

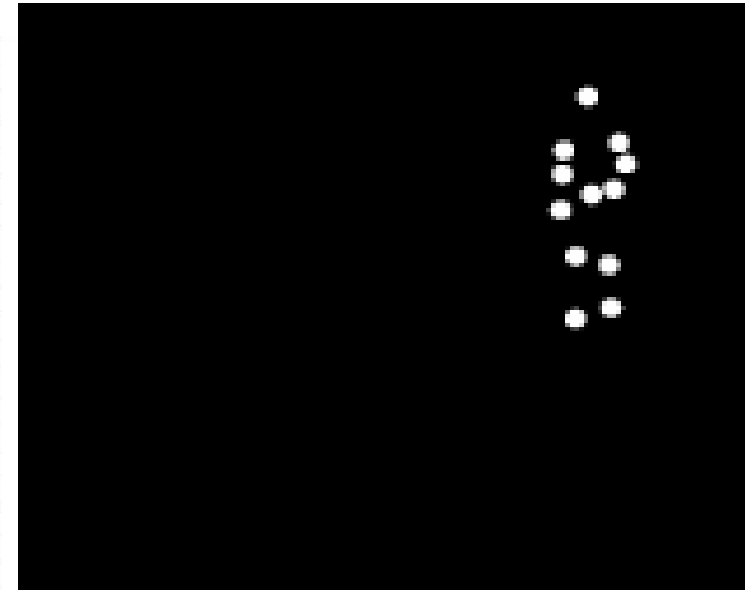
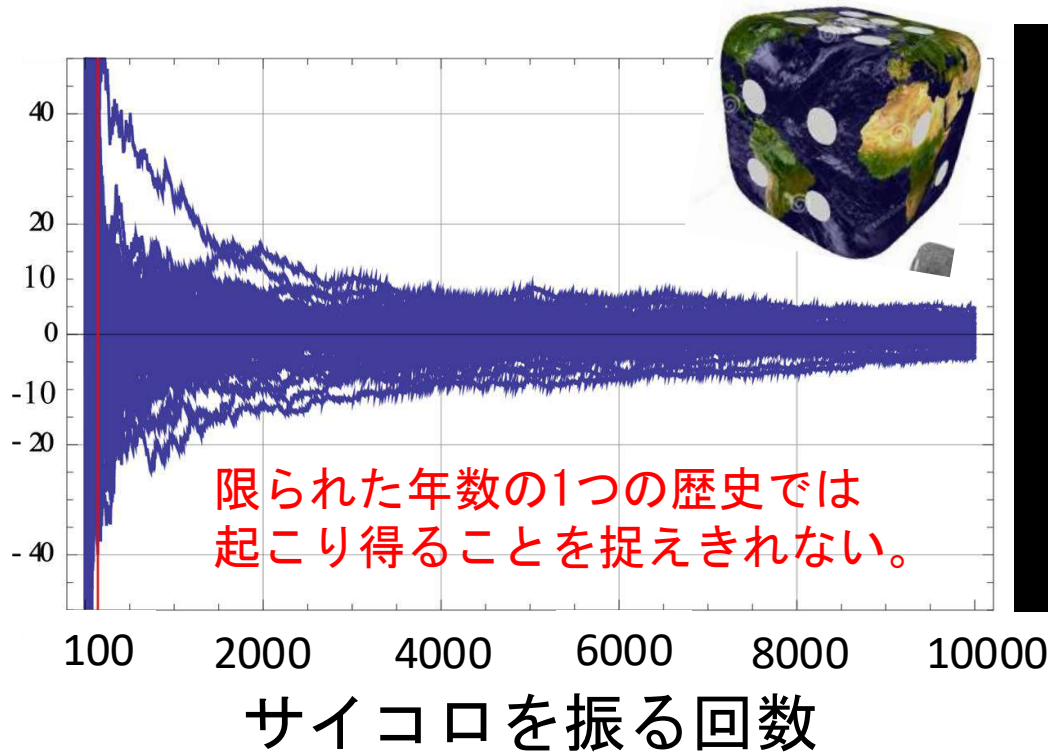


気候変動と風水害リスク： 被害増大のティッピングと バックキャストの構図

北海道大学大学院 工学研究院 教授
山田 朋人

2025年9月17日(火曜日)

各面の出現確率が1/6
となることに対するズレ



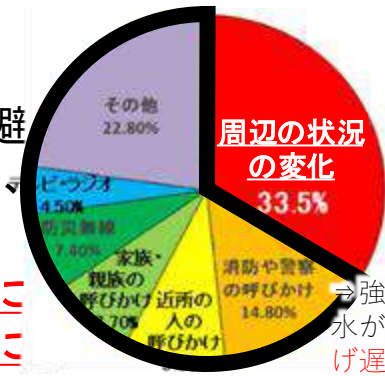
M. McIntyre (U. Cambridge)

- 最新の科学の成果と観測データの蓄積によって、今・将来起こりうる事象を含めた議論の意思決定に社会は向かいつつある。
- 被害増大する外力を見極めた検討の重要性
(被害リスクのティッピング)
- 気候変動の進行(年代)とともにリスクを算定し、今に振り返って何をすべきか決める構図を。

現状・背景

個人

- 他地域の災害情報や予測情報が痛切に報道されている一方で、避難判断に利用していない住民や避難行動を実施しない住民が多く、**周辺状況変化により避難を開始する割合は約33%に及ぶ。**
- 現在の訓練やワークショップ等は、**過去の災害を前提としているにもかかわらず、近年の災害は記録破りである。加えて、気候変動により災害の激甚化・頻発化が進んだ将来に起こり得る豪雨などの特徴が必ずしも反映したものではない。**
- **地域の防災活動は個別に行われており、流域治水を進めるためのステークホルダーが連携を行う場が形成されていない。**



⇒ 強雨・自宅近くの浸水が迫ってからでは逃げる可能性が高い

平成30年7月豪雨災害の被災者アンケート結果

出典：国土交通省、平成30年7月豪雨災害での水災害・土砂災害情報の活用状況ふりかえり

定量的に評価
35%
(346社)

