

出國報告（出國類別：開會）

赴美國參加「2018 年除役策略論壇
(Decommissioning Strategy Forum)」會議

服務機關：行政院原子能委員會

姓名職稱：吳景輝 科長

派赴國家/地區：美國田納西州納許維爾

出國期間：107 年 6 月 5 日至 107 年 6 月 10 日

報告日期：107 年 8 月 23 日

摘要

本次出國主要目的是赴美國田納西州納許維爾參加 2018 年「除役策略論壇 (Decommissioning Strategy Forum)」會議，是項會議從 107 年 6 月 7 日至 8 日總共為期 1.5 天。今年係第一屆舉辦，論壇主題涵蓋核電廠除役諸多領域，包括政策面/經濟面與氣候面的關聯、除役策略與信託基金管理的選項、除役商業模式的創新(包括加速完成的可能性)、除役新技術與創新技術、中期貯存的重要性及核准的運輸計畫、除役管制作法的更新、除役市場及商業機會的概覽(包括對中小型供應商的供應鏈機會)、促進政府間協調的作法，並提出美國現有除役計劃資訊及具經驗計畫經理的可用性等項目。依 2025 非核家園政策，國內三座核能電廠將於運轉執照期限 40 年到期後將陸續進行除役；配合我國除役政策，透過本次出國參加會議，瞭解美國核能業界對核電廠進行除役現況及技術經驗，蒐集最新核能電廠除役資訊，將有助於本會除役安全管制專業能力之精進，並可作為我國核能電廠除役安全管制的重要參考。

目 錄

	頁碼
壹、目的	1
貳、出國行程	2
參、過程紀要	3
肆、心得與建議	18
伍、附件	19

壹、目的

本次出國主要目的是參加 2018 年「除役策略論壇(Decommissioning Strategy Forum)」會議，配合我國除役政策，透過本次出國參加會議，瞭解美國核能業界對核電廠進行除役現況及技術經驗，蒐集最新核能電廠除役資訊，將有助於本會除役安全管制專業能力之精進，並可作為我國核能電廠除役安全管制的重要參考。

2018 年「除役策略論壇(Decommissioning Strategy Forum)」會議係第一屆舉辦，論壇主題涵蓋核電廠除役諸多領域，包括政策面/經濟面與氣候面的關聯、除役策略與信託基金管理的選項、除役商業模式及技術的創新、除役新技術與創新技術、中期貯存的重要性及核准的運輸計畫、除役管制作法的更新、除役市場及商業機會的概覽(包括對中小型供應商的供應鏈機會)、促進政府間協調的作法，並提出美國現有除役計劃資訊及具經驗計畫經理的可用性等項目。

貳、出國行程

此次國外公差行程自 107 年 6 月 5 日起至 107 年 6 月 10 日止，公務行程共計 6 天，相關行程如下表。

日期	行程	摘要
6/5(二)	台北—美國芝加哥	去程
6/6(三)	芝加哥— 田納西州納許維爾	路程
6/7(四)~ 6/8(五)上午	田納西州納許維爾	參加 2018 年除役策略論壇(Decommissioning Strategy Forum)」會議
6/8(五)中午~	田納西州納許維爾— 芝加哥	路程
6/9(六)~ 6/10(日)	美國芝加哥—台北	返程

參、過程紀要

2018 年「除役策略論壇(Decommissioning Strategy Forum)」會議係第一屆舉辦，由 Exchange Monitor Publications & Forums 公司辦理，該公司發佈專業新聞資料，創建、管理並贊助論壇、學術討論會及研討會，以促進關鍵計劃和政策的意見及資訊交流。會議議程如附件一。以下分別就兩天議程的重要內容摘要說明如下：

■ 6月7日 (四)上午

本日上午議程主題主要包括：大會主席致歡迎辭、The Policy, Economic, and Climate Implications of Nuclear Retirements (核能退場在政策面、經濟面與氣候面的關聯)、Alternate Pathways for Decommissioning and Strategic Trust Fund Management (除役策略與信託基金管理的選項)、Innovative Business Models and Technologies for Decommissioning (除役商業模式及技術的創新)，以及田納西大學核子工程系除役及環境管理計畫。

首先由大會主席 Larry W. Camper 先生(2015 年由美國 NRC 退休，退休時職務係 NMSS 除役、鈾回收及廢棄物計畫處之處長，目前擔任 Talisman 國際顧問公司之核能安全顧問)致歡迎辭，首先感謝參與會議以及提供演講的專家學者，說明核子設施除役成功與否與策略規劃的重要性，並介紹採策略規劃對於電廠除役避免時間與成本浪費極有幫助，且要能建立除役有關經驗回饋的機制。規劃除役作業的不同階段，包括停止運轉的準備作業及通知管制機關、開始除役活動及除役信託基金的管理、拆除作業及廢棄物管理、執照終止以及長期用過核燃料的管理等重要階段。

議程：核能退場在政策面、經濟面與氣候面的關聯

本議程討論美國一些核電廠的除役較預期為提早，對美國經濟及氣候變遷政策之廣泛影響，講員係美國核能協會(Nuclear Energy Institute)核能發電副總裁 Pamela B. Cowan 女士，她首先說明美國商用反應器的除役狀況，至今已有 10 座反應器機組已完成除役，正

