出國報告書
（出國類別：開會）

參加 2022 年台美民用核能合作會議
2022 AIT-TECRO
Civil Nuclear Cooperation Meeting

服務機關：行政院原子能委員會暨所屬放射性物料管理局、核能研究所、及偵測中心；國立清華大學

姓名職稱：趙裕處長、高斌副處長、黃俊源副處長、陳文泉副局長、蔡文賢副主任、葛復光組長、郭獻棠科長、郭子傑科長、吳明哲副研究員、吳昌蔚技士、馬志銘技士、張皓婷研究助理、沈允中研究助理、藍貫哲助理教授

派赴國家/地區：美國伊利諾州

出國期間：111 年 11 月 27 日至 111 年 12 月 4 日

報告日期：112 年 1 月 16 日

摘要

2022年11月29日至12月1日美國伊利諾州美國阿崗國家實驗室(Argonne National Laboratory, ANL)舉行今年度「台美民用核能合作會議」(TECRO-AIT Joint Standing Committee Meeting on Civil Nuclear Cooperation)。台美雙方自1985年起便輪流於台灣與美國召開上開年度合作會議，除2020及2021年間受COVID-19疫情影響而順延改採視訊方式辦理外，至今已邁向第37屆。今年度會議輪由美方主辦，台美雙方藉此會議進行原子能管制技術交流，並檢討及規劃雙方核能合作項目。

我方由行政院原子能委員會(以下稱原能會)綜合計畫處趙裕處長率團，團員係由原能會、放射性物料管理局、輻射偵測中心、核能研究所、國立清華大學、台電公司及駐美代表處等單位薦派，總計16人與會，美方則有國務院(Department of State, DOS)、美國在台協會華盛頓總部(AIT/W)、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、核子走私嚇阻計畫辦公室(Office of Nuclear Smuggling Detection & Deterrence，NSDD)、國家核子保安局(National Nuclear Security Administration, NNSA)等單位代表總計16名出席。雙方在今年會議中分享交流核能技術相關經驗，分別就核電廠運轉管制、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、緊急應變管理等議題進行討論，並檢討研商雙方核能合作項目本年執行情形及來年合作規劃。會後由美方帶領參訪阿崗國家實驗室，以了解美國核能發展歷史及最新技術。會議隔(12/2)日，在美國核管會所屬第3區辦公室(Region III Office)的安排下，我方前往鄰近的Dresden核電廠進行參訪，以學習美國核電廠除役與放射性廢棄物管制及管理實務經驗。

關鍵字：台美民用核能合作會議、核電除役、核廢管理

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 37

伍、附錄 40

圖 目 錄

圖 1、2022 年台美民用核能合作會議全體與會人員合影 3
圖 2、台灣核電廠分布..... 9
圖 3、美國核管會安全系統部門的 Mary Jane 副處長 14
圖 4、德州 Andrews 郡的集中式乾式貯存設施的示意圖 14
圖 5、第二分組會議討論情形..... 18
圖 6、第二分組會議參與人員合影..... 19
圖 7、Roger Blomquist 博士與我國參訪團導覽 ANL 核能展覽室 25
圖 8、Experimental Breeder Reactor II (EBR-II) 實體模型 25
圖 9、Roger Blomquist 博士與原能會駐美洪煥仁副組長 (左二)、綜計處趙裕處長 (左三)、核研所葛復光組長 (右二)、核技處黃俊源副處長 (右一) 介紹整合式快滋生反應爐 (IFR) 26
圖 10、ANL 核能工程組的 Darius Lisowski 博士 (左二) 進行導覽解說 27
圖 11、自然對流停機熱移除試驗設施的被動熱移除安全系統 27
圖 12、ANL 核能工程組的 Derek Kultgen 博士使用 3D 視覺化模型輔助進行導覽解說..... 28
圖 13、機制工程測試迴路 (METL) 現場實景展示 29
圖 14、ANL 的 Mitch Farmer 博士解說反應爐爐心熔毀現象 30
圖 15、ANL 的 Jeremy Licht 博士解說反應爐事故過程 30
圖 16、反應爐事故中產生熔毀、崩解、產氣、火花閃燃實驗影片 31
圖 17、ANL 的 Jonathan Almer 博士與我國參訪團介紹 APS 32
圖 18、尖端光子源 (APS) 設施外觀實景..... 32
圖 19、尖端光子源 (APS) 直線加速器、增強器等設施實景 33
圖 20、尖端光子源 (APS) 設施功能概述..... 33
圖 21、我方代表團於 ANL 尖端光子源 (APS) 設施合影 34
圖 22、Dresden 電廠外觀 35

表 目 錄

表 1、赴美參加 2022 年台美民用核能合作會議行程表 2
表 2、核能電廠概述. 9

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，隔(1985)年起台美雙方便輪流於台灣與美國召開「台美民用核能合作會議」(TECRO-AIT Joint Standing Committee Meeting on Civil Nuclear Cooperation)，藉此進行核能相關領域的合作交流，交流議題含括核電廠營運管制、核電廠除役管制及管理技術、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、核子事故緊急應變管理等項目，雙方交流成果實為我國核能相關技術發展奠定重要基石。該合作會議於今年已邁入第 37 屆，除 2020 及 2021 年間受 COVID-19 疫情影響改採視訊方式辦理外，其餘皆採實體方式舉行。

「2022 年台美民用核能合作會議」(2022 TECRO-AIT Joint Standing Committee Meeting on Civil Nuclear Cooperation)經台美雙方協調後，於 11 月 29 日至 12 月 1 日在美國伊利諾州美國阿崗國家實驗室(Argonne National Laboratory, ANL)舉行。該實驗室係美國能源部所屬單位，此次受美國國務院委託負責籌辦此年度合作會議，並負責導覽介紹場內核子相關研究設施。會議隔(12/2)日，經美國核管會所屬第 3 區辦公室(Region III Office)的安排下，我方得以參訪鄰近的 Dresden 核電廠，並與核管會資深視察員及 Dresden 核電廠管理人員進行意見交流，以學習美國核電廠除役與放射性廢棄物管制及管理的實務經驗。

貳、行程

原能會綜合計畫處趙裕處長一行於美東時間11月27日晚間於洛杉磯機場(LAX)入境美國，續於當日晚間搭乘飛往芝加哥機場(ORD)的轉乘班機，在11月28日清晨抵達芝加哥，並辦理飯店入住。美東時間11月28日上午隨即與本會駐美洪副組長煥仁於飯店召開會前討論會議及進行沙盤推演，11月29至12月1日參加「2022年台美民用核能合作會議」，12月2日參訪鄰近的Dresden核電廠，並於12月3日凌晨自芝加哥搭乘返台班機，在台灣時間12月4日返抵國門，行程表詳如**表 1**。

表 1、赴美參加2022年台美民用核能合作會議行程表

日期	行程內容	地點	備註
11/27(日)-11/28(一)	去程；會前討論及議題沙盤推演	台北→洛杉磯→芝加哥	全體出席人員
11/29(二)	台美民用核能合作會議：專題報告	芝加哥	全體出席人員
11/30(三)	台美民用核能合作會議：分組討論	芝加哥	全體出席人員
12/1(四)	台美民用核能合作會議：設施參訪	芝加哥	全體出席人員
12/2(五)	參訪Dresden核電廠	芝加哥	全體出席人員
12/3(六)-12/4(日)	返程	芝加哥→台北	全體出席人員

參、工作紀要

「2022 年台美民用核能合作會議」在 11 月 29 日至 12 月 1 日間於美國伊利諾州阿崗國家實驗室(Argonne National Laboratory, ANL)舉行，此次會議台美雙方總計 32 員參與，其中台方出席人員共有 16 名，分別來自駐美代表處、國立清華大學、台電公司、以及原能會暨所屬放射性物料管理局、核能研究所、輻射偵測中心等單位，美方出席人員亦共有 16 名，分別來自國務院、美國在台協會華盛頓總部、核能管制委員會、能源部暨所屬國家實驗室、核子走私嚇阻計畫辦公室、國家核子保安局等單位，出席人員名冊如附錄一。

台美會議第一天(11 月 29 日)先後由 ANL 副實驗室主任 Dr. Kirsten Laurin-Kovitz、國務院主任 Jim Warden、原能會趙裕處長、及美國在台協會華盛頓總部主任 Jeffrey Horwitz 代表進行開幕致詞，隨即由台美雙方輪流進行專題報告。11 月 30 日台美雙方依合作項目性質分成 4 個工作小組，分別就列管合作項目檢討今年執行情形，並研商未來合作規劃。12 月 1 日參訪 ANL 的核子相關研究設施。本次台美民用核能合作會議之議程詳如附錄二，**圖 1** 為全體與會人員在阿崗國家實驗室之合影。

12 月 2 日，在美國核管會所屬第 3 區辦公室(Region III Office)的安排下，我方前往鄰近的 Dresden 核電廠進行參訪，並於廠內與核管會核電廠視察員及 Dresden 核電廠管理人員進行意見交流，藉此學習美國核電廠除役安全管制及管理經驗。

圖 1、2022 年台美民用核能合作會議全體與會人員合影

一、台美民用核能合作會議：專題報告(11 月 29 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 8 篇報告（報告議程詳附錄二）。

我方提出「台灣原子能委員會管制現況(Updates on Atomic Energy Council’s Activities in Taiwan)」、「台灣輻射災害整備與應變機制-以放射性物質意外事件為例(Radiation Emergencies Preparedness and Response in Taiwan-take “Radioactive Source Accident” for example)」、「核能研究所研發現況與未來(Update of Current Major Research Activities at INER and Path Forward)」、「清華大學目前關於台美民用核能合作的核能研究活動(Recent Nuclear Power Research Activities related to TECRO-AIT Nuclear Cooperation at NTHU)」、「台灣核電廠除役現況 (Current Status of Nuclear Power Plant Decommissioning in Taiwan)」等 5 篇。

美方則提出「美國輻射災害整備與應變機制 (Radiation Emergency Preparedness and Response in USA)」、「美國核能管制委員會管制現況(Updates on U.S. Nuclear Regulatory Commission Activities) 」、及「美國集中式貯存設施之申照作業現況說明(Current Status of CISF Licensing Applications) 」等 3 篇。

我方所提 5 篇報告，重點分項摘述如下：

1. 台灣原子能委員會管制現況(Updates on Atomic Energy Council’s Activities in Taiwan)

此簡報由原能會吳明哲副研究員報告，內容分成 6 部分，包含台灣核能電廠現況、核電廠管制活動、放射性廢棄物管理、2022 年核安演習、輻射防護與環境監測、及公眾溝通等。

簡報第一部分首先簡介我國核能電廠基本資訊與 2021 年核能發電佔比，並說明我國 3 座核電廠都將配合「非核家園政策」，於運轉執照到期後進行除役。簡報第二部分則介紹原能會核能電廠管制活動，首先就 2021-2022 年間核二廠與核三廠所發生共 3 起反應器急停事件進行說明，接著介紹我國三座核電廠的除役計畫審查進度，最後說明核電廠除役相關的管制活動及公眾溝通。

有關放射性廢棄物管理部份，首先說明我國用過核燃料管理策略，接著介紹用過核

燃料乾式貯存計畫進展，接著說明低放射性廢棄物管理策略與廠內貯存管制，以及蘭嶼貯存場貯存管制現況。在 2022 年核安演習部分，則有介紹該年度核安演習重點，包含反應機組復原、緊急應變合作、民眾防護行動、以及輻射監測評估等，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、輻射工作人員劑量監測統計、質子治療設施安全管制、全國環境監測站設置、以及原能會就日本含氚廢水排放案所做的相關因應措施。最後說明原能會與民眾間的各種溝通途徑，以及「公眾參與平台」的設置與相關活動。

