

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書  
(出國類別：其他)

赴美參加台美民用核能合作會議  
及訪問核能電廠和國家實驗室核能設施

服務機關：原子能委員會

職稱：副主任委員、處長、副處長  
副局長、科長、技士

姓名：蘇獻章、陳宜彬、徐明德  
唐發泰、龔繼康、林惠美

出國地點：美國

出國期間：95年11月3日至95年11月12日

報告日期：95年12月25日

## 摘 要

為強化原子能委員會與美國核能機構間之合作關係，提昇國內核能電廠運轉安全、輻射防護、核子事故緊急應變機制、核設施除役及核廢料管理之水準，原子能委員會蘇獻章副主任委員率原子能委員會、核能研究所、放射性物料管理局、台灣電力公司及駐美代表處共 13 人，於今(95)年 11 月 3 日至 12 日赴美訪問，期間除參加「2006 年台美民用核能合作會議」外，並訪問田納西州 Sequoyah 核能電廠、核能管制委員會技術訓練中心及美國能源部所屬之橡樹嶺國家實驗室的中子源設備等。

另外經由外交部駐舊金山及駐亞特蘭大台北經濟文化辦事處的協助，蘇副主任委員於 11 月 3 日拜會舊金山科學技術組，且於 11 月 10 日訪問喬治亞理工學院，並與當地學人座談，對美國核能教育與研發有更深一層之瞭解與認識。

# 目 次

## 摘要

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 一、前言 .....                           | 2  |
| 二、行程 .....                           | 3  |
| 三、會議及參訪內容.....                       | 4  |
| (一) 2006 年台美民用核能合作會議.....            | 4  |
| (二) 聽取美國核能管制委員會沸水式核能電廠保安簡報.....      | 20 |
| (三) 參訪田納西流域管理局SEQUOYAH核能電廠.....      | 22 |
| (四) 參訪核能管制委員會技術訓練中心.....             | 33 |
| (五) 參訪橡樹嶺國家實驗室碎裂中子源設施.....           | 35 |
| (六) 拜訪駐舊金山台北經濟文化辦事處科技組.....          | 39 |
| (七) 訪問喬治亞理工學院及參訪相關設施.....            | 40 |
| 四、心得與建議.....                         | 43 |
| 五、附件.....                            | 45 |
| (一)、2006 年台美民用核能合作會議議程.....          | 46 |
| (二)、2006 年台美民用核能合作會議出席人員名單.....      | 49 |
| (三)、訪問SEQUOYAH核能電廠我方問題及電廠之答復.....    | 51 |
| (四)、台灣核能發電管制成果之現況.....               | 56 |
| (五)、美國核能管制委員會主席DR. DALE KLEIN講稿..... | 69 |
| (六)、台美民用核能合作會議 2007 年分組執行項目表.....    | 74 |

## 一、前言

台美民用核能合作會議每年由台、美雙方輪流舉辦，2006年會議於11月7日至8日，在美國田納西州查塔諾加市(Chattanooga)的美國核能管制委員會技術訓練中心(USNRC Technical Training Center)舉行。我國由原子能委員會蘇獻章副主任委員率領原子能委員會、核能研究所、放射性物料管理局、台電公司及駐美代表處共13人代表出席。美方團員有美國國務院(DOS)(含美國在台協會AIT)、能源部(DOE)、核能管制委員會(NRC)等共18人參加。

雙方除就彼此核能發展之現況及重要進展交換意見外，並對核能安全與管制、輻射防護、放射性廢棄物處理、環境輻射偵測及放射性同位素應用、能源相關研究等共同有興趣合作項目進行檢討。會議期間雙方共發表10篇論文，除交換台美核能關切議題的最新資訊與進展外，同時在合作部分，新增4項合作項目，在未來合作上保持密切聯繫。

11月6日美方安排我方團員訪問位於查塔諾加市附近的田納西流域管理局(Tennessee Valley Authority, 簡稱TVA)所屬的Sequoyah核能電廠，參觀其汽機廠房、主控制室及用過核燃料乾式貯存場等核能設施，促進雙方人員在核能電廠管理之經驗與技術交流。

台美民用核能合作會議結束隔天11月9日，由蘇副主任委員率領團員參觀美國核能管制委員會技術訓練中心及位於田納西州的橡樹嶺國家實驗室(Oak Ridge National Laboratory, 簡稱ORNL)的碎裂中子源(Spallation Neutron Sources, 簡稱SNS)核設施，我們對此世界領先的核能研究設施及其高素質的研究人員均留下極深刻之印象。

## 二、行程

| 時 間                   | 內 容   |  |
|-----------------------|---|--|
|                       | 行 程   | 參 加 人 員  |
| 11 月 2 日<br>(四)       | 出席美國核能管制委員會「沸水式核能電廠保安成果」簡報  | 徐明德、葉陶然  |
| 11 月 3 日<br>(五)       | 台北→舊金山 (San Francisco)<br>訪問舊金山辦事處科技組                                 | 蘇獻章  |
| 11 月 3-5 日<br>(五~日)   | 台北→洛杉磯 (Los Angeles) 轉機→亞特蘭大 (Atlanta) 轉機→查塔諾加 (Chattanooga)          | 陳宜彬、龔繼康、林惠美<br>楊清田、鄭國川、李德偉<br>唐發泰、林明雄、林俊隆<br>張清枝         |
| 11 月 6 日<br>(一)       | 參訪 TVA Sequoyah 核能電廠  | 陳宜彬、徐明德、龔繼康<br>林惠美、楊清田、鄭國川<br>李德偉、唐發泰、林明雄<br>林俊隆、張清枝、葉陶然 |
| 11 月 7-8 日<br>(二~三)   | 出席 2006 年台美民用核能合作會議   | 全體 13 員出席  |
| 11 月 9 日<br>(四)       | 參觀核能管制委員會技術訓練中心<br>參訪橡樹嶺國家實驗室核能設施                                     | 蘇獻章、陳宜彬、龔繼康<br>林惠美、鄭國川、李德偉<br>唐發泰、林俊隆、張清枝<br>葉陶然         |
| 11 月 10 日<br>(五)      | 參訪喬治亞理工學院   | 蘇獻章、龔繼康、葉陶然  |
| 11 月 10-12 日<br>(五~日) | 橡樹嶺 (Oak Ridge) → 諾斯維爾 (Knoxville) → 亞特蘭大轉機→洛杉磯轉機→台北<br>亞特蘭大→舊金山轉機→台北 | 林惠美、鄭國川、李德偉<br>唐發泰、林俊隆、張清枝<br>蘇獻章、龔繼康                    |

### 三、會議及參訪內容：

#### (一) 2006 年台美民用核能合作會議

台美民用核能合作會議自 1984 年起每年由台、美雙方輪流主辦，2006 年會議輪由美方主辦，於 95 年 11 月 7~8 日在美國田納西州查塔諾加市的核能管制委員會技術訓練中心舉行（議程資料詳如附件一）。本年度會議我國由原子能委員會蘇獻章副主任委員率原子能委員會、核能研究所、放射性物料管理局、台灣電力公司及駐美代表處共 13 人出席，美國方面由美國國務院核能事務辦公室副主任 Dr. Alex Burkart 率領來自美國國務院（含美國在台協會）、能源部、核能管制委員會等 18 人出席，出席人員名單參見附件二。美國核能管制委員會主席 Dr. Dale Klein 並以貴賓身份親臨會場發表專題演講，對美國政府在核能復甦過程中的管制作為與遠景，做了前瞻性的說明，為會議增色不少。

Dr. Klein 在 11 月 7 日以午宴款待蘇副主委，陪同人員我方有陳宜彬處長及楊清田副所長，美方有國務院 Dr. Alex Burkart 及核能管制委員會的 Paul Dickman、William Orders 等人。他首先問及我方參觀 Sequoyah 電廠及對其保安之印象，他提到美國在 911 之後，對核能電廠反恐要求加強甚多。根據情報，恐怖組織在 911 事件時確有計畫攻擊核能電廠，但得到錯誤訊息，認為核能電廠皆有防空砲火保護而打消。雖然核能電廠目標不若世貿大廈易受攻擊，且部分電廠有地形掩護，但美國曾以民航機模擬器配以核能電廠地形來測試駕駛員，約有一半駕駛員能降落在核能電廠圍阻體上。針對另外一關心主題—用過核燃料乾式儲存護箱，因為目標小、結構堅固，即使遭到民航機攻擊也不會受損，另一顧慮是飛機燃油火燒，但因電廠有消防隊可迅速撲滅，應不是問題。

Dr. Klein 餐會中也問及核四廠興建狀況，我方告知雖然奇異公司提供的 ABWR 已經獲得核能管制委員會審核通過，但究竟僅是一概念設計，離興建施工所需的細部設計仍有甚大差距，再加上全新的整廠數位化設計，奇異是第一次整合美國相關廠商，執行經驗及人力均不足，時程嚴重落後。未來美國電力公司興建核能電廠，前面幾部機組，如果核能管制委員會審核要 2 至 3 年，則全程可能要長達 10 年，最近有美國電力公司派高階主管到核四廠參觀，期望在 5 年內蓋好一部類似核四廠的 ABWR 機組，恐不易實現。



11 月 7 日午餐會後合影：左起 Mr. Paul Dickman、楊清田副所長、蘇獻章副主委  
Chairman Dale Klein、Dr. Alex Burkart、Mr. William Orders 及陳宜彬處長

本屆會議循例分為一般議程（Plenary Session）與分組討論（Group Discussion）兩部分，會議首先進行一般議程部分，之後依據討論議題及主管單位的不同分為 3 組，雙方就核能安全與管制、放射性廢棄物處理、輻射應用等項目進行 2 天的分組討論，以下分別說明會議內容：

### 一般議程

本次會議期間，雙方在一般議程部分共發表 10 篇論文，其中我方提出的報告包括：台灣核能發電管制成果之現況（Recent Achievements in Regulating Nuclear Power Activities in Taiwan）、台灣核能緊急應變措施現況（Overview of Nuclear Emergency Preparedness in Taiwan）、核能研究所及相關大學主要活動現況（Review of the Status of the Current Major Activities at INER and Related Universities）、台電核能機組及核四現況與展望（Status and Prospects for the Taipower Reactors and Lungmen Nuclear Power Project）及台灣放射性廢棄物管理現況（Status of Taiwan's Radioactive Waste Management Program）等 5 篇。美方則提出美國核能發電現況（Overview of the Current Status and Prospects for Nuclear Power in the United States）、Global Nuclear Energy Partnership 現況介紹（Current Status of GNEP）、核能電廠緊急應變措施現況及經驗（Current Status and Practical Experience of Reactor Oversight Process in Emergency Preparedness）、美國用過燃料及放射性廢棄物管理政策（U.S. National Policy on Spent Fuel and Radioactive Waste Management）、美國能源部環境管理業務介紹（Overview of DOE Environmental Management Activities）等 5 篇報告，充分交換彼此在核能事務上的最新資訊與作法。美方報告擇要介紹如下：



## A. 美國核能發電現況介紹

美國核能管制委員會主席 Dr. Dale Klein 介紹美國的核能發電現況，K 氏在今年 7 月 1 日就任主席，他面臨與過去完全不同的挑戰，眼前是核能即將復甦，熱門的議題不再是拆廠而是興建。根據預測未來 25 年美國電力成長將高達百分之 50，由於火力電廠有燃料價錢以及環境污染等不確定因素，有預測未來 20 年會興建 50 部核能機組。另外，目前運轉中之 104 部機組，有近一半已申請並獲得准許延長運轉 20 年，而且其他大部分機組也皆會提出申請。

最近美國核能工業界宣布，將提出 20 件興建申請案，共計 29 部機組，核能管制委員會為因應此挑戰，在未來三年將增加 600 人，並成立新的專責單位（Office of New Reactors）來有效處理，並在亞特蘭大成立興建視察辦公室。但是美國核能工業界要有效的執行興建，需要重啟核能製造部門，確認它有良好的品質。另外核能技術人力也是一嚴重問題，一半人已超過 47 歲，未來 5 年約有佔百分之 40 人力的 23,000 人會退休，工業界未來五年需要補充 90,000 人。

Dr. Klein 也提及 Global Nuclear Energy Partnership（GNEP）國際合作計畫，發展下一代反應器及核燃料循環技術，可提昇安全並降低核武擴散疑慮。另外 Multinational Design Evaluation Program（MDEP）國際合作計畫，推動核能電廠標準設計並獲得國際認證，不再需要每一國家都要重複審查。最後，Dr. Klein 強調國際合作及經驗交流對未來核能發展的重要性，並肯定台美雙方過去在核能交流上的成果。Chairman Dale Klein 的講稿參見附件五。

## B. 美國推動 GNEP (Global Nuclear Energy Partnership) 概況

能源部 Mary Gillespie 博士介紹美國推動 GNEP 之概況，GNEP 是美國為達成布希總統於 2005 年提出能源法案，由能源部提出具全球戰略的重要方案之一，其概要摘述如下：

### 1. 緣起

- (1) 由於經濟發展及全球人口增加，經評估未來 20 年全球能源需求將成長百分之 50，至 2050 年能源需求將較目前成長達 2 倍以上。為促進全球經濟繁榮，供應未來能源需求，考量現有電廠的除役汰換及能源使用對環境的衝擊，思考如何減少溫室氣體產量，降低對化石原料的依賴與進口，除應大力推動再生能源及低碳能源研發技術外，無碳、安全且技術已成熟的核能，將是未來不可忽略的能源供應組合之一。
- (2) 為因應未來核能的大量使用，加強核原料最高使用效率，推動核能永續發展，並降低用過核燃料的產量，有必要重新啟動封閉式核燃料循環，即將用過核燃料再處理，淬取其中有用的鈾與鈾，再製成核燃料加以利用。
- (3) 若核能未來被大量使用，如何加強核子保防，發展抗核擴散的核子保防技術與管理體系，以避免核物料被不當使用（如製造核武器），使核能真正成為安全、安心、潔淨的能源系統，有必要發展新的核反應器及核燃料循環技術與核燃料供應體系。

