

流域治水とコンパクトシティの融合を通じた 適散適集グリーン社会への展開と その治水安全度評価

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

今日の発表

- はじめに
- 対象河川、研究手法
- アンケート調査結果
- 洪水への対応
 - 外水氾濫への流域治水
 - 都市内水氾濫への流域治水
 - 外水氾濫に居住誘導で立ち向かう
- まとめと今後の課題

はじめに

多発する洪水・土砂災害



2024年9月奥能登豪雨



2021年千曲川洪水



2023年白岩川洪水(富山)

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

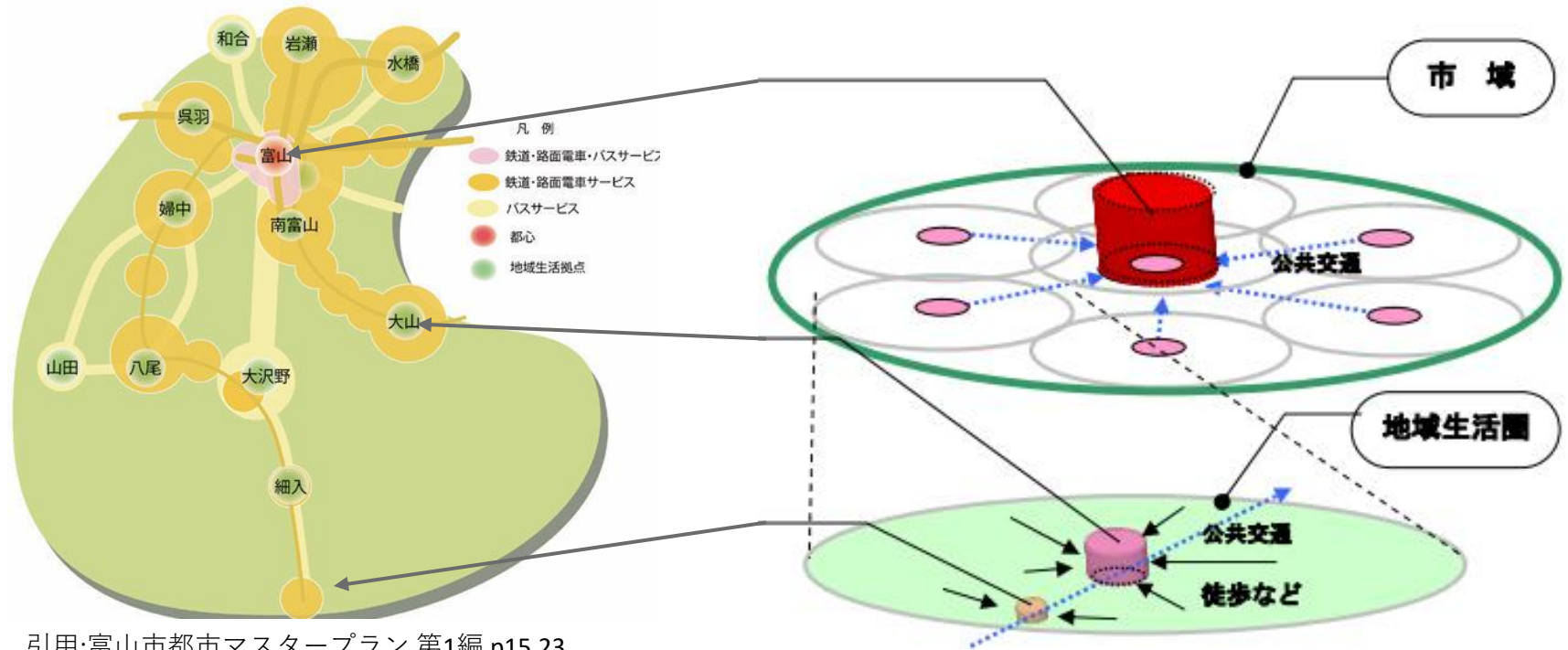
「粘り強い堤防」を目指した
堤防強化等
⇒ 国・県

(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

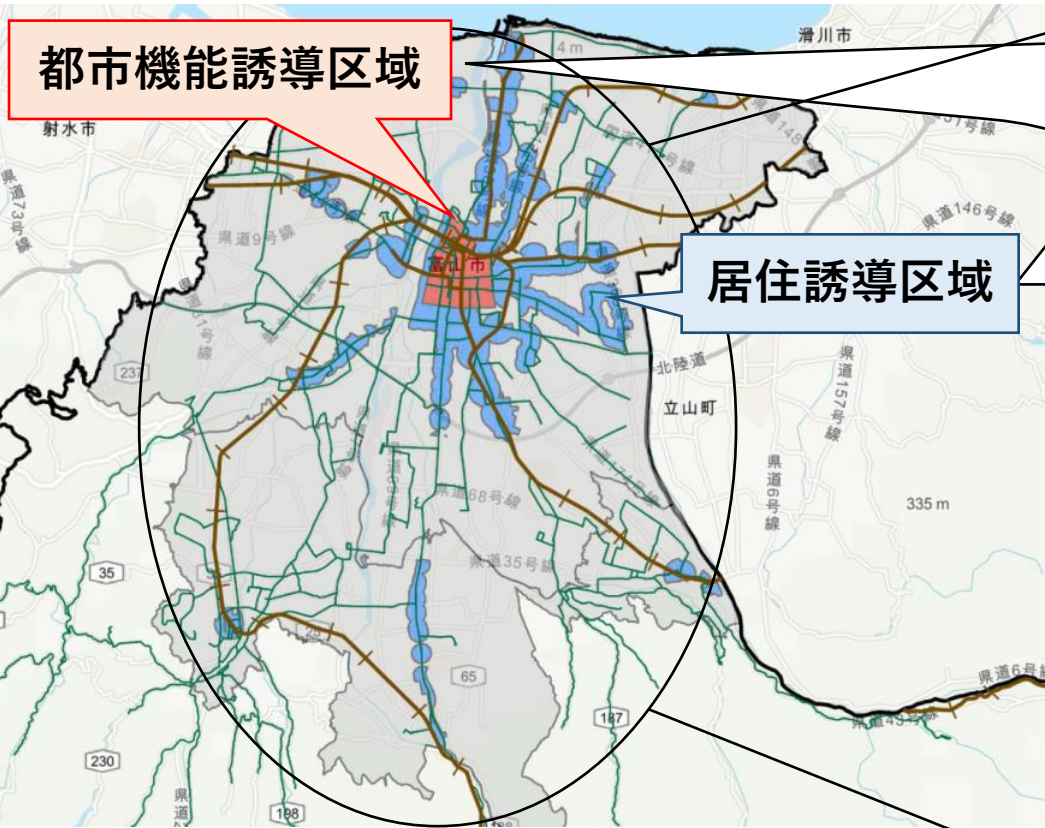
富山県の人口は先日100万人を割り、2060年には70万人を下回る



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

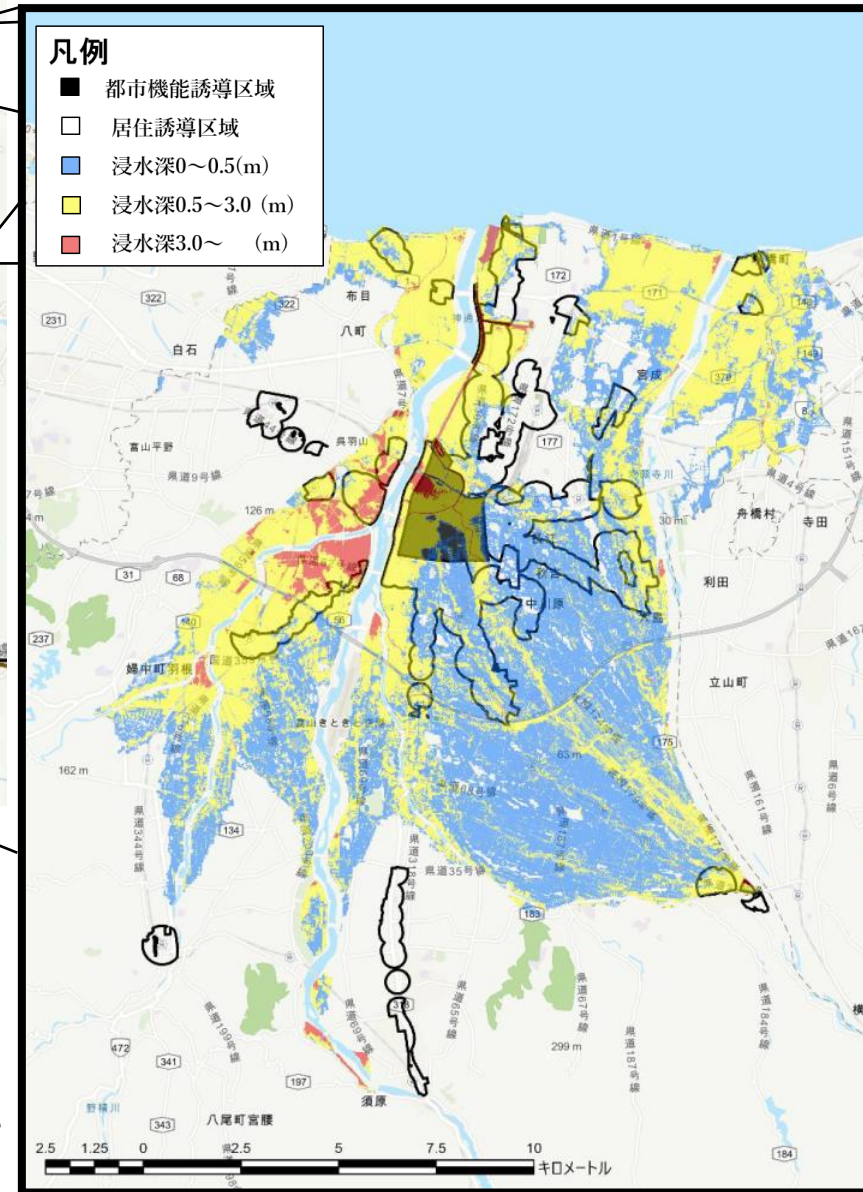
公共交通利用者の増加・中心部への転入者の増加といった成果が出始めている

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

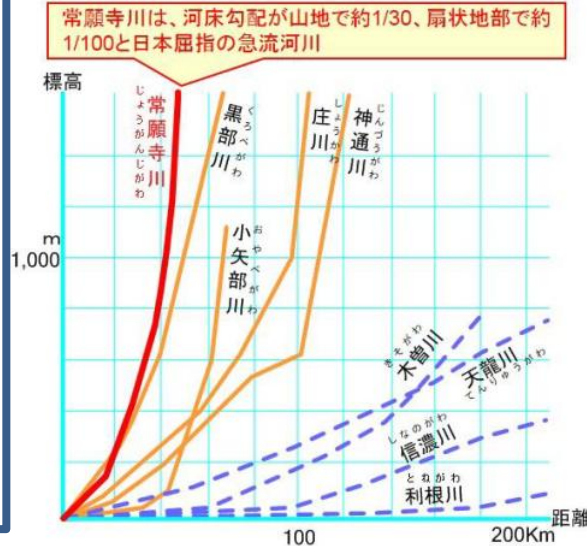
解析モデルを構築し流域治水による浸水対策とコンパクトシティによる居住誘導を比較検討する

