

都市地下空間の水災害防止対策 に関する基礎的研究

THE BASIC STUDY FOR FLOOD DISASTER
MEASURES IN CITY UNDERGROUND SPACE

西淳二¹・田中正²・大橋幾世³・戸田圭一⁴・中山学⁵
Junji NISHI, Tadashi TANAKA, Ikuyo OHASHI, Keiichi TODA, Manabu NAKAYAMA

¹フェロー会員 工博 名古屋大学教授 工学研究科地圏環境工学専攻 (〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町)

²正会員 工博 名古屋大学助手 工学研究科地圏環境工学専攻 (〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町)

³非会員 名古屋大学博士課程前期 環境学研究科建築学専攻 (〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町)

⁴正会員 工博 京都大学助教授 防災研究所水災害研究部門 (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

⁵正会員 工博 株式会社奥村組土木技術部 (〒545-8555 大阪府大阪市阿倍野区松崎町 2-2-2)

The purpose of this paper is improvement of the function of disaster prevention for localized torrential downpour that is increasing recently. First, three items to examine for a flood disaster were picked out from examples of flood disasters in Nagoya and Fukuoka. These are space structure, systems and equipments for the disaster concretely. Next, these items were examined for Nagoya station area that is Nagoya station and the area nearby there. And this area is used highly as underground space. As a result, it is necessary for the subway station, building basements and underground shopping malls to make the system for a flood disaster. And building basements are demanded to get equipments to stop flooding.

Key Words: Underground Space, a flood disaster, underground shopping mall, subway, basements, system, equipments, flooding

1. 研究の目的および背景

近年集中豪雨による被害が増加している。1999年には福岡のビル地下階、東京の個人住宅の地下室で死者を出す惨事となり、2000年には東海豪雨によって、名古屋の地下鉄の機能が麻痺した。この豪雨による最大の被害は、新川決壊により西枇杷島町周辺にて発生している。だが実は庄内川決壊もありえたとされており、過去の建設省発表の庄内川氾濫シミュレーションでは、氾濫水が名古屋駅にも到達し浸水するとの予測もされていた。名古屋駅周辺は地下利用の密な地域であり、浸水は都市機能の麻痺につながるといえる。本研究は、福岡駅・名古屋駅周辺の地下空間を対象に水害対策に関する課題を考察したもので、2000年9月東海豪雨災害に関する調査研究～地下施設災害～の研究成果の一部である。

2. 研究方法

①地下空間の水害の事例から、内水氾濫として東海豪雨の名古屋駅地区の被害を、また外水氾濫として福岡水

害の博多駅地区の被害を対象として、これら2地区の地下施設管理会社にヒアリング調査を行った。そして水害対策を考える上で必要と思われる項目を整理した。次に①で得られた項目をもとに②名古屋駅地区の地下利用状況をゼンリン住宅地図により整理し、さらに③水害対策の実態について管理会社に対するヒアリングまたはアンケート調査(ビル管理会社59件)を実施した。④これらの結果を先の被害形態と照らし合わせ、地下空間の水害に対する問題点を抽出した。

3. 東海豪雨被害事例調査

平成12年9月11日夕刻から降り続いた東海地方を中心とする集中豪雨により、大きな被害が発生した。今回の豪雨では、地下空間の密集している地区である名古屋駅などでは、内水氾濫でとどまったため福岡のような被害に至らなかった。

(1) 地下街の被害

名古屋駅付近の地下街を図-1に示す。

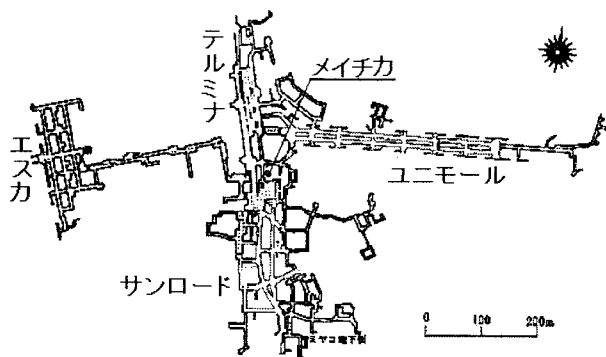


図-1 名古屋駅周辺の地下街

a) サンロード

道路冠水した水が上昇し多少出入口から浸水した時点で止水板、土のうを設置した。さらに車が起こす波により地上の出入口から水が入りそうなので3ヵ所で土のうを使用した。他にビルとの接続部分からの漏水も見られた。

