

出國報告（出國類別：開會）

赴日本參加 OECD-NEA 核設施除役技術合作計畫第 74 次除役諮詢小組會議(OECD-NEA CPD TAG-74)

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：張文彬 核能技術經理

謝長霖 輻射防護專員

派赴國家/地區：日本

出國期間：112 年 10 月 22 日至 28 日

報告日期：112 年 12 月 13 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：赴日本參加 OECD-NEA 核設施除役技術合作計畫第 74 次除役諮詢小組會議(OECD-NEA CPD TAG-74)

頁數 16 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司/黃惠淪/(02)2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

張文彬/台灣電力公司/第一核能發電廠/核能技術經理/(02)2638-3501#3090

謝長霖/台灣電力公司/第一核能發電廠/輻射防護專員/(02)2638-3501#3132

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 開會 6 其他

出國期間：112 年 10 月 22 日至 28 日

派赴國家/地區：日本

報告日期：112 年 12 月 13 日

關鍵詞：核能電廠除役

內容摘要：(二百至三百字)

經濟合作發展組織所屬核能署之核設施除役計畫(OECD-NEA-CPD)於 112 年 10 月 22 日至 27 日於日本掛川(Kakegawa)舉行「第 74 次技術諮詢會議(TAG-74)」，台電公司於 103 年 6 月以「核一廠(金山電廠)除役計畫」加入 (OECD-NEA-CPD) 專案會員，故於本次會議中，本公司向各與會國成員分享核一廠除役之工作執行狀況及相關除役工作成果，並透過其他與會會員對其所屬除役計畫之工作內容，相互進行比較及討論，藉此了解各國除役情境、執行之相關技術發展及實務經驗等。另本次會議亦安排一日至中部電力公司濱岡核能電廠實地參訪，除參訪對外民眾展示館外，本次亦實際進入管制區參觀拆除作業及物件量測之執行情形，以利各與會國理解實地作業情形。

目錄

壹、出國目的.....	6
貳、出國過程.....	7
參、會議內容摘要.....	8
肆、心得及建議.....	16

表目錄

表 1、本次出國主要行程.....	7
-------------------	---

圖目錄

圖 1.	與會成員於濱岡電廠前合影	6
------	--------------------	---

壹、出國目的

本次參與之會議係經濟合作發展組織(OECD)所屬核能署(NEA)之核設施除役技術合作計畫(CPD)所舉辦「第 74 次技術諮詢會議(TAG-74)」，TAG 會議每年於會員國召開二次，旨在提供會員間除役活動技術經驗諮詢與交流平台。本公司於 103 年 8 月 5 日以「核一廠(金山電廠)除役計畫」之名義正式加入 CPD 成為會員後，均維持每年參加 TAG 會議，以維持與國際除役業界聯繫交流管道，經由出席會員對其除役中核設施所做報告及討論，達到除役技術及經驗分享與學習之目的。

本次受邀參加之 TAG-74 會議係於 112 年 10 月 23 日至 27 日於日本掛川市(Kakegawa)舉行，會中本公司除了向與會會員分享核一廠(金山電廠)除役計畫之工作規劃現況及過去一年的除役工作成果(除役進度及離廠再確認中心(CCC)之建置)，並藉由其他與會會員對其除役中核設施所做報告及討論，獲取除役相關技術資訊、除役技術與工法、計畫管理方式與經驗等。本次會議除了就除役技術相關議題進行為期 3 日之研討會外，並實地參訪濱岡電廠(Hamaoka NPP)之除役作業現況。

