103-5117-2

出國報告審核表

出國報告名稱：參加第十九屆太平洋盆地核能會議			
出國人姓名（2人以上，以1人為代表）	職稱	服務單位	
黃平輝	專業工程師	台灣電力公司核能發電處	
出國類別	□ 考察 □進修 □研究 □實習 ■其他 國際會議（例如國際會議、國際比賽、業務接洽）		
出國期間：103年8月24日至103年8月30日		報告繳交日期：103年10月24日	

出國人員自我審核	計畫主辦機關審核	審核項目
☑	☑	1.依限繳交出國報告
☑	☑	2.格式完整（本文必須具備「目地」、「過程」、「心得及建議事項」）
☑	☑	3.無抄襲相關資料
☑	☑	4.內容充實完備.
□	☑	5..建議具參考價值
□	☑	6..送本機關參考或研辦
□	□	7..送上級機關參考
□	□	8..退回補正，原因：
□	□	（1）不符原核定出國計畫
□	□	（2）以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容
□	□	（3）內容空洞簡略或未涵蓋規定要項
□	□	（4）抄襲相關資料之全部或部分內容
□	□	（5）引用相關資料未註明資料來源
□	□	（6）電子檔案未依格式辦理
□	□	（7）未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔
□	□	9..本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表：
□	□	（1）辦理本機關出國報告座談會（說明會），與同人進行知識分享。
□	□	（2）於本機關業務會報提出報告
□	□	（3）.其他
□	□	10.其他處理意見及方式：

報告人：（核能發電處 專業工程師 103.10.24 黃平輝）　單位主管：（核能發電處 副處長 103.10.27 梁天瑞）（核能發電處 副總組長 103.10.27 李啓方）　主管處主管：（核能發電處 處長 103.10.31 簡福添）　總經理／副總經理：陳布燦 103/11/3 林專德（公出）

說明：

一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。

二、審核作業應於報告提出後二個月內完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「公務報告資訊網為原則」。

出國報告（出國類別：開會）

參加第十九屆太平洋盆地核能會議

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：黃平輝專業工程師

派赴國家：加拿大

出國期間：103 年 8 月 24 日至 103 年 8 月 30 日

報告日期：103 年 10 月 24 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：參加第十九屆太平洋盆地核能會議

頁數 28 含附件:■有□否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台灣電力公司/陳德隆/(02)23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

黃平輝/台灣電力公司/核能發電處/專業工程師/(02)23667392

出國類別：□1 考察□2 進修□3 研究□4 實習■5 其他 -出席國際會議

出國期間：自 103 年 8 月 24 日至 103 年 8 月 30 日 出國地區：加拿大

報告日期：103 年 10 月 24 日

分類號/目

關鍵詞：太平洋盆地核能會議

內容摘要：(二百至三百字)

本次出國之任務為參加民國 103 年 8 月 24 日至 8 月 28 日在加拿大溫哥華舉行之第十九屆太平洋盆地核能會議。於會議中發表「核一廠中幅度功率提昇案之關鍵考量與安全議題（Key Considerations and Safety Issues for the Stretch Power Uprate at Chinshan Nuclear Power Station)」論文。此論文重點在介紹台電公司在核一廠中幅度功率提昇案的一些之關鍵考量與安全議題，期能與國際核能社會分享國內的重要經驗。台灣目前核能發電成本僅為全電力系統平均值的 30%左右，對台灣之電價穩定有極大的貢獻。台電公司自民國 93 年以「功率提昇」來進一步提高核能系統績效。

本案的關鍵考量包括 4 項：(1)可提昇功率之幅度：以不執行重大分析或設備更新為原則，(2)提昇功率之策略：採用不增加反應爐頂部最高運轉壓力之「等壓功率提昇」(CPPU) 策略，(3)安全分析報告之整體方式與內容與美國作法一致，(4)功率提昇採兩階段提昇功率方式。本案的關鍵安全議題包括 6 項：(1)安全分析報告對原能會審查導則之符合性，(2)福島事故後核能安全總體檢議題之處理，(3)圍阻體內部保護塗料議題之處理，(4) GL 96-06 議題之處理，(5) 「Credit for Containment Accident Pressure」(CAP) 議題，(6) AP Load 的動態效應議題。

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

摘 要

第十九屆太平洋盆地核能會議（19-PBNC）係太平洋核能理事會(Pacific Nuclear Council，簡稱 PNC)每兩年辦理之國際會議，本次由加拿大核能學會 (Canadian Nuclear Society，簡稱 CNS)、加拿大核能協會 (Canadian Nuclear Association，簡稱 CNA)與加拿大自然資源部(Natural Resources Canada，簡稱 NRC)共同主辦，係加拿大第三次承辦 PBNC。

本次會議之主題為「在 21 世紀環太平洋盆地核能技術承諾的實現」(Fulfilling the Promise of Nuclear Technology Around the Pacific Basin in the 21st Century)，研討會於 8 月 24 日至 8 月 28 日於加拿大溫哥華市中心 Hyatt Regency 飯店召開。本次會議有加拿大、日本、美國、加拿大、俄羅斯、澳洲、英國、法國、德國、比利時、墨西哥、阿根廷、印度、印尼、馬來西亞，阿拉伯聯合大公國、芬蘭、中國大陸、我國等國家的專家代表出席，經大會統計共約有 600 人參加，發表的論文約有 300 篇。我國代表團包括原能會三名（黃副主委、吳景輝技正、鄭永富技正），核能研究所四名（徐獻星、洪勁宇、陳彥旭、范勝淵），台灣電力公司一名（黃平輝），清華大學二名（李敏及施純寬教授）及原能會駐華盛頓特區副組長趙衛武博士。

