

防災の観点からみた大規模ターミナル駅周辺の 地下空間の現況把握

高橋 幹人¹・大森 高樹²・澤田 基弘³・坂本 仁昭⁴・門前 敏典⁵

¹正会員 (株)日建設計シビル施設設計部門都市施設計画室 (〒112-0004 東京都文京区後楽1-4-27)

E-mail:takahashi.mikito@nikken.co.jp

²正会員 (株)日建設計シビル施設設計部門都市施設計画室 (〒112-0004 東京都文京区後楽1-4-27)

E-mail: oomorita@nikken.co.jp

³正会員 (株)日建設計シビル施設設計部門都市施設計画室 (〒112-0004 東京都文京区後楽1-4-27)

E-mail: sawada@nikken.co.jp

⁴正会員 (株)日建設計シビル施設設計部門都市施設計画設計室 (〒541-8528 大阪市中央区高麗橋4-6-2)

E-mail: sakamoto@nikken.co.jp

⁵正会員 (株)日建設計シビル施設設計部門都市施設計画設計室 (〒112-0004 東京都文京区後楽1-4-27)

E-mail: monzen.toshinori@nikken.co.jp

2011年3月11日震災当日、大規模ターミナル駅周辺には帰宅困難者を含む群集が多様な情報を得るため押し寄せ、地下通路や地下街などの地下空間は一時的に大混乱に陥った。今後予想される都市部での大震災直後には、大規模ターミナル駅周辺の複雑な地下空間において想定外の事故や混乱が予想される。そこで、本論文では4つの都市の大規模ターミナル駅周辺の地下空間の複雑さを明らかにし、主に地下通路に関わる様々な自然災害に対する防災対策内容をハードとソフトの面から整理した。また、日本を凌ぐ勢いで地下空間を築造している中国の現状を防災の観点から整理し、両国の駅周辺地下空間について考察を行った。

Key Words : *Underground space, Urban disaster prevention, Large-scale terminal station, Providing disaster information*

1. 背景と目的

我が国の都市地下空間開発は、明治から始まった都市化の進展に合わせ、都市インフラや地下鉄、道路等の収容空間として、その範囲を拡大してきた。そして今、都市部における2つの大地震（阪神淡路大地震と東日本大地震）を経験して、地下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）に関心が高まっている。

大都市中心部では、複数の地下鉄駅や地下街、それらを結ぶ地下通路や地下広場などが多くの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）のようであり、都市インフラとして欠かせない施設が無数に存在する。¹⁾ そのなかでも特に3大都市圏には非常に多くの地下空間があり、その面積は再開発の進展とともに、年々増加している。特に地下街は雪、風雨等の気象条件による影響や自動車交通等に対する危険が少なく、ショッピングや歩行において快適に安心して時間が消費できる憩いの空間であることから、積雪地帯や寒冷地の都市を始めとして、全国の主要都市で建設されてき

た。当社は、静岡ゴールデン街の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年代以降から、川崎、神戸、大阪、京都、広島、博多、札幌など国内における多くの地下街の計画と設計・監理、耐震を含むリニューアルに従事してきた。

本論文は、大規模ターミナル駅施設を含む地下街や地下通路等のネットワークの現状を整理し、その複雑さを明らかにすること、主に地下通路に関わる様々な自然災害に対する防災対策の内容をハードとソフトの面から整理すること、それらの結果を受けて防災の観点から地下空間で必要となる内容について考察を行ったものである。

2. 都市型災害に対する地下施設の防災対策

(1) 都市・社会の防災²⁾

社会を機能させる基盤となる重要社会基盤施設には、道路・橋・鉄道・港湾・病院や情報通信やロジスティクスなど社会活動を支えるシステムが含まれている。これまでは災害により重要社会基盤施設が「壊れない」ことを重点に整備が進められてきたが、「重要社会基盤施設

の防御（CIP）」の場合には「機能障害」が発生しないこと、「機能障害」が発生してもできるだけ迅速に機能が復旧すること、が求められる。すなわち「機能障害が発生しない」ことを目指した施設・機能が使い続けられる事業継続（BCP）が、都市部ではきわめて重要かつ最低限求められること（最終目標でもある）となっている。

(2) 都市型災害について

従来から電気・ガス・水道というライフラインは、災害時の機能維持に加えて、機能回復も重要な課題となっていた。日本最初の「都市型災害」は1978年宮城県沖地震であり、ガスの復旧等を含めて都市活動に大きな影響を与えた。そして、本当に不幸にして約2.5万人の死者・行方不明者・負傷者（平成24年4月4日現在）を出した平成23年3月11日の東日本大震災では、社会インフラが甚大な被害を受けたことが多くの調査で明らかになっている。一方、震災を受けた東北地方は比較的、公共的な地下空間が少ないという特徴もあり、あまり大きな被害を地下施設が受けた報告はされていない。実際、仙台地区に限って東日本大震災に伴う地下空間調査報告³⁾が詳細になされ、その結果でも地下構造物の被害はほとんど確認できなかったことで、「地下は地震に強い」ということはある程度証明したといえる。

内閣府の検討会が平成24年3月31日に公表した「南海トラフの巨大地震」では、想定される津波高さに注目が集まっているが、発生が予想される震度分布図を見ても明らかなように、東京、名古屋、大阪など多くの大都市でいままで経験して来なかった巨大地震に襲われる可能性が極めて高い。そのとき、大都市特有の都市型災害が発生して「三大震災難民」⁴⁾が発生することもすでに明らかなものとなっている。この「三大震災難民」とは、「高層難民」「帰宅難民」「避難所難民」の3つであり、多くの防災関係者が今後対応を迫られるものでもある。実際に3月11日の震災時に関東圏で発生した「帰宅難民」として、帰宅困難者数の調査や地震当日の帰宅状況等の調査も公表⁵⁾されている。また、高層住宅の多い東京都中央区でも高層住宅からの避難者を減らすことを重点目標の2番目に挙げ、「高層住宅防災対策の推進」が減災目標を達成させる区の対策とされている。⁵⁾



