

東京の都市機能を支える東京メトロの防災対策

1927年、浅草―上野間に東洋初の地下鉄が開業。

その歴史は、地下鉄運行に関わる技術の発展史そのものであり、

その時々々の最高レベルの安全を追求してきた安全文化醸成の歴史でもある。

首都圏では近い将来、直下型地震の発生が予測されている。

集中豪雨など異常気象による「都市型水害」も懸念されている。

そうした自然災害にいかに対応し、東京メトロの都市機能を支えていくか。

安全水準の向上に挑み続ける、東京メトロの取り組みを紹介する。

文●福田孝子／撮影●織本知之・加藤有紀／写真提供●東京地下鉄株式会社

東京メトロの危機管理と非常時対応

鉄道の安全安定輸送を支えるあらゆる情報を一括して収集し、総合的かつ効率的な輸送管理業務を遂行する「総合指令所」。地震や雨、風などの予報・情報を24時間管理し、駅や列車、その他の現業に対して迅速・適確な指示を出している。たゆみなく安全を追求する東京メトロの「指令塔」だ。



東京地下鉄株式会社
総合指令所 運輸長

鯉沼克宗
Katsumune KOINUMA

首都交通を支える東京メトロの心臓部

東京メトロは、東京都区部を中心に9路線、195・1kmに及ぶ地下鉄を運営、7路線で他社と相互直通運転を行う首都交通の担い手だ。全179駅を結ぶ長大なネットワークを、1日約644万人が利用する。

その輸送管理体制の心臓部が、総合指令所だ。1996年、列車の運行状況・旅客状況を把握する「運輸指令」、電力系統の維持と運用を行う「電力指令」、車両運用状況を把握する「車両指令」、設備状態の監視を行う「施設指令」を統合、総合指令所として設立された。2007年4月には、利用客への事故・運行情報の提供と社内への情報配信を行う「情報担当」を新設。4指令1担当がワンフロアに配置されている。

「輸送管理に必要な運輸・電力・車両・施設の各種データや気象情報などを各指令間で共有することにより、より正確でリアルタイムな情報・状況を把握することができます」と総合指令所の鯉沼克宗運輸長は話す。

非常時対応の核となるのも、東京メトロの指令塔であるこの総合指令所だ。

東京メトロでは、事故・災害等の規模により、第1種非常体制から第3種非常体制の発令基準を定めている。情報収集・情報提供は、総合指令所に集約。大規模な災害の発生により本社に「対策本部」が設置された場合は、本部と一体となって処置を行い、関係する駅・列車等に指令を出している。

災害時の情報収集・情報伝達の流れ

情報収集システム



- 地震警報装置 (P波・S波を検知)
- 早期地震警報システム (P波を検知)
- エリア地震計システム (S波を検知)



- 気象情報 オンラインシステム
- 水位計・監視カメラ



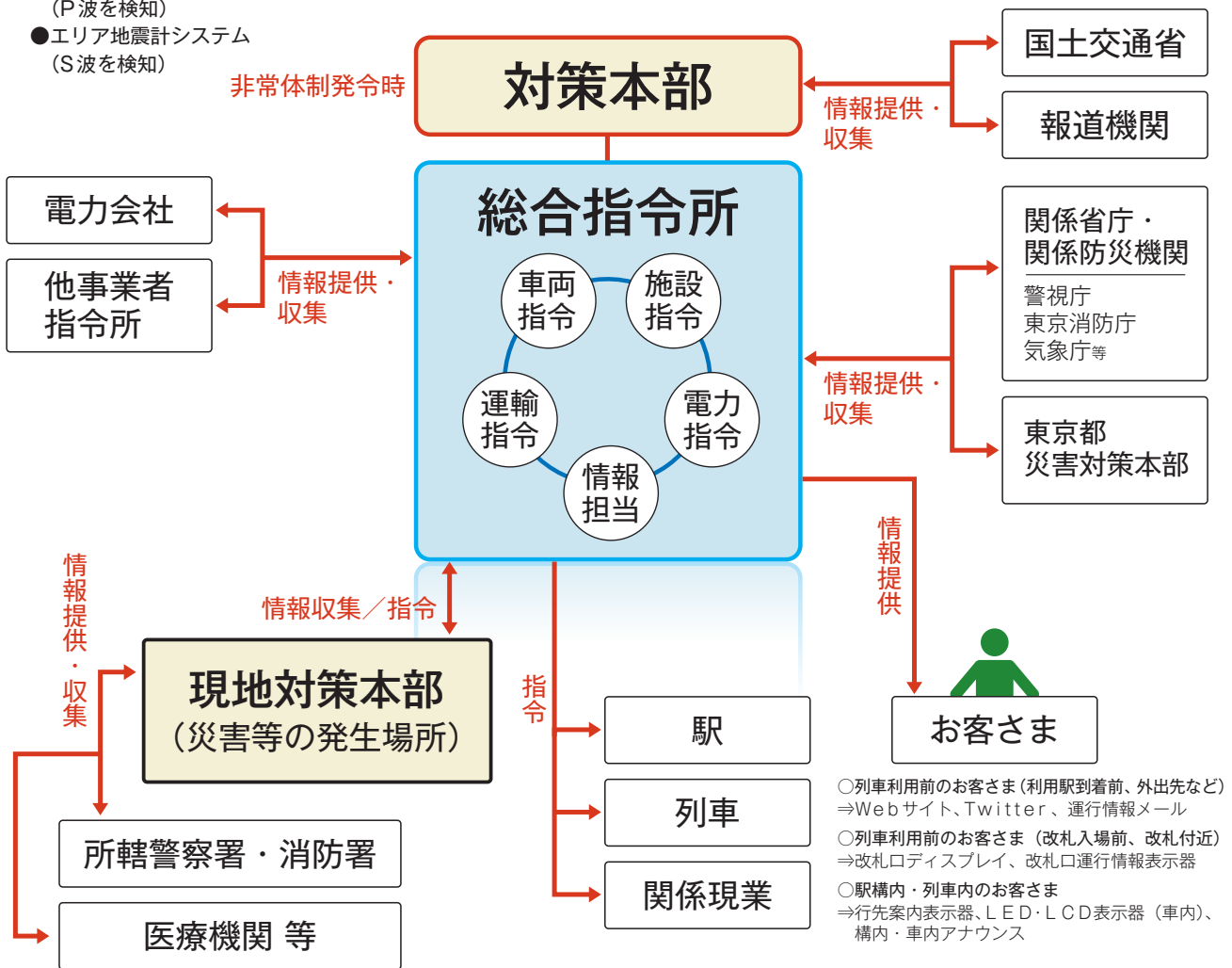
- 風速計
- 竜巻注意情報
- 橋梁監視



- 火災報知器
- 熱感知器
- 煙感知器



- セキュリティカメラ



■非常体制の種別と発令基準

	主な発令基準	対策本部長
第1種非常体制	<ul style="list-style-type: none"> ○大規模な災害が発生した場合 ○東海地震注意情報が発表された場合等 	社長
第2種非常体制	<ul style="list-style-type: none"> ○自然災害による大きな被害が発生した場合等 	鉄道本部長または安全・技術部長
第3種非常体制	<ul style="list-style-type: none"> ○異常気象（暴風・大雨・洪水・大雪・高潮・津波）の警報が発令された場合 ○自然災害により被害が発生する恐れがある場合等 	総合指令所長または安全・技術部長

