

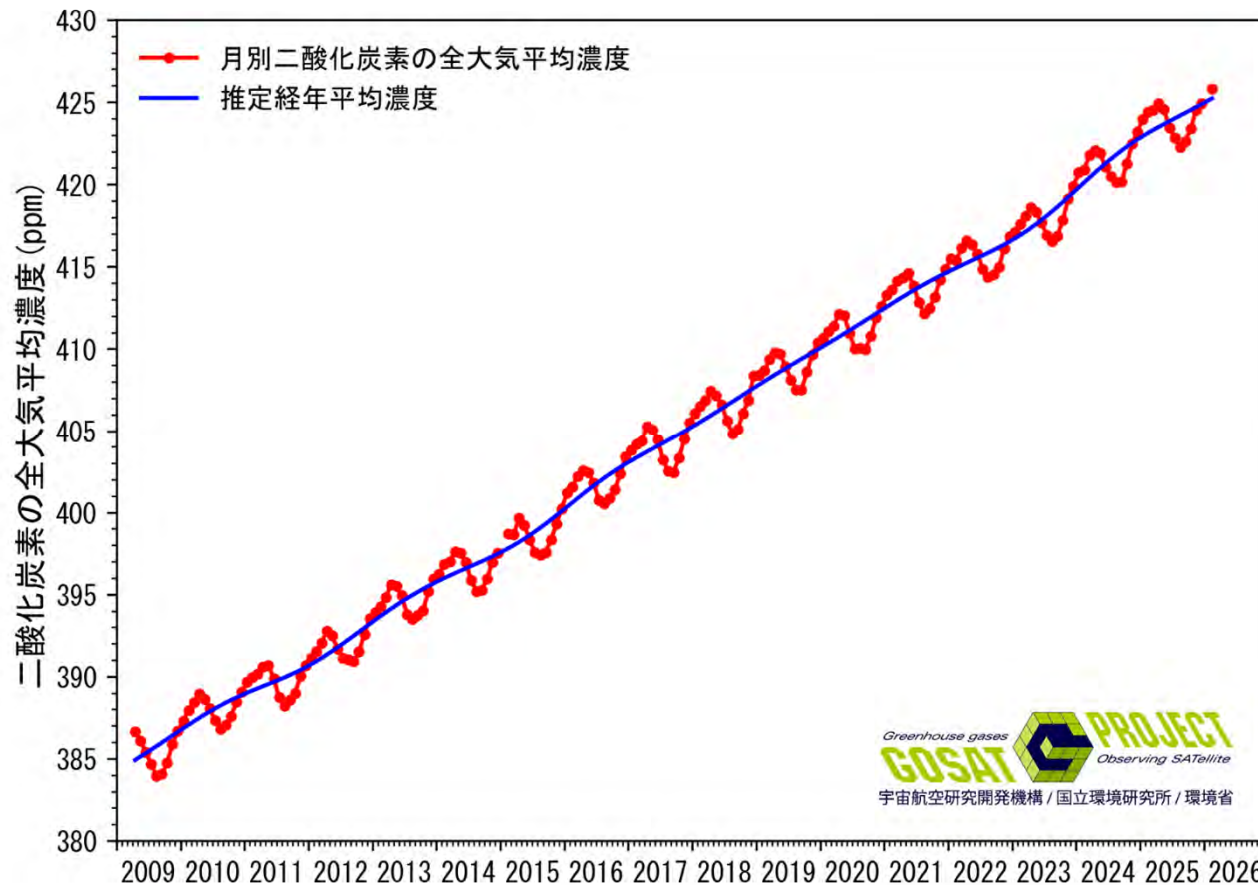
気候変動と社会変化を迎える今、国土の未来をどう考えるか
(豪雨災害からの安全と豊かな暮らしを実現するために)

気候変動による気象災害の激化

芝浦工業大学工学部土木工学課程
平林由希子

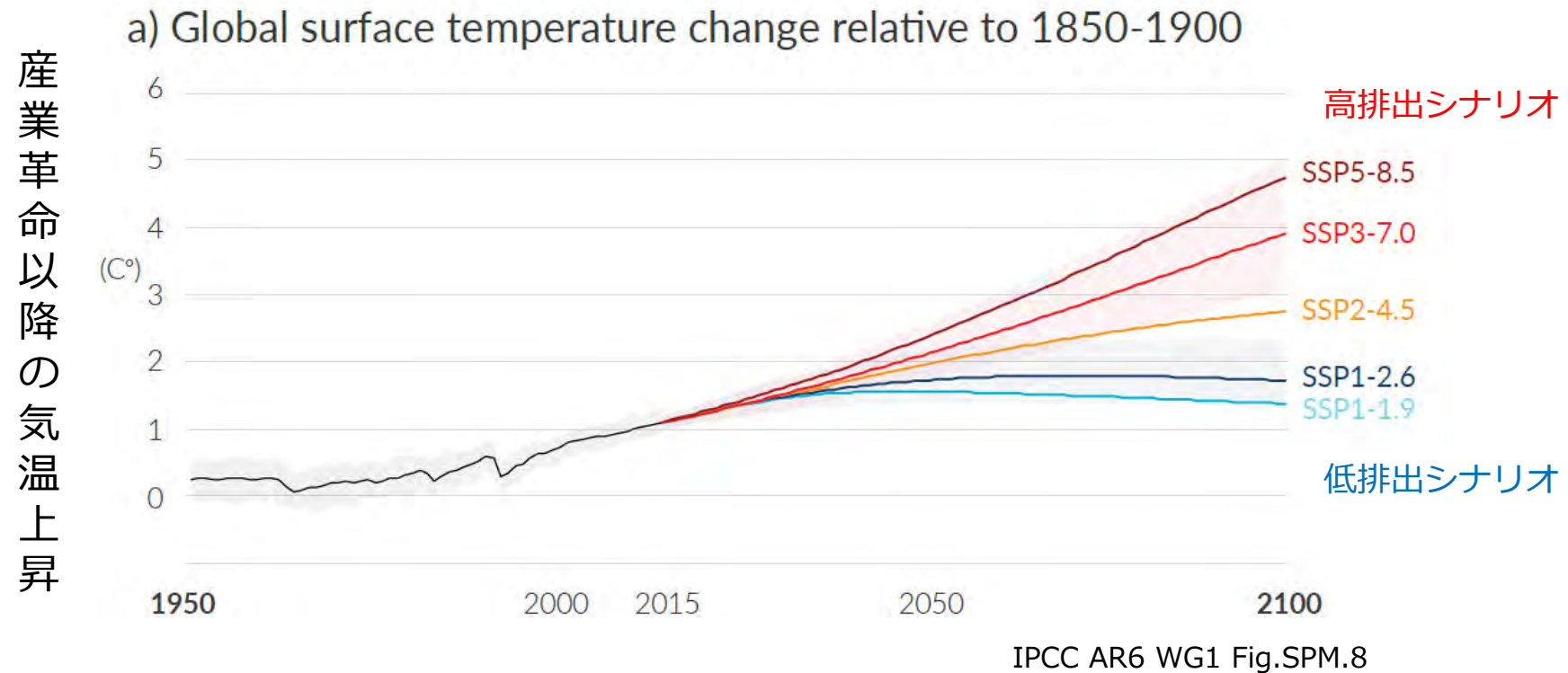
大気中の二酸化炭素濃度は上昇を続けている

「いぶき」の観測に基づく全球年平均値： 425 ppm (2026年2月時点)
過去1年の増加 2.1 ppm/年



温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」(GOSAT)
<http://www.gosat.nies.go.jp/recent-global-co2.html>

