

出國報告（出國類別：實習）

# 海底電纜兩端終端設備運轉與維護 技術實習

服務機關：臺灣電力股份有限公司

姓名職稱：吳俊傑 高港維護課長

派赴國家：日本

出國期間：100年9月25日至100年10月1日

報告日期：100年11月28日

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：海底電纜兩端終端設備運轉與維護技術實習

頁數 24 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/02-23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

吳俊傑/臺灣電力公司/高屏供電區營運處/高港維護課長/07-7875493

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：100.9.25~100.10.1      出國地區：日本

報告日期：100.11.28

分類號/目

關鍵詞：

海底電纜(submarine cable)

中部電力公司(Chubu Electric Power Company)

名古屋給電制御所(Nagoya Load Dispatching Control Center, Nagoya  
LDCC)

松ヶ枝變電所(Matsugae Substation)

名城變電所(Meijo Substation)

內容摘要：(二百至三百字)

1. 因應離島地區負載成長，本公司新建海底電纜線路，以滿足離島地區之用電需求並平衡本島與離島兩地供電及未來電力調度問題，為了解海底電纜兩端終端設備運轉與維護技術，安排本次實習參訪日本電力公司，吸取其相關實務經驗，作為本公司海底電纜兩端終端設備運轉及維護管理參考。
2. 藉由參訪日本電力公司海底電纜現況，探討海底電纜及終端設備之維護內容並瞭解其變電所之監控管理措施，蒐集有關運轉、維護及管理上相關知識及情報，擷取其實務經驗並依據本次實習結果提出心得與建議供本公司參考引用。

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

# 目 次

壹、實習目的.....	1
貳、實習過程.....	2
一、出國行程說明.....	2
二、海底電纜鋪設探討.....	4
三、中部電力公司海底電纜現況簡介.....	5
四、海底電纜及終端設備之維護.....	7
五、監測系統之運用.....	9
六、光纖應用於海纜事故監測.....	10
七、變電所之管理.....	12
參、心得及建議.....	24

# 圖目錄

圖 1 名古屋給電制御所大門.....	2
圖 2 松ヶ枝變電所.....	3
圖 3 名城變電所.....	3
圖 4 澎湖海纜鋪設示意圖.....	4
圖 5 中部國際空港聯絡線位置圖.....	5
圖 6 中部國際空港位置圖.....	6
圖 7 東榎戶開閉所.....	6
圖 8 犁埋機.....	8
圖 9 電纜埋設作業示意圖.....	8
圖 10 海纜相關設備監控系統示意圖.....	10
圖 11 中部國際空港聯絡線海纜剖面圖.....	11
圖 12 光纖之外觀及概略說明.....	12
圖 13 攝影監視.....	13
圖 14 門禁安全管控.....	13
圖 15 地下樓層之標示.....	14
圖 16 地下 5 樓之標示.....	14
圖 17 氧氣濃度偵測器.....	15
圖 18 氧氣濃度監視主機.....	15
圖 19 控制室內座椅固定.....	16
圖 20 電纜之固定(一).....	17
圖 21 電纜之固定(二).....	17
圖 22 電纜之外層保護(一).....	18
圖 23 電纜之外層保護(二).....	18
圖 24 電抗器外箱之高處作業支撐桿.....	19
圖 25 GIS手動操作工具.....	20
圖 26 接地標誌管理板.....	20
圖 27 控制盤及電驛盤採無頂蓋之設計.....	21
圖 28 控制室內之天花板.....	22
圖 29 冷卻水塔外殼包覆.....	23
圖 30 冷卻水透過瀑布牆散熱.....	23

## 壹、實習目的

為因應澎湖地區負載成長需求及配合「澎湖縣發展建設計畫」、「離島建設條例」以及國建六年「觀光倍增計畫」等發展建設規劃，本公司計畫於台灣與澎湖之間新建二回線之 161kV 輸電海纜線路，每回線送電容量至少 200MW，以滿足澎湖地區之用電需求，其間跨越台灣海峽部分，則規劃使用 161kV 級之海底海纜與陸域段地下電纜銜接，以平衡台灣、澎湖兩地供電及解決未來電力調度問題。

依據本公司最近澎湖地區負載預估，台澎海纜需於 104 年前完成，以避免澎湖未來有缺電之風險。另依能源局研擬「澎湖低碳島規劃」案，台澎海纜必須完成方能有效推動，故為配合政府推動綠色能源政策，台澎海纜列為本公司重要輸電計畫。

藉由本次出國研習機會，安排訪問日本中部電力公司，並請其代為安排參訪相關變電所及調度中心，討論海底電纜兩端終端設備運轉與維護技術，作為本公司運轉與維護參考，本次實習期間，除吸收有關運轉維護之技術新知，亦帶回一些變電所管理相關經驗，相信對公司未來變電設備之運轉維護有相當助益，希望能藉由本報告研討應用於國內相關變電設備，以增進供電穩定安全。

