

出國報告書（出國類別：開會）

參加2024年台美民用核能合作會議
2024 TECRO - AIT Civil Nuclear
Cooperation Meeting

服務機關：核能安全委員會等

姓名職稱：李綺思組長等

派赴國家/地區：美國加利福尼亞州

出國期間：113年12月1日至113年12月7日

報告日期：114年1月20日

本頁空白

摘要

2024 年 12 月 3 日至 12 月 5 日，2024 年度「台美民用核能合作會議」(TECRO-AIT Joint Standing Committee Meeting on Civil Nuclear Cooperation) 假美國加利福尼亞州勞倫斯利佛摩國家實驗室 (Lawrence Livermore National Laboratory, LLNL) 舉行。自 1985 年起，台美雙方便開始輪流在台灣及美國召開年度合作會議，至今已為第 39 屆。本年度會議由美方主辦，雙方藉由會議交流原子能管制技術，並檢討及規劃核能管制相關項目。

由核能安全委員會 (以下簡稱核安會) 綜合規劃組李綺思組長率領，我方代表團共計 21 人參加 2024 年度「台美民用核能合作會議」。代表團成員包括核安會、交通部中央氣象署、駐美代表處、駐舊金山辦事處、國立清華大學、國家原子能科技研究院及台電公司等單位推薦派遣。美方則由國務院 (Department of State, DOS)、核能管制委員會 (Nuclear Regulatory Commission, NRC)、能源部 (Department of Energy, DOE) 及所屬國家實驗室等單位共計派出 17 名代表出席。會議期間，台美雙方分享並交流核能技術相關經驗，討論核電廠運轉管制、核電廠除役管制及技術研發、放射性廢棄物管制及管理技術研發、核醫藥物與同位素應用及緊急應變管理等議題。此外，雙方研商本年核能合作項目執行情形，並規劃來年合作計畫。會議討論行程結束後，台美雙方代表參訪了勞倫斯利佛摩國家實驗室所屬的國家點火設施 (National Ignition Facility, NIF)，以了解美國在核融合技術發展中的最新成果，並作為我方參考。

關鍵字：台美民用核能合作會議、核電廠除役管制及技術、放射性廢棄物管制及管理

目錄

摘要.....	I
目錄.....	II
圖目錄.....	III
表目錄.....	IV
壹、 前言	1
貳、 行程	2
參、 工作紀要.....	3
肆、 心得與建議.....	42
伍、 附錄	45

圖目錄

圖 1、沙盤推演會議現場會場及討論現況	4
圖 2、台美民用核能合作會議與會人員於勞倫斯利佛摩國家實驗室合影	4
圖 3、台美民用核能合作會議第四分組成員合影	10
圖 4、整體核廢營運管理路徑圖	22
圖 5、國家點火設施主建築	35
圖 6、台美民用核能合作會議與會人員於國家點火設施合影	36
圖 7、國家點火設施靶室中心之燃料靶球部署	38
圖 8、國家點火設施雷射光系統之雷射間 (Laser Bay)	39
圖 9、燃料靶球製造	39
圖 10、國家點火設施監控室	40

表目錄

表 1、赴美參加 2024 年台美民用核能合作會議行程表.....	2
表 2、除役中核能電廠美國緊急應變計畫要求.....	20
表 3、第一分組合作項目統計表.....	27
表 4、第二分組合作項目統計表.....	28
表 5、第三分組合作項目統計表.....	33
表 6、第四分組合作項目統計表.....	34
表 7、我方赴美參加 2024 年台美民用核能合作會議名單及所屬單位.....	45
表 8、美方與會參加 2024 年台美民用核能合作會議名單及所屬單位.....	47

壹、前言

自 1984 年 10 月 3 日台美雙方簽署「北美事務協調委員會與美國在台協會間民用核能合作聯合常設委員會設置協定」後，從 1985 年起，台美雙方輪流在台灣與美國召開「台美民用核能合作會議」(TECRO-AIT Joint Standing Committee Meeting on Civil Nuclear Cooperation)。2024 年，這一合作會議已經邁入第 39 屆，見證台美雙方持續的友好關係，並為提高核能安全管理能力打下基礎。通過這一平台，雙方在核能相關領域開展合作與交流，包括核電廠營運管制、核電廠除役管制與管理技術、輻射防護、輻射源管制、環境輻射監測、放射性廢棄物管制及管理技術、核醫藥物與同位素應用、以及核子事故緊急應變管理等項目。這些交流的成果，為我國核能技術的發展奠定了重要的基石。

經台美雙方協調，2024 年台美民用核能合作會議 (2024 TECRO-AIT Joint Standing Committee Meeting on Civil Nuclear Cooperation) 於 12 月 3 日至 12 月 5 日假美國加州勞倫斯利佛摩國家實驗室 (Lawrence Livermore National Laboratory, LLNL) 舉行。該實驗室隸屬於美國能源部，此次受美國國務院委託，負責籌辦此年度合作會議，並介紹場內國家點火設施 (National Ignition Facility, NIF) 研究設施。

貳、行程

核安會綜合規劃組組長李綺思一行於美東時間（本報告均以美東時間說明）2024 年 12 月 1 日晚間抵達舊金山機場（SFO），隨後與駐美人員羅副組長彩月會合，一同乘車前往利佛摩市（Livermore City）。經過約 1 小時車程後抵達住宿地點並辦理入住。12 月 2 日上午，我方第四分組成員與美方相關人員開始討論行程；其餘人員則在飯店會議室進行沙盤推演討論。中午時分，部分成員與舊金山辦事處科技組進行全面討論。12 月 3 日至 5 日，全體團員在勞倫斯利佛摩國家實驗室(LLNL)參加 2024 年台美民用核能合作會議，並參訪國家點火設施。以上行程整理如表 1 所示。

表 1、赴美參加 2024 年台美民用核能合作會議行程表

	行程內容	地點	備註
12/1 (日)	去程	台北-舊金山-利佛摩市	
12/2 (一)	沙盤推演會議、第四分組討論、與舊金山辦事處科技組全面討論	利佛摩市	全體出席人員
12/3 (二)	台美民用核能合作會議：專題報告	利佛摩市	全體出席人員
12/4 (三)	台美民用核能合作會議：分組討論	利佛摩市	全體出席人員
12/5 (四)	台美民用核能合作會議：設施參訪	利佛摩市	全體出席人員
12/6-7 (五、六)	返程	利佛摩市-舊金山-台北	

參、工作紀要

「2024 年台美民用核能合作會議」12 月 3 日至 12 月 5 日間於美國加州勞倫斯利佛摩國家實驗室 (LLNL) 舉行，此次會議台美雙方總計 38 員參與，其中台方出席人員共有 21 名，分別為駐美代表處、交通部中央氣象署、駐舊金山辦事處、國立清華大學 (後略以清華大學)、台灣電力股份有限公司 (後略以台電公司)、以及核能安全委員會 (後略以核安會)、國家原子能科技研究院 (後略以國原院) 等單位，美方出席人員亦共有 17 名，分別來自國務院 (Department of State, DOS)、核能管制委員會 (Nuclear Regulatory Commission, NRC)、能源部 (Department of Energy, DOE) 暨所屬國家實驗室、美國能源部國家核子保安局 (National Nuclear Security Administration, NNSA)、美國能源部核子走私偵測暨嚇阻計畫辦公室 (Nuclear Smuggling Detection and Deterrence Program, NSDD) 等單位，出席人員名冊如附錄一及會議議程如附錄二。

因應美方邀請，台美會第四分組 (緊急應變管理分組)，提前於台美會正式會議前一日 (12 月 2 日) 至 LLNL 進行大氣擴散模組技術交流會議，並預安排核鑑識實驗室參訪行程，行程如附錄三；其餘人員則於飯店會議室進行資料整理後開始沙盤推演討論如圖 1。就美方提供更新會議議程、簡報題目及我方簡報報告順序進行討論，提醒進入 LLNL 警衛崗哨後應遵守美方規定，全時應配戴美方核發之入場身分證件及嚴格禁止拍照與攝影。中午時則由李組長率隊與舊金山辦事處科技組顏宏偉組長及該組王志平秘書全面討論台美核能相關合作交流。

台美會議第一天 (12 月 3 日) 先後由國務院主任 Jim Warden 及核安會李綺思組長代表進行開幕致詞，再由 LLNL 全球安全首席副主任 Huban A. Gowadia 進行歡迎致詞，隨即由台美雙方輪流進行專題報告。12 月 4 日台美雙方依合作項目性質分成 4 個工作小組 (Working Group)，分別就列管合作項目檢討 2024 年執行情形，並研商未來合作規劃。12 月 5 日參訪實驗室內的国家點火設施 (NIF) 的核融合相關研究設施、人員操作中心實況、及研究現況討論。圖 2 為台美雙方全體與會人員在 LLNL 內之合影。



圖 1、沙盤推演會議現場會場及討論現況



圖 2、台美民用核能合作會議與會人員於勞倫斯利佛摩國家實驗室合影

一、台美會第四分組大氣擴散分析模組技術交流會議及核鑑識實驗室參訪活動（12月2日及4日）

於 2023 年台美民用核能合作會議時，中央氣象署研究員鄧仁星博士曾簡報我國使用輻射災害事件污染擴散評估系統中的污染擴散模組（CALPUFF）進行台灣都會區輻射彈（Radiological Dispersal Devices, RDD）事故放射性物質擴散模擬分析，並於會後提供簡報檔案予美方，經 LLNL 之大氣擴散分析專家檢視後，提出相關問題，並探詢進一步技術交流合作的機會。2024 年在台美會第四分組共同主席 Mr. Mart Stewart-Smith 安排下，於 12 月 2 日上午於 LLNL 進行雙邊大氣擴散分析模組技術交流會議。

會議開始由美方致歡迎詞，並各自介紹台美兩方成員後，我方中央氣象署鄧仁星博士就「台灣都會區輻射事件擴散評估系統研究（Research on a Rapid Prediction System for Radiation Events in Urban Buildings in Taiwan）」進行簡報。該系統主要目的係針對發生於台灣人口密集都會區的輻射彈（RDD）爆炸事件，迅速評估放射性污染物擴散的影響範圍，作為應變人員之決策參考，協助即時評估救災時間和預擬輻射偵測計畫，提升緊急應變效率，並保護應變人員，鄧博士說明我方所提系統架構，包括：

- CALPUFF：為輻射災害事件污染擴散評估系統中的污染擴散模組，再加上放射性物質在空中的行為模組及對人體的劑量影響，組成完整的輻射災害事件污染擴散評估模組。
- CALMET：為 CALPUFF 擴散系統中處理複雜地形及城市區域氣象降尺度模組，輸出資料為後續擴散模組所需的高解析度風場氣象資料。
- CALPOST：為後端資料處理程式，以數據及圖表來總結。

過去我國使用 CALPUFF 系統進行輻射彈事件污染擴散評估系統的開發，係考量其優點，適用於複雜地形的三維氣象風場變化，且可快速進行擴散模擬，符合應變時程需求。惟因應 CALPUFF 擴散模組的使用限制，如該模組較適合進行連續釋放及穩態氣象情境下的擴散模擬，若用來模擬輻射彈爆炸短期釋放情境，

將需要進行包含氣象降尺度及擴散等計算模組的調整，為了讓系統模擬結果更貼近實際風場遇到地形及建物，使輻射彈爆炸後輻射污染擴散分析結果更細緻，我方說明調整後的相關模組方法與結果比較，並與美方進行技術意見交流。接著由美方大氣擴散專家分別就以下議題進行簡報：

(一)、美國國家大氣釋放諮詢中心（National Atmospheric Release Advisory Center，NARAC）簡介

由 LLNL 研究成員（Research Staff）Katie Lundquist 女士介紹美國國家大氣釋放諮詢中心（NARAC），該中心提供工具與服務，計算因意外或惡意攻擊所釋出之有害物質的動態分布狀況，並有全年無休的運作中心執行國際交換計畫（International Exchange Program，簡稱 IXP），全天候提供放射性擴散與雲團模式計算服務，目前為 146 個會員國提供相關服務，若有需要我國亦可以請求支援。

NARAC 提供大氣擴散運算模型供緊急應變決策人員作為例行防護行動的參考，以保護受影響區域的民眾，亦能評估許多不同類型的放射性大氣釋放事故：如核能電廠事故、放射性物質爆炸擴散事故、工業意外事故、運輸交通意外事故等。有關核電廠事故的實際應用上，NARAC 模式曾應用於車諾比事故、三哩島事故以及日本福島事故。

NARAC 系統包含 Atmospheric Data Assimilation and Parameterization Tool（ADAPT）及 Lagrangian Operational Dispersion Integrator（LODI）等模型，可進行高解析度大氣和粒子擴散模擬，並運用機器學習進行射源項分析，NARAC 與 NRC 緊密合作，以共同應對核子事故。

1、都會區擴散模組簡介（Aeolus Urban Dispersion Model）

本議題由 LLNL 科學家（Staff Scientist）Akshay Gowardhan 先生進行簡報，針對都會地區輻射或危險物質釋放事件擴散模擬分析技術進展進行說明，因應全球超過一半人口居住於城市地區，在應對輻射彈等事件時，準確的分析模組至關重要，需要高解析度工具，同時能考量建築物影響、地形和即時氣象數據。考慮的

模組類型包括：Gaussian Plume Models 可提供計算快速但過於簡化，因無法精確模擬風場及地形效應，不適用於城市地區。Empirical/Diagnostic Models 則考量建築物影響，但精細程度不如 Computational Fluid Dynamics (CFD) 模型。最後，CFD 模型則最為精確，但運算速度慢且需要大量計算資源。

本次介紹的 Aeolus 模型，是一種專為都市環境優化的高解析度 CFD 工具，能快速生成網格 (Mesh) 並進行快速計算，將模擬時間從數小時或數天縮短到數分鐘。並可模擬詳細的物理過程，如垂直與水平擴散、粒子沉降及其與建築物的相互作用等。

未來的發展為擴展全球建築和地形數據庫，精進城市模擬的準確性，並進一步提升模型的精細程度，以提升面對輻射或危險事件的緊急應變能力。

2、NARAC 高解析度大氣擴散模組發展現況 (High Resolution Atmospheric Modeling)

