

外水・都市内水ネスティング解析による 流域治水とコンパクトシティ融合の影響評価

呉 修一(くれ しゅういち)

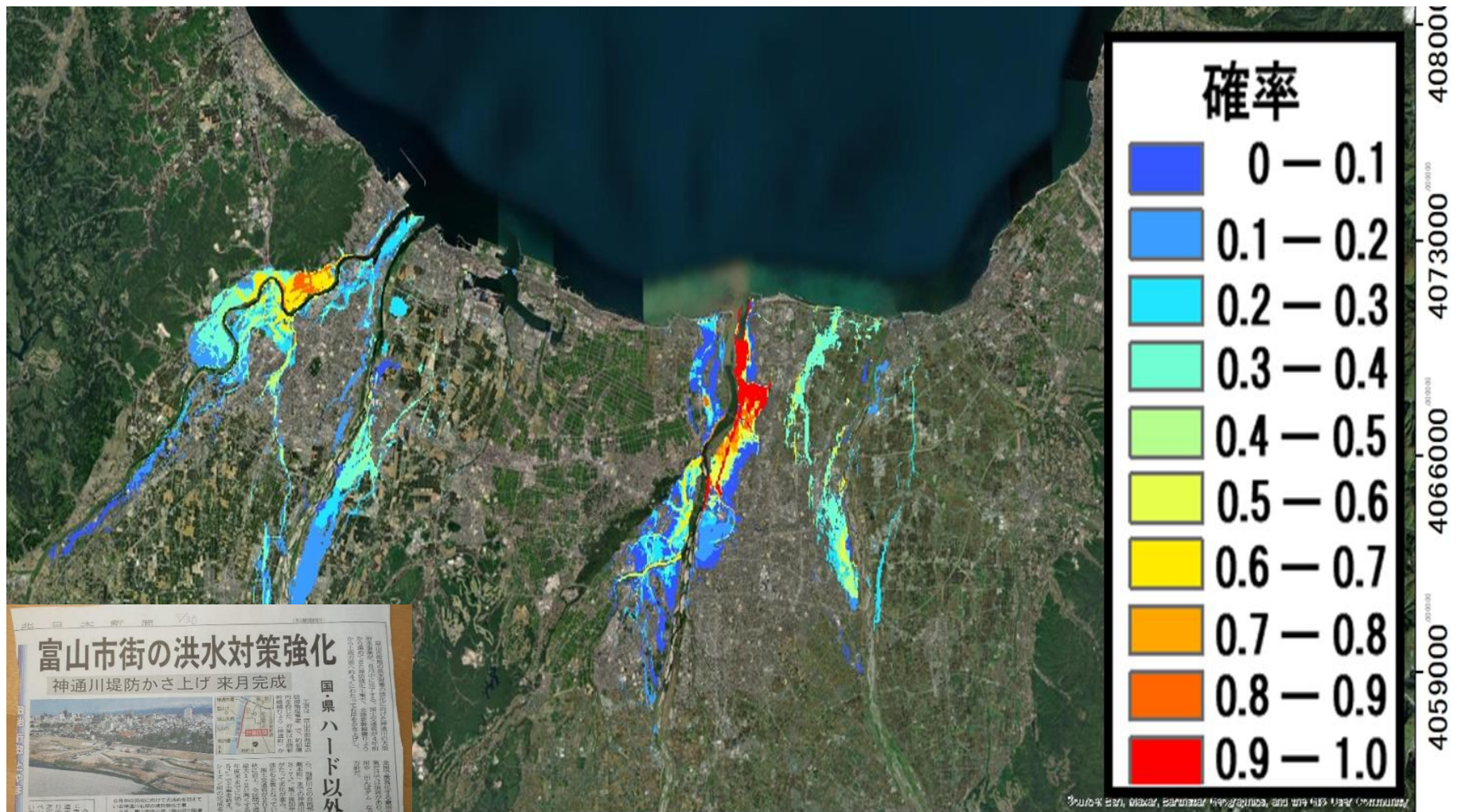
富山県立大学 環境・社会基盤工学科 教授

発表の流れ

- はじめに
- 対象河川・区域
- 研究手法
- 洪水への対応
 - 外水氾濫への流域治水での対応
 - 都市内水氾濫への田んぼダムなどでの対応
 - 外水氾濫への居住誘導での対応
- まとめ
- 2年度目に実施すること

はじめに

研究背景：富山の水害リスク(松本・呉, 2023)



神通川右岸と小矢部川下流で水平避難が必要な確率が高い(その状況が生じる確率は低いが)

研究背景：近年の水災害

問題 近年、ゲリラ豪雨や台風など、全国各地で**洪水災害が頻発**

富山県でも複数の被害を確認

令和5年度 小矢部川：観測最大水位を記録 白岩川：豪雨によるダムの緊急放流での破堤



研究背景：治水は流域治水へ

流域治水には、土地利用規制や、誘導、移転促進も含まれる

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
⇒ 国・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

