エジプト・アラブ共和国
運輸省　トンネル公団

エジプト国
カイロ地下鉄4号線整備事業
防災研修

最終報告書

平成23年12月
(2011年)

独立行政法人 国際協力機構
(JICA)

日本工営株式会社

中欧
JR
11-008

エジプト・アラブ共和国
運輸省　トンネル公団

エジプト国
カイロ地下鉄４号線整備事業
防災研修

最終報告書

平成 23 年 12 月
（2011 年）

独立行政法人 国際協力機構
（JICA）

日本工営株式会社

エジプト国
カイロ地下鉄 4 号線整備事業 防災研修

最終報告書

目次

1 章 業務の概要 1
1.1 本調査の目的・背景 1
1.2 コース概要 1

2 章 カイロ地下鉄における防災基準・設備の現状と本邦地下鉄防災基準・設備との比較 2
2.1 カイロ地下鉄 1-3 号線の現状との比較 2

3 章 防災研修実施内容について 12
3.1 第一回研修概要 12
3.2 第一回研修団からの要望と次回研修への反映 23
3.3 第二回研修概要 24
3.4 第二回研修の所感 35
3.5 防災研修の反映 35

付属資料

付属資料 1 第一回研修 団員リスト

付属資料 2 第一回研修 質問票集計

付属資料 3 第二回研修 団員リスト

付属資料 4 第二回研修 質問票集計

付属資料 5 Fire Management Policy based on Japanese Standard and Practices

付属資料 6 Fire Management Policy based on Japanese Standard and Practices (Arabic Version)

1　業務の概要

1.1　本業務の目的･背景

（1） 目的

「エ」国政府関係者が地下鉄4号線において日本の地下鉄防災基準、防災設備を採用するにあたり、その理解を深めることにより適切に運用できる事を目的とする。また、「エ」国で現在採用されている基準と日本基準の技術的な比較、分析を行い、本邦基準の利点を明示するとともに地下鉄道事業者による運用事例を紹介することにより理解を深めるものとする。

（2） 本調査の背景と経緯

エジプト国（以下「エ」国）カイロ都市圏においては、人口の増加および自動車台数の増加による道路交通量の増加に道路整備が追いつかず、慢性的な交通渋滞が発生している。この状況下において「エ」国政府は、都市圏郊外に衛星都市を建設することにより都市機能および人口の分散を進めている。また、道路交通渋滞の緩和を目的として地下鉄1号線および2号線を建設･運営しており、公共交通への転換を図ってきた。しかし、衛星都市の建設による都市圏の拡大に伴って交通渋滞は都市間交通にまで及んでいる上、運営中の地下鉄だけでは、交通渋滞を緩和するには至っていない。

このような状況を踏まえて、「大カイロ都市圏総合計画調査」(2001-2002 年)において地下鉄2号線の延伸、地下鉄 3 号線、4 号線の建設等が提案された。「エ」国政府は、地下鉄 4 号線の早期整備を目指して F/S 等を内容とする調査を日本国政府に要請し、運輸省トンネル公団（NAT）をカウンターパート(C/P)として準備調査を実施中である。この地下鉄 4 号線（フェーズ 1）について「エ」国より円借款(STEP)の要請がなされている。

既存のカイロ地下鉄および建設中の地下鉄 3 号線においては、火災対策を中心とした地下防災基準や防災設備に関して、これまで米国の基準(NFPA130)が採用されてきた。しかしながら、米国の基準を遵守することが厳しい状況や我が国の基準を採用することでコスト削減が可能となる点等から、エジプト国政府関係者は本邦地下鉄防災基準を採用する意向である。NAT には日本の地下鉄防災基準に対する期待がある一方で、これまでの基準と異なる基準の運用に対する不安が残っていることから、技術的な観点から本邦地下鉄防災基準への理解を深め、その運用を確認する機会を希望している。

1.2　コース概要

本防災研修の目的は、本邦地下鉄防災基準への理解を深めること、本邦地下鉄防災設備および地下駅における火災対策の状況を確認、理解することである。本邦地下鉄防災基準に関する座学を行ったうえで、各種の地下鉄駅、総合指令所などの視察を行うことにより、上記の目的を達成するものとする。第一回目研修は、決定権のある関係機関幹部に対して実施され、第二回研修は、実務担当者レベルに対して実施する。

第一回研修における日程を以下に示す。

表 1.1 第一回防災研修日程

月	日	曜日	日目	時間	研修内容	実施場所	講師及び討議参加者	目的
7	9	土	1	カイロ 18:30発 (EK924)	移動日		―	18:30 (カイロ)―00:10 (ドバイ)
	10	日	2	成田 17:35着 (JL 5096)	移動日	―	―	02:50 (ドバイ)―17:35 (成田)
	11	月	3	9:00-12:00	ブリーフィング：研修員登録、銀行カードとメディカルカード配布、注意事項等	JICA Tokyo International Center (TIC)	JICE	
				13:30-14:00	プログラムオリエンテーション 研修関係者紹介、研修目標確認、スケジュール確認等	TIC S/R4	JICA, 日本工営、JICE	
				14:00～17:00	日本地下鉄防災基準等に関する説明および質疑応答	TIC	日本工営・JICE	日本地下鉄防災基準等に関する基本的理解をする。
	12	火	4	9:00～12:00	東京メトロ総合指令所見学	東京メトロ総合指令所	日本工営・JICE、東京メトロ	日本の地下鉄オペレーション状況の見学
				14:00～17:00	東京メトロの概要、駅及び駅施設の見学 駅構内商業施設見学	大手町駅	東京メトロ、 日本工営・JICE	日本の地下鉄における防災対策・設備の状況を確認する。 防災管理室、各防災設備、防火区画の確認、消防隊進入路、避難路など。
	13	水	5	9:30～10:30	東京メトロ副都心線渋谷駅見学（吹抜け、PSD、シーサス、防災対策用サイン）	副都心線	日本工営・JICE	特殊な最新駅の視察
				10:50～12:00	都営大江戸線六本木駅見学（都内最深部地下駅） 都営大江戸線試乗（六本木～汐留） 都営大江戸線汐留駅見学（大江戸線-浅草線連絡線）	大江戸線	日本工営・JICE	最深地下鉄駅の状況確認、地下鉄試乗など
				14:00～15:30	ゆりかもめ試乗（新橋～台場） 台場駅周辺見学	ゆりかもめ	日本工営・JICE	
	14	木	6	10:00～13:30	移動時間 (TIC 10:00発)			
				13:30-16:00	能美防災試験所見学 新型消火器等の体験、その他設備の見学	能美防災 熊谷工場	日本工営・JICE、 能美防災	CO2消火器に代わる窒素消火器の体験など
	15	金	7	9:00～11:00	報告書作成	代々木上原		
				12:00～16:00	モスクにてお祈りの時間	TIC　S/R3	JICA,日本工営、JICE	
				16:00－17:00	JICAへの報告会、評価会、修了証授与	JICA	JICA,日本工営、JICE	研修団代表による発表。質問表の回答を元に次回の研修の改善点などを確認する。
	16	土	8	～17:00	休日, 帰国準備		日本工営	17:00 成田空港へ向けて出発
				成田22:00- ドバイ03:50 (JAL5095)	移動日		―	22:00 (成田)―03:50 (ドバイ)
	17	日	9	ドバイ08:50- カイロ10:40 (EK927)	移動日		―	08:50 (ドバイ)―11:40 (カイロ)

2　カイロ地下鉄における防災基準・設備の現状と本邦地下鉄防災基準・設備との比較

2.1　カイロ地下鉄 1-3 号線の現状との比較

「エ」国採用基準（NFPA130）および事例 と本邦地下鉄防災基準・設備の比較・分析を行うため、カイロ地下鉄 1-3 号線の現状視察およびトンネル建設公社(NAT)への聞き取り調査を行った。現在のカイロ地下鉄における現状を整理・分析するとともに、本邦地下鉄防災基準・設備との比較を行い、本研修における見学・説明における重要点を把握するとともに地下鉄 4 号線における基本的方向性を示すことを目的とする。本邦地下鉄防災基準とNFPA130の根本的な相違（乗客避難の照査、トンネル構造）については次章にて示し、本章では既存の防災設備・対策の相違点、問題点などを比較する。

（1） 不燃材の使用、防火/防煙区画に関して

カイロ地下鉄における現状と課題

カイロ地下鉄1-3 号線における視察では、火災時の延焼防止措置や煙拡散防止など、日本基準で定義されている「防火区画」「防煙区画」に基づいた考え方は導入されていない。自閉装置などを具備した防火戸や防火シャッター、防煙たれ壁などは設置されてない。また、配管やダクトの壁貫通部分の耐火処理もなされておらず、延焼防止という観点から非常に不利な構造となっている。一般的に可燃物が多く、火災発生の可能性の高い売店などの防火・防煙区画化もなされていない。

出典：本調査団(左)、国土交通省（右）

図 2.1 カイロ地下鉄における防火/防煙区画の未形成事例（左）と日本における貫通部処理事例（右）

本邦地下鉄防災基準との比較

火災時の被害拡大を抑制するためには構造材、内装は不燃材料を使用するとともに、調度品は可燃性のものを極力使用しないよう努めるべきである。また比較的火災発生の可能性が高い売店や変電所、配電所、機械室などは、他の部分と防火区画を形成し、延焼防止措置を施すことが重要である。避難誘導の際、最も考慮すべき煙拡散防止の観点から、プラットホームとコンコースを結ぶ階段、エスカレータ等の下部には煙や炎を遮断できる防火戸または防火シャッター（構造上の理由で困難な場合は垂れ壁等）を設けることとする。その場合の防火シャッターは本邦基準で定められている二段降下型を採用する。本研修では、防火/防煙区画設置の重要性を見学および説明するとともに、二段落としシャッターの有効性についての理解を深める研修を行った。

出典：本調査団(上)

図 2.2 プラットホーム-コンコース間に防煙たれ垂れ幕のないカイロ地下鉄

出典：大阪市交通局

図 2.3　日本における二段落としシャッターの設置例

（2） 防災管理室の整備状況

カイロ地下鉄における現状と課題

カイロ地下鉄防災管理室が設けられており、自動火災報知設備の火災受信盤、電話・放送設備、排煙設備操作盤（起動スイッチなど）が設置されている。ただし、防火区画などの安全対策が施されている形跡がないため、発災時における消防活動の拠点としての機能に弊害を与える可能性がある。それらの理由により当該部は防火区画が完全に形成されるべきであり、また商用電源が途絶えた場合でも監視・制御機能を維持し、防災活動が可能となるよう非常電源や非常照明設備なども具備する必要がある。各設備の連動や統合管理、総合操作については考慮されておらす、それぞれが係員の判断で手動起動されているようである。

出典：本調査団

図 2.4 防災管理室（火災受信盤・排煙設備操作盤、カイロ地下鉄 2 号線 Ataba 駅）

本邦地下鉄防災基準との比較

駅長室に併設し、情報の収集、連絡および命令の伝達、旅客への案内・防火シャッター等の監視および制御を行う係員が常時勤務する室として整備する。自動火災報知設備の受信機、通信・放送設備、消火設備の作動状況監視盤、排煙設備の作動監視盤、防火戸、防火シャッター等の作動監視盤を設置し、またそれらを統括監視できるシステムを構築する。また、非常照明設備や非常電源などを具備し、発災時においても防災活動に支障をきたさないものとして計画を行う。なお非常照明設備は床面照度で 10 ルクス以上、1時間以上を目安とする。本研修においては、これらを確認する目的で駅に設置された防災管理室の見学を行った。

出典：大阪市交通局

図 2.5 日本における地下鉄防災管理室の事例

（3） 火災報知設備

カイロ地下鉄における現状と課題

カイロ地下鉄 1 号線においては、事務室などの人がいる部屋(以下、居室)のみに感知器が設置されているが、2 号線および建設中の 3 号線では駅全体に感知器が設置されている。感知器の使い分けは、プラットホームおよび居室には煙感知器が、コンコースには炎感知器が、機械室・電気室には熱感知器がそれぞれ設置されている。火災受信機は防災管理室に設置されており、アドレス表示タイプの受信機が採用されている。なお火災報知設備による他設備との連動は行われていないようである。

出典：本調査団

図 2.2.6 火災報知設備（受信盤および感知器）の整備状況（カイロ地下鉄 2 号線 Ataba 駅）

カイロ地下鉄には業務用放送設備が設けられている。本設備は防災管理室から館内放送を実施しているが、非常電源が具備されていない。放送設備は火災が発生した時に、駅構内各所にいる旅客に対し事態をいち早く知らせるとともに、安全に避難誘導することが求められている。よって、発災時など一般電源が途絶えた場合においても正常に機能する必要があるため、非常電源の設置が望ましい。

本邦地下鉄防災基準との比較

本邦地下鉄防砂基準において定めている自動火災報知設備の感知器を設置する場所は、可燃物があり火災発生の可能性のある居室・売店・変電所・配電所・機械室・倉庫等を対象としている。売店を除くコンコース部は通路的要素が高く、基本的に火災発生の原因となる火源がないことから感知器の設置は行わないこととしている。また軌道部やプラットホーム部についても火源がないことと、列車の

移動によって生じる気流により火災の発生を有効に感知することが出来ないので設置しない方針である。カイロ地下鉄 4 号線においては、カイロの関係法規との整合性を確認し感知器の設置場所を決定するものとする。なお、自動火災報知設備や放送設備には停電時でも有効に対応できるよう非常電源を設ける事を推奨し、本研修においても説明を行った。

（4） 無線通信補助設備

地下駅等においては無線波が届かずに警察／消防活動の円滑化に支障をきたす恐れがある。そこで、地下駅等における無線通信を確保するため、無線通信補助設備を設置し、火災現場における警察／消防活動の指揮命令等に使用する設備である。

カイロ地下鉄における現状と課題

携帯電話用の漏洩同軸ケーブルは、駅・トンネル内を含めて全般的に設置されているが、警察／消防用無線通信補助設備は設置されていない。

本邦地下鉄防災基準との比較

カイロにおける、警察／消防活動の際に使用する機材など（無線通信設備の活用状況等）を確認し、必要に応じて設置の要否を詳細設計時に協議する。日本においては、火災現場における警察／消防活動の指揮命令等に使用する設備であり、漏洩同軸ケーブル、空中線（アンテナ）、両者の複合方式などが設置されている。地上に設ける接続端子（地上端子）は保護箱に収納し、地上で消防隊が有効に活動できる場所に設置する。

（5） 駅間通信設備

本設備は、列車がトンネル内に非常停止した場合などに備え、列車およびトンネルから運転指令所（または駅防災管理室など）に連絡できる通信設備を備えるものである。

カイロ地下鉄における現状と課題

駅間通信設備としての沿線電話機は整備されていない。ただし、携帯電話用の漏洩同軸ケーブルは敷設されている。

本邦地下鉄防災基準との比較

本邦地下鉄防災基準においては、トンネル内に 250m 間隔で通信設備を設置することとなっているが、トンネル内に電話機を固定して置かない場合は、列車乗務員が携帯し、250m 以内の間隔でジャックを差し入れて通話するシステムや、自営 PHS を設置する場合もある。地下鉄 4 号線においては携帯電話にて代用できる可能性もあり、運用方法について詳細設計じに十分に協議してシステムを決定する。災害発生時において、列車およびトンネルから運転指令所への緊急連絡手段の整備は、日常の保守作業の場合も含めて何らかの形で整備しておくべきである。

出典：本調査団

図 2.7 日本における駅間通信設備（沿線電話設備）の設置例

（6） 避難誘導設備

プラットホームの各部分から直近の避難通路への出入口までの距離は、できる限り短くするべきであるが、火災時など視界が不明瞭となった場合など避難すべき方向を明示することは、避難安全上必要である。また、一般電源が途絶えた場合でも旅客の視認性を確保し、安全な避難誘導を確保する、非常電源による照明設備を整備することが重要である。

カイロ地下鉄における現状と課題

居室を含む駅の各部分に避難口誘導灯が設置されている。非常照明設備はプラットホームやコンコースの各部分に設置されているが、居室には設置されていない。

出典：本調査団

図 2.8 カイロ地下鉄 1 号線 Sadat 駅における避難口誘導灯と非常照明設備

本邦地下鉄防災基準との比較

本邦地下鉄防災基準においては、プラットホーム、階段、通路（非常用通路を含む）、コンコース等の避難通路には、非常照明設備を設けることとなっている。また、各居室やトンネル内の避難通路となる部分についても同様に設置を行い、床面において 1 ルクス以上の照度を確保し、停電時においても安全に避難できるよう考慮する。

駅部の各所には避難口誘導灯および通路誘導灯を適宜設置するとともに、トンネル内を歩いて避難する場合に、避難方向を適切に判断できるよう、100m 間隔に駅間の距離・方向を示す標識を設置する。

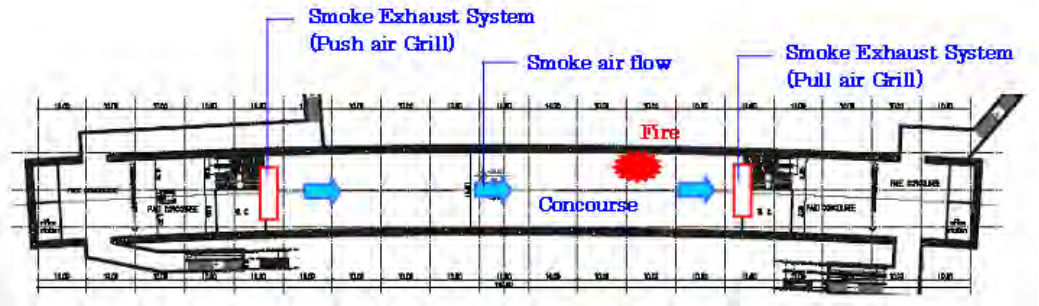
（7） 排煙設備

火災時に発生する有毒ガスを含む高温で視界を遮る煙が充満すると、避難上大きな障害となり得る。このため煙の拡散を如何に抑制し、有効に排出するかが重要である。

カイロ地下鉄における現状と課題

カイロ地下鉄 2 号線および 3 号線では、プラットホームおよびコンコースにおいて専用の排煙設備が設置されており（換気・空調設備との兼用はない）、駅端部（両端）に排煙口が集約して設置されている。これは、トンネル内排煙と同様の機械排煙設備によるプッシュープルの縦流方式を採用しており、感知器による火災発生場所に応じて給気／排気を自動切り替えしている。

このシステムを採用した場合、煙の流れは火災発生場所のみの情報により決定されるため、旅客の避難方向との整合性が確保できないため、安全な避難誘導の実現が困難である。また、換気・空調設備を排煙のために使用されない。



出典：本調査団

図 2.9 カイロ地下鉄 3 号線のコンコース排煙設備イメージ

出典：本調査団

図 2.10 カイロ地下鉄 3 号線 Abbasseya 駅のプラットホーム/コンコースの排煙口

本邦地下鉄防災基準との比較

本邦地下鉄防災基準においては、安全な避難誘導を確保するため、排煙口の位置は駅の各部分から水平距離 30m 以内に適正配置することとなっている。また、排煙機およびダクトは機械換気（空調）との兼用設備とし、排煙機には非常電源を具備する。居室部は 1.0m2 につき 1.0m3／分以上、コンコース部は煙拡散容量方式より算出した容量以上、プラットホーム部は火点ブロック方式により算出し

た容量(ただし火点ブロック容量に対して 5,000m3／時以上を最小とする)を確保する。
トンネル部は本邦地下鉄防災基準において規定がないものの、各地下鉄事業者にてトンネル内風速 1-2m/秒の気流を生じさせる容量を確保している事から、地下鉄 4 号線においても同様の対策を取る事とする。本研修では、これらの説明を行うとともに、地下鉄駅において天井部の排煙口などの確認を行った。

(8) 消火器設備

カイロ地下鉄における現状と課題

駅各所に消火器(二酸化炭素消火器・粉末消火器)が有効に設置されている。プラットホーム・コンコースは消火栓納箱内に納められ、また居室等は単独で壁掛け設置(カバー付き)などを採用している。

出典:本調査団

図 2.11 カイロ地下鉄 1 号線 Sadat 駅の消火器整備状況

本邦地下鉄防災基準との比較

火災発生時において、被害の拡大防止の観点から火災の初期段階で消火することが重要であり、初期消火を有効に行うために、駅員のみならず誰もが簡単に使用できるように消火器を設置するものとする。消火器は、駅のうち消火活動上必要と認められる箇所、すなわち可燃性のある箇所を基本として、通行または避難に支障がなく、かつ使用に際して容易に持ち出すことができる箇所を基本とし、カイロの関係法規との整合性を確認した上で設置場所を決定するものとする。

(9) 屋内消火栓設備・連結送水管設備

カイロ地下鉄における現状と課題

カイロ地下鉄1-3 号線において、建設時期の違いによって、屋内消火栓・連結送水管設備システムの変化が見られる。1 号線建設当時は屋内消火栓設備の概念はなかったと推測され、連結送水管設備のみ設置されている。よって、駅に消防用水源(消火用水槽)は設置されていない。2 号線においては屋内消火栓が設置されており、連結送水管設備と併設されるようになった。ただし、1 号線、2 号線ともにトンネル部の消火設備は皆無であり、トンネル火災の際の消火活動設備が不足している。一方、

現在建設中の 3 号線においては各駅に 150m3 の水槽が具備され、消防用ポンプから各消火栓に供給されるようになった。供給は2系統（消防用ポンプの2次側で分岐）とされ、駅系とトンネル系に系統分割されている。いずれの配管系統も消防用ポンプによって常時加圧され、消火栓使用時の減圧によって消防用ポンプが自動起動されるシステムが採用されている。消防用ポンプの吐出水量は約 4,800 ﾘｯﾄﾙ／分、水源はその 30 分程度を保有している。地上には送水口が設置され、消火水源への補給水用および消防用ポンプの2次側で消火配管系に直接接続されている。なお屋内消火栓の設置間隔は 50m 毎である。

駅間連結送水管設備（トンネル部）は、消火栓設備と兼用とし、常時加圧式（湿式）、65A 消火栓バルブを 50m 毎に設置。直近には 30m ホース格納箱を具備している。

出典：本調査団

図 2.12 カイロ地下鉄 1 号線 Sadat 駅の屋内消火栓(左)と連結送水管(右)

出典：本調査団

図 2.13 カイロ地下鉄 3 号線 Abbasseya 駅の駅間連結送水管(左)と 1 号線の連結送水管口(右)

本邦地下鉄防災基準との比較

本邦地下鉄防災基準においては、駅の各部分から25m包含にて屋内消火栓を設置するよう規定されている。消火栓あたりの放水量は130ﾘｯﾄﾙ／分とし、2箇所が同時に20分間放水できる水源を確保する。連結送水管設備については、駅の各部分から 50m 包含にて配置、また駅間相互（駅の放水口相互）の距離が 500m を超える場合には、トンネル部に 500m 間隔で駅間連結送水管設備を設置するものとしている。カイロの諸事情や関係法規との整合性を確認した上で設置場所を決定するものとする。

(10) スプリンクラー設備

地下駅の居室などの火災の場合、火源部分から発生する煙が居室などに充満することが想定される。その煙により消防隊の緊急的な進入を妨げ、火源部分に有効な注水を行うことが困難な場合が想定される。このことから、消防ホースによる注水よりもスプリンクラーのように自動散水する方が効果的な場合がある。

カイロ地下鉄における現状と課題

カイロ地下鉄1号線および2号線には、スプリンクラー設備は特に設けられていない。3号線においては、併設される商業施設には設置が予定されているようである。

本邦地下鉄防災基準との比較

日本基準においては、居室等および売店にはスプリンクラー設備の設置が義務付けられている。スプリンクラーヘッドあたりの放水量は80 ﾘｯﾄﾙ／分とし、10箇所が同時に20分間放水できる水源を確保する。プラットホーム・コンコース・通路・水損の恐れのある運転指令所、電力指令所、防災管理室には原則として設置しない。日本における現状を視察したうえで、カイロの諸事情や関係法規との整合性を確認した上で設置場所を決定するものとする。

出典：仙台AERビル

図 2.14 スプリンクラー設備(ヘッド・アラーム弁・ポンプ)

上記の相違を考慮した上で、本坊防災基準および設備に対する理解を深め、カイロ地下鉄4号線に反映されることを目的として、本邦防災研修を計画・実施した。

これまでカイロ地下鉄での採用実績が少ないこともあり、本研修においては、スプリンクラー設置箇所および水源容量に対する質問がみられた。

3　防災研修実施内容について

3.1　第一回研修概要

第一回防災研修として7/10-7/15の日程で以下の座学、視察を行った。各実施内容および研修団からの質問事項などを以下に示す。

表 3.1 第一回研修内容

	視察項目	視察場所
1	本邦地下鉄防災基準に関する座学	JICA 東京にて実施
2	総合指令所における運行管理	東京地下鉄　総合指令所
3	駅部防災管理室および駅部防災設備	東京地下鉄　大手町駅
4	最新の特殊構造の駅視察	東京地下鉄　副都心線　渋谷駅
5	大深度および２層プラットホーム駅	都営地下鉄　大江戸線　六本木駅
6	地下鉄および新交通システムの試乗	都営地下鉄　大江戸線（六本木～汐留）およびゆりかもめ（無人運転）の試乗
7	新型消火設備の視察	能美防災メヌマ(熊谷)工場にて新型消火設備(窒素系)と旧来の二酸化炭素型の比較実験を視察

（1） 本邦防災基準に関する座学

国土交通省鉄道局監修「地下駅等の火災対策基準・同解説」を基に研修教材を作成し（巻末資料として添付）、本邦地下鉄基準の主要な部分の説明を行った。また、米国基準「NFPA130」において過大な構造・設備を招く基準・記述に関しても比較説明を行い、本邦地下鉄防災基準を採用することによる利点に関しても説明を行った。

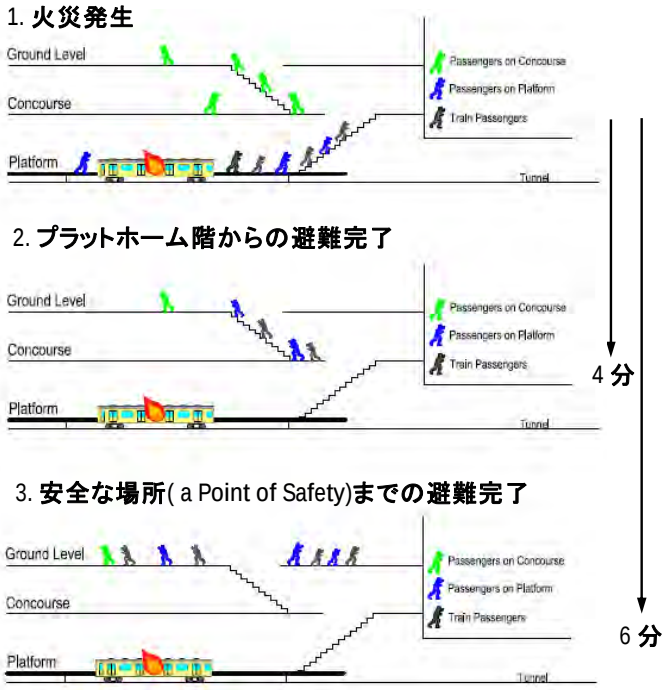
1） 地下駅からの乗客避難時間と評価

地下鉄火災の対応策において最も重要なことは、火災から乗客を安全に避難させることである。乗客を安全に避難させるための障害は煙であり、乗客の避難完了までに必要な時間とその時の煙の状態により安全性が照査される。しかし、NFPA130 においては、火災の発生場所および火災の規模などの火災シナリオについて明確に規定されていないだけでなく、煙の状態を考慮することなく以下に示す一定の時間で避難が完了することが求められている。

- ✓ プラットホームから４分以内にすべての乗客が避難すること
- ✓ プラットホームの一番遠い場所から安全な場所（一般的には地上まで）まで６分以内に避難が完了すること

この規定は、乗客数が少なく、大深度の地下駅が建設されることが考えられていなかった時代に作成された規定であり、現代の地下鉄に適応した場合には、階段数および階段幅の増大により、駅規模および工費を膨らませることとなる。

一方で、本邦防災基準においては、次節に示す火災シナリオと乗客避難の評価に述べるとおり、火災シナリオ別の乗客避難完了時間と煙の状態を照査することとなっており、深い駅に対しても適切な安全の検討を行う事が可能であること、駅規模は過大とならない利点があることを説明を行った。



出典：本調査団

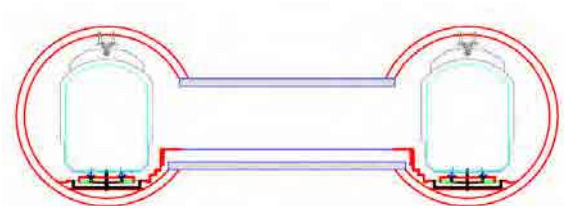
図 3.1 NFPA130 における避難完了時間のイメージ

2)　トンネル構造

カイロ地下鉄 2 号線および現在施工中の 3 号線においては、複線トンネルが使用されている。一方で、カイロ地下鉄 4 号線 F/S においては、カイロ市中心部の既存構造物を迂回する際に利点があること、工費を下げる点で有利であること、ナイル川横断部において土被りを薄くすることが縦断線形において有利となること等から、単線並 3 列トンネル案を提案している。単線並列トンネルによる地下鉄建設は、「エ」国にとって 4 号線が初めての事例となる。

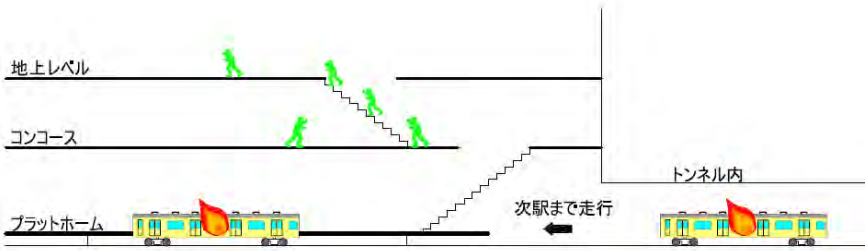
NFPA130 においては、駅間におけるトンネル構造は、乗客にとっての出口間距離を 762m 以下とするか単線並列トンネルを 244m 以下の間隔で避難連絡坑により接続をすることとなっている。トンネル延長（駅間距離)が 762m を超えている場合、地上部の土地利用の制約などから中間立坑を設置することは、工費において有利とならないことから、NFPA130 を遵守している地下鉄においては次頁のように避難連絡抗を設置している場合が多い。

日本においては、このような避難連絡工は、火災車両がトンネル内に留まる道路トンネルに設置が義務づけられる場合もあるが（トンネル延長、交通量による）、トンネル内車両火災時においては、次駅まで列車が走行することを規定している本邦地下鉄防災基準においては、避難連絡坑の設置を義務づけていない。NFPA130 は、道路トンネル火災と地下鉄火災における特性の相違を考慮しないで規定されており、避難連絡坑の設置は大幅な工費の増大を生むだけでなく、安全性の向上にもほとんど寄与しないということを説明した。



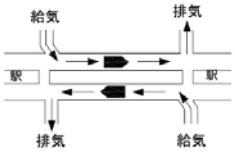
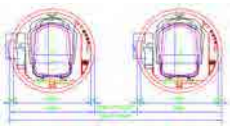
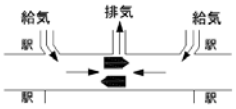
出典：本調査団

図 3.2 単線並列トンネルと避難連絡坑（NFPA130）



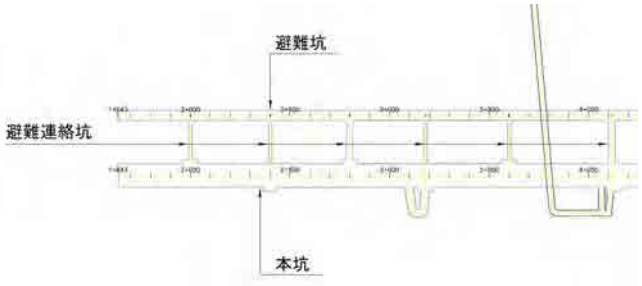
出典：本調査団

図 3.3 トンネル内車両火災の基本原則（本邦防災基準）

換気方式	換気概略図	トンネル断面図
縦流式換気方式		
中間立坑方式		

出典：本調査団

図 3.4 単線トンネル並列と複線トンネルにおける換気方法の相違



出典：本調査団

図 3.5 避難坑および避難連絡坑の設置された道路トンネルの事例

3)　不燃材の使用

地下鉄防災の基本原則は、極力、不燃材および難燃材を駅、トンネル、車両に使用することであり、

可燃物を駅、トンネル、車両内に設置しない、持ち込まないことである。この基本原則に基づいて火災シナリオ、乗客避難照査などが定められていると説明を行った。

出典: 国土交通省

図 3.6 駅構内に設置が許される小売店（KIOSK）

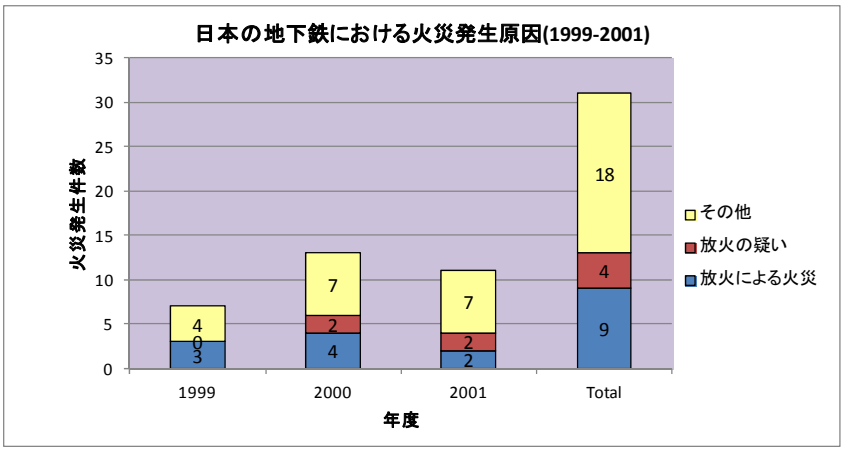
4)　火災シナリオと乗客避難の評価

本邦防災基準の特徴の一つとして、乗客の避難照査を行うための火災シナリオが定義されていることが挙げられる。2003 年に韓国大邱においてガソリンの持ち込みによる放火で大規模地下鉄火災が発生した。この大事故を教訓として、本邦技術基準では、大火源火災として大邱地下鉄と同様のガソリン持ち込みによる火災シナリオを改訂として追記している。本邦技術基準では、車両床下機器などから発生する通常火災（初期の煙濃度は低いことから、煙は避難完了時間における避難者の視界レベルにて照査）とガソリン放火による大火源火災（火災発生時から煙の温度、濃度が高いことから、天井から床上 2m までの煙の降下時間にて照査）の特性を考慮して乗客の避難を照査していることを説明した。また、火災シナリオに放火による火災を考慮する妥当性を「日本の地下鉄駅における火災発生原因統計」を示すことにより説明を行った。

火源、出火発生場所、想定火災の組み合わせから本邦技術基準の火災シナリオは定義されている説明を行った。

出典:消防庁

図 3.7 韓国大邱の大規模地下鉄火災事故（2003）



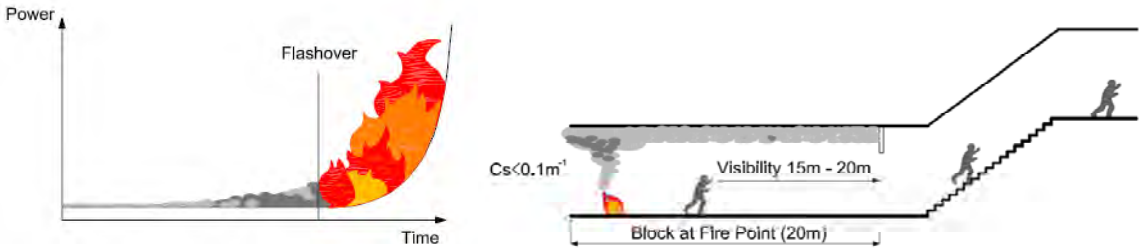
出典:消防庁

図 3.8 日本の地下鉄駅における火災発生原因

表 3.2 本邦基準における想定火源

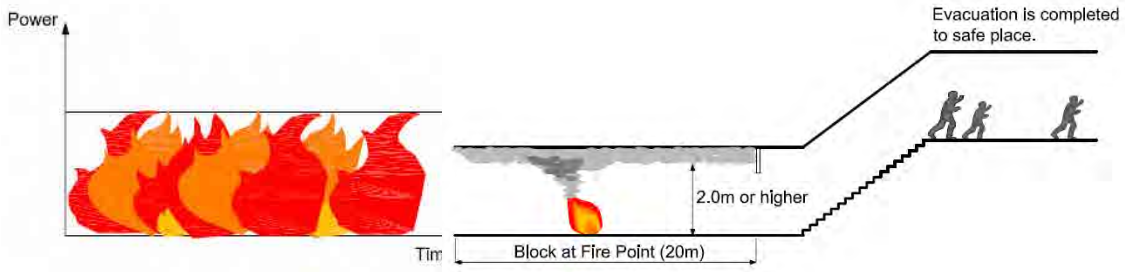
想定火災	種類	出火源
通常火災	車両	車両床下機器
	売店	ライター等による放火
大火源火災	車両	ガソリン4リットルによる放火
	売店	ガソリン4リットルによる放火

出典: 国土交通省



出典: 本調査団

図 3.9 通常火災(時間-強度)と避難イメージ(避難者の視界を照査)



出典: 本調査団

図 3.10 大火源火災(時間-強度)と避難イメージ(避難者の空間を照査)

表 3.3 本邦基準における火災シナリオ（火源、発生場所、想定火災による組み合わせ）

出火場所			想定火災	避難対象者	避難場所	照査対象
車両	駅間	停止	通常火災 大火源火災	列車乗客	コンコース階	×
		次駅まで走行	通常火災 大火源火災	列車乗客	コンコース階	○
	駅	停止	通常火災 大火源火災	列車乗客 プラットホーム階旅客	コンコース階	○
駅	プラットホーム売店		通常火災 大火源火災	列車乗客 プラットホーム階旅客	コンコース階	○
	コンコース売店		通常火災 大火源火災	プラットホーム階旅客	地上	○
トンネル	駅間	停止	ケーブル火災	列車乗客	コンコース階	×

トンネル内火災は、トンネル排煙により避難行動に支障ないレベルの高さに煙層が保たれることから避難照査対象としない。

出典: 国土交通省

5) 防災設備

「エ」国政府関係者の中でも消防関係機関は、防災設備そのものに対する関心が非常に高いことから、各設備に関して説明を行った。カイロ地下鉄 1-3 号線には取り入れられていない防火・防煙区画の重要性を認識する目的から、二段落としシャッターの機能と目的に関して説明を行った。

出典: 大阪市交通局

図 3.11 二段落としシャッター(左：通常時、中：避難時、右：避難完了後)

6) 研修団からの質問等

座学プレゼン終了後には研修団と質疑応答を行い、主に以下のような質問と回答がなされた。

表 3.4 本邦地下鉄防災基準・設備に対する質問と回答

	質問	回答
1	駅おける消防隊進入路の有無と視察の可能性について	東京の地下鉄では、消防隊進入路は設置していない。横浜市営地下鉄だけが設置している。
2	消防隊突入用のエレベーターはないのか。	停電などを考慮して、通常はエレベーターを進入路とはしない。
3	大火源火災(放火の場合)のガソリン 4 リッターの根拠は何か。	韓国での地下鉄火災を考慮して、単独の放火犯が持ち込める量(ペットボトル 2 本分程度)としている。集団テロは考慮していない。
4	日本の地下鉄火災の事例を知りたい。	1969 年の日比谷線神谷町火災以降は、大規模な駅火災はおきていない。プレゼン資料に示したように、日本の地下鉄では毎年 10 件程度の火災がおきている。

出典: 本調査団

（2） 東京地下鉄(株)総合指令所

1)　視察状況

カイロ地下鉄においては、1 号線から現在建設中の 3 号線まで各路線に指令所が設けられており、4 号線においても独立した指令所を建設することが計画されている。カイロでは 2050 年までに 15 路線を建設することが計画されており、現在のように路線毎に指令所を建設することは、運営上の効率、安全・防災の観点からも好ましくない。従って、9 路線を一括管理する東京地下鉄総合指令所は、今後のカイロ地下鉄の運営・管理において参考となるものである(安全対策のため、写真撮影も不可)。

研修として以下の内容について行われた。

1. 東京メトロおよび総合指令所の紹介を DVD にて実施された。

2. 指令所内に入り、各情報盤の表示内容および管理状況の説明、火災などの災害発生時の連絡体制などについての説明を受けた。

2)　研修団からの質問等

情報盤の切り替え方法、火災時の消防への連絡方法、駅との情報伝達方法、総合指令所内の消火設備(CO2 との回答)などが質問された。

（3） 東京地下鉄(株)大手町駅

1)　視察状況

東京地下鉄 大手町駅防災管理室において、4 路線(丸ノ内線、東西線、千代田線、半蔵門線)を一括管理する防災管理盤を視察した。東京地下鉄における本邦地下鉄防災基準対策(古い車両の改良、駅などの改築)などについてプレゼンが行われた。また、駅構内の消火栓、二段落としシャッター、防火戸などの設備の見学を行った。

2)　研修団からの質問等

防災管理盤における火災点の表示、監視カメラの切り替えなどに関して質問された。また、火災報知器の稼働の確認方法などについての質問があり、回答を行った。

出典:本調査団

図 3.12 大手町駅防災管理室の視察状況

出典：本調査団

図 3.13 大手町駅にて防火戸および消火栓を確認する研修団

（4） 東京地下鉄（株）副都心線渋谷駅

1） 視察状況

副都心線 渋谷駅においては、従来の換気方法と異なり、自然換気力を利用するため大規模な吹き抜け構造が採用されている。火災対策なども特殊な防火・防煙区画が設けられていることから、最新の特殊例として見学をした。

2） 研修団からの質問等

火災時における排煙方法などについての質問があり、吹き抜け部分において特殊な防火・防煙区画が取られていることを説明した。

出典：本調査団

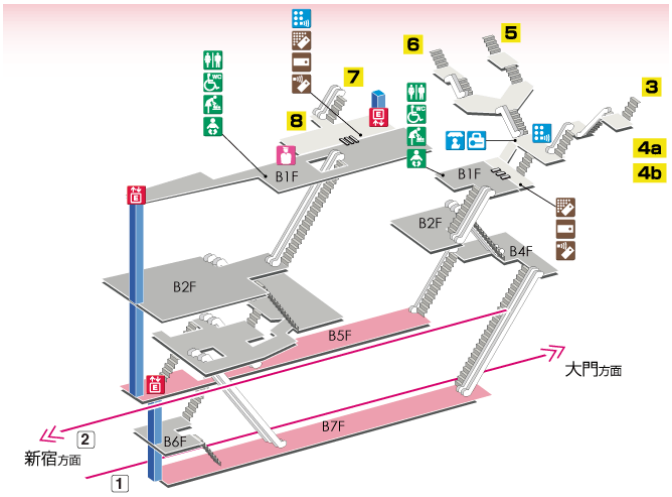
図 3.14 自然換気を行うための吹き抜け構造（副都心線 渋谷駅）

（5） 東京都都営地下鉄大江戸線六本木駅、大江戸線試乗、ゆりかもめ試乗

カイロ地下鉄 4 号線においては深度が 30m を超え、プラットホームが2層構造となる駅が計画されている。カイロ地下鉄においては、このような駅は初めての計画となる。日本における事例として、日本の地下鉄における最新駅である六本木駅（B7F プラットホームにて 42m）の視察を行った。また、大江

戸線試乗（リニアメトロ）を行い、車両内の貫通扉、消火設備、設備位置案内図の確認をした。

ゆりかもめ試乗においては、無人運転と無人運転に伴う駅部のプラットホームスクリーンドア（フルハイト）の視察を実施した。



出典: 東京都交通局

図 3.15 大江戸線六本木駅構造図

（6） 能美防災（株）メヌマ工場

1） 視察状況

電気設備などの最新消火設備による消火実験を視察した。能美防災より電気室などに使用される消火設備の変遷についての以下の説明がされた。

1. 水を嫌う電気設備等の消火設備として気体による消火設備が採用されている。
2. 日本で最初のものは、1961 年採用の CO2 タイプ。
3. 1974 年に消化能力が高く、少量ですむハロン 1301 タイプが開発され採用された。
4. 1985 年にハロンタイプは温暖化およびオゾン層破壊の問題があることから使用が禁止された。
5. 1994 年以降 CO2 タイプが主流となってきたが、人体に有害であり人身事故が多発したことから安全対策が重要となった。
6. CO2 タイプの安全対策として、防護区画や人間の待避室の設置が進められるとともに新ガス消火設備が設置されるようになった。
7. 新ガス消火設備として、ハロンカーボン系とイナート系が開発された。
8. ハロンカーボン系はFM200に代表されるものでオゾン層破壊はないが温暖ガスであること、N2 に比べ 6 倍近く重いため配管を長くできない問題がある、消火時に腐食性ガスを発生するため電気系統などの問題を生じるなどの欠点がある。燃焼の連鎖反応を遮断するタイプの消火設備。

9. 火災の4原因(熱、可燃物、酸素、それらの連鎖反応)において、酸素濃度を下げることにより消火をおこなうイナート系は N_2(窒素)を主体としたもので、IG55(窒素＋アルゴン)、IG541(窒素＋アルゴン＋CO2)などの製品がある。N_2は軽いため 150-200m の配管が可能、人間に安全であるなどの特徴があり、日本でも最近の消火設備として多く採用され始めた。

窒素系消火設備は、室内の酸素濃度を 12.5%まで下げて消火を行うものであるが、以下のことを研修団に体感してもらう目的で実験を行った。

1. 窒素系消火設備の使用後に実験室内の酸素濃度が 12.5%まで低下した場合において呼吸ができること。無色透明であること。

2. 酸素濃度低下後の気体が、通常の空気と比重があまり変わらないことから、外部に気体は流出せずに酸素濃度はすぐには上がらないこと。そのため、消火実験終了後に室内で点火ができないこと(各自ライターの点火を室内にて実験)。

