

行政院及所屬各機關因公出國報告

(出國類別：實習) 九十六年度出國計畫

## 深層地下潛遁洞道附屬機電設備規劃、設計及施工

服務機關：臺灣電力公司

服務單位：輸變電工程處北區施工處

出國人員：

姓名	職稱	姓名代號	出國計畫
簡清山	課長	753638	96 年度出國計畫第 24 號

派赴國家：日本

出國期間：96 年 12 月 10 日至 96 年 12 月 15 日






報告日期：97 年 2 月 4 日


## 行政院及所屬各機關出國報告審核表

出國報告名稱：深層地下潛遁洞道附屬機電設備規劃、設計及施工	
出國計畫主辦機關名稱：臺灣電力公司	
出國人姓名/職稱/服務單位：簡清山 /課長/輸變電工程處北區施工處	
出國計畫	<input checked="" type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 2.格式完整 <input checked="" type="checkbox"/> 3.內容充實完備 <input checked="" type="checkbox"/> 4.建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 5.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 6.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 7.退回補正，原因：
主辦機關	<input type="checkbox"/> (1)不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> (2)以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> (3)內容過於簡略 <input type="checkbox"/> (4)未依行政院所屬各機關出國報告規格辦理 <input type="checkbox"/> (5)未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 8.其他處理意見
審核意見	<input type="checkbox"/> 同意主辦機關審核意見 <input type="checkbox"/> 全部 <input type="checkbox"/> 部分 _____ (填寫審核意見編號) <input type="checkbox"/> 退回補正，原因： _____ (填寫審核意見編號) <input type="checkbox"/> 其他處理意見：
層轉機關	<input type="checkbox"/> 全部 <input type="checkbox"/> 部分 _____ (填寫審核意見編號) <input type="checkbox"/> 退回補正，原因： _____ (填寫審核意見編號) <input type="checkbox"/> 其他處理意見：
審核意見	<input type="checkbox"/> 其他處理意見：

說明：

- 一、 出國計畫主辦機關即層轉機關時，不需填寫「層轉機關審核意見」。
- 二、 各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 三、 審核作業應於報告提出後二個月內完成。

報告人：  單位 主管  主管處 主管  總經理  副總經理 



## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：深層地下潛遁洞道附屬機電設備規劃、設計及施工

頁數 54 含附件  是  否

出國計畫主辦機關／聯絡人／電話：臺灣電力公司／陳德隆／23667685

出國人員姓名／服務機關／單位／職稱／電話：

簡清山	臺灣電力公司	輸變電工程處 北區施工處	課長	03-4115058
-----	--------	-----------------	----	------------

出國類別： 1. 考察  2. 進修  3. 研究  4. 實習  5. 其他：開會

出國期間：96 年 12 月 10 日至 96 年 12 月 15 日 出國地區：日本

報告日期：97 年 2 月 4 日

分類號／目

關鍵詞：中部電力公司、XLPE Cable、潛遁洞道工程附屬機電設備、長尺電纜、分佈型光纖偵溫系統

內容摘要：(二百至三百字)

- 一、本公司刻正辦理頂湖~仙渡 345kV 線及深美~台北 161kV 線等之地下電纜及附屬機電工程案，為台北市區深層潛盾洞道地下電纜工程，潛盾洞道長達 2.1 公里，工程內容包含 161kV 電纜延放、接續及低壓附屬機電工程，低壓附屬機電工程部分包括洞道內通風、冷卻、排水、照明、消防、監控及冷卻機房等之供料及安裝施工。日本中部電力公司有類似工程實例，其施工技術、運轉維護經驗及相關工安措施，值得借鏡參考。
- 二、日本於電纜潛遁洞道工程有豐富的設計及實務經驗，相關技術除對國內未來地下電纜規劃、設計及施工有所助益外，亦有助於日後運轉維護工作。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網(<http://open.nat.gov.tw/>)

## 目 錄

	頁次
壹、緒論 .....	1
貳、出國緣由 .....	2
參、深層地下潛遁洞道電纜及附屬設備規劃、設計及施工 .....	4
一、日本中部電力公司 275kV海部~松ヶ枝線電纜工程簡介 .....	4
二、長尺電纜之運輸及延放工法 .....	8
三、洞道電纜配置及附屬機電設備 .....	11
四、洞道監視系統 .....	18
肆、日本實習參訪設施介紹及相關議題研討 .....	23
一、名城變電所參訪 .....	23
二、關西電力公司 77kV神吉線No.15~18 改良工事參訪 .....	31
三、J-Power Systems Corp. 大阪工廠參訪 .....	35
陸、心得與建議 .....	39
一、心得 .....	39
二、建議 .....	40
參考文獻 .....	41

## 壹、緒論

近年台灣各地區都市快速發展、人口密集，高樓大廈處處林立，無論工業或民生用電量都在持續成長，導致輸電系統之供電量及安全性需有加強之必要。為配合政府推動建設台灣成為科技島及加速全球化以發展台灣成為亞太營運中心，並應國內用電成長需求，提升供電可靠度，加強電力品質，降低線路損失，本公司目前正執行由行政院核定之「第六輸變電計畫修正計畫」。

輸電系統是電力系統的動脈，其健全與否，直接影響到用戶用電之品質及電力之穩定，用電品質之要求日趨嚴格及民眾對於生活環境、環保觀念的提升，輸電線路也必須順應潮流，儘量配合以地下化方式規劃設計，由於受限於現有道路環境及空間，為能在有限的道路空間敷設多回線電纜，愈來愈多線路工程採用潛盾洞道方式來規劃與設計。

現今日本對於深層潛盾洞道之超高壓地下電纜佈設與長尺電纜延放工法，以及電纜洞道內附屬機電設備之規劃、設計及施工，已有很多實例與經驗。如何在有限的洞道空間內，敷設多回線電纜並使電纜線路能有效地提高送電容量，以及對於深層潛盾長洞道內之監控、消防和安全系統之實際考量，與後續運轉維護等問題，日本電力公司有相當多的實務經驗與技術，值得本公司前往研習與借鏡。

## 貳、出國緣由

本公司刻正辦理頂湖~仙渡 345kV 線及深美~台北 161kV 線等之地下電纜及附屬機電工程案，如圖 2-1 及圖 2-2 所示，兩項工程均屬於台北市區深層潛盾隧道地下電纜工程，頂湖~仙渡線之潛盾隧道為 0.67 公里，深美~台北線之潛盾隧道則長達 2.1 公里，工程內容分別包含有 345kV 或 161kV 電纜延放、電纜接續及隧道低壓附屬機電工程，低壓附屬機電工程部分包括隧道內通風、冷卻、排水、照明、消防、監控及冷卻機房等之供料及安裝施工。



圖 2-1 345kV 頂湖~仙渡線  
地下潛遁隧道工程



圖 2-2 161kV 深美~台北線  
地下潛遁隧道工程

日本中部電力公司有類似工程案例，其施工技術及相關工安措施，值得借鏡參考。日本於電纜地下化有豐富的設計及實務經驗，相關技術除對國內未來地下電纜規劃、設計及施工有所助益外，亦有助於日後運轉維護工作。

參訪之相關技術除對未來地下電纜規劃、設計及施工有助益外、亦有助於日後運轉維護工作。

此次計劃研習內容重點包含下列三點：

- 1.深層潛遁洞道之超高壓長尺電纜規劃、佈設工法及竣工試驗。
- 2.深層潛遁洞道附屬機電設備之規劃、設計及監控系統。
- 3.日本 EHV 電纜之新發展技術及未來趨勢。

本次實習為 96 年度出國計畫第 24 號之預算及名額。

## 參、深層地下潛遁洞道電纜及附屬設備規劃、設計及施工

### 一、日本中部電力公司 275kV 海部~松ヶ枝線電纜工程簡介

日本中部電力公司為了名古屋中心地區的電力需求日益漸增，並且提高地區供電穩定度，從 1996 年 1 月開始進行 275kV 地下電纜線路「海部~松ヶ枝線」(西路線)工程，並於 1999 年 4 月順利完成。

本線路是從海部郡的海部開閉所，經由名古屋市中心的名城變電所，到達松ヶ枝變電所，為互長 23.1km 的長距離地下電纜線路，本工程是中部電力繼 1988 年完成的東路線（275kV 梅森~松ヶ枝線），及 1993 年完成的南路線（275kV 知多第二~南武平町線）之後，第三條長距離地下電纜輸電線路，電力系統如圖 3-1 所示。

