

地下空間における火災被害軽減のあり方 ～韓国大邱市地下鉄火災から学ぶ～
Prevention and mitigation of fire disaster in Underground Space
—from the example of Korean subway fire disaster—

大西有三*・有澤 誠**・中山 学***

Yuzo OHNISHI, Makoto ARISAWA, Manabu NAKAYAMA

In an urban area, the many facilities have constructed such as a subway, the basement sidewalk, an underground shopping center, a basement parking lot and so on for the purpose of utilization of underground space.

However, the large tragic incident of a fire by arson in the subway of Tegu, Korea occurred on February 18, 2003, and many passengers were influenced by the fire disaster and hold a feeling of uneasiness. Confirmation and disaster prevention measures of safety for underground space facilities such as a subway are actualized as an urgent problem.

This report describes the prevention and the mitigation of fire disaster in Underground Space from this subway fire example.

Keywords : underground space, subway fire disaster, mitigation of fire disaster

1. まえがき

大都市では，地上・空中に加え地下の利用がなされ，地下鉄，地下歩道，地下街，地下駐車場など多くの施設が建設され，都市生活者にとって有用な施設となっている．そして，環境負荷の低減や都市再生の上から，地下空間は残された貴重な空間としてその有効利用が大きな関心を集めており，その利用が深層化，大規模化，複合化してゆく傾向にある．しかし，平成15年2月18日に発生した韓国大邱市の地下鉄での放火による火災の大惨事は，地下空間を日常利用している都市生活者に，計り知れない不安を与えた．そのため，地下鉄や地下街などの地下空間施設に対する安全の考え方や防災対策が緊急の課題として求められている．

本稿では，韓国大邱市地下鉄火災から得た教訓を生かし，人間が利用する地下空間，特に，地下街，地下鉄における火災被害軽減のあり方について述べる．

なお，土木学会地下空間研究委員会では，防災小委員会の大西有三委員長（京都大学大学院教授）を団長とする調査団（表-1 参照）を2003年8月21日（木）から26日（火）（6日間）行政自治部消防局，韓国施設安全技術公団，大邱市消防本部，大邱産業情報大学，大田広域市地下鉄建設本部，倍材大学校へ派遣した．その調査成果も踏まえて記述する．

表-1 調査団員 一覧表

団長	大西有三	京都大学
副団長	西澤二	NPOジオテクチャー・フォーラム
幹事	中山 学	奥村組
団員	粕谷太郎	鉄建建設
	有澤 誠	近代設計
	清木隆文	宇都宮大学
	鈴木洋三	東急建設
	亀村勝美	大成建設
	富田 剛久	オオバ
	西田 幸夫	熊谷組

キーワード 地下空間，地下鉄火災，被害軽減

* 正会員 京都大学大学院，** 正会員 ㈱近代設計，*** (株)奥村組 土木技術部

2. 過去の地下空間施設における災害

既往の地下空間の災害では、表－2に示すように火災による事例が多い。日本でも同様な火災が起こり得るかどうかは、本火災の調査分析や日韓の鉄道関係防火規制の比較に基づいて冷静に検討すべきであるが、本火災とその被害の拡大の程度には、鉄道関係者や防災専門家の一般的な想像を超えるものがありながら、世界の地下鉄道や電車車両に一般的に見られる特徴や傾向と無関係ではないと見られる点も多いため、本火災を契機として、地下鉄道の防火安全性を見直す必要は大きい。日本では、これまで、電車・地下駅について、以下のような防火規制が行われてきた。

①電車の車両：1968年の営団地下鉄日比谷線車両火災、1972年の旧国鉄北陸トンネル火災を契機として、内外装・床上敷物・座席等に使用する材料や機器の防火性能を規定する普通鉄道構造規則が導入され、電車の防火性能規制として長く使われてきた。本規制導入後も1987年近鉄東大阪線生駒トンネル火災のように死者の出た車両火災はあるが、いずれもケーブルや故意に放置されたと思われる物の燃焼によるものであり、車両本来の積載物・材料の燃焼が原因で死者を出したと考えられる事例は発生していない。