3. CO_2の放出実験により、気体は白濁して視界が不良となることを確認。

2)　研修団からの質問等

上記のプレゼンおよび実験に対して以下のような質問が研修団よりあったことから、説明を行った。

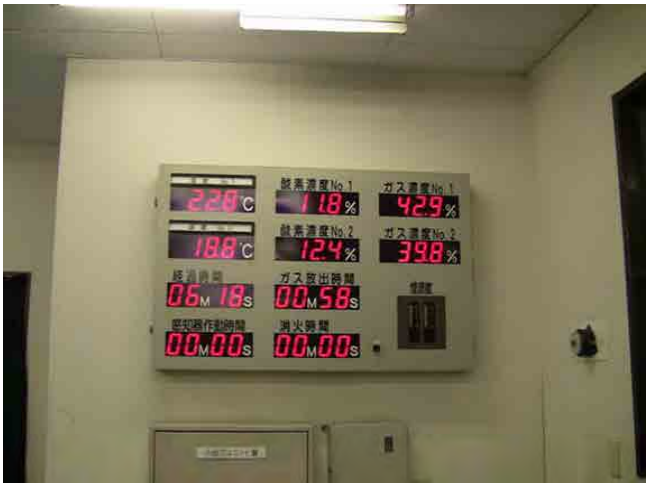
表 3.5 窒素系消火設備に対する研修団の質問と回答

	質問	回答
1	カイロ地下鉄3号線においては、FM200を電気設備などに使用する予定であるが、FM200と窒素系消火設備の相違は何か？	FM200は、オゾン層破壊係数(DOP)は0であるものの、地球温暖化係数は高いことから、今後、生産が制限される可能性がある。また、腐食性があることから電気設備にダメージを与える可能性がある。一方で、窒素系はこれらの環境問題、腐食問題を生じない。
2	日本の地下鉄では、窒素系消火設備を使用しているのか？	日本の地下鉄では、設備の更新時期にきていないことから、CO2 消火設備を使用している。最新の副都心線　渋谷駅では、窒素系消火設備を使用している。また、JRの変電所は、窒素消火設備に切り替え中である。
3	使用後にエジプト国内で詰め替えることは、可能か？	通常の工業用窒素を使用していることから、エジプト国内にて詰め替えが可能である。
4	日本における詰め替え費用はどのぐらいか？	今回の消火実験程度であれば 40 万円ぐらいであるが、人件費が高いためであり、エジプトであればかなり安くなるとおもわれる。

出典:本調査団

出典:本調査団

図 3.16 窒素型消火設備使用後の実験室に入る研修団



出典:本調査団

図 3.17 実験室内における酸素濃度などの表示板

3.2　第一回研修団からの要望と次回研修への反映

約一週間の日程で行われたついてアンケート形式（巻末資料添付）によって研修への所感および要望を報告書としてまとめてもらった。研修団の報告書を以下の表にまとめる。

表 3.6 研修団の本研修に対する所感と要望

	質問	回答
1	本研修において有益だったプログラムは？	- 東京地下鉄総合指令所 - 各駅の視察により日本の防災基準の適用状況が理解できた - 大江戸線(リニアメトロ)の試乗 - 窒素系消火設備実験
2	本研修以外で、地下鉄または防災に関して視察を行いたかったものはありますか？	- 駅部防災設備（水槽、消防用ポンプ、排煙設備、消防隊進入路等）についてより詳細な情報提供と視察を希望する - 消防機関への視察も実施してほしい
3	本研修の期間は適当でしたか？	- 短いとの意見多数
4	本研修の改善点はありますか？	- 2 における視察を考慮してほしい

出典：本調査団

研修団より要望のあった駅内部の設備、消防隊進入路の視察が実施できるようなプログラムを検討する。また、消防機関へは、地下鉄防災に対する取り組み、訓練の視察が実施できるように依頼をすることとした。

3.3　第二回研修概要

第二回防災研修として 11/14-11/22 の日程で以下の座学、視察を行った。第一回研修において、駅における消防隊進入路に関する見学の要望があったことから、同施設を駅部に設置している横浜市営地下鉄を見学先として追加した。また、日本における消防訓練および消防学校視察の要望もあったことから、横浜市消防局および同消防学校の視察も実施をすることとした。各実施内容および研修団からの質問事項などを以下に示す。

表 3.7　第二回研修日程

月	日	曜日	日目	時間	研修内容	実施場所	講師及び討議参加者	目的
11	12	土	1	カイロ 18:30発 (EK924)	移動日		―	18:30 (カイロ)－00:10 (ドバイ)
	13	日	2	成田 17:35着 (JL 5096)	移動日	―	―	02:50 (ドバイ)－17:35 (成田)
	14	月	3	9:00-12:00	ブリーフィング：研修員登録、銀行カードとメディカルカード配布、注意事項等	JICA Tokyo International Center (TIC)	JICE	
				13:30-14:00	プログラムオリエンテーション 研修関係者紹介、研修目標確認、スケジュール確認等	TIC	JICA, 日本工営、JICE	
				14:00～17:00	日本地下鉄防災基準等に関する説明および質疑応答	TIC	日本工営・JICE	日本地下鉄防災基準等に関する基本的理解をする。
	15	火	4	9:00～12:00	東京メトロ総合指令所見学	東京メトロ総合指令所	日本工営・JICE、 東京メトロ	日本の地下鉄オペレーション状況の見学
				14:00～17:00	東京メトロ試乗、池袋駅等商業施設との接続駅などの視察予定	池袋駅など	日本工営・JICE	地下駅と商業施設の接続状況など
	16	水	5	9:30～10:30	東京メトロ副都心線渋谷駅見学（吹抜け、PSD、シーサス、防災対策用サイン）、その他副都心線視察	副都心線	日本工営・JICE	特殊な最新駅の視察
				10:50～12:00	都営大江戸線六本木駅見学（都内最深部地下駅） 都営大江戸線試乗（六本木～汐留） 都営大江戸線汐留駅見学（大江戸線-浅草線連絡線）	大江戸線	日本工営・JICE	最深地下鉄駅の状況確認、地下鉄試乗など
				14:00～15:30	ゆりかもめ試乗（新橋～台場） 台場駅周辺見学	ゆりかもめ	日本工営・JICE	
	17	木	6	9:30-11:30	横浜市営地下鉄　関内駅見学、横浜市営地下鉄試乗	関内駅	横浜市交通局 日本工営・JICE	消防隊進入口、機械室、電気室などの状況確認、地下街との接続状況および地下街消防隊進入口状況確認、試乗を行い先頭車両よりトンネル内状況確認
				14:00-16:00	横浜市営地下鉄 日吉駅見学	日吉駅	横浜市交通局 日本工営・JICE	消防隊進入口、機械室、電気室などの状況確認、郊外駅の状況確認
	18	金	7	10:00～13:30	移動時間 (TIC 10:00発)			
				13:30-16:00	能美防災試験所見学 新型消火器等の体験、その他設備の見学	能美防災 メヌマ工場	日本工営・JICE、 能美防災	CO2消火器に代わる窒素消火器の体験など
	19	土	8		終日都内近郊路線の試乗		日本工営	
	20	日	9		休日		日本工営	
	21	月	10	10:00～12:00	横浜市消防局関連視察見学	横浜市消防局	横浜市消防局 日本工営・JICE	地下鉄火災への取り組み、訓練に関して
				13:45-16:00	横浜市消防学校視察	横浜市消防学校	横浜市消防局 日本工営・JICE	消防学校視察
	22	火	11	9:00～11:00	報告書作成	TIC		
				13:30～15:30	JICAへの報告会、評価会、修了証授与	JICA本部	JICA,日本工営、JICE	研修団代表による発表。質問表の回答を元に今後の改善点などを確認する。
				成田22:00- ドバイ03:50 (JAL5095)	17:00TIC発空港へ			
	23	水	12	ドバイ08:50- カイロ10:40 (EK927)	移動日		―	

出典：本調査団

表 3.8 第二回研修内容

	視察項目	視察場所
1	本邦地下鉄防災基準に関する座学	JICA 東京にて実施
2	総合指令所における運行管理	東京地下鉄　総合指令所
3	地下街との接続	丸の内線試乗、池袋駅視察
3	最新の特殊構造の駅視察	東京地下鉄　副都心線　渋谷駅
4	大深度および 2 層プラットホーム駅	都営地下鉄　大江戸線　六本木駅
5	地下鉄および新交通システムの試乗	都営地下鉄　大江戸線（六本木～汐留）およびゆりかもめ（無人運転）の試乗
6	駅部防災管理室、駅部防災設備および消防隊進入路	横浜市営地下鉄　関内駅、日吉駅
7	新型消火設備の視察	能美防災メヌマ(熊谷)工場にて新型消火設備(窒素系)と旧来の二酸化炭素型の比較実験を視察
8	消防の地下鉄火災への取り組み、訓練状況の視察	横浜市消防局および消防学校

出典：本調査団

（1） 本邦防災基準に関する座学

1） 座学内容

第一回研修時に作成を行った研修教材をもとに、第一回研修と同様に本邦地下鉄基準の主要な部分の説明を行った。また、米国基準「NFPA130」において過大な構造・設備を招く基準・記述に関しても比較説明を行い、本邦地下鉄防災基準を採用することによる利点に関しても説明を行った。

2） 研修団からの質問等

座学プレゼン終了後には研修団と質疑応答を行い、主に以下のような質問と回答がなされた。

表 3.9 本邦地下鉄防災基準・設備に対する質問と回答

	質問	回答
1	駅おける消防隊進入路の有無と視察の可能性について	本邦防災基準においては、義務化はされていない。横浜市営地下鉄だけが設置しており、本研修で視察予定である。
2	二段落としシャッターによる防火・防煙区画は、カイロ地下鉄 3 号線のような大規模な排煙設備を設置すればいらないのではないか。	防火・防煙区画を設置することにより、火災の延焼を食い止めることができるので重要な設備である。排煙設備だけに頼るのではなく、総合的な対応が重要である。
3	非常に深い駅では特別な対策を取っているのか？	本邦地下鉄防災基準に従い、避難時間の計算を行う。避難終了時間における煙の状態を確認して、許容値以内であればよいという通常の検討方法で確認を行う。

出典：本調査団

（2） 東京地下鉄（株）総合指令所

1） 視察状況

カイロ地下鉄においては、1 号線から現在建設中の 3 号線まで各路線に指令所が設けられており、4 号線においても独立した指令所を建設することが計画されている。カイロでは 2050 年までに 15 路線を建設することが計画されており、現在のように路線毎に指令所を建設することは、運営上の効率、安

全・防災の観点からも好ましくない。従って、9 路線を一括管理する東京地下鉄総合指令所は、今後のカイロ地下鉄の運営・管理において参考となるものである（安全対策のため、写真撮影は不可）。

研修として以下の内容について行われた。

1. 東京地下鉄および総合指令所の紹介を DVD にて実施された。
2. 指令所内に入り、各情報盤の表示内容および管理状況の説明、火災などの災害発生時の連絡体制などについての説明を受けた。

2)　研修団からの質問等

上記プレゼン終了後には研修団と質疑応答を行い、主に以下のような質問と回答がなされた。

表 3.10　東京地下鉄総合指令所における研修団の質問と回答

	質問	回答
1	消防関係への連絡方法について	火災の発生した駅からも通報を行うが、駅より連絡を受けた総合指令所からも東京消防庁に連絡を行う。
2	直通運転を行っている路線で事故、火災がおきたときの対応は？	事故を起こした事業者・会社が事故対応するとともに、隣接する事業者・会社に連絡を取り、連携を図る。それらの会社は、個別に指令所を持っており、連絡を受けて調整を図る。
3	東京地下鉄内の路線で事故が起きたときの総合司令所内での対応は？	火災などでは、各駅で対応することが基本だが、必要な場合はバックアップを行う。ダイヤの調整などは総合指令所にて行い、必要に応じて総合司令所内の他路線の担当者が応援に回る場合もある。
4	防災とは関係ないが、東京地下鉄の路線において第三軌条とカテナリー方式が混在している理由は？	初期に建設された路線は、第3軌条となっており、郊外の他社への直通運転をおこなっている路線はカテナリー方式となっている。

出典：本調査団

（3）　池袋駅視察

1)　視察状況

丸ノ内線、有楽町線、副都心線（以上、東京地下鉄）、JR線、東武東上線、西武池袋線が接続し、地下街との接続もある池袋駅の視察を行った。地下区間は、シャッターや防火戸により防火・防煙区画が設けられている状況を確認した。

（4）　東京地下鉄（株）副都心線渋谷駅

1)　視察状況

副都心線 渋谷駅においては、従来の換気方法と異なり、自然換気力を利用するため大規模な吹き抜け構造が採用されている。火災対策なども特殊な防火・防煙区画が設けられていることから、最新の特殊例として見学をした。

また、カイロ地下鉄 4 号線で導入を検討しているプラットホームスクリーンドアが設置されていることから、消火設備等ともに視察を行った。

2)　研修団からの質問等

火災時における排煙方法などについての質問があり、吹き抜け部分において特殊な防火・防煙区画が取られていることを説明した。また、プラットホームスクリーンドアの火災時における取り扱いについても説明を行った。

出典：本調査団

図 3.18 プラットホームスクリーンドアの確認

（5） 東京都都営地下鉄大江戸線六本木駅視察、大江戸線試乗、汐留駅視察、ゆりかもめ試乗

カイロ地下鉄 4 号線においては深度が 30m を超え、プラットホームが2層構造となる駅が計画されている。カイロ地下鉄においては、このような駅は初めての計画となる。よって、第一回研修と同様に、日本における事例として、日本の地下鉄における最新駅である六本木駅（B7F プラットホームにて 42m）の視察を行った。また、大江戸線試乗（リニアメトロ）を行い、車両内の貫通扉、消火設備、設備位置案内図の確認をした。

ゆりかもめ試乗においては、無人運転と無人運転に伴う駅部のプラットホームスクリーンドア（フルハイト）の視察を実施した。

出典：本調査団

図 3.19 六本木駅構内における防煙垂れ幕

出典：本調査団

図 3.20 汐留駅における防災管理盤

（6） 横浜市営地下鉄 関内駅および日吉駅

第一回研修において消防隊進入路の視察および駅内部の各防災設備（消防用ポンプ、排煙設備等）の要望が多かったことから、消防隊進入路を各駅に設置している横浜市営地下鉄に研修を受け入れて頂いた。以下に関内駅と日吉駅における視察状況を示す。

1） 関内駅視察状況

1970 年代に建設された関内駅は、防災管理盤の追加、アップデートを行いながら対応をしてきていることが説明された。また、関内駅においては本邦地下鉄防災基準にて駅への設置が義務づけられている空気呼吸器の確認を行った。本邦地下鉄防災基準においては、消防隊が駅に到着するまでの初期消火および乗客の避難誘導を駅員が行うことになっており、駅員の安全を確保するために重要な機器である。

出典：本調査団

図 3.21 駅務室に常備されている空気呼吸器

2)　日吉駅視察状況

日吉駅は 2008 年に完成をした駅であることから、最新の防災管理盤が導入をされている。監視カメラによる駅構内のモニタリング状況などを確認した。消防隊進入路は、駅外部の進入口より中に入り視察を行った。進入口は交番駐車場部に設置されており、ドア方式となっていることから、関内など建設年度が古い駅で採用されたマンホールによる進入口と比較して、消防隊が容易に突入できるように考慮されている。進入路は、スペース上の関係から螺旋階段と梯子によりコンコース階へアクセスができるように建設されている。

日吉駅においては、その他、排煙設備、空調設備、消防用ポンプの設置状況を確認した。

出典：本調査団

図 3.22 最新型防災管理盤の視察

出典：本調査団

図 3.23 交番駐車場内に設置された消防隊進入口

出典:本調査団

図 3.24 消防隊進入路の視察状況

出典:本調査団

図 3.25 日吉駅のトンネル排煙ファン

出典:本調査団

図 3.26 スプリンクラー設備用ポンプ

3)　研修団からの質問等

研修団より日吉駅においては数多くの質問がなされたが、研修団が懸念していたことが、消防用ポンプにバックアップがないことである。この質問に対しては以下のように回答をした。

表 3.11　東京地下鉄総合指令所における研修団の質問と回答

	質問	回答
1	カイロ地下鉄3号線においては、消防用としてバックアップ機も含めて3台のポンプをNFPAに従って設置をしているが、横浜市営地下鉄では、消火栓用およびスプリンクラー用の各1台しかポンプが設置されていないが、危険ではないか？	本邦防災基準においては、駅構内に設置されている消防用ポンプは、初期消火用として準備されており、消防隊到着後は、駅外部の消防車より水を圧送することとなる。そのため、駅構内には限定したポンプしか配置していない。また、日常のメインテナンスを怠らないことから、ポンプのような比較的単純な機械が、緊急時に作動しないことは想定していない。ただし、カイロの交通事情、駅外部の消火栓事情などを考慮して、カイロ地下鉄4号線においては、駅構内に大規模な水槽を設置することなど日本とは異なる地域事情を考慮して設計を行う。

出典：本調査団

（7）　能美防災（株）メヌマ工場

1)　視察状況

電気設備などの最新消火設備による消火実験を視察した。能美防災より電気室などに使用される消火設備の変遷について第一回研修と同様の説明がされた。

1．水を嫌う電気設備等の消火設備として気体による消火設備が採用されている。

2．日本で最初のものは、1961 年採用の CO2 タイプ。

3．1974 年に消化能力が高く、少量ですむハロン 1301 タイプが開発され採用された。

4．1985 年にハロンタイプは温暖化およびオゾン層破壊の問題があることから使用が禁止された。

5．1994 年以降 CO2 タイプが主流となってきたが、人体に有害であり人身事故が多発したことから安全対策が重要となった。

6．CO2 タイプの安全対策として、防護区画や人間の待避室の設置が進められるとともに新ガス消火設備が設置されるようになった。

7．新ガス消火設備として、ハロンカーボン系とイナート系が開発された。

8．ハロンカーボン系はFM200に代表されるものでオゾン層破壊はないが温暖ガスであること、N2 に比べ 6 倍近く重いため配管を長くできない問題がある、消火時に腐食性ガスを発生するため電気系統などの問題を生じるなどの欠点がある。燃焼の連鎖反応を遮断するタイプの消火設備。

9．火災の4原因（熱、可燃物、酸素、それらの連鎖反応）において、酸素濃度を下げることにより消火をおこなうイナート系は N_2（窒素）を主体としたもので、IG55(窒素＋アルゴン)、IG541（窒素＋アルゴン＋CO2）などの製品がある。N_2 は軽いため 150-200m の配管が可能、

人間に安全であるなどの特徴があり、日本でも最近の消火設備として多く採用され始めた。窒素系消火設備は、室内の酸素濃度を 12.5%まで下げて消火を行うものであるが、以下のことを研修団に体感してもらう目的で実験を行った。

1. 窒素系消火設備の使用後に実験室内の酸素濃度が 12.5%まで低下した場合において呼吸ができること。無色透明であること。

2. 酸素濃度低下後の気体が、通常の空気と比重があまり変わらないことから、外部に気体は流出せずに酸素濃度はすぐには上がらないこと。そのため、消火実験終了後に室内で点火ができないこと(各自ライターの点火を室内にて実験)。

3. CO_2の放出実験により、気体は白濁して視界が不良となることを確認。

出典:本調査団

図 3.27 窒素型消火設備使用後の実験室に入る研修団

2)　研修団からの質問等

上記のプレゼンおよび実験に対して以下のような質問が研修団よりあったことから説明を行った。

表 3.12　窒素系消火設備に対する研修団の質問と回答

	質問	回答
1	窒素系消火設備を電気室などの閉じた空間で使用した場合、圧力が高まり爆発の危険性があるのではないか？	窒素の供給とともに換気設備による排気を行うことから、室内の圧力は高くならないため、窒素爆発の問題は起こらない。
2	人が滞在する居室などでは、窓などがありこのような消火設備は有効ではないのではないか？	駅務室などの居室では、通常のスプリンクラーが適している。窒素系消火設備は、電気室などに適したものである。
3	カイロ地下鉄３号線においては、FM200を電気設備などに使用する予定であるが、FM200と窒素系消火設備の相違は何か？	FM200 は、オゾン層破壊係数(DOP)は0であるものの、地球温暖化係数は高いことから、今後、生産が制限される可能性がある。また、腐食性があることから電気設備にダメージを与える可能性がある。一方で、窒素系はこれらの環境問題、腐食問題を生じない。

出典:本調査団

（8） 横浜市消防局および横浜市消防学校

消防機関の地下鉄火災に対する取り組みおよび訓練状況を紹介する目的で横浜市消防局および消防学校を視察した。横浜市消防局においては、APEC2010 in 横浜開催時の体制と防災訓練の取り組み状況についてプレゼンテーションが行われた。防災対策は防災設備を充実させるだけでなく、日々の訓練と関連機関との連携をとることが重要であるとの説明があった。

出典：横浜市消防局資料

図 3.28 APEC2010 開催時のみなとみらい線馬車道駅における防災訓練

横浜市における火災通報を一元管理する総合防災室の見学を行った。エジプトにおいては、このような総合防災室の近代化を検討中とのことで、参考になるとの意見があった。

出典：本調査団

図 3.29 横浜市消防局総合防災室

横浜市消防局では、救助器具の点検が毎朝実施される。その点検状況が実施された。防災訓練と同様に日々の点検で備えることがも最も重要であることを研修団に伝えた。

出典：本調査団

図 3.30 救助器具の日常点検

消防学校では、消防隊員の訓練状況の視察と DVD による新人研修状況の放映がおこなわれた。

出典：本調査団

図 3.31 消防学校における消防士の訓練状況の視察

3.4　第二回研修団の所感

約一週間の日程で行われたついてアンケート形式（巻末資料添付）によって研修への所感を報告書としてまとめてもらった。研修団の報告書を以下の表にまとめる。

表 3.13　研修団の本研修に対する所感

	質問	回答
1	本研修において有益だったプログラムは？	- 東京地下鉄総合指令所視察 - 六本木駅（大深度）視察 - 横浜市営地下鉄における消防隊進入路、各防災管理室、防災設備に関する視察 - 各駅の視察により日本の防災基準の適用状況が理解できた - 大江戸線(リニアメトロ)およびゆりかもめ(無人運転)の試乗 - 窒素系消火設備実験
2	本研修以外で、地下鉄または防災に関して視察を行いたかったものはありますか？	- 車両基地および車両工場の状況視察 - 変電設備における火災対策 - 建設資材の燃焼試験 - 道路トンネルのコントロールセンター視察
3	本研修の期間は適当でしたか？	- 短いとの意見が一部にあるが、概ね適当との回答
4	本研修の改善点はありますか？	- 2 における視察を考慮してほしい

出典：本調査団

3.5　防災研修成果の反映

本研修によって本邦地下鉄防災基準および設備の状況に関して、エジプト地下鉄関係研修団は基本的な理解を得たものとおもわれる。本研修の成果を反映して、カイロ地下鉄4号線事業における計画・設計作業が円滑に進むように関係諸機関と協議を進める。

付属資料 1

第一回研修　団員リスト

エジプト関係者

名前	役職/担当
アハメド　アブドゥ　エルファッテーハ　モハメド Dean. Ahmed Abd El Fattah Mahmoud	内務省　民間防衛本部長
カレド　アブドゥ　エルマクスド Colonel. Khaled Abd El Maksoud.	内務省　民間防衛部　製造部長
アシュラフ　アハメド　アハメド　エルゲザウィ Eng. Ashraf Ahmed Ahmed El Gezawy	運輸省 トンネル公団　電気機械本部 機械部長
カレド　リヤド　アブドゥ　エルガワド　エルショーニ Eng.Khaled Reyad Abd El Gawad El Shony	運輸省 トンネル公団　土木/建築本部 建築部長
モハメド　ファティヒー　アハメド　アブドアッラ Eng. Mahmoud Fathi Ahmed Abd Allah	運輸省 トンネル公団　土木/建築本部 シニア建築技師
ムスタファ　マゲド　モハメド　エゼルディン Eng. Moustafa Maged Mahamed Ezeldin	運輸省　鉄道安全規則課 鉄道安全規則課長

付属資料 2

第一回研修　質問票集計

【質問票】

研修プログラム名	地下鉄４号線研修　防災研修
受入期間	2011/07/10　～2011/07/16
対象人数	6　名

Q1. What content was useful in the program?

- The site visits to Tokyo metro lines and Central Control Point (CCP) to recognize the fire fighting and smoke exhaust systems implemented according to the Japanese standards and codes.
- Meeting with the authorized staff for the visited sites.

Q2. Was there any other thing you want to see or check in Japan for metro system/fire prevention?

- Give More detailed information and site visits to the technical rooms related to the fire fighting and smoke exhaust systems (pump room, smoke venting structure,… etc).

Q3. Was the period of the technical tour appropriate (long or short)?

- The period need to be a little bit extended to cover the time needed to perform more site visits and attendance of a real training session for the metro staff.

Q4. Do you have any suggestions for improving the program?

- Study the possibility to adapt the Japanese codes and standards to match with the culture of the participants country.
- The possibility to offer soft copy of the information given during the training sources will help reporting and information transfer.

【質問票】

研修プログラム名	地下鉄４号線研修　防災研修
受入期間	2011/07/10　～2011/07/16
対象人数	6　名

Q1. What content was useful in the program?

- Referring to the site visit for station in metro Tokyo we recognize the system of firefighting applied in metro Tokyo, ccp for the station and ccp of Tokyo metro according to the specification of standard Japanese code.

Q2. Was there any other thing you want to see or check in Japan for metro system/fire prevention?

Recognize More details for firefighting systems related to technical rooms for Tokyo metro also preparing tests and sineryo fire.

Q3. Was the period of the technical tour appropriate (long or short)?

It’s a short time and it is needed to increase two or three days to accommodate the site visit and tests on site.

Q4. Do you have any suggestions for improving the program?

It’s important to relate the training course of the Japanese code with the natural of the trainers country.
The Arabic television channels at the Arabic trainers.
Addition more site visit for the central fire in Tokyo, institute of fire.
Explanation of the firefighting course for the firemen for the firing at the metro station and deeding tunnels.

【質問票】

研修プログラム名	地下鉄４号線研修　防災研修
受入期間	2011/07/10　～2011/07/16
対象人数	6　名

Q1. What content was useful in the program?

- Referring to the site visit for station in metro Tokyo we recognize the system of firefighting applied in metro Tokyo, ccp for the station and ccp of Tokyo metro according to the specification of standard Japanese code.

Q2. Was there any other thing you want to see or check in Japan for metro system/fire prevention?

Recognize More details for firefighting systems related to technical rooms for Tokyo metro also preparing tests andfire sinaryo inside these rooms

Q3. Was the period of the technical tour appropriate (long or short)?

It's a short time and it is need to increase two or three days to accommodate the site visit and tests on site.

Q4. Do you have any suggestions for improving the program?

It's important to relate the training course of the Japanese code with the natural of the trainers country .

【質問票】

研修プログラム名	地下鉄４号線研修　防災研修
受入期間	2011/07/10　～2011/07/16
対象人数	6　名

Q1. What content was useful in the program?

We useful the following:-

1. **The experience of japan for the disaster prevention &fire protection system.**
2. **Site visits (surveying) for different stations .**
3. **CCP & Oedo line (Linear Motor) .**
4. **Visiting for the Nohmi fire protection factory of (NN100).**

Q2. Was there any other thing you want to see or check in Japan for metro system/fire prevention?

Yes the following:-

1. **Firefighting water tank in the station indetails.**
2. **Pumping room for firefighting.**
3. **The government institute for firefighting.**
4. **Fire fighting for the Rectefire room , lighting power room & battery room.**

Q3. Was the period of the technical tour appropriate (long or short)?

The period of the tech. tour　is short since we should see the :-

1. **Firefighting water tank in the station indetails.**
2. **Pumping room for firefighting.**
3. **The government institute for firefighting.**
4. **Fire fighting for the Rectefire room , lighting power room & battery room.**

Q4. Do you have any suggestions for improving the program?

The program is to be contented the following:-

1. **Reference code and certificate.**
2. **The Accommodation should be fulfill all the required for the visitor like (soap, towels, shampoo& mini bar …..)**
3. **Halal food or variety of different food.**

【質問票】

研修プログラム名	地下鉄４号線研修　防災研修
受入期間	2011/07/10　～2011/07/16
対象人数	6　名

Q1. What content was useful in the program?

- Referring to the site visit for station in metro Tokyo we recognize the system of firefighting applied in metro Tokyo, ccp for the station and ccp of Tokyo metro according to the specification of standard Japanese code.
- The visit for the factory of the firefighting with NN100.

Q2. Was there any other thing you want to see or check in Japan for metro system/fire prevention?

Recognize More details for firefighting systems related to technical rooms for Tokyo metro also preparing tests and sinaryo for fire.

Q3. Was the period of the technical tour appropriate (long or short)?

It's a short time and it is needed to increase two or three days to accommodate the site visit and tests on site.

Q4. Do you have any suggestions for improving the program?

It's important to relate the training course of the Japanese code with the natural of the trainers' country.
Addition more site visit for the central fire in Tokyo, institute of fire.
Explanation of the firefighting course for the firemen for the firing at the metro station and deeding tunnels.

【質問票】

研修プログラム名	地下鉄４号線研修　防災研修
受入期間	2011/07/10　～2011/07/16
対象人数	6　名

Q1. What content was useful in the program?

- Referring to the site visit for station in metro Tokyo we recognize the system of firefighting applied in metro Tokyo, ccp for the station and ccp of Tokyo metro according to the specification of standard Japanese code.

Q2. Was there any other thing you want to see or check in Japan for metro system/fire prevention?

Recognize More details for firefighting systems related technical rooms for Tokyo metro also preparing tests and sineryo for fire

Q3. Was the period of the technical tour appropriate (long or short)?

It's a short time and it is needed to increase two or three days to accommodate the site visit and tests on site.

Q4. Do you have any suggestions for improving the program?

the Arabic television channels is necessary to Arabic trainers at them rooms.
Addition more site visit for the central fire in Tokyo, institute of fire.
Explanation of the firefighting course for the firemen for the firing at the metro station and deeding tunnels.

付属資料 3

第二回研修　団員リスト

エジプト関係者

名前	役職/担当
サミール　アブドゥ　エルハケーム　ラダド Eng. Sameer Abd Elhakeem Radad	運輸省 トンネル公団 電気機械本部　部長
アイマン　カメル　モハメド Eng. Ayman Kamel　Mohamed	運輸省 トンネル公団 土木/建築本部 土木部長
アイマン　アブドゥ　エルファッテーハ　アフメド Eng. Ayman Abd Elfattah Ahmed	運輸省 トンネル公団 計画部 シニア技師
タレク　ハサン　イマム Eng. Tarek Hassan Emam	運輸省 トンネル公団 土木/建築本部 課長
サイード　アブドゥ　エルタワブ　シャバーン Eng. Sayed Abd Eltwab Shabaan	運輸省 トンネル公団 計画部 技師
サーメヘ　サミール　モハメド Eng. Sameh Sameer Mohamed	運輸省 トンネル公団 電気機械本部 技師
アミル　ナビール　モハメド　アブデル　ラウマン Eng.Amr　Nabil Mohamed Abdel Rahman	運輸省 鉄道安全規則課 技師
イスラム　アルサイード　モハメド　モサッド Eng. Islam Alsayed Mohamed Mosad	内務省 民間防衛部 技官
モハメド　ムスタファ　ザキ　アハメド Eng. Mohamed Mostafa Zaki Ahmed	運輸省 エジプト地下鉄公団 プロジェクト部 技師
モハマド　アブドゥ　エラウマン　シャヘラン Mahmoud Abd Elrahman Shaalan	運輸省 エジプト地下鉄公団 プロジェクト部 技師

付属資料 4

第二回研修　質問票集計

【質問票】

研修プログラム名	地下鉄４号線研修　防災研修
受入期間	2011/11/14～2011/11/22
対象人数	10　名　Samir radad

Q1. What content was useful in the program?

- Visiting technical rooms especially fire fighting　,ventilation and chillers
- Visiting CCP for Tokyo metro
- Visiting factory of　smoke detection sensors
- Fire fighting center

Q2. Was there any other thing you want to see or check in Japan for metro system/fire prevention?

- See or check smoke scenarios applied in case of fire
- See fire fighting equipment factory

Q3. Was the period of the technical tour appropriate (long or short)?

- It is short for CCP for Tokyo metro
- Suitable for others

Q4. Do you have any suggestions for improving the program?

- Visiting workshop with its main equipments for metro lines
- Visiting CCP for rood tunnel and see smoke scenarios applied in case of fire

【質問票】

研修プログラム名	地下鉄４号線研修　防災研修
受入期間	2011/11/14～2011/11/22
対象人数	10　名

Q1. What content was useful in the program?

1- The site visit for new constructed metro lines for seeing the new technology and how important is the maintenance For old constructed lines
2- The visit to Yokohama city fire bureau training center

Q2. Was there any other thing you want to see or check in Japan for metro system/fire prevention?

safety and health as a factor of disaster prevention to be included

Q3. Was the period of the technical tour appropriate (long or short)?

Appropriate

Q4. Do you have any suggestions for improving the program?

None except personal suggestion regarding a prayer room for Muslims to be prepared inside JICA building

Thank you for your care about the participant

Ayman Kamel Mohamed

【質問票】

研修プログラム名	Sharawy　Ayman　Abd – Elfatah　A.
受入期間	2011/11/14～2011/11/22
対象人数	10　名

Q1. What content was useful in the program?

- All program's visits are sufficient and useful for me.

Q2. Was there any other thing you want to see or check in Japan for metro system/fire prevention?

The program covered all subjects.

Q3. Was the period of the technical tour appropriate (long or short)?

It is good

Q4. Do you have any suggestions for improving the program?

1- Increasing the visits to another factory of fire protection products and materials.

【質問票】

研修プログラム名	地下鉄４号線研修　防災研修
受入期間	2011/11/14～2011/11/22
対象人数	10　名

Q1. What content was useful in the program?

1　the visit of ROPPONGI STATION
2　inspection of fire　fighting facilities fire brigade access
3　the monorail and the green line and must be all building around

The time for The visit of the program was not enough for some activity

Q2. Was there any other thing you want to see or check in Japan for metro system/fire prevention?

For metro system/fire prevention The arrangement work and　all mention material not clear in the visit and also in program

Q3. Was the period of the technical tour appropriate (long or short)?

The time for The visit of the program was not enough for some activity like
The visit for The Yokohama city fire bureau training not interested for all group and I think is good for

Q4. Do you have any suggestions for improving the program?

【質問票】

研修プログラム名	地下鉄４号線研修　防災研修
受入期間	2011/11/14～2011/11/22
対象人数	10　名

Q1. What content was useful in the program?

1. Visit to CCP of Tokyo Metro.
2. Visit to Nohmi Bosai's factory.
3. Visit to Roopongi station and shiodeme station.
4. Visit to Yurikammome (driverless operation).
5. Visit to Ikebukuro station.
6. Visit to Yokohama City Metro.
7. Visit to Monorail.

Q2. Was there any other thing you want to see or check in Japan for metro system/fire prevention?

New systems for fire prevention such as technical rooms i.e HVS, Generator rooms, LPS, LCR.

Q3. Was the period of the technical tour appropriate (long or short)?

The period is good.

Q4. Do you have any suggestions for improving the program?

It will be better to visit a metro station as well as tunnel under construction.
It will be better to see the materials for firefighting which only use in Japan.

【質問票】

研修プログラム名	地下鉄４号線研修　防災研修
受入期間	2011/11/14～2011/11/22
対象人数	10　名

Q1. What content was useful in the program?

- Knowing the concept that the smoke management system based on for the Japanese metro stations.
- The same as above for the fire protection systems and the evacuation plans designed for the Japanese metro stations.
- The visit for the green line was very interesting that we get to see another method for supplying the metro with power using electromagnetic power supply.
- Knowing the precautions that would be taken into consideration for preventing disasters in japan.
- Learning the differences between the Japanese, the American standard (NFPA) and the French standards (French regulations), which concerns with the fire protection.
- Visiting the CCP also was very useful, that we get the chance to learn how Tokyo metro dealing with accidents, crisis, and suicide cases….etc. in very short time.
- Visiting Nohmi factory and getting the chance the chance to see a live experiment for using its own type of gas (Nitrogen) in distinguishing fire in a very safe way rather than using other distinguishing methods like using CO2 or FM200, which are considered dangerous for people health.
- Visiting the machine rooms for both air conditioning and firefighting systems.
- Visiting the emergency rooms in various stations for both old and new lines.

Q2. Was there any other thing you want to see or check in Japan for metro system/fire prevention?

- Maintenance workshops for the various metro systems such as :(Rolling stock….etc.).

Q3. Was the period of the technical tour appropriate (long or short)?

For me it was fair, except for the visit of the machine rooms for both the air conditioning and the firefighting systems, & I think it would be better if the visit was only for the modern systems not the old ones because that what is going to be done for Cairo metro line no.4.

Q4. Do you have any suggestions for improving the program?

As mentioned above:

- It would be better if the time for visiting the machine rooms for both the air conditioning and

the firefighting systems is a little bit longer.

- Also, it would be better if we visit the modern systems not the old ones because that what is going to be done for Cairo metro line no.4.
- Learning the control methods in time of disasters.

【質問票】

研修プログラム名	地下鉄４号線研修　防災研修
受入期間	2011/11/14～2011/11/22
対象人数	10　名

Q1. What content was useful in the program?

- Site Visit of CCP of Tokyo metro
- Explanation of Japanese standard of fire incident management
- Site Visit of nohmi bosal's laboratory/ factory
- Site Visit of yurikamome (driverless operation) and Site Visit of monorail
- Site Visit of Roppongi station

Q2. Was there any other thing you want to see or check in Japan for metro system/fire prevention?

- No thing

Q3. Was the period of the technical tour appropriate (long or short)?

- The period was enough to learn it's goals

Q4. Do you have any suggestions for improving the program?

- No , it was suited program

【質問票】

研修プログラム名	地下鉄４号線研修　防災研修 Islam el said mohammed sobh
受入期間	2011/11/14～2011/11/22
対象人数	10　名

Q1. What content was useful in the program?

1- Site visit a lot of different metro station of different design.
2- Site visit for the deepest station .
3- Site Visit of yokohama　fire bureau　academy
4- Site Visit of　central control point
5- Site visit of　yokahama city fire bureau and its emergency and crises management room.
6- inspection some training courses of fire fighters.
7- Site visit of　of nohami factory .
8- Watching new type fire extinguisher(nitrogen type) substituted for co2 extingusher

Q2. Was there any other thing you want to see or check in Japan for metro system/fire prevention?

I think the fire system system is very good but there are some notes that are different with Egyptian fire code like fire pumps room that should include 3　pumps (main ,stand by and joky) but in japenese standard only one ,also emergency roads in long tunnels .so I think the designer should in his mind the emergengy roads design in its worest case and can discus it with civil defence authority Before contruction
Also we can discus all the needed fire fighter roads

Q3. Was the period of the technical tour appropriate (long or short)?

I think , it is short period.
The period of this training course should include a practical training of prevention of metro disaster of all seniors　according to Japanese experience.
Also it should include the study of all information of Japanese fire standard code of metro .

Also we can visit a lot fire materials factories and laboratories.

Q4. Do you have any suggestions for improving the program?

Increasing the period of the training course
Discus all the seniors' of metro fire prevention technique that may be occur in Cairo according to Japanese standard

【質問票】

研修プログラム名	地下鉄４号線研修　防災研修
受入期間	2011/11/14～2011/11/22
対象人数	10　名

Q1. What content was useful in the program?

The useful contents in the program:

1- Visit to CCP Central Control Point) and its departments.
2- The way of dealing with disaster prevention in CCP and stations.
3- Visits to the underground stations.
4- Fire systems in the underground stations.
5- Information signs in the underground stations that provided to the passengers.
6- The electronic screens for advertising inside the stations and rolling stock.
7- Visit to the master's office in the underground station.
8- Showing the control of the underground station equipment and tools.
9- Showing the firefighting equipment tools in the factory (NOHMI) and some tests.
10- Visit to the firefighting academy.

Q2. Was there any other thing you want to see or check in Japan for metro system/fire prevention?

I hoped to see and check the following:

1- The rolling stock firefighting systems.
2- The firefighting systems for the power stations of Metro.
3- The fire fighting systems (equipment, tools, rules….) in workshops of the rolling stock.
4- The materials that anti-fire that will used in the stations and rolling stock (Flooring, seats, cables….).

Q3. Was the period of the technical tour appropriate (long or short)?

The period for the visited places was enough but I hoped to extend the period to show the mentioned systems above.

Q4. Do you have any suggestions for improving the program?

I suggest to:-

1- Make a visit to power stations (High Voltage Stations and Low Power Stations)and the workshops for all sections related to Metro.

2- To show the practical scenarios that happen during facing any disaster in underground Metro.

【質問票】

研修プログラム名	地下鉄４号線研修　防災研修
受入期間	2011/11/14～2011/11/22
対象人数	10　名

Q1. What content was useful in the program?

- Program useful in power control system , catenary system, fire detecting and firefighting systems . we visit centralized control panel (ccp) , visit more of stations in different lines .
- Catenary system is very good system in the new lines its better and more safe and higher speed for rolling stock.
- Factory of fire alarm and firefighting systems.

Q2. Was there any other thing you want to see or check in Japan for metro system/fire prevention?

I hope to see :

- Fire prevention for substations and low current room (LCR)

Q3. Was the period of the technical tour appropriate (long or short)?

The period is short its need more 2or 3 days.

Q4. Do you have any suggestions for improving the program?

Yes I hope more visit to the power stations supply , high voltage station (HVS) and rolling stock in different lines.