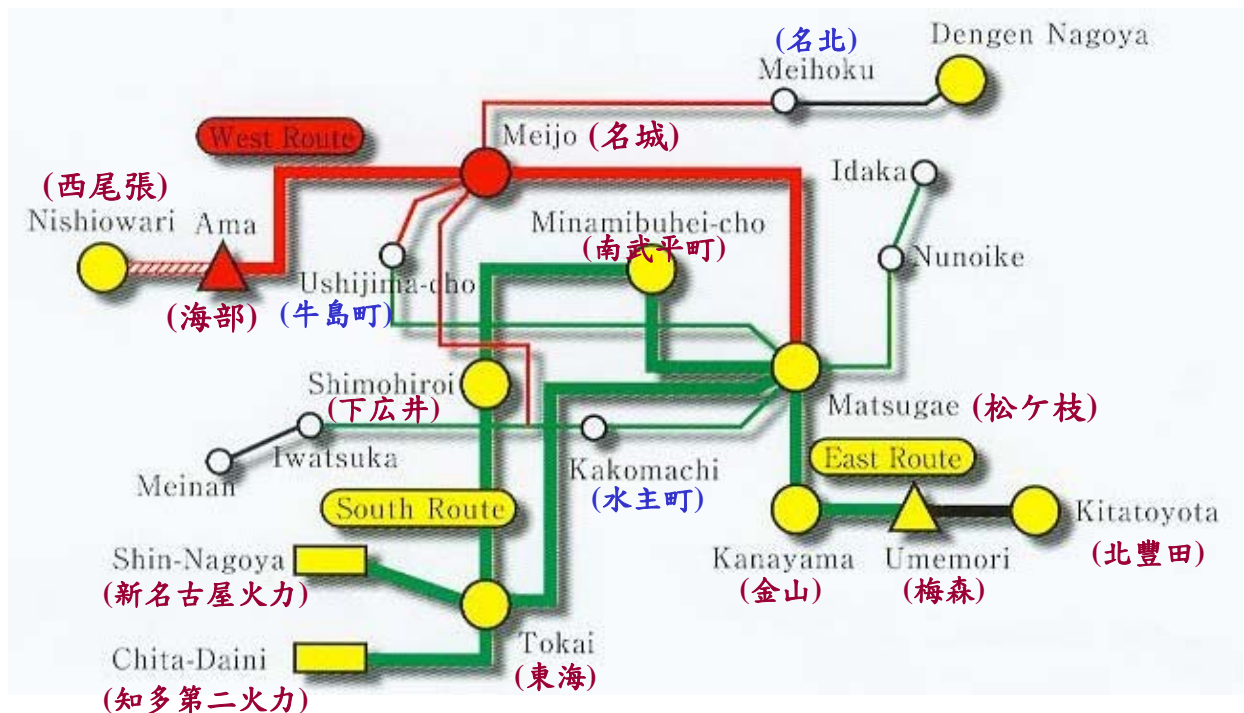


圖 3-1 中部電力(株)名古屋地區之電力系統圖



本線路規劃採用 275 kV 2 回線電纜，線路互長 23.1 km，以名城變電所做區分為二段，分別為海部開關所～名城變電所的 18.5km，與名城變電所～松ヶ枝變電所的 4.6km。電纜採用 275 kV CSZV 1×2500 mm<sup>2</sup>絕緣電纜，由於採用長尺電纜設計，故線路中間僅有 13 處接續點，中間接續匣係採用擠塑模塑接續匣(Extruded Molded Joint, EMJ)，自 1999 年 4 月運轉至現在，2 回線供電容量達到 1320MW，海部~松ヶ枝線之線路概要如圖 3-2 及表 3-1 所示。

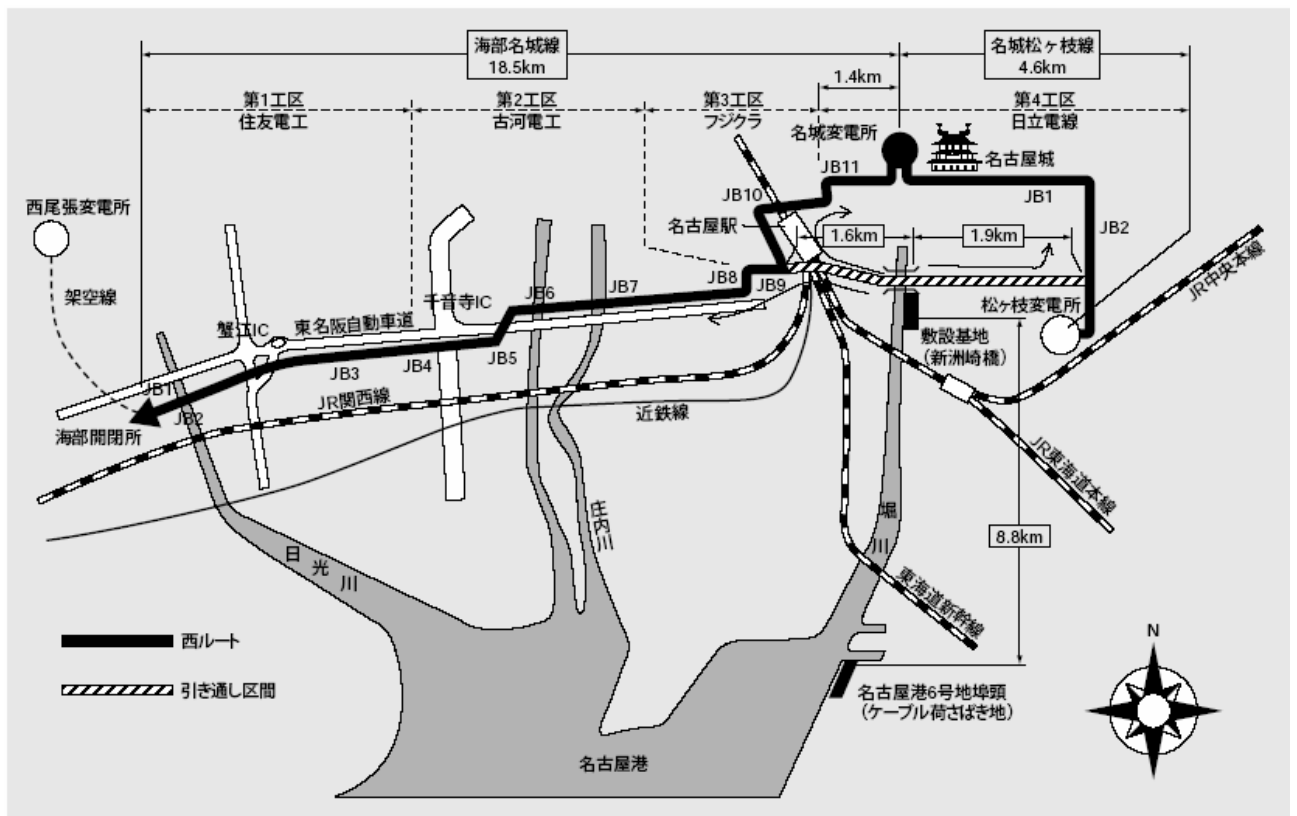


圖 3-2 海部~松ヶ枝線之線路概要圖

表 3-1 海部松~ヶ樹枝線的概要  
Outline of Ama-Matsugae line of 275kV XLPE cable project

區 間	海部開關所~ヶ樹枝變電所
電 纜	275kV 2,500mm <sup>2</sup> 不鏽鋼被套CV電纜
供電容量	660MW/線路(非冷卻的時候)
互 長	23.1km
回 線 數	2 回線
電纜延長	138.6km
電纜條數	90 條
中間接續數量	EMJ 78 相
終端接續數量(SF <sub>6</sub> 終端)	EBG 24 相

本工程係由日本四大電纜製造廠家分區段負責承攬施工，第 1 工區為住友電工 (Sumitomo Electric Industries Ltd.)，第 2 工區為古河電工 (Furukawa Electric Co., Ltd.)，第 3 工區為藤倉 (Fujikura Ltd.)，第 4 工區為日立電線 (Hitachi Cable Ltd.)，所使用 275kV XLPE Cable 之構造如圖 3 及表 2 所示。

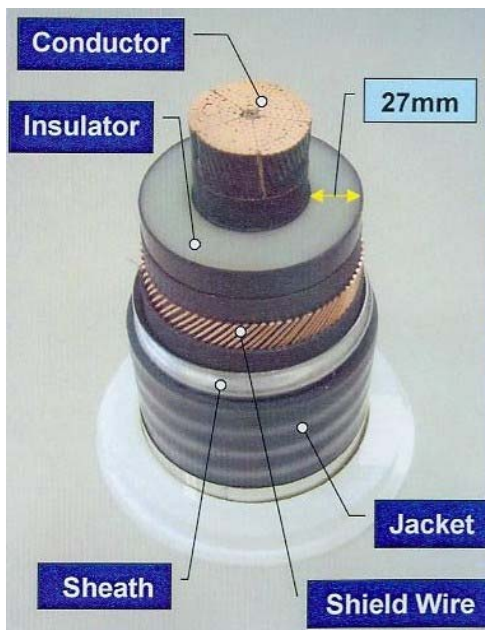


圖 3-3 Structure of 275kV XLPE Cable

表 3-2 Date of 275kV XLPE Cable

Conductor	Copper (Cross section size 2,500mm <sup>2</sup> )
Insulator	XLPE (thickness 27mm)
Sheath	Stainless (thickness 0.8mm)
Shield Wire	Φ2.0mm×80 copper wires
Jacket	PVC (thickness 5mm)
Weight	42.5kg/m
Outer Diameter	159mm

