

防災小委員会活動報告

ANNUAL REPORT ON THE DISASTER MITIGATION SUBCOMMITTEE, COMMITTEE ON UNDERGROUND SPACE RESEARCH

馬場 康之^{1*}・角川 順洋²・戸田 圭一³・尾崎 平⁴

Yasuyuki BABA^{1*}, Yorihiro KADOKAWA², Keiichi TODA³ and Taira OZAKI⁴

The subcommittee on disaster mitigation is one of the subcommittees of the Committee on Underground Space Research, Japan Society of Civil Engineers (JSCE). The Committee on Underground Space Research have been established in 1994, and "Disaster mitigation" is one of the important issues to be tackled. The subcommittee concerned with "Disaster mitigation" have been working since 1996. The subcommittee was renamed "The subcommittee on disaster mitigation" in 2002, and the subcommittee on disaster mitigation have continued research and investigation for the disaster mitigation in underground space.

The research theme of the subcommittee on disaster mitigation is "the disaster mitigation in underground space for disaster-resistant urban development", and the activities of the subcommittee consist of 4 sub-themes, 1: field survey of the usage of underground spaces, 2: fire disaster in underground space, 3: flood disaster in underground space, 4: education and enlightenment activities for disaster mitigation. This report introduces the recent activities of the subcommittee on disaster mitigation with some research achievements.

Key Words : *disaster mitigation, field survey, fire disaster, flood disaster, education and enlightenment activities*

1. はじめに

地下空間研究委員会・防災小委員会は，平成6年度に委員会が常設されて以来，都市域の防災と地下空間に関わる研究を行っている¹⁾。

研究小委員会の活動が開始された平成8年からの第一期（平成8～10年度）は「環境・防災小委員会」として，その前年（平成7年）に発生した阪神・淡路大震災の被害事例の収集，および地下空間における防災機能の調査・研究をテーマに活動を行った。その後，第二期（平成11～13年度）には「地下防災小委員会」と名称を改め，災害に強い都市づくりを目的とした地下空間利用のあり方の調査・研究を活動テーマとした。

平成14～16年度の第三期に現在の「防災小委員会」という名称になり，都市における地下空間の役割や地下空間における防災に関する調査・研究を進めるとともに，第四期（平成17～19年度）には地下空間利用の計画システムや事業システム，費用対便益・価値評価システム等

に関する調査・研究を活動テーマに加えた。

平成20～22年度の第五期には，「災害に強い街づくりにおける地下空間の防災のあり方」を研究テーマとし，以下の3つのサブテーマを設けて調査・研究を実施した。

1. 地下空間実態調査
2. 地下火災
3. 地下浸水

上記のほか，「バリアフリー」もサブテーマとして挙げられていたが，“バリアフリー”については，下記サブテーマのいずれにも関係するものであることから，各サブテーマの活動に含めた形での検討を行うこととなった。

現在は，第六期（平成23～25年度）の期間中であり，今年度は今期三か年の最終年である。本報告は，平成25年度半ばまでの防災小委員会の活動について，取りまとめと概要説明を行うものである。

キーワード：防災・減災，実態調査，火災災害，浸水災害，防災教育・啓発

¹正会員 京都大学 准教授 Associate professor of Kyoto University (E-mail: baba@uh31.dpri.kyoto-u.ac.jp)

²正会員 東京電力株式会社 Tokyo Electric Power Company

³正会員 京都大学 教授 Professor of Kyoto University

⁴正会員 関西大学 助教 Assistant professor of Kansai University

2. 防災小委員会の活動

防災小委員会は、街づくりにおける地下空間の役割を重視し、地上・地下を含めた都市のあり方を見据えながら、地下空間における防災について総合的かつ実践的な研究を推進することを目的としている。平成25年6月現在、小委員長1名、幹事2名の体制で、全25名の委員により活動を行っている。

