

出國報告（出國類別：開會）

**赴德國參加 OECD-NEA 核設施除役  
技術合作計畫第 75 次除役諮詢小組  
會議(OECD-NEA CPD TAG-75)**

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：謝秉璋 修配經理

謝長霖 輻射防護專員

派赴國家/地區：德國

出國期間：113 年 5 月 11 日至 19 日

報告日期：113 年 6 月 24 日

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：赴德國參加 OECD-NEA 核設施除役技術合作計畫第 75 次除役諮詢小組會議(OECD-NEA CPD TAG-75)

頁數 19 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

謝秉璋/台灣電力公司/第一核能發電廠/核能修配經理/(02)2638-3501#3380

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：113 年 5 月 11 日至 19 日

派赴國家/地區：德國

報告日期：113 年 6 月 24 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 5 月 12 日至 17 日於德國科隆舉行「第 75 次技術諮詢會議(TAG-75)」，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 Jülich 研究中心實地參訪，並實際進入管制區參觀反應器廠房拆除作業，以利各與會國理解實地作業情形。

(部分附圖涉及智財權與機敏性，此部分附圖上網版不公開)

## 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 .....	18

## 表目錄

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

## 圖目錄

圖 1.	與會成員於 AVR 研究用反應器前合影 .....	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 75 次技術諮詢會議(TAG-75)」，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-75 會議係於 113 年 5 月 12 日至 17 日於德國科隆舉行，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、離廠再確認中心(CCC)之建置、物流管理機制等)，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 4 日之研討會外，並實地參訪 Jülich 研究中心 AVR Pebble-Bed 反應器之除役作業現況。



圖 1. 與會成員於 AVR 研究用反應器前合影

## 貳、出國過程

本次 TAG-75 會議係由德國 Jülich 研究中心主辦，於 113 年 5 月 12 日至 17 日於德國科隆舉行，本次會議本公司由核一廠核能修配組謝秉璋經理及謝長霖工程師參加。

本次出國主要行程表如 Jülich 研究中心

表 1 所示，會議自 5 月 13 日起共進行 5 日，分為會議及現場參觀行程，自 5 月 13 日至 15 日進行 3 日討論會議，出國主要行程詳如表 1 **錯誤! 找不到參照來源。**，議程主要包含：

- 一、OECD-NEA-CPD 組織及 TAG 事務討論
  - 二、各會員之核能設施除役專案進度報告(核子反應器設施 18 案、核燃料設施 8 案)
  - 三、除役技術專題－除役工程數位化及廢棄物資訊管理
- 於 5 月 16 日參訪 Jülich 研究中心

表 1、本次出國主要行程

日期	工作內容重點
5 月 11 日至 5 月 12 日	往程(台灣→法蘭克福→科隆)
5 月 13~15 日	全天會議討論，本公司分別於 5 月 13 日及 5 月 15 日上午，進行核一廠除役近況簡報及核一廠物流管理機制暨資料庫簡報
5 月 16 日	Jülich 研究中心參訪
5 月 17 日	返程(科隆→法蘭克福)
5 月 18 日至 5 月 19 日	返程(法蘭克福→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反應器除役工作相關主題之報告。

此外，由於本會中所有報告除役案件皆為除役中電廠或其他核設施，考量其執行敏感性及維護會員權益，本次 TAG 主辦單位要求各與會人員均需遵守保密協議，以保證會議資訊不會外流。故本章各圖皆摘自各國簡報，上網版本將刪除。

### 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 76 個除役計畫(45 個反應爐及 31 個燃料循環設施)。

#### (三) 後續 TAG 會議舉辦事務

1. 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。
2. TAG-77 預定於 2025 年 5 月在法國舉行，由 CEA 及 ORANO 主辦。
3. TAG-78 預定於 2025 年 10 月舉行，由 ENRESA 主辦，舉辦地點於西班牙。

### 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，期電廠除役執照是分成兩階段，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 年以前完成將所有建築物移除作業(不包含廢棄物貯存場)，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 2024 年工作進度主要有 4 大項：廢棄物離廠流程說明、離廠再確認中心之建置、現有廠房空間整理及主發電機拆除。

(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。

(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，另同時已開始規劃反應器廠房內之除污及拆除作業。目前正在執行反應器廠房內 CRD Replacement Chamber 之移除作業。

