

出國報告（出國類別：開會）

參加 2016 年台美民用核能合作會議  
2016 AIT-TECRO  
Civil Nuclear Cooperation Meeting

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：徐自生 副處長

派赴國家：美國

出國期間：105 年 12 月 04 日至 105 年 12 月 13 日

報告日期：106 年 01 月 23 日

# 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

參加 2016 年台美民用核能合作會議

頁數 89 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司/ 陳德隆 / (02)2366-7685

出國人員姓名/台灣電力公司/單位/職稱/電話

徐自生/台灣電力公司/核能後端營運處/副處長/(02)23653430

出國類別： 1 考察  2 進修  3 研究  4 實習  5.其他(開會)

出國期間：105.12.04 ~ 105.12.13 出國地區：美國

報告日期：106.1.18

分類號/目：

關鍵詞：核能合作與後端營運

內容摘要：(二百至三百字)

為增進台美原子能應用、管制技術交流，台美雙方業簽署數項原子能相關之合作項目，並每年召開台美民用核能合作會議檢討及規劃未來合作事項，今年「2016 年台美民用核能合作會議」由美方主辦，會議於 12 月 6-8 日在新墨西哥州的阿布奎基市舉行。我國由原子能委員會(以下簡稱原能會) 蔡慧敏副主任委員率團出席，成員由原能會、核能研究所、國立清華大學、及台灣電力公司等組成，共計 18 人與會，美方則有國務院、核能管制委員會、能源部及所屬國家實驗室等單位共 12 人出席。會中雙方除交換過去一年來在核能電廠營運與管制、核廢料管理、核電廠除役、核能技術研發及緊急應變管理等方面的發展與經驗回饋外，並逐一檢討雙方核能合作項目之執行情形，研商未來一年的合作規劃。

會後在美方規劃下，前往聖迪亞國家實驗室(Sandia National Laboratory, SNL)參訪，進一步瞭解到美國在核能研究方面的魄力與前瞻性。持續參加台美民用核能合作會議，對於維繫、通暢台美雙方在原子能領域的交流，有實質的助益，此行除增進我方瞭解美國各項核能技術發展與管制現況外，並有效的強化台美雙方核能技術交流與合作，成果豐碩。

(本文電子檔已傳至出國報告資訊網 <http://report.nat.gov.tw/reportwork>)

(附件涉及機敏性資料，不上傳)

# 目 錄

摘要.....	ii
目錄.....	1
壹、出國目的.....	2
貳、出國過程.....	3
參、會議內容摘要.....	4
肆、心得與建議.....	22
附件一、2016年台美民用核能合作會議與會人員名單	
附件二、台美民用核能合作會議議程	
附件三、台灣核能後端營運管理之現況簡報	
附件四、台美民用核能合作會議Summary Statement	

## 壹、出國目的

本次出國目的在參加「2016 年台美民用核能合作會議」，此項會議自 1985 年開始舉辦，由台美雙方輪流於台灣及美國召開此項民用核能合作會議。2016 年由美方主辦，美國國務院委託能源部(Department of Energy, DOE)轄下之聖迪亞國家實驗室(Sandia National Laboratory, SNL)負責承辦，擇定於 12 月 6 至 8 日舉行，並安排與會人員參訪 SNL 有關核燃料失去冷卻水、核能組件過壓等相關試驗設施場所，及與核子保防、保安、核能發展過程等相關的展覽室。

本項會議因為參加的單位有原能會、核研所、清華大學、及台電公司等核能有關機關共同參與，為有效達成雙方的交流，原能會在出國前召開 2 次預備會議，除了討論各項議題的簡報內容外，也針對重要討論議題事先擬定討論方向與意見，因此會議成果相當豐碩。此項會議的合作項目共分成四個分組討論：第一分組是討論與反應器管制與法規相關研究(Reactor Regulation and Regulatory Research)有關的項目，第二分組是討論廢棄物管理及環境復原(Waste Management and Environment Restoration)有關者，第三分組討論與核子科學、核醫藥物、先進核能科技與防護(Nuclear Science, Technology, and Safeguards)有關項目，第四分組討論與緊急應變管理(Emergency Management)相關之合作項目。因台電公司只在第二分組與美方有 4 個合作項目，因此報告人即參加第二分組的合作項目討論，討論過程中，美方充分瞭解台電公司的需求，並允諾盡力協助。此項會議藉雙方面對面的交談，除可以使彼此更瞭解合作項目的核心意義外，進一步強化我國與美方的核能安全合作機制，也有助於未來雙方繼續的交流與合作。

## 貳、行程

### 2.1 行程概要：

赴美參加 2016 年台美民用核能合作會議行程表

日期	地點與行程	工作內容
12/4 (日)	台北→美國(阿布奎基)	去程
12/5 (一)	美國阿布奎基	台美民用核能合作會議資料整理與會前討論
12/6 (二)	美國阿布奎基	台美民用核能合作會議：專題報告
12/7 (三)	美國阿布奎基	台美民用核能合作會議：分組討論
12/8 (四)	美國阿布奎基	台美民用核能合作會議：參訪聖迪亞國家實驗室
12/9-11 (五-日)	美國阿布奎基→洛杉磯	請休假探親
12/12~13 (一-二)	美國洛杉磯→桃園	返程

2.2 參加 2016 年台美民用核能合作會議會議(議程詳如附件二)

2.3 參加 2016 年台美民用核能合作會議分組討論(會議結論摘要如附件三)

## 參、會議內容摘要

### 3.1 前言：

今年(2016年)台美民用核能合作會議，辦理地點為位於美國新墨西哥州阿布奎基之聖迪亞國家實驗室(Sandia National Laboratory, SNL)。SNL成立於1948年，是美國研究核子科學、核子保安等相關科技的重鎮。本次會議台美雙方近40人參與，美方出席人員來自美國國務院、核管會、能源部及相關國家實驗室等單位，出席人員名冊如附件一。

12月6日由我方代表團長-原能會蔡慧敏副主任委員，與美方率團代表國務院 Alex Burkart 分別致詞後，即展開雙方交錯之專題報告。我國專題報告中「台灣核能後端營運管理之現況」由本公司代表報告，因聖迪亞國家實驗室負責安排本次會議的經理，想瞭解本公司後端營運業務，故原本安排在第4項的報告，提前到第2項報告。12月7日為台美民用核能合作項目的分組討論會議，各分組就列管合作項目，進行逐項檢討，12月8日參訪 SNL 設施。本次台美民用核能合作會議之議程詳如附件二，



圖 1 為全體與會人員在聖迪亞國家實驗室之合影。

# AIT - TECRO JSCCNC

SANDIA NATIONAL LABORATORIES ALBUQUERQUE, NEW MEXICO, USA  
DECEMBER 6 - 8, 2016



圖 1、2016 台美民用核能合作會議全體與會人員合影



### 3.2 台美民用核能合作會議：專題報告(12月6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及輻射管制及發展上的重點議題進行業務簡報，共計發表 11 篇報告，報告議程詳附件二。

