

出國報告（出國類別：**研習**）

赴日本國立研究開發法人海洋研究
開發機構(JAMSTEC)與國立研究開發
法人防災科學技術研究所(NIED)交
流研習

服務機關：交通部中央氣象署地震測報中心
姓名職稱：林祖慰 技正、李伊婷 科長、林郁凱 技士
派赴國家/地區：日本/東京
出國期間：113年8月18日至8月22日
報告日期：113年11月18日

研習摘要

我國鄰近友好國家日本同樣位於環太平洋地震帶，且鄰近數條海溝，因此地震及海嘯災害對日本民生威脅的嚴重性不亞於我國，自 1979 年開始陸續於周圍海域建置十餘條海纜觀測系統，設置超過 200 座即時觀測站，以嚴密監測海域的地震活動，其中協助建置的機構有國立研究開發法人海洋研究開發機構(Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 以下簡稱 JAMSTEC)及國立研究開發法人防災科學技術研究所(National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, 以下簡稱 NIED)，在地震海嘯海纜觀測網建置與維運方面均有豐富經驗。為提升交通部中央氣象署(以下簡稱本署)海纜系統維運能力，在本署國外顧問日本香川大學金田義行(Yoshiyuki Kaneda)特任教授及國立臺灣大學船舶及海洋技術研究中心陳冠宇副研究員協助陪同下，本次研習特別安排前往日本東京與 JAMSTEC 及 NIED 等機構進行研習及經驗交流，可進一步瞭解日本相關機構如何建置及維運海纜觀測系統，亦提供本署海纜觀測系統未來發展的參考方向。

目錄

研習摘要.....	1
目錄.....	2
壹、 研習目的.....	3
貳、 研習行程.....	4
一、 出國行程表.....	4
二、 研習大綱.....	5
三、 研習紀要.....	5
參、 心得及建議	21

壹、研習目的

為因應臺灣周圍海域地震海嘯威脅，本署自 2007 年起即開始推動第 1 期地震海嘯海纜觀測系統之建置，期藉由強化海域地震海嘯監測效能以提供更有效防救災資訊。該項工作係國內首次辦理，包括專業識能、系統架構或實際建置均無前例可循。本署透由逐步建構及累積之專案規劃、預算經費、招商採購、履約管理、審查驗收等經驗及技術，於 2011 年底完成建置全臺首座 45 公里地震海嘯海纜觀測系統與 1 座即時地震海嘯觀測站。之後，為擴大監測範圍與效益，本署分別於 2015 至 2017 年、2017 至 2020 年辦理第 2、3 期海纜系統建置，第 1 至 3 期合計建置 735 公里海纜系統與 9 座即時地震海嘯觀測站。

我國鄰近友好國家日本同樣位於環太平洋地震，致災性地震與海嘯對日本國土安全與人民生計威脅的嚴重性不亞於我國，自 1979 年起開始陸續於周圍海域建置十餘條海纜觀測系統、設置超過 200 座即時觀測站，以嚴密監測海域的地震活動。其中系統規模數量最龐大的為日本海溝海底地震津波觀測網(Seafloor observation network for earthquakes and tsunamis along the Japan Trench，以下簡稱 **S-net**)，該觀測網係於 2011 年 3 月 11 日規模 9.1 東日本大地震發生後，耗費超過 230 億日圓所興建，已於 2017 年完成全長 5,600 公里之海纜觀測系統，並設置 150 座地震海嘯觀測站。

上述十餘條日本海纜系統的擁有者包括日本氣象廳(Japan Meteorological Agency，以下簡稱 **JMA**)、日本東京大學地震研究所(Earthquake Research Institute，以下簡稱 **ERI**)、**NIED** 與 **JAMSTEC** 等機構，其中 **JAMSTEC** 主要維運地震・津波觀測監視系統(Dense Oceanfloor Network system for Earthquakes and Tsunamis，以下簡稱 **DONET**)，目前已完成兩期(**DONET1** 與 **DONET2**)觀測網，負責觀測日本南海海槽地震活動；**NIED** 主要管理陸地上的 **Hi-net**、**K-net**、**F-net**、**V-net** 與海域的 **S-net**、**N-net** 等多個地震、海嘯及火山觀測網，並結合上述 **DONET1**、**DONET2** 觀測網成為日本陸海統合地震津波火山觀測網(Monitoring of Waves on Land and Seafloor，簡稱 **MOWLAS**)。

綜上所述，**JAMSTEC** 與 **NIED** 兩個機構對於地震海嘯海纜觀測系統，具有相當豐富的建置與維運經驗，因此被選定為本次交流的主要對象，透過本次研習的寶貴機會，本署得以進一步瞭解日本相關防災機構在海纜系統規劃、執行與維運

