

梯川水系における内外水統合型 水害リスクマップの検討について

徳坂 文音¹・福嶋 祐樹¹・北村 秀之¹

¹金沢河川国道事務所 流域治水課 （〒920-8648 石川県金沢市西念4丁目23番5号）

流域治水の取組を推進するため、梯川では、比較的発生頻度が高い複数の降雨規模毎に浸水範囲と浸水深を図示した「多段階浸水想定図」と、それらを重ね合わせて浸水範囲と浸水頻度の関係を図示した「水害リスクマップ」を作成・公表している。しかし、現在は外水氾濫のみを考慮したモデルであり、内水氾濫のメカニズムをモデル化できていないため、主要河川以外の支川や下水道からの氾濫を考慮する氾濫モデルを構築し、内外水統合型の水害リスクマップを作成する必要がある。今回、2022年8月豪雨にて甚大な被害が生じた梯川水系における内外水統合型水害リスクマップの検討について報告する。

キーワード 流域治水、多段階浸水想定図、内外水統合型水害リスクマップ、内水氾濫

1. はじめに

(1) リスクマップの経緯

「リスクマップ」とは、災害に伴う被害の程度や可能性を地図上に示したものであり、関係機関や住民が災害リスクを的確に把握し、防災体制の構築や適切な避難行動を行ううえでとても重要なツールである。

近年は、気候変動の影響による水災害の激甚化・頻発化を踏まえ、水害リスクの増加に対応するため、上流から下流にわたる流域全体のあらゆる関係者が、協働してハード・ソフトの治水対策を行う「流域治水」が推進されている。

一方で、国や県において平成28年から河川管理者毎に公表している洪水浸水想定区域図は、想定最大規模の大雨による洪水が起きた場合の、河川から水が溢れる外水氾濫による浸水深を示している。そのため、最悪の事態を想定した命を守るための避難計画の検討には有効であるが、浸水の生じやすさや発生頻度が示されておらず、早期の避難判断、まちづくりや住まい方の工夫、企業の立地選択、BCP（事業継続計画）の作成等のためには使いつらいという課題があった。

以上を踏まえ、全国の河川において、比較的発生頻度が高い降雨規模に対する浸水範囲や浸水深を算定し、浸水の生じやすさや発生頻度を面的に示す「多段階の浸水想定図及び水害リスクマップ」が検討され、梯川については令和4年12月に追加で公表した。

(2) 現況の水害リスクマップの課題

この「多段階の浸水想定図及び水害リスクマップ」は、梯川の大谷管理区間からの氾濫のみを対象としており、流域内の支川から氾濫、下水道等の排水先河川の水位が下水道の排水能力に与える影響は考慮されていない。これは、梯川本川の水位が高くなる場合の危険性は把握できるものの、身近な降雨による支川からの溢水や下水道等の排水能力を超える内水氾濫が起きた場合の浸水の危険性は把握できず、地域住民に水害リスクを示すには不十分である。また、従来は同じ氾濫域に位置していても、河川管理者毎に個別に浸水域を設定しており、これらが重複する地域における浸水リスクが明確ではない。

このため、外水氾濫と内水氾濫による地域の浸水リスクを一体的に評価出来る内外水統合型氾濫解析モデルを構築し、国や石川県、自治体といった河川等管理者による区分けを意識せず、より実態に即した解析結果を表示できる「内外水統合型水害リスクマップ」の作成が必要とされている。

2. 梯川流域の概要

梯川は、その源を石川県小松市の鈴ヶ岳（標高1,175 m）に発し、郷谷川、滓上川、鍋谷川等の支川を合流しながら小松市を流れ、河口付近で前川と合流して日本海に注ぐ流域面積271 km²、幹川流路延長42 kmの一級河川である。

