

2014 年美國重要核能議題回顧

2014 年 11 月 21 日

美國核管會(Nuclear Regulatory Commission, NRC)主席 Allison Macfarlane 於 11 月 17 日在國家記者俱樂部舉行了一場記者會¹，這是繼 10 月 21 日核管會(NRC)發佈消息²，指出 Macfarlane 主席即將於明年 1 月回歸學術界，成為 George Washington University 公眾政策教授並擔任國際科技政策中心主任之後，她與媒體之面對面會談。在這場類似告別演說中，Macfarlane 主席除了感謝全體 NRC 人員在過去兩年多的時間一起共同努力，成就了不少重要的任務，也讓曾經一度面臨委員會因管理階層不合而造成之緊張局面得以緩和下來，並繼續推動高品質之管制工作。藉著這個場合，她娓娓道來任內的成就及未來待努力的目標，恰好也反映了美國近期核能重要議題的現況，故收集與本次記者會內容相關資訊，綜合報導如下。



圖 1：Macfarlane 主席在美國國家記者俱樂部演講

(資料來源：美國核管會網站)

用過核子燃料之延續貯存

Macfarlane 主席上任後不久，即面對美國華盛頓特區巡迴法庭駁回核管會(NRC)於 2010 年發行之「廢棄物信心法案」(Waste Confidence Act)修訂版，最主要是因為美國遲遲沒有能夠啟用核燃料之最終處置場，在基於假設有此場所狀況下而進行之核能電廠運轉執及換照作業，核管會便失去繼續發照的依據。2012 年 8 月份委員會(The Commission)便做出決議暫停核能電廠及用過燃料貯存設施之核照作業，並計畫以 24 個月的時間來積極發展新的法規及進行通案環境影響說明書(Generic Environmental Impact Statement, GEIS)，同時也要對核能電廠用過燃料池洩漏與火災風險進行評估，惟在此期間核管會仍可受理執照案件並審查，只是不能發出執照。

美國核管會人員在委員會的指示下，迅速成立專案小組並展開制定法規及研擬通案環境影響說明書(GEIS)之作業，從用過燃料乾式貯存 60 年、100 年及無限期等三個方向加以分析評估對環境的衝擊，其結論顯示影響是輕微的。核管會完成新法規及 GEIS 初稿後，於全美各大城市召開 13 場公眾會議，吸引各界人士參與，也收到近 3 萬 3 千項意見，核管會均加以回復。最後核管會依環評結果並參照公眾意見，將「廢棄物信心法案」更名為「用過核子燃料之延續貯存」法規，並於 2014 年 8 月

29 日經委員會通過³，本法規經過 9 月 19 日聯邦註冊公告後，已於 10 月 20 日開始生效，自此美國新建中與現有運轉中核電廠之執照更新申請審核作業，以及用過核子燃料乾式貯存設施之核照作業，均可採用 GEIS 的環評結果，無需另外進行個案環評，核管會也恢復發照作業。Macfarlane 主席在記者會透露雖然最後委員會投票結果同意幕僚所擬的新法規，但她自己對於無限期限貯存時可能會失去適當的管制機制而有些顧慮，惟依國際經驗，最終處置場自選址作業開始至啟用的合理期程約需 25~35 年，NRC 人員相信美國在短期內應可備妥最終處置場，進入長程貯存的可能性極低。雖然如此，17 個環保或反核團體聯合於 9 月 29 日提出上訴⁶，要求核管會停止核發反應器執照及更新執照，其原因就在於延續貯存法規並沒有說明用過核子燃料可以安全地被處置(disposed safely)，已違反美國原子能法中要求管制單位需能夠確認過核子燃料可以被安全地處置的信心；預料本項上訴將再度尋求聯邦法庭的裁決，後續發展仍值得觀察。

