

出國報告（出國類別：開會）

## 赴美國參與觀摩核管會執行除役中核電廠 視察作業及討論交流

服務機關：原子能委員會

姓名職稱：臧逸群技正、蘇凡皓技士

派赴國家/地區：美國聖地牙哥

出國期間：107年10月20日至107年10月28日

報告日期：108年1月11日

## 摘要

本次公差主要目的為赴美國參與觀摩核管會執行除役中核電廠視察作業及討論交流，工作內容為「參與觀摩美國核管會執行 SONGS 核能電廠及 General Atomics 公司除役視察作業與討論除役管制議題」，安排參訪美國加州 San Onofre Nuclear Generating Station(SONGS)核能電廠除役視察管制工作及聖地牙哥的 General Atomics 公司研究用反應器除役場址，並觀摩美國核管會執行 SONGS 核電廠除役視察管制工作。本次一併瞭解目前 SONGS 核能電廠除役計畫運作模式，除役執行進度及用過核燃料乾式貯存設施作業情形。

美方執行核電廠的除役工作視察頻率原則上為每季一次，SONGS 核能電廠隸屬核管會所屬第 4 區辦公室(Region IV Office)的管制業務，故該核能電廠除役視察工作由核管會 Region IV Office 視察員執行。由於我國核能一廠 1 號機運轉執照於 107 年 12 月 5 日屆期，開始進入除役狀態，核能二廠除役計畫亦於 107 年 12 月底前送審，本次隨同美國核管會視察官員執行 SONGS 核能電廠的除役視察作業，可以觀摩美國核能管制機關執行核電廠除役視察時的管制作為，瞭解美國核能電廠除役之安全管制及相關技術發展最新資訊，汲取其中值得參採的視察管制作法，可作為我國執行核能電廠除役管制事項之參考。

# 目 次

	頁碼
壹、目的 .....	1
貳、出國行程 .....	2
參、過程紀要 .....	3
肆、心得與建議 .....	11
伍、附件 .....	13

## 壹、目的

美國已有多座核電廠完成除役或正進行除役作業中，其管制機關亦對核電廠除役期間之管制與現場視察作業具有豐富之經驗，本次藉由雙方就除役管制與技術等議題討論交流，並觀摩管制機關執行除役中電廠之現場視察作業，以及實地觀察電廠之除役相關作業現況，擷取其除役管制與技術經驗，將可更完整了解管制機關與核電廠除役作業管制與執行實務。除瞭解 SONGS 核能電廠除役計畫內容與管理實務外，亦可獲得美國核電廠除役經驗，將可作為我國未來執行相關事項之參考，並有助益我國執行核電廠除役安全管制工作之推展與強化。

## 貳、出國行程

此次公差自 107 年 10 月 20 日起至 107 年 10 月 28 日止，共計 9 天，行程如下：

日期	行程	摘要
107 年 10 月 20~21 日	台北→舊金山	往程
107 年 10 月 22 日	舊金山→聖地牙哥→達娜點 (Dana point)	路程及參與觀摩美國核管會 執行 SONGS 核能電廠及 General Atomics 公司除役視 察作業與討論除役管制議題
107 年 10 月 22~26 日	達娜點(Dana point)	參與觀摩美國核管會執行 SONGS 核能電廠及 General Atomsics 公司除役視察作業 與討論除役管制議題
107 年 10 月 26 日	達娜點(Dana point) →聖地牙哥 →舊金山	參與觀摩美國核管會執行 SONGS 核能電廠及 General Atomsics 公司除役視察作業 與討論除役管制議題及路程
107 年 10 月 27~28 日	舊金山→台北	回程

## 參、過程紀要

以下將此次之重要內容摘要如下：

### 一、美國 SONGS 核能電廠除役視察作業觀摩紀要

本次行程規劃首先前往加州 San Onofre Nuclear Generating Station (SONGS)核電廠觀摩除役作業安全視察作業執行狀況，SONGS 核電廠除役業務承辦人為 Marlayna Vaaler 女士，她也同時承辦 General Atomics 核設施除役的管制業務及近期除役法規的修訂彙整工作，本次由她帶領我們觀摩 SONGS 核電廠的除役作業及視察情形。

