

出國報告（出國類別：實習）

潛盾隧道通風冷卻與間接水冷卻 系統設計與應用

服務機關：台灣電力公司南區施工處

姓名職稱：何宗哲 電機工程師

派赴國家：日本

出國期間：105年11月14日至105年11月19日

報告日期：105年12月23日

摘要

輸電線路採行地下電纜方式施設時，因其洞道為密閉空間，散熱不易，須藉由外力強制冷卻排除電纜線路送電時所產生之熱量，以保護電纜安全及維持有效率之電纜送電容量。目前世界所使用之洞道強制冷卻方式諸多，其中以通風冷卻與間接水冷卻系統為最普遍設計。

洞道電纜之冷卻方式決定，一般考量洞道實際空間大小、洞道距離長短、電纜發熱量及佈設回線數等條件，經過計算後再決定採用風冷方式或間接水冷卻方式散熱，惟對於長距離電纜洞道而言，當採通風換氣方式冷卻電纜，其散熱效果無法滿足電纜送電容量之需求時，一般多採用間接水冷卻系統設計，以達降低電纜溫度目的，而通風系統僅用於洞道之定時通風換氣用。

目前的應用為兩系統同時設置，然因間接水冷卻系統所需設備（主要包括：冰水主機、冷卻水塔、儲冰水槽、水泵浦、冷卻水管等）建置成本昂貴，另冷卻水塔及冰水主機運轉時需消耗大量電力，故如能利用電腦控制方式或其它可行之節能運轉及操作模式，以降低冰水主機與冰水管設置數量，則可降低電纜洞道冷卻系統之設置及營運成本。

本文共分 5 個章節，第 1 章說明本次參訪之目的，第 2 章介紹間接水冷卻系統，第 3 章介紹電纜附屬機電設備，第 4 章光纖偵溫系統介紹，第 5 章為出國實習計劃心得分享與建議事項。

關鍵詞：

間接水冷卻系統(Indirect Water Cooling System)

光纖偵溫(Optical Temperature Information System, OPTIS)

電力洞道附屬設備(Associated Facilities for Power Cable)

目錄

第 1 章 前言.....	1
第 2 章 地下電纜冷卻系統介紹.....	2
第 1 節 通風、冷卻系統簡介.....	2
第 2 節 間接水冷卻系統.....	4
第 3 章 地下電纜洞道附屬機電設備介紹.....	12
第 1 節 通風換氣設備.....	13
第 2 節 照明設備.....	15
第 3 節 電源設備.....	17
第 4 節 監視設備.....	18
第 5 節 防災安全設備.....	18
第 4 章 光纖偵溫系統介紹.....	22
第 5 章 心得分享與建議事項.....	27
參考資料.....	28

圖目錄

圖 2-1 風冷與水冷方式比較圖.....	2
圖 2-2 洞道內通風冷卻系統.....	3
圖 2-3 洞道內直接水冷卻系統.....	3
圖 2-4 洞道內間接水冷卻系統.....	4
圖 2-5 南港火力線線路概要.....	5
圖 2-6 電纜洞道配置概要圖.....	6
圖 2-7 間接水冷卻系統示意圖.....	7
圖 2-8 間接水冷卻系主要設備照片.....	8
圖 2-9 冷卻水流率與負載曲線關係示意圖.....	8
圖 2-10 冷卻水塔與冰水主機運轉時間.....	9
圖 2-11 冰水製造系統與循環系統操作模式.....	10
圖 2-12 洞道設備狀態造景盤.....	10
圖 2-13 洞道設備狀態控制介面.....	11
圖 2-14 冷卻系統監控介面.....	11
圖 3-1 地下電纜洞道附屬設備示意圖.....	12
圖 3-2 豐崎直井、淀川洞道、小曾根線位置示意圖.....	12
圖 3-3 淀川洞道.....	13
圖 3-4 換氣設備示意圖.....	13
圖 3-5 小曾根線多翼風扇(離心型)及防噪音裝置(直井內貼附吸音材).....	15
圖 3-6 照明設備示意圖.....	15
圖 3-7 照明設備回路示意圖.....	16
圖 3-8 電源配置示意圖.....	17
圖 3-9 洞道內電源分電盤.....	18
圖 3-10 監視設備監控設備.....	18
圖 3-11 避難導引設備.....	19

圖 3-12 通信(通話)設備.....	19
圖 3-13 火警及溫度偵測設備.....	20
圖 3-14 防水門設置示意圖.....	20
圖 3-15 電磁閥式防水門.....	21
圖 3-16 防水門水位感應器.....	21
圖 4-1 光纖偵溫原理圖.....	22
圖 4-2 偵溫光纖種類.....	23
圖 4-3 電纜表面溫度偵測.....	23
圖 4-4 無二氧化碳排放的電力.....	24
圖 4-5 處理廢棄建築物後之廢木燃料.....	25
圖 4-6 廢棄建築物敲碎處理.....	25
圖 4-7 輸送帶上之偵溫光纖.....	25
圖 4-8 輸送帶偵溫光纖監控系統.....	26
圖 4-9 生質發電廠發電機組.....	26

表目錄

表 2-1 南港火力線 154kV 地下電纜配置及電纜概要	6
表 3-1 通風換氣方式種類說明	14
表 3-2 照明設備配置方法說明	16

第1章 前言

隨著都會地區用電需求持續成長，在社會環境變遷與民意高漲下，架空輸電線路施設十分困難，因此近年來為達輸送電力之目的，又需符合民眾對市容及景觀的要求下，在都會地區輸送電力的方式，多數以地下電纜方式設計。

台灣都會區開發密度高，道路之地下管路管線眾多(如電信、瓦斯、自來水等管線)，除新開發市鎮、工業區、科學園區等道路開發可配合預埋管路，其餘地區道路施設管路需獲得道路主管機關同意不易等因素，地下電纜土木施設方式，漸改以洞道方式施設。故在有限的洞道空間中，如何降低電纜因送電時所產生之熱能，以維持電纜之高效率送電容量，成為一重要之課題。

本次實習之目的，即以參訪日本電力公司地下電纜洞道之實際案例，藉以瞭解其地下電纜線路及附屬機電相關施設方式，如電纜的排列方式、通風及冷卻系統之設計及運轉、冷卻系統之高效率節能運轉操作。本次參訪行程包括關西電力公司與 NK System 公司，分述如下：

1. 赴南港火力電廠輸電線路南港火力線，學習洞道間接水冷卻系統。
2. 至豐崎直井、淀川洞道、小曾根線，吸取其電纜佈設方式、洞道附屬設備(通風、排水、照明、電源、防災、監視設備)等。
3. 至 NK 公司研習光纖偵溫於電纜洞道之應用，並參訪川崎生質電廠光纖偵溫設備應用案例。

第2章 地下電纜冷卻系統介紹

第 1 節 通風、冷卻系統簡介

電纜之強制冷卻方式大致分為「風冷方式」及「水冷方式」兩種，一般考量電纜洞道長度及電纜總發熱量決定風冷與水冷方式之設置如圖 2-1 所示，風冷卻系統之裝置簡單且維修容易，但易受外氣溫度所影響；夏天或冬天時，利用外部周圍空氣冷卻效率有明顯差異。由於受限風的溫度差異性且洞道中風速須得以調整以利保養、維修等作業，故其多為短距離洞道所使用。