相互直通運転を行っている他事業者の指令所や電力会社、所轄警察署や消防署、医療機関と連携し、迅速な対応処置を行うのも総合指令所の重要な役割だ。さらに大規模災害の発生時には、警視庁、消防庁、気象庁、東京都災害対策本部とのホットラインにより、速やかに情報を伝達する体制が取られている。

2本立ての地震計で安全確保と早期復旧を

何よりも「安全」を最優先する鉄道会社にとって、防災の基本スタンスは列車を「止める」ということだ。乗客を守り、安全確認を進め、その上で早期の復旧と運行再開を目指す。

「地震計については、2本立てで設備を持っていきます。一つは列車停止の基準となる地震警報装置、もう一つは早期復旧と運行再開という観点から設置したエリア

「ア地震計です」（鯉沼運輸長）

東京メトロでは、小石川、深川、行徳、綾瀬、代々木上原、和光の沿線6カ所に地震計を設置している。これは、地震発生時の初期微動（P波）を検知して瞬時に位置や規模、想定される揺れの強さを算出、強い揺れである主要動（S波）を事前に知らせるもの。この自社の設備に加えて、気象庁が発信する緊急地震速報（P波を検知）を活用した早期地震警報システムを併用している。

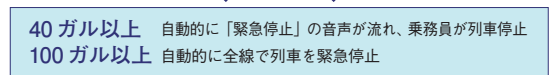
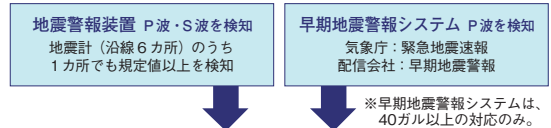
地震が発生すると、総合指令所の情報表示装置に地震警報が表示され、直ちに地震の大きさに応じた列車の運転規制を指令する。40ガル以上であれば、全路線の列車に対して緊急停止の自動音声の流れ、乗務員が列車を停止させる。地震警報装置では、100ガル以上の場合には、自動的に全線の列車を緊急停止させるシステムが採用されている。

地震後に行う

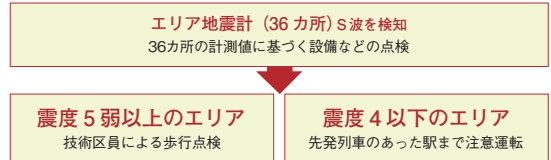
設備の点検は、エリア地震計（S波を検知）の計測値に基づき、基準が定められている。震度5弱以上のエリアは技術区員による歩行点検、震度4以下のエリアは運転士が安全を確認しながら運転する注意運転だ。

■地震による運転規制と点検

運転規制



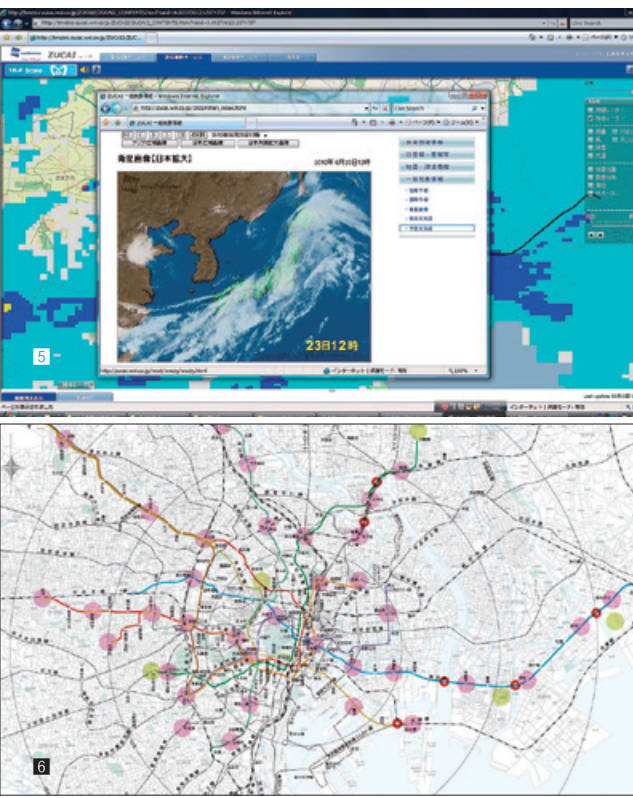
設備点検



※「ガル」とは地振動の加速度により、地震の大きさを表す単位。
 ※「気象庁震度階級の解説」（2009年3月31日）の「ライフライン・インフラ等への影響」の項目によれば、「震度4以上の揺れがあった場合には、鉄道、高速道路などで、安全確認のため、運転見合わせ、速度規制、通行規制が各事業者の判断によって行われる」となっている。ちなみに、震度とガルを厳密に対応させることはできないが、震度4は25〜80ガルに相当する。（2013年4月1日現在の取り扱い）

■風速による運転規制

風速計	運転規制（地上区間）
毎秒25m以上 （東西線は毎秒20m以上）	一時運転見合わせ 駅を通過する列車もいったん駅に停車する
毎秒30m以上 （東西線は毎秒25m以上）	運転休止 必要により列車を安全な場所に回送退避する



1 4指令1担当がワンフロアに配置された総合指令所。各指令の状況が一望できる。2 各指令卓には情報表示装置が並ぶ。3 地上の橋梁部に設置されている風速計。4 総合指令所の風力監視装置。5 精度の高い気象情報を入力する「気象情報オンラインシステム」。6 沿線の地震計・エリア地震計・風速計設置箇所。●地震計（6カ所）●エリア地震計（36カ所）○風速計（6カ所）

「このエリア地震計が設置されるまで、東京メトロでは、全線同一方法による点検を定めていました。しかし、震度5の地震が発生した05年7月の千葉東北西部地震では、全線同一点検を行ったために運行再開まで非常に多くの時間がかかってしまった。これを教訓として、翌年6月より運用を開始したのがエリア地震計です」（鯉沼運輸長）

東京都内全域に広がる東京メトロの路線には、地盤が硬い所もあれば軟弱な所もある。エリア地震計は、こうした地盤の特性を考慮して測定範囲を区切り、36カ所の鉄道構造物に設置されている。

