

對子孫的承諾——臺灣安全管理用過核燃料暨放射性廢物的國際距離

曾雅真*

全球 COVID-19 疫情顯示，純粹工程技術的視角，已無法應對國際社會所遭遇的安全課題。尤其是在核電設施不斷老化除役，氣候變遷力道不斷強固的當前世代，安全管理用過核燃料暨放射性廢物 (Spent Fuel and Radioactive Waste, SFRW)(即臺灣俗稱的「核廢料」)¹，是一個避免未來世代過當負擔 (undue burden)，保障個人、社會暨環境，免受游離輻射危害的國家責任 (state responsibility) 暨倫理義務 (ethical obligation)(IAEA, 1997; European Union, 2011)。SFRW 的安全管理，不再是核燃料循環後端 (back-end) 工程技術層次可以獨自面對的挑戰。²

核電廠發電後，會產生可以再處理利用的用過核燃料，以及不可再利用的放射性廢物。福島核災後，國際社會已充分體悟，除了核電廠運作安全外，當前最迫切的問題，在於如何安全管理高熱、高放射與高毒性的 SFRW。特別是 SFRW 具有跨境、跨域，甚至跨世代 (例如半衰期可能長達千年萬年的放射物廢物) 的特性。據台電公司估算，我國核一、核二與核三廠六座核電機組除役後，所需要安全管理的用過核燃料達 4,913 重金屬噸 (Tonnes of Heavy Metal, THM) (台電公司，2019：1-1)。

國際原子能總署 (International Atomic Energy Agency, IAEA) 與歐洲原子能共同體 (European Atomic Energy Community, EURATOM) 是當前國際上 SFRW 安全管理的兩大規範體系，其精神宗旨暨最終目標，皆在保障個人、社會暨環

* 南臺科技大學國際企業系教授

¹ 用過核燃料也可以被視為是一種資源。用過核燃料經過再處理 (reprocessing) 利用，得以製作 MOX 混合燃料到商業市場銷售，不宜統稱為「廢料」(waste)。中華民國政府於 2013 年 12 月 20 日，與美國政府代表機構所簽署的臺美核能合作協定，已同意我國得在臺美雙方合意下，將用過核燃料送至第三方進行再處理，賦予我國政策彈性 (曾雅真，2013：27-28；曾雅真，2017：39)。

² 核燃料循環是指核能發電的一系列工業製程。以核反應器為中心，可分為前端 (front end) 與後端 (back end) 兩部分。前端是指從採礦到核燃料組件製造的過程，後端是指 SFRW 自核反應器芯卸出之後的處理與處置，包括中期暫時貯存，再處理 (reprocessing)，以及深層掩埋最終處置 (disposal) 等過程 (IAEA, 2011)。

境，免受游離幅射的危​​害。兩大體系安全管理的核心，皆已超越工程技術規格，涉及國家政策、國家法制框架、國家計畫、獨立監管機構、資訊揭露，以及公眾參與暨溝通等面向，具有跨境跨域暨跨世代的視野與內涵。

一、IAEA 規範體系：一個 SFRW 安全管理體系的最低門檻

IAEA 在核安全 (nuclear safety)、核保防 (nuclear safeguards) 暨核保安 (nuclear security) 領域，扮演國際核能的造法者、執行者暨監督者等多重角色 (曾雅真, 2012: 72)。它促成 IAEA 各項規約與《核安全公約》(Convention on Nuclear Safety) 暨《用過核子燃料管理安全及放射性廢物管理安全聯合公約》(Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management, Joint Convention; 以下簡稱《聯合公約》) 的規範共構，塑成普遍行於國際的 SFRW 安全管理規範體系。

由 IAEA 祕書處召集國際學者專家研擬，並經理事會 (Board of Governors) 通過發布的 IAEA 「基本安全原則」(Fundamental Safety Principles)，是 IAEA 核安全規範的最高指導原則，由此建構出序階式 (hierarchical) 的核安全規範體系。次第發布暨不斷更新的「安全要求」(Safety Requirements) 暨「安全導則」(Safety Guides)，是目前國際上各項技術標準的最低門檻。³

就 SFRW 安全管理視角，在明確的國家政策 (national policies)、國家策略 (national strategies) 暨法律框架 (legal framework) 的導引下，對營運單位實施獨立且嚴格管控的監管框架 (regulatory framework)，是 IAEA 為確保核安全所制定的 SFRW 安全管理基本架構。

