

地下鉄道の火災と排煙対策

伊藤 健一

鉄道施設の防災対策には、地震、津波のほか、大雨、高潮、大雪、強風、竜巻、落雷などの自然災害が想定されるが、地下鉄道については火災に対する備えが重要な施策のひとつとなる。地下鉄道の火災対策は、地上での事例を含めた数多くの車両火災をはじめ、トンネル火災、地下駅火災の犠牲の上に構築されてきた。

本稿では、過去の火災事例と火災対策基準の変遷、現在の火災対策基準、消防法および建築基準法との関わり、排煙システム、大深度地下鉄道への展開などについて報告する。

キーワード：地下鉄道、火災、車両火災、火災対策、排煙設備

1. はじめに

地下鉄道は地中に閉じられた空間であり、火災時には大量の煙が発生するおそれがある。煙制御がうまくいかないと、駅構内に煙が充満し、混乱によるパニックで2次、3次の災害が発生するかもしれない。

このため、人命尊重の立場から、地下鉄道の火災対策として、排煙設備、消火設備、警報設備、通報設備、避難誘導設備が大変重要なものとなる。このうち、地下駅の土木構造（何層の駅か、地上からの深さ、接続されているトンネルの長さ、等）やトンネルの形態（複線断面トンネルか、単線トンネル並列か、等）に大きく関わってくるのが排煙設備である。

2. 過去の火災事例と火災対策の変遷

地下駅およびトンネル内における火災を特徴づけているのは、「鉄道車両」の火災である。トンネル内のケーブル火災など車両以外の火災事例もあるが、まずは、鉄道車両の火災対策の歴史を振り返ってみたい。

表一および表二に示すように、鉄道車両の火災事故は地上線も含めて古くから発生している。1940年1月には、大阪の鉄道省西成線（現JR西日本桜島線（JRゆめ咲線））安治川口駅でガソリン動車が脱線転覆炎上し、189名の死者を出している。

戦後、1951年4月には国鉄京浜東北線桜木町駅（現JR東日本根岸線桜木町駅）で電車の火災事故が発生し、ドアが開かなかったため脱出できず、106名の死

者を出している。これをきっかけに、地方鉄道建設規程で電車火災事故防止策が定められ、まずは地下鉄車両について不燃性構造が求められた。同年6月以降には連結車の貫通式改造や非常用コックの設置などが開始されている。

1956年5月には南海電鉄高野線のトンネル内で火災が発生し、1名死亡、42名が負傷した。この事故は本格的な鉄道車両の火災対策を実施するきっかけとなり、事故後、直ちに電車の不燃化の検討が進められ、同年6月、運輸省（現国土交通省）は「電車の火災事故対策について」を通達し、電車を新製又は改造する場合は電気機器の熱的防護の強化、車両の鋼体化、貫通路、予備灯などの非常設備の整備を行い、木製の電車は速やかに改造するなど車両の火災対策の強化を指示した。その後、私鉄経営者協会による「電車火災事故対策実施要項」が運輸省に提出され、それを踏まえて、翌1957年1月には車両のA様式（地下に乗り入れる車両用）、B様式（その他の車両用）の2種類を定めた「電車の火災事故対策に関する処理方について」が通達された。

1957年12月、大阪市地下鉄御堂筋線西田辺駅で車両が全焼する事故が発生した。これにより、地下鉄用車両についてはより厳しい基準が必要であるとされ、不燃化の最高基準として新たにA-A様式が追加された。

