

2025/11/27海岸シンポジウム 13:05-13:50

「気候変動を踏まえた海岸保全対策」日本が取り組むべき海岸保全の方向性

海岸に関わる気候変動予測研究の動向

京都大学防災研究所/横浜国立大学

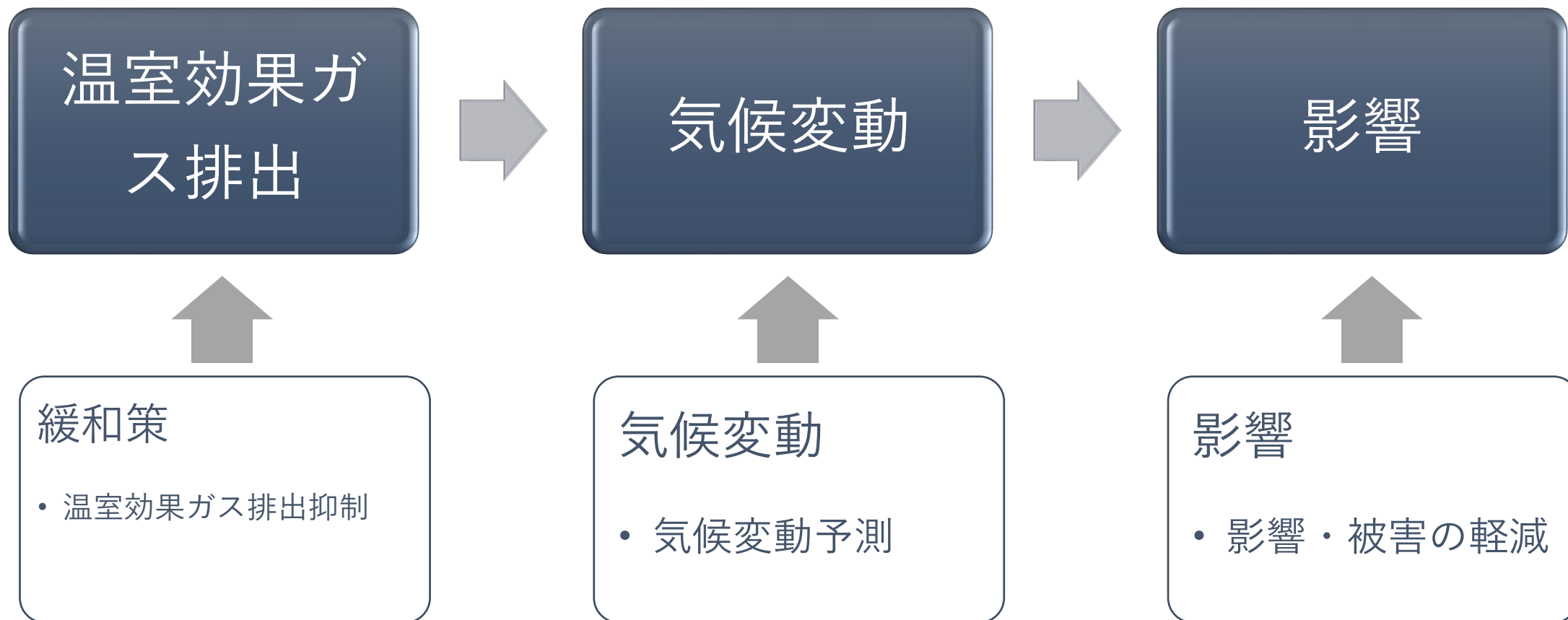
森 信人



自己紹介

- 研究
 - 文部科学省気候変動研究先端プログラム・領域課題4：代表
- 国際
 - IPCC第6次報告書WGI/統合報告書：日本政府査読員
 - IPCC第7次報告書Scoping Meeting（目次を考える会議）：WGIIメンバー
 - IPCC第62回総会（目次を承認する会議）：WGI, WGII日本政府代表者
 - 世界気象機関・波浪および沿岸災害に関する専門家チーム・委員（高潮将来予測担当）
- 国内の委員
 - 文科省・気象庁 日本の気候変動2020および2025：部会委員/詳細版執筆
 - 環境省 気候変動影響評価報告書2025：自然災害・沿岸域分野WG委員
 - 国交省/農水省・気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討会・提言(2020)
 - 国交省港湾局・港湾における気候変動適応策の実装方針(2024)
 - 自治体の委員（北海道，茨城県，大阪府，兵庫県，島根県他）

地球温暖化対策



- 地球温暖化対策推進法
 - 1998年法律第117号
 - 2016年一部改正
- 地球温暖化対策計画
 - (2016年5月13日閣議決定)

- 気候変動適応法
 - (2018年法律第50号)
- 気候変動適応計画
 - (2018年11月27日閣議決定)

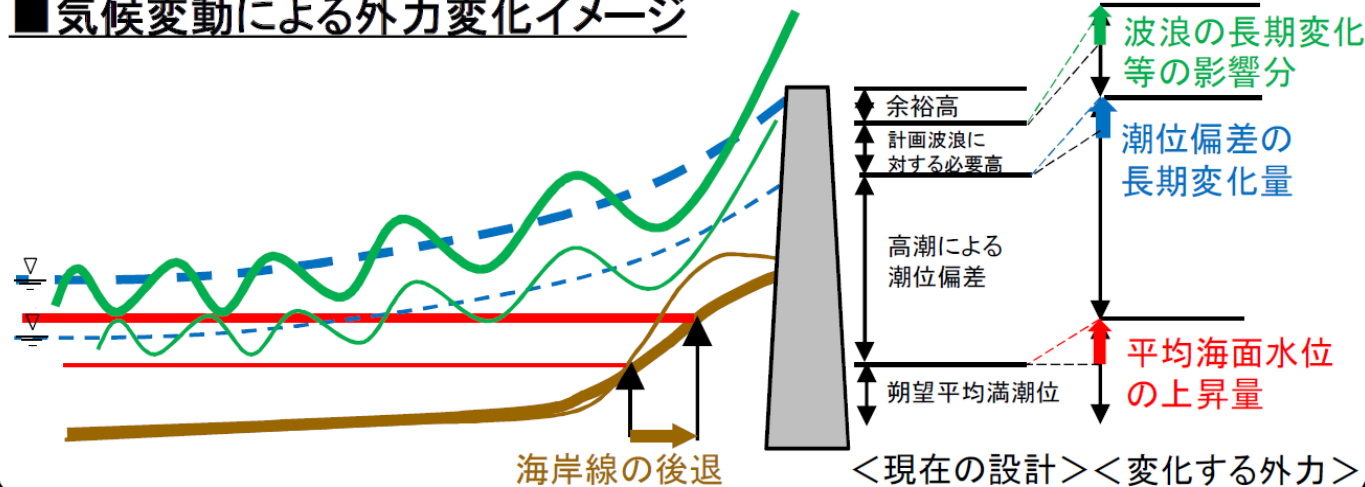
気候変動に適応する海岸保全 (2020)

国交省/農水省・気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討会・提言 (2020)

I 海岸保全に影響する気候変動の現状と予測

- 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、SROCCによれば、2100年までの平均海面水位の予測上昇範囲は、**RCP2.6 (2°C上昇に相当) で0.29-0.59m、RCP8.5 (4°C上昇に相当) で0.61-1.10m。**

■気候変動による外力変化イメージ



＜気候変動影響の将来予測＞

| | 将来予測 |
|----------|---------------------------------|
| 平均海面水位 | ・ 上昇する |
| 高潮時の潮位偏差 | ・ 極値は上がる |
| 波浪 | ・ 波高の平均は下がるが極値は上がる ・ 波向きが変わる |
| 海岸侵食 | ・ 砂浜の6割～8割が消失 |

気候変動に適応する海岸保全 (2020)

国交省/農水省・気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討会・提言 (2020)

Ⅱ 海岸保全に影響する外力の将来変化予測

- ・ 潮位偏差や波浪の長期変化量の定量化に向けて、気候変動の影響を考慮した大規模アンサンブル気候予測データベース(d4PDF)の台風データ及び爆弾低気圧データを対象にした現在気候と将来気候の比較を実施。
- ・ d4PDFが活用できることを確認。

＜現在気候と将来気候の比較＞

| | 台風トラックデータ | 爆弾低気圧トラックデータ |
|----------|-----------------------|-----------------------------|
| 最低中心気圧 | 極端事象は将来気候の最低中心気圧が低下傾向 | 再現期間100年以上を除いて現在気候と将来気候は同程度 |
| 高潮時の潮位偏差 | 極端事象は将来気候の方が相対的に上昇 | 再現期間100年以上を除いて現在気候と将来気候は同程度 |

