

# 浸水リスクの変化とその提示内容改善が将来の人口分布・土地利用に与える影響とそれらを考慮した水害リスク軽減対策に関する研究

A Study on Measures of Flood Damage Reduction Considering the Impact of Flood Risk Change and its Presentation Techniques on Future Population Distribution and Land Use

石徹白伸也<sup>1</sup>・天方匡純<sup>1</sup>・高森秀司<sup>2</sup>・神永希<sup>1</sup>・島田高伸<sup>1</sup>・佐藤徹治<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 八千代エンジニアリング株式会社（〒111-8648 東京都台東区浅草橋 5-20-8）

<sup>2</sup> 八千代エンジニアリング株式会社（〒540-0001 大阪府大阪市中央区城見 1-4-70）

<sup>3</sup> 千葉工業大学教授 創造工学部都市環境工学科（〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1）

Maintaining and improving whole Japan's productivity is big challenge for us under the situation such as climate change and depopulation. One possible countermeasure is urban restructuring with economically and socially low flood damage risk. This study aims to analyze simultaneous flood risk with multiple rivers and drainage system in an urban area, to understand urban structure more clearly in relation to flood risk, and to find out the direction of new flood control management in cooperation with urban planning.

**Key Words :** multiple simultaneous flood events, evaluation of flood risk, delivery of risk information, locational equilibrium model, depopulation, future estimates

## 1. 研究の背景・目的

我が国の社会情勢や気象条件が変化するなか、日本総体としての生産性の維持・向上が大きな課題であり、水害による経済的・社会的リスク等を軽減した都市構造再編も考えられ得る対応策の一つである。本研究は、複数河川と内外水の氾濫リスクを想定し、今後の都市構造と浸水リスクとの関係を紐解き、河川行政と都市行政の連携による新たな治水対策の方向性を探るものである。

## 2. 研究内容

### (1) 新たな浸水リスクマップの提示

浸水想定区域図<sup>1)</sup>は、計画規模相当外力による浸水状況を示した限定リスク情報であり、地先のリスクを理解するには十分でない。そこで、様々な氾濫形態や複数規模の洪水等を加味したリスクを評価し、地域住民の浸水リスクの認知度を高めるためのリスクマップを提示する。

### (2) 将来人口・資産分布の推計手法の構築

長寿命な社会資本の整備効果等の検証には、人口や資産の将来推計を行い、時間軸の視点からの評価が有効である。そこで、浸水リスクと将来都市の位置関係の評価を目的として、水害リスクと住民移転意向に関する情報を反映した将来人口・資産分布の経年変化を推計する手法を開発する。

### (3) 将来の都市立地選択に基づく水害リスク軽減対策の検討

複数の浸水リスク提示方法を踏まえた将来の都市立地を推計し、都市構造検討における浸水リスク情報の有効性を確認する。次に、水害リスク低減策として可能性のある都市計画施策（規制・誘導・認知）を将来の都市立地の変化から評価する。また、都市の将来推計結果における浸水被害を軽減するための治水対策の効果を検証し、河川と都市計画の連携施策のあるべき方向性を考察する。

## 3. 研究成果

### 3.1 新たな浸水リスク情報の提示

#### (1) 外力規模の設定

地先の浸水リスク評価は、高頻度から低頻度までの洪水を対象とする。低頻度洪水の外力は、既往最大洪水規模や治水計画規模、気候変動による洪水外力増大を考慮する。

#### (2) 浸水解析の実施

浸水解析の対象地域は富山市とする。浸水シナリオは、様々なリスクを想定するため、A内水氾濫、B内外水複合氾濫、また、超過確率事象の一つであるC同時破堤氾濫を考える（表-1）。外力条件としてAの解析では雨量計で捕捉しにくい局所的豪雨を捉えるため解析雨量（5km格子）を採用した。また、AとBの解析では破堤に至るまでに発生しうる支川等の内水氾濫を加味した。更に、Cの解析では、常願寺川と神通川の氾濫流挙動が相互に影響を及ぼし合うため、各河川の破堤地点の組合せ（破堤<sub>常願寺川</sub>×破堤<sub>神通川</sub>）毎に解析を実施している。

