

出國報告(出國類別:開會)

參加 2025 年美國核管會第 37 屆  
「管制資訊研討會」  
出國報告

服務機關：核能安全委員會

姓名職稱：黃郁仁副研究員

派赴地區：美國/華盛頓特區

出國期間：114 年 3 月 9 日至 114 年 3 月 16 日

報告日期：114 年 6 月 12 日

## 摘要

由美國核能管制委員會(Nuclear Regulatory Commission，中文簡稱美國核管會，英文簡稱 NRC)所主辦的管制資訊研討會(Regulatory Information Conference，簡稱 RIC)，係每年例行舉辦的大型研討會，由 NRC 所轄的核子反應器管制署(Office of Nuclear Reactor Regulation，簡稱 NRR)及核能管制研究署(Office of Nuclear Regulatory Research，簡稱 RES)聯合主辦，為美國核能領域之年度盛事，亦開放各國政府單位、核能工業界、核能電廠業主、國際組織與民間團體等利害關係人報名參與。今年是第 37 屆大會，適逢是 NRC 成立 50 週年紀念，於 2025 年 3 月 11 日至 3 月 13 日在 NRC 總部鄰近之 Bethesda North Marriott 飯店的會議中心舉辦。RIC 會議提供一個良好的資訊交流平台，除提供各國核能領域專業人士及管制單位等彼此交流的機會，亦可共同聚焦在近期關注的管制議題，展望未來的技術挑戰。本次奉派出國參加會議，主要聽取會議中的五場專題演說、兩場專題對談以及六個場次的技術會議討論，內容涵蓋美國核能管制委員會(NRC)最近的重點工作和未來展望，特別強調提高效率、更新管制流程以及應對新興核能技術的挑戰。討論內容涵蓋 NRC 在人員配置、資料管理和國際合作方面的進展與挑戰，同時也探討如何運用人工智慧和數據分析來優化內部流程和外部互動。還提及美國核能產業的復興以及核能在全球能源安全中的重要性。本次聽取到相當豐碩的資訊，茲將會議心得與紀錄彙整成出國報告，以期對我國未來核安管制工作有所助益。

# 目錄

|                |    |
|----------------|----|
| 壹、 出國目的 .....  | 1  |
| 貳、 出國行程 .....  | 2  |
| 參、 過程紀要 .....  | 3  |
| 肆、 心得與建議 ..... | 26 |
| 伍、 附件.....     | 28 |

## 壹、出國目的

由美國核能管制委員會(Nuclear Regulatory Commission，中文簡稱美國核管會，英文簡稱 NRC)所主辦的管制資訊研討會(Regulatory Information Conference，簡稱 RIC)，係每年例行舉辦的大型研討會，由 NRC 所轄的核子反應器管制署(Office of Nuclear Reactor Regulation，簡稱 NRR)及核能管制研究署(Office of Nuclear Regulatory Research，簡稱 RES)聯合主辦，為美國核能領域之年度盛事，除美國產官學界齊聚一堂，亦開放各國政府單位、國際組織、核能工業界、核能電廠業主與民間團體等利害關係人報名參與。歷年舉辦的 RIC 會議提供一個良好的資訊交流平台，除提供各國核能領域專業人士及管制單位等彼此交流的機會，亦可共同聚焦在近期關注的管制議題以及展望未來的技術挑戰。今年度是第 37 屆 RIC 會議，正式會議於 2025 年 3 月 11 日至 3 月 13 日舉辦，依據大會主辦單位報告，共有超過 3,000 人，分別來自 51 個國家的人士註冊參加。本次奉派出國參加會議，主要聽取會議中的五場專題演說、兩場專題對談以及六個場次的技術會議討論，內容涵蓋推進美國核能的全球領導地位(ADVANCING U.S. Nuclear Energy Global Leadership)、數據與人工智慧應用(Data and Artificial Intelligence in Action: Balancing Innovation and Safety)、NRC 風險告知決策評估(Elevating NRC Safety and Efficiency Through Risk-Informed Decision-Making)、核能電廠外部危害評估(Approaches for Addressing Evolving External Hazards in Nuclear Power)、小型模組化與進步型反應器三邊合作(United States, Canada, and United Kingdom Small Modular Reactors and Advanced Reactor Trilateral Cooperation)，以及輕水式反應器進步型燃料部署(Shortening the Half-Life of Advanced Fuel Deployment in Light Water Reactors)等議題，聽取到相當豐碩的資訊，部分內容亦與我國目前或未來可能面臨的管制議題相仿，將可作為我國核安管制之借鏡。

## 貳、出國行程

本次第 37 屆 RIC 於 2025 年 3 月 11 日至 3 月 13 日舉辦，本次出國行程自 2025 年 3 月 9 日至 3 月 16 日，共計 8 天，行程如表 1:

表 1、本次觀摩行程表

| 日期                          | 地點與行程          | 工作內容                                  |
|-----------------------------|----------------|---------------------------------------|
| 3 月 9 日(日)~<br>3 月 10 日(一)  | 台北→美國西雅圖→華盛頓特區 | 去程                                    |
| 3 月 11 日(二)~<br>3 月 13 日(四) | 管制資訊研討會會場      | 參加「2025 年第 37 屆管制資訊研討會」，聽取專題演講及技術會議討論 |
| 3 月 14 日(五)~<br>3 月 16 日(日) | 美國華盛頓特區→西雅圖→台北 | 返程                                    |

## 參、過程紀要

2025 年第 37 屆 RIC 大會主題設定為「規劃 NRC 下一個 50 年藍圖 (Charting The Next 50 Years)」，假美國核管會總部附近的 Bethesda North Marriott 飯店會議中心舉辦，參加者除美國 NRC 及美國國內核能相關從業人員外，亦有來自加拿大、英國、法國、波蘭、羅馬尼亞、阿拉伯聯合大公國、迦納、日本、南韓等多國核能相關人士參與盛會。主辦方特別邀請 NRC 主席 David A. Wright 先生、NRC 委員 Christopher T. Hanson 先生、NRC 委員 Annie Caputo 女士、NRC 委員 Bradley R. Crowell 先生、NRC 委員 Matthew J. Marzano 先生共五位，分別發表專題演說，並安排二場對談，分別是 NRC 主席 David A. Wright 先生與五位來自管制機關及業界的核能專家對談，以及 NRC 營運執行長 (Executive Director for Operation, 簡稱 EDO) Mirela Gaverilas 女士主持與五位 NRC 處長的對談；此外，大會主辦方安排 24 場次的技術會議、15 項數位展覽項目，亦安排 NRC 運轉中心 (Operations Center) 參訪行程提供與會者自由選擇參加，會議議程詳如附件。以下謹就本次參加會議聽取專題演說和對談、技術會議之心得與紀錄，依序分別摘要說明，其後列 15 項數位展示項目供參。

### 一、專題研討論壇 (Plenary Session)

3 月 11 日上午開幕式及 3 月 12 日上午都是專題研討論壇，共計七場次：

#### (一) 開幕式：NRC 主席 David A. Wright 先生演說

本次會議由 NRC 主席 David A. Wright 先生開場演說，歡迎大家參加會議，首先感謝多位協助會議籌備和相關工作的人員，也感謝現任的每一位 NRC 委員，Annie Caputo 委員、Christopher T. Hanson 委員、Bradley R. Crowell 委員以及最新加入的 Matthew J. Marzano 委員。主席說明 NRC 面臨許多變化與挑戰如下：

1. 核心使命：NRC 的核心使命是為確保核能技術的安全與保安，安全始終是 NRC 的「北極星」(North Star)，這不是可以妥協的議題，沒有人能要求 NRC 對安全妥協。
2. 更新使命聲明：NRC 最近更新使命聲明，包括有效地促成、推進和部署核技術與放射性物料的安全使用，增進國家的共同防禦與保安，這並非降低

安全標準，而是讓 NRC 重新聚焦於關鍵任務和安全顯著的項目，以造福社會和環境。

- 3.安全與效率的平衡：雖然安全至關重要且不可妥協，但外部期望 NRC 高效率地達成「合理安全保證」。這意味著 NRC 需要找到方法，在安全不是問題的地方，有效率地解決問題並繼續推進，避免在安全顯著性非常低的項目上花費過多時間，因為這會導致不必要的延遲和資源浪費。最終，所有工作都必須一致且符合安全標準，確保使用核能技術的安全與保安。
- 4.新興技術的安全考量：為因應美國國內能源需求和核能產業的快速發展，預計未來幾年將會面臨「申請使用執照的瀑布流」，特別是先進式反應爐、小型模組化反應爐 (SMR) 和微型反應爐，針對這些新興技術，NRC 也在調整其管制框架以確保安全。儘管 NRC 致力於提高效率和為新技術做好準備，但這並不以犧牲安全標準為代價，而是在確保安全的前提下，尋求更有效率的方式來實現其使命。
- 5.國際需求：早期國際核能發展只希望使用已經在美國成功建造的設計，現今越來越多的國家將核能作為其能源解決方案的一部分，並更願意使用已經過 NRC 認證或許可的美國設計，因此需要 NRC 優先處理這些設計的管制流程，若未能滿足管制需求的急迫性，其他國家核能產業技術會取而代之。
- 6.加強業界合作：NRC 體認到與業界加強協作的重要性。這種協作的重點在於清晰透明地溝通 NRC 在管制過程中對資訊的需求，而非提供諮詢。其核心目標是在確保安全和保安的前提下，提高管制流程的效率和時效性，以應對當前業界日益增長的活動和對新型核技術的需求。最後主席對 NRC 團隊充滿信心，相信他們能夠克服挑戰並實現這些目標。