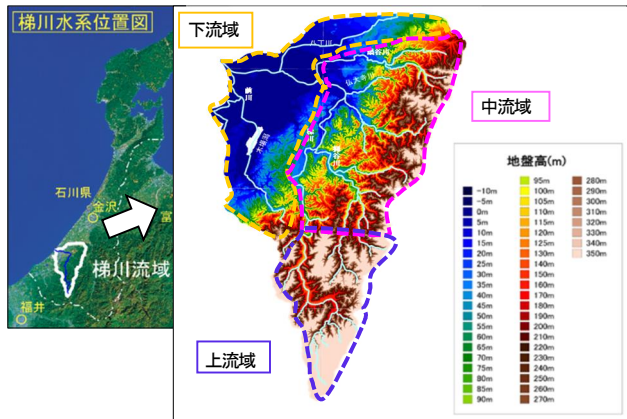


図-1 梯川流域の位置図(左)と流域地盤高コンター図(右)

(1) 地形の特性

図-1 に示すように、梯川の地形は、上流域は急峻なV字谷を形成しているのに対し、中流域は、河岸段丘による平坦地があり、集落や水田として利用されている。下流域は、山間地と海岸砂丘に囲まれた低平地が広がっている。また、低平地には小松市街地が形成され、北陸新幹線等の主要交通網が発達しており、石川県加賀地域の社会経済基盤の中心となっている。

このような地形特性を持つ梯川流域は、内水氾濫が発生しやすく、特に低平地では、浸水が長時間継続する恐れがあり、人命や地域経済に甚大な被害が発生するリスクが高い。

(2) 過去の洪水実績

梯川では、過去から何度も内水氾濫による浸水被害に見舞われている。浸水被害が著しい洪水として、1998年9月洪水、2004年10月洪水、2006年7月洪水、2013年7月洪水、2022年8月洪水等が挙げられる。

特に2022年8月4日の豪雨では、梯川の主要な地点である埴田水位観測所で観測史上最高水位を記録し、本川の一部区間では越水、支川では溢水、堤防決壊が発生するとともに、梯川沿川で大規模な内水被害が発生し、約1,680haの浸水(図-2)が確認された。

3. 梯川における内外水リスク統合の重要性

過去の洪水実績や2022年8月洪水で生じた、内外水が混在した氾濫による大規模な被害を踏まえると、梯川流域の内水氾濫が発生しやすく、浸水時間が長期化しやすい地形特徴による危険性と、それに伴う比較的高頻度の降雨による浸水リスクを地域住民に認識して頂くことが重要である。

梯川水系では2022年8月4日の豪雨を受けて、2022年11月に「梯川水系緊急治水対策プロジェクト」をとりまと

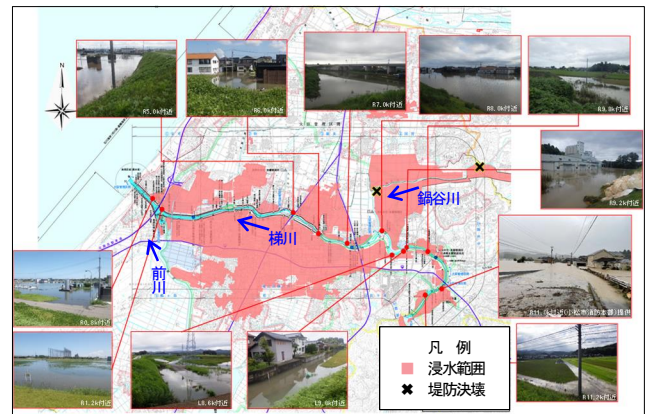


図-2 2022年8月4日洪水の実績浸水範囲

め、国、県、市が連携して一体となってハード対策及びソフト対策を実施することで、浸水被害の軽減を図ることとしている。大きな浸水被害を受けた小松市では、「小松市雨水管理総合計画」を策定し、下水道の排水能力を超える降雨により浸水が発生する内水氾濫を対象に、段階的な下水道事業による浸水対策目標を設定することで、計画的な浸水解消を図っている。この段階的な対策方針の設定には、比較的高頻度の降雨による浸水リスクの評価が不可欠であり、内水氾濫解析モデルが事業計画検討の参考になることが期待される。