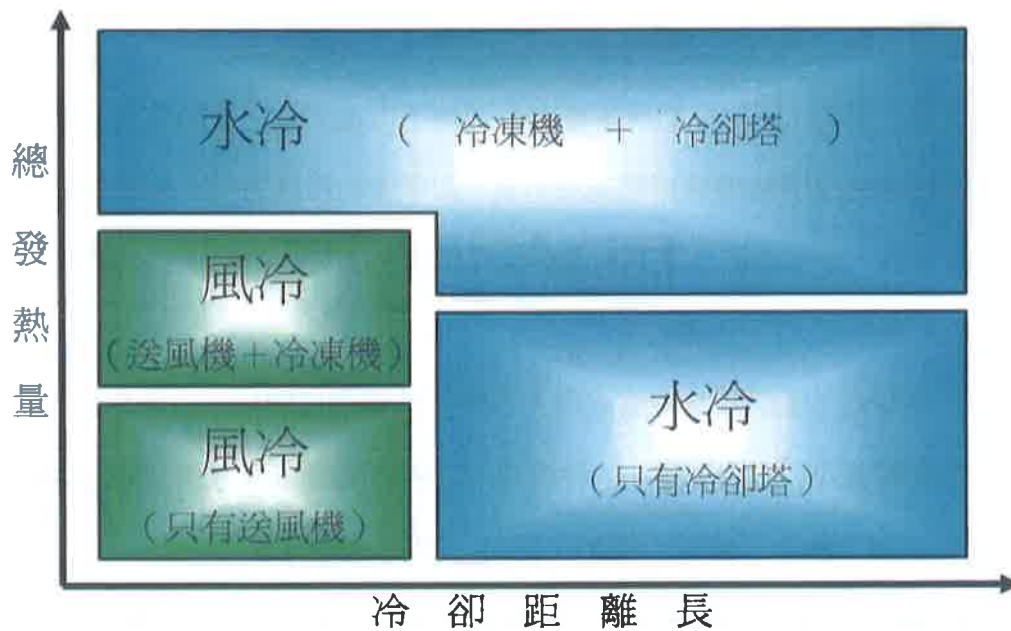


圖 2-1 風冷與水冷方式比較圖

長距離線路則多採用水冷卻系統，可進一步分類為直接水冷卻（direct water cooling）與間接水冷卻（indirect water cooling）兩種方式。由於直接水冷卻方式係利用長時間水壓直接冷卻電纜，故須考慮電纜外被覆之水分滲透性（water permeability）。間接水冷卻方式則是利用冷卻管之冷卻水先行冷卻洞道空氣，再由空氣自然擴散作用冷卻電纜，雖冷卻效率不如直接水冷卻，但因施工容易且可與電力電纜分開維修為其長處，更可因應未

來電力需求擴充相關冷卻設備。有關洞道風冷卻及各種水冷卻系統，詳述如下：

1. 洞道內通風冷卻系統

藉由送風機將外部新鮮空氣送入洞道中循環，以間接冷卻電纜，如圖 2-2 所示。

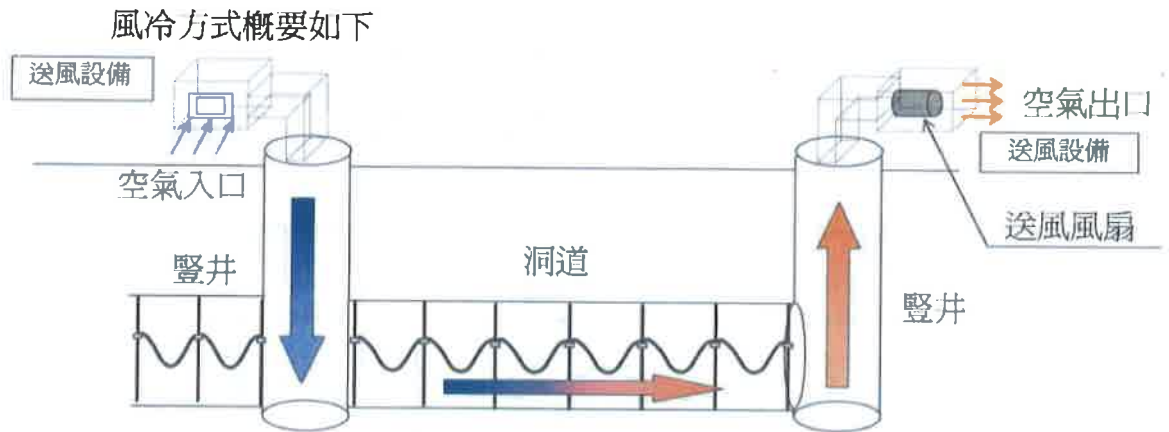


圖 2-2 洞道內通風冷卻系統

2. 洞道內直接水冷卻系統

由冰水主機及冷卻水塔之循環系統製冷，將冷卻水送至洞道中；而電纜則佈設於冷卻水管中，直接與冷卻水進行熱交換，如圖 2-3 所示。

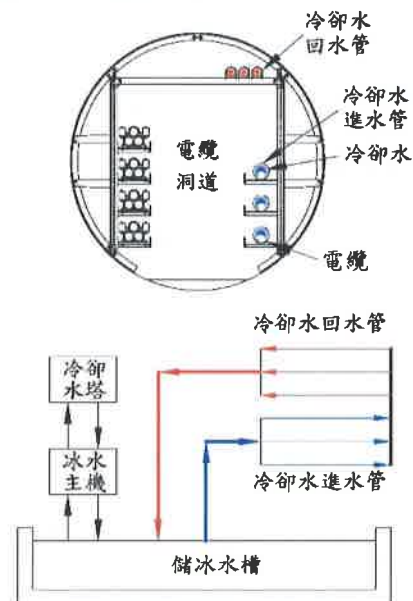


圖 2-3 洞道內直接水冷卻系統

3. 洞道內間接水冷卻系統

由冰水主機及冷卻水塔之循環系統製冷，利用冷卻水管（如 HDPE 管）將冷卻水送至洞道中，間接冷卻電纜，詳圖 2-4。本次參訪關西電力公司南港火力線，即採間接水冷卻方式冷卻電纜。

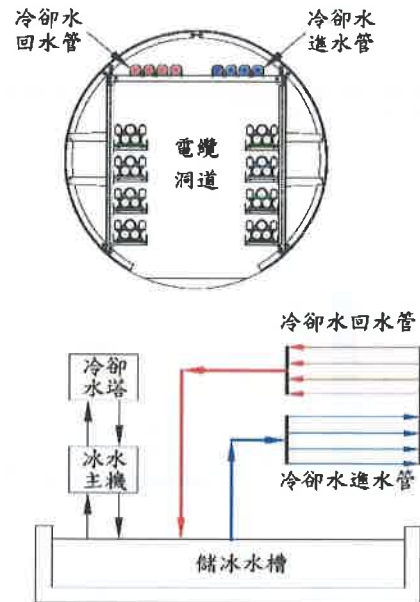


圖 2-4 洞道內間接水冷卻系統

第 2 節 間接水冷卻系統

間接之水冷卻系統，其主要之組成設備包括：冰水主機(liquid chiller)、冷卻水塔 (cooling tower)、冰水 (cooling water)、泵浦 (pump)、儲冰水槽 (water reservoir)、集水頭 (water header) 及冷卻水管 (cooling pipe) 等。有關本次參訪南港火力線及間接水冷卻系統，說明如下：

1. 南港火力線介紹

南港火力線從大阪南港碼頭之南港液化天然氣(LNG)火力電廠，將容量 1800MW 輸送至大阪市南部之敷津變電所(Shikitsu substation)，全長約 7 公里之 154kV 輸電線路，其中橫跨大阪灣，之區段全長約

3.4 公里地下電纜，採河道佈設方式，其線路概要圖詳圖 2-5，其地下電纜採用 154kV XLPE Cable 2000mm² 3 回線，複導體佈設，其電纜數量、導體規格等，詳表 2-1。

