

出國報告（出國類別：洽公）

輻射健康人權暨核廢料處置與地熱開發 出國報告

服務機關：台灣電力股份有限公司

姓名職稱：核能後端營運處 廖英辰 處長

核能發電處 楊偉義 組長

王亭懿 專員

陳其睿 專員

派赴國家：日本

出國期間：112年8月20日至8月26日

報告日期：112年10月13日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：輻射健康人權暨核廢料處置與地熱開發出國報告

頁數 38 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司/黃惠渝/23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

廖英辰/台灣電力公司/核能後端營運處/處長/2368-3419

楊偉義/台灣電力公司/核能發電處/訓練組長/2366-7080

王亭懿/台灣電力公司/核能發電處/外釋管制專員/2366-7072

陳其睿/台灣電力公司/核能發電處/輻射防護專員/2366-7076

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 開會 6 其他 洽公

出國期間：112.08.20~112.08.26

出國地區：日本

報告日期：112.10.13

關鍵詞：放射性廢棄物、ALPS

內容摘要：(二百至三百字)

鑒於我國非核家園及能源轉型政策，考量日本與台灣同為人口密集之島嶼國家，且地質條件亦與台灣類同，透過參訪日本相關高/低階核廢料處理/處置機構與交流，汲取相關實務做法與民眾溝通經驗。

另日本 2011 年 3 月 11 日福島事故造成輻射曝露影響民眾健康隱憂，本次也規畫現地了解福島電廠周遭現況及(ALPS)處理水貯存排放情形，並與日本輻射防護、保健物理領域專家進行意見交流，蒐集日本針對核能事故處理及周邊區域民眾溝通的重要經驗回饋。

同時，考量台灣 2050 淨零碳排路徑，再生能源發展是達成淨零碳排目標重要環節之一，本次也於行程中，安排北海道森地熱發電所進行實地參觀，了解日本地熱發電技術與發展現況。

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

目錄

壹、前言	1
一、洽公重點	2
二、洽公行程	2
參、洽公紀要與國內現況剖析	4
一、日本境內高、低放射性廢棄物之處理	4
(一) 高放射性廢棄物(用過核燃料)：幌延深地層研究中心	4
(二) 低放射性廢棄物：六所村低放射性廢棄物處置場	14
二、福島第一核能發電廠處理及整治情形	19
(一) 多核種去除設備處理水貯放處理、排放現況	19
(二) 電廠鄰近區域之土壤整治情形	25
三、北海道森地熱發電之發展動態	28
(一) 日本地熱發電之發展動態概述	28
(二) 參訪北海道森地熱發電所	30
四、日本國內輻射防護、保健物理領域專家意見交流	34
(一) ALPS 處理水劑量評估	34
(二) 國際輻射防護及法規發展，以及日本境內輻防管制	35
肆、洽公心得與建議	36
一、福島事故後之情形與反思	36
二、台灣與日本對於放射性核廢料處置之情形比較與建議	36
三、規劃核能及輻射防護(保健物理)專業人才培育	37

圖目錄

圖 1 日本兩處泛用型地下實驗室.....	4
圖 2 日本全國地質處置科學特性調查圖.....	6
圖 3 高放射性廢棄物之多重障壁系統設計.....	8
圖 4 幌延深地層研究中心之各階段研究計畫.....	9
圖 5 夢之地創館設施外觀.....	10
圖 6 洽公團隊與幌延深地層研究團隊交流情形.....	11
圖 7 地下豎井開挖狀態之示意模型.....	11
圖 8 團隊聆聽幌延深地層研究團隊報告情形.....	12
圖 9 地下汙水處理廠房(左圖)及土壤安定技術製備水泥的廠房(右圖).....	13
圖 10 日本境內放射性廢棄物處置概念.....	15
圖 11 六所村低放射性廢棄物處置流程.....	15
圖 12 日本原燃株式會社於六所村設施位置圖.....	16
圖 13 六所村設施位置圖.....	17
圖 14 放射性廢棄物處置中心現場圖.....	17
圖 15 福島電廠廠區 ALPS 處理水設備配置圖.....	21
圖 16 遠眺福島第一核電廠 1 至 6 號機.....	22
圖 17 ALPS 處理水的排放流程.....	23
圖 18 中間貯藏設施位置圖.....	26
圖 19 中間貯藏設施之存放實景.....	27
圖 20 日本境內地熱發電所分佈圖.....	29
圖 21 森地熱發電所發電流程.....	30
圖 22 森地熱發電所蒸汽產生基地配置圖.....	31
圖 23 森地熱發電所冷卻塔.....	31
圖 24 團隊與日方人員討論情形.....	32

表目錄

表 1 日本洽公行程表(112 年 8 月 20 日至 8 月 26 日).....	3
表 2 日本高放射性廢棄物處置技術發展內容.....	7

壹、前言

鑒於我國非核家園及能源轉型政策，目前國內核能電廠用過核燃料及低階核廢料處置選址作業受阻，考量日本與台灣同為人口密集之島嶼國家，且地質條件亦與台灣類同，希望藉由與日本相關核廢料處理/處置機構之交流(包括幌延深地層研究中心及青森縣六所村低放射性廢棄物處置場)，汲取相關實務經驗與民眾溝通之作法，期能對於本公司核廢料處置之推動有所助益。

另日本因 2011 年 3 月 11 日東日本大地震及其引發的海嘯，導致福島事故而有輻射曝露影響民眾健康隱憂，本次行程亦安排參訪福島電廠及有關設施(包括(ALPS)處理水貯放處理、排放現況，及鄰近區域之土壤整治情形)，並與日本輻射防護、保健物理領域專家進行意見交流，期能蒐集日本針對核能事故處理及周邊區域民眾溝通的重要經驗回饋。

同時，依照台灣 2050 淨零碳排路徑，再生能源之發展是達成淨零碳排目標重要環節之一，本次也於行程中，安排北海道森地熱發電所進行實地參觀，了解日本地熱發電技術與發展現況。

貳、洽公重點與行程

鑒於本國能源轉型政策，核電廠除役後必須正視核廢料處理問題，且 2011 年日本福島核電廠事件對於民眾造成嚴重衝擊，目前廠區內大量核廢水處理問題也是台灣及國際關切的焦點。因此本次特接洽日方，規劃至核廢料處置相關設施、福島電廠及森地熱發電所洽公，並安排與相關專家學者會面交換意見。

一、洽公重點

- (一) 北海道幌延深地層研究中心
- (二) 北海道森地熱發電所
- (三) 青森縣六所村低放射性廢棄物處置場
- (四) 福島第一核能發電廠及多核種去除設備(ALPS)處理水貯放處理、排放現況
- (五) 福島第一核能發電廠鄰近區域之土壤整治情形
- (六) 日本國內輻射防護及保健物理領域專家意見交流

二、洽公行程

本次赴日洽公行程自 112 年 8 月 20 日至 8 月 26 日共 7 日，從日本最北端之北海道幌延一路往南，途經札幌、青森-六所村、福島及東京等地，共拜會、洽公 5 個機構與多位產學界專家，洽公行程概列如表 1 所示。

表 1 日本洽公行程表(112 年 8 月 20 日至 8 月 26 日)

日期	行程	洽公機構/交流對象
8 月 20 日 (日)	台北市→日本北海道新千歲機場→ 稚內市	往程
8 月 21 日 (一)	稚內市→幌延町→ 札幌市	幌延深地層研究中心
8 月 22 日 (二)	札幌市→森町→青森縣七戶町	森地熱發電所
8 月 23 日 (三)	七戶町→上北郡(六所村)→福島縣郡山市	六所村低放射性廢棄物處置場
8 月 24 日 (四)	郡山市→富岡町、大熊町→東京市	東京電力公司廢爐資料館、 環境省中間貯藏設施
8 月 25 日 (五)	東京市	日方產學界專家
8 月 26 日 (六)	東京市→台北市	回程

參、洽公紀要與國內現況剖析

一、日本境內高、低放射性廢棄物之處理

(一) 高放射性廢棄物(用過核燃料)：幌延深地層研究中心

考量日本與台灣同為人口密集之島嶼國家，且地質條件亦與台灣類同，也希望藉由與日本相關核廢料處理/處置機構，汲取相關實務經驗與民眾溝通之作法，期能提供本公司對於核廢料處理與處置適當建議。

1. 日本發展及洽公過程：

鑒於日本尚未擁有處置母岩的岩性及特性等資訊，故日本選定位於岐阜縣瑞浪市及北海道幌延町(Horonobe)兩處建立泛用型地下實驗室，皆由日本原子力研究開發機構(Japan Atomic Energy Agency, JAEA)負責經營，以研究及評估不同岩性特性對於放射性廢棄物處置作業情形，如圖 1 所示。



圖 1 日本兩處泛用型地下實驗室

本次參訪設施為幌延深地層研究中心(岩性為沉積岩，又稱泥岩，係本次參訪設施之一)分三個階段進行開發，第一階段：地表調查階段(2001 至 2005 年)、第二階段：地下設施建設期間之調查階段(6 年)、第三階段：使用該設施進行調

查與研究階段(9 至 11 年)。自 2001 年開始場址調查工作、2005 年開始地下開挖工程，進行地質貯存有關實驗。

此外，日本於 2000 年 5 月頒布《最終處置法》，確定推動處置的相關單位與選址程序，相關重點包括：

- (1) 由經濟產業省(Ministry of Economy, Trade and Industry, METI)制定與發佈高放射性廢棄物最終處置的基本政策與計畫(最終處置計畫)，並訂定放射性廢棄物最終處置的選址程序。
- (2) 確保充足之最終處置指定放射性廢棄物所需經費。
- (3) 指定放射性廢棄物最終處置之執行機構。

依據《最終處置法》，日本設立原子力發電環境整備機構(The Nuclear Waste Management Organization of Japan, NUMO)為推動處置計畫的專責機構，日本國內營運的核能電廠公司則應向經濟產業省指定的原子力環境整備促進與資金管理中心(Radioactive Waste Management Committee, RWMC)提撥處置基金。高放射性廢棄物的最終處置場選址程序則分為文獻調查、概要調查(鑽探調查)及精密調查(地下坑道調查與試驗)三個階段。

