

首都高中央環状新宿線トンネル防災安全に向けた交通運用方針 ROAD TRAFFIC MANAGEMENT OF FIRE PREVENTION ON LONG TUNNELS — Tokyo Metropolitan-Expressway, Central Circular Shinjuku Route —

岡田 知朗¹・岡野 孝司¹・長谷川 勉²

Tomoaki OKADA · Takashi OKANO · Tsutomu HASEGAWA

Metropolitan Expressway Co., Ltd. have constructed and managed many tunnels. However, new tunnel projects, including those for the Central Circular Shinjuku Route (currently under construction, length 11 km, most of which is in tunnels), involve urban tunnels of unprecedented length, characterized by heavy traffic with diversions and merging, so it is necessary to consider new fire prevention measures.

If a fire takes place in a tunnel, it is essential to prohibit vehicle entry and evacuate people (and vehicles) quickly from the tunnel in order to deal with the fire, avoid casualties and ensure the safety of tunnel users.

Among efforts related to tunnel fire prevention, this report deals with the progress of discussions on road traffic management and methods for providing information to users designed to support quick and accurate emergency evacuation guidance.

Key Words : Tunnel fire prevention , road traffic management , providing information

1. はじめに

1999年に発生したフランスとイタリアの国境のモンブラントンネル火災事故以降、同年のオーストラリアのタウエルントンネル火災事故、また2001年のスイスのゴットハルトトンネル火災事故など、ヨーロッパをはじめとした世界各地で大規模な道路トンネルの火災事故が頻発している。これを受けEUでは、トンネルの安全性を改善するため、2004年4月29日、「欧州横断道路網のトンネルの安全性に関する最低限の要求事項」を規定した指示2004/54/ECを発効した。

日本国内の道路トンネルの防災安全性基準は、1979年の日本坂トンネル火災事故を教訓に改定され、現在もそれをもとに運用されているが、海外、国内問わず、このような事故の教訓をどのように生かすかが、防災安全を考えるにあたり、最も重要である。

首都高速道路においては、これまで多くの都市トンネルの建設、管理の経験があるが、現在建設中の中央環状新宿線（全長11km、ほぼ全線がトンネル）をはじめとしたトンネル計画は、これまでに経験のない都市内長大トンネルであることから、新しいトンネル防災対策を検討しなければならない状況にある。

トンネル内で火災が発生しても、一人も負傷者を出すことなく火災を処理し、お客様の安全を確保するためには、過去の教訓からも火災発生時に速やかにトンネル内への車両の進入を禁止するとともに、トンネル内から人（及び車両）を排出することが不可欠である。これを踏まえ首都高では、交通制御および避難誘導の迅速かつ正確な実施を支援するために各種設備等を独自に設置することを計画中である。

本報告は、前述した過去の大規模な火災事故事例を様々な視点から分析するとともに、そこで得た教訓を

キーワード : トンネル防災安全, 交通運用, 情報提供

1 非会員 : 首都高速道路株式会社 保全・交通部 管制技術グループ

2 会 員 : オリエンタルコンサルタンツ 東京事業本部

元に、対象とする火災シナリオを設定し、多角的に防災のあるべき姿を検討した結果、トンネル等級 AA として設置する防災設備の他に、首都高で独自に設置することとしたトンネル非常用設備の概要と、それらを活用した火災初期段階における交通運用方法および避難誘導の迅速かつ正確な実施を支援するための利用者への情報提供方法の検討状況について報告するものである

