

リアルタイム浸水予測情報の活用

都市域における浸水被害の防止・低減に向けて

瀬 能 真 一・板 垣 修

集中豪雨や局所的な大雨（ゲリラ豪雨）による水災害の頻発に伴い、特に都市化に伴う人口・資産の集中や地下の高度利用等が進む都市域では、内水等浸水による被害が甚大となる傾向にある。

引き続き河川や下水道の整備水準向上により浸水発生頻度を低下させていくことが重要であるが、短期間での整備やいかなる豪雨規模に対しても被害を防止するような施設整備は不可能であり、豪雨時の浸水被害の防止・軽減方策の充実が必要である。

本稿では、国土交通省国土技術政策総合研究所が開発したリアルタイム浸水予測システム（以下、「浸水予測システム」という。）について概要を述べるとともに、現場実装に向けた社会実験による浸水予測精度の検証及び、浸水予測システムの活用について紹介する。

キーワード：集中豪雨，ゲリラ豪雨，リアルタイム，浸水予測，都市域，内水被害

1. はじめに

これまで経験したことのない規模の集中豪雨などにより水災害が頻発しており、気象庁の統計データでは、全国1時間降水量50mm以上の年発生回数として、近年10年間（2009～2018年）の平均年発生回数と統計開始からの10年間（1976～1985年）と比べると約1.4倍に増加している（図1）。

特に都市化に伴う人口・資産の集中や地下の高度利

用等が進む都市域では、浸水による被害が甚大となり、下水道や河川の整備が進められているところであるが、施設整備規模を超える豪雨が全国的に頻発している昨今、豪雨時の被害低減対策の充実が必要とされている（写真1）。

2014年より実施されたSIP（戦略的イノベーション創造プログラム（レジリエントな防災・減災機能の強化：豪雨・竜巻予測技術の研究開発）（内閣府））における水災害・土砂災害予測技術の研究開発の一つと

