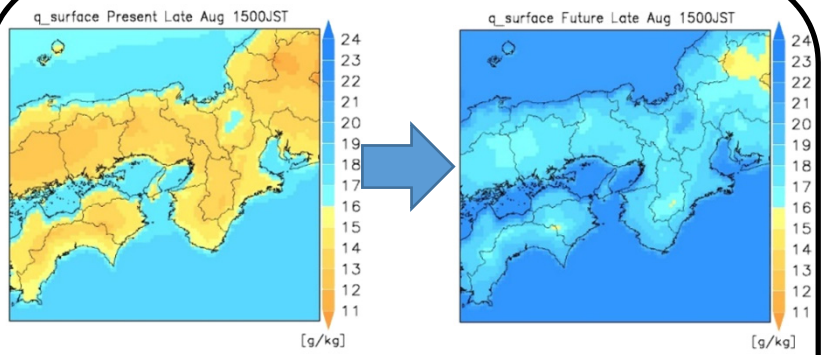


中北・森元・峠（2017）

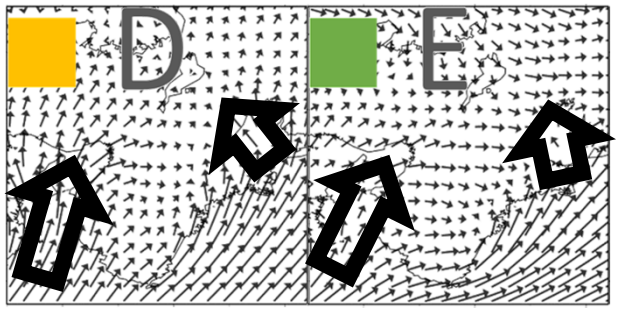
８月下旬での顕著な水蒸気量増加の原因



南からの水蒸気フラックス増加



近畿南方海上の水蒸気量が増加



含みうる水蒸気量が比較的多い
南よりの風の頻度が増加

申北・橋本・森本・小坂田(2018)

極端現象に伴う災害発生変動評価

斜面系　山岳系　河道　都市・低平地　沿岸域

領域C GCM・RCM 出力

降雨・気温・水蒸気・風速・放射・気圧系列 （現在気候、近未来、世紀末　各25～30年）
（領域C：GCM60, GCM20, RC5, RCM2 (アンサンブル実験結果を含む), やCMIP5）

温暖化出力翻訳

領域気候モデル (気象研5km, 2km-RCM, 独自ラン with WARF等)（物理的ダウンスケール）

陸面過程モデル

台風モデル

降水

主要物理量の確率時空間モデル・極値確率分布モデル （確率的ダウンスケール）

Hazard モデル (長期計算も含む)

土砂生産モデル

ダム操作ルールモデル

土砂流出モデル

河道の土砂体積・輸送モデル

雨水流出モデル

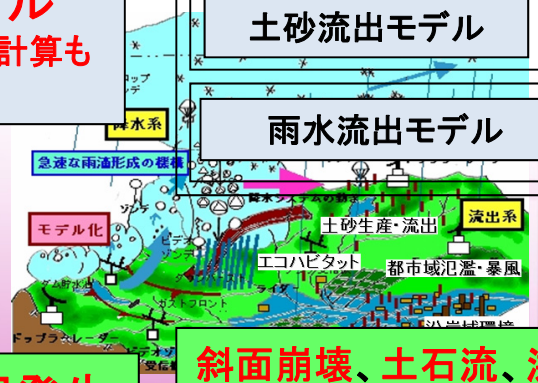
河道の水流モデル

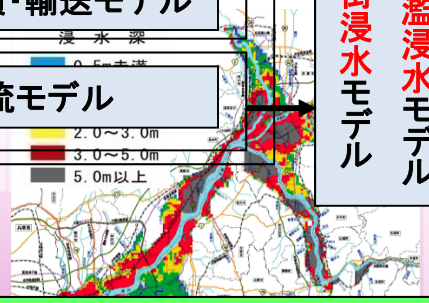
洪水氾濫浸水モデル

地下街浸水モデル

強風による建物被害モデル

高潮・高波モデル





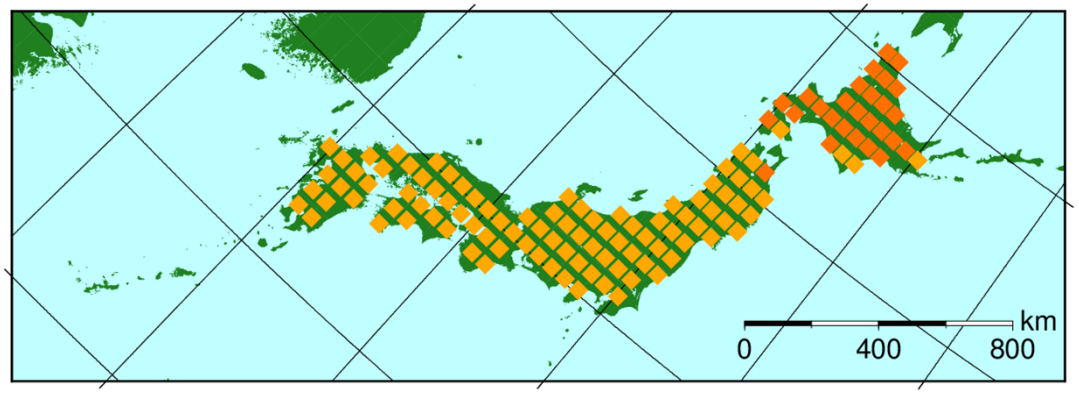
災害発生変動評価

斜面崩壊、土石流、洪水流出、洪水氾濫（都市域氾濫・地下街浸水など）、高潮・高波氾濫、強風・突風により、発生頻度に応じた各ハザードの巨大化や災害としての治水施設（ダムオペレーションも），堤防、防波堤護岸の安全率の低下や建物被害率の増大 ＝＞新たな気候変動評価指標の創出

d4PDFを用いた実効雨量による土砂災害リスク評価

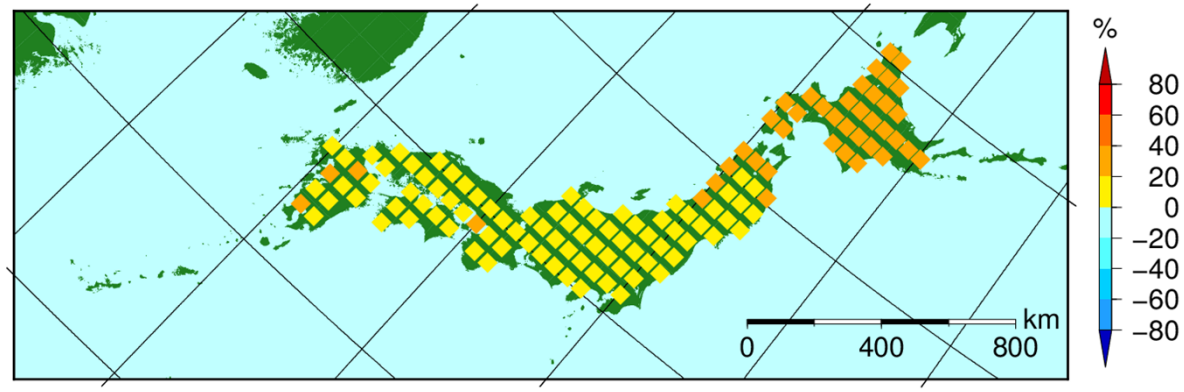
表層崩壊リスク

半減期1.5時間の実効雨量の将来変化



深層崩壊リスク

半減期72時間の実効雨量の将来変化



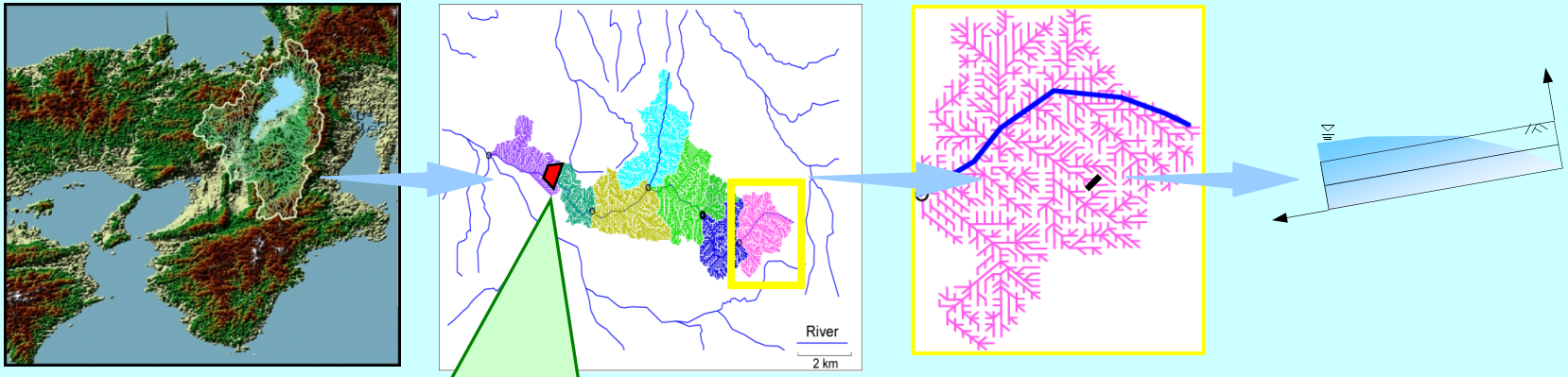
(a)半減期1.5時間、(b)半減期72時間の実効雨量における過去実験（1951~2011年）61年間の99.5%-ile値と4°C上昇実験（2051~2111年）のそれとの変化の割合。◆は1%有意水準で有意な変化を示す。

すべての海面水温昇温パターンを含めた表層、深層崩壊リスクの将来変化を示す。表層、深層崩壊リスクともに全国的に上昇し、中でも北海道の上昇率が他の地域と比べて大きい。表層崩壊リスクでは、北海道が40~60%、そのほかの地域が20~40%であるのに対し、深層崩壊リスクでは、北海道が20~40%、そのほかの地域が20%未満であった。

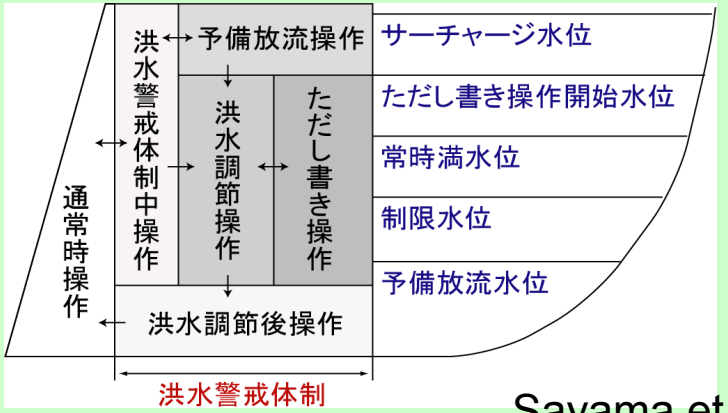
兵庫県立大・奥(2017)