2. 都市内長大トンネル ～首都高中央環状新宿線～

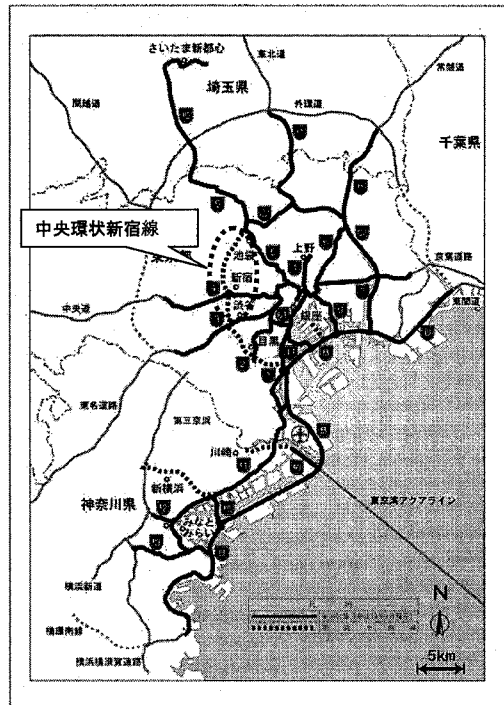
首都高速中央環状線は、東京都心から約 8 km に位置する環状道路で、全計画延長 47 km に対し、現在東側と北側区間の計 26 km が供用している。本報告の中央環状新宿線は、西側の 11 km にあたり、ほぼ全線が山手通りの地下を利用したトンネル構造（片方向 2 車線、内回り・外回り別の双設トンネル）となっている。（図－1、図－2）

都市内長大トンネルと位置づけているこの中央環状新宿線トンネルの特徴は、

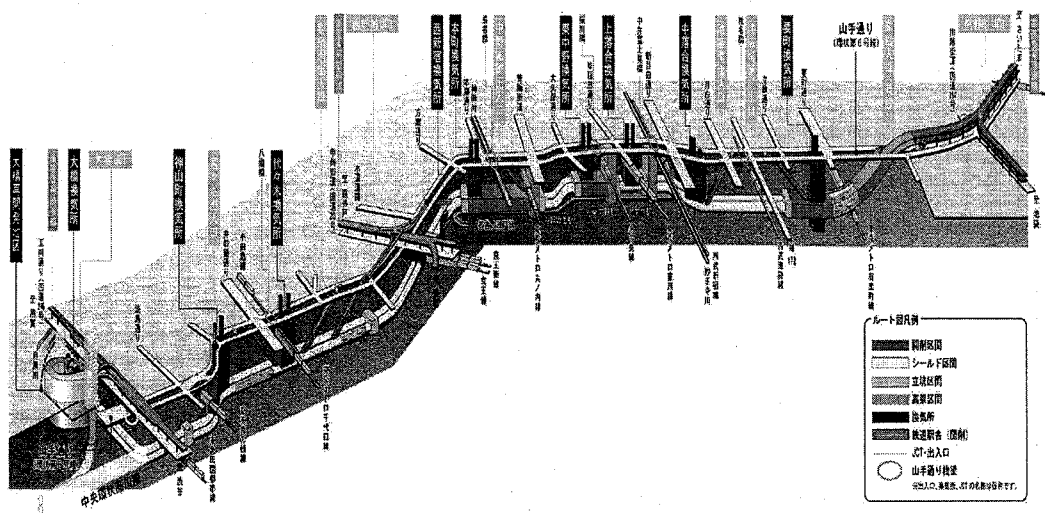
- ① トンネル内に分合流を有することや縦断勾配の変化が大ききことなど複雑な線形であること
- ② 予測日平均交通量 6～8 万台の重交通であること

などがあげられる。

首都高速道路の交通事故は、分合流部付近や渋滞末尾での事故率が高い傾向があり、これらの双方の要因を持つ、中央環状新宿線トンネルは、防災安全に対する配慮が、一層重要となっている。なお、これまでの首都高速道路でのトンネル内火災事故は、大半が単独車両による火災であり、大型貨物車両の火災は比較的少なく、海外事例のような全焼した例はない。



図－1 中央環状新宿線位置図



図－2 中央環状新宿線の概要

3. トンネル防災に対する基本方針

(1) トンネル等級と設備概要

中央環状新宿線トンネルには、トンネル防災安全のため、トンネル等級AAに規定される施設を設置することとしている。併せて、交通制御および避難誘導の迅速かつ正確な実施の支援に資する独自の設備を設置する。また現地への早期現着を図る観点から、二輪車によるパトロール隊を始めて導入する予定である。(表-1)

(2) 火災時対応の基本的考え方

都市内長大トンネルの防災安全に関する基本方針は以下のとおりである。

- ① 火災時には、人命を第一とし、利用者の避難を最優先とした対応を図る
- ② 二次災害防止を目指し、関係機関との連携により、総合的な防災安全性を確保する。
- ③ 重交通に配慮し、通常時からの走行の安全性を確保する(渋滞を極力低減させる等)道路交通運用を行うとともに、渋滞時の火災についても配慮した運用を行う。