日本基於尊重地方意願的觀點，其選址作業採公開徵求的方式，讓有意願之地方政府以市町村為單位提出自願申請，再由 NUMO 利用全國性的文獻調查資料，判斷自願地區的地質條件是否符合法規要求後才進行後續的調查作業。並在 2015 年日本政府再次修法，改由政府主管機關(經濟產業省)主導及推動高放射性廢棄物最終處置場選址工作。另外，為提升公眾對處置議題的關心與理解，於 2017 年 7 月由政府強調以科學的角度發布全國地質處置科學特性地圖，如圖 2 所示，藉以展示適合作為高放射性廢棄物最終處置潛在場址的地點，同時擬定政策，確保下一代能有機會選擇最佳的處置方法(可逆性與可回收性)，並在全國範圍內開始強化與公眾的對話。據悉，目前已有北海道壽都町與北海道神惠內村等處提出申請，刻正由 NUMO 進行文獻調查中。

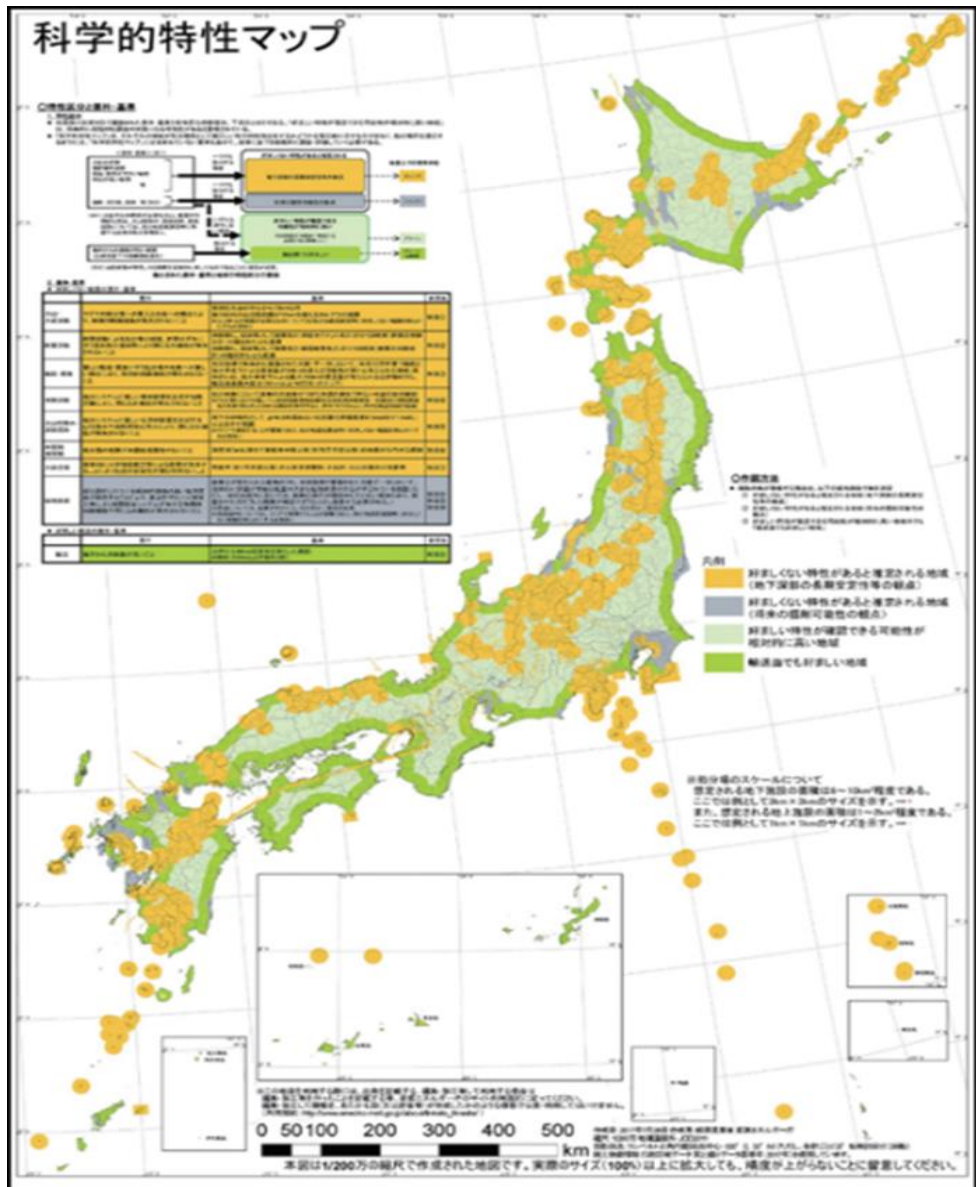


圖 2 日本全國地質處置科學特性調查圖

NUMO 為確認地質處置技術之可行性及安全性，參考世界經濟合作暨發展組織 (Organization for Economic Co-operation and Development, OECD) 之下屬機構-核能署(Nuclear Energy Agency, NEA)的安全評估方法與國際原子能總署(International Atomic Energy Agency, IAEA)的安全論證(Safety case)導則，於 2018 年提出「選址前安全論證報告」，其內容說明處置設施之概念設計、建造、運轉與密封性等資訊，並論證如何確保密封後的長期安全，日本目前持續進行高放射性廢棄物處置相關技術的發展，相關內容如附表 2。

表 2 日本高放射性廢棄物處置技術發展內容

計畫內技術領域			主要發展內容
封閉後 長期安 全性	地質環境 調查與評估	自然現象 的影響	<ul style="list-style-type: none"> ■ 自然現象(地震、斷層、火山、火山活動、抬升與侵蝕等)影響研究與評估 ■ 地質環境特徵的長期影響評估技術
		了解 地質環境特徵	<ul style="list-style-type: none"> ■ 地質環境特性(地質、構造、地下水流動特性、岩石性質等)的研究與評估
	工程措施	工程 障壁設計與施工	<ul style="list-style-type: none"> ■ 工程障壁材料選定、結構設計 ■ 工程障壁行為評估(交互作用、長期變化) ■ 工程障壁的製作、搬運、安裝 ■ TRU 廢棄物的封裝設計 ■ 廢棄物回收
		地下設施設計	<ul style="list-style-type: none"> ■ 地下設施佈置設計(考慮熱、水、力、化、營運與運輸) ■ 坑道設計
	封閉後 長期安全	安全評估	<ul style="list-style-type: none"> ■ 安全評估情節、模式、資料設定 ■ 不確定性分析 ■ 生物圈情節、模式、資料設定 ■ 安全論證
營運期 間的安 全性	確保營運 期間安全	安全設計	<ul style="list-style-type: none"> ■ 地上設施設計 ■ 隧道安全開挖設計(力學穩定、湧水與氣體流出的對策等) ■ 天然災害的安全設計(地震、海嘯、地滑等) ■ 輻射安全設計
		環境因素	<ul style="list-style-type: none"> ■ 周邊環境影響的評估技術
營運期間與封閉後長 期安全性		廢棄物盤存	<ul style="list-style-type: none"> ■ 核種盤存設定
		監測	<ul style="list-style-type: none"> ■ 一般勞動安全監測(隧道穩定性等) ■ 輻射安全監測(輻射) ■ 周邊環境保護(地下水、振動) ■ 多重障壁監測(地下水流等)

世界經濟合作暨發展組織 (Organization for Economic Co-operation and Development, OECD) 之下屬機構-核能署 (Nuclear Energy Agency, NEA) 放射性廢棄物管理委員會 (Radioactive Waste Management Committee, RWMC)，於 2008 年發表聲明，經地表及地下實驗室調查研究，顯示地質處置在技術上可行。目前國際間對於高放射性廢棄物的處置方式，均規劃採多重障壁之深層地質處置方式。

所謂多重障壁之深地層處置概念，係將用過核子燃料置於耐腐蝕的包封容器(金屬)，外層包覆核種吸附性佳的緩衝材料(膨潤土)，組成工程障壁；將高放射性廢棄物，即用過核子燃料，深埋於地下合適母岩(天然障壁)，嗣後藉由工程與天然障壁所形成的多重障壁系統，如圖 3 所示，以多層屏蔽與多重阻滯的功能，有效遲滯核種的釋出與遷移，確保高放射性廢棄物(用過核子燃料)中的放射性物質，在到達人類生活圈前已衰減至可忽略的程度。

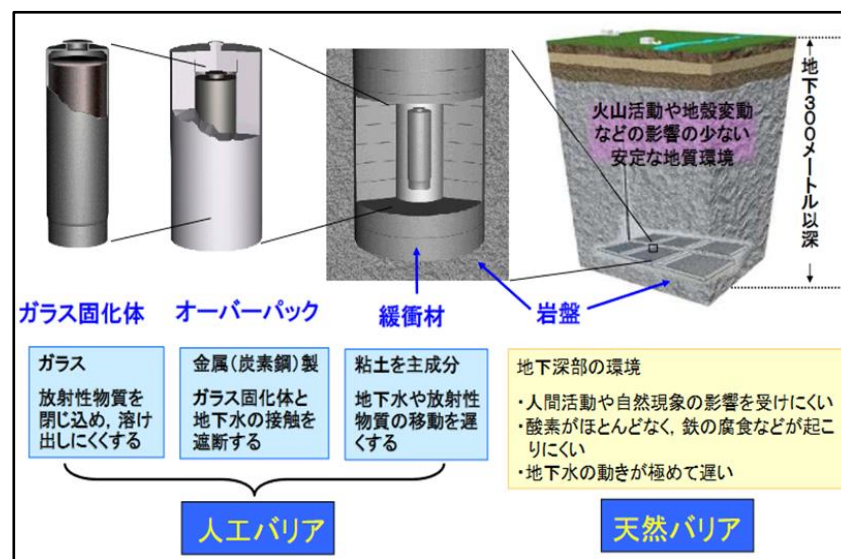


圖 3 高放射性廢棄物之多重障壁系統設計

JAEA 於 2000 年開始執行幌延地下實驗室計畫，如圖 4 所示，並於 2001 年成立沉積岩之地下研究中心以瞭解深層地質環境、確認高放地質處置技術之適用性、提供日本及國際高放射性廢棄物最終處置計畫人員之訓練，以及促進公眾理解深層地質環境，以利進行民眾溝通。

