

參加 2017 年美國核能管制資訊大會紀要

2017 年 4 月 7 日

第 29 屆美國核能管制委員會(NRC)管制資訊大會，已於 2017 年 3 月 14-16 日舉行，本屆會議計有 38 國代表出席，註冊人數約 2900 人。NRC 特別邀請原能會主任委員謝曉星博士參加本次會議且於分組專題中擔任演講嘉賓，並由趙衛武副組長代表原能會以「Overview of Taiwan's Nuclear Regulatory Program」為題於會中發表演說；NRC 管制資訊大會已成為核能界之年度盛事，不但美國產官學及民間機構各界代表共聚一堂討論核能安全管制和精進，也提供國際間各國人士參與並分享各國管制計畫、電廠除役、緊急應變、及放射性廢棄物處理等議題，以下節錄大會期間專題演講重點及專題分組討論之摘要。

核管會 Kristine Svinicki 主席演說

今年是 Kristine Svinicki 主席自 2008 年 3 月 28 日擔任核管會委員以來，第 9 次參加管制資訊大會，也是今年 1 月 23 日被川普總統任命為美國核管會主席之後，首次以主席的身份來參加。Svinicki 主席提到過去 9 年來的工作經驗，讓她對於核管會人員之專業能力有信心，足以面對未來的各項挑戰，特別是在人員逐漸精簡的情況下，過去一年仍然與各界及利害相關者(stakeholders)間充份互動，在增加審照程序及審查問答的效率、減少不必要之負擔、研議完整性之除役法規、和小型模組化反應器審查等方面取得進展。Svinicki 主席再度闡述核管會良好法規之五大原則，包括獨立、公開、效率、清楚、及可靠，期勉核管會同仁以身做則來實現更有管制效能之目標。目前新政府頒布要求檢討法規鬆綁及增加效率之行政命令，她則認為核管會實質上是隨著整體外在環境的變化，不斷地再調整其組織及策略，像是 NRC 所屬核反應器管制署(NRR)及新反應署(NRO)未來將進行合併即是一例。



圖 1: 美國核管會新任主席 Kristine Svinicki(左) 及 Jeff Baran 委員出席大會

核管會營運執行長 Victor McCree 報告

McCree 營運執行長在今年大會中報告中提到，自 2011 年以來核管會人力已減少了 18%，過去因為工業界曾經計劃新建反應器的數量達到 34 個，核管會也一度擴張到接近 4000 人，但後來實際上僅有 4 部機組完成審查並開始建造，而陸續有電力公司提出永久停止運轉核能機組且開始除役的計畫，使得核管會調整組織並朝向將人力降到 3400 人的目標，此時更需要核管會保持機敏性(agile)，以因應內部預算之減少、外部

各界對核管會增進效率、新型反應器審照及除役工作逐漸加重等挑戰。此外在日本福島事故後專案小組提出各項改進建議案，大部分在 2016 年底已完成，剩下的事項也將陸續在 2018 年之前完成，這部分人力也將逐漸回歸到各專業辦公室來執行審照的工作。McCree 執行長也提到現有美國核能電廠面對的兩個選項：除役及執照第二次更新(延役)，他指出過去 5 年來已有 6 部機組永久停機，也有電力公司宣佈未來 10 內將有更多機組停機，但另一方面，核能界也有第二次延役的提議，亦即申請運轉年限由最初的 40 年延到 60 年，再向後延長到 80 年。針對除役工作部分，核管會已於 3 月 10 日發佈於聯邦法規網站中公布核能電廠除役之法規基礎草案，將核能電廠從運轉到除役之作業法制化，預計最終版之法規提報給委員會的時間為 2019 年；至於在執照更新方面，因為現有運轉 99 個機組中已有 87 個取得第一次的更新執照，累積不少經驗，而核管會人員亦將於今年內修訂更新審查導則，使該會已有足夠法規架構及資源來審查第二次之執照更新申請案。



圖 2:美國核管會營運執行長 Victor McCree(左) 在核管資訊大會開幕之報告，右為主持人核反應器管制署署長 Bill Dean (資料來源：核管會網站)