我方提出「我國原子能委員會管制現況(Updates of Atomic Energy Council's Activities in Taiwan)」、「台灣核能後端營運管理之現況(Current Status of Nuclear Backend Management in Taiwan)」、「台灣近期核安管制現況(Recent Nuclear Safety Regulatory Activities in Taiwan)」、「核研所研發現況簡介摘要(Review of Current Major Research Activities at INER)」及「清華大學核子相關研究計畫的近況(Overview of Current Research Projects in National Tsing-Hua University)」等 5 篇；美方則有「美國核能未來展望、GAIN 計畫現況以及國際研究計畫 (Overview of U.S. Nuclear Energy Future, Update of Project GAIN and International Research Programs)」、「美國用過核燃料處理相關應對方案現況(Update of the Used Fuel Disposition Campaign in the U.S.)」、「2016 年核子保安高峰會結論及未來展望(Summary of 2016 Nuclear Security Summit and Path Forward)」、「2016 年重要核能管制活動(Major Nuclear Regulatory Activities in 2016)」、「無人飛行載具對核設施之保安挑戰與經驗回饋(Security Challenges with Unmanned Aerial Vehicles at Nuclear Sites and Lessons Learned)」及「輻射安全、廠區保安、運輸保安與非同位素替代技術之綜覽(Overview of Radiological Security, Site Security, Transportation Security, and the Use of Non-Isotopic Alternative Technologies)」等 6 篇。我方共提出 5 篇報告，各篇報告的重點分項摘述如下：

#### 1. 我國原子能委員會管制現況(Updates of Atomic Energy Council's Activities in Taiwan)

由原能會賴弘智科長報告，說明核一廠除役管制現況、放射性廢棄物管制、2016 年度核安演習、輻射防護與環境監測、民眾溝通、核子保防與國際合作等。在核一廠除役管制近況方面，介紹相關我國除役政策、時程及核一廠除役計畫審查等之現況；針對年度核安演習部分，則介紹今年度核安演習重點，包含：南部應變中心第一次全規模開設、緊急救護與核三廠夜間演習，以及擴大演習區域等；針對輻射防護與環境監測部分，特別介紹我國質子治療管制以及新增設的紅頭環境監測站；針對民眾溝通部分，則介紹本會就乾式貯存設施、蘭嶼環境平行監測及公眾溝通平台等之運作狀況；在核子保防與國際合作方面，則介紹我國已連續 10 年獲國際原子能總署認定所有核物料均用於和平用途，亦介紹今年我國與日本、美國及韓國等國家核安管制單位之交流。

#### 2. 台灣核能後端營運管理之現況(Current Status of Nuclear Backend Management in Taiwan)

由報告人負責簡報，以概念說明的方式，敘述台灣核能後端營運管理的現況(詳



附件三)。簡報概分成六大部分，分別為核電廠分佈與營運概況、低放射性廢棄物管理方案、高放射性廢棄物管理方案、因應乾貯及低放射性廢棄物推動困難的集中式貯存應變計劃、核一廠除役計畫及核後端基金目標與累積提撥情形。

目前台灣核能電廠共有 3 座在營運中，一座封存中，裝置容量雖只佔總裝置容量的 12.54%，但在 2015 年的發電量卻佔了總發電量的 16.04%，由此可見核能電廠對台灣經濟及供電方面的貢獻。在低放射性廢棄物管理方面，台灣雖然在幾年前就已經選出之兩個候選場址，但因為法規要求需經過地方政府公投，通過以後才能成為低放廢棄物最終處置場的預定地，也才能進行後續的環評等作業。目前因為地方政府不願配合辦理公投，以致進度停滯。有關高放射性廢棄物管理方面，以預估各電廠營運 40 年，可能產生的用過核燃料總量，來估計各核電廠的用過核燃料營運計畫的概況。核一廠及核二廠因為用過燃料池容量，不足以支撐電廠營運 40 年，因此需增設乾式貯存設施，來維持電廠營運執照到期前所需的貯存空間。目前這兩個廠的乾貯計畫，皆因為地方政府的配合，以致皆處於停滯狀態。而用過核燃料的最終處置計畫，目前尚處於地質調查階段，距離完成還需數十年，此皆為高放廢棄物營運管理，所需面對的挑戰。

由於高低放射性廢棄物的處置、處理計畫皆處於停滯狀態，且目前儲存在蘭嶼的低階放射性廢棄物，因新政府政策成為一項熱門議題，急需尋找解決方案。本公司為克服這些難題，乃仿效荷蘭、瑞士的規劃，提出「集中式貯存應變計劃」，以集中貯存係高、低放射性廢棄物，並當成未完成高、低階放射性廢棄物最終處置場前之中期（過渡期）貯存措施。前述集中式貯存設施的可行性評估報告，已於 2016 年 9 月提送經濟部審查，目前仍在審議中，預定 2016 年底將有結果。為因應 2025 年之非核家園政策，由於各核能機組將從 2018 年 12 月起，在運轉執照陸續到期後，逐漸停止運轉，因此需妥善規劃各核能電廠除役作業。簡報時除簡單說明我國對核能電廠除役，需遵循的法令規定外，並說明本公司所規劃的除役作業 4 個階段的情形，及核一廠場址再利用的實施規劃等。目前，為妥善積極處理核一廠的除役作業，本公司已召集各單位派員，在核一廠成立一個除役專案小組，以任務編組的方式執行此一任務，同時亦思索如何因應未來所面臨的挑戰。簡報最後則說明核後端基金，有關預估總額與已完成之徵收額，以及基金經費之分配規劃。簡報後，與會人員對何謂封存提出疑問，經詳細解釋後，美方已充分瞭解本公司所執行的「封存」是何意義。

### 3. 台灣近期核安管制現況(Recent Nuclear Safety Regulatory Activities in Taiwan)

簡報由原子能委員會(簡稱原能會)龔繼康科長負責，簡報的重點在介紹台灣核電廠 2016 年的重要安全管制活動；其中包括運轉中核電廠的重要事件、福島後我國採行的二階段「國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢」目前辦理的情形，以及原能會與美國核能安全管制委員會(NRC)在核電廠安全管制相關的相關合作等。簡報首先介紹台灣在 2016 年核能安全表現的相關統計數據，其中包括核電廠在 2016 年發生之異常事件的訊息、2016 年核一廠 2 號機於 3 月 10 日發生因人員誤操 125V DC DISTR.PANEL 1A 電源造成反應器急停事件、以及 2016 年原能會開立之違規訊息等。

簡報時並說明原能會相關資料均已公布於對外網站，可以隨時在網站上查詢。

在介紹我國各核能電廠近況部分，報告時分別說明核一、二、三廠及龍門電廠各機組的現況，以及各電廠近期的重要工作項目。在核一廠部分，首先說明目前核一廠 1 號機由於在 2014 年 12 月 10 日開始大修時，發生一組燃料束(Fuel Assembly)水棒連接桿斷裂事件，原能會已完成台電公司事件分析報告審查及現場查證，並於 2015 年 6 月在網路上公佈安全評估報告(Safety Evaluation Report)。由於立法院要求原能會在機組重新起動前必須赴立法院報告，但目前立法院並未將報告案納入議程，因此目前機組並未重新起動。另外會議中也向美方說明行政院已訂定如果核一廠 1 號機要重新起動，必須先符合「窮盡一切方法、安全無虞、社會有共識」等三大前題。簡報時並說明在核一廠 2 號機目前用過燃料池已滿的情況下，台電公司必須先解決用過燃料池已經儲滿的問題，方有可能再進行大修換填燃料。簡報並說明核一廠已於 2016 年 7 月申請撤回核一廠延役申請案件，原能會已經終止審查作業。