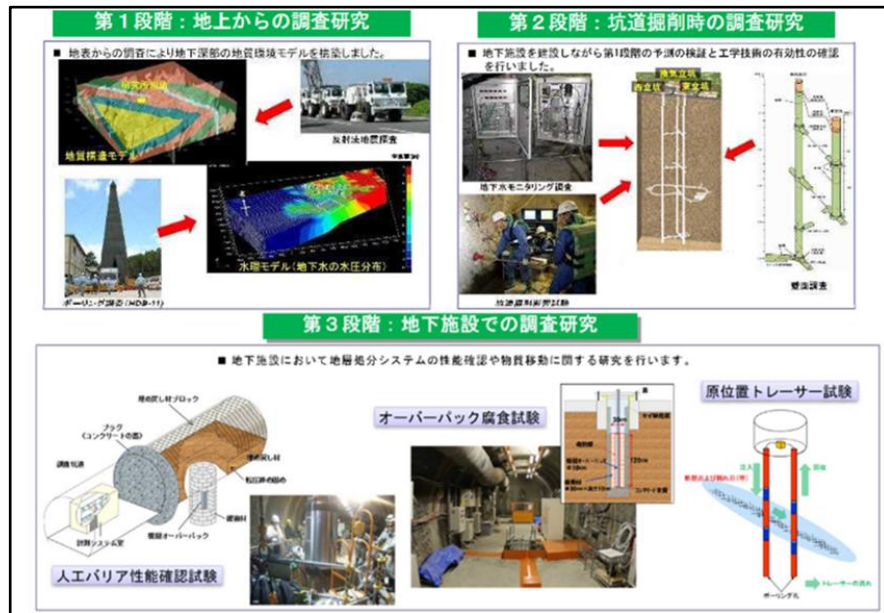


圖 4 幌延深地層研究中心之各階段研究計畫

而幌延深地層研究中心的主要目標為進行地球科學及地質處置技術相關研究發展。在第一階段地表調查階段(Phase 1)，JAEA 分別於 2001 年、2002 年進行地質鑽探調查，執行地球物理探測(如反射震測)、聲頻大地電磁測深法、地質鑽探，以瞭解幌延町周遭之地質構造，及確認斷層分布、岩石均質性，並建立幌延町周遭之地質模型及合適的安全評估方法，以檢驗該場址長期穩定性，除外，更利用地表地球物理調查(如電測)及孔洞電阻率井測技術，瞭解地下水鹽度分布及地下水化學之重要參數變化，經過初步調查完成後，JAEA 決議於 2003 年 7 月開始建造地下實驗室。

在幌延深地層研究中心地下設施建造階段(Phase 2)，建立了詳細調查地質結構之技術，透過鑽探方式了解該場址主要位於第四紀含泥質砂岩層(Koetoi 層及 Wakkanai 層)。後續該地下實驗室已另外開挖三處豎坑，且皆穿越該導水裂隙帶，因此研究團隊同時針對該處地下水壓力監測及岩石力學之影響進行詳細研究。

最後為幌延深地層研究中心運轉階段(Phase 3)，該中心主要建築物分成三處開挖豎坑之地表建築物，用以隔絕開挖過程所產生之噪音；排水處理場用以處理開挖過程所抽取之地下污水；此外，闢建「夢之地創館」，主要供作公眾溝通與相關研究成果展示之用，如圖 5 所示。該階段主要目標即係需證明相關工程技術

可長時間使用於深層地質中，並持續在地下環境進行腐蝕試驗、裂隙觀測及緩衝材料測試等研究，另外也有跨孔試驗及物質傳輸實驗以確認工程障壁系統設計之適用性，並提供安全評估技術之驗證能力。



圖 5 夢之地創館設施外觀

日本研究團隊向此次本公司團隊解釋為什麼他們選擇了地質處置方法。這是因為國際上已經對各種廢棄物處置方法進行了研究和可行性評估，包括在極地冰川下埋藏、深海底處置、外太空處置以及陸地上的長期儲存管理。然而，綜合考慮管理週期、風險評估以及未來生態鏈和人類安全的因素，他們最終認為地下處置是最佳的選擇，並提供相關解釋和雙方的討論情況，如圖 6 至 8 所示。



圖 6 洽公團隊與幌延深地層研究團隊交流情形

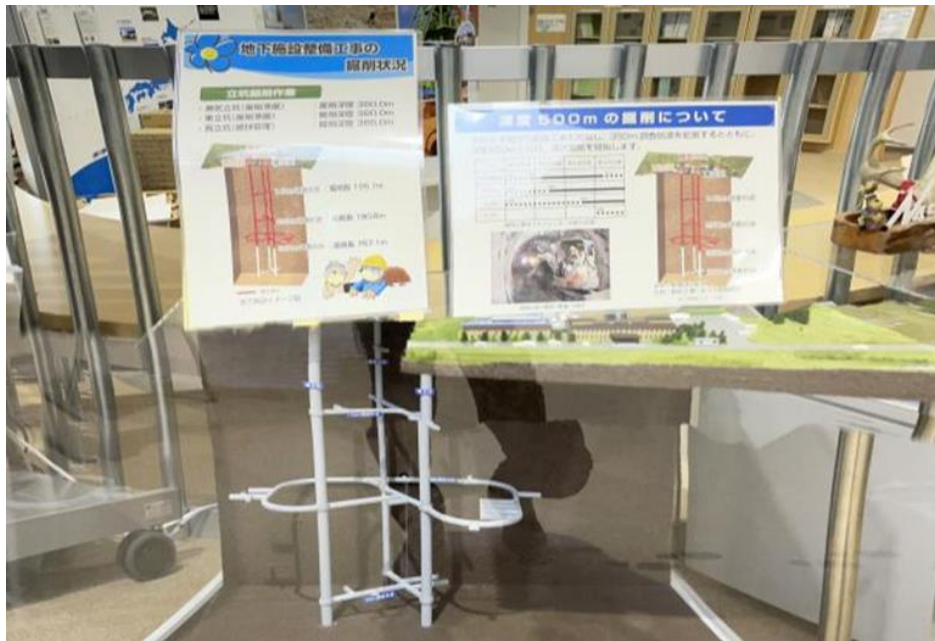


圖 7 地下豎井開挖狀態之示意模型



圖 8 團隊聆聽幌延深地層研究團隊報告情形

然而，為了挖掘地下井道，日本團隊必須處理工程期間產生的地下水，這將成為一個重要的問題。因此，研究團隊在設施區建造了地下污水處理廠房。此外，在挖掘井道的過程中，他們為了穩定周圍的土壤並減少崩塌風險，旁邊建立了土壤穩定技術的水泥廠房。他們將挖出的土壤和水泥等原材料再次混合，然後注入井道周圍的土壤，以實現固化和穩定，如圖 9 所示。



圖 9 地下汙水處理廠房(左圖)及土壤安定技術製備水泥的廠房(右圖)

2.台灣發展過程及對應作為：

為推動國內高放射性廢棄物處置，台灣與芬蘭、瑞典及德國等已有技術交流與合作計畫，同步汲取國際最新資訊。就台灣而言，本公司負責高放射性廢棄物處置業務，與日本多個機構均有建立合作關係，包含 NUMO、東電設計株式會社(Tokyo Electric Power Services CO., TEPCO)、JAEA 等。

(二) 低放射性廢棄物：六所村低放射性廢棄物處置場

台灣低放射性廢棄物最終處置，雖然核安會(前原能會)已於 95 年公布「低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例」，101 年經濟部公告兩處建議候選場址（金門縣烏坵鄉、台東縣達仁鄉），並函請兩縣政府辦理選址地方公投，歷經 3 任經濟部次長拜會尋求地方辦理選址公投，皆遭婉拒，導致無法完成選址與建置最終處置場。如何突破低放射性廢棄物最終處置的困境，未來除了考慮修法外，本次也希望藉由參訪日本相關核廢料處理/處置機構，汲取相關實務經驗與民眾溝通之作法，期能提供本國對於核廢料處理與處置適當建議。

1. 日本發展及洽公過程：

六所村低放射性廢棄物處置場隸屬日本原燃株式會社(Japan Nuclear Fuel Ltd., JNFL), JNFL 主要由日本 9 家電力公司(中部 Chubu, 中國 Chugoku, 北海道 Hokkaido, 北陸 Hokuriku, 關西 Kansai, 九州 Kyushu, 四國 Shikoku, 東北 Tohoku, 東京 Tokyo) 及日本原子力發電(Japan Atomic Power Corporation, JAPC)聯合成立，並在日本青森縣東北部六所村(Rokkasho-Mura)建立核能相關設施。

六所村人口約 1.1 萬人，廢棄物相關設施基地占地 740 公頃，與太平洋距離 5 公里，標高為海平面以上 55 公尺，其擁有五座核能相關設施，包含鈾濃縮廠、再處理廠、高放射性廢棄物貯存管理中心、混合氧化物核燃料(Mixed oxide, MOX)燃料製造廠、低放射性廢棄物處置中心等，其中低放射廢棄物處置中心占地約 60 公頃。前述設施，日本政府僅為監督角色，即使是放射性廢棄物處置設施亦是民間運營及所有。

日本境內所產生之低放射性廢棄物由 JNFL 負責處置管理事業，並將廢棄物區分為 L1、L2、L3 與 TRU 四類。L1 屬相對高放射性廢棄物，包括反應器維護、拆除時所產生的控制棒、燃料匣、其他爐心組件等，採用的是地下工程障壁處置。L2 屬相對低放射性廢棄物，實行混凝土坑處置。而 L3 屬非常低放射性廢棄物，直接實行壕溝掩埋處置即可。TRU 廢棄物(超鈾放射性廢棄物)則計畫與高放射性廢棄物共同實行深層地質處置，如圖 10 所示。

