


出國報告（出國類別：實習）

# 輸電海底電纜預防維護管理、故障監測與 檢測、纜線接續等技術與運用於智慧電網 運行模式研習







服務機關：台灣電力公司  
姓名職稱：廖吉義 十二等一般行政管理師  
派赴國家：日本  
出國期間：105.11.23~105.11.29  
報告日期：106.01.23

## 出國報告審核表

|   |  |                   |
|---|--|-------------------|
| 出國報告名稱：輸電海底電纜預防維護管理、故障監測與檢測、纜線接續等技術與運用於智慧電網運行模式研習 |  |                   |
| 出國人姓名   | 職稱   | 服務單位              |
| 廖吉義   | 一般行政管理師  | 高屏供電區營運處          |
| 出國類別  | <input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input checked="" type="checkbox"/> 實習<br><input type="checkbox"/> 其他 (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)  |                   |
| 出國期間：105年11月23日至105年11月29日                        |  | 報告繳交日期：106年01月23日 |
| 出國計畫主辦機關審核意見                                      | <input checked="" type="checkbox"/> 1. 依限繳交出國報告<br><input checked="" type="checkbox"/> 2. 格式完整 (本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」)<br><input checked="" type="checkbox"/> 3. 無抄襲相關出國報告<br><input checked="" type="checkbox"/> 4. 內容充實完備。<br><input checked="" type="checkbox"/> 5. 建議具參考價值<br><input type="checkbox"/> 6. 送本機關參考或研辦<br><input type="checkbox"/> 7. 送上級機關參考<br><input type="checkbox"/> 8. 退回補正，原因： <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔<br><input type="checkbox"/> 9. 本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表：<br><input type="checkbox"/> 辦理本機關出國報告座談會 (說明會)，與同仁進行知識分享。<br><input type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告<br><input type="checkbox"/> 其他<br><input checked="" type="checkbox"/> 10. 其他處理意見及方式：<br><p style="text-align: center; margin-top: 10px;">具參考價值，批核後送嘉南供、台中供參閱。</p> <div style="text-align: right; margin-top: 5px;">  </div> |                   |

說明：

- 一、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。
- 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

|     |   |     |   |   |   |
|-----|---|-----|---|---|---|
| 報告人 |  | 審核人 | 單位<br> | 主管處<br> | 總經理   |
|     |   |     | 主管<br> |         | 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：輸電海底電纜預防維護管理、故障監測與檢測、纜線接續等技術與運用於智慧電網運行模式研習

頁數 41 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台灣電力公司/陳德隆/(02)23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

廖吉義/台灣電力公司/高屏供電區營運處/營運督導/(07)3214110

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：105 年 11 月 23 日至 29 日 出國地區：日本

報告日期：106 年 01 月 23 日

分類號/目

關鍵詞：海底電纜、監測、運維管理

內容摘要：（二百至三百字）

有鑑於台灣－澎湖間之海底電纜預定加入系統運轉，為使電力供應穩定及減少海底電纜線路因維護手法及措施失當造成損失，擬參考日本海纜製造公司針對其製造海底電纜成品推薦使用之維護手法及週期，並對於故障發生後的故障點檢出方法及應變措施、纜線接續工法與未來結合智慧電網運用的發展方向進行資料蒐集與了解。另藉由實際安排參觀日本海纜製造廠及具有智慧電網運行實務之 NGK 公司進行研習及資料取得。針對海底電纜預定加入系統運轉，特擬預先辦理各項維護因應作為，如目前運行中之海纜預防維護管理機制及實際案例資料收集與研討、有關海纜故障監測及檢測實際案例、技術理論書面資料收集與研討、海纜線路接續影片、實例介紹電子檔案及書面資料收集與研討、未來海纜完成後移交供電處的相關教育訓練資料收集與研討、如何結合海纜系統運轉於智慧電網內及海纜系統運轉書面資料收集與研討、智慧電網架構應用於海底電纜系統之電力儲存方案評估與資料收集。

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

# 目 錄

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 壹、出國緣由 .....            | 1  |
| 一、實習任務 .....            | 1  |
| 二、緣由與目的 .....           | 1  |
| 三、行程規劃 .....            | 1  |
| 貳、實習過程及內容 .....         | 3  |
| 一、工程概述 .....            | 3  |
| 二、訪問住友公司及考察海纜製造工廠 ..... | 5  |
| 三、鈉硫(NAS)電池儲能系統介紹 ..... | 31 |
| 參、感想與建議 .....           | 37 |
| 肆、誌謝 .....              | 41 |

## 圖目錄 (1/2)

|  |    |
|--|----|
| 圖一、Sumitomo Electric Industries(SEI)住友公司組織圖 .....  | 4  |
| 圖二、Sumitomo Electric Industries(SEI)住友公司生產工廠 ..... | 5  |
| 圖三、海纜鍍裝完成後直接輸送至運輸船 .....                           | 6  |
| 圖四、台澎案使用海底電纜之特色圖 .....                             | 7  |
| 圖五、海底電纜佈設深度及間隔 .....                               | 8  |
| 圖六、台澎案使用海底電纜之埋設示意圖 .....                           | 8  |
| 圖七、海底電纜結構剖面圖 .....                                 | 9  |
| 圖八、全球「Submarine Cable Map」分布圖 .....                | 10 |
| 圖九、日本全國地圖 .....                                    | 10 |
| 圖十、flightradar24 航班航線圖 .....                       | 14 |
| 圖十一、航趣飛機網航班航線圖 .....                               | 14 |
| 圖十二、臺灣海域船舶動態資訊系統 .....                             | 17 |
| 圖十三、即時臺灣海域船舶航行紀錄圖 .....                            | 17 |
| 圖十四、臺灣到澎湖地區的船舶動態圖 .....                            | 17 |
| 圖十五、低壓脈衝反射法量測示意圖 .....                             | 20 |
| 圖十六、低壓脈衝反射法定位原理圖 .....                             | 21 |
| 圖十七、Murray Loop 電橋解析法定位原理圖 .....                   | 21 |
| 圖十八、Murray Loop 電橋解析法量測示意圖 .....                   | 22 |
| 圖十九、監控系統硬體架構示意圖 .....                              | 25 |
| 圖二十、監控系統實機畫面圖 .....                                | 26 |
| 圖二十一、海纜故障修復步驟示意圖 .....                             | 27 |
| 圖二十二、海纜故障修復工作流程圖 .....                             | 29 |
| 圖二十三、鈉硫(NAS)電池架構圖 .....                            | 32 |
| 圖二十四、鈉硫(NAS)電池儲能系統圖 .....                          | 32 |
| 圖二十五、鈉硫(NAS)電池儲能系統使用時機與場所示意圖 .....                 | 34 |

## 圖 目 錄 (2/2)

|  |    |
|--|----|
| 圖二十六、Rokkasho 風場與儲能系統併網架構及系統電力輸出波型圖... | 35 |
| 圖二十七、柏葉新城 Smart City .....             | 36 |
| 圖二十八、工廠參訪照片 .....                      | 37 |

## 表 目 錄

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 表一、海底電纜組成之材料及結構表 .....  | 9  |
| 表二、海底電纜監控系統之功能要求表 ..... | 23 |

## 壹. 出國緣由

### 一、實習任務

輸電海底電纜預防維護管理、故障監測與檢測、纜線接續等技術與運用於智慧電網運行模式研習。

### 二、緣由與目的

- (一)有鑑於台灣－澎湖間之海底電纜預定加入系統運轉，為使電力供應穩定及減少海底電纜線路因維護手法及措施失當造成損失，擬參考日本海纜製造公司針對其製造海底電纜成品推薦使用之維護手法及週期，並對於故障發生後的故障點檢出方法及應變措施、纜線接續工法與未來結合智慧電網運用的發展方向進行資料蒐集與了解。
- (二)本次實習目的主要係在於藉由實際安排參觀日本海纜製造廠及具有智慧電網運行實務之 NGK 公司進行研習及資料取得。
- (三) 為考量澎湖海底電纜預定加入系統運轉，須預先辦理各項維護因應作為
- 目前運行中之海纜預防維護管理機制及實際案例資料收集與研討
  - 有關海纜故障監測及檢測實際案例、技術理論書面資料收集與研討
  - 海纜線路接續影片、實例介紹電子檔案及書面資料收集與研討
  - 未來海纜完成後移交供電處的相關教育訓練資料收集與研討
  - 如何結合海纜系統運轉於智慧電網內及海纜系統運轉書面資料收集與研討
  - 智慧電網架構應用於海底電纜系統之電力儲存方案評估與資料收集

### 三、行程規劃

(一)研習日期：105 年 11 月 23 日至 105 年 11 月 29 日，共計 7 日。

(二)出國行程：

出國實習行程，如下表所示。

| 日期       | 天數 | 起迄地點   | 內容             |
|----------|----|--------|----------------|
| 11/23(三) | 1  | 高雄->東京 | 往程             |
| 11/24(四) | 1  | 東京->茨城 | 住友公司日立市日高工廠拜訪  |
| 11/25(五) | 1  | 東京->茨城 | 住友公司海港工廠海纜製造參訪 |



|                           |   |         |                             |
|---------------------------|---|---------|-----------------------------|
| 11/26(六)<br> <br>11/27(日) | 2 | 東京      |                             |
| 11/28(一)                  | 1 | 東京->名古屋 | 日本礙子(NGK)株式会社<br>名古屋蓄電池工廠參訪 |
| 11/29(二)                  | 1 | 東京->高雄  | 返程                          |

## 貳. 實習過程及內容

### 一、工程概述

澎湖地區用電目前是由尖山電廠自成為一獨立運轉之電力系統，因應澎湖地區之建設發展與負載成長需求並確保澎湖供電穩定，須及早進行電源擴充計畫，以解決未來電源不足情形。目前澎湖地區採用柴油機發電，發電成本高，在電價無法反應成本之情況下，導致該地區電力營運年年虧損。故對於澎湖未來供電方式，有必要作整體性評估規劃，以根本解決澎湖地區未來供電問題。

本次計畫研習之台灣澎湖海底電纜工程案，自 93 年起即進行可行性初步研討，經整體評估後，擬訂以台灣澎湖間興建海底電纜，作為澎湖地區未來電力發展方向。再經由工程單位進行與鋪設海纜有關之法規、海象、海域調查及工程技術等評估，並於 97 年 2 月通過本案環境影響評估。當然隨後還有像是對於海底電纜之無效電力補償、全案採直、交流系統差異等議題更是經過深入研討後，確定以交流方式進行。惟近年來因澎湖地區負載成長不如先前預期，使原訂 101 年即須興建完成之海纜工程配合負載需求延後。

