

出國報告(出國類別：開會)

赴美國參加 2023 年台美 AEC/NRC 雙
邊核安管制技術交流會議及觀摩
緊急計畫演習與參訪核電廠

服務機關：行政院原子能委員會

姓名職稱：核能管制處何恭旻主任

核能研究所黃揮文副主任

核能技術處陳思嘉副主任

核能管制處張經妙技正

核能管制處王聖舜技正

核能技術處蔡易達技士

放射性物料管理局馬志銘技士

派赴國家：美國

出國期間：112 年 6 月 18 日至 112 年 6 月 25 日

報告日期：112 年 8 月 18 日

摘要

本報告說明赴美參加由美國核能管制委員會（Nuclear Regulatory Commission）主辦之 2023 年台美雙邊核能安全管理技術交流會議，雙方針對核能安全管理議題進行技術交流與經驗分享，會議討論內容包括核電廠重要管制活動、地震危害評估、除役管制作為、放射性廢棄物管理、用過核子燃料乾式貯存管制情形、風險評估、核電廠除役初期之保安及緊急應變、小型模組化反應器管制發展等多項議題，後續雙方並將就除役管制、地震危害評估、乾貯設施管制、小型模組化反應器管制及核子保安等多項重要議題，進一步深入交流。

本次赴美除參加雙邊技術交流會議外，另在美方安排下至美國核管會運轉監管中心，觀摩美國核管會針對 FitzPatrick 核電廠之核子事故演練及事故通報後相關動員應變作為，以及就中心之運作方式進行廣泛之討論與經驗交流。此行亦參訪進行除役作業中之 Oyster Creek 核電廠，實地瞭解該廠除役相關作業規劃與執行現況，並就除役相關議題進行經驗交流，汲取美國核電廠除役實務作業及安全管理之經驗，做為我國在核電廠除役安全管理監督作業之參考。

目次

摘要.....	i
目次.....	ii
壹、目的.....	1
貳、行程.....	2
參、工作紀要	3
一、 參與 2023 年台美雙邊核能安全管制技術交流會議	3
二、 參訪美國核管會運轉監管中心.....	20
三、 參訪美國 Oyster Creek 核電廠.....	22
肆、心得與建議	25
伍、附件.....	26
附錄一 2023 年台美雙邊核安管制技術交流會議議程.....	26
附錄二 2023 年台美雙邊技術交流會議雙方代表名單.....	29

壹、目的

台美雙邊核能安全管制技術交流會議(Bilateral Technical Meeting, BTM)為行政院原子能委員會(以下簡稱原能會)與美國核能管制委員會(以下簡稱核管會)定期舉辦之交流會議。自 2003 年起由我方原能會及美國核管會輪流主辦，雙方就核能安全管制議題之實務經驗進行交流與深度討論，以增進雙方之合作關係，並藉此精進強化國內核能安全管制作業。

2023 年之會議係由美方主辦並於美國核管會總部召開，會議討論議題包括近期核電廠管制活動、地震危害評估、除役管制作為、放射性廢棄物管理、用過核子燃料乾式貯存管制情形、風險評估、核電廠除役初期之保安及緊急應變、小型模組化反應器管制發展等多項議題。於交流會議後，在美方安排下至美國核管會運轉監管中心(Operations Center)，觀摩美國核管會針對 FitzPatrick 核電廠之核子事故緊急計畫演習，於接獲核子事故通報後相關動員及應變情形，並了解該中心之運作方式。此行並再度參訪進行除役作業中之 Oyster Creek 核電廠及其乾貯設施，實地至現場瞭解該廠除役作業之規劃與執行現況，並就除役相關議題進行經驗交流，藉此汲取美國核電廠除役作業及安全管制之經驗，做為我國在核電廠除役安全管制監督作業之參考。

貳、行程

本次公務出國行程自 112 年 6 月 18 日至 112 年 6 月 25 日止，共計 8 天，其中 6 月 18 日搭機至美國紐約，6 月 19 日轉機至華盛頓，並就本次交流會議進行會前討論及簡報資料再確認，6 月 20、21 日至美國核管會總部與美方進行技術交流及參訪美國核管會運轉監管中心，6 月 22 日前往參訪除役中之 Oyster Creek 核電廠，6 月 23 日搭機返台，行程及工作內容摘要如下表：

日期	行程	工作內容
6/18(日)~6/19(一)	台北→紐約→華府	去程及會前討論
6/20(二)	華府	參加2023年台美雙邊核能安全管制技術交流會議
6/21(三)	華府	參加 2023 年台美雙邊核能安全管制技術交流會議、參訪美國核管會運轉監管中心
6/22(四)	華府→紐澤西	參訪 Oyster Creek 核電廠
6/23(五)~6/25(日)	紐澤西→華府→舊金山→台北	返程

參、工作紀要

一、參與 2023 年台美雙邊核能安全管制技術交流會議

本次台美雙邊核能安全管制技術交流會議於美國核管會總部召開，我方代表團由原能會核能管制處何恭旻主任率領原能會、核研所，以及台電公司代表參加，美方則由核管會核能管制署安全系統處(Division of Safety Systems, Office of Nuclear Reactor Regulation) 副處長 Mary Jane Ross-Lee 與相關單位官員與會。在會議開始前，美國核管會核能管制署副署長 Andrea Kock 亦親臨會場致歡迎詞，另會議期間，美國核管會國際署 (Office of International Programs) 副署長 Sabrina Attack 亦到場表達對雙方合作之重視。

本次台美雙邊核能安全管制技術交流會議，雙方分別就管制現況及重要管制議題進行簡報說明與討論，討論之議題包括：核電廠管制現況、核電廠地震危害再評估、核電廠除役管制作為、核電廠放射性廢棄物管理、用過核子燃料貯存管制情形、核電廠除役之保安及應變、小型模組化反應器管制發展等多項議題，以下就會議內容重點摘述。

(一)原能會近期核能管制活動

本項由原能會核能管制處王聖舜技正，簡報說明我國運轉及除役中核電廠管制活動，包括(1)目前各核電廠現況、各核電廠違規事件、異常事件及急停次數之統計資料等基本資訊；(2)我國核電廠執行地震危害分析資深專家委員會 (Senior Seismic Hazard Analysis Committee, SSHAC)三階地震危害再評估作業之管制情形簡介；(3)我國核電廠除役管制法規、各廠除役計畫審查與除役許可核發情形、核一/二廠除役初期過渡期間管制作為、核一廠除役拆除作業計畫審查情形、核電廠廢棄物離廠偵測作業計畫內容、核二廠由運轉進入除役階段之管制作為、核三廠除役計畫審查情形及建置用過燃料池島區之管制、廠址歷史調查報告提送與更新之要求；(4)核一廠於除役期間地下電纜故障之原能會管制作為及台電公司採行改善措施等議題進行分享。會議中雙方就核一、二廠現階段尚無法將用過燃料移至乾式貯存之狀況、原能會辦理審查案件邀請外部專