的實際做法，同時期能藉由此次經驗交流的成果來強化我國現有之海纜觀測系統。

此次研習交流的效益包含如下：

1. 瞭解日本海纜觀測系統規劃與建置之想法。
2. 瞭解日本海纜觀測系統維運方式。
3. 瞭解日本海纜觀測系統故障處理期程。
4. 評估適合臺灣海纜觀測系統的建議作法。

貳、研習行程

一、出國行程表

行程日期	地點	工作摘要
113年8月18日(日)	臺北松山機場-日本東京羽田機場	林祖慰技正等3員搭乘中華航空CI220班機前往日本，臺北時間09:00由臺北松山機場出發，於日本當地時間13:10抵達東京羽田機場，之後為次日研習海纜系統維運事宜預作準備。
113年8月19日(一)	日本東京	分別前往NIED與JAMSTEC的東京辦公室研習海纜系統維運作法與經驗交流。
113年8月20日(二)	日本橫濱	分別前往JAMSTEC的橫須賀港基地與橫濱研究所(DONET海纜系統監控中心)參訪。
113年8月21日(三)	日本關東茨城縣鹿嶋市	前往茨城縣鹿嶋市NIED的S-net海纜系統登陸站參訪。
113年8月22日(四)	日本東京羽田機場-臺北松山機場	<ol style="list-style-type: none">1. 彙整本次研習資料及相關業務問答討論之紀錄。2. 林祖慰技正及李伊婷科長搭乘日本當地時間14:30出發的中華航空CI221班機返國，於臺灣時間16:55抵達臺北松山機場。3. 林郁凱技士以補休假於23起個人行程後在26日臺灣時間16:55抵達臺北松山機場。

二、 研習大綱

1. 研習海纜觀測系統規劃與維運經驗。
2. 瞭解日本官方擁有之海纜系統相關故障處理期程。
3. 瞭解日本官方擁有之海纜系統其軟體與硬體設備汰換作法。
4. 瞭解日本官方擁有之海纜系統備品規劃做法。
5. 實際參訪日本海纜觀測系統陸上站。

三、 研習紀要

第一天(8/18)

(一) 抵達日本東京後為研習事宜預作準備

1. 與本次安排行程的金田義行特任教授會面，討論 8/19-8/22 研習的行程與細節。



圖 1、本署代表與金田義行特任教授討論行程細節：左一國立臺灣大學船舶及海洋技術研究中心陳冠宇副研究員、左二金田義行特任教授、左三飯田昭彥先生、右二本署李伊婷科長、右一本署林祖慰技正，拍攝者為本署林郁凱技士。

第二天(8/19)

(一) 國立研究開發法人防災科學技術研究所(NIED)：上午隨同金田義行特任教授前往 NIED 位於東京內幸町的辦公室，並與上席研究員高橋成實(Narumi Takahashi)博士進行簡報與討論。

1. 議題交流：我方林祖慰技正介紹我國科學海纜觀測系統現況，日方 NIED 高橋成實博士介紹日本陸海統合地震津波火山觀測網(MOWLAS)，並分享日本海纜系統維運的經驗與遭遇困難。

2. 問題討論：

(1) 我方提問：日本海纜觀測系統如何進行規劃與設計？

日方答覆：日本南部海域過往有致災性大規模地震反覆發生的歷史紀錄，過去數十年來不同機關單位如 JMA、JAMSTEC 與 NIED 等會依防災需求評估與桌面研究(Desktop study)、規劃與設置海纜觀測系統，包括嵌入式與節點式都有；2011 年 3 月 11 日東日本大地震發生之後，更在日本東部與東南部海域建置 S-net 系統，長度超過 5,600 公里、設置 150 個即時觀測站。

(2) 我方提問：日本觀測網的建置與管理單位為何？

日方答覆：之前全日本各式地震、津波與火山的觀測網的原始建置單位眾多，包括相關大學、JMA、ERI、NIED 與 JAMSTEC 等機構單位，目前均統一由 NIED 負責管理與維運，新的系統也由 NIED 規劃與建置。

(3) 我方提問：日本官方機構如 JMA、NIED 透過何種程序找廠商進行觀測系統建置？

日方答覆：日本官方機構可以自己決定找哪一家廠商建置觀測網，並無像我國需透過政府採購法進行公開招標採購程序，基本上，在日本，日本電氣(NEC Corporation, 以下簡稱 NEC)是唯一的供應商，他們會直接找 NEC 洽商觀測系統建置相關作業與預估經費，並參考廠商報價編列預算申請經費。

(4) 我方提問：日本官方預算規劃、申請與編列期程為何？

日方答覆：日本各式地震、津波與火山觀測網的經費統一由文部科學省申請與編列，第 N 年預算係在 N-2 的 9 至 12 月提出申請、第

N-1 年審查、然後於第 N 年編列與執行。經費專款專用，例如 2011 年 3 月 11 日東日本大地震後，有從防救災經費中特別編列預算建置 S-net，但這筆預算只能用於 S-net 建置。