## 貳、實習過程

### 一、出國行程說明

本次出國研習係應用本公司 100 年度出國計畫第 18 號訓練計畫，安排赴日本實習「海底電纜兩端終端設備運轉與維護技術」，為期 7 天，相關任務地點及實習內容行程，重點說明如下：

(一)100 年 9 月 25 日

    往程 (台北—名古屋 當日抵達)

(二)100 年 9 月 26 日~100 年 9 月 30 日

    赴日本中部電力公司參訪名古屋給電制御所(如圖 1)、松ヶ枝變電所(如圖 2)及名城變電所(如圖 3)，討論有關海纜、陸纜、終端設備、運轉維護及變電所相關管理措施。

(三)100 年 10 月 1 日

    返程(名古屋—台北)

    本次實習行程安排係透過台灣日立先端科技股份有限公司 (Hitachi High-Technologies Taiwan Corporation)代為接洽聯繫，主要該公司與中部電力公司多有技術合作關係所致，該公司並派有英日翻譯人員代表接洽，參訪過程進行順利。



圖 1 名古屋給電制御所大門



 Chubu Electric Power Company, Inc.

圖 2 松ヶ枝變電所



圖 3 名城變電所



## 二、海底電纜鋪設探討

為確保澎湖供電穩定，本公司已經規畫在民國 104 年完成台灣與澎湖 161kV 海底電纜供電(如圖 4)，以滿足澎湖地區之用電需求，其間跨越台灣海峽部分，則規劃使用 161kV 級之海底海纜與陸域段地下電纜銜接，以平衡兩地供電及解決未來電力調度問題，屆時澎湖開發風力發電，亦可充分利用海纜功能獲得最高效益。

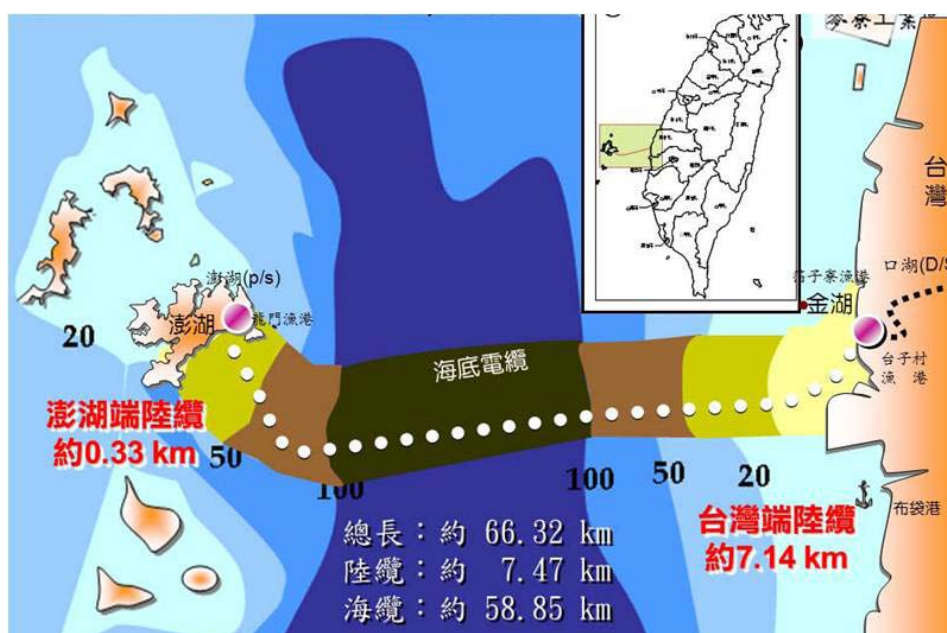


圖 4 澎湖海纜鋪設示意圖

高性能海底電力電纜的需求越來越多，隨著境外的風力發電場安裝，和本島電網連接是必要的。澎湖海底電纜從雲林口湖到澎湖尖山，長度達 58.85 公里，夏天澎湖風力比較小，台灣可藉由海底電纜將電力傳輸到澎湖，補足供電缺口，而冬天風力發電量大，澎湖可把剩餘的電力輸送到台灣。

因海底電纜在鋪設後不易維修，且因設置於一變化性較多之環境中，必須加以妥善規劃才能確保供電品質，因而必須考量以下因素：

- (一)為防護因漁具或船錨所造成的外傷，在電纜外側設置一層鍍鋅鐵線的鎧裝構造。
- (二)為減輕鉛被覆之熱損失，在鉛被覆之外側設置外部導體，抵消循環電流。

(三)一般電纜製造商之單一電纜長度約 4~5 公里，若海底電纜長度過長，無法一次製作完成，需於工廠內進行接續作業。

(四)裝置電力保安、溫度感測、外傷感測及事故點判定之複合式光纖作為海底電纜之監控。

### 三、中部電力公司海底電纜現況簡介

中部電力公司主要海底電纜為空港變電所連結至東榎戶開閉所與知多變電所間之 T 接線路，命名為「中部國際空港聯絡線」(如圖 5)，電力傳送至中部國際空港(名古屋機場)負載，中部國際空港位於一填海造陸之人造島上(如圖 6)，其電力輸送主要透過兩條埋設於橋樑之中部國際空港線透過東榎戶開閉所輸送，為增加其供電可靠，另從海面挖設一條海底電纜連結陸纜 T 接到知多變電所與東榎戶開閉所。