本議題分別由 LLNL 研究人員 Stephanie Neuscamman 女士、David Wiersema 先生及 Katie Lundquist 女士依序進行說明。Neuscamman 女士主要介紹爆炸雲團上升 (Cloud Rise) 分析模型及其與粒子擴散模型的參考文獻，並提供我方作為未來研究輻射彈爆炸分析相關參數的參考。

Wiersema 先生簡報 Multiscale Modeling of Atmospheric Transport and Dispersion Over Mountainous Terrain from a Hypothetical Underground Release，透過模擬山區地形中的大氣擴散，並與在內華達國家安全區域 (NNSS) 的煙羽釋放實驗比較，探討中尺度與微尺度的參數設定，以最佳化多尺度複雜地形之大氣與擴散模組。

最後由 Lundquist 女士簡報 Accelerated Atmospheric Simulations for Rapid Response in Nuclear, Climate, and Energy Security Applications，本計畫為三年期計畫，2024 年是第一年，目的是在開發即時，多尺度且高解析度的大氣模擬分析能力，以應對 LLNL 在氣候變遷、核爆後場景等領域的關鍵需求，完備大氣擴散模型的適用性。

(二)、核鑑識實驗室參訪

2024 年美國 DOE/NNSA 依台美民用核能合作會議之雙方合作項目，於 11 月 11 日至 13 日首次於我國辦理「現有在核鑑識調查中的應用」工作坊，講授遇有脫離監管之放射性物質或核物料之情境時，如何運用現有核種分析能力及協調機制進行應處及調查作業，議題涵蓋全球威脅到輻射犯罪現場管理以及後送實驗室分析等。來自 LLNL 的講師並分享許多實際核鑑識案例，使我方對核鑑識有初步的了解。因應本次台美會辦理場地即於 LLNL，其核鑑識實驗室專精於核物料分析鑑識，故美方於前述台美會分組討論辦理完畢後，邀請我方台美會第四分組成員前往參觀，因機會難得，故在籌備期很短的情況下，安排於 12 月 4 日中午進行參訪活動，成員合照如圖 3。

參訪開始於簡介該實驗室核鑑識和材料特性研究的能力，重點在於識別核物料的來源、加工方法及其威脅程度。該實驗室並協助國際核鑑識工作，特別是支援 NSDD，並與國際原子能總署（IAEA）等超過 20 個國際組織合作。

該核鑑識實驗室類型為放射化學實驗室，其最大宗工作主要協助執行 LLNL 內之國家點火設施（NIF）之樣品分析，每年分析之樣品數約 4,000 件左右。在核鑑識方面，其專長主要針對核物料進行分析，協助建立國家核鑑識資料庫（National Nuclear Forensics Library），並利用其資料庫進行數據比對及來源判定，並曾支援國際原子能總署（IAEA）高濃縮鈾查扣案例之國際調查。

依照該實驗室核鑑識檢測流程，依序參訪非破壞性分析、物理化學特徵分析及破壞性分析等實驗室，最後並參訪其發展研究實驗室，相關介紹如下：

1、非破壞性分析

非破壞性分析是研究核鑑識樣品的第一步，結果及處理過程中不會改變材料的原始狀態，分析方式依順序如下：

- (1). 加馬光譜分析：透過高純度鍺偵檢器（High Purity Germanium, HPGe）進行放射性物質鑑別及活度量測等。因該檢測步驟為第一步，因此實驗室備有許多

先進設備如遙控機械手臂，可將樣品夾取至樣品容器內，而該容器已預置於軌道內，因此可透過無人方式將樣品送至高純度鍍偵檢器內分析，使人員進行高活度樣品分析時可減低所受之輻射劑量。

- (2). 物理性特性分析：檢測樣品尺寸、重量及密度等，並透過電子顯微鏡查看樣品表面之相關裂縫，並搭配能量散射光譜儀（Energy Dispersive Spectrometer, EDS）查看相關雜質特徵等。
- (3). X 光拍攝：查看樣品內部構造。
- (4). X 射線繞射分析（XRD）：分析固體樣品之結構特性。
- (5). X 射線螢光分析（XRF）：分析樣品之化學成分。

2、破壞性分析

完成非破壞性分析後，將再進行破壞性分析，以獲取進一步資訊，主要透過化學方式溶解樣品，使用如共振電離質譜儀（RIMS）等技術分析鈾、鈾及其他元素，及使用聚焦離子束顯微鏡進行結構分析。藉由此方式，可以了解樣品之同位素比例，取得同位素比例後又可透過核種之半化期特性來推算樣品之年齡，以推算製造之時間，以利判定樣品之用途及來源使用。

3、研究發展

該實驗室亦有其他的研究項目，主要為增進該實驗室之分析技術，而目前主要開發透過雷射激發的方式進行分析，目前運用於宇宙化學研究，透過雷射將樣品進行激發，並藉由原子蒸氣雷射同位素分離法（Atomic Vapor Laser Isotope Separation, AVLIS）來分析同位素組成。

參訪後，我方就檢測時是否需進行拍照或錄影記錄、檢測後樣品處置、核鑑識資料庫資料來源等問題進行進一步詢問，美方回復事項包括：(1)、除非檢調單位特別要求，通常只需要依照實驗室本身之管理規定落實相關紙本紀錄即可；(2)、一般只會取樣品的一部份進行檢測，檢測後樣品則會存放於實驗室，如果

檢調單位有要求才會歸還樣品；(3)、核鑑識資料庫資料來源主要源自於各核鑑識實驗室曾檢測之資料，並進行上載建置，另外亦包括相關業管單位之資料。



圖 3、台美民用核能合作會議第四分組成員合影

二、台美民用核能合作會議：專題報告（12月3日）

台美民用核能合作會議的第一日首先進行專題報告，雙方分別就該國在核能相關管制與發展上的重點議題進行業務簡報，共計發表 13 篇報告（報告議程詳如附錄二）。

我方提出「台灣核能安全委員會現況更新（Updates on Nuclear Safety Commission's Activities in Taiwan）」、「台灣核電廠管制近況（Recent Regulatory Activities on NPPs in Taiwan）」、「台灣核電廠除役初期期間保安及緊急應變作法（Implementation of Nuclear Security and Emergency Preparedness during the Early Stage of Decommissioning of Nuclear Power Plants in Taiwan）」、「國原院研究計畫概況及未來展望（Overview of the Research Programs at NARI and Future Prospects）」、「台灣放射性廢棄物管理策略與現況（The Waste Management Strategy and Current Status in Taiwan）」、「國立清華大學近期有關台美核能合作的核能研究活動（Recent Nuclear Power Research Activities Related to TECRO-AIT Nuclear Cooperation at NTHU）」等 6 篇。

美方則提出「美國用過核子燃料集中貯存設施之共識基礎選址作業進度與現況（Schedule and Status on Consent-Based Siting Process for Consolidated Interim Storage Facility for Spent Nuclear Fuel）」、「美國核電廠運轉管制現況（U.S. NRC Reactor Regulatory Activities on Operating NPPs）」、「美國核電廠除役管制現況（U.S. NRC Reactor Regulatory Activities on Decommissioning NPPs）」、「美國核電廠除役期間應變管制作為（Regulatory Activities for Decommissioning Nuclear Power Plants in Emergency Preparedness in the U.S.）」、「緊急應變之大氣擴散模組介紹（Plume Modeling For Emergency Response Operations）」、「美國在進步型反應器和國際核燃料供應的努力（U.S. Efforts in Advanced Nuclear Reactors and the International Fuel Supply）」、及「人工智慧於核電廠運營和核能技術中之整合應用（Applications of Artificial Intelligence – Integration in NPP Operations & Nuclear Technology）」等 7 篇。

（一）、台灣核能安全委員會現況更新（Updates on Nuclear Safety Commission's Activities in Taiwan）

此簡報由核安會池欣慶副研究員報告，內容分成 6 部分，含括台灣核能電廠簡述、核

電廠管制活動、放射性廢棄物管理、2024 年核安應變演習、輻射防護與環境監測及公眾溝通等。

簡報首先簡介我國核能電廠地理位置、發電功率基本資訊、及機組運轉執照效期，簡報第二部分則說明對於運轉中核能電廠及除役核能電廠的管制作為，例如不預警檢查、及文件檢查等等。最後摘要三座核電廠的除役計畫審查進度，及核電廠除役相關的管制現況。

有關放射性廢棄物管理部份，說明室外乾貯設施及室內乾貯設施於三座核電廠現況，就核一廠而言，台電公司取得地方政府核發水土保持計畫並且自 2024 年 10 月起執行室外乾貯設施熱測試作業；相對核二廠，新北市於同年 8 月同意核二廠水土保持計畫，台電公司預計 2025 年前期開始進行建設。室內乾貯設施則為行政院於 2019 年 8 月、2021 年 4 月、及 2021 年 10 月份別同意核一、核二、及核三廠的興建計畫，台電公司正進行採購作業之籌備程序。

接著說明低放射性廢棄物管理策略與廠內貯存管制，說明 2023 年約有 112 桶(Drum) 由三座核電廠產生的低放射性固化廢棄物。核安會進行審查核一廠之低放射性廢棄物貯存設施興建執照及蘭嶼貯存場管制現況。在 2024 年核安演習部分，主要分成 8 月份的桌上模擬演練 (Table Top Exercise) 及 9 月份的實兵演練 (Full Participation Exercise) 行動，介紹核安演習重點，例如移除路障、電源供應車輛操演、操作防止海嘯侵襲水閘門、封閉休憩區域、警告通知、以及封閉區域支援等，並展示演習活動照片集錦。

針對輻射防護與環境監測部分，則先後介紹我國工業射源管制聚焦於輻射源、工作人員、及公共大眾與環境，並且說明相關管制措施。另針對我國質子治療設施設置計畫進行說明、輻射工作人員劑量監測統計、全國環境監測站設置、以及核安會就日本含氚廢水排放案所做的相關因應措施，最後為與公眾間的各種溝通途徑。

在簡報結束後美國能源部阿岡實驗室 (DOE/ANL) 的領域專家 (Subject Matter Expert, SME) Paul Dickman 先生提問，就個人專業判斷日本含氚廢水排放應不致影響我國，為何核安會仍進行模擬及監測。我方回復核安會秉持嚴格管制及輻射防護安全職責，監測我國沿海輻射劑量，以守護台灣人民安全。

(二)、美國用過核子燃料集中貯存設施之共識基礎選址作業進度與現況 (Schedule and Status on Consent-Based Siting Process for Consolidated Interim Storage Facility for Spent Nuclear Fuel)

美國能源部 (DOE) 共識基礎選址小組主任 Marla Morales 續於會中，以視訊連線簡報「用過核子燃料集中貯存設施之共識基礎選址作業進度與現況」，強調基於共識在用過核子燃料集中貯存設施選址的重要性，該程序可讓可能受影響的民眾與團體，於選址過程中充分表達意見，並取得共識及支持，避免過去「先決策、再辯護」的選址模式，從而確保選址過程的公平性與資訊公開。

Marla Morales 主任指出，本計畫目的在將目前分散於全美各地之核電廠及停用設施之用過核子燃料，運送至一個聯邦用過核子燃料集中貯存設施，此設施規劃最快於 2038 年完工啟用，後續將運至高放射性廢棄物最終處置設施，目前規劃最快於 2060 年開始營運。為了實現上開目標，能源部將採行「共識基礎選址」計畫，實施過程將確保相關社區的有效參與，並增進其對選址過程的理解，特別是那些可能受到影響的民眾及團體，包括州議會、地方政府、地方民眾與原住民部落，讓相關民眾及團體在選址過程的初期階段即能獲得充分資訊，並表達意見。

目前能源部已進入共識基礎選址計畫的第二年，主要工作目標為建立組織架構，並了解一般民眾及團體對核廢料議題的態度，美國能源部資助 12 個團體來協助進行溝通與調查，此一過程不僅是意願的表達，更期待藉由該過程建立雙方的信任關係，並逐步展開實質性的溝通。

Marla Morales 主任進一步說明，能源部規劃於 2025 年第 2 季發布幾份關鍵文件，包括介紹共識基礎選址相關過程的指引，說明社區如何參加成為集中貯存設施場址，及未來評估集中貯存設施場址妥適性之因素及要件，相關選址評估標準也將在此期間公布，其標準至少包括：1.面積至少需約 2.5 平方英里；2.不能位於國家公園或國家紀念碑內；3.應特別考量沿海地區的環境因素；4.應考量瀕危物種及其他生態因素。有興趣成為集中貯存設施場址所在的社區可表達支持的意願，並參與下一步的溝通工作，選址過程預估將會持續多年。

Marla Morales 主任表示，能源部透過共識基礎選址計畫，來確保相關民眾及團體的參與及支持，並取得社會各界的信任，將有助於實現設置用過核子燃料集中貯存設施目標，以及後續最終處置設施選址作業之進行。

(三)、台灣核電廠管制現況 (Recent Regulatory Activities on NPPs in Taiwan)

簡報由核安會郭獻棠科長報告，報告內容主要包含台灣核能電廠現況、運轉中及除役中核電廠管制作業等；台灣核能電廠現況主要簡介目前運轉中及進入除役之機組。運轉中核電廠安全管制，主要介紹核電廠安全監督作法、核三廠 1 號機從運轉轉換到除役之管制作業及台灣核電廠地震危害再評估作業與耐震補強作法。

其中，核三廠 1 號機從運轉轉換到除役之管制作業，介紹為防範人為誤操作，核三廠所採取之防範措施，包含除役中 1 號機與運轉中 2 號機設備房間之顏色標示、實體隔離作法及除役中停止運轉設備標示。

台灣核電廠地震危害再評估作業與耐震補強作法，則介紹日本福島核災後核安會管制作業及目前地震危害再評估管制狀態，並以核三廠為例，說明經地震危害再評估後之耐震補強措施。

有關除役中核電廠管制作業報告內容，則包含我國除役相關法規要求、台電公司承諾完成除役之時間、除役核電廠安全管制作業及目前核一、二、三廠除役安全管制作業。

目前核一、二、三廠除役安全管制作業，核一廠部分，介紹已完成之廠房設備拆除作業及目前正進行之除役拆除作業，以及審查中之除役設備拆除作業計畫。核二廠部分，介紹「核二廠護箱裝載池復原案安全分析報告」安全審查重點及結果，以及「核二廠廠址歷史資料評估(HSA)」報告審查要求。核三廠部分，則介紹除役計畫審查方式及結果。