本次會議除了 64 個專題導向、平行展開的技術議程(Technical Sessions)，另有 7 個專題研討論壇(Plenary Sessions)及 6 個主題(Keynote)演講，大會共安排 46 位高階領袖進行演講，提供與會者藉由論壇與核能領域高階領袖針對核能技術之展望與願景做溝通互動。每天有半天的專題研討論壇及半天的技術議程。

本次會議黃副主任委員受大會邀請發表「台灣核能安全的管制監督」專題報告；其他團員則分別參加各項議程及發表論文，並與與會各國專家學者交換技術意見。

目　　錄

頁數

一、目的 1

二、過程 2

三、心得與建議 11

附件一 論文 18

一、目的

本次出國之任務係參加民國 103 年 8 月 24 日至 8 月 28 日在加拿大溫哥華舉行之第十九屆太平洋盆地核能會議（PBNC），PBNC 是在太平洋核能理事會(PNC)推動下，由太平洋沿岸國家的學術團體輪流舉辦的國際會議，從 1976 年開始，每兩年召開一次。PBNC 大會的宗旨是促進核能技術的交流，爲太平洋地區核能的開發和全世界核能事業的發展作出貢獻。由於太平洋地區是世界核能發展最爲活躍的地區，故 PBNC 為世界核能界之盛事。

本次會議之主題為「在 21 世紀環太平洋盆地核能技術承諾的實現」(Fulfilling the Promise of Nuclear Technology Around the Pacific Basin in the 21st Century)，有加拿大、日本、美國、加拿大、俄羅斯、澳洲、英國、法國、德國、比利時、墨西哥、阿根廷、印度、印尼、馬來西亞，阿拉伯聯合大公國、芬蘭、中國大陸、我國等國家的專家代表出席，經大會統計共約有 600 人參加，發表的論文約有 300 篇。我國代表團包括原能會三名（黃副主委、吳景輝技正、鄭永富技正），核能研究所四名（徐獻星、洪勁宇、陳彥旭、范勝淵），台灣電力公司一名（黃平輝），清華大學二名（李敏及施純寬教授）及原能會駐華盛頓特區副組長趙衛武博士。

於會議中發表「核二廠小幅度功率提昇案安全分析之重要技術議題」(Special Technical Issues for Safety Evaluation on Measurement Uncertainty Recapture Power Uprate at Kuosheng Nuclear Power Station)論文，參加各項議程並與各國專家學者交換技術意見，達成經驗交流與論文發表之任務。

二、過程

(一)行程

此次奉派出國，行程如下表：

日 期	行程	工　作　內　容
8 月 24 日	台北－加拿大溫哥華	往程
8 月 25 日至 8 月 28 日	加拿大溫哥華 Hyatt Regency 飯店	參加第十九屆太平洋盆地核能會議
8 月 29 日至 8 月 30 日	加拿大溫哥華－台北	返程

(二)出席第十九屆太平洋盆地核能會議

第十九屆太平洋盆地核能會議（19-PBNC）係太平洋核能理事會(Pacific Nuclear Council，簡稱 PNC)每兩年辦理之國際會議，本次由加拿大核能學會 (Canadian Nuclear Society，簡稱 CNS)、加拿大核能協會 (Canadian Nuclear Association，簡稱 CNA)與加拿大自然資源部(Natural Resources Canada，簡稱 NRC)共同主辦，係加拿大第三次承辦 PBNC。本次會議之主題為「在 21 世紀環太平洋盆地核能技術承諾的實現」(Fulfilling the Promise of Nuclear Technology Around the Pacific Basin in the 21st Century)，研討會於 8 月 24 日至 8 月 28 日於加拿大溫哥華市中心 Hyatt Regency 飯店召開。本次會議有加拿大、日本、美國、加拿大、俄羅斯、澳洲、英國、法國、德國、比利時、墨西哥、阿根廷、印度、印尼、馬來西亞，阿拉伯聯合大公國、芬蘭、中國大陸、我國等國家的專家代表出席，經大會統計共約有 600 人參加，發表的論文約有 300 篇。我國代表團包括原能會三名（黃副主委、吳景輝技正、鄭永富技正），核能研究所四名（徐獻星、洪勁宇、陳彥旭、范勝淵），台灣電力公司一名（黃平輝），清華大學二名（李敏及施純寬教授）及原能會駐華盛頓特區副組長趙衛武博士。

本次會議除了 64 個專題導向、平行展開的技術議程(Technical Sessions)，另有 7 個專題研討論壇(Plenary Sessions)及 6 個主題(Keynote)演講，大會共安排 46 位高階領袖進行演講，提供與會者藉由論壇與核能領域高階領袖針對核能技術之展望與願景做溝通互動。每天有半天的專題研討論壇及半天的技術議程。

大會在 8 月 24 日(週日)辦理歡迎晚會，因班機安排之緣故，抵達會場之旅館已錯過此次歡迎晚會。

本次會議黃副主任委員受大會邀請發表「台灣核能安全的管制監督」專題報告；其他團員則分別參加各項議程及發表論文，並與與會各國專家學者交換技術意見。

本次會議之主要活動內容摘述如下：

1.開幕議程

在 8 月 25 日(週一)上午八時，大會主席 Frank Doyle 先生(前任 CNS 主席)提出大會議程的一般性報告，並由大會邀請貴賓包括 Jacques Plourde 先生(現任 CNS 主席)、