対象河川、研究手法

富山5河川を対象

富山県の一級河川

- 小矢部川
- 庄川
- 神通川
- 常願寺川
- 黒部川

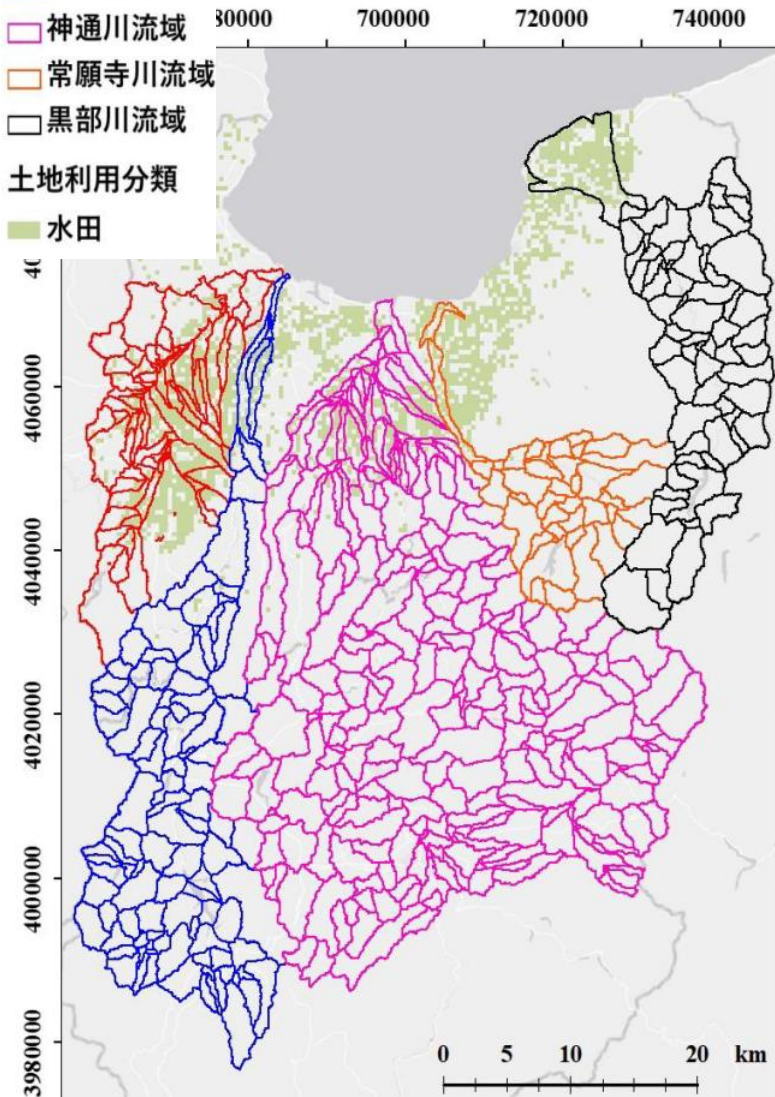


流域

- 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

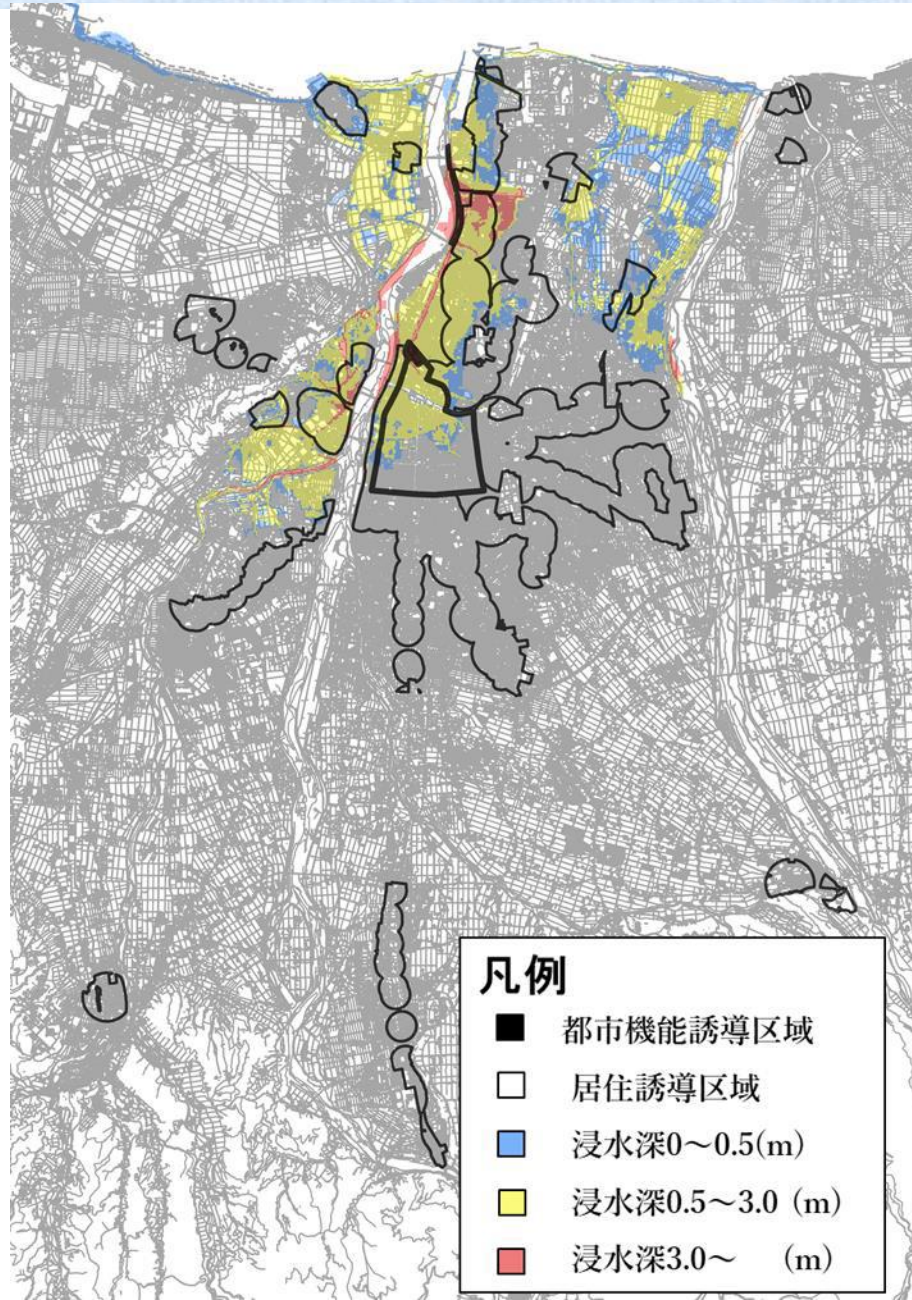
土地利用分類

- 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

都市内水氾濫：富山市の2排水区



2023年研究成果からの課題

2023年度：富山市のみを対象

実施済み

地先のリスクの算定
(現在・将来)

従来型流域治水
オプションの評価

現在実施中

コンパクトシティ
の評価と流域治水の融合評価

見えてきた課題：

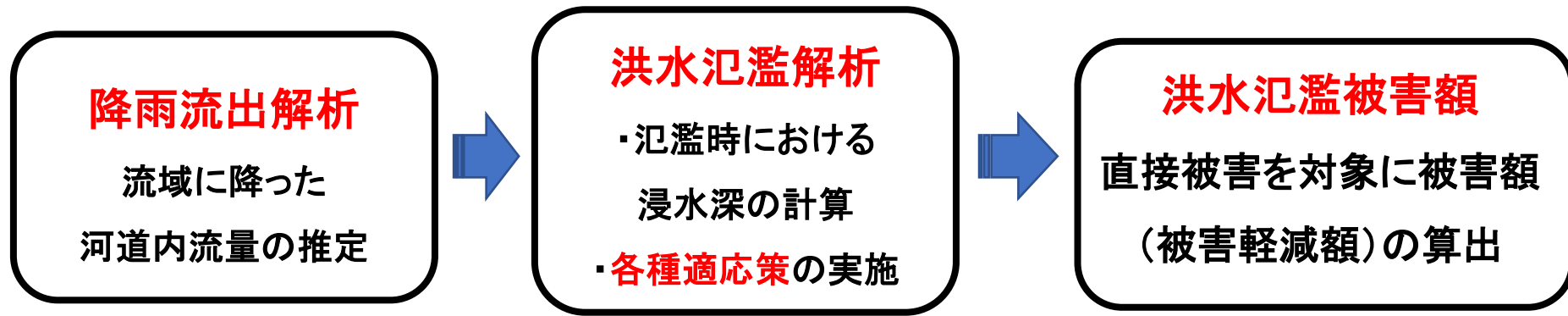