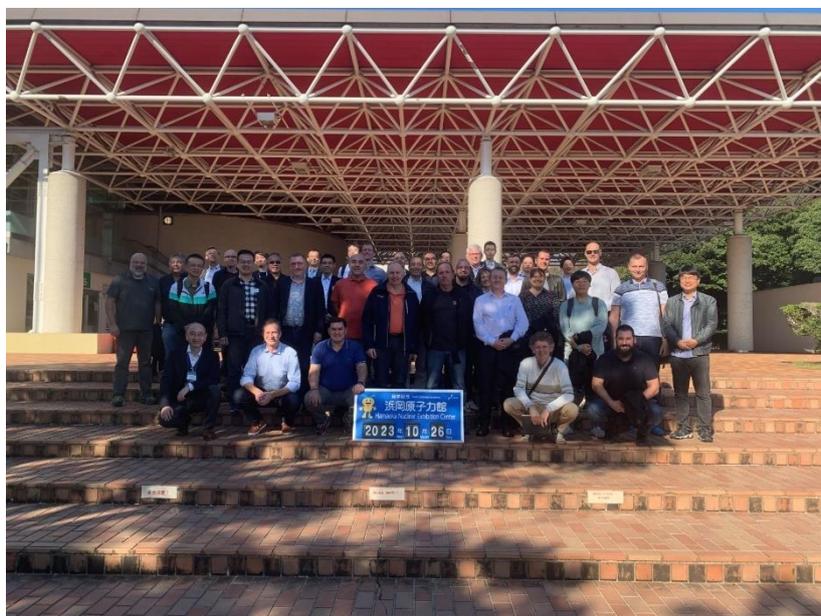


圖 1. 與會成員於濱岡電廠前合影

貳、出國過程

本次 TAG-74 會議係由日本中部發電公司假掛川市分部辦公室主辦，於 112 年 10 月 23 日至 27 日於日本掛川市舉行，本次會議本公司由核一廠核能技術組張文彬經理及謝長霖工程師參加。

- 一、本次出國主要行程表如表 1 所示，會議自 10 月 23 日起共進行 5 日，分為閉門會議及現場參觀行程，自 10 月 23 日至 25 日進行 3 日討論會議，會議議程包含：
- 二、OECD-NEA-CPD 組織及 TAG 事務討論
- 三、各會員之核能設施除役專案進度報告(核子反應器設施 14 案、核燃料設施 4 案)
- 四、除役技術專題－除役期間有害廢棄物之處理
- 五、10 月 26 日參訪濱岡電廠(Hamaoka NPP)

表 1、本次出國主要行程

日期	工作內容重點
10 月 22 日	往程(臺北→東京→掛川)
10 月 23~25 日	全天會議討論，其中 10 月 23 日上午本公司進行核一廠除役近況簡報
10 月 26 日	濱岡電廠(Hamaoka NPP)
10 月 27 日	返程(掛川至東京)
10 月 29 日	返程(東京至台北)

參、會議內容摘要

由於參加會議之成員主要來自 CPD 組織之會員，報告內容係涵蓋核能相關設施或核子反應器之除役情形，考量對本公司而言，主要關注重點在核能電廠除役，故報告內容將著重於核能電廠除役工作相關主題之報告。

一、OECD-NEA-CPD 事務

(一) 保密事項

本會主席首先提醒與會者，為尊重本次會議內容資訊共享的保密性，於會議期間所載之資料均受 CPD 協議之第 6 條所約束，考量其執行敏感性及維護會員權益，各與會人員均需簽署保密協議，以保證會議資訊不會外流，除非各會員在資料上已註明可公開，否則均視為不可公開。

(二) OECD-NEA-CPD 組織

CPD 計畫成立於 1985 年，主要目的是做為核設施除役及安裝經驗資訊交換與分享平台。成立初期成員為 8 個國家的 10 個除役計畫，截至 2022 年已成長至 15 個國家/地區及 73 個除役計畫(43 個反應爐及 30 個燃料循環設施)。

(三) 後續 TAG 會議舉辦事務

1. TAG-75 將由德國 AVR 負責舉辦，規劃於 2024 年 5 月在科隆舉行，除役技術專題題目為「除役活動及廢棄物資料數位管理系統」。
2. TAG-76 將由美國負責舉辦，規劃於 2024 年 10 月在美國水牛城夫 West Valley Site 舉行。
3. TAG-77 預定於 2025 年 5 月在法國舉行，由 CEA 及 ORANO 主辦。
4. TAG-78 預定於 2025 年 10 月舉行，舉辦地點未定。