家協助審查之方式、中壓地下電纜老化管理等進行交流討論，美方表示將了解美國電廠是否有類似核一廠中壓地下電纜之情形，並提供相關資訊。

(二)美國核管會近期核能管制活動

本項由美國核管會核能管制署安全系統處副處長 Mary Jane Ross-Lee，簡報說明美國核管會最新組織架構及近期之重要管制議題。有關執照由 60 年延至 80 年之審查情形(Subsequent License Renewal)部分，美國核管會已同意 6 座機組之申請，另外有 10 座機組之申請案正在審查中。在 Vogtle 核電廠 3、4 號機興建之管制部分，Vogtle 3、4 號機為美國首座採西屋公司設計之 AP 1000 進步型反應器(Advanced Reactor)機組，美國核管會已於 2022 年 8 月同意 Vogtle 3 號機燃料裝填，該機組並於 2023 年 3 月達初次臨界，預計今年會商轉；Vogtle 4 號機目前則持續進行興建作業中。在數位儀控(Digital Instrumentation and Control, I&C)系統更新之管制部分，美國核管會持續更新相關管制法規指引，目前正就 Turkey Point 核電廠與 Limerick 核電廠之數位儀控更新案進行審查。在核電廠除役部分，美國目前有 17 個核電機組正採用立即拆除方式(DECON)辦理，另外有 8 個核電機組則採用安全貯存(SAFSTOR)方式辦理，並介紹美國核管會對集中式乾式貯存設施(Consolidated Interim Storage Facility, CISF)之申照審查程序與管制立場。

小型模組化反應器與進步型反應器管制部分，美國目前發展之相關反應器型式，包括研究與測試用反應器、熔鹽反應器、高溫氣冷反應器、液態金屬冷卻快中子反應器、小型模組化反應器及微型模組化反應器等，美國核管會持續就小型模組化反應器與進步型反應器執照申請需求之法規及審查作業進行準備。

有關美國小型模組化反應器與進步型反應器執照申請，可依據三種法規進行申請，包括：

- (1)10 CFR 50：執照申請程序為先申請建造許可，完工後再申請運轉執照。目前大部分運轉中的反應器及非電力生產或利用設施(Non-power production or utilization facility, NPUF)係依照此法規進行申請相關許可。

- (2)10 CFR 52：申照類別包括：早期廠址許可、建廠和運轉組合執照 (Combined License, COL)、設計認證與製造執照。例如 Vogtle 核電廠 AP 1000 與 NuScale 的小型模組化反應器，係採用此法規申請相關許可或認證。
- (3)10 CFR 53：此法規係針對非輕水式反應器所提出新的執照申請架構，導入更多風險告知與績效基礎(Risk-Informed and Performance-Based)，以及技術內涵的管制。目前仍在立法程序中，預計於 2025 年中之前發布。

在申請與審查動態方面，美國核管會預期在 2027 年前已提出與可能申請的反應器會超過 20 個，運轉執照申請可能有 6 個以上。目前已有超過 15 個廠家積極參與申請執照前(Pre-Application)的作業中。此外，美國核管會已完成 51 篇專題報告和白皮書審查，另有 33 篇專題報告和白皮書正在評估中。目前除了 Kairos Power 提出在田納西州橡樹嶺設置氟化鹽熔鹽高溫型測試反應器 (fluoride salt-cooled, high-temperature reactor) 建造許可申請、Abilene Christian University 提出在德州 Abilene 設置熔鹽研究用反應器之建造許可申請，以及 NuScale 提出其小型模組化反應器 US460 之標準設計許可(Standard Design Approval)申請等，以及燃料製造廠家 X-energy 提出燃料製造之申請，進行審查作業中。美國核管會也正在與多個廠家和潛在申請者開展申請前準備作業之討論中。

會議中，雙方就美方小型模組化反應器及進步型反應器之管制發展、小型模組化反應器之選址(siting)與禁制區/低密度人口區/緊急應變計畫區大小、內外部審查人力等進行討論，美方表示在審查非輕水式進步反應器係採用逐案討論的原則，另外美國核管會也會參考各界意見，滾動調整修訂相關審查導則；在選址及禁制區等部分，目前仍循聯邦法規 10 CFR 100 相關規定，但因其功率低以及被動式安全設計，故禁制區等大小一般會較傳統核電廠大幅縮小，緊急應變計畫區也可能會縮到廠界，但還是要看實際分析結果而定。

(三)我國核電廠地震危害再評估之管制情形

本項由原能會核能管制處王聖舜技正，簡報說明原能會就國內核電廠參照美國核管會對日本福島電廠事故後管制措施 NTF 2.1，執行地震危害再評估作

業之管制作為。首先說明我國核能電廠之耐震安全設計及原能會要求台電公司持續依最新調查評估結果，檢視核電廠之整體耐震性。在福島事故前，即依山腳、恆春斷層新事證完成地質調查、地震危害評估及耐震補強。日本福島事故後，原能會再要求台電公司依美國核管會 NTF 2.1 之建議事項，進行 SSHAC 三階地震危害再評估作業以及機率式地震危害評估，並依評估結果採取必要補強措施。

針對台電公司執行 SSHAC 三階地震危害再評估作業及原能會管制措施部分，說明台電公司依據美國電力研究院(Electric Power Research Institute, EPRI)所制定地震危害與篩選導則(EPRI 1025287)，執行之內容包含建立廠址震源特徵(Seismic Source Characterization, SSC)，考量距核電廠 320 公里範圍內所有可能震源，如海陸域斷層震源、隱沒帶震源，還有深淺地殼的區域震源；建立廠址地動特徵(Ground Motion Characterization, GMC)，依震源形式建構地動預估方程式(Ground Motion Prediction Equation, GMPE)，以及依我國核電廠廠址岩盤剪力波速，執行廠址地盤反應分析(Site Response Analysis, SRA)等。

針對台電公司提送核一、二、三廠之「地震危害與篩選(Screening, Prioritization and Implementation Details, SPID)報告」及「加速耐震評估程序(Expedited Seismic Evaluation Process, ESEP)報告」，原能會已完成核一、二、三廠之「地震危害與篩選(SPID)報告」及核二、三廠「加速耐震評估程序(ESEP)報告」審查。另外台電公司已提交核二、三廠之「機率式地震安全度評估(Seismic Probabilistic Risk Assessment, SPRA)報告」，目前原能會進程序審查作業中。

(四)美國後福島安全管制與經驗

本項由美國核管會核能管制署安全系統處副處長 Mary Jane Ross-Lee，簡報說明福島事故後相關安全管制文件，其中美國核管會於福島事故後針對超越設計基準事故之緩和(Mitigating)策略執行情形，已發布暫行指引 TI 2515/191，作為執行持照者對緩和策略、用過燃料池儀器要求事項及緊急應變聯絡與人力支援計畫等辦理情形查證之指引。另針對依 10 CFR 50.155

(Mitigation Beyond-Design-Basis Event, MBDBE)規定存放相關移動式設備之緊急應變中心，美國核管會則依據原有視察程序書 IP 43006 執行視察。

針對我方提問有關 Conditional Mean Spectra (CMS)在機率式地震危害度分析之應用議題，美國核管會核能研究署地震與地質專家 Thomas Weaver 說明現階段其應用仍有許多挑戰，包括如何決定危害度拆解後的地震動延時長度 (ground motion duration)及缺乏相關地震資料，因此目前美國核管會認為使用 CMS 來決定地盤反應分析(site response analysis)的輸入運動(input motion)仍需進一步研究。

(五)我國核電廠除役安全管制

本項由原能會核能管制處張經妙技正分享我國核電廠除役計畫審查經驗回顧、核一廠除役期間風險評估以及我國除役核電廠福島強化措施等除役管制之作法與經驗。

簡報內容首先簡介我國核電廠除役計畫包含之章節內容，以及除役計畫審查後所列管之重要管制事項，這些重要管制事項大致可分為核子燃料安全貯存、緊急應變與風險管理、放射性廢棄物管理、輻射特性調查與作業人員安全防護與環境輻射偵測，及除役組織資源管理等 5 個面向。針對管制追蹤核電廠除役期間重要除役作業項目及時程部份，主要包括提交核電廠除役期間爐心或用過燃料池仍存有核子燃料期間之安全分析報告、技術規範、維護方案及風險評估，以及提送輻射特性調查計畫與結果報告、依核電廠除役進程提出緊急應變計畫及火災防護方案之必要更新、申請高低階放射性廢棄物處理貯存設施之建照、建立除役期間作業管理品質保證方案等。