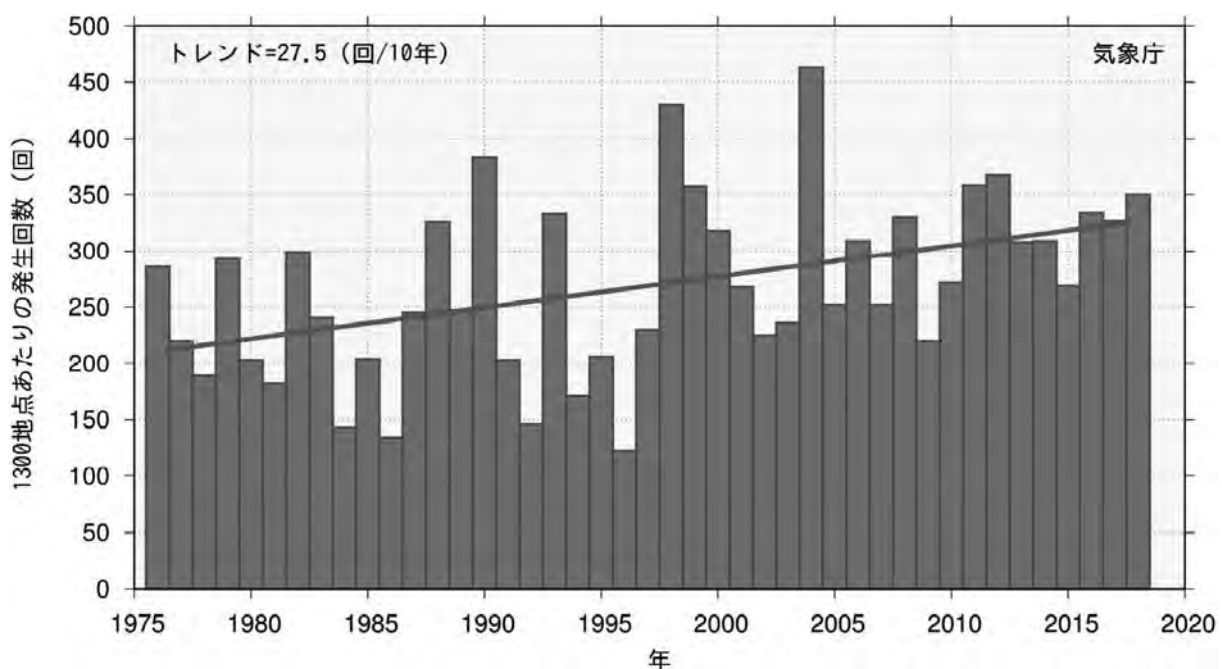


図1 全国（アメダス）1時間降水量50mm以上の年間発生回数¹⁾



写真—1 1999年6月福岡水害²⁾

して都市域における浸水予測システムによる浸水予測情報を活用した浸水被害の防止・低減方策について国総研で研究を進めてきた。

浸水予測システムは、実測レーダ雨量（X-RAIN（以下、「実測雨量」と呼ぶ））・予測雨量（高解像度降水ナウキャスト（以下、「予想雨量」と呼ぶ））、河川水位（テレメータ水位（以下、「河川水位」と呼ぶ））等

の情報を取得し、河川、下水道、地表面の水の流れを浸水予測計算プログラムにより一体的に計算することで、1時間先までの予測浸水範囲及び予測浸水深等をデータ受信後約10分以内に計算、配信するシステムである。また、このシステムは利用者が必要とする浸水予測地点や目安となる浸水深を事前に登録することにより、利用者のメールアドレスへアラートメールとして自動配信する機能を実装している。浸水予測システムの取得データを図—2に、浸水予測計算プログラムの概念図を図—3に示す。

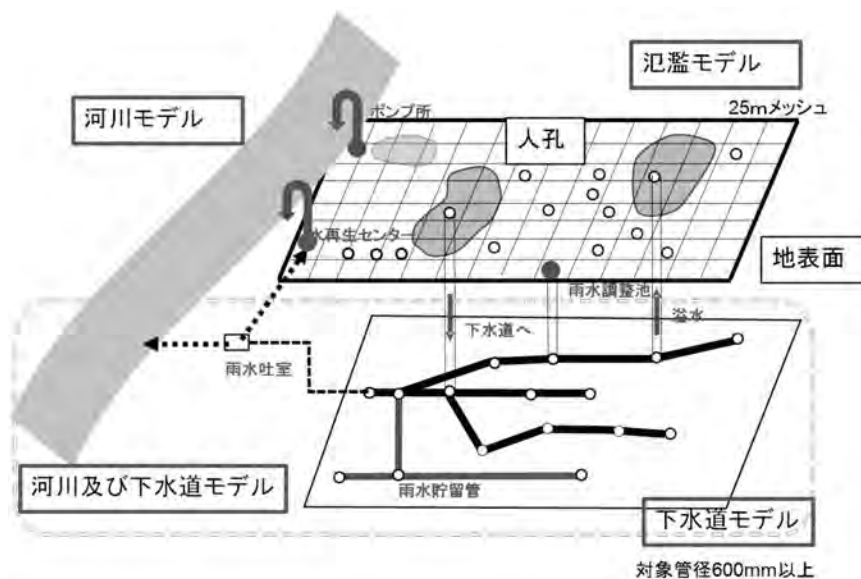
2. 浸水予測システムの開発と社会実験

(1) 浸水予測計算プログラム及び浸水予測システムの開発

実測雨量及び予測雨量、河川水位データを基に河川、下水道施設（下水管は内径600mm以上を対象）、地形（25mメッシュ）の水の流れを一体的に計算できる浸水予測計算プログラム並びに同計算プログラム



