

# 參加 2014 年美國核能管制資訊大會紀要及心得

2014 年 4 月 18 日

今年美國核能管制委員會(NRC)年度管制資訊大會，已於 2014 年 3 月 11-13 日召開，本屆會議計有 35 國代表出席，參加人數超過 3100 人，管制資訊大會已成為核能界之年度盛事，不但美國產官學各界共聚一堂討論近期之管制議題，也提供各國人士交流互動的好機會。我國這次亦有來自核能管制單位及核能研究專業人士代表出席，並發表並分享核能電廠之運轉經驗，同時又在大會後與美國核能管制委員會人員交換管制經驗，共同檢討核能技術問題，實屬難得可貴，筆者特收集大會期間專題演講內容，以及技術專題討論之重點，綜合整理如下。

## 核管會主席演說

美國核能管制委員會主席 Dr. Allison Mcfarlane 以「持續學習：面對不確定未來之最佳防禦」為題，在今年會議上發表演說<sup>1</sup>，由於當天正好是福島事故三周年，她也簡短地回顧三年前所發生之日本東北大地震及隨後引發之海嘯，至終導致福島第一核能電廠反應爐融毀及放射性物質外釋事故，她並勾勒出美國核管會這三年來之種種管制做為及要求，包括：地震再評估、水災防護、燃料池儀器、事故緩和策略、全黑事故法規、緊急應變要求、強化排氣閥等。而世界上各國核能管制單位，經由資訊交換及合作，也都做了類似的加強。



圖 1: 美國核管會主席 Allison Mcfarlane(左一)及四位委員出席大會(資料來源：核管會網站)

然而 Mcfarlane 主席指出，大眾對於核能信心已經大打折扣，加上一些不正確資訊的誤導，有時也造成民眾的誤解，但她鼓勵管制應該適時

提供可信的資訊給民眾做為判斷。在一個未來充滿不確定的年代，我們必須保持警覺，確保核能安全及保安以爭取最佳之成功機會。而實踐此理想的做法即是保持一個學習的態度，去瞭解政府其他部門及工業界的做事方法、世界各國處理的方式、大眾的想法為何、及最進步的學術研究成果之啟示等，也必須與被管制者(工業界)互相瞭解並取得最適時之資訊以做出最佳的判斷。

美國核管會做為一個世界核能管制者之典範，近年來也大力向其他各國推廣理想的管制者具備的條件，包括：建立自主堅強且經費充裕之獨立管制機構、具有足夠之專家幕僚、資訊透明而公開、得到政府高層之支持、且其管制做為或決斷不會受到政治上不必要之干擾。最後在掌握充份資訊的情況下，才能做出最佳的決策，進而爭取大眾的信心，而美國目前正面對部分核能電廠計畫除役、部分正在興建、財政上的困難等變動因素，核管會必須隨時做好準備來迎接各種挑戰。

### Apostolakis 委員演說

核管會委員中以安全度評估見長之 George Apostolakis 今年以全觀統計(global statistics)及安全度評估結果比較為題<sup>2</sup>，來說明兩者重要性及區別。他首先說明一般人用統計方法來估計爐心受損率及大量外釋率，原則是架構於電廠整體基礎上，而安全度評估是以設備為計算基準，並以已確認之事故序列及統計模式來推估事故發生的頻率。Apostolakis 委員舉出一個美國有史以來被暗殺總統的統計與飛行員和警員意外死亡率來比較，結果前者要高出許多。然而大家可以理解由於現代安全體系對總統人身種種保護的加強，以往較高的被暗殺率，到了今天已不再適用，



圖 2: George Apostolakis 委員演說

(資料來源: 核管會網站)

同樣地在核能電廠在發生美國三哩島及日本福島意外事故後，所採取之制度性或設備方面的改變，包括：管制法規之改善、設立核能發電協會、進行廠內及廠外事件安全度評估、建立嚴重事故之緩和策略及 FLEX 設備等，已能夠反映到各電廠安全度評估結果之提升(或爐心受損率之降低)。如果仍然使用 1979 年三哩島事故以前的爐心受損率，來推測現在核能電廠發生事故的機率是不適當地。

Apostolakis 委員也呼應 Mcfarlane 主席有關「持續學習」的重要性，他認為三哩島事故後，美國管制單位採取提升安全設備等級、強化緊急應變計畫法規、要求增加氫氣控制、強化運轉人員訓練及數量、增加適職方案等。而在福島事故後，則又再度要求各電廠提出超過基準事故之緩和策略、考量多重機組事故、強化圍阻體排氣設備、要求整體性之緊急和嚴重事故因應程序書等，這些都屬於持續學習的經驗。

