



[MEXT-Program]
SENTAN

気候変動予測先端研究プログラム

全体説明

領域課題 4 ハザード統合予測モデルの開発

領域課題代表

京都大学 防災研究所

森 信人



2026/1/26 全体報告会：ハイブリッド

東北大 工業大
総合地球環境学研究所

岐阜大 高知工科大
鹿島建設株式会社
広島工業大

宮崎大 pokhara

慶應義塾大 神戸大
島根大
長崎大 筑波大
愛媛大 滋賀県立大
近畿大 統計数理研究所

土木研究所

国土技術政策総合研究所

防災センター 東京 北海道大 関西大

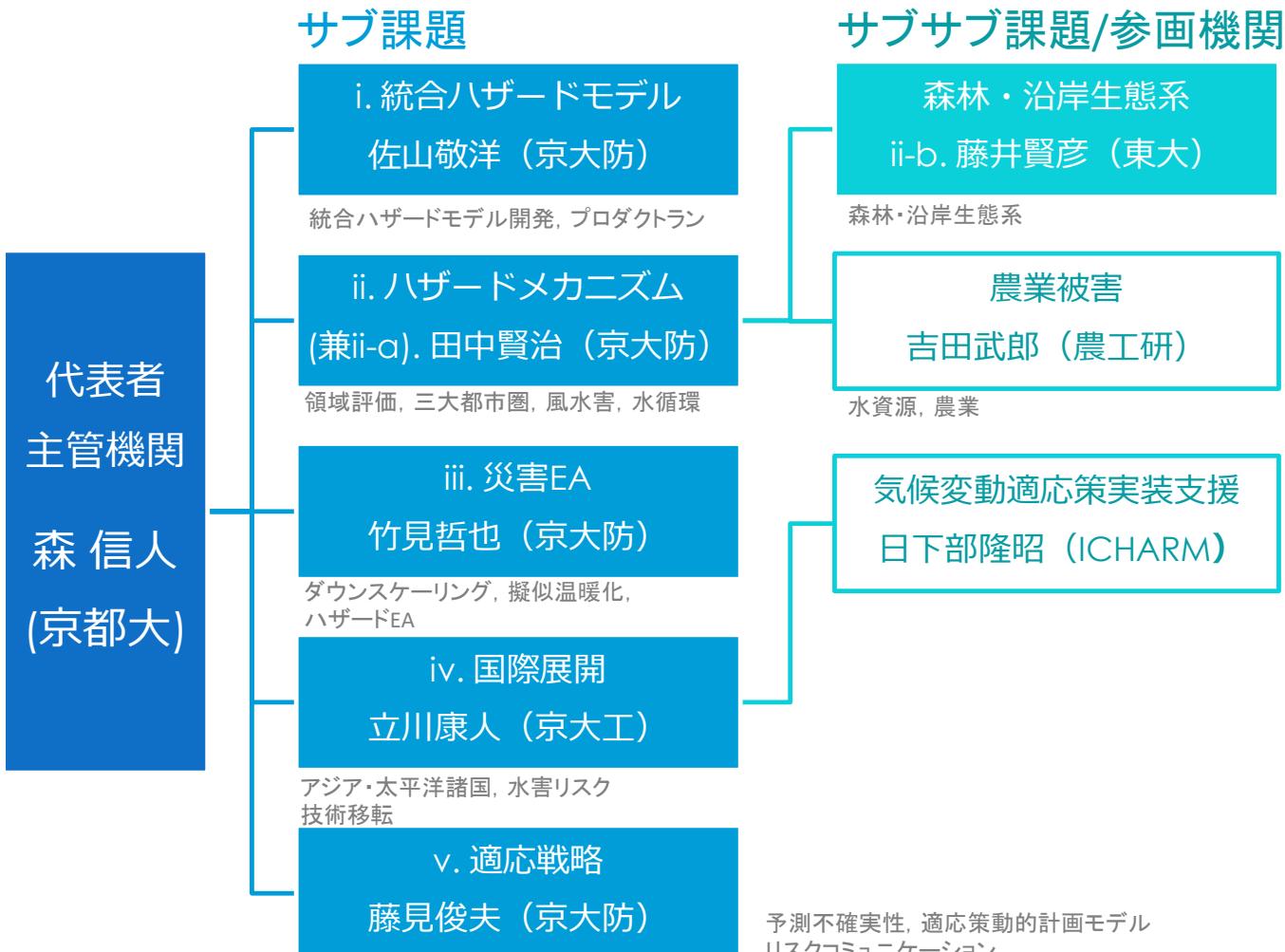
university 豊橋科学技術大 金沢大
名古屋大

統計数理研究所 横浜市立大

石川県立大 新潟大 大阪市立大
港湾空港技術研究所 名古屋
千葉大 香川大 横浜国立大
熊本大 寒

九州大
大学院 アジア

実施体制：主管機関および参画機関



極力機関

- 各大学
- 国研
 - 国総研, 港空研, 寒地土研, 農研機構
- 他
 - アジア防災センター
 - ゼネコン等研究機関

研究参画者92名+協力者109名

- | | |
|---------|-----|
| • 課題I | 12名 |
| • 課題II | 25名 |
| • 課題III | 10名 |
| • 課題IV | 28名 |
| • 課題V | 17名 |



MEXT-Program for The Advanced Studies
of Climate Change Projection(SENTAN)

ハザードからリスクの予測 マレチノザード予測

領域課題
1/2



領域課題3

i. 統合型
モデル



日本・東アジア
シナリオベース

iii. 災害
EA



特定領域
Storyline

ii. ハザードメカニズム
(a,b)



特定領域・緻密
シナリオベース

iv. 国際協力

v. 適応戦略開発

ハザード予測データ・ノウハウ



国際展開



科学成果



政策への貢献

領域課題4 課題構成



社会へのデータ
発信・啓蒙活動

領域課題 4 の概要



- シームレスなマルチハザード予測
- 気候システムとの相互作用

- 疑似温暖化・EAを核とした災害ハザードへの温暖化要因固定量化
- 最大クラスシリオ予測

- アジア太平洋地域の特性を考慮した将来予測
- 現地との協同・研究支援

i. 統合型モデル

日本・東アジア
シナリオベース

iii. 災害EA

特定領域
Storyline

ii. ハザードメカニズム(a,b)

特定領域・緻密
シナリオベース

iv. 国際協力



国際展開

v. 適応戦略開発



科学成果

政策への貢献

- 複合災害評価
- 暴露まで考慮した水災害リスク評価
- 森林・生態系に及ぼす極端現象評価

- 予測を活用した適応戦略の数理モデル開発
- 気候変動、社会変化、多様な施策のポリシーミックス評価

- 風水害に関する防災気候情報、水資源および代表的な生態系に対する極端現象影響予測を実施
- 予測、影響評価、適応策および政策全体を意識した研究成果の創出

5年間の研究計画および進捗

研究計画

■ 本事業開始時の状況

- 地域ベースの各種風水害ハザード・水資源モデルを開発
- d4PDFを用いた全国レベルの風水害・水資源についての将来予測がない

■ 研究目標

1. 主要ハザードモデルを全国展開、統合化
2. 日本全国・アジアを対象に防災気候情報プロダクト生成
3. 「日本の気候変動202X」および「気候予測データセット202Y」等への貢献

進捗状況

■ 達成状況

1. 主要ハザードモデルのモデル統合化
 - プロトコールおよびプロトタイプ作成 (80%)
2. 日本全国・アジアを対象に防災気候情報プロダクト生成
 - d4PDF日本全国5kmDSを活用し、河川流出評価完了。高潮は計算終了 (75%)
3. 「日本の気候変動202X」および「気候予測データセット202Y」等への貢献
 - 気候変動2025執筆、データ公開 (80%)

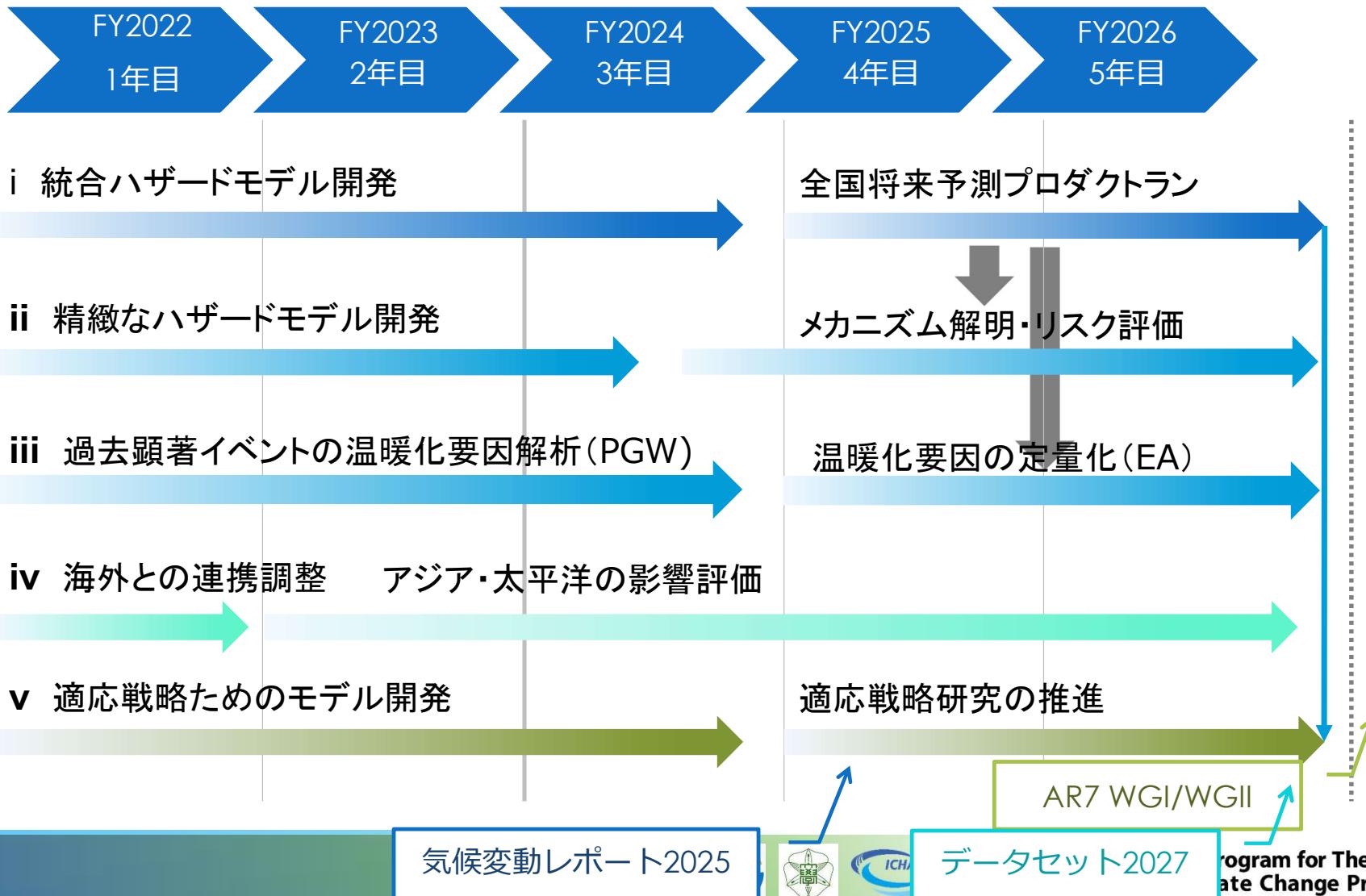
■ 計画外事象

- インフレ
- Webinar対象国の政情不安



MEXT-Program for The Advanced Studies
of Climate Change Projection(SENTAN)

