

出國報告（出國類別：其他）

參加 2012 年台美民用核能合作會議

服務機關：核能研究所

姓名職稱：林金福 研究員

蔡光福 研究員

鄭世中 研究員

羅彩月 副研究員

林家德 副研究員

喬凌寰 副研究員

派赴國家：美國

出國期間：101 年11 月5 日~101 年11 月14 日

報告日期：101 年12 月17 日

摘要

本次公差主要目的赴美國舊金山利佛摩參加「2012 年台美民用核能合作會議」，並參訪勞倫斯利佛摩國家實驗室(Lawrence Livermore National Laboratory，LLNL)相關設施。

2012 年台美民用核能合作會議於 11 月 5~10 日假美國勞倫斯利佛摩國家實驗室(LLNL)舉行，美方代表包含國務院、核能管制委員會、能源部及所屬國家實驗室、美國在台協會台北辦事處等單位約 17 人與會；我方由行政院原子能委員會、駐美國台北經濟文化代表處、國立清華大學、台電公司、核能研究所及放射性物料管理局等 6 個單位 18 人與會，雙方就合作項目進行深度討論。會議期間，台美雙方共計發表 21 篇專題報告，就雙方核能整體發展現況、核能安全與執照更新、放射性廢棄物的處理與處置、用過燃料乾式貯存、核物料管制與核子保安、核醫藥物與同位素應用、核能技術發展等議題進行討論。本次會議新增 1 項合作項目、完成並經雙方同意終止合作項目 3 項、整併合作項目 4 項，雙方執行之合作計畫項目共計 63 項。另本次會議期中，參觀 LLNL 之緊急應變中心(EOC)、大氣偵測中心(NARAC)及加速器質譜儀中心(CAMS) 等三個設施。

目 次

	頁碼
摘 要.....	i
一、目的.....	1
二、過程.....	2
三、心得.....	23
四、建議事項.....	25
附 錄.....	26

一、目的

台美民用核能合作會議已進行多年，源自於民國 73 年簽署「台美民用核能合作聯合常設委員會(AIT-TECRO Joint Standing Committee in Civil Nuclear Cooperation)設置協定」後，我國即透過此合作平台，建立與美國核能相關政府單位和國家實驗室間的對話渠道，一直是以隔年交替於美國及台灣兩地舉行的方式，積極開展雙邊合作，促進我國與美國在核能安全管制與核能科技之發展。由於美國在核能研究發展上一直是世界先驅，藉由這樣的合作機制，多年來已為我國核能應用之研究提供極為良好之國際合作平台。合作領域經雙方多年合作，目前項目已包含核子嚴重事故處理、核能安全管制技術、射源管制與保健物理、核醫藥物與同位素應用、地震分析與研究、用過核燃料管理、低放射性廢棄物處理與處置技術、核子事故緊急應變、進步型反應器材料特性研發、核設施除役與環境復原等合作項目。

台美民用核能合作會議於 11 月 6~8 日假美國勞倫斯利佛摩國家實驗室(Lawrence Livermore National Laboratory, LLNL)舉行，本次公差主要目的為參加「2012 台美民用核能合作會議」，並參訪 LLNL 相關設施。我方由行政院原子能委員會、駐美國台北經濟文化代表處原能組、國立清華大學、台電公司、核能研究所及放射性物料管理局等 7 個單位 18 人與會，成員如附錄一。美方代表包含國務院、核能管制委員會、能源部及所屬國家實驗室、美國在台協會台北辦事處等單位 17 人與會，成員如附錄二。雙方就合作項目進行深度討論，經由此次定期召開的會議，台美雙方在既有之核能資訊交流管道上，除建立新世代核能專業官員之交流與情誼外，對於加強雙邊推展核能技術合作、提昇國內核能安全作業與促進核能和平應用將有明顯助益。

二、過程

此次公差自 101 年 11 月 5 日起至 101 年 11 月 14 日止，共計 10 天，行程如下：

行程					公差地點		工作內容
月	日	星期	地點		國名	地名	
			出發	抵達			
11	5	一	桃園	舊金山利佛摩	美國	舊金山利佛摩	去程
11	6	二			美國	舊金山利佛摩	台美會議第一天議程：大會
11	7	三			美國	舊金山利佛摩	台美會議第二天議程：分組會議
11	8	四			美國	舊金山利佛摩	台美會議第三天行程：參訪 LLNL 相關設施
11	9~10	五~六	舊金山利佛摩	舊金山 Palo Alto 桃園	美國	舊金山 Palo Alto	代表團檢討會議及整理資料回程
11	11	日			美國	舊金山 Palo Alto	鄭世中整理後續行程資料
11	12	一			美國	舊金山 Palo Alto	訪問美國電力研究所 (Electric Power Research Institute, EPRI) 核能發電部門
11	13~14	二~三	舊金山 Palo Alto	桃園			回程

我國代表團由原能會副主委周源卿博士領團，參加人員來自原能會、核能研究所、台電公司、清華大學、駐美代表處等共計 18 位。此次台美民用核能合作會議(JSCCNC)於美國舊金山利佛摩舉辦。藉近美國勞倫斯利佛摩國家實驗室(LLNL)之便，由 LLNL 協助相關技術參訪與場地安排等事宜，各天議題與行程詳如表 1，分述如下：

(一) JSCCNC 大會

第一天大會議程主要安排兩國代表的簡報。美方領隊美國在台協會(AIT)代表 Scott Hansen 先生首先致歡迎辭揭開序幕，我方領隊原能會副主委周源卿博士接著致開幕辭。美國國家核子保防局(National Nuclear Security Administration, NNSA)副主任 Krol 先生與地主 LLNL 全球保防辦公室副主任 Warner 先生分別代表致歡迎辭。

在簡短的開幕寒暄後，進入專題報告議程，我國由原能會綜計處吳慶陸技正、核研所林金福主任秘書、台電後端處李清山處長、原能會核管處李綺思科長、台電核發處劉明哲副處長等依序代表簡報我國核能民用現況、我國核能應用研究現況、台電公

司後端處理(低放最終處置場址擇定)現況、我國福島因應管制作為與評估現況及台電核電營運績效等議題。美方則依序由國務院 Alex Burkart 副處長、愛達荷國家實驗室 Mike Goff 主持人、能源部 EM 計畫 Karen Skubal 博士、核管會反應器管制署處長 William Ruland、LLNL 的 Justin Reed 先生等，分別簡報國際核能和平應用發展概況、美國用過燃料處置現況、美國能源部(DOE)核能方案、DOE 環境管理方案概況、第二次核能安全公約特別會議紀要與福島事故後管制措施與評估現況、新一代安全防衛推動現況等議題。

(二) JSCCNC 第二天分組會議

分組討論分為「反應器管制與法規相關研究」、「廢棄物管理與環境復育」、「先進核能科技」、以及今年新增之「緊急應變管理」等四組，四組平行進行年度合作議題進度檢討與新增項目討論，四組簽訂之 Summary Statement 如附錄三。各組總結摘要如下：

1. 第一分組(Group I)有關「反應器管制與配合研究」，主席為我國原能會核管處的張欣副處長與美國 NRC 的核反應器管制署(NRR)安全系統處處長 William Ruland。此次議程先由 NRC 代表 Ruland 處長提出兩場簡報，第一場簡報為「乾式貯存申照審查的後續考量」，並與第三分組合辦；第二場簡報為「圍阻體排氣過濾相關的管制措施」。簡報之後再進行雙方例行合作項目(Matrix)的討論。

有關用過燃料乾式貯存，USNRC 的審查作業主要根據 NUREG-1536 與 NUREG-1567 兩份標準審查辦法(Standard Review Plan)，前者針對一般性的執照場所，後者則針對專門的用過燃料乾式貯存場，而目前有關乾式貯存執照議題的一些重要考量(安全管制)則是在 NRC 下的「頒照作業改善推動專案」(Licensing Program Improvement Initiative, 簡稱 LPI Initiative)下進行。LPI 專案緣起於 NRC 委員對於乾式貯存與運送管制方案的關切與指示及後續 NRC 幕僚的因應，並將 Waste Confidence 有關貯存 120 年貯存長期(環境影響)考量，與近期之乾式貯存安全作業兩者間做出區隔。LPI 專案的主要重點有四項：

- (1) 用過核燃料貯存與運送要求之間的相容性；
- (2) 獨立之用過燃料專用貯存設施(簡稱 ISFSI)的管制(指在已完成之反應器廠址)；
- (3) 廠址特定與一般執照選項之間管制架構的適用性與一致性；
- (4) 一般執照用途之貯存符合認證(Certificate of Compliance, CoC)管理。

美國法院對於 Waste Confidence 做出判決之後，為因應在最終處置場址未定之下用過燃料處理政策的改變，在用過燃料貯存與運送的後端作業模式也應調整，中間可能必須增設集中管理的貯存場(Centralized storage site)，在最終處置場址確定之前，先容留周邊核電廠或反應器所移出的用過燃料，此點必須在用過燃料貯存、運送、再取出與再裝填等作業管制要求的一致性上加以考量。又例如現有的管制架構如何適用到將來已除役電廠的乾式貯存場管制問題(已沒有用過燃料池可供裝卸燃料)等，Ruland 處長的簡報對於上述四項重點的主要考量均做了清楚的闡述。