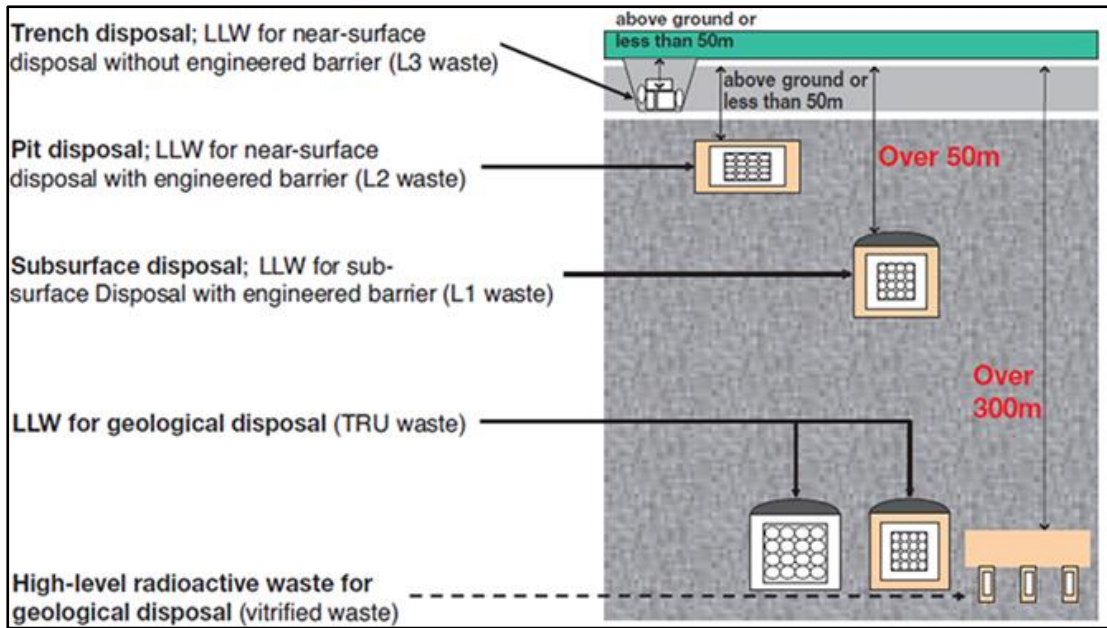


圖 10 日本境內放射性廢棄物處置概念

六所村的低放射性廢棄物於近地表之混凝土坑進行掩埋處置，如圖 11 所示。

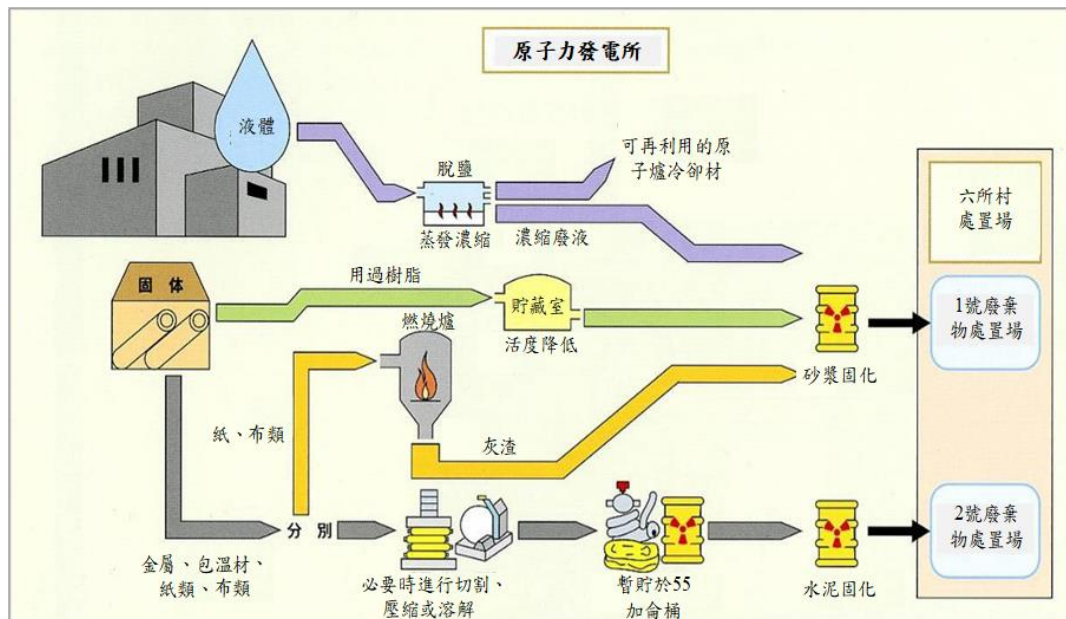


圖 11 六所村低放射性廢棄物處置流程

六所村設施基地約 740 公頃，占地極廣，且設施所在位置皆屬國有地，設施周界雖有民家緊鄰，但民眾並無法從聯外道路窺得設施內之布置或設施內情況，且該設施具有獨立之碼頭區域，以供其裝卸及運送擬運往該設施之設備或物料，如圖 12 所示。

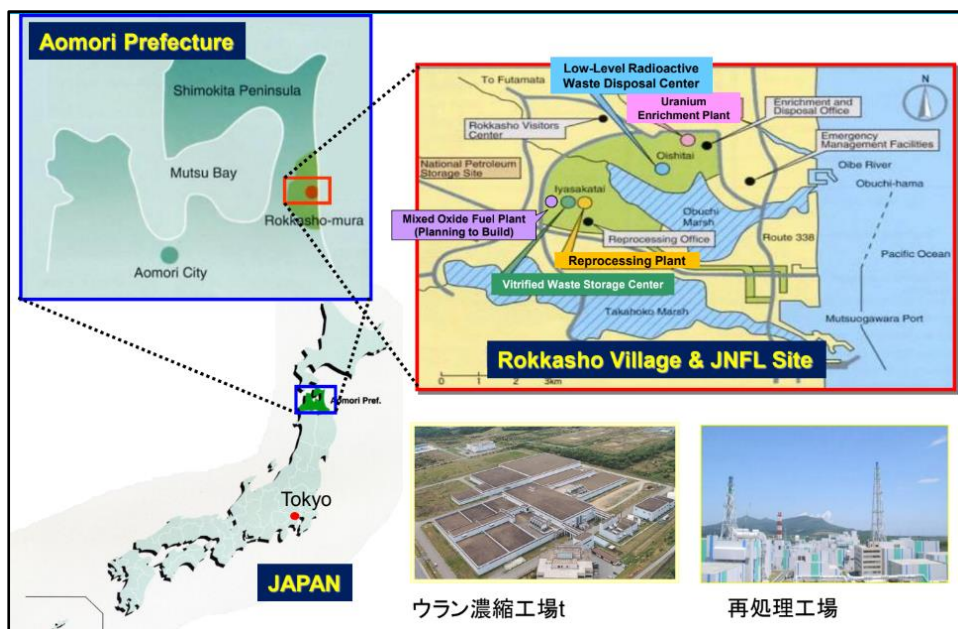


圖 12 日本原燃株式會社於六所村設施位置圖

JNFL 於六所村的低放射性廢棄物處置中心規劃，其占地約 60 公頃，主要接收 L2 廢棄物，並採用近地表混凝土窖處置(Pit disposal)形式進行處置作業。因其仍有腹地，故計畫全區域將持續擴充容量。

處置場接收來自核能電廠產生之固化低放射性廢棄物，依其處理後之特性分類處置於一號或二號設施。處置設施採近地表處置概念設計，位於地下水位下，由數個處置窖(pit)組成，而處置窖則可再分為有數個處置單元(cell)，如圖 13 所示。目前六所村正積極加速第一、二號設施之工程進度，並已開始佈建三號設施，以容納更多的低放射性廢棄物，如圖 14 所示。

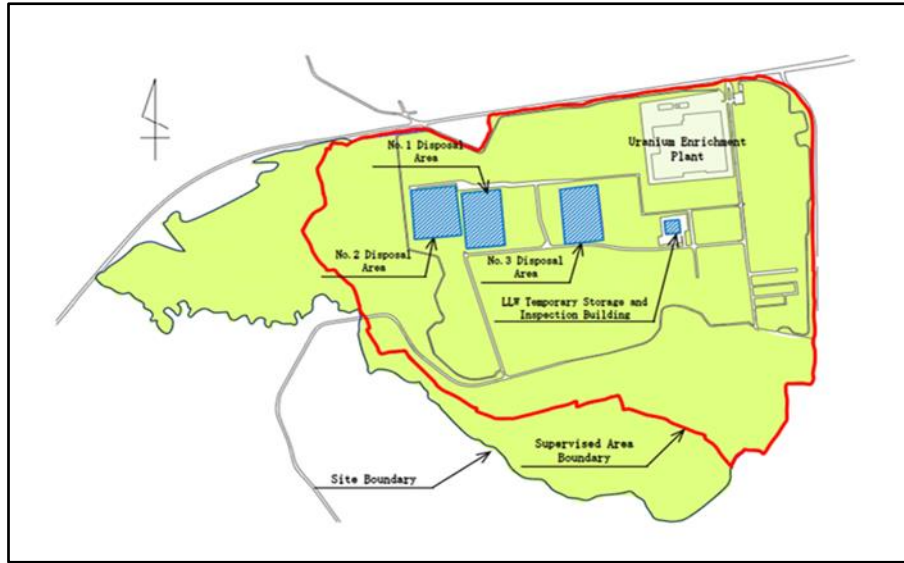


圖 13 六所村設施位置圖

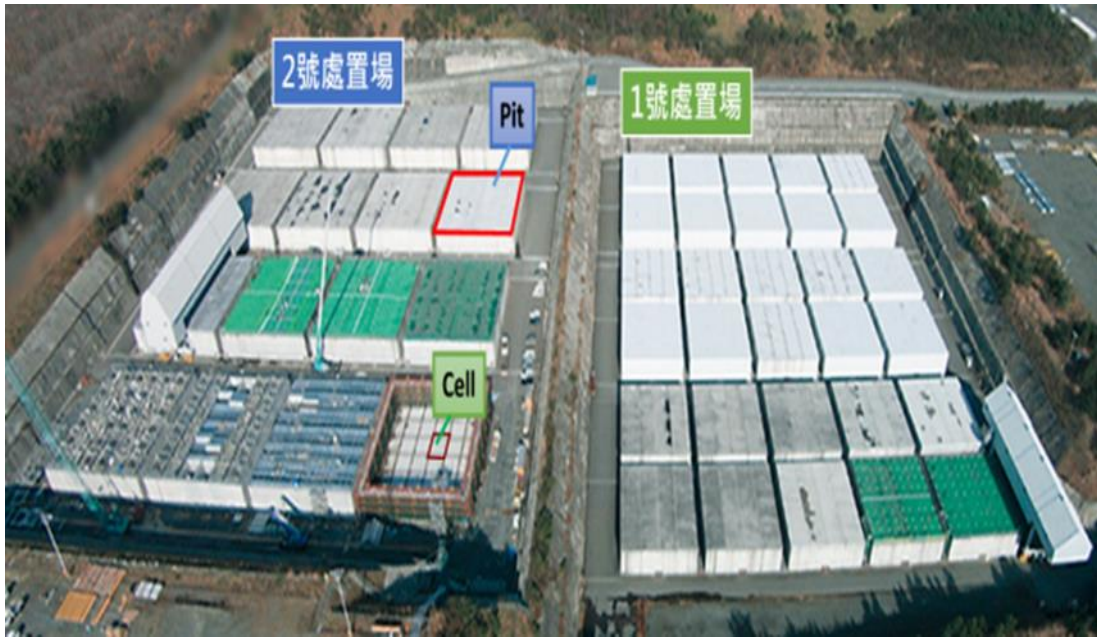


圖 14 放射性廢棄物處置中心現場圖

低放射性廢棄物在運送到處置中心後，接受最後的檢查，確保表面無損傷，並驗證其廢棄物編號與電廠紀錄相符。檢查完成後，廢棄物被運送到處置區域，堆疊在處置設施中，並以水泥砂漿填充空隙，最後在頂部加入混凝土。此外，為確保長期處置之安全性，處置層上方覆以膨潤土與砂之混合層(Bentonite/Sand Mixture)，再回填土壤(Cover Soil Layer)並植生保護。