実施計画



実施計画



i 統合ハザードモデル開発

ii 精緻なハザードモデル開発

iii 過去顕著イベントの温暖化要因解析(PGW)

iv 海外との連携

1章 + 1コラム

モデル開発

d4PDF5kmJpを中心に洪水、
高潮、波浪、台風データセットを準備

全国将来予測プロダクトラン

メカニズム解明・リスク評価

研究論文
レビュー論文を準備

適応戦略研究の推進

AR7 WGI/WGII

気候変動レポート2025

データセット2027

for The Advanced Studies
on Climate Change Projection(SENTAN)

2025度の計画：サブ課題ごと

■ サブ課題i

- 統合ハザードモデルをES上で連成シミュレーションをテスト
- d4PDF全国5kmDS/d4PDFv2を用いた全国規模の洪水・高潮データ作成

■ サブ課題ii

- d4PDF全国5kmDSと詳細ハザードモデルを用いた地域の影響予測
 - 水資源、渇水リスク、高潮浸水
- 海洋DSによる沿岸酸性化、湾レベルでの海洋環境変化との複合影響評価

■ AI、その他

- AI：未知の災害検知、領域課題1～3と連携
- d4PDFv2：領域課題3に協力

■ サブ課題iii

- ハザードのEA手法の開発
 - 洪水、台風
- EA/PGW 温暖化影響の定量的評価
 - 集中豪雨や局地豪雨
 - 土地利用形態等を考慮した都市域における暑熱環境

■ サブ課題iv

- アジア・太平洋の影響評価（フィリピン、インドネシア、ネパール、）
 - 热帯低気圧、水災害、暑熱災害
- 水災害に関するWebinar、プラットフォーム構築とファシリテータ育成

■ サブ課題v

- 将来人口変化の不確実性を考慮した高潮氾濫リスク評価
- 土地利用誘導等のソフト対策も含めた流域治水ポリシーミックスの立案・評価



2025度の計画：サブ課題ごと

■ サブ課題i

- 統合ハザードモデルをES上で連成シミュレーションをテスト
- d4PDF全国5kmDS/d4PDFv2を用いた全国規模の洪水・高潮データ作成

■ サブ課題ii

- d4PDF全国5kmDSと詳細ハザードモデルを用いた地域の影響予測
 - 水資源、渇水リスク、高潮浸水
- 海洋DSによる沿岸酸性化、湾レベルでの海洋環境変化との複合影響評価

■ AI、その他

- AI：未知の災害検知、領域課題1～3と連携
- d4PDFv2：実行を領域課題3と協力

■ サブ課題iii

- ハザードのEA手法の開発
 - 洪水、台風
- EA/PGW 温暖化影響の定量的評価
 - 集中豪雨や局地豪雨
 - 土地利用形態等を考慮した都市域における暑熱環境

■ サブ課題iv

- アジア・太平洋の影響評価（フィリピン、インドネシア、ネパール、）
 - 热帯低気圧、水災害、暑熱災害
- 水災害に関するWebinar、プラットフォーム構築とファシリテータ育成

■ サブ課題v

- 将来人口変化の不確実性を考慮した高潮氾濫リスク評価
- 土地利用誘導等のソフト対策も含めた流域治水ポリシーミックスの立案・評価

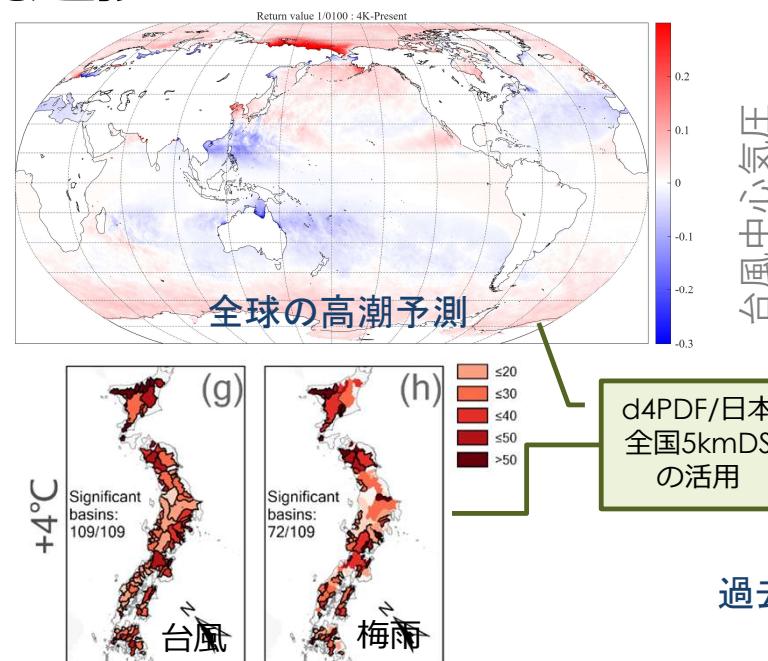
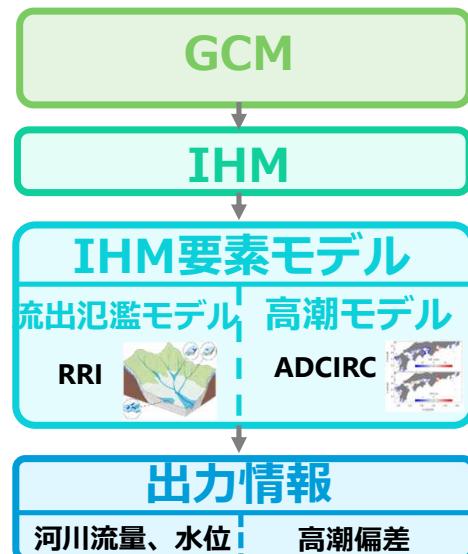


本年度の主な成果

昇温量と緯度帯でスケーリング

モデル開発

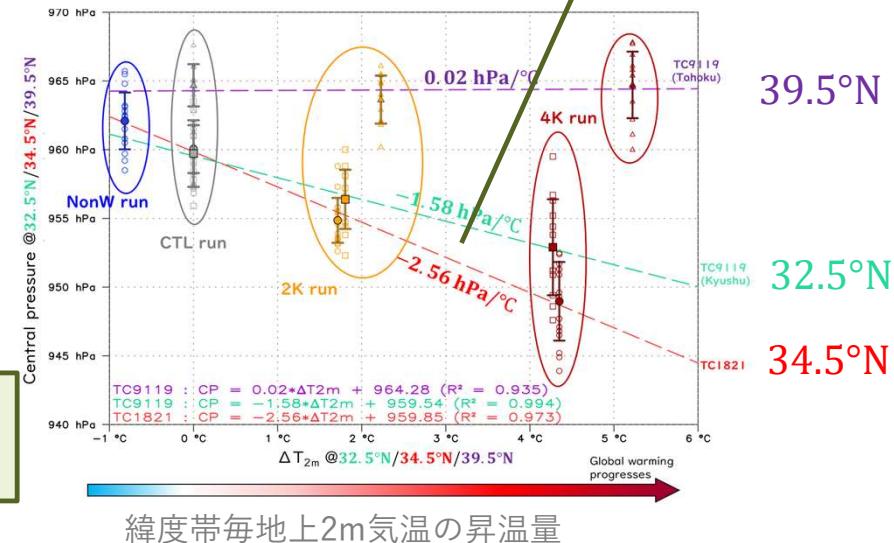
研究進捗



統合ハザードモデルIHM

- モデル開発
 - 複合ハザードモデルの開発が進展
- ハザード予測
 - d4PDF日本全国5kmDSを用いた防災気候情報
 - ・ 洪水, 高潮, 土砂警報等の充実化

主な成果



- 対外的貢献
 - 日本の気候変動2025, データ公開 (河川流出)
- 国際展開
 - アジアを対象とした特定国Webinar
- 国内での予測利活用
 - 中央省庁, 都道府県での委員等

サブ課題ごとの研究成果



サブ課題事の主な成果

i. 統合モデル

- ・全国規模のハザード評価
- ・統合ハザードモデルIHM開発

iv. 国際協力

- ・東南アジアの洪水, 沿岸リスク, 都市熱評価
- ・現地機関との協働

ii. ハザードメカニズム

- ・土砂, 高潮, 林野火災, 渇水, 自然再生エネルギー等の評価モデルの開発
- ・海洋熱波に対応する沿岸生態系モデル

v. 適応戦略

- ・暴露変化(人口・産業)の将来予測
- ・意思決定統合評価モデル開発

iii. 温暖化要因の定量化

- ・d4PDF 5kmDS JPの解析
- ・EA(大雨, 台風等)/PGWによる評価

全体

- ・ユーザーWS開催(3と連携)
- ・社会との連携



MEXT-Program for The Advanced Studies
of Climate Change Projection(SENTAN)