図—2 浸水予測システムの取得データ



図—3 浸水予測計算プログラムの概念図



図一4 浸水予測結果・アラートメール表示例

を用いることにより、データ入手より10分以内に1時間先までの10分毎の予測浸水範囲及び深さを表示・閲覧できる浸水予測システムについて、大沼ら³⁾により開発が進められてきた。

なお、浸水予測計算プログラムの開発にあたっては、直轄河川事務所や各地方自治体の協力により、河川横断データ、下水道施設データなどを収集・整理し、利用している。浸水予測結果・アラートメールの表示例を図一4に示す。

(2) 社会実験

現時点でクラウド上での試験運用を行っている浸水予測システムの対象地域は神田川流域及び、石神井川流域、東京都内東部5区(図一16)であり、浸水予測情報等の表示、アラートメール配信が可能となっている。2016年から開始した社会実験では、神田川流域内の地方自治体防災関係者や要配慮者利用施設管理者、地域防災会など約50名のIDを登録の上、試験的に利用いただいているところである。

(3) 研究会開催による学識経験者との意見交換

浸水予測システムについては、予測精度や活用方法について学識者からのご意見をいただくため、「都市浸水予測システム構築に関する研究会(座長:佐藤慎司(前東京大学教授,現高知工科大学教授))」を2015年に立ち上げ、2019年までに計3回開催した。研究会では、浸水予測システムの活用方法はもとより、浸水予測に関連した研究が進められている大学等から情報を共有いただいております、今後も継続する予定である。

3. 社会実験結果とシステム改良

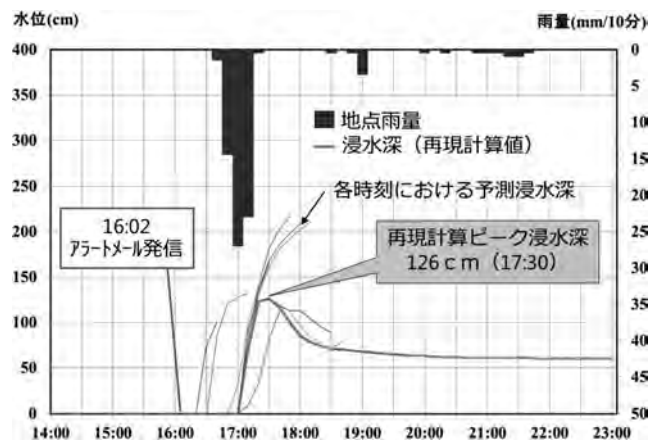
(1) 浸水予測結果の検証とアラートメール配信の試験運用

(a) 2017年8月19日

同日の集中豪雨により、東京都武蔵野市の一部地域で実際に浸水が発生した。

当日の実測雨量から浸水範囲、浸水深の再現計算を行うとともに、聞き取り調査により、実際に浸水が発生した時刻及び浸水深を推定した。結果、実際に浸水が起こったと推定される時刻の概ね1時間前にアラートメールが配信されており、浸水深の再現計算結果は聞き取り調査等から推測される浸水深(H=0.7~0.8m)より大きめ(H=1.26m)となった。

当日の地点雨量、予測雨量、予測浸水深、実測レーダ雨量からの再現計算浸水深とアラートメールの配信時刻との関係を図一5に示す。



図一5 予測浸水深・再現計算浸水深とアラートメール配信時刻との関係(2017.8.19)

(b) 2018年8月13日

新聞報道⁴⁾及びWEB上に掲載された浸水画像より、同日の集中豪雨により、東京都杉並区内の京王井の頭線久我山駅付近で浸水が発生した。

久我山駅付近は事前に重点監視地点としてシステム登録されていなかったため、同地点を対象としたアラートメールは配信されていない。また、高強度の降雨を予測するデータの入手時刻が実際の浸水発生時刻の寸前(約10分前と推定される)であったため、たとえアラートメールが配信されていたとしても、減災・水防活動を行うための時間(リードタイム)の確保は難しかったと考えられる。