### 2. 目的

- (1) 擴展具安全且無碳的核能應用，以供應全球經濟發展之電力需求。

- (2) 減少用過核燃料之處置與管理，包括用過核燃料的數量、體積、發熱量及輻射毒性等。
- (3) 發展先進核子保防與保安技術，確保核物料在核反應器使用與核燃料循環過程之安全性。
- (4) GNEP 計畫推動成功將大幅改變雅卡山 (Yucca Mountain) 用過核燃料最終處置計畫，包括處置廢棄物之特性、大幅減少廢棄物處置量、簡化其管理及需求壓力。

### 3. 執行策略與推動方案

- (1) 發展並驗證不將鈾單獨分離之先進核燃料再處理技術(如 Urex+技術)，以避免鈾原料被不當使用。
- (2) 發展並驗證以鈉為冷卻劑之快中子反應器 (稱為 Advanced Burner Reactor，簡稱 ABR)，以燃燒再處理取出之鈾及鈾系元素，減輕用過核燃料長半衰期產物之處置需求。
- (3) 邀請工業界參與 Consolidated Fuel Treatment Center (簡稱 CFTC) 計畫，將先進核燃料再處理技術與 ABR 燃料製造技術整合。進而整合 ABR 設施之運轉中心。
- (4) 建構安全可靠的核燃料供應服務體系，由部份核燃料先進國家扮演核燃料供應者，製造核燃料，並大幅改變以往『購買』燃料的商業模式，而採『租用』核燃料的商業模式，即將核燃料租給使用者 (國家)，待使用完退出爐心後，由燃料供應者 (國家) 將用過核燃料收回，並進行再處理以提煉鈾、鈾等可再利用之核原料。
- (5) 設計開發高安全標準且價格合理的小型反應器，以供應用電需求較少的開發中國家之用電成長需求。

- (6) 強化核子保防技術，包括開發抗核擴散之核反應器及核燃料循環運作之保防及保安技術。
- (7) 在以上抗核子擴散的保防技術建構下，推動全球重新考慮採用封閉式核燃料循環策略的共識。

#### 4. 執行現況

- (1) 持續整合國內、外各界意見，規劃 GNEP 之整體計畫內容。辦理國內、外各種說明會、研討會、演講討論等以廣納各界意見，並修正整合 GNEP 計畫之內涵。
- (2) 建立國際共識，布希總統已與俄羅斯、法、英、日、中、加拿大、南韓、澳洲等核能先進國家領袖及國際原子能總署 (IAEA) 討論、溝通，以尋求建立封閉式核燃料循環策略之共識。
- (3) 檢視整合美國及核能先進國家之核能技術，探尋各公、私機構、實驗室合作開發相關技術之意願與可行性。
- (4) 美國能源部已經布希總統核准於 2007 年編列 2 億 5 千萬美元之推動 GNEP 計畫經費。

#### 5. 後記

台美會期間恰逢美國國會期中選舉揭曉，民主黨重掌國會兩院多數，在和美國核能單位專家談及國會生態改變對 GNEP 計畫推動之影響時，大多數專家認為推動封閉式核燃料循環策略已較具共識，但 GNEP 計畫內涵仍有許多歧見，未來仍有大幅改變之可能。

### C. 雅卡山 (Yucca Mountain) 計畫現狀

能源部的 Leroy Stewart 報告雅卡山計畫執行現況，簡報內容分為三個部分，第一部分是場址簡介，第二部分簡述計畫法源依據及最近之立法工作，第三部分是計畫現狀。

雅卡山及其附近土地係由能源部、美國空軍及土地管理局所掌控，位於內華達州拉斯維加斯的西北方 150 公里處，且人煙稀少。此地地質主要為距今 1100-1400 萬年前火山爆發之凝灰岩，所有的火山活動於百萬年前即終止，且為不飽和層，其岩石內空隙之水和空氣可控制空氣流動及水的滲透。年平均降雨量約為 19 公分，這些條件有利於防止放射性核種之移動。

1956 年美國國家科學院的學者有鑑於高放射性廢棄物的問題，若不能解決，將對核能發電的利用造成限制。經研究不同方案後，建議將高放射性廢棄物進行深地層的處置，使其長期隔離於人類生物圈外，經百萬年之衰變，可將其放射性降到可忽略的程度。1982 年美國國會立法通過核廢料政策法 (Nuclear Waste Policy Act)，要求能源部研究並建議可作為高放射性廢棄物最終處置之適當場址，並推動國家計畫將高放射性廢棄物予以安全和長久處置。為能推動此一工作，亦立法要求從核能電廠產生的電，售予使用者的電費中每度電徵收 0.001 美元作為核廢料基金，指定用於進行高放射性廢棄物最終處置的相關活動。1987 年進行修法，指定雅卡山作為單一場址進行詳細地質研究和特性分析。此一立法的宗旨，認為當代社會和人有義務也有責任，將核廢料進行處置，以保護人類健康和 safety，並維護環境，此一職責應由政府、業者和大眾共同承擔。

2006 年 4 月，行政當局有鑑於「核廢料政策法」自 1982 年立

法，並於 1987 年修法，現今之時空與當初情境已大不相同，且為了改善申請核照過程能更為明確、穩定及可預測，開始推動雅卡山之立法作業，分由白宮及參議院依法進行公聽會聽取民眾意見。立法內容包括撤銷永久土地權，基金徵收制度之改革，移除最終處置容量之限制，釐清與申照過程中涉及其他法律之關係，並顯示對廢料處置之信心。

目前此一計畫的後續進展，規劃於 2008 年 6 月 30 日前向美國核能管制委員會提出最終處置建照申請；2009 年 10 月開始建造往雅卡山的鐵路；2011 年 9 月取得 NRC 授權准予建造；2014 年 6 月完成往雅卡山的鐵路；2016 年 3 月完成初次運轉之建造工作；2017 年 3 月開始接收核廢料。回顧最近 18 個月，有 8 項重要的變動因素分別為：提藍及運送之老化和處置問題、品質管控、全球核能伙伴計畫 (Global Nuclear Energy Partnership)、雅卡山立法作業、輻射防護標準、運送、申請執照和啟動時程及以 Sandia 國家實驗室作為計畫領導實驗室。這些變動因素會對雅卡山計畫有所影響，但進行核廢料最終處置之方向則不會改變。

#### D. 能源部環境管理（EM）業務介紹

能源部的吳全富博士報告環境管理計畫（Environmental Management Program, 簡稱 EM）執行現況，美國政府近 50 年來，因核子武器的研發或製造，在研發/製造場址遺留了可觀的輻射劑量，為降低此類輻射對人員的危害，美國能源部於 1989 年成立 EM 辦公室，職司研發場址的清理和關閉作業及相關廢棄物的處置等事務。

由於美國的核武研究機構的場址分布在美國本土全境，因此 EM 計畫是一個極龐大、極複雜的清理計畫，共橫跨 31 個州、包括 114 個場址、涉及土地 2 百萬英畝。EM 辦公室每年經費約美金 60 億元，現有員工（含聯邦政府及外包人力）3 萬 4 千人，EM 辦公室的組織圖詳如次頁。

EM 計畫當今的首要任務包括安全地清除核物料、處置放射性廢棄物、清理和關閉核能設施或場址等，2006 年底前已完成關閉 Rocky Flats、Fernald、Miamisburg、Columbus、Ashtabula、Kansas City Plant 及 Lawrence Berkeley、Lawrence Livermore、Sandia 等國家實驗室共 9 個輻射污染場址。

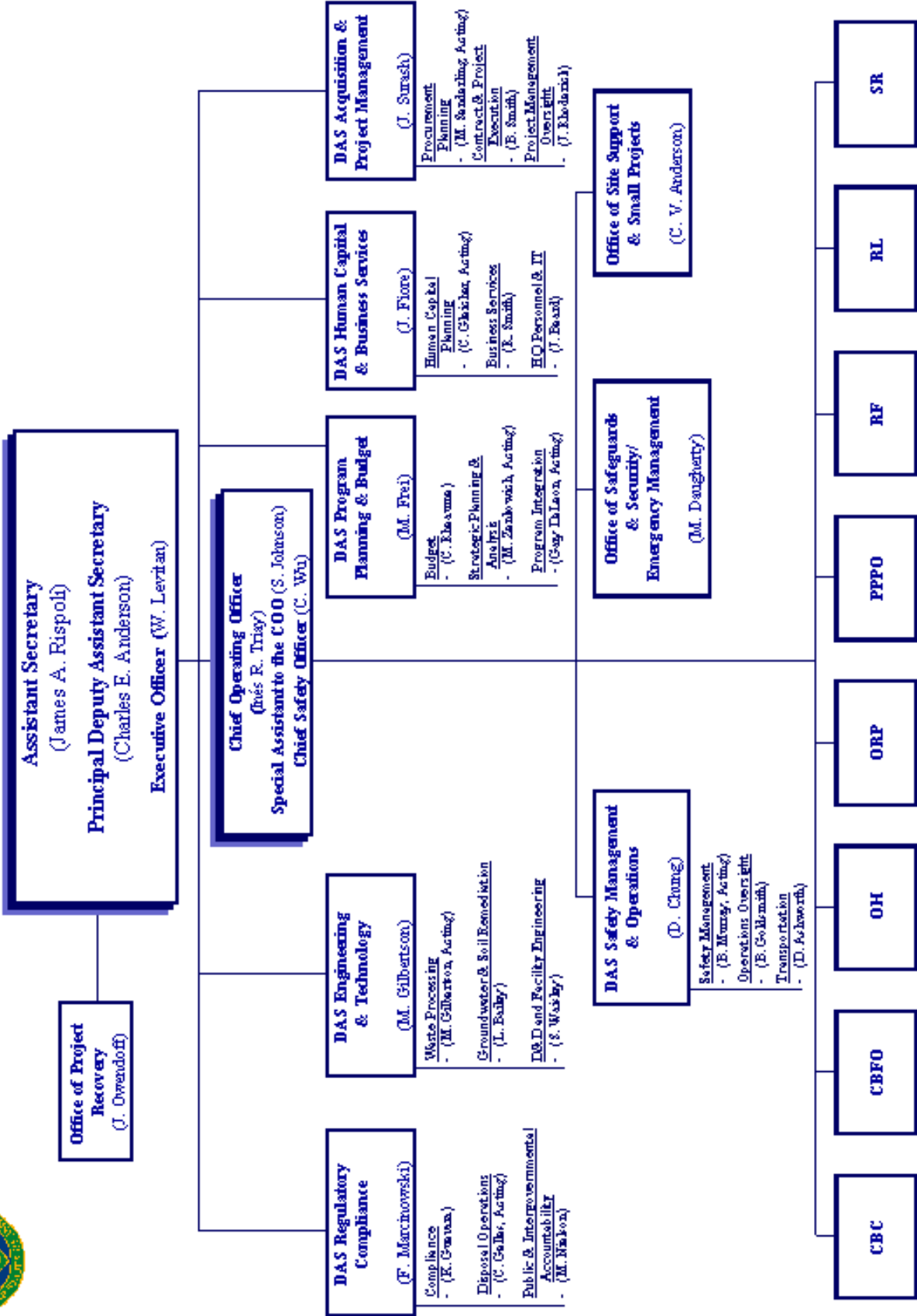
EM 計畫未來待執行的工作很多，預計 2009 年底前將完成清理 Argonne、Brookhaven、Oak Ridge、Lawrence Livermore、Inhalation Toxicology 等國家實驗室，及 Pantex Plant、Stanford Linear Accelerator Center 等共 8 個核污染場址或地區。

EM 計畫的成功與否牽涉到民眾對核能應用的接受度，也與核能發展的興衰有密切關係。有關 EM 的相關報導，可參考能源部 EM 網頁：<http://www.em.doe.gov/doe/em/frontdoor/>。



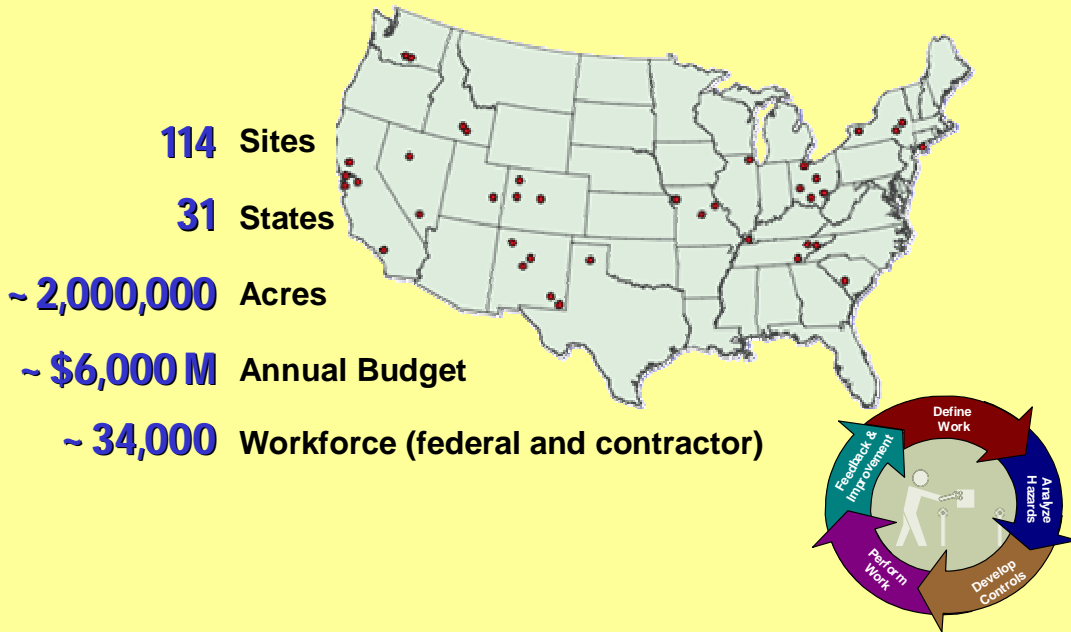
# Office of Environmental Management

Revised 10/26/08





## The EM Program is a Large, Complex Environmental Cleanup Effort . . .



## A recent accomplishment was the cleanup at Rocky Flats . . .

Then . . .

