

出席第 16 屆核設施除役與拆除工作團隊(WPDD)會議  
及第 34 屆核設施除役計畫(CPD)經營階層會議

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：簡福添 處長

丁 宇 除役組長

派赴國家：法國

出國期間：104.11.21 ~ 104.11.29

報告日期：105.1.18

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

出席第 16 屆核設施除役與拆除工作團隊(WPDD)會議及第 34 屆核設施除役計畫(CPD)經營階層會議

頁數 98 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)2366-7685

出國人員姓名/台灣電力公司/單位/職稱/電話

簡福添/台灣電力公司/核發處/處長/(02)23667040

丁 宇/台灣電力公司/核後端處/除役組長(02)23657210 轉 2240

出國類別： 1 考察  2 進修  3 研究4 實習 5.其他(開會)

出國期間：104.11.21 ~ 104.11.29 出國地區：法國

報告日期：105.1.18

分類號/目：

關鍵詞：核能電廠除役

內容摘要：(二百至三百字)

100 年 11 月 3 日政府宣佈新能源政策，既有核能電廠將不再延役，據此，核一廠 1 號機將於 107 年停止運轉。本公司首次面臨核能電廠除役規劃，積極參與國際核能除役組織，汲取國外除役經驗，以期能順利執行除役工作。本次出國任務在參加經濟合作發展組織(Organization for Economic Cooperation and Development, OECD)所屬核能署(Nuclear Energy Agency, NEA) 在 104 年 11 月 23 日至 25 日於法國巴黎召開的第 16 屆除役與拆除工作團隊(Working Party on Decommissioning and Dismantling, WPDD) 會議，以及 OECD 所屬 NEA 之核設施除役計畫(Co-operative Program on Decommissioning, CPD)於 104 年 11 月 25 日至 27 日於法國巴黎 WPDD 會議同一地點召開的第 34 屆經營階層會議。WPDD 隸屬 NEA 下設之放射性廢棄物管理委員會 (Radioactive Waste Management Committee, RWMC)，是專責核設施除役與拆除技術研發創新與任務需求的工作小組。WPDD 會議係提供全球核設施在除役拆除方面交流之平台，關注重點在除役政策、策略及管制之分析，且包括物料管理、基金與成本估算、廠址建物除役後釋出等議題。我國以中華台北名義為觀察員，受邀參加本次 WPDD 會議，並在會議中報告中華台北核能電廠除役準備現況。CPD 組織的宗旨在提供除役技術之交流與活動等資訊共享，可藉由會員對其除役中核設施所作報告及討論，獲取除役相關資訊。本公司於 103 年正式加入 CPD 成為會員，今年係以會員身分受邀參加本次經營階層會議。

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

(附件涉及機敏性資料，不上傳)

## 目 錄

壹、出國目的.....	1
貳、出國過程.....	3
參、會議內容摘要及心得.....	4
肆、建議事項.....	20
附件一、除役與拆除工作團隊會議議程	
附件二、核設施除役計畫經營階層會議議程	
附件三、核一廠除役規劃準備現況簡報	
附件四、國際核能除役相關資訊更新	

## 壹、出國目的

本次出國目的在參加經濟合作發展組織(Organization for Economic Cooperation and Development, OECD)所屬核能署(Nuclear Energy Agency, NEA) 在 104 年 11 月 23 日至 25 日於法國巴黎召開的第 16 屆除役與拆除工作團隊(Working Party on Decommissioning and Dismantling, WPDD) 會議，以及 OECD 所屬 NEA 之核設施除役計畫(Co-operative Program on Decommissioning, CPD)於 104 年 11 月 25 日至 27 日於法國巴黎 WPDD 會議同一地點召開的第 34 屆 CPD 經營階層會議。

WPDD 隸屬 NEA 下設之放射性廢棄物管理委員會 (Radioactive Waste Management Committee, RWMC)，是專責核設施除役與拆除技術研發創新與任務需求的工作小組。WPDD 會議係提供全球核設施在除役拆除方面交流之平台，關注重點在除役政策、策略及管制之分析，且包括物料管理、基金與成本估算、廠址建物除役後釋出等議題，以促進國際間在核設施除役與放射性廢棄物管理之合作。目前參與 WPDD 共有美、英、法等 21 個國家，以及國際原子能總署(IAEA)與歐盟執委會(European Commission，EC)二個國際組織。WPDD 每年召開一次會議，由 NEA 巴黎總部與工作小組會員國輪流舉辦。WPDD 成立 16 年來的工作成果包括：對於核能設施及除役時所產生的廢金屬回收再使用、除役設施的核種特性調查研究、各會員國除役工作經驗交流、除役設施經費之估算、核能設施運轉期間與停機後對除役工作的準備、及除役後設施土地再利用的研究等，均分由各個工作組進行研究。另外每年均設定有一主題研究，協助會員國針對除役工作需要，互相研究探討。

NEA 於 1985 年成立核設施除役合作計畫(Co-operative Program for the Exchange of Scientific and Technical Information Concerning Nuclear Installation Decommissioning Projects，簡稱 CPD)，CPD 組織的宗旨在提供除役技術之交流與活動等資訊共享，可藉由會員對其除役中核設施所作報告及討論，獲取除役相關資訊。截至 2015 年底 CPD 共有 25 個組織機構(Organizations)加入，分布在 13 個 NEA 會員國家、1 個非會員經濟體(Chinese Taipei)及歐盟執委會(EC)。本公司歷經多年的努力爭取，於 2014 年 7 月獲所有 CPD 會員國同意，並於當年 8 月 27 日以核一廠之除役計畫正式加入 CPD 成為會員，今年係以會員身分受邀參加本次 CPD 經營階層會議。

為擴大核設施除役國際經驗的交流與技術分享，我國積極爭取參加 NEA/WPDD 會議。經多方努力，於 2014 年 6 月獲 NEA 邀請我方出席 10 月在俄羅斯莫斯科舉行之第十五屆會議。今年再次受邀以觀察員身分參加 WPDD 會議，我方代表團成員包括原能會物管局鄭維申組長、核研所魏聰揚主任及本公司核能發電處簡福添處長及核能後端處丁宇組長。WPDD 會議中本公司報告核能一廠除役規劃辦理現況，深獲美國能源部、英國及瑞典等代表的熱烈討論。藉由

參與此工作小組會議，可與 WPDD 所有會員國進行除役技術交流，並蒐集最新核能電廠除役資訊與學習實務經驗技術，以提昇我國核設施除役作業之安全與成效。

## 貳、出國過程

### 2.1 行程概要

日期	地點與行程	工作內容
11月21日(六)	台北 - 法國	去程
11月23日(一)	法國巴黎	參加第16屆除役與拆除工作團隊(WPDD)會議
11月24日(二)	法國巴黎	參加第16屆除役與拆除工作團隊(WPDD)會議
11月25日(三)	法國巴黎	參加第16屆除役與拆除工作團隊(WPDD)會議
11月26日(四)	法國巴黎	參加第34屆核設施除役計畫(CPD)經營階層會議
11月27日(五)	法國巴黎	參加第34屆核設施除役計畫(CPD)經營階層會議
11月28日(六)	法國 - 台北	返程

