

參加第 19 屆太平洋盆地核能大會紀實

2014 年 10 月 21 日

第 19 屆太平洋盆地核能大會(Pacific Basin Nuclear Conference, PBNC)已於 2014 年 8 月 24-28 日假溫哥華 Hyatt Regency Hotel 舉行，由環太平洋地區各國家，包括：加拿大、中華民國、日本、韓國、中國大陸、澳洲、美國、墨西哥、俄羅斯等 20 個多個國家共同參與，我國由原子能委員會黃慶東副主委率領 13 名團員與會，為人數排名第 5 的代表團，於大會期與各國學者專家互動交流。今年會議的主題為「實現 21 世紀太平洋盆地核能科技之承諾」，主辦單位加拿大核能學會之大會主席 Frank Doyle 在開幕式時報告指出，今年大會共吸引超過 600 多位各國代表，共計發表超過 400 篇論文，在大會專題報告的部分，則邀請各國代表約 40 餘人發表專題演講，並當場接受聽眾的提問及互動，同時也在會議期間，舉辦學生專題研究海報競賽，讓年輕學子能發揮創意來爭取榮譽，而他們也將是核能界的新生代力量。筆者特收集大會紀錄摘要¹及有關各國核能發展、用過核子燃料處理、及核能管制作為等三大主題，再加上我國代表團於會場之活動情形，摘錄整理如下。



圖 1: 第 19 屆太平洋盆地核能大會主席 Frank Doyle 開幕致歡迎詞

各國核能發展現況及未來

美國能源部助理部長 Peter Lyons 強調歐巴馬總統發展所有可用能源(All-of-the-Above)的承諾，以及支持乾淨能源電力計畫，且核能署近年來大力推動小型模組化反應器及核能電廠延長運轉超過 60 年之相關研究，加上有 5 部正在興建中核能機組，顯示無碳排放之核能仍將在美國能源政策中扮演著重要的角色。



圖 2: 美國能源部助理部長 Peter Lyons 發表演講

來自日本的 Atsuyuki Suzuki 為太平洋委員會(PNC)剛卸任的主席，曾



圖 3: 日本代表 Atsuyuki Suzuki 發表演講

擔任日本原子力開發機構(JAEA)主席，他指出日本在福島事件前是缺乏安全文化的，而且在風險溝通也顯然做得不夠，資訊分享在管制者、工業界、與民眾之間呈現不對稱的狀況，現今則需要更多的透明來加強人民的信任。目前日本仿效美國電力協會(INPO)建立之核技術協會(JANTI)正朝著這方面努力，希望能以溝通來傳達與原子能科學議題。

韓國核能工業論壇(KAIF)副執行主席 Kye-Hong Min 首先說明該國能源有 97%為進口的，自 1970 年開始發展核能工業以來，已逐漸建立獨立自主之本土技術，包括反應器設計分析、設備生產製造、機組整廠建造、電廠運轉維護等，現今不但供應韓國將近 27%電力(裝機容量為 23.8%)，近年來還向外拓展國際市場，並已成功外銷 4 部機組到阿拉伯聯合大公國(UAE)，其第 1 部機預計將於 2016 開始裝填燃料。基於能源自主、分散來源、供應穩定、能源安全、再生持久、及友善環等政策，韓國正規劃第 6 期之長程電力發展計畫，2027 年時更計畫將裝機容量進一步提高到 27.4%，如圖 4 為韓國未來 15 年各種用發電能源之配比和容量預測，顯示核能呈現穩定成長的趨勢。