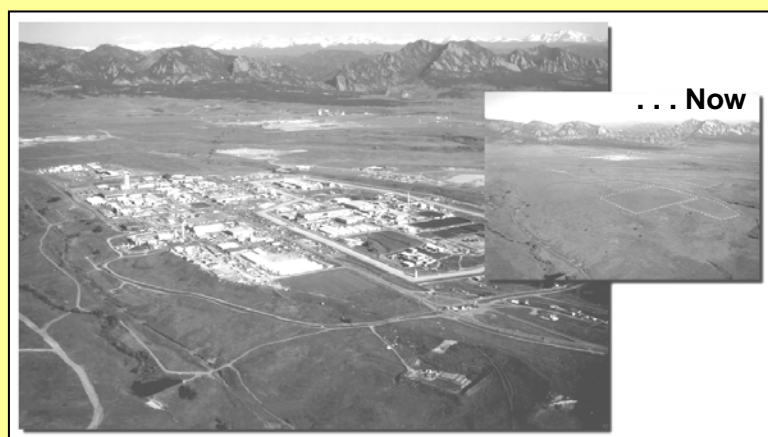
2005

Final TRU Waste Shipment Leaves for WIPP

Demolition Begins for Last Plutonium Building

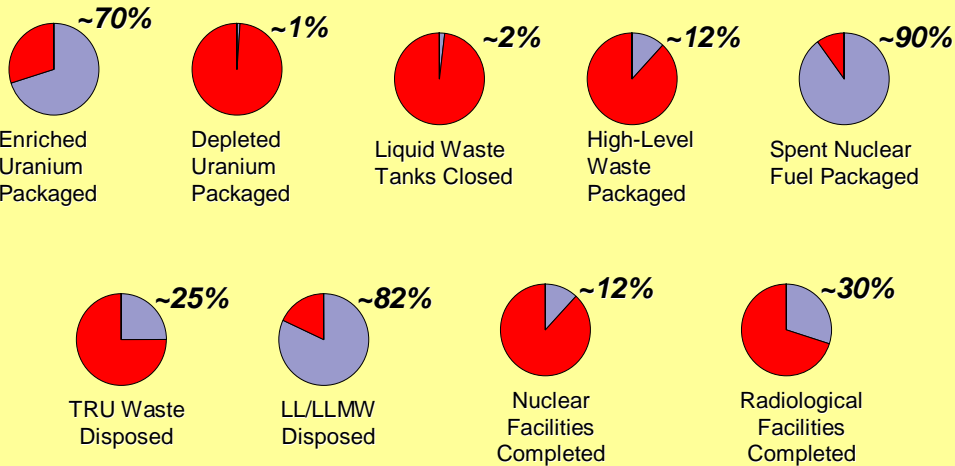
2006

Cleanup Completed Ahead of Schedule Under Budget



## ***EM still have much to do . . .***

### **Percentage Completion of EM Activities - Examples**



## ***EM must continue to operate in a safe, secure cost-effective, and compliance manner by...***



Regulatory Relief

- ◆ Resolving legal/regulatory issues related to liquid waste tanks and other cleanup activities
- ◆ Obtaining regulatory approval of federally mandated changes to waste characterization & confirmation requirements



Innovation

- ◆ Achieving sustained TRU waste retrieval, characterization and shipping at INL, LANL and other sites
- ◆ Accomplishing more with less resources through effective project management, innovation, process improvement, expanded competition, and high standards/accountability



Communication

- ◆ Maintaining effective communications with regulators, the public, and other stakeholders

## 分組討論

本次會議分組討論部分，雙方就進行中之 67 項合作項目及 3 項新增合作項目進行檢討。第一分組主要係針對核子反應器設施管制及其相關法規研議等議題，與美方之核能管制單位展開雙邊合作事項之會談。小組會議由美國核能管制委員會 Mr. Kirk Foggie 及原子能委員會核能管制處陳宜彬處長代表雙方共同主持，本次會議討論議題計有原進行中之合作事項 23 項。其中議題編號 IN-NR-C20 “Equipment Qualification and Design Reviews” 及 IN-NR-F19 “COOPRA (International Cooperative PRA Research Program)” 兩項因已完成而結案；另 AE-TP-NR-F18 “Emergency Response Exercise” 合併至 AE-FE-NR-F22 “Off-site Nuclear Emergency Preparedness”；編號 AE-IN-NR-C18 “Digital I & C Information Exchange” 係提出新的合作執行內容。第一分組雙邊會談結果，後續之合作議題總計為 20 項。

會中美方再次詢問我方是否有意願繼續參與核能管制委員會的嚴重核子事故計畫 (CSARP)，核研所楊副所長答以因核研所人力考量，只能專注在一個分析程式發展與使用（即工業界 MAAP 計畫），暫時無法再參與類似計畫。另外，原能會與美國核能管制委員會每年舉辦之雙邊技術交流會議，因核能管制委員會與韓國、日本亦有類似之會議，美方詢問我方是否同意未來此會議合併為多國技術交流會議，我方表示原則上同意，但可能要考慮到多國語言溝通之困難。

第二分組主要為放射性廢棄物和環境復原兩項主題，小組會議由美國能源部 Mr. Leroy Stewart 及原子能委員會放射性物料管理局唐發泰副局長代表雙方共同主持，本次會議討論議題計有原

進行之合作事項 17 項及 1 項新提案，共計 18 項。議題編號 IN-EM-DD6 “Improvement of Analytical Measurement Methods for Radwaste”及議題編號 IN-DE-DD24 “Cooperation of Promoting INER’s Wet Oxidation and High Efficiency Solidification Technology (WOHEST) in the US Market”因已完成原規劃任務，予以結案；另新提案議題編號為 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”為雙方接受而成立。第二分組雙邊會談結果，後續之合作議題總計為 16 項。

第三分組主要討論美國能源部主導之相關議題，小組會議由美國能源部 Ms. Mary Gillespie 及原子能委員會核能研究所楊清田副所長代表雙方共同主持。本次會議討論議題計有原進行之合作事項 27 項及 2 項新提案，共計 29 項。其中議題編號 IN-SN-C22 “Nuclear Power Plant Security and SAVI Sabotage Analysis”及議題編號 IN-TP-DE-NIST-D60 “Radiochemistry Intercomparison”因已完成原規劃任務，予以結案；另議題編號 AE-IN-FEMA-F26 “Information and Experience Exchange on Emergency Preparedness and Response to Radiological Dispersal Devices (RDD)”合併至議題編號 IN-SNL-F34 “RDD (Radiological Dispersal Device) Emergency Planning”。新增合作項目共有 3 項，台方提出 2 項為議題編號 TU-BN-E1 “Nuclear Structure and Decay Data”及 IN-DE-I19 “Cooperative Programs on the Development of Nuclear Imaging Instrumentation”，美方提出之新增項目為 AE-AIT-FF3 “The Exchange of Experiences in the Safeguarding of Nuclear Material”，此 3 項新增提案均獲雙方同意而成立。經過上述調整後，第三分組雙

邊後續之合作議題總計為 27 項，雙方同意本次會議討論對資訊提供非常重要，並期望擴大未來在提供核能技術合作領域。

本次台美會議經雙方進行分組研商後，除已完成及調整之項目 8 項外，並同意新增 4 項合作項目，總計雙方進行中之合作項目為 63 項。台美雙方 2007 年分組執行項目表詳參附件六。



台方代表團員（部分）



美方代表團員（部分）

## （二）聽取美國核能管制委員會沸水式核能電廠保安簡報

美國在台協會（AIT）執行理事 Ms. Barbara J. Schrage 於 95 年 6 月 14 日致函我國駐美李大維代表，轉美國核能管制委員會致原能會歐陽主任委員函，邀請原能會派員出席美國核能管制委員會專為我國辦理之「沸水式核能電廠保安研究結果分享簡報」。本案經原能會與美國核能管制委員會協商後，美方同意將原訂 7 月舉行之日程改於 2006 年台美民用核能合作會議前舉行，並核定由核能技術處徐明德副處長及駐華府科技組葉陶然副組長代表原能會聽取簡報。

11 月 2 日徐明德副處長與葉陶然副組長前往核能管制委員會聽取簡報，本說明會經雙方同意採機密方式進行，當日簡報前後均宣讀保密規定，簡報過程中亦不提供書面資料，我方人員僅能聽不能記錄，雖然有問題可發問，但是所有資訊還是僅能記憶在自己腦袋中。唯美方亦表示，因簡報資料屬密件性質，若我方對該資料有興趣，希我方透過正式管道向美方提出，核能管制委員會將依程序樂於提供。以下所述，均屬非機密部分：

簡報由核能管制委員會國際計畫處副處長 Ms. Margaret Doane 主持（註：D 氏於 2006 年 2 月陪同核能管制委員會委員 Mr. J. Merrifield 訪台，對我甚為友善），首先介紹核能管制委員會組織架構，並說明近日方完成改組，將核反應器管制處（Office of Nuclear Reactor Regulation, 簡稱 NRR）一分為二，一仍負責運轉中 104 座機組之管制，另增設新建反應器管制處，負責新設機組之設計審查及執照核發等相關作業；另在位於亞特蘭大之第 2 地區分部增設副主管 1 人，負責新建反應器建造審查與稽查事宜。接著由功能與原能會核能技術處極為類似的核子保安與應變處

(Office of Nuclear Security and Incident Response, 簡稱 NSIR, 約有成員 210 人) 副組長 Ralph Way 博士介紹其組織架構與功能, 並特別強調核能電廠保安部分。

組織架構簡介後, 正式進入簡報主題—沸水式核能電廠保安評估, 由核能管制委員會核規範研究處 (Office of Nuclear Regulatory Research, 簡稱 RES) 副處長 James T. Wiggins (W 氏 2006 年 4 月陪同核反應器管制處處長 Jim Dyer 訪台, 參加台美雙邊核能技術交流會議) 做一初步引言後, 交由 Nathan O. Siu 博士報告 RES 有關保安之研究結果。該研究主要係 911 事件後美國各方對核能電廠能否承受滿載燃料的大型民航機撞擊? 是否會對核電廠安全有所影響? 核能管制委員會即委託美國聖地亞國家實驗室 (SNL) 做實驗, 目前實驗已經完成, 美方將實驗方式及結果分享給具有美國設計核電廠之國家 (包括我國)。

RES 人員報告後, NSIR 保安監管科 Barry C. Westreich 科長報告美方的一些因應措施, 他首先指出, 雖然核電廠遭民航機撞擊並不在其原始的設計基準威脅事件中, 然核能管制委員會仍要求所屬領有執照電廠加強防範類似攻擊行為, 並研擬因應措施。每個電廠因其所在位置、設計及四週環境之不同, 所受影響亦將不同, 採取之改善措施亦將有所不同。

雖然我國核電廠遭受大型民航機撞擊之機率極低, 亦不在我國核電廠設計基準威脅事件中, 然美方之訊息仍具有參考價值。由於當日簡報僅能聽不能記筆記, 為求資訊之完整性, 原能會將透過管道正式向美國核能管制委員會提出要求, 俟取得文件後再研究看哪些措施適用於我國之核能電廠。

### （三）參訪田納西流域管理局 Sequoyah 核能電廠

據聞 Sequoyah 核能電廠原本遲遲未答應我方代表團的訪問請求，當美國核能管制委員會主席 Dr. Dale Klein 聽到這個消息後，即親自打電話給田納西流域管理局總裁，我方團員因此才得以依照原訂計畫於 11 月 6 日進廠參觀。

我方事先針對此次訪問提出書面問題，如蒸汽產生器等大型組件更新、功率提升、執照更新、用過燃料乾式貯存等，並要求安排參觀乾式貯存場、超音波流量計等設施。我方書面問題及電廠之答復參見附件三。

當天早上 8 點，我們從旅館搭車出發，大約 30 分鐘後到達 Sequoyah 電廠，由電廠副總經理（Vice President）James Randy Douet 及電廠經理（Plant Manager）David A. Kulisek 親自接待並引導參觀。

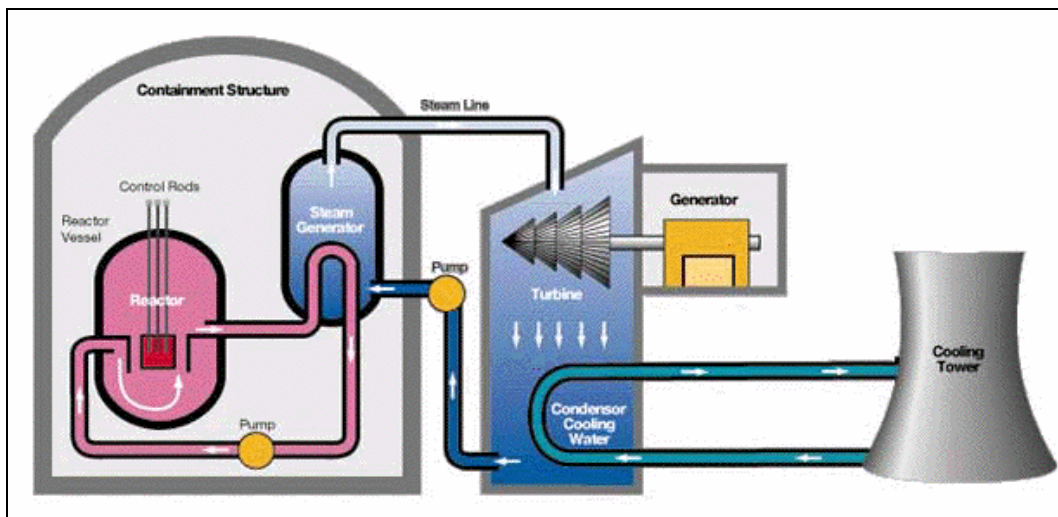
#### Sequoyah 核能電廠概況

田納西流域管理局（TVA）是美國最大的公營電力公司，旗下共有水力、火力、核能等共 72 個電廠，其中核能電廠有 3 座，分別是 Browns Ferry（3 部 BWR）、Sequoyah（2 部 PWR）以及 Watts Bar（1 部 PWR），TVA 提供田納西河流域 860 萬人口百分之 20 的電力需求。Sequoyah 核能電廠位於田納西州，在 Chattanooga 西北 30 公里處的田納西河 Chickamauga 湖岸，起伏平緩的丘陵地，占地 525 公頃。

Sequoyah 有 2 部西屋 4-loop 壓水式反應器，配屬西屋公司的汽機。該電廠在 1970 年開始動工興建，一、二號機分別在 1981 及 1982 年商轉服役，每部機組淨發電量約 1,150MWe，機組 Capacity Factor 大約在百分之 95 左右，績效非常優良。Sequoyah