「36カ所の計測値に基づき、エリアごとに必要な点検を確実に行うことで、安全を確保し、早期の運行再開が可能になりました」（鯉沼運輸長）

情報表示装置には、エリア地震計の計測値と、それに基づく点検基準が路線ご

とと区間ごとに色別に表示される。総合指令所は関係部署に指示を出し、安全確認ができた区間から、運行再開の指令を出す。

「実際に、東日本大震災でも、エリア地震計の計測値はエリアによって計測値に大きな開きがありました。さすがに少なかつたのですが、100ガル以下の歩行点検が不要な区間もあつたのです。しかし、ほとんどが100ガル以上を計測したため、全線で歩行点検を行いました」（鯉沼運輸長）

雨・風などの防災にも目を向ける

地中であつて地盤と一緒に揺れる地下鉄は、地震に強いといわれる。反対に、「地下鉄が最も恐れるのは「浸水」だ」と、鯉沼運輸長は言う。ひとたび浸水すれば、短時間で広範囲な地下空間に被害



1

が拡大することが十分考えられるから
だ。
東京メトロの路線は主に地下路線およ
び高架橋で構成され、落石などが心配さ
れる地上部がないため、雨量による運転
規制は設けていない。
しかし、近年、集中豪雨による「都市
型水害」のリスクが高まっている。この
ため、東京メトロでは気象情報オンライ
ンシステムを導入し、暴風・大雨・洪水
などの警報が発令された際には、直ちに
総合指令所長を本部長とする対策本部を
指令所内に設置。第3種非常体制を敷い
て、警戒にあたっている。
過去にたびたび氾濫を起こしてきた神
田川も監視対象だ。東京メトロでは、神
田川・善福寺川近くにある中野車両基
地、同じく神田川に近い御茶ノ水駅の坑
口に水位計と監視カメラを設置。総合指
令所でリアルタイムに確認できる監視映
像で、水位を見守っている。
御茶ノ水坑口、中野車両基地坑口に
は、トンネル内への浸水を遮断する防水
ゲートが設置されている。川の水位に
よって、関係部署に出動準備要請や出動
要請、防水ゲートの閉扉準備などの指令
が出されることになっている。
約8割が地下でありながら、風にも万
全の対策を講じている。地上の橋梁部6
カ所に風速計を設置し、総合指令所で常
時監視。この情報をもとに、風速に応じ
た運転規制の指令を出す。
地上の路線を有する他社ですらほとん
ど例がないが、「過去に東西線の列車が
竜巻によって横転したことを受けて」（鯉

沼運輸長）、気象庁から対象地域に関わ
る竜巻注意情報を受信した場合も運転規
制を指令している。
首都直下型地震などに備えた機能強化
自然災害だけではなく、火災時の情報
収集や駅、列車への指示、ホットライン
による消防庁への通報も総合指令所が
行っている。
「火災時の基本は、発煙している所に
列車を入れないこと。そうした措置は総
合指令所で行います。仮に、列車が入っ
た際にホームで火災が発生していた場合
は、状況に応じて乗務員が駅通過を判断
することにもなっており、そのための訓
練も実施しています」（鯉沼運輸長）
さらに、総合指令所の目は日ごろから
各駅にも注がれている。各駅に設置して
あるセキュリティカメラは駅だけではな
く総合指令所でも見ることができ。例
えば急病人が発生したというようなケー
スには、救護状況を確認しながら、列車
の運行を管理するのだという。
東京メトロの安全安定輸送を担う総合
指令所は総勢約140人。常時33人体制
で24時間休むことなく、首都東京の都市
機能を支えている。
現在、総合指令所の機能強化が進めら
れているところだ。首都直下型地震など
に備えて建物の免震化や非常時電源の長
時間化、通信設備の多重化、浸水対策な
どを実施する予定で、16年度の完成を目
指している。東京の都市機能を支える
「指令塔」が、さらにスケールアップする。

東京メトロの

自然災害対策

2

東京メトロの2013年度から3力年の中期経営計画「東京メトロプラン2015」さらなる安心・成長・挑戦」では、震災対策・大規模浸水対策など自然災害対策を重点施策に置いて推進している。鉄道機能の強化により、さらなる安心を提供していく。

首都直下型地震に備える

早期復旧の観点でさらなる補強工事を

1995年に発生した阪神・淡路大震災は、鉄道にも甚大な被害を与えた。その教訓を踏まえ、東京メトロでは、震災対策の強化にいち早く着手している。

「95年度から、トンネル、高架橋、地上部建物について耐震性を見直し、耐震補強工事を実施してきました。これらの補強工事により、震度7クラスの地震にも耐えられる構造になっています。また、地盤が弱い北千住坑口や南砂町坑口、深川通路線の3カ所については、液状化対策として地盤改良を終えています」と、川上幸一鉄道本部工務部土木課長は説明する。東京メトロが、東日本大震災で運行に支障をきたす被害を受けなかったのは、すでにこの補強工事を完了していたことと無関係ではない。

中期経営計画「東京メトロプラン2015」さらなる安心・成長・挑戦」の重点施策に挙げた震災対策として現在進めているのは、これまで補強の必要はないと判断されていた高架橋柱を対象とした耐震補強工事の実施だ。

「崩壊や崩落の心配はないが、例えば一部でもひび割れなどの損傷が起これば、補修が完了するまで運行再開ができないケースも想定できる。今回の補強工事は、早期運行再開という観点で行う対策です」（川上課長）

高架橋柱の補強は、12年度から着手しており、37億円の予算を投じて15年度までに約1200本の補強を完了させる計画となっている。また、丸ノ内線地上部の石積み擁壁約1800mの補強も今年度に着手し、17年度の完成予定で進めている。

さらに、鉄道総合技術研究所の協力を得て、東京メトロに特化したより精度の高いリスクマップの作成にも取り組んでいる。東京メトロに最も影響を及ぼすであろう巨大地震を想定し、地盤条件など詳細なデータを入力。細かく設定したエリアごとの予想される揺れの大きさと、その場所の構造物の特性を明確にし、さらなる対策（部分補強、資材搬入ルートの確保等）を講じていく方針だ。

維持管理の基本はこまめな検査と補修

一方で、肝心なのは継続的に行う構造物の維持管理だ。東京メトロの構造物の約85%はトンネルで、その65%は開業から30年以上が経過している。「きめ細やかな検査とこまめな補修が基本」と川上課長が言うように、トンネルの定期的な点検とそれに基づく補修工事を、年間を通じて継続的に実施している。

そのベースとなるのが2年ごとに行う通常全般検査だ。ひび割れや漏水など「変状」の有無を確認する。この通常全般検査は検査だけで1路線に約3カ月を



東京地下鉄株式会社
鉄道本部 安全・技術部 防災担当課長

木暮敏昭

Toshiaki KOGURE



東京地下鉄株式会社
鉄道本部 工務部 土木課長

川上幸一

Kouichi KAWAKAMI





1



2



3

1 銀座線を検査する上野検車区。地上部6両編成7本、地下部6両編成13本の留置能力がある。2 耐震補強工事が実施された高架橋。3 丸ノ内線地上部の石積み擁壁。

要し、検査結果に基づき、構築の部分補修工事や止水工事などを実施している。もし、変状が集中している区間があれば、個別に詳細な調査を行い、原因に応じた補修・補強工事を行う。