表-1 解析条件

		A.内水氾濫		B.複合氾濫(破堤)		C.同時破堤氾濫
				常願寺川	神通川	
外力条件 (降水量)	解析雨量 (H20.8降雨)	地点雨量 (S44.8降雨)	地点雨量 (S40.6降雨)	地点雨量 (S40.6降雨)	地点雨量 (S40.6降雨)	
	5km格子	ティーセン分割	ティーセン分割	ティーセン分割	ティーセン分割	
氾濫 条件	内水	○	○	○	○	
	外水	-	○	○	○	
解析領域	富山市 (中心市街地)	常願寺川流域	神通川流域	常願寺川・神通川流域		
解析解像度	50mメッシュ					
解析手法	氾濫原：平面二次元不定流解析 (支川、水路、下水道管、排水機場、連続盛土等 考慮)					
	河川：一次元不定流解析(破堤、越水 考慮)					
	流出域：貯留関数法(貯留施設 考慮)					

### (3) 新たな浸水リスクマップの作成

地域住民に居住場所の浸水程度や発生頻度を理解してもらい、浸水特性を踏まえた住まい方や今後のまちづくりにまで活かせるような、住民目線での浸水リスクマップを作成した。浸水リスクマップは、(2)で解析した浸水シナリオ毎の浸水状況から、解析メッシュ毎の浸水深が最大となる浸水シナリオの値を抽出し、それらを発生確率別に整理する。次に、浸水リスクマップが、住民にとって理解しやすい指標とするため、現行の浸水深による表現だけでなく、住民意識調査でのキーワード(床上浸水、身近な洪水、浸水頻度)を参考に、浸水リスクの認知度を向上するための適切な表示方法について検討した。図-1に浸水リスクマップを示す。

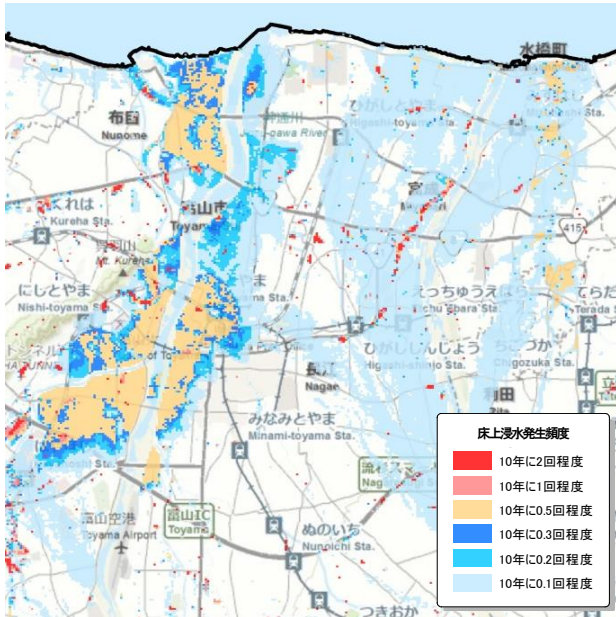


図-1 浸水リスクマップ(案)

### (4) リスク情報の提示内容改善効果の検討

浸水リスクマップ(浸水頻度)の効果把握するため、同様に(2)の浸水解析モデルで作成した浸水深マップの期待被害額との差分を比較した(期待被害額は、図-2に示す人口分布推計モデルから各々のマップ(浸水深、浸水頻度)を提示した場合の将来推計結果より算出)。その結果、期待被害額の差分は134百万円(0.5%減)となり、浸水頻度マップの方が浸水深マップよりも微小ではあるが期待被害額が低い結果となり、浸水頻度をリスク情報として提供することは有効である可能性が示唆された。

## 3.2 将来人口・資産分布の推計手法の構築

### (1) モデルの枠組み

応用都市経済(CUE)モデルをベースとし、転居意思有りの世帯に対して住居タイプ別に需給均衡を定式化し、水害リスクを考慮した将来時系列の人口分布変化が推計可能なモデルを構築する(図-2)。

### (2) 将来推計結果

構築したモデルにより2065年まで推計した結果、呉羽山公園周辺や富山駅周辺、井田川・神通川合流部など、浸水頻度の高い地域では世帯数の減少傾向が確認でき、水害リスクを一定程度反映したモデルを構築できた(図-3)。

