



統合的気候モデル高度化プログラム 令和3年度公開シンポジウム

気候は今 どうなっている？ どうなっていく？

～IPCC最新報告書を読み解く～

極端な風水害の将来変化

—IPCC AR6と統合プログラムでの知見—

京都大学 防災研究所

森 信人

背景・発表内容

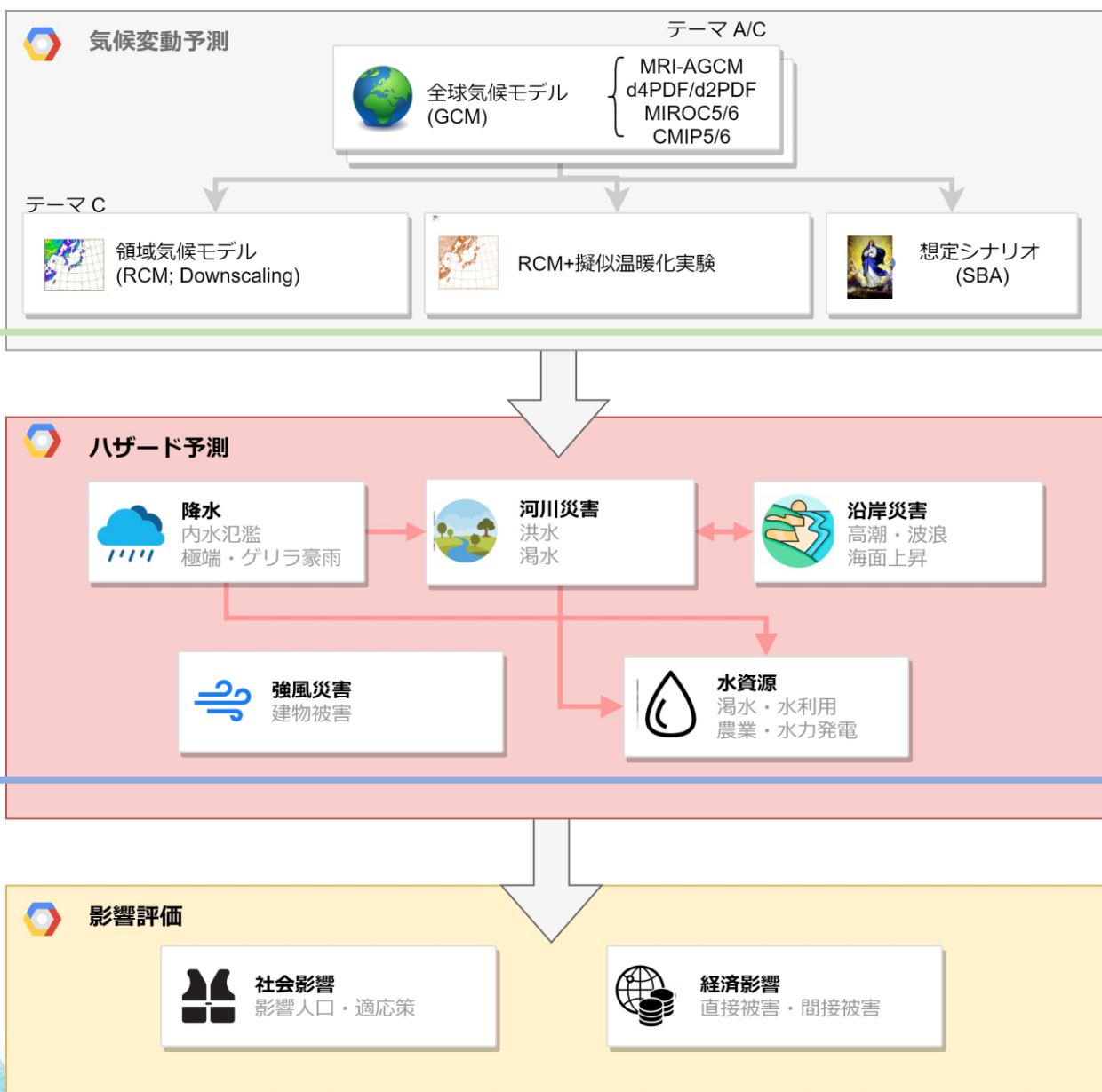
自己紹介

- 統合PテーマD統合的ハザード予測
 - 課題i 極端災害・代表
- 政府査読者として以下の章を担当
 - IPCC WGI AR6 第9, 11, 12章
 - ✓ 政策決定者向け要約 (SPM)
 - ✓ 第9章 海洋, 雪氷圏, 及び海面水位の変化
 - ✓ 第11章 変化する気候下における気象及び気候の極端現象
 - ✓ 第12章 地域規模の影響及びリスクを評価するための気候変化に関する情報
 - IPCC WGII AR6 第3, 4章, CCP 2
 - ✓ 第3章 海洋及び沿岸生態系とサービス
 - ✓ 第4章 水資源
 - ✓ Cross Chapter Paper 2章: 都市と沿岸域
- 日本の気候変動2020

発表内容

- IPCC WGI AR6における風水害の成果の紹介
 - 第9～12章：河川・海岸関係
 - 統合の成果
- 日本の気候変動2020

統合PテーマDの役割



■気候変動予測と影響の架け橋

WGI 予測

- 気候変動に伴う大気・海洋・陸上の物理・化学等プロセスの長期変化予測
- テーマD (ハザード予測)
 - ✓ 天気予報・気象警報で扱う極端現象
 - ✓ 大雨, 洪水・浸水, 強風, 土砂, 高潮, 波浪, 大雪

WGII 影響評価・適応

- 予測に基づく影響のアセスメント
- 自然・人間システムを調整し、被害を防止・軽減し、あるいはその便益の機会を活用する

IPCC AR6における風水害について

AR5 10.6 極端：8 ページ弱だけ、短時間極端量は検出不可

- 第1章: 構成、背景、手法
- 第2章: 気候システムの変化状態
- 第3章: 人間が気候システムに及ぼす影響
- 第4章: 将来の世界の気候
- 第5章: 地球規模の炭素／生物地球化学的循環
- 第6章: 短寿命気候強制因子
- 第7章: 地球のエネルギー収支・フィードバック・気候感度
- 第8章: 水循環の変化
- 第9章: 海洋、雪氷圏、及び海面水位の変化**
- 第10章: 世界規模と地域規模の気候変化のつながり
- 第11章: 気象及び気候の極端現象**
Lead Author 佐藤正樹（東大）
- 第12章: 地域規模の影響とリスクの評価のための情報**
Contributing Author 高薮出・石井 雅男（気象研）
- アトラス