洪水流出モデルによる河川流量推定

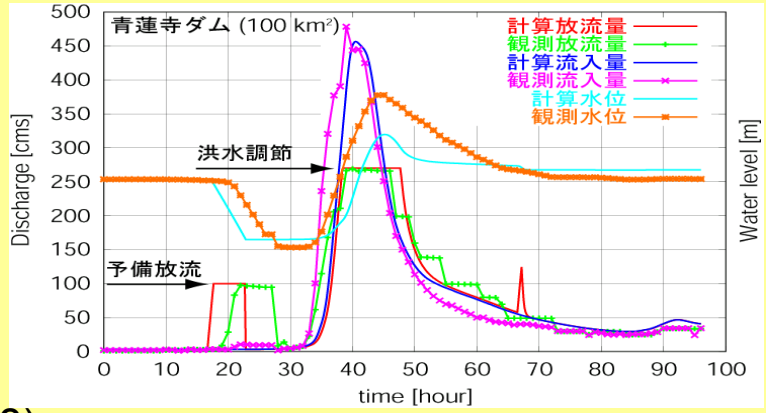
洪水流出モデル



ダム操作モデル

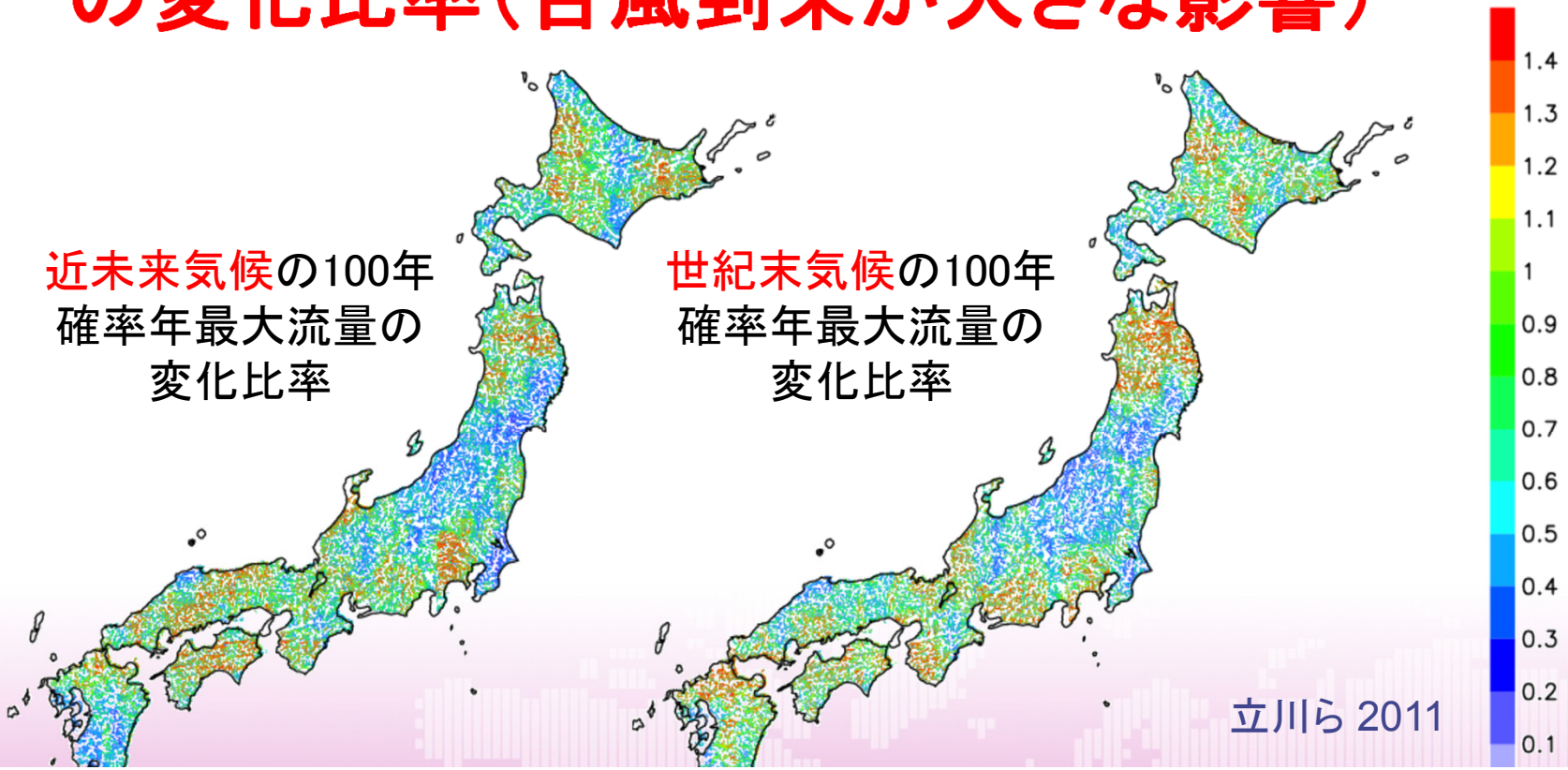


両方を考慮した洪水流出計算



Sayama et al (2008)

再現期間100年に対応する年最大流量の変化比率（台風到来が大きな影響）

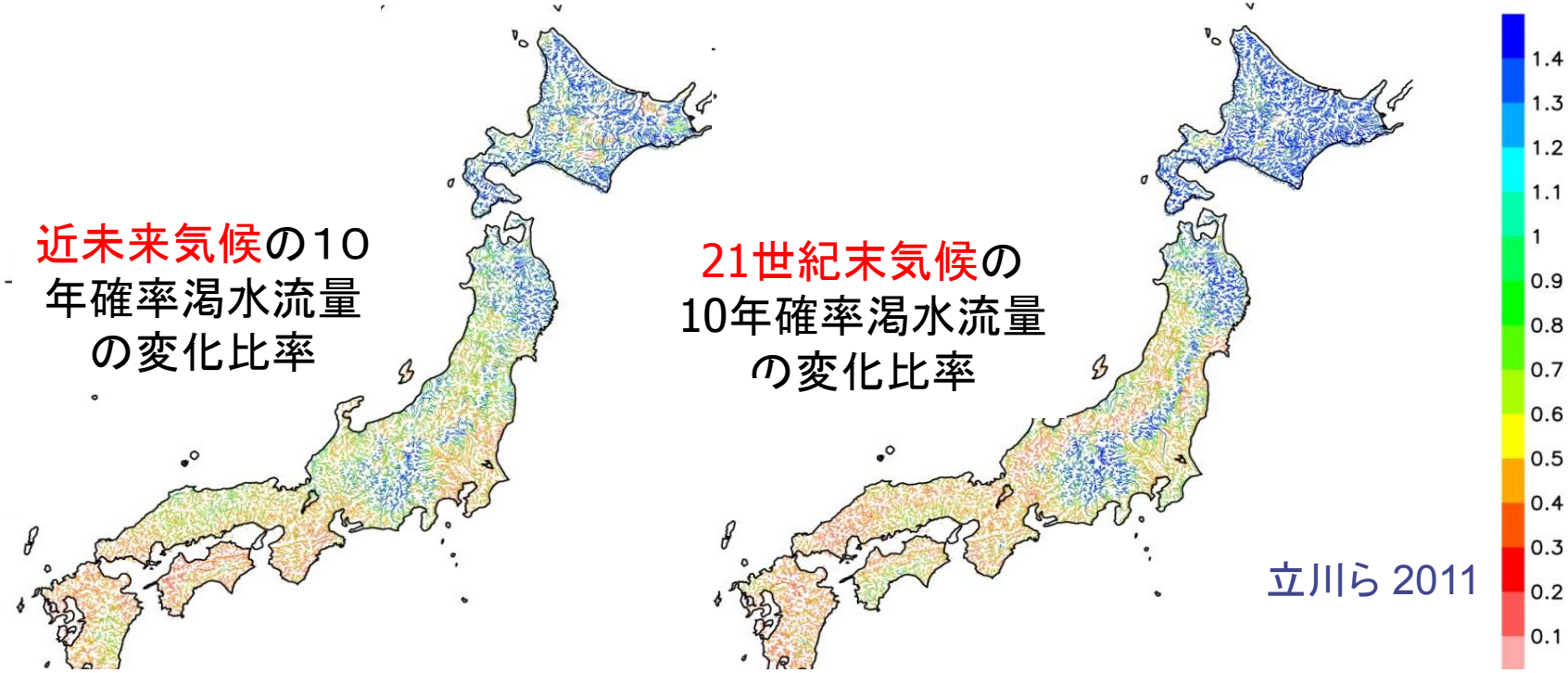


立川ら 2011

●東北南部と北陸東部以外、ほとんどの地域で最大流量は増加。30－40%増も。
●もともと大雨の少ない東北では、クリティカルになる危険性が大きい。
●ただし、九州～近畿以外では、台風到来頻度が元々相対的に少なく、GCMによる25年間の計算では、たまたまという影響が大きいと考えられる。洪水危険度は東日本も要注意。