b) ユニモール

車が起こす波によって水が入ってくるので、地上の地下鉄、地下街の出入り口に止水板18枚を使用した。地上の出入り口の2箇所では床に1~2cmの水溜りができた。広さとしては2箇所合わせて100㎡位である。浸入した水に混じって入ってきた枯葉などが詰まり排水に苦労した。漏水被害は天井からの雨漏りで3店舗の被害があり、地上出入口の上屋の壁（防水加工していない）からの水のしみ出しがあった。従業員の確保ができず5店舗ほど閉店した。

駐車場の出入り口の方は水の浸入はなかったが、車が起こす波を防ぐために、駐車場の出入り口の縁に土のうを使用した。

c) メイチカ

エキスパンション部分から漏水が起こり、ユニモール側へ流し、そこから排水を行った。さらに他のビル地下通路から浸水した。

d) テルミナ・名古屋ターミナルビル

ビルと地下街との接続部分（エキスパンション）より、横から水が出てきたので、土のうを持って水を止めた。地下2階では、その影響で天井より水漏れ、階段からの浸水があり、水位が地下2階で約10cmになった。

e) エスカ

天井より水漏れ、壁より水がしみ出し、店舗5軒ほどに影響があった。地上の上屋の壁（防水加工していない。）より水がしみ出し（階段下の側溝で処理できる程度。）、2ヵ所出入口を閉鎖するといった被害もあった。

東海豪雨で発生した内水氾濫に対しては、車の通行による波での浸水を除けば、現在の止水設備は十分であった。しかし、接続ビルからの浸水や、構造物としての老朽化による漏水がみられた。また、地下2階への水の浸水や

表-1 ビル地下階の被害

	浸水被害	漏水被害
有	17 (28%)	28 (47.4%)
無	42 (72%)	31 (52.6%)

表-2 止水と浸水

	浸水有り	浸水無し
止水処置をした	15	15
止水処置をしなかった	2	27
計	17	42

漏水は、地下1階より深いところは接続がなく延床面積が少ないので水位が簡単にあがることが分かった。

(2)ビル地下階の被害

名古屋駅地区の地下を持つビル108件の管理者側に対してアンケートを配布し東海豪雨時の被害をたずねた。その結果、回収率は、54.6%と、59件から回収できた。漏水のあった割合は浸水のものより高い(表-1)。特に建築年の古いものに被害が見られ、漏水被害のあったビルの中で最も新しいものは築22年である。ビル地下階の被害としては、約半分のビルが止水処置を行い、そのうちの半分以上が、浸水を免れたが、もう半分は、止水の効果なく浸水に至っている(表-2)。

4. 福岡水害事例調査

(1)地下街の被害—博多駅地下街—

福岡水害時は、JR博多駅博多口側にあるため、御笠川に近い筑紫口側より、1時間程度遅れて水が流入し始めた。水の浸入は、バスの通行による波がステップの設置の無かった階段1箇所からあったが、他の出入口からは浸水を免れている。被害はなかったが機械室に浸水している。また、接続しているデイトスとの境界部分はシャッターを閉めた状態に土のうを詰めて浸水を防いだ。

(2)ビル地下階の被害

a) デイトス

階段(10箇所)、エレベータ(4箇所)、エスカレータ(4箇所)から流入し、また天井からの水の流入も加わり、全面的に、5~20cm程度浸水した。第1次の浸水では接続する地下施設マイニング街内の排水溝や溜めますが大雨により逆流して吹き出し、その水が流れ込み、第2次の浸水では御笠川の氾濫水が、階段(10箇所)、エレベータ(4箇所)、エスカレータ(4箇所)から流入し、また天井からの水の流入も加わり、全面的に、5~20cm程度浸水した。これによる停電の発生や、エスカレーターの故障など、営業に支障をきたしている。