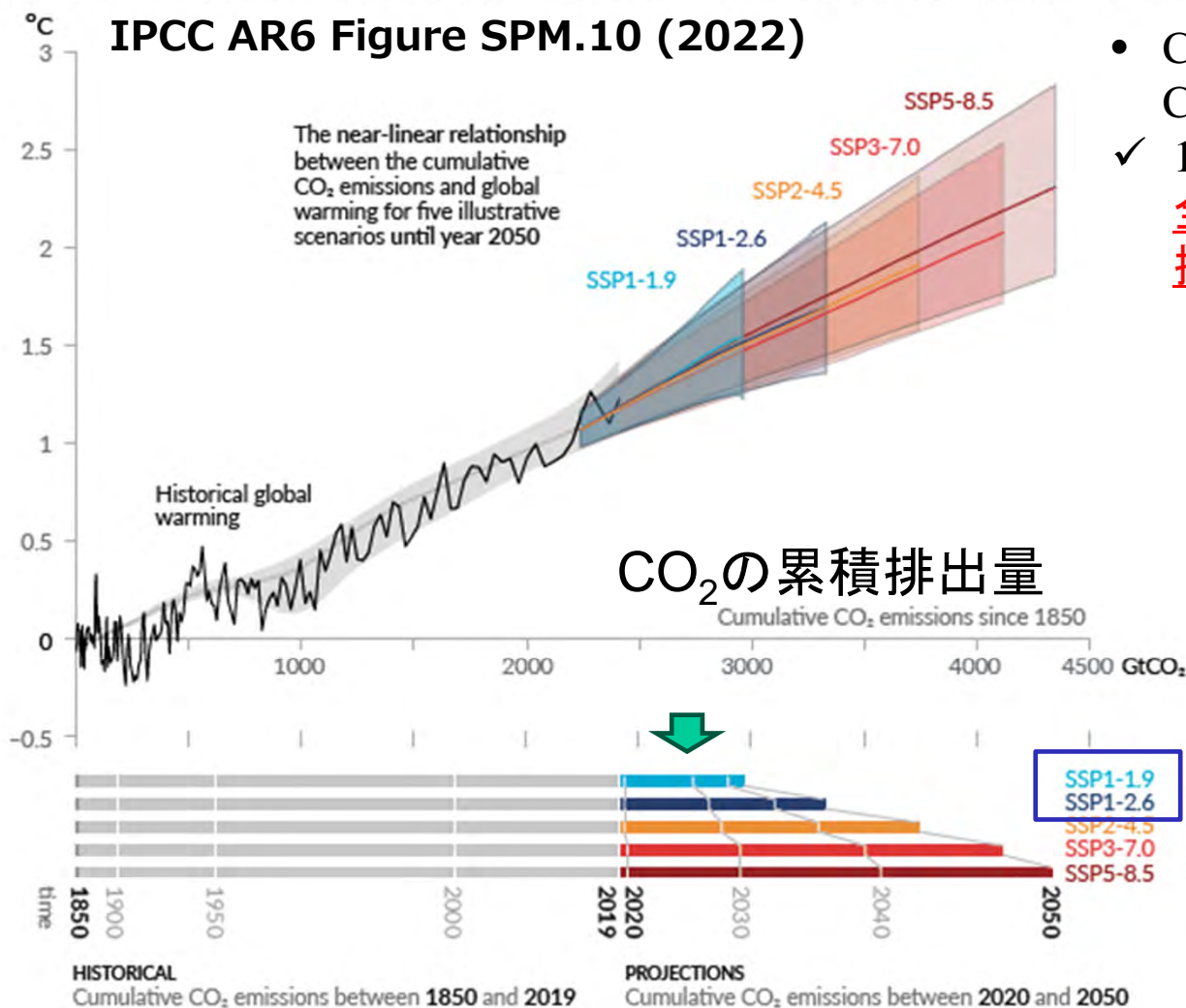
数十年間の中に温室効果ガスを大幅に減少しない限り、
21世紀中に産業革命前と比べて1.5℃（2℃）以上上がる



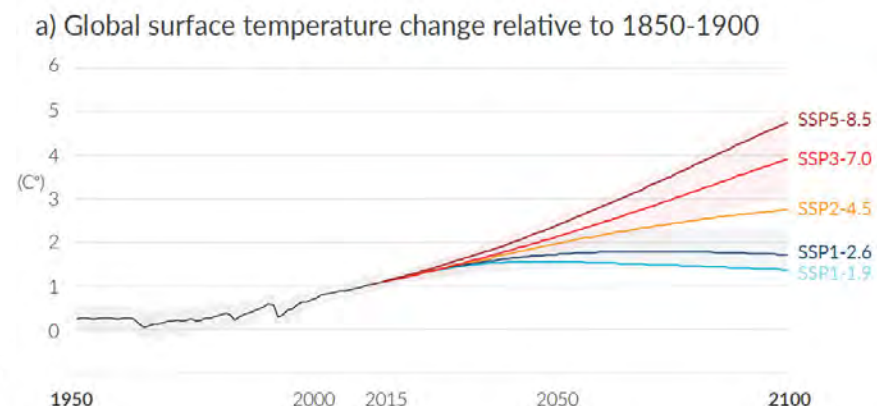
→似たような図を25年以上前に見てから、十分な緩和の見通しは立っていない

気温2度上昇未満→今後10-15年で排出をほぼゼロにする必要

Global surface temperature increase since 1850-1900 (°C) as a function of cumulative CO₂ emissions (GtCO₂)