其次，介紹核一廠除役期間風險評估方法與重要結果及原能會之審查意見。由評估結果，核一廠除役過渡階段爐心仍有燃料時，其燃料未被水覆蓋頻率較運轉大修期間小一個數量級。此外，在除役過渡階段爐心仍有燃料時，對燃料未被水覆蓋頻率最有影響的肇始事件為喪失廠內電源。

簡報最後則說明，考量相較於核電廠運轉期間，當機組停機進入除役後之潛在能量與風險已有顯著降低，經營者可提出部分福島強化措施豁免辦理之安全評估或替代方案，經原能會確認經營者所提評估或替代方案不影響核電廠除

役期間燃料安全管制要求，就可豁免或以替代方案辦理我國核電廠福島強化措施。

(六)我國核電廠除役廢棄物管理計畫

本項由台電公司核能後端營運處范振璠副處長簡報說明我國除役中核電廠之廢棄物管理作業，首先說明因配合能源政策，我國運轉中核電廠於運轉執照屆期後將依法進行除役，依法規規定，台電公司於取得除役許可後須於 25 年期限內完成除役，並以廠址達成非限制性使用之解除管制為目標。

其次說明台電公司就各核電廠除役作業規劃之重要時間軸，包含除役計畫審查、環境影響評估報告審查、除役過渡階段、除役拆廠階段、廠址最終狀態偵測階段以及廠址復原階段等。以核一廠為例，因核廢最終處置場場址尚未決定，地方政府未核發水保完工證明致用過核燃料室外乾貯設施無法啟用，目前持續與地方政府溝通。

針對廢棄物管理部分，台電公司已建置廢棄物營運物流管理網路平台，另有關核電廠除役廢棄物處理貯存原則，其中高放射性廢棄物部分先置於廠內用過燃料池冷卻後移至乾式貯存，後續運送出廠至中期暫時貯存設施或最終處置場。低放射性廢棄物部分則依量測結果做不同之處理如下：

- 無污染：再經離廠再確認中心(Clearance Confirmation Center, CCC)量測後符合離廠標準即可離廠。
- 輕微污染：送至廢棄物處理區域(Waste Management Area, WMA)進行除污後再次量測，若無污染可送至離廠再確認中心量測後符合離廠標準可以離廠；若仍有污染則裝桶送至低貯庫貯存。
- 污染物件經評估不具除污效益者，則裝桶送至低放射性貯存庫貯存。

(七)台灣研究用反應器除役計畫執行現況

本項由核能研究所核安管制技術支援中心黃揮文副主任，簡報說明台灣研究用反應器(Taiwan Research Reactor, TRR)除役計畫執行情形。TRR 熱功率為 40MW，以天然金屬鈾為燃料、重水作為緩速劑和輕水作為冷卻劑之反應器，已於 2004 年取得原能會核發之除役許可，目前正在執行除役作業。並分別就清理

用過核燃料池、清理用過核燃料乾式貯存坑以及反應器槽拆除等 3 大部分之拆除作業、輻射調查等，進行說明。目前核研所已完成清理用過核燃料池之作業，預計今(2023)年可完成清理用過核燃料乾式貯存坑之作業，另外反應爐的拆除工作同時進行中，預計於 2029 年可完成 TRR 除役計畫。美方針對拆除後廢棄物之貯存場所安排提問，已於會議中回復說明將暫時存放於所內貯存設施。

(八)美國核子設施除役之管制現況

本項由美國核管會核子物料安全與保防處除役、鈾再生及廢棄物計畫部門 (Division of Decommissioning, Uranium Recovery, and Waste Programs, Office of Nuclear Material Safety and Safeguards)特別助理 Bruce A. Watson，簡報說明美國核管會對於近年美國核子設施除役作業管制現況。

首先介紹美國核子設施除役狀態，提及目前有 17 座核電廠正積極進行除役、8 座核電廠永久停機安全貯存狀態 (SAFSTOR)，2 座研究用反應器、4 座複合式材料廠、16 個鈾工作站正進行除役，28 座鈾工作站由能源部長期管理中。美國核管會對於核子設施除役管制計畫架構與程序，除了在原子能法有相關規定外，還出版了管制導則及視察程序書，近期正規劃修訂除役機組轉換程序，讓轉換程序更有效率，以及整合低放射性廢棄物處置法規。過去預期機組執照終止前 5 年，設施經營者會開始規劃辦理除役工作，但近年由於其他較經濟便宜的替代方式或因素，造成許多核電廠永久停止運轉，並且有設施經營者將執照轉移給除役專業公司，並預計於 5 至 7 年完成設施除役，因此美國核管會也有相應之措施，以符合經營者積極除役之排程。美國核子反應器設施商業除役模式主要有以下幾種，設施經營者自辦除役或聘請除役承包商，或設施經營者先暫時將執照轉移給除役專業公司，待該公司完成設施除役後，再將除役後廠址及用過燃料乾貯設施轉還原設施經營者；又或者一開始設施經營者將設施財產 (含土地) 賣給除役專業公司，並將執照、用過燃料乾貯設施隨除役基金永久轉移給該專業公司，例如：Vermont Yankee、Oyster Creek、Pilgrim、Indian Point 1、2、3 號機、Crystal River、Three Mile Island 2 號機、Kewaunee 及 Palisades 等核電廠。

接著簡報介紹近期美國核電廠除役管制視察議題，例如：美國核管會更新

了部分除役視察程序書，包含每年防火視察方案及除役財務保證視察程序書等。此外，除役核電廠違規事項大部分低於四級之低安全危害之情節，例如：污染控制不良、輻射調查無效、未保持圍阻體負壓、安全貯存未確實執行老化管理偵測方案，僅發現有一座除役電廠有顯著違規的情形。我方並請美方提供美國除役電廠有關火災防護、防止污染擴散及工安議題之資訊。

整體上，美國除役核設施經營者傾向於將財產拍賣並執照轉移給除役專業公司，以轉移除役作業風險及負債，因此越來越多原本採安全貯存（SAFSTOR）之除役核電廠規劃財產拍賣並執照轉移。目前美國已有 2 家除役專業公司申請集中式乾式貯存設施(Consolidated Interim Storage Facility, CISF)，作為該公司未來中繼貯存用過燃料之貯存設施；並有 2 家除役專業公司具有低放射性廢棄物貯存設施及具備執照的傳送護箱。此外，有設施經營者整合除役專業公司投資具潛力發展的除役廠址，並規劃未來在除役後廠址設置小型模組化核反應器。

(九)我國用過核子燃料乾式貯存管制作為

本項由原能會放射性物料管理局馬志銘技士簡報台灣的用過核子燃料乾式貯存。首先說明我國用過核子燃料的處理策略可分為短、中、長期，短期內是將用過核子燃料暫時存放在用過核子燃料池中，中期則是將用過核子燃料移至乾式貯存設施存放，而長期的目標是找到合適的最終處置場，將用過核子燃料永久存放。