## **(二) NRC 委員 Annie Caputo 女士演說**

NRC 委員 Annie Caputo 在 NRC 成立 50 週年之際，演說主題為「規劃未來 50 年的航程」。委員指出 NRC 正處於一個重要的十字路口，需要調整其運作方式以支持國家，其演說的關鍵重點包括：

- 1.能源需求成長與電網挑戰：美國總統簽署行政命令，宣布進入能源緊急狀

態，強調提升能源供應與電網可靠性對國安與經濟安全至關重要。預計至 2034 年，尖峰電力需求將增長 151 GW，現有基礎設施建設速度遠落後於需求成長。

- 2.對 NRC 工作量的影響與應對：北美電力可靠度公司(NERC)建議簡化設施選址與許可流程，呼應《先進核能法案(ADVANCE Act)》改革 NRC 管制的使命並提升效率的目標。若核能需滿足 20%新增需求(約 48 GW)，NRC 將需在 6-7 年間核發數十座新型反應爐的許可，工作量將遠超過 2007 年核能復興時期。此外，來自科技、能源與航運產業的新市場參與者也對核能產生高度興趣，NRC 需強化專業能力以因應新技術與應用。
- 3.效率與改革重點：效率改革應聚焦於高優先度的任務，簡化低優先度或已被取代的活動。這不是降低安全標準，而是提升效能。NRC 應重新檢視任務範疇，重組工作重點，減少資源浪費。
- 4.資源配置與人力發展：NRC 須精準估算並重新配置資源，將許可業務列為優先。目前「相關管制活動」耗費過多管理精力，需調整「大餅」結構，把資源集中於法定許可工作。同時，NRC 缺乏有效人力規劃，應強化員工再訓練與跨任務調度能力。雖國會支持增加預算，NRC 應優先善用現有資源。

### (三) NRC 委員 Christopher T. Hansen 先生演說

NRC 委員 Christopher T. Hansen 特別感謝在場的烏克蘭同事，並再次表達對他們面對侵略的堅韌和勇氣的欽佩。雖然能源環境正在變化，NRC 需要進行改革並提高效率以應對挑戰和不斷增加的工作量，但有些關鍵原則必須保持不變，這些原則是 NRC 作為一個機構能夠維持力量並迎接未來挑戰的基礎。演講的關鍵重點包括：

- 1.變革與效率的必要性，他重申去(2024)年提出的觀點：「反射性地做我們一直以來做的事情將行不通」。期望 NRC 的每個領導者仔細審視政策、流程和程序的「為什麼」，並找出更有效率和有效的方式來完成安全使命，同時容納增加的工作範圍。效率一直是 NRC 歷史的一部分。然而，有別於只強調改變的演講，他今(2025)年要強調的是在改變的過程中，需要保持

不變的事物，即維護對 NRC 機構至關重要的原則。

2. NRC 三個核心基礎：獨立性、技術能力和保護公眾。獨立性 (Independence)：

國會將 NRC 設計成一個五人、跨黨派的委員會，是為促進其獨立於外部影響，使其專注於安全。最近通過的《先進核能法案》也確認獨立性原則，並且沒有改變 NRC 的根本安全使命或擴大其權力。技術能力 (Technical Competence)：強調依循數據的重要性，數據必須被收集、解釋並適當應用於管制決策。保護公眾 (Protection of the Public)：這是 NRC 使命的核心。雖然《先進核能法案》要求更新使命聲明，但並沒有改變 NRC 確保安全和保安之管制重點。

3. 多樣性與人才需求：NRC 的工作範圍和所需人才的多樣性。除核子工程外，NRC 還僱用環境、傳播、人力資源、金融、醫學、法律、地質學和地震學等領域的人才。多樣性的經驗、思想以及視角對於實現安全使命和維持強健的核能安全文化至關重要。NRC 希望自己的員工能夠自在地分享他們的觀點和提出顧慮，營造開放透明的環境，他接著舉例近期的成就，以及引述公共服務與樂觀精神。總結時表示，他出於對未來的樂觀，捍衛獨立性、技術能力和保護公眾這些原則，相信它們值得保留。他對 NRC 的員工抱有信心，相信憑藉他們的高標準、強烈的使命感和堅定不移的奉獻精神，NRC 的傳奇將再持續 50 年。

#### (四) NRC 委員 Bradley R. Crowell 演說

NRC 委員 Bradley R. Crowell 感謝現場與線上與會者，包括來自 51 國的代表、現任與前任委員、國際夥伴、經營者與供應商等。他特別感謝參議院環境與公共工程委員會 (EPW) 主席 Shelley Moore Capito 參加會議，並期待與她和 EPW 新任白宮委員等人合作。他分享自己曾任白宮幕僚的經驗，並指出參議員 Capito 對低碳核能的支持雖不廣為人知，卻至關重要。

Crowell 委員主持關於反應器安全諮詢委員會 (ACRS) 角色的技術會議，強調其作為「NRC 技術良知」的價值，對公眾建立對新型反應爐與先進燃料安全的信任至關重要。他認為 ACRS 是推動核能擴展的社會基礎之一。

他指出，自上次會議以來最重要的政策發展是《先進核能法案》通過，

該法案獲兩黨壓倒性支持，要求 NRC 建立高效、可預測的執照審查制度，並制定新技術監管策略與持續擴大國際合作。然而，他對 NRC 內部近期管制活動與法案精神不一致，表示關切，但也讚賞員工在壓力下持續推動使命與改革。

他提出在剩餘任期的四大目標：(1) 2030 年前完成審查許可並啟動至少一座先進反應爐建設；(2) 提升核子反應器的功率並重啟近期關閉反應爐；(3) 同時維持現有核電廠安全營運；(4) 在此關鍵時刻嚴防錯誤，並強調 NRC 與業界在這些任務上都需精準無誤。

展望未來，他指出 NRC 將面臨關於新技術與監管框架的重大決策，有些簡單，有些則需妥協與共識。他反覆強調「協作」是達成高效與安全監管的基石。NRC 作為五人獨立委員會，其設計制度本意即是融合多元經驗以協力解決複雜問題。

他回顧自己被任命時，委員們對其協作精神的關切。他坦言協作比想像中困難，但仍堅信它是推動 NRC 與核能發展成功的「超能力」。他呼籲同僚重新承諾共同責任，以誠實溝通與集體智慧面對挑戰，否則將無法達成目標。他相信，唯有建立強大關係與真誠對話，才能推動核能未來成功。

#### **(五) NRC 委員 Matthew J. Marzano 先生演說**

Matthew J. Marzano 委員分享其早期在 Nulls 原子力實驗室成為持照反應器運轉員（licensed reactor operator），後來 VC Summer 核電廠建造專案擔任高級反應器運轉員(SRO)候選人與 LaSalle 核電廠獲得 SRO 執照的經歷，強調核能安全文化對其價值觀與監管視角的深刻影響。他曾在多個核設施受訓與工作，親身體驗營運與法規遵循間的平衡，體認到 NRC 與業者之間主動溝通的重要性。

他指出，NRC 面對快速發展的核能產業，必須保持靈活與高效，並以便利貼與魔術方塊為喻，說明監管挑戰既需多面向思維，也要快速應變。同時強調應用風險告知的方法、合理接受風險、投資人才、並保持 NRC 獨立性作為商用核能安全管制機構「國際黃金標準」的地位。

演講回顧 NRC 歷史上的三大關鍵事件：(1) 三哩島事故後導致管制、緊

急應變、運轉人員訓練、人因工程等方面的重大變革，加強美國反應爐營運的安全文化；(2) 1998 年彼得·多梅尼奇參議員對過度管制發出警告，推動風險告知監管與反應器監管程序(ROP)制度建立；(3) 福島核災後雖強化美國核電廠的韌性，卻也終結首次核能復興。NRC 近期才逐漸恢復元氣。

