

地域の水害リスク低減対策の推進に向けた 統合的浸水深評価手法の開発

板垣 修・山本陽子・山地秀幸

1. はじめに

気候変動による豪雨・洪水の増大、海面上昇等が懸念されるとともに巨大災害発生への恐れが指摘されている。さらに人口減少、高齢化による災害に対する社会の脆弱化が危惧される。

これらの情勢を踏まえ国土技術政策総合研究所気候変動適応研究本部では地域のあらゆる施策の総動員による水害被害の低減を目指し、各種施策による水害被害低減効果を統一的な観点から評価するため「水害リスク」（水害の生起頻度と生起した場合の被害の大きさとの組合せ。以下「リスク」という。）の適切な定量評価手法の開発（以下「本研究」という。）を行っている。

地域の水害被害低減の推進に当たっては、設計規模の外力までほぼ確実な防災効果が期待される防災施設整備だけでなく、施設整備規模を超える外力襲来時にも被害発生を極力抑えるためのリスク低減対策検討手法を確立する必要がある、その前段としての地域のリスクの適切な理解が必須である。

本稿では地域のリスク低減対策検討の枠組み及びリスクを適切に理解するうえで必要なリスク情報について述べるとともに、リスク評価に必要な統合的浸水深評価手法の開発状況について試験的適用例とともに紹介する。

2. リスク低減対策検討の基本的考え方

地域のリスク低減対策の具体的検討においては、各種対策（河川・ダム・高規格堤防整備、高リスク地区における開発規制、低リスク地区への開発の誘導等）によるリスク低減効果を整合のとれた統一的な観点から評価することが重要と考えられる。このような評価を通じて各主体（国，自治体，住民，企業等）が実施する防災対策が地域ごとに調和し、効果的なリスク低減が推進されると考え

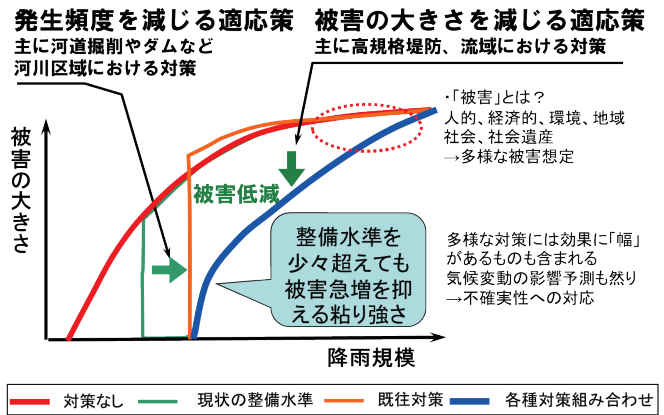


図-1 地域のリスク低減対策検討の概念図

られる。

図-1に示す横軸を降雨規模、縦軸を被害の大きさとしたグラフ（以下「リスクカーブ」という。）は、対象地域における各種対策によるリスク低減効果の特性を統一的観点から定量的に明示できる有効な手法の1つと考えられる。リスクカーブの適用においては、守ろうとする対象に応じた被害低減効果を適切に評価可能な指標をリスクカーブの縦軸（被害の大きさ）として選定することが重要である。同指標の選定に当たっては対象地域のリスク特性（地形、氾濫形態、人口・資産・産業分布等）を踏まえ、優先的に守るべき対象を抽出し、複数の指標（例 直接経済被害額、人的被害）を選定することが重要である。

本研究では、このリスクカーブを適切に用いることでリスク低減施策の有効な推進に資することを目指し、具体的適用手法の開発を進めている。

3. リスク低減対策と必要なリスク情報との関係

リスク低減対策を有効に進めるにはリスクを適切に評価し把握することが必須であるが、守ろうとする対象により被害に密接に影響する要因・浸水シナリオが異なる場合があり、把握すべきリスク情報が異なることがある。以下に人的被害と直接経済被害を例に述べる（図-2参照）。