在簡報結束後美國能源部國家核子保安局(DOE/NNSA)的 Patrick Disney 先生提問，我國輻射工作人員劑量資料是否有保存？我方回復原能會已保留輻射工作人員劑量資料於系統內，以便隨時查閱。

2. 台灣輻射災害整備與應變機制-以放射性物質意外事件為例(Radiation Emergencies Preparedness and Response in Taiwan-take“ Radioactive Source Accident ”for example)

本篇簡報由原能會核能技術處吳昌蔚技士負責報告，本篇報告主要介紹原能會在台灣面對輻射災害時的整備應變機制，並且以放射性物質意外事件為例，介紹輻射災害應變時序、應變人員任務以及本會輻射應變技術隊啟動機制。

在台灣共有 5 種輻射災害潛勢，分別是核子事故、境外核災、放射性物料管理與運送意外事件、放射性物質意外事件以及輻射彈事件。面對不同的輻射災害類型，原能會將啟動不同的應變機制。當核能電廠發生核子事故時，原能會將成立中央災害應變中心，協同各應進駐中央部會共同啟動相關應變作為，同時成立輻射監測中心。另國防部及地方政府也將成立核子事故支援中心及核子事故地方災害應變中心，協助中央進行災害應變工作。

面對境外核災，原能會已架設遍及全國共計 63 站輻射監測站，透過輻射監測站的即時環境輻射監測系統，我國人民及指揮官皆可以第一時間掌握我國任一地區環境輻射監測值，以及時因應境外核災對台灣的影響，確保我國人民安全。

輻射彈事件為一種恐怖攻擊行動，應變行動將由行政院國土安全辦公室及國家安全

會議主導。當原能會掌握輻射物質走私、放射性物質遺失或遭竊等異常情事，將立即通報國土安全辦公室及國安會議。一旦確認為輻射彈事件且將造成危險，我國警政、司法及防恐單位也將介入調查，啟動相關應變行動。

當發生放射性物質意外事件及放射性物料管理與運送意外事件時，原能會將立即派員評估事故狀況，並派遣本會輻射應變技術隊至現場提供相關技術協助。因放射性物質在台灣醫療、工業等領域的應用相當廣泛，因此放射性物質意外事件也是我國發生機率最高的輻射災害。

為因應各項輻射災害，並提供業者、第一線應變人員輻射偵測、射源回收與除污等技術協助，原能會已成立輻射應變技術隊，下設技術組、參謀組及新聞組等分組，於輻射災害發生時能立即啟動並協助應變工作。

以放射性物質意外事件為例，當事故發生時，業者將負責射源回收及除污等工作，盡可能降低輻射造成人員及環境的污染。而當第一線應變人員抵達現場時，將協助現場傷患緊急醫療協助，並依照環境輻射劑量率，劃定冷、暖、熱管制區，確保民眾不會誤闖輻射污染區域，並進行相關通報作業。原能會現已成立全年 24 小時核安監管中心，民眾及第一線應變人員可以透過撥打專線方式通報原能會，當原能會接獲通報後，將立即派遣本會輻射應變技術隊前往支援。

總結我國已針對 5 種不同輻射災害建立相對應應變機制。另為強化我國地方政府第一線應變人員及本會輻應隊成員輻射災害應變技術與知能，本會在過去幾年，已辦理多場次輻射災害第一線應變人員講習、輻射應變技術隊訓練等，並鼓勵參加輻災應變演習，希冀藉由課堂講授、桌上推演與實際演練等過程，持續強化我國輻災應變人員技術與輻災應變機制，以保障人民生命安全。

本次報告美方提問本會是否有針對台灣可能發生的 5 種輻射災害定期辦理演練。我方就美方提問回應，本會就核子事故有固定每年辦理一場次核安演習，對其餘 4 種輻射災害則是不定期辦理相關演練，以增進本會輻災應變能力。

3. 核能研究所研發現況與未來(Update of Current Major Research Activities at INER and Path Forward)

核能研究所綜合計畫組葛復光組長在此簡報中介紹核能研究所之任務及研發成果，

主要分為：(一)核能安全(Nuclear Safety)、(二)核子醫學 (Nuclear Medicine)及(三)環境與能源(Environment and Energy)此三大領域之技術研發與執行成果。

在核能安全技術方面，內容包括：(1)台灣研究用核反應器(Taiwan Research Reactor, TRR)除役拆解、用過燃料池清理、(2)台灣海洋放射性核種監測預備措施的發展、(3)量化風險評估(Probabilistic Risk Assessment, PRA)技術進展，以及應用於基礎設施韌性分析之風險管理方法。

在核子醫學方面，內容包括：(1)應用於行李安檢之雙能量 X 光成像技術(Dual-energy X-ray radiography)、(2)核研多蕾克鎵肝功能造影劑(INER Dolacga)臨床試驗進展、(3)放射性藥物 Tl-201 於心肌灌注掃描之應用、(4)運用於核醫藥物研發與產製之新一代 30-70MeV 迴旋加速器建置計畫。

在環境與能源技術方面，主要研發成果包括：(1) 奪得「2021 年全球百大科技研發獎」的智慧配電網路管理系統(iDNMS)、(2)奪得「2022 年全球百大科技研發獎」的低碳生產、低成本之創新電致變色玻璃量產 (IDIMPT) 技術、(3)推動友善環境之循環經濟—整合生質塑膠之生產與再利用。

除介紹上述研發成果之外，亦提及非核家園的挑戰及難題，並期許核能研究所在未來法人化以後，持續致力於原子能技術領域及相關應用的創新研究。針對上述簡報內容，美方提問與簡報者答復之摘要如下：

問 1： 海洋放射性核種監測系統是否為公開平台？可供大眾取得即時資料？
答 1： 目前建置中，之後會完成資訊公開平台，使民眾可隨時掌握台灣附近海域的海水與漁產輻射的實際檢測結果。
問 2： 有關肝造影劑，其呈現的圖像是人體嗎？
答 2： 是針對老鼠的實驗結果。
問 3： Tl-201 之進口國是？
答 3： 是美國及法國。
問 4： iDNMS 技術可預先診斷電網問題？
答 4： 不是，是發生問題後，自動偵測、隔離、修復，可大幅縮減修復時間。
問 5: 法人化經費來源？法人化時間點？
答 5: 法人化後，政府會減少補助，需增加自籌收入。法人化可能會在下個立法院會期通過。

4. 清華大學目前關於台美民用核能合作的核能研究活動(Recent Nuclear Power Research Activities related to TECRO-AIT Nuclear

Cooperation at NTHU)

此簡報由清華大學藍貫哲助理教授報告，內容主要分成 2 部分，包含核子反應器安全與熱流研究，以及中子束應用。在核子反應器安全及熱流研究部分，過去 3 年因 COVID-19 疫情影響以及我國非核家園政策影響，該領域的研究著墨不多。不過清華大學仍有派員參加美國核管會(NRC)熱流程式應用及維護研究計畫(CAMP)2022 年春季會議，並將持續進行核二廠熱流分析，預計會在 2023 年提出技術論文。在 2023 年，清華大學預計將參加 CAMP 春季會議，而與核研所合作的研究活動則會透過發表技術論文和報告的方式與 NRC 分享。

另一部份是中子束的應用，主要可分成硼中子捕獲治療（Boron Neutron Capture Therapy）以及中子散射應用。在硼中子捕獲治療部份，是使用清華大學清華大學水池式反應器(THOR)所產生的超熱中子(epithermal neutron)，該研究項目係由國科會(NSTC)所贊助，該領域的研究先後在 PBAD-lipiodol 於肝癌治療獲得台灣、美國、與日本專利，並有與俄亥俄州立大學進行研究合作，近期則有和榮總醫院進行頭頸癌臨床治療的合作活動。而在中子散射應用部份，主要著重在同步加速器 X 射線、中子、電子和離子束技術與應用於薄膜量測，探討的議題包含與薄膜和奈米材料的電子和原子結構相關的磁性、光子、電子、熱和機械特性等靜態和動態物理的特性。潛在應用包含高密度磁存儲介質(magnetic storage media)、光子薄膜、太陽能電池、鋰電池、燃料電池、磁熱效應材料(magneto-caloric effect materials)和熱電材料。

5. 台灣核電廠除役現況 (Current Status of Nuclear Power Plant Decommissioning in Taiwan)

此簡報由台電公司范振聰副處長報告，內容主要分成 3 部分，包含台灣核能電廠現況及能源政策、台灣除役法規、及台灣核電廠除役進展等。有關台灣核能電廠現況及能源政策部分，首先簡要說明我國核電廠分布(如圖 2)並概述三座核電廠共 6 部機組資訊(詳如表 2)，接著說明我國非核家園能源政策，將逐步降低對核能發電邁向非核家園，核電廠在 40 年運轉執照屆期後將進行除役，未來能源的開發將以環境友善的低碳綠能為主。

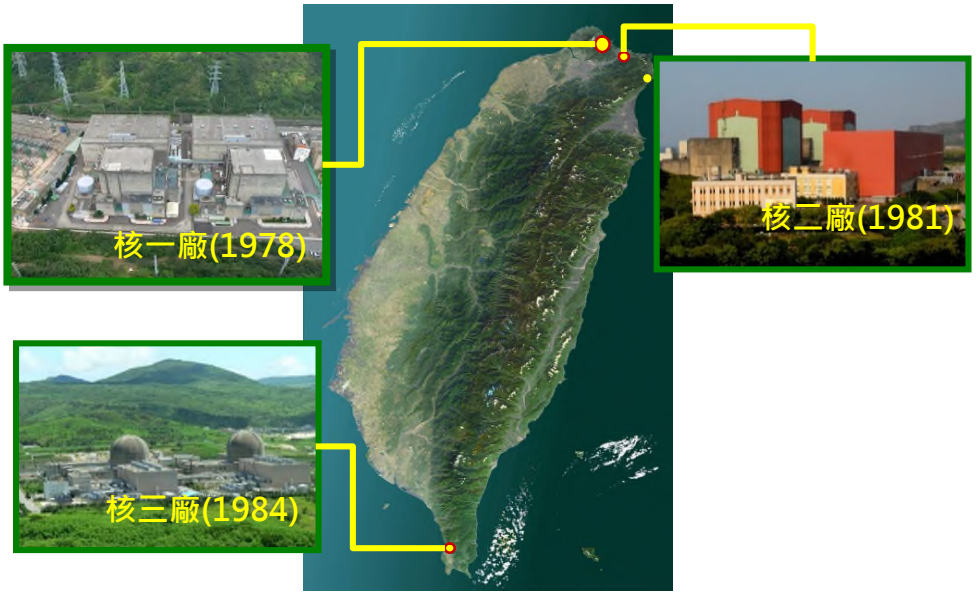

圖 2、台灣核電廠分布

表 2、核能電廠概述

NPPs	核一廠		核二廠		核三廠	
反應器型式	BWR-4		BWR-6		PWR	
圍阻體	Mark-I		Mark-III		Large, Dry Post-Tensioned	
發電量	636 MWe		985 MWe		951 MWe	
機組	Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2
商轉日期	1978. 12.06	1979. 07.16	1981. 12.28	1983. 03.15	1984. 07.27	1985. 05.18
運轉執照有效期限	2018. 12.05	2019. 07.15	2021. 12.27	2023. 03.14	2024. 07.26	2025. 05.17

簡報第二部分則介紹我國除役法規，我國針對核電廠除役管制要求包含：(1)核子反應器設施之除役以立即拆除方式執行；(2)除役計畫需在運轉執照屆期前 3 年提出；(3)除役計畫通過原能會審查且除役環境影響評估通過環保署審查，除役許可方核發；(4)