福岡水害を受けた博多駅の施設で最も被害が大きかったため、排水作業が困難であったにもかかわらず、従

〈筑紫口〉

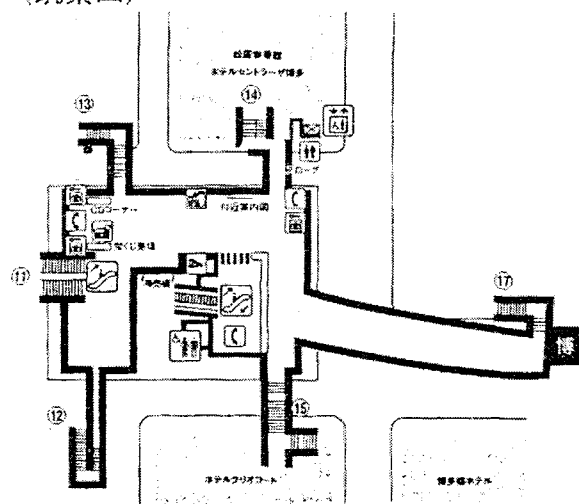


図-2 地下鉄筑紫口

業員の集まりが交通網の麻痺のため悪かった。また、テナントの勤務者は、営業ができないとわかると帰宅してしまう人も多く、管理会社の人間と一部のテナントの人で作業をした。

b) 都ホテル

地下浸水のあったホテル数は 15 件にもなるがその一つである。被害としては、地階層の半地階MB階と B1 階、B2 階が冠水し、機械設備が被害を受け、ビルの機能が完全に停止し、ホテル、福岡銀行、MB 階 3 テナント（水没）等営業不能という甚大な被害を受けた。また、電気関係の管理技術者は浸水の中、B 2 階にある電力電源の遮断作業、非常用発電機停止などにぎりぎりまで残り、最後はホテル地下 2 階と地下 1 階との非常用連絡梯子より脱出した。

c) 福岡交通センター

被害は博多口側であることから先の 2 例よりは軽かったが、影響はあった。階段、階段付近の数店舗で浸水し、浸水深は概ね 5cm 以下であった。ただし、店内に排水溝から排水できなかった水が逆流し、1 店舗については浸水深が 20cm 程度であった。ビルの入り口からの浸水は防いだが、排水溝からの水を防ぐ事は難しかった。

(3) 地下鉄の浸水被害

1999 年 6 月 29 日 10:20 ころから⑦番出入口より浸水がはじまり、つづいて⑭、⑮番出入口より流入し、11:10 ころには⑫、⑬番出入口から流入による浸水が加わった（図-2）。このとき、隣接するビルからも大量の水が入ってきており、このため、地下 1 階にある地下鉄コンコース筑紫口は全面 5～25cm の浸水深となった。さらに、水によりエスカレーター 4 基が使用不能になった。地下 3 階にある地下鉄ホームへは⑪番の筑紫口コンコースエスカレーターから流入し、レール面から水深 27cm の浸水となった。

なお、地下 2 階にある地下鉄中央口は、天井からの流

表-3 被災時の問題点

福岡	・止水設備が土のうだけでは時間や労力がかかる。 ・河川情報が入らなかったで利用者に対し運行停止の理由説明が困難だった。これからは一般の人にわかる形で流して欲しい。 ・隣接ビルからの浸水が時間差でくるので、復旧作業が長引いた。 ・御笠川の溢水を知ったのは昼過ぎだった。（溢水時刻は午前 10 時頃） ・朝からの交通機能の麻痺により人手が集まらなかった。 ・テナントの人が営業できないとわかると帰ってしまい、一部の人からしか協力が得られなかった。 ・土のうの持ち運び、後片付けが大変だった。15kg 程度でないと持ち運びにくい。
	・土のうが水分を含むと重くなるのでこれからは 5kg 程度のものを購入したほうがよい。 ・夕方からの豪雨で夜勤の人が出勤できず、日勤の人がとまることとなった。