在公布上述法規並恢復換照作業之後，拔得頭籌的電廠為位在賓州之 Limerick，NRC 在 2014 年 10 月 20 日換發 Limerick 1 & 2 號機之運轉執照，有效期限分別延長到 2044 年及 2049 年⁴。另根據統計，美國已有 75 部機組獲准延長運轉，另有 17 機組之執照更新案，正由 NRC 審查當中。



圖 2：美國 Yankee Rowe 電廠除役後用過燃料乾式貯存的情形⁵

亞卡山計畫之安全審查及未來

在擔任核管會主席前，Allison Macfarlane 曾受聘為藍緞帶委員會(Blue Ribbon Commission, BRC)之委員，此委員會成立的目的是在於為美國規劃尋求用過核燃料之最終處置出路，其結論建議朝向聯合式中期貯存場(consolidate storage)及最終地質處理場(Geological Repository)等方向，而其前提則是原規劃之亞卡山貯置場(Yucca Mountain Repository)計畫之中止，而且在美國歐巴馬總統執政之後，能源部雖早已將亞卡山計畫送到核管會申請使用執照，但卻因政策改變而於 2010 年暫止計畫並不再繼續申請執照，核管會則在前主席 Gregory Jaczcko 的主導下，雖然該會於 2010 年已完成並公布安全評估第一冊，卻於 2011 年戛然停止本案之審查。然而由於國會當年已撥付 1 仟 3 佰萬美金給核管會執行審查，故 2013 年華盛頓特區巡迴上訴法庭要求

核管會必須利用剩下之經費，繼續審查亞卡山貯置場計畫。

經過將近一年的重啟審查作業，核管會於 2014 年 10 月 16 日正式完成亞卡山貯置場第三冊之安全評估報告⁷，結果顯示能源部亞卡山貯置場之設計符合計畫關閉後之安全(post-closure safety)條件，包括：績效目標、績效評估、多層屏蔽、民眾健康及環境標準等。核管會也透露 2015 年仍將繼續完成安全評估第二冊(關閉前之安全)、第四冊(行政及計畫性需求)、及第五冊(技術規範)，惟表示第三冊報告之公布，並不意味者核管會已授權興建此設施，而且整個審照過程，尚包括審查能源部所提出環境影響說明補充報告、召開異議(contention)之公聽會、及委員會最後之審查，而這仍需要國會後續的撥款方能實施。Macfarlane 希望外界明白，能源部已表明不再尋求本計畫之使用執照，國會也沒有繼續撥款給能源部，在沒有申請者的情況下，核管會實無法繼續包括召開公聽會的審查程序。

