

2012 年訪問美國愛德荷國家實驗室紀要

壹、前言

美國愛德荷國家實驗室 (Idaho National Laboratory, 以下簡稱 INL) 過去數年在台美民用核能合作事項上，扮演著積極的角色，從熱流應用程式的開發與應用、安全度評估人為可靠度模擬、人員交流訓練等方面，提供我國相當多的協助，2010 的台美年度大會即在 INL 舉辦。而去 (2011) 年在台美年會的分組討論中，由 INL 的 Dr. Steven Bakhtiar 提出 INL 與我國三個合作項目，並研擬了包括人員互訪、交流實習、辦理研討會等具體的年度執行目標，這三個合作項目的內容分容摘要如附件一。

2011 年台美年度會議後，Dr. Steven Bakhtiar 於今(2012)年 1 月 30 日赴華盛頓 DC 訪問駐美代表處，與本人討論如何進一步推動 INL 負責的三項台美合作案。其中近期內可推動的項目為邀請我國核能研究所(Institute of Nuclear Energy Research, 以下簡稱 INER)同仁赴美訪問 INL。經聯繫後，核能研究所鄭世中博士及劉鎮洋博士規劃於 5 月 15-16 日訪問 INL，以討論熱室(Hot Cell)管理並參觀用過燃料乾式貯存及核燃料/材料實驗室等相關設施。隨後在 Dr. Bakhtiar 的協助，順利取得鄭、劉兩博士的邀請函，而我亦在受邀之列，一同前往 INL 進行本次的訪問

貳、訪問紀要

本次訪問 INL 的行程，主要是由 Dr.

Steven Bakhtiar 所領導的核能材料特性部門(Nuclear Materials Characterization Department, 以下簡稱 NMCD)之資深工程師 Rick Demmer 及研究員 Kevin Norbash 來負責規劃及接待，整個行程包括參觀設施及討論、會晤管理階層、及討論今年在台舉行研討會(workshop)的題目等，附件二為 INL 所規劃的參訪行程，以下將重點說明。

一、參觀設施

參觀首站來到愛德荷核能科技工程中心(Idaho Nuclear Technology Engineering Center, INTEC)之熱室及附屬的一些實驗室，此設施可提供附近一些實驗室進行必要的熱室檢驗，早期在其鄰近之先進試驗反應器(Advanced Test Reactor, ATR)，也會送一些實驗品到此處檢驗。不過近期來因需求減少，本熱室的工作已大幅降低，現場可以看得出來閒置的狀況，不過設施內的空調仍維持正常的運作，以保持環境的溫濕度。INL 也正尋求與外界或學術界合作的機會，以便能繼續操作使用這些設備。

由於我方事先提出希望能參觀 INL 核用過燃料乾式貯存的設施，故在 INTEC 廠區內存放用過核燃料乾式貯存的地方，便是參觀的一站。據在 INTEC 工作一段時間的 Dick Demmer 告知，此處的用過核燃料的來源包括研究用反應器、軍用反應器、及商用反應器(Peak Bottom)，原則是類似貯存害的地下貯存方式。核研所劉鎮洋

博士詢問有關是否會影響衰變熱的散熱，Rick 則表示這些燃料已是很舊的，地窖的通風及散熱並沒有造成什麼問題。在此處尚有一個露天的乾式貯存場，貯存美國三哩島 2 號機(TMI-2)的破損燃料及爐心殘餘物(debris)，早在 1990 年代就分成 344 個容器(Containers)運送到 INL 做濕式貯存，之後逐步以乾式貯存設施(ISFSI)來存放，於 2001 年完成乾式貯存作業，共計放在 29 個 10 呎寬、15 呎高、18 呎深的混凝土模組中，每個模組中置放 12 個容器的方式貯存，等待最後的處置(final disposal)。站在這個美國核能中史上最嚴重核子事故的爐心破損燃料及殘餘物的貯存場旁邊，可以重溫並體會這一段衝擊美國核電發展的歷史事件。

下圖為當年運送 TMI-2 爐心殘餘物的圖片



參觀第二站來到位於材料及燃料設施(Material and Fuel Complex, MFC)，Dr. Bakhtiar 所領導的核能材料特性研究部門(NMCD)即位於此處，其主要的任務包括分析技術的研發、核燃料及爐心組件之分析。此處除了有多個材料分析實驗室外，也有一個較具規模的熱室，相較於前一站 INTEC 的狀況，MFC 的熱室顯然有較多