入がほとんどであり、浸水深は 1cm 程度であったものの、天井の一部破損被害となった。運行被害としては、12 時 05 分から 15 時 46 分（3 時間 41 分）の運行見合わせ、正常ダイヤ復旧は、18 時 30 分となった。

地下鉄が他の施設と比べて深度が最も深く、隣接ビルからの排水が絶えず流されてくるため、復旧作業が手間取った。また、明確な御笠川の溢水情報が得られなかったため、乗客への地下鉄運行停止をする際に困難であった。

博多駅の地下施設では、止水設備の不足による浸水被害が見られ、さらに車の通行でできた波による浸水もあった。また浸水量が多かったため地下 2 階の水位が、電気機械施設の嵩上げ以上になったことから停電が発生した。接続のある施設では隣接施設からの浸水があり、特に相対的に低い位置にある地下鉄では、管理する出入口と隣接ビルからの浸水が時間差でやってくるために復旧の長期化も見られた。一方接続のない施設では一気に地下階が冠水し、大被害を被ったところがあった。¹⁾

5. 被害事例の整理

2 都市の被害事例をもとに地下施設別に要因と被害を整理すると、被害の要因としては施設同士の接続や施設間の高低差、施設の用途といった①地下空間の構成自体と、止水設備や防水加工という②水害に対する設備の 2 つがあることが分かった。

次に地下街管理会社から得られた被災時の問題点をまとめる。テナントの人からの協力が得られなかったといったことから水害に対して普段からテナントと管理会社との間に決めがないことが分かる。また、御笠川の溢水情報が入った時刻がかなり遅く、水害に関する情報の伝達システムの未整備が見られた。名古屋の方でも福岡ほどの苦労はなかったようだが、夜勤の人が出勤でき

表-4 地下街の対水害体制

	サンロード	ユニモール	メイチカ	テルミナ	エスカ
水害対策マニュアル	無し 作らなければならないが、特に予定はない	無し 水防計画で火事、地震をもちこんでいるが、水防対策については、具体的なものが無く、一番手薄。規定が無いので防火関係をベースにするしかないが、実際には利用できない。	無し 作りたいが、現在は火災のものを準用している	無し 非常体制については防火を準用	無し 火災を準用
関係者への啓蒙活動	無し	無し 特に無いが、前回のものが経験になったと考えている。	無し いずれかはしなければならない 従業員へ利用者の安全を守る方法を徹底しなければならない	無し	無し 浸水というものは経験してないので特に行っていない
情報	・行政から地下街管理者へ 平成12年8月以前の気象・河川・災害情報入手手段 テレビ・ラジオ等マスコミ 平成12年8月以後の気象・河川・災害情報入手手段 消防局からFAXで、名古屋駅共同防火管理協議会代表に情報提供後、協議会加盟の各地下空間管理者への情報伝達経路が確立された ・地下街管理会社からテナント、利用者へ館内放送				
避難体制	避難の指針：無 避難誘導：外へ 避難訓練：年2回対水害はやっていない	避難の指針：無 ユニモールのような地下街の場合、避難できるような完全なビルとの接続が無いため、地上のどこかのビルと協定を結び、避難場所を決めないと避難計画が作成できない状況 避難誘導：無 安全な場所まで誘導することが避難誘導だとしたら、これが一番難しい。ビルの1階まで水に浸かってしまうと、民間のビルは、シャッターを閉めてしまうので、ユニモールにいる人は、JRビルや国際センターに行くしかない。水害時、駅は混んでいる。 避難訓練：水害に関してはやっていない 1年に2回 火事の訓練	避難の指針：無 避難誘導：8番出入口を使用してJRビルの2階広場に誘導 避難訓練：年2回 水害に関してはやっていない 予定もないし、例えば何をすればよいかわからない	避難の指針：無 避難誘導：高いところへ 避難訓練：年2～3回水害に関してはやっていない	避難の指針：無 水害用にはとくにはない 火災でもなんでも避難は同じ 避難誘導：真中の階段上に避難、それ以外は近い出入口から。 地震や火災に安全かつ少し高め場所なので、水害にもいいと考えている 避難訓練：水害用はない。年2回、火災を想定
復旧体制	公共通路なので、通路の復旧優先 次に、テナントの営業				

