

洪水氾濫への適応に向けた流域・ 地区スケールでの取り組み ー流域治水の課題と今後の展望、シナジー 効果への期待ー

S-18 サブテーマ3(3) 呉 修一(くれ しゅういち)

富山県立大学 環境・社会基盤工学科 教授

今日の発表

- 多発する水災害
- 流域治水の現状と課題の一例
- 富山における気候変動影響評価
- 各種適応策の様々な側面からの評価
- 今後の流域治水の展望：シナジー効果への期待

多発する水災害

多発する洪水・土砂災害

2019年台風19号 千曲川の被災



2022年8月の石川県の梯川の被災



2023年富山の白岩川水害

- 6月28日の局所豪雨：
2級河川白岩川の3か所で堤防決壊など



要点①

最近の水災害

- 洪水災害、特に中小河川での被害が増える。
- 富山など、水災害の少ない地域で線状降水帯が発生。
奥能登豪雨では地震後の線状降水帯で被害が拡大

やはり、気候変動への適応・緩和と流域治水の促進が大事

流域治水の現状と課題

治水は流域治水へ

流域治水は、流域内の各組織、対策、被害の**共助**
根本的な対策はなく、少しずつ、皆でカバーする

① 氾濫をできるだけ防ぐ

集水域

(雨水貯留機能の拡大)
 雨水貯留浸透施設の整備、
 田んぼやため池等の高度利用
 ⇒ 県・市、企業、住民

② 被害対象を減少させるための対策

**(リスクの低いエリアへ誘導・住まい
 方の工夫)**

土地利用規制、誘導、移転促進
 不動産取引時の水害リスク情報
 提供、金融による誘導の検討
 ⇒ 市、企業、住民

集水域/氾濫域

(氾濫範囲を減らす)
 二線堤の整備、自然堤防の保全
 ⇒ 国・県・市

③ 被害の軽減・早期復旧・復興

氾濫域

(土地のリスク情報の充実)
 水害リスク情報の空白地帯解消、
 多段型水害リスク情報を発信
 ⇒ 国・県

(避難体制を強化する)
 長期予測の技術開発、リアルタイム浸水・決壊把握
 ⇒ 国・県・市

(経済被害の最小化)
 工場や建築物の浸水対策、
 BCPの策定 ⇒ 企業、住民

(住まい方の工夫)
 不動産取引時の水害リスク
 情報提供、金融商品を通じた
 浸水対策の促進
 ⇒ 企業、住民

(被災自治体の支援体制充実)
 官民連携によるTEC-FORCE
 の体制強化 ⇒ 国・企業

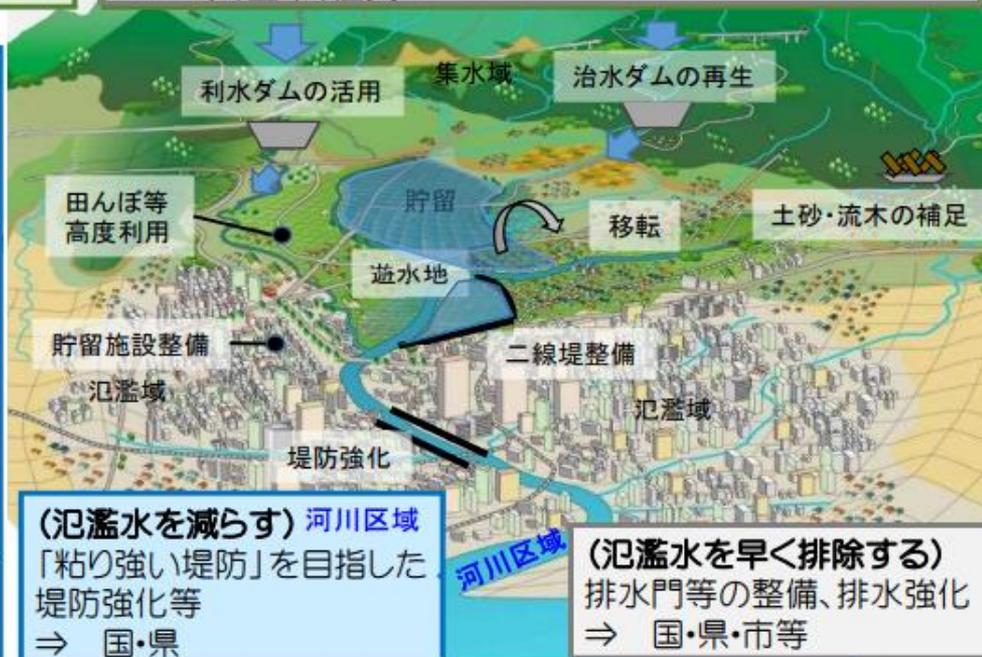
(流水の貯留) 河川区域

利水ダム等において貯留
 水を事前に放流し洪水調
 節に活用
 ⇒ 国・県・市・利水者

土地利用と一体となっ
 た遊水機能の向上
 ⇒ 国・県・市

(持続可能な河道の流下 能力の維持・向上)

河床掘削、引堤、砂防堰堤、
 雨水排水施設等の整備
 ⇒ 国・県・市



(氾濫水を減らす) 河川区域
 「粘り強い堤防」を目指した
 堤防強化等
 ⇒ 国・県

(氾濫水を早く排除する)
 排水門等の整備、排水強化
 ⇒ 国・県・市等

従来の総合治水対策との違いは？



River Basin Disaster Resilience and Sustainability **by All**

① 氾濫をできるだけ防ぐ

集水域

(雨水貯留機能の拡大)

雨水貯留浸透施設の整備、
田んぼやため池等の高度利用
⇒ 県・市、企業、住民

② 被害対象を減少させるための対策

(リスクの低いエリアへ誘導・住まい方の工夫)

土地利用規制、誘導、移転促進
不動産取引時の水害リスク情報
提供、金融による誘導の検討
⇒ 市、企業、住民

集水域/氾濫域

(氾濫範囲を減らす)

二線堤の整備、自然堤防の保全
⇒ 国・県・市

③ 被害の軽減・早期復旧・復興

氾濫域

(土地のリスク情報の充実)

水害リスク情報の空白地帯解消、
多段型水害リスク情報を発信
⇒ 国・県

(避難体制を強化する)

長期予測の技術開発、リアルタイム浸水・決壊把握
⇒ 国・県・市

(経済被害の最小化)

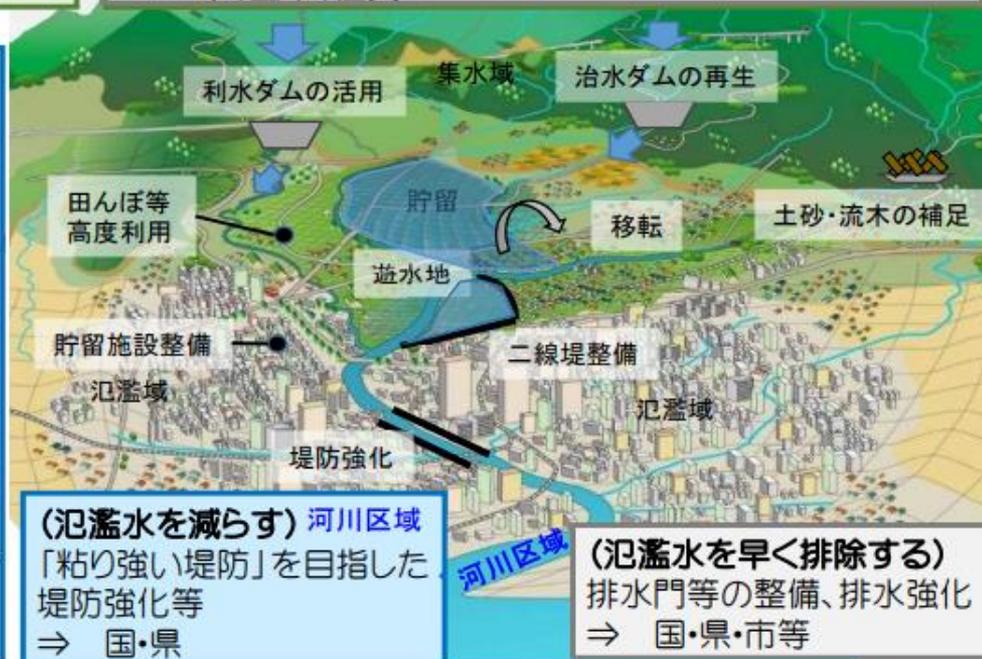
工場や建築物の浸水対策、BCPの策定
⇒ 企業、住民

(住まい方の工夫)

不動産取引時の水害リスク情報提供、
金融商品を通じた浸水対策の促進
⇒ 企業、住民

(被災自治体の支援体制充実)

官民連携によるTEC-FORCEの体制強化
⇒ 国・企業



(流水の貯留) 河川区域

利水ダム等において貯留水を事前に放流し洪水調節に活用
⇒ 国・県・市・利水者

土地利用と一体となった遊水機能の向上
⇒ 国・県・市

(持続可能な河道の流下能力の維持・向上)

河床掘削、引堤、砂防堰堤、雨水排水施設等の整備
⇒ 国・県・市

(氾濫水を減らす) 河川区域

「粘り強い堤防」を目指した堤防強化等
⇒ 国・県

(氾濫水を早く排除する)

排水門等の整備、排水強化
⇒ 国・県・市等

富山での取り組みの一例

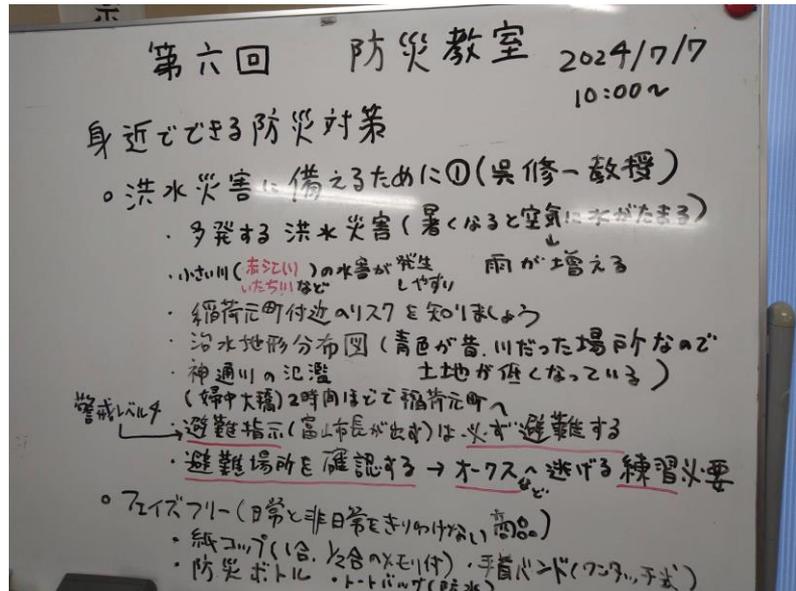
■河川流域では、

- ・国を中心に流域治水プロジェクトが実施中。従来の急流河川対策がメイン(仕方ない)
- ・黒部川の霞堤でのやすらぎ水路の取り組みは、素晴らしい

■地域では、

- ・ 富山市が田んぼダムを積極的に推進
- ・ 気候変動適応センターが、少人数ながら情報発信や呉羽梨などの適応研究
- ・ “とやま”川の会を主導とした河川研究会
- ・ 富山水災害シンポジウムの新規定期開催
- ・ 町内会レベルでの防災活動

富山での取り組み



富山市の町内会で、定期防災教室のアドバイザー

ハザードマップ、マイタイムライン、地震対策、防災街歩きなどなど、全体プログラムを試行中。これを来年度には他の地域に展開。

Nさんを中心とした町内会の熱意が素晴らしい。少しでもお役にたてれば。

富山での取り組みの課題

■河川流域では、

- ・従来からの急流河川対策で手一杯・・・ これは流域の特性上、仕方ない。

■地域では、

- ・ 田んぼダムの課題(後述)
- ・ 気候変動適応センター、少人数で厳しい。他部署との役割分担も課題。
- ・ 様々な活動、勉強会、シンポを行っているが、興味がない人・地区のほう
が圧倒的に多い。だいたい被災するのはそういう人々。能登半島地震は
一つのきっかけになりえるかも。

土木学会での議論より

2023年6月22日(木)

2023年度 河川技術に関するシンポジウム@土木学会

オーガナイズドセッション2 (OS2)

流域治水の実践と求められる技術：
持続可能な社会の発展に河川技術はどう
貢献するか？

企画・進行

呉 修一

富山県立大学

原田守啓

岐阜大学

内田龍彦

広島大学

詳細は河川技術論文集2024の報告文を確認ください

土木学会での議論より

- 流域治水の2つの考え方:
「治水」が社会課題である。
社会課題(環境課題含む)の解決も含めた流域治水の実現を目指す。
- **不利益配分問題にしない、上下流問題にならない、社会的工夫**
- 恵みとリスクのコミュニケーション、**流域治水効果の見える化**
- 河川管理者は河川改修は得意だが、全体の組み合わせを提案するのが苦手。**地域に応じたメリットの組み合わせ**を提案してほしい。
- 河川の歴史を知り、河川を勉強し、その**地域特有の対策**が必要

田んぼダムの普及に向けて

- 交付金の支給
- 様々な普及活動(官、民、学を通じた普及活動)

問題は、、、

- 実施率がやはり低い
- 機能分離型・一体型の違いなどが、大きな課題になりそう

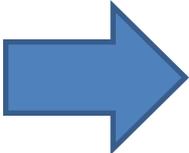
流域治水に、もの申す人々

とある会議での学識サイドから行政への発言：

流域治水を無理に地域に押し付けないでほしい。

各地域は自分たちのリスクを評価し、将来展望を描き、それに応じた**地域特有の対策・適応**を目指せばよい。

自分たちの地域の将来を自ら学び、そのために何が必要で何を行えばよいかを明確にするのが大事。



流域治水は流域関係者の協働であり、河川管理者、学識者は協働をサポートするのも大事。だが、まずは**地域の特性**や**河川の歴史をふまえた将来展望と河川技術**を示さないと。

要点②

流域治水の現状と課題

- 上下流問題など、様々な課題が存在する。これらは多くの場所で議論されているので、河川技術論文集などを参照されたい。
- 富山は、急流河川対策がメイン。その他は、イベント的な活動で終わってしまっている(**現状はそれで良い**)
- 田んぼダムの堰のタイプの違いなど、細かい点が大きな課題となる可能性。
- 河川を勉強し、**地域の特性を活かした対策**が必要(石川先生)