SONGS 核能電廠位於美國加州(California State)聖地牙哥(San Diego County)郡縣內，隸屬於南加州愛迪生公司 Southern California Edison(SCE) 持有，共裝置 3 部壓水式反應器(PWR)機組，1 號機、2 號機、3 號機分別於 1968 年、1983 年、1984 年開始商轉，其裝置容量分別為 456MW、1127MW、1127MW；1 號機於 1992 年永久停止運轉(Permanent Shutdown)，2 號機及 3 號機則因 2011 年安裝新式蒸汽產生器後，一直無法有效解決振動方面的安全問題，故於 2013 年宣布永久停止運轉。

#### (一) 1 號機的除役作業介紹

1 號機是由美國貝泰(Bechtel)公司建造的一座西屋 3 迴路壓水式反應器，美國核管會(NRC)在 1993 年核准 1 號機的核燃料移出技術規範(Defueled TS)，SONGS 核電廠也於同年完成了 1 號機核燃料移出反應器的作業；在 1994 年 SCE 電力公司提送美國核管會之 1 號機除役計畫中，規劃將 SONGS 核電廠 1 號機以 SAFSTOR 除役模式保存，直到 2 號機與 3 號機也永久停止運轉後，再一併進行除役。但由於 1998 年美國核管會除役法規變更，SCE 電力公司向美國核管會提交了 1 號機的「永久停止運轉後除役活動報告」Post Shutdown Decommissioning Activities Report(PSDAR)，並於 2000 年選擇 1 號機改採取 DECON 除役模式立即除役，至目前 1 號機大部分的結構物和設備已經拆除完成，1 號機的廢水則經由 2 號機和 3 號機的污水處理系統進行處理，2010 年美國核管會核可了 1 號機冷卻水的進出水管道的離岸部分可以外釋供無限制方式使用。1 號機內的用過核燃料已移至乾式貯存設施(ISFSI)貯存，而 SONGS 第 2 期 ISFSI 設施區域，可以容納 2 號機與 3 號機除役後的用過核燃料安全貯存，目前已興建完成並逐步從用過燃料池移至乾式貯存設

施存放，原規劃 2019 年，目前計畫延至 2020 年以後，用過燃料池中的 2668 束燃料組件將安全地轉移到乾式貯存設施。

1 號機除役作業基本上已完成拆卸作業，汽機廠房已經移除，1 號機反應器壓力槽於 2003 年也完成內部切割作業後包裝完成，該包件被歸類為 C 類放射性廢棄物。並計劃運往南卡羅來納州 Barnwell 的低放儲存場，當時 Barnwell 是唯一接受加州 C 類放射性廢棄物的美國廢棄物儲存場。最初規劃通過鐵路運輸，但與鐵路公司在運輸成本和責任兩方面發生分歧，且由於其尺寸和重量（包裝重約 900 噸）問題，故無法完成運送。然後電廠建議通過巴拿馬運河運輸它，但也因貨物的重量而遭拒絕。電廠再規劃通過美洲大陸南端的海路，但智利政府拒絕讓它經過離海岸 200 英里的地方，迫使駁船將行駛更加崎嶇的水域，但激起民眾擔心它會沉沒的疑慮而告吹。之後 Barnwell 停止接受來自加州的放射性廢棄物。

因為放射性物質的衰變和調整的變化，可以對內容物的混合量進行重新分類（特別是容器中的混凝土，以便將廢棄物適切保存），SONGS 電廠將該包件重新歸類為 A 類廢棄物。目前電廠的計劃是稍微調整包裝長度，以便將來可以通過鐵路和公路運輸到猶他州的 A 級儲存場。目前該運輸包件在廠內貯存，將待 2 號機與 3 號機除役時，再一併處理。SCE 電力公司最初於 1 號機 PSDAR 中敘明，1 號機所有結構物和設備將於運轉執照終止時全部拆除並移出廠址，但後來表示將重新考慮，可能在原廠址留下一些地面下的結構物。目前 SCE 電力公司已經將在汽機廠房地面下的埋入式管件及膨脹式接頭的部分，經灌漿後留存於現場。因 SCE 電力公司尚未將 1 號機的執照終止計畫(License Termination Plan，LTP)送交美國核管會審查，依據美國除役法規，1 號機尚未完成除役作業。