圖 5 中部國際空港聯絡線位置圖

本條海底電纜(中部國際空港聯絡線)主要資料如下：

(一)電壓等級：77kV

(二)電纜尺寸：3x200mm<sup>2</sup>CV

- (三) 外圍直徑：134mm
- (四) 重量約：50kg/m
- (五) 鐵線外側包覆：1 層
- (六) 長度：1.2km

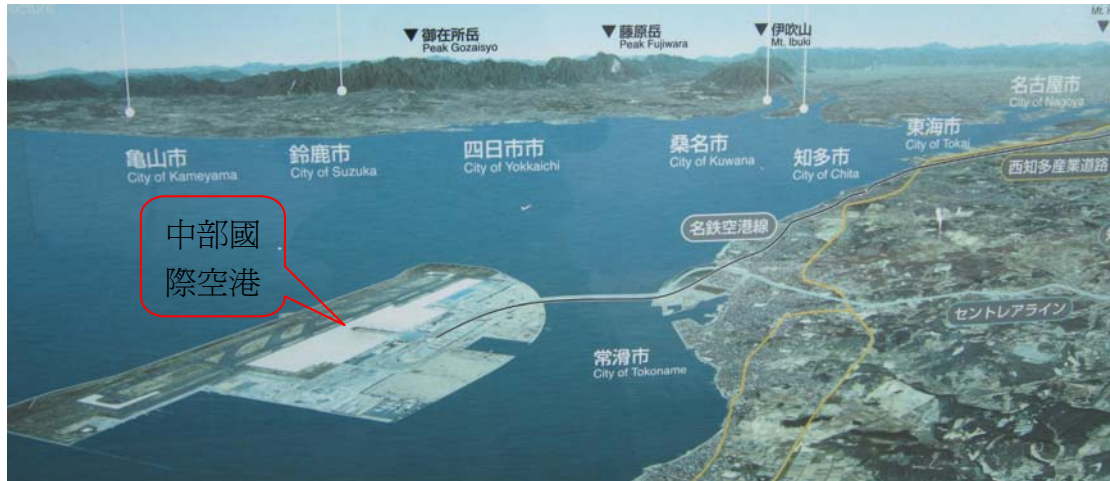


圖 6 中部國際空港位置圖

圖 7 之東榎戶開閉所為中部國際空港重要供電變電所，若該所全停電，則須仰賴中部國際空港聯絡線由知多變電所供電。



圖 7 東榎戶開閉所

## 四、海底電纜及終端設備之維護

在維護上主要分為日常巡視及定期點檢兩部分，說明如下：

### (一)日常巡視：

- 1.普通巡視：2次/年  
主要為陸上設備之巡視，內容同於一般電力電纜之終端設備。
- 2.特定巡視：2次/月  
考量此海底電纜之重要性，故每月有兩次特定巡視，特定巡視之內容為：
  - (1)以目視巡視電纜外觀有無異狀。
  - (2)地上部分有無施工或遭破壞痕跡。
  - (3)海底電纜附近有無因船錨或漁具而遭受損害。

### (二)定期點檢：

- 1.人孔檢查：1次/3年
- 2.電纜檢查：1次/3年
- 3.接續箱檢查：1次/3年
- 4.特別檢查：1次/6年  
特別檢查主要項目如：
  - (1)冷卻系統。
  - (2)避雷器
  - (3)礙子
  - (4)電纜
  - (5)附屬配件及支架
  - (6)引下線、接頭及端子板
  - (7)電纜被覆保護裝置
  - (8)攝影機
  - (9)利用磁氣測定埋設深度

海底電纜事故原因多來自漁具、船錨之破壞，尤其60公尺以內之水深受影響最大，海底電纜本身發生故障之機率不高，反而是漁具及船舶拋錨所造成之損傷或故障之機率最高，避免遭漁

具及船舶拋錨損傷之最佳方式，即是將海底電纜埋入海床中，埋入之深度則以漁具及船舶拋錨穿透海床深度來考量，圖 8 為海底電纜於海底佈放之犁埋機，其電纜埋設作業如圖 9 所示。