除役作業需在取得除役許可後 25 年內完成。

下一部份則逐一介紹我國核電廠目前除役進展，台電公司針對核電廠除役作業目標包含：(1)在取得除役許可後 25 年內完成除役作業；(2)除役期間產生之放射性廢棄物必須安全管理貯存；(3)在符合法規的前提儘量最大化廢棄物外釋；(4)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＜0.25mSv/yr)；(5)要在除役預算內如期如質完成除役作業。核一廠因反應爐內仍有燃料，拆除作業自電廠平衡系統(BOP)側及外圍系統設備開始，目前已完成聯絡鐵塔與氣渦輪機(二期室內乾貯設施用地)的拆除作業，及 BOP 側輻射特性調查，而廢棄物管理區域(WMA，Waste Management Area)與清潔確認中心(CCC，Clearance Confirmation Center)則尚在規劃準備中。核二廠部份，該廠除役計畫已於 2020 年 10 月 20 日由原能會審查完畢，環境影響評估亦於 2022 年 8 月 10 日通過審查，預計 2023 年初可取得除役許可；另該廠爐心燃料退出前之安全分析報告與技術規範(PDSAR/PDTS)，以及維護管理方案(含老化管理)亦分別於 2021 年 7 月及 2022 年 7 月獲原能會核定。核三廠部份，除役計畫正由原能會審查中，環境影響評估之二階環境調查目前刻正執行中。台電公司在確保核安、輻安及工安的前提下，將會如期如質完成除役作業。

另美方所提出之 3 篇報告，重點摘述如下：

1. 美國輻射災害整備與應變機制 (Radiation Emergency Preparedness and Response in USA)

本篇報告由美國能源部國家核子保安局(DOE/NNSA)的 Patrick Disney 先生負責進行簡報，在簡報中美方介紹了 DOE/NNSA 面對輻射災害的應變機制、合作單位以及任務分工。

美國在輻射災害整備與應變主要參照三份官方文件，包含美國災害應變架構(NRF, National Response Framework)、聯邦政府跨部會應變計畫(FIPO, Response Federal Interagency Operational Plan)以及核輻射事件導則(NRIA, Nuclear/Radiological Incident Annex)，此三份文件皆在持續更新中。

DOE/NNSA 為應對核輻射事件，已成立輻射災害支援團隊(NEST, Nuclear Emergency Support Team)。該團隊負責核武器攻擊應變、公眾安全防護等任務，具備輻射偵檢能力，並已建立空中監測系統。透過人員駕駛飛機搭載輻射偵檢儀器，可及時提供空中環境輻

射監測，保護民眾安全。

另為提供輻射傷害醫療處置，輻射災害事件支援中心(REAC, Radiation Emergency Assistance Center)將可提供全天 24 小時醫療協助。該中心並已建立專責通報專線以及手機 APP 下載服務，可透過電話及時協助第一線應變人員於現場進行初步檢傷分類與緊急醫療處置建議。

最後簡報中提及針對大氣環境放射性物質擴散，國家大氣擴散諮詢中心(NARAC, National Atmospheric Release Advisory Center)已建立模擬預測系統。該中心可就放射性物質射源特性、大氣環境、放射性煙羽擴散與沉降、以及輻射劑量率等因子進行模擬預測。另該中心也建立 IXP(International Exchange Program)線上程式，支援 24 小時線上服務，可供 IAEA 成員國透過該線上程式模擬煙羽擴散模組，協助輻射災害緊急應變使用。

本次報告我方提問 DOE/NNSA 是否會提供輻射災害應變所需之裝備予第一線應變人員，例如消防人員等。美方回應當第一線應變人員需要特定輻災應變裝備或裝備不足時，DOE/NNSA 可視需要提供適當之儀器裝備。另我方提問過去是否曾發生過核物料被偷竊之情事，美方則回應從未發生。

2. 「美國核能管制委員會管制現況(Updates on U.S. Nuclear Regulatory Commission Activities)

此份簡報由美國核能管制委員會(Nuclear Regulatory Commission, 以下簡稱 NRC)核子反應器管制署(Office of Nuclear Reactor Regulation, 以下簡稱 NRR)之安全系統處(Division of Safety Systems)副處長(Deputy Director) Mary Jane Ross-Lee 報告「Updates on U.S. Nuclear Regulatory Commission Activities」，說明 NRC 近期重要管制活動報告，重點摘述如下 ：

(1) 本次 NRC 分享之近期重要管制活動，包含簡介美國境內運轉與興建中核電廠機組概況、除役機組執照轉移情形、小型模組化反應器(Small Modular Reactor, 以下簡稱 SMR)相關申請案審查進度及其他先進核反應器技術審查準備情形、目前關注發展之技術議題及 NRC 組織改造與反應器監管方案(Reactor Oversight Process, 以下簡稱 ROP)精進等。

(2) 美國境內運轉中核電廠機組計 92 部(61 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(Initial 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。

(3) 近期永久停止運轉之核電廠機組，包含 Duane Arnold、Indian Point、Palisades 等核電廠機組。近期提出延役相關申請案之運轉中核電廠機組，則包含 Comanche Peak 核電廠 1 號及 2 號機組及 Diablo Canyon 核電廠 1 號及 2 號機組。其中 Comanche Peak 核電廠 1 號及 2 號機組運轉執照分別於 2030 年 2 月 8 日及 2033 年 2 月 2 日屆期，並於 2021 年 10 月提出延役申請。

(4) Diablo Canyon 核電廠 1 號及 2 號機組部分，NRC 於 2018 年同意其撤回延役申請，然因加州電力供給缺口問題，PG&E 公司(Pacific Gas and Electric Company)於 2022 年 10 月 31 日向 NRC 提出豁免 10 CFR 2.109(b)規定，重啟 Diablo Canyon 核電廠 1 號及 2 號機組延役審查，以期於運轉執照屆期後仍可繼續運轉供電(註：Diablo Canyon 核電廠 1 號及 2 號機組運轉執照分別於 2024 年 11 月 2 日及 2025 年 8 月 26 日屆期)。

(5) GEH BWRX-300 SMR 部分(每模組可發電量為 30 萬千瓦)，NRC 目前正進行申請前相關審查案，TVA(田納西河谷管理局)預計於 2024 年向 NRC 提出 2 部機組之興建許可(Construction Permit)申請；此外，加拿大電力公司並預定興建 6 部機組。

(6) NuScale SMR 部分(每模組可發電量為 5 萬千瓦)，NRC 於 2022 年完成設計認證申請(Design Certification Application)審查，業者並於 2022 年 12 月向 NRC 提出 NuScale US460 標準電廠設計認可 (Standard Design Approval, SDA)申請。

(7) 另針對進步型反應器(含核分裂或核融合反應器)審照及管制作業，目前 NRC 正進行 Part 53 相關法規及指引研訂工作，以因應「Nuclear Energy Innovation and Modernization Act」要求，於 2027 年前建立具技術包容性與風險告知之管制架構(Technology-Inclusive, Risk-informed, Regulatory Framework)。

(8) 目前 NRC 關注發展之技術領域，則包含事故容錯燃料(Accident Tolerant Fuels)、數位雙生(Digital Twins)、進步型製造技術(Advanced Manufacturing

Technologies)、人工智慧(Artificial Intelligence)、數位儀控(Digital Instrumentation and Controls)、電廠老化(Plant Aging)等，本次簡報並簡介NRC目前相對應之管制技術研發進展。

(9) 人工智慧(Artificial Intelligence, 以下簡稱AI)部分，NRC已提出AI策略計畫(2023~2027)草案，目前正蒐集公眾意見中，以作為未來管制策略規劃之參考。至於NRC目前進行之除役相關研究，是否有包含AI領域，經與NRC安全系統處副處長(Mary Jane Ross-Lee)確認，並無包含AI領域技術研究。

3. 美國集中式貯存設施之申照作業現況說明(Current Status of CISF Licensing Applications)

美國核管會(NRC)主管安全系統部門的Mary Jane Ross-Lee副處長續於會中說明「美國集中式乾式貯存設施(CISF)之申照作業說明」。簡報說明美國集中式乾式貯存設施申照之審查審查現況、美國核管會與美國運輸部(DOT)對於用過核子燃料運送之管制、及美國核管會在集中式乾式貯存設施核照後的管制。

Mary Jane Ross-Lee副處長指出，有關集中式貯存設施之部分，美國目前則是有2個集中式乾式貯存案件進行審查。第1件為位於德州Andrews郡的集中式乾式貯存設施，由中期貯存夥伴有限責任公司(Interim Storage Partners LLC)所提出申照，美國核管會已於2021年9月13日完成審查並核發該公司在德州Andrews郡建造和運營之許可證。第2件則是為位於新墨西哥州Lea郡的集中式乾式貯存設施，為Holtec International公司開發設置，其型式為HI-STORM UMAX的系統。美國核管會於2018年2月受理申請文件，美國核管會預計於2023年提出審查結論。Mary Jane Ross-Lee副處長表示，核管會對於此類案件之審查作業會分為技術層面及運轉條件，包括核燃料特性、密封鋼桶測試及監測項目等，核管會將核發40年運轉執照。

Mary Jane Ross-Lee副處長表示，美國幾十年以來，用過核子燃料的運送皆安全的執行，主要原因係美國核管會在用過核子燃料安全運送的議題上與美國運輸部已經成為密切合作的夥伴關係，其中核管會負責管制用過核子燃料運送業者的事前準備工作、安全性與接收運送順利；美國運輸部則是負責管制運送過程中的輻射和污染限制，並對運送業者或是器具進行監管。最後，Mary Jane Ross-Lee副處長強調核管會對於用過核子

燃料及其設施的管制，已建立以安全為重點的強力的監督計畫。下圖為 Mary Jane Ross-Lee 副處長在阿崗國家實驗室簡報的照片並檢附德州 Andrews 郡的集中式乾式貯存設施的示意圖。

圖 3、美國核管會安全系統部門的 Mary Jane 副處長

圖 4、德州 Andrews 郡的集中式乾式貯存設施的示意圖
(資料來源：MJ Ross-Lee, NRC's Review of Consolidated Interim Storage Facilities, P.4, Taiwan Joint Standing Committee on Civil Nuclear Cooperation, Nov 29 – Dec 1, 2022)

二、台美民用核能合作會議：分組討論(11 月 30 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今年執行情形，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(Summary Statement)如附錄三。各組總結摘要如下：

1. 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，美方主要負責單位為NRC，由NRR安全系統處副處長Mary Jane Ross-Lee擔任主談人(共同主席)，我方則由本會核能管制處高斌副處長擔任主談人(共同主席)。美方參與討論人員為 NRC Maureen Conley女士，我方與會討論人員則有本會綜合計畫處趙裕處長、吳明哲副研究員、核能管制處郭獻棠科長、核能技術處黃俊源副處長及本會駐美國代表處科技組洪煥仁副組長，並由Maureen Conley女士及郭獻棠科長擔任紀錄。

第一分組原有16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，台美雙方並同意結束停止1項合作項目(編號AE-NR-JJ5「Regulatory Activities on a Deferred Nuclear Power Plant」)。2023年台美雙方合作重點項目與方式，摘述如下：

