

名古屋駅地区における 自然災害，水害に対する減災計画の考え方

RESEARCH ON THE DISASTER MITIGATION PLANNING FOR THE NATURAL DISASTER
AND FLOOD DAMAGE IN THE AREA AROUND NAGOYA STATION

澤田 基弘^{1*}・廣井 悠²・大森 高樹³・斎藤 貴裕⁴

Motohiro SAWADA^{1*}, U HIROI², Takaki OOMORI³, Takahiro SAITOH⁴

As we saw in recent years, the local heavy rain has hit various regions in Japan and caused serious damages. It is difficult to predict the location and scale and damages of natural disasters correctly, however, it will be possible to mitigate the damages if we study past disasters and understand exactly the current status of disaster mitigation measures, such as disaster preventive facilities and citizens attribute and so on, and then carry out the disaster preventive measures.

Actually, the study on “urban safety planning”, the guidelines established by the government, has started, for example, evacuation routes and facilities, or preparation and management of public depots to keep foods and other materials in case of large-scale natural disasters.

In this paper, we conduct a survey of current conditions of flood preventive facilities of underground space (“hard” facilities) of Nagoya Station which a large number of people use for multiple purposes and also suggest an idea of disaster mitigation planning for the future.

Key Words : urban disaster plan , mitigation plan , underground pedestrian area , flood damage, disaster evacuation,

1. はじめに

2012年も日本国内において局所的豪雨を主とした多くの水害が発生し，多大な人的・物的被害が発生した。私たちは次に発生する自然災害の位置，規模やその被害内容を正確に予測することは困難であるが，過去の災害に真摯に学び，災害に対する施設や利用者属性等の条件がどのような状況かを精緻に掘み，その状況に対してアクションプランを立てたうえで具体的な対策を事前に実行すれば，「減災」を実現することは可能である。このことを念頭に大規模災害に対して，退避経路，退避施設，備蓄倉庫の整備・管理や退避施設への誘導，情報提供等について定めた「都市再生安全確保計画」の検討が，行政，民間の連携を含めて開始されたところである。

本論文は，多目的で不特定多数の利用者が集まる名古屋駅地区を研究対象とし，地下空間の水害に対する施設

(ハード面)の現状調査を行い，新宿駅地区とも比較しながら，今後，名古屋駅地区で検討していくべき減災対策の考え方等を整理・提案することを目的としている。

2. 検討の背景

本論文で対象とする名古屋市をはじめ大都市中心部では，複数の地下鉄駅や地下街，地下通路や地下広場または接続ビル等が，複合的なネットワークで結ばれている。それはまさに都心の迷宮（ダンジョン）のようであるが，都市インフラとして不可欠な施設である。特に3大都市圏では，この成熟社会においても地下空間の面積は，都市再生・再開発の進展とともに，益々増加しており，静岡ゴールデン街ガス爆発事故により地下街の設置や防災基準がより厳しく運用されるようになった1980年代以降，川崎，神戸，大阪，京都，広島，博多等，国内における数多くの地下街を

キーワード：都市防災，減災計画，地下空間，水害，避難

¹正会員 株式会社日建設計シビル計画室 Urban Infrastructure Planning Division, Nikken Sekkei Civil Engineering Ltd. (E-mail:sawada@nikken.co.jp)

²正会員 名古屋大学准教授 減災連携研究センター Associate Professor, Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University

³正会員 株式会社日建設計シビル計画室 Urban Infrastructure Planning Division, Nikken Sekkei Civil Engineering Ltd.

⁴正会員 株式会社日建設計シビル開発計画室 Urban Infrastructure Planning Division, Nikken Sekkei Civil Engineering Ltd.