定性的に評価
65%
(645社)

企業

- TCFD・SSBJ※1等の企業に**気候変動を考慮したリスク評価**を求める国際的な流れの中で、日本でも賛同して取り組む企業が増えている一方、**水害リスクの定量的な評価の進展は限定的である。**
- **国際的なデファクトスタンダードは、日本の気候や地域特性が反映されておらず、ハザード情報に大きな乖離がある。**
- 企業における事業計画の時間軸のリスク情報になっていない※2。

開示された水害リスク評価の手法割合
(出典) 国土交通省、2023年9~12月調査



水防法に基づいて公表されているハザードマップ

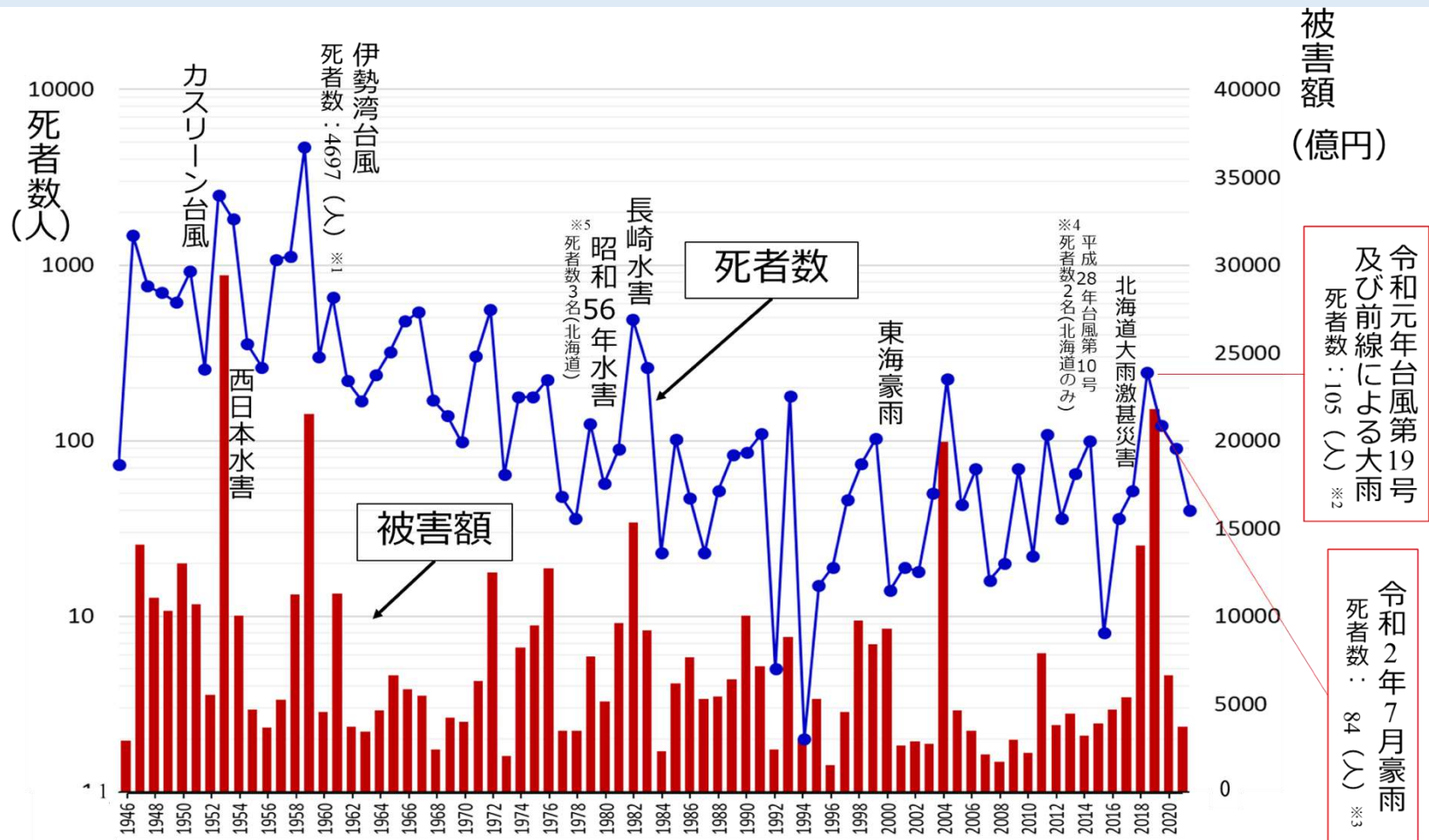
WRI Aqueduct

荒川流域のハザード情報の比較

※1 TCFD：気候変動が企業に与えるリスクを共通の指標により評価し投資家に向けて開示するための国際ガイドライン
SSBJ：日本の企業によるサステナビリティ情報開示のための基準を策定する委員会
※2 リスク評価のニーズ調査のために実施した企業ヒアリング結果(70社)

我が国における水害による死者数と被害額の関係 3

治水整備によって戦後からの1990年代後半に亘り、水害は減少した一方、**2008年以降、水害は増加傾向にある**。我が国の直轄河川における堤防の整備状況（河川整備基本方針）は**70.3%（2022.3末時点）**。



注) 死者数は、水害・土砂災害による合計値であり、各年の水害被害額は、2005年価格に実質化したものである。また、2020年度の項目には「令和2年7月豪雨」に伴う死者数のみを記入した。

水災害による年間被害額の国際比較

7

国または地域	年被害額 [億US\$/年]		順位	
			世界	OECD
アメリカ	500.04		1	1
中国	204.31		2	
インド	75.15		3	
日本	73.57		4	2
タイ	42.41		6	
ドイツ	21.59		7	3
フィリピン	19.40		8	
カナダ	11.92		10	5
イギリス	7.57		14	7
フランス	6.89		15	8
インドネシア	5.66		16	
イタリア	5.11		18	9
韓国	2.74		27	11
オランダ	0.96		44	15
台湾	0.82		50	