他認為未來 NRC 的成功將取決於三點：(1) 為新技術做好準備、提升前瞻性與敏捷性；(2) 主動與公眾互動且需要「與人們面對面交流」，以用淺顯易懂的語言建立信任，特別是在新型核設施將進入社區的背景下；(3) 投資員工，強化訓練與資源配置，恢復「最佳政府職場」聲譽，並運用《先進核能法案》授權強化人力。

他也回顧三項關鍵法案對 NRC 的深遠影響：(1) 《核能創新和現代化法案 NEMA》促使 NRC 開發針對先進反應爐的簡化、風險導向審查框架 (Part 53)；(2) 《核能創新能力法案 NEICA》強化 NRC 與能源部的協作，推動技術研究與部署；(3) 《加速先進核能潔淨能源部署法案 ADVANCE Act》整合並擴大上述兩者，支持 NRC 提高效率、降低費用障礙，並擴大與能源部(DOE) 合作。

最後，他感謝所有 NRC 員工的投入與堅持，認為正是這群人將共同撰寫 NRC 未來 50 年的新篇章。

## **(六) NRC 營運執行長 Mirela Gavrilas 女士專題演講-加速先進核能潔淨能源部署法案**

這次討論會聚集幾位在推動 NRC 新使命宣言和《先進核能法案》相關工作上的關鍵人物，分享他們的見解和工作進度。由 NRC 營運執行長 Mirela Gavrilas 女士主持，她首先介紹討論會的目的：為 NRC 工作人員和外部參與者提供機會，瞭解委員會的想法、外部事件的影響，並讓工作人員獲得關於其活動的回饋。她隨後介紹參與討論的幾位關鍵 NRC 工作人員如核子物料安全暨保安署(NMSS)署長 John Lubinski、第三區域辦公室 Jack Giessner、經濟合作發展組織/核能署(OECD/NEA)協助先進核能法案特別助理 Mike King、財務辦公室計畫組(OCFO)財務長 Owen Barwell、國際計畫組(OIP)副

組長 **Sabrina Atack**，及其在先進核能法案相關工作扮演角色：

#### 1.新使命宣言實施策略：

**Sabrina** 認為先進核能法案帶來的使命宣言是 **NRC** 長久以來最深遠的變革。他們正透過團隊方式制定導則，解釋使命意涵，並以四大要素細化新詞彙與理念，搭配成功案例與具體行為指引，讓員工能在導則中「看見自己」。導則將納入不同職能範疇的「好表現」標準，並更新內部政策、培訓、績效管理系統，設立內外公開的問責與進度指標。

#### 2.提升管制效率：

**Jack** 強調落實使命中有關核能的「保護」、「推進與促成」精神，鼓勵基層視察員實踐使命。他舉例反思目前是否需要對所有績效指標進行 100%驗證，以及運轉人員執照考題定期撰寫的必要性，並呼籲聚焦高安全顯著事項，減少資源浪費。他也主張引入外部意見、簡化跨部門考量，以及減少花費時間在安全顯著性非常低的問題上。

#### 3.優化許可和環評流程

**John** 指出若業者提案安全、環保且可靠，**NRC** 應盡力「同意」。他提倡問題導向審查，靈活使用「豁免」，前提是確保安全，聚焦安全關鍵。在環境評估方面，他列舉已採用簡化措施，如通用環境聲明、省略不必要資料、微型反應爐快速評估等，有效縮短審查時間並節省先進反應爐約 40%資源。

#### 4.任務支持與財務管理

**Owen** 強調「任務」與「任務支援」需相輔相成，肯定財務、旅行等支援部門的重要性。他說明先進核能法案對財務的影響，包括新的先進反應爐費率架構，其費用較低可減少開發商壓力、多年度規劃與任務支援成本控制。他們也將建立預算透明機制，顯示資金來源與分配。

#### 5.先進核能法案實施與文化轉型

**Mike** 報告先進核能法案在追蹤的 36 項任務中已有 8 項完成。他強調內部 200 多個創新提案與外部建議正驅動文化變革，包括：用 **AI** 簡化流程、初步篩選許可修訂案、利用 **INPO** 數據建立更精準績效指標，藉此減少不必要的檢查。這些大膽構想正被積極實現。他認為真正的文化轉型需透過明確

願景、透明標準與問責機制實現，並以破除內部障礙有助於實現期望的文化。

## (七) 特別專題演講 – 規劃 NRC 下一個 50 年藍圖

整理本次關於規劃 NRC 未來五十年藍圖的專題討論會的重點內容。這次討論會聚集來自核能產業（包括營運商、新技術開發商、工會）和 NRC 的關鍵領袖，分享他們對未來挑戰、機遇以及如何應對的看法。由主席 David A. Wright 主持。他首先介紹討論會的目的，是為回顧過去、展望未來，並學習如何改進，參與討論的關鍵人物包括：美國核能協會 NEI 主席 Maria Cororsik 女士、Georgia Power 首席執行長 Kim Green 女士、Terra Power 首席執行長 Chris Levesque 先生、國際電力工會組織(IBEW)秘書長 Paul Noble 先生、NRC 營運執行長 Mirela Gavrilas 女士。本次討論會的重點摘要：

### 1. 能源需求與國安迫切性

Maria Cororsik 指出，美國面臨前所未有的能源需求成長，主因包括 AI、運算、製造與交通電氣化。這種壓力已成為國家安全議題，迫切性需求為「數量級」的改變，需「根本性現代化」而非漸進改善。Georgia Power 提到喬治亞州預測電力需求將增 8.2 GW，這是在現有 16-17 GW 基礎上的巨大增幅，顯示有迫切供電需求。

### 2. 核能產業的應對與行動

Chris Levesque 表示，產業正推動重啟核電廠（如 Three Mile Island、Palisades、Duane Arnold 正在重啟申請中）、功率提升與延役，以在 2030 年前為電網增加 6 GW 電力。Vogtle 核電廠 3、4 號機的建設經驗已成全球範例，這些經驗正被其他國家如波蘭、保加利亞、斯洛維尼亞所學習，除 SMR 與微型反應爐外，大型反應爐需求仍存在。Terra Power 的 Sodium 反應爐是美國下一個預計上線的先進第四代反應爐。

### 3. 對管制機構 NRC 的期望與建議

Kim Green 代表業界呼籲(1)現代化流程、提升效率，讓地方環評不再慢於管制單位的安全審查；(2)新建項目的漫長時間表(8-10 年)令人擔憂，希望 NRC 提供更短時間表與決策確定性，以及支援人力規劃；(3)採用「風險對應」的管制強度，避免過度規範新興核能技術；(4)簡化文書工作與提升項目

管理效率，設定與國家需求一致的「目標」、使用「工具」來監控進度、並提高「透明度」來分享進度；(5)同時重視現有與先進核電廠，包含維持現有反應爐群的高營運標準 以及為先進反應爐開發許可、檢查等管制基礎設施；(6)鼓勵 NRC 自身創新，作為管制機關，NRC 也需要在保持高標準的同時進行創新，以配合產業發展。

#### 4.NRC 的回應與進行中的工作

Mirela Gavrilas 表示 NRC 已展現調整意願，正在努力維持對營運中反應爐的管制，並在新建項目中展現響應性和適應性，投入適當資源進行執照更新和後續執照更新，也為功率提升做準備，特別在先進反應爐風險特性審查上更具彈性與前瞻性，例如提早完成草案安全評估報告，並對部分管制採「恰當規模」原則。她讚揚 Terra Power 申請文件的高質量和積極協調，強調高品質申請與密切協調是成功關鍵。

#### 5.勞動力與供應鏈

Paul Noble 提到國際電力工會組織(IBEW)密切關注能源需求、產業投資、立法等，並強調預測勞動力調度至關重要，並應將除役的化石燃料員工納入核能轉型。他呼籲制定選址與管制指引以促進轉型，並強調支持褐地(Brownfield)社區。

#### 6.文化與合作

NRC 主席指出，現有核電廠的高營運表現是未來核能發展的關鍵信心基礎。市場仍對新建案風險存疑，因此 NRC 須在初期審查中展現紀律與效率，並積極與產業及內部團隊的合作被視為成功要素。所有與會者均認同，改革需以維持安全為核心，提升的是流程與效率。

總體而言，討論會強調核能面臨前所未有的能源需求增長機遇，但也必須克服管制效率、時程確定性、勞動力轉型等挑戰。業界對 NRC 在流程現代化和展現時間表紀律方面寄予厚望，同時 NRC 也意識到挑戰並報告在先進反應爐審查方面取得的具體進展。

## 二、技術議題論壇(Technical Sessions)

3 月 11 日下午、3 月 12 日下午及 3 月 13 日上午都是技術議題論壇，本次選擇六場次聆聽：

### (一) T2 「ADVANCING U.S. Nuclear Energy Global Leadership」

本場次技術會議由 NRC 國際計畫組(OIP)組長 David Skeen 親自主持，會議主題是推進美國核能的全球領導地位，討論美國在推進全球核能領域的角色、策略、挑戰和未來重點方向，並邀請美國國務院國際核子保安與防核擴散局副秘書長 Ann Ganzer 女士、DOE 核能署代理助卿 Kenneth Michael Goff 先生等三位進行座談。座談重點如下：

