

風水害リスク情報を活用した 防災行動の促進に向けて

北海道大学大学院 工学研究院 教授
山田 朋人

2025年12月5日(金)

スマート防災ネットワークの構築の概要

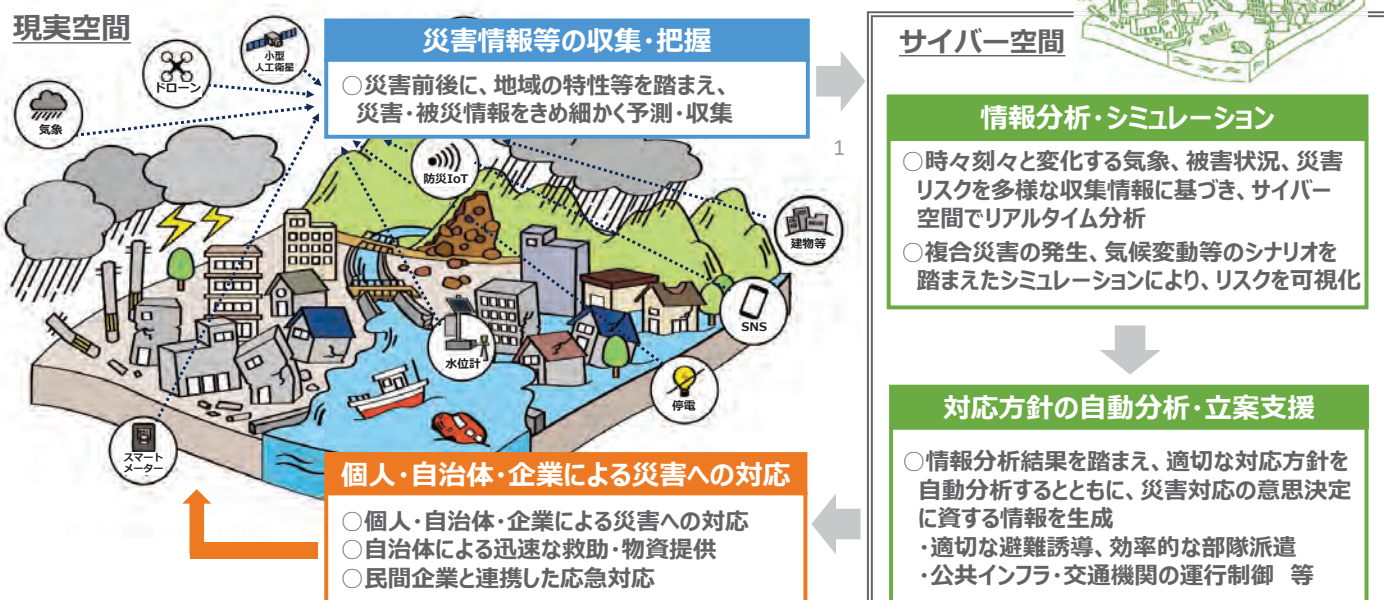
■ Society 5.0における将来像

巨大地震や頻発・激甚化する風水害に対し、**企業・市町村の対応力の強化、国民一人ひとりの命を守る防災行動、関係機関による迅速かつ的確な災害対応を実現し、社会全体の被害軽減や早期復興の実現を目指す。**

■ 課題概要

現実空間とサイバー空間を高度に融合させ、先端ICT、AI等を活用した「**災害対応を支える情報収集・把握のさらなる高度化**」と「**情報分析結果に基づいた個人・自治体・企業による災害への対応力の強化**」に取り組む。

■ 本課題で構築するスマート防災ネットワーク

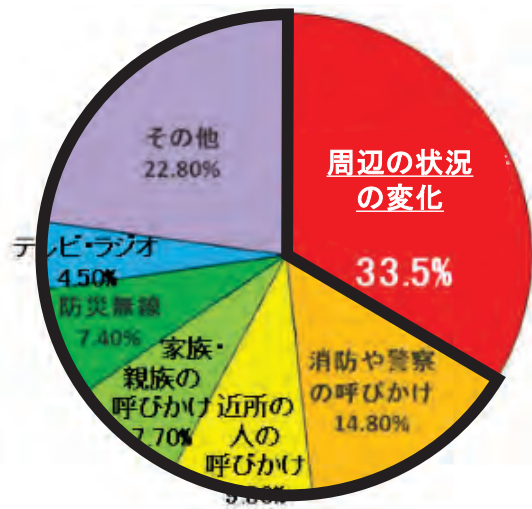


現状と課題(個人)

- 近年の水害において、逃げ遅れなどにより多くの要救助者・犠牲者が発生している。
- 予測情報や他地域の災害情報が**防災行動に必ずしも結びついておらず、避難判断に利用しない住民や避難行動をとらない住民が多い。**

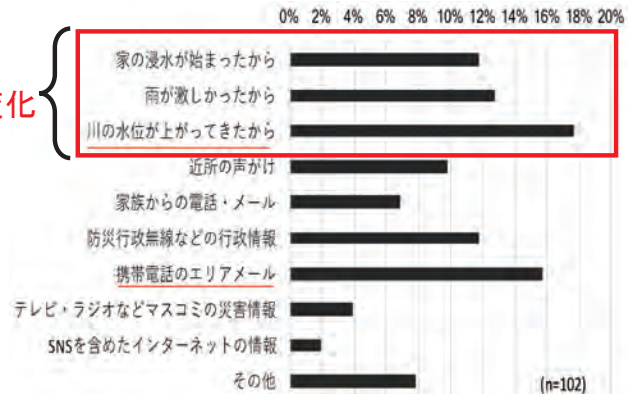
✓ 浸水が間近に迫ってからでは**逃げ遅れる可能性**が高い。

周辺の状況の変化



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



芽室町住民訓練が特集されたテレビ報道



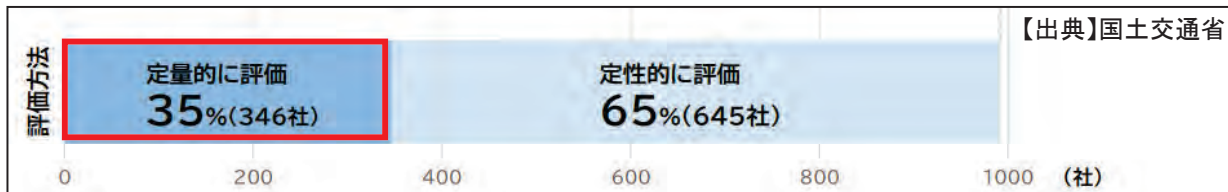
2025. 7. 24 NHK 北海道NEWS

町内会長より浸水リスク情報を使って、
”より早い行動ができた”や“自身が住む地域が危ない川であると認識した”とコメント

現状と課題(企業)

- TCFD・SSBJ※等の枠組みの下、企業における気候や自然関連のサステナビリティ情報の開示が**要請**されており、我が国でも取り組む企業が増えている。
- 一方で、**水害に関する定量的なリスク評価は、上場企業で35%程度にとどまる。**
- 国際的なデファクトスタンダードを日本に適用すると、**ハザード情報に大きな乖離が生じる課題がある。**

●国内企業の定量的リスク評価の実施割合



【出典】国土交通省

●国内企業の定量的リスク評価の実施割合



※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

SIP, サブ課題B(防災行動のジブンゴト化)の概要

平常時

社会実装の形: 行動変容を促すリスク情報の提供



非常時

社会実装の形: リアルタイム浸水情報・予測情報の提供



4

目次

- ・ 日本と諸外国の風水害の状況
- ・ 線状降水帯とその要因
- ・ 観測と認識の可能性
- ・ 地球温暖化に伴う気候変動と気候変動予測
- ・ 諸外国における水害に関する適応策の動向
- ・ リスクベースアプローチ
- ・ 共創型水防災訓練構想
- ・ 世界への発信

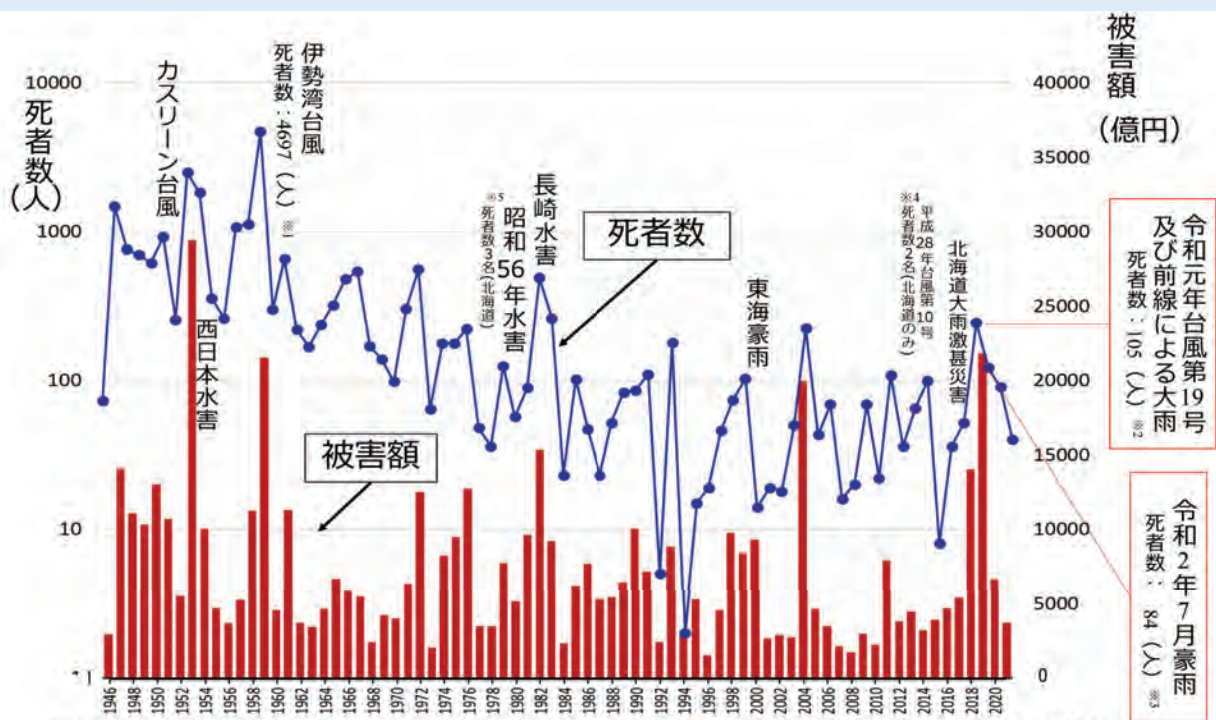
5

日本と海外の風水害の状況

6

我が国における水害による死者数と被害額の関係

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。

7

我が国における豪雨災害の歴史

昭和20年9月 枕崎台風

広島県

〈被害〉(理科年表より)
 ・死者 **2,473**名
 ・行方不明者 **1,283**名

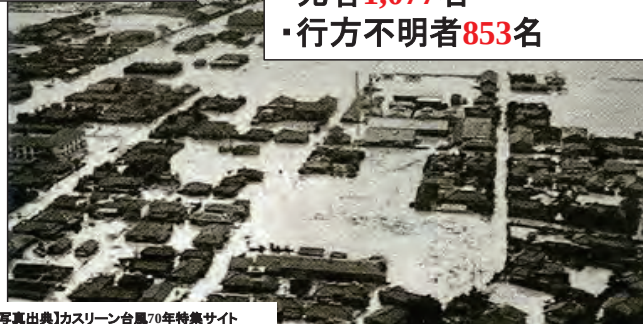


【写真出典】国土交通省 中国地方整備局

昭和22年9月 カスリーン台風

常磐線・亀有駅
周辺(葛飾区)

〈被害〉(理科年表より)
 ・死者 **1,077**名
 ・行方不明者 **853**名



【写真出典】カスリーン台風70年特集サイト

昭和23年9月 アイオン台風

一関市(岩手県)

〈被害〉(消防白書より)
 ・死者 **512**名
 ・行方不明者 **326**名



【写真出典】国土交通省

昭和28年6月 西日本水害

遠賀川決壊現場
植木町(熊本県)

〈被害〉(消防白書より)
 ・死者 **748**名
 ・行方不明者 **265**名



【写真出典】毎日新聞社

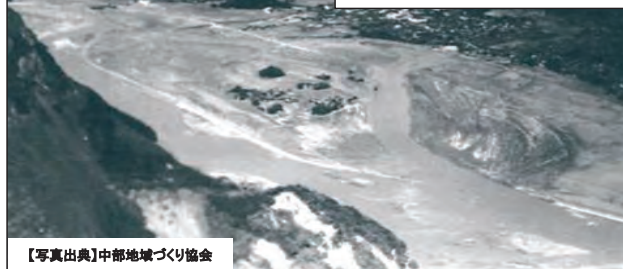
8

我が国における豪雨災害の歴史

昭和33年9月 狩野川台風

中島地区(静岡県伊豆長岡
町)

〈被害〉(消防白書より)
 ・死者 **888**名
 ・行方不明者 **381**名



【写真出典】中部地域づくり協会

昭和34年9月 伊勢湾台風

名古屋市南区

〈被害〉(消防白書より)
 ・死者 **4,697**名
 ・行方不明者 **401**名



【写真出典】時事ドットコム

昭和36年9月 第二室戸台風

堂島川(大阪府)

〈被害〉(消防白書より)
 ・死者 **194**名
 ・行方不明者 **8**名



【写真出典】阪大病院

昭和57年7月 長崎大水害

八郎川(長崎県)

〈被害〉(消防白書より)
 ・死者 **427**名
 ・行方不明者 **12**名



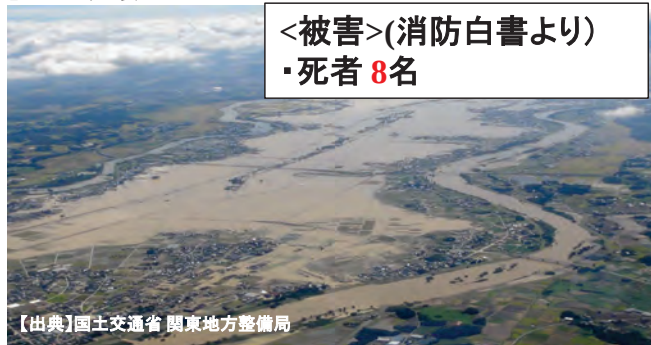
【写真出典】内閣府

9

近年における記録的豪雨の多発について

平成27年関東・東北豪雨

・鬼怒川水系に線状降水帯による降水が集中し、鬼怒川が決壊した。

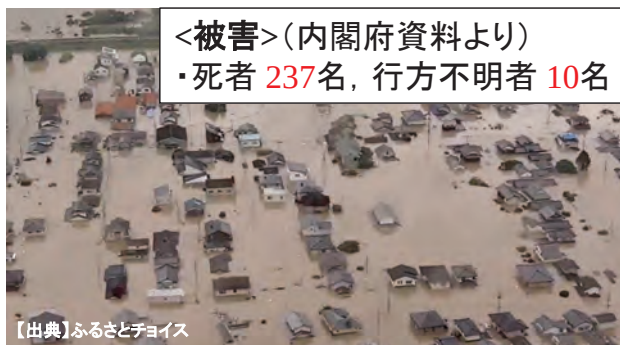


<被害>(消防白書より)
・死者 **8名**

【出典】国土交通省 関東地方整備局

平成30年7月西日本豪雨

・台風と梅雨前線の影響により、西日本を中心に多くの地域で河川の氾濫や土砂災害が発生した。



<被害>(内閣府資料より)
・死者 **237名**, 行方不明者 **10名**

【出典】ふるさとチョイス

令和元年東日本台風

・西日本から東日本の太平洋側を中心に激しい雨が降り、千曲川、阿武隈川の決壊が発生した。



<被害>令和元年東日本台風及び前線による大雨による被害
死者 **104名** 出典:消防庁令和元年東日本台風及び前線による大雨による被害及び消防機関等の対応状況(第66報)

【出典】朝日新聞「長野市の千曲川の堤防決壊 広範囲で住宅に濁流」

令和2年7月豪雨

・梅雨前線が本州付近に停滞し、線状降水帯を伴う豪雨が広範囲に発生し、球磨川が決壊した。



<被害>死者 **84名**, 行方不明者 **2名**
(内閣府: 令和2年7月豪雨による被害状況等について)

【出典】朝日新聞「写真で見比べる災害前後 熊本で数十年に一度の大雨」

10

2010年以降の世界の大雨洪水災害の一例

2010 North Pakistan



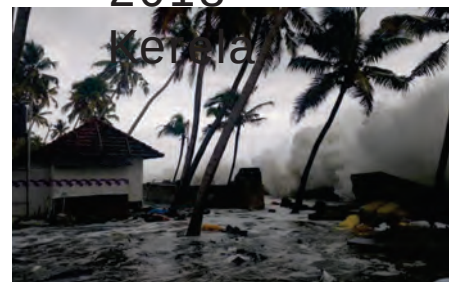
~2000 died; millions displaced

2017 Peru



>200 died; thousands displaced

2018 Kerala



>400 died; millions displaced

2018 Western Japan



225 died

2020 South China



~200 died; millions displaced

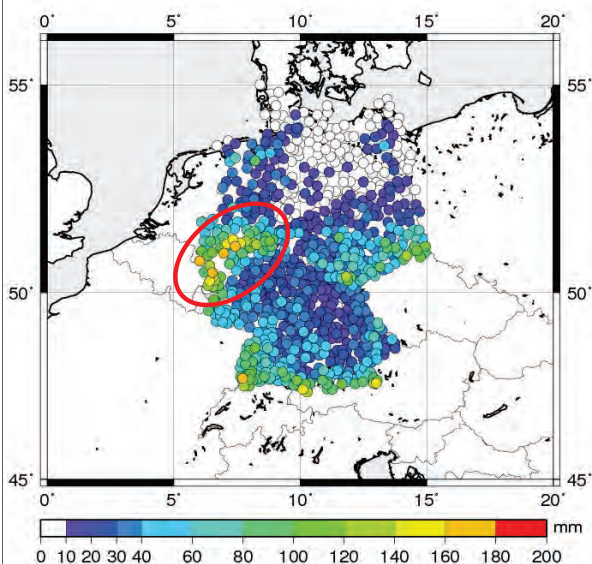
2021 West Europe



>200 died; thousands displaced

11

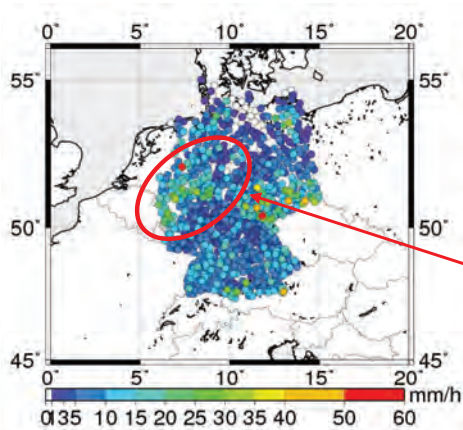
2021年ヨーロッパ豪雨災害における降雨量



Total rainfall

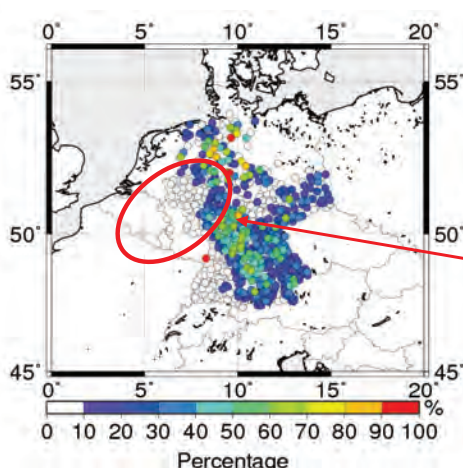
Accumulative rainfall from 00:00 (UTC) 11th to 23:00 (UTC) 17th July

The ratio of pre-rainfall is less than 10 % of total rainfall.



Maximum rainfall intensity distribution from July 11th 00:00 to 17th 00:00 (UTC)

Rain fell during 13th 00:00(UTC) to 14th 23:00(UTC).



Ratio of pre-rainfall(24-hour rainfall on 11th) against total rainfall from 11th to 17th July.

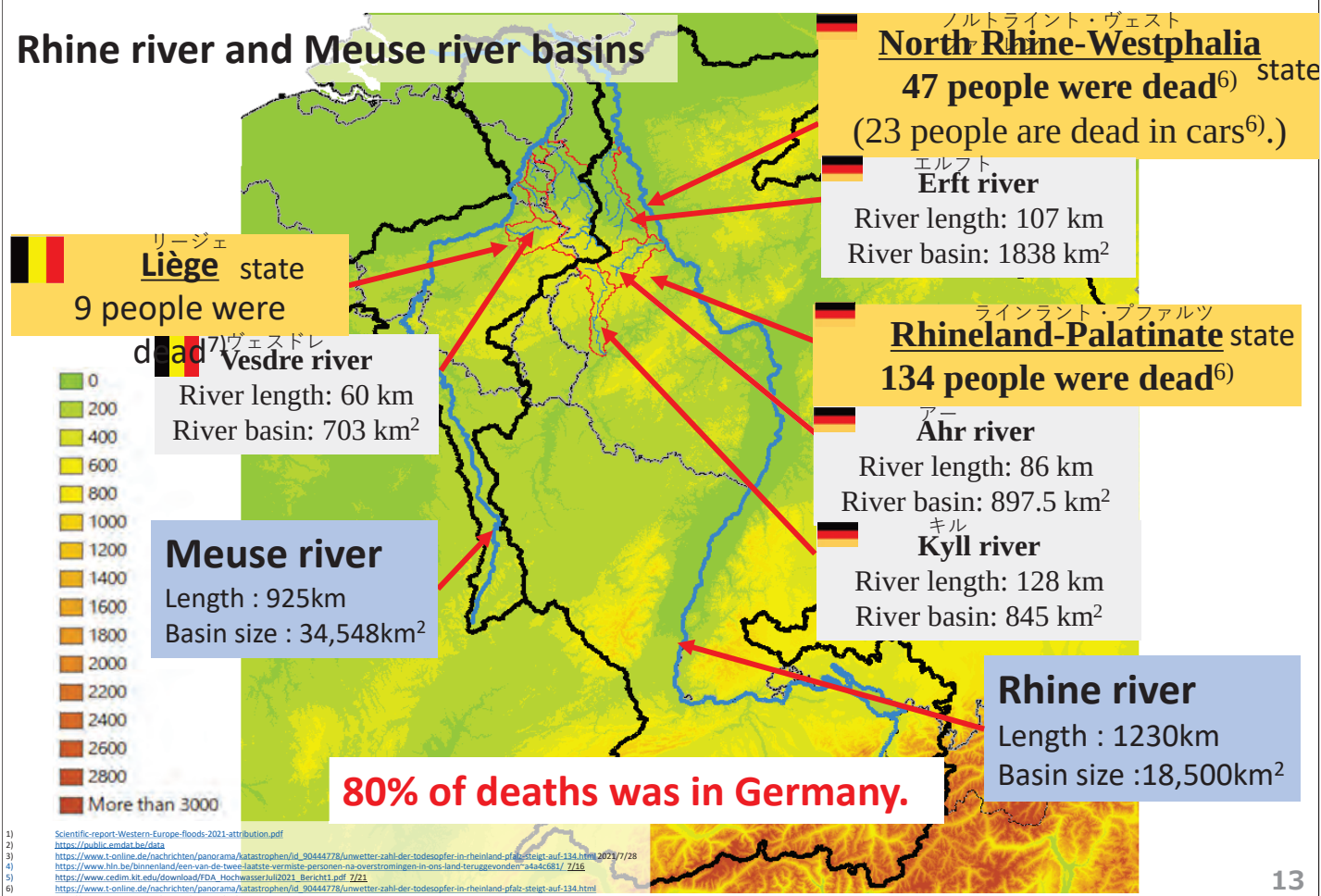
The area where it was heavy rainfall has low ratio.

※1953, June, Belgium, Eupen(ユーペン, town)

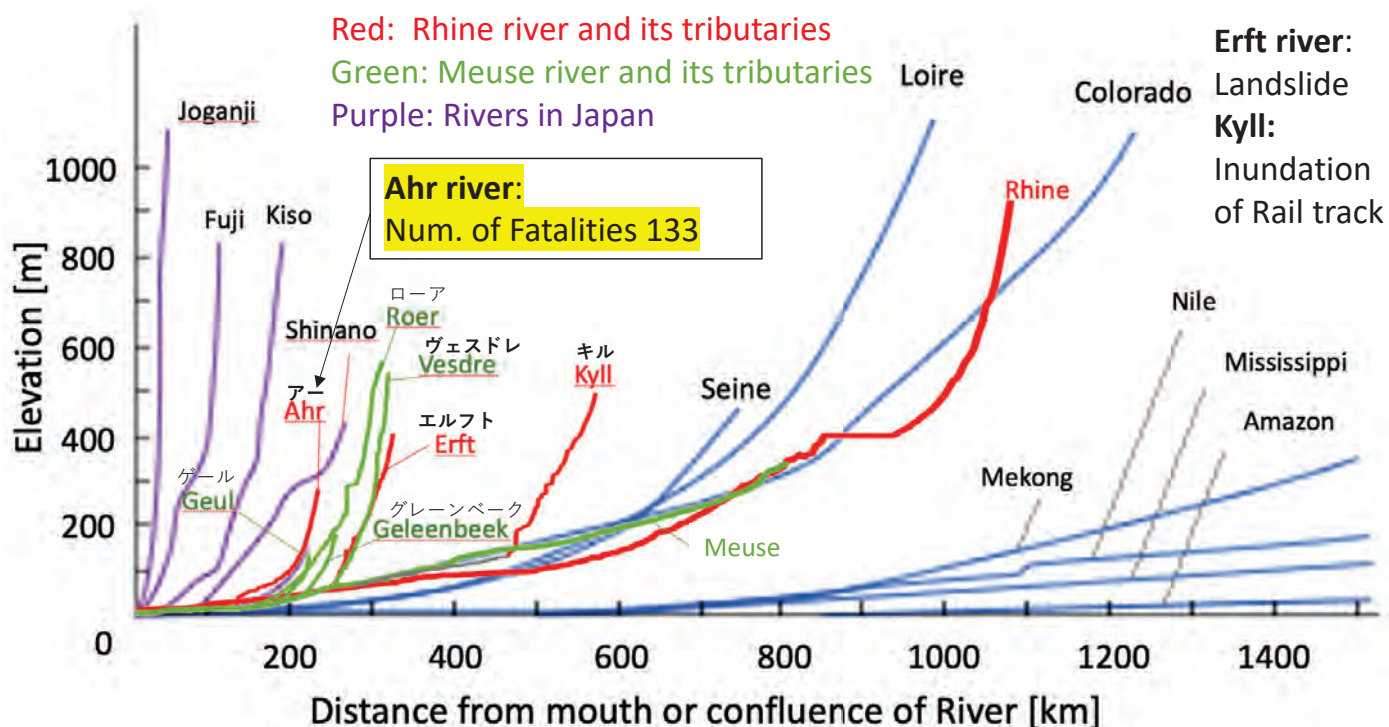
Total amount of rainfall was 242 mm in 1day 12

2021年ヨーロッパ豪雨災害：被害状況

Rhine river and Meuse river basins



日本と大陸を流れる河川の特徴



This figure is created by modifying figure from 高橋裕「河川工学」東京大学出版会(1990)

The damage was mainly caused by floods in mountain regions with a slope as large as that of the Japanese rivers.

