

出國報告（出國類別：其他）

參訪日本隧道之交通管理設備設施維護 及災害防治事宜

服務機關：交通部航港局

姓名職稱：張博彥 南部航務中心科長
莊炳燦 南部航務中心技士

派赴國家：日本

出國期間：101年12月10-14日

報告日期：102.3.8

摘要：

高雄港過港隧道通車迄今約 30 年，隨著時代進步災防設備也不斷更新以期達到零災害及零事故之目標。本次考察目的為隧道如何預防災害發生，且如發生後如何迅速處理以降低災害造成之損失，另外，一併考察日本海底隧道空氣品質維持方式，抽排氣設備設置情形，作為未來改善通風換氣設備參考。

本次參訪研擬建議如下：1.消防設備滅火器等評估考量設置更輕巧化、簡易化方便用路人使用。2.建議評估在進入隧道前之主要路段，及隧道內部增加設置大型資訊可變電子看板，提示進入之駕駛人隧道內交通狀況，及提高駕駛人注意力。3. 評估考量於攝影機監視影像部分增加事件偵測功能，隧道內發生特殊事件時可立即警示。4. 建置高雄港過港隧道設施及用路人災防應變簡介資料，多管道教育隧道用路人具備相關安全知識。

目錄

壹、	前言.....	3
貳、	目的.....	3
參、	參訪行程與團員組成.....	3
肆、	參訪經過.....	4
伍、	參訪心得.....	15
陸、	建議.....	16

壹、前言

高雄港過港隧道，自高雄市前鎮區新生路與漁港南三路交叉口，沿漁港南三路向西經前鎮漁港與第三貨櫃中心之間，經由海底下穿過高雄港南北向主航道寬 440 公尺，水深 14 公尺，至對岸旗津中興商港區，完成連接旗津孤島與高雄市市區，順利高雄港旗津區域聯外交通，也促進旗津社區經濟的繁榮，改善居民生活。隧道於民國七十年五月開工至七十三年五月竣工通車，設計使用年限為 50 年，迄今已使用約 30 年。

鑒於近來雪山隧道發生嚴重交通事故；及本隧道為雙孔單向通車，隧道 1 孔維修時，另一孔須單孔雙向通行，較容易發生危險事故。加上隧道使用已久，部分民眾反映隧道空氣品質不良等、。為避免高雄港過港隧道發生雪山隧道類似事故、及維護隧道內空氣品質等、，故編列預算前往日本，其目的為考察該國海底隧道災防及隧道通風設備，汲取國外隧道之相關管理及災防經驗，提供高雄港過港隧道參考。

貳、目的

高雄港過港隧道已通車約 30 年，隨著時代進步災防設備也須不時更新，不斷的蒐集最新設備及最新的災防觀念，確保隧道減少災害發生，以期達到零災害及零事故之目標。又該隧道為高雄市與旗津孤島唯一道路，一旦事故發生並無其他替代道路，如何預防災害發生，且如發生後如何迅速應變處理以降低災害造成之損失，為本次考察目的。

另外，高雄港過港隧道隧道通風原採偵測啟動抽風機，因電費過高改採以人工手動方式操作，可大幅節省電費惟影響空氣品質。長久以來部分民眾反映隧道內空氣品質不佳。此次，一併考察日本海底隧道空氣品質維持方式，抽排氣設備設置情形。

目前高雄港過港隧道正辦理「高雄港過港隧道交通監控系統更新」，於此時出國參訪汲取日本東京灣附近類似隧道之相關經驗及觀念，期能為其系統更新工程提供相關建議而有所助益。

參、參訪行程與團員組成

一、參訪行程：

日期	星期	起迄地點	行程摘要	住宿地
12/10	一	高雄-東京	往程	東京
12/11	二	東京灣	參觀東京港第二航路海底隧道、臨海海底隧道，拜訪東京港港灣局隧道及橋樑交通行控中心	東京
12/12	三	東京灣	參觀東京灣橫斷道路海底隧道	東京
12/13	四	東京	參觀首都高速公路山手隧道(大橋交流道)	東京
12/14	五	東京-高雄	回程	--