在其演說的結論中，Apostolakis 委員再次強調管制決策是基於現有之知識，這包含了設計、運轉、及法規，而且是由科學、工程、經驗(含過往發生的事故)所累積而成的，至於安全度評估則以電廠現有狀況下，分析所有可能造成事故的情況，但它並沒有預測未來的能力。

### Magwood 委員演說

曾經在美國核管會委員任內兩度造訪台灣的 William Magwood 委員，在管制資訊大會上以「核能安全之七柱石」為題<sup>3</sup>，闡釋美國核管會最主要的功能，以及面對未來挑戰之道。他特別提及過去一年中曾造訪亞洲之日本、台灣、及印尼，並曾與我國行政院江宜樺院長會晤，討論核能管制者之獨立性。



圖 3: William Magwood 委員演說

(資料來源: 核管會網站)

Magwood 委員演說中引用聖經箴言：「智慧以七個柱石來建造房屋」，來檢討構成美國核能管制會有效管制之七個要素：

1. 專一的安全職責：美國核管會於 1974 年依能源重建法案而成立，擺脫了原子能委員會(Atomic Energy Commission)時代推動核能的角色，而專一於安全管制的工作，以提供大眾健康和安​​全之適當保障。
2. 堅實而有紀律地管制決策：美國核能管制法規的制定過程，除了由管制人員起草之外，往往需要納入公眾之意見，且應評斷其安全顯著性，再加上特有之成本利益分析(cost-benefit)及回溯(backfit)要求，往往費時很久，但 Magwood 委員認為這是一個必要的決策過程。
3. 核管會委員會的組成：由五位委員(含一位主席)組成之委員會(The Commission)，往往都具有不同之專業背景，而且各自擁有幕僚群來提供分析建言，以做為各項重要政策之票決參考。雖然很少有讓全體委員都感到完全滿意的決定，然而經由通盤考量各項資訊後所做出的結論，咸信已可適當地保護大眾安全。
4. 因應變動的能力：雖然持照者希望管制單位保持穩定及可預測性，但隨著時代及技術的演變，管制者仍必須隨著改變，例如過去由電廠績效評估(SALP)演變到電廠監管計畫(ROP)、兩階段審照到一階段結合式審照作業等，都是一些具體的實例，Magwood 委員推測下一步是個廠之風險告知管制，以使得各電廠針對高風險事項採取快速而有效的解決方案。
5. 營運者要負起安全責任：美國核管會的法規要使全美各電廠運轉者知道安全的標準，使得其在評估電廠運轉及(安全)投資方面有一致的標準，然而正如同羊圈外圍的支柱不能變做牧羊人手中的杖，電廠經營者不能期待核管會人員去取代其帶領羊群的角色，他們必須考量整體電廠的安全來進行投資改善，而非僅僅是應付管制者的要求。
6. 投資於新生代：美國核能管制單位及工業界漸漸要由新生代來注入新血，核管會一直以來都扮演重要的培訓角色，而完整受訓的專業

人員將是確保世代交替時，使得核能安全的基本架構得以延續下去，Magwood 委員期許年輕人要隨時做好準備來承擔未來的責任。

7. 全球聯結之核能界：Magwood 委員把全球核能工作者間之親密關係，類比於美國簽署獨立宣言時 Benjamin Franklin 所說的：「我們必須緊密結合，不然我們將各自分散」，各國關係亦師亦友，而彼此合作交流亦構成全球核能安全之現代基石。

### 專題分組研討會議

本屆核能管制資訊大會共有 36 個分組專題討論議題，分佈於 3 天舉行，其內容幾乎涵蓋所有當前核能管制的事項，包括：電廠運轉、新建電廠、用過燃料貯存、核醫藥物製造、安全文化、核子保安、緊急應變、數位儀控、執照更新、風險告知管制、國際研究現況、除役管理、嚴重事故、小型模組化反應器、輻射防護法規等等。我國原子能委員會核管處何恭旻科長受邀報告的分組為探討用過燃料池中子吸收劑劣化現象，以下為此分組討論的重點整理：



圖 4:我國原能會何恭旻科長與美國專家之研討  
(資料來源: 核管會網站)

核管會人員 Emma Wong 及 April Pulvirenti 分別從電廠運轉經驗及管制研究的角度<sup>4,5</sup>，來檢討過去 10 年來所發生各種過燃料池中用來吸收中子的材料所出現之劣化情形，核管會也陸續以管制資訊通告(Information Notice)的方式通知持照者注意是否有類似現象。近期內則是將出版一份通函(Generic Letter)，要求各核能

