

美國各界對福島事故兩周年之評論

2013 年 4 月 16 日

自 2011 年 3 月 11 日因日本東北大地震引發之海嘯，最後導自福島核能電廠嚴重核子事故以來轉眼已經兩年，美國各界包括管制單位、工業界、學術界、環保團體等，紛紛發表看法及感言，重點多著重在如何學習福島事故的經驗並強化美國核能電廠的安全措施，以避免類似狀況在美國境內發生。以下即綜合整理各方的報導。

美國電廠較以往更安全

美國核能管制委員會(Nuclear Regulatory Commission, 以下簡稱 NRC)主席 Allison Mcfarlane 女士在接受美聯社專訪時肯定地指出¹，美國各核能電廠比以往任何時期都要安全，而且安全績效亦佳，她指出核管會依據福島近期專案小組所提出之各項建議，已針對第一階段(Tier 1)的改善措施，包括耐震及水災危害再評估及現場查證、燃料池水位儀器、超過設計基準事故之救援(緩和)措施、可靠之排氣閥、電廠全黑法規檢討、強化緊急應變程序書等。此外由 NRC 的監管計畫(Reactor Oversight Program)的視察結果，2012 年的整體安全績效顯示，全美 104 部機組中，僅有 5 部需要進行再改善，其餘均是符合可接受之安全標準。



圖 1: 美國核能管會主席 Allison Mcfarlane 於 2013 年管制資訊會議演講 (資料來源: 美國核管會網站)

Mcfarlane 主席在 2013 年管制資訊大會(Regulatory Information Conference)上²，感性地談到她不久前曾造訪日本福島電廠，看到電廠周圍輻射污染之禁制地區，各式菜蔬因為無人照料而過份茂盛，似提醒著

眾人各樣事物會因著環境的變動而面目全非。此外在福島電廠本身，東京電力公司的工作人員正在受到海嘯摧殘的場地上，開始逐步對受損的核能機組進行除污及除役的作業，更提醒人們到目前為止，還沒有辦法完全瞭解到地球的行為，此時必須將大自然的因素加入核能安全的考慮中，特別是在美國福島專案小組所提出第一階段各項改善措施，在過去兩年已陸續發佈了命令、資訊要求及法規制定計畫，而未來仍將再針對專案小組第二、三階段(Tier 2&3)之建議事項，繼續與工業界及其他利益相關團體對話，進一步提升各核能電廠之安全，以上措施並不僅止於運轉中之機組，對於新建及申照中的機組，亦是同樣地要求。福島事件也對於核燃料循環的處置產生影響，例如長期露天乾式貯存之安全再評估，另外，如何強化國際合作並確實從日本的核子事故經驗中汲取教訓，盡一切可能來防止再發生類似的事件，在此同時也需透過跨國合作來確保最佳之緊急應變作為。

日本製核子事故



圖 2: 美國核能管會 William Magwood 在管制資訊會議演講 (資料來源: 美國核管會網站)

曾經造訪我國之 William Magwood 委員在今年管制資訊大會演講的內容³，即是以福島事件兩周年後的今年，要求各層面的核能從業人員，包括：廠家、電力公司、核能電廠、及核能管制人員，透過日本的災難，仔細檢討各自是否都扮演好角色。他相信此事故對核管會的許多專家們都是職場生涯中難以抹煞的重要時刻。Magwood 委員提到日本福島事故後，世界各國都在努力地檢討如何來強化核能電廠因應極端天災的能力，但他也發現最後解決的方案都有類似的共通點。許多人嘗試去

比較日本福島事故與前蘇聯車諾比事故及美國三哩島事故，但 Magwood 卻將此事件的後續影響力，與紐約世貿雙子星被恐怖攻擊的 911 事件相比擬，亦即當人們提到美國 911 恐怖事件前後，或是日本 311 核子事故前後，對於安全的思維已大不相同。