其他核能電廠部分，會議時介紹我國核二廠 1 號機已經於 2016 年 11 月 30 日起開始大修，另外核二廠 2 號機因為 5 月 16 日發生發電機避雷器故障事件引起民眾及立法委員關切，立法委員並要求參照核一廠 1 號機模式必須赴立法院報告後才能重新起動，目前原能會已於 11 月完成安全評估報告並上網公布。另外，台電公司為解決核二廠用過燃料池已滿儲的情況，已經於 2016 年 8 月 18 日提出申請，將核二廠緊鄰用過燃料池之護箱裝載池(cask loading pool)改為用過燃料貯存空間，其容量每部機增加 440 束。目前原能會已聘請學者專家與原能會同仁組成專案審查小組，從臨界安全、燃料池冷卻能力、結構材料與耐震、輻射安全與放射性廢棄物處理、異常事故之評估，以及吊運作業安全等數個面向進行審查。在核三廠部分，2016 年間已經順利完成 2 部機組大修作業，其中 3 月及 5 月間發生二氧化碳消防系統誤動作事件引起地方政府關切，原能會、台電公司及電廠所在地方政府對於通報項目與時間也已進行協調溝通，並縮短地方政府關切事項的通報時間。龍門電廠部分，由於龍門電廠仍維持在封存狀況，因此並沒有太多改變。台電公司因經費遭刪減因此將修改封存計畫，原能會將依規定進行審查。

有關「國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢」部分，會議時說明目前已經完成 34 項要求事項，原能會並每半年在網站上公布管制案件辦理情形。在與美國核管會合作部分，原能會已於 2016 年完成與美國核管會簽訂 Radiation Protection Code Analysis and Maintenance Program (RAMP)以及 Simulator Training Data Collection Arrangement (SACADA) program 二項合作計畫，並且正在洽談延續 Severe Accident Research Program (CSARP) 及 Thermal-Hydraulic Code Applications and Maintenance Research Program (CAMP).二項合作計畫。原能會並已規劃於 2017 年 4 月主辦 RAMP 春季會議，邀請美方及其他國家參與 RAMP 計畫的人員進行交流，強化原能會與美方的合作。美方對簡報表示感謝，並將持續與我國交換核電廠安全資訊。

#### 4. 核研所研發現況簡介摘要 (Review of Current Major Research Activities at INER)

本項簡報由核能研究所陳明輝組長報告，主要介紹核研所現今主要的研發任務並扼要報告相關研發成果。核研所研發任務主要包括四項：(1) 開發本土核能技術以支援核能安全管制及增進核電廠運轉安全；(2) 開發核設施除役技術與核廢棄物管理技術及執行研究用反應器除役；(3) 開發核醫藥物及核醫材相關應用技術；(4) 發展新型及再生能源、能源經濟與策略分析相關技術。

研究成果部分，在核能安全技術方面研發成果包括：核子事故劑量分析技術、核二廠用過燃料池裝載池臨界安全分析技術、開發新焊接製程(覆焊技術)以強化核電廠管路安全、運轉員模擬器訓練資訊蒐集 SACADA 系統(NRC 合作計畫)執行現況以及核子事故輻射擴散評估與預測系統開發；核設施除役與核廢料管理技術方面，向美方介紹的研發成果包括有：TRR 研究用反應器除役與用過核燃料安定化執行現況、開發高效能低放射性廢棄物混泥土盛裝容器技術以及核電廠除役計畫規劃等；在核醫藥物及核醫材相關應用技術開發方面，核研所目前擁有十數張核醫藥物藥證並供應全國五十餘家醫院，近年的重點研發成果包括有：30Mev 迴旋加速器及相關核醫藥物研發實驗室、三維 X 光低劑量放射照影儀系統開發以及「INER Re-188 Liposome Injection」、「INER I-123 MIBG」、「Re-188-MN-16ET/Lipiodol」等三種藥物正進行臨床試驗；最後，在新型及再生能源開發方面研發成果，計有：HCPV 聚光型太陽光電模組系統開發、風機系統技術開發、SOFC 固態氧化物燃料電池系統開發、生質能技術開發、智慧型微電網示範場域與技術開發以及能源經濟模型與策略技術開發等六項。

## 5. 清華大學核子相關研究計畫的近況 (Overview of Current Research Projects in National Tsing-Hua University)

由清華大學陳紹文教授主講，報告內容係針對清華大學與台美合作相關的兩大方向之研究計畫進行簡介。第一部分為熱水流與核能安全研究；第二部分為中子應用研究。在熱水流與核能安全方向，清華有進行雙相流實驗與核電廠系統安全分析模擬，雙相流實驗包括汽液雙相流與沸騰雙相流實驗，然而實驗跟台美合作項目較無相關，報告僅點到為止；而核電廠系統安全分析模擬則是利用各種美國核管會與國家實驗室等單位授權使用的系統程式進行模擬運算，包括：TRACE、PARCS、FRAPTRAN、FRAPCON、PCTTRAN、MELCOR、等，並藉由 CSARP、CAMP、及 RAMP 等活動與美方進行技術與學術交流。在 CSARP 部分，清華主要的軟體操作人為蔣宇同學(目前為清大核工所博士生)，主要使用軟體包括：MELCOR 2.1、SNAP、MELCOR、MELMACCS、WinMACCS、等，可模擬狀況包括：沸水式電廠用過燃料池、電廠類福島事故、及斷然處置措施測試等，並曾參加多次國際學術會議及使用者技術交流會議等。在 CAMP 部分，使用軟體包括：TRACE、SNAP、PARCS、FRAPTRAN、FRAPCON、DAKOTA、RELAP5/MOD3.3、等，已建立模擬狀況包括：台灣各電廠之用過燃料池、台灣各電廠的類福島事故、及各電廠之斷然處置措施測試等，清華與相關單位已參加多次國際會議及使用者交流會議，並已共同發表 23 篇 NUREG/IA 報告等。此外，RAMP 部分，原能會曾於 2015 年召開 RAMP 討論會，並已於 2016 年七月在清大 RAMP 程式研討會。在中子應用研究部分，清華主要進行硼中子捕獲治療(BNCT)及中子散射研究，BNCT 研究主要為治療頭頸部癌症，曾與美國與日本技術交流，並與榮總合作癌症治療計畫；中子散射則為量測材料的表面與結構特性，將可用於發展能源應用材料。

而清華負責相關研究的老師則分別提出需求：(1) BNCT 研究需要採購 Li-6 材料，然因價格偏高，需要美方幫忙詢問價格相關問題；(2) 清華將持續進行中子散射基礎研究，未來將持續與美方中子設施研究單位與國家實驗室等持續合作。

## 另美方所提出之 6 篇報告，重點摘述如下：

### 1. 美國核能未來展望、GAIN 計畫現況以及國際研究計畫 (Overview of U.S. Nuclear Energy Future, Update of Project GAIN and International Research Programs)