1968年1月、営団地下鉄（現東京メトロ）日比谷線六本木～神谷町間で、出火しても燃え広がらないとされていたA-A様式の東武鉄道の電車が、主抵抗

表一 日本国内における車両火災・地下鉄火災・トンネル火災事例（※は地上での車両火災）

発生日	発生場所	概況	備考
1940.1.29	鉄道省西成線 安治川口駅	ガソリン動車脱線転覆 死者 191	※ 車両火災
1947.4.16	近鉄奈良線 生駒山トンネル	トンネル内で主抵抗器過熱 死者 28	車両火災
1951.4.24	国鉄京浜東北線 桜木町駅	架線切断、車体とショート 死者 106	※ 車両火災
1956.5.7	南海高野線 紀伊神谷付近	主抵抗器過熱トンネル内停車 死者 1	車両火災
1957.7.16	大阪市地下鉄御堂筋線 西田辺駅	集電装置から出火 車両全焼	車両火災
1961.9	営団赤坂見附駅	工事作業員のトーチランプのガソリン引火 電線等延焼	
1961.11	国鉄石北本線石北トンネル	気動車エンジンから出火	車両火災
1968.1.27	営団日比谷線 六本木～神谷町	主抵抗器過熱で回送中に出火 死者 0	車両火災
1969.8	営団東西線 高田馬場駅	乗客のタバコの火からホロに引火焼損	車両火災
1972.11.6	国鉄北陸本線 北陸トンネル	急行きたぐに食堂車から出火 死者 30	車両火災
1974.2	都営浅草線 新橋駅	駅機械室 工事作業のガス溶断火花から引火 電車は通過	
1975.1	阪神電鉄 三宮地下駅	空調機器室 空調ダクトフィルタ焼損 電車はホーム通過	
1983.8.16	名古屋地下鉄 栄駅	変電室から出火 整流器ショート 死者 2 (消防士)	
1985.9.26	営団地下鉄半蔵門線 渋谷駅	死傷者なし 乗客 2,800 人避難	
1987.9.21	近鉄東大阪線 生駒トンネル	高圧ケーブルから出火 列車停止 死者 1 (喘息患者)	
1988.3.30	JR 東日本 上越線 越後中里駅付近	気動車 (アルカディア) 床下から出火 死者 0	※ 車両火災
1991.10.3	宮崎リニア実験線	車両 (MLU002) 火災	※ 車両火災
1992.8.29	都営三田線 春日・白山間	車両床下で地絡、ほや 死傷者 0	
2001.3	JR 東日本 戸塚駅	車掌室運転台の計器部分が突然破裂し、炎が噴出	※ 車両火災
2001.10.12	東武野田線 運河駅～梅郷駅間	屋根上避雷器内部でアークが発生し地絡、発煙 死傷者 0	※ 車両火災
2002.5.16	JR 西日本 山陰線 出雲市駅構内	屋根上のブレーキ抵抗器から炎及び黒煙 死傷者 0	※ 車両火災
2003.8.26	JR 四国 土讃線 阿波川口駅構内	気動車 発電エンジン出火 床材、床敷物等焼損 死傷者 0	※ 車両火災
2003.8.30	JR 中央線 田立駅～南木曾駅間	トンネル内で乗客 1 名が焼身自殺 座席、床等一部焼損	車両火災
2005.10.27	横浜市営地下鉄新横浜駅下り線	床下部に設置された主電動機ツナギ箱及び内部配線 死傷者 0	車両火災
2006.9.28	JR 東日本 京葉線 東京駅変電所	鍛冶橋変電所で漏電 ブレーカーが正常に作動せず延焼	
2008.8.12	近鉄鈴鹿線 三日市駅	床下機器 (断路器) に異常電流 死傷者 0	※ 車両火災
2011.5.27	JR 北海道 石勝線 第 1 ニニウトンネル	スーパーおおぞら脱線火災 39 名病院搬送	車両火災
2012.1.4	富山地方鉄道 立山駅	床下機器 (抵抗器) から出火? 1 両全焼 死傷者 0	※ 車両火災
2012.2.22	大阪市地下鉄御堂筋線 梅田駅	3,000 人避難、運転士と車掌が軽症 清掃員がごみ倉庫で喫煙	
2012.4.4	JR 東日本 信越線 鯨波駅	パンタグラフ付近から発煙 死傷者 0	※ 車両火災

表二 海外における車両火災・地下鉄火災・トンネル火災事例（※は地上での車両火災）

発生日	発生場所	概況	備考
1903	パリ地下鉄クロヌ駅	木造車両 8 両が漏電から炎上 死者 84	車両火災
1964.4.21	ニューヨーク地下鉄グランドセントラル駅	ホーム留置の電車 電気関係から火災 負傷者 13	車両火災
1969.5	ペンセントラル鉄道ハドソン川底トンネル	通勤電車火災 抵抗器過熱 死者 1、負傷者 8	車両火災
1970.8	ニューヨーク地下鉄インターボロー線	トンネル内ケーブル火災 電車停車 死者 1	
1971.12	モンリオール地下鉄	他の車両と衝突 電力ケーブル破損による火災 死者 1	
1979.1.14	サンフランシスコ湾高速鉄道 海底トンネル	車両回路遮断器故障により出火 5 両全焼 死者 1、負傷者 56	車両火災
1979.9	フィラデルフィア地下鉄	トランスが短絡出火 負傷者 178	車両火災
1979.9	ニューヨーク地下鉄インターボロー線	線路のごみが第三軌条に接触出火 枕木火災 負傷者 67	
1981.6	ロンドン地下鉄グジストリート駅	ケーブル火災に直面して停止 死者 1、負傷者 16	
1984.11	ロンドン地下鉄オックスフォードサーカス駅	タバコの火で資材炎上 トンネル塗装燃焼	
1987.11.18	ロンドン地下鉄 キングスクロス駅	木製エスカレーターにタバコ投げ捨て 死者 31、負傷者 50	
1990.12	ニューヨーク イーストリバー川底トンネル内	吹込雪で架線ショート 電車出火 死者 2、負傷者 125	
1995.10.28	アゼルバイジャン・バクー市営地下鉄	走行中に出火 死者約 300、負傷者約 270	車両火災
1996.11.18	ユーロトンネル	貨物シャトル列車上のトラックより出火 8 人負傷	車両火災
2000.11.11	オーストリア・カプルン、山岳鉄道ケーブルカーのトンネル内	違法に運転席に持ち込まれた電気ファンヒーターの電熱線に油圧システムの漏油が引火 死者 155	車両火災
2002.2.20	エジプト カイロ郊外	電気系統の不具合 死者 373、負傷者 70	※ 車両火災
2003.2.18	韓国・大邱市地下鉄 中央路駅	車内でガソリン放火 死者 192、負傷者 148	車両火災
2006.8.11	上海リニア 龍陽路駅付近	死傷者 0	※ 車両火災
2008.9.11	ユーロトンネル	貨物シャトル列車上のトラックより出火 14 人負傷	車両火災
2008.10.4	ノルウェー ベルゲン鉄道	Hallingskeid 付近 木製トタン貼り防雪シェルターで火災	