經過就工程可行性、系統特性及經濟分析等各方面進行檢討，並與尖山電廠擴建柴油機案做經濟比較後，終於確立未來澎湖電力發展方向，係利用台灣與澎湖 161kV 海底電纜供電與台灣本島系統相連並滿足未來澎湖地區之用電需求。全案跨越台灣海峽部份，須使用 161kV 級之海底海纜。並在兩端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，屆時亦可配合澎湖開發風力發電，以充分利用海纜功能獲得最高效益。

本計畫線路工程經本公司細部評估後，海域部份確定採用單芯 XLPE 630mm<sup>2</sup> 電纜，分為南北兩路徑，長度約為 58.8 公里。台灣側海纜上岸點以 XLPE 2000mm<sup>2</sup> 陸纜引接至口湖一次配電變電所(以下簡稱口湖 D/S)，距離約為 7.3 公里，澎湖上岸點至澎湖一次變電所(以下簡稱澎湖 P/S)則尚有約 0.3 公里之陸纜，全線長度共約 66.4 公里。

## 二、訪問住友公司及考察海纜製造工廠

日本國內原有住友（SUMITOMO）、日立（HITACHI）、古河（FURUKAWA）、藤倉（FUJIKURA）、三菱（MITSUBISHI）、昭和（SHOWA）等六大電纜製造商，於 2001 年起陸續合併為 J-Power Systems 公司、VISCAS 及 EXSYM 等三大電纜製造廠，其中以住友及日立合併而成的 J-Power Systems 公司規模最大。

原先於 2001 年合併的 J-Power Systems，時至 2014 年已由住友公司取得 100% 股權而再度正名為 Sumitomo Electric Industries(SEI)。因此就實際而言原先整個 J-Power Systems 公司已經變更成為 Sumitomo Electric Industries(SEI)，其銷售、市場、計畫管理及工程部門同時於 2014 年整併入 SEI 集團中，另外後續有關於設計和纜線設計部門則於 2016 年併入，JPS 則將僅限於架空線和地下電纜等的生產製造功能，如圖一所示。

### 圖一、Sumitomo Electric Industries(SEI)住友公司組織圖

因此本次參訪才知整個集團已經有如此的轉變，難怪參訪過程中有關於其各部門間分工和介紹部分有些青澀及陌生。也透過這次介紹向所有關心該公司動向的同仁們告知此轉變。

## (一)Sumitomo Electric Industries(SEI)住友公司簡介

創立日期：1897 年 4 月

資本額：JP\$ 99,737 百萬日元

年營業額：JP\$1440 億日元

聘用人員：約 240,865 人

工廠分佈：如圖二所示。

(1) 大阪工廠 (Osaka Works)，

主要生產高壓輸電電纜 (交連 PE 電纜及充油電纜)、高壓海底電纜、電纜附屬器材及電力監控系統設備等。

(2) 豐浦工廠 (Toyoura Works)，

主要生產架空導線 (ACSR) 及複合光纖地線 (OPGW) 等器材。

(3) 日高工廠 (Hitaka Works)，

主要生產高壓輸電電纜 (交連 PE 電纜)、配電電纜、電纜附屬器材等。

(4) 海港工廠 (Minato Works)，

主要生產高壓海底電纜等。

圖二、Sumitomo Electric Industries(SEI)住友公司生產工廠

SEI 公司在整個日本地區總共有 4 個生產重鎮，分別是大阪工廠 (Osaka

Works)、豐浦工廠(Toyoura Works)、日高工廠(Hitaka Works)和海港工廠(Minato Works)。此次參訪的即是該公司位於茨城市之日高工廠(Hitaka Works)和海港工廠(Minato Works)，此次參訪除了對該公司有進一步了解之外，對於海纜的製造及檢驗也有更深一層的認識與了解。

透過廠區的參訪也能知道海底電纜製造完後即可藉由廠區內的輸送軌道運送至港口邊的海纜運輸船裝載，準備開往現場布設施工，所以一般海底電纜製造工廠皆興建於海港或運河邊，以利裝載運輸。

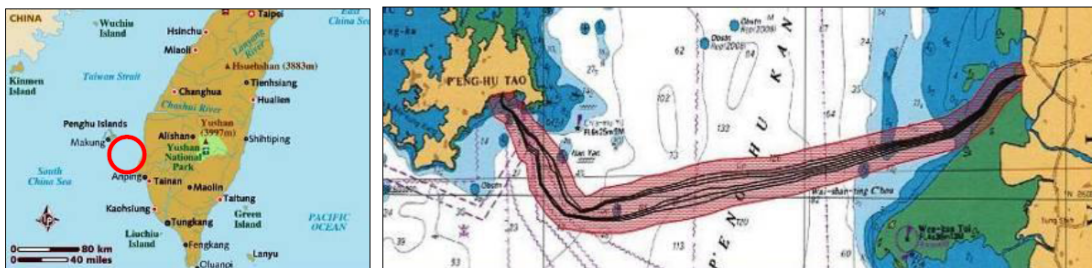
雖然都是電纜製造，但是海底電纜與地下電纜還是有其不同之處。兩者之前段製程大致相同，惟因海底電纜外被須加鋼線鎧裝，其後段製程則與地下電纜截然不同。地下電纜係將每一段長電纜製造完成後運送至工地再行接續處理，而海底電纜則必須於外被押出完成後，立即在工廠逐段以特殊工法接續，接續處之外徑幾乎與電纜外徑完全相同，然後進行鋼線鎧裝之製程，完成鎧裝後直接輸送至施工運輸船之電纜捲筒上，直至整條海底電纜製造完成為止，如圖三所示。



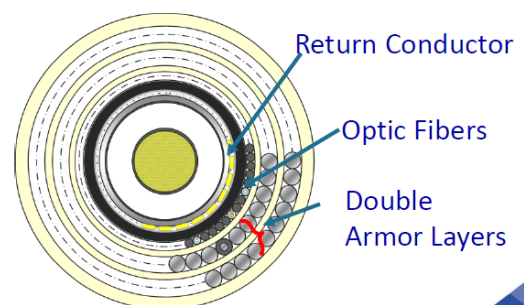
圖三、海纜鎧裝完成後直接輸送至運輸船

## (二)台澎案使用海底電纜之構造

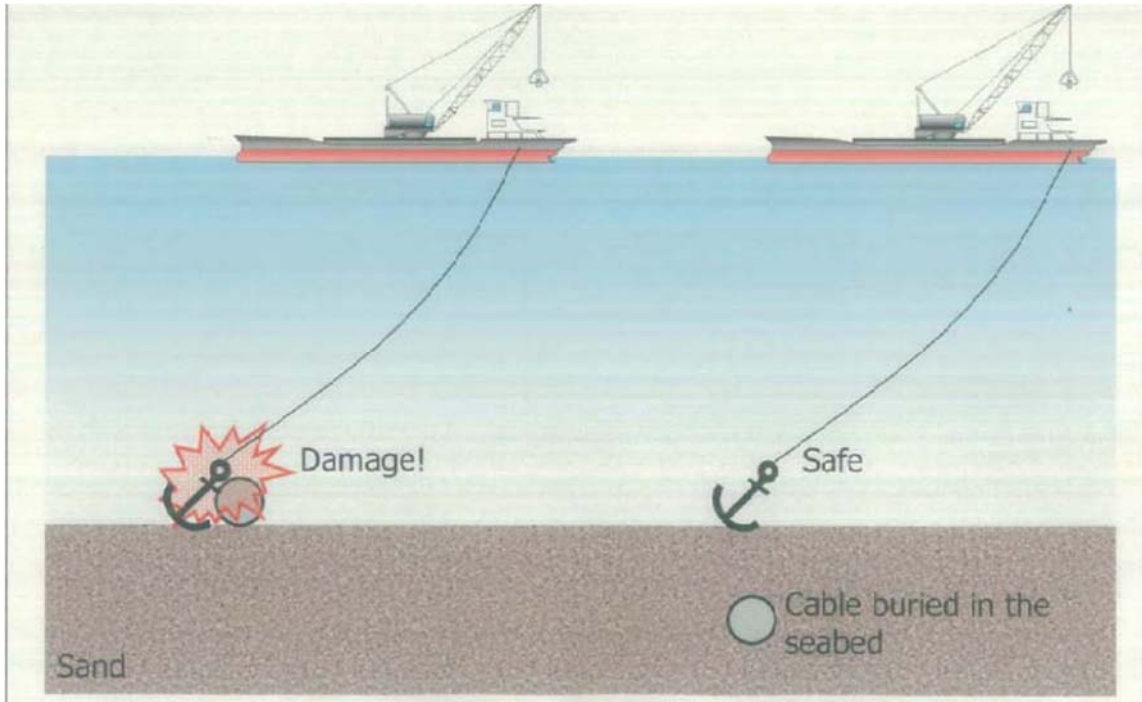
透過事先的海事調查與結合未來澎湖地區電力需求成長、再生能源發展趨勢後，每回線最大送電容量 200MW。另為運轉偵測監控保護，須加裝多條光纖電纜。另為保護海纜免受錨害與底拖漁業損傷，海纜內之被覆層內通常會使用金屬物質，當然同時亦會造成傳輸容量損失。在與佈設條件(埋設深度、佈設間隔)、環境條件(基礎溫度、土壤熱阻抗)等相關因子併同考量後，本案海纜之銅導體尺寸設計截面積為  $630\text{mm}^2$ ，如圖四所示。其外圍再用 2 層鋼絲線鎧裝加以保護，且全程施工以埋設於海床下 2 公尺的方法進行(如圖五所示)或是建置保護管供海纜穿附。由於海纜須穿越水深超過 135 公尺之澎湖港道，如圖六所示，為確保海纜營運期間之穩定及安全性，在電纜線路中加設 12 芯光纖，並於上岸人孔二端設計分光儀、光譜辨識設備等，以監測分析海纜營運期間之溫度、外傷、事故地點等。另外亦設置保安通信光纖，以利本公司內部(台灣-澎湖)通訊之用。



- 161kV XLPE Subsea Cable 1X630mm<sup>2</sup> with Optic Fiber & Double Wire Armor (200MWX2cct)
- Total Cable length: 360km
- Scope: Full Turn Key incl. Installation
- Approx. Project amount: 30 B JPY
- Water Depth Max. 135m
- 2m Burial or Protection Pipe