(a) 年平均被害額

国または地域	年被害額/GDP [%]		順位	
			世界	OECD
タイ	0.780		13	
フィリピン	0.515		15	
インド	0.262		25	
アメリカ	0.233		27	1
日本	0.145		35	2
中国	0.139		38	
カナダ	0.069		49	6
ドイツ	0.056		54	8
インドネシア	0.051		58	
イギリス	0.027		70	11
イタリア	0.026		72	12
フランス	0.025		73	13
韓国	0.017		83	17
台湾	0.013		86	
オランダ	0.011		91	19

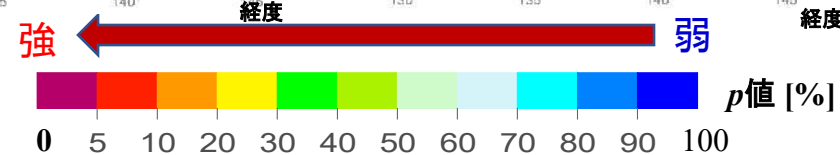
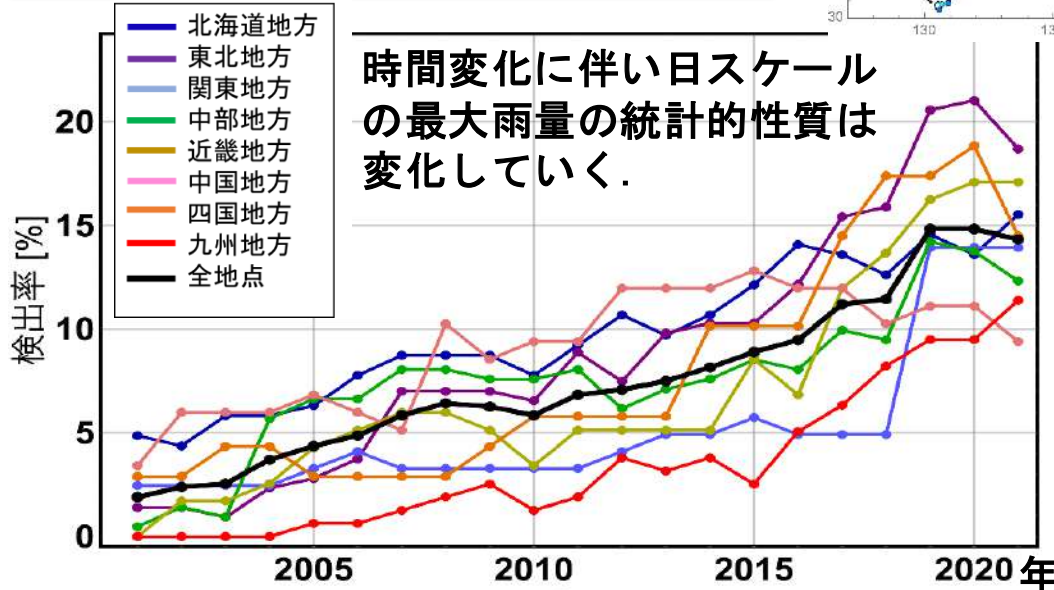
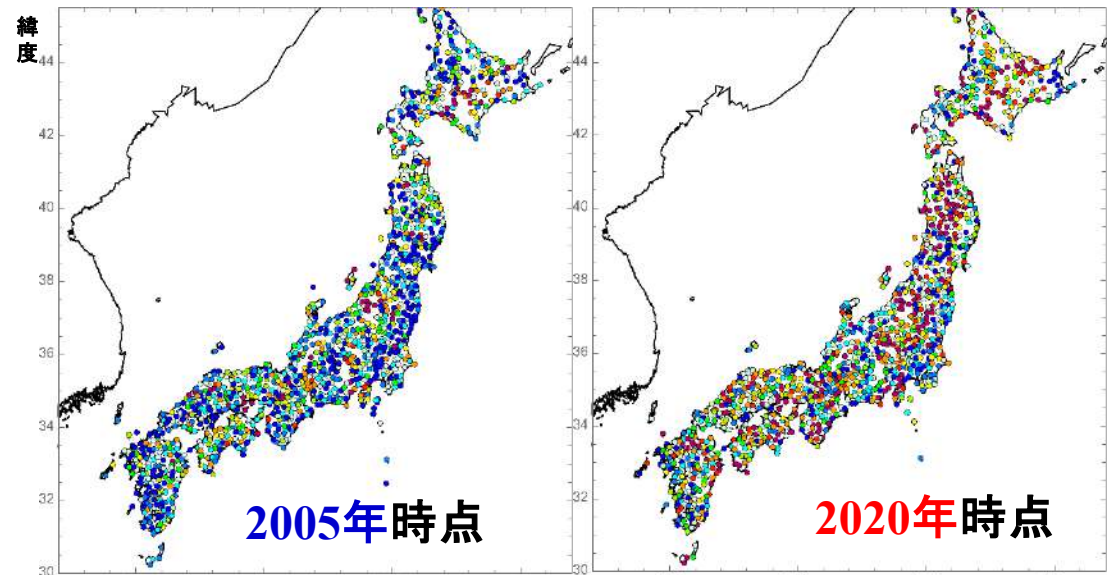
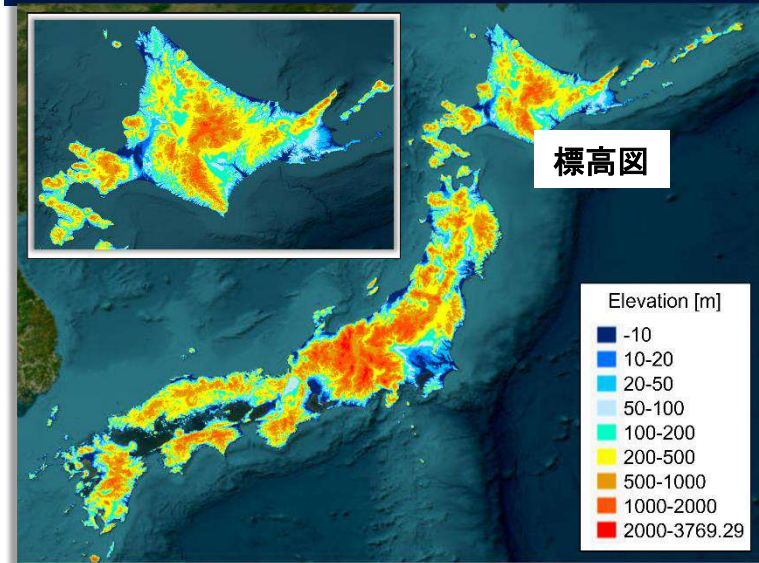
(b) GDP 当たりの年平均被害額