其次分別介紹核一廠、核二廠的乾式貯存計畫執行現況。在核一廠方面為第一期室外乾式貯存設施，原能會於 2008 年核發建造執照，台電公司於 2012 年依試運轉計畫書執行冷測試，相關驗證結果經原能會審查後，於 2013 年 9 月同意熱測試。惟因地方政府尚未核發水土保持計畫之完工證明，致使核一廠的乾式貯存設施迄今皆未能執行熱測試。核一廠的乾式貯存設施採用的是美國 NAC 公司技轉給核研所並由核研所自行開發之 INER-HPS 系統，整個設施共有 30 個混凝土護箱，可存放 1,680 束用過核子燃料。

核二廠第一期室外乾式貯存方面，與核一廠情況類似，原能會於 2015 年同意台電公司建造執照申請後，因地方政府未核准逕流廢水削減計畫，故台電公

司迄今仍無法進行該設施之建造。核二廠的乾式貯存設施採用的是美國 NAC 公司設計的 MAGNASTOR 系統，整個設施共有 27 個混凝土護箱組成，可存放 2,349 束用過核子燃料，同樣為第一期戶外乾式貯存設施。

最後，向美方介紹我國對於乾式貯存設施所做的民眾參訪作業。自 2011 年迄今，原能會已辦理 19 次的民眾參訪作業，總共邀請了將近 20 個代表團體參加。這些團體的組成有地方鄉親、地方政府、專家學者，以及非營利組織(NGO)代表等。經由民眾參訪乾式貯存設施的過程，可以獲得核子設施之基本知識、體驗設施經營人員之工作環境、如何正確的使用劑量量測儀器，以及了解台電公司藉由離開管制區的全身偵測，如何確保工作人員的輻射劑量安全。

(十)美國用過核子燃料乾式貯存管理

本項由美國核管會核子物料安全與防護處燃料管理、貯存及運輸申請部門 (Office of Nuclear Material Safety and Safeguards, Storage and Transportation Licensing Branch) 計畫經理 Kristina Banovac，簡報美國用過核子燃料獨立貯存設施 (Independent Spent Fuel Storage Installation, ISFSI) 目前的營運現況、集中式中期貯存設施 (Centralized Interim Storage Facility, CISF) 之審查與公眾參與作業、美國核能電廠於除役階段及運轉階段對於用過核子燃料裝填作業之考量因素、以及破損燃料於乾式貯存系統之定義等議題。

美國核管會核准的用過核子燃料獨立貯存設施分為兩種型式，一種為特定場址許可執照 (Site-specific license)，另一種則是通用許可執照 (General license)。目前全美各地領有特定場址許可執照的用過核子燃料獨立貯存設施，計有 16 處，而領有通用許可執照的設施則有 68 處。前述領有特定場址許可執照的用過核子燃料獨立貯存設施，係指與核子反應器設施不在相同的場址，惟美國核管會仍依據 10 CFR 72 法規對其進行管制。

近期，美國核管會先後於 2021 年 9 月 13 日及 2023 年 5 月 9 日，核准了 ISP 公司 (位於德州的 Andrews 郡) 與 Holtec 公司 (位於新墨西哥州的 Lea 郡) 的集中式中期貯存設施申請作業，這當中還辦理了公眾參與作業。有關公眾參與方面，美國核管會有相對應的處理流程，包括舉辦聽證會議、執行安全審查並

提出審查報告、環境審查並提出環境影響說明、申照委員會提交審查意見，最後才會核發集中式中期貯存設施執照。

Kristina 亦分享了在審查過程及公眾參與時常會面臨諸多挑戰，例如：(1)最終處置的政策議題仍未解決；(2)需與外界利害關係人的溝通規則與應有的責任；(3)頻繁地邀請州與聯邦政府參與協商溝通；(4)各州政府正通過立法去停止這些計畫項目。不過她也表示，從這些面臨的困難過程可以獲得不少經驗，包括：可以儘早且頻繁地與這些利害關係人接觸或先溝通、依據實際排定時間準時提出意見與審查報告，以及提出高品質且包括要求補充說明意見回復內容之報告。

簡報中提及美國的核能電廠在除役階段時對於用過核子燃料裝填作業之考量因素，與其在運轉階段是有所差異的。除役階段時，可以運用的人力變得較少，為了可以執行乾式貯存系統的裝填作業，必須將已經停用的結構、系統與組件再重新啟動。用過核子燃料池的除役方面，需評估燃料退出後技術規範要求，而且燃料池所有的污染都要清除。

有關破損燃料之定義，Kristina 說明美國核管會於 NUREG-2215 報告內的 8.5.15.1 小節內有詳細的內容，若是有以下各種狀況都可稱之為破損燃料：

- 燃料棒明顯的變形會打開晶格間距
- 燃料束內遺失了單支燃料棒，而不是用模擬棒替換
- 結構組件有遺失、發生位移或損壞等情形
- 用過燃料束護套破損寬度大於 1mm 以上且可經由反應器運轉紀錄或燃料分類紀錄鑑別者
- 整個用過燃料束不在是一個完整的燃料束(例如：有鬆散的燃料丸或片段的燃料棒)

對於破損的用過核子燃料法規要求，可以在 10 CFR 72 相關章節中找到，其中會涉及次臨界狀態與準備好再取出狀態的維護，避免所含放射性物質發生不可接受的釋出，確保輻射劑量在可接受範圍，以及使得燃料護套不受嚴重破裂或包封燃料，可保護貯存期間的燃料劣化並確保營運安全。

為確保安全，Kristina 強調破損的用過核子燃料必須裝入破損燃料罐

(Damaged Fuel Canister, DFC)中，方可進行貯存。還有一種情形也必須使用破損燃料罐，那就是當燃料無法通過正常方式處理或燃料在正常和非正常貯存條件下可能重新配置時。目前美國核管會已針對多個具有破損燃料的貯存系統，核准其使用破損燃料罐或是破損燃料隔離器。如果燃料可以通過正常方式處理並且組件保持足夠的結構完整性，使得在正常和非正常貯存條件下不會發生重新配置，則破損燃料隔離器可用於嚴重破損的燃料。

最後 Kristina 以 Holtec 公司應用在 HI-STAR 100 乾貯系統的破損燃料罐為例進行說明，並分享美國沸水式的 Dresden 核能電廠及壓水式的 Trojan 核能電廠案例。會議中雙方針對美國核管會對於乾式貯存方面的管制提出幾項問題進行交流，包括請美方提供已核准之破損燃料罐應用於乾式貯存中的案例、如何執行這些已貯存破損燃料罐之乾式貯存設施檢查，以及現在目前實際上用於裝填破損燃料的破損燃料罐之形式等資訊。

(十一)風險評估之管制議題

本項由美國核管會核能管制研究署風險分析處(Division of Risk Analysis, Office of Nuclear Regulatory Research)資深工程師 Alan Kuritzky，就美國核管會辦理核子反應器設施三階風險評估專案 (Level 3 probabilistic risk assessment, L3PRA) 之報告現況進行說明。

三階風險評估專案分析包括範圍廣泛，這次出版報告內容包括核電廠功率運轉狀態、低功率運轉與停機(Low power and shutdown)狀態，以及乾式貯存設施的風險評估。此外，還針對天然災害事件，包含廠內水災 (internal floods)、廠內火災 (internal fire)、地震事件、強風 (high wind) 等，建立風險評估模型。目前大部分的研究評估作業已完成，但針對用過燃料池輻射源項之評估結果，須再進一步計算驗證；在機組低功率運轉狀態的部分，則尚須執行靈敏度分析。本專案分析個案所參考的核電廠是西屋公司設計之壓水式機組，該參考機組在 2012 年完成一系列改善措施的狀態，包含可有效降低爐心受損的反應爐冷卻水泵新型被動式軸封裝置 (reactor coolant pump seal)、福島事故強化措施 (如 FLEX) 等，因此尚需針對這些變更執行相關靈敏度分析。另外以前僅針對單一機組進行風險評估，這次則針對兩部機以及用過燃料