(1) 台美協定(Agreements)部分：

i. 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」)，有效期從 2021 年 5 月 14 日至2026年5月14日。NRC提議自2024年12月開始續約討論，並考量在下一個5年期滿時自動續約。

ii. 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。CAMP與CSARP部分，NRC提議進行第2次展期，並希望雙方能簽署更長期協定。

iii. RAMP 協定於 2024 年 6 月 14 日到期，NRC 建議 2023 年開始進行續約議定過程，並希望雙方能簽署更長期協定。

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

i. 台美雙方皆希望 2023 年起重啟每年雙邊技術會議(Bilateral Technical Meeting, 以下簡稱 BTM)。2023 年將在美國辦理 BTM，美方並將視我方需求，安排現場參訪除役核電廠；NRC 將提供除役視察及緊急應變演練資訊予我方，我方則應確認欲觀察之作業活動項目及技術交流議題。

ii. 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「機率性安全分析(Probabilistic safety analysis)」、「後福島安全評估與資訊交流(Post-Fukushima safety evaluation and information exchange)」、「運轉與除役電廠老化管理(Aging management of operating and decommissioning nuclear power plants)」、「除役管制重要議題經驗回饋(Regulatory feedback on leading issues in decommissioning)」、「緊急應變與保安演練(Emergency and security exercises)」等項。

(3) 人員訓練：NRC 將提供反應器視察員訓練課程清單供原能會參用，並將與原能會協調視察員參訓相關事宜。

(4) 「核能安全公約」(CNS)國家報告：NRC 期待於 2023 年收到我方所提 CNS 報告並進行審閱。

(5) 緊急應變與保安：2023 年原能會將與 NRC 持續執行每 2 年 1 次之核安監管中心通訊測試，NRC 將與原能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，原能會將邀請 NRC 派員觀察核二廠 2023 年緊急應變演練；同時 NRC 專家亦可與我方針對「演習規劃(exercise planning)」、「網路安全(cyber security)」、「核子保安(nuclear security)」等議題，進行技術交流。

2022 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	16
■結束數量	1
■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. 第二分組:廢棄物管理及環境復原(Waste Management and Environment Restoration)

台美民用核能合作會議第二分組主要討論內容為廢棄物管理及環境復育等議題，今(111)年度的討論會議在美國阿崗國家實驗室 241 大樓中會議室舉辦。第二分組由美方能源部(DOE) Benjamin Rivera 先生與我方放射性物料管理局陳文泉副局長共同主持，我方參與人員包括台電公司的范振璁副處長、核能研究所沈允中研究助理、我國駐美的洪煥仁副組長，及物管局馬志銘技士；美方參與人員包括核管會(NRC)的 Mary Jane 副處長、阿崗國家實驗室(ANL)的 Paul Dickman 先生、美國國務院(DOS)的 Kristy Peng 小姐。本次會議討論項目共計有 15 項，經過台美雙方面對面商論後，15 項內容均同意持續合作與執行。

有關第二分組 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類型。工作項目內容進行重點摘述：

在用過核子燃料管理方面，我國就高燃耗燃料與破損燃料的法規管制安全議題，以及乾式貯存之申照議題與美方持續交換資訊(G23)。另外，我國將參酌 IAEA 於 2022 年 6 月「用過燃料管理安全和放射性廢棄物管理安全聯合公約」2020 年版次之審查會議決議，國內相關核廢料管理單位將共同精進的用過核子燃料與放射性廢棄物管理國家報告書(2024 年版)，並規劃於 2025 年 3 月底前送請美方提供意見(G34)。我方將持續與美方就用過核子燃料最終處置的技術部分交換資訊或技術交流(G36)。核能研究所對於研究用反應器(TRR)的燃料棒測試罐及貯存等，計畫在 2023~2024 期間完成，若有需要協助的事項，將向美方提出並持續保持聯繫(G33)。核能研究所水鍋式核子反應器(WBR)的相關運送規劃，會在 2023 年底六氟化鈾送往英國的事宜完成後開始安排 (G35 及 G37)。

在除污與除役議題方面，原能會期望美方的核管會能於 2023 年，適時安排除役中的

核能電廠，讓我方同仁進行相關工作訓練(OJT)，以對除役現場管制作業更加熟捻(J2)。美方能源部的環境管理部門與核能研究所，會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)。

有關輻射照射後之檢查及低放射性廢棄物處理與處置，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)。

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，原能會與台電公司與美方分享溝通經驗。台電公司規劃於 2023 年邀請美國在高放射性廢棄物處置專家，以及請美國電力研究院(EPRI)的專家蒞台辦理研討會，就用過核子燃料與高放射性廢棄物議題進行討論，並分享研究成果。此外，核能研究所將於 2023 年，派員參加 ESCP、UFMC 及 PATRAM 等技術交流研討會。本次會議順利完成的項目統計資料如下表所示。

2022 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
會後合作項目總計	15

圖 5、第二分組會議討論情形

圖 6、第二分組會議參與人員合影

3. 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，美方由美國能源部國家核子保安局（National Nuclear Security Administration, NNSA）的外事專員 Taylor Hart-McGonigle 負責，我方由核能研究所綜合計畫組葛復光組長擔任，並由保健物理組張皓婷研究助理，擔任現場會議紀錄，我方參與人員包含原能會綜計處處長趙裕、原能會輻防處郭子傑科長、清華大學藍貫哲助理教授、原能會輻射偵測中心蔡文賢副主任及原能會核技處黃俊源副處長等代表出席，美方相對應的參與人員有橡樹嶺國家實驗室(Oak Ridge National Laboratory, ORNL) 的防止核擴散計畫專員 Matt Moliterno 及 Temeka Taplin，Temeka Taplin 是代表 DOE/NNSA 的 Cassandra Peterson 出席此次會議，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，利用核研所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，其中因 2020 年至 2021 年新冠疫情暫緩或改為線上交流的議題，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 23 項，本次重要決議分述如下:

(1) TU-DE-Y3 項目 (Explore opportunities related to DOE Engineering Innovation Hub for Modeling and Simulation Program) 美方窗口為 Benjamin Rivera, DOE/EM 及 Maureen Conley, NRC，已於會後表達將請核研所燃材組負責同仁與其聯繫，美方兩位窗口均表達樂意協助。

(2) TU-DE-Y4 項目 (Formation of New Partnership INL/NTHU/INER/SNL for Education and Training in Nuclear Science and Technology) 美方窗口並未出席此次會議。因 Benjamin Rivera 先生於能源部工作，建議請燃材組負責同仁亦可透過他或其他管道與能源部聯繫。

(3) AE-DE-EE3 項目 (Nuclear Export Control Training) 美方原定於 2022 年底前向國際貿易局和海關提供「戰略性高科技貨品」進出口管制培訓，由於美方尚未準備好課程，因此將延後至年底或明年。

(4) AE-DE-EE7 項目 (Training in Implementation of PP Standards and Guidance) 有關資安 Cyber in a Case (CiaC)軟硬體，美方將於 2023 年持續完成後續的技術交流，DOE/NNSA 同意在 2023 年於台灣舉辦兩場實體研討會，分別是關於網絡安全演習(cyber security exercise)以及反應力評估(response force assessment)，同時舉行有關內部威脅減緩(insider threat mitigation)的線上活動，AEC 亦提出有關美國核能設施安全演習的實際參訪。

(5) RM-XX-IIX 項目 (Radiochemistry Analysis Method Proficiency Testing And Training)更新編號為 RM-DE-II3。

(6) IN-TU-AIT-Y5 項目(Hybrid Energy Systems)，赴美前葛復光組長已先與洪煥仁副組長溝通此項工作，洪副組長及葛組長於會前均分別向 ANL 資深政策研究員 Paul Dickman 表達請其協助，Paul Dickman 先生表達樂意協助，Paul Dickman 同時表示若想發展整合型能源，美國有很多單位正在發展，例如：Idaho National Lab. (INL)、Oak Ridge National Lab (ORNL)、Argonne National Lab (ANL)，另外比爾蓋茲的 Tetra power

公司也有發展此項目可供參考。因本次美方出席團員並無 INL 相關人員，故 Y5 項目美方窗口待訂，並請美方 Group3 的 Co-Chair (Taylor Hart-McGonigle, DOE/NNSA)於確定聯絡窗口後以電子信箱聯繫我方。

(7) 本次美方更新窗口名單如下:

TU-DE-Y3: Benjamin Rivera, DOE/EM, Maureen Conley, NRC

AE-DE-EE5: Cassandra Peterson, DOE/NNSA

AE-DE-EE6: Bethany Kastrinsky, DOS

AE-DE-EE7: Taylor Hart-McGonigle, DOE/NNSA

AE-AIT-FF1: Liliya Dallmann, DOE/NNSA

AE-IN-AIT.LA-FF2: Liliya Dallmann, DOE/NNSA

AE-AIT-FF3: Liliya Dallmann, DOE/NNSA

AE-AIT-FF4: Liliya Dallmann, DOE/NNSA

AE-IN-AIT-LA: Liliya Dallmann, DOE/NNSA

(8) 目前尚有一些項目，美方聯絡窗口待定: I7、I14、Y4、II1、II2、II3、Y5

2022 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	23
■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	23

4. 第四分組:緊急應變管理(Emergency Management)

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-FE8)」等六個合作項目。美方主要負責單

位為能源部國家核子保安局(DOE/NNSA)，美方此次由 Patrick Disney 擔任共同主席，我方則由本會核能技術處黃俊源副處長擔任共同主席，而吳昌蔚技士擔任會議紀錄。

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，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，共計完成 13 項具體結論，重點摘錄如下：

(1) 緊急應變管理 Emergency Management (AE-DE-F27)

i.原能會請求美方給予台方觀摩美方輻災演習的機會。

ii.DOE/NNSA 計畫提供原能會參加 CTOS(Center for Radiological Nuclear Training) 線上課程，並檢視提供實體課程可行性。

iii.原能會將邀請 DOE/NNSA 觀摩台灣 2023 年核安演習。

iv.DOE/NNSA 將持續與原能會討論輻射彈事件最佳應變方式。

(2) 大氣擴散模組 Atmospheric Plume Modeling (AE-DE-F28)

v.DOE/NNSA 將邀請原能會參加 NARAC (National Atmospheric Release Advisory Center)擴散模組研討會。

vi.原能會在大氣擴散模組議題上樂意與美方有更進一步合作與討論。

(3) 緊急應變支援 Emergency Assistance (AE-DE-F37)

vii.原能會核安監管中心未來每六個月將繼續透過電郵及傳真與 NNSA 進行通聯測試。

(4) 空中偵測及其他偵測技術 Aerial and Other Detection Technique (AE-DE-F38)

viii.原能會將被邀請參加第十一屆 AMS(Aerial Measuring System)國際空中偵測技術交流研討會。

ix.DOE/NNSA 在 2023 年將會提供 AVID 軟體及訓練課程。

(5) 核鑑識倡議 Nuclear Forensics Initiative (AE-DE-F39)

x.NSDD 計畫提供「應用現有技術執行核鑑識課程」。

xi.原能會輻射偵測中心請 NSDD 於 2024 年在台灣舉辦加馬能譜分析核鑑識研討會。

(6) 大港倡議資訊交流 Information Exchange on Megaports Initiative (RM-DE-FE8)

xii.實地訓練課程

- NSDD 計畫於 2023 年舉辦 RDIT(Radiation Detection Identification Techniques)課程。
- NSDD 將在高雄舉辦實地訓練課程，並邀請原能會一同參與。

xiii.提供新的檢查射源予台灣海關

- DOE/NNSA 將新的射源(Am 及 AmBe)供門框偵檢器校正使用，此射源半衰期將大於 400 年，將可降低偵檢器維護成本。

2022 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

三、台美民用核能合作會議：參訪阿岡國家實驗室(Argonne National Laboratory) (12 月 1 日)