圖四、台澎案使用海底電纜之特色圖



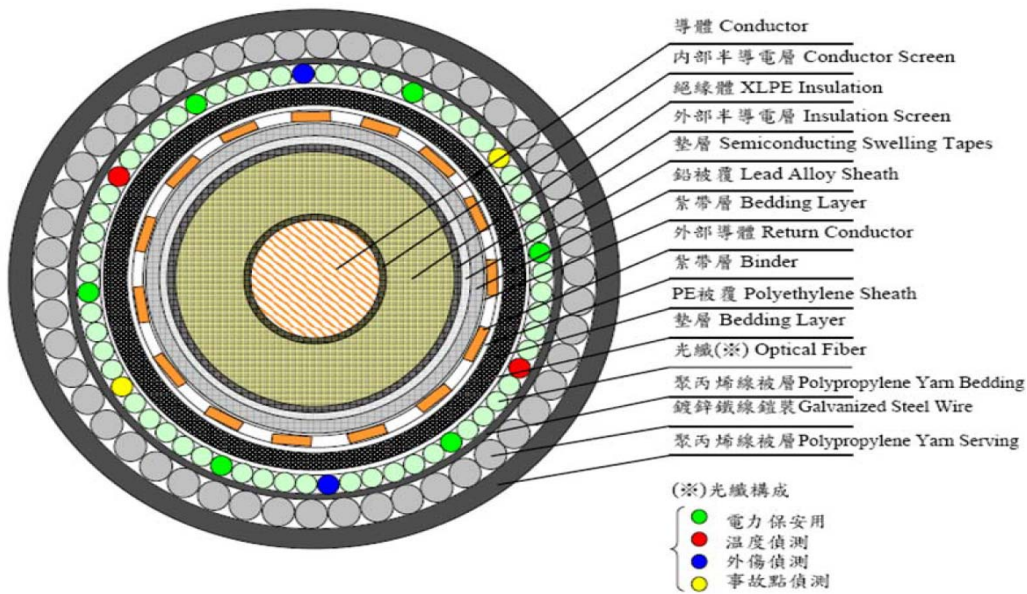
圖五、台澎案使用海底電纜之埋設示意圖

圖六、海底電纜佈設深度及間隔

綜合上述，使用於本公司台灣~澎湖三相三線、60HZ、中性點接地之海底輸電系統，決定規格將採用交連 PE 聚乙烯(Cross-linked polyethylene)為絕緣體、鉛被覆為遮蔽層、附 12 芯監測光纜、雙層鋼絲線鎧裝及聚丙烯線 (Polypropylene yarns)為被覆之單芯銅導體複合電纜，其配置及海纜之



構造如圖七及表一所示：



圖七、海底電纜結構剖面圖

| 電纜結構                        | 材質   |
|-----------------------------|--|
| 導體(Conductor)               | 純銅絞線，壓縮圓形，符合IEC 60228規定。<br>絞線填充半導電防水材料。                       |
| 導體遮蔽層(Conductor Shielding)  | 押出型半導電填充材料   |
| 絕緣層(Insulation)             | 押出型交連PE(XLPE)  |
| 絕緣遮蔽層(Insulation Shielding) | 結合半導體填充層與絕緣體押出   |
| 膨脹止水層                       | 半導電止水帶   |
| 不透水層                        | 押出型鉛合金 (Cu+Te)   |
| 墊層                          | 半導電帶   |
| 回流導體層                       | 單層平直銅導線  |
| 繃紮帶                         | 適當之繃紮帶   |
| 押出型墊層                       | 押出型黑色聚乙烯   |
| 墊層                          | 適當之束帶  |
| 光纖單元                        | 每根光纖採充膠填充再以不鏽鋼管包覆後並以聚乙烯被覆，2條多模光纖單元及10條單模光纖單元(共12條)須以螺旋間隔線加以分隔。 |
| 繃紮帶                         | 適當之束帶  |
| 鎧裝墊層                        | 單層聚丙烯線   |
| 鎧裝                          | 雙層鍍鋅鋼線附防蝕填充料，雙層鎧裝配置方向需相同                                       |
| 外層被覆                        | 雙層聚丙烯線層及合成填充料  |

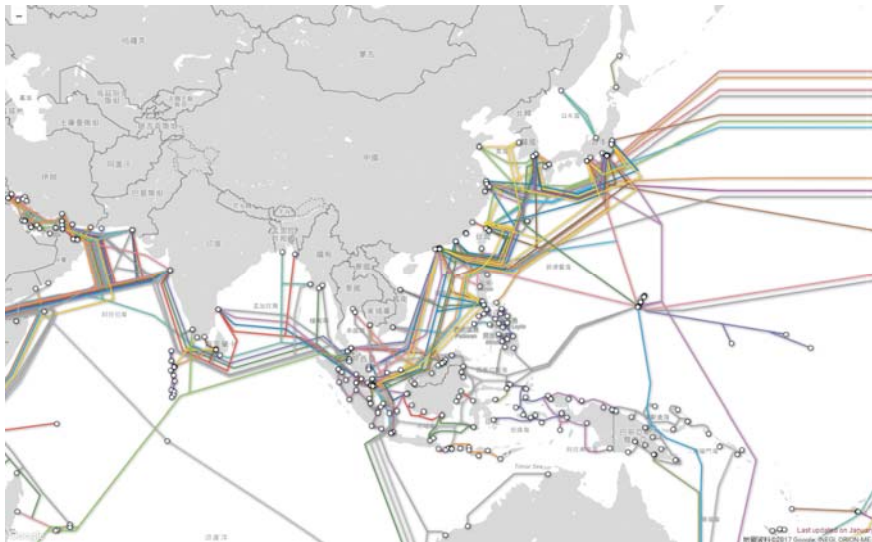
表一、海底電纜組成之材料及結構表



### (三)海底電纜之預防維護管理機制

這是一張取自 TeleGeography 網站上的全球「Submarine Cable Map」，如圖八所示。當然從圖上秀出的僅只是有關於電信通信部份的海纜佈設狀況。因為電力電纜的部份事涉「國家基礎設施保護計劃」所提出的機密部分，僅只能就實習過程中提及的登陸地點來為大家報告。

基本上，比較常見的登陸地點像是本州、四國、九州、五島及北海道地區等等，考量方式和本次實習題目的島嶼間連繫需求是一樣的，所以上述地區也大致是藉由海底電纜的方式將電力輸送至各離島地區來減輕因為發電方式的不同而產生的高電價及高虧損。同時也可充分利用海底電纜的功能來獲得最高效益，如圖九所示。



圖八、全球「Submarine Cable Map」分布圖



圖九、日本全國地圖

而深究這些資料所提到的電力傳輸類型基本上可分為直流及交流方式、電纜種類則是交連 PE 電纜和充油電纜方式都有、電壓等級更是考量基本用電需求從 66kV 至 250kV 都有，看過上圖的日本區域劃分後可知其島間距離也都落在大約 40~50 公里間的海底電纜長度，本計畫從台灣本島到澎湖的電力線路大致上是指台灣~澎湖 161KV 輸電線路總長約 64.6 公里，其中包括海域段 55 公里，陸域段 9.6 公里。其中陸域在台灣端有 5.7 公里，澎湖端有 3.9 公里。依經濟性考量，本計畫電壓等級在 161Kv，線路長度約為 64.6 公里及電力傳輸量為 200MW 之需求條件下，採用交流方式傳輸電力。

### 1. 海底電纜的型式及基本介紹

海底電纜之型式可分為單芯及三芯兩種。三芯電纜係指將三相線路容納在一條電纜中製造，所以其外徑較大而須考量電纜製造最大外徑極限、運送船隻最大運輸容量、施工難易及日後維護等情形，故多應用在較小送電容量或較低電壓等級(132kV 以下)；而較大送電容量或較高電壓等級(132kV 以上，如本案)則採用單芯海纜。

海底電纜的主要絕緣結構與陸地電纜類似，目前常用的海纜種類有交連 PE 電纜及充油電纜兩種。海纜設計階段須考量各個案件的佈設條件及海床狀況，而在敷設或維修時，會因為水的深度、電纜本身的重量及敷設機械的作用，而使電纜受到很大的機械應力，如拉伸、扭轉和張力下彎等。此外海纜敷設在海床上，很可能還會受到海底腐蝕性物質和水下生物的侵襲及腐蝕，也會受到船隻拋錨、漁撈作業等外機械力的破壞，因此海纜在佈放前須先詳細調查經過路徑的海床及海象資料，再依據調查結果修正選擇最佳路徑、埋設施工方法及電纜保護方式，本案的相關之調查工程已於 96 年 4 月完成。

對於海底電纜的佈放方式，可分為置於海床上及深埋於海床底下兩種選擇，亦即可分為電纜敷設及電纜埋設兩種施工方法。海纜敷設方法就是將電纜直接鋪設在海床上，但在兩端上岸淺水部份仍以埋設處理，中間海域部份均無埋設保護，這種敷設方法價格較低、施工時間短、維修電纜比較便利。但由於電纜敷設在海床上，容易遭受錨害及海底腐蝕性物質和水下生物的侵襲、腐蝕而損壞。因此為了提高海纜的安全性、可靠性及經濟

性，目前大部分施工方法皆採取將海纜埋設於海床下至少 1.5 公尺的方法進行。而深埋於海床底下，其埋深的選擇與考量，海底電纜防蝕與防外傷的考量、海洋調查項目、埋設路徑選定，海底電纜登陸段結構型式與如何保護登陸段海纜以避免遭致損傷，都是我們在本案的考量重點。

以台灣為例，海底電纜往往容易遭到漁船的拖網、船錨、鯊魚的意外破壞，有時也會在戰時被敵軍破壞。例如 1929 年紐芬蘭大地震所引發大規模的海底崩塌，使得多條海底電纜同時受損。通信用海底電纜受損有可能導致區域性網際網路和長途電話服務的中斷，造成難以估算的損失，例如 2006 年恆春地震正是一例。

其次，台灣是海島國家，漁業發達，對國外和離島通訊則多仰賴海纜。以擁有海纜的中華電信公司而言，每年海纜也會因遭扯斷等故障 1 到 2 次，每次維修要千萬元以上。基於底拖網對海底的電纜和珊瑚等有負面影響；曾召開公聽會討論是否修法禁止，但因漁民反對而暫無進展。但是近海的拖網漁船會利用底拖網捕魚，漁船把底拖網用重物降到海床上，透過拖動將魚獲撈進網，此舉屢遭質疑破壞生態，也易扯斷海纜。

