

洪水浸水想定区域図を用いた地下空間の 浸水被害に関する基礎的検討

村瀬将隆¹・野澤智己²・佐藤 大介³・武田 誠⁴

¹学生会員 中部大学大学院 工学研究科建設工学専攻 (〒487-8501 愛知県春日井市松本町 1200)
E-mail: tc17802-6728@sti.chubu.ac.jp

²学生会員 中部大学 工学部都市建設工学科 (〒487-8501 愛知県春日井市松本町 1200)

³学生会員 中部大学大学院 工学研究科建設工学専攻 (〒487-8501 愛知県春日井市松本町 1200)

⁴正会員 中部大学教授 工学部都市建設学科 (〒487-8501 愛知県春日井市松本町 1200)
E-mail: mtakeda@isc.chubu.ac.jp

2015 年の鬼怒川破堤による浸水災害や 2018 年の西日本豪雨災害のように, 近年, 大規模浸水が発生し, 甚大な被害が生じている。仮に, 地下空間が発達している大都市で, 大規模浸水が生じれば, 氾濫水は地下空間を流れ拡がることで, 新たな死者, 経済被害, 交通被害の発生など, その被害も深刻なものとなる。ことが容易に予想される。大規模浸水の検討としてハザードマップが公開されているが, この情報の中に地下空間の危険性および対策に関する情報は少ない。本研究では, 国土交通省が整理している大阪市の洪水浸水想定区域図を活用して, 地下空間の入口の地点における浸水情報を整理し, 駅および路線に関する浸水(地下空間への流入の有無)の危険度評価を行った。本研究から, 駅や路線による危険性の違いを表すことができ, 大規模浸水に関する地下空間の危険度の提示することができた。

Key Words: *Underground space, Subway, Inundation, Flood hazard map, GIS*

1. はじめに

近年, 浸水に対する地下空間の脆弱性およびその対策が注目されており, 多くの機会で議論されている。名古屋市や国土交通省のホームページ上で, 洪水破堤によるハザードマップや, 東海・東南海・南海地震による津波の浸水被害想定, あるいは, スーパー伊勢湾台風による高潮の浸水被害想定が公開されている。これらによれば, 都市の中に 1m 以上の浸水が示されているが, それらと関連付けて地下空間の危険性が議論されていない。すなわち, 大規模浸水の地下空間に与える影響という非常に重要な情報が公開されていない。

日本の大都市では地下空間が高度な発展をしており氾濫水が地下空間に流入すれば, そこでの被害を発生させるだけでなく, 氾濫水が地下空間を水路として伝うことで, 新たな浸水が生じることも考えられる。すなわち, 浸水が広がる都市構造物(施設)の被害や影響を評価することは, 都市防災の面から非常に重要な課題である。

都市の地下空間に着目した研究は, 多くの機会で議論されている。石垣ら¹⁾, 戸田ら²⁾, 川中ら³⁾, 武富ら⁴⁾によって地下空間やアンダーパスにおける浸水時の避難

に関する研究があり, 避難時の危険性の検討がなされている。また, 関根ら⁵⁾は, 東京に位置する地下街や地下鉄を対象に, 豪雨に伴う内水氾濫や避難シミュレーションを実施している。また, 津波による地下浸水特性の評価⁶⁾, 広域の洪水氾濫解析⁷⁾など広域浸水およびそれによる地下空間の浸水特性が議論されている。著者らも他の研究者と同様に, 地下鉄・地下街を有する大都市を対象に洪水を対象とした浸水解析を実施し, 地表面の浸水特性や地下鉄内の浸水の広がりについて検討してきた⁸⁾。

本研究では, 著者ら独自の解析技術を活用するのではなく, 国土交通省で整備されている浸水想定図を入手し, 地下鉄駅および地下街の入口と, その浸水深の状況を検討し, 大規模浸水時の駅毎の浸水の危険性, 線路の危険性を明らかにする。