再現期間10年に対応する渇水流量の変化比率（台風が来ない事が大きな影響）

渇水流量：1年で約10番目に少ない、河川の一日の流量



立川ら 2011

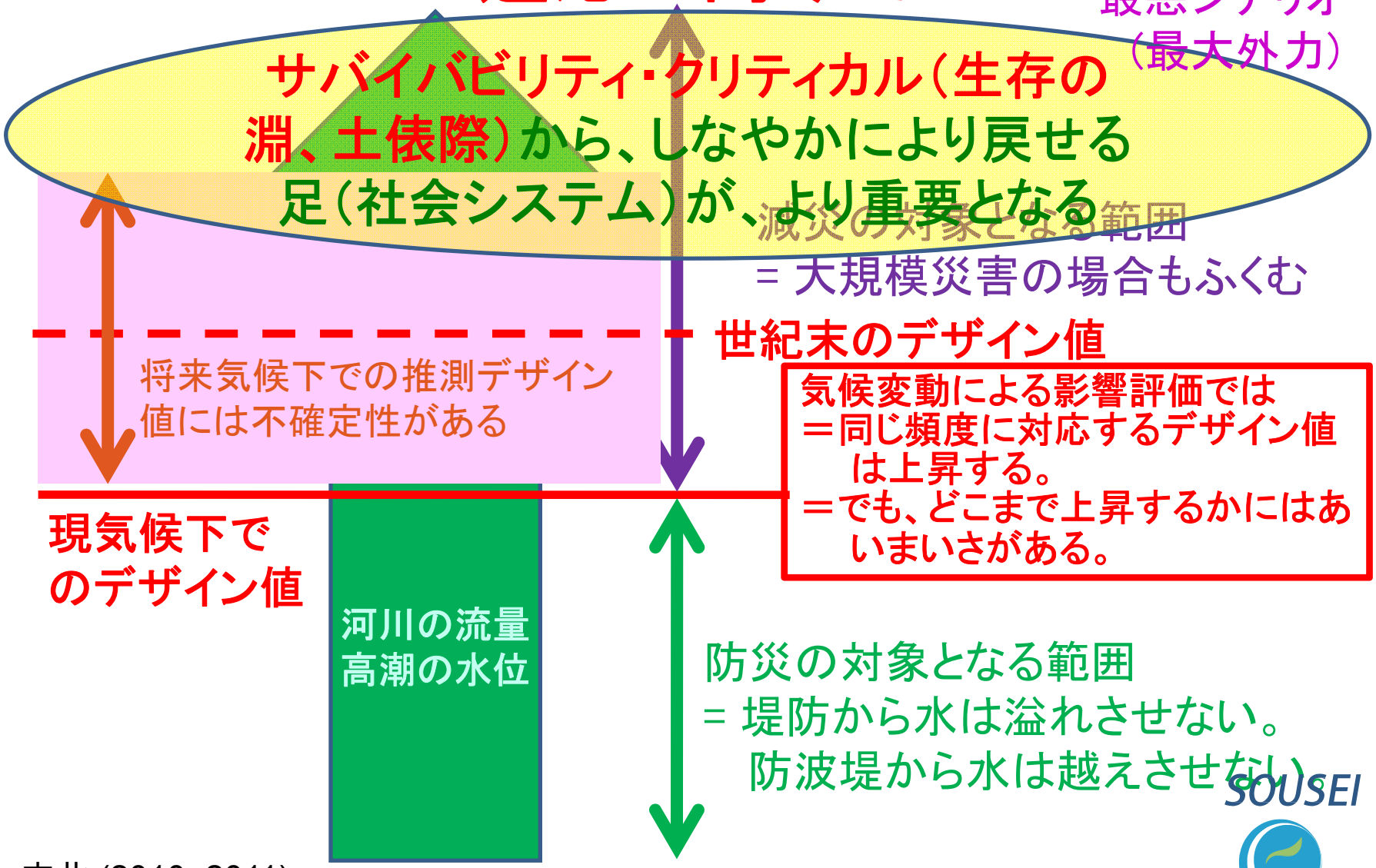
- 北日本と中部山地以外では、渇水時の流量減少。渇水が深刻に。
- 西日本では、洪水危険も増すし、渇水危険度も増す。
- ただし、九州～近畿以外では、台風到来頻度が元々相対的に少なく、GCMによる の計算では、たまたまという影響が大きいと考えられる。

革新

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？

- 100年に一度起こる規模の河川最大流量が九州・四国・近畿・東海地方の太平洋側で増大すること
- 10年に一度の少ない規模で起こる河川流量が北日本と中部山岳地帯を除く多くの流域で悪化し、融雪水を利用している地域では、融雪ピークの減少やそれが早期化すること
- ダム操作の有効性が変化すること
- 西日本太平洋側を中心に、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・高波が一部の主要湾で悪化すること
- 降雪、積雪状況の変化により、水ストレスが増加する

適応に向けて



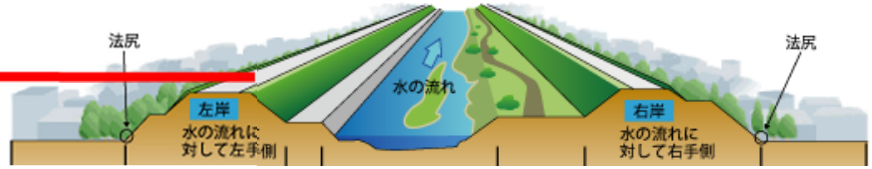
中北 (2010, 2011)

設計値Design value（確率値）

河川流量、
高潮・高波高

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

減災（Mitigation）

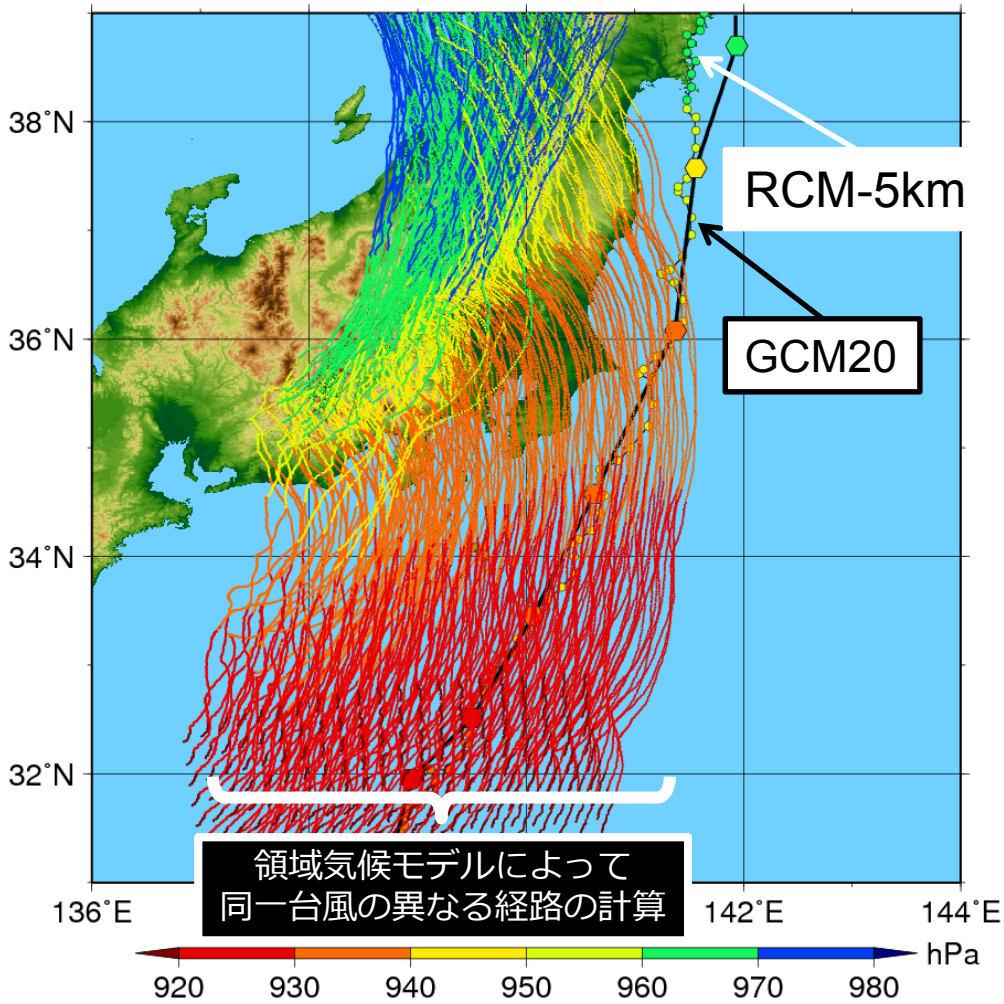


防ぐ・防災(Prevention)

SOUSEI

革新

「最大クラスシナリオ」の設計と評価



台風の渦を保存させて中心位置を移動させる。

（台風のスタートを移動させる）

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。

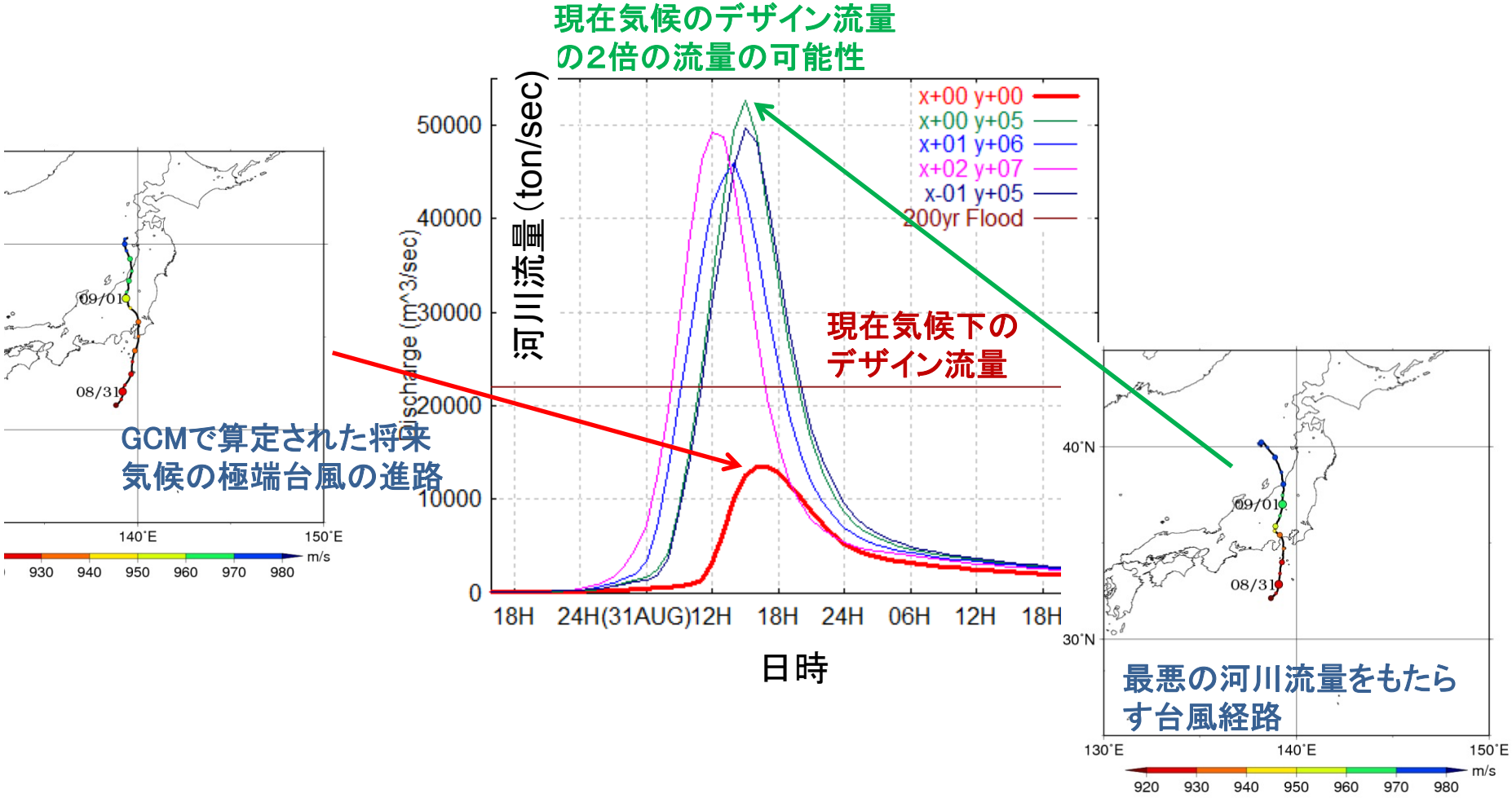
（任意の位置から台風を走らせる）

影響評価

- 陸：強風・河川流量・浸水
- 海：波浪・高潮

石川ら (2009)