写真-1 多くの人が利用している地下空間

(3) 防災的な観点からの活用

地下の防災的活用としては、都市部の地方公共団体において備蓄倉庫、雨水貯留施設、非常時の避難場所やトンネル空間の代替避難路等としての活用が望まれている。今後、都市部における地域への貢献に資する防災的活用を更に進めるためには、新たに必要となる施設に対する支援措置（容積率緩和、優遇税制度、公的負担の充実等）への要請が高い。なお、地下街の沿道建築物との接続は、防災上の観点から建築物と地下街との民間による接続整備に対する補助が要請されている。最近、震災後に実施した地下街の対応状況確認と今後の防災関連に対する要望を聞いた結果では⁶⁾、主に次のような内容が挙げられた。

- ① 電源の確保（これまでの一般的な非常用電源以外）
- ② 国・行政との連携（役割分担、指揮命令系統）
- ③ 警察や消防との連携
- ④ 地下街を一時避難場所にするための法的根拠とインフラ整備
- ⑤ 非常時情報伝達システムの構築（交通情報、災害情報、安否情報）

今後の防災対応の一環として、地下街や地下通路等の地下空間は、帰宅困難者の一時避難場所として機能できる空間も備えていく必要があると判断される。ただし、現在の施設や設備状況では安全・安心な一時避難場所としては不十分であると想定され、施設の耐震化等のハード面だけではなく、情報提供等のソフト面にも対応するシステムや情報受発信設備等の整備が必要であると考えられる。特に、地下空間施設の存続（耐震化）と非常時の自主電源確保が地下街や地下通路等の機能を維持する重要なファクターの1つであると考えられる。

(4) ICTを活用した屋内外防災システムの構築^{7), 8), 9)}

一般的に大きな地震発生後は、地震の規模や余震に関する情報、交通機関の運行情報提供や家族や親戚・知人などの安否確認へのニーズが非常に高くなり、携帯電話や固定電話を利用しようとする人が急増する。しかし、発生後は通話量や通信量が急激に増大したため、首都圏においても固定電話及び携帯電話の音声通信が各通信会社による通信規制実施により、音声通信については繋がりにくい状況となり、震災当日は相当数の人々が帰れなく帰宅困難者となり、正確な情報を求めた。

更に災害時の情報対応に関しては、ここ数年の風水害において死者の大半が65歳以上の高齢者となっていることから要援護者への配慮が人的被災を少なくしていくための重要課題となっていることは明らかである。ここで、災害時要援護者とは高齢者・障害者・外国人・乳幼児・妊婦など、安全な場所に避難するなどの災害時の一連の行動をとるのに支援を要する人々のことを指す。

このように地震発生直後における「情報の空白」を無くすことは非常に重要である。特に、多くのビルや地下空間（地下通路や地下街）において万全な防災対応を図っていくことが人命及び資産を守り、企業の事業継続を実現に結びつけていくことに繋がる。

2007年4月に携帯電話からの緊急通報位置を把握する「緊急通報位置通知システム」の運用が開始され、第3世代携帯電話機にGPS受信機が搭載されるようになり、位置情報サービスの新たな流れが「車から人・物」へと変化しつつある。これは世界的にもE911など同様な制度があり、安全・安心でのGPS利用が世界的な規模で拡大している。このような背景を受けて、2010年9月に打ち上げられた準天頂衛星初号機「みちびき」の利用実証実験が進むなか、同一の受信機で屋内外を精度よくシームレスに位置情報を取得・利用できるシステム（IMES：Indoor Messaging System）の普及を図っており、地理空間情報活用推進基本計画（案）⁹のなかでも適用可能な基盤整備を積極的に位置づけている。そのため、衛星測位の利用が困難なビル・地下街・公共地下通路等の屋内位置情報をリアルタイムで正確に取得でき、さらに屋外測位とのシームレスな利用が可能となることで、3次元の地理空間情報を分かり易く表示した避難誘導や避難経路を示した効率的な避難計画の検討が可能となる。

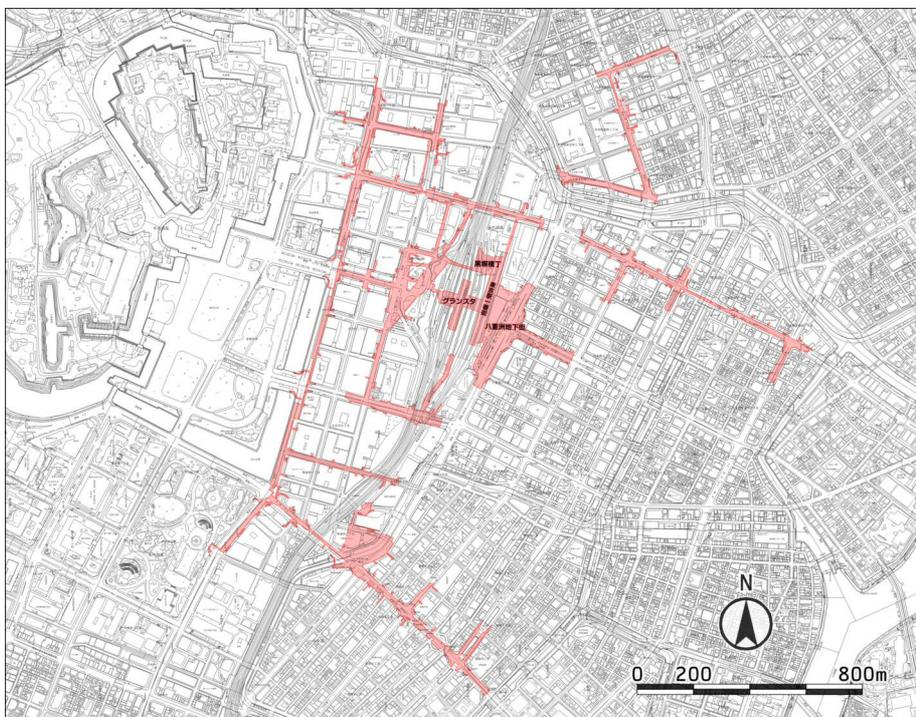
図-1～図-4や表-1に国内の大規模ターミナル駅とし

て4カ所を取り上げて、大まかに地下空間状況を示した。民間ビル内通路を含み複雑に入り組んでいる東京駅、地下街が主体で空間が構成されている名古屋駅や大阪駅、基盤目状の道路下にわかりやすく形成されている札幌駅など、各々の特徴を持っている。地下空間の面積は1階部分の面積をGISで計測した数値であり、これ以外に民間ビルに含まれる地下通路、広場や地下駐車場などがあることを考慮しなければならない。また、都市交通年報等から算出したエリア内の駅利用者（総乗降者数）は相当数にのぼっていることがわかる。これらの人が利用している地下空間で平常時に災害が起きた場合、多くの帰宅困難者や甚大な人災が発生することは明らかであるため、いかに今後発生するであろう次の災害に対して、防災対応可能なICTを有効に活用した減災対応を具体的に図っていくかが重要である。