二、團員組成：

編號	姓名	職稱	單位
1	張博彥	科長	交通部航港局南部航務中心港政科
2	莊炳燦	技士	交通部航港局南部航務中心港政科

肆、參訪經過

一、參觀東京港第二航路海底隧道、臨海海底隧道，拜訪東京都港灣局隧道及橋樑交通行控中心：

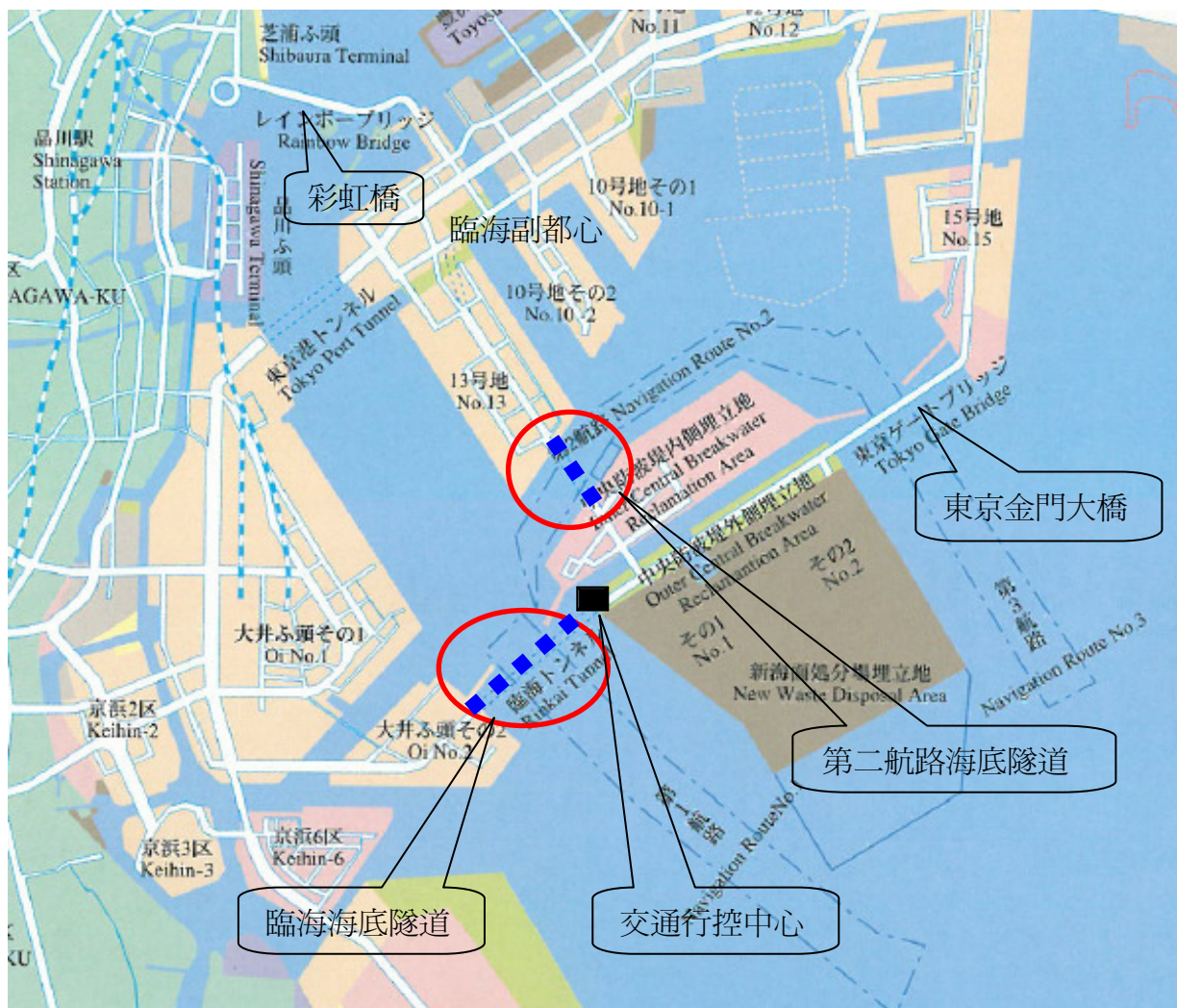


圖 4-1.1 東京港示意圖

本次參訪的臨海海底隧道（Rinkai Tunnel 西元 2002 年開通）與第二航路海底隧道（Undersea Tunnel）為東京港臨海道路的重要路段，將臨海副都心與東京港西南側連接。東京港臨海道路（Port of Tokyo Seaside Road）係連接東京都與東京港內臨海副都心，振興了東京的經濟，並帶動臨海副都心及其附近水域、港埠設施的分佈與發展。另外，東京港臨海道路東側之東京金門大橋（Tokyo Gate Bridge 西元 2002 年開通）完成東京港東南側的連接道路，東京港臨海道路全線係由東京都港灣局管轄。

東京都港灣局於臨海海底隧道東側入口處設立交通控制中心，監控東京港區所有重要橋樑與隧道，包括：彩虹橋（Rainbow Bridge，3,750m）、東京金門大橋（Tokyo Gate Bridge，2,618m）、臨海海底隧道（Rinkai Tunnel，1,969m），第二航路海底隧道（Undersea Tunnel，1,085m）及兩條陸上隧道。使工作人員得以在監控中心以螢幕及電子偵測器輔助方式下不分日夜 24 小時監控上述重要路段，將港區重要路段全部集中一處統一管理，包括節能、監控道路設備、監控事故災害、等、等，各項設備全部透過光纖連接到行控中心採遠端控制。

行控中心架設遠端監視及控制面板大型的監控螢幕，來整合隧道內設備與能源之控制，行控中心類似一個神經網路中心，它監控隧道內各項設備操作情形和隧道內情況。從行控中心可遠端控制隧道上每一個設備的操控，經由監控螢幕也可檢查個像設備使用情形的細節以及系統的反應是否正常。

隧道內建置隧道交通攝影機監控系統，來監控隧道如此才能把交通資訊即時提供給駕駛人。在控制中心的人員隨時透過螢幕監看隧道內交通流量相關情形，由螢幕之即時影像可隨時了解事故狀況。行控中心因可隨時監控道路交通情形，許多即時的路況交通資訊，行控中心經由無線電、擴音器及隧道內可變資訊字幕顯示面板等，多重管道方式以最短時間提事隧道內駕駛人清楚前方交通狀況，且如發生火災或其他事故，管理單位即用路人可立即依應變作業機制反應。

隧道內同時提供有 FM 及 AM 的無線電放送設備（弱波電纜）提供無線電放送服務，在事故或災害發生時，緊急切換為事故或災害資訊的廣播。喇叭揚聲器也會廣播緊急資訊告知隧道內駕駛人。此外，也在隧道內設置無線電通話輔助系統，可協助消防隊員及救難操作人員保持無線電暢通。

因為海底隧道內如發生火災因救援困難，容易造成重大事故。因此管理單位沿路設有火災偵測及自動警示設備，並裝設緊急電話及緊急按壓鈕，配備滅火器及泡沫消防栓，用路人第一時間即可進行滅火，滅火器及消防設備之設計特別考慮以一般人可操作為標準，具後座力小且重量輕便，一般民眾均可輕易操作。此外，亦設計遠端控制噴霧式灑水系統以控制火災範圍不擴大，由行控中心控制除考量避免影響災區人員疏散之情形及偵測器發生錯誤。並於隧道入口處設有資訊可變字幕顯示面板警報表示版，用以隨時更新表示隧道內交通情形提供駕駛人進入前之參考。



圖 4-1.2 輕便化簡便化消防設備

<p>■緊急電話 Call box</p>	<p>■事故通報緊急按鈕 emergency button</p>	<p>■火災偵測器 fire detector</p>	<p>■噴霧式灑水設備 sprinkler</p>
<p>■隧道内交通告示板 warning sign board</p>	<p>■滅火器・泡沫式消防栓 fire extenguisher, fire</p>	<p>■出口示意標誌 indicating sign foe exit</p>	<p>■出口方向指示燈 indicating lamp for fire exit</p>