#### 1. NRC 的國際角色與活動：

NRC 自 1975 年成立以來便積極參與國際活動。從冷戰後協助東歐加強核安，到 911 事件後協助發展中國家如拉丁美洲、非洲和東南亞管理放射性射源，2011 年福島事故後，支援日本，並為美國公民提供指引。至今與日本、加拿大、英國、波蘭等國建立穩固合作。NRC 不主動推銷核能技術，而是致力於推廣核安與保安，並透過合作簡化審查程序，以因應美國技術出口需求。先進核能法案進一步賦予 NRC 協調國際管制能力建構的任務，並強化與行政部門的合作。隨著先進技術如小型模組化反應爐（SMR）、微型反應爐、浮動核電廠等推展，NRC 被視為全球核能管制的「黃金標準」，對美國國際能源戰略至關重要。

#### 2. 美國國務院 (DOS) 的角色與外交工具：

美國國務院的國際安全與防核擴散局（ISN）主導民用核能外交，透過《原子能法》第 123 條下的雙邊協議（123 協議）確保核物料僅用於和平目的。國務院強調推動核能同時維持高標準的安全、保安與防擴散規範，並協助合作國建構核能基礎架構。除正式協議外，ISN 也透過核能合作瞭解備忘錄（NCMOU）推動廣泛合作，涵蓋民用核能、核子醫學等廣泛議題。與外國合作夥伴合作，協助推進核能項目。即使國家選擇非美國技術供應商，也要確保其安全、可靠並與 IAEA 合作。國務院將核能視為美國能源領導力與經濟利益的一部分，強調透明與公眾互動，以建立信任。

### 3. 美國能源部 (DOE) 的推展與能力建構：

能源部 (DOE) 將國內部署視為國際推廣的基礎。透過先進反應爐示範計畫 (ARDP) 與 Gen 3+ SMR 計畫，支援數十億美元的研發與示範，並解決設計與許可面臨的瓶頸。能源部與波蘭、羅馬尼亞、迦納等國合作設立區域訓練中心 (RETCs)，推動技術與人力發展。美國推廣的反應爐技術具備被動安全特性，適合不同經濟體。能源部舉辦美非核能峰會，深化與非洲大陸的關係。與羅馬尼亞合作延役重水式反應爐(CANDU)並部署 NuScale 公司的小型模組化反應器 SMR，也透過 Sapporo 5 (美、加、日、法、英) 促進國際核燃料市場穩定。強調早期介入合作國的核能規劃，並投資大學核能教育確保國內與國際能力。

### 4. 「Team USA」與跨部門整合：

「Team USA」是由能源部主導，國務院與商務部協調的跨部門合作平台，涵蓋 NRC、NNSA、開發金融機構(DFC)、XM 銀行、農業部等機構，共同推動核能出口、融資、管制、政策協調與國際參與。此「全政府方法」加強美國核能競爭力，確保合作夥伴能在早期獲得美國支持，並展現一致的國際策略與高標準。

### 5. 全球領導力的要素與挑戰：

經與會者現場投票結果顯示，普遍認為全球核能領導力須兼顧技術輸出、獨立管制、能力建構與高標準規範。然而主要挑戰包括：人力、預算資源有限、外交協議進展緩慢（如 123 協議）、融資困難以及對外援助審查暫停對能力建構計畫的影響。目前美國政府能力建構計畫面臨挑戰，部分原因是資金未能配合立法授權，如先進核能法案。此外，儘管 DFC 與 XM 銀行開始參與融資，整體仍偏保守。教育、法規、人才能力建構和與 IAEA 的合作，對建立長期可持續的核能計畫至關重要。透明與公眾參與亦有助於降低過往核災所引發的疑慮。

### 6. 優先區域與戰略佈局：

經與會者現場投票結果顯示，非洲、東南亞及拉丁美洲是美國政府被期待更積極參與的區域。非洲因能源貧困與經濟發展而需求強烈；東南亞如島嶼國家對 SMR 表現高度興趣；拉美與加勒比地區中部分國家已有核能經驗。美國需早期介入，以免標準較低的競爭對手占領市場空間。美方強調根據來自目標國的需求信號，適當部署技術與資源，以推動高品質、安全且具合作潛力的核能發展。

總結來說，所有參與者都認識到重新樹立美國核能領導力的重要性，透過持續的努力和實施先進核能法案，可以達到甚至超越目標。此外，強調合作夥伴關係的重要性，不僅是政府間也包括與企業和學術界的合作。

## **(二) T5 - Data and Artificial Intelligence in Action: Balancing Innovation and Safety**

本場次議題研討由 NRC 資訊管理與提升政府效率處長 Basia Sall 先生主持，並邀請 NRC 資訊管理與提升政府效率資深數據科學家 Jason Carneal 女士、NRC 系統分析部門核能系統工程師 Matthew Homiack 先生、美國核能協會 NEI 工程處長 Kelli Voelsings 女士、西屋電力公司數位資訊人工智慧工程師 Scott Sidener、Blue Wave AI 實驗室副處長 Tom Gruenwald 等五位進行專題簡報。簡報重點摘述如下：

### **1. 「讓 NRC 數據工作(Putting NRC Data to Work)」**

Jason Carneal 介紹 NRC 的資料與 AI 策略重點，他表示自一年前開始內部應用 AI，並制定 AI 戰略計畫（詳見 [nrc.gov/ai](https://nrc.gov/ai)）。其資料現代化目標是提升內外部人員對資料的存取性，以支援 AI 應用。已推出新版 Adams 公眾搜尋功能，獲得好評。NRC 透過資料生命週期管理，確保資訊可用性與轉換為高價值資料。數位化轉型亦加速進行，強化 AI 發展基礎。2025 年資料優先項目包括：(1)資料協作：促進部門間知識共享，支援 AI 措施；(2)資料民主化：降低存取門檻，鼓勵創新與告知決策；(3)更新資料治理程序：改善資料品質，指定資料管理員與品質監控工具。NRC 已整合多系統資料至集中資料倉儲，支援如調查結果追蹤等業務需求。資料以非結構化文字為主，正導入語言模型處理技術。例如利用 Microsoft Document Intelligence 處理 NRC form 366 - Licensee Event Report (LER)，將結構化與非結構化資料自動提取，減少人工作業、提升資訊可得性。。

Matthew Homiack 進一步說明 NRC 的特定 AI 研究專案與正開發 AI 模型，自動分類持照者事件報告（LER），聚焦識別人為因素。資料來自高品質資料倉儲，處理流程包括資料清理、自然語言處理（NLP）等技術，預計試用多種模型，如大型語言模型(LLM)，以提升分類準確率與效率。

## 2. 「數據與人工智慧：如何平衡核能發展與安全 (Data and Artificial Intelligence in Action: Balancing Innovation and Safety)」：

Kelli Voelsings 表示核能協會(NEI)的觀點認為 AI 可強化知識工作者效能，近期應用聚焦工程輔助與決策支援。應用案例包括：(1)糾正措施篩選、維護活動最佳化、營運經驗分析、培訓與知識移轉；(2)管制面：協助新進員工掌握專業知識、提升審查效率、檢查申請書完整性、快速撰寫初稿等；(3)減少製作時間（部分申請件達 90% 以上），讓工程人員專注專業判斷。業界強調負責任使用 AI 並持續與 NRC 合作溝通、分享經驗，以建立長期審查標準與治理架構。

## 3. 「核能人工智慧產業化 (Industrializing Nuclear Artificial Intelligence)」：

Blue Wave AI Labs 的 Tom Gruenwald 說明 Blue Wave 主張 AI 應為「輔助智慧」工具，用來強化工程判斷。其策略為聚焦明確、有邊界的問題，方便定義資料與衡量成效，並透過人機協作確保安全與準確性。其應用實例：(1)協助處理 BWR 每日產生的 30,000 筆變數資料；(2)使用 LLM 提升 10 CFR 50.59 變更篩選效率，自大量文件中迅速找出關鍵內容，將研究時間縮短 3 - 4 天。(3)此方法強調「human in the loop」，保留人為審查機制。

## 4. 「使用持照數據申請(Using Licensing Data for Purpose)」：

Scott Sidener 表示 Westinghouse 正推動核能 AI 產業化，開發核能專用 AI 系統 hive 與 LLM verify。其重點如下：(1)合規性：遵守資料安全、隱私、出口管制、全球 AI 法規與核能規定等五大類規範；(2)資料導向：重視資料擁有權、存取、整合與追溯性；(3)品質：結果準確、可操作，減少 AI 錯誤，並整合專業知識；(4)信任與可解釋性：透明資料來源、清楚前後內文、可中斷與修正模型判斷。