浸水予測計算精度の確認として、実測雨量・予測雨量に基づく予測・再現浸水深と写真判読による浸水深との比較を行った。

結果、実測雨量に基づく再現計算浸水深は0.15m、



図一六 浸水状況写真からの浸水深判読結果 (2018.8.13)

予想雨量に基づく予測浸水深は0.12m、写真判読による推定浸水深が0.2m程度と考えられ、再現計算浸水深と予測浸水深、並びに写真判読に基づく実際の浸水深が概ね同程度となっており、雨量からの浸水深計算精度は比較的良かったと考えられる。

図一六に浸水状況写真からの浸水深判読結果を示す。図一七に実測雨量と予測雨量に基づく浸水範囲及び浸水深の比較を示す。

(c) 2018年8月27日

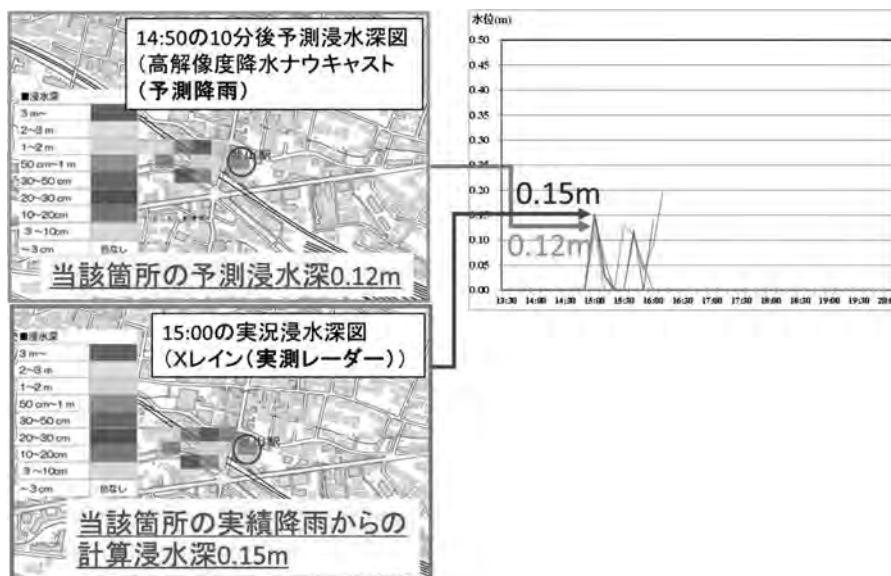
WEB上に掲載された浸水画像より、同日の集中豪雨により、東京都杉並区内の京王井の頭線久我山駅付近及び、同区内の中央線阿佐ヶ谷駅付近で浸水が発生した。

阿佐ヶ谷駅付近については、重点監視地点としてシステム登録された地点はあったものの、比較的地盤が高い場所であったことから、今回アラートメールは配信されていない。また、8月27日19時50分時点の予測雨量データに基づき1時間後(20時50分)の浸水深を30cmと予測したが、WEB上に掲載されていた浸水画像からは20時17分時点で既に浸水が発生していたことを確認している。この豪雨においても8月13日の豪雨と同様、たとえ重点監視地点の登録がされていたとしても水防活動を行うための時間の確保は難しかったと考えられる。

予測雨量からの浸水予測結果を図一八に示す。

(2) 社会実験参加者からの意見・要望の聞き取り

2016年から開始した社会実験では、今回開発した浸水予測システムによる浸水予測情報を実際に試験配信し、浸水被害の防止・軽減効果並びに浸水予測シス



図一七 予測雨量(高解像度降水ナウキャスト)と実測雨量(X-RAIN)に基づく浸水範囲及び浸水深の比較



図一8 浸水予測結果とWEBによる浸水確認 (2018.8.27)