このような検討に資するため、梯川流域において、内水氾濫と外水氾濫による地域の浸水リスクを一体的に表現する内外水統合型の氾濫解析モデルを構築することとした。

4. 内外水統合型氾濫解析モデルの構築

内外水統合型氾濫解析モデルは、「多段階の浸水想定図及び水害リスクマップの検討・作成に関するガイドライン 令和5年1月」¹⁾に基づき検討した。

(1) 降雨シナリオの設定

氾濫解析モデルの外力条件として与える降雨シナリオは、流域内の降雨の時間分布や空間分布を考慮した上で、下記の三つのシナリオとし、主要河川、その他河川、下水道等、それぞれを対象に降雨波形や確率規模別降雨量等を検討し設定した。

- ①主要河川の氾濫が卓越する降雨シナリオ
- ②その他河川の氾濫が卓越する降雨シナリオ
- ③下水道等の氾濫が卓越する降雨シナリオ

ここで、梯川流域における主要河川は梯川本川のほか県管理の洪水予報河川とし、その他河川は主要河川以外の一級河川、下水道等は用水路や各種排水路及び下水道とした。降雨の確率規模は、年超過確率1/10、1/30、1/50、

1/100（その規模の雨が1年に一回以上降る確率）とした。

(2) 氾濫解析

a) 流出解析

主要河川やその他河川、下水道等における各支川・水路の降雨条件については、梯川流域の雨量観測所から得られたデータを基に、氾濫域に流入する流域平均雨量を算定した。そのうえで、主要河川の当該降雨を流域全体、その他河川及び下水道等の当該降雨を流出域及び氾濫域に与える。氾濫域には、地表に直接降雨を与えることとした。

そして、各降雨シナリオで設定した確率規模別雨量を対象に、貯留関数法を用いて本支川一体の外力による流出計算を行い、ハイドログラフ（時系列の流入量）を作成する。そのハイドログラフを氾濫解析の境界条件とした。なお、主要河川の流出計算モデルの条件は、梯川水系の基本高水を検討した条件を採用し、流域内の上流部に位置する赤瀬ダム（石川県管理）の洪水調節を考慮した。

b) 氾濫解析モデルの概要

本検討で用いた内外水統合型氾濫解析モデルの概念図を図-3に示し、基本条件は表-1に示す。

今回の氾濫解析モデルでは、従来の外水氾濫を対象とした氾濫解析モデルをベースに、流域内の梯川本川及び支川、幅3 m以上の用水路及び各種排水路を一次元不定流計算でモデル化し、氾濫域ではモデル化した河道からの越水、溢水、堤防の決壊を考慮する。これに加え、下水道等の排水区域における内水氾濫や地表への湛水を考慮できるよう内水氾濫解析モデルを追加した。主要河川、その他河川、水路等の水位上昇に伴う外水氾濫と、氾濫域に直接降った雨の排水能力超過による内水氾濫を同時に解析するモデルである。

c) モデルの拡張

まず河道モデルの拡張を行った。梯川流域には、前川、鍋谷川、八丁川といった支川のほか、低平地には下水道排水幹線となる排水路が多数存在しており、下水道排水区からの排水先河川となっている。また、梯川本川右岸側では、宮竹用水が手取川から梯川へ向かって流入している。このように梯川流域の内水排除は、梯川本川に限らず支川や用水路、排水路等の開水路へ分散して行われる。そのため、排水先河川の水位状況を精密に評価することが重要である。そこで、梯川本川に加え、県管理の支川及び川幅3 m以上の排水路（9河川）、宮竹用水を一次元不定流でモデル化した（図-4）。