大洋/大陸～全球
スケールの変化

プロセス
理解

地域スケール
の変化

風水害について

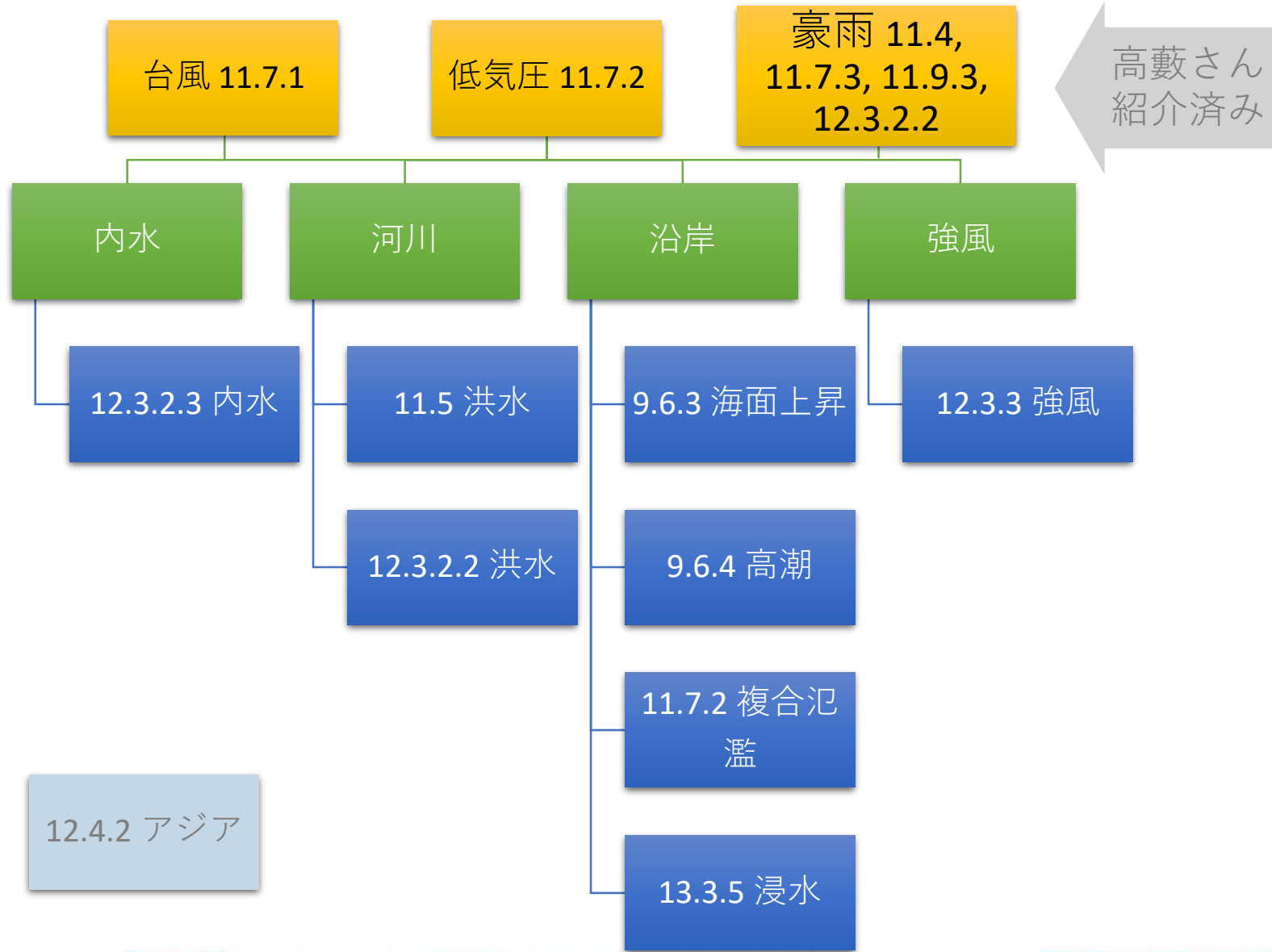


記述は大幅に増えたが
幾つかの章に分散



第 9章：海洋
第11章：極端現象
第12章：地域影響

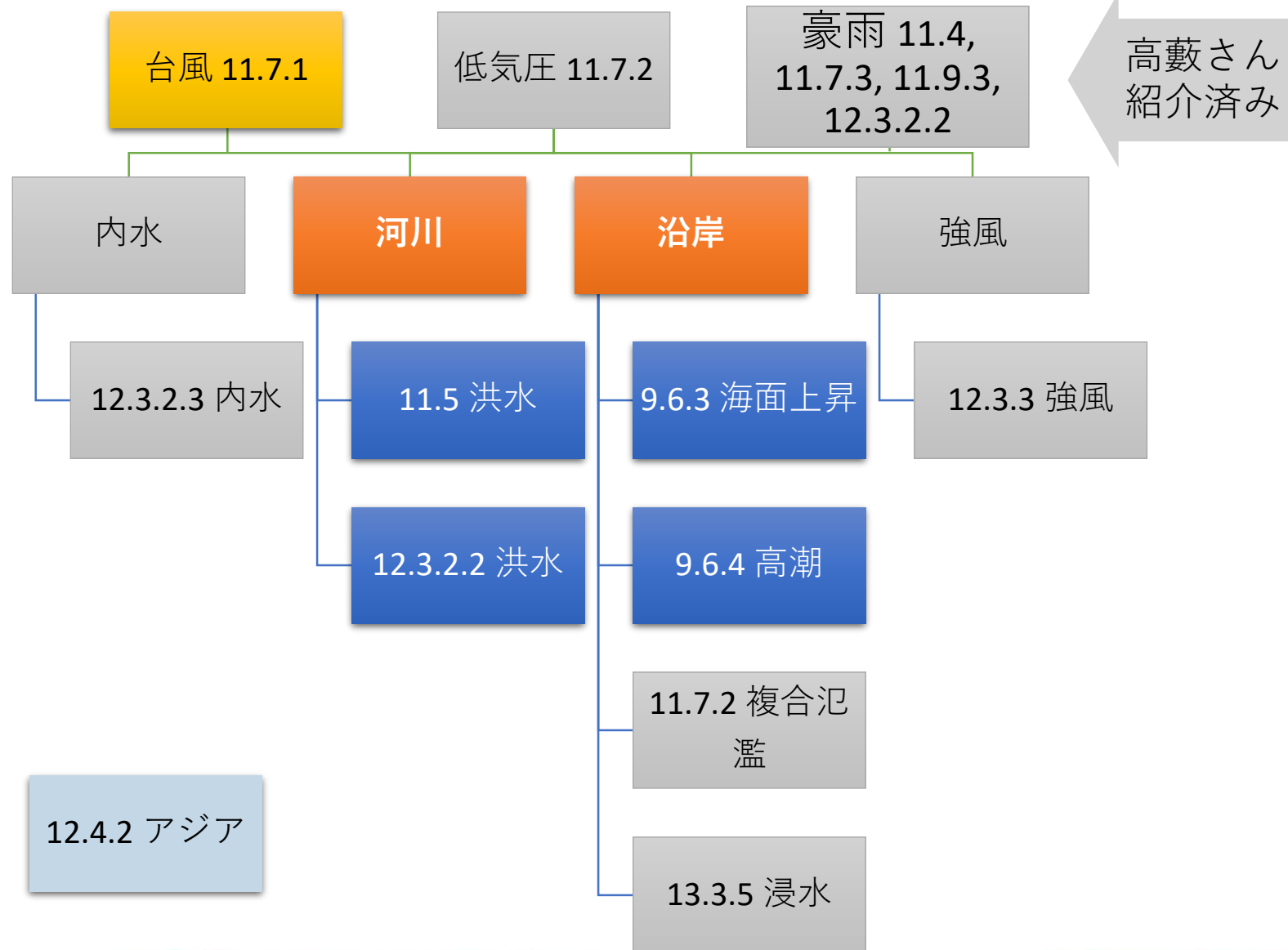
IPCC AR6における我が国に関連する風水害の扱い



将来予測に関する項目

- 第9章：海洋
- 第11章：極端現象
- 第12章：地域影響

IPCC AR6における我が国に関連する風水害の扱い



将来予測に関する項目

- 第9章：海洋
- 第11章：極端現象
- 第12章：地域影響

AR6：風水害に関連する気候影響駆動要因 (CID)



降雨

干ばつ



降雪

氷



風



海岸

沿岸域

IPCC AR6における気候変動情報と主な影響・リスク評価の関係

第12章：地域規模の影響及びリスクを評価するための気候変化に関する情報

気候的影響駆動要因 (CID)