在圍阻體排氣過濾相關管制措施方面，Ruland 處長指出 NRC 委員對於福島事故後續有關核電廠增設圍阻體過濾排氣的議題相當重視，2011 年並指示幕僚將此議題列到第一優先(Tier 1)內，與 Mark I 與 II 型圍阻體之堅固排氣(Hardened vent)議題一併綜合考量。經過一段時間的討論，NRC 幕僚預計在 2012 年 11 月 20 日提出決策建議文件，此期間也陸續與反應器防衛諮詢委員會(ACRS)溝通。目前 NRC 幕僚在決策建議文件內提出四個選項：

- (1) 原堅固排氣命令(EA-12-050)維持不變；
- (2) 設置可承受嚴重事故之排氣裝置(排放氫氣並可在高輻射或嚴重事故環境下操作)；
- (3) Mark I 與 Mark II 型電廠均設置過濾式排氣(如歐洲核電廠的裝置)；
- (4) 以性能為基礎(Performance-Based)作法(亦即若驗證抑壓池具備同等輻射物質滌除能力，可不必安裝過濾排氣)

NRC 提出的優先選項為第 3 選項，亦即裝設過濾式排氣。

對於此類牽涉到 Backfit 的議題，NRC 幕僚會按照既有導引進行法規分析(Regulatory Analysis)，證明核電廠實施 Backfit 要求措施所得到的安全與公眾健康保護效益，可以高過實施成本(根據 NRC 訪查的結果，裝設歐洲電廠裝設過濾式圍阻體排氣一般在 1,500 萬元到 4,500 萬元美金之間)。但 Ruland 處長表示，雖然有法規分析，但最終決定權仍在於 NRC 委員是否認為要求措施可提供適當防護(Adequate protection)等定性(Qualitative)考量，不見得一定採納定量(Quantitative)考量的結果。Ruland 處長也透露，目前看來 ACRS 似乎偏好第四個選項，但最後結果應該會在不久之後決定。

Ruland 處長簡報與討論之後，第一分組會議即針對分組內現有 23 項合作項目

逐一進行討論，除部分合作項目決議保持進行之外，雙方也就若干合作項目提出討論，與核研所有關者例如：

- (1) 有關 IN-BL-N-F20 項：PSA Application 所討論的美國防火標準 NFPA 805 實施經驗，Ruland 處長表示願意幫原能會詢問是否可以派員觀察例行舉辦的 NFPA 805 Counterpart 會議，以瞭解美國的實施進展與重點議題。
- (2) 有關 IN-AE-NR-A10 項：輻射後果分析程式 RADTRAD 的應用。本所希望可以派員參加未來的 RADTRAD 使用者會議。
- (3) 有關 AE-NR-S42 項：PWR 圍阻體集水池(Sump)與 BWR 緊急爐心冷卻系統(ECCS)汲水濾網性能評估議題，NRC 代表提醒美國目前已進展到關心爐內效應(In-vessel effect)與含硼析出(Boric acid precipitation)的議題，也希望取得我國核三廠除了濾網議題外，對於此兩議題的處理情形。

雙方在討論後，決議關閉 2 項議題，包括 IN-TP-NR-F21：LAPUR 程式應用及 AE-NR-Z1：核電廠意外與事件資料與分析共享等兩項議題，並併入原在第三分組的 IN-IN-F36：核電廠天然災害損壞評估於 IN-BL-SN-F20 之內，會後總計決議維持 21 項合作項目。

第一分組的其他會議結論如下：

- (1) NRC 將提供用過燃料運輸筒(Transportation Cask)執照更新審查要求予台灣。AEC 目前規定每三年必須更新執照。
- (2) NRC 將瞭解有關貯存筒倒塌的事故後處理程序與設備相關要求，並提供給台灣參考。
- (3) 有關 AE-IN-TP-NR-C18 項關於運轉員緊急操作表現評量之 SACADA 程式(Scenario Authoring, Characterization, and Debriefing Applications)的應用，核研所將決定由龍門電廠蒐集相關資料的可行性。核研所提供的 2012 年儀控系統軟體開發與測試研究摘要報告，NRC 將提供適當的意見，並可列入 2013 年雙邊技術交流會議的議題。
- (4) 有關 AE-IN-BN-D66 項：天然放射性物質的行政管制，NRC 將分享 10 CFR 40 的立法結果，該法規預計在 2013 年年初發佈。
- (5) 有關 AE-NR-S49 項整合管制審查服務(Integrated Regulatory Review Service, IRRS)：AEC 將持續提供 NRC 單位組織再造的相關進展，以便規劃後續作業。
- (6) 有關 AE-NR-JJ1 項：龍門電廠建廠運轉前與起動前測試，AEC 將提供 NRC

更新後的時程表，也歡迎 NRC 派員觀察。

2. 第二分組(Group II)內容主要係針對放射性廢棄物之處理與處置技術、環境復育與再利用、以及安全分析工具精進應用等議題討論。美方主要負責單位為能源部環境管理(EM)辦公室代表 Dr. Karen Skubal (共同主席)；我方則由物管局鄭武昆組長(共同主席)、台電公司李清山處長、核研所鄭世中副組長、蔡光福副組長、喬凌寰科長等代表出席，美國 ATL 公司吳全富博士並從旁協助。第二分組計 18 項合作項目，經過討論後，結案 1 項 AE-DE-DD26：清潔標準計讀系統之校正方法或計讀比較（精確度）測試方法或（標準）（Calibration methods or measurement-comparisons (Proficiency) testing methods (or Criteria) for clearance measurement systems)；本分組無重啟項目；1 項 IN-INL-U3：核能科技之教育與訓練（Education and Training in Nuclear Science and Technology）則併入第三分組之 TU-DE-Y4 中；另外化工組蔡光福副組長簡報本所「六氟化鈾之安定化與處置」（UF6 Stabilization and Disposition）需求規劃後，雙方同意列入新增合作項目，其編號為 IN-DE-DD-30。本分組經綜合彙整，2013 年將持續執行 17 項之合作案。我方也表達感謝美方的協助，促進雙方技術能力提昇，並說明由於政府能源政策調整，未來的工作重點將朝核電廠之除役規劃與乾式貯存發展，雙方一致同意下列五項合作項目應予重視：

- (1) FC-IN-NR-G23 乾貯設施執照審查;
- (2) AE-NR-J3 除役放射性廢棄物管理;
- (3) IN-ANL-J4 研究用核子設施之除役與除污資訊之交流;
- (4) TP-EM-DD22 除役計畫;
- (5) AE-DE-DD29 用過核燃料延長貯存(Used Nuclear Fuel Extended Storage)。

雙方也就若干合作項目提出討論，與核研所有關者例如：

- (1) IN-LANL-G33：PCC for Material Declaration of TRR Spent Fuel-對TRR用過燃料安定化至關重要，LANL將持續協助驗證PCC分析數據，本項合作將執行至2015年。

- (2) IN-ANL-J4 : Information transfer on decontamination and dismantling of research nuclear facilities-透過台美合作安排，本年安排核研所黃君平博士赴 PNNL 訪問兩週；未來核研所希望加強與 INL 在燃料池清理方面之經驗交流。
- (3) IN-INL-U2 : Irradiated Fuels and Materials Research Program from 2004 to 2014 為台美民用核能技術合作會議傳統項目，主要係對核能研究所高放射性實驗室之研究與工作項目，和美方進行資訊交換與技術交流，目前雙方之合作協議(Joint Determination)自 2011 年至 2014 年。今年度核能研究所高放射性實驗室主要進行工作為 TRR 燃料安定化處理，於會議前(10 月底)已完成年度計畫目標，工作順利，預計 2013 年可以完成全部 39 支燃料棒安定化處理作業。本案建議繼續保留。
- (4) IN-INL-U3 : Hot Laboratory Management and Post-Irradiation Examination Technology 為 2011 年新增計畫，核能研究所擬與美國國家實驗室就高放射性實驗室管理與檢驗技術方面，加強技術交流及人員訓練。今年度工作內容包括五月份，核研所鄭世中博士、劉鎮洋博士與原能會趙衛武博士赴 Idaho 國家實驗室(INL)訪問兩天。八月份 INL Dr. Steven Bakhtiar 與 Dr. Mike Goff 到台灣舉辦技術交流研討會，國內參加人員來自原能會、台電、清華大學、核研所…等。未來工作核研所擬選派年輕工程師前往 INL 接受熱室相關技能訓練，Dr. Mike Goff 也表示同意。由於本項次重點為人員訓練，目前主要合作對象以 INL 為主，與 WG-III TU-DE-Y4 Formation of New Partnership INL/NTHU/INER/SNL for Education and Training in Nuclear Science and Technology 性質雷同，故本次會議決定將本項次移往 WG-III TU-DE-Y4，並增加聯絡人，合作項目也不限於熱室技術。
- (5) AE-DE -DD29 : Used Nuclear Fuel Extended Storage 本年度我方包括台電公司、物管局與核研所共計五人，參加五月份 NEI 舉辦之 Used Nuclear Fuel Management Conference。核研所與美國電力研究所(EPRI)達成協議，同意核研所成為 Extended Storage Collaboration Program (ESCP)會員，並收到 EPRI 研究報告等資訊。核研所分別派員參加五月在佛羅里達州聖彼得堡及 11 月在北卡羅來納州夏洛特舉辦之 ESCP 會員會議，報告核研所目前在燃料乾式貯存的研究成果。本項次工作將繼續執行。