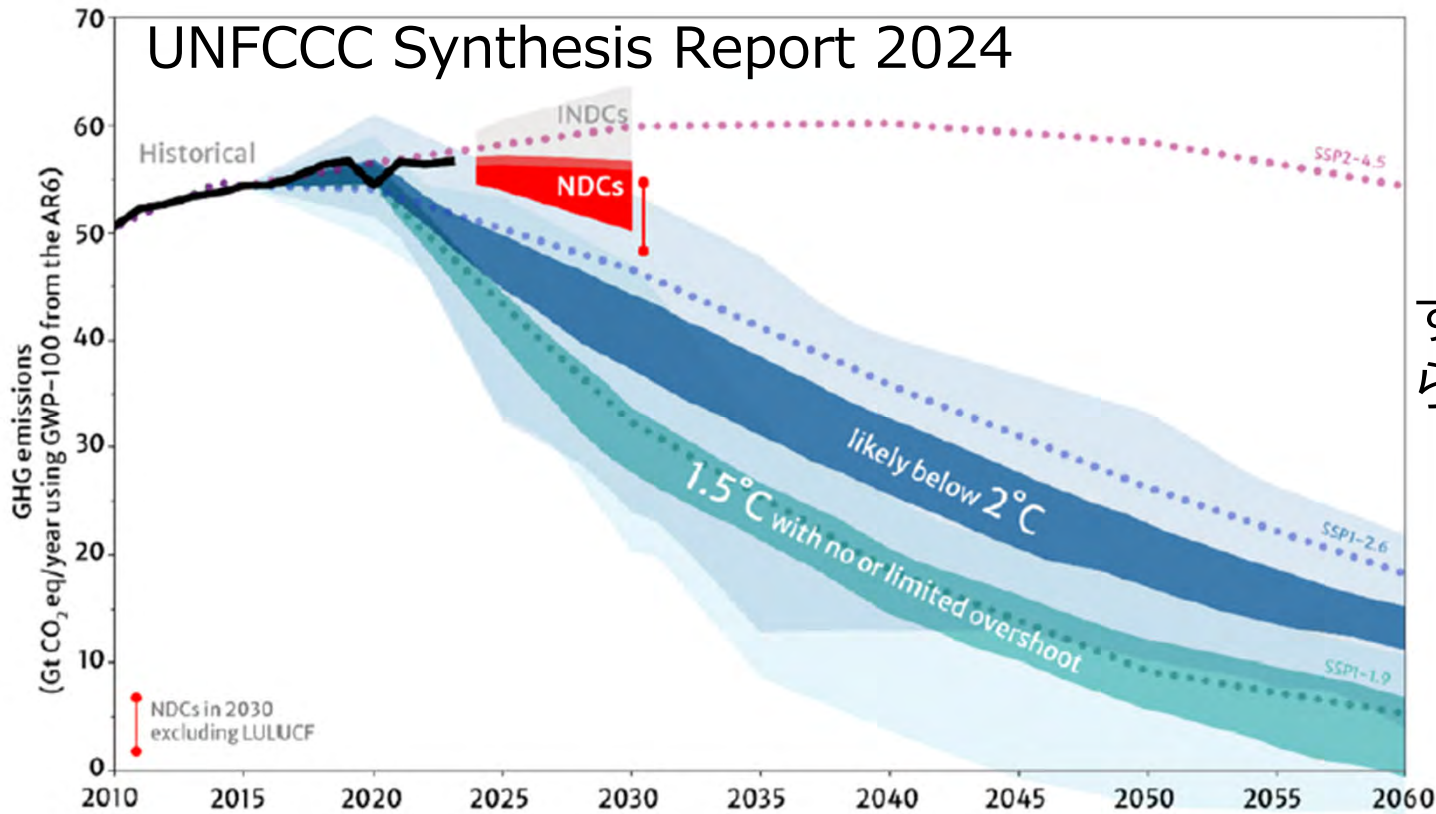
- CO₂累積排出量を止めること一すなわち正味でCO₂の排出をゼロにすることが求められる
- ✓ 1.5°Cを目標にする場合、全体で出してよい排出量の8割以上はすでに排出済み



←あとどのくらい排出できるか

産業革命以降の気温上昇

主要国の温室効果ガス削減目標（NDC）を積み上げても
 2℃目標は達成しない。



すでに排出した分で、今後のさらなる温度上昇・影響は不可避
 →気象災害への適応が必要

Credit: UN Climate Change

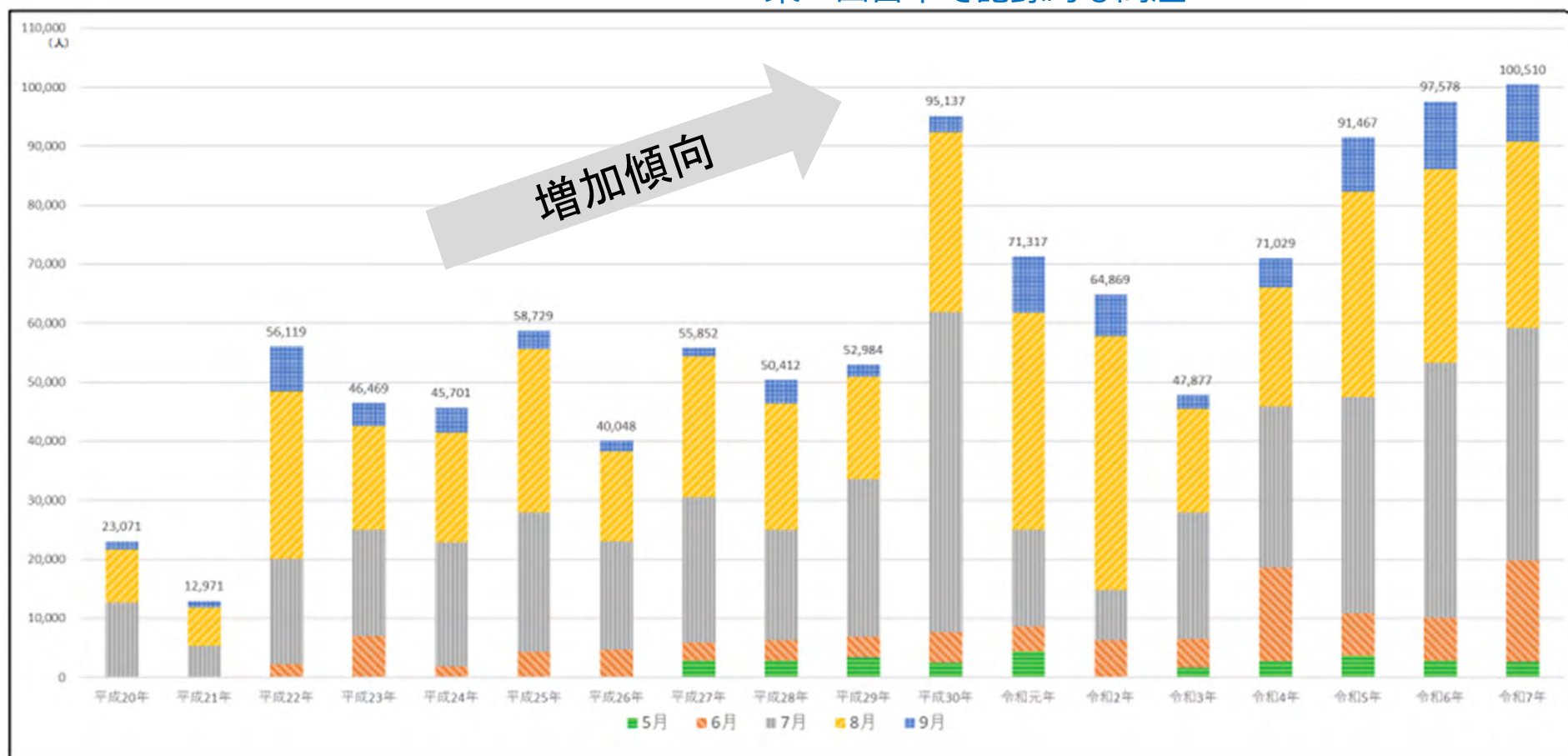
<https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/nationally-determined-contributions-ndcs/ndc-synthesis-report/2024-ndc-synthesis-report#Projected-GHG-Emission-levels>