i. 統合モデル

統合ハザードモデルの開発

オンライン統合
ハザードモデル

全球スケール

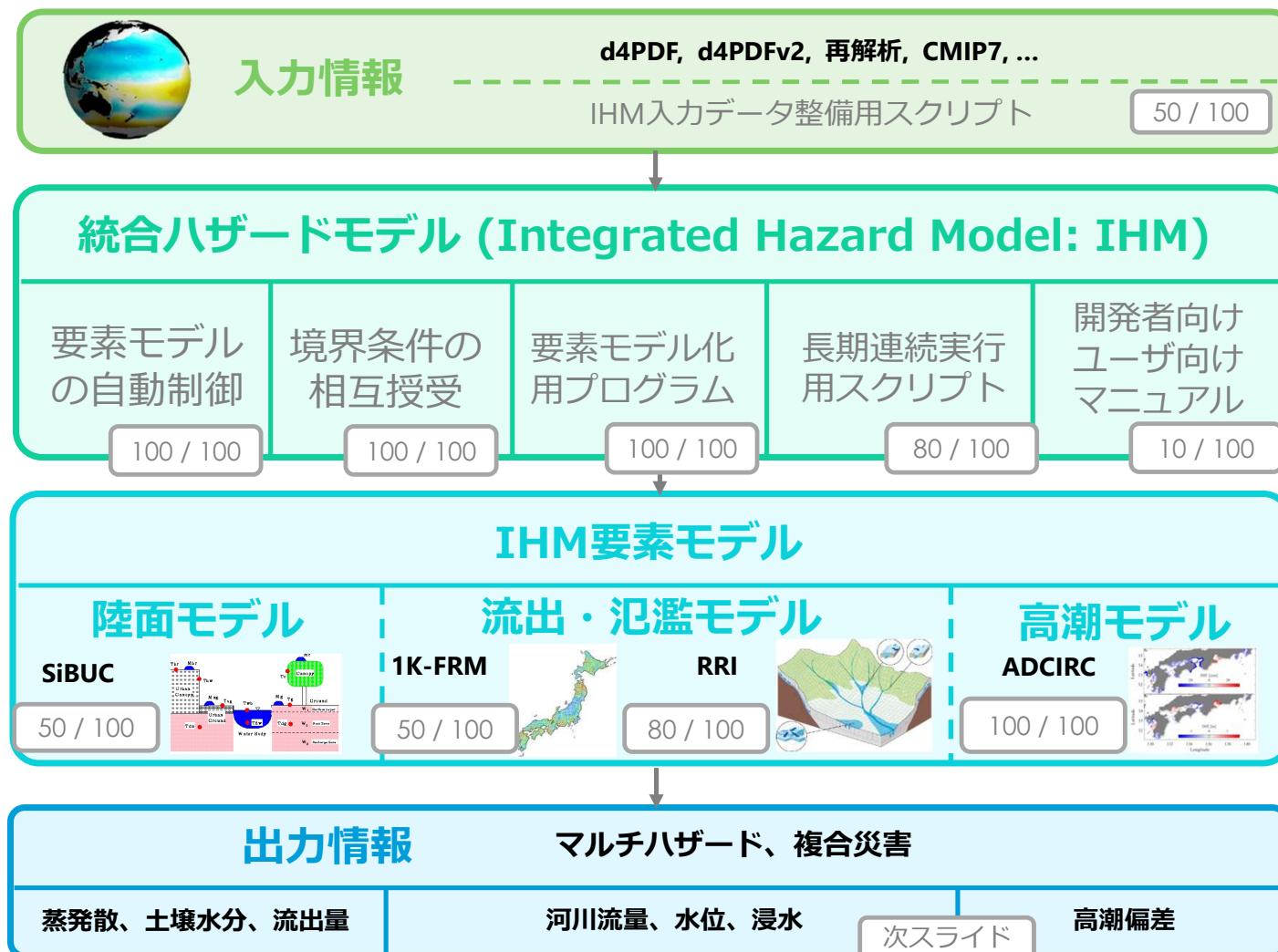
統合ハザード
モデル

日本全国スケール

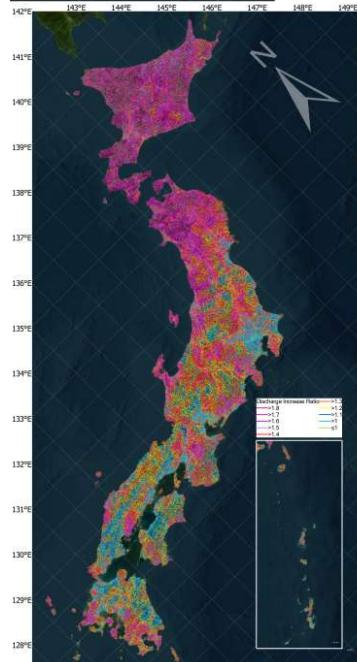


i. 統合モデル

統合ハザードモデル（IHM）の構成

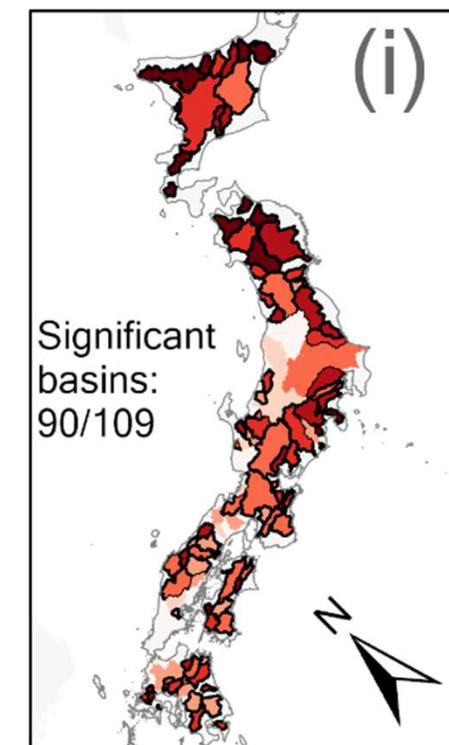
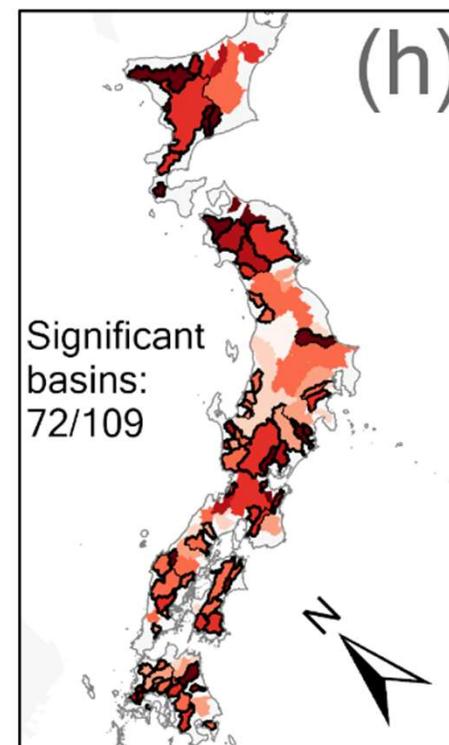
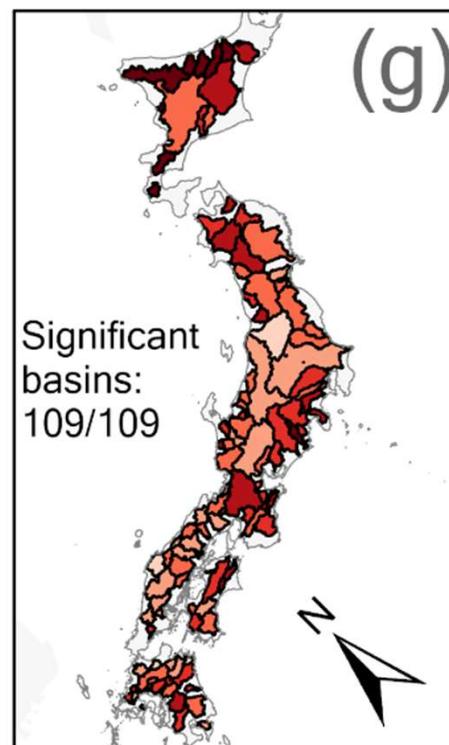


i. 統合モデル



河川ピーク流量の全国変化 (d4PDF5kmJp)

+4°C



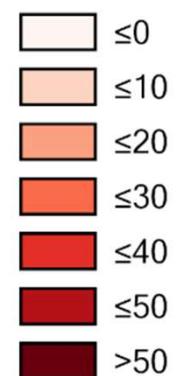
台風

梅雨

秋雨

Basins with changes pass 95% K-S test are marked with black outlines

Relative change (%)



MEXT-Program for The Advanced Studies
of Climate Change Projection(SENTAN)

全球高潮将来予測：d4PDF

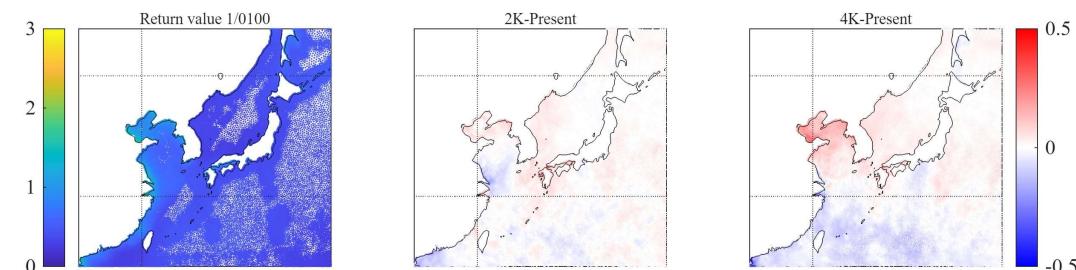
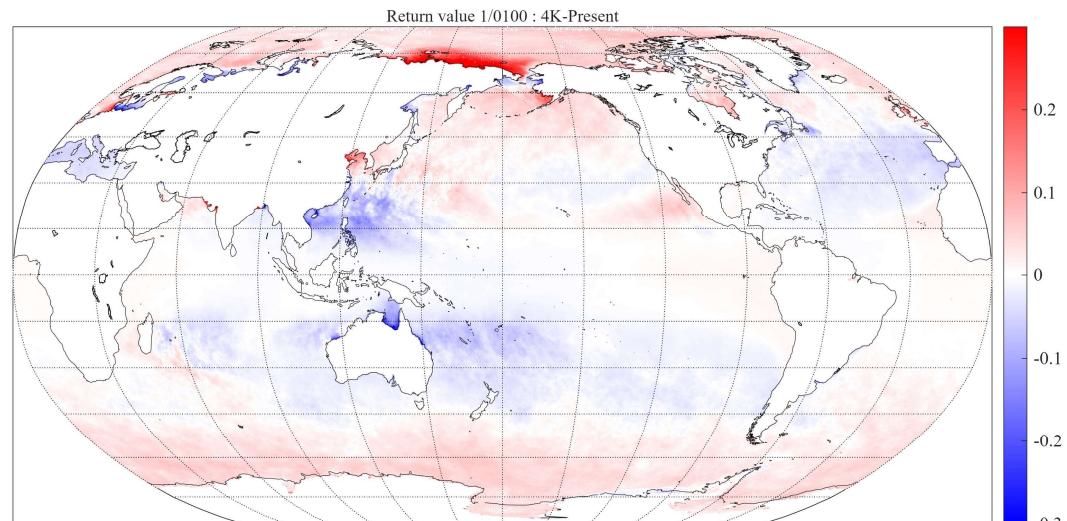
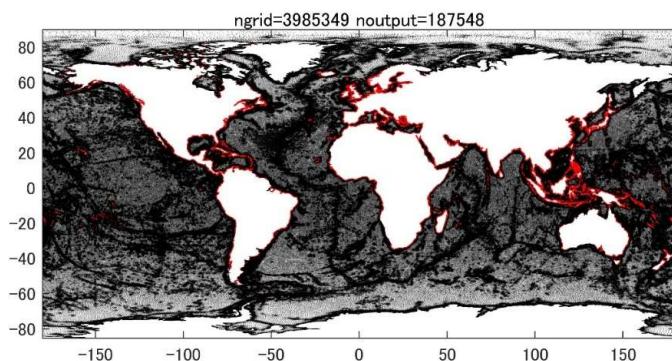
■ Storm Surge Model

- ADCIRC
- Global domain 2 – 25 km
- Japanese domain 200 m
- Element 7,677,767

■ Forcing Model (GCM)

- d4PDF Global 60km
 - Historical: 6 ens = 360yr
 - 2K: 6 ens = 360yr
 - 4K: 6 ens = 360yr

- with sea ice



→WMO Expert Team Project (SurgeMIP) に提供予定



MEXT-Program for The Advanced Studies
of Climate Change Projection(SENTAN)

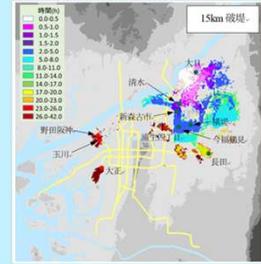
ii. ハザードメカニズム

課題ii：精緻なハザードモデル開発とハザードメカニズムの解明

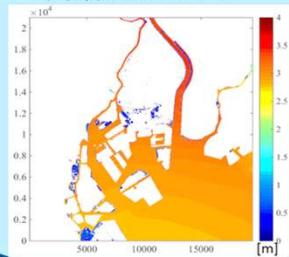
- ・土砂動態モデル開発
- ・高解像度都市氾濫モデル開発
- ・領域スケールの高潮予測