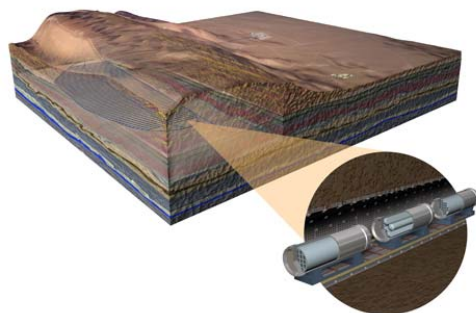


圖 3：美國 Yucca Mountain 最終處置計畫剖面示意圖（資料來源：美國核能協進會）

儘管亞卡山最終處置計畫已被擱置，但美國各界始終並未曾停止討論恢復該計畫的可能性，特別是美國 2014 年 11 月期中選舉之後，共和黨取得參眾兩院多數，這項話題又再度被提出。擔任政府及工業界能源顧問之 James McGovern 於 11 月 18 日撰文指出⁸，依美國核能廢料政策法，能源部早應於 1998 年便啟用核燃料最終處置場，而亞卡山計畫便是依此法案而進行的，工業界也已付出 410 億美金來成立廢棄物基金。然而過去數年在參議院多數黨領袖 Harry Reid 的阻撓及歐巴馬總統的政策下，使得本計畫被迫關閉，造成今日美國尚無任何最終處置場的窘境。現今在傾向支持重啟本計畫的共和黨掌握國會的情況，加上核管會審查結論顯示本場址可安全貯存用過核燃料，應有再翻盤的機會，其立即好處是可以完成這個已經花費無數人力財力的計畫，接收存放在全美各地(部分)的用過核燃料，同時可以去除某些州所設下除非找到最終處置場而不准再蓋新電廠的禁制令。華盛頓州民主黨參議員 Patty Murry 也同意核管會應儘快完成亞卡山計畫之審查⁹，在她寫給核管會主席 Allison Macfarlane 的信函中指出，過去 30 年以來的研究顯示亞卡山是存放高階核廢料最佳的選項，而先前國會已表決通過提供經費並尋求此選項，對於暫存位在華盛頓州 Hanford 場之軍用核廢料而言，將來能夠運送到亞卡山去存放，現今的審查作業就顯得無比重要。

新建電廠計畫及新反應器

美國目前計有 5 部興建中之反應爐，分別是 Vogtle 3 & 4 號機、VC Summer 2 & 3 號機、及 Watts Bar 2 號機，前兩者為西屋 AP-1000 型壓水式反應器，後者為西屋公司傳統壓水式反應器。Macfarlane 主席於兩年任內曾數次造訪這些建設中的廠址，



圖 4： Allison Macfarlane 主席(左)現場訪視建造中 Watts Bar 2 號機 (資料來源：美國核管會)

無論是核管會的視察員或現場的工程師對於安全意識的高度重視，她表示印象深刻。由於美國過去已多年沒有興建新的反應器機組，如何能夠符合核工業特有之高品質保證，設備製造商面對的挑戰不小，同時也要防備日益增加贗品(counterfeit)之濫充混入，她呼籲工業界應與核管會共同來面對此問題，並和國際供應商合作嚴格遵行品質保證標準。

至於這 5 部興建機組的現況，依 Lee Shearer 於 11 月 9 日的報導指出¹⁰，在喬治亞電力公司 Vogtle 電廠所在位置，現正有 5,000 名工人在進行 3&4 號機組的建設工作，而且許多在廠外製造的重要設備將陸續以重型吊具安置在定點位置。這個總經費達到 140 億美元之計畫，兩部機預計運轉時間分別為 2017 年及 2018 年，其發電量 2,250 MWe 可供應約 50 萬間住戶所需電力。另世界核能新聞 2014 年 10 月 3 日的報導以「Summer 之 AP 1000 機組費用增加」為題¹¹，說明製造商西屋公司提出預期在原 2008 年訂下 98 億美元完成的計畫，將額外增加 12 億的支出，且兩部機完成的時間分別延後至 2018-2020 年之間，而業主南卡羅萊納電力及瓦斯公司(SCE&G)則正審視這項延後以及可能增加的費用，並將與西屋公司展開協商。



圖 5： Vogtle 3 號機反應器廠房及附屬設施之建設現況 (資料來源：喬治亞電力公司)

田納西流域管理局(TVA)旗下 Watts Bar 2 號機自 2007 年恢復興建以來，現已進

入運轉前測試的最後階段，2014 年 10 月 30 日在核管會總部召開的公眾會議上¹²，NRC 人員表示安全審查部分剩下設計基準水災及現有火災防護計畫等事項，同時也需要電廠符合因應福島事件措施(用過燃料水位計及緩和策略等)。而在現場查證部分，資深視察員 Tomy Nazario 總結表示，視察結果顯示電廠依設計而建造，並沒有發現潛在而顯著影響電廠未來運轉的問題。未來工作將包括取得反應器安全諮詢委員會之建議及現場完成整備之信函，再一起交由委員會進行票決做出是否同意發給此機組運轉的執照，Inside NRC 記者 William Freebarim 判斷此時間為 2015 年 4 月¹³。

