

# ENSREG 第七屆歐洲核能安全會議出席報告

## 一、前言

歐盟核安管制機關組織（European Nuclear Safety Regulators Group，簡稱 ENSREG）係依照歐盟執委會決策於 2007 年成立，該組織為獨立、專家諮詢性質的組織，由所有歐盟會員國核能安全、放射性廢棄物管理及輻射防護等管制機關資深官員所組成，國際原子能總署(IAEA)、經濟合作暨發展組織核能署(OECD/NEA)、西歐核能管制機關協會(WENRA)、歐盟理事會、瑞士、挪威、土耳其、白俄羅斯為觀察員。

ENSREG 致力於促進會員國之間，就核設施安全和用過核燃料及放射性廢棄物管理之法規精進、核能安全和放射性廢棄物管理議題之合作、核能安全和放射性廢棄物管理之透明化等，進而提升歐洲核能安全。ENSREG 製訂工作計畫，定期開會追蹤各項辦理情形，並成立三個工作組分別支援核能安全、放射性廢棄物管理與除役、公開透明等議題。

自 2011 年起，ENSREG 每兩年於比利時布魯塞爾召開乙次「歐洲核能安全會議」，與會人員可就各國實務經驗、資訊公開和透明化等進行交流，並提供管制機關、核能電廠業者、非政府組織、利益關係者及其他非歐盟國家核能相關機構作為核安管制經驗交流之平台。

「第七屆歐洲核能安全會議（7<sup>th</sup> European Nuclear Safety Conference）」於 2024 年 6 月 24-25 日召開，本次會議討論適應新情勢的核安管制 (Adapting Nuclear Regulation to the New Context)、能力和技能 (Capacity and Skills)、因應氣候變遷的挑戰 (Addressing the Challenge of Climate Change)、新式設計對安全管制之挑戰(New Designs: Regulatory Challenges)，以及 SMR 執照審核管制方式(Regulatory Approaches for Licensing of SMRs)等。此次出

席人員有來自歐盟國家及非歐盟國家之管制機關、技術支援機構、核設施業者、工業界、研究機構、學術單位及非政府組織等約 200 人，名單詳如附件。

為增進我國與各國核安管制機關之交流，並有助於了解歐洲國家核能安全管制動態及發展趨勢，可作為我國執行相關事項之管制參考。本會派駐奧地利代表處原能組陳秘書彥甫奉示參加會議，綜整相關資訊說明如後。

## 二、因應氣候變遷對核能機組造成之挑戰

奧地利維也納自然資源與生命科學大學教授 Helga Kromp-Kolb 表示，氣候變遷導致全球平均溫度不斷上升，雖然截至 2024 年比工業化之前的水平只有增加 1.2 度左右，但更重要的是，發生極端氣候之機率分佈有明顯變動，比平均值增加速度更快，且分佈更廣，意指自然環境危害極端情況更為嚴峻，其發生機率亦有明顯增加，如圖 2 所示。