3. 第三分組(Group III)由核研所林金福主任秘書及美方代表 William Rhodes 共同

擔任分組主席，共有 23 個合作議題，涵蓋之領域相當廣，包括：(a)保健物理(health physics)；(b)技術安全支援(technical safety support)；(c)同位素生產及應用(radioisotope production and application)；(d)進步型反應器(advanced reactors)；(e)基礎研究(basic research)；(f)核物料的實體防護(physical protection of nuclear material)；(g)核物料的安全管理(safeguards of nuclear material)；(h)醫療應用(medical therapy)等。

經由雙方工作人員的討論後，做成如下之決議：

- (1) Technical safety support (IN-IN-F36)併入 Group I F20，屬於同位素製造與應用項目之 IN-OR-I7 與 IN-DE-I13 由於性質相近，同意合併成一項。
- (2) 合作議題由原來之 23 項減為 21 項，其中二項合併為一項，一項移至其它 group。今年沒有新增議題，亦沒有關閉之議題。

重要決議事包括：

- (1) INL/NTHU/INER 三方之合作，Idaho National Laboratory (INL) 清華大學與核研所 (INER)及 Sandia National Lab(SNL)針對工作人員之核子科學與技術之教育與訓練組成新的合作伙伴關係，2012 年 5 月及 8 月分別在 INL 及 INER 辦理研討會，2013 年將再針對特定議題辦理研討會，合作內容除了研討會之型式外，並包括人員互訪及研究生交流及訓練等等。
- (2) AE-AIT-FF3 議題 “Exchange of information on implementation of IAEA Safeguards and Additional Protocol”，原能會吳慶陸技正代表原能會將我方已簽署 ROC-IAEA-USA trilateral safeguards Agreement 交給美方代表第 3 組之主持人 William Rhodes。
- (3) 有關於 AE-DE-EE6 “Physical protection Consultation” 及 AE-DE-EE7 “Training in implementation of New PP standards and Guidance”，AIT 及 TECRO 同意 2013 年 3 月 AIT 將派員到台灣進行一系列之訪問行程，同時將至清大協助審查其核子反應器之安全測試，亦將在台北舉辦 INFCIRC/225/Rev.5 workshop。
- (4) AE-AIT-FF4 “Inventory of U.S. obligated nuclear material in Taiwan”，原能會希望

邀請一位美國專家到台灣，指導相關人員如何計算來自不同國家的特殊核物料存量，預定於 2013 年第一季辦理。

(5)AE-DE-F39 有關於 “Nuclear Forensics” 主題，2012 年 8 月在台北辦理之技術專家會議，預備 2013 年邀請 US/FBI 專家來台辦理訓練。

本分組討論會亦針對 Group III 相關之議題安排五場次的專題報告，摘述如下：

(1)Taiwan-US cooperation Nuclear Forensics：主講人為 William Rhodes。

William (Bill)首先介紹 2012 年 8 月 13 至 15 日在台舉行之台美合作針對防止核能犯罪(核能恐怖事件)專家會議，共有來自原能會、核研所、清大、中央警察大學、台電等單位約 50 人參與，未來將持續進行台美之技術合作，包括核能偵測及分析技術、核能資料庫(Nuclear Library)之建立等等。如何防止核能恐怖事件之發生，美國是由 FBI 及 DOE 轄下之國家實驗室來共同執行，台灣方面已有基本的輻射量測與分析技術能力，未來仍需加強建立國家級反應計畫及核能資料庫等，可尋求 US/FBI 及 US/DOE 等單位之協助建構。

(2)Part 37-security of category 1 and category 2 radioactive material: 主講人為 Danielle。

Danielle 介紹有關 category 1 & 2 放射性物質之管理。對於 10 CFR part 37 定義之 category 1 & 2 之同位素有 Americium-241, Californium-252, Curium-244, Cobalt-60, Cesium-137, Gadolinium-153, Iridium-192, Promethium-147, Plutonium-238/239, Radium-226, Selenium-75, Strontium-90, Thulium-170 及 Ytterbium-169，其規定之放射活度範圍如 Table 1 所示。

(3)United states support for IAEA safeguards implementation: international nuclear

safeguards engagement :簡報由美國 DOE 轄下之 Office of Nonproliferation and International Security 提供，介紹美國對於 IAEA 之核能安全管理提供支援，International Nuclear Safeguards Engagement Program (INSEP)是美國次世代安全全管倡議(United States Next Generation Safeguards Initiative)的重要組成，美國已與 25 個 IAEA 會員國及二個區域觀察員(regional inspector)透過區域訓練及工作會議建立合作夥伴關係，(a)Conducting outreach on the requirements of safeguards agreements

and the roles of implementing And supporting agencies.(b) Strengthening State systems of Accounting for and Control of nuclear material.(c)Supporting safeguards regulation/legislation development and review. (d)Sharing best practices and applying safeguards.(e)Technologies to promote effective safeguards Implementation at nuclear facilities.(f)Providing training and capacity building on safeguards technologies, systems, and procedures. 。由於台灣並不是 IAEA 會員國，我方人員是否亦可以透過此一機制參加其訓練計畫，仍待未來之努力。

(4)Safeguards implementation on the independent spent fuel installation storage for First

Nuclear Power Station：報告人為台電公司劉明哲副處長。劉副處長介紹核一廠針對用過核燃料之乾式貯存進度做一報告。

(5)INL-INER workshop feedback: 主講人為 Dr. Mike Goff from Idaho National

laboratory，報告本項合作計畫之源起與執行之狀況。2011 年在台北舉行之台美民用核能合作會議決議建立雙方之教育與訓練合作，內容包括: (1)合作單位包括 INL, 清華大學,核研所及美方之 Sandia National Laboratory; (2) Hot cell laboratory management 及(3) Post- irradiation Examination Technology and exploring opportunities related to Innovation Hub for Modeling and Simulation。2012 年 5 月在 Idaho Falls 舉行 INL/INER 會議，8 月在台灣舉行 workshop，合作關係將持續推動中。

4. 第四分組(Group IV)為今年新增之組別，內容主要係針對緊急應變管理 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)及空中偵測及其他偵測技術 Aerial and Other Detection Technique(AE-DE-F38)作討論與合作。美方主要負責單位為能源部國家核能安全管理部，主談人為主管國際緊急應變與合作的處長 Vince McClelland（共同主席）及副處長 Ann Heinrich，我方則由原能會核能技術處徐明德處長（共同主席）及陳思嘉技士參與，核研所本次未派代表。討論

中由 Rick Maurer and Vince McClelland 簡報 7 月份 I-RAPTER P/C 及 I-Medical 國際研討會辦理成果，並展示國際交換計畫(International Exchange Program, IXP)，同時針對本年度 12 月 17 日至 20 日 ICM 國際事故後處理研討會作課程內容討論。NNSA 主動表達除了 ICM 課程外，將再帶一組空中(A)及一組地面(M)偵測系統來台，並將原於 7 月留台借我國的儀器攜回美國，新帶來儀器將借我國使用。另美方表示同 ICM 時段亦會再次辦理為期 2 天之空中及地面偵測訓練。在簡報後，由雙方共同主持人進行第四分組議案的討論，會議結論如下：

- (1) 原能會將提供 12 月中旬 ICM 及 SPARCS 訓練課程的後勤支援；
- (2) 原能會建議於 2013 年第三季辦理 I-MED 進階訓練，主要對象為醫師；
- (3) 雙方同意於 2013 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；
- (4) NNSA 將於 12 月擬定 CONOPS (Concept of Operations)後與原能會討論，CONOPS 係指萬一我國發生核子事故時美方支援與合作之細部內容；
- (5) NNSA 將於 SPARCS 訓練期間提供 2 組儀器(SPARCS-A、SPARC-M)借我國使用；
- (6) NNSA 歡迎台灣更多使用者註冊 IXP，並於未來與我國進行大氣擴散運算模組演練(與原能會劑量評估系統進行比較)，細部內容將於 2013 年台美會討論。

(三)技術參訪行程

11 月 8 日早上全體與會者分成三組，輪流參訪 LLNL 之緊急應變中心、大氣偵測中心及加速器質譜儀中心(Center for Accelerator Mass Spectrometry, 簡稱 CAMS) 等 3 個地點，過程分述如下：

1. 參訪 LLNL 之緊急作業中心(EOC)

11 月 8 日早上 9:00~10:00 參訪 LLNL 之緊急作業中心 (Emergency Operations Center, 簡稱 EOC)。雖稱為緊急作業中心，事實上，即是我們所稱的緊急應變中心(Emergency Response Center)。LLNL 的研究種類繁多，涉及到各種潛在的危險，例如輻射及放射性污染、危險化學品，以及各種具潛在危害的操作（例如機械作