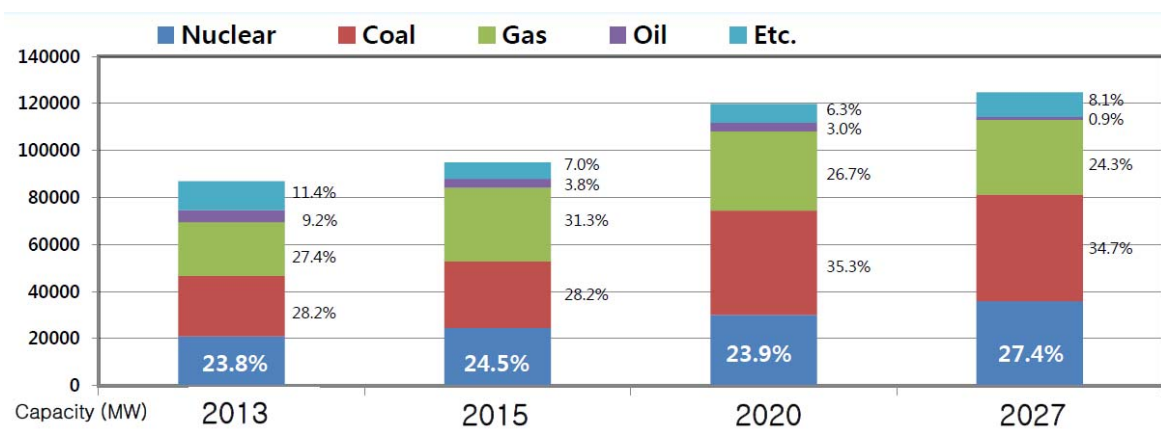


圖 4: 韓國第 6 期長程電力發展計畫能源配比預測¹

位於太平洋盆地而核電計畫快速發展之中國大陸，是另一個不可忽視的力量，國家核電集團(SNTPC)資深副總裁 Suo Wei 在其簡報中，說明中國大陸自 1970 年代開始發展核能工業，1984 年已有自行設計之壓水式核能電廠，目前則有 20 個運轉中及 27 個建造中的核能機組。而中國大陸自美國引進 4 部 AP-1000 型壓水式反應器後，已開發自製之 CAP-1000 以及 CAP-1400 大型機組，目前都已通過審查，預計將來也會開始進行大量的建廠。中國大陸預計在 2020 年時，核能發電總裝機容量將達到 58 GWe，且有 30 GWe 在建造中，而其建廠的位置也將由沿海而進展到內陸。



圖 5: 中國大陸 SNTPC 副總裁 Suo Wei 發表演講，右為美國能源部助理部長

其他國家的部分，加拿大由安大略電力公司子公司 OPG 總裁 Pierre Tremblay 說明該公司計畫執行翻修的機組包括 Bruce B 5-8 號機及 Darlington 1-4 號機，這將是世界上執行此類計畫中最大的規模，同時也持續加強有關福島事故之改善措施，以提供安大略省地區民眾安全、可靠、值得信賴之電力。來自墨西哥的代表 Javier Palacios 指出該國目前只有 1 個 Laguna Verde 電廠及擁有 2 部運轉中沸水式反應爐機組，在該國 2012-2026 國家能源政策計畫中，預計 2026 年時有 35% 電力來自非火力 (non-fossil) 能源，故核能仍被列入未來重要的選項之一，包括在現有廠址



圖 6: IAEA 副署長 Alexander Bychkov 發表演講

增建兩部機組的計畫。國際原子能總署 (IAEA) 副署長 Alexander Bychkov 則以太平洋區域核能發展為題發表演說，指出全球 72 個正在興建中的核能機組，有 48 個集中在此區域，而 IAEA 則針對核能新興國家提供三階段的支援，包括：(1) 能源計畫及分析；(2) 里程碑式的階段式進程推動；(3) 訓練及協助。

各國用過核子燃料規劃

加拿大核廢棄物管理機構(Nuclear Waste Management Organization, NWMO) 總裁 Ken Nash 在用過核子燃料長期貯存之挑戰中指出, NWMO 現今最重要的工作在尋找願意提供候選場址的區域, 以利用適當的技術來實施深層地底處置。目前正在評估 4 個有意之區域, 且已由加拿大安全委員會審查深層地底處置的概念提案及裝置桶槽。由於各電力公司所設立之信託基金可以完全提供開發及未來運轉此深層地底處置設施, Nash 主席之結論認為不會為下一代帶來財務的負擔。

來自日本原子力委員會(Japan Atomic Energy Commission)之 Shunsuke Kondo 則介紹自 1973 年以來日本便開始處理廢棄物的計畫, 且 2000 年日本公布放射性廢棄物最終處置特別法以來, 便成立了日本的核廢棄物管理機構(Nuclear Waste Management Organization, NUMO), 到 2002 年時 NUMO 已邀請數個地區來進行最終處置之資訊諮詢, 唯到 2007 年只有一個地區接受邀請, 且隨後因地方民眾反對而撤銷提案。日本科學委員會建議在進一步採取提案之前, 應先尋求對處置概念之共識, 在現階段, 用過核燃料及一般放射性廢棄物則以暫時性處置的方式為之。