分組專題報告

本屆核能管制資訊大會共有 29 個分組專題討論議題，內容包括當前重點核能管制的事項如：公眾參與、新反應器審照、風險告知法規、網路安全、耐震安全、緊急應變、執照更新、除役法規、全球除役經驗、各國管制現況等，涵蓋層面很廣。以下僅就筆者參與之除役相關經驗及各國管制現況等分組，整理部分之重點。

除役法規修訂

在「動力用反應器除役管制改進」的專題分組中計有 4 位講者，分享除役工作現況和挑戰、除役實務經驗回饋、除役階段緊急應變法規、工業界建議等方面的內容。

- 核管會核子材料安全和保防署(NMSS)之除役分支主管 Bruce Watson 報告自 1998 年以來，在核子材料生產設施、研究用反應器、及動力用核子反應器已累積 20 年之除役實務經驗，核管會也持續更新或修訂所發行之除役相關規範，例如 NUREG-1757 Vol.2「整體除役導則」、NUREG-1507「除役期間最小可偵測濃度規範」、NUREG-1700「執照終止計畫審查導則」、NUREG-1628「除役問答集」等。Watson 主管也解釋現有聯邦法規 10 CFR 50.82 中規定除役年限可長達 60 年之利弊，例如輻射強度降低到原有之 1-2%、廢棄物容量可減少 90%、讓除役基金繼續增加、對多機組之廠址安全性等為延長期除役時間之好處，但反之卻可能使得後續經營者逐漸喪失對機組之瞭解、保健物理和拆除反應器內部組件之挑戰會增加、設施老化管理的問題等。目前全美有多個動力用反應器處於長期安全儲存(SAFSTOR)狀態，位於馬里蘭州巴爾地摩之 Savannah 核子艦艇自 1970 年從海軍退役而於次年移除核燃料，艦艇上反應器之儲存時間已累計 47 年。

- 核管會核子保安即事件應變署(NSIR)之緊急應分支主管 Robert Kahler 簡介目前核管會在除役階段核能電廠之管制，現有緊急應變法規僅考量運轉中的機組狀況，而沒有計入永久停機及燃料移除後風險已降低的因素，且核管會係依據電力公司申請的豁免案件而逐案審查和核准。例如圖 3 為核管會過去曾核准豁免的案例，使電力公司在除役中電廠之緊急應變作業範圍相對較小。然核管會委員會於 2014 便指示應將此部分作業法制化，其目標在於維持除役期間緊應變作業合理之安全保證、提供管制之確定和清晰性、將緊急應變管制作業分類及制式化等。研擬中法規草案將核能電廠內狀態劃分成功率運轉期間、永久停機後期間、燃料移出反應器至燃料池期間、所有用過核燃料乾式貯式期間、及將核燃料移出廠區送至集中儲存場或最終處置場，各期間依其風險大小而有對應之緊急應變措施。

Past Exemptions	
Operating Reactor	Decommissioning Site
- Based on operating reactor radiological events - Offsite radiological planning - EPZ, Alert and Notification Systems - Event Classifications - General Emergency - Offsite Notifications (15 min) - Dedicated Facilities - Onsite/Offsite Exercises	- Based on spent fuel pool radiological events - Comprehensive "all hazards" planning - Firefighting, medical, law enforcement onsite response - Event Classifications - Alert - Offsite Notifications (1 hour) - Onsite Command Center - Onsite Exercises, Offsite invited

圖 3: 現行法規中有關除役中電廠申請緊急應變作業豁免案例 (資料來源：核管會網站)

- 核管會核反應器管制署(NRR)分支主管 Douglas Broaddus 以核能電廠從運轉中過渡到除役之經驗回饋為題，說明近期內已停機之 Kewaunee、Crystal River、SONG 2&3、Vermont Yankee、以及正處於過渡期之 Fort Calhoun 電廠，再加上 2025 年陸續仍有至少 7 部機組永久停止運轉，美國預期會累積足夠的經驗來執行除役作業。反應器署人員於 2016 年 10 月份出版一份除役經驗回饋報告(編號 ML16176A339)，建議持照者未來進行除役計畫時應事先與核管會召開檢討會