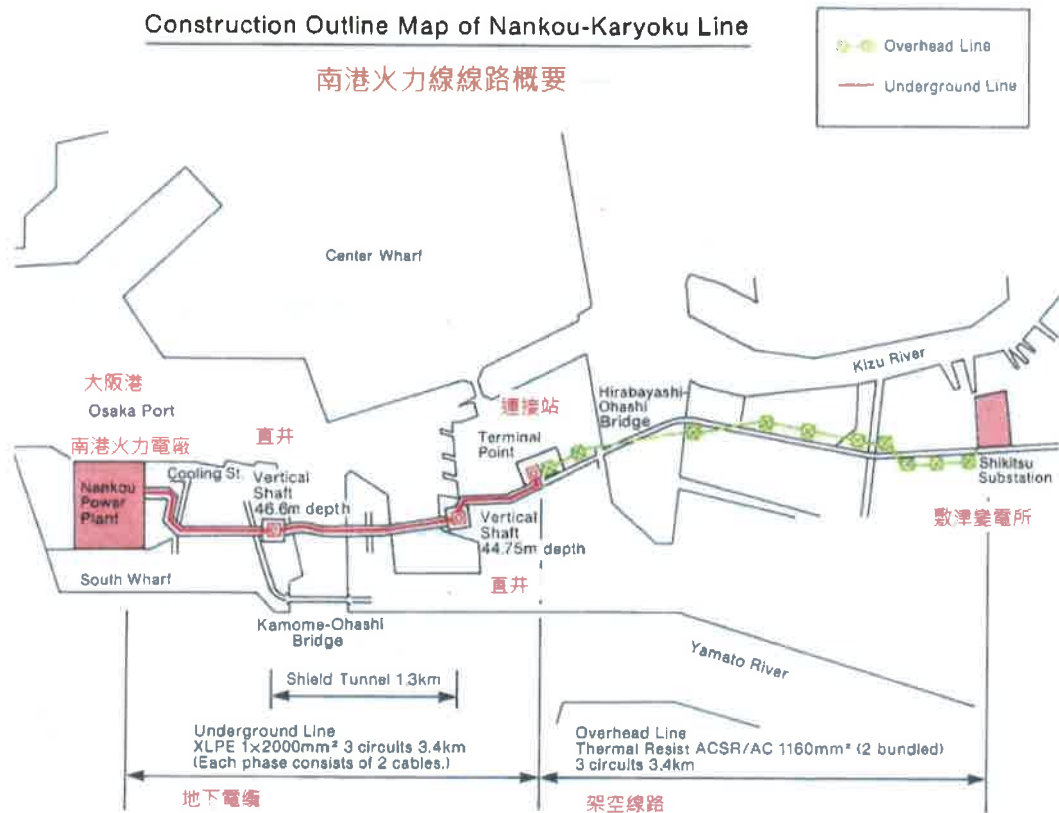


圖 2-5 南港火力線線路概要

南港火力線 154kV 地下電纜配置概要	
電纜長度	南港火力電廠至#1 連接站長度約 3.4 公里
電纜種類	154kV XLPE Cable 2000mm ² ，3 回線複導體
送電容量	600MW/回線(複導體/相)
電纜佈設方式	蛇行佈設
冷卻方式	河道間接水冷卻系統
導體尺寸	2000 mm ²
絕緣厚度	23 mm

遮蔽銅線	1.2 mm x 80
PVC 被覆厚度	6 mm
導體直徑	122.2 mm
重量	29.5 kg/m

表 2-1 南港火力線 154kV 地下電纜配置及電纜概要

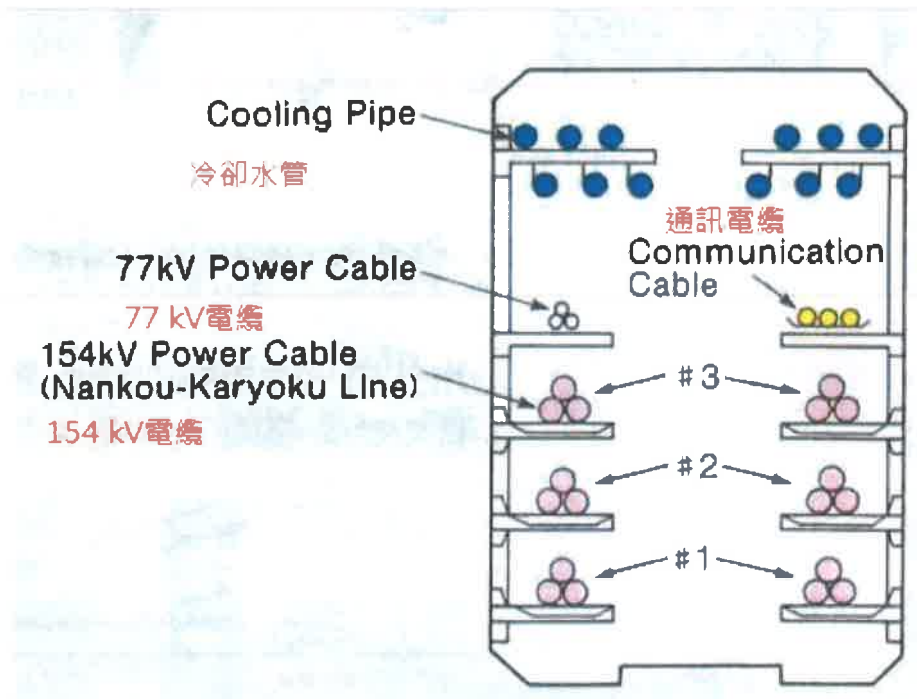


圖 2-6 電纜河道配置概要圖

2. 南港火力線間接水冷卻系統介紹

本系統包含冰水主機(Liquid chiller)3 台、冷卻水塔(cooling tower)3 台、循環幫浦(pump)4 台、冷卻水管、儲冰水槽 460m³、冰水流量計、冰水溫度計、河道溫度偵測器、冷卻系統控制器，其系統示意圖如圖 2-7。

本冷卻系統透過河道內上方水平佈設 12 條高強度聚乙烯管作為冷卻水管，利用冷卻水管帶走電纜送電時所發出之熱量，因考量電纜及冷卻水管施工及更換維修保養之便利、冷卻效率及保持河道斷面

溫度均一等因素，冷水管集中配置於洞道上方(透過空氣對流，吸收上升熱流之冷卻方式)，其配置如圖 2-6 所示。

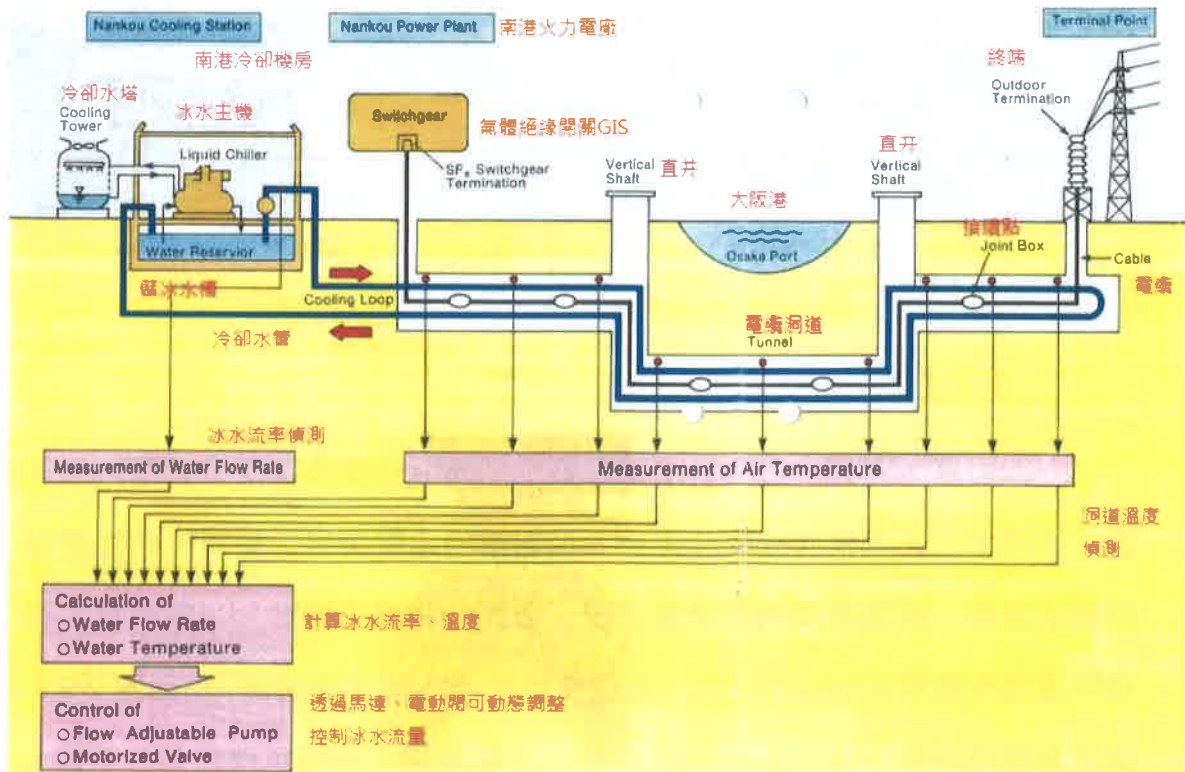


圖 2-7 間接水冷卻系統示意圖





圖 2-8 間接水冷卻系主要設備照片

一般而言，洞道內之空氣溫度主要受到外氣溫度及電纜負載電流之影響，冷卻水之送水幫浦啟動及停止，視洞道內溫度決定，幫浦可動態調整控制水流率，避免造成洞道過度冷卻，造成浪費電力情形，一般而言，洞道內溫度不超過允許溫度 37°C ，其溫度與循環冷卻水流率關係，如圖 2-9。雖然當洞道溫度小於 37°C 時，可以停止冷卻設備，一樣可達節能之目的，但就設備之維修面考量，仍以持續運轉為佳，可避免不斷啟動、停止切換之耗能，因此該系統採用最低送水量持續冷卻系統。