由美國能源部 Michael Goff 先生簡報，Goff 先生首先提到美國對於核能態度的趨勢，美國目前以及未來對於核能仍有一定程度的重視，因為該項能源可以符合美國長遠的能源的需求；另一方面，第三代或以上的反應器(Gen-3 plus)及小功率反應器(SMR)的相關科技進展，則增加美國國內及國際市場對核能的興趣，新型反應器的相關研究也將核能科技領域的界線跨足至電力供應之外。目前能源部針對核能相關的研發焦點，集中於降低核能相關管制、技術及財務的風險、核廢料管理、減少核擴散及恐怖攻擊的機會，以及強化與國際和工業界之合作等。針對能源部的 GAIN(Gateway for Advanced Innovation in Nuclear)計畫，目前的重點在於輕水式反應器、抗意外的燃料(Accident tolerant fuels)的相關研究，在近程的目標則是小功率反應器(SMR)，再長遠一點的目標則是進步型反應器與核燃料循環相關研究。Goff 先生在簡報尾聲時介紹針對最終處置場的共識選址程序(Consent-based siting process)，這項作法是為提供用過核燃料處理提供一個長久性且可持續的解決方案，為達成這項目標，能源部發展這項選址程序，以提供電力公司、一般公眾、社區民眾、利害關係人及政府單位一個協力合作的機制，讓選址過程透過更多方地參與使結果更臻完善。最後，Goff 先生總結談到核能對於美國的能源策略仍相當重要，而一個強而有效的研發計畫將強化在核能使用的安全、保安以及信賴度上所需的重要的科技進展。

### 2. 美國用過核燃料處理相關應對方案現況(Update of the Used Fuel Disposition Campaign in the U.S.)

美國用過核子燃料及高放射性廢料處置的管理係依據 2013 年 1 月核定的策略推動，近十年的規劃將(1)針對先導中期貯存設施進行選址、設計、申請執照、建造及開始營運；(2)就大型中期貯存設施進行選址及申請執照；(3)模擬展示處置場址的選址及特性調查作業。能源部係指定由 NE-8 負責相關業務之推動。研發活動之使命為確認各種選擇方案，藉由科學研究與技術研發，以便能順利貯存、運送及處置用過核燃料及高放射性廢料，上述之研發活動共有九個國家實驗室分工合作參與研發。有關美國用過核子燃料之管理現況，至 2016 年底約有 80,185 噸用過核燃料，其中 25,400 噸採取乾式貯存，貯放於 2,080 個護箱或金屬密封容器中；其後用過核燃料每年約將增加 2,200 噸，裝填於 160 個乾式貯存護箱。

有關用過核子燃料處置之長期研發活動的目標定為(1)與核工業界合作以建構可獲得核管會(NRC)認可之全尺寸貯存展示設施；(2)發展運送用過核燃料必要的技術基準，包括高燃耗核燃料；(3)藉由整合貯存、運送及處置概念以發展用過核燃料之運送及貯存計畫。例如發展延長貯存期間相關技術基準、發展經由長期貯存後燃料再取出與運送之技術基準，及發展高燃耗核燃料之運送技術基準。而就處置研發活動而言將集中於提出各種處置可行方案的技術基準、建立完整的處置概念以增加信心及發展科學及工程的分析工具以便支持處置概念之實施。從 2017-2019 年為期 3 年的研發活動概分成三大項推動，分別為貯存與處置、國防核廢料處置場及處置技術；其中(1) 貯存與處置的研發：有高燃耗燃料全尺寸之貯存展示計畫，建立溫度/壓力對護套影響之預估模式並進行試驗驗證，瞭解腐蝕及應力腐蝕龜裂如何影響不銹鋼乾式貯存密封容器之功能及用過核燃料在正常運送條件下額外負載之特徵；(2) 國防核廢料處置場：則以啟動國防核廢料處置計畫包括軍用高放射性廢料及許多能源部管理之用過核燃料為主；(3) 發展處置技術：提出深孔現場測試規劃將於 2017 年初完成採購作業，2017 年鑽孔，2020 年完成測試；另進行雙重功能密封容器直接處置之完整性評估，發展一般處置概念之參考案例，及為掌握泥岩、岩鹽、結晶鹽及深孔處置系統之長期功能特性所需執行之實驗及建立之分析模式。其中應力腐蝕龜裂之共通條件為腐蝕環境(Corrosive Environment)、敏感性材質(Susceptible Material)及張應力(Tensile Stress)均成立時才會發生。對於高燃耗燃料之確認資料計畫(Confirmatory Data Project)則以取得基本資料(Baseline Data) 為主，其作業為從現在起選用 25 根據有雷同營運歷史之燃料棒進行測試，以瞭解並能推估貯存時可能發生的性質變化。

### 3. 2016 年核子保安高峰會結論及未來展望(Summary of 2016 Nuclear Security Summit and Path Forward)

本議題由來自國務院的 Mark Forino 先生簡報，Forino 先生首先回顧 2009 年歐巴馬總統在捷克布拉格的演說，提到歐巴馬總統遏止恐怖主義份子獲得核子武器的決心，所以相關議題必須提更至各國政府高層的程度，並建構一機制快速地處理核物料保安的議題；在此背景之下，核子保安高峰會(Nuclear Security Summit)因而成立，旨在於提供各國討論大規模毀滅性武器恐怖主義相關議題的平台，並且在 2010、2012 及 2014 年的峰會中獲得一定成果。今(2016)年的峰會由於是最後一屆峰會，故於 2014 年時歐巴馬總統將之定位為「過渡峰會」(Transition Summit)，希望過去峰會達成的努力成果能夠延續下去，並且能夠找到可行方式繼續強化現有的核子保安機制並讓未來全球更加致力於維護核物料安全的努力。今年 3 月 30-31 日在華府舉行的方會中，討論的議題包含核物料竊取、物料的消散，包含化學及生物事件的消散、核恐怖主義及大規模毀滅性武器恐怖主義等等。Forino 先生最後表示，今年的峰會雖是最後一屆，但相關的討論不會就此而中斷，峰會所組成的聯繫小組將會在每年 IAEA 的年會中聚會，討論相關執行成果，並且亦會和包含 IAEA 和聯合國在內的國際組織繼續相關合作行動計畫。

### 4. 2016 年重要核能管制活動(Major Nuclear Regulatory Activities in 2016)

美方由美國核管會核能管制署安全系統處處長 Timothy McGinty 代表報告，說明美國核電廠安全管制近況。內容包括美國核電業者申請運轉執照更新(License Renewal)的統計資訊、核電廠重要案件辦理情形、以及公眾會議辦理方式與挑戰等。