實務應用包括：(1)許可證文件草稿之文件創建、文件一致性檢查、視覺檢查輔助；(2)臨界熱流密度計算的預測性模型；(3)可生成題庫、作為導師的教育與能力提升；(4)建立新燃料護套材料，並模擬其效能之設計支援。

此外，Westinghouse 建立完整 AI 治理機制，包括 AI 辦公室、政策與委員會，依循 NIST AI 風險管理框架，確保 AI 的道德與負責任應用。

綜上所述，演講者強調資料現代化和 AI 在核能領域的戰略重要性，AI 被視為增強人類能力和提高效率的關鍵工具。各方都認識到資料的基礎性作用和資料治理的重要性。應用案例涵蓋管制、工程、營運和培訓等多個領域，特別看好 LLM 在處理大量非結構化文件、加速知識獲取和決策輔助方面的潛力。同時，各方高度重視負責任、安全、高品質地應用 AI，並強調治理框架、測試驗證以及人與 AI 的協作模式（人類在中間）的重要性。產業與管制機構之間的透明溝通和共同學習也被認為是成功推進 AI 應用的關鍵。

### **(三) W10 - Elevating NRC Safety and Efficiency Through Risk Informed Decision-Making**

本場次技術會議由 NRC 委員 Annie Caputo 女士主持，本次主題探討透過風險告知決策來提升核能管制安全與效率，簡報成員包括：英國核能管理局 ONR 核能視察與執行長 Mark Foy 先生、NRC 核能管制署副署長 Mike Franovich 先生、美國核能協會(NEI)技術與管制服務副總裁 Jennifer Uhle 女士、美國電力研究院(EPRI)計畫、風險與安全管理小組計畫管理人 Fernando Ferrante 先生、奇異日立公司核能計畫資深副總裁 Michelle Catts 女士。簡報重點摘述如下：

#### **1. 「風險告知與目標式參與(Risk Informed and Targeted Engagements)」：**

Mark Foy 介紹英國核能管制局 ONR 管制所採用的 RIGHT 方法（Risk-Informed and Goal-Oriented Engagement），其核心為以風險為基礎進行決策並設定明確目標，提升監管效率與安全性。方法建立在長期風險告知經驗上，強調三大支柱：潛在危害與控制、情報支援決策、以及依據風險表現與操作績效的證據。最大挑戰在於文化建立，需要領導層長期承諾。他舉例說明，包括：欣克利角核電廠 C 機組設計複製至塞茲韋爾核電廠 C 機組所採風險導向審查、提升監管資源配置效率，以及核潛艇相關許可決策。他指出，雖然風險告知的技術不複雜，但落實文化轉變才是關鍵，也與 IAEA 的原則一致。

#### **2. 「利用風險告知策略使評估更安全與有效率 (Making the Connection: Strategic Use of Risk Information to Elevate Safety and Efficiency)」：**

Mike Franovich 表示 NRC 對風險洞見和管制情報的戰略性運用，是透過風險告知決策 (RIDM)，落實其「高效、可靠」的新使命。他回顧自 1991 年以來，

NRC 採取以效率與可靠性為核心的管制原則，透過如反應器監管程序(ROP)等績效基礎方法，重大事故前兆與爐心損壞頻率大幅降低。他分享三個實例：(1)更新環境影響聲明（GEIS）時，依據安全度評估(PRA)將部分評估簡化，減少重複審查；(2)濃縮度規則制定運用現代風險觀點放寬過時標準；(3)探索將現代化許可計畫（LMP）中的頻率-後果概念引入現有機組審查中。他強調，整合政策與資訊，有助於減輕管制者與業者負擔，提升效率並不犧牲安全。

3. 「利用風險告知來強化安全、彈性與效率 Use of Risk Insights to Enhance Safety, Flexibility & Efficiency」：

Jennifer Ule 認為風險告知方式能加強安全並提升運轉彈性與效率，契合 NRC 新使命。她指出，傳統確定性法規有其極限，PRA 則可補足風險盲點，例如福島事件後的 FLEX 系統。她舉出多項實例，包括風險告知線上檢查、完成時間安排及特殊處理，強調在可控風險下提供操作彈性，反而可集中資源、延長維護時間、減少不必要停機風險等，進一步提升安全。她也提到，如 10 CFR 50.69 法規等促進效率，有助於核能在潔淨能源中的角色。她強調，風險告知的前提是高品質 PRA 模型、適當處理不確定性，並應整合縱深防禦與安全裕度，而非純粹風險導向。

4. 「進階應用與整合風險告知決策程序與技術展望（Advancing the Further Implementation and Integration of Risk-Informed Decision-Making Processes and Technical Aspects）」

Fernando Ferrante 表示，PRA 從少數專業工具發展為電廠日常管理的重要手段，有助於維持安全與簡化作業。但他指出，將風險告知決策簡化為 PRA 使用是常見錯誤方式，實際上應融合更廣泛的工程與操作觀點。他強調，現代 PRA 模型複雜度高、成本高，需高素質團隊持續維護。他也提醒 PRA 不應只是用來證明既有決策合理的工具，而應協助識別真正關鍵的風險因素。他提到 PRA 與其他規定如技術規範的互動日益頻繁，增加整體複雜性，需深入理解其關聯。他呼籲改革現有培訓方式，使更多人員能真正理解並運用風險資訊，推動 PRA 工具在管制與營運中的深度應用。

5.「BWRX-300 執照評估：透過風險告知決策提升 NRC 安全與效率 (BWRX-300 Licensing: Elevating NRC Safety and Efficiency Through Risk-Informed Decision-Making)」

Michelle Catts 以 GEH 的新型反應爐 BWRX-300 為例，說明小型模組式反應爐 (SMR) 在應對能源與氣候挑戰中的潛力。她指出，目前各國監管制度差異大，不利於標準化部署，呼籲建立更靈活且可適應不同技術的監管框架。她支持應調整既有標準以納入 SMR 的特性，而非針對每一新設計重建法規。她建議將如 BWRX-300 這類 Gen 3+ 技術歸類為先進反應爐，納入適用的先進審查程序。她亦強調「技術相關性」原則，應避免將具備被動安全設計的系統仍要求滿足傳統主動安全規定。她舉例指出，加拿大與 IAEA 採納的「實際排除」概念允許用不同標準處理極低機率事件，體現縱深防禦與分級方法。她認為，成功推動這些變革需整體產業進行文化轉型，擁抱風險告知方法，並建立更高效、可靠與創新的執照審查流程。

演講者分享各機構在運用風險分析方面的經驗、挑戰與未來展望。重點在於強調風險分析不再僅是專家工具，而是需融入組織文化與決策流程，並如何在面對新型反應爐與變革時，平衡確定性要求與風險評估，以精準分配資源、增強安全、提升效率，並促進國際合作與標準化。

**(四) W13 - Climate Change and Nuclear Power: Approaches from the NRC, Industry, and Beyond**

本議題研討由 NRC 風險分析處水文、火災與外部危害分析部門高級氣象學家 Joseph Kanney 先生主持，邀請 NRC 工程與外部危害處外部危害部門資深地質學家 Kevin Quinlan 女士、國際原子能總署外部危害安全部門 Paolo Contri 先生、阿拉伯聯合大公國核能管制局核能安全處處長 Sara Rashad Al Saadi 女士、美國電力研究院(EPRI)計畫管理人 Robert Choromokos 先生、太平洋西北國家實驗室 Ruby Leung 女士等進行專題簡報。簡報重點摘述如下：

1.「安全審查環境危害：期望看見改變(Environmental Hazards in Safety Reviews: Forward Looking Changes)」

Kevin Quinlan 說明 NRC 對自然災害的前瞻性應對方法是採取多層縱深防

禦策略，並透過機率性研究與區域氣候報告來預測極端氣候（如洪水、強風、極端溫度）對核設施的影響。福島事件後，NRC 推動「自然災害資訊持續評估流程」(PONH)，用以系統性評估災害新資訊，涵蓋地震、風暴、積雪等，平衡安全與監管負擔。流程包括資料篩選、技術交流、評估及利害關係人參與。為應對美國政府責任署 (Government Accountability Office, GAO) 審計意見與氣候變遷風險，NRC 展開對海平面上升、風暴潮等研究，持續強化審查與許可流程，以確保核設施安全裕度。目標為結合最新科學與改進內部機制，提升災害評估能力。