## **(二) 2 號機和 3 號機的除役作業介紹**

2014 年 SONGS 核電廠向美國核管會提交了 2 號機和 3 號機的「永久停止運轉後除役活動報告」(PSDAR)，內容包括除役費用估算和用過核燃料管理計畫，2015 年美國核管會審查核准了 2 號機和 3 號機的核燃料永久移出技術規範(Defueled TS)。而 2 號機和 3 號機的拆除計畫，將待加州政府之海岸委員會(California Coastal Commission)核准後實施。目前 2 號機和 3 號機內的核燃料已移至用過燃料池存放，機組之緊急柴油發電機在用過核燃料移至用過燃料池 10 個月後，已隔離斷線，廠區緊急時使用一台新安裝且非安全相關之柴油發電機作為備用電源。原正常廠房用電也切離以配合除役之拆除工作，廠區

內正常電源採用新安裝環廠電力供應網。用過燃料池已新加裝獨立的 2 台冷卻水泵、2 台冷凍機(Chiller) 和過濾裝置來取代原先之冷卻系統，而且平時僅需 1 台冷卻水泵及 1 台冷凍機運轉即可提供冷卻所需。用過燃料池使用年限至 2023 年，SONGS 須在 2020 年提出用過燃料池之老化管理計畫。

SONGS 舊辦公大樓與柴油機廠房預計 2018 年底進行拆除，新規劃在廠內乾式貯存區旁邊山丘上蓋新的除役用辦公區，並安裝小型的柴油發電機作為辦公區及乾式貯存區的後備電源。

2016 年 12 月 20 日，SCE 宣布已選擇 AECOM 和 EnergySolutions 公司的合資企業作為 SONGS 核電廠 2 號機和 3 號機的除役總承包商。EnergySolutions 公司有承攬 Zion 核電廠除役計畫的經驗，唯該公司雖然承包 Zion 核電廠及 SONGS 核電廠除役作業，但二座核電廠除役作法相異處如下：

1. 在 Zion 執行核電廠除役前，電廠經營者向美國核管會申請將 Zion 核電廠執照轉移給除役總承包商 EnergySolutions 公司，同時也將 Zion 核電廠除役所應盡的責任與義務同時移轉給 EnergySolutions 公司。故公司成立了 ZionSolutions 公司專責執行 Zion 核電廠所有的除役作業，ZionSolutions 公司除了負責除役輻射偵檢、廠房拆除等現場工作外，除役低放射性廢棄物管理、用過核燃料乾式貯存，亦為其責任範圍，至完成 Zion 核電廠所有的除役工作為止。
2. SONGS 核電廠的電廠經營者 SCE 電力公司執行電廠除役計畫時，繼續保有持照者資格，即使將執行整體核電廠除役計畫的工作委託承包商施作，但 SCE 電力公司仍負擔除役成敗之最終的責任與義務。EnergySolutions 與 AECOM 公司聯合承攬了 SONGS 核電廠 2 號機和 3 號機的除役作業，而成立了 SONGS Decommissioning Solutions (SDS) 除役公司專職負責 SONGS 核電廠 2 號機和 3 號機的除役工作。

依 SDS 除役公司的規劃，待拆除計畫核准後，先依序拆除 2 號機和 3 號機的汽機廠房，廢料廠房，用過燃料廠房及輔機廠房，最後再進行圍阻體拆除，圍阻體拆除採用一圈一圈之逐步切除法，可以將污染留在圍阻體內，降低對外界之污染狀況。

NRC 執行本次 SONGS 核電廠除役專案視察期間，安排廠區現場觀摩，並由電廠人員介紹機組現行運作狀況。SONGS 核電廠臨近太平洋，廠區高程約 30.3 英呎，經該公司評估最大海嘯高度約 27.9 英呎；SONGS 核電廠 2、3 號機組使用同一主控制室，除役期間安排每日 2 值輪班，平日每值 4 人，假日每值 3 人；除役期間的廢液處理系統使用一部過濾器

(filter)，處理量為每分鐘 30 加侖，廢液貯存槽容量為 5000 加侖，處理過的廢水經稀釋後排放大海；SONGS 核電廠除役期間，廠內的 CST(冷凝水貯存槽)、ACST(輔助冷凝水貯存槽)均仍存有冷凝水，供用過燃料池使用，另設置有生水池，可以重力方式提供緊急冷卻水。