2.2 參加第16屆除役與拆除工作團隊會議(議程詳如附件一)

2.3 參加第34屆核設施除役計畫經營階層會議(議程詳如附件二)

## 參、會議內容摘要及心得

### 3.1 除役與拆除工作團隊(WPDD)會議

在OECD/NEA的組織架構中，最高層級為核能指導委員會，其次為各專業委員會，例如放射性廢棄物管理委員會(RWMC)，專業委員會下設工作小組，例如除役與拆除工作小組(WPDD)，工作小組之下為任務小組，例如WPDD下設有除役成本估算任務小組(DCEG)、輻射特性與除役任務小組(TGRCD)、核設施場址復原任務小組(TGNSR)及運轉中與停機後核設施除役準備任務小組(TGPFDD)。截至2015年10月，參與WPDD之會員國共有21個OECD會員與觀察員，分別為比利時、加拿大、捷克、芬蘭、法國、德國、匈牙利、義大利、日本、南韓、荷蘭、挪威、波蘭、羅馬尼亞、俄羅斯、斯諾伐克、西班牙、瑞典、英國、美國等；2個國際組織為國際原子能總署(IAEA)與歐盟執委會(EC)。

WPDD自2001年成立以來每年召開一次會議，會議地點除固定在NEA巴黎總部外，隔年則由各會員國輪流舉辦。以往曾分別在俄羅斯(2014年)、英國(2012年)、美國(2010年)、斯諾伐克(2008年)、英國(2007年)、比利時(2005年)、西班牙(2003年)、德國(2002年)等國舉辦。本屆為例行性會議，假巴黎NEA總部舉行，與會代表主要來自各國之管制機關、政府機構、核設施經營者、電力公司及研發單位等。除我國外，計有波蘭、捷克、斯諾伐克、俄羅斯、美國、瑞士、荷蘭、芬蘭、德國、法國、義大利、日本、韓國、挪威、西班牙、瑞典及英國等國近40人出席，IAEA及NEA派6人參加，總計與會人士達到50餘人。

按WPDD會議原則，本屆會議的議程分為NEA發展與活動說明、經常性業務報告、特定議題討論、核設施除役管理專題—延長除役或暫緩拆除工作，WPDD未來發展與作業包括新的技術議題、國際的發展、各國資訊更新，WPDD工作會議、受邀出席國家與單位之專題報告等部分。

會議第一天首先由西班牙籍WPDD主席SANTIAGO先生(西班牙ENRESA公司除役部門主管)致歡迎詞，並確認前一屆(第15屆)的會議決議事項。接著由NEA的RPRWM組長Michael Siemann進行經常性業務報告及CPD主席TRIPUTTI先生報告最近一年之活動與成效。IAEA代表報告最近一年辦理與核設施除役有關之活動與成效、NEA代表報告RWMC最近一年之重要活動、成效與未來重點工作。接著由四個任務小組包括除役成本估算、核設施場址復原、輻射特性與除役作業及除役與拆除作業之研究發展，分別報告最近一年之活動成果與未來工作規劃。

第二天進行的討論主題為核設施延長除役與延遲拆除(Extended and Deferred Decommissioning)議題，先由IAEA代表針對立即拆除與延後拆除兩方案，比較先進行分析或待問題出現再處理之優劣性提出報告。再分別由英國、法國、荷蘭代表共提出三篇報告，包括延後拆除的挑戰、法國改變除役策略緣由說明、荷蘭放

射性廢棄物集中長期貯存策略等。

第三天上午進行各項主題的討論，其中包括由核後端處丁宇組長代表本公司在會議上報告核一廠除役規劃之準備現況(報告內容如附件三)，主要說明核一廠基本運轉資訊、我國對於除役法規管制規定、除役規劃時程與時間表、核一廠廠區在除役時與除役後土地再使用的規劃說明、運轉期間所完成初步輻射特性調查結果、3D廠區結構說明與計畫中反應器解體的規劃等資訊，並針對核一廠放射性廢棄物的偵測結果與除役作業相關事項逐一說明。報告後WPDD執行秘書Inge WEBER女士特來向本公司致意，表示非常高興能在WPDD會議上聽取並瞭解台灣核電除役準備的狀況。美國NRC代表Boby先生在聽取本公司報告後表示，從簡報內容了解到台灣除役廢棄物規劃方式有諸多參酌美國系統之處，同時對於本公司目前按部就班的除役規劃情形給予高度的肯定。瑞典Studsvik公司代表LARSSON先生更於會後向本公司代表致意，詢問是否可以提供核一廠輻射特性調查的工作成果，做為WPDD輻射特性調查任務小組的個案研究(Case Study)之用。隨後由各國補充說明過去一年來，在核設施除役及拆除作業管理有關的更新資訊(如附件四)，並介紹WPDD新委員及宣布明年會議預定於11月14~18日在義大利舉行。下午的特定議題為遠東地區核能設施除役狀況，分別由韓國、我國及日本等代表提出報告。核研所魏主任報告我國核能研究所除役與化學除污技術發展，獲得美國能源部、英國及瑞典等代表的熱烈討論。藉由參與此工作小組會議，除可與WPDD所有會員國進行除役技術交流，分享各國所累積的除役經驗，提昇我國核設施除役作業之安全與成效外，更以觀察員身分向未來我國正式加入WPDD的目標繼續邁進。



圖一、二 WPDD 16 我國代表團及會議剪影

第十六屆WPDD會議較重要的討論內容如下所述，包括各工作小組報告、核設施延長除役及延遲拆除及遠東地區核能設施除役情形。

#### 一、各工作小組報告



CPD主席報告，CPD有66個研究計畫仍在進行中，參與團體有25個，計有14個國家與歐洲經濟體參加會員。目前最大工作在於研商過去研究成果的保存方式，工作組正探討利用新的伺服器或雲端硬體，在確保安全的前提下，讓會員分享所累積的資訊。今年TAG58工作會議於5月18-22日在德國舉行，討論議題為核能設施除役作業安全認可程序。TAG59工作會議於10月12-16日在斯洛伐克舉行，討論議題為核能設施除役期間異常事件與意外事故案例分析。2016年5月及10月將分別在比利時與日本舉行TAG會議。