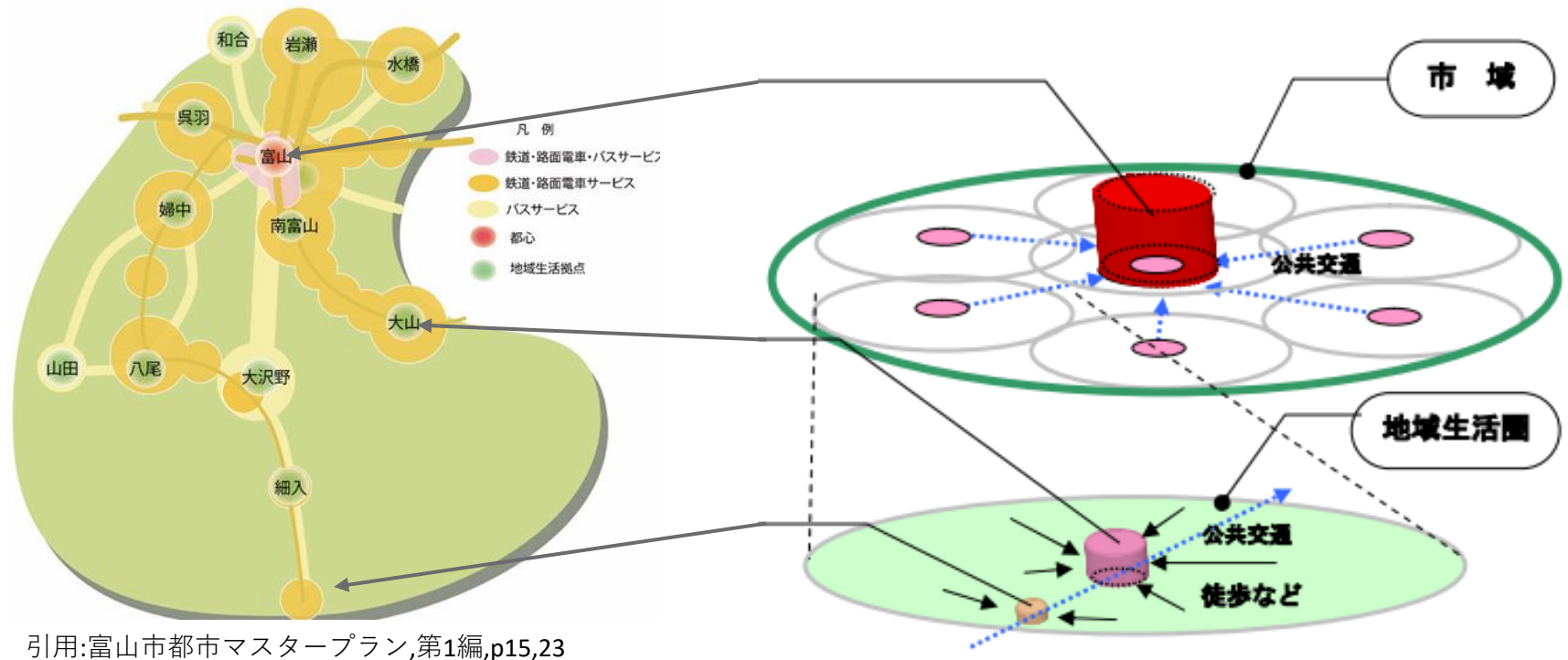
「粘り強い堤防」を目指した
堤防強化等
⇒ 国・県

(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

研究背景：富山のコンパクトシティ

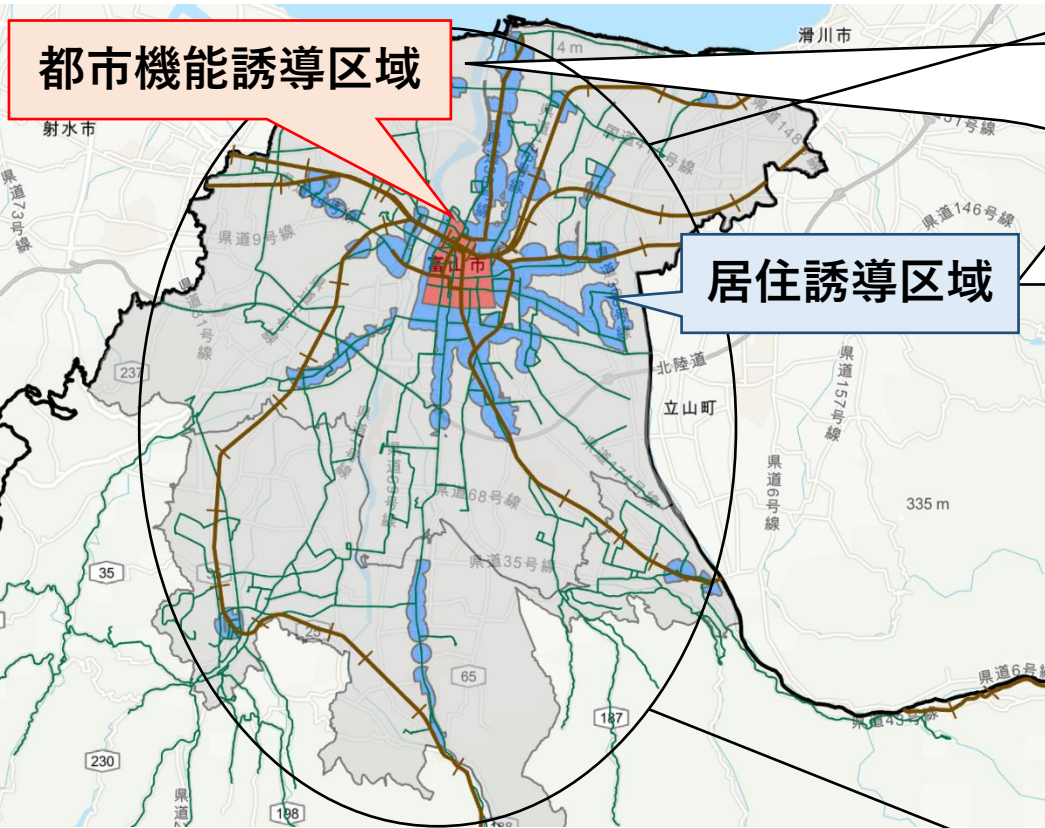
富山県の人口は先日100万人を割り、2050年には80万人程度



富山市では少子高齢化やインフラの老朽化にコンパクトシティで対応している

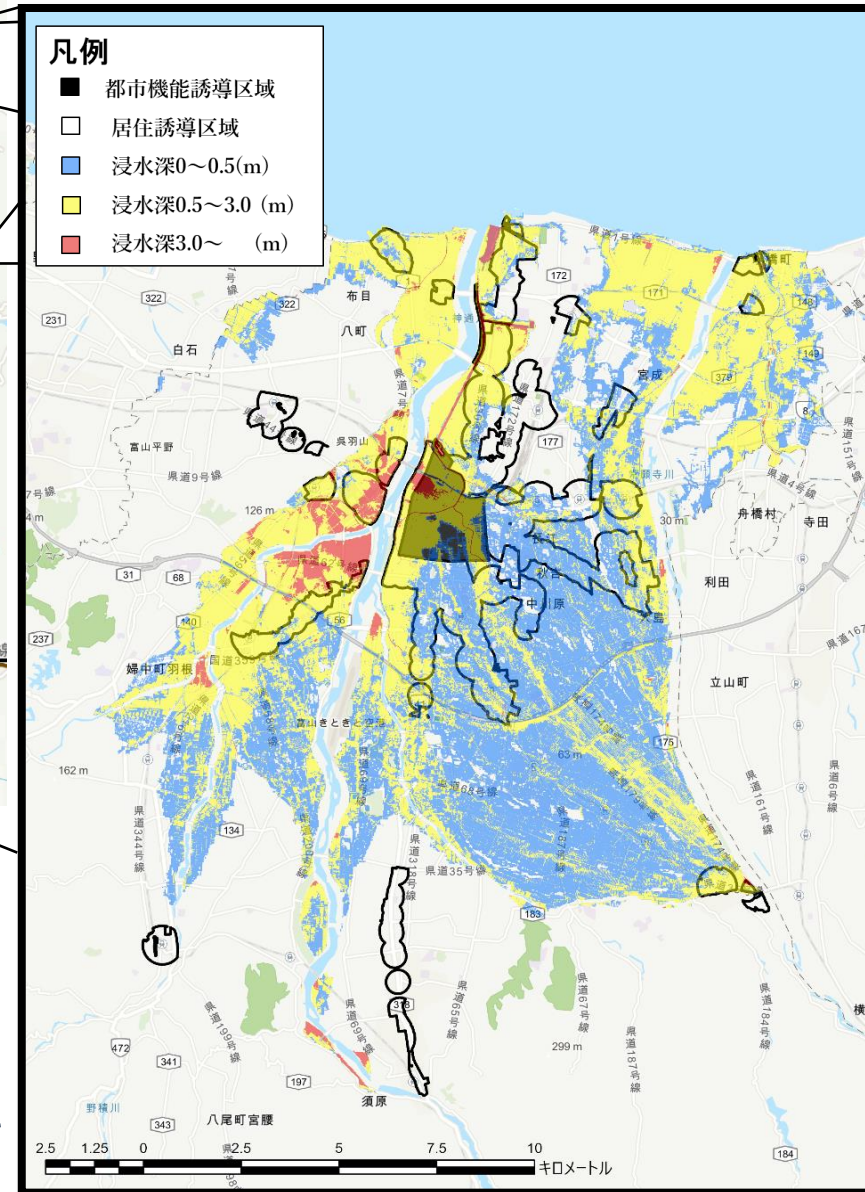
公共交通利用者の増加・中心部への転入者の増加といった成果が出始めている

研究背景：富山のコンパクトシティ



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



リサーチクエスト



コンパクトシティと流域治水を融合できないか？

目的

解析モデルを構築し流域治水による浸水対策とコンパクトシティによる居住誘導を比較検討する