将来気候の極端台風を進路変更させたときの最大クラスの河川流量の変化



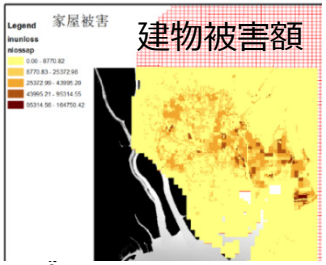
奥ら (2009)

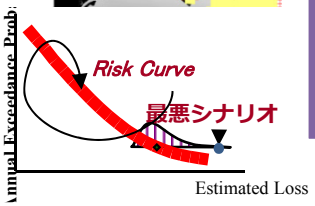
最大クラス複合災害の影響評価

極端台風の再現

擬似温暖化実験

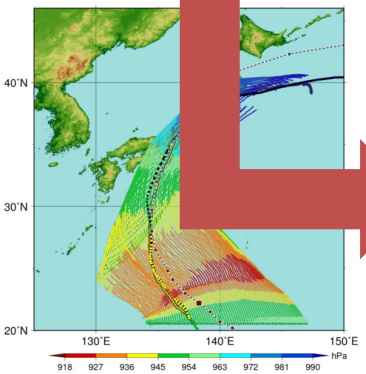
経路アンサンブル





リスク評価

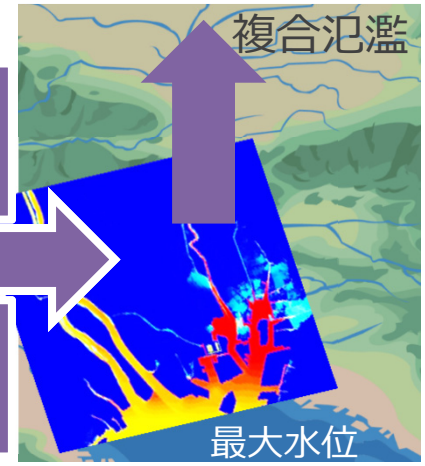
経済影響



伊勢湾台風の例

降雨・河川氾濫

高潮氾濫

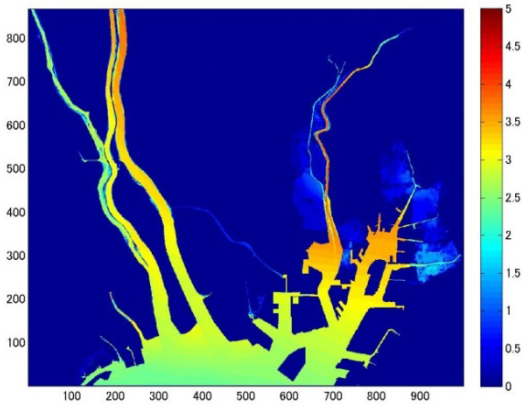


最大クラス高潮と氾濫範囲

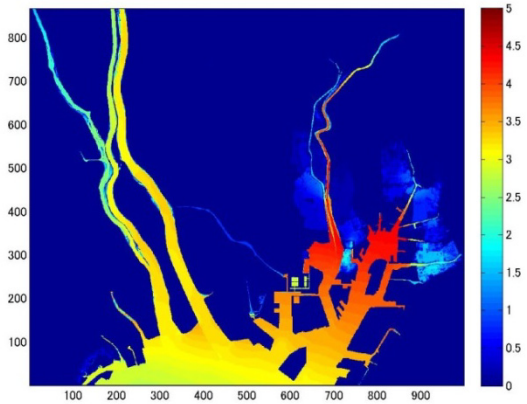
澁谷・金（2015）

D-i-c
沿岸災害

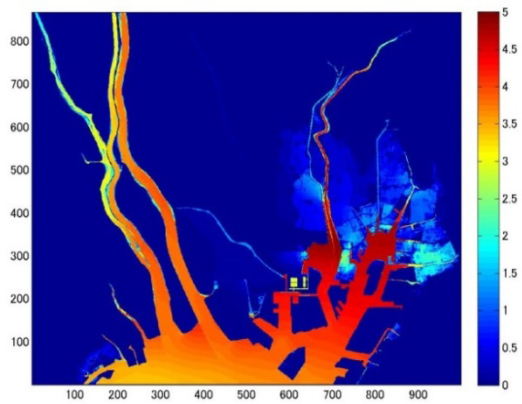
伊勢湾台風再現

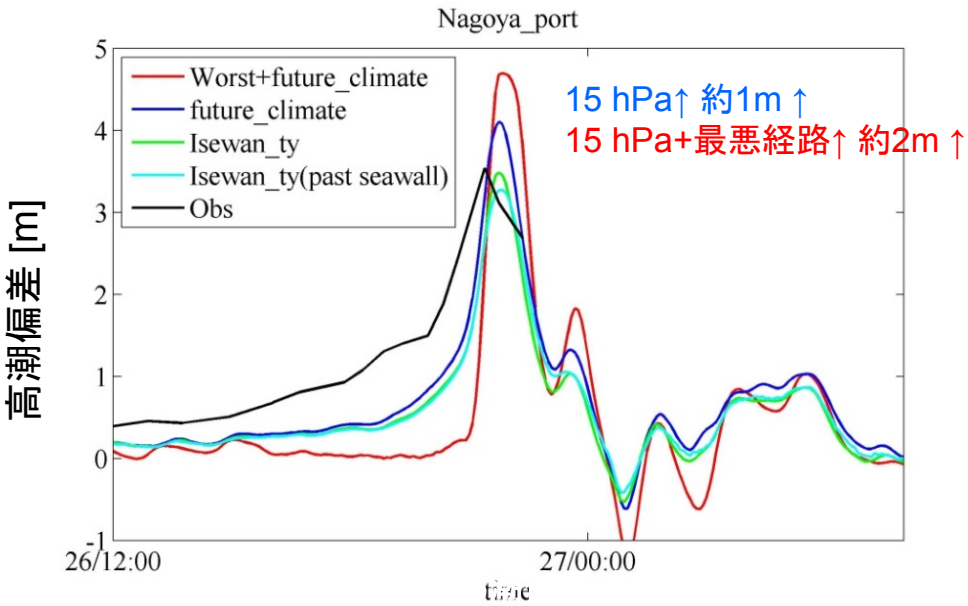


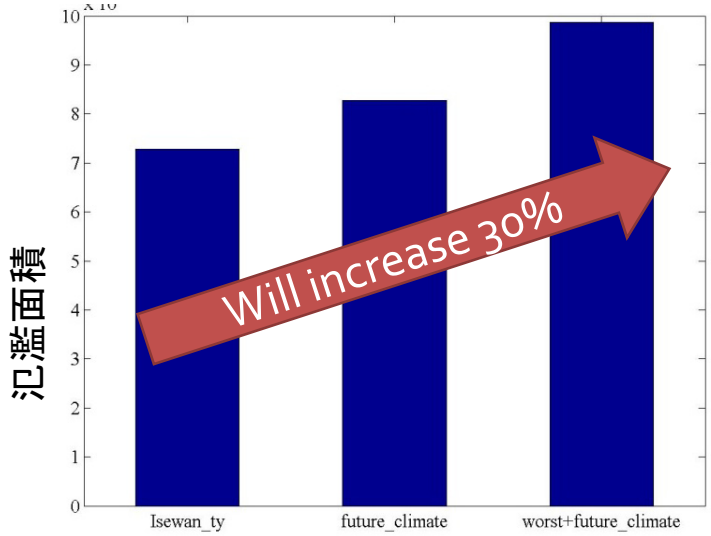
伊勢湾台風を疑似温暖化させた場合



疑似温暖化+最悪経路を辿った場合



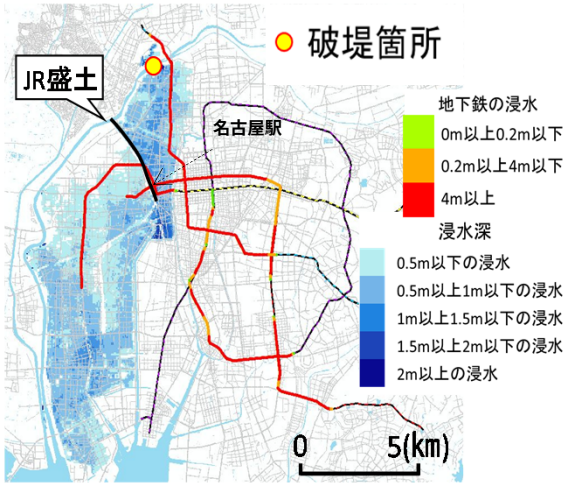




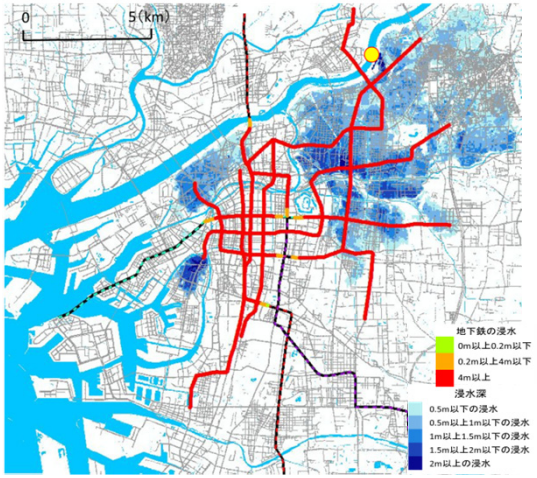
伊勢湾台風再現 疑似温暖化 疑似温暖化+最悪経路

三大都市圏の洪水氾濫解析（中部大、京大防）

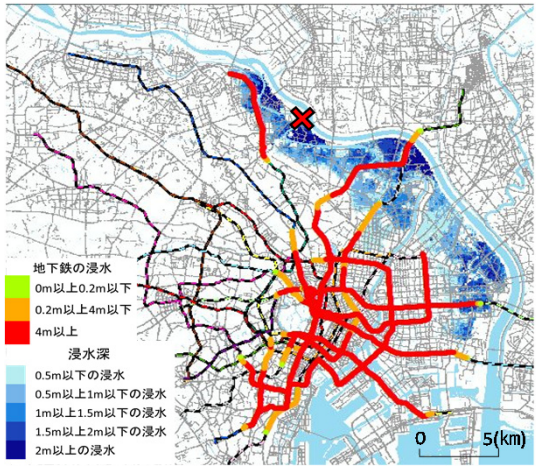
名古屋への適用
（庄内川堤防破堤を想定）



大阪への適用
（淀川洪水破堤を想定）



東京への適用
（荒川洪水破堤を想定）



最大浸水深の分布

計画洪水流量を想定した河川流量の時間変化を対象河川の上流端に与え、下流はそれぞれの湾の潮位を与えた。河川流量のピーク値と満潮時が重なるように設定した。また、一つの解析で一か所が破堤する（破堤箇所の堤防天端が堤内地の地盤高に置き換わる）想定氾濫解析を行った。