(一) ANL 介紹

阿岡國家實驗室(以下簡稱 ANL)位於美國伊利諾州芝加哥近郊，隸屬於美國能源部(United States Department of Energy)的研究機構，為本次台美民用核能合作會議 JSCCNC 的會議地點。ANL 擁有廣泛的科學技術並致力於能源等相關議題的研究，其研究範圍涵蓋核子工程、環境工程、生化科技、生醫科技、資訊工程等 28 項不同專業領域。

(二) ANL 參訪過程

此行參加台美民用核能合作會議，於 12 月 1 日由 ANL 安排實驗室參訪導覽行程，本次導覽行程主題包含(1) Nuclear Energy Exhibit、(2) Natural Convection Shutdown Heat Removal Test Facility、(3) Mechanisms Engineering Test Loop Facility、(4) Severe Accident Experiments、(5) Advanced Photon Source。

第一站參訪核能展覽室 (Nuclear Energy Exhibit)，由 ANL 核能工程組的 Roger Blomquist 博士進行導覽解說 (如圖 7)，該核能展覽室成立於 1996 年，展覽主題包含實驗性滋生反應爐(Experimental Breeder Reactor)、芝加哥 1 號及 2 號反應堆 (Chicago Pile -1 and Chicago Pile -2)、實驗型沸水式反應爐 (Experimental Boiling Water Reactor)、整合式快滋生反應爐 (Integral Fast Reactor)及核能研究活動現況等。

實驗型滋生反應爐一號(Experimental Breeder Reactor I, EBR-I)為美國一座已除役的研究用核子反應爐，此反應爐於 1949 年由 ANL 的物理學家 Walter Zinn 於美國愛達荷州設計建造，為世界上第一座滋生反應爐，於 1964 年除役並由 Idaho 國家實驗室管理。EBR-I 的設置目的為驗證滋生反應爐的核子物理理論可行性，並於 1955 年在爐心冷卻劑流動之試驗期間發生局部熔毀，為世界上首座以鈽燃料發電的反應爐。

EBR-I 除役後被實驗型滋生反應爐二號 (EBR-II) 取代，EBR-II 設計和運行的最初重點是展示一個能將固體金屬燃料進行現場再處理的滋生反應爐。EBR-II 為使用液態鈉金屬作為冷卻劑的快中子反應爐，EBR-II 已於 1994 年停止運轉。Blomquist 博士與我國參訪團說明介紹阿岡實驗室對現今已發展出各式各樣的反應爐發展的貢獻，並以模型說明芝加哥反應堆 1 號是世界上第一個成功實現了可控的鏈鎖式反應實驗性原子反應爐。同時說明 EBR-I 內部結構、燃料調整裝置運作方式、以及熔融爐心與混凝

土作用實驗，包含利用氣體的產生、水泥結構的剝落、熔融材料等等參數進行模擬預測等。展覽室現場設置 EBR-II 的實體剖面模型(如圖 8)，模型展示燃料棒於反應爐中的置放概況及 EBR-II 反應爐與蒸汽產生器間的連結。

圖 7、Roger Blomquist 博士與我國參訪團導覽 ANL 核能展覽室

圖 8、Experimental Breeder Reactor II (EBR-II) 實體模型

Blomquist 博士與我國參訪團說明整合式快滋生反應爐 (Integral Fast Reactor, IFR) 的設計目的與發展概況 (如圖 9 所示)，IFR 為 ANL 創新性的反應爐設計，是以金屬合金為燃料、液態鈉金屬為冷卻劑的反應爐，於 1986 年完成兩次試驗並證實 IFR 的反應爐設計之安全性。

圖 9、Roger Blomquist 博士與原能會駐美洪煥仁副組長 (左二)、綜計處趙裕處長 (左三)、核研所葛復光組長 (右二)、核技處黃俊源副處長 (右一) 介紹整合式快滋生反應爐 (IFR)

參訪第二站為自然對流停機熱移除試驗設施 (Natural Convection Shutdown Heat Removal Test Facility，NSTF)，由 ANL 核能工程組的 Darius Lisowski 博士與兩位工程師進行導覽解說 (如圖 10)。ANL 的自然對流停機熱移除試驗設施 (NSTF) 屬於被動熱移除安全系統，用於評估核衰變熱能移除效率，設施主要目的為檢視核子反應爐的被動安全性、提供反應爐概念設計及產出進階電腦運算模型數據基準。因應在緊急情況下提供安全可靠的冷卻作用，新一代核反應爐多採用被動安全熱移除系統，此類被動熱移除安全系統以自然對流、重力等作為驅動力，不需要泵、風扇或者其他驅動設備的投入，為較先進的安全系統設計，可在反應爐發生事故的情況下，自然將反應爐熱量移除，提高了反應爐的安全性和可靠性 (如圖 11 所示)。

圖 10、ANL 核能工程組的 Darius Lisowski 博士 (左二) 進行導覽解說

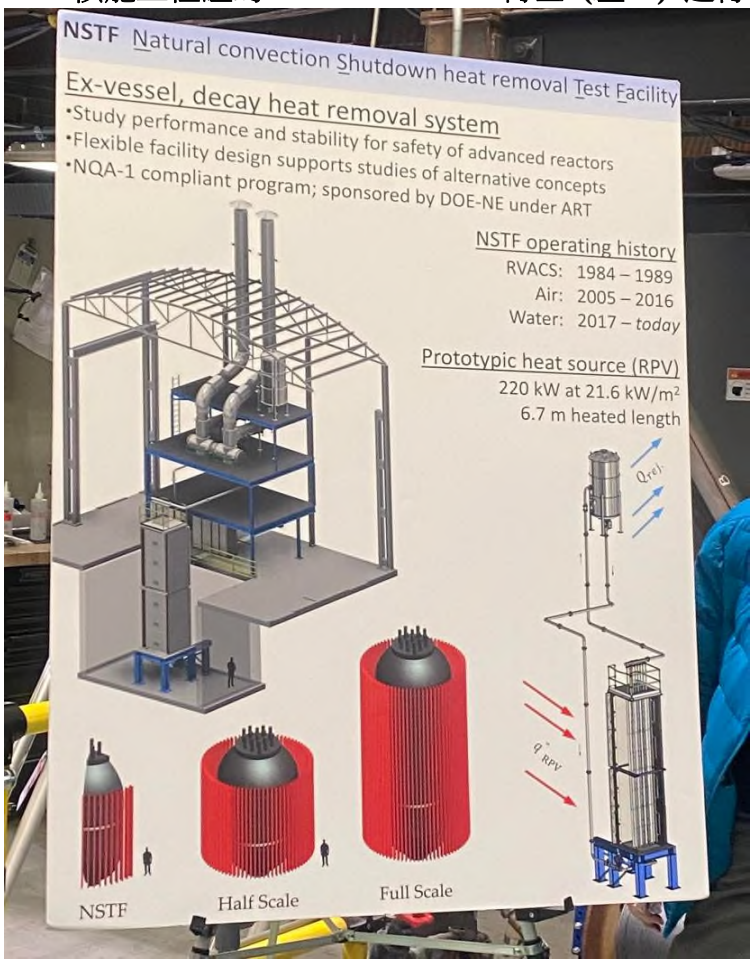

圖 11、自然對流停機熱移除試驗設施的被動熱移除安全系統

參訪第三站為機制工程測試迴路 (Mechanisms Engineering Test Loop Facility，METL)，由 ANL 核能工程組的 Derek Kultgen 博士進行導覽解說(如圖 12、圖 13 所示)。ANL 的機制工程測試迴路 (METL)設施成立於 2018 年，是一個中等規模的液態金屬實驗設施，可提供如先進燃料處理系統、自動控制系統和關閉機制、先進感應儀器等技術測試，以開發先進的液態金屬技術。在 METL 中測試不同的組件對於發展快滋生反應器相當重要。目前該設備可用 750 加侖鈉金屬、1000 個感應器、鈉金屬可被加熱至 650 ℃，除了進行各項測試實驗外，亦可提供年輕學者進行液態金屬技術相關訓練，產出性能測試數據以降低現場運作期間發生故障的風險。

圖 12、ANL 核能工程組的 Derek Kultgen 博士使用 3D 視覺化模型輔助進行導覽解說

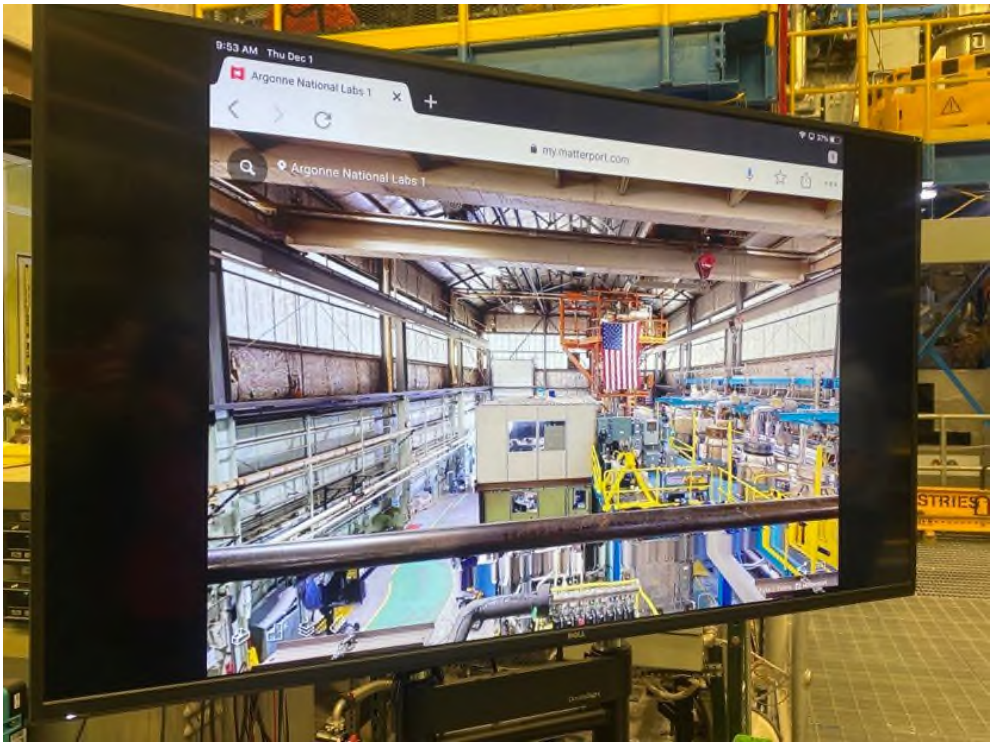

圖 13、機制工程測試迴路 (METL) 現場實景展示

參訪第四站主題為嚴重事故實驗 (Severe Accident Experiments)，由 ANL 的 Mitch Farmer 博士與 Jeremy Licht 博士進行導覽解說 (如圖 14、圖 15 所示)。嚴重事故實驗的目的是模擬反應爐爐心熔毀後，鈾燃料棒融化所形成的熔岩材料及大量熱能，可能溢出、侵蝕混凝土外圍材料，並造成高強度放射性物質洩漏。ANL 實驗人員藉由電腦模擬及實際進行熔毀實驗，來了解熔岩材料如何與混凝土相互作用，並通過注水來阻止這種相互作用，使放射性物質保留在建築物內，這種方法不需要新設備或重新改造核能電廠。該研究建立一系列的冷卻參數、各種混凝土的侵蝕率、剖面、溫度和其他相關數據，來因應此類事故的發生。另外，Jeremy Licht 博士亦利用實驗影片說明反應爐事故中產生熔化、崩解、產氣、火花閃燃等過程 (如圖 16 所示)。