- ・森林への強風影響
- ・AIを用いた海浜変形予測
- ・高解像度海洋物理・生物化学統合モデリング

地下鉄を考慮した
外水氾濫モデル



高潮氾濫モデル

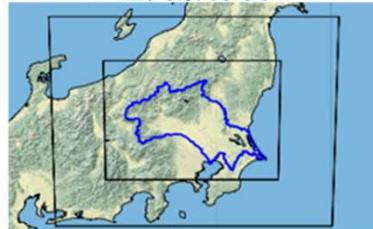


風水害

分布型流出モデル



精緻なハザードモデルのための超高解像度DDS

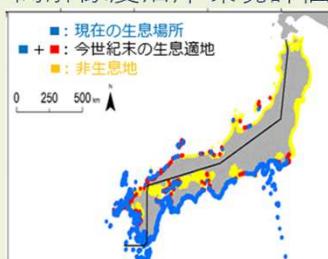


森林・沿岸生態系

樹木個体スケール被害評価モデル



高解像度沿岸環境評価

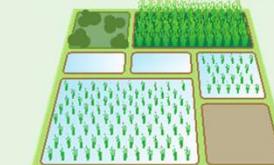


水資源・農業水利

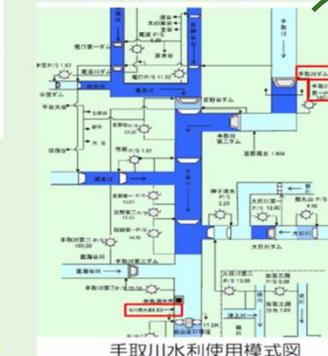
陸面過程モデル



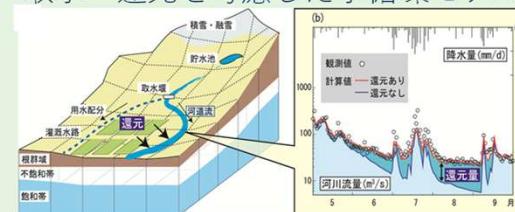
作付け体系の評価



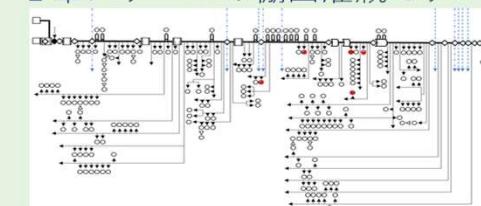
水資源施設群を考慮した水循環解析



手取川水利使用模式図



取水・還元を考慮した水循環モデル

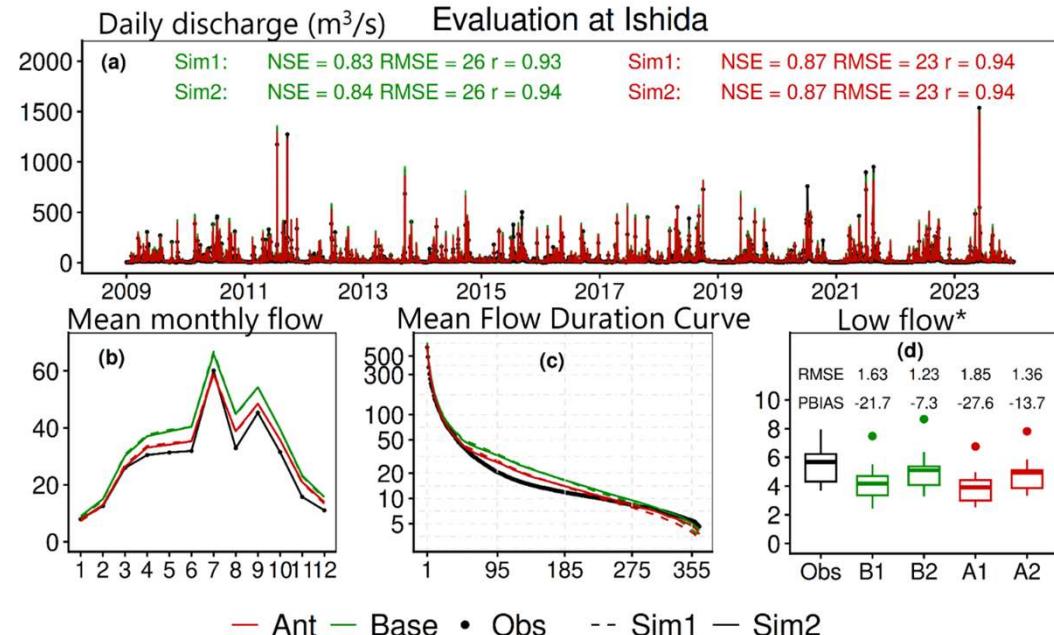


- ・d4PDF5kmを利用した陸面水文諸量特性解析
- ・渴水・地下水の予測と利水への影響予測
- ・農業施設による土地利用変化を考慮した熱環境
- ・ため池堤体の安定性

低水流量に着目した長期連續流出モデル：現在再現

概要

- 陸面モデル SiBUCを全国分布型流出モデル1K-FRMとの結合モデルを開発
- 現在再現計算を実施
- 対象：愛知県豊川流域 (724 km^2)
- 入力：観測降雨量 + ERA5Land
- 期間：2009–2023



水管理の影響

- 日流量(a)は良好に再現. 月流量と流量持続曲線は水管理操作を考慮しない場合(b-c)に過大評価

土壤深度が低流量に与える影響

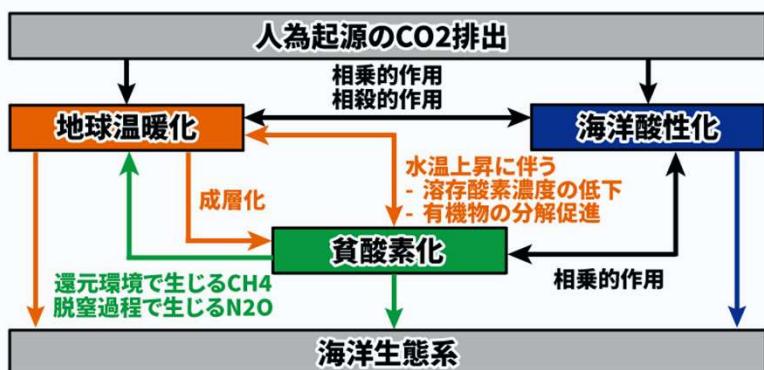
- 低流量(d)は過小評価. 局所的な土壤深度データを組み込むと改善

ii-b. ハザードメカニズム

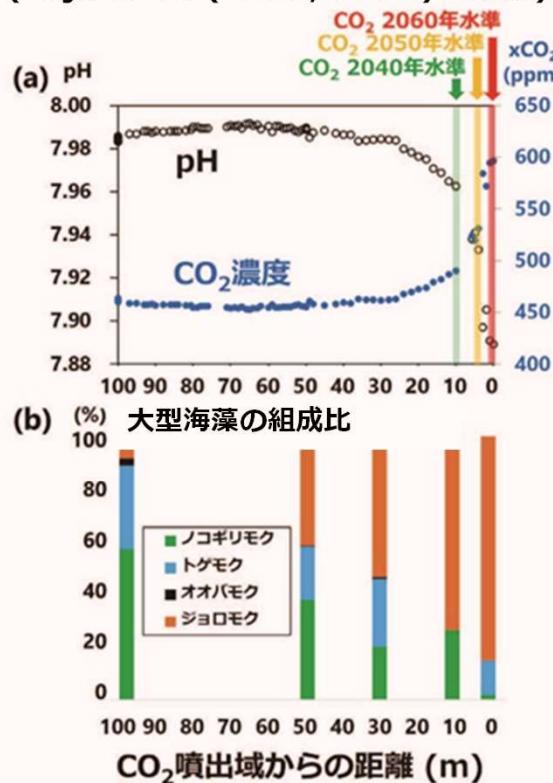
地球温暖化・海洋酸性化・貧酸素化が沿岸生態系に及ぼす影響予測

藤井 賢彦, Bernardo Lawrence Partick Cases (東京大学大気海洋研究所大槌沿岸センター)

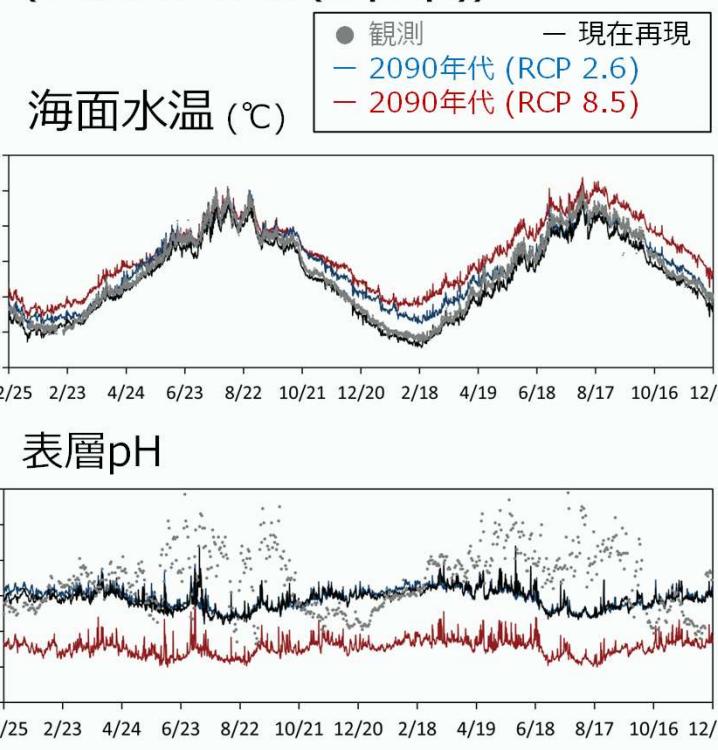
人為起源CO₂がもたらす
地球温暖化・海洋酸性化・貧酸素化
の相互関係



大分・姫島CO₂噴出域
の生物化学特性
(Fujii et al. (2025, PEPS)を改変)