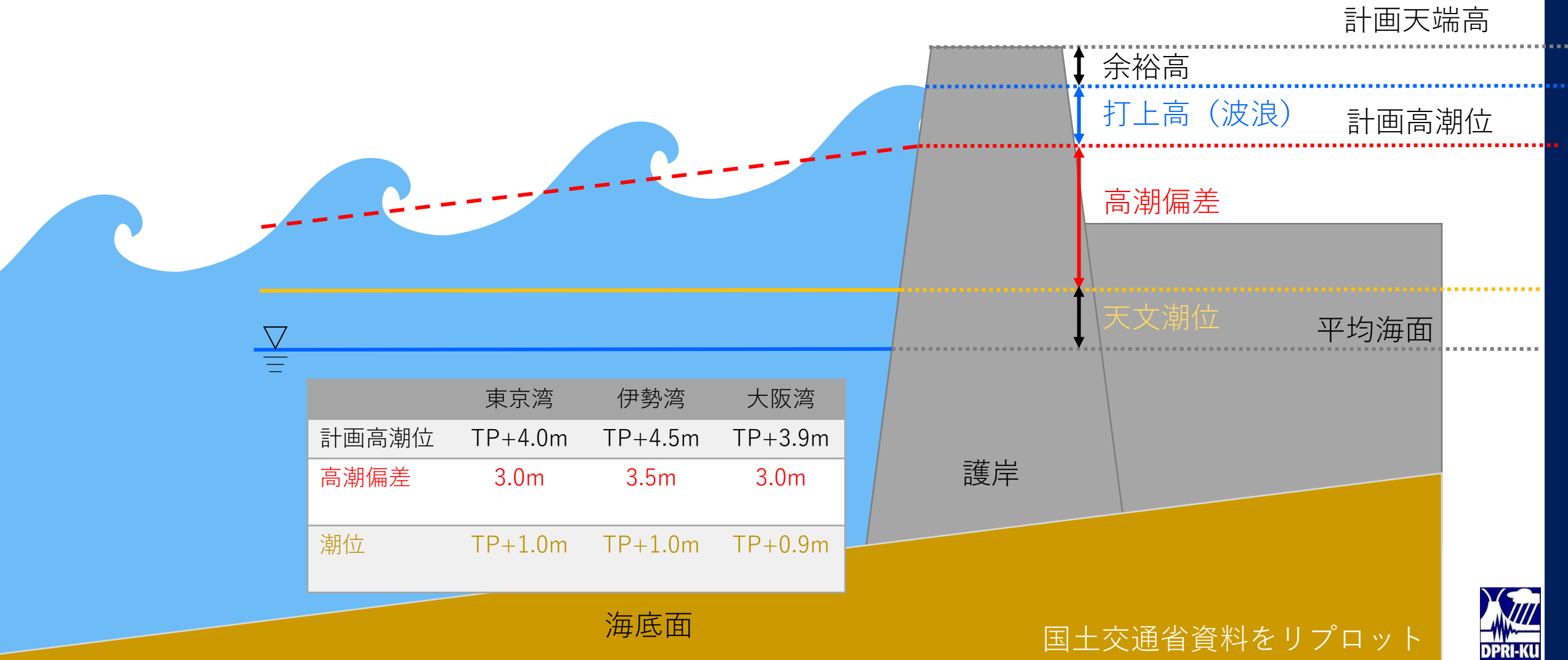
＜今後の課題＞

- ・ 適切なバイアス補正方法を含めた将来変化の定量化
- ・ 日本各地の海岸の将来変化の定量化
- ・ 波浪の長期変化量の定量化

我が国の沿岸防御の考え方

防御レベル = 高潮偏差 + 波浪打上高

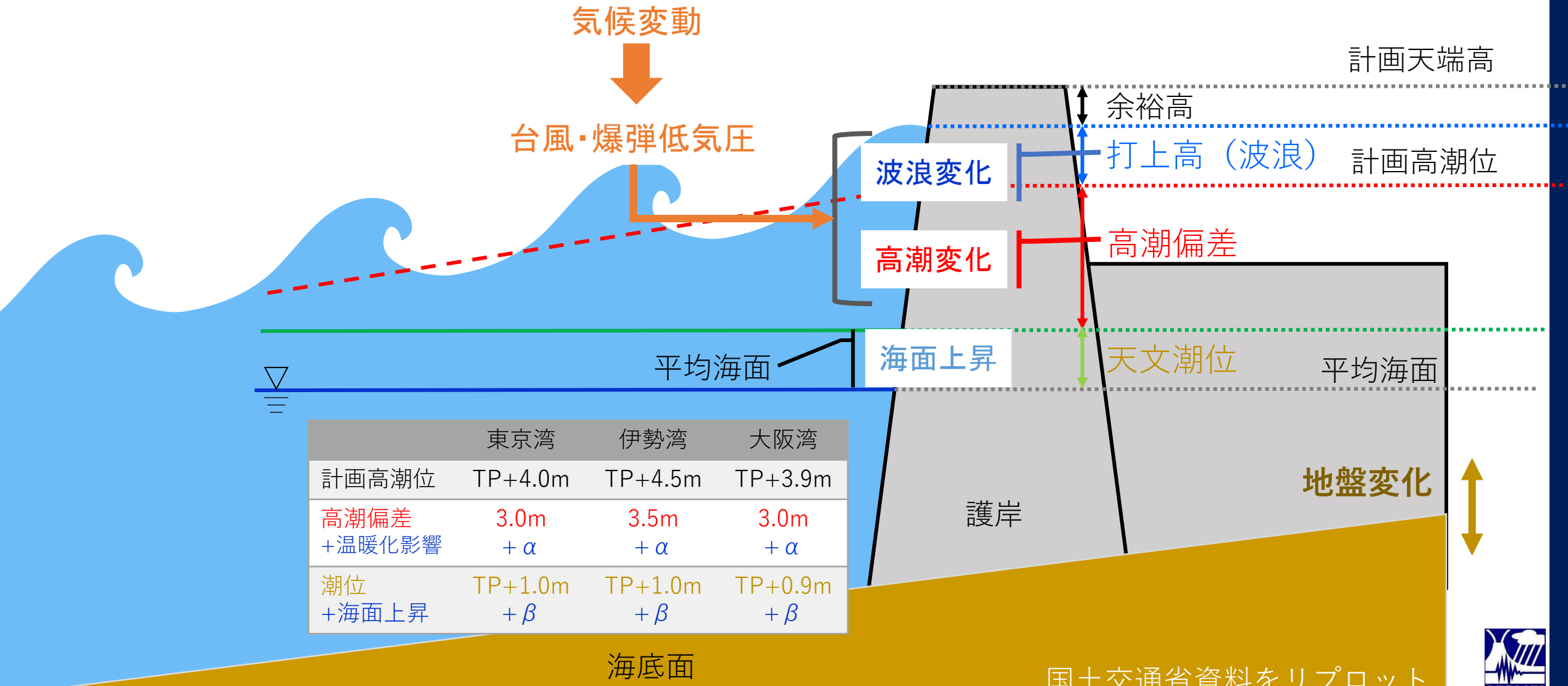
* 単位は0.5m



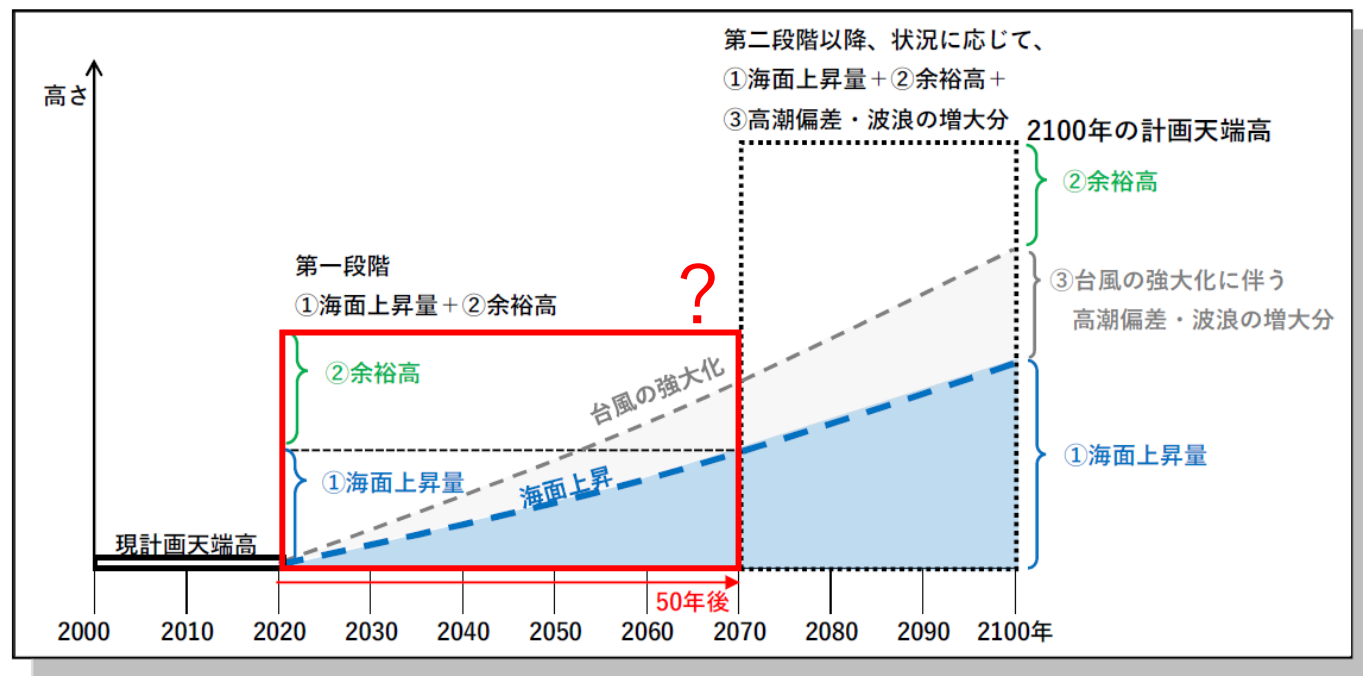
我が国の沿岸防御の考え方

防御レベル = 高潮偏差 + 波浪打上高

* 単位は0.5m



海岸保全計画の見直し：東京



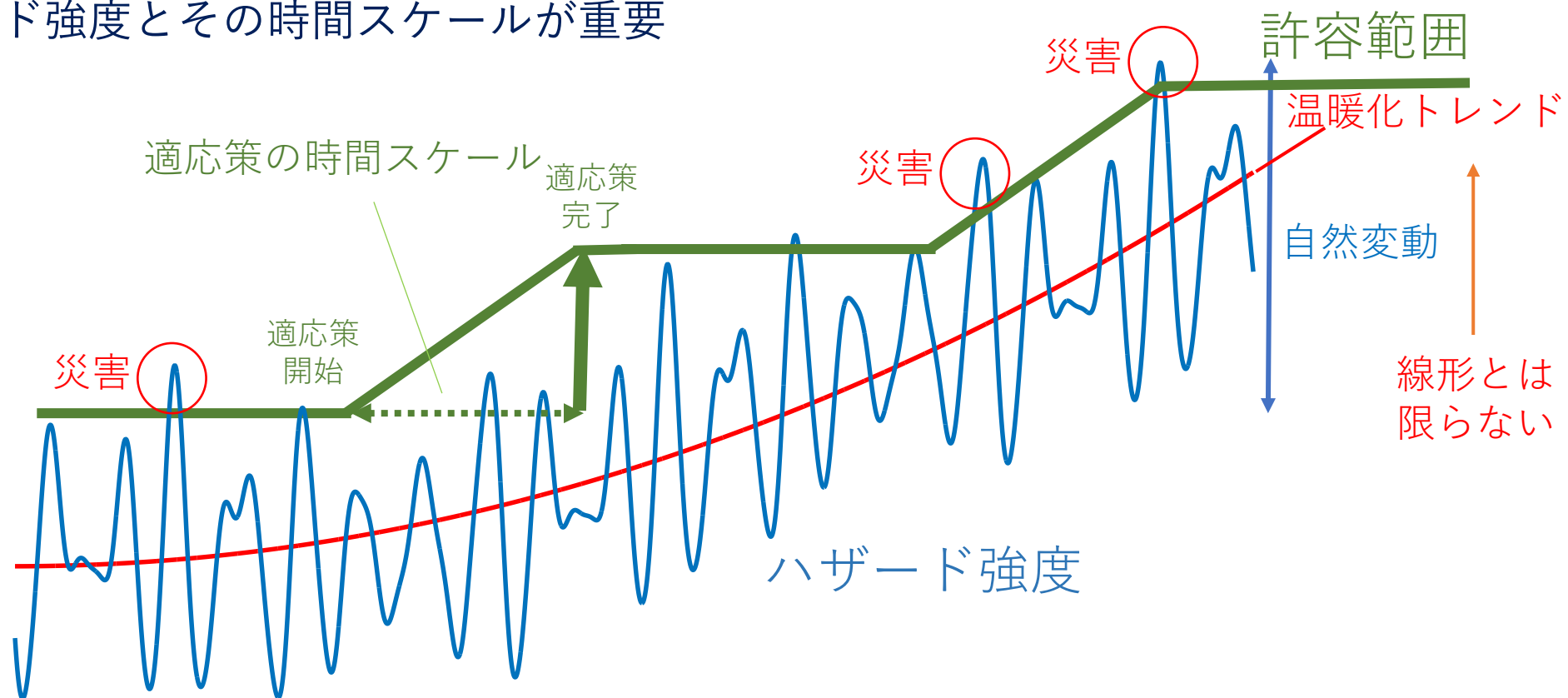
- ・ 防潮堤の嵩上げ
- ・ 排水機場の増設
- ・ 他



2023年3月東京都港湾局

温暖化に対する順応的適応策の考え方

ハザード強度とその時間スケールが重要



海面・高潮・波浪はどの程度 将来変化するのか？

気候予測研究の進展

京都大学



KYOTO UNIVERSITY

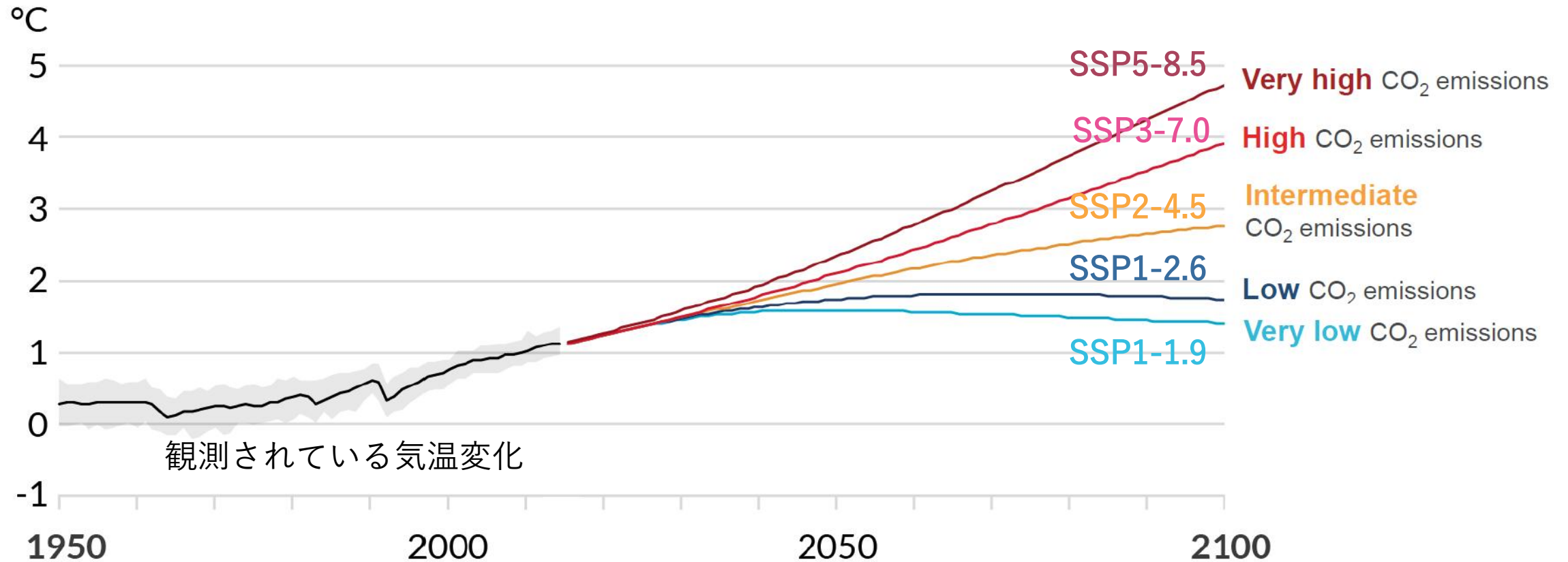


温暖化レベルと温暖化予測シナリオ

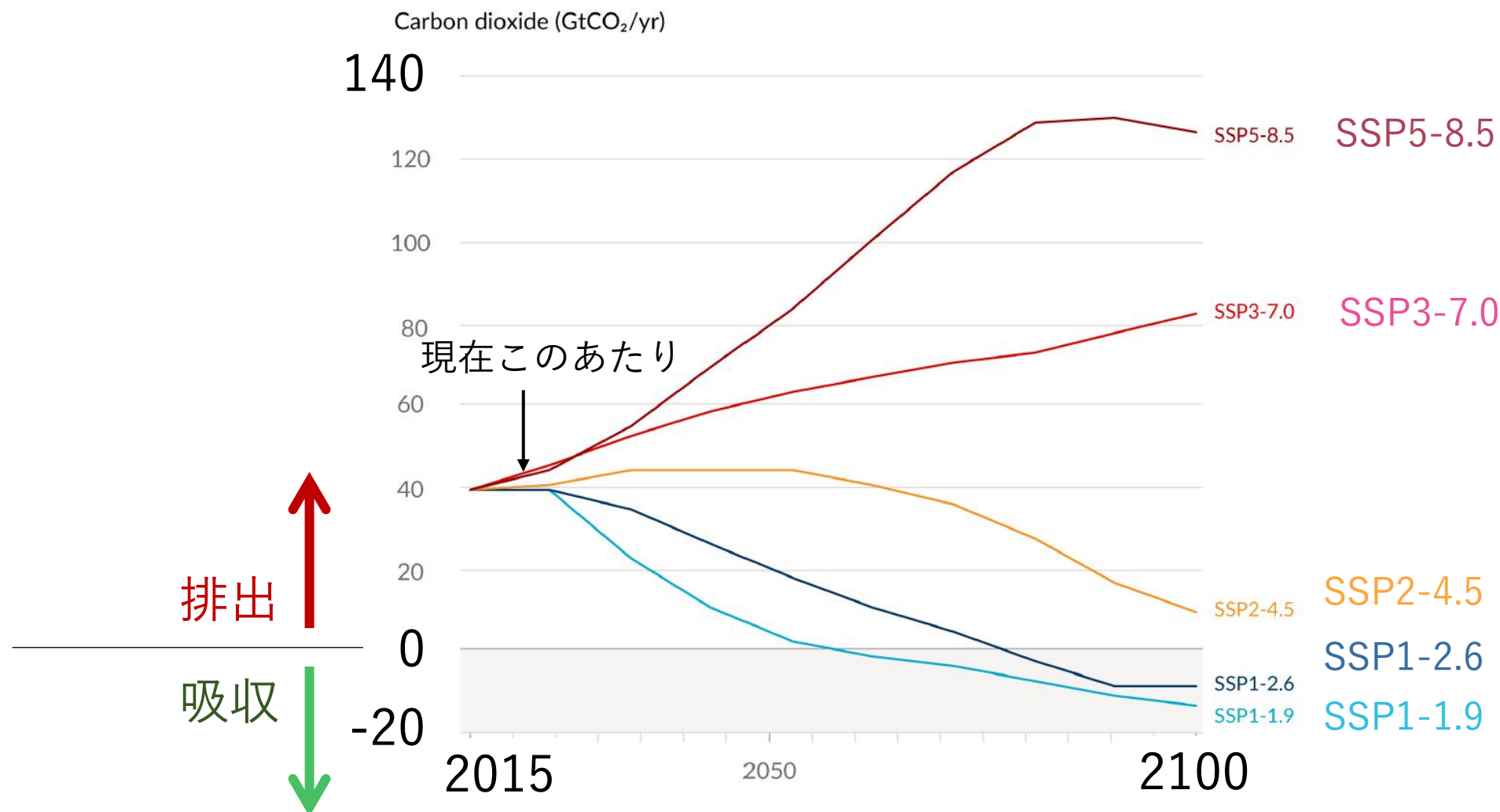
- 温暖化の進行の度合い（温暖化レベル）は、これからの温室効果ガスの排出予測（温室効果ガス排出シナリオ）に依存
- **2度上昇シナリオ（SSP126/RCP2.6）**
 - 世界平均気温が、工業化以前と比べて0.9～2.3° C（20世紀末と比べて0.3～1.7° C）上昇する可能性の高いシナリオ。
 - ➡ パリ協定の2° C目標が達成に相当。
 - ➡ 日本の（当面の）適応策の目標。おそらく実現は難しい？
- **4度上昇シナリオ（SSP585/RCP8.5）**
 - 21世紀末の世界平均気温が、工業化以前と比べて3.2～5.4° C（20世紀末と比べて2.6～4.8° C）上昇する可能性の高いシナリオ。
 - ➡ 現時点を超える追加的な緩和策を取らなかった世界であり得る気候の状態に相当。