Atsuyuki Suzuki 教授(PNC 主席)及 John Barrett 博士(CNA 主席)等對各國前來參加與會者致歡迎辭。接著由 Tim Gitzel 先生(Cameco 公司總裁兼執行長，大會榮譽主席)介紹代表自然資源部 Greg Rickford 部長出席的 Kelly Block（部長之 Parliamentary Secretary），她致辭時強調加拿大政府持續支持國內的核能工業。

2.專題研討論壇

本次會議的專題研討論壇主題共有 7 個，分別為：在太平洋週邊的發展(Developments within the Pacific Rim)、處理挑戰－替代的燃料循環及燃料供應(Addressing the Challenges - Alternative Fuel Cycles and Fuel Supply)、處理挑戰－用過燃料的長期管理(Addressing the Challenges - Long-Term Used-Fuel Management)、建構未來－新型反應器的發展及應用(Building for the Future – Developing New Reactor Technologies and Applications)、建構未來－電廠基礎設施的發展及壽期管理(Building for the Future – Plant Infrastructure Development and Life Management)、管制要求在確保核電廠運轉安全之趨勢(Trends in Regulatory Requirements to Ensure Safe Operation of NPPs)及述說我們的故事－溝通及推廣的討論(Telling Our Story – Communications and Outreach Discussion)等。

在 8 月 25 日(週一)上午 Kelly Block 致辭結束後，立即開始第一場的專題研討論壇，主題是「在太平洋週邊的發展(Developments within the Pacific Rim)」，由 Peter Lyons 博士(美國能源部負責核能的助理次長)擔任議程主席並發表題為「核能在美國的過去、現在及未來(Past, Present, and Future of Nuclear Power in U.S.)」的演講，指出美國總統歐巴馬支持潔淨能源的政策，能源部正在支持小型模組化反應器的發展以及現有核電廠延役超過 60 年之可行性研究。Atsuyuki Suzuki 教授在「日本的挑戰－邁向最穩固的未來核能(A Japan’s Challenge – Towards Creating a Most Robust Nuclear Energy Future)」的演講中，提出日本的核能計畫在福島事故之前缺少安全文化的認知，核能事務在未來要更高度透明的做法，並提及輻射在線性無門檻(Linear No Threshold, LNT)模式的不當應用下將導致過度疏散的問題。Ontario 電力公司(OPG)所屬加拿大核能合作夥伴(Canadian Nuclear Partners, CNP)總裁 Pierre

Tremblay 先生提出「確保核能未來的策略(Strategies for Ensuring the Future of Nuclear Energy)」，以該電力公司 Darlington 核電廠正規劃重新翻修所有的四部機組為題，說明目前此為全世界最大的計畫。中國國家核電技術公司(State Nuclear Power Technology Corporation of China)副總經理魏鎖在「中國核電的現況與展望(The Current Status and Prospect of Nuclear Power in China)」演講中，提到中國在 1970 年代決定發展核電，至 1984 年已完成自行設計之 PWR 電廠，目前有 20 部運轉中之機組以及 27 部興建中之機組；國產 AP1000 的標準化設計業經批准，即將開展國產 AP1000 的大量興建。韓國原子能工業論壇(KAIF)執行副主席 Kye Hong Min 先生在「韓國核電的現在與未來(Present and Future of Korean Nuclear Power」中提出亞洲的另一個成功事蹟，在韓國 97%的能源依賴進口，故從 1970 年代由一部統包的 PWR 電廠展開核能計畫，幾年後完成另一 CANDU 機組(Wolsong 電廠 1 號機)，韓國在之後的幾十年已發展完全本土化的國營電力業主(Korea Hydro and Nuclear Power (KHNP) 公司)的核能計畫，並且正在替阿拉伯聯合大公國執行大型核能計畫。墨西哥國家核能研究院(Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares)的 Javier Palacios 博士提出「墨西哥最近的核能狀況(Nuclear Energy in the Near Future in Mexico)」，該國有一個兩部機組之 Laguna Verde 核電廠，正在研究於該廠址增設兩部機組，以降低該國石化燃料的使用。國際原子能總署(International Atomic Energy Agency, IAEA)副秘書長 Alexander Alexander 博士演講主題為「IAEA 對太平洋區核能的成長以及其發展的支持」，他指出目前全世界有 72 部核反應器正在興建，其中 48 部在亞洲，主要為中國與印度，此外，許多其他亞洲國家正在規劃核能計畫。IAEA 將提供這些國家三個階段的支助：(1)能源規劃與分析、(2)提供必要基礎設施備便之里程碑規劃、及(3)訓練及協助。

8 月 26 日(週二)下午的專題研討論壇，主題是「處理挑戰－長期用過燃料的管理」，第一篇演講由兼任本論壇主席的加拿大核廢料管理組織(Nuclear Waste Management Organization, NWMO)之總裁 Ken Nash 先生提出「加拿大對用過核燃料的長期管理計畫(Canada’s Plan for Long-Term Management of Used Nuclear Fuel)」；