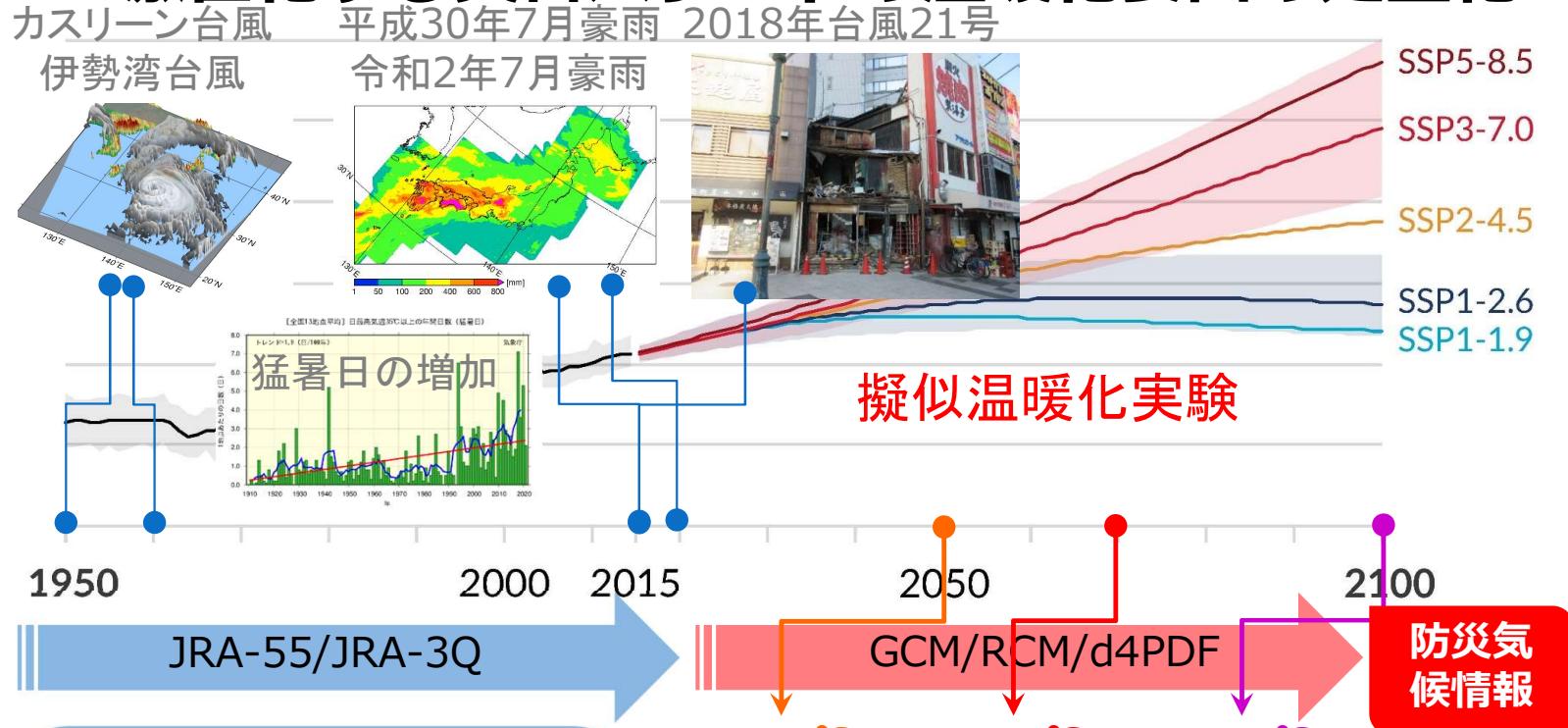
海洋物理・生物化学統合モデルの
開発・東京湾への適用
(Bernardo et al. (in prep.))



iii. 災害EA

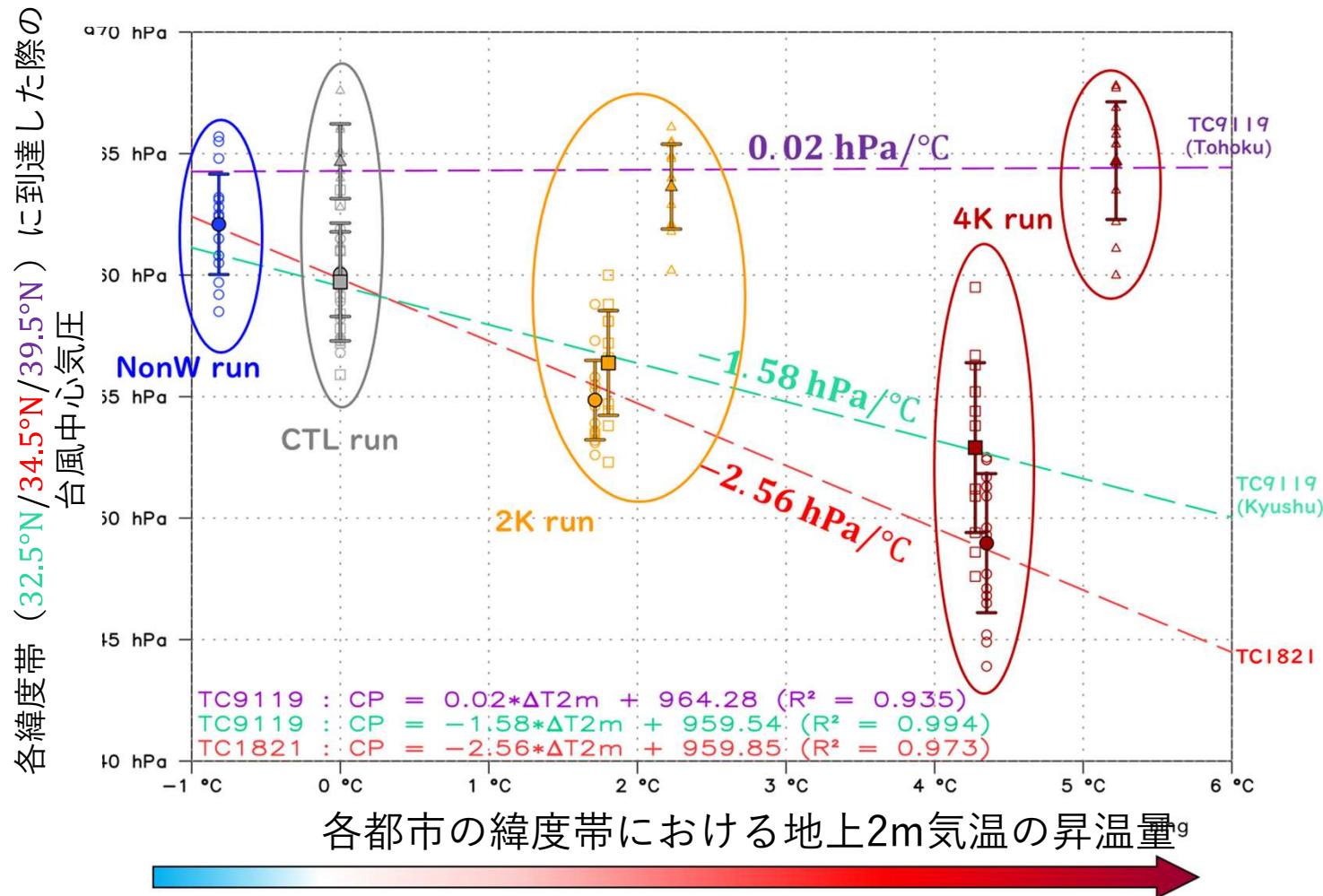
竹見哲也(京大防)

iii. 激甚化する災害ハザードの温暖化要因の定量化



iii. 災害EA

極端台風：議事温暖化実験と温暖化レベル別の評価



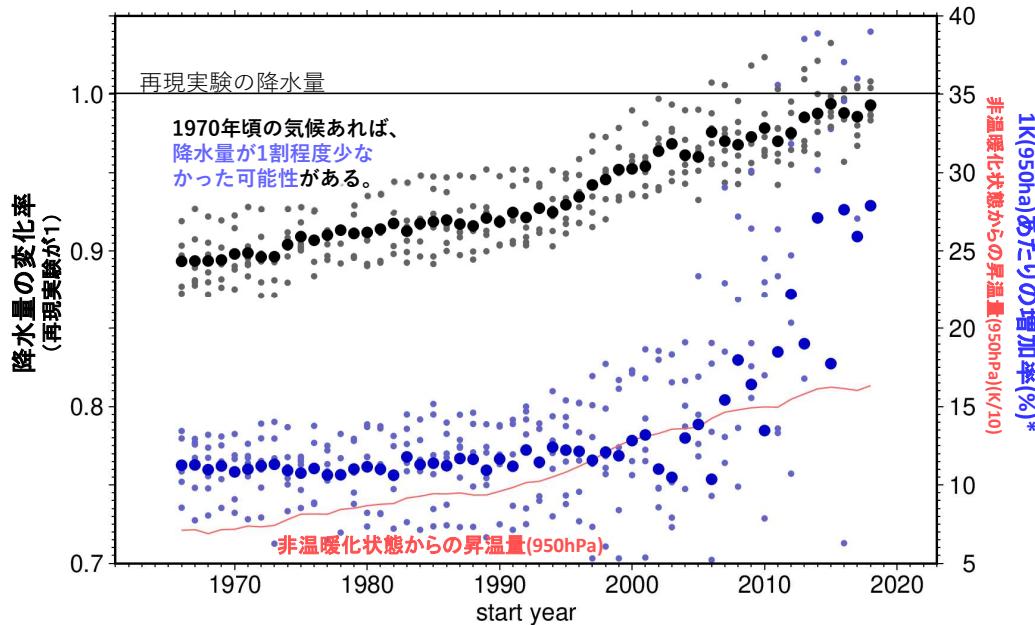
九州・近畿地方に到達する台風の強度は、温暖化に対して線形的に強化

iii. 災害EA

令和6年9月能登豪雨を対象とした擬似非温暖化実験による量的EA

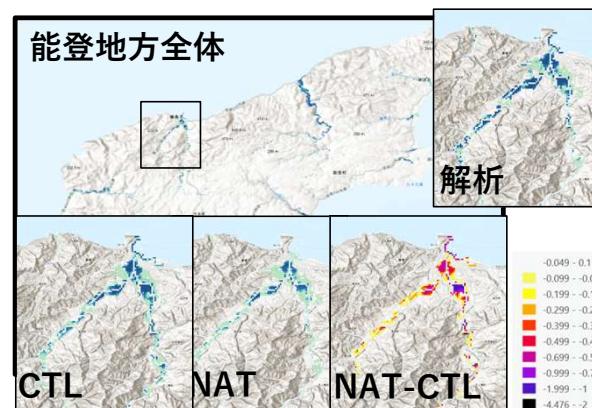
気象庁非静力学モデルによる量的EA (気象研・川瀬)

9時間積算降水量の変化率 (9/21 6JST-9/22 6JST)

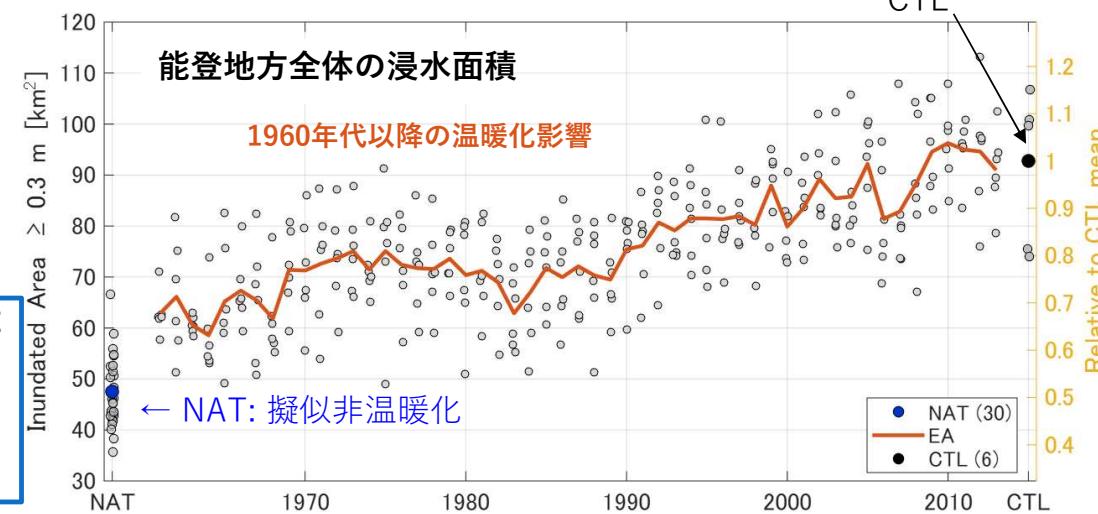
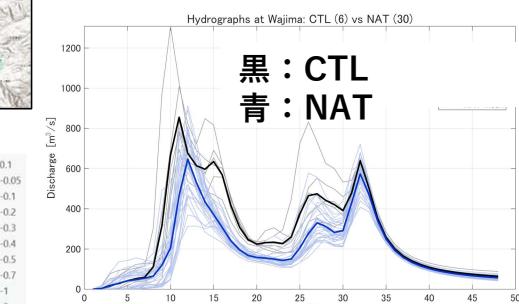