池、乾貯桶運輸等，可能同時發生事故之複合式情境進行風險評估。大部分技術分析作業也已完成，目前主要是彙整產出成果報告。2022 年 4 月已完成本專案第 2、3 冊公開版成果報告，第 2 冊主要記載本專案背景、研究方法及機組狀態描述等；第 3 冊則處理廠內事件及廠內水災風險評估，並包含前述強化措施有關設備更新之靈敏度結果。美國核管會於 2022 年 4 月已將該報告內容公布並徵詢大眾意見，最近剛將該風險評估成果與意見轉換成管制文件（NUREG）形式，至於完成並出版公開版之時間仍需視執行進展情形方能較明朗。第 4 冊處理的是運轉中機組廠內火災事件、地震事件及其他自然危害的風險評估，目前還在撰寫公開版草稿階段。至於第 5、6、7、8 冊以及第 1 冊總摘要報告目前尚未出版，美國核管會規劃在 2024 年完成出版，但實際完成時間亦需視後續辦理情形而定。

有關用過燃料池的部分，考量資源有限，故本專案優先針對具重要風險之情境進行評估分析，通常以電廠人員無法改善事故演變的時間點之前作為優先處理原則。本次研究以 7 天為篩濾事件原則，超過 7 天的事件情節則篩濾掉，但對此有進行靈敏度分析，檢視超過 7 天的事件情節是否會造成顯著風險，研究結果細節將在第 6 冊說明。針對超過 7 天的事件情節無法確實評估風險，因為這涉及許多人為行動，尤其超過 7 天長時間尺度，在無程序書或指引的情況下，沒有適合的方法處理人因失效機率，目前對於一階緊急運轉程序的處理，才有比較可靠的人因（Human Reliability Analysis, HRA）處理方式。

會議期間我方詢問福島事故強化措施（如 FLEX）對風險之影響，美國核管會答覆表示，由於地震或海嘯造成核電廠長期喪失廠外電源時，FLEX 措施可提供備用電力維持爐心冷卻系統，因此對於那些喪失廠外電源為主要風險來源的機組，確實有較明顯的效益，但對於那些喪失廠外電源非主要風險的機組，則沒有明顯差異。另外，美國核管會有針對與 FLEX 措施相關參數進行分析，藉由調整這些參數，發現與 FLEX 措施有關參數對於降低爐心熔毀頻率並沒有明顯差異。另外，乾式貯存僅有低度人為活動，其事故風險相較其他輻射源項而言，是明顯比較低；相較於反應器，用過燃料池意外事故風險亦可能會低一些。

(十二)我國核電廠除役初期保安及應變作法

本項由原能會核能技術處陳思嘉副主任簡報說明，目前我國三座核能電廠中已有兩座進入除役階段，惟因部分用過燃料仍於反應爐中，因此緊急應變整備作業與核子保安的監管要求與運轉中的電廠相同，後續並說明我國核子事故緊急應變機制、整備作為、核子保安管制作業等內容，並表示我國將於今年恢復辦理核安演習國際觀摩團(2020-2022 年因疫情暫緩)，並邀請美國核管會觀摩 2023 年 9 月核安第 29 號演習以進行意見交流。

緊急應變機制部分，若發生核子事故，原能會的核安監管中心會於接獲核能電廠設施經營者通報後成立緊急應變小組，進行事故評估並複判，並依照事故嚴重性啟動核子事故中央災害應變中心及其相關應變組織，以執行後續救災及民眾防護行動。而民眾防護行動決策的下達，主要係依照「核子事故緊急應變民眾防護行動決策參考指引」，以緊急應變行動基準(Emergency Action Level, EAL)與操作干預基準(Operational interventional level, OIL)，以及現行民眾防護行動干預基準，作為我國民眾防護行動之決策參考。

整備作業方面，為使我國核子事故應變執行順遂，已明定緊急應變計畫區(Emergency Planning Zone, EPZ)範圍，並於平時進行緊急應變場所及設備設置、建立多元之訊息通知管道、環境輻射監測規劃、製作多國語言文宣、辦理家庭訪問及碘片發放等多重整備作為，並透過年度核安演習檢視各應變單位的應變能力，以驗證民眾防護措施平時整備規劃之可行性。

最後核子保安部分，說明原能會制定嚴格的核子保安監管要求，除審查核能電廠訂定的保安計畫外，並定期執行視察作業，也要求核能電廠設施經營者提倡核子保安文化(Nuclear Security Culture, NSC)，建立評估指標以推動持續改進，亦透過定期辦理之核能電廠反恐演習、核子保安演練，進行演習視察並提出視察報告供其進行改善，同時為與國際接軌，我國定期與美國能源部核子保安局(DOE/NNSA)合作辦理教育訓練，並期許未來能與美國核管會進行核子保安技術交流及觀摩相關演練。

(十三)美國進步型反應器核子保安監管方法

本項由美國核管會核子保安及事故應變署核子保安處(Reactor Security Branch, Office of Nuclear Security and Incident Response)資深保安風

險分析師 Stacy Prasad 進行簡報，首先說明美國現行的核子反應器執照申請法規為 10 CFR 50 和 10 CFR 52，因應 2019 年美國核能創新和現代化法案(Nuclear Energy Innovation and Modernization Act, NEIMA)完成簽署，美國核管會需在 2027 年底前完成具技術包容性(Technology-inclusive)的管制法規制定作業(rulemaking)，以供商業進步型核反應器執照申請。

接著說明現行核子反應器與針對小型模組化反應器 (Small Modular Reactors, SMR) 及進步型反應器於核子保安法規上的差異，現行實體保安要求根據 10 CFR 73.55 規定，主要為偵測(Detect)、評估(Assess)、阻斷(Interdict)和弭平(Neutralize)之績效要求(Performance Requirement)及規定性要求(Prescriptive Requirement)，其中規定性要求如規定核能電廠最少的保安人力等。而對於 SMR 及進步型反應器則著重於可能發生的事件與造成的後果為導向(Consequence-based)去制定保安管制架構，因此也較有彈性。

美國核管會針對進步型反應器的政策聲明主要為先進反應器應在設計過程中同時考慮保安需求，以藉由設施設計、工程保安特性及制定緩解措施以解決保安問題(如新的恐怖襲擊威脅)，同時減少對人力的依賴，並以保安設計措施(Security-by-Design)的例子進行說明，包括(1)安裝防盜設備和入侵偵測設備以提高偵測、評估和監控電廠區域的能力；(2)強化內牆、外牆和開口(例如門、窗、供暖、通風等)以防止破壞；(3)將反應器、關鍵安全設施及支持核能電廠結構、系統和組件安置於地下，以防禦車載爆炸威脅和外部地面攻擊，並儘量減少進入重要設備和操作區域的接觸點；(4)利用科技防範內部威脅，例如利用篡改指示系統，以即時偵測未授權的進出作業。

針對 SMR 及進步型反應器的核子保安管制，美國核管會已發布兩個由幕僚提出的法規文件(草案)：(1) SECY-22-0072：主要內容為 SMR 及進步型反應器可藉由保安設計措施，強化廠內偵測能力及提高針對入侵的延遲能力，並經評估後亦可縮減廠內保安人力，改以依靠廠外武裝應變組織(如地方政府執法單位等)進行入侵者的弭平，另外 SMR 及進步型反應器除需設置實體屏障外，亦需設置後備保安監控中心，且其指定為重要設施；(2) SECY-23-0021：主要內容為 SMR 及進步型反應器將採行後果導向的實體保安要求，並彈性參採 10 CFR 73.55