付属資料 5

Fire Management Policy based on Japanese Standard and Practices

NATIONAL AUTHORITY FOR TUNNELS
MINISTRY OF TRANSPORT

JAPAN INTERNATIONAL
COOPERATION AGENCY

SS-L4-ED	May 2011

JICA PREPARATORY SURVEY
ON
GREATER CAIRO METRO LINE NO.4

Fire Management Policy
based on Japanese Standard and Practices

May 2011

NIPPON KOEI CO., LTD.
JAPAN RAILWAY TECHNICAL SERVICE
NIPPON CIVIC CONSULTING ENGINEER CO., LTD

JICA PREPARATORY SURVEY
ON
GREATER CAIRO METRO LINE NO.4

Fire Management Policy based on Japanese Standard and Practice

TABLE OF CONTENTS
LIST OF TABLES AND FIGURES
GLOSSARY OF ABBREVIATIONS AND MEASURING UNITS

TABLE OF CONTENTS

CHAPTER 1 Introduction 1
1.1 General 1
CHAPTER 2 Fire scenario and evacuation of passengers 2
2.1 Use of Non-Combustible Material (Fire Proofing) 2
2.2 Characteristics of Fire Accident in Tunnel and Underground Station 6
2.3 Evaluation for Evacuation of Passenger 14
2.4 Fire Scenario (Location and Origin of Fire) in Japanese Standard 22
2.5 Fire Load and Evaluation of Smoke 30
CHAPTER 3 Tunnel Structure 41
3.1 Access Distance and Cross Passages 41
CHAPTER 4 ventilation operation 46
4.1 Ventilation Operation in case of Fire 46
CHAPTER 5 facilities 49
5.1 Facilities for Fire Management 49

LIST OF TABLES AND FIGURES

Table 2-1 Major Fire Accident with Passenger's Damage of Metro (Tunnel and Underground Station) of the World since 1980 8
Table 2-2 Major Fire Accident of Road Tunnel of the World 11
Table 2-3 Evaluation of Evacuation in NFPA 130 and Japanese Standard 20
Table 2-4 Assumed Fire Location and Target Passengers 25
Table 2-5 Assumed Fire Location and Required Study 26
Table 2-6 Design Fire 30
Table 2-7 Fire Load Model for Rolling Stock 30
Table 2-8 Fire Load Model for KIOSK 31
Table 2-9 Statistics of Walking Speed and Runoff Coefficient by the Type of Crowd 32
Table 2-10 Ridership (%) by Station Type in 3 Largest Metropolitan Areas (Tokyo, Osaka, Nagoya) 33
Table 2-11 Ridership (%) by Station Type in Other Cities 34
Table 3-1 Use of cross passages in Metro of 17 cities of Europe 42

Figure 2-1 Use of non-combustible material for the chair in the station 3
Figure 2-2 Automatic Door Closer for Compartment Room and Void filled by Non Combustible Material 4
Figure 2-3 Example of the Convenience Store in Underground Station 4
Figure 2-4 Example of the KIOSK in Underground Station 5
Figure 2-5 Burning Test by Cone Calorimeter (ISO5660-1) 6
Figure 2-6 Fire at Underground Station of Metro in Japan (1999-2001) 9
Figure 2-7 Fire Accident in Road Tunnel (Long Tunnel or Congested City Tunnel) . 10
Figure 2-8 Example of Cross Passages between Main Road Tunnel and Evacuation Tunnel (L=6.3km) 10
Figure 2-9 Fatal fire accident of the Dague Metropolitan Subway, 2003 12
Figure 2-10 Combustible Material in the Rolling Stock of Dague Metro (Polyester, Urethane Foam, FRP, etc.) 13
Figure 2-11 Sequence of the Fire Spread of the Dague Metro 13
Figure 2-12 Image of the Evaluation of Passenger Evacuation in NFPA 130 15
Figure 2-13 Image of Normal Fire Load Model 16
Figure 2-14 Smoke Density and Required Visibility for Smooth Evacuation 17
Figure 2-15 Image of Fire Load Model by Arson with Fuel 18
Figure 2-16 Required Space for the Evacuation in case of Fire by Arson with Fuel .. 18
Figure 2-17 Flow of Evaluation of Passenger Evacuation in Japanese Standard 19
Figure 2-18 Deepest Station in Japan (Roppongi Station) 21
Figure 2-19 Example of Deep Station in Cairo Metro Line 4 21
Figure 2-20 Principle of Train Operation in case of Fire 22
Figure 2-21 Evacuation from Train 23
Figure 2-22 Gangway Door (Left: Closed, Right: Open) 23
Figure 2-23 Smoke/Fire Protection Shutter 24
Figure 2-24 Image of a Point of Safety (Concourse) by Shutter Protection 24
Figure 2-25 Normal Fire on Rolling Stock in Tunnel and run to Station 27
Figure 2-26 Fire by Arson with Fuel on Rolling Stock at Station 28
Figure 2-27 Normal Fire and Fire by Arson at KIOSK on Platform 28
Figure 2-28 Normal Fire and Fire by Arson at KIOSK on Concourse 29
Figure 2-29 Normal Fire and Fire by Arson on Rolling Stock stopped in Tunnel 29
Figure 2-30 Fire Load Model of Rolling Stock 31
Figure 2-31 Fire Load Model of KIOSK 31
Figure 2-32 Cross Section Area for Volume of Block at Fire Point 37
Figure 3-1 Requirement of Intermediate Shaft for Passenger Evacuation by NFPA 130 41
Figure 3-2 Photo (Singapore) and Image of the Cross Passages between Tunnels 42
Figure 3-3 Cross passages for long railway tunnel 44
Figure 4-1 Exhaust Duct on Platform 46
Figure 4-2 Ventilation System in Tunnel 48
Figure 4-3 Exhaust of smoke in tunnel 48
Figure 4-4 Centrifugal fan for tunnel ventilation 48
Figure 4-5 Exhaust Duct in Tunnel 49
Figure 5-1 Fire Detector (Left: smoke type, Right: heat type) 49
Figure 5-2 Telephone and Push Button Alarm 50
Figure 5-3 Closed Circuit Television 50
Figure 5-4 Telecommunication System and Public Address System 51

Figure 5-5 Telecommunication System in Tunnel 52
Figure 5-6 Guide Lighting for Exit 54
Figure 5-7 Example of Direction and Distance Sign Board 54
Figure 5-8 Smoke Curtain (shutter) 55
Figure 5-9 Fire Protection Compartment (Screen Type) with Door 56
Figure 5-10 Fire Protection Shutter 56
Figure 5-11 Example of Indoor Fire Hydrant 57
Figure 5-12 Example of Hydrant for Water Outlet in Station (Left) and Siamese Connection for Water Supply on Ground Level (Right) 58
Figure 5-13 Example of Hydrant for Water Outlet and Water Pipe Connection in Tunnel 59
Figure 5-14 Emergency Power Generator 60
Figure 5-15 Example of Emergency Control Room in Station 60
Figure 5-16 Air Tank for Station Staff 61
Figure 5-17 Prohibited Location of KIOSK 61
Figure 5-18 Emergency Plug 62
Figure 5-19 Underground Mall 63

GLOSSARY OF ABBREVIATIONS AND MEASURING UNITS

Abbreviations

A		
	AASHTO	American Association of State Highways and Transportation Officials
	AB	Absolute Block
	ABS	Automatic Block Signals
	A/C	Air Conditioning
	AC	Alternating Current
	ACE	Arab Consulting Engineers
	ACij	Access Length
	ADT	Average Daily Traffic
	AF	Audio Frequency
	AFC	Automatic Fare Collection (system)
	AGT	Automatic Guideway Transit
	AM	Amplitude Modulation
	ANSI	American National Standards Institute
	AREMA	American Railway Engineering and Maintenance Association
	ARS	Automatic Route Setting
	ASCII	American Standard Code for Information Interchange
	ASTM	American Society for Testing and Materials
	AT	Auto Transformer
	ATC	Automatic Train Control
	ATO	Automatic Train Operation
	ATP	Automatic Train Protection
	ATS	Automatic Train Supervision
B		
	BCC	Beginning of Circular Curve
	BNC	British National Connector
	BP	Brake Pipe
	BS	British Standard
	BT	Booster Transformer
	BTC	Beginning of Transition Curve
C		
	CAD	Computer Aided Design
	C&I	Criteria & Indicator
	CAPMAS	Central Agency for Public Mobilization and Statistics
	CAPW	Construction Authority for Portable Water and Wastewater
	CBD	Central Business District
	CBTC	Communication Based Train Control
	CCIR	International Radio Consultation Committee
	CCITT	Consultative Committee for International Telephone and Telegraphs
	CCTV	Closed Circuit Television
	CD ROM	Compact Disc Read Only Memory
	CDR	Compact Disc Recordable
	CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardisation
	CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor
	CPM	Critical Path Method
	CREATS	Cairo Regional Area Transportation Study

	CRT	Cathode Ray Tube
	CTA	Cairo Transport Authority
	CULTNAT	Cultural and National Heritage
	CV	Curriculum Vitae
	CWO	Cairo Wastewater Organization
	CWR	Continuously Welded Rail
D		
	D&B	Design and Build
	DC	Direct Current
	DCF	Discount Cash Flow
	DF	Depot Facility
	DIN	Deutsche Industry Norm (German Industrial Standard)
	DOS	Disk Operating System
	DWG	Drawing
E		
	ECC	End of Circular Curve
	ECM	Egyptian Company for Metro
	EEAA	Egyptian Environmental Affairs Agency
	Egij	Egress Length
	EGP	Egyptian Pound
	EIA	Environmental Impact Assessment
	EIB	European Investment Bank
	EIRENE	European Integrated Railway Radio Enhanced NEtwork
	EIRR	Economic Internal Rate of Return
	ELCB	Earth Leakage Circuit Breaker
	EMC	Electro Magnetic Compatibility
	EMI	Electro Magnetic Interference
	EMU	Electric Multiple Unit
	ENIT	Egypt National Institute of Transport
	ENR	Egyptian National Railway
	EPBM	Earth Pressure Balanced Machine
	EPI	Environmental performance Indicator
	ERTMS	European Railway Traffic Management System
	ETC	End of Transition Curve
	ETCS	European Train Control System
	ETHERNET	Computer Cabling System
F		
	FCC	Federal Communications Commission
	FIRR	Financial Internal Rate of Return
	FM	Frequency Modulation
	FOB	Free On Board
	FOC	Fiber Optic Cable
	F/S	Feasibility Study
G		
	GARBLT	General Authority for Roads, Bridges and Land Transport
	GDP	Gross Domestic Product
	GCR	Greater Cairo Region
	GIS	Geographic Information System
	GOE	Government of Egypt
	GOJ	Government of Japan
	GPS	Global Positioning by Satellite System
	GRDP	Gross Regional Domestic Product
	GSM	Global System for Mobile communications
	GSM-R	Global System for Mobile communications for Railways

	GUI	Graphical User Interface
H		
	HIS	Home Interview Survey
	Hz	Hertz
I		
	IBC	International Building Code
	IC	Integrated Circuit
	ICEA	Insulated Cable Engineers Association
	IEC	International Electrotechnical Commission
	IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
	IGBT	Integrated Bipolar Transistor
	IP	Implementation Program
	IRJ	Insulated Rail Joint
	IRR	Internal Rate of Return
	IS	Information System
	ISDN	Integrated Services Digital Network
	ISO	International Standards Organization
	IT	Information Technology
	ITU	International Telecommunication Union
J		
	JBIC	Japan Bank for International Cooperation (former name of JICA)
	JICA	Japan International Cooperation Agency
	JIS	Japanese Industrial Standards
	JST	JICA Study Team
K		
	kV	kilo Volt
	kVA	kilo Volt Ampere
L		
	LAN	Local Area Network
	LCD	Liquid Crystal Display
	LCX	Leak Coaxial Cable
	LE	Egyptian Pound
	LED	Light Emitting Diode
	LRT	Light Rail Transit
	LRV	Light Rail Vehicle
	LT	Link Traffic
	LV	Low Voltage
	LWR	Long Welded Rail
M		
	MCA	Multi-Criteria Analysis
	M&E	Mechanical and Electrical
	MDBF	Mean Distance Between Failure
	MIL	Military Specification
	MIS	Management Information System
	MPU	Motive Power Unit
	MRT	Mass Rapid Transit
	MSEA	Ministry of State for Environmental Affairs
N		
	NAT	National Authority of Tunnel, Ministry of Transport
	NATM	New Austrian Tunnelling Method
	NFPA	National Fire Prevention Association
	NGO	Non-Governmental Organization
	NUC	New Urban Community

O		
	OCC	Operation Control Centre
	OD	Origin and Destination
	OHC	Over Head Catenary
	O&M	Operation and Maintenance
P		
	P&L	Profit and Loss
	PA	Public Announcement
	PBX	Private Automatic Branch Exchange
	PC	Pre-stressed Concrete
	PC	Personal Computer
	PSD	Platform Screen Door
	PHPDT	Peak Hour Peak Direction Trips
	P.T.	Piastre
	PT	Person Trip
	PPM	Parts Per Million
	PSO	Public Service Obligation
	PVC	Poly Vinyl Chloride
	PW	Permanent Way
Q		
	QA	Quality Assurance
R		
	RAMS	Reliability, Availability, Maintainability and Safety
	RAP	Resettlement Action Plan
	RBO	Regional Branch Offices
	RC	Reinforced Concrete
	RF	Radio Frequency
	Rij	Railway Length
	RPS	Revealed Preference Survey
	ROW	Right Of Way
S		
	SCA	Supreme Council of Antiquities
	SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
	SDMP	The Strategic Urban Development Master Plan Study for a sustainable Development of the Greater Cairo Region in the Arab Republic of Egypt
	SI	Systeme Internationale d'Unites (SI Unit)
	SL	Screen Line
	SOFRETU	Société Française d'études et de réalisations de transports urbains
	SPS	Stated Preference Survey
	SPT	Standard Penetration Test
	STRASYA	Standard Urban Railway System for Asia
	STEP	Special Terms for Economic Partnership
	S/W	Scope of Work
	SWWT	Spine Waste Water Tunnel
T		
	TAC	Track Access Charge
	TAZ	Traffic Analysis Zone
	TBM	Tunnel Boring Machine
	TETRA	Terrestrial Trunked Radio
	TOR	Terms Of Reference
	TVM	Ticket Vending Machine
U		

	UPS	Uninterruptible Power Supply
V		
	VAT	Value Added Tax
W		
	W	Watt
	W/D	Workshop/Depot
	W/S	Work Station
	WAN	Wide Area Network
	WWW	World Wide Web
	WYSIWYG	What You See Is What You Get

UNITS OF MEASURE

A	Ampere
Amp	Ampere
BTU	British Thermal Unit
dB	Decibel
dBA	Decibel on the 'A' weighted scale
FC	Foot-candles
g	Acceleration due to Gravity (32.2 ft/s2 =9.81 m/s2)
H	Hour
Hz	Hertz
In	Inch
J	Joule
kg	Kilogram
kHz	Kilohertz
km	Kilometer
km/h	Kilometer per hour
kWh	Kilowatt hour
l	Liter
m	Meter
MHz	Mega Hertz
min	Minute
mm	Millimeter
mV	Millivolt
ìV	Microvolt
N	Newton
s	Second
sec	Second
V	Volt
Vac	Volt alternating current
Vdc	Volt direct current
° C	Degree Celsius
° F	Degree Fahrenheit

Name of stations and road

El Malek El Saleh
Al Remayah
El Azher
Marrioutia Canal

CHAPTER 1 INTRODUCTION

1.1 General

1.1.1 Purpose of Report

The purpose of the report is to introduce the “Fire Prevention Standards for Underground Stations, etc” and its practices in Japan. In addition, the comparison with the NFPA130 is also explained for the reference. Based on the Japanese standard and practices, the policy for the fire management for metro is introduced.

1.1.2 History of Japanese Standard

Many metros have been constructed since 1927 and there are 41 lines in 11 cities and the number of the underground stations exceeds 560 among 724 stations of metros in Japan as of year 2009. Ridership in Tokyo city exceeds 3200 million/year and it is biggest in the world (Moscow: 2630 million/year, Seoul: 2340 million/year, New York: 1450 million/year in 2004-2006).

Under this condition, the standard for the management and countermeasure for the fire accident tunnel and underground station of metro was prepared in early stage and it has been revised taking into consideration the recent fatal fire accident of the world. The history of the Japanese standard is as follows.

- The fire safety management for metro station and tunnel was well reviewed and studied in Japan after the fire accident occurred at Kamiyatyo station of Hibiya metro line in 1968, which injured 11 persons. Use of the noncombustible materials for station structure and rolling stock had been considered well since this accident.

- In 1975, “the Standard of Fire Safety Management for Metro Station, etc” was issued as special appendix of the provision No.29 of “Ministerial Ordinance of the Ministry of Land Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT).

- In 2003, the fatal fire accident by arson which killed 197 persons and injured 148 persons occurred in the metro of Dague City, South Korea. This accident provided heavy impact to metro operators all over the world.

- The standard of fire safety management for metro station was totally reviewed and restudied in Japan taking into account the fire accident in Dague, South Korea. Different from the metro system in Dague, South Korea, the materials used for the rolling stock and other auxiliary things of the station had been noncombustible in Japan. Therefore, the standard was not revised

drastically but the fire by arson which was the reason of the fatal fire accident in Dague, South Korea was considered and added as design fire load to evaluate the evacuation of the passengers.

- In 2004, the revised "the Standard of Fire Safety Management for Metro Station, etc, Ministerial Ordinance of MLIT" was issued in Japan.

As described above, the Japanese standard is updated taking into account the lessons of the latest fire accident in metro station.

CHAPTER 2 FIRE SCENARIO AND EVACUATION OF PASSENGERS

2.1 Use of Non-Combustible Material (Fire Proofing)

The most effective measure for the fire accident is the use of the non-combustible material to control and not to enlarge the scale of fire. It is most important policy because the fire scenario and evacuation of passengers are based on the strategy that the material of station, rolling stock and tunnel are basically made by the non-combustible material.

The lesson of the worst fire accident of the Dague Metro in South Korea proved the importance of use of the non-combustible material. Therefore, it is recommended that the non-combustible materials are used for the underground stations, tunnel and rolling stocks as much as possible. In the following section, the regulation of non-combustible material use for the underground stations, tunnel and rolling stocks is explained based on the Japanese standard.

(1) Use of Non-combustible materials in Underground Station and Tunnel

a) Materials for Structure and Interior Finish

The materials for the structure and the interior finish in the station and tunnel should be non-combustible in order to prevent the occurrence and spread of the fire.

Structural materials mean wall, beam, slab, column, stair, etc. Interior finish material means the material which covers and finishes the surface of structural material inside station.

Under the normal fire condition, the non-combustible material should meet the following requirement for 20 minutes.

- The material shall not burn.
- The material shall not generate deformation, melting and crack which is hazardous for fire protection.

- The material shall not emit hazardous smoke and toxic gas.

The materials which meet these requirements are concrete, steel and iron, ceramic tile, aluminium, metal board, glass, mortal, brick, etc. Other materials shall be tested by the Cone Calorimeter (ISO5660-1) and authorized.

Non-combustible material is not always suitable for the floor in station office and place where the station staff or passenger stay longer, because non-combustible material is usually limited to mineral hard material. Therefore, the use of the fire-retardant material is allowed to the floor of room as exceptional and it should be non-combustible as much as possible.

The parts and components which are partially used for signboard, foot guide for blind person, elevator, ticket vending machine, lighting and other electric-mechanical facilities are exempted from the regulation of non-combustible material use. However, it is preferable to use non-combustible materials for these facilities as far as possible.

b) Fittings

In order to enhance the performance of fire protection in station, it is preferable to use non-combustible or fire-retardant materials for the fittings such as desks, chairs, benches, lockers, bookshelf, curtain, trash box, public phone, vending machine, etc. as much as possible.

Source: Ministry of Land, Infrastructure, Transportation and Tourism (MLIT)

Figure 2-1 Use of non-combustible material for the chair in the station

c) Fire Compartment for Substation, Power Distribution and Machine Room

In order to protect spread of fire, the substation, power distribution room, machine and electric room shall be surrounded and protected by the fire compartment because there is risk of firing by the failure of machine/facility.

- The floor and wall of these rooms shall be fireproof by reinforced concrete, concrete block, brick or other non-combustible materials.

- The fire compartment shall be installed to the opening.

- Holes for cables, etc. in the wall and fire compartment shall be filled with mortar or other non-combustible material.

Source: MLIT

Figure 2-2 Automatic Door Closer for Compartment Room and Void filled by Non Combustible Material

d) Shop in the Underground Station

The shops in station are divided into two categories in Japan. One is the shop where both of the shop man and customer can enter. This shop in the station is called as “Convenience store type” in Japan. This shop is relatively big and many flammable materials are stocked.

Another is the small shop called as KIOSK where only shop man can enter.

The convenience store stock many flammable materials and it shall be protected by fire/smoke compartment. Moreover, the sprinkler shall be installed for initial fire fighting and protection of spread of fire. The fittings in the convenience store shall be fire-retardant or non-combustible material as far as possible.

Source: MLIT

Figure 2-3 Example of the Convenience Store in Underground Station

KIOSK is small and difficult to protect by fire/smoke compartment. Therefore, the materials and fittings including bookshelf, etc. shall be non-combustible except material for floor. According to the fire test in Japan, the wooden bookshelf generated much smoke, thus, it should be forbidden.

Source: MLIT

Figure 2-4 Example of the KIOSK in Underground Station

(2) Cone Calorimeter Test for Non-combustible Material (ISO5660-1)

In order to authorize the material for station and tunnel as non-combusted material, the burning test is required except non-combustible material such as concrete, steel and iron, ceramic tile, aluminium, metal board, glass, mortal, brick, etc.. There are some methods and the cone calorimeter method which is used in Japan is introduced. The requirements and definition of non-combustible, semi-non-combustible and fire-retardant material are as follows.

1) The definition of the non-combustible material, semi-non-combustible material and fire-retardant material is to satisfy and meet the requirement of the following conditions during test period.

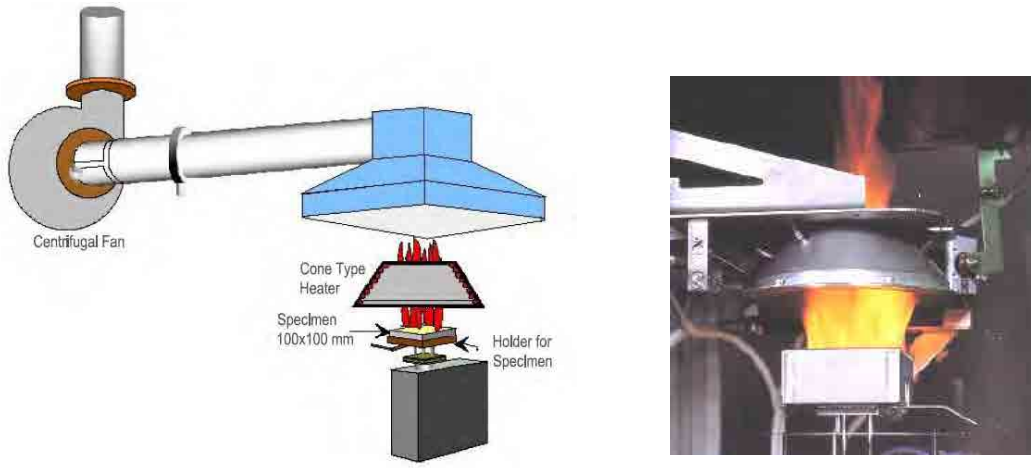
- Non-combustible Material (test period: 20 minutes)
- Semi-Non-combustible Material (test period: 10 minutes)
- Fire-retardant Material (test period: 5 minutes)

2) The specimen shall be heated by the cone calorimeter with fire power of 50kW/m2.

3) Accumulated total calorific value (power) for the test period shall not exceed 8 MJ/m2.

4) The crack and hole which penetrates the specimen of the material shall not be generated.

5) The maximum speed of the calorific value shall not exceed 200kW/m2 for continuous 10 seconds during test period.



Source: MLIT and JECTEC

Figure 2-5 Burning Test by Cone Calorimeter (ISO5660-1)

2.2 Characteristics of Fire Accident in Tunnel and Underground Station

In recent years, there have been many fatal fire accidents occurred in tunnel and underground all over the world. After these fire accidents, there have been hard discussions locally and internationally how to manage fire for the tunnels for transportation and underground station. However, it is difficult to come to final conclusion as international standard because the condition and requirement of each country is different. In some country, the regulation/standard for fire management/countermeasure is becoming very strict and it is not in others. According to the type of tunnels and underground structures (road tunnel, railway tunnel or metro and its underground station), the characteristics of the cause of fire accident, fire load/size and escape method are also different. However, the differences of these characteristics are sometimes not well studied and the management and countermeasures are planned and carried out without consideration.

In order to explain the differences of the fire accidents, the major fire accident of road tunnel, metro tunnel and stations which were taken place in the world are listed and its characteristic are studied as follows.

2.2.1 Fire Accident of Metro Tunnel and Underground Station

The major fire accidents of metro tunnel and underground station in the world are shown in Table 2-1. Many fire accidents occurred in metros in past but the fatal fire accident which killed many passengers are limited. In most cases, passengers were not killed so much but just injured by breathing smoke. Major mortal accidents of metro were accident of Moscow Metro, Russia (7 killed, 1991), Baku Metro, Azerbaijan (256 killed, 1995) and Dague Metro, South Korea (197 killed, 2003). These accidents were rare cases that the countermeasures and management for the fire accident were not well considered and executed. The

case of the fatal accident in Dague, South Korea is explained in the following section.

The major causes of the fire accident in metro tunnel and underground station are arson, fire from motor of rolling stock, cable fire, etc. The damage of the fire accidents in metro tunnel and underground station is relatively small and its reasons and characteristics are as follows.

- Train is operated and controlled by the Metro Operation Organization. Ratio of fatal accident is quite smaller than that of road tunnel.

- In many countries and cities, Station and Rolling Stocks are basically constructed and composed by noncombustible material or fire-retardant material.

- The metro is used for commuter or other passenger's purpose. The hand baggage brought by the passengers is also limited. The freight train which carries flammable material is not passed in the metro.

- In case of fire in tunnel, the basic principle of the train operation is to run to the next station. The distance between stations is relatively short in metro (approximately 1 km or less) and the traveling time from station to station is at most 2-3 minutes. Hence, the passengers can escape through station.

The management and countermeasure for the fire accident should be prepared and designed, taking into consideration above mentioned conditions and characteristics.

Table 2-1 Major Fire Accident with Passenger's Damage of Metro (Tunnel and Underground Station) of the World since 1980

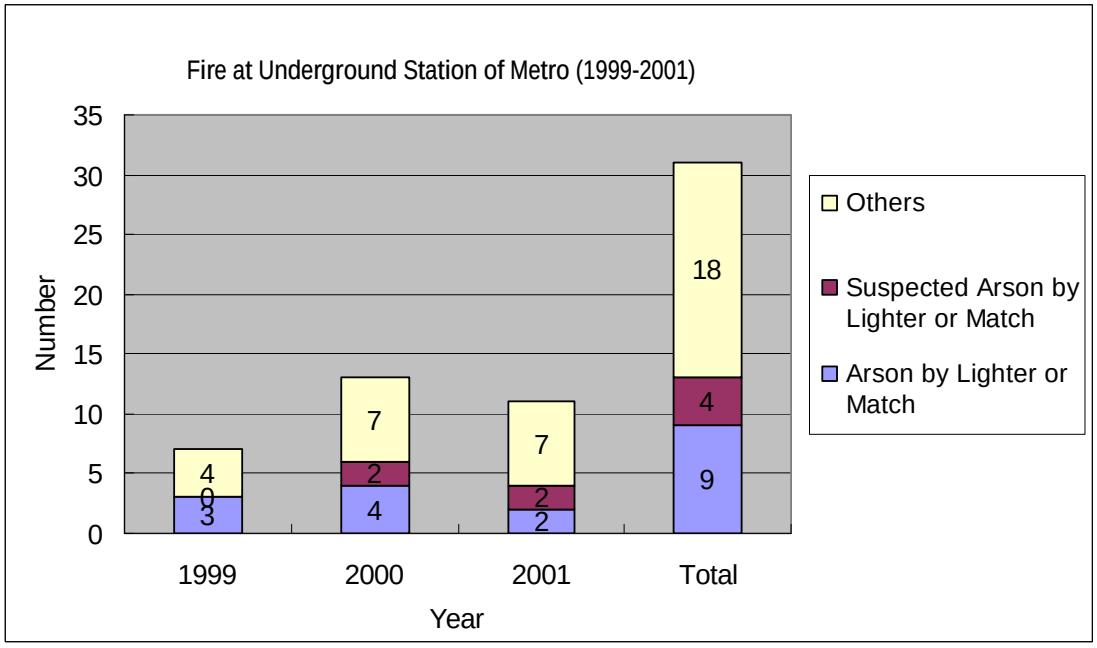
No.	Tunnel	Year of Fire Accident	Country Location	Where Fire Occurred	Origin/Reason of Fire	Damage	
						People	Rolloing Stock
1	Altora Metro	1980	Germany Hamburg		Arson	4 injured	Some
2	New York Metro	1980	USA New York			11 injured	
3	New York Metro	21/Apr./1981	USA New York	600m from station	Fault in the Current Collector of Rolling Stock	24 injured	
4	New York Metro	29/Apr./1981	USA New York	Station	Undercar fire in station	2 injured	
5	New York Metro	May/1981	USA New York	Station	Electrical Fault	16 injured	
6	London Metro	1981	UK London	Between Stations		1 dead, 15 injured	
7	New York Metro	March/1982	USA New York	Station	Motor of Rolling Stock	86 injured	
8	New York Metro	June/1982	USA New York		Rolling Stock	10 injured	4 Rolling Stock
9	New York Metro	April/1984	USA New York		Smoke from Cable	39 injured	4 Rolling Stock
10	New York Metro	June/1984	USA New York	Between Stations	Rolling Stock Motor exploded	23 injured	Some
11	New York Metro	July/1984	USA New York	Station	Underneath of Rolling Stock	24 injured	Some
12	New York Metro	4/Oct./1984	USA New York	Station	Rubbish	54 injured	
13	Landungsbruken Metro	1984	Germany Hamburg		Arson	1 injured	
14	Oxford Circus Metro	1984	UK London	Maintenance Tunnel	Equipment in Tunnel	15 injured	
15	Paris Metro	1985	France Paris	Station	Rubbish	6 injured	
16	Mexico City Metro	1985	Mexico Mexico City		Rolling Stock	1700 injured	
17	New York Metro	1990	USA New York	Near Station	Cable	2 dead, 200 injured	
18	Moscow Metro	1991	Russia Moscow	Station	Electric Failure Under Train	7 dead, 10 injured	Some
19	New York Metro	March/1992	USA New York	Between Station	Undercar fire in Tunnel	86 injured	
20	New York Metro	Oct./1992	USA New York		Electric Failure of Rolling Stock	51 injured	
21	Baku Metro	1995	Azerbaijan Baku	Between Station	Electric Failure of 4th Rolling Stock	260 dead, 256 injured	Some
22	New York Metro	1999	USA New York	Station	Rubbish	more than 51 injured	
23	Amsterdam Metro	1999	Netherlands Amsterdam	Station		2 injured	
24	Berlin Metro	2000	Germany Berlin	Station		28 injured	
25	Tronto Metro	2000	Canada Tronto	Old Mill Station	Fefuse from Old Mill	3 injured	
26	Düsseldorf Metro	2001	Germany Düsseldorf		Roof of Rolling Stock	2 injured	
27	Jungangno Metro	2003	South Korea Daegu	Junganno Station	Arson with Fuel	197 dead and 148 injured	

Source: The Handbook of Tunnel Fire Safety, 2004

2.2.2 Underground Station Fire in Japan

In order to explain the characteristic of the fire in the station, the statistics of cause of station fire in Japan is indicated as example.

Many metros have been constructed in Japan since 1927. There are 41 lines in 11 cities and the number of the underground stations exceeds 560 among 724 stations of metros as of year 2009. Since many metro lines and its stations are operated, about 10 fire accidents in underground stations are occurred every year in Japan. The main reason of these fire accidents at the underground stations are arson by the match or lighter (approximately 40%). Therefore, it is reasonable to consider the arson fire as one of the assumed design fire.



Source: Fire and Disaster Management Agency, Japan

Figure 2-6 Fire at Underground Station of Metro in Japan (1999-2001)

2.2.3 Fire Accident of Road Tunnel

The major fire accidents of road tunnel which was happened in the world are tabulated in

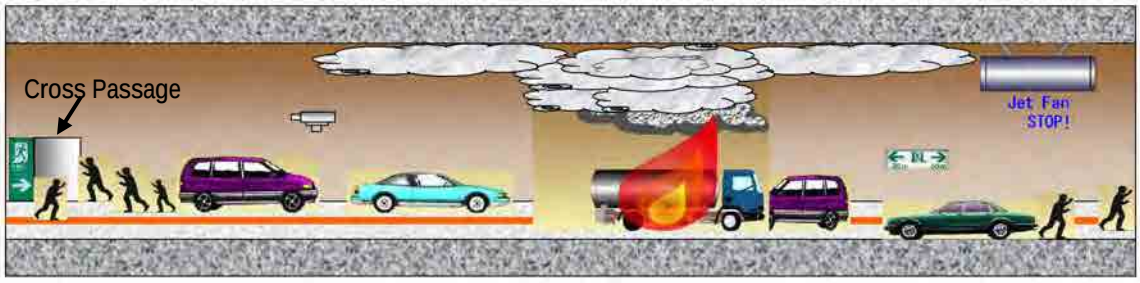
Table 2-2. The fire accident of road tunnel is characteristic that the fire scale is far lager than that of the metro tunnel and underground station. Consequently, the fire in road tunnel tends to be large scale accidents with the lost of tunnel user's life. The reasons of large scale of fire and its characteristics are summarized as follows.

- Each car have own fuel (Gasoline or Diesel) and it intensifies the flame in case of fire accident. In addition, some trucks bring flammable materials and it is also dangerous.

- The car is driven by each tunnel user and it is difficult for road operator/administrator to control whole operation in road tunnel. Therefore, the collision of cars (crush accident) is sometimes occurred. In most cases, the fire accident is triggered by the collision of cars.

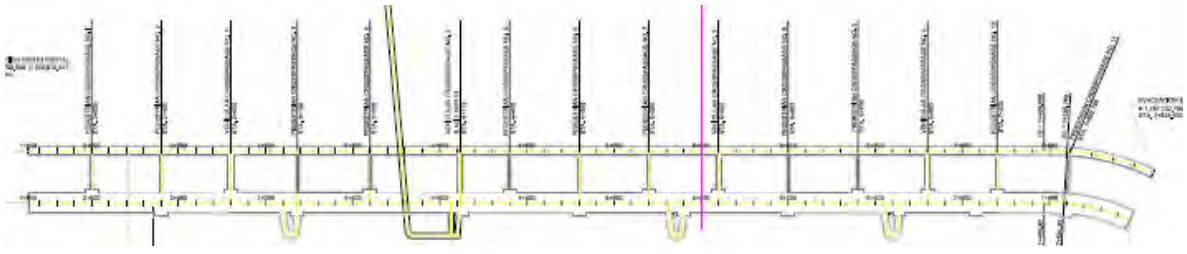
- If the fire accident is happened in road tunnel, cars are stopped around fire point. Thus, in long tunnel or congested city tunnel, it is difficult to escape to outside of tunnel by the car and the tunnel users have to evacuate from their car to evacuation tunnel or another parallel tunnel through cross passages (see Figure 2-7and Figure 2-8).

- The monitoring systems for fire detection and fire fighting facilities are installed very much in the road tunnel, especially for long and congested tunnel, due to the above mentioned reasons.



Source: JICA Study Team

Figure 2-7 Fire Accident in Road Tunnel (Long Tunnel or Congested City Tunnel)



Source: JICA Study Team

Figure 2-8 Example of Cross Passages between Main Road Tunnel and Evacuation Tunnel (L=6.3km)

Table 2-2 Major Fire Accident of Road Tunnel of the World

Tunnel	Year of Construction	Year of Fire Accident	Country Location	Length (m)	Vehicle where Fire Occurred	Load	Origin of Fire	Damage	
								People	Vehicles
Holland	1927		USA New York	2,550	1 lorry	11t carbon visulphide	Fall of load	66 injured	10 lorries destroyed 13 cars badly dameged
Billweder-Meorfleet	1963		Germany Hamburg	243	1 lorry trailer	14t plastic aggregate in sacks	Blockage of brakes		1 trailed destroyed
Velsen	1957	1978	Holland Velsen	770	2 lorries and 4 cars		Front-rear collision	5 dead and 5 injured	2 lorries and 4 cars destroyed
Nihonzaka	1969	1979	Japan Shizuoka	2,045	4 lorries and 2 cars		Front-rear collision	7 dead and 2 injured	179 vehicles destroyed
Kajiwara		1980	Japan	740				1 dead	
Caldecott	1964	1982	USA Oakland	1,028	1 lorry, 1 coach and 1 car	33,000 litres of petrol	Front-rear collision	7 dead and 2 injured	3lorries, 1coach and 4cars
Pecorile		1983	Italy	600				8 dead	
St. Gotthard	1980		Switzerland Goschenen - Airolo	16,321	1 lorry	Rolls of plastic sheet	Lorry engine fire		1 lorry destroyed
Frejus	1980		France-Italy	12,868	1 lorry	Plastic Material	Gear box failure		1 lorry destroyed
Guadarrama	1972		Spain Guadarrama	3,330	1 lorry	Drums of pine resin			1 lorry destroyed
L'Ame		1986	France	1,105				3 dead	
Gumefens		1987	Switzerland	340				2 dead	
Serra a Ripoli		1993	Italy	442				4 dead	
Huguenot	1988	1994	South Africa	3,755				1 dead	
Pfander	1980	1995	Austria	6,719				3 dead	
Isola delle Femmine		1996	Italy Palermo	148	1 tanker with liquid gas and 1 little bus		Front-rear collision	5 dead and 20 injured	1 tanker, 1bus and 18 cars
Mont Blanc	1965	1999	France-Italy	11,600	Lorry with flour and magarine		Oil leakage Motor	41 dead	23 lorries, 10 cars, 1morot cycle and 2 fire engine
Tauern	1975	1999	Austria Salzburg-Spittal	6,401	Lorry with Paint		Front-rear collision	12 dead and 49 injured	14 lorries and 26 cars
Seijestad		2000	Norway Drammen-Haugesund	1,272	Fire started in one of the cars and spread to others		Front-rear collision	6 injured	1 lorry, 4 cars and 1MC
Prapontin		2001	Italy A32-Torino-Bardonecchia	4,409				19 injured	
Gleinalm	1978	2001	Austlia A9 near Graz	8,320	Car		Front-rear collision	5 dead and 4 injured	
St Gotthard	1980	2001	Switzerland Goschenen - Airolo	16,321	2 Trucks		Front-front collision	11 dead	40 vehicles
Viamala		2006	Switzerland (border with Italy and Austria)	750	Bus and Car		Front-front collision	9 dead	

Source: JICA Study Team

2.2.4 Fatal Fire Accident in Dague, South Korea, 2003

The fatal fire accident which killed 197 persons and injured 148 persons was occurred in Dague Metro in South Korea in February, 2003. This accident provided heavy impact on the metro operators all over the world. It is important and valuable to know the lessons from the worst fire accident of the metro.

This accident was triggered by the arson in the train which stopped at Jungganno Station in Dague City. The lunatic man brought 2-4 litters gasoline in two pet bottles and make fire by the lighter. The seat and floor started to fire and fire spread rapidly in the car. The rolling stock was made of the combustible materials with toxic gas which were polyester, urethane Foam, FRP, etc. The regulation was established in 1998 that the material for the rolling stock of metro had to be non-combustible material. However, the rolling stocks of the fire accident were made in 1997 and the regulation for use of the non-combustible material for the rolling stock was not obeyed and not enforced appropriately as of year 2003.

Source: JICA Study Team

Figure 2-9 Fatal fire accident of the Dague Metropolitan Subway, 2003

The Central Control Point (CCP) did not comprehend the actual situation of the fire accident and did not instruct the train running on the opposite track not to approach or to pass the station in fire. In most metros of the other countries, it is regulated to instruct other trains not to approach and to pass the station in fire. However, the principle of the train operation in the case of fire accident was not respected in the Dague Metro.

The CCP tried to evacuate the passengers in train on other track through the station. The train which arrived on the opposite platform caught fire soon (sequence of the fire spread illustrated in Figure 2-11). After that, the power supply to the train and station was failed and the driver who was upset ran away with the master key of the car. The door of the train was closed and the passengers were locked in the train on fire. As a result, more than 90% of the

victims were the passengers of the train on the opposite track and the body of 142 passengers (79% of the dead persons) were found in the fired train on opposite track. On the other hand, there was no dead person found in the car which was fired by the arson.

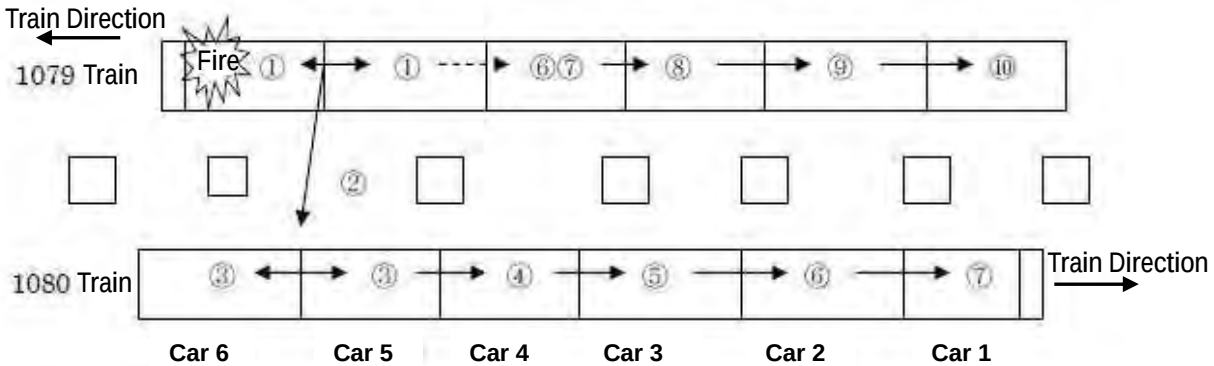
The lessons were obtained from this accident and most important issue for the fire accident management for metro and underground station was reconfirmed and highlighted as follows.

- Use of the noncombustible material for the rolling stock and station is very important. The combustible material of the rolling stock and station enlarged the scale of the fire.

- Suitable management for train operation and evacuation is also very important. In the case of the Dague Metro fire accident, most of the victims were killed by the secondary accident caused by inappropriate instruction and action of the dispatcher, driver and station staffs.

Source: Japan Society of Civil Engineer

Figure 2-10 Combustible Material in the Rolling Stock of Dague Metro (Polyester, Urethane Foam, FRP, etc.)



Source: Fire and Disaster Management Agency, Japan

Figure 2-11 Sequence of the Fire Spread of the Dague Metro

Based on the characteristics and examples of the fire accident in tunnel and underground station described in this section, the standards for the fire accident management are studied in the following section.

2.3 Evaluation for Evacuation of Passenger

2.3.1 Evacuation Time for Passengers in the case of Station Fire

In order to assure the safety of the passengers in the case of fire accident in station, it is important to consider and study the evacuation time of the passengers. If the evacuation time from the dangerous point to the safe point is too long, the fire will be enlarged and passengers will be injured by fire or smoke.

Therefore, it is very important to study the evacuation time for the safety of the passenger. However, if the evacuation time is not properly evaluated, the station structure becomes larger in vain. The regulation of the evacuation time gives big impact and influence to the design and scale of the station.

The Japanese standard is considered to avoid the excessive design. Taking into account the cost reduction, it is introduced compared with NFPA 130.

2.3.2 Evaluation of Evacuation Time in NFPA130 and Japanese Standard

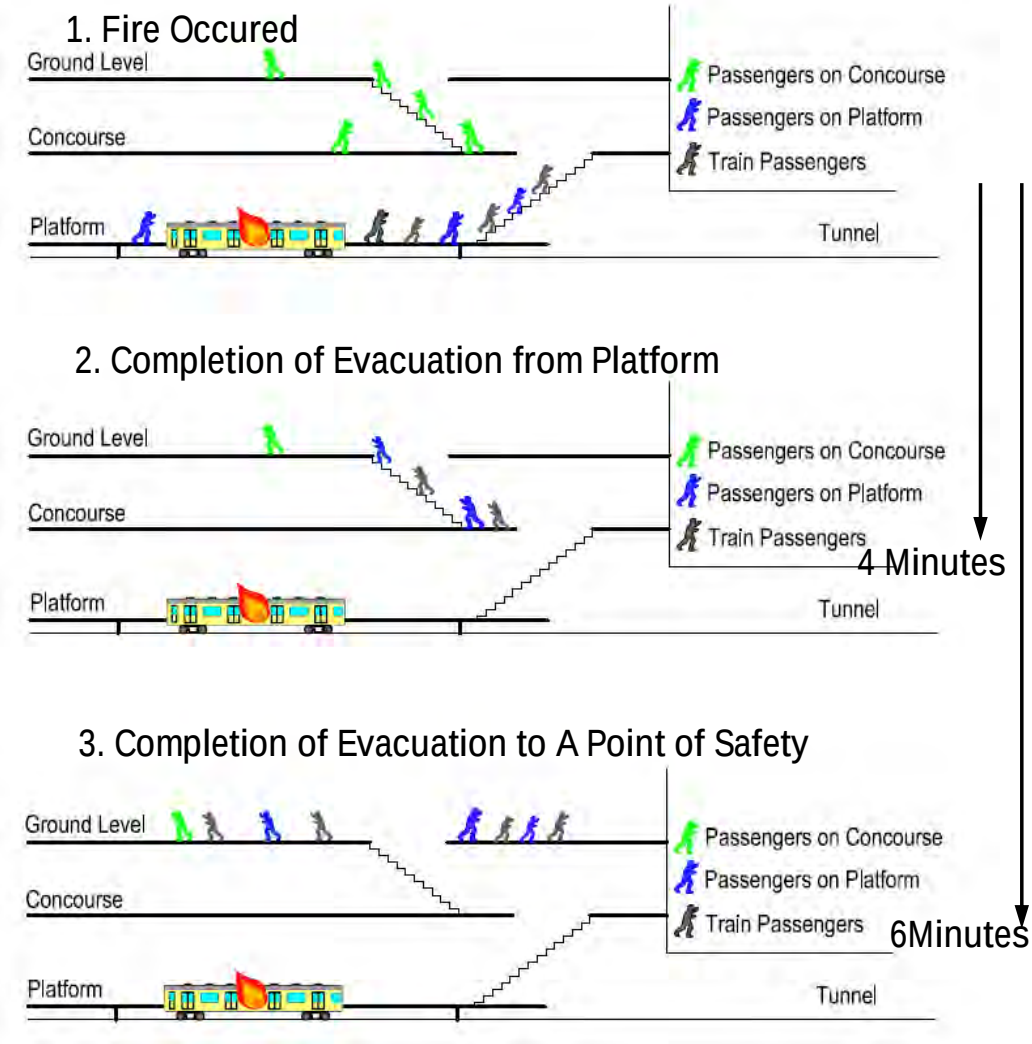
The safety of evacuation of passenger is evaluated by the evacuation time. However, there is difference between NFPA 130 and Japanese Standard in the following points.

(1) NFPA 130 (USA)

The evaluation of the evacuation time is summarized as follows.

- The evacuation time from the platform is regulated to be 4 minutes or less regardless of the station geometry (depth, width, etc.)
- The evacuation time from the platform to a point of safety (usually ground level) is regulated to be 6 minutes or less regardless of the station geometry (depth, width, etc.)
- The evacuation time for the passengers is deeply related to the design fire load (heat release ratio) and the density and spread speed of smoke. The passengers can safely escape during the smoke does not interfere the evacuation. However, the design fire load is not defined and the characteristics in accordance with the source of fire are not mentioned. Therefore, the allowable evacuation time is uniformly applied as 4 minutes and 6 minutes to the point of safety in any fire condition.

- In order to achieve the allowable time described above, the distance to the point of the safety and the width of the stairs are unique key factors for evaluation and widened very much than the actual requirement. On the other hand, the height of the ceiling of platform or concourse and the performance of the ventilation system which are important factor for the storage and exhaust of smoke is not considered for normal evaluation at all.



Source: JICA Study Team

Figure 2-12 Image of the Evaluation of Passenger Evacuation in NFPA 130

(2) Japanese Standard

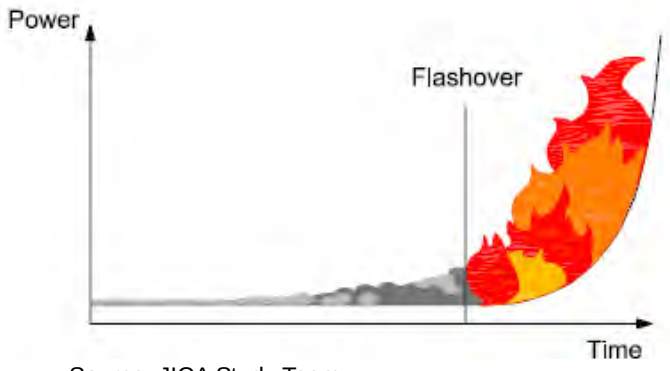
In order to compare the evaluation of the evacuation time and safety of the passengers, the evaluation for the evacuation of passenger in Japanese standard is introduced as follows.

1) Fire load and evaluation method of smoke

The essential issue of fire safety management is how the passengers escape safely. The safety of the passenger is evaluated whether the passenger escape to the point of safety without/less influence of smoke or not. The characteristics of the fire are different by the origin of fire. The fire loads are divided into two types. One is normal fire and another is fire by arson with fuel. According to the difference of the characteristics of fire, the evacuation of passenger is evaluated as follows.

2) Fire load in case of normal fire

The origin of normal fire is assumed as the fire from motor or other auxiliary machine under floor of rolling stock. Other case of the normal fire is the fire from the small shop (KIOSK) in the station. Usually, the power of the normal fire is quite small and its temperature is low in the begging stage. It becomes larger after the flashover occurs. The time is relatively long until flashover take place. The smoke of normal fire diffuses evenly and widely. Therefore, the inhale of smoke is not considered and main factor for safety evacuation is to ensure the visibility of the passengers. The image of the relationship between time and fire load is illustrated in Figure 2-13.



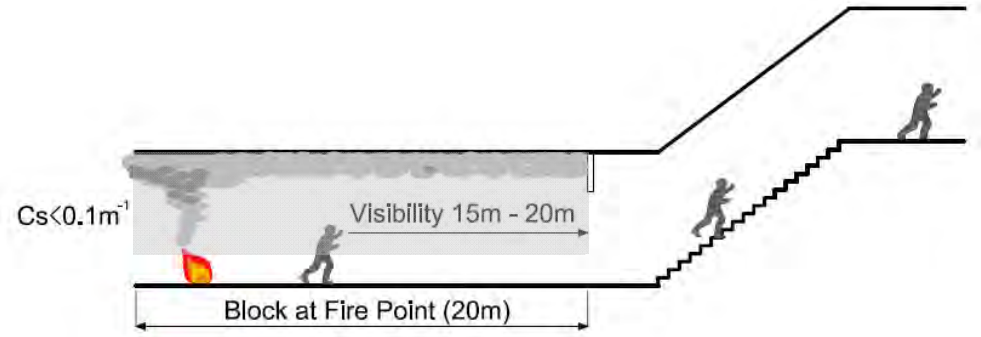
Source: JICA Study Team

Figure 2-13 Image of Normal Fire Load Model

The visibility of the passenger in smoke condition is determined by the smoke density (extinction coefficient Cs). The smoke density is defined by the following formula (Lambert-Beer Law).

$$Cs = -\frac{1}{l}\ln(\frac{\tau}{100}) \leq 0.1m^{-1}$$

Herein, l is the required visibility (15m to 20m) for evacuation and τ (%) is permeability (13-22% equivalent to Cs=0.1m-1).



Source: JICA Study Team

Figure 2-14 Smoke Density and Required Visibility for Smooth Evacuation

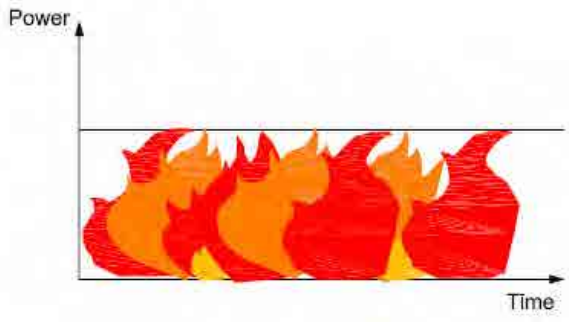
According to research and experiment in Japan, the smoke density (Cs) should be 0.1m-1 or smaller to secure the visibility of 15m to 20m for smooth evacuation (see Figure 2-14). Under this condition, the passenger could evacuate without loosing their walking speed. Therefore, the evacuation time of the passengers are evaluated as the following procedures.