名古屋の特徴として，JR盛土構造物よりも上流側で破堤が生じれば，氾濫水は南下し，地下空間の入口が多数存在する名古屋駅周辺を流下するので，地下空間へも多大な氾濫水が流入し，その水は一つの駅に留まらずに，地下鉄内を拡がることが分かった。

大阪の場合，河川から近い場所に地下空間の入口が多数あり，多くの計算条件（異なる破堤箇所）の結果では，多大な水量が地下空間へ流入しており，地下鉄も満水となっていた．また，大阪の地下鉄は低平地を通っており，氾濫水は地下鉄線路を広く伝うことが示された．

東京の場合：地盤高の状況により荒川の川沿いに浸水が拡がり河口へと流下していることが分かる．また，氾濫水の方向と異なり，東京の南東部の深い個所に位置する地下鉄線路に氾濫水が流入し，その地域では満水の地下鉄線路が多くなっている．
なお，大阪であったような地下鉄からの噴出しは見られなかった．

中部大・武田、京大(防)・川池(2017)

国交省に関連した3つの大きな動き

【新たなステージに対応した防災・減災のあり方】

○最悪の事態が発生しても「命を守り」、「壊滅的被害を回避」

【気候変動への適応策】

「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～」

○比較的発生頻度の高い外力に対し、施設により災害の発生を防止

○施設の能力を上回る外力に対し、施策を総動員してできる限り被害を軽減

- **施設の運用、構造、整備手順等の工夫**
- **まちづくり・地域づくりとの連携　等**

【水防法等の改正】

○洪水に係る浸水想定区域を、**想定し得る最大規模の降雨**を前提とした区域に拡充

○新たに、内水及び高潮に係る浸水想定区域制度を設け、想定し得る**最大規模の降雨・高潮**を前提とした区域を公表

○地下街等の避難確保・浸水防止に係る制度の拡充　等

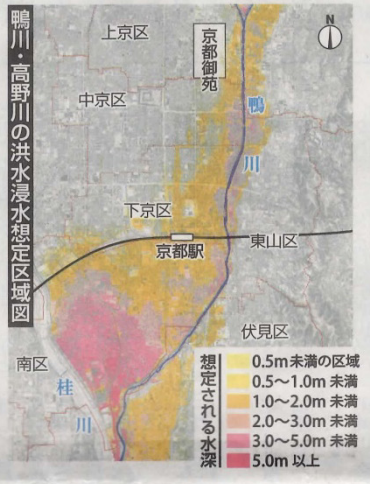
最大浸水想定(1)

鴨川浸水 最大7メートル超

府、豪雨想定で51河川被害区域図

桂川合流地点 範囲が拡大、最長5日間

京都府は8日、京都市内を流れる鴨川など府管理の51河川について、千年に1回程度の豪雨を想定した浸水区域図をまとめた。鴨川では南区の桂川合流地点付近で浸水の深さが最大約7・7メートルと2階建て家屋を超え、浸水は最長5日間続くとしている。結果を基に、各市町にハザードマップの更新を求める。(24面に「インサイド」)



豪雨災害が相次いだことから2015年に改正された水防法に基づき、河川ごとに想定される最大規模の降雨による浸水区域図を新たに策定しなければならない。府は、想定の見直しが必要な河川を含め全377河川を対象に、22年度までに作成、更新する方針。作業完了分の公表は初めて。

16年ぶりに更新した鴨川・高野川は、24時間雨量を736ミリと設定し、前回想定(2000年東海豪雨規模)から約200ミリ増やした。詳細な地形のデータを使い、25メートル四方の単位で試算した結果、浸水被害を受けるのは京都市や下流の八幡市、久御山町に広がった。

最大浸水深が7・67メートルと予想される京都市南区上鳥羽地域周辺では被害範囲が前回想定よりも広がった。市内では、下京区で最大浸水深が前回想定の1・92メートルから今回は6・04メートルになった。

初めて算出した浸水継続時間は、南区と伏見区で最長110時間となった。氾濫で家屋倒壊の危険がある区域は市内で7平方キロに及び、左京区が4・7平方キロを占めた。

51河川の浸水区域図は15日から府のホームページで公開する。

(沢田亮英)

第3種郵便物認可

家屋倒壊区域を初明示

府内51河川 浸水被害図

「千年に一度」想定 水害対策急務

インサイド

京都府が8日まとめた府管理51河川の浸水区域図は、近年相次いだ豪雨災害を受けて「100年に1度程度」とした過去の想定よりも厳しい「千年に1度程度」といった条件を設定し、浸水が継続する時間と木造家屋が流される危険区域も新たに示した。対象の市町では避難の方法や場所の見直しを迫られる可能性があり、梅雨と台風の季節を前に水害対策の強化が急がれる。

府が鴨川で設定した雨量は24時間で736ミリ。近年では昨年の台風21号により綾部市で523ミリを記録しており、国内では過去最大の24時間雨量は851ミリ(2011年、高知県)の例がある。「現実にあり得る数字」(府砂防課)という。

浸水の深さが3メートルを超えると家屋の1階は水没するとされ、府は2階以上への緊急避難も呼び掛ける。ただ、鴨川の想定では2階部分も水没する深さ5メートル以上の区域が京都市南区に生じるなど、16年前の想定から浸水がさらに深くなっている地点も多い。氾濫による家屋の倒壊や流失が予想される区域も初めて明らかになり、府は「早期に立ち退き避難が必要な区域」の設定が必要としている。

京都市は近く全戸配布する広報紙で、行政区別に府の想定図を掲載する。河川の氾濫と同時に発生する恐れがある土砂災害の警戒区域も示しており、「地域によっては避難経路の再確認が必要になる」(防災危機管理室)と対応を急ぐ。

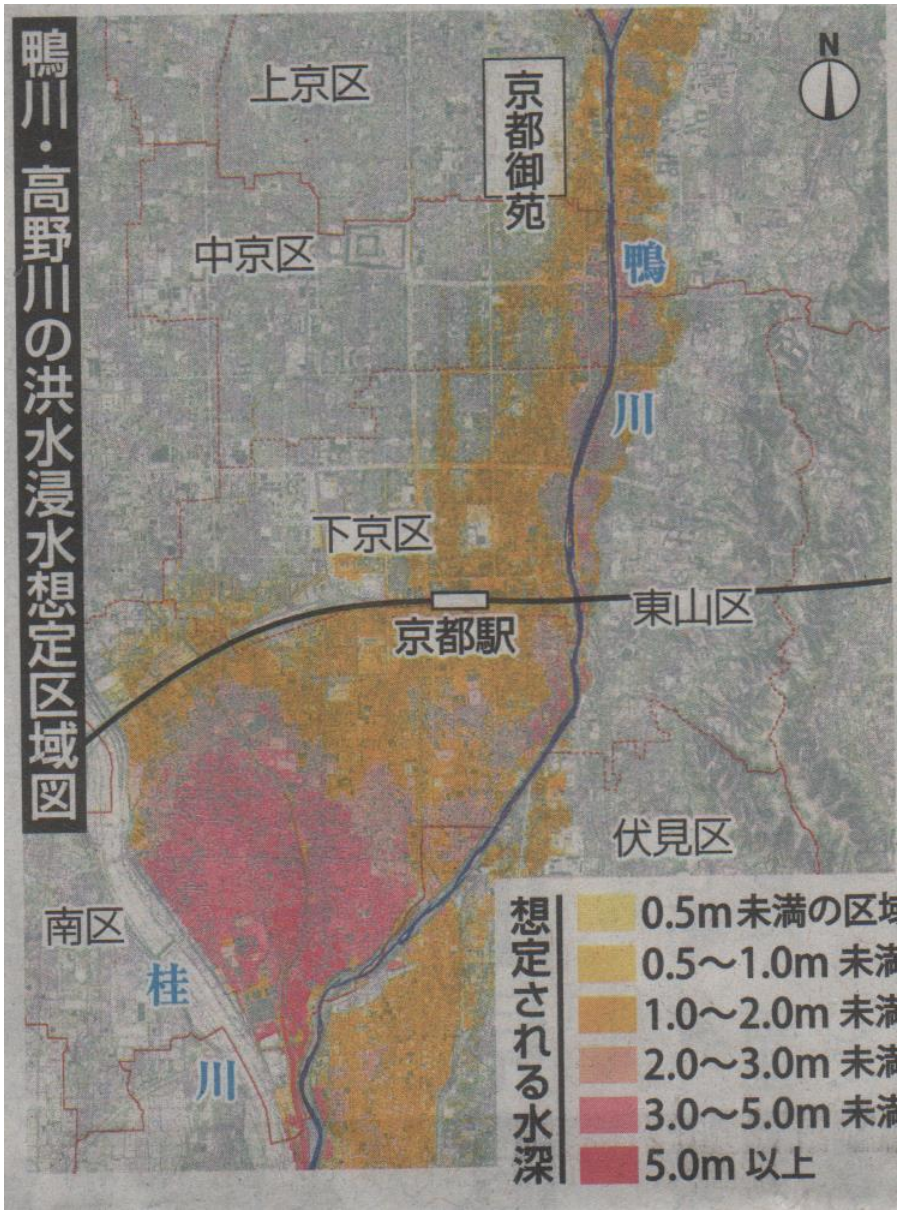
今回想定を公表したのは13市町・51河川で、まだ全体の約7分の1だ。西脇隆俊知事は先月の就任後、全河川の想定公表を急ぐように指示。府は今後5年間で作業を完了させる方針を決めた。国が管理している府南部の淀川水系4河川、北部の由良川水系では既に新たな浸水区域図が示されている。

府は河川改修を進めているが、財源上の制約があり、府管理河川で時間50ミリの雨に耐えられるのは全体の36%にとどまる。氾濫が予想される地域の福祉施設で避難計画策定が遅れるなど、ソフト面でも課題が山積する。府と市町村は地域団体や民間事業者などと連携を強め、浸水想定図を効果的に使った取り組みが一層求められる。

(沢田亮英)

京都新聞5月9日朝刊(左:第1面、右:24面)

最大浸水想定(2)


鴨川・高野川の洪水浸水想定区域図
上京区
京都御苑
中京区
鴨
川
下京区
東山区
京都駅
伏見区
南区
桂
川
N
想定される水深
0.5m未満の区域
0.5～1.0m 未満
1.0～2.0m 未満
2.0～3.0m 未満
3.0～5.0m 未満
5.0m 以上