Mr. McGinty 於簡報中說明 2016 年美國共有 60 個電廠 99 部機組，其中包括 34 部沸水式(BWR)機組及 65 部壓水式(PWR)機組。2016 年底共有 50 個電廠 86 部機組獲得 NRC 同意運轉執照更新，另外還有 9 部機組申請案正由 NRC 審查中。在核電廠重要審查案件部分，NRC 分享目前美國核電廠採取自願方式改用 NFPA 805 的現況，其中包括 Shearon Harris 等 21 個電廠已經完成審查並採用 NFPA805 方案，另外還有 6 個電廠申請案件正由 NRC 審查中，NRC 預計還會有 1 個新的申請案，目前審查中的案件預計 2017 年中完成。對於用過燃料池(SFP)臨界安全議題部分，NRC 已經於 2016 年 4 月再次請核電廠及其他持照者提供用過燃料池(SFP)臨界安全監測資訊，並預計 2017 年秋季完成評估。至於數位儀控系統部分，美國已有電廠完成數位儀控系統更新的案例，如 Oconee 電廠的 Reactor Protection System (RPS)與 Engineered Safety Features Actuation System (ESFAS)及 Grand Gulf 電廠的 Power Range Neutron Monitoring 系統等，另外還有其他電廠申請數位儀控系統更新。在核電廠 Open Phase Condition 議題部分，目前 NRC 建議採用的暫行指引(Temporary Instruction)正在等委員進一步指示後，預計 2017 年將用於檢視各核能電廠提出的方案。其他審查案件如 GSI-191 部分，目前部分 PWR 電廠對於爐內每個燃料組件最大容許異物 (fiber weight per fuel assembly)如果超過原先 WCAP-16793 所設定之標準 15 grams/fuel assembly 是否可以放寬仍由 NRC 審查中，BWR 的電廠將依據 PWR 電廠評估結果辦理。

Mr. McGinty 在會議中也說明 NRC 在公眾會議(Public Meeting)的做法與遭遇的困難，雖然 NRC 對於公眾參與已建有相關機制，但由於管制者使用的慣用字彙民眾不易瞭解，且核電廠持照者沒有回答公眾提問的義務，另外，在選擇參與的 NGO 團體、保持會議安全也同樣遇到的困難，如何建立良好的溝通環境甚至維持溝通場所的安全都是未來的挑戰。Mr. McGinty 建議如果公眾能事先研讀資料、忠實提供對議題的回饋訊息，並於會議前、後與 NRC 人員充分溝通，應該將有助於公眾會議的成效。

## 5. 無人飛行載具對核設施之保安挑戰與經驗回饋(Security Challenges with Unmanned Aerial Vehicles at Nuclear Sites and Lessons Learned)

因原報告人美國能源部國家核子安全署(DOE/NNSA)的 Forrest Lingenfelter 先生無法前來，本報告改由聖迪亞國家實驗室的 Chad Monthan 先生代表簡報。Monthan 先生首先提到無人飛行載具是目前在美國發展最快的產業之一，光是 2015 年即銷售近 200 萬部，廣泛用在各種商業及個人用途；由於無人飛行載具容易取得，且其本身特性能夠結合載送運輸的能力，因而發展出可能從事違法用途的潛在性，造成許多非法使用的案例，也在政策、法律及技術上面臨挑戰。

在政策面，目前無人飛行載具技術並未朝著符合美國聯邦航空總署(FAA)相關標準的方向發展；在法律面，需面對如何定義小型無人飛行載具的越位、國家安全與私人使用的爭議、干涉無人飛行載具衍生之法律議題等；在技術面上，則有開放軟體、

成癮性操作、載具偵測等。由於現階段並未發展出一套整全的機制來處理無人飛行載具所衍生的議題，許多政府單位對於判斷出現在其空域的無人飛行載具是屬於一般娛樂使用或是具有惡意的使用，尤其困難，故對於無人飛行載具的飛行目的需建立一套可信賴的評估系統，並對於敏感區域設立禁航區。對於無人飛行載具的規範，我們需要對於空域所在處境有警覺，也要認知現在並沒有一個特效藥可以處理所有無人飛行載具衍生的問題，我們需要長時間地投入發展相關科技並妥善地研擬政策，以有效地建構合理且可持續的測試方式，來認知現有無人飛行載具及抗無人飛行載具系統的限制。

## 6. 輻射安全、廠區保安、運輸保安與非同位素替代技術之綜覽(Overview of Radiological Security, Site Security, Transportation Security, and the Use of Non-Isotopic Alternative Technologies)

由來自美國能源部國家核子安全署(DOE/NNSA)的 Robert Rudich 先生簡報，Rudich 先生首先提到放射性物質是無所不在，且可以合法地應用於醫療、研究與商業目的，但由於世界上仍有不法份子透過放射性物質來造成傷害，因此我們必須確保放射性物質的保安避免造成意外事件，以確保民眾和環境的安全。輻射保安辦公室(Office of Radiological Security)成立的目的即在於透過不讓高活度放射性物質落入恐怖攻擊之用，來提升全球保安，為了達到這個目的，輻射保安辦公室致力於維護醫療、研究與商業目的應用的放射性物質、協助移除不再使用的放射性射源，並透過尋求可行的替代性科技來降低國際間對於放射性射源的依賴。維護放射性物質保安方面，Rudich 先生介紹透過偵查、延遲、回應及訓練等階段提升保安的策略，以及運送保安；在移除射源方面，Rudich 先生介紹美國境內與國際間針對射源移除的工作與成果；尋求射源的可行替代性科技方面，則介紹 Cs-137、Co-60、Am-241 及 Ir-192 等射源使用的替代性科技。



### 3.3 台美民用核能合作會議：分組討論(12月7日)

台美民用核能合作會議的第二日的主要議程為分組討論，雙方援往例分成「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)」、「先進核能科技」及「緊急應變管理」等四組進行分組討論，四組平行進行年度合作議題進度檢討與新增項目討論，討論後各分組雙方簽訂之綜合結論(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)

第一分組內容主要針對核子反應器設施管制及相關法規與程式應用等議題，美方主要負責單位為美國核能管制委員會，美方之主談人為該會核能管制署安全系統處處長 Timothy McGinty(共同主席)，我方則由原能會核能管制處張欣處長(共同主席)及龔繼康科長(記錄)、核能技術處徐明德處長、高薇喻技正，及核研所陳明輝組長等參與討論。

第一分組原有 19 項合作項目，會議採取逐項討論的方式進行，並對未來一年規劃辦理項目進行研商。藉由雙方面對面的討論與溝通，除掌握合作項目的重要進展外，並促進雙方分享核能安全管理資訊。此次本分組有「Pre-operational and Start-up Testing of Lungmen NPP (AE-NR-JJ1)」、「Operational Readiness Inspections of Lungmen ABWR Plant (AE-NR-JJ4)」等兩個涉龍門電廠的工作項目，因目前電廠已封存，經雙方同意不再辦理。另雙方同意，新增我方所提一項與風險評估(PRA)相關項目-「Full Scope Site PRA Methodology transfer(AE-NR-FXX)」，並自明年度起納入未來合作內容中。綜上，經討論後第一分組將有 18 項合作計畫持續進行，共計完成 8 項具體結論；為強化核子反應器設施管制上之交流，美方將於 2017 年安排於核管會辦理雙邊核安管制技術交流會議(BTM)及觀摩美國核電廠演習，我方則邀請美國核管會代表觀摩我國 2017 年在核二廠辦理之核安演習。

#### 2. 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，放射性廢棄物之處理與處置技術、環境之回復與再利用、以及安全分析工具之精進應用等合作項目。美方主要負責單位為能源部及桑地亞國家實驗室，由能源部環境管理辦公室代表 Benjamin Rivera 先生擔任共同主席，桑地亞國家實驗室(Sandia National Laboratory)由 Kevin Mc Mahon 博士代表出席。我方則由原能會物管局鄭武昆組長擔任共同主席，核研所由鄭世中組長、李崙輝副組長、袁明程副研究員等三人參加，台電公司由本人代表出席討論，原能會蔡副主委則全程出席指導。另外，美方尚有國務院 Alex Burkart 先生及核管會(NRC)的 Shannon E.King 女士，參加部分議題的討論。