- The time (t) which is required for evacuation is calculated.
- Smoke density (Cs) at a time (t) of completion of evacuation is calculated. If Cs is 0.1m-1 or less, the condition for the smooth evacuation is secured.

3) Fire load in case of fire by arson with fuel

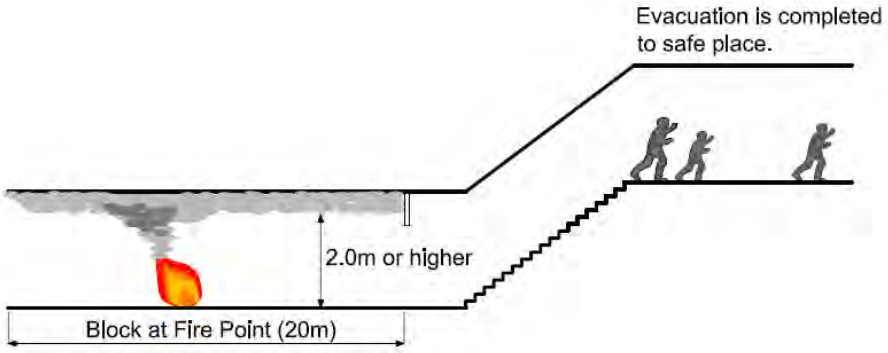
As described in preceding section, the fatal fire accident in Dague Metro, South Korea was triggered by the arson with fuel. The fire cased by the arson with fuel should be considered as the source of the fire. The fire with fuel such as gasoline or kerosene has different characteristics compared with the normal fire.

The power of the arson fire with fuel is strong and constant from begging (see Figure 2-15). The temperature of smoke is high. Smoke will move as strata along the ceiling and it will descend to the floor. Therefore, it is evaluated by the descending speed of the smoke stratification from ceiling. For the safe evacuation, the space for the evacuation should be secured. It is at least 2.0m from the bottom of the smoke stratification to the floor.



Source: JICA Study Team

Figure 2-15 Image of Fire Load Model by Arson with Fuel

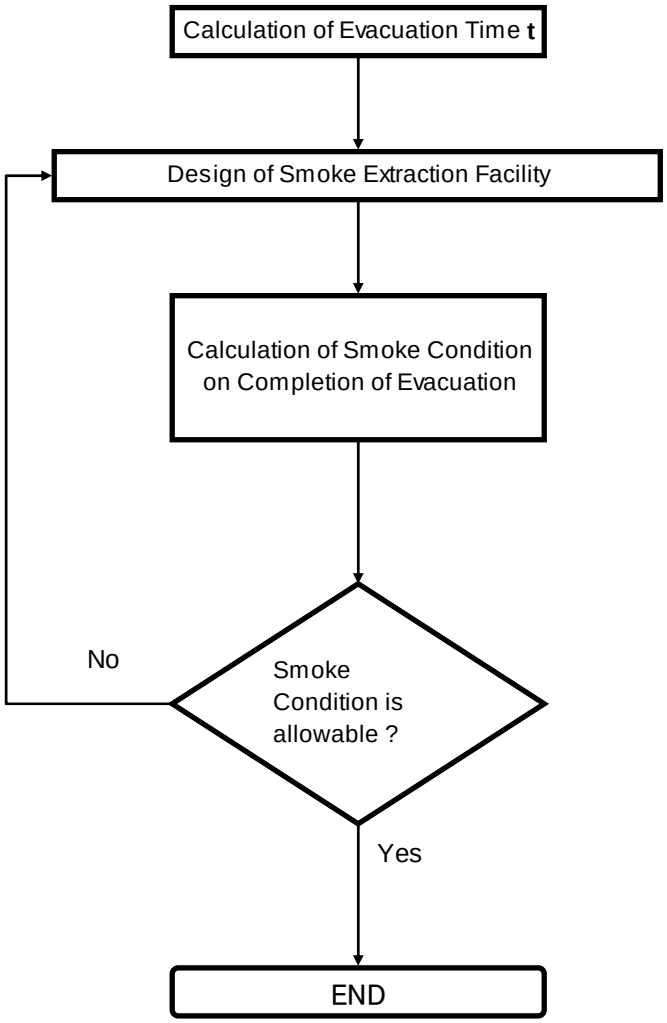


Source: JICA Study Team

Figure 2-16 Required Space for the Evacuation in case of Fire by Arson with Fuel

Therefore, the evacuation time of the passengers are evaluated as the following procedures.

- The time (t) which is required for evacuation is calculated.
- If space from the bottom of the smoke stratification to the floor exceeds 2.0 m at a time (t) of completion of evacuation, the condition for the safe evacuation is secured.



Source: JICA Study Team

Figure 2-17 Flow of Evaluation of Passenger Evacuation in Japanese Standard

(3) Problem of NFPA 130 (USA) and Advantage of Japanese Standard

As described above, the passenger evacuation is evaluated by the constant time in NFPA 130 without considering the smoke condition on completion of evacuation. This regulation will generate the excessive design or the safety of the passenger will not be secured.

- The evacuation time is always evaluated by the constant value (4 minutes and 6 minutes) regardless of station geometry (depth, width, etc.) in NFPA 130.
- The smoke and fire condition is not simultaneously considered when the evacuation time is calculated.
- The evaluation of the passenger evacuation in NFPA 130 was regulated in 1983 when the number of the passengers on metro was not so large and the

deep station was not constructed.

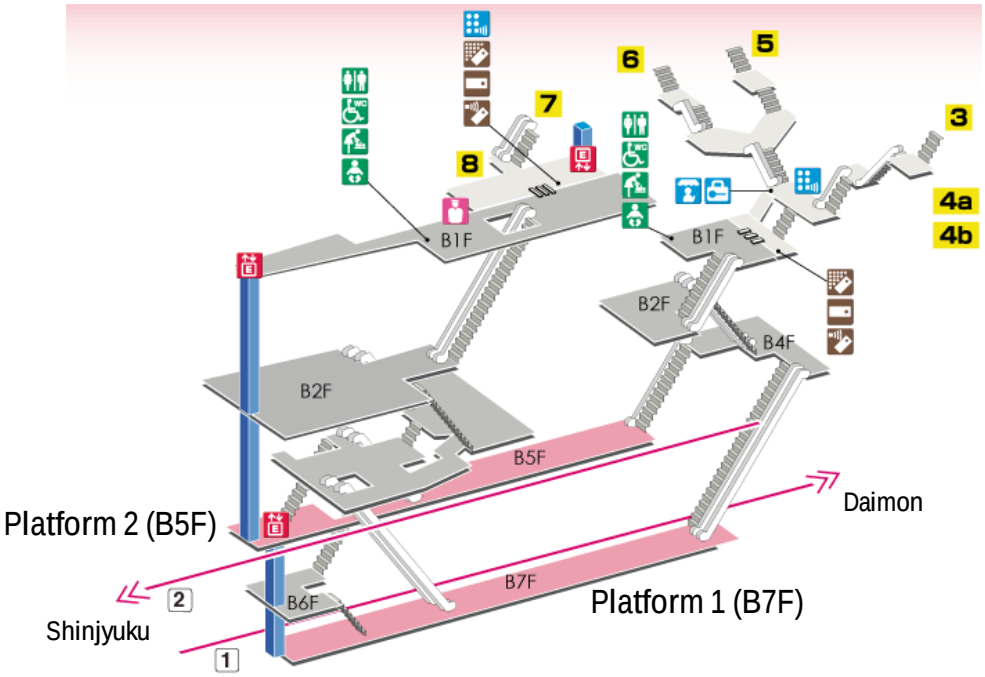
- In the big and congested cities, the new constructed underground stations are prone to be deeper due to the limitation of land use. As an example, the deepest station in Japan is indicated in Figure 2-18. The deep station is also planned in Cairo Metro Line 4 as shown in Figure 2-19.

- It is difficult to apply the regulation of passenger evacuation in NFPA 130 to these deep stations or heavily congested stations. If it is applied, the width or number of stairs/escalators is drastically increased to evacuate passenger within 4 minutes from platform and 6 minutes to ground level. Consequently it becomes excessive design of large station.

- Therefore, from the above reasons, the Japanese standard for the evaluation of passenger evacuation has much advantage to design station safely and appropriately without excessive cost.

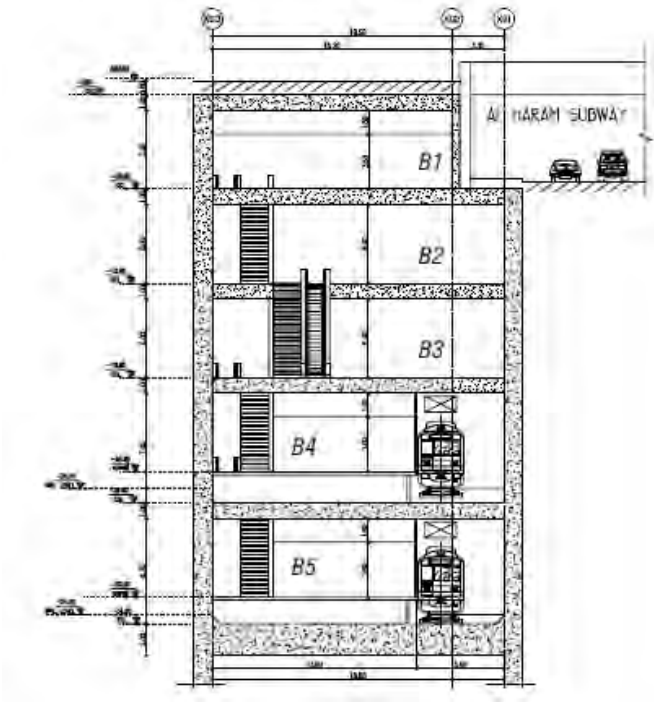
Table 2-3 Evaluation of Evacuation in NFPA 130 and Japanese Standard

	NFPA 130	Japanese Standard
Evacuation Time	Constant 1. From Platform within 4 minutes 2. To a Point of Safety within 6 minutes	Variable. The evacuation time is evaluated with the smoke condition.
Evaluation	Passenger safety is basically evaluated only by evacuation time.	The evacuation time is not directly evaluated. Smoke condition when the evacuation is completed is evaluated.
Fire Scenario/ Smoke Condition	Fire scenario is not defined. The smoke condition is not considered when the passenger evacuation is evaluated.	Fire scenario is provided according to the fire origin and location.



Source: Tokyo Metropolitan Gov. Bureau of Transportation

Figure 2-18 Deepest Station in Japan (Roppongi Station)



Source: JICA Study Team

Figure 2-19 Example of Deep Station in Cairo Metro Line 4

2.4 Fire Scenario (Location and Origin of Fire) in Japanese Standard

The fire scenario is taken into account in the Japanese standard. This fire scenario is based on the use of non-combustible material, fire/smoke characteristics and principle of train operation in case of fire. Principle of train operation and definition of a point of safety is explained with the fire scenario as follows.

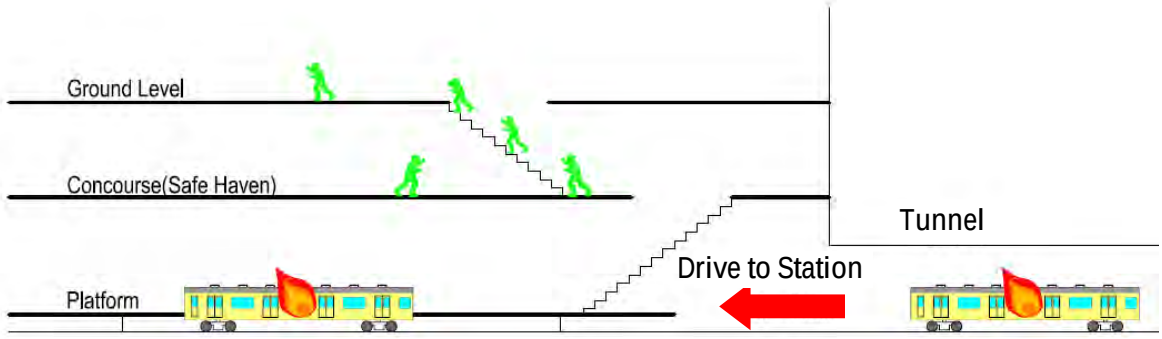
2.4.1 Train Operation in Emergency Case

(1) Principle of Train Operation in case of Fire

Several tragic fire disasters on underground railway lines have prompted railway operators and authorities in Japan to modify the train operation principle. Particularly, the incidents in the past four decades have changed regulation of the train operation principle.

Currently the fundamental principle for train operation applied by the metro operators and railways in underground sections in the event of a fire is to drive the trains on fire to the next platform of the station without stopping at intermediate sections to evacuate the passengers and carry out fire fighting activities there. Once notified by the driver of the train on fire, the train dispatcher will direct the train in front of the train on fire to proceed to the next station, and train running behind the train on fire to stop. Trains running on the opposite track will also be directed not to stop at station or not to access station where the train on fire arrives.

- The basic principle of operation for the train on fire is to drive the train to the next platform of the station or outside tunnel.
- Other train shall be stopped in the neighbor station and shall not be departed.
- If the train on fire stops in the station or the station is burned, the train dispatcher shall direct other trains not to approach this station.



Source: JICA Study Team

Figure 2-20 Principle of Train Operation in case of Fire

(2) Evacuation from Train if Stopped between Stations

As explained in preceding section, the basic principle of the train operation in case of fire is to drive the train to the next platform of the station. However, there is probability and risk that the train will stop between stations due to power failure, earthquake or other reasons. If the train is stopped between stations, the passenger on train will be evacuated from the end of train. The passenger will walk on the track bed to the platform of the next station.

In case that the emergency escape from train is required, the side door will be opened and the passenger will be evacuated according to the instruction of the driver or station staffs.

Source: Tokyo Metro

Figure 2-21 Evacuation from Train

(3) Gangway Door

In addition, the gangway door is also important if the fire is occurred in the train. This door enables passengers on fire car to move to other car. After the completion of evacuation from fire car, the door is automatically closed and prevent from the diffusion of smoke and spread of fire.

Source: JICA Study Team

Figure 2-22 Gangway Door (Left: Closed, Right: Open)

2.4.2 Definition of a Point of Safety

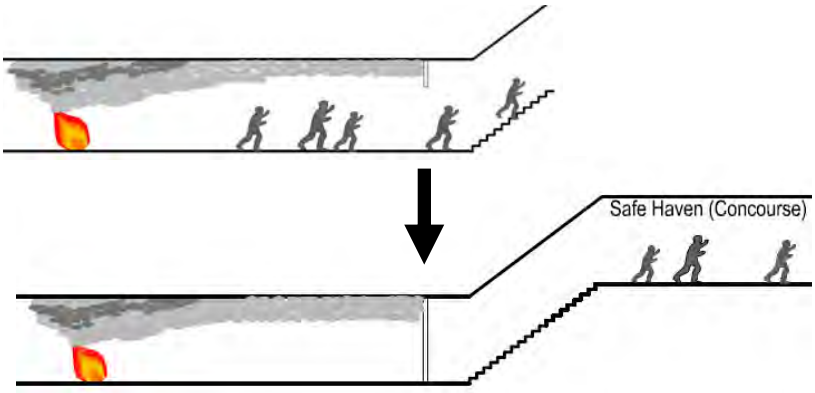
The completion of Evacuation means that the evacuated passengers enter/reach the point of safety (safe haven). The definition of the point of safety is the place where the evacuated passengers are not influenced by smoke.

In order to prevent the smoke diffusion and secure the point of safety, the smoke or fire protection compartment is installed between platform and concourse. During evacuation of the passengers, the shutter type of fire protection compartment is descended and stopped to make evacuation space. After the completion of the evacuation is confirmed, it is closed to be smoke/fire protection compartment. Concourse is protected as the point of safety and the passenger will escape to the ground level.

- In case of fire in tunnel or platform, the concourse is the point of safety. The smoke/fire protection compartment shall be installed between platform and concourse.
- In case of fire in concourse, ground level is defined as the point of safety.

Source: Osaka City Transportation Bureau, Japan

Figure 2-23 Smoke/Fire Protection Shutter



Source: JICA Study Team

Figure 2-24 Image of a Point of Safety (Concourse) by Shutter Protection

2.4.3 Fire Location and Required Study of Evacuation

(1) Fire Location and Target Passenger

In order to secure the safety of the passenger, it is necessary to consider the structure of the station and the location of the fire point as fire scenario. According to the location of the fire, the passenger which is the target for the study of the evacuation is summarized in Table 2-4.

Table 2-4 Assumed Fire Location and Target Passengers

Place of Fire			Target Passenger for Evacuation		
			Train Passenger	Passenger in Station	
		Train Operation		Platform	Concourse
Rolling Stock	Between Station	Impossible to Run and Stop in Tunnel	Yes	No *1	No *1
		Run to next Station	Yes	No *2	No *2
	Station	Stop	Yes	Yes	No *3
Station	KIOSK on Platform		Yes	Yes	No *3
	KIOSK on Concourse		No *4	Yes	No *3
	Station Office and other rooms		No *5	No *5	No *5
Tunnel (cable)		Impossible to Run and Stop in Tunnel	Yes	No *1	No *1
		Run to next Station	No *6	No *6	No *6

Note: Yes: Study of evacuation shall be considered.

No: The evacuation is secured from the following reasons.

*1: Safety of the passenger on platform and concourse is secured by the smoke exhaust of the tunnel ventilation.

*2: Evacuation of the passengers on platform and concourse is completed before arriving of the train on fire.

*3: In general, the width of the stair from concourse to ground level is wider than that of platform. Moreover, taking into consideration evacuation time of the passengers on platform, the passenger on concourse does not hamper the evacuation of the passenger on platform. Therefore, it is not necessary to study for the passenger on concourse.

*4: The train will pass the station on fire.

*5 : The rooms where the persons stay for long period are protected by the fire compartment.

*6: The smoke in tunnel is exhausted by the tunnel ventilation and the safety of the passengers is ensured.

(2) Fire Location and Required Study of Evacuation

In addition to the target passengers listed in Table 2-4, the fire cases which require the study for evacuation time is listed in Table 2-5, taking into consideration fire characteristics (normal fire and fire by arson). Some cases are in similar condition. Therefore, some study of the evacuation can be omitted and covered

by the study in similar condition. Each condition of fire location and target passengers is illustrated and described in Figure 2-25 to Figure 2-29.

Consequently, 6 cases (Case 1-a, 2-b, 3-a, 3-b, 4-a, 4-b) shall be studied to confirm the safety of the passengers in event of fire.

Table 2-5 Assumed Fire Location and Required Study

Place of Fire			Assumed Fire	Target Evacuator	Evacuation Route and Point of Safety		Study of Evacuation Time	Remark
					Step	Place		
Rolling Stock	Between Station	Impossible to Run and Stop in Tunnel	a. Normal fire b. Fire by Arson	Train Passengers	1	From Rolling Stock	Not Required	Case 5
					2	to Tunnel		
					3	to Platform Level		
					4	to Concourse Level (Point of Safety)		
					5	to Ground level		
		Run to next Station	a. Normal fire *1 b. Fire by Arson *2	Train Passengers	1	From Rolling Stock	Required	Case 1
					2	to Platform Level		
					3	to Concourse Level (Point of Safety)		
					4	to Ground Level		
	At Station	Stop	a. Normal fire *3 b. Fire by Arson *4	Train Passengers Passengers on Platform	1	From Rolling Stock	Required	Case 2
					2	to Platform Level		
					3	to Concourse Level (Point of Safety)		
					4	to Ground Level		
Station	KIOSK on Platform		a. Normal fire b. Fire by Arson	Train Passengers Passengers on Platform	1	From Platform Level	Required	Case 3
					2	to Concourse Level (Point of Safety)		
					3	to Ground level		
	KIOSK on Concourse		a. Normal fire b. Fire by Arson	Passengers on Platform	1	From Platform level	Required	Case 4
					2	to Concourse Level		
					3	to Ground Level (Point of Safety)		
Tunnel	Between Station	Impossible to Run and Stop in Tunnel	c. Cable fire	Train Passenger	1	From Rolling Stock	Not Required	Case 5
					2	to Tunnel		
					3	to Platform Level		
					4	to Concourse Level (Point of Safety)		
					5	to Ground Level		

Note:

Required: The evacuation time of the passengers shall be studied and evaluated.

Not Required: It is assumed that the height of the smoke stratification is kept in a certain level by the ventilation system and the space for the evacuation is secured.

*1: It is assumed that the evacuation of passengers on platform is completed by the guide of the station staff before arriving of the train on normal fire.

*2: The study target passenger is only train passengers because the passengers on platform have already evacuated before arriving of the train. Therefore, this case is included in case of *4 (Rolling stock fired by arson at station). The study of this case is not required.

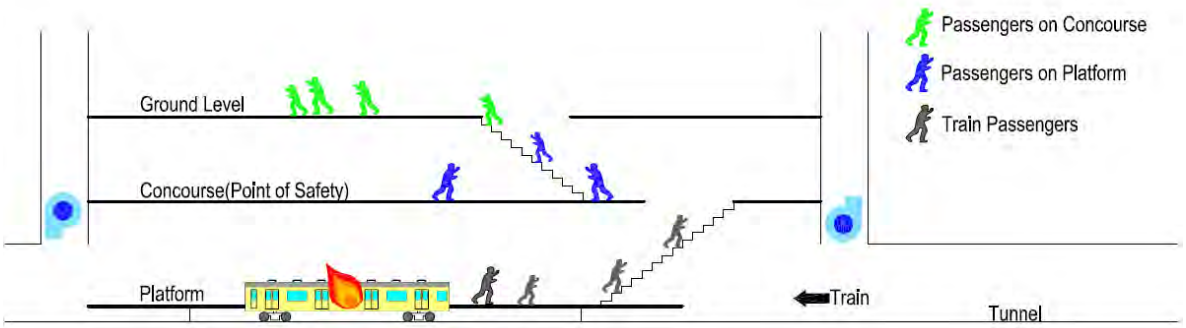
*3: The normal fire on rolling stock at station is similar to the condition of *1 (Rolling stock on normal fire run to the next station) taking into account fire characteristic and evacuation time of passenger on platform when the fire is detected. Thus, the study of this case is not required.

*4: This case includes the case of *2.

a) Case 1 (Fire on Rolling Stock in Tunnel)

Fire is occurred on rolling stock in tunnel and run to the next station. The evacuation of passenger on platform is completed when the train arrives. In case of the fire by arson with fuel, it is similar to the case 2-b and the study can be omitted.

Place			Fire Load		Target Passenger of Evacuation	Study of Evacuation	Remark
Rolling Stock	Between Station	Run to next Station	a	Normal Fire	Train Passengers	Required	It is assumed that the evacuation of passengers on platform are completed by the guide of the station staff before arriving of the train on normal fire.
			b	Fire by Arson	Train Passengers	Not Required	Target is only train passenger. Study of Case 2-b covers this study.



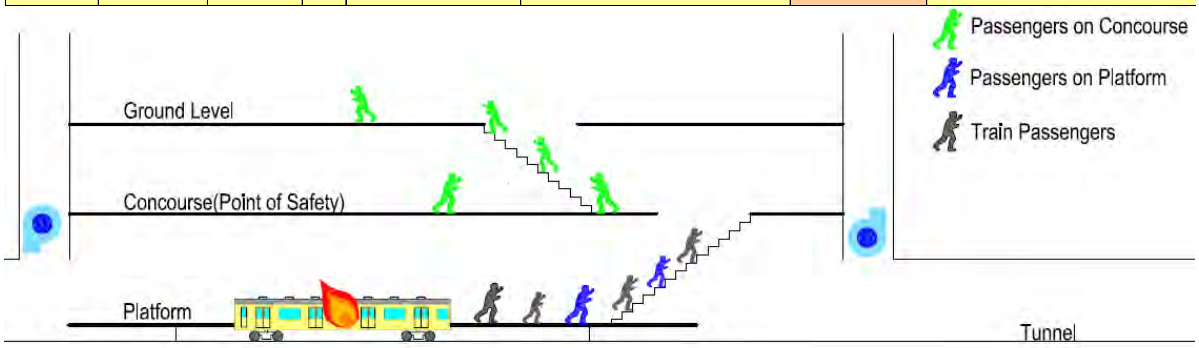
Source: JICA Study Team

Figure 2-25 Normal Fire on Rolling Stock in Tunnel and run to Station

b) Case 2 (Fire on Rolling Stock at Station)

In case of normal fire on rolling stock at station, the passenger on platform will be evacuated earlier than the train passenger because the normal fire is small power in the beginning. Therefore, this case could be omitted and covered by Case1-a.

Place			Fire Load		Target Passenger of Evacuation	Study of Evacuation	Remark
Rolling Stock	Station	Stop at Station	a	Normal Fire	Train Passengers	Not Required	Passenger on platform evacuates early because normal fire is small in the beginning. Therefore this case could be covered by case1-a.
			b	Fire by Arson	Train Passengers Passenger on Platform	Required	



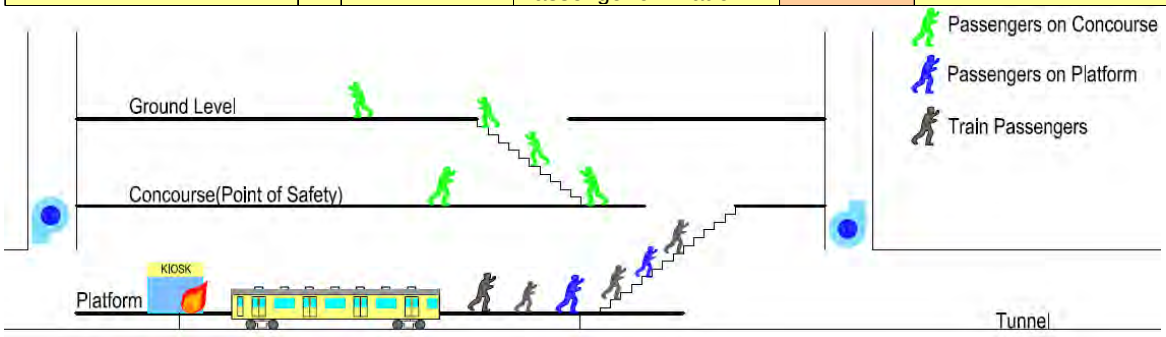
Source: JICA Study Team

Figure 2-26 Fire by Arson with Fuel on Rolling Stock at Station

c) Case 3 (Fire on KIOSK of Platform)

The studies of evacuation time are required for both cases. The target passengers are on train and platform.

Place	Fire Load		Target Passenger of Evacuation	Study of Evacuation	Remark
Platform	a	Normal Fire	Train Passengers Passenger on Platform	Required	
	b	Fire by Arson	Train Passengers Passenger on Platform	Required	



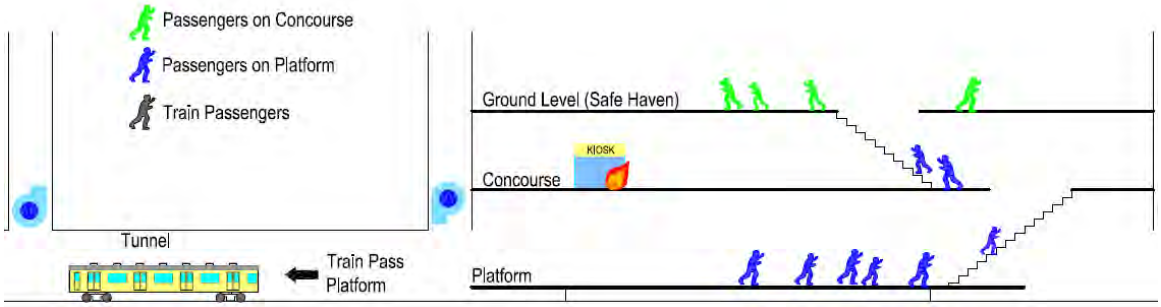
Source: JICA Study Team

Figure 2-27 Normal Fire and Fire by Arson at KIOSK on Platform

d) Case 4 (Fire on KIOSK of Platform)

In case of fire on KIOSK at concourse, the fire accident is notified from train operation director to driver and the train will pass the platform. Therefore, it is not necessary to consider the train passenger.

Place	Fire Load		Target Passenger of Evacuation	Study of Evacuation	Remark
Concourse	a	Normal Fire	Passenger on Platform	Required	Train Pass Platform.
	b	Fire by Arson	Passenger on Platform	Required	Train Pass Platform.



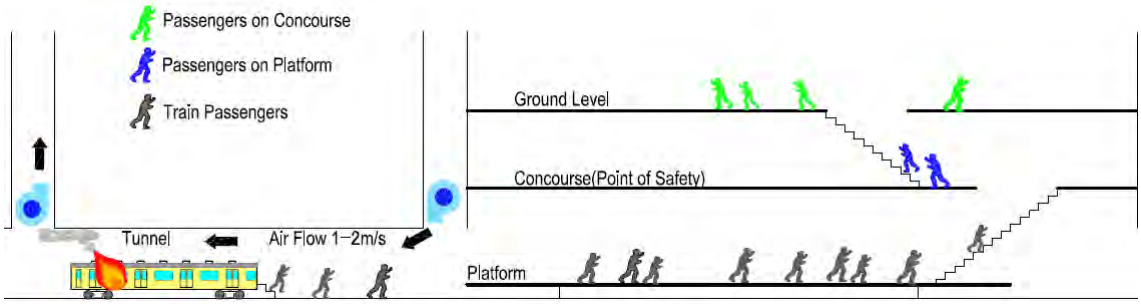
Source: JICA Study Team

Figure 2-28 Normal Fire and Fire by Arson at KIOSK on Concourse

e) Case 5 (Fire in Tunnel)

If the train on fire stops in the tunnel, the target passenger of evacuation is only the train passenger. It is assumed that the height of smoke stratification is kept in a certain level by the tunnel ventilation system and the space for the evacuation is secured (see ventilation operation). Therefore, the study of evacuation time is not required. The background and study of the smoke exhaust in tunnel are explained in following section.

Place	Fire Load		Target Passenger of Evacuation	Study of Evacuation	Remark
Tunnel	a	Normal Fire	Train Passengers	Not Required	It is assumed that the height of the smoke stratification is kept in a certain level by the ventilation system and the space for the evacuation is secured.
	b	Fire by Arson			
	c	Cable Fire			



Source: JICA Study Team

Figure 2-29 Normal Fire and Fire by Arson on Rolling Stock stopped in Tunnel

2.5 Fire Load and Evaluation of Smoke

The evacuation of the passengers is influenced by smoke diffusion. Therefore, the safety of the passengers in case of fire is evaluated and accessed by the condition of smoke in station at the time when the evacuation is supposed to complete.

As the reference of the evaluation of the safety of the passengers, the calculation procedure of the Japanese standard is shown as follows. The evaluation and assessment of the passenger safety will be carried out for each station in the design stage.

(1) Design Fire Load and Evaluation Method for Evacuation

The assumed fire on rolling stock and station (small shop, KIOSK) is defined as normal fire and fire by arson with fuel. Therefore, four cases of the origin of fire are assumed for the evaluation. The amount of the gasoline of the arson fire is 4 litters taking into consideration the examples of the arson in Dague Metro, South Korea in 2003. The evaluation for the evacuation is studied based on the basic principle that the passenger can escape to the safety place. The design fire load and its characteristic model are as follows.

Table 2-6 Design Fire

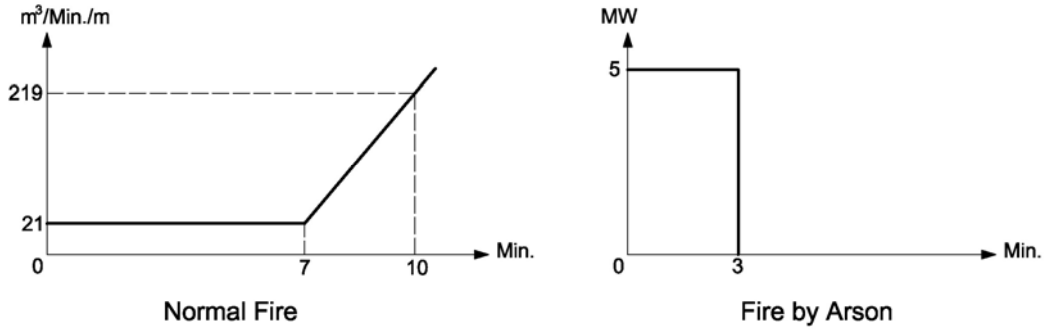
Assumed Fire	Type	Origin of Fire
Normal Fire	Rolling Stock	Fire from under floor of Rolling Stock
	KIOSK	Arson by Lighter
Fire by Arson	Rolling Stock	Arson equivalent to 4 litter gasoline
	KIOSK	Arson equivalent to 4 litter gasoline

Source: Ministry of Land, Infrastructure, Transportation and Tourism (MLIT), Japan

Table 2-7 Fire Load Model for Rolling Stock

Item	Assumed Fire	
	Normal Fire	Fire by Arson
Parameter of Fire Load	Smoke Speed C (m^3/min./m)	Fire Power Q (MW)
Fire Model	C=21 (m^3/min./m), 0≤t≤7min. =21+66(t-7) (m^3/min./m), 7<min.	Q=5 (MW), 0≤t≤3min. =0 (MW), 3<t

Source: MLIT



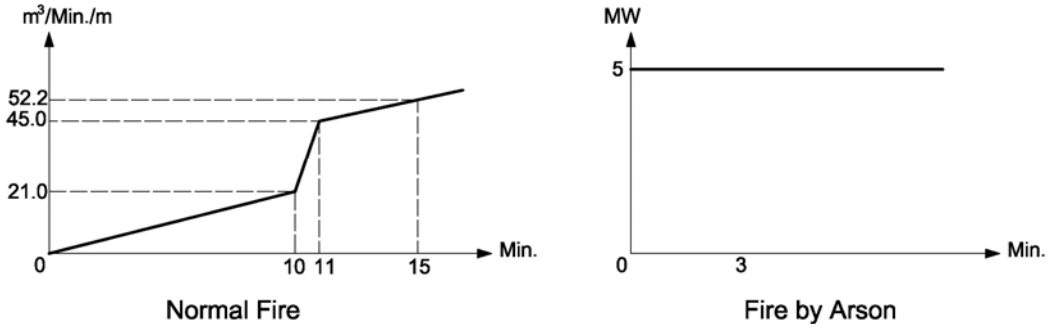
Source: MLIT

Figure 2-30 Fire Load Model of Rolling Stock

Table 2-8 Fire Load Model for KIOSK

Item	Assumed Fire	
	Normal Fire	Fire by Arson
Parameter of Fire Load	Smoke Speed C (m^3/min./m)	Fire Power Q (MW)
Fire Model	C=2.1 (m^3/min./m), 0≤t≤10min. =24.0t-219 (m^3/min./m), 10<t≤11min =1.8t+25.2 (m^3/min./m),11<t min.	Q=5 (MW)

Source: MLIT



Source: MLIT

Figure 2-31 Fire Load Model of KIOSK

a) In case of Normal Fire, the evaluation of evacuation is studied by smoke density (extinction coefficient Cs) of the platform.

b) In case of Fire by Arson, the time for smoke stratification which hampers the evacuation is studied.

The allowable figure is as follows.

1) In case of Normal Fire on platform, smoke density shall be less or equal 0.1m-1.

Cs≤ 0.1m-1

2) In case of Normal Fire on concourse, the smoke storage volume on concourse (V) must be bigger than the total smoke volume (Vo) until the evacuation is completed.

V≥Vo

3) In case of Fire by Arson, the evacuation space from floor of platform/concourse to the bottom of stratified smoke shall be more than 2.0m before completion of evacuation.

(2) Calculation of Evacuation Time

In order to calculate the evacuation time, the queue time is calculated as follows.

T=Q/(NxB)

T: Queue Time (sec), Q: Number of Evacuator (persons),

N: Runoff Coefficient of Crowd (person/m/sec.)

B: Width of Stair (m)

In order to calculate queue time T, the walking speed and runoff coefficient of crowd should be defined. According to experiment and experience in Japan, the walking speed of the crowd is classified into three types as tabulated in Table 2-9. It is difficult to evaluate the evacuation time with the influence of the persons who can not move very well on their own. However, the staying time due to the geometry of station or ticket barrier is dominant for the calculation of the evacuation time compared with the walking speed. Taking into consideration these conditions, the category B is used for the evaluation of the evacuation time.

Table 2-9 Statistics of Walking Speed and Runoff Coefficient by the Type of Crowd

Type		Examples	Moving Ability of Crowd			
			Walking Speed (m/sec.)		Runoff Coefficient (person/m/sec.)	
			Flat area	Stair area	Flat area	Stair area
A	Persons who can not move very well on their own	Injured person, old person, infant, handicap	0.8	0.4	1.3	1.1
B	Ordinary persons who are not familiar with the location and passages of station	Ordinary passenger	1.0	0.5	1.5	1.3
C	Well conditioned persons who are familiar with the geometry of station	Station staffs, shop man, guard man	1.8	0.8	1.8	1.4

Source: MLIT

(3) Calculation of Number of Evacuators

According to the assumed fire, the number of evacuation passengers is defined as follows. If the KIOSK is not located in concourse, the fire accident on concourse is not considered.

Table 2-10 Ridership (%) by Station Type in 3 Largest Metropolitan Areas (Tokyo, Osaka, Nagoya)

a. Island Platform

Assumed Fire		Density of Ridership (%)			Total Density of Ridership (%)	
		Passenger Train	Passenger on Platform		A	B
			A	B		
Rolling Stock	Normal Fire	200	-	-	200	200
	Fire by Arson	200	75 (150)	125 (200)	275 (350)	325 (400)
Platform	Normal Fire	200	75 (150)	125 (200)	275 (350)	325 (400)
	Fire by Arson	200	75 (150)	125 (200)	275 (350)	325 (400)
Concourse	Normal Fire	-	75 (150)	125 (200)	75 (150)	125 (200)
	Fire by Arson	-	75 (150)	125 (200)	75 (150)	125 (200)

b. Side Platform

Assumed Fire		Density of Ridership (%)			Total Density of Ridership (%)	
		Passenger Train	Passenger on Platform		A	B
			A	B		
Rolling Stock	Normal Fire	200	-	-	200	200
	Fire by Arson	200	50 (100)	100 (200)	250 (300)	300 (350)
Platform	Normal Fire	200	50 (100)	100 (200)	250 (300)	300 (350)
	Fire by Arson	200	50 (100)	100 (200)	250 (300)	300 (350)
Concourse	Normal Fire	-	50 (100)	100 (200)	50 (100)	100 (150)
	Fire by Arson	-	50 (100)	100 (200)	50 (100)	100 (150)

Source: MLIT

Table 2-11 Ridership (%) by Station Type in Other Cities

a. Island Platform

Assumed Fire		Density of Ridership (%)			Total Density of Ridership (%)	
		Passenger Train	Passenger on Platform		A	B
			A	B		
Rolling Stock	Normal Fire	150	-	-	150	150
	Fire by Arson	150	60 (115)	95 (150)	210 (265)	245 (300)
Platform	Normal Fire	150	60 (115)	95 (150)	210 (265)	245 (300)
	Fire by Arson	150	60 (115)	95 (150)	210 (265)	245 (300)
Concourse	Normal Fire	-	60 (115)	95 (150)	60 (115)	95 (150)
	Fire by Arson	-	60 (115)	95 (150)	60 (115)	95 (150)

b. Side Platform

Assumed Fire		Density of Ridership (%)			Total Density of Ridership (%)	
		Passenger Train	Passenger on Platform		A	B
			A	B		
Rolling Stock	Normal Fire	150	-	-	150	200
	Fire by Arson	150	40 (75)	75 (115)	190 (225)	225 (265)
Platform	Normal Fire	150	40 (75)	75 (115)	190 (225)	225 (265)
	Fire by Arson	150	40 (75)	75 (115)	190 (225)	225 (265)
Concourse	Normal Fire	-	40 (75)	75 (115)	40 (75)	75 (115)
	Fire by Arson	-	40 (75)	75 (115)	40 (75)	75 (115)

Source: MLIT

Note:

1. A is the station where the train does not originate. B is the station where the train originates.

2. Figure in bracket indicates number in terminal station.

3. Terminal station is defined as the station with 100,000 or more passenger per day.

4. 200% ridership is equivalent to AW3 (9 persons/m^2).

(4) Study for the Normal Fire

a) Study of Smoke Density on Platform

The smoke density Cs shall be less or equal 0.1m-1 when the evacuation is completed. The smoke density shall be calculated by the following formulas according to the assumed fire.

1) Fire on Rolling Stock

- a. In case that the evacuation time is less or equal 7 minutes.

$$Cs = 21 \cdot (1 - e^{-Ve \cdot t / V}) / Ve$$

- b. In case that the evacuation time exceeds 7 minutes.

$$Cs = (66 \cdot V \cdot e^{-Ve \cdot (t-7)/V} - 21 \cdot Ve \cdot e^{-Ve \cdot t/V} + 66 \cdot Ve \cdot t - 441 \cdot Ve - 66V) / Ve^2$$

2) Fire on KIOSK

- a. In case that the evacuation time is less or equal 10 minutes.

$$Cs = 2.1 \cdot (Ve \cdot t - V + V \cdot e^{-Ve \cdot t/V}) / Ve^2$$

- b. In case that the evacuation time exceeds 10 minutes and less or equal 11 minutes.

$$Cs = ((24 \cdot V - 21 \cdot Ve) \cdot e^{-Ve \cdot (t-10)/V} + 24 \cdot Ve \cdot t - 198 \cdot Ve - 26.1 \cdot V + 2.1 \cdot V \cdot e^{-10 \cdot Ve/V}) / Ve^2$$

- c. In case that the evacuation time exceeds 11 minutes.

$$Cs = ((1.8 \cdot V - 45 \cdot Ve) \cdot e^{-Ve \cdot (t-11)/V} + 1.8 \cdot Ve \cdot t + 91.2 \cdot Ve - 27.9 \cdot V + 2.1 \cdot V \cdot e^{-10 \cdot Ve/V} + (24 \cdot V - 21 \cdot Ve) \cdot e^{-Ve/V}) / Ve^2$$

Cs: Smoke Density (m-1)

V: Volume of Block at Fire Point (m3)

t: Evacuation Time (min.)

Ve: Air Volume of Ventilation Facilities per Volume of Block at Fire Point (m3)

If KIOSK does not exist in platform, evacuation time (t) and smoke density (Cs) are treated as “zero”.

3) Volume of Block at Fire Point

In case of fire on rolling stock, volume of block at fire point is the most dense smoke section in the platform where the smoke diffuse.

Volume of block at fire point is defined as follows.

- a. Cross section area of smoke diffusion is defined in Figure 2-32. If the structure of platform is different, cross sectional area is determined based on the concept of Figure 2-32.

- b. Cross section area of smoke diffusion is hatched area in Figure 2-32 and

cross section area of the rolling stock is deducted.

- c. Longitudinal length of volume of block at fire point is 20 meter (effective length).
- d. Volume of block at fire point is calculated as follows.

  V= (Ao-Av) x 20

  Ao= (Va-Vm)/L

  V: Volume of block at fire point (m3)

  Ao: Cross section area of block at fire point (m2)

  Av: Cross section area of rolling stock including area under floor (m2)

  Va: Total volume of platform in effective length (m3)

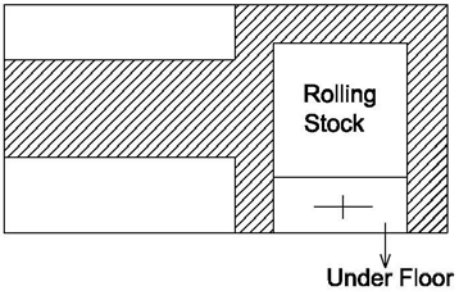
  Vm: Volume of the place, such as column, stair, etc. where smoke does not diffuse

  L: Effective length of platform (m)

4) Minimum Volume of Smoke Exhaust

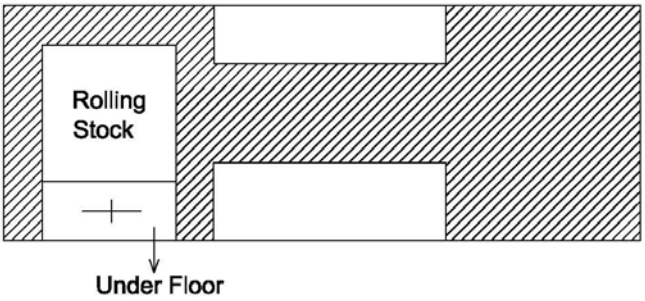
In platform, smoke exhaust facilities with the capacity of 5,000m3/h. or more must be installed for volume of block at fire point.

(A) One Side Platform



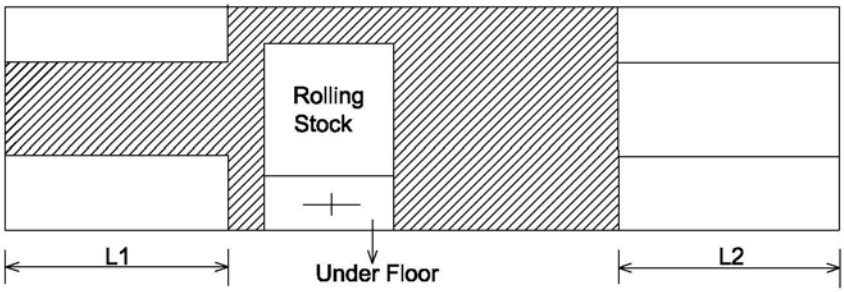
Smoke diffuses to all section.

(B) Island Platform



Smoke diffuses to neighbor platform and track due to upward current of smoke by heat.

(C) Side Platform



In case that the train on fire enter or stop at the platform 1, the smoke does not diffuse so much to the platform 2, because the height of the ceiling of the opposite platform (Platform 2) is lower than the ceiling of the track. Therefore, the hatched area in the above figure is used for the study as more severe condition.

There are two cases that the train on fire stops at platform 1 or platform 2. The study is carried out for smaller platform as more severe condition. For example, if platform length L1< L2, the study is carried out for the platform 1 and design cross sectional area is hatched area in the above figure.

Figure 2-32 Cross Section Area for Volume of Block at Fire Point

b) Study of Total Smoke Volume on Concourse until Completion of the Evacuation (if concourse is separated into two sections or more, this is not applied.)

Total smoke volume on concourse (Vo) is calculated from the following formula with evacuation time "t". Then, it must be confirmed that the smoke storage volume (V) on concourse is bigger than Vo.