除役成本估算任務小組報告今年工作成效，主要是為完成除役經費評估與除役項目評定的導則建議“The Practice of Cost Estimation for Decommissioning of Nuclear Facilities”，此報告係利用各國除役工作經驗所完成的經費預估，對不同類型核電廠、研究用反應器、燃料製造工廠等除役工作或除役策略進行分項評估，可提供核能國家未來除役經費估算參考。而目前正進行IAEA與OECD/NEA合作計畫，題目為除役工作尚無法確認的費用的評估。其主要範圍在於意外事件與風險評估，在準備和管理核設施除役成本估算作業時，無法確認的費用包括“偶發性”和“不確定性”兩種狀況。“偶發性”係指所定義中的一個活動項目，針對該特定項目可能發生了潛在性的成本增加，當發生了成本增加現象，其原因主要是由於一些工作項目中出現新的問題所造成。然而，根據已完成之計畫統計，整體而言，發生“偶發性”狀況所增加成本的範圍，通常僅限於10~30%之間。而“不確定性”係指計畫管控未考慮的項目所導致的成本變化，如；匯率的波動、未預料到的通貨膨脹率，管制法規的改變、新技術或廢棄物處置途徑的可適用性等等。“不確定性”因素對計畫成本的影響可能遠比“偶發性”因素為大，已有許多不同的解決方法可用於處理“不確定性”問題，且每個國家亦可使用不同的工具組合，如數值模擬或情景分析等模式，來處理此類問題，此報告預計2016年底完成。

輻射特性與除役任務小組報告自2010年起，分兩階段進行建立核能設施除役輻射特性調查策略，第一階段已於2013年完成，隨後進行第二階段工作，目標為放射性廢棄物及物質最終狀況的分析。有11個國家參與研究，成員包括獨立驗證專家、除役作業團隊、管制單位、核設施營運業者、處置場營運業者、放射性廢棄物處理業者及特別顧問團等共同組成。其主要工作項目由研討不同法規、標準與導則著手。透過問卷與經由12個國家不同核設施除役的案例研究，嘗試分析與定義可行性策略與特性調查模式，預計將於WPDD17會議進行成果說明。(圖三、四)

核設施場址復原任務小組報告研究進程，包括由除役計畫、污染調查、場址概念規劃、放射性廢棄物處理、風險評估、資訊管理及研究發展著手。並認為場址復原不能只靠地表清理或地下水的清潔標準來認定，另須考量 1.未來場址的使用，2.移走有害物質或控制有害物質風險的做法及 3.放射性廢棄物的處理等方面。目前有些國家規範採取定義解除管制標準或準則，而非採基本風險分析的做法，將有助於場址復原目標，使長期管控結果可符合管制標準，以達保護環境

與人類健康的目的，此報告預定於2016年第一季完成。



圖三、四 除役設施輻射特性調查作業與分析

運轉中與停機後核設施除役準備任務小組是依據WPDD 15會議成立，目前有25個團體與9個國家參與此任務小組，啟動會議已於今年3月4日舉行。第一次會議在6月底舉行，之後每個月進行電話會議。進行工作包括1.審視國際間核設施除役相關工作的文件，2.比較各國除役管制規範差異性，3.比較各國對於除役許可的作業方式，4.闡述除役項目的範圍，5.其他延伸的議題等，預定於WPDD 17會議中進行成果報告。

IAEA代表針對一年來在核設施除役相關活動進行說明，目前IAEA致力於建立除役國際網路平台。主要目的為提供有關除役作業的經驗交流：提高對於建立除役計畫選擇策略的注意力與必要性，期能集中多方面資源，加速世界各國對於除役工作的準備等。2015年的平台活動有：4月在美國舉辦除役設施及場址復原的安全評估訓練；5月在印尼辦理小型核設施的除役訓練；6月在愛沙尼亞辦理書蘇聯廢料處置場除役訓練；7月再法國舉辦核種特性量測、取樣及建物復原訓練；10月在中國辦理地區性訓練，課程為研究用反應器除役、放射性廢棄物處理與保健物理訓練；11月在德國參與除役與環境復育工具箱會議、除役產生可解除管制廢棄物訓練、在IAEA總部辦理除役作業管制者與業者年度論壇；12月辦理核設施除役案例討論會議等。2015年並辦理第3次日本福島核災除役審視任務，協助審視處理汙染廢水；地下水入侵廠房的計測；移出用過核燃料及受損燃料作業；放射性廢棄物處理、貯存及核種鑑定等，另外在研究方面，協助人員訓練、核能安全文化及與民眾溝通等，希望藉由國際組織的力量，協助日本早日完成福島核災的復原與後續受損核電廠的除役規劃。(圖五、六)

在技術報告方面，IAEA計發布四本報告：研究用反應器除役費用評估 (Cost Estimation of Research Reactor Decommissioning, NW-T-2.4)、核設施意外事件後除役與場址清理的案例分析與經驗交換 (Experiences and Lessons Learned

Worldwide in the Cleanup and Decommissioning of Nuclear Facilities in the Aftermath of Accidents, NW-T-2.7)、核設施燃料池的除役 (De-commissioning of Pools in Nuclear Facilities, NW-T-2.6)、殘存於快滋生反應爐中鈉鉀的處理 (Treatment of Residual Sodium and Sodium Potassium from Fast Reactors, TECDOC-1769)。



圖五、六 IAEA專家至日本福島核災電廠協助審視

## 二、核設施延長除役及延遲拆除(Extended and Deferred Decommissioning)議題

國際間對核設施停止運轉後，基本上有三種管理策略立即除役、延遲拆除及固封。我國、日本等採立即除役策略，美國、英國、俄羅斯則採延遲拆除策略，西班牙採混合策略(立即與延遲並列)。國際間已採固封的核設施，以曾發生嚴重核事故的車諾堡核電廠為代表。

延遲拆除的挑戰。由英國Magnox集團除役組組長Paul Hunt簡報目前在英國有12座核電廠計27組反應器，最後一座Magnox反應器將於2015年停機，這些反應器是以發包方式處理。計畫經費至2021年總列40億英鎊，主要工作是將核電廠安全運轉到最後停機狀態。目前的目標訂於2028年，使12座核電廠均可達到安全停機(圖七)。在60年期間，可確認機組穩定後，再進行拆除工作。並可利用這60年時間，發展出合適的除役技術與策略來完成除役工作。英國的延後拆除採取所謂的3 Box模式(圖八)，即是採用除役核設施內存在2座已停止運轉的反應器加上一座低放射性廢棄物貯存設施，並可能採取廠內處置的模式處理除役廢棄物。目前的挑戰在於，暫存60年期間，如何執行反應器的視察作業；場址復原清理的狀況；管制者與利害關係人的接受度；廠內蒸發器的防震安全；另要注意廠房防漏及廠內保安與保全問題等。採取延遲拆除策略時，應清楚定義各種狀況的解決與技術的累積，早期與管制者及利害關係人溝通，依實際安全風險評估結果，選定拆除設施，才可能達到延遲拆除的目標。