上記方針に基づく具体の施策は図-3のとおりで、様々な分野との連携が不可欠である。本報告では交通運用に関する部分を中心に報告するが、ハード的な施設計画とソフト的な管理運用の両面から行うことが、より防災安全を向上させることは言うまでもない。

(3) 火災発生時の交通運用の基本方針

都市内長大トンネルにおける防災のための交通運用は、まずは通常時からトンネル内の渋滞を少なくするなど、交通事故の発生を極力少なくすることが重要である。その上で、事故が発生した時には、2次災害を防止し、かつ被害を最小限にとどめるための、効果的な交通運用を行う必要がある。中央環状新宿線では、都市内長大トンネルの特徴であるトンネル内の分合流を有効に活用し、トンネル内の車両を極力する少なくするような、各区間での個別制御を行うこととしている。

火災発生時の交通運用のシナリオとしては、「火災発生後直ちにトンネル内への車両の進入を禁止する(発災トンネル、非発災トンネルとも)とともに、できるだけ早くそしてできるだけ多くの車両をトンネル外へ排出する」としており、そのイメージを図-4に示す。

表-1 中央環状新宿線トンネルに設置する防災施設

トンネル非常用施設(AA)	・非常電話 ・押ボタン式通報装置 ・火災検知器 ・非常警報装置 ・信号機 ・消火器 ・泡消火栓 ・避難通路等 ・誘導表示板 ・排煙設備	・給水栓 ・水噴霧設備 ・無線通信補助設備 ・ラジオ再放送設備 ・拡声放送設備 ・監視用テレビ装置 ・無停電電源設備 ・非常用予備発電設備 ・緊急車出入口 ・Uターン路
首都高独自	・非常口強調灯 ・トンネル内警報板 ・トンネル内信号機 ・交通異常事象検出装置 ・遮断機 ・バイク隊の導入	

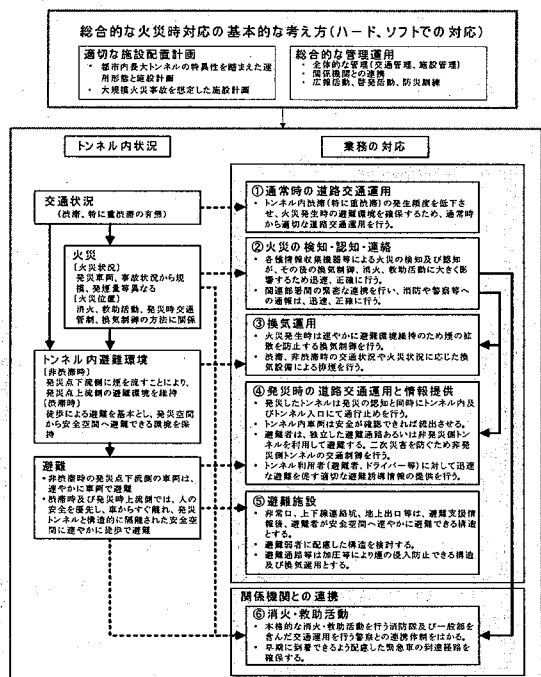
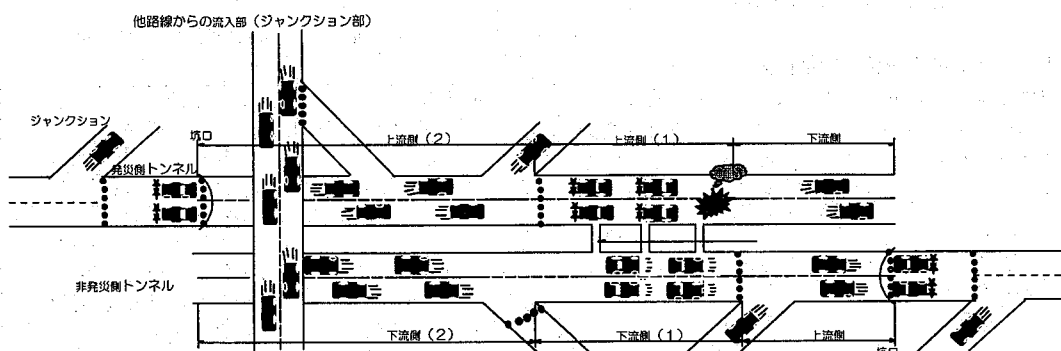