はじめとした様々な地下空間の整備が進められてきた。

そして近年、日本国内において、都市部の大地震（阪神淡路大震災、東日本大震災）を経験し、都市レベルでの機能回復や帰宅困難者の問題¹⁾がクローズアップされるなか、地下空間についても構造物の耐震性や安全な避難、災害時の早期の事業再開（事業継続計画）について改めて関心が高まっている。そのなかで、不特定多数が利用する地下通路、地下街等の都市インフラにおいても、地震、水害、火災といった防災面の対策を個々に対応するだけではなく、それらを一体的に把握しながら対策を検討すべきと筆者らは考えている。さらにこれらの災害が複合的に発生する事象も考慮しながら減災計画の検討に取り組むべきと考えている²⁾。

このように大都市拠点地区での減災計画について取り組むべき事項は様々であるが、本論文では、不特定多数が利用する地下歩行者ネットワークでの都市型局所豪雨による浸水を対象としている。そのなかで、地下空間の浸水とその避難の予測については例えば石垣・戸田ら³⁾、⁴⁾、関根ら⁵⁾によって地下街等でのシミュレーションが行われており、筆者ら⁶⁾も浸水予測を行っている。

また、大拠点ターミナル駅周辺の地下歩行者ネットワーク全体について、階段の位置・段数・深さのデータベース化を図り、浸水時の地上までの避難時間を精緻に予測し、迅速かつ確実な避難を可能とする施策を検討し、具体的に現地に反映していくことも重要と筆者らは考えている。

このためには、避難行動についての定量的な評価が求められ、特に本論文で対象とする地下空間浸水時の階段避難時間の予測に必要な避難速度については、実物大模型の体験実験による研究が、馬場ら⁷⁾、⁸⁾によって行われている。

以上の背景をもとに、本論文では、地下歩行者ネットワークが浸水した場合、利用者が避難のために階段を上り地上にたどり着く時間を算定し、減災計画にむけた考察をする。

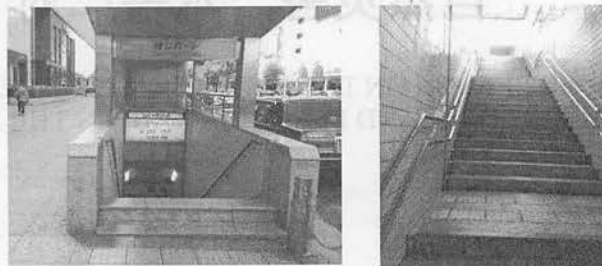
なお、本論文では、主に道路下に整備された地下街、地下歩道、地下鉄コンコース等の地下1階において不特定多数が利用する主要通路部分とその出入口階段を含めて、地下歩行者ネットワークと定義している。

3. 名古屋駅周辺地下空間の現状調査と浸水時の避難時間

(1) 地下歩行者ネットワークの現状

浸水時における階段の避難時間を把握するため、階段の位置・段数・深さ及び幅員について、筆者らは現地調査を実施した（2012年8月20、21日）。エリアは名古屋駅を中心に地下歩行者ネットワークとして連続している地

下街、地下歩道に附属している避難階段を対象としている。ここでいう避難階段は、現地の案内図や誘導サインに番号が明記され出入口階段を対象とした。また、新宿駅周辺についても同様の現地調査を実施した。



（現地調査した階段出入口(例)の写真（名古屋駅））

この調査で得られたデータのとりまとめ内容を次ページの表-1に示す。

この表によれば、地下空間面積（地下1階）について名古屋駅周辺は新宿駅周辺の約1/5となっているが、地下街面積（地下1階のみ）は名古屋駅周辺で約5ha、新宿駅周辺で約4haであり、ほぼ均衡していることから出入口数は面積ほどの差がないことが判る。

また、地下歩行者ネットワークの出入口の深さについて名古屋駅周辺は地上より6mまでの比較的浅いところが多く、新宿駅周辺は地上から8m以深の比較的深いところが多い（図-1）。これは通常、地下街の床レベルは地上より8m内外で整備されるものが多く、特に新宿は地下利用が地下鉄、共同溝等の基盤施設を含めた地下利用が名古屋より輻輳しており、その結果、深くなっていることがこのデータによっても示されている。