二、各除役專案進度報告

本次會議報告內容繁多，涉及核子反應器設施及核燃料設施等各類型核設施除役作業，考量對本公司而言，主要關注重點在核能電廠除役，故本部份報告內容將著重於各國核子反應器機組除役工作之進展。

(一) 斯洛伐克 Bohunice V1 核能電廠除役計畫

斯洛伐克 Bohunice V1 核能電廠包含 2 部 WWER 機組，分別於 2006 年及 2008 年停止運轉，電廠除役執照分成兩階段，第一階段執照是在 2011 年取得，第二階段執照則在 2014 年取得。其除役目標是在 2027 年以前將所有建築物(除廢棄物貯存場外)均完成移除，除役至限制性使用狀態 (brown field)(原計畫是 2025 年前完成，目前已規劃展延至 2027 完成)。

(二) 台灣核一廠(ChinShan)電廠除役計畫

台電公司本次報告之 2023 年工作進度主要有 3 大項：氣渦輪機的拆除、廢棄物管理區域(WMA)之建置、離廠再確認中心之建置。

(三) 丹麥 DR3 除役計畫

丹麥 DR3 為一研究型反應器，於 2002 年停機，2023 年之工作進度是嘗試以鑽石索鋸進行乾式切割拆除生物屏蔽牆及鋼桶，目前已以圓盤鋸切除第一層並進行第二層切割。目前在討論使用索鋸取代圓盤鋸之可能性，因為切割速度較快。

(四) 瑞典 Ågesta 除役計畫

Ågesta 是瑞典的第一座商業反應器 PHWR，功率為 12MWe，運轉於 1964 年至 1974 年期間。在 1974 年停運後，移除了用過核燃料、重水和兩個熱交換器。此後該設施一直處於維護管理狀態。在 D&D 開始之前，於 2019 年安裝了新的系統和設備。D&D 包括幾類主要活動 -分別為反應器壓力容器及反應器內部組件之拆除，以及其他系統和設備之拆除與除污。因該反應器係建於地底，除役目標是在 D&D 結束時保留除污後結構，並密封洞穴，故反應器所在的岩洞將通過灌漿在所有開口處密封。外圍之控制室和密封區域外的其他區域可供其他用途使用。目前該計畫仍在進行外圍之拆除作業中。

(五) 日本普賢(Fugen)除役計畫

日本普賢為重水反應器(ATR)，於 2003 年停機，自 2022 年至 2026 年間，將逐步移除大型組件，另同時開始規劃反應器廠房內之除污及拆除作業。因應處置場地的設計要求，對廢棄物從原有之瀝青固化方法轉為水泥混合和固化方法，故需移除原有之瀝青固化設備，並在其位置上安裝水泥混合和固化設備，規劃自 2022 年 10 月至 2023 年 12 月拆除瀝青固化設備，並自 2023 年至 2025 年間建置水泥混合和固化設備，預計於 2025 年開始運轉。

(六) 日本福島(Fukushima)除役計畫

日本福島第一核能電廠共有 6 部機組皆為沸水式反應器，於 2011 年停止運轉，2022 年的主要工作進度是處理事故產生的燃料殘骸及開始建置 ALPS 處理後廢水排放系統，而 ALPS 處理水自 2023 年 8 月 24 日開始排放。並以大量海水稀釋 ALPS 處理水，使得氚的濃度遠低於環境排放的監管標準。實際氚濃度約為 200 Bq/L，應排放的總氚量將保持在每年 22 萬億 Bq 以下。在緊急情況下，將關閉緊急隔離閥，藉以終止廢水排放。同時有關對外溝通部分，更設置了總體輻射監測數據瀏覽系統（ORBS）。該系統收集了東京電力公司以及相關部門、機構和地方政府等公開的海域監測測量結果，並以地圖格式顯示，如福島縣、核能管制機關(NRA)、環境省和東京電力公司所取樣的海水和魚類的激素和氚濃度監測數據，均可被相關利害關係人透過該系統進行檢視。