さらに、20年に1回のサイクルで実施しているのが、より細密な検査を行う特別全般検査だ。1路線に約1年をかけて検査を行うもので、12年度に銀座線の検査を完了し、現在は丸ノ内線の検査を実施している。19年度までに、全9路線の検査を完了させる計画だ。

東京メトロでは、こうした検査で抽出された変状箇所を常に補修し続けることで、トンネルの安全・安定性を高め、長寿命化を図っている。事実、1927年から39年の間に開業した銀座線のトンネルは、今後も補修を適切に行えば100年以上先までも耐えうる強度が確認されたという。

「虫歯と同じです。放っておけばどんどん悪くなる。日ごろの補修をきちんと行えば、劣化を食い止め、長持ちさせることができます」（川上課長）

塩害対策にも取り組んでいる。東京メトロの路線は河川、運河、堀、埋立地などと交差または近接している箇所が約70カ所ある。特に海の潮の干満の影響を受ける河川域の下のトンネルでは、塩分を含んだ水が作用する特有の劣化メカニズムがあることが分かっている。そこで、外部有識者の指導のもと、塩害対策委員会を設置。河川等と交差・近接する全区間を対象に、塩害の詳細な調査と診断に着手している。劣化進行前に計画的に補

修を実施していく方針だ。

維持管理情報のデジタル化・可視化

このような構造物の点検・補修に関する維持管理情報の蓄積も、大切なものとなっている。

これまで、トンネル内のひび割れや漏水などの変状は、作業員が目視し、発生箇所を写真に撮って記録。一つの変状につき1枚の調書を作成し、紙ベースで台帳化してきた。しかし、今後はデータを分析し、将来予測や技術ノウハウの共有化に活かすことを目的に、東京メトロでは、こうした維持管理情報のデジタル化・可視化を進めている。撮影装置を搭載した車をトンネル内に走行させて画像を取得、連続した画像を張り合わせ、全体像とともに個別の変状を識別できる管理図を作成。これに加えて、検査の結果や補修履歴などのデータをシステム化し、記録の正確性・客観性を高めると同時に、データの更新・検索を容易にしている。

「これまでの管理情報は、どちらかと言えば検査結果の記録としての位置付けが強かった。現在進めているのは、経験がものを言う現場の世界で、言うなればベテラン技術者の心や頭の中にあつた知識や経験を誰が見ても分かりやすい形でデータ化・可視化していくことを目指している。暗黙値が形式値に変わり、次の世代に活かされていく。技術の伝承にもつながっていくと思います」（川上課長）

蓄積したデータをいかに活用していくかもポイントだ。統計分析等により、変



1 高所作業車による特別全般検査。2 浅草駅のリベット打ち支柱。浅草-新橋間は「近代化産業遺産」に認定されている。3 利用客への情報提供に活用される改札口ディスプレイ。4 帰宅困難者対策として各駅では水やシートを備蓄している。



状の予測・変状の発生や劣化が、どのような条件と因果関係があるのか等を解明し、補修計画を立てることを目指している。効率的なメンテナンスや予防保全において、データの蓄積が重要なのだ。

東京メトロは、銀座線のような古い構造から副都心線のような新しい構造まで保守している。また、地下という特殊性から、保守時間・空間等のさまざまな制約があり、土木構造物・軌道構造物を一体として効率的かつ効果的に保守する必要がある。軟弱地盤、漏水、急カーブの多さも特徴だ。これらの土木・軌道のデータを蓄積し、検査や修繕の長期計画へ活かすことで、東京メトロの「メンテナンスの質はさらに高いものになるのではないか」

通信環境の向上

と川上課長は話している。

東日本大震災では、地震発生時にいくつかの課題が浮き彫りになった。その一つが、鉄道各社との連絡体制だ。鉄道会社は、相互直通運転をしている事業者間で専用の連絡回線を持っている。震災当日、東京メトロは都営地下鉄と専用電話で連絡の上、大江戸線とともに20

時40分に銀座線の運転を再開した。しかし、京王電鉄への連絡ができていなかったため、渋谷駅で銀座線から京王井の頭線へ乗客が移動した際に京王電鉄で混乱を生じさせた経緯がある。

その反省と国土交通省の「大規模地震発生時における首都圏鉄道の運転再開のあり方に関する協議会」での議論も踏まえ、鉄道事業者間で密に連絡が取れるよう、相互直通運転外の鉄道事業者間にも専用電話を開設、連絡体制を強化している。

さらに、乗客に向けた通信環境の整備も進めている。12年度から全線の地下駅構内、トンネル内で携帯電話の利用が可能となり、13年5月にはWIMAXやWiMAX Speed Wi-Fiなどによる高速インターネット通信環境が整った。もともととはサービス向上が目的だが、災害発生時には情報収集や家族との安否確認などに活用できる。

また、駅においては、改札口ディスプレイを使った自社の運行情報の提供やNHKの非常災害時緊急放送の放映、駅構内一斉放送の活用などにより、利用客に必要な情報を提供する体制を整えた。

東日本大震災で大きな問題となった帰宅困難者対策にもいち早く対応し、東京メトロが管理する全170駅に、約10万人分の飲料水、アルミ製のプランケット、簡易マットを配備。その他、救急用品や簡易トイレおよび携帯用トイレの配備も完了させている。

停電時にも非常用発電機が対応

東日本大震災では、停電や変電所への被害は起きなかったが、鉄道の命ともいえる電源確保の対策はどうなのか。

東京メトロでは62カ所の変電所のうち、54カ所で電力会社から受電してお

り、地震などで一部の受電系統が停電しても、ほかの系統からの供給に切り替え、電車の運行を確保する。

「電力会社からの受電がすべて止まっても、非常用発電機で駅構内やトンネルの非常灯、無線・鉄道電話などの電源は確保できるようになっています」と木暮敏昭鉄道本部安全・技術部防災担当課長は話す。

非常用発電機の稼働時間は4時間を確保している。トンネル内に列車が止まって走行できなくなった場合「駅から救援に駆け付けてトンネル内から地上まで、お客さまを安全に避難・誘導します」ので、それに必要な時間を確保しています。4時間あれば余裕をもって避難したけると判断しています（木暮課長）

停電などで橋梁部に列車が停止せざるを得なかった場合の対策も講じている。

「首都直下型地震が起こったとしたら、橋梁が損傷して列車を動かせなかったり、停電が発生して電気が回復するまで相当時間がかかる可能性があります。それまでお客さまを列車に閉じ込めておくわけにはいきません。橋梁の上を歩いて避難するための設備を整えています」（木暮課長）