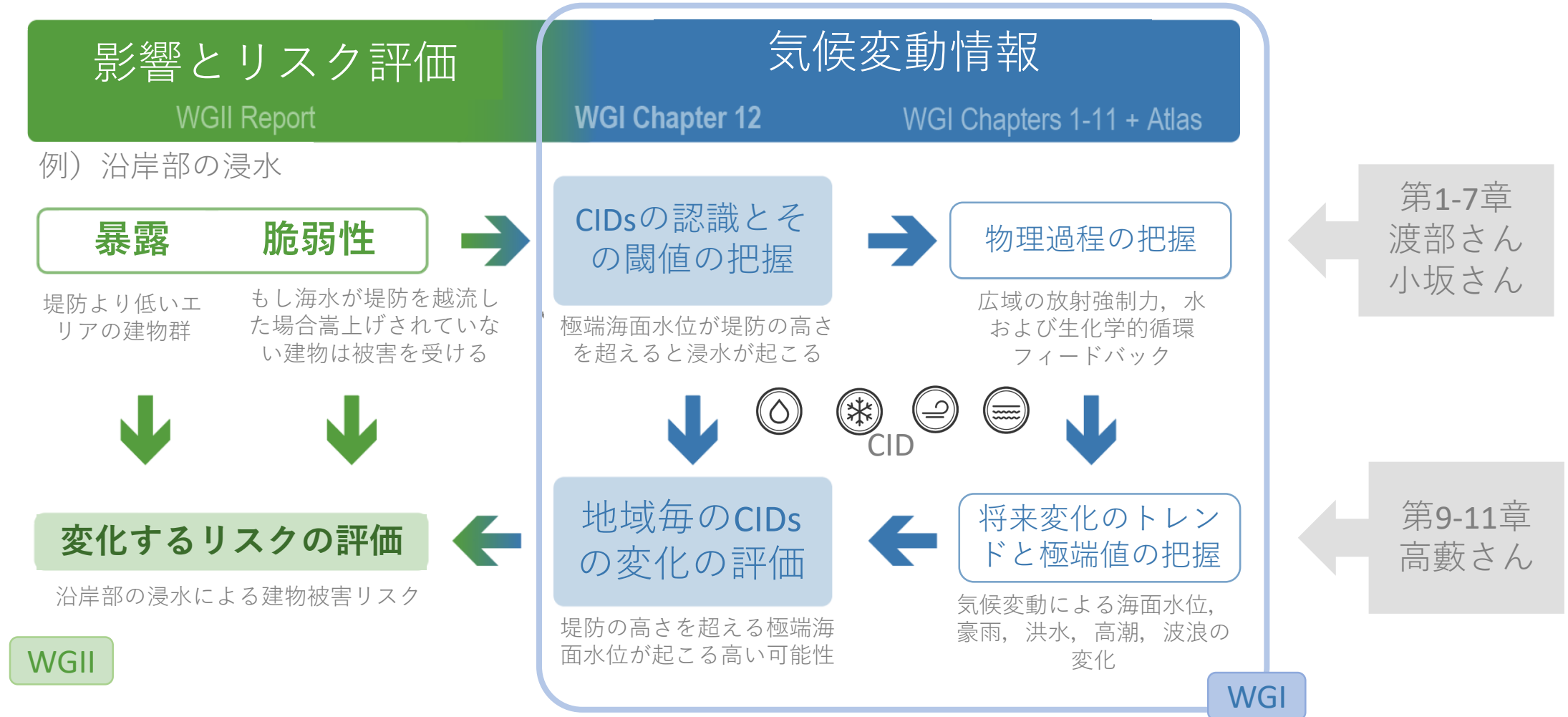


Figure 12.1
WGIで扱われる気候変動情報が使われる構図

気候的な影響駆動要因 (CID) の変化と地域数

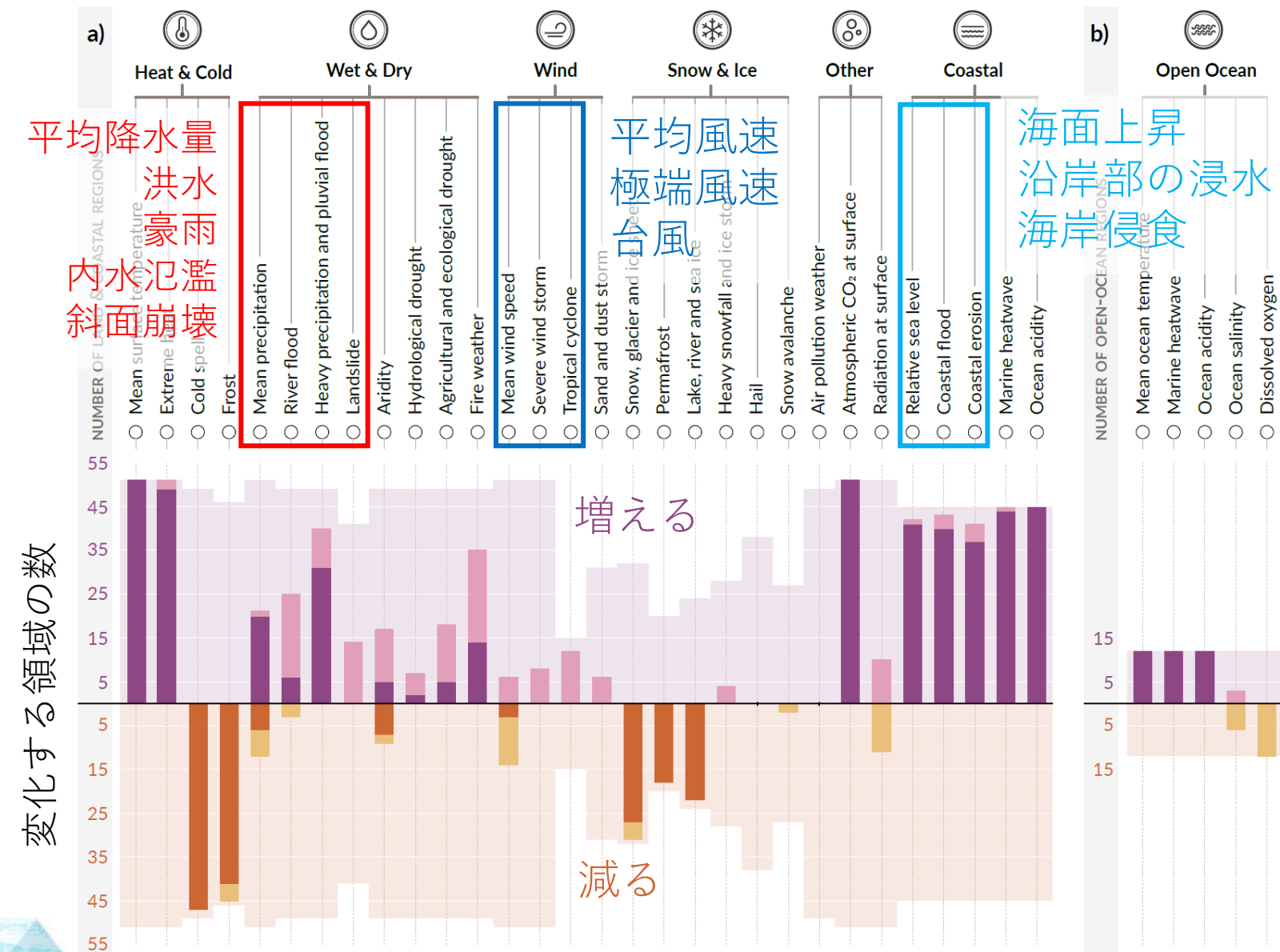


Figure SPM.9

2050年（もしくは2度上昇）
気候条件でのCID毎の変化）

- 増加：高い信頼度
- 増加：中程度の信頼度
- 減少：高い信頼度
- 減少：中程度の信頼度

背景の色はCIDが関係する地域の数
参照年代：1960-2014もしくは1850-1900

台風，低気圧，大気Riverの将来変化

第11章 変化する気候下における気象及び気候の極端現象

統合の知見



TOUGOU

Changes in storms with increasing global warming

全球

地域

台風・低気圧他

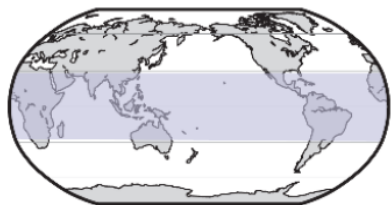
平均的な最大降水量は増加



台風

強度：増加

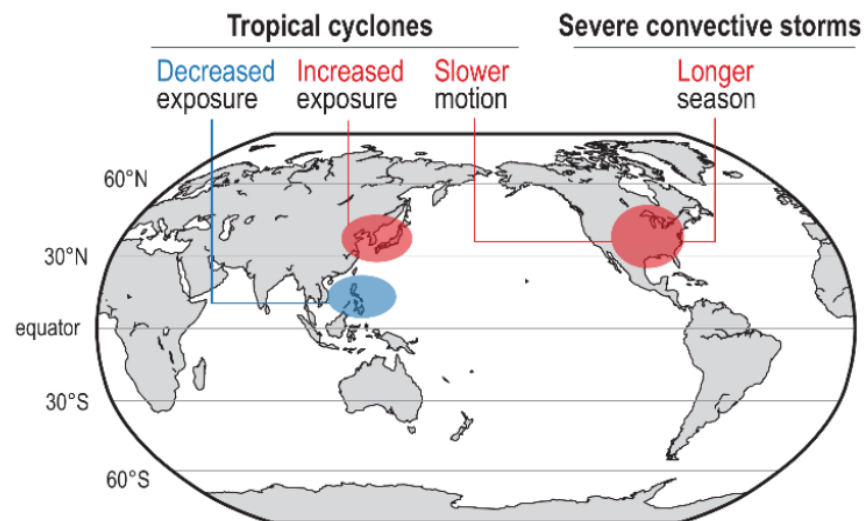
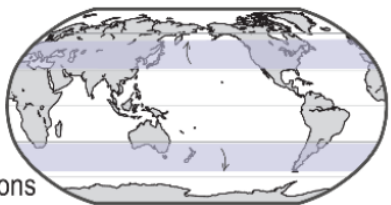
頻度：減少/変化なし



低気圧

風速：増加/減少

ストームトラックの極域方向への移動（幾つかの地域）



■日本周りの台風の影響

- 将来に向かって増加
- 強度増加と経路北上
medium confidence

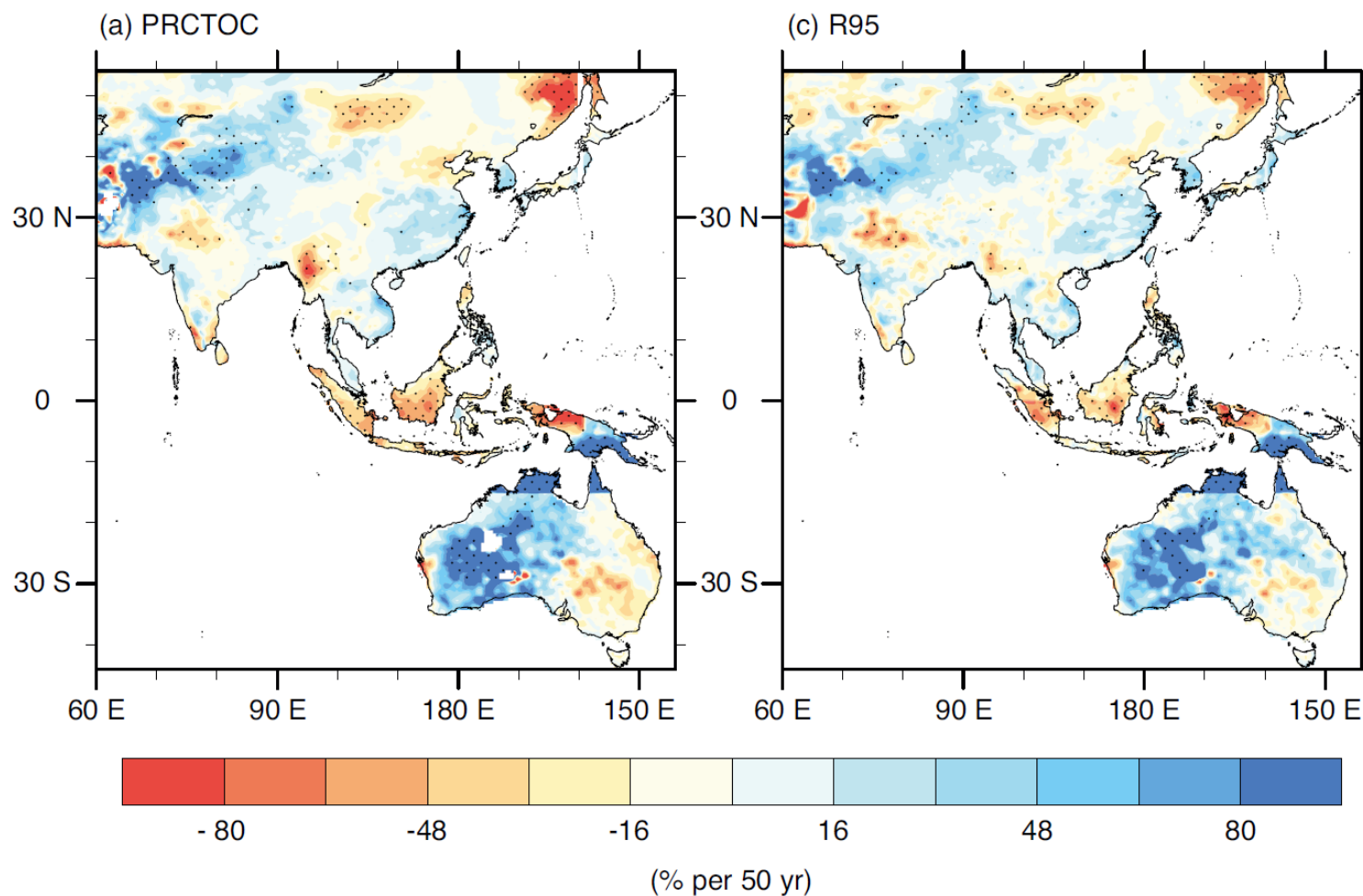
■台風の将来変化の成果は日本から．事例解析も多く掲載

- 1959年伊勢湾台風
✓ Kanada et al. (2017)
- 2013年台風Haiyan
✓ Takayabu et al. (2015)
- テーマCDでの連携論文

高藪さん発表



河川流量・洪水：IPCC AR5



■AR5 第14章：極端な降水量の変化傾向の例

(50年当たりの変化%)

- 左：全降水量のトレンド
- 右：夏の上位5%値の降水量のトレンド

■年間数日の上位値の変化について観測結果を元に議論

河川流量・洪水

第12章 地域影響とリスク評価

単位流域面積当
たり [$\text{m}^3\text{s}^{-1}\text{km}^{-2}$]