図-3 トンネル防災安全に関する施策連携フロー



図－４ 火災発生時の交通運用イメージ

4. 交通運用のポイントと独自に設置する非常用設備について

(1) 火災の検知・認知・判定

a) 基本的な考え方

火災の検知・認知・判定は、火災時対応の最初の施策であり、利用者の早期避難（トンネル内からの車両の排出含む）やその後の消防活動に大きく影響する。大規模火災につながることも想定し、利用者が早期に避難を完了するためには、できるだけ避難時間を確保することが重要である。

火災の早期検知を行う手段としては、従来から火災検知器を設置しているが、これでは火災の発生段階（火災発生後）での検知とならざるを得ない。前述した「できるだけ避難時間を確保する」という観点から、中央環状新宿線トンネルでは、火災発生前の交通の異常な状況を自動検出するシステムの導入を図ることとしている。

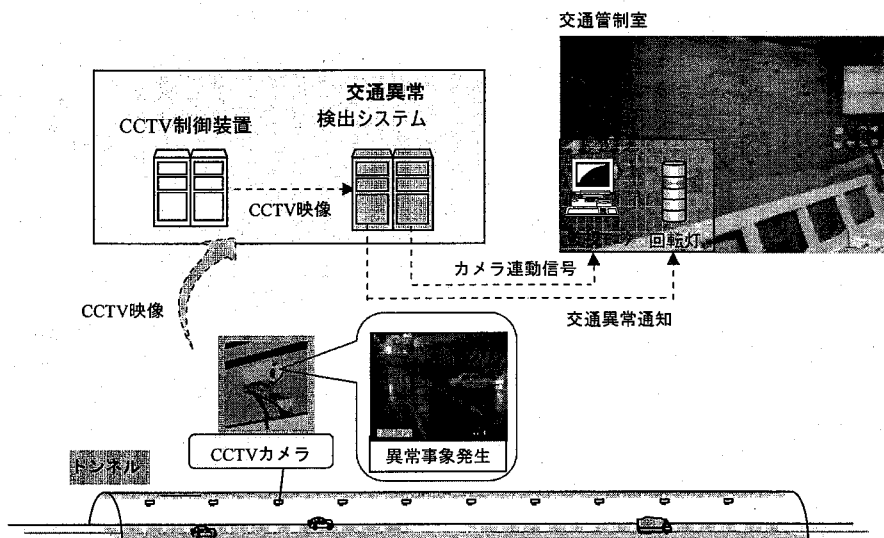
b) 交通異常事象検出システムの導入

従来から、非常用施設（火災検知器、非常電話など）や交通管制施設（CCTV 画像など）により 24 時間の監視体制を行っているが、今回の中央環状新宿線では、当該トンネル区間だけで約 380 台の CCTV カメラが新しく設置されることとなっており、これらの監視を人的に行うことは、管制員への負荷が非常に大きい。そこで交通の異常な状態（停止、低速、避走）を、CCTV 映像を画像処理することにより自動検出する交通異常事象検出システム（図－5、6）を導入することとした。

従来からの画像処理技術だけでは、都市高速道路トンネル部における特有の条件下（①渋滞が頻発する、②分合流がある、③既存の CCTV カメラの利用）では、渋滞内や分合流部で誤報が頻発してしまうことから、平成 14 年度より既設の千代田トンネルにてシステムの開発に着手。新たなアルゴリズムの導入、パラメータの改良を行うことで画像判定精度を向上させるとともに、実際の管制業務を行う管制員との、マン・マシンインターフェイスを改良することにより、異常事象の早期検出するシステムとしての十分な精度を確保することに至っている。



図－5 画像処理に用いる CCTV 画面の例



図—6 交通異常事象検出システム概要 (既設千代田トンネルの例)