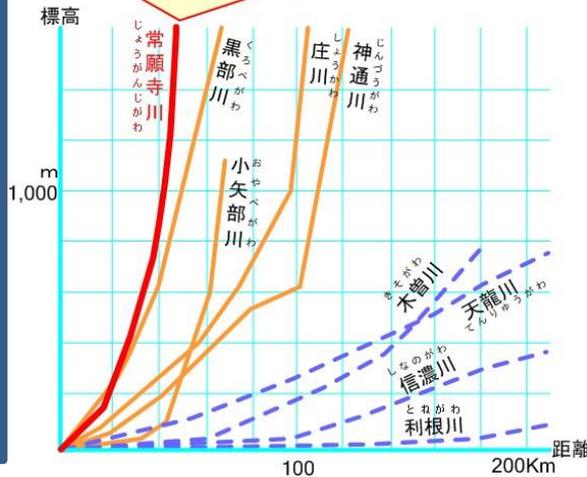
富山における気候変動影響評価

富山河川の特徴

富山県の一級河川

- 小矢部川
- 庄川
- 神通川
- 常願寺川
- 黒部川

常願寺川は、河床勾配が山地で約1/30、扇状地で約1/100と日本屈指の急流河川

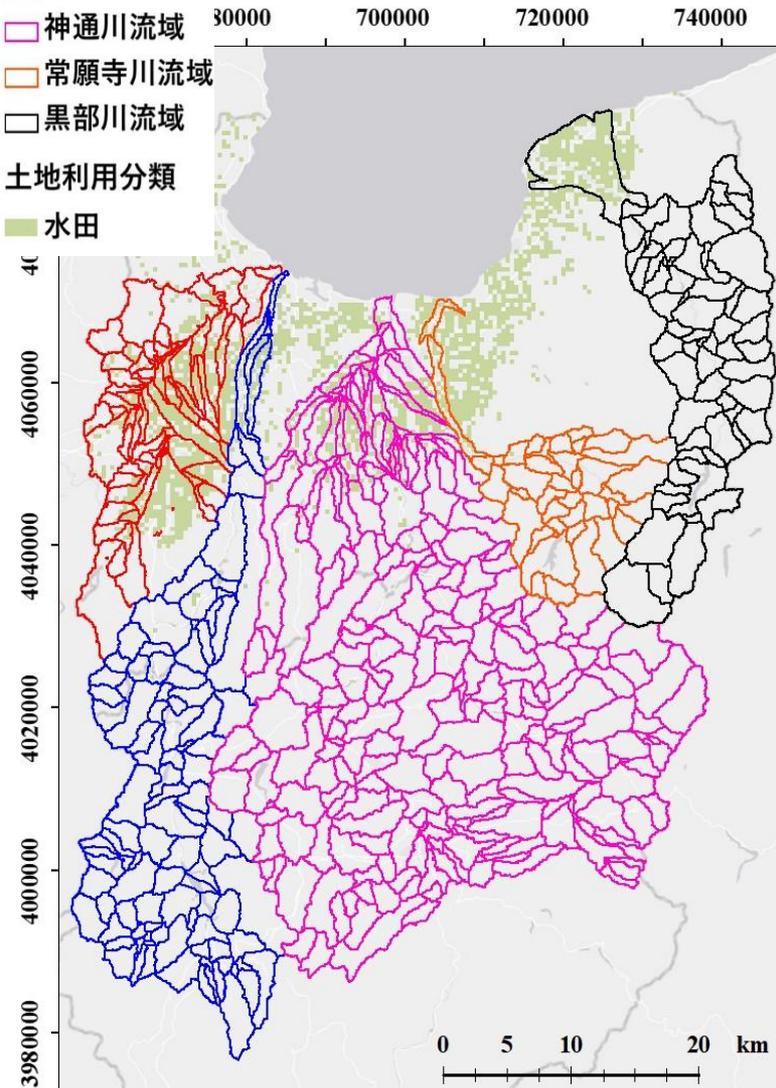


流域

- 小矢部川流域
- 庄川流域
- 神通川流域
- 常願寺川流域
- 黒部川流域

土地利用分類

- 水田

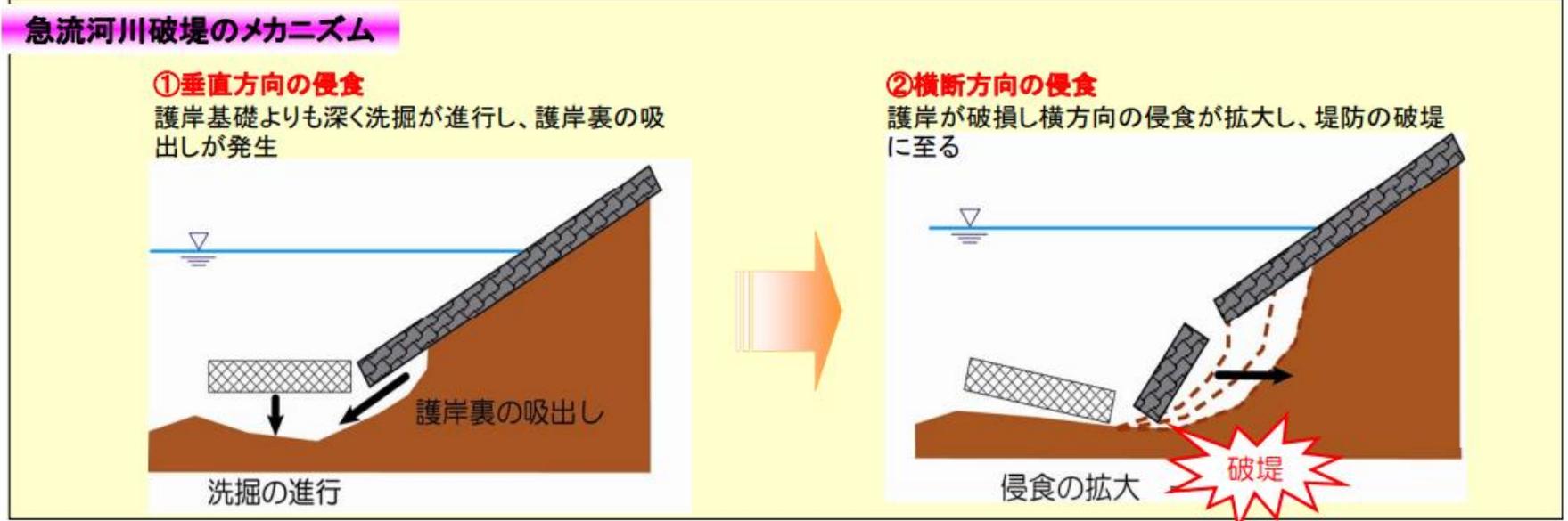


小矢部川 庄川 神通川 常願寺川 黒部川

河川全長(km)	68.2	115	120	56	85
流域面積(km ²)	667	1,189	2,720	368	682
河床勾配 (山間部)	1/100	1/30~180	1/20~250	1/30	1/5~80
河床勾配 (平野部)	1/1000	1/200	1/250~	1/100	1/100

急流河川の被害特徴①(国交省資料より)

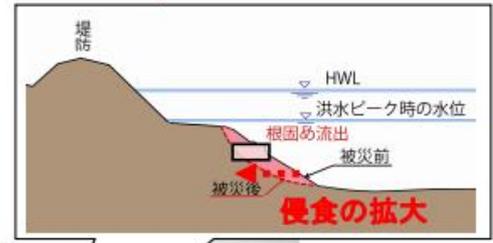
https://www.hrr.mlit.go.jp/river/gsiryo/kagan_bougo/2_genjyou-kadai.pdf



洗掘による被害



根固めの流出による侵食の拡大



急流河川の被害特徴②(国交省資料より)

https://www.hrr.mlit.go.jp/river/gsiryo/kagan_bougo/2_.genjyou-kadai.pdf

砂州及びみお筋の変化(庄川)

1991



1998



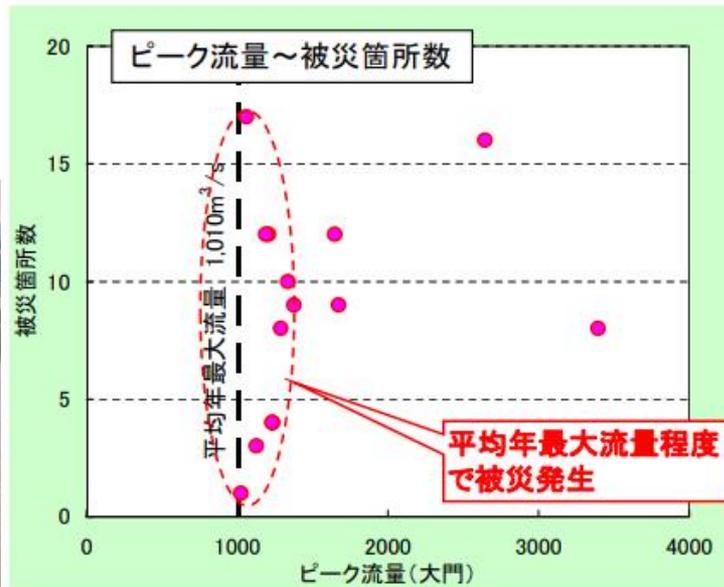
急流河川の被害特徴③(国交省資料より)

https://www.hrr.mlit.go.jp/river/gsiryo/kagan_bougo/2_genjyou-kadai.pdf

✓平均年最大流量(大門:1,010m³/s)程度の中小洪水でも河岸侵食が発生

◆平成11年9月洪水

大門地点のピーク流量1,010m³/sであり、平均年最大流量程度
川幅いっぱいになり洪水が流下し、河岸侵食等の被害が発生した



9/21 午前9時

9/22 午後4時

9/23 午前7時



富山河川の特徴を考慮した影響評価

急流河川

- 他の河川とは異なり、堤防の侵食対策を考えなければ、全ての努力が無駄になる(小さい流量での破堤)
- 土砂の移動、しいては、**堤防の侵食リスクを評価・考慮する必要(難しい・・・)**

降雨流出・洪水氾濫解析の実施

降雨流出モデル

表面流、中間流、地下水流

河道部の洪水追跡

1次元不定流計算（実測横断面データ）

洪水氾濫解析

2次元不定流計算（30m 地形標高DEM）

将来雨量

d4PDF 20km, 5kmメッシュを使用
時間雨量が必要なため

バイアス補正

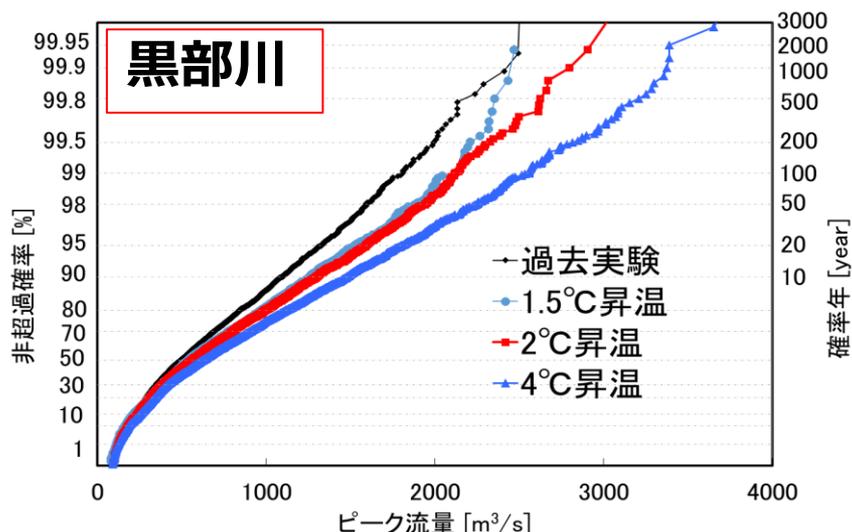
クオンタイルマッピング手法

富山の将来展望 (藤下・呉, 2023)

d4PDF(大量アンサンブルを持つ高解像度大気モデル実験データ)
様々な将来シナリオでの流量を算定

利用した降雨流出モデル

- ・ 降雨流出計算：地下水流を考慮した単一斜面における降雨流出計算(柘澤ら,2023)
- ・ 洪水追跡計算：次元不定流計算



データ量

過去実験60年×50実験 = 3000年

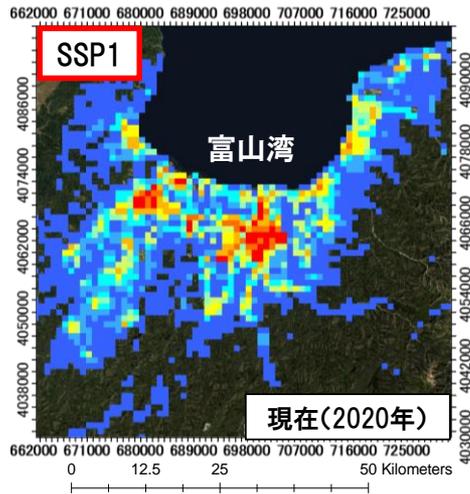
1.5°C上昇実験30年×54実験 = 1620年

2°C上昇実験60年×54実験 = 3240年

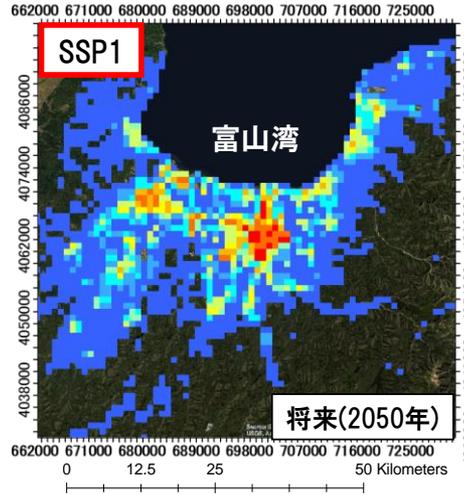
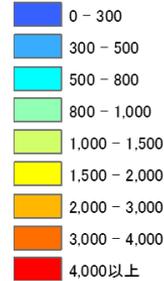
4°C上昇実験60年×90実験 = 5400年

5kmメッシュでの解析を進めた。
やはり5kmを使用しないと過小評価となる。

富山の将来展望(藤下・呉, 2023)



人口総数(人)



将来人口(SSP1):

約106万人(2020年)
約81.3万人(2050年)

S-18、Yoshikawa et al.,
Geosci. Model Dev.
Discuss, 2022データより

150年確率のピーク流量増加割合

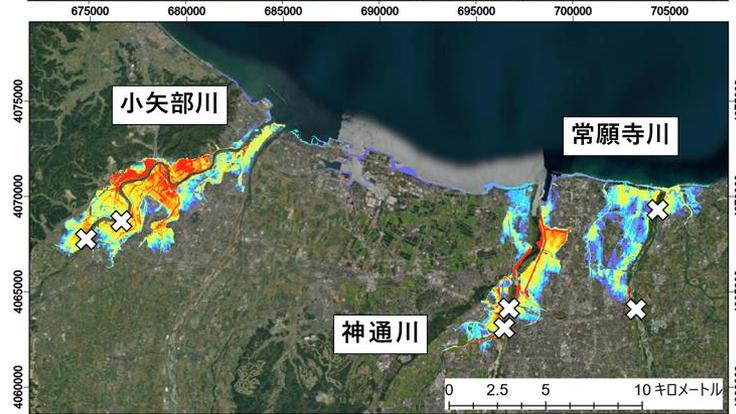
	小矢部川	庄川	神通川	常願寺川	黒部川
1.5°C昇温	1.17倍	1.07倍	1.07倍	1.14倍	1.14倍
2°C昇温	1.28倍	1.21倍	1.25倍	1.23倍	1.16倍
4°C昇温	1.44倍	1.41倍	1.51倍	1.51倍	1.40倍

富山の将来展望 (沼澤・呉ら, 2024)

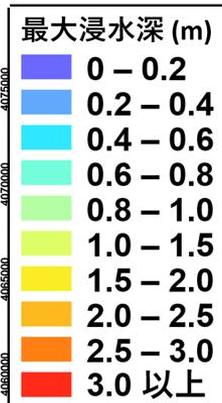
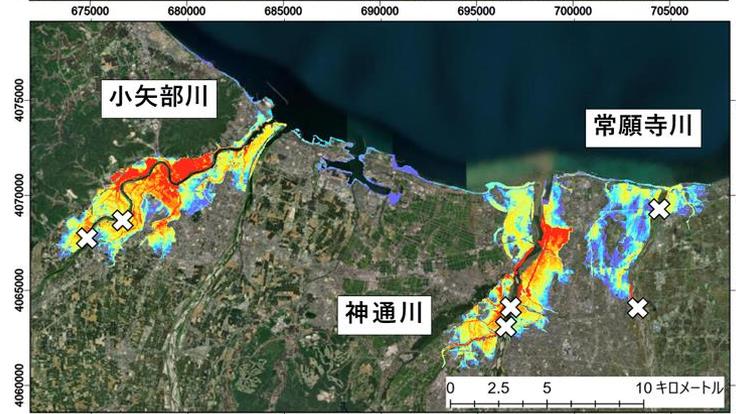
過去実験
(150年確率)



4°C上昇
(150年確率)



4°C上昇
(350年確率)



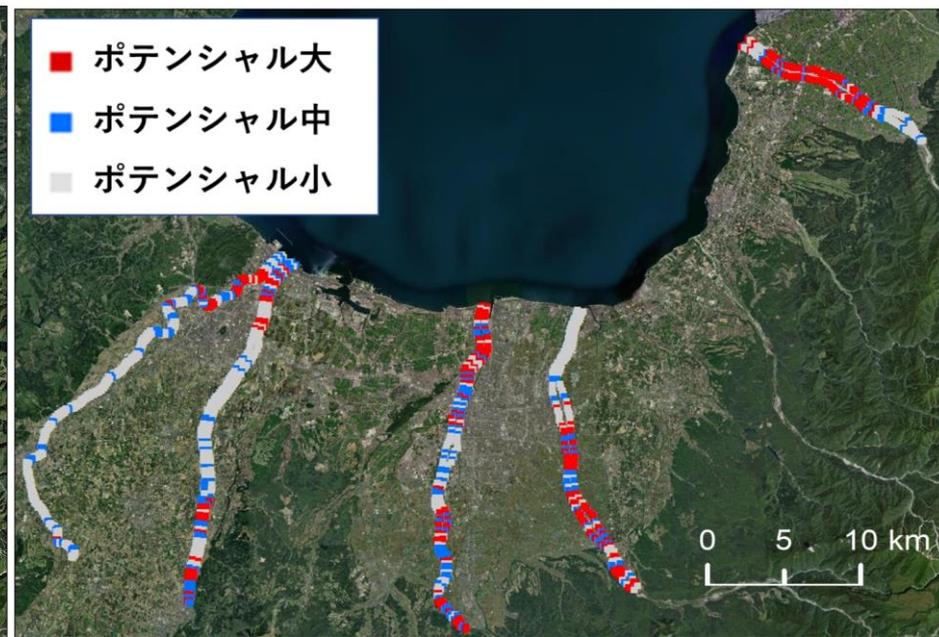
最大浸水深の
将来予測結果

注: 堤防破堤箇所
が足りない

侵食リスクの影響評価(藤下・呉, 2023)



過去の侵食被害箇所の分布



富山県の侵食危険箇所の総合評価(過去実験)

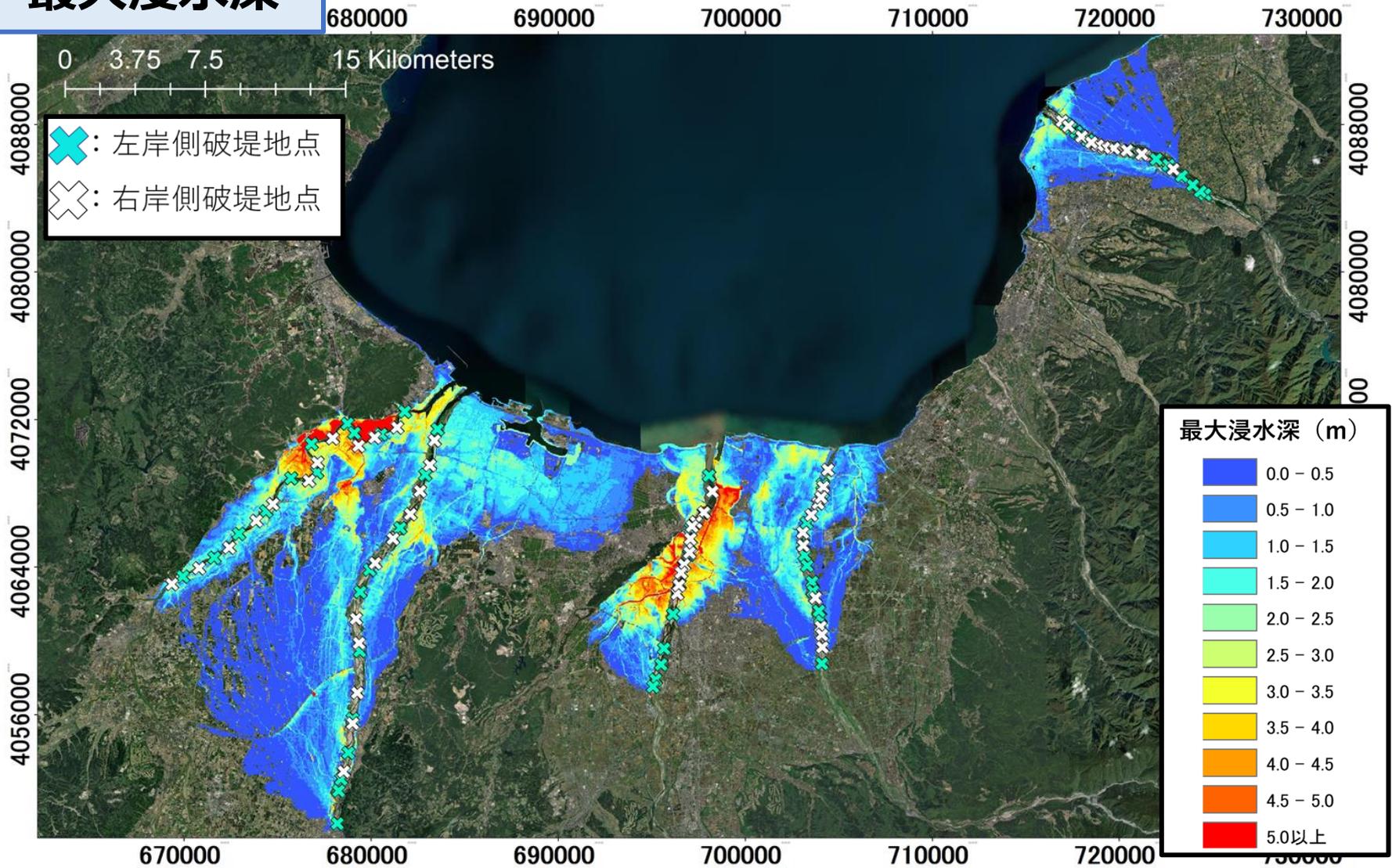
	過去実験	1.5°C上昇	2°C上昇	4°C上昇
ポテンシャル大の割合	21%	23%	25%	28%