電廠均應檢討現有中子吸收劑的材料及分佈，以及提供有效之的監測計畫及頻率，同時也需防止因劣化而影響原臨界分析的結果或是導致了設計基準事件，核管會目前正徵求各界對這份通函草案提供建議。

來自美國核能工業界的代表 Kristopher Cummings 則提出工業界已積極回應核管會的通告<sup>6</sup>，並草擬 NEI 12-16:「輕水式核能電廠燃料貯存臨界分析導則」來因應此議題，其中也以專章檢討監測計畫及試片妥適性，同時他也說明現有燃料池中之硼片及維持原安裝時相同的中子吸收能力，現有的監測計畫及新增之測試將可進一步提供額外的資訊，以確保在萬一出現劣化而影響到安全之前，電廠人員就可以查覺而加以防範。原能會何科長則向與會人員報告台灣沸水式核一、二廠用過燃料池硼片吸收劑曾發現小部分表面起泡現象<sup>7</sup>，雖經廠家評估為硼片表面材料鋁與水產生之氫氧作用，並未造成中子吸收之安全顧慮，然而管制單位仍要求台電公司澄清有關此現象的機制及原因，並納入電廠偵測試驗及老化管理的計畫當中，而原能會也透過台美民用核能合作機制，持續與核管會交換資訊並分享管制經驗。

### 大會其他相關活動

核管資訊大會開會期間，也有其他一些相關之活動配合進行，包括：展覽板介紹說明核管會之研發及管制以及資訊公開及民眾服務等措施，與世界各國聯繫之國際事務處亦設有攤位，專人講解美國與各國管制單位間之合作事項。筆者亦曾利用機會請教負責網路安全之核子保安及應變署人員，有關如何邀請該單位專家到我國辦理研討會事宜。



圖 5:核管會人員向與會者講解緊急應變法規  
(資料來源: 核管會網站)

核管會亦開放其運轉中心供與會人員參觀，以讓各界瞭解在一旦發生核子事故時，美國管制單位運籌帷幄的指揮中心，同時因著電腦網絡的進步發達，此一運轉中心大量地運用資訊交換平台及網路即時會議，

使得各基層專業幕僚能迅速地把資訊傳達到高層決策者，以便及時下達最正確地管制指令。另外，核管會也在會場一隅展示核子設施保安管制及演習設備，擺設許多類似於真實槍械之模擬器具，可以讓人體會出演練時之逼真性。

除了以上各種展示及參觀之安排外，與會者可以在會議期間與核能各相關領域人士交流，筆者即遇到不少核管會現任或卸任人員，並與美國核能學會同行交流，又遇到一位曾任職能源部核能署工作而現擔任阿崗諾國家實驗室國際合作之華麗博士，由於她對國務事務的熟悉，也曾是我國與能源部核能署間聯絡人，她自核能署退休之後，仍被延攬繼續從事國際交流合作，近年來大力促進核能電廠安全度評估的技術到世界各國。由於我國核能研究所也持續發展並更新這方面的技術，加上今年台美年度之民用核能合作大會將於阿崗諾實驗室舉行，故經由這次會議的機會，重新搭起聯繫的管道，將來可開拓雙方國家級實驗室間之合作。

### 台美核管制資訊交流

今年核能管制資訊大會後，延續過去 10 多年來的做法，由我國與會代表到核管會總部拜會，並在國際事務處聯絡人 Danielle Emche 小姐的安排下，與各單位人員進行資訊交流及討論，而各項議題或問題則是在大會召開一個月前即已傳送給核管會，以便雙方交流時能很快地掌握重點。今年度參加人員在核管會部分計有來自核能管制署、新反應器署、及核能研究所等 7 名，我國則是由原能會核管處及核能研究所 3 名人員，雙方針對：核設施地下水管制、禁制區範圍、建廠執照展期、安全等級電纜、耐震餘裕方法論、及三階安全度評估等 6 項議題進行討論，由於事先準備充份，美國核管會人員均能夠詳細地回覆我方之提問，使得我方代表在上述 6 項議題基本上獲致滿意的答覆，而部分待後續追蹤項目，仍可望在後續台美雙邊技術交流會或核能年會時，與核管會人員持續檢討。