橋梁両脇には、点検作業員が歩くための簡易通路がある。その通路まで安全に歩いて渡るため、長大な橋梁の付近に、可動式の歩行板の整備を進めている。

「想定外」という言葉は、もう使えない。近い将来、その発生が予測される首都直下型地震に備えて、東京メトロは企業理念である安全思想のもと、防災・減災の取り組みを日々進展させている。

INTERVIEW COLUMN

非常時用走行バッテリー 実用化に向けた 銀座線1000系の挑戦

1927年、浅草ー上野間で営業を開始した東洋初の地下鉄。当時の最先端技術を取り入れて導入された旧1000形車両は、経済産業省の近代化産業遺産に認定されている。2012年春に導入された銀座線新型車両1000系は、そのDNAを受け継ぐ。そこに注ぎ込まれた現在の最新技術は、防災対策においても力を発揮しそうだ。



東京地下鉄株式会社
鉄道本部 車両部 設計課長

鹿田敬司

Keiji SHIKATA

最寄り駅まで安全に乗客を避難させる

2012年4月に営業運転を開始した銀座線新型車両1000系は、さまざまな話題を呼んだ。1927年の開業当初から親しまれてきた旧1000形を彷彿とさせるレトロなデザイン。車体の小さい銀座線をより広く開放的に感じさせるインテリア。さらに、騒音・振動の少ない新型操舵台車や、従来に比べ消費電力の少ないモータなど最新技術を採用し、1000系開発のコンセプトでもあった「安全性の向上」「省エネ化」「乗り心地の向上」「省メンテナンス化」を実現。鉄道友の会が選定する「2013年ブルーリボン賞」を地下鉄車両として初めて受賞している。

その銀座線1000系で、また新たな挑戦が始まっている。非常時用走行バッテリーの搭載だ。

「震災などの影響により停電が発生した時に、駅間に停止した列車が自力で走行するためのバッテリーです。研究を進め、今年の4月末から5月上旬にかけて初めて走行実験を行いました」と鹿田敬司鉄道本部車両部設計課長は話す。

東京メトロでは、駅間に列車が停止した場合、安全を確認した上で最寄り駅まで走行し、乗客に降りてもらうことを基本としている。東日本大震災の際も、こうした措置が取られた。だが、停電が発生して列車が走行できなくなった場合には、駅員が救援に向かい、乗客の安全を確保した上で、トンネル内を歩いて避難することになる。

「こうした事態を回避し、駅までお客さまを安全にお運びすることを目的に、研究を開始しています」

非常時用走行バッテリーは、通常時、サードレールや架線などの電力供給源から充電し、非常時は車両に電力を供給することで、停電時でも自力走行を可能にする。

「バッテリー容量は13kWh。お客さまを満載した状態で、平坦な場所であれば600mを2回、時速5kmで走行できるという仕様で、走行実験の結果、それを満たしていることが分かりました」



銀座線1000系

銀座線の平均駅間距離は800m。ほとんどの駅間で、最寄り駅まで走行できる。

性能の検証を重ね、実用化を目指す

非常時用走行バッテリーは、リチウム電池を採用したバッテリー部分とそれを充電するための充電装置の二つから成り、重量が800kgある。

「非常に特化したバッテリーなので、通常時はただの荷重になる。非常時に最低限必要な電力を確保できればいいという考えで、6両1編成に一つ、搭載しています」

開発には、重量だけではなくスペース上の制約もあった。東京メトロの一般的な車両が車体長20mなのに対し、銀座線車両は16mと短い。その限られたスペースに必要な機器類をすべて搭載しなければならず、バッテリースペースは緻密な車両設計でようやく確保した。



非常時用走行バッテリー

現在、非常時用走行バッテリーを搭載できるのは1編成のみとなっているが、試験時以外は取り外しをしている。防災・減災の未来を見据えた東京メトロ初の取り組みとして始まったばかりであり、実用化にはまだ幾つかの課題が残る。

「まず第一歩として、想定した走行ができるかどうかを確認できた段階。次のステップは、勾配の検証です。地下鉄路線は勾配が多く、銀座線のすべての勾配をクリアできる能力が必要となります。システム上、これで安全対策は万全なのかも検証しなければなりません。地下という特殊な空間を走っていますから、バッテリーにトラブルがあった際には完全に切り離しができるようにするなど、検討していく必要があります」

銀座線は、新型車両への切り替えが進められており、2016年までには38編成すべてが1000系に置き換わる。

銀座線での実用化に加え、地上側との対策の住み分けを行いながら、他路線への展開も検討されるに違いない。

地下鉄等の浸水状況の時間推移

(想定堤防決壊箇所：荒川右岸低地氾濫)



対策有り



出入口：残10cmまで止水板
坑口部：完全遮水

現状



出入口：高さ1mの止水板
坑口部：なし

東京メトロの主な浸水対策



地下鉄の浸水状況：
 ■ 駅またはトンネルの上端まで水没
 ■ 水深2mを超える
 ■ 水深5cm～2m
 □ 浸水なし

地上の浸水深：
 ■ 1mm以上～0.5m未満
 ■ 0.5m以上～1.0m未満
 ■ 1.0m以上～2.0m未満
 ■ 2.0m以上～5.0m未満
 ■ 5.0m以上～

(内閣府・中央防災会議『大規模水害対策に関する専門調査会報告 首都圏水没～被害軽減のために取るべき対策とは～』2010年4月より)

大規模浸水に備える

水害に強い鉄道を目指して

「ゲリラ豪雨」や「これまでに経験したことのないような大雨」といった言葉をしばしば耳にするようになった。都市部でも、大雨による地面の冠水や地下空間への浸水など、被害が発生している。

長さ173km、流域面積2940km²。古来たびたび氾濫し、東京の下町の人々を苦しめてきた「荒ぶる川」、荒川。現在は、高さ約10mの堤防で守られているが、もしその堤防が決壊したら――。

2010年4月に内閣府の中央防災会議が公表した大規模水害に関する調査報告では、荒川堤防が決壊した場合、その周辺だけではなく、都心部を含む西側の低地の広い範囲でも大きな被害が出るという想定が示された。

また、仮に地下鉄内に大量の水が浸入した場合、トンネルが都市部への導水管となり、被害を拡大させる可能性も指摘されている。地下空間の一部が浸水すると、短時間で浸水が拡大、都心部の機能麻痺など深刻な被害が予想される。

これを受け、東京メトロでは新たな対策の検討に着手、中期経営計画の重点施策に大規模浸水対策を掲げ、さまざまな施策を推進している。

「東京地下鉄道、営団地下鉄の時代から、災害に強い鉄道を目指して整備を進めてきました。その中では、われわれが

実際に被害を受けた経験や他社の事例をもとに、経験工学的に行った対策もありますが、さらに体制を強化するために、大規模浸水に対する備えを進めています」と木暮課長は話す。