表-1 大規模ターミナル駅の地下空間の大まかな面積
(地下1階部分のみ)

| 駅名 | 面積 (ha) | 図上の地下空間に含まれる地下街 |
|--------|---------|---------------------------------------|
| 東京駅周辺 | 29 | 八重洲地下街、東京駅一番街ほか |
| 大阪駅周辺 | 11 | ホワイトイルメダ、ディアモール大阪、大阪駅前地下街、堂島センターほか |
| 名古屋駅周辺 | 9 | メイチカ、ユニモール、サンロード、テルミナ、大名古屋ビル地下街、エスカほか |
| 札幌駅周辺 | 13 | ポールタウン、オーロラタウン、アピア、パセオ |

※GISデータ上での計測による数値のため、あくまで目安である。



| エリア | 1. 東京駅周辺エリア | | |
|---------------|-----------------------------|------|-----|
| 総乗降者数 | 約220万人（7駅） H21年度都市交通年報参照 | | |
| 運営会社名 | 路線名 | 運営本数 | 6路線 |
| | 丸ノ内線 | 6路線 | |
| 千代田線 | | | |
| 東西線 | | | |
| 日比谷線 | | | |
| 半蔵門線 | | | |
| 有楽町線 | | | |
| 運営路線情報 | 都営地下鉄 | 三田線 | 1路線 |
| JR東日本 JR東海 | 東海新幹線 | 7路線 | |
| | 東北新幹線 | | |
| | 京葉線 | | |
| | 総武線 | | |
| | 京浜東北線 | | |
| | 山手線 | | |
| | 東海道線 | | |

※関連データ：八重洲地下街（延床面積：約73,000㎡，昭和40(1965)年開設）

図-1 大規模ターミナル駅周辺の地下空間状況（東京駅エリア）

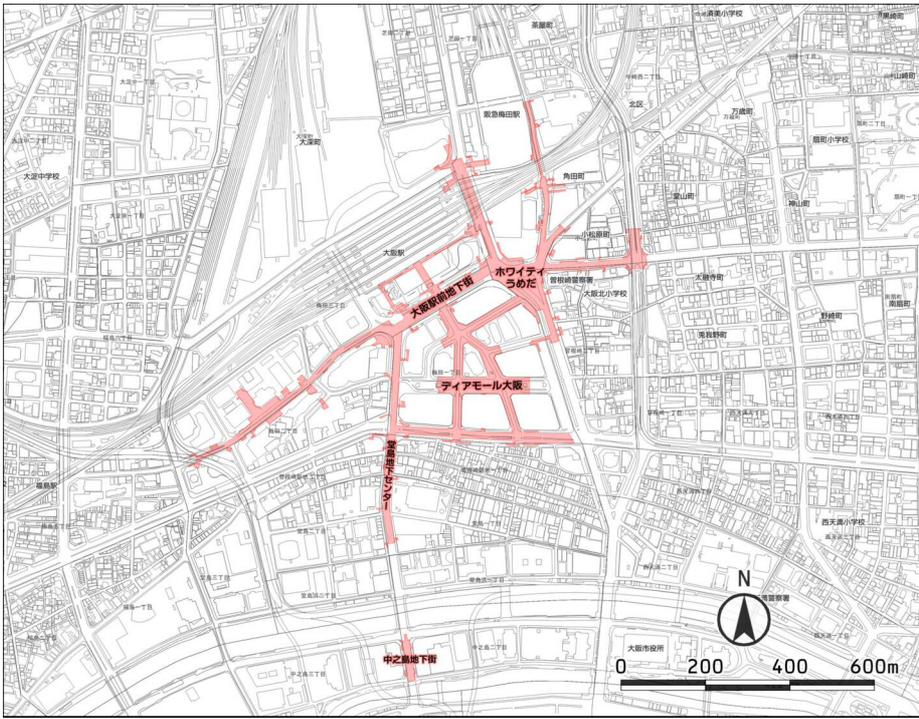


図-2 大規模ターミナル駅周辺の地下空間状況（大阪駅エリア）

| | | | |
|--------|------------------------------|-------|------|
| エリア | 2. 大阪駅周辺エリア | | |
| 総乗降者数 | 約270万人（12駅） H21年度都市交通年報参照 | | |
| 運営路線情報 | 運営会社名 | 路線名 | 運営本数 |
| | JR西日本 | 東海道本線 | 2路線 |
| | | JR東西線 | |
| | 京浜電気鉄道 | 京阪本線 | 1路線 |
| | 阪急電鉄 | 神戸本線 | 3路線 |
| | | 宝塚本線 | |
| 京都本線 | | | |
| 阪神電気鉄道 | 本線 | 1路線 | |
| 大阪市交通局 | 1号線（御堂筋線） | 3路線 | |
| | 2号線（谷町線） | | |
| | 3号線（四つ橋線） | | |

※関連データ：
 ホワイトィうめだ（延床面積：約 27,700 m²，昭和 38(1963)，45（1970）年開設）
 ディアモール大阪（延床面積：約 43,000 m²，平成 7（1995）年開設）