図-7 水災害による年間被害額の国際比較

(2011～2020 の 10 年間における被害額の年平均値を算出。GDP は 2019 年時点)

20世紀後半に対して21世紀の大雨の 極値分布は異質になりつつある

9



暖色の地点ほど、過去の降雨特性からの変化度大きい

➡全国的に非定常の検出地点が増え、特に山地においてその傾向が顕著である。

1976年から2000年までの観測値から当該地点に降る年最大日雨量の母集団分布を仮定し、当該期間と近年の年最大日雨量の統計的性質の変化(時系列の非定常性強度)を確率限界法検定(森口, 1995)に基づく非定常性評価手法(清水・山田, 2024)で有意水準5%で定量化した。

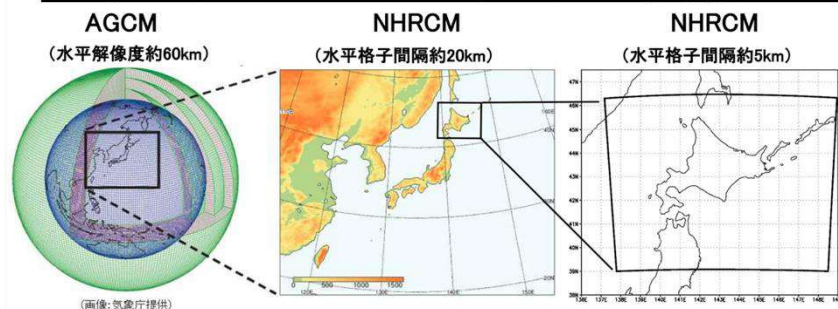
将来気候では、降雨は時間的および空間的に集中化傾向となり、その傾向は標高の高い地域において強まる。(Yamada, Hoshino and Suzuki (2021))

地球規模かつ詳細な気候予測の方法と考え方¹⁰

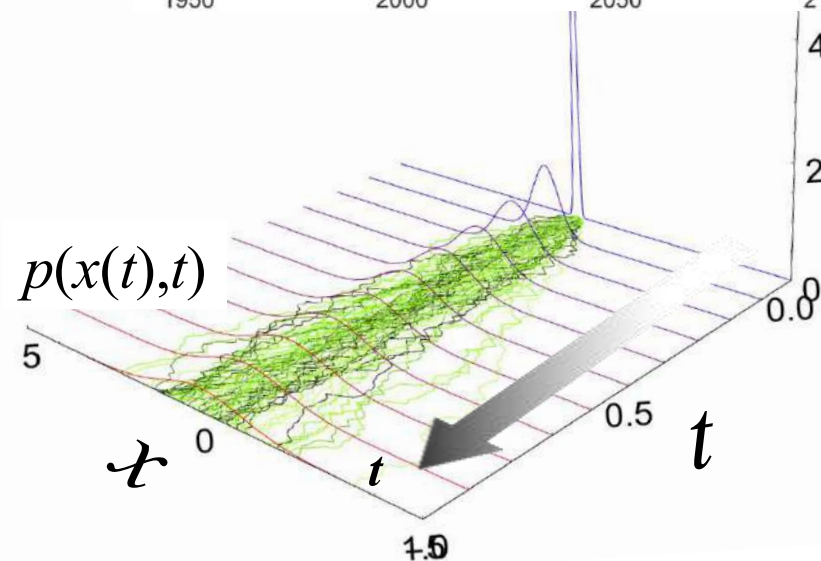
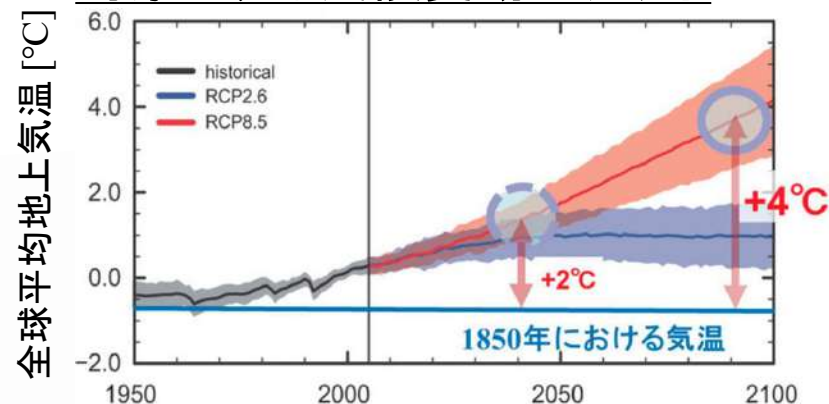
文部科学省気候変動予測先端研究プログラムが推進。