在日本廢棄物解除管制體系中，目前各業者仍在積極爭取社會信任，使廢棄物可解除管制後順利離開廠區，普賢電廠亦積極爭取當地居民的信任，如舉辦工作說明會、現場參訪及教育課程等，如今廢棄物經重新再製後，用於福井縣當地之公共設施，如停車場輪檔、自行車架、路燈及告示牌等。

#### (六) 韓國研究型反應器(KRR)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。

#### (七) 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。針對生物屏蔽拆除混凝土於事前進行活化分析，並透過取樣確認分析結果，其中鄰近反應爐部分經分析屬限制性外釋，其餘較遠離部分為非限制性外釋，限制性外釋之混凝土會掩埋在特定場址。

另有關混凝土結構之拆解經驗，比利時經驗上顯示採用鑽石索鋸進行切割，並結合千斤頂錘子進行大規模切割後混凝土塊。預計自 2024 年中，開始將拆除偵檢後之混凝土，運至掩埋場。並持續進行周邊廠房及輔助設施(如實驗室、桶槽等)。

#### (八) 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)，而爐心內部組件

的拆除，將於三個水池(乾燥器及汽水分離器存放池、用過核子燃料池及反應爐穴)同步進行。

有關汽機廠房主要拆除作業項目，目前正進行主冷凝器之冷凝鈦管移出工作及飼水加熱器拆除作業，總計每個主冷凝器有 15000 根鈦管，鈦管移除後送至 ZWILAG 進行安置，拆除工作仍持續進行當中。而汽水分離再熱器及周邊冷卻水管路，已大部分拆除完成，針對汽水分離再熱器拆除下之熱交換管(tube)，則以低放射性廢棄物盛裝容器盛裝貯存。

#### (九) 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，2023 年的主要工作進度是進行用過核子燃料池內之物件，目前主要移除 1 號機及 2 號機之用過核子料。於福島事件中，1 號機反應器廠房結構受損嚴重，故東京電力公司將於反應器廠房外建置新包封結構，以順利執行內部作業。除安裝包封結構體，亦包含原反應器廠房工作樓層除污、燃料填換層工作區域整理及燃料吊車安裝作業，預計於 2027 年至 2028 年才會開始進行燃料移除工作。

針對反應爐內之碎屑(Debris)移除工作，因反應爐內部屬高活度環境，人員無法直接進入進行偵檢，故規劃透過遙控機器人及機器手臂，進行內部環境分析及取樣試驗，自 2023 年起，以 2 號機為試驗標的，進行機械手臂之安裝及前端取樣頭之測試作業。

另針對廢棄物管理部分，液體部分以建置 ALPS 廢水處理系統，ALPS 處理水截至 2024 年 2 月止，已累積約 133 萬公秉之水量，目前污染水之產量，已從事故初始之每天 540 公秉降為每日 83 公秉，已有顯著降低。自 2023 年 8 月 24 日開始排放 ALPS 處理水，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，迄今為止，共計排放 4 批次，總計排放 31,145 公秉廢水及總計 4.5TBq 的氚。而針對固體放射性廢棄物，則經過減容及焚化後，以暫貯於廠內方式處理。

#### (十) 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。其建造目的是進行物理實驗及燃料測試，該反應器之除役策略為將反應堆容器整體移除並臨時存放的策略。

自 2022 年 10 月起，開始進行 Confinement 內側的混凝土結構拆除，德國 AVR 選用了一種特殊的機具(Brook 800series 機器人)，有 4 隻腳架在 4 個混凝土塊上，工作手臂前端換上鑽頭時可以破壞混凝土，另依據了解，該系列機器任廣泛各國混凝土拆除作業，該公司亦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。

#### (十一) 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，2023 年持續進行拆除廢棄物之管理，並逐步進行廠址之最終偵檢及整治工作。在 2024 年，將會進行原排放渠道之整治改善。

#### (十二) 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，移除乾式貯存窰和反應爐拆除。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。舊燃料貯存窰拆除工作及並利用該窰體，新建為低放射性廢棄物貯存區，目前已完成各單元分隔間之設置。針對該反應器本體部分，Upper thermal shield 已完成第一階段之拆除作業，Calandria 則已完成初步之切割規劃，預計於 2024 年第三季開始進行水下切割作業。另水下作業切割區之切割池之洩漏狀況已於 2023 年修復完成，目前水下切割作業機具安裝、切割及吊運安裝等測試作業。