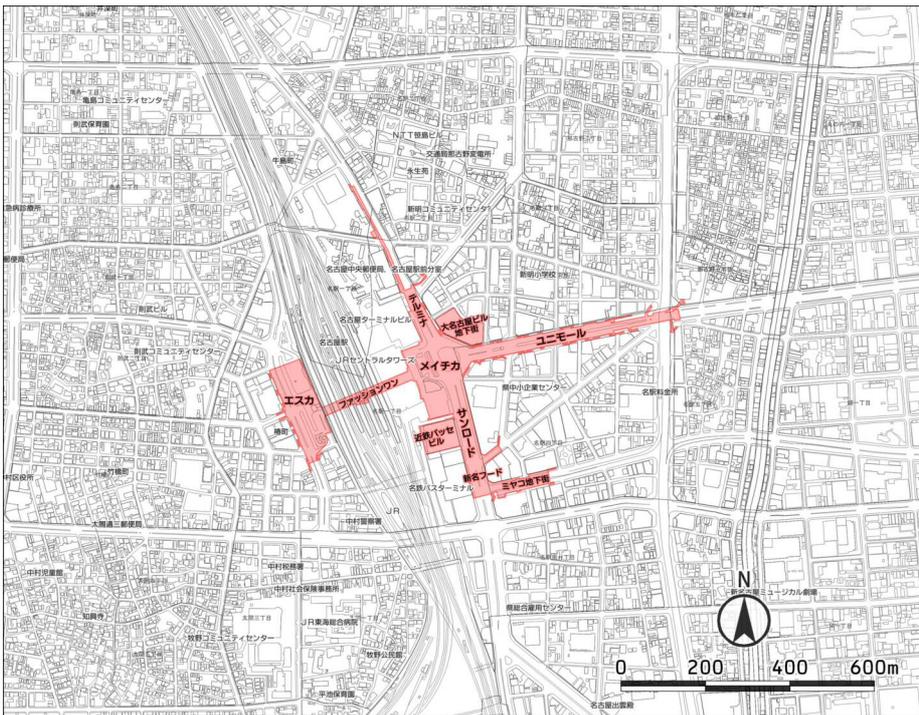


図-3 大規模ターミナル駅周辺の地下空間状況（名古屋駅エリア）

| | | | |
|--------|-----------------------------|--------|------|
| エリア | 3. 名古屋駅周辺エリア | | |
| 総乗降者数 | 約110万人（5駅） H21年度都市交通年報参照 | | |
| 運営路線情報 | 運行会社名 | 路線名 | 運営本数 |
| | JR東海 | 東海道本線 | 1路線 |
| | | 名古屋鉄道 | |
| | 近畿日本鉄道 | 名古屋線 | 1路線 |
| | 名古屋臨海高速鉄道 | 西名古屋港線 | 1路線 |
| | 名古屋市交通局 | 東山線 | 2路線 |
| 桜通線 | | | |

※関連データ：
 メイチカ（延床面積：約 11,300 m²，昭和 32(1957)年開設），
 サンロード（延床面積：約 1,970 m²，昭和 32（1957）年開設），
 テルミナ（延床面積：約 7,000 m²，昭和 51（1976）年開設），
 ユニモール（延床面積：約 27,300 m²，昭和 45（1970）年開設），
 新幹線地下街エスカ（延床面積：約 29,200 m²，昭和 46年(1971)年開設）



写真-2 名古屋地下街の利用状況

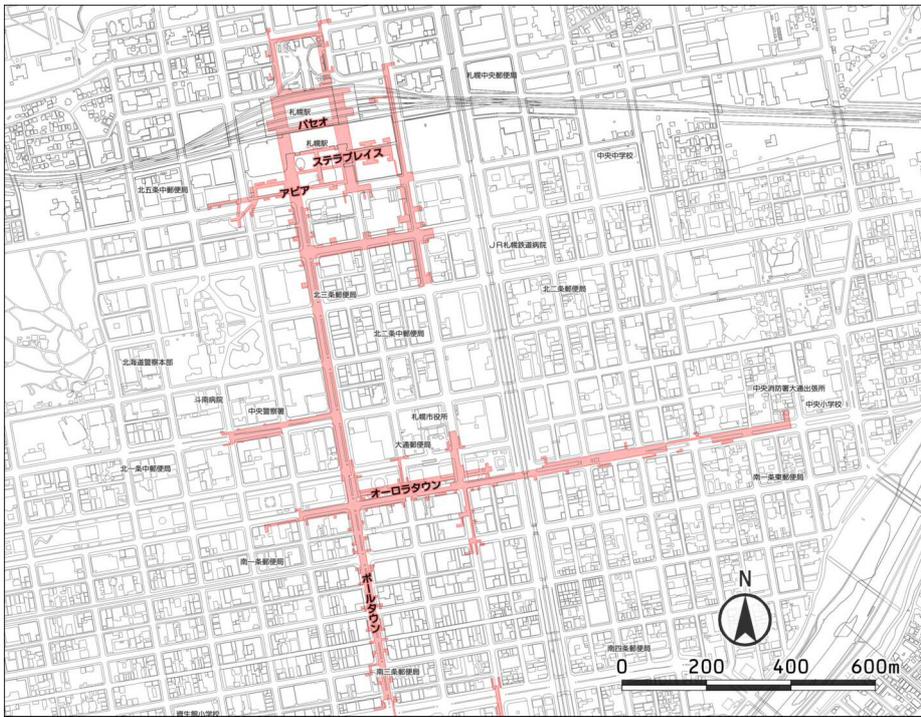


図-4 大規模ターミナル駅周辺の地下空間状況（札幌駅エリア）

| | | | |
|--------|----------------------------------|------|------|
| エリア | 4. 札幌駅周辺エリア | | |
| 総乗降者数 | 約30万人（5駅） 札幌の都市交通データブック2010参照 | | |
| 運営路線情報 | 運営会社名 | 路線名 | 運営本数 |
| | JR北海道 | 函館本線 | 1路線 |
| | 札幌市営地下鉄 | 南北線 | 3路線 |
| 東西線 | | | |
| 東豊線 | | | |