小委員会は、通常年4回程度開催され、小委員会の開催に合わせて地下に関連する現場施設の見学や、小委員会委員または外部の有識者による話題提供および意見交換などを行い、活動の内容、幅の充実を図っている。このほか、例年秋の土木学会全国大会では共通セッションにおいて小委員会委員が研究成果を発表するとともに、平成24年度には研究討論会を主催し、地下空間の防災・減災対策としての避難および避難訓練の重要性について、総合的な議論を展開している。

例として、平成23年10月からの活動経過を以下に示す。

- ・ H23年10月6日 平成23年度第1回小委員会（話題提供2件）
- ・ H23年12月7日 平成23年度第2回小委員会（話題提供2件）
- ・ H24年1月20日 第17回地下空間シンポジウム（災害調査報告2件、発表5件）
- ・ H24年2月24日 平成23年度第3回小委員会（話題提供2件）
- ・ H24年6月5日 平成24年度第1回小委員会（話題提供2件）
- ・ H24年9月5～7日 平成24年度土木学会全国大会（研究討論会・「地下空間の防災・減災と災害時避難」、共通セッション・発表5件）
- ・ H24年9月10日 平成24年度第2回小委員会（話題提供2件）
- ・ H24年11月29日 平成24年度第3回小委員会（話題提供2件）
- ・ H25年1月16日 第18回地下空間シンポジウム（発表7件）
- ・ H25年2月28日 平成24年度第4回小委員会（話題提供2件）
- ・ H25年6月10日 平成25年度第1回小委員会（現場見学会）
- ・ H25年9月4～6日 平成25年度土木学会全国大会（共通セッション・発表6件）

今期（平成23～25年度）の活動テーマは、前期同様「災害に強い街づくりにおける地下空間の防災のあり方」であり、4つのサブテーマを設けて調査・研究を展開している。

1. 地下空間実態調査
2. 地下火災
3. 地下浸水
4. 地下空間防災教育・啓発

地下空間実態調査は、地下空間利用の実態調査、特に防災対策に有効活用されている事例を中心に、規模の大小を問わず調査研究を行うものであり、小委員会全体での取り組みを行っている。実態調査の対象は構造物だけではなく、地震や風水害に伴う帰宅困難者、一時避難所としての地下空間の利用のあり方や東日本大震災に伴う地下施設の液状化被害に関する調査研究も実施している。平成23年9月の台風15号により発生した名古屋近郊での地下空間浸水被害については、計画小委員会と合同で実施した。

地下空間における火災については、建築の側面からの調査・研究が従来より行われている。本小委員会でも、地下空間で発生した火災の事例調査、および調査結果からの問題点の抽出を通じて、地下火災の特性を踏まえた防災対策、被害軽減策等について研究を実施している。また、次項目の地下浸水との比較から、火災と浸水被害の両方の観点から地下空間の防災に関する検討を行っている。

地下浸水は前期に実施された実物大模型実験の結果を踏まえて、地下浸水発生時の被害予測、避難限界に関する数値解析および実験的研究を継続的に実施しており、浸水時の被害軽減に資する指標、安全性向上のための方策等の取りまとめを目指している。浸水被害に関する指標などは地下空間の計画においても重要な指標であり、本サブテーマについては計画小委員会との連携も視野に活動を行っている。

加えて、平成23年に発生した東日本大震災の被害を鑑み、予想される東海・東南海・南海地震等の巨大地震に伴う津波発生時の地下施設への浸水、被害予測、避難の方策について検討を予定している。

今期から追加された”地下空間防災教育・啓発”は、火災、浸水、地震等の災害に対する地下空間の安全性に利用者認知、防災に対する意識調査を通じて、災害時の安全避難に向けた情報提供の方法、平常時の啓発活動等について取りまとめるもので、地下空間利用者の意識調査では、心理小委員会との連携も検討されている。本サブテーマにおいては、体験型防災教育装置、都市水害再現模型装置等を用いた防災教育の有効性、意識啓発に関する研究を実施する。