在進行拆除(DECOM)的機組有 7 座，另有 13 座機組目前處於安全儲存(SAFSTOR)的狀態。在 2013 年至 2017 年之間美國宣佈永久停止運轉的 6 座機組，以及規劃在未來 5 年內永久停止運轉的 10 座機組，其總發電量約佔美國核能發電量的 14%；大多數永久停止運轉的機組，主要原因是市場因素或政策因素。這些永久停止運轉機組關閉的影響，包括有工作機會的減少、地方政府預算的降低、二氧化碳排放(替代的發電方式大多採天然氣)的增加以及電力價格的上揚等等。目前美國尚在考慮的作法是核能機組延役及新建核能機組的可能性。

她表示美國在 2017 年天然氣及燃煤之發電方式各佔約 31.7%、30.1%，水力約 7.6%，各式再生能源(包括風力、生質能、太陽能及地熱)約 10.6%，以及核能約 20%；目前分布在 30 個州 66 個核電廠廠址的 99 座機組，共提供美國約 10 萬 MWe 的基載發電，容量因素約達 92%以上。2017 年在美國不排放二氧化碳的發電方式中，核能佔約 56%，水力約 21.4%，風力約 17.7%。依據此數據，Pamela B. Cowan 女士提出美國核能政策的願景，期望從核電廠除役(包括除役成本)獲得的經驗回饋：從運轉順利轉移到除役、資源最佳化的使用、商業模式的創新、及最小化用過燃料的影響。她最後指出核能對電力市場有重要的價值，而除役作業在核能價值鏈裏具關鍵角色，能最適化除役效能並掌握此契機，可期許美國建立在全球除役的先導地位、更能進一步擴增價值。

議程：除役策略與信託基金管理的選項

本項議程深入探討電力業主所面臨的策略決策，包括在當下或延後執行除役作業、不同除役作法選項(DECON, SAFSTOR, ENTOMB)的權衡，也針對除役信託基金儲備的適足性、基金成長至適足程度的要求時間、將除役完成責任轉移給後代的影響、以及管制變革的風險等加以討論。

首先由 Carignan & Associates, LLC 公司總裁 Joseph E. Carignan 先生以「Cost Performance, Capital Investment and Best Practices」為題，說明在美國的電力業主近年以驚人速度關閉核電廠，故他對於核能復甦的說法認為是值得質疑；尤其在天然氣儲量豐富及

相對便宜價格的情況，顯得美國似乎並沒有建立良好的能源政策；惟在紐約、伊利諾、紐澤西等州將核能發電，視為零排放發電方式提供補貼以保持核電廠的運轉。目前電力業主在採取 DECON 或 SAFSTOR 選項的主要考量，係依據除役成本估算(Decommissioning Cost Estimate, DCE)以確認財務責任，如在永久停機時尚未建立適當水準的除役基金，則能做選擇的選項將會受限，故目前美國核電廠在停機後多選擇 SAFSTOR。他針對 DECON 及 SAFSTOR 等選項，提出各自優點及缺點之比較及說明，電力業主選擇的除役策略會視個廠的因素而定，結論指出在財務可行之狀況下，採取立即拆除(DECOM)較為合理；惟不論採取何種除役策略，都必須要在機組永久停機前做好除役規劃，EPRI 建議的適當時間為在永久停機的 3~5 年之前。他認為電力業主必須確認具備合格且詳盡的除役成本估算(DCE)以及採取的除役方式，由 DCE 能確認基金需求之符合性，在除役的規劃、DCE 及除役的期程等計畫管理，包括在除役過程間所有會受影響的機構、組織，均應納入風險分析及應急措施等因子。

接著由 AHL Consulting 公司總裁 Adam H. Levin 先生以「Funding Analyses for Decommissioning Projects」為題，說明除役財務準備規劃之關鍵項目，包括所採取除役方式(DECON、延遲 DECON 或 SAFSTOR)的期程長短，執行除役的不同策略(業主自為、一般委託合約、執照管理-轉移或股權收購-資產售出等)，估算除役成本，確證符合管制上對財務保證的要求(10CFR50.75、10CFR50.82 及 10CFR72.30)，用過燃料管理及財物的計畫(10CFR50.54(bb))，以及除役財務的資產與支持。除役的責任包括有(1)估算除役成本：在永久停機的初始成本估算未納入合約成本的單位成本係數，估算的精確程度，以及預期突發狀況可能會導致的成本；(2)不確定度：針對會影響成本及期程之未知狀況；(3)業主及供應商考量特定高價值、高影響作業對成本估算的競爭：包括乾式貯存相關系統的運轉、維護，反應器爐槽及內部組件的切割，大型組件的處理，以及放射性廢棄物的處置；(4)用過燃料及超 C 廢棄物的處置：美國能源部(DOE)的績效會決定用過燃料及超 C 廢棄物離開廠址的開始時間，對私部門用過燃料及超 C 廢棄物中期貯存設施的成本，以及假設相關設施可用性所考量之合理性；(5) ISFSI 對除役成本的考量及挑戰；(6)早期所建立廠址復原要求