- ・既存市街地の移転は困難
- ・富山市以外ではコンパクトシティの実施は難しい

- ・可能オプションが少ない
- ・B/Cでの評価が必要
- ・合意形成の難しさ

富山市以外への広域展開が必要不可欠

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 URBAN
外力: 5年、10年、30年確率
- 被害額の算定: 治水経済調査マニュアル

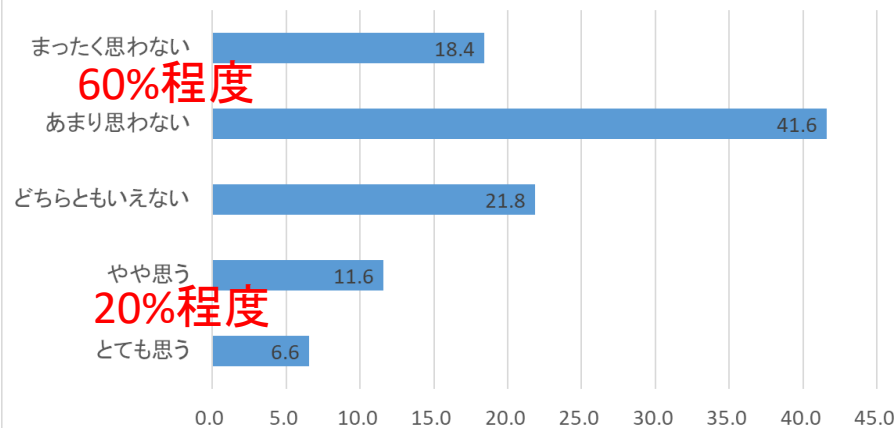
アンケート調査結果

水害リスクが高い住民は移転する意思はあるのか？

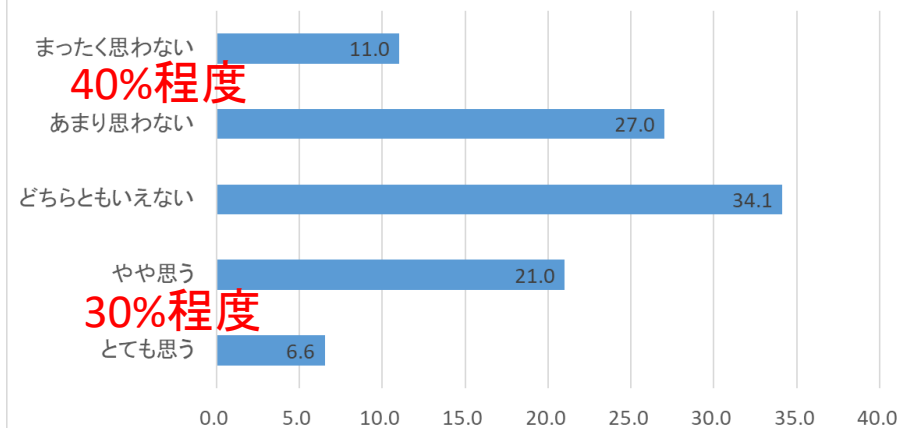
アンケート調査結果

- 2025年2月から3月に、小矢部川沿岸部の水害リスクの高い地域を対象に1000配布、約400のサンプルを得る(回答率40%)
- 男性61.8%, 女性38.2%
- 回答者は70代以上:49%と、70代以上の割合が極めて高い