器の過熱により全焼した。運輸省ではその反省に立ち、電車の不燃化対策を再検討し、車両用材料の難燃化、配線の配列、機器の配置の3点の抜本的検討を進め、1969年5月、従来の通達を廃止し、「電車の火災事故対策について」を通達し、新たな電車の不燃化基準（A-A基準、A基準、B基準の3区分）を定めた。これにより、電熱機器に対する防護、使用材料の燃焼性試験方法等が明文化された。

1972年11月6日、国鉄北陸本線北陸トンネル内で急行「きたぐに」の食堂車から出火、架線が切れ停電したため運転不能となり、トンネル内に充満した煙により乗客ら30名が死亡、714名が負傷した。

翌1973年10月、運輸省はこの事故に対して、電車のみならず客車についても車両の不燃化対策の充実、強化を図るよう指示した。

さらに、この事故を契機に、運輸省では、車両の防火、耐火強度の向上策と併せ、火災発生時の対応策の強化を図る観点から、新たに「地下鉄道の火災対策の基準」を1975年1月に定めた。この基準は地下駅およびこれに接続する地下トンネルに適用するもので、建造物の不燃化、自動火災報知装置、通報放送設備、避難誘導設備、二方向避難経路、排煙設備、防火戸、消火設備、防災管理体制の設備の基準を示したものである。それまでの地下駅での出火事故は、たばこの吸殻の投げ捨てによりごみや可燃物が燃えたケースや、改修工事に伴って引火しやすい塗料の取扱いを誤ったケースなどが多く、トンネル内で車両が燃えることを意識していなかったが、この基準ではそれも十分配慮した防災設備を備えるようにしている。同時に、基準の解説として、「地下鉄道の火災対策の基準の取扱いについて」が通知されている。

そのあとも引き続き、地下鉄道の具体的な排煙対策が検討され、1982年4月に「地下鉄道の火災対策の基準の取扱いの改正について」により排煙設備の設計方法等が通達された。これらの基準が、現在の地下鉄道の火災対策基準のベースとなっている。

1987年3月には、国鉄分割民営化による関係省庁の整備に伴い、車両の火災対策基準は運輸省令の「普通鉄道構造規則」および「車両に係る普通鉄道構造規則および特殊鉄道構造規則の運用等について」に規定されることとなった。

その後、2001年12月には、仕様規定として鉄道の種類ごとに規定されていた基準が一本化され、性能規定化されたため、火災対策に関する具体的基準は、運輸省の「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」の解釈基準として従前どおりの内容が定められることと

なった。

2003年2月には韓国大邱（テグ）市地下鉄中央路駅で、放火により192名が死亡するという大きな火災事故が発生した。これを踏まえ、国土交通省と総務省消防庁は「地下鉄道の火災対策検討会」を設置し、売店や車両の燃焼実験を含め、諸々の検討が実施された。同検討会の提言（2004年3月）を受けて、国土交通省は、2004年12月に「鉄道に関する技術上の基準を定める省令等の解釈基準」を改正した。新基準では、新たにガソリン放火等の大火源火災を考慮するとともに、ホーム階段の2段降下防煙防火シャッター（写真—1）の設置や連結車両貫通扉閉鎖機構など、さらなる安全性向上策が義務化されている。

写真—1は、シャッターを床面から2mの高さまで降下させ、ホーム階と上階コンコースとの間に防煙区画を形成した状態を示す。ホーム階の旅客を避難させたあとは、遠隔操作又は熱感知器等でシャッターを全閉とし、防火区画を形成する。万が一、逃げ遅れた場合でも、サイドにあるくぐり戸から階段に脱出することが可能である。