過去・将来数千年間分に亘るアンサンブル気候実験により、
将来の豪雨災害リスクが分布として評価可能になる。

力学的ダウンスケーリングの実験デザイン

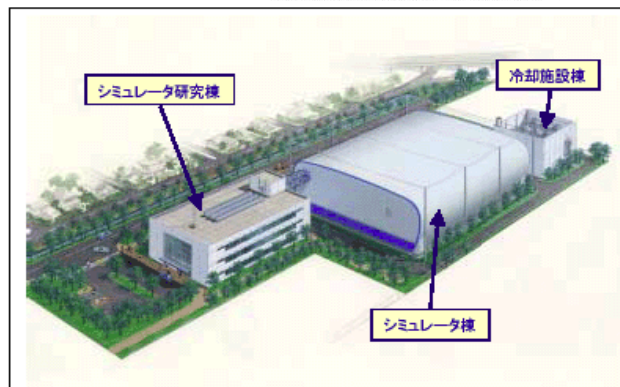


対象とする気候変動シナリオ

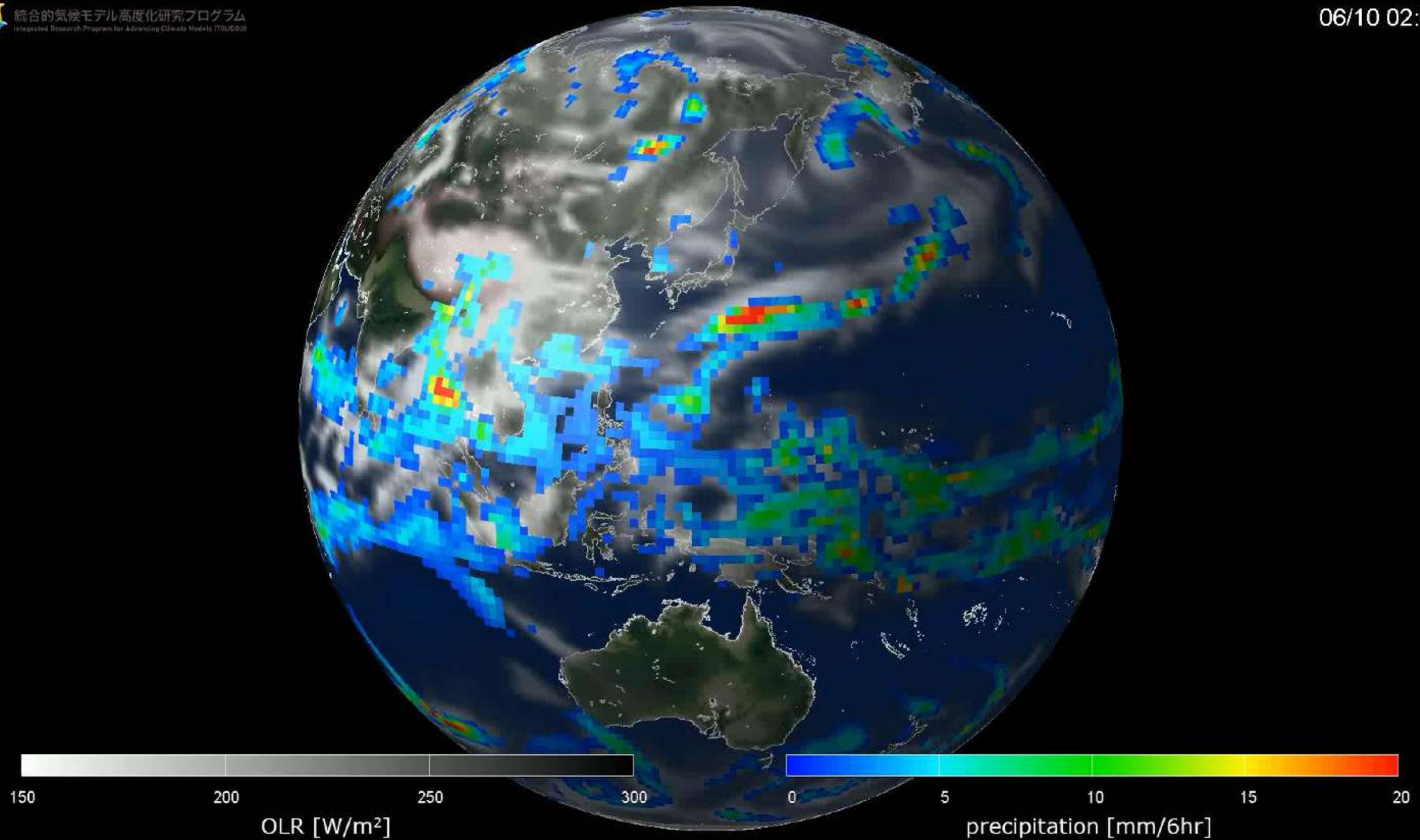


アンサンブル実験による確率分布の評価の概念図

地球
シミュレータ

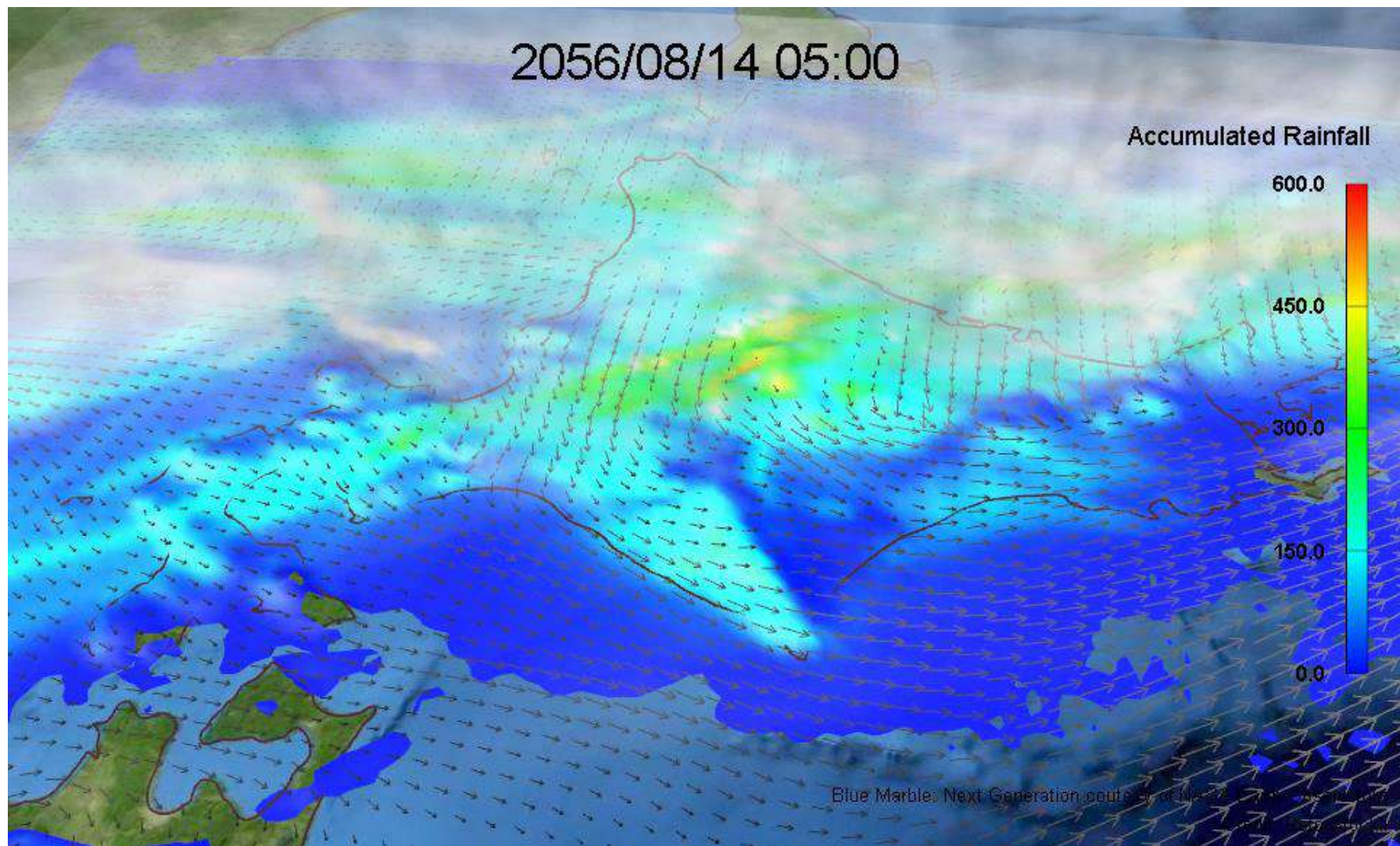


地球規模かつ詳細な気候予測の方法と考え方₁₁



高解像度かつアンサンブル気候予測により計算 された世界の一例 (以下の年月日に意味はない)

12



これは2016年8月末に北海道、東北を襲った台風10号(北西に進んだ珍しい事例)に類似したものであり、雨域の同様の傾向を有する。

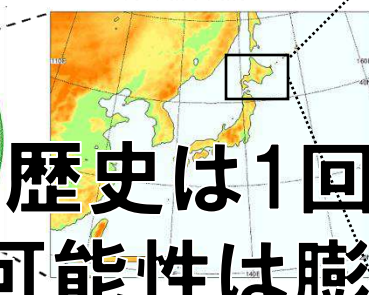