(2) 情報提供機器による車両誘導

a) 基本的な考え方

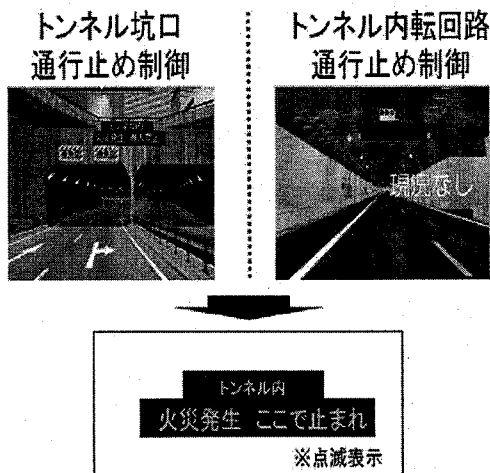
3 (3) で述べたとおり、トンネル内で発災した場合、トンネル内への車両の進入を禁止し、また併せてトンネル内の車両をできるだけ早く排出するような交通運用を行う。

具体の車両誘導にあつては、物理的な交通制御（人的対応、遮断機閉など）が最も確実だが、車両誘導が必要となる坑口や分岐部への火災発生直後のパトロールカー到着は困難であり、また無人で遮断機を閉動作させることは交通安全上問題がある。よって、中央環状新宿線では、これまでトンネル内ラジオ放送緊急割込方法に加え、従来、トンネル坑口のみに設置している信号機及び情報板を、トンネル内分岐部、トンネル内Uターン路部、他路線JCT分岐部にも設置し、情報提供することにより火災発生初期段階の車両誘導を行うこととした。

b) 効果的なメッセージ

信号機の「赤」表示や、情報板でのメッセージの提供については、物理的な交通制御対策ではないため、その情報提供を見たドライバーが、自主的に避難行動（停止または出口排出）を起こしてくれるかどうか、防災安全上の重要となる。

しかしながら、これまで首都高速道路のトンネル内で火災が発生した際、トンネル信号機「赤」+情報板「トンネル内火災発生 進入禁止」との情報提供を行ってきたが、必ずしも期待する結果がでているとはいえない。



図—7 坑口、Uターン路における通行止制御メッセージ案

そこで、平成16年度にドライビングシミュレータを用いて、ドライバーに自主的な行動を促すことに効果的な情報板メッセージについての検討を行った。

被験者はプロドライバーから経験の浅いドライバー、老若男女とできるだけ幅広い者となるよう配慮した。

そこから得られた効果的なメッセージのポイントは、以下のとおり。

- ① メッセージの表示方法は、点滅表示などにより、誘目性の高いものが良い。
 - ② 従来の「進入禁止」ではなく、「ここでとまれ」「ここで出よ」などドライバーが行うべき行動を直接指示するメッセージが良い。
 - ③ (1 箇所ではなく) 同じ情報を複数箇所で提供することにより、情報の信頼性が高まる。
- これらの検討を踏まえ、今後効果的なメッセージを検討していく予定である。(図-7, 8)

(トンネル内出口部での流出制御)

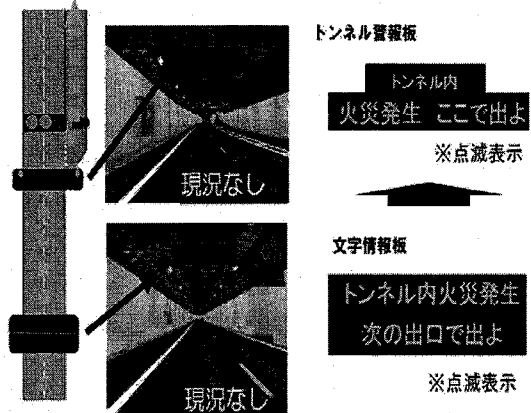


図-8 トンネル内分岐部における排出誘導メッセージ案

(3) 交通巡回体制の強化 ～バイク隊の導入～

a) 基本的な考え方

火災初期段階の車両誘導は、4(2)にて紹介したように信号機や情報板にて行うこととするが、その後大規模火災となるのを未然に防ぐためには、現場状況の確認、避難者と車両の避難誘導の支援、二次災害防止のための初期消火をできる限り早期に対処することが重要となる。

b) バイク隊の導入

中央環状新宿線は重交通が予想される路線であり、一度事故が発生すると、その直後から事故現場上流に著しい渋滞の発生が懸念され、その滞留車両の間をぬってパトロールカーが現場に向かうことは、非常に困難になる場合も想定される。よって、現地到着の遅れというリスクをできるだけ回避することを目的として、二輪車によるパトロール隊(バイク隊)の導入を予定している。(図-9)