### (三) 乾式貯存設施作業介紹

由於執照效力持續的緣故，SCE 電力公司有責任完成用過核燃料乾式貯存設施 ISFSI 的設置，其餘的除役工作才交由 SDS 除役公司負責完成，也由於美國目前尚未完成用過核燃料最終處置設施的設置營運，同時乾式貯存設施對於用過核燃料的中期存放已經美國核管會認證具有安全可靠，可商業化製造生產供核電廠使用，現階段美國核廢料市場上已有多家公司發展出商用模組的用過核燃料乾式貯存設施，也都經美國核管會認證核可貯存安全性，可供核設施需求者選擇使用。

SONGS 核電廠因先前執行 1 號機組除役計畫時，1 號機組內的用過核燃料已移至廠址內乾式貯存設施(ISFSI)貯存，係第一期的乾式貯存設施。第一期乾式貯存設施為 AREVA 公司設計製造之地表水平放置式乾式貯存設施(圖一)，2003 年動工，2005 年開始使用。在 1 號機組用過核燃料移置第一期乾式貯存設施後，該貯存區周圍即以刺網鐵絲區隔，建立保安圍籬。第一期乾式貯存區旁，為 2 號機組與 3 號機組用過核燃料乾式貯存設施，係第二期乾式貯存設施。第二期乾式貯存設施為 HOLTEC 公司設計製造之垂直放置式乾式貯存設施(圖二)，2014 年動工，2018 年開始使用。此款乾式貯存設施採半窖式的方式設置，係將高大的垂直式乾式貯存設施，一半埋於地表下，一半置於地表上，以半埋入地下的方式興建，地表上各貯存桶間再以鋼筋混凝土澆灌固定。

因 SONGS 核電廠比臨太平洋，且當地有許多海鳥，廠方人員表示為防止附近海鳥到乾式貯存區聚集、排放鳥屎造成地面髒亂、環境污染，甚至影響乾式貯存設施的散熱機能，所以在乾貯場內放置類似蘇鐵狀的鐵絲網，以驅趕海鳥在此聚集排泄。乾式貯存設施的進口溫度為常溫，出口溫度約為 70 至 80°F，散熱空氣進出口處均設有溫度計，並連線至控制室觀測，值班人員會定期現場巡視確認設施出風口處無異物堵塞，以確保乾式貯存設施之正常散熱，現場的空間劑量率約為 1 微西弗/小時。

SONGS 核電廠於今(107)年 7 月曾發生盛裝用過燃料之金屬護箱未完成置入第二期乾式貯存設施之虛驚事件，該事件發生經過簡述如下：HOLTEC 公司作業人員在進行第 29 號

混凝土護箱之用過燃料裝置作業時，盛裝用過燃料的金屬護箱未依預期下降至第 29 號混凝土護箱中，反而卡在進口處，當時現場的作業人員因輻射防護屏蔽阻擋視線，均未發現金屬護箱卡在洞口，並持續釋放吊卸纜繩，致使卡在洞口的金屬護箱無吊卸支撐，懸在混凝土護箱上空，距離設施底部有 17 英尺之高。如此狀況持續將近 10 分鐘，直到控制室人員發覺現場空間劑量升高，才發現金屬護箱未確實裝入混凝土護箱中，並緊急將懸在上空的金屬護箱吊出。此次事件僅是虛驚一場，未發生設備墜落致使用過燃料破損之情事。

因此 NRC 對此事件甚為重視，並由總部派出視察團隊，就虛驚事件發生經過及肇因進行專案視察。視察結果發現第二期乾式貯存設施的設計廠商 HOLTEC 公司，在向 NRC 申請核可後，又擅自變更金屬護箱之設計且未通報 NRC；第二期乾式貯存設施的設計不當，在進行金屬護箱吊卸作業時，操作人員無法從外部確認護箱是否正確進入混凝土護箱內部；因設施操作不易，致使現場作業人員不免有便宜行事，未遵照作業程序書之情事發生。針對上述視察發現，NRC 已命令 SONGS 核電廠暫停第二期乾式貯存之相關作業，並切實檢討改善，在完成改善且經 NRC 同意前，不得恢復第二期乾式貯存作業。對此事件，SONGS 核電廠的經營者 SCE 公司亦以督導不周為由，開除了乾貯部門的主管。因用過燃料移至乾式貯存設施之作業因此暫停，SONGS 核電廠的除役時程亦因此延後。同時 NRC 內部尚在討論，是否就 SONGS 核電廠第二期乾式貯存設施之品保作業缺失進行開罰。