海纜常因拖網漁船或地震等損壞，故障後須僱海纜船更換維修，每趟維修費千萬元起跳、耗時 2 周到 1 個月。從管理面而論，海纜位置基本上都會在海圖中標出，政府也有公告，目前也只能呼籲漁船避開海纜附近來維護其安全，但確難防堵。漁業署規定小船離岸 3 浬內禁用底拖網，50 噸以上漁船須在離岸 12 浬外才能用。再舉一相關例子，氣象局為觀測地震在 2011 年鋪設的海纜，但在 2014 年五月就失效。依據調查此設備係被漁船的底拖網扯斷、弄壞，當然事前未向漁民和漁會宣導是其中一個原因，但設備疑遭在當地海域作業的底拖漁船弄壞，失去訊號，而使高價設備報銷，是最大的損失。

再看看日本方面提供的資料來相比較，從日方收集的資料有兩個事故案例可以參考。

- (1)九州電力公司的海纜線路為例，曾經發生過故障紀錄，其故障原因是遭大型船隻的船錨勾住導致斷線，當故障發生，判斷事故型態後，就先對故障線路做事故點定位，定位結果發現斷線處後，才可進行修復

工作恢復送電。

(2)中部電力公司針對海纜事故時，其發生日期為平成 15 年 11 月(西元 2003)，配電海纜斷線，故障點離島約 991m，透過故障點查找定位後再予以修復，斷線原因同樣為大型船舶錨害。

因此，我們可知這些船舶的船錨或是底拖網作業，無疑是造成事故的最主要因素，當然為避免海底電纜遭受到船錨或漁船拖網作業鉤斷，以及海底腐蝕性物質之腐蝕而損壞，一定須作額外埋設保護。將電纜埋設於海床底下，其埋設深度適當，亦可達到預防船錨或漁船拖網之損傷的目的。

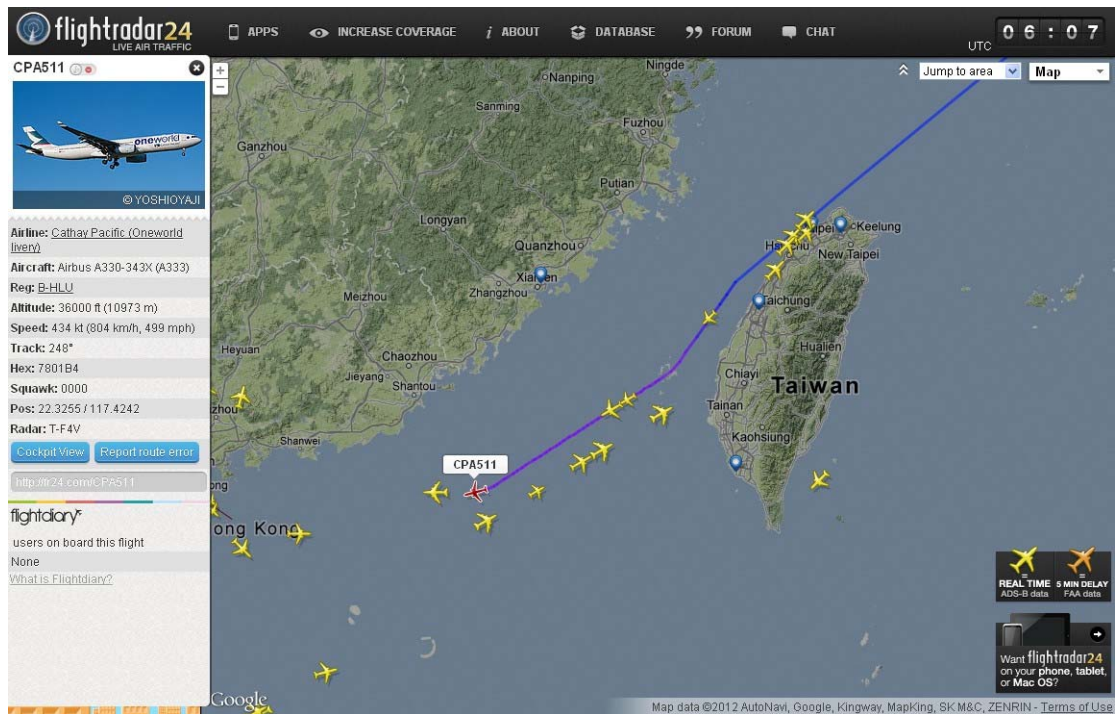
## 2. 主動式海底電纜事故預防

我想經過以上的介紹，大家一定覺得難道我們只能被動的等待事故的發生而絲毫沒有任何可以解決或預警的方法嗎？

底下是一個新法則、新概念的構想提出，或許可以提供給將來預定進行海纜維護的相關單位一個參考的方向。

大家前一陣子，或許有聽到一則新聞指出，中華民國總統的空軍一號飛機出訪的路線被看光光，當我們好奇著為什麼原本該屬於機密的飛行路線會被知道；又或是當我們有出國經驗的人都知道，飛機上除了有影片和音樂可看可聽之外，大家有沒有注意到一個頻道是在播放著目前飛機高度、方向、時速和航線的指示的，因為這樣的觸發讓我回來後到網站上去找看看真的有辦法看到每一架飛機飛行的路線和目前的位置顯示嗎？

從底下兩張圖，我想應該可以百分之百確認了。透過由網頁 flightradar24 及航趣飛機網所截取的兩張圖，如圖十、十一所示。清楚的告訴大家，的確每架飛機的隸屬於哪一家航空公司、飛機型式、型號和預定飛行路線等都是可以清楚的顯示在我們所要注意的空域的。包含何時進入、停留時間和預估離開時間等資料都屬於清楚而已知的。



圖十、flightradar24 航班航線圖



圖十一、航趣飛機網航班航線圖

然而針對船舶的部份，我們應該怎麼做才可以達到想要的預警效果呢？首先看一下對岸中國大陸目前的作為吧。中國大陸上海市利用海陸空協同機制，啟動海底電纜保護執法。藉由空中是警航直升機，海上是多艘海監、漁政、海事等部門的執法艇，岸上是多輛執法車等的結合，上海首次針對海底電纜保護執法進行了海陸空協同應急演練，並由此正式啟動協同機

制。由於上海作為亞太重要的信息通信樞紐，是中國內地主要的國際通信出入口。一旦在上海登陸或途經的海底國際通信電纜出現故障，人們的工作、生活都將受到影響。

依據歷史數據統計，除了地震等自然原因造成海底通信電纜斷裂或損害外，大部分故障事故都是由人類活動造成的。目前在上海登陸或途經的國際通信電纜穿越舟山漁場、呂四漁場和海上航道，除貨船違規錨泊外，漁船違法使用底拖網等的不當捕撈作業，都是造成海底國際通信電纜損壞的重要原因。由於一般海底電纜在各國，都因為從事涉海執法的部門很多，海監、漁政、海事執法部門依據海洋、漁業、海事管理的規定，對不當作業損壞海底通信電纜的漁船都具有執法權。過去，海監、漁政、海事、海警、公安、航政、水上城管等海（水）上執法部門多處於單打獨鬥、各自為戰的狀態。為了有效打擊破壞海底電纜管道現象，形成高壓態勢，因此由中國海監上海市總隊聯合漁政、海事、海警、公安、航政、水上城管等執法部門及海底通信電纜和燃氣管道運行維護單位，集聚各家執法力量，整合信息和裝備等資源，強化合作意識，加強相互聯繫、配合和協同。隨著經濟的發展，網際網路時代正在快速到來，保障在上海海域登陸和途經的國際通信電纜通訊暢通和海底管道的安全至關重要。上海海監、漁政、公安等海陸空執法部門及海底通信電纜等運行維護單位在制定協同執法方案的基礎上，正在加強聯勤聯動，有效促進協同的長效化、機制化。僅去年一年，在巡護中處理驅趕在電纜保護範圍內不當作業的漁船就達 1673 艘。不難知道，即使是對岸中國的作法仍然是針對廣大海域的警戒範圍，利用諸如護漁的方式，跟尖、埋伏、驅趕，採取的是將任何可能的船舶從警戒範圍中，禁止從事類似上述兩種錨泊或使用底拖網作業的進行，來達到禁制的目的。但誠如我們所言，在無邊際的範圍中執行如此勤務仍舊是處於被動預防的管理作為。

### 3. 船舶自動識別系統【AIS(Automatic Identification System)】介紹

船舶自動識別系統係由艦船飛機之敵我識別器發展而成，配合全球定位系統（GPS）將船位、船速、改變航向率及航向等船舶動態結合船名、呼號、吃水及危險貨物等船舶靜態資料由甚高頻（VHF）頻道向附近水域船舶及岸

台廣播，使鄰近船舶及岸台能及時掌握附近海面所有船舶之動靜態資訊，得以立刻互相通話協調，採取必要避讓行動，對船舶安全有很大幫助。

目前 AIS 已發展成通用自動識別系統 (UAIS)。其功能約略有旨在藉由 AIS 的正確使用來幫助加強海上生命安全、提高航行的安全性和效率，以及對海洋環境的保護。

AIS 的功能有：

- 1、識別船隻；
- 2、協助追蹤目標；
- 3、簡化信息交流；
- 4、提供其它輔助信息以避免碰撞發生。

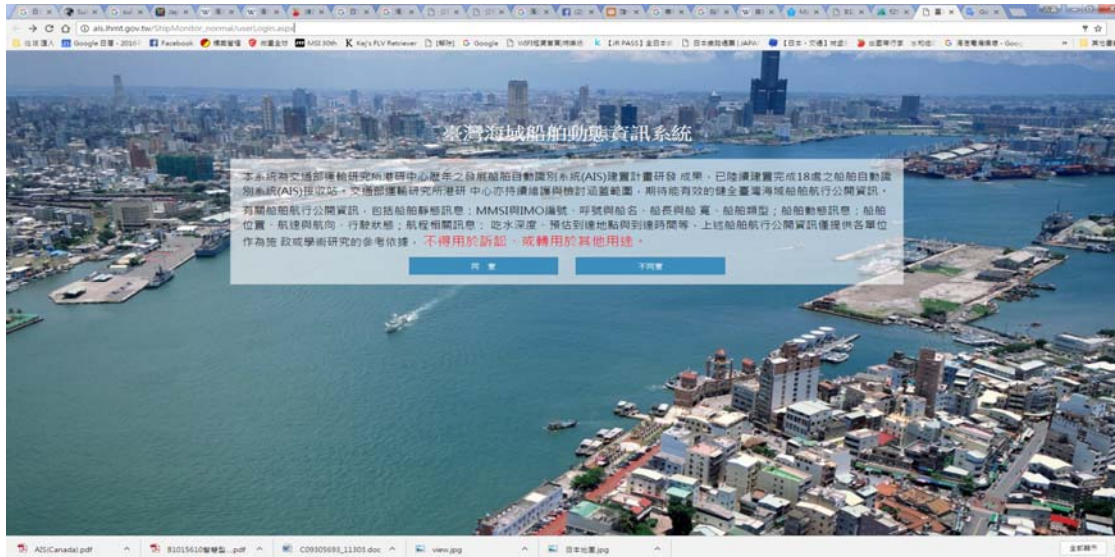
AIS 能加強了船舶間避免碰撞的措施，增強了 ARPA 雷達、船舶交通管理系統、船舶報告的功能，在電子海圖上顯示所有船舶可視化的航向、航線、船名等信息，改進了海事通信的功能，提供了一種與通過 AIS 識別的船舶進行語音和文本通信的方法，增強了船舶的全局意識，使航海界進入了數字時代。