侵食ポテンシャルの高い箇所は、気温上昇とともに増加する。

侵食確率を考慮した 地先リスクの将来評価

浸水確率での評価

最大浸水深



- 破堤地点ごとに藤下・呉 (2023) の侵食ポテンシャル評価を用いて3分類、一律での破堤間の重みづけを行う

$$P_{P_i} = \frac{\text{各破堤地点の危険度(1or2or3)}}{\sum_{i=1}^N \text{各破堤地点の危険度}}$$

$$\sum_{i=1}^N P_{P_i} = 1$$

P_{P_i} : 破堤が地点*i*で発生する確率
 N : 想定破堤地点の総数

注: 1000年に一度の洪水が発生したとき、どこかの地点で必ず破堤が生じるとしたとき

侵食ポテンシャル評価

各堤防破堤地点ごとに危険度を大、中、小と算定

侵食危険度評価	3分類	一律
危険度大	3	1
危険度中	2	1
危険度小	1	1

- 越水についての考慮は行っていない
- ピーク流量の2時間前に破堤

計算条件(堤防の危険度評価)

堤内地のある位置 x における破堤地点 i での浸水やリスクありに属するかを
変数を $R(x,i)$ とし下記のように定義する

$$R_{x,y,i} = \begin{cases} 0 & \text{(浸水, リスクなし)} \\ 1 & \text{(浸水, リスクあり)} \end{cases}$$

各ケースでの浸水リスクの有無

1	1	1	1	1	1	1	1	0
1	1	0	1	0	0	1	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0	0
case 1			case 2			case 3		

$$P_{P_i} = \frac{\text{各破堤地点の危険度(1or2or3)}}{\sum_{i=1}^N \text{各破堤地点の危険度}}$$

例	各破堤地点の危険度 (危険度3分類)	P_{P_i}
case1	1	1/6
case2	2	2/6
case3	3	3/6

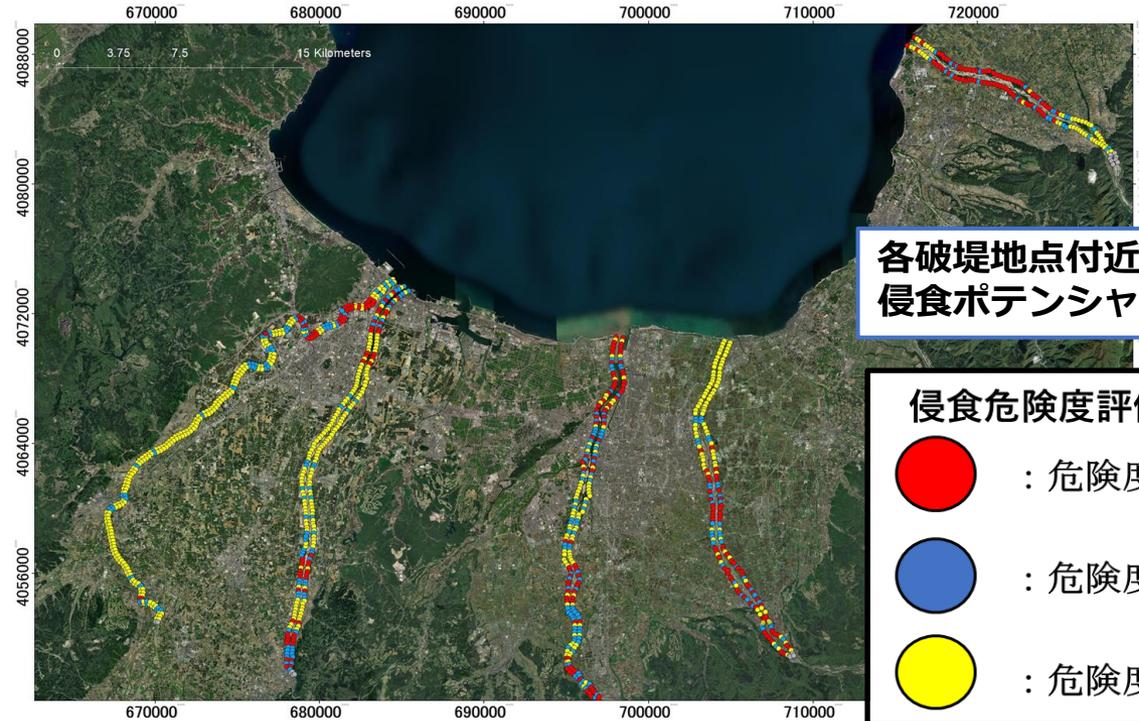
例	各破堤地点の危険度 (危険度一律)	P_{P_i}
case1	1	1/3
case2	1	1/3
case3	1	1/3

侵食ポテンシャル算定方法

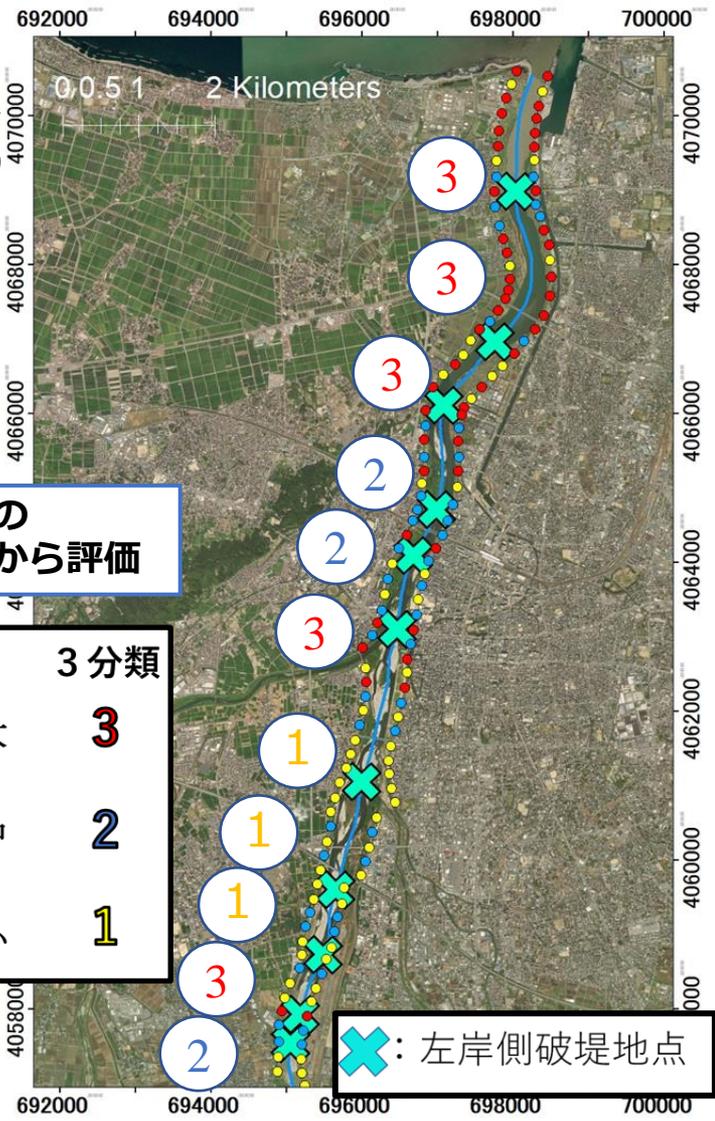
例：神通川左岸側

八木・内田ら(2019), 安田(2019)の算出法を参考に算定

上位10%をポテンシャル大を除いた残りの上位13%が中、残りを小とする



(藤下ら 2023)



各破堤地点付近での侵食ポテンシャルから評価

侵食危険度評価		3分類
	: 危険度大	3
	: 危険度中	2
	: 危険度小	1

: 左岸側破堤地点

出典 藤下龍澄・呉修一(2023) 地球温暖化による1.5℃上昇と各種適応策が富山県河川の洪水・侵食リスクに与える影響評価

例	各破堤地点の危険度 (危険度3分類)	P_{P_i}
case1	1	1/6
case2	2	2/6
case3	3	3/6

✖ : case1、堤防危険度1

浸水リスクの有無	堤防の危険度評価	危険度評価考慮
$R_{x,y,i} = \begin{matrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{matrix}$	$P_{P_i} = \frac{1}{1+2+3} = \frac{1}{6}$	$R_{x,y,i} \cdot P_{P_i} = \begin{matrix} 1/6 & 1/6 & 1/6 \\ 1/6 & 1/6 & 0 \\ 1/6 & 0 & 0 \end{matrix}$

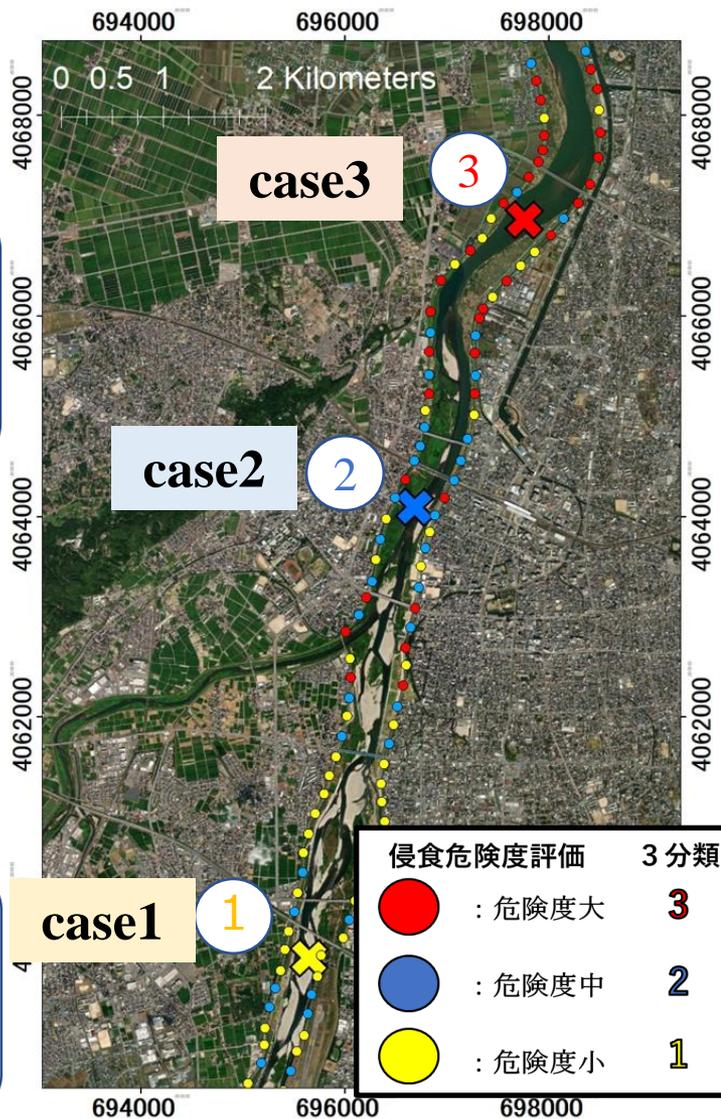
✖ : case2、堤防危険度2

浸水リスクの有無	堤防の危険度評価	危険度評価考慮
$R_{x,y,i} = \begin{matrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{matrix}$	$P_{P_i} = \frac{2}{1+2+3} = \frac{2}{6}$	$R_{x,y,i} \cdot P_{P_i} = \begin{matrix} 2/6 & 2/6 & 2/6 \\ 2/6 & 0 & 0 \\ 2/6 & 0 & 0 \end{matrix}$

✖ : case3、堤防危険度3

浸水リスクの有無	堤防の危険度評価	危険度評価考慮
$R_{x,y,i} = \begin{matrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{matrix}$	$P_{P_i} = \frac{3}{1+2+3} = \frac{3}{6}$	$R_{x,y,i} \cdot P_{P_i} = \begin{matrix} 3/6 & 3/6 & 0 \\ 3/6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{matrix}$

一部破堤箇所を用いた例



$$P_x = \sum_{i=1}^N P_{P_i} \cdot R_{x,y,i}$$

例：危険度3分類の場合

各caseの危険度評価考慮結果の重ね合わせ

1/6	1/6	1/6	+	2/6	2/6	2/6	+	3/6	3/6	0
1/6	1/6	0		2/6	0	0		3/6	0	0
1/6	0	0		2/6	0	0		0	0	0
case 1				case 2				case 3		

地先のリスク

6/6	6/6	3/6
6/6	1/6	0
3/6	0	0

例：危険度一律の場合

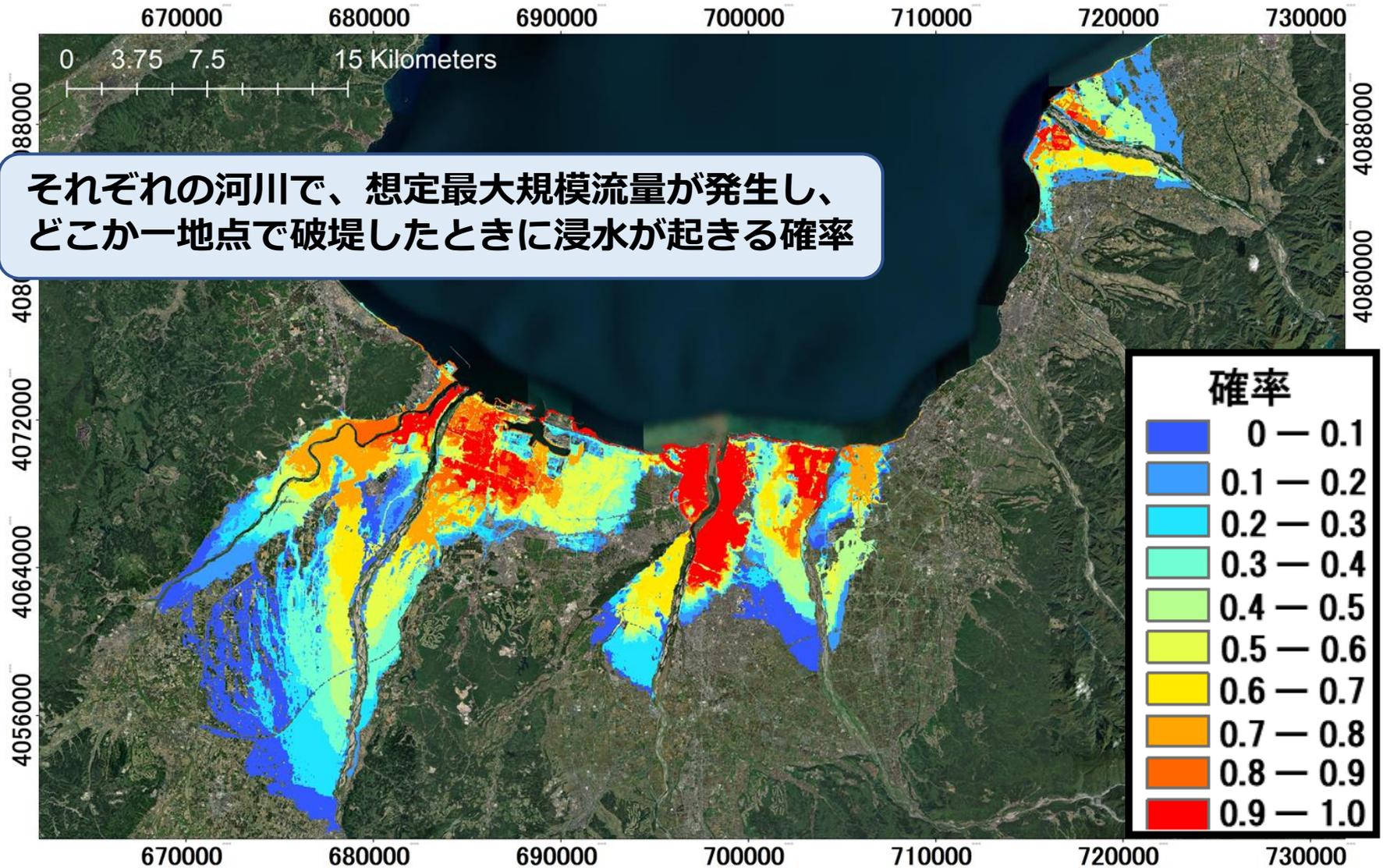
各caseの危険度評価考慮結果の重ね合わせ

1/3	1/3	1/3	+	1/3	1/3	1/3	+	1/3	1/3	0
1/3	1/3	0		1/3	0	0		1/3	0	0
1/3	0	0		1/3	0	0		0	0	0
case 1				case 2				case 3		