首先雙方共同主持人討論會議進行方式，經與會者同意後，就以預先規劃繼續合作的 14 項議案，進行逐項說明及檢討。當討論至核研所負責的「TRR 用過核燃料之核物料量測 PCC for Material Declaration of TRR Spent Fuel (IN-LANL-G33)」時，國務院 Alex Burkart 先生建議新增一項議案，經討論後先暫訂議案名稱為「核研所水渦式反應器燃料安定化之核子保防合作案(Safeguard Cooperation on Stabilizing INER Water Boiling Reactor Fuel)」，並新增編為 G-35 項。

經過測底的討論後，我方表達感謝美方的協助，並表示此項會議對促進雙方技術能力的提昇，非常有幫助。另外，也提出將來我國核能產業的重點工作，係有關核電廠之除役安全管理、用過核燃料的長期貯存、乾式貯存的安全管制、及擴大公眾參與等方面，並請美方針對現有合作計畫，繼續支持協助及提供參考意見。綜上，本分組原規劃的 14 項合作計畫，仍持續進行，另新增一項合作計畫，故自明(106)年起將執行 15 項合作案。

### 3. 第三分組:核子科學、核醫藥物、先進核能科技與防護(Nuclear Science, Technology, and Safeguards)

第三分組由核能研究所胡中興組長及美國核能安全管制局(National Nuclear Security Administration, NNSA)之核子保防辦公室副主任(Deputy Program Director) Mr. Brian Abeyta 共同擔任分組主席，並由核研所綜計組樊修秀副研員擔任現場會議紀錄。第三分組主題包括保健物理(health physics)、核能安全技術(technical safety support)、同位素生產與應用(radioisotope production and application)、進步型反應器(advanced reactors)、核物料的實體防護(physical protection of nuclear material)、核物料的料帳管理(safeguards of nuclear material)、醫學治療(medical therapy)等項目，涵蓋領域相當廣泛；我方由清華大學陳紹文教授、原能會核技處徐明德處長、輻防處廖家群副處長、綜計處賴弘智科長、核技處高薇喻技正，及核研所胡中興組長、李崙暉副組長等參與，相對應的美方窗口亦皆派員出席。

本次第三分組台美雙方達成共識，21 項合作議題均持續執行，共計完成 16 項具體結論，重點摘錄如下：美方 NNSA 預定於 5 月 22-25 日來台辦理保健物理與安全管理研討會(physical protection and security management, PPSM)，雙方同意持續進行高放射性物質來源的替換之技術之資訊分享與合作；因應台灣對新型實體防護管制的需求，原能會邀請 NNSA 明年在台灣辦理核子保安計畫工作坊(Security Plan Workshop)，已獲美方同意；我方預定派員參加 2017 美方所辦理之核物料料帳與控制系統(State Systems of Accounting and Control, SSAC) 訓練課程，美方將會協助我方人員取得邀請函，另我方積極爭取於 2018 在台灣辦理該 SSAC 訓練課程之機會。

### 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)」及、「核鑑識倡議 Nuclear Forensics Initiative (AE-DE-F39)」等五個合作項目。美方主要負責單位為能源部核子保安總署(DOE/NNSA)，美方主談人為美國能源部 Kyler Turner 博士(共同主席)及 Maria Dudenhoeffler 女士，我方則由原能會核能技術處徐明德處長(共同主席)、輻防處廖家群副處長及高薇喻技正參與討論。

本分組會議先逐項檢討本分組 5 個合作項目之實質辦理成果，再就未來進展及明年合作重點進行綜整討論，經討論後 5 個合作項目均會持續進行，共計完成 11 項具體結論，重點摘錄如下：NNSA 將邀請原能會出席明年之 EMI-SIG 會議；雙方同意於明年視需要檢視並調整更新合作意向聲明書(Statement of Intent)項下 Work Plan 的合作內容；因應台灣明年辦理 2017 年臺北世界大學運動會，NNSA 將邀請台方觀摩美國 2017 世界盃的大型公眾活動整備工作，以及於明年在台灣辦理 I-RAPTER-MPE 訓練，以強化大型公眾活動在核子及輻射事故應變機制，確保大型活動的公眾安全；因應台灣對輻射犯罪現場管理的需求，NNSA 預定於明年在台灣辦理核鑑識訓練以及提供輻射散布裝置(Radiation Dispersion Devices ,即輻射彈)應變經驗；美方將於邀請台方參加明年舉行的技術工作坊，與我國交流緊急應變相關經驗；另外，有關 NNSA 目前借我國使用之 2 套空中偵測系統 (SPARCS)，美方也會隨時提供技術協助，以確保空中偵測設備的可用性；我方會持續邀請 NNSA 觀摩我國 2017 年在核二廠辦理之核安演習。

### 3.4 台美民用核能合作會議：參訪 Sandia National Laboratories(12月8日)

12月8日進行桑迪亞國家實驗室(Sandia National Laboratories, 簡稱SNL)之技術參訪, 該實驗室隸屬美國能源部, 創始初期的發展重心是軍事及國防研究, 隨著冷戰時期的結束, 除了原有的任務及研究之外, 開始轉型加入商業及民生相關的應用研究, 拓展研究領域並提升實驗室的競爭力, 實驗室研究領域大致可區分成核子武器(Nuclear Weapons)、國防系統和評估(Defense Systems & Assessments)、能源和氣候(Energy & Climate)及全球安全(Global Security)等四大領域。本次參訪的主辦單位為桑迪亞國家實驗室, 共安排「用過核燃料測試評估(Spent Nuclear Fuel Testing Review)」、「核能組件加能測試(Energetic Testing of Nuclear Components)」及「技術訓練和展示之旅(Technology, Training and Demonstration Tour)」等三個參訪主題, 參訪議程詳附件二。

桑迪亞國家實驗室位在美國空軍的管制區內, 全區禁止電子設備且不開放拍照, 故無法取得現場照片。與前往參訪設施的行進期間, 解說人員也順道介紹沿路的其他實驗設施, 包括: 天然氣貯槽溫度測試實驗及聚光型太陽能塔等; 實驗用天然氣貯槽周遭以沙堆包覆, 模擬溫度對天然氣貯槽的影響; 聚光型太陽能塔是美國唯一的國家級太陽能熱測試設施(National Solar Thermal Test Facility, NSTTF), 主要目標是為這大型的太陽能電廠提供電廠在組件、系統設計、構造和操作上所需的實驗工程數據。經由SNL技術參訪, 了解美國在核能領域的戰略、其任務需求及研發多面性, 研發及需求之密切結合, 才能讓技術有效落實應用。

本次參訪主題分項說明如下:

#### 1. 用過核燃料測試評估(Spent Nuclear Fuel Testing Review)

核子燃料測試評估之測試廠房, 是利用原爐心熔毀實驗設備改裝而成, 內有一個高約三至四層樓高, 上方開口的大型桶槽, 其上不同高度各個方向佈滿視窗, 便於實驗過程中可經由視窗觀察內部的情形, 桶槽內可依據不同測試評估項目, 組裝所需要的實驗實體及實驗環境模擬, 並利用監控設備以監視實驗的進行與實驗數據的蒐集。