#### (四) 視察作業觀摩說明

美國核管會將美國核設施管制業務分為 4 個區域辦公室(Region office)執行，Region IV 轄區包括有美中及美西等二十多個州，SONGS 核電廠所在位置亦涵蓋在內。本次美國核管會執行 SONGS 核電廠除役安全管制視察人員共有 4 位，分別為：美國核管會總部核物料安全及保防署(Nuclear Material Safety and Safeguards, NMSS)反應器除役科專案經理 Marlayna Vaaler、美國核管會第四區(Region IV)負責除役之資深視察員 Rachel Browder、視察員 Stephanie Anderson 及視察員 Robert Evans，合影如圖三。而本次除役視察計畫乃是美國核管會第四區(Region IV)所訂，項目包括永久停機反應器的除役性能和狀態視察，永久停機反應器的用過燃料池安全性，永久停機反應器的自我評估、稽查和矯正措施，固體放射性廢棄物管理和放射性物質運輸，除役緊急應變準備及計劃評估等項目。視察內容包括現場巡視查證，用過燃料池運轉狀態及水位與溫度紀錄檢視，用過燃料池化學取樣數據紀錄，SCE 公司和 SDS 的矯正行動計劃之程序、相關紀錄及自我評估結

果，廠內相關設施維護與測試紀錄審閱，固體放射性廢物管理，緊急應變適用的組織結構圖及計劃的聯繫人和電話，緊急應變人員訓練、演習紀錄及自我評估結果，視察項目中相關人員訪談等。視察前/後召開視察前/後會議，如圖四、圖五。本次跟隨美國核管會視察員觀摩，見習到美國核管會視察員將電廠所提供的資料於人員訪談時詢問後交互比對，以確保各項資料之真實性。本次視察前/後美國核管會視察員召開視察前會議及視察後會議，並於視察後會議告知電廠初步視察發現，本次視察電廠未有違反規定項目。

## 二、美國 General Atomics 公司除役視察作業觀摩紀要

本次美國核管會第 2 站安排同樣位於聖地牙哥(San Diego County) 郡縣的通用原子力公司 (General Atomics, 簡稱 GA) 研究用反應器除役視察作業觀摩。通用原子力公司成立於 1955 年，研究範圍包括有核燃料循環、核融合、電磁系統、遠程監控無人飛機等高科技系統領域，主要探索原子能和平使用科技，該公司 TRIGA 研究用反應器已運轉超過 50 年。

本次參訪美國核管會對 GA 公司 TRIGA 第一代研究用反應器場址的除役視察，TRIGA 研究用反應器是相當廣泛使用的非發電用核反應器，目前已經在全世界 24 個國家的大學、政府機構、工業實驗室以及醫療中心，共安裝了 66 個 TRIGA 研究用反應器。通用原子力公司研究用反應器可以應用於許多不同的領域，包括應用於醫藥與工業放射性同位素的生產、腫瘤疾病的治療、非破壞檢測、物質特性的基礎研究、教育和培訓等。通用原子力公司第一台 TRIGA 反應器型號為 Mark I 研究用反應器，熱功率 0.25MWt，自 1957 年運轉至 1997 年，於 1997 年提出財產擁有(停止運轉)執照(POL)申請，而型號為 Mark F 之 TRIGA 研究用反應器自 1960 年運轉至 1995 年，熱功率 1.5 MWt，於 1995 年提出財產擁有(停止運轉)執照申請。該場址已將用過核燃料運走，反應器設施移除，但因為 Mark F 反應器下方的地下窖尚未完成除污及拆除工作，故陸續仍有少量除役作業進行施作(圖六)，因為原場址規劃會再做為其他核能設施研究使用，故其完成除役後之輻射劑量限值為每年 1 毫西弗。

美國核管會視察員本次視察沒有發現違規行為，並認為 GA 公司對於除役計劃管理及 TRIGA 除役工作安全管控良好。與 NRC 視察人員在 TRIGA 除役廠房外部合影(圖七)。

