

# 大深度トンネル技術検討委員会

## 第5回 委員会資料 トンネル火災事故対策の検討について

平成19年 3月 27日

国土交通省 関東地方整備局 道路部

## 1. 検討目的

これまでの委員会では、大断面で大深度・長距離トンネルの実現の可能性を確認するために、「東京外かく環状道路（関越道～東名高速間）」（以下、外環という）をケーススタディとして、表 1.1 に示すように、トンネルの防災安全に関する要素（換気方式・換気運用、避難方法、交通運用、救急・消火支援施設）の基本的事項について検討を進めてきたところである。

トンネルにおける火災事故対策については、前述したトンネルの防災安全に関する各要素を時系列的観点の事象別に組み合わせた形で、その具体的な手法について検討を行う必要がある。

第4回委員会では、トンネル火災事故対策の具体的な手法の検討を行う上で重要な、トンネル火災事故対策の基本的な考え方と時系列的観点の事象・対策項目について整理を行った。

今回は、対策の具体的な手法、今後検討が必要な内容について整理を行う。

表1.1 トンネル防災安全に関するこれまでの検討

| 検討項目            | 第1回～第3回委員会における確認事項   |
|-----------------|--|
| 1) 換気方式・運用の検討   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 換気方式については、通常時及び火災時の対応、また、経済性等の観点から縦流換気方式を選定。</li> <li>・ 交通の状況に応じた換気運用の検討が必要。</li> <li>・ 換気設備の制御の詳細について検討が必要。</li> <li>・ 火災時における換気運用方法に対する検討が必要。</li> </ul>                              |
| 2) 避難方法の検討      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 避難方式については、避難の安全性、経済性に関する検討の結果、連絡坑方式と床版下方式のいずれも適用可能。</li> <li>・ 避難坑をどの程度の設置間隔にするかは重要な課題であり、検討が必要。</li> <li>・ 連絡坑方式については、帯水層中の施工となるため、施工方法について検討が必要。</li> <li>・ 交通弱者に対する検討が必要。</li> </ul> |
| 3) 交通運用の検討      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 火災事故を起こさないための予防措置が重要であり、渋滞を起こさない、円滑な交通流を確保する等の交通運用の検討が必要。</li> <li>・ 大規模な火災や爆発の発生を防ぐため、危険物積載車の通行禁止や制限について検討が必要。</li> <li>・ 連絡坑方式の場合、避難の安全性の確保等のため、反対側トンネルも含めた交通運用の検討が必要。</li> </ul>     |
| 4) 救急・消火支援施設の検討 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 救急・消火支援施設の適切な設置に加え、換気を含めて施設が確実に機能するよう運用面についても検討が必要。</li> </ul>  |

2. 基本的な考え方と時系列的観点の事象の整理（第4回委員会）

一般にトンネルの火災事故対策の基本的な考え方は、人命を第一として利用者の避難を最優先に考えた対応を図ると共に、火災事故対策をトンネル構造に反映し、二次災害の防止や鎮火後の速やかな復旧に努めることである。

外環は、都市部の住宅が密集している地下を通過する計画であるため、一般のトンネルの火災事故対策の基本的な考え方に加え、トンネルの上部に居住している方の安全にも配慮した対策を策定する必要がある。また、大深度法（大深度地下の公共的使用に関する特別措置法）を適用する場合には、「大深度地下の公共的使用における安全の確保に係る指針」にも配慮する必要がある。