的檢驗工作在進行中，由於核研所與 INL 間有一項台美合作案即為熱室實驗室的管理與運用，故未來可做為雙方持續合作或資訊交流的平台。下圖為此熱室實驗室的圖片。



我們在 NMCD 部門與研究進步型反應器燃料之 Dr. Roy Kennedy 會談核燃料的研究現況，以及與 Dr. Jeffrey Giglio 討論有關核子鑑識的應用，此兩個題目也是今年 INL 在台灣舉辦研討會的候選題目。

第二天在 INL 參觀的重點，是緊臨 INL 的先進能源研究中心(Advance Energy Research Center, 以下簡稱 CAES)，它是一個結合了數所大學(Boise State, Idaho State, University of Idaho)、私人工業及愛德荷國家實驗室的一個整體研究中心，並希望進一步創造研究能力、開拓研究人員間合作關係、增進能源相關的教育機會等。CAES 的建築於 2009 年才正式啟用，每年得到美國能源部的經費補助，也吸引大學研究生或其他國家研究人員來此做實驗或進行與能源相關的研究，其研究主題包括：核子科學及工程、進步型材料特性、地熱能源研究、生質能源、能源政策、模式及模擬、能源效能等。由於此處不是直屬 INL，出入不需要繁複的安全檢查，對於申請來到此做研究的人員說，比在 INL 裡面實習或

研究要較為方便一些。我們一行人在 CAES 參觀時，此處正好在辦理一個核燃料相關的研討會，會場附近就看到不少來自各國大學的教授及學生們的參與。下圖為 CAES 的建築物外觀。



在能源研究中心(CAES)的參訪中，INL 特別安排我們展示了一個名為 CAVE 的電腦模擬工具，CAVE 為 Computer-Assisted Virtual Environment 之縮寫。此處的模擬設施，利用電腦 3-D 虛擬的模擬，可以做出許多以往不能做到的事。例如，利用這套工具來模擬位為 INL 的先進試驗反應器(ATR)的內部狀況，可以用來規劃維護工作、訓練 INL 新進人員或契約廠商，或做為設計一些實驗機構。實驗人員也可以使用這套工具來模擬或嘗試各種量測方法。我們訪問當時，便由先進模式及模擬中心(Center of Advanced Modeling and Simulations, CAMS)副主任 Eric Whiting 當場為我們展示了虛擬之 ATR 內部狀況，其情景就好像我們直接走入了爐心的內部，可以說是栩栩如生。有關 CAVE 3-D 模擬工具之操作示意圖如下圖：



二、訪談 INL 人員

本次兩天的參訪行程中，在 Dr. Steven Bakhtiar 熱心聯絡下，會見人數約 15 人左右，可見其用心想要介紹雙方認識，搭起未來合作的橋樑。以下簡要說明與 3 位研究員或主管的訪談重點。

首先是 INL 燃料循環及技術分組的主管 Dr. Terry Todd，也是 Dr. Steven Bakhtiar 的上司。此部門主要焦點為致力於核燃料循環創新技術及未來在美國本土或全球實用系統之研究。其目標包括：輕水式反應器用過核燃料簡易式分離方法之技術開發、先進核燃料及反應器熱能/氫能/廢料轉化之材料研究、核燃料循環最佳化及擴散風險最小化之技術及管理、擴展材料分離技術至其他專業領域、培育下一代核燃料循環科學家及工程師。他並表示，配合美國能源部藍緞帶委員會(Blue Ribbon Commission, BRC)的核廢料處理之結論，INL 也參與規劃未來藍圖的任務，這包括現在高階核用過核燃料在廠內長期貯存的強化及制定未來可能最終處置方案等。

其次是 INL 助理主管 Dr. Michael Goff，據 Dr. Bakhtiar 表示，Dr. Goff 實際上就是台美民用核能合作案 INL 之聯繫

人，國務院即是透過他來安排 INL 適當的研究人員來協助或與我方進行交流，去年 11 月底的台美年會，Dr. Goff 指派 Dr. Bakhtiar 赴台，不但增加了我國與 INL 的合作提案，也間接促成了我們這次的訪問。此外，Dr. Goff 也是美國與南韓間核能合作的 INL 代表，可見其在對外交流合作方面所扮演的角色。我在會談當時，也面邀 Dr. Goff 參加今年 INL 在台舉辦的研討會，他則表示若時間不與南韓的年度會議相衝突，或可考慮親赴台灣參與此項會議，促進雙方的交流合作。