(5) 我方提問：日本官方擁有之海纜系統是否有委外進行例行性巡檢？

日方答覆：NIED 與 JAMSTEC 有簽訂 MOU，NIED 每年編列預算，委請 JAMSTEC 使用研究船與水下無人載具 (Remotely Operated underwater Vehicle, 以下簡稱 ROV) 進行海纜系統例行巡檢，ROV 可下潛 5,000 公尺水深，但無法進行海纜故障維修，因為研究船無纜線槽、無法存放海纜纜線。

(6) 我方提問：日本官方擁有之海纜系統是否有編列年度維修費用、故障相關處理期程、如因天災等不可抗力導致故障的歸責？是否有特別預備金可供支應？

日方答覆：

A. 日本官方擁有之海纜系統並無編列年度維修費用，主要是因為預算不足與維修費用難以預估，倘遭遇海纜系統故障的情況，JAMSTEC 是具有水下檢測(Inspection)的能力技術，但 NIED 仍需支付 JAMSTEC 相關費用；

B. 即便國內擁有檢修技術、維修能量與設備備品製造生產等資源，但每次故障事件仍需提出申請，並等待經費到位後方能進行維修任務，而各式各樣的地震、津波與火山觀測網其建置、維運、修復……等工作都要排序，每年核撥經費依序位執行，例如 DONET1 系統曾在 2016 年發生故障後，因無經費遲至 2023 年才進行維修。

C. 如因天災等不可抗力導致故障情況發生，維修工作由 NIED 負責。

D. 我們有特別預備金(Extra Supplemental Budget)，有機會可以支應緊急維修，但仍依實際需求經費與特別預備金剩餘款項而定。

(7) 我方提問：日本官方擁有之海纜系統過去是否有因為海域地震導致故障的案例？

日方答覆：印象中很少因為海域地震導致海纜系統故障的案例，主要是事先規劃時，會盡量避開陡峭峽谷(可能因地震引發海底土石流)等風險較高地區，另透過多測站空間分布達到觀測網包覆觀測之目的。

我方補充：日本國土面積為臺灣的 11 倍大，有更多海域空間可供路線規劃選擇，而且海域致災地震傳到鄰近城市的時間也較充裕，能提供更多預警時間；臺灣國土面積相對小，又地處全球通訊戰略位置以致周圍通訊海纜繁多，海纜觀測系統的路線選擇大大受限，且海域致災地震相當鄰近陸地上的都會區，即便與日本地震預警系統效能相當，能提供的預警時間也相對較少。

(8) 我方提問：日本官方擁有之海纜系統軟體與硬體設備汰換作法。

日方答覆：由 NIED 找廠商評估汰換內容與經費，排入經費申請序位，俟經費到位後再進行相關工作。

(9) 我方提問：日本官方擁有之海纜系統備品規劃做法？

日方答覆：受限於預算，一般並未準備備品，少數系統有備品，例如 S-net；另外，JAMSTEC 因為研發節點式系統所需，有所謂的示範機，倘 DONET 系統相關觀測設備故障可先用示範機替代，待故障設備修復後再替換。

(10) 我方提問：就琉球海溝的地震海嘯威脅而言，從臺灣與那國島甚至向北延伸到沖繩，臺日合作建置一條海纜觀測系統應該會是一個雙贏的想法，請問這是可行的嗎？

日方答覆：這是一個很難回答的問題，對於國家而言，國防國安考量優於科學與防災議題，涉及到國安層面將會是一個艱難的挑戰；再者，對於日本國內的地震海嘯防災準備而言，南海海槽巨大地震與首都直下型地震的威脅遠大於琉球海溝的威脅，所以就算是這樣的構想，在工作優先度排序上也會放在很後面的位置。



圖 2、日本東京 NIED 辦公室交流討論：左一 NIED 上席研究員高橋成實博士、左二本署林祖慰技正、中間金田義行特任教授、右三本署李伊婷科長、右二陳冠宇副研究員、右一本署林郁凱技士。