以上を踏まえ整理した「トンネル火災事故対策の基本的な考え方」と「時系列的観点の事象・対策項目」を下記に示す。

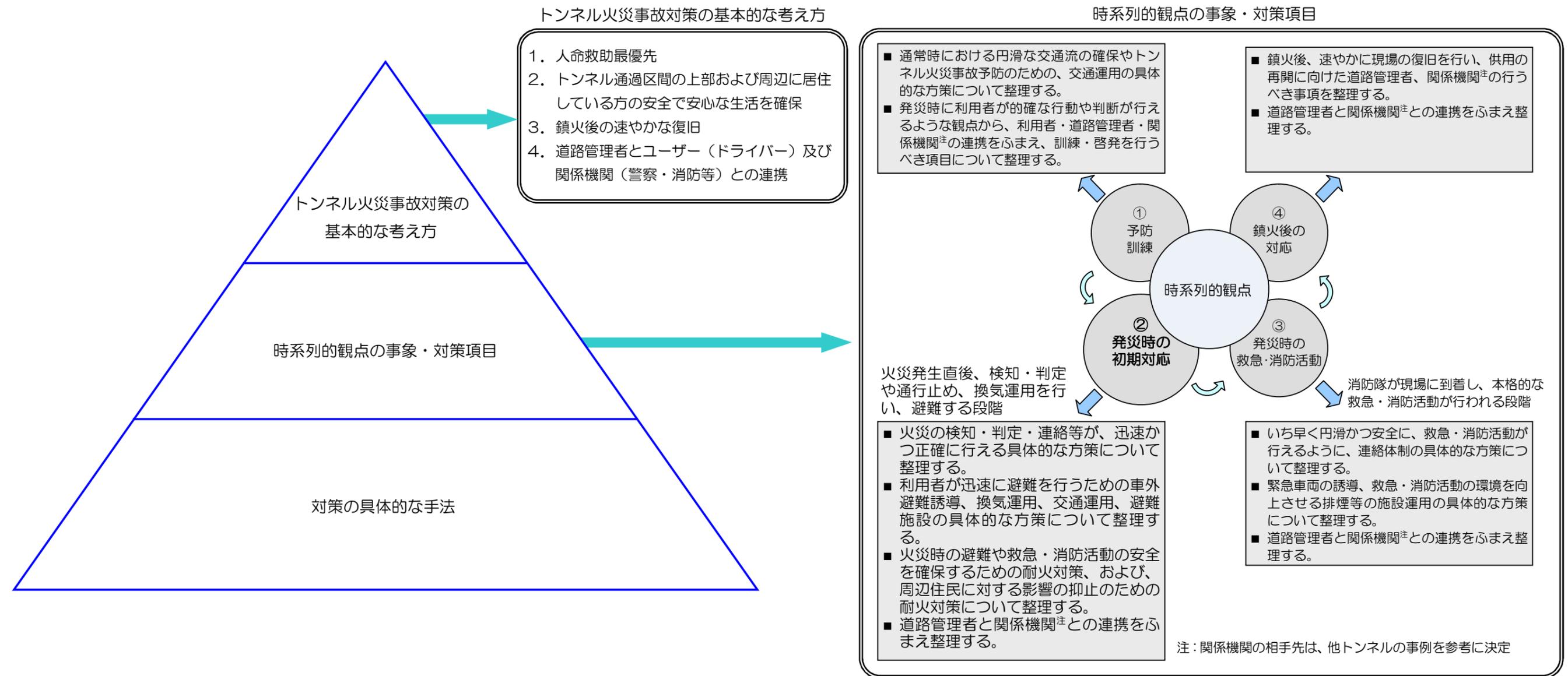


図 2.1 外環のトンネル火災事故対策の構成

3. 対策の具体的な手法の検討（第5回委員会）

第4回大深度トンネル技術検討委員会で審議した「時系列的観点の事象・対策項目」に基づき、これまでの道路トンネルの事例や基準に拠って「対策の具体的な手法（案）」を表3.1～表3.2に整理した。

この対策の具体的な手法（案）により、基本的な安全性は確保できると考えられるが、外環は、大深度、大断面の長距離トンネルであり、都市部の住宅が密集している地下を通過する計画であることから、更なる安全性の向上を図るため、今後、各項目について詳細な検討・調整を行い内容の充実や見直しを行うこととする。