## 2. 「藉由風險告知從外部危害到核設施安全(Assessing the Risk Induced by Evolving External Hazards to Nuclear Installation Safety)」

Paulo Contri 分享國際原子能總署 (IAEA) 在應對不斷演變的外部災害方面的經驗與策略，在透過收集會員國經驗與事件數據發現，天氣相關的核電跳機事件過去十年顯著增加，雖然整體能損占比僅約 1%。風、雨、氣象為主要外部挑戰因素，尤其對電氣系統影響大。針對小型模組化反應器 (SMR)，外部事件對爐心融損機率 (CDF) 影響可能更為關鍵。IAEA 強化防災策略聚焦三方面：(1) 為提升對極端洪水和氣候災害的理解；(2) 為定量風險評估；(3) 為營運支援，包括監測和移動式應變設備。IAEA 正推動建立全球事件資料庫、更新安全導則與啟動協調研究計畫，並已於 2024 年舉辦國際會議討論核設施韌性。

## 3. 「從 UAE 來看核能外部危害風險評估(Approaches for Addressing Evolving External Hazards in Nuclear Power from UAE Perspective)」

Sarah Al Saadi 指出，阿拉伯聯合大公國(UAE)正面臨明顯的氣候變遷影響，未來降雨與氣溫將上升，對沿海電廠造成風險。以 2024 年 4 月罕見暴雨為例，UAE 核安管制機關 FANR 即時派員檢查巴拉卡核電廠，確保其安全。FANR 自核能計畫初期即納入外部災害考量，並強化設計以防範洪水、沙暴等。福島事故後，FANR 更進一步要求補強措施，並持續更新監管要求。FANR 開發名為 IONS 的智慧監測平台，整合氣象與衛星資訊，預測氣候變遷對核設施的影響，以提升決策與風險管理能力。她呼籲各國應建立靈活韌性的監管架構，並加強國際合作。

## 4. 「衝擊管控與自然危害改變：氣候變遷的衝擊(Managing Impacts to Changing Natural Hazards: Impact of a Changing Climate)」

Robert Choromokos 介紹美國電力研究所 (EPRI) 的 NONI 計畫，類似 NRC 的 PONH，用以持續監測地震、洪水等新資訊，並對其進行可信度篩選。EPRI 提供多份實用指引，包括：(1)氣候資訊轉譯指南；(2)脆弱性評估手冊，評估場址與設備的暴露風險；(3)野火風險指南；(4)前瞻性決策指引，協助業者評估改造投資時機。他強調韌性核心在於情境感知與快速恢復能力，並認為氣候變遷應對策略須超越歷史經驗，採取前瞻性判斷與投資。

#### 5. 「在非靜態氣候下評估美國颶風風險(Evaluating the US hurricane risk in a non-stationary climate)」

Ruby Leung 介紹太平洋西北國家實驗室 (PNNL) 開發的 RAFT 模型架構，用於模擬熱帶氣旋的風險（含路徑、強度、降雨等），評估其對洪水、風暴潮與電網的影響。其核心模組 Deep Search 採用深度學習模型預測風暴潮水位，具備高效且準確的空間預測能力。該系統能模擬大量合成颶風並結合多種氣候模型，以預估 100 年內的風暴潮變化，考量熱帶氣旋強度與海平面上升的交互影響。該工具可支援決策者制定更具前瞻性的防災與適應措施。

綜上，演講者分享他們評估和管理這些風險的策略與工具，並強調持續監測新災害資訊、提升廠房韌性以及加強國際合作與研究的重要性，以確保核能安全在未來數十年持續可靠。

### **(五) TH20 - United States, Canada, and United Kingdom Small Modular Reactors and Advanced Reactor Trilateral Cooperation**

本場次由 NRC 營運執行長 Mirela Gavrilas 主持，討論有關國際核能法規合作的討論，核心在於強調法規機構之間協作的重要性，特別是在先進反應器技術，例如 BWRX-300 的部署方面，以期達成設計標準化、提高審查效率，並最終促進全球安全可靠的核能應用。討論也觸及合作的具體流程、面臨的挑戰以及如何將經驗推廣至其他國家和未來項目。邀請的簡報人員包括：加拿大核安會 CNSC 核能管制組進步型反應器科技處長 Sarah Eaton 女士、英國核能管理局 ONR 核能視察與執行長 Mark Foy 先生、NRC NRR 新反應器副處長 Greg Bowman 先生、奇異日立公司核能計畫副處長 Michelle Catts 女士、Ontario 電力公司新核能工程部門副處長 David Tyndall 先生。討論議題摘述如下：

## 1.國際合作推動先進反應爐部署

為因應新型反應爐如 BWRX-300 的跨國部署趨勢，講者強調加強國際合作的重要性。全球對先進技術的需求上升，促使管制機構、供應商及申請人合作，以利審查流程、共享資源並提升整體效率。

## 2.合作框架與目標

美國 NRC 與加拿大 CNSC 於 2019 年簽署合作備忘錄 (MOC)，2023 年擴展納入英國 ONR。MOC 旨在強化雙邊合作，包括比對審查方法、共同參與執照前活動、研究獨特議題、共享培訓資源及合作進行實際審查。

## 3.合作流程與成效

當供應商與管制機構認為某設計議題可透過合作審查獲益時，會提交報告供多國審查並發布聯合報告。儘管各國仍保有核發執照的決策權，聯合報告提供申請人重要參考，促進標準化並減少重複審查時間。這對於新技術特徵或豁免請求尤為關鍵。

## 4.主要效益

(1)知識共享與培訓：例如 NRC 提供 CNSC 輕水反應爐課程，並學習加拿大運轉員認證流程；(2)審查效率提升：如在 BWRX-300 審查中節省大量時間，實現「一次審查，多地使用」；(3)推動設計標準化：降低建造與營運成本，有利於供應鏈穩定與快速部署；(4)增加管制確定性：申請人可更早獲得審查方向，降低不確定性風險；(5)風險告知決策：共享最佳實務，強化風險管理並保持靈活性；(6)建立公眾信任：跨國合作展現專業與透明，有助於提升核能接受度。

## 5.BWRX-300 合作實例

此計畫為 SMR 合作成功案例，涉及 NRC、CNSC、ONR、設計商 GEH 及業者 TVA、OPG。OPG 已在加拿大建造北美首座 SMR，TVA 則規劃於 Clinch River 部署。

## 6.業界參與與挑戰

業者如 GEH、TVA、OPG 積極參與設計與審查過程，提升決策品質並促進新進者學習。挑戰主要在於各國管制架構差異，儘管技術問題相似，仍需協調程序與要求。應對方式包括聚焦高價值議題、優化文件及建構共享審查成果的可重

用流程。

## 7.合作擴展與比較

MOC 具開放性，目前已有如波蘭核安管制機關 PAA 等機構以觀察員身份加入。成功關鍵在於尋找具備技術能力與獨立性的機構參與。與 IAEA 等倡議相比，MOC 強調實務導向，整合管制機構、設計商與業主，為國際合作提供具體範例。

### (六) TH21 - Shortening the Half-Life of Advanced Fuel Deployment in Light Water Reactors

本場次會議由 NRC 委員 Matthew J. Marzano 先生及 NRR 安全系統處長 Theresa Clark 女士主持，討論先進核燃料發展的核心是如何加速「先進燃料發展的半衰期」，目標是開發更安全、更有效率的反應爐燃料。本場次邀請的簡報人員包括：美國 NRC NRR 安全系統的核能方法論與燃料分析部門 Joseph Messina 先生、美國愛達荷國家實驗室進步型燃料部門國家技術處長 Daniel Wachs 先生、南方核能電力公司管制局副處長 Cheryl Gayheart 女士、韓國核能安全研究所資深顧問 Joosuk Lee 先生。簡報題目分別如下：

#### 1. 「輕水式反應器進步型核燃料應用執照審查 (Facilitating Reviews of Licensing Applications for Advanced Nuclear Fuel in Light-Water Reactors)」

Joseph Messina 分享美國 NRC 為推進先進燃料許可所做的努力，包括流程現代化與風險導向監管工具（如 Right Process、VLSSR 等）。先進核能法案強調核能角色與先進燃料發展，NRC 回應方式包括提升風險資訊運用、推動濃縮度規則制定與分級審查，提供審查彈性。擬議規則針對新型燃料護套材料訂定技術中立準則，並引入 LOCA 風險啟發要求。NRC 也提升許可前準備度與審查效率（如白皮書流程、專題報告、審計互動）。強調管制底線仍為安全，同時透過實驗性措施與持續與利害關係人互動來促進創新。對具有抵抗事故能力之核燃料 (Accident Tolerant Fuel, ATF) 短期概念已有準備，長期則持續與產業合作累積資料。

#### 2. 「數據驅動方法論加速核燃料技術研發與部署(Data Driven Methodologies for Accelerating Nuclear Fuel Technology Development and Deployment)」