拖底漁具作業最大可能挖深約 1 公尺左右；大部分客貨船之拋錨深度約在 2 公尺以內，若在近岸區域，因漂沙活動旺盛，地形變遷性較為複雜，埋設深度必須再加深。



圖 8 犁埋機

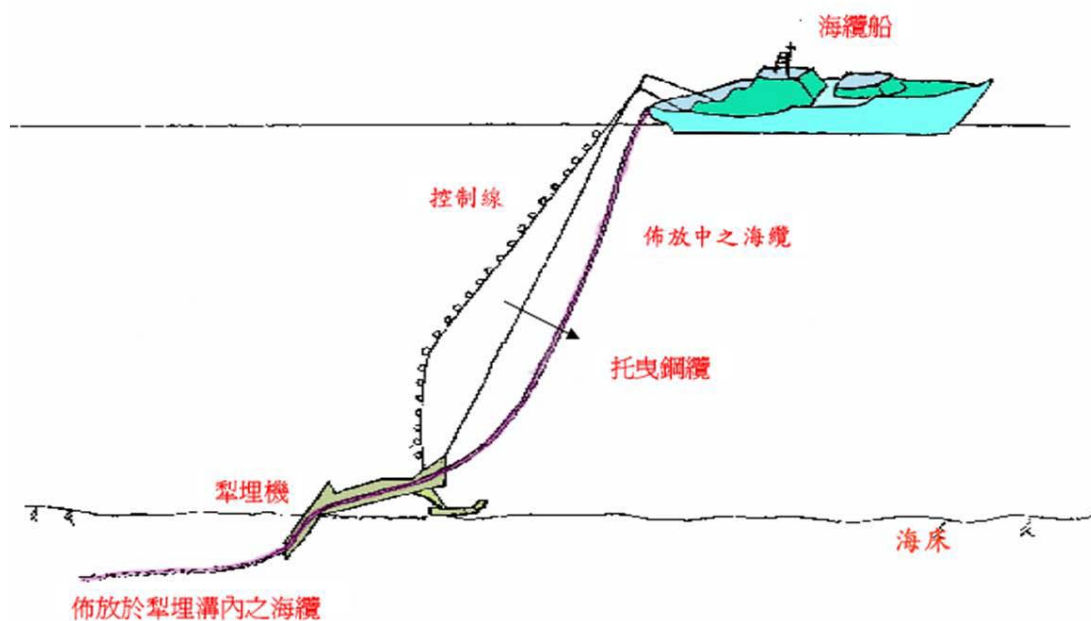


圖 9 電纜埋設作業示意圖

## 五、 監測系統之運用

海底電纜相關設備(如：連接站、陸纜洞道...等)單靠維護人員巡視及定期點檢並無法完全確保功能健全，面對突發狀況仍需仰靠監控系統予以掌握，海纜相關之主要設備監控系統如下所示：

- (一)通風及氣體(氧氣濃度)監控
- (二)海纜相關電驛保護監控
- (三)冷卻及冰水機監控
- (四)人孔消防系統監控
- (五)排水系統監控
- (六)其他附屬設備監控

海纜監控系統是整個電纜正常運轉的指揮調度中心，其主要功能涉及對海底電纜本體的即時狀態監測、相關環境和輔助設施工作狀態的監視以及事故的預警及應急處理等三個層次。首先系統應能完成對電纜實際運轉狀態的資訊採集，在此基礎上通過綜合計算和深入分析以實現對海纜主要設備運轉情況和環境的即時監測掌控，確保電纜的安全和性能的可靠，使之正常運作並滿足供電要求；其次，系統通過對環境資訊和一系列輔助設備的監視，以控制和提高整個海纜系統運轉的可靠性和相應控制與調整的有效性，且能對災害、電纜損傷及輸電網路事故等進行預警，並在事故發生時能及時有效地控制和處理，將事故影響限制在最小範圍內，確保供電穩定和人命安全。

電纜監控系統並不是簡單地對應各類功能需求設置相關的輔助設備，而應在構建完善的電腦綜合監控系統的前提下以網路化、集成化和數位化的方式將電纜相關設備所有相互獨立的輔助設備納入一個系統範圍內，在資訊充分共用的基礎上實現高度智慧和系統的連動，使之形成一個綜合性的監控系統。

圖 10 為海纜相關設備監控系統示意圖，透過監控系統以完全替代傳統的人工巡視方式，人性化的人機交換和必要的智慧控制決策手段（包括事件報警及定位、資訊的多媒體顯示、高級應用軟體等）是提高海纜運轉管理，減輕維護人員工作負擔的有效方法。