テムの使い勝手などについて社会実験参加者から意見を聴取した。

参加者からの主な意見をまとめると以下のとおりである。

- ①各利用者、立場によって浸水予測情報に求める内容・精度が異なっている。
- ②直接浸水予測情報を提供されるより、自治体を通じた(避難等の判断を含めた)情報提供を望んでいる住民もいる。
- ③浸水予測精度は降雨予測精度に大きく影響される。
- ④浸水予測情報(アラートメール)は他の情報(TV等)を得る「きっかけ」として利用されている。

(3) スマートフォン用アプリの開発

浸水予測システムの利便性の向上を目的に携帯端末(スマートフォン)で容易に浸水予測情報を確認できるスマートフォン用アプリ(LINEアプリ)を開発した。

これにより、スマートフォンに装備されているGPS機能を活用し、外出時にも現在地と浸水が予測された区域の位置関係が把握できることで浸水域を回避した送迎ルート設定など、防災・減災行動を支援することが可能となると考えられる(図一9)。

(4) 新たな気象観測・予測技術を用いた浸水予測

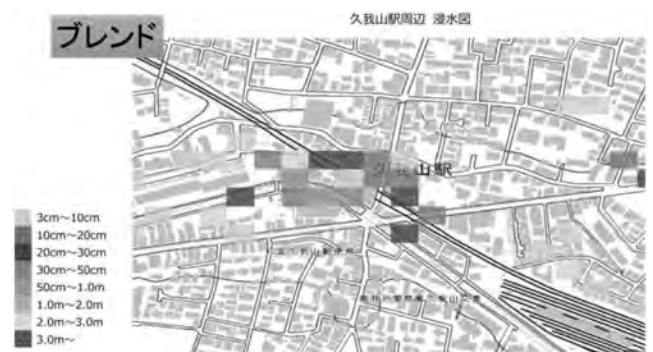
SIPにおける豪雨竜巻予測技術開発の一環として開発された新型気象レーダ(MP-PAWR)を用いた降雨観測データ及び防災科学技術研究所で開発中の新たな降雨予測技術(ブレンド(VIL等))⁵⁾に基づく予測雨量(以下、「ブレンド(VIL等)」)と呼ぶ)を浸水予測システムに導入できるよう機能の追加を行い、現在用いている高解像度降水ナウキャストの予測雨量から算出される予測浸水範囲及び浸水深との違いについて



図一9 スマートフォン用アプリ(LINEアプリ)画像例



図一10 高解像度降水ナウキャストの予測雨量データに基づく浸水予測結果 (2018.8.13)



図一11 ブレンド(VIL等)⁵⁾の予測雨量データに基づく浸水予測結果 (2018.8.13)

2018年8月13日の集中豪雨を対象に比較を行った。

なお、以下の記述は限られた事例に基づくものであり、引き続き分析・研究が必要である。

結果、浸水範囲は、図一10及び図一11に示すとおり、高解像度降水ナウキャストの予測雨量に比べて、ブレンド(VIL等)⁵⁾の予測雨量に基づく予測浸

水範囲及び浸水深が大きくなる傾向となった。

高解像度降水ナウキャストの予測雨量データに基づく時系列の浸水予測結果を図-12にブレンド(VIL等)⁵⁾に基づく同結果を図-13に示す。

高解像度降水ナウキャストに比べてブレンド(VIL等)⁵⁾は約20分早く降雨を察知していたため、ブレンド(VIL等)⁵⁾の降雨予測を用いていたとするなら浸水予測情報はより早く提供されていたこととなる。

高解像度降水ナウキャストの予測雨量に基づく浸水予測結果のばらつき(予測された浸水深の最大・最小値の差)を図-14,ブレンド(VIL等)⁵⁾の予測雨量データに基づく浸水予測結果のばらつきを図-15に示す。

10分毎に計算される予測浸水深のばらつきを比較した結果、高解像度降水ナウキャストの予測雨量に基づく予測浸水深のばらつきが約0.4m(最大0.5m,最小0.1m)であるのに対して、ブレンド(VIL等)⁵⁾では約0.04m(最大0.21m,最小0.17m)とばらつきが少ない傾向となった。