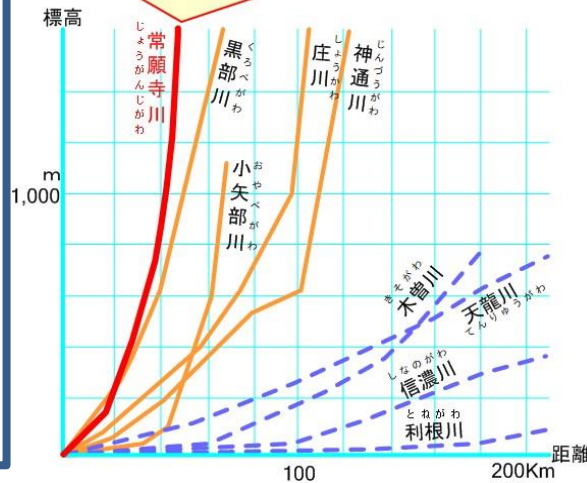
対象河川・地域

対象河川：富山の一級河川

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、扇状地部で約1/100と日本屈指の急流河川

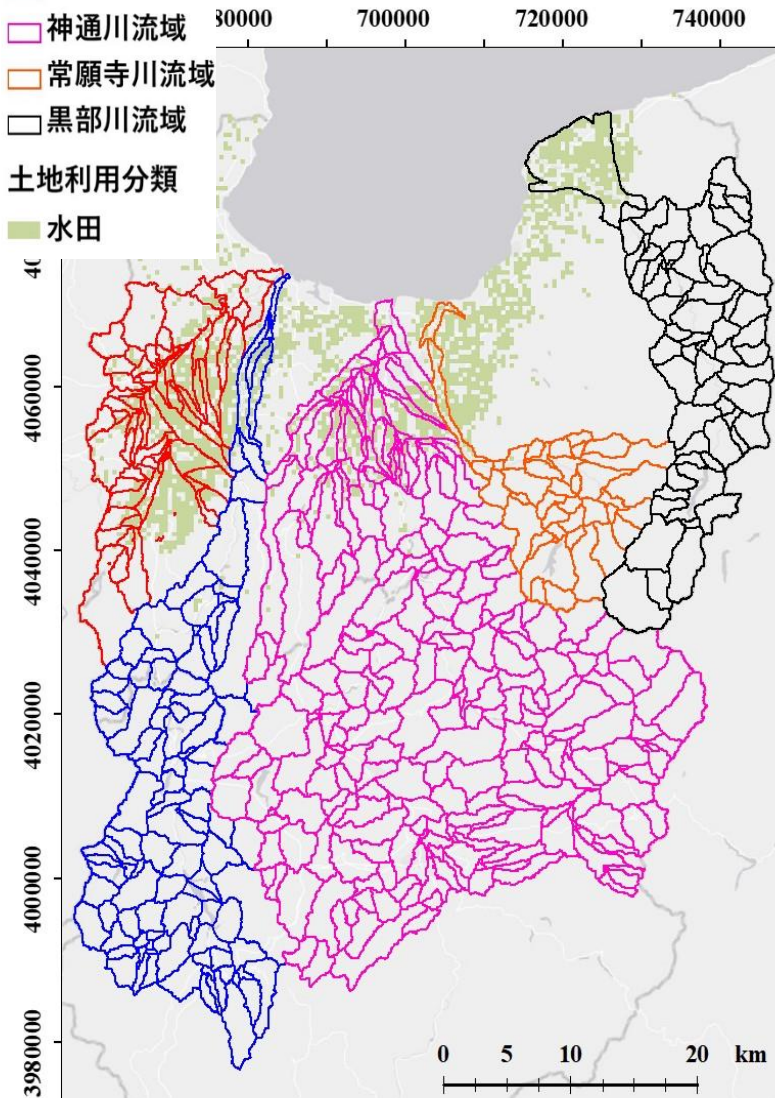


流域

- 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

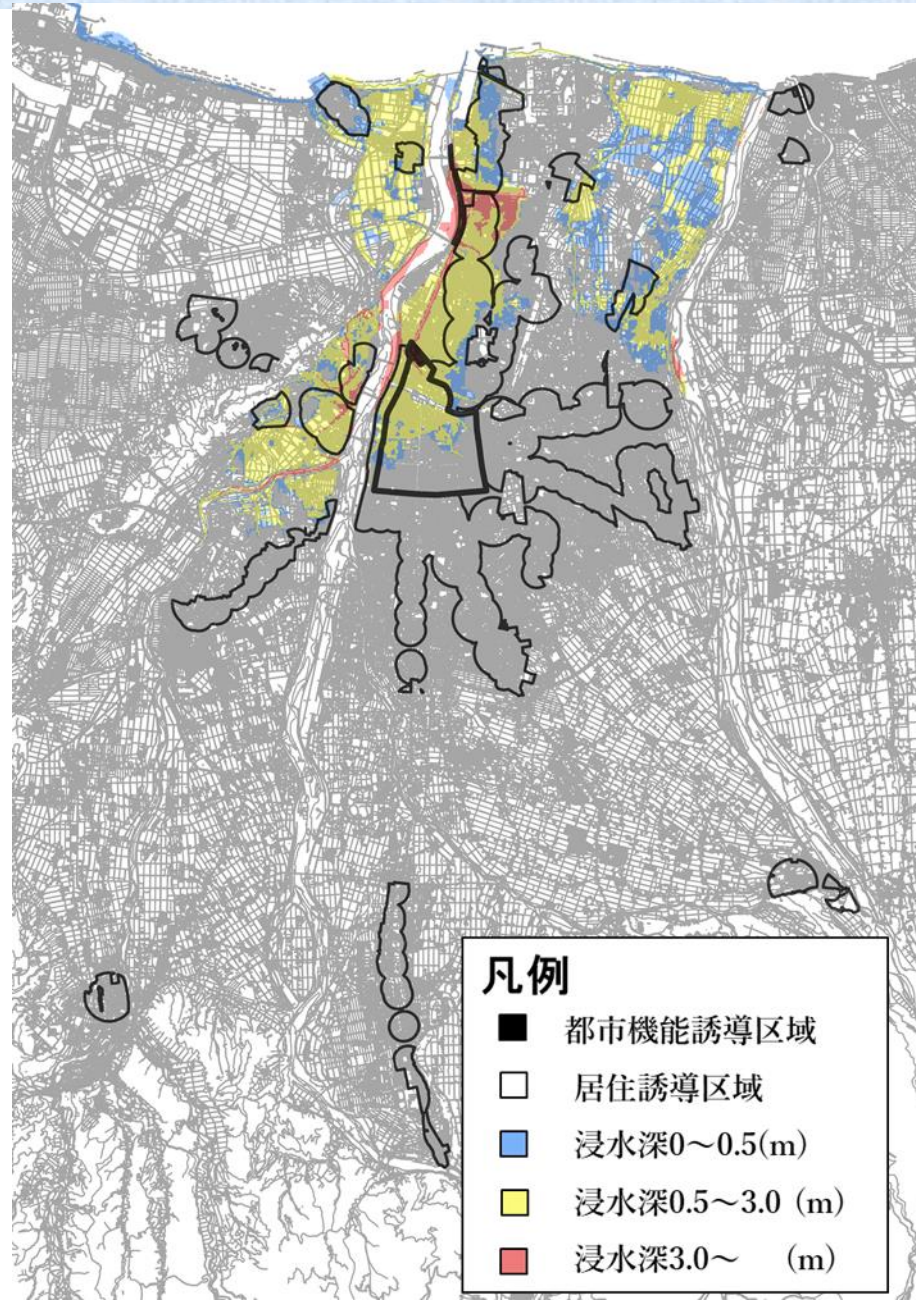
土地利用分類

- 水田



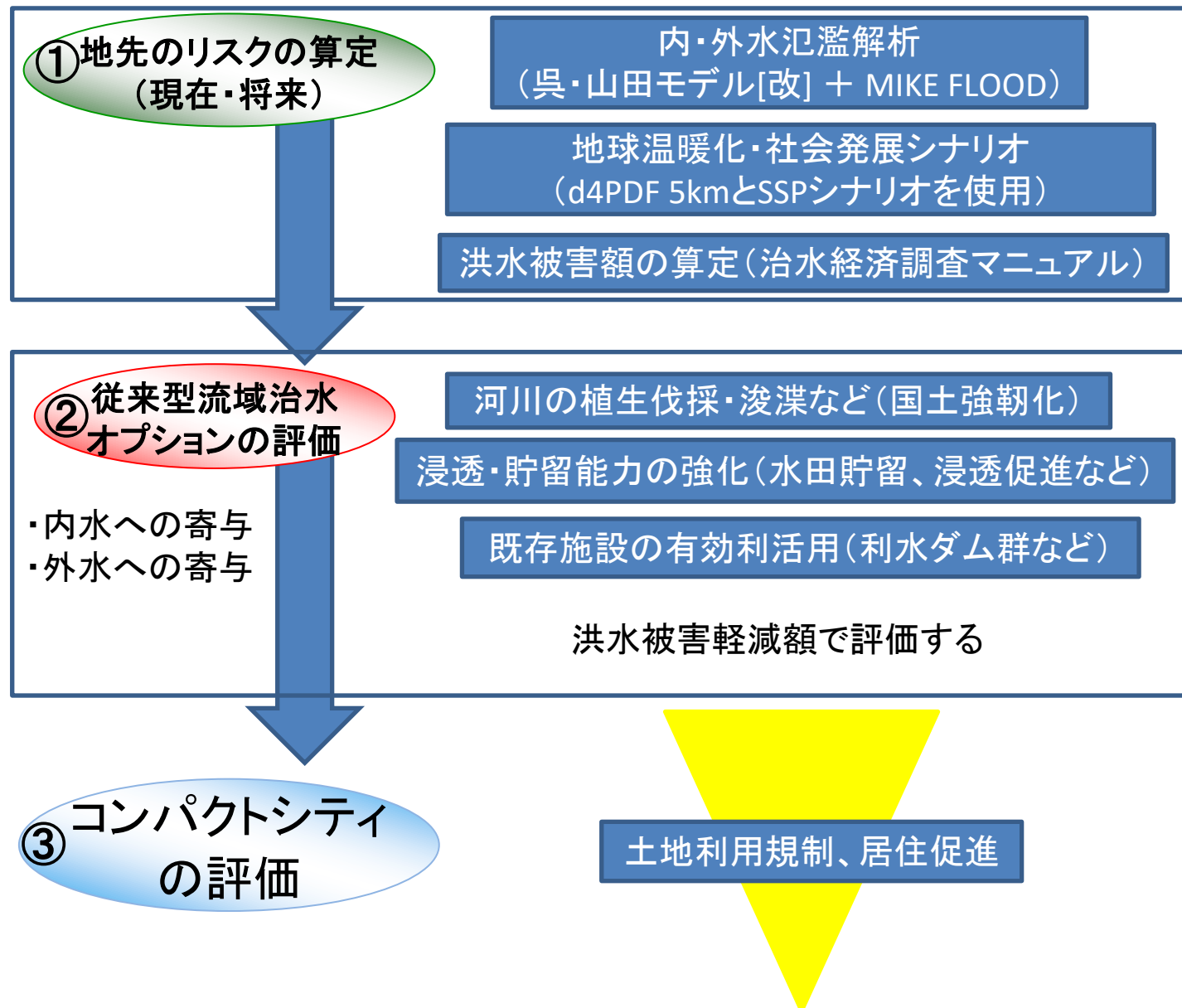
	小矢部川	庄川	神通川	常願寺川	黒部川
河川全長(km)	68.2	115	120	56	85
流域面積(km ²)	667	1,189	2,720	368	682
河床勾配 (山間部)	1/100	1/30~180	1/20~250	1/30	1/5~80
河床勾配 (平野部)	1/1000	1/200	1/250~	1/100	1/100