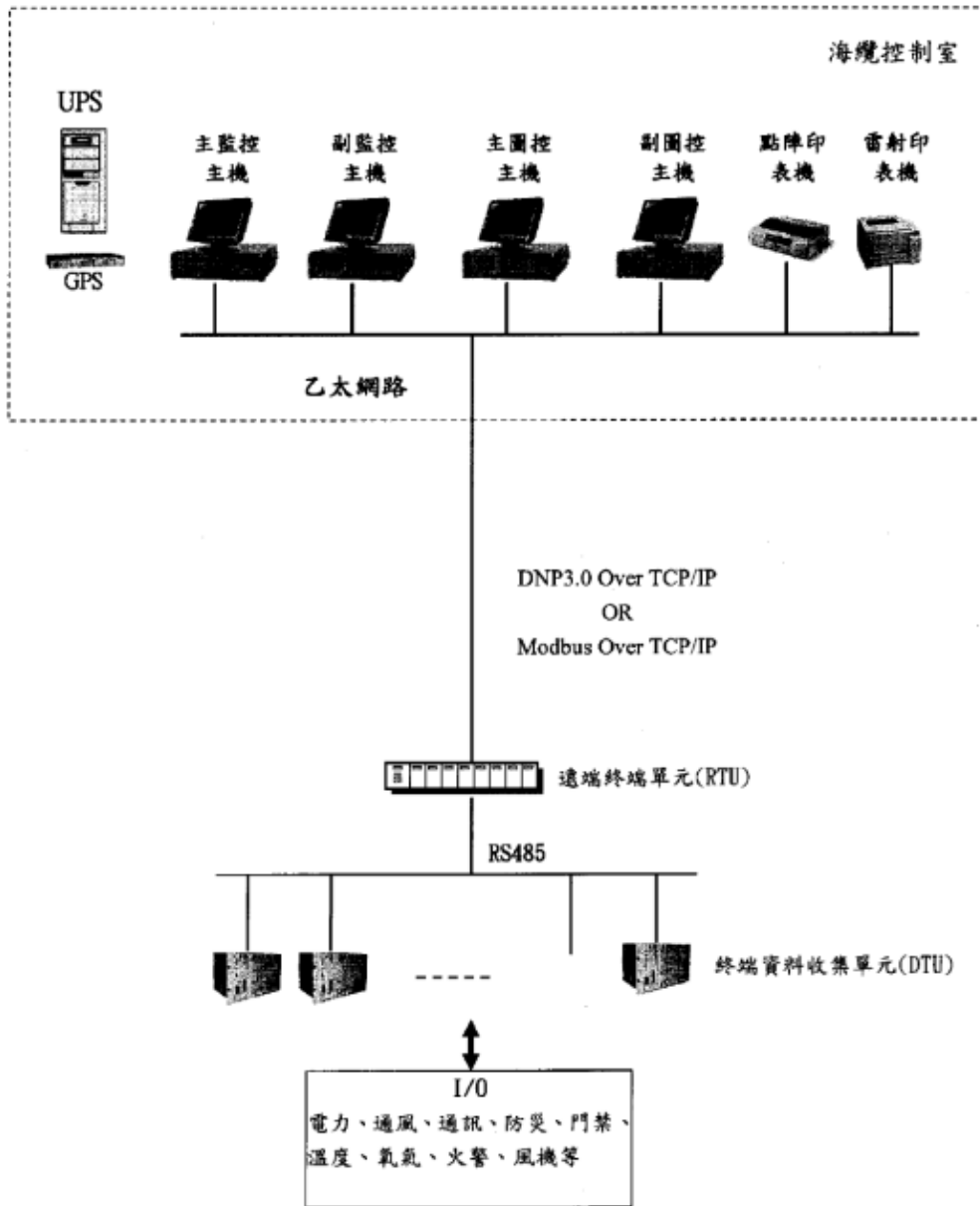


圖 10 海纜相關設備監控系統示意圖

## 六、光纖應用於海纜事故監測

海底電纜由於鋪設於海底下，維護人員無法觸及，其性能的良好則需靠監控系統予以掌握，為考量海底電纜鋪設後之維護及供電安全與品質之保障，近年來利用在電纜內加設監測用光纖來進行海纜安全之監測已漸成趨勢，如圖 11 為中部國際空港聯絡線三相一體之電纜剖面示意圖，其電纜內即包含兩條光纖，通常海纜光纖設置之位置係考量是否要監測其埋設深度、外傷或事故等功能而配置於海纜之靠外側壁，並與其他之保護鎧裝線一起環繞導體。