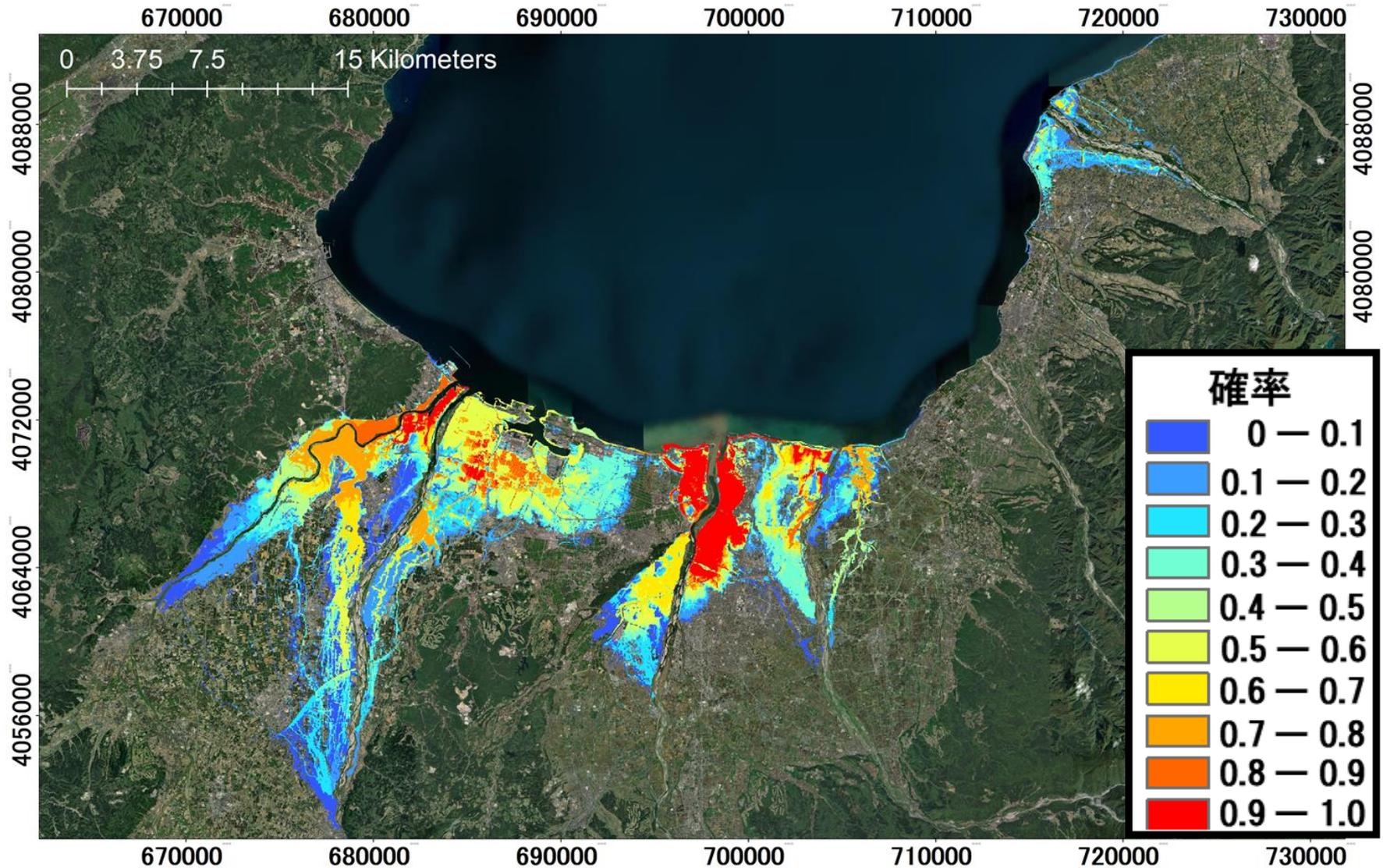
地先のリスク

3/3	3/3	2/3
3/3	1/3	0
2/3	0	0

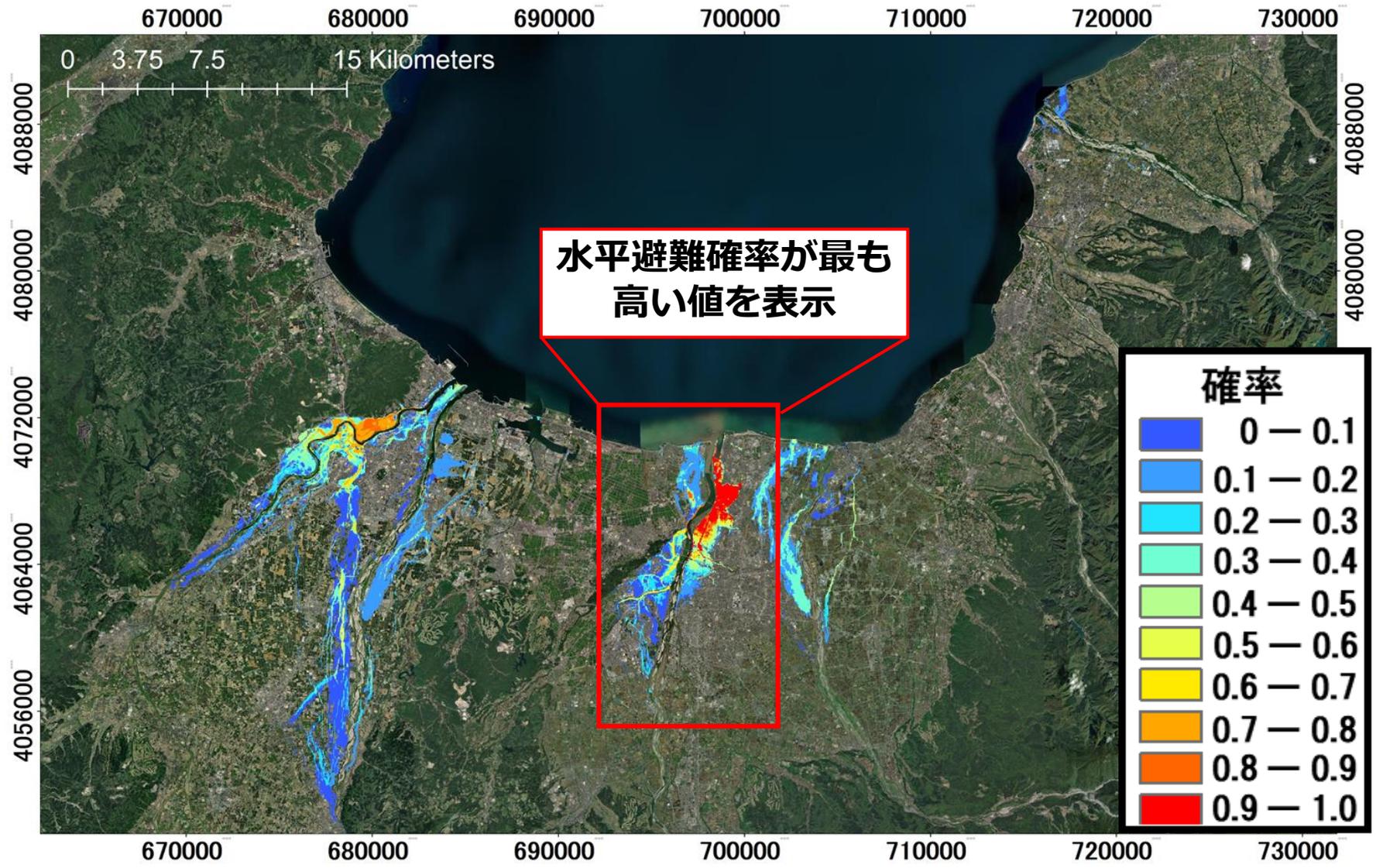
危険度3分類：浸水確率



危険度3分類：床上浸水確率



危険度3分類：水平避難確率

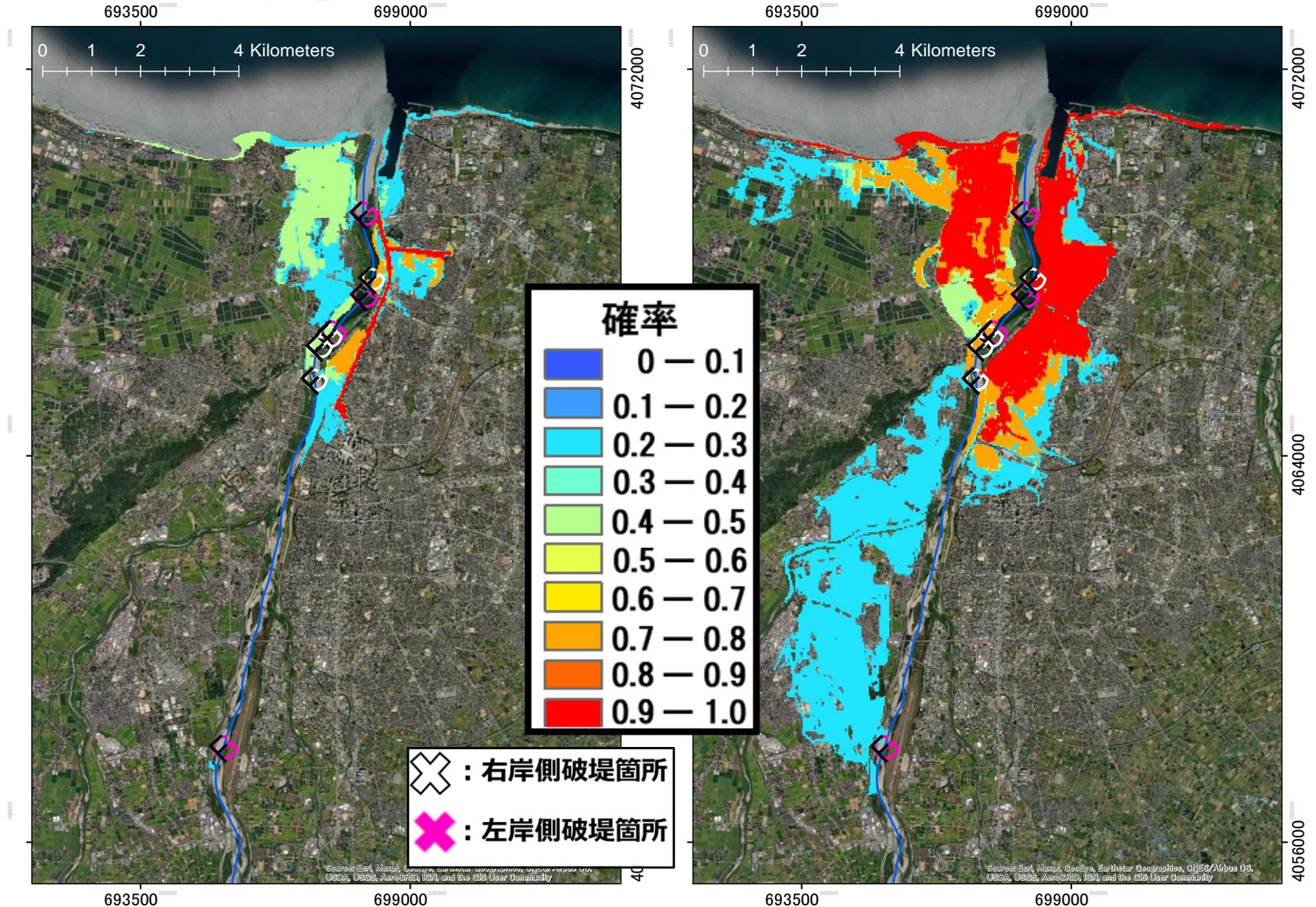


地先の浸水リスクの将来変化

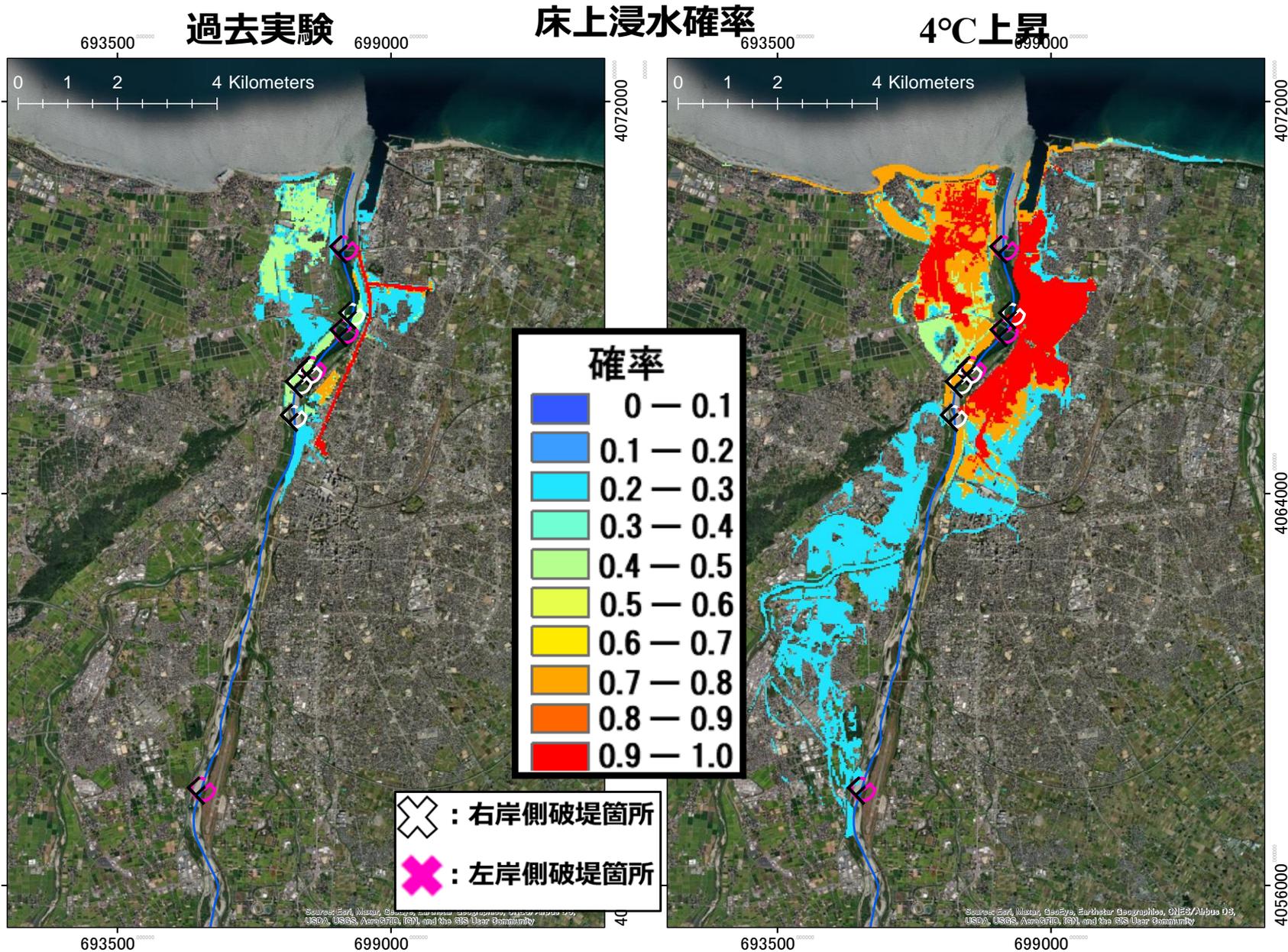
過去実験

浸水確率

4°C上昇



地先の浸水リスクの将来変化



要点③

富山における気候変動影響評価

- 流域スケールでの影響評価なので、時間雨量が必須。なので、d4PDFが多く利用される。5kmメッシュじゃないときつい。
- 富山は、急流河川なので、ピーク流量、浸水状況のみの評価では不十分。
- 侵食ポテンシャルや破堤リスクを考慮した浸水確率などの試みが必要となっている。じゃないと意味が少ない。

各種流域対策・適応策の様々な側面 からの評価

流域治水効果の見える化に向けて

富山に適した流域治水は？



- 田んぼ、棚田、里山の管理・有効活用
- 利水ダムの有効利活用
- 霞堤
- その他？

適応策効果の見える化にむけて



1. 貯留機能での評価

- ・ 適応策実施による貯留量を雨量の単位に変換し評価
- ・ 有効な適応策の発見

今回の発表

2. 費用対効果や水位低減量での評価

- ・ 洪水氾濫解析などのより詳細な解析からの評価
- ・ 適応策効果を流域間で比較。

(菊地・呉、土木学会論文集、2023)
 (藤下・呉、土木学会論文集、2023)
 (沼澤ら、水工学論文集、2024)

3. 侵食リスク低減効果による評価

- ・ 富山県の特徴を踏まえた評価
- ・ より地域特性に合わせた評価で適応策を検討

(藤下・呉、土木学会論文集、2023)

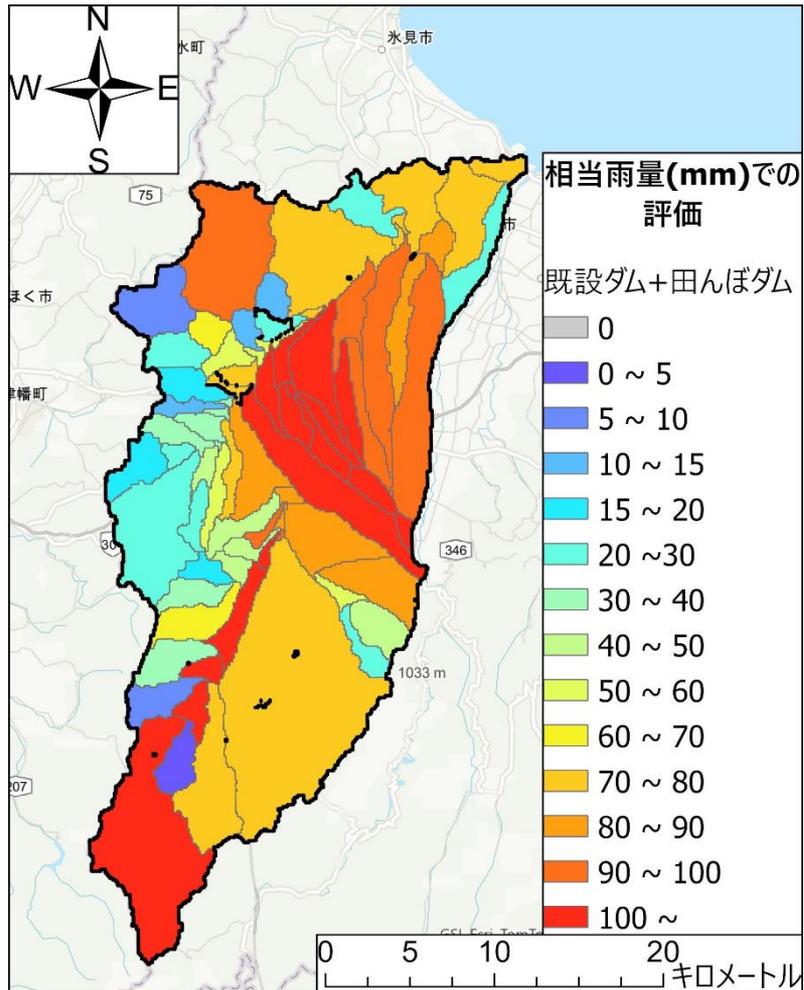
4. 3つの視点から効果の見える化を行い、総合的に有効な適応策を提案

簡易的

簡易的な適応策評価

サブ流域単位の貯留機能評価

Ex.小矢部川



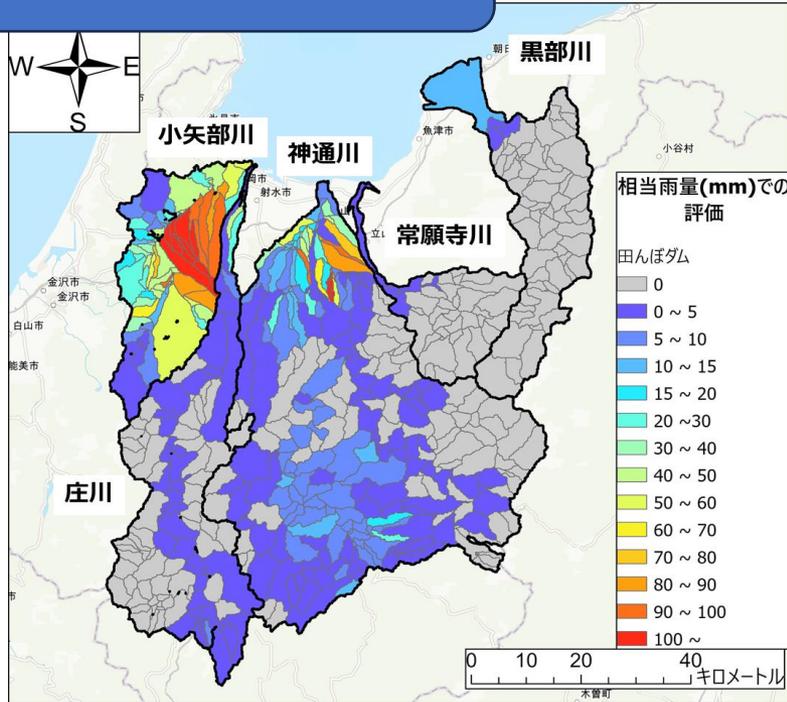
時間のかかる
解析不要

サブ流域単位の貯留機能評価とは?