※ 20世紀末：1986～2005年の平均、21世紀末：2081～2100年の平均

温室効果ガス排出シナリオと全球平均気温の関係

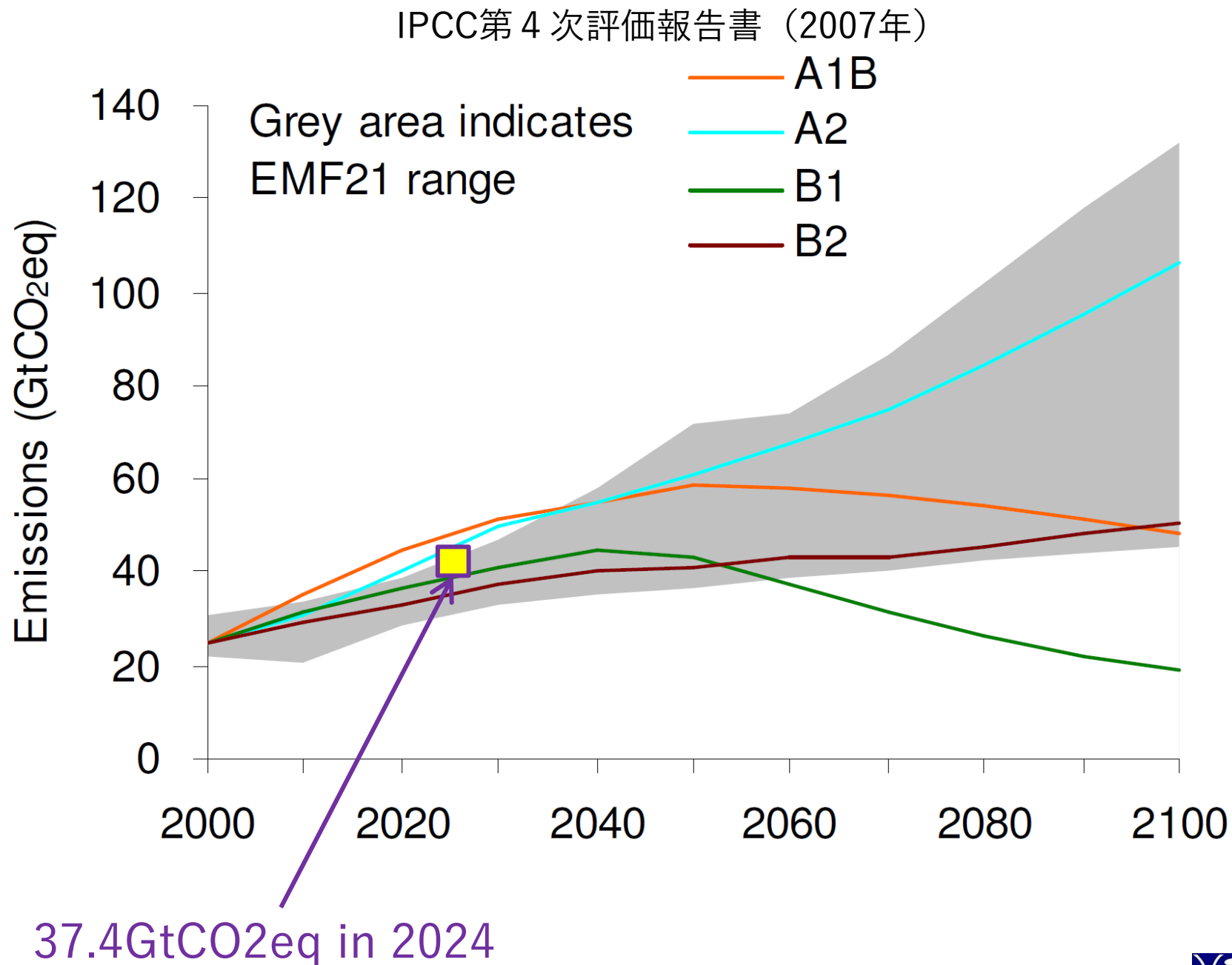


温室効果ガス排出シナリオと年CO₂排出量[Gt/年] の関係

Figure SPM.4

緩和実現への 厳しい道程

- IPCC第4次評価報告書（2007年）の予測とその後の現実
- 排出量は依然として増加
- 社会的要因も大きな影響
 - ウクライナ戦争他

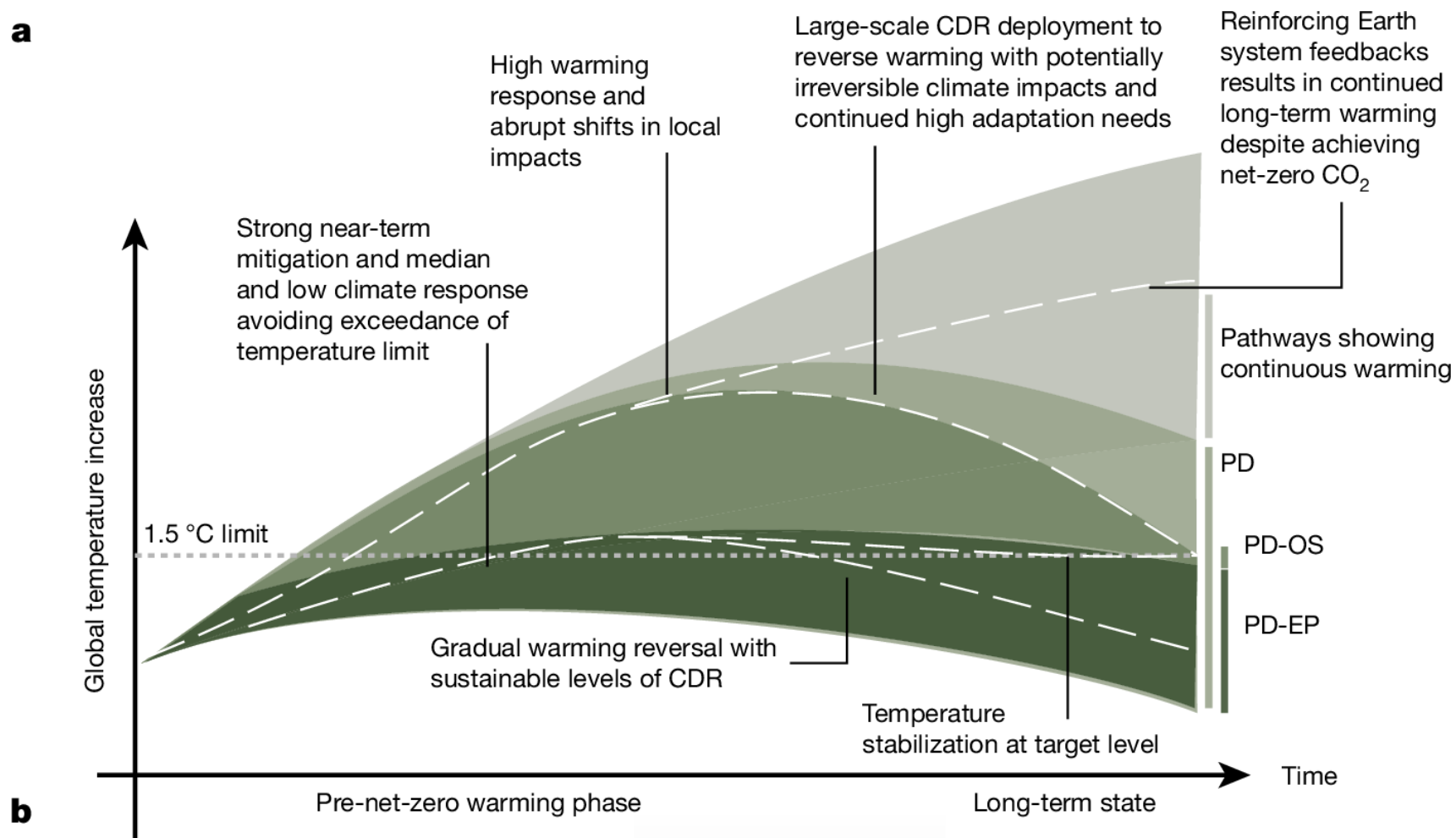


オーバーシュートシナリオが検討対象に

IPCC第7次評価報告書
(2028予定)

第9章

Earth system
responses under
pathways towards
temperature
stabilization, including
overshoot pathways



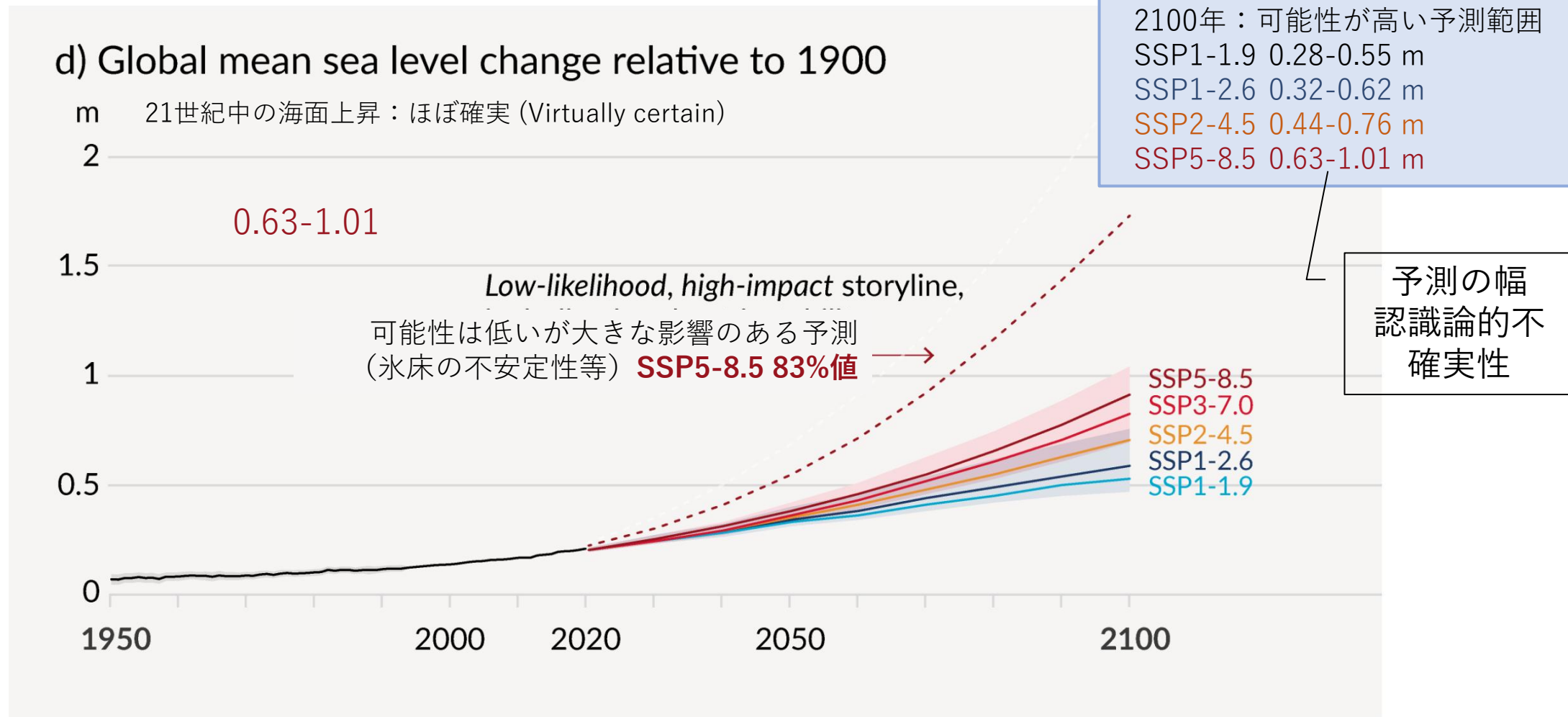
Schleussner et al. (2025)

沿岸域の脆弱性：海面上昇

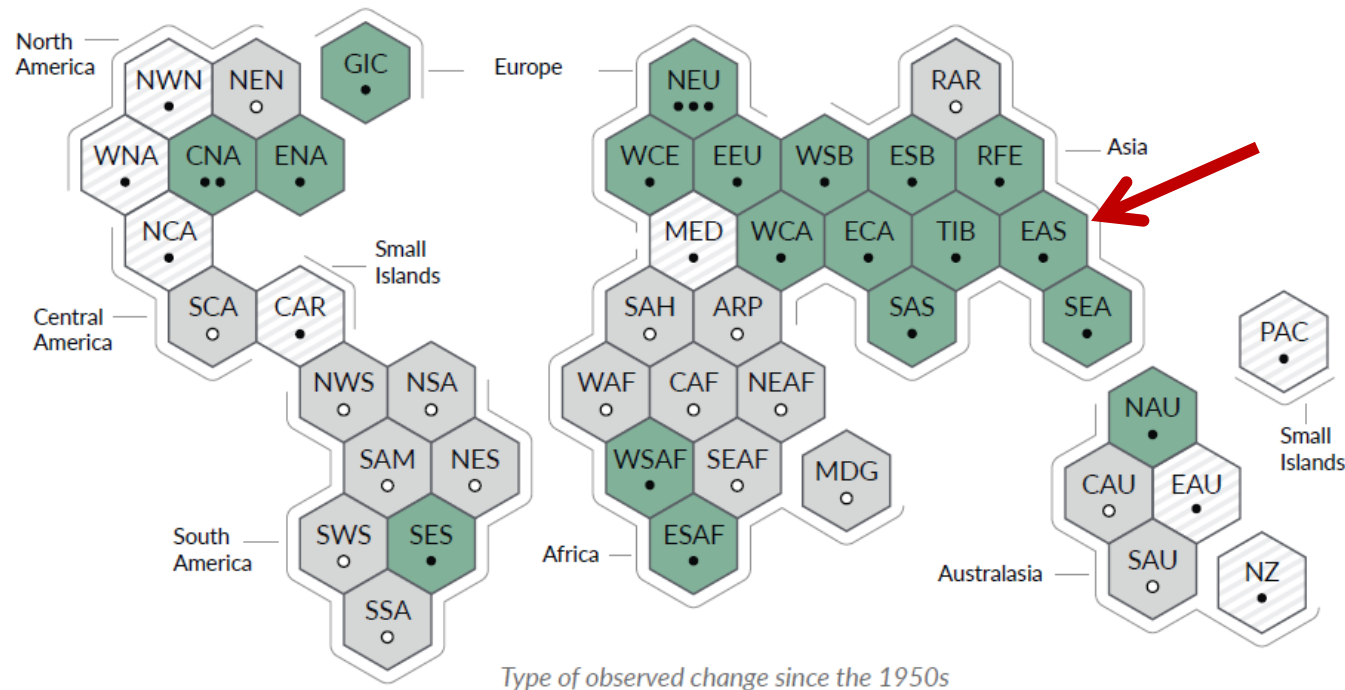
第9章 海洋，雪氷圏，及び海面水位の変化

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)



日本の予測は日本で実施する 必要がある



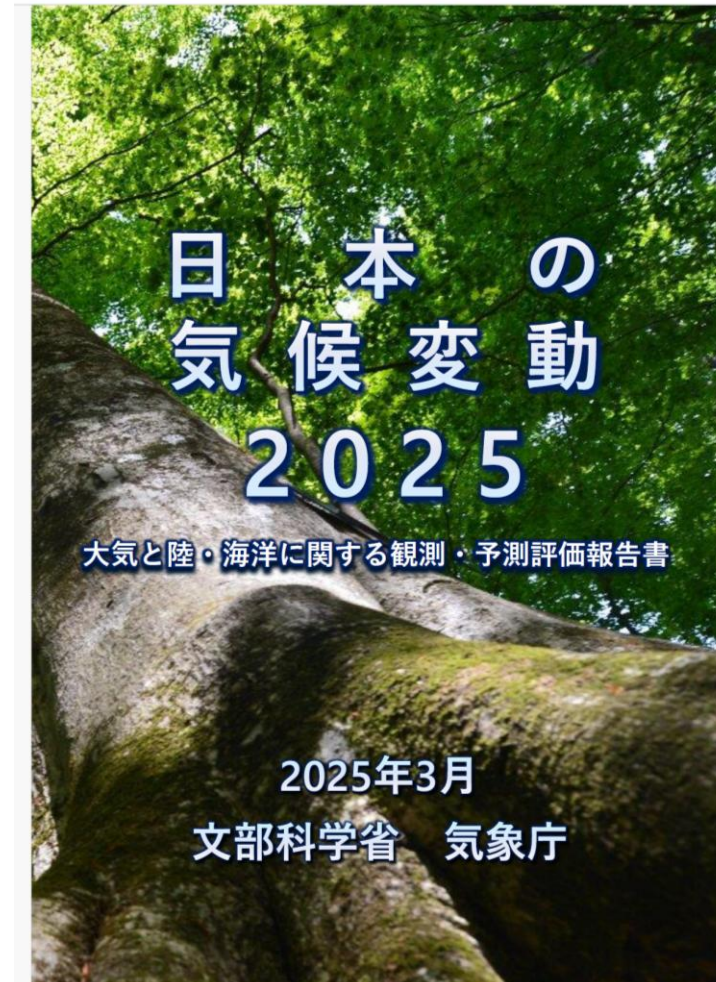
京都大学



日本の気候変動 2 0 2 5

詳細編

- 第 7 章 熱帯低気圧
- 第 9 章 海面水位
- 第 1 0 章 高潮・高波



気候変動情報更新のサイクル

IPCC (UNEP/WMO)

AR5 (2012-2013)

AR6 (2022-2023)

AR7 (2028/29)

日本の気候変動 (文科省・気象庁)

2020



DS2022

2025



DS202X

2030?