圖 4-1.3 設備相關位置及防災設備照片：資料來源：日本東京都港灣局

有關臨海海底隧道（Rinkai Tunnel，1,969m），第二航路海底隧道(Undersea Tunnel，1,085m)，其通風方式採用於隧道入口端與出口端設置煙囪式排風機，並為自動啓動排風，經由隧道內空氣自動偵測器檢測，當隧道內空氣有害物質濃度超過規定之標準值，則排風開始啓動，俟有害物質濃度低於設定之濃度在自動停止。



圖 4-1.4 隧道內部交通情況

IHI 排風機 VARIAX			
形 式	ASL-4000/2240S		
口 徑	φ4000	mm	
風 量	226	m ³ /s	
全 風 壓	1180	Pa/Gauge	
回 轉 速 度	420	min ⁻¹	
電 動 機 出 力	410	kW	
吸 送 溫 度	-10~40	°C	
機 械 番 號	IMB-3223		
製 造 年 月	平成12年11月		
石川島播磨重工業株式会社			



圖 4-1.5 排風機規格型號

二、參觀東京灣橫斷道路海底隧道

本次參觀之東京灣橫斷道路海底隧道由東日本高速道路株式會社關東支社所管轄，東京灣橫斷道路(東京灣 Aqua-Line，日語：東京湾アクアライン)，1997年12月18日啓用，橫跨日本東京灣，包括有10公里海底隧道與5公里的跨海大橋，在海底隧道西側川崎入口處浮島設有金字塔型換氣口，進入後5公里至風之塔(川崎人工島)隧道換氣設施，沿海底隧道繼續往西走5公里與跨海大橋接合 該處設置一休憩設施海螢人工島，全線約15公里，銜接東京港東側神奈川縣川崎市與西側千葉縣木更津市。

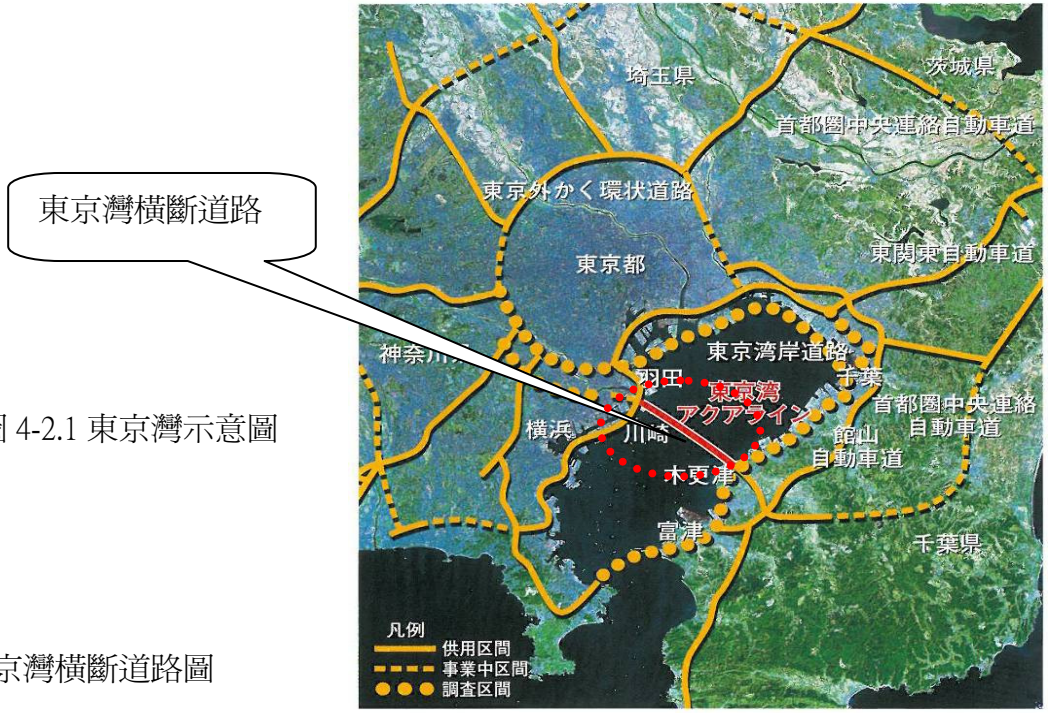
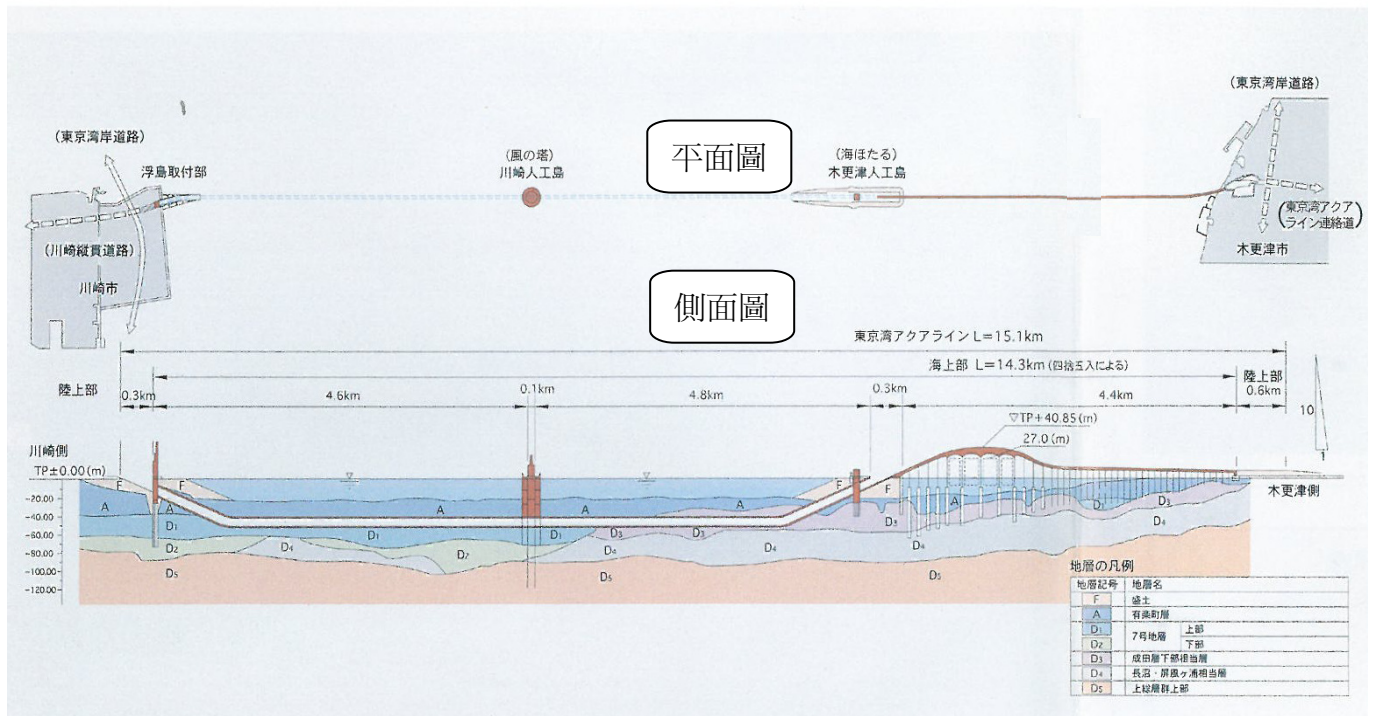
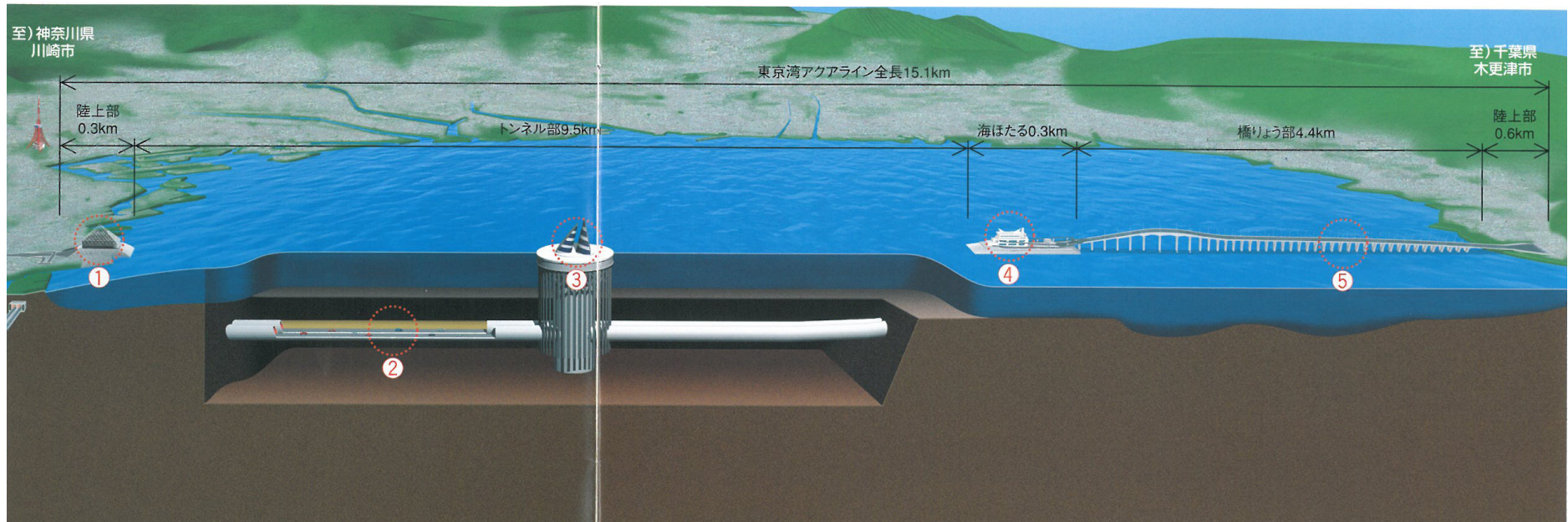