もし可能なら洪水災害のリスクの低い場所に引っ越したいと思いますか。
(単一回答)(%) N=380



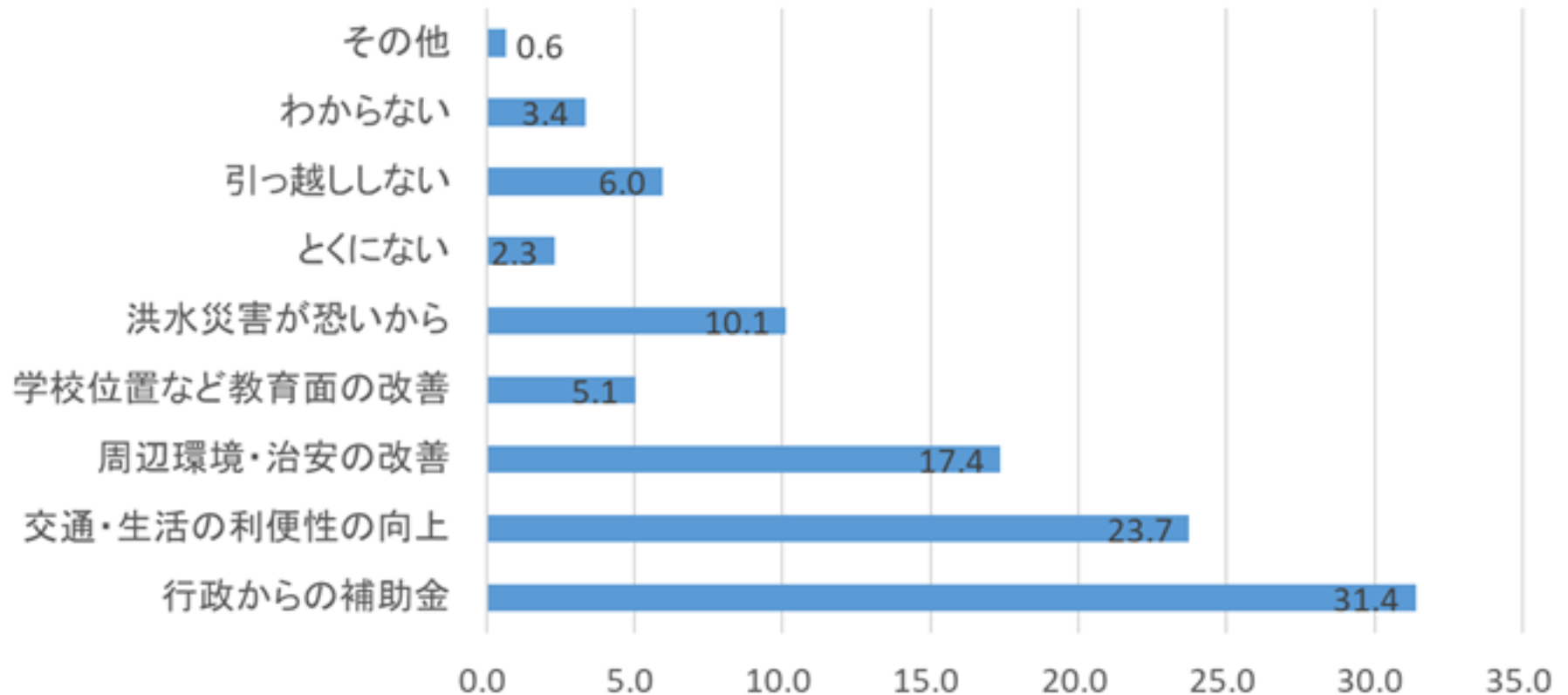
もし行政から洪水災害のリスクの低い場所に引っ越しをすすめられたとき、
引っ越しますか。(単一回答)(%) N=381



水害リスクが高くても、ほかに引っ越したいと思わない。
たとえ、行政にすすめられても。

アンケート調査結果

洪水災害リスクの低い場所への引っ越しに、従うための条件や決め手は何ですか。(複数回答)(%)



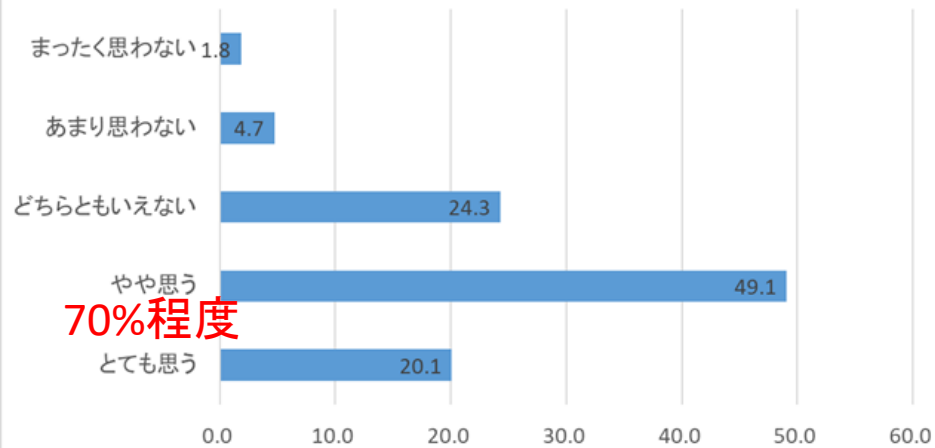
補助金や周辺環境の改善、利便性の向上がないかぎりには、
居住誘導するのは極めて難しい