圖 14、ANL 的 Mitch Farmer 博士解說反應爐爐心熔毀現象

圖 15、ANL 的 Jeremy Licht 博士解說反應爐事故過程

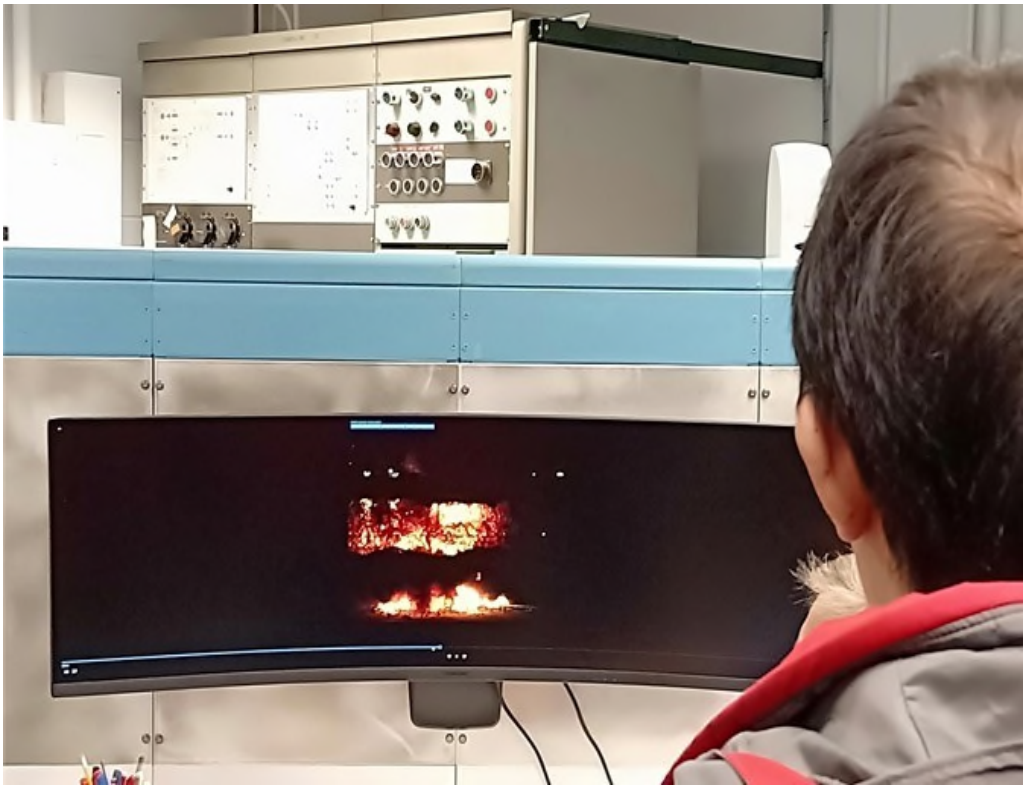

圖 16、反應爐事故中產生熔毀、崩解、產氣、火花閃燃實驗影片

參訪第五站為尖端光子源 (Advanced Photon Source, APS)，由 ANL 的 Jonathan Almer 博士進行導覽解說 (如圖 17 所示)。尖端光子源是由美國能源部建設的大型同步加速器，同步加速器為環形結構(如圖 18)，使用磁場改變帶電粒子方向，同時使用電場加速帶電粒子，加速的高能粒子可以廣泛應用於各種研究領域，例如生物醫學的解析蛋白質結構、藥品設計和改進，先進材料的原子和電子結構、極端條件下的材料特性、奈米科技及環境科學等。APS 的機構包含直線加速器、增強器、電子儲存環、插入設備和實驗大廳等 (如圖 19、圖 20 所示)，透過高能帶電粒子照射材料所產生的 X 光散射能譜，研究人員得以觀察不同材料的結構差異，其功能類似於使用「超級顯微鏡」，經過電腦運算，可進一步顯示物件 3D 結構的影像。

圖 17、ANL 的 Jonathan Almer 博士與我國參訪團介紹 APS

圖 18、尖端光子源 (APS) 設施外觀實景

圖 19、尖端光子源 (APS) 直線加速器、增強器等設施實景

圖 20、尖端光子源 (APS) 設施功能概述

圖 21、我方代表團於 ANL 尖端光子源 (APS) 設施合影

四、參訪 Dresden 核電廠（12 月 2 日）

(一) Dresden 電廠介紹

德勒斯登（Dresden）核電廠目前為美國 Constellation 公司所擁有，位於美國伊利諾州東北部芝加哥附近，電廠外觀最顯著的白色圓球型的廠房結構體。

Dresden 核電廠共有 3 部機組，其中一號機於 1960 年 8 月開始商轉，發電量 21 萬千瓦，是美國第一部完全由民間企業出資興建的核能機組；並於 1978 年 10 月停止運轉，1984 年 10 月決定除役，其除役計畫並於 1993 年 9 月獲 NRC 審核通過，目前在安全貯存(SAFSTOR)狀態，並無主要之拆除作業在進行中，其除污及拆除計畫正建置中，用過燃料存放於廠區內之乾式貯存設施。

Dresden 二號機與三號機分別自 1970 年 4 月及 1971 年 7 月開始商轉，發電量各為 97 萬千瓦；2004 年獲 NRC 審核同意延役 20 年，2 部機組分別可延長運轉至 2029 年及 2031 年。

圖 22、Dresden 電廠外觀

(二) Dresden 電廠參訪過程

12 月 2 日 8 時左右抵達 Dresden 電廠訓練中心後，在廠方人員安排下，先對參訪團員介紹參訪行程及安全、輻防與保安等應注意事項；並分成 2 隊，在廠方人員帶領及 NRC 官員陪同下，就 1 號機廠房及乾貯設施進行參觀。

因為 1 號機仍在安全貯存狀態，因此反應器廠房內之管件及運轉時的設備如馬達、泵浦、壓力表等均未被拆除。對於廠房內有輻射之區域，廠方有設置輻射圍籬，避免人員靠近。現場的廠務管理工作維持相當乾淨，且有放置類似我國電廠在收集放射性廢棄物的袋子，以利後續處理。整體廠務管理(House Keeping)良好，讓訪客留下深刻印象。

參訪時，發現 Dresden 核能電廠中並未設置低放射性廢棄物貯存庫，經向廠方詢問低放射性廢棄物之處理方式。廠方回應，該廠之低放射性廢棄物會將其收集並包裝起來後，由 Energy Solutions 公司運送至猶它州的 Clive 低放處置場，此座處置場由 Energy Solutions 公司負責營運。

參觀廠房設施後，參訪團員回至 Dresden 電廠訓練中心，用完餐後，先由廠方人員針對 Dresden 電廠機組及 1 號機除役狀況進行簡介後，參訪團員就除役安全管制作業、乾貯管理等議題，與業者及 NRC 官員進行熱烈討論，並摘要說明如下。

1. 除役安全管制作業

我方參訪團員主要針對除役期間除污及拆除(Decontamination and Dismantlement, 以下簡稱 D&D)計畫審核與 D&D 作業視察方式、火災防護(Fire Protection, 以下簡稱 FP)計畫及火災危害分析(Fire Hazard Analysis, 以下簡稱 FHA)確認符合 NRC 管制指引 RG 1.191 方式，請教業者及 NRC 官員，討論結果簡述並補充說明如下：

(1) 針對美國核電廠除役機組 D&D 計畫，NRC 並無要求業者須事前送審，業者亦無須請第三方進行審核驗證，而係由業者委託相關廠商撰提 D&D 計畫送業者完成內部審查，並接受 NRC 視察。

(2) NRC 針對除役電廠 FP 計畫及 FHA 是否符合 NRC 管制指引 RG 1.191 規定，係透過視察進行確認。NRC 並有訂定除役核電廠視察方案 IMC 2561「Decommissioning Power Reactor Inspection Program」，作為視察方針及指引。

(3) 前述除役核電廠視察方案 IMC 2561 所包含之主要視察項目，包含安全審查及設計修改/變更(IP 37801)、問題發現與解決(IP 40801)、火災防護(IP 64704)及其他除役作業相關視察項目，並針對除役不同階段規劃相對應之視察人力。

(4) 有關除役拆除作業之安全管制，電廠依 10 CFR 50.59 法規執行評估，並接受 NRC 之視察管制，NRC 並有相對應之視察程序書(IP 37801)，指引視察員執行 10 CFR 50.59 評估作業查證。

2. 乾貯管理

乾式貯存設施部分，Constellation 公司會持續執行定期安全檢查與監測，直到將用過核子燃料交由能源部(DOE)進行最終處置。目前存放在 Dresden 核能電廠的乾式貯存護箱系統係由 Holtec International 公司製作，分為 HI-STAR 100 金屬護箱及 HI-STORM 100 混凝土護箱。其中由 1 號機移出的用過核子燃料，分別置入 4 個 HI-STAR 金屬護箱與 21 個 HI-STORM 金屬護箱中存放。

肆、心得與建議

一、心得

1. 本次會議參訪行程安排 Argonne 國家實驗室尖端光子源(APS)的導覽，透過現場實際走訪看到 APS 內的直線加速器、增強器等設備現場配置，親臨現場見到大型同步加速器設施占地空間規模之廣闊，留下深刻的印象。導覽期間概述 APS 在各種研究領域的研究應用成果，可提供未來核研所建置 70MeV 迴旋加速器執行的相關計畫與應用做為參考。

2. 台美雙方在核能和平利用合作協定下，將持續依循協定內容，就核能安全與繫屬發展領域繼續合作，透過此一會議及交流，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。

3. 美國能源部國家核子保安局(DOE/NNSA)近年來與台灣已有多次合作交流經驗，包含核安演習觀摩、大港倡議課程以及空中輻射偵測訓練等，透過雙方交流確實協助我國建立與強化輻射災害應變機制與能量。雖然過去兩年因為 COVID-19 疫情影響，部分國際交流研討會等實體活動無法舉辦而延期，然而雙方仍持續透過線上方式保持聯繫交流。現在隨著疫情趨緩，各項實體活動將逐步展開，經過本次會議討論交流，期望未來雙方能持續辦理輻射核鑑識訓練、大港倡議課程、輻射災害應變等訓練，並邀請雙方參與核安演習觀摩、輻射彈事件應變交流等活動。希冀透過國際合作交流管道，學習國外經驗，以持續精進我國輻射災害應變量能。

4. 國際原子能總署(IAEA)「用過核子燃料與放射性廢棄物管理安全聯合公約」第 32 條規定，締約國每三年須提交其用過核子燃料與放射性廢棄物管理國家報告書，以確保締約各國管理現況符合高安全標準。國際原子能總署原定於 2021 年辦理之「用過燃料管理安全和放射性廢棄物管理安全聯合公約」2020 年版次之審查會議，因受國際新冠肺炎疫情影響，延期一年至 2022 年 6 月底辦理。聯合公約共 88 個締約國共同決議下次會議於 2025 年召開，依此各締約國將於 2024 年提出下一版次之用過核子燃料與放射性廢棄物管理國家報告書。基此，本次台美會時，與美方研商討論後，我國原規劃辦理之 2023 年版用過核子燃料與放射性廢棄物管理國家報告書，將參酌 IAEA 決議延至 2024 年底提出更新版，其後再透過台美會議合作機制，提請美

方表示意見。

5. 由本次參訪 Dresden 核電廠可知：目前國際上對於核能電廠除役可分為立即除污(DECON)、安全貯存(SAFSTOR)及長期封存(ENTOMB)三種，本次台美會因地制宜，參訪離 ANL 較近的 Dresden 核電廠，該核電廠除役是採 SAFSTOR 方式，而我國核電廠除役是採 DECON 方式。原因是美國核電廠除役作業年限係 60 年，可等放射性物質輻射劑量會隨時間衰減到一定程度，再進行拆除會較為經濟。我國則是依「核子反應器設施管制法施行細則」規定，運轉執照到期次日起即進入除役期間。故除役方式除考慮優缺點外，主要還是因各國法令規章不同而有所取捨。