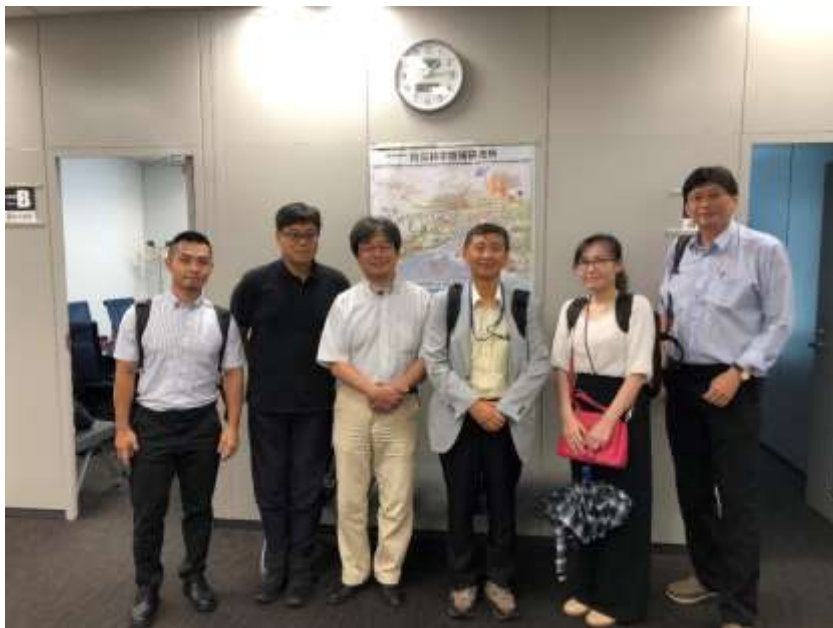


圖 3、日本東京 NIED 辦公室合影：左一本署林郁凱技士、左二陳冠宇副研究員、左三 NIED 上席研究員高橋成實博士、右三金田義行特任教授、右二本署李伊婷科長、右一本署林祖慰技正。

(二) 國立研究開發法人海洋研究開發機構 (JAMSTEC)：下午隨同金田義行特任教授前往 JAMSTEC 位於東京的辦公室，並與上席研究員川口勝義(Katsuyoshi

Kawaguchi)博士與荒木英一郎(Eiichiro Araki)博士進行簡報交流與討論。

1. 議題交流：我方林祖慰技正介紹我國科學海纜觀測系統現況，日方 JAMSTEC 上席研究員川口勝義博士與荒木英一郎博士介紹該機構船舶與水下技術、與 DONET 觀測系統現況。

2. 問題討論：

(1) 我方提問：如何規劃海纜系統(登陸點選址、路由選擇與測站位置規劃、與商業海纜不同處、觀測儀器的規格)？

日方答覆：

A. 在登陸點選址方面，JAMSTEC 海纜觀測系統的陸上站基本上都選擇政府土地，且無海嘯威脅的場址，並須事先取得當地漁會同意；至於路由選擇與測站位置規劃方面，會以沒有測站的震央深度和位置等資訊為基礎，利用數值模擬方式預估增加地震海嘯觀測站設置後的模擬結果，並參考路線調查、地震活動、斷層分布等各種資訊，綜合分析研究後規劃最合適的海纜測站位置與路由。

B. 與商業通訊海纜最大不同處在於，地震海嘯海纜系統的觀測儀器必須布放於地震活動區域，而商業通訊海纜基本上都會避開地震活動密集區。

C. JAMSTEC 有自己的試驗場可以測試各種觀測儀器，經過分析比較選擇合適的儀器規格安裝於觀測系統。

(2) 我方提問：請問海纜觀測系統維運經驗(委外或自行管理)，有無定期的近岸查勘與水下勘查，維運經費如何編列？

日方答覆：

A. 委外：硬體維護(陸地)、傳輸纜線、資料蒐集、製造與測試；自行管理：硬體維護(海上)、傳輸纜線、資料分析與大規模維修。

B. 根據與當地漁會的協議，每年對近岸區域委外進行檢查，DONET2 使用水平潛鑽(Horizontal Directional Drilling, 簡稱 HDD)方式登陸，因此近岸區域無需進行年度檢查。

C. 預算經費：大規模維修需要申請特別協調預算(非常困難)，測

試與製造新感測器則須爭取研發競爭基金，其他工作項目則由年度預算支應。

- (3) 我方提問：詢問日本官方擁有之海纜系統相關故障處理程序？有無時效性？

日方答覆：

- A. 意外事件：盡快聯絡利害關係人(JMA、NIED、部門負責部門) ->原因調查/審查 -> 新聞公告(如有必要) -> 修復 -> 完成報告(調查委員會) -> 新聞公告。
- B. 預定事件：事先通知利害關係人(日期/時間/預計持續時間)-> 修復 -> 恢復通知。
- C. 維修：取決於預算爭取，申請所需時間至少要一年半以上。

- (4) 我方提問：詢問日本官方擁有之海纜系統其軟體與硬體設備汰換作法，海纜除役後是否需要回收，有無相關法規？

日方答覆：

- A. 以 DONET 系統為例，若是要更換海底組件(感測器組件、節點)，JAMSTEC 使用自己的研究船搭載 ROV 來進行替換作業，要特別注意的是不能於海底更新水下設備的軟體；有關主幹電纜的部分，電信品質可靠性很高，基本上不需要維修，若發生不可預見的情況，則需要委外使用電纜鋪設船進行維修；登陸站設備的部分，由於採取冗餘配置架構(Redundant Configuration)，因此可以繼續操作同時進行處理。有關海纜除役後的規定，基本上依循與商業系統相同的規則，在日本領土範圍內，除了與其他海纜系統交會點以外的部分需全數拆除。
- B. 海纜除役後回收所需費用遠超過海纜建置費用，目前日本國內海纜觀測系統尚無回收的實際案例。因應此種情況，JAMSTEC 已經開發自己的分散式聲波感測(Distributed Acoustic Sensor, 以下簡稱 DAS)系統，利用光纖海纜進行海床監控，為退役海纜尋求二次再利用的機會。