Source : Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

14

世界の豪雨災害(ヨーロッパの事例)

2024年スペイン豪雨
(バレンシア州中心に200名以上の死者数)



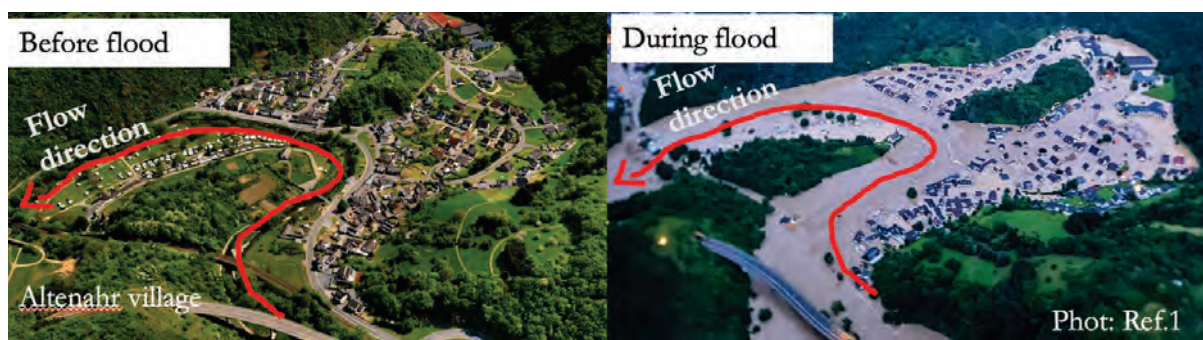
TBS NEWSより

2021年ヨーロッパ豪雨
(2階の窓の高さより高い痕跡水位)



2023年6月23日(発表者撮影)

2021年ヨーロッパ豪雨前(左図)と浸水状況(右図), ドイツのAhr川流域



15

フル川(ファルケンブルフ)

2021年洪水時には水位が上昇し、水が左岸の壁を乗り越えて氾濫した。水管理委員会の方は、洪水後に洪水前と同様に修繕されたものが多いことを心配。



ファルケンブルフ街中の水門

河川水位に応じて自動で調節される。2021年洪水時には最大に開いていた。この地点周りが周辺に比べて低くなっており、2021年には隣にあるホテルが特に被害を受けた。



16

水災害による年間被害額の国際比較

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)

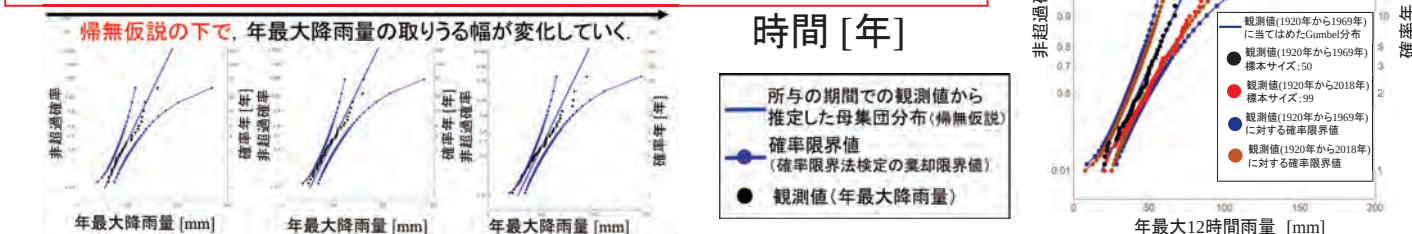
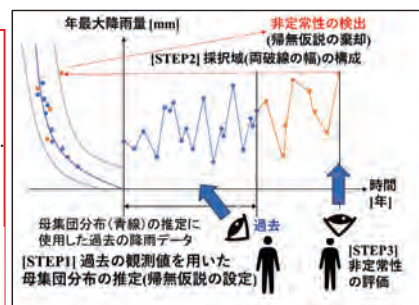
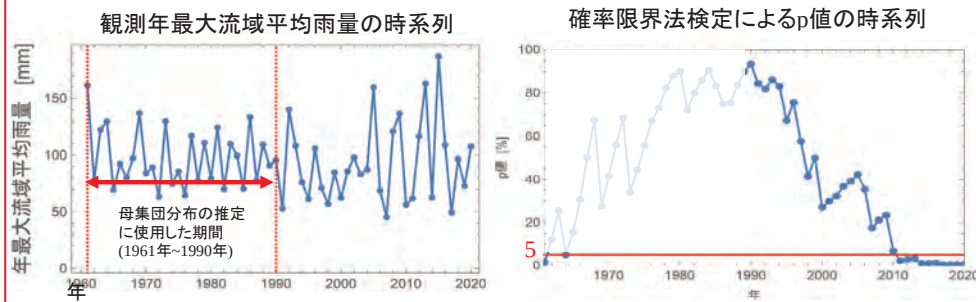
17

近年の極値降雨量の降り方は過去とどれほど異なるか？

過去の観測情報からある期間の極値雨量を定常(時間的に統計的性質は不変)と仮定した際、**現在あるいは将来の時点に立ったとき、過去の極値雨量の統計的性質がどれほど変質しているか(過去の定常性からの逸脱度=非定常性の強度)を定量化する手法を構築した。**

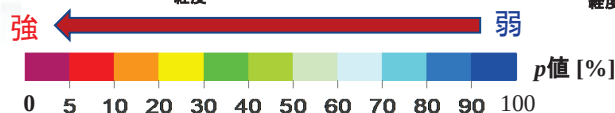
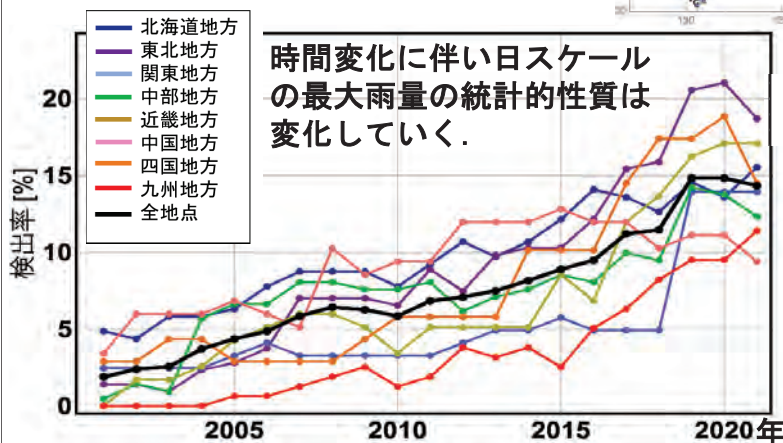
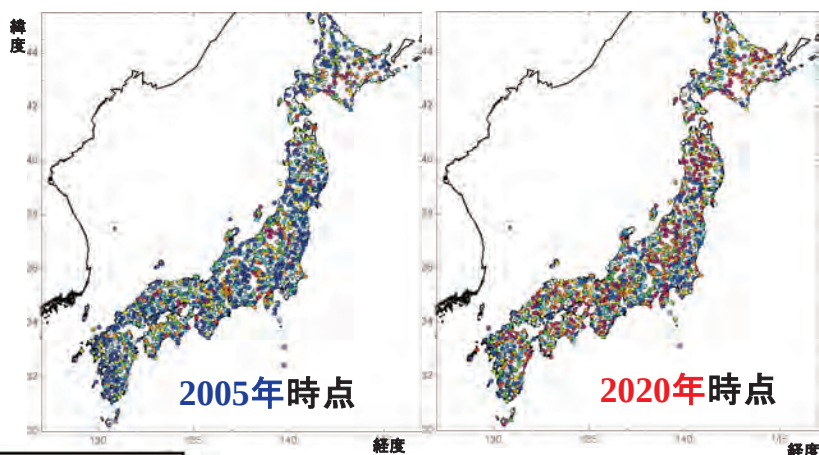
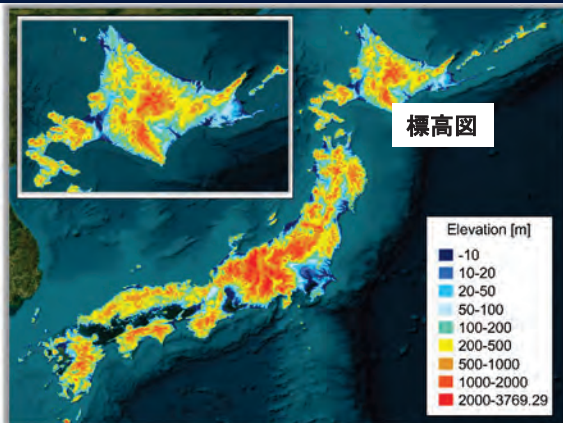
【年最大降雨量時系列 $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ (標本サイズ n)の非定常性評価手法の手順】

- (1) 所与の期間の観測値から年最大降雨量の母集団分布を推定する。
このとき、推定母集団分布を帰無仮説とする。
- (2) i 個の年最大降雨量の観測標本 $\{x_1, x_2, \dots, x_i\}$ に確率限界法検定を適用し、時点 i での p 値を算出。
- (3) 手順(2)を $i=1$ から n まで繰り返し、 p 値の時系列を得る。※ i は年数を表す($1 \leq i \leq n$)。



近年の大雨(赤点)の過去に対する逸脱度(推定母集団分布の過去と現在の差異)を診断 18

年最大日雨量の発生に関する非定常性



暖色の地点ほど、過去の降雨特性からの変化度大きい

高い標高の雨量観測地点では、非定常性強度が高い傾向が示された。

➡ 当該地域では、過去の降雨特性からの統計的性質の推移が山地から生じている。

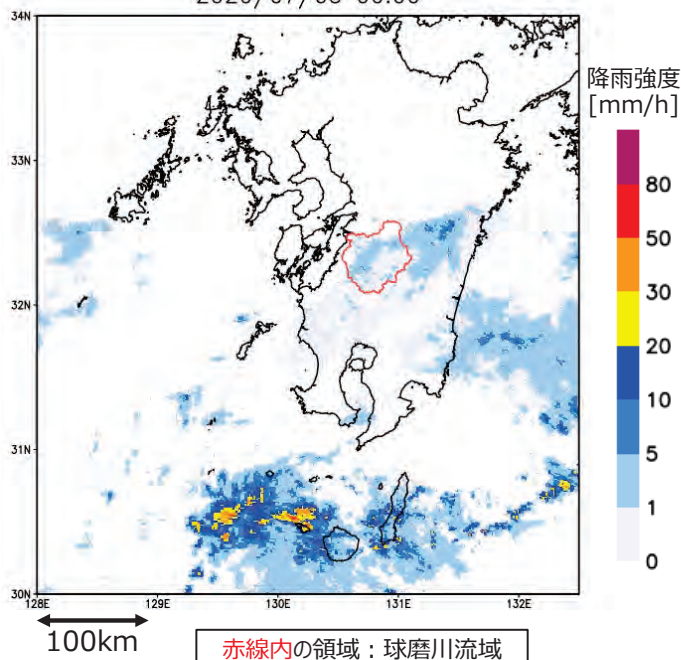
1976年から2000年までの観測値から当該地点に降る年最大日雨量の母集団分布を仮定し、当該期間と近年の年最大日雨量の統計的性質の変化(時系列の非定常性強度)を確率限界法検定(森口, 1995)に基づく非定常性評価手法(清水・山田, 2024)で有意水準5%で定量化した。

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)) 19

令和2年7月豪雨における降雨状況 -九州地方-

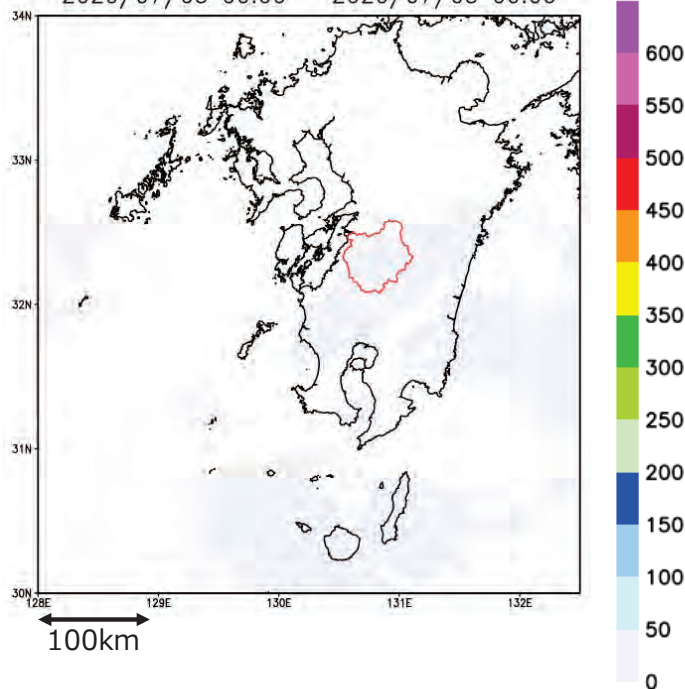
気象庁Cバンドレーダの観測降雨強度

2020/07/03 00:00



2020/7/3 00:00からの累積雨量

2020/07/03 00:00 - 2020/07/03 00:00



球磨川流域に沿って線状降水帯が約12時間停滞した。

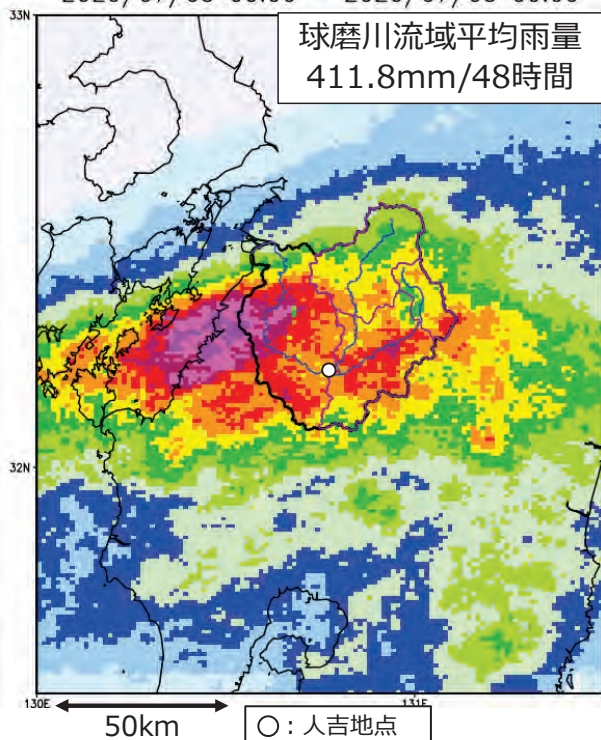
(7/3 22時～7/4 10時)

20

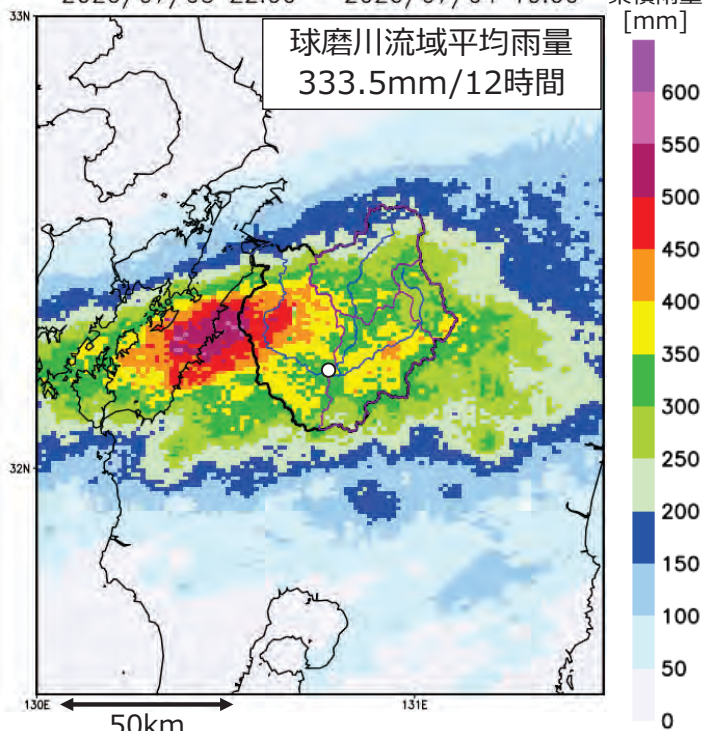
令和2年7月豪雨における降雨状況 -球磨川流域周辺-

※球磨川流域平均雨量→Cバンドレーダで観測された1kmメッシュの雨量を球磨川流域全体で単純算術平均した雨量

2020/07/03 00:00 - 2020/07/05 00:00



2020/07/03 22:00 - 2020/07/04 10:00



2020/7/3 22:00～2020/7/4 10:00の12時間で

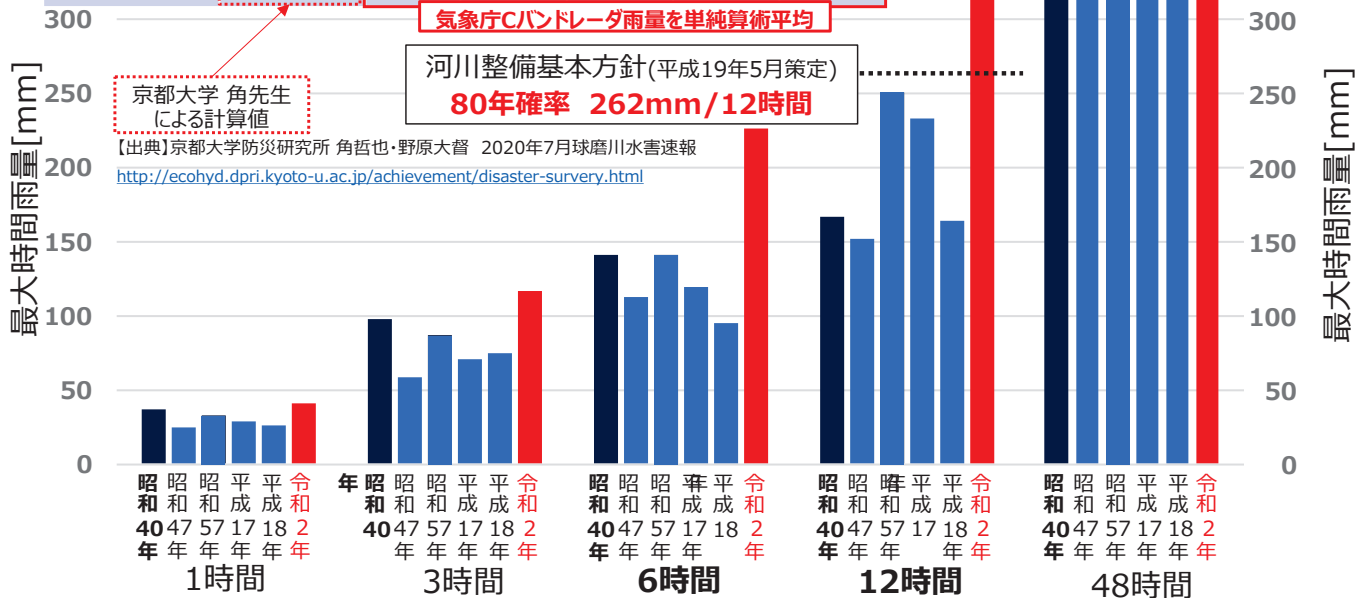
約80%の降雨量となっている。

21

人吉地点上流域における最大時間雨量の比較

主要洪水	人吉地点 ピーク流量 [m/s]	最大時間雨量[mm] (人吉地点上流域)				
		1時間	3時間	6時間	12時間	48時間
昭和40年7月	約5,700	36.1	97.1	140.6	167.1	355.7
昭和47年7月	約4,100	23.9	57.7	112.4	151.6	401.9
昭和57年7月	約5,500	32.0	86.4	140.6	250.4	369.5
平成17年9月	約4,600	28.0	71.1	119.5	232.9	460.8
平成18年7月	約3,700	25.2	74.6	95.5	163.9	430.9
令和2年7月	約7,600	41.2	117.0	226.2	327.0	412.8

【出典】国土交通省水管理・国土保全局
第46回河川整備基本方針検討小委員会 資料2
https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/s_haseishin/kasenbunkakai/shouinkai/kihonhouhin/060810/060810-siryo.html

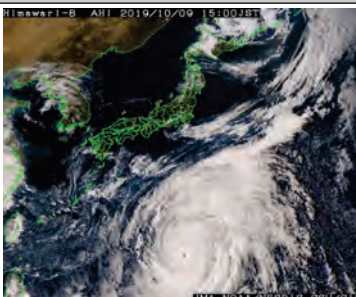


22

2019年台風19号の概要

◎過去最大級の台風

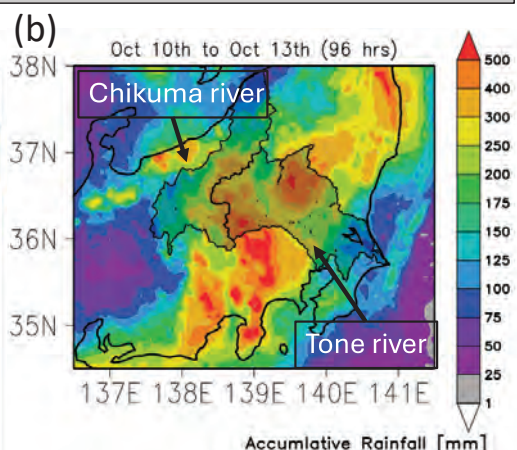
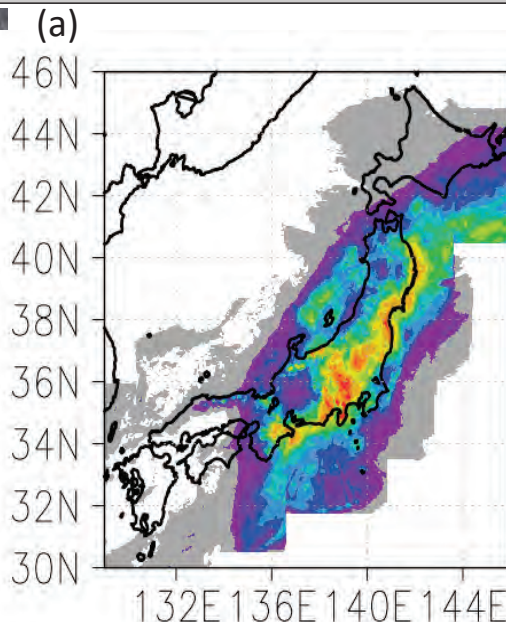
- ・10月12日19時前に伊豆半島に大型で強い勢力で上陸
- ・関東甲信地方、東北地方を中心に**広範囲**で**記録的な大雨**や暴風、高潮等の甚大な被害
- ・**狩野川台風(1958)**を超える規模
- ・全国103地点において観測史上1位の降雨量を更新
- ・国・県管理河川の140箇所で堤防決壊等の甚大な被害



気象衛星ひまわりが観測した
台風19号(気象庁HP)



台風19号による千曲川の堤防決壊
(10月13日)(長野市穂保地区)(日本
経済新聞 2019年10月16日)



(a), (b) 96時間累積雨量(2019
年10月10日00時から10
月13日24時(日本標準時))
(レーダアメダス解析雨量を使用)

23

令和元年東日本台風での降雨量と計画降雨量の関係

令和元年東日本台風により、計画降雨量を超える降雨量が複数の河川流域で発生した。降雨のほとんどが24時間の短期間で降った。

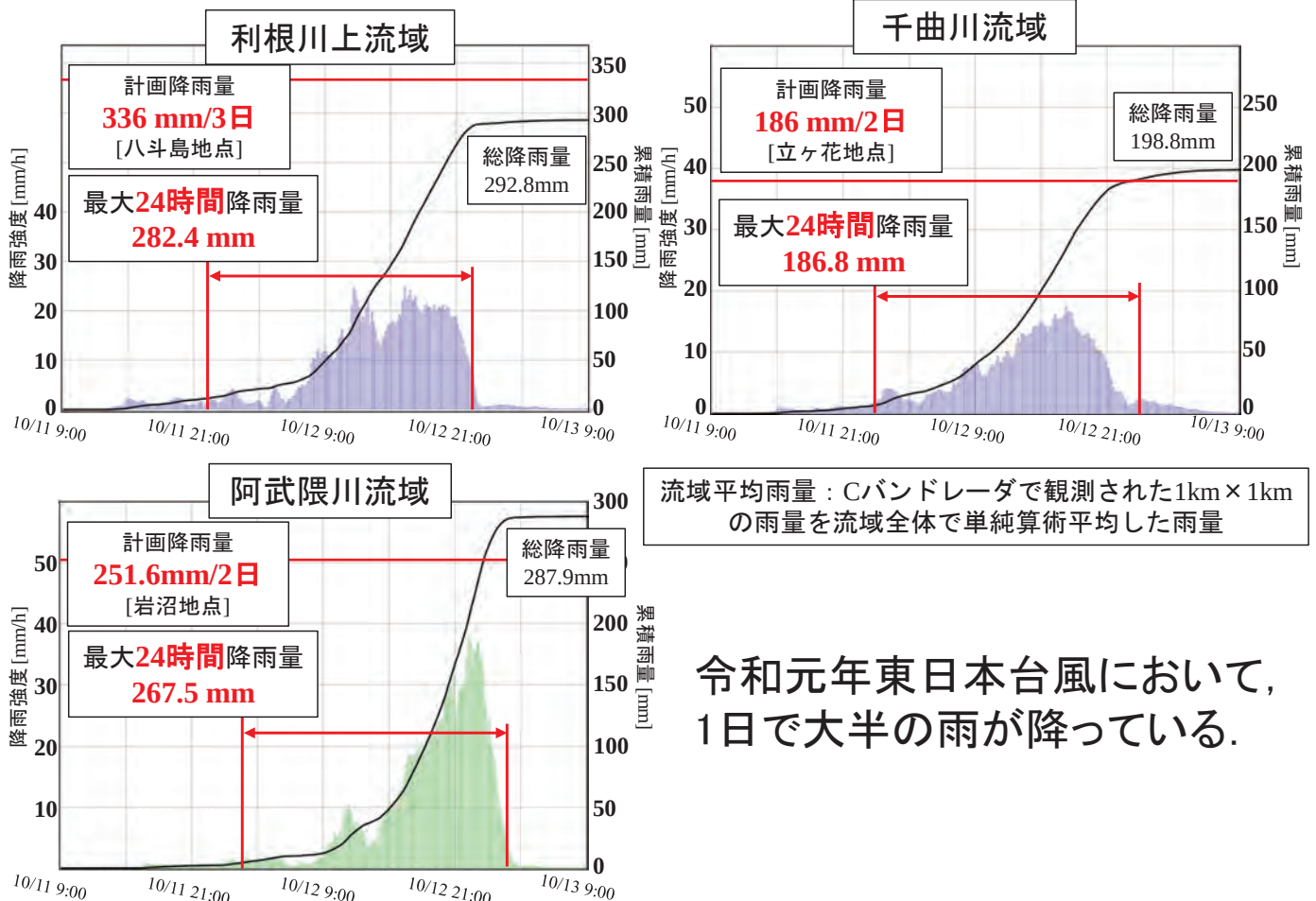
河川名	基準点	想定確率年	計画降雨	10月11-12日の 2日間雨量	計画降雨 に対する比率	最大24時間 雨量
関東	久慈川	山方	1/100 確率 235 mm/2日	256.0 mm	109%	247.4 mm
	那珂川	野口	1/100 確率 300 mm/2日	306.2 mm	102%	295.3 mm
	利根川	八斗島	1/200 確率 336 mm/3日	298.7 mm	89%	282.4 mm
	渡良瀬川	高津戸	1/100 確率 419 mm/3日	370.2 mm	88%	354.1 mm
	鬼怒川	石井	1/100 確率 362 mm/3日	365.3 mm	101%	348.6 mm
	荒川	岩淵	1/200 確率 548 mm/3日	417.6 mm	76%	401.2 mm
	多摩川	石原	1/200 確率 457 mm/2日	473.0 mm	104%	453.0 mm
	鶴見川	末吉橋	1/150 確率 405 mm/2日	306.1 mm	76%	293.2 mm
北陸	相模川	厚木	1/150 確率 460 mm/2日	467.8 mm	102%	443.8 mm
	阿賀野川	馬下	1/150 確率 223 mm/2日	171.6 mm	77%	164.5 mm
東北	千曲川	立ヶ花	1/100 確率 186 mm/2日	193.7 mm	104%	186.8 mm
	北上川	狐禅寺	1/150 確率 200 mm/2日	145.5 mm	73%	132.9 mm
	旧北上川	和測	1/150 確率 267 mm/2日	257.7 mm	97%	249.0 mm
	鳴瀬川	三本木橋	1/100 確率 322 mm/2日	303.3 mm	94%	292.7 mm
	吉田川	落合	1/100 確率 335 mm/2日	268.1 mm	80%	260.9 mm
	名取川	名取橋	1/150 確率 362.8mm/2日	335.9 mm	93%	330.4 mm
	広瀬川	広瀬橋	1/150 確率 388.4mm/2日	312.8 mm	81%	307.4 mm
	阿武隈川	福島	1/150 確率 256.5mm/2日	269.8 mm	105%	267.5 mm

※ 計画降雨量超過河川を示す

【出典】日本気象協会：防災レポート<https://www.jwa.or.jp/news/2019/11/8535/>

24

令和元年東日本台風での流域平均雨量と累積雨量



令和元年東日本台風において、1日で大半の雨が降っている。

25

ハッ場ダム試験湛水開始時と令和元年東日本台風通過後の比較

試験湛水 開始時
(令和元年10月2日 午前9時00分撮影)



試験湛水 満水時
(令和元年10月15日 午後5時頃撮影)



試験湛水 開始時
貯水位: 標高481.5m

試験湛水 満水時
貯水位: 標高583.0m

【出典】国土交通省関東地方整備局ハッ場ダム工事事務所 記者発表資料(令和元年10月15日(火)) (画像・貯水位)

<令和元年東日本台風>

令和元年10月11日 午前2時
貯水位: 標高518.8m

54.4m
水位が上昇

令和元年10月12日 午前5時
貯水位: 標高573.2m

ハッ場ダムでは流入量(最大流入量約2,500 m^3/s)の約100%をダムで貯留

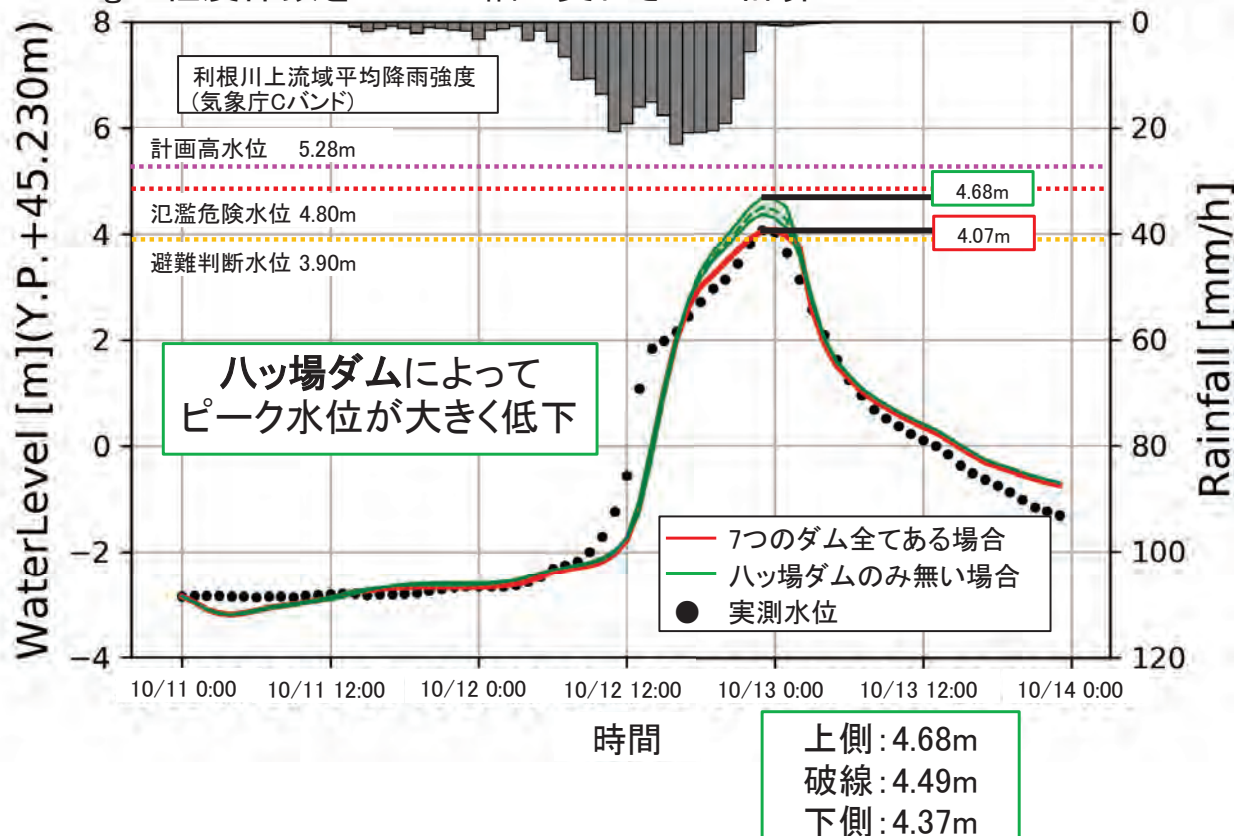
【出典】国土交通省関東地方整備局 令和元年10月台風19号出水速報(第3報) (令和元年11月6日)