バイク隊による業務内容などは今後詳細に検討するが、火災等の現場への急行、トンネル坑口等での遮断機の閉鎖(手動)による交通誘導などを行う予定である。

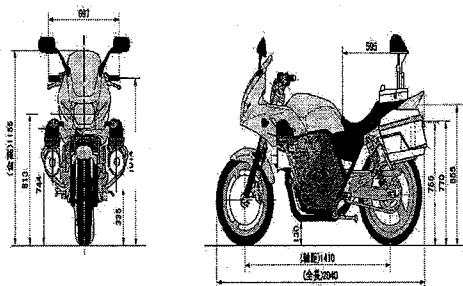
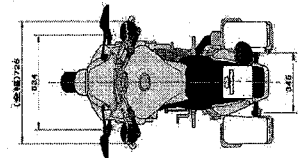


図-9 バイク隊イメージ

(4) 迅速・確実な車外避難誘導

a) 基本的な考え方

車外避難誘導では、最終的な目的地は地上までの円滑かつ安全な誘導であるが、非常口(350m間隔で設置)から先の安全空間へできるだけ早期に誘導することが、利用者の避難安全上もっとも重要である。中央環状新宿線トンネルでは、想定する火災規模を10分間で30MWとし、あわせて避難完了目標を火災発生後10分としている。

まず利用者は、車内でラジオ再放送や情報板を確認して、避難行動を起こすことになる。車外に出た後、拡声放送を聞き、非常口誘導灯に従い非常口まで到達することになるが、遠くからでも非常口を確認できる

よう、非常口位置を強調する設備を設置する予定（非常口強調灯）である。非常口までの避難誘導イメージを図-10に示す。

b) 時間遅延技術を用いた拡声放送設備の導入

拡声放送設備の運用にあつては、トンネル内の音場特性（残響音が非常に長いこと、距離減衰が小さい）により、複数のスピーカーを用いると明瞭度の確保が課題となる。このような課題に対し、これまでは小出力、小ピッチで拡声器を取り付ける方法が用いられてきたが、トンネル内の自動車騒音や換気音の反響の中で避難者に明瞭な音声を到達させることは技術的にも、コスト的にも困難な場合が多かった。そこで、中央環状新宿線においては、大型スタジアムの拡声設備などで用いられている連続的時間遅延技術を導入することにより、音の明瞭性を確保することとしている。（図-11）