対象地区：富山市



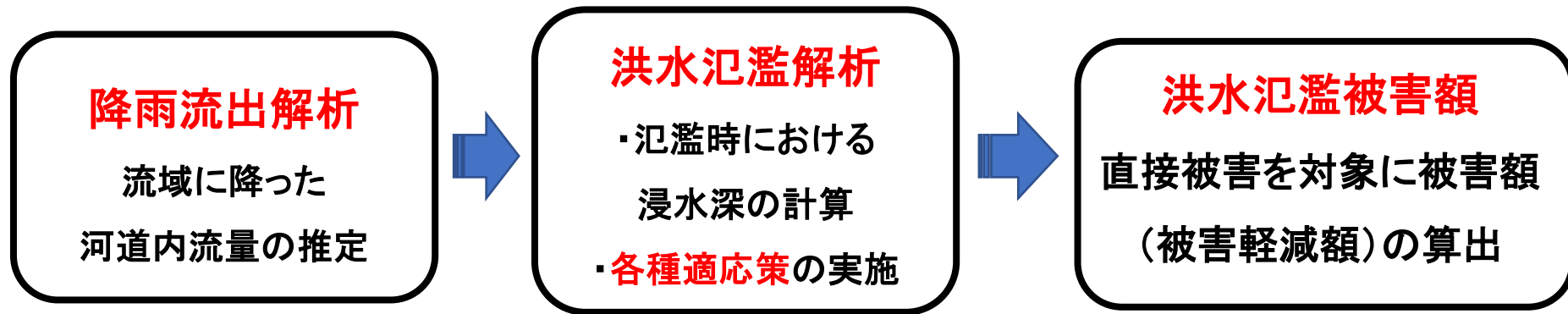
研究手法

研究の流れ



数値計算の概要

➤ 数値計算の流れ



- 降雨流出・洪水氾濫モデル(呉・山田モデル, 2024)
外力: 現在気候・4°C上昇時の150年確率
- 内水氾濫モデル: MIKE FLOOD
外力: 10年、30年確率
- 被害額の算定: 治水経済調査マニュアル

洪水への対応

外水氾濫への流域治水での対応

各種流域治水オプション

◇ 河道内植生の伐採

高水敷の粗度係数を一様に **0.03, 0.02** と低下させることで伐採を表現

◇ 田んぼダム

Chai, Tougeら(2020)の1次元田んぼダムモデルを使用(実施率**50, 100%**など)