暑熱は温暖化で最も深刻化する気象災害

全国における熱中症搬送者数の増加

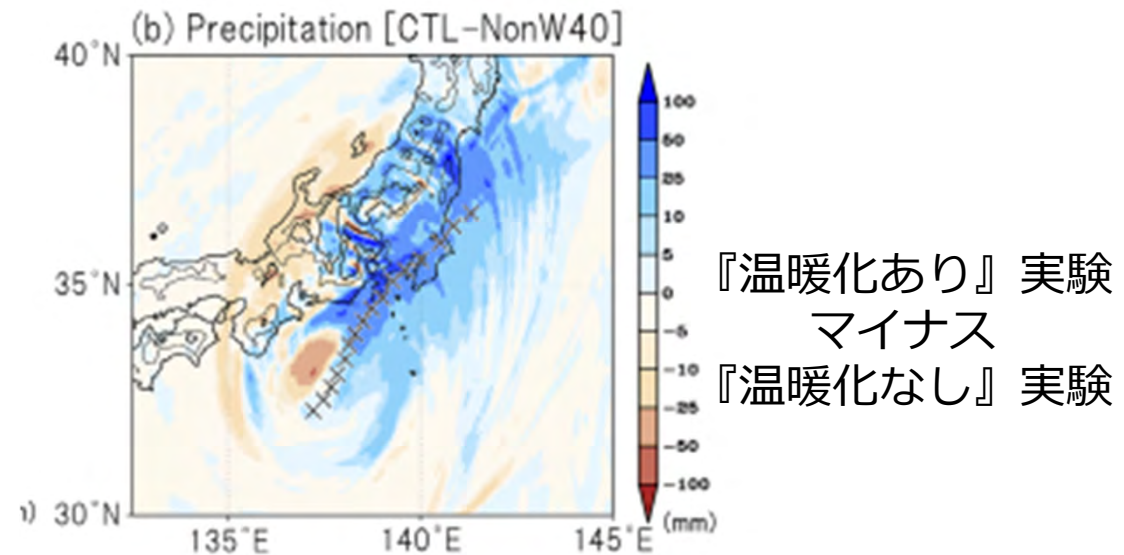
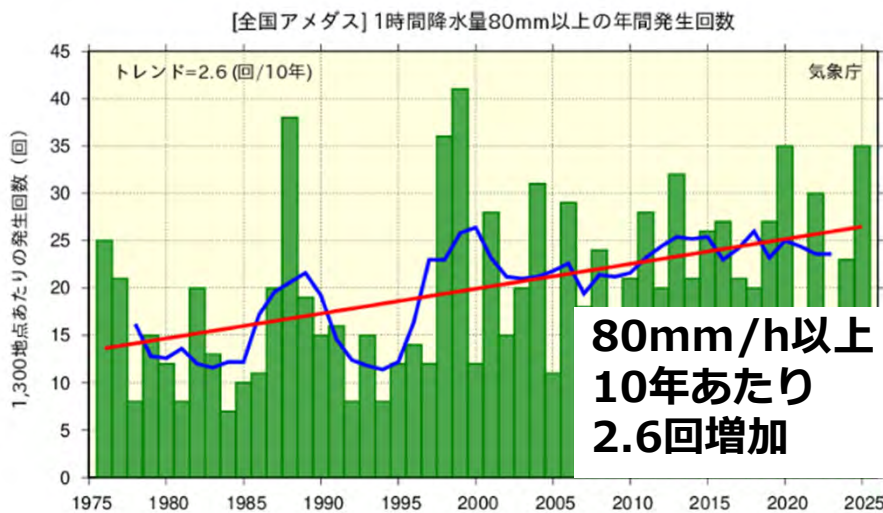
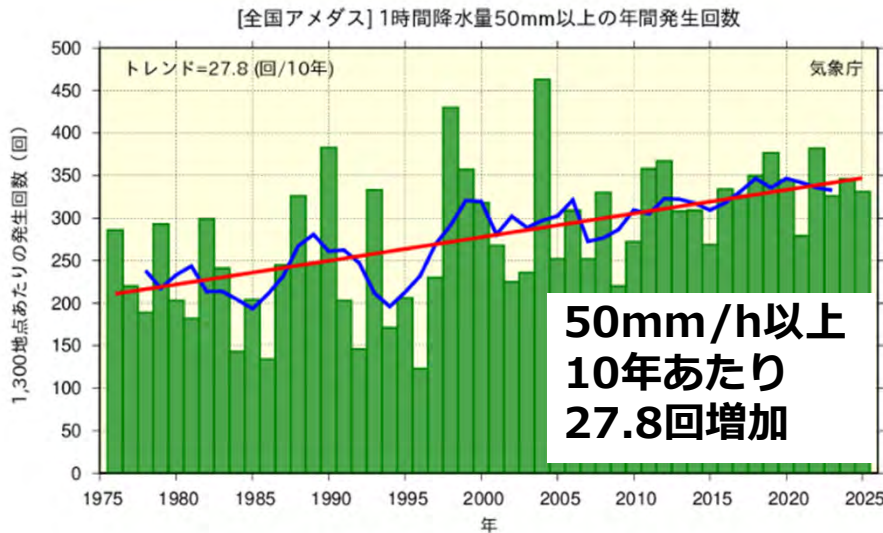
2018年：95,137人
東・西日本で記録的な高温

2025年：100,510人



総務省消防庁: https://www.fdma.go.jp/disaster/heatstroke/items/r7/heatstroke_nenpou_r7.pdf

大雨の年間発生回数は増加。強度の強い雨ほど増加率が大きい

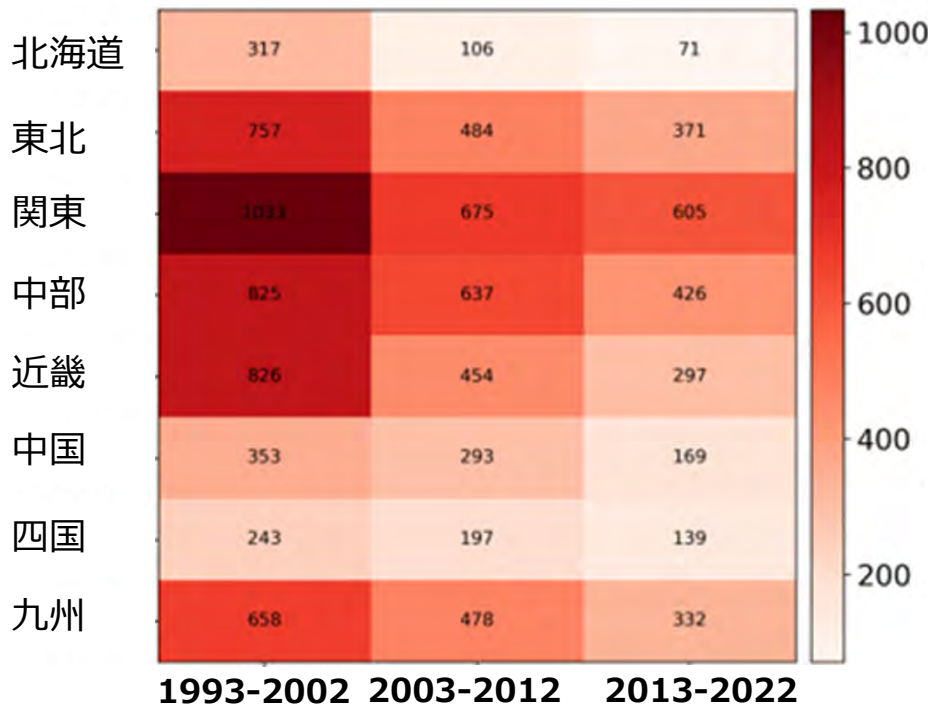


過去の温暖化により、2019年西日本豪雨による大雨は10.9%増加 (Kawase et al., 2020, SOLA)
https://www.jstage.jst.go.jp/article/sola/17A/Special_Edition/17A_17A-002/_pdf/-char/ja