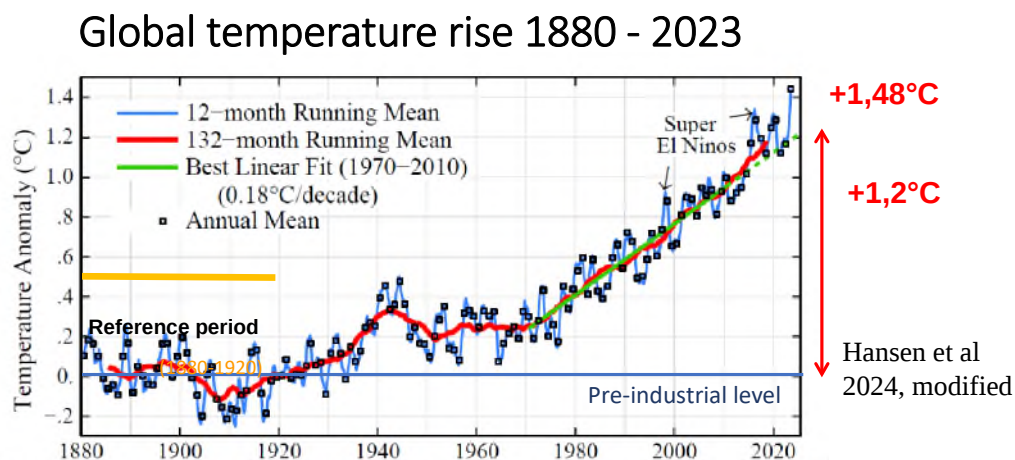


圖 1、全球溫度相對於 1880-1920 年基準

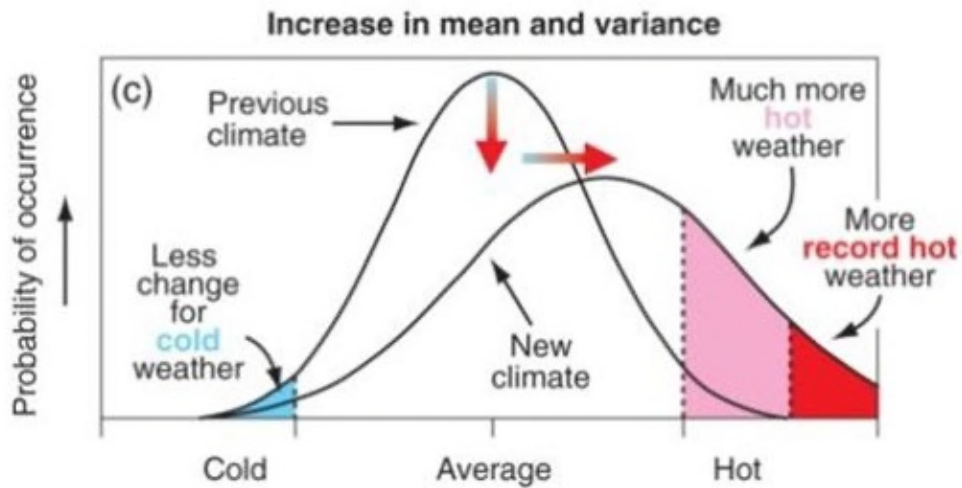
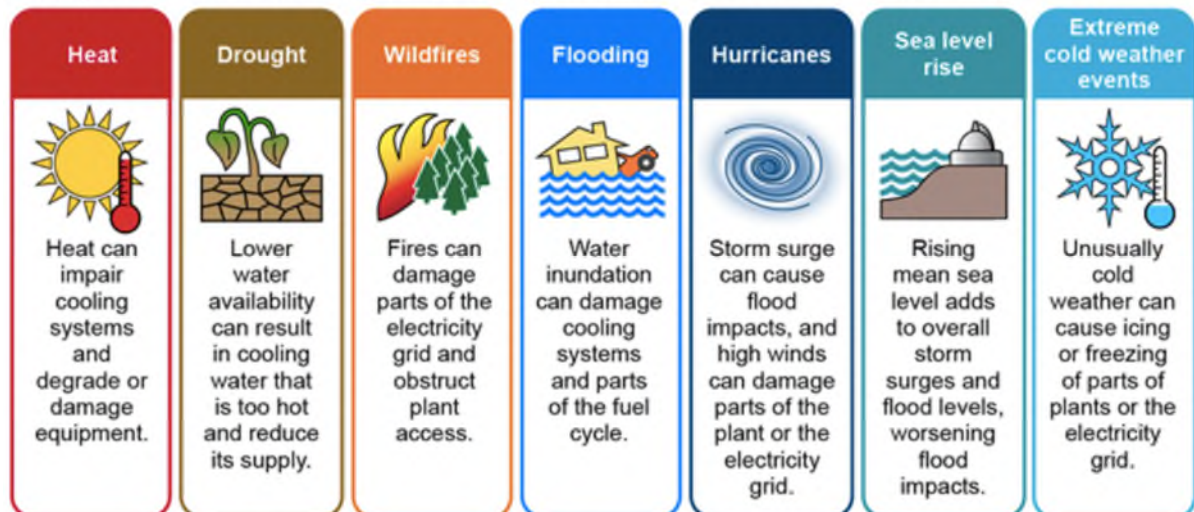