圖 4-2.1 東京灣示意圖

圖 4-2.2 東京灣橫斷道路圖





浮島換気所



隧道内部映像圖



風之塔(川崎人工島)



海螢(木更津人工島)



橋面部

圖 4-2.3 東京灣橫斷道路圖 資料來源：東日本高速道路株式會社關東支設東京灣橫斷道路管理事務所

防災系統：

東京橫斷道路約有 10 公里之海底隧道，在日本需符合 AA 級隧道安全標準，依規定已具備災防充分的措施及因應對策，本隧道災防系統特徵為利用車道下方空間最為逃生及救援系統。行車道路下方空間可提供緊急逃生通道及隧道管理使用(包括逃生、急救、救援及消防支援)多機能救災。

對交通事故、火災的發現與確認：在事故或火災等發生現場，早期事故的警報，事故狀況的確認採用種種方式來檢測，隧道內有配備有確認事故以及應變的各項設備。如即時監視器(CCTV)、緊急電話、火災偵測、以及緊急按押式通報裝置等。

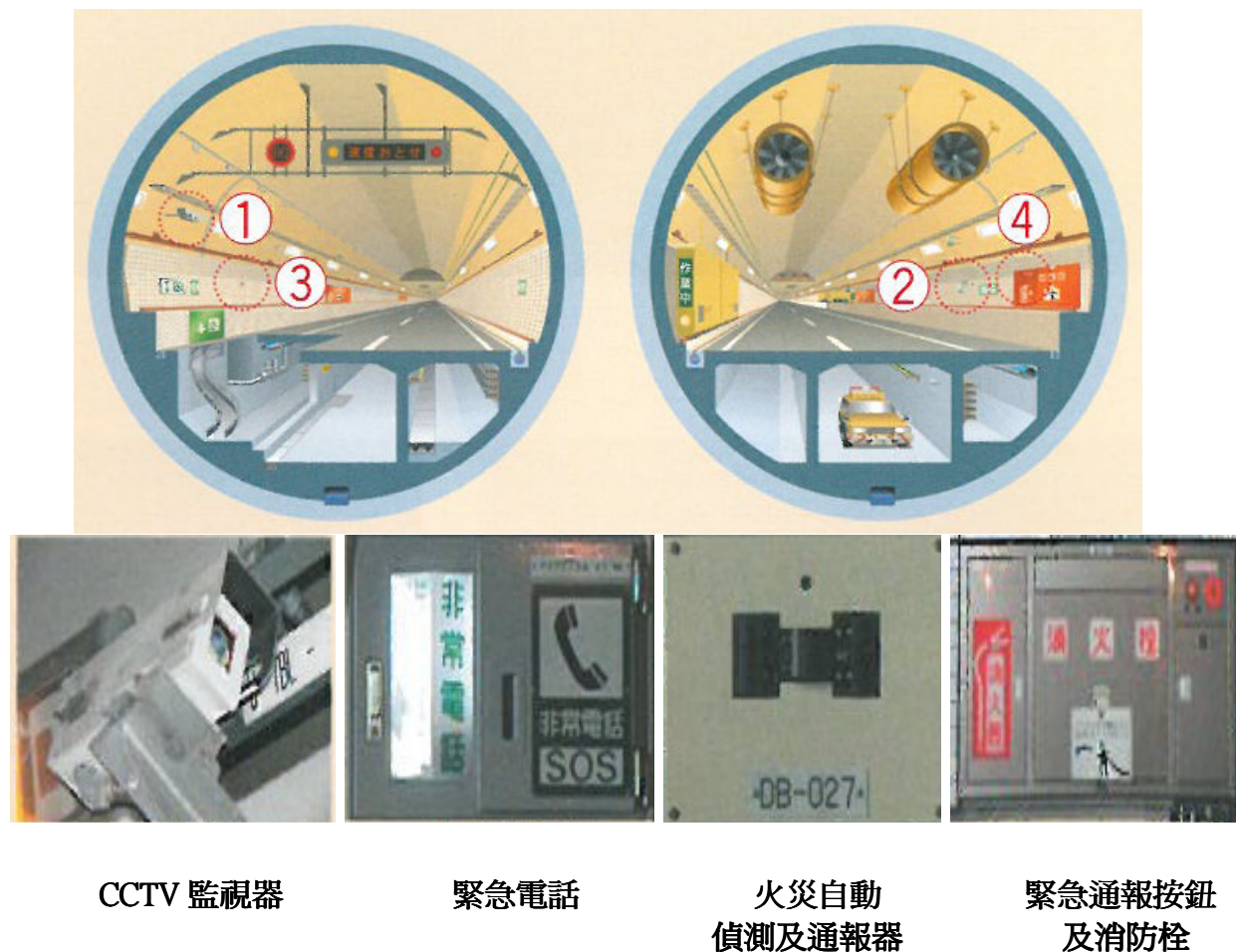
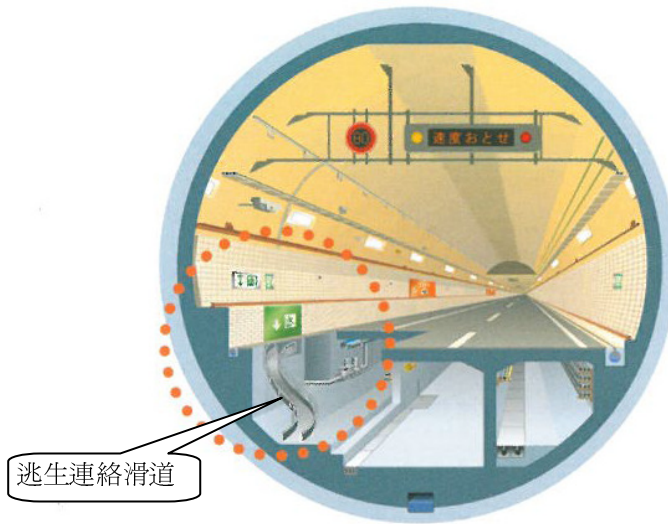
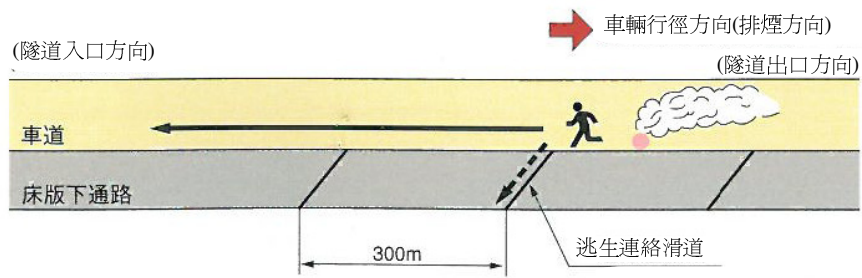


圖 4-2.4 隧道內災防設備圖

資料來源：東日本高速道路株式會社關東支設東京灣橫斷道路管理事務所

隧道內受災者逃生路線指引，以車道行進方向後方(隧道入口方向)為基本的逃生路線指引方向。隧道排煙方向為車道進行方向，利用車道下空間為逃生路徑。車道與逃生路徑之聯絡滑道每 300M 設置一處。逃生路徑在隧道的入口(浮島、海螢島)及風之塔設有坑口，視事故人員所在地點以較近之坑口引導逃生方向。