近年の大雨はすでに計画規模を超過。将来は内水氾濫リスクが増加

- 大雨は増えつつあるが、内水排除の対策で発生件数は減少傾向
- 内水氾濫を発生させるような大雨は、4℃上昇では～1.7倍

内水氾濫の発生件数（10年合計）



自治体ごとの内水排除の計画と、降水量から推計した内水排除能の防護レベル（いずれも再起確率年数）

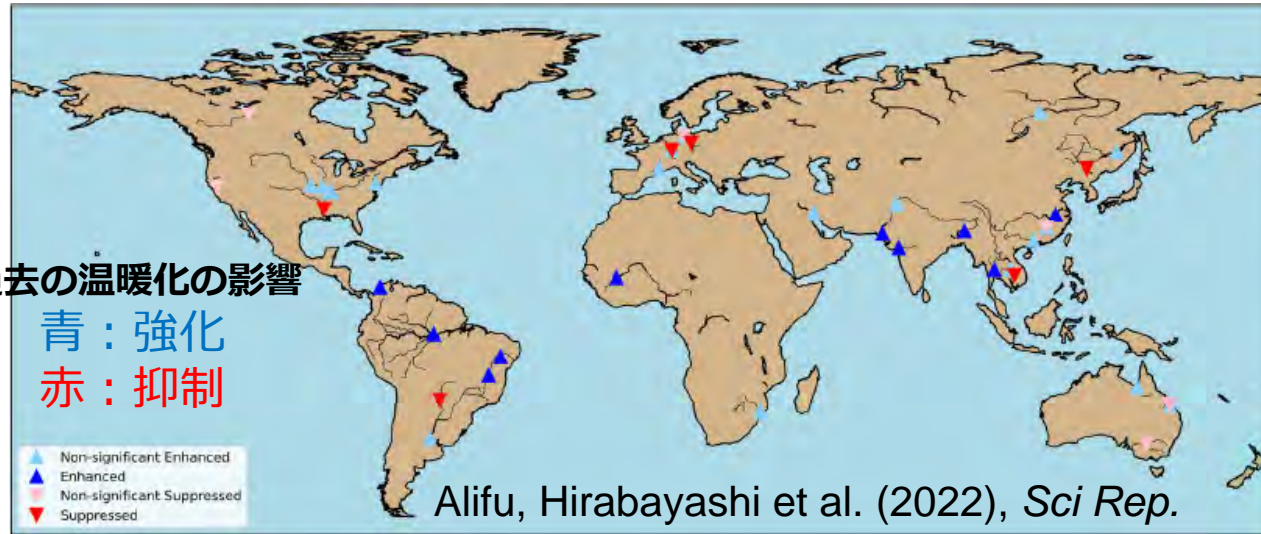
都市	計画 再起確 率年数	過去	近年	4℃ 上昇
		長期 1951- 2010	1994- 2023	将来 予測
札幌市	10	16.3	9.7	1.9
仙台市	10	30.5	16.5	8.0
千葉市	10	29.8	13.0	8.6
さいたま市	不明	13.3	8.1	4.4
東京都	20	22.6	21.0	7.5
横浜市 (自然排水)	5	4.6	3.8	2.2
横浜市 (ポンプ)	10	10.6	9.5	3.9
相模原市	5	4.7	3.1	2.3
浜松市	7	2.5	2.0	1.4
静岡市	7	7.3	6.0	2.8
名古屋市	10	9.5	8.1	3.8
新潟市	10	15.1	7.8	4.6
京都市	10	12.1	8.0	4.0

灰色は現在の
内水排除の
計画より降水
強度が大きい
自治体

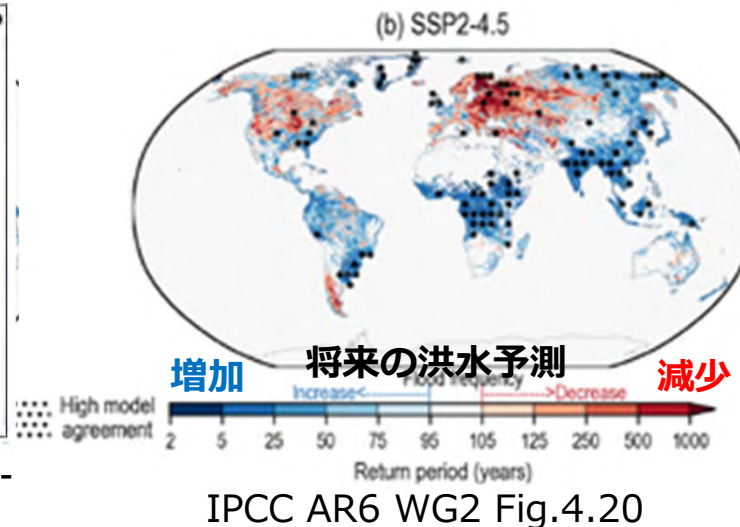
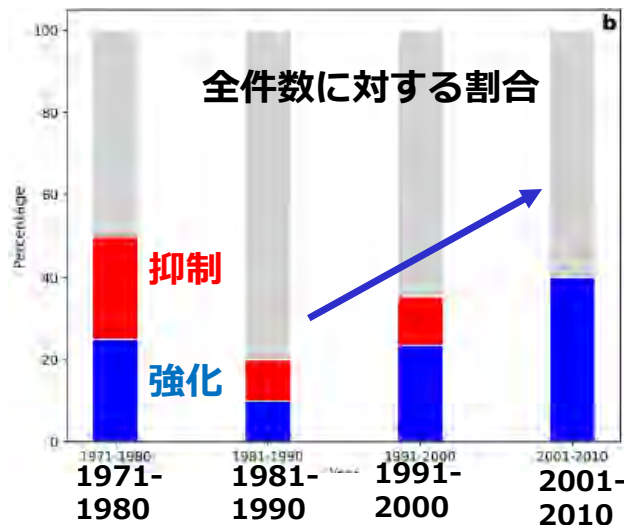
相京ら(2026)

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscej/82/16/82_25-16023/_article/-char/ja/

河川洪水は、温暖化により発生確率が増加

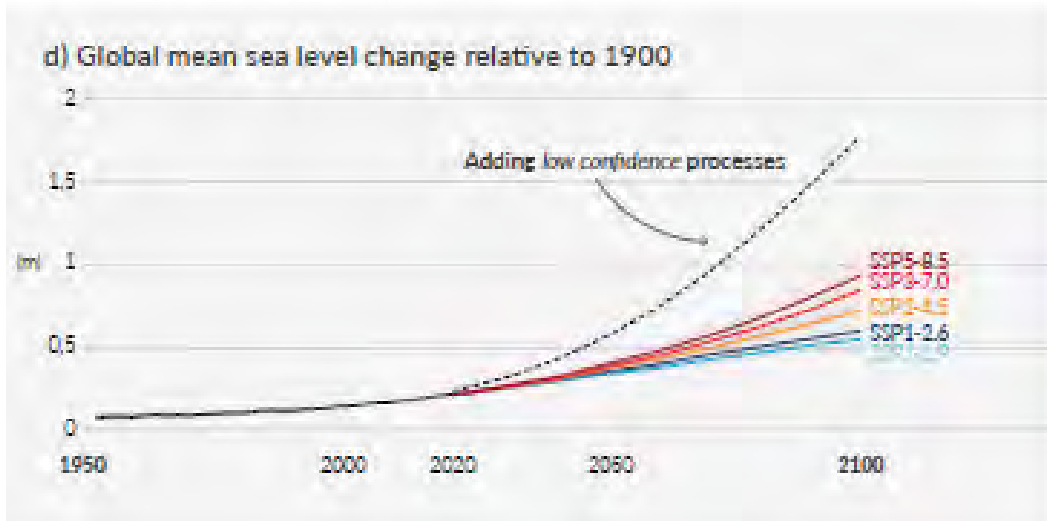


- 1951-2010に発生した52洪水のうち、20の洪水において温暖化が発生確率に影響
- アジアと南米北部では、過去の温暖化により河川洪水の発生確率が増加
- 近年の洪水は、いずれも発生確率が温暖化により増加傾向
将来はアジアやアフリカ、中南米などで洪水が増加