適応に向けての大切なこと

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. 普段の場の変化への適応

ご静聴ありがとうございました

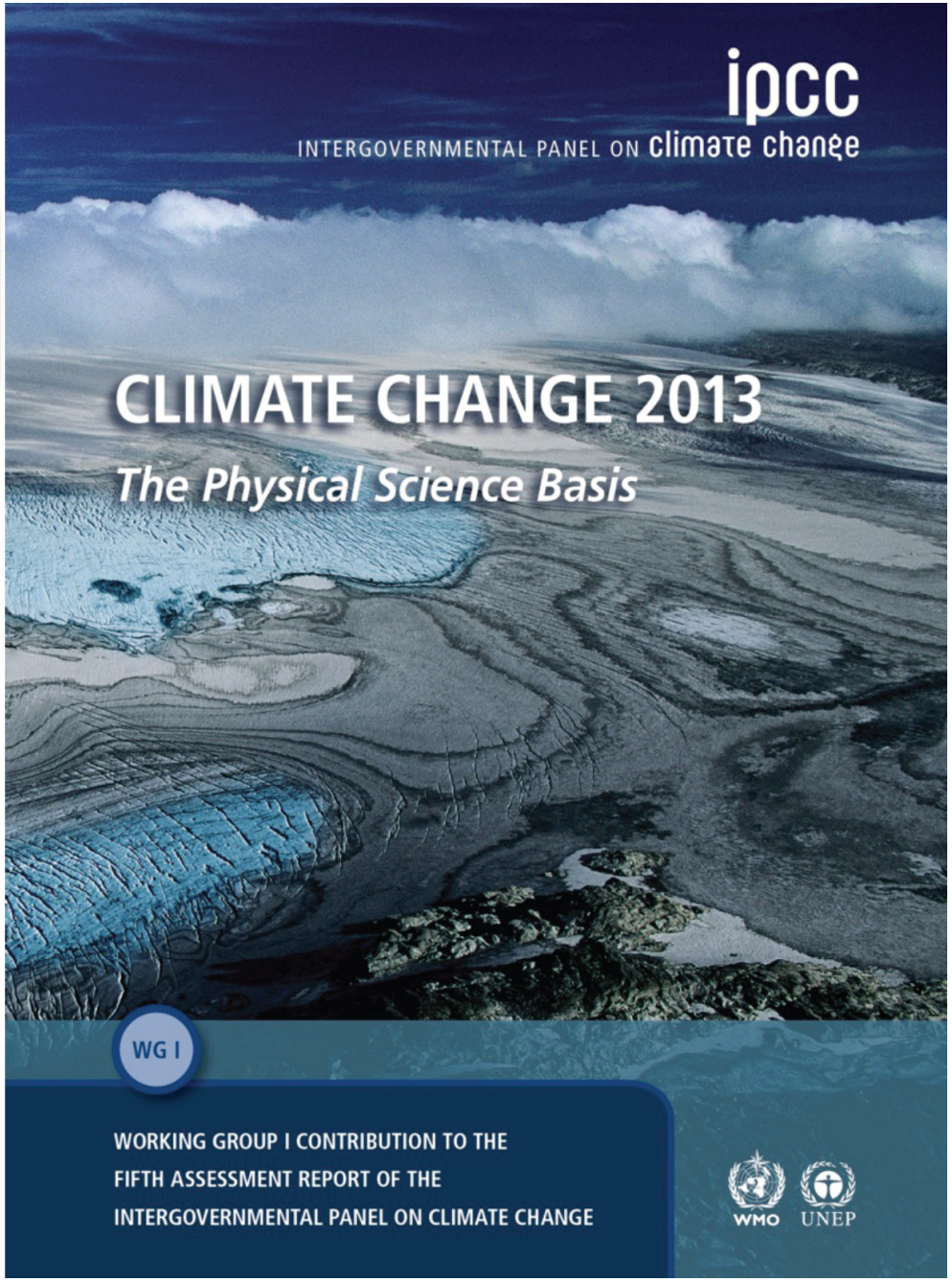
気候変動による影響評価・適応策創出の仲間です。

写真：宇治川、塔の島

観測

理解

将来


ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change
CLIMATE CHANGE 2013
The Physical Science Basis
WG I
WORKING GROUP I CONTRIBUTION TO THE
FIFTH ASSESSMENT REPORT OF THE
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE
WMO
UNEP