我們在 INL 訪問時，正好有一位清華大學的研究生王瑞渝在此地進行論文研究，此項實習係透過台美合作案編號 Y1 的項目，由於這也是一項持續進行中的台美合作案，故特別安排與其指導研究員 Dr. Abderrafi Qugouag 會晤，瞭解到去年就已有一位張姓研究生在 INL 實習並做論文。而未來如果我方清華大學繼續派員過來，他仍十分歡迎，並會依過去兩年的做法為新的研究生辦理相關的行政作業，我則當面向 Dr. Qugouag 表達謝意。此外，也抽空與王同學會面話家常，並探詢其在 INL 實習研究及生活的狀況。

三、規劃在台交流研討會

兩天訪問結尾的重頭戲，就是由我方三位訪問同仁與 INL 核燃料特性研究部門 (NMCD) Dr. Steven Bakhtiar, Rick Demmer, Dr. Kevin Norbash 討論及規劃今年夏天在台灣舉辦研討會的事宜，重點整理如附件三，雙方人員討論後的合照如下圖。



本項 INL 與我方的研討會主旨在於利用現有合作基礎，進一步開拓雙方未來潛在合作的技術領域，包括：

- 核子鑑識技術
- 熱室管理
- 核燃料之模式及模擬
- 放射性科學應用之教育與訓練
- 除污和除役技術(燃料池清理、計劃及訓練)
- 燃料循環之研究及發展
- 核能材料之管理
- 網路及虛擬溝通
- 燃料暫貯及中期貯存

此研討會預計會利用 2-3 天時間來報告及分組討論，以確認出近期的需要，並規劃未來的合作藍圖(roadmap)。Dr. Bakhtiar 希望能在今年 11 月份的台美年度會議上，報告此研討會的主要成果，以顯示 INL 與我國所建立的密切合作關係。

由於我方與 INL 三項合作案的聯絡人分別為核研所及清華大學的代表，故研討會預計將由核研所主辦，並由清華大學協辦，議程包含 2-3 天討論及一天的參觀。

參、心得與建議

綜合以上兩天的參訪過程，整理心得及建議如下：

1. 本次的參訪主要是透過台美民用核能合作案的架構下來進行，經由愛德荷國家實驗室 (INL) 對應的聯絡人 Dr. Steven Bakhtiar 及其助理同仁的協助，才能夠順利進行參訪的活動。此外，因為自年底台美年度大會之分組討論時，曾明確訂下今年擬互訪的目標，在雙方共同的默契下來推動，也使得本次活動進行的較為平順。而我方人員在訪問前，也提出具體的參訪項目，如用過燃料乾式貯存、熱室運作與管理、熱室設備能力提升、照射後檢驗技術研發等，使得 INL 人員得以安排詳細的行程，最後才能達到參訪的目的。此一參訪的模式，可以做為我國推動與美國各國家實驗室交流的參考。
2. 本次參訪幕後最主要的推手當屬 Dr. Steven Bakhtiar，由於他曾經與曾在美國能源部工作之吳全富博士共事過，對台灣事務並不陌生，且在吳博士的鼓勵下，自 2010 年開始參與及推動台美雙方的民用核能合作。2011 年在台北召開之台美大會上，他即代表 INL 與我方建立三項合作，並訂出多項具體可行的目標，返美後繼續熱心積極推動，以致能辦理成本次的參訪活動。而且在本次參訪過程中，Dr. Bakhtiar 也刻意安排我方代表與 INL 主管階層人員會，並希望主管階層也有機會能到台灣訪問，看得出他想要促進雙方進一步合作的意圖。我方應把握目前這種良好的關係及對方的善意，努力學習更多的技術，也能夠交流分享我方研究的成果。
3. 2011 年底美國能源副部長 Daniel Poneman 訪問我國時，曾在台灣大學發表「迎接明日的能源挑戰」專題演講，其中談到有關核能合作的部分，便提出我國可與美國國家實驗室的核能模型與模擬中心研究開拓新的合作機會，以及透過研討會、實習計劃、學生與研究員的實際操作演練、及合作開發訓練課程，以找出更充分利用現有設備、器材與專業來進行實際演練的方法，這些內容正式目前我國與 INL 三項合作案的主要內容，而本次訪問可能只是其中的一小部分内容，未來仍有許多的機會和項目，讓雙方進行交流、學習、實習與互訪。除了 INL 之外，我們也希望這種合作，能拓展到其他的國家實驗室。
4. 本次訪問最重要的成果之一，當屬初步規劃了今年夏天在台灣辦理研討會的議題及目標，美方代表成員將主要是由 Dr. Steven Bakhtiar 核燃料特性研究部門同仁再加上與討論議相關的專家所組成，此會議不但是可以互相分享雙方在共通專題上的研究現況或成果，也冀望經由本次研討會及分組討論，勾勒出未來合作藍圖。由前述的紀要可知，除了三項台美合作案主要内容之外，亦包括核子鑑識、除役及除污、燃料模擬、乾式貯存等，內容相當廣泛，我國各界核能從業人員，包括原能會、核研所、偵測中心、台電公司、大學教授及學生等均可以參加，希望國內各單位同仁能夠把握機會共襄盛舉，並從多樣的議題中，增進相關的學識與技術。