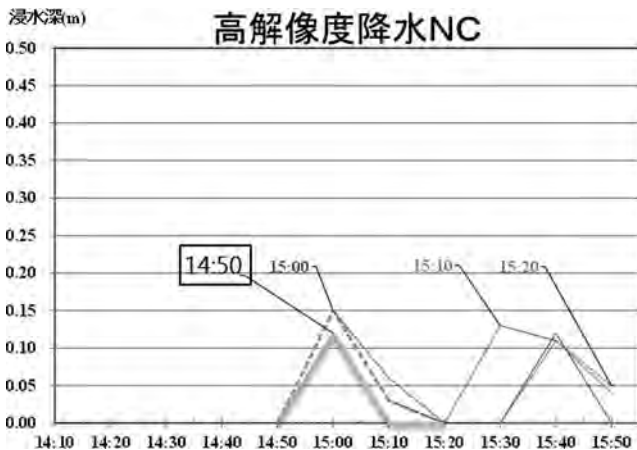


図-12 高解像度降水ナウキャストの予測雨量データに基づく浸水予測結果 (2018.8.13)

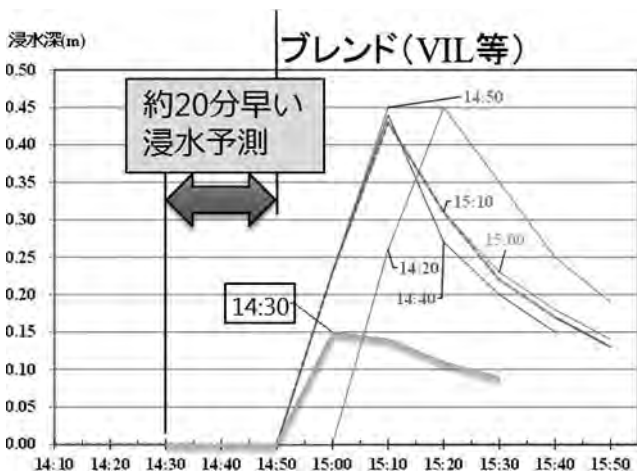


図-13 ブレンド(VIL等)⁵⁾の予測雨量データに基づく浸水予測結果 (2018.8.13)

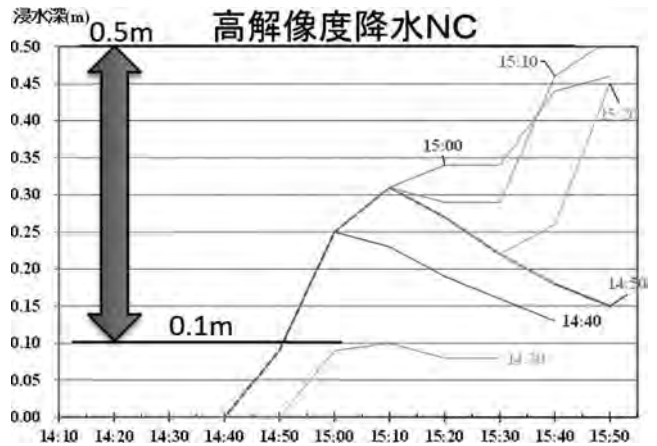


図-14 高解像度降水ナウキャストの予測雨量データに基づく浸水予測結果 (2018.8.13)