### 三、除役管制與技術等議題討論交流

#### (一) 除役計畫與拆除工作申請

在與 Vaaler 女士討論中提到核能電廠在執行除役前，須通知美國核管會並提送「永久停止運轉後除役活動報告(PSDAR)」，正式提送 90 天後業者就可以開始進行除役工作，美國核管會可以在 90 天內提出相關意見要求電廠持照業者處理，而 90 天後美國核管會仍然可以提出相關意見請業者改善。2019 年美國核管會修訂相關法規時可能會對於目前規定修正，未來電廠持照業者可能需要待美國核管會核准後方能執行除役工作。在研究與試驗用反應器或複合式物料設施在除役之前，持照者除了通知美國核管會外，必須要陳送除役計畫 (Decommissioning Plan, DP)或是回收計畫(Reclamation Plan, RP)給美國核管會，並經過美國核管會核准後方可執行除役工作。

SONGS 之 2 和 3 號機的拆除計畫尚未得到加州之海岸委員會(California Coastal Commission)核准，待核准後將由 SDS 公司執行拆除及切割相關作業。除污工作即是由包商 SDS 依合約進行，因由合約廠商執行相關除污工作，SONGS 電廠方面僅須進行工程監督，並沒有事先進行系統除污之必要。

#### (二) 乾式貯存設施相關議題

藉由人員訪談得知，SONGS 核電廠於今年 7 月曾發生盛裝用過燃料之金屬護箱未完成置入第二期乾式貯存設施之虛驚事件，經查肇因為現場作業人員疏失所致，對此 NRC 已完成專案調查作業，並就確切肇因進行檢討。視察結果發現第二期乾式貯存設施的設計廠商 HOLTEC，在向 NRC 申請核可後，擅自變更金屬護箱之設計且未通報 NRC。另第二期乾式貯存設施的設計操作不易，致使現場作業人員不免有未遵照作業程序書之情形。針對上述視察發現，NRC 已命令 SONGS 核電廠暫停第二期乾式貯存之相關作業，並切實檢討改善，在完成改善且經 NRC 同意前，不得恢復第二期乾式貯存作業，SONGS 核電廠的除役時程亦因此延後。同時 NRC 內部尚在討論，是否就 SONGS 核電廠第二期乾式貯存設施之品保作業缺失進行開罰。

#### (三) 除役基金的相關法規

在美國法規 10 CFR 50.75 中，要求業者須提供除役基金足夠完成核電廠除役的保證，另在 10 CFR 50.82 法規中，則是規範信託基金只能用於核電廠除役的活動，而除役期間的用過核子燃料管理，其基金的管理辦法是規範在 10 CFR 50.54(bb)法規中。

#### (四) 用過燃料池異物入侵預防措施及老化監測

在 SONGS 用過燃料池現場參訪時，在進入該區域時被要求以膠帶將身上物件固定，以免不慎掉入用過燃料池，此為電廠對於異物入侵預防措施之一項。而 SONGS 用過燃料池持照年限至 2023 年，所以目前只須依既有程序進行一般監測即可，若用過燃料池繼續使用時，電力公司須在 2020 年提出用過燃料池之老化管理計畫。

#### (五) 放射性廢棄物處理

SONGS 核電廠在除役過程中將產生大量固體廢棄物(例如混凝土與廢金屬)，有關其區分低放廢棄物與放行廢棄物之標準、輻射偵檢的方法、放行廢棄物的處理方式(暫存或處置)、低放廢棄物盛裝包件的型式，以及後續的貯存或處置規劃，SONGS 核電廠人員表示目前均在研議中，尚無明確的方案。目前 SONGS 核電廠 2、3 號機的除役進度尚在移除用過燃料池的燃料棒，待完成全數用過燃料棒的移除作業後，才會開始著手進行拆廠及除役廢棄物的處理規劃。

#### (六) 核電廠除役視察方式

美國核管會執行核電廠除役視察的方式，美國核管會視察員除了依照視察手冊及視察程序書的指導外，主要依據視察人員的專業經驗檢視核電廠除役作業的法規符合程度及確認應加強事項，而因為一些電廠進入除役階段，部分駐廠視察員已轉調為除役工作的視察員。而美國核管會視察員分為資深視察員及視察員二類，資深視察員及視察員的資格認定，由各區自行作業。