EAS：東アジア

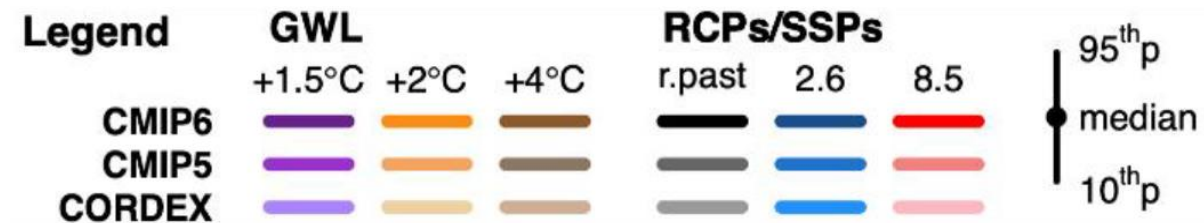
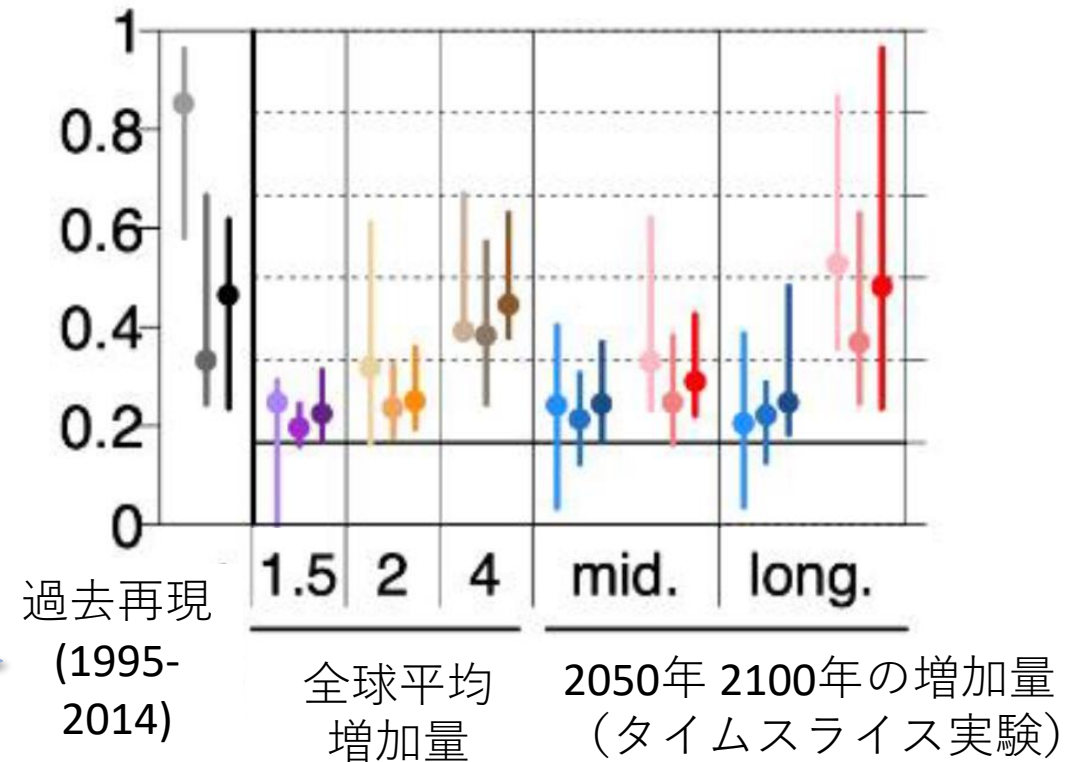
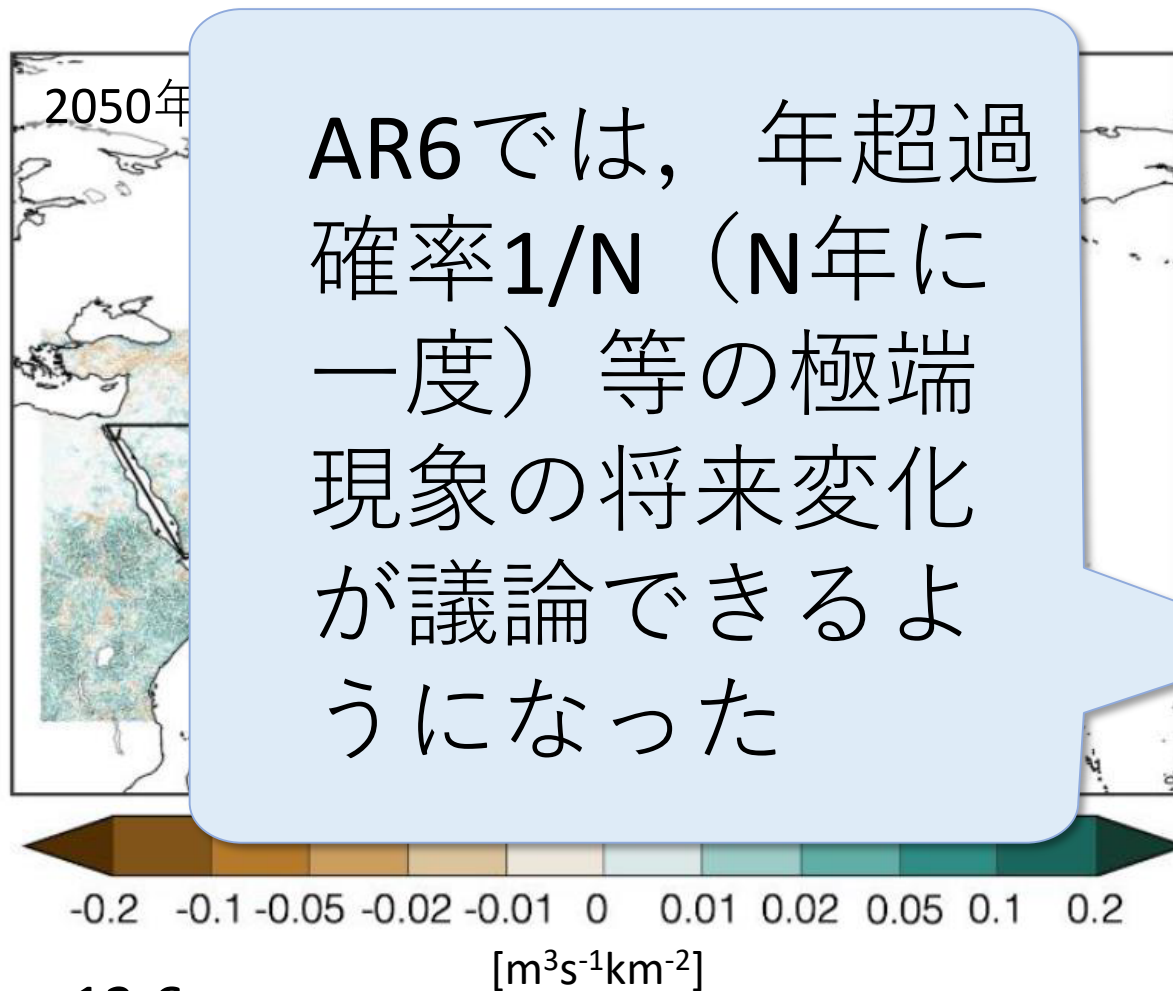


Figure 12.6
アジアにおけるCIDの将来変化：2050年における
年超過確率 $1/100$ の河川流量（単位流域面積当たり）

河川流量・洪水

第11章 変化する気候下における気象及び気候の極端現象

極端な降水量：全球

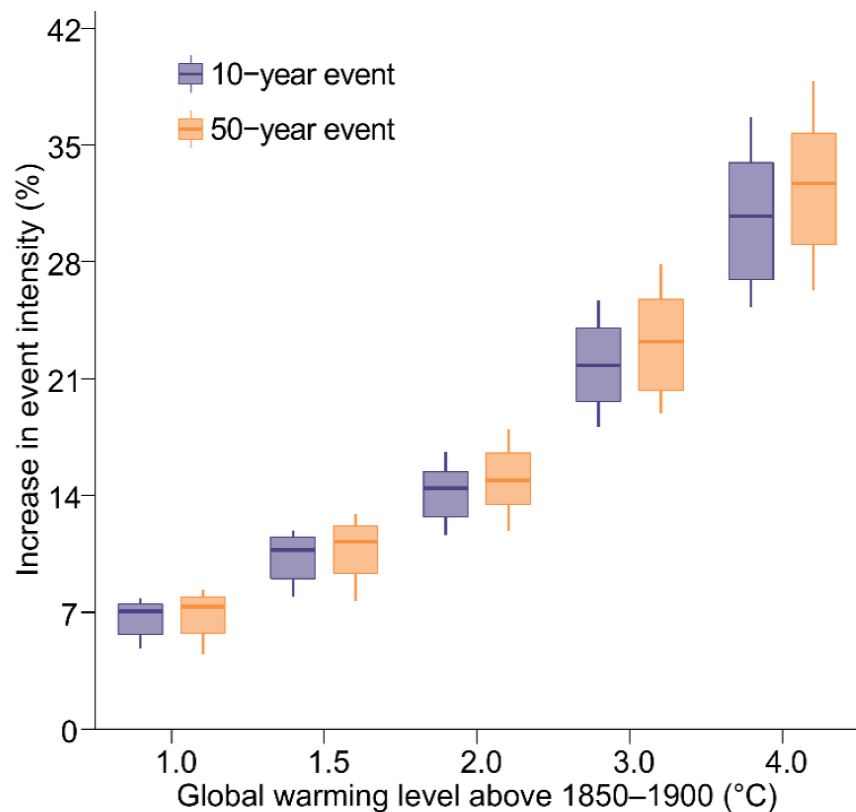


Figure 11.15

年超過確率1/10, 1/50の日降水量の将来変化
(ベース：1851-1900年，一部切り出し)