對成本的影響：包括對廠房建物基礎清潔的深度，廠址外釋的用途(居住、工業、公園等)以及外釋的標準。他也討論除役信託基金、除役資產的可用性，以及對用過燃料管理的規劃等。最後，他建議採風險評估考量各種不確定度，以確認除役工作可藉規劃資產完成的信心程度，基於電力業主對大型計劃熟悉蒙地卡羅模擬分析，以及執行包括投資損益率等項目的靈敏度分析，並將類似對信託基金投資的內部評估納入對資產-責任的分析，目的在判斷在期初估算信託基金的額度，得以獲致能成功完成除役工作為高機率(80%或以上)。

最後由 Morgan, Lewis and Bockius, LLP 公司合夥人 John E. Matthews 先生提出「Financial Management and Assurance - Decommissioning Trust Funds」的簡報，討論合格信託基金的要項，他指出信託基金對用過燃料管理(諸如 ISFSI)成本的支付，稅務/節稅的考量，以及採用執照管理-轉移或股權收購-資產售出等稅務方式；另外，他亦針對非合格信託基金討論稅務的作法及規定。

議程：除役商業模式及技術的創新

本項議程探討商業模式以及除役業界的技術(包括外包給專家小組、除污、大型組件的移除、遙控操作及機器人等影響)等創新，對計畫期程的影響甚至對期程加速的相對優勢。

首先由 Morgan, Lewis and Bockius, LLP 公司合夥人 John E. Matthews 先生續以「Business Models for Decommissioning Projects」為題，說明核電廠執行除役作業的模式，包括將執照轉移到將執行除役作業的第三方(例如，Zion、La Crosse、Vermont Yankee 等電廠)，以及業主仍管理除役基金，但將除役工作分包給契約商(例如 San Onofre 等電廠)。Zion 電廠在 1998 年永久停止運轉，原規劃採“Delayed DECOM”做法，待 2020 年累積足夠的除役信託基金再開始除役作業；2010 年 EnergySolutions 公司成為 Exelon 公司 Zion 電廠(將執照轉移)除役契約的執行者，並訂在 2020 年完成除役作業並將用過燃料轉移到乾貯設施，並在達到符合「契約終止」狀態之後(此作法經 NRC 核准)，EnergySolutions 公司將執照及乾貯設施的管理責任再返回到 Exelon 公司。La Crosse 電廠已自行完成用過燃料轉移至乾貯設施，並移除反應爐以及 B、C 級廢棄物等除役作業；並由 EnergySolutions 公司接續其他除

役作業，至符合契約終止狀態之後，EnergySolutions 公司將乾貯設施執照的管理責任再返回到 La Crosse 電廠的母公司。Vermont Yankee 電廠(2015 年永久停止運轉)原規劃採“SAFSTOR”做法至 2060 年才開始除役，亦經由 NorthStar 公司與數家公司組成合資企業(joint venture)藉執照轉移方式規劃在 2030 年完成除役。

過去採固定價格之契約執行完整除役作業，已經在 Maine Yankee 及 Connecticut Yankee 等電廠遭遇一些不同程度的挑戰；San Onofre 電廠已採取由多個承包商執行不同除役作業的契約，並由 San Onofre 電廠母公司監督總契約的執行，除了乾貯設施外，其契約結束狀態為執照終止(license termination)。這些做法的經驗回饋，包括(1)讓契約商能了解設施現場和歷史記錄，使之更熟悉設施並能掌握更多廠址狀況的風險，(2)除役作業為長期計畫，技術符合性及財務狀況的審查應持續更新，(3)建立績效基準的工作範圍，以限制頻繁變更工單，(4)在特定期間要求總契約商保持關鍵人員，(5)由除役總契約商控制適當的工作範圍，以適應現場可能出現的問題，(6)允許總契約商控制所選定里程碑之外的時間表，(7)使用關鍵的里程碑來激勵持續的進步，(8)要求將關鍵除役作業的分包契約由母公司分配。

其次由 Orano 除役公司總裁 Frederic Bailly 先生以「Innovations in Decommissioning: Business Models and Technology」為題，說明近年核能電廠陸續結束運轉及資產管理需求增加，核能業界必須有效地組織起來，以使專業能力與市場的需求相匹配，包括在用過燃料貯存由濕式轉移至乾式、在聯邦解決方案完成前有效管理廠址內乾貯的用過燃料、已停止運轉機組的除役、從除役廠址有效運送並貯存廢棄物以及復原並回復除役廠址使其可外釋使用。核工業界正在採用創新技術、專業知識及架構，來縮短除役作業甚至可達數十年，惟從廠址移除用過燃料最大的挑戰，在於缺少聯邦可預期的程序，因此有必要發展綜合性的暫時貯存設施，以更有效地管理用過核燃料。他指出有效而精準的分割及拆解技術須持續精進，開發多樣性及多工的機器人用於調查及評估，採旋轉式起重機駕駛模擬器、3D 眼鏡等增強功能，以及虛擬實境以創新未來的工作環境，並藉流程的數位化工具，創新並提高工地生產力及後勤支援管理能力。