表3.1 対策の具体的な手法の検討（その1）

| 事象       | 対策項目   | 対策の具体的な手法（案）      |  | 今後検討が必要な内容（案）  |   |
|----------|--|-------------------|--|--|---|
| 予防・訓練    | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 通常時における円滑な交通流の確保やトンネル火災事故予防のための、交通運用の具体的な方策について整理する。</li> <li>■ 発災時に利用者が的確な行動や判断が行えるような観点から、利用者・道路管理者・関係機関の連携をふまえ、訓練・啓発を行うべき項目について整理する。</li> </ul>  | 通常時の交通運用          | 1) トンネル内の渋滞を防ぐための効果的な情報提供や進入制限の手法を検討する。                          | 情報提供内容、手段、時期<br>進入制限の手法、実施手順<br>(ゲートによる進入制限や料金所の開放ブース数を減少させることによる通行量の抑制など) |   |
|          |  |                   | 2) 危険物積載車両の通行の禁止または制限について検討を行う。                                  | 規制項目等の検討   |   |
|          |  |                   | 3) 安全な走行を支援する新技術の活用を図る。  | 新技術の把握と適用性の検討  |   |
|          |  | 訓練・啓発             | 1) 発災時に的確な判断が行えるよう防災訓練を行う。<br>2) 利用者へ火災事故予防に関する啓発活動を行う。          | 関係機関を含めた総合的な防災訓練の計画・立案<br>啓発活動の内容、方法、ツール                                   |   |
| 発災時の初期対応 | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 火災の検知・判定・連絡等が、迅速かつ正確に行える具体的な方策について整理する。</li> <li>■ 利用者が迅速に避難を行うための車外避難誘導、換気運用、交通運用、避難施設の具体的な方策について整理する。</li> <li>■ 火災時の避難や救急・消防活動の安全を確保するための耐火対策、および、周辺住民に対する影響の抑止のための耐火対策について整理する。</li> <li>■ 道路管理者と関係機関との連携をふまえ整理する。</li> </ul> | 火災検知・判定・連絡        | 1) 非常用施設設置基準で定められているトンネル等級AAの施設を設置する。                            | 機器の設置位置・仕様   |   |
|          |  |                   | 2) 突発的な事象を自動で検出できるシステムなど新技術の活用を図る。                               | 新技術の把握と適用性の検討  |   |
|          |  |                   | 3) 火災検知・判定後、速やかに消防・警察および地元自治体へ連絡する。                              | 連絡体制、連絡の手段   |   |
|          |  | 避難誘導              | 非常口までの避難（一次避難）   | 1) ラジオ再放送設備や拡声放送、警報表示板により、避難誘導のための情報提供を行う。                                 | 具体的な誘導方法<br>避難誘導に効果的な機器の設置位置・仕様   |
|          |  |                   |  | 2) 避難者が的確に避難できるように非常口は視認性に配慮したものとする。                                       | 非常口の形状や回転灯などの機器の設置位置・仕様   |
|          |  |                   | 非常口から地上までの避難（二次避難）   | 1) 非常口から地上までの避難が必要な場合は、避難が適切に行えるような情報提供を行う。                                | 情報提供の内容、手段<br>火災規模に応じた二次避難の誘導実施の判断基準  |
|          |  |                   |  | 2) 救助活動や安全確保のため警察・消防への情報提供を行う。   | 連絡体制、連絡の手段  |
|          |  | 換気運用              | 1) 通常走行状態：<br>避難者が火点より入口側に存在することを想定し、煙を出口側に流し避難環境を確保する運用を行う。     |  | 本線・ランプ<br>火災信号を受信し火点の状況に応じ自動で風速制御が行える換気制御システムの把握と適用性の検討<br>避難環境を確保できるような換気運用の風速、換気量等の検討 |
|          |  |                   | 2) 先詰まり状態：<br>避難者が火点から入口側や出口側に存在することを想定し、煙を天井部に留め避難環境を確保する運用を行う。 |  | 本線・ランプ<br>火災信号を受信し火点の状況に応じ自動で風速制御が行える換気制御システムの把握と適用性の検討<br>避難環境を確保できるような換気運用の風速、換気量等の検討 |
|          |  | 交通運用              | 発災トンネル   | 1) トンネル入口部においては、車両をトンネル内へ進入させないよう通行止めを行う。                                  | 入口部における通行止め方法の検討  |
|          |  |                   |  | 2) 火点より出口側の車両および入口側でオフランプ等から排出できる車両については、トンネル外へ排出を行う。                      | ドライバーへの周知内容、手段、時期   |
|          |  |                   |  | 3) 火点より入口側でオフランプから排出できない車両については安全確保のため停止させる。                               | ドライバーへの周知内容、手段、時期   |
| 非発災トンネル  | 1) トンネル入口部においては、車両をトンネル内へ流入させないよう通行止めを行う。  |                   | 入口部における通行止め方法の検討   |  |   |
|          | 2) 避難者の安全確保と消防活動支援のため停止できるように徐行させる。(連絡坑方式の場合)  | ドライバーへの周知内容、手段、時期 |  |  |   |