一座低放貯存設施 兩座已停機的反應器廠房



圖七 目前英國12座Magnox核電廠位置

圖八 3 Box的延遲拆除模式

英國採用延遲拆除的考量因素，主要是目前沒有高階放射性廢棄物或用過核燃料處置場，這些放射性廢棄物須要適當的地點進行長期安全貯存；延遲可以讓短半化期核種活度大幅降低，使後續拆除工作有更好的工法選擇且能更安全地進行；對一些由政府以公務預算籌措除役經費的核設施，延遲拆除可以讓政府有足夠的時間籌措除役相關經費。

荷蘭COVRA集團Jan Boelen先生說明荷蘭對於放射性廢棄物的處理政策，在處置前先採集中貯存的策略。荷蘭目前有一座500MWe核電廠運轉中、另一座已於1997年安全停機、有兩座研究用反應器、一座鈾濃縮廠及一座核燃料生產工廠。荷蘭在1984年政策已決定採地面集中貯存方式，至少先在人工建物內安全貯存100年，並在可隨時取出的狀況，等待國家最終處置場完成再行處置。荷蘭政府認為雖然在荷蘭核能發電規模並不大，且可能將要停止使用，但後續民間工業、研究或醫療所產生的放射性廢棄物並不會停止。因此在最終處置場完成前，要安全管理這些廢棄物最妥善的方式就是集中貯存，也可利用這段時間發展新的處理技術及處置新概念。

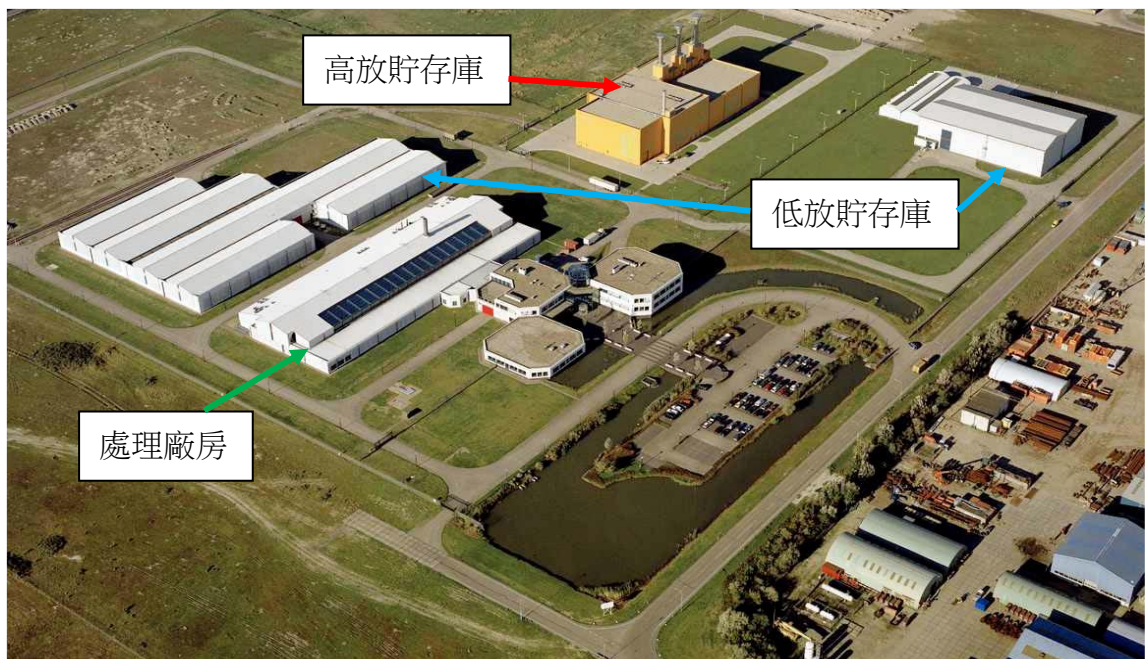
該國放射性廢棄物均由COVRA(Central Organization for Radioactive Waste)集團採集中貯存方式處理，1992年荷蘭在Borsele集中暫存低放廢棄物，1994年建立貯存庫，2003年建設高放射性廢棄物貯存設施，採自然冷卻方式，第一批再處理產生的高放射性廢棄物於2004年進廠。荷蘭的集中處貯存設施包括有廢棄物處理設施及減容設備，每座低放貯存設計容量為5000立方米，全廠區將規劃16座貯存庫，可存放包括核設施除役產生的所有放射性廢棄物。(圖九至十一)