附近人煙稀少，距離最近的住家，和電廠隔著田納西河約 1.5 英里遠。Sequoyah 和當地社區維持很和諧的關係，每年舉辦交誼活動及捐款，並送發精美的月曆給當地居民，上面有緊急應變的宣導以及簡單明瞭的電廠運作原理。整個田納西流域地區，並沒反核的聲音。



Sequoyah Nuclear Plant PWR 示意圖

### 參觀路線

Sequoyah 副總經理以及電廠經理向我們簡單介紹電廠後，代表團團員分成 2 組由他們 2 人帶隊參觀電廠。路線包括員工辦公室、汽機廠房、主控制室、輔機廠房、開關場、緊急柴油發電機房、冷卻塔、用過燃料乾式儲存場等。在參觀的過程中，每個人必須戴安全帽，並攜帶安全眼鏡、手套及耳塞，一路嚴格遵守門禁清點程序。Sequoyah 要求每個員工必須戴安全帽，此外也必須隨身攜帶安全眼鏡、手套及耳塞，以便現場需要工作時，員工可以立刻上手。為求一致性，電廠經理本身及任何來訪之賓客，均一概遵守相同的規定。

### 第一個印象

參觀 Sequoyah，第一個印象是所到之處，每個人都互相打招

呼，工作氣氛良好。安全人員也都很和氣，不像斯洛伐克核能電廠的警衛那樣不苟言笑。Sequoyah 一、二號機共用汽機廠房和主控制室廠房，為避免操作錯誤，重要設備均有明顯標示其歸屬之機組。廠房非常乾淨明亮，地板光可鑑人；設備標示清楚，一塵不染；現場零組件整齊堆置在木製或鐵製的車斗內。電梯口及通道出入口，都有提醒工作人員遵守規定（戴安全帽、佩章、手套、耳塞、程序書）的牌子，工作場所則設有 STAR-Stop, Think, Act, Review 的標語；重要設備或盤面均圍有繩索，警告輻射、觸電、或動作設備等風險，廠務管理井然有序。



### 圍阻體

Sequoyah 採用 ice condenser 圍阻體（註：美國只有 5 部機組採用），圍阻體體積很小，高 45 公尺、直徑 40 公尺，體積共 32,000

立方公尺，內部分成上下兩層。平時冰床溫度約控制在 20°F，事故時冰塊可以有效吸收蒸汽能量及放射性碘，事故的壓力僅達到 15psig。ice condenser 圍阻體體積明顯比核三廠的圍阻體小很多，這種圍阻體雖然節省少許建造費用，但是維護空間小，而 ice condenser 本身的運轉維護的負擔相當大，不僅每年需要約 100 萬美元運轉維護費用，大修時間也因為 ice condenser 的維護而無法縮短。Sequoyah 是當年核三建廠之參考廠，當時西屋公司也曾建議核三廠採用 ice condenser 之圍阻體，幸好當年台電公司決策者英明，不採用 ice condenser 圍阻體，否則現在問題會比較多。

### 冷卻塔

Sequoyah 的兩座冷卻塔均高 138 公尺，我們參訪時並沒有冒水汽。Sequoyah 平常運轉時優先引取湖水來冷卻冷凝器，只有在排水溫度不符要求時，才啟動冷卻塔輔助，讓流過冷凝器的水通過冷卻塔，降低排水溫度華氏 3 至 4 度，然後再排到湖中或回到冷凝器。冷卻塔每年運轉時間，依天候大約從 3 天到 70 天之間。

### 廢料產量

Sequoyah 並沒有焚化爐，也沒有高效率固化減容系統，其廢料產量每年約 800 立方米，其儲存及掩埋等處置要花不少經費，這是唯一比較差的地方。Sequoyah 雖然知道台灣核三廠核廢料固化減容的驚人成績，但是開會中對於核三廠為何能做到這種地步，並沒有表現出強烈的興趣。

### 人力與薪資

Sequoyah 約有 850 名員工，平均年齡 45 歲。平常另外雇用約 200 名人員，包括勞務及安全人員，大修時再從田納西附近地區招募約 600 名人員，人力相當精簡。大修所招募的臨時人員均屬工

會，具有工會要求之基本工作技能，所以經過簡單的3至4天之短期訓練後，即可分發到電廠維護單位，與電廠人員一起工作。如果這些招募人員要獨立作業，Sequoyah 會依據電廠工作性質施以特別訓練。這些招募人員回流比例大約是百分之75。Sequoyah 員工薪資，新進人員年薪大約5萬美元（新台幣165萬），較資深之員工或高級運轉員年薪大約是6萬5千美元（新台幣220萬），值班運轉員則另有執照及值班津貼。

Sequoyah 有照運轉員中，RO 有40名（其中2位女性），SRO 有34名（其中1位女性）。運轉員養成的程序和台電類似，和美國其他電廠不同的是，Sequoyah 要求運轉員要有高中以上學歷，再受2年專科教育。另外，運轉員在受訓過程中，Sequoyah 內部大約會先淘汰百分之40的學員，通過 Sequoyah 篩選過的學員再去參加美國核能管制委員會的考試，由於訓練有素，近5年來沒有人不過關的。

## 大修

在參觀時，Sequoyah 一號機再20天左右就要大修，所以大部分員工正為準備大修而忙碌，電廠經理解釋大修準備大約已經就緒。我們看到一組員工拿著簡報講義在討論大修的工作，這份「電氣穿越管更新」簡報共14頁，內容包括安全工作目標（零傷害、零失誤）、成功要素（徹底工作前簡報、工作守則、經驗回饋、清潔維護、吊運計畫）、ALARA、工作範圍、時程、預算（註：本項工作預算16萬5千美元，這種個別預算控制是我們當初想像不到的）、工作分配、工作監督（包括方法和型態）、人員溝通交接、工作程序、經驗回饋、器材設備、應變方案（備用自動銲接機、額外零件）等。見微知著，僅僅一份大修工作，計畫就如此周詳，Sequoyah 績效良好靠的應該就是這種兢兢業業的努力。

Sequoyah 大修時間大約是 20 到 25 天，因為大修時間短，所以 Sequoyah 採行 18 個月的燃料週期。比起台灣，這種成績非常驚人。大修如此之短，線上維護是主要的原因。Sequoyah 電廠經理解釋，比起其他大修僅有 15 天左右的 PWR 核能電廠，Sequoyah 主要的弱點有 2 項，第一是圍阻體採用 ice condenser，維護工作很多。第二是蒸汽產生器檢查。Sequoyah 於 2003 年完成一號機蒸汽產生器更新，大修因而可以縮短 3 至 5 天，二號機蒸汽產生器預定於 2012 年更新。另外，Sequoyah 往後 5 年使用 AREVA 的燃料，但是本次大修期間，燃料吊運的工作是經公開競標，外包給西屋公司。值得注意的是，Sequoyah 有相當大的 cold machine shop，其製作修理的設備幾乎包括所有非安全的設備，Sequoyah 有 50 位左右的設計人員，算是相當強的部門。

#### 用過核燃料乾式貯存設施

Sequoyah 兩部機共用一個用過燃料池，目前容量已經用掉百分之 88，業已不具備 2 部機組爐心核燃料全部移出所需之空間（Full Core Reserve）。因應雅卡山計畫（Yucca Mountain project）延遲，短期內無法接收各核電廠用過燃料，Sequoyah 於 2000 年開始規劃用過燃料貯存設施，設置乾式貯存護箱（dry cask）將用過燃料予以中期貯存，其安全貯存期限可達 40 年以上。Holtec 公司的 HI-STORM100 乾式貯存護箱是直立圓柱型，內為密封鋼桶（canister），外圍再包覆一層混凝土屏蔽，最外層則是鋼製護箱，並以油漆塗成墨綠色，每個乾式貯存護箱可以容納 32 束用過燃料。Sequoyah 用過燃料貯存設施當初進行安全分析及輻射劑量評估時，係以 105 個乾式貯存護箱為設計基礎，目前該設施已取得核能管制委員會核發之一般證照（general license），准予容納 90 個乾式貯存護箱。

Sequoyah 配合大修時程，將用過燃料池內最早退出之用過燃料，逐次取出並裝入乾式貯存護箱。2004 年 3 月安裝完成 3 個乾式貯存護箱，2006 年 2 月安裝完成 5 個乾式貯存護箱，預定 2007 年再安裝 6 個乾式貯存護箱。用過燃料自裝填以及廠內運送安置，每個乾式貯存護箱大約需要 7 至 10 天，工作人員約需 15 至 20 人，全體工作人員接受之集體輻射劑量約 350 毫侖目。經費方面，每個乾式貯存護箱造價約 100 萬美元，燃料裝填、運送及維護費用，每個乾式貯存護箱約 30 至 40 萬美元。

乾式貯存護箱在核電廠燃料池裝填用過燃料（水下作業）後其含水濕重是 117 噸，除水後重量為 87 噸。完成安裝用過燃料之貯存護箱係使用燃料廠房的吊車將其吊起，並放置到拖車載運至附近廠區乾式貯存場內存放。載運拖車繞一個矩型大圈，經過 4 次 90 度轉彎，路線長度大約是 1,000 公尺，沿路沒有明顯的坡度。用過燃料乾式貯存場就在核電廠旁邊，8 個乾式貯存護箱目前就吊置在貯存場的貯存台上。為了配合裝填燃料，Sequoyah 燃料廠房的吊車曾做了必要的修改，在第一次裝填用過燃料時，燃料廠房吊車故障了 30 天才修好。

每個乾式貯存護箱中心到中心之間隔約 16 呎。儲存護箱每天由工作人員目視檢查通風口是否阻塞，不需量測溫度及輻射劑量，但會每個月讀取設於場地圍籬上的劑量計的加馬劑量和中子劑量。依照計算分析，當 105 個貯存護箱放滿時，距場地 25 公尺外的年劑量約 25 毫侖目，距場地 488 公尺外之廠界的年劑量約 7 毫侖目。但目前只放置 8 個乾式貯存護箱，未來會配合大修需要而增加護箱數。經量測容納 32 束用過燃料之乾式貯存護箱表面劑量，其加馬劑量率為 3.5 毫侖目/小時，中子劑量率為 2.5 毫侖目/小時；場地圍籬外之劑量，加馬劑量率為 0.2 毫侖目/小時，中子

劑量率為 0.25 毫侖目/小時，廠界劑量率則低於可量測之水準。

### 設備更新

Sequoyah 過去更新的設備，數位化方面包括 RPS 更新為 Eagle21(1990 年)、控制室警報及事件紀錄系統(廠用電腦)(1991 年)、控制室冷凍空調控制系統(2004 年)。另外預定 2009 及 2010 年更新蒸汽產生器水位及飼水控制系統(Foxboro and GMAC)。此外，尚在研究中的數位化項目包括 PZR 及 Atm Relief Valve、CVCS、Steam Dump、Rod Control 等控制系統，以及 BOP 控制。機械設備已經更新者，除了一號機之蒸汽產生器外，還包括高壓汽機轉子。

一、二號機高壓汽機轉子更新結果，功率分別增加了 21.1(註：與蒸汽產生器更新共同達成之效果)及 8.2MWe，更換下來的轉子仍然留在汽機廠房做為備品。除了二號機之蒸汽產生器，Sequoyah 的壓力槽頂蓋(RPV Head)採具有旁通冷卻功能之設計(與核三之設計相同)，目前初步目視觀察情形良好，本次大修將進行詳細檢查，未來亦計畫把壓力槽頂蓋更新為不需拆除保溫材即可檢查之壓力槽頂蓋。設備更新並非基於安全因素，而是減少維護負擔及縮短大修時間的經濟考慮。

### 蒸汽產生器更新

Sequoyah 的蒸汽產生器塞管率遠低於百分之 5，更新蒸汽產生器主要是因為管路檢查數量太高，已經變成大修要徑，而且 Sequoyah 也將於 2010 年申請執照更新，反正蒸汽產生器遲早都要更新，因為金屬物價持續上漲，蒸汽產生器更新後檢查頻度又可以下降，縮短大修 5 天，所以愈早更新，在經濟上愈有利。Sequoyah 於 2003 更新一號機蒸汽產生器，硬體花費 1.8 億美元，人工共使

用 100 萬人-時。2003 年更新蒸汽產生器的那一個大修時間是 92 天，其中 78 天用以更新蒸汽產生器。一號機的新蒸汽產生器，由田納西州查塔諾加市當地的西屋公司設計、瑞典供應管子、法國鍛造大組件、韓國組裝，最後由貝泰負責現場安裝。二號機的蒸汽產生器已經下訂單，預定 2010 年才能交貨，2012 年安裝。

Sequoyah 因為圍阻體很小，更新蒸汽產生器時是將圍阻體「開蓋」，等新蒸汽產生器置入後，再把圍阻體「蓋」回去，包括鋼筋銲接，鋼板銲接，混凝土重新灌漿。Sequoyah 更換下來的蒸汽產生器，儲放在廠區特別蓋的倉庫裡面。TVA 的另一個 PWR 電廠 Watts Bar，也更換過蒸汽產生器。Watts Bar 是利用圍阻體的側面更新蒸汽產生器，更新蒸汽產生器的那一個大修時間是 77 天，其中 72 天用以更新蒸汽產生器。

### 功率提升

在功率提升方面，Sequoyah 二部機皆裝置了超音波流量計 (Ultrasonic Flow Meter, UFM)，功率分別提高了 2.7MWe 及 2.8MWe。運轉經驗顯示，UFM 的 transducer 約有百分之 0.2 fluctuations，而且在機組暫態（跳機或停機）時，曾造成 transducer coupling 鬆脫。Sequoyah 二號機的 transducer 因 coupling 鬆脫而換過 2 次。值得注意的是，Sequoyah 裝置的 UFM 和核二廠準備採用的廠家是同一家 (Caldon)。

### 緊急電力

Sequoyah 的一號機所發的電力，經 ABB 變壓器加壓後，連接到 500KV 系統；二號機所發的電力，經 ABB 變壓器加壓後，連接到 161KV 系統。廠內用電均由外電經 ABB 啟動變壓器降壓後送到電廠，而非如台電核能電廠，由自發電力經由輔助變壓器回