交通部運輸研究所港研中心歷年之發展船舶自動識別系統(AIS)建置計畫研發成果，並已陸續建置完成 18 處之船舶自動識別系統(AIS)接收站。交通部運輸研究所港研中心亦持續維護與檢討涵蓋範圍，期待能有效的健全臺灣海域船舶航行公開資訊。

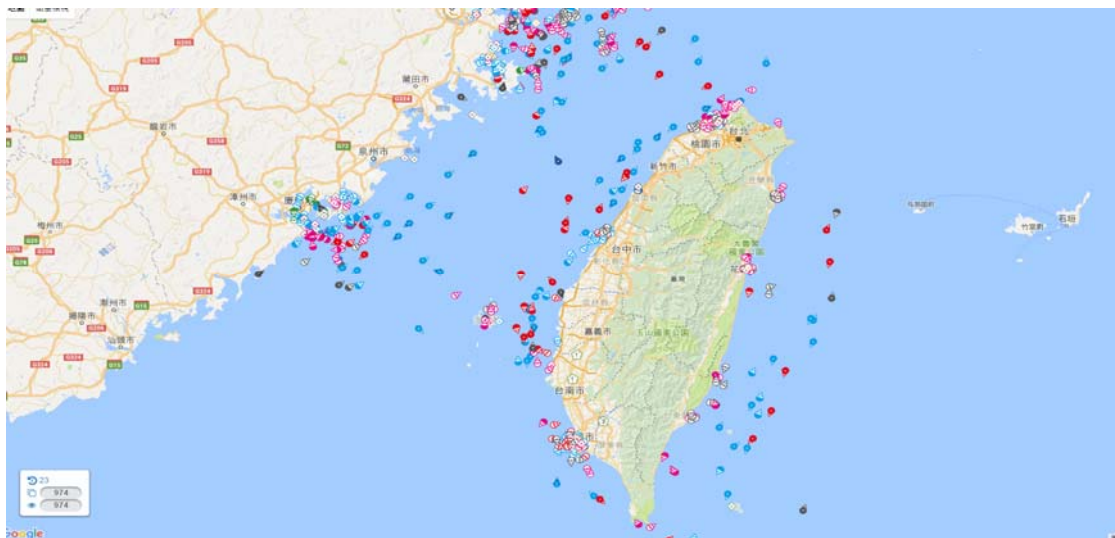
有關船舶航行公開資訊，包括船舶靜態訊息：MMSI 與 IMO 編號、呼號與船名、船長與船寬、船舶類型；船舶動態訊息：船舶位置、航速與航向、行駛狀態；航程相關訊息：吃水深度、預估到達地點與到達時間等，上述船舶航行公開資訊僅提供各單位作為施政或學術研究的參考依據。

如圖所示，為已建置完成的「臺灣海域船舶動態資訊系統」(如圖十二)及配合即時動態查詢可得臺灣海域船舶航行紀錄，特別是針對臺灣到澎湖地區的船舶動態予以查詢及顯示(如圖十三、十四)。

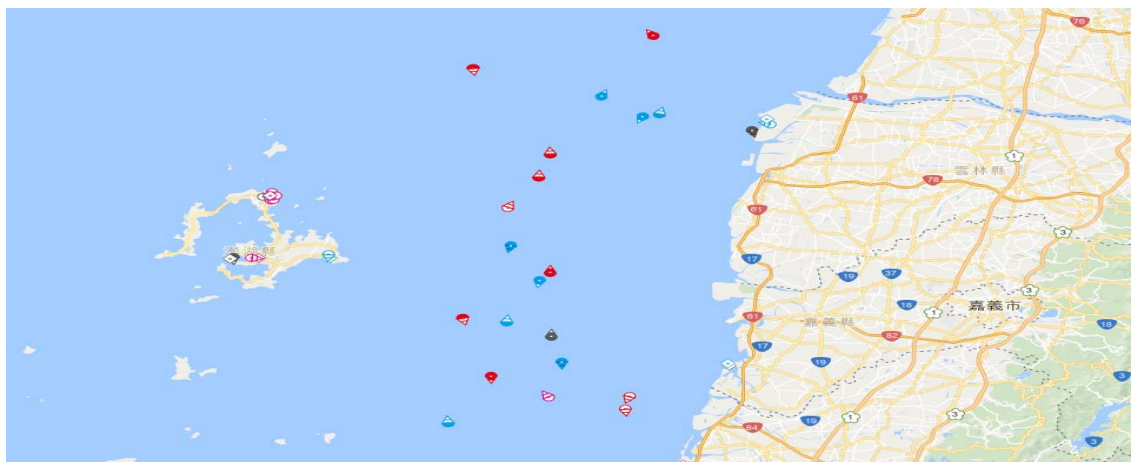




圖十二、臺灣海域船舶動態資訊系統



圖十三、即時臺灣海域船舶航行紀錄圖



圖十四、臺灣到澎湖地區的船舶動態圖



#### 4. 台澎海纜之即時船舶自動識別系統與手機 APP 程式開發

由於智慧型手機的普及，舉凡玩遊戲、訂車票、看天氣預報等日常生活的大小事，都可透過不同的手機 APP 完成。一般人可能較少注意到市面上有多款追蹤船舶即時動態的 APP，這些 APP 連結船舶自動識別系統 (Automatic Identification System, 簡稱 AIS)，對專家與民眾而言都非常便利。

AIS 是透過船上設備與陸上塔台設施進行訊號交換，並將獲得的訊息整合到船舶交通管理系統。AIS 呈現的訊息包含三部分，一、動態訊息：船的位置、航行狀態、航向、速度等；二、靜態訊息：船名、船舶種類、船的長寬等；三、航海相關訊息：船的吃水、目的地、預定到達時間、危險貨物等。AIS 資訊可以描繪船舶的行進軌跡，當發現船隻的軌跡有異，就可以加以偵察，可用於協助海巡人員偵辦走私活動；或船隻到外海丟棄廢棄物等違法行為，可藉由不尋常的停留時間加以偵測。除了港口的工作人員可透過 AIS 的 APP 即時掌握船隻動態之外，也可造福一般民眾。近來具擴增實境功能的 APP 上市，到港口賞船的民眾，只要將手機鏡頭對準船隻，APP 會將我們目前的位置與方位傳回伺服器端，伺服器端就可以搜尋即時船舶 AIS 資料庫，將該方位的船隻資訊——諸如船籍、目的地、船的尺寸與種類等訊息傳回。

針對海底電纜的佈設狀況，一般而言會由海洋行政主管部門根據備案的註冊登記資料，會同有關部門劃定海底電纜管道保護區，並向社會公告。例如海底電纜管道保護區的範圍，按照下列規定：

- (1) 沿海寬闊海域為海底電纜管道兩側各 500 米；
- (2) 海灣等狹窄海域為海底電纜管道兩側各 100 米；
- (3) 海港區內為海底電纜管道兩側各 50 米。

之後，當海底電纜管道保護區劃定後，應當報送海洋行政主管部門備案。並嚴格禁止在海底電纜管道保護區內從事挖砂、鑽探、打樁、拋錨、拖錨、底拖捕撈、張網、養殖或者其它可能破壞海底電纜管道安全的海上作

業。有了這樣的基本共識之後，在此，我們所提出的主動預防方案，就是透過類似上面國立高雄海洋科技大學所研究而得的結果，來開發智慧型預警系統。其系統開發的基本概念約略如下：

- (1)於電纜路徑左右兩側劃定管道保護警戒區。
- (2)任何經過的船隻只要即將進入警戒區則持續預警。
- (3)在警戒區中長時停留的船隻，即有可能要進行錨定或拖網作業，此時須透過查詢系統可以馬上知道船隻船名、船舶種類並發信息通知船長。
- (4)警報提升至須馬上驅趕至警戒區外的動作。

藉由船隻於警戒區域活動情形紀錄，即可對於各項嚴重程度的警報進行分層管控。

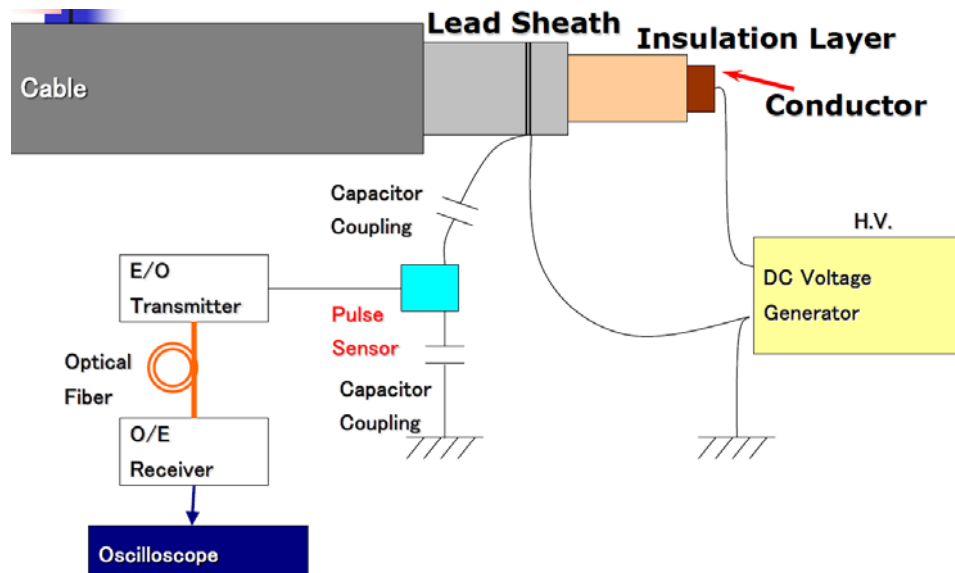
透過有效率及迅速即時反應的通報機制，再結合目前普遍使用的 APP 功能，即可輕鬆完成對於可能造成海纜損壞的作業有一個主動積極的反制行為，並可納入本公司對於智慧電網建置項目中有關設備維護管理智能化的開發方向。