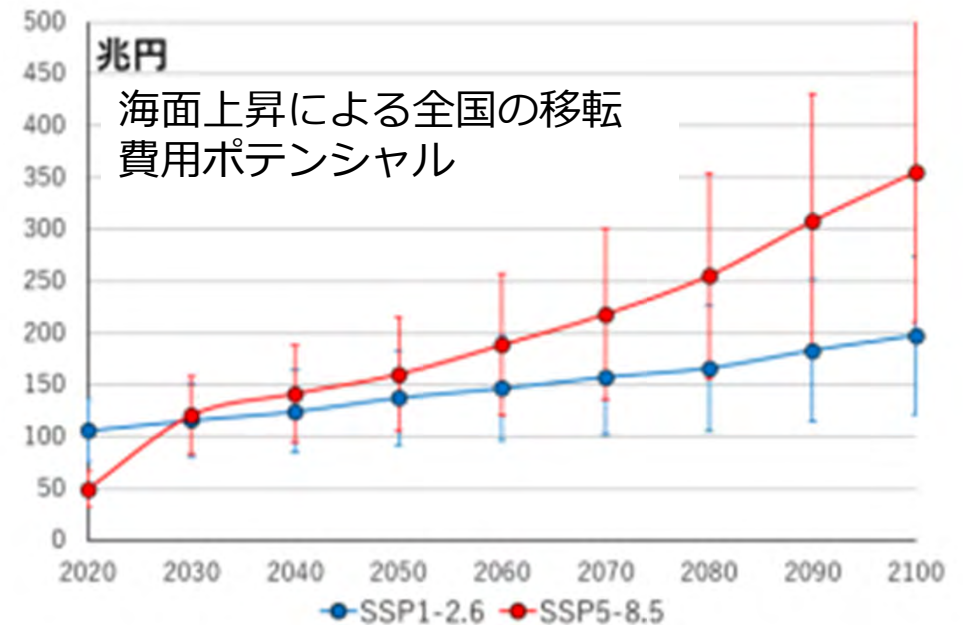


海面上昇により高潮・沿岸浸水は増加

- 温暖化レベルにかかわらず、長期的に海面上昇は続く見込み
- 低い温暖化レベル(SSP1-RCP2.6)に抑えても、海面上昇による日本全国の移転費用ポテンシャルは2050年に92-183兆円、2100年に121-274兆円となる
- SSP5-RCP8.5では2100年に最大501兆円の移転費用ポテンシャルがある



IPCC AR6 WGI Fig SPM.8



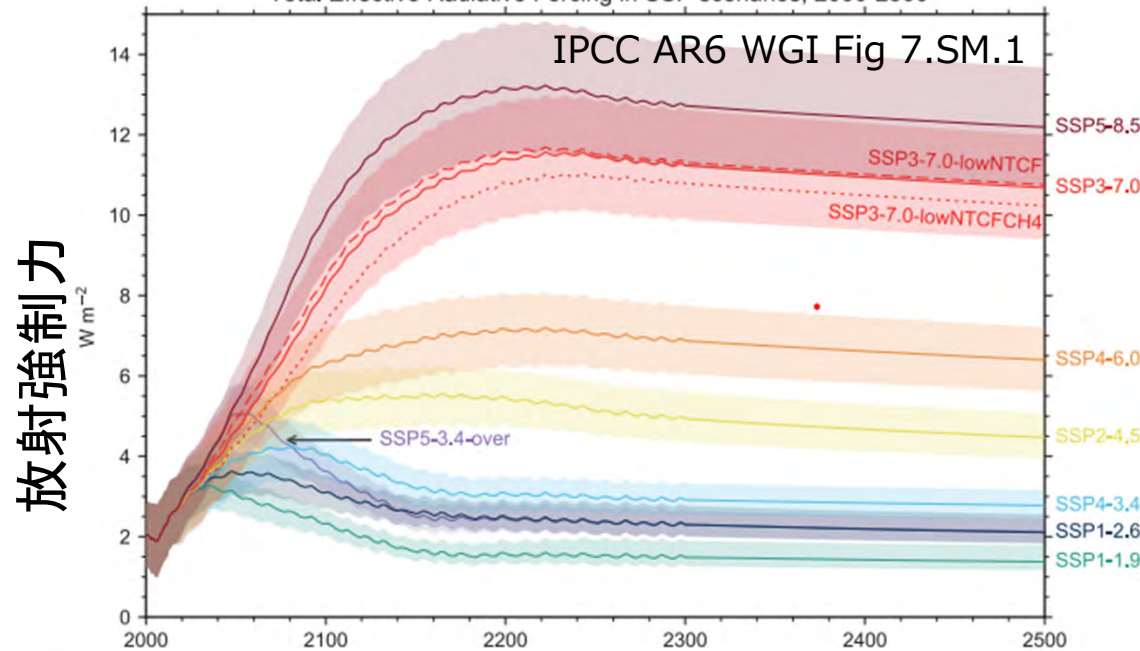
今村ら(2022)

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscejer/78/5/78_I_359/_pdf/-char/ja 10

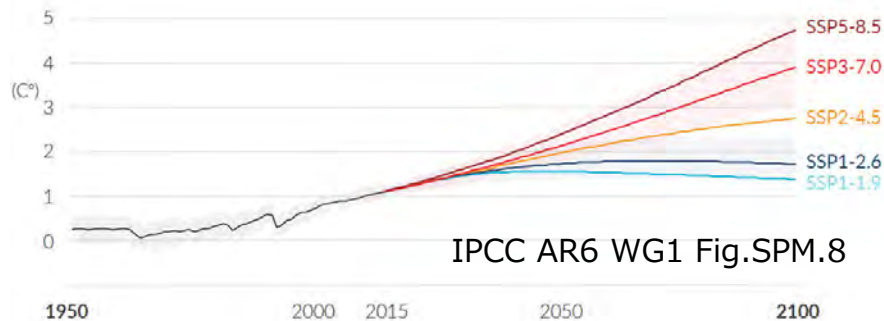
将来予測には様々な不確実性がある

将来の温室効果ガスの濃度シナリオ

Total Effective Radiative Forcing in SSP scenarios, 2000-2500



21世紀末 CO2濃度	21世紀末 気温上昇 (1850-1900より)	2300年の 気温上昇 (1850-1900より)
950ppm	4.4°C	6.6-14.1°C
725ppm	3.6°C	3.6-6.6°C
540ppm	2.7°C	2.1-3.5°C
435ppm	1.8°C	1.0-2.2°C
400ppm	1.4°C	



- 社会経済シナリオ、気候シナリオ（排出シナリオ）、気候モデル間、気候の内部変動など、様々な不確実性がある
 →適応計画はどのように設定すべきか？

大規模アンサンブル実験の活用

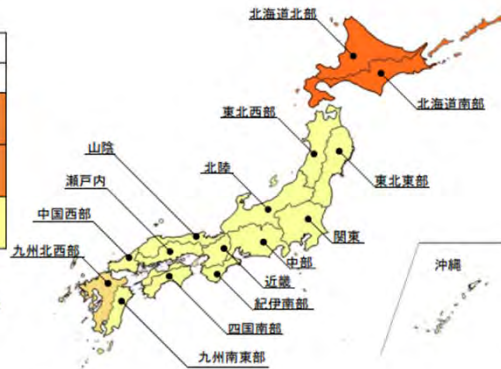
d4PDFによる大規模アンサンブル実験の中央値や不確実性の幅を勘案し、変化倍率を決定