送到電廠。喪失廠外用電時，Sequoyah 兩部機總共有 4 部完全相同之 4,400KW 緊急柴油機 (EDG)，由兩部機組共用。

Sequoyah 運轉規範規定，每部機均需維持 4 部 4,400KW 緊急柴油機可用，喪失一部，必須在 7 天內恢復，否則停機。Sequoyah 運轉規範已經修改 EDG 測試規定，從每個月快速啟動一次，改為每 3 個月啟動一次，以減輕因為測試所造成之磨損。我們建議他們，RG 1.9 法規規定可以每 6 個月才啟動一次，Sequoyah 應可放寬測試要求。

### 主冷卻水泵leakoff flow

Sequoyah 過去也有主冷卻水泵一號軸封 leakoff flow 太低的問題。短期解決的辦法是提高 CVCS 運轉溫度，增加一點 leakoff flow；長期解決的方法是將 RCS 管路中，由碳鋼製造的組件更換為不鏽鋼以減少沈積物，並將 seal 濾網更新為網目較小的濾網。經過更換四次軸封後，leakoff flow 太低的問題已徹底解決。

### Sequoyah的運轉策略

1. 保持最高的水準，注意技術細節；
2. 不做各類產品或技術的先鋒；
3. 以技術和商業考慮，公開競標，引進設備或服務。

### 感想

Sequoyah 跟大部分的美國電廠一樣，執行線上維護，由於保持自有人力技術，持續改善運轉技術，並更新設備，注重專業技術的結果，Sequoyah 大修僅約 20 至 25 天，所以其容量因素均維持在 95% 以上。Sequoyah 是當年核三廠設計的參考廠，現在 Sequoyah 營運績效名列前茅，主要的關鍵，就是旺盛的企圖心，展現在外的，是自有人力的掌握、專業技術的精進、設備的維護

及持續更新、廠務徹底的管理、預算的認真執行。他山之石，所以攻錯也！



參觀後合影，左起第 6、7 人分別為  
電廠副總經理 James R. Douet 及電廠經理 David A. Kulisek

#### （四）參訪核能管制委員會技術訓練中心

美國核能管制委員會技術訓練中心（USNRC Technical Training Center）位於田納西州查塔諾加市，提供核能管制委員會員工反應器技術、風險評估、輻射防護、燃料循環、保安及保防等訓練課程，另外有 4 座模擬器，分別可模擬美國 4 家主要反應器製造廠家，即奇異（GE）、西屋（Westinghouse）、燃燒工程（Combustion Engineering）及 Babcock & Wilcox 之反應器，可以提供反應器操作訓練。

核能管制委員會自 1972 年開始辦理員工訓練，主要委託西屋及奇異等廠家辦理教室及模擬器訓練；從 1974 年才開始有自己的講師，但模擬器仍向廠家或田納西流域管理局租用；自 1979 年三哩島事件後，核能管制委員會要求每一個電廠都要有自己的模擬器後，廠家即退出模擬器訓練市場，因而核能管制委員會必須另尋找其他替代方案。

1980 年核能管制委員會決定在查塔諾加成立訓練中心，主要考量在其位置接近田納西流域管理局之核能電廠及模擬器，並遠離華盛頓總部辦公室，員工可專注於訓練。後由於田納西流域管理局模擬器逐漸無多餘時間可提供予核能管制委員會使用，才開始陸續添購 4 台模擬器，但皆係電力公司核能電廠取消或停止運轉後所遺留下來，譬如 GE 模擬器來自紐約長島 Shoreham 電廠，西屋來自 Trojan 電廠，每 1 台支付搬遷、安裝、軟體更新昇級，僅約美金 100 萬元，比起全新模擬器動則數百萬美金，便宜甚多。

我方團員於 11 月 9 日早上參觀核能管制委員會技術訓練中心，由反應器技術訓練部門主管 Kathleen O'Donhoue 主持，她首先介紹教室訓練課程，教材內容豐富且活潑生動，原子能委員會核能管制處每年皆選派 2 位同仁在暑假期間到該中心接受訓練，

收獲良多。在簡報後並參觀 4 座模擬器，負責人皆來自核能電廠，有豐富實務經驗，講解時皆配有自行製作的看板，幫助學員清楚了解，印象深刻。



第一排左起：葉陶然副組長、李德偉研究員、林俊隆副處長、蘇獻章副主任委員、林惠美技士、Ms. Kathleen O'Donhoue、張清枝主任、唐發泰副局長  
第二排左起：Ms. Mary Gillespie、張錫平先生、龔繼康科長、Dr. Alex Burkart、陳宜彬處長、鄭國川研究員、Mr. Arthur Wendel



## （五）參訪橡樹嶺國家實驗室碎裂中子源設施

11月9日上午結束核能管制委員會技術訓練中心之參觀行程後，橡樹嶺國家實驗室（ORNL）的專車將台美雙方代表團人員載往約兩小時車程外的 Oak Ridge 小鎮，抵達時已近中午，碎裂中子源（Spallation Neutron Sources, 簡稱 SNS）的參訪活動於午餐後開始。Ms. Susan M. Hayes 為 SNS 的聯絡人員，美方陪同參訪的人員有 Alex Burkart、Mary Gillespie 及 Arthur Wendel。

SNS Project 的主任 Dr. Thom Mason 親自於大廳接待並解說引導，由於設施正在運轉，參觀點僅及於中央實驗室與辦公大樓，以及靶區周圍之射束線。隨後於 Dr. Thom Mason 之會議室眺望遠處之線型加速器等建築，並作問答討論。Dr. Sarah Cousineau 此時加入介紹質子加速器部分，她原是印地安納大學李世元教授的博士生，在 SNS 興建期間同時攻讀博士。訪問於午後 4 時，團體合照後結束。

### 碎裂中子源簡介

SNS 是美國能源部所支助之純供先進材料研究之中子源，建造總經費 14 億美元，1999 年破土，今（2006）年 4 月射束抵達靶上，產生第一顆中子，5 月達成專案興建目標，開始功率提昇階段與散射儀器建造階段，預定於 2008 年冬季達成 1.0MW 功率，提供第一批 7 套散射儀器予一般使用者使用。

SNS 是一座新式以粒子加速器為基礎的中子設施，有別於以核反應器為基礎的中子源，中子束較世界上最強的現存設施（英國 ISIS）要強 10 倍以上。日本的 JSNS 中子束強度稍低，建造進度則仍在土木階段，時程較 SNS 落後 3 年。SNS 可以供應每年 2 千人次以上研究人員來使用，是一座開放給大學、國家實驗室、

產業界等共同使用，既能作基礎研究也能作應用研究，橫跨材料科學、磁性材料、高分子與複雜流體、化學、生物等領域，所預留的性能提昇發展空間，足可滿足直到下一世紀的先進材料研究的需要。

SNS 的工程浩大，由能源部轄下 6 個國家實驗室共同合作完成，即 Lawrence Berkeley National Lab 負責前端系統（Ion Source 與 RFQ），Los Alamos National Lab 負責常溫線型加速器，Jefferson Lab 負責超導線型加速器，Brookhaven National Lab 負責蓄積環，Argonne National Lab 負責散射儀器，ORNL 負責散射儀器、靶、土木營造、專案管理，以及設施運轉。下圖是 SNS 整個設施之鳥瞰圖。



SNS 位於 ORNL 國家實驗室院區內一塊 80 英畝的樹林中，雖是對國內外開放設施，安全管理受到 ORNL 國家實驗室節制的影

響，進出不甚方便。此次參訪申請費時，幸好 Project Director Thom Mason 於今年初曾訪問新竹清華大學，加強溝通後始得以按原訂行程進行。

SNS 在結構上有兩點特色：(1)超導脈衝式高加速梯度線型加速器，(2)水銀液態靶。前者很容易地提供高強度中子所需之高強度質子脈衝，而後者可循環使用以及更新，不怕輻射損傷與高能脈衝衝擊，不產生裂縫，不需冷卻水以及一般冷卻水帶來的問題，產生的放射性廢棄物很少。除了粒子加速器所產生之脈衝中子特性以外，SNS 中子源之緩速劑有 1 座用水，有 3 座用液態氫，皆是為了材料研究所需之最佳化中子能量而設計。我們俯瞰了挑高寬敞的控制室與其中圍繞一大圈的控制台。為了高度安全可靠，安全系統（含輻安）未採用電腦數位控制，且與各機器的電腦數位系統完全獨立分離。

SNS 在正式運轉後，將有正式員工約 400 人，執行操作、運轉、維護、管理設施。SNS 將有 8 條中子束線、25 套散射儀，此新脈衝中子研究設施與 ORNL 原有的 High Flux Isotope Reactor (HFIR)核反應器連續中子研究設施的組合，促使 ORNL 成立 Joint Institute for Neutron Sciences 來推動中子研究，包括提供獎學金、客座補助以及建造住宿設施等，方便吸引國內外來訪的使用者，預期 ORNL 將因此成為世界上名列前茅的中子科學研究重鎮。

### 心得與感想

美國國力之持續強大其來有自，以所參訪之 SNS 來說，能源部除了斥資建造此材料研究之基礎硬體設施以外，同時結合 HFIR 成立了 Joint Institute for Neutron Sciences，以促進外界使用者之使用與交流。SNS 之設計更預留充分之升級空間，前瞻至下一世紀

之需要，此世界領先最強的探索工具自然將孕育各種創新、發現與發明。美國國力經常展現在系統整合上，SNS 整合了 6 所國家實驗室的專長，仍能在時程內、預算內完成 SNS 專案目標，為美國之特長再添一例。

SNS 是一使用者設施，正式運轉後將向全世界公開徵求研究使用計畫，一旦獲選，只要研究結果公開發表，中子束設施的使用是不收費的，甚至有可能也申請到差旅補助。台灣在澳洲 OPAL 反應器已投資建造一反應器中子射束線實驗站，似乎仍可鼓勵朝向申請 SNS 之使用努力，畢竟使用世界第一之設施，並與其交流將更有利於我們的進步與迎頭趕上。



## (六) 拜訪駐舊金山台北經濟文化辦事處科技組

11月3日科技組楊啟航組長親至舊金山國際機場接蘇獻章副主任委員，驅車直赴位於5201 Great America Parkway的國科會矽谷辦公室。楊組長首先介紹科技組的工作內容，它服務範圍除北加州外，還涵蓋美國西北部各州，科技組扮演美國與台灣的科技聯絡管道。除主要的矽谷電子相關產業外，近幾年著重於生技產業對台的創投引進，如最近推薦旅美創投業張有德博士（The Veritical Group 合夥人）回台介紹生技產業創投。美國5年前的網路泡沫化，至今仍難恢復，矽谷地區的許多辦公室至今仍閒置，其復甦力道不及台灣來得順利。

楊組長曾於2年前接待過「台美民用核能合作會議」代表團，當初係由歐陽主任委員率團參訪位於矽谷的通用公司。本次蘇副主任委員與楊組長談及最近1年多以來，由於京都議定書生效及石油上漲，全球核能工業明顯復甦，美國布希總統更是大力推展核能，美國半數以上核能電廠已通過延役，另有許多公司正積極籌建新核能機組。

楊組長同時表示，非常感謝原能會近2年對國科會於暑假期間主辦的海外第2代研究生「候鳥計畫」的支持。此項活動於暑假期間舉辦，在國外獲得相當正面的評價與迴響。原子能委員會核能研究所每年暑假期間可以容納10至20位海外學子前往研習，藉由此項活動使得第二代華人對台灣產生認同，甚具意義與價值。

## (七) 訪問喬治亞理工學院及參訪相關設施

### 現況簡介

美國喬治亞理工學院 (Georgia Institute of Technology) 核子工程系 (簡稱核工系) 為美國僅次於德州農工大學的第二大核能教育機構，目前有 151 位大學部學生、53 位碩士班研究生及 21 位博士班研究生。核工系目前擁有 6 位教授 8 位兼任教授，系主任為 Dr. Farzad Rahnema，並規劃於 2007 年新增聘 2 位教授。研究領域包括核分裂 (Fission)、核融合 (Fusion)、放射工程學 (Radiological Engineering)、醫學物理 (Medical Physics) 及支援美國本土安全所需核能科技研發工作 (如建立新攜帶式偵測設備與特殊偵測技術等)。碩士課程提供核子工程、醫學物理及一般科學碩士學位，博士則以醫學物理等相關專業為主。在 2005 至 2006 年間，共有 22 人獲得學士學位，18 人獲得碩士學位，1 人獲得博士學位。

### 研究設施

在研究設施部分，喬治亞理工學院研究用反應器已於 1996 年亞特蘭大奧運前，因安全考量停止運轉，並移除反應器中核子燃料。1997 年校方考量更新核子反應器設施需提供大量經費，因此決定將反應器永久停止運轉並進行拆除。目前反應器本體已完全拆除，反應器圍阻體已於今 (2006) 年 9 月拆除，核工系辦公室並預計於 2 年內搬遷。核工系目前發展包括與知名之 Emory 大學進行醫學物理相關合作，並經由簽署合作協定，加強雙方在臨床醫學研究並提供醫學認證。其他重點發展策略包括建立完整的核能技術研發能力、加強核燃料循環、反應器物理、輻射傳遞及偵測、材料科學等相關研究，以符合美國發展趨勢及需求。

## 研究經費

核工系研究經費部分，2005 至 2006 年間來自企業界及美國能源部補助總計 8 萬 5 千美元，其中企業界的補助為 4 萬 1 千美元，能源部的補助有 3 萬 6 千美元，另外工學院本身提供的補助有 8 千美元，並提供 46 名獎學金。在 2006 至 2007 年間，研究經費補助增加為 13 萬 4 千美元，其中來自企業界的補助為 6 萬 6 千美元，來自能源部的補助為 6 萬美元，工學院的補助則維持在 8 千美元。其中美國 AREVA 公司提供 10 萬美元的補助，用於更新核工系所擁有的輻射度量實驗室。

## 人才培育

人才培育部分，喬治亞理工學院透過南方學院聯盟（Southern Association of Colleges and Schools）及學術共享市場（Academic Common Market）的機制，吸引對核能相關科學有興趣的學生申請就讀。該學院以喬治亞州居民的優惠學費，提供包含阿拉巴馬州、阿肯瑟州、肯德基州、路易西安那州、馬里蘭州、密西西比州、奧克拉荷馬州、南卡羅來納州、維吉尼亞州、及西維吉尼亞州等沒有核能相關課程各州的學生申請就讀。以學費而言，喬治亞州的居民每學期學費約 2 千 2 百美元，其他外州的學生則必需支付每學期 1 萬 8 千美元的學費。喬治亞理工學院核工系以此種補助方式，網羅更多對核能有興趣的學生，以增進人才來源。另外核工系對有發展潛力的學生，採取鼓勵直接申請進入研究所的學程，以培育未來高等核能人才。