気候予測データ (文科省・気象庁)

↑
気候予測プログラム
(文科省)



2022



2027

2032?

統合プログラム
領域課題D (代表：中北)

先端プログラム
領域課題4 (代表：森)

XXプログラム

気候変動影響評価 (環境省)

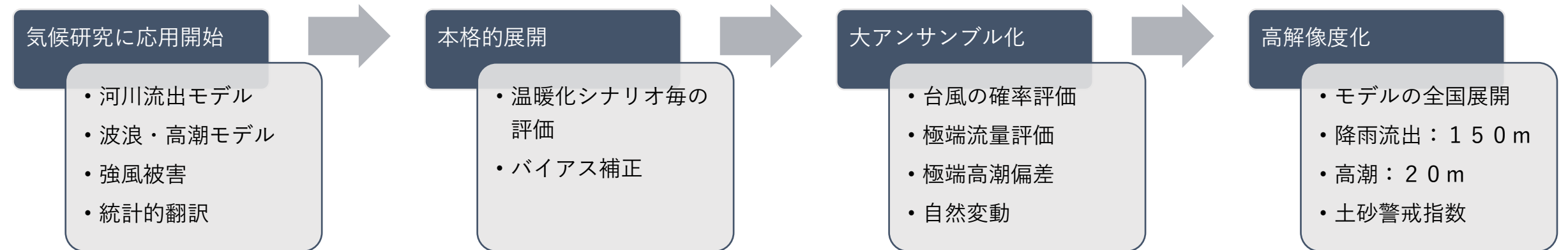
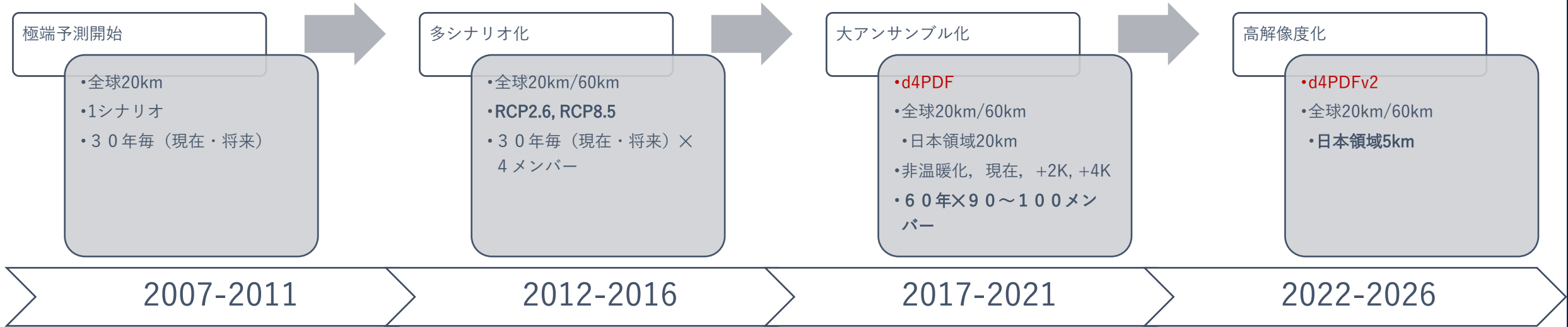
2020

2025

2030?