議，並儘早提供送審文件，另應參考以前案例以及已經建立好之處理程序。至於核管會人員也應採用審查導則來檢視有關核子保安和緊急應變的措施，同時要召開公眾與跨政府部門的會議，如此才有助於除役管制及工作之進行。在上述經驗回饋報告中，也分別說明聯邦核管會的責任在於獨立之安全管制者及放射性設施之除役，州政府負責管制持照者之除役財務及場址復原，持照者則負責過渡期和除役期間之安全以及聽取公民群體的建言。

- Entergy 核能除役公司副總裁 Steve Scheurich 代表工業界提出對除役法規之觀點，他認為過去的經驗顯示除役作業耗時、耗力、耗金錢，審查作業及執照措施往往需要 12-18 個月的時間及上百萬美元的經費，因此工業界期待除役法規之制定能夠消除不必要之負擔及減少管制措施，且建議優先事項為：解決從運轉過渡到除役期間的問題、具有足夠的除役基金來執行作業、分享除役經驗回饋、具有效率及可預測性之法規架構等事項。

全球除役經驗

在「各國除役經驗」的專題分組中計有來自國際原子能總署(IAEA)、日本、法國、及瑞士等 4 位講者，分享各國除役法規及實務經驗。

- 國際原子能總署(IAEA)主管核能安全及核子保安之副署長 Juan Carlos Lentijo 簡介其除役計畫在於發展安全標準、推動國際合作、提供會員國同行審查及諮詢服務、及辦理訓練。他認為國際間對於除役的需求逐年上升，在 IAEA 2017 計畫也已將除役相關之工作列為優先辦理事項，此外在 2016 年辦理之國際除役暨環境回復大會上，各國呼籲應建立國家除役策略及實施計畫，這包括相關之安全及技術基礎，也應務實地估計除役工作所需之財務機制、各利害相關團體之參與及國際合作。Lentijo 副署長指出 IAEA 近來也建立了國際除役網絡(IDN)來增進國家和區域性除役計畫之相互學習及聯繫。
- 日本原子力規制委員會(NRA)Toyoshi Fuketa 委員以除役法規及日本福島電廠除役現況為題發表演說，Fuketa 委員首先指出日本境內共有 62 部各式核能機組(含動力及研究用)，目前已有 17 部機組停止運作，其中 6 部已由電力公司提出除役計畫，他以國際原子能總署不久前針對日本所執行整體管制計畫審查結論為例，建議立法要求各電力公司在提出除役計畫之前，應先有除役策略計畫，其中需涵蓋放射性廢棄物之產生量及經費預估和財務規劃，而且在電廠仍在運轉期間就應該持續檢討除役策略，NRA 於 2017 年 2 月已正式向日本內閣提出這項法案。至於福島第一核能電廠因為於 2011 年發生嚴重核子事故，目前不但要規劃除役工作，亦需執行降低現場輻射威脅的措施，包括將用過核子燃料移

出受損之第 1 到第 4 號機反應器廠房、移除汽機廠房及海水循環泵室間電纜通道之輻射污染地下水、建立不透水性牆以阻止污染洩漏到海洋等，日本原子力規制委員會已於 2015 年 2 月完成降低福島風險之中期報告並定期地加以更新。