業、高低壓電器設備、噪聲及維修活動等)。可能的意外事故種類繁多，較嚴重的為毒化災、火災、爆炸及輻射外釋與放射性污染等災害。該中心主任 Peter La Curtis 向我們介紹 EOC 的組織架構與任務。主任表示，所有屬於能源部的國家實驗室均設有 EOC，且組織與功能均雷同，分為作業部門(Operations)、規劃與情報部門(Planning and Intelligence)、公關部門(Public Information)與後勤支援等。其目的係為有效提供安全資訊，加強緊急應變器材準備及事故演練，以減少災情損失。LLNL 發生異常事故時，EOC 可作為緊急應變指揮中心，有效執行緊急應變之任務。LLNL 之 EOC 可隨時與 DOE/NNSA 及利福摩爾市的緊急應變部門保持聯繫。LLNL 沒有專屬的消防隊，萬一火警發生時，則有賴利福摩爾市消防隊的支援。LLNL 之 EOC 與各個設施均應定期舉辦緊急應變演練與訓練，並應定期審閱並更新緊急應變計畫。比較特別的是，LLNL 仿照核能電廠緊急應變計畫區之構想，劃定 1.5 英里為緊急應變計畫區，相關規劃事宜利福摩爾市政府均知悉。EOC 之作業部門分為火災救援、保安作業(Security)、環安衛作業(ES&H, Environment、Safety and Health)及各個設施(Facility)。規劃與情報部門分為事件後果評估(Consequence Assessment)、應變行動計畫(Action Planning)與通報機制(Notification)。後勤支援包括人力的配置、各項緊急應變器材的採購(含個人防護裝備)、醫療救護、交通運輸等。此外，EOC 特別設立公關部門，顯示與民眾溝通之重要性。

2. 參訪 LLNL 之美國國家大氣釋放諮詢中心(NARAC)

美國國家大氣釋放諮詢中心

(National Atmospheric Release

Advisory Center) ，簡稱

NARAC，其任務係提供先進的科學工具與專業知識來預測與評

估下列情狀：(1)放射性物質之大氣擴散與分佈；(2)曝露率、地表污染情形、受影響人口以及民眾防護行動建議等。



National Center at LLNL

- **Advanced, automated 3-D modeling system re-locatable anywhere in the world in real-time**
- **Scientific and technical staff provides training, assistance, and detailed analysis 24 hours x 7 days.**

大氣擴散模式是非常重要的緊急應變工具，因為在雲團還未抵達前，就能預測空浮放射性核種造成的環境污染及健康上影響，以提供決策者下達緊急應變指示。NARAC 模式系統包括全球氣象資料、地理資訊、人口分佈資料及先進的三維氣象與擴散模式。NARAC 能夠預測評估許多不同類型的放射性大氣釋放事故，包括核能電廠事故、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 模式曾於車諾比事故、三哩島事故以及日本福島事故中，依據事故狀況所評估之放射性物質外釋情節與氣象及地形條件，預估放射物質的大氣擴散情形及民眾可能接受之輻射劑量。

國際交換計畫(International Exchange Program，簡稱IXP)是一套以NARAC 模式為基礎的線上軟體系統，一個可以24 小時全天候提供放射性擴散與雲團模式的系統。目前有146 個國家可使用IXP 軟體。IXP 能使用全球的大氣氣象資料庫、內建的地理資訊與人口資料、以及事故發生地點、放射性物質排放量與核種等資料，最慢於15 分鐘內即可提供擴散與雲團模式預測結果，包括受影響的人口數。IXP 系統可作為事故前危機管理規劃、訓練演習以及應用到真實的放射性污染事故。

IXP 軟體可運算的放射性釋放情節如下：

- (1) 基本射源(Basic source)：核電廠事故可選擇基本射源
- (2) 爆炸 (Explosive)：輻射彈可選擇爆炸型
- (3) 線射源 (Line Source)
- (4) 煙囪排放 (Stack Rise)
- (5) 火災 (Fire)

以 IXP 軟體來評估意外事故的影響時，應輸入參數為：

- (1) 放射性釋放方式(1.基本射源 2.爆炸 3.線射源 4.煙囪排放 5.火災等五種事故情節可選擇，核電廠事故可選擇基本射源)
- (2) 釋放起始時間 (start time to release)
- (3) 釋放時間長度(time duration of release of material to atmosphere)
- (4) 事故地點的詳細經緯度(release location)

- (5) 下風向距離(downwind distance)
- (6) 輻射源項(source term)：所排放的放射性核種種類與活度
- (7) 大氣擴散模式：NARAC model
- (8) 氣象資料：可使用系統資料庫資料

針對團員的問題，NARAC 人員說明如下：

- (1) 基於保安與其他因素考量，除非兩國之間彼此同意，否則每個國家只能計算自己國家發生輻射/核子意外事故的劑量影響情形。也就是說，原則上，台灣不能計算大陸核電廠發生意外事故對台灣劑量的影響，除非大陸同意。

若大陸核電廠發生核子事故，對台灣的影響如何？目前我國核電廠緊急應變劑量評估系統只能算source term 發生在台灣的情形。若能徵得大陸同意，透過IXP 軟體，約10 分鐘就可評估出輻射劑量對台灣的影響。

我國的核電廠緊急應變劑量評估系統所使用的大氣擴散模式為大氣亂流與煙流擴散模式(稱為A2C)，特色為適合台灣核電廠之地理環境條件(譬如適合大氣邊界層與海陸交界模擬；適合日夜溫差變化大之氣象條件；適合中小尺度擴散模擬)。擴散模式考慮電廠周圍三維複雜地形與各項氣象因素之影響，接獲放射性物質外釋預估條件，可於一小時內完成廠外民眾劑量評估，提出民眾防護行動建議IXP 大氣擴散模組為NARAC，以高斯模式快速評估大氣風場。由於IXP 供全世界146 個國家使用，其氣象及地形資料自不若我國緊急應變劑量評估系統來的詳細。此外，IXP 評估結果的等劑量曲線係依照美國管制標準來畫，無法自訂，無法符合國內需求。雖然IXP 有上述不足處，但在某些參數設定下，我國核電廠緊急應變劑量評估系統應可與IXP 軟體系統作一比較。

3. LLNL 之加速器質譜儀中心(CAMS)

加速器質譜儀(Accelerator Mass Spectrometry，簡稱AMS)是一種重要分析儀器，特別是針對長半衰期核種，當它無法利用decaying counting 或者傳統的質譜儀進行分析時，本項儀器即為分析之首選。它的作用原理乃將加速器(可將帶電粒子加速到高能量的裝置) 與質譜儀(可分析和測量不同質量的原子或分子的儀器)結合而成

的設備，加速器質譜儀由離子源、注入系統、串列靜電加速器、高能分析傳輸系統、離子探測器以及數據獲取系統組成(Fig. 1)。傳統的beta counting之衰變計讀方式，靈敏度低，量測時間長，所需樣品量大。相對地，AMS 由於具有超高的靈敏度(約 $10^{-12} \sim 10^{-15}$)，只需超微量的樣品分析量(約1mg)，即可精確探測微量的長壽命放射性同位素(鈹-10、碳-14、鋁-26、氯-36、碘-129 等)與其穩定同位素的比值(Table 1)。AMS 的缺點為樣品前處理費時，樣品檢驗費用高，且儀器之維持費亦需高成本。

目前全世界至少有二十五組之AMS機器，分佈於美國、加拿大、歐洲地區、日本、中國、俄羅斯及南非，其應用領域非常廣泛，包括考古學、天文學、地球科學、生命科學、環境科學、材料科學、生物醫學、核物理及核能非擴散(Nuclear non-proliferation)研究等領域。

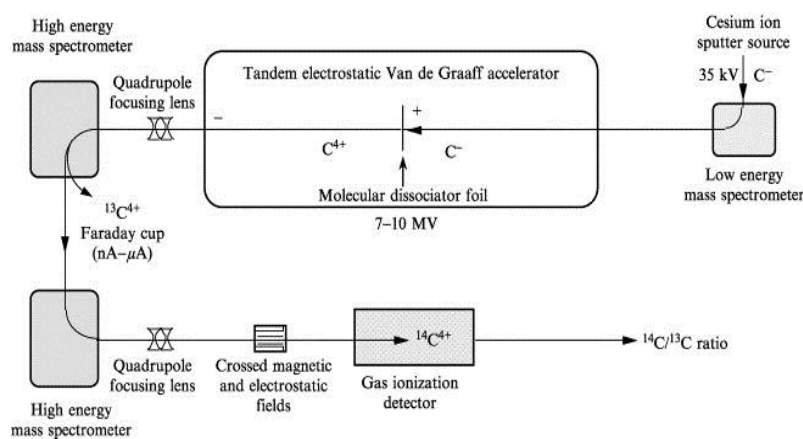


Fig. 1. Diagram of the 10 MV accelerator mass spectrometry (AMS) system at the LLNL.

Table 1 The principle long-lived radionuclides measured by AMS. (註)

Radioisotope	¹⁰ Be	¹⁴ C	²⁶ Al	³⁶ Cl	⁴¹ Ca	¹²⁹ I	²³⁶ U
Half-life (My)	1.51	0.00573	0.705	0.301	0.103	15.7	23.4
Stable isotopes	⁹ Be	^{12,13} C	²⁷ Al	^{35,37} Cl	^{40,42,43,44} Ca	¹²⁷ I	^{235,238} U
Stable isobars	¹⁰ B	¹⁴ N ^a	²⁶ Mg ^a	³⁶ Ar ^a , ³⁶ S	⁴¹ K	¹²⁹ Xe ^a	—
Chemical form	BeO	C	Al ₂ O ₃	AgCl	CaH ₂ CaF ₂	AgI	U ₃ O ₈ U + Fe ₂ O ₃
Min sample size (mg)	0.5	0.02	2	1	20	2	10
Sensitivity ^b (isotopic ratio)	2×10^{-15}	0.8×10^{-15}	2×10^{-15}	1×10^{-15}	5×10^{-15}	5×10^{-13}	5×10^{-14}
Detection limit (atoms/sample)	10^5	2×10^4	10^5	10^5	10^6	10^6	10^8

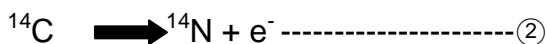
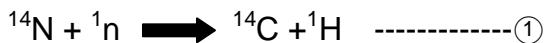
^a Do not form negative ions.