2. 洪水浸水想定区域図を用いた地下空間の浸水危険度の評価

(1) 研究方法

本研究では, 大阪の淀川と大和川の洪水浸水想定区域

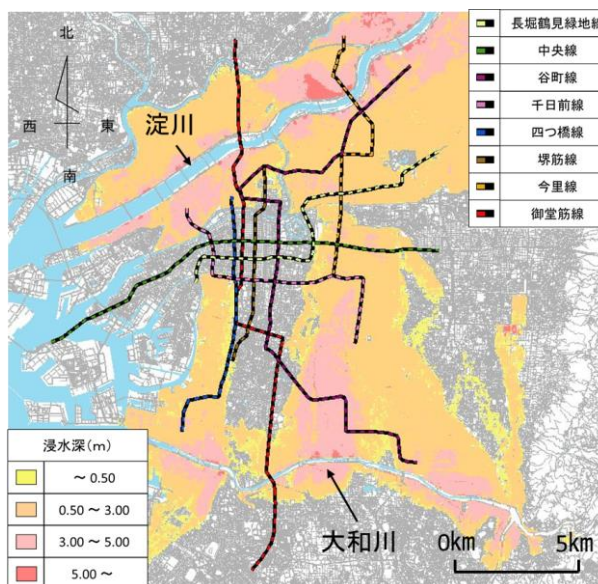


図-1 淀川と大和川の洪水浸水想定区域図

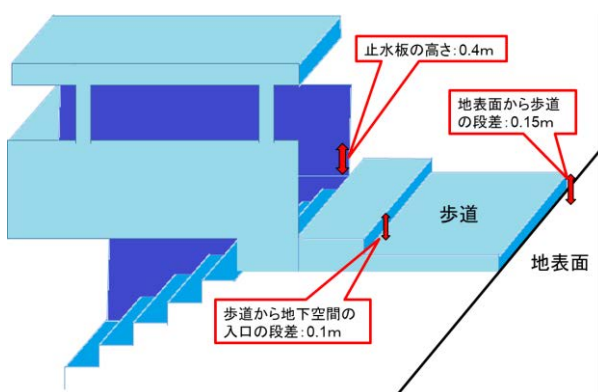


図-3 地下鉄駅の出入口の高さ

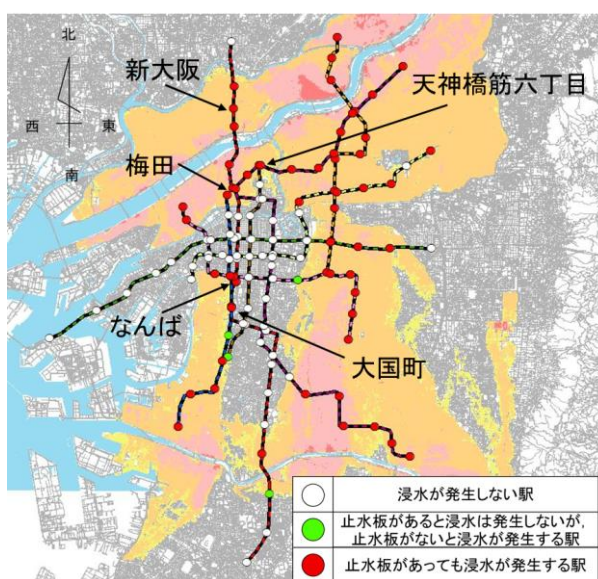


図-4 ハザードマップの浸水深における駅ごとの浸水発生の有無

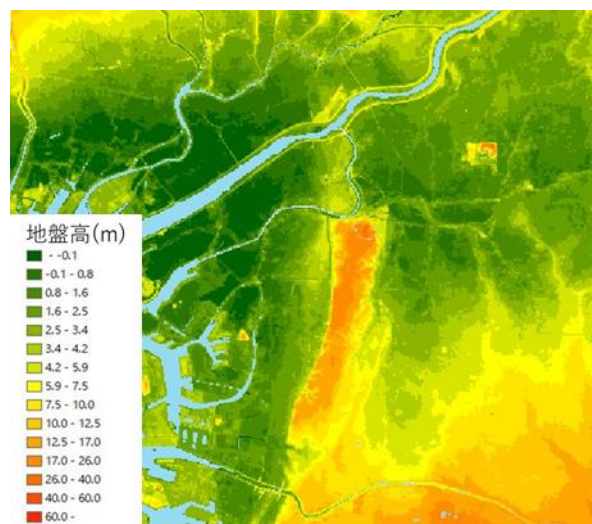


図-2 大阪の地盤高

図を入手し、地下鉄駅の出入口に対する浸水被害の評価を行う。図-1に淀川と大和川のハザードマップの浸水情報を示す。本研究で用いる浸水想定図は、想定最大規模の洪水を対象とした浸水深である。また、図-2に対象領域における地盤高の分布を示す。地下空間（地下鉄駅および地下街）の入口の位置情報は、ArcGIS上でWebにある地図情報をもとに作成した。地下鉄駅の入口の高さは、村瀬ら⁸⁾が求めた名古屋の地下空間の入口情報の最頻値（地表面から歩道の段差（0.15m）、歩道から地下空間の入口の段差（0.1m）、止水板の高さ（0.4m））を図-3の様に設定した。浸水深は地表面からの値と想定した。

(2) 駅の浸水予想発生危険度の評価

(1)で作成した地下鉄駅の入口の位置情報と洪水浸水想定区域図を活用して、入口地点の浸水深を特定し、その浸水深が地盤高から入口までのステップ高(0.25m)を越えて、浸水が発生する可能性のある地下鉄駅を特定した。その結果を図-4に示す。赤点は、止水板を考慮しても地下鉄駅内に浸水が発生する駅を、緑点は、止水板を考慮すると浸水は発生しないが、止水板がないと浸水が発生する駅を示す。本図から、ほとんどの駅で止水板を越えるような浸水深が生じていることがわかる。また、中央部に位置する駅では浸水がみられないが、この地域は図-2で示されたように、標高の高い地域であり、浸水が生じていない。さらに、梅田駅やなんば駅などの複数の路線が接続している乗換駅で浸水が発生することがわかり、本図で浸水が発生していない駅でも線路を伝い、広範囲に浸水が発生することが十分に考えられる。しかし、本研究では、高潮や津波のハザードマップによる検討ができていないため、海に近い地域の評価ができていないことが課題である、