アンケート調査結果

洪水災害を防ぐための協力意思

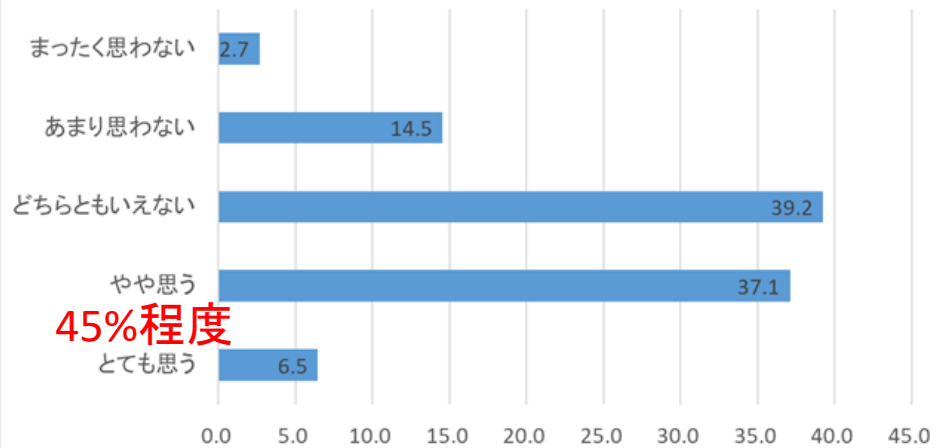
自分の地区への貢献

あなたは自分の地域の洪水災害を防ぐために協力したいと思いますか。
(単一回答)(%) N=379



他の地区への貢献

あなたは他の人の地域の洪水災害を防ぐために協力したいと思いますか。
(単一回答)(%) N=372



自分の地区に貢献したい気持ちが強いが、他の地区でも貢献したいという気持ちはある。やりかたがわからない状況。

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

従来の解析より、
外水氾濫には、グリーンインフラである、田んぼダムや河道内植生の
伐採が有効であると判断された。

◇ 河道内植生の伐採

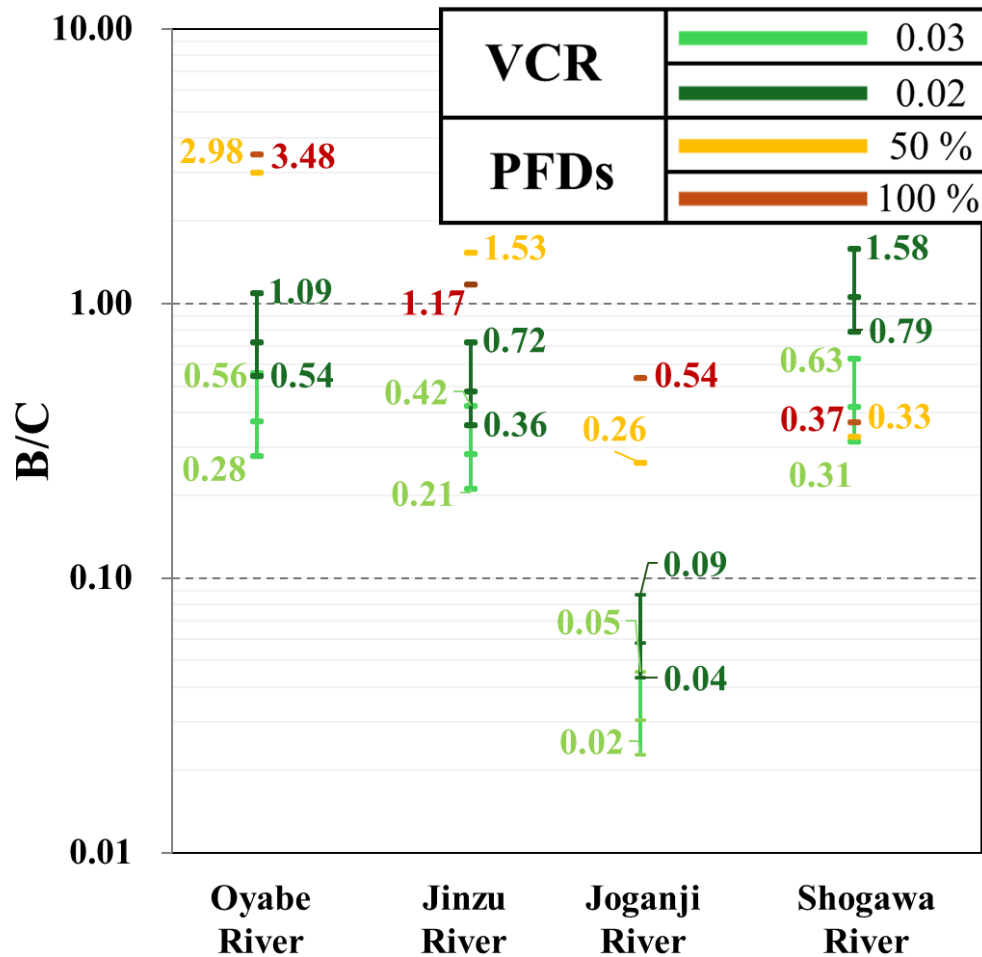
高水敷の粗度係数を一様に **0.03, 0.02** と低下させることで伐採を表現

◇ 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)

本研究では、これらをB/Cの観点から評価した。
(詳細はNumazawa et al., HRL, 印刷中 を参照してください)

富山での流域治水オプションの評価



小矢部川は田んぼダムが効果的で、庄川は河道内植生伐採の効果的。しかしながら、かなり高い実施率を想定しているため、現状はかなり厳しい結果。また、急流河川対策では効果がほとんど無い

洪水への対応

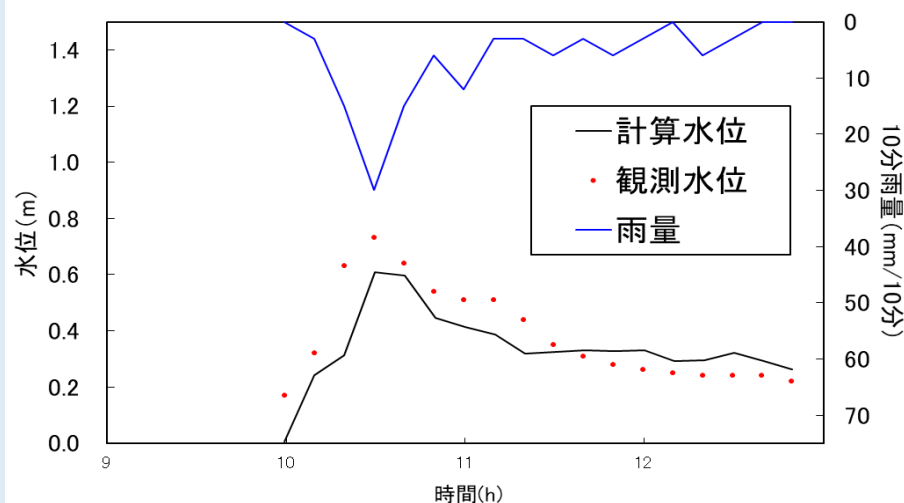
内水氾濫への流域治水での対応

内水氾濫のモデル化と検証(2排水区)