本工程之接續匣係使用 Extruded Molded Joint (EMJ)，EMJ 接續匣使用之絕緣材料與長尺電纜本身絕緣材料相同，具有長期穩定的特質，非常適合用於長尺電纜之接續，圖 3-4 所示 EMJ 構造剖面圖，圖 3-5 為洞道內 EMJ 裝置情況。

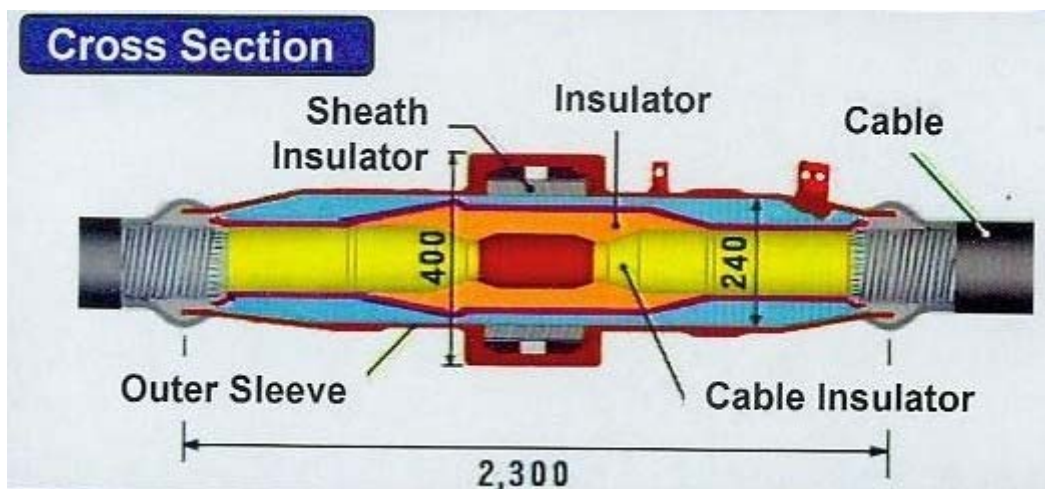


圖 3-4 EMJ 構造剖面圖



圖 3-5 洞道內 EMJ 型接續匣實際裝置情形

## 二、長尺電纜之運輸及延放工法

使用長尺電纜可以大幅減少中間接續匣的數量，不僅提高可靠度且可有效降低成本，在日本地區許多新建電纜線路，若施工環境條件可允許時，大都朝長尺化電纜設計，圖 3-6 顯示長尺電纜由 600m→1800m→2500m 技術發展的歷程，表 3-3 列出日本近期內潛遁隧道安裝長尺電纜的實例。

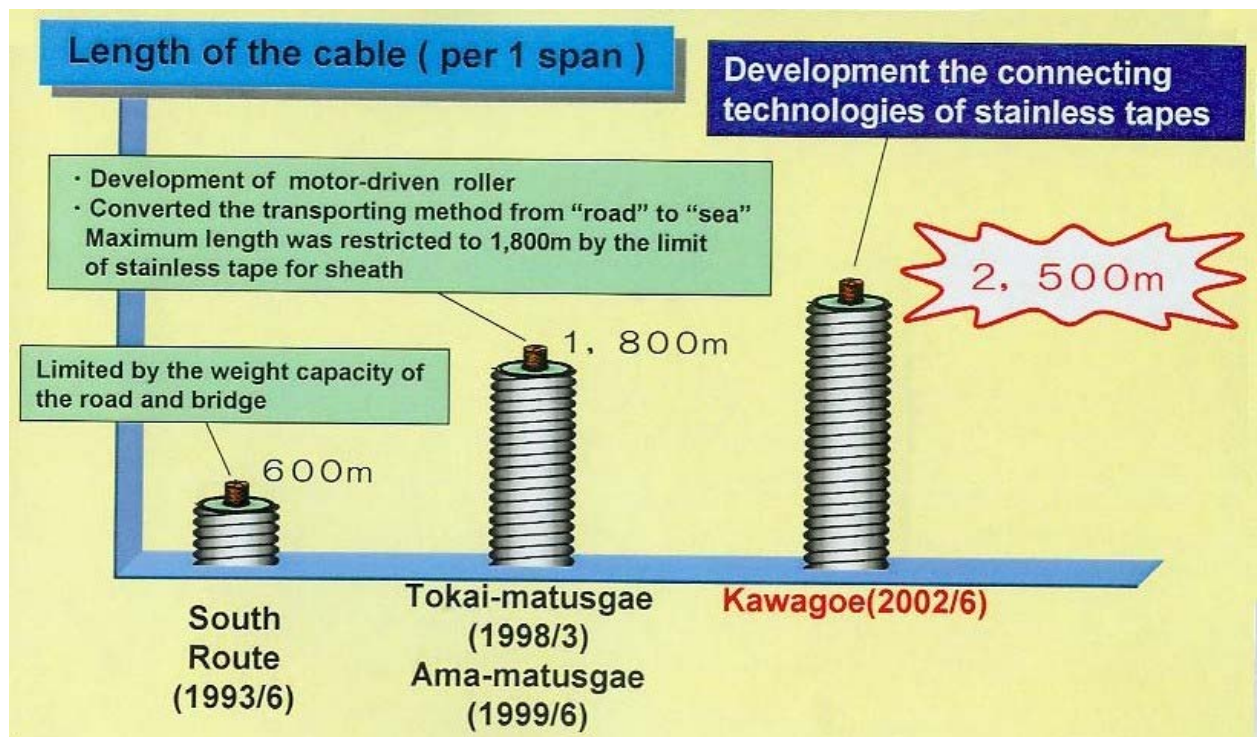


圖 3-6 長尺電纜之發展歷程

決定電纜長度須考慮道路運輸及電纜延放工作井條件，若採電纜長尺化，則需針對路、橋梁重量限制及道路運輸條件進行評估。檢討長尺電纜延放工法之選定，則需再檢討延線機具之搭配、延線場地之配置、延線時監視等具體方法。

表 3-3 日本地區潛遁洞道長尺電纜工程實例

線路名稱	電壓	電纜規格	導體尺寸	電纜長度	完工年度
名城~水主町線 Meijo-Kakomati	154 kV	XLPE Cable	600mm <sup>2</sup>	4300m	1999
Uehonmatchi-Honmachid	154 kV	XLPE Cable	2000mm <sup>2</sup>	2115m	2001
東海~松ヶ枝線 Tokai-Matsugae	275 kV	Stainless steel sheathed XLPE Cable	2500mm <sup>2</sup>	1800m	1998
海部~松ヶ枝線 Ama-Matsugae	275 kV	Stainless steel sheathed XLPE Cable	2500mm <sup>2</sup>	1800m	1999
川越~西名古屋線 Kawagoe-Nishinagoya	275 kV	Stainless steel sheathed XLPE Cable	2500mm <sup>2</sup>	2500m	2002
新豐州線 Shin-Toyosu	500 kV	Aluminum sheathed XLPE Cable	2500mm <sup>2</sup>	1800m	2000

在海部~松ヶ線電纜延放工程中，最大的特徵是將陸地運輸的 600m 長尺電纜增長約為 3 倍的 1800m 超長尺電纜，並改利用台船進行河川運輸，經由詳細調查河川水文資料，利用河潮水位，順利將台船拖曳通過各個橋墩下方，並將台船固定在河川上，最後從台船進行長尺電纜引入洞道內佈設，圖 3-7 及圖 3-8 分別展示台船模型及延放電纜情形，圖 3-9 為長尺電纜運輸途徑。



圖 3-7 載運 1800m 長尺電纜台船模型



圖 3-8 電纜由台船延放入洞道情形



圖 3-9 長尺電纜運輸途徑

在潛遁洞道中，延放電纜的機具設備，有拖曳機(Hauling Machine)、電動滾輪機(Motor Roller)及滾輪(Free Roller)，詳圖 3-10 所示。圖 3-11 及圖 3-12 分別為洞道內電纜延放施工情形。