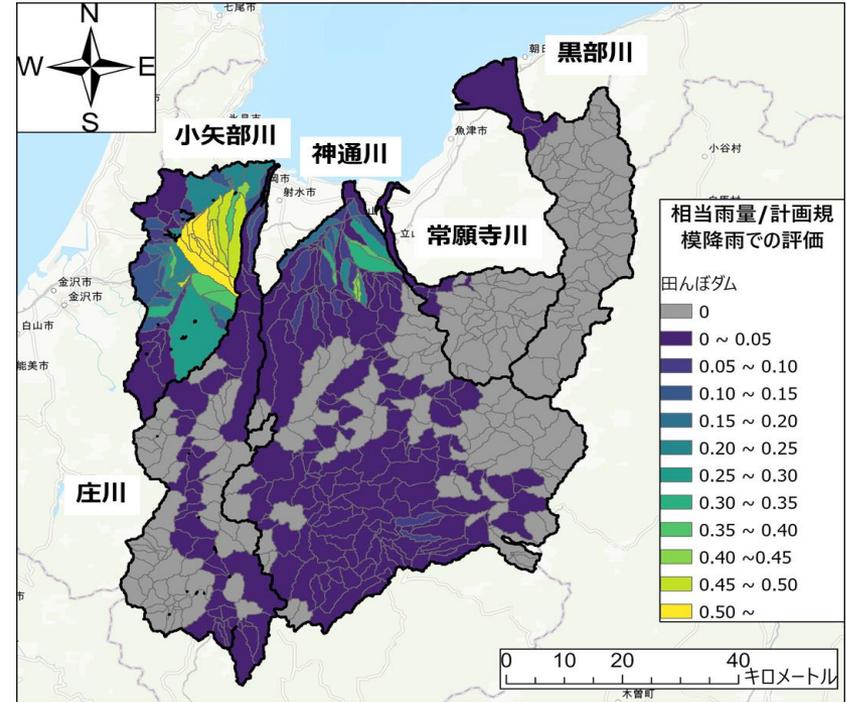
- 適応策実施による**雨水の貯留量**をサブ流域単位で集計し図化したもの
- **流域特性の整理**（例えば貯水池の貯留量をまとめるなど）がメインで解析時間が少ない
- 適応策の詳細な評価には利用できない

貯留機能評価結果

田んぼダムの施工



相当雨量での評価



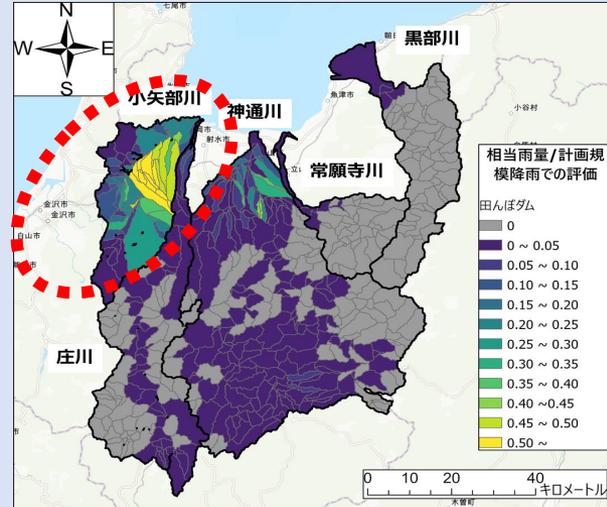
相当雨量 / 計画規模降雨での評価

結果

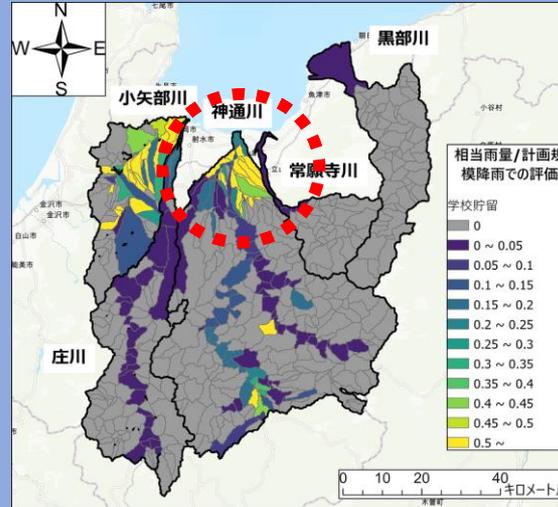
- ◇ 相当雨量評価を計画規模降雨で除すことで対策効果の程度が明確に
- ◇ **小矢部川**で最も効果があることを確認

適応策の比較

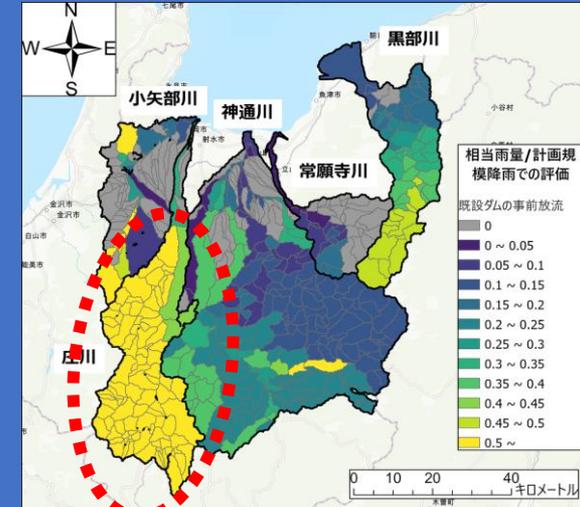
田んぼダムの施工



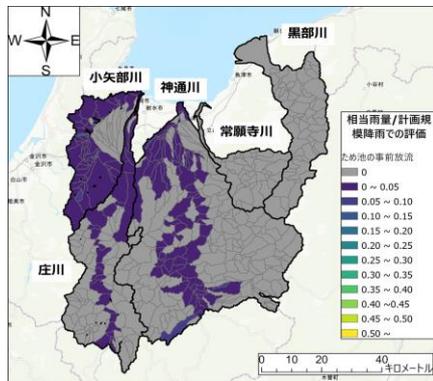
学校貯留(校庭貯留)



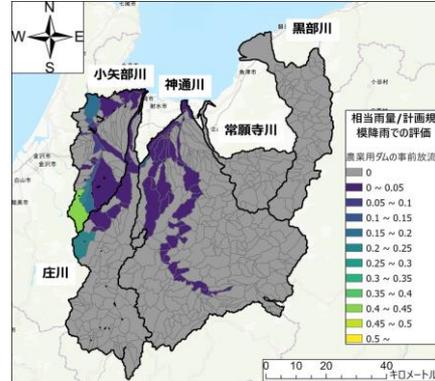
既設ダムの事前放流



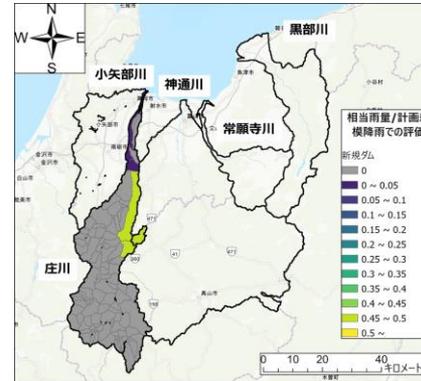
ため池の事前放流



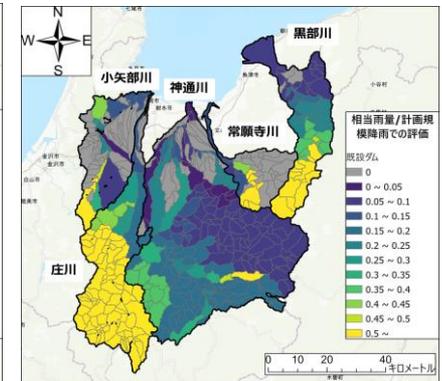
農業用ダムの事前放流



新規ダムの貯留



既設ダムの貯留

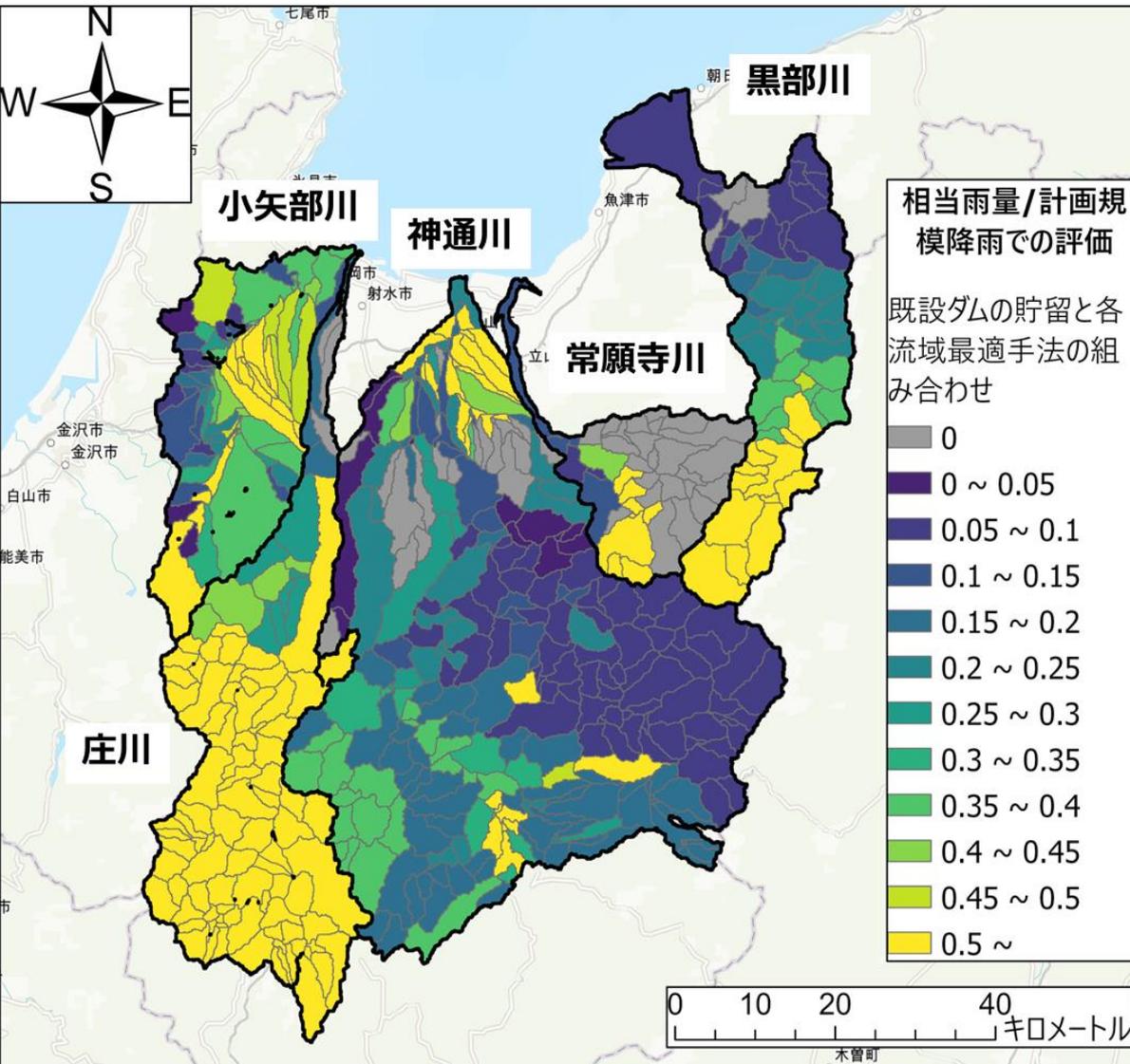


比較で分かること

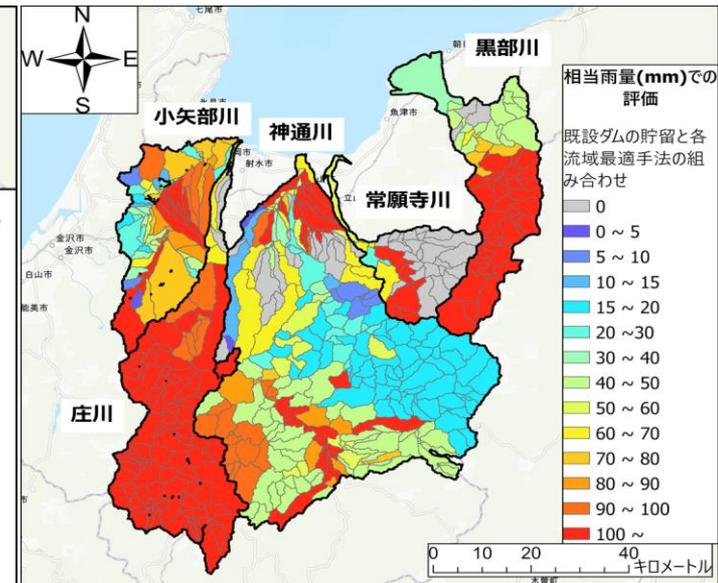
- ・ 適応策の効果範囲や貯留量から流域ごとにおおよそ有効な対策が検討できる
- ・ 効果が得られにくい地域の目星がつく

ベストミックスの検討結果

相当雨量 / 計画規模降雨での評価



相当雨量での評価



- ・ 小矢部川
既設ダムの貯留+田んぼダム
- ・ 神通川
既設ダムの貯留+学校貯留
- ・ 庄川
既設ダムの貯留+新規ダム
- ・ 常願寺川と黒部川
効果が確認できる対策なし

流域間比較

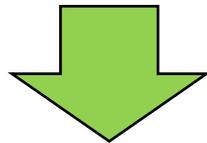
植生伐採のモデル化

■ 高水敷の粗度係数

衛星画像で植生の繁茂状況を確認できるNDVIを活用

NDVI (正規化植生指標)

(Normalized Difference Vegetation Index)



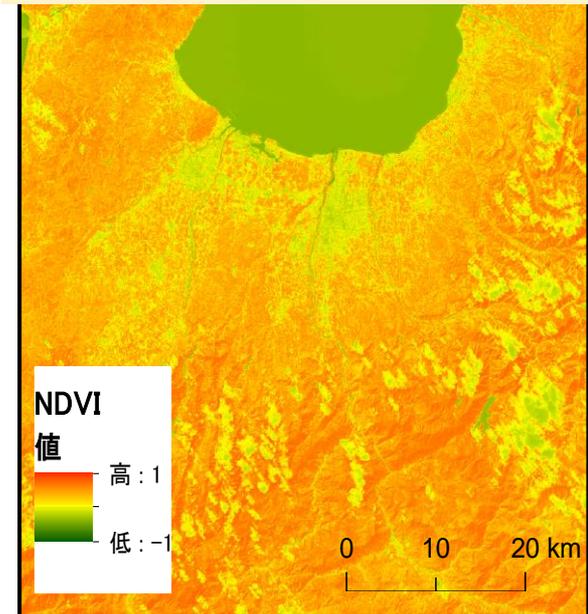
植生の分布状況や活性度を示す指標

$$\text{NDVI} = \frac{\text{IR} - \text{R}}{\text{IR} + \text{R}}$$

IR: 近赤外域の反射率
R: 可視域赤の反射率

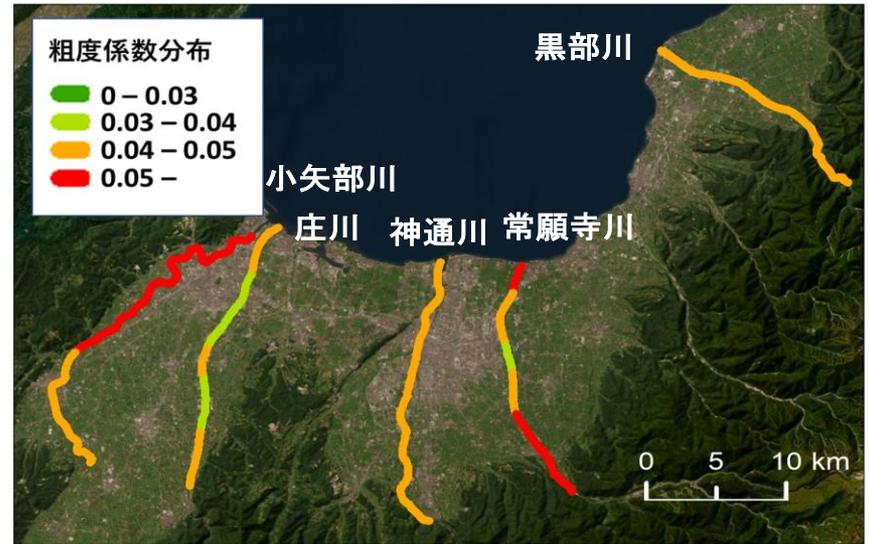
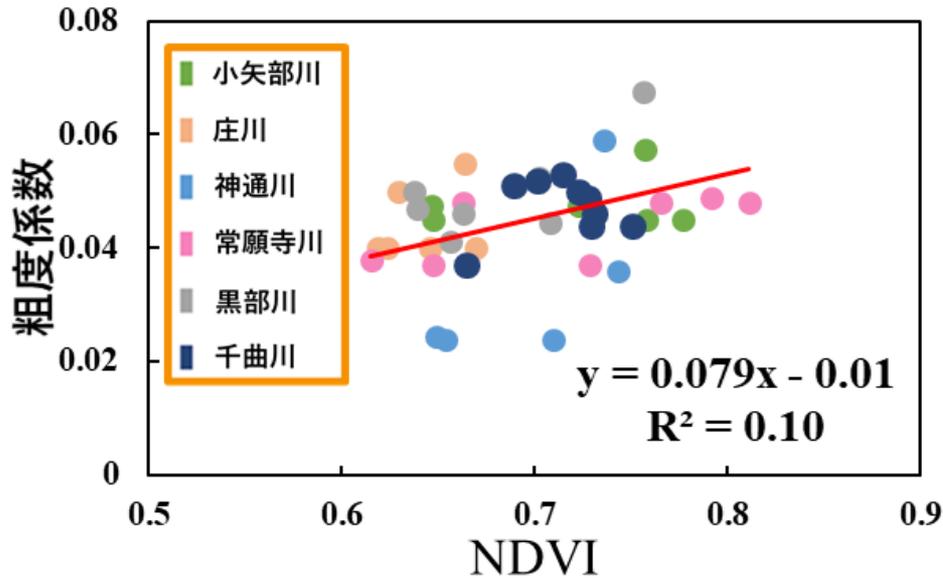
衛星画像 Sentinel-2(10mメッシュ)