2.台灣發展過程及對應作為：

為學習國際低放射性廢棄物處置技術，台灣與日本多個機構建立合作，包含 JNFL、日本電力中央研究所(Central Research Institute of Electric Power Industry, CRIEPI)、日本大成基礎設計有限公司(Asano Taiseikiso Engineering Co., Ltd., ATK)、東電設計公司等。

二、 福島第一核能發電廠處理及整治情形

(一) 多核種去除設備處理水貯放處理、排放現況

1.日本發展及洽公過程：

日本 2011 年 3 月 11 日發生東日本大震災，引發了海嘯，造成很多建築物被破壞，並導致多人死亡或下落不明，目前受災地正以穩健的速度復興，城市、道路、港口也都被整頓地相當乾淨，位於受災地福島縣的福島第一核電廠的廢爐作業也在穩定進行中。

由於海嘯導致用於冷卻福島第一核電廠核子反應爐的設備和電源功能喪失，因此 1 至 3 號核子反應爐發生爐心熔毀，燃料碎片殘留在核子反應爐中。用於冷卻燃料碎片的水被放射性物質污染，並持續產生污染水。日方目前將這些污染水經過多核種去除設備(Advanced Liquid Processing System, ALPS) 進行處理，該設備可以處理氬以外的所有放射性物質，處理後的水稱為「ALPS 處理水(Treated Water)」。ALPS 處理水經過檢測後，水中的 62 種不同類型的核種之濃度檢測值已低於相關規定標準值以下，僅剩氬無法被去除。日方表示在進行廢爐作業時，須從反應爐中清除高濃度放射性廢物，並將其進行安全儲存，目前已累積 1,033 座儲水槽存放 ALPS 處理水，而沒有足夠的空間來進行廢爐工作，故規劃將其排放至海洋。

2021 年 4 月，日本政府決定將 ALPS 處理水排放至海洋，並稱這是福島第一核電廠廢爐過程中不得不作出的決定。東京電力公司(以下簡稱東電公司)也說明，對於經過淨化後符合放射性物質（除氬以外）之安全標準的 ALPS 處理水，在排放之前將用海水大量稀釋，使氬的濃度達到世界衛生組織(World Health Organization, WHO) 飲用水標準的七分之一左右。國內外的核電廠及核廢料再處理廠亦是在遵守各國家或地區法令的前提下，將氬以液體廢棄物形式排入海洋或河川，依規劃福島第一核電廠每年排放 22 兆貝克含氬再處理水。國際原子能總署 (IAEA) 評估報告顯示「日本排放處理水的方法和活動符合相關的國際安全標準」，可作為相關事件處理的良好案例。2023 年 8 月，日本政府正式透過國會決議，決定於 8 月 24 日將 ALPS 處理水排放至海洋。

針對福島事故發生後之日本處理及整治措施，可以區分為三部分說明，一為事故後污染水管理措施，二為 ALPS 處理水系統及排放過程措施，三為反應爐清除作業措施(東電公司廢爐資料館)：

(1) 福島事故污染水及管理措施說明

福島第一核電廠事故中發生核燃料熔化，在反應器內熔化和凝固的燃料被稱為「燃料熔渣」，需要用水持續冷卻，與燃料熔渣接觸後的冷卻水即為污染水。另為了防止受污染的水流出建築物，建築物內的水位通常會保持在低於建築物周圍地下水的水位；然而，建築物周圍的地下水也會傾向於流向較低的水平，故會滲入建築物內部；除此之外，外部雨水亦會通過損壞的屋頂流入建築物內部，故造成額外的污染水。因此，只要燃料碎片需要用水冷卻，以及一直有地下水和雨水的滲入，即會持續產生污染水。

針對處理污染水之策略，主要為移除(REMOVE)、重新引導(REDIRECT)及保留(RETAIN)，利用淨化設施盡可能去除污染源、並重新引導水(主要是防止地下水和雨水的滲入)，以遠離接觸污染源，最終將現有的污染水安全地保留在現場，以防止洩漏到環境中以造成有害的影響。針對前述廠區設施位置分布圖，如圖 15 所示，主要說明水如何從高處傾斜流向到大海，以及水是如何以各種方式被攔截、限制、處理和儲存之過程。而針對福島第一核電廠實景，如圖 16 所示。

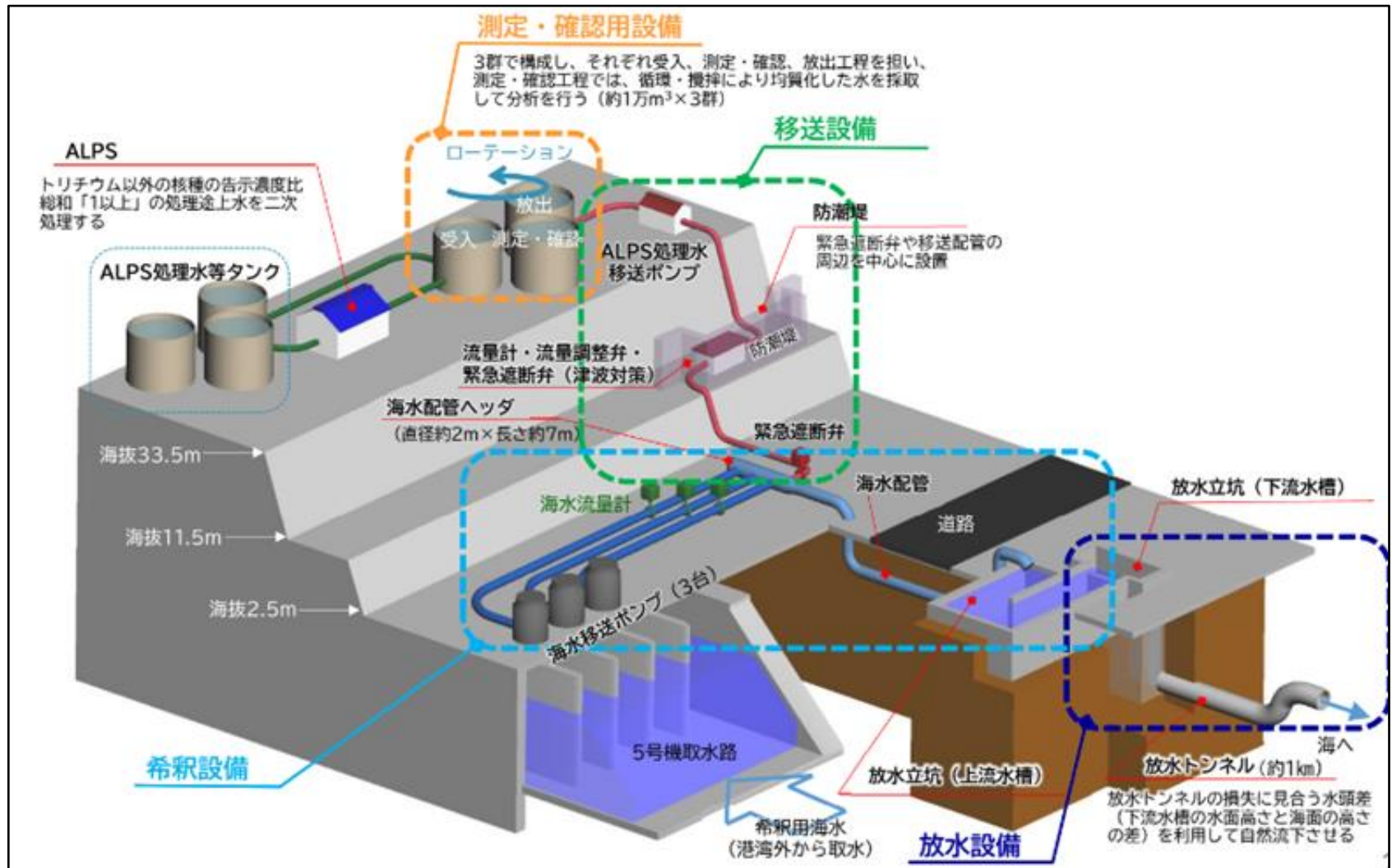


圖 15 福島電廠廠區 ALPS 處理水設備配置圖



圖 16 遠眺福島第一核電廠 1 至 6 號機

(ALPS 處理水排放位置為 5 至 6 號機區)

(2) ALPS 處理水系統及排放過程措施

為解決日益增多的 ALPS 處理水，東電公司自 2023 年 8 月 24 日經日本政府宣告將 ALPS 處理水稀釋後入海，並計畫今(2023)年完成排放 4 回，今年預計排放約 31,200 噸 ALPS 處理水(含氚濃度約 5 兆貝克)。為此，IAEA 於 2022 年 2 月針對 ALPS 處理水進行安全性的審查，確認其在處理水安全方面的管理。