次章では、今期の活動に基づく主だった成果等を示す。

3. 今期の主な活動事例

(1) 平成23年9月台風15号による浸水被害²⁾

平成23年9月20日に台風15号の接近による大雨により、愛知県春日井市のJR高蔵寺駅の地下道ならびに周辺のアンダーパス部などで浸水被害が生じた。今回の被害は、東海豪雨と比較するとその規模は小さいが、被災状況を把握するために、9月23日に土木学会地下空間研究委員会の防災、計画小委員会の委員有志が現地へ赴き、地下道の浸水が見られたJR高蔵寺駅およびその周辺での被害について現地調査を実施した。

名古屋市周辺では、台風15号の影響により、大気の状態が不安定となり、9月20日を中心に大雨となり、降り始め(19日17時)から21日19時までの約2日間の降水量は、名古屋で274mm(20日の日降雨量169.5mm)に達した。最大時間雨量は45.5mm(名古屋、20日15:56)であった。また、庄内川の上流にある多治見雨量観測所(多治見市)では累加雨量436mm、時間最大雨量64mmを記録した。

JR高蔵寺駅は、名古屋より電車で約30分、愛知県春日井市に位置し、改札が地下に設けられており、一日当たりの乗車人員は約20,000人である。今回の大雨により改札および改札に連絡する地下道が浸水被害を受けた。現地調査の結果、改札内壁面、地下道壁面部に約43cmの浸水痕跡が確認できた(写真-1)。この地下道への浸水は、ヒアリングの結果、JR高蔵寺駅北側の出入口より流入したと推定される。また、その地上部の推定浸水深は、ヒアリングならびに一部の痕跡より約50cmである。

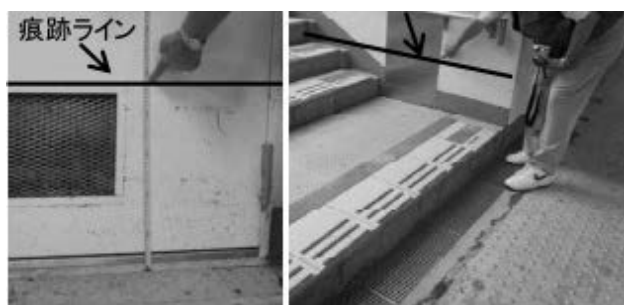


写真-1 JR高蔵寺駅地下道浸水痕跡 (被災3日後)



写真-2 JR高蔵寺駅地上部

ことを確認した(写真-2)。次に、JR高蔵寺駅の西側に位置し、JRの軌道下を横断する歩行者用地下通路を調査した。本地下通路は、軌道の北側の地盤が、南側に比べ高くなっている。本地下道の浸水深は約185cmであった。ここでは、北側出入口より氾濫水が流入し、低い南側より流出している。

上述のようにJR高蔵寺駅および周囲の地下歩道では、浸水深がそれぞれ43cm、185cmとなっており、地下歩道に関しては極めて危険状態となっていたことが明らかとなった。今回の災害事例より、従来、危険性が指摘されていた地下鉄の駅だけではなく、地上鉄道であっても、駅の改札口や連絡通路が地下に建造されている箇所は水害に対して脆弱であることが露呈した。さらに、地下道出入口のそばに河川が流れているようなケースでは、今回の内水氾濫のみならず、東海豪雨時のように外水氾濫による浸水被害も想定され、さらにその危険度が高い。

(2) 水害時の水没車に関する実験的検討³⁾

近年、50mm/h以上の降雨の頻度が増加傾向にあり、水害時には車両が流されるなどの被害が発生している。また、内水氾濫の際には、アンダーパスや地下駐車場が浸水することで自動車が水没し、流される危険性も考えられる。水害時に自動車が水没すると、車に人が取り残される被害が想定されるほか、水没・漂流した自動車が避難行動の妨げになる恐れも懸念される。そのため、車両が流され始める条件、流された際の漂流の状況を明らかにする必要がある。水没車の限界掃流条件について実験的検討を試みた。



写真-3 実験状況 (流れは右から左)