(2) 地下歩行者ネットワークの延長と深さの関係

避難時間は、避難開始後の人の行動のみに着目すると、地下歩行者ネットワークにおける「通路延長」と「階段深さ」に大きく依存することから、これらの諸元に着目する。図-1は現地調査を行った2つのエリアそれぞれの「通路延長」と「階段深さ」の関係を示しており、名古屋駅周辺の地下歩行者ネットワークが比較的、延長が短く階段が浅いことが判る。

(3) 浸水時の避難時間についての考察

「通路延長／出入口数」（出入口1ヶ所当りの通路延長）と「階段深さ」の関係を図-2に示す。横軸は通路での避難時間を示し、縦軸は階段での避難時間を示している。なお、この避難時間は、馬場らによる実物大模型の体験実験による研究⁷⁾、⁸⁾において、水深のあるところでの歩行速度が測定されており（付録参照）、その取得された各種データのうち、女性が水深40cmを避難することを想定したものを一例として採用し、算定したものである。

表-1 ターミナル駅周辺の地下空間利用状況
(地下1階 地下歩行者ネットワーク 等)

	名古屋駅周辺	新宿駅周辺
概要平面図 (Same Scale)		
地下空間面積 *	9 h a	4 4 h a
出入口数 *	7 3 ヶ所 (1 0 0 %)	1 1 7 ヶ所 (1 0 0 %)
出入口の深さ分布 (地下1層目)		
～6 m	2 2 ヶ所 (3 0 %)	7 ヶ所 (6 %)
6～8 m未満	3 2 (4 4)	5 7 (4 9)
8～1 0 m未満	1 8 (2 5)	3 4 (2 9)
1 0 m～	1 (1)	1 9 (1 6)
鉄道乗降客数	1 1 0 万人/日	3 6 0 万人/日

* 概略図測によるため目安の数値

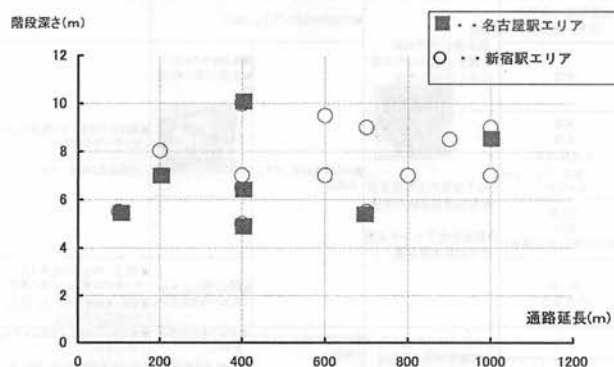


図-1 地下歩行者通路延長と階段深さとの関係
(延長は地下1階の主要通路)

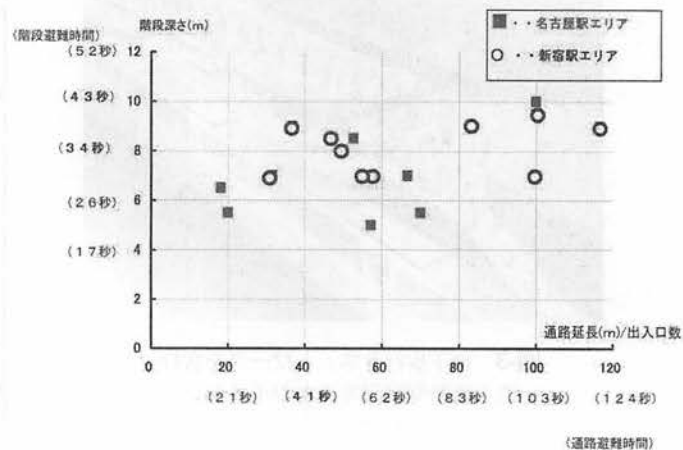


図-2 出入口数1箇所当りの通路延長と階段退避時間との関係

図-2の横軸に示すように、出入口1ヶ所当りの通路延長(一つの出入口が受け持つ通路延長)で分布の多い40mの避難時間は約41秒が必要となる。また、同図の縦軸に示すように、階段深さ10mの避難時間は約43秒必要となる。