写真—1 ホーム階段の2段降下防煙防火シャッター

3. 現在の火災対策基準

上記のように、わが国の鉄道車両は不燃化・難燃化が進んでおり、車両火災実験でも燃えないがゆえに定量的な発煙量の把握ができないような状況である。しかし、ガソリン放火など予期せぬ事態が全くないとはいえず、乗客の手荷物なども不燃化・難燃化できないため、「地下駅に排煙設備は不要」とはなっていない。

2004年12月「鉄道に関する技術上の基準を定める省令等の解釈基準」の改正による現行の火災対策基準の概要を以下に示す。

(1) 省令と解釈基準

国土交通省の「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」(2001年12月)は、鉄道営業法に基づく省令で、従来の普通鉄道構造規則、新幹線鉄道構造規則等が一元化され、仕様基準から性能基準へと全面的に改正されたものである。

地下鉄道の火災対策については、「地下駅等の設備」として、省令第29条に規定されている。

さらに、国土交通省鉄道局は、具体的に数値化した解釈基準「鉄道に関する技術上の基準を定める省令の解釈基準」(2002年3月)を定めて、認可申請の審査等に対応している。解釈基準に強制力はなく、解釈基準によらない内容で審査を受けることもできるが、それ相応の技術的な裏付けや説明を求められることになる。

【鉄道に関する技術上の基準を定める省令(抜粋)】

(地下駅等の設備)

第29条 主として地下式構造の鉄道の駅であって地下にあるものおよびこれに接続するトンネル並びに長大なトンネル(以下「地下駅等」という。)には、必要な換気量に応じた換気設備を設けなければならない。ただし、十分な自然換気が得られるものにおいては、この限りでない。

2 地下駅等には、施設の状況に応じ必要な消火設備、避難設備その他の火災対策設備を設けなければならない。

【解釈基準(抜粋)】

Ⅲ-15 第29条(地下駅等の設備)関係

地下駅等における火災対策は、以下のとおりとする。

1 適用について

この基準は、地下駅および地下駅に接続するトンネルに対し適用する。なお、「地下駅」とはホームが地下にある駅(山岳地帯に設けられるものを除く。)をいう。

4 警報設備、通報設備、避難誘導設備等の整備

(4) 排煙設備

① 駅および駅間には、旅客が安全に避難できるよう必要に応じて排煙を有効に行える設備を設けるものとする。

(ア) 排煙設備の必要排煙量等については、別紙7により算出するものとする。

(イ) 排煙設備は、機械換気設備を兼用してもよい。

(ウ) トンネルの縦断線形により自然換気口によってもトンネルの排煙効果が十分期待できる場合は、排煙機を設けなくてもよい。

(エ) 電源を必要とする排煙設備には、非常電源を附置するものとする。

② 駅には、ホームと線路との間、階段、エスカレーター等の部分に必要な応じて垂れ壁等の煙の流動を妨げるものを設けるものとする。

この場合において、煙の流動を妨げるものとは、天井面から下方に突出した垂れ壁その他これと同等以上に煙の流動を妨げる効力のあるもの(感知器との連動により降下し、かつ、防災管理室からの遠隔操作によっても作動できるものを含む。)で、不燃材料で造られ、又は覆われたものをいう。

改正前の解釈基準は、1975年に運輸省から通達された「地下鉄道の火災対策の基準」によることとされていたが、大邱市地下鉄火災を受けて見直されている。必要排煙量は、従来の通常火災(床下機器からの発火による車両火災、ライター等を用いた放火による売店火災)に加えて、ガソリン等の放火による大火源火災が想定されている。また、避難に要する時間は、従来は駅の規模によらず一律であったが、改正後は個々の駅ごとに算出することとなった。

防災管理室の例を写真一2に示す。



写真一2 防災管理室

(2) ホームおよびコンコースの必要排煙量

省令第29条では、「主として地下式構造の鉄道の駅であって地下にあるもの」と規定されており、掘割構造のホームは該当しない。ただし、掘割区間に蓋をかけた場合は、その延長によっては地下駅と同じ形態になることから、施設の状況に応じた検討が必要になる。

解釈基準では、地下駅とはホームが地下にある駅で、山岳地帯に設けられるものは除かれている。したがって、山岳トンネルの中にホームがあるJR上越線土合駅、湯檜曾駅(下りホーム)、JR北陸本線筒石駅、北越急行美佐島駅、野岩鉄道湯西川温泉駅などは対象と

はならない。

(a) 想定火災と避難安全性の照査方法

想定する火災は、通常火災（従来の規模）および大火源火災（4リットルのガソリン放火）に分類されている。

排煙設備の必要排煙量は、旅客が避難場所（地上）に安全に避難できることを基本とし、それぞれの火災性状および煙流動性状の特性に応じた避難安全性を照査する。

ホーム階の通常火災の場合は、煙濃度（減光係数） $C_s=0.1$ (1/m) 以下（視認距離 20 m 以上）であること、コンコース階の通常火災の場合は、避難時間より算出した煙拡散容積以上であることとされている。煙拡散容積とは、煙が拡散するコンコース空間のうち、煙が滞留すると推定される容積をいう。