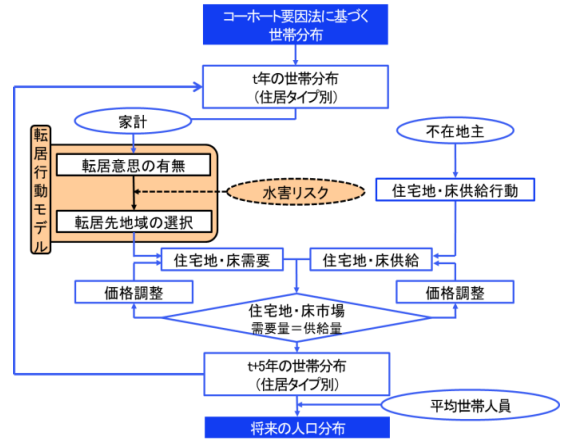


図-2 人口分布推計モデルフロー

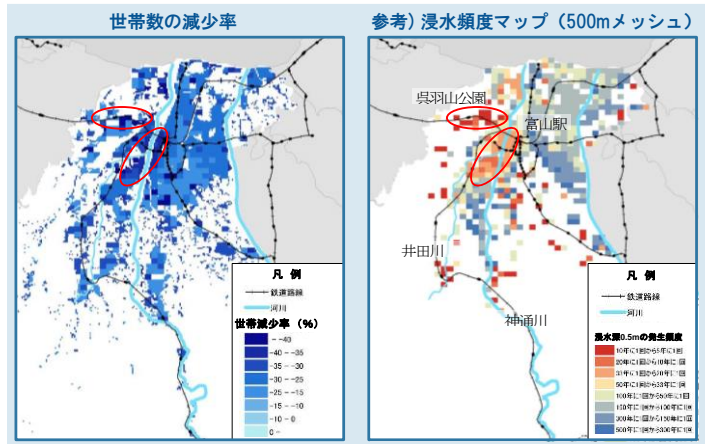


図-3 2010年から2065年にかけての世帯増減率

## 3.3 都市施策オプションの検討

以下の視点から「施策オプション」を設定する。

- 【視点1: 規制オプション】
  - ・水害リスク存在下での**市街地の拡大を抑制する**観点から、「まちをたたむ」範囲での新たな居住を制限する方向性の施策を与える。
- 【視点2: 誘導オプション】
  - ・市街地の**集約化や高密度化を図りたい範囲への居住を誘導する**方向性の施策を与える。
- 【視点3: 認知オプション】
  - ・市民の水害リスクへの理解を高めることで、**転居時の水害リスク回避を促す**方向性の施策を与える。

### (1) 規制オプションの条件設定

富山市都市マスタープランを参考とし、今後想定する人口分布の変化(縮退)範囲を規制範囲(図-4)として、新たな転居を抑制する。

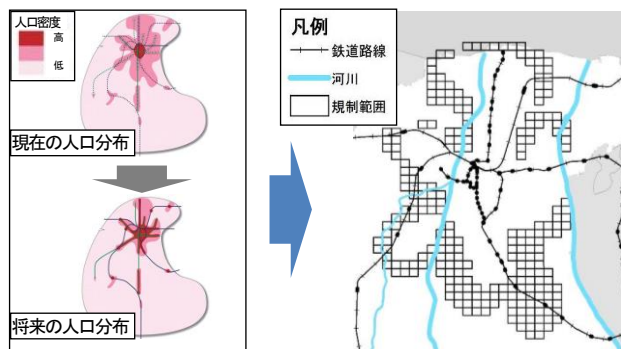


図-4 規制オプションの適用範囲



## (2) 誘導オプションの条件設定

富山市都市マスタープランで「都心」および「地域生活拠点」とされる範囲、もしくは将来推計結果2035年時点においてDID(人口集中地区)の人口密度を有する範囲を誘導範囲(図-5)とし、当該地域への転居に対して助成金を与える。