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

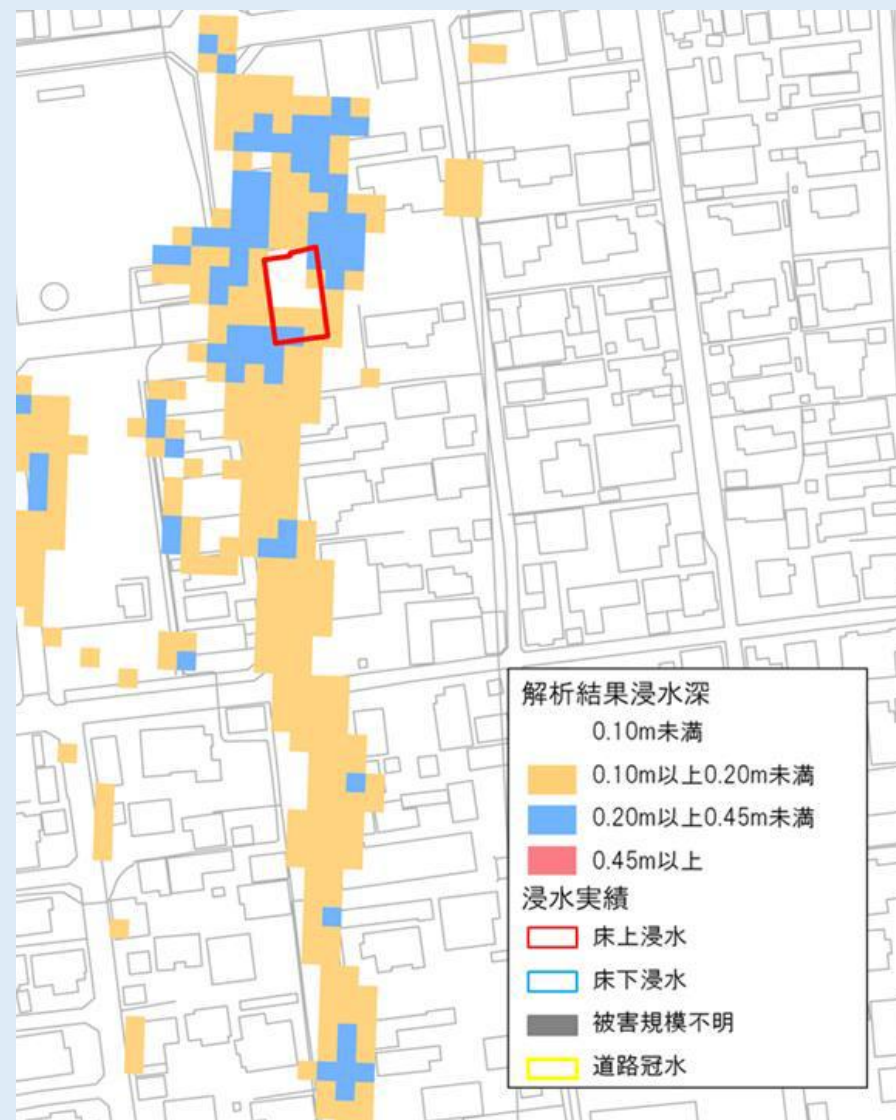
地点①



- 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



対象とした流域治水オプション

田んぼダム

- 田んぼダムはChaiら(2020)の田んぼダムモデルを堰板式に改良したものを用いた
- 田んぼダムの実施率は100%とし、水田における転作や初期水位の変動を考慮していない

雨庭

- 庭とそれ以外で降雨を分けることでモデル化
- 大目ら(2020)らより浸透能を20mm/hとした

校庭貯留

- MIKEURBAN上に仮想的に再現した
- 川池ら(2022)より有効貯留高は0.3mとした

田んぼダムなどの効果検証(田んぼ面積大の2地区)

A 地区

5年確率	各適応策による被害低減効果(ha)				面積 (ha)
	0.1～0.2mの浸水	0.2～0.45m	0.45～m	計	
対策前	5.145	1.328	0.155	6.628	—
田んぼダム	4.883	1.0075	0.0075	5.898	159.3
被害低減率	5%	24%	95%	11%	田んぼダム
雨庭	4.010	1.0800	0.0100	5.100	83.2
被害低減率	22%	19%	94%	23%	雨庭
校庭貯留	4.563	1.1525	0.1575	5.873	6.9
被害低減率	11%	13%	-2%	11%	校庭貯留

B 地区

5年確率	各適応策による被害低減効果(ha)				面積 (ha)
	0.1～0.2mの浸水	0.2～0.45m	0.45～m	計	
対策前	3.93	1.59	1.15	6.67	—
田んぼダム	3.08	1.20	1.11	5.39	30.7
被害低減率	22%	25%	3%	19%	田んぼダム
雨庭	2.66	1.02	1.09	4.76	9.5
被害低減率	32%	36%	5%	29%	雨庭
校庭貯留	3.02	1.24	1.11	5.37	1.3
被害低減率	23%	22%	3%	20%	校庭貯留

まとめ1

- アンケート調査結果より、
水害が生じていない状況で、居住誘導を推進するのは難しい
- 外水氾濫解析結果より、
田んぼダム、植生伐採は効果的だが、かなり高い実施率が必要。
- 内水氾濫解析結果より、
田んぼダム、雨庭、校庭貯留は効果的だが、100%近い実施率が必要。