26

八斗島地点におけるダム群によるピーク水位低下量

- 令和元年東日本台風 2019/10/11 0:00～2019/10/14 0:00

Manningの粗度係数を0.005の幅で変化させた計算

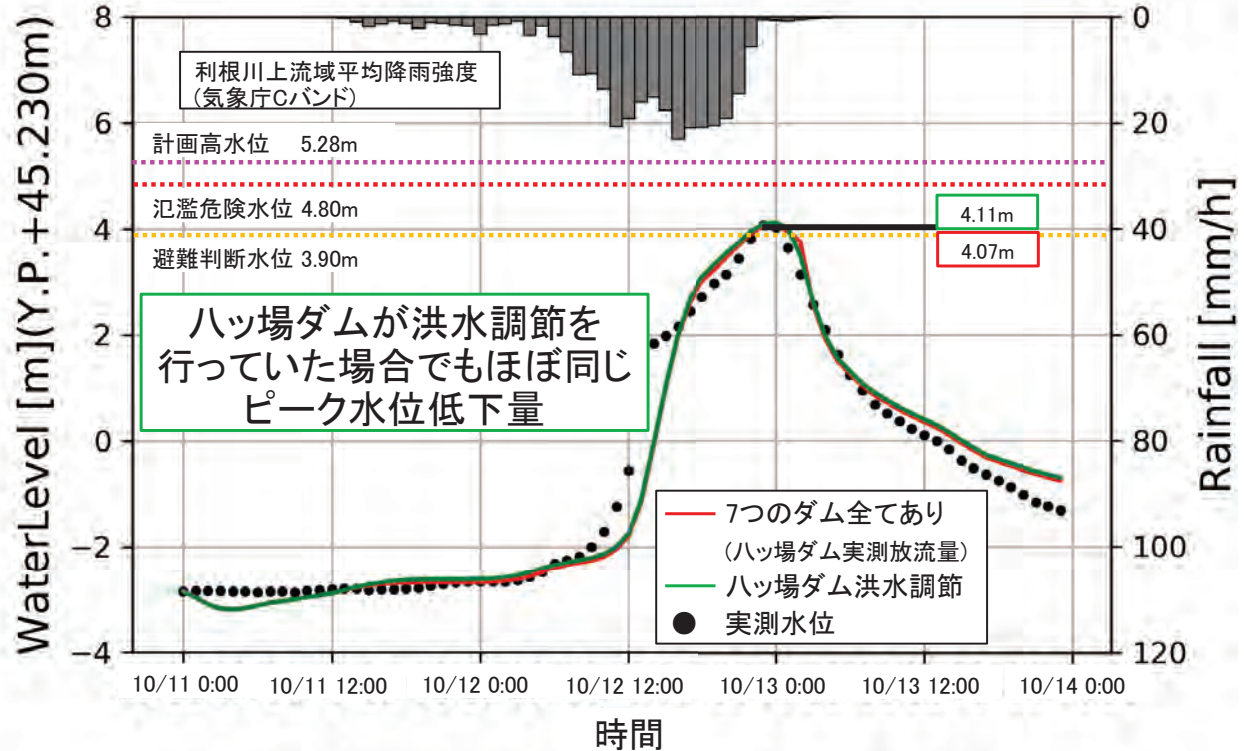


27

八斗島地点におけるダム群によるピーク水位低下量

・ 令和元年東日本台風 2019/10/11 0:00～2019/10/14 0:00

ハッ場ダムが完成して規則通りの洪水調節を行っていたと仮定した計算



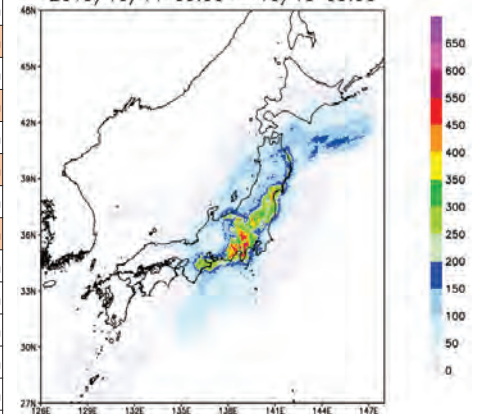
28

令和元年東日本台風時に計画降雨量を超過する雨量を記録した河川

近年，記録的豪雨が毎年のように発生し，計画降雨量（基本方針）を超過する雨量が記録されている

河川名		基準点	想定確率年	計画降雨	10月11-12日の 2日間雨量	計画降雨 に対する比率	最大24時間 雨量
関東	久慈川	山方	1/100確率	235 mm /2日	256.0 mm	109%	247.4 mm
	那珂川	野口	1/100確率	300 mm /2日	306.2 mm	102%	295.3 mm
	利根川	八斗島	1/200確率	336 mm /3日	298.7 mm	89%	282.4 mm
	渡良瀬川	高津戸	1/100確率	419 mm /3日	370.2 mm	88%	354.1 mm
	鬼怒川	石井	1/100確率	362 mm /3日	365.3 mm	101%	348.6 mm
	荒川	岩淵	1/200確率	516 mm /3日	417.6 mm	76%	401.2 mm
	多摩川	石原	1/200確率	457 mm /2日	473.0 mm	104%	453.0 mm
	鶴見川	末吉橋	1/150確率	405 mm /2日	306.1 mm	76%	293.2 mm
相模川	厚木	1/150確率	460 mm /2日	467.8 mm	102%	443.8 mm	
北陸	阿賀野川	馬下	1/150確率	223 mm /2日	171.6 mm	77%	164.5 mm
	千曲川	立ヶ花	1/100確率	186 mm /2日	193.7 mm	104%	186.8 mm
東北	北上川	狐禅寺	1/150確率	200 mm /2日	145.5 mm	73%	132.9 mm
	旧北上川	和湊	1/150確率	267 mm /2日	257.7 mm	97%	249.0 mm
	鳴瀬川	三本木橋	1/100確率	312 mm /2日	303.3 mm	94%	292.7 mm
	吉田川	落合	1/100確率	335 mm /2日	268.1 mm	80%	260.9 mm
	名取川	名取橋	1/150確率	362.8 mm /2日	335.9 mm	93%	330.4 mm
	広瀬川	広瀬橋	1/150確率	388.4 mm /2日	312.8 mm	81%	307.4 mm
	阿武隈川	福島	1/150確率	256.5 mm /2日	269.8 mm	105%	267.5 mm

気象庁Cバンドレーダによる観測72時間雨量



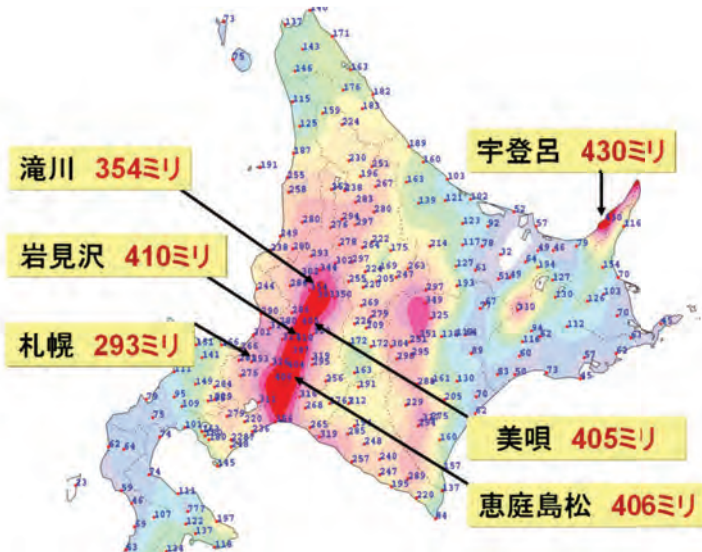
【出典・加筆】日本気象協会：防災レポート<https://www.jwa.or.jp/news/2019/11/8535/>

計画降雨量を超過する大雨が降った河川

29

昭和56年(1981年)洪水

4日間累積降雨量



https://www.hkd.mlit.go.jp/sp/kasen_keikaku/gburoi000000e6zy-att/gburoi000000e74c.pdf

30

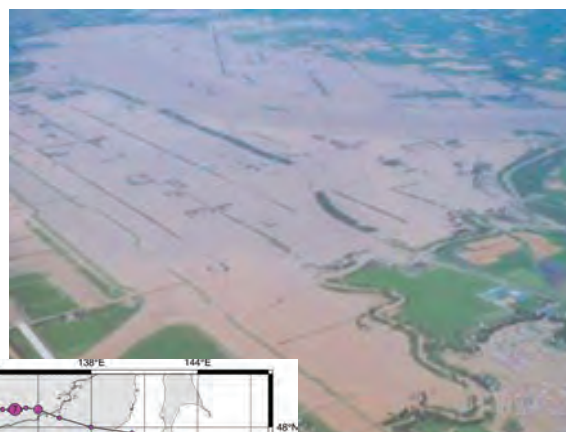
北海道における豪雨災害の歴史

昭和56年(1981年)洪水

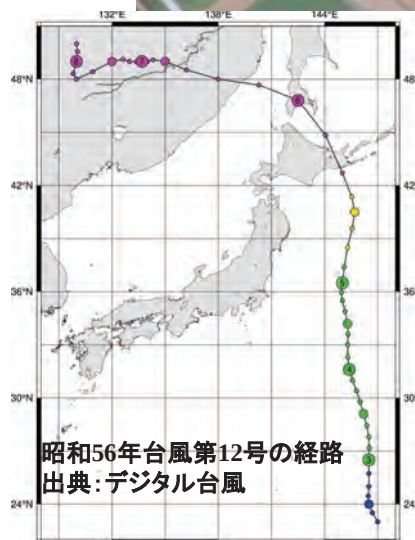
幌向川西1号破堤による豊幌地区の氾濫状況
(札幌開発建設部蔵)【画像出典】石狩川振興財団

台風第12号と前線に伴う大雨により、石狩川流域で大規模な氾濫発生。これに伴う、道内の死者8名、負傷者14名。被害総額約2700億円であった。その後、台風15号が北海道を襲い、札幌で総雨量229mmの雨が再び発生、二度目の記録的な大洪水をもたらした。これに伴う全道での死者は2名、負傷者は54名であった。

参考：(北海道防災情報より) <http://kyouiku.bousai-hokkaido.jp/wordpress/ndl/126861/>



昭和56年洪水による氾濫の状況
(札幌開発建設部蔵)【画像出典】石狩川振興財団



【凡例】

- 熱帯低気圧
- 台風(Tropical storm)
- 台風(Severe Tropical storm)
- 強い台風
- 温帯低気圧

昭和56年台風第12号の経路
出典：デジタル台風

31

平成28年8月北海道大雨激甚災害

観測史上初めて1週間に3個の台風が北海道に上陸（**観測史上初**），その後の台風第10号の接近（水害をもたらした1981年台風と似た経路＝最悪のパターンの一つ）により，大規模な被害発生。当該豪雨災害を受け，国土交通省北海道開発局と北海道が共同で設置した「平成28年8月北海道大雨激甚災害を踏まえた水防災対策検討委員会」では，気候変動が水災害リスクに及ぼす影響を分析するとともに，「**気候変動による将来の影響を科学的に予測し，具体的なリスク評価をもとに治水対策を講じるべき**」との提言が示された。



道路被災：【出典】国土交通省
国道で合計160.2kmの区間が通行止め
農業被害：
北海道の耕地面積の3.5%が被災

4つの台風の上陸・接近



1年間で北海道に影響を及ぼす
台風は例年1-1.5個
(北野・山田，2017)

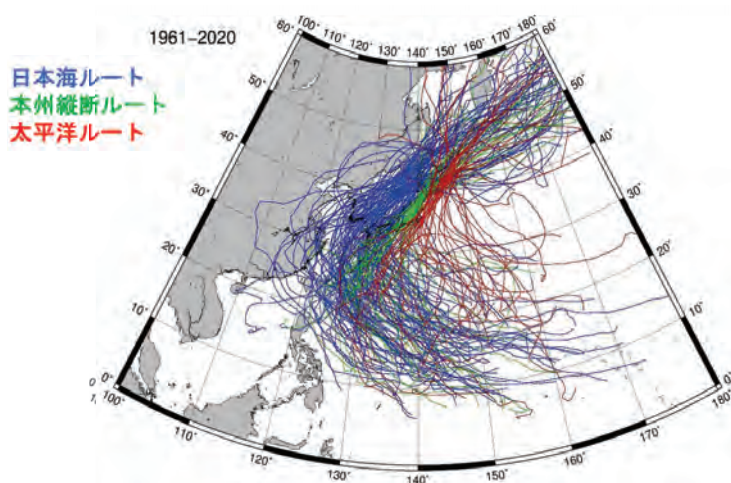
総被害額：2,803億円※北海道での過去最高額（昭和56年8月水害による被害総額は2,705億円）

32

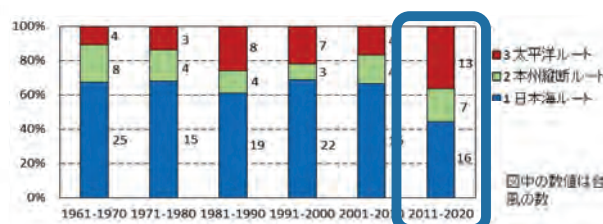
北海道に接近する台風の特徴の変化

- 近年、太平洋ルートから北海道に接近する台風の割合が増加
- 太平洋ルートは他のルートより中心気圧が低い状態のまま北上する傾向に

太平洋ルートの割合の増加

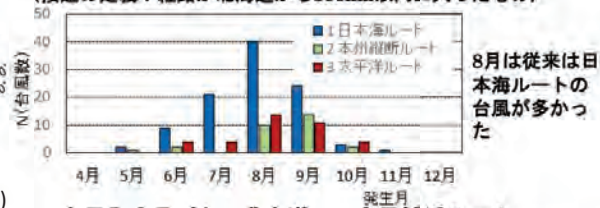


北野・山本・小林・山田(2016)



北海道に接近・上陸した台風の数の変化

(接近の定義：経路が北海道から300km以内に入ったもの)



台風発生月ごとの北海道への台風接近ルート

北緯30度から北緯40度を通過するまでの中心気圧の気圧変化度 (hPa° N) と数(N)
(北緯30度を中心気圧980hPa以下で通過した台風を対象)

平均期間	年数	全ルート	1 日本海ルート	2 本州縦断ルート	3 太平洋ルート
		気圧変化度 N	気圧変化度 N	気圧変化度 N	気圧変化度 N
1961-2016	56	2.62 116	2.90 67	2.68 24	1.82 25

気圧変化度：中心気圧の変化量 [hPa] / 緯度変化量 [°]，N：対象台風数

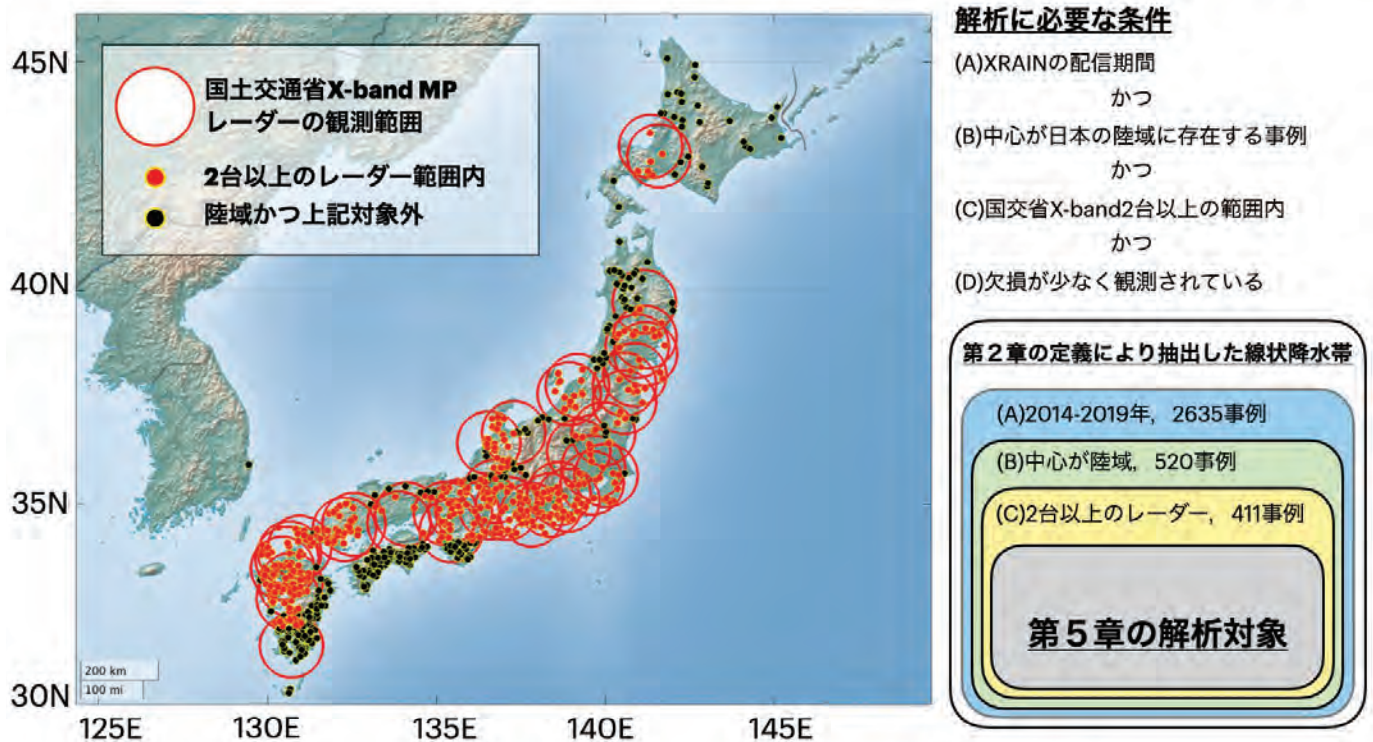
太平洋ルートで北海道に接近する台風は他のルートより弱体化しづらい

33

線状降水帯とその要因

34

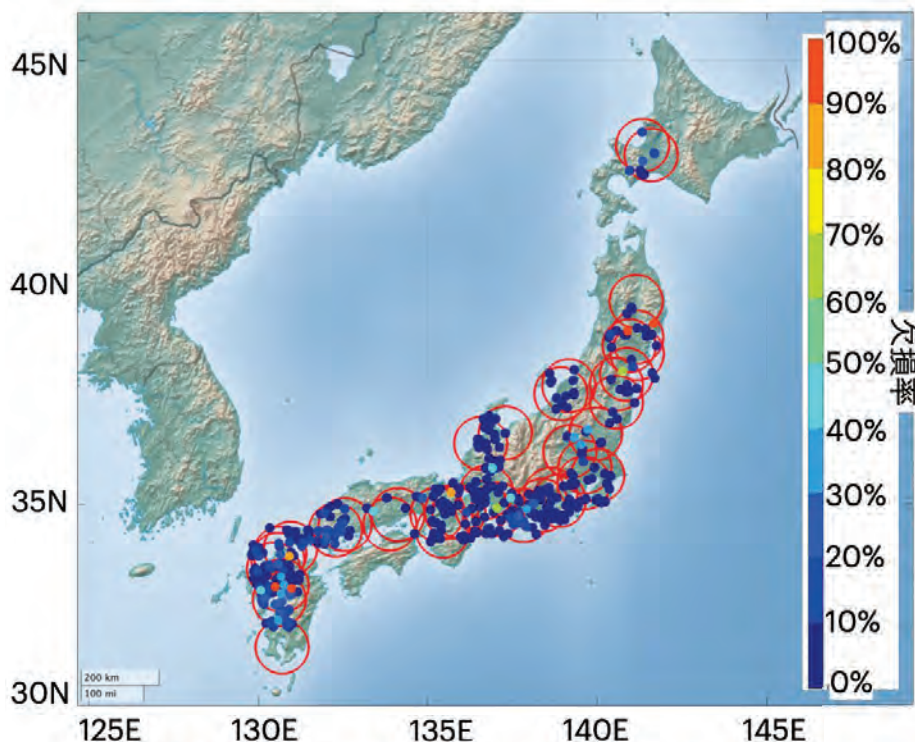
2台以上のX-bandレーダーで観測される事例はどれだけ存在するか？



第2章で抽出した線状降水帯520事例のうち、
XRAINが2台のレーダーで観測されるのは411事例

35

2台以上の観測範囲かつ欠損が少ない事例はどれだけ存在するか？



解析に必要な条件

- (A) XRAINの配信期間
かつ
- (B) 中心が日本の陸域に存在する事例
かつ
- (C) 国交省X-band2台以上の範囲内
かつ
- (D) 欠損が少なく観測されている

第2章の定義により抽出した線状降水帯

- (A) 2014-2019年, 2635事例
 - (B) 中心が陸域, 520事例
 - (C) 2台以上のレーダー, 411事例
 - (D) 欠損率が15%以下, 394事例
- 第5章の解析対象**

**XRAINが2台のレーダーで観測されるのは411事例のうち
欠損率が15%以下の394事例を対象とした。**

36

線状降水帯の環境場と形態による分類

小倉 (2006), 瀬古 (2010)

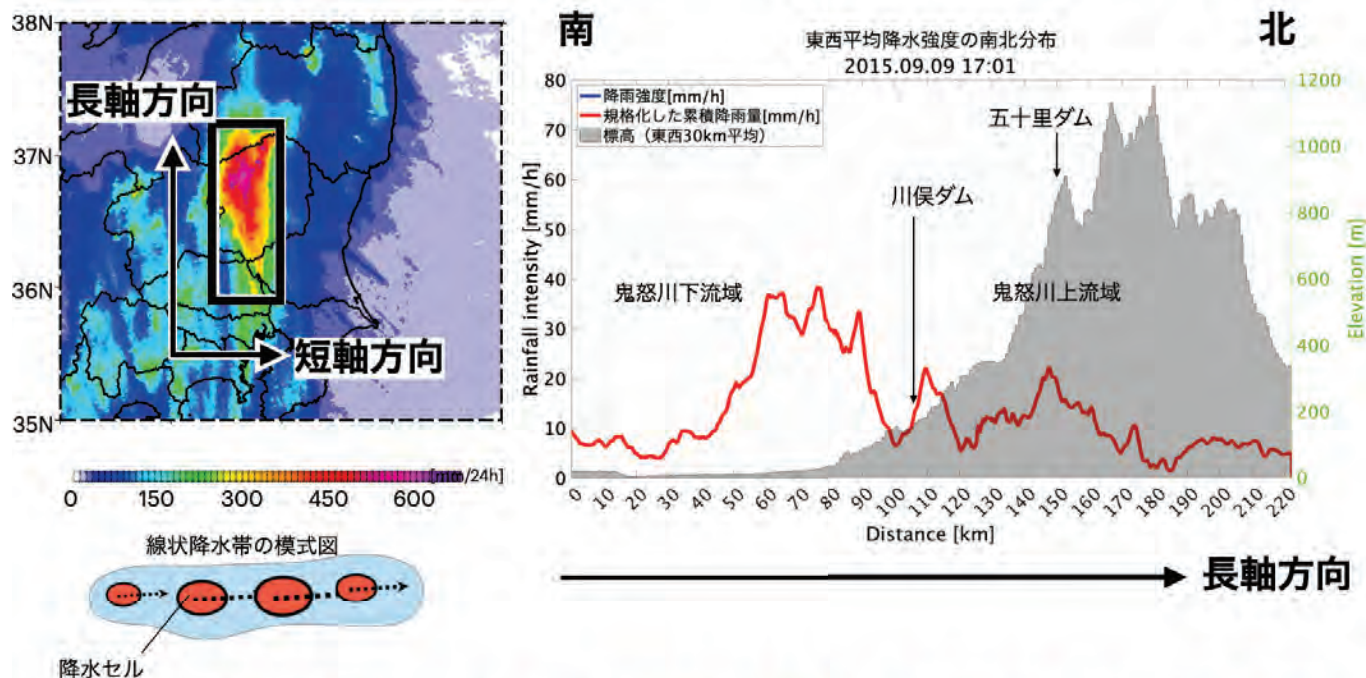
	バック ビルディング型	バックアクト・サイド ビルディング型	スコールライン型
下層風と中層風の関係	同方向	直交方向	逆方向
対流セルの移動			
対流セルが発生・強化する場所			

37

降水セルの時間・空間的な分布と発達

以下の図は、XRAIN合成雨量を用いて作成した。

鬼怒川豪雨事例の積算雨量 長軸方向の降雨強度と積算雨量の時間変化（短軸方向平均）



降水セルが発達しながら移動する過程を定量化できないか？

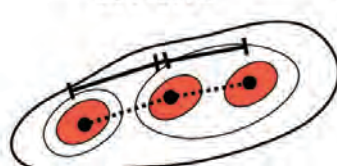
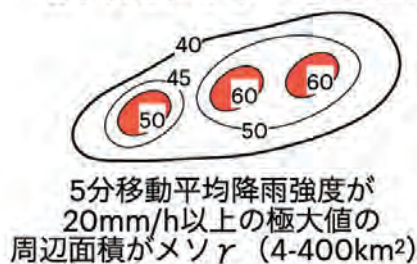
38

降水セルをどのように抽出・追跡するか？

①降雨強度・②面積

③間隔

④追跡時間・⑤移動速度

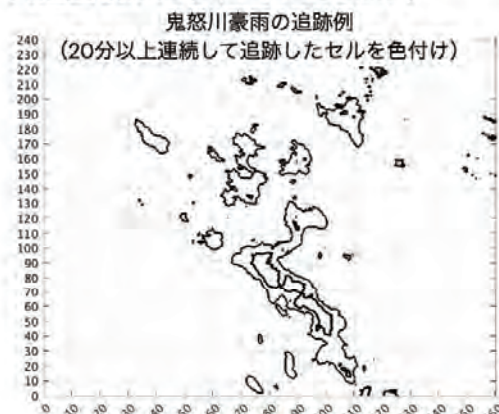


降水セルの重心間の距離

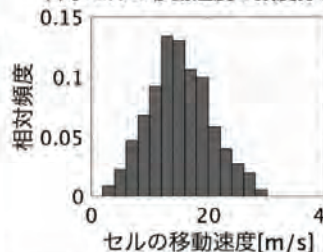


$$\frac{A_{T-\Delta t} \cap A_T}{A_{T-\Delta t} \cup A_T} \geq 50\% \text{ の時,}$$

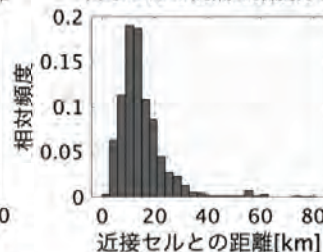
同じセルとして追跡



鬼怒川豪雨事例における 降水セルの移動速度の頻度分布



鬼怒川豪雨事例における 降水セルの間隔の頻度分布



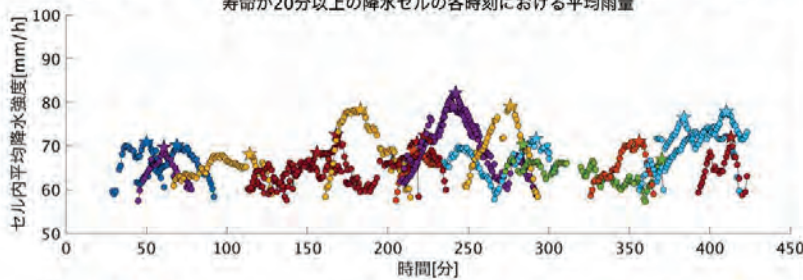
降水セルの自動追跡手法による定量化情報は
異なる方法で得られた結果*と一致した

*大屋・山田 (2018)

39

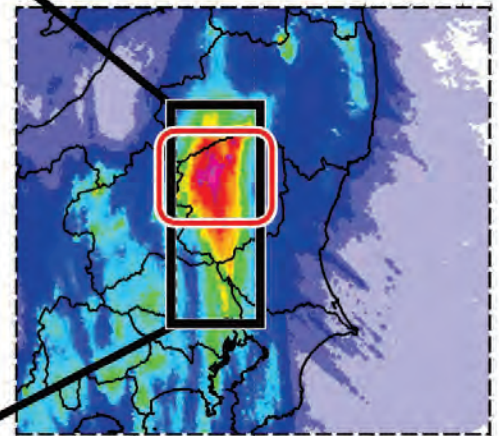
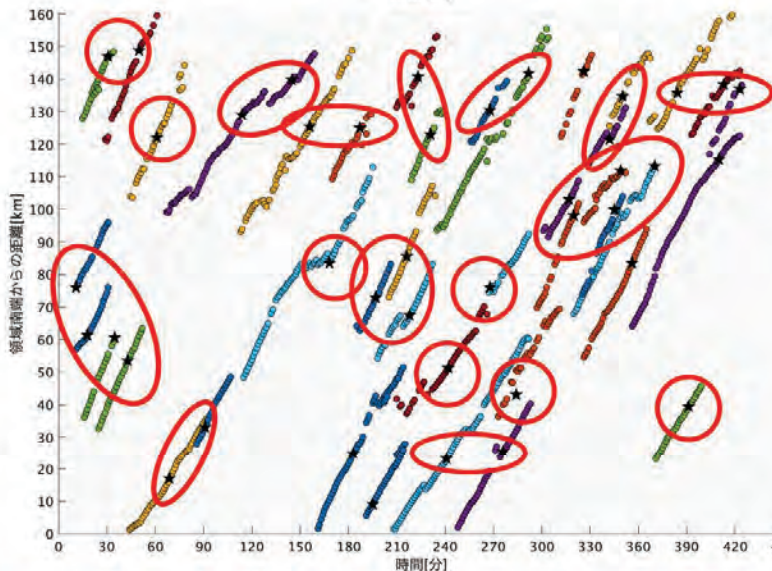
降水セルはどのように移動し、発達するのか？

寿命が20分以上の降水セルの各時刻における平均雨量



降水セルは続々と発生し、
約12 km程度の間隔で並び、
約15 m/sの速度で移動する。

各降水セルの寿命は20分から
1時間程度の中で成長し、
鬼怒川上流域でピークを迎えた。

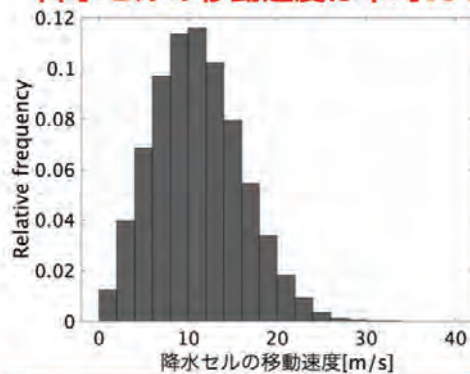


このように降水セルの時空間特性を定量化が可能となった。

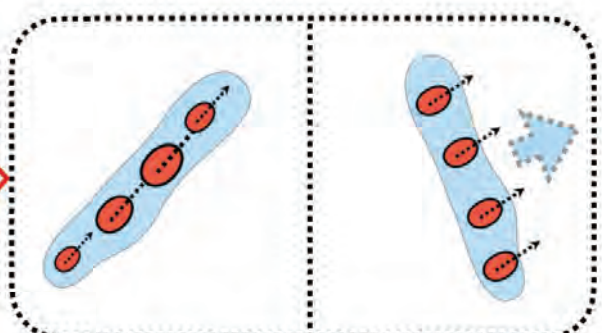
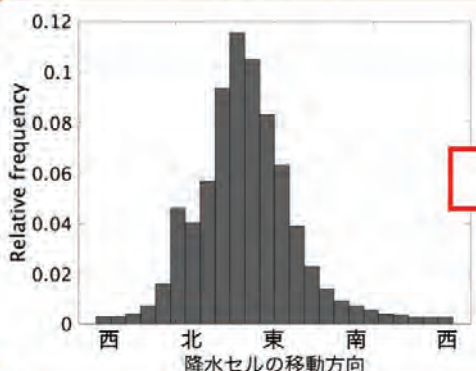
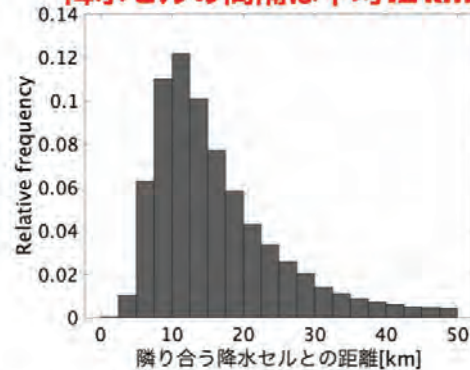
40