- 2℃上昇では現在の想定より1.1-1.15倍
- 4℃上昇では1.2-1.4倍
- 全国一律ではなく北海道と九州北西部では高め
 - 台風の強さの増加と北上
 - 水蒸気量の増加による強い雨と降雨量の増加

<地域区分毎の降雨量変化倍率>

地域区分	2℃上昇	4℃上昇	
		短時間	
北海道北部、北海道南部	1.15	1.4	1.5
九州北西部	1.1	1.4	1.5
その他(沖縄含む)地域	1.1	1.2	1.3

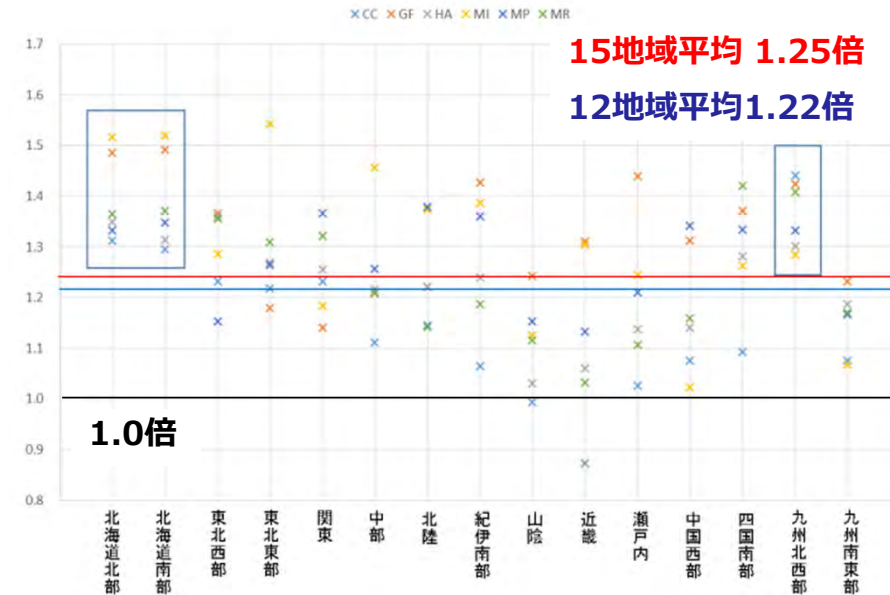
※ 4℃上昇の降雨量変化倍率のうち、短時間とは、降雨継続時間が3時間以上12時間未満のことで3時間未満の降雨に対しては適用できない
 ※ 雨域面積100km²以上について適用する。ただし、100km²未満の場合についても降雨量変化倍率が今回設定した値より大きくなる可能性があることに留意しつつ適用可能とする。
 ※ 年超過確率1/200以上の規模(より高頻度)の計画に適用する。



<参考>降雨量変化倍率をもとに算出した、流量変化倍率と洪水発生頻度の変化の一級水系における全国平均値

気候変動シナリオ	降雨量	流量	洪水発生頻度
2℃上昇時	約1.1倍	約1.2倍	約2倍
4℃上昇時	約1.3倍	約1.4倍	約4倍

※ 2℃、4℃上昇時の降雨量変化倍率は、産業革命以前に比べて全球平均温度がそれぞれ2℃、4℃上昇した世界をシミュレーションしたモデルから試算
 ※ 流量変化倍率は、降雨量変化倍率を乗じた降雨より算出した、一級水系の治水計画の目標とする規模(1/100~1/200)の流量の変化倍率の平均値
 ※ 洪水発生頻度の変化倍率は、一級水系の治水計画の目標とする規模(1/100~1/200)の降雨の、現在と将来の発生頻度の変化倍率の平均値(例えば、ある降雨量の発生頻度が現在は1/100として、将来ではその発生頻度が1/50となる場合は、洪水発生頻度の変化倍率は2倍となる)

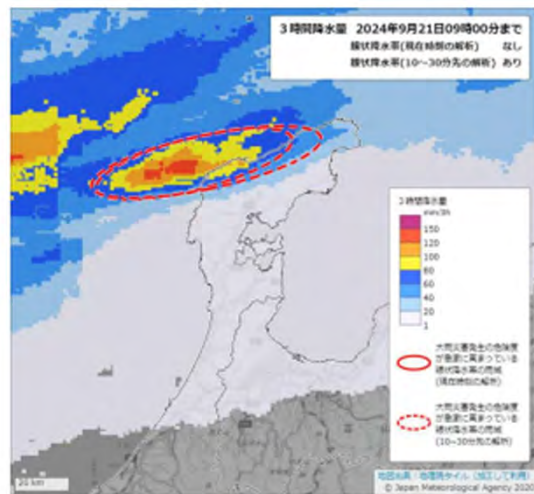


- 将来のシナリオ選択や、対策のステップ(2℃? 想定最大?)に課題も多い
- 過去の観測値に上乘せが基本 → 想定外の備えは別途必要

将来予測をどのように活用するのか？—想定外に備えるには？

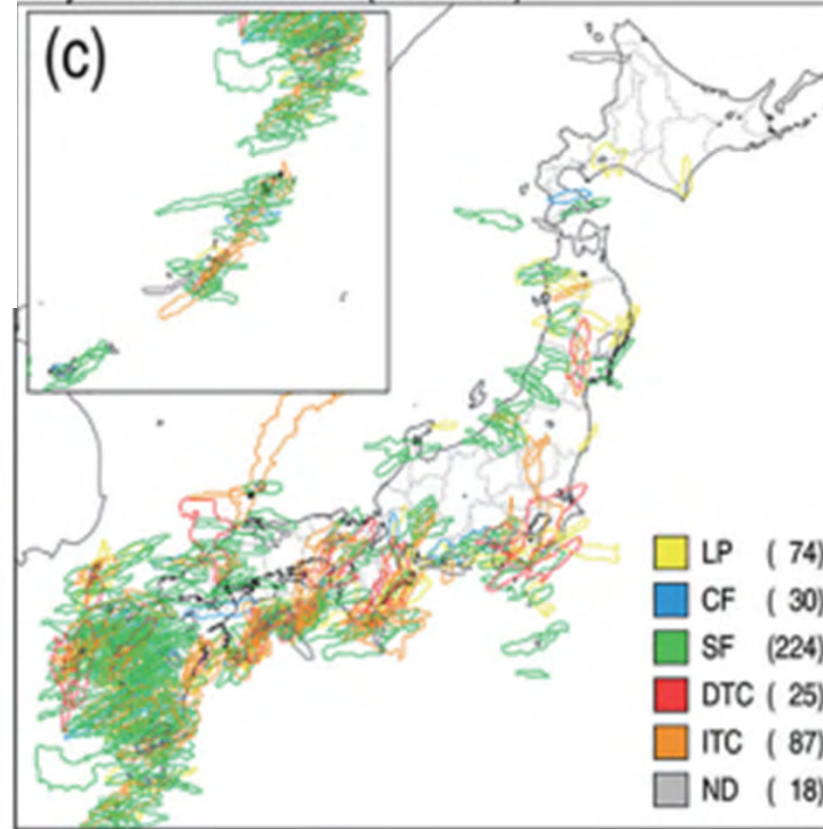
2024年9月の能登半島水害の大雨

- 9/21昼に大雨特別警報 (level 5)
- 熱帯起源の暖湿気により半島北部に線状降水帯が発生
- 輪島と珠洲では降雨の観測史上最大記録を更新
→過去に線状降水帯の発生記録なし (右図)
- 中小河川は降雨から災害発生までの時間が短い
- 地震との複合災害