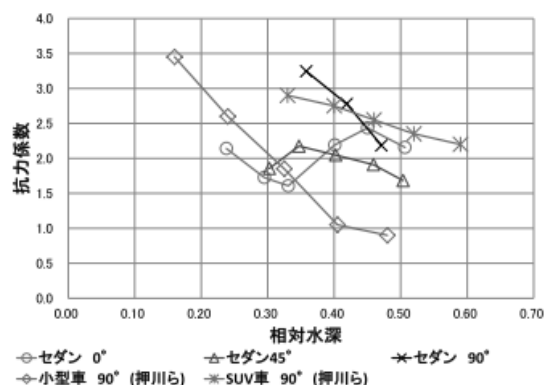


図-1 実験結果 (抗力係数と相対水深の関係)

実験は、京都大学防災研究所宇治川オープンラボラトリ内に設置された幅 1m、長さ 10m の水路に車模型を設置し、その車を停止させるのに必要な力を電子ばねばかりにより計測する方法を用いた（写真-3）。実験には実物の 10 分の 1 のセダンの車模型を用い、車模型は、重量補正を行い模型と実物の見かけの密度（=車の重量/体積）の比率が一致することを確認している。

流体力の大きさを示す抗力係数に関する結果は図-1に示す通りである。図には、押川ら⁴⁾が三分力計を用いて小型車と SUV 車の抗力係数の 90° の算出結果をあわせて示している。相対水深は流体力の測定実験の際の水深を車高で除し、無次元化した値であり、図より 0° および 45° の抗力係数は 1.5 から 2.5 の間を推移していることがわかる。90° の結果と押川らの結果を比較するとほぼ同様の値が得られ、セダンの抗力係数は SUV 車に近いものであることが確認された。次に相対水深の変化による抗力係数への影響は、相対水深が大きくなるにつれて抗力係数は減少する傾向として現れることがわかる。

(3) 大谷石採石地下空間の防災と有用性評価⁹⁾

宇都宮市大谷町は、栃木県宇都宮市の中心から北西約 7 km に位置し、大谷採石地下空間があることで知られている。この地下空間は、戦時中に地下工場として利用され、現在でもハムやワインの熟成やお酒の貯蔵空間などとして利用されているものもある。平成元年から 3 年にかけて大規模な地下空間陥没事故が発生したため、その

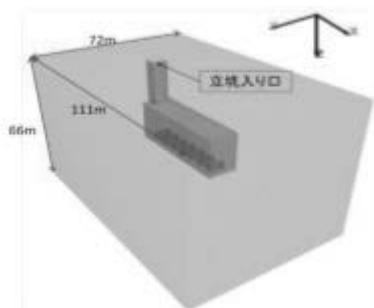


図-2 数値解析モデル（濃色部が採石地下空間）

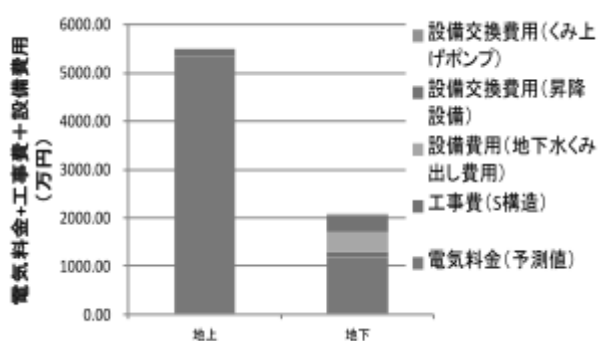


図-3 施設におけるLCCの比較

後、採石地下空間の安全性とその空間の有用性を地域住民に理解して頂くために実験・調査などが行われている。ここでは、現存する大谷採石地下空間を有効利用することを目的に、地上・地下で同規模の施設を対象に、建設から維持管理に至るまでの LCC を算出して、地下構造物の有用性について検討した。

以下の検討では、現存する採石地下空間をモデル化の対象とし、都市施設に分類されるデータセンターを地下空間の有効利用の検討を行う施設とした。この施設はコンテナサーバーを地下空間に7機設置することを想定し、立坑からの外気の流入や、データセンターの稼働によって暖められた空気の移流を考慮する。また、地下施設の長期利用を想定し、有効利用の検討を行った。