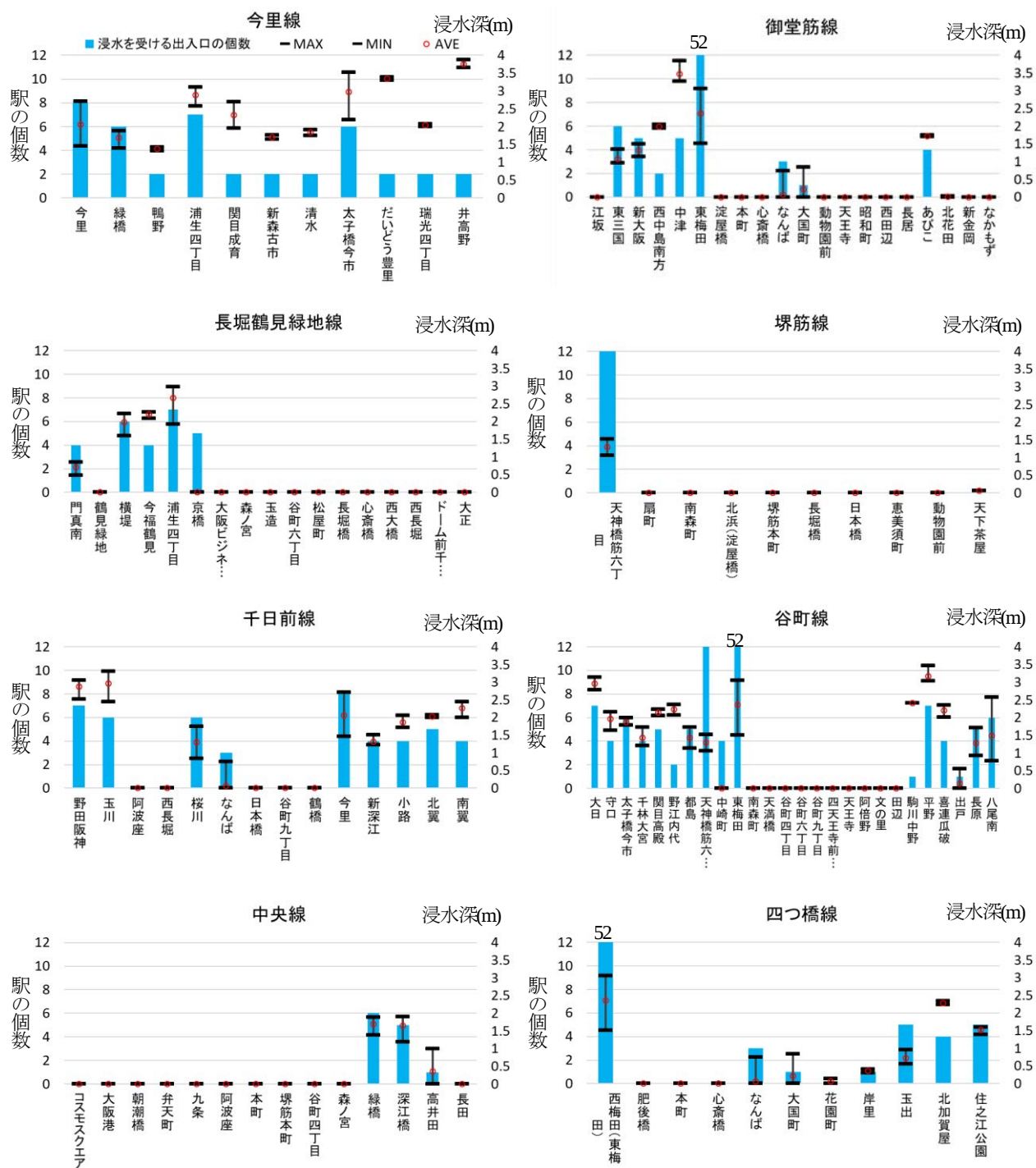


図-5 止水板を考慮せずに浸水を受ける出入口の個数と地下鉄駅ごとの流入する浸水深の最大値、最小値および平均値

(3) 路線ごとの地下鉄駅の浸水発生危険度の評価

ここでは、各路線ごとに地下鉄駅の浸水の危険性を検討する。図-5に止水板を考慮しない場合の浸水を受ける入口の個数と地下鉄駅ごとの入口ステップ高からの浸水深の最大値、最小値および平均値を示す。今里線では、すべての駅において浸水することが示されており、非常に危険な路線であることが分かる。また、御堂筋線では8駅/対象とした20駅が浸水していた。以下同様に、長堀鶴見緑地線では5駅/17駅、堺筋線では1駅/10駅、千日前線では9駅/14駅、谷町線では16駅/

26駅、中央線では3駅/14駅、四つ橋線では8駅/11駅の浸水状況であった。これらから、ほとんどの駅が浸水する線路もあれば、堺筋線のように一つの駅が浸水する線路もあった。図-5には、入口における浸水深の平均値、最大値、最小値を示している。場所によっては、3mを超える浸水がみられることから、地下空間への流入の発生は容易に想像できる。さらに、青色は流入のある入口の個数を示している。駅において、入口の個数に差が生じており、特に梅田駅では地下街が発達しており、その数は多大となっている。