6. 本次參訪 Dresden 電廠是很有趣的事情，Dresden 電廠採用延遲拆除方式(SAFSTOR)，在輻射衰減的狀態下，維持其他反應機組的功能同時執行乾貯及監測作業，國內電廠除役採用立即拆除(DECON)，兩者作法有所差異，透過參訪過程可以了解早期電廠與台灣電廠在結構上的差異，以及了解到延遲拆除(SAFSTOR)的優點，對於未來核研所執行除役計畫有所幫助。

7. 透過本次台美核能合作會議，已蒐集美國近期核能安全管制作業相關技術資訊，瞭解管制法規架構之發展，並針對雙邊協定及技術交流活動規劃，透過面對面討論與意見交流，展現具體顯著之成果，有助於未來核安管制雙邊技術交流，建議未來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作業。

二、建議

1. 本次台美會議前均有透過實體/線上方式召開各分組會前會，邀請各項目相關同仁參與討論，參與單位包含原能會、核研所、輻射偵測中心、物管局、清華大學，透過討論會可以讓代表團員更加清楚每個 Action Matrix 項目現階段交流的狀況，以及會議中需達成的任務，會前也可以與駐美代表先行溝通，確保交流事項可以順利達成，另外透過會前會亦可請各單位人員先行擬定 Summary，使會議進行的更順利、同時減少雙方溝通的誤解，因此建議後續台美會議可以參考本次作法先行召開會前會及先行擬定 Summary。

2. 本次台美會中，美國核管會已規劃進行人工智慧技術(AI)應用在核能管制的領域研究，建議國內的原子能科技學術合作研究計畫中，增列應用人工智慧技術於放射性廢棄物及其設施之管理評估研究的基礎研究項目，引導國內相關領域的專業研究機構與人才投入相關領域研究，強化管制量能。

3. 近兩年受新冠肺炎(COVID-19)疫情影響，國際交流顯著減少，台美雙方許多合作項目亦進展有限；隨著疫情趨緩，未來實質交流應會逐漸增加。而本次會議台美雙方都有新成員加入，藉由簡報及分組討論已促進彼此交流。建議各合作項目之執行單位，依本次合作備忘錄檢視現況及未來規劃；來年會議若合作項目負責人不克出席，亦能和與會代理人充分溝通，以利掌握目前進度及未來合作重點，亦可使會議進行更有效率。

4. 透過本次台美核能合作會議安排之 Dresden 電廠參訪，除現場觀察除役機組系統設備維護狀況外，並與 NRC 執行除役視察之人員，就除役期間火災防護管制及拆除作業視察方式，進行深入討論，可作為我國核電廠除役管制及視察作業之參考，建議未來透過台美雙邊技術交流，持續規劃安排美國除役核電廠參訪活動，以強化除役安全管制作業。

伍、附錄

附錄一、2022 年台美民用核能合作會議與會人員名單及所屬單位

台方與會人員名單及所屬單位

No.	Name	Affiliation	Job Title
1	Chao,Yu	Department of Planning, AEC	Director General
2	Wu, Ming-Zhe	Department of Planning, AEC	Associate Researcher
3	Kao, Bin	Department of Nuclear Regulation, AEC	Deputy Director General
4	Guo, Shian-Tang	Department of Nuclear Regulation, AEC	Section Chief
5	Kuo,Tzu-Chieh	Department of Radiation. Protection, AEC	Acting Section Chief
6	Huang, June-Yuan	Department of Nuclear Technology, AEC	Deputy Director General
7	Wu, Chang-Wei	Department of Nuclear Technology, AEC	Associate Technical Specialist
8	Chen,Wen-Chuan	Fuel Cycle and Materials Administration, AEC	Deputy Director General
9	Ma, Chih-Ming	Fuel Cycle and Materials Administration, AEC	Associate Technical Specialist
10	Ko, Fu-Kuang	Institute of Nuclear Energy Research, AEC	Director, Project Planning Division
11	Chang, Hao-Ting	Institute of Nuclear Energy Research, AEC	Research Assistant, Health Physics Division
12	Shen, Yun-Chung	Institute of Nuclear Energy Research, AEC	Research Assistant, Chemical Engineering Division
13	Tsai,Wen-Hsien	Radiation Monitoring Center, AEC	Deputy Director General
14	Lan, Kuan-Che	Institute of Nuclear Engineering and Science, National Tsing Hua University (NTHU)	Assistant Professor
15	Fan, Chen-Tsung	Taiwan Power Company	Deputy Director
16	Hung, Huan-Jen	Science and Technology Division, TECRO	Deputy Director

美方與會人員名單及所屬單位

No.	Name	Affiliation	Title
1	Jim Warden	Department of State	Director, ISN/NESS
2	Jeffrey Horwitz	Department of State	Director for Trade, Economic, and Commercial Relations, AIT/Washington
3	Kristy Peng	Department of State	Program Analyst, ISN/NESS
4	Maureen Conley	Nuclear Regulatory Commission	International Relations Officer, Office of International Programs
5	Mary Jane Ross-Lee	Nuclear Regulatory Commission	Deputy Director, Division of Safety Systems, Office of Nuclear Reactor Regulation
6	Emily Eng	Department of Energy/NSDD	Foreign Affairs Specialist
7	Stanley (Cap) Fritz	Department of Energy/NSDD	Sustainability Manager
8	Benjamin Lee	Department of Energy/NSDD	NNSA Graduate Fellow
9	Paul Dickman	Department of Energy	Senior Policy Fellow, Argonne National Laboratory
10	Kevin Uitvlugt	Department of Energy/NNSA	Office of Defense Nuclear Nonproliferation
11	Taylor Hart-McGonigle	Department of Energy/NNSA	Foreign Affairs Specialist, Office of International Nuclear Security
12	Matt Moliterno	Department of Energy/ORNL	Office of International Nuclear Security
13	Jared (Kirk) Czap	Department of Energy/NNSA	Deputy Director, Office of Nuclear Incident Policy and Cooperation
14	Patrick Disney	Department of Energy/NNSA	Office of Nuclear Incident Policy and Cooperation
15	Benjamin Rivera	Department of Energy/EM	Program Management Analyst
16	Kirsten Laurin-Kovitz	Department of Energy/ANL	Associate Laboratory Director

附錄二、2022 年台美民用核能合作會議議程

Agenda for 2022 AIT-TECRO Joint Standing Committee Meeting on Civil Nuclear Cooperation

Argonne National Laboratory
November 29-December 1, 2022

November 29: Plenary

Time	Event	Location
9:30	**Minivans Depart from Hotel – Aloft Bolingbrook** 乘車前往 **Argonne National Laboratory**	Hotel Lobby
10:15 – 10:30	**Group Photo** 團體合照	Bldg. 241
10:30 – 11:00	**Opening Remarks** 開幕致辭 **1.** ANL – Dr. Kirsten Laurin-Kovitz, Associate Laboratory Director, Nuclear Technologies and National Security **2.** STATE – Jim Warden, Director, Office of Nuclear Energy, Safety, and Security **3.** AEC – Dr. Yu Chao, Director General, Department of Planning **4.** AIT/W – Jeffrey Horwitz, Director for Trade, Economic, and Commercial Relations	Bldg. 241 Room D172
11:00 – 11:30	**Break** 休息	
11:30 – 13:00	**Presentations (30 min each)** 專題演講 **1.** Updates on Atomic Energy Council's Activities in Taiwan – AEC/DP (Ming-Zhe Wu) **2.** Radiation Emergency Preparedness and Response in USA– DOE/NNSA/NA-81 (Patrick Disney) **3.** Radiation Emergency Preparedness and Response in Taiwan – AEC/DNT (Chang-Wei Wu)	Bldg. 241 Room D172
13:00 – 14:00	**Lunch** 午餐	
14:00 – 16:30	**Presentations (cont.) (30 min each)** 專題演講 **(續)** **1.** Update of Current Major Research Activities at INER and Path Forward – INER/PPD (Fu-Kuang Ko) **2.** Updates on U.S. Nuclear Regulatory Commission Activities – NRC (Mary Jane Ross-Lee) **3.** Recent Nuclear Power Research Activities related to TECRO-AIT Nuclear Cooperation at NTHU – NTHU (Kuan-Che Lan) **4.** Current Status of CISF Licensing Applications – NRC (Mary Jane Ross-Lee) **5.** Current Status of Nuclear Power Plant Decommissioning in Taiwan – TPC (Chen-Tsung Fan)	Bldg. 241 Room D172
16:30	**Minivan Transportation Back to Hotel** 乘車返回飯店	
18:00	**Minivan Transportation to Restaurant**	Hotel Lobby

18:30	**AIT-Hosted Dinner**	Cooper's Hawk Winery & Restaurant – Burr

November 30: Technical Working Group Discussions

Time	Event	Location
9:00	**Minivans Depart from Hotel – Aloft Bolingbrook** 乘車前往 **Argonne National Laboratory**	Hotel Lobby
9:30 – 11:00	**Working Group Discussions** 分組討論	
	Group 1 第一組**: Reactor Regulation and Regulatory Research** **Co-Chairs:** *Mary Jane Ross-Lee, Deputy Director, Division of Safety Systems, Office of Nuclear Reactor Regulation, NRC and Bin Kao, Deputy Director General, Department of Nuclear Regulation, AEC*	Bldg. 241 Room D172
	Group 2 第二組: **Waste Management and Environmental Restoration** **Co-Chairs:** *Benjamin Rivera, International Relations Specialist, DOE Environmental Management and Wen-Chuan Chen, Deputy Director General, Fuel Cycle and Materials Administration, AEC*	Bldg. 241 Room D173
	Group 3 第三組**: Nuclear Science, Technology and Safeguards** **Co-Chairs:** *Taylor Hart-McGonigle, Foreign Affairs Specialist, Office of International Nuclear Security, National Nuclear Security Administration, and Fu-Kuang Ko, Director, Planning Division, INER*	Bldg. 241 Room A323
	Group 4 第四組**: Emergency Management** **Co-Chairs:** *Patrick Disney, Office of Nuclear Incident Policy and Cooperation, NNSA and June-Yuan Huang, Deputy Director General, Department of Nuclear Technology, AEC*	Bldg. 241 Room B123
11:00 – 11:30	**Break** 休息	
11:30 – 13:30	**Continued Working Group Discussions** 分組討論 **(續)**	
13:30 – 14:30	**Lunch** 午餐	
14:30 – 16:30	**Discussion Presentations (30 min each) & Summary of Working Groups**	Bldg. 241 Room D172
16:30 – 16:45	**Closing Plenary** 閉幕大會 **1.** AEC – Dr. Yu Chao, Director General, Department of Planning, AEC **2.** STATE – Jim Warden, Director, Office of Nuclear Energy, Safety, and Security	Bldg. 241 Room D172
17:00	**Minivan Transportation Back to Hotel** 乘車返回飯店	

December 1: Argonne National Laboratory Facility Tour 技術參訪

Time	Event	Location
8:30 am	**Meet minivans for transport to ANL**	Hotel Lobby
8:30 – 8:50	**Travel to Bldg. 208**	
9:00 – 9:25	**Nuclear Energy Exhibit** Tour will be led by Roger Blomquist 9:30 – 9:45 transport to 308	Bldg. 208
9:35 – 9:55	**Natural Convection Shutdown Heat Removal Test Facility**	Bldg. 308
9:55 – 10:15	**Mechanisms Engineering Test Loop Facility** Tour will be led by Derek Kultgen 10:25 – 10:35 transport to 315	Bldg. 308
10:25 – 10:45	**Severe Accident Experiments** Tour will be led by Mitch Farmer and Jeremy Licht 10:55 – 11:25 transport to 402	Bldg. 315
10:50 – 11:00	**Break**	
11:00 – 11:45	**Advanced Photon Source**	Bldg. 402
11:45 – 12:05	**Minivan Transportation Back to Hotel** 乘車返回飯店	

附錄三、台美民用核能合作會議 Summary Statement

(一) 第一分組

Working Group 1 Action Matrix – Reactor Regulation and Regulatory Research

Working Group I began this year's meeting with 16 existing items. After extensive working group discussion, Working Group I decided to close one item (AE-NR-JJ5, Regulatory Activities on a Deferred Nuclear Power Plant), and continue cooperating on the remaining 15 items. Planned activities for 2023 are summarized below.