※関連データ：
 ポールタウン（延床面積：約 14,100 m²，昭和 46(1971)年開設），
 オーロラタウン（延床面積：約 33,600 m²，昭和 46(1971)年開設），
 アピア（延床面積：約 29,800 m²，昭和 41(1966)年開設），
 パセオ（延床面積：約 3,900 m²，平成元(1989)年開設）

(5) 都市災害規模の全体的な抽出及び都市インフラ防災対策立案

都市災害として、1995年の阪神・淡路大震災における地下構造物の被害のうち、特に被害の大きかったものは震度7の領域（「震災の帯」と称される）や海岸線の液状化地盤に集中していた。また、都市インフラである地下鉄構造物の大部分は削開工法で施工されており、中柱の損壊が圧倒的に多い被害を被ったことが調査で報告されている。神戸市内にある複数の地下街や駅に直結する地下駐車場は、電気・空調・給排水等設備系統に若干の被害が生じた程度で、構造物本体の被害は軽微であった。¹⁾ ここで最近発生した比較的大きな地震（M8以上）を整理したものを表-2に示す。この表からも明らかなように都市部では大規模な地震を経験していないことから、想定域を超える多くの災害について考えておく必要がある。都市部で大規模な地震等の災害が発生した時点で、多くの行政は被害情報の把握や救援・救助が最優先事項となることは明らかである。また、火災や建物の倒壊やライフラインの停止などの直接被害が多数発生する可能性は極めて高く、東日本大震災で発生したような帰宅困難者に対応している余裕は全くなると想定しておいたほうがよいと考えられる。この帰宅困難者に関しては、中央防災会議で想定される人数がすでに大都市部において公表されているが、その中でも東京都は4月18日の防災会議において6年ぶりに首都直下地震などの被害想定を見直し、従来の想定値を上回る約570万人の帰宅困難者、最大約340万人の避難者が発生するものとした。

特に都市のライフラインにおいて電気は重要であり、その電気が止まればビルのエレベーターや地下通路等の空間にある空調や照明も非常電源が稼働可能な時間を過ぎれば動かなくなることは明らかである。そのような状態でどれだけ多くの人が平常状態でいられるのかは定かでないが、災害発生の時間や規模によっては大混乱に陥ることも想定しておく必要がある。また、一定規模の用途建物は消防法で非常用自家発電機の設置が義務付けられている（省令12条の1項4号）が、消火や避難に必要な分しかなく、とても72時間（3日間）にわたって機能を維持するには足りないことは明確である。したがって、街区や地域ごとに自立した分散型の電源を確保することが防災力を高めることに繋がるものと考えられる。上記に示した4つの大規模ターミナル駅周辺においても自立型の電源を有しているビルがあり、再開発に合わせた防災力の向上が震災時においても事業を継続していけるビル所有者としての最低条件となりつつある。

表-2 M8以上の地震

| 地震名 | 発生年 | 地震の大きさ | 死者・行方不明者（人） |
|---------------|--------------|-------------|---------------|
| ※チリ地震 | 1960年 | M9.5 | 1,655 |
| ※スマトラ島沖地震 | 2004年 | M9.1 | 227,898 |
| 東日本大震災 | 2011年 | M9.0 | 18,926 |
| ※スマトラ島沖地震 | 2012年 | M8.6 | 未公表 |
| ※スマトラ島沖地震 | 2005年 | M8.6 | 1,313 |
| 明治三陸地震 | 1896年 | M8.2 | 21,959 |
| 昭和三陸地震 | 1933年 | M8.1 | 3,064 |
| 濃尾地震 | 1891年 | M8.0 | 7,273 |
| 南海地震 | 1946年 | M8.0 | 1,330 |
| ※メキシコ地震 | 1985年 | M8.0 | 9,500 |

（出典：読売新聞にて公表 気象庁、米地質調査所の資料を基に作成）

筆者らは、主な都市災害について分類別に公表されている災害規模の内容を抽出・整理し、名古屋駅周辺の地下通路計画に関わる防災対策について立案した防災対策の内容を整理した。(表-3参照 本表は研究段階の内容を記載) 例えば地震による地盤沈下が生じ復旧が完全に行われない状態でゲリラ豪雨や満潮時の高潮被害に見舞われるとか、地震時の火災と電気系統インフラが連続して発生するとか、いろいろな現象が重なり想定外のこととなることもあり得る。都市災害で最悪なケースは、1つの災害が誘因となって、別種の災害が発生するケースであるため、これからの都市災害に対する万全な対応を考え、優先順位をつけて対応していくという安全安心の都市づくりが求められる。

特に都市部の重要インフラである道路の役割は非常に大きい。3月11日東京都内で大渋滞が起こったのは、

首都高速道路が通行止めとなり、多くの車両が一般道を利用し、一部の信号トラブルもあったことが原因であり、地震による建物倒壊とか車自体の事故ではない自然渋滞であったことが報告されている。¹²⁾ 東京都地域防災計画では震度6弱以上の地震発生時に一般車両通行規制に伴い緊急車両通行の優先や環状7号線内側の全面通行禁止や都県境の流入禁止などを実施することとなっている。合わせて警視庁は、9月1日の防災の日に主要幹線道路で車両通行禁止の大規模な訓練を実施した所である。また、札幌都心部の地下駐車場や地下通路などを利用して平成24年2月13日(月)~2月19日(日)の7日間にわたり、地震時や豪雪時など地上部の交通網が麻痺した際の代替輸送網として、地下通路網の活用を模索する物流の社会実験も行われるなど地下通路を含む道路の防災上の役割は非常に大きなものと考えられる。

表-3 分類別災害規模等と対応する防災対策の立案(計画地下通路の事例)