在簡報結束後，美方人員計畫經理(Project Manager) Benjamin Lee 提問有關核三廠除役時程，我方回復核三廠將於進入除役後 25 年內完成除役。

(四)、美國核電廠運轉管制現況 (U.S. NRC Reactor Regulatory Activities on Operating NPPs)

此份簡報由美國 NRC 核子反應器管制署 (Office of Nuclear Reactor Regulation, NRR)

轄下反應器監管處（Division of Reactor Oversight）Russell Felts 處長報告「U.S. NRC Reactor Regulatory Activities on Operating NPPs」，說明美國運轉中核電廠狀態、小型模組化反應器（Small Modular Reactor, SMR）與先進核反應器審照情形、及法國核電廠安全注水管路應力腐蝕龜裂事件之經驗回饋及核融合技術管制狀態，簡報後雙方並就美國核電廠運轉管制現況及作法，進行熱烈討論。重點摘述如下：

- 1、美國境內運轉中核電廠機組計 94 部（63 部 PWR 及 31 部 BWR 機組），平均運轉年期約為 42 年。其中 78 部機組獲 NRC 審查同意延役運轉（License Renewal），運轉執照年限延長至 60 年；6 部機組則申請再延役運轉（Subsequent License Renewal），並獲 NRC 審查同意運轉執照年限延長至 80 年。各核電廠狀況更新可參考簡報所提供之網址（<https://www.nrc.gov/reactors/power.html>）。
- 2、目前美國核電廠運轉執照可透過 10 CFR Part 50 及 Part 52 等 2 種審照途徑，大部分運轉中核電廠機組（除 Vogtle 核電廠 3 號及 4 號機組外）係採取 Part 50 審照途徑，須先獲取興建許可（Construction Permit），完工後再取得運轉執照（Operating License），方得運轉。Vogtle 核電廠 3 號及 4 號機組（AP1000 型機組），則採取 Part 52 審照途徑。
- 3、Part 52 審照途徑，包含 ESP（Early Site Permit）、COL（Combined Construction Permit and Operating License）、SDA（Standard Design Approval）、ML（Manufacturing License）、DC（Design Certification）等型態執照審查。例如 NuScale US460 SMR（VOYGR-6）採取此審照途徑，正申請獲取標準設計許可（Standard Design Approval，以下簡稱 SDA）。
- 4、另一種審照途徑為 10 CFR Part 53，目前 NRC 正進行相關法規及指引研訂中，以因應目前發展中先進核反應器審照作業，提供具有技術包容性（Technology Inclusive）、風險告知（Risk Informed）及績效基準（Performance Based）之審照途徑。
- 5、有關美國 SMR 與先進核反應器審照情形，除 NuScale 輕水式 VOYGR-6 SMR 正申請 SDA 外，其餘非輕水式 SMR，例如泰拉能源（TerraPower）已提出鈉冷卻快中子反應器設計，並將於懷俄明州林肯縣（Lincoln County, Wyoming）興建凱默勒核電廠 1 號機組（Kemmerer Unit 1 Project），NRC 於 2024 年 5 月開始審查其興建許可，預計審查

時程為 27 個月。

- 6、有關非輕水式研究及測試用核反應器，NRC 除於 2023 年 12 月針對 Kairos Power 提出之氟化鹽冷卻高溫反應器（Fluoride Salt Cooled High Temperature Reactor，以下簡稱 KP-FHR），核發興建許可外，並於 2024 年 9 月向阿比林基督教大學（Abilene Christian University，以下簡稱 ACU）核發其熔鹽研究用核反器（Molten Salt Research Reactor，以下簡稱 MSRR）之興建許可。
- 7、有關法國核電廠安全注水管路應力腐蝕龜裂事件之經驗回饋，Russell Felts 處長於本次簡報，指出經美國業界進行檢驗，並無發現有類似之安全注水管路應力腐蝕龜裂情形，故 NRC 並無將此事件列為高風險及高安全性之經驗回饋議題。
- 8、有關核融合技術之管制，NRC 因應核能創新與現代化法案（Nuclear Energy Innovation and Modernization Act，以下簡稱 NEIMA）要求，須於 2027 年前建立具技術包容性之管制架構。目前 NRC 係採取副產物管制法規架構（Byproduct Material Framework）-10 CFR Part 30，管制核融合技術，並將於 NUREG-1556 中針對核融合裝置（Fusion Machine）新訂專卷（Volume），以作為核融合裝置審照指引。

至於美國進入除役之核電廠機組，包括帕利塞茲（Palisades）核電廠及三哩島核電廠 1 號機（Three Mile Island Unit 1）重啟議題，Russell Felts 處長於本次簡報中，補充說明由於此二電廠狀況不同，NRC 係採個案審查途徑（Ad Hoc Approach）進行審查，並將設備及運轉人員狀況列為審查要項，以確認是否可回復至原持照基準。

(五)、台灣核電廠除役初期保安及應變作法（Implementation of Nuclear Security and Emergency Preparedness during the Early Stage of Decommissioning of Nuclear Power Plants in Taiwan）

本篇簡報由核安會保安應變組蔡易達技士負責報告，本篇報告首先說明目前我國核能一廠及核能二廠因部分用過核子燃料仍於反應器中，因此緊急應變整備作業與核子保安的管制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。

簡報第一部分為核子事故緊急應變機制介紹，說明若發生核子事故，核安會的核安

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進行應變作業。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）與藉由實際量測到之環境輻射劑量率之操作干預基準（Operational Interventional Level, OIL），以及透過輻射劑量評估系統預先評估可減免劑量之干預基準，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，說明核安會制定嚴格的核子保安管制要求，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強化核子保安文化，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 DOE/NNSA 合作辦理教育訓練。

美方提問我國之核能電廠除役初期緊急應變計畫區是否仍為 8 公里範圍，我方回應目前除役中之核一廠及核二廠，因燃料尚未退出反應器及用過核子燃料池，因此緊急應變要求與運轉中核電廠無異，仍維持 8 公里範圍。

(六)、美國核電廠除役管制現況（U.S. NRC Reactor Regulatory Activities on Decommissioning NPPs）

此份簡報由 NRC 之 NRR 處長 Russell Felts 報告「U.S. NRC Reactor Regulatory Activities on Decommissioning NPPs」，說明美國除役中核電廠狀態、除役管制法規與指引及其他除役相關議題，簡報後雙方並就美國核電廠除役管制現況及作法，進行熱烈討論。重點摘述如下：

1、美國有 16 座除役中核電廠機組正進行除役拆除作業（Active Decommissioning），包含

Fort Calhoun 核電廠、Crystal River 核電廠、San Onofre 核電廠 2 號及 3 號機等，並採取持照者自行執行或發包廠商、執照暫時或永久轉移等不同模式進行除役拆除作業。

- 2、美國核電廠除役法規係於 1997 年參考 3 座核電廠除役經驗訂定，並規範 60 年內完成除役。為讓運轉中核電廠順遂過渡到除役階段，NRC 已在訂定新法規並預期於近期發布。
- 3、前述除役新法規（Regulatory Improvements for Production and Utilization Facilities Transitioning to Decommissioning）包含 16 項技術領域，並將減少業者提出執照修改及法規豁免申請之需求。
- 4、美國核電廠解除除役管制（License Termination）必須符合輻射劑量標準，並規定於 10 CFR 20 Subpart E 法規中；目前美國完成除役之核電廠皆採取非限制使用之輻射劑量標準。NRC 並需執行獨立偵檢與取樣（Independent Surveys and Sampling），確認業者所執行之廠址最終狀態偵檢（Final Status Surveys）。
- 5、當業者向 NRC 提出停機後除役作業報告（Post Shutdown Decommissioning Activities Report）、解除除役管制計畫時，NRC 必須辦理除役公聽會（Mandatory Decommissioning Public Meetings），民眾關切議題則包含核電廠除役流程、NRC 視察計畫、財務考量、緊急應變、用過核子燃料貯存、輻射安全、環保議題、電廠保安等；NRC 並鼓勵業者成立或參與當地社區諮詢委員會（Local Community Advisory Boards），以增進公眾溝通與參與。
- 6、NRC 並於 2023~2024 年針對除役核電廠視察或管制發現，發布資訊通告 IN 23-04 “Operating Experience Related to Fire Events at Decommissioning Nuclear Power Plants in the United States” 及 IN 24-01 “Minimization and Control of Contamination Involving Discrete Radioactive Particles at Decommissioning Facilities”，以供業者參用。另於 2023 年開始辦理除役經驗回饋研討會（Decommissioning Lessons Learned Workshop）並開放公眾參加。

(七)、美國核電廠除役期間應變管制作為 (Regulatory Activities for Decommissioning Nuclear Power Plants in Emergency Preparedness in the U.S.)

由美國 NRC 的 Russell Felts 處長負責進行簡報，在簡報中美方介紹了核子事故聯邦政府的職責與分工、核能電廠除役階段緊急應變計畫 (EP) 及核子保安管制要求的調整。

美國聯邦政府在核子事故的分工上，美國 NRC 主要負責廠內應變部分，而聯邦緊急事務署 (FEMA) 則負責廠外的應變，而持照者在事故時要盡量減緩事故影響、通報廠外單位及提出民眾防護行動建議，而州政府則負責協助提供緊急應變支援，下達與執行民眾防護行動，另外強調緊急應變整備為美國 NRC 保障公共健康及安全的重要部分。

針對除役階段緊急應變計畫，主要隨著風險的降低進行調整，如於核能電廠停止運轉初期將維持運轉中的要求，直到用過核子燃料完全離開爐心，進入用過核子燃料池充分冷卻後 (如 100 天以後)，考量用過核子燃料已沒有足夠的熱能導致熔毀造成輻射外釋至廠外，使輻射劑量足以啟動美國環保署的民眾防護行動指引 (Protective Action Guides)，持照者通常會申請免除廠外輻射緊急應變計畫，NRC 會根據具體情況逐案評估，例如美國除役之 Indian Point 核電廠已經轉向透過全災害概念之災害應變方式，主要透過一般輻射災害的廠外應變支援進行應變，因此取消了 10 英里 (約 16 公里) 的緊急應變計畫區 (EPZ) 要求。針對除役中核能電廠美國緊急應變計畫要求的調整可參考表 2，該表亦適用於用過核子燃料皆已移置於乾式貯存狀態之核電廠。

而在核子保安管制方面，除役中核電廠雖然造成事故風險已降低，惟針對入侵偵測、警報、廠內應變，及廠外支援等保安重要關鍵措施仍嚴格維持，針對保安管制要求之調整時序如下：

- 1、核電廠停止運轉且用過核子燃料皆已移出爐心後，允許可不先經過核管會核准就可以調整相關實體保安，例如把控制室移除於緊要區範圍內等，而資安方面仍要遵守 RG 5.71 之規範。
- 2、除役核電廠經過足夠的衰減 (Decay) 時間後 (如沸水式反應器 (BWR) 為 10 個月，而壓水式反應器 (PWR) 為 16 個月)，在用過核子燃料還沒完全移至乾式貯存前仍需

維持用過核子燃料貯放設施的防護，惟可免除資安方面之管制要求。

- 3、除役核電廠所有用過核子燃料皆已移至乾式貯存後，實體防護主要針對用過核子燃料獨立貯存設施（Independent Spent Fuel Storage Installation, ISFSI）進行防護，直到所有用過核子燃料皆移出設施後，即可免除保安管制。

而針對用過核子燃料獨立貯存設施，需有獨立且專用的緊急應變及保安計畫，另針對除役核電廠的資安要求，因 Regulatory Guide 5.71（RG 5.71）主要是針對運轉中核能發電機組進行規範，然而通常核電廠永久停止運轉後，反應器內將無燃料，因此資安事件造成放射性物質外釋之機率已大幅降低，因此透過 RG 5.71 規定較無相關視察發現，而針對用過核子燃料池的相關系統，將透過無網路連線之獨立電腦進行操作，以確保安全。

表 2、除役中核能電廠美國緊急應變計畫要求

狀態	運轉中核電廠	除役中核電廠
目的	主要針對核電廠的各種緊急狀況進行應對	專注於用過核子燃料池之意外事件
廠外應變	需包括緊急應變計畫區（EPZ）及民眾預警系統（ANS）	全災害概念之災害應變方式進行規劃，並協調廠外消防、醫療組織支援
事件分類	由異常事件（Unusual Event）至全面緊急事故（General Emergency）	由異常事件至緊急戒備事故（Alert）
事故通報	15 分鐘內通報州政府	知會（Prompt）業管單位
應變組織	專門應變組織及廠外設施	廠內指揮中心
演習	每兩年進行一次聯合演練	每兩年進行一次廠內演習，並邀請廠外應變組織參與

(八)、國原院研發現況與未來展望（Overview of the Research Programs at NARI and Future Prospects）

國原院綜合企劃處劉杰助理研究員在此簡報中介紹國原院之近期研發成果及未來展望，在研發成果部分主要分為：1.核安與核後端（Nuclear Safety and Nuclear Back-End）、

2.輻射應用(Radiation Application)、3.新能源與系統整合(New Energy and System Integration)等三大領域的技術研發與執行成果。

在 1.核安與核後端方面，內容包括：(1) 小型模組化反應器 (Small Modular Reactors, SMRs) 之研究發展規劃概述；(2) 量化風險評估 (Probabilistic Risk Assessment, PRA) 技術進展，以及應用於關鍵基礎設施韌性分析之風險管理方法；(3) 台灣研究用核反應器 (Taiwan Research Reactor, TRR) 除役拆解、用過核子燃料池清理之執行進度。此部分說明國原院在我國原子能科技研發與應用上所扮演的重要角色與職責。

在 2.輻射應用方面，內容包括：(1) 70 MeV 迴旋加速器計畫之說明與建置進度；(2) 以鎳 68-多蕾克鎳進行肝功能評估之臨床試驗進展；(3) 長效型核醫標靶治療藥物 (Lu-177-INER-PSMA) 之研製現況與臨床試驗規劃。此部分闡述國原院在國內輻射應用研發領域之領先地位，並強調致力於開發新型核醫藥物及穩定國內核醫藥物供應。