的要求，該草案亦有訂定資安(採分級及參採 10 CFR 73.54)、門禁(基於後果分級)、適職能力(基於後果分級)及保安設計等規定。

(十四)小型模組化反應器應變整備監管方法

本項由美國核管會核子保安及事故應變署反應器執照核發處(Reactor Licensing Branch, Office of Nuclear Security and Incident Response)應變整備專員 Kenneth Mott 進行簡報，首先說明美國現行緊急應變相關規定，主要係依據 10 CFR 50.47 和其附錄 E，進行管制要求，包括煙羽曝露途徑的緊急應變計畫區(Plume Exposure Pathway EPZ)為 10 英里(16 公里)、攝入曝露途徑應變計畫區(Ingestion Planning Zone, IPZ)為 50 英里(80 公里)，對緊急應變為規定性要求。因小型模組化反應器和其他新技術(Other New Technologies, ONTs)在設計上具有風險較低之優勢，如具有先進或被動式安全系統等，因此美國核管會正在提議修改其現行的緊急計畫法規，針對 SMRs 和 ONTs 創建新的彈性緊急應變要求(New Alternative EP Requirements)，制定於 10 CFR 50.160，同時並研擬監管指引 DG-1350(Performance-Based EP for SMR, Non-LWRs, and Non-power Production or Utilization Facilities)以輔助該法規之施行。

10 CFR 50.160 適用之對象為(1)小型模組化輕水式反應器 SMR，熱功率小於或等於 1,000 MWt；(2) 其他新技術非輕水式反應器 ONTs，例如液態金屬冷卻、氣體冷卻和熔鹽冷卻反應器；(3)根據 10 CFR 50 獲得許可之非發電或利用設施，例如醫用放射性同位素設施。10 CFR 50.160 則不適用於(1)熱功率大於 1,000 MWt 的大型輕水式反應器；(2)核燃料循環系統；(3)現行運作的非發電用反應器。

另該法規特點有(1)EPZ 的範圍評估將具有彈性；(2)因應 SMR 已無需訂定攝入曝露途徑緊急計畫區 IPZ 範圍，故整備應變計畫需納入避免廠外民眾攝入曝露作法，如食物飲水管制的措施和資源；(3)將採用績效基準(Performance-based)、技術包容(Technology-inclusive)、風險告知(Risk-informed)和結果導向(Consequence-oriented)的緊急應變要求架構。(4)為 SMR 和 ONT 的執照申請者提供了兩種選擇，可以遵守新訂定之 10 CFR 50.160 的規定，也可以依照

現行緊急應變要求 10 CFR 50 附錄 E 和 50.47(b)；(5)執照申請者可通過具體設計和其廠址選定，並透過目標策略之施行和演習進行結果來證明如何滿足績效基準之緊急應變框架(Performance-based Framework)。

整體而言，10 CFR 50.160 的訂定為 SMR 和 ONT 提供緊急應變管制彈性，主要係考慮到較小的反應爐核心尺寸、較低的功率密度及較低的事務發生機率。此外，針對緊急應變計畫區的範圍大小，雖然與傳統大型輕水式反應器相比將會縮小很多，但仍要根據各核反應器的設計、廠址條件、設置模組數量及周圍人口狀況，以決定適當的 EPZ 範圍並訂定對應的應變計畫。針對應變計畫是否足以提供完善的防護措施，美國核管會仍然會透過視察與電廠進行演練的結果，進行應變計畫的審查評估。

(十五)會議結論

本次雙邊核能安全管制技術交流會議，雙方就各項安全管制議題進行交流及分享管制經驗，會議中雙方達成共識，後續將就除役管制、地震危害評估、乾貯設施管制、小型模組化反應器管制及核子保安等多項重要議題，進一步深入交流。

綜合本次會議討論結果，美方將就核電廠中壓地下電纜老化管理經驗、小型模組化反應器及進步型反應器之選址要求與數位儀控管制、核電廠除役期間消防/防止污染擴散/工安之管制、經核准使用於破損用過核子燃料貯存罐種類、如何執行貯存破損燃料罐之乾式貯存設施檢查，以及目前實際上用於裝填破損燃料的破損燃料罐之形式等資訊、移動式(FLEX)設備之風險評估等議題，持續與我方分享管制經驗或相關訊息；我方則將提供地震危害再評估有關地動預估方程式之資料，雙方並將針對核子保安議題持續交流。雙方代表共同簽屬會議結論摘要文件，本次會議圓滿結束。會議期間照片如下所示。



圖一 我方代表團與美方於美國核管會總部大門前合影



圖二 我方代表團與美方進行交流討論

二、參訪美國核管會運轉監管中心

6月21日下午至美國核管會運轉監管中心(Operations Center)，觀摩美國核管會針對 FitzPatrick 核電廠之核子事故緊急計畫演習，相關動員及應變情形。在觀摩前，先由美國核管會核能管制署安全系統處副處長 Mary Jane Ross-Lee，就本次演習進行簡要說明，隨後至美國核管會運轉監管中心觀摩演習情形，觀摩重點為該中心接獲核子事故通報後之相關動員應變作為。另外在觀摩前有注意到該日亦有 Waterford 核電廠進行演習，惟美國核管會並無參與該電廠之演練，主要係在美國每個核能電廠雖每 2 年需辦理 1 次包含廠外民眾防護行動之演習，惟美國核管會參與之演習僅需每 6 年 1 次，因此 Waterford 電廠本次之演習非美國核管會排定參與之場次。

監管中心人員說明，核電廠發生核子事故時，美國核管會的任務是複判核能電廠通報事項及事故狀態，監督設施經營者之應變作業，並提供州政府(美國由州政府主導核子事故廠外應變指揮及決策)及聯邦機構(主要支援州政府)之相關情資與評估建議。該核電廠事故模擬時間雖為 48 小時，為利演練則壓縮為 6 小時，並依時序由當日上午 8 時 30 分進入緊急戒備事故(Alert)；10 時進入廠區緊急事故(Site Area Emergency)；11 時 30 分進入全面緊急事故(General Emergency)。

該中心平時狀態(Normal Mode)有兩位值勤官(Operations Officers)值班，每日分為二值，每次 12 小時且全年無休，值勤室內設備包括健身室、簡易廚房及浴室。當電廠發生事故時，持照者需於 15 分鐘內通報州政府，1 小時內通報美國核管會運轉監管中心，該中心接獲核子事故通報後，將進入動員狀態(Activation Mode)，並通報美國核管會應變成員進駐並成立各應變組織。Covid-19 疫情後美國核管會應變作業採實體與視訊併行，進駐作業需於一小時內完成。美國核管會緊急應變組織成立後，將就核能電廠傳送之電子通報表單進行事故狀態複判作業。

其視訊會議將設置多個頻道，頻道由下至上(由功能分組至全應變組織)為各分組討論室、決策官室(供各分組向決策官報告)及全頻道室(供決策官向所有應變人員宣達使用)，若涉及有機敏資料則仍需現場報告。另除透過視訊軟體進行會議討論外，亦透過其緊急應變資訊平台(Emergency Response Data

System, ERDS)進行事故狀況與應變行動追蹤，類似我國應變管理資訊系統(Emergency Management Information Cloud, EMIC)與核子事故緊急應變工作平台，而主要追蹤管考任務係由計畫分組(Planning Section)負責，另外若同時發生多個核能電廠事故時，亦會使用前述視訊軟體及應變資訊平台，針對事故電廠開設各別之專案，美國核管會亦有地區辦公室(共有四個地區分部)就轄區內之事故電廠進行應變作業。