逃生路線



逃生連絡路

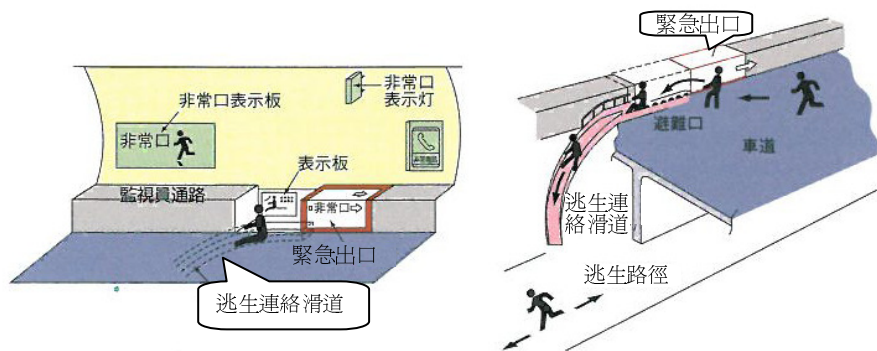


圖 4-2.5 橫斷道路內逃生路線示意圖

資料來源：東日本高速道路株式會社關東支設東京灣橫斷道路管理事務所

有關橫斷道路隧道內空氣之交換；十公里長的海底隧道有三個交換氣體出口，西側隧道入口為浮島換氣所，中間風之塔(川崎人工島)，東側出口與金門大橋銜接處為海螢(木更津人工島，日文：海ほたる)，隧道內部採用排風機、靜電集塵器再結合增加風機進行換氣。

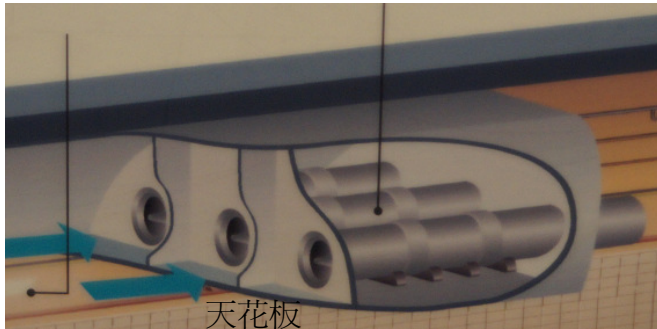


圖 4-2.6 設置於天花板上靜電集塵器

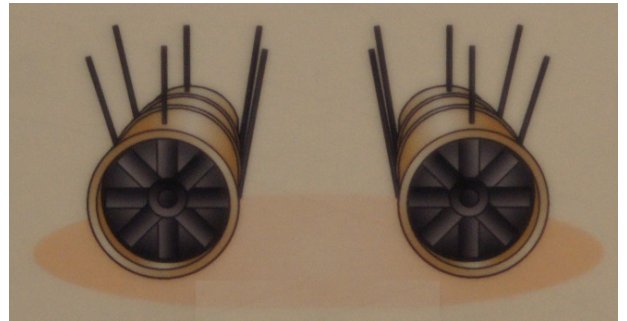


圖 4-2.7 設置於天花板上增壓風機



圖 4-2.8 橫斷道路隧道內增壓風機

三、參觀山手隧道大橋交流道

山手隧道之大橋交流道屬財團法人首都高速道路厚生會社建造管轄，山手隧道(為雙孔單向隧道)於大橋交流道與涉谷線高速公路會合處，高低差最大達 70 公尺，隧道來車孔經兩週的迴圈向上離開隧道進入涉谷高速公路，另外涉谷高速公路進入交流道經兩週的迴圈向下進入山手隧道另一孔，故為一 4 層迴圈結構的交流道。

本交流道位於市區地段，為降低對周邊環境影響，採用封閉式阻隔牆來降低周邊空氣污染、噪音污染，保護週邊環境品質。阻隔牆的設計上，阻隔牆壁面採用斜紋線條避免單調，並於上方設計假窗增加光影線條來降低壓迫感，增加視覺上的美感。於交流道中間上方並設置公園，公園及其周邊加以綠美化，增加綠地貢獻當地環境。

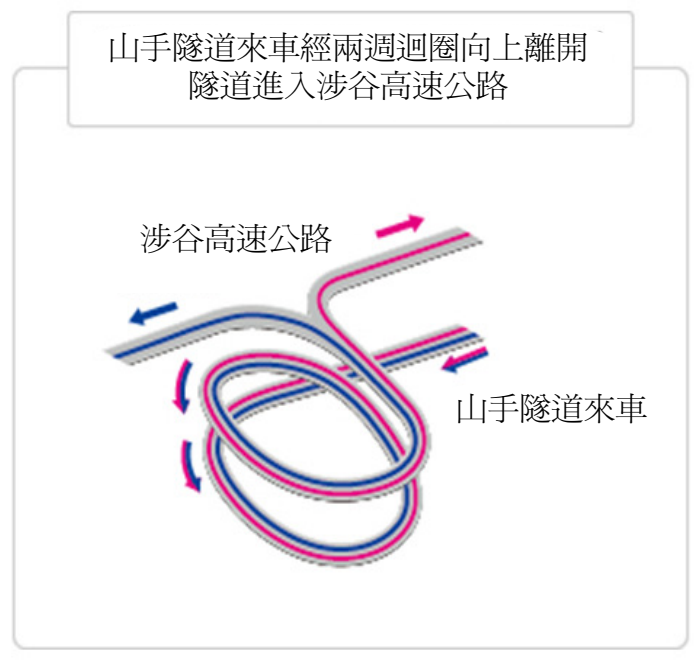


圖 4-3.1 山手隧道大橋交流道示意圖(資料來源：財團法人首都高速道路厚生會)

依該隧道資料表示，管理單位將災防分兩部份，事前的預防與事故的處理，認為預防事故的發生為首要的工作，充分的預防能確保事故永遠不會發生。故很用心去設置道路的標線、號誌及相關設備，如充足的照明，在隧道進入交流道時增加照明設備，提高駕駛人注意力，曲線路段採用不同顏色的標線，並設計不同的標線樣示，可以有效的傳達給駕駛人判別是否偏離車道。

首都高速公路株公司開始嚐試採用不同的顏色來協助駕駛人辨識，在隧道內方向指示看板及道路標線，以不同顏色編排，使駕駛人能更迅速、更清楚辨識交通訊息，縮短辨識時間將使行車更安全。另因曲線道無法看到前方交通狀況，轉彎處設置可變資訊電子字幕看板，告知駕駛人前方交通行車狀況及車輛行駛速度。此部分管理單位很用心的去設計與考量使道路與駕駛人的溝通更為精確與迅速。