來自法國的 AREVA 公司的公關副總裁 Jarret Adams 特別指出用過核燃料再利用(recycle)的重要性, 就像許多其他的資源, 核子燃料是可以再利用的, 他並以示意圖指出核燃料經一次使用後, 仍有 96% 的鈾原料及鈾原料可以再加工製成混合燃料, 目前位於法國諾曼第的 La Hague 廠是世界上最大的核燃料再利用廠, 且法國的再處理技術, 也提供了美國 Savannah River 燃料加工廠之建造基礎。



圖 7: AREVA 副總裁 Jarret Adams
發表演講

美國能源部核能署下之用過燃料研發處處長 William Boyle 首先引用美國藍緞帶委員會的建議，指出美國近期計畫中有三個用過核燃料處理的里程碑，包括：先導性中期貯存場預定為 2022 年開始運轉、大型聯合式暫存場為 2025 年啟用、最終地質式處理場則期望在 2048 年能夠接收用過核子燃料，其中後者尚需要經過共識法選址及取得執照等階段。Boyle 特別指出 2013 年能源部所出版之「用過核子燃料及高階放射性廢棄物管理及處置策略報告」是一份架構性的規劃，用以持續推動整體性計畫來執行運輸、貯存、及處置由民用核能發電廠、軍事用及美國其他安全相關設施所產生之用過核子燃料及高階放射性廢棄物。對於已普遍使用之高燃耗燃料貯存及運送時之狀況，也是能源部研究的重點之一，最後他說明各電力公司實際上必須在上述處置之細節方面做出決定。

中國大陸北京地質研究院環境工程研究所陳亮副所長，以「高放射性廢棄物處理及地下實驗室建設計畫之進展」為題發展演說，他指出中國大陸自 1980 年代即已開始進行區域性篩選場址的工作，以因應未來放射性廢棄物的處置問題，從最早 6 個可能的候選區域，到目前有 3 個場址是被認為適合進行此作業。其中他特別介紹北山(Beishan)進行鑽探及實驗的現況，同時也仿效歐美國家及日本，積極開發地底實驗室(URL)，目前將完成目標設在 2020 年，在此之前則分成：基礎理及技術研究、URL 先期研究、及建造 URL 等三個階段。陳副所長也預想未來在地下實驗室完成之後，主要的研發重點將是：深層地質環境調查、候選岩盤的特性、評估方法、緩衝物之長期現象、資料獲取及管理方法等，以便為未來最終地底處置奠定良好的基礎。以上各項研究之經費來源，則是由 2010 開始，由每度電收取 0.026 人民幣所成立的基金來支應。

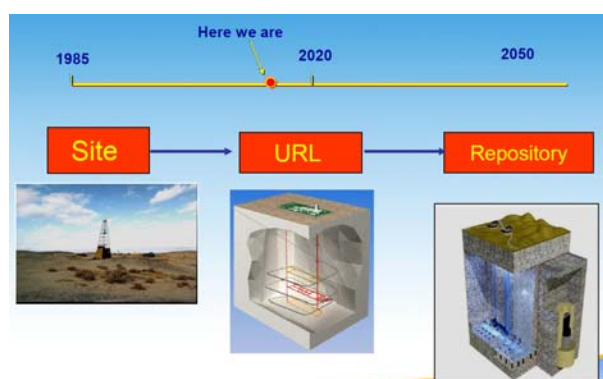


圖 8：中國大陸地底實驗室及最終處置計畫時程²

各國核能管制作為

加拿大核能安全委員會(Canadian Nuclear Safety Commission, CNSC)主席 Michael Binder 首先指出提出日本福島事件可以說是改變了安全管制的遊戲規則，而各國管制單位面對的四項重要的挑戰包括：1) 如何去面對那些低機率但後果風險高之超過設計基準的事故；2) 延長核能機組設計期限後運轉；3) 如何平衡工業界之同行審查以及國家權責單位之審查；4) 如何提高民眾對核能的接受度。



圖 9: CNSC 主席 Michael Binder 發表演講

韓國核能安全及保安委員會主席 Un Chul Lee 提到韓國首期核能安全政策(2012-2016)，可說是因應日本福島事故後一個完整的政策檢討論，這項政策的目的是在於如何贏得民眾對核能安全的信賴，而實施的面向則包括：1) 經由更透明的機制來鼓勵大眾之參與；2) 同行審查；3) 電廠延役；4) 嚴重核子事故之因應。其中 Lee 主席特別提到韓國核能電廠在評估運轉超出設計年限時，必須要實施壓力測試(stress test)，除了政府之法規制定及電力公司實施測試之外，也要經由當地民眾推薦之專家團隊來加以評估，來確保透明性。