首先，IAEA 於 2016 年修正並公布 GSR Part 1 (Rev. 1)《促進核安全之政府、法律與監管框架》(Governmental, Legal and Regulatory Framework for Safety)，明訂政府必須確保監管機構，在核安全相關決策下的有效獨立性，維持監管機構與其他實體的職權分離，俾監管機構能夠在沒有不適當壓力或制約的情況下，履行監管職權，並且賦予監管機構管制營運單位的權力。

其次，監管機構應結合各種國際規約與涉及核安全、核保安暨核保防的內國法規，運用執行促進手段，例如核照 (licensing)、審查 (review)、視察 (inspection) 與糾正 (corrective action)，確保核設施的安全。第三，監管機構需建構完整的核照系統，審查並核發包括中期貯存 (storage) 與最終處置 (final

³ 包括「普遍安全規範」(General Safety Requirements, GSR) 與「特定安全規範」(Specific Safety Requirements, SSR)；普遍安全導則 (General Safety Guides, GSG) 與特定安全導則 (Specific Safety Guides, SSG)。

disposal) 等核設施之選址、設計、建造、調試、運行、停止運轉與除役關閉等執照，確保核安全無虞 (IAEA, 2016: 3-8)。

第四，監管機構的決策過程與監管要求，需具有穩定性與一致性，並且必須防止監管機構人員個人決策的主觀性，俾能建立各方的信任與信心 (IAEA, 2016: 22)。第五，監管機構必須與時俱進。考量國際安全標準、技術標準暨相關經驗，審查核安全各項相關條例與導則，並進行必要的修訂，使其保持在最新狀態。第六，監管業務透明化。監管機構須向公眾暨利益攸關者通報，相關條例與導則之修訂，並確保其可得性；也必須向公眾暨利害關係各方，通報與核設施相關活動的可能輻射危險，以及監管機構的相關決策過程暨決定 (IAEA, 2016: 32)。

除此之外，IAEA 亦促成《核安全公約》暨《聯合公約》的談判、締約、批准暨生效，並運用兩公約締約方審議暨國家報告書審議會會議，以及 IAEA 提供的各種同儕審查服務 (peer review services)，強化各國核安全規範的遵循 (compliance) 效能。整體而言，《聯合公約》係 IAEA 將其基本安全原則暨各項技術標準，適用於 SFRW 安全管理的法典化成果。

《聯合公約》就 SFRW 安全管理所揭櫫的若干原則性規範，是締約國必須自我遵從的最低標準。內容涵蓋下列數項要點。第一，各國須制訂涉及 SFRW 設施之選址 (siting)、設計 (design)、建造 (construction)、安全評估 (safety assessment)、環境評估 (environment assessment)、運行 (operation)、除役 (decommissioning) 及關閉 (closure) 之全方位全環節的安全管理制度。第二，各締約方必須透過國家框架，履行必要的立法、監管與行政等各項措施。第三，規範 SFRW 設施營運方的責任。第四，設定核活動與核設施運行之防護、應變措施暨除役等基準。第五，跨國境運輸應符合聯合公約暨其他具有約束力之國際規範。最後，與時俱進的自我提升原則。例如國際社會自 2011 年日本福島核災後，已重新編寫並頒布涉及 SFRW 安全管理的各種標準與準則。

二、EURATOM 規範體系：一個超 IAEA 標準 (IAEA Plus) 的高標門檻

EURATOM 設立的目的，在促進歐洲民用核能的發展，達到能源自主的目標，並確保 EURATOM 境內的核安全。基於 SFRW 安全管理的要求，EURATOM 認為有必要參照現行國際上所接納的共同安全原則，例如 IAEA 基本安全原則與聯合公約，建立一套共同的法律框架，俾促進 EURATOM 境內

SFRW 安全管理的整全性。但在日本福島核災的氛圍下，制定超越 IAEA 標準 (IAEA Plus) 的安全管理規範體系，成為 EURATOM 理事會的最終政策選項，於 2011 年 7 月正式通過並發布，安全管理 EURATOM 境內用過核燃料暨放射性廢物的框架指令 2011/70/EURATOM。⁴

指令要求 EURATOM 會員，採行先訂政策目標，後勾勒具體內涵的立法策略，並透過具有約束力的基本原則 (general principles)，以及具有運作功能的法律機制 (legal mechanism)，實踐 EURATOM 境內 SFRW 安全管理的目標。指令也試圖透過有區別的責任，以及安全管理體系的建構，避免 SFRW 的不當管理造成未來世代的過當負擔，保護勞作工人與一般公眾免於游離輻射的危險，並賦予會員國提供必要資訊，促進公眾參與的社會義務。