ALPS 處理水的排放流程可以簡化為四個步驟，如圖 17 所示，主要內容摘述如下：

- ① 首先為測量及確認用設備：在稀釋排放前測量（包括由第三方機構測量）ALPS 處理水中含有的氚、62 種核種以及碳 14，確認 62 種核種及碳 14 的濃度已確實淨化至低於釋放到環境中的相關規定標準值以下。日本今(2023)年取樣分析結果，除氚以外，均合於法規標準。

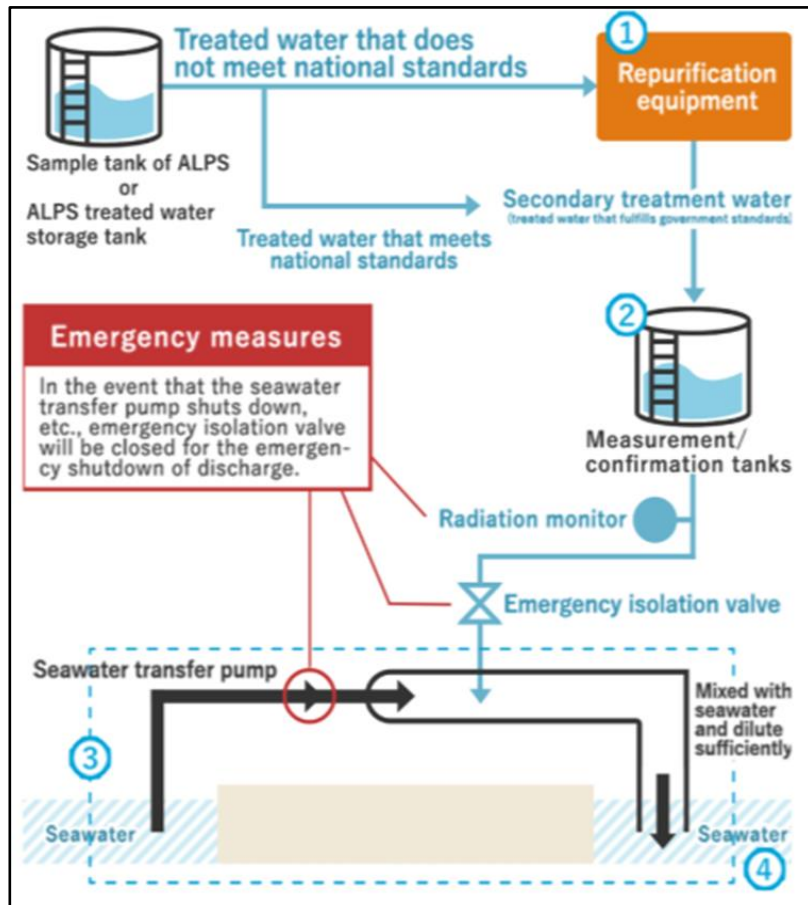


圖 17 ALPS 處理水的排放流程

- ② 在確認完氚以外之核種濃度符合規範後，ALPS 處理水引入電廠周邊的海水進入廠內進行氚水稀釋，並使用 ALPS 處理水體積 100 倍以上之海水與 ALPS 處理水均勻攪拌並且達到充分稀釋，使經過海水稀釋的氚濃度低於 1,500 貝克/公升後再進行排放，除了氚水活度濃度的規定外，氚活度的年排放量標準需低於 22 兆貝克。
- ③ 經過海水稀釋後的氚濃度，藉由即時監測 ALPS 處理水的流量和用於稀釋的海水流量，確認以兩者比例稀釋後的水，其氚濃度要低於 1,500 貝克/公升。並且經過海水稀釋的 ALPS 處理水會有效活用放水立坑，確認排放入海前的攪拌與稀釋後的氚濃度低於 1,500 貝克/公升，再開始進行排放，每天亦會在排放過程中進行採樣，確認其數值，並立即將數值公布於官網上，以

供民眾閱覽。

- ④ 為了避免排放出去的水重新循環至取水所得的海水中，會經由約 1 公里長之海底隧道進行排放。若發生異常時亦將採取相關措施，用於稀釋的海水泵停止運作時，會迅速關閉緊急關斷閥停止排放；或是當海域監測中確認到異常數值時，也會暫停排放。因應可能發生海嘯之應對，於防潮堤內設置 1 台緊急關斷閥，且為了將排放量最小化，於與海水混合前也設置 1 台關斷閥，共計 2 台，達到雙重布置及備援功效。

(3) 反應爐清除作業措施(東電公司廢爐資料館)

廢爐資料館位於福島縣富岡町，其主要目的是紀錄和展示福島第一核能發電廠事故及其後續處理情況。重要內部展示概述如下：

- ① 影片播放區：這個區域展示了 311 東北大地震後發生的海嘯和福島核電廠當時的錄影紀錄。除了紀錄片之外，東電公司也透過影片表達了對社會大眾的歉意。
- ② 動畫展示區：這個區域展示了福島第一核能發電廠四個機組事故的進展情況。透過時間軸和模型，解釋了事故的實際發生過程，包括救援和消防車灌水的順序。
- ③ 福島第二核能發電廠當時事故時之應對：第一核能發電廠一樣發生災害之原因分析，及東電公司之反思與記取教訓分享。
- ④ ALPS 處理水之對策與說明：詳如前述。
- ⑤ 東電公司發展將爐心內燃料束取出之技術展示：透過機械手臂於水下作業將燃料束取出。
- ⑥ 輻射防護措施區：其於電廠除役及環境修復期間為保護工作人員免於受放射性物質之體內外污染所做之輻射防護措施。

2.台灣發展過程及對應作為：

關於日本排放氚水議題，除即時監測以掌握氚水對環境與海水(產)之安全劑量與可能造成之危害外，自 110 年 7 月 1 日起也透過由國家原子能科技研究院(原核能研究所)、交通部中央氣象局、海洋委員會國家海洋研究院、原行政院原子能委員會輻射偵測中心(現今核安會輻射偵測中心)共同執行之「國家海域放射性物質環境輻射監測及安全評估整備計畫」，完成檢測精準實驗室建置、模擬動態展示、福島氚水排放資訊等，並整合於放射性物質海域擴散海洋資訊平台中展示。前述整備計畫完成後，核能安全委員會(以下簡稱核安會)亦與衛福部、農業部及海委會等跨部會合作強化輻射監測作為，確實執行海水、水產、環境生態取樣及日本進口食品之輻射檢測，確保台灣周遭海域民眾、環境生態與食品之輻射安全。上述之檢測迄今檢測結果皆無異常，未來將持續進行水產與海水監測，並將監測結果與日本排放氚水前所建立之數據資料庫進行相互比對及分析，以落實即時監測。

此外，核安會輻射偵測中心於 110 年 5 月進行「台灣海域氚輻射背景調查計畫」，至 110 年底前完成福島第一核能電廠排放 ALPS 處理水前之台灣海域海水氚輻射背景值建立，111 年則提出「111 年台灣海域海水氚輻射監測計畫」，其中監測方法係參考日本、韓國及中國大陸之海域環境輻射監測作法進行監測，同時考量各大洋流與沿岸流之流向進行台灣沿岸、離島及鄰近海域海水氚輻射取樣分析，111 年於 106 個監測站點取樣並執行 319 件海水樣品之氚分析，嗣後亦會持續參考國際間取樣監測作法，滾動調整取樣站點、分析方法，以維護台灣海域環境之輻射安全。

(二) 電廠鄰近區域之土壤整治情形

中間貯藏設施為環境省於福島事故後為了環境與建物的除污與儲存廢棄物所建，用以集中管理儲存東電剷除的受污染土壤、廢棄物及灰燼，規劃暫時儲存 30 年，之後移往福島縣外最終處置設施；目前東電公司已陸續於双葉町及大熊町取得土地的使用權且取得當地政府建造設施的許可，預計中間貯藏設施面積約為 1,600 公頃。在中間貯藏設

施興建完成後，陸陸續續從福島縣各地臨時貯存場運來清除污染土、廢棄物及從臨時焚化廠運來的焚燒灰燼皆在此進行再處理及儲存。目前相關廢棄物處理設施及流程說明如下：

1. 福島縣各地區暫時儲存場

福島核電廠事故導致土壤和建築物受到放射性物質污染。為處理這些污染物，土壤和建築物的拆除和清理產生的廢棄物被暫時存放在附近區域。最底層與地面接觸的地方鋪設了一層塑膠層，並設置地下水監測系統和集水池，以防止污染擴散。被污染的土壤以袋裝方式堆疊，最上層則覆蓋未受污染的土壤袋，再加上透氣防水板和塑膠膜，存放方式如圖 18、19 所示。

中間貯藏設施在清運工作完成後，將根據原土地的使用方式和規劃，協調土地所有權人和當地政府合作，以恢復土地原狀。這意味著這些區域將在適當的情況下歸還給土地所有權人，並依照土地的規劃進一步利用。

這些設施除了處理廢棄物以外，還保留了 2011 年 3 月 11 日東北大地震和海嘯來襲時受災居民住宅和車輛的樣貌。這個景象足以讓人們想像當時災難發生時的混亂和嚴重程度。



圖 18 中間貯藏設施位置圖



圖 19 中間貯藏設施之存放實景

2. 接收、分離土壤設施及土壤儲存設施

分離土壤設施係由卸載設備、容器袋拆開裝置及分離設備所組成，拆開裝填污染土之容器袋後，將土壤倒入不同尺寸之大型過濾篩網機器，將土壤完成分類；土壤儲存設施則是將大面積土地挖深至地面下數公尺左右，於地表鋪設防水層及挖設雨水溢流渠道並連接水處理系統後排放至附近河川。鑑於該區域屬輻射污染區域，故人員參訪後搭乘遊覽車離去前，現場工作人員亦對每位參訪者之鞋子進行污染偵測，確認無放射性污染後才可搭車離開。