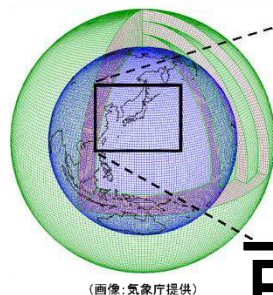
気候変動かつ気候システムの自由度を取り込んだリスクベースの取組¹³

アンサンブル気候データの導入

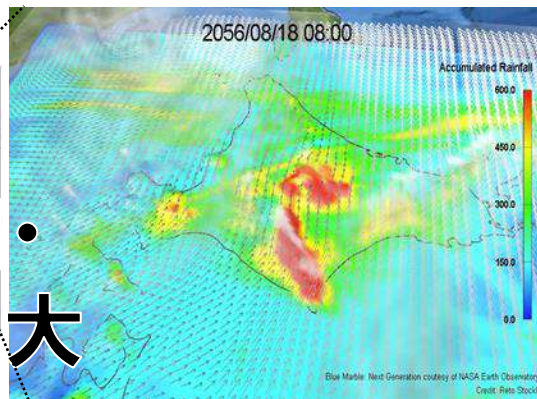
これまでの観測情報に加え、膨大な予測情報の活用により
現在・将来にかけて発生し得る風水害が“リスク”として評価可能に。

⇒パラダイムシフト

AGCM (水平解像度約60km) NHRCM (水平格子間隔20km)

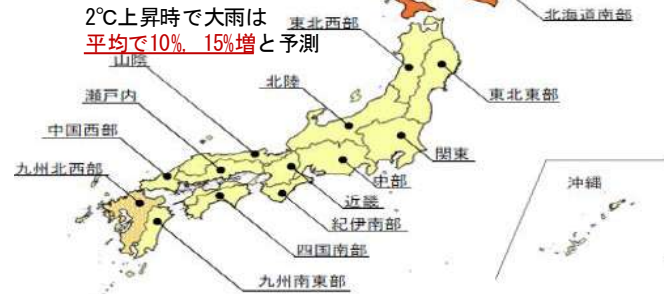


歴史は1回・可能性は膨大



<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



【出典・加筆】気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会「気候変動を踏まえた治水計画のあり方」提言（令和3年4月改訂）