従来から整備してきた浸水対策のうち、出入口からの浸水を防ぐ基本となるのが、地下鉄駅出入口口に備えられている高さ35cm×2段(70cm)の止水板だ。出入口口総数936カ所中、浸水の恐れがある550カ所に設置されている。

隅田川以東の地盤の低い地域の地下鉄駅出入口口、13駅50カ所には、止水板に加えて全断面閉鎖型の防水扉を設置している。これによって、出入口からの完全遮水が可能になる。

トンネル内の換気のための路面部につながる換気口も水の侵入経路の一つだ。東京メトロでは、東京地区の過去の最大高潮潮位であるTP(東京湾平均海面)31m以下および浸水の恐れのある換気口には、駅および技術区からの遠隔操作で換気口を閉鎖する浸水防止機をすでに設置している。換気口総数959カ所中、900カ所以上がその対象だ。

「気象庁から大雨、洪水などの警報が出た場合は、総合指令所からの指令により換気口を閉鎖します。局所的な大雨やゲリラ豪雨などについては、駅周辺の状況を注視して、駅の判断で閉鎖します。浸水防止機は雨量を感知し、自動的に閉

COLUMN



過去の水害から学び 被害の未然防止に努める

東京メトロでは、過去に幾度かの水害に見舞われてきた。どのような状況でそれは起こり、そこから得た教訓は何だったのか。二つの例を紹介したい。

1993年8月27日、銀座線赤坂見附～虎ノ門駅間では、溜池山王駅新設のため、大規模なトンネル改良土木工事が行われていた。

14時18分、豪雨のため、路面下11mの掘削現場に、雨水が瞬時に流入。常備の排水ポンプで排水したが、雨量が多いため間に合わず、構内水位は路面下3.6mにまで達した。

このため、新設駅の地下2階部分から雨水がトンネル内に大量に浸入。さらに赤坂見附駅まで流れ込み、地下2階ホーム面上から20cmの水位に達した。東京消防庁などの応援を得て排水を行ったが、排水作業に約14時間を要している。

当時の営団地下鉄ではこの後、出水箇所から速やかに列車を移動させることとしたほか、異常気象時は営業線も建設現場も一同に対処する必要があることから、情報の共有化を徹底させる対策を直ちに取っている。

もうひとつの例は、2004年10月9日、南北線麻布十番駅構内への浸水だ。台風22号による集中豪雨で古川が氾濫し、麻布十番駅3番出入口から雨水が流入。営業が困難となり、同駅を通過扱いとした。その後、レールが冠水して軌道短絡状態となったため、総合指令所では18時23分に全線発車待ちを指令した。

このため、3列車が一時的に駅間に停止することになった。20時1分、全線発車待ちが解除されて運行が再開した。

東京メトロではこの後、管理駅の要注意箇所を図示したハザードマップを作成。雨水の浸水に対しては、止水板の設置など早期対応に努めることとしている。また、局地的な集中豪雨などの把握や早期の情報収集を行うため、気象情報オンラインシステムを導入した。

首都交通を支える東京メトロが安全・安定した機能を果たすためには自然災害への備えが欠かせない。水害後に取られたこうした対策は維持・強化され、被害の未然防止に役立っている。



荒川堤防決壊に備えたさらなる対策

一方、中央防災会議や東京都洪水ハ
鎖する機能を備えています。早期対応
が肝心なので、人の判断による運用が中
心です」(木暮課長)

トンネル入口部分である坑口やトンネル内の防水についても対策が練られている。一部のトンネル内には、トンネル断面を閉鎖する防水ゲートを設置。神田川に面した丸ノ内線坑口の2カ所には水位計と監視カメラを設置し、技術区および総合指令所で監視を行っている。

さらに地盤の低い地域にある坑口についても、東京地区の過去の最大高潮潮位などを参考にして鉄筋コンクリート製の防水壁をつくり、トンネル内への大量浸水を防ぐこととしている。

「荒川堤防の決壊のシミュレーションでは、一部エリアで最大5mを超える水深となっております。既設の浸水防止機が耐えられる水圧は水深2mなので、一部エ
ザードマップの被害想定を受け、さらなる対策を推進している。

200年に1度の発生確率による洪水で荒川の堤防が決壊した場合、ほぼ現状程度の止水対策を施した前提では、地下鉄駅などで最大17路線、97駅、延長約14.7kmが浸水する可能性が指摘されている。堤防決壊箇所によっては、決壊後3時間余で大手町など都心部の地下が浸水するケースがあることも確認された。

また、その一方で、地下鉄駅などの出入口やトンネル坑口の大部分を塞ぐなど止水対策を施せば、浸水区間は最大で9路線、14駅、約17kmまで少なくともすることが可能であると確認されている。

リア内は水深6m対応の新型浸水防止機に置き換えています」(木暮課長)

置き換えの対象となるのは102カ所で、15年度の完了を目指し、順次、工事を進めている。

また、トンネル坑口では荒川堤防決壊に備えて、新たに防水ゲートが5カ所必要だと判断、増設していく計画だ。

「地下鉄駅出入口についても、調査報告の内容を踏まえながら、まず、自社財産である248カ所を対象に改良を進めています」(木暮課長)

これまでも、浸水の恐れがある地下鉄駅出入口については、数段の上り階段を設置して出入口をかさ上げしてきたが、強化ガラスによる横壁のかさ上げ、箱状の覆いなどを実施していく。

各駅出入口での「海拔表示」も進んでいる。地下鉄駅には複数の出入口があるが、1カ所ずつ測定して、正確な数値を表示している。また、一部の駅では、接続する他社路線やその出入口がある自治体との連名で表示している。

「危機感をあおったり、安心の目安にしろらうというのではなく、日ごろから水害発生時の行動を意識して、いざという時のことを考えるきっかけにしたいだければと考えて表示しています」(木暮課長)

実際、水害に対する意識が高い江東区からは、この「海拔表示」とともに区名を入れるという東京メトロの申し出に対し、区名を入れるだけでなく、水害の恐れがある際の避難行動についてメッセージを加えてほしいとの要望があり、

江東区内の駅出入口では、これに加え表示内容となっている。

東京メトロの地下鉄駅出入口については、自社財産の全出入口の表示が完了しており、今後は地下鉄駅と接続している施設の出入口などについて「関係者と協議しながら表示を進めていきたい」と木暮課長は話している。また、駅周辺の施設の管理者や地下街関係者と連携して、地下空間の浸水対策の強化を図っていく方針だ。

乗客の避難を最優先に

木暮課長によれば「実際に地下鉄駅出入口の止水板を使うのは数年に1度、丸ノ内線の防水ゲートを閉めたのは直近で2005年」だというのが、防水ゲート閉扉の訓練は、点検・動作確認を兼ねて年に1回行っている。止水板の設置訓練は駅ごとに毎年、実施しているという。