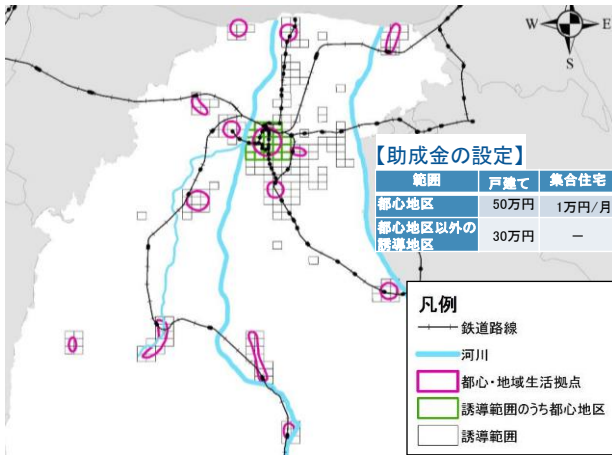


図-5 誘導オプションの適用範囲および助成金の設定

## (3) 認知オプションの条件設定

浸水深マップを見たことがある住民のアンケート結果を用いて転居行動モデルのパラメータを再推定することで設定する。

## 3.4 河川施策の検討

### (1) 整備目標 (対象外力)

将来の治水対策のあり方を検討する際の整備規模は河川整備計画レベルの次のステップである基本方針レベル(W=1/150年)を扱うものとし、整備目標は3.3で設定した「誘導範囲(=守るべき地域)」に対して概ね床上浸水解消を目指すものとする。

### (2) 河道対策および氾濫原対策の検討

守るべき地域の地形・浸水特性に応じた床上浸水被害を軽減するための減災対策を検討する。

#### 1) 河道対策

河道対策は基本方針レベルの流量(W=1/150年)に対して破堤しにくい堤防整備を考える。河道対策の整備範囲は全川ではなく、守るべき区域において浸水低減効果の高い重点区間を対象とする。整備区間延長および管理区間に対する比率は、神通川でL=5.1km(11.5%)、常願寺川ではL=5.2km(12.1%)である。ここで、破堤しにくい堤防整備とは、便宜的に「従来の河川整備のうち急流河川対策のみ+越水に対して粘り強い堤防構造(川裏法面や法尻部等をコンクリート等で被覆)」と定義した。

#### 2) 氾濫原対策

守るべき地域において、概ね床下浸水まで低減させる氾濫原対策を検討する。氾濫原対策は当該地域の地形特性や浸水特性を踏まえて、二線堤の整備、既設水路の拡幅、排水施設の整備などの既設施設を最大限活かした整備内容とし、現実的な施設規模とする。

## (3) 河道対策および氾濫原対策の効果

2065年時点の都市立地条件(人口・資産)を用いて、a)浸水状況、b)資産被害、c)人的被害の観点から、従来の河川整備との違いを比較整理し、河道・氾濫原対策の治水効果を確認する。ここでは、資産被害の一例を記載する。

守るべき地域における期待被害額(年平均被害額、 $W=1/5\sim 1/500$ )は、対策前の17,200百万円に対して、従来の河川整備では14,200百万円、河道・氾濫原対策では13,900百万円とほぼ同じとなる。一方で、確率規模別の資産被害額の変化については、図-6に示すとおり、河道・氾濫原対策では中頻度洪水から被害が発生するが、超過外力時には従来の河川整備の半分程度まで被害は減少する。また、河道・氾濫原対策の守るべき地域の被害額は、それ以外の地域に比べて小さく推移しており、被害軽減効果の高いことが確認できる。以上より、大規模洪水を含めて水害リスクを低減させるには、メリハリをつけた河道整備と洪水氾濫を前提とした氾濫原対策による多重防衛が有効であるといえる。

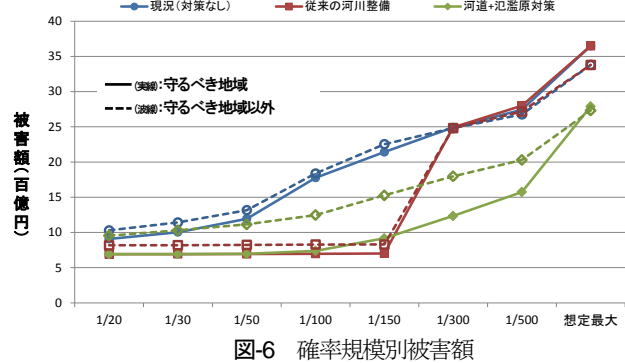


図-6 確率規模別被害額

## 3.5 連携施策の可能性検討

本研究では、計画規模以上の外力も含めた幅広い洪水規模を対象として施策検討を行うため、純便益の最大化を目指した施設規模・内容を設定することが好ましいが、従来、そして、今後の河川事業との関係上、不十分な純便益の最大化、すなわち、不十分なリスクコストの最小化による評価では、不都合が発生する可能性がある。