核管會 Magwood 委員的演講中特別提到日本民間團體 National Diet of Japan 成立一個獨立的福島事故調查委員會，他有機會在日本及美國與此委員會的主席 Kurokawa 博士會晤，並讚賞他們獨立思考、斟酌細節、及創新看法，在多數人專注專業技術及操作程序的問題時，Kurokawa 博士在報告中以日本核能發電之「安全文化」為主要檢討對象，其中被世界各國廣泛引用的一句話是：「我們必須痛苦地承認，這是一個日本製的災難 (this was a disaster "Made in Japan")」，其原因為服從命令、不敢質疑上級、執著於問題、群體主義及封閉等思維已根深蒂固於日本文化。這項坦誠的結論讓 Magwood 委員感到訝異，但也同時美國核能專業人員也該深切反省自我的角色，例如：廠家及供應商們為美國 100 多部核能機組提供了許多安全運轉的服務，但目前是否面臨知識及技能之傳承，就他所知許多的廠家在計畫預算、工程分析、或跨業界的能力都受到一些挑戰與衝擊。對於電力公司核電廠的從業人員，Magwood 指示過去 30 年的努力，使得機組發電容量因數從 75% 上升到 90%，同時也提升了不少安全措施，然而他也憂心地指出，當降低法規(deregulation)蔚為風潮，各公司追求利潤而降低成本時，卻也降低了工程技術的能力，以往曾維繫大的工程與計畫管理團隊的情形已不復存在，而多半仰賴起廠家來，電力公司是否真準備好來面對新機組的建造了嗎？最後對於核管會自家的同仁，雖然已建立了全球性的好名聲，也擁有最好最專業之核安管制人員，同時又是各國學習的黃金標準，但也別忘了，在要求持照者不能得意自滿的同時，也要自我反省，過去的成功可能就是未來失敗的陷阱，同時要以上述日本 Kurokawa 博士的反省，核管會同仁們應保持一個隨時質疑的態度，並提出任何可能的顧慮，而不能夠因為執著在一個問題不解決，而造成日後不可收拾的災難。

持續加強安全管制

美國核管會因應福島核子事故所成立之日本經驗回饋專案小組 (Japan Lessons Learned Directorate) 主管 David Skeen 於事故後二周年，在核管會部落格(NRC Blog)上撰寫專文⁴，他指出仍清楚記得兩年前世人恐懼地看到日本福島電廠因地震及海嘯而發生之核子事故，就從當時起，美國核管會已經開始專注於如何從此次事故中記取教訓並加強安全，以防止在美國本土發生類似的狀況。Skeen 舉出去年各核能電廠執行地震及水災防護之現場查察，核管會的視察員均嚴密視察各電廠是否確實執行，同時也要求各電廠必須分階段提出地震及水災防護之安全再分析。

此外，核管會也要求各核能電廠必須考慮處於長時間沒有電力情況下，仍需維持反應爐及燃料池之冷卻，各電力公司針對 2012 年 3 月份核管會所發出第一批 3 項命令(Order)及 1 份要求持照者提供進一步資訊的管制信函，必須陸續提出具體的計畫，包括：在喪失所有交流電源及無法接近最終熱沈事故時之救援策略、確認 Mark I & II 型圍阻體具有可靠之強化排氣設備、用過燃料池需具有可靠之水位儀器設備等。同時在因應類似事故後之人員編組計畫方面，核管會近期內也將開始審查各電廠所提出之規劃。

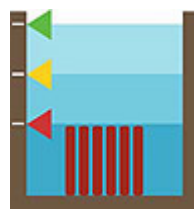
核管會之日本經驗回饋專案小組定期向委員會報告 NTTF 各安全改進建議事項之執行進度，同時也確認各核能電廠都持續維持關注安全之事項，或進行有助於安全之工作，以及現有其他高優先度之安全保護性作業。



Harden
Vent



Backup
Power



Pool Level
Indication

圖 3: 美國核能管會福島專案小組首批 3 項命令之

示意圖 (資料來源: 美國核管會網站)

安全優先之核電運轉

美國核能協進會(Nuclear Energy Institute, 以下簡稱 NEI)是一個強力支持核能發電之工業界組織，它於 2013 年 2 月發表了一份名為「美國政府及核能工業界因應福島事故」之白皮書⁵，其中坦言福島核子事故對於全世界的核電運轉業者均造成了嚴重的衝擊，但亦認為以往核能運用是從乾淨能源的好處，轉變成重視核能安全(safety)與能源安全(security)，已是大眾普遍的認知。

NEI 指出在福島事故發生後一個星期之內，美國 104 座運轉中的機組就已完成檢視各項救援系統及設備，以確保當事故發生時，可以有效運用來救援及減緩因地震、水災、或完全喪失電源所帶來的破壞。NEI 進一步說明安全一直都是各核能運轉者最優先的考量，這也歸功為美國工業界推動安全文化的結果，持續學習的分享最佳的運轉經驗、各公司共同合作來學習世界各國所發生的各項運轉事件，這包括了分析造成福島事故的原因，以便能正確成熟地採取措施而增進安全。

白皮書也提到美國核管會近期專案小組於 2011 年 7 月提出了 12 大項的建議，NEI 與各核能業者也積極配合核管會日本經驗回饋專案後續之措施，包括：地震水災現場查察及再評估、全黑事故法規修訂、緊急應變組織及人員配置檢討、增設燃料池水位儀器等各項議題，採取安全改進措施或提出實施計畫等，同時也整合現存之規定及因應福島事故管制措施，以符合安全及重要事項之要求。

NEI 以工業合作發展之 FLEX 策略及設備，在短時期內可以達到很大安全效益，並認為在發生類似引起福島事故之極端或超過預期事件時，足以減緩其所帶來之後果，這些策略包括：