表 3.2 対策の具体的な手法の検討（その2）

| 事象                  | 対策項目   | 対策の具体的な手法（案）              |   | 今後検討が必要な内容（案）   |
|---------------------|--|---------------------------|---|---|
| 発災時の<br>初期対応        | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 火災の検知・判定・連絡等が、迅速かつ正確に行える具体的な方策について整理する。</li> <li>■ 利用者が迅速に避難を行うための車外避難誘導、換気運用、交通運用、避難施設の具体的な方策について整理する。</li> <li>■ 火災時の避難や救急・消防活動の安全を確保するための耐火対策、および、周辺住民に対する影響の抑止のための耐火対策について整理する。</li> <li>■ 道路管理者と関係機関との連携をふまえ整理する。</li> </ul> | 避難施設                      | 1) シールド部の避難は、連絡坑方式や床版下方式など避難者が迅速に避難できる構造とする。                            | 避難方式の選定に必要な具体的な構造、安全性、避難の容易性などの検討（本線・ランプ）                 |
|                     |  |                           | 2) 開削部の避難は、避難階段など避難者が迅速に避難できる構造とする。                                     | 具体的な構造、安全性、避難の容易性などの検討（本線・ランプ）                            |
|                     |  |                           | 3) 非常口の設置間隔は、避難者が安全に避難できる間隔とする。   | 非常口の設置間隔の検討（本線・ランプ）                                       |
|                     |  |                           | 4) 非常口については、交通弱者に配慮し円滑な避難ができる構造とする。                                     | 交通弱者に配慮した避難通路の形態（扉位置、床面の段差、勾配等）滞留空間の設置の必要性やその構造の検討        |
|                     |  | 耐火                        | 5) 避難連絡坑や避難通路内への煙の侵入を防止する方式とする。   | 加圧などの煙の侵入を防ぐ方式や機器の設置位置の検討                                 |
|                     |  | トンネル構造物を火災から守るための耐火構造とする。 | 耐火板に要求する性能の検討<br>その他耐火技術の把握と適用性の検討                                      |   |
| 発災時の<br>救急・消防<br>活動 | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ いち早く円滑かつ安全に、救急・消防活動が行えるように、連絡体制の具体的な方策について整理する。</li> <li>■ 緊急車両の誘導、救急・消防活動の環境を向上させる排煙等の施設運用の具体的な方策について整理する。</li> <li>■ 道路管理者と関係機関との連携をふまえ整理する。</li> </ul>   | 連絡体制                      | 円滑かつ安全に救急・消防活動が行えるように、火災状況や避難の状況、トンネル内の交通状況などを消防・警察へ連絡する。               | 連絡体制、連絡の手段（発災時の初期対応で検討）<br>情報の内容                          |
|                     |  | 緊急車両の誘導                   | 消防・警察が早期に到着できるような設備を検討する。   | 緊急車両用連絡路などの検討   |
|                     |  | 排煙等の施設運用                  | 現場到着、救急・消防活動の環境を向上させる。  | 排煙のための換気施設の運用方法<br>その他の既存施設を用いた環境の向上策<br>排煙する際の周辺住民に対する影響 |
| 鎮火後の<br>対応          | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 鎮火後、速やかに現場の復旧を行い、供用の再開に向けた道路管理者、関係機関の行うべき事項を整理する。</li> <li>■ 道路管理者と関係機関との連携をふまえ整理する。</li> </ul>   | 復旧・再開                     | 1) 現場の復旧を行うため、資機材・労力の確保を行う。<br>2) 安全かつ速やかに交通開放するための判断基準を関係機関と協議のうえ策定する。 | 用意しておくべき資機材の検討<br>火災規模、被害の程度に応じた交通開放基準および構造物復旧判断基準の検討     |

4. 参考資料

1) 危険物積載車両の通行の禁止または制限について

道路法第 46 条第 3 項によれば、道路管理者は水底トンネルへの危険物の積載車両の通行を禁止または制限することができる。また、道路法施行規則第 4 条の 9 では、5000m以上のトンネルは水底トンネルに類するものとされている。