最後由 EnergySolutions 公司商用反應器除役部門副總裁 Jeff Hays 先生以

「EnergySolutions Commercial Reactors - D&D Projects」為題，說明 EnergySolutions 公司在 2010 年之前已完成 5 個廠址的除役作業，目前正同時執行三個廠址(Zion、La Crosse 及 San Onofre 等電廠)除役的除污及拆除(D&D)作業。他分別介紹這三個廠址的除役作業進度，Zion 電廠預計今(2018)年底可獲得 NRC 核准執照終止，進度較原規劃(2020 年)提前 2 年完成；La Crosse 電廠已於 2016 年提交執照終止計畫，預計在 2019 年第 3 季獲得 NRC 核准執照終止；San Onofre 電廠在今(2018)年進行現場初期工作，然後再開始進行全面的 D & D。他指出針對除役作業的人員，要儘速建立除役心態(對照之前的運轉心態)，並將非核能專業人力納入考量；針對除役作業的程序，要制定並執行積極的管制提交計劃/時間表，儘速將用過燃料移至乾式貯存，以儘快地能最大程度縮減保安計畫及緊急計畫，並及早建立初始及終止狀態；他強調廢棄物管理須與整體 D & D 規劃持續作整合，必須發展強而有效的計畫管理，對成本及進度作管控，並掌握關鍵項目之責任制度；工具及支援系統要事先做測試，選擇有效的分割和拆解方法。

原定議程「除役新技術與創新技術」取消，改由邀請田納西大學核子工程系系主任 Wesley Hines 博士提出「A Nuclear Decommissioning Minor at The University of Tennessee」，說明該系因應核能除役日益增長的需求，而增設的除役及環境管理計畫學程，為具有核能電廠廠址除役專業知識，對未來環境管理領導者提供受過良好教育的勞動力，以加強美國未來在核能電廠廠址的清理任務。

■ 6月7日(四)下午

本日下午議程主題包括：The Significance of Interim Storage and an Approved Transportation Plan (中期貯存的重要性及核准的運輸計畫)、Nuclear Decommissioning Regulatory Update; State and Federal Implications (除役管制作法的更新-與州/聯邦政府的關聯)，以及 Decommissioning Market and Business Opportunities Overview, including Supply

Chain Opportunities for Small and Medium Size Providers (除役市場及商業機會的概覽-包括對中小型供應商的供應鏈機會)。

議程：中期貯存的重要性及核准的運輸計畫

本項議程廣泛介紹在 WCS 商用暫時貯存設施和新墨西哥州地下暫時貯存設施選址的進展情況，並討論對尤卡山和民用放射性廢棄物管理署政策決定的重要性以及對利益關係人推廣活動的重要性。美國能源部運輸計畫署概述目前正在考慮的運輸設計方法。

首先由美國電力研究所(EPRI)技術主管 Richard Reid 博士以「The Significance of Interim Storage and an Approved Transportation Plan」為題介紹暫時貯存的個案，目前美國用過燃料貯存在 11 個除役廠址中的 7 個乾貯設施(Independent Spent Fuel Storage Installations, ISFSI)，另外，在 Zion 及 Humboldt Bay 廠址的乾貯設施已接近完工。他指出在廠址內延長乾式貯存具安全性，惟仍須考量因乾貯設施的存在會實質影響廠址外釋的做法，包括人力、維護、保險、及行政費用等相關貯存成本，另對控制貯罐的老化機制(例如，應力腐蝕龜裂(Stress Corrosion Cracking, SCC))的環境狀況須最適化，以及未來對 ISFSI 除役的責任。他另提及集中式乾貯的相關國際經驗，包括瑞典及瑞士採集中式濕式貯存，匈牙利模組化乾式集中貯存，德國曾經實施的桶罐乾式貯存，以及西班牙規劃集中乾式貯存等。現行桶裝式貯存系統之設計，可用於安全運輸且大多已獲得核准，美國許多電廠(LaCrosse, Saxton, Shippingport 等廠)運送用過燃料之經驗亦未曾發生意外，國際上也有許多用過燃料為了再處理或乾式貯存運送的安全紀錄。然而，運送用過燃料仍可能為政治敏感的議題，且與暫時貯存有關的裝運前檢查、輸運期間的監視、可接受標準及接收檢查等仍待訂定。

其次由廢棄物控制專業公司(WCS)總裁兼首席營運長 David Carlson 先生以「Consolidated Interim Storage, Progress - June 2018」為題，介紹該公司綜合性暫時貯存(Consolidated Interim Storage, CIS)設施執照申請之狀態，在 2016 年 4 月 28 日首次提出，並在 2016 年底完成管制要求資料的補充答覆說明；NRC 隨即在 2017 年初啟動環境影響評估，WCS 公司在 2017 年 4 月 18 日提出暫停審查之申請。這期間 WCS 公司經過重組並

與 Orano 組成合資企業，並在 2018 年 6 月底提出重啟執照審查之申請。環境影響評估針對 CIS 設施的 8 個階段，每階段 5,000 MTHM(metric tons of heavy metal)共 40,000 MTHM，申請運轉 40 年以及延役 20 年；至今美國電廠已產生 70,000 MTHM 的用過燃料，故 CIS 設施並未規劃作為永久處置場。其中，第一階段的規劃包含 12 個已永久停止運轉核電廠(包括預計在 2019 年停止運轉的 Oyster Creek)的用過燃料，預估執照申請可能在 2021 年獲得決定。CIS 設施提供的優點包括：多個廠址現存的 ISFSI 可以關閉，相關廠址的財產可以重新使用，多處廠址可降低 ISFSI 運營成本(執照、保安、監視及維護)，以及整體經濟效益的最大化。