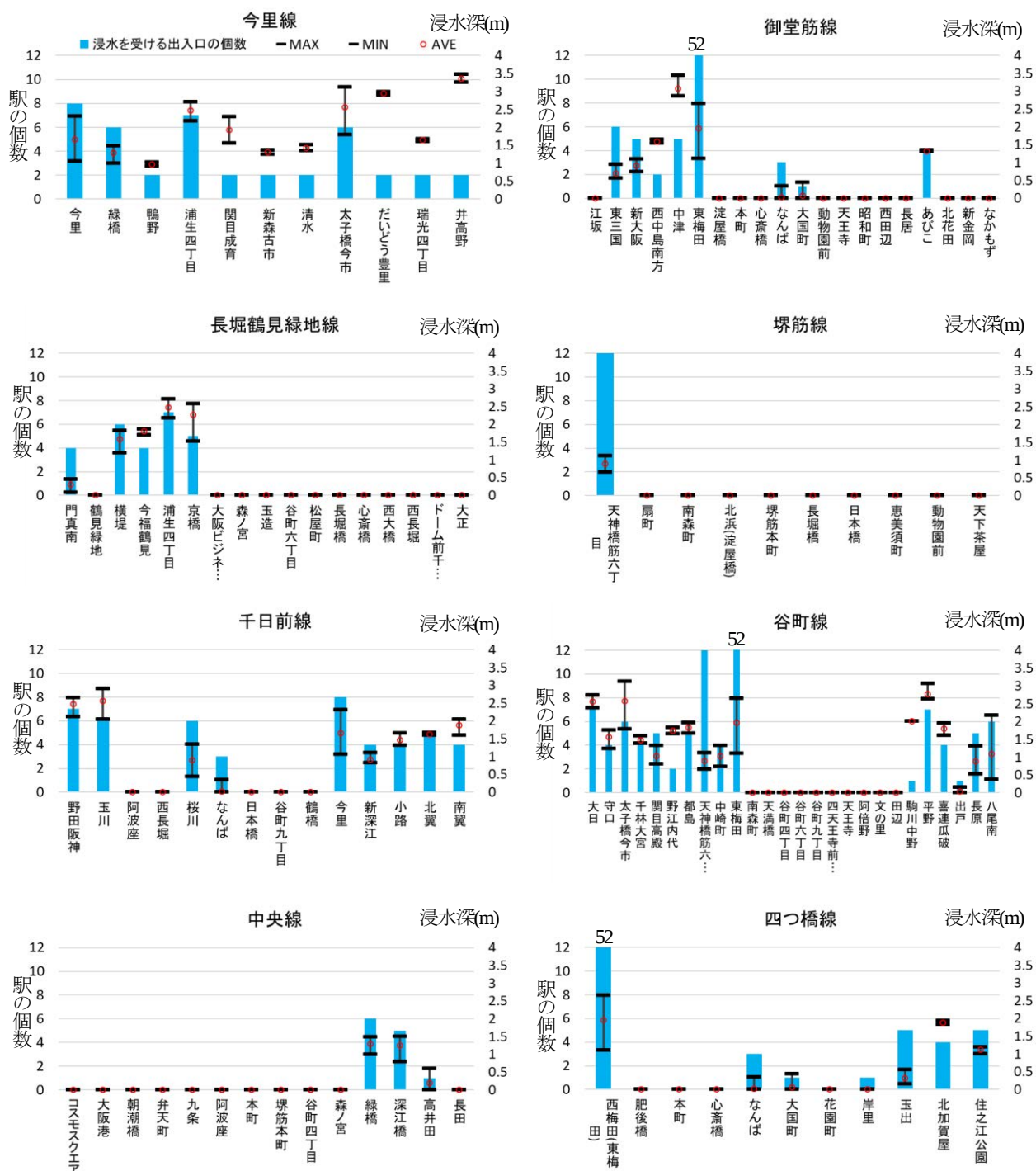


図-6 止水板を考慮しても浸水を受ける出入口の個数と地下鉄駅ごとの流入する浸水深の最大値，最小値および平均値

つぎに、止水板の効果を検討するために図-6に止水板を考慮した場合の浸水を受ける入口の個数と地下鉄駅ごとに流入する浸水深の最大値，最小値および平均値を示す。図-5で四つ橋線の花園駅のように流入する浸水深の最大値が 0.4m 以下の駅では、止水板を考慮することで浸水が発生しなくなっていることが分かる。また、その他の駅では、流入する浸水深が低下していることが分かるが、浸水を受ける入口の個数は図-5とあまり変わっていない。このことから、対象としている浸水状況（想定最大）では、止水板による浸水を防ぐ効果は小さいもの

と考えられる。

大きな浸水深がみられた駅において、対策の対象となる入口の数には違いがある。特に、西梅田駅と東梅田駅は 52 箇所の出入口があり、そのすべてを対策することは難しいと考える。このような、対象となる出入口が多い駅では、特に、避難などのソフト面での対策を優先する必要がある。また、堺筋線や中央線などの路線のように、浸水する駅が少なければその駅を重点的に対策をすることが大事である。一方で、今回浸水がみられる駅では地上の浸水に対する備えを十分に実施する必要がある