墨西哥管制單位(CNSNS)主管 Juan Eisbenschultz 以核能管制者之自



圖 10: 墨西哥(左)、我國(中)、及美國(右)
核能安全主管之討論會

我信賴(self trust)為題發表演說，他認為核能雖是最為安全的工業之一，但是要如何扭轉民眾的錯誤認知是核工業界的挑戰，尤其在資訊不對等的現今社會，更是難上加難。他並指出並沒有所謂百分之百安全這回事。

我國原子能委員會黃慶東副主任委員以台灣之核能安全監督為題，闡釋核能發電及安全管制的現況，其演講層面包括：核能安全管理機制、因應福島事故般之超越基準事故之強化措施、龍門電廠建廠過程、電廠執照更新安全要求、公民教育及管制透明化等重要課題。雖然因為龍門建廠之不順利而導致許多的批評，但黃副主委指出台電公司 6 部運轉中核能機組之績效良好，不輸於國際水準，而且為了因應經濟發展及 98% 能源仰賴進口的事實，未來核能發電仍應在我國發電配比中佔一席之地。總結中黃副主委提到核能安全是項持續的工作，任何的自滿或傲慢將會阻礙核安的工作，管制者有義務告訴民眾在適當的監督機制下，核能電廠是可以安全地建造及運轉，另外核能界應思考如何在適當的管制(不過於嚴格或鬆懈)下，做好因應天然災害的準備。



圖 11： 原子能委員會黃慶東副主任委員發表演講

最後一位管制單位的講者為來自美國核管會的 William Ostendorff 委員，他以一位從事核能安全管理者的工作經驗，提出三項重要的管制要素：1) 技術的適職性；2) 主動與各相關團體之接觸；3) 公開而透明的溝通。他闡釋一個良好的美國核能管制法規，應具備效率及可靠兩樣特質，而這必須經由投資於訓練，以發展及維持高技術能力之工作夥伴。而核管會各階層同仁也經由國會聽證會、全國及地區性公眾會議的方式，面對國會議員、政府部門、及一般民眾，以瞭解各方的問題和需求。Ostendorff 委員並指出核能法規應為大家的事，民眾應該有機會來參與法規制定過程，且核管會與各相關團體之溝通管道應保持暢通。最後他以核管會每年召開各式公眾會議的次數超過 1000 次，同時民眾可利用該會網站系統收集各種公開的資訊，同時也提供大家對各種管制活動公開建言機會，顯示核管會確實進行公開而透明之核能安全管理制工作。

專題分組研討會議

本次大會分組專題討論共分成 10 個主題，來自我國核能界各單位代表，包括原子能委員會、核能研究所、清華大學、台灣電力公司等，共計發表 15 篇文章，內容則涵蓋福島核子事故措施、嚴重核子事故模擬分析、用過燃料池安全分析、核能機組功率提升、數位儀控技術精進、放射性射源安全管制等，我國代表團團員在各分組與各國專家交流分享我國核能發電安全及民生應用現況，各報告人員在簡報完畢之後，也都把握討論的時間，與台下聽眾交流與互動，氣氛熱絡。



圖 12: 我國代表團團員在分組專題報告之剪影

大會籌備單位在會議期間，特別精心設計了一場加拿大原住民的歌舞娛興節目，除了緬懷先民開拓之精神，也在緊湊而專業的討論中過程中，安排較為輕鬆活潑的活動。主辦單位加拿大核能學會在會場中連續撥放的介紹影片中，呈現今年每一個參與的國家及贊助廠商，其中我國的國旗也出現在其中，與太平洋盆地各國具相同的地位。