Daniel Wachs 代表美國能源部 AFC 計畫介紹先進燃料研發，包括 ATF、SMR、快滋生燃料與 TRISO 燃料。該計畫建立性能資料庫，並與業界合作，支持未來五年內的部署。過去十年成功恢復美國國內測試與模擬能力，包括輻射測試與熱室設施。NEAMS 計畫協作開發多物理場模擬工具，提升設計與許可效率。他指出下一波燃料技術將進入優化階段，需大量資料來支援建模與性能驗證。AI/ML 正被用於分析燃料微觀資料並整合歷史資料，以降低研發成本並避免重複工作。AFC 計畫推動基礎設施復興並建立合作典範，未來將更依賴模擬與數據驅動方法。

### 3. 「強化核燃料現今與未來(Enhanced Nuclear Fuel for Today and the Future)」

Cheryl Gayheart 代表 Southern Company 強調 ATF 計畫於過去七年間進展快速，成功載入測試組件。該計畫由國會、DOE、業界與 NRC 密切合作推動，促進製造與監管流程簡化。目標在提升核電廠可靠性與效率，例如延長換燃料週期與提升營運韌性。目前已許可使用濃縮度達 6% 之 ATF 燃料，反映監管與產業共同努力的成果。她指出產業將出現功率提升與分析方法更新之兩波許可申請，監管架構必須對應先進核能法案目標。建議推動風險導向 LOCA 分析、提高燃耗與濃縮度規則制定。挑戰包括供應鏈、人才與監管效率，但透過利害關係人協作可逐步克服。ATF 代表安全、效率與減廢的進步，必須持續推動創新與建立穩定規則。

### 4. 「韓國進步型核燃料/高濃縮鈾燃料之執照安全審查計畫(Safety Review Plans for Licensing ATF/LEU+/High BU Fuels in Korea)」

Joosuk Lee 博士介紹韓國在 ATF 與高燃耗燃料審查方面的規劃。韓國已將燃料燃耗限值由 60 MWd/kgU 提升至 62 MWd/kgU，並規劃進一步提升至 68 MWd/kgU，濃縮度預計達 6%。除輕水式核燃料外，也著手研發 8% 濃縮度的研究用核反應器燃料。韓國燃料許可流程效率高，約佔燃料商業化期程的 20%，得益於累積數據與成熟的技術標準。ATF 雖無需重大法規修正，但應考慮技術標準彈性，特別是氧化限值等。KINS 與韓國原子能研究所(KAERI)簽署協議，定期交流資訊，並針對高燃耗燃料進行監管研究與模型開發。強調許可前階段的重要性，應先行溝通、共享資料以減少審查風險。過去延誤案例顯示模型不準與文件修正

不當會增加審查時間。整體而言，韓國期望透過主動方法持續確保監管效率與燃料安全性。

### 三、數位展示項目(Special Sessions)

第 37 屆 RIC 在會議廳週邊共設置 15 個數位展示項目，各展項皆有 NRC 人員負責解說，並與與會人員互動。各展項名稱如下：

|     |                                                                                                                                                                                               |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.  | Advanced Reactors in Focus: Navigating the Roadmap to Innovation                                                                                                                              |
| 2.  | Analog to Digital: A Journey into the Digital Age                                                                                                                                             |
| 3.  | Celebrating 50 Years of the U.S. Nuclear Regulatory Commission                                                                                                                                |
| 4.  | Charting a Course to the Future Through Effectiveness and Efficiency                                                                                                                          |
| 5.  | From Data to Decisions: The Role of Standardized Plant Analysis Risk (SPAR) Models in Nuclear Safety                                                                                          |
| 6.  | National Environmental Policy Act (NEPA) Document Dashboard                                                                                                                                   |
| 7.  | NRC Research Prospectus—A Blueprint for Enabling Regulatory Readiness                                                                                                                         |
| 8.  | Our Evolving Story: Shaping NRC Communications in a Changing World                                                                                                                            |
| 9.  | Reshaping the Baseline Security Significance Determination Process: An Overview of Ongoing Efforts to Further Risk-Inform and Clarify Existing Methods                                        |
| 10. | Risk-Informing Technical Specifications                                                                                                                                                       |
| 11. | Shaping the Next 50 Years: NRC's ADVANCE Act Implementation                                                                                                                                   |
| 12. | Supporting International Coordination on Nuclear Technologies and Licensing Activities, NRC/NEA Workshop on Seismic Input Motion Development for Analysis and Design of Nuclear Installations |
| 13. | The NRC's Force-on-Force Inspection Program's 20th Anniversary                                                                                                                                |
| 14. | The NRC's Use of Codes for Efficient Licensing Reviews—The SCALE Computer Code System                                                                                                         |
| 15. | Use of Physical Protection Modeling and Simulation (ModSim) Tools to Optimize Security Plans                                                                                                  |

## 肆、心得與建議

- 一、本次第 37 屆 RIC 大會適逢為 NRC 成立 50 週年紀念，以「規劃 NRC 下一個 50 年藍圖(Charting The Next 50 Years)」為主題，出席人員來自各國政府核能管制單位、核能工業界、核電廠業主、國際組織與民間團體，吸引超過 51 個國家，超過 3,000 人註冊參加。歷年舉辦的 RIC 會議已提供一個良好的資訊交流平台，提供各國核能領域專業人士及管制單位彼此交流資訊的機會，而豐富的核安管制資訊及相關經驗回饋和因應對策等，亦可作為我國執行安全管制工作之參考。因此，建議未來仍持續派員參加此項會議。
- 二、美國核管會的管制規範被國際譽為黃金準則，目前是全球實際管制過最多核電機組的核安管制單位，擁有豐富的管制經驗，而美國核能業界及相關機構亦擁有成熟的實務經驗，經常提出可供遵循的同行標準。美國核電廠的管制實務經驗，亦可為我國核電廠的安全管制提供借鏡。因此，建議持續瞭解 NRC 對核電廠的安全管制及實務作法。
- 三、本次會議期間全球主要核能國家均廣泛提到先進反應器和 SMR 的研發以及未來的申照與興建，參考國際最新技術與管制優化流程，有助於我國核安管制視察與審查效能，建議持續就國際間先進反應器、SMR 及 AI 技術的發展動態與核安管制架構，蒐集資訊追蹤瞭解相關後續發展。

## 伍、附件

### 一、「2025 年第 37 屆管制資訊研討會」議程



### Program Agenda (Tentative)

*The content and views in presentations are those of the presenters and do not necessarily represent the views of the U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC).  
The agenda is tentative and subject to change. All times noted are Eastern Daylight Time (EDT).*

| MONDAY, MARCH 10, 2025                                  |                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3:00 p.m.–6:00 p.m.<br>Lower Level                      | Early Registration Open (Registration Service Desk)                                                         |
| TUESDAY, MARCH 11, 2025                                 |                                                                                                             |
| 7:00 a.m.–7:55 a.m.<br>Grand Ballroom Foyer–Main Level  | Meet and Greet—Networking Opportunity                                                                       |
| 7:00 a.m.–5:15 p.m.<br>Lower Level                      | Service Area Open (Registration and Help Desk)                                                              |
| 7:00 a.m.–5:15 p.m.<br>Grand Ballroom Foyer–Main Level  | Digital Exhibits on Display                                                                                 |
| 8:00 a.m.–5:15 p.m.<br>Ballroom A Foyer–Main Level      | READY, SET, RESPOND!!!—NRC Operations Center Interactive Tour Check-in                                      |
| 8:00 a.m.–9:00 a.m.<br>Grand Ballroom–Main Level        | Plenary Session                                                                                             |
| 9:00 a.m.–9:45 a.m.<br>Grand Ballroom–Main Level        | Special Plenary Session                                                                                     |
| 9:45 a.m.–10:15 a.m.<br>Grand Ballroom Foyer–Main Level | Networking Break—Digital Exhibits on Display                                                                |
| 10:15 a.m.–11:15 a.m.<br>Grand Ballroom–Main Level      | Plenary Session                                                                                             |
| 11:15 a.m.–12:00 p.m.<br>Grand Ballroom–Main Level      | Plenary Session                                                                                             |
| 12:00 p.m.–1:30 p.m.<br>Grand Ballroom Foyer–Main Level | Lunch Break (On Own)—Digital Exhibits on Display                                                            |
| Technical Sessions                                      |                                                                                                             |
| 1:30 p.m.–3:00 p.m.                                     | T1 – Palisades and Beyond: Regulatory Perspectives on the Potential Restart of Decommissioning Facilities   |
| 1:30 p.m.–3:00 p.m.                                     | T2 – ADVANCING U.S. Nuclear Energy Global Leadership                                                        |
| 1:30 p.m.–3:00 p.m.                                     | T3 – Advancing ACRS Safety Reviews into the Next 50 Years                                                   |
| 1:30 p.m.–3:00 p.m.                                     | T4 – Powering the Future: Advancing Reactor Licensing Efficiencies through Streamlined Power Uprate Reviews |