②地下駅：鉄道営業法の技術基準省令により、1975年以降、施設の構造・内装の不燃化、排煙設備の設置等が要求されており、発生した顕著な地下駅舎火災としては、1983年の名古屋市地下鉄東山線の栄駅変電施設火災で消防活動中の消防士2人が殉職した事例がある。省令通達前に開業しているため、当時、省令を満足していたかどうかは不明であるが、出火当時、駅構内にいた約500人の利用客は無事、避難できている。

北陸トンネル火災（1972）を契機として上記のような規制導入され、日本では、電車車両や駅舎の構造を原因とする死亡火災を生じていないという事実は、これらの規制が鉄道車両火災予防上、効果をあげてきたと言える。

表－2 地下空間における被災事例

用途	被災種類	事 例	発生年月
道路	火災	鈴鹿トンネル火災	1967.03
		東名高速日本坂トンネル	1979.07
	その他	国道29号豊田トンネル	1996.02
鉄道	火災	営団地下鉄日比谷線車両火災	1968.01
		大阪地下鉄工事現場都市ガス爆発火災	1970.04
		北陸トンネル列車火災	1972.11
		名古屋地下鉄変電室火災	1983.08
		近鉄東大阪線生駒トンネル火災	1987.09
		ロビン地下鉄火災	1987.11
		ユーロトンネル	1996.11
	地震	神戸高速鉄道大開駅（阪神・淡路大震災）	1995.01
	浸水	地下鉄東西線東陽町～南砂間	1990.09
地下街など	火災	静岡駅南ゴールド街のガス爆発	1980.08
		東京・世田谷地下ケーブル火災	1984.11
		阪急三番街	1988.05
		ワールドトレードセンター地下駐車場	1993.02
		六甲アイランド再生水施設（阪神・淡路大震災）	1995.01
	浸水	地下駐車場 飲食店（鹿児島文化館）	1993.08
		営団地下鉄赤坂見附駅	1993.08

3. 韓国大邱市地下鉄火災被害

3.1 概要（2003. 8 現在）

出火日時 2003年2月18日（火） 9時53分
 出火場所 大邱市地下鉄1号線中央路駅地下3階（地上より-18.5m） 1079列車 の1両目
 出火原因 放火（ガソリン2リッターを撒いてライターで着火）
 人命被害 340名（死亡192名、負傷148名）
 焼損面積 2,004㎡
 被害額 直接被害4,769百万ウォン
 復旧費 51,600百万ウォン（大邱地下鉄惨事収拾対策本部 4月17日）

事件は韓国南東部、ソウル、釜山に次ぐ三番目の大都市、大邱（てぐ）の中心部にある地下鉄中央路駅で発生した。この大邱地下鉄1号線は1991年12月7日に起工式が行われた後、1997年11月26日に辰泉～中央路10.3kmの14駅区間が開業し、翌5月2日には辰泉～安心までの10.3km全線29駅区間が開業し、さらに2002年5月10日には1駅（大谷）延伸され、営業区間は25.9kmとなっている。

中央路駅は全線のほぼ中間に位置し、図-1に示すように地下1、2階にコンコース（長さ170m）、地下3階に島式ホーム（長さ149m）が配置されている3層構造となっており、深度は18.42mである。外部との出入口は4箇所（通路幅1.5～2.0m）である。