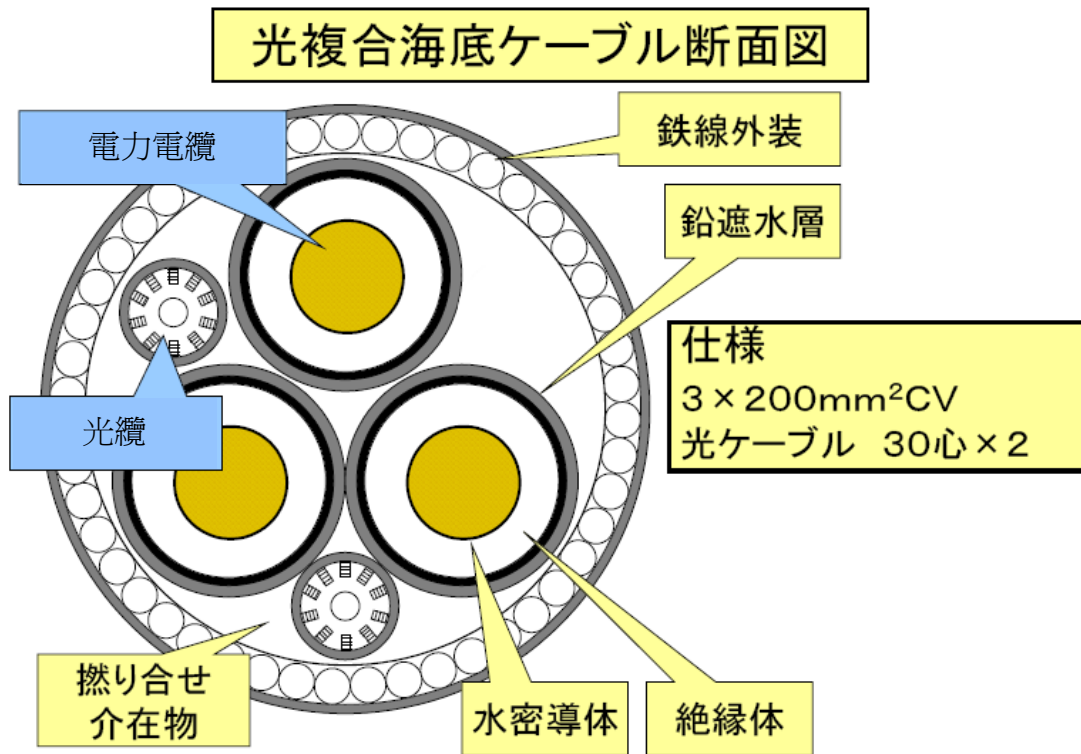


圖 11 中部國際空港聯絡線海纜剖面圖

光纖量測原理係利用光源注入光纖後，經過一段距離光源會被以漫射方式反射回來，此時可帶回許多資訊，例如光纖遭遇斷裂或破損時，其漫射光之型態將與正常漫射光波資訊有所不同，因此，利用比較入射光源與其散漫反射光之差異性即可將周遭之溫度或特異情形分析出來。

圖 12 為光纖之外觀及概略說明，在經近幾年之技術發展後，以光纖作為海纜之監測系統已被廣泛的應用，利用光纖特性作為海纜監測已成必要之設備，而且海纜鋪設後，因水域中之維修工作需動員大批船務及人員執行不易，因而利用光纖以輔助營運及維修人員監控整個系統，使得電力傳輸更加順暢與可靠。

為使海底電纜事故預防措施及事故修復迅速得到支援，相關作業系統應有電纜溫度偵測系統、外傷檢知系統、事故點判定系統和電纜埋設深度測量等作業，其功能說明如下。

- (一)電纜溫度：可瞭解電纜導體運轉溫度。
- (二)電纜外傷：可瞭解電纜錨害或外傷情況。
- (三)事故點判定：判估電纜事故點位置。
- (四)電纜埋設深度：預防電纜錨害及外傷。





- 規格：光纖符合 ITU-T 規格要求。
- 特色：易彎曲的束管，在接續盒內容易施工。  
所有的光纖和束管均以顏色作區分容易識別。
- 用途：區域網路，市區中繼、長途通信線路，有線電視網路。

### ■ 光 纜 結 構

光 纖 心 數 C	單 元 族 型 C	束 管 數 量 —	PE 內 被 標 準 厚 度 mm	LAP 被 覆 標 準 厚 度 mm	標 稱 外 徑 (約)mm	概 算 重 量 (約)kg/km	允 許 拉 力 N	標 準 單 長* M
2 ~ 30	6	1 ~ 5	0.9	1.7	13	175	2730	2000
32 ~ 36	6	6	1.0	1.7	14	185	2730	2000
38 ~ 48	6	7 ~ 8	1.0	1.7	15	230	2730	2000
50 ~ 72	12	5 ~ 6	0.9	1.7	16	245	2730	2000
74 ~ 96	12	7 ~ 8	1.0	1.7	18	305	2730	2000
98 ~ 120	12	9 ~ 10	0.8	1.7	20	435	4540	2000
122 ~ 144	12	11 ~ 12	0.8	1.7	22	450	4540	2000
144 ~ 216	12	13 ~ 18	0.8	1.7	22	465	4540	2000

※PE內被最小厚度不低於標準厚度之80%、LAP被覆體最小厚度不低於標準厚度之80%。

圖 12 光纖之外觀及概略說明

## 七、變電所之管理

### (一) 監視保安系統：

為增加無人變電所防盜保安功能，並進一步掌控所內環境及情況，變電所各樓層或重要處所均安裝攝影機(如圖 13)，可將影像傳回遠方監視中心，監視中心亦可遠端操控攝影機鎖定目標改變焦距觀察，若所內發生火警災害或不法侵入，遠方監視人員可依此採取必要處置。對於部份變電所甚至必須先電話聯絡監視中心，人員方可進入(如圖 14)，對於門禁安全相當重視。