富山県のNDVI分布
(2019年9月2日)



整備計画検討資料における高水敷粗度係数と比較
線形近似からNDVIによる粗度推定式を構築

植生伐採のモデル化



高水敷の粗度係数

NDVIによる粗度係数推定

$$\text{式粗度係数} = \begin{cases} 0.037 & (\text{NDVI} > 0.6) \\ 0.079 \times \text{NDVI} - 0.01 & (0.6 \leq \text{NDVI} \leq 0.8) \\ 0.053 & (0.8 > \text{NDVI}) \end{cases}$$

NDVIが0.6以下の低い地点および0.8以上の高い地点では、粗度係数に下限と上限を設定

植生伐採のモデル化

○河道内植生伐採の概要



資料 河道内樹木伐採における試行事例より

<https://www.thr.milt.go.jp/Bumon/B00097/k00360/happyoukai/H22/ronbun/3-9.pdf>

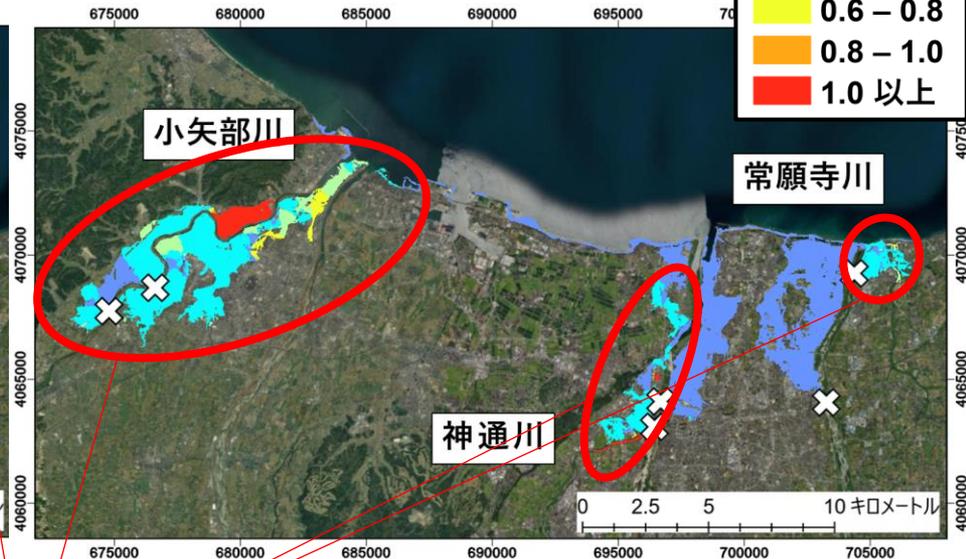
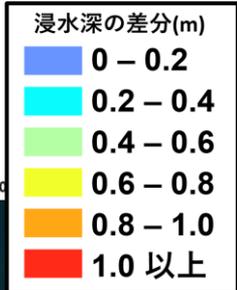
植生伐採後のモデル

植生伐採が行われた後は
高水敷の粗度係数を一律 **0.03** , **0.02** に低下させることで再現
(粗度係数以外で密生度などの物理的要因を考慮できないため幅をもたせる)

植生伐採のモデル化

粗度係数0.03ケース

粗度係数0.02ケース



※ [適応策なし] - [植生伐採後]

粗度係数を0.02に低下させると、特に、
小矢部川全体や神通川左岸上流、常願寺川右岸において
浸水深の減少が得られた

田んぼダムのモデル化

○田んぼダムの概要

【1次元田んぼダムモデル】 Chai, Tougeら(2020)

- ✓ 高い適用性を持つ一次元モデル: 降雨量の時系列から流出量の時系列を作成
- ✓ 潜在的効果: 排水過程を考慮せず貯水能力のみを考慮した解析

排水流量

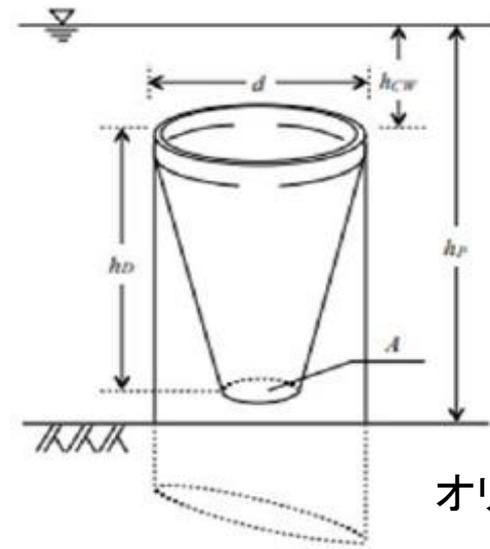
$$\begin{cases} q_{PO} = C_{PO} A \sqrt{2g(h_{CW} + h_D)} \\ q_{PCW} = \sqrt{C_{PCW} g d^5 (h_{CW}/d)^3} \end{cases}$$

…オリフィス

…円筒管

田面水位

$$\frac{dh_w}{dt} = -\frac{Q}{A_p} + R - L$$



オリフィスの構造
宮津ら(2017)

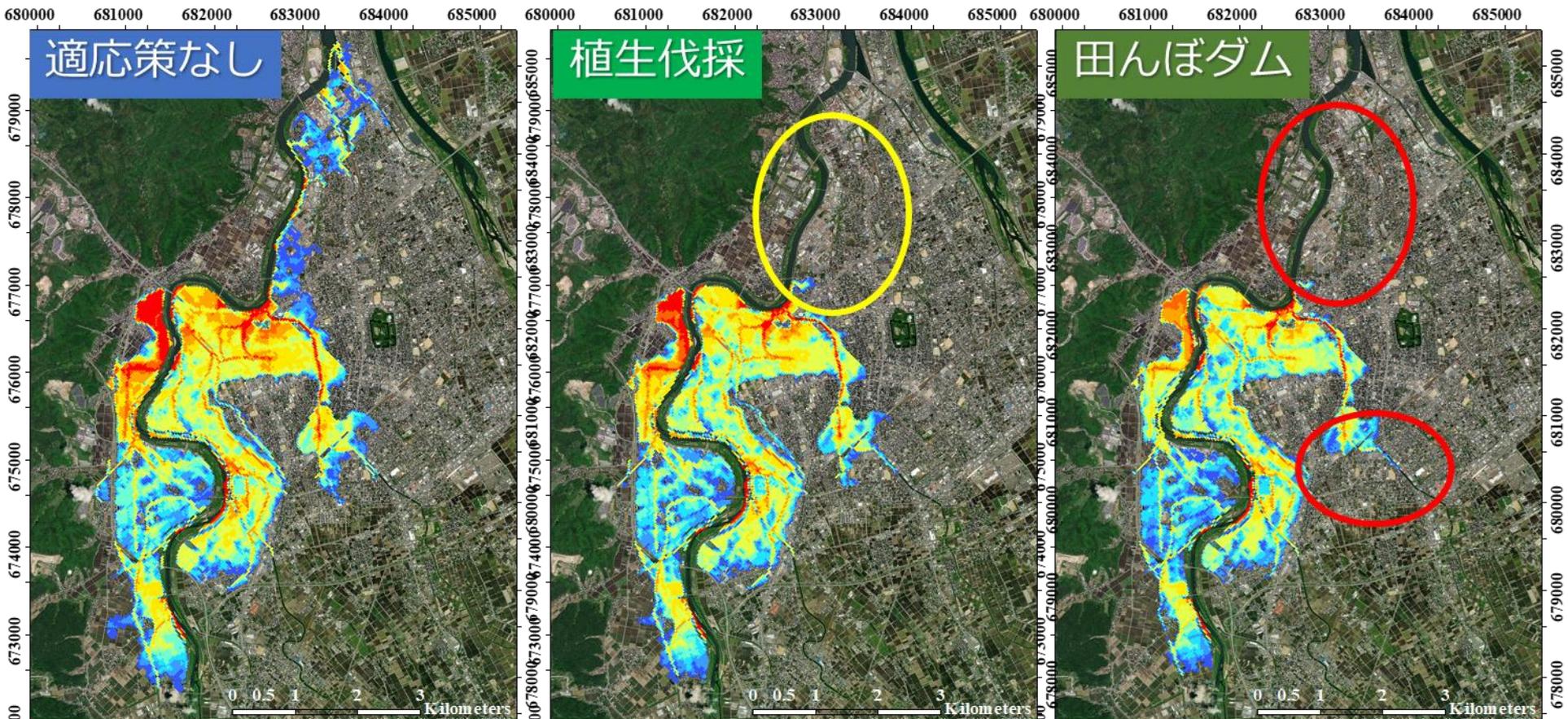
◇田んぼダムの実施率 **50%** として計算する

(小矢部川では実施率30%,10%も考慮)

◇畔高は十分大きく(田んぼ自体から越水しない)

全ての田んぼで十分貯留できるものとする

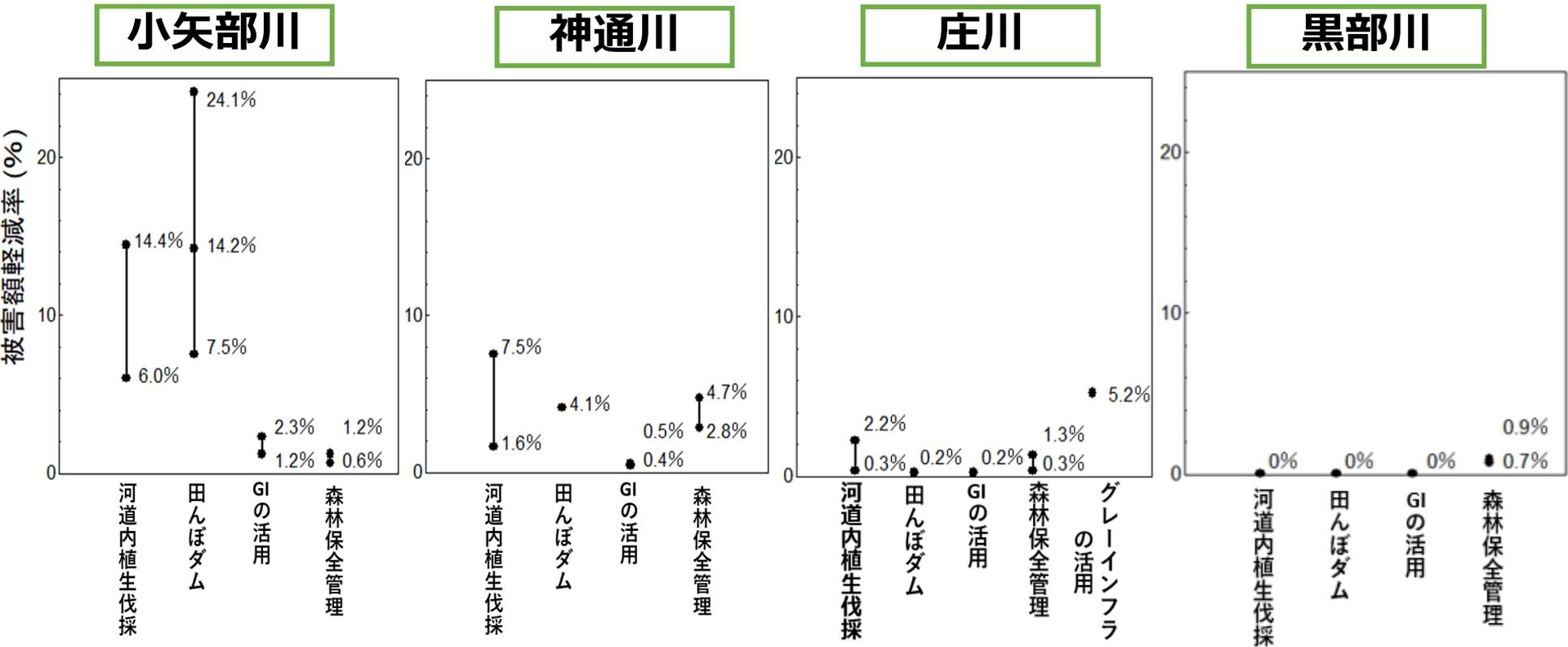
適応策の効果の見える化



- ✓ 田んぼ面積が多い小矢部川での効果が他の河川流域に比べて大きく、植生伐採の効果も植生繁茂量が全体的に多い小矢部川で顕著に効果がある。
- ✓ 庄川・神通川・常願寺川では植生伐採および田んぼダムともに浸水深の差は0-0.2 m程度

富山での流域治水オプションの評価

GI: グリーンインフラ



例えば、小矢部川は田んぼダムが効果的(菊地・呉, 2022)

その他

・侵食リスク:

侵食リスクが適応策によって、どの程度軽減するかを現在算定中

・内水氾濫:

田んぼダムは神通川では効果が小さいが、坪野川、井田川など中小河川や、内水氾濫軽減では効果はどの程度か？を現在検討中

・その他:

霞堤や河道側方貯留など、急流河川では効果が少ないのか。黒部川の霞堤や、やすらぎ水路などで、環境と調和しつつ貯留効果を望めないか。

要点③

各種流域対策・適応策の様々な側面からの評価

- 簡易版、流域比較、B/Cなどで、流域治水効果の見える化
- コストの算定方法など、まだまだ課題は多い
- また、田んぼダム、植生伐採のモデル化でも現実との相違があるため、改良が必要

今後の流域治水の展望： シナジー効果への期待

水収支・土砂収支の見える化

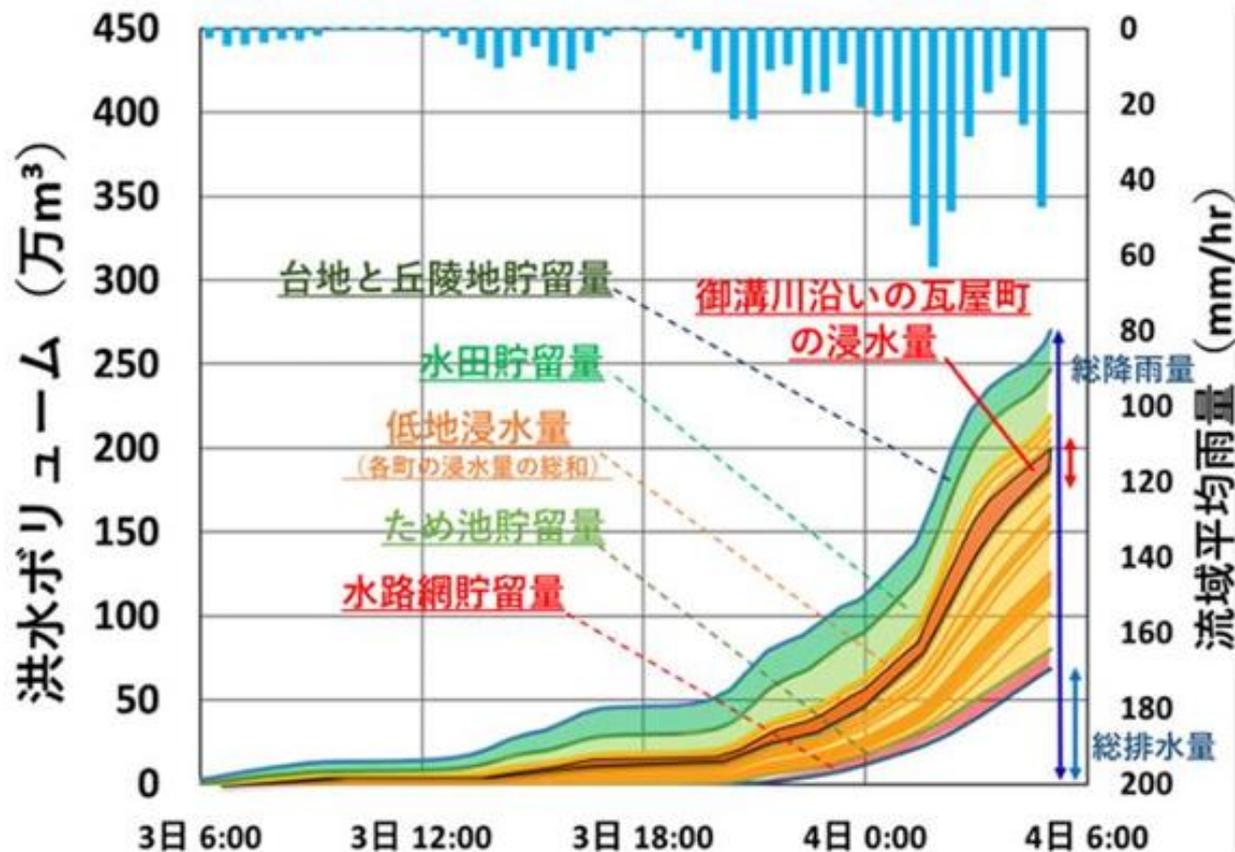


図1 流域水収支図の例（令和2年7月豪雨時の人吉流域の流域水収支図）

（福岡ら（2023）「豪雨時における人吉市内の内水氾濫機構の分析と被害軽減に向けた検討」より）

土木学会提言書より

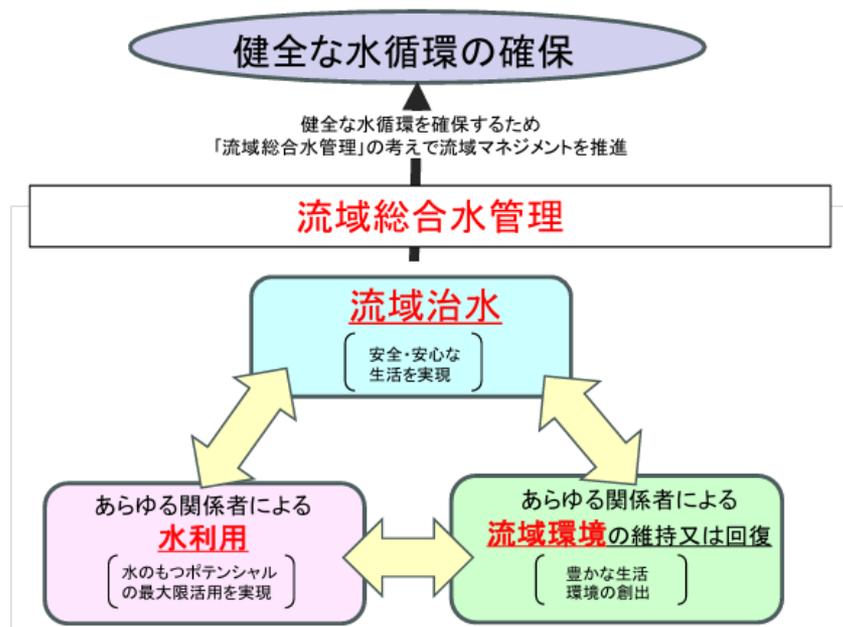
https://committees.jsce.or.jp/gou_kento/system/files/流域治水-提言.pdf

では、この流域水収支を、どう活用するか???