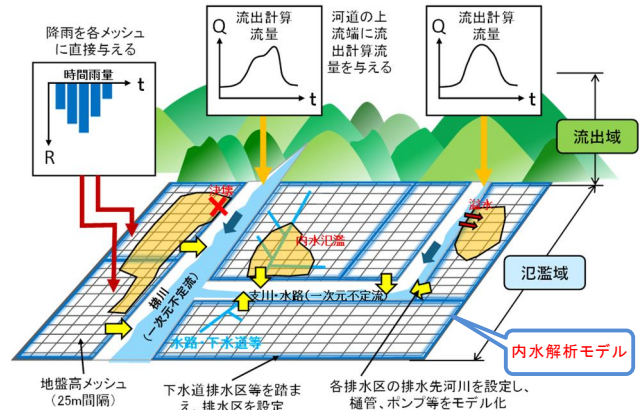


図-3 内外水統合型氾濫解析モデルの概念図

表-1 梯川における内外水統合型の氾濫解析モデルの基本条件

項目	条件
河道	計算手法：一次元不定流 【モデル化対象河川】 ・主要河川：梯川、八丁川、鍋谷川、前川 ・その他河川：仏大寺川、津上川、木場潟、栗津川、日用川 ・下水道等：九竜橋川、石橋川、川幅3m以上の排水路（9河川）、宮竹用水（山川用水、得橋用水等の5用水路）
堤内地（地盤高）	計算手法：平面二次元不定流解析 25mメッシュ
排水施設	樋管断面・ポンプ能力を考慮
内水域	・計算メッシュに直接降雨を与えて湛水深を評価する簡便法 ・各排水区の流量計算書から排水区内の最小流下能力を設定 ・河道水位が低下したあとは、排水能力に応じて接続先河川に排水し、その分のメッシュ湛水ボリュームは排水区内で一律減少させることで排水過程を算定
氾濫域	・河道の一次元不定流モデルからの越水・溢水、決壊を考慮 ・下水道からの内水氾濫や降雨による地表への湛水を考慮