都市施設の熱環境の解析は、データセンターが設置された地下空間の温度変化を求めることを目的とし、検討対象とした地下空間の一部にコンテナサーバーを設置した状況を FLAC3D (Itasca 社)によってモデル化し（図-2）、施設を 50 年間稼働させた場合のコンテナサーバーの周辺温度の分布を算出した。

小規模な模型実験結果から得られた実測値と数値解析結果を比較したところ、温度の値には差がみられたものの、同様の变化傾向を示した。数値解析から得られた施設周辺温度を用いて、熱負荷計算を行い、年間電力消費量を算出し、同様の規模を想定した地上施設と地下施設との比較を行った。その結果、消費電力量は、温度が変動しやすい地上施設よりも、恒温性という特性を持つ地下施設の値が小さくなった。

また、初期投資費用)を維持管理に必要なコストと定義した場合、地上に同様の施設を建設するよりも、既存地下空間に施設を建設の方が経費を節減できる可能性があることが示された（図-3）。

(4) 小委員会開催時の話題提供

前章で述べたように、小委員会の開催に合わせて地下に関連する現場施設の見学や、小委員会委員または外部の有識者による話題提供および意見交換などを行っている。これらの話題提供は、小委員会の活動の内容、幅の充実を図る上で非常に有用であり、小委員会としても重要な活動と位置づけ、継続的に実施している。

前章に示された話題提供のタイトルおよび講演者は以下の通りである。

●H23年10月6日 平成23年度第1回小委員会

- 「地下浸水に関する話題－小規模地下空間と地下駐車場の浸水について－」

石垣 泰輔 委員

- ・「8月末の大阪でのゲリラ豪雨調査を中心とした都市浸水の話題」

尾崎 平 委員

●H23年12月7日 平成23年度第2回小委員会

- ・「地下空間浸水時の避難および救助の筋電図による危険性評価」

関西大学 小谷 賢太郎 先生

- ・「海岸利用者の津波防災意識と避難について」

関西大学 島田 広昭 先生

●H24年2月24日 平成23年度第3回小委員会

- ・「都市地下空間開発に伴うBCPへの対応（主に水害をテーマとして）」

大森 高樹 委員

- ・「大規模地下空間での浸水特性と浸水対応策の効果について」

中央復建コンサルタンツ 森兼 政行 様

●H24年6月5日 平成24年度第1回小委員会

- ・「韓国ソウルの都市水害」

京都大学 川池健司 先生

- ・「大谷採石地下空間の防災と有効利用」

清木隆文 委員

●H24年9月10日 平成24年度第2回小委員会

- ・「地下を含む鉄道駅の危険性」

石垣泰輔 委員

- ・「クルマの漂流実験」

戸田圭一 委員長

●H24年11月29日 平成24年度第3回小委員会

- ・「津波時の避難」

関西大学 島田 広昭 先生

- ・「都市の氾濫解析の開発と適用について」

武田 誠 委員

●H25年2月28日 平成24年度第4回小委員会

- ・「津波と地下浸水」

京都大学 平石哲也 先生

- ・「施設群のアセットマネジメント」

秀島栄三 委員

(5) 地下に関連する現場施設の見学

小委員会の開催に合わせて実施される現場施設の見学は、地下空間利用の実態調査の意味合いを持ち、また参加者にとっては日頃目にすることのできない現場施設を観ることのできる絶好の機会を提供している。

これまでも神田川・環状七号線地下調節池や首都高速・中央環状新宿線 東中野換気所周辺などの地下空間に設置された施設の見学をはじめ、地下への浸水に関連する津波、高潮に関連する施設として、大阪府津波・高潮ステーションなどの見学も実施してきた。

