

## 下水道を考慮した内水・外水氾濫の同時発生による複合水害シミュレーション

香川大学創造工学部  
香川大学創造工学部  
香川大学創造工学部  
香川大学四国危機管理教育・研究・地域連携推進機構  
香川大学創造工学部  
香川大学創造工学部  
香川大学四国危機管理教育・研究・地域連携推進機構

学生会員 渡辺悠斗  
正会員 石塚正秀  
学生会員 ○溝渕佳希  
正会員 藤澤一仁  
正会員 岡崎慎一郎  
フェロー 吉田秀典  
非会員 金田義行

### 1. はじめに

近年、日本では大規模な水害が相次いで発生している。このような状況を踏まえ、令和3年5月に水防法の一部が改正された。それに伴い、内水浸水想定マニュアル(案)も同7月に改訂された。しかし、河川からの溢水や破堤による浸水は依然として、内水浸水想定図の対象外となっており、内水氾濫・外水氾濫が同時に生じた際の浸水領域が考慮されていない。北村ら<sup>1)</sup>は、重畳氾濫では、内水氾濫、外水氾濫単独発生時と比べて、浸水範囲が増加し、流速も部分的に早くなることを明らかにした。そのため、避難の難易度が上がることが想定され、水害のハザードマップに重畳氾濫を想定することが今後必要であることを示した。しかし、下水道が未考慮であったため、浸水深の評価については課題が残されていた。

そこで、本研究では、下水道を考慮した複合水害シミュレーションを行い、浸水深や流速の変化、避難に及ぼす影響について明らかにすることを目的とする。

### 2. 研究の手法

本研究では、内水氾濫、外水氾濫、重畳氾濫の解析を InfoWorks ICM([https://www.iemori.co.jp/hw/software/infoworks\\_icm.html](https://www.iemori.co.jp/hw/software/infoworks_icm.html))を用いて行う。高松市提供の下水道データを加工し、代表的な部分のみを抜粋して InfoWorks ICM 内で下水道のモデルを構築した(図-1)。構築した下水道モデルを複合水害モデルに組み込み、内水氾濫、外水氾濫、複合水害に関する解析を行った。各氾濫の解析範囲は、高松市都市整備局下水道部が定める東部排水区と福岡排水区を合わせた領域である(図-1)。なお、本研究で作成した下水道モデルはポンプ機能を考慮しておらず、地形モデルは建物が氾濫水の挙動に与える影響を考慮できていない。なお、下水道以外の複合水害モデルの入力条件については北村ら<sup>1)</sup>と同様である。

### 3. 研究の結果

下水道を考慮し、1000年確率降雨と同降雨による御坊川の流量を用いた各シミュレーションによる最大浸水深を高松市街地東部を拡大して図-2に示す。図-2bの点線で示す範囲内において、内水、外水、重畳氾濫の各シミュレーションの最大浸水深が50cm以上の面積(図中

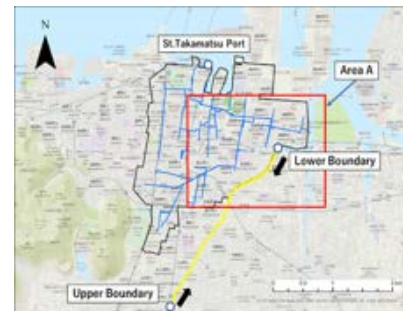
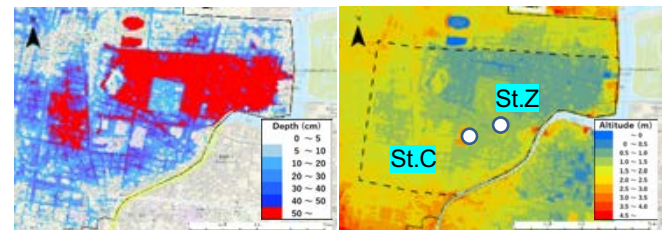
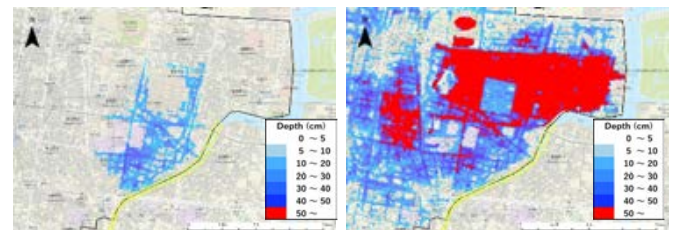


図-1 各氾濫解析に用いた解析範囲(黒い枠)と河川モデル(黄色の線)と管渠モデル(青色の線)



(a) 内水氾濫

(b) 標高

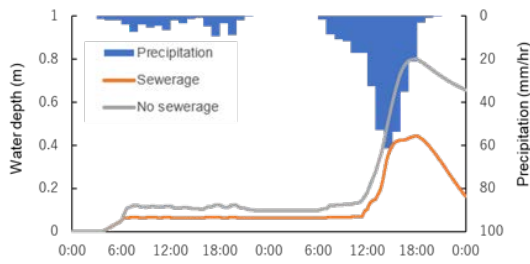


(c) 外水氾濫

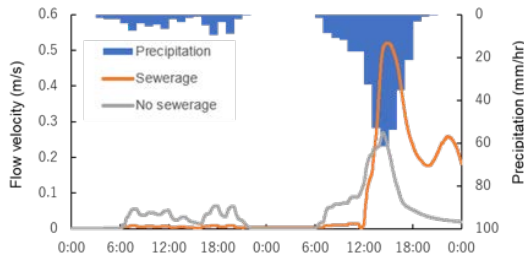
(d) 重畳氾濫

図-2 Area Aにおける内水氾濫、外水氾濫、重畳氾濫の各シミュレーションによる最大浸水深分布の比較(右上図は標高DEM(T.P.)(基盤地図情報5m)、(b)中の点線は高松市街地東部の範囲を示す。)(下水道あり、1000年確率降雨)