## 未來的挑戰

喬治亞理工學院核工系所面臨的挑戰，主要仍在就業市場的問題。由於美國核能就業環境尚未完全復甦，因此仍無法吸引眾多學生就讀。但目前核工系的畢業生已面臨很好的就業市場。另外

在擴充核工系過程中，如何尋找符合資格的教師也是一項考驗。目前核工系已結合美國國內急需發展的相關工作，如建立 GNEP 所需之研究能力、核子保安所需之偵測技術、輻射偵測儀器的建置等，並以此做為新增教師之考量，以補足現有教學資源之不足。如何善用稀少之資源、鼓勵學生選擇核工系就讀、美國能源部逐漸減少之經費補助、與現有硬體設施的更新等，都是未來核工系發展時所必需面臨的挑戰。喬治亞理工學院核工系所面臨的問題與挑戰，都是未來國內人才培育時的借鏡。



左起：蘇獻章副主委、葉陶然副組長、Dr. Farzad Rahnema 及 Dr. C. K. Chris Wang

#### 四、心得與建議

2006 年台美民用核能合作會議在美方細心的籌備與安排，及我方籌備單位原子能委員會的充分協調與整合下圓滿結束。會議期間台美雙方除於大會及分組討論時共發表 10 篇論文，交換台美核能關切議題的最新資訊與進展外，同時在實質的合作方面，本年度雙方新增 4 項合作項目，未來雙方合作將更形緊密。

本次訪美期間由蘇副主任委員率領團員，分別訪問田納西流域管理局 Sequoyah 核電廠、核能管制委員會技術訓練中心、橡樹嶺國家實驗室碎裂中子源設施等核能機構，相關經驗均值得我國在未來執行業務時之參考。

Sequoyah 核能電廠在 2000 年曾獲美國核能協會（American Nuclear Society）頒發核設施成就獎（Utility Achievement Award）；2000 年至 2002 年三年間營運績效名列前茅，並曾創下每度電費僅美金 1.14 分的佳績，其成功的主要關鍵就是旺盛的企圖心、精進的專業技術、完善的設備維護及徹底的廠務管理，他山之石確實值得攻錯！

美國核能管制委員會技術訓練中心每年開辦多種核能專業訓練課程，範圍極為廣泛，包含反應器技術、風險評估、輻射防護、燃料循環、保安及保防等課程，對於電廠視察員的養成、電廠稽查技術的提升貢獻良多。原子能委員會經由台美會議的合作架構，每年薦選主要幹部派赴該技術訓練中心接受訓練，返國後均能學有所用，對我國核能管制及發展助益甚多。

橡樹嶺國家實驗室的碎裂中子源設施 SNS 係當今數一數二的中子科學研究重鎮，預定 2008 年冬季達成 1.0MW 功率。SNS 正式運轉後將開放供大學、國家實驗室、產業界共同使用，既能作

基礎研究也能作應用研究。SNS 歡迎各國提出研究計畫，獲選之申請單位一旦公開發表其研究成果，將可以得到免費使用 SNS 設施之優惠。台灣在澳洲 OPAL 反應器雖已投資建造一反應器中子射束線實驗站，研究機構未來仍可規劃向 SNS 提出申請，藉由使用全球第一的設施，並與菁英人才相互觀摩，必將有利於技術之交流與效益之提升！

## 五、附 件

附件一、 2006 年台美民用核能合作會議議程

**AIT/TECRO Joint Standing Committee on Nuclear Cooperation Meeting**

**November 6-9, 2006**

**NRC Technical Training Center, Chattanooga, TN**

**Monday, November 6**

- 8:00 am Depart Sheraton Read House Hotel  
Enroute to TVA Sequoyah Nuclear Power Plants
- 9:00 – 2:00 Tour Sequoyah (lunch provided)  
(Return to hotel by bus)
- 5:00 pm Informal AIT delegation meeting in Hotel Lobby]
- 6:30pm Dinner at Southside Grill (optional)  
1 Cowart Street at 14<sup>th</sup> Street, Chattanooga  
(Walk from hotel)

**Tuesday, November 7**

- 8:00 am Depart Sheraton Read House Hotel for NRC Technical Training Center
- 8:30 am Continental Breakfast at TTC
- 9:00 am Begin Plenary Meeting

*Opening Remarks*

- AIT Economic Officer David Chang
- Dr. Alex R. Burkart, Head of Delegation
- Dr. Shian-Jang Su, Head of Delegation

*Introductions*

*TOPICS:*

1. *Overview of the Current Status and Prospects for Nuclear Power in the United States*  
(Chairman Dale E. Klein, NRC)
2. *Recent Achievements in Regulating Nuclear Power Activities in Taiwan*  
(Director Yi-Bin Chen, AEC)
3. *Current Status of GNEP*  
(Dr. Mary Gillespie, DOE/NE)

10:30 – 10:45 B

<cont.>



4. *Review and Status of the Current Major Activities at INER and Related Universities*  
(Deputy Director General Tsing-Tyan Yang, INER)
5. *Current Status and Practical Experience of Reactor Oversight Process in Emergency Preparedness*  
(Robert Kahler, NRC)
6. *Overview of Radiological Emergency Preparedness in Taiwan*  
(Ming-Te Hsu, AEC)

12:00 pm NRC-hosted luncheon off-site (invitation only)

12:30 pm Catered lunch for delegations at TTC

2:00 pm Resume Plenary Meeting

**TOPICS:**

7. *Status and Prospects for the Taipower Reactors and Lungmen Nuclear Power Project*  
(Chun-Lung Lin, TPC)
8. *U.S. National Policy on Spent Fuel and Radioactive Waste Management*  
(Leroy Stewart, DOE)

3:30-3:45 Break

9. *Status of Taiwan's Radioactive Waste Management Program*  
(Ming-Hsiung Lin, TPC)
10. *Overview of DOE Environmental Management Activities*  
(Dr. Chuan-Fu Wu, DOE)

5:30 pm Adjourn  
Bus to Sheraton Read House Hotel

6:30 pm AIT-hosted dinner at Hennen's Restaurant  
193 Chestnut Street (Chestnut and 2<sup>nd</sup>)  
(Walk from hotel)

<cont.>

### **Wednesday, November 8**

8:00am Depart Sheraton Read House Hotel for NRC Technical Training Center

8:30 am Continental Breakfast at TTC

9:00 am Begin Working Group Meetings

*Working Group 1 Chair: Kirk Foggie, NRC; Co-chair: Dr. Yi-Bin Chen*

*Working Group 2 Chair: Leroy Stewart, DOE; Co-chair: Dr. Fa-Tai Tang*

*Working Group 3 Chair: Mary Gillespie, DOE; Co-chair: Dr. Tsing-Tyan Yang*

10:30 –10:45 Break

12:30 pm Catered lunch for delegations at TTC

3:30-3:45 Break

5:30 pm Adjourn, Take bus to restaurant

6:00 pm TECRO-hosted dinner at Kanpai of Tokyo

### **Thursday, November 9**

7:30 am Depart Sheraton Read House Hotel for NRC Technical Training Center

8:00 am Continental Breakfast at TTC

8:30 – 10:30 Tour TTC

10:30am Depart TTC for Oak Ridge National Laboratory  
Meet ORNL staff at Calhoun's Restaurant in Knoxville

12:30 – 1:30 Lunch hosted by ORNL at Calhoun's in Knoxville

2:00 pm Meeting with Director Thomas Mason, Spallation Neutron Source  
(Transportation provided by ORNL)

4:00 pm Adjourn JSCNEC Meeting  
(Depart SNS for Comfort Inn in Oak Ridge via ORNL bus)

<end>

## 附件二、 2006 年台美民用核能合作會議出席人員名單

### TECRO DELEGATION

|                     |  |       |
|---------------------|--|-------|
| Dr. Shian-Jang Su   | Deputy Minister, Atomic Energy Council   | AEC   |
| Dr. Yi-Bin Chen     | Director, Department of Nuclear Regulation   | AEC   |
| Mr. Ming-Te Hsu     | Deputy Director, Department of Nuclear Technology  | AEC   |
| Dr. Jec-Kong Gone   | Chief, International Affairs Section, Department of Planning                             | AEC   |
| Ms. Huei-Mei Lin    | Associate Technical Specialist, International Affairs Section,<br>Department of Planning | AEC   |
| Dr. Tsing-Tyan Yang | Deputy Director-general  | INER  |
| Dr. Kuo-Chuan Cheng | Researcher   | INER  |
| Dr. Te-Wei Lee      | Researcher   | INER  |
| Dr. Fa-Tai Tang     | Deputy Director  | FCMA  |
| Dr. Ming-Hsiung Lin | Senior Researcher  | TPC   |
| Mr. Chun-Lung Lin   | Deputy Director, Department of Nuclear Technology  | TPC   |
| Mr. Ching-Sea Chang | Training Center Director, Kuosheng Nuclear Power Station                                 | TPC   |
| Dr. Taun-ran Yeh    | Deputy Director, Science Division  | TECRO |

## AIT DELEGATION

|                         |   |            |
|-------------------------|---|------------|
| Dr. Alex R. Burkart     | Deputy Director, Office of Nuclear Energy, Safety and Security, Bureau of International Security and Nonproliferation       | DOS        |
| Ms. Christine R. Martin | Principal Coordinator, Office of Nuclear Energy, Safety and Security, Bureau of International Security and Nonproliferation | DOS        |
| Dr. Dale E. Klein       | Chairman  | NRC        |
| Mr. Paul Dickman        | Executive Assistant to the Chairman   | NRC        |
| Mr. William Orders      | Technical Assistant, Office of the Chairman   | NRC        |
| Mr. Kirk Foggie         | International Relations Specialist, Office of International Programs  | NRC        |
| Mr. Thomas G. Hiltz     | Special Assistant and International Liaison, Office of Nuclear Reactor Regulation   | NRC        |
| Dr. Donald A. Cool      | International Liaison, Office of Nuclear Material Safety and Safeguards   | NRC        |
| Mr. Robert Kahler       | Inspection Team Leader, Licensing and Inspection Branch, Division of Preparedness and Response, NSIR                        | NRC        |
| Mr. Leroy Stewart       | International Program Coordinator, Office of Civilian Radioactive Waste Management  | DOE        |
| Dr. Mary Gillespie      | Foreign Affairs Specialist, Office of Nuclear Energy  | DOE        |
| Mr. Arthur Wendel       | Senior Nuclear Export License Officer, Office of International Regimes and Agreements, NNSA/NA-243                          | DOE        |
| Dr. Chuan-Fu Wu         | Chief Safety Officer, Office of Environmental Management  | DOE        |
| Mr. David Chang         | Economic Officer  | AIT/Taipei |
| Mr. Steve Showe         | Director, NRC Technical Training Center   | NRC        |
| Mr. Len Reidinger       | Chief, Reactor Technical Training, NRC Technical Training Center  | NRC        |
| Ms. Kathleen O'Donohue  | Chief, Reactor Technology, NRC Technical Training Center  | NRC        |
| Ms. Janice Patterson    | NRC Technical Training Center   | NRC        |

## 附件三、訪問 Sequoyah 核能電廠我方書面問題及電廠之答復

### **Request by Taiwan Delegation during the Visit of Sequoyah Nuclear Power Plant**

1. Taiwan delegation would like to hear presentation by and discuss with TVA staff on the following subjects:
  - Steam Generators and Other Major Equipment Replacement Program
  - Independent Spent Fuel Storage Installations (ISFSI) Program
  - Power Uprate Program (including operating experience of Caldon Ultrasonic Flow Meter(UFM))
  - Digital I&C Upgrade Program
  - Operator Training Program
  - Current Status of License Renewal Program
2. During the plant tour, we would like to visit ISFSI and UFM sites, in addition to other arranged areas.
3. If possible, during lunch hours or other appropriate time, members of Taiwan Delegation would like to discuss with TVA staff on the experience of Reactor Coolant Pump (RCP) # 1 seal low leak-off flow problem. Taipower's Maanshan Unit 2 (a 3-loop Westinghouse PWR) is currently facing this problem without good solution. We would like to know in detail how Sequoyah resolved this problem a few years ago.