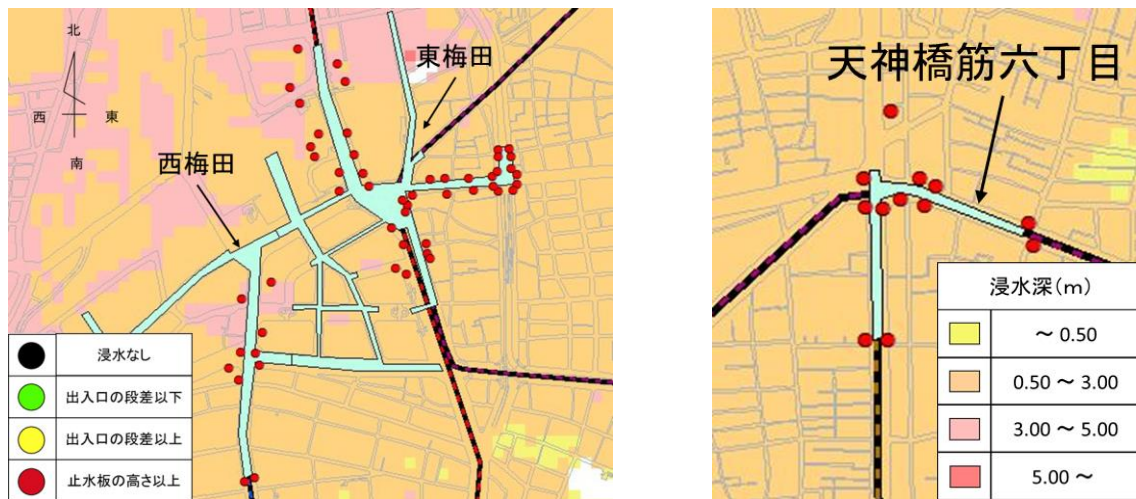


図-7 西梅田・東梅田駅と天神橋筋六丁目駅の出入口の危険度（左：西梅田・東梅田駅、右：天神橋筋六丁目駅）

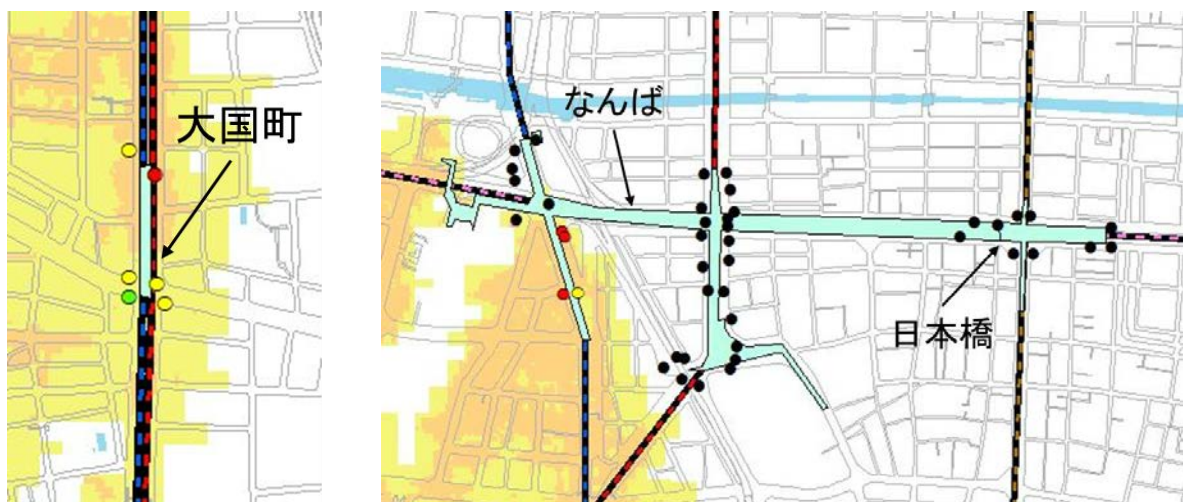


図-8 大国町駅となんば・日本橋駅の出入口の危険度（左：大国町駅、右：なんば・日本橋駅）

が、浸水がみられない駅でも線路を伝って浸水する危険性が指摘される。これは、地上からの浸水を受けるすべての駅でも同様である。地上の水が大量に地下鉄駅に流入した場合、その水は地下鉄線路を流れて広がることから、線路を伝う水による浸水被害を想定しておくべきである。