最後由西屋公司全球用過燃料貯存及貯置、除役、除污、復原及廢棄物管理部門主管 Robert Quinn 先生以「Spent Fuel Canister Transportation to CISF」為題，討論規劃在 5 年(2022 年)內開始運送用過燃料到 CIS 設施的挑戰、風險及作法，美國核能協會(NEI)成立用過燃料運送專案小組，近程目標是發展相關技術和管制立場，以支持目標並啟動溝通和訊息活動，以減輕可能運送路線附近社區的擔憂；長程目標是購妥適當的車輛和運輸設備，解決法律、管制和老化管理等問題，並制定運輸規劃和後勤要求。管制重點在運送用過燃料的安全性(10 CFR 71)以及乾式貯存的要求(10 CFR 72)，NEI 專案小組技術/管制小組委員會制定白皮書提出解決相關管制問題，並確定貯存/運輸/貯存進展過程最適化的方法論，並與規劃/事件管理、NRC/DOE 介面、公眾事務等小組委員會共同合作。計畫要能成功尚須建立公眾參與的方式並建立信任，完善業界的各項措施；並提出美國核工業委員會(United States Nuclear Industry Council, USNIC)針對美國運輸部在用過燃料運輸可持續發展基礎上的建議。

議程：除役管制作法的更新-與州/聯邦政府的關聯

此議程由 NRC 及業界專家提出有關除役的重要管制議題及發展，以及除役有關法規制定的廣泛更新，相關主題包括乾式貯存的延役及廢棄物處置的法規制定。

首先由美國核管會(NRC)核物料安全保防署法規制定處處長 Patricia Holahan 博士以

「Update on the Decommissioning Rulemaking」為題，說明美國自 2012 年已有 6 座核能電廠永久停止運轉，另有 12 座核能電廠規劃在 2018 年至 2025 年永久停止運轉。美國 NRC 委員要求幕僚(SRM-SECY-14-0118)針對緊急應變分級方式、近期停機機組的經驗回饋、NRC 核准停機後除役作業報告、現有三種除役方式及時間架構、除役程序有關利益關係人的角色、及其他相關等議題進行法規制定之作業；幕僚在 2018 年 5 月已將本項法規制定草案版送至委員會。本項法規制定分級方式之層級，第一層級係依執照終止規定(10 CFR 50.82)提出(所有用過燃料移出反應爐槽)之階段，第二層級為所有用過燃料進入用過燃料池之後 10 個月(BWR)或 16 個月(PWR)的階段，第三層級係所有用過燃料均在 ISFSI 的階段，第四層級係廠址內已無用過燃料的階段。除了法規制定本身之外，幕僚同時提出包括除役作業、緊急應變、除役基金可用性的確認、以及停機後除役作業報告(Post Shutdown Decommissioning Activities Report, PSDAR)等管制導則草案版，供大眾審閱並提出意見。預計本項法規制定在 2019 年秋季提供定稿版給委員會投票。

續由 Duke 能源公司副總法律顧問 Tracey LeRoy 先生以「Decommissioning Regulatory Rulemaking Efforts」為題，提出 Crystal River 核電廠除役的過渡經驗，重要的豁免申請案包括：人力及非持照運轉員訓練的最低要求、財務保護要求、除役信託基金(Decommissioning Trust Fund, DTF)的使用、實體安全、網路安全以及緊急應變整備等；獲得豁免的大部分資金主要在緊急應變部分，現行的法規制定案有助益於刪減這些成本。目前的架構可能會阻止將所累積的資金於其原始用途，現行的法規制定案除可以減少豁免的需要，對於運轉中電廠的影響包括：報告的頻度、基金運用於 ISFSI 的除役、廠址復原的費用以及定期證明並提交各廠的成本估算。NRC 與業界之間尚有更多的工作，以釐清法規實施的做法。

最後由美國核管會(NRC)除役、鈾回收及廢棄物計劃處代理副處長 Michele Sampson 先生以「Overview of NRC Decommissioning and Low-Level Waste Activities」為題，說明美國 NRC 對除役的任務係確保能從運轉安全地進行到除役，並安全地將放射性物質除役。目前，進入除役的所有機組其運轉執照尚未屆期，已有 10 個機組能符合 NRC 未限制釋出標

準的執照終止，另有 20 個機組正在除役的過程中(14 個廠址採 SAFSTOR 方式)，已知有 12 個機組宣佈將在未來數年間永久停止運轉，NRC 已辦理相關公開會議。10 CFR 61 是對在土地處置放射性廢棄物的要求，2017 年 9 月 NRC 委員已針對有關低階放射性廢棄物處置的法規制定(SECY-16-0106)提出對幕僚要求的備忘錄(SRM)，命令幕僚做實質性修訂並重新發佈為擬議法規制定的補充資料，包括恢復 1,000 年的符合期、釐清安全案例之定義、深度防禦考慮因素的縮減、掌握成本及效益、以及得視需要採取個案申請等。另針對超 C 類放射性廢棄物的管制基礎，他說明 WCS 公司在 2014 年對德州提出法規制定的訴願，申請允許 WCS 公司能處理超 C 類和類似超 C 類的廢棄物；2015 年德州環境品質委員會向 NRC 提出了有關國家授權超 C 類、類似超 C 類和超鈾廢棄物處置單元的權限問題；NRC 幕僚在 SECY 15-0094 分析德州的問題並向委員會提出三個選項，並在 2018 年 2~3 月間辦理公開會議並接受公眾審閱及評論意見。NRC 規劃提出修訂 10 CFR 20.2002 “Method for obtaining approval of proposed disposal procedures”的替代選項，此相關導則預定在 2018 年底定案。