強調 NWMO 主要專注在尋找擁有適合深層地質貯置技術屬性的地區，目前正在評估有可能的四個地區，建議深層地質貯置的設計概念及相關之容器，已由加拿大核安委員會(Nuclear Safety Commission, NSC)審查，由核營運業主財務支持的基金將完整提供最終貯置場的運轉及費用，故其對未來一代不會造成財務的負擔。繼由 1973 年建立處理核廢的日本核廢料管理組織(Nuclear Waste Management Organization, NWMO)之總裁 Shunsuke Kondo 博士提出演講，主題為「日本高階廢料地質處置的現況(Current Status for Geological Disposal of HLW in Japan)」；指出日本在 2000 年通過「特定放射性廢最終處置」法案，此為建立 NWMO 之基礎。在 2002 年許多團體受邀提出有關處置資訊，至 2007 年僅一個團體接受邀請卻在地方反對後撤銷。日本科學委員會建議在更進一步推動前先獲得觀念上的共識，同時，用過燃料及一般之放射性廢料應被置於暫時的貯存設施。在 2014 年初日本政府採行「能源基本方案」，訂立(1)核能發電應繼續，(2)視需要推動地質貯置、選址以逐步進行，(3)核能社群必須誠懇的溝通。NWMO 規劃在 2015 年提出實施計畫。美國能源部核能署(Office of Nuclear Energy, Department of Energy)用過燃料貯置研究發展處處長 William Boyle 博士接著提出「美國對用過核燃料及高階放射性廢料的管理及處置(Management and Disposal of Used Nuclear Fuel and High-Level Radioactive Waste in the United States)」，主要參考美國能源部在 2013 年發行的文件「The Strategy for the Management and Disposal of Used Nuclear Fuel and High-Level Radioactive Waste」，其中的架構係為了朝向永續的計畫，以配置一個整合的系統，此系統具有運送、貯存及處置由核能發電、國防、保安及其他活動所產生用過核燃料及高階放射性廢料的能力，所有的業主必須對管理用過燃料及高階廢料有其對應之決策。最後，由中國北京鈾礦地質研究院(Beijing Research Institute of Uranium Geology, BRIUG)的環境工程處副處長 Liang Chen 博士提出演講，主題為「中國地下研究實驗室對高階廢料處置與規劃的進展(Progress of HLW disposal and planning for the Underground Research Laboratory in China)」；在 2010 年建立由國家支助的核廢料基金，之後，確認六個區域為可能的深層地質處置場並有三個為適合之場址。已在中國西北甘肅省的北山

(Beishen)做廣泛的調查研究，規劃在 2020 年建造一部地下研究實驗室。

8 月 28 日(週四)上午的專題研討論壇「管制要求在確保核電廠運轉安全之趨勢(Trends in Regulatory Requirements to Ensure Safe Operation of NPPs)」，加拿大核安委員會總裁 Michael Binder 博士擔任主席並提出第一篇報告「加拿大管制活動的願景(Canadian Perspective on Canada's Regulatory Activities)」，開宗明義提出福島事故為“遊戲規則改變者”，然後列舉四項挑戰：(1)處理“超過設計基準”事件，也就是說，如何處理發生機率極低但後果很嚴重的事件，(2)延長核電廠壽期超過原設計壽期，(3)同行審查及國家主權，(4)公眾的接受度。接著，由韓國核能安全與保安委員會(Nuclear Safety and Security Commission, NSSC)主席 Un Chul Lee 博士提出主題「韓國在福島事故之後安全強化的作為(Safety Enhancement Efforts After Fukushima Accident in Korea)」，韓國近來所採用核能安全之國家政策，包括(1)藉由公眾參與改善透明度，(2)同行審查，(3)延壽及(4)嚴重事故之處理。之後，墨西哥國家核能安全委員會(Comision Nacional de Seguridad Nucleary Salvaguardias)理事長 Juan Eibenschutz 先生提出「自我信任，核能監管的重要挑戰(Self Trust, A Major Challenge for Nuclear Regulators)」，介紹說明在核電必須扮演更重要角色時，公眾的知覺是主要需要克服的挑戰；然而，不可能之事係保證絕不會發生嚴重事故。我國原能會副主委黃慶東博士以「台灣核能安全的管制監督(Regulatory Oversight on Nuclear Safety in Taiwan)」為題介紹台灣核電計畫的概況，並稱許台灣電力公司核能部門營運的良好績效，雖然，興建中的 ABWR 計畫已因自 1999 年開始建造起的許多批評而封存，但強調在台灣超過 98%能源依賴從國外進口，核能發電在台灣未來的能源組合中仍不可或缺。美國核管會(NRC)委員 William Ostendorff 先生提出「核能管制委員會委員的管制遠景(Regulatory Perspective of an NRC Commissioner)」，首先他以本人的延壽-剛接受膝關節手術更換-開玩笑做為開場，他列出管制機關的必要屬性包括：技術能力、主動與利害關係人協調、公開並透明的溝通，並表示美國核管會努力符合這些要求。

3.技術議程

本次會議發表的技術論文約有 300 篇，依論文性質分別於 64 個技術議程中發表，同一時間有 7 至 10 個技術議程同時進行，由與會人員視需要自行選擇參加。技術論文的主題共有下列 10 項：

強化安全與保安（Enhancing Safety, and Security）

改善運轉與維護（Improving Operation and Maintenance）

促進能源政策之全球共識（Facilitating Energy Policy and Global Consensus）

環境保護與廢料管理（Environmental Protection and Waste Management）

新反應器的發展及部署（Deploying New Reactors and Building to Time）

採礦/燃料與燃料循環（Mining, Fuel and Fuel Cycles）

新技術的發展與應用（Developing New Technology and Applications）

處理民眾對輻射影響之顧慮(Addressing Public Concerns about Radiation Impacts)

正視競爭者並降低成本（Facing Competitors and Reducing Cost）

發展醫療及生物的效益 (Acquiring Medical and Biological Benefits)