(左列の災害分類は、内閣府(防災まちづくりポータルサイト)、「自然災害と防災の事典」(京大防災研監修)、早稲田大学災害社会研究グループ(災害因の分類)を参照し、加筆、作成したもの)

| 災害の種類 | 行政が公表している災害規模等(平成24年2月16日調査時点) | 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、ほか | 施設管理に対して、ほか |
| 自然災害 | 地震 | 対象地区は大部分が、震度6弱の強いゆれとなる。 | (◎震災後の役割検討) 少なくとも震災後の供用をどのように判断するか、震度や被災レベル等に応じた対応方法を検討する必要がある。 | ■構造躯体の耐震性に加え、意匠材の落下について配慮する必要がある。 | |
| | 津波 高潮 大規模洪水(高潮と洪水による複合災害) | ①津波: 東海・東南海地震が連動して発生した場合の想定では、現在のところ津波による被害はないとされている。 (津波避難ビルについて(名古屋市HP)) ②高潮: 平成24年度に高潮浸水予測図を公表予定。 (愛知県沿岸部における津波・高潮対策検討会)。 ③大規模洪水(右図): 「地下鉄の入口から地下鉄内への浸水」、「鉄道トンネルを通して地下街への浸水」が想定される被害の状況として記載されている。 (リスクマップ集「地下鉄・地下街」、東海・東南海・東日本地震・津波地域協議会、H21.3) | ○地下街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から地下街への浸水を防止するために、密閉扉を設置する必要がある。 危険管理行動計画(東海・東南海・東日本地震・津波地域協議会、H21.3より) | ■監視する居室とその設備(防災センター等)の設置 | ○避難誘導についての体制、方法 |
| | 風水害 洪水(河川氾濫による浸水) | 庄内川、矢田川が氾濫した場合、対象道路の浸水深は大半のエリアで1~2mと予測されている(ごく一部で2~3m)。 なお、名駅通りの帷島交差点以北では浸水深2~3mのエリアが大半を占めている。 庄内川の埋込が決壊した場合の浸水イメージ(庄内川河川事務所) | | ■防災情報提供システムの検討 | |
| 人的災害 | 風水害 内水浸水(大雨による浸水) | ①名古屋地方気象台記録の最大観測雨量(東海豪雨)では、対象道路の浸水深は0.2~0.5m、隣接する街区で0.5~1mと予測されている。(下広井町交差点以南は0.2m未満の道路冠水程度)。 ②最近の主な浸水実績では、2回浸水している(平成12年東海豪雨、平成20年豪雨) ①内水ハザードマップ(名古屋市) ②平成22年度名古屋市浸水実績図 | | ■開口部(出入口、他通路との接続部、給排気等)に止水板(防潮板)等を設置する。 | 浸水による機能損失リスクをできる限り小さくするため、次の施策をとることが望ましい。 ■地上における監視設備(防災センター等)の設置、土壌等の備蓄を行う。 ■電気・機械室についても、同じく地上での確保が望ましい。 |
| | (火山) | | | | |
| 地盤災害(沈下、液状化) | 液状化の危険度は、帷島交差点付近と下広井町交差点以南で「高く」(面積の5%が液状化)、下広井町交差点付近では「極めて高い」(面積の18~35%が液状化)。 地震時の液状化については、大半の砂質土層で地震時には液状化すると判定される。 (名古屋駅周辺公共空間(地下通路)整備計画に係る地質調査業務委託報告書平成23年11月、名古屋市より抜粋) | (地震に同じ) | ■防災情報提供システムの検討 | | |
| (土砂災害、地滑り) | | | | | |
| 火災 | ○建物の倒れやすさ、燃えやすさの危険度ランクI(低い) ○避難・消防活動のしにくさの危険度ランクI(低い) 「震災に強いまちづくり方針(別添資料)〇各区 総合危険度評価図、H19年3月、名古屋市 | | | | |
| (大気汚染、水質汚濁、騒音、振動、汚物・悪臭)(放射線) | | | | | |
| (病原菌) | | | | | |
| テロ | | | | | |
| (管理災害)管理の不備等による災害 | | | | | |

3. 中国における地下空間防災に関して

目覚ましい発展を続ける中国においても、多くの地下空間開発が進められており、日本と同様に災害時の安全性が大きな関心事となっている。中国の地下空間開発における防災について、当社の業務事例を含めてその一旦を報告する。

(1) 地震災害への対応

a) 中国国内発生地震履歴の調査

中国国内で過去に発生した主な地震履歴の調査結果を以下に示す。

表-4 中国における大規模地震履歴

| 名称 | 発生日時 | 規模 |
|-------------|--------------|-------|
| 青海省青海地震 | 2010. 04. 14 | M7. 1 |
| 四川省四川大地震 | 2008. 05. 12 | M8. 0 |
| 新疆ウイグル自治区地震 | 2003. 02. 24 | M6. 8 |
| チベット北部地震 | 2001. 11. 14 | M8. 1 |
| 河北省地震 | 1998. 01. 10 | M5. 6 |
| 雲南省・ビルマ地震 | 1998. 11. 06 | M7. 4 |



図-5 中国における大規模地震震源分布

調査結果より、四川省や北京周辺に大規模地震の発生履歴が見受けられ、内陸部分はインドプレートとユーラシアプレートが位置しているエリアに履歴が集中している。中国国内での地震発生履歴は日本での地震発生回数と比べると少ないものの、地震規模は非常に大きい。そのような過去の経緯から、災害を受けた場合には地下空間の補修や作り直しが困難となることが予想されており、地下空間の耐震設計が整備運用されている。

b) 耐震設計法の比較

日本と中国における耐震設計法の比較を行った。

表-5 日本と中国における耐震設計法

| | 日本基準 | 中国基準 |
|--------|-------------------------------|--|
| 設計基準体系 | 国家基準 | 国家基準 地方政府規定 |
| 地震強度 | L1 地震動 L2 地震動 (海洋型・内陸型) | i) 多遇地震不壊 ii) 設防烈度地震可修 iii) 罕遇地震不倒 |

i)～iii)は中国での各地震動の50年超過確率を示す。

i) 多遇地震不壊 = 50年超過確率 63%

ii) 設防烈度地震可修 = " 10%

iii) 罕遇地震不倒 = " 2%

中国での地震強度は地方単位で定められており、設計に用いる地震強度としては、各建物の用途等に応じて設計用の入力波形が作成され、それを用いて設計が進められている。

(2) 浸水災害への対応

a) ゲリラ豪雨の状況

近年の地球温暖化に伴い、世界各国の気象状況に異変が生じている。日本国内でのゲリラ豪雨発生頻度がある都市に見た場合、最近10年と過去30年を比較すると時間50mmの降雨強度が約1.5倍に、時間100mmでは約2倍に増加している。一方、中国国内でも以下のような集中豪雨を経験している。