2台以上のレーダー範囲かつ欠損が少ない394事例における降水セルの追跡結果

降水セルの移動速度は平均10 m/s



降水セルの間隔は平均12 km



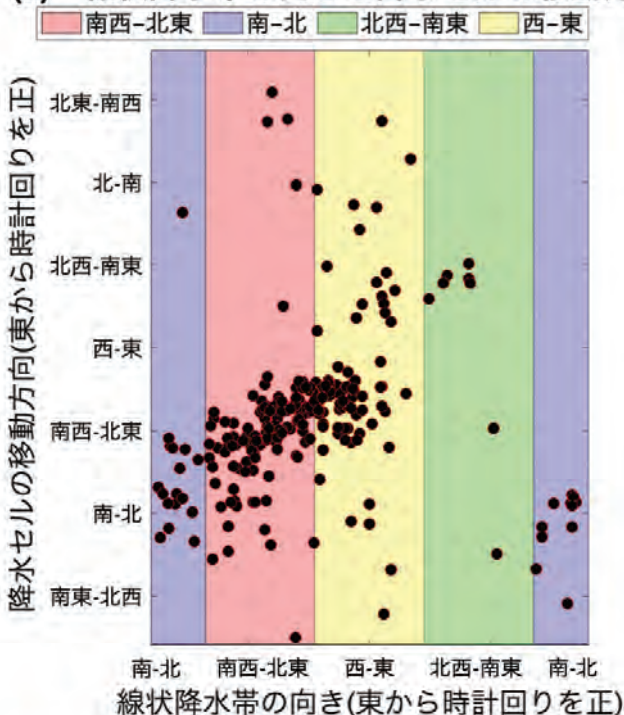
雨域の向きとの関係は？

降水セルの移動方向は南西から北東のものが多数を占める。

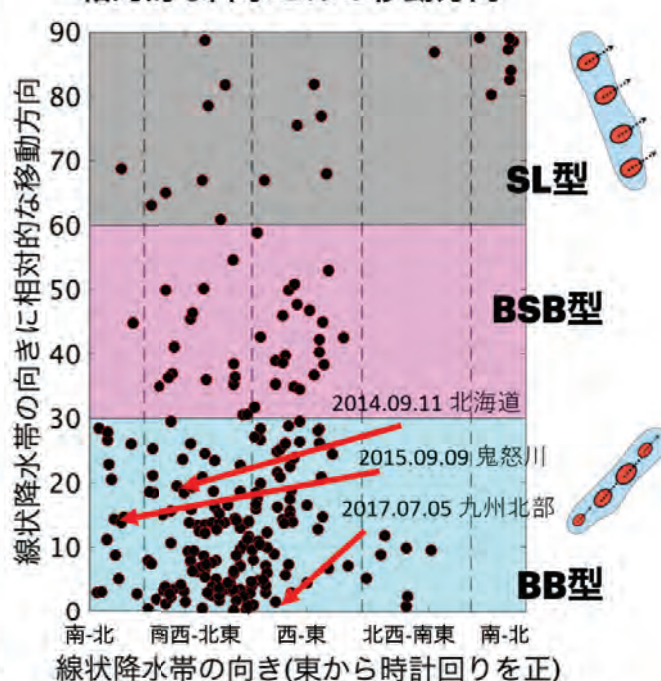
41

降水セルの移動方向と線状降水帯の向きとの関係は？

(a) 線状降水帯の向きと降水セルの移動方向



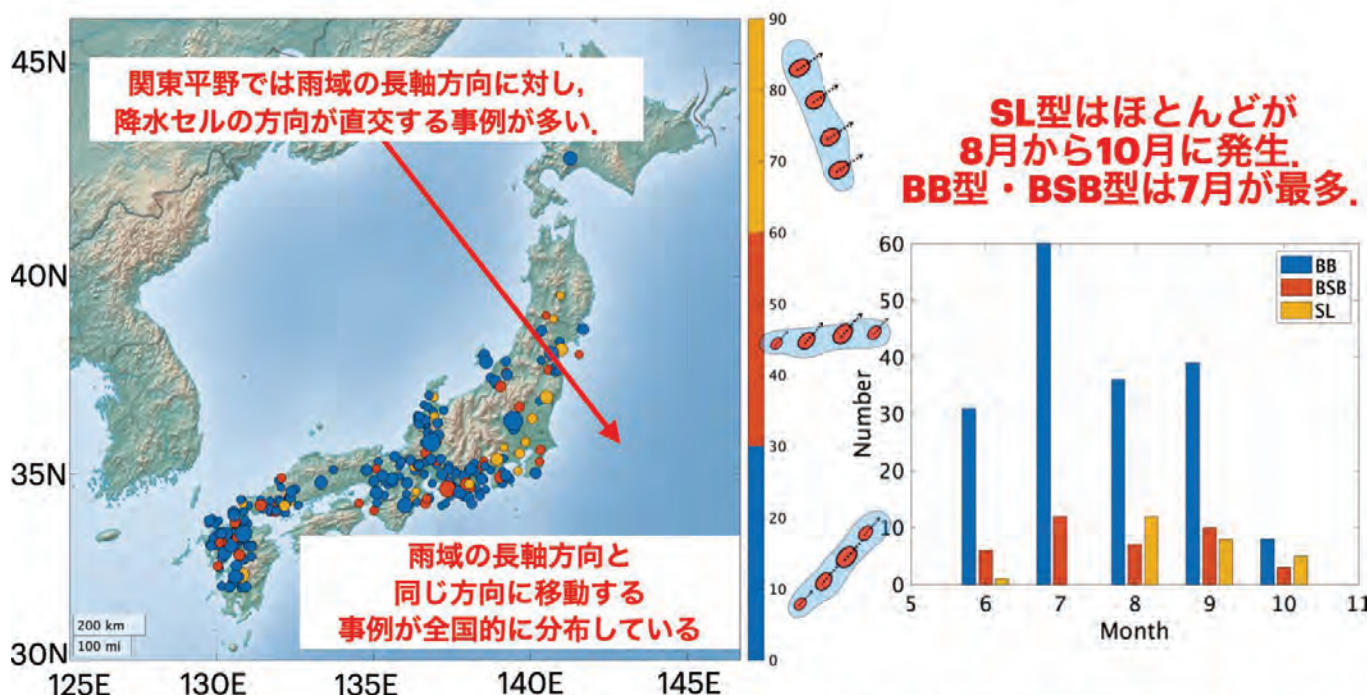
(b)線状降水帯の向きに
相対的な降水セルの移動方向



降水セルの移動方向と線状降水帯の向きは7割以上が同じ方向

42

降水セルの移動方向と線状降水帯の向きとの地域性・季節性は？



降水セルの移動方向と線状降水帯の向きは7割以上が同じ方向
ただし、1割程度発生するSL型は関東平野、8-9月に多い。

43

観測とその認識の関係性

44

歴史は一回、されど可能性は膨大

リスク (Risk):
不確定なものについて確率的に
表すことができるもの



フランク・ナイト (1885~1964)
Frank Hyneman Knight



膨大な可能性と
限られた経験



©Prof. M. McIntyre
(Univ. of Cambridge)

↓
自然科学
(物理学)
として

↓
情報学・統計学
として

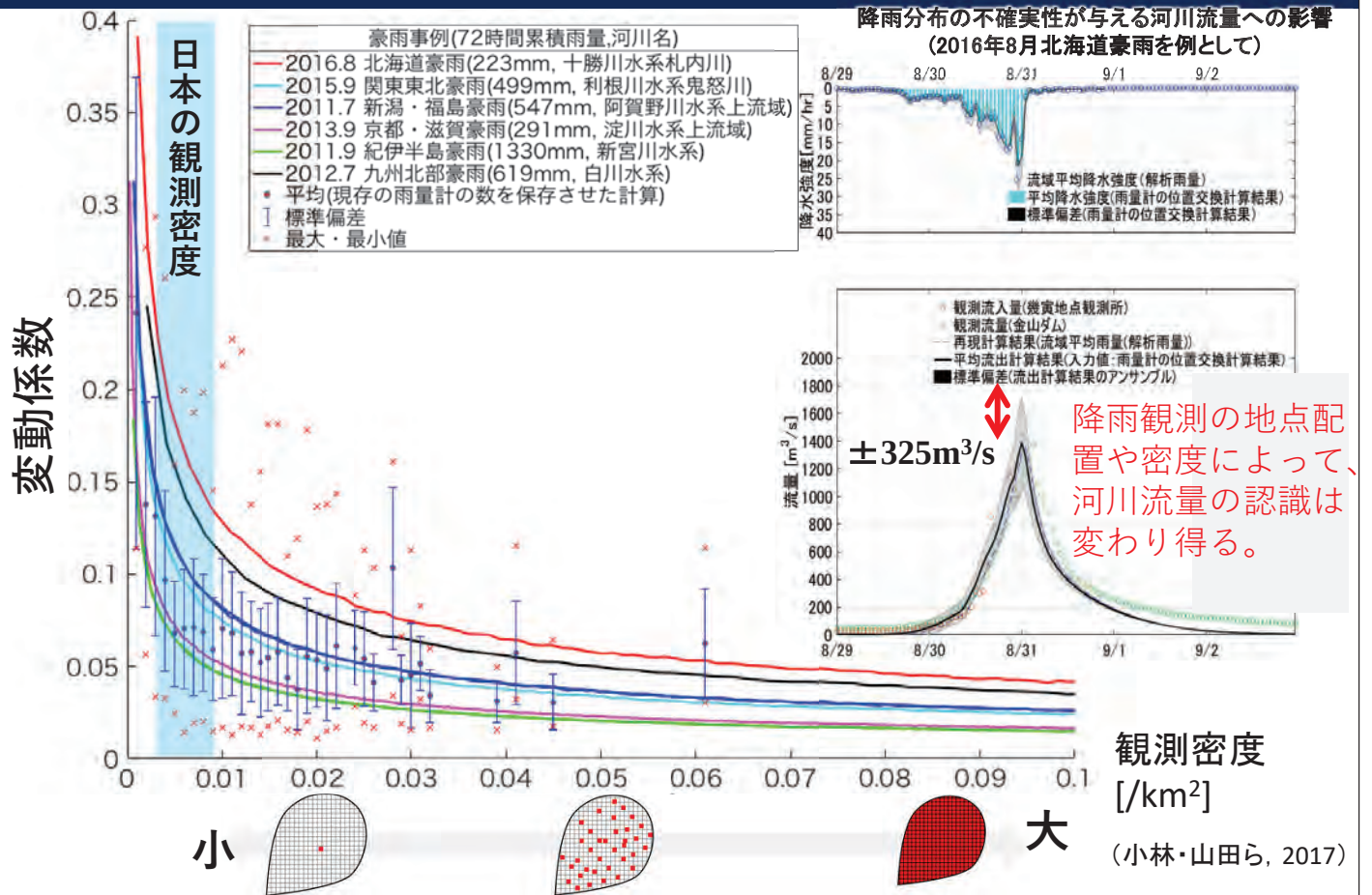
↓
社会の
認知認識

【画像出典】

<https://shunsukeoyama.com/risk-uncertainty-and-profit>

45

現行の雨量観測の密度はどの程度の代表性を有しているのか？



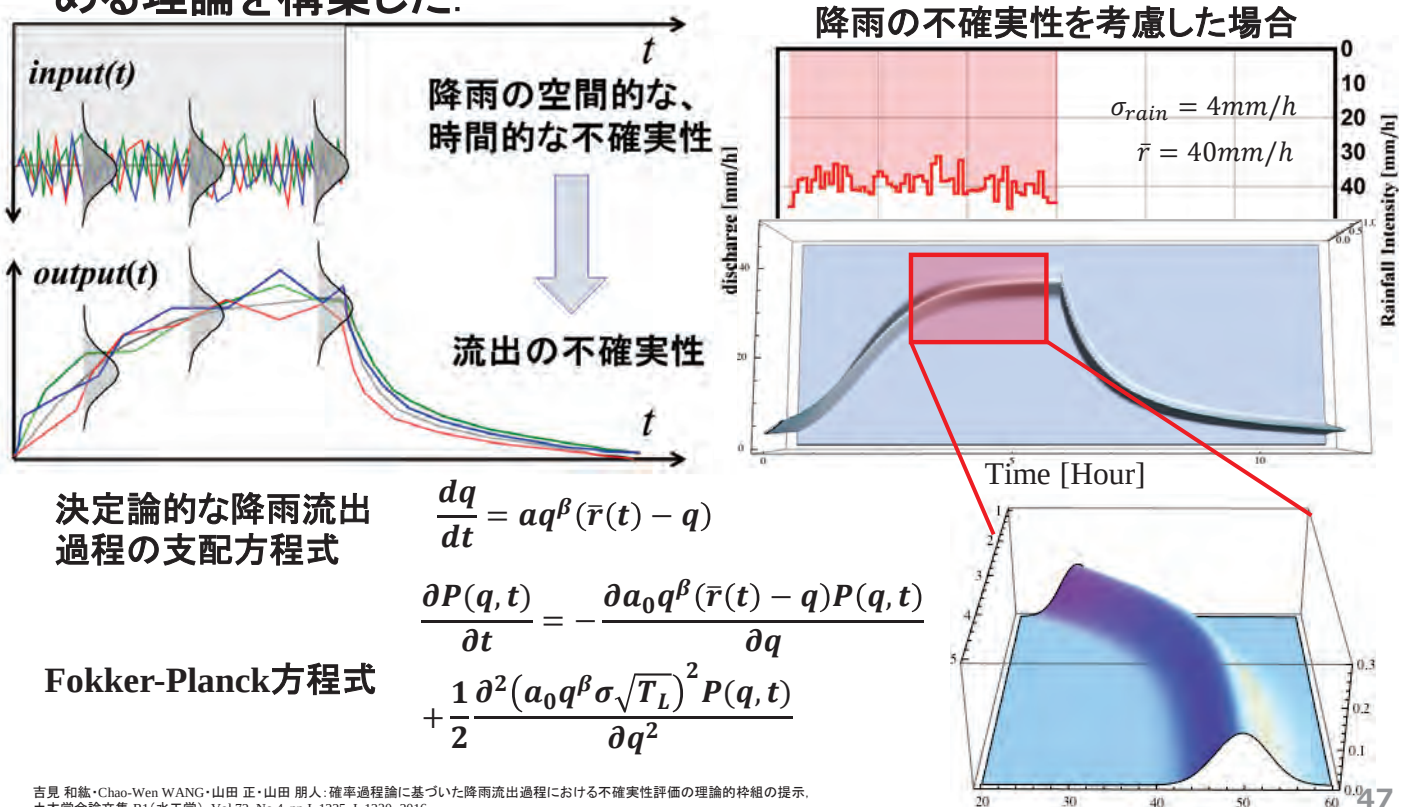
現存の雨量計の数を保存させた、流域内のあらゆる位置の流域総降雨量の変動係数。235流域・過去上位10降雨イベントについて観測密度0.001ごとにグルーピングし、平均と標準偏差を求めた。

小林 彩佳・岡地 寛季・グエン・山田 朋人: 降雨観測の空間分布と気象予測に起因する山地流域における降雨量と河川流量の不確実性。土木学会論文集 G(環境), Vol.73, No.5, pp.163-169, 2017.

46

水文学への確率過程論の導入による不確実性評価

降雨流出過程を確率微分方程式で表現し、Fokker-Planck方程式との対応関係を導くことで、流出高等の水文諸量の時間発展を求める理論を構築した。



47

水文学への確率過程論の導入による不確実性評価

- Fokker–Planck方程式との対応に基づき導出した水位などの水文諸量の確率密度関数は、越水・破堤リスクを明らかとするものである。
- 確率過程論の水文学への導入により、**水害リスクを他分野のリスクと相対的に定量比較できる理論的枠組みを構築した。**

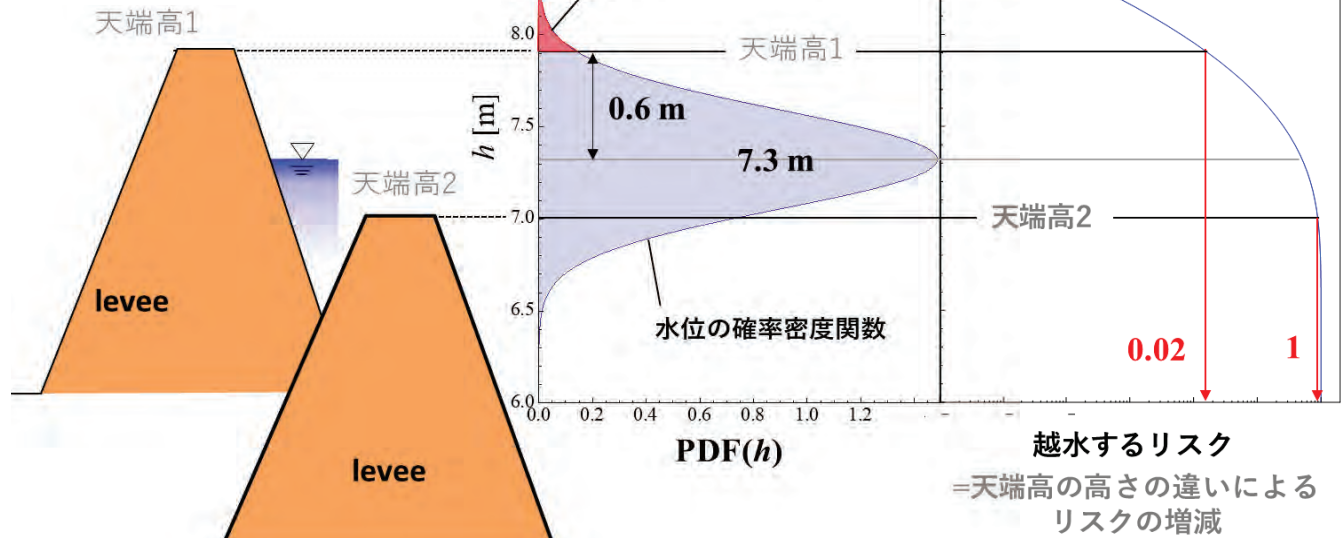
$$\bar{r}=50 \text{ mm/h}, \sigma=4 \text{ mm/h}, m=4$$

[他分野におけるリスク [/年]]

交通事故で死亡：1/1万

飛行機死亡事故：1/50万

薬剤死亡リスク：1/200万



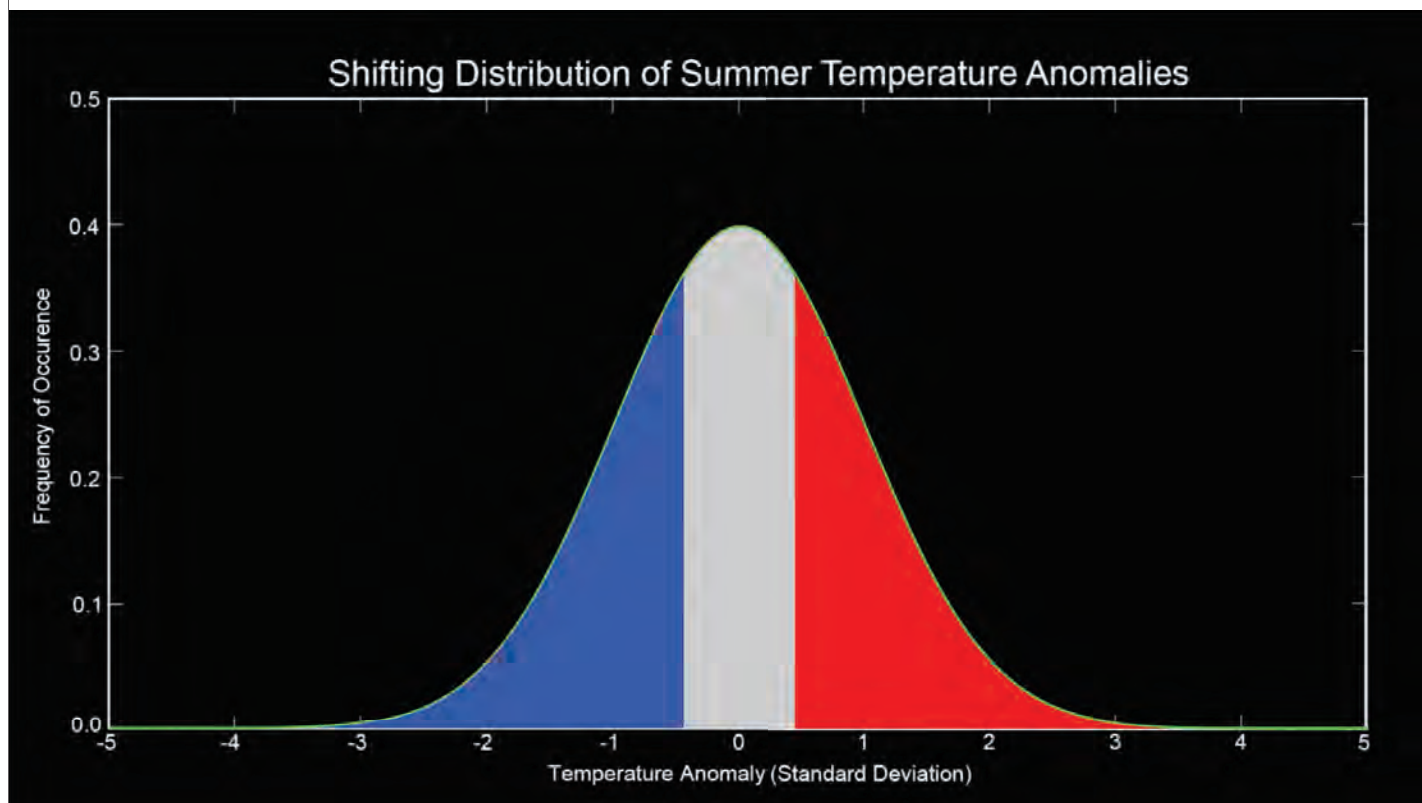
48

地球温暖化に伴う気候変動

気候変動予測

49

世界の気温は変化してきたのか？

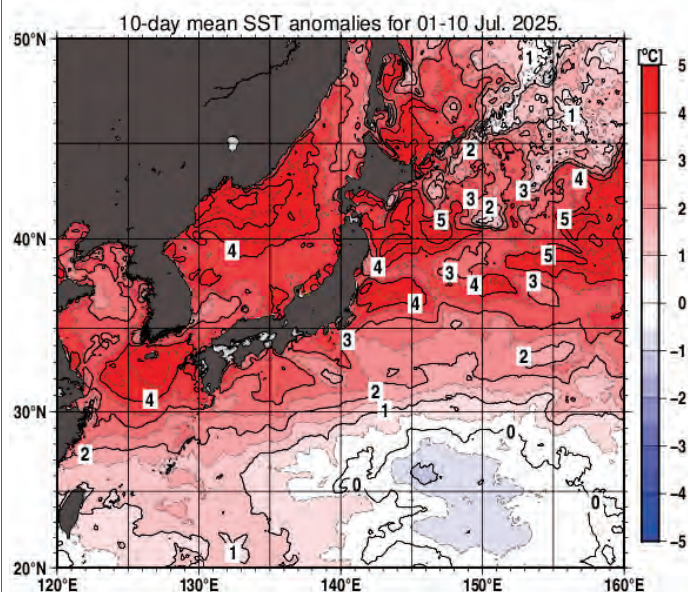


50

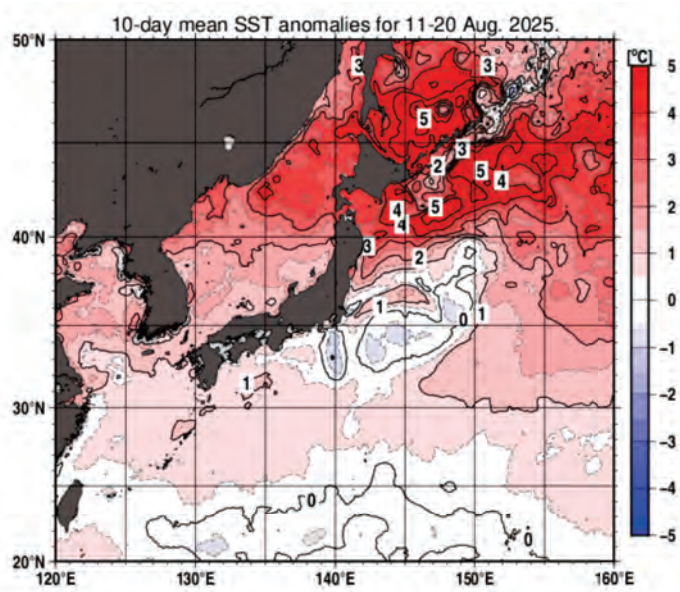
今年の海面水温は平年に比べてどの程度異なる？

1991-2010年の平均値に対する偏差

7月1日-10日



8月11日-20日



51

+1.40

(2023年の地球の平均気温；1850-1900年との比較)

+1.34

観測史上最高

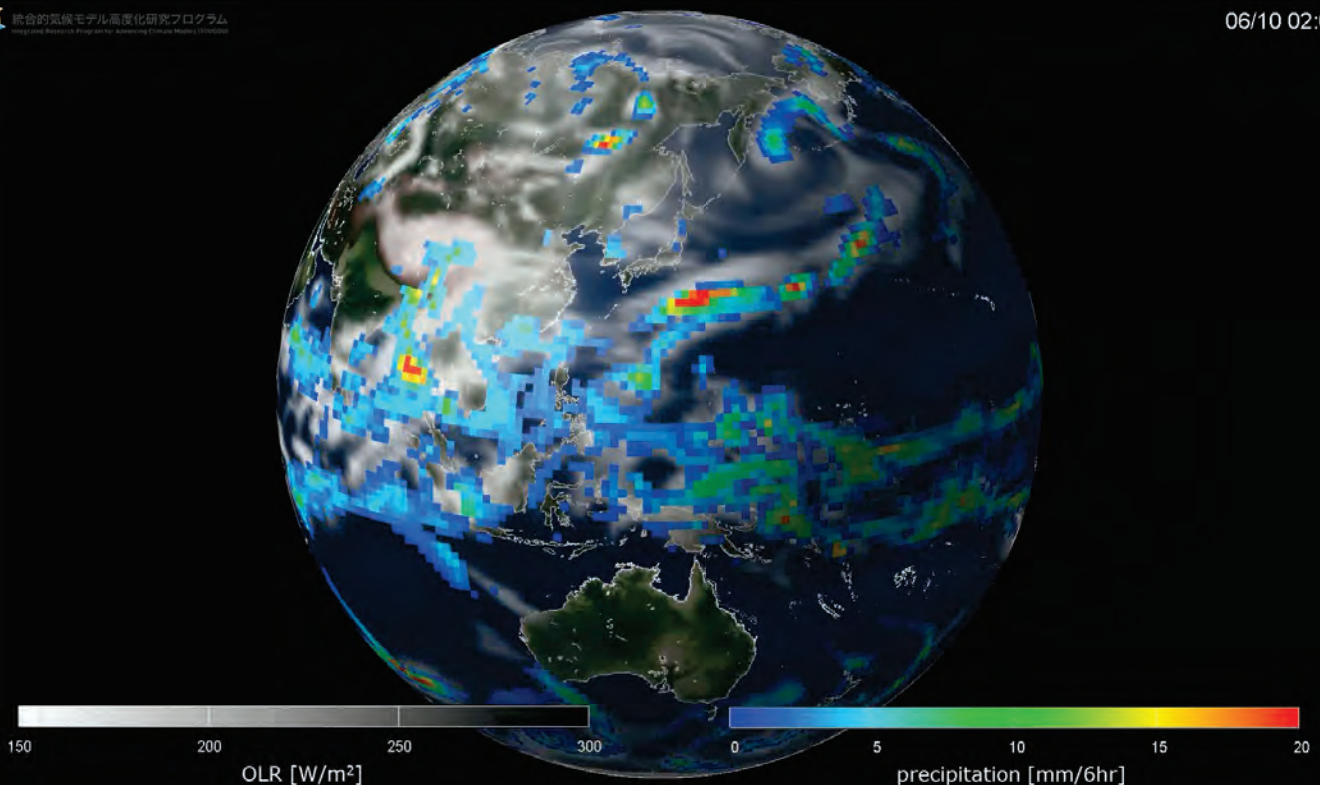
(2023年の日本の年平均気温偏差；1898年以降)



国際連合事務総長 アントニオ・グテーレス氏

From
Global Warming
To
Global Boiling

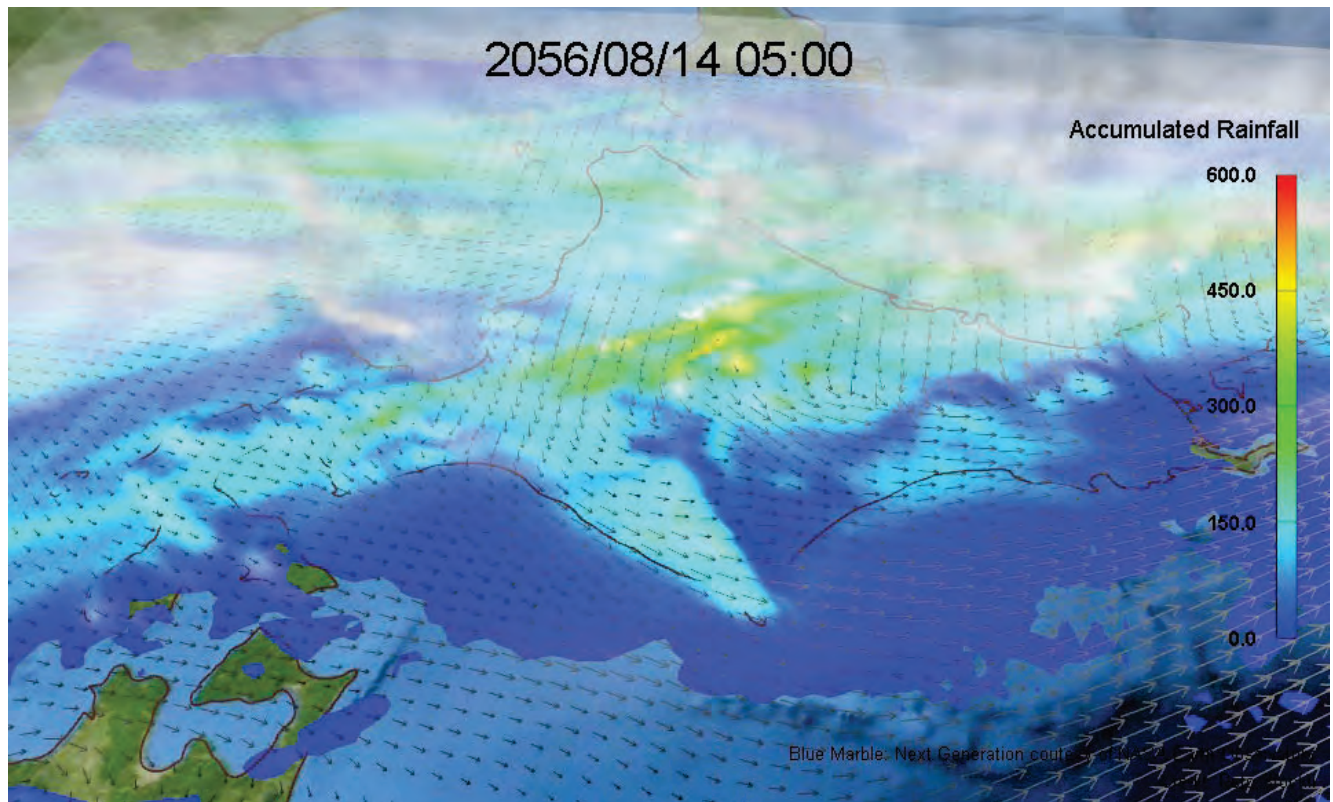
52



53

2016年8月台風10号に類似した経路の台風

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



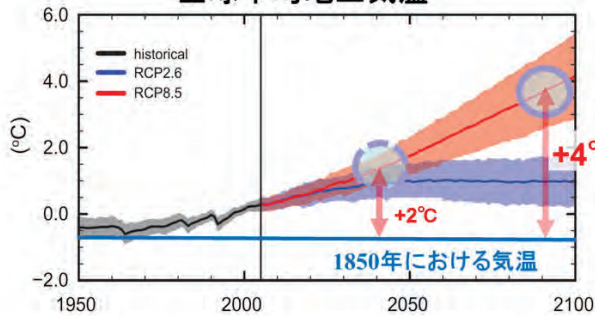
54



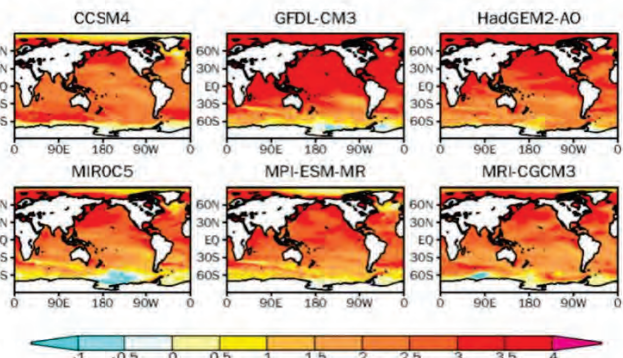
55

最新の気候予測情報の実験デザイン

全球平均地上気温



将来実験



1950-2010年に観測された海面水温(SST)と海氷を

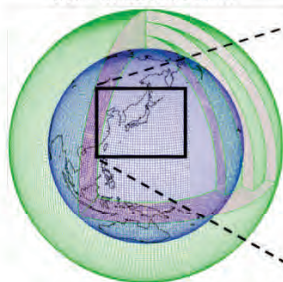
底面境界条件として大気循環モデルに与え続ける全球実験

大気大循環モデル (Atmospheric General Circulation Model: AGCM)
(水平解像度約60km)