聯繫各聯邦單位部分，係由該中心接獲事故電廠通報後，除動員美國核管會應變人員外，並同時以電話通報相關聯邦單位，而美國核管會應變組織成立後，將改由聯絡分組(Liaison Section)進行通報作業，除電話外亦透過電郵方式進行正式通報(有固定格式之通報表單)，聯邦相關單位則包括美國環保局(Environmental Protection Agency, EPA)、能源部(Department of Energy, DOE)、國土安全部(Department of Homeland Security, DHS)、衛生及公共服務部(Department of Health and Human Services, HHS)、農業部(Department of Agriculture, USDA)等，該分組亦負責國際通報，如國際原子能總署(International Atomic Energy Agency, IAEA)及加拿大核能安全委員會(Canadian Nuclear Safety Commission, CNSC)等，而另決策官席亦設有白宮(White House)熱線電話供美國核管會報告使用。經由美國核管會官員現場導覽，使我方代表團對美國核管會運轉監管中心之運作有更進一步的了解。



圖三 我方代表團與美方於美國核管會運轉監管中心合影

三、參訪美國 Oyster Creek 核電廠

Oyster Creek 核電廠原為 Exelon 電力公司經營之發電廠，位於美國新澤西州，總占地 779 公畝，反應器為奇異公司沸水式反應爐第 2 型(BWR-2)，圍阻體為馬克一型(Mark I)，裝置容量 663MWe，該廠由 1964 年 12 月開始興建，1969 年 12 月開始商轉，2018 年 9 月永久停止運轉。Oyster Creek 核電廠進入除役階段後，Exelon 公司於 2019 年 7 月將電廠執照轉移給 Holtec Decommissioning International (HDI)公司，由 Holtec 負責執行後續 Oyster Creek 核電廠除役相關作業，其除役策略並由安全貯存(SAFSTOR)改為立即拆除(DECON)。我方曾於 2019 年 6 月造訪 Oyster Creek 核電廠，當時該廠才停止運轉不到 1 年，相關除役作業尚未展開，本次特別請美國核管會安排，於 4 年後再度參訪，以實地了解除役作業之進展。

目前 Oyster Creek 核電廠用過核子燃料皆已移至獨立用過核子燃料乾式貯存設施(Independent Spent Fuel Storage Installation, ISFSI)，並已完成周邊 58 個結構及大型組件之拆除作業，如柴油發電機廠房、變壓器、電氣維護廠房、廢氣廠房、油槽等；反應爐部分，目前已完成內部組件之拆除作業，爐槽本體部分則規劃採切割方式處理。現階段該廠正進行廠址特性調查、反應器爐穴除污、其他廠房結構物之拆除等作業，並進行該廠之執照終止計畫 (License Termination Plan) 之準備作業中。

另外，該電廠保護區(Protected Area)範圍已調整至獨立用過核子燃料乾式貯存設施島區範圍，其外設有兩道鐵絲網藩籬，雖保安人力已大幅縮減，但廠內仍設有保安監控中心、通訊和備用電源供應設施，另該廠亦無需進行保安及應變演習，惟美國核管會仍會每 3 年執行 1 次保安視察作業。

有關於 Oyster Creek 核電廠中的用過核子燃料貯存作業，該電廠共計有 4,603 束的用過核子燃料，其中 2,074 束燃料貯存於既有的 34 只用過核子燃料獨立貯存設施的護箱。另外 2,529 束燃料從用過燃料池移出至 33 只 Hi-Storm 乾式貯存系統中，這當中的 500 多束燃料是貯存於 Holtec 公司自行開發的乾式貯存系統。在廢棄物管理方面，Holtec 表示至今已將 40 萬立方呎的廢棄物從廠內移出，總重量超過 19,949,033 磅。其中可做為資源回收與再利用的廢棄物會優先被處理，此部分約佔廢棄物總比例的 24%。因為 Oyster Creek 電廠內並未如

我國電廠設有低放射性廢棄物貯存庫，故其放射性廢物是直接運往低放處置場存放。

另 Holtec 公司研發了 4 種型式的乾式貯存系統，包括：NUHOMS-61BT、NUHOMS-61BTH、HI-STORM FW 及 HI-SAFE。有關 Oyster Creek 核電廠乾式貯存設施，目前場內有 HI-STORM 及 HI-SAFE 這兩種乾式貯存系統，美國核管會係依照 10 CFR 72 相關法規進行管制，迄今並未發生任何意外事件。

參訪期間，雙方針對除役議題進行討論，有關核電廠除役期間地下水防護監測作業部分，該廠表示除役期間電廠仍持續監測地下水，依監測結果水中放射性核種濃度有逐漸下降的趨勢。美國核管會視察人員則表示針對地下水監測方案之視察頻次，運轉期間是三年一次，進入除役則增加為每年一次。有關核電廠除役所產生極低活度的放射性廢棄物處理方式，該廠表示針對這類放射性廢棄物，會參照 10 CFR 20.202 提出外釋申請，然申請這類廢棄物外釋通常需要額外的偵測成本，經電廠評估若具有一定經濟效益，才會向美國核管會申請個案外釋；若成本過高就不會提出申請。有關輻射特性調查及最終狀態偵測之管制，該廠表示係參照 MARSSIM、MARSAME 作法執行輻射偵檢取樣，並記錄取樣位置，以便於日後必要時可再確認取樣點，到了最終狀態偵測階段，美國核管會或其委託之專業驗證機構可以選擇在電廠業者取樣時，可採同步同地點取樣，也可以選擇非同步但同位置取樣，驗證電廠最終狀態偵測結果，並併同電廠執照終止計畫進行審查。

綜觀本次參訪，藉由實地至現場瞭解該廠除役作業現況與進度，並就相關議題進行討論，汲取美國核電廠執行除役作業及美國核管會管制作法之經驗，可做為我國在核電廠除役安全管制監督作業之參考。



圖四 我方代表團與美國核管會人員於 Oyster Creek 核電廠合影

肆、心得與建議

- 一、本次原能會與美國核管會間舉辦之雙邊管制技術交流會議，雙方就核能管制實務及管制經驗面對面進行交流與深度討論，並將就多項管制議題進一步交流。建議持續定期召開台美 AEC/NRC 雙邊核安管制技術交流會議，藉此精進強化國內核能安全管制作業，並增進雙方合作關係。
- 二、美國核管會已核准 NuScale 小型模組化反應器(UA600)之設計認證，並持續進行多種小型模組化反應器及進步型反應器相關管制法規與審查導則之研修定及執照申請審查，建議持續了解其管制作法，以掌握最新發展情形。
- 三、Covid-19 疫情後，美國核管會已大幅利用視訊軟體，以線上會議併同多頻道開設模式進行緊急計畫演習之演練，並於後疫情時代持續執行。我國 2021 年核安第 27 號演習兵棋推演亦以全視訊方式進行演練，展示兼顧防疫與核子事故同時發生時的應處能力，與國際作法一致。演習通報方式，美方係以電話併同電郵方式通知，我國係以電話通知併同傳真正式通報，因此電郵方式亦可作為國內未來選擇之一，使通報機制多元化，以增進通報效能。
- 四、美國已於 2021 年及 2023 年先後核准兩處集中式中期貯存設施申請作業，一處位於德州，另一處位於新墨西哥州。為因應我國未來對於集中式中期貯存設施之管制需求，建議持續追蹤其管制措施，以做為我國管制作業之參考。
- 五、本次安排至除役中之 Oyster Creek 核電廠，實地瞭解該廠除役作業現況，並就除役相關議題進行經驗交流，得以汲取美國核電廠除役實務作業及安全管制之資訊。建議未來能夠安排類似實地參訪行程，以做為我國在核電廠除役安全管制監督作業之參考。