^b The values given for abundance sensitivity (isotopic ratio of radioisotope/stable isotope) are the best typically achieved at AMS laboratories. However, this sensitivity is generally not achievable with the minimum sample size listed. The detection limit in terms of atoms per sample is calculated using the sample mass required to achieve the best sensitivity.

(註: 本表出自 *Radiation Physics and Chemistry 2001,61: 317– 322*).

CAMS 共有兩部加速器，分別為10 M VFN Tandem Van de Graaff Accelerator (串級范式加速器)及NEC 1 MV Tandem Accelerator(串級加速器)(Fig 2)。CAMS 自1985 年開始興建，1988 年正式運轉。CAMS 每年量測國內外樣品數超過25000 個，目前進行中的研究領域包括考古學、大氣化學、古地震學、古氣候學、海洋環流、地殼的變形與運動、礦產生物利用度和代謝利用、碳循環動力學、細胞和分子生物學、燃燒機制與替代燃料、檢測核燃料的再處理、法醫識別年代推定、廣島與車諾比事件劑量重建等。

CAMS 設備以量測碳-14 (radio-carbon)為大宗，碳-14 測定的原理乃利用大自然具有豐富之碳元素分佈，主要碳元素為碳-12(約佔98.8 %)，另有少量的碳-13穩定同位素(約佔1.2 %)以及含量相當少的碳-14 (< 10⁻¹⁰ %)。大氣層之氮-14受到輻射線照射而產生碳-14(式①)，碳-14亦會利用beta decay方式而回到N-14(式②)，其半衰期為5730年，碳-14持續產生與衰減，兩者之間達成一個平衡穩定值。



碳-14可因光合作用而進入食物鏈中，分散在有機物質裡，因此，有機體可以維持一個穩定之碳-14與碳-12之比值，其比值與大氣之比值相近。一旦停足碳交換(carbon exchange)，例如死亡，則其比值會減少，如此，經由碳-14 已知的固定衰變速率進行計算，可測出該生物體或文物的年代。

AMS具有高靈敏度，根據不同粒子的拐彎半徑不同可以容易地捕捉到碳-14，AMS除了環境科學及考古學之應用，近年來它亦被應用於生物醫學研究，包括毒物學、藥物測試、藥物動力學研究、阿滋海默氏症等等(Table 2)。LLNL的展示海報介紹他們的生物醫學成果，介紹碳-14作為示蹤劑之應用，例如他們把C-14標幟上藥物，以追蹤藥品之分佈及其代謝路徑等研究。AMS技術亦可應用於細胞代謝速度快慢之研究，代謝快者(例如血球或表皮細胞)，其C-12與C-14之比值趨近於大氣之比值，相對於代謝慢者(例如腦神經細胞)，C-12與C-14之比值隨代謝快慢不同而有變，兩相比較，即可推出組織或者細胞之代謝速率。

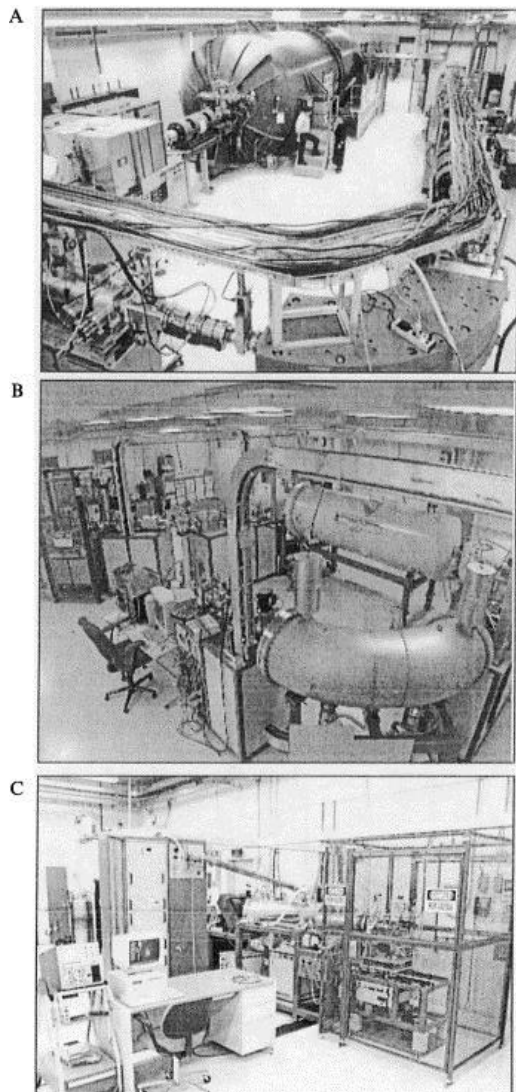


Fig2. Accelerator mass spectrometers in use at the Lawrence Livermore National Laboratory. (A) The high- energy 10 MV instrument used by multiple researchers for the measurement of various isotopes. (B) The 1 MV accelerator mass spectrometry (AMS) system dedicated to the analysis of ^{14}C in biomedical samples. (C) The compact tritium AMS system .

(註 : 本圖出自 [Methods in Enzymology Volume 402](#), 2005, Pages 423 - 443)

對於AMS的應用，Electrostatic Tandem Accelerator是首選，0.5MV之Tandem accelerator主要用於分析C-14，Low-energy tandem(2-3MV)可用來偵測半長半衰核種，例如Be-10, Al-26, I-129，較大型的tandem ceelerator(>5MV)則可用於Cl-36及Ca-41等，核能研究所設置有中型迴遊加速器，是否也可能連接mass spectrum而有AMS應用之可能性? LLNL的解說員告訴我們，國外曾應用小型cyclotron於C-14 分析，但無法精確地分析其isotopic ratios，相關技術仍待發展中。

Table 2. Isotope for biomedical applications

Isotope	$T_{1/2}$	Sensitivity	Applications
^3H	12.3 a	10^{-14}	General
^7Be	53 d	10^{-15}	Metabolism, toxicology
^{10}Be	1.5×10^5 a	2×10^{-15}	Metabolism, toxicology
^{14}C	5730 a	1×10^{-15}	General
^{26}Al	7.1×10^5 a	2×10^{-15}	Metabolism
^{32}Si	140 a	10^{-13}	Bone
^{36}Cl	3.02×10^5 a	1×10^{-15}	Metabolism
^{41}Ca	1.04×10^5 a	2×10^{-15}	Bone
^{53}Mn	3.7×10^6 a	10^{-10}	Metabolism
^{60}Fe	1.5×10^6 a	10^{-12}	Metabolism
^{79}Se	6.5×10^4 a		Metabolism
^{129}I	1.5×10^7 a	5×10^{-14}	Metabolism

註: 本表出自 *Radiation Physics and Chemistry* 2001,61: 317- 322.

4. 訪問美國電力研究院(鄭世中博士行程)

於會議後鄭世中博士前往美國電力研究所(Electric Power Research Institute, EPRI)核能發電部門總部拜訪。EPRI核能發電部門卻位於舊金山灣區Palo Alto市，距離史丹福大學僅10分鐘車程。早期美國核能工業發展東西岸並重，西屋公司核能部門位於南卡州哥倫比亞市，奇異公司核能部門位於舊金山南灣聖荷西市，但在20年前已逐漸東移至北卡羅來納州威明頓市，目前在聖荷西市僅剩重件工廠，位於聖荷西南方瓦勒希多市的熱室也即將關閉。

本次主拜會共與EPRI三位專家會面：Dr. Bo Cheng (鄭伯慶博士)、Dr. Ken Yueh(岳康博士)、以及Dr. Sursh Yagnik。

Dr. Sursh Yagnik為核燃料工業研究計畫(NFIR)主持人。在今年10月，本所剛於台北圓山飯店舉辦第62屆NFIR會議，參與會議的國內、國外專家有近40人，由於是NFIR三十多年來第一次在台灣舉辦，會員出席踴躍，對國內年輕工程師也提供一次與國外專家近距離交流的機會。Dr. Yagnik特別向本所致意，感謝本所熱情的款待，並希望台灣能繼續參與EPRI位來的計畫。同時Dr. Yagnik也告知目前正在整理過去本所執行NFIR-IV計畫，有關鋳合金破裂韌性研究之數據，打算近期內發表，這部份工作已和本所郭榮卿組長與陳仁宏博士多次討論，也感謝本所過去對核燃料研究的貢獻。

Dr. Ken Yueh(岳康博士)為EPRI核燃料可靠度計畫(Fuel Reliability Program, FRP)分項負責人，主要負責影響核能安全法規之核燃料意外事件研究(Regulatory Issue on Nuclear Fuel Accident)。岳博士為第二代華裔美人，其夫人來自台灣。由於台電公司加入FRP計畫，近年來岳博士常有機會前來台灣，報告核燃料有關之安全議題。原本的議題有二，其一是反應度插入事件(Reactivity Inseartion Accident, RIA)，另一式冷卻水流失事故(LOCA)之燃料表面氧化層厚度。目前這兩項議題經過將近20年的研究，核能工業界建議是對高燃耗燃料限制值將會依其燃料燃耗逐漸降低，但是這項改變對目前的核電廠運轉並不會造成衝擊，需要改善電廠安全分析的程式，使其能夠追隨燃料燃耗變化，EPRI已將建議修正方案送給美國核管會(NRC)參考，預料2013年NRC將會作成法規修訂建議。新的議題是關於燃料丸在LOCA事件時會從小的裂縫中大量流失，可能造成爐心及管路嚴重汙染，對於目前人員及環境計畫的評估恐有低估，因此在NFIR及FRP計畫均對此項議題提出研究規劃。經向岳博士詳細詢問，這是發生在Halden反應器的測試燃料棒的單一事件，並非發生在核電廠動力反應器，詳細事件經過還需詳細調查，目前尚不足已改變核能安全法規，但NRC不擬繼續提高核燃料燃耗。