流域総合水管理への展開

「流域総合水管理」の考え方について(案)

- 健全な水循環の維持又は回復のためには、流域治水のように、水利用及び流域環境の維持又は回復の各目的についても、流域のあらゆる関係者による総合的な取組を推進することが重要。
- また、流域治水、水利用、流域環境における相互の関係性を念頭に置いて一体的に取り組み、水災害による被害の最小化と水の恵みやポテンシャルの最大化の両立などを図ることとし、これらの取組を「流域総合水管理」として推進する。



流域総合水管理における取組例

- 地域における再生可能エネルギーの活用【治・利】
- 気象予測を用いたダム運用の高度化【治・利】
- 未利用のダム使用权を用いた未利用容量の活用【治・利】
- 上流域の森林保全【治・環】
- 発電放流と河川環境攪乱【利・環】
- 上下水道施設の再編等による省エネ化【治・利・環】
- 総合的な土砂管理【治・利・環】 等

※【】は関連する取組主体、治は流域治水、利は水利用、環は流域環境に係る取組

主体を意味する。

令和6年5月31日時点

シナジー効果への期待

- 黒部川霞堤のやすらぎ水路、氷見市十二町潟の有効利用:
治水と環境・河川生態系の両立
- 都市計画との連携:
コンパクトシティと流域治水の融合
- DXとの連携:
デジタルツインに向けて

生態系とのシナジー効果



【 】：整備年度

図-1 黒部川におけるやすらぎ水路位置図

佐々木ら、黒部川における生態系に配慮した取り組みについて：

<https://www.hrr.mlit.go.jp/library/happyoukai/R3/d/d-07.pdf>

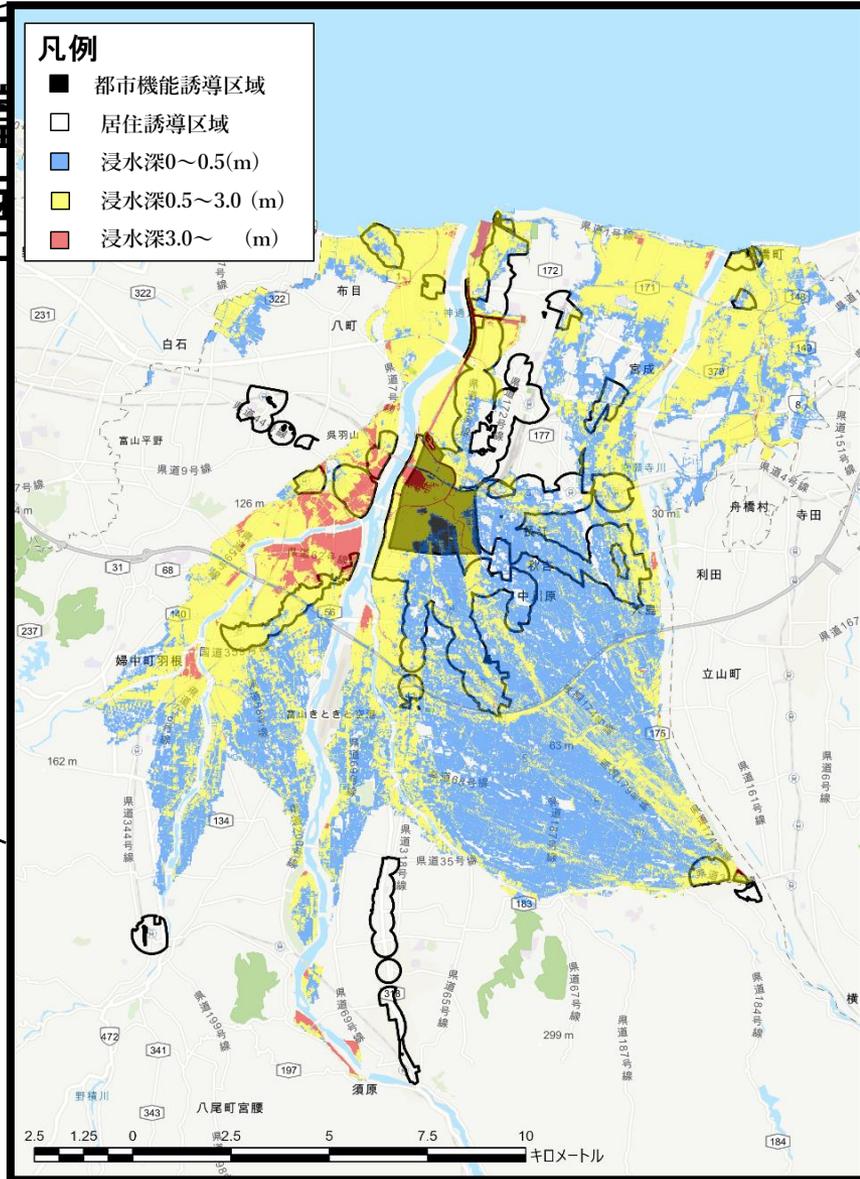
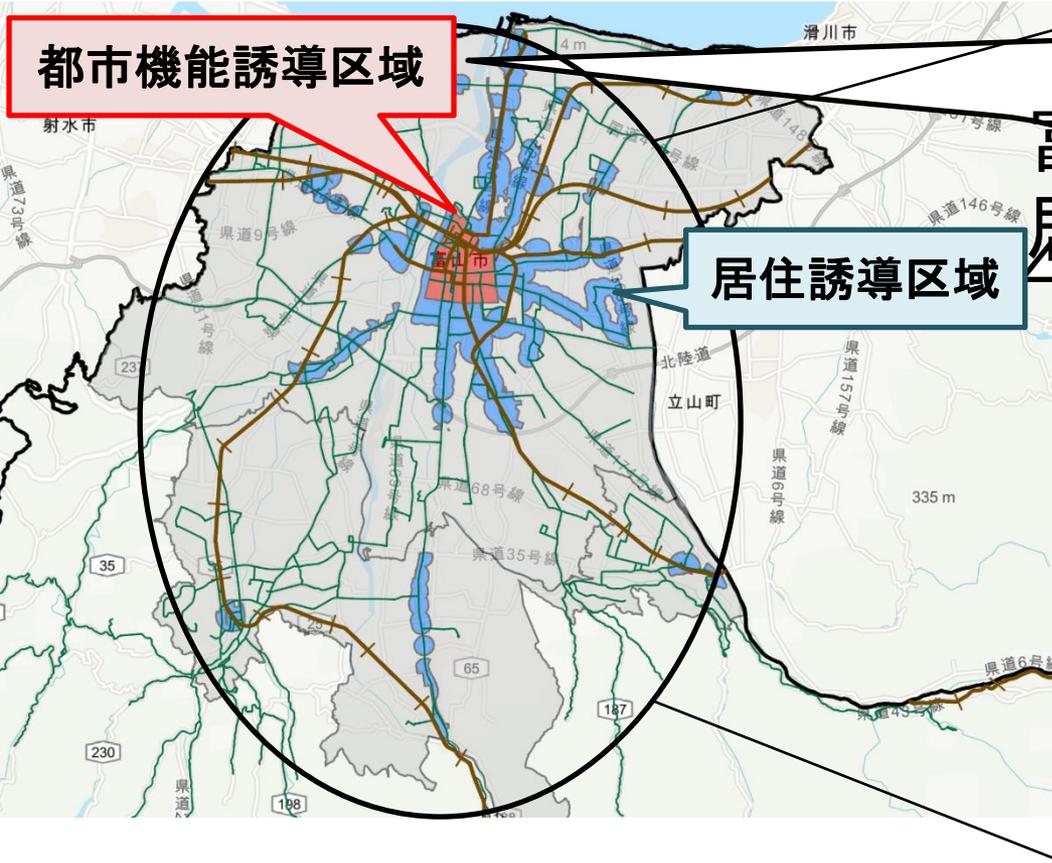
生態系とのシナジー効果