圖 2、氣候變遷影響冷熱天氣之機率分佈

K 教授特別指出美國政府責任署(Government Accountability Office, GAO)於 2024 年 4 月發布氣候變遷對核能電廠影響之評估報告，該署隸屬立法部門，是美國聯邦政府最高的審計與監督機構。GAO 根據核能管制委員會(Nuclear Regulatory Commission)文件整理出自然災害，如高溫、乾旱、火災、水災、颱風、海平面上升、極冷等，可能會危害核能電廠機組安全，如下圖所示。

#### Examples of Natural Hazards that May Pose Risks to Nuclear Power Plants



Sources: Nuclear Regulatory Commission documents; summary of literature; GAO (icons). | GAO-24-106326

圖 3、自然災害可能對核能電廠造成之風險

GAO 認為 NRC 在應對自然災害風險之行動沒有充分考慮潛在的氣候變遷影響，例如，NRC 在其執照核發和監督管制過程中主要是使用歷史數據，而不是氣候預測數據，但 NRC 官員表示，他們相信現行管制作法在應對氣候風險方面，可提供足夠的安全餘裕。然而，GAO 認為 NRC 尚未進行評估，以證明情況確實如此。

GAO 於該份評估報告草稿向 NRC 提出三項建議，(1)NRC 應評估其執照核發和監督管制流程是否充分解決氣候變遷對核電廠帶來風險增加之可能性。(2)NRC 應制定、最終確定和實施計畫，以解決在評估現行流程時所發現之任何落差。(3)NRC 應制定並最終確定將氣候預測數據納入相關程序指引，包括使用氣候預測數據之來源，以及何時與如何使用氣候預測數據。目前 NRC 正就 GAO 建議進行研議與進一步處理。

<https://www.gao.gov/products/gao-24-106326>

K 教授則呼籲電力公司需再評估氣候變遷對核能電廠所造成之影響，例如引用政府間氣候變化專門委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)報告，但渠提醒 IPCC 整體評估報告是 5 至 7 年定期發布乙次，因此與最新研究發現可能會有一段時間差，建議在評估氣候變遷影響時，也需將最新的科學研究發現一併納入評估。

法國 ASN 副總署長 Julien Collet 表示，雖然核電廠初始設計沒有考慮氣候變遷影響，但在福島事件後，執行歐盟壓力測試時，有增加核電機組冷卻能力與防洪能力，進一步提升機組安全，且每 10 年會執行整體安全評估(Periodic Safety Review, PSR)，電力公司也會考量 IPCC 報告與執行極端事件分析，設定事件頻率為  $10^{-4}$ /year，進行危害評估。法國各個核電廠將陸續執行第 5 次整體安全評估，其主要評估項目之一就是氣候變遷。

C 副總署長表示近年氣候變遷對法國核電機組運轉造成更廣層面的實質影響，深深感受到現行評估制度之局限，因此認為不僅是外部危害與機組

安全，而應擴及評估核電機組運轉與環境之相互關係，例如近年河水流量持續減少，影響化學物質排放作業，因為河流內化學物質濃度增加會危害環境，某些機組曾有幾週無法排放液體，需建立特別要求管理此類事件。此外，機組對環境排放熱量是有限制，每年夏季有時需降低核能機組輸出功率，以符合環境管制要求，但 2022 年，首次有核電廠需依據緊急應變程序，暫時性允許提升熱量排放限值，以維持電力供應安全。C 副總署長澄清此為特殊的暫時性措施，ASN 將全面檢討未來對此類事件之管制措施。