Dr. Bo Cheng為EPRI資深研究員，來自台灣東海大學化工系，來美取得學位後，先後服務於GE公司及EPRI，專長為核燃料及水化學。鄭博士向來與國內核能界互動密切，已過退休年齡，仍然每天工作，為全美各地核電廠燃料受損事件評估分析四處奔忙。在EPRI核燃料專家群中，Dr. Rosa Yang (呂鴻薇博士)升任EPRI能源開發部主管後，僅剩下鄭博士來自台灣。多年來由於呂、鄭兩位先進的大力撮合，國內台電公司、核能研究所均與EPRI，特別在核燃料安全方面，建立相當緊密的關係。鄭博士十分關心國內核能的永續發展，不斷詢問核能電廠的延役與核四廠的商轉，以及核研所的改隸轉型。鄭博士對於逐步減核政策認為會對台灣的工業發展造成嚴重傷害，台灣若是不能掌握穩健的基載電力，企業家將會裹足不前，如此經濟會衰退，無以挽回。目前再生能源尚不可行，火力發電對氣候變遷影響甚巨，核能不失為一個優良、可靠的能源。鄭博士語重心長的勉勵我們要堅持走對的路，對於台電採用用過核子燃料乾式貯存，應該是目前國內重大核能計畫，鄭博士表示有許多關於燃料及材料的研究議題，核研所改隸經濟部後仍應持續目前的研究路線，為核能安全把關。

表 1. 2012 台美民用核能合作會議議程

日期	時間	活動及議題	報告人或主持人
11 月 6 日	08:00	路程	
	08:30	LLNL 訪客登記	Sandra M. Jackson (LLNL)
	09:15	Opening Remarks	Scott Hansen, AIT
		Opening Remarks	周副主委源卿
		Welcoming Remarks	Admiral Joseph Krol, NNSA
		Welcoming Remarks	Bruce E. Warner, Global Security
		Overview of World Developments and Peaceful Use of Nuclear Energy	Alex Burkart, DOS/ISN/NESS
		Overview of Civil Nuclear Programs in Taiwan	吳慶陸技正, 原能會
		Update on Activities: Used Nuclear Fuel Disposition in the United States	Mike Goff, DOE/NE/INL
		Break and Photo	All
		Review of Current Nuclear Research Activities in Taiwan	林金福主秘, 核研所
		Review of DOE Nuclear Energy Programs	Mike Goff, DOE/NE/INL
		Office of Environmental Management Program Overview	Karen Skubal, DOE
		Current Status of Taipower' s Radioactive Waste Management Program and ISFSI at Chinshian Plant	李清山處長, 台電公司
	Convention of Nuclear Safety 2nd Extraordinary Meeting and Summary	William Ruland, NRC	
	Next Generation Safeguards Initiative	Justin Reed, NNSA/LLNL	

表 1. 2012 台美民用核能合作會議議程

日期	時間	活動及議題	報告人或主持人
	17 : 00	<p>Fukushima Regulatory Actions/Assessments Update</p> <p>Fukushima Regulatory Actions Update (NRC)</p> <p>Operating Performance & Safety Enhancement of Nuclear Power Plant in Taipower</p> <p>Discussion and Closing 第一天行程結束</p>	<p>李綺思科長, 原能會</p> <p>William Ruland, NRC</p> <p>劉明哲副處長, 台電公司</p>
11 月 7 日	08 : 45	<p>AIT-TECRO JSCCNC 會議分組(Working Groups)討論</p> <p>Working Group I : Reactor Regulation and Regulatory Research</p> <p>Working Group II : Waste Management and Environmental Restoration</p> <p>Working Group III : Nuclear Science, Technology, Security, and Safeguards</p> <p>Working Group IV: Emergency Management</p>	<p>共同主持： William Ruland, NRC； 張欣副處長, 原能會</p> <p>共同主持： Rosa Elmetti, DOE/NE； 鄭武昆組長, 原能會物管局</p> <p>共同主持： Lee Gebert, DOE/NE； 林金福主秘, 核研所</p> <p>共同主持： Vince McClelland, NNSA 徐明德處長, 原能會</p>
	15 : 00	Working Groups Discussion and Preparation and Signature of Summaries.	
	16 : 00	第二天行程結束	

表 1. 2012 台美民用核能合作會議議程

日期	時間	活動及議題	報告人或主持人
11 月 8 日	08 : 45	LLNL Technical Tour Briefing and Tours 1. NARAC / IXP (National Atmospheric Release Advisory Center/International Exchange Program) 2. CAMS (Center of Accelerator Mass Spectrometry) 3. EOC (Emergency Operations Center) Radiological Assistance Program (RAP) Demonstration The Marshall Island Program Overview	Joel Swanson Sarah Hartson Terry Hamilton
	15 : 45	第三天行程結束	

三、心得

此次參加「2012 台美民用核能合作會議」之心得可歸納下列幾項：

- (一) 綜觀全面議題討論之過程與議決共識，美方多展現正向的合作意願，主動提出可能的訓練與交流的機會(包括雙方或多方形式之活動);同時此次會議要求每項議題均應明確提出 2013 年度之規劃，故建議各合作項目之窗口後續應善用會議決議之聯絡人資訊及會議、訓練規劃等訊息，掌握時機積極推動相關業務。
- (二) 福島事故提醒核電從業人員應重視超過設計基準的廠外災害事件，美國核管會(NRC)也依據福島後的近期專案小組(Near-Term Task Force, NTF)建議，以行政命令要求電廠提出超過設計基準之廠外事件的救援策略。此命令要求電廠應以三階段的概念因應可能發生的超限廠外事件，持續維持或回復反應器爐心冷卻、圍阻體完整與用過燃料的冷卻。電廠在三階段最先的「初始階段」裡，必須能夠以現有安裝(Installed)於電廠內的設備，達成上述安全冷卻要求，並藉此建立一段確保時間，在第二階段，也就是「過渡階段」開始之前，讓電廠救援人員能夠及時將廠內機動式的安全設備與救援功能建置完成，以持續應付後續於過渡階段的安全，並藉以撐到最後的「終結階段」，得到廠外資源的協助，持續確保反應器安全。我國在福島後的總體檢與壓力測試作業後所條列的改善管制追蹤案件裡，不乏符合上述前二階段的要求，尤其是增設固定結構建築與設備，或添購機動式設備。但第三階段有關廠外救援的部分，似乎著墨不多，勉強稱之僅有強化並提升外電可靠性一項。但若將核能電廠視為攸關緊要的基礎設施，宜應再慎重考量廠外救援，例如建立專屬的外電輸線與電力備援電廠、藉助兵工單位的協助提供救援電力、水源、建立可與核電廠緊急需求配合的救援資源等，都會比現有只核生化部隊且消極地等到核災發生後才登場的情況，更能確保核電廠安全，也值得政府整合核子緊急應變於中央應變中心之餘，更進一步就戰術面進行跨部會的規劃與整合。
- (三) 美國 NRC 反應器管制署安全系統處處長 William Ruland 擔任第一分組主持已有多年，根據幾次會議下來的觀察，Ruland 處長對於 NRC 的管制精神、作業準則與法規的詮釋能力，令人印象深刻，其對於法規脈絡、重點與其他規範之關係掌握嫻熟，並能以淺顯易懂的語言及十足的耐心，讓溝通對方瞭解。此次會議期間，Ruland 處長透露將於 2013 年退休，但他的專業表現，足以我國核能從業人員學習的對象。
- (四) 參觀國家大氣擴散諮詢中心(National Atmospheric Release Advisory Center, NARAC)，對於其能於短時間內(小於 2 min)完成 3-D 核種擴散之分析，深感印象深刻。NARAC 的 IXP(International information Exchange Program)計畫係開放給國際各研究單位使用，本所亦已參與並使用相關的分析能量。雖然目前已有此國際合作之工具，但國內仍應建立自主的分析能力，建議除持續強化國際合作外，更應積極推動相關研發項目以求本土分析技術的