- (5) 我方提問：詢問日本官方擁有之海纜系統備品規劃做法。

日方答覆：以 DONET 系統為例，沒有官方備品，但每個系統都有自

己的演示測試設備，這是原始開發階段的感測器評估設備，完全相容海底設備。原計劃是 10 年內準備各種備品來更換除了主幹電纜以外的設備，但直到目前都還沒有實現(DONET1 與 DONET2 分別為 2010 與 2014 年啟用)，至於主幹電纜則在系統運作至少 20 年的觀察期內不會進行更換。

(6) 我方提問：如何規劃、建造與管理海纜系統無人陸上站？

日方答覆：陸上站規劃基本上都選擇政府土地，且無海嘯威脅的場址，並須事先取得當地漁會同意；陸上站建造通常委託國內電信業者例如日本電信電話(Nippon Telegraph and Telephone Corporation, 簡稱 NTT)協助，管理則由 NIED 負責。



圖 4、日本東京 JAMSTEC 辦公室交流討論：左一 JAMSTEC 荒木英一郎博士、左二上席研究員川口勝義博士、中間金田義行特任教授、右四陳冠宇副研究員、右三本署林郁凱技士、右二本署李伊婷科長、右一本署林祖慰技正。



圖 5、日本東京 JAMSTEC 辦公室合影：左一 JAMSTEC 荒木英一郎博士、左二上席研究員川口勝義博士、中間金田義行特任教授、右四本署李伊婷科長、右三本署林郁凱技士、右二陳冠宇副研究員、右一本署林祖慰技正。

第三天(8/20)

(一) 國立研究開發法人海洋研究開發機構(JAMSTEC)橫須賀港基地

1. 上午隨同金田義行特任教授參訪 JAMSTEC 位於橫須賀港的基地，參觀基地內的水壓實驗室與環境模擬設施、深海水下遙控無人載具與研發設施。
2. 問題討論：
 - (1) 我方提問：如何測量物體的可承受最大水壓？

日方答覆：使用廠房內的特製水槽，將物品放入水中後持續加壓直到破壞，即可得出物體可承受之最大水壓，也因為有爆破的可能性，因此水槽都在地下且實驗進行時都會加上很重的防護蓋，以保護廠區人員的安全。



圖 6、JAMSTEC 橫須賀港基地參觀：左一本署林郁凱技士、左二 JAMSTEC 中谷武博士、左三陳冠宇副研究員、中間金田義行特任教授、右三本署李伊婷科長、右二 JAMSTEC 荒木英一郎博士、右一本署林祖慰技正。

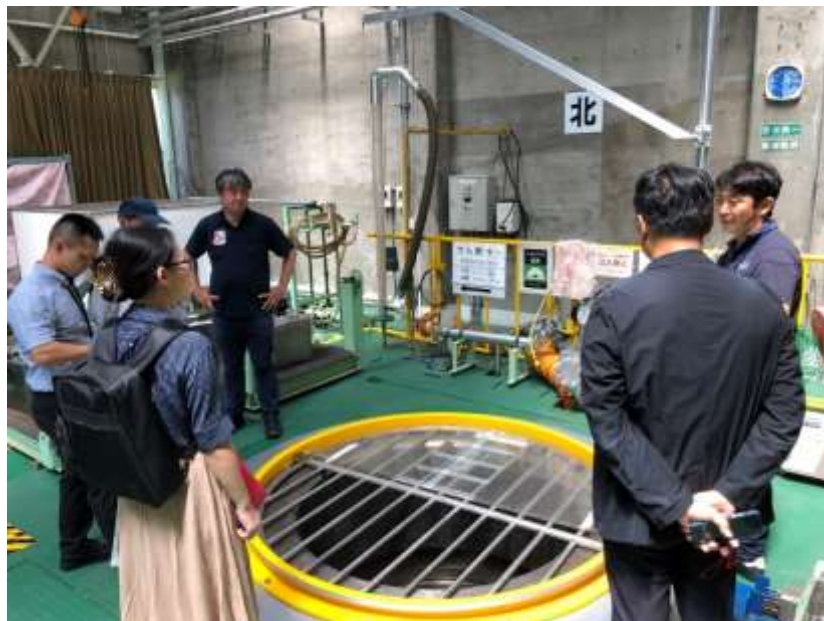


圖 7、JAMSTEC 水壓實驗廠房水槽：左一本署林郁凱技士、左二本署李伊婷科長(後側為金田義行特任教授)、左三 JAMSTEC 荒木英一郎博士、右二陳冠宇副研究員、右一 JAMSTEC 中谷武博士。