◇ 利賀ダム

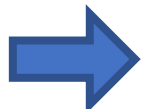
【自然調節方式】流入量・貯水位に応じて放流量が決定される放流量式

◇ グリーンインフラの活用

流出計算における都市の面積の**10 %**を山地と分類することで表現

◇ 森林衰退

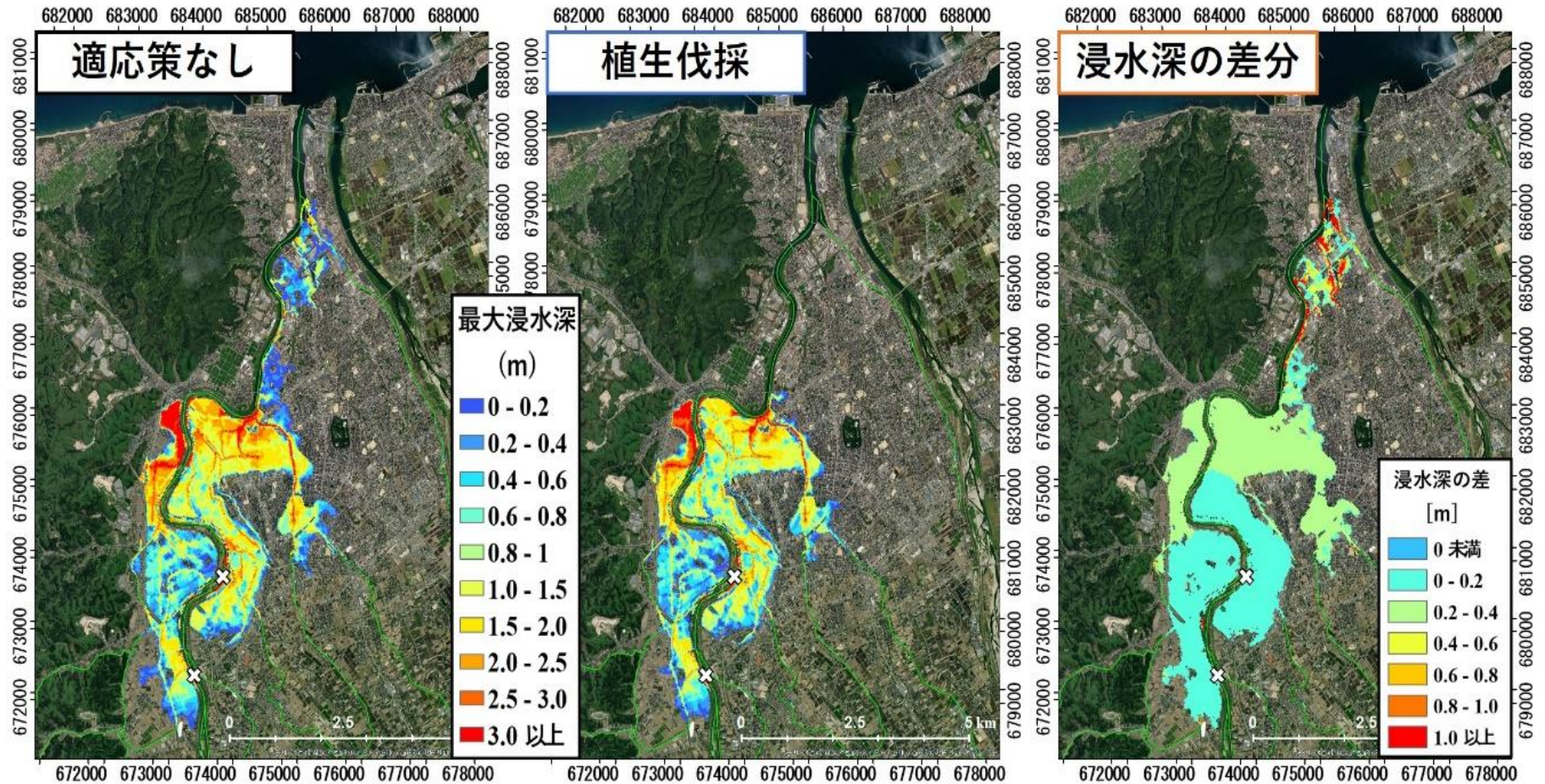
流出計算における山地の面積の**10 %**を都市と分類することで表現



分類する土地利用や流出パラメータのアップデートなどの検討が必要

流域治水オプションの効果

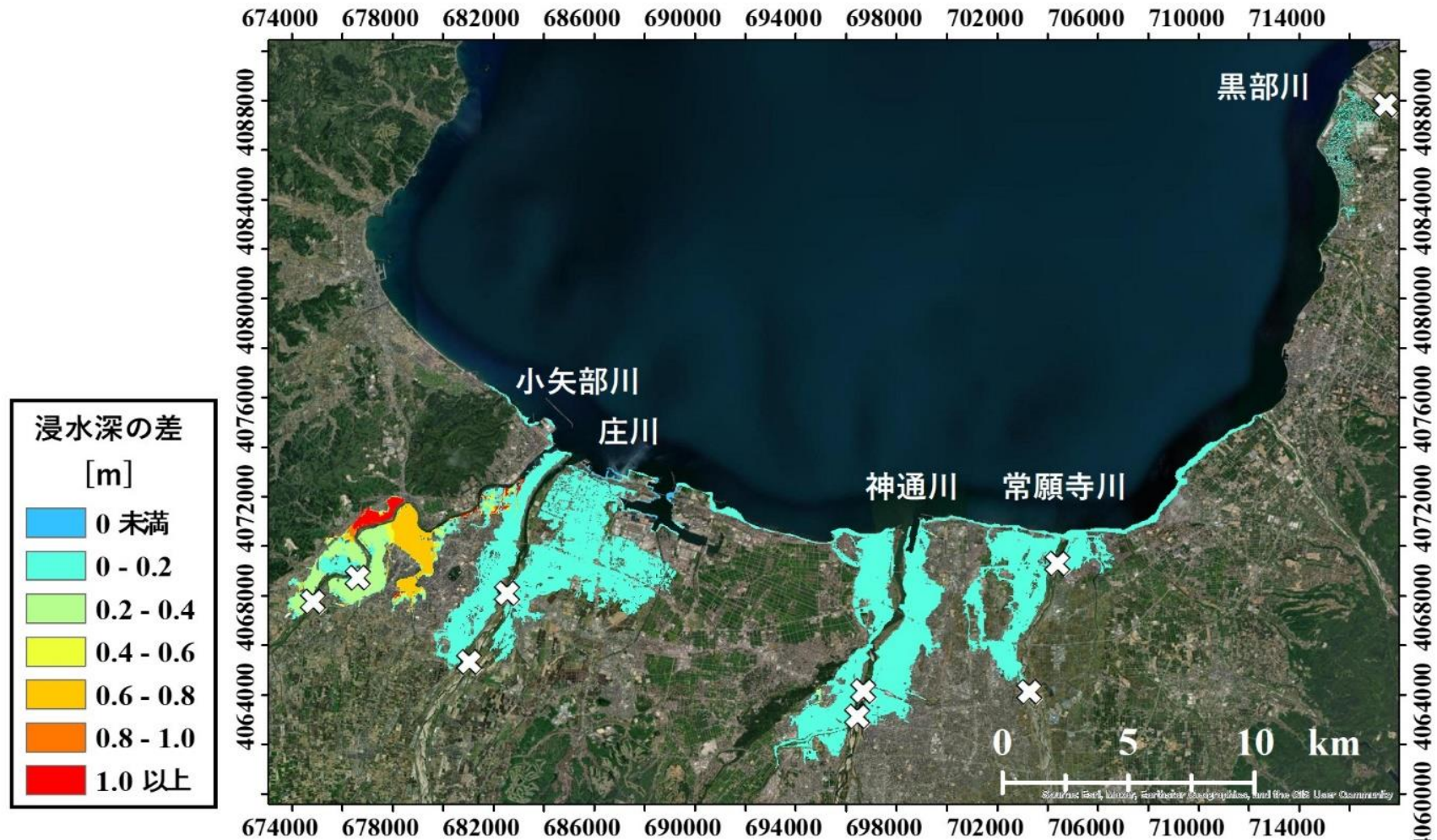
○ 洪水氾濫解析結果：適応策あり（植生伐採）



小矢部川などで植生伐採の効果が確認される

流域治水オプションの効果

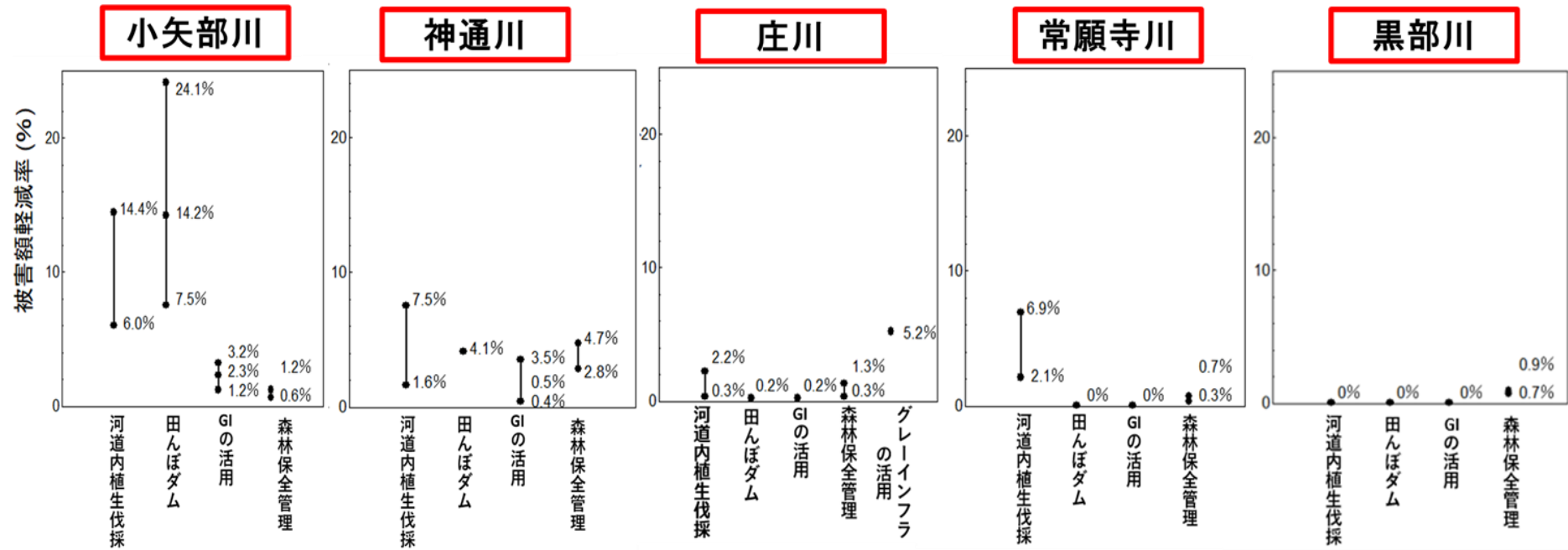
○ 洪水氾濫解析結果：適応策あり（田んぼダム）



小矢部川で特に田んぼダムの高い効果が確認される

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で、庄川は利賀ダムの効果が大い。河道内植生伐採は全体的に効果が大い

まとめ1

- 流域治水オプションは富山5河川では、小矢部川で効果が大きい。特に田んぼダムと植生伐採の効果が見込めそうである。
- 黒部川などは効果が低いため、他のオプションを模索する必要がある。
- グリーンインフラの数値計算での表現を、2年目は現実的なものへと改善する予定である。

洪水への対応

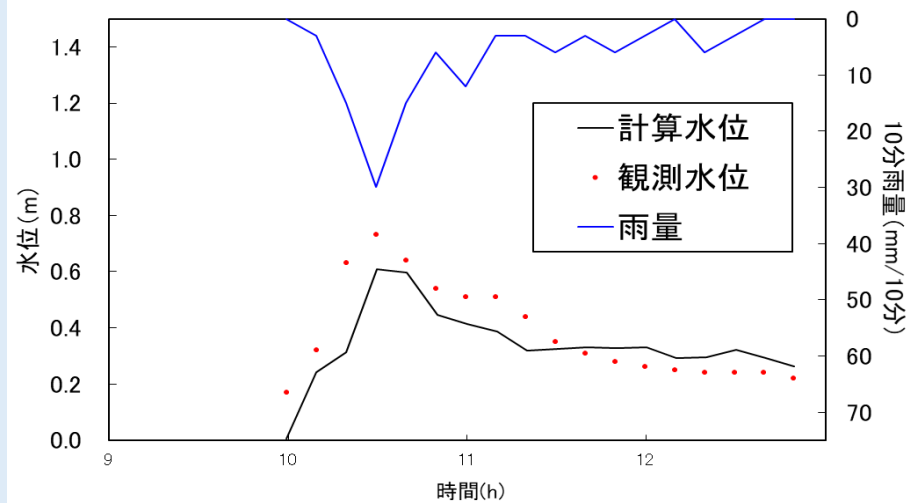
内水氾濫への流域治水での対応

内水氾濫のモデル化と検証(一部地域)