在 3.新能源與系統整合方面，內容包括：(1) 森林廢棄物轉高價值綠色化學品之負碳生質精煉技術 (FixCarbon) 之研發簡要說明；(2) MW 級微電網機組控制策略平台建置及應用說明；(3) 國內首座 Tokamak 之建置規劃與國際合作之管道建立說明。此部分強調國原院致力於協助國家推動綠色能源發展，並努力實現淨零排放之政策目標。

最後在未來展望部分，說明國原院於改制為行政法人後的目標，並期許繼續在核能安全、核廢料管理、核醫學、輻射應用及新能源與系統整合等領域穩步前進，強化研究發展量能。

針對上述簡報內容，美方提問：國原院 70 MeV 設施預計何時開始運轉？我方回應：國原院 70 MeV 設施預計於 2027 年開始試運轉。美方另提問：國原院使用鉍-201 (Thallium-201) 是否用於心臟造影？我方回應：是的，主要應用於鉍-201 心肌造影劑。

(九)、緊急應變之大氣擴散模組介紹 (Plume Modelling for Emergency Response Operation)

由 LLNL 的 Lee Glascoel 博士負責進行簡報，簡報內容與 12 月 2 日台美會第四分組進行大氣擴散分析模組技術交流會議時，Katie Lundquist 女士簡報之「美國國家大氣釋放

諮詢中心簡介」內容相符，因此本簡報目的是為了供其他與會人員了解 NARAC。

本次報告我方其他分組人員提問 NARAC 未來是否會建置室內場所之輻射擴散模組，美方回應目前室內場所建模資訊較少，因此建置上資訊較為不足，而朝向建置室內擴散模組的確為重要目標之一。

(十)、台灣放射性廢棄物營運策略與現況 (The Waste Management Strategy and Current Status in Taiwan)

由台電公司核能後端處范振聰副處長負責報告，內容主要分成 3 部分，包含廢棄物營運策略、現況說明及展望等。

1、廢棄物營運策略：台電公司將核能事業由「核電廠營運」轉換為「核電廠除役及廢棄物營運管理」。整體核廢營運管理路徑圖如圖 4。

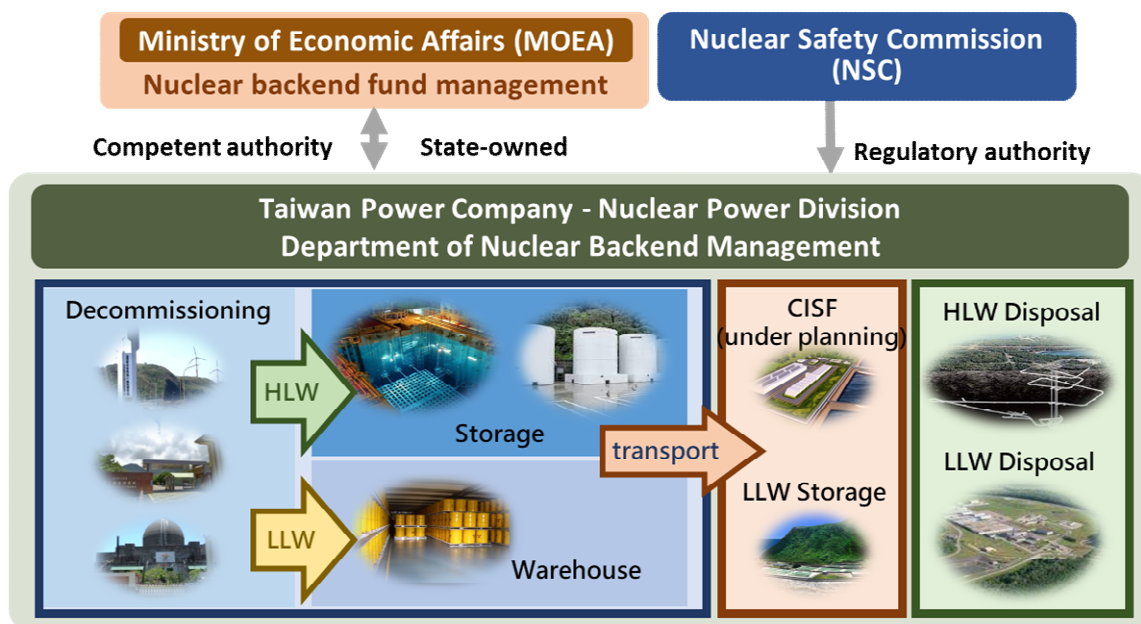


圖 4、整體核廢營運管理路徑圖

2、現況說明：

(1). 關於核電廠除役，台電公司核電廠除役作業目標：遵守「核子反應器設施管制法施行細則」第 16 條第 1 款規定略以：「於取得主管機關核發之除役許可後二十五五年內完成。」，除役期間產生之放射性廢棄物必須安全管理貯存，與除役完成後土地外釋以非限制性使用為目標，對一般人造成有效劑量應小於 0.25mSv/yr。

- (2). 核一廠除役進度說明在已完成工項如聯絡鐵塔拆除作業、氣渦輪機（室內乾貯設施用地）拆除作業、BOP 側輻射特性調查、離廠再確認中心（CCC，Clearance Confirmation Center）建置；進行中工項則有用過核子燃料乾式貯存設施申照及興建、廢棄物管理區域（WMA，Waste Management Area）建置、及#3 號低放射性廢棄物貯存庫申照/興建。
 - (3). 用過核子燃料乾式貯存計畫進度說明方面，核一廠室外用過核子燃料乾式貯存設施則新北市府已核發水保完工證明，目前進行熱測試中。核二廠室外用過核子燃料乾式貯存設施則因新北市府已核定發水保計畫，預計 2025 年 1 月開始施工。核一、二、三廠室內用過核子燃料乾式貯存設施計畫，目前進行招標程序中，預計 2025 年間決標開始設計。
 - (4). 低階放射性廢棄物最終處置計畫說明方面，依低放處置選址條例已選定兩處候選場址，分別為金門縣烏坵鄉及台東縣達仁鄉。依選址條例，須由金門縣及台東縣辦理地方公投來決定場址。惟兩縣皆婉拒辦理地方公投，以致低放處置場址難以確定。台電公司持續積極進行地方溝通，以期能有所突破，早日確定低放處置場址。
 - (5). 高階放射性廢棄物最終處置計畫說明方面，高放最終處置計畫目前進行至「候選場址評選與核定階段」。規劃於 2025 年底前提報選址前本土結晶岩安全論證報告（SNFD2025 Report）。為完善高放最終處置選址程序，經濟部已設置「放射性廢棄物處置專案辦公室」，以推動高放處置選址條例立法作業。
 - (6). 中期暫時貯存設施計畫說明方面，為因應高低放處置選址程序未能突破之困境，行政院國家永續發展委員會非核家園推動專案小組於 2019 年 3 月 第 4 次會議達成推動興建「放射性廢棄物中期暫時貯存設施」之共識。後續請經濟部督促台電公司強化論述，持續辦理核廢社會溝通工作。
- 3、展望：台電公司會遵循法規，在兼顧安全與品質的前提下完成核電廠除役作業。台電公司會積極推動用過核子燃料乾式貯存設施之建置，儘快將反應器及用過核子燃料池之燃料移出，以加速除役作業之進展。台電公司會配合經濟部「放射性廢棄物處置

專案辦公室」之運作，積極辦理高放處置選址條例立法作業。

(十一)、美國在進步型反應器和國際核燃料供應的努力 (U.S. Efforts in Advanced Nuclear Reactors and the International Fuel Supply)

美國現今共有 94 座商用反應器，供應美國 18%的電力，佔潔淨能源的 47%，並提供 475,000 個工作機會。目前已經有一個 SMR 取得認證 (Certified)。

截至 COP 29 會議期間，美國與其他 30 個國家一起發布 2050 年前將核能裝置容量將增加至三兩倍的宣言。進步型反應器提供靈活的能源選擇，多樣化的容量、核燃料及冷卻劑設計。關於進步型的大型反應器設計，西屋 AP-1000 機型目前在美國和中國營運，美國 Vogtle 3 號和 4 號機最近投入商轉，並且美國能源部持續支持 Gen III+ SMR 的研發。

巨型資料管理中心的電力需求也在改變潔淨能源的格局例如：Amazon 於 2024 年 10 月 16 日公佈直接投資 X-Energy，Google 於 2024 年 10 月 14 日公佈與 Kairos Power 簽署購電協議，另提及 Microsoft 於 2024 年 9 月 20 日公佈與 Constellation 簽署重啟三哩島 1 號機組的購電協議。

美國在國際核燃料供應的努力如 TRISO Fuel 的研發及運用在 SMR 與 Microreactor 方面，美國能源部支持 X-energy 建造製造 TRISO Fuel 設施，並將運用高含量低濃縮鈾 (HALEU)。HALEU 的可用性將為確保許多 TRISO 燃料在反應器正常運作的重要因素。2024 年 10 月 17 日美國能源部宣布選擇四家公司提供濃縮鈾服務，幫助美國建立 HALEU 供應。

註：TRISO Fuel 是 TRi-structural ISOtropic 燃料的簡稱，它由低濃縮鈾氧化物製成，周圍有三層石墨和碳化矽的陶瓷層。每個粒子都比罌粟籽小，但它的層狀外殼可以保護內層的鈾，即使在反應器中最極端的條件下也不會熔化。

(十二)、國立清華大學近期有關台美核能合作的核能研究活動 (Recent Nuclear Power Research Activities Related to TECRO-AIT Nuclear Cooperation at NTHU)

本篇報告由國立清華大學吳幸慈助理教授負責報告。內容大綱計有核子反應器安全

及中子的應用。在核子反應器安全方面，清華大學持續進行有關熱流分析相關研究；中子的應用則依序介紹硼中子捕獲治療（Boron Neutron Capture Therapy, BNCT）在醫療研究實例及使用中子束（Neutron Beam）提升對靜態和動態物理特性的研究，並且應用這些物理特性以強化現有科技。

(十三)、人工智慧於核電廠運營和核能技術中之整合應用（Applications of Artificial Intelligence - Integration in NPP Operations & Nuclear Technology）

本篇報告由美國能源部的 Daniel Nichols 先生透過視訊的方式進行簡報，分享目前人工智慧（AI）在核能領域的應用以及具體項目和成果，整理 AI 在核能領域的應用及具體項目和成果方面說明如後。

- 1、AI 在核能領域的應用：人工智慧在核能領域有多種面向之應用，首先可應用於監控和管理安全及非安全系統、非破壞性檢測、異常檢測、自主控制等，這些應用旨在透過風險預警提高核電廠的運營效率和安全性。其次可應用於排程產製相關報表及報告，供管理和稽核人員參考，確保除實體安全之外，亦能兼顧數位網路安全。最後則是可以透過機器學習的模型，進行效益預測與最佳化。
- 2、具體項目和成果：在概述 AI 應用於核能領域的各種面向之後，簡報者分享幾個具體的 AI 項目，這些項目預計能夠節省大量成本，其中，借助 AI 進行核心中子通量監測校準之應用，於一個三年期計畫，預計能節省約 8,000 萬美元。

針對上述簡報內容，我方提問：哪些 AI 應用需要經過監管機構的認證？美方回應：涉及安全系統的 AI 應用需要更多的監管參與，而輔助維運人員決策的應用則相對容易被接受。我方另提問：針對導入 AI 的核設施或技術，是否針對網路資訊安全有其特定須依循之標準？美方回應：由於這個部份非其專長，但可以聯繫相關專家提供更詳細的訊息。另現場與會的其他美方代表針對此問題給予回應：無論針對 AI 或是核設施皆有相關資安標準，因此會依循這些標準。

三、台美民用核能合作會議：分組討論（12 月 3 日及 4 日）

台美民用核能合作會議第二日的主要議程為分組討論，雙方依合作項目屬性分成「反

應器管制與法規相關研究 (Reactor Regulation and Regulatory Research)」、「廢棄物管理與環境復原 (Waste Management and Environment Restoration)」、「核子科學、科技、保安及保防 (Nuclear Science, Technology, Security, and Safeguards)」及「緊急應變管理 (Emergency Management)」等四組進行分組討論，分別就列管合作項目檢討 2024 年執行情形，並研商未來合作規劃，討論結束後各分組雙方主持人共同簽訂綜合結論 (Discussion Summary) 如附錄四。各組總結摘要如下：

(一)、第一分組:反應器管制與法規相關研究 (Reactor Regulation and Regulatory Research)

第一分組主要討論之內容為反應器管制與管制研究相關議題，我方則由核安會核安管制組趙衛武副組長擔任主談人(共同主席);美方主要負責單位為 NRC，由 NRC 之 NRR 處長 Russell Felts 擔任主談人 (亦為共同主席)。美方參與討論人員為 NRC 官員 Marline Dominic，我方與會討論人員則有核安會綜合規劃組李綺思組長、吳明哲科長、池欣慶副研究員、核安管制組郭獻棠科長、台電公司核能安全處游錦康副處長及核安會駐美國代表處科技組羅彩月副組長，並由 Marline Dominic 官員及郭獻棠科長擔任紀錄。

第一分組原有 15 項項目，經逐項充分討論檢視各項合作項目現況，研商明年合作重點項目與方式，討論結果為 15 項合作項目繼續執行。2025 年台美雙方合作重點項目與方式如表 3，摘述如下：

1、台美協定 (Agreements) 部分：

- (1). 台美雙方有 4 項協定，其中 1 項為台美雙方技術合作及資訊交換 (合作項目編號 AE-NR-S48 「NRC-AEC AIT-TECRO Arrangement」)，另外 3 項協定，為 CAMP (熱流程式應用及維護研究計畫)、CSARP (嚴重事故研究計畫)、RAMP (輻射防護電腦程式分析及維護計畫) 等計畫研發程式應用之協定。
- (2). CAMP 與 CSARP 部分協定於 2029 年 1 月 30 日到期，我方將持續參與相關程式使用者會議。
- (3). RAMP 協定於 2024 年 6 月 14 日到期，並已展期到 2025 年 6 月 14 日，雙方預期在