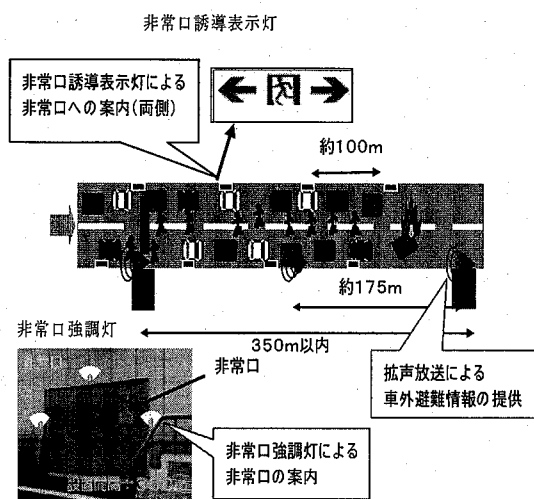


図-10 非常口までの誘導イメージ

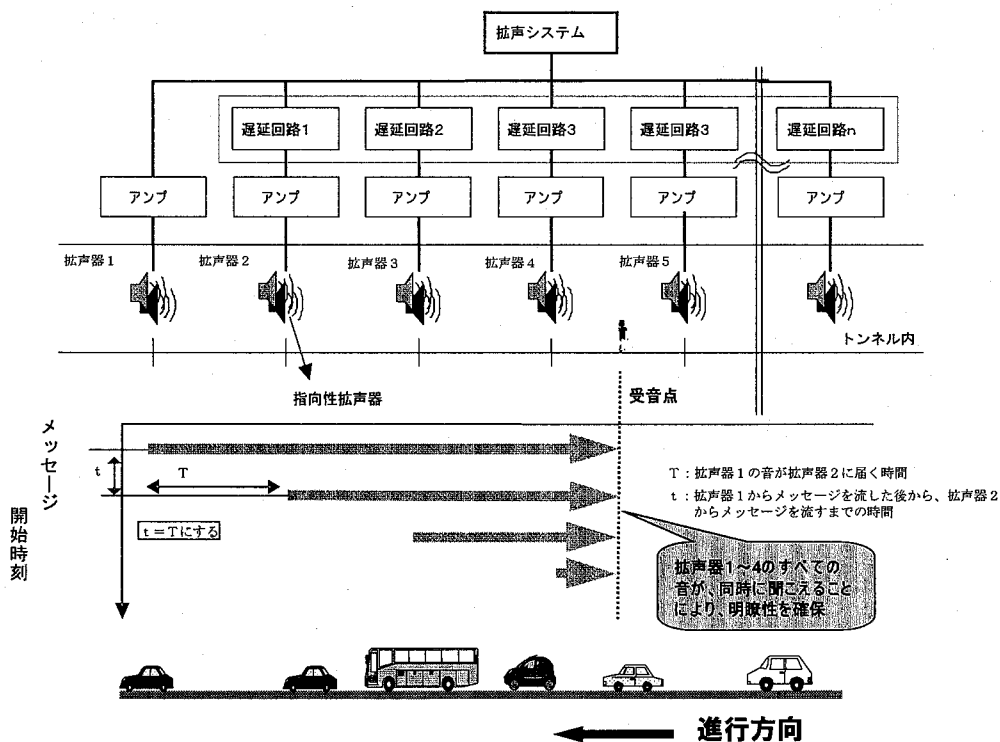


図-11 拡声放送 連続時間遅延の原理

(5) 広報・啓発活動

ここまで道路を管理する立場からの防災安全技術について紹介してきたが、事故や火災が発生した時に、利用者自らが率先して避難行動を起こしていただくことが、トンネル防災安全性の向上に非常に大きな役割を占めることは言うまでもない。

首都高速道路の利用者の約 3 割を占めるプロドライバーをターゲットとした広報活動の強化を含め、今後中央環状新宿線の供用に向け、トンネル防災安全に関する広報・啓発を充実させていく予定である。

なお現在、首都高速道路株式会社ホームページ (<http://shutoko.jp>) にて、トンネル防災に関するコンテンツを掲出している。(図-12)



5. おわりに

国内外のトンネル火災事故から得られた教訓を基に、中央環状新宿線という都市内長大トンネルの防災安全に向けた交通運用について検討してきた結果を紹介した。

中央環状新宿線は、来年度から段階的な供用を予定しているところであり、工事も最終段階となっている。トンネル内に設置した防災設備の機能を十分に生かせるシステムを構築するとともに、発災時に十分に使いこなせるよう、今後供用に向けて必要な実験及び訓練を行うとともに、ドライバーへの啓発活動を実施する予定である。



図-12 首都高 HP (トンネル防災)

参考文献

- 1) 首都高速道路公団； 首都高速道路における都市内長大トンネルの防災安全に関する調査研究（平成 13, 14, 15 年度）報告書，平成 16 年 3 月
- 2) Hamabe, Kikkawa, Tajima, Tazawa ; Safety measures of fire prevention in long urban tunnels -Tokyo Metropolitan Expressway, Central Circular Shinjuku Route-, 15th International Road Federation World Meeting 2005
- 3) 岡野，田沢； 都市内長大トンネルの防災運用検討，第 26 回日本道路会議論文集，社団法人日本道路協会，平成 17 年
- 4) 田沢，長谷川，数野，上條； 重交通トンネルにおける交通異常検出の制度向上，第 4 回 ITS シンポジウム 2005, ITSJapan
- 5) 田沢，横山，坂本，橘； トンネル内拡声放送システムへの時間遅延技術の適用について，交通工学，Vol. 41 No. 1, 2006