このため、連携施策の効果検証においてはリスクコストの相対比較を行う。リスクコストの相対比較に基づき、河道対策・氾濫原対策と都市施策の連携について、望ましい方向性を考察する。

$$\text{リスクコスト} = \text{対策の費用} + \text{対策後の期待被害額}$$

### (1) 算定条件

評価時点は2015年とし、評価期間は河川整備期間(30年間仮定)後50年間を含め、2015年~2115年とする。なお、リスクコストは社会的割引率(4%)により現在価値換算を行い評価期間内の合計値とする。対策費用は河川事務所提供資料から設定し、期待被害額は1/5年・1/10年・1/20年・1/30年・1/50年・1/100年・1/150年・1/300年・1/500年を対象確率規模として治水経済調査マニュアル<sup>2)</sup>に基づき算定する。

### (2) 連携施策のリスクコスト比較

リスクコスト算定結果を図-9に示す。基本方針レベル

(W=1/150年)の流量に対して、誘導範囲内の床下浸水及び他の地域の床上・床下浸水の発生を許容している河道・氾濫原対策では、全地域の破堤氾濫による浸水をゼロとする従来河川整備に比べて期待被害額は増加するが(図-10)、守るべき地域での限定した対策内容により費用が抑制されリスクコストは低くなる。

都市施策については、規制、認知、誘導の順でリスクコストが少ない結果となった。リスクコスト算定に用いる期待被害額の分布状況(図-11～図-13)から、規制オプションは比較的市街地が広がった都市に効果的であり、誘導オプションは河道対策・氾濫原対策と併せることで、ある程度集約化が達成されている都市に効果的である可能性が示唆された。

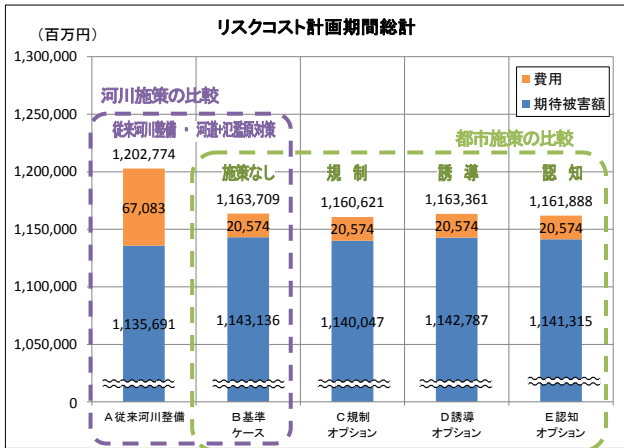


図-9 連携施策のリスクコスト比較 (百万円)

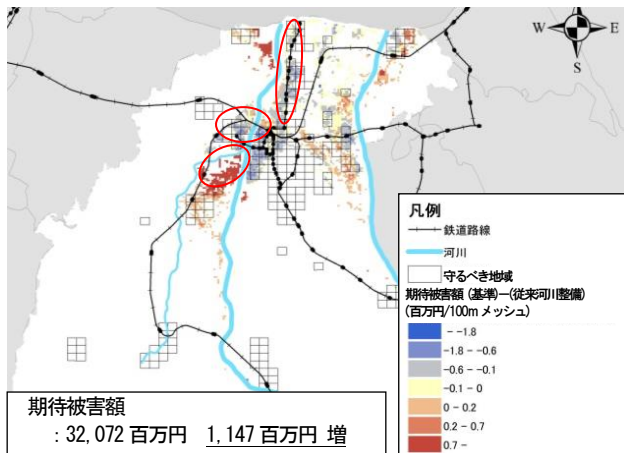


図-10 河道対策・氾濫原対策を行った場合の期待被害額差分の分布 (基準ケース) - (従来の河川整備)