# Taiwan Delegation

## Sequoyah Nuclear Plant ( SQN ) Visit 11/06/2006

### SQN Overview

- Major construction began in 1970
- Unit 1 Licensed 1980
- Unit 2 Licensed 1981
- The site contains two power plants each with a capacity of approximately 1148 megawatts electric
- The plant operates with Westinghouse Pressurized Water Reactors and Turbine Generators, and are of the free standing steel containment vessel, ice condenser design
- Ice condenser results in a unique plant design
  - Smaller containment vessel ( 1,186,920 cubic feet )
  - Lower accident analysis containment pressure
  - Containment is divided into upper and lower compartments
- Ice condenser purpose/operation
  - Limit containment temperature and pressure
  - Supplements Containment Spray and Emergency Core Cooling System injection inventory
  - Aids in removal of fission product iodine during a design basis accident, Ice contains sodium tetra borate
  - Passive system, actuates on increased lower containment compartment pressure
  - Significant servicing is required each outage to ensure ice bed operability

## Discussion Topics

- Steam Generator ( SG ) Replacement
  - Unit 1 Replacement
    - March 2003; 92 day Refueling Outage ( 73 day SG Replacement schedule – 78 day SG Replacement execution )
    - Approximately \$180 M cost; 1M Man-Hours to perform
  - Unit 1 Replacement Methodology
    - Removal/installation of SG through roof
      - Two openings hydro-lased in shield building roof
      - Steel containment cut
      - SG enclosure roofs core drilled and wire sawed
    - Building reconstruction
      - SG enclosures plugs reinstalled by splice plate design
      - Steel containment welded
      - Bar-lok design applied on shield building roof rebar prior to concrete pour
  - Compensatory measures were in place for potential heavy load drop and continued Unit 2 operation because of ultimate heat sink pipe tunnel being under load path
  - Unit 1 SG design by Westinghouse in Chattanooga, Tubes from Sweden, Large Forging from France, Assembly in Korea, Bechtel installation
  - Unit 2 Projected – SG delivery 2010, Installation 2012
- Independent Spent Fuel Storage Installation
  - 1<sup>st</sup> Campaign June 2003; Loaded 3 casks ( 32 assemblies in each cask )
  - 2<sup>nd</sup> Campaign January 2006; Loaded 5 casks
  - 3<sup>rd</sup> Campaign Spring 2007; Plan to load 6 casks
  - Future campaigns will follow 2<sup>nd</sup> refueling
  - Fuel Pool currently 88% full
  - Storage pad capacity – 90 casks
  - Canister loading; 1 week to load a cask; 350 mRem average dose per cask; work force of approximately 15-20 people

- Power Uprate
  - Ultrasonic Flow Meter
    - Installation
      - U1 Installation Oct 2001, start use in May 2002; 2.7 MW Electric Increase
      - U2 Installation and use July 2002, 2.8 MW Electric Increase
    - Operating Experience
      - Transducer issues
        - 0.2% fluctuations
        - Transducers replaced because of coupling loss during thermal transients ( unit trip or shutdown ) - Unit 2 transducers replaced twice
  - High Pressure Turbine Modification
    - U1 September 2003; 21.1 MW Electric Increase ( optimized for new SGs )
    - U2 June 2005; 8.2 MW Electric Increase
- Digital I&C Upgrade Program
  - Past Digital Efforts
    - Digital processing for the four safety-related reactor protection sets ( Eagle 21 Westinghouse system ) in 1990
    - Control room annunciation system in 1991 ( provided ability to record the sequence of events during plant transients )
    - Main control room chiller controls replaced with digital system in 2004
  - Steam Generator Level and Feedwater Control System
    - Foxboro And GMAC Replacement Project
      - Elimination of Single Point Failures
      - Obsolescence
    - Implementation Projection 2009, 2010
  - Additional Digital Upgrade Efforts in Consideration
    - Controls for pressurizer and atmospheric relief valves
    - Controls for chemical volume control system, steam dumps, and rod control systems
    - Replacement of balance of plant controls



- Operator Training Program
  - Applies Institute of Nuclear Power Operations ( INPO ) Systematic Approach to Training ( SAT )
  - Program includes non-licensed and licensed positions
  - Licensed positions on site ( 40 Reactor Operators and 34 Senior Reactor Operators )
  - New training classes
    - Three initial licensing training classes in the next two years
    - Two initial non-licensed operator training classes in the next two years
  - Program Consists of:
    - Task Determination
    - Task training matrix
    - Qualification process
      - Written testing
      - On the job and task performance evaluations ( OJE/TPE )
      - Simulator evaluations
    - NRC examination
      - Written testing
      - Simulator evaluation of operating crew
      - Job performance measures of the individual
    - Continuing Training
      - Written testing
      - OJE/TPE
      - Stimulator evaluations
      - Job performance measures
      - Curriculum review committee input to strengthen current plant performance issues
- License Renewal
  - Expect to pursue extension for SQN
  - Preliminary Plan is to submit request in 2010
  - To date TVA focus has been on Browns Ferry Nuclear Plant ( BFN ) extension
    - BFN extension to NRC on January 2004
    - NRC approved BFN extension on May 2006
    - BFN now licensed to Unit 1-2033; Unit 2-2034; and Unit 3-2036
- Reactor Coolant Pump #1 Seal Low-leakoff Flow
  - Four occurrences
    - U1C9 operation ( 1998 )
    - U1C10 operation ( 1999 )
    - U1C11 operation after the Forced Outage of 2000
    - U1C13 operation ( 2004 )
  - Condition addressed by increasing Volume Control Tank temperature, which results in increased seal leak off flow
  - The seal was replaced during the next refueling outage



## ***Recent Achievements in Regulating Nuclear Power Activities in Taiwan***

**Dr. Yi-Bin Chen, Director  
Department of Nuclear Regulation  
Atomic Energy Council, ROC**

**2006 AIT/TECRO JSC Meeting  
Chattanooga, Tennessee, November 7-8, 2006**



## ***Outline***

- **Introduction**
- **Nuclear Power and NPP Safety Performance**
- **Reactor Safety**
- **Radiation Protection**
- **Radioactive Waste Management**
- **Concluding Remarks**



## ***National Policy***

- 2000: Nuclear-free society initiative 2000
- 2002: Environmental Basic Law passed; Nuclear-free society policy in place.
- 2003: Nuclear-free Society Bill drafted for implementation
- 2006: Bill awaits review by legislators

***Meanwhile...***

5



## ***International Trend***

- “Kyoto Protocol” took effect in Feb 2005
- Creeping oil price; gas pipeline dispute
- More leading environmentalists and policy makers realized value of nuclear power
- Especially important for countries with scarce energy resources

6



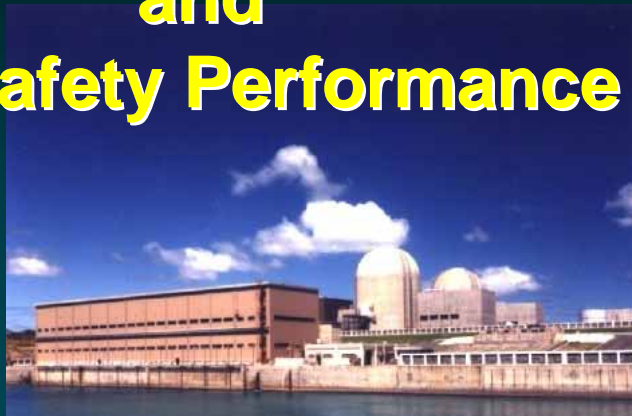
## *Role of AEC*

- Making nuclear power plants safer
  - Reactor safety
  - Radiation protection
  - Radioactive waste management
  - Emergency preparedness
  - Environmental Monitoring
- Research support by INER

7



## **Nuclear Power and NPP Safety Performance**





## Nuclear Power Overview

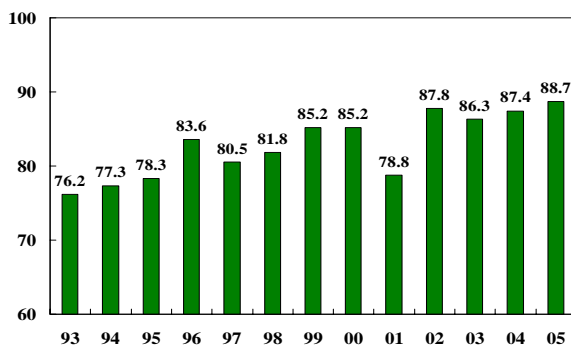
- Number of reactors in service: 6
- Reactor types:
  - GE BWR/4 X 2; GE BWR/6 X 2;
  - WH 3-Loop PWR X 2
- Electricity from nuclear in 2005: 17.6%
- New construction (Lungmen Project):
  - GE ABWR (1350 MWe) X 2
  - Operation expected in 2009.

9



## NPP Performance in 2005

Average capacity factors of all six units



- Average Capacity Factor: 88.7%
- Kuosheng-1 and Maanshan-1 listed top 50 in 2005.

- Abnormal events:
  - Avg. 1.5
- Auto scrams:
  - Avg. 0.5

10



## *NPP Performance in 2005 (Cont.)*

- **Chinshan-1:**  
record-long continuous operation of 538 days
- **Kuosheng-1 & 2:**  
no automatic scram for 3 years
- **Maanshan-2:**  
shortest refueling outage of 33.5 days in TPC's history

11



## *Lungmen Project*

- Construction 58.8% completion by Sept 2006.
- Unit 1 RPV installed on 21 Mar 2005.
- Unit 2 RPV installed on 5 Oct 2006.
- Commercial Operation:
  - July 2009 for Unit 1
  - July 2010 for Unit 2



12



## Reactor Safety



### *Color Designation of Safety Significance*

- NPP performance evaluated by analyzing
  - Performance indicators (PI's) by TPC
  - Inspection findings by AEC
- Three cornerstones of safety evaluated quarterly
  - Initiating events ( 3 PI's )
  - Mitigating systems ( 5 PI's )
  - Barrier integrity ( 2 PI's )
- Inspection findings are color-designated similarly



## Color Designation of Safety Significance (Cont.)

| 設備        | 機組   | 機一組 |   | 機二組 |   | 機三組 |   |
|-----------|--|-----|---|-----|---|-----|---|
|           |  | 1   | 2 | 1   | 2 | 1   | 2 |
| 重要事件      | 最高7200小時運行計劃性及高壓停堆(自動或手動)                      | ●   | ● | ●   | ● | ●   | ● |
|           | 非計劃性反應堆停堆及重大異常停堆                               | ●   | ● | ●   | ● | ●   | ● |
| 核反應系統     | 最高7200小時運行計劃性停堆(自動) 20% 穩定停堆                   | ●   | ● | ●   | ● | ●   | ● |
|           | 高壓停堆系統 (RPS) / RPCS 不可用率                       | ●   | ● | ●   | ● | ●   | ● |
|           | 反應堆中心隔離停堆系統 (RCC) 不可用率及輔助停堆系統 (RFR) 不可用率 (機三組) | ●   | ● | ●   | ● | ●   | ● |
|           | 熱阱停堆系統 (RTR) 不可用率                              | ●   | ● | ●   | ● | ●   | ● |
|           | 管理停堆系統 (EDG) 不可用率                              | ●   | ● | ●   | ● | ●   | ● |
|           | 安全系統功能失效                                       | ●   | ● | ●   | ● | ●   | ● |
|           | 反應堆停堆系統延遲                                      | ●   | ● | ●   | ● | ●   | ● |
| 反應堆停堆系統延遲 | 反應堆停堆系統延遲                                      | ●   | ● | ●   | ● | ●   | ● |
|           | 反應堆停堆系統延遲                                      | ●   | ● | ●   | ● | ●   | ● |

Performance Indicators

| 觀察指標  | 機一組    |   | 機二組 |   | 機三組 |   |
|-------|--------|---|-----|---|-----|---|
|       | 1      | 2 | 1   | 2 | 1   | 2 |
| 重要事件  | 95年第三季 | ● | ●   | ● | ●   | ● |
|       | 95年第二季 | ● | ●   | ● | ●   | ● |
|       | 95年第一季 | ● | ●   | ● | ●   | ● |
|       | 94年第四季 | ● | ●   | ● | ●   | ● |
| 核反應系統 | 95年第三季 | ● | ●   | ● | ●   | ● |
|       | 95年第二季 | ● | ●   | ● | ●   | ● |
|       | 95年第一季 | ● | ●   | ● | ●   | ● |
|       | 94年第四季 | ● | ●   | ● | ●   | ● |
| 管理停堆  | 95年第三季 | ● | ●   | ● | ●   | ● |
|       | 95年第二季 | ● | ●   | ● | ●   | ● |
|       | 95年第一季 | ● | ●   | ● | ●   | ● |

Inspection Findings

15



## Recent and Ongoing Activities to Enhance Nuclear Safety

- Enhanced investigation and inspection on EMI of safety related systems, etc.
- Other regulatory activities:
  - Urge TPC to recruit and train younger licensed operators
  - Adopt RIFA
  - Enforce underground cable monitoring program
  - Inspect BWR control rod crack
  - Request TPC to evaluate grid stability
  - Closely watch BWR fuel channel bow and fuel failure issues.

16





## *Review of Foreseeing Applications*

- Review foreseeing applications on
  - MUR power uprate
  - FSAR of Lungmen NPP
  - license renewal of Chinshan NPP
  - implementation of maintenance rules
- World experiences in operation and regulatory practices are instrumental.

17



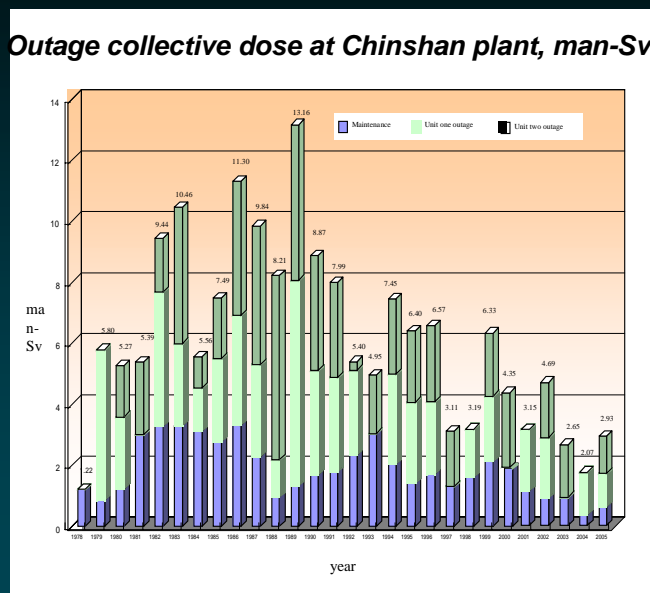


## Dose Optimization – ALARA

- TPC launched a voluntary program of improving performance, enhancing reactor safety, and reducing workers’ exposure.
  - Detailed plans with target values for each NPP (ref. WANO indicators).
  - Each plant adopted administrative actions and technical measures to ensure radiation safety and optimize dose (ALARA).
    - “removal of radioactive sources” played a key role in dose reduction.
  - Efforts began to pay off after 3 years.