ず日勤の人が急遽泊まるなどということがあった。また、土のうが重く扱いにくかったなどの設備に関する意見もあった(表-3)。このような事から災害時の緊急対応の際に必要な要素として③対水害体制も調査の項目とした。

6. 名古屋駅地区の水害対策実態に関する考察

(1) 地下街

a) 地下空間構成

地下街は利用用途を階層別に見ると、浸水に弱い非常電源や電気室が地下2階以深にある。また接続箇所は設立年の古い地下街と隣接ビルの間に集中している。

b) 対水害体制

名古屋駅の全ての地下街には、水害対策に対するマニュアルがなく、そのため訓練や教育、避難体制、復旧体制などは決まっていない。唯一決まっているのは市からの災害連絡のシステムのみである(表-4)。水害時には自衛消防隊が活動するという答えが多かったのに対し、テナントの人の防災教育が行われていないのは矛盾して

表-5 地下街の止水設備の状況

地下施設名	止水板設置方法	止水板材料	土のう重量(kg)	収納場所数(箇所)	止水する出入口数(箇所)	一人あたりの止水必要出入口数(箇所)
サンロード	角落式	樹脂製	20	5	7	2.3
ユニモール	角落式	木製	20	1	29	7
メイチカ	転倒式	ステンレス製	20	1	2	1
テルミナ	角落式	木製	5	3	4	1.3
エスカ	立掛式	ステンレス製	20	3	28	3.2

おり、緊急時に活動が出来るかどうかは疑問である。また情報についても、テナントの人と利用者への情報提供の仕方が同じであるのは問題がある。避難体制については、地下街が浸水するようなときは地上の水位も高いと考えられるが、避難先として地上しか考えていない団体が多い。だが地下街は、地上施設を所有していないので、

表-6 地下鉄の対水害体制

水防 マニュアル	有無	「災害発生時作業マニュアル」の一部としてある		
	内容	浸水の恐れがあると予想される、または認められる場合 防火担当責任者は、浸水が予想される出入口付近の巡回および防水設備器具等の緊急点検ならびに配備をおこない、防水機能に欠陥が発見された場合には応急処置をおこなう ・通気口止水扉の閉扉 ・浸水予防処置 ・止水板、砂袋、ハンドル等の使用準備 ・乗客誘導案内		
		浸水時の処置	・止水板、砂袋、等防水処置 ・乗客誘導案内	
		状況報告	防火担当者は、浸水箇所の状況及び防水処置について、自衛消防隊ならびに運転司令員に報告する。	
		防水設備器具等の 整備点検	止水板・砂袋 通気口開閉器具(ハンドル)	毎月1回
			通気口止水扉の機能点検	毎年2回
		駅浸水予防実施順位 (名古屋駅)	①10番②4番③5番④13番 の順で以後は順次他の出入口とする	
		地下鉄駅水防マニュアル	有り 駅ごとに作成	
関係者への啓蒙活動	特に水害というのではなく災害全般として研修を行っている地震や火災を想定したものがあり、水害に限り安全な場所が違ったりしないと考えている。			
情報	市役所→交通局→各駅			
避難体制	避難の指針	年1回	他に部署ごとの研修 地震や火災を想定したものがあり、水害に限り安全な場所が違ったりしないと考えている。	
	避難連携方策	年1回	他に部署ごとの研修 今はない、水防法の改正後検討	
	避難訓練	年1回	他に部署ごとの研修	
復旧体制	なし			