圖九 荷蘭低放廢棄物貯存庫

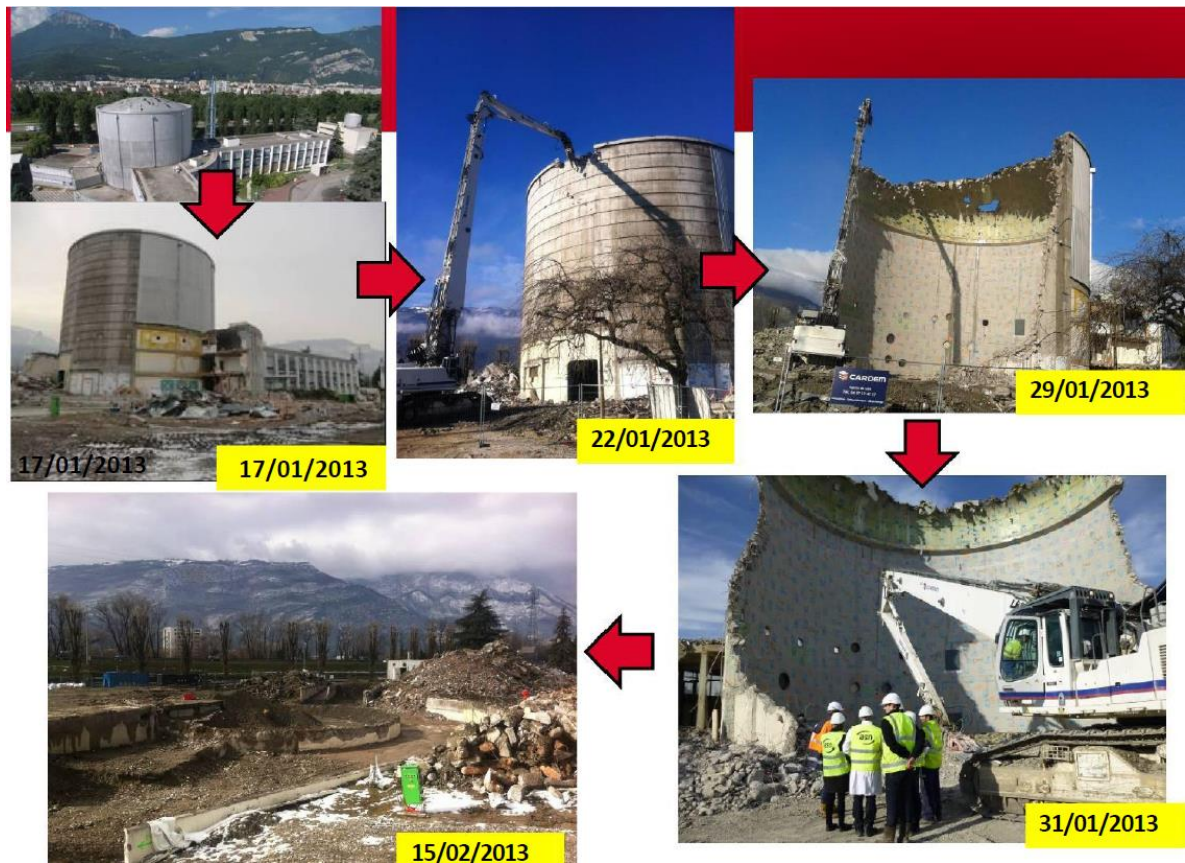


圖十 荷蘭高放廢棄物貯存庫



圖十一 荷蘭集中貯存設施場址

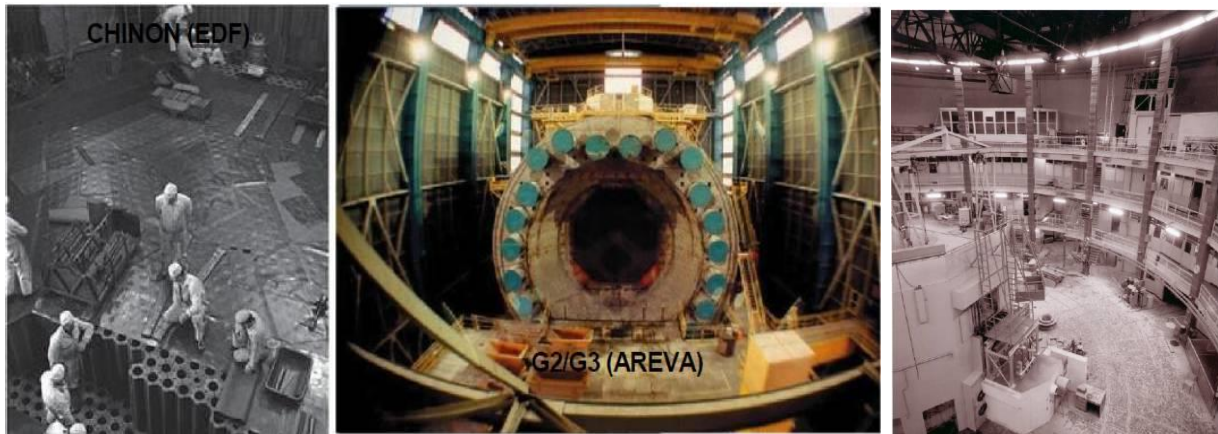
法國政府在2009年對於除役政策向業者提出建議，採用立即除役的方案。2014年在頒布的能源轉換法條中宣示，核設施除役採用立即拆除已經確定。但業者的考量卻有所不同，CEA對於除役的目標訂在使設施安全停機，優先清理位於格勒諾布爾及豐特奈羅斯城鎮邊的核設施，並就除役經費與時程考量除役的速度。而策略則視現況立即且完全拆除核設施，如果無法完全清理場址的危險物質，則採限制性使用。由於法國的核能管制機關並未規定核設施完成除役的期限，但核設施經營者基於現有員工對設施配置及運轉情況最瞭解的考量下，多決定採儘速拆除的除役策略。簡報以Siloe核電廠為例，說明其於1963年運轉至1997年停機，在2005年開始拆除，到2015年完成除役。(圖十二)



圖十二 Siloe核電廠圍阻體除役狀況

雖然法國並未採行延遲拆除的除役策略，但法國電力公司EDF經過國際相關議題分析，於本屆會議中報告因法國有石墨冷卻核電廠及重水爐，這些核設施除役將會產生23,000公噸的石墨放射性廢棄物，且這些石墨含有高濃度的碳14及氚36，無法處置在低放射性廢棄物處置場。依據法國負責處置的ANDRA公司表示目前並無石墨處置場存在，且在2025年之前也無法建立，因此對於這類設施CEA建議採行此類廢棄物暫放於核設施中，待處置場完成後再進行拆除。(圖十三)

為何法國政府在2000年改變他們對除役方式的看法?簡報中表示經過技術與經濟分析結果，立即除役與延遲拆除比較：延遲拆除可使鈷60活度降低，這理論十分簡單，但準確度並不高；因為反應器內的活度更高，且延遲拆除並沒得到好處；現在的除污技術進步，一次側的除污因數已可達1000到5000，沒必要再等60年。延遲拆除對於存在廢棄物中長半化期的 $\alpha$ 及 $\beta$ 核種量測並無幫助，但環境立法者可能會要求更多環境監測活動與輻射防護工作。延遲拆除可能有經驗傳承的問題，且會增加延遲拆除期間的維護費用。另外由第一代核設施除役經驗的累積，已建立維護與運轉及設計核電廠的經驗，有助於除役工作的規劃與進行；國際間類似核設施除役經驗，足以提供立即除役的技術；加上管制者的要求與IAEA的建議等因素，而使法國政府改變其原先除役策略而進行立即除役。



圖十三 石墨冷卻爐、快滋生反應器與重水爐將延遲除役

美國DOE及NRC兩位代表也對於美國所普遍採用延遲拆除的策略提出說明，在比較立即除役與延遲拆除在作業效益方面，美國的經驗顯示系統封存20年後，輻射劑量可降為原來的1/14，因此可大幅降低參與除役工作人員的輻射劑量。因為美國大部分核電廠為多機組的規模，各機組的運轉期限有所差異，並無法規劃同時進行拆除。依目前各國除役工作的進展，未來可能會有更先進的拆除技術，加上美國尚無用過核燃料或高放射性廢棄物的最終處置場，用過核燃料並沒有辦法移出廠外，僅能要求各核電廠進行廠內貯存。在經濟效益方面，延遲拆除有更長的期程讓民營公司來積存除役基金，可以紓解核電經營者的經濟壓力；延遲拆除可讓低放射性廢棄物因活度衰減而降低必須處置放射性廢棄物的數量，減輕業者花費在處置的費用。最後，歸納美國核電廠進行長期安全封存的經驗，有幾點值得我們注意的事項，包括用過核燃料濕式貯存期間燃料池水的保存與淨化；清理受污染地區要注意防止污染擴散；封存對長半衰期核種的活度降低影響有限；良好的除役規劃取決於完整的廠址輻射特性調查；安全封存的期程常會因非預期的因素影響，而需配合調整。由以往核電廠除役的實務經驗顯示，選擇立即拆除作業考量的因素，在作業效益方面包括沿用現職工作人員對電廠系統較為瞭解，各系統或組件仍能維持較佳的運作狀況，除役時也能提供正確資訊，方便作業進行。在經濟效益方面可以在短期時間讓電廠土地資源充分再利用，降低經營者資金壓力。在風險管理方面，儘速除役可免除長期的責任負擔、有現成的核廢料處置場可以使用且能避免處置成本大幅波動、儘早動用以往累積提存的除役基金可降低未來除役成本增高的風險；在社會影響方面，儘早除役除了符合大多數民眾的期望，也能減輕來自管制機關的監管壓力。