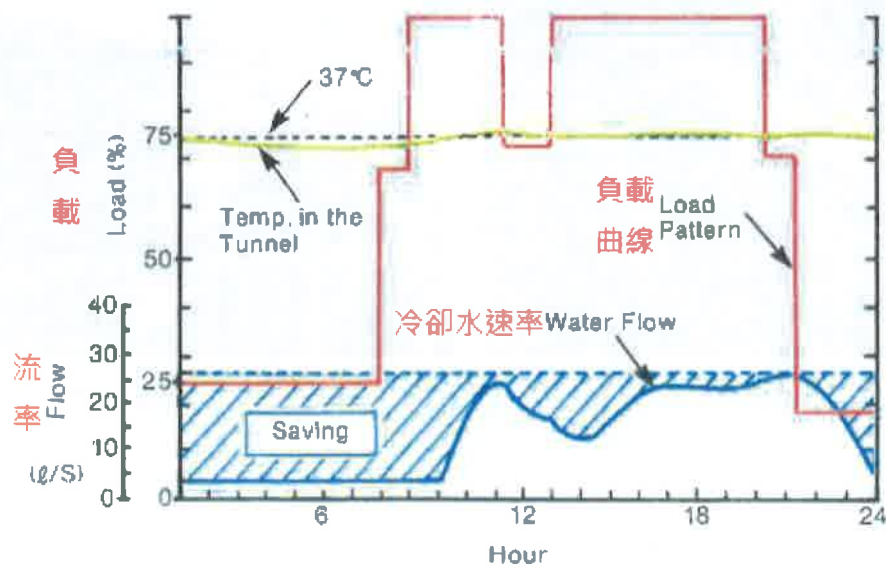


圖 2-9 冷卻水流率與負載曲線關係示意圖

由於冷卻水塔的耗電量約為冰水主機的 1/10，為達最有效率的冷卻方式及節能運轉考量，該系統分為冬季模式(11 月~5 月)及夏季模式(5 月~11 月)運轉，在冬季模式下，外氣溫度低，不啟動冰水主機，僅啟動冷卻水塔，在夏季模式時才同時啟動冰水主機與冷卻水塔(如圖 2-10)。相關控制模式說明如下：

- 1.在冬季模式下，冷卻水塔之啟動，視河道循環冷卻水之入水溫度是否大於 20℃ 決定，當溫度小於 20℃ 時，冷卻水塔停止運轉，僅循環冷卻水持續運轉，以外氣冷卻循環冷卻水。
- 2.在夏季模式下，冰水主機之啟動，視河道循環冷卻水之入水溫度是否大於 16℃ 決定，當循環冷卻水溫大於 16℃ 啟動冰水主機，反之則停止冰水主機。

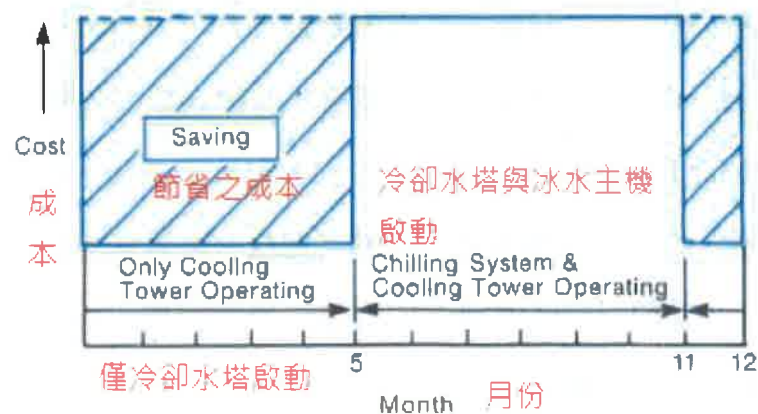


圖 2-10 冷卻水塔與冰水主機運轉時間

南港火力線為電廠電源輸出線路，為確保系統電纜輸送最大容量及安全性，本冷卻系統之冰水製造系統(冷卻水塔及冰水主機)由 3 台機組構成，平時僅 2 機組運轉，如冰水機組發生障時或電纜故障時可藉由第 3 機組運轉發揮冷卻能力，此外，考量維修作業及降低設備故障時影響，河道內冷水循環系統(冷卻水管與循環幫浦)採用 2 系統獨立架構。

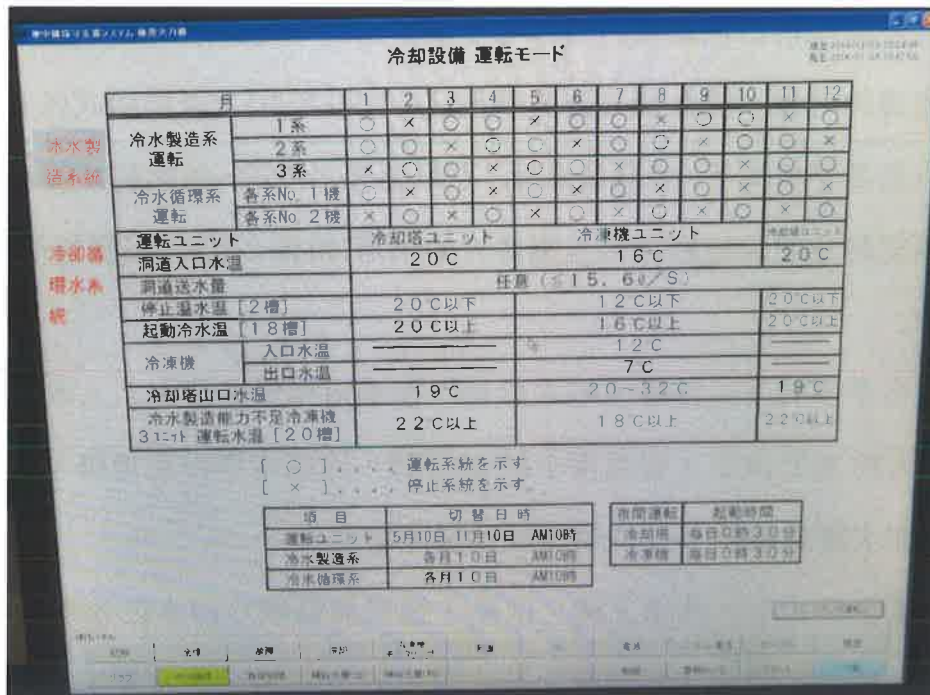


圖 2-11 冰水製造系統與循環系統操作模式

為確保南港火力線整體之維護運轉效率及可靠度，採用即時監控系統監控洞道內冷卻設備及電纜，其中間接水冷卻系統監控洞道溫度、冷卻循環水溫度、冷卻循環水速率，與各冷卻設備(冰水主機、冷卻水塔、循環幫浦...等)狀態，並採用光纖通訊與控制室連接。控制室亦針對洞道機電附屬設備，通風、電源、照明、排水、火警、門禁監控，當系統發生異常時，能通知維護人員迅速處理。

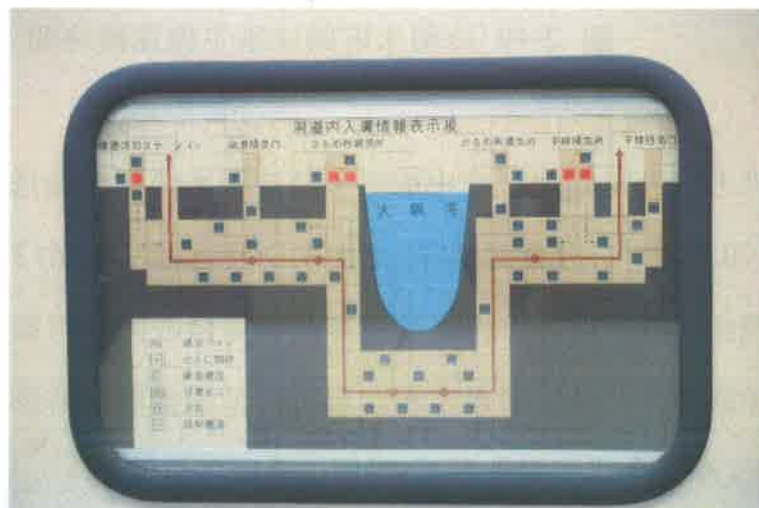


圖 2-12 洞道設備狀態造景盤



圖 2-13 洞道設備狀態控制介面



圖 2-14 冷卻系統監控介面

本次參訪南港火力線間接水冷卻系統，該系統利用有效率的電腦控制操作方式，針對負載變化率動態控制循環水速率、冷卻水塔、冰水主機，並依環境溫度採夏季模式與冬季模式運轉，以最佳化的冷卻效率，最有效率的設備運轉率及最小的設備操作率，達到節能運轉之目的，根據關西電力公司統計，如與傳統冷卻系統(僅全開/關冷卻設備方式之冷卻系統)比較，可節省約 55%的成本(與冷卻設備全部開啟狀態下比較)，合計每年約節省 2700 萬日圓。