地上階へ避難するためには接続しているビルとの連携が重要であると考えられる。復旧体制に関しても優先事項はテナントの営業や通路の確保と決まっているが、具体的方法や人員の確保については決っていない。

c) 対水害設備

全体に名古屋の地下街は止水板や土のうの設備が整っているが、土のうの重さや止水板の重さ、その配置状況と人員などを考えるとまだまだ改善の余地はある(表-5)。また電気設備は全ての地下街において最下階に配置されているが、水防処置としては嵩上げ等しかなくおらず、最下階は延床面積が狭い事を考慮すると安心はできない。排水設備は、浸水用ポンプの設置が見られなかった。福岡のビル地下階は湧水槽が貯水槽として働いたのだが、貯水槽の設置のある地下街もなくそういった期待は出来ない。また全体として、これ以上確率の低い水害に多額の費用をかける気はないとの意見がすべての地下街で見られた。

(2) 地下鉄

a) 地下空間構成

地下施設の中でも最深部にあり、水の集中が考えられる。電気設備はホーム階より上にあるので地下街よりは安全だが、浸水すると運行停止の被害の可能性がある。

b) 対水害体制

地下鉄は、水害に関するマニュアルが存在したが、細かい決まりがなく、勤務者への防災教育は特に対水害としてはやっておらず、避難場所は火災や地震と同様だと考えられており、実際の行動は現場の判断に任されている

表-7 地下鉄の対水害設備

止水設備	土のう	なし
	止水板	地形的に水の入りやすいところには設置 名古屋駅はすべて設置
	出入口ステップ	2段 歩道面より30cm上げる
変電施設の 水防設備	古い駅は、ホームより高いところ、新しい駅はコンコース階に設置 漏水による帯電には対処できない	
排水設備	ホームの両側にポンプ1.2t/分×2台	

ることが分かる(表-6)。また情報の面では市の内部組織なので地下街より伝達は早いと考えられるが、防災対策室では、数値的なデータを得られる計測装置などは設置されておらず、情報は専ら各局からの口頭に頼らざるを得ないということが指摘されている。

c) 対水害設備

止水設備については、出入口の管理を地下街管理会社などに委託していることが多く、名古屋駅としては土のうを所持していない。しかし地下鉄名古屋駅の出入口では、止水板が転倒式に改修されたところもあり、簡単、省スペース、労力の軽減などと利点が多い。ところが止水設備はあるものの、地下で最も深い施設であるにもかかわらず、隣接からの浸水対処法は決まっておらず、そのための設備もなかった。非常電源に対し防水加工はしていないが、設置位置はホームより高いところにあるので、漏水による被害がなければ浸水後すぐの被害はない状態である(表-7)。