參訪現場時, 測試桶槽內正在測試一束BWR核子燃料實體模型, 模擬用過核子燃料束裝置於密封金屬容器(Canister)中, 假設放置於地下(Underground), 發生容器冷卻通風管道受阻無法自然通風, 造成容器內用過核子燃料產生的餘熱無法順利移除, 對用過核子燃料束可能造成的影響, 實驗所蒐集到的資料與數據, 再與各種熱流程式模擬評估的結果進行比對, 以精進熱流分析評估能力。經由實驗的驗證, 能提升熱流分析評估的能力及精準性, 可對於用過核子燃料貯存或處置, 發生容器冷卻通風管道受阻, 用過核子燃料產生餘熱造成的影響更加充分掌握, 增加用過核子燃料貯存處置管理安全性。解說人員也帶領參觀廠房外的貨櫃屋, 貨櫃屋內展示一束核子燃料實體模型經過加熱實驗之後的結果, 這是以前執行爐心熔毀實驗, 模擬反應爐壓力槽內意外事故, 例如爐心失水事故(LOCA)等, 事故造成溫度上升對核子燃料束結構及

材質的影響，結果顯示核子燃料束經由不斷的加熱，隨著溫度不斷的上升，整個結構開始扭曲變形，如再繼續升溫，核子燃料束及周遭的各種材質進而融合並開始陸續掉入壓力槽底部，接著壓力槽底部受熱影響，金屬材料有可能會產生變形，嚴重甚至會熔穿裂開，整個實驗過程觀測隨著溫度上升的各種變化並進行破壞分析。

實驗室負責人表示，同樣的實驗也可用在模擬用過核子燃料存放於燃料池，因失水事故所造成的影響，有可能最後會熔穿燃料池底部的金屬襯墊(Liner)；這些實驗均屬於實體模擬的破壞實驗，每次實驗所需的經費高達數百萬美元。

## 2. 核能組件加能測試 (Energetic Testing of Nuclear Components)

核能組件加能測試主要是介紹測試用的組件及測試成果展示，該廠房距「核子燃料測試評估」廠房約 5 分鐘車程，戶外場地陳列有十餘座反應爐壓力槽底部的縮小尺寸實體模型，擺放的方式為上下顛倒，這些都是經過前述「核子燃料測試評估」模擬各式各樣不同的事故情境造成實驗結果，反應爐模型底部有的稍微變形，有的則明顯龜裂，有的產生裂縫，更嚴重的有底部翻開一個大洞，實驗規模令人印象深刻。接著介紹倉庫內所擺放組裝中的核能組件，其中的核子燃料束實體模型是準備後續實驗使用。反應爐實體測試是相當昂貴、稀有且高度專業的實驗，即便是對專業核能從業人員都未必有接觸的機會，本次的參觀對於第一次能近距離接觸反應爐實驗本體的人員來說，是個非常難得的經驗。

## 3. 技術訓練和展示之旅 (Technology, Training and Demonstration Tour)

技術訓練和展示之旅的參訪地點是在 SNL 的「全球安全與合作中心 (Center for Global Security and Cooperation, 簡稱 CGSC)」；CGSC 內有一間展示中心，展示 SNL 研發領域及成果，展示的方式主要是以海報搭配實體或數位媒體，另有解說人員協助說明每個展示項目(如圖 2)，讓每位參訪人員可於最短時間了解 SNL 的轉變及現況。



圖 2：展示中心解說

SNL 研發領域包羅萬象，除了前述的軍事國防領域外，亦利用其所建立的核子科學核心技術並拓展應用至其他領域；展示中心即陳列其核心技術成果，展示主題包括有：現場檢查和連續監測（On-site Inspection and Continuous Monitoring）、彈頭監測技術（Warhead Monitoring Technology）、衛星監測（Satellite Monitoring）、地震和超低頻音監測（Seismic and Infrasound Monitoring）、放射性核種和水中音波監測（Radionuclide and Hydroacoustic Monitoring）、國際監測系統（International Monitoring System）、國際核子保防（International Nuclear Safeguards）、實體防護與應變（Physical Protection - Response）、核生化武器之輸出管制（Export Control : Nuclear、Biological and Chemical Weapons）、導彈技術輸出管制（Export Control : Missile Technology）、高空遙控監測技術國際合作（Overhead Remote Sensing: Tool for International Cooperation）、邊境監測系統（Border Monitoring Systems）、輻射偵檢（Radiation Detection）、嚴重事故和風險評估（Severe Accident/Risk Analysis）、電力系統技術（Power System Technologies）、運輸技術（Transportation Technologies）及放射性廢棄物處置技術研發（Nuclear Waste Disposal Research, Development, and Demonstration）等，以下選擇幾項與此行較具關連性項目稍作說明。

#### (1) 實體防護與應變：

為維護電廠的安全，實體防護圍籬也日新月異；現場展示一些 SNL 所參與的核子物料貯存設施安全維護及受車輛攻擊時可延緩或阻止的設施或設備，如：各式各樣的安全圍籬及偵測設備（圖 3）、保安人員的裝備（圖 4）以及各種延緩或阻斷陸上交通設備（圖 5）。

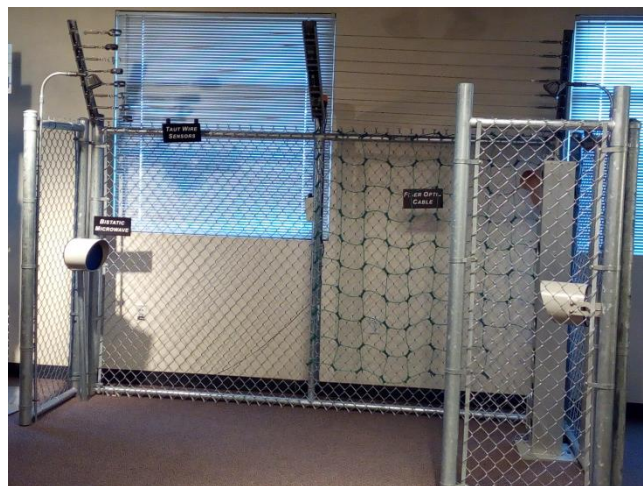


圖 3、核子保防安全圍籬及偵測設備





圖 4、保安人員標準配備



圖 5、核子保防延緩阻斷電子設備

(2)嚴重事故和風險評估:

SNL 以模擬實驗的方式評估核能電廠發生各種嚴重事故及其可能造成的風險，實驗所得的數據用以改善反應爐的功能，提升其安全性並做為修訂管制法規的參考；上午參訪實驗設施所執行的「用過核燃料測試評估」、「核能組件加能測試」即為其中的一環。圖 6 為因溫度升高導致結構變形至熔毀的用過核燃料束，是 SNL 在用過核燃料池耐熱試驗的實驗結果，該實驗係模擬失水事故導致池內貯存的用過核子燃料溫度開始不斷的上升，對用過核子燃料、貯存隔架及池體所造成的一連串影響及變化；圖 7 則為 SNL 進行反應爐爐心熔毀實驗，在同比例縮小的反應器壓力槽模型底部所造成的結果，呈現變形狀態並產生裂縫。