イタセンバラやオニバスという天然記念物が生息する、氷見市十二町潟での洪水貯留で、生態系と治水の両立ができないかの研究をスタート。

まだまだ夢ものがたりですが、こういう取り組みも楽しいのでやっていきます。

コンパクトシティと流域治水の融合



コンパクトシティによる集積地域内に水害
リスクの高い地域がある

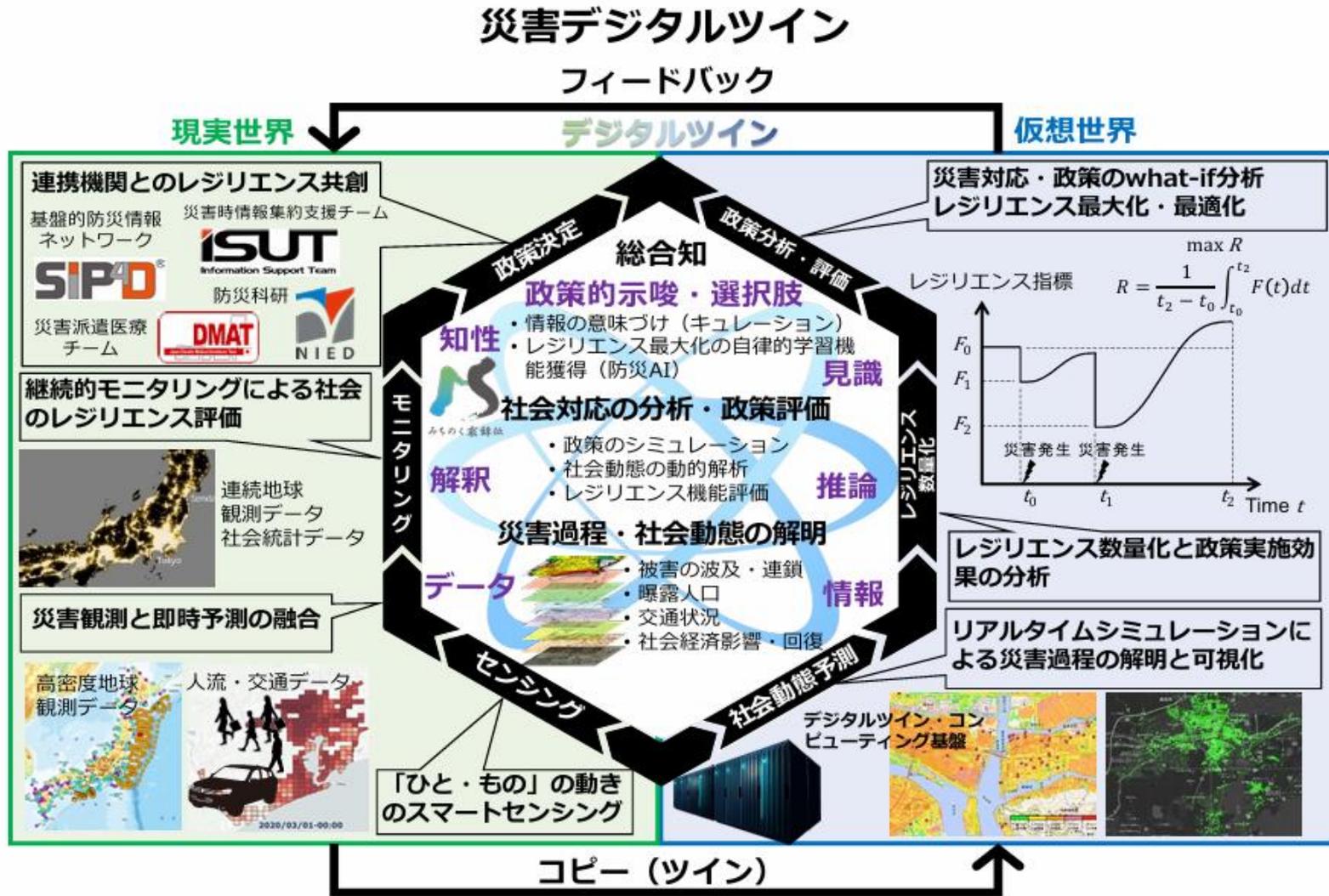
対応策が必要

コンパクトシティと流域治水の融合

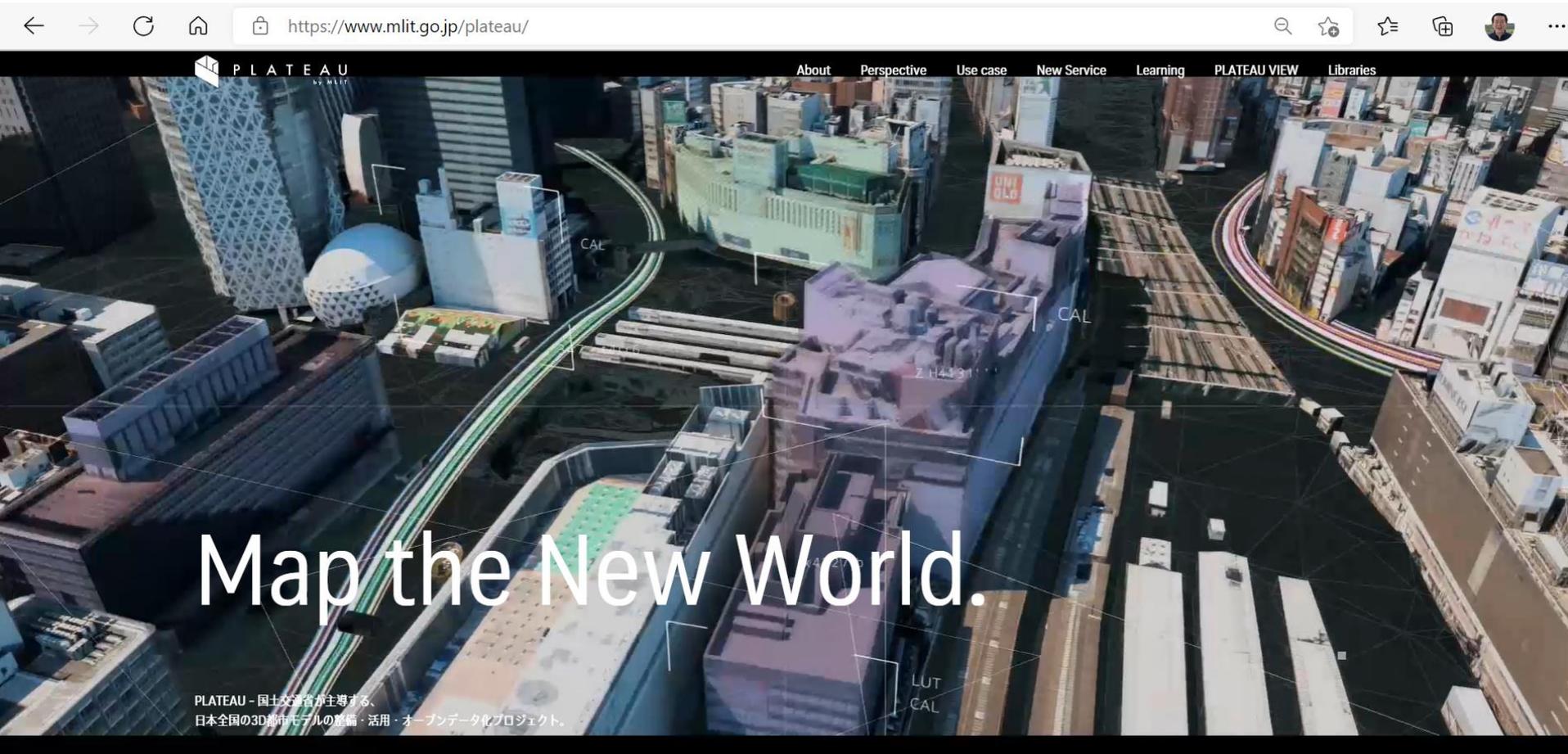


居住誘導を通じて、
コンパクトシティと流域治水を融合できないか？

災害デジタルツイン: 東北大学 越村先生



デジタルツインの準備：国土交通省



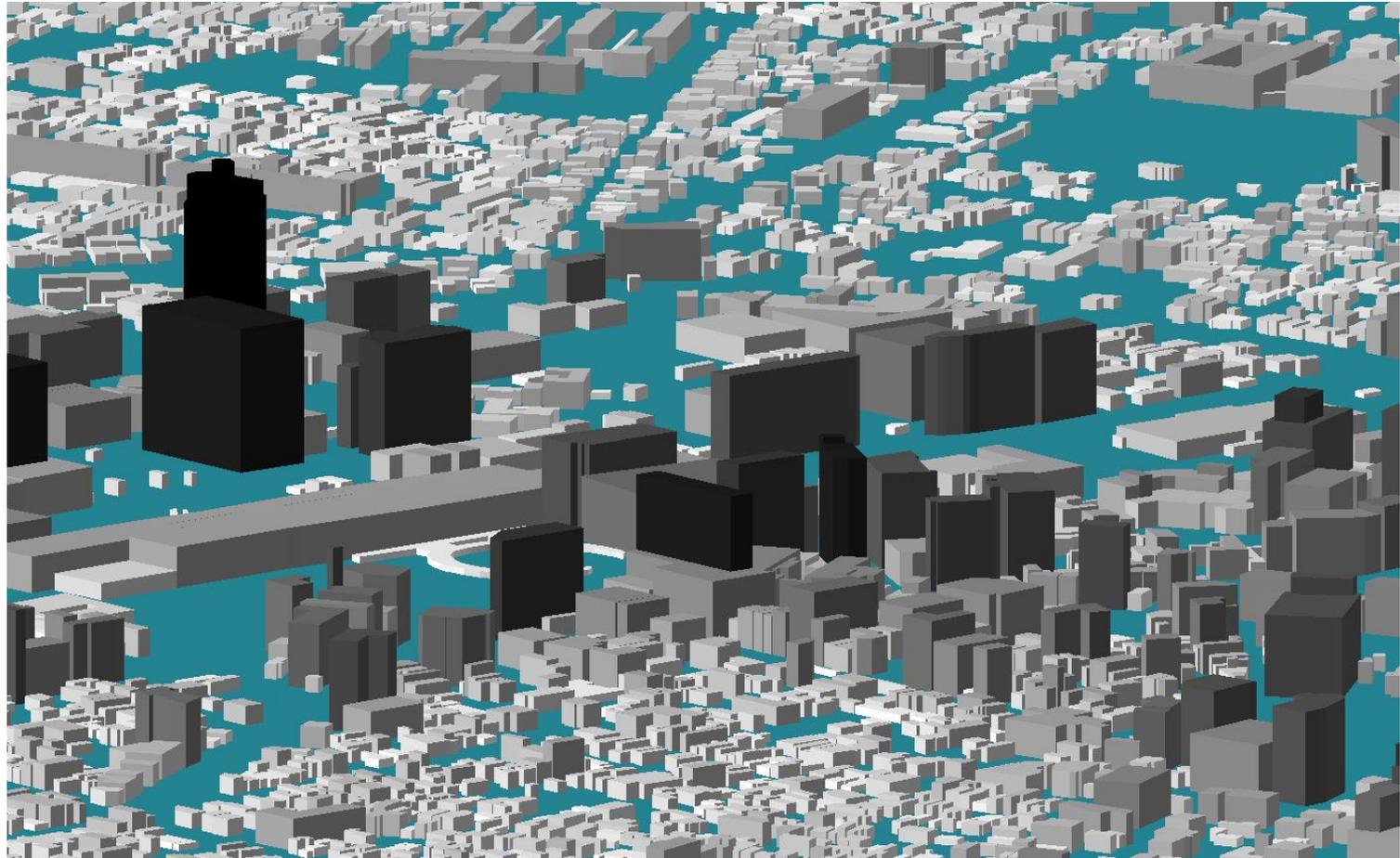
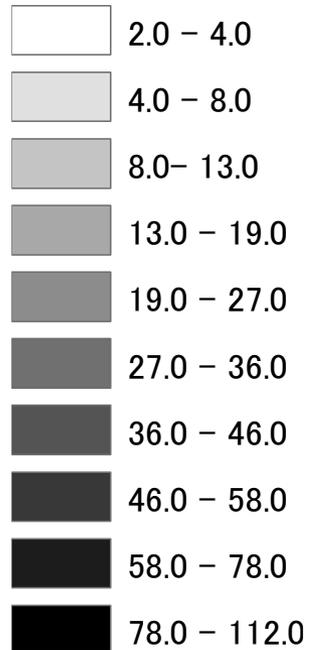
国土交通省プロジェクト (PLATEAU プラトー)

<https://www.mlit.go.jp/plateau/>

デジタルツインの準備：3D都市モデル

【富山駅周辺】

建物高さ(m)



3Dを用いた表現

 浸水している範囲

 破堤地点

富山駅

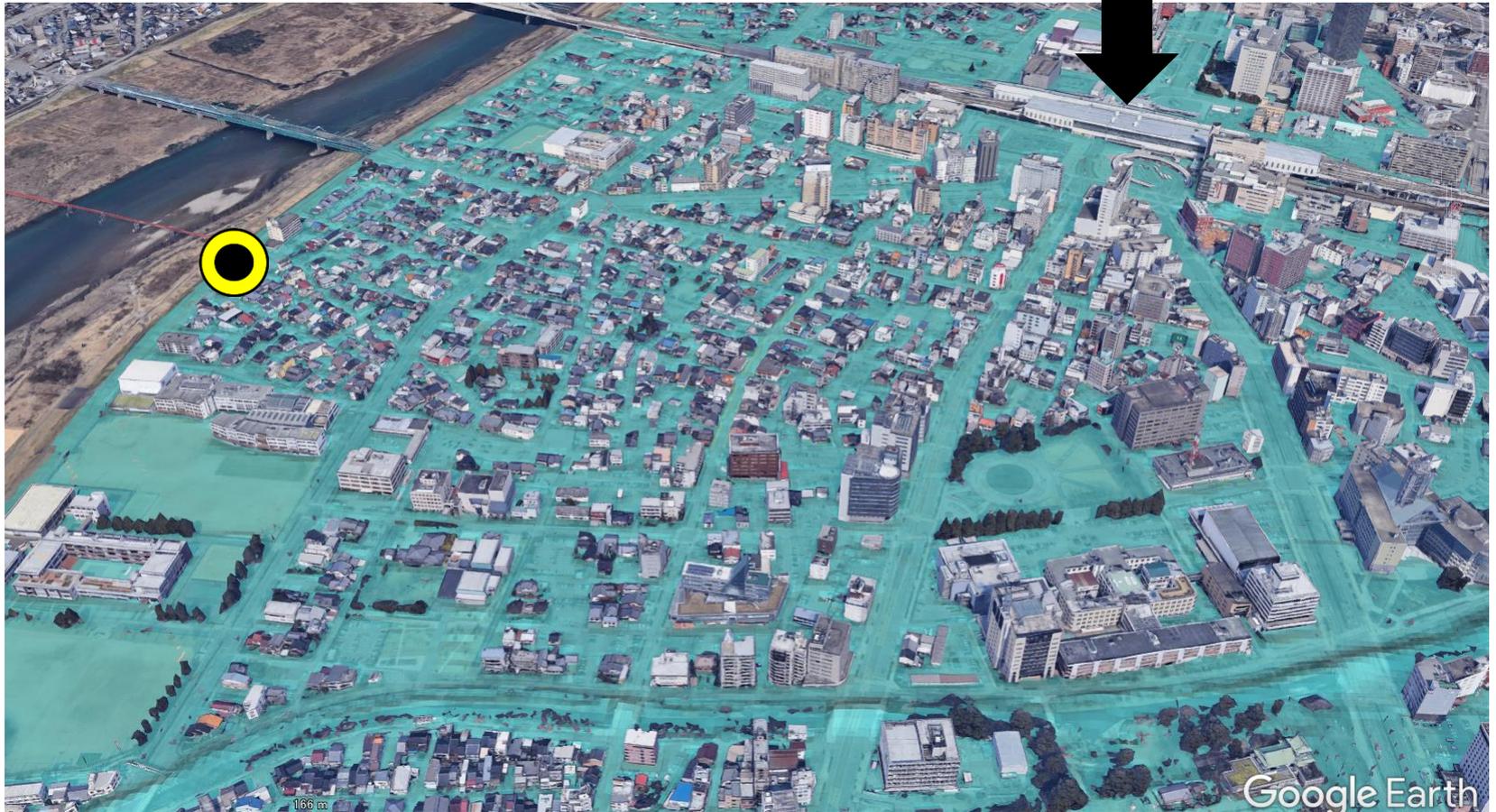
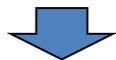


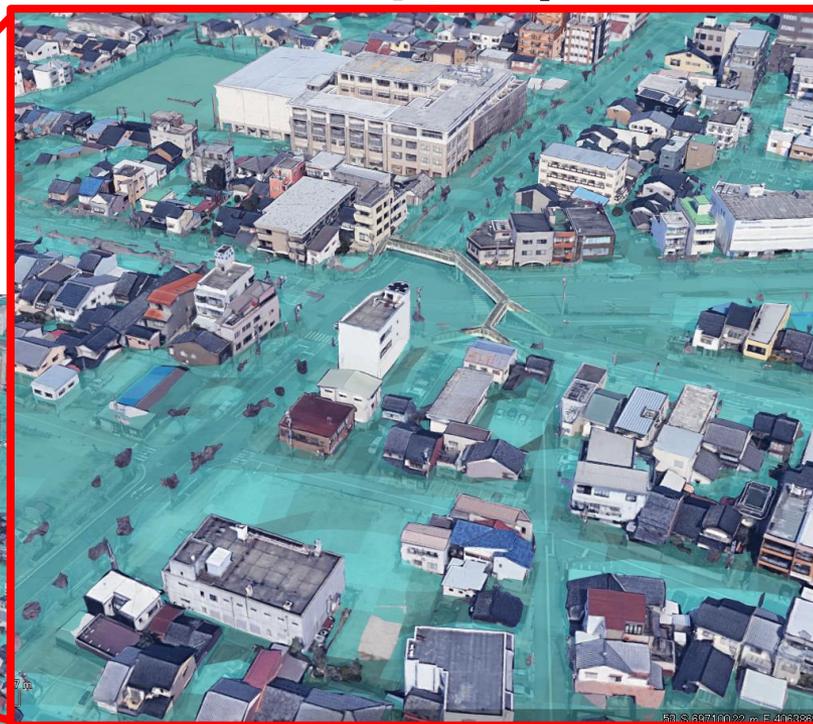
図8 3Dによる浸水状況の可視化
(家屋を高さによって考慮した結果より)

3Dを用いた表現方法の結果

3Dでの表現



浸水がどこまで達するのか
誰が見ても理解可能

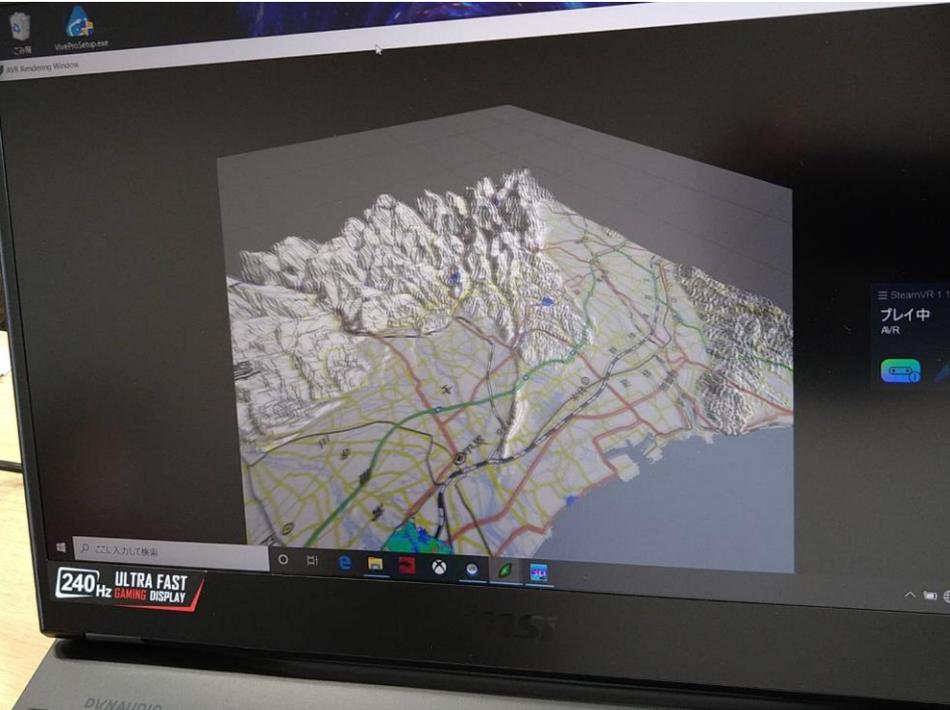


浸水している範囲

● 破堤地点

Google Earth

VRでの洪水氾濫の可視化(富山県立大)



2018年ごろ:
サイバネットシステム株式会社のサポート

北日本新聞社

水害に関する防災出前講義が5日、高岡市中川中学校で開かれ、3年生22人がコンピューターを利用して水害対策について学んだ。VR（仮想現実）機器を活用

した実体験もあった。【webankに写真3枚】
高岡 中川中での出前講座



VR映像で洪水体験

おすすめ!!
Hello Kitty
お祝い合は

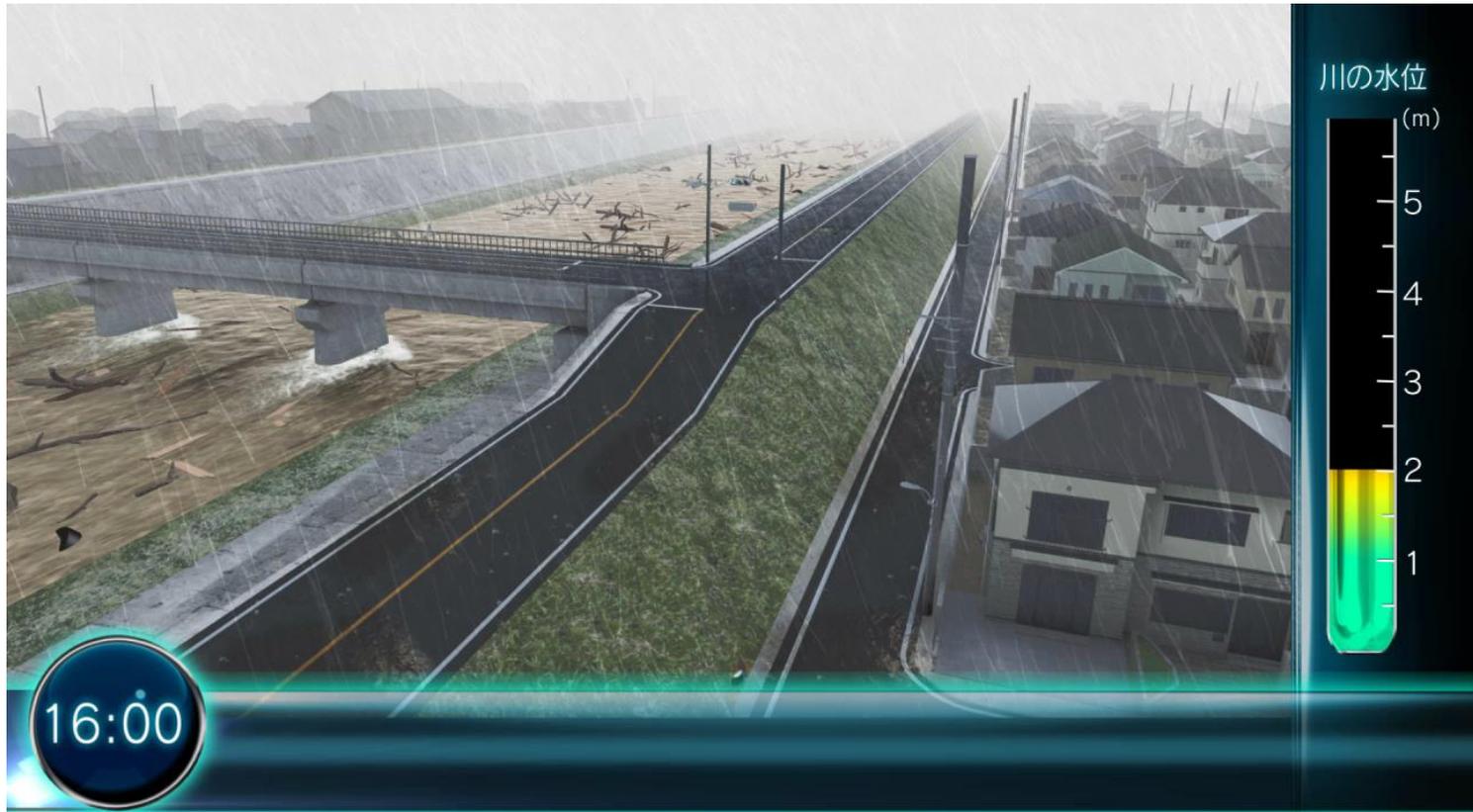
水害に関する防災出前講義が5日、高岡市中川中学校で開かれ、3年生22人がコンピューターを利用して水害対策について学んだ。VR（仮想現実）機器を活用した実体験もあった。

お問い合わせは
中田販売店 076613610038

水害に備え行動確認

CG・Movieでの可視化(東北大, 森口先生)

2016年 岩手県
小本川での
洪水氾濫解析



未来の防災: デジタルツインで、予測、対応指示

要点⑤

シナジー効果への期待

- ・黒部川霞堤のやすらぎ水路、氷見市十二町潟の有効利用：
治水と環境・河川生態系の両立

課題：治水効果は小さい、生態系の価値をどう評価するか

- ・都市計画との連携：コンパクトシティと流域治水の融合

課題：コンパクトシティは経済優先、既に開発が進んでいる

- ・DXとの連携：デジタルツインに向けて

課題：研究室レベルでは厳しい

ご清聴を大変ありがとうございました！

S-18からの研究サポートに心より御礼申し上げます。
このような場を頂き本当にありがとうございました。
細かい点の説明ができずに、ダラダラと申し訳ございません。。。



呉 修一

kure@pu-toyama.ac.jp



流域治水とやま