洪水時の地域の人的被害低減対策として避難場

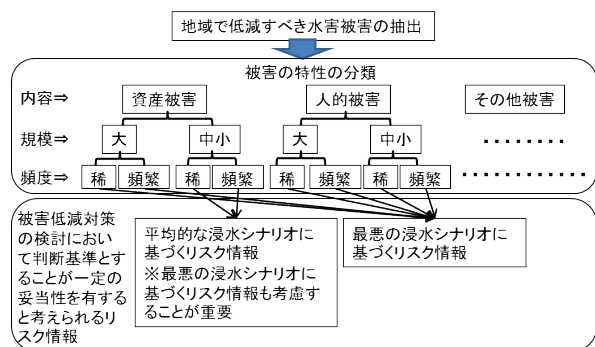


図-2 守ろうとする対象と必要なリスク情報との関係

所・避難ルート選定について検討する場合、場所ごとの想定最大浸水深をリスク情報として把握することが重要である。これは、想定を超える浸水が発生し避難場所が水没する事態などが発生した場合命にかかわるからである。このような最大浸水深は、想定上最悪の氾濫・浸水深シナリオを設定することにより推定することが妥当と考えられる。

一方、命にかかわらないと考えられる浸水が頻繁に生じている地区において住民・事業者が資産被害低減対策（例 止水板の購入、敷地の盛土）を検討する場合には「平均して何年に1度深さがどの程度の浸水が生じるのか」といったリスク情報を知りたいものと考えられる。これは、上述の人的被害低減対策の場合とは異なり、対策に必要な費用と対策による便益との比較の観点から少なからず入るためである。

このようにリスク情報は、守ろうとする対象に応じて作成・提供されるべきものであると考えられ、本研究では同作成・提供手法の開発を進めている。なお、想定浸水深を評価するうえで利用可能なデータが限られていること、浸水深の評価において避けられない不確実性があることなどを踏まえた手法開発が重要と考えている。

4. 統合的浸水深評価手法の開発

4.1 統合的浸水深評価手法開発の必要性

既存の洪水ハザードマップには想定する洪水氾濫時の浸水深分布等が表示されている。例えば、〇〇川が××規模の豪雨により氾濫（外水氾濫）した場合の浸水深分布が示されている。しかし、場所によっては〇〇川が氾濫しなくても支川△△川が氾濫した場合に浸水する場合があります、また、河川が氾濫しなくても下水道による雨水処理能力

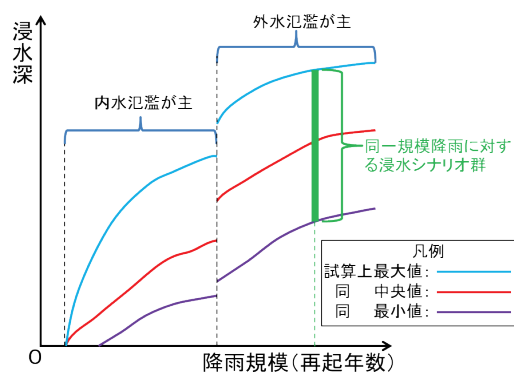


図-3 統合的浸水深評価手法概念図

を上回る規模の豪雨に見舞われた場合には雨水を排水できないことによる浸水（内水氾濫）が発生する。さらに、海岸近くの土地であれば高潮等により浸水することがありうる。

既存洪水ハザードマップは地域の水害ポテンシャルを知るうえで有効であるが、さらに、流域において実施可能な対策を含む総合的なリスク低減対策について検討するには「大中小河川・下水道・海岸を統合したリスク情報」が必要となる。図-3に降雨規模に応じた外水・内水氾濫による浸水深の統合的評価手法の1つの概念図を示す（代表地点における浸水深を縦軸とする）。同手法では氾濫の種類（外水・内水）ごとに浸水深の大きさに影響する主たる事象を「主」とし、当該浸水深の大きさに影響する付随的な事象を「副」と扱い、主・副おのおのの変化幅を想定するとともに、これらの組合せを複数設定することにより、降雨規模別に起こりうる浸水深をリスク情報の作成に必要な最低限の条件を満たしつつ簡易的に評価しようとするものである。例えば、内水氾濫を対象とする場合には、当該地域の短時間（例えば1時間）降雨量を「主」とし、内水排水ポンプの操作規則に基づくポンプ稼働・停止に影響する河川水位等を「副」として扱う。一方、外水氾濫による浸水を対象とする場合には、当該河川流域の（例えば2日間）降雨量を「主」とし、対象地区に降る雨の量、河口近くの河川における潮位の影響等を「副」とする。

「主」の変化幅だけでなく「副」の変化幅も考慮することにより、ある降雨規模（再起年数）に対して図中緑色の縦線で示すように複数の浸水シナリオ（例 降雨の時空間分布・洪水ピーク流量が河口に到達する時点の潮位が異なるシナリオ）