## 綜合心得

綜合以上 2014 年美國核能管制資訊大會演講及專題分組討論，以及我國代表與核管會資訊交流情形，整理如下列各項心得：

1. 美國核管會每年定期舉辦之核能管制資訊大會，向來是美國核管會藉以與核能工業及研究等相關單位意見交流與政策宣示之重要會議。會議討論之議題隨著全球核能發展現況而隨著轉變，範圍則涵括核能安全、管制政策及法規趨勢等，近年來也針對日本福島事故後安全加強及應變措施著墨甚多。由於我國核能機組皆為美國廠家提供，管制方面也多沿用美國管制法規，故近年來管制及研究單位都持續派員參加此項會議，並參加不同專題分組研討及收集相關資訊，未來亦應持續比照辦理，以掌握最新管制動態。
2. 由於我國擁有 6 座運轉中和 2 座興建中核能發電機組，而且核電廠運轉經驗已超過 30 年，故有許多可以與各國分享的議題，此次我國代表能獲得美國核管會邀請，在大會專題分組分享核能電廠過燃料池中子吸收劑現況及檢測情形，且於會中及會後與其他國家專家交流類似的經驗，實屬難能可貴，這也反映出台美雙方管制單位密切交流合作的成果，同時設下良好的範例，未來當可繼續貢獻我國的運轉及管制經驗，增加我國在此國際性會議的能見度。
3. 核管會 Mcfarlane 主席在大會中所提出「持續學習」之態度，在一個未來充滿許多不確定的年代，確實是一個很好的提醒，她曾各種場合中，提醒核能界必須要做好準備以因應不可預期的事件，福島事故所帶來的啟示，以及持續核能安全之強化措施，將會是一個新的常態，管制者必須確定各項因應措施及法規要求是適當而有效，這都必須經由持續地學習技術與知識才能達到的。
4. 筆者認為 William Magwood 委員所提到支撐美國核管會七個柱石，也可推廣於其他各國的管制單位，例如：專一的安全管制職責、堅實的



管制決策、因應時代的變動、營運者安全責任、新生代之訓練、及全球合作等，對我國管制單位而這也是個很好的自我檢討。另 Magwood 委員特別提及他拜訪我國行政院長一事，討論管制者角色定位問題，不但呼應核管會 Mcfarlane 主席在本屆大會中對管制者獨立、專業、能力之期許，也顯示出核管會對我國支持及友善的態度。

5. 曾經在大學教書多年之 George Apostolakis 委員，此次演講以其專長之安全度評估為主題切入，如教授般地向與會人員講解安全度評估的概念，特別是以美國總統人身安全的比較，來比擬電廠安全性會因著各種改善措施而與時俱進，提供了一個淺顯亦懂的例子。另筆著亦伴隨 Apostolakis 委員於 2011 年訪問台灣的行程，針對福島事故，他所提出各核能電廠應確實檢討設計基準之建議，確實讓人感到具體而又適切，本次會議又再次感受其大師級之風範。
6. 由於近幾年來核能管制資訊會議參與人數均超過 3000 人，又來自許多不同的國家，在這個國際性的會議場合中，是聯繫核能界人際網絡的絕佳時機。筆者近幾年來就曾與核能管制單位、核能學會、法韓等國管制單位現任或退休人士，進行短談交談或會晤，本屆會議能夠與現任職於阿崗諾國家實驗室的華麗博士重新取得聯繫，當可再建立起雙方合作的管道，就是一個很好的例子。
7. 此次大會後我國代表拜訪訪美國核管會總部，並就原能會及核能研究所近期關切之議題與該會專業幕僚進行討論，對雙方意見的交換及疑義的澄清頗有助益，本項交流活動已行之有年，未來仍可持續配合核能管制資訊大會來辦理，除可更深入瞭解美國核管會之運作情形，並有助於雙方之合作關係與我國核能管制工作之提昇。

## 參考資料

1. Mcfarlane Allison, "Continued Learning: The Best Defense against an Uncertain Future"- Remarks at 2014 Regulatory Information Conference, March 11, 2014.
2. George Apostolakis, "Global Statistics vs. PEA Results: Which Should We Use?", Remarks at 2014 Regulatory Information Conference, March 11, 2014.
3. William Magwood, "The Seven Pillars of the Nuclear Safety Future", Remarks at 2014 Regulatory Information Conference, March 12, 2014.
4. Emma Wong, "Regulatory Perspectives of Degradation of Neutron-Absorbing Materials in the Spent Fuel Pool", 2014 Regulatory Information Conference, March 13, 2014.
5. April Pulvirenti, "Research Activities Addressing the Materials and Monitoring of the Degradation of Spent Fuel Pool Neutron-Absorber Materials", 2014 Regulatory Information Conference, March 13, 2014.
6. Kristopher Cummings, "Industry Perspective on Use of Fixed Neutron-Absorbers", 2014 Regulatory Information Conference, March 13, 2014.
7. Gung-Ming Ho, "Degradation of Boral in Spent Fuel Pool at Taiwan's BWR NPPs", 2014 Regulatory Information Conference, March 13, 2014.