隧道內每 100 公尺設置一電視攝影機，隨時監控隧道內行車狀況。並引進增加具有影像處理技術功能，透過攝影影像可自行判斷隧道內之異常狀況，包括行車異常之車輛，經電腦判斷鎖定行車速度較慢、停止或異常之車輛等，提示交管中心監控人員提高注意，採取應變。充分的設施，再加上駕駛人具備安全駕駛的意識，就可確保行車安全。

排除人為因素後，如發生意外事故，事件影像偵測功能在車輛故障或意外致發生火災時，交通控制中心電視監看畫面會自動鎖定，另外隧道內緊急通報按鈕(每 50M 設 1 組)用路人可按壓發出警報，也可使用隧道內緊急通知電話(每 100M 設 1 具)即時通知交通控制中心。此外，每 25M 設置火災檢測器能自動通報。在交通控制中心人員 24 小時值班，經發現或接到通知可迅速立即進行應變，為確保後續來車的安全，事故發生，隧道入口處及全線信號燈閃滅，提示駕駛人停車，電子資訊可變字幕看板顯示警告文字告知駕駛人事故發生。在事故後方的用路人開始經由各種通訊設備誘導往逃生方向移動，車內收音機可接收無線電廣播訊息，隧道內擴音機喇叭放送引導人員疏散逃生，隧道另

備有機車巡邏隊迅速趕往事故現場，同時通知消防及警察人員前往救災。

隧道內擴音機喇叭每 200M 設置 1 具，管理單位引進喇叭聲音延遲技術，降低隧道內喇叭聲音產生迴音，相互干擾，此技術第一次在隧道使用，經實際反覆測試，可將隧道內迴音干擾降至最低之情況。

另外，隧道內每 50M 設有滅火器、泡沫消防栓，假如駕駛人或乘客在安全的情況下可協助進行初期的滅火避免火災擴大範圍也保障自身安全。

在隧道內火災發生時，最危險的是濃煙，該隧道採用橫流式排煙系統，在隧道下方有進氣口送入新鮮空氣供呼吸，隧道上方設置排氣口抽除火災產生的濃煙，非常時期透過控制進氣與排氣系統可以保持隧道下方 1.5M 新鮮空氣層，如此可以保證隧道內人員有足夠時間逃生。每 350M 設置一緊急逃生口，逃生出口經設計濃煙不會進入，隧道內受災人員進入後可依逃生道路內指示標誌依序撤離。

山手隧道考慮災防已是多重多方面的安全考量，該單位也不斷追求新技術。例如：DSRC 行動通訊機制已開始實驗性的應用於山手隧道，經過衛星導航系統，將道路安全資訊以影像及聲音傳達給駕駛人，協助駕駛人能有更安全的駕駛。DSRC (Dedicated Short Range Communication) 係指對於沿著道路行駛的車輛建立特定的行動通訊機制。DSRC 為 ITS 通訊的基礎技術之一，主要協助道路、車輛、交通間的連結，一般而言，通訊的車輛可以是移動中或靜止的，而路側系統則在正常的狀況是被固定於路邊建築物上。

依該公司資料表示，隧道行駛安全災害防救對策的研擬是永遠不會結束，也將持續追求最新最安全的設備。此外，教育用路人對災防應變的對策與隧道設備了解，用路人於緊急事件發生時才能從容應對。所以隧道用路安全，是管理單位也是用路人的責任。