第3章 地下電纜河道附屬機電設備介紹

地下電纜河道為確保系統輸電容量、人員之作業便利性、安全及維護管理需求，河道設置附屬機電設備有其必要性，其範圍包含通風換氣、排水、照明、電源、監視、防災安全等設備，如圖 3-1。本次藉由參訪關西電力公司之豐崎直井、淀川河道 (穿越淀川河流)、小曾根線，瞭解河道附屬機電設備之實際應用。

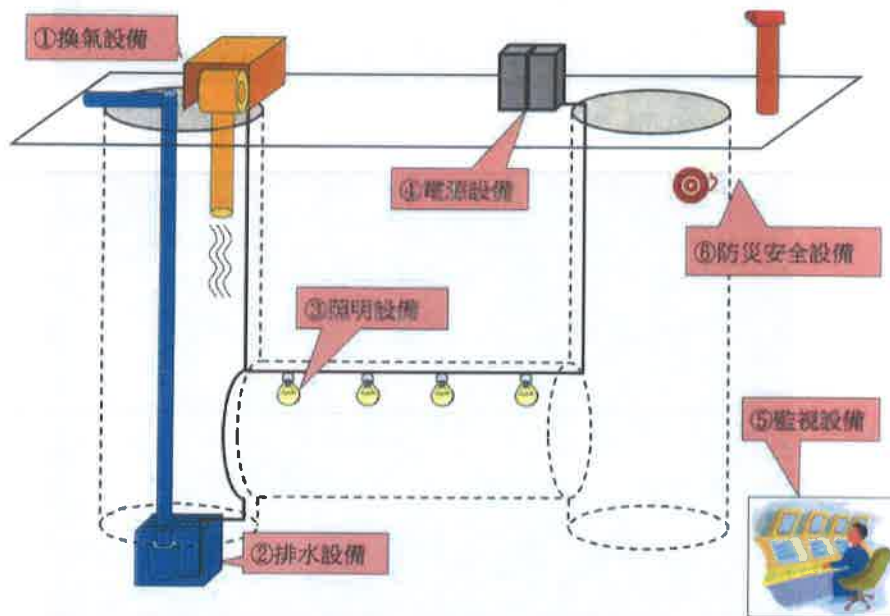


圖 3-1 地下電纜河道附屬設備示意圖



圖 3-2 豐崎直井、淀川河道、小曾根線位置示意圖



圖 3-3 淀川洞道

第1節 通風換氣設備

為考量維護人員安全，設計時應依下述諸項條件設計換氣設備，包括出入口風速最大 5 m/s 以下，洞道內風速最大 2 m/s 以下，最小 0.3 m/s 以上，洞道溫度 37°C 以下，換氣所需時間 30 分鐘以內等。另換氣口之構造應可以緊急逃生，換氣口應考量併設空氣遮斷用之排煙閘門等設備，有關噪音防治部分，應遵照噪音相關法規進行設計。

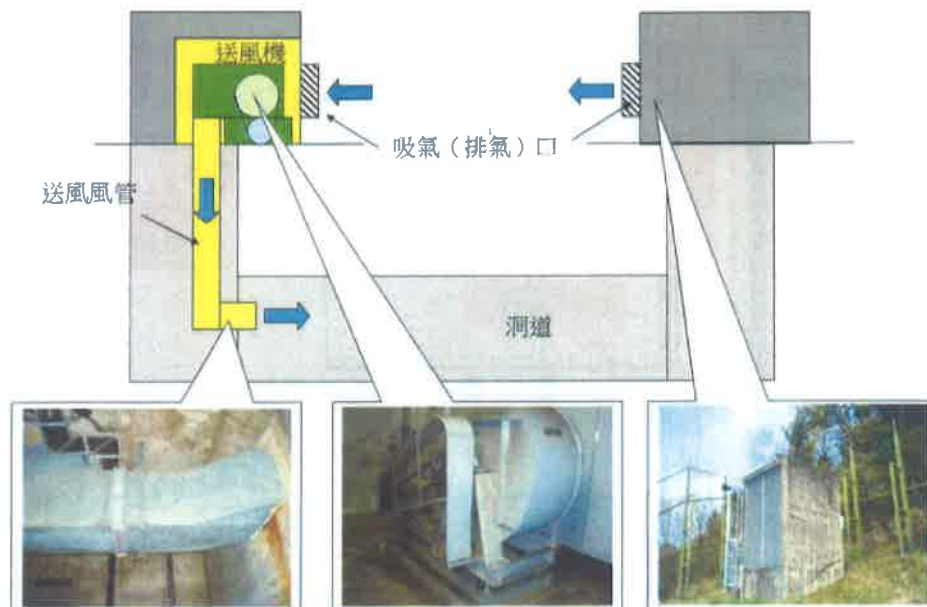


圖 3-4 換氣設備示意圖

依洞道之種類，換氣方式可分為以下幾種類別：

	換氣方法	換氣之方法說明	適用標準	特色
1	單側強制通風 (A 型)	<p>吸氣換氣孔 排氣換氣孔</p>  <p>*考慮噪音問題，將送風機設於吸氣換氣孔</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●採用洞道換氣方式標準 ●兩個區間的氣流損失量相等時 	較其他方式最為有利
2	兩側強制通風 (B 型)	<p>吸氣換氣孔 排氣換氣孔</p>  <p>*考慮噪音問題，將送風機設於吸氣換氣孔</p>	若洞道的氣流損失變大，A 型單側強制通風無法因應時。	雖然設備投資費用增高，但即使在洞道氣流損失很高時，亦極有效。
3	中間型強制通風 (C 型)	<p>吸氣換氣孔 排氣換氣孔</p>  <p>*考慮噪音問題，將送風機設於吸氣換氣孔</p>	兩端換氣口無法確保送風機設置空間時	雖然設備投資費用增高，但對消除地面噪音最為有效。
4	兩側-中間強制通風 (D 型)	<p>進氣換氣孔 排氣換氣孔</p>  <p>*考慮噪音問題，將送風機設於吸氣換氣孔</p>	換氣區間較長時，可適時增設中間增壓氣加以補足	當洞道氣流損失非常高時，也足以因應。
5	風管通風 (E 型)	 <p>*需注意不能洞道排氣孔進氣</p>	主要在只能從單側換氣口換氣時，採用此類型	<ul style="list-style-type: none"> ●風管越長，設備投資費用越高 ●要求較大風量時，有時需配合風管尺寸，而需要有效尺寸較大的洞道。

表 3-1 通風換氣方式種類說明



圖 3-5 小曾根線多翼風扇(離心型)及防噪音裝置(直井內貼附吸音材)

選擇風機時除符合前述設計條件外，應考量投資費用及故障時的維修服務，優先考量市場現有產品。其中離心力型風機可獲得較大靜壓，但轉速也相對變大；軸流型風機，設備小且成本低廉，但難以達到較大之靜壓。

第2節 照明設備

有關洞道照明設備之配置如圖 3-6 所示，其配置方法，為符合最低照度之需求，一般配置的方法可分為 4 種，說明如表 3-2:

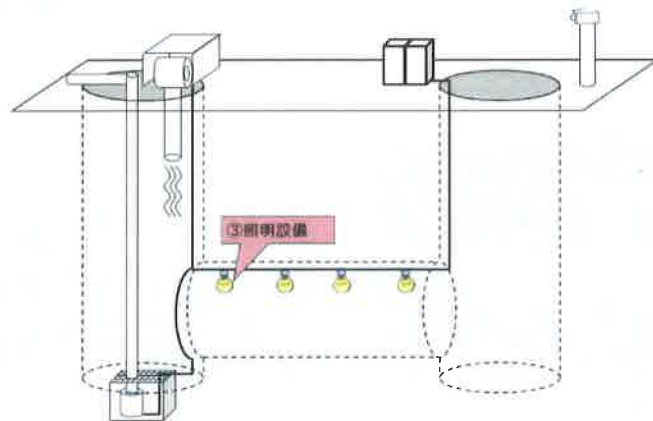
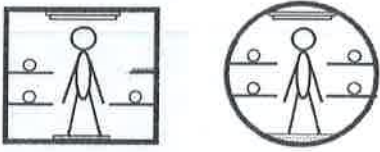