2025 年完成續約作業。

表 3、第一分組合作項目統計表

2024 年台美雙方第一分組合作項目統計	數量
會前合作項目總計	15
結束數量	0
新增數量	0
移入數量	0
移出數量	0
會後合作項目總計	15

2、台美雙邊技術會議（Bilateral Technical Meeting）：

- (1). 台美雙方皆同意 2025 年雙邊技術會議（Bilateral Technical Meeting, 以下簡稱 BTM），預定於美國辦理，美方並將視我方需求，安排現場參訪及技術交流議題。
- (2). 有關 BTM 相關細節，包含討論議題、會議地點與行程、現場參訪等，將透過電子郵件方式進行討論。BTM 討論議題則可包含「除役核電廠機率式風險評估（Probabilistic Risk Assessment）」、「超越設計基準事件相關視察作業與結果（Inspection Activities and/or Results Related to MBDBE（Mitigation of Beyond Design-Base-Event）」、「除役核電廠留用設備老化管理及用過核子燃料池運作經驗回饋（Lessons Learned on Aging Management and Spent Fuel Pool Operations）」、「除役核電廠管制經驗（Regulatory Experience on Decommissioning Nuclear Power Plant）」等項。
- (3). 人員訓練：核安會將提供參加 NRC 訓練課程需求及參訓時間與參訪電廠，NRC 並將與核安會協調視察員參訓相關事宜。此外，核安會並將規劃持續參與美國能源部阿岡國家實驗室（ANL）所開設之除役訓練課程。
- (4). 「核能安全公約」(CNS)國家報告：我方希望收到 NRC 出版之第 10 版次 CNS 報告，並將於 2025 年開始準備下一版次 CNS 報告，於 2026 年完成我方 CNS 報告並提供

NRC 審閱。

- (5). 緊急應變與保安：2025 年核安會將與 NRC 持續執行每年 2 次之核安監管中心通訊測試，NRC 將與核安會協調我方派員赴美觀察核電廠緊急應變演練相關事宜。如果可行，核安會將邀請 NRC 派員觀察核三廠 2025 年緊急應變演練；核安會與 NRC 將持續就核子保安管制，進行雙方技術交流。

(二)、第二分組:廢棄物管理及環境復原 (Waste Management and Environment Restoration)

第二分組主要討論內容為廢棄物管理及環境復育等議題，合作項目議題計有 15 項。由我方核安會核物料管制組李彥良副組長（共同主席）與美方能源部 Kyler Turner 先生（亦為共同主席）共同主持，我方參與人員包括台電公司的范振璉副處長、國原院李崙暉副所長及核安會核物料管制組李東陽技士；美方參與人員包括阿崗能源部國家實驗室 (ANL) 的 Paul Dickman 領域專家、NRC 的 Russell Felts 處長及 Marine Dominic 官員。本次第二分組，經過台美雙方面對面協商討論後，合併其中 2 項內容相近議題，各項工作將持續進展，各項目統計資料如表 4 所示。

表 4、第二分組合作項目統計表

2024 年台美雙方第二分組合作項目統計	數量
會前合作項目總計	15
結束數量	0
新增數量	0
移入數量	0
移出數量	0
合併數量	1
會後合作項目總計	14

第二分組 15 個合作項目內容，主要可區分包括用過核子燃料管理、除污與除役、輻射照射後之檢查、低放射性廢棄物處理與處置，以及美方能源部環境復育計畫項目等 5 大方向。各面向之重點討論及後續工作擇要摘述如下：

- 1、在用過核子燃料管理方面，有關乾式貯存之申照議題將與美方持續交換資訊（G23）美方核管會允諾可併同除役現場管制作業議題（J2），於 2025 年協助我方派員赴美至除役核能電廠，進行乾貯設施與低放射性廢棄物安全管制相關工作訓練（OJT）。另外在深化雙方合作的部分，雙方均同意在 2025 年互相就用過核子燃料與放射性廢棄物管理國家報告書（2024 年版）進行同儕審查（G34）。至於國家原子能科技研究院對於研究用反應器（TRR）實驗燃料棒清理與貯存，目前持續辦理中，若有需要協助的事項，將向美方提出並持續保持聯繫（G33）。國家原子能科技研究院水鍋式核子反應器（WBR）燃料運送至美國處理提議已於去年取消，後續該院規劃將進行安定化處理，美國同意專業技術交流，基於 G35 及 G37 項目皆為 WBR 燃料安定化處理相關議題，雙方同意將 G37 項目合併到 G35 項目處理。
- 2、在除污與除役議題方面，核安會期望美方的核管會能於 2025 年，適時安排我方同仁至除役核能電廠，進行相關工作訓練（OJT），以對除役低放廢棄物安全管制作業更加熟稔（J2）。美方能源部將與國家原子能科技研究院，持續對於研究用反應器中石墨廢棄物管理及除污與拆除作業進行交流（J4）。
- 3、有關輻射照射後檢查及低放射性廢棄物處理與處置方面，美方表示除了提供「照射燃料及物料研究計畫」的審查交流（U3），也會持續與我國台電公司就低放射性廢棄物分類、處理、除污、設施除役及最終處置等項目，提供意見交換（X1）。
- 4、最後與美方能源部合作的 5 個項目內容，有關民眾溝通與參與事項，美方同意加強有關用過核子燃料集中貯存設施之共識基礎選址作業及策略的經驗交流，與社會溝通的資訊與經驗分享（DD12）。另外，美方也對 2024 年國家原子能科技研究院的六氟化鈾運送計畫順利執行表示肯定，雙方也同意在六氟化鈾全數外運後，本項議題可以結束討論（DD30）。

(三)、第三分組:核子科學、科技、保安及保防 (Nuclear Science, Technology, Security, and Safeguards)

本次第三分組會議主席，我方由國原院陳明輝副院長（共同主席）擔任，美方由美國 DOE/NNSA 局長 Kristin Hirsch（亦為共同主席）負責，並由綜合企劃處劉杰助理研究員擔任現場會議紀錄。我方參與人員包含核安會綜合規劃組吳明哲科長、輻射防護組郭子傑科長、清華大學吳幸慈助理教授以及國原院同位素應用研究所張明誠副所長等代表出席，美方相對應的參與人員有美國能源部國家核子保安局桑迪亞國家實驗室（Sandia National Laboratories, SNL）專案負責人 Matthew Moliterno、美國能源部核能辦公室（Office of Nuclear Energy）資深顧問 Kyler Turner、LLNL 領域專家 Camille Freestone 等代表出席此次會議。此分組議題涵蓋輻射防護（Radiation Protection）、同位素及放射性藥物應用（Applications of Isotopes and Radiopharmaceuticals）、核子科學及模擬（Nuclear Science and Simulation Program）、中子相關基礎科學研究（Neutron Research）、核物料實體防護（Physical Protection of Nuclear Material）、國家級核物料料帳管控系統（State Systems of Accounting and Control）、核物料保防（Safeguarding of Nuclear Material）、環境監測（Environmental Monitoring）及混合能源系統（Hybrid Energy Systems）等領域。

本次台美會第三分組，利用國原院預先整理之第三分組工作彙整表進行逐條討論及確認，以掌握合作項目的重要進展，在本次會議中透過雙方面對面的溝通了解雙方需求，達成共識且持續執行合作項目共計 18 項及結束 2 項，整理如表 5 且重要決議分述如下：

- 1、AE-NR-D59（Radiation Protection Training Program）：建議移至第一分組。後續若 NRC 舉辦與除役相關的培訓計劃，請提前通知核安會，在預算允許下，核安會將派員參加。
- 2、AE-IN-NR-D64（Radiation Protection Technical and Regulatory Information Exchange）：建議移至第一分組。核安會計劃參加 2025 年的除役訓練課程。
- 3、IN-OR-I7（Technical Exchange and Information Sharing on Radiopharmaceuticals）：美方將協助確認此項目之 DOE 窗口。國原院請美方協助建立與相關國家實驗室之聯繫管道，期待 2025 年有機會訪問布魯克黑文國家實驗室（BNL）、洛斯阿拉莫斯國家實驗室

- (LANL)或橡樹嶺國家實驗室(ORNL)等機構，尋求放射性同位素研究之合作機會。
- 4、IN-DE-I19 (Cooperative Programs on the Development and Improvement of Nuclear-Imaging Instrumentation Associated Technology)：美方將協助確認此項目之 DOE 窗口。國原院將尋求在 X-Ray 和 Gamma Ray 檢測技術及應用領域的國際交流機會。
 - 5、TU-DE-Y3 (Explore Opportunities Related to Nuclear Innovation, Modeling and Simulation)：雙方同意將項目標題更改為” Explore Opportunities Related to Nuclear Innovation, Modeling and Simulation”。NRC 後續將協助確認國原院加入 FRAPCON 用戶群組之申請狀況。
 - 6、TU-DE-Y4 (Formation of New Partnership INL/NTHU/INER/SNL for Education and Training in Nuclear Science and Technology)：國原院將繼續參加用戶培訓課程並進行 BISON 程式的測試運行。
 - 7、TU-AN-CC1 (Neutron Research at Research Reactors and Spallation Sources)：美方將協助確認此項目之美方窗口。在國家標準暨技術研究院 (NIST) 和 ORNL 進行之中子實驗活動將繼續。另邀請傑出訪問學者之活動亦將持續進行。此外，清華大學 (NTHU) 預計向 DOE/NE 提交一份提案摘要，以利確認美方聯繫窗口。
 - 8、目前尚有一些項目，美方聯絡窗口待定如 I7、I14、Y4、II1、II2、II3、Y5。
 - 9、AE-DE-EE3 (Nuclear Export Control Training)：建議繼續執行。
 - 10、AE-DE-EE5 (Radioactive Source Security Cooperation)：核安會將於 2025 年繼續第一類及第二類射源之安全管制活動。
 - 11、AE-DE-EE7 (Technical Exchanges on Physical Protection)：美方和我方將持續探索如何應用建模和模擬工具進行核安應變演練，雙方預計於 2025 年第三或第四季舉行為期一週的 Cyber ITC (訓練課程)。NSC 將繼續與 DOE/NNSA 進行討論，聚焦於未來在

核安全領域的合作與培訓。

- 12、AE-AIT-FF1 (State Systems of Accounting and Control (SSAC))：建議繼續執行。
- 13、AE-IN-AIT.LA-FF2 (Cooperation in Safeguards Technology)：建議繼續執行。
- 14、AE-AIT-FF3 (Exchange of information on Implementation of IAEA Safeguards and the Additional Protocol)：雙方於 2025 年 JSCCNC 會議上繼續交換核子保防資訊之相關文件。
- 15、AE-AIT-FF4 (Inventory of U.S. Obligated Nuclear Material in Taiwan)：我方將於 2025 年提交核物料的年度盤查報告。
- 16、TU-OR-HH1 (Design of Medical Therapy Facility for THOR)：美方將協助確認此項目之 DOE 窗口，並建議繼續執行。
- 17、RM-AIT-II1 (Rapid Analysis of Radioactive Cesium Level in Sea Water)：雙方同意終止此項目。
- 18、RM-DE-II2 (Radioactive Krypton and Xenon Analysis Technology)：雙方同意終止此項目。
- 19、RM-DE-II3 (Radiochemistry Analysis Method Training)：美方將協助確認此項目之 DOE 窗口，我方輻射偵測中心期待進一步交流新穎分析技術資訊。
- 20、IN-TU-AIT-Y5 (Hybrid Energy Systems)：雙方同意將項目移至 Area: Y. ADVANCED REACTORS，並建議繼續執行。

本次美方更新窗口名單如下：

- 1、IN-OR-I7: Kyler Turner and Armando Crosland, DOE/NE (Temporary Contact)
- 2、IN-DE-I19: Kyler Turner and Armando Crosland, DOE/NE (Temporary Contact)
- 3、TU-DE-Y3: Marline Dominic, NRC
- 4、TU-DE-Y4: Kyler Turner and Armando Crosland, DOE/NE (Temporary Contact)
- 5、IN-TU-AIT-Y5: Kyler Turner and Armando Crosland, DOE/NE (Temporary Contact)
- 6、TU-AN-CC1: Louis Vogtman, DOS/ISN
- 7、AE-AIT-FF4: Jessica Norles, DOE
- 8、TU-OR-HH1: Kyler Turner and Armando Crosland, DOE/NE (Temporary Contact)
- 9、RM-DE-II3: Kyler Turner and Armando Crosland, DOE/NE (Temporary Contact)

表 5、第三分組合作項目統計表

2024 年台美雙方第三分組合作項目統計	數量
會前合作項目總計	20
結束數量	2
新增數量	0
移入數量	0
移出數量	0
會後合作項目總計	18

(四)、第四分組:緊急應變管理 (Emergency Management)

本次第四分組會議主席，我方由核安會保安應變組洪子傑簡任技正擔任(共同主席)，美方由 DOE/NNSA 的 Mart Stewart-Smith 先生負責(亦為共同主席)，蔡易達技士擔任會議紀錄，並由陳思嘉科長負責說明合作項目辦理情形。第四分組主要討論「緊急應變管理」相關議題，共有「緊急應變管理 Emergency Management (AE-DE-F27)」、「大氣擴散模組

Atmospheric Plume Modeling (AE-DE-F28)」、「緊急應變支援 Emergency Assistance (AE-DE-F37)」、「空中偵測及其他偵測技術 Aerial and Other Detection Technique (AE-DE-F38)」、「核鑑識倡議 Nuclear Forensics Initiative (AE-DE-F39)」、及「大港倡議資訊交流 Information Exchange on Megaports Initiative (RM-DE-EE8)」等六個合作項目。此分組會議逐項討論上述 6 項議題，並於每個議題檢視過去實質辦理成果並整理如表 6，再就明年合作重點進行綜整討論，經討論後 6 個合作項目均會持續進行。

表 6、第四分組合作項目統計表

2024 年台美雙方第四分組合作項目統計	數量
會前合作項目總計	6
結束數量	0
新增數量	0
移入數量	0
移出數量	0
會後合作項目總計	6

四、台美民用核能合作會議：參訪國家點火設施（NIF）（12月5日）

（一）、NIF 介紹

NIF 隸屬勞倫斯利佛摩國家實驗室（LLNL），NIF 是一座慣性約束核融合（Inertial Confinement Fusion, ICF）實驗設施，提供超過 2 百萬焦耳（MegaJoules, MJ）的雷射能量，產生超過 1.8 億華氏度的溫度和超過 1000 億倍地球大氣壓力的壓力。這些極端條件導致目標中的氫原子在受控熱核反應中融合並釋放能量。本次 NIF 參訪地點是屬於可以開放對外合作的設施如圖 5 所示。