4.閉幕會議

閉幕會議由大會主席 Frank Doyle 主持，下屆 PBNC （20-PBNC）預定於 2016 年 4 月在中國大陸北京舉行，依慣例由主辦單位代表大陸核學會副秘書長申立新進行下屆 PBNC 之介紹。茲將歷屆 PBNC 開會時間與地點彙總如下表：

第 1 屆	1976	美國夏威夷	第 2 屆	1978	日本東京
第 3 屆	1981	墨西哥阿卡普爾科	第 4 屆	1983	加拿大溫哥華
第 5 屆	1985	南韓漢城	第 6 屆	1987	中國大陸北京
第 7 屆	1990	美國聖地牙哥	第 8 屆	1992	台灣台北
第 9 屆	1994	澳洲雪梨	第 10 屆	1996	日本神戶
第 11 屆	1998	加拿大班芙	第 10 屆	2000	南韓漢城
第 13 屆	2002	中國大陸深圳	第 14 屆	2004	美國夏威夷
第 15 屆	2006	澳洲雪梨	第 16 屆	2006	日本青森
第 17 屆	2010	墨西哥坎昆	第 18 屆	2012	南韓釜山
第 19 屆	2014	加拿大溫哥華	第 20 屆	2016	中國大陸北京

(三)發表論文

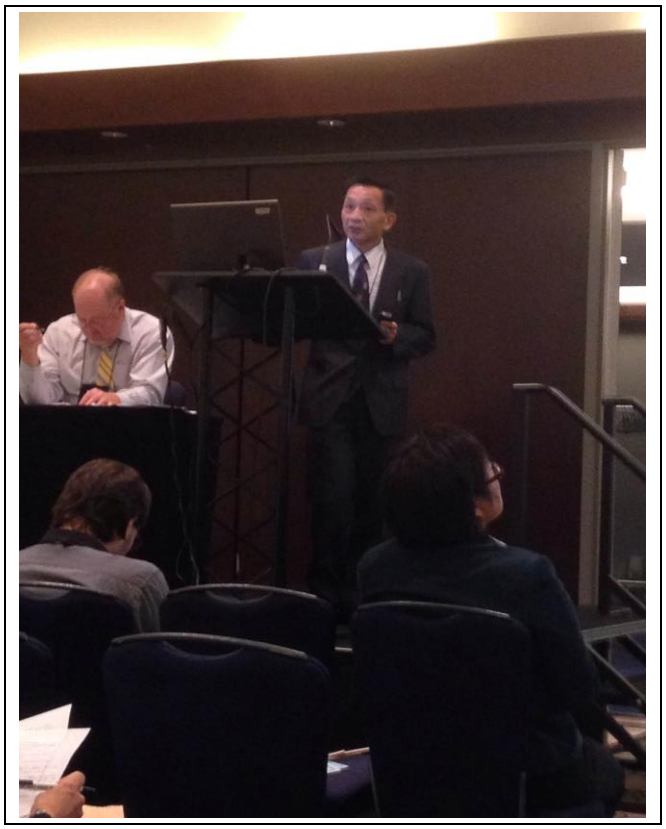
8 月 27 日下午於「強化安全與保安（Enhancing Safety, and Security）」技術分組會議發表「核一廠中幅度功率提昇案之關鍵考量與安全議題（Key Considerations and Safety Issues for the Stretch Power Uprate at Chinshan Nuclear Power Station）」論文，論文內容如附件一。

此論文重點在介紹台電公司在核一廠中幅度功率提昇案的一些之關鍵考量與安全議題，期能與國際核能社會分享國內的重要經驗。「功率提昇」及「效率提昇」為近年來核能系統提高績效的兩項工作。台灣目前有三個運轉中核能電廠共六部機組，核能發電成本(0.72 NT$/KW-hr)僅為全電力系統平均值(2.45 NT$/KW-hr)的 30%左右，對台灣之電價穩定有極大的貢獻。台電公司自民國 93 年以「功率提昇」來進一步提高核能系統績效。

本案的關鍵考量包括 4 項：(1)可提昇功率之幅度：以不執行重大設備更新投資為原則，核一廠 FSAR 安全分析假設的爐心熱功率大部分是 105%，比 MUR 功率提昇可再多提昇 3%。(2)提昇功率之策略：採用不增加反應爐頂部最高運轉壓力之「等壓功率提昇」（Constant Pressure Power Uprate, CPPU）策略，需要重新進行之安全分析可盡量減少，評估可盡量簡化。(3)安全分析報告之整體方式與內容：與美國功率提昇申請案做法一致。(4)中幅度功率提昇案之兩階段提昇功率方式：第一階段於原能會核准安全分析報告後，先提昇 2%功率，第二階段於蒸汽乾燥器監測計畫(SDVM)完成後，再提昇 1%功率。

本案的關鍵安全議題包括 6 項：(1)安全分析報告對原能會審查導則之符合性：針對審查導則上提到之「法規/指引」，根據 FSAR 的「設計基準」內容列表指出適用情形，再根據適用的「準則及/或指引」，評估 SPU 後是否繼續符合要求，提出此「符合性評估」。(2)福島事故後核能安全總體檢議題之處理：本公司在詳細檢討國內核能安全總體檢項目後提出「福島事故之評估改善措施之適用性評估」，確認沒有影響。(3)圍阻體內部保護塗料議題之處理：主要為「主蒸汽斷管事故初期，乾井最高溫度與

升溫率超出保護塗料測試之最高溫度與升溫率」，確認沒有實質影響。(4) GL 96-06 議題之處理：針對 GL 96-06 隔絕管路過壓議題，規劃於機組大修期間針對受影響者裝設釋壓閥、在裝設完成前採用替代措施、並進行加壓試驗證實管路完整性可維持。(5) ECCS Pump 之 NPSH 評估時採用「Credit for Containment Accident Pressure」(CAP) 議題，確認沒有影響。(6) AP Load 的動態效應議題，確認沒有影響。