日本の 河川流量

d4PDFを用いた降水
および河川流
の将来変化：荒
川流域

現在気候
+4K気候

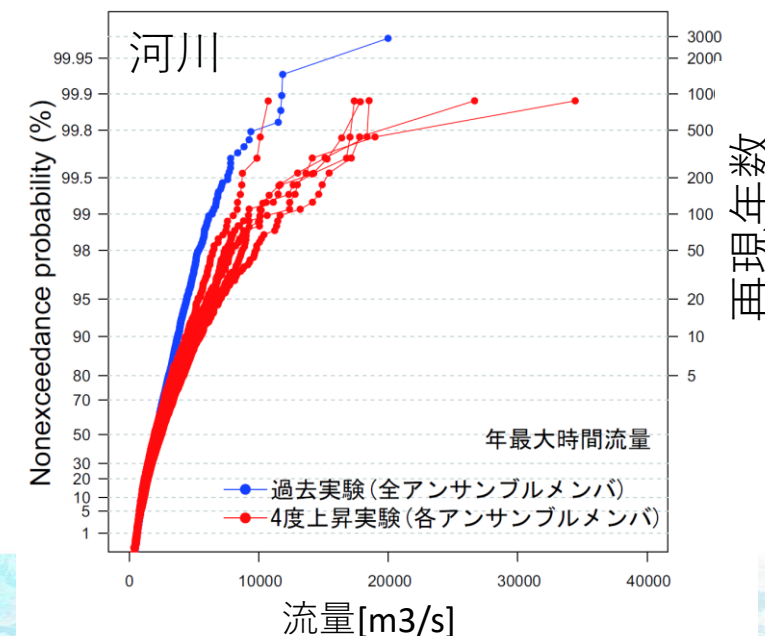
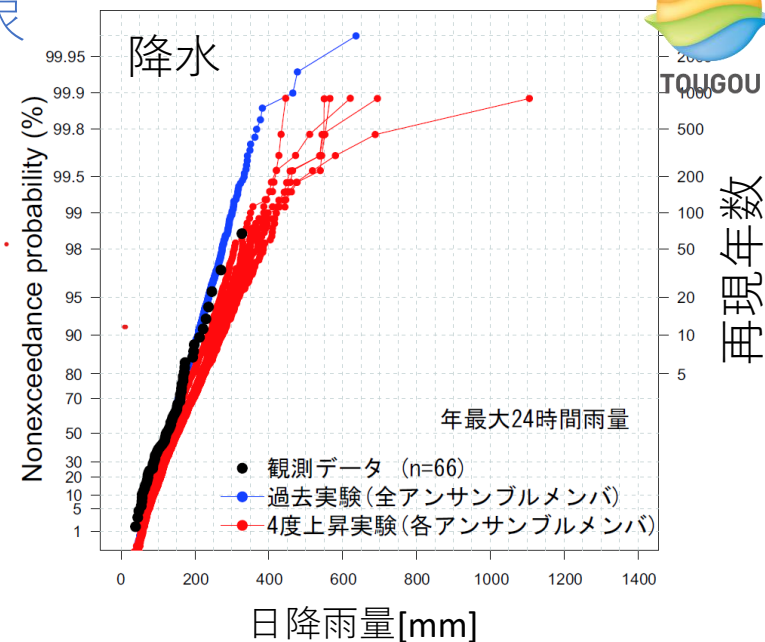
AR6で，極端な降雨
量・河川流量の将
来変化が統一的に
議論可能となった

立川ら(2017)

統合の知見



TOUGOU

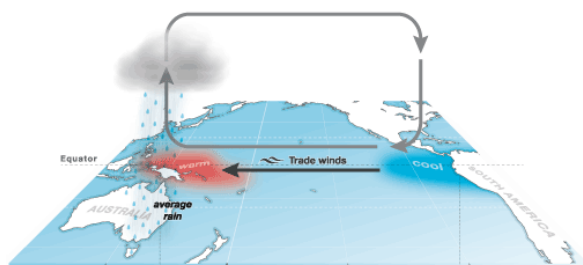


沿岸域の脆弱性：全体

第9章 海洋，雪氷圏，及び海面水位の変化



短時間
極端水位変化



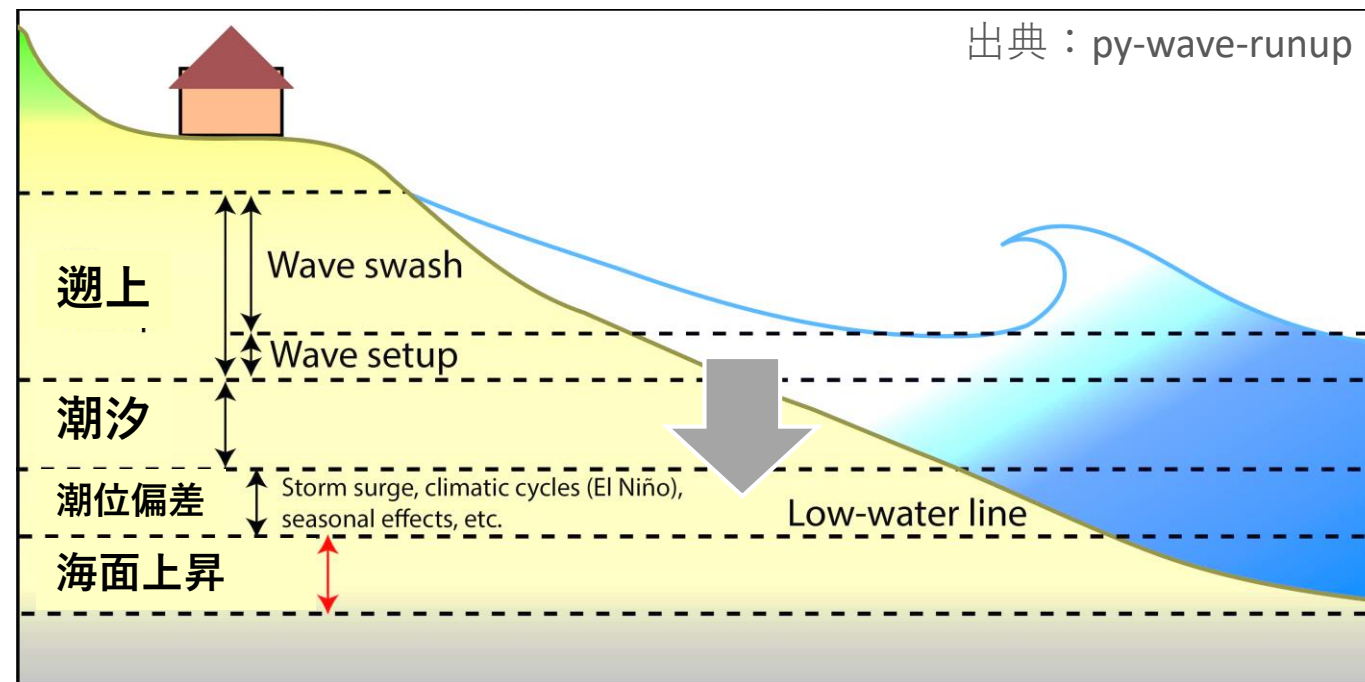
BoM 力学的変動(9.2)

熱膨張(9.2) + 氷河(9.5) +
海水(9.3) + 南極棚氷(9.4)



(極端) 全海面上昇量

出典：py-wave-runup



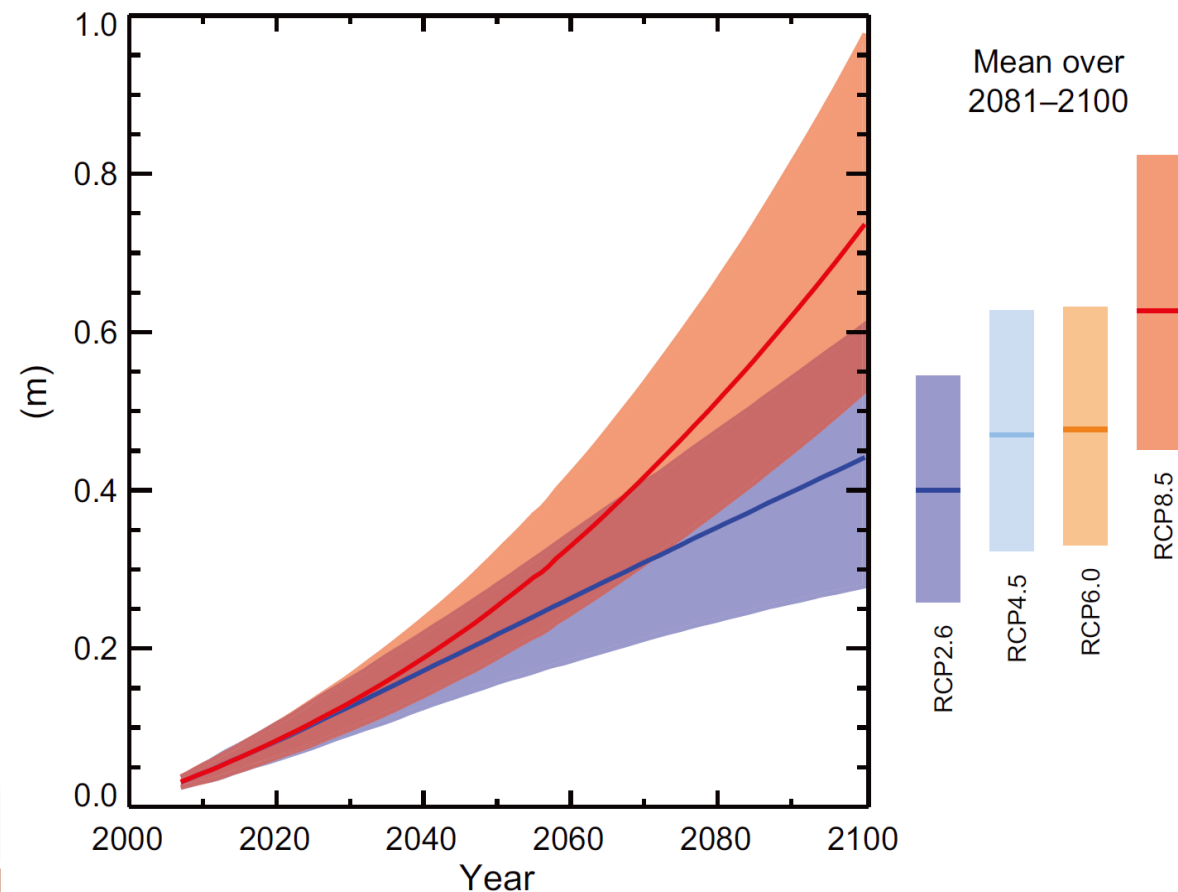
- AR6で，初めて極端全海面上昇の議論が導入された。
- 観測を考慮した複数アンサンブル予測が行われた。気候感度についても議論された。