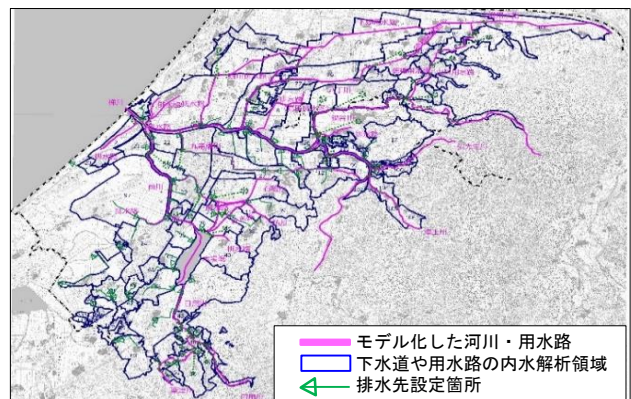


図-4 一次元不定流のモデル化河川位置図

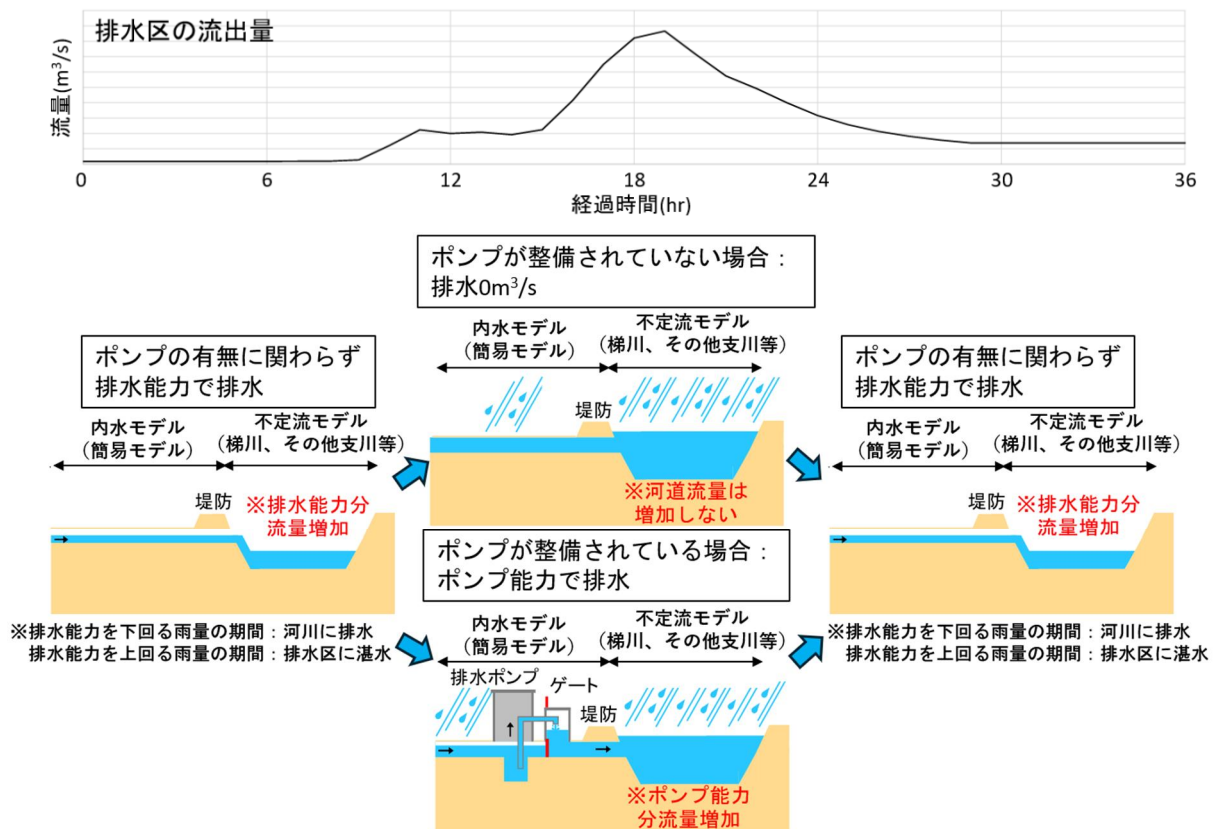


図-5 排水先河川の水位との関係

d) 内水氾濫モデルの解析方法

梯川流域の内外水統合型氾濫解析モデルを構築するためには、前述のとおり内水域（下水道等のうち排水区域の管路や幅3 m以下の水路）の降雨が排水される過程で重要となる排水先河川の水位を時系列で評価し、内外水を一体として解析する必要がある。

内水域の流出解析は、ガイドラインに準じて、簡便法を採用した。まず、各排水区から収集した流量計算書に基づき、排水区の境界や排水能力を調査し、各排水区内の最小流下能力を設定する。設定した各排水区の排水能力を時間雨量に換算し、その値を差し引いた降雨量を直接内水域のメッシュに与えることで湛水量を算定する。

排水先河川の水位との関係は、図-5に示すとおりである。平常時や雨の降り始めは、排水ポンプの有無に関わらず各排水区の排水能力で排水できる。降雨時間が経過し、各排水区の排水先となる河道（一次元不定流モデル）の水位が高い場合は、自然排水できず排水能力以下の降雨でも湛水が生じる。また、排水区に排水ポンプがある場合は、ポンプ能力分をメッシュの湛水量から控除し、河道へ排水される条件とした。