圖 13: 大會晚宴出現之國旗及我國團員參與情形

綜合心得

綜合以上 2014 年太平洋盆地核能大會演講及專題分組討論，以及我國代表團與各國交流情形，整理如下列各項心得：

1. 我國核能聯席會為太平洋核能委員會的會員，除 1994 年主辦過太平洋盆地核能大會之外，多年來持續參與此國際型會議，使我國核能專業人士與各國專家交流互動，維持我國在國際核能界的能見度，特別是今年大會中，我國核能主管原子能委員會黃慶東副主任委員能夠與其他國家代表在演說及各項餐宴中平起平坐，在今日特殊的國際環境條件下，實屬難能可貴。
2. 由環太平洋地區各國核能發展的版圖來看，中國大陸、韓國、美國、及俄羅斯均有建設中的機組，其中又以中國大陸 27 部之數量最為積極，同時經由美國輸入進步壓水式反應機組 AP-1000 型後，又自行開發設計 CAP-1000 及 CAP1400 型反應器並陸續付諸建廠作業，未來是全球核能發展不能忽視的核電力量。韓國這次大會中，除在論文發表的數量上僅次於加拿大之外，又派出工業界展示攤位，除了原來已成功外銷到阿拉伯聯合大公國 4 部 APR-1400 型壓水式反應器機組之外，仍努力向各國推銷其研發成果及相關核能技術，其未來發展潛力亦頗為可觀，且積極推廣核能的用心，也令人印象深刻。美俄這這兩個傳統大國則維持穩定發展的態勢，美國境內除了 100 部運轉機組之外，5 部建造中的機組正全力地建設中，俄羅斯則是在爭取國際新興核能市場上，包括土耳其及越南等，頗有斬獲。
3. 除以上有新建機組的各國之外，個人觀察到墨西哥、加拿大及我國則是在日本福島事件後，維持核能在各國發電比例中之穩定局面。其中加拿大對舊型機組翻修的作業，事實上類似其他國家執行老化管理及延役的做法，在新建全新機組不易而又不能完全排除核能發電的狀況下，包括我國在內，均應思考核能機組延役及老化管理的嚴肅課題。

至於日本目前在通過新的核能安全法規之後，正準備陸續恢復核能電廠之運轉，以減輕日益嚴重之貿易赤字，唯後續仍待觀察各地方政府對恢復運轉的態度。

4. 自 2011 年 3 月份日本福島電廠發生核子事故以來，實質上影響了不少國家對核能安全管理規定及能源政策規劃。就以我國這次發表專題論文內容為例，在 15 篇文章中即有半數探討與類似福島嚴重核子事故之安全分析及核能電廠改善措施，而且過去三年多來我國所實施之核能電廠總體檢、執行歐盟規範之壓力測試、建置類似美國工業界之 FLEX 救援設備、制定並演練最終處置導則(斷然措施)等，全力加強核能電廠因應天然災害之安全防護性。然而包括加拿大、墨西哥、日本及我國，則原有新建核能計畫的部分，則是紛紛暫停或中止，各國核能政策之轉變，也稱得上是福島事故之受害者。
5. 本次核能大會也促進了我國代表團與各國代表之間的人際網絡，例如我方代表團團長能夠與美國聯邦機構之能源部助理部長 Peter Lyons 及副助理部長 John Kelly 等人會晤，並能向美國核管會委員 William Ostendorff 致意，表達該會對我國核能管制長期以來的支持。另在民間的單位部分，我國代表團員與太平洋核能委員會新舊任主席 Atsuyuki Suzuki 及 Mimi Limbach 互動密切，前者表示為台灣長期的友好，後者則是多次在國際原子能總署大會期間，關照我方參與之代表，而新任副主席 Kune Suh 亦有多位台灣友人並表示堅定的支持，這些都將是未來繼續推動我國參與國際性核能會議之助力。



圖 14: PNC 新舊主席 Mimi Limbach(左) Atsuyuki Suzuki(右)

6. 本屆主辦之加拿大核能學會自 2011 年 11 月華府會議中取得第 19 屆 PNBC 舉辦權之後，在大會籌備會主席 Frank Doyle 率領及團隊縝密規劃下，共同努力造就了這次成功的會議，筆者有幸參與部分的籌備會議，深切領會加拿大核能學會所付出的心血，著實值得喝采。

參考資料

1. Frey Boyd, “PBNC 2014 – An Unqualified Success”, August, 2014.
2. Kye-Hong Min, “Present and Future of Korean Nuclear Power”, 19th PBNC, Vancouver, Canada, August 25, 2014.
3. Liang Chen, Ju Wang, “Progress of HLW and Planning for the Underground Research Laboratory in China”, 19th PBNC, Vancouver, Canada, August 26, 2014.