以上より、浸水時における地下歩行者ネットワークから地上までの避難は、通路と階段で同程度の時間を必要とすることが判る。さらに実際の避難では接続ビル(図-3)の3階まで上る場合、さらに多くの階段を上る時間が必要となる。よって、浸水時の地下歩行者ネットワークからの避難は、通路の避難とともに、階段の避難に関する評価も同程度以上に必要となり、階段での安全かつ迅速な避難を促す対策が非常に重要であることが示唆される。

以上の検討から、浸水時の地下歩行者ネットワークにおける安全な場所(地上または避難ビル地上階)までの避難時間は、階段を駆け上がる時間を被害規模に応じて検証し、その時間を全体の避難時間のなかで、できる限り短縮する施策をうつことが必要である。

更に、安全かつ迅速な避難時の階段を検討する場合には、階段付近の幅員も大きく影響するものと想像される。発災時には多くの人がパニック状態になるし、もし通路内の電気が切れて真っ暗になれば、なおさら階段付近の幅員が狭い場所では避難時の困難さや危険さが増えることが想定される。今後は名古屋駅地下空間(主に地下街)の出入口の幅員や通路との接続位置などについて、多くの人が避難する行動の観点から考察を行い、対策案に結びつけていくことも必要であると考え。

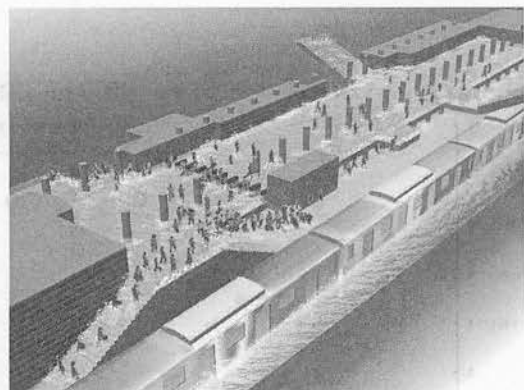
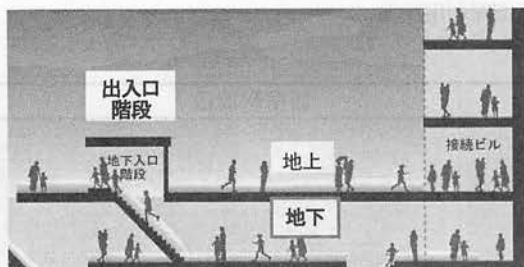


図-3 地下歩行者ネットワークを含む地下通路や駅部等浸水のイメージ

4. 自然災害による地下歩行者ネットワークの被害と防災対策、避難対策

表-2は、名古屋駅周辺地区について、災害の分類^①別に公表されている災害規模を抽出・整理したものである。最近の内水浸水（大雨による浸水）履歴では、平成12年東海豪雨と平成20年豪雨が記憶に新しいが、最近の京都豪雨でも経験されているように、あまり経験のない地区でも豪雨災害が発生していることはかなり注目していく必要がある。表-3は、名古屋駅近傍で計画検討が公表されている地下歩道について研究レベルで立案した防災対策の項目を整理したものである。（参考文献^②より筆者が整理）筆者らは、このような計画案の段階からも自然災害に対して設計条件を明確にして詳細な計画を立案していくことを心がけている。

表-2 地下歩行者通路の災害規模

災害の分類		公表されている主な災害規模（2012.2.調査時点）	
自然災害	地震災害、地下水（沈下、液状化）	①液状化の予測 ②震度6弱の予測	 地震マップ（名古屋駅）
	地震		
	津波 高潮 大規模洪水（高潮と洪水による複合災害）	①現在のところ津波による被害はない。 ②高潮：平成24年度に高潮浸水予測図を公表予定。 ③大規模洪水（右図） 「地下鉄の入口から地下鉄内への浸水」、 「鉄道トンネルを通過して地下街への浸水」が想定される。 （リスマップ集：「地下鉄・地下街」、東海ネーデルランド高潮・洪水地域協議会、H21.3）	 浸水イメージ（庄内川河川事務所）
	洪水（河川氾濫による浸水）	①庄内川、矢田川）浸水深 1～2m（ごく一部、2～3m）。	
人的災害	内水浸水（大雨による浸水）	①浸水深 最大1m。 ②最近の履歴では、2回浸水（H12年東海豪雨、H20年豪雨）	 内水ハザードマップ（名古屋駅）
	火災		
	テロ		
	社会素因的災害 管理不備等による災害 その他災害（放射線、汚染、汚濁等）		