議程：除役市場及商業機會的概覽-包括對中小型供應商的供應鏈機會

本議程概述商業核電廠除役的全球市場，特別針對美國目前正在進行或預計到 2050 年的相關計畫，以及主要承包商/團隊和中、小型供應鏈等供應商的市場機會；議程中亦討論推動除役趨勢的全球能源市場巨觀力量的影響。

首先由 CONNECT-USA 公司總裁兼總經理 James Joosten 先生以「The Nuclear Decommissioning Services Market & Business Opportunities」為題，說明目前決定核能機組除役包括經濟上不利因素、電力市場的演變、政治及管制的演變、機組受損以及技術過時等原因。以 50 年運轉壽期估計，未來 10 年內美國約有 45 個機組(已宣布的有 12 個)將進行除役；如採 OECD/NEA 新近的推估，每個機組除役的經費約美金 5 億，則美國除役市場到 2028 年可達約 225 億美金之規模；如依全球核能市場推估，到 2040 年除役 D&D 約有 2,000 億美金的規模。他指出業界擔心目前人力充足的 NRC，會將注意力愈來愈多地轉

向除役作業，如果相關管制程序持續其未受限制的擴張，除役之成本亦可能會未受控制的升高；而此種成本增加可能使電力業者提前規劃進入除役。

接著由 AECOM 公司商業發展、核能/環境策略事業部資深副總 Jeff Kerridge 先生以「Nuclear D&D」為題，說明在全球各地除役市場的規模及成長性，在未來 10 年內美洲主要國家是美國及加拿大，歐洲則以法國、德國、俄羅斯、英國等國為主，亞洲主要有日本、南韓及台灣。針對小型商機的類別可能包括圍籬、小型設備租賃、燃料供應、人力服務、地下水採樣/支架、土地調查、施工支援、各式工具、清潔服務、危害性廢棄物處理服務、清潔廢棄物的運輸、載重服務、交通運輸/貨運、設計工程、實驗室服務、鑽井服務、洗衣服務、資訊科技服務、提升/索具高空服務、環境顧問、現場標牌、設備租賃等。

最後由 Bechtel 公司環境部門首席副總裁兼總經理 James Taylor 博士以「Reactor Decommissioning Market」為題，說明未來 40 年有 440 個機組將要除役，全球除役市場規模約 3,120 億美金，潛在市場規模約達 1,770 億美金。電力業主嘗試藉由契約轉移更多的除役風險，並採取不同除役合約的模式，包括：電力業主自行除役或管理供應鏈的方式、電力業主招聘成本加成/固定價格的除役營運承包商(Decommissioning Operations Contractor, DOC)、執照管理(向電力業主租賃廠址)、以及電力業主出售資產等不同型式。美國早期除役的電廠多採電力業主自行除役或管理供應鏈為主，例如，Trojan, Big Rock Point, Rancho Seco, Yankee Rowe, Humboldt Bay 等電廠；電力業主招聘固定價格 DOC 的電廠則有 Connecticut Yankee, Maine Yankee, SONGS 等電廠；目前僅 Zion 電廠係採取執照管理(向電力業主租賃廠址)作法執行除役，Vermont Yankee 電廠則係電力公司出售資產方式執行除役作業；Pilgrim 及 Indian Point 電廠規劃採執照轉移或出售資產方式除役。電力業主自行辦理除役作業的特徵包括有管理多個、低單價、專業性的契約，由電力業主負擔總成本及期程的風險，由電力業主負責整合及計畫管理，以及大多數的成本基礎不會受到競爭壓力。美國商業核電廠除役市場考量將風險及財務負擔轉移，故漸漸有朝著執照轉移、出售資產的方式，這種方式有可能是美國爾後除役市場的主流，惟全球其他國家則仍採多元型式的 DOC 架構。不論採取何種方式進行除役作業，目前主要的風險是放射性污染及

廢棄物的責任、廠址復原(包括地下水、土壤污染的環境整治及釋出的標準)的要求、放射性廢棄物的處置以及承包商的履約能力。

■ 6月8日(五)上午

本日僅有上午半天的議程主題主要包括：**How to Advance Coordination with Federal and State Agencies** (促進政府間協調的作法)，**Commercial Transaction Landscape for U.S. Decommissioning Market** (美國除役市場的商業交易格局)以及 **Update on Current Decommissioning Projects in the U.S. and the Availability of Experienced Project Managers** (美國現有除役計畫資訊及具經驗計畫經理的可用性)。