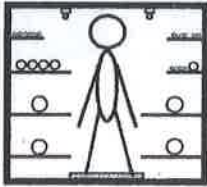


圖 3-6 照明設備示意圖

優先順位	配置種類	配置圖	有效高度區域 (地面~天花板)
1	洞道中心部 直角配置		高度 2.1m 以上
2	洞道端部 直角配置		高度 2.1m 以下
3	洞道中心部 平行配置		高度 2.1m 以下
4	洞道端部 平行配置 (平行交錯配置)		高度 2.1m 以下

註: 有效高度區域中, 高度 2.1m 之詳細內容如下。
 工作人員身高 1.8m+安全頭盔 0.1m+照明器具高度 0.15m+預留空間 0.05m=2.1m

表 3-2 照明設備配置方法說明

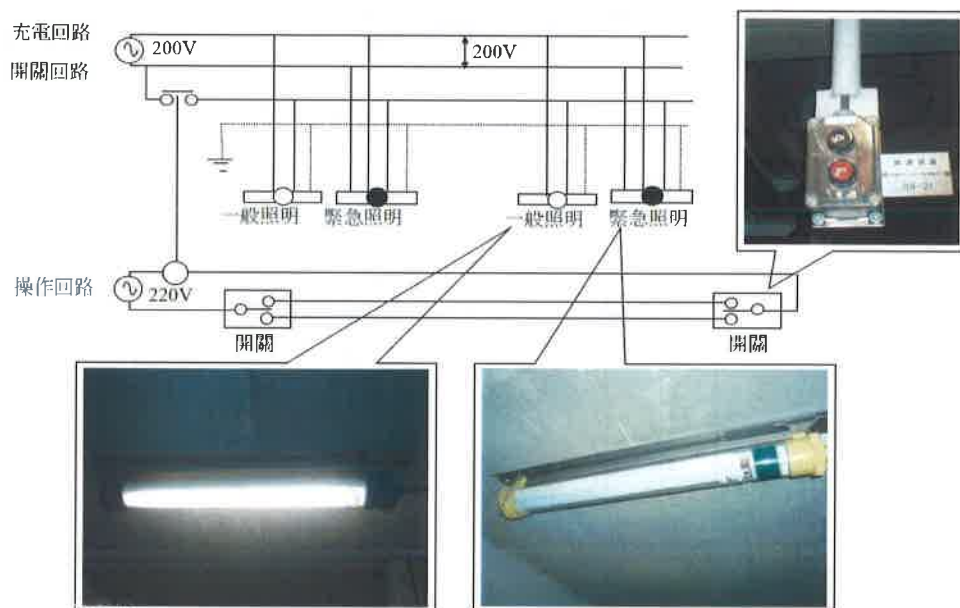


圖 3-7 照明設備回路示意圖

第3節 電源設備

洞道內之電源配置，依照用途不同之機器種類，其負載種類可分為常用負載、緊急用負載、不停電負載，說明如下：

1. **常用負載**:用於切換電源等時，短時間的停電狀態應不產生實質負載，例如一般燈具負載、送風機等。
2. **緊急用負載**:用於配電所發生全面停電等事故時，電源將完全停止，若停電時間持續很長時，亦能確保恢復電源及保全之負載，例如緊急照明負載、導引燈具負載、冷卻機房消防系統。
3. **不停電負載**:用於設備本身之電源電壓變動(系統發生異常等)或瞬間停電等，短時間停電的狀況下，也會對設備運轉的維護及安全問題造成負載上的影響，例如保守支援用負載、控制用負載。

洞道內需使用電源之設備如圖 3-8 所示。

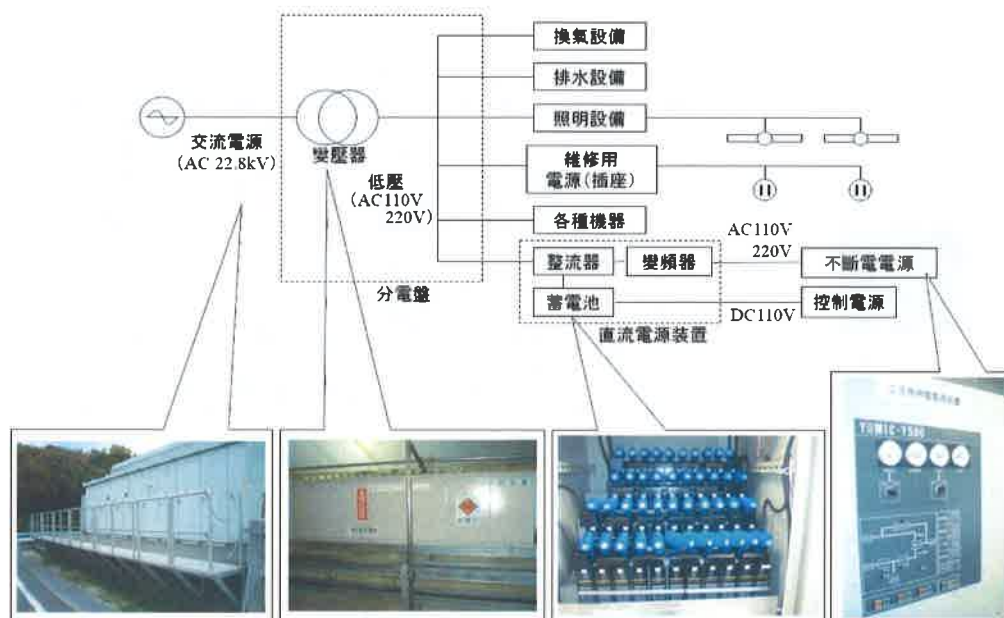


圖 3-8 電源配置示意圖



圖 3-9 洞道內電源分電盤

第4節 監視設備

洞道內必須裝設監視洞道附屬設備狀況之監視設備，主要功能為監視洞道附屬設備之運轉狀況、洞道附屬設備之故障資訊、接收各種感應器傳送之警報訊息、換氣或照明等設備之遠距離操作，如圖 3-10 所示。

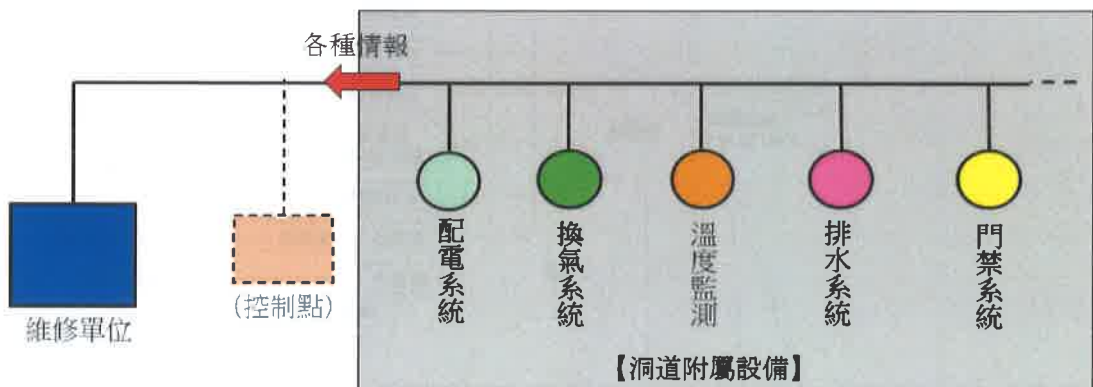


圖 3-10 監視設備監控設備

第5節 防災安全設備

洞道內防災安全設備包括通信(通話)設備、火災偵測設備、避難導引設備、其他安全設備，各設備功能說明如下：

1. 通信(通話)設備:為確保長距離洞道內之安全考量,作為洞道內外之聯絡方式而設置之設備。
2. 火災偵測設備:雖然洞道內採用自熄式電纜,隨著洞道長尺化及社會責任之增大,應設置必要最低限度之檢測設備。
3. 避難引導設備:洞道長尺化之情形下,為確保維護人員之基本安全確保,應設置最低限度之避難導引設備。
4. 其他安全設備:為確保洞道內維護人員之安全及預防設備損壞,視必要所設置之設備,如測定感應器類(如可燃性氣體偵測)、入侵警戒裝置、防火、防災門等。