表-3 地下歩行者通路の防災対策

災害の分類		主体別の防災対策【凡例：■ハード対策 ○ソフト対策 ◎ハード・ソフト対策双方】		
		地域・地区に対して	道路、地下通路の施設利用者に対して	施設管理に対して、その他
自然災害	地震災害、地下水（沈下、液状化）	◎避難経路の確保 ◎震災後の供用判断 ⇒震度、被災レベル等に応じた対応方法	■防災情報提供システムの検討	
	地震	◎避難経路の確保 ◎震災後の供用判断 ⇒震度、被災レベル等に応じた対応方法	■防災情報提供システムの検討	■避難経路の確保 ■避難経路の確保 ■避難経路の確保
	津波 高潮 大規模洪水（高潮と洪水による複合災害）	◎地下街等の避難確保計画及び連絡系統の整備 ◎鉄道の地下トンネル部分での防水扉設置	■防災情報提供システムの検討	■避難経路の確保 ■避難経路の確保 ■避難経路の確保
	風水害 洪水（河川氾濫による浸水）	◎地下街等の避難確保計画及び連絡系統の整備 ◎鉄道の地下トンネル部分での防水扉設置	■防災情報提供システムの検討	■避難経路の確保 ■避難経路の確保 ■避難経路の確保
人的災害	風水害 内水浸水	◎地下街等の避難確保計画及び連絡系統の整備 ◎鉄道の地下トンネル部分での防水扉設置	■防災情報提供システムの検討	■避難経路の確保 ■避難経路の確保 ■避難経路の確保
	火災	◎地区全体での防火及び危機管理等に開く協議会等による取組	■防災情報提供システムの検討	■避難経路の確保 ■避難経路の確保 ■避難経路の確保
	テロ	◎地区全体での防火及び危機管理等に開く協議会等による取組	■防災情報提供システムの検討	■避難経路の確保 ■避難経路の確保 ■避難経路の確保
	社会素因的災害 管理不備等による災害 その他災害（放射線、汚染、汚濁等）	◎地区全体での防火及び危機管理等に開く協議会等による取組	■防災情報提供システムの検討	■避難経路の確保 ■避難経路の確保 ■避難経路の確保

日本国内の地下空間は、1980年静岡ゴールデン街ガス爆発事故以降、テロ（1995年東京地下鉄サリン事件）以外の災害で多くの人的被害を出していないが、国際的には、大火源による火災事件により多くの死傷者が不幸にも出ており、地下空間の災害は、しにくさはあっても、一旦、発生するとその被害はかなり大きくなる可能性がある。対象とする地下歩行者ネットワークの避難行動を想定した場合、火災時は上昇する煙にまかれながら階段を駆け上がる必要があり、浸水時は上から落ちてくる浸入水に抵抗しながら階段を駆け上がる必要がある。どちらも地上階が基本となる通常のビルとは、逆方向の避難形態をとる必要があり、誘導サイン等のハード対策や、避難誘導等のソフト対策は、通常のビルとは異なるところがあり、それらを具体的に解消するハード・ソフト対

策が、より一層、現実的なものとして必要である。

5. これからの減災計画

以上、3章では浸水時の階段における避難時間が通路部と同等以上に必要となる場合も想定され、階段での安全、迅速な避難も非常に重要であることが示唆された。4章では、災害の分類別に地下空間の被害を考えると、火災と浸水では避難時の状況が通常のビルとは異なり、地下空間特有の避難誘導策が必要であり、また、様々な災害に対して減災対策を立てていくことが重要であると示された。