圖一 發表論文

三、心得與建議

1. 進步型反應器的發展是目前核能界相當關注的重要議題。本次會議中美國能源部主管「核反應器技術」的副助理部長 John Kelly 於「建構未來－新型反應器的發展及應用(Building for the Future – Developing New Reactor Technologies and Applications)」專題研討論壇報告「美國進步型反應器計畫」(Advanced Reactor Program in the United States)。重點如下：

   美國將致力於包括核能所有的潔淨能源策略，美國總統歐巴馬在 2011 年國情咨文中呼籲，美國在 2035 年所使用的電力應該有 80%來自潔淨能源，包括風能、太陽能或其他可再生能源、天然氣以及核能等。美國能源部部長莫尼茲(Ernest Moniz)在 2014 年 2 月 19 日在全國新聞俱樂部(National Press Club)表示「這不只是一句口號，而是一個明確的創造就業機會、同時減少碳排放的路徑，...總統歐巴馬已明確表示核能為美國的低碳能源組合的一部分，核電是美國的清潔能源解決方案的重要部分。」

   若要符合美國所使用的電力有 80%來自潔淨能源之目標，則燃煤電力大部分需轉移至天然氣以及核能，除了推動「第三代+反應器」 (Generation III+)新電廠之興建，能源部積極推動「小型模組化反應器」(Small Modular Reactor, SMR)及「第四代反應器」 (Generation IV)計畫。

   美國對 SMR 的發展極具興趣，SMR 在美國被認為是可在逐步受侵蝕的核能技術市場重新分得一部分的機會，美國政府推動 SMR 技術的倡議已在 2012 年 1 月正式起步，能源部預備藉由成本分攤的方式推動 SMR，政府發展 SMR 的補助經費，估計五年總共為 4.52 億美元。

   在美國有四個發展中的主要輕水式 SMR 設計：(1) Babcock & Wilcox 的 180 MWe「mPower」；(2)西屋公司的 225 MWe「WSMR」；(3) NuScale Power 的 45 MWe「NuScale」；(4) Holtec Internationa 的 160 MWe「HI-SMUR」。所有四個設計都已申請能源部資助，其中「mPower」及「NuScale」設計已獲得源部同意援助。

   在美國能源部與 SMR 核電公司簽署的協定裡，明確規定所設計的反應器必須在國內

生產，以增強美國的製造能力和提高美國的出口能力。按照美國能源部的規劃，SMR 將在 2025 年左右實現商業化，屆時美國將成為全球 SMR 行業的領導者。

「第四代反應器」是由美國所倡議，美國於 2000 年發起「第四代反應器國際論壇」(Generation IV International Forum， GIF 於 2001 年年中正式成立，成立時有 9 個成員。經過 100 位國際專家兩年多的評估，GIF 於 2002 年年底完成評估許多概念和建議六種系統的「第四代路線圖」；GIF 選擇了代表核能未來的六種反應器技術：氣冷式快中子反應器(GFR)、鉛冷式快中子反應器(LFR)、熔鹽式反應器(MSR)、鈉冷式快中子反應器(SFR)、超臨界水冷式反應器(SWCR)、非常高溫氣冷式反應器(VHTR)。

在 2003-2005 年，GIF 致力於取得領導世界核能發展的國家之參與，並創造一個多邊合作的「框架協定」(FA)，為對參與成員有法律約束力的工具，提供多邊研究合約中的合作交流、創作、所有權和智慧財產權保護；第一個研究計劃於 2006 年成立，迄今已有相當顯著的研發規劃和進展。

John Kelly 的結論為：核能是重要的清潔能源，能源部將支持小型模組化反應器的持續發展，預期小型模組化反應器的全球市場將在 2022-2025 年的時期內出現。美國將繼續支援國內及國際提高小型模組化反應器市場潛力的努力。「第四代反應器」未來將有需要。

2. 「小型模組化反應器」(SMR)之定義為 300 MWe 以下，SMR 係在工廠製造，完全建好後再送到廠區。SMR 比傳統反應器產生較少的電力，但可以更靈活地使用和更有效地運作。SMR 具有被動的安全功能和固有的安全功能，在福島事故後，SMR 訴求的簡單化和安全性似已更有賣點。但現實上 SMR 的發展仍有很大難度，由於缺少投資者與顧客意願，SMR 領先者 Babcock & Wilcox 於今年 4 月宣佈，「mPower」的設計經費將由 2013 年的 8000 萬美元縮減至每年 1500 萬美元以下，此次會議有兩個美國能源部官員的專題報告中被問到 Babcock & Wilcox 減緩設計發展工作的影響，由 John Kelly 回應表示仍按能源部規劃進行。SMR 的發展是目前核能界的重要議題，後續發展值得注意。