赤色)はそれぞれ52.3ha、0.0ha、57.9haであり、重畳氾濫時は内水氾濫が単独で発生した時よりも5.6ha広くなった。また、最大浸水深はそれぞれ2.5m、0.4m、2.6mであった。重畳氾濫シミュレーション(図-2d)では、上浸水が想定される建物数は高松市街地東部内(点線内)の総数の47.9%にあたる2345戸であり、内水氾濫単独発生時よりも194戸多かった。また、点線内には指定避難所は8ヶ所存在するが、重畳氾濫時、内水氾濫単独発生



(a) 浸水深



(b) 流速

図-3 重畳氾濫時の地点Cにおける下水道を考慮した場合と考慮していない場合の浸水深と流速の時間変化 (2004年10月19日0時~21日0時)

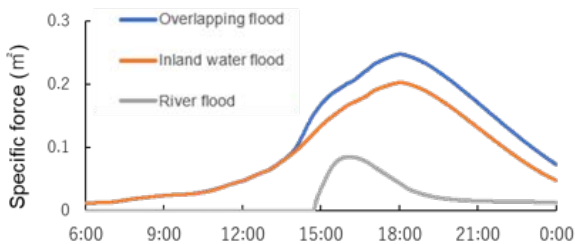


図-4 地点Zにおける内水、外水、重畳氾濫の単位幅比力の時間変化 (2004年10月20日6~24時)

時には、このうち3ヶ所において床上浸水が想定される結果が示された。

#### 4. 考察

##### (a) 下水道の有無が浸水深と流速に与える影響

下水道の有無による浸水深、流速の違いを比較するため、図-2に示す地点Cにおける浸水深と流速の時間変化を図-3に示す。図-3より、下水道を考慮した場合、地点Cでは、最大浸水深が0.35m減少した。一方、最大流速は0.5 m/sであり、これは下水道非考慮時の約2倍であった。下水道非考慮時では、20日の12~18時前まで浸水深が上昇し続けているが、0.5 mを超えたあたりで流速は減少していることから、氾濫水が滞留していると考えられる。一方、下水道考慮時では、排水効果により、浸水深が0.5 m未満に抑えられ、氾濫水は滞留することなく流れていると考えられる。

##### (b) 避難行動への影響

内水、外水、重畳氾濫において避難行動に与える氾濫水の影響について検討した。検討には、つぎに示す単位幅比力  $M$  を用いる。

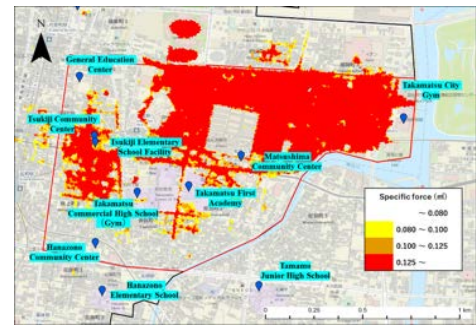


図-5 最大単位幅比力の空間分布

(1000年確率降雨、下水道を考慮した場合の重畳氾濫解析、青いピンは指定避難所の位置を示す。)

$$M = \frac{h^2}{2} + \frac{u^2 h}{g} \quad (1)$$

ここで、 $h$ は水深 (m)、 $u$ は流速 (m/s)、 $g$ は重力加速度 ( $m/s^2$ )である。浅野ら<sup>2)</sup>はこの値が0.125  $m^2$ を上回ると避難が困難になるとした。図-2で示す地点Zにおいて重畳氾濫時に  $M$ が0.125を上回っていた時間の合計は内水氾濫単独発生時よりも1時間32分長くなり、始まる時間も25分早くなった(図-4)。また、重畳氾濫時に溢水による外水氾濫水の影響が表れる時間が、外水氾濫単独時よりも約1時間早くなるのが分かった。これらは、北村ら<sup>1)</sup>が行った下水道を考慮しない場合と同様である。

解析範囲内の各メッシュの最大浸水深、最大流速を式(1)に適用して最大単位幅比力を求めた(図-5)。図より、 $M$ が0.125を上回る赤いエリアが周囲にある指定避難所が数ヶ所あることが分かる。よって、エリアによっては避難先を検討する場合に、最短距離ではなく、避難可能なルートを検討する必要があるといえる。

#### 5. まとめ

下水道をモデル化し、内水・外水同時氾濫による複合水害シミュレーションを行った。その結果、下水道を考慮した場合でも重畳氾濫時に浸水範囲が最も広がる結果が得られた。下水道の影響を比較した結果、下水道を考慮することで、浸水深は低下したが、流速が上昇することが分かった。また、下水道を考慮した条件において、重畳氾濫時は内水、外水氾濫の単独発生時よりも、避難行動に及ぼす影響が大きくなる結果が得られた。

謝辞：本研究は、内閣府・戦略的イノベーション創造プログラム「防災・減災機能の強化」(代表：金田義行)により実施された。ここに謝意を記す。

#### 参考文献

- 1) 北村ら：内水・外水の重畳氾濫による複合災害時の氾濫水の特徴，土木学会論文集 B1 (水工学)，Vol.77，No.2，1\_1471-1\_1476，2021。
- 2) 浅野ら：密集市街地における内水氾濫時の歩行避難および車両移動の危険度評価，土木学会論文集 B1 (水工学)，Vol.69，No.4，1\_1561-1\_1566，2013。