(七) 瑞典 Ringhals 1&2 除役計畫

瑞典 Ringhals 1 號機為沸水式反應器(BWR)，2 號機則為壓水式反應器，分別於 2020 年及 2019 年永久停止運轉，Ringhals 電廠正積極進行 2 號機預力圍阻體之解除應力工程，後續待取得更多實務成果後，可做為我國核三廠拆除之參考經驗。

另針對廢棄物離廠偵檢事宜，亦積極建置相關量測區域，包含三個主要偵檢模式，包含 Gross-gamma 的箱型解除管制偵檢、純鍮偵檢器搭配旋轉平台及放射性廢棄物之整箱純鍮計測。

(八) 韓國研究型反應器除役計畫

韓國研究型反應器 2 部機皆為 TRIGA 反應器，分別自 1962 年及 1972 年開始運轉，並均於 1995 年停止運轉，自 2000 年其除役計畫核准後，目前其除役工作已進展到第三階段(2016~2026)，主要進行主體結構拆除，並進行土地外釋，未來將於原址興建紀念館。

(九) 比利時 BR3 除役計畫

比利時 BR3 為壓水式反應器(PWR)，運轉額定功率為 40.9MWth，為歐洲建立的第一座 PWR，亦為第一座步入除役之 PWR，於 1987 年永久停機，2022 至 2023 年之工作進度是拆除反應器廠房的反飛射物混凝土板(Anti-missile slabs)及生物屏蔽牆，並預計於 2023 年的下半年開始進行反應爐底部生物屏蔽拆除作業。

(十) 日本濱岡(Hamaoka)電廠

濱岡核電廠位於日本靜岡縣御前崎市，由中部電力公司運營。濱岡核電廠的第四和第五機組自 2011 年 5 月 13 日起停止運轉，第三機組正在進行檢修。濱岡-1 和濱岡-2 與我國核一廠為同型機組，並於 2009 年 1 月 30 日停止商業運轉，預計在 2036 年完成除役。

根據 2015 年 3 月 16 日提交給國家政府並於 2016 年 2 月 3 日批准的除役計畫，中部電力公司已進入第二階段的除役階段，包括拆除排氣煙囪、渦輪機和其他反應器廠房外圍設備，以及對反應爐壓力容器進行除污和污染狀況調查。

同時針對除役廢棄物，已建置相關解除管制廢棄物離廠偵檢之程序及安裝相關偵檢設備，並已開始將解除管制之金屬廢棄物送往外部鎔鑄廠進行再製，並於廠內進行使用，後續將持續推廣各地電廠使用該重新鑄造之材料。

(十一) 瑞士 Muehleberg 電廠除役計畫

瑞士 Muehleberg 為沸水式反應器，該電廠是 GE 的單機組 372MWe 出力，反應器為 BWR-4 型式，Mark 1 圍阻體，與我國核一廠同型，於 1972 年開始運轉，是瑞士首座除役的核電廠。於 2019 年永久停止運轉，目前之除役工作進度已完成用過核子燃料運送瑞士臨時中央儲存設施

(ZWILAG)、並逐步拆除主冷凝器設備及抑壓槽(torus)，而爐心內部構件的拆除，目前已於承攬商之場地，開始進行拆除工具之實體模擬測試，後續將依現場實際狀況進行工具微調，預計於 2024 年 1 月與拆除包商展開開工會議。

另瑞士 Muehleberg 考量其汽機廠房廠地空間，適合將將物料處理設備設置於此，該區域已設置包含 3 套噴砂除污設備，1 套高壓水柱除污設備及 1 套熱切割設備。

(十二) 法國 G1 反應器

法國 G1 反應器屬於法國 CEA 公司，位於法國 Marcoule，其為天然鈾石墨氣體反應爐（NUGG），係以天然鈾燃料，並以空氣冷卻氣體反應爐及石墨作為中子減速劑和反射體之反應器。起初設計目的是為了提取鈾。該廠興建於 1955 年，並運轉於 1956 年至 1968 年間。因其反應器型態與我國商用核電廠差距較大，故其經驗較不適用於我國電廠。