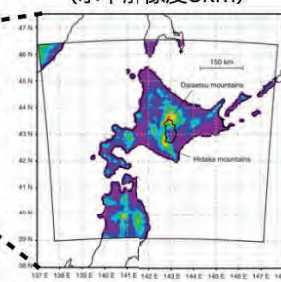
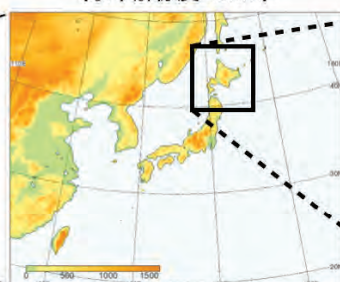
非静力学地域気候モデル (Nonhydrostatic Regional Climate Model: NHRCM)

(水平解像度20km)

(水平解像度5km)



Mizuta et al. 2017



Yamada et al. 2021

非静力学モデルの基礎式 (力学コア)

[運動方程式]

$$\partial_t U + (\nabla \cdot \mathbf{V}_u) + \mu_d \alpha \partial_t p + (\alpha / \alpha_d) \partial_t p \partial_t \phi = F_U$$

$$\partial_t V + (\nabla \cdot \mathbf{V}_v) + \mu_d \alpha \partial_t p + (\alpha / \alpha_d) \partial_t p \partial_t \phi = F_V$$

$$\partial_t W + (\nabla \cdot \mathbf{V}_w) - g[(\alpha / \alpha_d) \partial_t p - \mu_d] = F_W$$

[状態方程式]

$$p = p_0(R_d \theta_m / p_0 \alpha_d)^\gamma$$

[連続の式]

$$\partial_t \mu_d + (\nabla \cdot \mathbf{V}) = 0$$

[熱の保存式]

$$\partial_t \Theta + (\nabla \cdot \mathbf{V} \Theta) = F_\Theta$$

μ_d : 単位面積当たりの乾燥大気の重量
 F : 拡散項, 外力項, 雲物理過程
 α : 比容
 γ : 定圧比と定積比熱の比
 q_m : 水蒸気・雲水・雨水・雪の混合比
 θ : 温位
 ϕ : ジオポテンシャル

5km DDSに使用されたパラメタリゼーション

対流 Kain and Fritsch, 1993

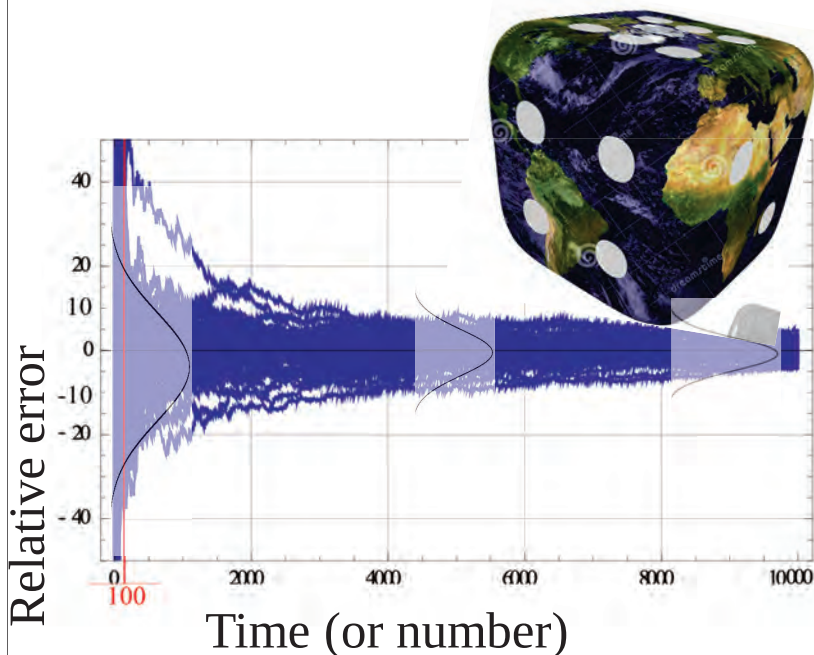
境界層 closure level: 3; Nakanishi and Niino, 2004

陸面過程 iSIB: Hirai et al., 2007

5km解像度のデータに第2章の線状降水帯の抽出 条件を適用する

56

私たちの認識に内在する不確実性は、気候システム (情報源) からの観測値 (信号) の数に依存.



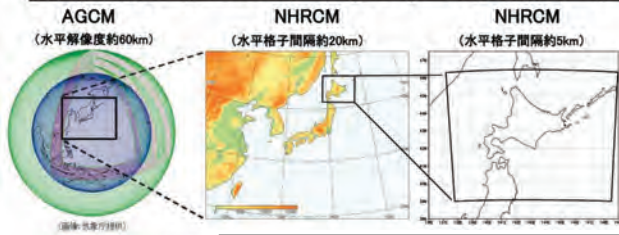
これまでは1回の歴史に基づく意思決定が行われ, “不確実性”は議論に乗らなかった. しかし, 極値統計, 物理モデルを用いたアンサンブル実験により初めて物理現象への理解とその不確実性が確率分布として評価可能に.

57

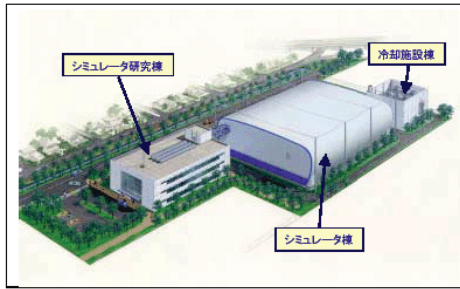
地球規模かつ詳細な気候予測の方法と考え方

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。

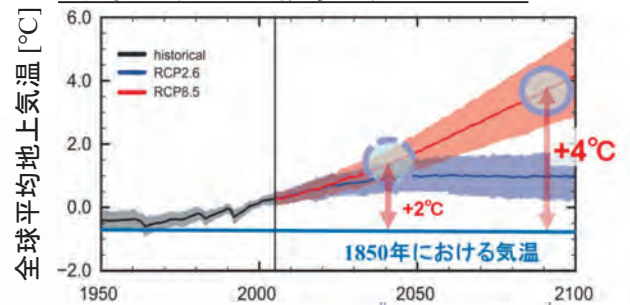
力学的ダウンスケーリングの実験デザイン



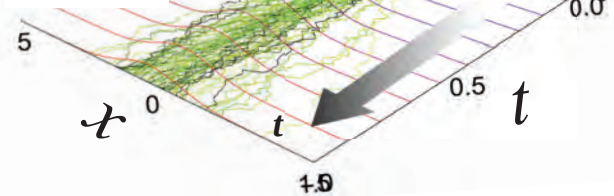
地球
シミュレータ



対象とする気候変動シナリオ



$p(x(t), t)$



アンサンブル実験による確率分布の評価の概念図 58

気候変動を踏まえた治水対策の検討

地球温暖化に伴う豪雨の激甚化への適応に向け、**気候変動予測に基づく計画論へのパラダイムシフトが急速に進行している。**

平成28年度 北海道開発局・北海道

平成28年8月北海道大雨激甚災害を踏まえた水防災対策検討委員会

平成29年度 北海道開発局・北海道

北海道地方における気候変動予測(水分野)技術検討委員会

平成30～31年度 国土交通省

気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会

令和元年度～令和4年度 北海道開発局・北海道

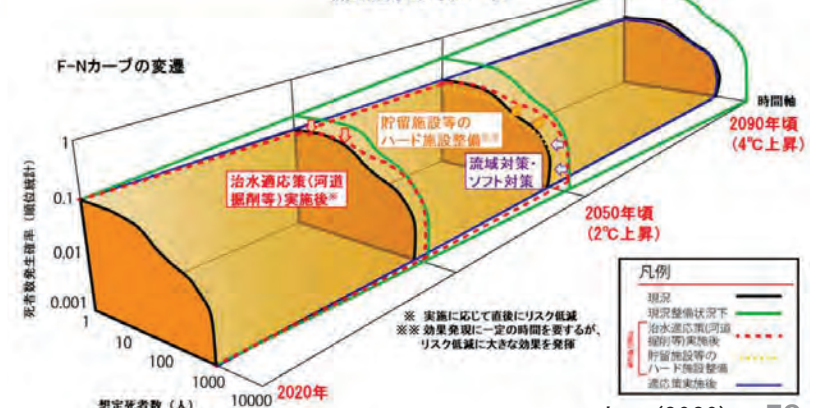
北海道地方における気候変動を踏まえた治水対策技術検討会

令和5年度 北海道開発局・北海道

北海道地方における流域治水のあり方検討会

流域治水

図面出典:国土交通省



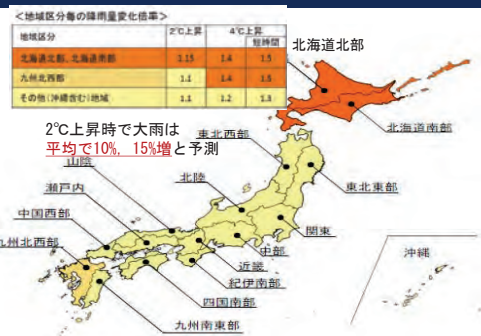
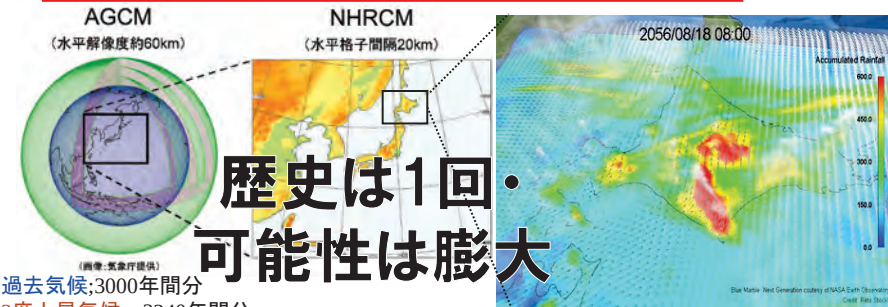
山田 (2020) 59

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

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。

⇒ リスクベースの風水害リスク評価の実現



【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)

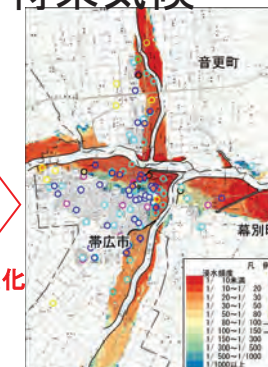
気候変動予測情報を踏まえた治水計画への転換

水害リスク情報の創出

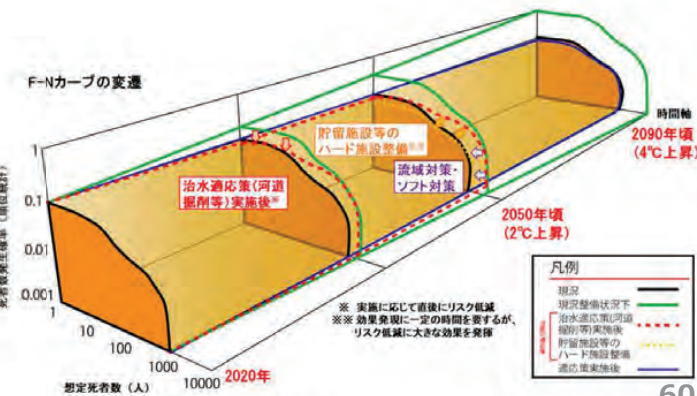
過去気候



将来気候



将来変化



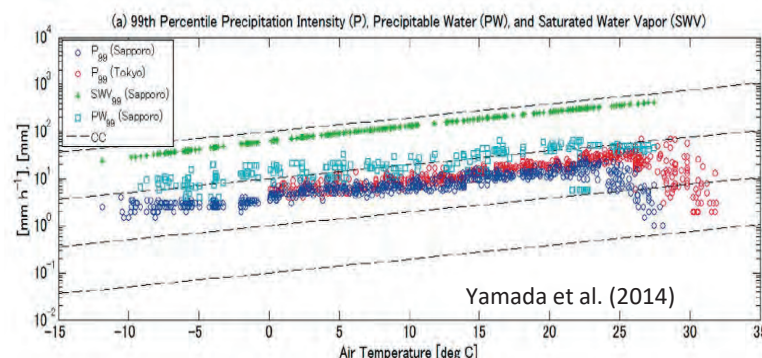
気候変動が降水活動に与える影響

①飽和水蒸気量増加

クラジウス・クラペイロン式

に従い、飽和水蒸気圧は気温上昇に伴って増加する

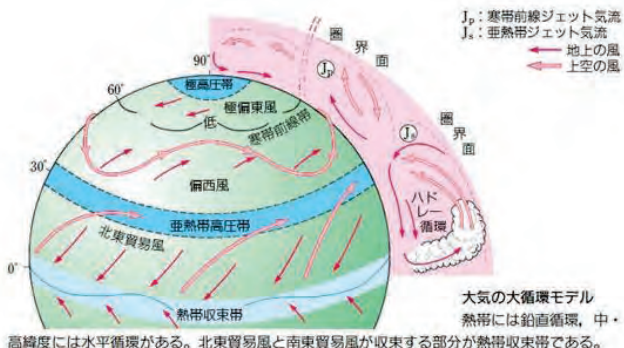
P: 飽和水蒸気圧 C: 積分定数 L: 潜熱 R: 理想気体の気体定数



気温ごとに極端に多い降水の値と気温の関係は、クラジウス・クラペイロン式の傾きに沿って振る舞う。

②大気大循環

- ・低緯度での対流強化
- ・中緯度での南北の温度差増減による温帯低気圧の変化



全球平均気温&南北の温度勾配の変化に伴って生じる

①飽和水蒸気量変化; ②傾圧性変化による大気大循環の変化が降水や天気の時空間発展に影響を与える。

気温とともに水蒸気は増え、雨量も増加

YAMADA ET AL.

Atmospheric Science Letters

9 of 11

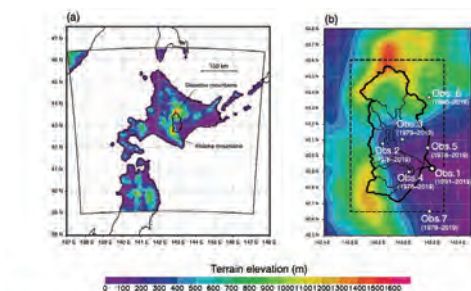


FIGURE 1. Overview of the target area of this study. (a) Kanto Plain and surrounding area. The outer black solid line indicates the domain for dynamical downscaling using NHRM from 20 to 5 km spatial resolution. The inner black solid line indicates the edge of the Ohkura subcatchment. (b) The area for 3D dynamic and thermodynamic analysis (black dashed line). The black thick line indicates the edge of the Ohkura subcatchment. The thin black line indicates small basins in the Ohkura subcatchment. The white circles are the locations of observations. The observation periods are shown in parentheses. The color indicates topographic height as used in the dynamical downscaling.

低標高域は降雨量は1℃当たり7%程度の増加（熱力学的効果）

高標高域はそれ以上の増加（熱力学的+力学的効果）

流域総雨量としては、気象擾乱の特徴に加えて、高標高域の面積割合も重要な要素。

Yamada et al. (2021)
Atmospheric Science Letters

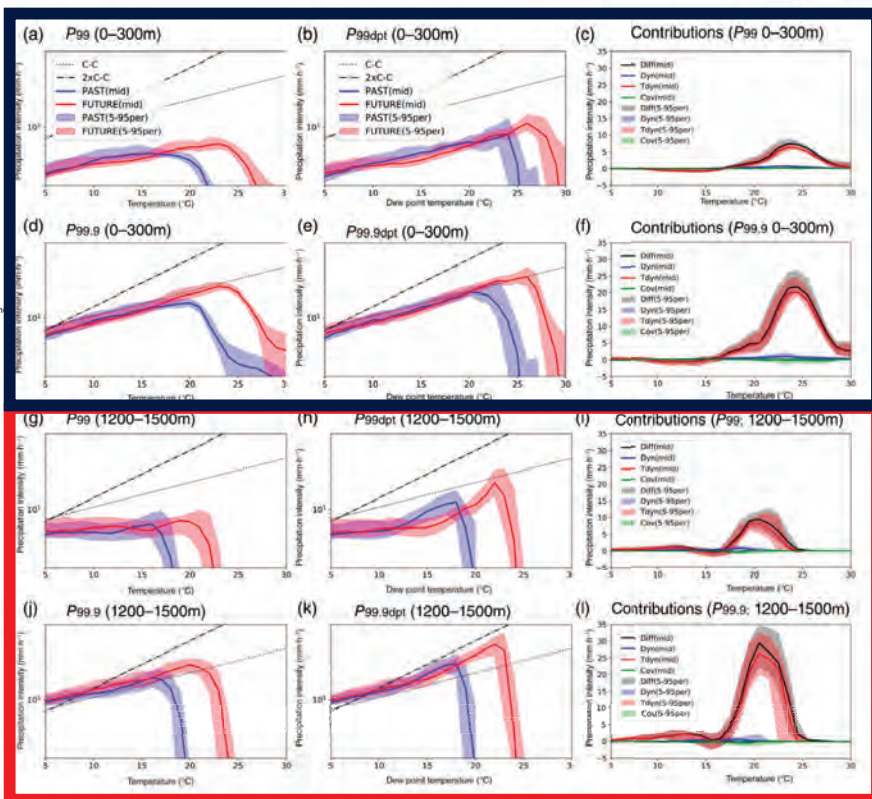


FIGURE 5. (Left) Precipitation-temperature relation. (Center) Precipitation-dew point temperature relation. (Right) Precipitation difference and dynamic, thermodynamic, and covariance contributions. The results of the low-elevation area (0-300 m) and high-elevation area (1200-1500 m) are shown in (a-f) and (g-l), respectively. (a-c) and (g-i) are for P_{99} . (d-f) and (j-l) are for $P_{99.9}$. The solid line and shading indicate the median and 5th-95th percentile range of target grid cells, respectively. The dotted line and dashed line indicate the C-C relation (7% increase per 1 K) and the double C-C relation (14% increase per 1 K), respectively.

62

年最大降雨の時空間的な局所化

過去実験、4℃上昇実験の降雨量の比較

・計画降雨継続時間における流域平均降雨量（99%ile値）

	過去実験	4℃上昇実験	倍率
十勝川(72時間)	235.8	317.1	1.34
常呂川(24時間)	156.3	217.6	1.39
石狩川(72時間)	196.1	228.4	1.16
筑後川(48時間)	379.0	511.9	1.35

(mm)

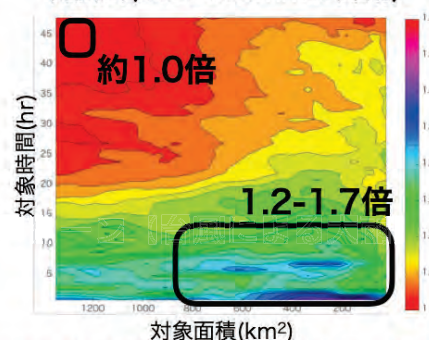
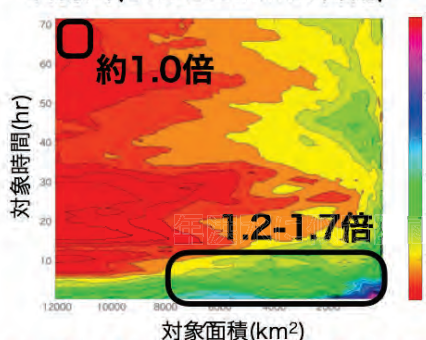
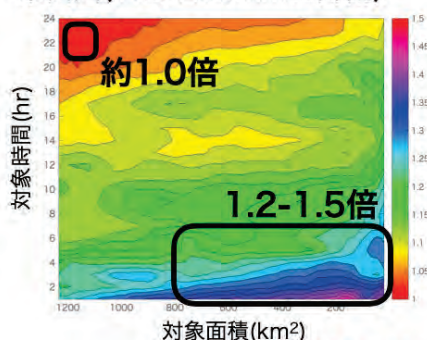
(mm)

降雨の時空間特性の比較（過去実験、4℃上昇実験間での倍率）

常呂川(150-200mmの降雨)

石狩川(200-250mmの降雨)

筑後川(350-400mmの降雨)



いずれの流域においても将来気候の大雨は短時間・局所化の傾向

63

リスクベースアプローチ

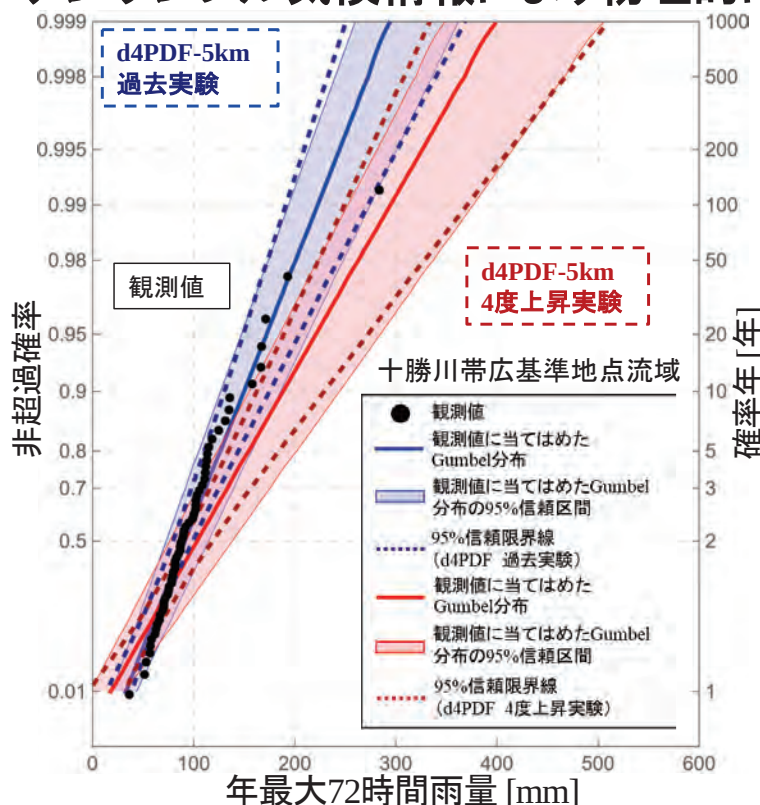
ハザード的考え方から リスクを踏まえた考え方へ

64

気候モデルと統計理論の双方による極端降雨の不確実性評価

物理学と統計学の両輪でリスク情報の質的担保

統計理論により数学的に導出される極端現象の規模と生起確率がアンサンブル気候情報により物理的に得られる結果と整合する。



対象とする時間スケール(過去数十年)において発生し得る極端現象の自由度を推定するための考え方。

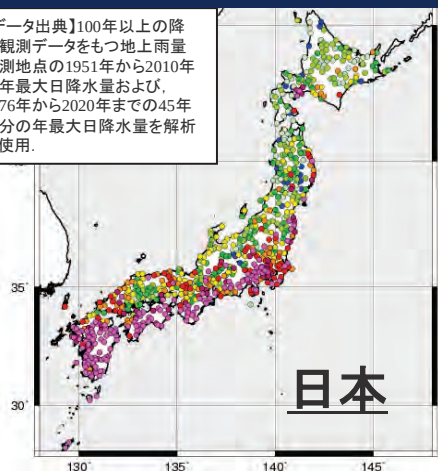
- (1)気候モデルによるアンサンブル手法
所与の底面境界条件の下で物理的に発生し得る極端現象の自由度(信頼区間)の推定
- (2)確率限界法検定による数学的導出
単一の時系列データから推定した母集団分布の下で発生し得る確率雨量の信頼区間を推定(時間スケールに応じて数学上存在する極値の自由度)

現在の気候下であっても、将来気候に属する極端現象は、異なる頻度(将来気候とは相対的に低い)で発生することが示された。

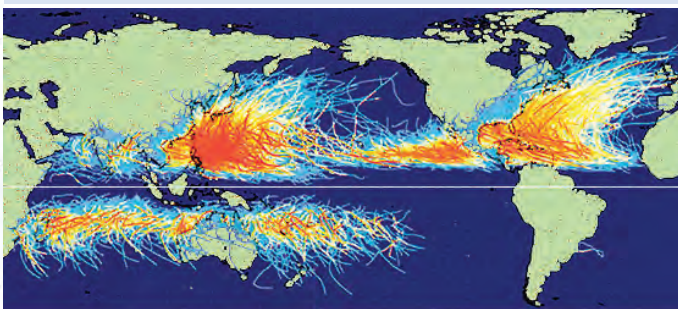
65

信頼区間から見る我が国と世界の極値降雨量の自由度

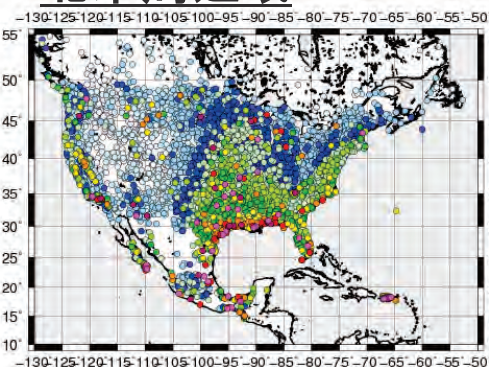
【データ出典】100年以上の降雨観測データをもつ地上雨量観測地点の1951年から2010年の年最大日降水量および、1976年から2020年までの45年間分の年最大日降水量を解析に使用。



日本を含むアジアモンスーン地域では、年最大降雨量の規模と年々変動が大きく、信頼区間幅が広い。



北米周辺域



ヨーロッパ

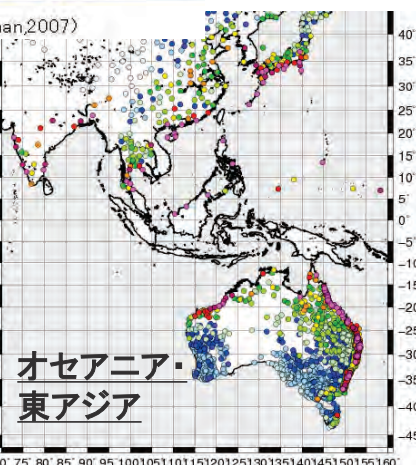
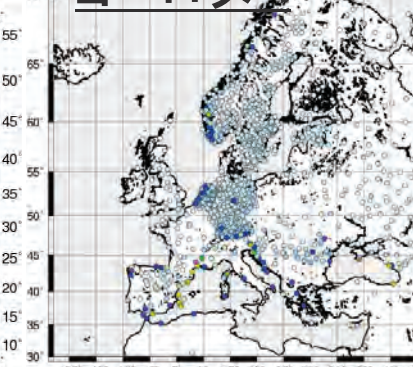


図2.7 強い熱帯低気圧の来襲域 (Hyndman, 2007)

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130
100年確率年最大日降水量の95%信頼区間幅(確率限界法) [mm]

【データ出典】Global Historical Climatology Network daily (GHCN) 1951年から2010年において、観測日降水量が100日以上存在する連続した年最大日降水量の観測値を信頼区間の算出に使用(北米、ヨーロッパ、オセアニア・東アジア)。

66

気候変動・リスクベースの取組の提案

国連気候変動枠組定例会合 (UNFCCC)



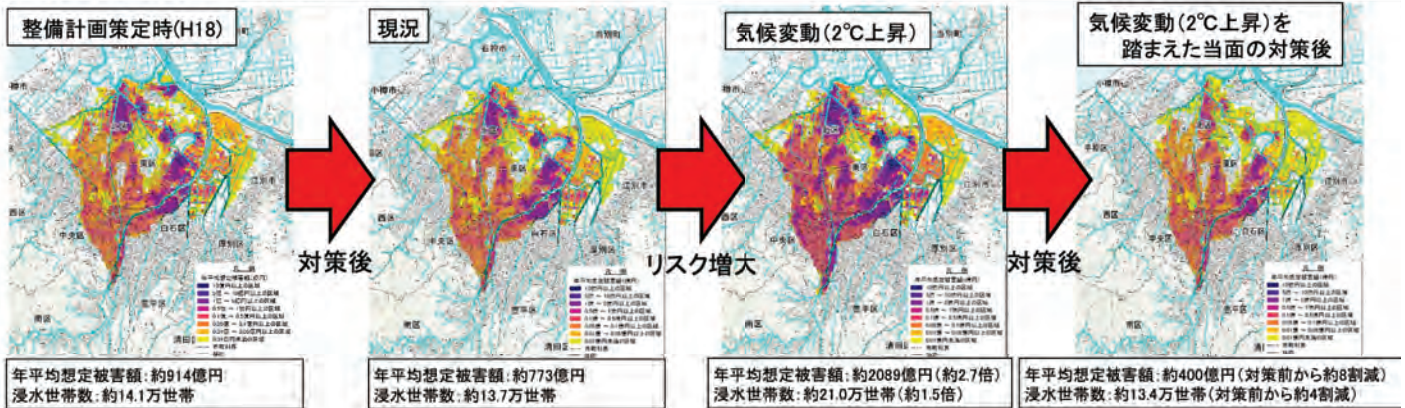
【テーマ；防災、世界経済、少数民族問題、飢餓問題】にて、代表的防災研究として、研究開発責任者は気候変動予測研究とその成果を踏まえた治水計画に係る検討内容を紹介した。
物理・統計的結果の両輪が不可欠とのメッセージが広く支持を集めた。