圖 5、國家點火設施主建築
（圖片取自 NIF 官網：<https://lasers.llnl.gov/>）

（二）、NIF 參訪過程

於 12 月 5 日由美方安排 NIF 參訪導覽行程，經安全檢查後，由 LLNL 大門警衛崗哨進入，些許路程後即抵達 NIF 參訪設施，美方安排專門拍照人員提供與會人員於參訪設施前合影（如圖 6），參訪行程主要分為設施簡報與背景介紹及核心實驗室與設施參觀，簡報內容以介紹設施歷史、背景及核心實驗室與設施參觀方面進行，並說明參訪過程也應遵守美方規定全程禁止拍照及攝影。並於導覽行程結束後即提供上開合影紀念照片。



圖 6、台美民用核能合作會議與會人員於國家點火設施合影

1、設施簡報與背景介紹

進入設施後，首先 NIF 導覽專家開始進行簡報並說明 NIF 的歷史與使命。並開始簡要說明其工作原理：目標燃料靶球是使用一個小型氫燃料球，直徑不到頭髮絲大小，通常由氘和氚組成，這個燃料球被放置在靶室的中心；採用雷射系統激發上開目標以開始反應，NIF 配備了世界上最強大的雷射系統，總共有 192 束雷射光，這些雷射光束會同時聚焦在燃料球上。在反應的過程中可大致區分為三個階段，第一階段為內爆過程，當雷射光束擊中燃料球時，燃料球的外層會迅速蒸發，產生一個反向的爆炸波，將內部的燃料壓縮到極高的密度和溫度，這個過程稱為內爆。第二階段為核融合反應，在前述內爆過程中，燃料球內部的壓力和溫度達到足夠高的程度，此時使氘和氚原子核發生融合，並釋放出大量的能量。第三階段為點火，點火是指核融合反應達到自持狀態，即反應產生的能量足以維持進一步的融合反應，這是 NIF 的主要目標。

NIF 於 2022 年首次實現核融合點火的歷史性突破，這是科學史上的重大成就。實驗採以 192 束雷射光，輸入約 2.05 MJ 雷射光能量，聚焦燃料球，使其發生核融合點火反應，產生約 3.15 MJ 融合能量。實驗結果成功實現了能量淨輸出，這表示著釋放的能量超過了雷射光輸入的能量，且實驗證明了該過程的穩定性，為未來的核融合研究提供了重要的數據和經驗。簡報中還提到 NIF 的多重使命包含以下幾個方面：

(1). 核融合研究：

NIF 的主要目標是實現慣性約束核融合 (Inertial Confinement Fusion, ICF)，這是一種通過雷射光內爆燃料靶球來達到核融合反應的技術。成功的核融合反應將為未來提供一種清潔且幾乎無限的能源來源。

(2). 國防應用：

由於高溫且高壓特性，NIF 也被用於模擬核武器的爆炸過程，這對於維護和確保核武器庫存的安全性和可靠性至關重要。這些實驗有助於在不進行實際核試驗的情況下，了解核武器的性能和行為。

(3). 基礎科學研究：

NIF 提供了一個獨特的平台來研究高能量密度物理學，包括等離子體物理、材料科學和天體物理學。這些研究有助於更好理解宇宙中的極端條件和現象。

(4). 技術創新：

NIF 的運作需要高度先進的雷射光技術、精密的光學系統和複雜的數據處理技術。例如參訪過程中展示許多特殊材質玻璃及反射室模組，這些技術的發展不僅推動了科學研究，還促進了相關領域的技術創新和應用。

2、核心實驗室與設施參觀

NIF 廠房總面積約三個足球場大，雷射系統配備 192 束雷射光，這些雷射光束能夠同時聚焦在燃料靶球上，靶室是一個直徑約 10 公尺的球形結構，用於容納和定位燃料靶球，並進行核融合實驗。在導覽專家的帶領下，參觀了 NIF 的幾個核心設施，包括雷射增益系統、實驗控制中心和靶室等。

雷射增益系統部分，專家詳細說明雷射光系統的工作原理，包括雷射光的產生、放大和聚焦過程，以了解如何通過精確的控制來實現雷射光束的同步和高能量輸出，該系統採用了世界上最先進的雷射放大技術，可在短時間內釋放出百萬焦耳等級的能量，最令人印象深刻；實驗控制中心部分，這裡是所有實驗操作和監控的核心，控制室配備了大量的顯示器和控制台，用於監控和操作雷射光系統、內爆過程和實驗數據收集，專家詳細講解控制室的功能和操作流程：包括同步 192 束雷射光、監控實驗參數以及處理分析

實驗數據，以保證核融合反應的穩定性與可控性；至於靶室部分，NIF 靶室是整個設施的核心（如圖 7 所示），為一個大型真空球體，是雷射光束匯集並引發核融合的地方，靶室內部配備了多種診斷設備，用於監測和測量核融合反應的各種參數，確保實驗數據的準確性，為了保證實驗的安全進行，靶室內部設有嚴格的安全措施，包括輻射防護和高壓電設備的安全管理。導覽時觀察到某層樓板部分有開設長方形空洞，佐以堅固透明物質覆蓋，進而能觀看到樓層上下的部分區域進而掌握設施樣貌。

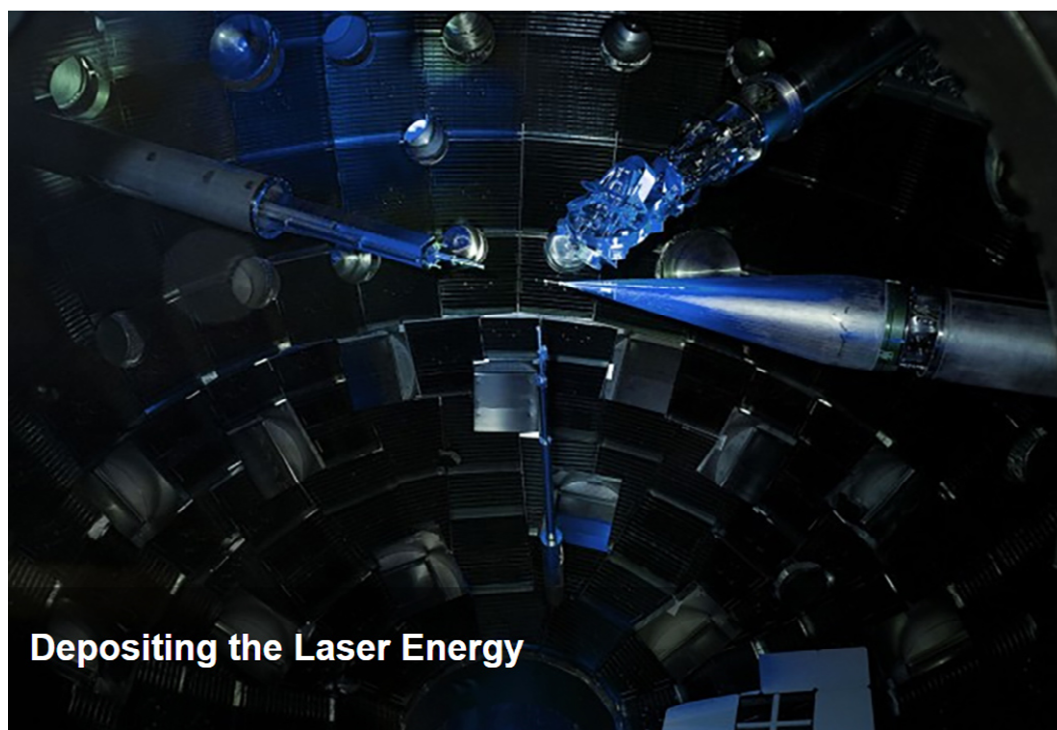


圖 7、國家點火設施靶室中心之燃料靶球部署
（圖片取自 NIF 官網：<https://lasers.llnl.gov/>）

NIF 的成功運作依賴於多項關鍵技術。以下是其中幾個主要技術：

(1). 高能雷射光系統：

NIF 配備了世界上最強大的雷射光系統（如圖 8 所示），共有 192 束雷射光。這些雷射光束能夠同時聚焦在燃料靶球上，提供高達 2.1 MJ 的能量，雷射光系統的精確同步和高能量輸出是實現核融合反應的關鍵。參訪的行走廊道之牆面上貼著與單一雷射光束相同尺寸光源圖案，並且依據下方雷射間管線順序的將全部雷射光源圖樣照片排列整面牆壁，參觀者直觀地體會到全部雷射光束同步發射時光源總面積，進而想像雷射光束聚

集的威力及設計導覽行程的用心。



圖 8、國家點火設施雷射光系統之雷射間 (Laser Bay)

(圖片取自 NIF 官網：<https://lasers.llnl.gov/>)

(2). 燃料靶球技術：

燃料靶球通常由氘和氚組成，並被設計成能夠在雷射光內爆過程中均勻塌縮。這些靶球需要極高的製造精度（如圖 9 所示），以確保內爆過程的對稱性和效率。用過的靶球裝置則安置在導覽過程展示箱，可以近距離觀看到上面的電路基板材、手工焊接線路及材料高溫融化的痕跡，觀察到研究人員動手實作成果與體會人類科技發展演進軌跡。

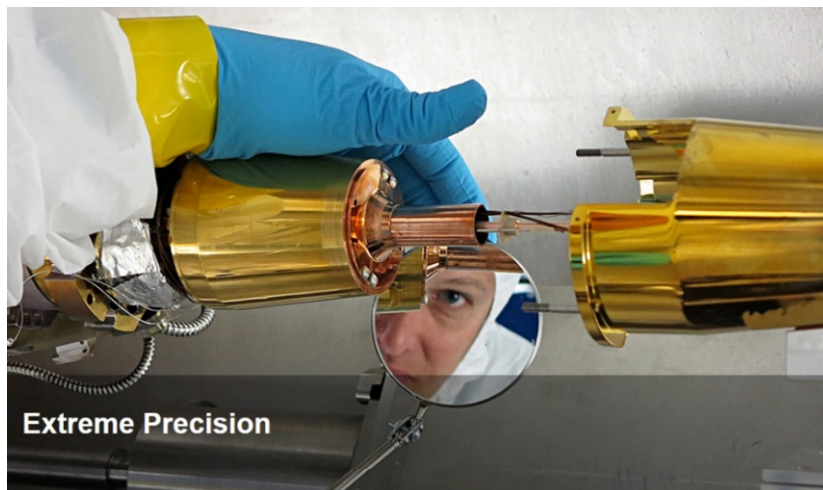


圖 9、燃料靶球製造

(圖片取自 NIF 官網：<https://lasers.llnl.gov/>)

(3). 內爆技術：

內爆技術是指通過雷射光加熱燃料靶球的外層，使其迅速蒸發並產生反向爆炸波，將內部燃料壓縮到極高的密度和溫度。這個過程需要極高的精度和控制，以實現有效的核融合反應。

(4). 診斷和監測技術：

NIF 配備了先進的診斷和監測系統（如圖 10 所示），用於隨時監測實驗過程中的各種參數，如溫度、壓力和能量輸出。這些系統能夠提供精確的數據，幫助分析和強化實驗。各操作台均配置有緊急停止裝置，據導覽專家表示可以就現場狀況立刻下達處理命令，確保人員及設備安全。



圖 10、國家點火設施監控室

（圖片取自 NIF 官網：<https://lasers.llnl.gov/>）

(5). 超低溫技術：

燃料靶球需要在極低溫下保存，以保持氘和氚的固態。NIF 使用超低溫技術來冷卻和保存燃料靶球，確保其在實驗過程中的穩定性。

(6). 零震動和熱漲冷縮技術：

為確保實驗的精確性，NIF 的設備必須克服震動和熱漲冷縮的影響。於行程導覽時，導覽專家提醒廠房內有些部分的地基是分隔獨立結構，參訪移動時可以留意地板分隔區域，這種設計確保震動不致影響雷射光束聚焦及同步作業；另外室內溫度變動則須要維持在很小範圍內，才能保證設備能夠正常運作。

NIF 作為全球領先的雷射聚變研究中心，其目標在於探索核融合的可行性，為實現可持續清潔能源的願景提供關鍵技術知識。此次參訪不僅讓我們深入了解點火設施的尖端科技，也促進了台美在核能領域的交流與合作。

肆、心得與建議

一、心得

台美雙方在核能和平利用合作協定下，持續依循協定內容，就核能安全與發展領域持續合作，透過此一會議建構的交流平台，有助於我國強化各項核能議題之技術能力，及協助參與跨國合作與國際接軌。在核安管制部分，雙方交換台灣核電廠管制及美國核電廠運轉與除役管制等意見，同時了解美方在運轉及除役管制法規架構之發展，並針對新核能發展及管制實務議題，透過面對面討論與意見交流，有進一步認知。

在緊急應變部分，美國 DOE/NNSA 近年來與我國已有多次合作交流經驗，透過交流活動協助我國建立與強化輻射災害應變機制與能量。經過本次會議討論交流加深基礎，期望未來雙方能持續辦理核鑑識訓練、大港倡議課程、輻射災害應變等訓練；並進行包括輻射大氣擴散分析、空中輻射偵測等技術交流。另邀請雙方參與核安演習觀摩、輻射彈事件應變交流等活動，有助確立台美雙方於 2025 年度及往後之輻射災害應變方面合作交流。

於核物料管制方面，了解美國 DOE 共識基礎選址小組（Consent-Based Siting, Office of Nuclear Energy, DOE）辦理用過核子燃料集中貯存設施選址作業，透過共識基礎的選址模式，讓可能受影響的民眾或團體於做成決策前充分表達意見，以建立共識與認同，確保選址過程的公平性與資訊公開，可以避免過去「先決策、再辯護」的模式。這些經驗能提供我國（如台電公司）推動國內中期暫時貯存設施選址作業參考，俾利選址作業之順利推動。

最後在實際現場參訪體驗 NIF 的規模與技術深度。觀摩廠房結構、溫度控制、震動阻隔、及精密儀器等軟硬體設施建設；透過設置雷射增益系統實現 192 束雷射光束的同步與高能量輸出，並且在控制中心精密的實時監控與數據分析下，確保實驗過程的穩定性與安全性。雖然實驗成果已有淨能量的輸出，但就整體設施或系統而言，從外部輸入電源開始、進入雷射系統後，至轟擊靶材前，輸入的能量已有 90% 被耗損在雷射轉化過程中。儘管如此，其在技術創新上的進展，如高能雷射光、環控與診斷監測技術，亦為