- 因應福島事故最主要的肇因：因失去電源而無法有效提供冷卻
- 在廠區多處裝置額外的泵浦，以便在反應器或燃料池喪失正常冷卻時，仍可用來做為備用冷卻

- 在廠區多處維持經常之備用發電機及充電器，以確保能夠連續供電給重要安全設備
- 若考慮廠區或廠外設備因為劇烈天然事件而仍顯得不足夠因應，建立區域性強固之備用緊急設備之貯存場。
- 與核能發電運轉協會(INPO)合作並分享全美 65 個廠址之緊急備用設備。

白皮書指出美國於 2011 年 9 月 11 日發生恐怖攻擊事件之後，各核能電廠已經針對可能發生火災及爆炸事件，而增設了發電機、泵浦、水管、及電池等，而 FLEX 設備則是多提供一層安全保障，以防止核子燃料受損並進而保護大眾及環境。到 2013 年 2 月份為止，各電廠總計已購買超過



圖 4: Monticello 核能電廠人員測試新購之移動式泵浦
(資料來源: NEI 2013 年白皮書⁵)

1500 件各式設備，並分別在 Memphis 及 Phoenix 兩處建立了區域應變中心，在必要時可以在 24 小時之內，馳援美國任何一座核能電廠，工業界也承諾後福島時期的安全強化，是持續投資於運轉安全及效率的一環。

核能學會之全力支持

擁有超過 15,000 名會員之美洲核能學會(American Nuclear Society, ANS)，其組成為科學家、工程師、教育家、學生及其他機構，ANS 現任主席 Michael Coradini 於福島兩周年表示⁶，做為核能工業界的重要成員，ANS 在事故發生到現在，仍然站在第一線協助分析事故及對世界核能工業的影響，學會成員也持續參與建議日本東京電力公司有關安全議題以及未來除役的工作。ANS 去年曾由其學會專案組成之福島委員會，發表了福島周年特別報告，這份由專案委員會主席 Dr. Dale Klein 領銜的

報告，技術層面審視並分析了本次事故之安全、健康效應、清除(clean-up)要求、風險溝通及危機溝通等。Dr. Klein 曾任美國核管會主席，現任德州大學奧斯汀分校機械工程系教授，他同時也是東京電力公司核能改造監督委員會的主席。

ANS 主席 Caradini 也說明因為福島事故的發生、學會已承諾提供大眾一個有關最新核能科學與技術的門路，ANS 將於今年 5 月設置一個新的核能科技中心網站，以繼續分享核能的專業，特別是讓日本人能夠獲取這些資訊。

對救援設備之質疑

民間科學家關切聯盟(Union of Concerned Scientists, UCS)資深成員 Ed Lyman⁷ 雖然認同美國核管會在福島事故後隨即組成近期專案小組 Near Term Task Force, NTTF)來檢討因應，以防止類似狀況發生在美國，但對於推動專案小組建言及工業界使用前述 FLEX 的設備，卻仍表大有疑慮。他指出問題所在，是工業界似乎僅強調更多的泵浦(more pumps)，而非更好的泵浦(better pumps)。

Lyman 指出去年 UCS 即已表達了他們的憂心，因為工業界打算從一般市場中(off-the-shelf)購買設備，而不是採用品質更好的設備，而近來核管會也認同了工業界的 FLEX 策略導則，但這卻偏離原先專案小組(NTTF)的建言。例如在原來的建議中，電廠應在沒有使用救援設備的情況下，承受得住 8 個小時的全黑(完全喪失交流電)狀況，而且若後續使用移動式救援設備，應該考慮在 3 天內因為運輸困難而沒有外援的情況。然而在核管會同意的導則中，卻沒有設下任何有關的時間限制。

另外一個問題是有關如何去保護這些救援設備。NTTF 小組曾建議每個電廠在儲存設備的地點，必須考慮最大洪水入侵的高度，這亦反應出福島事故所得到的經驗。但在 FLEX 策略中卻沒有這項要求，反映出工業界「更多泵浦而非更好泵浦」的策略，將可能導致在事故發生後，

業者無法使用更好的設備。

除了 2012 年初三項命令及 1 份通函之要求外，UCS 聯盟對於核管會後續的做為感到不滿，特別是將全黑法規修訂時限延後兩年、延遲用過燃料池風險分析、延遲擴大緊急計畫區的決定等。雖然過去兩年取得了一些進展，但近來由於工業界及國會的壓力，核管會似乎開始猶豫向前推展的腳步，Lyman 特別提醒這些改善措施的成敗，攸關著全美在核能電廠 50 英哩內計有 1 億 1 千 1 百萬人民的命運。