圖 8、JAMSTEC 橫須賀港基地無人探查機整備場前合影：左一本署林郁凱技士、左二本署李伊婷科長、左三陳冠宇副研究員、中間 JAMSTEC 中谷武博士、右三 JAMSTEC 荒木英一郎博士、右二本署林祖慰技正、右一金田義行特任教授。

(二) 國立研究開發法人海洋研究開發機構(JAMSTEC)橫濱研究所

1. 下午隨同金田義行特任教授參訪 JAMSTEC 位於橫濱的研究基地，同時也是日本南海地區地震海嘯監測系統 DONET 的監控中心。
2. 問題討論：
 - (1) 我方提問：橫濱研究所的工作環境面積很大，但目前的員工數目似乎不多？
日方答覆：這些年預算持續緊縮，受限於經費，員額不斷減少，這也是各機構單位普遍面臨的問題。
 - (2) 我方提問：DONET 監控中心如何安排人力進行監控呢？
日方答覆：這邊常態性留守的人力非常少，只有上班期間有人員輪班監控，下班時間無人駐守。
 - (3) 我方提問：DONET 監控倘若遇到資料傳輸異常的情況該如何處理？
日方答覆：倘若遇到資料傳輸異常的情況，上班時間由輪值人員負責處理，非上班時間將透過手機與 email 將告警資訊通知系統負責人員，再透過遠端或者回到控制中心進行處理(視情況而定)，處理

程序主要包括問題確認、障礙排除與恢復確認等步驟。

(4) 我方提問：DONET 觀測資料接收處理與應用流程如何分工？

日方答覆：DONET 觀測資料接收由 NIED 負責，資料處理與後端應用如預警資訊發布等則由 JMA 接手，同時由委外廠商與學術單位協助。

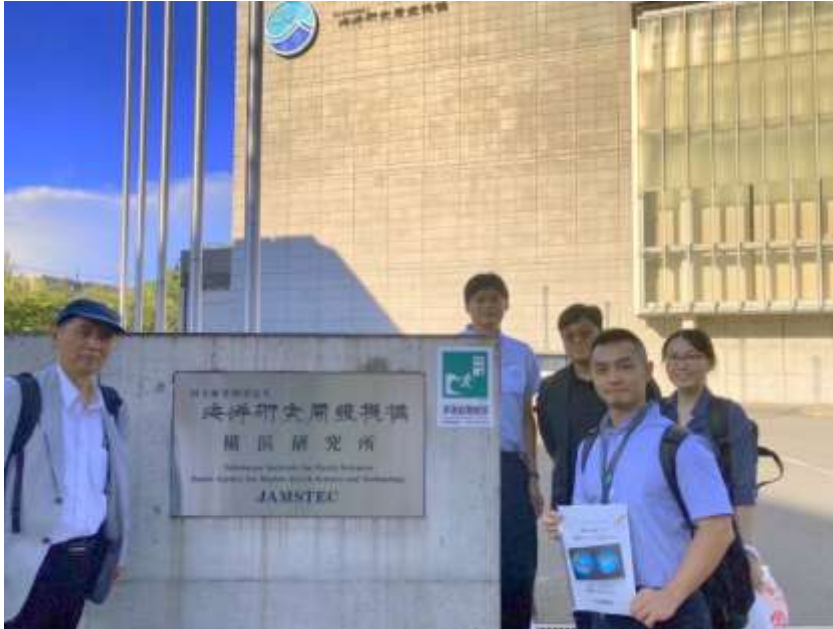


圖 9、JAMSTEC 橫濱研究所參觀：左一金田義行特任教授、中間本署林祖慰技正、右三陳冠宇副研究員、右二本署林郁凱技士、右一本署李伊婷科長。



圖 10、JAMSTEC 橫濱研究所 DONET 監控中心參觀：左一本署林祖慰技正、左二本署林郁凱技士、中間本署李伊婷科長、右二 NIED 上席研究員高橋成實博

士、右一陳冠宇副研究員。

第四天(8/21)

(一) 防災科學技術研究所(NIED)S-net 海纜系統登陸站

1. 偕同金田義行特任教授前往茨城縣鹿嶋市，參訪由 NIED 建置的海底地震海嘯觀測網 S-net 海纜系統登陸站。
2. NIED 植平賢司(Kenji Uechira)博士介紹日本觀測海纜系統，並分享日本海纜系統維運的經驗。
3. 問題討論：