三、北海道森地熱發電之發展動態

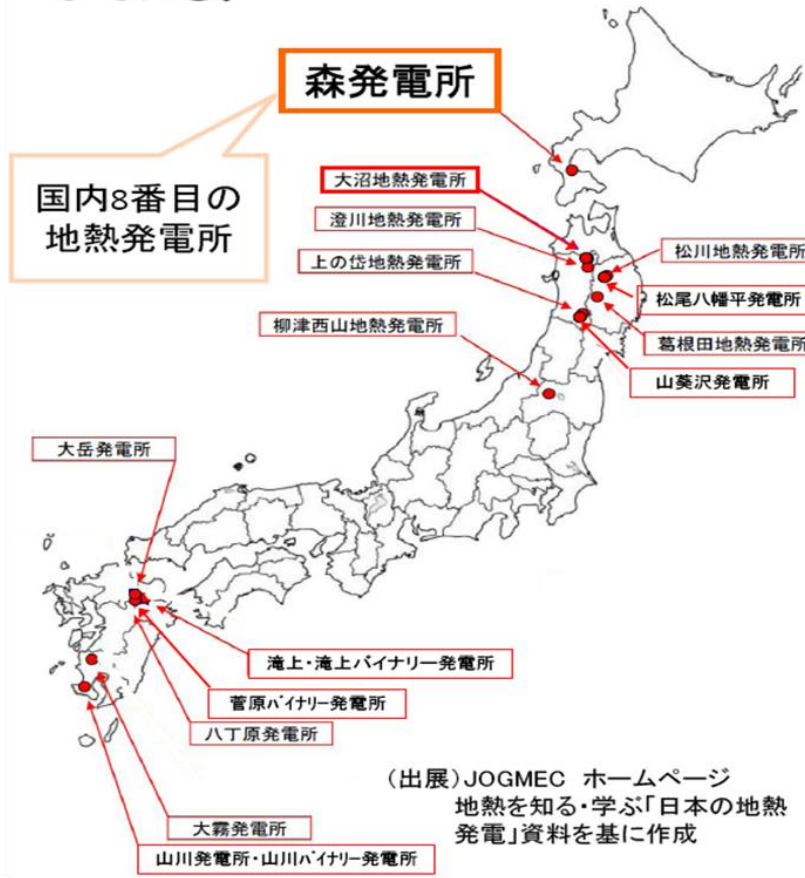
(一) 日本地熱發電之發展動態概述

日本位處歐亞板塊、菲律賓板塊及北美洲板塊交界處，同時也座落太平洋火環帶上，其板塊構造活動頻繁度為全球之最，境內有近 200 多座火山，有世界第三大地熱資源，這對能源資源匱乏的日本來說是很有吸引力的選擇。日本的地熱開發始於 1925 年，為亞洲最早利用地熱發電的國家，日本第一座地熱電廠座落於東北地方岩手縣的松川（Matsukawa）地熱田，1966 年開始商轉。在 2000 年以後，因日本能源政策重點轉向核能，加上新能源法實施、環評法通過等因素導致地熱發電之發展長期呈現停滯，直到 2011 年 311 大地震後才又重新確立其做為基載能源的角色，並有較多支援政策來輔助推廣，透過政策引領的方式，以政府力量帶動鑽探，降低初期開發風險，並以經濟誘因提高業者開發意願。

此外，因地熱資源約有 79% 位於自然公園內，日本政府也針對自然公園地熱開發相關規定進行修正，塑造友善的地熱開發環境。目前日本國內共有 17 座地熱發電設施，如圖 20 所示；多數地熱電廠設置於東北和九州地區，此乃是因為這兩個地區的地熱資源相對豐厚，遠非其他區域可比擬；而本次洽公之北海道電力森地熱發電所，是唯一一座設置於北海道的地熱發電設施(此未將發電量低於 2MW 之發電設施納入統計，如小型溫泉發電設施)。

日本地熱發電之行政程序主要由環境省與地方政府主責，經產省以溝通、補助為主。即便經產省投入一連串的开发支持措施，但地熱發電的發展仍受到地方政府探勘制度、溫泉勢力的影響，儘管看似有完善的補助支援地熱勘探政策，但主導權仍在地方政府手上，法規要求在進行任何探索性鑽探之前，必須先得到當地的同意，而當地利益相關者特別是溫泉業者基於對水資源以及社會地位的競爭，往往無法同意大型地熱發電的開發計畫，故而許多大型地熱發電計畫因受限於環評與開發許可，以致難以進行，故日本雖然地熱潛能高，但成長性卻仍受限。

現在、我が国においては電気事業用
17発電所（右表）に地熱発電所が存在
している。



【日本の地熱発電所（電気事業用）】

発電所名	所在地	発電部門 蒸気供給部門	認可出力 (kW)	運転 開始	
北海道	森	北海道 森町	北海道電力(株)	25,000 S57.11	
東北	澄川	秋田県 鹿角町	東北電力(株) 三菱マテリアル(株)	50,000 H7.3	
	松川	岩手県 八幡平市	東北水力地熱(株)	23,500 S41.10	
	葛根田	岩手県 翠石町	東北電力(株) 東北自然エネルギー(株)	50,000 30,000 S53.5 H8.3	
	上の岱	秋田県 湯沢市	東北電力(株) 東北自然エネルギー(株)	28,800 H6.3	
	大沼	秋田県 鹿角町	三菱マテリアル(株)	10,000 S49.6	
	柳津 西山	福島県 柳津町	東北電力(株) 奥会津地熱(株)	30,000 H7.5	
	松尾 八幡平	岩手県 八幡平市	岩手地熱(株)	7,499 R1.1	
	山葵沢	秋田県 湯沢市	湯沢地熱(株)	46,199 R1.5	
	九州	大岳	大分県 九重町	九州電力(株)	13,700 R2.10
		八丁原	大分県 九重町	九州電力(株)	55,000 55,000 2,000 S52.6 H2.6 H18.4
滝上		大分県 九重町	九州電力(株) 出光大分地熱(株)	27,500 H8.11	
滝上 バイナリー		大分県 九重町	出光大分地熱(株)	5,050 H29.3	
菅原 バイナリー		大分県 九重町	九電みらいエナジー(株) 九重町	5,000 H27.6	
大霧		鹿児島県 霧島市	九州電力(株) 日鉄鉱業(株)	30,000 H8.3	
山川		鹿児島県 指宿市	九州電力(株)	30,000 H7.3	
山川 バイナリー		鹿児島県 指宿市	九電みらいエナジー(株) 九州電力(株)	4,990 H30.2	

2千kW以上を掲載

図 20 日本境内地熱発電所分佈圖

(二) 參訪北海道森地熱發電所

1. 日本發展及洽公過程：

本次團隊於 8 月 22 日參訪之森地熱發電所係自 1982 年 11 月開始運營，是日本第 8 座商轉之地熱發電廠，亦為北海道地區唯一的地熱發電廠。此地熱發電廠採雙閃發式系統，如圖 21 所示；目前共 9 口生產井運作，深度約在 655 至 3,250 公尺，另有 10 口還原井，深度約在 508 至 2383 公尺，如圖 22 所示。最初成立時，額定輸出功率為 50MW，後來因產能減少而輸出銳減，遂 2012 年 9 月申請變更額定輸出功率為 25MW。與其他同型電廠最大差異是其冷卻塔通風板為木板材質而非金屬材質，目的是為了避免鏽蝕問題及便於更換(如圖 23)，本次團隊參訪紀實如圖 24 所示。

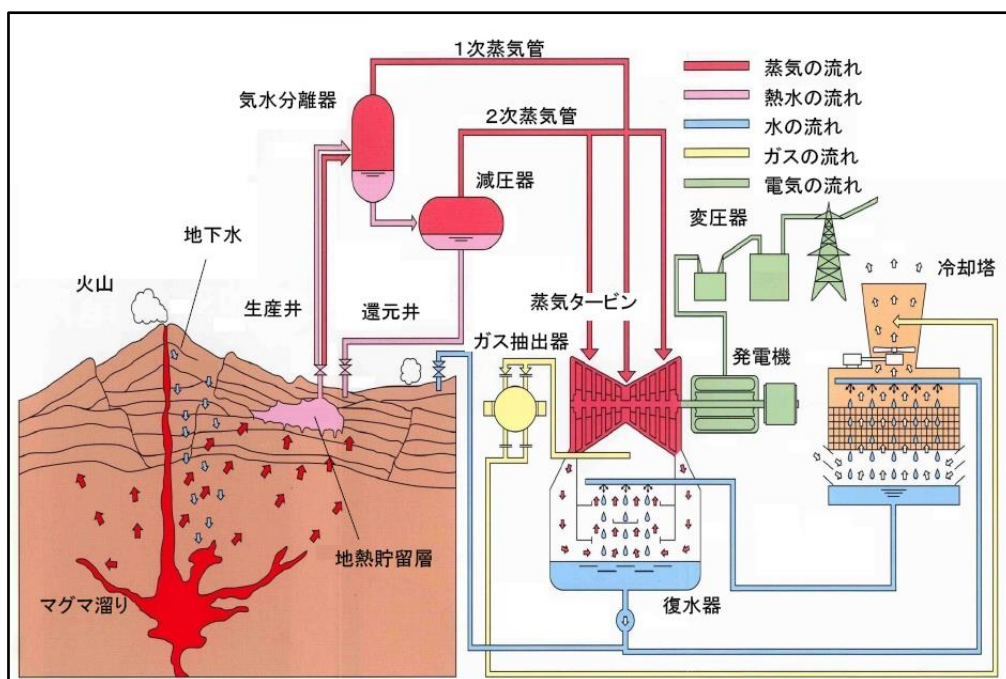


圖 21 森地熱發電所發電流程



圖 22 森地熱発電所蒸気生産基地配置圖



圖 23 森地熱発電所冷卻塔



圖 24 團隊與日方人員討論情形

2.台灣發展過程及對應作為：

回顧台灣地熱發電開發沿革，與日本同樣位於太平洋火環帶，應具同樣豐厚的地熱資源，為探勘潛在的地熱資源，政府自 1966 年起針對臺灣北部之大屯山火山群地熱區進行為期六年之大規模地質鑽探調查，評估該地區的地熱資源雄厚，但因當時工業冶金技術尚未純熟，需投入大量資金建置高價的耐酸抗蝕生產設備，經評估認為不具經濟效益，因此探勘作業完成後即暫時停擺。無獨有偶，跟日本地熱發電發展軌跡類似的是，1973 年第一次能源危機爆發，台灣重啟地熱鑽探工作，探勘作業遍及全臺，最終確認清水地熱區擁有良好的地熱溫度與豐沛的地熱流體，遂於該地建置 3MW 的「清水地熱發電廠」，並在 1981 年 4 月正式商轉。然而，該電廠於運轉 12 年後終因地熱井內結垢問題造成熱液產能逐年衰減，致發電量隨之遞減，後於 1993 年停止發電。