大火源火災の場合は、煙が避難上支障のある高さ（床面から 2 m）まで降下するのに要する時間により照査する。

(b) 避難時間の算定

避難に要する時間は、歩行時間と滞留時間の合計となる。

滞留時間は、避難が必要な人数を（階段等幅員 $N \times$ 群集の流出係数 B ）で除したもので求める。（ $N \times B$ ）人／秒は、階段等における避難者の流出速度を表している。最後尾の避難者は滞留現象の解消とともに階段等から避難できることになる。エスカレーターを避難通路とする場合は、運転停止時の階段下降防止の措置が講じられている場合に限られる。また、自動改札機は、ゲートが一斉開放されることを前提に、有効通路幅員の合計とすることができる。

避難経路における歩行時間および滞留時間の算出に用いる歩行速度と流出係数は、水平部と階段部に分けて設定されている。

(c) 要避難者数の算定方法

避難安全性の照査における要避難者数は、三大都市圏にある駅とそれ以外の地域にある駅に分けて、それぞれで列車の乗車率が定められている。要避難者数は列車の乗車率にホーム上の列車待ち旅客換算乗車率を加えたものに、列車の定員を乗じたものとする。売店がない場合あるいは売店が防火区画されている場合は、売店火災による要避難者数は 0 人とする。

(d) ホーム通常火災に対する煙濃度の照査

ホーム通常火災の排煙量は、ホーム階における火点ブロック容積を算定し、想定する火災（車両火災又はホーム売店火災）および避難に要する時間に応じた算定式を用いる。

火点ブロック容積とは、列車火災が発生した場合にホームにおいて煙が拡散する空間のうち、煙濃度が最も濃いと推定される空間をいう。火点ブロックの設定は、線路直角方向の断面積から車両断面積を減じたものに、線路方向長さ 20 m を乗じたものをいう。相対式ホームでは、火災列車と反対側のホームは、軌道部分より天井が低いいため煙は拡散しないものとする。

なお、最小排煙量として、ホーム階には火点ブロック容積に対して $5000 \text{ m}^3/\text{h}$ 以上の排煙設備を設ける。

(e) コンコース通常火災に対する煙拡散容積の照査

コンコース通常火災は売店火災を想定し、煙が拡散する空間のうち、煙が滞留すると推定される容積（煙拡散容積）を確保する。煙拡散容積が不足する場合は機械排煙設備で補う。

コンコースの必要煙拡散容積は、避難に要する時間に応じた算定式を用い、別途、実際のコンコース形状から算出した煙拡散容積が必要煙拡散容積以上であることを確認する。

実際のコンコースの煙拡散容積は、床面積から柱の面積を控除した面積に、天井高さから 2 m を減じた高さを乗じ、さらに避難に必要な時間内の有効機械排煙量を加えたものとする。したがって、コンコースの天井は高いほど有利であるが、大空間の中に防煙区画されていない避難階段が設置されている場合は、最も高いところにある避難経路の床面から天井までが、計算上の天井高さとなり、そこから 2 m を減ずることとなる。

写真—3 にコンコースでの発煙試験の状況を示す。



写真—3 コンコースでの発煙試験

(f) 大火源火災に対するホーム・コンコースの排煙量

大火源による車両火災、ホームおよびコンコース売店火災は、ガソリン燃焼による煙が床面から 2 m の高さまで降下するのに要する時間を算定し、避難終了時間と比較する。避難終了時間の不足分に対応する容

量の機械排煙設備が必要となる。

車両燃焼実験で測定された流出煙量の最大値が約 $5.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ であること、また車両火災実験および売店火災実験に基づき設定した火災性状モデルを用いて二層ゾーン煙流量予測プログラムにより算出した流出煙流量の最大値も約 $5.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ であることから、これを60倍して、流出煙量は $300 \text{ m}^3/\text{min}$ と設定されている。

なお、ホーム階の天井が吹き抜けでコンコース階の天井と同じ高さとなっている場合など、複雑な煙流動が予測される地下駅では、二層ゾーン煙流動予測プログラム等を用いて詳細な検討を行う。

大火源火災に対して照査した結果、排煙設備では対応できない場合は、①避難時間短縮のための避難通路の新設又は避難通路の幅の拡大、②煙拡散容積の拡大、③火源となる売店の防火・防煙区画およびスプリンクラーの設置、④火源となる売店の不設置、⑤その他旅客の避難安全性が確保できる装置を講じて、再度照査する。