### (十三) 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。

### (十四) KNK 鈉冷式反應器除役計畫

KNK 是德國實驗性緊湊型鈉冷式反應器，自 1966 年至 1971 年開始興建，並自 1971 年運轉至 1991 年 8 月。緊湊型鈉冷式反應器是一種快中子增殖反應器的原型，該反應器之除役許可分為 10 階段，已完成前 8 階段之除役工作，目前第 9 和第 10 除役許可正在並行進行中。預計於 2030-2040 年完成除役工作。

### (十五) 德國 MZFR 多用途研究用反應器除役計畫

簡稱 MZFR 是一座重水冷卻和重水調節的壓水反應爐。該反應器建於 1961 年至 1965 年間。並於 1965 年 9 月 29 日首次達到臨界狀態。該反應爐主要興建目的為燃料元件、測試材料開發及人員培訓。該反應器於 1987 年開始進行除役工作，除役目標為將場地恢復到「Green Field」的狀態。預計於 2030-2035 年完成除役作業。

### (十六) 比利時 DOEL 及 TIHANGE 除役計畫

DOEL 及 TIHANGE 均為 TAG-74 新增之計畫，目前仍屬前期規畫及作業階段，DOEL 廠址及 TIHANGE 廠址分別有 3 部機及 2 部機將進行除役作業，機組均為 PWR，最小機組之淨發電量為 445MW 最大之淨發電量為 1008MW，故均屬商用級之核電廠，除役作業將分別由各地之團隊平行進行，預計於 2045 年後完成該 2 廠址共計 5 部機組之除役作業。

### (十七) 德國 Greiswald 核電廠除役計畫

德國 Greiswald 核電廠，係由八座 WWER 440 MWe 反應爐組成，其中 1-4 號機組分別運行了約 17 年、16 年、12 年和 11 年，5 號機組運行不到 1 年，而 6-8 號機組則處於建設中。該項目的目標是將該場地退役後

用於工業再利用（Brown Field）。策略中的一個關鍵要素是將大型組件整體拆除、運輸和貯存。

目前持續進行周邊廠房及廠房內系統之拆除工作，包含監測區內一般廠房及管制區受污染之廠房，主要遭逢的挑戰為受污染廠房結構之除污作業。除污後之廠房將現地進行偵檢及解除管制。目前已著手進行輔助廠房下半部之偵檢作業，而廠房上半部仍在進行除污作業中。

在 2024 年將持續進行 1 號輔助廠房之結構體偵檢作業，並以相似之執行步驟，進行 2 號輔助廠房之偵檢及除污作業，及 3 號輔助廠房內部之系統設備拆除作業。

#### (十八) 西班牙 Garoña 核電廠除役計畫

Garoña 核電廠除役計畫為本次 TAG-75 新增之除役計畫，該電廠位於西班牙，裝置容量為 466 MWe，其機組類型為 GE BWR-3，圍阻體形式為 MARK-I，我國核一廠為相近形式之機組。

該電廠建設始於 1966 年，並於 1971 年 3 月 2 日首次接入西班牙電網，於 1971 年持續運轉至 2013 年，於 2017 年宣布停止運轉，並於 2020 年開始進行執照移轉工作，於 2023 年正式將其執照移轉予西班牙除役專營公司 ENRESA。

該電廠整體除役規劃分為兩階段，第一階段為 2023 至 2026 年，該階段主要工作為用過核子燃料管理、主要冷卻水管路的除污以及汽機廠房大型組件的拆解，從而於汽機廠房內建置相關廢棄物處理設備，使其具廢棄物處理功能。第二階段預估自 2026 年至 2033 年，主要工作包含：拆解主要組件（包含反應爐及其內部組件），並在清除任何可能的污染後拆除建築物，並進行後續之廠址復原工作。

#### (十九) 韓國 Kori 核電廠 1 號機除役計畫

韓國 Kori 核電廠 1 號機興建於 1971 年至 1977 年，並自 1978 年運轉至 2015 年，該機組為西屋之 PWR，裝置容量為 576 MW，於 2015 年決定永久停機，並自 2015 年起開始準備除役計畫，於 2017 年正式宣布永久停機。