表-6 中国における近年の集中豪雨

| 日時 | 場所 | 降雨強度 |
|--------------|----|------------|
| 2011. 06. 30 | 北京 | 100mm以上/時間 |
| 2005. 07. 30 | 天津 | 113mm以上/時間 |

b) 浸水被害に対して

地下空間出入口部分のレベル設定は、道路レベルより約40cm～50cm高くして設定されているが、その設定値の妥当性は評価をされておらず、現在、地下空間浸水に関しての検証を進めている段階である。地下空間浸水検討時に考える浸水強度としては、内水氾濫を中心に実施している。その理由としては、外水氾濫に関しては、その危険性を事前に把握し、地下空間利用者の安全避難を確保可能であるからである。一方、内水氾濫を起こす要因でもあるゲリラ豪雨は、短時間に集中して多量の降雨をもたらすことから、地下浸水への危険性が非常に高いものと考えられる。

内水氾濫検討を行う場合には、以下のパラメータの設定が必要である。

- ・降雨強度の設定：再現確率から設定
- ・地上浸水モデルの設定：宅盤，道路レベル情報等
- ・雨水排水管モデルの設定：雨水排水諸元情報

モデルは大きく，雨水排水管モデルと地上浸水モデルに区分される．通常，地上に降った雨は雨水排水管に流れ込み，処理される．しかし，豪雨の場合，雨水排水管で処理しきれない分がマンホールから地上に溢れる．地上に溢れた水は，地表面の高低により低い場所に溜まっていき，そのエリアで浸水災害が発生する．その浸水災害の起こったエリアに，地下空間が整備されている場合には，地下空間出入口部分より浸水が始まり，地下利用者の避難を妨げる要因になる可能性が高くなる．

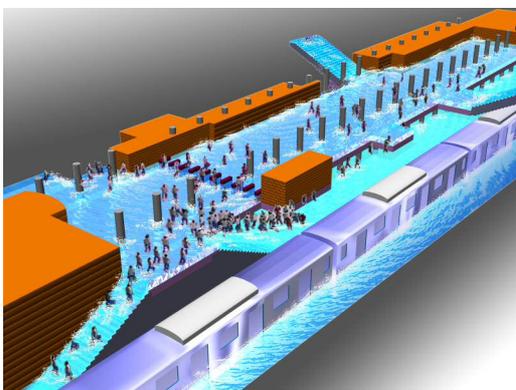
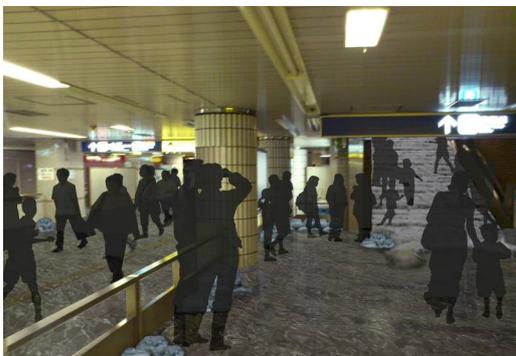
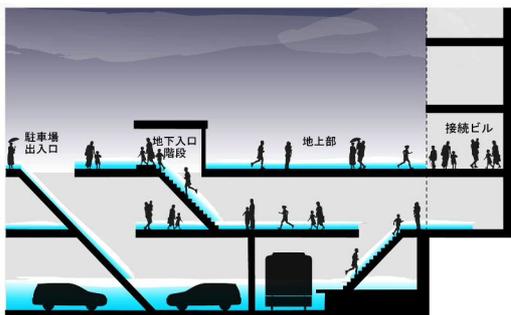


図-6 駅周辺部の地下空間浸水イメージ（中国の地下鉄駅とは無関係である）

(3) 火災災害への対応

a) 地下火災の危険性について

参考として平成 16 年度の日本の消防白書より地下街・事務所ビル・物販店舗の出火件数と出火率を調査した結果を示す．

表-7 日本における地下空間出火件数及び出火率

| | 出火件数 | 出火率 |
|-------|-------|------|
| 地下街 | 7 件 | 5% |
| 事務所ビル | 818 件 | 0.2% |
| 物販店舗 | 497 件 | 1.1% |

以上の調査結果より，対象物総数に対して出火率が非常に高いことがわかる．過去の地下空間火災を見ても，一度大きな火災が発生すれば，多くの人命を損なう可能性が高いということが地下空間の火災の特徴として挙げられる．

b) 中国防火基準について

現在の中国でも多くの地下空間が整備されており，中国独自の防火基準が整備されている．

表-8 中国における地下空間防火基準例

| 地下街(地下建築物) | |
|------------|--|
| 防火区画 | 2000 m ² 以内に防火シャッター等で区画分けを行う。 かつ，地下空間総面積 20,000 m ² を超える場合には，サンクンガーデンもしくは甲種防火扉により 20,000 m ² 以内になるように分画する必要あり． |
| 避難距離 | 地上への直通避難階段までの 直線距離：30m 以内 ※スプリンクラー設置時は 37.5m |
| 地下歩行者通路 | |
| 防火区画 | 特に規定無し． |
| 避難距離 | 100m 以内(地下鉄駅設計基準内に記載) |
| 地下駐車場 | |
| 防火区画 | 4000 m ² 以内 |
| 避難距離 | 45m 以内 ※スプリンクラー設置時は 60m 以内 |

2000 m²の防火区画内に原則として 2 箇所以上の避難階段を設置しなければならないという基準が存在するため，地下空間の平面形状によっては多くの避難階段が隣接することとなる．中国国内の地下街事例を見ると，大規模なサンクンガーデンを設置し，外気に面した安全な空間・広場を設けることにより避難階段の隣接を防ぐと共に火災時の安全性を高めている工夫が見受けられる．