- a. In case that the evacuation time is less or equal 10 minutes.

$$Vo = 10.5 \cdot t^2$$

- b. In case that the evacuation time exceeds 10 minutes and less or equal 11 minutes.

$$Vo = 120 \cdot t^2 - 2190 \cdot t + 10950$$

- c. In case that the evacuation time exceeds 11 minutes.

$$Vo = 9 \cdot t^2 + 252 \cdot t - 2481$$

Vo: Total smoke volume until completion of evacuation (m3)

t: Evacuation time (min.)

Smoke storage volume on concourse (V) is calculated by the following formula.

$$V = V' + t \times Ve'$$

$$V' = (Af - At) \times (H - 2)$$

$$Ve' = Ve \times (H - 2) / H$$

V': Smoke storage volume excluding smoke volume exhausted by smoke exhaust facilities

Ve': Effective smoke exhaust volume (m3/min.)

Af: Area of floor of concourse (m2)

At: Area of the place where smoke does not diffuse, such as column (m2)

H: Height from floor to ceiling of concourse

Ve: Capacity volume of smoke exhaust facility on concourse (m3/min.)

(5) Study for the Fire by Arson

Time (to) for smoke stratification up to 2.0m from the floor is calculated by the following formula. It must be confirmed that to is shorter than evacuation time (t).

1) Fire of rolling stock and KIOSK on platform

$$t_o = V_E / (Vs - Ve')$$

$$V_E = (A_E - A_V') \times L$$

$$Ve' = Ve \times (A_E - Av') / (Ao - Av)$$

If VE-Ve'≤0, to=∞

VE: Effective volume of platform above 2.0m from floor of platform (m3)

Vs: Smoke volume=300 (m3)

Ve': Effective smoke exhaust volume in VE (m3/min.)

AE: Cross section area above 2.0m from floor of platform excluding volume of the place where smoke does not diffuse, such as column, stair, etc. (m2)

Av': Cross section area of rolling stock above 2.0m from floor of platform (m2)

Ve: Capacity volume of smoke exhaust facility on platform (m3/min.)

Ao: Cross section area of block at fire point (m2)

Av: Cross section area of rolling stock including area under floor (m2)

2) Fire in concourse (if concourse is separated into two sections or more, this is not applied.)

$$t_o = V' / (V - Ve')$$

$$V' = (Af - At) \times (H - 2)$$

$$Ve' = Ve \times (H - 2) / H$$

If VE-Ve'≤0, to=∞. If KIOSK is not put in concourse and to become 3 or bigger, to=∞.

V': Smoke storage volume excluding smoke volume exhausted by smoke exhaust facilities

Vs: Smoke volume=300 (m3)

Ve': Effective smoke exhaust volume (m3/min.)

Af: Area of floor of concourse (m2)

At: Area of the place where smoke does not diffuse, such as column (m2)

H: Height from floor to ceiling of concourse

Ve: Capacity volume of smoke exhaust facility on concourse (m3/min.)

(6) Measures

If result of the study for fire by arson is not satisfied and handling by ventilation facilities is difficult, the following measures will be taken.

1) Provision of new escape way or widen walkway/stair to reduce evacuation time.

2) Enlargement of smoke storage volume

3) Provision of fire/smoke compartment for KIOSK which become the origin of fire and installation of sprinkler.

4) No installation of KIOSK

5) Provision of other facility which ensure the safe evacuation of passenger.

Re-study is required after the measure of 1) or 2) or 5) is taken. If the measure of 3) or 4) is taken, re-study shall be carried out under the condition without KIOSK.

CHAPTER 3 TUNNEL STRUCTURE

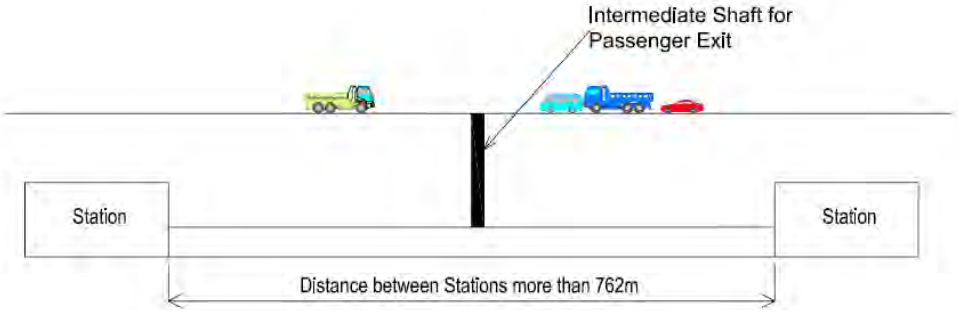
3.1 Access Distance and Cross Passages

3.1.1 Impact of NFPA 130 for Tunnel Structure

(1) Intermediate Shaft and Cross Passages Regulation in NFPA 130

NFPA 130 regulates that the maximum distance between stations/accesses is 762m. If the distance exceeds the regulation, the intermediate evacuation shaft for the access from/to the ground level or cross passages at interval of 244m must be installed for evacuation of passengers.

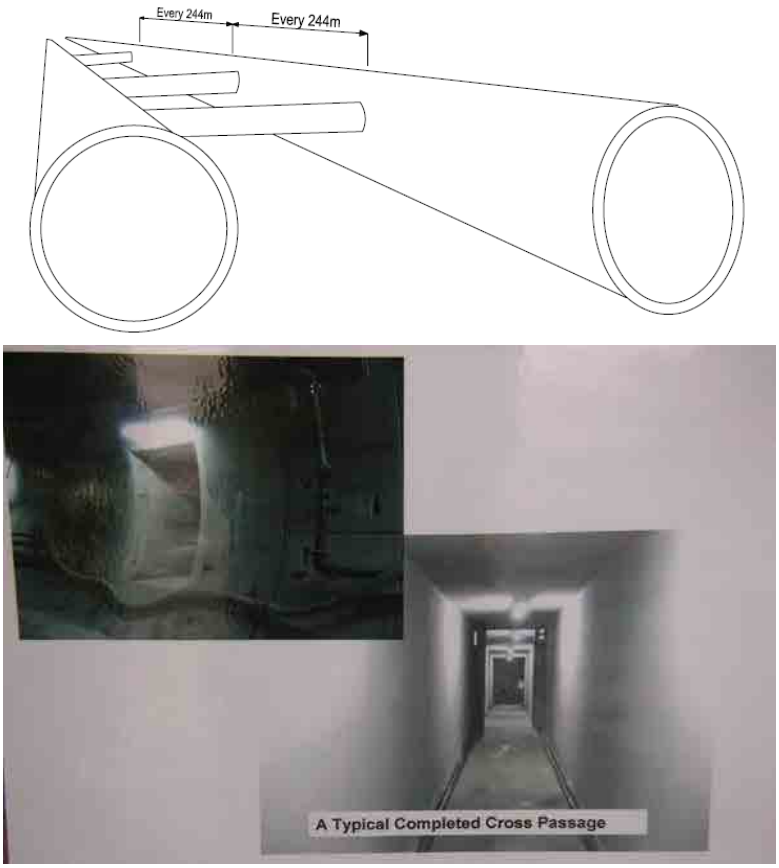
In case that the Single Track Double Tunnels (STDT) is applied, the longitudinal ventilation is applied and efficiency of the ventilation is high thanks to the piston effect of the train running in unidirectional traffic. The ventilation shaft is constructed at the end of station and intermediate shaft between stations is not required for the purpose of the ventilation. Taking into consideration the land acquisition and construction cost of the intermediate shaft, the installation of the intermediate shaft only for passenger evacuation will cost very much. Therefore, it is not realistic to make the intermediate shaft only for passenger evacuation unless the distance between stations is especially long.



Source: JICA Study Team

Figure 3-1 Requirement of Intermediate Shaft for Passenger Evacuation by NFPA 130

NFPA 130 regulates to install the cross passages at interval of 244m if the inter distance between stations exceeds 762m and intermediate shaft/access is not installed. Image of the cross passages between tunnel and photo is shown in Figure 3-2. In order to construct cross passages, it is necessary to break the fabricated segmental lining of the main tunnel and excavate the ground and construct lining by small equipment. The installation of the cross passages will raise the cost for tunnel and enlarge the construction period.



Source: JICA Study Team

Figure 3-2 Photo (Singapore) and Image of the Cross Passages between Tunnels

a) Cross Passages for Metro in Other Countries

The cross passages between tunnels for the passenger evacuation are constructed in the country/city where NFPA 130 is strictly applied (USA, India, Singapore, etc.).

The existing Metros in 17 cities of Europe and Russia were studied regarding use of cross passages and maximum inter-distance between stations/access in the Fire in Tunnel (FIT) report. It is shown in Table 3-1. There is no cross passage in main metros of Europe and Russia. It is not common in European countries.

Table 3-1 Use of cross passages in Metro of 17 cities of Europe

City, Country	Cross Passage	Max. Distance between Station/Access
Brussels, Belgium	No	750m
Copenhagen, Denmark	No	600m
Paris, France	No	800m
Rennes, France	No	600m
Helsinki, Finland	No	-
Prague, Czeck Rep.	No	2140m
Milan, Italy	No	-
Stockholm, Sweden	No	-
Hamburg, Germany	No	1000m
Berlin, Germany	No	1700m
Munich, Germany	No	1717m
Rotterdam, Netherlands	No	-
Lisborn,Portugal	No	1300m
Barcelona, Spain	No	800m
Madrid, Spain	No	1000m
Vienna, Austria	No	600m
Moscow, Russia	No	600m
London, UK	No	-
USA (NFPA130)	244m if station/access exceeds 762m	762m

Source: Fire in Tunnel (FIT) Technical Report, 2005

The cross passages are also not common in Japan. There are 13 lines in Tokyo and no cross passages are installed. In some cases, the intermediate shaft is installed for ventilation when the Double Track Single Tunnel (DTST) is applied. The average distance between underground stations (center to center of station) is approximately 1km or less. In other 28 metro lines in 10 cities of Japan, there is no cross passages for the evacuation purpose.

b) Cross Passages for Road Tunnel

The cross passages are installed for long road tunnel or congested city road tunnel to secure the safety of tunnel users in case of fire. In many countries including European countries and Japan, it is regulated as common use.

As described in the preceding section “Fire Accident of Road Tunnel”, the fire accident in road tunnel is usually caused by the collision of the cars and the cars are stopped in the close proximity of the fire point. It is difficult to escape to the outside of the tunnel by the cars and it is necessary for the tunnel users to escape to the evacuation tunnel or parallel tunnel through the cross passages.

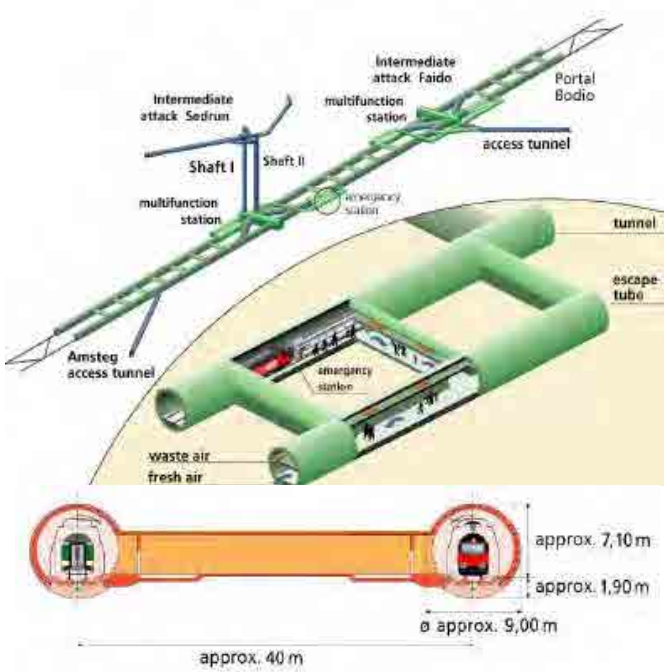
Installation of the cross passages for long road tunnel or congested city road tunnel is important factor to save the user’s life.

c) Cross Passages for Long Railway Tunnel

The cross passages are also often installed for long railway tunnel which is used for intercity train. The cross passages are provided by the following reasons.

- The freight train with flammable material often passes in the tunnel.
- The tunnel is sometimes very long and there is the possibility that the train could not run to the exit/outside and stop in tunnel.

Thus, there are many practices and experiences that the cross passages are installed for long railway tunnel. As an example, the Gotthard Base Tunnel which is 57km long tunnel under construction in Switzerland is shown in Figure 3-3. In addition, the cross passages in long railway tunnel plays an important role to release the pressurized air in tunnel as the draft relief.



Source: AFTES International Congress, 2005

Figure 3-3 Cross passages for long railway tunnel

3.1.2 Consideration of Requirement of Cross Passages for Cairo Metro Line 4

The cross passages are frequently installed in long road tunnel and long railway tunnel and the reasons of the installation is quite obvious as described. On the other hand, as explained in the preceding section, it is rare to install the cross passages to the metro tunnel except for the metro where the NFPA 130 is strictly applied. Main reasons why the cross passages are not installed for the metro tunnel in many countries/cities are as follows.

- The distance between stations of the metro is approximately 1 km or less and the traveling time between stations is 2 minutes or less. The basic principle of operation for the train on fire is to drive the train to the next platform of the station. Therefore, it is quite low possibility that the train on fire stops in the middle of tunnel, unlike the case of long road tunnel and railway tunnel.

- The metro is used for the commuter and other passengers traveling. The freight trains which often convey the flammable material are not allowed to pass in the metro.

- As described in the preceding section, the material for the rolling stocks and station should be non-combustible material in principle. Thus, the fire load of the metro is quite small compared with the road tunnel and railway tunnel which carry fuel or flammable material/goods.

- The train is driven by the professional driver and operation of the train is controlled by the Control Center Point (CCP). On the other hand, no one control the driving of each vehicle in road tunnel. Therefore, the ratio of fire accident in metro tunnel is very low compared with the road tunnel.

- From above reasons, the cross passages and strict access distance are not regulated in Japanese Standard.

Therefore, it is not recommend to install the cross passages for the Metro Line 4 because the cross passage will raise the cost and extend the construction period but it will not enhance the safety so much.

In case of extreme long distance between stations, the intermediate shaft should be considered and studied for the exit of passenger and access of fire brigade.

CHAPTER 4 VENTILATION OPERATION

4.1 Ventilation Operation in case of Fire

4.1.1 Smoke Exhaust on Platform and Concourse by Ventilation Fan

The smoke exhaust on the platform and concourse is done by the ventilation system. The minimum capacity of the fans is **5,000m3/h**. for any block at fire point (per longitudinal 20m) on the platform.

Source: Tokyo Metropolitan Gov. Bureau of Transportation

Figure 4-1 Exhaust Duct on Platform

4.1.2 Smoke Exhaust in Station Office and Other Rooms where Station Staffs stay for long period

In the station office and other rooms where station staffs or other persons stay for long period, the smoke exhaust facilities shall be installed. The smoke exhaust fans shall be automatically operated when the smoke vent in these rooms is opened. The minimum capacity of the fans is 120m3/min. and

1) The smoke exhaust facilities shall be operated automatically if the ventilation duct is opened.

2) The capacity of the smoke exhaust facilities shall be 120m3/min. or higher.

3) In addition, the capacity of the smoke exhaust facilities shall be 1m3/min per floor area 1 m2 in smoke compartment.

4) If a smoke exhaust facility is used for two sections or more of smoke compartment, a smoke facility shall be designed for the maximum floor area in these smoke compartment.. In this case, the capacity shall be 2m3/min. per floor area 1m2.

4.1.3 Smoke Exhaust in Tunnel

The longitudinal ventilation system is applied for the Single Track Double Tunnel. This ventilation system is used for smoke exhaust in case of fire in tunnel.

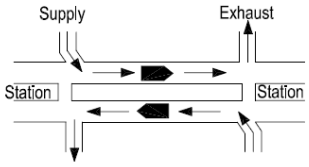
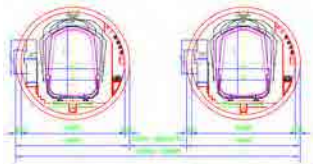
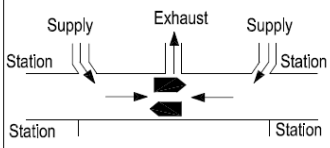
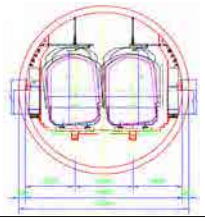
If fire is occurred on the rolling stock or cable and the train is stopped in tunnel, the smoke shall be exhausted by the tunnel ventilation system. According to experiments of fire test in tunnel which was mainly done for road tunnel in Japan, it is known that the fire is grown up by the oxygen supply if the fire is blown by the air speed of 4-5 m/s or faster. On the other hand, if the smoke is blown by the air speed of 2-3 m/s, the smoke will be smoothly exhausted without/less back layering of smoke. Therefore, in the design standard of road tunnel in Japan, the air flow in case of fire is regulated to be 2.0 m/s by the ventilation system. According to the results of the test and regulation for road tunnel, it was recommended to use 2.0 m/s air velocity in the design guideline of metro ventilation system.

After that, it was reviewed by each train operators taking into consideration the small fire load of metro system which is basically nonflammable material, compared with big fire load in road tunnel. After the review and research of each metro operator, many metro operators changed their design standard for the required air velocity in tunnel in case of fire from 2.0 m/s to 1.0 m/s by the following reasons.

- The fire load of the metro is quite smaller than that of the road tunnel.
- The 1.0 m/s air velocity in tunnel is good enough to exhaust smoke from rolling stock or cable efficiently and environment for safe evacuation in tunnel is secured.
- It will save the cost for ventilation facilities.

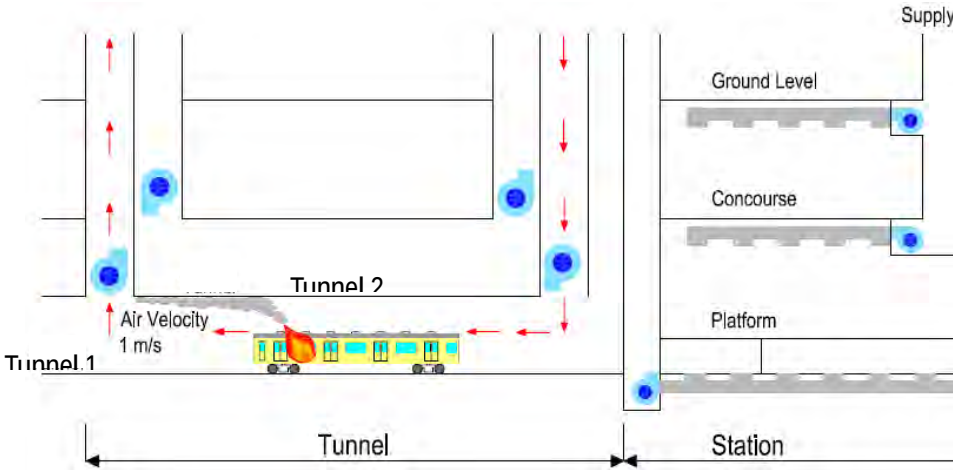
In accordance with the regulation and design standard of these metro operators in Japan, it is recommended that the tunnel ventilation system has the capacity and performance to generate longitudinal air velocity 1.0 -2.0 m/s in tunnel in order to secure safe environment for evacuation in case of fire.

The basic principle of the evacuation from the train is to walk to next station of the windward. However, the safe environment for evacuation will be ensured even in case that the passengers have to evacuate to leeward.

Ventilation System	Schematic Layout	Cross Section
Longitudinal Ventilation		
Concentrated Exhaust in the middle of Tunnel		

Source: JICA Study Team

Figure 4-2 Ventilation System in Tunnel



Source: JICA Study Team

Figure 4-3 Exhaust of smoke in tunnel

Source: Nanakuma Line and Rinkai Line

Figure 4-4 Centrifugal fan for tunnel ventilation

Source: Sendai City Transport Bureau

Figure 4-5 Exhaust Duct in Tunnel

CHAPTER 5 FACILITIES

5.1 Facilities for Fire Management

5.1.1 Emergency Facilities and Equipments

The emergency facilities and equipments are installed in the station for the detection and notification of fire, the guidance for the passengers and fire fighting. The major emergency facilities and equipments are introduced.

(1) Alarm and Surveillance Facilities

a) Automatic Fire Alarm (Fire Detector)

Automatic fire alarm (fire detector) shall be installed in station office, power substation, power distribution station, machinery room, shop, etc. Emergency power (from emergency generator or battery) shall be supplied to alarm facilities.

The information/data from alarm facilities shall be transmitted to emergency control room.

Source: MLIT

Figure 5-1 Fire Detector (Left: smoke type, Right: heat type)

b) Telephone and Push Button Alarm

If fire is detected by the passenger or station staff, the information could be transmitted to emergency control room by telephone or push button alarm. These facilities shall be installed in proper places.

Source: Rinkai Line

Figure 5-2 Telephone and Push Button Alarm

c) CCTV (Closed Circuit Television)

The closed circuit television (CCTV) is not regulated to install in station according to Japanese standard. However, it is effective to find fire in early stage. Furthermore, it is also effective to monitor other accidents. For the purpose of the safety of the passengers and surveillance for the security, the CCTV is installed in the station in Japan. The CCTV is distributed to eliminate the blind spot and obtain high visibility on the platform, concourse, stair, entrance/exit, etc. It is recommended to install in proper location for the project.

Source: Rinkai Line

Figure 5-3 Closed Circuit Television

(2) Communication Facilities

The communication facilities should be installed in the emergency control room of the station in order to connect to fire department, police station, operation control center and places in station, such as room, both edges of the platform, etc.

The public address system should be installed for platform, concourse and passage ways in the station. It shall be controlled in the emergency control room.

Auxiliary wireless communication system should be installed in the station.

The communication system which connects to the operation control center should be installed in tunnel at interval of 250m or less.

The emergency power supply/battery should be attached to the communication system and the public address system.

a) Telecommunication System

In order to contact to the fire department, police station, operation control center and places in station such as room and edges of the platform, the normal telephone, internal telephone, command telephone, etc. should be installed in the emergency control room of the station.

b) Public Address System

In order to provide appropriate information and evacuation guidance in case of fire, the public address system should be installed in the emergency control room of the station.

Source: Rinkai Line

Figure 5-4 Telecommunication System and Public Address System

c) Auxiliary Wireless Communication System

In order to help the activity and communication of fire brigade, the auxiliary wireless communication system should be installed in subway station and tunnel. The auxiliary wireless communication system is composed of connection terminal, coaxial cable, distributor, leaky coaxial cable and antenna.

d) Communication System in Tunnel

The trackside telephone should be installed as communication system in tunnel at interval of 250m or less.

Source JICA Study Team

Figure 5-5 Telecommunication System in Tunnel

(3) Evacuation Guide

Different evacuation passages (at least two directions) from platform to ground level should be provided in the station. Two evacuation passages at least should be separated and not be overlapped

The followings should be provided and installed in the station.

- Evacuation Passage (two directions)

- Emergency Lighting

- Guide Lighting for Exit and Directional Sign

In addition, the followings should be provided and installed in the tunnel.

- Emergency Lighting in Tunnel

- Guide Lighting for Exit and Directional Sign in Tunnel

a) Provision of Evacuation Passages (two directions)

Different evacuation passages (at least two directions) from platform to ground level shall be individually provided in the station. Two evacuation passages at least shall be separated and not be merged and overlapped

The followings shall be provided and installed in the station.

- Evacuation Passage (two directions)
- Emergency Lighting

- Guide Lighting for Exit and Directional Sign

In addition, the followings shall be provided and installed in the tunnel.

- Emergency Lighting in Tunnel
- Guide Lighting for Exit and Directional Sign in Tunnel

It is recommended that the entrances of the evacuation passages locate in the both edges of the platform.

Even if it is difficult to put the entrance at the edge of the platform, the entrance of the evacuation passage should be located within **50m** from the edge of the platform.

The KIOSK (small shop) on the platform should not be located between the edge of the platform and entrance of the evacuation passageway because the KIOSK becomes the obstacle for the evacuation in case of fire from KIOSK.

The effective width of evacuation passage should be **1.5m or wider** in principle. If required width is not provided due to constrain of private land use of ground level, etc, the width of the hand rail could be evaluated as a part of width of the evacuation passageway.

The spiral stairs should not be used for the evacuation passage because the inside of the step is narrow.

The escalator should not be slide downward even if the overload of the evacuation passengers is borne. If the escalator has a function of anti-slide, the width of the escalator which is moving toward evacuation direction could be evaluated as part of evacuation passage.

The elevator shall not be recognized and evaluated as a part of the evacuation passageway because there is the risk that the evacuation passenger is locked due to the power failure.

b) Emergency Lighting on Evacuation Passage

In case of fire accident, there is possibility of power failure. Therefore, the emergency power supply/battery should be provided to the emergency lighting on evacuation passage. The illumination of the floor on evacuation passage should be 1 lux or brighter.

c) Guide Lighting for Exit and Directional Sign Board on Evacuation Passage

The guide lighting should indicate the location of exit and the direction of the evacuation. It should be the board with green color and put in the place where

the passengers identify easily. The emergency power supply/battery should be provided.

Figure 5-6 Guide Lighting for Exit

d) Emergency Lighting in Tunnel

If fire on rolling stock or cable fire occurs in tunnel, the basic principle of the safety operation is to drive the train to the next platform in station. However, there is the possibility and risk that the train stops in the middle of tunnel. In this case, the emergency lighting in tunnel is required as same as evacuation passage in station.

The power line for the emergency lighting should be separated from the power line for train operation.

The illumination of the evacuation passage in tunnel should be 1 lux or brighter.

e) Direction and Distance Sign Board in Tunnel

In order to identify the location for appropriate evacuation, the direction and distance sign board should be installed in tunnel at interval of 100m or less. It should be installed in the vicinity of the emergency lighting and in lower position than 1.5 meter height.

Source: JICA Study Team

Figure 5-7 Example of Direction and Distance Sign Board

(4) Smoke Control

a) Smoke Exhaust Facilities

As mentioned in the preceding section, the ventilation fans are used as exhaust facilities. Emergency power should be supplied to the smoke exhaust facilities.

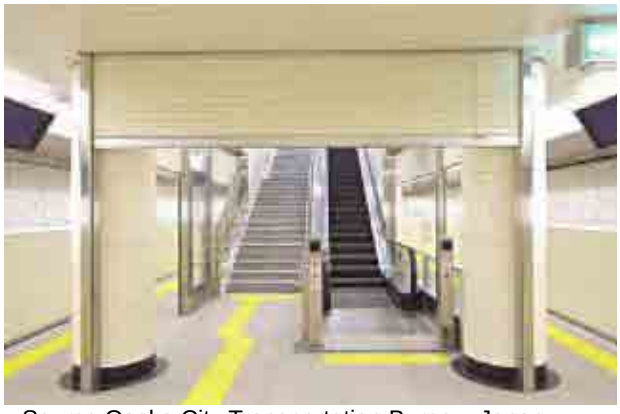
b) Smoke Curtain (shutter)

In order to protect the evacuation passage and concourse as the point of safety, the smoke curtain should be installed between platform and concourse. If the shutter type (fire protection compartment) is used, the operation of the shutter should be carried out as indicated in the following section.

In order to prevent diffusion of smoke, the smoke curtain should be installed between track and platform and at the foot of stair/escalator, according to the requirement.

If installation of the fire protection compartment (shutter type) is difficult due to structural reason of station, the fixed smoke curtain/wall shall be installed at the foot of the stair of evacuation passage on platform level.

The height of the smoke curtain should be 50cm or more.



Source Osaka City Transportation Bureau, Japan

Figure 5-8 Smoke Curtain (shutter)

(5) Fire Protection Compartment

a) Fire Protection Compartment

If the station is connected to other subway line or underground mall, the fire protection compartment which is fire protection screen with door (hinged or sliding) or fire protection shutter (it should be limited to up and down type) should be installed to the connection border.

The fire protection shutter should have the function to stop automatically if the shutter hits something during descending, in order to prevent jamming of the passenger.

Source MLIT

Figure 5-9 Fire Protection Compartment (Screen Type) with Door

b) Operation of Fire Protection Shutter

The fire protection compartment (shutter type) should be installed at the foot of stair/escalator between platform and concourse and should be installed to the required places for safe evacuation of the passengers.

The fire protection shutter should be descended automatically up to the height of 2.0 meter from floor level, in accordance with the notification from fire detector. Moreover, the fire protection shutter should be controlled from the emergency control room and be descended by the station staff. The operation procedure of the shutter is as follows.

1) The fire protection shutter should be automatically descended by the notification from the fire detector or be descended by the manipulation of the station staff up to the height of 2.0 meter from floor level.

2) The fire protection shutter should be closed by the station staff after the completion of the evacuation is confirmed. In principle, the fire protection shutter should be closed at site by the station staff but it is preferable that the fire protection shutter could be closed from the emergency control room too.

Normal Operation | During Evacuation | Fire Protection Compartment

Source Osaka City Transportation Bureau, Japan

Figure 5-10 Fire Protection Shutter

(6) Fire Fighting Facilities

a) Fire Extinguisher

The fire extinguisher will be used for initial fire fighting and it will be used not only by station staffs but also by passenger. Therefore, it shall be easily handled. The fire extinguisher shall be put appropriately in the station.

The specification of the fire extinguisher should accord with the Egyptian fire regulation/law.

b) Indoor Fire Hydrant Facility (with hose reel)

Indoor fire hydrant facility is used for initial fire fighting until the fire brigade arrives. Indoor fire hydrant facility shall be installed in station.

The detail of the location and specification of the hydrant and hose reel should accord with the Egyptian fire regulation/law and be discussed with the fire department in the Greator Cairo City.

Source: Rinkai Line, Japan

Figure 5-11 Example of Indoor Fire Hydrant

c) Sprinkler (automatic operation)

In case of fire in station office and other rooms whrere the passeger or station staffs stay longer, it is assumed that the room is filled with smoke and it is difficult for fire brigade to extinguish fire properly. In this case, the use of the sprinkler is more effective for fire suppression. Therefore, the sprinkler should be installed in the these rooms.

In the platform and concourse, there is little flammable material. If the sprinkler is used for machine/electric room, there is the probability and risk that the electronic product and machine are damaged by the water of sprinkler.

It is preferable to install the inert gas fire extinguisher or dry chemical extinguisher to the substation, electric room and machinery room.

The capacity and performance of the sprinkler should be at least 1.6 m3 (80 litter x 20 minutes) for each sprinkler.

The pump and other facilities for sprinkler should be located in the place comparted by the nonflammable material. The emergency power shall be supplied to the system.

d) Sprinkler (with dry pipe pumped by fire engine)

This system resemble above mentioned sprinkler system. The difference is that this system does not have water tank, pump and automatic operation system. Water is supplied through hydrant pipe and Siamese connection by fire engine in case of fire.

This type of sprinkler could be substitute for the automatic sprinkler.

e) Gas or Dry Chemical Extinguisher

As desribed in the preceding section, it is not suitable to use normal extinguisher or sprinkler system for the room with electric or machine facilities. It is preferable to install the inert gas fire extinguisher or dry chemical extinguisher to the substation, electric room and machinery room.

f) Hydrant and Water Pipe Connection (Dry Pipe with Siamese connection)

This hydrant for water outlet, water pipe and Siamese connection are used by fire brigade. The hydrant for water outlet should be installed in platform, concourse and passage ways. The horizontal distance from any fire point to the hydrant should be less than 50 meter.

The structure of the hydrant, water pipe, etc. should accord with the Egyption fire regulation/law and practices. It will be discussed with the fire department in the Greator Cairo City.

Source MLIT, Japan

Figure 5-12 Example of Hydrant for Water Outlet in Station (Left) and Siamese Connection for Water Supply on Ground Level (Right)

g) Hydrant and Water Pipe Connection (Siamese connection) in Tunnel

In case of fire on the rolling stock in tunnel, the basic principle is to drive the train to the next platform of the station. However, the hydrant and siamese connection should be installed in the tunnel in case that the train on fire stops in tunnel. If the distance between the hydrants of the adjoining stations exceeds 500 m, the hydrant and water pipe should be installed in tunnel. The hydrant for water outlet should be installed at the interval of 500 m or less in tunnel. In addition, it is preferable to install fire fighting equipments such as the hose near the hydrant.

Source Sendai City Transportation Bureau, Japan

Figure 5-13 Example of Hydrant for Water Outlet and Water Pipe Connection in Tunnel

h) Water Source and Water Tank in Station

The water for the hydrant is supplied by the pump of the fire engine from Siamese connection which is located on ground level. It is necessary to confirm the water source near the underground stations. If the water source near the station is less capacity than the requirement for fire fighting, the water tank shall be installed in the station and the water for fire fighting should be stored.

(7) Emergency Power Supply

It is important to ensure the power for the alarm facilities, communication facilities, fire fighting facilities and ventilation facilities, etc. in case of fire or other accident. The emergency power shall be supplied by the emergency power generator or battery.

Source: Rinkai Line, Japan

Figure 5-14 Emergency Power Generator

(8) Emergency Control Room

Emergency control room should be located in each underground station for gathering information and data, communication with operation control center, fire department and other agencies, public address to the passengers, monitoring and control of the fire protection compartment and other facilities, etc. Some station staff should be deployed in the emergency control room in any time during operation time.

Source: Rinkai Line, Japan

Figure 5-15 Example of Emergency Control Room in Station

(9) Others

a) Air Tank (Respirator)

The air tank is used by the station staff to guide fire brigade and evacuate and rescue the passengers. In underground stations, the air tank shall be installed and standby constantly. The number of the air tanks in the underground station shall be more than the number of the station staffs who will guide fire brigade and rescue the passengers.

Source: MLIT

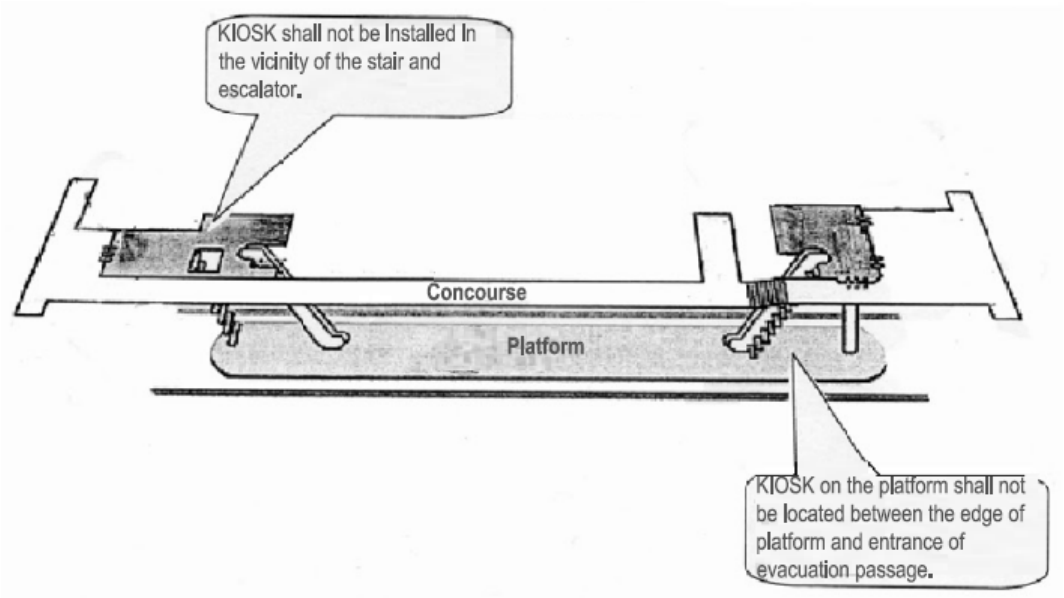
Figure 5-16 Air Tank for Station Staff

b) Ventilation in Substation

The ventilation system shall be installed in the power substation in principle.

c) Prohibited Location of KIOSK

In order to provide safe evacuation passage to passenger, the KIOSK shall not be installed in the vicinity of stairs, escalator and dead end section of platform. The KIOSK on the platform shall not be located between the edge of the platform and entrance of the evacuation passageway because the KIOSK becomes the obstacle for the evacuation in case of fire from KIOSK.



Source: MLIT, Japan

Figure 5-17 Prohibited Location of KIOSK

d) Emergency Plug

The emergency plug shall be installed for smooth fire fighting by fire brigade. The horizontal distance from any fire point to the emergency plug shall be less than 50 meter.

The structure, voltage, electric current capacity, location etc. shall be accord with the Indonesia fire regulation/law and be discussed with the fire department .

Source: Japanese Manufacturer

Figure 5-18 Emergency Plug

e) Distance from Station Office or Other Rooms for Station Staffs to Exit of Evacuation Passage

In case of fire, it is important for the station staffs to guide the evacuation of passenger and escape themselves as same as evacuation of passengers. Therefore, the distance from the rooms where the station staffs are allocated to the exit of evacuation passage shall be **less than 100 m.**

Note*: These rooms are defined as room where the station staffs stay longer, such as office, bed room, etc. Bath room, storage room, etc. are not included.

5.1.2 Connection with Underground Mall

The construction of the underground mall is sometimes considered and it will connect to the underground station. In underground mall, many shops which have combustible material will be installed, therefore, the condition for fire protection will be different from the underground station. The regulation/law of fire safety for underground mall is also different from that of the underground station in Japan. The fire safety for the underground mall is severely regulated by the fire service law in Japan.

The border between the underground station and underground mall shall be separated and segregated by the installation of fire protection compartment. The underground mall shall be protected by much fire detector, sprinkler, etc. and different regulation for fire safety management shall be applied.

Source: Nagoya Sakae Underground Mall

Figure 5-19 Underground Mall

付属資料 6

Fire Management Policy based on Japanese Standard and Practices (Arabic Version)

إعداد الدراسات التمهيدية
لمشروع
مترو انفاق القاهرة - الخط الرابع

سياسة مكافحة الحريق
بناء علي المعايير والخبرات اليابانية

مايو 2011

شركة نيبون كويا (ش.م.م)

شركة خدمات السكك الحديدية اليابانية

شركة نيبون سيفك للإستشارات الهندسية (ش.م.م)

مقدمة

1-1 الفصل الأول : عام

1-1-1 الغرض من تقرير :

والغرض من هذا التقرير هو تقديم " معايير منع الحرائق فى محطات المترو تحت الأرض ، الخ" وممارساتها في اليابان. بالإضافة إلى المقارنة مع المعايير الامريكية NFPA130 للمرجعية. .. وان كان الاستناد فى العرض سيكون إلى المعايير والممارسات اليابانية حيث يتم عرض سياسة إدارة الحرائق للمترو.

1-1-2 تاريخ المواصفات القياسية اليابانية :

تم بناء العديد من محطات المترو منذ 1927 فعدد خطوط لمترو 41 خط في 11 مدينة وعدد محطات المترو النفقية يتجاوز 560 محطة بين 724 محطة للمترو في اليابان اعتبارا من العام 2009. حركة الركاب في مدينة طوكيو يتجاوز 3200 مليون /السنة وهى الأكبر في العالم (موسكو : 2630 مليون/سنة ، سيول : 2340مليون / سنة ، نيويورك : 1450 / مليون في العام 2004-2006).

بناء على ذلك ، تم إعداد معيار لإدارة مكافحة الحريق للأنفاق تحت الأرض ومحطات المترو في مرحلة مبكرة ، وتمت مراجعة ذلك مع الأخذ في الاعتبار حوادث الحريق المميتة التى حدثت مؤخرا فى العالم. ... وفيما يلى نستعرض تاريخ تحديث المواصفات القياسية اليابانية على النحو التالي:

- إدارة السلامة من الحريق لمحطة المترو والأنفاق تم مراجعتها جيدا في اليابان بعد حادث الحريق الذى وقع فى محطة مترو Kamiyatyo خط هيبيا في عام 1968 الذي أدى إلى إصابة 11 شخصا . حيث تم الأخذ فى الاعتبار عدم استخدام مواد قابلة للاشتعال بهيكل المحطة وعربات المترو منذ ذلك التاريخ.
- وفي عام 1975 تم إصدار المواصفات القياسية لإدارة الحماية من الحريق لمحطات المترو وهى قد صدرت كملحق للقرار الوزارى رقم (29) – لوزارة السياحة والنقل والبنية التحتية.
- وفي عام 2003 ، في حادث حريق قاتل بواسطة الحرق الذي قتل به 197 شخصا وجرح 148 أشخاص في مترو مدينة Dague فى كوريا الجنوبية. كان لهذا الحادث تأثير كبير على مشغلي المترو في جميع أنحاء العالم.

حيث تمت مراجعة معيار إدارة السلامة من الحريق لمحطة المترو بشكل كامل حيث درست مرة ثانية في اليابان مع مراعاة حادث الحريق و Dague فى كوريا الجنوبية.

قد يختلف النظام في مترو Dague ، كوريا الجنوبية ، فالمواد المستخدمة فى العربات والمحطة فى اليابان جميعها من المواد الغير قابلة للاشتعال. وبالتالي فإن المواصفات لم تتغير على نحو جذري ولكن الحريق بفعل (Arson) والذي كان السبب في حادث حريق قاتل في Dague ، فى كوريا الجنوبية ، قد أضاف حالة حريق جديدة كحمل للحريق يؤخذ فى الاعتبارعند التصميم لتقييم إجلاء الركاب .

• وفي عام 2004 ، تم إصدار نسخة منقحة عن إدارة السلامة من الحرائق فى محطة المترو ، ضمن القرار الوزاري من MLIT" .

وكما اشرنا من قبل فان المواصفات القياسية اليابانية تم تحديثها اخذا في الاعتبار الدروس المستفادة من حادث الحريق الأخير فى محطة المترو.

الفصل الثاني : سيناريو الحريق وإجلاء الركاب

2-1 استخدام مواد غير قابلة للاشتعال (مقاومة للحريق):

إن أكثر وسائل الحماية من الحريق فاعلية هو استخدام مواد غير قابلة للاحتراق للتحكم فى عدم اتساع نطاق الحريق وهو الأكثر أهمية بسبب سياسة إخلاء الركاب تستند إلى أن المواد المستخدمة فى المحطات وعربات المترو والنفق تعتمد بشكل أساسى على مواد غير قابلة للحريق.

لقد ثبت من الحادث الذى حدث فى مترو Dague فى كوريا الجنوبية أهمية استخدام مواد غير قابلة للاشتعال والاحتراق.

فى القسم التالى سوف يتم استعراض المواد الغير قابلة للاشتعال التى يوصى بان تستخدم فى محطات المترو أسفل سطح الأرض وعربات القطار طبقا للمواصفات القياسية اليابانية:

1) استخدام مواد غير قابلة للاحتراق فى محطات المترو والنفق:

أ – المواد المستخدمة للمنشأ الخرسانى والتشطيبات الداخلية:

ينبغى استخدام المواد اللازمة للهيكل الخرسانى والتشطيبات الداخلية فى محطات المترو والنفق من مواد غير قابلة للاحتراق من اجل منع حدوث الحريق ومنع انتشاره.

المواد الإنشائية تعنى الجدار والكمرة والبلاطة والعمود والسلالم ....الخ والتشطيبات الداخلية تعنى المواد التى تغطى التشطيبات النهائى للهيكل.

فى ظروف الحريق العادية فان المواد الغير قابلة للاشتعال يجب أن تتوافق مع متطلبات مقاومة الحريق لمدة عشرون دقيقة التالية:

- يجب أن لاتشتعل تلك المواد.
- يجب أل اينبعث منها الدخان والغازات السامة.
- يجب الا تتشوه او تذوب او تتشقق.

المواد التى تلبى هذه الاحتياجات من الخرسانة والفولاذ والحديد وبلاط السيراميك والالومنيوم والزجاج والطوب والمونه وما إلى ذلك حيث يجب اختيار مواد أخرى مختبرة على باختبار المخروط الحرارى (ISO 5660-1).

المواد الغير قابلة للاشتعال ليست دائما مناسبة لعمل التشطيبات فى مكاتب محطات مترو الإنفاق أو فى مكاتب العاملين بالمحطة والذين يقضون وقتا أطول داخل المحطة حيث أنها فى الأغلب مواد معدنية جامدة.

لذلك يتم السماح باستخدام المواد المقاومة للنار فى أرضية الغرف حيث يجب أن تكون غير قابلة للاشتعال.

الأجزاء والمكونات التى تستخدم جزئيا فى عمل لافتات الإرشاد بداخل المحطة أو فى إرشادات القدم لفاقدى البصر أو المصاعد وماكينات شراء تذاكر المترو .... هذا بخلاف الإنارة أو المواد الكهروميكانيكية ...

حيث يتم استثناؤها من أن تكون مقاومة للاشتعال .... وان كان من الأفضل أن تستخدم أيضا مواد غير قابلة للاشتعال فى هذه المواد وذلك قدر الإمكان.

ب) التجهيزات وفرش المحطة:

من اجل تعزيز أداء الحماية من الحريق فى المحطة فانه يوصى باستخدام مواد غير قابلة للاشتعال أو مواد تعطل انتشار الحريق مثل هذه التجهيزات هى المكاتب والكراسى والمقاعد والخزائن والأرفف والستائر وصناديق القمامة والهاتف العام وآلة بيع التذاكر وما إلى ذلك.

(المصدر – وزارة الاراضى والبنية التحتية والنقل والسياحة (MLIT)).

شكل رقم 2-1: استخدام مواد غير قابلة للاشتعال فى اماكن الانتظار بالمحطات

ج- عمل مقصورات مقاومة للحريق فى محطات الكهرباء الثانوية وغرف توزيع الكهرباء والماكينات من اجل حماية انتشار الحريق فى غرف الكهرباء الثانوية وغرف توزيع الكهرباء وغرف الماكينات والكهرباء سوف يتم إحاطتها وحمايتها عن طريق حواجز الحريق حيث أن الخطر من الحريق يكون فى تأثير انهيار الخدمة والدور الذى تقوم به تلك الآلات والمهمات.

- الأرضيات والحوائط لهذه الغرف سوف تكون ضد الحريق بان تكون من الخرسانة المسلحة أو الطوب الخرسانى أو الطوب أو أى مواد قابلة للاشتعال.
- حواجز الحريق سوف تكون معلقة ومركبة على الفتحات.
- فتحات الكابلات وخلافة فى الحوائط ودواليب الحريق سوف يتم ملؤها بالمونه الأسمنتية غير قابلة للاشتعال.

شكل 2-2: فواصل حماية تغلق ابوابها اتوماتيكيا وجميع فتحات الكابلات والمواسير تملأ بمواد غير قابلة للاشتعال

د – المحلات التجارية بمحطات المترو وأسفل سطح الأرض:

تنقسم المحلات بالمحطات إلى نوعين باليابان – نوع من المحلات الذى يكون البائع والمشترى فى داخل المحل ... وهو مايقال عنه "محل ملائم" وهو نسبيا كبير وبه كثير من المواد القابلة للاشتعال.... النوع الآخر هو مايقال عنه "الكشك" حيث يقف فقط البائع بداخله.