これらのことから、表 4.1 に示すような水底トンネルもしくは長大トンネルでは危険物の持込を禁止または制限している。

表 4.1 危険物積載車両通行を禁止または制限しているトンネル

|         | トンネル名         | 道路名          | 備考                                 |
|---------|---------------|--------------|------------------------------------|
| 高速道路    | 恵那山トンネル       | 中央自動車道       | 長大 上り線 (8,649m)<br>下り線 (8,489m)    |
|         | 関越トンネル        | 関越自動車道       | 長大 上り線 (11,055m)<br>下り線 (10,926m)  |
|         | 肥後トンネル        | 九州自動車道       | 長大 上り線 (6,328m)<br>下り線 (6,340m)    |
|         | 名東トンネル        | 東名阪自動車道      | 水底                                 |
|         | 守山トンネル        | 東名阪自動車道      | 水底                                 |
|         | 加久藤トンネル       | 九州自動車道       | 長大 (6,255m)                        |
|         | 袴越トンネル        | 東海北陸自動車道     | 長大 (5,932m)                        |
| 首都高速道路  | 羽田トンネル        | 高速 1 号羽田線    | 水底                                 |
|         | 千代田トンネル       | 高速 4 号新宿線    | 水底                                 |
|         | 八重洲トンネル       | 高速八重洲線       | 水底                                 |
|         | 東京港トンネル       | 高速湾岸線        | 水底                                 |
|         | 桜木町トンネル       | 高速神奈川 1 号横羽線 | 水底                                 |
|         | 空港北トンネル       | 高速湾岸線        | 水底                                 |
|         | 多摩川トンネル       | 高速湾岸線        | 水底                                 |
|         | 川崎航路トンネル      | 高速湾岸線        | 水底                                 |
| その他の道路  | 東京湾アクアライントンネル | 東京湾アクアライン    | 水底・長大 上り線 (9,541m)<br>下り線 (9,547m) |
|         | 関門トンネル        | 一般国道 2 号     | 水底                                 |
|         | 衣浦トンネル        | 愛知県道         | 水底                                 |
|         | 新神戸トンネル       | 神戸市道         | 長大 上り線 (7,175m)<br>下り線 (6,910m)    |
|         | 空港北トンネル       | 一般国道 357 号   | 水底                                 |
|         | 川崎港トンネル       | 川崎市道         | 水底                                 |
|         | 阪奈トンネル        | 第二阪奈有料道路     | 長大 上り線 (5,573m)<br>下り線 (5,575m)    |
|         | 雁坂トンネル        | 一般国道 140 号   | 長大 (6,625m)                        |
| 寒風山トンネル | 一般国道 194 号    | 長大 (5,432m)  |                                    |

「道路法 最終改正：平成十六年十二月一日」

(通行の禁止または制限)

第四十六条

3 道路管理者は、水底トンネル（水底トンネルに類するトンネルで国土交通省令で定めるものを含む。以下同じ。）の構造を保全し、又は水底トンネルにおける交通の危険を防止するため、政令で定めるところにより、爆発性又は易燃性を有する物件その他の危険物を積載する車両の通行を禁止し、又は制限することができる。

「道路法施行規則（昭和二十七年八月一日建設省令第二十五号）最終改正：平成一八年一二月二八日国土交通省令第一二三号」

(水底トンネルに類するトンネル)

第四条の九

法第四十六条第三項 に規定する国土交通省令で定める水底トンネルに類するトンネルは、水際にあるトンネルで当該トンネルの路面の高さが水面の高さ以下のもの又は長さ五千メートル以上のトンネルとする。

「道路法施行令（昭和二十七年十二月四日政令第四百七十九号）最終改正：平成一七年六月一日政令第二〇三号」

（車両の通行の禁止）

第十九条の十二 道路管理者は、次に掲げる危険物を積載する車両の水底トンネルの通行を禁止することができる。

- 一 火薬類取締法（昭和二十五年法律第百四十九号）第二条 に規定する火薬類（以下この条及び次条において「火薬類」という。）のうち次に掲げるもの
  - イ 雷こう、アジ化鉛その他の起爆薬
  - ロ ニトログリセリン、ニトログリコール及び爆発の用途に供せられるその他の硝酸エステル（国土交通省令で定めるものを除く。）
  - ハ 煙火（玩具煙火を除く。）
- 二 火薬類以外の物品で、アセチレン銅、ジアゾメタンその他これらと同程度以上の爆発性を有するもの
- 三 毒物及び劇物取締法（昭和二十五年法律第三百三号）第二条第一項 に規定する毒物（以下この条及び次条において「毒物」という。）又は同法第二条第二項 に規定する劇物（次条において「劇物」という。）のうち次に掲げるもの
  - イ シアン化水素
  - ロ 塩化シアノゲン
  - ハ 四アルキル鉛
  - ニ ホスゲン
  - ホ クロルピクリン
- 四 毒物以外の物品で、チオホスゲンその他これと同程度以上の毒性を有するもの
- 五 消防法（昭和二十三年法律第百八十六号）第二条第七項 に規定する危険物以外の物品で、塩化アセチレン、ジシランその他水又は空気と作用してこれらと同程度以上の発火性を有するもの