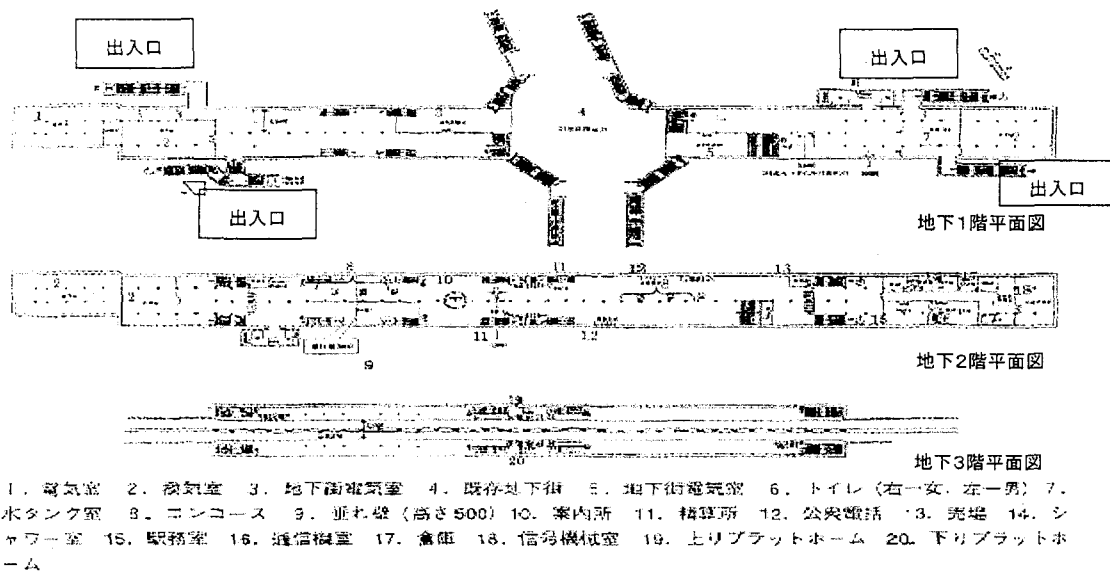
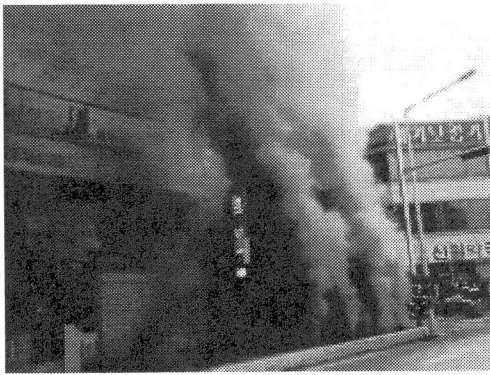


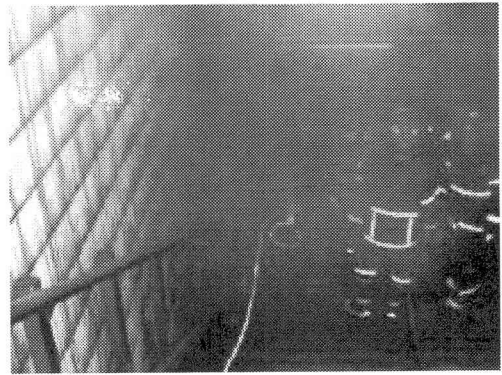
図-1 中央路駅平面図¹⁾（日本語タイトル、寸法記入等は、市民防災研 青野文江氏および神戸大学北後助教授による）

2003年2月18日午前9時52分35秒、地下鉄1号線で6両編成の1079号が中央路駅に入った時、車内にいた男（56歳、脳卒中の後遺症で半身が思うように動かず、国から身体障害者の認定を受けており「死ぬなら大勢で死ぬのがいいと思った」などと供述、犯行前にも周囲に「病院に火を付ける」などと話していたという）が突然引火性の液体（ガソリン約5リットル）をまき、ライターで火をつけたので発火した。その後、9時56分45秒に反対側のホームへ6両編成の1080号が入り、火はその電車にも燃え移ったので、瞬く間に煙と炎に包まれた。なお、9時55分に乗客が携帯電話で消防局へ火災発生の通報を行い、現場から約2kmに位置する西門路（ソムンロ）派出所の消防隊が到着している。現地調査した際に入手した現場の状況を写真-1～6に示す²⁾。

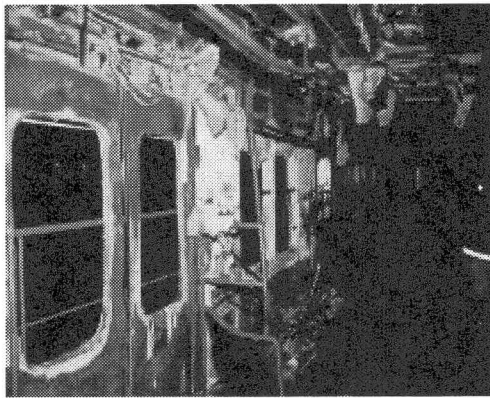
また、1080号を駅に進入させない措置がとれなかったのか、という意見があるが、大邱地下鉄公社は「これほどの被害になるとは予想できなかった。駅で停車し乗客を脱出させようとした」というコメントを発表している。さらに同57分、構内の通電が停止し、1080号は駅を出発することもできなくなった。火災感知システムが作動し、自動的に停電になったようである。公社の電力司令室は、電車を通過させようと1分後に電力再供給を試みたが、うまくいかなかったと発表している。総合司令室との無線電話も切れた。非常灯もつかず駅全体も真っ暗になり、乗客の混乱に拍車がかかったとみられる。