科學與工程應用帶來巨大推動力，皆可作為我國發展相關技術的借鏡。

二、建議

隨著新冠肺炎疫情趨緩，雙方實質交流已逐漸恢復，會議合作項目亦有所進展與突破。而近兩年之台美會議雙方都有新成員加入，藉由簡報及分組討論以促進彼此交流。建議各合作項目之執行單位，依本次合作成果檢視現況，並規劃未來合作內容，以利掌握目前進度及未來合作重點，使分組討論會議進行更有效率。

在核安管制部分，持續蒐集及研閱核電廠運轉與除役管制相關資訊，例如 NRC 所發布之資訊通告、技術指引及經驗回饋資訊等；並視我國核電廠除役管制需求，持續透過實體會議交流機制，進行台美雙邊技術交流，精進我國核電廠運轉與除役安全管制能力。並且對於美國新核能審照進展持續關注，蒐集及研閱 NRC 審照相關文件，以了解管制要項，增進管制技術能力。

在緊急應變部分，美國目前正有 18 個核電廠除役、3 個核電廠考慮重啟，其 NRC 於核電廠運轉過渡到除役階段相關法規的管制作為例如：安全度（PRA）評估的要求、緊急應變區（EPZ）的縮減，亦建議於來年「台美雙邊技術會議（BTM）」做更詳盡的分享並與我方共同討論。相關技術交流如大氣擴散分析模組討論及核鑑識實驗室參訪等，建議可持續透過台美相關之交流會議，交換除役後核電廠應變及保安管制作為，並透過本次會議所達成共識之相關技術訓練計畫，學習輻射災害應變技術，以持續精進我國輻射災害應變量能。

有鑑於高低放射性廢棄物最終處置計畫選址推展不順利，我國參考國際作法規劃推動「放射性廢棄物中期暫時貯存設施」計畫。建議可請美國 NRC 於來年的「台美雙邊技術會議（BTM）」進一步分享 CISF（Consolidated Interim Storage Facility）有共識之選址程序（Consent-Based Siting Process）如何進行及建造執照的申請與審查程序。

關於人工智慧（AI）於核電廠運營和核能技術中之整合應用，鑒於 AI 應用技術的蓬勃發展，面對國內核電廠進入核後端營運的階段，在核電廠除役工程或放射性廢棄物管

理，建議亦可規劃具體 AI 應用以提升工程效能。例如運用 AI 影像辨識技術自動辨識除役廢棄物類型及數量等，確保分類的準確性；對於放射性廢棄物包裝透過 AI 影像辨識技術，可以自動確認切割尺寸是否符合標準，避免因尺寸不符導致後續處理錯誤，進而提高作業準確度和效率。在放射性廢棄物貯存管理，引入 AI 影像辨識技術，可即時監控容器位置、數量及貯存現況等，當系統偵測到異常情況，如空間不足或廢棄物錯誤放置時，可立即發出警示，提醒工作人員及時修正操作，確保貯存安全及空間最佳化利用。放射性廢棄物管理，引入 AI 影像辨識技術，有助於解決傳統人力操作中效率、錯誤率及安全風險等問題，同時可降低人力負擔及人員接受輻射劑量，提升管理安全。

伍、附錄

一、附錄一 2024 年台美民用核能合作會議與會人員名單及所屬單位

台方及美方與會人員名單及所屬單位如下表 7 及表 8。

表 7、我方赴美參加 2024 年台美民用核能合作會議名單及所屬單位

No	Name	Affiliation	Title
1	LEE, CHI-SZU	Nuclear Safety Commission	Director
2	CHAO, WEI-WU	Nuclear Safety Commission	Deputy Director
3	LEE, YEN-LIANG	Nuclear Safety Commission	Deputy Director
4	HORNG, TZE-CHIEH	Nuclear Safety Commission	Senior Technical Specialist
5	WU, MING-ZHE	Nuclear Safety Commission	Section Chief
6	CHEN, SZU-CHIA	Nuclear Safety Commission	Section Chief
7	GUO, SHIAN-TANG	Nuclear Safety Commission	Section Chief
8	KUO, TZU-CHIEH	Nuclear Safety Commission	Section Chief
9	CHIH, HSIN-CHING	Nuclear Safety Commission	Associate Researcher
10	LI, TUNG-YANG	Nuclear Safety Commission	Associate Technical Specialist
11	TSAI, YI-TA	Nuclear Safety Commission	Associate Technical Specialist

No	Name	Affiliation	Title
12	TENG, JEN-HSIN	Central Weather Administration	Researcher
13	WU, HSING-TZU	National Tsing Hua University (NTHU)	Assistant Professor
14	CHEN, MING-HUEI	National Atomic Research Institute (NARI)	Vice President
15	LEE, LUN-HUI	National Atomic Research Institute (NARI) / Department of Nuclear Facilities and Engineering Technology	Deputy Director
16	CHANG, MING- CHENG	National Atomic Research Institute (NARI) / Department of Isotope Application Research	Deputy Director
17	LIU, CHIEH	National Atomic Research Institute (NARI) / Department of Planning	Assistant Researcher
18	FAN, CHEN- TSUNG	Taiwan Power Company / Department of Nuclear Backend Management	Deputy Director
19	YU, CHIN-KANG	Taiwan Power Company / Department of Nuclear Safety	Deputy Director
20	WANG, CHIH-PING	Taipei Economic and Cultural Office in San Francisco / Science and Technology Division	Officer
21	LUO, TSAI-YUEH	Taipei Economic and Cultural Representative Office in Washington DC / Science and Technology Division	Deputy Director

表 8、美方與會參加 2024 年台美民用核能合作會議名單及所屬單位

No	Name	Affiliation
1	WARDEN, JIM	Department of State
2	VOGTMAN, LOUIS	Department of State
3	FELTS, RUSSELL	Nuclear Regulatory Commission
4	DOMINIC, MARLINE	Nuclear Regulatory Commission
5	GANGEWERE, MEGAN	Nuclear Regulatory Commission
6	HIRSCH, KRISTIN	Department of Energy/NNSA
7	BOWERS, SAMANTHA	Department of Energy/NNSA
8	STEWART-SMITH, MART	Department of Energy/NNSA
9	MOLITERNO, MATTHEW	Department of Energy/NNSA
10	BATEMAN, JESSICA	Department of Energy/NNSA
11	LEE, BENJAMIN	Department of Energy/NNSA&NSDD
12	TURNER, KYLER	Department of Energy/NE
13	WONG, MANDY	Department of Energy/NNSA
14	FRITZ, STANLEY J. "CAP"	Department of Energy/Sandia National Laboratories
15	FREESTONE, CAMILLE	Department of Energy/Lawrence Livermore National Laboratory
16	GLASCOE, LEE G.	Department of Energy/Lawrence Livermore National Laboratory
17	DICKMAN, PAUL	Department of Energy/Argonne National Laboratory

二、 附錄二 2024 年台美民用核能合作會議議程

Agenda for TECRO-AIT JSC Meeting on Civil Nuclear Cooperation

Location: Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, CA

Dates: December 03-05, 2024

Tuesday, December 03 – Day 1		
Time/Location	Description	Participant(s)/Speaker(s)
08:20	Depart Residence Inn and Homewood Suites, Livermore	All - Black Tie Transportation Escorted by Julie Marchand
08:45 – 09:15	LLNL Site Badging, Bus Inspection	All - Westgate Badge Office
09:15	Transport to Bldg. 170	
09:30 – 10:00 Bldg. 170, Rm. 1091	Opening Remarks and Hospitality	James R. Warden, Director, Office of Nuclear Energy, Safety, and Security, DOS Chi-Szu LEE, Director, General Planning Office, NSC
10:00 – 10:20 Bldg. 170	Group Photograph	All
10:20 – 10:30 Bldg. 170, Rm. 1091	BREAK (10 minutes)	All
10:30 – 10:40	LLNL Welcome	Huban A. Gowadia, Principal Associate Director, Global Security
10:40 – 15:40 Bldg. 170, Rm. 1091	Plenary Presentations	All
10:40 – 11:00 Bldg. 170, Rm. 1091	Updates on Nuclear Safety Commission's Activities in Taiwan	Hsin-Ching CHIH, Associate Researcher, General Planning Office, NSC
11:00 – 11:20 Bldg. 170, Rm. 1091	Schedule and Status on Consent-Based Siting Process for Consolidated Interim Storage Facility for Spent Nuclear Fuel	Marla Morales, Director for Consent-Based Siting, Office of Nuclear Energy, DOE – Via Webex
11:20 – 11:40 Bldg. 170, Rm. 1091	Recent Regulatory Activities on NPPs in Taiwan	Shian-Tang GUO, Section Chief, Nuclear Regulation Office, NSC
11:40 – 12:00 Bldg. 170, Rm. 1091	U.S. NRC Reactor Regulatory Activities on Operating NPPs	Russell Felts, Director, Division of Reactor Oversight, Office of Nuclear Reactor Regulation, NRC

Tuesday, December 03 – Day 1 (continued)

Time/Location	Description	Participant(s)/Speaker(s)
12:00 – 12:20 Bldg. 170, Rm. 1091	Implementation of Nuclear Security and Emergency Preparedness during the Early Stage of Decommissioning of Nuclear Power Plants in Taiwan	<i>Yi-Ta TSAI, Associate Technical Specialist, Nuclear Security and Emergency Response Office, NSC</i>
12:20 – 13:00	Working LUNCH	<i>All</i>
13:00 – 13:20 Bldg. 170, Rm. 1091	U.S. NRC Reactor Regulatory Activities on Decommissioning NPPs	<i>Russell Felts, Director, Division of Reactor Oversight, Office of Nuclear Reactor Regulation, NRC</i>
13:20 – 13:40 Bldg. 170, Rm. 1091	Regulatory Activities for Decommissioning Nuclear Power Plants in Emergency Preparedness in the U.S.	<i>Russell Felts, Director, Division of Reactor Oversight, Office of Nuclear Reactor Regulation, NRC</i>
13:40 – 14:00 Bldg. 170, Rm. 1091	Overview of the Research Programs at NARI and Future Prospects	<i>Chieh LIU, Assistant Researcher, Department of Planning, NARI</i>
14:00 – 14:20 Bldg. 170, Rm. 1091	Plume Modeling For Emergency Response Operations	<i>Lee Glascoe, Program Leader, LLNL Nuclear Emergency Support Team</i>
14:20 – 14:30	BREAK (10 minutes)	<i>All</i>
14:30 – 14:50 Bldg. 170, Rm. 1091	The Waste Management Strategy and Current Status in Taiwan	<i>Chen-Tsung FAN, Deputy Director, Department of Nuclear Backend Management, TPC</i>
14:50 – 15:10 Bldg. 170, Rm. 1091	U.S. Efforts in Advanced Nuclear Reactors and the International Fuel Supply	<i>Kyler Turner, Senior Advisor to the Assistant Secretary, Office of Nuclear Energy, DOE</i>
15:10 – 15:30 Bldg. 170, Rm. 1091	Recent Nuclear Power Research Activities Related to TECRO-AIT Nuclear Cooperation at NTHU	<i>Hsingtzu WU, Assistant Professor, Institute of Nuclear Engineering and Science National Tsing Hua University</i>
15:30 – 15:50 Bldg. 170, Rm. 1091	Applications of Artificial Intelligence – Integration in NPP Operations & Nuclear Technology	<i>Daniel Nichols, Program Manager for Advanced Sensors and Instrumentation, Office of Nuclear Energy, DOE – Via Webex</i>
15:50 – 16:00	BREAK (10 minutes)	<i>All</i>

Wednesday, December 04 – Day 2

Time/Location	Description	Participant(s)/Speaker(s)
08:15	Depart Residence Inn and Homewood Suites, Livermore	All - Black Tie Transportation Escorted by Julie Marchand
08:40	Westgate Badge Office for Bus Inspection and Badge Check	All - Escorted by Julie Marchand
08:55	Transport to Bldg. 170	All
09:00 – 13:00 Bldg. 170, Multiple	Working Group Discussion & Presentations	All
Working Group I: <i>Reactor Regulation and Regulatory Research</i>		Co-Chairs - TECRO: Wei-Wu CHAO, Deputy Director, Nuclear Regulation Office, NSC AIT: Russell Felts, Director, Division of Reactor Oversight, Office of Nuclear Reactor Regulation, NRC
Working Group II: <i>Waste Management and Environmental Restoration</i>		Co-Chairs - TECRO: Yen-Liang LEE, Deputy Director, Fuel Cycle and Materials Regulation Office, NSC AIT: Kyler Turner, Senior Advisor to the Assistant Secretary, Office of Nuclear Energy, DOE
	Discussion for a proposal to split/reorganize working group	
Working Group III: <i>Nuclear Science, Technology, Security, and Safeguards</i>		Co-Chairs - TECRO: Ming-Huei CHEN, Vice President, NARI AIT: Kristin Hirsch, Director, National Nuclear Security Administration, Office of Radiological Security
	Discussion for a proposal to split/reorganize working group	
Working Group IV: <i>Emergency Management</i>		Co-Chairs - TECRO: Tze-Chieh HORNG, Senior Technical Specialist, Nuclear Security and Emergency Response Office, NSC AIT: Mart Stewart-Smith, Senior Foreign Affairs Analyst, NNSA/NA-81

Thursday, December 05 – Day 3

Time/Location	Description	Participant(s)/Speaker(s)
08:00	Depart Residence Inn and Homewood Suites, Livermore	<i>All - Black Tie Transportation Escorted by Julie Marchand</i>
08:30	Westgate Badge Office for Bus Inspection and Badge Check	<i>All - Escorted by Julie Marchand</i>
09:00 – 10:00	Site Tour of the National Ignition Facility	<i>All</i>
10:00 – 10:30	Transport Back to Hotel	<i>All - Black Tie Transportation</i>

三、附錄三 大氣擴散模組技術交流會議議程

Taiwan Plume Modeling Exchange and Forensics Visit at LLNL

Updated 2024/11/18

Monday, December 2, 2024

Lawrence Livermore National Laboratory

Meeting Location: B170 R2107

8:30 AM	Arrival to Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) Badge Office	Met by Mart Stewart-Smith and Lydia Tai
8:45 AM	Transport/caravan to B170	
9:00 AM	Welcome and Hospitality	Lee Glascoe
9:30 AM	Taiwan Plume Modeling Overview	Jen-Hsin Teng
10:00 AM	NARAC Overview	Lee Glascoe
10:30 AM	NARAC – recent model developments	Katie Lundquist
11:00 AM	NARAC – Aeolus urban dispersion model	Akshay Gowardhan
11:30 AM	NARAC – LDRD results	Katie Lundquist
12:00 PM	Lunch/Discussion and Next Steps	
<hr/>		
1:30 PM	Forensic Lab Tour	Met by Ruth Kips
2:45 PM	Adjourn	

四、附錄四台美民用核能合作會議綜合結論（Discussion Summary）

（一）、第一分組

2024 U.S.-Taiwan Joint Standing Committee on Civil Nuclear Cooperation Working Group 1 Action Matrix – Reactor Regulation and Regulatory Research

Working Group I began this year's meeting with 15 existing items. After extensive working group discussions, Working Group I decided to continue cooperating on those 15 items. Planned activities for 2025 are summarized below.