(十三) 德國 AVR 除役計畫

德國 AVR 是高溫氣冷反應器，於 1988 年停止運轉，自 2022 年 10 月起，開始進行 confinement 內側的混凝土結構拆除，該公司有開發多樣套件及不同尺寸之器械，可供未來除役結構拆除時之機器選用參考。

(十四) 西班牙 Jose Cabrera 核電廠除役計畫

西班牙 Jose Cabrera 核電廠為單一 PWR 機組，淨發電量為 160 Mwe，圍阻體為鋼筋混凝土構造、頂蓋則為不銹鋼材質，反應器尺寸為高 5.87m、內徑 2.82m。1964 年開始興建，商轉日為 1969 年 8 月 13 日，2006 年被政府要求停機。電廠於 2010 年 2 月由業者將所有權轉移至國營除役機構 Enresa 公司進行除役作業，主要反應爐內部組件及除役拆除作業發包給西屋公司。目前除役工作已進入尾聲，相關主要組件之拆除及除污均已完成，目前逐步進行外圍建物及輔助廠房等附屬設施之拆除工作。

(十五) 我國核研所 TRR 除役計畫

我國核研所 TRR 為 CANDU 反應器，於 1988 年停機，並於 2004 年取得除役許可，主要的除役活動包括清理使用過的燃料池，移除乾式貯存容

和反應爐拆除。目前 TRR 燃料池的所有清理活動已經完成。該空間已被重新利用來貯存反應爐拆除後之內部組件。燃料貯存窖拆除工作及新建燃料貯存設施預計於 2023 年底完成。

(十六) 義大利 Garigliano 核電廠除役計畫

Garigliano 核電廠於 1982 年永久停機，起初之除役策略為安全貯存，然除役負責公司 Sogin 公司於 1999 年改變政策，轉為立即拆除，並於 2012 年取得除役許可。於永久停機後，將廠區改為安全貯存狀態，停用多數系統，並等待放射性物質之自然衰變，同時將用過核子燃料運送至 Saluggia 並清空用過核子燃料池。目前所面臨之課題為廠內相關廢棄物貯存空間之興建，並為了後續之水下切割作業進行設備準備，嘗試恢復原有之用過燃料池過濾系統。

(十七) 日本東海電廠一號機(Tokai-1)除役計畫

東海 1 號是一座 166 MWe 的氣冷反應器，是日本第一座商業核電廠。它於 1966 年開始運轉，並於 1998 年停機，自 2001 年開始進行除役工作，預計於 2025 年完成。除役大致上可分為三個階段：第一階段：拆除反應爐以外之設施(如汽機發電機)並安全貯存反應爐，相關第一階段作業已完成。第二階段作業：拆除 SRU 並繼續拆除非反應爐設施，本階段作業仍持續進行中。第三階段：拆卸反應爐區域及 SRU，並完全拆除非反應爐設施，從組件自每座建築中移除，並將建築拆除後恢復成綠地解除管制。

三、除役設施現場參觀-濱岡電廠(Hamaoka NPP)

本次會議負責辦理單位為日本中部電力公司，研討會第四天議程即安排除役之濱岡核電廠參訪。濱岡電廠廠區共具五部機組，其中濱岡-1 和濱岡-2 與我國核一廠為同型機組，並於 2009 年 1 月 30 日停止商業運轉，預計在 2036 年完成除役。而其餘三部機組因目標為繼續運轉，廠區除了除役工作外，亦同時進行大量福島後改善工作。

(一) 參訪路線

本次廠房內之參訪路線為先至原低壓飼水加熱器區，該區現已將低壓飼水加熱器拆除，並將該區域作為廠房內廢棄物之暫存區，並接著至廠房內解除管制量測前之表面偵檢站，參訪管制區內之偵檢篩選方式，後再至乾井外，聽取現場人員介紹系統化學除污之成果，目前濱岡電廠對乾井內拆除工作仍處於規劃階段，尚未開始大規模執行，後再至反應器廠房 Torus 上方貓道，最後至兩部機共通之汽機廠房，汽機廠房現已做為大量廢棄物之暫存區，並設置噴砂除污區及鋸床做為廢棄物切割使用，該噴砂除污區係以未完全密閉之簡易塑膠布帳篷搭設，並搭配抽氣使其呈負壓狀態，避免作業過程中放射性物質飄散至廠房環境。