除了上述興建中的核能電廠之外，美國核管會於 2014 年 11 月 19 日發佈新聞指出¹⁴，該會已完成 Fermi 3 號機之複合式執照(Combined License, COL)申請案之有關安全評估報告，這份報告結論顯示從安全的觀點來看，並沒有安全因素會影響發出在密西根州 Newport 建造 Fermi 3 號機之興建及運轉複合式執照。而下一個步驟則是由 NRC 人員提供最終環境影響聲明給委員會，以進行聽證及最後的票決，來決定是否發照。本案若是通過，將是繼 2012 年 Vogtle 及 VC Summer 電廠後，第 3 個獲得複合式執照(COL)的電廠。核能新聞網 NucNet 進一步報導中¹⁵，說明除了 Fermi 3 號機之外，位於維吉尼亞州之 North Anna 電廠也申請 3 號機之 COL，目前尚在審查中。而這兩個電廠所將建造的機組為奇異公司新型之經濟簡易型沸水式反應爐(Economic Simplified Boiling Water Reactor, ESBWR)機組，這被稱為第 III+代的反應爐具有被動式(passive)自然循環之冷卻功能，亦即在發生意外事故的狀況下，不需要人為介入而能夠靠自然循環而防止爐心被熔毀。這些可增加冷卻循環效率之被動式設計包括：較長之反應爐槽(Long RPV)、較短的爐心、被動式圍阻體冷卻系統(Passive Containment Cooling System, PCCS)、隔離式冷凝器(Isolation Condenser System, ICS)來控制水位及移除衰變熱、及重力式之冷卻水式系統(Gravity Driven Cooling System, GDCS)等(如下圖)。核管會通過 ESBWR 安全分析報告的舉動，被認為是為第一個本類型反應爐取得執照鋪路。

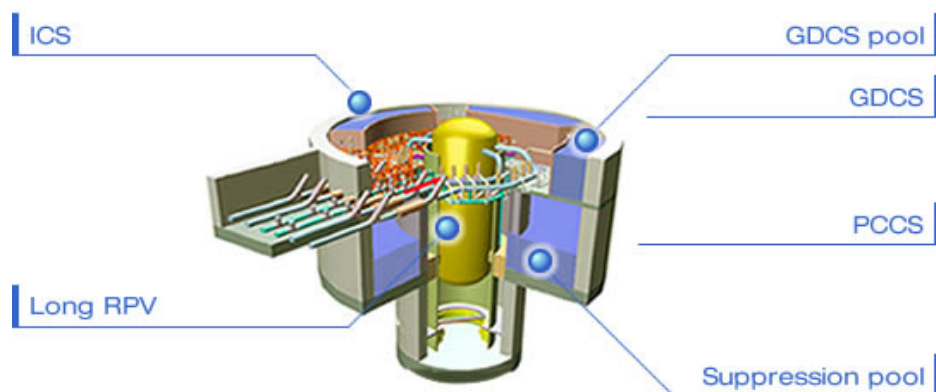


圖 6： ESBWR 反應爐設計及被動式冷卻系統示意圖 (資料來源：Hitachi-GE 核能公司)

核能電廠除役管制法規化

Macfarlane 主席在她臨別演說提到兩年任內中，隨著天然氣價格之大幅滑落，陸續有機組因經濟因素考量決定停止運轉並開始進行除役，這包括：Crystal River 3 號機、Kewaunee 機組、San Onofre 2 & 3 號機等，而位於佛蒙特州之 Vermont Yankee 沸水式機組，也即將於 2014 年底停止運轉而進入除役階段，這將使得美國核能機組的總數自 1990 年代以後首次降至兩位數(99)。隨著日益增加電廠除役的數目，她認為核管會的法規偏重對於建造及運轉中核能電廠，但在核子保安及緊急應變法規應用於準備除役電廠，以往採用所謂個案處理的管制方式並不妥當¹⁵，且現有管制法規並不夠完備，也增加除役管制的困難度。故 Macfarlane 認為此時正是核管會制定嚴謹的核能電廠除役法規之好時機，不但能協助業主加以遵行，同時也建構民眾對除役處理過程的瞭解。