日本の気候変動研究の進展・深化

気候変動予測



風水害予測

台風の将来変化予測

我が国の高潮・波浪予測には台風の影響が必須

京都大学

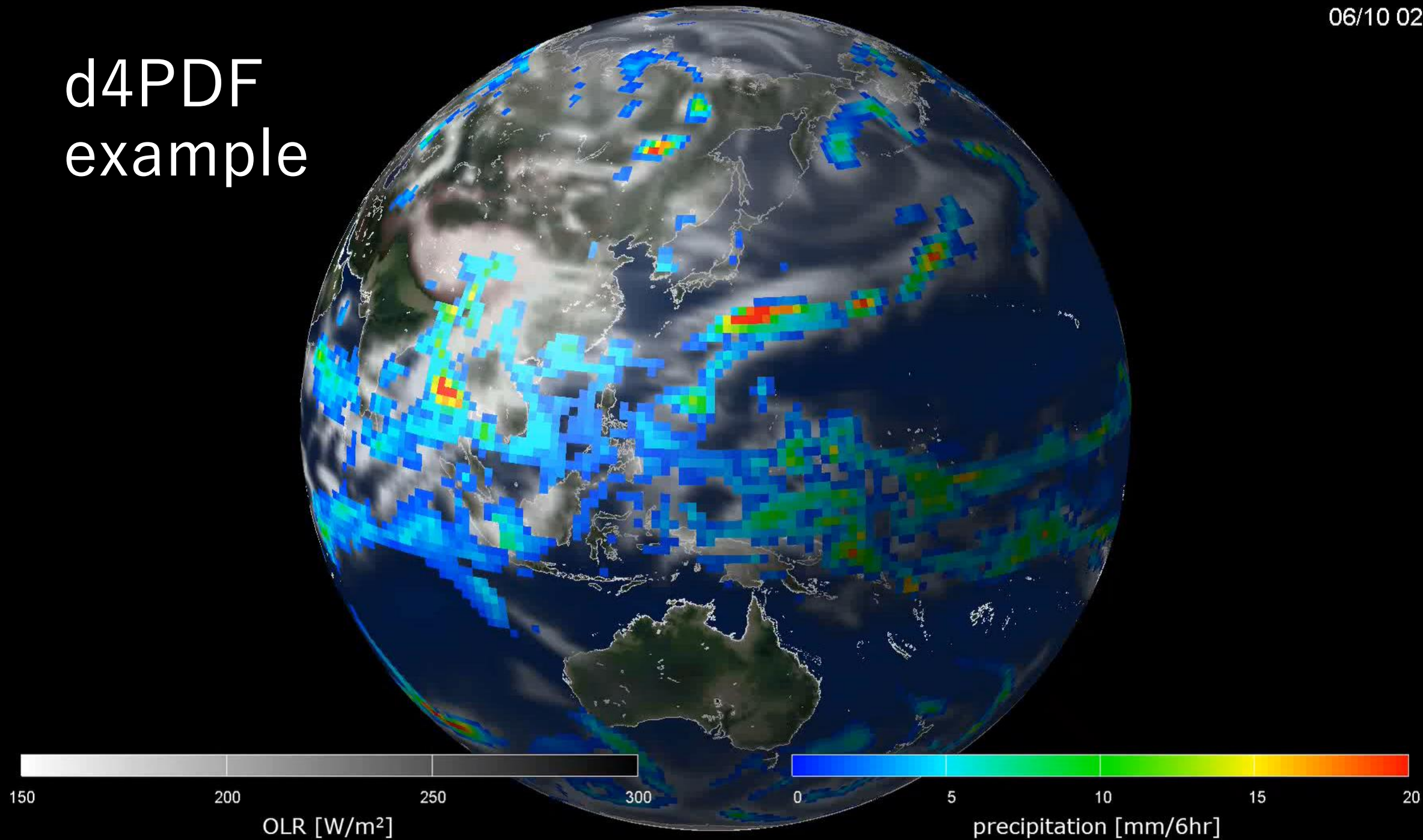


KYOTO UNIVERSITY

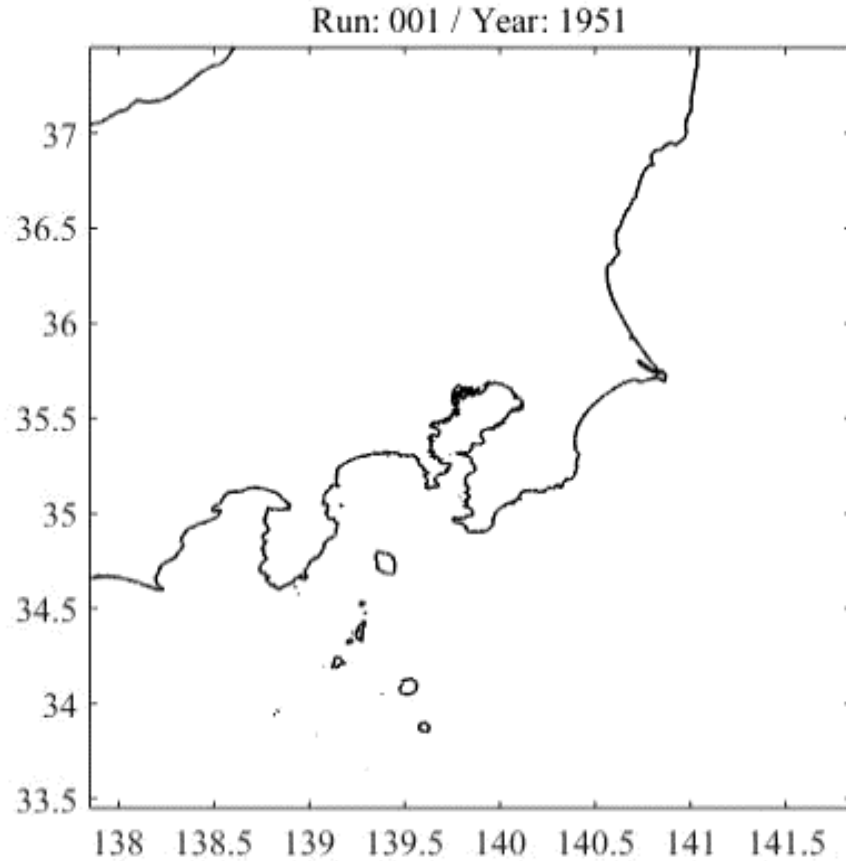


06/10 02:00

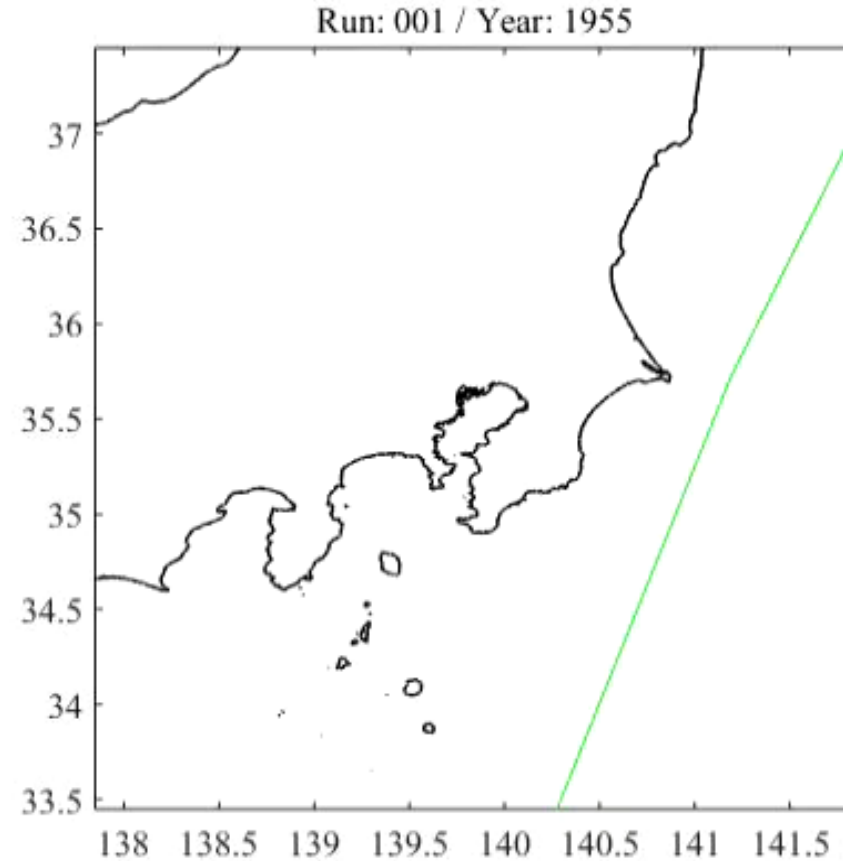
d4PDF
example



4. GCM/RCM直接利用 大規模気候アンサンブルd4PDF

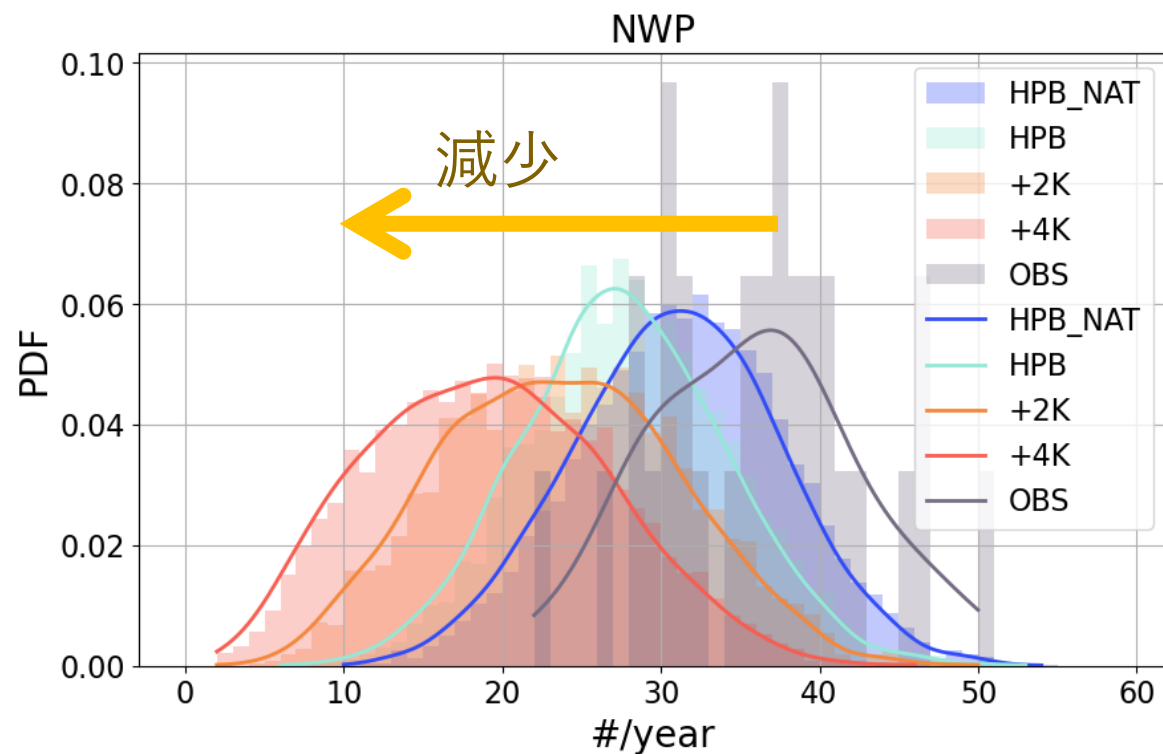


60年の気候計算
30年の気候ランによる台風経路

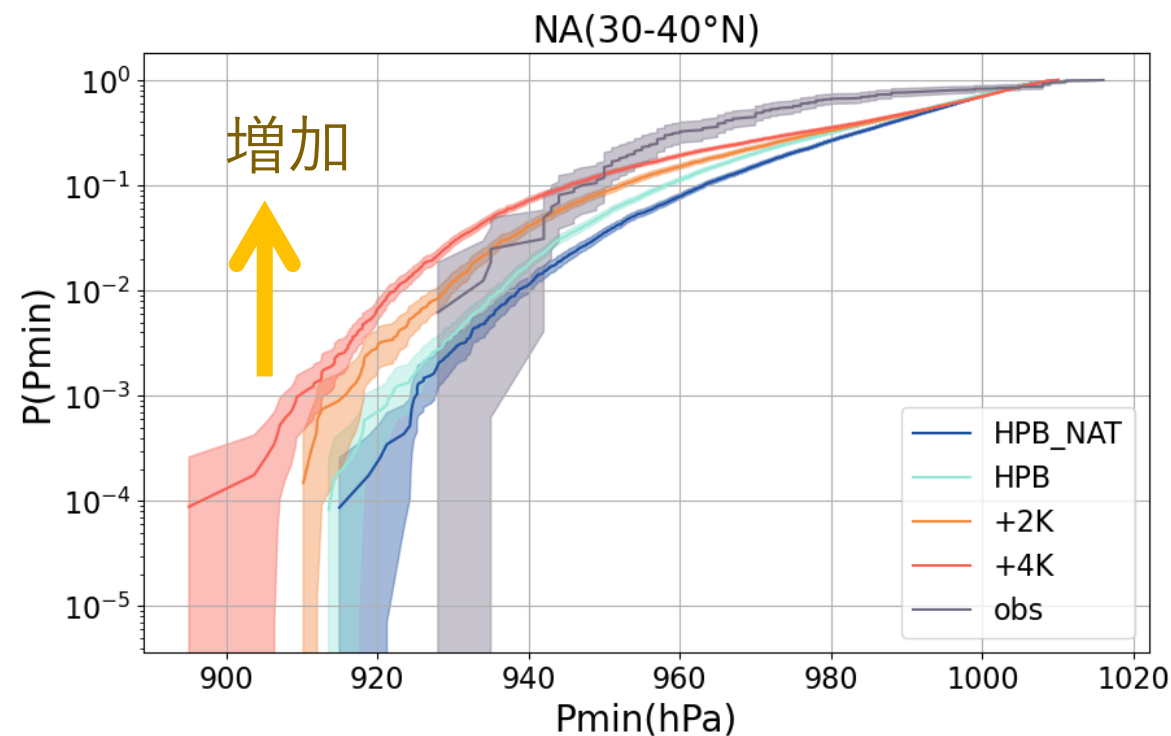


60 × 100年の気候計算
d4PDF現在再現計算(5400年)

台風発生個数・強度の将来変化：北西太平洋 d4PDF



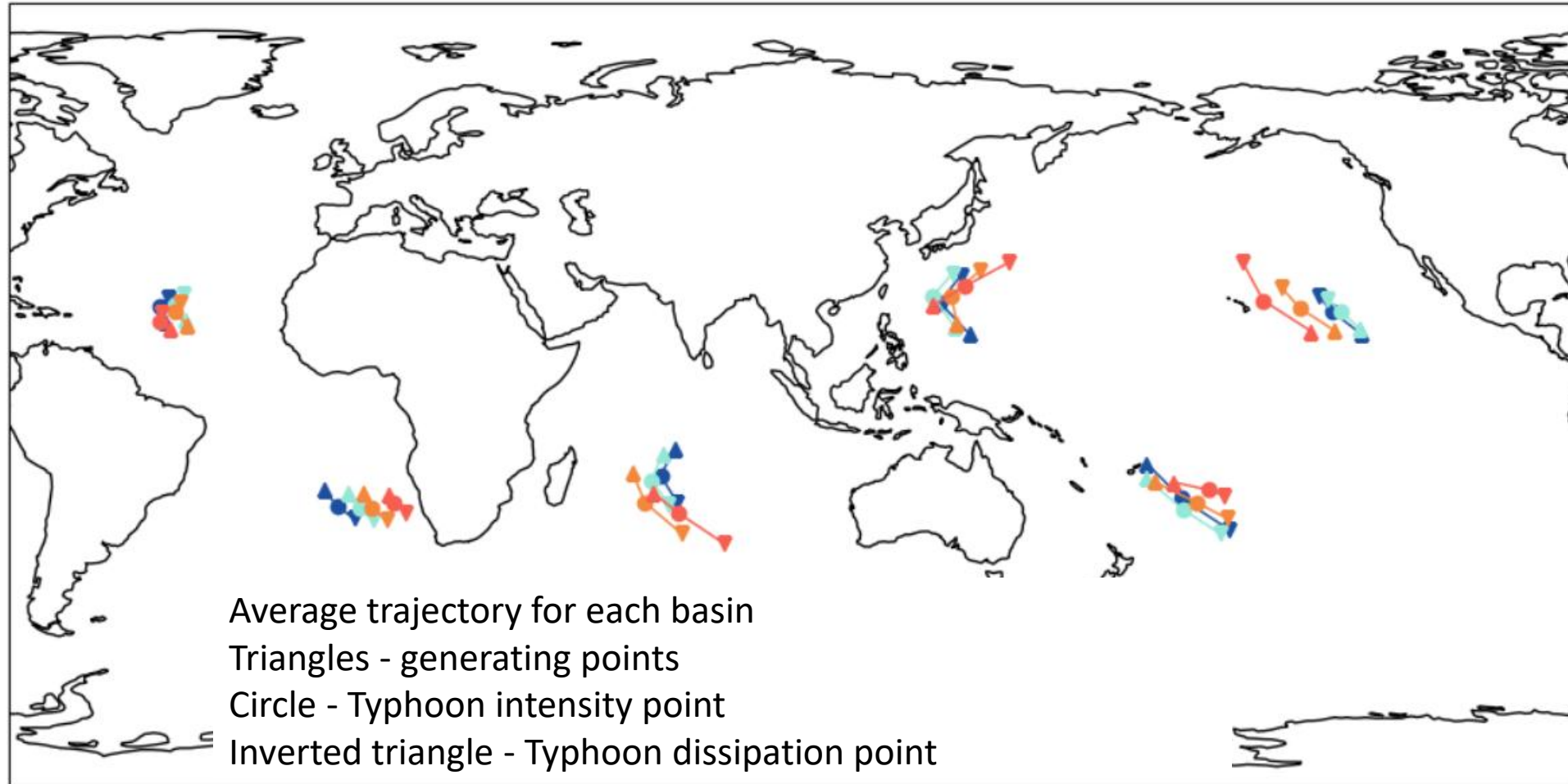
台風発生個数
(非温暖化条件, 現在気候, + 2 K, + 4 K)



最大強度

台風経路の将来変化：北西太平洋

d4PDF



非温暖化条件, 現在気候, + 2 K, + 4 K

高潮・波浪の将来変化予測

京都大学

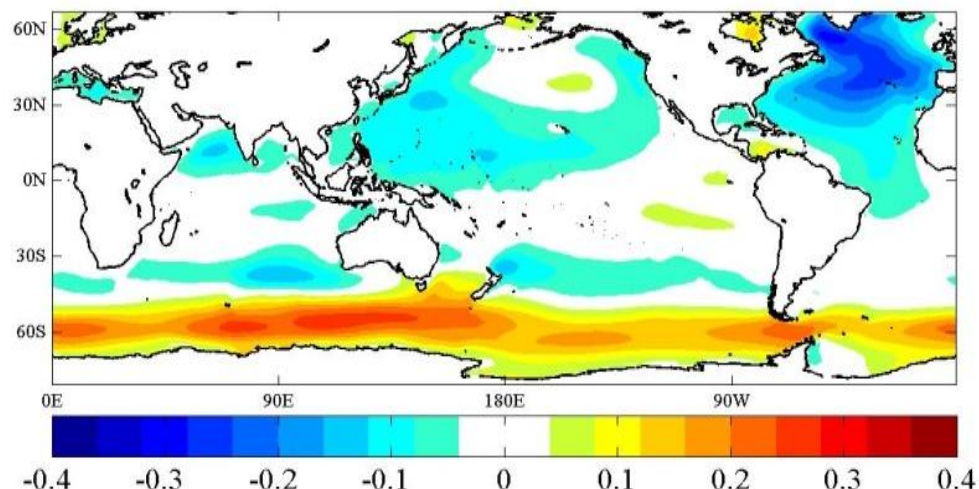


KYOTO UNIVERSITY

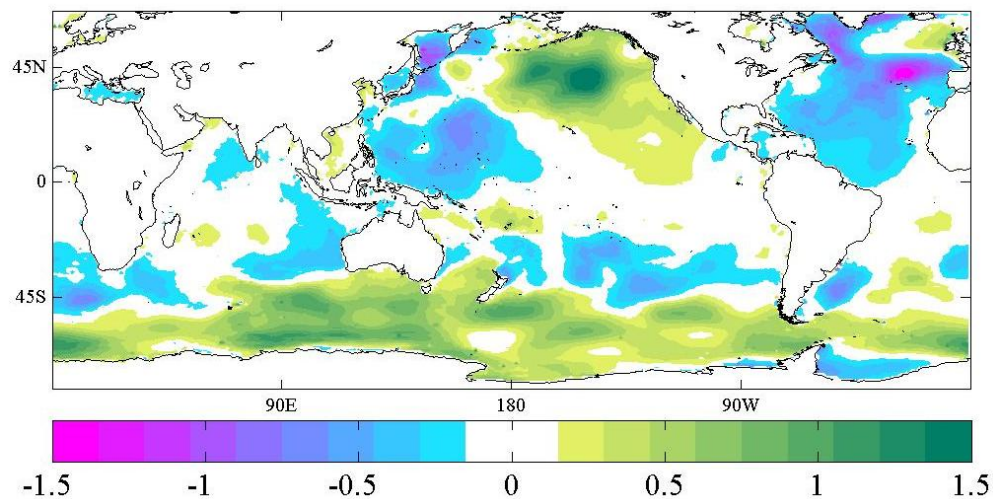


極端波浪の将来変化予測

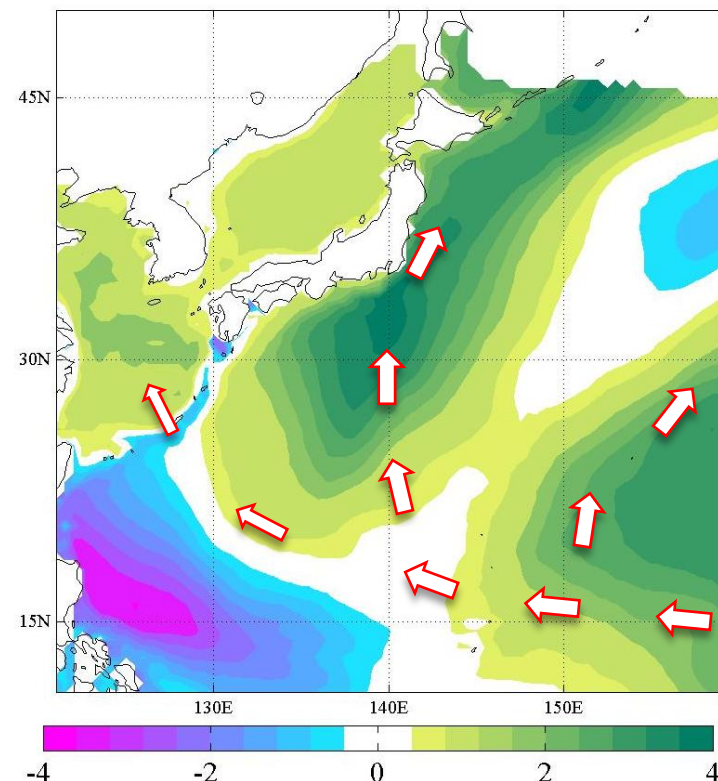
台風経路と強度に依存



平均波高の将来変化(m)



熱帯低気圧以外による10年最大波高の将来変化(m)



熱帯低気圧による10年最大
波高の将来変化(m)

MRI-AGCM3.2H+WW3

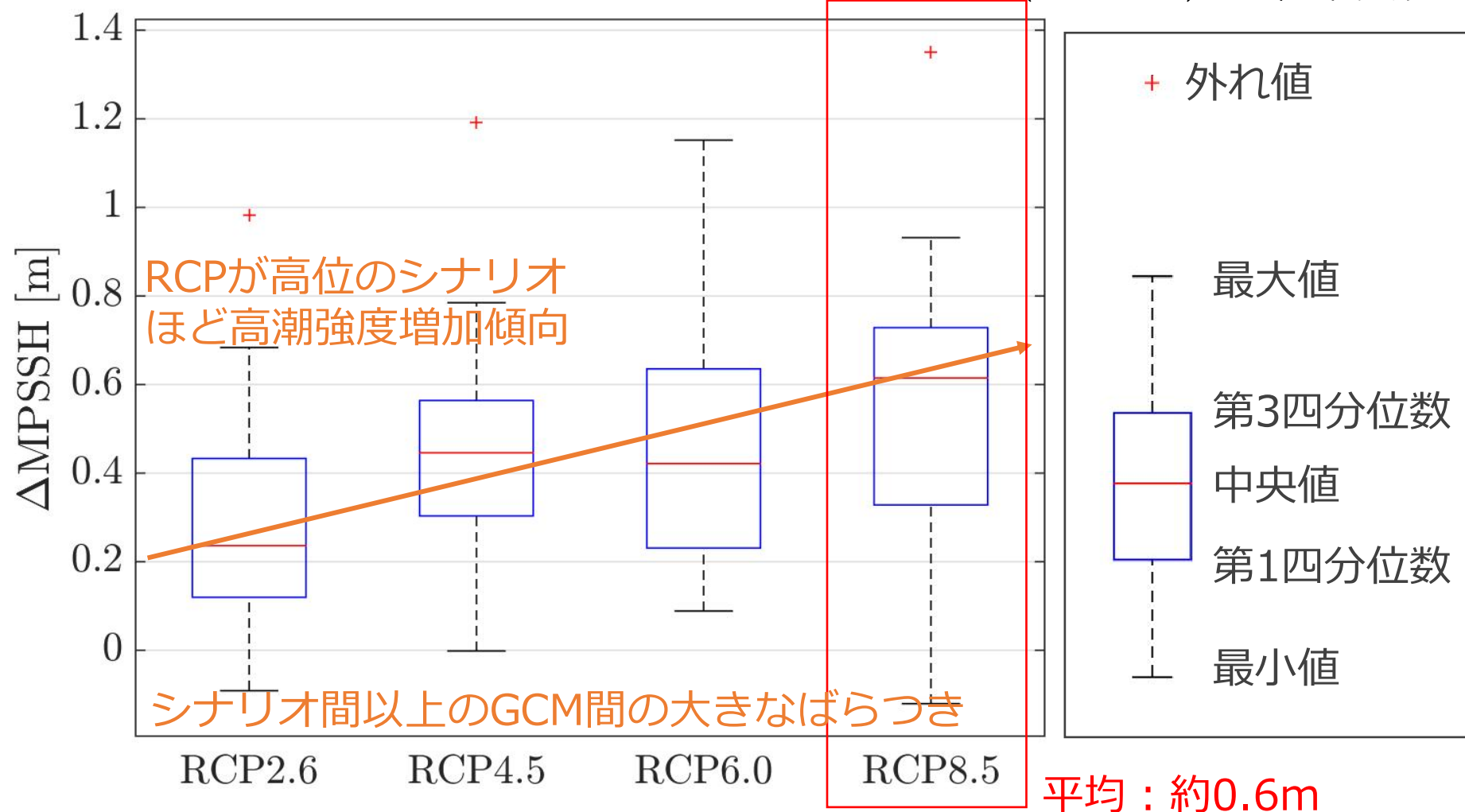
高潮波浪ともに
d4PDFを活用した
全国的な予測には
至っていない

Shimura et al. (2015a,b) J Climate

可能最大高潮偏差の推定

MPS将来の変化 (CMIP5全モデル)