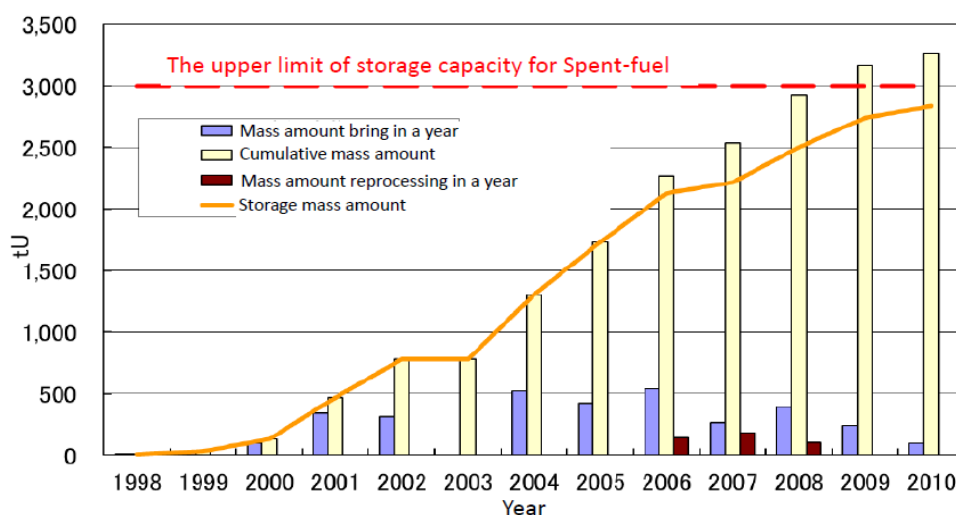
核電廠延遲拆除並非熄燈關門了事，而是要在法令許可的最長期限內，完成核設施除役。其主要的考量在於安全封存期間，如何以最少的人力與經費，達成安全的目標。在進行安全封存前，需先規劃考量的事項包括儘可能清理管路中的輻射污染、清理無污染建物、污染區採清理或隔離方式、評估各系統或組件停止

運轉、用過核燃料移除(乾、濕式；廠內、外貯存)、評估大型或被活化零組件的拆除等等。而有關停機封存所需的費用，以發生事故的三哩島二號機為例，其封存期間僅配置二位專職人力，大部份的監控、維修人力由繼續運轉的一號機調度支援，其所需費用每年約3~9千萬新台幣。

### 三、遠東地區的核能設施除役情形

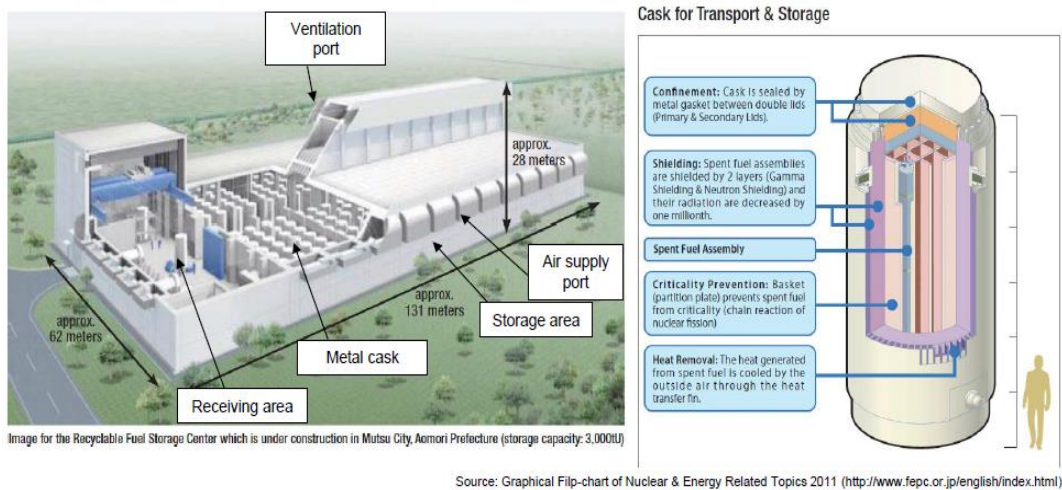
本次WPDD會議另一主要專題為遠東地區核設施除役情形，我國核研所針對TRR除役的經驗與化學除污進行分享，日本報告核反應器的除役規劃與管制機關的要求，另由韓國報告核反應器除役準備狀況等簡報，讓歐美國家了解遠東地區的核設施除役情形，並透過此專題讓其他國家對遠東地區的核能運用與除役技術能更為清楚。

日本的放射性廢棄物處理方式與我國的規劃相近，差別是其用過核燃料採用再處理回收鈾及鈾再製為MOX燃料繼續使用於反應器，形成完整核燃料循環鏈。目前在青森縣六個所村有一座低放射性廢棄物處置場及再處理後高放射性玻璃固化體貯存中心；在茨城縣東海村有一座處置測試場；大洗町有一座放射性廢棄物集中貯存中心。在2009年其國內的用過核燃料水池貯存容量已不足應用(圖十四)，因此需採用乾式貯存方式，因應日益增加的用過核燃料。規劃中新的集中貯存空間將可存放288只金屬容器，共3000公噸用過核燃料(可增加到5000公噸)(圖十五)，至於高放射性廢棄物最終處置場址仍在尋覓中。



圖十四 日本用過核燃料貯存量統計



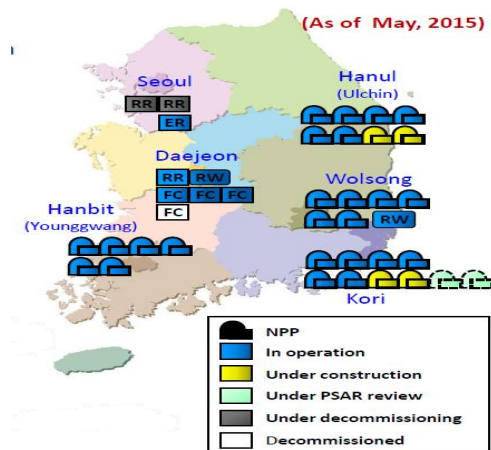


圖十五 日本用過核燃料乾式貯存設計圖

在日本的除役規劃中，核設施營運業者在機組永久停機後，必須依核子反應器管制法提出除設計畫書，送日本核能管制機關審查。其計畫書主要內容包括：除役機組描述；依材質、放射性狀況的拆除方式、機具使用；用過核燃料、放射性物質處理與轉移(包括燃料使用歷史說明)；放射性廢棄物處置計畫，含用過核燃料、放射性物質的活度、種類及數量等；除役時間表，含人力配置、輻射曝露量、放射性廢棄物產生量、使用經費、財務保證等。並規定除設計畫中必須收集的四項資料，及部分資料必須透過計算模式加以評估，包括：1.物理量測資料：設施描述的圖形，含設備結構體積、重量、輻射管制區域及建物的面積等。2.放射活度偵測資料：機件及結構的放射活度、受汙染機具及結構的面積、水泥建物受汙染的深度與範圍、機具及結構的表面劑量率及空間劑量率等。3.除役管理資訊：工作人力、人員輻射曝露劑量估算、廢棄物產量及除役費用。4.安全分析資料：利用前面三項資訊計算對於公眾造成的輻射曝露劑量與影響。