圖 3-11 避難導引設備

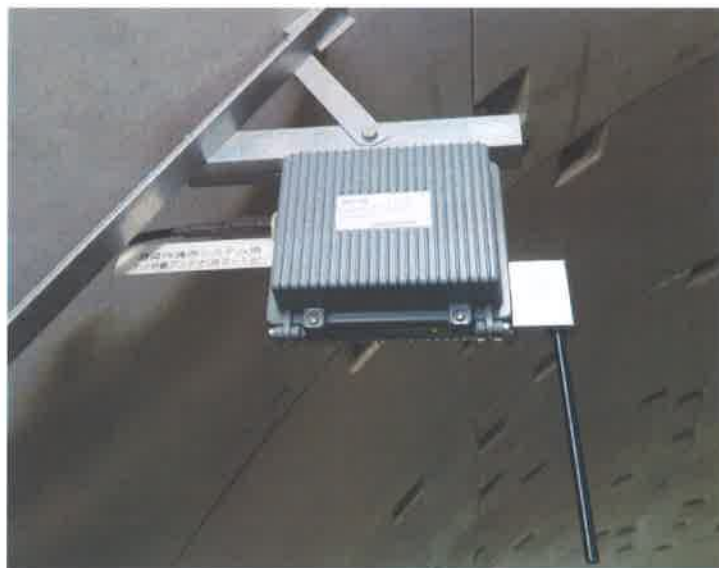


圖 3-12 通信(通話)設備



圖 3-13 火警及溫度偵測設備

當地下洞道貫穿河川或灣岸下方時，地下洞道內可能因設施之潰決或洪水等問題而浸水。此時，因地型之標高或設備之高低差等因素，洪水可能通過地下洞道流入市中心造成水災，而防水門之作用即在於防範此狀況。

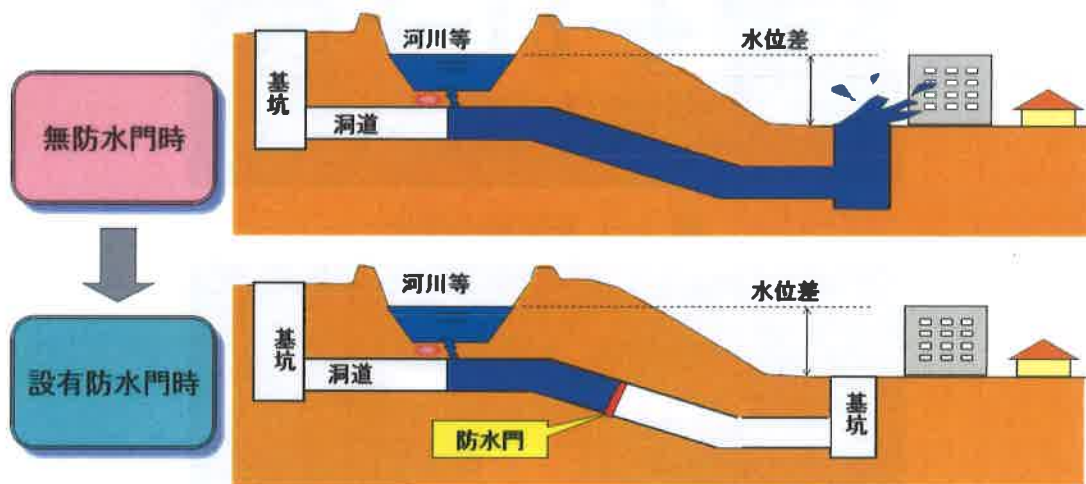


圖 3-14 防水門設置示意圖



圖 3-15 電磁閥式防水門



圖 3-16 防水門水位感應器

第4章 光纖偵溫系統介紹

分佈式光纖偵溫系統(DTS)是利用光纖作為溫度感應器，可沿著光纖大範圍地偵測光纖周圍的溫度情形，感應光纖緊貼在被測物表面，或者靠近被測物鋪設，能準確的將被測物分成數千個測定區域，來即時顯示偵測到的溫度。

使用光纖偵溫可深入瞭解各個應用區域的狀態，光纖本身即為溫度計，可監測長距離範圍、可耐惡劣環境之溫度分佈，藉由監視標的物之溫度，以確保標的物之安全，及增加標的物之可靠度。

光纖偵溫是採用拉曼光時域反射技術，當光線照射到分子並且和分子中的電子雲及分子鍵結產生交互作用，就會發生拉曼效應。對於自發拉曼效應，光子將分子從基態激發到一個虛擬的能量狀態。當激發態的分子放出一個光子後並返回到一個不同於基態的旋轉或振動狀態。在基態與新狀態間的能量差會使得釋放光子的頻率與激發光線的波長不同。當偵測之物體有其溫度變化時，其反射之波長亦有變化，故藉由偵測其反射光之波長變化即可知其溫度變化，如圖 4-1。

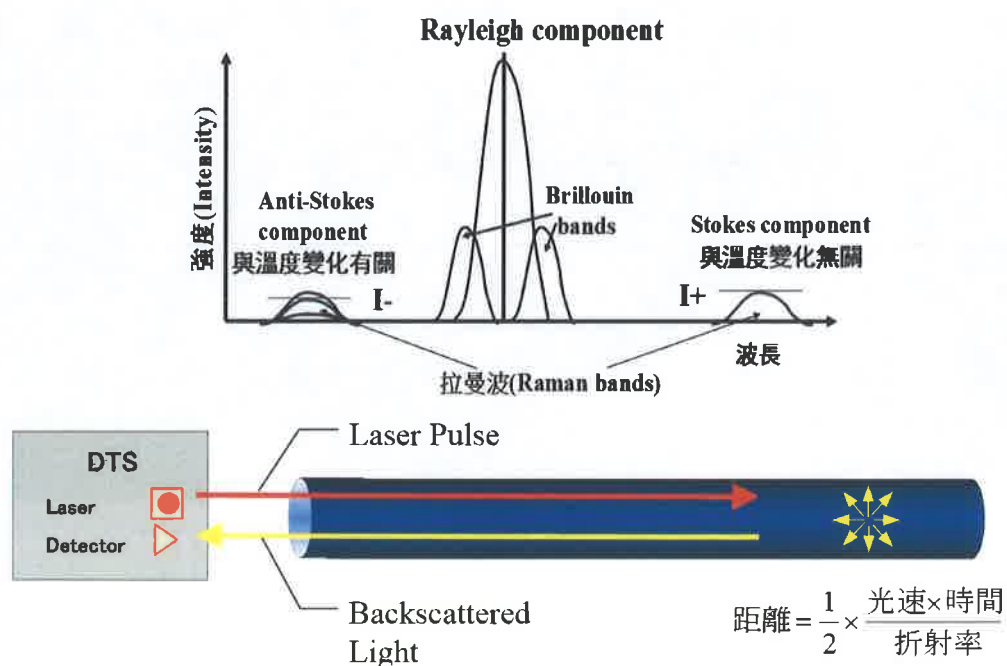
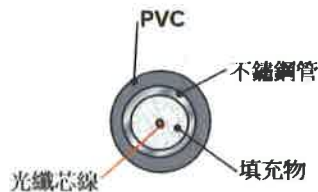


圖 4-1 光纖偵溫原理圖

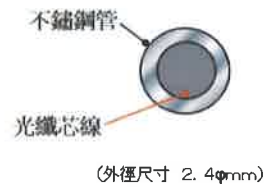
光纖偵溫使用之光纖隨著應用之場合不同可分為不鏽鋼管保護光纖、室內用偵溫光纖，其種類亦可分為 GI 50/125 μm 或 62.5/125 μm ITU G.651 Class600)，如圖 4-2 所示。

■有不鏽鋼管保護光纖

常溫度下使用（持續使用溫度：**90°C**以下）



耐熱型：~350°C（最高600°C）



■室內用偵溫度光纖



低煙無毒(FRNC)



普通光纖

光纖種類：GI 50/125 μm 或者是 62.5/125 μm (ITU G.651 Class600)