伍、附件

附錄一 2023 年台美雙邊核安管制技術交流會議議程

Tuesday, June 20, 2023

- 8:40 AM Taiwan Delegation arrives at NRC
- 9:00 AM **Welcoming Remarks**
Andrea Kock, Deputy Office Director for Engineering, NRR
- 9:15 AM **Welcome and Introductions**
Ms. Mary Jane Ross-Lee, NRC/NRR and Mr. Gung-Min Ho, Taiwan AEC/Department of Nuclear Regulation (DNR)
- 9:30 AM **AEC Regulatory Update/Status of Nuclear Power in Taiwan**
Mr. Sheng-Shun Wang, Taiwan AEC/DNR
- 10:00 AM **NRC Regulatory Update (tentatively to include SMR/Advanced Reactor Planning)**
Ms. Mary Jane Ross-Lee, NRC/NRR
- 10:30 AM **Break**
- 10:45 AM Regulatory Activities of the Senior Seismic Hazard Analysis Committee (SSHAC) Level 3 for Taiwan NPPs
Mr. Sheng-Shun Wang, Taiwan AEC/DNR
- 11:15 AM Post-Fukushima Safety Evaluation and Information Exchange
Ms. Mary Jane Ross-Lee, NRC/NRR
- 11:30 AM **Lunch – hosted by NRC** Sabrina Atack, Deputy Office Director, OIP
- 1:00 PM **Regulatory Issues on Decommissioning of NPPs**
Ching-Miao Chang, Taiwan AEC/ DNR
Waste Management Program for Decommissioning
Chen-Tsung Fan, Taiwan Power Company
Experience on the Decommissioning of Taiwan Research Reactors
Dr. Hui-Wen Huang, Taiwan AEC/INER
- 2:00 PM **Leading Regulatory Issues in Decommissioning**

Bruce Watson, NRC/NMSS

- 2:30 PM **Break**
- 2:45 PM **Spent Fuel Dry Storage in Taiwan**
Chih-Ming Ma, Taiwan AEC/FCMA
- 3:15 PM **Spent Fuel Dry Storage Management**
Kristina Banovac, NRC/NMSS
- 3:45 PM **Discussion**
- 4:15 PM **Summary and additional questions**
- 4:30 PM **Depart NRC**

Wednesday, June 21, 2023

- 8:40 AM Taiwan Delegation arrives at NRC
- 9:00 PM **Regulatory Issues on PRA**
Jose Pires, NRC/RES
Thomas Weaver, NRC/RES
Alan Kuritzky, NRC/RES
- 9:30 AM **Implementation of Nuclear Security and Emergency Preparedness During the Early Stage of Decommissioning of Nuclear Power Plants in Taiwan**
Amy Szu-Chia Chen, Taiwan AEC/DNR
- 10:00 AM **Regulatory Approaches to next Generation Small Reactors on Nuclear Security**
Stacy Prasad, NRC/NSIR
- 10:30 AM **Regulatory Approaches to next Generation Small Reactors on Emergency Preparedness**
Kenneth Mott, NRC/NSIR
- 11:00 AM **Break**
- 11:15 AM **Summary/Signing of Meeting Minutes**
- 11:25 AM **Pre-Brief: Fitzpatrick Exercise**

Ms. Mary Jane Ross-Lee, NRC/NRR

11:45 AM Arrive at NRC Headquarters Operations Center and pass through the security screening.

12:00 PM **Fitzpatrick Exercise Observation**

2:00 PM End of Observation

2:15 PM **Lunch - TBD**

Thursday, June 22, 2023 - Site Visit (Oyster Creek, Forked River, NJ)

7:30 AM Meet at hotel or NRC headquarters

7:45 AM Depart for Oyster Creek Nuclear Generating Station, Forked River, NJ

11:45 AM Arrive in Oyster Creek – Introductions

12:15 PM **Lunch – hosted by Holtec**

1:15 PM Site Brief and History

1:45 PM Site Tour

4:00 PM Depart Oyster Creek for hotel

4:30 PM Arrive at Holiday Inn in Manahawkin, NJ

6:00 PM **No-host dinner - TBD**

Friday, June 23, 2023

7:30 AM **Breakfast – Available at hotel**

8:30 AM Depart hotel - Drive to NRC

12:30 PM Arrive at NRC

附錄二 2023 年台美雙邊技術交流會議雙方代表名單

Taiwan Atomic Energy Council (AEC) and U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC) Bilateral Technical Meeting June 20-23, 2023, NRC Headquarters

Delegation from Taiwan:

- Gung-Min Ho – Director, Decommissioning Regulatory Taskforce, Department of Nuclear Regulation, Atomic Energy Council (AEC)
- Ching-Miao Chang – Technical Specialist, Department of Nuclear Regulation, AEC
- Sheng-Shun Wang – Technical Specialist, Department of Nuclear Regulation, AEC
- Amy Szu-Chia Chen – Deputy Director, Nuclear Safety Duty Center, Department of Nuclear Technology, AEC
- Yi-Ta Tsai – Associate Technical Specialist, Department of Nuclear Technology, AEC
- Chih-Ming Ma – Associate Technical Specialist, Fuel Cycle and Materials Administration, AEC
- Hui-Wen Huang – Researcher and Deputy Director, Nuclear Regulatory Technology Support Center, Institute of Nuclear Energy Research (INER)
- Chen-Tsung Fan – Deputy Director, Department of Nuclear Backend Management, Taiwan Power Company (TPC)
- Tracy Tsai-Yueh Luo – Deputy Director, Science and Technology Division, Taiwan Economic and Cultural Resources Office (TECRO)

Delegation from U.S. Nuclear Regulatory Commission:

Office of Nuclear Reactor Regulation (NRR)

- Mary Jane Ross-Lee, Deputy Director, Division of Safety Systems
- Lauren Quinones, Project Manager, International Relations

Office of Nuclear Security and Incident Response (NSIR)

- Stacy Prasad, Senior Security Risk Analyst, Reactor Security Branch
- Kenneth Mott, Emergency Preparedness Specialist, Reactor Licensing Branch
- Jeffery Grant, Team Leader, Response Program Team

Office of Nuclear Material Safety and Safeguards (NMSS)

- Kristina Banovac, Project Manager, Storage and Transportation Licensing Branch

- Bruce Watson, Special Assistant, Division of Decommissioning, Uranium Recovery, and Waste Programs (DUWP)

Office of Regulatory Research (RES)

- Jose Pires, Senior Technical Advisor for Civil/Structural Engineering, Division of Engineering
- Thomas Weaver, Seismologist/Geophysicist, Division of Engineering
- Alan Kuritzky, Senior Reliability and Risk Engineer, Division of Risk Analysis

Office of International Programs (OIP)

- Maureen Conley, International Relations Officer
- Marline Dominic, International Relations Specialist
- Caroline Clough, Student Intern

NRC Region I Office (Oyster Creek Nuclear Generating Station)

- Anthony Dimitriadis, Chief, Decommissioning, ISFSI and Reactor Health Physics Branch, Division of Radiological Safety and Security
- Andrew Taverna, Health Physicist, Decommissioning, ISFSI and Reactor Health Physics Branch, Division of Radiological Safety and Security