日本原子力研究所認為準備核設施除役方面，仍存在一些困難度及不確定性資訊，包括：除役費用因風險評估及選擇除役方式的不確定性；設備組件運轉與使用的不確定性；要求必須收集的四項資料的困難度；機組設施圖形化因運轉設計變更或因除汙需要而做的改變；運轉歷史資料顯示受汙染組件需有效選擇量測點或除汙工作；缺乏核設施除役經驗資料庫等，均會在設施停止運轉除役前後造成困擾，有必要進一步研究。

南韓代表Sangmyeon Ahn簡報韓國準備核設施除役經驗，目前韓國核能相關設施有24座反應器運轉中，4部正在興建；有2部研究用反應器，另外2部正準備除役；2座核燃料工廠，分別生產核電廠及研究用反應器的燃料；另外有2座放射性廢棄物處理廠及1座低放射性廢棄物處置場。未來先除役的Kori一號機為壓水式反應器，容量587MW於1978年商轉，預定於2017年永久停機。(圖十六，十七)



圖十六 韓國核能設施分布圖

圖十七 2017年將停止運轉的KORI機組

為因應核電廠除役準備，在法規方面，2015年1月韓國為除役作業修訂核子安全法及相關規範，並將制訂除役技術標準與安全審查及檢查導則。韓國法規規定，除役計畫須併同興建許可與操作執照申請時提出，並必須每十年更新一次。其除役計畫內容須包括組織架構、人員編制、除役經費來源與財務保證；除役策略、方式與時程；運轉中電廠除役準備與量測；移除放射性物質及除污方案；放射性廢棄物處理、貯存與處置；放射性物質對環境衝擊的評估；及其它主管機關要求事項。

南韓管制機關要求核設施營運者必須在永久停機後2~5年內提出除役申請，申請時業者須提出除役計畫書(初版)、品質保證計畫及民眾溝通紀錄。在管制者須確認除役報告書內容有匯總民眾對核設施除役的意見。另規定營運者除役期間需每半年需提出除役及組件拆除狀況說明，輻射管制狀況及放射性廢棄物處理狀況等工作結果。

韓國Kori電廠機組與我國核一廠商轉時間相仿，在除役規劃方面的進度也相當接近，兩方營運者可互相觀摩與交換意見。

三天的會議最後由WPDD主席西班牙籍的SANTIAGO先生，綜合本次會議各項主題的討論結果進行總結，並宣布明年會議的時間預定於2016年11月14~18日在義大利舉行。

## 3.2 核設施除役計畫(CPD)經營階層會議

### 1. NEA 近期活動報告

會議在 CPD 主席 Ivo TRIPPUTI 致詞後揭開序幕，首先登場的是慶祝 CPD 30 周年生日，簡要回顧 CPD 創始與經歷的過程，並感謝對於成就 CPD 有貢獻的人員。接續由 NEA 主辦會議之輻射防護暨廢料管理部門報告 NEA 近期活動摘要，內容如下：

- (1) WPDD 下屬四個 Task Groups(除役成本估算、輻射特性調查、廠址復原、除役前規劃準備)活動進展情形。
- (2) NEA組織下設之RWMC、CPD、WPDD之間互動發展情形。
- (3) 放射性廢料盤點與報告管理研究發展情形。
- (4) 放射性廢料前處置研究發展情形。
- (5) 日本福島事故後廢料管理與除役相關研究發展情形。
- (6) 2015年11月9-11日在莫斯科舉行“核設施除役策略方法與挑戰”國際研討會。
- (7) 2016年2月16-18日NEA將與IAEA、法國EDF、以及Areva、Studs vik在法國里昂共同舉辦“核設施除役規劃準備”國際研討會。

### 2. CPD 合約執行及行政事務(包括 CPD 會員及計畫狀況報告、CPD 財務報告、CPD 合約執行程序討論等)

#### (1) CPD 會員及計畫狀況報告

CPD 組織規模詳如下表所示。

**Organisations participating in the CPD Program**

Country	Organisation
Belgium	1. Belgoprocess NV 2. Centre d'étude de l'énergie nucléaire/Studiecentrum voor Kernergie (CEN•SCK)
Canada	3. Atomic Energy of Canada Limited/ Énergie atomique du Canada limitée (AECL/EACL)
Chinese Taipei	4. Institute of Nuclear Energy Research (INER) 5. Taiwan Power Company
Denmark	6. Danish Decommissioning
France	7. AREVA NC 8. Commissariat à l'énergie atomique (CEA) 9. Électricité de France (EDF)
Germany	10. Energiewerke Nord GmbH (EWN) 11. Vattenfall Europe Nuclear Energy GmbH
Italy	12. Società Gestione Impianti Nucleari SpA (SOGIN)

Japan	13. Japan Atomic Energy Agency <sup>2</sup> (JAEA) 14. Japan Atomic Power Co. (JAPCO) 15. The Chubu Electric Power Company 16. Tokyo Electric Power Company
Republic of Korea	17. Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI)
Slovak Republic	18. Jadrova a vvrad'ovacia spolocnost, a.a. (JAVYS)
Spain	19. Empresa Nacional de Residuos Radioactivos SA (ENRESA)
Sweden	20. Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) 21. Barseback Kraft AB 22. AB SVAFO
United Kingdom	23. Sellafield Ltd.
United States	24. Department of Energy - Office of Environmental Management
European Union	25. European Commission - Joint Research Centre Ispra

在這 25 位會員裡，共有 66 個除役計畫(Projects)，主要係因每一電力公司、研究機構等獨立組織內可能擁有數座核能電廠或核設施在進行除役，每一座除役中電廠或除役中核設施加入 CPD，即成為一項計畫。66 個除役計畫分為兩類型，商業反應器以及核燃料設施。屬於“商業反應器”共有 39 個除役計畫，當中 25 個除役計畫因保持積極的參與，CPD 評定為“第一級”(Category 1)；屬於“核燃料設施”共有 27 個除役計畫，當中 19 個除役計畫因保持積極的參與，CPD 評定為“第一級”(Category 1)。