気候システムの温暖化には疑う余地がない

気候システムに対する人間の影響は明らかである

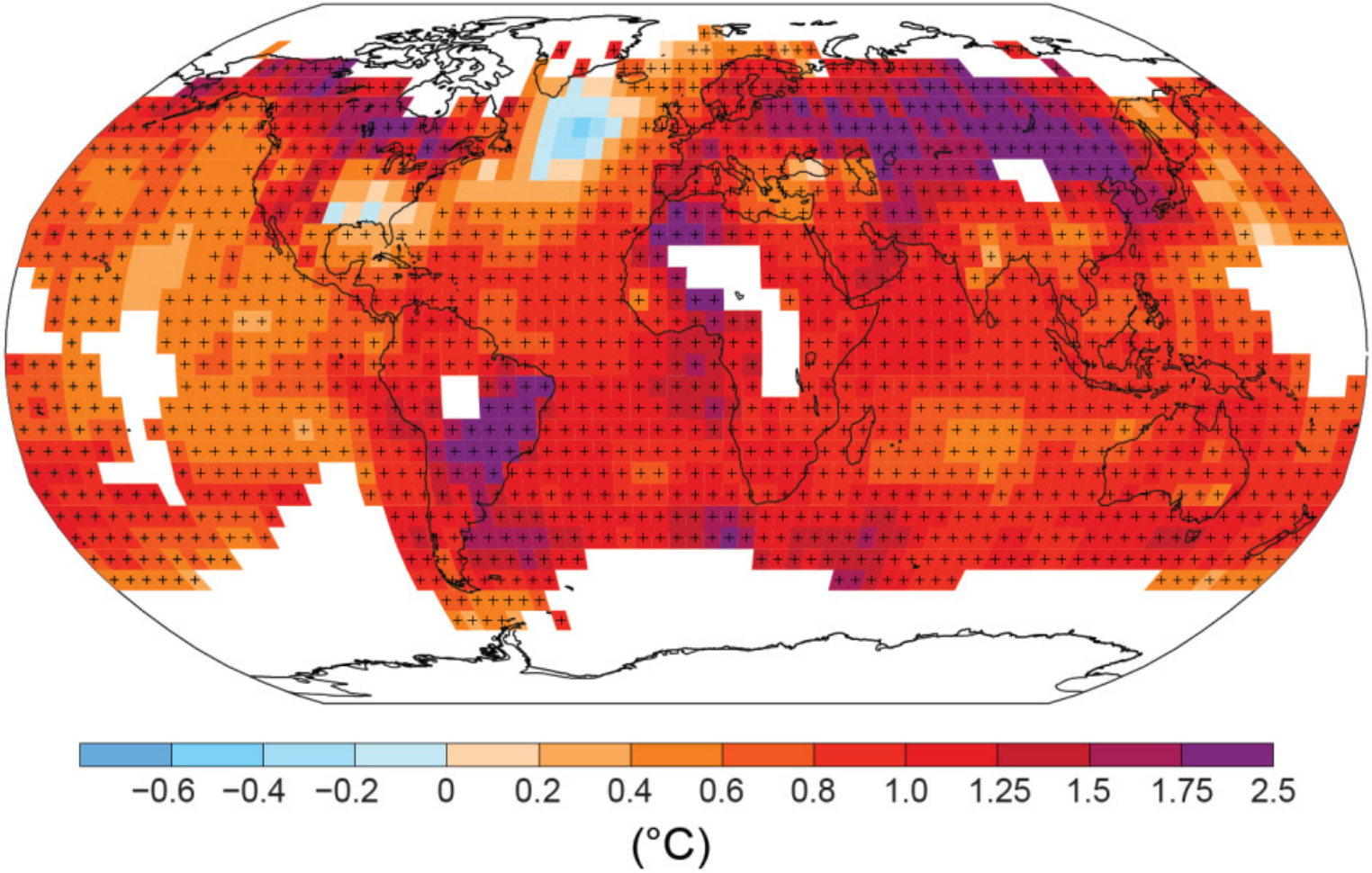
気候変動を抑制するには、温室効果ガス排出量の大幅かつ持続的な削減が必要であろう

気候システムの温暖化には疑う余地がない

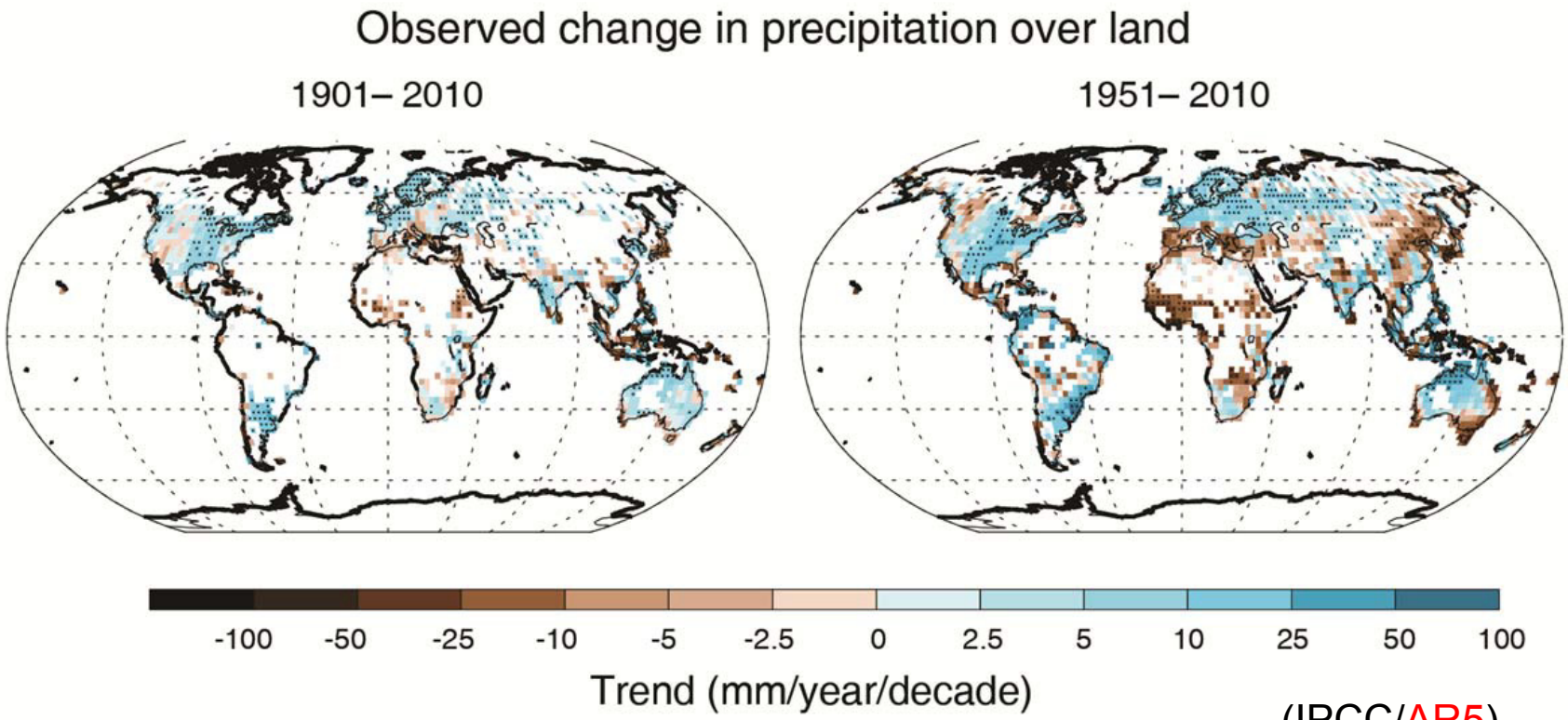
気候システムに対する人間の影響は明らかである

気候変動を抑制するには、温室効果ガス排出量の大幅かつ持続的な削減が必要であろう

観測された地上気温の変化（1901～2012年）



降水量



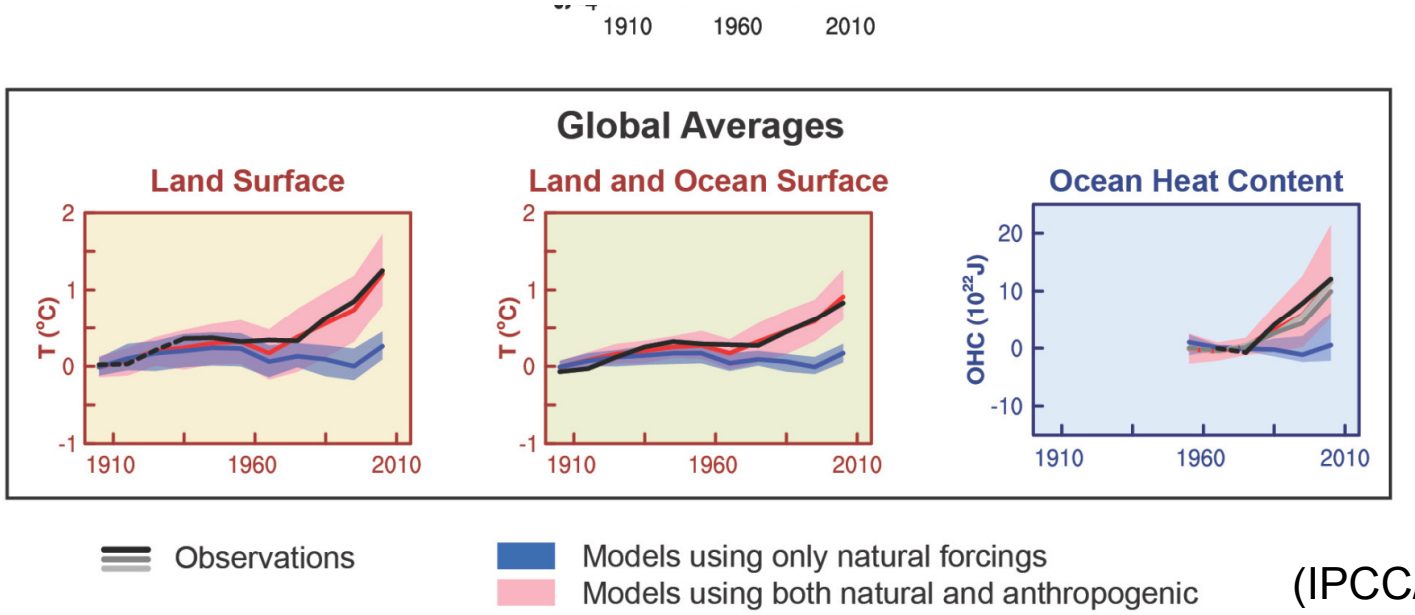
(IPCC/AR5)

北半球の中緯度陸地平均では、降水量は1901年から増大している
(1951年 以前は*中程度の確信度*、以後は*高い確信度*).

気候システムの温暖化には疑う余地がない

気候システムに対する人間の影響は明らかである

気候変動を抑制するには、温室効果ガス排出量の大幅かつ持続的な削減が必要であろう



(IPCC/AR5)

観測された・再現された全球平均気候変化

- **1951～2010年の全球平均地上気温の観測された上昇の半分以上が、温室効果ガス濃度の人為起源の増加とその他の人為起源の外力とがあいまって引き起こされたことは*極めて可能性が高い*。**
- **人為起源の外力が、1970年代以来観測された、全球の海洋表層の熱容量(0～700m) の増加にかなり寄与したことは*非常に可能性が高い*。**
- **全太陽放射照度の衛星による直接測定結果に基づくと、1986～2008年の期間の全球平均地上気温の上昇に、全太陽放射照度の変化が寄与していなかったことは*確信度が高い*。11年周期の太陽の変動がいくつかの地域における十年規模の気候のゆらぎに影響していることは*確信度が中程度*である。**
- **宇宙線と雲量の変化の間に、強固な関連性は何も見出されていない。**

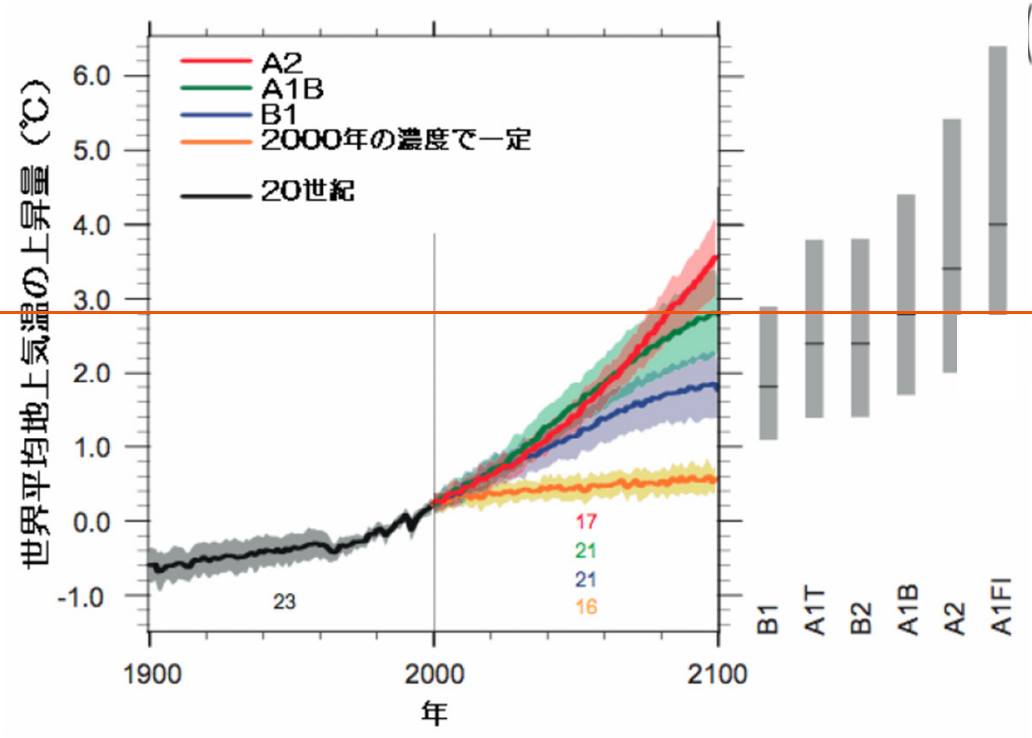
気候システムの温暖化には疑う余地がない

気候システムに対する人間の影響は明らかである

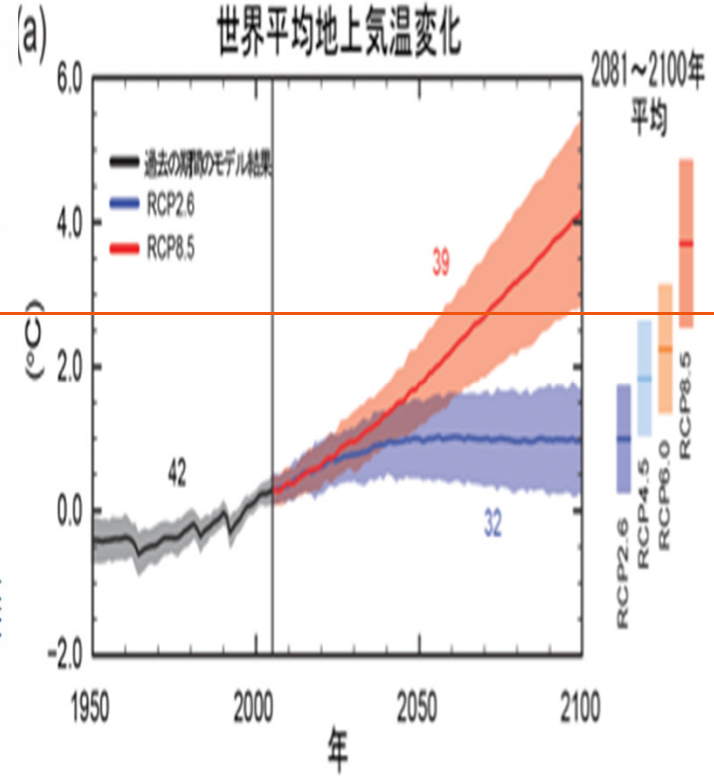
気候変動を抑制するには、温室効果ガス排出量の大幅かつ持続的な削減が必要であろう

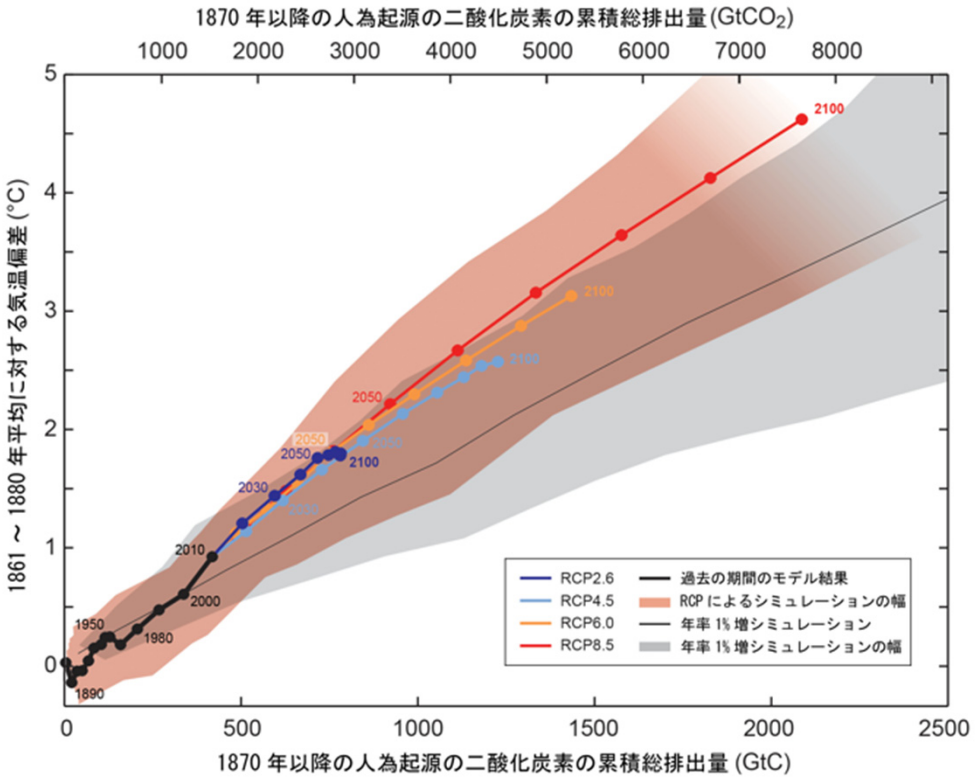
今世紀末までの世界平均気温変化予測：AR4とAR5に本質的な違いはない

AR4



AR5





気候変動を抑制するには、温室効果ガス排出量の大幅かつ持続的な削減が必要であろう。

Budget for the 2°C target:	790 Bill. t C
CO_2 emitted until 2011:	−515 Bill. t C
Remaining emissions:	**275 Bill. t C**
CO_2 emissions 2012:	***9.7 Bill. t C/yr***