於 2018 年起，發包執行除役規劃工作，目前仍在申請除役許可階段(已進行至第四回合審查意見回復)，規劃自取得除許可後 13 年內完成除役作業。唯該時間僅屬業者自行規劃之時間，並不受管制機關及法規強制規定，未來將依實際除役現況調整除役期程。

### 三、除役技術專題

本次除役技術專題為「除役之數位化及廢棄物資訊管理」，各國依其除役期間有所運用或開發中之數位化工具，於會議上與大家分享，各國主要提出之作法物包含 3D 模型建置、模型資訊整合、VR 訓練模擬操作、廢棄物資訊管理、廢棄物流資訊及廢棄物盛裝容器標籤等。

針對各國所提出之數位化工具，主要可分為兩大類別，分別為電廠 3D 模型及廢棄物流資訊整合平台。

在電廠 3D 模型建置部分，多透過 3D 點雲或現場拍攝 360 照片，並透過 CAD 進行建模，在模型建置後，可結合廠內相關調查資訊，如將輻射特性調查資訊整合進該系統內，使工作人員可不必頻繁進入高劑量環境進行現場勘查，並可透過建置之模型進行作業前模擬及達成教育訓練等目的。唯考量除役為頻繁變動之環境，如需頻繁維持最新版本之 3D 模型資訊，將耗費大量成本及人力。故各國成員針對是否需建置全廠完整 3D 數位模型一事，仍抱持不同看法。且 3D 建模之模型亦須搭配現場勘查，避免建模與現場實況出現差異，如工作人員未至現場實地勘查，僅憑 3D 模型資料進行操作，將可能於現場產生作業落差，甚至導致不必要之工安風險。較大之共識點乃係針對較高劑量及風險之環境，可透過建模預先了解及模擬現場作業狀況。如高劑量桶槽體房間之拆除作業、反應器內部組件拆除作業、反應器拆除之現場布置模擬等。

而有關廢棄物流管理部分，各國主要分類標的共同包含：材質、廢棄物來源、比例因數、廢棄物類型(低放射性廢棄物、可外釋廢棄物等)、表面劑量資訊、重量及是否為有害廢棄物等。故我國所採用之廢棄物物流流程及分類，與各國邏輯亦大致相仿。

#### 四、除役設施現場參觀-德國 AVR 現場參訪

本次會議負責辦理單位為德國 Julich 研究中心，研討會第四天議程即安排除役之 AVR 參訪。AVR 反應器(德文:Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor)是一座原型的卵石床反應器，建於 1960 年，於 1967 年連接到電網，並於 1988 年關閉。它是一座 15 兆瓦電功率、46 MW 熱功率的實驗型反應器，用於開發和測試各種燃料和機械。

經過 21 年的運營，最初的計劃是「安全貯存」該反應爐。然於 2003 年，整體除役策略發生了變化。在聯邦政府和北萊茵-威斯特法倫州之間的行政協議中，改為同意對該設施進行「立即拆除」。

本次參訪主要參訪其拆除中之反應器廠房、因應拆除反應器廠房而設置之新密封結構，及完整吊運出之反應器壓力槽及其內部組件。

隨著立即拆除該廠的新策略，為了一次性吊運重約 1,930 噸的反應爐容器及其內部組件，最初需要建造一座新的建築物，即所謂的密封結構(類似現行之二次圍阻體)。這座結構將原反應器廠房包圍，並在此結構上為該一次性移動反應爐壓力槽安裝了必要的基礎設施。由於計劃係一次性將反應器壓力槽及其內部組件舉起並移動至其他廠房安全貯存，因此首先需要在球狀燃料移除後，先灌漿固定內部組件，以避免其中的石墨粉塵外洩。經過幾年的測試，在 2008 年 11 月 4 日，500 立方米的特殊多孔輕質混凝土被注入到反應爐內，從而實現了前述要求。

整體除役前期最主要之任務，即將反應爐壓力容器及其內部組件一次性拆除，考量內部特殊 C-14 核種，目前仍未有適合之處置廠可接收該高活度之 C-14，故須將其整體挪移至廠區內獨立廠房貯存，在 2008 年 11 月填充了輕質多孔混凝土後，在確保了所有前提條件後，容器首先在新建之包封結構中，用四個來自重型運輸的起重千斤頂拉環機構，順利從反應器廠房的舊位置一次性吊運出來，並透過轉向架，將其水平放置於置放架上，並拖運至其他廠房內安全貯存。反應器壓力容器將在廠區內預計於貯存數十年，直到最終找到合適的最終處置設施才能進行最終處置。