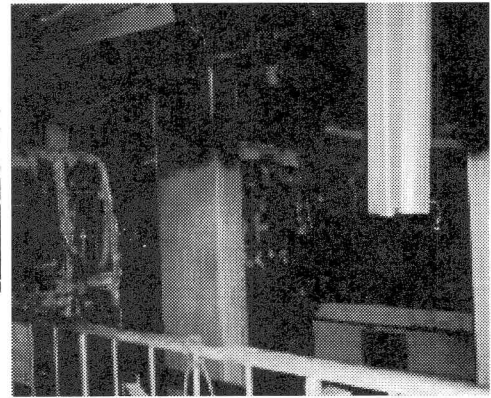
写真一 黒煙を上げる地上換気口



写真二 黒煙で内部への視界が妨げられる
地下街への階段部



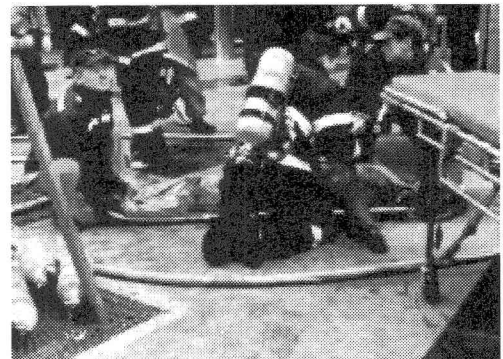
写真三 燃烧した車両内部の様子



写真四 燃烧した中央路駅と車両



写真五 消防隊員により救出される乗客



写真六 手当てを受ける消防隊員

3.2 被害拡大の原因

図-2 に被災した中央路駅事故現場における死者、負傷者に分布図を示す。

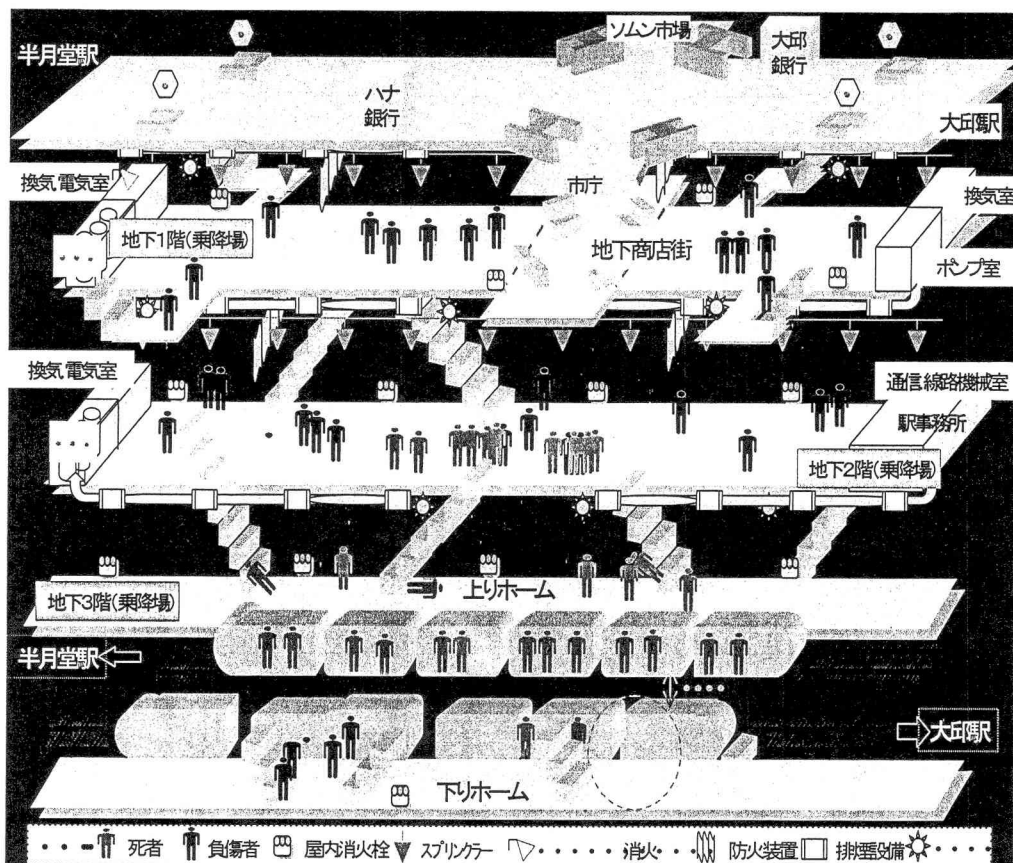


図-2 大邱地下鉄 中央路駅事故現場 死者・負傷者分布図²⁾

図-2および前述の被災概要より、被害拡大の原因は以下の3つの事項と推定される。

1) 死傷者の多くは、地下3階のプラットホームに停車している間に放火された列車(1079号)の対向電車(1080号)で進入して来た列車の乗客と見られる。すると、司令室、乗務員、運転手、駅員などの応急対応が適切でなかったと思われる、関係者の危機管理に問題があると考えられる。

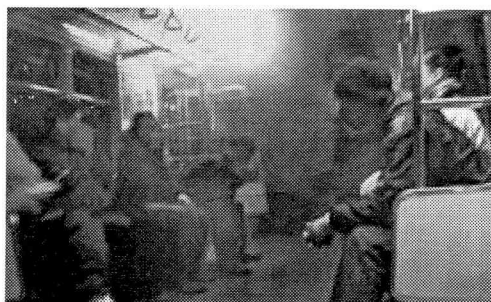
具体的には

- ① 構内で火災が発生しているにもかかわらず、対向電車を駅に入れたこと。
- ② 危険を避けるために電車を通過または発車させなかったこと