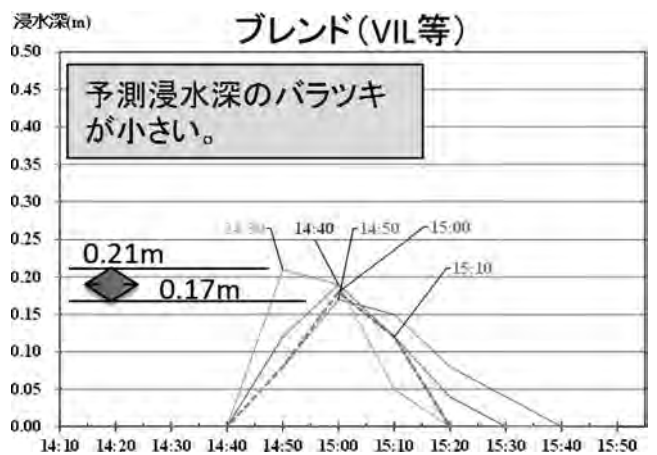


図-15 ブレンド(VIL等)⁵⁾の予測雨量データに基づく浸水予測結果 (2018.8.13)

4. 浸水予測システムの防災教育ツールとしての活用

2018年7月15日(日)に都内中野区立南中野中学校で開催された水防訓練(東京青年会議所中野区委員会主催)で浸水予測システムを活用した避難訓練が実施された。訓練では、豪雨により現在地が浸水したことを想定し、浸水予測システムをスマートフォンにより確認しながら浸水深が深い所から浅い所に徒歩で避難する訓練が行われた(写真-2)。

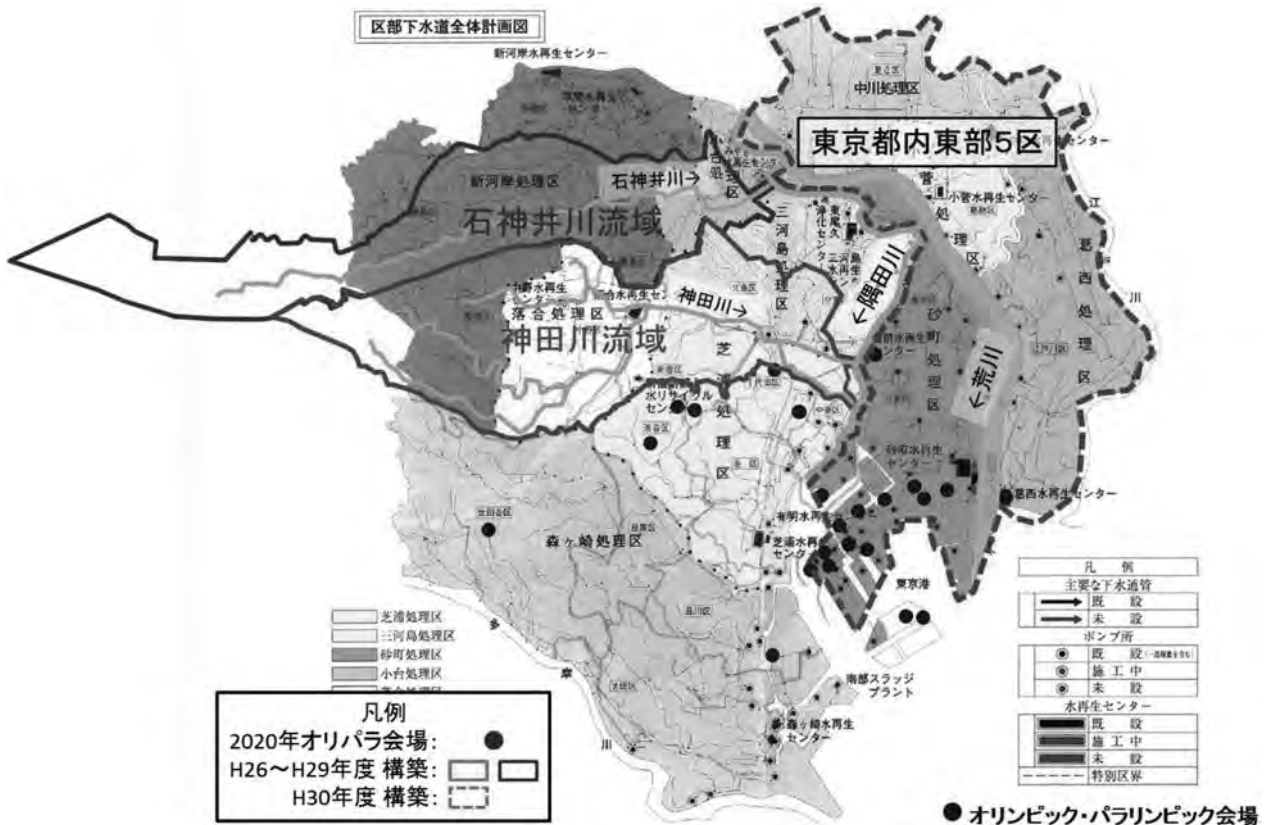
このように、浸水予測システムは防災訓練・教育の一つのツールとしても活用可能であると考えられる。