実測水位と計算水位の比較

2 地点において実測水位と計算水位を比較した

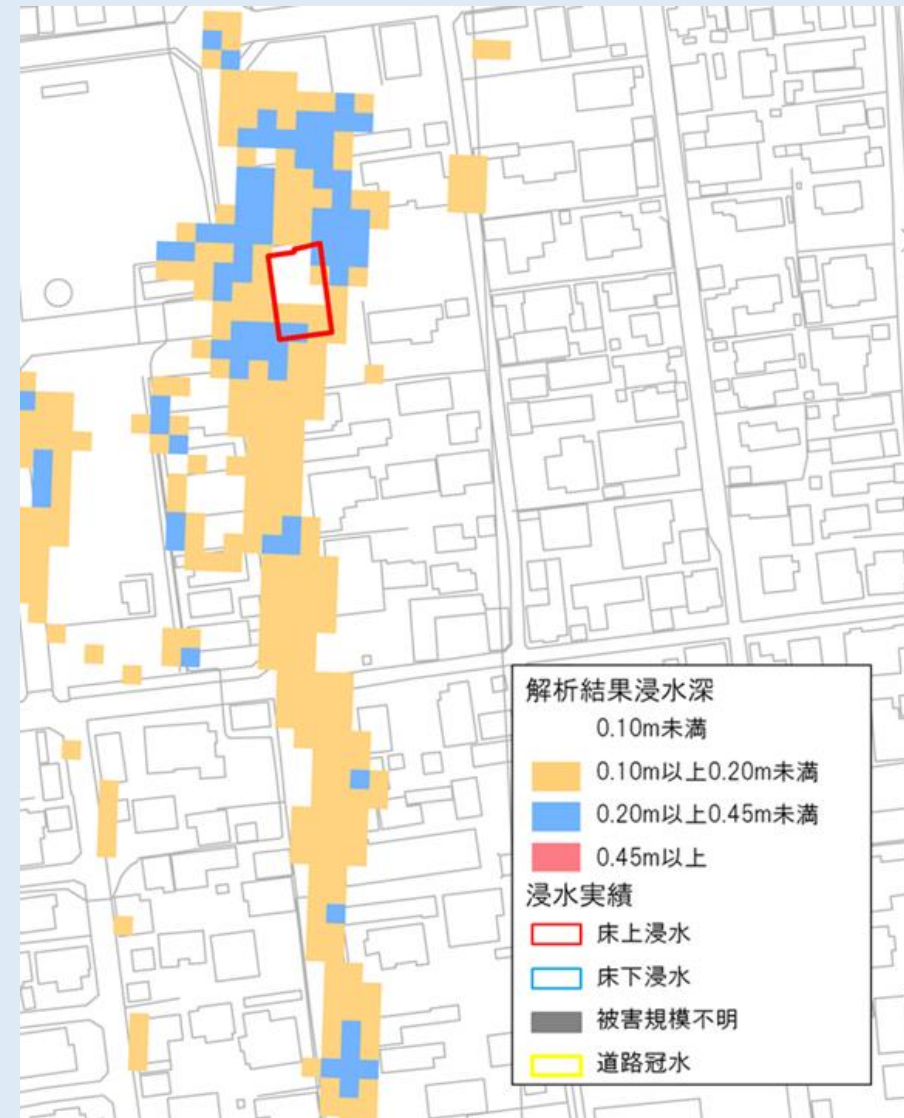
地点①



- 設置した水位計との比較で、再現性を確認
- 過去の浸水実績と比較して、再現性を確認

再現性が高いものとする

浸水実績と計算結果の比較

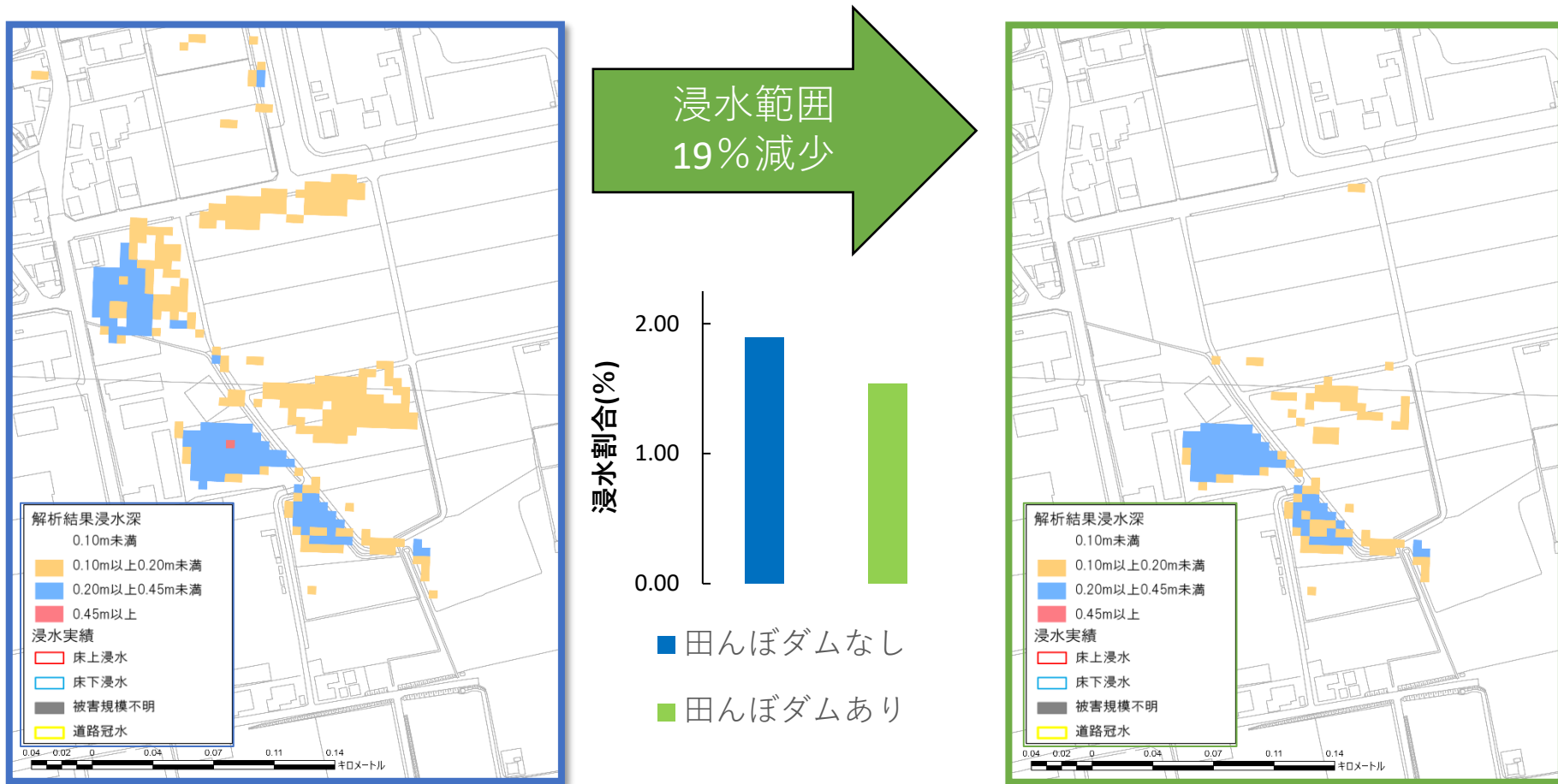


田んぼダムの効果検証

対象河川	ピーク流量差(m^3/s)	ピーク流量低減率(%)
A川	0.6	5.5
B川	0.6	8.8
C川	0.6	10.2
D川	1.2	12.7
E川	1.2	19.1
F川	2.7	5.5

都市中小河川での洪水ピークの低減にも寄与している

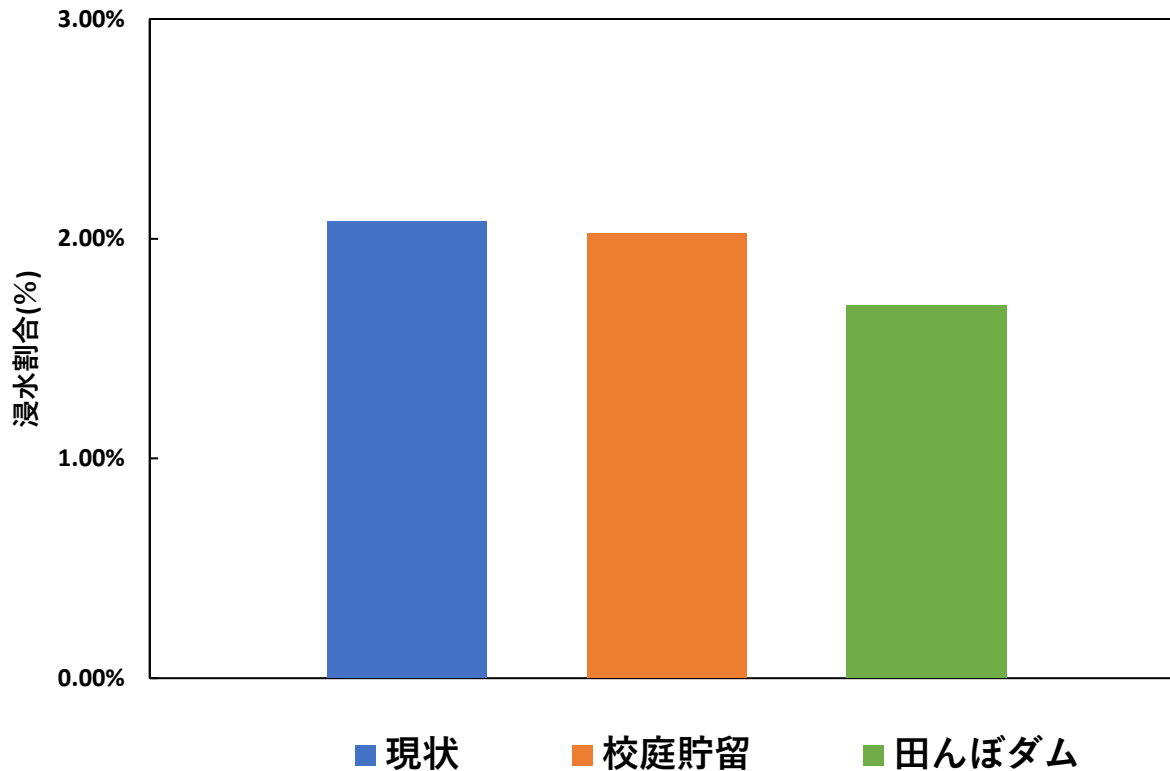
田んぼダムの効果検証



田んぼダムを適応することで浸水範囲が18%減少した

田んぼダムと校庭貯留の効果検証

	現状	校庭貯留	田んぼダム
浸水箇所	15157	14754	12375
浸水割合	2.08%	2.02%	1.70%
軽減率		3%	18%



まとめ2

- 都市内水氾濫にも田んぼダムは効果が見込めるが、予想よりも効果が低かった。他の排水区ではどのような結果となるかが現在チェックされている。
- 他の複数排水区でも実施・検証中であり、田んぼダム、校庭貯留に加えてグリーンインフラの効果が2年目には検証される予定である。