#### (四)海底電纜故障檢出與修復方法介紹

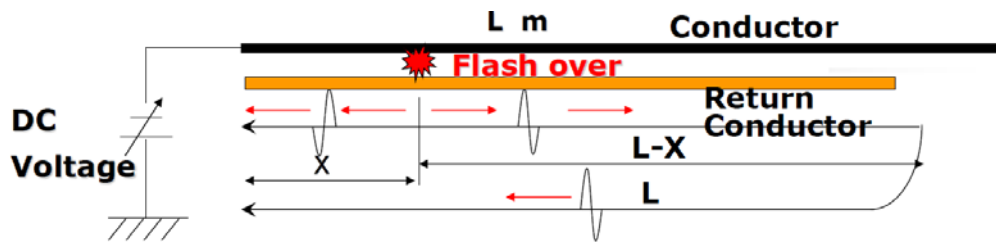
以目前文獻上較常見到及住友公司提供之簡報資料歸納，輸電海底電纜的故障點檢出技術並不多。關於這點，可能與海底電纜的故障型態較為單純有關，海纜的故障常見的是遭船錨或遭流刺拖網勾住而導致故障，這樣的情形造成的故障類型一般為開路故障(斷線)或短路故障(導體外露)，其故障查尋方式較為單純，不像陸上電纜常發生複雜的高阻抗類型故障，而增加查尋的難度，以下介紹 3 種較常見的交連 PE 海底電纜故障檢出方式。

##### 1. 低壓脈衝反射法

海底電纜為一長直均勻分佈的傳輸電線，可視為一特性阻抗為常數值的傳輸線，檢測海纜故障點時，我們可由電纜的一端施加一脈衝電壓，如圖十五所示，此脈衝電壓將沿著電纜方向按一定速度傳輸，而纜線的傳播速度設，則可由纜線的材料特徵值來決定，由此推算脈波的傳播速度。其原理簡單的說，即是當脈衝訊號在纜線中傳播時若遇到故障點，因為此點的特性阻抗發生變化，使得脈衝波會產生一反射，其反射波的速度和入射波的速度相同，由發射入射波後到接收到反射波的時間差，計算其差異值即可轉換為相對距離，進而可以對於故障點予以定位，如圖十六所示。



圖十五、低壓脈衝反射法量測示意圖

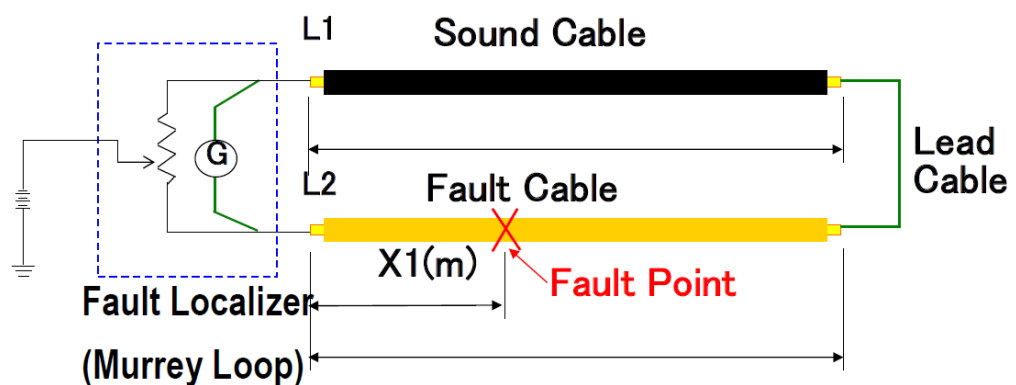


圖十六、低壓脈衝反射法定位原理圖

## 2. Murray Loop 電橋解析法

電橋解析法是以測量絕緣電阻再配合電橋上的電流計來做計算判斷，在 20 世紀 60 年代之前，許多工業發展成熟的國家在找尋電纜故障點時都常採用這個方法，被視為一典型的方法，其對於短路故障、外被套故障、低阻抗故障模式，定位故障點相當有效方便，如圖十七所示。電橋解析法的原理相當簡單，主要是利用當電橋平衡時，兩側相對應的電橋電阻的乘積相等，又因為電纜的阻抗值和其長度成正比的關係，即可根據接線端的可調式電阻比例計算出故障點的距離，如圖十八所示。

此方法具操作簡單，精確度高的優點，但因為電橋的定位精度與流過電橋的電流及檢流計放大器的靈敏度成正比，也就是說，當故障點的阻抗值超過  $100\text{K}\Omega$  時，電橋所產生的迴路電流很小，一般電橋檢流計靈敏度較低，所以很難判斷電橋平衡與否，因此其主要還是應用在低阻抗類型故障。目前輸電海底電纜的故障除了上述的開路斷線外，另外常發生的是遭外力破壞，海纜雖未斷線但卻破裂扭曲，造成短路故障或低阻抗故障，此時利用電橋解析法可有效判斷出海纜故障距離位置，進而進行搶修。



圖十七、Murray Loop 電橋解析法定位原理圖



圖十八、Murray Loop 電橋解析法量測示意圖

### 3. 光纜監測系統

以上 2 種故障檢出方式雖然依據日方提出的資料中可發現其對於故障點檢出的成效極佳。但因為海底電纜受損時，將導致海水浸入電纜內部，其受損而需更換之長度難以事先預估。因此，以現今的時代要求，都希望海纜受損後若愈早找出事故點予與處理，則海水浸入電纜內部之長度愈短，則可減少維修時間及成本。

隨著時代進步，光纖技術不僅廣泛應用於通訊方面，對於溫度和外界撞擊信號也可以有相當高敏感度的反應行為和表現。利用海底電纜於製造時將數條光纜鑲嵌於其中，除可作為通訊傳輸、溫度偵測、外傷偵測及事故點偵測之用途，光纖訊號的傳輸快速，損耗低，靈敏度提高，都再再使得數據傳輸及位置偵測更為精確，也普遍應用在較長距離的線路上，進行各種監控。技術上藉由光散射原理的信號改變即可將訊號再透過光纖傳回控制中心，以隨時監控線路的運轉參數；另外海纜事故發生時，亦可以透過光纜的傳輸，迅速將故障點位置標示出來，完全不用再利用其他設備進行檢測，透過訊號傳輸的媒介改變為光纖，也不需再額外施加一脈衝訊號作為訊號波，因為當線路發生故障瞬間所產生的閃絡或中斷即可產生一脈衝訊號經由光纖傳遞至兩終端裝置，達到有效偵測故障點的目的。

#### 4. 台澎海底電纜監控系統介紹

本案海底電纜中預先埋入 12 芯的光纖來當做維護和監控之用。

其中 10 芯為單模光纖、2 芯為多模光纖。其功能分別為

2 芯多模光纖為 DTS 溫度分佈監控系統使用。

2 芯單模光纖使用於故障偵測系統。

2 芯單模光纖使用於外被損傷偵測。

6 芯單模光纖使用於通信功能。

整個監控系統約略可達到下表所列功能要求，如表二所示

| 項 目              | 目 的      | 機能概要                       |   |
|------------------|----------|----------------------------|---|
| 電<br>纜<br>監<br>視 | 溫度監視裝置   | 確實掌握電纜溫度                   | 以海底複合光纖電纜進行海底電纜全長之溫度監視管控。                     |
|                  | 埋設位置檢測裝置 | 懸錨等事故之預防預知<br>(電纜埋設深檢測)    | 利用海上 ROV 進行海底電纜之埋設深度測定。                       |
|                  | 外傷檢測裝置   | 懸錨等外傷之檢測                   | 利用海底複合光纖電纜事前檢測錨等可能之外力事故，以防患於未然。               |
|                  | 事故點評定裝置  | 事故點早期發現                    | 萬一事故發生時利用光 CT 及 GPS 以提早評定事故發生點。               |
| 設<br>備<br>保<br>安 | ITV 裝置   | 不法侵入狀況<br>火災發生狀況<br>(上岸地點) | 台灣島及澎湖島各設置攝影電視系統，以掌握火災、第三者入侵時之情報，俾採取初期緊急應變對策。 |
| 情<br>報<br>傳<br>送 | 光多重傳送裝置  |                            | 使用海底複合光纖電纜，將台灣~澎湖連接成一工作網路，進行資訊之相互傳送。          |
|                  | 中央處理裝置   |                            | 將各裝置送回之維護資料予以蒐集與儲存，包括故障資訊、運轉情報等)。             |
|                  | 顯示裝置     |                            | 將中央處理器蒐集之維修資料以畫面表示或列印輸出。                      |

表二、海底電纜監控系統之功能要求表

以故障點偵測為例，其動作行為和順序如下：

- (1) 接地事故發生後，接地線會有比正常大很多的故障電流發生，很大成分回流到台灣電源側，電源側的電流會比澎湖負荷側的電流大很多，設在海纜兩側接地線上的 CT（電流傳感器）就會偵測到故障電流。
- (2) 當電流值超過兩側事故偵測機器本身各自的報警設定值後，事故偵測機器會自動發出事故報警，並把收集到的電流波形和位相情報上傳到事故偵測用監控主機。
- (3) 事故偵測用監控主機根據電流值和位相進行判斷，並且為防止誤報，事故偵測用監控主機還設有更高的電流事故判定值，當事故電流值大於報警判定值，並且由於兩側的 CT 同一方向設置時，通過兩側 CT 的位相正好相反，兩側的位相差在  $90^\circ$  到  $270^\circ$  之間，就可以判定該相發生接地事故，如果只有一側電流值，該電流值（不能通過位相差來判定的情況下），如果大於另外設定的電流判定值，也判定該相發生接地事故。
- (4) 事故偵測用監控主機判定接地事故相後，會把發生相情報上傳到伺服器 and 溫度偵測用監控主機，然後溫度偵測用監控主機會命令 OPTHERMO 快速測量事故發生相的溫度，因為故障電流值比較大，並且會大部分從事務點回流到發電端，所以事故點兩側的發電端和負荷端會形成溫度差，還有事故點附近由於較大的地絡電阻原因，會形成局部高溫，產生溫度突起，通過捕捉溫度變化點來進行事故點定位。
- (5) 找到事故點後，溫度用監控主機會相關信息上傳到伺服器，伺服器表示事故發生相和具體地點信息並且發出報警。當分佈式溫度偵測用監控主機（DTS 監控主機 PC）接收到事故相情報后，會停止正常溫度測量，進行事故測量，通過溫度變化來尋找事故點。事故發生後，由於電源側的電流較大，事故點的兩側會產生溫度差，還由於接地電阻因為超大，電流事故點局部會產生溫度突起，通過事故後測量溫度分佈和正常測量時溫度分佈的差分波形來進行事故點定位，如果差分波形有連續兩點超過，並且兩次超過事故溫度報警值的情況下，超過的該開始點即為事故點。該事故點上傳伺服器，伺服器對數據進行收集並記錄，顯示報警相及發生地點並記錄為重故障。