正直、現状はかなり厳しい結果と考えている。

洪水への対応

居住誘導で立ち向かう

居住誘導のシナリオ

Case1:コンパクトシティへの集積

移転先

浸水被害が予測されていない居住誘導区域内の田んぼ

Case2:コンパクトシティ+バス路線への集積

移転先

居住誘導区域+全てのバス停から300m以内の
浸水被害が予測されていない田んぼ

移転元

算出した移転先面積分被害が大きい地域から順に0

Case 3 :家屋倒壊等氾濫想定区域からの移転

移転元

家屋倒壊氾濫想定区域全域

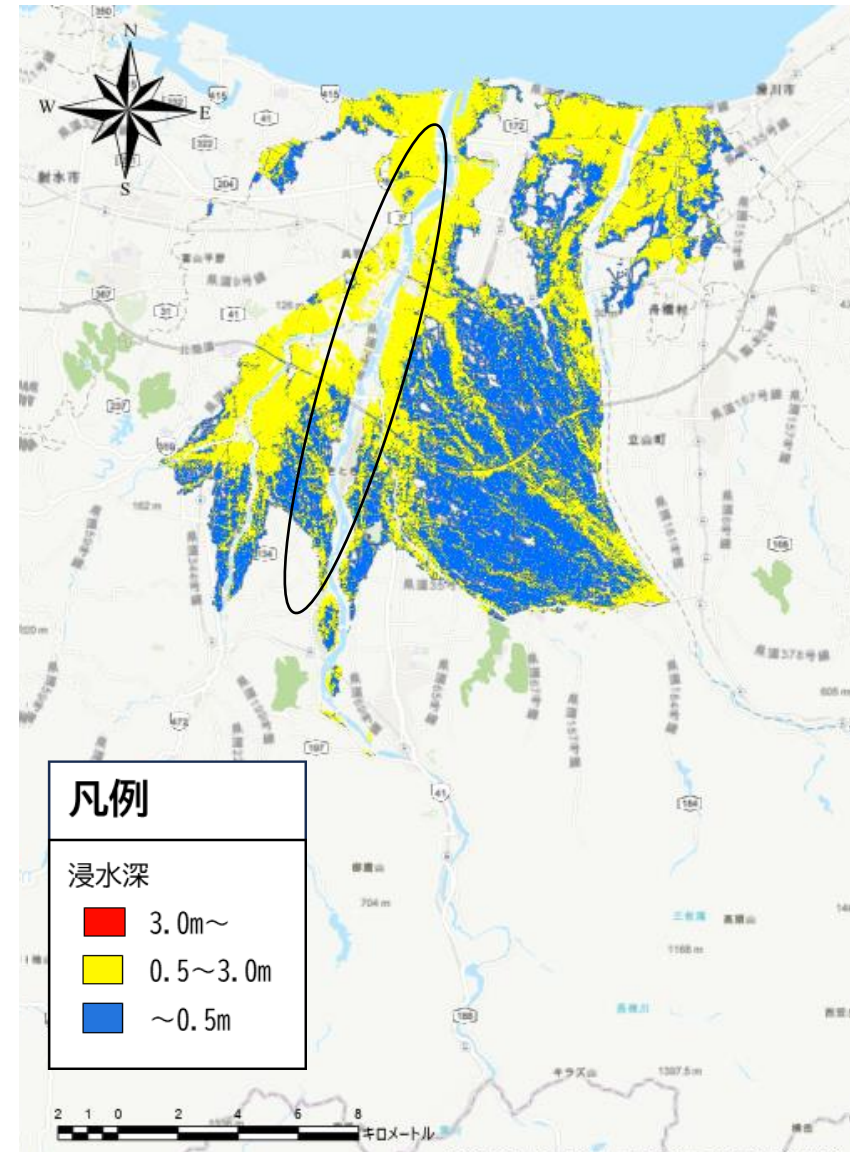
Case 4 :浸水深3m以上の地域からの移転

移転元

浸水深3m以上の地域全域

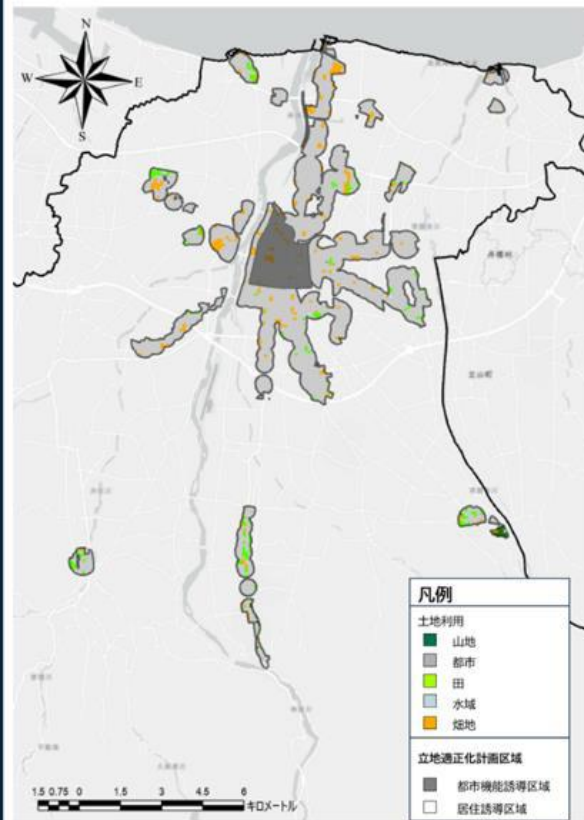
移転先

浸水被害が予測されていない地域

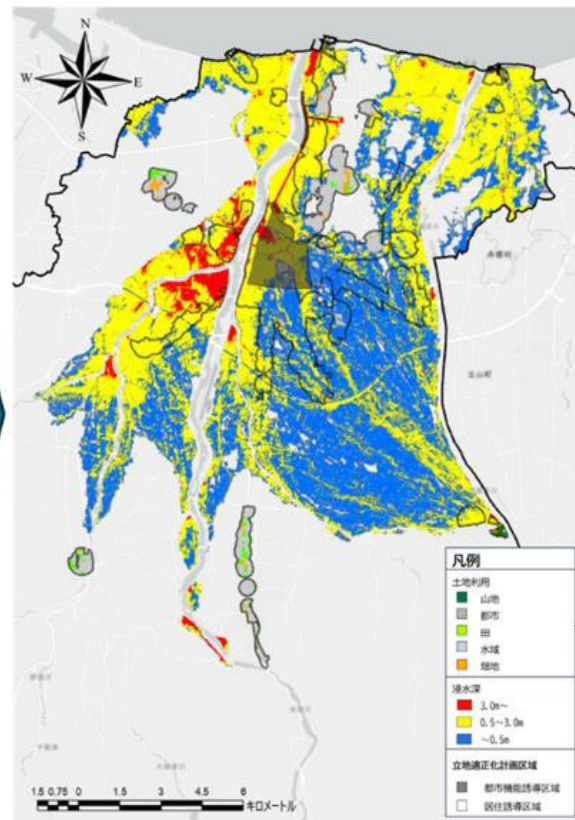


居住誘導のシナリオ (Case1)

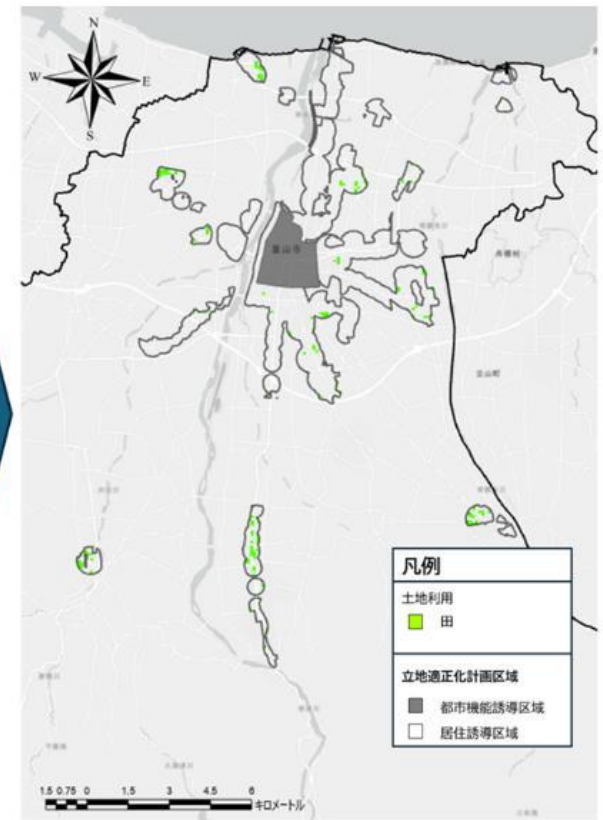
対象範囲の土地利用



浸水と土地利用の重ね合わせ



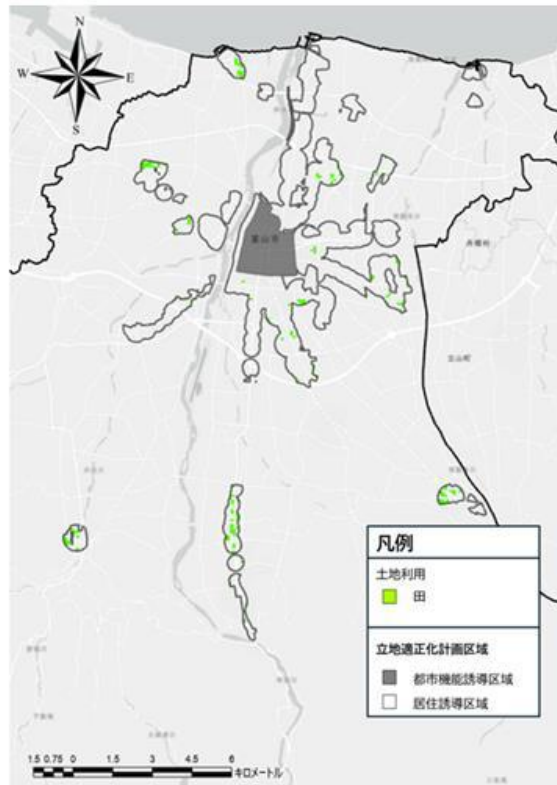
対象範囲内の浸水が無い田んぼ
(本ケースの移転先)



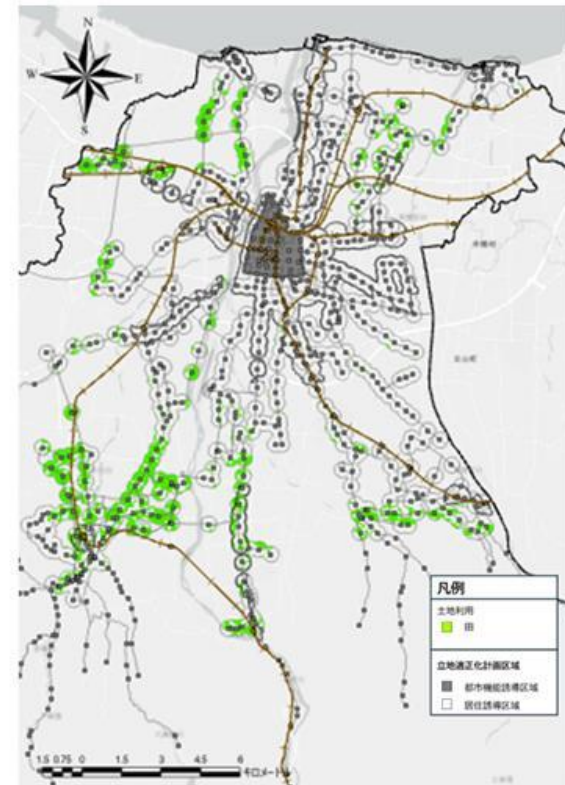
Case1での移転先のイメージ図

居住誘導のシナリオ(Case2)