反應爐移除後，將進行反應器廠房之混凝土拆解，拆解過程係使用一台帶有蜘蛛底座的 Brokk 遙控拆除機器人進行廠房拆除工作。通過遙控機器人

手臂上的各種附件，可以在無需不斷更換整台機器的情況下拆除混凝土和厚壁鋼板。目前該除役計畫，仍持續透過 Brokk 拆除機器人，拆除圍阻體及混凝土結構。

## 肆、心得及建議

- 一、OECD NEA 之 CPD 每年定期召開兩次 TAG 會議(每年 5 月及 10 月)，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，以加深成員間之熟悉，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。目前本公司已成立相關工作小組，小組成員將積極透過資料庫蒐集整理 TAG 資訊，另除實體會議上簡報互動外，建議未來與會人員，可於會後私下與各國成員餐敘進一步互動，將更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。
- 二、本次會議期間，已口頭向 TAG 主席及執行秘書，表達我國辦理 TAG 會議之意願，因目前 TAG-75 至 TAG-78 均已有國家有意願主辦，暫定於 TAG-82 會議(議程估計落約 2027 年 10 月)將由我國辦理，並建議屆時我國兩團隊合作共同辦理，並及早規畫相關事宜，另於 TAG 會議結束後，可考慮將與我國同型電廠之代表(如瑞士 KKM 電廠及西班牙 Garoña 電廠等)多留於台灣數日，辦理進一步之技術交流 Seminar，以取得更貼近我國機組之實務資訊。
- 三、在有關廢棄物解除管制部分，本公司於會議上簡報之廢棄物離廠偵檢執行策略，各國代表討論間，均表示本公司執行方式與各國方式相仿，採用之標準亦為遵循 IAEA 所提出之每年 10uSv 之劑量限值，故顯示本公司廢棄物離廠偵檢，為符合國際間之共識作法。唯各國之離廠最終處置方式較為多元，各國有所屬之專業放射性廢棄物接收廠商，或具可接收低微放射性之特定場址，故未來蒐集各國相關廢棄物處理策略資訊並擬定我國專屬方針時，需再詳加比對各國廢棄物處理情境，篩選其廢棄物最終去處，避免資訊混用。
- 四、本次會議之技術專題，在有關廢棄物流管理分類邏輯，各國主要分類標的及邏輯與本公司策略相仿，包含如材質、廢棄物來源、比例因數、廢棄物類型(低放射性廢棄物、可外釋廢棄物等)、表面劑量資訊、重量、是否為有害廢棄物及下一處理站等。本公司核一廠已建立一套廢棄物物流管理準則，應可透過前期拆除案，大膽嘗試執行拆除及物流分類作業，並隨執行案件積累經驗，後續依不同拆除標的物，逐步進行彈性調整使整體流程精簡化及最佳化減少後續除役費用。

- 五、從各會員國分享的除役經驗而言，並沒有一定的拆除順序及拆除流程，最後拆除的工法均依各廠特性及各國處理廢棄物量能而有所不同，並沒有哪種方式是最佳的方法；本公司核電廠於發電運轉期間均設有乾式(大型噴砂房)及濕式除污設備(高壓沖水設備、超音波除污設備..等)，針對初期拆除設備，如汽機廠房各項設備(包含高、低壓汽機轉子)、聯合(輔助)廠房各項設備均有一定除污能力，建議未來各項拆除工項在獲得管制機關許可後即可進行拆除作業，累積一定拆除經驗後再適時擴增所需或不足除污設備應是較務實做法。
- 六、本公司核一、二廠現已進入除役階段，惟拆除作業仍受限於低放射性貯存庫之興建及低階放射性承裝容器(T-Box)之製造而受限，建議未來可思考在上述兩案完成前先行拆除並就地暫存之可行性，以利未來除役工作之進程。此外，公司若能思考使用國內其他獲得主管機關認可之低階放射性承裝容器，並規劃存放於既有低放射性貯存庫內或許也可幫助目前除役電廠所面臨的困境。