沿岸域の脆弱性：海面上昇

第9章 海洋、雪氷圏、及び海面水位の変化

■IPCC AR5

- 全球平均海面上昇量：2081-2100年
(ベースライン1986-2005年)
- RCP2.6 0.26 to 0.55 m
- RCP4.5 0.32 to 0.63 m
- RCP6.0 0.33 to 0.63 m
- RCP8.5 0.45 to 0.82 m



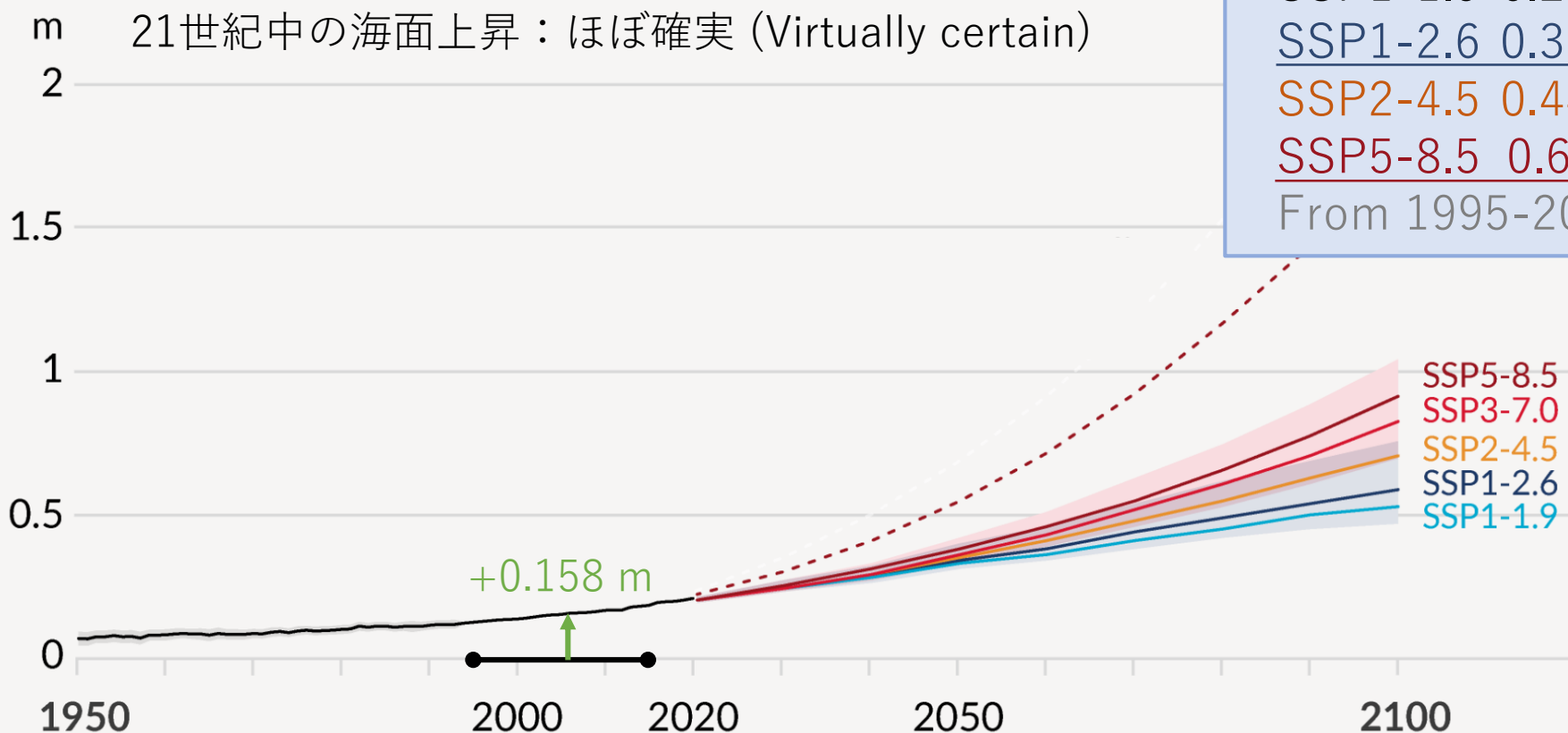
AR5 Figure SPM.7

	観測された変化	人間の影響
1970年代以来の 海洋貯熱量増加	ほぼ確実	主要な駆動源 (極めて高い可能性)

第4章：小坂さん

沿岸域の脆弱性：海面上昇

第9章 海洋、雪氷圏、及び海面水位の変化



2100年：可能性が高い(Likely)予測範囲

SSP1-1.9 0.28-0.55 m

AR5

SSP1-2.6 0.32-0.62 m

0.41 to 0.58 m

SSP2-4.5 0.44-0.76 m

SSP5-8.5 0.63-1.01 m

0.49 to 0.95 m

From 1995-2014

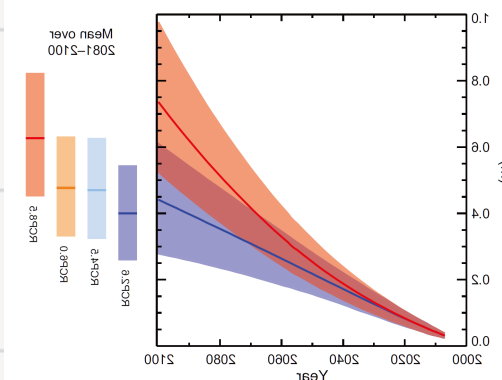


Figure SPM.8

全球平均海面上昇量の将来変化（ベースライン1900年）

AR5 Figure SPM.7

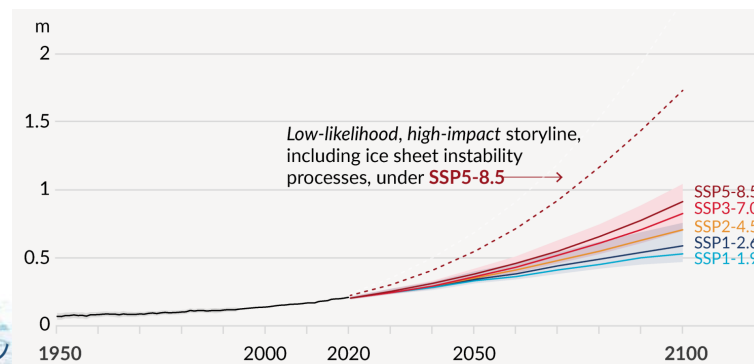
沿岸域の脆弱性：海面上昇

第9章 海洋，雪氷圏，及び海面水位の変化

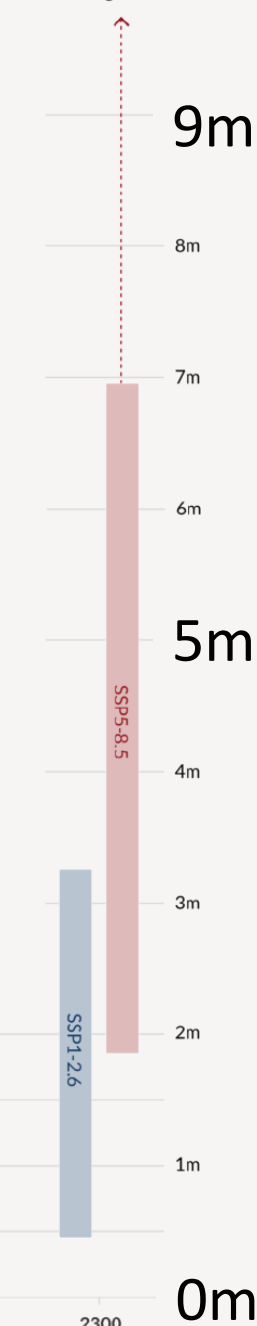
2300年の **SSP1-2.6** と **SSP5-8.5** の予測結果