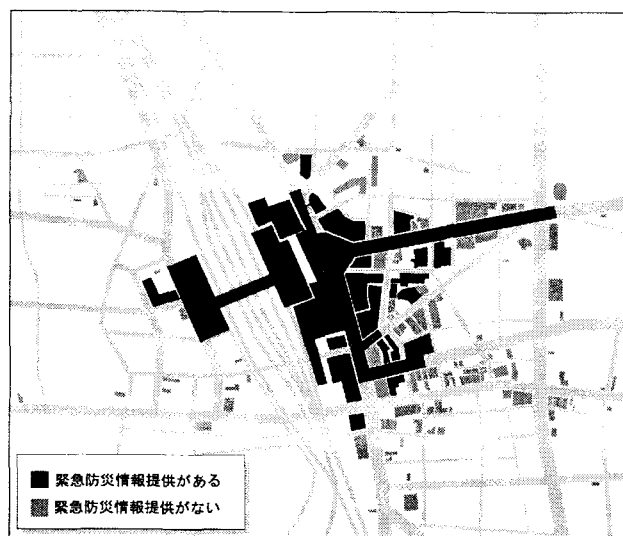


図-3 緊急防災情報提供範囲

(3) ビル地下階

a) 地下空間構成

地下街に隣接するビルは 18 ヶ所あり、用途は地下 2 階でも店舗の利用がある。接続の無いビル地下階も店舗利用が多い。

b) 対水害体制

水害対策に関するマニュアルの整備は、必要だと考えているビルは全体の 84%と多いが、実際に作成の計画に至っているビルとなると全体の 22%である。このことから水害に対する意識が多少増したものの依然として対策は十分になされていないことがわかる。地下階を持つビルの災害情報入手手段としてはほとんどがテレビ、ラジオと答えている。一方、名古屋駅共同防火管理協議会加盟ビルは情報網が地下街と同じようにあるので加盟していないビル地下階よりは情報を得やすい(図-3)。庄内川の氾濫シミュレーションを始めとして、最近ではインターネットによる災害に関する情報の提供も行われているがこの結果を見るとインターネットを利用するビルは少ない。災害時に広くその情報を伝えるには、テレビやラジオの利用が最適といえ、マスコミと行政の協力が大切である。

c) 対水害設備

設備としては土のうが一番多い(表-8)。ビルの地下階の浸水対策として地下街と違うところは、止水板の設置ができるところが少ないことである。また地下街との接続がないビル地下階では空間容量が小さいので電気設備や人命被害が特に心配される。一方地下街との接続があるビルでは止水板等がないことによる地下街への浸水の原因となる。

7. まとめ

名古屋駅地区の地下空間では、水害に関する設備は、

表-8 ビルの対水害設備

土嚢	35(33%)
止水板	8(10%)
浸水用ポンプ	12(23%)
浸水用以外のポンプ	25(24%)
電気設備の嵩上げ	10(10%)
ステップ	15(14%)

ビル地下階以外は一通りそろっていた。しかし体制に関しては、今現在何もないというのが現状である。また一方で地下街管理会社としては、設備投資はこれ以上考えていないとのことで、今立ち遅れている水害に対する体制の整備を、特に名古屋駅地下空間は接続する施設が一体となっていり水害対策のレベルを上げるとともに、設備の面では新たな設置をしなくとも、特に止水設備の配置等、緊急時の対応のしやすさを再検討することが大切である。いずれにしても水害対策を考えるにあたって、名古屋駅のように大きな被害が起きていないところでは、被害の想定がなく、何に対しのどのような対処をすればいいのかという事が難しい。このような問題を解決するには、庄内川が氾濫したようなときにはどのような被害があるのかを示す地下空間のハザードマップ^⑨の作成が求められ、これに基づいた対策を立てていくことが必要といえる。

実際、2001 年 3 月に開かれた名古屋市の風水害被害調査委員会がまとめた報告書では『庄内川が氾濫すると地下鉄は最深 10m、地下街は最深 3m 浸水する』という予測している。今回調査した東海豪雨による地下施設被害は内水氾濫によるもので、本稿で指摘したように福岡水害の様な外水氾濫による被害とは時間経緯や規模が異なることが予想される。調査委員会の報告書では、名古屋駅付近の地下街も、破堤から 3 時間で最深 3m の水につかると予測されており、被害は甚大になると考えられる。現在の名古屋駅周辺の地下街では既存不適格なものもあり、そのようなところでは改修もままならない。しかし、周辺地区の再開発、隣接ビルの再開発などに合わせて、可能な限り地下街自体の安全性を向上増進させるべく、具体的な施策が講じられるように行政としても一層の努力をしていくことが切に望まれる。

謝辞：本研究は平成 12 年度文部省突発災害科学研究費補助金を得て実施したことを記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 橋本晴行・今村文彦・林春夫・松波孝治：特集記事「都市水害」、自然災害科学 J. JSNDS, 19-2pp. 139-163, 2000.
- 2) 消防局防災部防災室、地下街への緊急防災情報提供について、2000.
- 3) (社)土木学会 地下空間研究委員会：地下防災を考える ―特に都市における水害対策への提案―、2000.

(2001. 4. 16 受付)