Case1での移転先

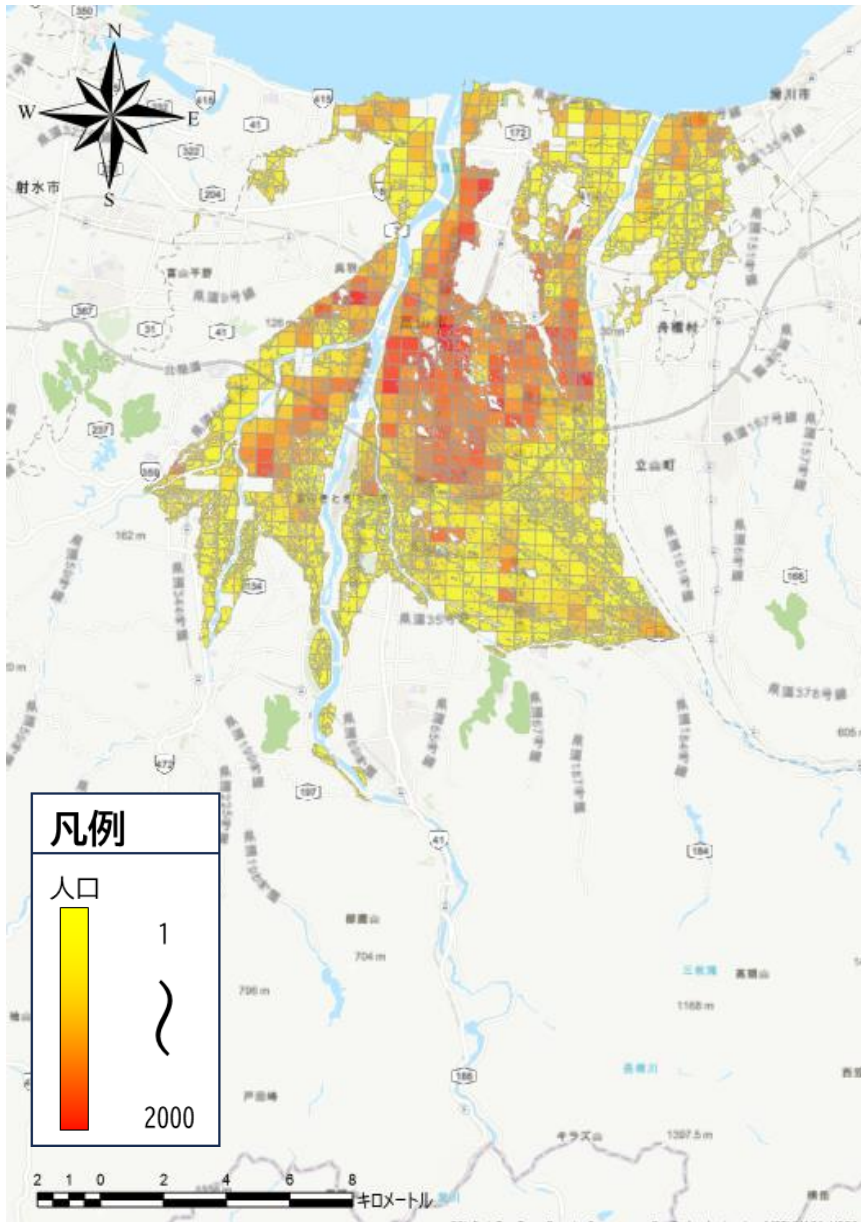


バス停から300mを追加
(本ケースの移転先)



Case2での移転先のイメージ図

被害額・被災人口の算出



被害額

1. メッシュ内の浸水深・勾配・資産額を集計する
2. 資産分類別に各メッシュの被害率を算出する

資産の5分類とその内訳				
5分類	家屋	家庭用品	事業所 農漁家	農作物
内訳	家屋	家庭用品+車	償却と在庫	水田と畑

3. 資産額 × 被害率 = 被害額

被災人口

人口データを浸水で切り抜き、各ポリゴンの人口を算出

使用データ

浸水深：浸水想定区域図(計画規模)

人口データ：2015年時点のもの

居住誘導の適応結果

資産分類	被害額(億円)								
	現状	Case1		Case2		Case3		Case4	
	被害額	被害額	低減率	被害額	低減率	被害額	低減率	被害額	低減率
家屋	11610	10844	7%	8239	29%	9784	16%	9391	19%
家庭用品	11813	11159	6%	7945	33%	10597	10%	10291	13%
事業所	5836	5836	0%	5836	0%	5836	0%	5836	0%
農業家	30	30	0%	30	0%	30	0%	30	0%
農作物	45	45	0%	45	0%	45	0%	45	0%
合計	29334	27869	5%	22050	25%	26292	10%	25548	13%
移転面積(ha)	—	125		2228		2731		1413	

浸水深(m)	被災人口(千人)								
	現状	Case1(コンパクトシティ)		Case2(+バス)		Case3(家屋倒壊想定)		Case4(浸水深3m)	
	被災人口	被災人口	低減率	被災人口	低減率	被災人口	低減率	被災人口	低減率
0~0.5m	32	32	0%	32	0%	29	9%	32	0%
0.5~3.0m	271	271	0%	238	12%	241	11%	271	0%
3.0~m	7	6	16%	0	100%	6	16%	0	100%
合計	310	309	0%	270	13%	276	11%	303	2%
移転面積(ha)	—	125		2228		2731		1413	

Case2(コンパクトシティ+バス路線近傍)で効果が大きい

富山市以外への展開



富山市のみではなく富山県全域へと展開する

居住誘導の適応結果

被害額(億円)		現状	Case1(コンパクトシティ)		Case2(+バス)		Case3(家屋倒壊想定)		Case4(浸水深3m)	
		被害額	被害額	低減率	被害額	低減率	被害額	低減率		
富山市	合計	29334	27869	5%	22050	25%	26292	10%	25548	13%
	移転面積(ha)	—	125		2228		2731		1413	
+射水・高岡	合計	41978	—	—	22466	46%	37858	10%	36129	14%
	移転面積(ha)	—	—		5603		4406		2594	
富山県全域	合計	59494	—	—	24587	59%	54921	8%	52319	12%
	移転面積(ha)	—	—		11220		7400		3200	

被災人口(千人)		現状	Case1(コンパクトシティ)		Case2(+バス)		Case3(家屋倒壊想定)		Case4(浸水深3m)	
		被災人口	被災人口	低減率	被災人口	低減率	被災人口	低減率	被災人口	低減率
富山市	合計	310	309	0%	270	13%	276	11%	303	2%
	移転面積(ha)	—	125		2228		2731		1413	
+射水・高岡	合計	499	—	—	404	19%	453	9%	453	9%
	移転面積(ha)	—	—		5603		4406		2594	
富山県全域	合計	503			331	34%	456	9%	456	9%
	移転面積(ha)	—	—		11220		7400		3200	

Case2(コンパクトシティ+バス路線近傍)で効果が大い。
富山市のみで実施するのではなく、富山県全域で実施することが重要

まとめ2

- ラフなシナリオであるが、居住誘導が洪水被害額、被災人口に与える影響を評価することができた。
- Case 2（コンパクトシティ＋バス沿線）が効果的である。
- 富山市のみでの実施ではなく、富山県全体で居住誘導を進めることが重要である。

まだまだラフなシナリオのため、かなり甘い推定。

今後は、人口減少を考慮した都市減衰シナリオと水害リスクを考慮した、50年、100年先を見据えた居住誘導を評価していく必要

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。

- アンケート結果の詳細は研究室HPで公開予定
- 本研究の研究成果は水文・水資源学会誌で報告予定



呉 修一

kure@pu-toyama.ac.jp



流域治水とやま