拖曳機 Hauling machine

電動滾輪機 Motor roller

滾輪 Free roller

圖 3-10 洞道中延放電纜之機具設備

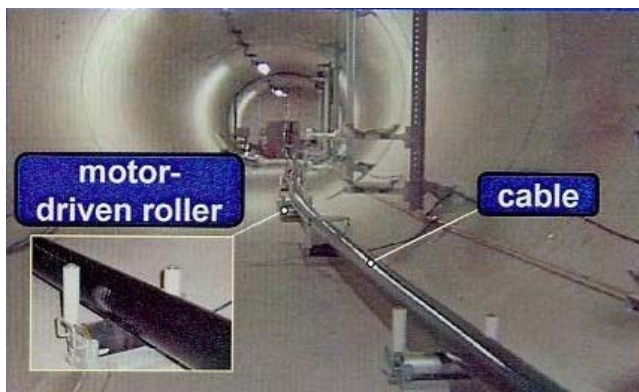


圖 3-11 使用電動滾輪延放電纜



圖 3-12 洞道內電纜採品型蛇行佈設

對於洞道內長尺電纜的延放作業，使用拖曳機及電動滾輪等機具時，必須要考量多機具之間的同步化問題，避免延線失當而造成電纜損傷，圖 3-13 顯示一套長尺電纜安裝的控制系統。

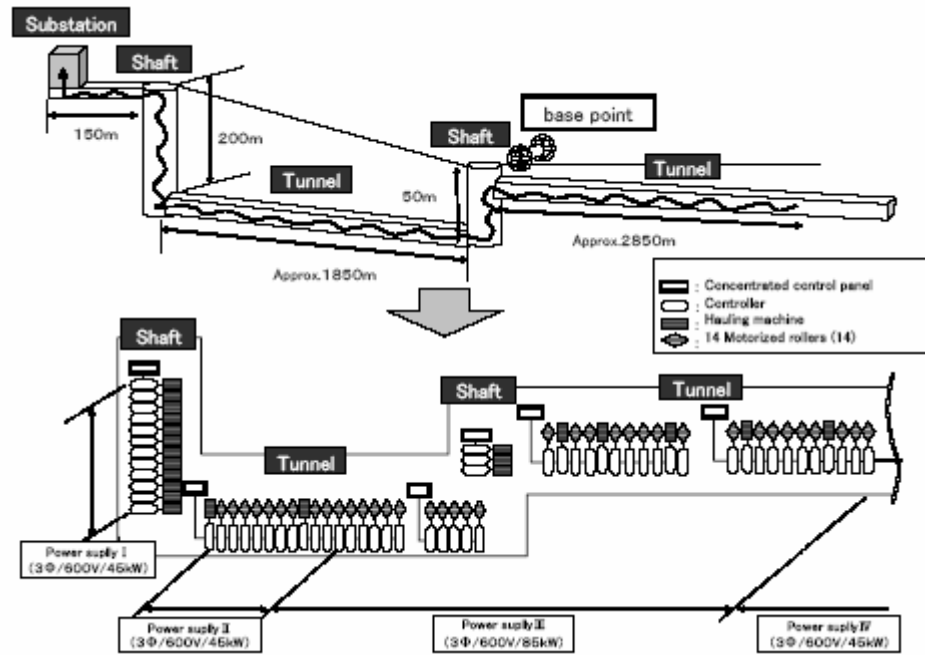


圖 3-13 長尺電纜安裝之控制系統。

### 三、洞道電纜配置及附屬機電設備

名城變電所位於名古屋市中心，緊鄰當地名勝古蹟「名古屋城堡」旁，其電源線路是由 275kV 海部~松ヶ枝線採用 2 回線電纜引供，分別為 275kV 海部~名城線及 275kV 名城~松ヶ枝線。由於名城變電所規劃為地下變電所，故其是採用深層潛遁洞道引入電源線，潛遁洞道深達地下 32.5m，如圖 3-14 所示。



圖 3-14 名城變電所透視圖



圖 3-15 電纜洞道實際配置情形



## 1. 洞道內電纜配置情形

275kV 海部～名城線及 275kV 名城～松ヶ枝線之電纜洞道如圖 3-15 所示，電纜均採用品字型縱向蛇行方式配置，電纜洞道內保持簡潔乾淨，洞道內防水措施施設良好，洞道內除 275kV 及 154kV 電力電纜外，尚配置有低壓電源設備、分佈型光纖偵溫系統及通訊電纜。圖 3-16~3-21 展示電纜在洞道及名城變電所內佈設情形。



圖 3-16 275kV 名城～松ヶ枝線



圖 3-17 154kV 名城～名北線



圖 3-18 多回線電纜爬升固定



圖 3-19 電纜轉彎保持適當彎曲半徑



圖 3-20 電纜整理室內佈設情形



圖 3-21 電纜引入 GIS 室

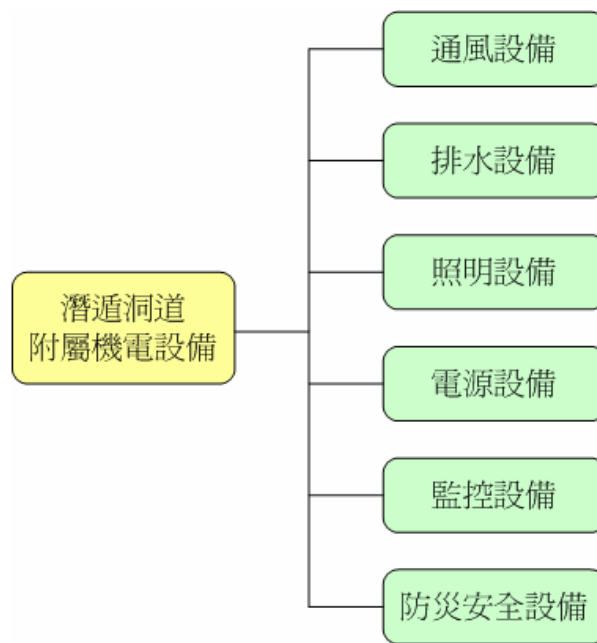


圖 3-22 洞道附屬設備概要

## 2. 附屬機電設備

電力洞道附屬設備中之「通風設備」、「排水設備」、「照明設備」、「電源設備」、「監視設備」、「防災安全設備」，如圖 3-22 所示，其個別用途如下。

- (1) 通風設備：為確保洞道內作業之安全，須將有毒氣體排出，或洞道缺氧時進行必要之排氣及換氣等動作，因此必須安裝適當通風設備以達到換氣功能。通風設備亦能排除電纜線所產生的熱量，以確保送電容量並維持洞道維持於適當溫度。圖 3-23 及圖 3-24 為名城變電所及洞道之通風設備。
- (2) 排水設備：當洞道內發生漏水現象等而浸水時，為維護洞道內工作人員之安全而設置之必要設備，適度排水可維持洞道機電設備的壽命及環境衛生，圖 3-25 為洞道防水匣門。
- (3) 照明設備：為確保進入洞道工作人員之步行及作業安全而設置，還可確保萬一發生緊急意外時，作為逃生路線之照明使用，圖 3-26 為洞道入口之照明設備及逃生標示。
- (4) 電源設備：作為洞道附屬設備供給電源及在洞道實施小型施工時之臨時電源而設置。
- (5) 監視設備：為確認洞道內狀況及監看工作人員入坑安全狀況而設置，還可用來確認設置於洞道內之附屬設備狀態及有無非法入侵等各種狀態，如圖 3-27 及圖 3-28 所示。
- (6) 防災安全設備：在洞道發生意外事故或災害時，可讓洞道內工作人員迅速避難，及早因應意外狀況而設置。

### 3. 洞道冷卻系統

為供應都會區電力需求的增加，大容量的地下輸電線路已勢在必行，為達到高輸電容量降低輸電損失，合適冷卻系統可有效降低輸電電纜所產生的熱量提高送電容量。



圖 3-23 名城變電所排送氣塔



圖 3-24 洞道通風設備



圖 3-25 洞道入口防水匣門



圖 3-26 照明及逃生標示



圖 3-27 分佈型偵溫光纖



圖 3-28 洞道情報收集裝置

依日本目前對既設電纜線路佈設狀況及考量維護維修便利性，較常用之冷卻系統效益評估如表 3-4，其冷卻方式大致可分下列四種型式。

表 3-4 各種冷卻系統效益評估

冷卻方式	送電容量增加率	冷卻區間長
管路間接水冷卻系統	1.2~2.0 倍	600~8900m
管路直接水冷卻系統	2.0~2.5 倍	3700m
洞道強制風冷冷卻系統	1.2~1.3 倍	50~1333m
洞道內間接水冷卻系統	1.2~3.3 倍	1100~3400m