(4) 地下鉄駅の入口ごとの浸水発生危険度の評価

図-5や図-6に示したように、各駅では複数の入口が存在する。ここでは、地下鉄駅の出入口ごとの浸水が発生する危険度の評価を行うために図-7に西梅田駅と東梅田駅と天神橋筋六丁目駅、図-8に大国町駅となんば駅と日本橋駅の出入口ごとの浸水する危険度を示す。西梅田駅、東梅田駅および天神橋筋六丁目駅の入口では、全ての入口で止水板を越える浸水が確認でき、入口の数も多いことから対策も難しいと考える。大国町の様に6箇所の出入口のうち止水板を越えるような浸水を受ける地点は、1箇所のため、赤点の場所を優先的に対策すれば、止水

板を設置することで大国町駅の浸水は防ぐことができると思われる。また、なんば駅は地下街で日本橋駅まで繋がっている。なんば駅では、3箇所で浸水が止水板を越えるような地点が確認でき、なんば駅に水が流入すると地上からの浸水が発生しない日本橋駅までも地下街を伝って、浸水が発生することが考えられる。

5. おわりに

本研究では、洪水浸水想定区域図を活用して地下空間の入口における浸水深分布を作成し、地下空間の浸水に関する検討を行った。得られた結果をまとめれば、つぎのとおりである。

- (1) 本研究により、大阪市を対象に、大規模浸水に関する地下空間の入口の危険性を示した。また、その情報を駅でまとめることにより、駅の浸水に対する脆弱性を示した。
- (2) 大規模浸水を対象とする場合、線路において、地上

からの浸水に注意を払う必要のある駅と、そうでない駅に識別されることを示した。ただし、地上からの浸水が危険視されなくても、地下空間を伝って浸水が広がる可能性もあるため、線路および駅の浸水に対する危険性は十分に考察する必要がある。

参考文献

- 1) 石垣泰輔・戸田圭一・馬場康之・井上和也・中川一：実物大模型を用いた地下空間からの避難に関する実験的検討，水工学論文集，第 50 巻，pp583-588，2006.
- 2) 戸田圭一・石垣泰輔・馬場康之：アンダーパス浸水時の自転車による避難に関する実験的検討，地下空間シンポジウム論文・報告集第 22 巻，B1-5，2017.
- 3) 川中龍児・石垣泰輔・尾崎 平・戸田圭一：地下空間浸水時の車いす利用者の安全避難に関する研究，地下空間シンポジウム論文・報告集第 22 巻，B2-3，2017.
- 4) 武富一秀・館健一郎・水草浩一・古谷純一：地下空間へ流入する氾濫水が階段上歩行者に与える危険性に関する実験，土木学会第 56 回全国大会講演概要集，II-122，2001.
- 5) 関根正人・河上展久：都市における内水氾濫と地下街浸水の被害予測に関わる数値解析，水工学論文集，第 47 巻，pp889-894，2003.
- 6) 浅野統弘・尾崎平・石垣泰輔・戸田圭一：南海トラフ巨大地震による津波来襲時の大規模地下空間の浸水予測，土木学会論文集 B1（水工学），Vol.70，No.4，I_1435-I_1440，2014.
- 7) 関根正人・池田遼：東京東部低平地を対象とした浸水・氾濫の数値解析，土木学会論文集 B1（水工学），Vol.70，No.4，I_1429-I_1434，2014.
- 8) 村瀬将隆・中島勇介・武田誠・川池健司・松尾直規：地下鉄を考慮した名古屋と大阪の大規模浸水解析，土木学会論文集 B1（水工学），Vol.73，No.4，I_1441-I_1446，2017.

STUDY ON FLOOD DAMAGE IN UNDERGROUND SPACE USING FLOOD HAZARD MAP

Masataka MURASE, Tomoki NOZAWA, Daisuke SATO and Makoto TAKEDA

Recently, extensive damage has been caused by large-scale inundation. If a large-scale inundation occurs in metropolitan where the underground space is developed, the inundation water will flow through the underground space. As a results, serious deaths, economic damage and traffic damage may occure. Hazard maps have been released, but there is not information on the dangers and countermeasures of underground space. In this study, the inundation information of Osaka city organized by the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism was used. The inundation information at the entrance of the underground space was examined. From these results, the dangerous of the underground space (subway stations and underground shopping center) and subray line are shown obviously.