議程：促進政府間協調的作法

本議程在嘗試釐清並確認廠址在除役過程中需要聯繫和互動的各個聯邦和州機構，並提供互動案例及獲得的經驗回饋，以使整個除役過程更加有效率地規劃並進行。

首先由利益關係者資本諮詢公司總裁 **James Hamilton** 先生以「**Successful Decommissioning Through Strategic Stakeholder Risk Management**」為題，說明除役不僅是 **10 CFR 50.2** 所定義「將停止運轉後的核設施安全地移除並將殘餘放射性降低到 **NRC** 允許終止執照的大小」，然而還有包括接受標準、非輻射的清潔標準、資產價值、工作減少、願景與實務、信任/信心/透明、期程、廠址的未來發展等，以及更多涉及策略風險的相關事項須要妥善管理。若採渠等與除役無關之心態，或可能會留下未有效管理的這些風險；如此將可能導致：轉移對除役整體作業核心業務(準時、安全地終止執照)的注意，增加計畫成本延宕期程，妨礙執照轉讓給第三方，影響利益關係者的價值及推動除役行業的願景。他指出未來不論何種情境均將日益複雜，但也愈需要利益關係者的支持，才能建立成果共享的合作模式，滿足利益關係者所重視的透明度、包容性及地位，以確定並追求共同目標作為策略風險的降低機制。成果共享模式首先要掌握利益相關者的風險生態系統，定義合

作的共同目標，追求共同目標以降低計畫風險。例如，在除役計畫要(1)採用夥伴關係的心態，認知與利益關係者在一起；(2)有簡單的共同目標 – 例如，廠址重新利用，能推動利益關係者的支持；(3)聚焦在未來的所有努力，協調角色和責任，釐清廠址復原的要求、ISFSI 位置等；(4)提供增加信任的基礎，先解決較容易的成果建立氣勢，再持續對更複雜議題討論的平台。成果共享合作模式的觀察與經驗回饋，包括(1)不可能所有議題都有共識，然而，有勝過於無；(2)程序及議題都重要；(3)因與利益關係者間相互不喜歡或不信任，可能無法完全接受，故獲致共識並不容易(但可能優於任何替代方案)；(4)全力投入，完成全方位的工作。

接著由 Maine Yankee Atomic Power 公司公眾與政府事務部總監 Eric Howes 先生以「Interactions with Federal/State Regulators & Stakeholders During 3 Yankee Plant Decommissionings」為題，說明 Maine Yankee, Connecticut Yankee 及 Yankee Rowe 均為單機組的廠址，在約 1990 年代停機除役，由多家公用事業贊助商組成的 3 家獨立公司，由聯邦能源監管委員會(Federal Energy Regulatory Commission, FERC)進行財務監管，並在三個廠址共享管理服務。這三個廠址安全且成功的除役：到 2007 年完成環境復原，並由 NRC 核准執照釋出(除了 ISFSI 之外的土地)。另對於廠址地下水的監測部分：Yankee Rowe 正在進行，Maine Yankee 可能在今(2018)年可完成，Connecticut Yankee 在 2015 年已完成。目前此三個廠址僅餘 ISFSI，且用過燃料/超 C 廢棄物等均安全的貯存在乾式系統，必須待美國 DOE 履行運送用過燃料/超 C 廢棄物的義務之後，該廠址內的 ISFSI 才能除役並獲 NRC 同意終止執照。此三個廠址除役期間，該電廠申請一些管制的豁免案且也經 NRC 核准，不再適用，NRC 幕僚建議針對通案核准的豁免案加以編纂，可提高電力業主和 NRC 的效率及確定性。他指出美國除役電廠基於資訊公開，由當地人士、環境組織、專家學者等一些利益關係者組成社區溝通平台，社區溝通平台會議，定期召開，並就除役關切議題表達看法；公眾和媒體可藉由此溝通平台也能夠瞭解電廠除役的進程，電廠亦可從中得到有價值的建議。

議程：美國除役市場的商業交易格局

本議程討論美國除役市場的願景與交易策略及挑戰/機遇之洞識。

由 PwC(普華永道)公司交易策略部門總裁 Mile Milisavljevic 先生以「Commercial Transaction Landscape for U.S. Decommissioning Market」為題，說明目前美國在 61 個商用核電廠廠址有 99 個機組尚在運轉，核電市場現在面臨著推動除役機會的兩個主要力量係，一為核能發電運轉時程：85%的機組已運轉接近或逾四十年；另一為互相競爭的燃料來源：在 1990 年總發電容量為 750MWh，到 2017 年增加到 1,095MWh，其中核能佔比由 14%降為 9%，天然氣佔比卻從 19%增加到 42%，可再生(Renewables)能源佔比亦由 13%增加到 21%。這期間反核(anti-nuclear)、擁核(pro-nuclear)各有其利益關係者的不同主張；惟除役拆除與除污(D&D)市場的機會在接下來的 30~40 年間預期約有 900 億美金，此除役作業收益將流入價值鏈的五個型態；可細分為廠址內的服務、D&D 計畫管理、處理程序、運送及後勤支援以及處置等，相關市場參與者已建構不同程度的垂直整合。此五個型態市場的競爭格局包括單一的專業、D&D 的全面服務、以及完整整合等型態。他指出各種型態競爭者成功與否均面臨 3 個主要趨勢的挑戰，包括(1)須要精熟的除役人力、(2)執照擁有者的轉換、(3)垂直整合的普遍性。最新的計畫是與選擇性執照所有權的契約，例如，WCS 及 NorthStar 憑藉垂直整合之利於 2018 年獲得 Vermont Yankee 的標案，本案將 NRC 的執照、用過燃料、房地產、核能除役信託基金等永久轉移給第三方。

議程：美國現有除役計畫資訊及具經驗計畫經理的可用性

此議程提出 SONGS 除役計畫的更新資訊，重點關注在重要的經驗及回饋，以及在當地及州政府層級有效開展利益相關者推展活動的重要性，也探討具經驗計畫經理的可用性與處理日益增多且同時進行的除役計畫。