275KV 海部~松ヶ枝線潛遁洞道，採用洞道強制風冷冷卻系統，強制風冷冷卻系統是所有冷卻系統中最簡單及最具經濟效益的方式，它的冷卻原理是將外氣中的冷空氣引入洞道裡，藉此降低洞道內溫度。

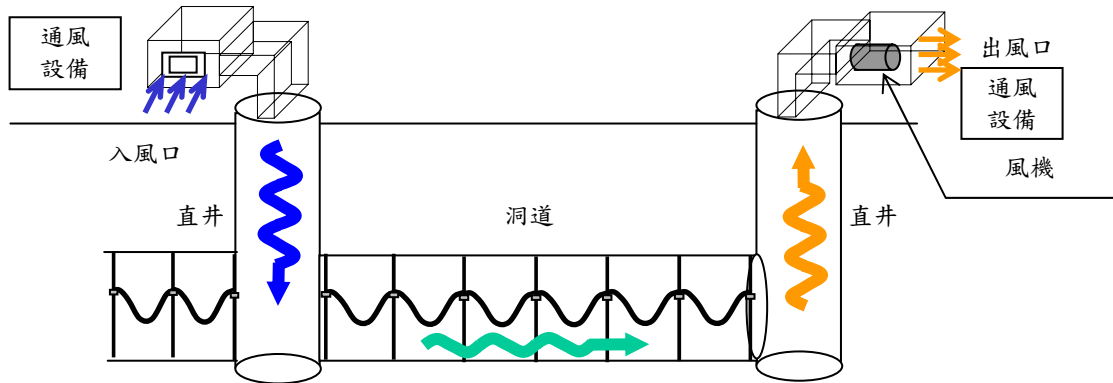


圖 3-29 洞道強制風冷之冷卻系統概要圖

#### 四、洞道監視系統

275KV 海部~松ヶ枝線之監視系統包括線路及附屬設備在內，係以低成本監視的方法，利用光纖分佈型溫度傳感器的新監視方式，並納入使用 GPS (Global Positioning System) 技術的電力電纜故障點標定裝置。

##### 1. 系統特徵

###### (1) 洞道訊息收集系統

以前為了收集洞道內的各種訊息，採取在洞道內各地方設置比較高價的數據收集傳送裝置(子局)，經由設置在變電所等之中間局傳送到上位中心廣播台(親局)這樣的形態。海部~松ヶ枝線工程，為配合光纖分佈型溫度傳感器的洞道訊息收集方式，不再使用洞道內各地方設置子局的方式。改採設置使用 ON/OFF 所構成簡單控制電路的較廉價之洞道信息收集裝置 (heater 箱)。再於變電所設置收集這些數據的子局，並處理收集的數據，將必要的數據上傳至中心廣播台(親局)。圖 3-30 展示監視形態的比較。

###### (2) 故障點標定系統

故障點標定原理，係根據在兩端測定，從電纜事故發生點的電氣嗶嘰傳播時間差，來做位置標定。以前要在兩端進行高精度偵測，需要高價的設備。因此，利用同步時間的方法，從GPS衛星裝載的原子表所生成的高精度的脈衝，並使用小型高性能光電流傳感器查出電氣嗶嘰的頻率特性。根據這

些方法，高精度(標定精度±10m以內，標定鑑別率大約 2m)，就可達成低成本故障點標定系統。

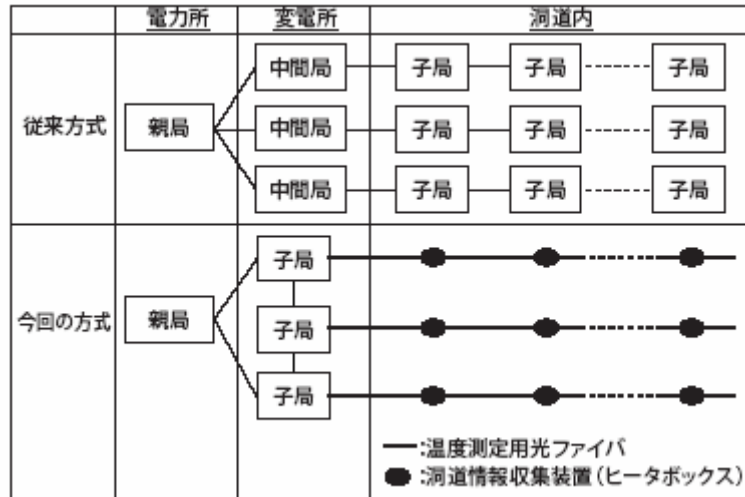


圖 3-30 監視形態比較

## 2. 系統配置

本系統以集中監視海部~松ヶ枝線の線路及附屬設備為主要目的。在電力中心設置「中心廣播台(1台)」，各變電所設置「子局(3台)」，主要構成各局的光網絡，大致區分成 2 個系統。

1 個用做河道信息收集系統，河道內設置各種傳感器和河道信息收集裝置，各子局內設置光纖分佈型溫度傳感器和構成數據收集傳送裝置，再使用 GI 光纖測量河道溫度，並連接光纖分佈型溫度傳感器與河道信息收集裝置。

另 1 個用做線路故障位置標定的故障點標定系統，在線路兩端設置的電氣嘍噤測量用的光電流傳感器，並利用天線接收從 GPS 衛星所發射信號，這

些信號的故障點標定子局及標定位置計算的中心廣播台構成故障點標定系統，圖 3-31 監控系統構成概要。

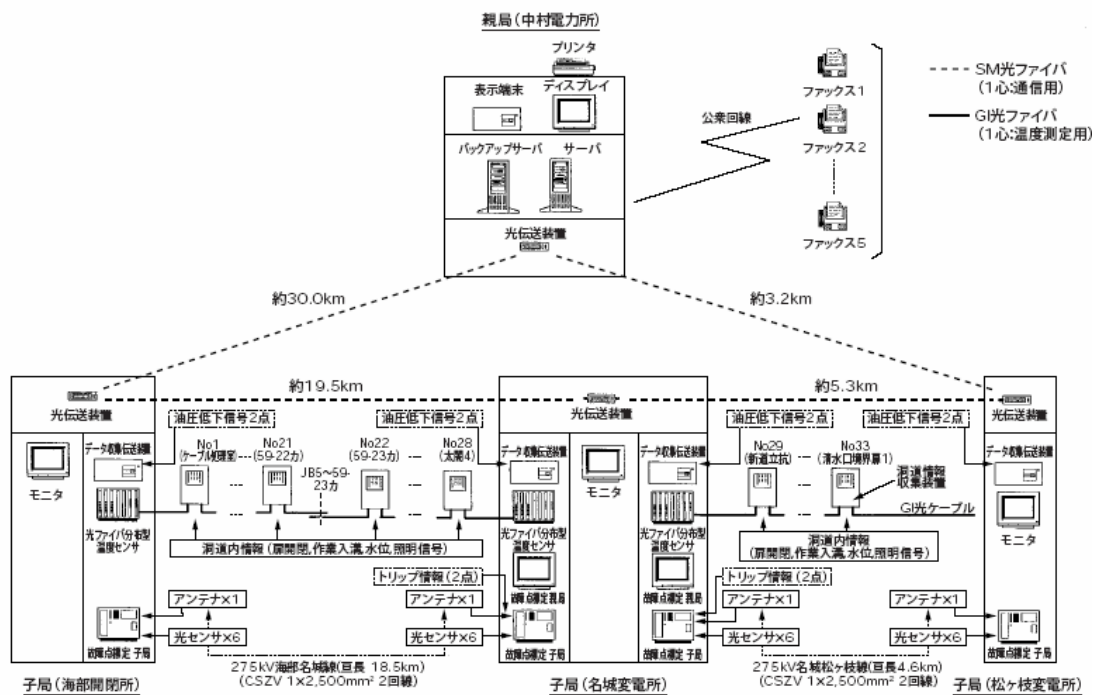


圖 3-31 監控系統構成概要

### 3. 監控項目

光分佈型溫度傳感器除了可做為工作管理的工作入洞道監視及第三者侵入監視之外，亦可執行附屬設備監控項目，例如監控洞道內的水位異常、檢測照明點燈區間、偵測洞道內的溫度異常和火災事故等。做為線路監控時，可進行電纜故障點位置的標定及監控電纜終端油壓的降低。表 3-5 顯示監控項目，圖 3-32 及圖 3-33 顯示洞道訊息收集裝置