洪水への対応

居住誘導での対応

居住誘導の検討方法

被害額算出法

資産額 = 床面積 × 1 m²あたりの評価額

被害額 = 資産額 × 浸水深別の被害率

*治水経済調査マニュアル

居住誘導の考慮

居住誘導地域内において浸水深が3m以上や家屋倒壊等氾濫想定区域の地点すべての居住者が浸水の無い地点に移転したとする

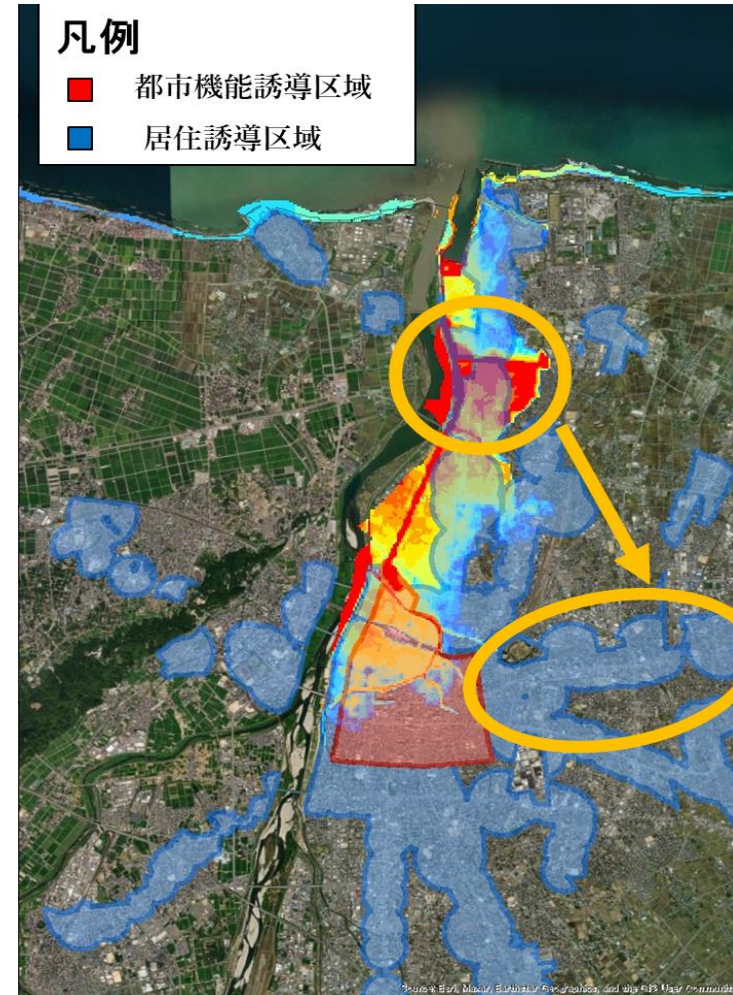
計算条件

外力：神通川の計画規模流量である**1/150年確率流量**

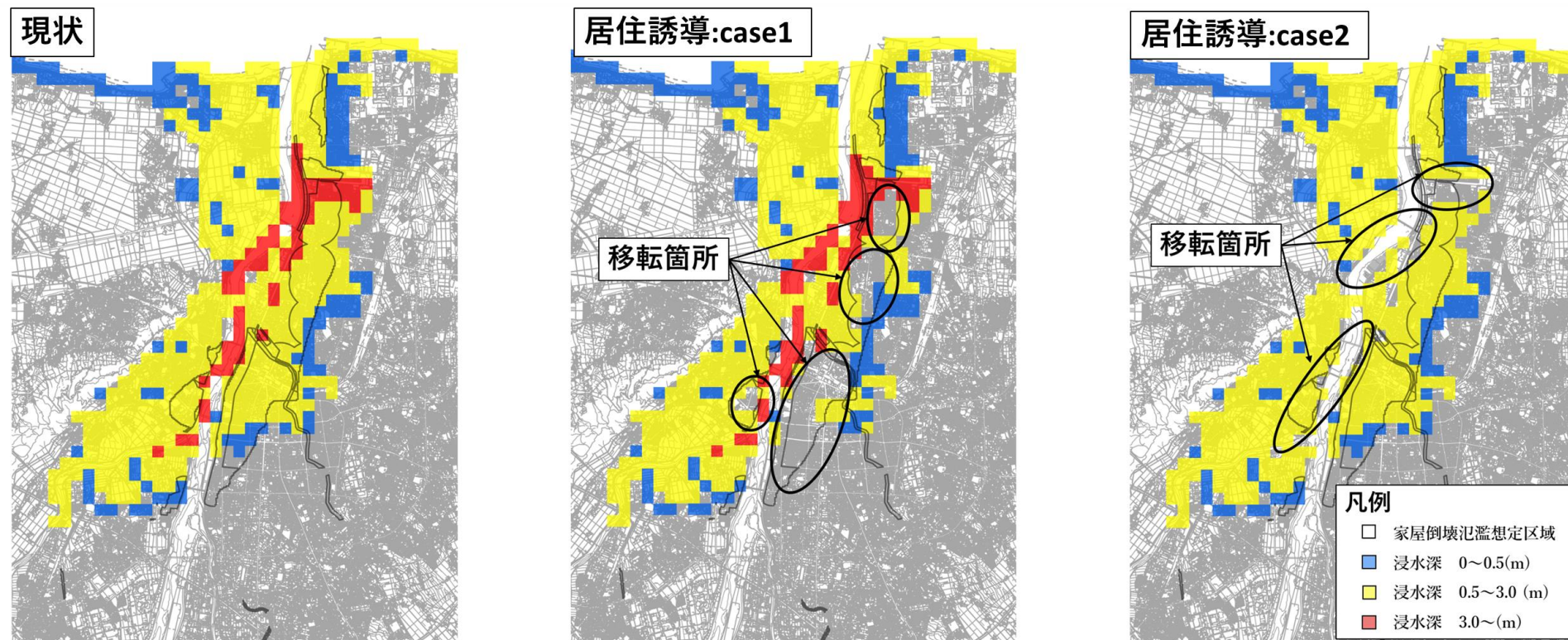
破堤地点：**被害額が最大**となるようにとられた

被害額の算出に用いる浸水深や資産額は菊地ら(2022)が算定したものをを用いている

*今回は居住誘導を考慮した被害額の算定のみ



居住誘導の検討ケース



Case1: 浸水範囲で、家屋倒壊等氾濫想定区域から移転させる

Case2: 浸水範囲で、浸水深3m以上から移転させる

居住誘導の適応結果

単位:億円

家屋倒壊氾濫想定区域

浸水深3m以上

対象資産	被害額	Case1	軽減率	Case2	軽減率
		被害額		被害額	
家屋	2986	2409	19%	2516	16%
家庭用品	3084	2404	22%	2903	6%
事業所	2976	2976	0%	2976	0%
農漁家	4	4.1	0%	4.1	0%
農作物	4	4.3	0%	4.3	0%
合計	9054	7797	14%	8403	7%

家屋と家庭用品が移転

Case1: 家屋倒壊等氾濫想定区域から移転で、14%程度の被害軽減率

Case2: 浸水深3m以上から移転で、7%程度の被害軽減率

神通川の田んぼダム: 4.1%、植生伐採2~7%と比較すると低い?

まとめと2年目に実施すること

まとめ

洪水氾濫解析を富山5河川および都市内水氾濫に適用することが出来た。外力の設定も細かいモデルの設定もほぼ終わらせることが出来た。

- 流域治水オプションは富山5河川では、小矢部川で効果が大きい。特に田んぼダムと植生伐採の効果が見込めそうである。
- 都市内水氾濫にも田んぼダムは効果が見込めるが、予想よりも効果が低く、他の排水区での検討を現在進めている。
- 居住誘導でも、被害軽減が見込めるが、**誘導シナリオや洪水被害額の評価手法が非現実的である。**

2年目に実施すること

- 各流域治水オプションをB/Cで評価し、統一的に扱う
- グリーンインフラ関係の評価が弱かったのでこの辺りをしっかりと（家屋の緑化や雨庭の評価、森林の保全など）
- 居住誘導で、