(3) 駅務室の排煙設備

地下駅の駅務室、定期券発行所、詰所等の居室は、排煙機による排煙が必要となる。排煙量その他構造等は建築基準法施行令第126条の3の規定に準じる。

(4) トンネルの排煙設備

省令第29条では、「地下駅に接続するトンネル並びに長大なトンネル」には、必要な換気量に応じた換気設備を設けなければならないと規定されている。ただし、地下駅に接続されたトンネルが坑口に向かって上り勾配になっているなど、自然換気が可能な場合は除外されている。また、地下駅に接続されていないトンネルも対象外である。

なお、地下駅に接続されないトンネルであっても、「長大なトンネル」には排煙設備が必要となるが、省令第29条に係る解釈基準には「長大なトンネル」の具体的な定義はない。実際の施工事例としては延長53.4kmの青函トンネルにのみ排煙設備が設置されている。第41条(電車線路等の施設等)の解釈基準に「長大トンネル(市街地の地下に設けるトンネルであって一つのトンネルの長さが1.5kmを超えるもの、市街地の地下以外に設けるトンネルであって一つのトンネルの長さが2kmを超えるもの及びトンネル内に駅を設置するトンネルであってトンネル内の駅間距離(ホーム端距離をいう。)又はトンネル端と最寄駅のホーム端との距離が1kmを超えるもの)」の記載があるが、これは「き電線」(第41条)および「送配電

線」(第46条)にのみ適用されるもので、第29条には適用されない。

4. 消防法と建築基準法

地下駅の排煙設備に適用される法令には、鉄道に関する技術上の基準を定める省令のほか、消防法および建築基準法がある。

(1) 消防法による地下駅の排煙設備

消防法による排煙設備の設置義務は消防法第17条および消防法施行令第28条等に規定されている。地下駅は、消防法施行令別表第一(10)項の「車両の停車場」(旅客の乗降又は待合いの用に供する建築物に限る。)に該当する防火対象物であり、「地階又は無窓階で、床面積 1000 m^2 以上のもの」に排煙設備を設置する義務がある。

また、各地の火災予防条例は、消防法の規定に対する上乘基準が設けられている場合があり、それぞれの地域における内容を確認する必要がある。東京都の例では、平成17年に地下駅舎に係る管理規定が創設され、防災管理室や防煙壁、二段降下シャッターなどの管理についての規定が追加されている。

指導範囲は東京都内の地下駅に限られるが、東京消防庁の「予防事務審査・検査基準」に「地下鉄の排煙設備」として、排煙時の階段部下降気流の規定が定められている。同書では、「地下ホームに設ける排煙設備にあつては、上層階への煙伝播を防止するため、階段、エスカレーター部分等におおむね $2 \text{ m}/\text{sec}$ 以上の下降気流が生じる方式とすること。」と指導している。

$2 \text{ m}/\text{sec}$ 以上の下降気流となると、相当大容量の換気量となる。そのため、ホーム排煙時には、複数の階段やエスカレーターのうち1箇所の階段を除いて防煙防火シャッターを全閉とし、1箇所だけ床面からの高さ2mまでシャッターを降下させた状態で下降気流を形成させることとする。駅の構造や隣接するトンネルの換気方式によっては、下降気流の形成が難しい場合があるので、事前に、駅とトンネルを一体的にモデル化した気流シミュレーションが必要である。

写真—4にホーム排煙時の階段部下降気流の測定状況を示す。

なお、消防法では、地下駅舎全体が防火対象物として扱われているが、トンネルは法律上の防火対象物ではない。ただし、実際に消火・救出活動を行うのは消防隊員であり、法令等に記載がない場合であっても、十分に消防機関と事前に協議する必要がある。



写真—4 ホーム排煙時の階段部下降気流の測定

(2) 建築基準法による排煙設備

消防法による排煙設備が消火活動上の必要性に重点を置いているのに対して、建築基準法による排煙設備の設置目的は安全な避難経路の確保にある。

建築基準法では、鉄道線路敷地内の運転保安施設、プラットホーム上家などは、適用範囲から除外されている。所轄自治体により解釈に違いがみられるが、駅舎の場合は、改札口の外側のみ建築基準法が適用されることが多い。

建築基準法では火災時における安全避難の確保に重点を置いて、排煙設備の設置義務規定が設けられている。建築基準法により排煙設備を必要とする部分は、次の(a)～(d)に大別できる。

(a) 一定の建築物の居室・通路の部分

建築基準法第35条および建築基準法施行令第126条の2により排煙設備を設置すべき建築物は、次の①～④のいずれかに該当するものである。

- ①法別表第一(1)～(4)に掲げる用途に供する特殊建築物で、延べ面積が500m²を超えるもの(駅は該当しない。)
- ②階数が3以上で延べ面積が500m²を超える建築物(ホーム階など建築基準法適用外の階数を差し引く。)
- ③排煙上無窓の居室
- ④延べ面積が1,000m²を超える建築物に存する床面積200m²を超える居室