النوع الأول وهو الذى يحتوى على الكثير من المواد القابلة للاشتعال سوف يتم حمايته بعمل حواجز للحريق والدخان علاوة على ذلك نظام رشاشات آلية للمقاومة الأولية ومنع انتشار الحريق.

التجهيزات داخل المحلات سوف تكون من النوع الذى يعطل انتشار الحريق قدر الإمكان أو المواد الغير قابلة للاشتعال.

المصدر: وزارة البنية التحتية والنقل والسياحة.

شكل 2-3: مثال لمتجر ملائم لاستخدامه فى محطات المترو

أن نوع "الكشك" صغير الحجم ومن الصعوبة حمايته بعمل حواجز حريق ودخان. ولذلك فان الخامات والتجهيزات شاملة حوامل الكتب ... وخلافة سوف تكون من المواد الغير قابلة للاشتعال عدا مواد الأرضية.

وطبقا لاختبار الحريق باليابان فان الأرفف الخشبية تسبب الكثير من الدخان عند الاحتراق وعليه يجب منعها.

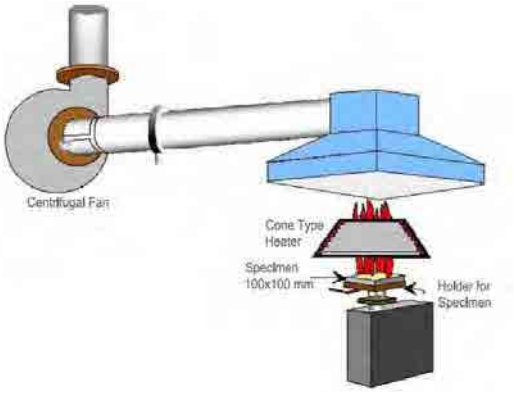
المصدر: وزارة البنية التحتية والنقل والسياحة.

شكل 2-4: مثال لشكل الاكشاك في محطات المترو

2) اختبار المخروط الحرارى للمواد غير القابلة للاشتعال (ISO5660-1):

حتى يمكن إجازة نوع المواد التى تستخدم فى محطات المترو والأنفاق كمواد غير قابلة للاشتعال هذا بخلاف المواد الخرسانية والحديد والصلب والسيراميك والالومنيوم والزجاج والطوب .... فانه هناك بعض الطرق وطريقة اختبار المخروط الحراري المستخدمة فى اليابان . أن التعريف ومتطلبات المواد غير القابلة للاشتعال ونصف القابلة للاشتعال والمؤخرة للاشتعال هى كالتالى:

1) أن التعريف للمواد غير القابلة للاشتعال وتلك أنصاف القابلة للاشتعال أو المؤخرة كالتالى:
   - المواد الغير قابلة للاشتعال (مدة الاختبار 20 دقيقة).
   - المواد النصف قابلة للاشتعال (مدة الاختبار 10 دقائق).
   - المواد المؤخرة للاشتعال (مدة الاختبار 5 دقائق).
2) سوف يتم تسخين حاوية المخروط الحرارى باستخدام طاقة قدرها 50 ك. وات/م2.
3) سوف لاتتعدى الطاقة الحرارية المتجمعة الإجمالية لفترة الاحتيار عن 8 ميجا جول/م2.
4) الشروخ والثقوب التى سوف تتخل حاوية المادة سوف لاتتولد.
5) السرعة القصوى للطاقة الحرارية سوف لاتتعدى 200 ك وات/م2. لمدة مستمرة قدرها 10 ثوان أثناء الاختبار.



المصدر: وزارة البنية التحتية والنقل والسياحة.

شكل 2-5: اختبار الحرق بالمخروط الحرارى (ISO05660-1)

2-2 خواص حوادث الحريق في النفق ومحطات المترو وأسفل سطح الأرض :

فى السنوات الأخيرة كانت هناك العديد من حوادث الحريق القاتلة التى وقعت فى نفق تحت سطح الأرض حول العالم . بعد هذه حوادث الحريق كانت هناك مناقشات طويلة محليا ودوليا عن كيف يتم إدارة الحريق ومكافحته فى أنفاق النقل والمحطات أسفل سطح الأرض على أى حال كان هناك من الصعوبة بالوصول إلى نتائج نهائية حيث كان هناك اختلاف فى الشروط والمتطلبات من دولة إلى أخرى. فى بعض البلاد أصبحت القواعد والمواصفات لإدارة ومكافحة الحريق أكثر صرامة وهى ليست كذلك فى الدول الأخرى.

انه طبقا لنوع الأنفاق والمنشآت أسفل سطح الأرض فان الخصائص والأسباب المؤدية للحريق وحمل الحريق وحجمه وطريقة الهروب كذلك تختلف.

على أى حال فان الاختلاف فى هذه الخصائص قد يتم دراسته جيدا وان إدارته وعمل الوسائل المناسبة للتغلب عليها قد لايأخذ ذلك فى الاعتبار.

انه من المهم إيضاح الفروق والاختلافات لحوادث الحريق فان حوادث الحريق الرئيسية لأنفاق الطرق وأنفاق المترو ومحطات المترو والتى حدثت بالعالم سوف يتم إدراجها فيما يلى مع دراسة خصائصها.

1-2-2 حوادث الحريق فى أنفاق ومحطات المترو أسفل سطح الأرض:

إن حدوث أنفاق ومحطات المترو أسفل سطح الأرض فى العالم موضحة فى الكشف التالى (Table 2-1) كذلك تلك حوادث الحريق التى حدثت فى الماضى بمحطات المترو وان كان القليل منها الذى تسبب فى وفاة بعض الركاب أو إصابتهم.

أن معظم الحوادث القاتلة كانت حدثت فى مترو موسكو بدولة روسيا فقد قتل (7) أشخاص عام 1991 وفى باكومترو وفر اذرميجان قتل 256 راكب عام 1995 وفى داجو مترو فى كوريا الجنوبية قتل 197 راكب عام 2003.

أن مثل هذه الحوادث كانت نادرة رغما عن أن الإجراءات الوقائية وإدارة ومكافحة الحريق لم تكون معروفة ومطبقة بشكل كبير.

حادث الحريق فى داجو بكوريا الجنوبية موضح فى الفصل التالى .

الأسباب الرئيسية فى حوادث الحريق بداخل انفاق المترو والمحطات تكون اما متعمدة أو ناتجة عن حريق فى ماكينة عربة القطار أو حريق فى كابلات الكهرباء ، تلفيات حوادث الحريق فى انفاق المترو والمحطات صغيرة نسبيا واسبابها وخصائصها كالتالى:

- القطار يتم تشغيله والتحكم فيه بواسطة هيئة تشغيل للمترو، نسبة الحوادث الجسيمة صغيره نسبيا مقارنا بحوادث انفاق السيارات.
- فى كثير من المدن المحطات وعربات المترو يتم تصنيعها من مواد قابلة للاشتعال.
- المترو يستخدم بواسطة مسافرين وركاب، الامتعة الشخصية أيضا محدودة، قطارات البضائع التى تحمل مواد قابلة للاشتعال لاتسير فى انفاق المترو.
- فى حالة الحريق داخل النفق المبدأ الاساسى فى تشغيل المترو اثناء الحريق هو تسيير القطار للمحطة التالية، المسافة بين المحطات تكون صغيرة نسبيا (1كم أو اقل) والزمن المستغرق للسير بين محطة واخرى هو 2-3 دقيقة وعليه فان الركاب يستطيعون الهروب من داخل المحطة.

ادارة الاجراءات الوقائية لحادث الحريق يجب أن يتم اعدادها ودراستها مع الاخذ فى الاعتبار النقاط سابقة الذكر.

جدول 2-1: اكبر حوادث حريق فى المترو فى العالم والتى ادت الى خسائر فى الارواح او جرحى (بداخل النفق او بالمحطة) منذ 1980

No.	Tunnel	Year of Fire Accident	Country Location	Where Fire Occurred	Origin/Reason of Fire	Damage	
						People	Rolloing Stock
1	Altora Metro	1980	Germany Hamburg		Arson	4 injured	Some
2	New York Metro	1980	USA New York			11 injured	
3	New York Metro	21/Apr./1981	USA New York	600m from station	Fault in the Current Collector of Rolling Stock	24 injured	
4	New York Metro	29/Apr./1981	USA New York	Station	Undercar fire in station	2 injured	
5	New York Metro	May/1981	USA New York	Station	Electrical Fault	16 injured	
6	London Metro	1981	UK London	Between Stations		1 dead, 15 injured	
7	New York Metro	March/1982	USA New York	Station	Motor of Rolling Stock	86 injured	
8	New York Metro	June/1982	USA New York		Rolling Stock	10 injured	4 Rolling Stock
9	New York Metro	April/1984	USA New York		Smoke from Cable	39 injured	4 Rolling Stock
10	New York Metro	June/1984	USA New York	Between Stations	Rolling Stock Motor exploded	23 injured	Some
11	New York Metro	July/1984	USA New York	Station	Underneath of Rolling Stock	24 injured	Some
12	New York Metro	4/Oct./1984	USA New York	Station	Rubbish	54 injured	
13	Landungsbruken Metro	1984	Germany Hamburg		Arson	1 injured	
14	Oxford Circus Metro	1984	UK London	Maintenance Tunnel	Equipment in Tunnel	15 injured	
15	Paris Metro	1985	France Paris	Station	Rubbish	6 injured	
16	Mexico City Metro	1985	Mexico Mexico City		Rolling Stock	1700 injured	
17	New York Metro	1990	USA New York	Near Station	Cable	2 dead, 200 injured	
18	Moscow Metro	1991	Russia Moscow	Station	Electric Failure Under Train	7 dead, 10 injured	Some
19	New York Metro	March/1992	USA New York	Between Station	Undercar fire in Tunnel	86 injured	
20	New York Metro	Oct./1992	USA New York		Electric Failure of Rolling Stock	51 injured	
21	Baku Metro	1995	Azerbaijan Baku	Between Station	Electric Failure of 4th Rolling Stock	260 dead, 256 injured	Some
22	New York Metro	1999	USA New York	Station	Rubbish	more than 51 injured	
23	Amsterdam Metro	1999	Netherlands Amsterdam	Station		2 injured	
24	Berlin Metro	2000	Germany Berlin	Station		28 injured	
25	Tronto Metro	2000	Canada Tronto	Old Mill Station	Fefuse from Old Mill	3 injured	
26	Düsseldorf Metro	2001	Germany Düsseldorf		Roof of Rolling Stock	2 injured	
27	Jungangno Metro	2003	South Korea Daegu	Junganno Station	Arson with Fuel	197 dead and 148 injured	

Source: The Handbook of Tunnel Fire Safety, 2004

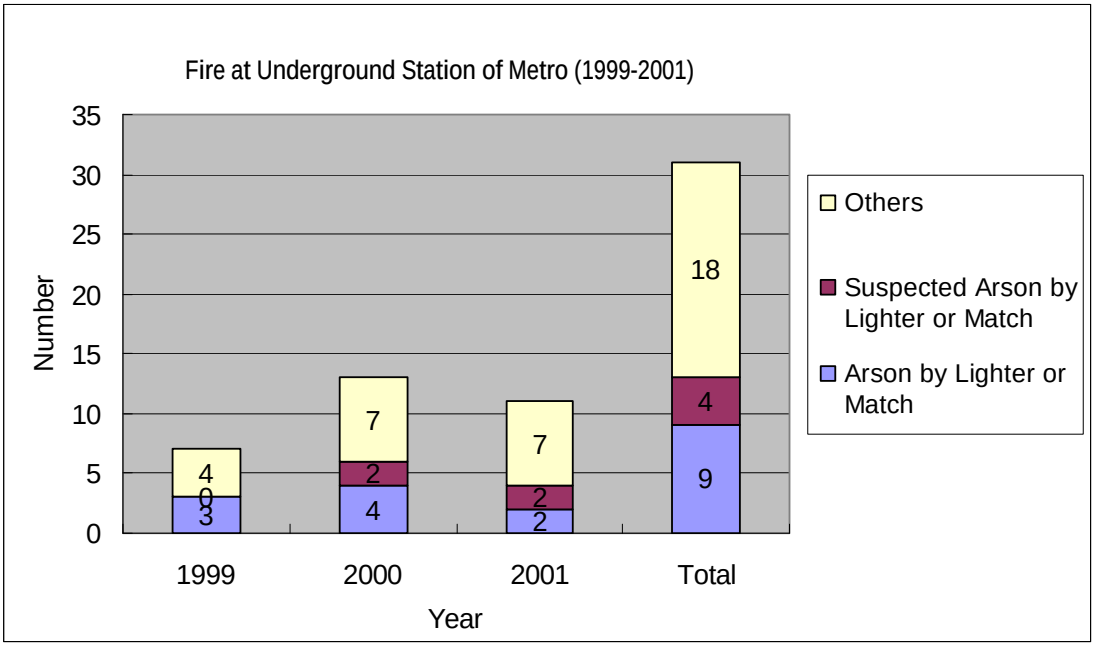
2-2-2 الحريق فى محطة مترو الأنفاق باليابان:

حتى يمكن إيضاح خصائص الحريق فى محطة المترو فان الإحصاءات لحدوث حريق فى محطة مترو باليابان يمكن إيجازوها فى الشكل العالى (Figure 2-6).

كثير من محطات المترو تم إنشاؤها مند عام 1927 ... ويوجد حوالى 41 خط مترو فى 11 مدينة وعدد المحطات تجاوز (560) محطة أسفل سطح الأرض من حوالى (724) محطة مترو وذلك عام 2009.

فى خلال هذه المحطات فان الإحصاءات تشير إلى انه يحدث فقط حوالى 10 حرائق فى المحطات أسفل سطح الأرض بالسنة فى اليابان.

أما السبب الرئيسى لتلك الحوادث هو إعواد الثقاب أو الولاعات وذلك حوالى 40% . لذلك فان من المناسب الأخذ فى الاعتبار أن الحريق المتعمد Arson Fire هى من احد أسس تصميم الحريق.



المصدر : وكالة إدارة الكوارث الطبعية والحرائق، اليابان

رسم بياني لحرائق فى محطات مترو الأنفاق باليابان (1999 – 2001)

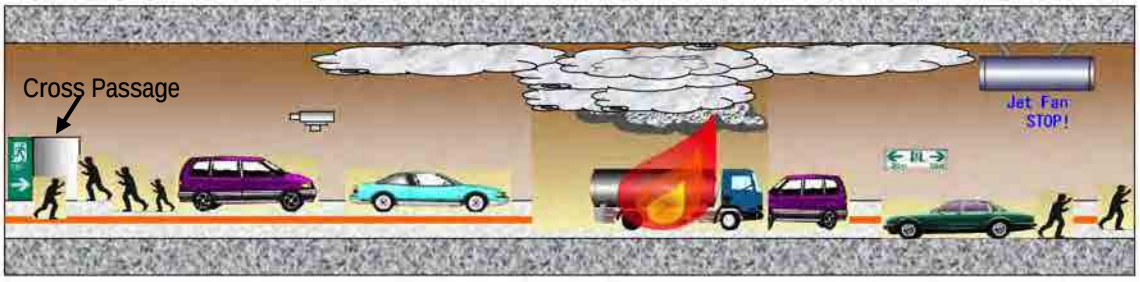
2-2-3 حوادث الحريق فى أنفاق الطرق:

إن أشهر حوادث أنفاق الطرق التى حدثت فى العالم قد تم ادراجها فى الجدول (Table 2-2) . حوادث حريق أنفاق الطرق تزيد عن حوادث انفاق المترو بحساب الأفراد الذين فقدوا حياتهم.

اسباب زيادة حوادث حريق انفاق السيارات وخصائصها يمكن اختصارها فيما يلى:

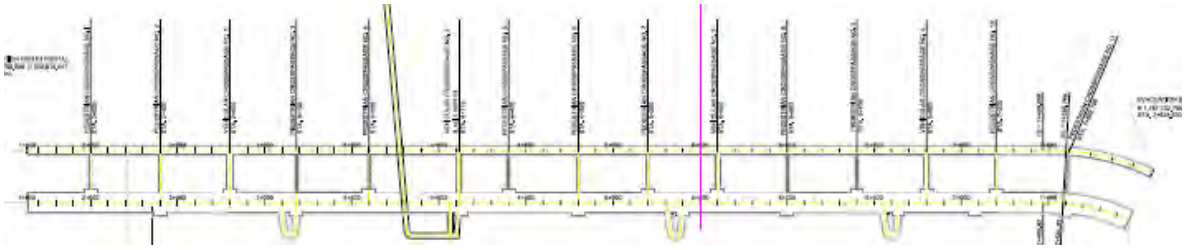
- كل سيارة محملة بالوقود الخاص بها سواء بنزين أو سولار وهو مصدر اشتعال فى حالة حادثة حريق. إضافة لذلك فان بعض سيارات النقل تنقل مواد قابلة للاشتعال وهو بالتالى احد مصادر الخطورة أيضا.

- لانه من الصعوبة التحكم فى قائدى السيارات والسيطرة عليهم بالنفق قد تسير السيارات عكس بعضها فى الاتجاه بنفس الطريق لذلك فان حوادث التصادم تحدث أحيانا مما يؤدى حوادث حريق.
- فى حالة حدوث حادثة حريق فى نفق سيارات فان السيارات تظل متوقفة حول نقطة الحريق .... وبالتالى فانه فى الأنفاق الطويلة وبأنفاق المدن المزدحمة فانه من الصعوبة الهروب خارج النفق بالسيارة ومستخدمى النفق عليهم الهروب من سياراتهم إلى النفق أو إلى نفق آخر موازى من خلال ممر عرضى Cross Passages – كما هوموضح فى الأشكال (Sce Figure 2 -7 and Figure 2-8)
- إن الأنظمة المستخدمة فى استشعار الحريق ووسائل مكافحته يتم تركيبها بكثرة فى أنفاق الطرق خاصة الطويلة والمزدحمة للاسباب المبينه عاليه.



المصدر : فريق الدراسة التابع لجايكا

صورة توضيحية لحوادث الحريق فى أنفاق الطرق (نفق طويل أو نفق مزدحم)



شكل 2-8: مثال لاستخدام الممرات العرضية التى تصل بين جسم نفق السيارات وبين نفق الإجلاء (الطول 6 كم)

جدول 2-2 حوادث الحرائق الكبري بالطرق النفقيه بالعالم

Tunnel	Year of Construction	Year of Fire Accident	Country Location	Length (m)	Vehicle where Fire Occurred	Load	Origin of Fire	Damage	
								People	Vehicles
Holland	1927		USA New York	2,550	1 lorry	11t carbon visulphide	Fall of load	66 injured	10 lorries destroyed 13 cars badly dameged
Billweder-Meorfleet	1963		Germany Hamburg	243	1 lorry trailer	14t plastic aggregate in sacks	Blockage of brakes		1 trailed destroyed
Velsen	1957	1978	Holland Velsen	770	2 lorries and 4 cars		Front-rear collision	5 dead and 5 injured	2 lorries and 4 cars destroyed
Nihonzaka	1969	1979	Japan Shizuoka	2,045	4 lorries and 2 cars		Front-rear collision	7 dead and 2 injured	179 vehicles destroyed
Kajiwara		1980	Japan	740				1 dead	
Caldecott	1964	1982	USA Oakland	1,028	1 lorry, 1 coach and 1 car	33,000 litres of petrol	Front-rear collision	7 dead and 2 injured	3lorries, 1coach and 4cars
Pecorile		1983	Italy	600				8 dead	
St. Gotthard	1980		Switzerland Goschenen - Airolo	16,321	1 lorry	Rolls of plastic sheet	Lorry engine fire		1 lorry destroyed
Frejus	1980		France-Italy	12,868	1 lorry	Plastic Material	Gear box failure		1 lorry destroyed
Guadarrama	1972		Spain Guadarrama	3,330	1 lorry	Drums of pine resin			1 lorry destroyed
L'Ame		1986	France	1,105				3 dead	
Gumefens		1987	Switzerland	340				2 dead	
Serra a Ripoli		1993	Italy	442				4 dead	
Huguenot	1988	1994	South Africa	3,755				1 dead	
Pfander	1980	1995	Austria	6,719				3 dead	
Isola delle Femmine		1996	Italy Palermo	148	1 tanker with liquid gas and 1 little bus		Front-rear collision	5 dead and 20 injured	1 tanker, 1bus and 18 cars
Mont Blanc	1965	1999	France-Italy	11,600	Lorry with flour and magarine		Oil leakage Motor	41 dead	23 lorries, 10 cars, 1morot cycle and 2 fire engine
Tauern	1975	1999	Austria Salzburg-Spittal	6,401	Lorry with Paint		Front-rear collision	12 dead and 49 injured	14 lorries and 26 cars
Seijestad		2000	Norway Drammen-Haugesund	1,272	Fire started in one of the cars and spread to others		Front-rear collision	6 injured	1 lorry, 4 cars and 1MC
Prapontin		2001	Italy A32-Torino-Bardonecchia	4,409				19 injured	
Gleinalm	1978	2001	Austlia A9 near Graz	8,320	Car		Front-rear collision	5 dead and 4 injured	
St Gotthard	1980	2001	Switzerland Goschenen - Airolo	16,321	2 Trucks		Front-front collision	11 dead	40 vehicles
Viamala		2006	Switzerland (border with Italy and Austria)	750	Bus and Car		Front-front collision	9 dead	

Source: JICA Study Team

4-2-2 حادث الحريق المميت فى داجو بكوريا الجنوبية عام 2003:

أن هذا الحادث الذى أدى إلى وفاة 197 شخص وإصابة 148 شخص والى حدث فى محطة مترو داجو فى كوريا الجنوبية فى فبراير 2003. أن هذا الحادث قد أدى إلى تأثير كبير على مشغلى المترو فى جميع أنحاء العالم انه من الأهمية ومن الجدير بالذكر التعرف على الدروس المستفادة من أسوء حادث حريق فى محطة مترو.

أن هذا الحادث التراجيدى الذى حدث فى القطار الذى توقف فى محطة جانجانو فى مدينة داجو. حيث احضر شخص مجنون حوالى (2-4) لتر من البنزين فى زجاجتين واحدث حريق باستخدام ولاعة حيث بدأت الكراسى والأرضية و فى القطار بالاشتعال بسرعة .... وذلك نظرا لان عربة القطار فى ذلك الوقت كان يتم تصنيعها من مواد قابلة للاشتعال تصاعدت الغازات السامة من المواد المصنوعة من البوليستر والإسفنج.

رغم القواعد التى تم إصدارها فى عام 1998 تنص على ان المواد التى تستخدم فى صناعة عربات المترو يجب أن تكون غير قابلة للاشتعال .... فان عربات القطار قد تم تصنيعها فى عام 1997 والحادث كان فى عام 2003 .

المصدر : فريق الدراسة التابع ل " جايكا "

شكل رقم 2-9 حادث الحريق المميت فى داجو بكوريا الجنوبية عام

نقطة التحكم المركزية (CCP) لم تقم بتقييم الموقف الحقيقى للحريق ولم تقم بالتوجيه المناسب للقطار القادم فى الاتجاه المعاكس والذى كان يحتم عدم المضى فى الاقتراب او العبور على المحطة التى بها الحريق .... وهو مايتبع فى معظم البلدات من توجيهات وقواعد مثل هذه الحالات. وبالتالى قواعد تشغيل القطارات فى حالة حوادث الحريق لم يتم الاخذ بها.

قامت نقطة التحكم المركزية فى توجيه الركاب لإخلاء القطار عن طريق المحطة ....كان القطار القادم بالاتجاه المعاكس على الرصيف المقابل قد أصابه الحريق هو الآخر فور توقفه – بعد ذلك توقفت الكهرباء بالمحطة وأصيب السائق بالذعر فهرب ومعه مفتاح العربة الرئيسى.

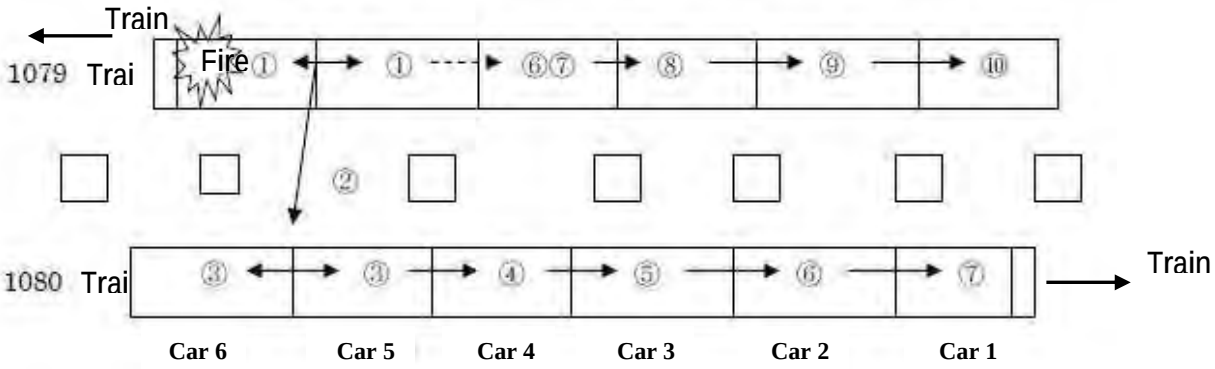
حيث تم غلق أبواب القطار وحجز الركاب داخل القطار المصاب بالحريق .... كنتيجة لذلك فان 90% من عدد الضحايا كانوا من ركاب القطار القادم فى الاتجاه المعاكس وحوالى 79% من عدد القتلى كذلك من هذا القطار، ولم يتم العثور على اى قتلى بالعربة التى تم اشعالها بالوقود.

أن الدروس المستفادة من هذه الحادثة والأمر الأكثر أهمية لحادث حريق محطة المترو وتم إيضاحه فيمالى:

- استخدام المواد الغير قابلة للاشتعال لصناعة عربات المترو والمحطة هو أمر هام جدا.
- الإدارة المناسبة لحركة الركاب والإخلاء هى أيضا من الامور شديدة الاهمية، ففى حالة مترو داجو فان المصابين الأكثر وكذلك القتلى كانوا نتيجة تعليمات خطأ وغير مناسبة من المنسق ومن السائق وموظفى المحطة.

المصدر : جمعية المهندسين اليابانية

شكل رقم 2-10 للمواد القابلة للإشتعال بعربات القطار في مترو داجو (البوليستر،



المصدر : وكالة إدارة الكوارث الطبعية والحرائق، اليابان

شكل رقم 2-11 تسلسل انتشار النار في مترو داجو

بناءا على الخصائص والأمثلة التى تم شرحها فيما سبق فان المواصفات القياسية لإدارة حوادث الحريق سوف يتم استعراضها فى القسم التالى:

3-2 تقييم إخلاء الركاب

1-3-2 زمن الإخلاء للركاب فى حالة حريق بالمحطة:

حتى يمكن التأكد من سلامة الركاب فى حالة حدوث حريق فى المحطة فانه من الأهمية أن يؤخذ فى الاعتبار دراسة زمن إخلاء الركاب. وفى حالة أن زمن الإخلاء من النقطة الخطرة إلى النقطة الآمنة هو زمن طويل جدا فان الحريق سوف تزداد ويزداد عدد المصابين سواء من الحريق أو الدخان. لذلك فان من الأهمية دراسة زمن الإخلاء لامان الركاب .... على أى حال فان زمن الإخلاء أن لم يتم حسابه بشكل سليم فان ذلك سوف يؤدى إلى كبر حجم منشأ المحطة ... حيث أن زمن الإخلاء له دخل كبير فى تحديد وتصميم المحطة.

إن المواصفات القياسية اليابانية تأخذ فى الاعتبار تجنب التصميم المبالغ فيه مقارنة بالمواصفة الأمريكية (NFPA 130).

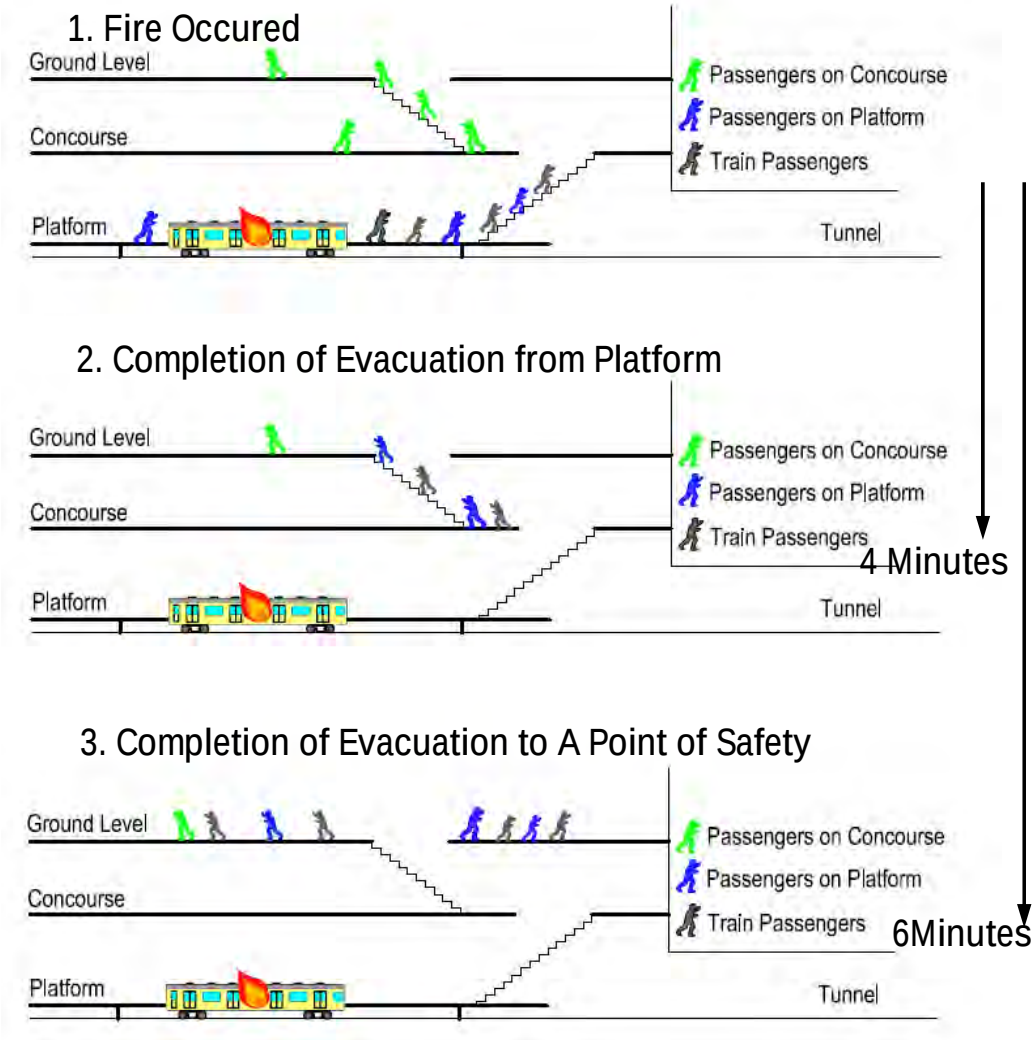
2-3-2 تقييم زمن الإخلاء فى كل من المواصفات اليابانية و NFPA130 :

أن زمن الإخلاء الأمن للركاب يتم تقييمه على أساس ان زمن الوصول إلى نقطة الخطر إلى النقطة الآمنة . وهو ماسوف يتم استعراضه بالنسبة لكل من المواصفات اليابانية والمواصفات الأمريكية NFPZ 130 فيما يلى:

1) المواصفات الأمريكية NFPA-130:

تقييم زمن الإخلاء للركاب يتم اختصاره كالتالى:

- زمن الإخلاء من رصيف المحطة يجب أن يكون اقل من 4 دقائق مهما كان التصميم الهندسى للمحطة (العمق – العرض ... الخ).
- زمن الإخلاء من رصيف المحطة إلى النقطة الآمنة (عادة يكون منسوب الشارع) يجب أن يكون اقل من 6 دقائق بغض النظر عن التصميم الهندسى للمحطة (العمق – العرض .... الخ).
- أن زمن الإخلاء للركاب له علاقة قوية بالحمل التصميمى للحريق وكثافة وسرعة انتشار الدخان..... أن الركاب يمكنهم الإخلاء والهروب مالم يكن الدخان يعوق الإخلاء . ومع ذلك لا يتم تحديد حمل حريق فى التصميم ولا يتم ذكر خصائص الحريق تبعا لمصدره او سببه .... ومن ثم فان الزمن المناسب للإخلاء يتم تطبيقه على أساس 4 دقائق و 6 دقائق فى أى حالة حريق.
- حتى يمكن تحقيق هذا الزمن فان المسافة إلى النقطة الآمنة وعرض السلالم يعتبرا عوامل متفردة فى الاهمية لتحقيق الإخلاء ويزيد كثيرا عن المتطلبات الحقيقية ... على صعيد آخر فان ارتفاع سقف رصيف المحطة أو سقف صالة حجز التذاكر والأداء الخاص بنظام التهوية وهم من العوامل غاية فى الاهمية لحساب حجم الدخان المحتجز والتخلص منه ، فانهم لم يؤخذوا فى الاعتبار على الإطلاق.



شكل توضيحي رقم 2 -12 تقييم الإخلاء فى كل من المواصفات الأمريكية NFPA130

2) المواصفات اليابانية:

حتى يمكن مقارنة زمن الإخلاء والأمان للركاب فان تقييم الإخلاء للركاب طبقا للمواصفات اليابانية يؤخذ فى الاعتبار كالتالى:

1- حساب حمل الحريق وتقييم صرق انتشار الدخان:

العامل الرئيسى فى امان الحرائق هو فى فى كيفية هروب الركاب بامان. حساب وتقييم الأمان للركاب سواء هربوا إلى النقطة الآمنة أو إلى نقطة ذات تأثير اقل أو لايوجد بها تأثير للدخان أن خصائص الحريق تختلف باختلاف مصدر الحريق. تبعا للاختلاف فى الخصائص فان حمل الحريق ينقسم إلى نوعين .... حرائق طبيعية والآخر هو للحرائق عن طريق متعمد باستخدام وقود.

2- حساب حمل الحريق فى حالة الحريق الطبيعى:

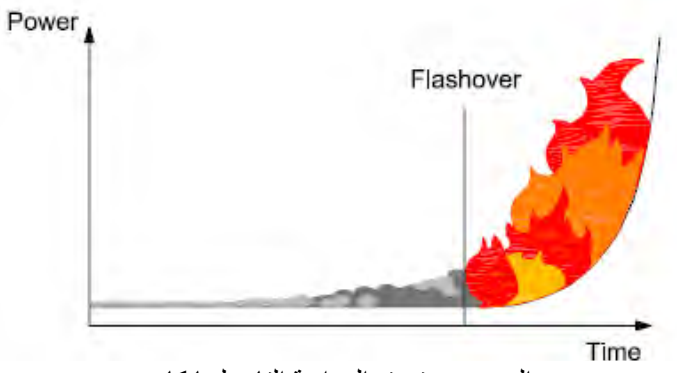
أن الحريق الطبيعى هو مماثل للحريق الذى ينشب من الموتور أو من الأجزاء الميكانيكية بالجزء السفلى لعربة قطار المترو.

وايضا من مصادر الحرائق الطبيعية هو الحريق فى احد الأكشاك فى محطة المترو.

عادة قوة الحريق فى هذه الحالات تكون منخفضة فى مراحلها الأولى .... وان كانت تزداد بعد ذلك بعد تزايد النار فى الاشتعال .

الزمن اللازم لحدوث الاشتعال يعتبر طويل والدخان للحريق الطبيعة يبتعد بشكل منتظم وفى مساحات واسعة .... لذلك فان استنشاق الدخان مثل الدخان لايعتبر هو العامل الرئيسى فى زمن الإخلاء والعامل الرئيسى هو توافر الرؤية الجيدة لإخلاء الركاب.

أن العلاقة بين الزمن وحمل الحريق تم توضيحها فى شكل (Figure 2-13).



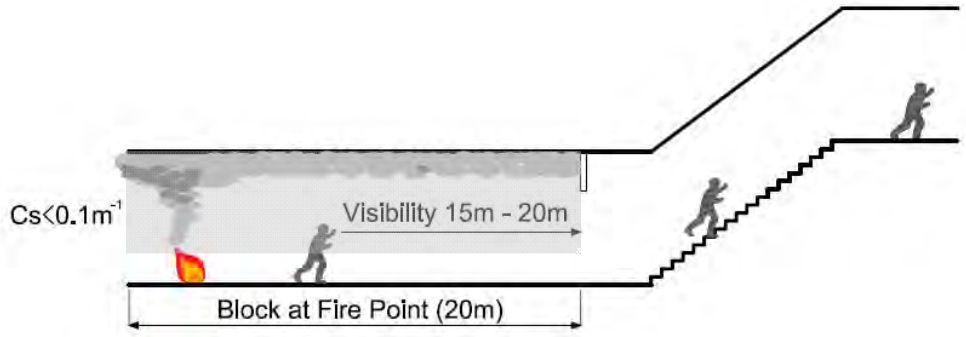
المصدر : فريق الدراسة التابع لجايكا.

شكل توضيحي رقم 2-13 نموذج لحمل حريق عادي

أن حساب الرؤية للركاب فى حالة الدخان يتم تحديده عن كثافة الدخان (Extinction Coeffient) ان حساب كثافة الدخان يتم عن طريق (Lambert – Beer Lou) .

$$Cs = -\frac{1}{l}\ln(\frac{\tau}{100}) \le 0.1m^{-1}$$

Herein, l is the required visibility (15m to 20m) for evacuation and τ (%) is permeability (13-22% equivalent to Cs=0.1m-1).



المصدر : فريق الدراسة التابع لجايكا

شكل توضيحي رقم 2-14 لكثافة الدخان والرؤية المطلوبة لإخلاء سلس

طبقا للأبحاث والتجارب التى تمت فى اليابان فان كثافة الدخان (Cs) يجب أن تكون (0.10m – 1.0m) أو اقل حتى يمكن تامين الرؤية فى حدود (من 15 الى 20متر) للإخلاء السلس مع الرجوع إلى الشكل (Figure 2-14) .. طبقا لهذه الاشتراطات فان الركاب يستطيعوا الإخلاء بدون فقدهم لسرعة الحركة وعليه يتم حساب زمن الإخلاء طبقا للأسلوب التالى:

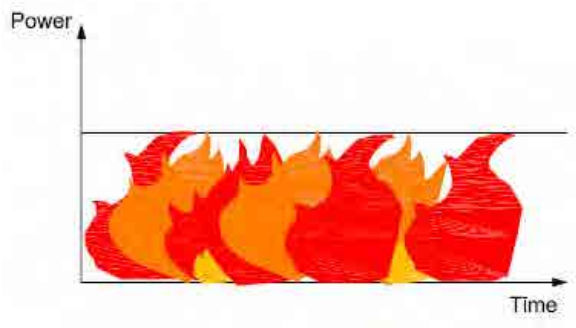
- حساب الزمن اللازم للإخلاء.
- تحديد كثافة الدخان (Cs) عند الزمن (t) اللازمة لإتمام الإخلاء فى حالة أن (Cs) تساوى (0.10m - 1.0m) أو اقل فانه يمكن تامين الإخلاء الأمن.

3- أحمال الحريق المتعمد باستخدام وقود:

بناءا على ماتم إيضاحه فى الجزء السابق فان حادث الحريق المروع بمحطة داجو بكوريا الجنوبية ... كان نتيجة استخدام وقود وبفعل فاعل.

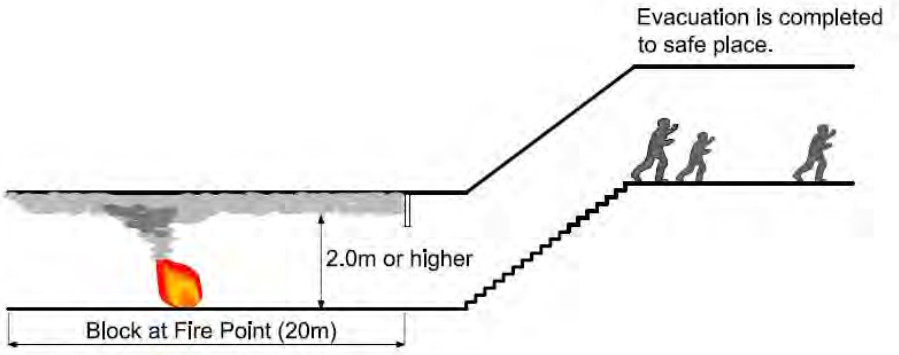
أن الوقود المستخدم فى الحريق هو المصدر الأساسى له .... والحرائق الناتجة عن استخدام الكيروسين والبنزين لها خصائص مختلفة مقارنة بالحرائق العادية .... أن الحريق الناتج عن الوقود يكون قويا وثابتا من البداية ... يراجع الشكل (Figure 2-15) .

درجة حرارة الدخان عاليه ... وهو مايتسبب فى حركة الدخان على شكل طبقات موازية للسقف ثم تبدأ فى الهبوط لاسفل لذلك فإنه يتم التقييم بسرعة نزول الادخنة نحوالأرضية وذلك فالاخلاء الآمن يكون بالحفاظ على ترك مسافة راسية من الأرضية قدرها 2.00م وحتى طبقة الدخان ....



المصدر : فريق الدراسة التابع لجايكا.

شكل توضيحي رقم 2-13 نموذج لحمل حريق بفعل فاعل مع وجود وقود

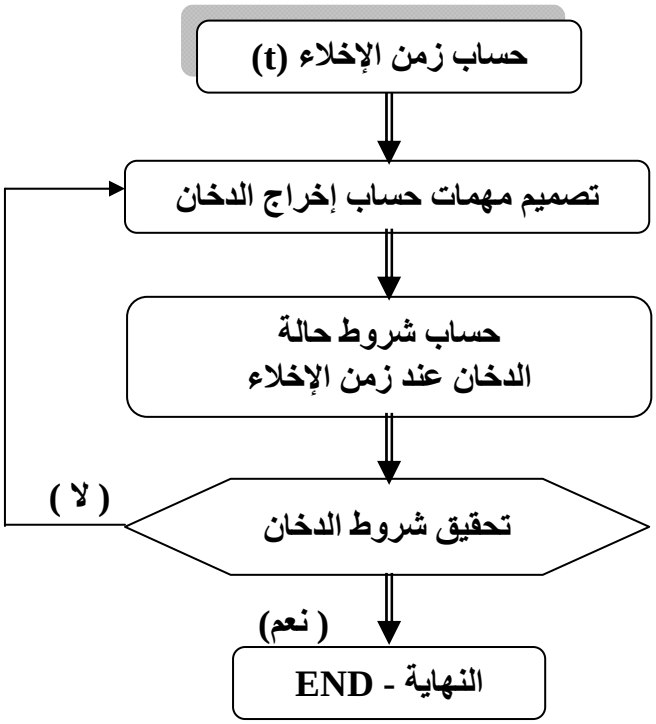


المصدر : فريق الدراسة التابع لجايكا

شكل توضيحي رقم 2-16 للمساحة المطلوب إخلائها في حالة الحريق بفعل فاعل في وجود وقود

وعليه فان طريقة حساب زمن الإخلاء تكون كالتالى:

- حساب الزمن اللازم للإخلاء.
- فى حالة أن المسافة بين منسوب أسفل طبقة الدخان فى حالة زيادتها 2.00 م عند زمن استكمال الإخلاء فان ذلك يؤكد سلامة عملية الإخلاء.



مخطط تتابع نظام تقييم إخلاء الركاب طبقا للمواصفات اليابانية

شكل رقم : 2-17 عن تتبع إخلاء الركاب

3) مشكلات المواصفات الامريكية NFPA130 و مميزات المواصفات اليابانية:

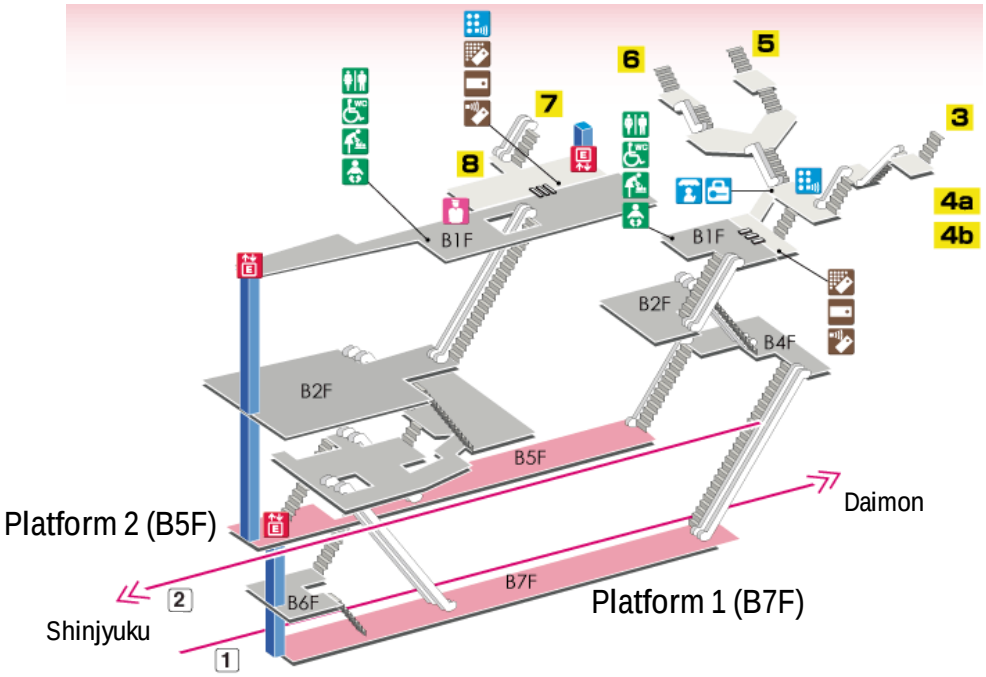
كما تم شرحة سابقا فان عملية اخلاء الركاب يتم تقييمها بالزمن الثابت فى NFPA130 بدون الاخذ فى الاعتبار خصائص الدخان عند اتمام عملية الاخلاء.