有關山手隧道換氣方式，山手隧道全線 11KM，經由地底下穿過市區，故其隧道內空氣品質之維持採用橫向排氣方式，並設置煙囪及空氣淨化設備以降低環境污染。

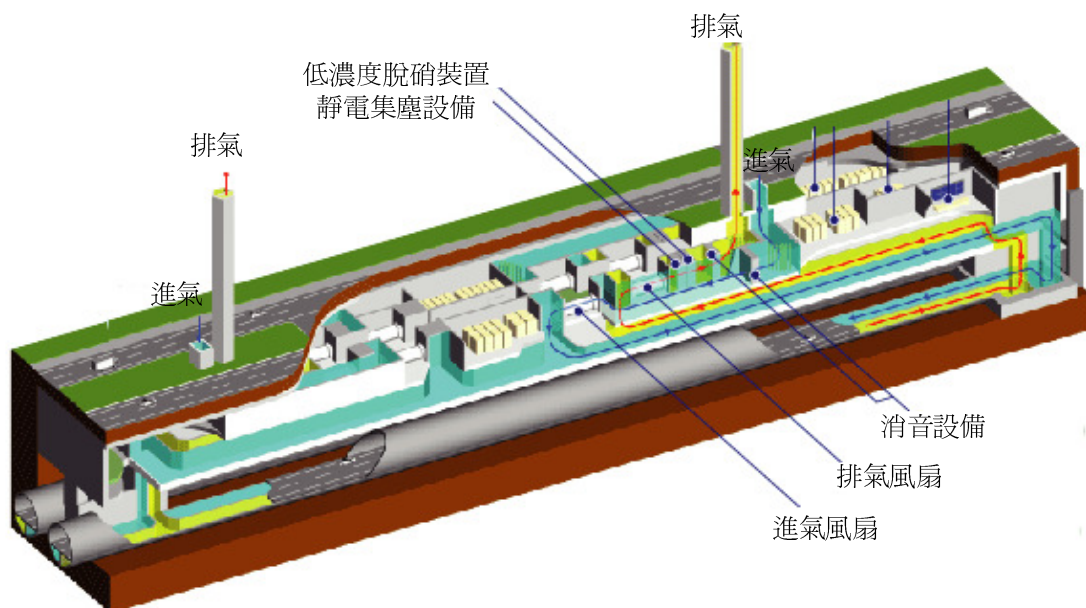


圖 4-3.2 山手隧道換氣映像圖 資料來源：財團法人首都高速道路厚生會

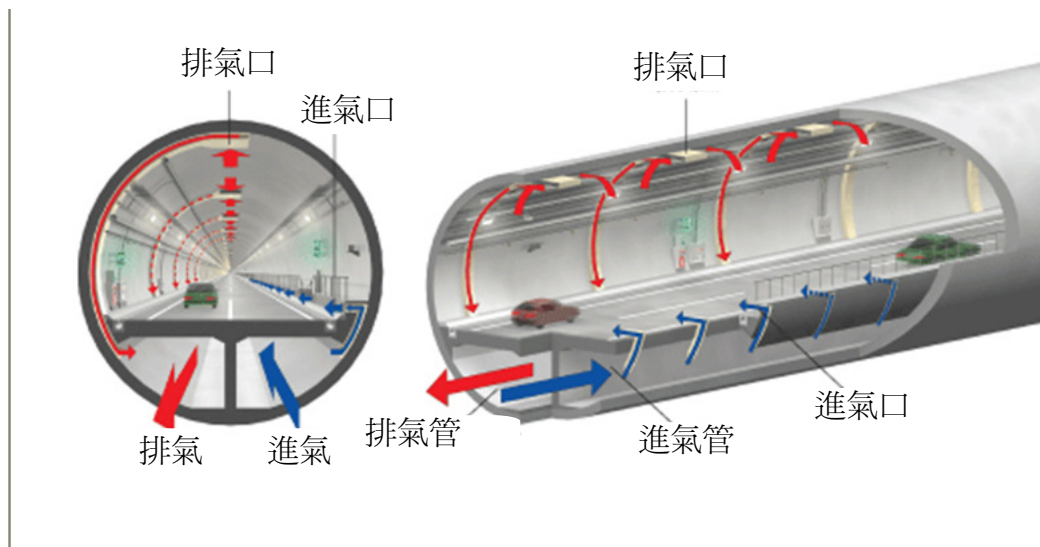


圖 4-3.3 隧道內部排氣、進氣示意圖 資料來源：財團法人首都高速道路厚生會

伍、參訪心得

日本隧道災防注重於事前的預防，隧道用路人的教育，與發生事故時緊急應變策略，以降低災害損失。在事前的預防方面，以各種方法、形式將隧道交通訊息立即傳遞給駕駛人，隧道上的標線、號誌及指示看板等，設計上力求簡單、清楚，並開始採用不同顏色表示，為了讓駕駛人能更簡單、更清楚迅速辨識各項交通資訊。並且讓駕駛人於未進入隧道前已被告知前方隧道內交通情形，例如進入隧道前大型資訊可變文字告示板，隨時表示隧道內車流情形，同時告知車輛行駛速度提醒駕駛人是否超速。建置無線電發送系統，車輛上配備 GPS 衛星導航為基本設備，經由無線電，可隨時接收隧道交通狀況，並可預報 5 分鐘以後道路交通狀況，此部分本國可觀察日本使用情形或許未來是否又更有效率之方式，能使道路與駕駛人間的溝通更為立即且更為清楚、迅速。裝置道路攝影機監視器，於交通控制中心 24 小時監控，並已發展攝影機監視畫面影像異常事件辨識功能，如有速度過慢、過快或行徑異常之車輛電腦能自動警示行控中心人員，採取相關應變。

在隧道用路人教育方面，製作隧道基本介紹、安全應變及用路人逃生設備使用等相關知識放置於公共場所，並建置網站供民眾可輕易取得隧道災害預防及緊急應變相關知識。

在災害發生時之災害應變設備，日本方面也是多重的設置，有火災自動檢測及自動警示器，有值班人員 24 小時監控隧道交通情形，如發生事故，駕駛人的逃生路線已事先規劃設置明顯指示標誌，沿路並有緊急電話、緊急通報按鈕，現場如情況允許，駕駛人可操作滅火器及消防設備，該設備已考慮一般用路人使用狀況，設計成簡單化及輕便化，方便一般民眾輕鬆操作。而交通控制中心，可遠端操作自動灑水、自動噴霧系統，依監視畫面判別隧道內人員逃生情形，遠端控制進行灑水滅火或噴霧降低現場溫度的控制。

在日本隧道安全防救為提前性，多方面考慮，並設置多重準備設備，在有發生徵兆即將危險解除，把所有人為狀況排除後。剩餘意外事故，於意外災害發生時的應變，亦以多重設備搭配，救人為先再把災損迅速降至最低。

有關隧道空氣交換部份，本次參訪各隧道除考量災防以外，依個別性質、長短與隧道設置地點而各有不同，臨海海底隧道相較下為較短程的海底隧道(約 2 公里)，僅採用煙囪搭配排氣機。橫斷道路海底隧道位於東京灣中央，全長約 10 公里，同時採用增壓風機、靜電集塵器與排氣機煙囪等配合使用。而山手隧道因位於市區地下，故其隧道換氣尚需考量減少環境的負荷，以及綠色建築的貢獻在地環境等。而有關高雄港海底隧道其性質與臨海海底隧道較為類似，若設備更新時建議參考其設計。

陸、 建議

經參訪日本相關海底隧道後，高雄港過港隧道相關災害防救設備並不亞於日本隧道設置，可見高雄港過港隧道相關維護管理單位平時用心經營，本團就本次參訪心得研擬相關建議提供高雄港過港隧道參考，條列如下：

- 1.災害救援部分，建議評估考量設置更加輕巧化、簡易化之消防設備滅火器、消防栓，方便一般用路人使用。
- 2.事故預防部分，建議評估於車輛進入隧道前之主要路段及隧道內部增加設置大型資訊可變電子看板，提示進入之駕駛人隧道內交通狀況，並可提高駕駛人注意力。
- 3.建議評估考量於攝影機監視影像處理部分增加事件偵測功能，偵測車輛行駛異常、隧道內特殊狀況，遇有異常狀況立即警示行控中心人員進一步監控。
- 4.建議將過港隧道行車安全規定及用路人災防應變簡介資料建置於網站供民眾瀏覽，評估考量是否製作摺頁發給港區航商、相關業者及旗津民眾等用路人，放置於附近風景區供民眾取閱，使隧道用路人具備相關之交通安全知識。

隧道災防如依相關人員分類可分作兩部份，設備管理維護單位，及隧道用路人。管理維護單位須定期定時檢討更新引進新的災防技術、設施及觀念。同時也需要教育駕駛人具備安全駕駛的觀念及事故逃生知識。多方面進行才能使災害未發生前即消滅，並於意外災害發生時將損失降至最低。