| <b>TUESDAY, MARCH 11, 2025 (cont.)</b>                                                   |                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Technical Sessions</b>                                                                |                                                                                                                                                      |
| 1:30 p.m.–3:00 p.m.<br><i>Departure/Return Location:<br/>Ballroom A Foyer–Main Level</i> | <b>READY, SET, RESPOND!!!—NRC Operations Center Interactive Tour #1</b>                                                                              |
| 3:00 p.m.–3:45 p.m.<br><i>Grand Ballroom Foyer–Main Level</i>                            | <b>Networking Break—Digital Exhibits on Display</b>                                                                                                  |
| 3:45 p.m.–5:15 p.m.                                                                      | <b>T5 – Data and Artificial Intelligence in Action: Balancing Innovation and Safety</b>                                                              |
| 3:45 p.m.–5:15 p.m.                                                                      | <b>T6 – Design to Assembly Line: Understanding High-Volume Nuclear Reactor Licensing</b>                                                             |
| 3:45 p.m.–5:15 p.m.                                                                      | <b>T7 – The Future of Fusion Power on the Grid: Building a Flexible, Resilient Regulatory Framework for Commercial Deployment of Fusion Machines</b> |
| 3:45 p.m.–5:15 p.m.                                                                      | <b>T8 – The Next Generation Workforce - Charting the Course for Another 50 Years</b>                                                                 |
| <b>WEDNESDAY, MARCH 12, 2025</b>                                                         |                                                                                                                                                      |
| 7:30 a.m.–8:30 a.m.<br><i>Grand Ballroom Foyer–Main Level</i>                            | <b>Meet and Greet—Networking Opportunity</b>                                                                                                         |
| 7:30 a.m.–5:15 p.m.<br><i>Lower Level</i>                                                | <b>Service Area Open</b> ( <i>Registration and Help Desk</i> )                                                                                       |
| 7:30 a.m.–5:15 p.m.<br><i>Grand Ballroom Foyer–Main Level</i>                            | <b>Digital Exhibits on Display</b>                                                                                                                   |
| 8:00 a.m.–5:15 p.m.<br><i>Ballroom A Foyer–Main Level</i>                                | <b>READY, SET, RESPOND!!!—NRC Operations Center Interactive Tour Check-in</b>                                                                        |
| 8:15 a.m.–9:00 a.m.<br><i>Grand Ballroom–Main Level</i>                                  | <b>Plenary Session</b>                                                                                                                               |
| 9:00 a.m.–9:45 a.m.<br><i>Grand Ballroom–Main Level</i>                                  | <b>Plenary Session</b>                                                                                                                               |
| 9:45 a.m.–10:30 a.m.<br><i>Grand Ballroom Foyer–Main Level</i>                           | <b>Networking Break—Digital Exhibits on Display</b>                                                                                                  |
| 10:30 a.m.–11:15 a.m.<br><i>Grand Ballroom Foyer–Main Level</i>                          | <b>Plenary Session</b>                                                                                                                               |
| 11:15 a.m.–12:00 p.m.<br><i>Grand Ballroom–Main Level</i>                                | <b>Special Plenary Session</b>                                                                                                                       |
| 12:00 p.m.–1:30 p.m.<br><i>Grand Ballroom Foyer–Main Level</i>                           | <b>Lunch Break</b> ( <i>On Own</i> )—Digital Exhibits on Display                                                                                     |



| <b>WEDNESDAY, MARCH 12, 2025 (cont.)</b>                                                 |                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Technical Sessions</b>                                                                |                                                                                                                                                    |
| 1:30 p.m.–3:00 p.m.                                                                      | W9 – Blazing New Trails in Emergency Preparedness and a Demonstration of the FEMA's Integrated Public Alert and Warning System                     |
| 1:30 p.m.–3:00 p.m.                                                                      | W10 – Elevating NRC Efficiency Through Risk-Informed Decision-Making                                                                               |
| 1:30 p.m.–3:00 p.m.                                                                      | W11 – Re-Energizing License Renewal                                                                                                                |
| 1:30 p.m.–3:00 p.m.                                                                      | W12 – Implementing the Blueprint for Modernizing Environmental Reviews and the ADVANCE Act                                                         |
| 1:30 p.m.–3:00 p.m.<br><i>Departure/Return Location:<br/>Ballroom A Foyer–Main Level</i> | READY, SET, RESPOND!!!—NRC Operations Center Interactive Tour #2                                                                                   |
| 3:00 p.m.–3:45 p.m.<br><i>Grand Ballroom Foyer–Main Level</i>                            | Networking Break—Digital Exhibits on Display                                                                                                       |
| <b>Technical Sessions</b>                                                                |                                                                                                                                                    |
| 3:45 p.m.–5:15 p.m.                                                                      | W13 – Climate Change and Nuclear Power: Approaches from the NRC, Industry, and Beyond                                                              |
| 3:45 p.m.–5:15 p.m.                                                                      | W14 – Codes and Standards for New and Advanced Reactors                                                                                            |
| 3:45 p.m.–5:15 p.m.                                                                      | W15 – Looking Ahead at Domestic Implementation of International Export Controls                                                                    |
| 3:45 p.m.–5:15 p.m.                                                                      | W16 – Regional Session: Shedding Light on Regional Oversight                                                                                       |
| <b>THURSDAY, MARCH 13, 2025</b>                                                          |                                                                                                                                                    |
| 7:30 a.m.–8:30 a.m.<br><i>Grand Ballroom Foyer–Main Level</i>                            | Meet and Greet—Networking Opportunity                                                                                                              |
| 7:30 a.m.–10:30 a.m.<br><i>Lower Level</i>                                               | Service Area Open ( <i>Registration and Help Desk</i> )                                                                                            |
| 7:30 a.m.–12:00 p.m.<br><i>Grand Ballroom Foyer–Main Level</i>                           | Digital Exhibits on Display                                                                                                                        |
| 8:00 a.m.–10:30 a.m.<br><i>Ballroom A Foyer–Main Level</i>                               | READY, SET, RESPOND!!!—NRC Operations Center Interactive Tour Check-in                                                                             |
| <b>Technical Sessions</b>                                                                |                                                                                                                                                    |
| 8:30 a.m.–10:00 a.m.                                                                     | TH17 – Building the Energy Future - Exploring Opportunities for the Safe and Economic Design and Construction of New and Advanced Nuclear Reactors |
| 8:30 a.m.–10:00 a.m.                                                                     | TH18 – Quality Assurance: The Foundation for the Safe Operation of Nuclear Power Plants                                                            |
| 8:30 a.m.–10:00 a.m.                                                                     | TH19 – Driving the Future of Transportation in a Changing Landscape of Advanced Fuels and Technologies                                             |
| 8:30 a.m.–10:00 a.m.                                                                     | TH20 – United States, Canada, and United Kingdom Small Modular Reactors and Advanced Reactor Trilateral Cooperation                                |



| THURSDAY, MARCH 13, 2025 (cont.)                                                           |                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8:30 a.m.–10:00 a.m.<br><i>Departure/Return Location:<br/>Ballroom A Foyer–Main Level</i>  | READY, SET, RESPOND!!!—NRC Operations Center Interactive Tour #3                                                                                 |
| 10:00 a.m.–10:45 a.m.<br><i>Grand Ballroom Foyer–Main Level</i>                            | Networking Break—Digital Exhibits on Display                                                                                                     |
| Technical Sessions                                                                         |                                                                                                                                                  |
| 10:45 a.m.–12:15 p.m.                                                                      | TH21 – Shortening the Half-Life of Advanced Fuel Deployment in Light Water Reactors                                                              |
| 10:45 a.m.–12:15 p.m.                                                                      | TH22 – Legal Impacts of the ADVANCE Act and Recent Supreme Court Administrative Law Decisions on the NRC's Regulatory and Adjudicatory Processes |
| 10:45 a.m.–12:15 p.m.                                                                      | TH23 – More than Mapping: Improved Earth Sensing Technology for Future Site Selection and Characterization                                       |
| 10:45 a.m.–12:15 p.m.                                                                      | TH24 – One Giant Leap for Humankind: Using Nuclear Power to Explore Space                                                                        |
| 10:45 a.m.–12:15 p.m.<br><i>Departure/Return Location:<br/>Ballroom A Foyer–Main Level</i> | READY, SET, RESPOND!!!—NRC Operations Center Interactive Tour #4                                                                                 |
| 12:15 p.m.                                                                                 | Adjourn                                                                                                                                          |

## 二、會議期間照片



NRC 主席 David A. Wright 演說



NRC 委員 Annie Caputo 演說



NRC 委員 Christopher T. Hanson 演說



NRC 委員 Bradley R. Crowell 演說



NRC 委員 Matthew J. Marzano 演說



與本會羅駐美代表於 RIC 會場合影