圖 3-34 為名城變電所之控制室，圖 3-35 及圖 3-36 分別子局外觀及中心廣播台（親局）外觀。



表 3-5 監控項目

監 控 項 目	點 數	檢 出 媒 體	檢 出 裝 置
作 業 入 溝	32 點	接 點 付 鑰 匙 開 關	光 分 布 型 溫 度 傳 感 器
門 開 閉	32 點	接 近 傳 感 器	
水 位 異 常	47 點	水 位 傳 感 器	
照 明 點 燈 區 間	36 點	接 力	
洞 道 溫 度	洞 道 內 全 長	光 纖	
火 災	洞 道 內 全 長	光 纖	
電 纜 故 障	電 纜 全 長	光 電 流 傳 感 器	故 障 點 標 定 裝 置
終 端 油 壓 低 下	8 點	連 成 計	接 點 傳 送 裝 置



圖 3-32 洞道訊息收集裝置外觀

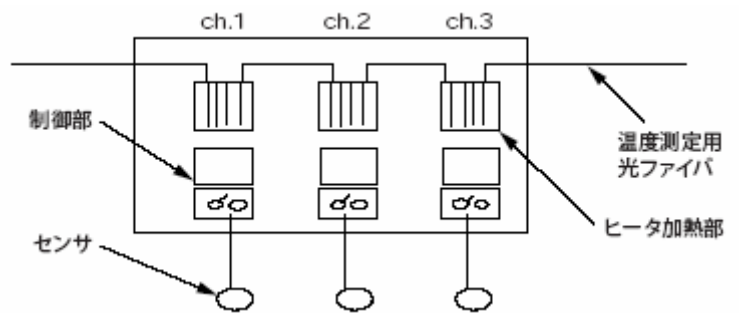


圖 3-33 洞道訊息收集裝置



圖 3-34 名城變電所之控制室



圖 3-35 名城變電所之子局外觀



圖 3-35 中村變電所之親局外觀

## 肆、日本實習參訪設施介紹及相關議題研討

### 一、名城變電所參訪

名城變電所位於名古屋市區中心的名城公園，緊鄰名勝古蹟「名古屋城堡」，如圖 4-1 所示，主要負責名古屋市區之電力供應，配合當地之地理環境，規劃設置於名城公園停車場之下方。



圖 4-1 名城變電所及周圍地理環境

名城變電所主要的特色：

- (1) 變電所建築與周圍環境景觀調和，變電所露出地面的設施僅有外部通風塔和電梯塔，其建築外觀使用混白色石雕外牆砌成，與名古屋城堡景觀相調和。

- (2) 變電所採用穩定度高且小型化之機器設備，並採取嚴密的安全監控系統及全自動消防措施。

圖 3-14 為名城變電所之建築透視圖，其各樓層配置情形如表 4-1 所示，主要設備如表 4-2 所示。

表 4-1 名城變電所各樓層配置

B2F	公有停車場 (可提供 117 個停車位)
B3F	GIS 室及冷卻機房
B4F	電纜整理室及控制室
B5F	主變壓器室及並聯電抗器室

表 4-2 名城變電所之主要設備

主要設備及額定容量		數量	
		目前	未來
Main Transformer	275/154/31.5kV 450MVA	2 台	3 台
Phase Compensating Transformer	275kV 400MVA 0~15 degrees	----	3 台
275kV Transmission Line	Ama-Meijo (海部~名城線)	2 回線	12 回線
	Meijo-Matsugae (名城~松ヶ枝線)	2 回線	
154kV Transmission Line	Meijo-Meihoku (名城~名北線)	3 回線	15 回線
	Meijo-Kakomachi (名城~水主町線)	3 回線	
	Meijo-Ushijima-cho (名城~牛島町線)	2 回線	
Reactive Power Supplier	Shunt Reactor 275kV 100MVA	2 台	3 台

名城變電所之建築構造如圖 4-2 所示，其土木工程的主要特色如下：

- (1) 使用 1.2m 厚度的增強型混凝土現場澆置施作連續壁工程，在開挖區四周之連續壁深度為 66.5m，連續壁均已達到地面下之不滲水層以抵擋地下水壓及土壓。
- (2) 在往下開挖至支撐層約 45m 深度後，開始埋入鋼管混凝土柱(Concrete filled steel tube, CFT column)，鋼管混凝土柱具高強度、高韌性之特點可以支撐深層開挖的地下變電所工程。
- (3) 建造過程係由從上部往下持續進行，每當挖掘到適當深度，即敷放一層厚地板並施作混凝土工程，完成後再繼續往下開挖。此工法與一般傳統建築物從底往上的建造方式正如相反。

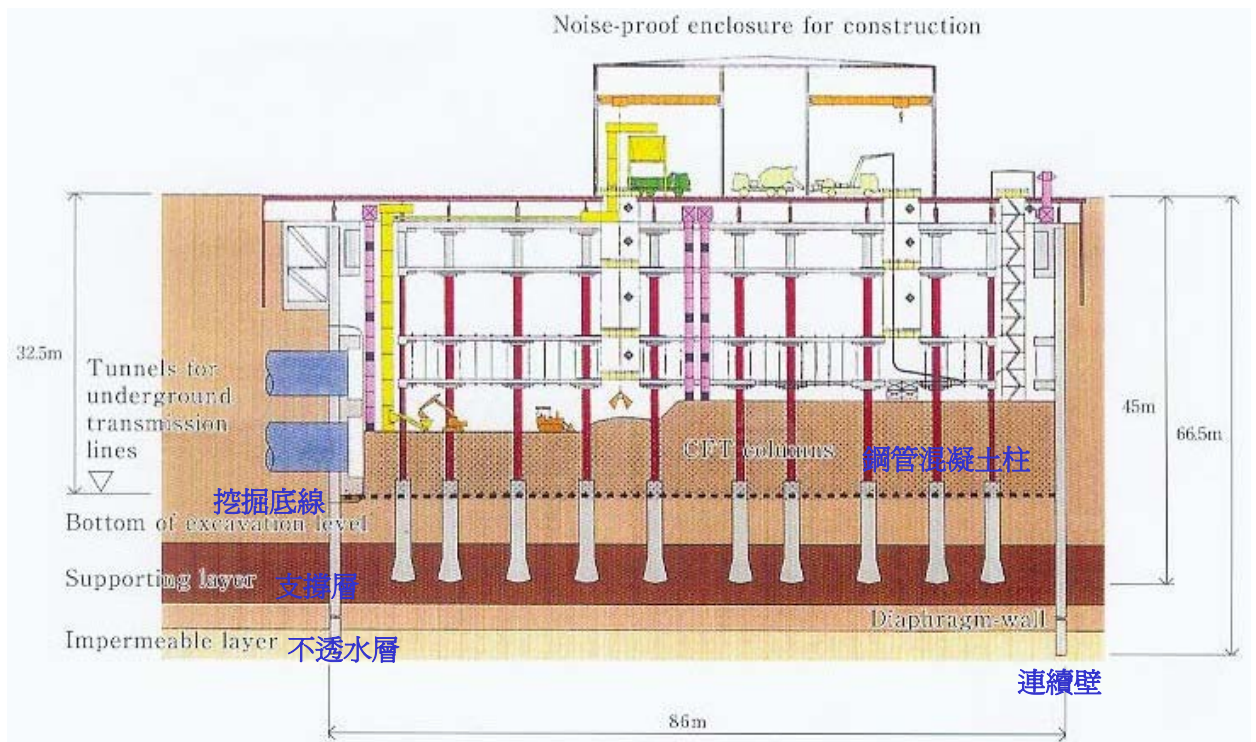


圖 4-2 名城變電所之建築構造

名城變電所之主變壓器為 275kV/154kV，容量為 450MVA，因安裝在變電所之地下 5 層，其穩定性及安全性要求高，並且具備不燃燒之特點，而其體積要儘量小型化，故不能使用浸油型變壓器，而必須改使用 SF<sub>6</sub>及 Perfluorocarbon fluid (PFC) 作為絕緣材料之變壓器，因為 SF<sub>6</sub>及 PFC 有優良的冷卻及絕緣性能，表 4-3 顯示 SF<sub>6</sub>氣體與 PFC 特性。



圖 4-3 主變壓器（防火型）

表 4-3 SF<sub>6</sub>氣體與 PFC 特性比較

SF <sub>6</sub> 氣體的特性	PFC 的特性
<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 不燃燒性</li> <li>(2) 化學性質穩定且不活躍</li> <li>(3) 無色、無氣味且無毒性</li> <li>(4) 非腐蝕性及非爆炸性</li> <li>(5) 具有優越的故障斷弧能力(約為空氣的 12 倍)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 不燃燒性</li> <li>(2) 化學性質穩定且不活躍</li> <li>(3) 無色、無氣味且無毒性</li> <li>(4) 非腐蝕性及非爆炸性</li> <li>(5) 極優良的冷卻及絕緣能力(冷卻能力約為傳統油的 1.8 倍，絕緣能力約為空氣的 13 倍)</li> </ul>