精進及完善。

- (五) 參觀 LLNL 之緊急應變中心(Emergency Operations Center, EOC)，對於其作業規劃、演習頻次、評估重點等均有諸多值得借鏡之處；其中緊急疏散點的規劃包括小區域(可容納 100 至 150 人)、及大區域避難中心。其中小區域疏散點應不定期視該區域範圍內工作人員數目而做評估調整，大區域避難中心原則上屬固定之設施，惟須定期維持配備的適用性。雖然本所各項設施之規模、研發工作之特質、及所屬工作人員之數量等均有所不同，但建立全所緊急應變疏散管理中心應可列為本所職安業務精進的工作重點之一。
- (六) 2012 AIT-TECRO 民用核能合作會議，在 Working Group 2 之議題，由於事前在物管局召開行前會議，經充分討論後定案，故在美國正式與美方人員逐條討論時均順利保留議題。新增議題 UF6 穩定與處置 (UF6 Stabilization and Disposition)，由於事先準備簡報資料，並主動向美方爭取納入 Side Meeting 討論，雖美方不同意在 Side Meeting 討論，但同意列為新增議題，經 Working Group 2 及大會總結報告後，均順利獲得美方同意納入，新編號為 IN-DE-DD-30，圓滿達成任務。
- (七) 11/06-08 三天在美國 Lawrence Livermore 國家實驗室開會及參訪期間，美方規劃開會與用餐之活動範圍局限於一棟大樓內 2-4 間會議室，當有人要離開到別間會議室或上廁所，均須告知且由專人陪同，充分掌握人員動態，會議討論使用電腦，均以手提電腦及 CD-ROM 在專人陪同下進行會議討論與資料繕打，防止電腦病毒入侵等值得借鏡。

四、建議事項

- (一) **重視台美民用核能合作傳承**：台美民用核能技術合作之範圍非常廣泛，需要專業人力投入，以持續維持相關合作工作之推動，並進而擴大技術合作之成效；比較台美雙方之技術進展，我方更需藉由此項合作計畫以建立或精進所需之技術，同時尋求解決問題之可能方案。此次會議中雙方皆有多項計畫之 **Coordinator and/or Personnel** 因為退休或離職而須改提替代人選，顯示世代交替的必要性；建議 2013 年於我方舉辦檢討會議時，各項計畫事前均應確實檢討長程之人力規劃，除主談之人員持續參加外，可能之接棒代理人也應全程參與，以期計畫的推動能順利接軌。
- (二) **重要議題投入人力財力**：本次台美民用核能合作唯一新增議題 UF_6 穩定和處置議題，經多方努力已順利成案，殊屬不易。為確保目標達成，必須有專人投入心力，持續接洽對美方有深入了解且懂得美方思維之人員，運用合約或聘為顧問延攬，才能有朝一日達成目標。
- (三) **落實重要資訊不至外流**：管制區明確規範，事先告知外賓禁止攜入之物品；會議期間專人陪同在視線範圍內，並由專人操作手提電腦，嚴防電腦病毒入侵及重要資訊外流。

附 錄

附錄一：參加 2012 年台美會議之我方代團成員

姓 名	單 位 職 稱
周源卿 Chou, Yuan-Ching	原能會副主任委員
徐明德 Hsu, Ming-Te	原能會處長
劉文熙 Liu, Wen-Shi	原能會副處長
張欣 Chang, Shin	原能會副處長
吳慶陸 Wu, Ching-Luh	原能會技正
鄭武昆 Cheng, Wu-Kune	原能會物管局組長
李綺思 Lee, Chi-Szu	原能會科長
陳思嘉 Chen, Szu-Chia	原能會技士
林金福 Lin, Kin-Fu	原能會核研所主秘
蔡光福 Tsai, Kwang-Fu	原能會核研所副組長
鄭世中 Cheng, Shih-Chung	原能會核研所副組長
羅彩月 Luo, Tsai-Yueh	原能會核研所副研究員
林家德 Lin, Jyh-Der	原能會核研所副研究員
喬凌寰 Chiao, Ling-Huan	原能會核研所科長
李清山 Lee, Chin-Shan	台電公司處長
劉明哲 Liu, Ming-Jer	台電公司副處長
開執中 Kai, Ji-Jung	清華大學教授
趙衛武 Chao, Wei-Wu	TECRO 副組長

附錄二：參加 2012 年台美會議之美方代團成員

姓 名	單 位
Scott Hansen	AIT Head of Delegation
Alex Burkart	Department of State (DOS)
Kirsten Cutler	Department of State (DOS)
Santiago Aguilar	Department of State (DOS)
Admiral Joseph Krol	National Nuclear Security Agency (NNSA)
Ann Heinrich	National Nuclear Security Agency (NNSA)
William Rhodes	National Nuclear Security Agency (NNSA)
Courtney Gavitt	National Nuclear Security Agency (NNSA)
Justin Reed	National Nuclear Security Agency (NNSA)
Vince McClelland	National Nuclear Security Agency (NNSA)
Danielle Emche	Nuclear Regulatory Commission (NRC)
William Ruland	Nuclear Regulatory Commission (NRC)
Brian Yip	Nuclear Regulatory Commission (NRC)
Mike Goff	Department of Energy (DOE)
Karen Skubal	Department of Energy (DOE)
Robert Finch	Sandia National Laboratories
Chuan-Fu Wu	ATL International

附錄三：分組總結紀錄

Discussion Summary of Working Group I Matters Pertaining to Reactor Regulation and Regulatory Research

Items discussed: 23
Items closed: 2
New items: 0
Merged items: 1 (from Group III)
Total items at close of meeting: 21

In addition to the items noted below, NRC also provided input for three items in Working Group II, and two items in Working Group III.

Closed Items

1. IN-TP-NR-F21, "Introduction of the LAPUR Code to Taiwan," was completed and closed.
2. AE-NR-Z1, "Exchange of Data and Analysis on Incidents and Events," was completed and closed.

New Items

1. None.

Merged Items

1. Group I accepted IN-IN-F36 from Group III and merged it into Group I item IN-BL-SN-F20.

Commitments

1. NRC will provide information on NRC's transportation cask renewal review requirements. AEC noted they require a three-year renewal.
2. NRC will provide information on its post-accident procedure and equipment requirements, if any, for a storage cask tip-over.
3. AE-IN-TP-NR-C18 - Regarding the Scenario Authoring, Characterization, and Debriefing Application (SACADA) code, INER will determine the feasibility of collecting this data from Lungmen NPP. Regarding the 2012 Summary Report for Software Development and Testing Research of Digital IC Systems, NRC will provide comments if appropriate. Exchange on these topics may be relevant for the next bilateral technical meeting (BTM).
4. AE-IN-BN-D66 - NRC will share the results of the 10 CFR Part 40 rulemaking, scheduled to be issued as a final rule in early 2013.
5. IN-BL-SN-F20 - Regarding TECRO interest in NFPA 805 training, NRC to determine if AEC staff can attend the next NFPA 805 counterpart meeting.

6. AE-NR-S42 – Related to containment sump performance issues, AEC will provide NRC update on how Maanshan NPP will address in-vessel effects and boric acid precipitation, in addition to strainer blockage.
7. AE-NR-S49 – AEC will continue to update the NRC on the status of its potential reorganization.
8. AE-NR-JJ1 - Regarding preoperational and startup testing at Lungmen NPP, AEC will notify NRC of the updated test schedule and welcomes NRC to observe.

Approved:



William H. Ruland
AIT Representative
Date:



Dr. Shin Chang
TECRO Representative
Date:

**2012 TECRO-AIT Joint Standing Committee on Civil Nuclear Cooperation Meeting
Lawrence Livermore National Laboratory
November 6-8, 2012**

**Discussion Summary of Working Group II
Matters Pertaining to Waste Management and Environmental Restoration**

1. Number of working items discussed in Group II: **18**
2. Number of ongoing working items: **15**
3. Items proposed to close: **1**
 - AE-DE-**DD26**: Calibration methods or measurement-comparison (proficiency testing) methods (or criteria) for clearance measurement systems.
4. Reopen items: None
5. Merged items: **1**
 - IN-INL-**U3** to be merged with TU-DE-Y4 (Formation of new partnership INL/NTHU/INER/SNL for education and training in nuclear science and technology) under Working Group 3.
6. New items: **1**
 - “UF6 Stabilization and Disposition”
7. Number of working items in Group 2 after group discussion: **17**
8. Highlights:
 - a) TECRO appreciates the assistance of AIT. Many of the cooperative items have been successfully pursued, and two items have been completed. Following detailed discussion, both sides agree to close the following items:
 - FC-NR-**G34**: Peer review of national report of Taiwan for the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management
 - AE-DE-**DD-26**: Clearance measurement systems
 - b) IN-INL-U3 will be merged with merged with TU-DE-Y4 (Formation of new partnership INL/NTHU/INER/SNL for education and training in nuclear science and technology) under Working Group 3.
 - c) The Taiwan Authorities have announced a new energy policy that will eventually see Taiwan become nuclear-free. The Chinshan, Kuosheng and Maanshan nuclear power

plants will not operate beyond their planned 40-year lives and the plant at Lungmen will not begin operations until all safety requirements have been met. Spent fuel dry storage and nuclear power plant decommissioning will therefore continue to be essential. Both TECRO and AIT recognize the importance of cooperation on the following items in the near future:

- **FC-IN-NR-G23:** Licensing of independent spent fuel storage installations
- **AE-NR-J2:** Management of decommissioning waste
- **IN-ANL-J4:** Information transfer on decontamination and dismantling of research nuclear facilities
- **TP-EM-DD22:** Planning for decommissioning
- **AE-DE-DD29:** Used nuclear fuel extended storage

- d) As part of the reforms by the Taiwan Authorities, INER will leave the authorization of AEC and be moved under the authorization of the Ministry of Economic Affairs, MOEC. It will also be renamed as the Institute of Energy Research (IER). INER's remaining supply of UF₆ is currently stored in tanks and will not be used in the future. Taiwan seeks to send this UF₆ to a conversion facility to enable reuse. TECRO raises this topic as a potential new collaboration item, "UF₆ Stabilization." (*New Item*)
- e) Specific comments on Group II working items and actions for the next year:

G23: Licensing of independent spent fuel storage installations

Action: INER and NRC will develop a workshop on spent fuel storage, potentially to be conducted in 2013. Other specific actions are listed in the updated Active Working Items document.