（車両の通行の制限）

第十九条の十三 道路管理者は、次に掲げる危険物を積載する車両のうち水底トンネルを通行することができる車両を、道路管理者の定める種類に属し、かつ、積載する危険物の容器、容器への収納方法及び包装（次条において「容器包装」という。）、積載数量並びに積載方法が道路管理者の定める要件を満たしているものに限ることができる。

- 一 火薬類
  - 二 高圧ガス保安法（昭和二十六年法律第二百四号）第二条 に規定する高圧ガス
  - 三 毒物又は劇物
  - 四 毒物及び劇物以外の物品で、クロルアセトフェノン、モノクロルアセトンその他これらと同程度以上の毒性を有するもの
  - 五 消防法第二条第七項 に規定する危険物（同法 別表に掲げる第四類の危険物にあつては、危険物の規制に関する政令（昭和三十四年政令第三百六号）第一条の六 に規定する引火点を測定する試験において、一気圧において、引火点が七十度未満の温度で測定されるものに限る。）
  - 六 四塩化けい素、オキシ塩化りんその他これらと同程度以上の腐食性を有するもの
  - 七 マッチ
  - 八 前条第二号及び第五号に掲げるもの
- 2 道路管理者は、前項各号に掲げる危険物を積載する車両が水底トンネルを通行することができる時間を限ることができる。

2) 非常用施設設置基準について

トンネルの非常用施設計画を策定するにあたって、その施設規模を決定する際考慮すべき事項は多岐にわたっており、トンネル延長、交通量に加えて線形、設計速度、幅員構成、換気方式、交通形態および管理体制などがあげられる。

しかし、これら諸条件の全てを対応させて、その規模を定めることは極めて困難であることから、非常用施設の規模は、当該トンネルにおける火災発生率がこの大小を決定するという考え方を基本としている。すなわち、全国のトンネル内火災発生率および事故発生率の実績を考慮して、トンネル延長と交通量によりAA、A、B、C、Dの等級に関する基本的な境界を設定し、この区分に応じて施設の規模を決定する。