以上の内容を踏まえ、減災計画については、表3の防災対策の中段に示しているように、防災情報を提供するシステムの構築はどのような災害種であっても共通して必要である。現在、行政、民間の連携を含めて検討が開始されている「都市再生安全確保計画」では、退避のための経路とそのための施設、備蓄倉庫の整備・管理、また、退避施設への誘導、災害情報・交通情報の提供等について定めることが必要となっており、この計画づくりのなかでも、退避施設への誘導や情報の提供が位置付けられている。防災・減災計画は言葉だけではなく、現場で活かされる内容であるべきで、計画が現場に反映されることが大切である。

ここでは、退避施設への誘導策として、表4に示すような防災情報提供システムを今後、具体的に検討し、地下歩行者ネットワークに実際に整備していくことが、真に利用者によって減災に繋がる施策のひとつとして有効と考えられる。

表4 退避施設への誘導促進策

避難に支障を及ぼす事象	その支障の解決方針	具体的な対策
火災、浸水等による停電	非常電源を有していても、それらが破損、ダウンする可能性があり、確実な誘導を補助する案内システムが必要。	蓄光材を利用した非常階段の明示、光パネルなどの製品開発、現場への設置。 (下段イメージ)
床式) 光パネルイメージ		【非常電源破損時】
	災害発生 (非常電源等破損)	
壁式) 光パネルイメージ		【非常電源破損時】
		

更に地下空間での情報伝達手段として、一般的には管理者の防災センター経由の管内放送があるが、かなり大勢の不特定多数の人々が非常時に管内放送の内容を的確に聞きとれることは難しいものと想定される。そして、非常時のパニック状態でどれだけ正確な情報が伝わり冷静な避難行動をとれるものかは不確かであることが想定される。そのような観点から筆者らは、まだ一部の施設にて展開してある最新の技術である屋内GPSの防災情報提供システムを紹介する。そのイメージを図4に示す。今後は、某施設内での具体的な検証を加えてGPSの屋外と屋内でのシームレスな利用性を更に詳細に詰めていく段階に来ている。

いまの時代、将来も含めて多くの人が情報を受発信する機器として、スマートフォンなどの携帯端末を持ちながら位置情報を利用したライフスタイルを営むことになるであろう。高齢者も簡単に操作できる携帯端末はすでに開発されていて、年代に差がなく利用範囲は広がり、それに伴って利用内容がますます多様になってくるであろう。その場合、地上はカーナビのように一般的に普及して利用しても支障なく使っているが、地下やビルなど屋内での利用はGPSが届かないため、正確な位置情報がとれない状況となっている。ある程度の誤差を持って利用者の要求には答えることができるが、防災面から考えた場合には被災者がどこにいるのか(例：地下何階？地上の何階？)を把握するためには、正確な位置情報が必要となり、それが多くの人を減災に導くひとつの手段となりうると筆者らは考えている。

地下空間を利用している多くの歩行者は、地上で発生している状況(例：台風接近やゲリラ豪雨による大雨など)を正確に知り的確で迅速な行動がとれる地下空間であるならば、今までと同様に安心して利用するであろうし、これからの社会インフラ施設の防災力向上のためには必要な整備の一つであると考えられる。



図4 地下空間のGPS利用イメージ

6. まとめ

名古屋駅周辺と新宿駅周辺の地下歩行者ネットワークを対象として、浸水時の階段避難の重要性を定量的に評価した。また、災害の分類別に地下空間の被害を考えると、地下空間特有の避難誘導策が必要であり、個々の災害の減災対策とともに、マルチハザードの災害を合わせて考えていくことが重要であることを示し、それを踏まえ、都市再生特別措置法に基づく「都市再生安全確保計画」について様々な検討が進められているなか、退避施設への誘導促進策の必要性とその考え方を示した。

駅に直結する主要幹線道路に構築されている地下街、地下通路は、耐震性の確保はもちろん、沿岸部や河川に近い場所での高潮や洪水対策、毎年頻繁に発生するゲリラ豪雨対策など、マルチハザードの災害に対する万全な防災・減災対応を図っていくことが人命及び都市資産を守り、沿道企業や地区の事業継続の観点からも極めて重要である。