Agreements. AIT and TECRO have four agreements implemented by NRC and NSC—an umbrella arrangement for information exchange and three computer code agreements (CAMP, CSARP, RAMP).

- New CAMP and CSARP agreements will remain in force until January 30, 2029. TECRO will continue engaging the user's group meetings on CSARP and CAMP programs.
- RAMP agreement expired on June 14, 2024. The one-Year extension of the RAMP agreement was completed in June 2024. This extension will remain in force until June 14, 2025. The renewal of the RAMP agreement is expected to be completed in 2025. Codes under RAMP agreement are mainly used in assessing the radiological aspects of the decommissioning plants and emergency drill in Taiwan.

Bilateral Technical Meeting. NRC and NSC will continue the annual bilateral technical meeting at the NRC in mid-2025. NSC has identified specific areas of interests but not limited to the following:

- NRC Level 3 Probabilistic Risk Assessment project
- Inspection activities and/or results related to MBDBE (Mitigation of Beyond Design-Base-Event)
- Lessons learned on aging management and spent fuel pool operations
- Regulatory experience on decommissioning nuclear power plant

Training.

- NSC will provide a list of priority topics and proposed time frame for training and site visiting, and the NRC will coordinate on bringing two NSC inspectors to the U.S. for training in 2025.
- NSC also plans to continue participating in the decommissioning training course organized by Argonne National Laboratory.

CNS.

- NSC expects to receive the 10th U.S. National Report for the Convention on Nuclear Safety (or CNS report) when it is available.
- NSC will start preparing the next CNS report in 2025 and finish it in 2026. NRC will review Taiwan's 2026 CNS report upon receipt.

Emergency preparedness/security.

- NSC will continue to conduct semiannual communication tests with NRC in 2025.

- NRC will provide a schedule for NPP exercises and coordinate with NSC on observation of a NPP emergency exercise in the U.S.
- NSC will invite the NRC to observe the 2025 nuclear emergency exercise at the Maanshan Nuclear Power Plant in southern Taiwan, if feasible.
- NSC and NRC will continue exchanging information related to nuclear security regulation for each other in 2025.

Technical Exchange. NRC and NSC will continue exchanging information on the following:

- NSC will continue sharing with NRC results and information on how the Probabilistic Risk Assessment can be applied in the decommissioning plants. NSC would like to understand more information of the NRC's full-scope site Level 3 PSA project from NRC in areas of SFP, dry cask storage, and site risk models. The NRC plans to share the project reports as soon as they are publicly available.
- NSC expects to continue receiving the information from NRC on ROP oversight process of Mitigation of Beyond Design-Base-Event (MBDBE) rule in the U.S. and how the NRC confirms the utility's compliance with the rule. NRC will discuss with the inspection division to identify if there are any available inspection activities or results to share.
- NSC will continue sharing regulatory experience on decommissioning plants, such as the experience on the Decontamination and Dismantling plans of the decommissioning plants in Taiwan.
- NRC will continue to share lessons learned on aging management and spent fuel pool operations.

Approved :



Dr. Wei-Wu Chao
TECRO Representative
Date: December 4, 2024



Mr. Russell Felts
AIT Representative
Date: December 4, 2024

(二)、第二分組

Discussion Summary of Working Group II
Waste Management and Environmental Restoration
TECRO-AIT JSC Meeting on Civil Nuclear Cooperation
December 3-5, 2024

Number of items discussed	15
Closed items	0
New items	0
Merged items	1
Number of working items	14

1. **Closed items:** 0

2. **New items:** 0

3. **Merged items:** 1

4. **Commitments:**

TECRO appreciates the assistance of AIT. Many of the cooperative items have been progressing successfully. Following detailed discussions, both sides agreed to keep 14 items ongoing.

G23 & J2: The on-the-job training for the safety management of spent fuel and low-level waste at a decommissioning NPP in 2024 has been beneficial to the NSC. The NSC proposes that the NRC continue to arrange such training in 2025.

G33: NARI has prepared for packaging and weld sealing of TRR UO₂ test fuel rods. This issue will be kept open and see if any assistance is needed.

G34: NSC will edit the National Report and send it to DOE-NE for peer review by the end of June 2025. DOE-NE and NSC both agreed to conduct a peer review of each other's national report.

G35 & G37: The proposed transportation of WBR fuels to the US has been cancelled. NARI considers to conduct the stabilization in situ. Therefore, NARI considers to exchange the technical expertise with the US so as to plan for the stabilization plan of WBR fuels to solid powder form for storage at NARI. Remaining activities under G37 have been moved and merged to G35, and G37 has been closed.

G36: Keep open, in the event, assistance is needed. For the exchange of technical information, NSC proposed that TPC sends the Safety Case Report for the Spent Nuclear Fuel Final Disposal (English version) to US by the end of

2025. TPC has invited Jens Birkholzer (LBNL, DOE) as the convener for reviewing the Safety Case report (SNFD2025) in 2025.

J4: NARI has started to dismantle the upper thermal shield components of TRR vessel since 27th May, 2024. Both parties agree to exchange information on the graphite waste treatment and disposal.

U3: DOE-EM will follow up with NE on the review of the "Irradiated Fuels and Materials Research Program from 2021 to 2026". NARI will continue the agreed upon PIE work from 2022 while waiting for the response from AIT.

X1: TPC keep requesting that DOE provide the latest status on the disposal of GTCC in the United States, especially the information of the disposal of GTCC on safety strategies and research, selection of disposal containers and planning of disposal facilities, etc.

DD12: TPC is keeping Public Participation in the D&D of nuclear power plant. TPC proposes that DOE share lessons learned and best practices related to Public Participation in the D&D of nuclear reactors with TPC.

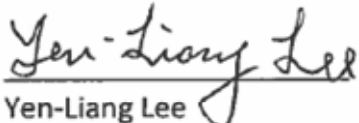
DD19: TPC has participated in the DECOVALEX-2027 PA Task led by LBNL, and TPC is looking for the technical support and teaching for the PFLOTRAN. NARI has actively engaged in the DECOVALEX-2027 PA Task led by SNL, facilitating communication and technical exchanges through online meetings.

DD28: Continue information exchange on the very low level contaminated soil remediation. This issue will be kept open and see if any assistance is needed.

DD29: TPC held the UF/HLW workshop on May 23, 2024. TPC had fine discussion with EPRI experts. TPC has been conducting hot test activities at Chinshan NPP since Oct 23rd after obtaining the certificate of the soil and water conservation from local government.

DD30: The shipment of UF₆ from NARI to UK will be accomplished by NARI in the first half of 2025. This issue will be kept open and see if any assistance is needed. Suggest closing after shipment is complete.

Approved:


Yen-Liang Lee

TECRO Representative

Date:

Dec. 4, 2024.


Kyler K. Turner

AIT Representative

Date:

12/04/2024

(三)、第三分組

Discussion Summary of Working Group III
Nuclear Science, Technology, Security, and Safeguards
TECRO-AIT JSC Meeting on Civil Nuclear Cooperation
December 03-05, 2024

Number of items discussed	20
Closed items	2
New items	0
Merged items	0
Number of working items	18

1. **Closed items: 2**
2. **New items: 0**
3. **Merged items: 0**
4. **Commitments:**

TECRO appreciates the assistance of AIT. Many of the cooperative items have been progressing successfully. Following detailed discussions, both sides agreed to keep 18 items going.

D59: Recommend moving to Workgroup 1. If NRC holds any training program related to radiation protection aspect of decommissioning, please notify NSC in advance. NSC would send staff to attend it if budget allows.

D64: Recommend moving to Workgroup 1. NSC plans to participate in the Decommissioning training course in 2025.

I7: AIT will find the correct DOE contact. NARI would greatly appreciate it if AIT could assist in facilitating connections between NARI and national laboratories. It would also be an honor to have the opportunity to visit esteemed institutions such as BNL, LANL, or ORNL in 2025 to explore collaboration on radioisotope research.

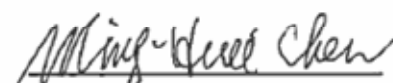
I19: AIT will find the correct DOE contact. NARI will focus on and seek international exchange opportunities in the field of X-ray and gamma ray detection technology and applications.

Y3: Both agree to change item title to "Explore opportunities related to Nuclear Innovation, modeling and simulation". NRC will look into the application status for NARI to join the FRAPCON user group.

Y4: NARI will continue to attend the user training course and perform the test run of BISON code.

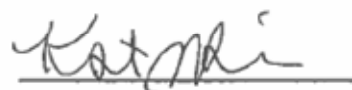
- CC1:** AIT will find the correct contact. The activity of performing neutron experiments at NIST and ORNL will continue. The invitation of distinguished visiting scientists will be continuous. NTHU plans to send a short summary proposal to DOE NE to help identify the correct AIT POC.
- EE2:** AIT will confirm the capacity for the ITC-30 course. TECRO will send three representatives to attend, if there is room.
- EE3:** Propose to keep ongoing.
- EE5:** NSC will continue carrying out activities for category 1 and 2 radioactive source security in 2025.
- EE7:** AIT and TECRO will explore holding a tabletop exercise using modelling and simulation tools for a nuclear security response. AIT and TECRO to hold a one-week Cyber ITC in Q3 or Q4 of 2025. NSC will continue ongoing discussions with DOE/NNSA, focusing on future cooperation and training in the field of nuclear security.
- FF1:** Propose to keep ongoing.
- FF2:** Propose to keep ongoing.
- FF3:** Papers of safeguards information will be exchanged at JSCCNC 2025.
- FF4:** TECRO will submit annual inventory report of all materials in 2025.
- HH1:** Propose to keep ongoing. AIT will find the correct DOE contact.
- II1:** Both agree to close item.
- II2:** Both agree to close item.
- II3:** AIT will find the correct DOE contact. RMC welcomes further information sharing of new analytical technique.
- Y5:** Both agree to move item to Area: Y. Advanced Reactors. Propose to keep ongoing.

Approved:



Ming-Huei Chen
TECRO Representative

Date: 12/4/2024



KRISTIN HIRSCH
AIT Representative

Date: 12/4/2024

(四)、第四分組

**Discussion Summary of Working Group IV
Emergency Management**

TECRO-AIT Meeting of Joint Standing Committee on Civil Nuclear Cooperation
December 03-05, 2024

Number of items discussed	6
Closed items/ New items/ Moved items	0
Number of working items after the meeting	6

Commitments

- **AE-DE-F27, "Emergency Management"**
 1. NSC requests the opportunity to observe the Cobalt Magnet Exercise, which will be conducted in Michigan in March 2025.
 2. NIPC in collaboration with NSC will hold the WIRED course in Taipei in March 2025.
 3. NSC requests access to radiological emergency software (e.g. RadResponder/MissionEdge app), either as an observer or through a test account, to understand its role and functionality in emergencies involving radioactive materials.
 4. NSC proposes to continue ongoing discussion with DOE/NNSA focusing on best practices for an effective consequence management response to an incident related to RDD.
 5. NSC requests continued collaboration on development and execution of interagency TTX building on the RDIT and WIRED training. NSC and NIPC will continue to hold planning discussions related to the TTX in March 2025.
 6. NSC plans to invite DOE/NNSA to observe the Nuclear Emergency Exercise taking place at the Ma'anshan nuclear power plant in September 2025.
- **AE-DE-F28, " Atmospheric Plume Modeling"**
 7. NSC welcomes further cooperation and advanced training on atmospheric plume modeling and will explore opportunities for future collaboration.
 8. NSC requests sharing of open-source publication related to smoke dispersion modeling and meteorological (ERF) modeling.
 9. NSC requests in residence training at NARAC to learn more about high resolution meteorological modeling in the United States.
 10. NIPC will explore the possibility of an advanced International Exchange Program (IXP) Training, and other opportunities for extended learning to assist NSC with plume modeling and preparedness at LLNL.

**Discussion Summary of Working Group IV
Emergency Management**

TECRO-AIT Meeting of Joint Standing Committee on Civil Nuclear Cooperation
December 03-05, 2024

- **AE-DE-F37, "Emergency Assistance"**
 11. NSC's Nuclear Safety Duty Center will continue to make communication tests through fax and email with DOE/NNSA's Forrestal Watch Office every six months.
- **AE-DE-F38, "Aerial and Other Detection Techniques"**
 12. NSC welcomes further cooperation and will participate in any related international trainings and workshops.
- **AE-DE-F39, "Nuclear Forensics Initiative"**
 13. NSC plans to consult NSDD to develop SOP related to radiological crime scene management, with a focus on interagency protocols and procedures relevant to evidence collection, storage, and transportation of MORC (Materials Outside of Regulatory Control) to laboratory for analysis.
 14. NSC welcomes further cooperation and training in the field of Nuclear Forensics Investigation.
- **RM-DE-EE8, "Information Exchange on Megaports Initiative"**
 15. NSC welcomes further cooperation and advanced training about advanced inspection techniques.

NSC will continue to jointly engage in activities with DOE/NNSA to strengthen emergency management and response to nuclear events.

Approved:



Tze-Chieh Horng
TECRO Representative

Date: Dec. 4, 2024



Mart Stewart-Smith
AIT Representative

Date: Dec 4, 2024