3. 核能的溝通宣導與公眾接受越來越被認為是核能發展成敗的關鍵要素之一，核能技術發展要的不只是「安全」，還要能「安心」，最新認知是：「民眾不安心就不能算

安全」，如何用淺顯易懂的語言，縮小「技術上的安全」與「感覺上的安心」的間隙極具挑戰性。太平洋核能理事會(PNC)的溝通工作小組每兩年一次對太平洋沿岸國家的核能溝通者進行調查，2012 年的福島事故後的溝通趨勢調查結果為：繼續依賴平面媒體、社交媒體之使用正在成長、主要的工作重點是糾正錯誤的資訊、核能安全和廢棄物仍是公眾最為關注的議題。此次會議中本屆 PNC 主席 Mimi Limbach 於「述說我們的故事－溝通及推廣的討論(Telling Our Story – Communications and Outreach Discussion)」專題研討論壇以「Telling Our Story 」報告 2014 年調查的結果和出現的各種最佳做法，「在緊急情況實施有效的危機溝通方案」取代「糾正錯誤的資訊」成為最有效的策略，數位溝通包括社交媒體、網站及數位媒體之使用正持續發展中，44%的接受調查者同意「使得技術資訊可以被理解」是他們的最大溝通挑戰。國外的最佳做法應值得我國借鏡。

此次會議與本屆 PNC 主席 Mimi Limbach 和原能會駐華盛頓特區副組長趙衛武博士交談時，趙博士表示國內有參與 PNC 的核能溝通者調查，但以往只有原能會相關人員接受調查，希望以後本公司核能溝通人員亦能接受調查，趙博士未來可能透過正式管道向本公司洽詢。

4. AECL 的 Non-Proliferation and Safeguards 經理 Jeremy Whitlock 於「述說我們的故事」論壇報告「核能溝通的承諾和危險」(The Promise and Peril of Public Nuclear Communication)，對核能溝通有一些精闢的見解，Jeremy Whitlock 認為：

- 核能科學與技術：是「一個偉大的故事.....但被拙劣地呈現」(A great story...poorly told)
- 加拿大的溝通記錄：長期是平庸的、聚焦於短期的需求、可有可無的
- 從技術觀點來展現安全，但從社會觀點卻沒有成功
- 核能未達應有境地：核能發展離全部潛能甚遠、在許多地區新電廠之興建是政治自殺、這種情況是由於不良的溝通造成誤解而否定社會執照
- 溝通是核電的最大安全風險嗎？三哩島、車諾比、福島..... 由於溝通不足導致數千人受害，許多人死了；同時導致不必要的搬遷/疏散。社交媒體和 24 小時新聞導致問題被放大
- 安全風險：「壞事」(“BAD”)發生的機會，「壞」由公眾以不同的方式定義

- 「直到你感到安全，你並不算安全」(YOU ARE NOT SAFE UNTIL YOU FEEL SAFE)

5. 中國大陸核學會的副秘書長申立新於「述說我們的故事」論壇報告中國大陸的核能溝通經驗：

中國大陸最近在核能溝通方面也開始出現重大挫折。大陸中央政府對「社會穩定風險」之要求係依據《國家發改委重大固定資產投資項目社會穩定風險評估暫行辦法》第三條進行：專案單位在組織開展重大專案前期工作時，應當對社會穩定風險進行調查分析，徵詢相關群眾意見，查找並列出風險點、風險發生的可能性及影響程度，提出防範和化解風險的方案措施，提出採取相關措施後的社會穩定風險等級建議。社會穩定風險分析應當作為專案可行性研究報告、專案申請報告的重要內容並設獨立篇章。

公眾的信任和接受已成為影響中國大陸興建核電廠的關鍵因素。100%同意的情況預期以後是絕不會再出現。申立新舉出最近在核能溝通方面出現的兩個案件如下：

(1)廣東江門千人遊行，抗議興建核燃料加工廠

核燃料加工廠項目由中核集團和中國廣核合作，投資三百七十億元，於廣東江門鶴山市址山鎮興建，距離香港約一百二十公里。廣東江門鶴山市政府在 2013 年 7 月「社會穩定風險評估」公示期間，由於當地民眾的反對，不得不放棄原本規劃在當地修建的核燃料產業專案。

2013 年 7 月 12 日，廣東江門市早上有過千民眾遊行至市政府門外，抗議當局興建核燃料加工廠，又不滿只有十天的公眾諮詢期。雖然政府及專家均表示，計劃興建工廠所使用的核原料輻射水平很低，不影響居民健康，但仍沒有解除遊行人士的疑慮。

該次公示依據《國家發改委重大固定資產投資項目社會穩定風險評估暫行辦法》進行。這是中國核燃料加工項目的首次公示。《公示》徵求公眾對該建設項目的意見，公示期為 10 天。盡管政府近日強調核電公司在這方面的技術是如何先進和安全，公眾對此的觀點顯然不同。就在項目公示當天，在網絡上發表意見的當地公眾幾乎是一邊倒地反對。

(2)防城港市人大通過決議，要求解除白龍核電廠的合作框架協定。

在 2014 年 4 月，中國電力投資集團公司公佈了它在廣西防城港一個核電專案的設備招標。這是中國在 2011 年日本福島核事故後，首個進行的主設備招標的新專案。其核心設備價值近百億元人民幣。但半個月後，防城港市人大卻通過一項決議，要求解除該核電廠的合作框架協定。 5 月 20 日，防城港市人大通過了《防城港市人大常委會關於江山半島旅遊度假區旅遊資源開發與保護決議》(下稱《決議》)，提出:市人民政府要順應民意，順勢而為，從全市長遠利益出發，請求上級解除白龍核電站專案合作框架協定。

《決議》顯示，這樣做是為了「依法推進江山半島資源保護與開發建設」。白龍核電專案正處於防城港市江山半島南端，按照國家發改委的規劃，防城港江山半島將建設成為世界一流的國際濱海旅遊勝地。在中國，類似旅遊勝地與核電等高風險能源專案幾乎是有你無我的。白龍核電專案便是這樣的「高風險」能源專案，儘管核電專家們認為它是安全可靠的。在防城港已經擁有紅沙核電專案的基礎上，再建設白龍核電專案將使得這裡沒有發展的腹地，而加上福島核電事故留下的陰影，導致這裡不敢再建設另一個核電專案。