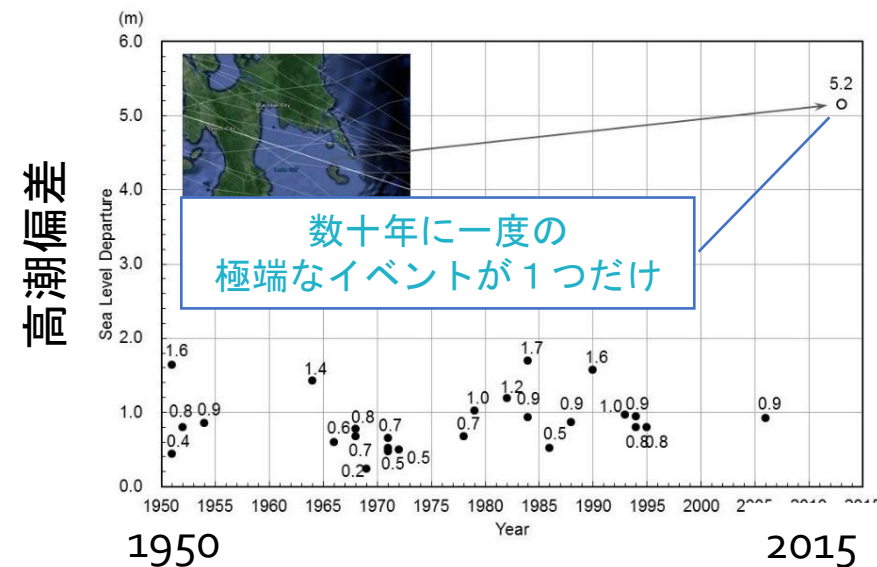
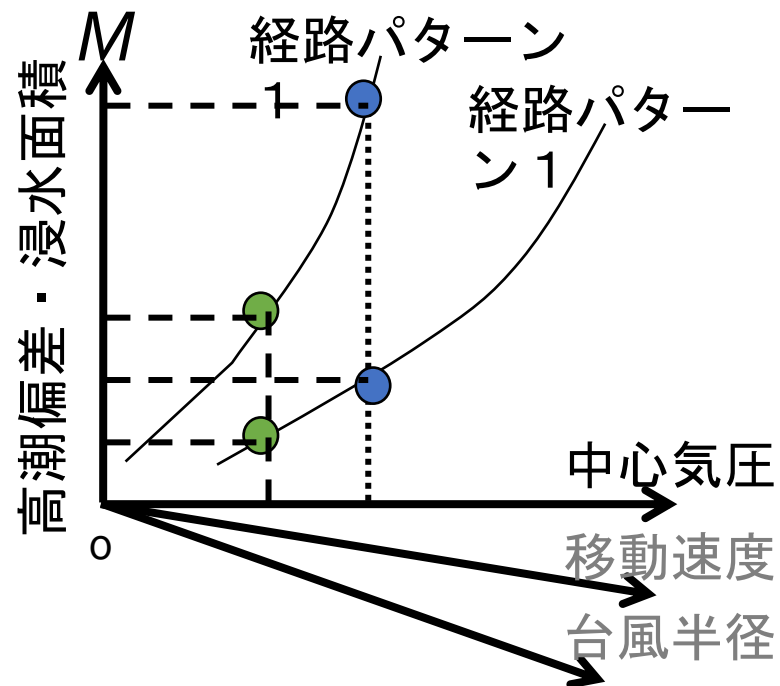
CMIP5モデルアンサンブル可能最大高潮 (MPSSH) の将来変化



特定地域の高潮評価の難しさ

イベント生起確率の問題

- ・ 台風発生・上陸数が少ない
- ・ 中心気圧，コース，移動速度に依存するため，高潮イベントが極端に少ない



気候変動予測と実践：高潮

多くの自治
体で採用

- 低頻度局所的極端事象
- ポイント
 - 台風の将来変化
 - 気象・気候情報をどの程度取り入れるのか
 - 確率評価(L1)と最大クラス(L2)の評価
 - 現行の基準との整合性
- 技術的課題
 - 複数手法の取り入れ方
 - バイアス補正

1.シナリオ型：過去台風

- 台風モデル+過去の特定台風情報

2.力学的DS+アンサンブル

- 過去イベント+経路Ens/PGW

3.確率台風モデル

- 台風モデル+過去台風統計情報

4.GCM/RCM直接利用

- タイムスライス,d4PDF

5.気候学的アプローチ

- 可能最大推定

現在進めている予測

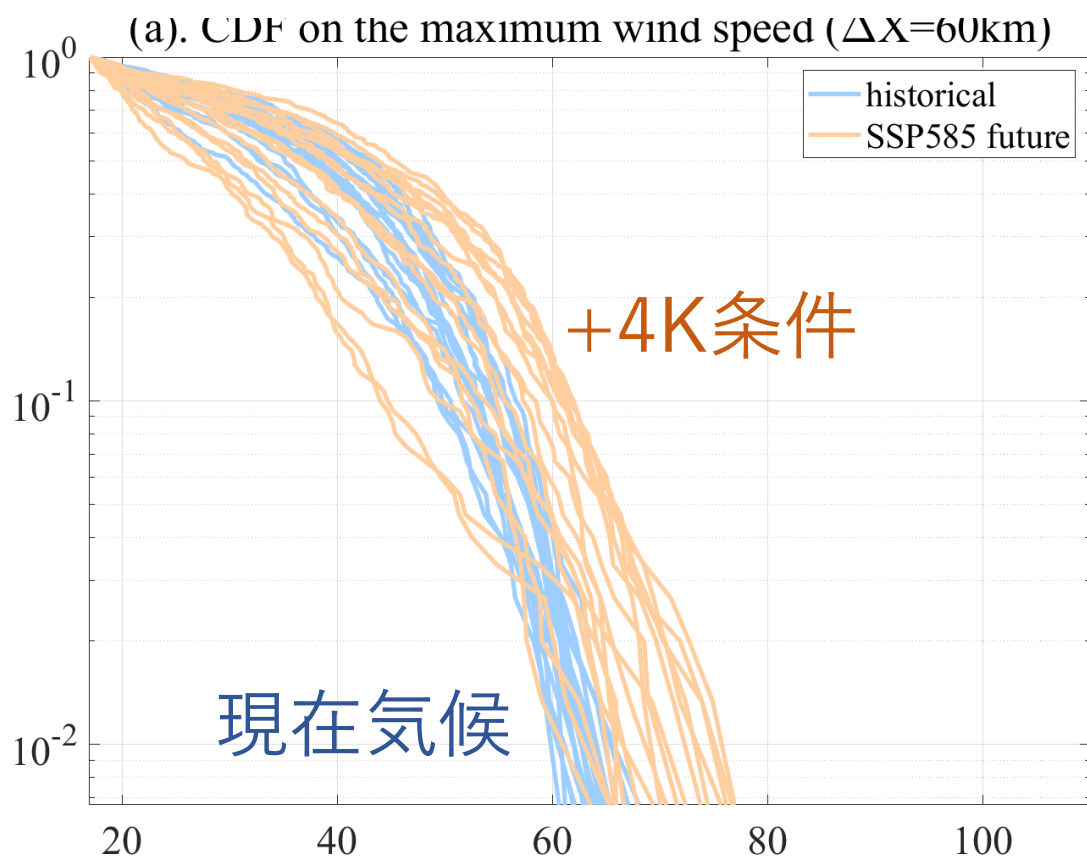
文科省先端プログラム領域課題 3 ・ 4

d4PDFのバージョンアップ（d4PDFv2）

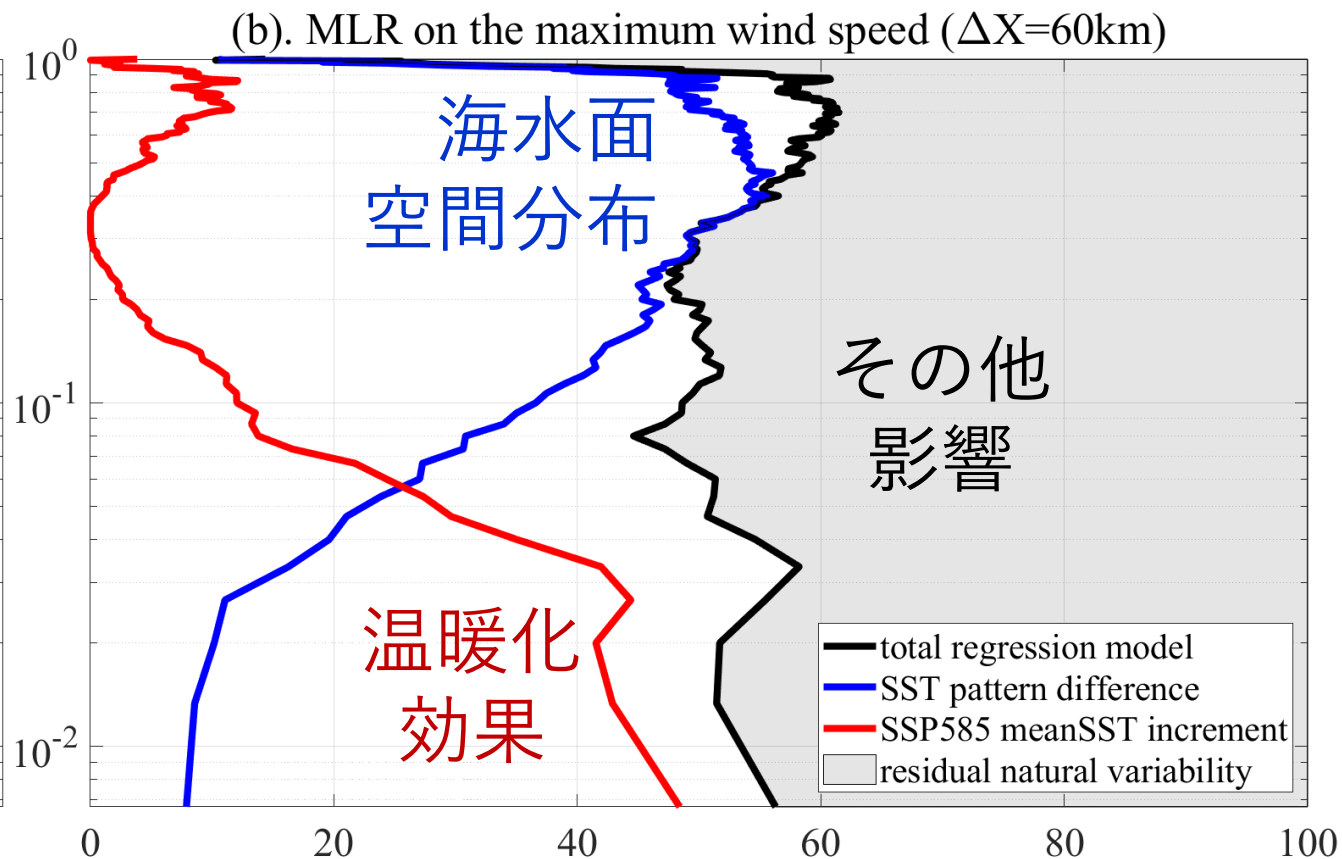
京都大学



台風将来変化の要因と自然変動の量的評価

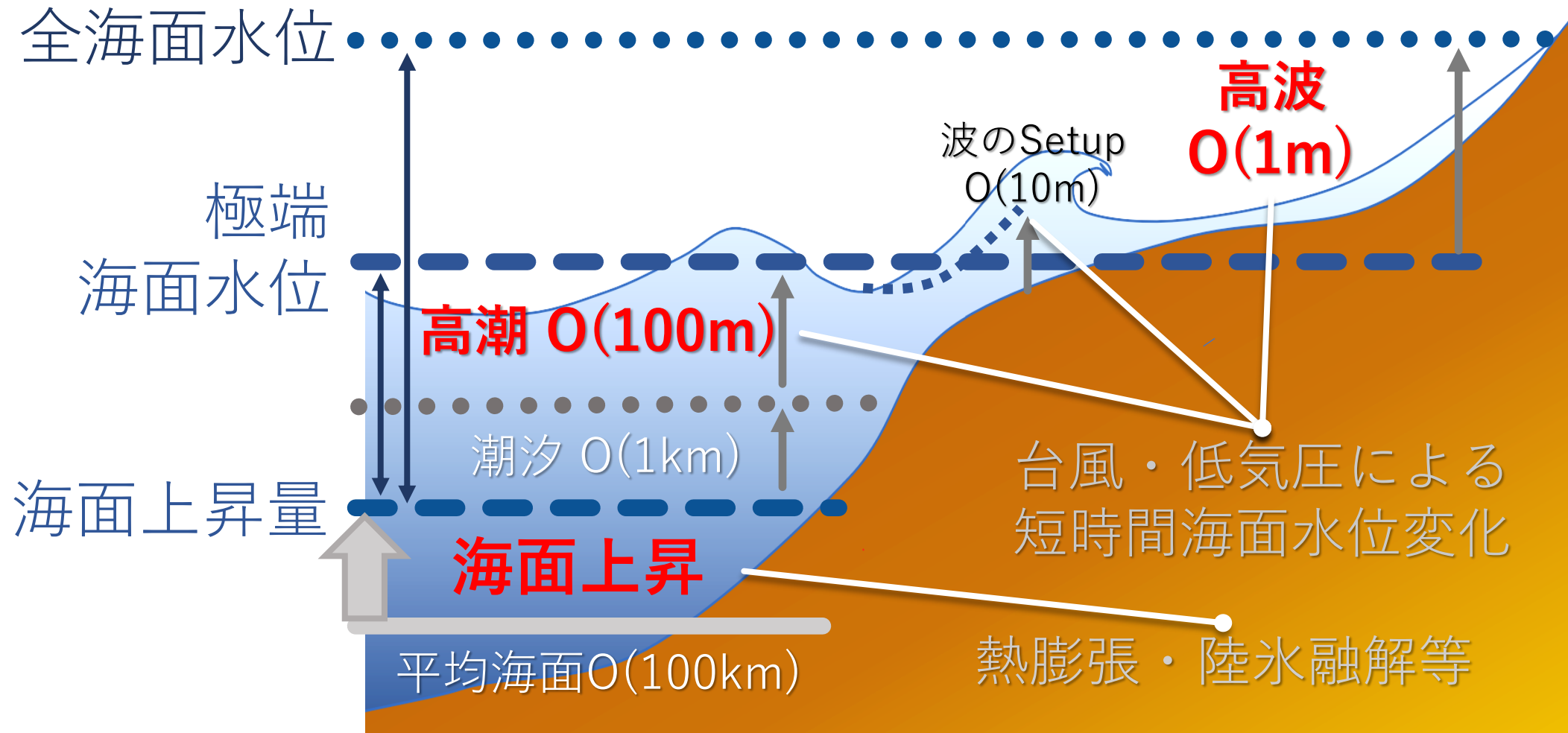


台風の最大風速[m/s]