- 瑞士方面由聯邦核子安全檢查局(ENSI))局長 Dr. Hans Wanner 簡報該國核能政策、核管制度、核後端基金、及核能電廠除役規劃的情形，由於與我國況狀相當類似，故再細述如下：
 1. 自從 2011 年日本發生大地震及引發核子事故之後，瑞士已中止開發新的核能計畫，現有核能電廠將逐漸關閉。瑞士最近一次國會選舉為 2015 年，新的國會在 2016 年 3 月拒絕限制核能電廠之年限，同年 12 月全民公投也拒絕電廠僅能運轉 45 年的提案。而瑞士政府擬在 2017 年 5 月 21 日提出「2050 年能源新政策」並交付全民公投，此項新政策的重點：包括提高能源使用效率、推動再生能源、廢除核電且不再有新核能計畫、禁止再處理用過核子燃料等。
 2. 瑞士負責核發興建及運轉執照的單位為環境、運輸、能源、暨交通部 (DETEC)，其中核能安全委員會(NSC)可提供諮詢，核子安全檢查局(ENSI)負責監督核子設施運轉及核材料運送安全及保安，也評估放射性廢棄物產生量及核准現有執照基準下所做的任何變更。以除役管制為例：持照者提出除役專案計畫、ENSI 審查除役專案計畫、NSC 提供意見、DETEC 下達除役命令及宣告最終場地之復元。
 3. 瑞士核後端基金的概念為使用者付費，亦即持照者核能電廠運轉時就應分別設立除役和廢棄物處理等兩項基金，且由政府成立專門委員會來監督基金運作；此外規定每 5 年需重新計算除役和廢棄物處理所需費用及基金累積的情形。Wanner 局長舉出 2015 年底之計算案例，顯示上述兩項基金分別以 1.41%及 2.97%的比例超出除役和廢棄物處理所需之費用。
 4. 瑞士第一個準備除役的核能電廠為 Mühleburg 沸水式機組，持照者 BKW 電力於 2013 年 10 月即已決定將本機組於 2019 年時永久停止運轉，隨後於 2015 年提出除役專案計畫，ENSI 預定於 2017 年底完成審查，DETEC 則將於 2019 年下達除役命令。圖 4 為 Mühleburg 核能機組除役各階段之時程圖，筆者請教 Wanner 局長瑞士核能電廠除役年限，他表示這係由持照者視需要並依其規劃之專案內容來提出除役時間表，法規中並沒有明確定出必須在多久之內完成除役工作。

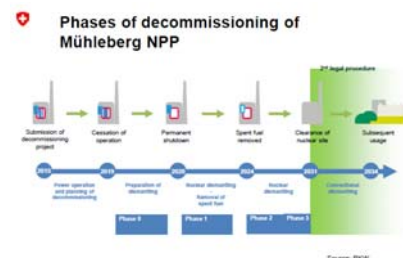


圖 4: Mühleburg 核能機組除役各階段及時程圖 (資料來源：核管會網站)

- 法國核能安全管制署副署長 Jean-Luc LACHAUME 報告法國核子設施除役現況及法規架構，到 2017 年為止法國計有 33 個各型核子設施(動力、研究、實驗用)執行除役，其中 21 部已取得執照，另 11 部仍在審查中。法國除役法規依據主要為 2006 年「核能場之透明及安全法」和「核子材料及廢料長期處理法」、及 2015 年「能源過渡及綠能增進法」。電力公司需在核能機組永久停機之兩年前，先宣告其停機時間及停機前運轉計畫。另外在停機後到執行拆除前，最多將以 3 年的時間審查其除污及除役(D&D)計畫。此計畫內容包括：拆除計畫、持照者技術和財務能力、除役和廢棄物管制程序書、除役最初安全報告、環境衝擊及危害評估、除役中偵測及復原場地最終監測計畫等。LACHAUME 副署長最後建議各國應具有清楚的法規架構、評估後端處理基金之足夠性並應在核能電廠運轉期間即儘早執行、確保所有廢棄物處置方法(途徑)之可用性。

各國管制現況

- 英國首席核能檢查官 Dr. Richard Savage 首先簡述英國現階段在民用及軍用核子應器方面的計畫，並在未來 15 年分別投資 600 億和 400 億英鎊經費來進行相關之開發建設，另外預期將有小型模組化反應器之設計認證。而面對英國核能復興的景況，Dr. Savage 認為管制單位要朝向產出式(outcome focused)核子保安法規，亦需著重於核子設施整個運轉期間(through-life)之安全審查和及時實施合理實務之改善。他進一步闡釋核子設施之保安目標為：為設施負責人所擁有的保安計畫、風險分類有關敏感核子資訊、實體和網路保安要展示可達成產出要求、設定目標並提供導則來指出未達成保安目標之缺失等。至於在持續提升安全改善方面，從最初所設定的安全標準，到定期安全審查(Periodic Safety Review, PSR)加上運轉經驗累積，安全標準會逐漸提高(如圖 5 之綠色實線)，而各核子設施運轉者也應及時採用合理可行的改善措施。