(1) 我方提問：根據海纜路線圖及海底地形圖顯示，S-net 的路線若有遇到海底峽谷要如何規劃？

日方答覆：為減少海纜被濁流或海底山崩破壞的可能性，儘管有些峽谷及水道無法避免，但仍採取繞道的方式讓纜線被沖毀的機率降低，因此有些路段看起來較為曲折。



圖 11、S-net 陸上站機房內部環境照。

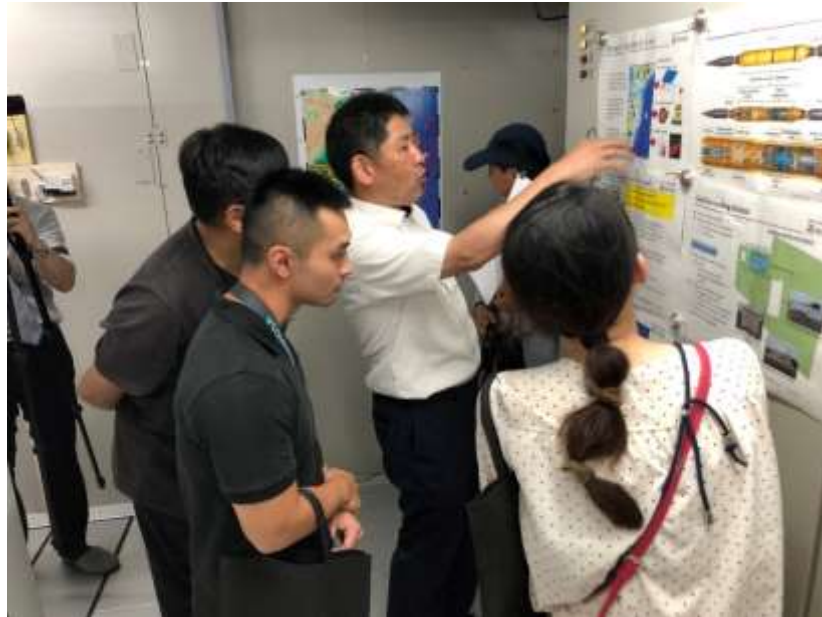


圖 12、防災科學技術研究所(NIED)S-net 陸上站參觀：左一 NIED 隨行攝影人員、左二陳冠宇副研究員、左三本署林郁凱技士、中間 NIED 植平賢司博士、右二金田義行特任教授、右一本署李伊婷科長。



圖 13、防災科學技術研究所(NIED)S-net 海纜系統登陸站合影：左一本署李伊婷科長、左二陳冠宇副研究員、左三本署林郁凱技士、中間 NIED 植平賢司博士、右二本署林祖慰技正、右一 NIED 上席研究員高橋成實博士。

(二) 防災科學技術研究所(NIED)S-net 海纜登陸點

1. 偕同金田義行特任教授參訪茨城縣鹿嶋市 S-net 海纜的登陸點。



圖 14、防災科學技術研究所(NIED)S-net 陸上站海纜登陸點：左圖係海灘 T 型突堤(突堤建置晚於海纜登陸)、右圖係禁止開挖告示牌(紅色虛線係海纜路線、提醒該處禁止開挖)。



圖 15、防災科學技術研究所(NIED)S-net 陸上站海纜登陸點合影：左一本署林祖慰技正、左二 NIED 上席研究員高橋成實博士、左三本署林郁凱技士、中間陳冠宇副研究員、右三本署李伊婷科長、右二 NIED 植平賢司博士、右一金田義行特任教授。



圖 16、防災科學技術研究所(NIED)S-net 海纜系統登陸站靠海側點之海纜登陸點合影(紅色橢圓處)：左一金田義行特任教授、左二陳冠宇副研究員、左三本署林祖慰技正、中間本署林郁凱技士、右三 NIED 植平賢司博士、右二本署李伊婷科長、右一 NIED 上席研究員高橋成實博士。

第五天(8/22)

- (一)討論與彙整本次研習行程資料及相關業務問答討論之紀錄。
- (二)返程。

心得及建議

此次有機會與日本防災相關機構直接面對面深入交流，並獲准參訪相關設施實屬不易，仰賴本署國外顧問日本香川大學金田義行特任教授大力協助安排而促成，並設法在扣除往返行程後剩餘的 3 天*8 小時時間內完成密集的會面交流與參訪行程。其中最主要的關鍵在於金田義行特任教授十多年前曾在 JAMSTEC 擔任海纜觀測系統計畫的主持人，直到退休才轉任學界繼續推動防災工作，本次交流的日本代表幾乎都是金田義行特任教授過去帶領團隊的成員，才能順利安排本次研習活動，並能較為深入的交流討論。這樣的交流模式可供日後與日方官方單位合作的推動參考。

本次藉由與 JAMSTEC 與 NIED 兩個機構海纜運維小組的會談與經驗交流，對於日本在地震海嘯防災方面的資源投入與單位編組分工有較為深入的瞭解，例如：文部科學省負責年度經費核定撥付、JAMSTEC 致力於技術研發、NIED 負責於日本各地建置與維運地震海嘯觀測網，並且把相關資訊交給 JMA 進行彙整、以及 JMA 在學界的協助下開發預警模組與資料分析研判發布……等，可為我國未來如擬繼續投入防災整合系統建置之發展參考。相較於日本，我國係由行政院國家科學及技術委員會或國家發展委員會以年度經費核定撥付，相關海纜計畫及行政工作全由本署在有限資源下按部就班地推動，無法有效採專業分工與整合方式來快速推動，期盼未來能夠與國內海洋相關機關(構)有更多的合作機會，互相交流及輔助形成雙贏的局面。