地下駅の場合は、駅務室などの居室が③④に該当する。

コンコースについては②が該当する。改札口の外側だけで階数が3以上となるケースは稀であるが、実態は改札内外を問わず、すべてのコンコース部分について建築基準法を準用した排煙設備の考え方を採用することが多く、後述の「鉄道に関する技術上の基準を定

める省令」の規定と併せ、両方を満足するような排煙設備仕様となっている。

(b) 特別避難階段の付室

地下駅が地下3層以上である「建築物」で、地下3階以下に居室を有する場合は、特別避難階段が必要となる。ただし、ホーム階や運転保安施設専用の階など、「建築物」ではない階は階数に含めないため、地下3層以上の深い駅でも特別避難階段を必要とする駅は少ない。

特別避難階段は階段部分と屋内とを、排煙設備を有する付室を通じて連絡しなければならない。

(c) 非常用エレベーターの乗降ロビー

非常用エレベーターは高さ31mを超える建築物に設けるものであるが、消防機関からの要望により大規模な地下駅に設置された例がある。非常用エレベーターの乗降ロビーは特別避難階段の付室と同様、排煙設備が必要である。

(d) 地下街の地下道

「地下街の地下道」は、地下街に設けられた店舗、事務所等各構えのための避難施設であることから、防火上および避難上各種の規制を受ける。排煙設備も避難上必要な措置として、その設置が義務付けられている。

「地下街」とは「一般公共の用に供される地下工作物内の道(地下道)に面して設けられた店舗、事務所その他これに類するもの(通常の建築物の地階とみなされるものを除く。)の一团(地下道を含む。)をいう。」と定義されている。

ここでいう店舗、事務所等に類する施設が、駅務室、機械室等もっぱら公共施設の管理運営のためのもの、移動可能なもの又は仮設的なものみの場合は、地下街として扱わないため、地下駅のコンコースは地下街には該当しない。ただし、地下街と地下駅とを一体的として、あるいは接続して設置する場合には、防火区画や相互の防災センター間の報知・通話設備などが必要となる。

5. 地下駅の排煙システム

実際に採用されている排煙システムは、地下鉄道の長い歴史、地域性などから様々な方法があるが、大邱市地下鉄火災以後は、新しい火災対策基準を既設の駅にも遡及適用して、順次改良が加えられている。

(1) ホームの排煙システム

ホームの排煙は風量が大きく、非常時のみに使用する専用の排煙ダクトを設けることは、限られたスパー

ス、経済性の面から不利である。ホームは建築基準法が適用されず、国土交通省鉄道局の解釈基準でも機械換気設備の兼用が認められている。このため、駅の空調換気設備および隣接するトンネルの換気設備を含めた総合的な排煙計画が必要である。

排煙方式選定の目安は概ね次のようになる。

- ①ホームが第1種換気(又は還気方式の空調)を行っている場合で、排気口が天井にある場合は、排気(又は還気)ダクトを排煙に兼用する。
- ②第1種換気でも排気口がホーム下などにある場合は、給気ダクトをダンパで切り替えて排煙に兼用するか、又は、別途天井部(軌道部でも可)に排煙口を設けて排気ダクトに接続し、ダンパで切り替えて排煙に兼用する。
- ③第2種換気を行っている場合は、給気ダクトをダンパで切り替えて排煙に兼用する。
- ④トンネル中間排気方式を採用している場合は、当該駅の両側の中間換気所排風機でホーム排煙を行う方法もある。

排煙機は専用機を持つ場合と、換気用の排風機を兼用する場合とがある。①～③の場合で排煙量が不足するとき、あるいは階段部下降気流が形成できないときは、隣接するトンネル用の排風機や専用の補助排風機又はその他の送風機を併用することを検討する。また、第1種換気の排気ダクトを兼用する場合でダクトサイズが小さいときは、給気ダクトの併用も考えられる。

(2) コンコースの排煙システム

コンコースおよび旅客通路は、所轄の自治体によって建築基準法の適用範囲が異なっているが、最近の地下駅では、建築基準法適用外であっても同法を準用し、防煙区画、防火区画、排煙口、専用排煙機等を設ける場合が多い。

消防法上は、所定の基準で直接外気に開放されている部分があれば、排煙設備を設置しないことができる。また、国土交通省の解釈基準でも、必要な煙拡散容積が確保できれば、機械排煙設備を設ける必要はない。

コンコースの排煙システムは、通常の換気方式との関連および所轄官庁の指導により決定する。排煙方式の選定は概ね次のようになる。

- ①専用の排煙設備(排煙口、排煙ダクト、排煙機等)を設置する。
- ②第1種換気(又は還気方式の空調)を行っている場合は排気(又は還気)ダクトを排煙に兼用する。
- ③第2種換気を行っている場合は給気ダクトをダンパで切り替えて排煙に兼用する。