- ③ 電車のドアを一度開けてその後閉め、マスターキーを持って運転手が逃げ出したこと。
- ④ 乗客の避難誘導を怠ったこと
- ⑤ 初期消火活動がほとんど行われなかったこと

したがって、「下り車両の火災が発生したが、反対方向の車両が進入してきた。この列車に乗車していた乗客に対して、迅速な避難、誘導が実施できなかった」ことが第1の原因と考えられる。

なお、後続の電車内で、迫る煙の中で、写真－７のように座席シートに座りながら外部と携帯電話で話している乗客の様子が報じられた。このように乗客の危機意識の欠落も被害の増大を呼んだとも思われる。

２）地下３階について地下２階における死者が多かったことから、地下３階の火災発生場所から地上への脱出を図ったが、途中で力尽いて絶命した乗客が多かったと考えられる。また、死者は地上に近い程、少なくなっていることから、「避難動線が長く、濃煙により地上まで脱出が難しかった」ことが、第２の原因と考えられる。



写真－７ 後から進入した 1080 号の内部³⁾

地下鉄内部にすでに有毒ガスが入り込み、一部の乗客たちが鼻と口を塞いでいるが、事故案内放送がきちんと行われなかったため、他の乗客たちは座席に座っている。

３）当初、通報を受けて現場へ突入した消防隊員（15 名）から、「地下 1、2 階で救助を待っている被災者の数が多くて救出活動に追われて消防活動まで手が回らなかった。その後、地下 3 階まで突入するには煙で消防・救助活動を行うには困難を極めた」という証言もある。