從台灣地熱發展及日本洽公經驗來看，地熱井結垢阻塞、管路鏽蝕是地熱電廠的共通且難以迴避的問題；而隨著商轉時間的演進，地熱資源也將逐漸減少甚至枯竭，進而導致發電量逐步下降，更是地熱發電廠難逃的宿命。

據悉，台灣曾在 1985 年由工研院於宜蘭縣大同鄉土場地熱區建置裝置容

量 260 kW 的朗肯(Rankine)雙循環式發電試驗系統，以作為二氧化碳副產品回收、地熱生產與防垢技術之研究與地熱直接利用研究場地，經長期運轉證實雙循環發電系統在適當調節控制下，地熱產能並無衰減現象。根據此研究成果，兩大地熱發電計畫-「清水地熱電廠再轉」及「仁澤地熱發電計畫」應運而起，後者係於宜蘭縣大同鄉籌設仁澤地熱發電廠，同樣採朗肯雙循環式發電系統，裝置容量為 840 kW，預計最快 2024 年可以進行商轉。該案場的裝置容量雖小於清水地熱發電廠，卻是台灣自清水地熱發電廠結束營運以來，相隔 30 年再新建籌設之地熱發電廠；而前者則是由宜蘭縣政府於 2016 年採「民間興建營運後轉移模式 (Build-Operate-Transfer, BOT) 和民間企業改建或增建 (Rehabilitate-Operate-Transfer, ROT)」方式針對清水地熱發電廠之地熱井之修復進行招商，後由得標人於 2021 年正式取得電業執照營運商轉，統計至今(2023)年 7 月底止，已成功發電 3,825 萬度。然而，有關地熱井結垢阻塞、管路鏽蝕以及地熱產能衰減等問題是否從此無虞，則尚待時間與運轉實績來驗證。

另外，森地熱發電所因應當地氣候環境，利用其發電後的熱液尾水促進地方農業發展，活絡在地產業與農稼，創造與地方的互利共生模式殊值仿效學習。相對傳統式大型電廠所招致之民眾疑慮及遭遇地方抗爭等，此類再生能源電廠之設置，若能善用互利共生原則，製造電廠與地方雙贏的非零和賽局，則所遭遇之反彈可能較小，殘餘之風險則可能來自前期的鑽探、資金以及法規限制等。

四、日本國內輻射防護、保健物理領域專家意見交流

(一) ALPS 處理水劑量評估

關於 ALPS 處理水海洋排放之輻射影響評估結果，東電公司依據日本政府於 2021 年 4 月決定的 ALPS 處理水處置相關「基本方針」，同時並遵守依據國際標準所制定管制標準，對 ALPS 處理水海洋排放的設備設計及運作方式進行規劃，並評估排放對人體及環境所造成之影響。

評估方法是依據 IAEA 之核能安全標準文件及國際放射防護委員會(International Commission on Radiological Protection, ICRP)的建議進行。選定經常於排放地點周邊海域活動的個人作為代表，以評估「受到最多影響」的狀況，以下列輻射曝露路徑與生活習慣進行評估：

1. 攝取海產物途徑：海產物攝取量較平均水準者、攝取量最多之兩種人。
2. 在海中游泳或潛水途徑：每年有 96 小時在海中游泳者。
3. 沙灘(陸地上)吸入水花途徑：每年有 500 小時待在海岸邊者。
4. 船體運動(船上)或漁撈作業(船陸地上)途徑：每年有 2,880 小時(120 天)乘船出海，其中 1,920 小時(80 天)在漁網附近作業者。

同時，並由 ICRP 所建議的「參考動植物」中選定廣泛棲息或分佈於核電廠周邊海域的鰈魚、螃蟹、褐藻類進行評估。

評估結果顯示 ALPS 處理水對於生物體的影響，相對於一般人之劑量限度（每年有效劑量 1 毫西弗），為約 50 萬分之 1 至約 3 萬分之 1；而就排放對動、植物（鰈魚、褐藻類）而言，其輻射影響為 ICRP 所提倡之標準值的約 300 萬分之 1 至約 100 萬分之 1 倍，而對螃蟹之影響評估結果，則為約 3,000 萬分之 1 至約 1,000 萬分之 1 倍。總結其輻射影響評估結果遠低於一般人年輻射劑量限度（每年有效劑量 1 毫西弗）、海洋排放 ALPS 處理水的劑量約束值（每年 0.05 毫西弗／人），以及 ICRP 針對不同物種所訂定的標準值。

此外，東電公司也針對海洋擴散進行動態模擬評估，從模擬結果顯示，若從距離核電廠約 1 公里之海底（海底隧道出口）進行排放，年平均表層海水之氫濃度高於目

前周邊海域海水中氚濃度的範圍，由濃度 0.1 至 1 貝克/公升，微幅上升至 1 至 2 貝克/公升之範圍，但僅限於核電廠周邊 2 至 3 公里之區域內。此外，海底隧道出口附近之氚濃度亦立即下降趨勢，數值經評估更低於 WHO 所規定之飲用水準則（1 萬貝克/公升）。

(二) 國際輻射防護及法規發展，以及日本境內輻防管制

ICRP 每隔十數年即更新輻射防護管制建議報告，這些報告為世界各國制定輻射防護法規提供了重要參考。ICRP 的建議報告均是以前一版報告為基礎，逐步修訂，而非全盤更替。

各國引入 ICRP 新防護建議入法的歷程涉及 IAEA 和 OECD 等組織發佈之國際基本安全標準(International Basic Safety Standards, BSS)，各國政府會根據這些標準結合國情和實際情況制定法律法規。這個過程通常需要數十年的時間，因為從 ICRP 報告提出到法規實施需要一定時間。過去的輻射防護主要關注保護人權，為此，通常將人員曝露分為三種基本類別，包括職業曝露、醫學曝露及公眾曝露。近年來，ICRP 也開始考慮環境的輻射防護要領。

目前各國在輻射防護法規層面上，幾乎引用 ICRP 於 1991 年所公告第 60 號報告(ICRP-60)為基準，隨著輻射防護意識抬頭，原先遺傳效應的風險發現有被高估計算情況，ICRP 遂針對舊有內容，經新穎的生物模型評估及實驗數據引入進行修訂，並於 2007 年提出第 103 號報告(ICRP-103)。ICRP-103 提出了三種不同的輻射曝露情境，分別為計畫性曝露(Planned exposure)、緊急性曝露(Emergency exposure)和既存性曝露(Existing exposure)。公眾曝露定義為由計畫性曝露、緊急性曝露及既存性曝露引起之曝露，但不包括任何職業曝露或醫學曝露。

台灣目前採用的《游離輻射防護法》及《游離輻射防護安全標準》等相關法規均基於 ICRP-60 內容制定，其中針對保護民眾和輻射工作人員之劑量限值，在 ICRP-103 與 ICRP-60 內容是一致的。根據 ICRP-103 的建議，本公司將密切關注核安會或各國法規的修訂資訊，以漸進、穩健的方式逐步修訂法規。

肆、洽公心得與建議

一、福島事故後之情形與反思

經由本次洽公，更加貼近了解福島電廠事故對於民眾心靈與周遭環境之衝擊，使本團隊更虛心面對及思考相關議題與整備。特別是福島事故災後之重建與復原亟需各界及時動員，國內災後動員之力道仍有強化之空間；以上種種台灣應與日本保持聯繫與合作，透過討論與互相學習，因應核子事故之整備能力。

二、台灣與日本對於放射性核廢料處置之情形比較與建議

台灣從第一部核能電廠營運迄今已有 44 年，與日本情況類同，對於營運及除役期間所產生高低階放射性廢棄物都是目前必須用心面對與思考的課題。日本對於放射性廢棄物處理，已集結日本各核能電力公司挹注經費與研發人力，建置六所村放射性廢棄物處置場，日本為地小人稠且位處環太平洋地震帶國家，須大幅節省處置場之土地，將土地利用最大化。因應非核家園，高階核廢料再處理並非選項之一，但高低階核廢料的最終處置仍須盡快覓得地點與方案。台灣低放最終處置選址因地方婉拒公投而無法推進。而高放射性廢棄物處置場址依照國際標準研析地質調查工作，也因地方鄉民反對而暫停。未來台灣除須加強辦理公眾溝通與宣導工作，並應持續參與國際合作，瞭解他國選址地質條件，並發展處置技術收集台灣地質資料，包含與產官學研等單位合作，再依法辦理社會溝通，以「先技術工程、後社會工程」順序推動相關處置工作。

另外，最終處置場址之選定事涉廣泛，宜將相關事項法制化俾利推動「高放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例」，而相關法制作業之延宕，必將不利於用過核子燃料最終處置之執行，建議應及早進行場址設置法制作業，俾利用過核子燃料最終處置之執行。

三、規劃核能及輻射防護(保健物理)專業人才培育

此次洽公除了參訪設施之外，未來本公司核能除役工程、核廢料處理/處置，以及輻射防護或保健物理人才培育亦為重要。

台灣核廢料處理技術與處置規劃與國際接軌同步推動，目前多是透過國際合作方式進行，特別是日本與台灣同為人口密集之島嶼國家，且地質條件亦與台灣類同，藉由本次洽公行程，實地了解日本對於低放射性廢棄物處置的具體作法，以及高放射性廢棄物處置推動方向。

考量日本與台灣地理位置相近，有關核廢料處理與處置技術，未來若能比照台日工程技術研討會方式進行交流，以獲取最新的發展資訊，相信對於本公司核廢料處理發展將有莫大助益。特別是，福島電廠目前已於今年8月開始排放ALPS處理水，亦可藉由交流方式，了解更詳細及完整的資訊，有助於化解國內民眾對於氚水排放的疑慮。

國內核能電廠營運期間及未來除役，都必須面對核廢處理的問題，且核廢料處置，特別是高階核廢料最終處置時程長達數十年，本公司必須思考相關技術傳承並持續培養相關專業人才，特別是有關輻射防護(保健物理)專業人才，若能獲邀派員赴日本相關機構，例如東電公司、JNFL、JAEA、NUMO等深化學習，並能將日本最新資訊與技術引進國內，相信對於推動高/低放射性廢棄物處理與處置必然有所助益。