Idaho National Laboratory 與我國的三項台美民用核能合作案

項目編號	項目名稱	2012 年工作目標
IN-INL-U3	Hot Laboratory Management and Post-Irradiation Examination Technology	1. INER will dispatch staff to visit Irradiated Fuels Examination Laboratory (IFEL) at Oak Ridge Nation Lab and Hot Fuel Examination Facility (HFEF) at the Idaho National Lab. 2. INER will invite US experts to visit INER for review of the safety and management of its hot lab.
TU-DE-Y3	Explore opportunities related to DOE Engineering Innovation Hub for Modeling and Simulation Program.	1. NTHU explores opportunity related to DOE engineering innovation hub for modeling and simulation program 2. NTHU agreed to sponsor one workshop in Taiwan in FY 2012 and sponsor one Staff or student to go INL for certain period of time.
TU-DE-Y4	Formation of New Partnership INL/NTHU/INER/SNL for Education and Training in Nuclear Science and Technology	1. Sponsor workshop to exchange progress and Technical information. 2. Support internships and hands on experiences of students and staff. 3. Develop and implement training curriculums. 4. Issue certificates for specific jobs. 4. Develop webinars for distance learning. 5. Leverage existing facilities and equipments and subject matter experts for practical trainings. 6. Sponsor short courses training developed by involved stakeholders. 7. Outreach activities to reach out for more support.

2012 年 5 月 15-16 日訪問 INL 行程

Participants Rick Demmer, Dr. Steven Bakhtiar, Dr. Kevin Norbash, Dr. Wei-Wu Chao, Dr. Chen-Yang Liu, Dr. Shih-Chung Cheng, Dr. Jeff Giglio, Dan Cummings, Dr. Rory Kennedy, Dr. Terry Todd, Dr. Mike Goff, Doug

May 15, 2012	Item	Lead
8:00 AM	Meet at Le Ritz to van pool to site	Rick
8:15-8:30	INL Willow Creek Building for Badging	Rick
8:30-10:00	Travel from Idaho Falls to INTEC	Steven
10:00-11:00	Tour of RAL at INTEC	Clayne Grigg
11:00-11:30	Travel to MFC	Steven
11:30-12:30	Lunch at MFC (presentations on MFC labs)	Steven
12:30 – 1:00	MFC Fuels Development	Rory
1:00-2:00	Tour of MFC Analytical Labs	Steven
1:30-3:00	Discussions of Materials Characterization at MFC	Steven
3:15-3:45	Return to Idaho Falls	Rick
6:00	Dinner	
May 16, 2012		
8:00 AM	Meet at Le Ritz to van pool to in-town facilities	Rick
8:15-9:30	CAES Facility tour and discussions	Bryan
10:00 -11:00	ROB II Facility tour and discussions	Doug
11:00-12:00	Lunch	Steven
12:30 – 1:30	EROB Meeting with Terry Todd (CR 304)	Terry
1:30 – 3:00	Collaboration possibilities (CR-374)	Steven
3:00 – 4:00	Nuclear S&T Operations (CR-374)	Mike
4:00 - 5:00	Taiwan Workshop Planning	Steven
5:00	Adjourn	

美國愛德荷國家實驗室與台灣研討會之初步議題規劃

INL/US/ Taiwan September Workshop in Taipei

The purpose of this workshop is to utilize existing relationships to develop a roadmap for future collaboration and technical exchange in the following areas:

(Draft Topic List)

- Nuclear Forensics (Standards and Targets)
- High Dose Laboratories (hot cells)
- Simulation and Modeling (fuel rod)
- Education and Training in Radiological Sciences and Applications
- Decontamination & Decommissioning (basin cleanup, planning, training)
- Fuel Cycle Research and Development
- Nuclear Materials Management (tracking and inventory of materials, materials at risk and laboratory information management)
- Website and Virtual Communication
- Temporary/Intermediate Fuel Storage

Goal to have a presentation from each country

Tentative Agenda (2-3 days plus a technical tour):

1. Presentations
2. Identify Immediate Needs
3. Group (Breakout) Discussions
4. Formulate Roadmap (product of workshop)