- ① 令和6年能登の大雨は温暖化に伴い領域平均の9時間降水量はおよそ17%増加（左上）。輪島市街地を流れる河原田川ではピーク流量がおよそ40%増加（右上）
- ② 能登半島全体の浸水面積は、温暖化が無かつたと仮定した場合はおよそ5割程度、1960年頃の気候では約7割、70年代は約8割、90年代・2000年代は約9割程度と、温暖化の進行に伴い浸水地域が増加したことが分かった。

RRIモデルによる流出・浸水のEA (防災研・佐山、田中)



河原田川の河川流量のEA
(NAT: 産業革命前)



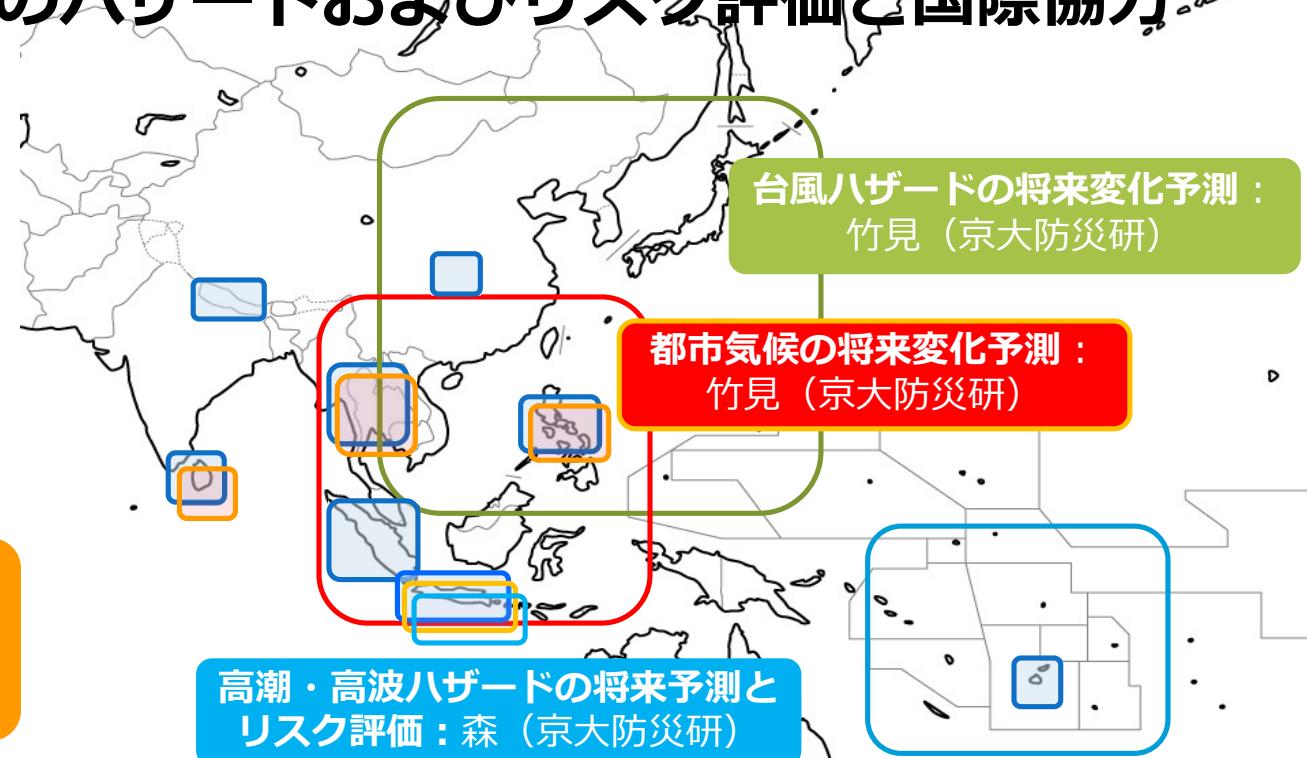
iv. 国際協力

iv. アジア太平洋地域でのハザードおよびリスク評価と国際協力

対象領域と対象テーマ

洪水ハザード予測と水害リスク評価
(タイ、台湾：田中智、立川（京大工）、
ネパール：小林（神戸大）鈴木
(ADRC)、インドネシア：佐山（京大防）、スリランカ、フィリピン、インド
ネシア：森 (ICHARM)

水資源予測と渇水・農業被害リスク評価
(スリランカ、フィリピン、インドネシア：森
(ICHARM)、タイ：田中賢（京大防）)



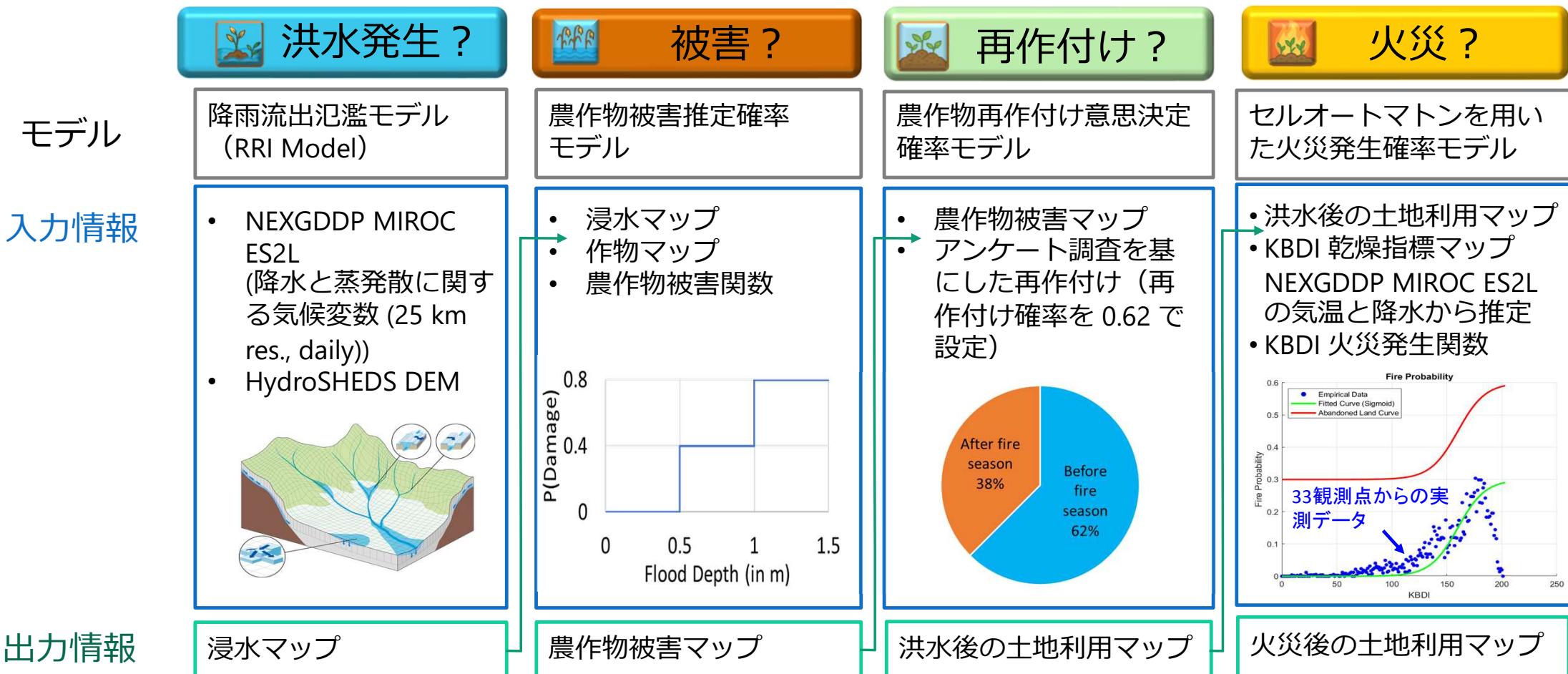
- (1)豪雨、洪水、高潮・波浪等の風水害ハザードの将来変化予測と要因分析を行う。
→暴露・脆弱性評価モデルを構築し、ハザード予測と統合してリスク評価を実施する。
- (2)水防災推進ファシリテータを育成し、現地政策決定者に対する適応策策定支援を行う。
- (3)気候変動シナリオデータの活用を支援するために国際ワークショップを開催する。



MEXT-Program for The Advanced Studies
of Climate Change Projection(SENTAN)