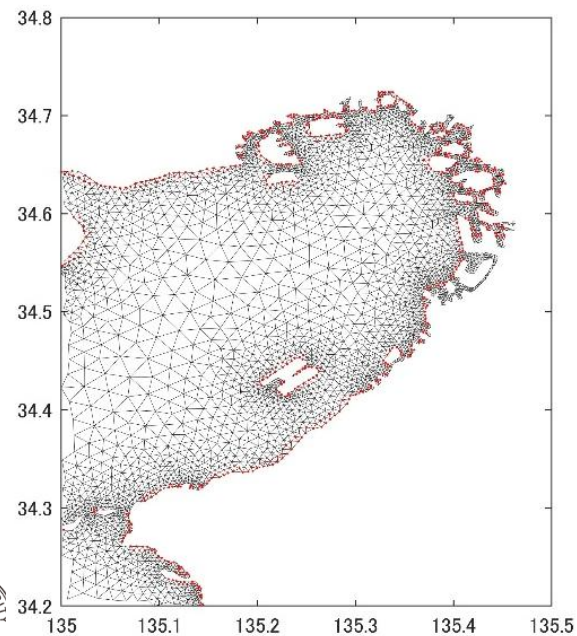
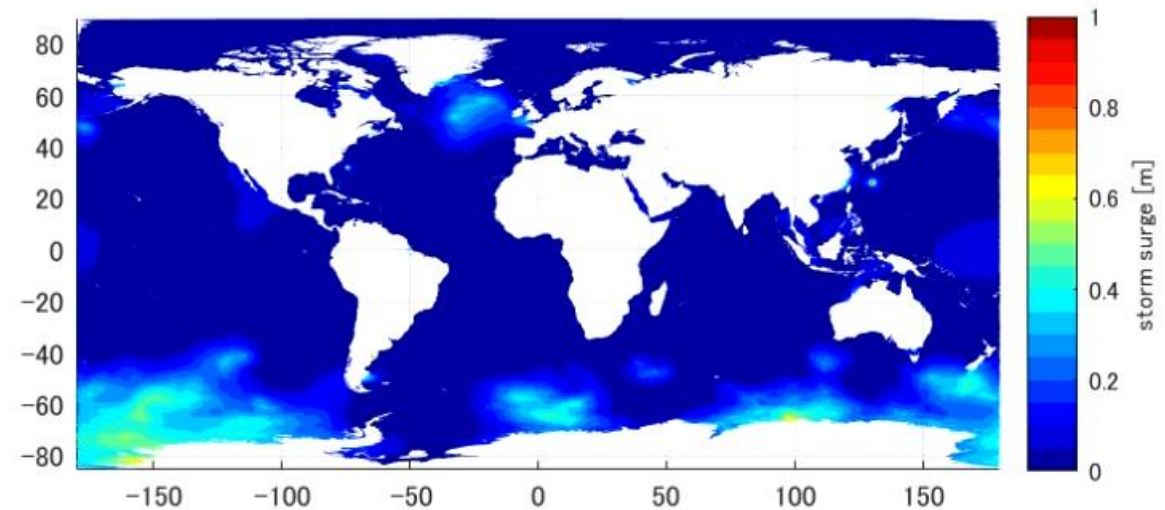
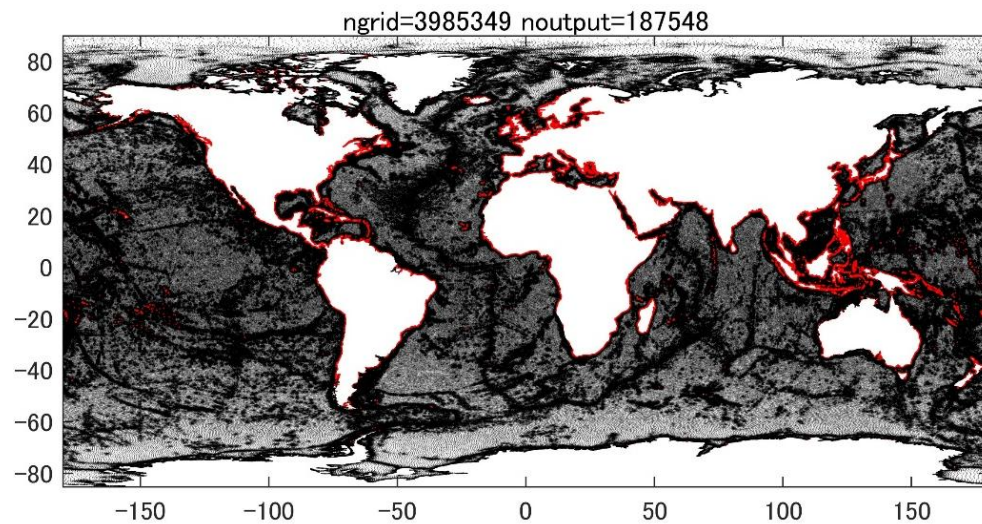


変化の要因[%]