5. 2022年8月洪水の再現計算

構築した内外水統合型の氾濫解析モデルの精度検証の

ため、既往洪水のなかでも浸水被害の大きかった2022年8月洪水を対象とした再現計算を実施した。

検証材料として、罹災証明書及び町内会アンケートから実績浸水範囲を整理し、堤内地の浸水状況の現地写真から想定浸水深を推定した。

浸水実績区域と氾濫解析結果の重ね合わせは図-6に示す。

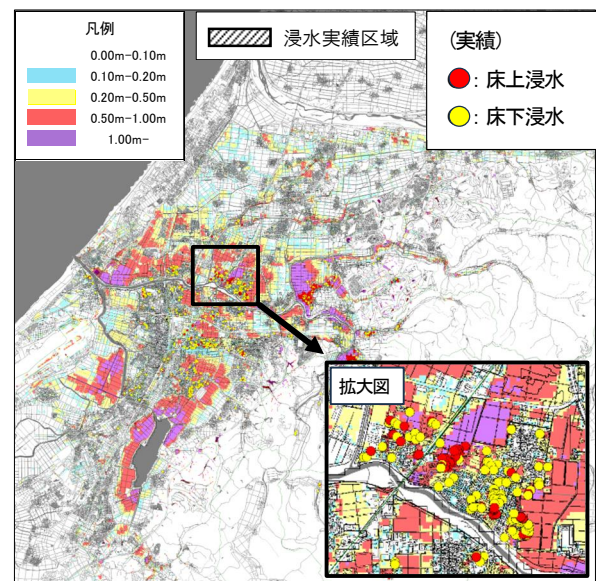


図-6 令和4年8月洪水実績浸水区域と氾濫解析結果の比較

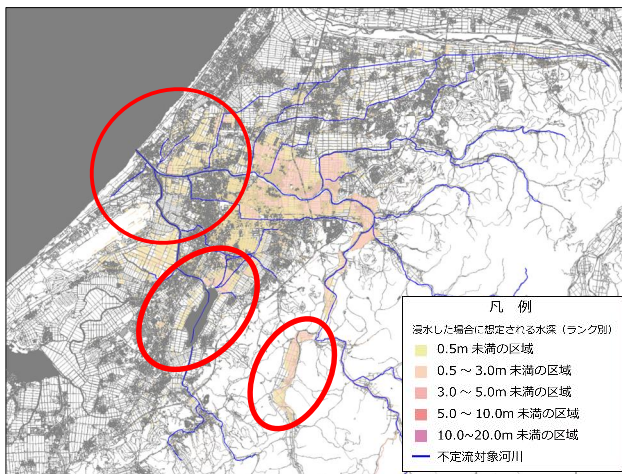


図-7 多段階浸水想定図 (1/10規模) (案)

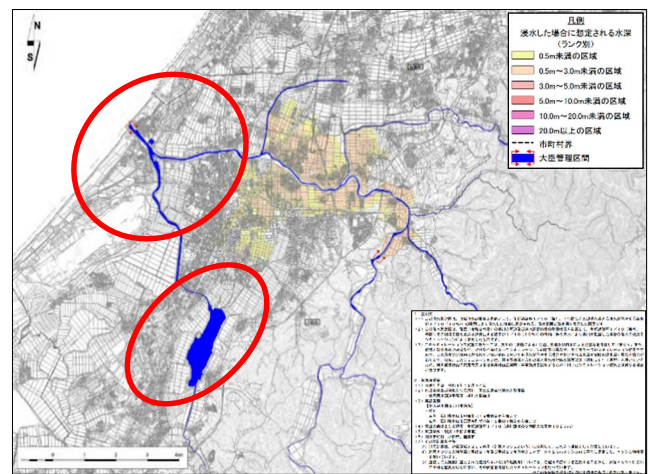


図-8 公表している多段階浸水想定図 (1/10規模)²⁾

6. 内外水統合型水害リスクマップの作成

(1) 浸水リスクの評価

構築した内外水統合型氾濫解析モデルに、確率規模別の雨量を与え、氾濫解析を実施した。その解析結果に基づき、各メッシュの最大浸水深 (10 cm以上) を表示した最大浸水深図を作成し、多段階浸水想定図を作成した。作成した主要河川の氾濫が卓越する内外水統合型の多段階浸水想定図 (確率規模1/10) を図-7に示す。従来の外水氾濫のみを考慮した多段階浸水想定図 (確率規模1/10) (図-8) と比較し、新たに浸水が確認できる箇所は赤丸で囲んだ。従来の氾濫解析では浸水が生じない梯川下流部、梯川から離れた支川の前川上流部で浸水が生じており、内水氾濫や支川からの氾濫による浸水リスクが表示された。梯川流域の内水排除システムを考慮した排水先河川の水位状況を時系列で評価したことで、より現実的な浸水リスクを示すことができたと考えられる。降雨確率規模が大きくなるにつれて、支川からの氾濫量が多くなり、浸水深・浸水区域が大きくなる。