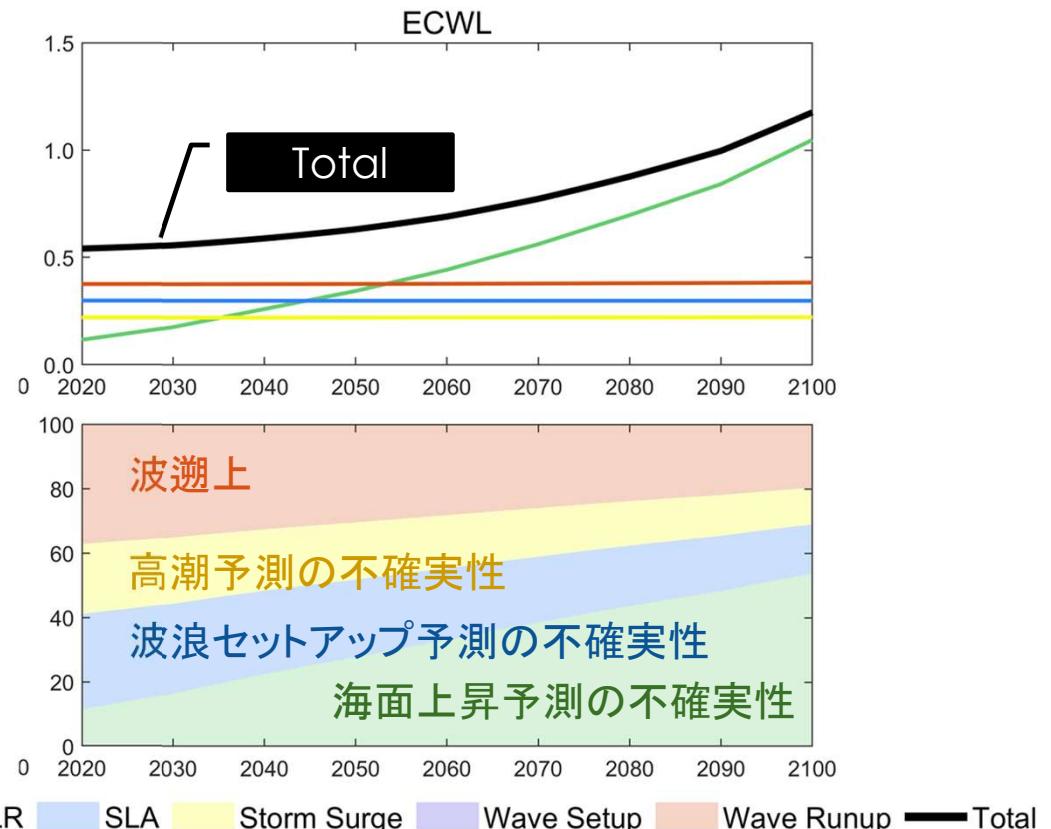
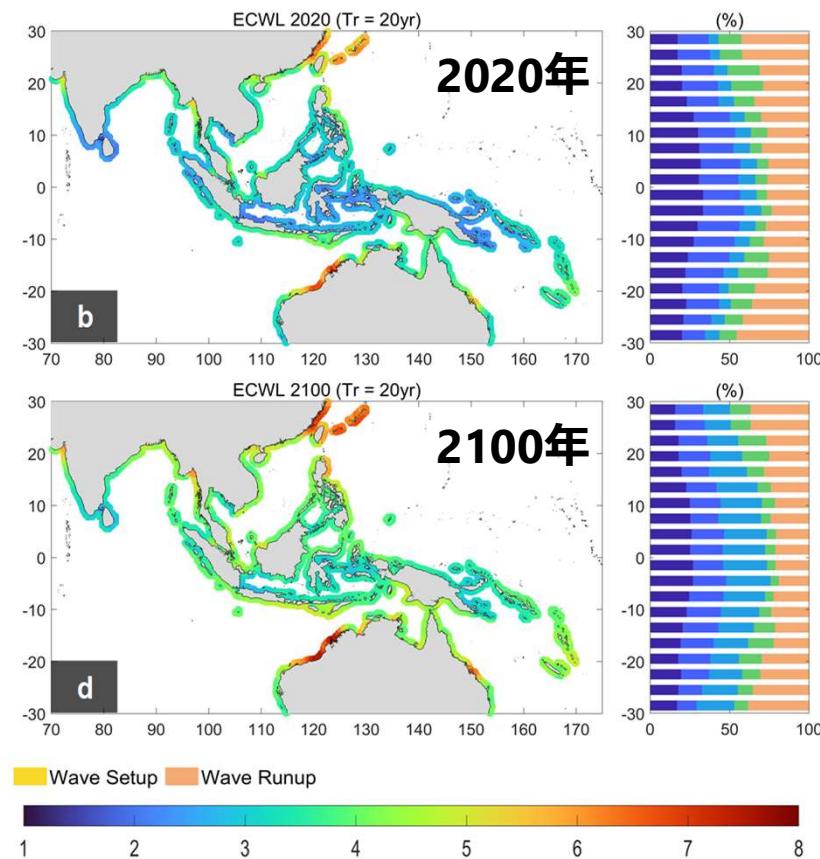
iv. 国際協力

インドネシア：洪水と泥炭火災の連鎖災害に関するモデリング



iv. 国際協力

①高潮・高波ハザード評価：東南アジア海域の極端海面水位 ECWLの将来変化: Seamless run



2020年(b)および2100年(d)における再現期間20年レベルの極端海面水位の時空間変化

iv. 国際協力

SENTAN Webinar の開催

- Sentan Proの成果及び対象国の気候変動の課題の共有を目的とするためWebinarを毎年度2回程度公開で開催する。
- 2023年8月28日にFiji国のFiji Meteorological Serviceと連携して開催。（52名、12カ国から参加）
- 2024年1月10日にNepal国のDepartment of Hydrology and Meteorology及びPokhara大学と連携して開催。（80名、9カ国から参加）



*Webinar事務局：
アジア防災センター

第1回Webinar Flyer



第2回Webinar Flyer

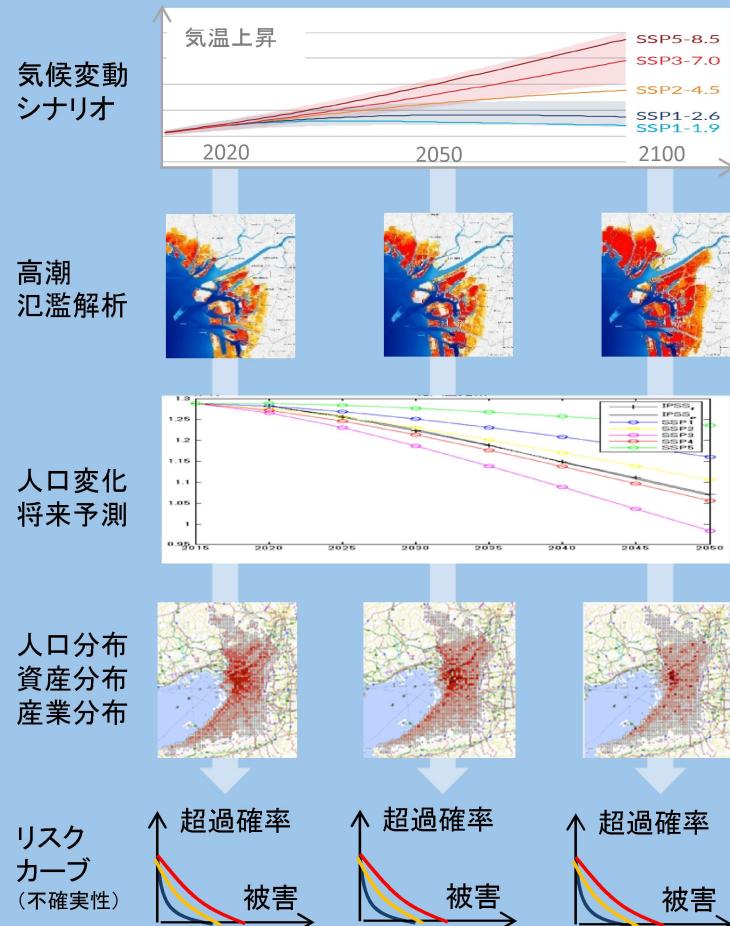


V. 適応戦略

藤見俊夫(京大防)

V. ハザード・社会の将来変化に対応できる適応戦略

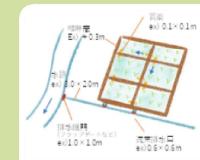
①人口・資産・産業の将来変化を考慮したリスク評価



③流域治水ポリシーミックスの立案・評価

ポリシーミックス

{ 田んぼダム
貯水池
堤防嵩上げ
土地利用規制



政策効果検証



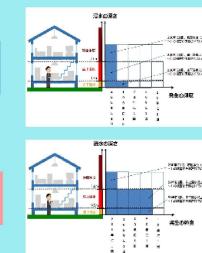
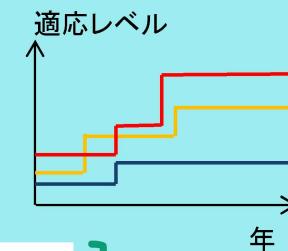
最適計画の立案

②不確実性を考慮した適応戦略設計の方法論

不確実性評価

平均予測

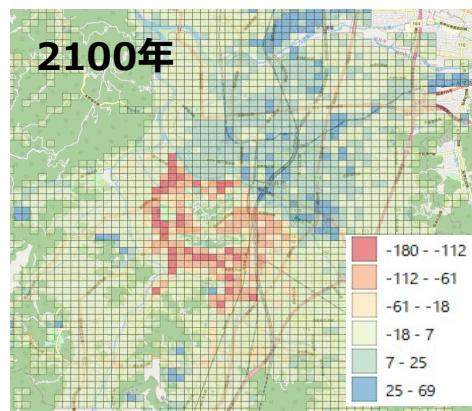
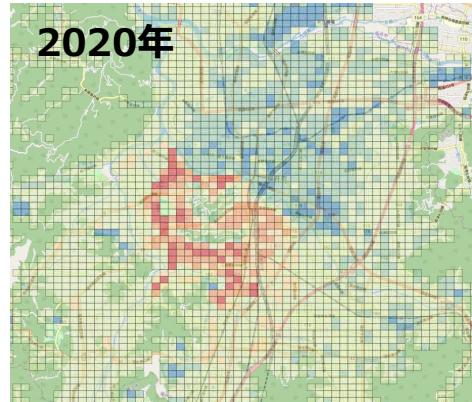
最悪の予測



MEXT-Program for The Advanced Studies
of Climate Change Projection(SENTAN)

V. 適応戦略

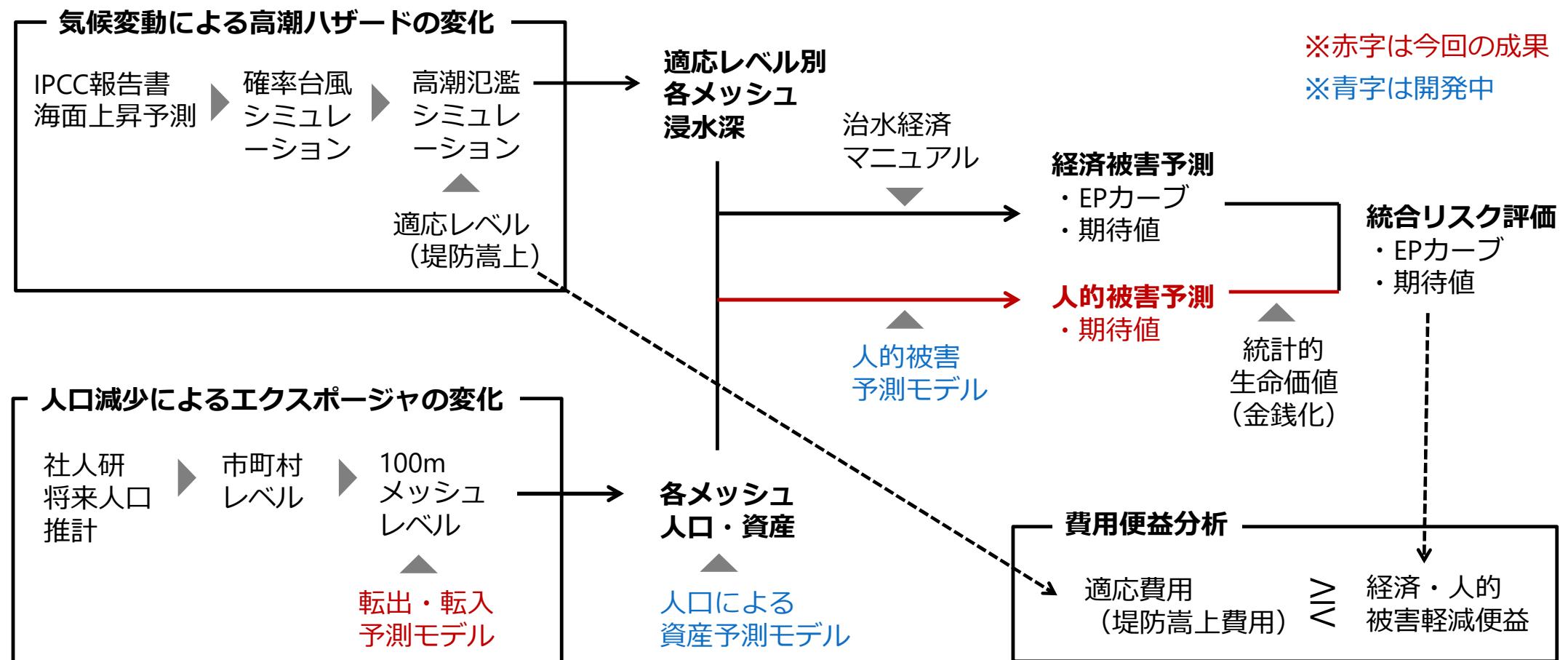
水害リスク軽減する土地利用誘導の課金政策の検討



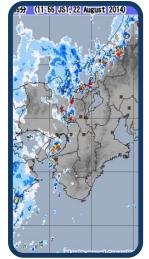
- 2020年：最新の国勢調査、経済センサス
 - 総人口：281,750 総従業者数：150,650
- 2100年：日本版SSP5シナリオ
 - 総人口：194,813 総従業者数：92,480