今期は、2013年（平成25年度）の第1回防災小委員会の



写真-4 東京電力（株）新豊洲変電所 地下変電設備

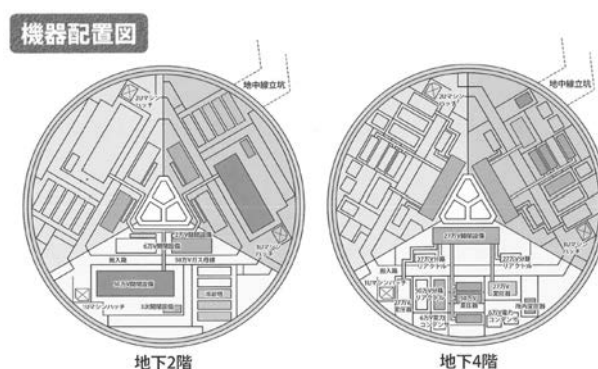


図-4 東京電力（株）新豊洲変電所 機器配置図



写真-5 現場見学の様子（概要説明）



写真-6 現場見学後の集合写真

開催時に、東京電力（株）新豊洲変電所の現場見学を実施した（写真-4）。新豊洲変電所は、地下式としては世界初の50万ボルト変電所で、平成12年から運用を開始している⁹⁾。変電所は地下4階となっており、変電所設備はすべて地下空間内に配置されている。変電所は円形地下式の建物であり、円筒形の採用により、約1年の工期短縮と工事費約74億円のコストダウンが達成されている。なお、円筒形の建物内は均等に三分割され、同じ構成の変電設備が配置される（図-4）。

4. おわりに

本報告は、第六期（平成23～25年度）防災小委員会の活動について、平成25年度半ばまでの内容を取りまとめたものである。

今期は4つのサブテーマを設けて、地下空間における防災に関する調査・研究活動を継続的に実施している。防災小委員会としての活動については、前章に挙げた活動例のほかにも小委員会委員により精力的な活動が展開されており、それらの結果については今期の成果を取りまとめる際に個々の事例について示す予定である。

また、他小委員会との横断的な連携についても、次のような方向で積極的な展開が検討されている。例えば、街づくりの計画段階に際して、地下空間への浸水被害の軽減のための指標を実際の計画に活かすことなどを計画小委員会と連携して行う。また、地下空間での火災や浸水時の避難行動について、心理小委員会との連携の基に、より安全な避難行動を行うために求められる地下空間の機能、設備などについて検討を行う予定である。

まもなく、第六期の締めくくりを迎え、第七期に向かって、本小委員会の研究テーマ「災害に強い街づくりにおける地下空間の防災のあり方」に沿った活動を、今後も積極的に展開する所存である。

謝辞：ここで示した活動内容は、防災小委員会委員各位の献身的な活動の基に成り立っているものである。小委員会の開催に際して実施している話題提供ならびに現場見学において、ご協力いただいた各位にここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 地下空間研究小委員会小史：http://www.jsce-ousr.org/system/files/1994-2007_委員会小史。
- 2) 尾崎 平，石垣泰輔，築瀬範彦，清木隆文，中山学，戸田圭一：地下改札口・地下道を有する鉄道駅の浸水危険性に関する考察 ―平成 23 年台風第 15 号による名古屋地方の浸水被害を事例として―，土木学会年次学術講演会，No.67/CS9-007，pp.13-14，2012。
- 3) 吉川雅志，高垣裕彦，石垣泰輔，戸田圭一，尾崎平：水災害時の水没車に作用する流体力と抗力係数に関する実験，土木学会年次学術講演会，No.67/CS9-005，pp.9-10，2012。
- 4) 押川英夫，大島崇史，小松利光：冠水時の自動車通行の危険性に関する研究，河川技術論文集，第 47 巻，2009。
- 5) 早坂 晃，井上達也，大坪孝太郎，清木隆文：施設供用時及び維持管理時を想定した大谷採石地下空間の有用性評価，土木学会年次学術講演会，No.67/CS9-010，pp.19-20，2012。
- 6) 50 万ボルトの「新豊洲変電所」および「新豊洲線」の完成について：
<http://www.tepco.co.jp/cc/press/00112101-j.html>
(2013/9/30 参照)