棒グラフ：17～83%値
点線：SSP5-8.5の83%値

何世紀にも渡る不可逆的な大きな変化が予測されている



Sea level rise greater than 15m cannot be ruled out with high emissions



15m以上の海面上昇の可能性も除外できない

沿岸域の脆弱性：極端海面上昇

第9章 海洋、雪氷圏、及び海面水位の変化

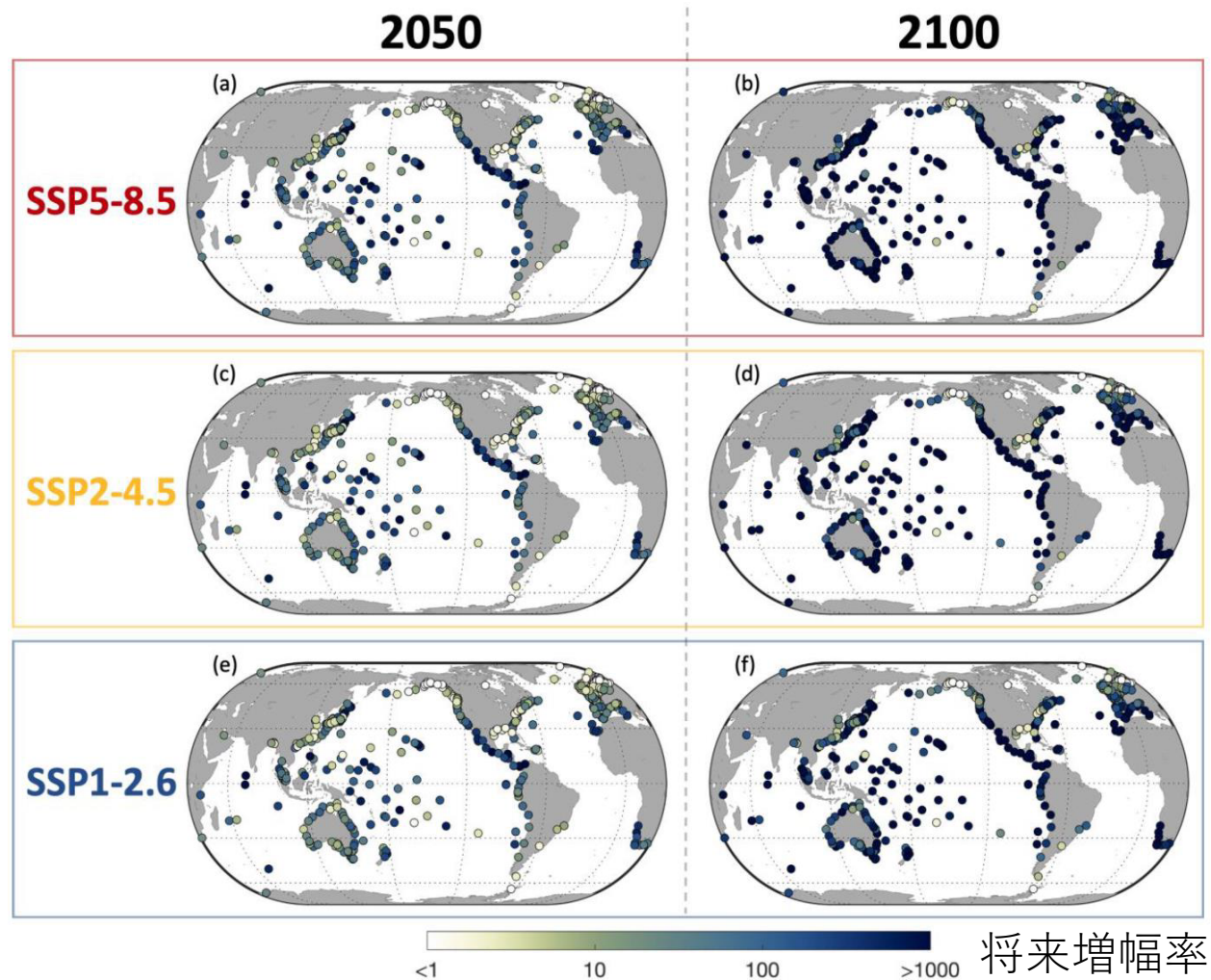


Figure 9.32

年超過確率1/100の極端海水位の将来増幅率。観測された極端海面水位に海面上昇量の予測値を加えて解析

■極端海面水位

●海面上昇 + 高潮 + 天文潮位

■年超過確率1/100等の極端な海面水位は、世紀末になると大幅に頻度が増加

■年超過確率1/100→1

●SSP1-2.6 50%の地点

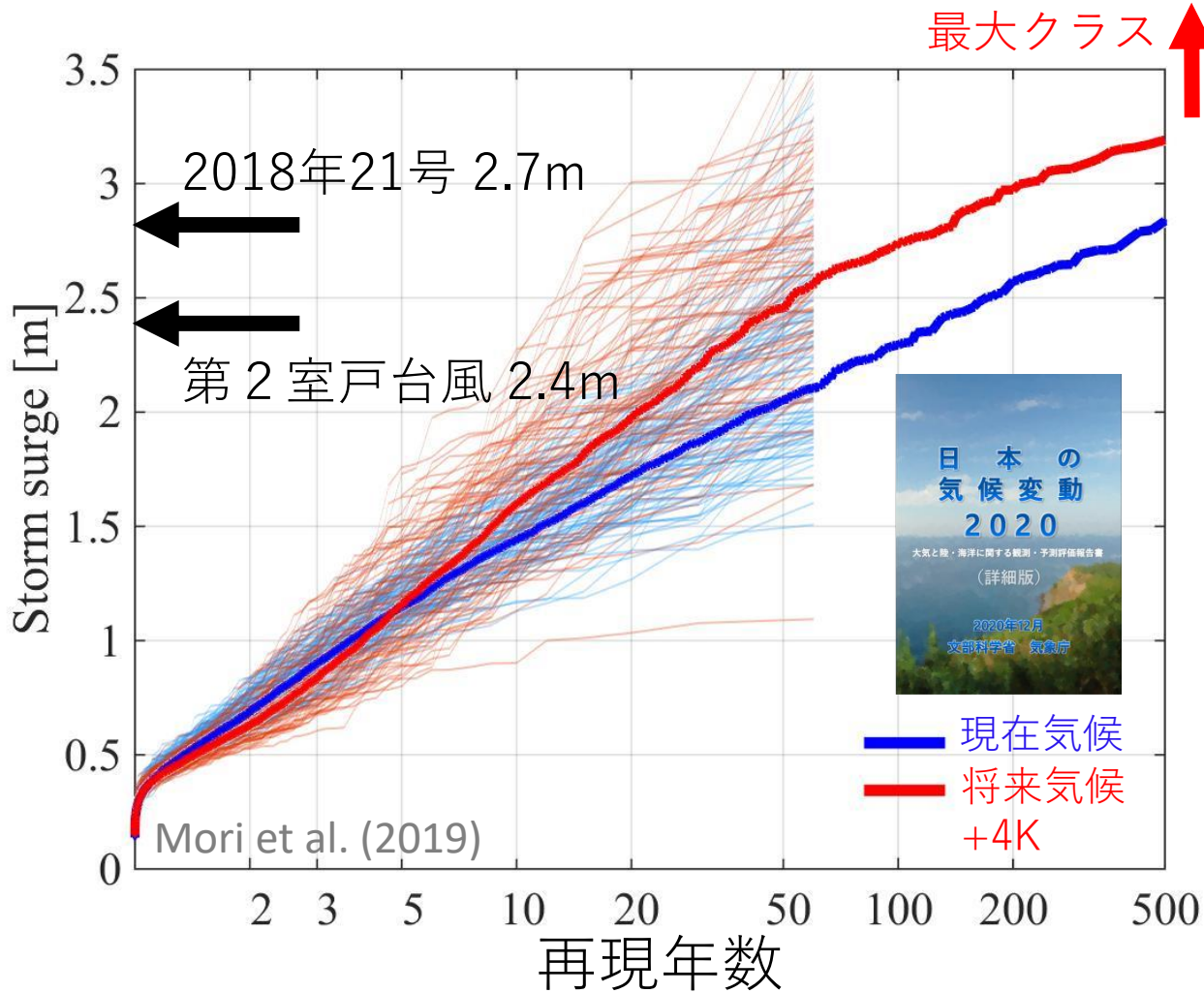
●SSP2-4.5 71%の地点

●SSP5-8.5 82%の地点

AR6で極端海面水位が初めて議論。100年に一度のイベントが毎年のイベントになる可能性が示された

沿岸域の脆弱性：高潮

第11章 変化する気候下における気象及び気候の極端現象



大阪湾の高潮の将来変化d4PDF

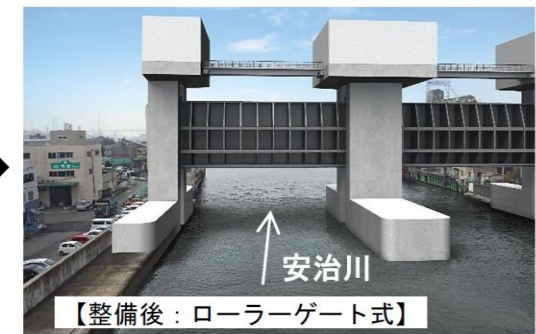
日本の極端海面水位

■統合Pでは，CDが連携して台風
→高潮の影響予測を実施

■将来予測

- 最大クラス高潮
- 高潮の長期評価

■全球・全国の評価はこれから



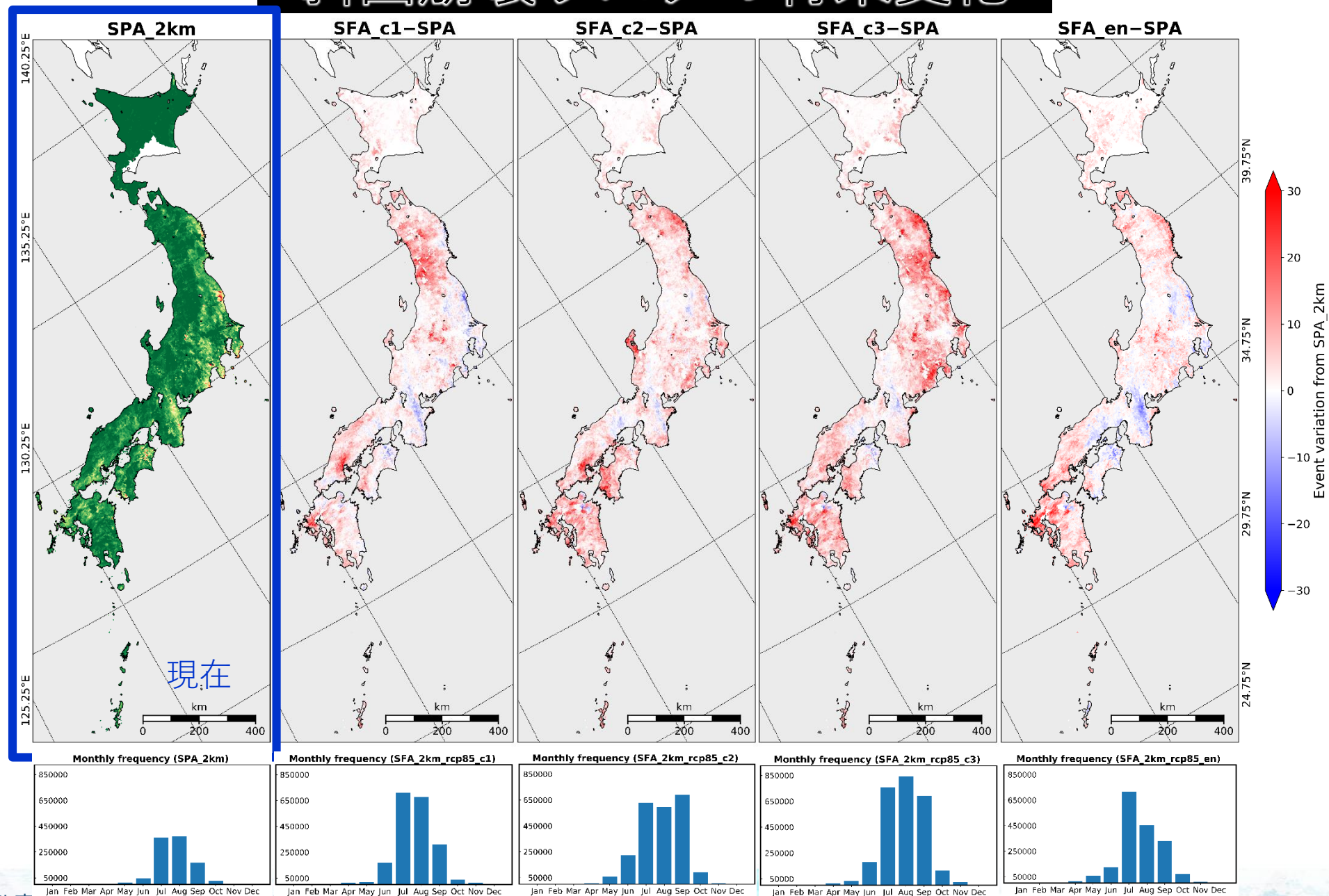
大阪高潮ゲートの更新事業

斜面崩壊リスクの将来変化

他の災害評価

統合D

- 強風
- 内水氾濫
- 外水氾濫
- 沿岸域の氾濫
- 斜面崩壊



SPMでの印象的な箇所

■B.5

- 将来の変化、特に海洋、氷床及び
全球海面水位の変化は、百年から