The Concept of Continuous Improvement & Through Life NPP Safety

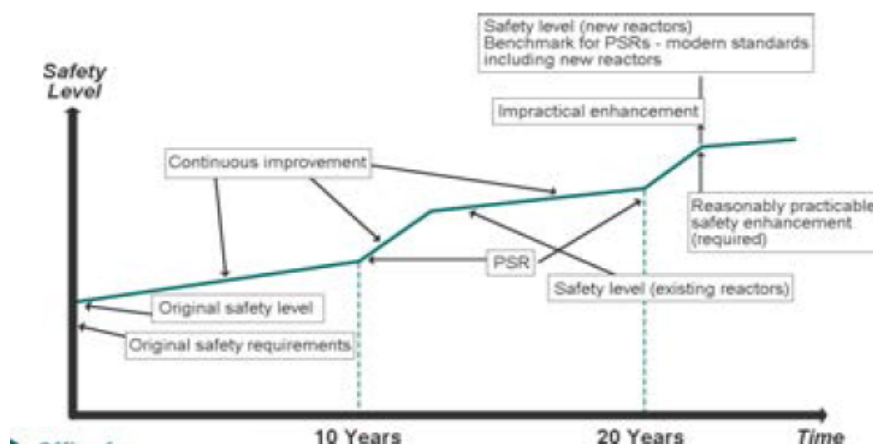


圖 5: 電廠整個運轉期間持續安全改善示意圖 (資料來源：核管會網站)

- 出身於南非而任職於國際原子能總署國際核能安全諮詢群(IAEA/INSAG)之 Dr. Bismark Tyobeka 介紹南非之最新管制單位及重點措施，該國自 1940 年代就開始核子相關研究，1963 年成立原子能委員會(Atomic Energy Board)，經過多年的演變及改組，到 2000 年成立國家核子管制局(National Nuclear Regulation, NNR)，目標在於建立一個可預測性、透明、及穩定的執照管制架構。目前 NNR 主要重點工作為檢視及更新現有管制導則，以便建制一個可以容納各個新法規之完整性管制導則資料庫，其中也包括了日本福島事故之管制要求及 IAEA 新出版之各項安全標準。對於現有運轉中的兩部壓水式核能機組，除了更換蒸汽產生器、更換反應器爐蓋、更換爐水補水槽等大項工作外，審查乾式貯存場及長期運轉安全為現階段的重點。另外在新建反應器計畫之選址方面，目前除了已公開徵求大眾意見，今年下半年還要辦理數場公聽會。IAEA 於 2016 年在南非執行了整體性管制審查服務(IRRS)，顯示該國目前有兩個管制單位，包括：國家核子管制局(NNR)和衛生部(DOH)所屬之放射性管制機構，故南非政府考慮將來修法將兩個單位合併成單一的管制單位。
- 有關我國核能管制計畫及重點方面，原子能委員會為一獨立管制機關，業務範圍涵蓋核能安全、核子保安、核子保防、輻射防護、緊急應變、放射性物料管制、輻射監測等，至於國家能源政策的擬訂，則由隸屬於經濟部之能源局負責。以 2016 年能源使用比例來看，核能尚佔有 12.4%，惟因我國能源政策的轉變，將以 2025 年做為實現非核家園的目標，且今年初新修訂之電業法亦加入相關條文，故原子能委員會現階段的管制重點，除了繼續監督運轉中核能電廠之安全運作，未來將以除役及放射性廢棄物管制為主。惟因地方政府和民眾的反對，使得我國推動用過燃料乾式貯存、低放射性廢棄物最終儲存等計畫均面臨了阻力，故原子能委員會近來致力於資訊公開透明並建立公眾參與平台，希望能透過多面向之溝通方式來化解疑慮並建立民眾對政府之信任，以順利推動除役和放射性廢棄物處理之管制作業。至於現場聽眾關心我國非核家園後的能源運用，筆者回應現階段我政府已全力推動再生能源，並以 2030 能達到總比例 20% 為目標，如何能夠維持電力之穩定供應，將是未來各界共同面對之挑戰。



圖 6: 各國核能管制計畫及重點分組專題報告