「ハード面の対策の推進ももちろん大切ですが、お客さまの命を守るためには、安全に避難していただけるよう、ソフト面での取り組みも重要です」(木暮課長)

地震とは異なり、洪水の危機はある程度、予測ができる。監視体制を強化して、行政から危険情報や避難に関する情報が出た際には、直ちに運行を止める。

「例えばある自治体から避難に関する情報が出たとしても、水の行方は分かりませんので、その自治体を通る路線だけを止めるわけにはいきません。全線の運行を止め、いっせいに避難する。お客さまが構内から地上に避難されてから、止

水設備を活用するという手順です」(木暮課長)。

各駅では、過去の浸水事例や自治体が作成した地域のハザードマップを参考に、駅ごとの危険箇所を記した浸水ハザードマップを作成。早期対応に役立てている。

浸水等の恐れが生じた場合は、安全かつ速やかに、社員が利用客を地上まで誘導する体制だ。

水害に強い地下鉄へ——技術力と創造力を武器に、全社一丸となってさまざまな施策を推進している。



1 地下鉄駅出入口の海拔表示。2 要所に設置されたトンネルの断面を閉鎖する防水ゲート。3 出入口からの浸水を防ぐ止水板。地盤の低い地域の出入口には防水扉も設置している。4 地下空間の浸水対策強化については地下街関係者等との連携のもとに進めていく。

INTERVIEW COLUMN

安全・安心な鉄道運行に活かす、 革新的レーダによる 最新の気象情報

地球温暖化に伴う極端な気象現象の発生頻度が高まっている。それに伴い、局所的な豪雨や雷雨、台風など自然災害を原因とする鉄道の輸送障害も増加している。こうした中、革新的レーダ技術による気象情報システムが登場。250m メッシュで地域の降雨量を正確に実況・予測する。



一般財団法人日本気象協会
事業本部 情報システム事業部
鉄道事業プロジェクトマネージャー

叶木律子 Ritsuko KANOHI

XバンドMPレーダの革新的レーダ技術

近年、雨の降り方が変わってきている。

「気象庁のアメダスによる1978年からの観測データによれば、土砂災害が発生する目安となる1日降水量200mm以上の雨は、やや右肩上がりで推移しています。また、鉄道の運転規制に影響する1時間50mm以上の雨の発生頻度は、それよりもさらに増加の傾向にあります。突発的に、しかも狭い地域で集中的に強い雨が降る。これが最近の雨の特徴です」

日本気象協会が鉄道事業プロジェクトを担当する叶木律子マネージャーは説明する。さらに、地球温暖化の影響で、短時間豪雨や竜巻といった極端な気象現象は今後も増えていくだろうと指摘する。

事実、こうした気象の変化に伴い、線路や駅構内の冠水、線路周辺の土砂崩れなどの被害を受けて、輸送障害に至るケースが増えている。国土交通省の統計では、2011年度の自然災害による輸送障害は全体の36.2%。そのうち水害によるものが約3割を占めている。台風や集中豪雨が発生した年は、輸送障害全体の件数が増える傾向にあり、鉄道事業者にとって自然災害の監視・予測情報の重要性は、ますます高まっている。

「鉄道はこれまで、鉄道雨量計を設置し、実況雨量を計測することで対策を立てるのが普通でした。けれども、狭い地域で集中して降る最近の豪雨は、沿線に設置された雨量計と雨量計の間をすり抜けてしまう可能性があるのです」

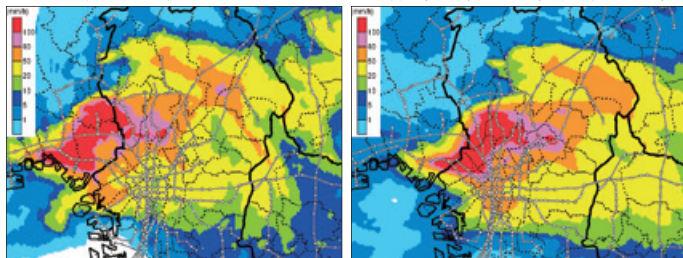
国土交通省は、2008年、短時間局地的豪雨で発生した兵庫県都

■ 2013年8月25日に関西都市部に発生した豪雨の様子

(日本気象協会XMPプロダクトデータより作図)

・10:30の雨量強度実況値

・15分後(10:45)の予測(日本気象協会予測)



8月25日の関西地方は兵庫～大阪にかけて局地的な豪雨が降り、運転停止となった路線もあった。この時の豪雨の様子をXRAINで見ると、非常に激しい雨を降らせる雨雲(図中オレンジ以上)が東に移動、15分後には梅田付近が豪雨域となる予測であった。

賀川水難事故を契機に、「XバンドMPレーダ(XMPレーダ)」の設置を開始。2010年7月よりXMPレーダの観測情報を使った試行サービスをスタートさせ、昨年7月にはサービス名を「XRAIN」に決定した。現在、XMPレーダは政令指定都市や近年甚大な水害や土砂災害が発生した地域を中心に全国35カ所に配備されている。

「レーダとは、例えるなら天候を映す『鏡』です。電波を発生し、雨に当たって帰ってくる信号を測定する。これまでの通常レーダは、雨が降っている、降っていないという情報を広い範囲で得られる半面、正確な雨量を推定することはできませんでした。そのデータに地上での観測値をミックスして雨量を推定していたのです。これに対し、XMPレーダによる観測情報は、地上雨量による補正を行う必要がなく、精度の高い降雨量を推定します」

気象庁などで使われている通常レーダが1種類の電波を放射するのに対し、XMPレーダは2種類の電波を放射し、雨量や風データだけではなく、雨滴の形も捉えることができる。雨は強くなると、雨滴の形状が球形から扁平な形になるので、雨滴の形状から、正確な降雨量を観測できるのだという。しかもXRAINは、気象庁が1kmメッシュであるのに対し250mメッシュでの観測で、降雨量の「実況値」は1分ごとに更新。日本気象協会ではXRAINを使った予測を1時間先まで5分間隔で行っている。

「鉄道運行に影響を及ぼす『局所的な短時間豪雨』の監視・予測に、XRAINの気象情報を活用していくべきだと考えています」

鉄道雨量計にレーダ情報の活用をプラスしていく

「ただし、鉄道雨量計による観測をXRAINの利用に切り替えるとなると、現在の運転規制の基準自体を見直さなければならなくなってしまいます。ですから、鉄道雨量計では予測できないエリアを監視する、災害リスクが高い区間の監視を強化するなどの活用の仕方が、第一ステップになるだろうと考えています。雨量計の情報を補完するという意味で、XRAINの利用は重要です。精度の高い気象情報収集こそ、防災対策そのものなのですから」

XRAINは研究段階を終え、今まさに実用化に移行したばかりだ。革新的レーダ技術による最新の気象情報を、安全安定運行にどう取り入れ、活用していくか——鉄道事業者の関心が高まっているという。