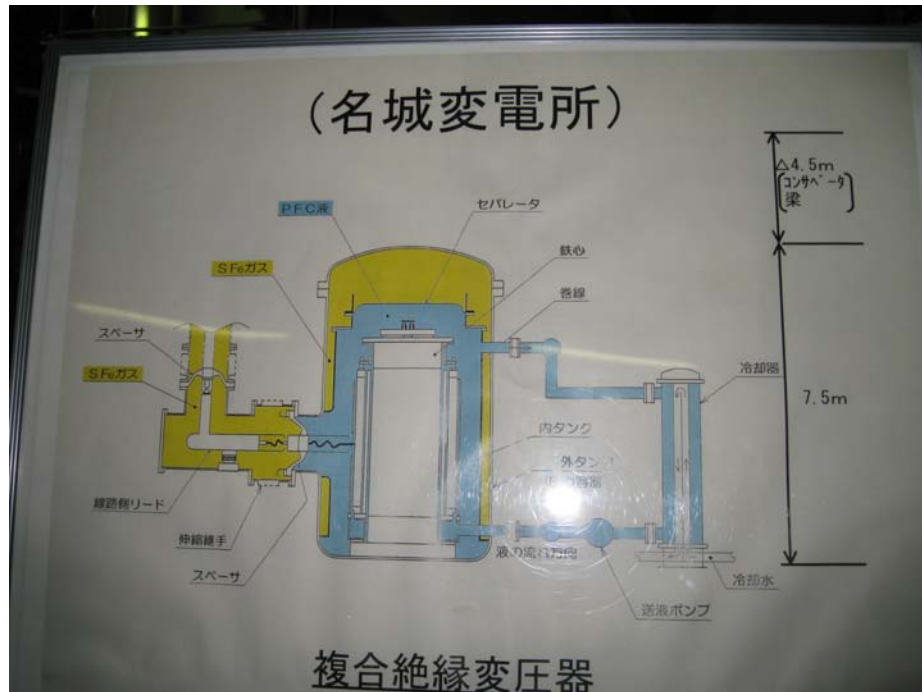


圖 4-4 主變壓器的構造示意圖



圖 4-5 主變壓器室配置模型與絕緣材料之展示



圖 4-6 GIS設備（SF<sub>6</sub>為絕緣材料）



圖 4-7 275kV 氣封型電纜終端匣（EBG）





圖 4-8 變電所內之通風設備



圖 4-9 變電所內角落地帶之照明、消防及通風等設備



圖 4-10 名城變電所入口處之建築外觀與周圍環境



圖 4-11 與中部電力公司人員在名城變電所入口處合影留念

## 二、關西電力公司 77kV 神吉線 No.15~18 改良工事參訪

1. 線路概要：本工程係配合當地新闢道路，將既設 77kV 級鐵塔線路改建，以提高線下高度。

(1)專案名稱 神吉線 (Kanki Line) No.15~No.18 線路改善計畫

(2)業主 關西電力株式會社 (The Kansai Electric Power Co., Inc)

(3)專案地點 兵庫縣加古川市 (Kakogawa, Hyogo Prefecture)

(4)專案工期 10<sup>th</sup> Dec, 2007~30<sup>th</sup> Jun, 2008

(5)細節 ● 列管都市計畫區 (Controlled Urbanization Area)

● 新闢道路計畫區 (New Road Planning Area)

● 鐵塔工程 (Tower Construction)

新設鐵塔 (New Construction Tower) 2 towers (MC Type)

臨時鐵塔 (Temporary Tower) 2 towers (Square tower with wire supporting)

拆除鐵塔 (Removal Tower) 2 towers

● 架設導體 (Conductor Stringing)

導線 (Conductor) Corrosion Protected ACSR 610mm<sup>2</sup> × 4cct (Moderate Protected Conductor)

地線 (Earth Wire) AC 55mm<sup>2</sup> × 1

● 礙子連 (Insulator) Φ 250mm<sup>2</sup> Crevice Type ×8

2. 線路路徑圖，如圖 4-12 所示。



圖 4-12 77kV 神吉線之路徑圖（紅色標點 No.16 及 No.17 為本期工程）



圖 4-13 現事工事準備、交通疏導及施工動線規劃



圖 4-14 臨時鐵塔之基礎開挖作業



圖 4-15 架空線鐵塔改建技術之意見交流



圖 4-16 77kV 級鐵塔連接站



圖 4-17 275kV 四導體架空線



圖 4-18 量測線下磁場值 10.7mG



圖 4-19 與住友電工人員合影留念

### 三、J-Power Systems Corp. 大阪工廠參訪

#### 1. JPS 公司概況簡介

- 創立時間 (Established) : July 2001
- 資本額 (Capital) : 4 Billion yen
- 股東 (Shareholders) : 日立電線 (Hitachi Cable, Ltd.) : 50%

住友電工 (Sumitomo Electric Industries, Ltd.) : 50%

- 營運項目 (Business Operations) : 電力電纜及附屬器材 (accessories) 之研發、設計、製造、現場安裝及出口，架空輸電線路器材及相關設備。
- 員工人數 : 約 1000 人

#### 2. JPS 公司大阪工廠

大阪工廠主要生產製造海底電纜、XLPE 電纜、充油電纜、配電線及電線、電纜關鍵性器材、電力資訊系統等產品，其廠區配置情形如圖 4-20 所示。

大阪工廠有一棟顯目 7 層樓的高塔，主要為製造 XLPE 電纜之三層押出設備使用，JPS 係採用先進的垂直式連續加硫 (VVCV, Vertical Continuous Vulcanizer) 製造技術；採垂直方式做電纜三層押出，此製造技術具有生產效

率高、品質穩定及生產條件易於控制等優點。國內電纜廠多採用懸垂式連續加硫（CCV，Catenary Continuous Vulcanizer）製造，電纜三層押出後受地心引力影響，較易發生偏心現象，品質較難控制。



圖 4-20 JPS 大阪工廠配置圖



圖 4-21 XLPE & OF Cable



圖 4-22 海底電纜樣品





圖 4-23 長尺電纜生產製造及安裝 (500kV 新京葉~豐州線)

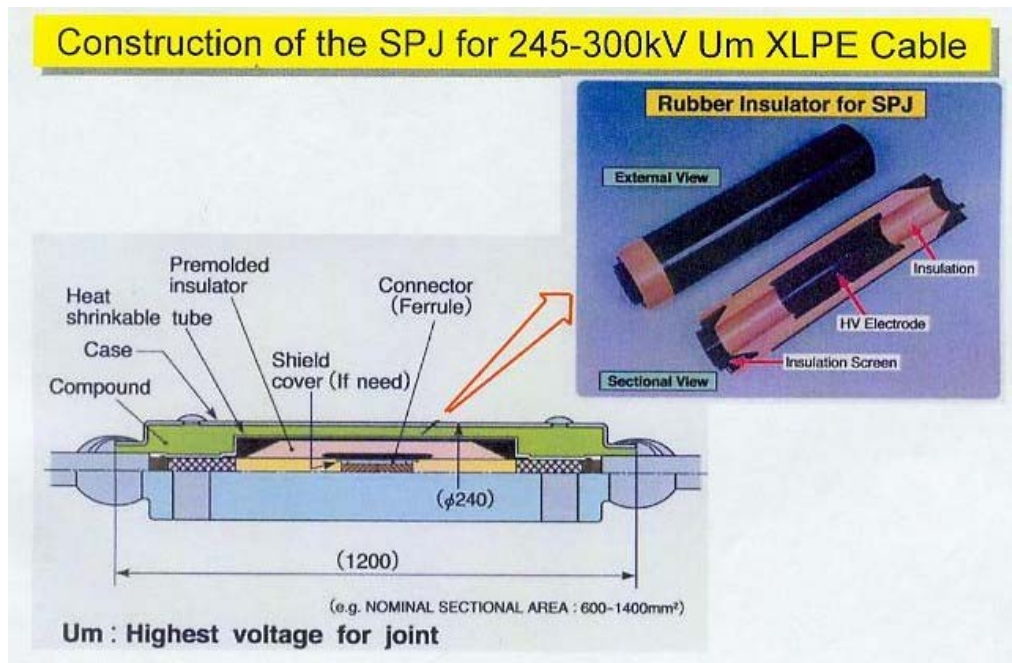
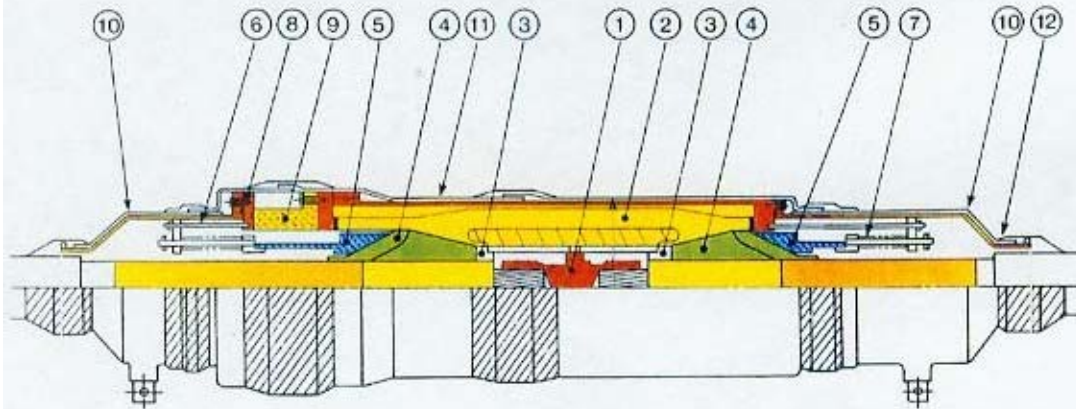