### 三、小型模組化核反應器(SMR)執照審核管制

2022 年，歐盟設立歐洲 SMR 前夥伴合作關係(European SMR pre-Partnership)，此夥伴合作關係主要關注在下個 10 年初推出使用 SMR，以便對歐洲於 2050 年實現淨零排放之目標，發揮重要作用。ENSREG 協助歐洲 SMR 前夥伴合作關係成立第 2 項工作組(WS2)，由來自 15 個歐盟國家的 20 名專家參加，其主要目標之一是根據對 SMR 感興趣之成員國可共同接受之安全評估方式，確立歐洲預審程序要項。

2024 年 6 月，ENSREG 發布歐洲 SMR 前夥伴合作關係第 2 項工作組之成果報告，有關核設施執照預審部分，經檢視對 SMR 感興趣的歐盟國家，如捷克、法國、芬蘭、羅馬尼亞、波蘭、瑞典等之執照審查程序，發現一些國家原則上需要作出決定才能啟動執照審查程序相關項目，而在另一些國家，如果申請者提出要求，則可進行預審程序。在大多數國家，只有未來的持照者，承擔主要責任的實體與組織有權提交預審階段之申請。預審是管制機關提出安全問題或疑慮之機會，也是持照者獲得初步回饋之機會，因此可更好預測施工核准階段。預審機制可及早識別潛在安全管制問題、缺乏具體要求、補充實驗數據之需要等。因此，該報告建議對 SMR 感興趣國家之管制機關進行合作，對選定的設計進行初步聯合審查，然後根據需要將審

查結果用於各國核設施執照審核程序，但強調最終核發執照仍然是各國主權責任。

此外，歐洲原子能共同體現已成立研究和培訓計畫資助 SMR 相關議題，例如 ELSMOR” Towards European Licensing of Small Modular Reactors”、HARMONISE” Towards Harmonization in Licensing of future nuclear power technologies in Europe”和 SASPAM-SA” Safety Analysis of SMR with Passive Mitigation Strategies -Severe Accident”等。然而，該工作組特別指出在被動系統、嚴重事故、人因工程等仍需進行大量研究，以便協助解決未來管制機關所提之關鍵安全問題。

<https://www.ensreg.eu/document/european-smr-pre-partnership-report-ws2-licensing-revision-june-2024>

歐盟執委會能源總署核能、安全處處長 Jan Panek 表示，雖然歐洲各國核能政策不同，但歐盟執委會認可 SMR 是減碳選項之一，為輔助歐洲企業加速推動部署 SMR，今年 5 月更進一步成立歐洲 SMR 工業聯盟(European Industrial Alliance on SMRs)，有 277 個實體參與，設立 8 個工作組，討論工業應用、技術與研發與創新、供應鏈、技能、公眾參與、核安與保防、燃料循環與廢棄物管理、融資等。至於管制機關是否適合加入此工業聯盟，仍有待討論。

法國核能安全署(ASN)技術顧問 Sylvie Cadet Mercier 表示，目前國際各國管制機關共同合作審查 SMR 設計，主要僅限於輕水式核反應器，此階段相當於預審前作業(Pre-Pre-Licensing)，但未來若各國進入實質執照審查階段，原則上就會終止對此議題之管制合作，避免其他政治干擾。法國 ASN 副總署長 Julien Collet 表示，近期法國政府提供大量資金給民間，鼓勵發展新型核反應器，所以有相當多新創公司開始研發新型核反應器，但這些新創公司對核能安全管制法規體系並不熟悉，渠感覺 ASN 近期花費太多心力在

輔導業界如何符合核安法規要求，因此也正在研議如何更有效地運用管制機關的人力資源。

美國核能安全管制委員會(NRC)先進反應器及非動力生產利用設施處處長 Mohamed Shams 表示，NRC 正在執行法規現代化，將採用風險告知與績效導向之方式，且考量未來可能大量部署 SMR、先進核反應器，或微型核反應器(Microreactor)之管制需求。此外，渠另表示關於促進首創(First-of-a-Kind)技術執照審查管制作業效率重點為，早期參與預審申請案，執行研究和測試核反應器/實驗提供所需數據，建立夥伴關係讓聯邦相關機關合作參與支持國家計畫，並透過國際合作促進共同解決方案。有關外界懷疑管制機關是否能針對相同核反應器設計 (Nth-of-a-Kind)有效縮短執照審查時間，渠特別舉例指出 NRC 近期花費約 18 個月完成 Kario Power 公司測試用核反應器建廠執照申請案，雖然第 2 部測試用核反應器機組設計有部分修改，但 NRC 預估第 2 部機之執照審查期間僅約 12-14 個月，是可有效縮短時程，但前提是業者也要能提供具有品質的執照申請案件。