核能電廠營運後期自停機(Final Reactor Shutdown)到永久停止運轉後，再將燃料移出爐心的階段，為電廠後營運轉換階段(Post-Operation Transitional Phase)。此階段美國核管會監督持照業者將燃料完全移出爐心、提送 PSDAR、辦理公聽會以及規劃視察作業等。該階段的業務將逐漸由 Nuclear Reactor Regulation (NRR)辦公室轉移到 Nuclear

Material Safety and Safeguards(NMSS)辦公室，並且組織一個轉換階段的工作團隊(Working Group)來負責聯繫與協調美國核管會轄下 NRR 辦公室、Nuclear Security and Incident Response (NSIR)辦公室、NMSS 辦公室以及區域辦公室的相關同仁，共同將電廠自後營運轉換階段順利過渡到除役階段。

以上，對我國核能電廠除役的規劃及未來執行拆除之技術，提供了相關借鏡與執行經驗，可供執行電廠除役與拆除視察管制之參考。

## 肆、心得與建議

此次出國之心得，可歸納下列幾項：

- (一).由於我國核能一廠 1 號機運轉執照於 107 年 12 月 5 日屆期，開始進入除役狀態，核能二廠除役計畫亦於 107 年 12 月底前送審，故汲取國際除役管制經驗值得參採的視察管制作法。本次實地觀摩美國核能電廠除役作業及美國管制機關視察官員執行 SONGS 核能電廠的除役視察作業，收穫豐富，除可瞭解核能電廠除役規劃、準備與實際作業情形，亦可從美國管制機關實際執行除役核能電廠之視察過程中，觀摩美國核能管制機關執行核電廠除役視察時的管制作為，學習可參採之視察方式及管制行動，藉由他山之石調整及修正我國除役核能電廠之管制作為。對於精進我國核能電廠除役管制作業而言，諸如此類的交流活動具有正面影響，建議應持續推展，並加深兩方的技術及經驗交流。
- (二).因為美國一些電廠進入除役階段，原先之駐廠視察員也逐步轉調除役視察的工作行列，此點經驗可以供我國參考。因我國核能一廠 1 號機運轉執照於 107 年 12 月 5 日屆期，開始進入除役狀態，核能二廠除役計畫亦於 107 年 12 月底前送審，相對應電廠之核能電廠駐廠視察員，對於機組了解程度高，建議在經過必要的相關訓練後，就能夠順利的勝任除役電廠之視察工作。
- (三).SONGS 核能電廠在停機除役開始後，用過燃料移出爐心後停用部分安全相關之主要設備，調整相關電廠人力，節省除役所需之經費。我國核能電廠的經營者也面臨相同人力調整問題，在確保除役作業安全及品質之前提下。管制機關仍須監督台電公司，適時瞭解人力調整情形及經驗傳承，以確保除役作業順利推動及符合品質要求之專業

人力。

(四).除役現場作業涉及諸多事項，包括輻射防護、除汙及拆除、放射性廢棄物管理等與運轉期間作業有所不同，因此除役現場作業依既定程序，按部就班執行，以維現場作業安全，藉由此次參訪提供了相關美國核電廠除役經驗，可供我國執行電廠除役與拆除視察管制之參考，並有助益我國執行核電廠除役安全管理管制工作之推展與強化。

## 伍、附件

圖一、SONGS 地表水平放置式乾式貯存設施(AREVA 公司設計製造)

圖二、SONGS 垂直放置式乾式貯存設施(HOLTEC 公司設計製造)

圖三、與美國核管會執行 SONGS 核電廠除役安全管理視察人員合影

圖四、NRC 視察前會議

圖五、NRC 視察後會議

圖六、Mark F 反應器下方地下室的除役工作觀摩

圖七、與 NRC 視察人員在 TRIGA 除役廠房外部合影



圖一、SONGS地表水平放置式乾式貯存設施(AREVA公司設計製造)



圖二、SONGS垂直放置式乾式貯存設施(HOLTEC公司設計製造)



圖三、與美國核管會執行 SONGS 核電廠除役安全管制視察人員合影



圖四、NRC視察前會議



圖五、NRC視察後會議



圖六、Mark F反應器下方地下窖的除役工作觀摩



圖七、與NRC視察人員在TRIGA除役廠房外部合影