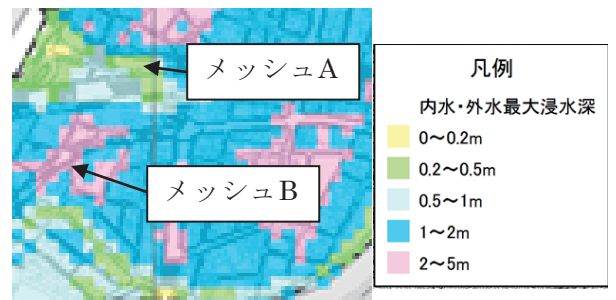
が想定されることになり、浸水深は幅を持つことになる。このように浸水深に幅を持たせ、守ろうとする対象に応じて必要なリスク情報としての想定浸水深を切り出して提供する手法の実現可能性・有効性について検討している。

4.2 統合的浸水深評価手法の試験的適用例

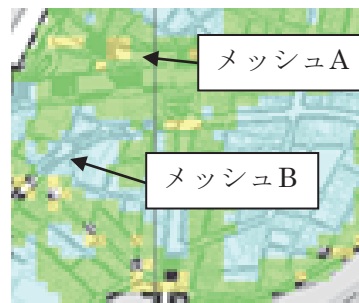
1級水系国土交通大臣直轄管理区間を念頭に設定したモデル河川（区間延長約18km）及びモデル地区（モデル河川の1つの氾濫ブロックからなる面積約7.5km²の海際の地区）について外水氾濫による浸水深に主に影響する事象として流域平均2日間降雨量を選定し降雨規模として8ケース（50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400mm/2日間）を設定し、貯留関数法により時系列の河川流量を算定し河道の一次元不定流計算を行った。河道水位がモデル河川の想定破堤地点（モデル地区で1箇所設定）において計画高水位を超過した場合には破堤するものとしモデル地区の平面2次元不定流計算を行い25mメッシュの浸水深分布を算定した。なお、本試算では外水氾濫による浸水深に付带的に影響する事象については考慮しなかった。

また、モデル地区の内水氾濫による浸水深に主に影響する事象としてモデル地区平均1時間降雨量を選定し降雨規模として5ケース（30, 60, 90, 120, 150mm/時間）を設定し、モデル化した下水管網に基づく内水氾濫計算を行い外水氾濫計算で用いたものと同じ25mメッシュの浸水深を算定した。ここで、内水氾濫による浸水深に付带的に影響する事象としてモデル河川水位を選定し同水位がモデル地区の排水ポンプの操作規則に規定された水位まで上昇するとポンプが停止する設定とした。

図-4に内外水氾濫による最大浸水深分布、図-5に代表2メッシュにおける内水氾濫による浸水深の分析結果を示す。両メッシュ間の直線距離は300m程度（間に線状盛土あり）と近いが、メッシュAは同Bよりも6m程標高が高い。内水氾濫で「主」とした1時間降雨量のいずれにおいてもメッシュAの浸水深は同Bより0.7~0.8m程度小さくなった。また、同「副」とした河川水位（ポンプ停止）による影響はメッシュAでは最大でも0.2m程度であるが同Bでは0.6~0.8m程度となっており、標高の低いメッシュBの方が河川水位