また、車両材質、車両の可燃物量が多く、かつ窓等を通した輻射熱の伝導と対流熱の発生によって後続列車における延焼が大規模となった。

すなわち、「車両の構成材の急激な燃焼により濃煙が内部に充満し、乗客が避難通路を自力で探そうとする状況となった」ことが第３の原因と考えられる。

表－３ 事故から抽出した課題

４．今後の技術的課題

４.１ 韓国地下鉄事故から抽出した課題

現地調査の結果から抽出した課題を表－３に示す。この抽出した課題から、人間が使用する地下空間の有効活用を考える場合、次のような技術的課題があると考える。

① 空間内に設置されている施設・備品等の燃焼性・ガス有害性の把握と制御

→ 放火・テロのような瞬時に広範囲に高温となった場合における材料の燃焼性状の把握

② 空間内における火災の被害を局限化させる方策の検討

→ 延焼・煙拡大防止などを含む危機管理方法

③ 発災後の空間内における避難誘導の検討

→ 閉鎖空間内における不特定多数の人の避難行動、危機情報の伝達、エレベータ避難など避難手法の可能性

④ 特殊形状による空気流入経路の多い閉鎖的な空間で有効に機能する排煙方式の検討

→ 機械式排煙方式における煙流動性状の把握

空間構成	フェールセーフが不十分・安全設計概念の欠落
車 両	車両材質および車両の可燃物量が大い
	断熱材（ウレタン材質）による発煙量の増大
	可燃物量が大い
	車両の区画が弱い
	連結部の延焼遮断が弱い
	非常用設備の不合理
	マスターキーによる機能停止
	車両解放ドアコックの位置が不明確
管 理 者	鉄道運行システムの脆弱さ
	A T O のモード転換
	避難誘導の不足
	火災シナリオの検討不足
利 用 者	防災意識の低下
法 制 度	地下鉄防災設計基準
	避難基準に一貫性がない
	区画や耐火性能が脆弱
	安全区画の概念がない
	防災設備の信頼度が低い

4.2 被災軽減のあり方

大邱市地下鉄火災は、放火による火災というこれまで想定されていなかった出火原因であるが、地上施設での放火は多くの事例がある。2003年8月30日には、我が国においてもJR中央線で灯油に点火して男性が焼身自殺するという事件が起こっている。1995年3月の地下鉄サリン事件、そして2004年2月6日にはモスクワで自爆テロと見られる地下鉄の爆発、炎上が起き、大きな被害となっている。不特定多数の人が利用する施設での犯罪に起因するリスク評価には難しい面もあるが、リスク事象として認識することは必要であろう。地下空間における放火に対する「発生防止対策」も困難が予想されるが、可燃性液体に点火という急速に燃焼する事象が起きることを認識することは重要な教訓と考える。

また、鉄道営業法の技術基準省令による「地下鉄道の火災対策基準(昭和50年制定)」では、施設の構造・内装の不燃化、防災管理室の設置、警報設備・通報設備・避難誘導設備等の整備、消火設備の整備、防火管理体制の整備に関する基準が定められており、基本的には安全性が高いものとなっている。この基準の視点は、「利用者の安全確保」「構造物の損傷極小化」にあると考えられ、ここではこの2点から被災軽減のあり方について述べる。

1) 利用者の安全確保

「利用者の安全確保」とは、火災、高温のガス、黒煙や有害なガスに直面する危険性を排除することであり、避難中の駅や通路の構造物、付帯設備が熱損傷を受けて崩壊したり、剥落したりして通路上に落下することによる二次災害の発生を防止することを目的としていると考えられる。

火災の対人的な影響を緩和する設備としては、地下街では従来から避難通路の反対二方向設置や排煙設備が設置されている。韓国地下鉄火災が発生した後、我が国では国土交通省の指示により、全地下鉄駅を対象に緊急点検を実施した。その結果を表-4に示す。北陸トンネル火災(1972)を契機として上記のような規制が導入され、日本では、電車車両や駅舎の構造を原因とする死亡火災を生じていないという事実から判断すると、これらの規制が鉄道車両火災の予防上で効果をあげてきたと言えるが、規制導入前に建設された駅等には、規制に適合しないものも存在するというのがうかがわれる。したがって、全駅に対して技術基準に適合した設備を設ける必要があると言える。

同様に、地下鉄道の付帯設備の不燃化については、延焼などの火災の拡大を防止するために、建設時期において最善の材質を採用することを明確に規定する必要がある。

また、駅職員の適切な避難誘導(声掛けや指示、構内放送を含む)および利用者が自分の意思で移動できる避難通路への誘導を確実に行う必要がある。さらに、避難しようとしている人々が安全に保護され、避難場所に到達できるまではパニック状態にならないように避難通路の照明、構内放送や換気用の電源が確保されていることも重要と思われる。