圖 13 攝影監視



圖 14 門禁安全管控

(二)地下樓層標示：

地下型變電所各樓層之空間、設備及四周牆壁等均頗為類似，常令人難以辨識其樓層所在，日本電力公司以方塊圖形來表示其所在樓層(如圖 15)，圖 16 表示為地下 5 樓，此標示方式較為生動活潑，取代以數字表示之枯燥感。



圖 15 地下樓層之標示

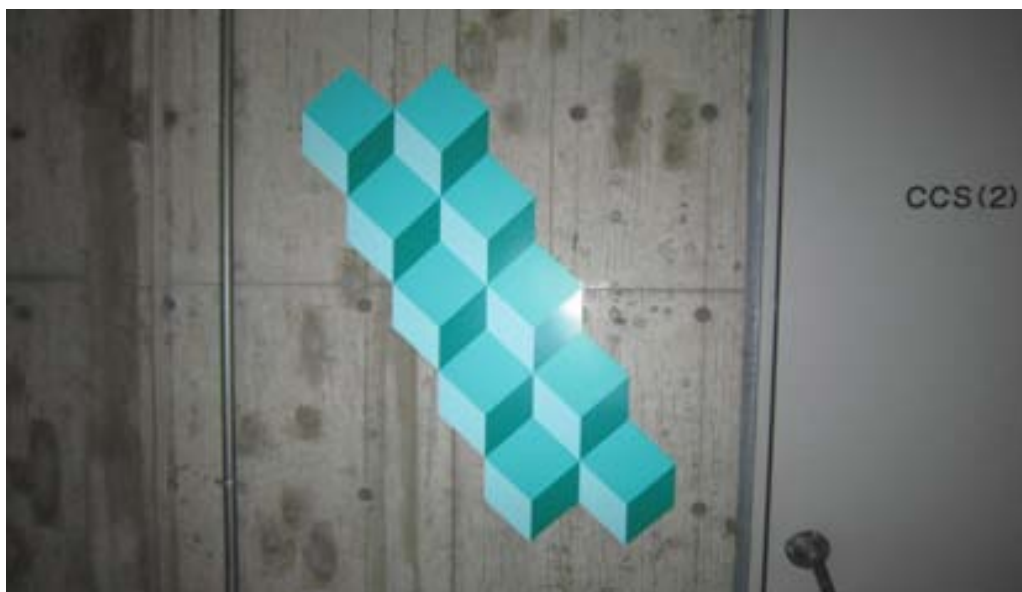


圖 16 地下 5 樓之標示

(三) 氧氣濃度偵測：

對於地下型變電所，為避免人員因缺氧造成窒息，於地下各樓層處所安裝氧氣濃度偵測器(如圖 17)，並將氧氣濃度監視主機設置於控制室(如圖 18)，可隨時掌握變電所內各區域氧氣濃度，當氧氣濃度不足時，亦會發出警報告警。



圖 17 氧氣濃度偵測器



圖 18 氧氣濃度監視主機

#### (四)控制室內防震措施：

由於日本位處地震帶，地震之搖晃可能造成變電所內設備或物品移動，控制室內匯集各設備及電驛之操作開關，為避免物品移動撞擊到操作開關而產生誤動作，對於控制室內可能造成影響之物品均予妥善固定或限制其移動範圍，如圖 19 座椅以繩索固定移動範圍，可避免座椅因移動撞擊導致設備誤動作。



圖 19 控制室內座椅固定

#### (五)電纜之固定及保護：

同樣是由於位處地震帶關係，對於電纜設備均給予適當之固定工事(如圖 20、21)，以避免因震動搖晃而導致碰撞，並且給與適當之外層保護(如圖 22、23)，避免掉落物或碰撞產生傷害。



圖 20 電纜之固定(一)



圖 21 電纜之固定(二)



圖 22 電纜之外層保護(一)



圖 23 電纜之外層保護(二)

(六)高處作業之安全設施：

目前供電系統高架作業均依勞工安全衛生設施規則使用安全帶等防止因墜落而遭致危險之措施，並依現場工作環境需求，採因地制宜使用高空工作車(移動式升降平台)或高架作業平台及護欄架設等。屋內式設備為提高維護工作之安全性，日本中部電力公司於需高處作業之設備本體上製作支撐桿座，作業時將支撐桿固定於桿座上，並使用水平安全母索作為四周圍欄，平時支撐桿即懸掛於設備箱體上，可減少人員搬運工作，便於人員安裝使用(如圖 24)。



圖 24 電抗器外箱之高處作業支撐桿

(七)現場維護工具管理：

如圖 25 為 GIS 手動操作工具，為便於人員操作使用，該工具即設置於 GIS 設備附近，相關之維護工具、器材及測量儀器等亦置於設備室入口處，欲緊急操作時，人員至現場可立即上手。