#### 四、烏克蘭因應俄烏戰爭之核安管制近況

烏克蘭核安管制機關 SNRIU 首長 Oleg Korikov 表示，近期烏克蘭境內有 8 個發電廠遭受俄羅斯攻擊，也進一步導致該國更加依賴核電廠供電。在 2022 年 2 月發生俄烏戰爭後，烏克蘭電力公司 Energoatom 決定中止採購俄羅斯核燃料公司 TVEL 所生產之燃料。有關 VVER-1000 機組部分，在戰爭發生前，電力公司已更換燃料供應商，陸續改用西屋(Westinghouse)公司所提供之燃料束。至於 VVER-440 機組部分，SNRIU 正在審查 Energoatom 所提交西屋核燃料束相關安全評估，預估於明年開始逐步擺脫對俄羅斯燃料廠家之依賴。



圖 4、烏克蘭境內發電廠遭受俄羅斯攻擊

2024 年 5 月 INRA 會議，SNRIU 提及最近管制機關人力再少了二分之一，人力嚴重不足，另外，核反應器所使用燃料將轉由西屋公司提供，因此需要有 VVER 核反應器相關安全審查經驗，但英國沒有此類經驗，可能會尋求芬蘭的幫助。

## 五、管制機關人力與能力

歐盟執委會聯合研究中心(Joint Research Center, JRC)近年執行歐洲核能領域人力資源觀察計畫(European Human Resources Observatory in the Nuclear Field, EHRO-N)，目標發展出國家核能領域工作人力評估方法，以及預測未來核能領域工作人力數量與需求。該計畫已建立一套國家核能勞動力評估程序，作為一個重要工具，以確保充足且有能力之勞動力，其研究結果顯示核能領域工作人力分佈如下圖，現有約 50 萬人，其中管制機關約佔 1%。EHRO-N 計畫假想未來核能裝置容量增加 10%，會增加約 17.5 萬的核能領域工作職缺，但如何補足人力缺口將會是一大挑戰。

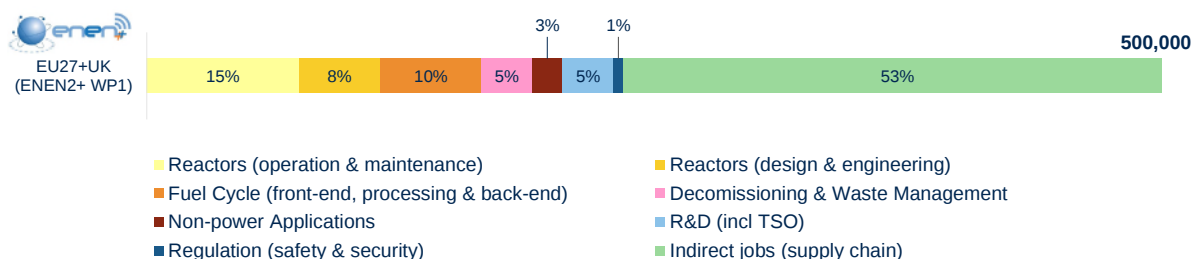


圖 5 核能領域人力分布

荷蘭核安與輻防管制機關(ANVS)首長 Annemiek van Bolhuis 表示，由於荷蘭政府計劃未來新建四座核能電廠，或可能是小型模組化核反應器，雖然廠址仍有待決定，但為因應未來管制需求，近期 ANVS 每年已增加約 20-40 位新進職員，預計到 2025-2030 年間，職員總數會從 120 位左右增加至 250 位官員。ANVS 首長認為多元組成的團隊會有更好的績效，新進人員也都需要接受訓練，並加強內部溝通與核安文化。