千年の時間スケールで不可逆的。

■C.3

- 氷床の崩壊、急激な海洋循環の変化、複合的な極端現象等、可能性が非常に高い予測範囲を大幅に超える「可能性の低い結果」も、除外することはできず、リスク評価の一部である。

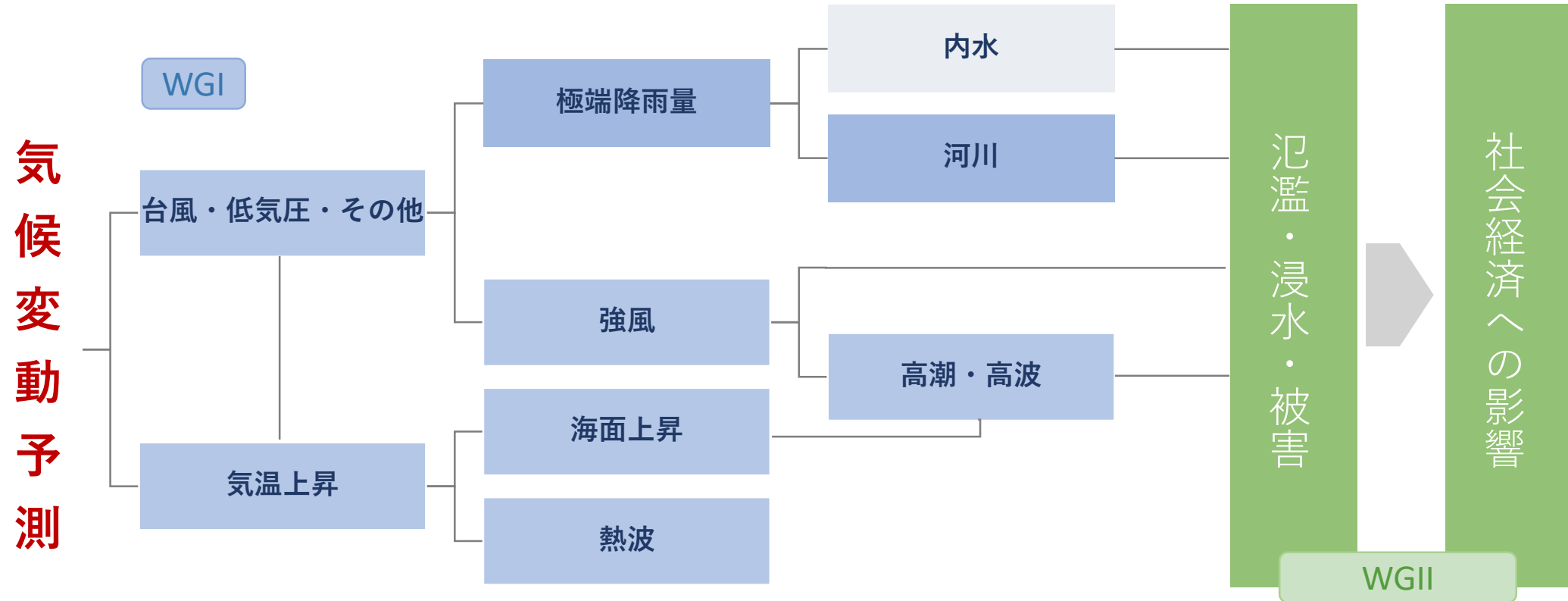
■C.2

- 地球温暖化に伴い、全ての地域において、気候的な影響駆動要因（CID）の同時多発的な変化が益々経験されるようになる。
- 1.5°Cの上昇と比べて、2°Cの場合には、幾つかのCIDの変化が更に広範囲に及ぶ。さらなる温暖化では、その影響はさらに広範囲、又は/共に顕著になるだろう。

気象庁による暫定訳（2021年8月20日版）を改変

まとめ：AR6の風水害について

AR5では殆ど記述のなかった極端現象・風水害の記述が大幅に増加



AR6 WGIでは

- 発生確率1/10～1/100年の豪雨・河川および沿岸域のハザード強度の増加
- 東アジア域での風水害リスク増加

統合Pでは、気候変動予測と極端影響の連携が進み、大きな貢献ができた。

AR6における統合PテーマD：予測と影響の架け橋

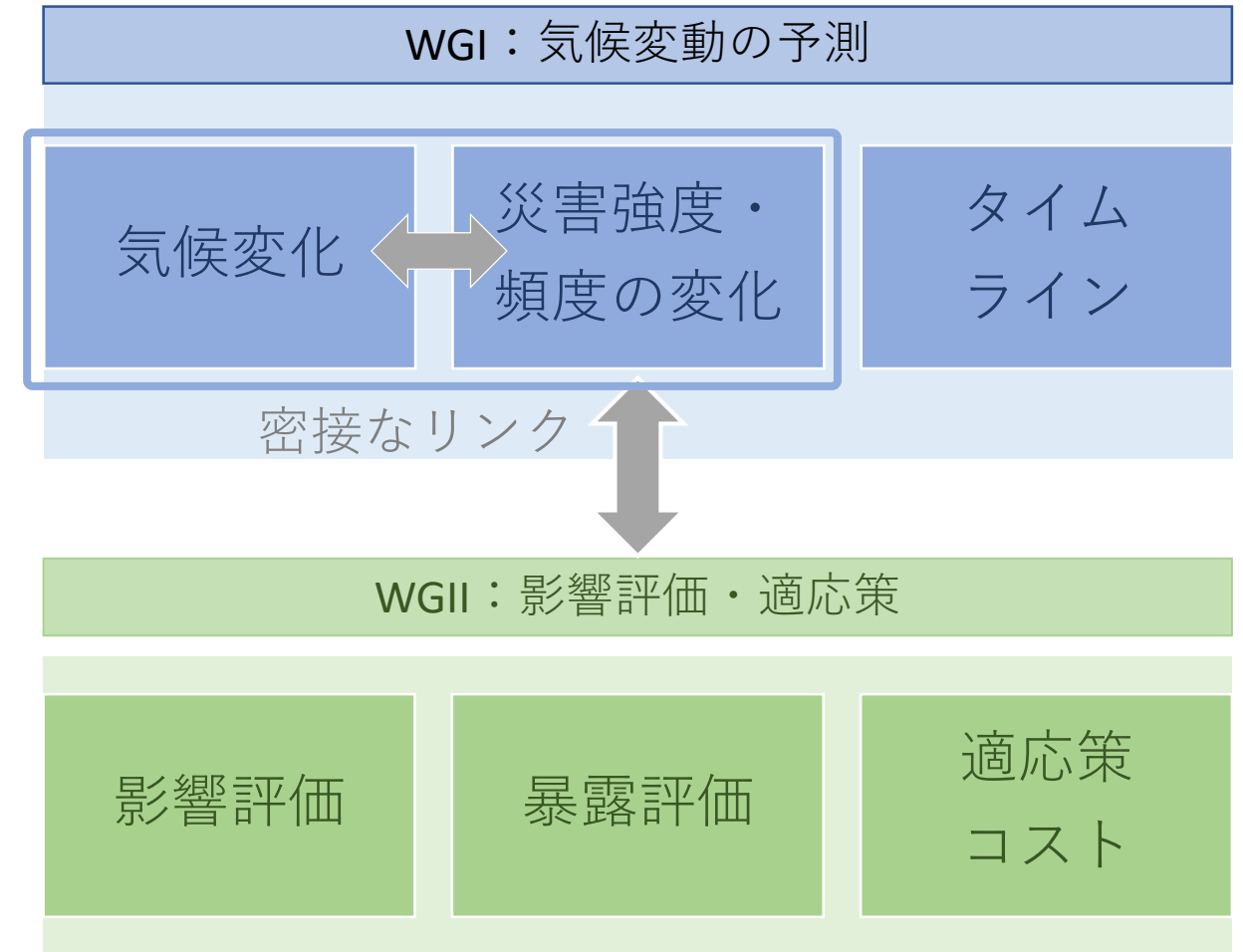
■ 気候変動予測と極端現象予測（風水害関係）

■ 日本を対象とした詳細な影響・リスク評価

- IPCCと整合性をとりつつ、国内での予測が重要：「気候変動予測2020」

■ 統合Pでは、気候変動予測と極端影響の連携が進み、AR6に大きな貢献ができた。

■ リンクの加速化とWGIIへのブリッジがAR7への課題





統合的気候モデル高度化プログラム 令和3年度公開シンポジウム

気候は今 どうなっている？ どうなっていく？

～IPCC最新報告書を読み解く～

おわり

IPCC WGII AR6 (2022) 2月

- 第3章 海洋と沿岸の環境
- 第4章 水
- 第6章 都市と重要社会基盤
- 第10章 アジア
- 第18章 レジリエントな発展
- 他