此外，水下探測與作業技術能量自主化也是科學類如地震海嘯海纜觀測系統計畫推動相當關鍵的部分，在參訪 JAMSTEC 橫須賀港基地與橫濱研究所後，深刻體認到日本在科研船舶與水下無人探查機支援/協同作業方面的技術量能相當先進，透過實際參觀與聆聽解說(例如：可下潛超過 6,500 公尺水深之無人探查機等諸多設備)後深感震撼與欽佩，礙於日方規定無法對水下機具攝影紀錄。我國四面環海，海洋資源豐富且值得探索與運用，未來如果有充足經費支持與人才培育，相信將可提升我國的海洋科學研究量能。

如同遍布全球的通訊海纜，地震海嘯海纜觀測系統難免也會遭遇運作異常或故障的情況，對日本而言，即便國內即擁有檢修技術、維修能量與設備備品製造生產等資源，但每次故障事件的處理依舊需要透過申請、並等待足夠經費到位後

方能進行海纜系統維修任務，而各式各樣的陸上、海底觀測系統建置、維運、修復……等作業都需要根據重要性排序，並將每年核撥的總經費依序位執行。因此，即使在擁有強大運維能量的日本，倘海纜系統發生故障後之修復等待期仍是不可避免的，例如 DONET1 系統曾在 2016 年發生故障後，礙於經費不足而遲至 2023 年才取得經費順利進行維修。反觀國內，倘遭遇海纜觀測系統故障情形，不僅相關預算爭取難度高，還可能因上級或監督單位不理解或無法認知到海域觀測與陸上觀測存在極大差異，致使未全盤了解的情況下究責行政效率是否不彰，對於認真努力的基層同仁士氣造成不小的打擊。期盼未來能透過與上級單位及監督單位良性溝通方式來讓我國海纜專案能夠更順利的推動。

另外值得一提的是 NIED 的 S-net 海纜登陸站，由於地處偏遠且交通不便，一行人花費單程逾 2 個小時搭乘巴士前往茨城縣鹿嶋市，實地觀摩日本海纜觀測系統登陸站外觀架構與內部設計，雖是以貨櫃屋為主體改裝而成，但綜觀內外部防護、環境整理、防塵措施、硬體配置與系統展示等各面向都經過仔細規畫，即使是距離 1~2 公里遠的海灘邊海纜登陸點環境也以同樣標準建置，深刻感受到日本民族的匠人精神。

關於海纜退役後的處置問題，這也是近年全球關注的一個議題，由於海纜系統回收所需費用遠超過建置費用，對於海纜系統擁有者將是一個非常困難的挑戰。幸而目前已經有分散式聲波感測(DAS)系統的應用發展，將遍佈我們日常生活週遭的光纖纜線變成密集地震儀陣列，從過去公里到數十公里間距的點分佈地震站觀測，推展到近乎連續數公尺間距的線排列地震站觀測，有助於細部地體構造的觀測，此外，DAS 技術讓光纖纜線不但是觀測元件，也是傳輸媒介，對於惡劣嚴酷環境如井下、海床、火山、冰川等傳統地震儀不容易安裝之處，DAS 系統將會是新的震動觀測選擇。惟 DAS 系統目前尚處於發展推廣階段，商業產品眾多且經費等級範圍廣，觀測資料如何跟傳統地震儀觀測資料相結合也還在開發分析階段，且最長觀測距離僅止於百公里(在客觀環境條件高度符合的最佳前提下)，所以現階段的策略仍以觀察與初步探詢合適性為主。

綜合上述，透過本次研習交流參訪活動，本署代表汲取到非常多寶貴知識與經驗，期盼能擇適合我國的元素運用於本署的海纜觀測系統維運作業上，綜整建議如下：

(一) 透過與國內海洋科學研究機構的合作，強化我國海纜維運能力。

- (二) 適時與上級單位及監督單位良性溝通，讓海纜專案順利推動。
- (三) 參考日方海纜陸上站的配置，強化我國現有海纜陸上站的運作環境。
- (四) 透過與產學界合作的方式，評估未來將 DAS 系統引入海纜觀測系統的可行性。

展望未來，希冀能夠持續深入鑽研本次研習所學知識，並將心得經驗分享給單位同事。同時，我們也期許自己能夠繼續保持熱誠、持續精進細節規畫與執行效能，讓海纜觀測系統能夠扮演本署海陸聯合地震海嘯觀測網基石的重要角色。由陸地觀測突破到海域觀測、外海地震預警從數十秒進步到十數秒，不斷的邁進，它確實可以真正成為守護臺灣民眾面對海嘯威脅的一道保命平安符，但更重要的，還要凝聚全民共同防災的意識，在災害發生時確保自身的生命財產安全！