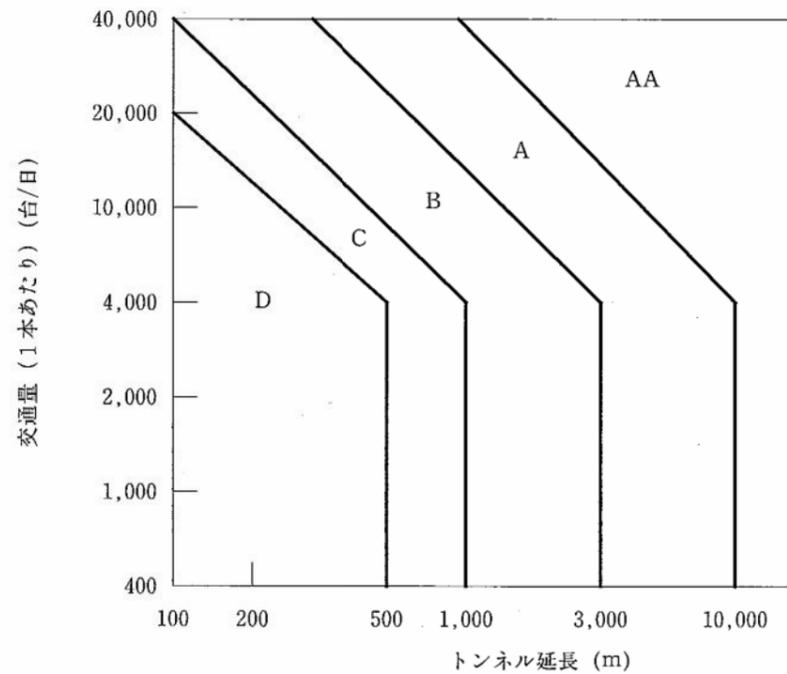


図4.1 トンネル等級区分

表4.2 AA等級トンネルにおいて原則として設置すべき非常用施設

| 非常用施設       |                           | 施設の仕様<br>設置間隔   | AA | A | B | C | D |
|-------------|---------------------------|---|----|---|---|---|---|
| 通報・警報<br>設備 | 非常電話                      | 設置間隔は200m以下   | ○  | ○ | ○ | ○ |   |
|             | 押ボタン式<br>通報装置             | 設置間隔50mを標準  | ○  | ○ | ○ | ○ |   |
|             | 火災検知器                     | 設置間隔は片側25mが一般的  | ○  | △ |   |   |   |
|             | 非常警報装置                    | 適切な行動ができるよう十分に視認できる位置   | ○  | ○ | ○ | ○ |   |
| 消火設備        | 消火器                       | 設置間隔50mを標準  | ○  | ○ | ○ |   |   |
|             | 消火栓                       | 設置間隔50mを標準  | ○  | ○ |   |   |   |
| 避難誘導<br>設備  | 誘導表示板                     | 設置間隔は両側200m以下を標準  | ○  | ○ | ○ |   |   |
|             | 排煙設備<br>または<br>避難通路       | 外環では縦流換気方式を採用<br>避難連絡坑方式、床版下方式の双方<br>とも採用可能                                       | ○  | △ |   |   |   |
| その他の<br>設備  | 給水栓                       | 200m毎に設置している例が多い  | ○  | △ |   |   |   |
|             | 無線通信補助<br>設備              | トンネル内の救助活動、消火活動等<br>に際して、トンネル外部との連絡に<br>供するための設備                                  | ○  | △ |   |   |   |
|             | ラジオ再放送<br>設備または<br>拡声放送設備 | トンネル内で、運転者等が道路管理<br>者からの情報を受信できるように<br>するための設備<br>避難連絡坑、分岐合流部などに局所<br>的に設置するのが一般的 | ○  | △ |   |   |   |
|             | 水噴霧設備                     | 放水量6L/min・m <sup>2</sup> を標準  | ○  | △ |   |   |   |
|             | 監視装置                      | トンネル内および坑口付近を一様<br>に監視できるように設置  | ○  | △ |   |   |   |

(注) 上表中「○印は原則として設置する」、「△印は必要に応じて設置する」ことを示す。  
「道路トンネル非常用施設設置基準・同解説」、平成13年10月、(社)日本道路協会