圖 25 GIS 手動操作工具

(八)接地操作管理：

設備接地時需掛接地標誌，如圖 26 為接地標誌管理板，每一接地標誌均按編號排列，依管理板缺少之接地標誌即可掌握現場接地情形，相關之鑰匙、人員臂章及閥門操作亦同時集中管理。本公司現場同樣有接地標示之壓克力板，但該壓克力板未有編號，對於接地設備需於控制盤面上再確認，較難以立即掌握，日本電力公司之作法值得參考。



圖 26 接地標誌管理板

(九)控制盤及電驛盤取消頂蓋之設計：

由於台灣屬地震帶區，變電所控制室之控制盤及電驛盤其頂蓋具有支撐及耐震功能，亦可避免因灰塵、掉落物或天花板漏水造成短路事故或設備誤動作，然而中部電力公司控制盤及電驛盤多採無頂蓋之設計(如圖 27)，主要考量為控制室內皆設置空調設備，可有效防止灰塵汙染問題，盤內上方設有支架可達到耐震效果，天花板為鐵構設施亦有鋼架支撐(如圖 28)，不致產生漏水情形，如此之設計可保持通風及採光良好，人員進入盤內時不致有壓迫感，可保持較舒適的心情進行查修工作。



圖 27 控制盤及電驛盤採無頂蓋之設計



圖 28 控制室內之天花板

(十)冷卻系統結合環境景觀：

一般水冷式空調系統依靠冷卻水塔與大氣作熱交換，冷卻水塔運轉時常發出噪音，影響周遭民眾安寧，日本電力公司之冷卻水塔為避免噪音，除了採外殼包覆減低音量外(如圖 29)，其冷卻水循環與環境景觀結合，利用瀑布牆之方式進行散熱(如圖 30)，同時瀑布有著自然之聲響，巧妙掩飾冷卻水塔之噪音，民眾經過時在視覺及聽覺上均可感受到瀑布所帶來之自然舒適感，而不會發覺冷卻水塔之噪音，此設計方式值得本公司變電所興建時參考。



圖 29 冷卻水塔外殼包覆



圖 30 冷卻水透過瀑布牆散熱

## 參、心得及建議

海底電纜事故原因多來自外來漁具或船錨之破壞，其本身發生故障之機率不高，海纜變電所維護人員所做之巡視及點檢工作與一般變電所差異不大，所能維護的設備亦多侷限於陸上設備，對於海纜狀態主要以光纖輔助監控整個系統，若海纜發生故障，則以外包潛水夫或承攬廠商進行探測及修復，為使海底電纜加入營運後得到良好穩定之供電品質，將海底電纜深埋入海床中，將是預防海纜事故之最佳方式，埋入之深度應以漁具及船舶拋錨穿透海床深度來作考量。

由於日本地區地震頻繁，為避免電纜因搖晃而產生碰撞，在易搖晃處採取固定措施，電纜行進之適當距離給予固鎖，在易遭受墜落物傷害或易碰撞之處，於電纜外層採取被覆保護，盡可能採取周全之防護工事，其所投入的成本及心力明顯較多且完備，使得天然災害不致造成過度為害，預防勝於搶救之策略，應是所有管理與維護人員所應努力的方向。

監視保安系統之設計可有效維持變電所門禁安全，對於火災發生的現場情況可遠距離監視；控制室內防震措施、地下樓層標示、接地操作管理等防護措施及防呆提示等，可提升變電所運轉安全並有效減少人為疏失；高處作業之安全設施、現場維護工具管理、控制盤取消頂蓋之設計等，除可增進人員維護安全並可提升工作效率，其變電所之管理均呈現以人為本的精細巧思，針對供電安全需求發展人性化之因應對策。

本公司職司電力供應，輸變電設備遍及全台及外島，除提供優質電力外，對於環保問題亦極為重視，然而仍時有民間環保團體抗爭情事，在變電所方面電磁場議題最常遭受爭議，為降低社會大眾對電磁場之疑慮，除經常對外辦理各項宣導及溝通說明外，亦受理民眾參觀變電所並實地測試電磁場強度，使民眾了解變電設備安全無虞，若變電所在外觀設計上多點巧思，使民眾得到較佳之視覺觀感，拉近與民眾之距離，在溝通或宣傳上或許可得到較佳成效，尤其民眾對於生活環境及環保觀念的提升，變電所被視為鄰避設施，與變電所外觀所造成之冰冷及危險的感覺影響極大，本次所參訪之日本名城變電所整齊乾淨，外觀搭配人工瀑布牆造景，地上平面提供遊憩休閒空間，更有藝文表演中心(名古屋能樂堂)提供展覽及公演場所，電力公司與民眾距離更為接近，值得本公司參考引用。