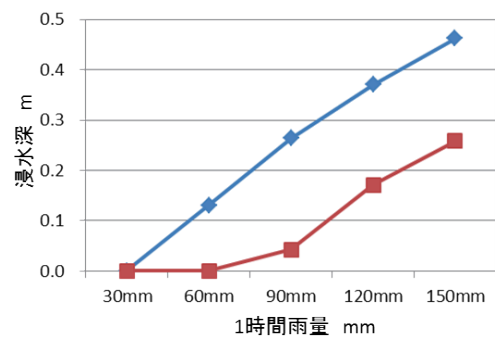


(a)流域平均2日間雨量400mm、モデル地区1時間雨量150mm（排水ポンプ停止・外水氾濫あり）

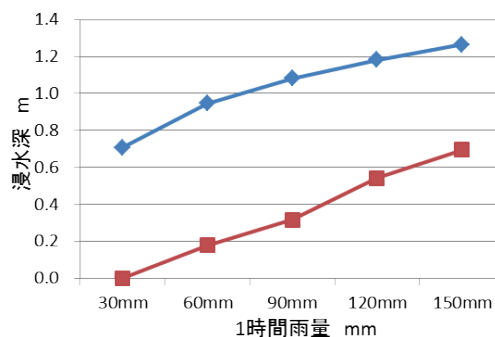


(b)流域平均2日間雨量300mm、モデル地区1時間雨量150mm（排水ポンプ稼働・外水氾濫なし）

図-4 内外水最大浸水深分布試算結果



(a)標高約9mのメッシュA



(b)標高約3mのメッシュB

図-5 降雨規模別内水氾濫による浸水深試算結果（青：排水ポンプ停止，赤：排水ポンプ稼働）

（ポンプ停止）による影響が相対的に大きいことが読み取れる。また、外水氾濫について「主」と

した流域平均2日間降雨量ごとの浸水深の最大値はメッシュAで0m、同Bで約2.2mであり（図省略）、メッシュBにおける外水氾濫による浸水深の最大値は同内水氾濫より1m程大きかった。なお、本試算においてモデル河川以外の河川の氾濫及び高潮による氾濫は考慮されていない。

上記試算結果に基づき浸水被害低減対策を検討する場面を想定してみる。避難場所・避難ルート選定の検討においては、メッシュAにおいては図-5の青線で示される最大浸水深を考慮することが考えられ、同Bでは内水のみでの評価では不十分であり外水氾濫による浸水深の最大値約2.2mを考慮することが考えられる。ただし、これらの値は25mメッシュ平均値であることからメッシュ内の場所ごとの浸水深がこれらの値と異なることがあることに注意が必要である。

また、メッシュAにおける外水氾濫の生起頻度が内水氾濫のそれよりも十分に低い場合には、資産被害低減対策の検討時に図-5の赤青線の中間の値（平均的な値）を降雨規模別浸水深の平均値の推定値として、降雨規模ごとの再起年数評価値を踏まえリスク評価を行うことで、浸水被害低減対策（止水板の購入等）による年平均被害軽減期待額²⁾³⁾を概略推定し、対策の費用便益面からの検討を行うことが考えられる。

なお、実際の対策検討に当たっては、これらの浸水深評価結果を鵜呑みにするのではなく、これらの評価はいくつもの仮定条件のもとで算定されたものに過ぎないこと、利用可能なデータが限られていること、評価上避けられない不確実性があること、気候変動影響により雨の降り方が変化する可能性があることなどを踏まえた総合的な判断を行うことが重要と考えられる。

5. まとめ

地域の水害被害低減対策検討の枠組み、並びに守ろうとする対象により必要なリスク情報が異なることがあることについて述べ、さらに、統合的浸水深評価手法の開発状況について試験適用結果とともに報告した。提案している統合的浸水深評価手法は、守ろうとする対象に応じた浸水深に影響する事象を適切に選定することにより、必ずしも膨大な浸水深計算を行わずにリスク情報を作成する1つの手法である。本試験適用結果を踏まえると「平均して何年に1度深さがどの程度の浸水が生じるのか」といったリスク情報の作成手法の1つとして一定の見込みがあると考えられる。

引き続き、住民・事業者による個別建物における被害低減対策の促進につながるリスク情報の内容及び表現方法についてモデル地区における聞き取り調査を行いつつ検討するとともに、外水氾濫による浸水深の幅の評価手法等について研究を進めていく予定である。

謝 辞

モデル地区の下水道データの提供等にご協力いただいている関係各位に心から御礼申し上げます。

参考文献

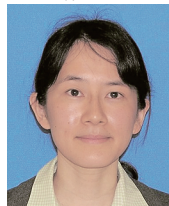
- 1) 竹中裕基、板垣修、小林勝也、服部敦：様々な洪水規模に対する河道・構造物群システムの応答シナリオに基づく氾濫リスク・減災効果評価、河川技術論文集、第21巻、2015年6月
- 2) 国土交通省河川局：治水経済調査マニュアル（案）、pp.12、2005年4月
- 3) 山本陽子、柳川一博、深見和彦、木内望、鳥居謙一、天野邦彦：建物用途別の資産鉛直分布及び浸水確率を踏まえた都市における家屋・事業所の資産被害評価の検討と試行、河川技術論文集、第23巻、2017年6月

板垣 修



国土交通省国土技術政策総合
研究所河川研究部水害研究室長
Osamu ITAGAKI

山本陽子



国土交通省国土技術政策総合
研究所河川研究部河川研究室
主任研究官
Yoko YAMAMOTO

山地秀幸



国土交通省国土技術政策総合
研究所河川研究部水循環研究室
研究官
Hideyuki YAMAJI