瑞典輻射安全局(SSM)近期獲得政府主動提供額外預算可增加 50 人，因為瑞典政府擔心管制機關人力太少，可能會降低未來新增核電機組之執照核發與管制效率。SSM 首長 Michael Knochenhauer 表示，現行核安管制技術支援體系，一部分是靠內部專家，外部專家則是來自大學與研究機構、私人企業，或是國際合作，但瑞典沒有專責的管制技術支援機關，渠認為雖然現行制度運作效果良好，但此制度會影響瑞典參與 TSO 相關國際組織之機會，如歐洲技術安全組織網絡(European Technical Safety Organisations Network, ESTON)、歐盟放射性廢棄物管理聯合計畫(EURAD)等，因此 SSM 正在研議設立瑞典專責管制技術支援機關之可行性。



圖 6 瑞典核安管制技術支援體系

## 六、受信賴的核能安全管理制機關

NEA 公眾溝通組主席 Ossi Lång 表示經濟合作發展組織核能署 (OECD/NEA) 於 2024 年出版新的“綠皮書”，主題為受信賴核能安全管理制機關之特點(The Characteristics of a Trusted Nuclear Regulator)。NEA 核能管制委員會(CNRA)的最新策略審查中，信任被確定為該委員會的優先事項之一。公眾信任對於管制機關而言，不僅涵蓋“公眾”，還包括利益關係者，和其他需要信任和遵守監督管制的人。

信任是公共安全的基礎，也是成功監督管制核能安全之必要條件。核能管制機關需要能夠依賴已建立的、可信賴的聲譽，特別是在作出重大監管制決策或面臨危機時。建立信任可以降低有效溝通之障礙，並更好地管理異議或不同觀點。

核能管制組織公共溝通專家小組 (EGPC Expert Group on Public Communication of Nuclear Regulatory Organisations) 發展受信賴核能管制機關之特點，研議歸納出有助於建立公眾信任之 5 項特徵，客觀獨立、勝任信