積雪への影響

- 積雪北海道は変化ないか増加。しかし、気温上昇により融雪出水が早まり、融雪出水のピーク流量は増加か？
- 南東北以南の日本海側の、季節風に積雪は減る。したがって、融雪出水は減少。農事暦の変化。
- ただし、朝鮮半島からの一部の筋雲は強化される危険性有り。＝＞富山周辺で豪雪の危険性は増大化？

平成28年春の水源地域の状況（奈良俣ダム）

平成27年度は、記録的な少雪に加えて暖冬もあり、みなかみ町の藤原(アメダス)では、平成27年12月から本年3月までの毎月の平均気温が、平年以上を記録しました。

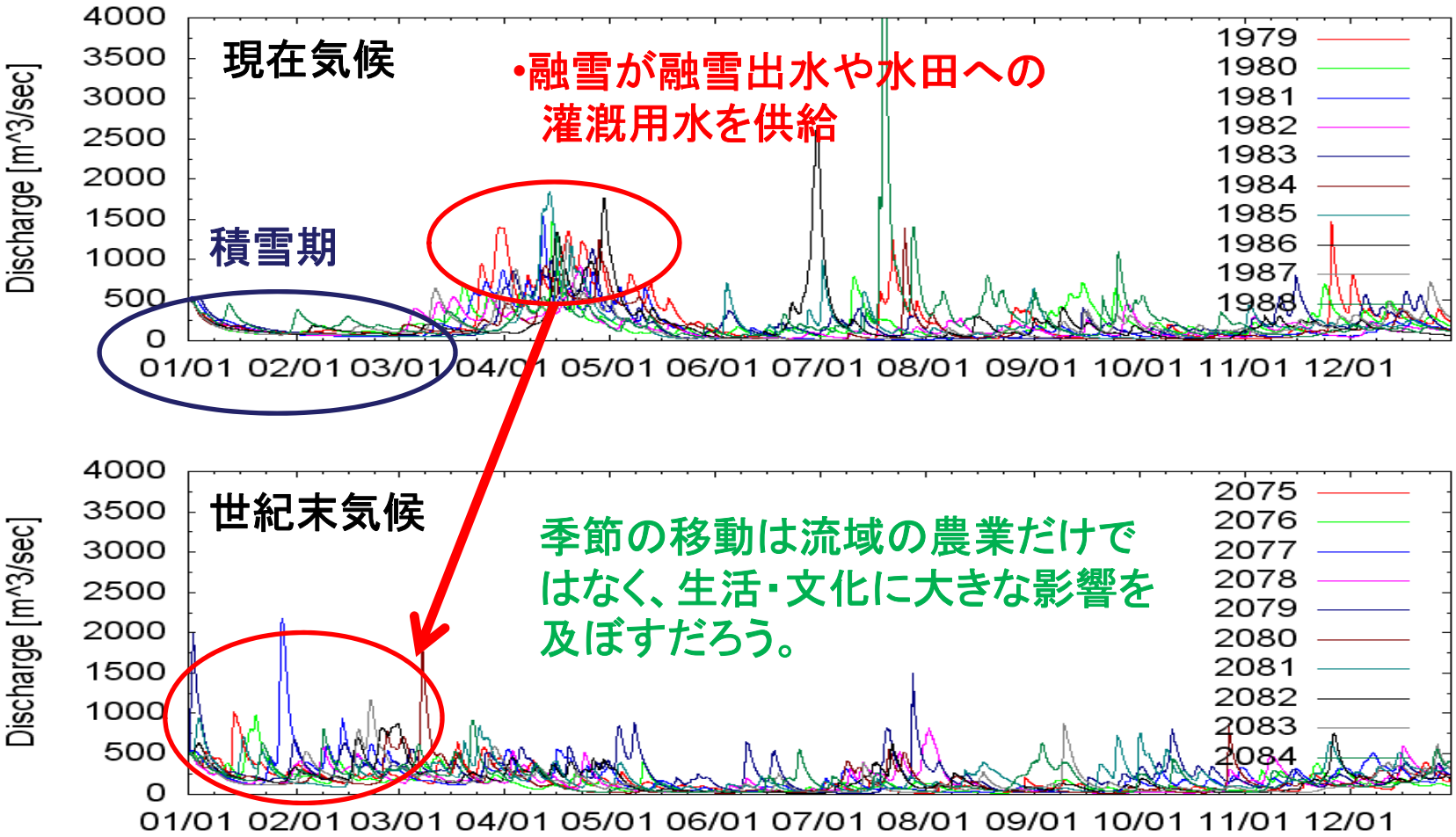
気温 ＋1.2℃～＋1.9℃

平均的な年の４月の様子

国土交通省（2016）

平成28年4月中旬（撮影18日）

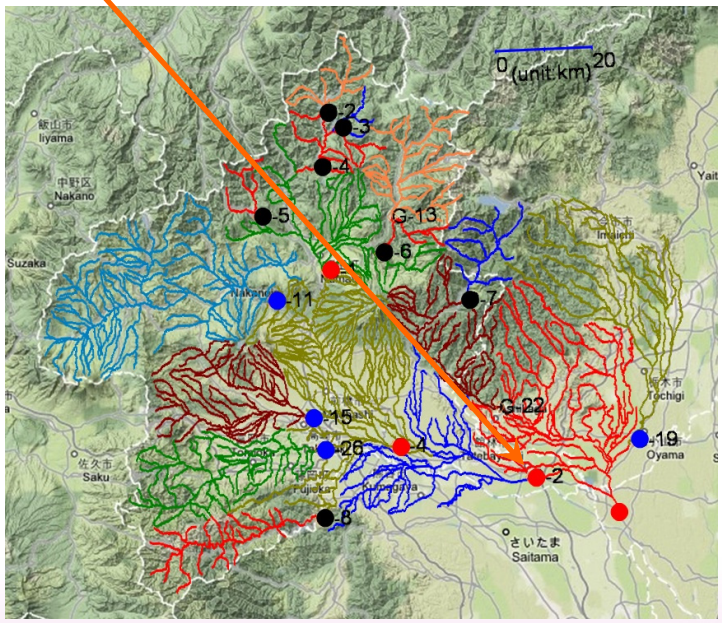
降雪・融雪への影響(最上川)

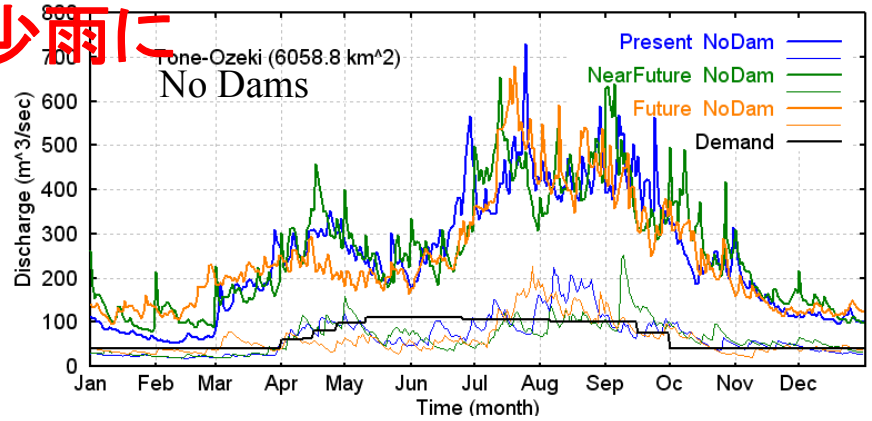


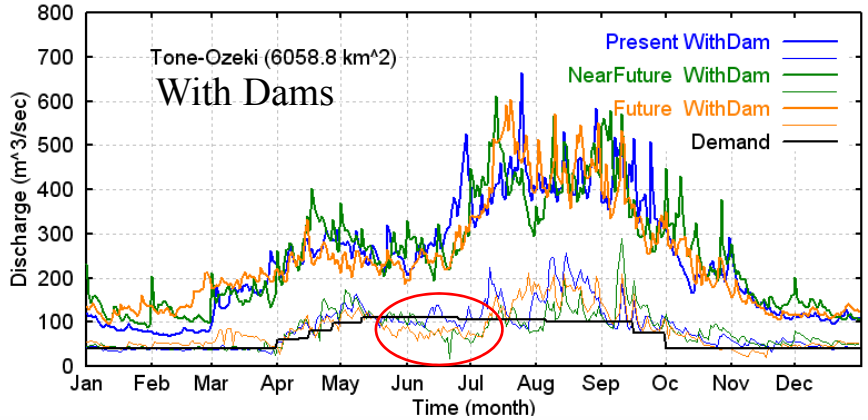
By 立川ら, 2008

利根川ダム群は今世紀末の少雨に対応できるか？

Water Resources at Tone-Ozeki (6058.8 km2)







Water Demand

- Living water: 37.43 m^3/s
- Industrial water: 2.08 m^3/s
- Agricultural water:
  Apr~May 39.51 ~ 60.99 m^3/s
  May~Sep 111.62~186.71 m^3/s

Kimら, 2010

- ダム群から離れた下流の地点である利根大堰（流域面積6058.8km²）に対する計算結果からは、ダム群の操作影響が少なくなることがわかる。
- **利根大堰地点では、ダム群操作にもかかわらず年最小流量が必要な水利用量に対して満足できない時期が現れる。そのため、新たな操作ルールの開発が必要とされる。**

お寿司の将来

イクラ（サケの卵）
ウニ
アナゴ
ホッキガイ
アワビ
ボタンエビ
ホタテガイ
カニ
トロ（マグロ）

(http://www.ees.hokudai.ac.jp/carbon/mfujii/about)

現在

地球温暖化？

海洋酸性化？

乱獲？

すべて？

(http://www.ees.hokudai.ac.jp/carbon/mfujii/about)