6. 此次會議進行時適逢美國在「核廢棄物信心」(Waste Confidence) 法規出現重大進展，「核廢棄物信心」為美國核管會(NRC)在核能電廠運轉的執照壽命期滿後貯存用過核燃料的環境影響」之通用決策。核管會將此通用決策納入其 10 CFR 51.23 法規。美國哥倫比亞特區上訴巡迴法院在 2012 年 6 月 8 日判決核管會在 2010 年法規制定的某些方面，不能滿足國家環境政策法案對於核管會義務的規定，法院指出核管會有三項缺失： (1) 無永久處置場的分析，(2) 用過燃料池洩漏的分析，及 (3) 用過燃料池火災的分析。回應該法院的判決，核管會在 2012 年 8 月發佈 Commission Order (CLI-12-16): Memorandum and Order on Waste Confidence，決定暫停所有依賴核廢棄物信心法規的執照活動。經過兩年的努力，核管會已在 2014 年 8 月 26 日核准有關「用過核燃料繼續貯存的環境影響」之最終法規，並將在法規生效後，解除暫停「新電廠執照及現有電廠執照更新之最後執照核發行動」。另為能更準確地反映法規的性質和內容，核管會已將「核廢棄物信心」(Waste Confidence)更名為「用過核燃料的繼續貯存」(continued storage of spent nuclear fuel)。

7. 中國大陸是目前最積極發展核電技術的國家，大陸的國家核電技術公司副總經理魏

鎖獲邀於「在太平洋週邊的發展(Developments within the Pacific Rim)」專題研討論壇報告「中國核電的現況與展望(The Current Status and Prospect of Nuclear Power in China)」。

大陸於 2014 年 7 月有 20 部核能機組運轉中，裝置容量為 18 GW，27 部機組興建中，裝置容量為 29 GW，核能發電比例為 2.22%的電力。預計在 2020 年時裝置容量將達 58 GW、興建中機組裝置容量為 30 GW。

在大陸東部沿海的浙江三門和山東海陽核能電廠，大陸率先採用美國第三代核電技術 AP1000 建造的首批 4 部核電機組，雖受日本福島事故等因素影響，工期有所延誤，但首部預期於 2015 年發電。

大陸在發展核電技術方面結合了自主創新和引進消化吸收再創新兩條道路。自 2006 年開始的 AP1000 核電技轉和 4 部機組的建設確立了大陸第三代核電自主化的發展戰略：第一步，外方為主，大陸全面參與，建成 4 部 AP1000 機組，基本形成 AP1000 三代核電沿海廠址標準設計；第二步，大陸為主，外方支援，形成 AP1000 內陸廠址的標準設計，完全具備在沿海和內陸建設 AP1000 核電機組的能力；第三步，實現全面自主創新，完成具有自主智慧財產權的 CAP1400 研發和建成一個示範工程，開展更大裝機容量的 CAP1700 的預研工作。

大陸國家核電技術公司已完成國產 AP1000 的核島標準化設計，正準備開展國產 AP1000 的大量興建。目前已有 8 部機組獲政府批准，預計於近期開工。

CAP1400 是國家核電技術公司開發的具有自主智慧財產權的第三代核電技術。CAP1400 技術消化吸收了從美國引進的 AP1000 先進核電技術，採納了首批 AP1000 機組建設經驗和創新成果，並按照最新核安全要求，採取了增強核安全措施。CAP1400 技術研發按照中國在日本福島核電廠事故後對核安全的最新要求，並參考國際最新標準，採取了增強對地震、外部淹水等極端自然災害設防等一系列增強安全的措施，非能動安全系統具有 72 小時後的補水能力，確保核電廠安全。

CAP1400 的初步設計已於 2011 年年底完成，2014 年 1 月通過國家審查，施工設計完成約 67%。規劃在山東榮成石島灣建設 CAP1400 兩部機組的各項前期工作進展順利，預計今年內開工，2018 年首部機組併聯發電。目前 CAP1400 示範專案的 29 個長週期設備已有 25 個簽訂完畢。

8. 本公司沸水式反應器機組目前使用 AREVA 公司之 ATRIUM-10 燃料設計。此次會議有一篇與 ATRIUM-10 設計有關之論文：

在「採礦/燃料與燃料循環（Mining, Fuel and Fuel Cycles）」技術議程中 AREVA 公司之 N. Garner 等提出論文「Advanced BWR Fuel Designs – Increasing Reliability, Operating Margin, and Fuel Efficiency or Global BWR Operations」，介紹 AREVA 的先進燃料設計。ATRIUM 10XM 和 ATRIUM 11 是最新的產品。ATRIUM 10XM 是 AREVA 目前填換燃料供應的主要設計。AREVA 聲稱 ATRIUMTM 10XP 相較於前面的 ATRIUM 10 設計，可提供顯著增加的臨界功率能力（~10%）和燃料鈾重量（~2%）。相較於第一代 10x10 產品，使用 ATRIUM 10XM 的燃料週期成本可降低 2-3%。

ATRIUM 11 設計是 AREVA 的下一代產品，設計目的在提供比目前使用的 10x10 產品超出 2-3%之燃料效率。經由使用 11x11 陣列，平均線性熱產生率 （LHGR）可降低 19%。AREVA 聲稱這可顯著增加運轉彈性，由於增加電廠容量因素，可導致進一步的經濟效益。