環團呼籲停止核電

世界綠十字組織(Green Cross International, 以下簡稱 GCI)在紀念福島事故兩周年時，呼籲此時正適進行除核的時機，並邁向與環境相容及持久之能源選項，而且亦可以走向非核武的世界(nuclear weapon free world)⁸。GCI 為文指出福島 1 到 3 號機發生爐心熔毀、4 號機廠房結構嚴重受損、且釋放的輻射量共計為廣島原子彈的 168 倍，並為國際核子事故分類最高之第 7 級事故。GCI 主席 Alexander Likhotal 亦震驚地表示，早在 2008 年就已由日本核能安全組織(Nuclear Energy Organization)提出報告，顯示因海嘯而可能造成之爐心熔毀，但是電廠業主卻故意忽視，也就是因著這項人為錯誤不預先針對高機率天然災害採取安全防護措施，最後導致了慘重的傷害。

1986 之車諾比事件觸發了世界綠十字(GCI)的成立，多年來它一直主張需去除核能，其主要觀點為其巨大之花費及風險，GCI 認為外界所吹噓核能為便宜、乾淨的能源，實際上由建廠、維護、及除役所需之花費卻是相當高的。另依該組織所統計的數據，1952 至 2009 年間全球至少共發生 100 次之意外事件(故)，總損失超過美金 205 億，平均每年可達 3 億 3 仟萬美金。最後由全球核能發電比例，由 1986 年之 16%小幅降低至 2009 年之 13-14%，及風力及太陽能等乾淨能源發電則愈來愈有經濟競爭力來看，GCI 認為這是一個樂觀的訊息。

前核管會主管不支持現有核能機組

紐約時報記者 Matthew Wald⁹ 於 2013 年 4 月 8 日，報導一則有關美國核管會前主席 Gregory Jazcko 在卡內基國際核能政策會議中之演講內容，Jazcko 前主席認為與其一直用類似 OK 繃帶(補補貼貼)的方式來改善老舊機組，不如利用新的科技來取代現有的電廠，他並指出美國 100 多部核能機組中雖有過半取得 20 年延長運轉之執照(共計可運轉 60 年)，但實際上不看好能運轉這麼久。Jazcko 進一步說明核子反應爐的特性，當機組停機後仍存在著大量的衰變熱，在沒有持續足夠冷卻的狀況下，這也是導致福島事故爐心熔毀的主要原因。他認為解決方案即是採用較小的反應爐以減少衰變熱，而不會達到燃料的熔點。

Matthew 在這則報導中也提到的核能協進會(NEI)主席及執行長 Marvin Fertel 出面反駁 Jazcko 前主席的說法，Fertel 表示美國電廠一直都在安全地運轉著，不論 Jazcko 到核管會前、擔任核管會主席期間、或離職後，一直都是如此。Matthew 進一步報導去年 4 位其他核管會的委員們與 Jazcko 發生磨擦，最後導致他離職的事件，而工業界對 Jazcko 也一直無法信任，因為他曾是內華達州所選出參議員 Harry Reid 的助手，並且認他就是終結原訂規劃之高放射性廢棄物最終處置場亞卡山計畫(Yucca Mountain Project)之幕後黑手。

多元聲音之呈現

綜合以上的報導可以看出美國各界在日本發生福島核子事故兩周年的今天，由核能安全管理單位主管機關、工業界、學術界、環保團體所發出各種不同的聲音，雖然因為立場的不同，各方談論的內容亦南轅北轍，然而共同的體認就是核能安全是要不斷地加強，絕對不能讓類似福島第一核電廠反應爐熔毀的狀況再度發生在任何一个核能機組上。

參考資料

1. Associated Press, "Nuclear Chief: US Plants Safer after Japan Crisis", March 10, 2013.
2. Allison M. Mcfarlane, "The Next 25 Years", Opening Remarks at the 2013 NRC Regulatory Information Conference (RIC), March 13, 2013.
3. Willam D. Magwood, "Who Are We", Remarks at the 2013 NRC Regulatory Information Conference (RIC), March 13, 2013.
4. David Skeen, "Two Years after Fukushima: Enhance to U.S. Nuclear Plants Continues", NRC Blog, March 11, 2013.
5. Nuclear Energy Institute White Paper, "U.S. Government and Nuclear Energy Industry Response to the Fukushima Accident", February, 2013.
6. ANS Nuclear Cafe, "Two Years after Fukushima, ANS memebers at forefront", March 11, 2013.
7. Ed Lyman, "Two Years after Fukushima: NRC Safety Reforms", All Things Nuclear, March 8, 2013.
8. Carin Hall, "Two Years after Fukushima, Where Does Nuclear Stand?", Nuclear Gigital, March 11, 2013.
9. Matthew Wald, "Ex-Regulator Says Reacctors Are Flawed", New York Times, April 8, 2013.