2019/06/20 ドイツ・ボン

67

気候変動を踏まえた治水対策の検討：石狩川流域委員会

- 整備計画策定時(H18)以降に、これまで豊平川で行ってきた河川整備により、豊平川における水害リスクは年平均想定被害額が773億円(策定時の0.85倍)になり、豊平川の治水安全度向上に寄与してきた。
- 気候変動(2℃上昇)により、豊平川流域における水害リスクは年平均想定被害額が約2,089億円(現況の約2.7倍)になり、浸水するおそれのある世帯数が約21万世帯(現況の約1.5倍)になると想定されるが、対策の実施により、現行河川整備計画での目標(戦後最大洪水である昭和56年8月洪水規模)と同程度の安全度を概ね確保し、年平均想定被害額を約400億円、浸水世帯数を約13.4万世帯に軽減させる。



【目標】
KPI: 浸水世帯数
約21.0万世帯
⇒ 約13.4万世帯

※ 極端事象を含めた様々な降雨パターンによる被害の可能性を表現するため、気候変動のアンサンブルデータ過去実験2,037ケース(現況)、2℃上昇2,212ケース(気候変動)の全流域地点での氾濫計算結果をもとに、各メッシュ(250m×250m)毎に試算し、年平均想定被害額及び浸水世帯数(水深50cm以上)をリスクとして算出したものである。

例) 年平均想定被害額の算出方法

氾濫計算により生じた被害額の合計(現況だと2,037洪水分)÷データ数(現況だと2,037)

※ 豊平川の直轄区間のみの試算であり、北海道区間の氾濫や内水氾濫は考慮されていない。

11
68

石狩川流域における大雨の時空間パターン

d4PDFの大雨イベント群に対する降雨の空間分布のクラスター分類

生起確率が2年以上の降雨量のイベントを対象に4パターンに分類
対象は過去実験(1500イベント)、2度上昇(1620イベント)、4度上昇(2700イベント)

パターン1
流域南東部に集中

パターン2
下流側に集中

昭和56年台風
12号時に類似

パターン3
忠別川周辺に集中

パターン4
千歳川、豊平川に集中

昭和56年台風
15号時に類似



無次元化した降雨量

- ・ 分類方法にはHoshino and Yamada (2023)を使用
- ・ 無次元化した降雨データ(流域平均雨量で除した降雨データ)に対して分類を適用

流域で発生しうる大雨パターンを把握できる。
パターン2, 4は56水害の降雨分布に類似したもの。

69

石狩川流域における大雨の時空間パターン

気候別の降雨パターンの生起頻度分析

パターン1
流域南東部に集中

パターン2
下流側に集中

パターン3
忠別川周辺に集中

パターン4
千歳川、豊平川に集中

昭和56年台風
12号時に類似

昭和56年台風
15号時に類似

過去実験

2度上昇実験

4度上昇実験

合
計
雨
量
(mm)

パターン1
パターン2
パターン3
パターン4

合
計
雨
量
(mm)

流域平均72時間雨量 (mm)

域平均72時間雨量 (mm)

流域平均72時間雨量 (mm)

- 温暖化が進行したとしても降雨パターンの生起割合は大きく変わらない
- 温暖化の進行に伴い局所的な降雨パターン（パターン3, 4）は降雨量の大きい事例にも含まれやすくなる
- 広域と局所的な大雨双方の警戒が必要（過去の経験のみに頼らない対策の必要性）

70

流域スケールにおける水害リスク

- 近年、「流域治水」という流域単位で治水計画を検討し、各関係機関が一体となって取組を実施している。
- 一方で、流域単位で起こり得る浸水被害(水害リスク)を一体として捉え、各氾濫被害の現象論をどう評価し、どのように水害リスクとして包絡的かつ一連の流れとして評価した研究や検討の事例はない。



3

流域スケールにおける水害リスク

- 近年、「流域治水」という流域単位で治水計画を検討し、各関係機関が一体となって取組を実施している。
- 一方で、流域単位で起こり得る浸水被害(水害リスク)を一体として捉え、各氾濫被害の現象論をどう評価し、どのように水害リスクとして包絡的かつ一連の流れとして評価した研究や検討の事例はない。

下水道の内水氾濫



- ・下水道管理者による内水ハザードマップ
- ・関根や戸田らによる詳細な内水解析
- ・中北らによる内水氾濫の将来予測

中小河川の氾濫



- ・中小河川の管理者による浸水想定区域図
- ・RRI等による一体モデルでの浸水被害の把握

【包絡的かつ一連として評価することが重要では？】

- ・流域として一体的にどう氾濫するか？
- ・大河川から中小河川、下水道も含めて評価するにはどのような外力とするか？
- ・一体的に解析から得られた結果をどう活用するか？

大河川の決壊



- ・大河川の管理者による浸水想定区域図
- ・IRIによる河川と堤内地の一体解析

4

米田氏(博士論文公聴会資料より, 2025)

72

札幌市を対象とした内外水同時氾濫の特徴

既往研究において流域内の浸水特性を解明するために、内外水同時解析を用いて「外水氾濫」と「内水氾濫」を考慮した浸水被害特性の分析を実施している。
 「外水氾濫」と「内水氾濫」を考慮し流域として治水計画の検討方法を提案していくことを目的としている。

計算開始4時間後



米田・山田ら(2023)

73

様々な降雨規模における浸水被害特性

■ 内外水同時解析を用いて様々な降雨規模を対象に浸水被害特性の分析を実施した。

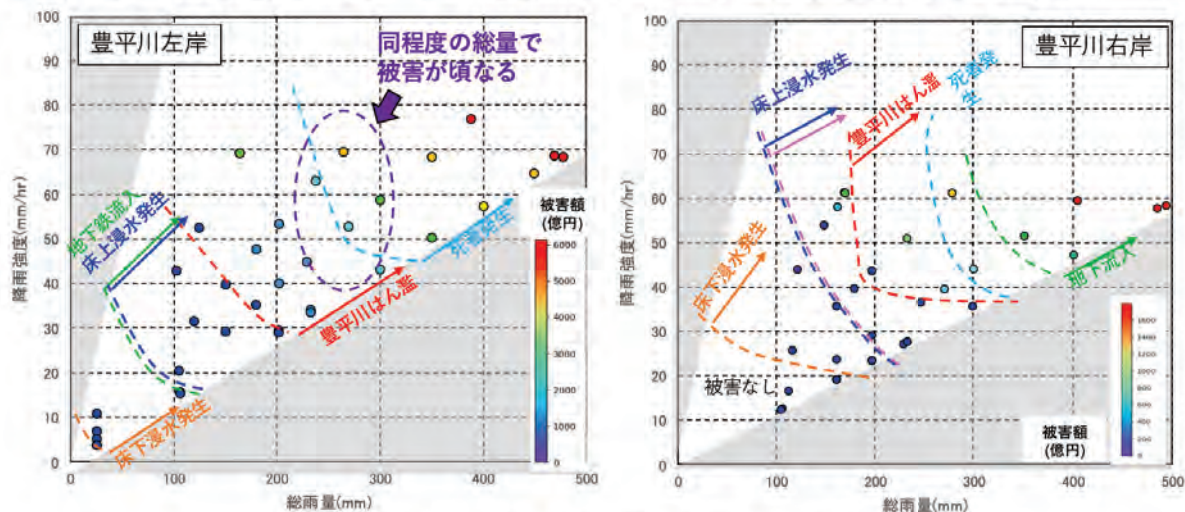


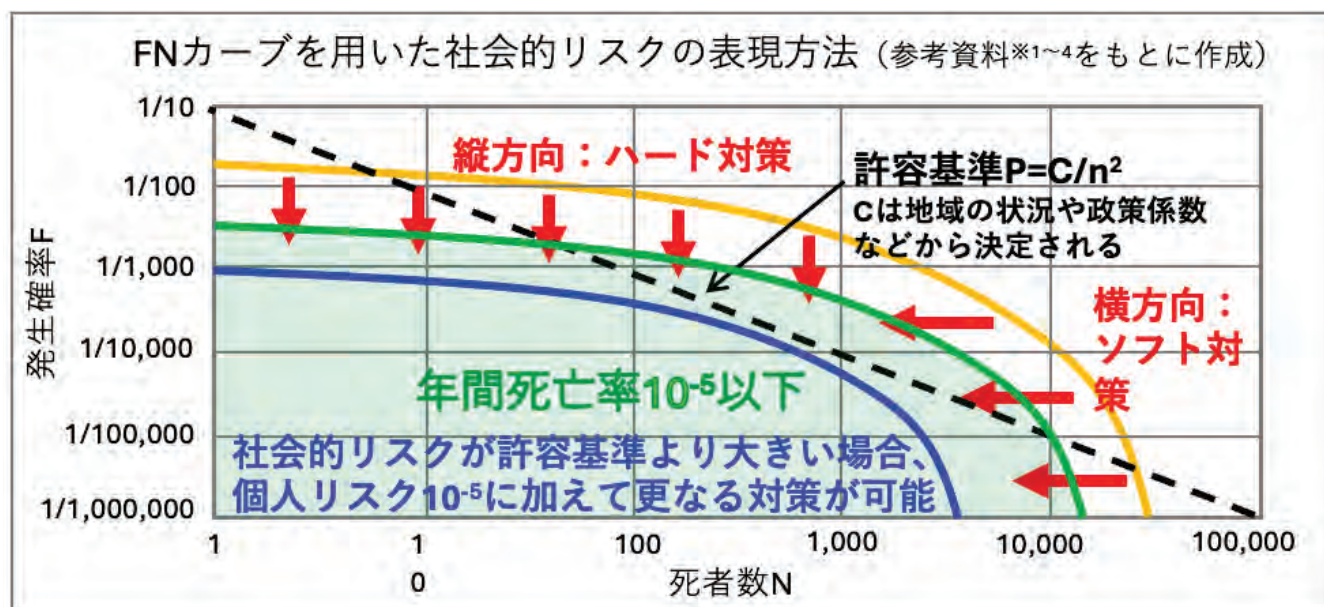
図-豊平川を対象とした浸水被害特性の分析

- ①数十年の実績雨量では、**浸水被害が発生するような降雨イベント(パターン)を網羅することは困難**である。
- ②同総雨量でも降雨強度や降雨波形が異なることで浸水被害が変化するため、**各降雨イベントの生起確率を算出する**必要がある。

米田・山田ら (2018)

74

頻度別の豪雨を包含したリスクを主体とした考え方



出典： ※1 Health and Safety Executive(HSE), Risk management: Reducing risks protecting people, HSE's decision-making process, 2001,

<http://www.hse.gov.uk/risk/theory/r2p2.pdf>

※2 Health and Safety Executive(HSE), Societal Risk : Initial briefing to Societal Risk Technical Advisory Group, 2009,

<http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr703.pdf>

※3 R.B.Jongejan et al., The potential use of individual and societal risk criteria within the Dutch flood safety policy (part 1): Basic principles, 2009

※4 B. Maaskant et al., The use of individual and societal risk criteria within the Dutch flood safety policy (part 2): estimation of the individual and societal risk for the dike rings in the Netherlands

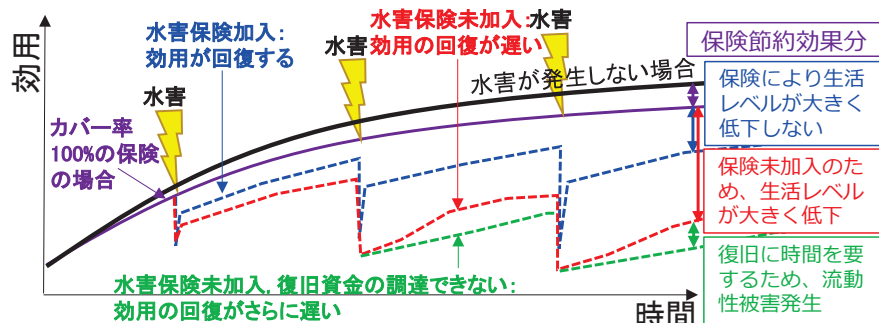
⇒ 千葉学・戸村翔ら, オランダの治水分野における気候変動適応策の検討・実施状況に関する調査報告 (第2報), 河川技術論文集第25巻, 2019.6.

75

企業等のジブンゴト化の実現に向けた構図

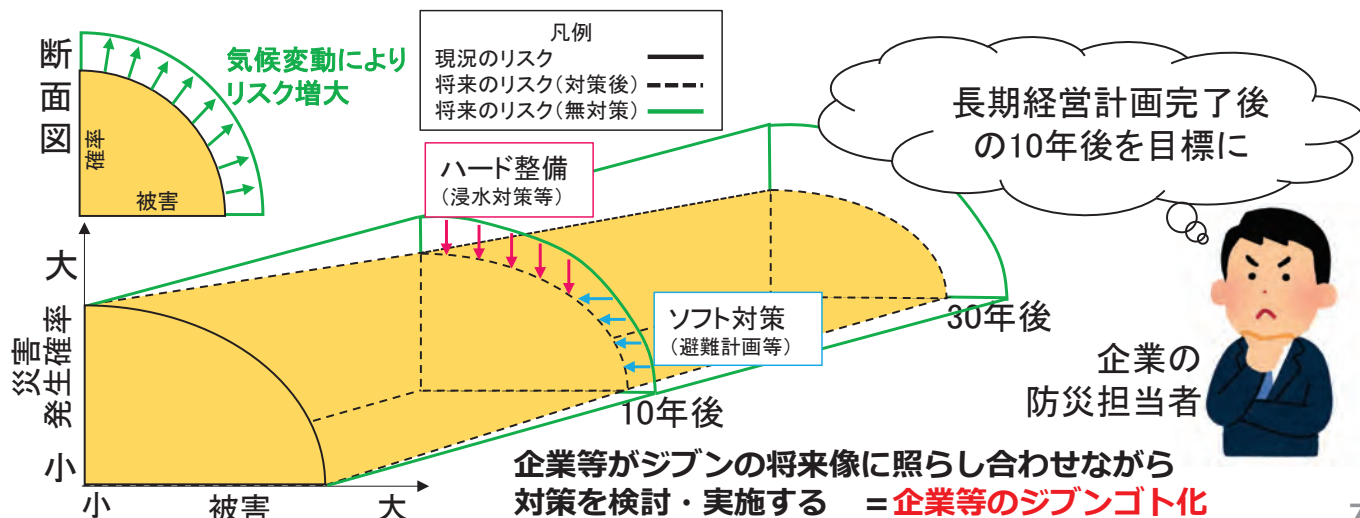
■ 水害保険による効用の回復イメージ

湧川(2024)



将来から現在を振り返った時、住民・企業等が後悔ない対策を実施可能とする**時間軸上のバックキャスト**の考え方の構図

■ ピンポイントのリスク情報に基づいた企業のジブンゴト化

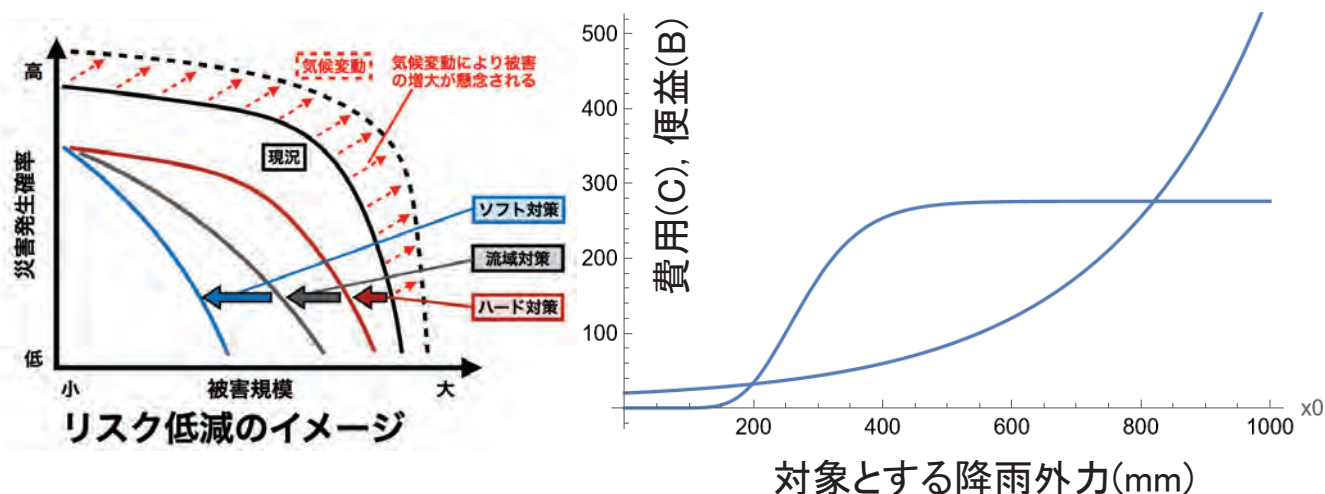


76

大小複数外力に対する費用・便益を求めよう

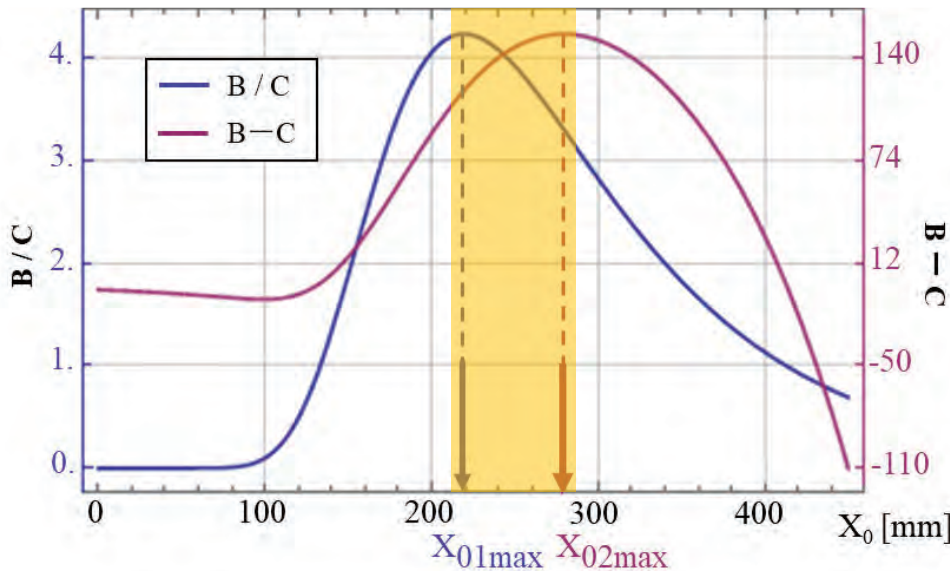
流域全体としてリスク低減につながるためのイメージ図

ある流域における異なる降雨外力ごとに費用(C)と便益(B)



災害立国としてのさらなる地域づくりの基盤

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となった。



*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

様々な外力に対するBとCを求め、そこで治水政策をしっかりと考える。治水経済調査マニュアルの改訂が必要となる。

山田ら(2024)

78

SIP

戦略的イノベーション創造プログラム
(SIP : エスアイピー)



SiP

戦略的イノベーション創造プログラム
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program

79

防災行動の促進に向けたリスク情報の創出

研究開発概要：流域スケールの風水害影響予測技術

～将来の気候変動に対応した個人・企業等の行動変容～

防災行動促進に不可欠な3つのシームレス情報

個人が防災行動に移らない、企業が防災活動等を行わない理由は何か？

本サブ課題B-①において、次のような仮説を設定した。

- リスク情報が、個人の人生設計や企業の中期計画に対応したものとなっていない。
- 平時と非常時・地域と地域を繋ぐリスク情報がなく、わが身に降りかかることと認識されていない。

行動変容の実現に不可欠な3つの“シームレス”なリスク情報

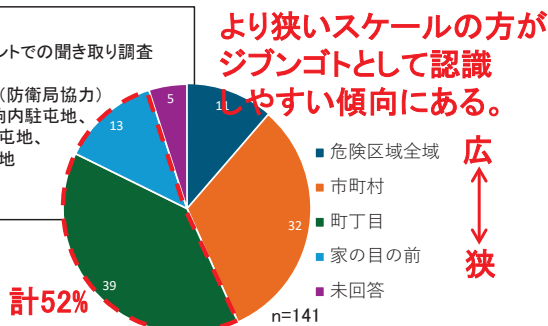
- ・**現在と将来を繋ぐ**：“ライフステージ”に応じた将来リスクを見据え、現在を選択する。
- ・**地域と地域を繋ぐ**：他地域の災害を自身の地域のこととして想起させる。
- ・**平時と非常時を繋ぐ**：日常の予報段階から災害時に生じるあらゆる浸水シナリオを提示する。

個人

非常時にどの程度の範囲のリスク情報であれば大雨災害を「ジブンゴト」として考えるか？

概要

自衛隊イベントでの聞き取り調査
調査主体：
北海道大学（防衛局協力）
6/9札幌真駒内駐屯地、
6/16帯広駐屯地、
9/15千歳基地
対象：
計141人



企業

年代別情報に関する利用者側からのニーズ

概要

懇談会名：
気候変動リスク・機会の 評価等に向けたシナリオ・データ関係機関懇談会
目的：
データの提供側と利活用側が、互いのニーズや課題、今後の対応の方向性等について、双方向で情報・意見交換を行う。

https://www.mlit.go.jp/river/shi/ngikai_blog/sd/index.html

2024/3/19

第10回議事要旨一部抜粋・要約

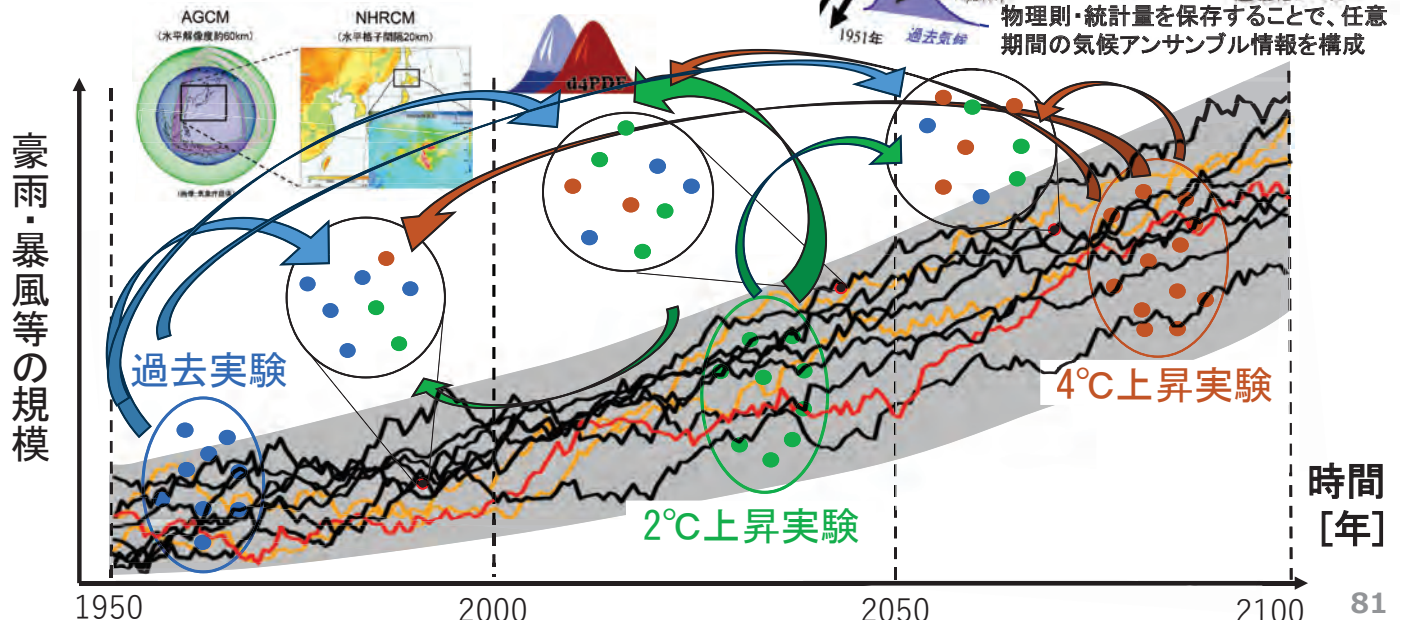
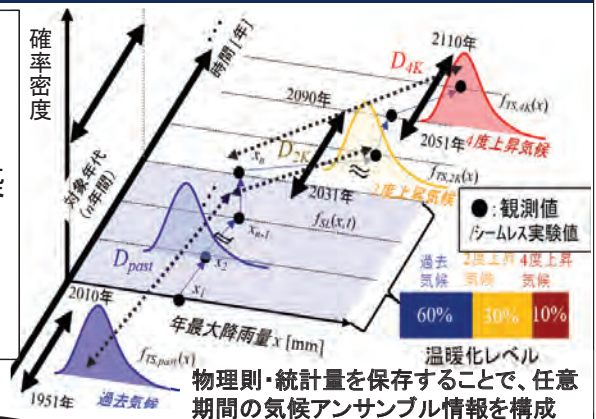
・企業の気候変動リスク評価では、**2030年、2050年の時間軸を設定**している。
・データとして用いるd4PDFIは、**2度、4度という温度ベース**となっているため、**どのくらいの年代に相当するかを出していただくと有難い。**

80

地球温暖化の進行に対応した気候変動予測情報の創出

- 現行の計算科学・資源では、**地球温暖化の進行フェーズをシームレスに統合し、かつ多数アンサンブルを有する高解像度の気候情報の創出は事実上不可能**である。
- 情報理論と物理則の保存に基づく数理手法の提案・構築し、地球温暖化の進行に伴い発生し得る極端気象現象を推定可能とする、**シームレス型アンサンブル気候情報を創出した。**

過去気候:3,000年間分、2度上昇気候:3,240年間分、
4度上昇気候:5400年間分



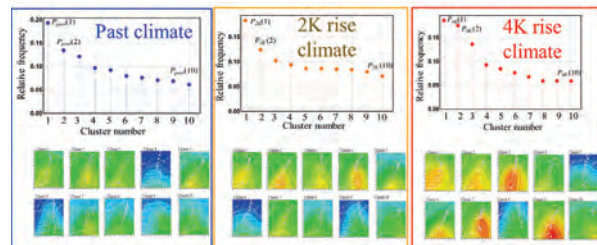
81

情報量の保存則: 観測期間やある年代における**極端現象の発生頻度に関する認識の度合いを平均情報量**として表現する(母集団分布の裾野の事象を経験するほど、流域に降る豪雨の自由度(情報量)は小さくなる)。情報源のエルゴード性を仮定すると、等価な平均情報量を有する系列は、**観測・シームレス実験値と同一の母集団分布に従う**→**任意の年代のアンサンブル情報構築が実現**

[STEP1] 観測値(ノシームレス実験値)の有する時間平均情報量 $\overline{H(X)}$ の推定(情報量の定量化)
確率密度

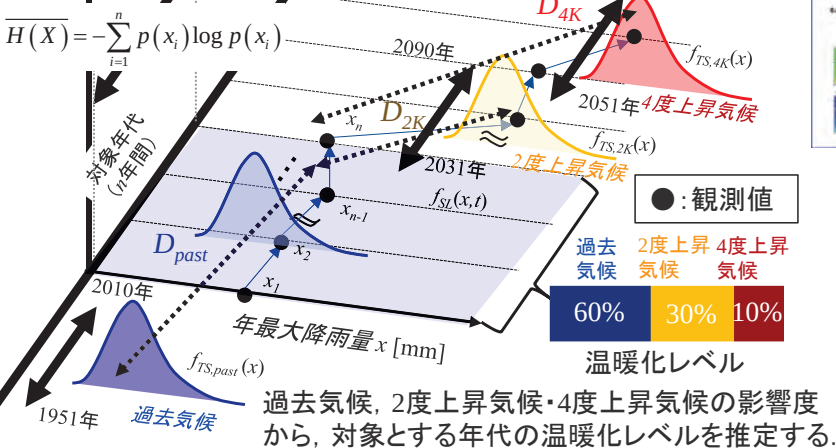
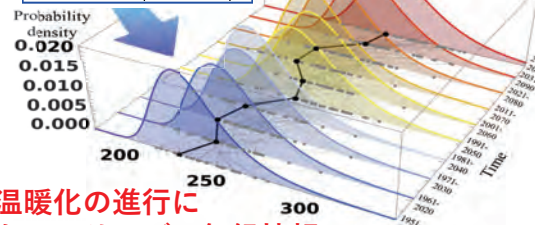
[STEP2] KLダイバージェンスによる対象とする年代における温暖化レベルの推定

環境場の物理的生起頻度 $P_i(c_j) = \frac{n_{c,i,j}}{\sum_{j=1}^{10} n_{c,i,j}}$



[STEP3] 環境場の出現頻度を考慮したタイムスライス実験値のサンプリング

$$\overline{H(X)} = \langle H(X) \rangle$$



[STEP4] 観測(ノシームレス実験)の時間平均情報量と等価な集合平均情報量を与えるタイムスライス実験のサンプリング

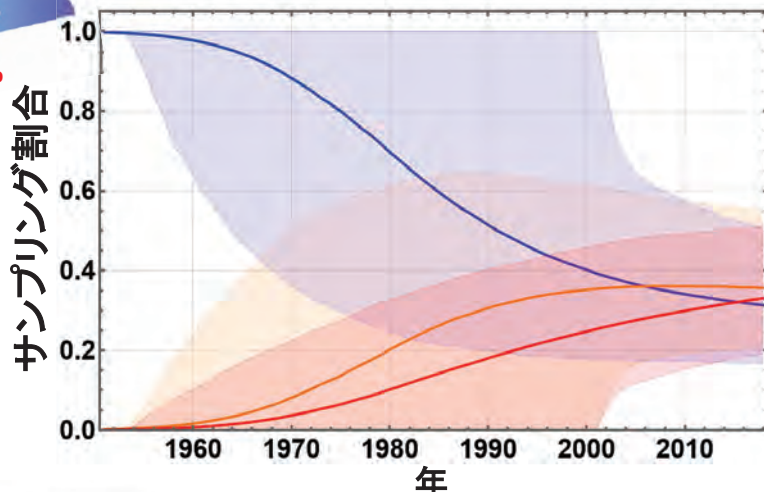
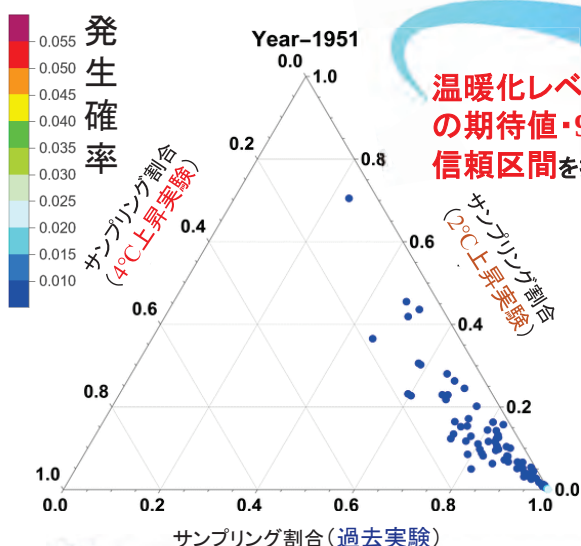
地球温暖化の進行に応じたアンサンブル気候情報

82

観測実績を再構築する上で将来気候情報はどの程度必要となるのか?