台電公司目前加入 CPD 的金山電廠除役計畫雖然僅在規劃與準備階段，但自 2012 年申請加入 CPD 開始至今，皆保持積極參與 TAG 及 CPD 經營階層會議，因此也被判定為 Category 1 除役計畫。CPD 計畫聯絡人 Terry Benest 鼓勵會員踴躍參加技術交流，並表示 CPD 期望目前持續在進展中除役計畫之會員，能夠保持每兩次或三次當中至少出席一次 TAG 會議的參與頻度。

## (2) CPD 財務報告

根據 CPD 同意書之規定，每一會員每一年收取 3000 歐元之會費，截至 2015 年 10 月止累計收支平衡為 226,294.99 歐元，並預期在 2016 年底收支平衡可達到 269,842.83 歐元。

### 3. 新計畫與新組織申請加入 CPD 專案報告

本次經營階層會議審理俄羅斯 Rosatom 公司以加入 CPD 組織申請案，首先由 Rosatom 公司人員簡報 Bochvar Institute 除役計畫，並逐一答復與會代表提問後，會議主席詢問在場會員確認已無進一步意見，隨即說明由於俄羅斯並非 OECD 會員國，根據 CPD 協議書第 9 條之規定，Bochvar Institute 除役計畫申請加入 CPD 組織需要 CPD 全體會員的同意。基此，在無會員表達異議之情況下，主席當場宣佈全體出席會員同意 Rosatom 公司入會申請案，並請 NEA 秘書將本次會議投票結果個別通知未出席之會員，請其以通訊方式表示是否同意 Rosatom 公司入會申請案。

本次經營階層會議另審理比利時 Belgoprocess 公司之高放射性廢料貯存設施 105x 及 122x 除役計畫加入 CPD 申請案，由於 Belgoprocess 公司已是 CPD 會員，在經過計畫人員簡報並答問後，主席隨即詢問在場會員，經表決後通過 Belgoprocess 公司之新增除役計畫入會申請案。

韓國水力與核能公司 KHNP 尋求以 KORI 核能電廠一號機除役計畫加入 CPD，已受邀將在明年 5 月於比利時召開的 TAG 60 會議中進行專案報告。

### 4. 2015 年 TAG 會議重點回顧及 2016 年 TAG 會議規劃

TAG 主席 Robert Walthery 針對 2015 年的兩次 TAG 會議做重點回顧。

- (1) TAG 58 於 2015 年 5 月 18 至 22 日於德國舉行，會議的研討主題為“除役作業安全”。參與發表的有：美國 DOE Portsmouth D&D 計畫，比利時放射性廢料管理局與核能安全署，瑞典 Barseback 電廠、SVAVO 及 SKB 經驗回饋，日本核設施除役安全審核程序，法國核設施除役法規指引，以及西班牙 Jose Cabrera 核電廠經驗回饋等。
- (2) TAG 59 於 2015 年 10 月 12 至 16 日於斯洛伐克舉行，會議的研討主題為“除役作業事件及意外事故經驗回饋”。參與發表的會員分別來自比利時 Belgoprocess、日本、法國以及西班牙。義大利 Sogin 電力公司則發表核設施除役作業的安全文化訓練(Safety Culture Training)。
- (3) TAG 60 會議預定於 2016 年 5 月由比利時 Belgoprocess/SCK-CEN 電力公司主辦；TAG 61 會議預定於 2016 年 10 月由日本 JAEA 主辦。

### 5. TAG 智識庫管理機制

TAG 歷經近 60 次會議已累積大量的知識技術資訊，如何建置安全可靠的智識庫管理機制，能夠有系統有效率的保存 TAG 智慧結晶，提供會員檢索及搜尋，至為重要。此議題首先由 CPD Project Coordinator Terry Benest 提出建議可行方案，並經會員代表討論後決議如下：

- (1) 先由 NEA 官網提供 TAG 智識庫平台，並由專人負責資料維護保存。NEA 會先用 TAG 59 會議資料，以建置加密碼保護的網頁來進行個案測試，評估其可行性及是否有足夠資源。

- (2) 由 Axel Backer, Jean-Guy 及 Robert Walthery 三位共同負責蒐集所有 TAG 會議所產出的資料存放於外部硬碟，預定在下次的 TAG 60 會議中進行資訊交換。

#### 6. 會議總結

三天的會議最後由 CPD 主席義大利籍的 TRIPUTTI 先生綜合本次會議各項主題的討論結果做一總結，並暫訂明年會議的時間為 2016 年 11 月 8~9 日在法國巴黎 OECD 會議中心舉辦。

## 肆、建議事項

1. **適時於國際會議發表除役研究成果，促進除役知識分享及技術交流。**為擴大核設施除役國際經驗的交流與技術分享，我國積極爭取參加NEA/WPDD會議的機會。今年再次受邀以觀察員身分參加WPDD會議，並於會議中報告我國除役規劃與準備現況，報告後獲得WPDD執行秘書及美國NRC代表的高度肯定，甚至有來自瑞典Studsvik的代表前來致意，詢問我們是否可以提供除役計畫研究工作當中，有關核一廠輻射特性調查工作成果，做為WPDD輻射特性調查任務小組個案研究(Case Study)之用。本公司自102年10月著手辦理核一廠除役許可申請及除役作業規劃，經過除役工作團隊兩年多來的努力，已獲得許多有關核設施除役技術面與管理面的研究成果，希望未來能將我們的研究成果，適時的在國際除役研討會上發表，一方面可展現我國在核設施除役技術方面研究發展的能力，達到國際間除役經驗分享及技術交流之目的，同時也是培養公司潛力人員參與國際事務能力的好機會。
2. **繼續參加NEA/WPDD會議並爭取成為正式會員的機會。**WPDD會議宗旨係提供全球核設施在除役拆除方面交流之平台，促進國際間在核設施除役與放射性廢棄物管理之合作。WPDD之下設有數個工作任務小組，例如：除役成本估算任務小組(DCEG)、輻射特性與除役任務小組(TGRCD)、核設施場址復原任務小組(TGNSR)及運轉中與停機後核設施除役準備任務小組(TGPFD)。其中關於“除役成本估算”以及“運轉中與停機後核設施除役準備”等議題，也是公司目前推動核電廠除役規劃作業當中，所面臨到非常重要且極需努力學習的課題。建議未來應繼續參加會議，並努力從觀察員身分進一步爭取加入WPDD成為正式會員，以及參與任務小組工作的機會，為國際合作盡一份心力，同時提升我國除役技術水準。

## 附件一

# 除役與拆除工作團隊會議議程



## 附件二

### 核設施除役計畫經營階層會議議程

## 附件三

### 核一廠除役規劃準備現況簡報

附件四  
國際核能除役相關資訊更新