- زمن الاخلاء فى NFPA130 دائما يتم تقييمه بمقدار ثابت (4-6 دقيقة) بدون الاخذ فى الاعتبار شكل المحطة (عمق, عرض ...الخ)
- حالة الحريق و الدخان لا يتم اخذهما فى الاعتبار معا عندما يتم حساب زمن الاخلاء.
- تم وضع اشتراطات تقييم اخلائ الركاب فى NFPA130 عام 1983 عندما كان عدد ركاب المترو ليس كبيرا كذلك لم يكن هناك المحطات العميقة

- فى المدن المزدحمة، محطات المترو يتم تصميمها لتكون اعمق نظرا لعدم وجود مساحات ارض، كمثال لذلك اعمق محطة باليابان موضحة بالشكل 2-18, و فى مترو القاهرة – الخط الرابع ايضا فانة من المخطط تنفيذ محطات عميقة كما هو موضح بالشكل 2-19.
- من الصعب تطبيق اشتراطات NFPA130 فى المحطات العميقة او المزدحمة، و فى حالة تطبيقها سيتحتم زيادة عرض السلالم و اعدادها لامكانية تحقيق عملية الاخلاء فى غضون 4 دقائق من الرصيف و 6 دقائق الى سطح الارض و بالتالى فهى تعتبر تصميم مفرط فى المحطات الكبرى.
- و بالتالى و مما سبق فان المواصفات اليابانية الخاصة بتقييم اخلاء الركاب لها مميزات اكثر لتصميم محطات امنة بدون تكاليف اضافية.

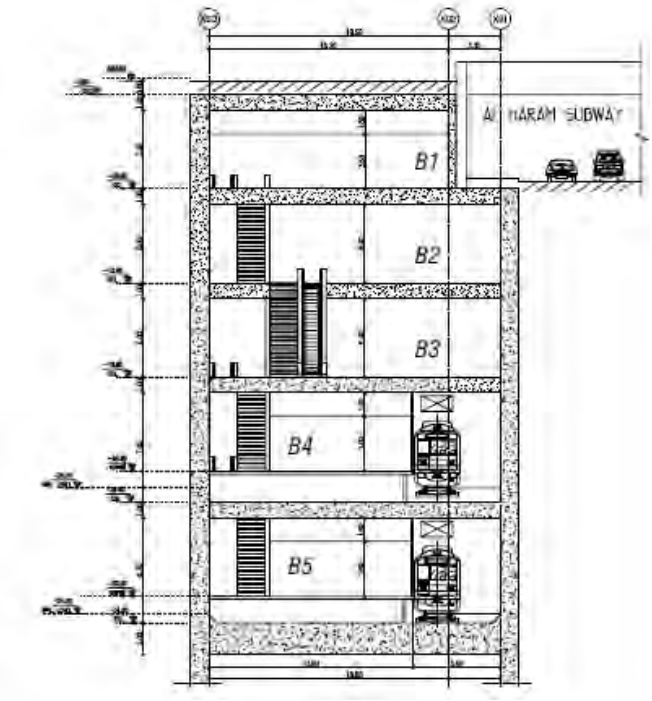
جدول 2 -3 تقييم الإحلاء طبقاً NFPA 130 و المواصفات اليابانية

المعايير اليابانية	المعايير وفقاً ل NFPA 130	
متغير يتم تقيم الإخلاء مع حالة الدخان	ثابت 1. من الرصيق في حوالي 4 دقائق 2. من الرصيف بالنقطة الأمنية في حوالي 6 دقائق	وقت الإخلاء
لا يتم تقييم الوقت الكافي للإجلاء مباشرة . يتم تقييم حالة الدخان بعد إجلاء الركاب	يتم تقييم سلامة الركاب أساسا عن طريق وقت الاخلاء	الإخلاء
يتم تقيم سيناريو الحريق عن طريق تحديد موقع الحريق الأساسي	سيناريو الحريق غير معرف. / ووقت الأخلاء يرتبط مباشرة بحالة الدخان.	سيناريو الحريق / حالة الدخان



المصدر : مكتب محافظة (طوكيو متروبوليتان)للمواصلات

شكل 2- 18أعمق محطة في اليابان (محطة روبونجي)



المصدر : فريق الدراسة التابع لجايكا

شكل 2 -19 مثال لعمق المحطة في الخط الرابع

4-2 حالات الحريق المختلفة (المكان ومصدر الحريق) في المواصفات اليابانية :

المواصفات اليابانية تأخذ فى الاعتبار انه يتم استخدام مواد غير قابلة للاشتعال أو الاحتراق كذلك خصائص الحريق والدخان هذا إضافة إلى توجيهات وتعليمات التشغيل للقطار أثناء حدوث الحريق.

أن أسس تشغيل القطار فى أثناء الحريق على أساس نقطة السلامة سوف يتم شرحها فيمايلى:

2-4-1 تشغيل القطارات في حالة الطوارئ :

(1) مبدأ تشغيل القطارات في حالة نشوب حريق:

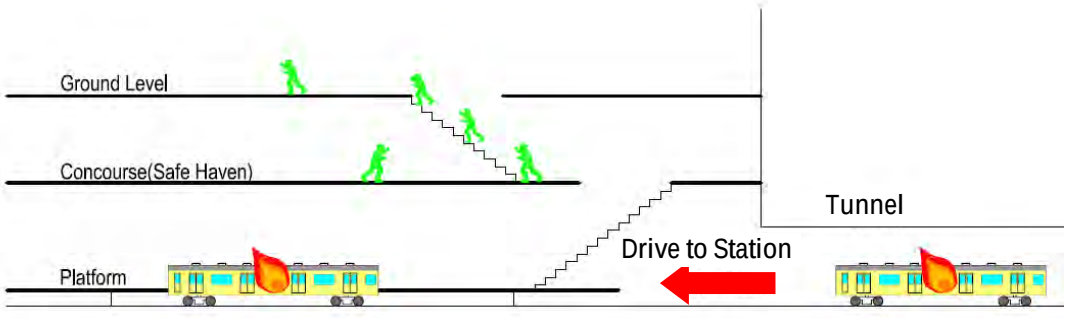
دفعت العديد من الكوارث المأساوية على خطوط السكك الحديدية تحت الأرض شركات السكك الحديدية والسلطات في اليابان لتعديل مبدأ تشغيل القطار. حيث غيرت الحوادث في العقود الأربعة الماضية أسس تشغيل القطارات . حاليا المبدأ الأساسي لعملية التشغيل المطبق بشركات المترو والسكك الحديدية بالانفاق في حال نشوب حريق هو تحريك القطارات المشتعلة إلى اقرب رصيف محطة من دون التوقف ، حتى محطة وسيطة للقيام بإجلاء الركاب و مكافحة الحريق هناك.

فور إخطارهم من قبل سائق القطار فان المشغل فى غرفة التحكم يوجه القطار السابق للقطار المشتعل فى المضى حتى المحطة التالية ، وتوجيه القطار القادم خلف القطار المشتعل لإيقافه. اما القطارات على المسار المعاكس سيتم توجيهها نحو عدم التوقف عند محطة التى بها حريق أو عدم المضى نحو المحطة حيث القطار المشتعل.

- المبدأ الأساسي لعملية التشغيل فى حالة قطار مشتعل هو تحريك القطار إلى الرصيف التالى للمحطة او خارج النفق.

.يجب أن يتوقف القطار الآخر في المحطة المجاورة ، ولا يغادرها.

- إذا كان القطار المشتعل متوقف في المحطة او كان الحريق بالمحطة نفسها، يقوم المشغل فى غرفة التحكم بتوجيه القطارات الأخرى بعدم الاقتراب من هذه المحطة.



الشكل 2 -20 مبدأ تشغيل القطار في حالة حدوث حريق

2- الإخلاء من القطار فى حالة توقفه بين المحطات:

وكما هو موضح في القسم السابق ، فإن المبدأ الأساسي لعملية التشغيل في حالة نشوب حريق في القطار هو تحريكه إلى الرصيف التالى فى المحطة ومع ذلك ، هناك احتمال والمخاطر أن يتوقف القطار بين المحطات بسبب انقطاع التيار الكهربائي ، زلزال أو لأسباب أخرى. إذا توقف القطار بين المحطات ، سيتم إخلاء الركاب في القطار من نهاية القطار. وسوف يقوم الركاب بالمشي على السكة حتى رصيف المحطة التالية.

فى حالة الهروب الإضطرارى من القطار الأبواب الجانبية يتم فتحها ويتم خروج الركاب بناءا على تعليمات سائق القطار أو العاملين بالمحطة.

شكل 2 – 21 الإجلاء من االقطار

3- أبواب الممرات:

بالإضافة إلى ماسبق فان الممرات بين العربات ذات أهمية فى حالة حدوث الحريق بالقطار هذه الأبواب تفتح للركاب والانتقال من غرفة إلى أخرى. وبعد إخلاء العربة المشتعلة يتم إغلاق أبواب الممرات أوتوماتيكيا حتى لاينتشر الحريق والدخان.

شكل 2 – 22 ممر الأبواب (الشمال: يغلق ، اليمين : يفتح)

2-4-2 تعريف نقطة الامان:

الانتهاء من عملية الإخلاء يعنى وصول الركاب الذين تم إخلاؤهم إلى نقطة الامان (الملاذ الآمن).

تعريف نقطة الامان هو المكان الذى لايكون للدخان فيه تأثير على الركاب

من اجل منع انتشار الدخان وتامين نقطة الامان يتم تركيب حواجز منع انتشار الحريق / الأدخنة مابين الرصيف وصالة التذاكر.

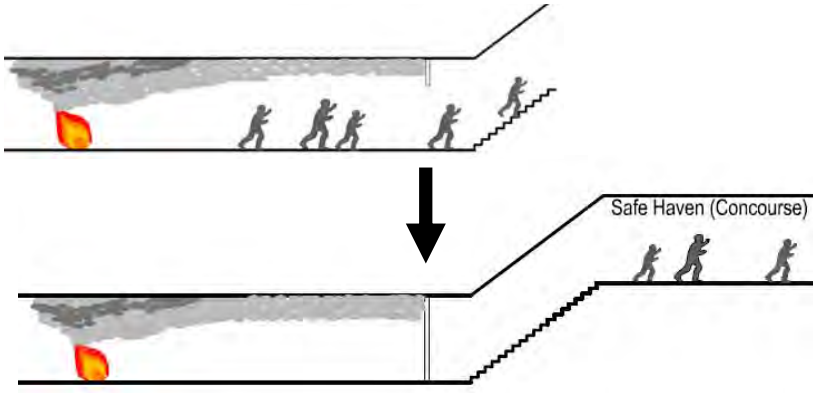
أثناء عملية إخلاء الركاب يتم انزال حواجز منع انتشار الحريق وتثبيتها عند ارتفاع يسمح بإخلاء الركاب وبعد إتمام عملية الإخلاء يتم نزول الحواجز تماما لتحقيق العزل الكامل للحريق والدخان.

صالة التذاكر يتم حمايتها كنقطة امان ومنها يتم فرار الركاب إلى الطابق الأرضى .

- فى حالة نشوب للحريق فى النفق أو الأرصفة تكون صالة التذاكر هى نقطة الامان وهنا يجب أن يتم تركيب حواجز منع انتشار الحريق/الدخان مابين صالة التذاكر والأرصفة.
- فى حالة نشوب الحريق فى صالة التذاكر يكون الطابق الأرضي هو نقطة الامان.

Normal Operation | During Evacuation | Fire Protection Compartment

الشكل 2-23 الدخان / مخارج للوقاية من الحرائق



الشكل 2- 24 صورة نقطة الامان (نقطة تجمع الركاب) من قبل حماية مخارج

3-4-2 مكان الحريق والدراسة المطلوبة لعملية الإخلاء:

1- مكان الحريق وانصراف الركاب:

من اجل سلامة الراكب فانه يتحتم الأخذ فى الاعتبار هيكل المحطة ومكان الحريق فى دراسة عملية الإخلاء وبناء على مكان الحريق والراكب المستهدف اجلائه.

الجدول 2- 4 موقع الحريق المفترضة والركاب المستهدف إجلائهم

Place of Fire			Target Passenger for Evacuation		
			Train Passenger	Passenger in Station	
		Train Operation		Platform	Concourse
Rolling Stock	Between Station	Impossible to Run and Stop in Tunnel	Yes	No *1	No *1
		Run to next Station	Yes	No *2	No *2
	Station	Stop	Yes	Yes	No *3
Station	KIOSK on Platform		Yes	Yes	No *3
	KIOSK on Concourse		No *4	Yes	No *3
	Station Office and other rooms		No *5	No *5	No *5
Tunnel (cable)		Impossible to Run and Stop in Tunnel	Yes	No *1	No *1
		Run to next Station	No *6	No *6	No *6

ملاحظات:

نعم : دراسة عملية الإخلاء.

لا : عملية الإخلاء مؤقتة للأسباب التالية:

1- سلامة الركاب على الأرصفة وصالة التذاكر تتحقق بالفتحات الخاصة بتهوية النفق.

2- إخلاء الركاب من الرصيف وصالة التذاكر تتم قبل وصول القطار المشتعل.

3- بشكل عام ، عرض السلم بين صالة التذاكر والدور الأرضى اكبر من عرض سلم الرصيف، بالإضافة إلى اخذ زمن إخلاء الركاب من الرصيف فى الاعتبار، عدم إعاقة ركاب صالة التذاكر لعملية إخلاء الركاب من الأرصفة وبالتالى فانه لايتحتم دراسة إخلاء ركاب صالة التذاكر.

4- القطار سيعبر المحطة المشتعلة.

5- الغرف التى سيمكث فيها الناس لوقت طويل يتم حمايتها بحواجز (مقصورات)انتشار الحريق/ الدخان.

6- الدخان داخل النفق يتم التخلص منه بواسطة تهوية النفق . وبهذا تصبح سلامة الركاب مؤكدة.

2- موقع الحريق الدراسة المطلوبة لعملية الإخلاء:

بالإضافة إلى استهداف الركاب المذكورين فى الجدول 2-4 حالات الحريق التى تتطلب دراسة زمن الإخلاء يتم سردها فى جدول 2-5 مع الأخذ فى الاعتبار خصائص الحريق (حريق عادى أو متعمد) بعض الحالات ذات خصائص متشابهه وبالتالى بعض دراسات الإخلاء يمكن إلغاؤها أو تغطيتها بدراسة لحالات مماثلة كل حالة من مكان الحريق والراكب المستهدف موضحة وموصوفة فى الشكل

وبالتالي ، 6 حالات (حالة 1 - أ ، ب 2 - ، 3 - أ ، ب 3 - ، 4 - ألف ، 4 - ب) يجب أن تدرس لتأكيد سلامة الركاب في حال نشوب حريق.

الجدول 2 -5 موقع الحريق المفترضة والدراسة المطلوبة

موقع الحريق			النوع المفترض	الركاب المستهدف اخلاؤهم	مسار الاخلاء		دراسة لزمن الاخلاء	ملاحظات
					الخطوات	المكان		
الوحدات المتحركة	فى المسافة بين المحطات	استحالة الهروب والتوقف فى النفق	ا- حريق طبيعى ب- حريق متعمد	ركاب القطار	1	من الوحدات المتحركة	غير ضرورى	حالة 5
					2	للنفق		
					3	للرصيف		
					4	للممرات (موقع آمن)		
					5	لمستوى الارض		
		الاسراع الى المحطة التالية	ا- حريق طبيعى *1 ب- حريق متعمد	ركاب القطار	1	من الوحدات المتحركة	ضرورى	حالة 1
					2	من مستوى الرصيف		
					3	للممرات (موقع آمن)		
					4	لمستوى الارض		
	فى المحطة	التوقف	ا- حريق طبيعى *3 ب- حريق متعمد	ركاب القطار و الركاب على الرصيف	1	من الوحدات المتحركة	ضرورى	حالة 2
					2	من مستوى الرصيف		
					3	للممرات (موقع آمن)		
					4	لمستوى الارض		
المحطة	كشك على الرصيف		ا- حريق طبيعى ب- حريق متعمد	ركاب القطار و الركاب على الرصيف	1	من مستوى الرصيف	ضرورى	حالة 3
					2	للممرات (موقع آمن)		
					3	لمستوى الارض		
	كشك فى الممرات		ا- حريق طبيعى ب- حريق متعمد	الركاب على الرصيف	1	من مستوى الرصيف	ضرورى	حالة 4
					2	للممرات (موقع آمن)		
					3	لمستوى الارض		
النفق	بين المحطات	استحالة الهروب والتوقف فى النفق	حريق كابلات	ركاب القطار	1	من الوحدات المتحركة	غير ضرورى	حالة 5
					2	للنفق		
					3	للرصيف		
					4	للممرات (موقع آمن)		
					5	لمستوى الارض		

الملاحظات :

ضرورى: زمن إخلاء الركاب يجب أن يتم دراسته وتقييمه.

غير ضرورى : يفترض أن ارتفاع طبقات الدخان سيظل من مستوى معين نظرا لوجود نظام تهوية ومسار الإخلاء مؤمن.

* 1 : ومن المفترض أن يتم الانتهاء من إخلاء الركاب من الرصيف بمساعدة العاملين بالمحطة قبل وصول القطار المشتعل فى حالة الحريق العادى.

* 2 : الراكب المستهدف من الدراسة هو الراكب بداخل القطار فقط لان الركاب الموجودون بالأرصفة قد تم إخلاؤهم قبل وصول القطار المشتعل وبالتالى هذه الحالة موجودة بالحالة رقم 4 (حريق متعمد للقطار فى المحطة). دراسة هذه الحالة ليس مطلوبا.

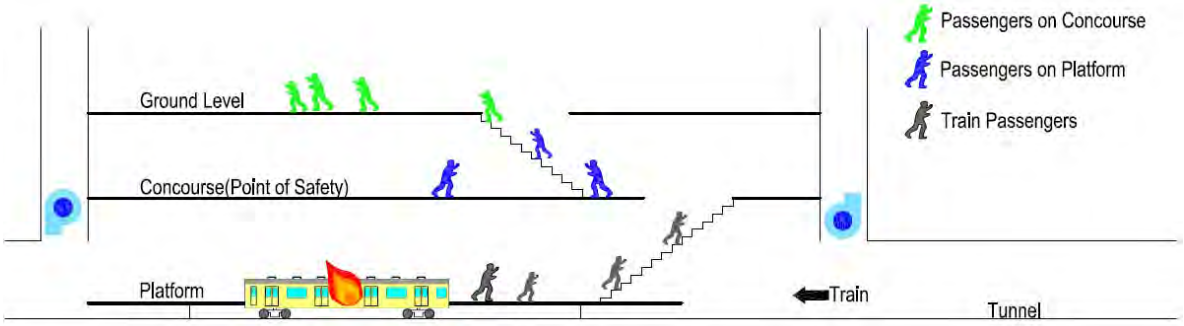
* 3 : الحريق العادي للقطار فى المحطة مماثل لحالة رقم (1) وتسيير القطار المشتعل إلى المحطة مع الأخذ فى الاعتبار خصائص الحريق وزمن الركاب من على الرصيف عندما يتم رصد الحريق وهكذا ليس مطلوبا دراسة هذه الحالة.

*4 : هذه الحالة موجودة فى الحالة رقم "2".

الحالة (1) الحريق ينشب فى القطار داخل النفق:

الحريق يحدث فى عربة القطار فى داخل النفق ويتم تسييره إلى المحطة التالية، إخلاء الركاب من الرصيف يتم الانتهاء منه عند وصول القطار المشتعل، وفى حالة حريق متعمد باستخدام الوقود فهو مماثل للحالة 2-ب وفى هذه الدراسة يتم حذفها.

ملاحظات	دراسة الإخلاء	الركاب المراد إخلائهم	حمل الحريق		المكان			
					الفرار إلي المحطة الأخري	مابين المحطات	الوحدات المتحركة	الحالة رقم (1)
من المفترض أن تكتمل عملية اخلاء الركاب من على الرصيف بمساعدة وارشاد العاملين بالمحطة قبل وصول القطار المشتعل	مطلوب	ركاب القطار	حريق عادي	a				
المستهدفون هم ركاب القطار فقط و يتم التعامل كمافى حالة رقم 2 - b	غير مطلوب	ركاب القطار	حريق عن عمد	b				



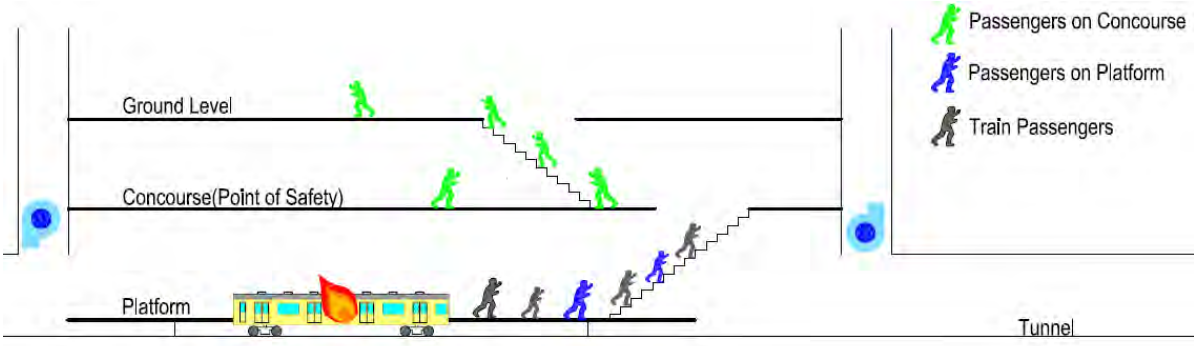
المصدر : فريق الدراسة التابع لجايكا

شكل 2 – 25 الحريق العادي بعربات القطار بالنفق ووالهروب إلي المحطة

الحالة (2) الحريق بالقطار داخل المحطة:

فى حالة حريق عادى بالقطار داخل المحطة يتم إخلاء الركاب من على الرصيف قبل الركاب من داخل القطار حيث أن الحريق العادى يكون ضئيلا فى البداية هكذا هذه الحالة ينم حذفها وتغطيتها بالحالة 1-أ.

	المكان			حمل الحريق		الركاب المراد إخلائهم	دراسة الإخلاء	ملاحظات
الحالة رقم (2)	الوحدات المتحركة	المحطة	الوقوف بالمحطة	a	حريق عادي	ركاب القطار	غير مطلوب	إخلاء الركاب من علي الرصيف مبكراً لأن الحريق العادي يكون صغير في بدايته ويمكن معالجته كما بالحالة رقم a (1)
				b	حريق عن عمد	ركاب القطار و المتواجدين علي الرصيف	مطلوب	



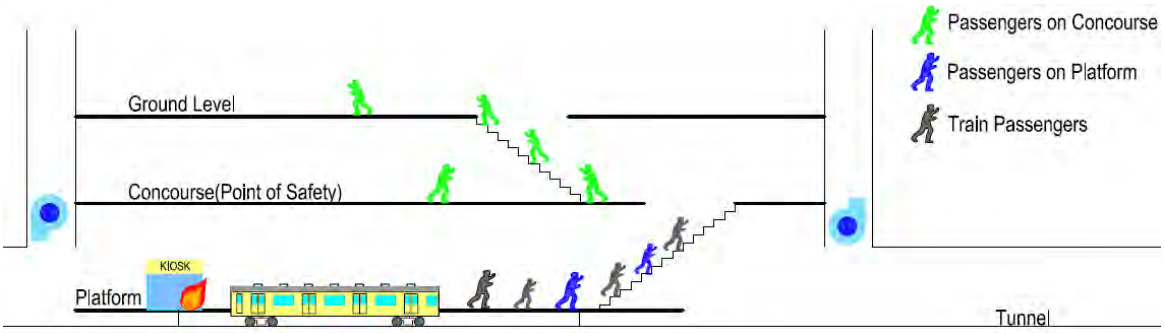
المصدر : فريق الدراسة التابع لجايكا

شكل 2 – 26 الحريق عن عمد بالوقود في عربات القطار بالمحطة

ج- الحالة (3) الحريق بكشك فى الرصيف:

دراسة زمن الإخلاء مطلوبة فى حالتى وجود الركاب المستهدفين فى القطار وعلى الرصيف.

	المكان	حمل الحريق		الركاب المراد إخلائهم	دراسة الإخلاء	ملاحظات
الحالة رقم (3)	رصيف المترو	a	حريق عادي	ركاب القطار و المتواجدين علي الرصيف	مطلوب	
		b	حريق عن عمدا	ركاب القطار و المتواجدين علي الرصيف	مطلوب	



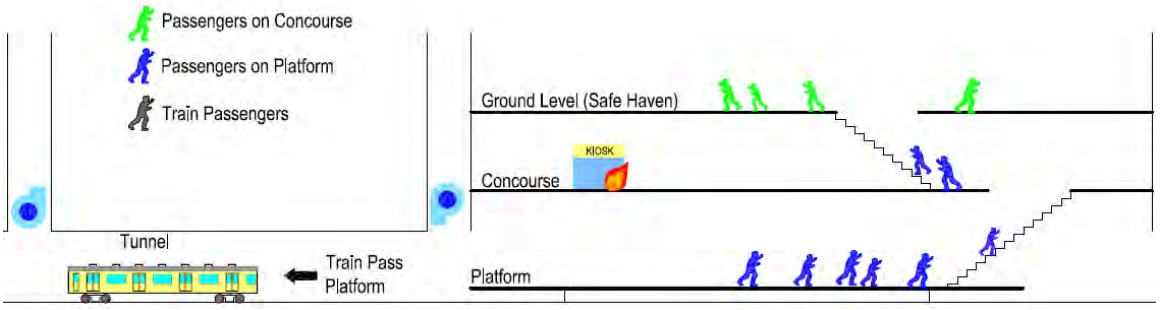
المصدر : فريق الدراسة التابع لجايكا

شكل 2 -26 الحريق العادي والحريق عن عمد بالأكشاك علي رصيف المترو

د- الحالة (4) الحريق بكشك فى صالة التذاكر:

فى حالة نشوب حريق فى صالة التذاكر يتم إخطار سائق القطار بواسطة مدير التشغيل حيث يتم مرور القطار بالمحطة بدون توقف وبالتالى ليس مطلوبا دراسة عملية الإخلاء لركاب القطار.

	المكان	حمل الحريق		الركاب المراد إخلائهم	دراسة الإخلاء	ملاحظات
الحالة رقم (4)	التجمع	1	حريق عادي	الركاب برصيف المترو	مطلوب	تخطى القطار للرصيف
		2	حريق عن عمد	الركاب برصيف المترو	مطلوب	تخطى القطار للرصيف



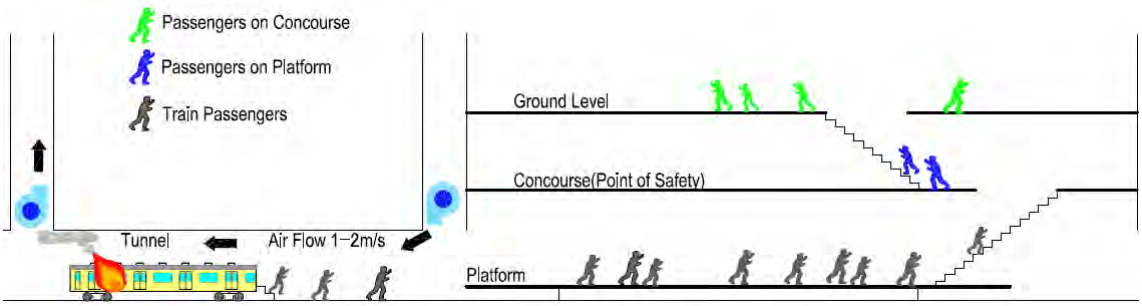
المصدر : فريق الدراسة التابع لجايكا

شكل 2 – 28 الحريق العادي والحريق عن عمد بالأكشاك في منطقة تجمع الركاب

هـ- حالة (5) حريق داخل النفق:

فى حالة توقف القطار المشتعل داخل النفق فان الركاب المستهدف اجلاؤهم بالدراسة هم ركاب القطار فقط ومن المفترض أن ارتفاع طبقات الدخان ستظل عند منسوب معين بواسطة نظام التهوية ومسار الإخلاء يكون مؤمنا (انظر عملية التهوية) وبالتالى دراسة زمن الإخلاء ليس مطلوب خلفية ودراسة دخان العادم داخل النفق يتم شرحها فى الفصل القادم.

	المكان	حمل الحريق		الركاب المراد إخلائهم	دراسة الإخلاء	ملاحظات
الحالة رقم (5)	النفق	a	حريق عادي	ركاب القطار	غير مطلوب	من المفترض أن يتم الإحتفاظ بارتفاع طبقات الدخان في مستوي معين بواسطة نظام التهوية لتأمين مكان اخلاء الركاب
		b	حريق عن عمد			
		c	إحتراق الكابلات			



المصدر : فريق الدراسة التابع لجايكا

شكل 2 – 29 الحريق العادي والحريق عن عمد في الوحدات المتحركة والتوقف بالنفق

5-2 حمل الحريق وتقييم الدخان

تتأثر عملية الإخلاء بانتشار الدخان وبالتالى سلامة الركاب فى حالة الحريق يتم تقييمها بحالة الدخان داخل المحطة فى الوقت المفترض أن يتم إتمام عملية الإخلاء فيه.

كمرجع لتقييم سلامة الركاب – المواصفات اليابانية لعملية الحساب موضحة كالتالى، تقييم سلامة الركاب سوف يتم لكل محطة على حدة فى مرحلة التصميم.

(1) تصميم حمل الحريق وتقييم طريقة الإخلاء.

الحريق المفترض فى القطار والمحطة (محل صغير أو كشك) يمكن تعريفة بأنه حريق عادى أو حريق متعمد باستخدام وقود وبالتالى أربعة حالات لمصدر الحريق يتم افتراضها للتقييم.

كمية الوقود فى حالة الحريق المتعمد 4 لتر مع الأخذ فى الاعتبار أمثلة الحريق المتعمد Dague مترو، كوريا الجنوبية فى عام 2003، تقييم الإخلاء قد تم دراسته بناءا على المبدأ الأساسى وهو أن الراكب يتمكن من الفرار إلى مكان آمن ....تصميم حمل الحريق كالتالى:

جدول 2 -6 شكل الحريق

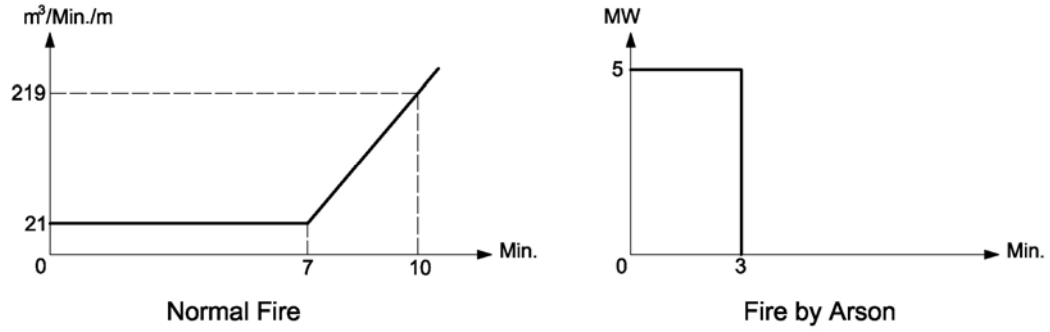
Assumed Fire	Type	Origin of Fire
Normal Fire	Rolling Stock	Fire from under floor of Rolling Stock
	KIOSK	Arson by Lighter
Fire by Arson	Rolling Stock	Arson equivalent to 4 litter gasoline
	KIOSK	Arson equivalent to 4 litter gasoline

المصدر : وزارة الاراضى والبنية التحتية والنقل والسياحة (MLIT)- واليابان

جدول 2 -7 نموذج لحمل الحريق بعربات القطار

Item	Assumed Fire	
	Normal Fire	Fire by Arson
Parameter of Fire Load	Smoke Speed C (m^3/min./m)	Fire Power Q (MW)
Fire Model	C=21 (m^3/min./m), 0≤t≤7min. =21+66(t-7) (m^3/min./m), 7<min.	Q=5 (MW), 0≤t≤3min. =0 (MW), 3<t

المصدر : MLIT



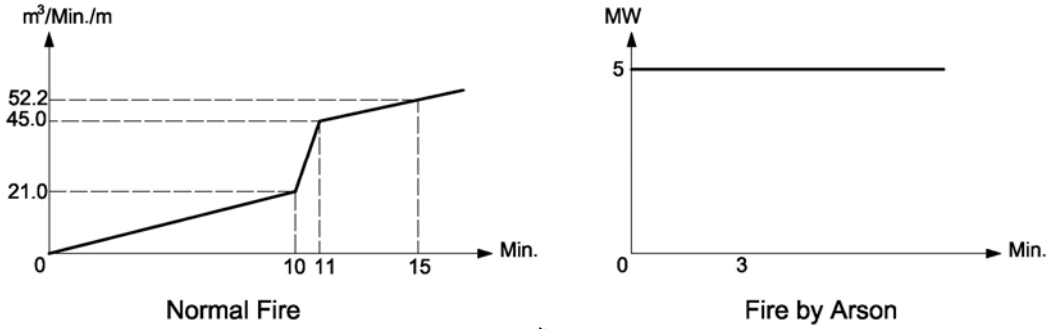
المصدر : MLIT

شكل 2 -30 نموذج لحمل الحريق بعربات القطار

جدول 2 – 8 نموذج لحمل الحريق بالأكشاك

Item	Assumed Fire	
	Normal Fire	Fire by Arson
Parameter of Fire Load	Smoke Speed C (m^3/min./m)	Fire Power Q (MW)
Fire Model	C=2.1 (m^3/min./m), 0≤t≤10min. =24.0t-219 (m^3/min./m), 10<t≤11min =1.8t+25.2 (m^3/min./m),11<t min.	Q=5 (MW)

المصدر : MLIT



المصدر : MLIT

شكل 2- 31 حمل الحريق بالأكشاك

- فى حالة نشوب حريق عادى تقييم الإخلاء يتم دراسته بكثافة الدخان (معامل الانقراض)Cs على الرصيف.
- فى حالة نشوب حريق متعمد، الزمن الخاص بتكثيف الدخان والذى يعوق عملية الإخلاء يتم دراسته.

الرقم المسموح به هو على النحو الأتي:

1) في حالة حدوث حريق عادي على رصيف القطار ، يجب أن تكون كثافة الدخان أقل من أو يساوي 0.1m-1.Cs≤1m-1
2) في حالة حدوث حريق عادي في التجمعات ، يجب أن يكون قوة تخزين الدخان في التجمعات ويرمز لها (V) أكبر من كل حجم الدان (VO) حتي يتم أكتمال عملية الأخلاء.

V≥Vo

3) في حالة حدوث الحريق بفعل فاعل، تكون مسافة الأخلاء من أرض الرصيف/ عند شباك التذاكر إلي الطبقة السفلي من طبقات الدخان لابد أن تكون أكثر من m2.0 حتي يتم الأخلاء.

(2) حساب زمن الإخلاء:

من أجل حساب وقت الأخلاء، يتم حساب قائمة الوقت علي النحو الأتي :

T=Q/(NxB)

T: Queue Time (sec), Q: Number of Evacuator (persons),

N: Runoff Coefficient of Crowd (person/m/sec.)

B: Width of Stair (m)

من أجل حساب وقت الأخلاء ، ينبغي تحديد سرعة المشي وتساقط الأشخاص أثناء الحشد. وفقاً للتجربة والخبرة اليابانية، يصنف سرعة المشي في الحشد إلي ثلاث أنواع تم جدولتها في الجدول (2-9). إنه من الصعب تقييم وقت الأخلاء مع تأثير الأشخاص الذين لا يستطيعون التحرك بشكل جيد من تلقاء أنفسهم . ومع ذلك ؛ فان زمن تعطيل حركة الركاب بسبب شكل المحطة او بسبب ماكينات التذاكر هو العامل المسيطر على حساب زمن الاخلاء مقارنة بزمن المشى. اذا اخذنا فى الاعتبار هذه الحالات الثلاث فان الصنف ب هو المستخدم لتقدير زمن الاخلاء.

الجدول 2-9 إحصائيات سرعة المشي والتساقطات حسب نوعية التزاحم

Type		Examples	Moving Ability of Crowd			
			Walking Speed (m/sec.)		Runoff Coefficient (person/m/sec.)	
			Flat area	Stair area	Flat area	Stair area
A	Persons who can not move very well on their own	Injured person, old person, infant, handicap	0.8	0.4	1.3	1.1
B	Ordinary persons who are not familiar with the location and passages of station	Ordinary passenger	1.0	0.5	1.5	1.3
C	Well conditioned persons who are familiar with the geometry of station	Station staffs, shop man, guard man	1.8	0.8	1.8	1.4

المصدر: MLIT

(3) حساب عدد الاشخاص الذين يتم اخلاؤهم:

وفقا للحريق المفترض، يعرف عدد الركاب الذين تم إجلائهم على النحو التالي.
وإذا لم يقع الكشك في منطقة قطع التذاكر، لا يتم أعتبار نار الحادث الموجود بمنطقة حجز التذاكر.

جدول 2 -10 النسبة المئوية للركاب بكل محطى لأكبر ثلاث مناطق لتمركز مترو الأنفاق(طوكيو وأوساكا وناغويا)

أ. رصيف في المنتصف (جزيرة)

نوع الحريق المفترض		كثافة ازدحام الركاب (%)			إجمالي كثافة ازدحام الركاب في (%)	
		الركاب	الركاب بالرصيف		أ	ب
		القطار	أ	ب		
العربات بالقطار	حريق عادي	200	-	-	200	200
	حريق عن عمد	200	75 (150)	125 (200)	275 (350)	325 (400)
الرصيف	حريق عادي	200	75 (150)	125 (200)	275 (350)	325 (400)
	حريق عن عمد	200	75 (150)	125 (200)	275 (350)	325 (400)
صالة قطع التذاكر	حريق عادي	-	75 (150)	125 (200)	75 (150)	125 (200)
	حريق عن عمد	-	75 (150)	125 (200)	75 (150)	125 (200)

ب. رصيف جانبي

نوع الحريق المفترض		كثافة ازدحام الركاب (%)			إجمالي كثافة ازدحام الركاب في (%)	
		الركاب	الركاب بالرصيف		أ	ب
		القطار	أ	ب		
العربات بالقطار	حريق عادي	200	-	-	200	200
	حريق عن عمد	200	50 (100)	100 (200)	250 (300)	300 (350)
الرصيف	حريق عادي	200	50 (100)	100 (200)	250 (300)	300 (350)
	حريق عن عمد	200	50 (100)	100 (200)	250 (300)	300 (350)
صالة قطع التذاكر	حريق عادي	-	50 (100)	100 (200)	50 (100)	100 (150)
	حريق عن عمد	-	50 (100)	100 (200)	50 (100)	100 (150)

المصدر : MLIT

جدول 2 -11 عن أكبر مناطق لتمركز مترو الأنفاق بالمدن الأخري

أ. رصيف في المنتصف (جزيرة)

نوع الحريق المفترض		كثافة ازدحام الركاب (%)			إجمالي كثافة ازدحام الركاب في (%)	
		الركاب	الركاب بالرصيف		أ	ب
		القطار	أ	ب		
العربات بالقطار	حريق عادي	150	60 (115)	-	150	150
	حريق عن عمد	150	60 (115)	95 (150)	210 (265)	245 (300)
الرصيف	حريق عادي	150	60 (115)	95 (150)	210 (265)	245 (300)
	حريق عن عمد	150	60 (115)	95 (150)	210 (265)	245 (300)
صالة قطع التذاكر	حريق عادي	-	60 (115)	95 (150)	60 (115)	95 (150)
	حريق عن عمد	-	60 (115)	95 (150)	60 (115)	95 (150)

ب. رصيف جانبي

نوع الحريق المفترض		كثافة ازدحام الركاب (%)			إجمالي كثافة ازدحام الركاب في (%)	
		الركاب	الركاب بالرصيف		أ	ب
		القطار	أ	ب		
العربات بالقطار	حريق عادي	150	-	-	150	200
	حريق عن عمد	150	40 (75)	75 (115)	190 (225)	225 (265)
الرصيف	حريق عادي	150	40 (75)	75 (115)	190 (225)	225 (265)
	حريق عن عمد	150	40 (75)	75 (115)	190 (225)	225 (265)
صالة قطع التذاكر	حريق عادي	-	40 (75)	75 (115)	40 (75)	75 (115)
	حريق عن عمد	-	40 (75)	75 (115)	40 (75)	75 (115)

المصدر : MLIT

1. (أ) هو محطة القطار حيث البداية. (ب) هو محطة القطار العادية
2. الرقم في قوس يشير رقم محطة طرفية.
3. يتم تعريف المحطة الطرفية علي أنها محطة لها 100000 راكب يوميا.
4. 200 ٪ من الركاب ما يعادل AW3 (9اشخاص لكل متر مربع).

(4) دراسة حريق عادى :

أ) دراسة كثافة الدخان على الرصيف

وتكون كثافة الدخان Cs أقل من أو يساوي 0.1m-1 عند إكمال الإخلاء. وتحسب كثافة الدخان بالمعادلات الأتية وفقاً للحريق المفترض.

1) حريق بعربات القطار

- أ. في حالة أن وقت الإخلاء هو أقل أو يساوي 7 دقائق.

$$Cs = 21 \cdot (1 - e^{-Ve \cdot t / V}) / Ve$$

- ب. في حالة أن وقت الإخلاء يتجاوز 7 دقائق.

$$Cs = (66 \cdot V \cdot e^{-Ve(t-7)/V} - 21 \cdot Ve \cdot e^{-Vet/V} + 66 \cdot Ve \cdot t - 441 \cdot Ve - 66V) / Ve^2$$

2) الحريق بالأكشاك

- أ. في حالة أن وقت الإخلاء أقل من أو يساوي 10 دقائق

$$Cs = 2.1 \cdot (Ve \cdot t - V + V \cdot e^{-Ve \cdot t / V}) / Ve^2$$

- ب. في حالة أن وقت الإخلاء يتجاوز 10 دقائق و أقل من أو يساوي 11 دقائق.

$$Cs = ((24 \cdot V - 21 \cdot Ve) \cdot e^{-Ve \cdot (t-10)/V} + 24 \cdot Ve \cdot t - 198 \cdot Ve - 26.1 \cdot V + 2.1 \cdot V \cdot e^{-10 \cdot Ve / V}) / Ve^2$$

- ج. في حالة أن وقت الإخلاء يتجاوز 11 دقيقة

$$Cs = ((1.8 \cdot V - 45 \cdot Ve) \cdot e^{-Ve \cdot (t-11)/V} + 1.8 \cdot Ve \cdot t + 91.2 \cdot Ve - 27.9 \cdot V + 2.1 \cdot V \cdot e^{-10 \cdot Ve / V} + (24 \cdot V - 21 \cdot Ve) \cdot e^{-Ve / V}) / Ve^2$$

Cs: كثافة الدخان (m-1)

V: حجم كتلة النار على النقطة (m3)

t: وقت الإخلاء (min.)

Ve: حجم تسهيلات التهوية لكل كتلة الحريق على نقطة (m3)

إذا كانت الأكشاك غير موجودة علي الرصيف ، يتم أعتبار وقت الإخلاء(t) وكثافة الدخان(Cs) علي أعتبارها "صفر"

3) حجم الاغلاق مكان الحريق

في حالة حدوث حريق في العربات، تكون نقطة الاغلاق هى الجزء الأكثر كثافة بالدخان في الرصيف حيث انتشر الدخان.

ويتم تعريف حجم الاغلاق مكان الحريق علي النحو الأتي

- يتم اخذ مساحة مقطعية لانتشار الدخان كما بالشكل 2-32. اذا لم يكن شكل الرصيف ثابت فان مساحة المقطع تكون بناء على شكل 2-32
- ب. المساحة المقطعية لانتشار الدخان هى المساحة المظللة بالشكل 2-32 ويطرح منها مساحة العربة

- ج. طول مكان الاغلاق 20 مترا (ليكون فعال).
- يتم حساب حجم المكان المغلق علي النحو التالى :

V= (Ao-Av) x 20

Ao= (Va-Vm)/L

V: حجم كتلة النار علي النقطة (m3)

Ao: حجم كتلة النار علي النقطة في منطقة المرور (m2)

Av: منطقة المرور بعربات القطار تشمل المنطقة الواقعة أسفل الأرض (m2)

Va: أجمالي حجم رصيف القطار للطول الفعلي (m3)

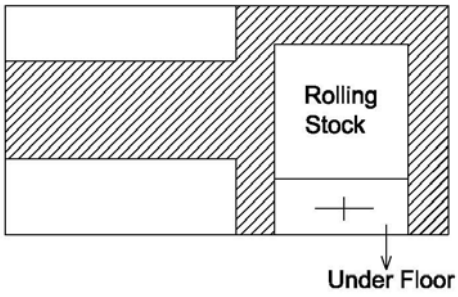
Vm: حجم المكان،حتي بالأعمدة ، السلالم، الخ ، حيث لا ينتشر الدخان

L: الطول الفعلي لرصيف القطار (m)

4) الحد الأدنى لصرف الدخان

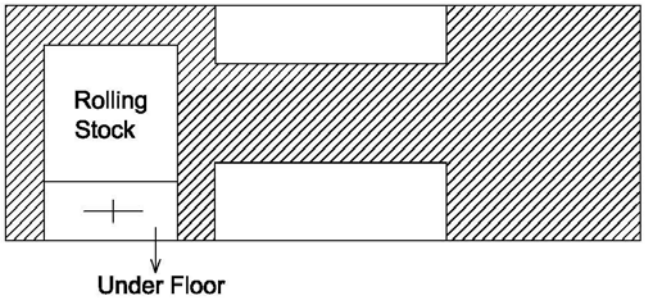
على رصيف المحطة ،يجب تركيب اجهزة التخلص من الدخان بقدرة 5000 م3 / ساعة على الاقل فى مكان الاغلاق.

(أ) رصيف واحد جانبي:



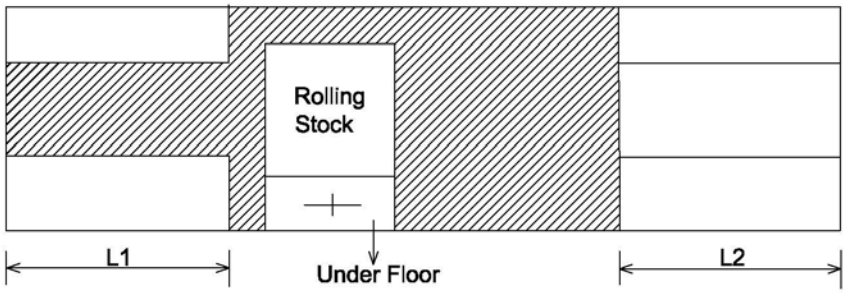
إنتشار الدخان في كل القسم

(ب) رصيف جانبي (رصيف علي شكل جزيرة)



ينتشر دخان إلى الرصيف المجاور وخط السكة الحديد عن طريق تصاعد الدخان بسبب الحرارة.

(ج) رصيف جانبي



في حالة توقف القطار المشتعل على الرصيف 1، فان الدخان لن ينتشر كثيرا للرصيف 3 نظرا لانخفاض سقف الرصيف 2 عن رصيف السكة. لذا فان المنطقة المظللة باعلى الشكل يمكن استخدامها لدراسة الحالات الاشد.

هناك حالتان يتوقف فيهما القطار المشتعل على الرصيف 1 او الرصيف 2، تتم الدراسة على اساس الرصيف الاصغر او الحالة الاشد.