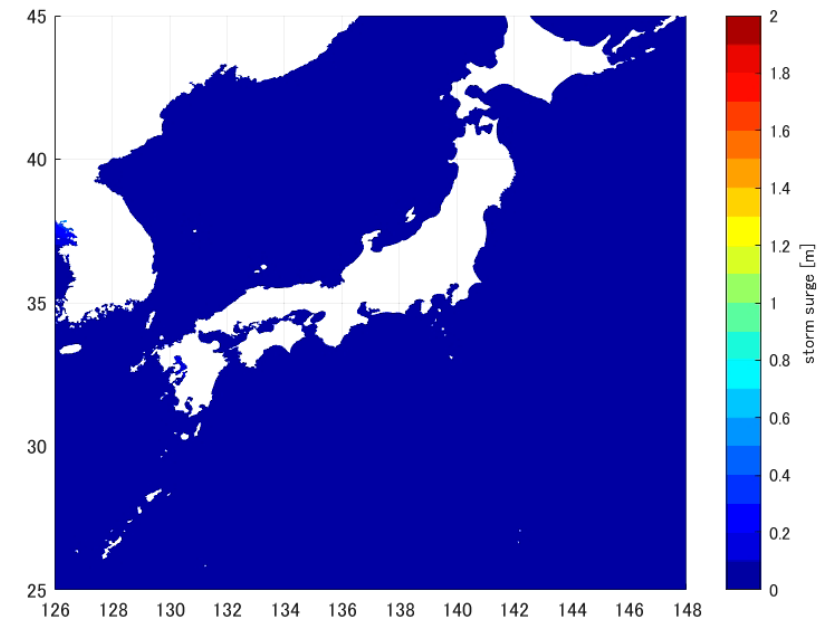
沿岸災害への評価：全海面水位



現在の研究：全球の高潮・波浪予測

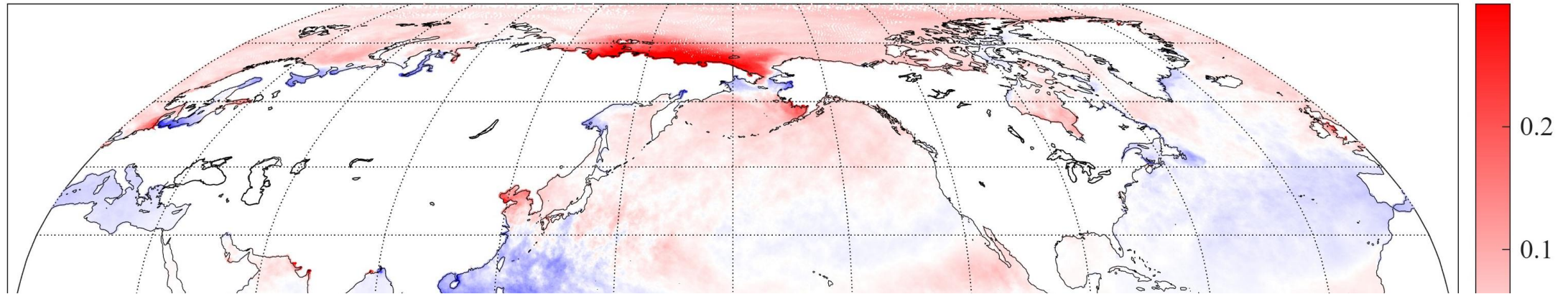


- 全海面水位予測の実施
- 高潮・波浪を同一の将来予測（風速・気圧）で長期積分

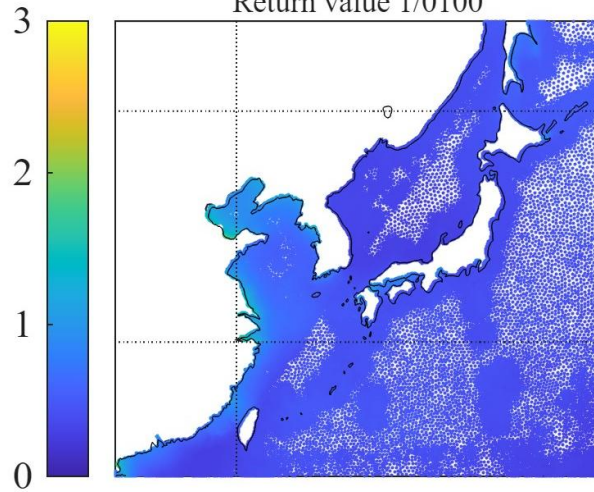


再現年数1/100年の高潮の将来変化：+4K

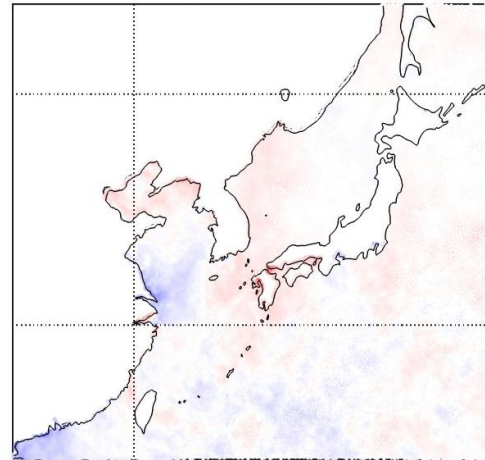
Return value 1/0100 : 4K-Present



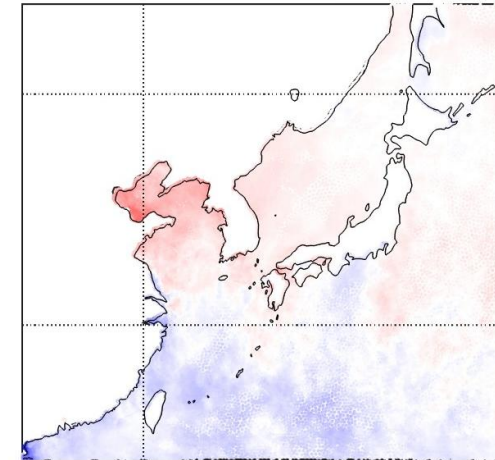
Return value 1/0100



2K-Present



4K-Present



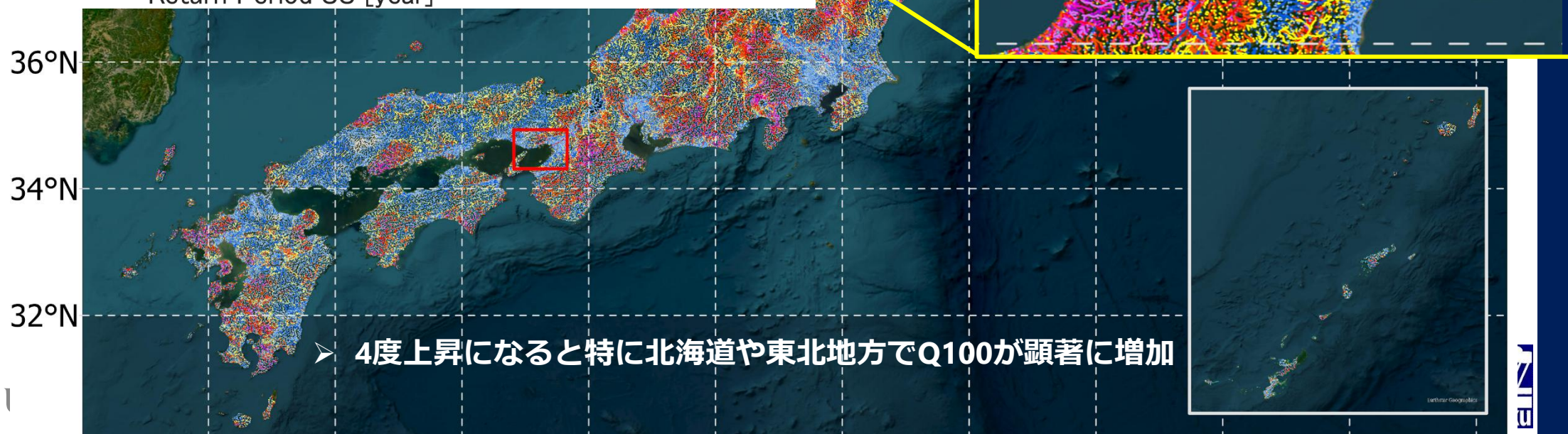
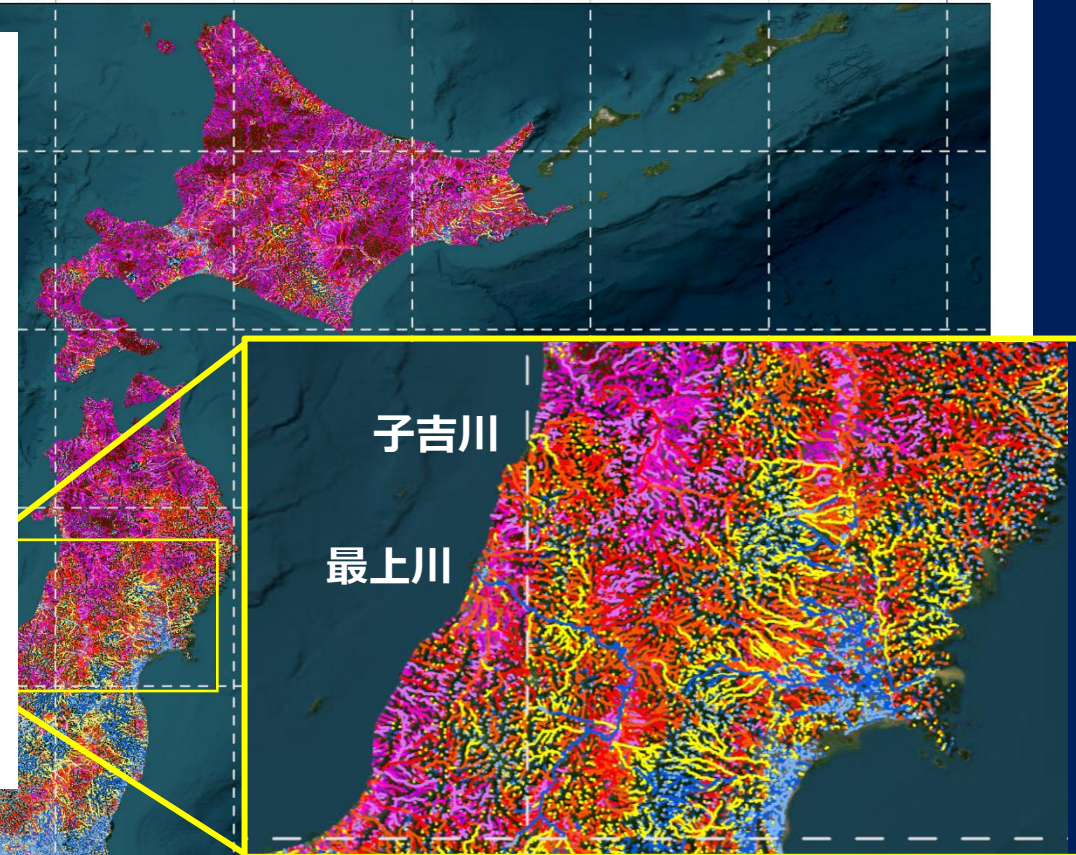
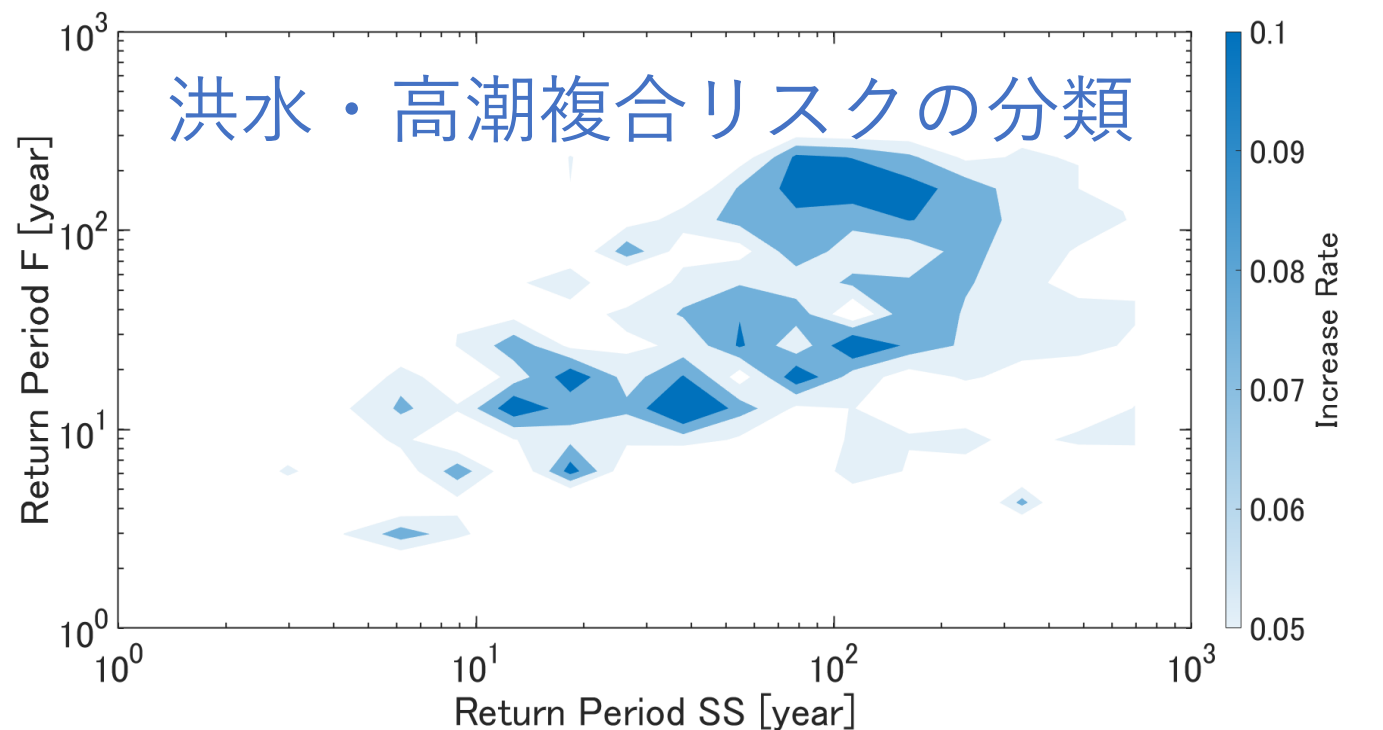
Present climate

+2K-Present

+4K-Present

d

130°E 132°E 134°E 136°E 138°E 140°E 142°E 144°E 146°E 148°E 150°E



海岸保全に必要な気候情報：現在

予測レポート

- 海面上昇 ↑
 - IPCC AR6
- 台風 ↑ ・ 低気圧 →
 - 日本の気候変動2025
- 高潮 ↑
 - 日本の気候変動2025
- 波浪 ↑
 - 日本の気候変動2025

予測データ

IPCC AR6

気候変動データ2022

(なし)

気候変動データ2022 (平均のみ)

海岸保全に必要な気候情報：今後

予測レポート

- 海面上昇 ↑
 - IPCC AR7
- 台風 ↑ ・ 低気圧
 - 日本の気候変動2030
- 高潮 ↑
 - 日本の気候変動2030
- 波浪 ↑
 - 日本の気候変動2030

予測データ

IPCC AR7

気候変動データ20XX

気候変動データ20XX

気候変動データ20XX

まとめと今後



まとめ：海岸保全と気候変動

気候変動予測

海岸保全に必要な外力の予測が進展中

- 平均海面
 - 継続的に上昇（既に検知）
- 高潮
 - 台風依存するが海面上昇量に近い量で将来増加の予測
- 波浪
 - 平均波高は低下するが極端波高は増加の予測
- 地盤変化

研究の展望

- 高度な予測情報の創出
 - 極端現象，10年毎の変化の予測
 - 台風，全海面水位（海面＋高潮＋波浪）
 - 高潮の確率評価
 - 全国DB，バイアス補正
- 影響評価から具体的な適応策へ
 - 嵩上げ以外のオプション
- その他
 - 行政と研究コミュニティの連携
 - 海岸保全計画見直しでは，文科省プログラムは，行政（水局海岸室・港湾局，国総研，港空研）とは長期的に意見交換を進めてきた，世界でもレアケース

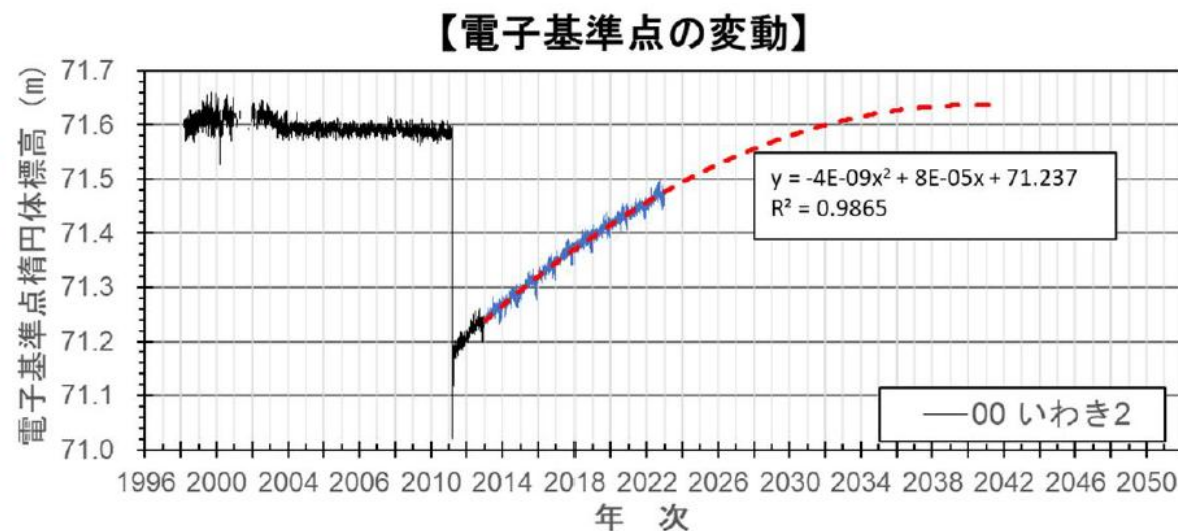
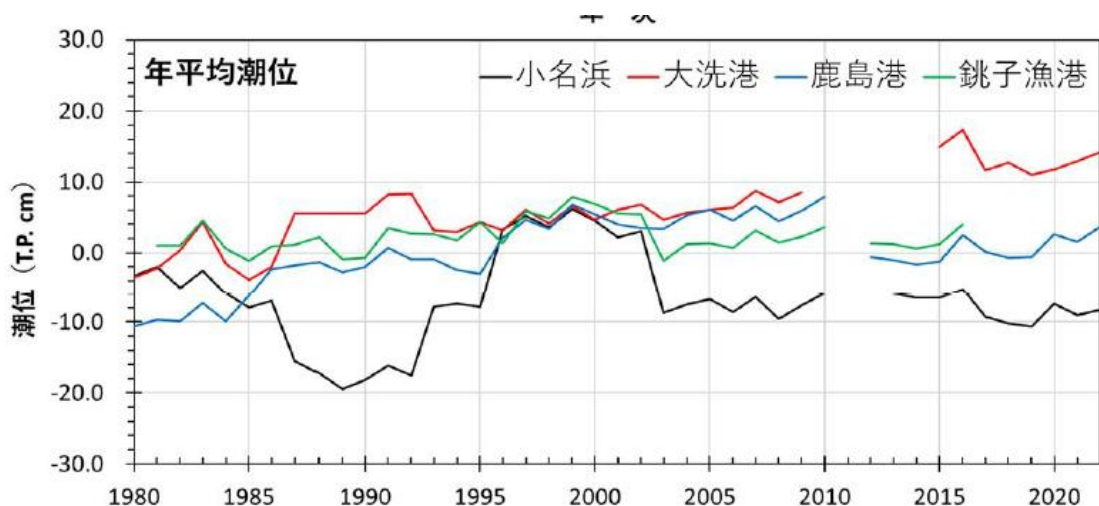
まとめ：長期的観測の重要性

気候変動に適応する海岸保全 (2020)

国交省/農水省・気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討会・提言 (2020)

IV 今後5～10年の間に 着手・実施すべき事項

- 海象や海岸地形等のモニタリングやその将来予測、さらに影響評価、適応といった、海岸保全における気候変動の予測・影響評価・適応サイクルを確立し、継続的・定期的に対応を見直す仕組み・体制を構築。
- 地域のリスクの将来変化について、防護だけでなく環境や利用の観点も含め、定量的かつわかりやすく地域に情報提供するとともに、地域住民やまちづくり関係者等とも連携して取り組む体制を構築。



茨城沿岸計画外力・高潮浸水想定検討委員会 (第2回)

まとめ：考え方の変化

• これまで

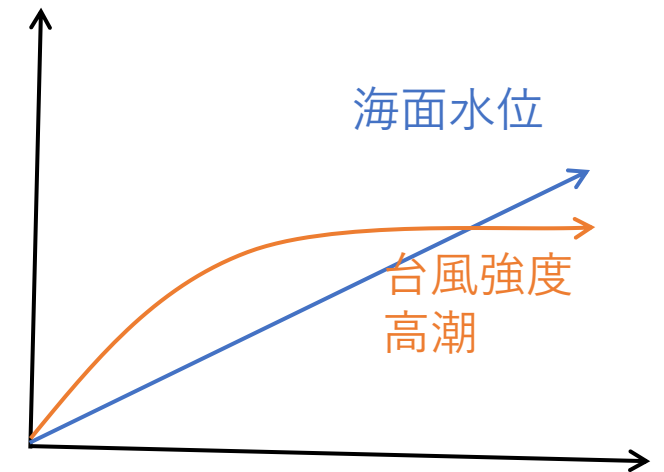
- 高潮は殆どが既往最大
- シナリオベース（伊勢湾台風等）

• これから（経年的見直し）

1. 高潮の確率評価
2. 観測データ + 気候データ
 - シナリオ不確実性
 - 気候予測不確実性
3. 気候研究との連動
 - 気候変動の時間スケールの把握
 - 例）気温（台風・高潮）と海面上昇の時間変化
 - オーバーシュートシナリオ等2度以上の目標
4. 日本に適した沿岸の適応策
 - 例）越波量を下げる工法

- 20XX年設計条件
- 2100年予測

SSP226：2度シナリオ



The 40th International Conference on Coastal Engineering

ICCE 2028 in Osaka

May 7-12, 2028



The last ICCE in Japan was held in 1994

| | | | | | | | | |
|----|-----|--------------|----|-----|-------------------------|----|-----|--------------------------|
| 1 | '50 | USA | 16 | '78 | Germany | 31 | '08 | Germany (Hamburg) |
| 2 | '51 | USA | 17 | '80 | Australia | 32 | '10 | China (Shanghai) |
| 3 | '52 | USA | 18 | '82 | S.Africa | 33 | '12 | Spain (Santandar) |
| 4 | '53 | USA | 19 | '84 | USA | 34 | '14 | Korea (Seoul) |
| 5 | '54 | France | 20 | '86 | Taiwan | 35 | '16 | Turkey (Antalya) |
| 6 | '57 | USA | 21 | '88 | Spain | 36 | '18 | USA (Baltimore) |
| 7 | '60 | Netherlands | 22 | '90 | Netherlands (Delft) | 37 | '22 | Australia (Sydney) |
| 8 | '62 | Mexico | 23 | '92 | Italy (Venice) | 38 | '24 | Italy (Rome) |
| 9 | '64 | Portugal | 24 | '94 | Kobe, Japan | 39 | '26 | USA (Texas Galveston) |
| 10 | '66 | Tokyo, Japan | 25 | '96 | USA (Orlando) | 40 | '28 | Osaka ! |
| 11 | '68 | UK | 26 | '98 | Denmark (Copenhagen) | | | |
| 12 | '70 | USA | 27 | '00 | Australia (Sydney) | | | |
| 13 | '72 | Canada | 28 | '02 | UK (Cardiff) | | | |
| 14 | '74 | Denmark | 29 | '04 | Portugal (Lisbon) | | | |
| 15 | '76 | USA | 30 | '06 | USA (San Diego) | | | |

おわり

連絡先: mori@oceanwave.jp
www.coast.dpri.kyoto-u.ac.jp



文部科学省
気候変動予測先端研究プログラム

Advanced Study of Climate Change Projection (SENTAN)

防災
研究所



京都大学

参考資料

京都大学



KYOTO UNIVERSITY



用語一覧

- AGCM (Atmospheric GCM)
 - 大気気候モデル
- AOGCM
 - 大気海洋気候モデル（単にGCMとも呼ばれる）
- RCM (Regional Climate Model)
 - 領域気候モデル
- 力学的ダウンスケーリング(DS)
 - RCMを用いて、GCMの一部の領域を詳細に計算すること
- 現在気候条件
 - 年平均気温等、実際の過去に整合する仮想的な過去の気候条件
- タイムスライス実験
 - 現在と過去の20～30年の気候計算
- d4PDF
 - +4度一定の将来を仮定した5000年単位の気候計算データ
- MPI (Maximum Potential Intensity)
 - 可能最大台風強度
- 波浪モデル
 - 周波数と方向で構成される波浪スペクトルを時空間発展させるモデル
- 台風モデル/パラメトリック台風モデル
 - 中心気圧と台風半径で気圧分布が仮定される関数表現される台風モデル
- 確率台風モデル
 - 過去台風の移動特性、強度変化をグリット毎に確率分布化し、モンテカルロ計算するモデル。