将来のシナリオ（都市縮小モデルの開発）

被害額以外の評価基準

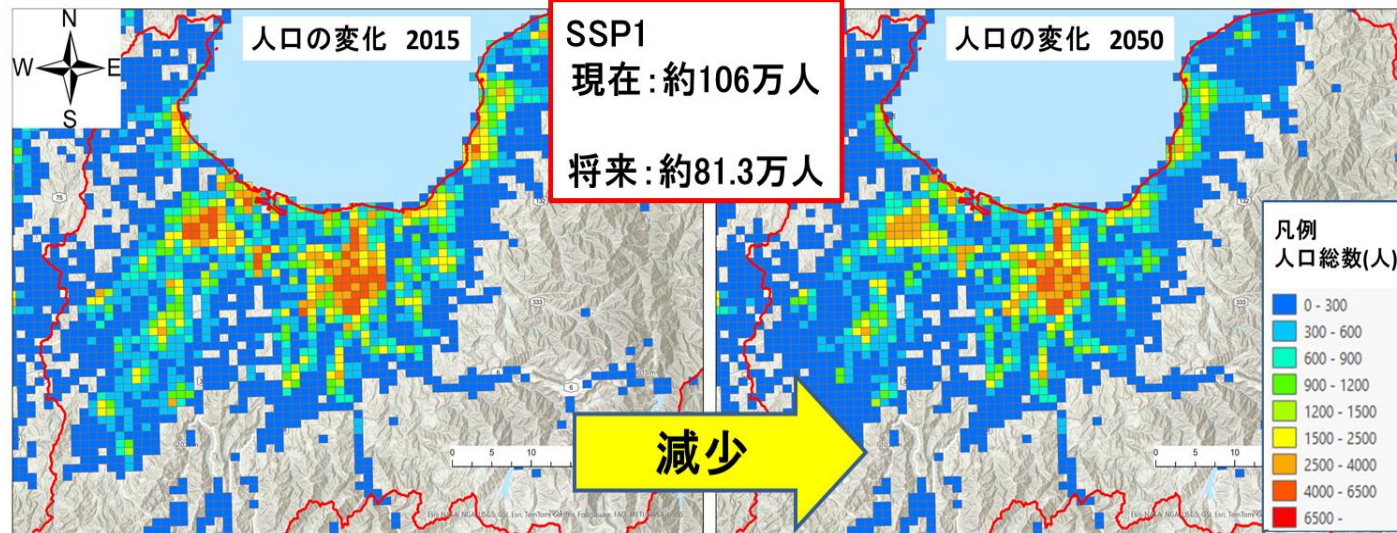
居住誘導を受けるために必要な条件

水害リスクの低い居住誘導先のリストアップ（他の居住誘導先）

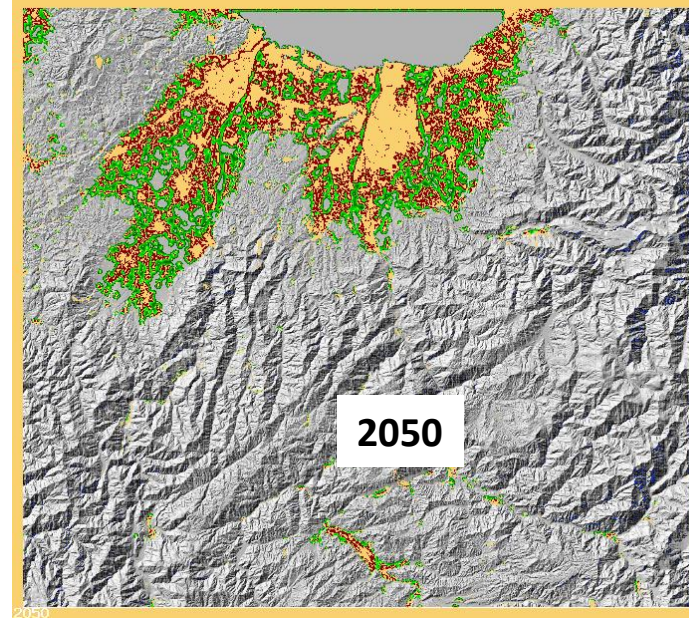
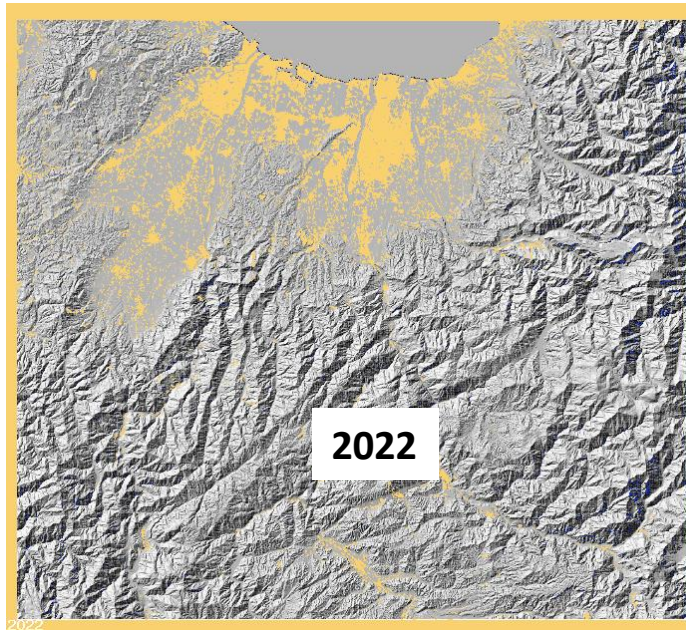
水害リスクを考慮した居住誘導可能地域の模索
適散適集グリーン社会への展開

気候変動、人口減少時代の、日本の地方の未来像

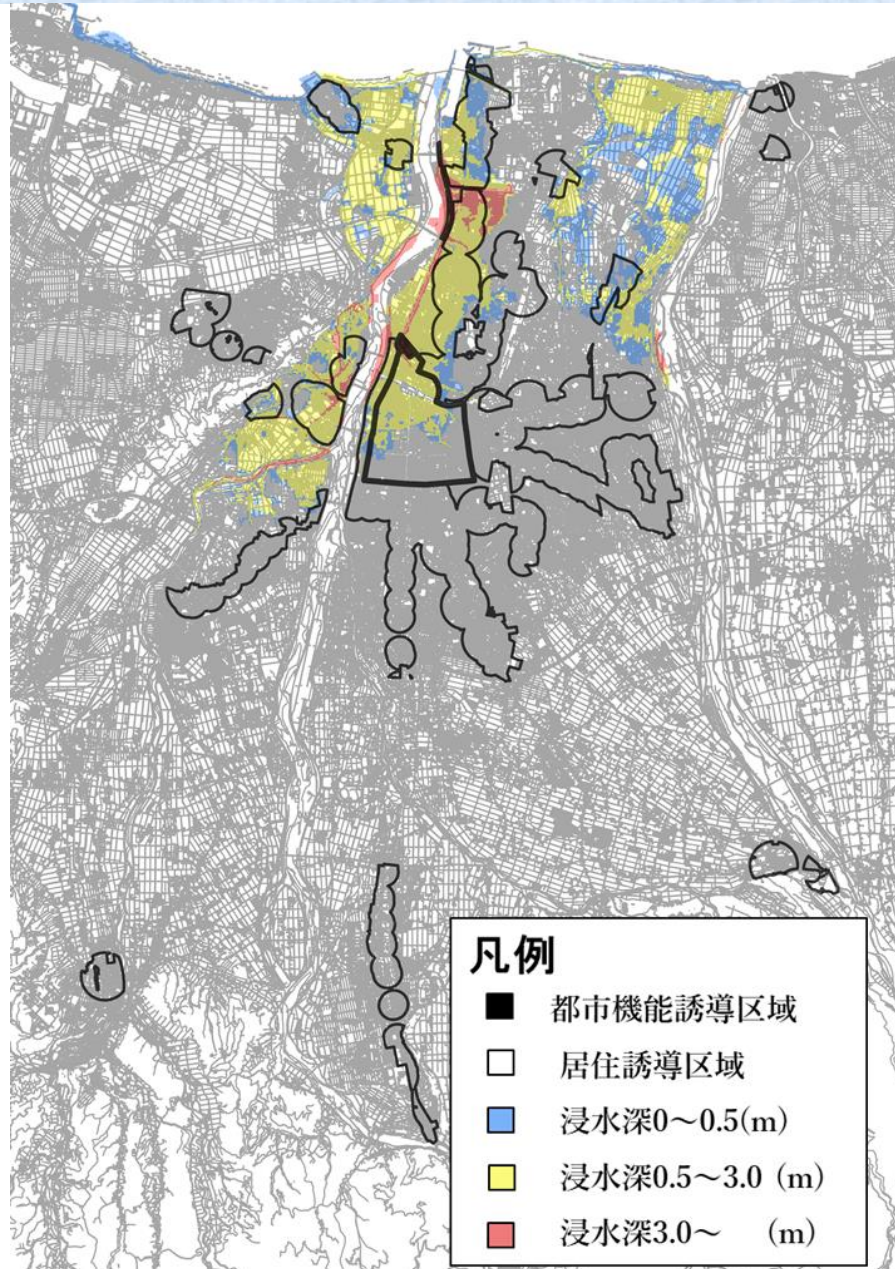
2年目に実施すること：富山の将来展望



SLEUTHモデルでの予測(都市の拡張は予測できるが・・・)



2年目に実施すること:どこに誘導可能？



2年目に実施すること

流域治水オプションの拡充とGXへの展開

河道植生管理、田んぼダム、グリーン水路

都市・荒廃耕地・中山間地・森林の緑化・保全

GX・グリーンインフラ

利水ダムの有効利活用
(AIを用いた洪水予測・ゲート操作)

コンパクトシティオプションの拡充：適散適集への展開

- ・Noコンパクトシティ・防護ありなし
- ・強制移転
- ・荒廃地のケア

・適散適集シナリオ
の構築と評価

治水安全度評価

B/C評価

日本の地方都市の未来像：山地・里山の保全、田園・河川
緑地整備を通じたコンパクト・適散適集グリーン社会

ご清聴を大変ありがとうございました。

今回の研究助成で、治水とコンパクトシティの両立という大きなチャレンジへの第一歩を踏み出せました。
心より御礼申し上げます。

2年目にしっかりと成果を出せるように尽力します。

呉 修一 教授

富山県立大学 環境・社会基盤工学科

kure@pu-toyama.ac.jp



流域治水とやま