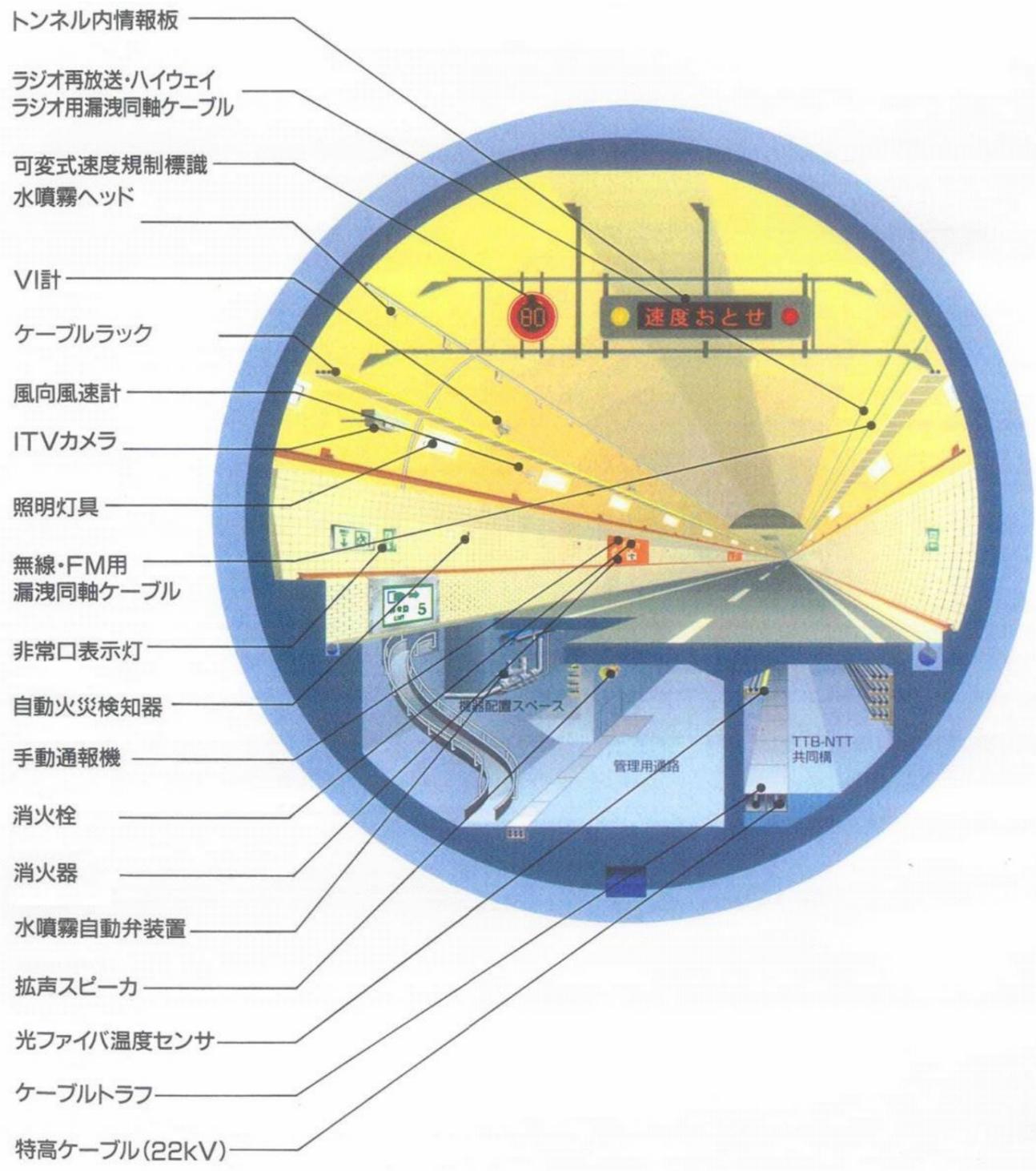


図 4.2 アクアラインにおける非常用施設配置

出典：東京湾横断道路プロジェクト、東京湾横断道路株式会社

### 3) 避難方式

#### ①連絡坑方式

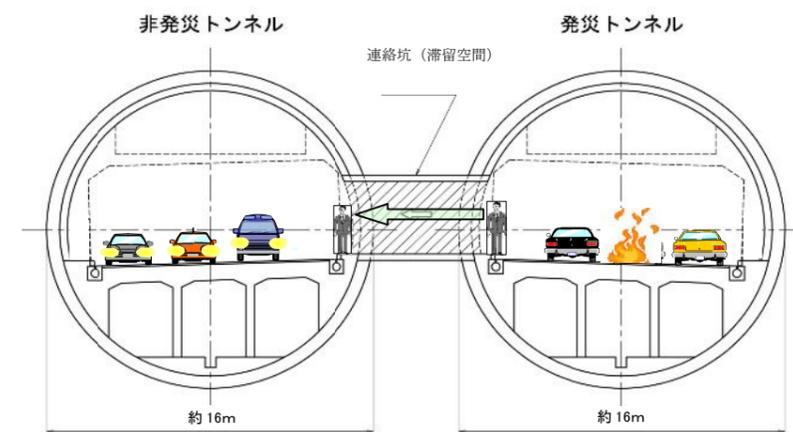


図 4.3 連絡坑方式のイメージ

#### ②床版下方式

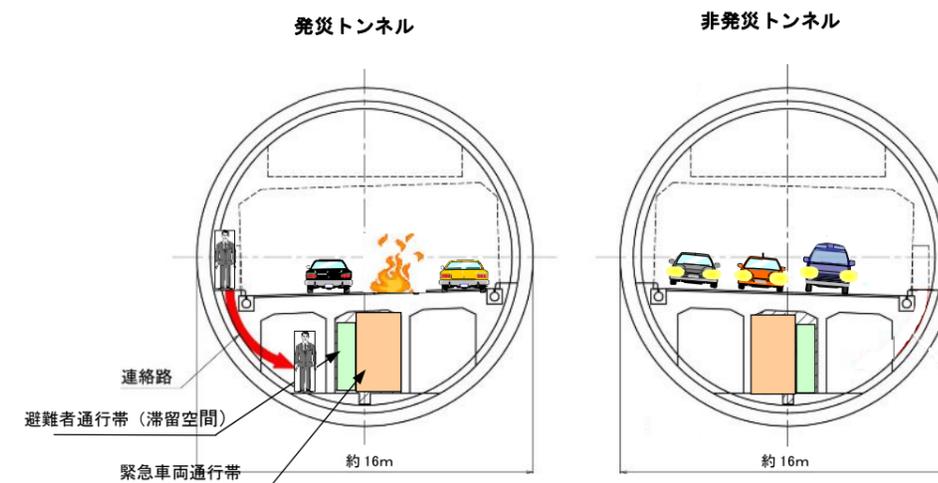


図 4.4 床版下方式のイメージ