この多段階浸水想定図を用いて、浸水する区域を確率別に色分けすることで、内外水統合型水害リスクマップを作成することができ、現在公表に向けて作成中である。図-9に多水系による公表事例を示す。

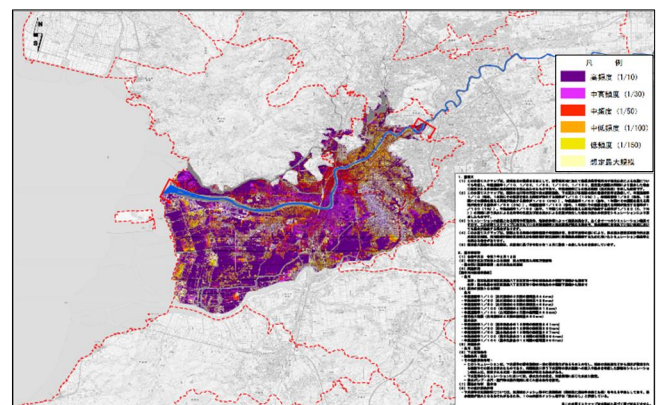


図-9 白川水系の内外水統合型水害リスクマップ³⁾

の多段階浸水想定図及び水害リスクマップの案を作成した。

小松市は、想定被害の大きい内水区域から計画的に下水道整備を進めるための「雨水管理総合計画」の検討にあたって、今回構築した内外水統合型氾濫解析モデルを参考に、比較的高頻度な降雨確率規模の氾濫シミュレーションにより、雨水浸水想定区域図を作成する予定である。そのほか、解析結果を地域防災計画の改定、防災ガイドマップの更新、まちづくりや住まい方の工夫、企業の立地選択、水害保険料率の算定、詳細な避難計画の検討といった流域治水の進展に資する様々な減災対策に活用できる可能性を示すことができた。

内水被害が甚大化しやすい地形特性を持つ梯川流域では、今後も地域住民や企業などが自らの水災害リスクを認識し、自分事として捉え、主体的に行動出来るようソフト対策に取り組むことが必要である。そのため、今後も関係自治体と綿密な情報共有・連携を行うことで氾濫解析モデルの精度や信頼性の向上に努め、地域住民の早い段階での迅速な避難の実施などに繋げていきたい。

7. 内外水統合型水害リスクマップの活用

梯川流域において、国管理河川に加えて支川や水路からの氾濫、下水道排水区での内水氾濫を考慮した内外水統合型氾濫解析モデルを使用し、降雨シナリオに基づいた氾濫解析を行った。解析結果を用いて、内外水統合型

謝辞：本論文を作成するにあたり, ご指導・ご協力いただいた関係者の皆様に感謝申し上げます.

参考文献

- 1)水管理・国土保全局 河川環境課 水防企画室, 国土技術政策総合研究所 河川研究部 水害研究室: 多段階の浸水想定図及び水害リスクマップの検討・作成に関するガイドライン, 2023.
- 2)国土交通省北陸地方整備局金沢河川国道事務所: 梯川水系多段階浸水想定図 (1/10) , https://www.hrr.mlit.go.jp/kanazawa/mb3_bousai/suigairiskmap/index.html (閲覧日: 2025年7月25日) .
- 3)国土交通省九州地方整備局熊本河川国道事務所: 白川水系内外水統合型多段階浸水想定図 (1/10) , <http://www.qsr.mlit.go.jp/kumamoto/bousai/tadankaisinsuisouteizu.html> (閲覧日: 2025年7月25日) .