圖 7：即將於 2014 年 12 月停止運轉之 Vermont Yankee 電廠（資料來源：Republican file photo）

能源部持續核能投資

繼今年年初美國能源部莫尼茲部長宣佈政府提供總價約 65 億美元的貸款擔保給 Vogtle 電廠兩部 AP1000 機組之興建後，2014 年 9 月 30 日能源部又提出 120 億美元之政府貸款擔保資助鈾濃縮廠、興建新型反應器、興建小型模組化反應器(SMR)、及增進現有機組效率之升級等¹⁶，並尋求業界的參與。能源部貸款計畫室執行主任 Peter Daison 表示此項投資將在燃料技術、熱效能、模組化施工法、被動式安全系統、標準化設計等各專業領域方面，有助於改良及創新。先前已獲得能源部資助而共同開發 NuScale 型 SMR 廠家資深副總裁 Jack Bailer 對此表示歡迎，惟表示 SMR 目前尚待取得核管會之認證，且目前規劃到 2020 之後才可能開始興建，到時候是否能得到貸款擔保，恐怕還有變數。核能協進會(Nuclear Energy Institute, NEI)則讚揚能源部的此項宣佈，認為是政府支



圖 8：莫尼茲部長在 Vogtle 電廠宣佈貸款擔保（資料來源：能源部網站）

持及擴大使用核能的具體表現。

參考資料

1. Nuclear Regulatory Commission, NRC NEWS, Prepared Remarks of Chairman Allison M. Macfarlane, National Press Club, November 17, 2014.
2. Nuclear Regulatory Commission, NRC NEWS, NRC Chairman Allison M. Macfarlane Announces Decision to Leave NRC, October 21, 2014.
3. Nuclear Regulatory Commission, NRC NEWS, NRC Approves Final Rule on Spent Fuel Storage and Ends Suspension of Final Licensing Actions for Nuclear Plants and Renewals, August 26, 2014.
4. Inside NRC, NRC Issues 20-Year Renewals of Limerick Operating Licenses, Vol. 36, Number 22, November 3, 2014.
5. Wayne Norton, Decommissioning at Various Stages, Nuclear Decommissioning and Used Fuel Strategy Summit, Charlotte, NC, October 1-2, 2014.
6. Nucleonics Week, Anti-Nuclear, Environmental Groups Ask NRC to Suspend Reactor License, Vol. 55, Number 40, October 2, 2014.
7. Nuclear Regulatory Commission, NRC NEWS, NRC Staff Issues Volume 3 of Yuccan Mountain safety Evaluation Report, October 16, 2014.
8. James McGovern, Nuclear Storage at Yucca Mountain Might Now Get the Green Light, November 18, 2014.
9. Hannah Northey, Murry Breaks Silence, Urges NRC to Review Repository, Greenwire, November 19, 2014.
10. Lee Shearer, Construction Well Underway at Mammoth Vogtle Nuclear Site in Rural Eastern Georgia, OnlineAthens, November 9, 2014.
11. World Nuclear News, Cost of Summer AP1000s increases, October 3, 2014.
12. Nuclear Regulatory Commission, Briefing on Watts Bar Unit 2 License Application Review, October 30, 2014.
13. Inside NRC, NRC Could Decide on Watts Bar-2 Operating License As Soon As April, Vol. 36, Number 20, October 6, 2014.
14. Nuclear Regulatory Commission, NRC NEWS, NRC Completes Safety Review of Proposed New Reactor at Fermi Site in Michigan, November 17, 2014.
15. Matthew Wald, Nuclear Agency Rules Are Ill-Suited for Plant Decommissioning,

Leader Says, New York Times, November 17, 2014.

16. Nucleonics Week, DOE Plans \$12.6 Billion in New Reactor Power Load Guarantees, Vol. 55, Number 40, October 2, 2014.