مثال: اذا كان ل 1< ل2 فان الدراسة تتم على ل1 للرصيف 1 ، والمساحة المقطعية المظللة بالشكل عاليه

شكل 2-32 المساحة المقطعية للحجم المغلق بمنطقة الحريق

ب) دراسة حجم الدخان بصالات حجز التذاكر حتى اتمام الاخلاء (اذا كانت الصالات مقسمة على جزئين او اكثر فلا تطبق هذه الطريقة)

Total smoke volume on concourse (Vo) is calculated from the following formula with evacuation time “t”. Then, it must be confirmed that the smoke storage volume (V) on concourse is bigger than Vo.

a. In case that the evacuation time is less or equal 10 minutes.

$$Vo = 10.5 \cdot t^2$$

b. In case that the evacuation time exceeds 10 minutes and less or equal 11 minutes.

$$Vo = 120 \cdot t^2 - 2190 \cdot t + 10950$$

c. In case that the evacuation time exceeds 11 minutes.

$$Vo = 9 \cdot t^2 + 252 \cdot t - 2481$$

Vo: Total smoke volume until completion of evacuation (m3)

t: Evacuation time (min.)

Smoke storage volume on concourse (V) is calculated by the following formula.

$$V = V' + t \times Ve'$$

$$V' = (Af - At) \times (H - 2)$$

$$Ve' = Ve \times (H - 2) / H$$

V': Smoke storage volume excluding smoke volume exhausted by smoke exhaust facilities

Ve': Effective smoke exhaust volume (m3/min.)

Af: Area of floor of concourse (m2)

At: Area of the place where smoke does not diffuse, such as column (m2)

H: Height from floor to ceiling of concourse

Ve: Capacity volume of smoke exhaust facility on concourse (m3/min.)

(5) دراسة الحريق المتعمد.

Time (to) for smoke stratification up to 2.0m from the floor is calculated by the following formula. It must be confirmed that to is shorter than evacuation time (t).

1) Fire of rolling stock and KIOSK on platform

$$t_o = V_E / (Vs - Ve')$$

$$V_E = (A_E - A_V') \times L$$

$$Ve' = Ve \times (A_E - Av') / (Ao - Av)$$

If VE-Ve'≤0, to=∞

VE: Effective volume of platform above 2.0m from floor of platform (m3)

Vs: Smoke volume=300 (m3)

Ve': Effective smoke exhaust volume in VE (m3/min.)

AE: Cross section area above 2.0m from floor of platform excluding volume of the place where smoke does not diffuse, such as column, stair, etc. (m2)

Av': Cross section area of rolling stock above 2.0m from floor of platform (m2)

Ve: Capacity volume of smoke exhaust facility on platform (m3/min.)

Ao: Cross section area of block at fire point (m2)

Av: Cross section area of rolling stock including area under floor (m2)

2) Fire in concourse (if concourse is separated into two sections or more, this is not applied.)

$$t_o = V' / (V - Ve')$$

$$V' = (Af - At) \times (H - 2)$$

$$Ve' = Ve \times (H - 2) / H$$

If VE-Ve'≤0, to=∞. If KIOSK is not put in concourse and to become 3 or bigger, to=∞.

V': Smoke storage volume excluding smoke volume exhausted by smoke exhaust facilities

Vs: Smoke volume=300 (m3)

Ve': Effective smoke exhaust volume (m3/min.)

Af: Area of floor of concourse (m2)

At: Area of the place where smoke does not diffuse, such as column (m2)

H: Height from floor to ceiling of concourse

Ve: Capacity volume of smoke exhaust facility on concourse (m3/min.)

(6) القياسات.

فى حالة نتائج دراسة الحريق المتعمد غير مرضية وصعوبة التعامل معها بواسطة وسائل التهوية التدابير التالية يجب اخذها فى الاعتبار:

1- توفير وسيلة هروب جديدة أو توسيع الممرات – السلالم لتقليل زمن الإخلاء.

2- زيادة حجم استيعاب الادخنة.

3- توفير حاجز انتشار الحريق للاكشاك والتى تكون مصدرا لنشوب الحرائق مع تركيب رشاشات مكافحة الحرائق.

4- عدم تثبيت أكشاك.

5- توفير وسائل اخرى لضمان عملية اخلاء للركاب آمنة.

يجرى إعادة الدراسة بعد الاخذ فى الاعتبار التدابير أرقام (1-2-5) فى الاخذ فى الاعتبار التدابير أرقام (3-4) فان إعادة الدراسة يجب أن تتم مع الاخذ فى الاعتبار عدم وجود أكشاك.

الفصل الثالث : تركيب النفق

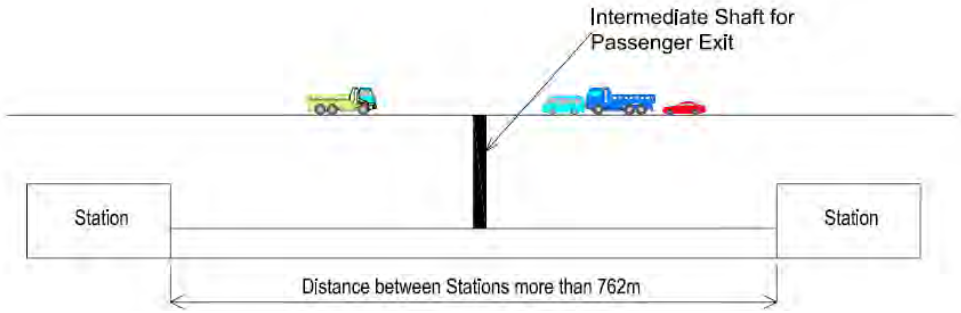
3.1 طول المداخل والممرات العرضية

3-1-1 تاثير NFPA 130 على هيكل النفق:

1- اشتراطات وجود انابيب التهوية والممرات العرضية فى NFPA130:

NFPA130 تشترط أن اقصى مسافة بين المحطات والمداخل هو 762 متر فى حالة أن تكون المسافة اكبر من الحد الاقصى فانه يشترط انشاء انابيب فى المنتصف للإخلاء للوصول إلى سطح الأرض، على مسافات 244م لاخلاء الركاب.

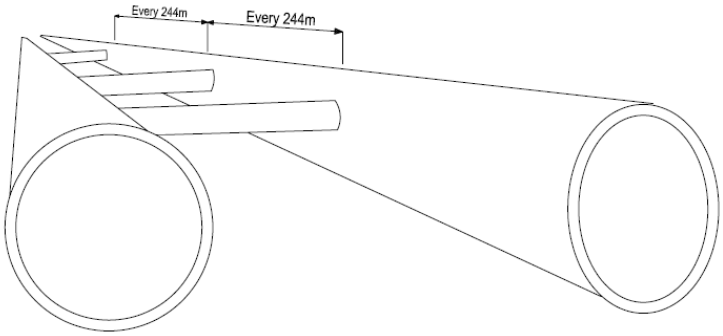
فى حالة تطبيق سكة مفردة على نفقين (STDT) يتم تطبيق نظام التهوية الطولى فى هذه الحالة يكون تأثير كبس الهواء الناتج عن سير القطار فى اتجاه واحد ايجابيا مما يحسن من كفاءة التهوية، غرف التهوية يتم تنفيذها فى نهاية المحطة ولاداعى لانشاء غرف تهوية مابين المحطات، مع الاخذ فى الاعتبار اشغالات الاراضى وتكلفة انشاء الغرف البينية فان انشاء غرف بينية خاصة بعملية الإخلاء فقط سيتكلف كثيرا وعليه فانه لاداعى لانشاؤها إلا فى حالة أن تكون المسافة بين المحطات كبيرة.

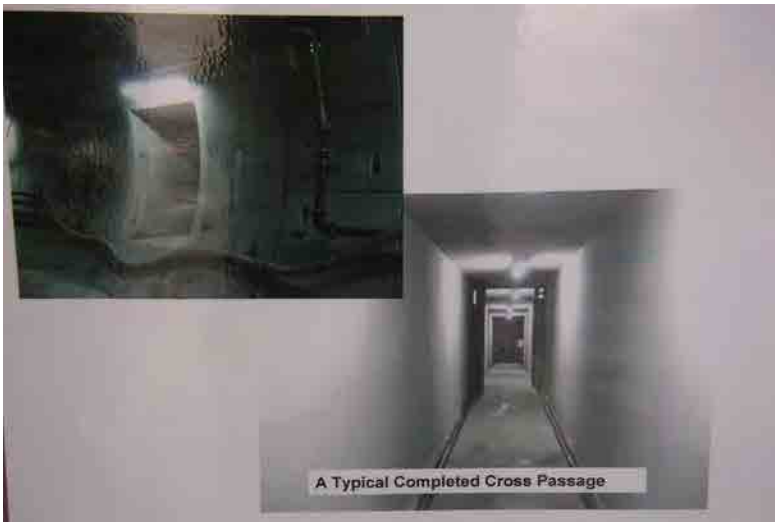


المصدر : فريق الدراسة التابع لجايكا

شكل 3 -1 المطلوب البينية التحنية لإخلاء الركاب فى NFPA130

NFPA130 يشترط انشاء ممرات عرضية على مسافات 244 متر فى حالة أن تكون المسافة بين المحطات اكبر من 762 متر ولايوجد اى انابيب فى المنتصف، صورة الممرات العرضية بين النفقين فى الشكل رقم (2) من اجل تنفيذ الممرات العرضية فانه يلزم القطع فى قطاعات النفق الرئيسى مع حفر فى التربة وتنفيذ الممر العرضى مما يزيد من تكلفة النفق ويطيل من مدة التنفيذ.





المصدر : فريق الدراسة التابع لجايكا

شكل 2 3- صورة (سنغافورة)، وصورة من الممرات لمرور الركاب بين المحطات

أ) الممرات العرضية فى المترو بدول اخرى:

يتم تنفيذ الممرات العرضية فى المدن والدول التى تطبق NFPA130 بصرامة (مثل الولايات المتحدة الأمريكية والهند والسنغافورا)

خطوط المترو فى 17 مدينة اوروبية تم دراستها اخذا فى الاعتبار استخدام الممرات العرضية واقصى مسافة بين المحطات فى تقرير الحرائق داخل الانفاق (FIT) موضحا فى جدول رقم 3-1 علما بأنه لايوجد ممرات عرضية فى خطوط المترو الرئيسية فى اوروبا وروسيا حيث انه غير متعارف عليها فى المدن الاوروبية.

الجدول 3 -1 استخدام الممرات عبر مترو في 17 من مدن أوروبا

City, Country	Cross Passage	Max. Distance between Station/Access
Brussels, Belgium	No	750m
Copenhagen, Denmark	No	600m
Paris, France	No	800m
Rennes, France	No	600m
Helsinki, Finland	No	-
Prague, Czeck Rep.	No	2140m
Milan, Italy	No	-
Stockholm, Sweden	No	-
Hamburg, Germany	No	1000m
Berlin, Germany	No	1700m
Munich, Germany	No	1717m
Rotterdam, Netherlands	No	-
Lisborn,Portugal	No	1300m
Barcelona, Spain	No	800m
Madrid, Spain	No	1000m
Vienna, Austria	No	600m
Moscow, Russia	No	600m
London, UK	No	-
USA (NFPA130)	244m if station/access exceeds 762m	762m

المصدر : حريق في نفق (FIT) التقرير الفني 2005

فى اليابان أيضا استخدام الممرات العرضية غير متعارف عليها فانه يوجد 13 خط فى طوكيو إلا انه لم يتم تنفيذ اى ممرات عرضية... فى بعض الاحيان قد تم تنفيذ الغرف البينية بغرض التهوية وذلك عند تطبيق نظام السكة المزدوجة فى نفق واحد (DTST) علما بان المسافة البينية بين المحطات (قياسا من منتصف المحطة) تقريبا واحد كيلوا متر أو اقل وفى باقى الـ 10 مدن اليابانية فلا يوجد ممرات عرضية بغرض الإخلاء.

ب) الممرات العرضية فى انفاق السيارات:

الممرات العرضية يتم تنفيذها فى انفاق السيارات الطويلة أو انفاق السيارات فى المدن المزدحمة وذلك لضمان سلامة مستخدمى انفاق فى حالة الحريق.

فى كثير من المدن العالمية كذلك الاوروبية واليابانية فانه تشترط فى الممرات العرضية كشرط متعارف عليه وكما تم شرحه فى الجزء السابق (حادث حريق) فى نفق سيارات فان حادث الحريق فى نفق السيارات يكون فى الغالب بسبب تصادم السيارات وتوقف السيارات عند نقطة نشوب الحريق ومن الصعب الهروب من النفق باستخدام السيارات ويلزم على مستخدمى النفق الهروب إلى نفق الإخلاء أو نفق موازي عن طريق الممرات العرضية.

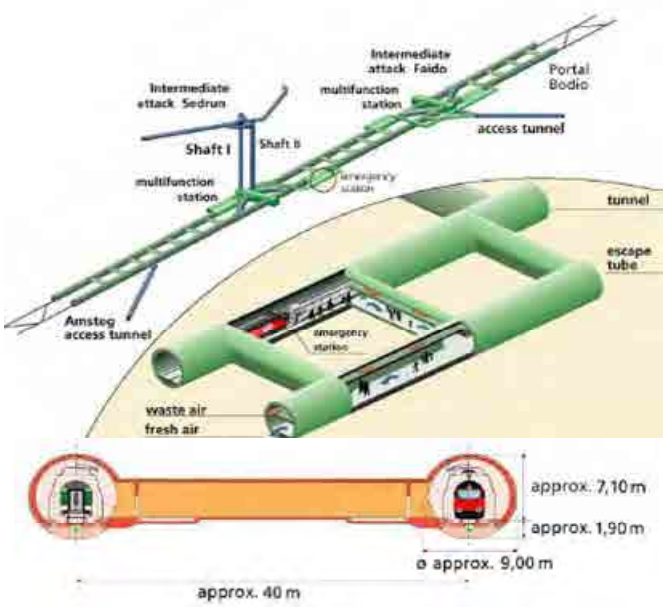
تنفيذ الممرات العرضية فى انفاق السيارات الطويلة أو الانفاق فى المدن المزدحمة عامل اساسى لانقاذ حياه مستخدمى الانفاق.

ج) الممرات العرضية فى انفاق السكك الحديدية الطويلة:

فى كثير من الاحيان يتم تنفيذ الممرات العرضية فى انفاق السكك الحديدية الطويلة فيما بين المدن، الممرات العرضية يتم اللجوء إليها للاسباب التالية:

- قطارات البضاعة التى تحمل مواد قابلة للاشتعال غالبا ماتستخدم هذه الانفاق.
- فى بعض الاحيان يكون النفق طويل جدا وهناك استحالة أن يسير القطار إلى خارج النفق ويتوقف بداخله.

لذلك فان هناك العديد من الممارسات والخبرات السابقة لممرات عرضية تم تنفيذها فى انفاق السكك الحديدية الطويلة، كمثال نفق قاعدة جوتهارد بطول 57 كم والجارى تنفيذه حاليا فى سويسرا والموضح بالشكل رقم 3-3 ، كذلك فان الممرات العرضية فى انفاق السكك الحديدية الطويلة تلعب دورا هاما فى تنفيس الهواء المضغوط بداخل النفق.



المصدر : AFTES المؤتمر الدولي 2005

شكل 3 -3 مرور الركاب بالنفق الحديدي الطويل

3-1-2 اعتبارات الاحتياج إلى الممرات العرضية فى مترو انفاق القاهرة الكبرى الخط الرابع:

الممرات العرضية تستخدم غالبا فى انفاق السيارات الطويلة وانفاق السكك الحديدية الطويلة واسباب استخدامها واضح تماما كما تم شرحه، من جهة اخرى فان استخدام فى الممرات العرضية فى انفاق المترو نادر الحدوث إلا فى حالة أن يكون NFPA130 مطبق بحزم والسبب الرئيسى فى عدم استخدام الممرات العرضية فى خطوط المترو بالعديد من المدن والبلدان كما يلى:

- المسافة بين محطات المترو تكون تقريبا 1 كم أو اقل والزمن المستغرق بين المحطات يكون 2 دقيقة أو اقل والمبدأ الرئيسى فى تشغيل المترو اثناء الحريق هو تسيير القطار إلى رصيف المحطة التالية وبالتالى فان احتمال توقف القطار فى منتصف النفق نادر الحدوث بخلاف ماقد يحدث فى انفاق السيارات وانفاق السكك الحديدية الطويلة.
- المترو يستخدم فى نقل المسافرين والركاب فقط، قطارات البضائع التى تنقل مواد قابلة للاشتعال غير مسموح لها السير داخل انفاق المترو.
- كما تم شرحة فى الفقرة السابقة فان المواد المستخدمة فى تصنيع عربات المترو والمحطات يجب أن تكون مواد غير قابلة للاشتعال وهكذا فان حمل الحريق الخاص بالمترو اقل نسبيا من مثيله فى انفاق السيارات أو انفاق السكك الحديدية الطويلة والتى تحتوى على وقود أو مواد قابلة للاشتعال.
- المترو يتم قيادته بواسطة قائد مدرب كما أن عملية التشغيل يتم التحكم فيها بواسطة نقطة تحكم مركزية (CCP) من ناحية اخرى لااحد يتحكم فى قيادة السيارات داخل انفاق السيارات. وبالتالى فان نسبة حدوث الحريق فى انفاق المترو اقل كثيرا من انفاق السيارات .
- من النقاط السابقة فان المواصفات اليابانية لاتشترط انشاء الممرات العرضية.

وبالتالى فانه مترو انفاق القاهرة - الخط الرابع لايقترح انشاء الممرات العرضية حيث انها تزيد من تكلفة المشروع ومدة التنفيذ كما انها لن تحسن عملية السلامة للركاب كثيرا.

فى حالة أن تكون المسافة بين المحطات كبيرة جدا يؤخذ فى الاعتبار دراسة انشاء غرف بينية لاخلاء الركاب ودخول رجال الاطفاء.

الفصل الرابع : تشغيل التهوية

1.4 عملية التهوية في حالة حدوث حريق

4-1-1 سحب الدخان من على الأرصفة وصالات ماكينات التذاكر يتم بواسطة مروحة التهوية الحد الادنى للمراوح هو 5000 M3 / ساعة عن اى نقطة فى حالة الحريق (فى 20م طولية) وذلك على رصيف المحطة.

المصدر : مكتب محافظة طوكيو (متروبوليتان للمواصلات)

شكل 4 -1 عادم الهواء برصيف المترو

4-1-2 سحب الدخان فى مكتب المحطة والغرف االاخرى حيث يبقى موظفى المحطة لفترة طويلة فى مكتب المحطة وغرف اخرى حيث يضطر الموظفين أو غيرهم من الاشخاص البقاء لفترة طويلة حيث يتم تركيب مرافق سحب دخان العادم ويتم تشغيلها تلقائيا عند فتح مراوح الدخان فى هذه الغرف قدرة الحد الأدنى من المراوح هو 120 m3/min.

1- دخان وسيتم تشغيل مراوح سحب الدخان تلقائيا اذا تم فتح قناة التهوية.

2- قدرة سحب دخان الحريق يكون 120 m3/min أو أعلى .

3- بالاضافة إلى ذلك فان قدرة سحب الدخان فى حدود حواجز الدخان تكون 1م3/دقيقة من المتر المسطح من الأرضية.

4- اذا كانت قدرات سحب الدخان يستخدمة فى قطاعين أو اكثر من قطاعات الدخان فانه يتم تصميم اجهزة سحب الدخان على اقصى مساحة ارضية من قطاع الدخان..

وفى هذه الحالة فان القدرة تكون 2م3/دقيقة من المتر المسطح من الأرضية.

3-1-4 انظمة سحب الدخان فى النفق:

يتم تطبيق نظام التهوية الطولية فى النفق فى حالة استخدام سكة مفردة فى نفقين مزدوجين.

فى حالة وجود حريق فى عربات المترو أو فى كابل وتوقف القطار فى داخل النفق ... ويتم سحب الدخان فى الاتجاه الطولى.

طبقا لتجارب الحريق فى النفق والتى كانت تحدث فى الاغلب بانفاق طرق سيارات باليابان ... فانه من المعروف أن الحريق زاد بزيادة الاكسجين لو بدا الحريق بسرعة هواء 4-5 م/ثانية أو اسرع.

وفى حالة تدافع دخان بالهواء بسرعة 2-3م/ث فان الدخان سوف يتم سحبة بدون رجوع للدخان.

بناءا على ذلك تكون سرعة الهواء من/ث فى حالة الحريق وذلك لانظمة التهوية.

وبناءا على التوصيات التى بدات فى انفاق الطرق فانه تم تطبيق نفس السرعة فى نظم تهوية انفاق المترو. بعد ذلك قامت شركات تشغيل المترو بعمل تجارب على اساس حالة الحريق البسيطة فى نظم المترو والتى تعتمد اساسا على خامات غير قابلة للاشتعال وذلك بالمقارنة لحالات الحريق الكبير فى انفاق الطرق.

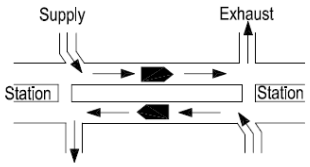
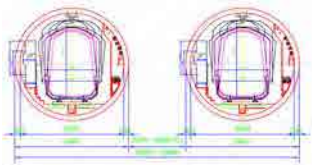
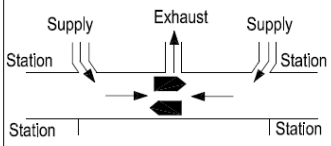
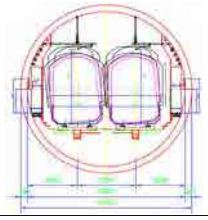
بعد تلك المراجعة من عمل العديد من القياسات قامت شركات تشغيل المترو وبخفض السرعة المطلوبة من 2.00م/ث إلى 1.00 م2/ث وذلك وللاسباب التالية:

- حجم حمل الحريق لانظمة المترو اقل من ه فى انفاق الطرق.
- أن سرعة الهواء فى النفق على اساس 1.00م/ث هى سرعة كافية لسحب الدخان من عربات المترو وتوفير بيئة سليمة للإخلاء من النفق.
- كذلك من الناحية الاقتصادية يتم توفير تكلفة هذه المهمات.

انه طبقا للقواعد واسس التصميم لشركات تشغيل المترو فى اليابان فان انظمة التهوية فى النفق يكون لها القدرة لاخراج سرعة طولية 1.0م – 2.0م/ث لتوفير بيئة آمنة للإخلاء فى حالة الحريق.

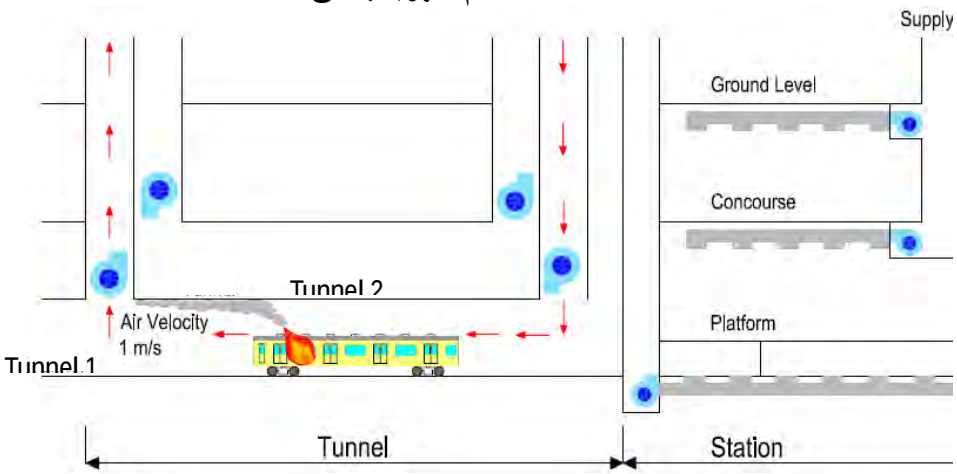
انه من اسس الإخلاء من القطار هو التحرك إلى المحطة التالية فى اتجاه عكس سحب الدخان.

وعلى اى الاحوال فان البيئة الامنة للإخلاء يتم تاكيدها حتى لو كان الإخلاء فى اتجاه سحب الدخان.

Ventilation System	Schematic Layout	Cross Section
Longitudinal Ventilation		
Concentrated Exhaust in the middle of Tunnel		

المصدر : فريق الدراسة التابع لجايكا

شكل 4 -2 نظام التهوية بالنفق



المصدر : فريق الدراسة التابع لجايكا

شكل 4 -2 عادم الهواء بالنفق

المصدر : خط ناكوما وخط رينكاي

شكل 4 -4 مروحة الطرد المركزية لتوية النفق

المصدر : مكتب مواصلات مدينة سنداي- اليابان

شكل 4 -5 مجري العادم بالنفق

الفصل الخامس : المهمات والمعدات :

5.1 المهمات والمعدات لإدارة الحريق

5-1-1 مهمات ومعدات الطوارئ:

يتم تركيب مهمات ومعدات الطوارئ فى المحطة لمراقبة ومتابعة الحريق وارشاد الركاب ومكافحة الحريق أن من اكبر المهمات والمعدات للطوارئ هى التى يمكن بيانها كالتالى:

1) مهمات الانذار:

أ- انذار الحريق الاتوماتيكى (اجهزة استشعار الحريق):

انذار الحريق الاتوماتيكى وحساسات الحريق يتم تركيبها فى مكاتب المحطة وغرفة محطة الكهرباء والثانية فى غرف توزيع الكهرباء وغرف الماكينات والمحلات وخلافه كهرباء الطوارئ والتى يتم توليدها من المولدات والبطاريات يتم توصيلها إلى مهمات الانذار.

البيانات والمعلومات التى يتم تجميعها من مهمات الانذار يتم تحويلها إلى غرفة التحكم فى الطوارئ.

المصدر : MLIT

شكل 5 -1 كاشف النار (الشمال : نوع الدخان، اليمين : نوع الحرارة)

ب- التليفونات وازرار الانذار:

فى حالة الاحساس بالحريق سواء من الركاب أو من موظفى محطة المترو فان المعلومات يمكن نقلها إلى غرفة التحكم فى الطوارئ من خلال تليفون أو من خلال زر انذار Push button alarm حيث يتم تركيب هذه المهمات فى الأماكن المناسبة.

المصدر : خط رينكاي – اليابان

شكل 5 -2 التليفونات وازرار الانذار

ج- الشبكات التليفونية المغلقة CCTV:

أن شبكة الأجهزة التليفزيونية CCTV ليس من المعتاد تركيبها فى المحطة طبقا للمواصفات اليابانية ... على اى حال فهى مصدر لمتابعة الحريق فى المرحلة المبكرة وكذلك فانه يتم الاستفادة منها فى مراقبة الحوادث الاخرى.

أن الشبكات التلفزيونية باليابان يتم تركيبها لامان الركاب وهى كذلك يتم توزيعها لتحقيق مستوى رؤية عاليه سواء فى النقاط البعيدة أو على الأرصفة أو دور شبكات التذاكر والسلالم والمداخل والمخارج بها.. وعليه فانه يوصى بتركيبها فى الأماكن ذات الفائدة العالية بمحطات المترو بالمشروع.

المصدر : خط رينكاي – اليابان

شكل 5 -3 الشبكات التليفونية المغلقة

2) مهمات واجهزة الاتصالات:

أن مهمات الاتصالات يجب تركيبها فى غرفة التحكم فى الطوارئ وذلك للاتصال بادارة الاطفاء Fire Department كذلك الشركة ومركز التحكم والتشغيل وبعض الأماكن فى المحطة واطراف الأرصفة.

أن نظام الاستدعاء الالى يجب تركيبه على الأرصفة ودور شبابيك التذاكر والممرات ... والتى يمكن التحكم فيها من غرفة التحكم فى الطوارئ.

بعض انظمة الاتصالات اللاسلكية يجب تركيبها أيضا داخل المحطة.... أن اجهزة الاتصال والتى تتصل بمركز التشغيل والتحكم يجب تركب داخل النفق على مسافات 250 متر أو اقل.

أ – اجهزة ونظم الاتصال:

حتى يمكن الاتصال بكل من مركز الاطفاء ومراكز الشركة ومركز التشغيل والتحكم والاماكن الاخرى فى المحطة فانه يجب تركيب التليفونات الخارجية والداخلية والتليفونات الآمرة فى غرفة التحكم فى الطوارئ.

ب- نظام النداء العام:

وهو يستخدم لتوفير المعلومات للركاب داخل المحطة كذلك التوجيه لهم فى حالة الإخلاء فى حالة الحريق وهو يجب أن يركب فى داخل غرفة التحكم بالطوارئ داخل المحطة.

المصدر : خط رينكاي – اليابان

شكل رقم 5 -4 اجهزة ونظم الاتصال و نظام النداء العام

ج- انظمة الاتصال اللاسلكية:

من اجل مساعدة رجال الاطفاء فان الأجهزة اللاسلكية يجب تركيبها داخل النفق وهى تتكون من وصلة مركزية وكابل غير محورى Coarial وموزع Leaky Coarial Cable وايريال.

د- نظام الاتصال داخل النفق:

أن التليفونات على جانب السكة يجب تركيبه على جانبى السكة على مسافات 250متر أو اقل.

المصدر : فريق الدراسة التابع لجايكا

شكل 5 -5 نظام الاتصال داخل النفق

4) دليل الإخلاء :

أن ممرات الإخلاء هى على الاقل فى اتجاهين من الرصيف إلى سطح الأرض يجب ايضاحها فى المحطة ... هذان الممران يجب أن يكونوا منفصلين وليسو متقاطعين ... وهى المهمات بجب توريدها وتركيبها فى المحطة.

- ممرات الإخلاء (اتجاهين).
- انارة طوارئ.
- انارة التوجيه بالخروج ولافتات ارشادية.

اضافة لذلك يتم توريد المهمات التالية:

- انارة طوارئ فى النفق.
- انارة للتوجيه بالخروج ولافتات ارشادية بالنفق.

أ) ممرات الإخلاء (فى الاتجاهين):

يجب توفير ممرات للإخلاء بالمحطة من الرصيف وحتى سطح الأرض وذلك على الاقل فى اتجاهين منفصلين وليسوا متقاطعين... وانه من المستحسن أن تكون هذه المخارج من طرفى رصيف المحطة.

وفى حالة صعوبة وجوده على طرفى رصيف المحطة فانه يجب وضعهم فى حدود 50 متر من طرفى المحطة ... وفى حالة وجود أكشاك للبيع فى الرصيف فانه لايجب وضعها بين طرف الرصيف ومدخل ممرات الهروب . أن عرض ممر الهروب يجب أن لايقل عن 1.50متر.

ولو أن هذا العرض المطلوب غير متوافر .. فان عرض درابزين السلم يمكن استخدامة ضمن ممر الإخلاء والهروب... السلالم الحلزونية يجب أن لاتؤخذ فى الاعتبار حيث أن الجزء الداخلى من السلم ضيق وغير كافى .. كذلك فان السلالم الكهربائية لايجب أن تعمل لاسفل حتى لو تم توفير العروض الكافية لاخلاء الركاب لو كانت السلالم الكهربائية لها فائدة لمنع الانزلاق فان عرض السلم الكهربائى الذى يتحرك ويعمل فى اتجاه الإخلاء فانه يمكن حسابها ضمن ممرا الإخلاء والهروب.

كذلك فانه لايتم حساب المصاعد ضمن حجم الإخلاء المطلوب بسبب وجود إمكانية حدوث مخاطرة من عطل وبالتالى حبس الركاب به.

ب) اضواء الطوارئ على ممرات الإخلاء:

فى حالة حدوث الحريق فانه هناك امانية لانقطاع الكهرباء ولذلك فان كهرباء الطوارئ يجب توافرها لانارة الطوارئ على جانبى ممر الهروب ... وان شدة الاستضاءة على الأرض يجب أن لاتقل عن واحد لكس (1- Lux).

ج) انارة الارشاد للخروج ولافتات التوجيه للخروج والاخلاء ... أن انارة الارشاد للخروج يجب أن توضح مكان الخروج واتجاه الإخلاء ... ويجب تعليقها باللون الاخضر وتوضع بالاماكن حيث يمكن للركاب مشاهدتها بسهولة....كذلك يجب توفير وتركيب كهرباء للطوارئ من البطاريات.

شكل 5 -6 اضواء الطوارئ على ممرات الإخلاء

د) اضاءة الطوارئ فى النفق:

فى حالة حدوث حريق فى قطار فان من اسس ومبادئ التشغيل هو تحريك القطار وقيادته إلى رصيف المحطة التالية.

وان كان هناك مخاطرة من إمكانية توقف القطار فى النفق فان انارة الطوارئ فى النفق تكون مطلوبة للارشاد فى توجيه عملية الإخلاء ومثلها فى المحطة ويجب فصلها عن التيار الكهربائى بتشغيل القطار وعلى أن تكون شدة اضاءة الطوارئ فى النفق (1-Lux).

هـ) اتجاه ومسافة اللافتات الارشادية بالنفق:

حتى يمكن تحديد الاتجاه فى النفق للإخلاء فان المسافة بين اللافتة الارشادية والاخرى يجب انم يكون فى حدود 100 متر أو اقل وعلى أن تكون فى حدود انارة الطوارئ وعلى ارتفاع منخفض قدرة 1.50متر ... يرجع إلى شكل رقم (Figure 5-7).

المصدر : فريق الدراسة التابع لجايكا

شكل 5 -7 مثال لاتجاه ومسافة اللافتات الارشادية

4 – التحكم فى الدخان:

أ) اجهزة ومعدات التحكم فى الدخان:

كما تم ايضاحة فى القسم السابق فان مراوح التهوية تستخدم لسحب الدخان ... وعليه فان كهرباء الطوارئ يجب توصيلها على مراوح سحب الدخان.

ب) ستائر الدخان:

حتى يمكن حماية عملية اخلاء الركاب ودور شبابيك التذاكر على اعتباره نقطة آمنة فانه يجب تركيب ستاشر دخان بين الرصيف ودور شبابيك التذاكر لو كان النوع المستخدم هو من نوع الحاجز (Fire Protection Compartment) ... فان اسلوب تشغيله سوف يتم ايضاحة فيما يلى:

حتى يمكن حصار الدخان ومنه من الانتشار فان ستائر الدخان يجب تركيبها بين الرصيف والسكة وعلى حدود السلالم الثابتة والمتحركة طبقا للمتطلبات.

كذلك لو كان تركيب حاجز الدخان من الصعب نظرا لتعارضات انشائية ... فانه يكتفى بوجود ستارة دخان ثابتة على حدود السلالم الثابتة والمتحركة ارتفاعها فى حدود 50سم

المصدر : مكتب مواصلات مدينة أوساكا - اليابان

شكل 5 -8 ستائر الدخان

5- حواجز الحماية من الحريق:

أ- حواجز الحماية من الحريق:

فى حالة اتصال المحطة باى من خط ركاب اخر أو سوق تجارى أسفل سطح الأرض فان حاجز الحماية من الحريق هو حاجز بباب سواء مفصلى أو منزلق ... أو لو كان حاجز حماية يجب تركيبه عند حدود الاتصال... أن حاجز الحماية من الحريق يجب أن يتوقف تلقائيا لو حدث انه ارتطم باحد اثناء الانزلاق للاغلاق وذلك لمنع زحام الافراد .

المصدر : MLIT

شكل 5 -9 حواجز الحماية من الحريق (شكل الشاشات) مع الأبواب

ب- تشغيل حاجز الحماية من الحريق:

أن محددات الحماية من الحريق (نوع الانزلاق) يجب تركيبها عند حدود السلالم الثابتة والمتحركة بين الرصيف ودور شبابيك التذاكر حاجز الحريق المنزلق يجب يغلق اتوماتيكيا وهو على ارتفاع 2.00 متر من منسوب الأرض وذلك طبقا لتوجيهات ومؤشرات والحساسات وخطوات تشغيله هو كالتالى:

1) حاجز الحماية من الحريق يبدأ من الانغلاق من حساسات الحريق اتوماتيكيا أو عن طريق افراد طاقم تشغيل المحطة ... وحتى ارتفاع 2.0متر.

2) بعد استكمال الإخلاء للركاب يتم غرق حاجز الحريق سواء من العاملين بالمحطة أو من غرفة التحكم فى الطوارئ.

المصدر : مكتب مواصلات مدينة أوساكا - اليابان

شكل رقم 5 -11 مخارج للحماية من الحرائق

6- وسائل مكافحة الحريق:

أ) طفايات الحريق:

طفايات الحريق سوف تستخدم ابتداءا ومن الممكن استخدامها من الجميع (ركاب وعاملين بالمحطة) وهى سهولة الحمل وعلى توزع بشكل مناسب فى داخل المحطة ويتبع فى مواصفات طفايات الحريق والقانون والمواصفات المصرية.

ب) دواليب الحريق وخراطيم المياه:

وهى من ادوات مكافحة الحريق الاولية حتى يصل رجال الاطفاء .... ويتم تركيبها فى المحطة طبقا للشروط والمواصفات المصرية وبالتنسيق مع ادارة الدفاع المدنى ورجال الاطفاء فى المحافظة.

المصدر : خط رينكاي – اليابان

شكل رقم 5 – 11 مثال لحنفية النار الداخلية

ج) نظام رشاشات المياه الاتوماتيكى:

انه من المفترض فى غرفة ناظر المحطة أو تلك الغرف التى يبقى فيها الموظفين أو الركاب لفترات طويلة أن يتم تركيب نظام الرشاشات الالى..

على رصيف المحطة وفى دور شبابيك التذاكر فان المواد القابلة للاشتعال قليلة كذلك فانه ليس هناك ضرورة لتركيب هذا النظام كذلك فى غرف التشغيل والماكينات خوفا من تدمير المهمات الالكترونية بها. وان كان من المفضل تركيب نظم الاطفاء التلقائى باستخدام الغازات فى غرف التحكم والكهرباء.

أن سعة الرشاشات يجب أن لاتقل عن 1.60م3/لكل رشاش وهى تعادل 80 لترء20 دقيقة.

الطلمبات والمهمات الاخرى للرشاشات يجب أن توضع فى مكان محاط بمواد غير قابلة للاشتعال ويتم توصيل كهرباء الطوارئ للنظام.

د) نظام الرشاشات التلقائى (مواسير جافة تضخ بطلمبة حريق) ... هذا النظام مماثل للنظام السابق وان كان الفارق هو عدم وجود خزان مياه أو طلمبات أو نظام اتوماتيكى للتشغيل.

أن توصيل المياه يكون من خلال خراطيم الحريق والوصلات السيزيامية (مصادر مياه) وهو نظام احتياطى للرشاشات الاوتوماتيكية.

هـ) طفايات الغاز أو المواد الكيماوية الجافة ... وهذا النظام يوصى به فى غرف التحكم والكهرباء وغرف الماكينات لعدم مناسبة انظمة المكافحة بالطفايات المعتادة أو المياه.

و) وصلات الحريق ووصلات مواسير المياه (المواسير الجافة والوصلات السنازمية):

أن مخارج خراطيم المياه والوصلات السيازمية يتم استخدامها من قبل رجال الاطفاء .... حيث توضع وصلات الحريق على الأرصفة ومنسوب شبابيك التذاكر والممرات . حيث تكون المسافة الافقية للحركة بين اى نقطة للحريق ووصلات مياه الحريق لايتعدى 50 متر ويتبع فى ذلك وباقى التفاصيل المواصفات المصرية ومتطلبات الدفاع المدنى ... وتوضع الوصلات السيزيامية (مصدر مياه) على الطريق.

المصدر : اليابانMLIT

الشكل 5 -12 مثال من لمصادر المياه في المحطة (شمال) واتصال مصادر الماء في الطابق الأرضي (يمين)

ز) وصلات خراطيم الحريق ومواسير المياه (الوصلة السيزيامية) فى النفق:

هذه الوصلات السيازمية يتم وضعها فى النفق وذلك فى حالة حدوث حريق بالقطار وانه يقف داخل النفق وفى حالة أن المسافة بين المحطتين أعلى من 500متر يتم تركيب هذا النظام بالنفق على مسافة 500 مرت أو اقل مع وضع الخراطيم بالقرب من الوصلة.

المصدر : مكتب مواصلات مدينة سينداي – اليابان

الشكل 5 -13 مثال لإتصال مصادر الماء بالنفق

ح) مصدر المياه وخزان المياه بالمحطة:

انه من المهم أن يتم توفير مكان للخزان سواء داخل المحطة أو خارجها ويكون توسعة كافية لاعمال مكافحة الحريق طبقا لمتطلبات الدفاع المدنى والمواصفات القياسية المصرية.

7- مصدر كهرباء الطوارئ:

انه من الاشياء المهمة أن يتم توفير مصدر كهربائى لوسائل الانذار والاتصال ومكافحة الحريق والتهوية ... الخ ... فى حالة الحريق أو الحادث.

أن توفير تلك الطاقة الكهربائية عن طريق وحدات الديزل أو البطاريات.

المصدر : خط رينكاي – اليابان

شكل رقم 5 – 14 مولد الطاقة في حالة الطواريء

8- غرفة التحكم فى الطوارئ:

وهى يجب أن تتواجد فى كل محطة أسفل سطح الأرض لتجميع البيانات والمعلومات والاتصال مع وحدة التحكم والتشغيل المركزية Operation Control Center ومركز الاطفاء والمراكز الاخرى المتصلة بالطوارئ كذلك النداء الالى بالافراد والركاب ووسائل التحكم والمراقبة بالدفاع المدنى.

ببعض المحطات يجب توظيف عدد من العاملين بها فى وحدة التحكم فى الطوارئ فى اى وقت اثناء ساعات التشغيل.

المصدر : خط رينكاي – اليابان

شكل رقم 5- 15 مثال لشكل غرفة الطواريء بالمحطة

9- وسائل اخرى متنوعة:

أ) خزان الهواء:

خزان الهواء ووسائل التنفس يتم استخدامها عن طريق العاملين بالمحطة للتوجيه وارشاد رجال الاطفاء واخلاء وانقاذ الركاب – خزان الهواء يتم تركيبه احتياطيا بشكل دائم بعدد اكبر من عدد العاملين بالمحطة الذين سوف يقوموا بتوجيه رجال الاطفاء وانقاذ الركاب.

المصدر : اليابانMLIT

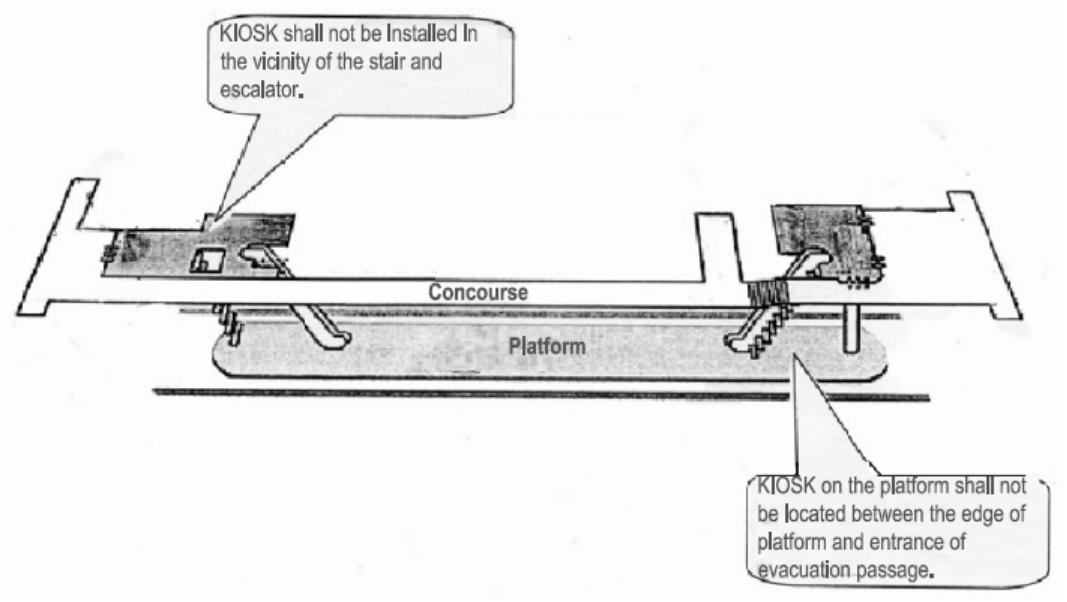
شكل 5- 16 شكل خزاني الهواء لموظفي المحطة

ب) التهوية فى غرفة الكهرباء:

نظام التهوية يتم تركيبه فى غرفة الكهرباء وذلك بشكل مبدئى.

ج) الأماكن الممنوعة لاقامة الأكشاك:

حتى يمكن توفير اخلاء آمن للركاب فان لايجب بناء أية أكشاك فى محيط المنطقة بين السلالم (الكهربائية والثابتة) ونهاية الأرصفة وذلك حيث انه يعد من العوائق فى تلك الحالة التى تعيق الحركة فى ممرات الإخلاء والهروب .



المصدر : اليابانMLIT

شكل 5 -17 الأماكن الممنوع وضع الاكشاك بها

د) بريزة الطوارئ:

هذه البريزة يتم تركيبها لتوفير وتسهيل عمل فريق الاطفاء فى مكافحة الحريق . أن المسافة الافقية بين نقطة الحريق وبريزة الطوارئ لايزداد عن 50 متر.

الهيكل والفولت وقدرة الطاقة الكهربائية سوف تكون على اساس المواصفات الاندونيسية وسوف يتم مناقشتها مع ادارة الدفاع المدنى والاطفاء.

المصدر : معمل ياباني

شكل 5 -18 قابس الكهرباء للطواريء

هـ) المسافة بين غرف العاملين بالمحطة وباقى الغرف إلى نقاط الخروج وممرات الإخلاء:

فى حالة الإخلاء فانه من المهم أن يقوم موظفوا المحطة بارشاد الركاب إلى ممرات الهروب ويقوموا هم نفسهم بالهروب.

لذلك فان المسافة بين غرف الموظفين وممرات الخروج يجب أن لاتتعدى 100 متر.

5-1-2 الاتصال بالاسواق التجارية تحت سطح الأرض:

فى حالة وجود اتصال بين محطة مترو أسفل سطح الأرض وبعض الاسواق التجارية التى بها العديد من المحلات والمواد القابلة للاشتعال لذلك فان اسلوب المكافحة للحريق يختلف عن ذلك المقترح بمحطة المترو . وان الحد الفاصل بينهما سوف يتم به وضع حاجز فصل الحريق (Fire Protection Compartment) أن الاسواق التجارية سوف يتم حمايتها بوضع حساسات حريق ورشاشات اتوماتيكية ويطبق قواعد وانظمة امان مختلفة للتامين وادارة مكافحة الحريق.

المصدر : المركز التجاري (ناجويا ساكي) تحت الأرض

شكل 5 – 19 مركز تجاري تحت الأرض