圖 4-24 Premolded one-piece type joint (SPJ)電纜接續匣之構造

## Prefabricated Joint up to 500kV XLPE Cable



- |   |                                 |   |
|---|---------------------------------|---|
| ① 導体接続スリーブ<br>COMPRESSION TYPE FERRULE    | ⑤ 押しパイプ<br>COMPRESSION PIPE     | ⑨ エポキシ絶縁部<br>EPOXY INSULATOR FOR SHIELD BREAK |
| ② エポキシユニット<br>EPOXY RESIN INSULATION UNIT | ⑥ 押し金具A<br>COMPRESSION RING (A) | ⑩ ケーブル保護金具<br>PROTECTION CASING               |
| ③ ストッパー<br>STOPPER RING                   | ⑦ 押し金具B<br>COMPRESSION RING (B) | ⑪ 防水層<br>WATER PROOF LAYER                    |
| ④ プレモールド絶縁体<br>RUBBER MOLD STRESS CONE    | ⑧ 中間フランジ<br>FLANGE              | ⑫ 防水テープ<br>WATER PROOF TAPING LAYER           |

圖 4-25 Prefabricated Joint (PJ) 電纜接續匣之構造

## Y Branch Joint up to 132kV XLPE Cable

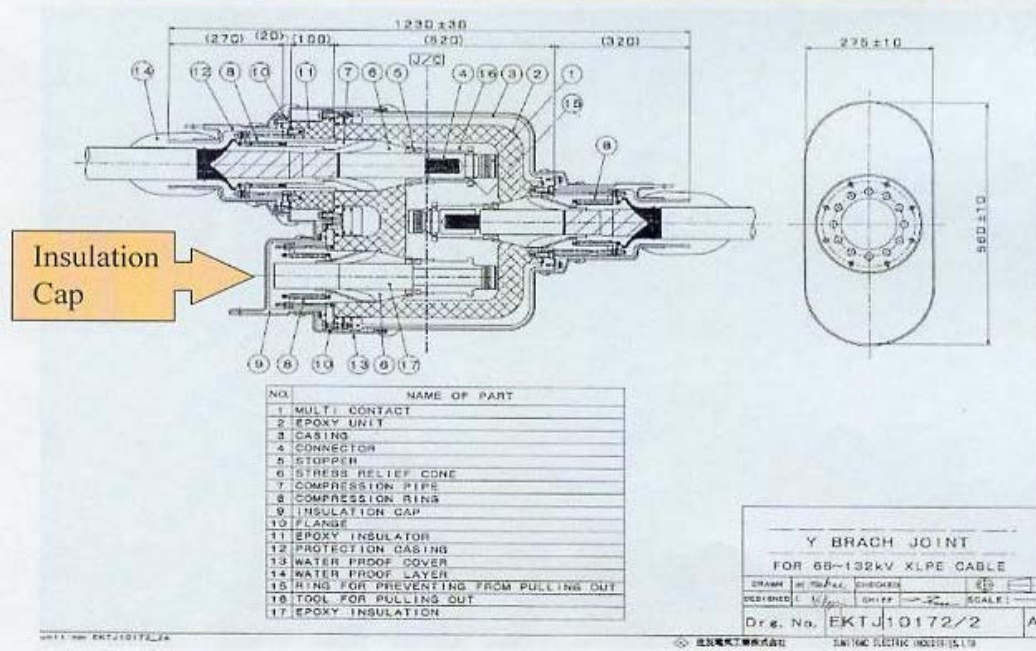


圖 4-25 Y Branch Joint (YBJ) 電纜接續匣之構造

## 陸、心得與建議

### 一、心得

配合本公司第六輪變電計劃執行，本處將於台北市興建頂湖~仙渡 345kV 地下電纜線路，係提供台北市新建仙渡超高壓變電所所需電源。另深美~台北 161kV 地下電纜線路，係將既設架空鐵塔線路改下地，以解決文山地區都市發展受架空線限制問題，並滿足區域未來發展之用電需求，進而充裕區域供電能力及供電可靠度，提供質優、穩定、可靠之電力。

前述電纜線路之規劃設計，均採用深層潛遁洞道施工，因此需要有深直井、洞道內電纜延放、接續施工，及低壓附屬機電之設計、施工等特殊技術。有關電纜之運輸、現場配置、佈設、延放工法及洞道內冷卻系統之設計，俾利提高送電容量，就成為重要課題，因此需吸取相關技術與經驗。

本次承蒙長官的厚愛，得以有機會前往日本實習「深層地下潛遁洞道附屬機電設備規劃、設計及施工」，並藉此機會就工作面來重整思維以利工程之推展，學習他人的長處與技術。「他山之石、可以攻錯」，由本次實習所獲取的資料與見聞，來改善目前地下電纜遭遇的窘境，並可從另一角度來規劃設計地下電纜線路。

另在此次實習過程中，特別感謝 J-Power System Co. 安排本人之赴日參訪實習行程，俾能在短期內密集拜會中部電力公司之輸變電工程設施、關西電

力公司之架空線路改建工程，以及 J-Power System Co.工廠參訪活動。各參訪行程均安排部長(Manager)及專業工程師負責接待解說，每位工程人員均表現出對輸電線路的專業執著與研究精神，並對施工時對現場環境的維持及工安的落實，值得自我成長與學習的地方。

## 二、建議

- (一)日本中部電力公司及關西電公司均為民營電力公司，除了有肩負供應義務責任外，尚須考量公司的營運成本。關於輸電線路的投資計畫，尤其以輸電電纜潛遁洞道投資成本較久且工期較長，故採取審慎的態度，對於線路規劃與設計要求甚嚴格及完善，因此相對地可大幅減少日後在施工過程遭遇到困難與阻礙，可有效降低工程建設成本。
- (二)由於國內道路空間有限，電纜洞道工程案例將會持續增加，在日本地區長尺電纜已成為趨勢，長尺電纜的普及化可有效減少電纜接續，進而減少電纜事故的發生率。對於長尺電纜延放現場之配置範圍比現行施工方式大很多，且延放人力、接續技術人力充足與否，直接影響地下電纜線路興建進度。因此洞道容量、延線地點、技術人力與施工進度息息相關，技術服務工作之承攬商應妥為規劃、評估，期以如期加入系統。

(三)本公司對於目前的電纜洞道工程之附屬機電設備，均考量其未來送電容量，在電纜線路初期施工時就一併施設，通常線路初期系統運轉之送電容量均不大，常造成其冷卻設備無用武之地，且冷卻設備維護費相當可觀，設備折舊率又高。在日本電力公司係依實際佈纜時程漸次地擴充，可降低初設、整體成本，並有利財務調度。冷卻系統擴充的最佳時機，可經由運轉開始後監控洞道內空氣溫度變化、傳輸電纜電流的變化、冷卻循環水溫度變化，及冷卻循環水系統的流率變化等因素決定之。

(四)民眾對於生活環境、環保觀念的提升，相對高漲的民意，興建變電所、輸電線路均以影響其權益，屢遭反對、抗爭。以日本中部電力公司名城變電所為例，其變電所之建築外觀與當地景觀互相調和，且對一般民眾規劃完善參訪動線，有效地降低民眾對變電所安全的疑慮。

## 參考文獻

- [1] 李魁士，電力洞道附屬設備之設計考量研究，台灣世曦工程顧問股份有限公司，民國 96 年。
- [2] 中野，增田：フジクラ技報，第 97 号，p33，1999 年。
- [3] 中野，增田：フジクラ技報，第 98 号，p38，1999 年。
- [4] 中野，增田：古河電工時報，第 105 号，p84，2000 年。
- [5] 中野，增田：日立電線，第 19 号，p19，2000 年。