賴、開放透明、誠信公正、公平參與，但沒有任何一組特徵是可單獨存在，綜合相關支援就會造就對管制機構之信任。

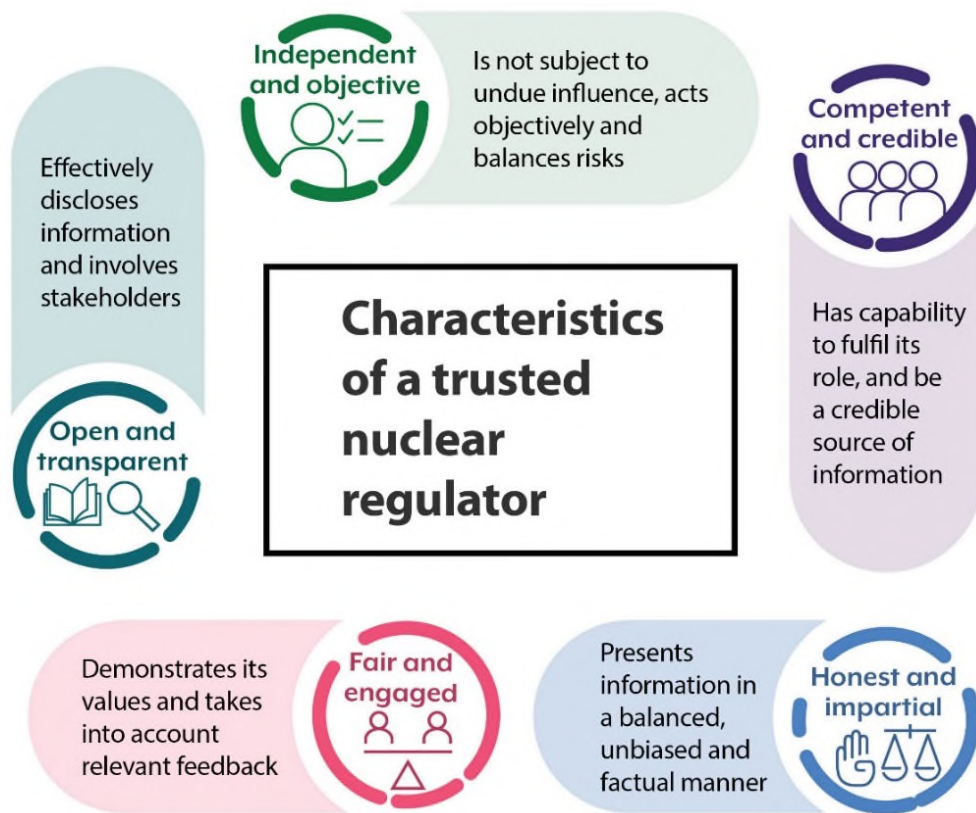


圖 7 受信賴核能管制機關之五項特點

此報告建議實務作法是，確保建立公眾信任是監督管制計畫之基礎，建立並維護值得信賴的決策流程，不斷強化安全文化，歡迎同儕審查，鼓勵員工參與、協商和風險溝通之培訓，建立並維持良好的危機溝通實踐。NEA 公眾溝通組主席 Ossi Lång 鼓勵核能安全管制機關官員皆可放此本綠皮書在身邊，隨時自我檢視評估是否有可再精進之處。

[https://www.oecd-neo.org/upload/docs/application/pdf/2024-04/7618\\_green\\_booklet\\_-\\_characteristics\\_of\\_a\\_trusted\\_nuclear\\_regulator.pdf](https://www.oecd-neo.org/upload/docs/application/pdf/2024-04/7618_green_booklet_-_characteristics_of_a_trusted_nuclear_regulator.pdf)

## 七、歐盟輻射防護安全基準經驗

ENSREG 首次邀請歐洲輻射防護主管機關協會(HERCA)代表參加核安會議，HERCA 是由 29 個國家的 47 個輻射防護管制機關所組成，旨在確保

歐洲各國輻射防護措施達到高的標準，該協會是由各管制機關主管共同研究和實際解決方案來識別共同問題，其目標是通過建立一致且相容的緊急應變整備作業，以加強歐洲的輻射防護能力。

HERCA 代表於會議中表示，近十年來，HERCA 成員一直在討論歐洲基本安全標準指令(EU-BSSD)可能存在需要解決之落差、模糊性、實施過程中遇到之困難，以及改進歐盟法規之空間，因此 HERCA 於今年舉辦研討會分析和分享各國實際實施 EU-BSSD 相關管制經驗，討論劑量測定、緊急狀況、正當性、既存曝露、標準、氬氣、分級方式，以及與其他歐盟指令/法規的介面等議題。該會議也邀請 IAEA、ICRP、NEA 和歐盟執委會派代表參加，相關簡報均上載於 HERCA 網站，可供各界參考。

<https://www.herca.org/presentations-of-the-herca-workshop-on-eu-bss-directive-implementation/>

## 八、結論與建議

部分歐洲國家已開始推動增設核能機組政策，小型模組化核反應器(SMR)也是選項之一，因此安全管制機關已開始執行預審執照前之管制技術合作，且陸續增加管制機關人力，提供新進人員所需訓練。ENSREG 特別邀請氣候變遷領域專家以及法國核安管制機關官員，分享氣候變遷對核能電廠所造成之影響，值得省思，建議我方未來對核設施進行定期安全評估時，也應納入考量氣候變遷之影響。

## 九、參考資訊

- 簡報資料 <https://www.ensreg.eu/presentations-2024>
- 第一天錄影 <https://bluepoint.clevercast.com/webcast/w-pbv9Ep/>
- 第二天錄影 <https://bluepoint.clevercast.com/webcast/w-qndOeW/>