以上のように地震に対しては安全にみえる地下空間は、様々な災害に対しても更に安全性を増していかなければならない。特に浸水に対しては非常に脆弱であり、地上と比較して閉鎖的空間であることから、「避難経路が限定される」、「情報を得にくく、避難開始等の状況判断が難しい」、「避難時における時間的猶予が少ない」、「浸水とともに照明等の設備機能が停止する可能性が高い」というような特有な災害特性を有しているため、今まで以上に防災対策について万全の準備をとるための計画・設計に取り込んでいくことが重要である。

なお、連名者の一部が執筆している別途の論文「群集シミュレーションを用いたターミナル駅地下空間における避難安全確保対策の検討」では、大規模地震発生直後のマルチエージェント群集シミュレータを用いてその避難性状と避難上の課題を予測、検討しており、その論文も参照されたい。

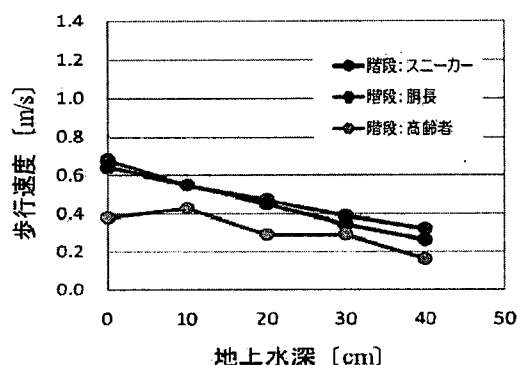
謝辞：実物大模型による浸水時の歩行速度について、関西大学工学部 石垣教授、京都大学防災研究所 戸田圭一、馬場准教授をはじめとする研究グループよりデータのご提供を賜りました。この場をお借りし深く感謝します。

付録

謝辞に記載のとおり、実物大模型による浸水時の歩行速度の提供をうけ、本論文では、女性(7サンプル)が水深40cmの通路、階段の模型を歩行する場合の速度の平均値を引用し、避難時間を求めている。本論文に記載の避難時間は、平坦な通路と、階段それぞれの避難時間の

長さが、どのような比率となるのかを定量的に評価するために算定した参考値である。

参考として論文発表されている参考文献より、水深別の歩行速度（参考値）を付録参考図-1に掲載する。



付録参考図-1 水深別歩行速度（女性）（参考文献9）

参考文献

- 1) 廣井悠、関谷直也、中島良太、藁谷俊太郎、花原英徳：東日本大震災における首都圏の帰宅困難者に関する社会調査、地域安全学会論文集、No. 15, pp343-353, 2011.
- 2) 澤田基弘、大森高樹、高橋幹人：都市地下空間における防災対策の計画と設計に関する考察、土木学会第67回土木学会年次学術講演会、2012. 9.
- 3) 石垣泰輔：水災害時の地下空間浸水と避難、土木学会平成24年度全国大会研究討論会、研-09 資料、pp5-7, 2012.
- 4) 大西良純、石垣泰輔、馬場康之、戸田圭一：地下空間浸水時における避難困難度指標とその適用、水工学論文集、第52巻、pp. 841-846, 2008.
- 5) 関根正人、大野龍馬：地下空間浸水時の避難行動解析とその実空間への適用、地下空間シンポジウム論文・報告集、第17巻、pp. 181-186, 2012.
- 6) 粕谷太郎、大森高樹、澤田基弘、斎藤貴裕：東京駅周辺地区における地下歩行空間浸水予測の検討、地下空間シンポジウム論文・報告集、第17巻、pp. 175-180, 2012.
- 7) 馬場康之：実物大模型実験 地下浸水時の避難に関する実物大模型実験 地下浸水時の避難に関する実物大模型実験、土木学会平成24年度全国大会研究討論会、研-09資料、pp2-4, 2012.
- 8) 浅井良純、石垣泰輔、馬場康之、戸田圭一：高齢者を含めた地下空間浸水時における避難経路の安全性に関する検討、水工学論文集、第53巻、pp. 859-864, 2009.
- 9) 自然災害と防災の事典、京都大学防災研究所監修・丸善出版、2011. 12