気候変動予測情報を踏まえた治水計画への転換

過去気候:3000年間分

2度上昇気候:3240年間分

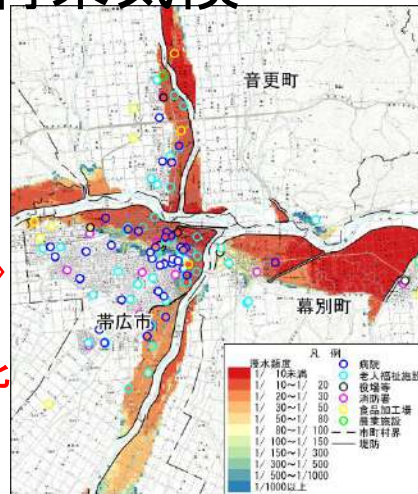
4度上昇気候:5400年間分

水害リスク情報の創出

過去気候

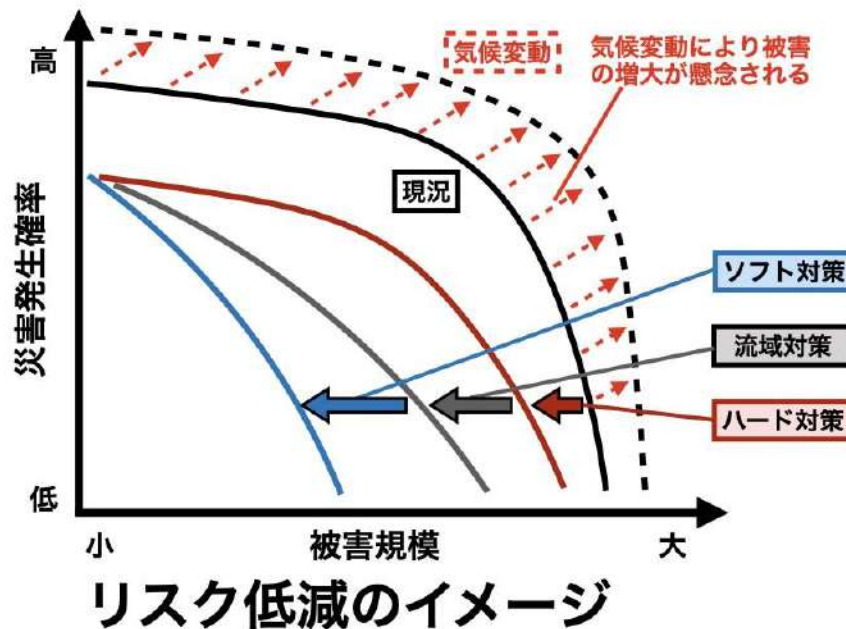


将来気候



将来変化

※図は浸水深が0cm以上となる浸水確率、食品加工場および農業施設は浸水深が0cm以上となる浸水確率、それ以外の施設は浸水深が30cm以上となる浸水確率を表示



気候変動下を踏まえたリスク利活用の取組 共創型水防災訓練 (SIP, サブ課題B)

14

- 国土交通省に共創型水防災訓練の提案を行い、**現場での水防演習や洪水対応訓練（情報伝達訓練）の高度化を議論するとともに、北海道開発局の総合水防演習を活用して実証を推進**している。
- 異なるステークホルダーをまたぐ訓練と共通の災害リスク情報の共有を通じて、**地域におけるリスクコミュニケーションの基盤を醸成した。**

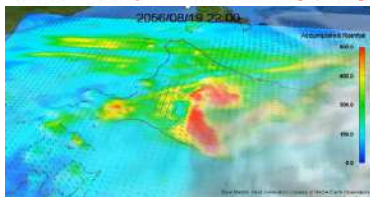
芽室町水害想定町民防災訓練

2025/6/22(日)

参加者

芽室町手島町長、町職員住民8町内会計約50名

将来気候における豪雨事例 を対象とした訓練シナリオ



Do

避難訓練の様子



仮想洪水体験システムによる避難体験



令和7年度芽室町災害対策本部訓練

2025/8/2(土)※4日前から台風情報付与

Do

参加者 芽室町手島町長、災害対策本部全職員

災害対策本部会議の様子



町内会役員説明会

2025/4/27(日)

参加者 芽室町職員、5町内会長役員計12名

町災害対策本部説明

2025/6/12(木)

参加者 芽室町職員15名

Plan

過去の洪水の振り返りや将来の大雨洪水のリスクについて代表者に説明



P+MMの説明の様子



継続的な
取り組み
(来年度実施予定)

各部の訓練振り返り

2025/8/12(火)・13(水)