G33: PCC for material declaration of TRR spent fuel

LANL will continue reviewing measurements for TECRO and will send information for evaluation. This working item will be extended to 2015. No specific activities identified for the coming year.

G34: Peer review of national report of Taiwan for the Joint Convention on the safety of spent fuel management and on the safety of radioactive waste management

This item was considered for closure, but after discussion it was decided to keep it open because of future need. Both parties expect no activity in the next year, but look forward to the reviews of future reports.

G35: Information and data management system for SNF interim dry storage facility

This item was proposed for closure because Sandia completed the Phase I report but didn't receive funding for follow-up activities. However, we propose to keep this

item open for another year without action items, pending potential future funding at Sandia National Laboratory.

Change the AIT Coordinator from Robert Finch to Kevin McMahon of Sandia National Laboratory.

J2: Management of decommissioning waste

Suggest changing the AIT representative to Lydia Chang or Bruce Watson of FSME/NRC instead of having DOE-NE personnel for AIT, as NE is not involved. Actions: NRC workshop will be conducted in AEC in 3rd week of November, 2012. Also, FCMA hopes that NRC could arrange an on-the-job training course in "Inspection of Nuclear Power Plant Decommissioning" for 2014; FCMA will identify its needs before development of such a course, and NRC will consider it. NRC may be able to facilitate "shadowing" of NRC inspectors.

J4: Information transfer on decontamination and dismantling of research nuclear facilities

Action: This coming year, information will be exchanged regarding spent fuel pool decommissioning. INL has done work in this area and we want to include Rick Demmer of INL as the AIT Coordinator rather than ANL, which has not been involved.

U2: Irradiated fuels and materials research program from 2011 to 2014

Continue with the existing plans. In the next year, TECRO hopes to finish all fuel stabilization work and start uranium sludge stabilization work.

U3: Hot laboratory management and post-irradiation examination technology

Merge this item with TU-DY-Y4 (Formation of new partnership INL/NTHU/INER/SNL for education and training in nuclear science and technology) under Working Group 3.

X1: Transport and disposal practices of irregular waste forms

Change TECRO representative to Jiann Lin Liu

Action: Charley Yu of ANL has been contacted to hold a RESRAD training workshop at end of 2012 or early 2013.

Z9: Response and management of radioactive material events

No action items other than continued discussion.

DD12: Public participation

No specific activity the past few years because of difficulties in waste siting process and changes in U.S. program. Keep this item open without action items; EM can assist in the future.

DD19: Geological repository sciences

U.S. will have more options for repository in the future, so it is advisable to keep this item open. Change AIT Personnel representative to Kevin McMahon (Sandia National Laboratory).

DD22: Planning for decommissioning

TPC rejoined EPRI Decommissioning Technology Program as a cofounder and will involve more activities. TPC has applied for funding to send project managers abroad for learning about D&D management. Action: In December 2012, approximately 9 TPC staff will visit two plants being commissioned in the U.S.

DD23: Technology transfer for radioactive waste disposal

Change AIT Personnel to Karen Skubal (DOE-EM) and Kevin McMahon (Sandia National Laboratory).

Action: EM will assist TECRO in obtaining information on environmental remediation as requested.

DD26: Clearance measurement systems

Propose to close.

DD27: TRU waste management

Change AIT Personnel to David Mercer (LANL). Action: Continued sharing of information.

DD28: Contaminated soil remediation

Change Personnel to add Karen Skubal (DOE-EM) and to change LANL to AIT under this designation. Action: Continued information sharing.

DD29: Used nuclear fuel extended storage

Change TECRO Personnel to add the English name of the second representative, Hsan-Lan Chiou. Add John Kessler (EPRI) to the AIT personnel, along with Jeffrey Williams (DOE). Keep this item open. This project is affiliated with NRC and EPRI. Actions: In 2013, Taipower will initiate a study to address extended storage issues after the Chinshan ISFSI is commissioned. Also, INER will send experts to the next ESCP meeting.


New Item: UF6 Stabilization and Disposition.

Presentation given to TECRO-AIT Working Group 2 on this topic by Kwang-Fu Tsai (INER).

Add new Reference Number: IN-DE-DD-30
TECRO Coordinator: Tai-Ming Chiu (INER)
TECRO Personnel: Kwang-Fu Tsai (INER)
AIT Coordinator: Ana Han (DOE-EM)
AIT Personnel: Chuan-Fu Wu, ATL

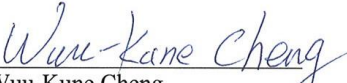
Benefits: To assist TECRO with the stabilization and the safe storage/disposal of depleted UF6 and the enriched UF6 in INER.
Action items to be added by TECRO.

Approved:


Karen L. Skubal

AIT Representative

Date: Nov. 7, 2012


Wuu-Kune Cheng

TECRO Representative

Date: Nov. 7, 2012

**Discussion Summary of Working Group III
Nuclear Science, Technology, and Safeguards**
TECRO-AIT JSC Meeting on Civil Nuclear Cooperation
November 6-8, 2012

Number of items been discussed	23
Closed items	0
New items	0
Merged items	2
Number of working items after the meeting	21

1. Closed items: None.
2. New items: None.
3. Merged items:
 - IN-IN-F36, "Methodology development of damage evaluation to NPPs under sever weathers and other natural hazards."
 - IN-DE-I13, "Nuclear Medicine Application Project."
4. Highlights:
 - TU-DE-Y3, "Explore opportunities related to DOE Engineering Innovation Hub for Modeling and Simulation Program" and TU-DE-Y4, "Formation of New Partnership INL/NTHU/INER/SNL for Education and Training in Nuclear Science and Technology." In support of these two activities, workshops were held at Idaho National Laboratory (INL) and the Institute of Nuclear Energy Research (INER) in May and August 2012, respectively. The workshops included information exchange on the programs and capabilities of INL, INER, and National Tsing Hua University. Specific collaboration topics for 2013 were identified. A major area of collaboration that will be pursued in 2013 is the exchanges of technical staff and students to support education and training of professions in nuclear technology.
 - AE-AIT-FF3, "Exchange of Information on Implementation of IAEA Safeguards and Additional Protocol." Received Implementation of the R.O.C – IAEA – U.S.A. Trilateral Safeguards Agreement.
 - AE-DE-EE6, "Physical Protection Consultations" and AE-DE-EE7, "Training in Implementation of New PP Standards and Guidance." AIT and TECRO have agreed to do a follow-up visit in Taiwan in March 2013. AIT notified that the training team member will revisit Tsing-Hua University and review THOR security measures. A workshop on INFCIRC/225/Rev.5 will be held in March 2013 in Taipei.
 - AE-DE-F39, "Nuclear Forensics." August 2012 technical experts meeting in Taiwan and planned US/FBI training in 2013 in Taiwan.
 - AE-AIT-FF4, "Inventory of U.S. obligated nuclear material in Taiwan." AEC proposes to invite a US expert(s) to Taiwan and instruct responsible personnel for calculating inventory of special nuclear materials (SNM) from different countries of origin. Identify a mutually acceptable period of on-site consultations with the aim for it taking place in the first quarter of the year.

Approved:

William B. Rhodes
William Rhodes
AIT Representative
Date: 11/07/2012

Kin-Fu Lin
Kin-Fu Lin
TECRO Representative
Date: 11/07/2012

**Discussion Summary of Working Group IV
Matters Pertaining to Emergency Management**

Working Group IV is a new group this year, it includes four working items: 1)Emergency Management(AE-DE-F27, moved from Group III in October 2012); 2)Atmospheric Plume Modeling (AE-DE-F28, moved from Group III in October 2012); 3)Emergency Assistance (AE-DE-F37, 2011 New Item, moved from Group III in October 2012) and 4) Aerial and Other Detection Technique(AE-DE-F38).

After presentations and discussion, NNSA and AEC agreed these items should keep on-going.

Commitments

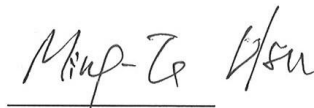
1. AEC will offer logistics support for International Consequence Management (ICM) and SPARCS training courses the week of December 17, 2012.
2. Based on the mid-term or long-term planned events of the Work Plan, AEC suggest having a Workshop on I-MED Specialized (hospital) in the 3rd quarter of 2013.
3. Both parties will review implementation of the Work Plan to determine the next steps in cooperation and agree to revise in 2013.
4. AEC will continue to jointly engage in activities with NNSA to strengthen emergency management and response to nuclear events.
5. The National Nuclear Emergency Exercise in Maanshan Nuclear Power Station will be held in the second half of the year of 2013, AEC will notify NNSA if a clear date is planned.
6. NNSA will develop a draft operating procedure CONOPS for nuclear emergency assistance. It will include procedures for requiring/receiving assistance.
7. NNSA will provide a SPARCS-A and a SPARCS-M to Taiwan in December 2012.
8. Taiwan is invited to register additional IXP users.
9. Inter-comparison plume model exercise (to be conducted in 2014) will be discussed in 2013.

Approved :



Vince McClelland
Representative
American Institute in Taiwan

Date :



Ming-Te HSU
Representative
Taipei Economic and Cultural

Date :