5. 今後の展望

引き続き社会実験で得られた意見・要望に応じた浸水予測システムの改良を進めるとともに浸水予測及び検証について実績を重ねていくことが重要と考える。また、浸水予測情報提供対象区域の拡大や増加する外



写真一 2 浸水予測情報を活用した避難訓練の様子



図一 16 浸水予測システム対象範囲と東京 2020 オリンピック・パラリンピックの会場位置

国人観光客への対応，特に 2020 年の東京オリンピック・パラリンピックの開催に向け，外国人観光客⁶⁾にとっても利用しやすい多言語化，並びに，新たな降雨観測・予測技術の成果の活用など，浸水予測情報を活用した浸水被害防止・軽減方策に関する研究を引き続き進めていく予定である。現在の浸水予測システム対象範囲と東京 2020 オリンピック・パラリンピックの会場位置を図一 16 に示す。

6. おわりに

謝 辞

最後に，これまでの研究開発に必要な下水道・河川データを提供いただいた東京都下水道局・河川部，関東地方整備局荒川下流河川事務所・江戸川河川事務

所，都内で実施中の浸水予測システムの社会実験関係者，浸水予測情報の活用可能性及び同情報提供対象区域の拡大について意見交換をさせていただいた関東・中部・近畿・中国・九州地方整備局河川部・建政部・河川事務所，自治体関係者，ブレンド予測情報を提供いただいた国立研究開発法人防災科学技術研究所の清水慎吾主任研究員，加藤亮平研究員，並びに東京都内東部 5 区への浸水予測システムの拡大について格段のご配慮を頂いた荒川下流河川事務所（再掲）に心から御礼申し上げます。なお，本研究は，総合科学技術・イノベーション会議の SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）「レジリエントな防災・減災機能の強化」によって実施された。

《参考文献》

- 1) 気象庁：全国（アメダス）1時間降水量 50 mm 以上の年間発生回数
- 2) 九州地方整備局：主な災害の概要：[17] 福岡水害（H11.6.29）
- 3) 大沼克弘，伊藤弘之，小林正和，堀江真，五十嵐孝浩，松原健二，小林隆洋，飯田進史：高速演モデルを使った浸水予測情報配信システムの構築，河川技術論文，第 23 卷，2017 年 6 月
- 4) 朝日新聞 DIGITAL（2018.8.13 掲載）
- 5) Ryohei Kato, Kenichi Shimose, and Shingo Shimizu: Predictability of Precipitation Caused by Linear Precipitation Systems During the July 2017 Northern Kyushu Heavy Rainfall Event Using a Cloud Resolving Numerical Weather Prediction Model. Journal of Disaster Research Vol.13 No.5, 2018, K. Iwanami, K. Hirano, and S. Shimizu, Statistical Validation of the Predicted Amount and Start Time of Heavy Rainfall in 2015 Based on the VIL Nowcast Method," J. Disaster Res., Vol.14, No.2, pp. 248-259, 2019
- 6) 日本政府観光局（JNTO），外国人観光客数の推移

【筆者紹介】

瀬能 真一（せのう しんいち）
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
研究官



板垣 修（いたがき おさむ）
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
室長