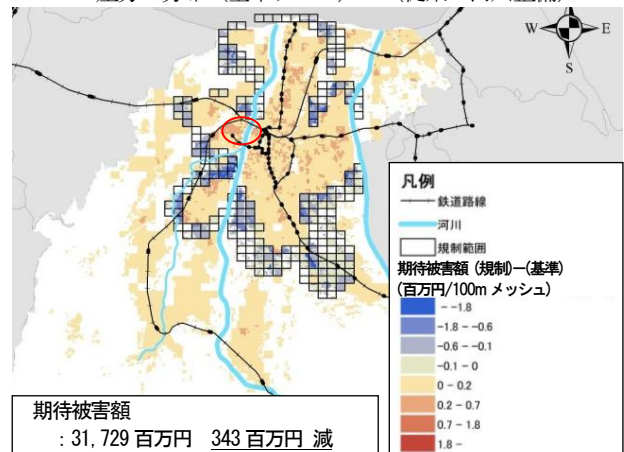


図-11 規制オプションと連携した場合の期待被害額差分の分布 (規制オプション) - (基準ケース)

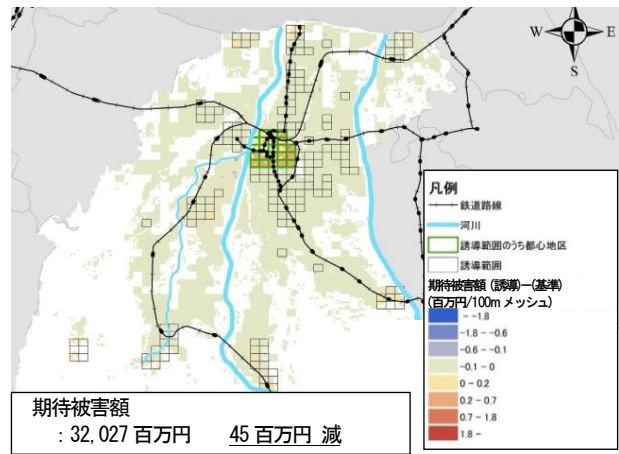


図-12 誘導オプションと連携した場合の期待被害額差分の分布 (誘導オプション) - (基準ケース)

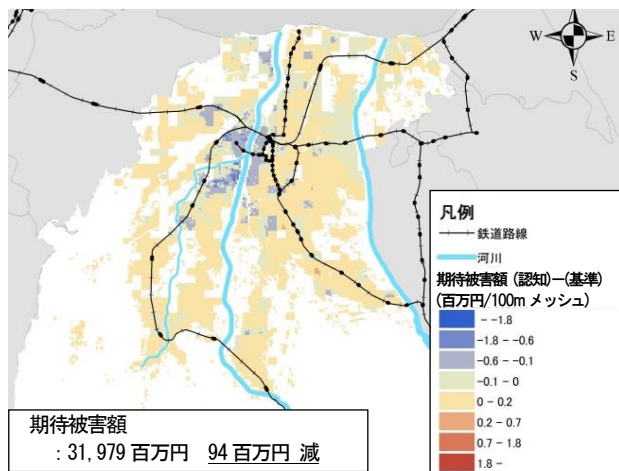


図-13 認知オプションと連携した場合の期待被害額差分の分布 (認知オプション) - (基準ケース)

#### 4. 今後の展望

本研究では富山市を対象に水害リスク軽減対策を実施したが、複数の適用事例を通じた河川・都市行政の連携にあたっての法制度上の課題、更にはリスクファイナンス等の新たな手法の適用等について検討していきたい。

#### 5. 河川等政策への質の向上への寄与

本研究では富山市を例に、将来の人口・資産分布に基づく水害リスク軽減対策を検討し、河川行政と都市行政の役割分担とその効果を明確にした。今後は、河川管理者以外の管理者との共働等による治水対策が不可欠となり、本成果はそのための基礎情報となりうると考える。

#### 参考文献

- 1) 常願寺川水系常願寺川浸水想定区域図・神通川水系神通川水想定区域図, 国土交通省北陸地方整備局富山河川国道事務所, 平成14年9月
- 2) 治水経済調査マニュアル(案), 国土交通省, 平成17年4月
- 3) 富山市都市マスタープラン, 富山市