由 AECOM 公司 SONGS 除役解決方案營運及執行贊助部門資深副總 Matthew J. Marston 先生以「SONGS Update」為題，說明 SONGS 除役的商業模式為由電力業主保持 NRC 執照並監督總契約承包商，並採 Vermont Yankee(完全轉移到第三方)、Zion(NRC 執

照轉移到第三方，待完成 D&D 後執照僅有 ISFSI 時再轉移回到電力業主)及 Humboldt Bay(電力業主直接管理 D&D 作業及所有承包商)等電廠除役做法做對比。SONGS 在 2017 年底完成乾貯設施的建造及貯存鋼筒的製造，預計在 2019 年中可將所有過燃料移送至乾貯設施，並規劃自 2019 年初開始 D&D(至地面下 3 呎)，規劃至 2028 年完成，屆時將終止除了 ISFSI 部分以外的執照。在 D&D 初期階段的 21 個管理系統中的 16 個，係總契約承包商執行並由業主監督，其他包括核能作業、保安、環境、管制相關事務及緊急計畫等 5 個管理系統則由電力業主執行。SONGS 與利益關係者的互動聯繫活動，包括與過去已完成除役作業的經驗比對，針對能廣泛反映各種利益相關者的觀點，由社區團體、專家學者、商業技術團體等的代表所組成的社區參與小組(Community Engagement Panel, CEP)，相關成員代表應有其代表性且高度參與，亦具有人際網絡和信譽，才能作為 SONGS 除役的溝通界面。社區參與小組會議的目的係(1)在除役作業方面能與當地社區進行公開透明的對話，(2)志願參與者、非管制機構，以加強和促進 SONGS 除役作業的公開交流、公眾參與及教育，(3)並未意圖成為管制機構、或取代電力業主的判斷。

肆、心得與建議

本次赴美國田納西州納許維爾參加 2018 年「除役策略論壇」會議之心得與建議，可歸納下列幾項：

1. 2018 年「除役策略論壇」研討會今年是第一次舉辦。由於美國核能業界及管制機關均認為除役作業在未來核電行業中係增長最快的部分之一，美國核能業界亦期望能掌握契機，建立全球除役技術之先導地位。透過參與類似的研討會，不但可以了解美國最新的除役安全管制議題，與最新的除役技術之開發與發展，更可以深化了解國際其他國家的除役技術發展之程度。因此，建議本會未來在經費許可下，持續派員廣泛參加各式除役之國際研討會。
2. 本次會議所探討的內容主要涵蓋核能電廠除役的經驗回饋、除役計畫採行作法、除役資金與商業模式、中期貯存作法、除役管制的更新、小型供應鏈的商機、促進政府間協調的作法、具除役經驗的人力資源等議題，提供我國未來執行除役管制的具體參考。例如：了解 San Onofre 電廠除役的作法、除役成本估計、用過燃料暫時貯存等議題。因此，建議本會未來應持續密切注意國際相關作法，以能有效精進國內除役相關作業。
3. 論壇主題指出美國或全世界在未來規劃永久停止運轉之機組，將進行除役或拆解，可預期除役市場快速成長，所推估之除役市場規模或有差異，但對市場規模迅速成長均有一致的共識。在過去二十餘年來，美國核能行業已累積了豐富的除役經驗；針對本次會議所探討的各個面向：計劃管理、財務管理、管制策略、人力資本管理、風險管理、利益關係者管理等，在核能電廠執行除役作業時，考量整個除役計畫的期長與資金需求，各個面向之間與彼此間的介面整合是順利完成除役作業非常重要的工作。因此，建議本會宜參考各國除役作法，將各個面向妥適納入除役管制考量，以順利、安全的完成除役作業。

伍、附件

2018 Decommissioning strategy forum

THURSDAY JUNE 7	
8:00 AM – 8:15 AM	Welcome and Introductions
8:15 AM – 8:45 AM	The Policy, Economic, and Climate Implications of Nuclear Retirements
8:45 AM – 10:30 AM	Alternate Pathways for Decommissioning and Strategic Trust Fund Management
10:30 AM – 11:00 AM	Break
11:00 AM – 12:00 PM	Innovative Business Models for Decommissioning - the Potential to Accelerate Project Completion
	New and Innovative Technologies for Decommissioning
12:00 PM – 1:00 PM	Luncheon
1:00 PM – 2:15 PM	The Significance of Interim Storage and an Approved Transportation Plan
2:15 PM – 2:45 PM	Break
2:45 PM – 4:00 PM	Nuclear Decommissioning Regulatory Update; State and Federal Implications
4:00 PM – 5:00 PM	Decommissioning Market and Business Opportunities Overview, including Supply Chain Opportunities for Small and Medium Size Providers
FRIDAY JUNE 8	
8:00 AM – 8:30 AM	Day One Recap
8:30 AM – 10:30 AM	How to Advance Coordination with Federal and State Agencies
10:30 AM – 11:00 AM	Break
11:00 AM – 12:00 PM	Update on Current Decommissioning Projects in the U.S. and the Availability of Experienced Project Managers
12:00 PM – 12:30 PM	Lessons Learned and the Future/Wrap Up
12:30 PM – 12:30 PM	Adjourn