日本の地下街では表-8 と異なり，地下店舗毎個別に防火区画を行うことが定められている．公共地下通路の

幅員部分には防火区画(シャッター)が設置されておらず、店舗毎の区画にて延焼を防止すると共に、立体横断施設である公共地下通路の安全性と避難時の十分な幅員を確保する構成となっている。中国国内においても一部の地下街では、基準上の要求を超えて各店舗に防火シャッターを設置し、火災時の安全性を向上させている事例が存在する。

地下空間開発や地下鉄計画が急激な勢いで進められている中国であるが、これまで重要視されてきた「早急な計画実現」から「安全・快適な地下空間の整備」へとプロジェクトの目的意識がシフトしてきている。今後の計画においては地震・浸水・火災等へのトータルな防災性能がより強く要求されることが予想される。



写真-3 中国における地下街(蘇州 星海生活広場)



写真-4 中国地下街におけるサンクンガーデン(蘇州 星海生活広場)

4. まとめ

以上のように地震に対しては安全にみえる、安全であった地下空間は様々な災害に対して、避難を行ううえでは想定外もありという内容で安全性を見直す時期であると考えられる。特に、津波や高潮等の水害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甚大な被害が生じるため、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と考える。梶、塚越らは地下空間が抱える危険性を4つの側面で整理している。¹³⁾

- ① 物理的な有効避難口の少なさ
- ② 火災発生時の火炎・煙などによる避難路確保の困難さ
- ③ 平常時の人口密集度の高さ
- ④ 方向覚知困難および精神的圧迫感による避難行動の緊迫化

地下空間と地上を結ぶ出入口は、被災時に障害や火災により遮断された場合には避難に有効なものとはならず、避難できる出入口に多くの人々が殺到する危険性を多くはらんでいる。また、地下空間は閉鎖された空間である特徴が、火災時には煙等により視界が遮られるため、身近な避難口の発見にも時間を要してしまうこと、屋内空間の照明等電気系統が万が一にも故障した場合、非常電源が作動している時間を過ぎると暗闇になり、避難等がかなり困難なものとなる可能性は高い。

このような地下空間特有の防災に関して、安全・安心の内容を高めていくためには、避難行動や設備対応等のシミュレーションに基づいた安全性の判断と地下空間内での効果的な避難誘導手法の検討であり、その検討事例や避難計画等も多く公表されている。今後は、これらの検討内容をいかに地下空間において実際に適用していくか、適用した場合の課題に対処していくか、がますます重要となってくる。いま多くの人々が所有している携帯電話等に緊急地震速報が流れる状況と同じように、これからは1人1人の安否情報が容易に確認でき、屋内において正確な位置情報が取れるような災害に対応した環境が、屋内・屋外で整備されることが必要であると考えられる。

一方、日本の防災技術は、海外でも強力な「売り物」になるという考えで防災インフラ技術の海外展開が、今後、ますます増えてくる。その一環として、この5月1日に日米がGPSを共同開発し、その利用のひとつに防災をテーマに挙げたことは非常に意味あることと考える。特に最近のアジア諸国で自然災害が多く発生しており、それらを事前に察知することや災害時の避難誘導をGPSで行うことなど、多くの利用が防災の観点で発揮されることを期待する。

今回は国内の大規模ターミナル駅での地下空間状況の整理と地下通路の防災対応案を整理するとともに、相当な勢いで地下空間が築造されている中国の状況という2つの報告内容を示した。いずれも非常に多くの人々が利用している駅であり、駅自体の利用方法も変わってきており、駅自体が商業施設となり、都心部の核として多くの人を引き付ける場所となっている。このような状況を踏まえながら、大規模ターミナル駅を中心とした地下空間における防災に着目し、安全・安心な都市施設となるよ

うに計画・設計等を進めていくことが、都市としての安全性を高めるものとする。

参考文献

- 1) 迷わず歩ける首都東京ターミナル駅断面透視図, PHP, 2011. 12
- 2) 自然災害と防災の事典, 丸善出版, 2011. 12
- 3) 酒井, 堀池, 築瀬, 岩波, 西田, 宮沢, 粕谷: 東日本大震災に伴う仙台地区地下空間調査報告, 地下空間シンポジウム論文・報告集, 第 17 巻, 2012. 1
- 4) 都市住民のための防災読本, 新潮新書, 2011. 7
- 5) 災害に強いまち中央区 地域防災計画概要版, 中央区, 2009. 8
- 6) 門前, 金田一, 大森, 粕谷: 東日本大震災における東京圏地下街等帰宅困難者対応アンケート調査報告及び考察, 第 67 回年次学術講演会, 2012. 9 (投稿中)
- 7) 東日本大震災に関する調査(帰宅困難/心理と行動編) 調査報告書, (株)サーベイリサーチセンター, 2011. 6
- 8) 廣井, 関谷, 中島, 藁谷, 花原: 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, 2011. 11
- 9) IT が守る, IT を守る 天災・人災と情報技術, 坂井修一, NHK ブックス
- 10) 地理空間情報活用推進基本計画(案): 地理空間情報活用推進会議事務局, 2012. 2
- 11) 「阪神・淡路大震災調査報告」: 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会, 地盤工学会, 土木学会
- 12) 「特別リポート 東京震災, 機能不全の危機」, 2011. 8. 22, 日経コンストラクション
- 13) 改訂版都市防災学 p141~p143, 梶秀樹・塚越功, 学芸出版社

(2012. 5. 7 受付)

STUDY OF DISASTER-PREVENTION MEASURES OF UNDERGROUND FACILITIES AROUND LARGE-SCALE TERMINAL STATION

Mikito TAKAHASHI, Takaki OHMORI, Motohiro SAWADA,
Masaaki SAKAMOTO, Toshinori MONZEN

When the Great East Japan Earthquake occurred on March 11, 2011, a crowd of people: some had difficulty in returning home, flowed into some large-scale terminal stations seeking for information and caused chaos in underground paths and shopping malls around the station. It is expected there would be the unexpected accidents and chaos more seriously when another great earthquake hits the urban area in the near future. In this article, we reveal the complicated underground structure of the existing terminal stations in four cities in Japan, and find out their disaster-prevention measures from the “soft” and “hard” aspects. We also provide the examples of China where the underground development has been rapidly promoted in all these years.