本次廠房內之參訪路線及相關廠房，本次共約 2 小時之廠房內走訪，劑量配章讀值為 0.00mSv，雖其顯示單位較大，然仍可顯示當核燃料移出反應爐後，電廠已無主要之射源貢獻，且電廠之主要劑量貢獻核種為 Co-60，該核種之半衰期約為 5 年，當電廠經長時間停機無連鎖反應發生後，如再輔以管路沖洗或系統除污，劑量將顯著將低。

在離開廠房後，又再至廠房外之解除管制量測中心參訪，並由現場人員解釋解除管制之實務做法。

(二) 解除管制之實務做法

日本之解除管制之流程，會先將本階段預計離廠之物件統一申請偵檢方案，向管制機關申請本階段物件之解除管制量測方案，以日本濱岡電廠為例，第一階段申請方案之解除管制對象約 7700 噸。待主管機關核定量測方案後，再依現場作業需求，逐批依照核定之方案執行偵檢，每批之偵檢結果將送管制機關審查確認，依據濱岡電廠經驗，每批次之

結果確認，管制機關審查時間約為 3-5 個月不等，迄今為止，濱岡電廠已完成約 1400 噸物件之解除管制偵檢。

物料現場拆除後，會先進行表面掃描，確認無熱點殘留，廠房內之表面偵檢站採用塑膠閃爍之隧道式平面偵檢儀，判定符合標準後才能進行解除管制偵檢。

而解除管制之量測方式，主要以比活度做為主要標準，標準依據係參考 IAEA 之 $10 \mu\text{Sv/yr}$ 之劑量標準，如有不符標準者，則需退回管制區進行再處理。偵檢合格之物件，則會移至偵檢合格之倉庫進行暫存，等待廠商接收離廠。

肆、心得及建議

- 一、本次會議參考各國簡報及至濱岡電廠實體參訪，針對有污染擴散疑慮或空浮疑慮之作業環境，會以簡易方式進空間包封，然多數包封並無使用結實結構，主要以塑膠布搭配現場可固定結構，或搭配帳篷結構方式進行局部包封，以塑膠布或帳棚結構搭設工作空間有其輕便亦移除之優點，採用透明塑膠布，亦可在包封結構外目視觀察內部作業情況，且塑膠質地柔軟之特性，在不架設差壓計等狀況下，亦可明顯觀察到整體作業空間是否具備負壓功能。
- 二、OECD NEA 之 CPD 每年會於會員國召開二次 TAG 會議，是會員間除役活動技術經驗諮詢與交流很重要的平台。故各國代表均採長期固定人員與會，以加深成員間之羈絆，故建議未來本會議之參與人員，建議可固定人員與會，以利與各國代表維繫感情，並加深彼此印象，有助我國取得國際參與成員群資訊，更有助於未來技術及資訊之私下交流。
- 三、TAG 會議主席及其他國家會員(瑞典、西班牙等)在本次議程中，多次詢問國原院與本公司未來辦理 TAG 會議之可能性，並建議屆時我國兩團隊合作共同辦理，因目前 TAG-75 至 TAG-78 均已有國家有意願主辦，我國如辦理最早可能接辦 TAG-80(議程估計落約 2026 年 10 月)，如我國有意願承辦應提早規劃，透過主辦會議，加深與各國成員之聯繫。
- 四、本次參與會議之日本 Hamaoka 電廠、瑞士 Muehleberg 電廠及未來加入計畫之西班牙 Garona BWR 與我國核一廠同為 BWR 反應器搭配 Mark I 型式之圍阻體，因此未來可與該些電廠與會人員保持密切聯繫，且除會議交流外，未來邀請他國人員來我國舉辦技術交流會議，亦為可行之交流策略。