



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	河川と下水道の一体的解析に基づく流域全体を俯瞰した水害リスク評価手法に関する研究
Author(s)	米田, 駿星
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第16620号
Issue Date	2025-09-25
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k16620
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/98230
Type	doctoral thesis
File Information	Yoneda_Hayase_abstract.pdf, 論文内容の要旨 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（工学） 氏名 米田 駿星

学 位 論 文 題 名

河川と下水道の一体的解析に基づく流域全体を俯瞰した水害リスク評価手法に関する研究
(Development of Flood Risk Assessment Methods Based on Integrated River and Sewer System
Analysis from a Basin-Wide Perspective)

近年、「流域治水」という言葉(取り組み)が我が国において全国的に議論・検討されている。流域治水とは、流域を一体的に捉え関係機関が協力し、治水を実施するというものである。著者は、土木技術者として「国の管理する大河川」、「県や市の管理する小河川」、「市町村の管理する下水道」の基本計画や整備方針、浸水被害(水害リスク)の周知等の検討に携わった。この大河川、中小河川、下水道は、同一流域内に位置するが、降雨、流出、流下、氾濫等の各物理現象の時空間スケールが異なり、浸水発生メカニズムも異なる。加えて、大河川、中小河川、下水道で整備を実施する各管理機関が異なるために、整備規模や整備水準(安全度)の違いも生じている。そのため、水害リスクを周知する浸水想定区域図やハザードマップは、個別に外力条件を設定しており、解析手法等も統一的に検討されていない。本来の「流域治水」を議論するうえで、これらの流域内の河川から下水道を一体的に取り扱い、どのような降雨条件(外力)に対して、「どこ」で「いつ」、「何が要因」として、氾濫が発生し、それが地域住民への程度の水害リスクとなるかを解明し明瞭に示すことで、流域としてどう整備・対応していくかを議論が必要であると著者は考えている。

本研究は、流域内における浸水被害を引き起こす要因となる河川と下水道を一体的に捉えることで、流域内における水害リスクを評価する手法を提案するものである。そのために、河川から下水道までを一体的に解析可能な浸水被害メカニズムに着目した内外水同時解析手法の開発を実施した。次に、大河川から下水道までの浸水被害を踏まえた降雨外力の評価手法を提案した。そして、流域内の浸水被害の発生要因を内外水同時解析から可視化し、水量に基づく水害リスクベースの評価手法を提案した。最後に、これらの研究成果をもとに、予測降雨データから外力を抽出し、内外水同時解析による水害リスクの評価を実施する一連の検討を実施することで、河川から下水道を一体的に議論する手法を新たに示した。

第二章は、流域内における浸水被害を引き起こす要因となる河川から下水道を一体的に解析する内外水同時解析手法の開発を実施した。解析手法の開発に当たり、札幌市内で発生した豪雨時における現地調査を実施し、下水道からの内水氾濫の状況、中小河川の急激な水位上昇を現地において調査した。また、複数の降雨波形を対象に検証計算を実施し、札幌圏域を対象とした高解像度の内外水同時解析モデルを構築した。現地調査で得られた知見をもとに、内外水同時解析モデルに対して、(1)窪地の浸水発生を考慮するための降雨の分離、(2)下水道の集水区単位での解析区域の拡大、(3)下水道からの氾濫量をマンホールの配置から分配するメカニズムによる解析手法の改良を実施した。これにより、解析モデルの再現性の向上に加えて高速化が実現した。

第三章は、流域として大河川、中小河川、下水道の水害リスクの評価で対象とすべき降雨外力を抽出する手法を検討した。一般的に河川の整備水準を検討する基準は、1つの時間軸(数時間から数日間の総雨量)を用いて降雨の確率評価を実施する。本研究では、降雨外力を2つの時間スケールに着

目した複合確率を用いて評価する手法を提案した。本手法では、河川計画で使用している降雨継続時間内雨量と洪水が基準地点に到達するまでの時間内雨量の生起確率を掛け合わせた複合確率を算出し、総雨量、短時間総雨量の両面から降雨の生起確率を評価する手法を提案した。この手法によって、大河川の氾濫に起因する数日単位の時間スケールと、中小河川や下水道の浸水被害に起因する数時間スケールの2つの軸で降雨を評価する手法を提案した。また、各時間スケールの降雨確率には、実績降雨では標本とする降雨イベントが少ないために、3,000年分の予測降雨データ(d4PDF)を活用した。

第四章は、内外水同時解析から算出される水量をもとに、水害リスクの分析と評価の方法を検討した。一般的に浸水想定区域図等に記載される最大浸水深では、その地先や地区において予測される最大浸水深が地域住民に対してどのような水害リスクとなるか不明確である。そのため、複数の学術論文やガイドライン等を参考に、水深と流速から避難困難等の水害リスクベースの評価を実施するリスクマップを提案した。次に、内外水同時解析に浸水発生要因別の追跡子を導入することで、各地先や地区の浸水発生要因を可視化する手法を開発した。内外水同時解析は、河川と下水道の両氾濫を考慮することが可能だが、解析結果となる浸水深図は河川と下水道の氾濫流が混ざったものが示される。そのため、各地先や地区の水害リスクの発生要因を明瞭に示すために、内外水同時解析に追跡子を導入し、浸水発生要因の可視化を時空間的に行い浸水被害の発生要因を明瞭に示した。最後に、内外水同時解析を用いて複数の降雨外力やパラメータで実施した解析結果を重ね合わせることで、どのような外力に対しても恒常的に水害リスクを持つ危険箇所(整備優先度の高い箇所)を抽出する手法を示した。

第五章は、起こり得る流域スケールでの浸水被害を予測するために、予測降雨データの内外水同時解析への導入手法を整理し、未経験の降雨外力に対する水害リスクの予測を実施した。また、その際の境界条件となる降雨の時空間スケジュールの違いによる水害リスクへの影響を解明することで、予測降雨データの内外水同時解析への導入手法の基礎的な知見を示した。予測降雨データを内外水同時解析の境界条件として活用するには、予測降雨データの空間解像度と時間解像度が、水害リスクにどの程度影響するかを把握する必要がある。そこで、多様な時空間分布と解像度の降雨データを作成し、時空間分布と解像度の違いによる水害リスクへの影響を確認した。その結果、内外水同時解析による水害リスクの周知の観点では、降雨の空間解像度よりも時間解像度の影響を強く受けることを示した。最後に、第2章から第5章までに得られた知見を踏まえて、予測降雨データから札幌市内で経験したことない降雨波形を抽出し、その降雨での水害リスクを内外水同時解析で算出し、水害リスクを明らかにした。

本研究は、土木工学として、実現象を自ら観測・調査し得た知見に基づき河川と下水道を一体的に解析する手法の開発・提案を行い、その手法をどう使うことが可能か、その結果をどのように分析・活用するか例を示したものである。