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

- CAMP and CSARP renewals have been under AIT review for several months. The extensions will expire January 30, 2023, so NRC has proposed second extensions for both. NRC will look into longer term agreements because of the lengthy reviews needed on the U.S. side.
- RAMP will expire June 14, 2024. NRC suggests beginning the renewal process during 2023 and pursuing an extension at the same time as the renewal. NRC will explore a longer agreement because of the lengthy reviews needed on the U.S. side.
- Arrangement for technical cooperation and information exchange is in effect May 14, 2021 to May 14, 2026. NRC proposes to begin renewal discussions in December 2024, and to consider allowing the arrangement to automatically renew at the end of the next 5-year term due to the lengthy review needed on the U.S. side.

Bilateral Technical Meeting. NRC and AEC look forward to resuming the annual bilateral technical meetings during 2023, with a meeting and site tour in the United States. NRC will share information on schedules for decommissioning inspections and emergency exercises. AEC will identify specific activities they would like to observe and specific details for the technical exchange to assist in identifying the best technical experts and options for the site visit. Details including discussion topics, venue, schedule, and site tour will be discussed via email. Discussions topics may include :

- Probabilistic safety analysis
- Post-Fukushima safety evaluation and information exchange
- Aging management of operating and decommissioning nuclear power plants
- Regulatory feedback on leading issues in decommissioning
- Emergency and security exercises

Training. NRC will share the list of reactor inspector training courses with AEC and coordinate on bringing two AEC inspectors to the United States for training in 2023.

CNS. NRC looks forward to receiving the Taiwan CNS report for review in mid-2023.

Emergency preparedness/security.

- AEC will continue to conduct biannual communication tests with NRC in 2023.
- NRC will coordinate with AEC on observation of an NPP exercise in the United States that includes the local government
- AEC will invite NRC to observe the 2023 emergency exercise at the Kuosheng NPP if feasible. While in Taiwan, NRC experts may be able to participate in technical exchanges on specific topics such as exercise planning, cyber security, and nuclear security.

Approved :

Dr. Bin Kao
TECRO Representative
Date: November 30, 2022

Ms. Mary Jane Ross-Lee
AIT Representative
Date: November 30, 2022

（二）第二分組

Discussion Summary of Working Group II
Waste Management and Environmental Restoration
TECRO-AIT JSC Meeting on Civil Nuclear Cooperation
November 29-December 1, 2022

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

1. **Closed items**: 0

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 15 items ongoing.

G23: Keep open, in the event, assistance is needed.
G33: INER will perform TRR test UO2 fuel rods canning and storage from 2023 to 2024. Keep open in the event assistance is needed.
G34: FCMA will edit the National Report and send it to DOE-NE for peer review by the end of March 2025. DOE-NE agreed to review the report.
G35: INER will arrange the transportation details of WBR after the complete shipment of UF6 to UK in the end of 2023.
G36: FCMA will provide the SNFD 2021 Report to NRC for information exchange.
G37: INER will arrange the transportation details of WBR after the complete shipment of UF6 to UK in the end of 2023.
J2: AEC proposes that NRC could arrange an On-the-job training at a decommissioning NPPs in the second-half of 2023.
J4: Continue information exchange on the graphite waste management of D&D.

U3: DOE-EM will follow up with NE on the review of the "Irradiated Fuels and Materials Research Program from 2021 to 2026"

X1: Keep open, in the event, assistance is needed. And please continue D&D information exchange on the LLW final disposal project.

DD12: DOE-EM will share lessons learned and best practices related to Public Participation in the D&D of nuclear research reactors with TPC.

DD19: INER will continue to participate in the DECOVALEX Task-F activities in 2023. TPC expects to invite US HLW Disposal experts to Taiwan in 2023.

DD28: Keep open, in the event, assistance is needed.

DD29: INER will send personnel to participate in technical conferences of the ESCP, UFMC and PATRAM in 2023. TPC will hold the UF/HLW workshop in 2023 inviting the EPRI experts to share relative research results, and discuss related issues.

DD30: INER will complete the shipment of UF6 to UK in the end of 2023. Preparations for transportation are undergoing at INER.

Approved:

Wen-Chuan CHEN

Wen-Chuan Chen
TECRO Representative
Date:
11/30/2022

Benjamin Rivera
AIT Representative
Date:
11/30/2022

（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
November 29-December 1, 2022

Number of items discussed	23
Closed items	0
New items	0
Merged items	0
Number of working items	23

1. **Closed items**: 0
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 23 items going.

D59: AEC propose this item to keep ongoing, and if the U.S. side holds any training program related to radiation protection aspects of decommissioning, please notify AEC in advance. AEC would send staff to attend it if budget allowed. NRC looks forward to continuing to share information in this area.

D64: AIT and TECRO will seek future opportunities in 2023. NRC looks forward to continuing to share information in this area.

I7: Continue to participate in the meeting program in 2023 SNMMI Annual Meetings, 2023 congress of the European Association of Nuclear Medicine and WMIC 2023 for radiopharmaceutical research and development. Furthermore, considering of visiting national laboratories to seek the opportunities of the cooperation and training course of radioisotopes, proton and neutron research of 70 MeV cyclotron.

I14: Continue to participate in the meeting program in 2023 SNMMI Annual Meetings, 2023 congress of the European Association of Nuclear Medicine and WMIC 2023 for radiopharmaceutical research and development. Furthermore, considering of visiting national laboratories

to seek the opportunities of the cooperation and training course of radiopharmaceuticals, proton and neutron research of 70 MeV cyclotron.

I19: INER will continue to develop innovative software and hardware technology of X-ray and nuclear medicine imaging, and hopes to have a chance to connect national laboratories or regulatory bodies (e.g.: NETL, US EPA, etc.) to visit or collaborate with international experts and scholars.

Y3: INER is expecting to use the FAST code (the merge code of FRAPCON and FRAPTRAN) for further spent nuclear fuel behavior evaluation in Kuosheng NPP and Maanshan NPP.

Y4: INER is expecting to attend the BISON code training course and use it for the spent nuclear fuel dry storage evaluation.

CC1: AIT and TECRO will seek future more opportunities in 2023.

EE2: TECRO sent two representatives to attend ITC-29 held in Aug/Sep, 2022. TECRO proposes to have the information of ITC-30 in 2024, if available.

EE3: AIT and TECRO will seek future opportunities.

EE5: There's limited activity during COVID-19 pandemic and propose to keep ongoing.

EE6: Limited activity.

EE7: AEC proposes to continue technical exchange on "Cyber in a Case" (CiaC) for remaining technical issues. AEC and DOE/NNSA agree to have two in-person workshops conducted in Taiwan in 2023: one on "cyber security exercise" and another on "response force assessment" including UAS considerations. In 2023, AEC and DOE/NNSA will consider holding additional virtual engagements to include "insider threat mitigation" and other priority topics. In addition, AEC requests an opportunity to observe security exercises at nuclear facilities in the USA, such as tabletop, force-on-force or cybersecurity drill.

FF1: TECRO plans to send two observers to attend SSAC course in 2023.

FF2: Continue advanced safeguards technology and information exchange.

FF3: Safeguards information papers will be exchanged at JSCCNC 2023.

FF4: In May 2023, AEC will send TECRO the annual inventory report on all material subject to the current agreement for cooperation as well as individual inventory of Canadian, Australian, and EURATOM flagged materials of 2022.

HH1: AIT and TECRO will seek future opportunities in 2023.

II1: AEC welcomes further information sharing of new analytical technique. AIT will seek to identify a contact point.

II2: AEC welcomes further information sharing of new analytical technique. AIT will seek to identify a contact point.

II3: AEC welcomes further information sharing of new analytical technique. AIT will seek to identify a contact point.

Y5: INER proposes to visit INL for Integrated Energy Systems (IES) in 2022 or 2023 and to obtain more detail information of Dynamic Energy Transport and Integration Laboratory (DETAIL) and the IES Techno-economic Analytical Tools.

LA: INER would expect LANL's experts to share more ISOCS experience for NM declaration, like uncertainty acceptance, multi-detectors measurement simultaneously, direct measurement under high activity environment for instance.

Approved:

Fu-Kuang Ko	Taylor Hart-McGonigle
TECRO Representative	AIT Representative
Date: 11/30/2022	Date: 11/30/2022
Fu-Kuang Ko	Taylor Hart-McGonigle

（四）第四分組

Discussion Summary of Working Group IV
Emergency Management
TECRO-AIT Meeting of Joint Standing Committee on Civil Nuclear Cooperation
November 29-30, 2022

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. AEC inquiries about the opportunity to observe radiological emergency exercises conducted in the USA.
  2. DOE/NNSA plans to offer a virtual CTOS course and review options for in-person course in the future.
  3. AEC will invite DOE/NNSA to observe the nuclear emergency exercise in 2023, if available.
  4. DOE/NNSA will continue ongoing discussions with AEC focusing on best practices for an effective response to a radiological dispersal device.
- **AE-DE-F28, " Atmospheric Plume Modeling"**
  5. DOE/NNSA will invite AEC to attend NARAC Plume Modeling Workshop, if available.
  6. AEC welcomes further cooperation and dialogue about atmospheric plume modeling.
- **AE-DE-F37, "Emergency Assistance"**
  7. AEC'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"**
  8. AEC will be invited to participate in the 11th AMS International Technical Exchange on Aerial Measurements Operations, date TBD.
  9. DOE/NNSA will provide international AVID software and training in 2023, if possible.
- **AE-DE-F39, "Nuclear Forensics Initiative"**
  10. NSDD plans to offer a course on Applications of Existing Technologies to aid a Nuclear Forensics Investigation.
  11. AEC/RMC proposes NSDD hold a Forensic Investigation workshop for Taiwan focusing on gamma spectrum analysis in 2024.

Discussion Summary of Working Group IV
Emergency Management
TECRO-AIT Meeting of Joint Standing Committee on Civil Nuclear Cooperation
November 29-30, 2022

- **RM-DE-EE8, "Information Exchange on Megaports Initiative"**

12. Field Training Exercise.
    (1) NSDD plans to provide a Radiation Detection Identification Techniques (RDIT) course in 2023
    (2) NSDD plans to hold a Field Training Exercise that will bring numerous agencies in Taiwan to Kaohsiung. NSDD would greatly appreciate AEC's participation.
13. New Check Sources to Customs.
    (1) DOE/NNSA will provide new check sources (Am and AmBe) for radiation portal monitor calibrations. These sources have a much longer half-life; thus, sustainability costs should be minimized since the new sources will last for more than 400 years.

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

Approved:

June-Yuan Huang
TECRO Representative
Date: 11/30/2022

Patrick Disney
AIT Representative
Date: 11/30/22