圖 4-2 偵溫光纖種類

光纖偵溫系統可應於各種行業的溫度偵測，例如鋼鐵製造業與化工業的煤炭/焦煤傳送帶火災偵測，加熱爐溫度偵測；液態天然氣儲藏罐與石油管道的溫度監測系統；數據中心的溫度測量與空調管理；建築行業的洞道凍結施工的溫度監控系統；電力系統上的電纜表面溫度監測(詳圖 4-3)，電纜洞道溫度與火警監測系統，輸電電纜槽架火災監測系統，發電廠輸煤輸送帶溫度與火災監測系統等。



圖 4-3 電纜表面溫度偵測

藉由參訪 NK-System 公司，瞭解光纖偵溫系統應用的範圍，並實際至川崎生質電廠(Kawasaki Biomass Power Plant)參觀光纖偵溫實際應用案例。川崎生質電廠位於東京川崎市，為日本的第一個城市生物質發電廠，發電出力為 33,000kW，一年約可提供 38,000 戶家庭使用。一般火力電廠主要是燃燒煤為主要燃料，川崎生物質發電廠主要回收建築廢材、工業廢棄木頭、傢俱、咖啡飲料製造商產出的咖啡渣、食品廠家生產之廢棄豆粕..等做為燃料，以降低 CO₂，並使用煙氣脫硝裝置，以除去 NO_x（氮氧化物）、硫化物，達到發電時燃燒建築廢料排出之 CO₂ 量與樹木成長時吸收之 CO₂ 同等量，達到完全碳中合(無 CO₂ 排放量)概念，如圖 4-4。

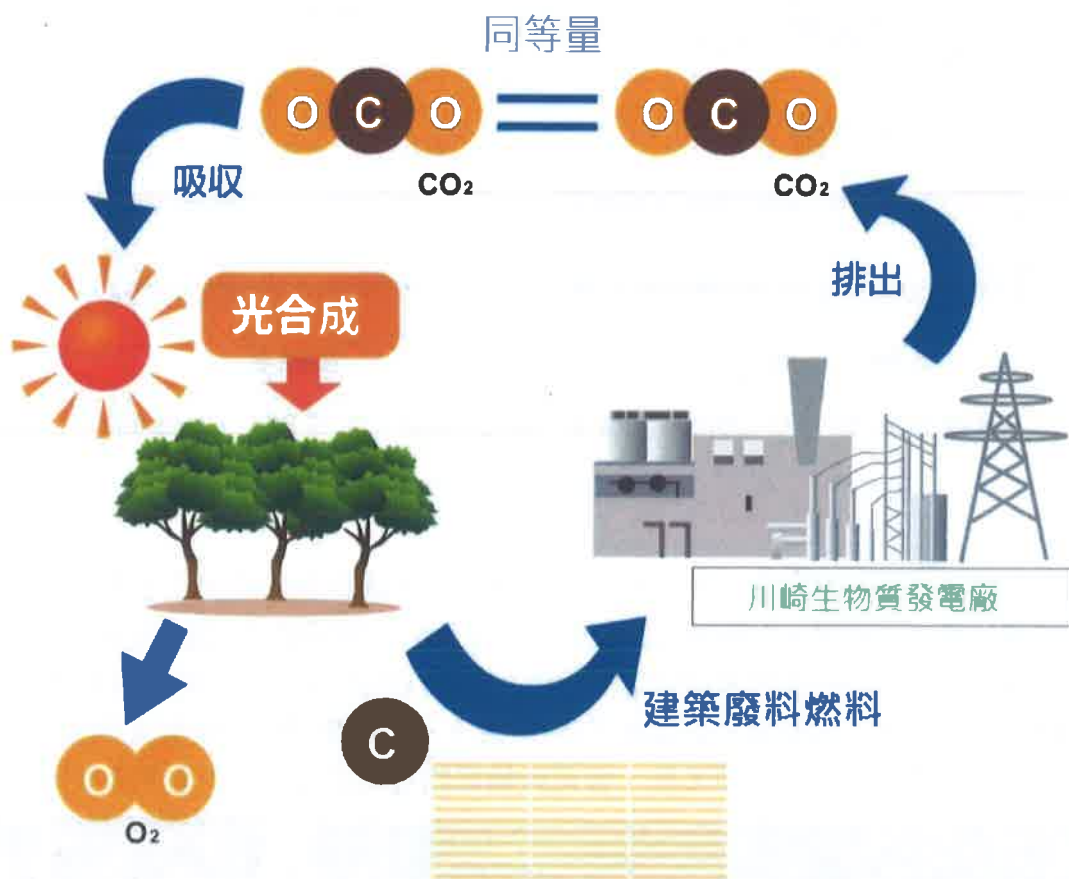


圖 4-4 無二氧化碳排放的電力

川崎生物質發電廠使用之廢木燃料(如圖 4-5), 1 公斤約可產生 1 kWh 的電，一年約需使用 180,000 噸的廢木燃料，為了發電穩定，備用廢木燃料約 6000 噸(可生產 10 天)；透過收集後之廢棄建築物，經過敲打破碎機處理(如圖 4-6)，再將廢木燃料透過輸送帶(如圖 4-7)輸送至發電機組(如圖 4-8)，因廢木燃料為易燃材料為確保運送過程中因高溫發生火災，影響設備安全，故設置光纖偵溫系統，隨時偵測其溫度，並透過電腦監控，如有發生高溫異常，即立刻發出警報通知維護人員。



圖 4-5 處理廢棄建築物後之廢木燃料



圖 4-6 廢棄建築物敲碎處理



圖 4-7 輸送帶上之偵溫光纖



圖 4-8 輸送帶偵溫光纖監控系統

光纖偵溫系統應用廣泛，當應用在電纜河道中時，除可做為河道附屬設備火警偵測使用，亦可應用在河道間接水冷卻系統上之河道溫度偵測，作為間接水冷系統控制判斷之依據；利用光纖偵溫較傳統溫度感測器的好處為，設置便利(僅需佈設一條光纖)，偵測範圍解析度高(可達 1 公尺)，可在惡劣環境下使用(如高溫、高濕下)。



圖 4-9 生質發電廠發電機組

第5章 心得分享與建議事項

- 一 本次奉派前往日本大阪及東京實習潛盾河道通風冷卻與間接水冷卻系統與電纜河道附屬機電設備，非常感謝過程中每個提供協助之同仁及長官們，其次是感謝關西電力公司岡本年秀課長、井上雅弘副長，NK System 公司小川豐技術本部長、川崎生物質電廠森吉幸所長...等，對實習相關技術指導或現場提問題解答不遺餘力，並提供相關參考資料，對此次的赴日實習提供了很大的助益。
- 二 目前因電纜國產化且電纜河道附屬設備多為國內廠家承攬，其實已甚少有機會與國外廠家交流，利用參訪實習機會可與日本電力公司相互交流並蒐集相關資料，對工作上具有相當程度上幫助。
- 三 本次實習參觀關西電力公司南港火力線及電纜河道、豐崎直井、淀川河道...等，雖然運轉都超過 20 年，但河道環境仍保持相當乾淨、設備擺放亦相當整齊，可見平時對於設備維護保養工作相當確實且重視，另本次參訪南港火力線的間接水冷卻系統，關西電力公司對於冷卻設備之節能運轉相當注重，隨時監控河道內溫度，動態調整幫浦控制水流率，避免過度冷卻，以節省冰水主機啟動時間，並採冬、夏季模式節能運轉等控制策略，可做為日後規劃附屬機電工程冷卻系統節能運轉之參考；另川崎生物質電廠，對環境減碳排放，使用建築廢料為燃料，減少使用煤碳、石化燃料，減少 CO₂ 之排放，降低對空氣污染，也值得我們學習。
- 四 附屬機電設備中之火警偵測，關西電力公司普遍採用火災偵測線，火災偵測線主體導體由兩條外覆可溶性絕緣材質之電線搓結而成，當週遭溫度上升時，絕緣材質便自動溶解，使兩條電線短路發出警訊，可全線監控火災，假設河道僅需設置火警偵測，毋需設置偵測河道溫度情況時，建議應可參考使用。

參考資料

1. 關西電力株式會社:Completion of NanKou-Karyoku Line(Tunnel Cooling XLPE Cable System)南港火力線設備概要簡報。
2. 關西電力株式會社:Research on the design of associated facilities for power cable tunnels 電力洞道附屬設備簡報
3. NK System Limited :NK-OPTIS 光纖偵溫系統簡報
4. Kawasaki Biomass Electric Power Co., Ltd: Kawasaki Biomass Power Plant 簡報.
5. 川崎生物質電廠網站: <http://www.kawasaki-biomass.jp/>