情報理論と物理則の保存を考慮することで、**時間連続かつ大量アンサンブルの気候情報の創出が可能**となる。

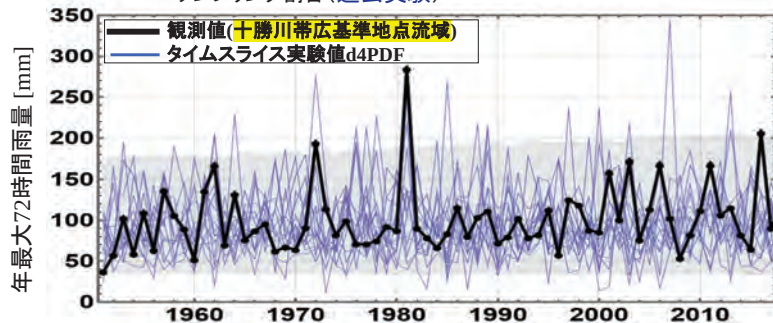
サンプリング割合の期待値
— 4上昇気候
— 2度上昇気候
— 過去気候



※青色、橙色、赤色の範囲はそれぞれ過去、2度上昇、4度上昇気候からのサンプリング割合の95%信頼区間を表す。

観測期間において、**年最大72時間雨量の時系列**が取り得た範囲が定量化可能となった。

※灰色の範囲は、所与の時点における年最大72時間雨量の95%信頼区間を表す。

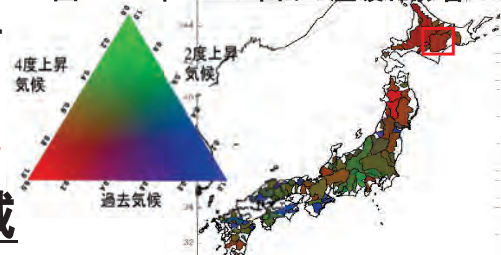


83

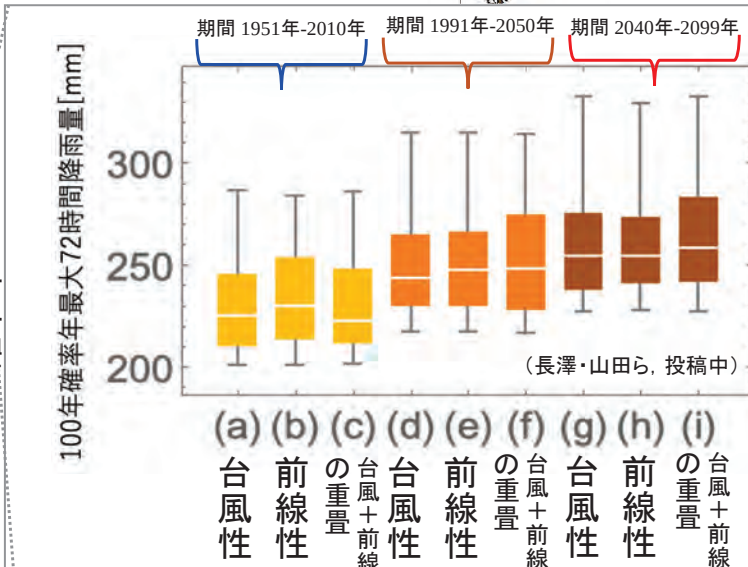
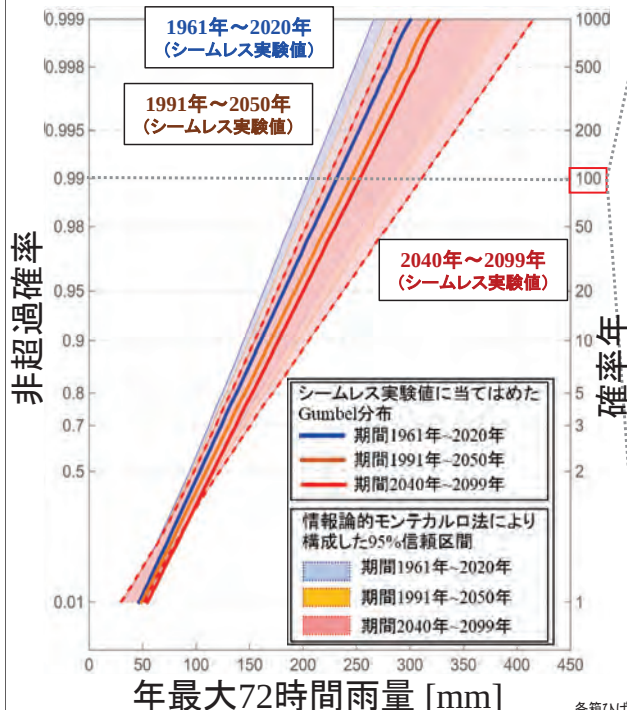
シームレス型アンサンブル気候情報の創出

観測・時間連続実験値を再現するために必要な過去及び将来気候情報を明らかとした。
任意時点での温暖化強度を定量化するとともに、**極端現象の規模と発生頻度の時間連続な推定を可能とした。**

109水系の温暖化レベル評価
図：2040年～2099年代の温暖化影響



十勝川流域

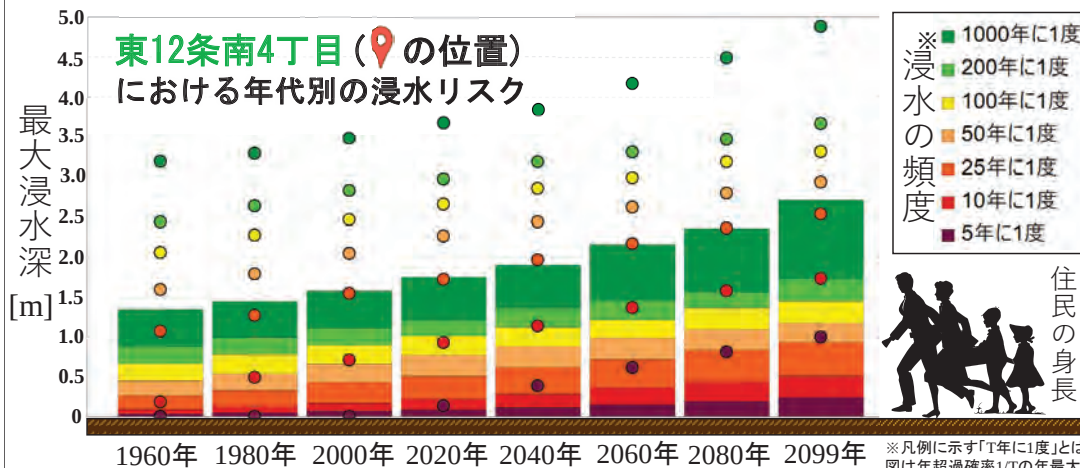
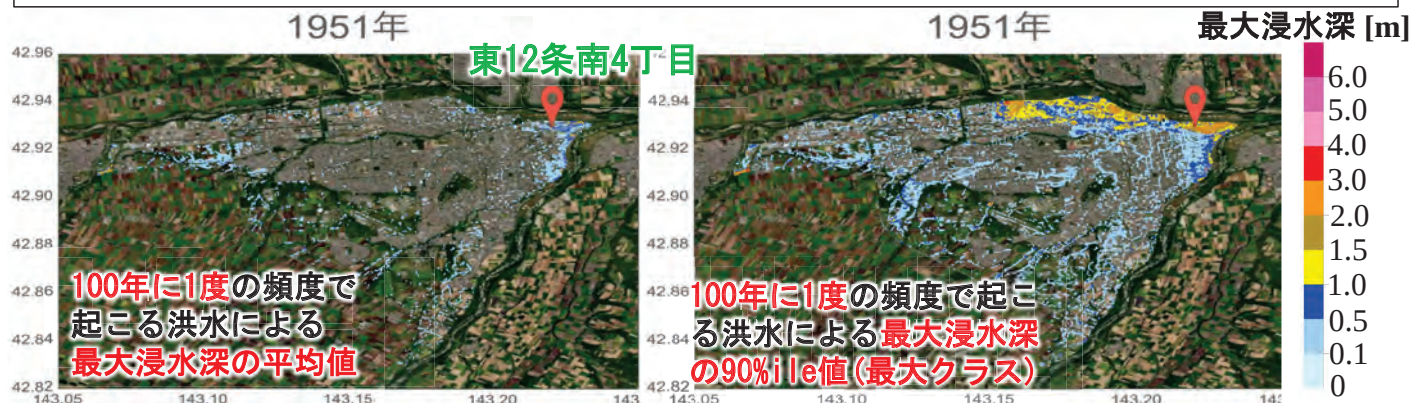


今世紀中盤～末(2040年～2099年)の年代では、**前線+台風の重畳による極端豪雨の強度が増加する**

各箱ひげ図において、箱の下端は最小値、上端は最大値、箱部の下端は第一四分位数、白線は中央値、上端は第三四分位数をそれぞれ表す。

地球温暖化の進行に対応した水害リスク情報の創出

地球温暖化の進行に伴い激甚化する**浸水被害の規模と発生頻度を、地先スケールで提示可能**とし、防災行動を促進するための判断材料として活用可能な情報を創出した。



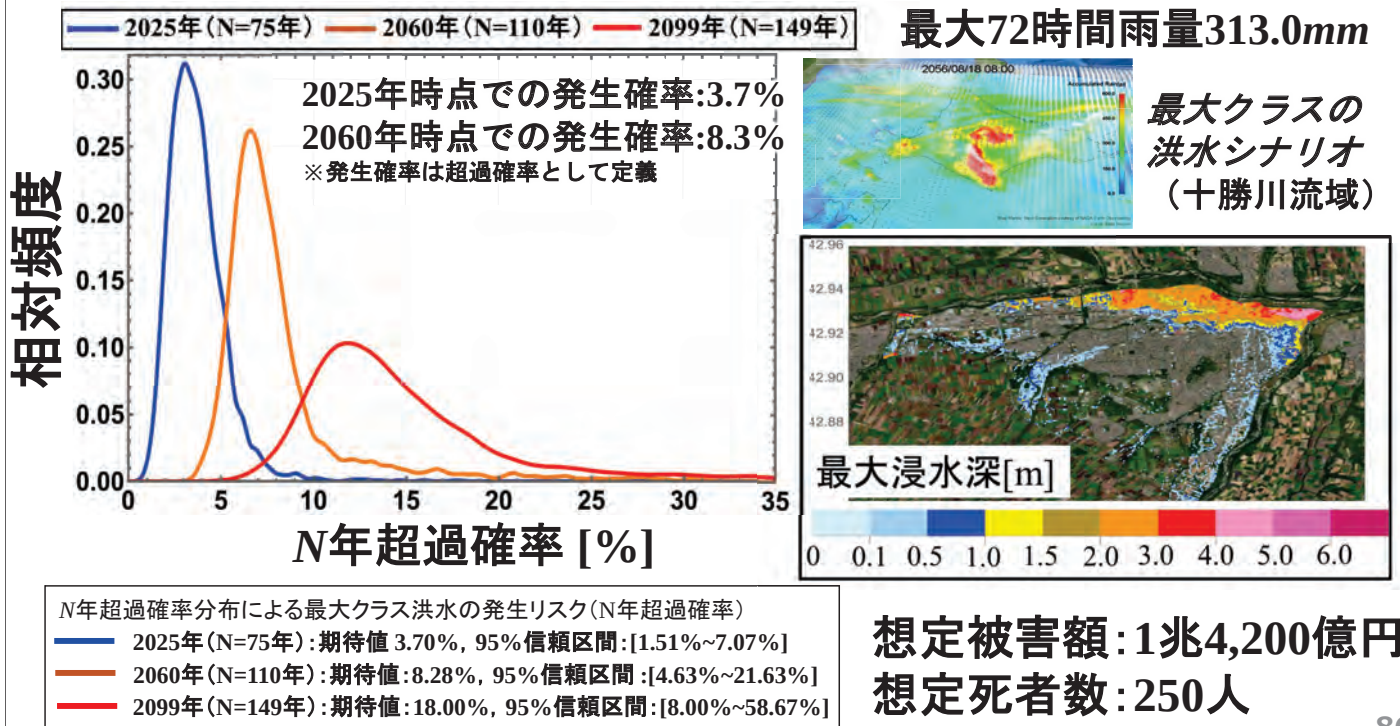
棒グラフは最大浸水深の平均値、「●」はその90%ile値を意味する。



※凡例に示す「T年に1度」とは、1年間の超過確率が1/Tであることを意味する。図は年超過確率1/Tの年最大降雨イベントに伴う最大浸水深の規模を示す。

最大クラスの洪水イベントの年代別発生リスクの提示

- 十勝川流域において最大クラスの降雨量をもたらす4℃上昇シナリオ下の豪雨事例を対象に、年代別の発生確率を定量化した。
- **最大クラスを含む風水害シナリオの出現確率を時間軸上で把握でき、洪水対策や中長期計画の時間スケールに対応したリスク情報を生成可能とした。**



86

取り得た台風経路次第と被害が激甚化した可能性

2016年台風第10号は、**取り得る可能性のある経路を考慮すると、更なる大災害をもたらす可能性があった。**

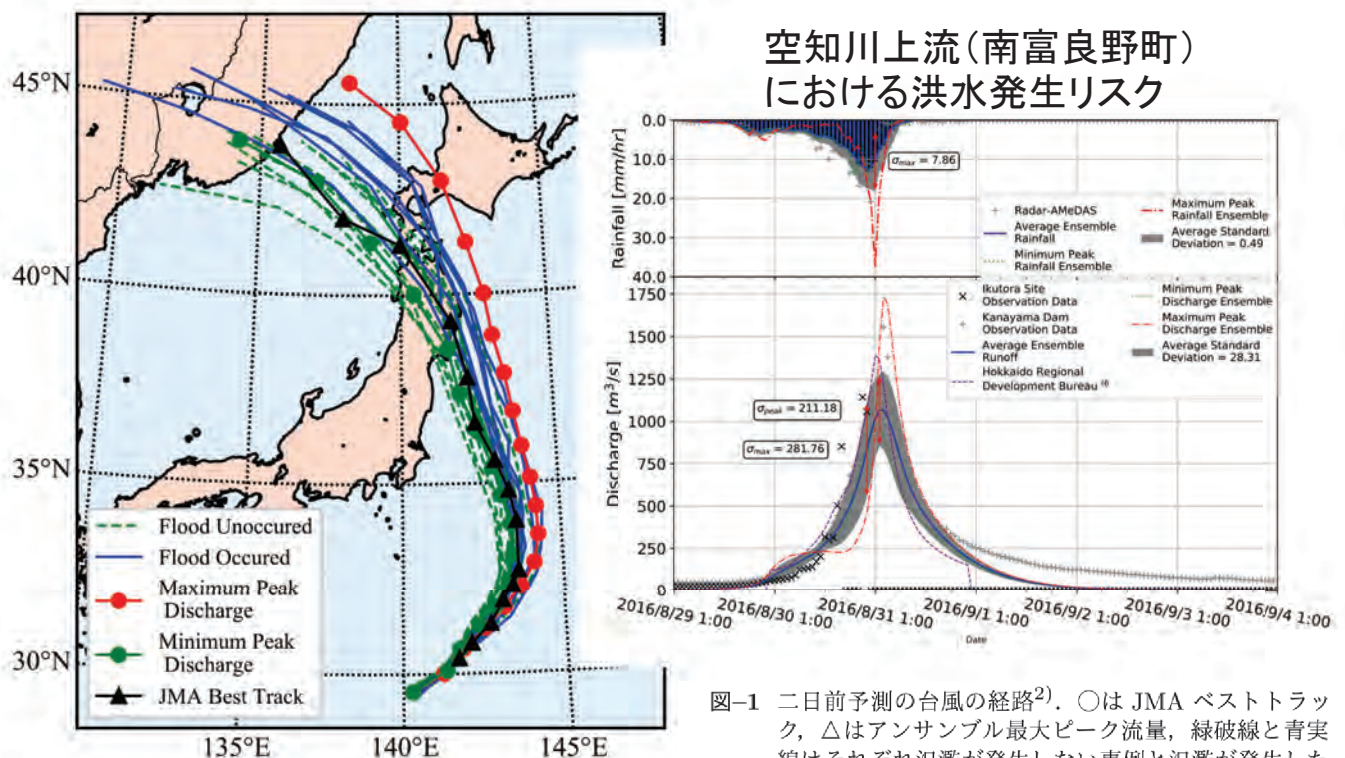


図-1 二日前予測の台風の経路²⁾。○は JMA ベストトラック、△はアンサンブル最大ピーク流量、緑破線と青実線はそれぞれ氾濫が発生しない事例と氾濫が発生した事例として加筆した。

(イザーズ・山田ら, 2019)

87

令和6年9月能登半島豪雨級の豪雨は将来予測においてどの程度存在するのか？

能登半島

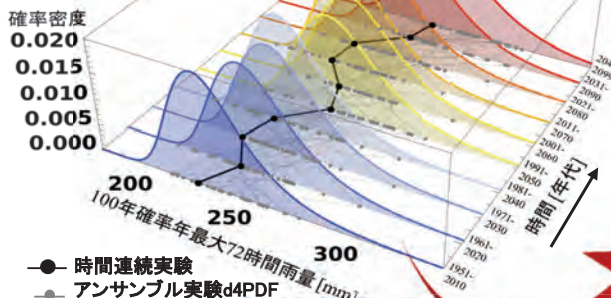


- 18水系23河川で
溢水等発生※1
- 死者13名、土砂
災害や地すべり
が多発・広域、
多地点で通行止
めが発生※2

※1 国土交通省 北陸地方整備局
※2 日本経済新聞

東京新聞

例：十勝川流域を
対象とした解析結果



- 時間連続実験
- アンサンブル実験d4PDF

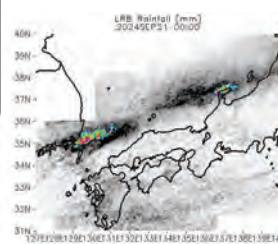
台風：(星野・山田, 2022)
線状降水帯：(大屋・山田, 2023)
前線：(Yiwen・山田, 2024),
(宮本・山田, 2024)

極端気象現象の因子の重量
を考慮した高精度な抽出手法

過去の極端現象の可能性の幅を提示できる。
地域・流域における極端現象の規模と発生
頻度の定量化が可能となる。

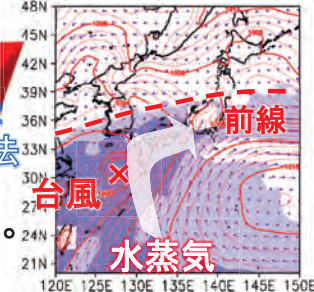
極端気象現象の因子の統合的抽出手法の
導入により、**能登豪雨の類似事例の発生
可能性と気候変動影響が定量化可能**となる。
気候モデルによる将来予測に
存在する能登豪雨の類似事例

実測降雨



9月21日の積算雨量(白黒)と線状
降水帯による雨量(カラー)気象庁
C-band*を用いて作成*京都大学
生存圏データベースより取得

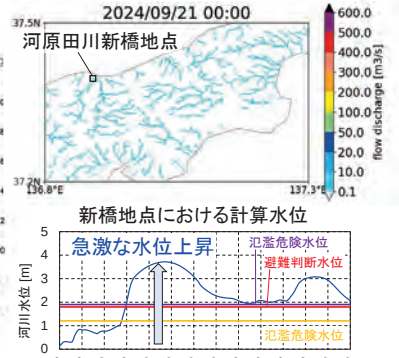
アンサンブル気候データから
抽出した事例の気象場



能登事例のような極端気象現象
の発生頻度等が判明する

アンサンブル気候データ(4K度上昇)
から抽出した事例(Hirockawa et al.
(2020)の手法を適用)

Cバンド雨量を用いた流出解析結果



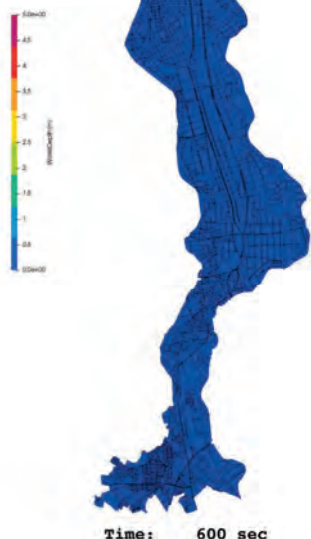
88

起こり得る氾濫パターンの考慮を可能とする新たな氾濫解析手法の構築 アンサンブル氾濫解析手法の導入

従来法に比べて3000倍高速な氾濫モデルの構築により
大量アンサンブルに対応可能な高速計算を実現

新しい解析手法(常総水害の再現計算)

- 空間解像度：道路や街区を柔軟に表現
- 格子数3000点(従来法の1/60)
- 1スレッドで計算
- 実時間2分 / 計算時間42.5時間
(従来法の1/60)



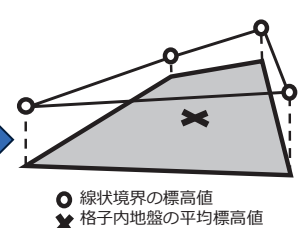
Time: 600 sec

道路網に基づいた任意多角形格子により圧倒的な格
子数削減が可能となり、リスク評価に耐えうる大量ア
ンサンブルメンバに対応可能な氾濫モデルによる浸
水リスク情報の創出が可能となった。

茨城県常総市石下地区の道路マップ



道路網をそのままモデル化



計算所要時間は約5日(従来の3000倍早い)

- 年最大降雨イベント2196ケース
- 破堤点80箇所
- 計算時間2分 x 48スレッド

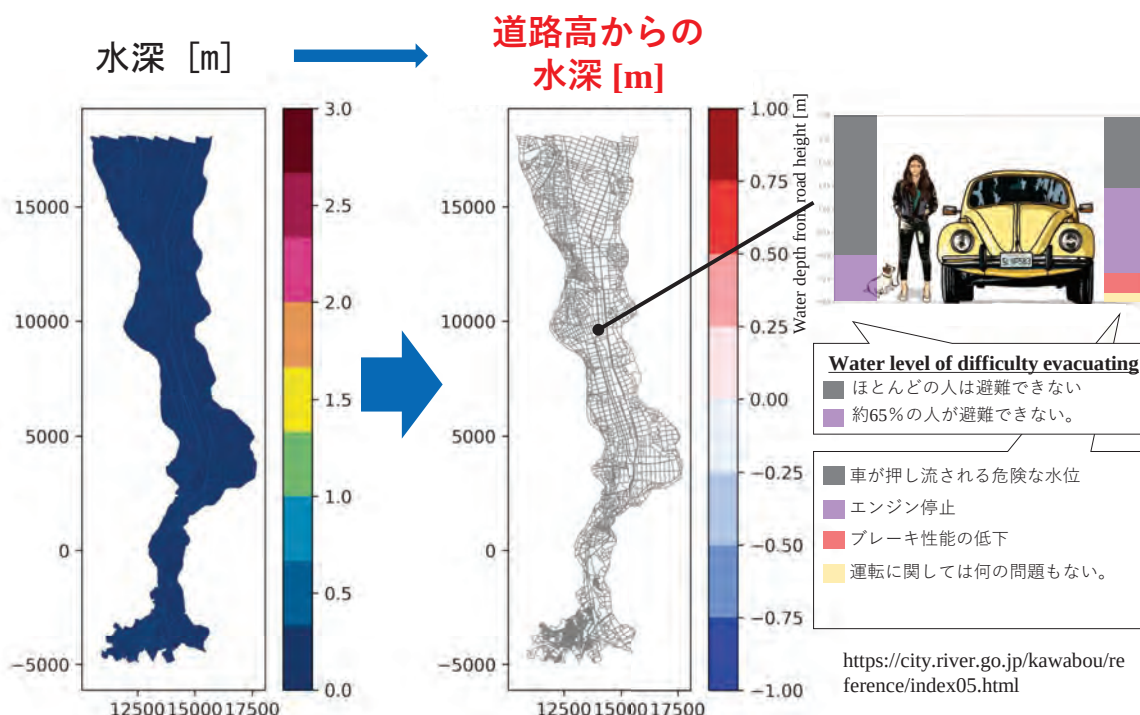
89

新たな氾濫モデル（地形適合格子モデル）の特徴

【リスクコミュニケーション】 人々は普遍的かつ習慣的に道路を利用しており、地域に対する人々の認識は道路から見渡す景色によって形成される。

【リスク評価】 道路網が疎な地域は平坦な地形かつ建物が少ない一方で、密な地域ほど複雑な地形で建物などの資産が集中する。

【氾濫現象】 道路は周辺標高より高い場合があり、氾濫流の広がりを阻害する。



90

(1) ① 対象とした地区，豪雨イベント，アンケート調査：

武内(国総研)発表資料より

中央大学 河川・水文研究室が中心となり、対面形式で実施した避難アンケート調査結果を用いて分析。



松末地区，杷木地区(福岡県朝倉市)
 筑後川水系赤谷川流域
 平成29年7月九州北部豪雨



石下地区(茨城県常総市)
 利根川水系鬼怒川
 平成27年9月関東・東北豪雨

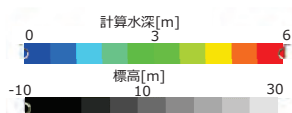
91

洪水氾濫解析による浸水拡大状況と住民の避難行動

B.C. 鬼怒川の上流端流量（観測値）

2015/9/10 04:00

- 避難した世帯の代表者(161)
- 避難した世帯の代表者(142)
(避難開始時間と避難先不明)
- 避難しなかった世帯(209)



12:50に
堤防決壊

計算格子：
10m×10m
 $\Delta t=0.2s$

避難先が不明な住民は
この枠内へ移動

B.C.
鬼怒川の水位
(観測値)

6:00過ぎ
に溢水

B.C. 八間堀川の上流端流量
(流出解析より算出)

ヒアリング調査 516件

「避難した」と303件のうち、
避難経路と避難開始時間・
避難先到着時間が分かる
161件の動線をプロット

溢水箇所周辺の人々は浸水する
前の早い段階で避難をして
いる住民が多い

水海道市街地や鬼怒川・小
貝川沿いでは避難しなかった
住民が多い

14:00過ぎに
浸水が始まる

中央大学によるアンケート結果

92

体験映像

ICHARM
International Centre for Water Hazard and Risk Management
under the auspices of UNESCO



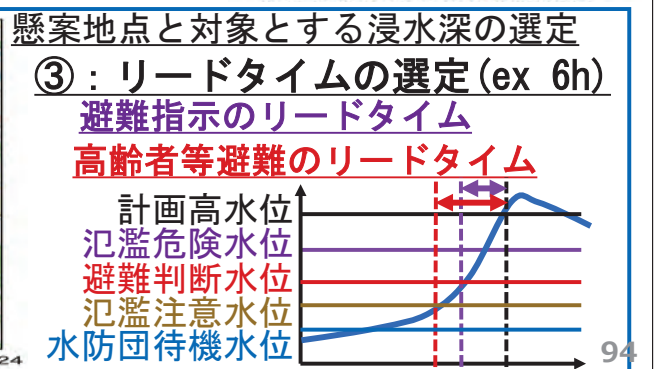
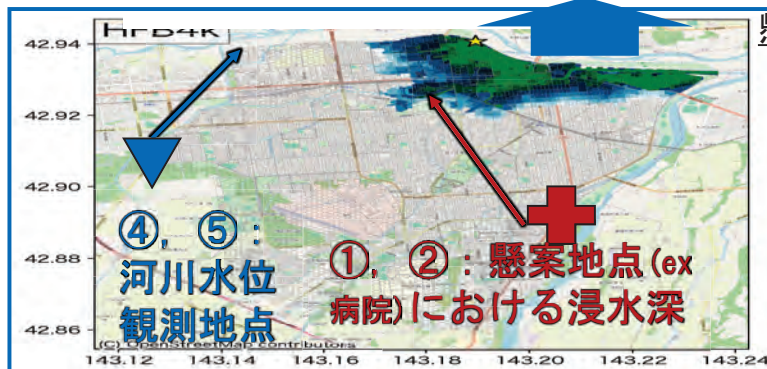
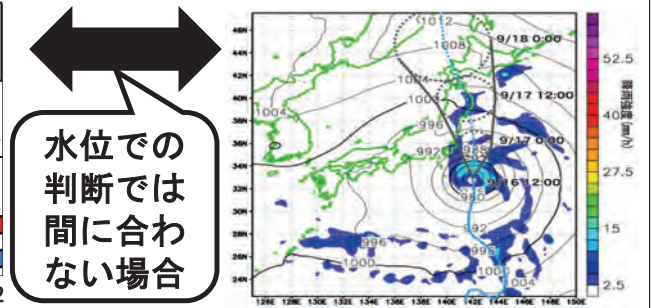
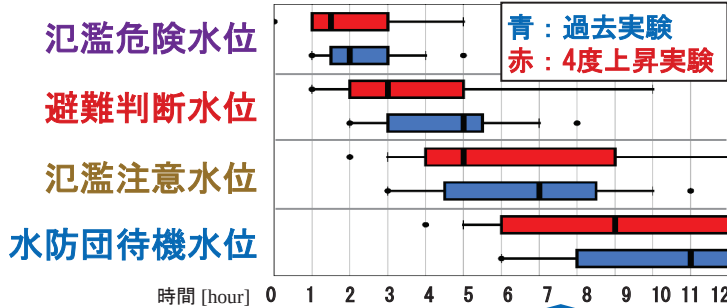
93

科学的リスク情報に基づく新たな防災対策の構図

科学的リスク情報の導入により、気候変動を踏まえた防災対策の意思決定を支援する基盤を構築する。→①懸案地点における②対象の浸水深を選択することで、③避難や事前準備に必要なリードタイムを把握し、④基準となるKPにおける⑤河川水位（河川水位では間に合わない場合は気象場等）の条件が把握できるようなる。