安全・安定運行を支える 日々の取り組み

3

過去の重大事故から教訓を得て、二度と繰り返さないための「事故に学ぶ展示室」や定期的に行われる各種訓練など、東京メトロでは安全意識の向上を図るさまざまな取り組みが行われている。社員一人ひとりの意識を高めること。地道な努力を惜しまないこと。「安全」とは日々の積み重ねだ。



東京地下鉄株式会社
鉄道本部 安全・技術部
安全推進担当課長

江藤慶祐
Keisuke ETO

記憶に刻まれる映像資料を提供

防災・減災は、ハードとソフトの両輪があつてこそ実現可能となる。社員一人ひとりの安全意識を高めていくことは、その基本と言えるだろう。

東京メトロでは、過去に発生した重大事故の歴史および教訓を風化させることがないよう、2007年3月7日、研修センター内に「事故に学ぶ展示室」を開設した。東京メトロでは、日比谷線列車脱線衝突事故が発生した3月8日を「安全の日」と定めており、「次代に伝え続けていく」強いメッセージが込められている。

「なぜ事故は起こったのか。その事実を全社員が真摯に受け止め、決して風化させることなく、伝え続けていかなければならないと考えています」と、「事故に学ぶ展示室」を立ち上げた江藤慶祐鉄道本部安全・技術部安全推進担当課長は答える。

「事故に学ぶ展示室」では、自社および他社で発生した重大事故の概要・原因・対策などを掲載したパネルや映像資料、主な鉄道事故年表が展示され、室内に設置されたパソコンでは鉄道事故事例などを検索することができる。

同種の展示室はJR東日本が先駆けて設置し、現在では幾つかの鉄道会社にも設けられているが、自社の重大事故を解説する、当事者の証言を含む映像資料が残されている点では他に類を見ない。2000年の「日比谷線列車脱線衝突事故」と1995年の「地下鉄サリン事

件」、1978年の「竜巻による東西線列車脱線横転事故」の3本の映像資料だ。

「地下鉄サリン事件」の映像資料では、千代田線霞ヶ関駅で乗客の救助活動をを行った助役が出演、事件を解説している。未曾有のテロ事件に直面し、サリンを扱った3人の助役のうちただ1人、九死に一生を得た助役は、最後に言う。「制服を着て、制帽を被って駅構内にいるだけで責任がある。たとえ今日発令があつた者でも何十年務めた者でも、その責任は変わらない。事故や事件が発生した時に最善の努力ができるようにしておかなくてはならない、駅員としての大きな務めがある」

「助役は、なぜ自分だけ生き残ってしまったのか、という複雑な思いであつたと思う。けれども、映像資料の撮影後、この事件をこのように後世に伝えるために自分は生かされたのかもしれない、との言葉があつた。生の声を記録として残すことは、事故や事件を次の世代に伝えていく上でとても大切だと考えています。写真や文字だけでは、やがて忘れられてしまう」（江藤課長）

「事故に学ぶ展示室」は、各種研修や職場内教育で活用され、新入社員はもろろん管理者セミナーや、全社員が5年ごとに受ける基本セミナーなどにも役立てられている。他社からの注目度も高く、見学者は多い。

「東日本大震災後は、駅や現業の社員が自発的に来るようになりました。職種を問わず、新人からベテランまで全社員

特集：鉄道と防災

【東京メトロのたゆみなぎ「安全」の追求】

が安全を最優先する意識を持つ。展示室を含めさまざまな学びの機会を提供しながら、安全文化の構築に努めていきたいと考えています」（江藤課長）

横断的な応援体制を確立

社員の安全意識とともに、危機管理の要となるのは、事故や災害等が発生した際の対応能力、技能だ。それは、日々の積み重ねの中で、さまざまに行われる訓練を通して、培われていく。

東京メトロでは、管内を12の地域に組織化した「地域防災ネットワーク」を整備している。

「これは、地下鉄サリン事件を受けて制度化したものです。地下鉄サリン事件は、同時多発的に異常事態が起こった初めての経験でした。通常時は、運行や保守は路線ごとに配属された社員が対応していますが、非常時において当該路線の社員しか現場に行けないとなると対応が遅れてしまう。駅係員や乗務員、保守係員が路線を超えた横断的な応援体制を取り、迅速に対応しようという事で、この体制がつけられました」と木暮課長は説明する。

12の地域防災ネットワークでは、それぞれに年間の活動計画を立て、現地対策本部の設置・運営、乗客の避難誘導、応急救護等の訓練を実施。これらを他鉄道や消防署、警察署などと連携して行う場合もある。

また、毎年、防災週間に合わせ、社長以下役員、社員が参加して実施するのが

「対策本部設置・運営訓練」だ。事故や災害発生時に、迅速かつ適切に対応できるように、非常体制の整備と対策本部の設置・運営の訓練を行う。2012年度は「荒川堤防決壊」を想定し、初動対応や情報伝達、避難体制などを確認した。

こうした大規模な訓練には「課題発見という意味もあります」（木暮課長）

東京メトロ最大規模の訓練は、毎年、所轄の警察署や消防署の協力を得て行われる「異常時総合想定訓練」だ。事故・災害等発生時における駅係員や乗務員、保守係員など各職種の社員の初動対応や、乗客の避難誘導や応急救護などの適切な対応を目的とした訓練を実施する。

2012年度は「首都直下地震が発生し、荒川にかかる千代田線の橋梁部分で列車が脱線した」という内容で行われた。

こうした地道な積み重ねこそが、防災の基本だ。職種や経験を超えたたゆみなぎ安全の追求が、東京メトロの防災対策を確かなものにしていく。

身を守り、助け合うための『安全ポケットガイド』

「自助、公助、共助の特に“共助”の部分をお願いしたくて作成したのが『安全ポケットガイド』です」と江藤課長。さまざまな防災・安全対策を進める東京メトロだが、災害時などの非常事態において、最大限の安全を確保するためには、利用客の協力が不可欠だ。「自分の身は自分で守れ」とはよく言われることだが、同時に大切なのは「お互いに助け合う」ことだろう。

『安全ポケットガイド』では、大地震、台風・暴風雨、火災など非常時における東京メトロの安全対策と設備、乗客が取るべき行動などをQ&A方式でイラストとともに分かりやすく紹介している。携帯できるミニサイズで、いざという時、身を守り、助け合うための参考になる。

東京メトロ各駅に設置している青ラックにて無料で配布されている。2013年8月にはリニューアル版が登場し、より分かりやすく手に取りやすい冊子となっている。



1 「事故に学ぶ展示室」のパネル展示と鉄道事故年表。2011年度には4780人、2012年度には4072人が研修などで活用した。2 利用客の安全を確保するために、万一の緊急事態発生に備え、「異常時総合想定訓練」「自衛消防活動訓練」などさまざまな訓練が実施されている。