3 時間降水量 (解析雨量) mm/3h

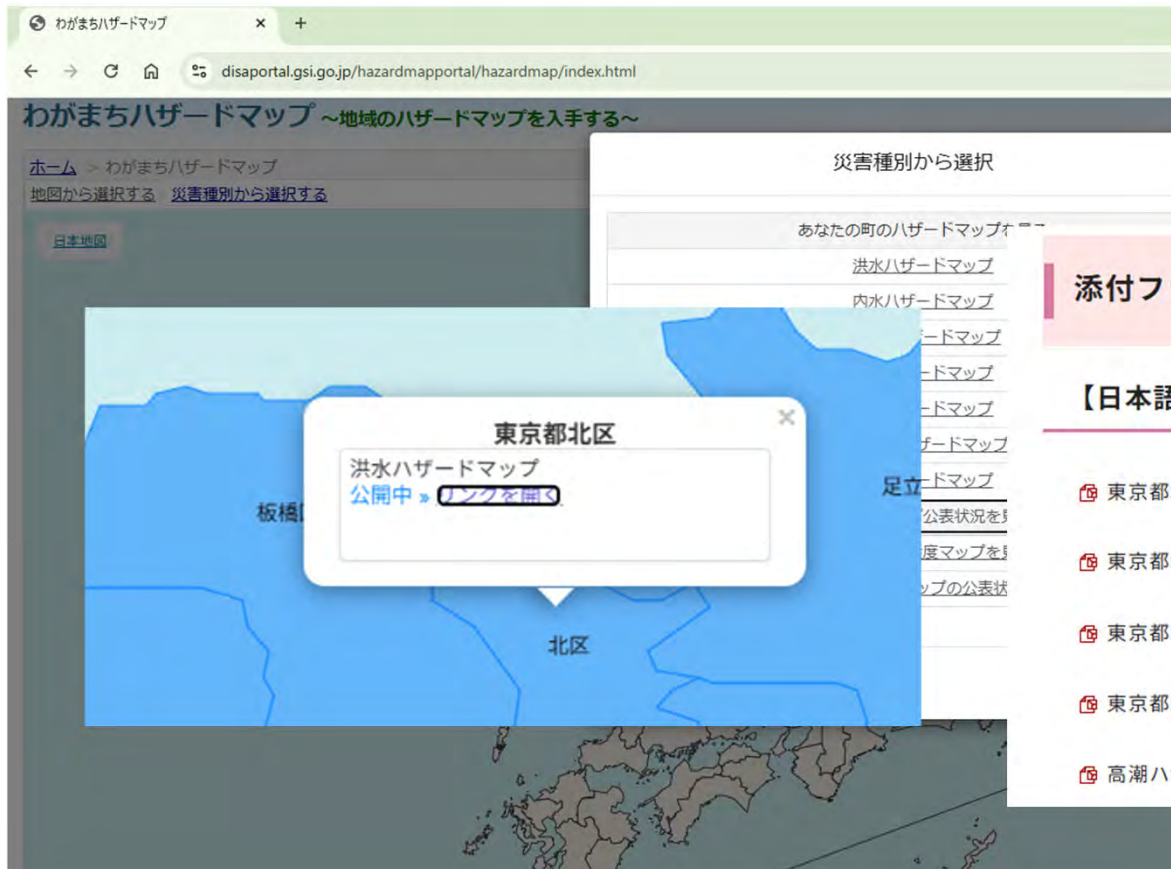
Senjo-kousuitai: 458cases (1989-2022)



LP (74) 温暖前線・低気圧
 CF (30) 寒冷前線
 SF (224) 停滞前線
 DTC (25) 台風・熱低
 ITC (87) 台風・熱低 (遠隔)
 ND (18)

将来予測をどのように活用するのか？

- 自治体による現在の洪水ハザードマップ等は入手できるようになってきた
- 事前防災のための情報の使い方は要検討








現在の位置： トップページ > 防災・安全 > 防災・災害対策 > 避難場所・防災マップ > 防災マップ・ハザードマップ > 東京都北区水害

東京都北区水害ハザードマップ

添付ファイル

【日本語版】東京都北区水害ハザードマップ

-  東京都北区水害ハザードマップ (PDF 5.4MB)
-  東京都北区洪水ハザードマップ 荒川が氾濫した場合 (PDF 2.8MB)
-  東京都北区洪水ハザードマップ 隅田川・新河岸川・神田川がはん濫した場合 (PDF 1.5MB)
-  東京都北区洪水ハザードマップ 石神井川がはん濫した場合 (PDF 1.5MB)
-  高潮ハザードマップ (PDF 891.6KB)

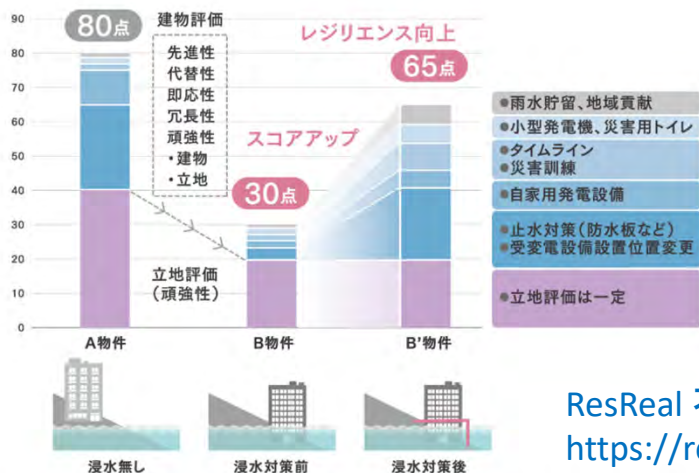
ハザードだけでなく適応（対応）も評価して判断すべき



- 自然災害の増加による火災保険の改定が続いている
- 2023年6月より、損害保険料率算出機構が水災料率を細分化（全国一律→リスクレベルごと）
- 不動産の物件のリスクを評価する際に対策を勘案する取り組みも出てきている

損害保険料率算出機構

https://www.giroj.or.jp/common/pdf/touchi/202306_announcement_attachment.pdf



ResReal 不動産レジリエンス認証

<https://resreal.jp/>

例えば水害の評価では、浸水リスクがないA物件よりも浸水リスクがあるB物件の方が低い結果となります。しかし、浸水リスクがあるB物件でも、浸水リスクに応じた対策を施すことで、評価結果を大幅に引き上げることも可能です。

まとめ

- これから大幅な排出削減が達成されたとしても、ある程度の気象災害の増加は避けられない
- 高温事象、大雨、内水氾濫、河川洪水、海面上昇などの気象災害への対応は、今後の日本にとって大きな課題
- 将来予測には様々な不確実性があるが、現時点で最も合理的な方法を工夫し、必要な対策に資する科学的情報が創出されている
- 過去に経験のない水災リスクの発生の可能性にも留意する必要がある
- 現在および将来の水害ハザードマップは作成されつつあるが、市民が活用する方法は模索中
- 水災リスクや対策を評価する手法が提案されており、民間や市民のニーズに応じて、科学的な水災リスク情報をさらに使いやすくする必要がある