其硬體架構及實機畫面則如圖十九、二十所示：

圖十九、監控系統硬體架構示意圖



圖二十、監控系統實機畫面圖

#### 5. 海底電纜修復方法介紹

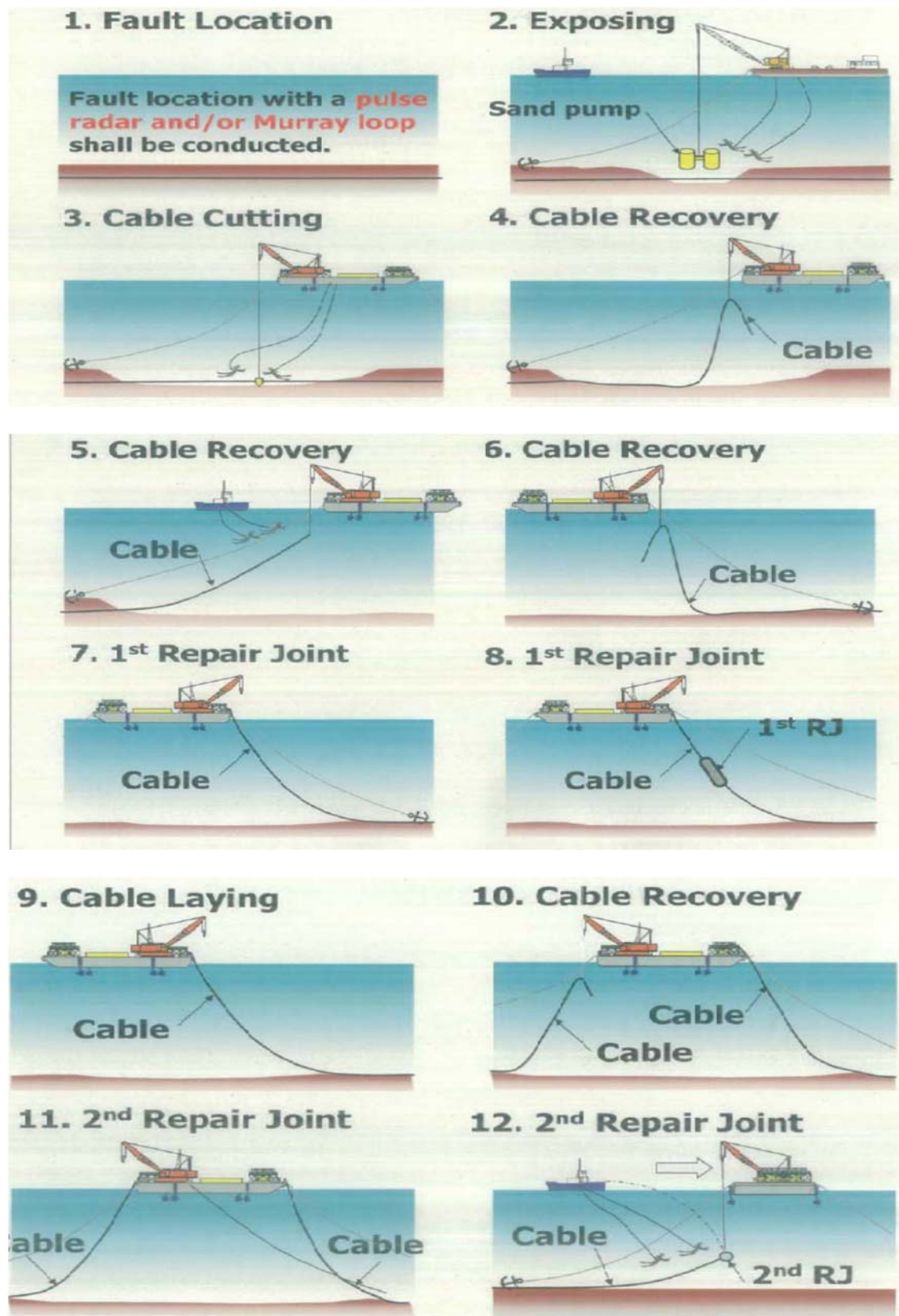
由於本案海纜係採用埋設於海床下 2 公尺的方式佈設，因此一旦電纜受損，則須將電纜先予以切斷再將損壞的部份帶到水面上來修理。一般而言，須利用船上吊車來將已切斷的電纜吊到修理船甲板上，並依據電纜可能滲水長度再將之切除後，於現場辦理接續工作完成後將電纜重新埋設於海底。而計算故障電纜所需修護長度時，則可由如下方式予以計算

電纜修護所需長度 = 水滲入電纜內部長度 × 時間（事故發生至電纜切除及密封） + 雙倍海水深度 + 海上工作平台長度 + 裕度

（最大深度為 150 公尺，日方計算總修護所需電纜長度應為 500 公尺左右）

由於電纜修復時需將埋於海底之電纜吊至海面上施行接續，故修復完成後電纜將較原來為長，致而不能埋於原來位置，而需向一側成 U 字型埋設，因此電纜新設時就需顧及此點，為避免將來修復後於海底電纜有交叉情形，故兩條電纜間之埋設距離一般約為兩倍海深加上裕度（裕度約為 30～50 公尺）；設若台澎海纜兩回線 161kV 單芯 XLPE 海纜，因電纜有 6 條且海深約 150 公尺，故於施工區間寬度最少就約需 1.75 公里（300 公尺 + 50 公尺 \* 5 = 1750 公尺）。

海纜故障修復步驟如圖二十一所示如下：



圖二十一、海纜故障修復步驟示意圖

其修復工作流程及花費修護時間如圖二十二所示：

統計事故復舊流程及時間，整個修復過程約須 4 個月到半年的時間。花費時間的工作內容描述如下：

- (1)系統故障點定位
- (2)潛水員現場確認損壞狀況及確認損壞地點
- (3)取得各種作業取可(如海事工作、工作環境、漁業協會作業)
- (4)將深埋的海底電纜於故障點的兩側，各清出該海域深度及吊至海面上施行接續所需的長度電纜露出。
- (5)於海中將故障點位置的電纜切斷。
- (6)先吊起第一側至海上作業平台進行第一個接續匣接續作業。
- (7)再吊起另一側電纜進行第二個接續匣接續作業。
- (8)重新進行電纜埋設作業。
- (9)電氣試驗合格後加入系統。

圖二十二、海纜故障修復工作流程圖

由於海底電纜規格特殊，用量少及國內無法產製，又製造期間長。為應付突發事故，則一定要有備料(含電纜及接續匣)，否則當電纜受損時，至少 4 個月以上無法送電，因此電纜備料所需長度與廠商因應時間相關。以本案而言，台澎海纜估計長約 60 公里，實際施工時可能受海底特殊環境影響而有變化，故採購時一般皆會增購些許長度，以防意外情形致長度不足所需，正常情形於佈設完畢每條將會有數佰公尺之剩餘長度，這些電纜正好可用來當搶修備料，屆時若長度不符需求時再採購(一般約需 500~600 公尺以上)。由於國內廠商並無生產，施設及維修海底電纜之能力，故招商時除需考慮廠商之製造及施工能力外，並已要求對將來維修時之配合事項，倘電纜受損時廠商未能迅速趕至現場，則電纜受損擴大，可能導致電纜備料不敷使用需重新製造，影響之修護時程將甚長。

依住友公司表示，本案在採購時均已針對接續匣、電纜條長等進行備料，基本上可以符合緊急時需求，惟針對接續匣之各項配件仍有可能因屬於消耗品而必須辦理定期補充。

### 三、鈉硫(NAS)電池儲能系統介紹

本次實習的另一個目的是為了解智慧電網在應用上如何和海纜系統結合，亦或是當海纜系統實際與澎湖當地的再生能源合併為一小型分散式電力系統時，如何透過智能管理有效將電力的供需問題達到平衡，才能符合當時計畫強調平衡兩地供電及解決未來電力調度問題，亦可配合澎湖開發風力發電，以充分利用海纜功能獲得最高效益的目的。

#### (一)日本礙子(NGK)株式会社簡介

創立日期：1919 年於日本名古屋

資 本 額：JP\$ 698 億日元

年營業額：JP\$4360 億日元

聘用人員：約 20,375 人

#### (二)鈉硫(NAS)電池儲能系統

NGK 公司實際從事於鈉硫(NAS)電池的發展係啟始於 1984 年並在 2002 年實現商品化成功。其市場鎖定的電池功能是應用於大容量電力規模如 MW 等級並可使用於數小時內的商品製造。同時，在 2002 年推出時亦成為世界上第一個如此規模商品化成功的公司。

其基本技術是利用硫和金屬鈉分別為正負極，再於其間加入該公司的氧化鋁陶管為催化之固態電解質而構成整個電池系統，如圖二十三所示。

NGK 憑藉著其特有的陶瓷技術，在 NAS 電池儲能領域獨領風騷，是目前唯一商業化的 MW 級蓄電池儲能系統。NAS 電池具有容量大、能源密度高、壽命長的特點，尺寸僅約為鉛電池的三分之一，可以長時間穩定地提供電力。最常的應用模式是在電力需求少的夜晚進行充電，在白天高峰期放電，從而削減最大電力使用量達到削峰填谷的效益。亦具備緊急電源的功能，可因應停電和瞬間電壓下降問題。此外，對於受氣象影響而不穩定的再生能源發電系統如風力發電和太陽能發電，經 NAS 電池充電後再放電而能夠穩定輸出電力達到平滑化的目的，當然也同時具備單純的頻率調整功能。大型 NAS 儲能電池的架構是由 192 顆單電池組成

33kW 的電池模組，6 組的電池模組裝入 20 呎的貨櫃組成了 800 kW 的儲能系統，如圖二十四所示。

圖二十三、鈉硫(NAS)電池架構圖

圖二十四、鈉硫(NAS)電池儲能系統圖

## 1. 鈉硫(NAS)電池儲能系統特色：

- (1)長供應時間，可儲能時間達到 6 小時。
- (2)佔用體積小，尺寸僅約為鉛電池的三分之一。
- (3)響應時間快，可快速反應，從儲能狀況到電力釋放僅需 2ms。
- (4)可靠度高，因為使用陶瓷為電極，不會自放電且可長期重覆使用。
- (5)安全性高，透過多項安全機制及品質管制，實現安全性的承諾。
- (6)安裝簡易，利用貨櫃型式可快速堆疊出所需的系統大小。
- (7)維護容易，僅須基本維護即可，亦可透過遙控方式進行操作。