現地調査の結果、煙が充満し、視界がほとんどない状況では避難者のみならず救護者の行動も大きく制限されたという情報を得た。したがって、韓国地下鉄事故のような状況を想定した救護・避難訓練、救護機器、長時間使用可能な呼吸用保護具の装備(韓国地下鉄火災で使用されたのは空気呼吸器で30分使用が限界との情報)等へも配慮(例えば、長時間使用可能な酸素呼吸器の装備)も必要である。

表-4 緊急調査結果^{*)}

事業者名	地下駅数	昭和50年に定めた基準を満たしていない駅数	
		避難通路	排煙設備
札幌市交通局	45	15	7
仙台市交通局	13	0	0
帝都高速度交通営団	143	23	47
東京都交通局	93	24	24
横浜市交通局	27	8	3
埼玉高速鉄道	6	0	0
名古屋市交通局	81	17	39
京都市交通局	27	0	0
大阪市交通局	102	12	30
神戸市交通局	19	0	0
福岡市交通局	18	0	0
合計	574	99	150

2) 建造物の損傷極小化

「建造物の損傷極小化」とは、都市交通網における地下鉄道の重要性から火災による被害及びその復旧に要する休止期間を含め、社会的損失、経済的損失を最小限にとどめることを目的として、建造物や付帯設備への耐熱性能を付加すること等と思われる。

必要な対策設備や避難設備が整えられると、仮に火災が発生してもあらゆる利用者が安全に避難している間に、火災が消火活動などにより鎮火、あるいは自然鎮火するケースの可能性が大半と推測される。このような場合には、建造物や付帯設備の被害は比較的軽微な程度で済むと想定される。

しかし、韓国地下鉄火災は復旧までに1年近い期間を要し、英仏間のユーロトンネル火災でも復旧に要する多大な社会的、経済的損失が発生している。したがって、被害を最小化するためには、火災想定基準の設定と基準への反映が必要である。

なお、「地下鉄道の火災対策の基準」では、排煙対策の設備規模、内容を決定するために想定した火災は、ホーム部分では列車火災、コンコース部分については売店火災とされている。一方、「道路トンネル非常用施設設置基準（平成9年12月施行）」では、国内で公的機関や道路関係公団が実施したトンネル火災実験の結果や火災事例から策定されている。この基準では乗用車単独の火災を想定すると概ね1m²程度（ガソリン24リットル）の火災が相当するとされている。PIARC（国際道路会議協議会）の報告では、この規模の火災が発生すると、トンネル内の最高空気温度は400℃程度に上昇するとされている。可燃物を積載している自動車が行き交うトンネルと地下鉄道とは大きさの異なる空間であるので、同一視点で議論することはできないと思われるが、広い範囲で一気に燃え上がる油系燃料の火災を対象とする道路トンネルを対象とした「炭化水素燃焼時間－温度曲線」を地下鉄駅で突発的に発生するかもしれない火災時の温度上昇傾向を近似させる火災曲線として利用できるのではないと思われる。

5. まとめ

今後、地下空間での火災事故等から被災を軽減するためには、どの程度の災害規模かを想定した上で客観的な構造・設備基準策定が急務であろう。また、韓国地下鉄火災のような災害を全ての地下施設整備の面でのように対応していくかは、費用対効果も含めた今後の大きな課題である。このような設備・施設のあり方に加えて、テロを含めた様々な災害について、避難、誘導、救助等も含めた危機管理マニュアル整備といったソフト面からの対応も必要不可欠な問題である。

最後に、現地調査にあたり、各方面多くの方々にお世話になった。特に、結団にあたっては土木学会事務局長、現地調査実施では、行政自治部消防局の諸辰珠 防護課長、Myong Yoon 博士、韓国施設安全技術公団の Sechg-Ri Lee 診断1 本部長、Si-Hyun Park 地下施設室課長およびユニバーシヤード開催時で多忙を極めておられた大邱市消防本部の李熙録 防護課防護企画担当には多大なるご協力を頂いた。深く謝意を表する。

（参考文献）

- 1) 藤田崇義：大邱地下鉄火災の全貌とその教訓，第61回海外鉄道技術研究会講話会，2003.07.22
- 2) 行政自治部消防局提供の資料より
- 3) 東亜日報記事：2003.02.19
- 4) 国土交通省 HP：地下駅における避難通路及び排煙設備の設置状況について（速報値）（鉄道局施設課）2003.02.20