Check&Action

参加者 芽室町災害対策本部(統括総務部等の13部)、北海道大学、河川情報センター

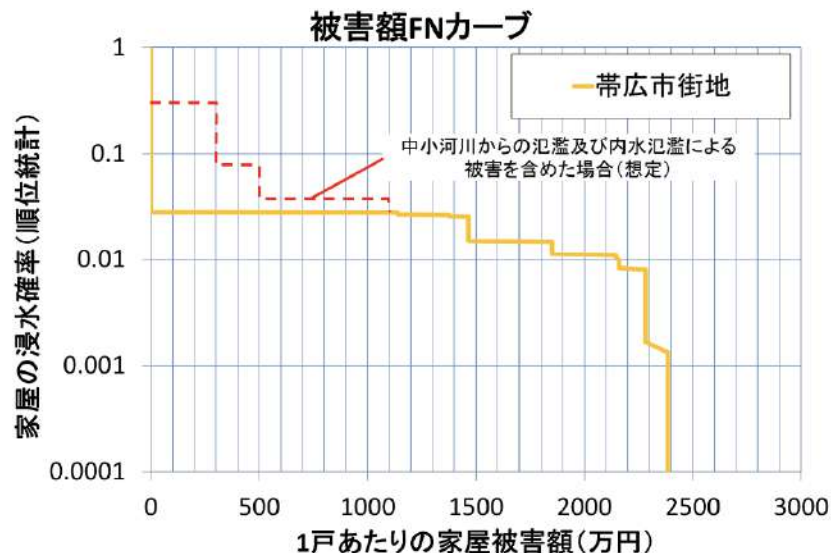
- 防災担当者と、訓練シナリオに基づいた防災対応について議論を行った。

統括総務部



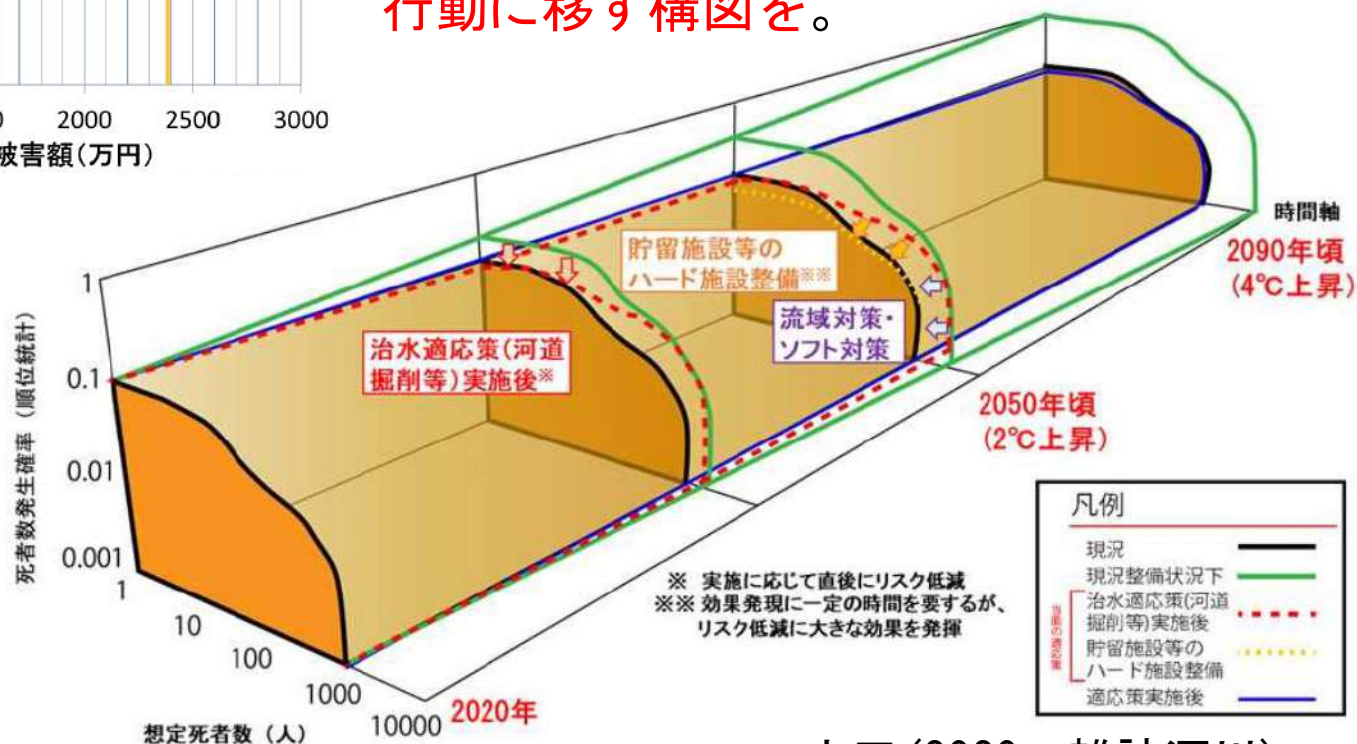
14

気候変動(時代)の進行とともに流域・地域の¹⁵水害リスクを評価する構図を



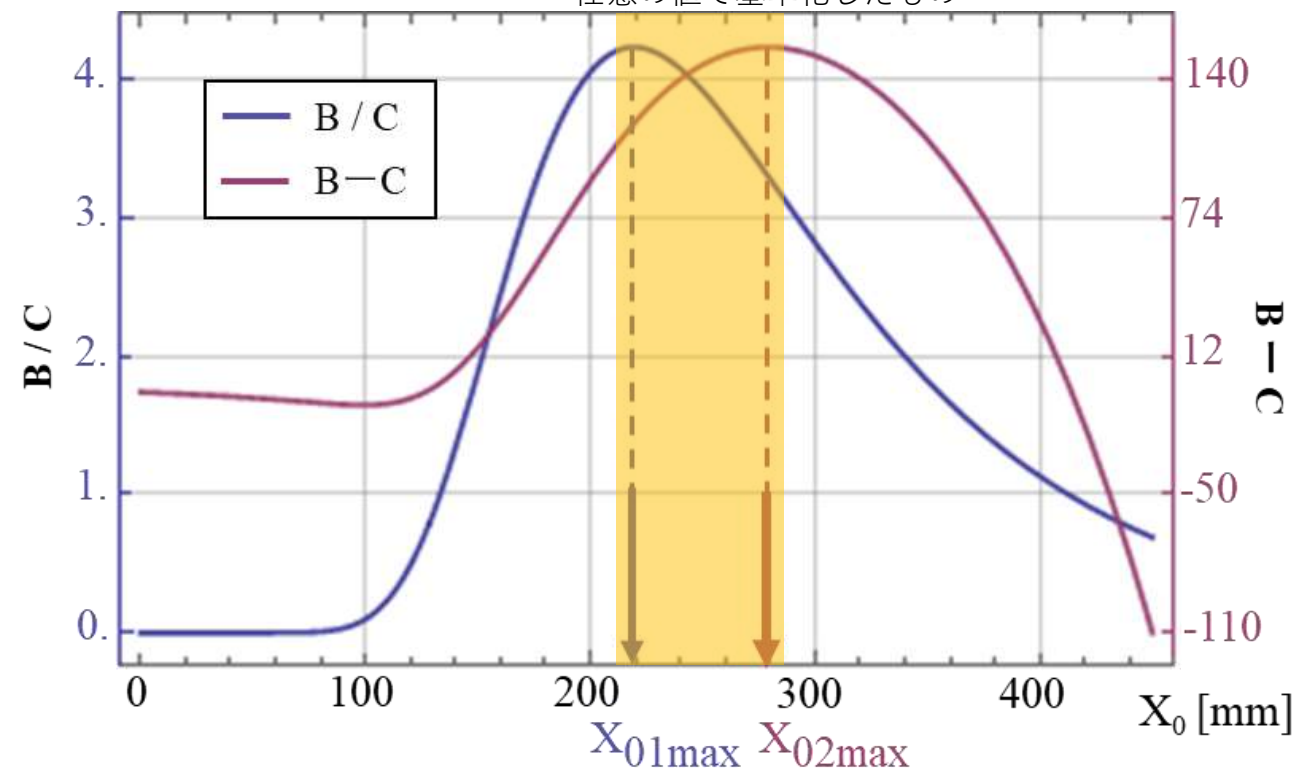
気候変動の進行とともに年代ごとにリスクに関する情報が得られる。

被害リスクが増大するティッピングを明らかにし、それを踏まえ、今すべきことをバックキャスト的に明らかにし、行動に移す構図を。



B-CはB/Cより必ず右側に位置することが数学的に明らか.山田ら(2024)

*縦軸は図の大きさを揃えるために任意の値で基準化したもの



https://www.gnjp.org/reports/detail/emr_20240105/

- アンサンブルによる一連の考え方は、地域・流域にとって最適（もしくは後悔の少ない）対策となる外力が明確となる。
- 被害リスクのティッピングを見定めた計画につながる。