## 2. 使用時機與場所介紹

智慧電網其實包含許多層面，像是發電、輸電、儲能、通信、智慧型電錶等等各方面。

就儲能系統而言，其實可以應用的場所相當多，像是在小型分散式電網(結合發電廠、風力及太陽能發電)、輸電系統內、學校、工廠、實驗室等附設再生能源發電如太陽能的場所、太陽能發電廠或是風力發電場等，如圖二十五所示。其差異就在於電池容量的大小，因此擁有大容量的儲能電池除了基本儲能要求外，也需要能夠像是吸收再生電力的電力產出波動、對於再生能源產生的過度電力予以儲存、穩定系統內的電壓和頻率、重要設施隨時可能產生的故障衝擊，亦或是燃煤電廠發電所造成的環境衝擊等，都要能夠有它的功能發揮，不再僅僅是單純儲能的任務而言。因此，如何能夠讓產品同時擁有這麼多的功能，便是現今在考慮應用儲能系統於電力網時的首要任務。



### 圖二十五、鈉硫(NAS)電池儲能系統使用時機與場所示意圖

此次 NGK 公司安排一天的研習時間，內容包括：

- (1) 鈉硫電池的應用實務有較深入的認識，例如用於負載平衡的功能、NAS 的管理系統等。
- (2) 在 NGK 名古屋工廠參訪，內容包含了 NAS 電池的生產流程參觀，NAS 電池生產的技術及科技資訊蒐集，並針對 NAS 電池安全性相關的疑問討論等。對於未來的電池儲能系統相關技術引進與應用具有相當大的助益。

### 3. 使用範例說明介紹

首先針對參訪中 NGK 公司所提出的數個案例中，選取其中 2 案來為大家說明。以目前全球最大的定額輸出儲能系統的應用是在青森縣的 Rokkasho 風場，包含風機 51MW，搭配 34MW 的鈉硫電池(17 組 2MW 的鈉硫電池)組成混合系統來使用，其電廠系統架構如圖二十六所示，整廠輸出功率藉由鈉硫電池的充放電控制可維持定額輸出而不致受到風機波動變化的影響，因此本系統目前可做為負載平衡之用，並可提供 224 MWh 的電力備載容量。

#### 圖二十六、Rokkasho 風場與儲能系統併網架構及系統電力輸出波型圖

其次，另一項書面資料是 NGK 公司於東京近郊的千葉縣柏葉車站，與三井不動產合作設置的柏葉新城 Smart City 專案計畫，由 2000 年東京大學開始在柏葉設立校區開始，以「官、產、學」三方合作，作為下一代城市轉變為一座進行各項學術性實驗的先進都市示範型專案計畫，歷經建置各項健康領域科學中心、都市設計中心、電動車停車場及智慧能源調控中心等，並設有 250kWh 的 NAS 電池儲能系統及 720kWp 的屋頂型太陽光電系統，迄至 2014 年 4 月計畫主體的柏葉 GATE SQUARE 完成後，整體計畫終告完成，如圖二十七所示。

在計畫中 NAS 電池儲能系統的智慧電能控制中心(主要由三井不動產公司管理)，能夠對城市內的能源運作調節，並同時監控區域內的用電情形，以提供更節能的生活方式，如根據假日與工作日人們生活型態的不同，共享彼此儲存的電能，意即在工作日時住宅區將多餘電力傳輸至商辦區，假日時則相反；另外在區域內發生災害時，亦能針對能源進行控制管理，重新進行電力調節，依重要優先次序卸掉負載以保持電網穩定。



圖二十七、柏葉新城 Smart City

### 參. 感想與建議

本次赴日本參訪 SEI 住友公司及 NGK 之行程安排，除了事前的溝通說明任務要求目的外，其間對於日方與會人員的貼心體諒，更是讓人感受到日本公司在嚴謹的要求外，其實也相當願意在技術討論方面歡迎我們可以提出問題來互相溝通。

其間更在其許可下，大家分別於參訪過程中互相留影為這次的參訪留下見證。



圖二十八、工廠參訪照片

對於本次赴參訪實習個人有以下幾點建議，希望在將來可以持續追蹤辦理情形，期能讓我們都能藉由這次實習任務，盡力保留其間所獲得的最好技術與經驗傳承。

## 一、台澎海纜之即時船舶自動識別系統與手機 APP 程式開發

當海底電纜管道保護區劃定後，基於維護單位當責考量，應當報送海洋行政主管部門備案並嚴格禁止在海底電纜管道保護區內從事挖砂、鑽探、打樁、拋錨、拖錨、底拖捕撈、張網、養殖或者其它可能破壞海底電纜管道安全的海上作業。另一方面，我們所提出的主動預防方案，就是開發智慧型預警系統。其系統開發的基本概念約略如下：

- (1)於電纜路徑左右兩側劃定管道保護警戒區。
- (2)任何經過的船隻只要即將進入警戒區則持續預警。
- (3)在警戒區中長時停留的船隻，即有可能要進行錨定或拖網作業，此時須透過查詢系統可以馬上知道船隻船名、船舶種類並發信息通知船長。
- (4)警報提升至須馬上驅趕至警戒區外的動作。

透過有效率及迅速即時反應的通報機制，再結合目前普遍使用的 APP 功能，即可輕鬆完成對於可能造成海纜損壞的作業有一個主動積極的反制行為，並可納入本公司對於智慧電網建置項目中有關設備維護管理智能化的開發方向。

## 二、重視將來工程完成後之教育訓練

有鑑於本案監控檢測系統的複雜與線路本身的重要性，加上本線路是國內最長的海底電纜線路，希望務必在將來辦理成案後的各項教育訓練時，能夠廣納並推薦各營運處有興趣的維護同仁共同來學習，組成最強學習團隊，期能讓海底電纜的維護技術不再艱澀。更希望將來在我們的訓練所可以針對海底電纜的維護技術開設專班進行經驗傳承。透過更多人的學習分享與水平展開，真的讓這門維護技術成為一門學科般的被重視。

### 三、要求提供海纜工程各種接續匣的訓練及施工影片

在講求施工工程品質的現今，雖然我們沒有針對海纜接續施工的經驗，但我們卻可以有所本來要求施工人員達到應有的施工品質。因此，未來一定要要求住友公司提供接續匣及終端匣的施工及訓練影片，並附上技師認可的各項品質要求數據，方可使台電公司遵循其所提標準來要求。也讓維護同仁得以將海底電纜的各項設備變成本公司的核心技術。

### 四、海底電纜及接續匣的備料管控

由於海底電纜規格特殊，用量少及國內無法產製，又製造期間長。為應付突發事故，對於電纜及接續匣一定要有備料，否則當電纜受損時，將嚴重影響到未來送電時程。雖然本案在招標之時便已考量一定數量的材料備料，但依住友公司表示，針對接續匣之各項配件仍有可能因屬於消耗品而必須辦理定期補充。這點仍希望將來接管單位可以列表管控各材料及部品、構件等的更換期限，以備不時之需。

### 五、盤點未來接管營運所需的各式機具、人力、設備

交連 PE 海纜因為埋設位置於海底面下 2 米左右，只要確認無外力(錨或拖網等)破壞，此段海纜並不需要其他特別的維護工作，運轉狀況則可依賴光纖系統監控得知，兩終端的陸上結構物、器材部分則和一般輸電電纜維護工作是相同的，其維護項目如兩端的電纜終端匣：目視檢查/每 5 年，電纜支持結構物：目視檢查/每 6 年，避雷器：目視檢查及電氣測試/每 6 年，另外對於海底電纜埋設情形應每 10 年派潛水夫或使用特殊設備檢查檢查一次。

因此現階段便應積極針對上述進行盤點與人員訓練，方可於接管後發揮功能。

### 六、鈉硫(NAS)電池儲能系統持續資料收集

藉由電力設備等級的電池儲能系統，能夠使裝設場所的輸出功率藉由鈉硫電池的充放電控制可維持定額輸出電壓及頻率。而不致受到再生能源發電系統波動變化的影響，因此亦可做為負載平衡之用，並可提供電力備載容量。

擁有大容量的儲能電池除了基本儲能要求外，也需要能夠像是吸收再生電力的電力產出波動、對於再生能源產生的過度電力予以儲存、穩定系統內的電

壓和頻率、重要設施隨時可能產生的故障衝擊，亦或是燃煤電廠發電所造成的環境衝擊等，都要能夠有它的功能發揮，不再僅僅是單純儲能的任務而言。



## 肆. 誌謝

因緣際會的關係，才讓個人有這次機會真正去了解本次實習的標的物「台灣~澎湖海底電纜線路」，對於能夠有這個機會赴日本出國實習參訪，著實感到無比的高興與榮耀，這樣大的一件工程如果不是親自參與感受，或許真的沒有辦法能了解背後是由多少人的努力付出和研究調查，才使得這件大計畫能夠付諸施行。在此僅先向所有曾經參與本案規劃設計與執行等各個階段的所有人道聲謝謝。

其次對於本次參訪實習得以順利完成，首先在此要感謝供電處蕭勝任處長、黃清松副處長及供電處的林世孺組長與各位長官給予個人這個機會，更要感謝高屏供電區營運處蔡其峰處長、楊銘德副處長和本處長官提供的寶貴意見和指正及高屏團隊的技術諮詢與技術報告，更是讓本報告得以增色不少。更感謝輸變電工程處廖俊峯副處長及余維文組長全力支援向台灣住友公司提出各項溝通與協助，均讓職這趟實習之旅更加充實與獲益良多，對於能獲得各位長官的協助，在此致上個人最誠摯的謝意。

此外，本次行程得以順利成行及圓滿達成實習目的，除了感謝受參訪單位日本住友公司、NGK 公司於實習期間對於所有技術資料能夠無私提供外，還要感謝國內台灣住友商社股份有限公司鄭其維先生與公益國際開發股份有限公司陳煥章先生的引薦與大力協助。

個人深覺出國實習的任務雖然艱辛且極具挑戰，但對於職場生涯無疑是一項莫大的榮耀，也期望本報告的內容可以為將來的海底電纜的運轉維護和監控檢測，帶來最大的幫助。由於個人所學有限，實在沒法能再多提供其他值得參考的訊息，僅能以野人獻曝的心情、拋磚引玉的期待，企盼能得到大家的共鳴。

最後衷心感謝各位長官、好同事、好朋友們的真情相挺，謝謝！