②および③の場合は、専用の排煙機に切替える場合と排風機を兼用する場合とがある。排風機を兼用する場合は静圧および風量が大きくなり、常時と排煙時の風量に差があるときは風量制御が必要である。

防煙区画は、建築基準法に準拠して500m²毎に垂れ壁等で区画する場合とコンコース階全体を1区画とする場合がある。②および③で防煙区画を設ける場合は、当該区画だけを排煙するためのダンパ切り替え制御が複雑になる。

なお、駅ナカ店舗を有する場合のコンコース排煙設備は以下ようになる。

地下駅構内の店舗については、連続した店舗配置にしないことを条件に建築基準法上の地下街扱いとはなっていない。

消防法上は、小規模店舗(単体のコンビニエンスストアなど)の場合は従属的用途条件として、令別表第一(10)項の「停車場」扱いとなるが、店舗面積が駅の延床面積の10%以上又は300m²以上となる場合は(16)イの「複合用途防火対象物」として扱われている。

これらの店舗は防煙区画が形成されるため、国土交通省令の解釈基準における「売店」には該当せず、コンコースの避難時間の算定には関与しない。

(3) トンネルの排煙システム

トンネルの排煙設備は通常の換気設備を兼用し、トンネルの形態に合わせていくつかの方式が選択されている。

基本的には、上下線別に単線トンネルが並列する場合は、列車の進行方向に合わせた排煙方向とするのが一般的で、トンネルを挟んだ両駅端に送排風機を置き、プッシュ・プル方式で煙を制御する。

複線断面のトンネルでは、トンネル中間に排気のための換気立坑(換気塔)を設置する方法、あるいは、



写真—5 トンネル排煙機

勾配等を考慮して両駅端に送排風機を置く方法などが採用される。

写真—5 にトンネル用の大型排煙機を示す。

6. 大深度地下鉄道

「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」の適用の有無に関わらず、今後建設される地下鉄道は、従来よりも深い駅、従来よりも長いトンネルが想定される。

駅のホームが今以上に深くなると、老若男女が入り混じった旅客の垂直避難移動が困難になり、地下空間における安全区画の確保やエレベーター利用による避難なども検討する必要がある。

従来から、ホーム火災の場合の一次避難場所として、ホーム階の直上階コンコースを安全区画とする案があるが、ホーム階より下の階に一次避難場所を設定する提案も出されている。この場合、一次避難場所から地上への独立した避難経路や給気ルート確保が必要であるが、煙の遡上を考慮すると、万が一、旅客階の堅穴防煙区画が破られた場合にも有利である。

また、コンコース階が火災の場合は、その下のホーム階にいる人の避難経路確保が重要な問題となるため、この場合はコンコースを通らずにホーム下階を経由して地上へ脱出できるルートの構成は非常に有効であるといえる。

また、地下駅に限らず現状はエレベーターでの避難は禁止されている。したがって、車いす利用者など身体障害者の避難は、周囲の人の善意が頼りとなる。現行の非常用エレベーターは放水に耐えられる仕様であるが、耐火構造にはなっていない。エレベーターによる避難を行う場合は、殺到する人の整理も必要となる。車いす利用者などが一時的に避難できる安全区画（避難シェルター）の確保も含め、現在、日本建築設備昇降機センター、日本火災学会、日本建築学会などで検討が行われている。

7. おわりに

鉄道車両や地下駅内装材は不燃化が進み、実際に燃焼試験を実施しても試験片が燃え尽きた後の延焼・発煙はないという結果が出ている。しかし、持ち込まれた可燃物や爆発物による人為的な破壊活動の可能性はゼロではない。燃えないとされている我国の地下鉄車両であるが、万が一の火災に対応して、大邱市地下鉄放火事件の規模を想定した火災対策設備が設置されている。

今後、大深度地下鉄道が建設される場合は、さらに慎重に、様々な「想定」を行い、機械排煙設備だけでなく、構造物の工夫によるパッシブな火災対策、密閉型ホームドアによる軌道部とホーム部の区画、駅部における迅速な垂直避難方法、長いトンネルの中間部で停車した場合の避難方法などが重要な課題になるであろう。

JICMA

《参考文献》

- 1) 国土交通省鉄道局監修：解説 鉄道に関する技術基準(土木編)改訂版、2007。(株)日本鉄道施設協会。
- 2) 韓国大邱市で発生した地下鉄火災について(第2報) 2003.2.21 日本建築学会。
- 3) 複合化するターミナル施設の防火対策のあり方、2011.3. 東京消防庁。
- 4) 火災及び避難シミュレーションを用いた地下鉄駅における火災避難に関する研究、塚原 学、2011、消防技術安全所報。

【筆者紹介】

伊藤 健一 (いとう けんいち)
 (独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構
 鉄道建設本部 設備部 機械課
 総括課長補佐