圖 7、核子燃料束實驗結果





圖 8、反應器壓力槽底部實驗結果

### (3)運輸技術:

SNL 的運輸技術研究領域是透過實驗、分析及法規等多方面互相配合，建立並應用在放射性廢棄物貯存和運輸實務上。上午在 SNL 試驗廠區，帶領人員於行進期間介紹運輸容器墜落與貫穿實驗設施(未安排參觀)，圖 9 為 1/3 貯存和運輸的容器模型，進行墜落試驗後的情形，現場另以投影片方式，介紹此 1/3 實體模型，發展墜落測試的歷史沿革及測試成果。



圖 9、容器墜落實驗容器

### (4)放射性廢棄物處置技術研發

桑迪亞國家實驗室在放射性廢棄物處置技術研發，主要著重在確定可行的地質選擇和解決通用處置技術等部分。研發項目包含有電腦程式和系統模型的開發；依據模擬進行實場的實驗測試以及管理評估替代燃料循環和核能設施選址的相關數據。SNL

的廢棄物隔離示範工廠（Waste Isolation Pilot Plant，簡稱 WIPP）位於新墨西哥州卡爾斯巴德城（Carlsbad）外奇華胡安沙漠，主要任務是接收國防相關與 NRC 豁免管制計畫所產生的放射性廢棄物，及驗證其安全處置方法。SNL 許多的廢棄物處置的研發都應用在 WIPP，例如超鈾廢棄物運送器（Transuranic Package Transporter，簡稱 TRUPACT）；TRUPACT 可使用鐵路或公路方式運輸，TRUPACT-II 型式運送器如圖 10 所示。展示間亦陳列一塊 WIPP 廠址的鹽礦標本(如圖 11)。

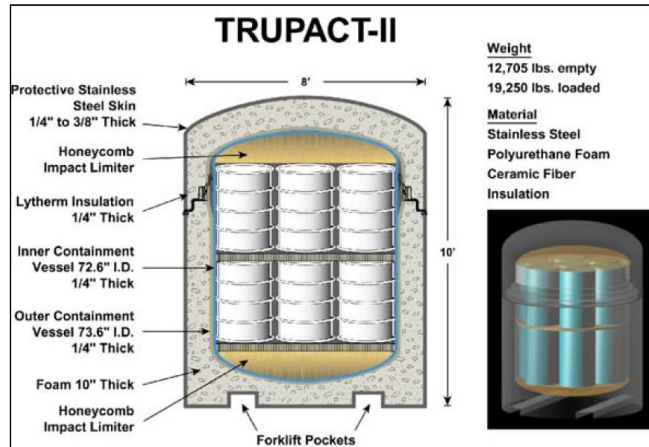


圖 10、TRUPACT-II 示意圖



圖 11、WIPP 場址鹽礦標本

## 肆、心得與建議

1. 今年(2016年)台美民用核能合作會議，在美國新墨西哥州阿布奎基的桑迪亞國家實驗室舉辦，雙方共約 40 人參加，共計有 11 項專題報告，合作事項則依往例分成 4 個分組，針對列管合作的 59 個項目逐項討論。經檢討後，因龍門電廠已封存，故相關的 2 個合作項目雙方同意結案，另有 2 個新增合作項目，因此明年仍有 59 個項目保持持續合作。針對重要討論結果，雙方分組主席並簽署分組決議（詳附件四），以利後續合作的進行。
2. 美國能源部(DOE)的簡報中指出，考量減少溫室氣體排放量及兼顧全球的發展下，核能是美國國家能源戰略的重要組成部分。該國目前的核能發展方式，係透過與產業及學界的 R&D 計劃，促進核能發電的安全性、可靠度，並發展小型反應爐 (small module reactor, SMR) 等未來核能運用的基本技術，讓核能的運用不僅限於電力。另美國也透過國際合作，以支持國家能源政策和達成能源運用上的目標，值得我國在未來發展能源政策時參考。
3. 美國核管會(NRC)的簡報中提到，「群眾溝通」是當前的工作重點之一，該會目前透過多元管道(會議、EMAIL、推特)與群眾進行溝通。而該會也在群眾溝通上面臨很大的挑戰，主要的原因是，沒辦法完全解決專業與非專業之間的代溝，和受限於溝通的時間。該會目前係透過會前溝通，及會後持續連繫的方式，強化與公眾會議的有效性，確保資訊公開與民眾參與，此一方式值得我國的管制機關借鏡。
4. 美國能源部(DOE)所提出的無人機簡報中指出，美國現階段雖尚未發展出一套完整的機制，來管理無人飛行載具所衍生的議題，但未來會朝向建立無人飛行載具的飛行目的評估系統，以及在敏感區域設立禁航區的方式辦理。對於無人飛行載具的規範，我們需警覺，對相關空域應該維持何種情境，也要認知到，現在並沒有一個特效藥，可以妥善處理所有無人飛行載具所衍生的問題。需要長時間地投入，發展相關科技並妥善地研擬政策，才能有效地建構合理且可持續的測試方式，來確認現有無人飛行載具及抗無人飛行載具系統的限制。
5. 美方主要負責輻射災害緊急應變的單位為能源部核子保安總署(DOE/NNSA)，對我方極為友好，因應恐怖主義盛行，經爭取後，美方已同意於 2017 年在台為我方辦理核子保安計畫工作坊、核鑑識相關訓練及 I-RAPTER-MPE 訓練（主要係為明年舉行的 2017 臺北世界大學運動會可能會面臨的大型公眾活動維安問題），以協助我國強化輻射事故應變機制，我方應把握此良機，增強相關輻射災害的應變能量。
6. 由於我國近年來運轉中核電廠的安全與營運績效，都非常優異，深獲國際肯定，美方也看到台灣近幾年在核安管制方面的努力及成果。目前台灣面臨，核電廠除役後的用過核子燃料及放射性廢棄物處理，以及除役完成後的環境復原等問題，需要向美國學習，和交流相關的實務經驗，美方也釋出善意，願意持續進行雙方良好的合作關係。
7. 美國的核能管制亦面臨公民參與管制的議題，美國的做法是依據不同的對象及議題分成 3 類型會議，廣泛聽取民眾意見，會議的進行採用網路會議、視訊直播、線上討論、遠距電話等多元方式進行。美方目前正在進行公眾會議政策草案之修訂，現

仍在徵詢意見階段，雖尚未定案，但同意提供政策草案供我方參考。

8. 有關用過核燃料運輸及貯存部分，美國能源部透過多場公眾會議聽取民眾及各利害相關者，對用過核子燃料選址的意見，並將所收集的民眾及公私部門或團體，對於選址的看法，彙整成「共識基礎選址」報告，此作法可為我國未來選址前徵詢意見時參考，上述報告已獲美方同意提供予我國參考。另美國對用過核子燃料之處理，規劃新設專責機構來處理，此與我國正在積極推動核廢料處置行政法人，有相近之處，相關溝通、建立共識等作法，亦可供我國推動相關政策者參考。
9. 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，就核能安全領域繼續合作，尤其是在日本福島事故後，美國更是我國與國際核安合作重要的伙伴及助力，透過此一會議及相關政府機關的交流，有助於我國進一步強化能力，及協助參與國際核安合作等議題。