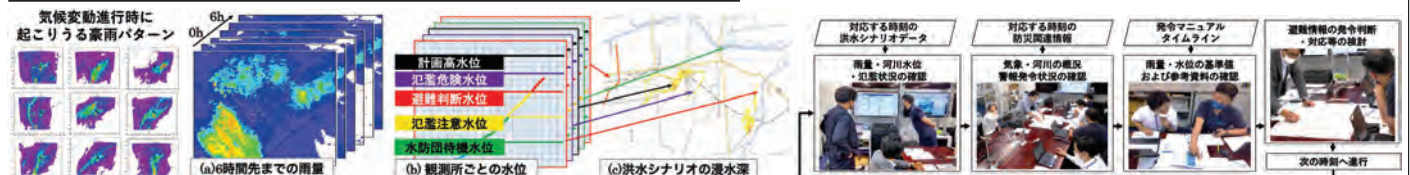
例：基準水位超過から浸水1mまでのリードタイム

氾濫に繋がる気象場や
降雨を事前に特定できる



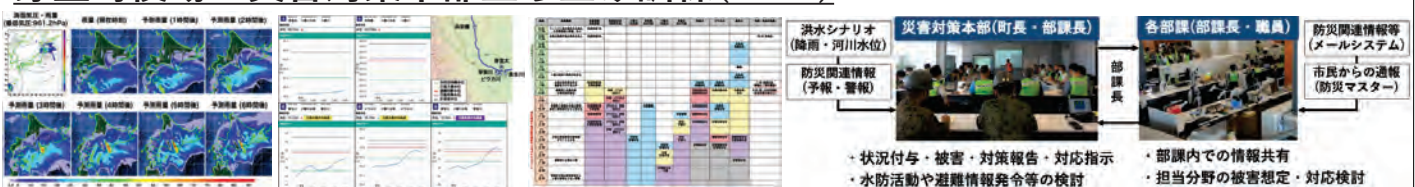
科学的リスク情報を用いた「日々の防災」の取り組み

帯広市役所 危機対策課演習(2021-2022)



気候予測情報から作成した洪水シナリオに基づき、災害時同様の可視化・ブラインド型で情報付与→具体的な時刻および場所への発令判断が実施され、知見・方針が獲得された

芽室町役場 災害対策本部立ち上げ訓練(2023)



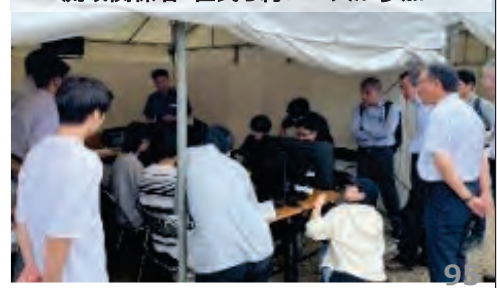
気候予測情報から作成した洪水シナリオを活用した、世界初の災害対策本部立ち上げ訓練 → 町長を含めて全ての役場職員が参加し、状況付与は予測の雨に基づいて作成された

2024年 北海道帯広市地域防災訓練



将来の風水害リスクを考慮可能とするリアルとバーチャルを組み合わせた世界初となる訓練を実践した。市町村に加え、住民や企業の事前防災活動への気候予測情報の導入を通して、リスク情報による防災行動促進を目指す。

北海道帯広市 地域防災訓練(2024/9/11)
流域関係者・住民ら約3000人が参加



市町村の防災訓練・演習における課題と取り組み

- ・気候変動により増大する雨に対してハード・ソフトで備える必要性
- ・住民避難の起点は主に市町村の避難情報発令と周囲の状況変化
- ・未経験の規模の豪雨時には市町村における状況把握が困難
- ・将来においては降雨の時空間分布の集中度が変化する可能性
- ・市町村の防災訓練では洪水ハザードマップや災害の記録を活用(十勝川流域6自治体)

洪水ハザードマップ

想定最大規模(1/1000年)降雨に
対す浸水深の地図情報

- ・時間変化を表現しない
- ・浸水以外の情報がない



過去の災害の記録

災害時の気象・河川水位・被害

- ・警報・対応等の記録
- ・今後起こりうる災害でない
- ・災害経験が少ない場合

ソフト対策においても気候変動の影響を考慮した方法が必要

2023年芽室町災害対応訓練



2021,2年十勝川流域市町村演習(計4回)



市町村との気候変動の影響を考慮した演習・訓練を実施

北海道芽室町での水害想定町民防災訓練

2025年6月(すまいる)

特集

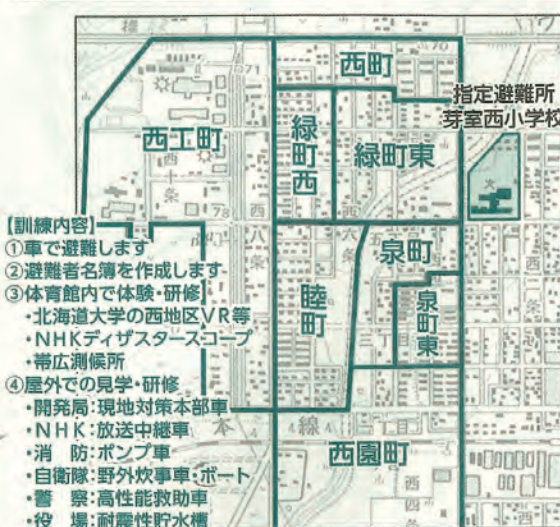
旬の
目次

みんなの
ひろば

たのしく
子育て

ホット
ボイス

令和7年度芽室町水害想定町民防災訓練のお知らせ



- 【訓練内容】
- ①車で避難します
 - ②避難者名簿を作成します
 - ③体育館内で体験・研修
 - ・北海道大学の西地区VR等
 - ・NHKディザスターズコープ
 - ・帯広測候所
 - ④屋外での見学・研修
 - ・開発局:現地対策本部車
 - ・NHK:放送中継車
 - ・消防:ポンプ車
 - ・自衛隊:野外炊事車・ボート
 - ・警察:高性能救助車
 - ・役場:耐震性貯水槽

- 6月22日(日)
 - 9時頃から12時まで
 - 左図の町内会地域にお住まいの皆様(町内会加入世帯及び未加入世帯も参加可能です。)
 - 芽室西小学校
 - 6月16日(月)までに
 - 役場総務課危機対策係に直接お申込み下さい。
 - ※住所・参加者名・連絡先を伺い必要な資料などを
お送りします。



今回訓練の前日21日(土)の17時と当日22日(日)の6時頃と9時頃に役場から
訓練気象情報を芽室町公式LINEで訓練参加者に配信します。訓練参加予定者は、
配信日までに必ずQRコードを読み込み訓練用LINEの受信設定を行って下さい。

QRの
読み込みは
こちらから



問総務課危機対策係 ☎62-9720 ✉s-bousai@memuro.net 2階6

08:30:00



地点1



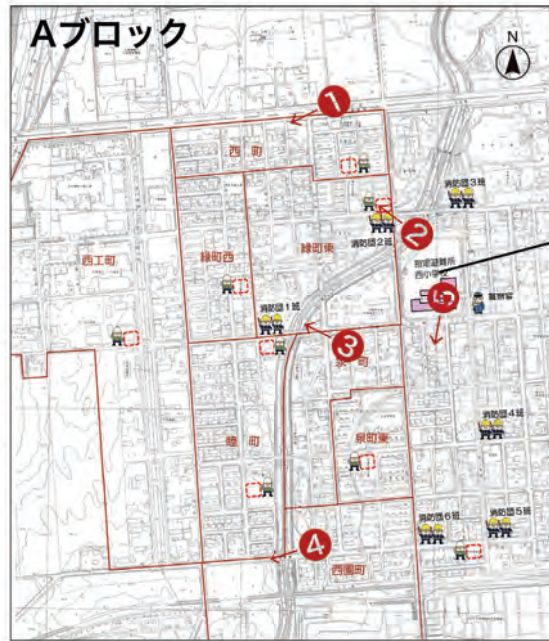
地点2



地点3



地点4



西小学校体育館



- ① 菖蒲園横(国道38号)
- ② イリス公園横
- ③ めむろ動物病院横
- ④ ピウカ川橋(道道715号)
- ⑤ 西小学校正門
- ⑥ 西小学校体育館入口

避難者到着待ち

西小学校
避難所開設済み

地点5

地点6

98

防災行動の促進に向けた「共創型水防災訓練」の実践

- 気候変動の影響を反映した風水害リスク情報を活用し、多様なステークホルダーによるリスクコミュニケーションを行う共創型水防災訓練を実践した。
- 自治体・企業・学校などとリスクコミュニケーションを実施し、地域ファシリテーターとの連携を行い地域特有のリスク情報、将来想定される訓練シナリオの創出をした。
- 共創型水防災訓練は、「流域治水のジブンゴト化」を推進する国土交通省の政策に呼応し、その実現を担うリスクコミュニケーションの手法として導入を推進する。
- R7年度には、北海道 芽室町の災害対策本部との訓練を通じて、住民の避難意識向上、職員の危機対応能力向上、共創型水防災訓練の枠組みの有効性を実証した。

学習、リスク認識 Plan

- ✓ 演習実施者の安全知識レベルの把握基盤形成を図る。
- ✓ 気象から氾濫までの一連の現象を含めた氾濫リスクを揭示し、演習実施者に対して身に迫るリスクを認識してもらう。



※芽室町長及び職員50名以上参加

訓練の実施 Do

- ✓ 災害時に適切な行動をとるための演習実施者の能力向上を図る。
- ✓ 防災体制やシステム・ツールの実効性を確認する。



※全庁職員が参加

評価、問題点・課題の抽出 Check

- ✓ 災害ジブンゴト化の効果を定量的に検証。
- ✓ 訓練自体及び防災体制、システム・ツールの実効性、問題点を明らかにする。



北海道大学による訓練シナリオの詳説

※統括総務部等の13部

継続的取り組み

- ✓ 知識を行動に変え、習慣化するための継続的な方法としての取り組みの推進する。
- ✓ 防災に興味を持ってもらう取り組みや地域コミュニティを強化する取り組みを実施する。



VRの活用

2024.9-11稲田小学校での防災教育(北海道水工コンサルタント主催)の様子

訓練 D

学習 P

評価 C

共創型水防災訓練

継続

改善 A

改善点の整理 Act

- ✓ 訓練で明らかとなった改善点を整理し、防災計画や次回訓練に反映する。
- ✓ 改善点を踏まえ、システム・ツールを改良、改善する。

99

地域防災訓練@帯広市 (2024/9/10)



帯広周辺を再現した洪水避難体験VRを開発し、宮坂建設主催の地域防災訓練で帯広市の学生や地域住民に体験会を実施

実際の自分の視点に近いVRの体験を通して洪水が自分たちや家族、友人にふりかかるかもしれないと考えるきっかけに

100

防災クリング試走会@豊平川 (2024/8/8)



土谷基成さん (T2LINK)と共に企画した防災とサイクリングを結びつけた活動。初回の試走会では参加者13人が自転車で豊平川の治水施設を周り、意見交換を行なった。

**参加者の多くが「会議室で話すよりも会話が弾んだ」
普段何気なく通り過ぎる川や防災施設を考えるきっかけに**

101

八剣山大感謝祭（ハロウィン）
@八剣山ワイナリー焚き火キャンプ場 （2024/10/27）



八剣山ワイナリー焚き火キャンプ場にて大感謝祭に参加。1000人を超える来場者（コスプレ）にキャンプと避難をテーマにしたアンケートを実施。

**キャンプ生活と避難生活は似ているという声
防災とレジャーを結びつける方法を模索**

102

世界各国の水害に関する 適応策の動向

103

諸外国の河川整備の概況

- ・ 欧米諸国では、**気候変動を考慮した河川整備を実施**
- ・ 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、**67.7%※¹（2018年時点）** ※¹ 出典：国土交通省：直轄河川堤防整備状況等、2018.

- **米国**：ハドソン川下流域(NYC)において、気候変動を踏まえた浸水リスクを算出した.
- **英国・独国**：温暖化シナリオを用いて、**気候変動分を堤防の余裕高に上乘せ**している。
（UK、Environment Agency、2016、KLIWA、2009）
- **蘭国**：ハザードベース(~2016年)→**100%完了**、**リスクベース**(2017年~)→25%完了

・ 特に米国・NZでは、自治体を中心に治水対策を実施

- **NZ**は、全国17地域ごとの評議会（**Regional Council**※²）にリスク軽減計画の作成と実施に権限と責任を持たせる。 ※² 環境・国土問題に関する専門の意思決定の議会、全国に11分かれる
- **米国**は、連邦堤防の基準(1/100年超過確率)より**地方自治体の判断が優先**される。
- **仏国**は、堤防の氾濫防御基準は**各地区のステークホルダーが設定**する。



ライン川

マース川

テムズ川

ミシシッピ川

ハドソン川

（土木学会「河川の体力診断※の中で著者ら実施の内容(現在、17国23河川)」）

※ 諸外国との比較から道路・河川・港湾の整備水準を判定する

104

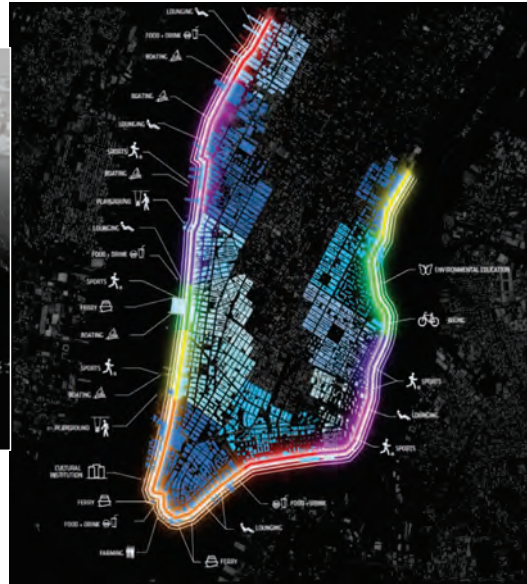


105

ニューヨークの新しい都市計画「Big U」

ニューヨーク市を洪水から守る27億900万ドル(約4000億円)のプロジェクト堤防としての機能する巨大な公園と防潮壁を備えた商店街を同時に築く計画。

コペンハーゲンとニューヨークに拠点を置く建築家のBJARKE INGELS(ビャルケインゲルス、デンマーク生まれ)が率いるBIG(ビャルケ・インゲルス・グループ)社が提案した。



出典：PROJECT PAGES: THE BIG U,
<https://rebuildbydesign.org/work/funded-projects/the-big-u/>

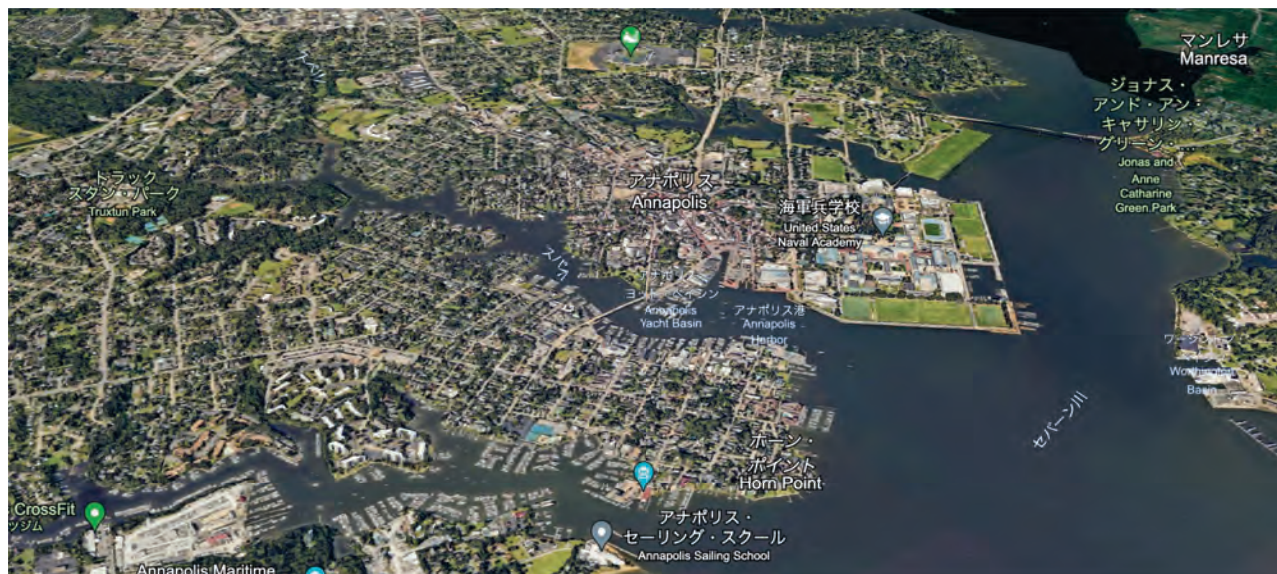
108

可動式防水壁：米国のWashington DC



109

下流域での事例：米国のAnnapolis市



110

下流域での事例：米国のAnnapolis市

市街地を可動式防水壁による対策を準備中

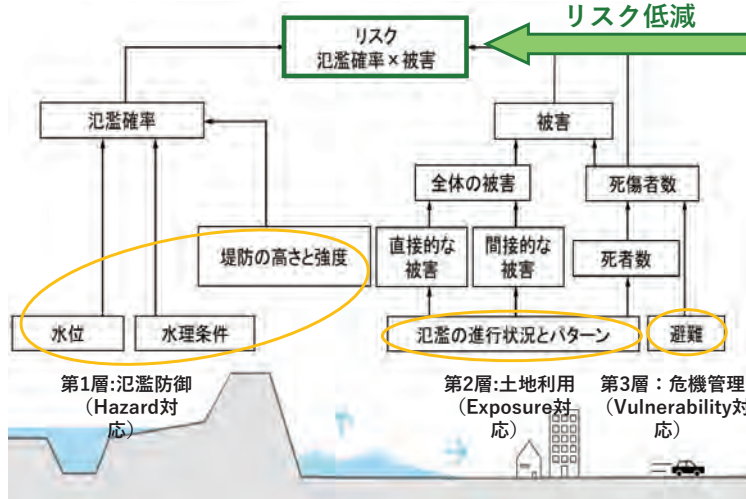


111

リスクベースの治水計画の事例(オランダ)

オランダ

オランダでは、**リスク**を事象の発生確率(**氾濫確率**)とそれによる影響(**被害**)のかけあわせと定義し、**重層的氾濫リスク管理**によって対策を講じすることで、リスク低減を目指している。



リスクベース・アプローチ概略図

<https://english.deltacommissaris.nl/delta-programme/documents/publications/2013/09/17/delta-programme-2014>

重層的氾濫リスク管理

第1層:氾濫防御

氾濫防御基準に基づいたハード対策



第2層:土地利用

氾濫流を抑制する土地利用



第3層:危機管理

氾濫に対応する危機管理



ドルドレヒトの事例

- ・**氾濫防御基準**に基づいて、堤防の安全性評価と**堤防強化**
- ・堤外にある旧市街地では、小規模な氾濫に対する防御として**止水板**や**土嚢**を使用

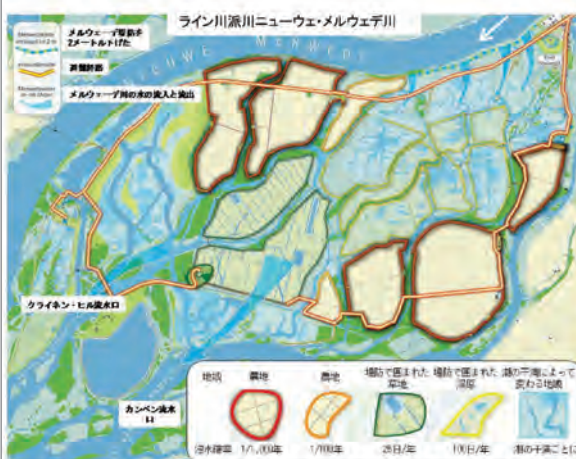
- ・二次堤防を強化し、「区画化(compartmentalization)」によって都市部を守る。
- ・家屋の所有者が**家屋の耐水化**や**高床化**を実施。

- ・**防災教育**として、展示やゲーム、屋根裏への避難訓練など実施。
- ・サイレンやSNS、携帯メール等を用いて住民へ**情報周知**。
- 原則、**垂直避難**を推奨。

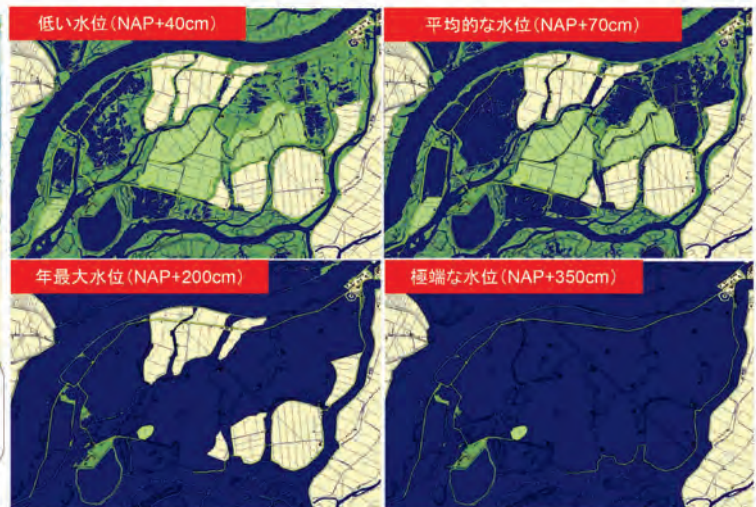
112

Room for the Riverで実施された河川整備 ノールトワールの事例

■部分的に延長2kmの堤防を切り下げること、大量の河川流量を流下させることができるようになった。ライン川派川ニューウェ・メルウェーデ川の水位がNAP(アムステルダム標準水位)+200cmに達した場合にノールトワールに流れ込み、流入部付近のウェルケダム(Werkendam)では6cm、さらに上流部のホルクム(Gorinchem)では30cmの水位を低減させることができる。※1※2



Room for the Riverで実施された具体的な河川整備
(参考資料※2をもとに一部編集)



水位ごとの浸水状況(参考資料※3をもとに一部編集)
NAP:アムステルダム標準水位

- 出典: ※1 Rijkswaterstaat Room for the River department of communication, Room for the River for a safer and more attractive river landscape, <https://www.ruimtevoorderivier.nl/english/>
 ※2 Sytse Stuij, Innovation in Integrated Watermanagement and Landscape, http://www.nlandscape.nl/sites/default/files/case/ecoshape_presentation_noordwaard.pdf
 ※3 Rijkswaterstaat, De-poldering Noordwaard: Plan, process and procedure

93

113

ドルドレヒトでの第1層氾濫防御＝“予防”

- オランダでは可動堰などを導入している地域がいくつかあるが、ドルドレヒトでは小規模な氾濫の対策として、過去から行われてきた止水板や土のうを用いている。
- 現在、河川水位に応じて機能を発揮する可動式の堤防を計画中である。将来的には、イノベティブな文化財を守りつつ、街を安全にしていける予定である。



平常時と洪水時の小規模な氾濫対策の状況(ドルドレヒト市の視察時説明資料※をもとに作成)



視察時の運河の状況※

増水時の運河の状況のイメージ※

出典：※ 2019/6/21 ドルドレヒト市での治水分野における気候変動適応策に関する意見交換会

104

出典：国土交通省北海道開発局, 第3回 北海道地方における気候変動を踏まえた治水対策技術検討会 参考資料,
https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/kn/kawa_kei/splaat000001weys-att/splaat000001wf69.pdf

114

2023年オランダ現地調査@オランダ (2023/7)



オランダ・マース川周辺の河川堤防や治水施設や調査

土地利用に応じて左右の堤防や水制工の設計が異なる
高水敷や堤防等の河川空間をレジャーのために活用
地域が有する排水施設等のインフラを観光資源に

115

水管理委員会所有の遊水地

大きさは様々で、リンブルフ州内に500以上ある。
平時は農家に貸し出している場所もある。
土砂が流れ出にくいように草を生えたままにしているとの話があった。



放牧された動物

バスの移動中、放牧された牛や馬が草を食べている様子が何度も見られた。
放牧地の草は刈り取りが行われたように整っていた。



116

世界への発信

117

GEWEX (Global Energy and Water Exchanges)

2024年7月の札幌開催が決定しました(2023年5月初旬のGEWEX-SSGにて)。



ISC
国際学術会議



UNESCO-IOC
ユネスコ政府間
海洋学委員会
共同出資



WMO
世界気象機関



UNEP
国連環境計画

GEWEX設立経緯

当時の地球観測システムを改善する必要があるとの認識から生まれ、WMOとICSUにより世界気候研究計画(WCRP)のコアプロジェクトとして承認



WCRP

設立当初からIPCC, 特に第1作業部会(WG1)の科学的支柱として貢献



貢献



IPCC
気候変動に関する
政府間パネル

GEWEX 118

The 9th GEWEX-OSC (2024) 札幌大会

起こり得る事象を推定可能とする「アンサンブル」の概念に立脚した地球水循環システムの解明とそれに基づいた意思決定の在り方・普遍性を提示した。

- 初の日本開催となる第9回全球エネルギー水循環プロジェクト国際会議(The 9th GEWEX-OSC)は、過去最多の**1300名程度**が参加した。
- 複数省庁(国土交通省、内閣府、文部科学省、農林水産省、経済産業省、国土交通省等)が参加する枠組みを構築し、産官学を横断した連携を推進した。

開催期間: 2024/7/8~7/12
開催場所: 京王プラザホテル札幌
(北海道札幌市)
参加人数: 1300人(45か国)



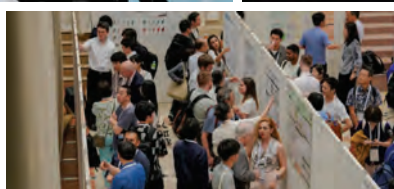
◆初日(2024/7/8)

- ・開会式・主催者のスピーチ・招待講演
(**内閣総理大臣からのメッセージ**)
- ・4つのセッション・ウェルカムレセプション

◆2日目 - 4日目(2024/7/9-11)

- ・招待講演、ステークホルダーセッション
- ・ステークホルダーセッション大: 国交省、農水省、環境省、JICA/JSTによるセッション
- ・ステークホルダーセッション小: 大学、研究所、自治体等からのセッション

◆5日目(2024/7/12)・閉会式



国際会議の地元開催と世界の方向性の提示

- GEWEX-OSCにおいて、「水と気候」をテーマに、科学と意思決定者が交わる議論の場を世界で初めて実現した。我が国の各省庁が共同で、科学的リスク情報に基づく定量的な評価の重要性を示すサマリーを発信し、水災害におけるリスク評価手法の世界標準化に向けた機運を醸成した。
- 国際ワークショップ協定「水文学的リスク」(IWA50)国内委員会にて、本サブ課題の水災害リスク評価手法を提案(研究開発責任者が委員として参画)
- 国土交通省水資源部主導の「水資源リスク評価研究会」において、本サブ課題成果を反映した「渇水版TCFDリスク評価の手引き(案)」が策定される。
- 上記の成果により、本邦リスク評価手法の世界標準化に向けた枠組みづくりを推進している。

第9回全球エネルギー水循環プロジェクト国際会議 GEWEX-OSCを日本初開催(札幌, R6.7月8日～12日)



45か国から1,300人以上(過去最大)の産官学関係者が参加

GEWEX-OSC閉会式で省庁の紹介を経た議長サマリーを世界に向けて発信。

GEWEX(Global Energy and Water Exchanges program; 全球エネルギー水循環プロジェクト)は世界気候研究計画のコアプロジェクトの一つであり、IPCCを通じて気候変動並びに関連する適応策に資する科学的知見として世界に発信する役割を有する。

120

リスク情報の質的担保に向けた国際的研究枠組みの推進

先進的な適応策の取り組みを有する国同士の相互評価によって、リスク情報の質を担保する構図を始めて実現した。



9th GEWEXにおけるSIPと日蘭共同研究の共同セッション



(2024/7/9)

両国が互いに客観的評価を加えながらリスクの質の担保を推進することが科学の前進に不可欠であるという理念を提示した。

日蘭共同研究は、2019年8月から現在に至るまで、オランダの河川管理者や研究者との産官学の研究枠組みであり、(Partners for Water、国土交通省北海道開発局およびオランダ企業庁の支援により発足)2024年11月より第三期が開始された。著者は日本側の代表者を務める。



アンサンブル手法に基づくリスク評価の考え方は、蘭国を含む先進諸外国の産官学関係者から適応策検討の重要な参考とされ、科学と意思決定の構図を牽引している。

121

各省庁のステークホルダーセッション

【国土交通省】気候変動影響予測を活用した洪水リスクの評価、治水対策の展開

これまで日本が実施した、最新の降水リスク評価や治水計画の見直し、さまざまな関係者による流域治水について、現在の取り組み状況や海外との連携、今後の方向性について国内外の研究者や行政関係者を交えて議論した。



農林水産省

【農林水産省】気候変動影響予測を活用した洪水リスクの評価、治水対策の展開

気候変動の影響による国際的課題の解決に向けた、農業生産基盤整備を中心とした国内外の取組や研究について意見交換を行った。排水機場の整備、農業用ダムの洪水調節機能の強化、田んぼダムの推進、水管理の自動化等の農林水産省が現在行なっている、農業側からの治水対策の紹介も行った。

122

各省庁のステークホルダーセッション

【環境省】気候レジリエンス-科学的知見に基づく適応策の実践に向けて

気候レジリエンスの構築に向けた取り組みが議論なされた。記録的な大雨や高温による気象災害や農作物の品質低下、水産資源の変化、熱中症増加への対応策が紹介された。環境省の研究プログラムを通じ、多様なステークホルダーとの連携の重要性が強調され、科学的知見を実践的な適応策にどう結びつけるかが活発に議論された。

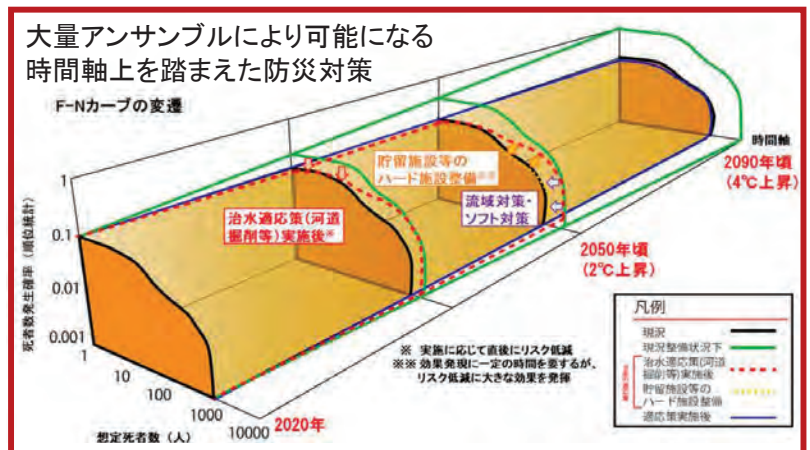


【JST/JICA SATREPS】開発途上国と共に地球規模課題に挑む国際共同研究～気候変動と水に関わる成果と今後の展望～

日本の優れた科学技術とODAの連携によって成立した「SATREPS」という技術協力プログラムによる開発途上国のニーズに基づいた地球規模課題の解決の取り組みが紹介された。その後、開発途上国の研究者と共に進めた研究開発とその社会実装例が発表され、課題解決に向けた今後の方向性について活発な議論が行われた。

123

- 気候変動を踏まえた意思決定を推進するには、**リスク情報に基づき将来像を俯瞰し、現時点で講ずべき対策を明示することが重要。**
- リスク評価に必要な情報を**国際的に共有する枠組みを構築し、相互評価によってその品質を担保**する必要がある。
- **他分野のリスクとの相対評価を通じた社会への発信を。**
- **共創型水防災訓練**を提案し、水防演習と連動した地域防災の向上に向けた取組を牽引している。



流域の抱えるリスクを時間軸上で俯瞰しながら将来像を描く。