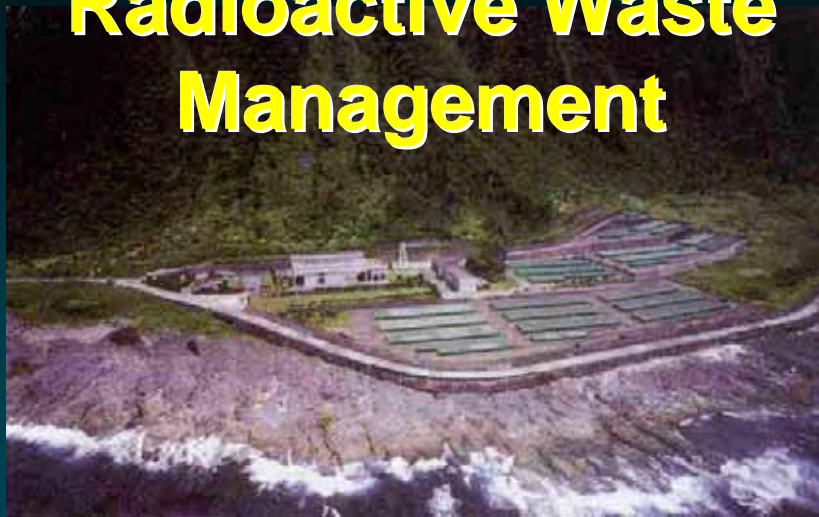
## Dose optimization at NPP1



- In 2004:
  - Avg. 1.13 mSv
  - No one >20 mSv
  - Collective dose 1.03 man-Sv/unit (1st qtr of WANO list)
- In 2005:
  - Outage coll. dose 1.24/1.03 (avg. 3 for 28 years)
  - “Adopt-a-task” awarded by TPC as best practice



# Radioactive Waste Management



## *Spent Fuel Management*

- **Strategy**
  - Near term : pool storage
  - Medium term : onsite dry storage
  - Long term : deep geological disposal
- **Dry Storage**
  - Two-step licensing: construction and operation
  - TPC's Milestones for Chinshan NPP :
    - 2006 submit construction application
    - 2009 begin fuel loading
  - Environmental impact statement reviewed by EPA



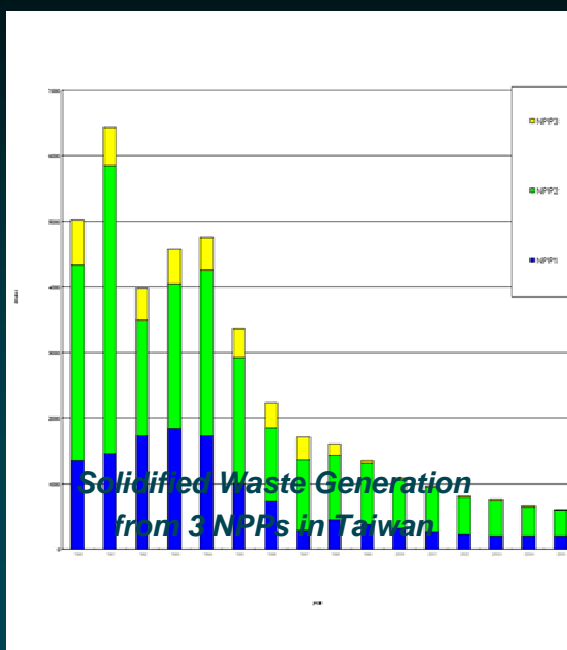
## Deep Geological Disposal of SF

- Repository to be constructed: 2045-2055
- Feasibility study report: 2009
- Current studies:
  - Geologic investigations
  - engineering barrier research
  - performance assessment research
  - public acceptance program

23



## Volume reduction of LLRW



- The “waste” law of 2002 requires reduction of LLRW.
- HEST by INER
  - At NPP3: 10 drums/unit/yr
  - At NPP2: since June 2006

24



## ***Final disposal of LLRW***

- As required by the “Nuclear Materials and Radioactive Waste Management Act”, TPC submitted a final disposal plan; AEC reviews semi-annually.
- “The Establishment of LLRW Disposal Facility Act” passed in April 2006.

25



## ***Final disposal of LLRW (Cont.)***

- According to these two laws:
  - The disposal plan shall be implemented by TPC;
  - Siting committee organized by Ministry of Economic Affairs (MOEA) will suggest at least two recommended sites, local government may propose volunteer sites;
  - Referendum of local residents mandatory before MOEA decides on a candidate site;
  - Incentive package of NT\$5 billion to be drawn from the Nuclear Backend Fund to the hosting county/township;
  - Investigations and selection of potential sites now under way, disposal facility is expected to be in operation around 2016.

26



## Concluding Remarks



### *Committed to International Standards and Norms*

- National reports for IAEA's nuclear safety and radioactive waste management conventions peer-reviewed.
- Communication tests with IAEA and USNRC on nuclear emergency conventions.
- Safeguards inspection following NPT; Additional Protocol established since 1998.

附件五、美國核能管制委員會主席 Dr. Dale Klein 講稿

**Remarks by Dr. Dale E. Klein  
Chairman, Nuclear Regulatory Commission  
before the  
AIT-TECRO Plenary Session  
Chattanooga TN  
November 7, 2006**

Deputy Minister Su, members of the TECRO Delegation. Welcome to the NRC Technical Training Center. As Chairman of the U.S. Nuclear Regulatory Commission, may I say that the Commission is honored to be your host for the 2006 meeting of the AIT- TECRO Joint Nuclear Standing Committee.

I have been asked to provide an overview of the current status and prospects for nuclear power within the United States. I recently spoke to a meeting of nuclear industry chief executives at the Institute for Nuclear Power Operations and I will tell you what I told them. The future of nuclear power in the U.S., and throughout the world, depends on how safely the industry operates today's plants. As you know, an accident anywhere would have a drastic impact on the industry everywhere.

I have been Chairman of the U.S. Nuclear Regulatory Commission for about four months. But it is already apparent to me that I face a very different set of challenges than did some of my predecessors at the NRC. We're talking more today about construction than decommissioning in an era that has been described as a "nuclear renaissance". U.S. demand for electricity in the U.S. is expected to grow by about 50 percent over the next 25 years. The uncertainty surrounding the price of fossil fuels, and continuing environmental questions, have led the U.S. electric power industry to look in the direction of nuclear energy.

We are hearing predictions that the U.S. could build 50 nuclear plants in the next 20 years. Furthermore, half of the 104 nuclear plants in the U.S. have either had their operating licenses extended for 20 years, or have applied for NRC approval. Most of the rest are expected to apply in the future. Instead of being a regulator to a declining industry, I am much more likely to spend my five-year term presiding over its revitalization.

As we look to this future growth in nuclear power, we must ask what qualities a regulator must have to do the best job of ensuring public health and safety? My vision is that first and foremost, NRC needs to be a strong, credible, and consistent regulator. In the uncertain atmosphere surrounding the rapid expansion of a technologically complex and capital-intensive industrial sector, the NRC must provide regulatory stability. We will articulate our requirements clearly, and we will hold our licensees accountable. We will be demanding and we will be responsive to legitimate needs and concerns.

Both the NRC and the nuclear industry have a lot of work ahead of us in gearing up for the next generation of nuclear construction in the U.S. The NRC is working to complete or update the design certifications on such advanced reactor designs as General Electric's Economic Simplified Boiling Water Reactor, known as the ESBWR and Westinghouse's Advanced Pressurized Water Reactor known as the AP1000. More importantly, the nuclear power industry has announced their intention to submit 20 applications for a combined operating license covering 29 new reactors, and we know more are coming.

In preparation, the NRC will be adding 600 new people over the next three years. We also are reorganizing. We have created an Office of New Reactors that will concentrate strictly on issues pertaining to new reactor applications. It is separate from our present Office of Nuclear Reactor Regulation which will continue to focus on operating reactors. Since many of the announcements of new reactor activity have come from the Southeastern region of the U.S., we are adding a new construction inspection office in Atlanta, Georgia.

We will also look at some possible changes in the license application review process in the future. I would like to see the review time required for early site permits and combined operating licenses cut in half, with no compromise in safety. That is not an unrealistic goal, if industry provides the NRC with high quality applications.

I have already made my expectations very clear to the U.S. nuclear industry. In my first meeting with a group of industry leaders, I told them – and this is a direct quote – “It's a plain fact that a quality submission - COL, license renewal, design certification, or anything else - takes less time to review than a bad one. Show me



quality and clarity and the NRC should show you timeliness.” Resource constraints may be much more likely to delay nuclear construction in the United States – and throughout the world – than are regulatory constraints. I am concerned that the worldwide growth of nuclear power will severely tax all of the resources of the nuclear industry worldwide.

Among those resources is the manufacturing sector. I believe the nuclear equipment suppliers are, in many cases, at full capacity. As the global demand for new nuclear power plants grows, the existing supply network will be even further stressed. I believe that NRC and industry must have rigorous inspection programs to ensure the quality – and authenticity – of the millions of components needed for U.S. plant construction. It is important to see this same rigor applied to all plants, not just those in the U.S. I and my fellow regulators – here and abroad – fully understand that a failure at any nuclear facility has global ramifications. World-wide there are over 140 nuclear power plants under construction or in planning and the international regulatory community must pay increasing attention to quality control and the qualification of suppliers.

I am equally concerned about human resources. To some degree, the knowledge amassed by the industry in 40 years of operation is institutional, and is transferable to future operations. But to a large extent, the knowledge reposes in the minds of older workers. A nuclear industry survey shows that nearly half of current U.S. nuclear industry workers are over 47 years old, and that nuclear energy companies could lose as many as 23,000 workers over the next five years – about 40 percent of the total jobs in the sector. That is a tremendous brain drain. How do we transfer the knowledge to their replacements – who will form the cadre of workers as the next generation of plants starts up?

At the same time, the key suppliers in the U.S. – the architect/engineering firms, fuel suppliers and reactor manufacturers, anticipate that 32 percent of their workers will be eligible to retire within the next three years. They clearly must be replaced and their numbers augmented if the nation is to restore its manufacturing capability. The Nuclear Energy Institute estimates that 90,000 workers will be needed to support the nuclear industry in the U.S. through 2011.

The challenges facing the U.S. nuclear industry are equally applicable beyond U.S. borders. Furthermore, there are other issues that we can extrapolate worldwide. The U.S. nuclear industry has restored itself by sharing knowledge to improve performance. Lessons learned from that experience can and should be applied internationally. Open cooperation in standardizing design and applying best practices will help to set new and higher standards of safety and operating efficiency for nuclear facilities worldwide.

Efforts to share knowledge are already under way. As you are undoubtedly aware, President Bush has proposed the Global Nuclear Energy Partnership, or GNEP, a new framework for nuclear energy internationally. President Bush said that GNEP is intended to “create a safe, orderly system to field civilian nuclear plants without adding to the danger of weapons proliferation.”

You will hear more about GNEP later in this meeting, but let me just say that since Secretary of Energy Samuel Bodman announced GNEP in February of this year, the Department of Energy (DOE) has taken the lead in a number of funding, staffing and planning steps that are advancing GNEP from a vision to an effective, functioning program. I further want to emphasize that it is not the intent of GNEP to infringe on the sovereignty of states in making decisions with respect to nuclear energy policy. Its clear intent is to provide alternatives to secure energy supplies and to promote our shared nonproliferation goals. These shared goals can only be achieved by working closely with our international regulatory partners to create the governance framework that ensures that these nonproliferation goals are achieved. The NRC will be working with our partners to create that framework.

Another international initiative to share knowledge and capability internationally is the Multinational Design Evaluation Program (MDEP). Unlike the previous generation of nuclear power plants, the majority of plants to be built around the world in the next 15 years will likely be limited to a small number of relatively standardized designs, purchased from a small number of multinational corporations. This standardization creates an opportunity to leverage the resources and knowledge of the national regulatory authorities who will review these designs.

It is envisioned that MDEP will be implemented in three stages. Stage One is

under way, and is currently focused on the planned design reviews associated with the AREVA NP-EPR reactor. As you know, a reactor of this design is now being built in Finland, has been proposed for construction in France and is undergoing pre-application reviews in the U.S. Several U.S. license applications over the next few years are expected to utilize the design.

Stage Two is intended to be more extensive. Its early activities are beginning and will proceed in parallel with Stage One. The primary objective of Stage Two is convergence of codes, standards and safety goals for designs across international borders. Interfaces between the NEA and the International Atomic Energy Agency will be set up to ensure communication and alignment with IAEA activities in similar areas. Stage Three of the MDEP, the implementation and expansion stage, would use the products of the Stage Two effort to review the advanced reactor designs of Generation IV reactors.

I believe that the MDEP will initially encourage development of standardized reactor designs, which will allow for more meaningful exchanges of reactor experience. The MDEP should foster the safety of reactors in those countries with less experienced and extensive regulatory regimes, and enhance the safety of advanced reactor designs by encouraging a comprehensive safety review. And eventually, international regulatory partners will become accustomed to sharing insights on licensing that will improve licensing processes in general around the world. I strongly support MDEP and will continue to work toward its implementation.

In summary, let me reiterate my belief that cooperation and the sharing of knowledge internationally among those with mature nuclear energy programs and regulatory regimes will ease the path of the deployment of the next generation of commercial nuclear facilities worldwide, and the generations after that. Meetings such as this, which promote that interaction, have proven their value, and will continue to do so. I thank you for the opportunity to address this group, and I would welcome any further occasions on which we might continue our dialogue.

-end-

附件六、台美民用核能合作會議 2007 年分組執行項目表

2006/12/12

|                      | 原 能 會              |  |               |                    | 核研所                                       | 物管局          | 輻測中心     | 台電公司                  | 清華大學                  | 合計                 |
|----------------------|--------------------|--|---------------|--------------------|---|--------------|----------|-----------------------|-----------------------|--------------------|
|                      | 綜計處                | 核管處  | 輻防處           | 核技處                |   |              |          |                       |                       |                    |
| 進                    |                    | C18, C21, F31, F33, S1, S32, S35, S42, S43, S45, Z1, Z12 |               | F1, F22, F25       | B1, F20, F21, H5, S29                     |              |          |                       |                       | <b>G-I</b><br>20   |
| 行                    | U2                 |  | D59, Z9       |                    | G31, G32, G33, J4, DD18, DD23             | G23, G34, J6 |          | G27, DD12, DD19, DD22 |                       | <b>G-II</b><br>16  |
| 中                    | EE3, FF1, FF2, FF3 |  | D64, D65, D66 | F27, F28, EE2, EE4 | D61, F34, I7, I13, I14, I18, I19, T1, V15 |              | F23      | II1                   | E1, Y1, AA1, CC1, HH1 | <b>G-III</b><br>27 |
| 2006/11/8<br>(合併/完成) |                    |  |               | F18, F26,          | C20, C22, D60, F19, DD6, DD24             |              |          |                       |                       | (8)                |
| 2006/11/8<br>(新增)    | FF3                |  |               |                    | I19                                       | G34          |          |                       | E1                    | (4)                |
| <b>合計</b>            | <b>5</b>           | <b>12</b>  | <b>5</b>      | <b>7</b>           | <b>20</b>                                 | <b>3</b>     | <b>1</b> | <b>5</b>              | <b>5</b>              | <b>63</b>          |