人口	気候	水害による期待被害額	誘導による社会費用	期待被害額の削減額	課金収入 [百万円]
2020年	現状	79	4	8	63
2020年	4度上昇	283	32	60	10
2100年	現状	58	3	6	46
2100年	4度上昇	206	26	49	141

統合リスク評価モデルの開発



防災気候情報：d4PDF日本全国5kmDS



極端雨量

- ・強度：全国的に増加
- ・頻度：台風起因の頻度が、全国的に相対的に低下
- ・Hotspot：【評価中】



河川洪水

- ・強度：全国的に増加
- ・頻度：台風起因の頻度が、全国的に相対的に低下
- ・Hotspot：【評価中】



高潮

- ・強度：【評価中】
- ・頻度：【評価中】
- ・Hotspot：【評価中】



複合氾濫

- ・強度：【評価中】
- ・頻度：西日本で増加
- ・Hotspot：伊勢湾・瀬戸内海・九州沿岸



土砂災害

- ・強度：【評価外】
- ・頻度：西日本・日本海側地域で顕著な増加傾向
- ・Hotspot：【評価中】



強風

- ・強度：全国的に増加
- ・頻度：日数は中部から西にかけて増加
- ・Hotspot：【評価中】

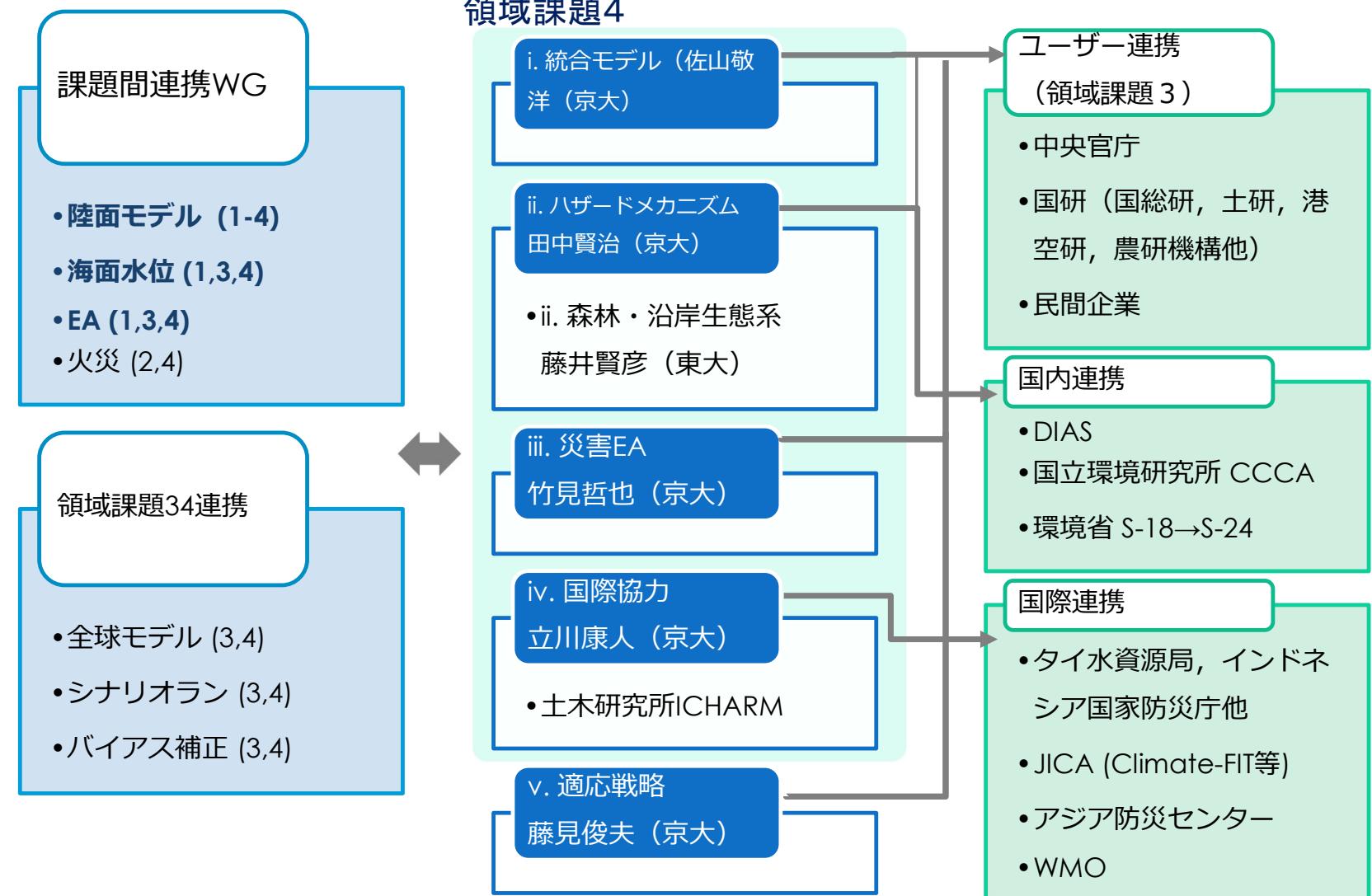


MEXT-Program for The Advanced Studies
of Climate Change Projection(SENTAN)

まとめ



研究の波及効果 プログラム内外 との連携体制



研究成果による波及効果 社会実装・貢献（POを除く）2022年からの通算

- 国際 (9)
 - WMO, ET-CER, 2022- (森信人)
 - Integrated Marine Biosphere Research, 2022- (藤井賢彦) 他
- 省庁
- 文部科学省 (2)
 - IPCC WG1国内幹事会・幹事 (森信人)
 - 日本本ユニエスコ国内委員会科学小委員会 (佐山敬洋)
- 国土交通省 (8)
 - 國土交通省（幹事）（水管理國土保全局・港湾局），農林水產省，氣象廳，水產廳，海上保安廳，國土地理院・海岸保全に係る氣候変動適応コンソーシアム，委員長，2021- (森信人)
 - 國土交通省，氣候関連情報開示における物理的リスク評価に関する懇談会，委員，2023 (佐山敬洋)
- 國土交通省地方整備局 (7)
 - 北海道開発局，北陸地方整備局 (3件)，中部地方整備局(2)，四国地方整備局
- 環境省 (8)
 - 環境省，中央環境審議会，専門委員，2023-2024 (森本淳子)
- 農林水產省 (1)
 - 農林水產省 農業農村整備における氣候変動対策に関する検討会、座長（渡邊紹裕）、委員（石田桂、田中賢治、中北英一、中村公人、丸山篤志、吉田武郎），2023-
- 気象庁
 - 気候変動に関する懇談会評価検討部会・委員，2022- (森)

- 都道府県審議会等 (35)
 - 北海道*3，青森県，岩手県*2，茨城県，千葉県，東京都，神奈川県，静岡県，愛知県*5，三重県，石川県，滋賀県，京都府，京都市，大阪府*2，奈良県，兵庫県，和歌山県，広島県，鳥取県，島根県，徳島県，愛媛県，高知県，福岡県，沖縄県，関西広域連合*2
- その他
 - 地球環境産業技術研究機構，損害保険料率算出機構
- 多くの委員会等でd4PDFが何らかの形で活用されている
 - 農水省：排水事業の計画策定，国交省：河川整備計画，港湾適応計画他

島根県海岸保全気候変動検討委員会 (2023～)

(4) 潮位偏差の検討方針

40

□ 検討方針の前提事項の整理

- 気候変動の影響を含めた潮位偏差(以後、**潮位偏差(気候変動)**)の予測は、以下を踏まえ、**台風**を対象とする。

- 島根・隠岐沿岸では、冬季より**夏季**の方が**潮位が高い**。
- **最高潮位**1位～10位の発生要因は、ほとんどが**台風**。
- 日本の気候変動2020では、気候変動により、日本付近の**台風**の**強度**は**強まる**、冬季気圧配置は**弱まる**ことを示唆。
- このため、高潮(潮位偏差)の観点では、夏季に来襲する**台風**による**高潮**が重要。

- 「d2PDF/d4PDF台風トラックデータ※」や「気候変動の影響を踏まえた海岸保全施設の計画外力の設定に関する参考資料等について(R3.8.2)」を踏まえ、潮位偏差(気候変動)の予測手法(案)を整理。

※p.41 参照



MEXT-Program for The Advanced Studies
of Climate Change Projection(SENTAN)

その他展望等

今後の展開

■ 手法の開発

- 統合ハザードモデルIHM v1開発完了
- ハザードモデル開発
 - ・ 強風被害, 土砂ハザード, 渇水
- EA/PGWのライナップ充実
 - ・ 大雨, 洪水, 台風

■ 予測

- d4PDF日本全国5kmダウンスケール結果の極端現象への適用完了
 - ・ 洪水, 高潮, 波浪, 土砂警戒情報, 水資源
- d4PDFv2に関する成果
 - ・ d4PDFとの比較等

その他

■ 事業終了後の実用化や自律的な取組の継続

- 建設コンサルタント等との意見交換
- 関連省庁との意見交換

■ E Sの活用状況

- IHMおよび全国ハザードモデルで計画の計算資源を使用



MEXT-Program for The Advanced Studies
of Climate Change Projection(SENTAN)

領域課題4の最終目標と4年目状況

成果目標

- 主要ハザードモデルの統合化
- 防災気候情報プロダクト生成
- 「日本の気候変動202X」等への貢献

4年目状況

- 統合ハザードモデルIHMのプロトタイプRUN
- d4PDF日本全国5kmDSを活用した全国水害リスクマップ作成
- データセット2027への準備(DIAS)



出口戦略

- 科学・技術知見の共有
- 国内温暖化影響評価・適応政策へのコメントメント国際展開



- ユーザーワークショップの開催
- **省庁・国研, 都道府県との連携**
- 現地省庁, JICAとの連携



MEXT-Program for The Advanced Studies
of Climate Change Projection(SENTAN)

おわり



MEXT-Program for The Advanced Studies
of Climate Change Projection(SENTAN)