三、SFRW 安全管理規範體系之合法性與正當性

指令要求會員國必須政策入法，並且透過立法路徑，實踐國家政策，為 SFRW 安全管理體系，奠定合法性與正當性的基礎。爰此，指令為會員國量身打造 SFRW 安全管理規範體系的建構流程 (參閱圖一)。首先，指令明確要求各會員國，應參照指令設定的基本原則 (general principles)，自主選定國家政策 (national policy)，是採行再處理用過核燃料的閉式循環政策 (closed nuclear fuel cycle)，或是不以回取為目的，將用過核燃料視為放射性廢物的直接深層掩埋最終處置政策。第二，擬制一套涵蓋立法、監管與組織架構 (national legislative, regulatory and organizational frame) 的國家法制框架 (national framework)。第三，政策入法。亦即透過國家法制框架，明訂涵蓋上述國家政策／內容，以及執行策略的國家計畫 (national programme)。第四，擬制各項執行機制俾實踐國家計畫的國家管理安排 (national arrangements)。最後，依據國家管理安排，規劃執行有關透明化原則暨公眾參與的國家管理要求 (national requirements) (曾雅真，2016)。

四、SFRW 安全管理政策制定的七大基本原則

其次，在會員國自由裁量國家政策的前提下，指令為 EURATOM 會員規劃，制定國家政策所必須遵循的幾項基本原則。分別是：第一，不為後代子孫

⁴ Council Directive 2011/70/EURATOM of 19 July 2011 establishing a Community framework for the responsible and safe management of spent fuel a radioactive waste (2011/70/EURATOM).



資料來源：本文作者分析整理 (European Union, 2011)

圖一：EURATOM 用過核燃料暨放射性廢物 (SFRW) 安全管理規範體系的建構流程

造成過當負擔 (undue burden) 原則。第二，用過核燃料暨放射性廢物最小產出原則。第三，全階段管理原則。也就是國家政策必須完整連結並涵蓋 SFRW 自產出到最終處置的各個階段。第四，SFRW 分級管理原則 (graded approach)。亦即核安決策過程的紀錄暨文檔的規格，必須依據風險等級建立，藉以確保決策的信度與效度。第五，SFRW 產出者成本擔負原則。第六，證據原則 (evidence-based)。亦即管理 SFRW 於各個階段的決策過程，都必須建立在具體的事證與詳實的紀錄之上，藉以證明該等決策的合法性與正當性。第七，滿足公眾資訊揭露與公眾參與的透明化原則。有關管理之必要資訊，應為勞工暨公眾所取得，並且應予公眾有效參與管理相關決策程序的機會。

五、SFRW 安全管理規範體系的五大運作機制

透過五大機制的功能設計，指令勾勒出 SFRW 核安全管理的規範雛形。第一，責任與義務分派機制，旨在劃定有區別的責任與義務。例如 SFRW 安全管理的國家責任 (state responsibility)，不但是一種法律責任 (legal responsibility)，更是不為未來世代製造過當負擔的倫理義務。並且對於參與 SFRW 處理暨處置

各階段的管理機構，分派不同的責任與義務。第二，定期舉行審查 (review)，同儕審查 (peer review)，自評 (self-assessment)，以及國家政策暨國家計畫國際同儕審查 (international peer review) 的遵從機制 (compliance mechanism)，旨在強化公眾對 SFRW 安全管理的信心暨信任。第三，獨立於其他機構，具有充分人力暨財政資源，並且得以充分行使職權的監管機制 (competent regulatory authority) 與核照體系 (system of licensing)，是確保 SFRW 安全管理的執行體系 (execution system)。第四，採行具有強制性的作為，如暫停作業活動、修改或吊銷許可證，或者要求設施負責人提出限期改善方案等措施，則是具有執行促進功能之課責機制 (enforcement mechanism)。第五，涵蓋金融支持方案 (financing scheme)、教育培訓暨人力資源規劃在內的支援體系 (supporting system)，目的在確保安全管理 SFRW 的各項管理安排，皆具有充分的人力暨財務支撐。

綜上，EURATOM 理事會指令 2011/70/EURATOM 的價值，並非只是一個規範性的法制框架。其最大的意義在於，它為保障勞作工人、公眾暨環境，免受游離輻射威脅，所創設的決策、執行、監管、立法、公民監督與財務金融規劃的體系運作模式，堪稱為全球 SFRW 安全管理的執行典範。

六、結論與建議

如何安全管理 SFRW，是一個跨越世代且責任艱鉅的倫理義務，它是一項永續事業，不會隨著核電廠的除役而消失。

綜觀 IAEA 與 EURATOM 的 SFRW 安全管理模式可以發現，IAEA 與 EURATOM 從來不認為數據指標，或是科學技術，是確保 SFRW 安全管理的唯一憑恃。相反地，明確且經公眾討論的國家政策，完善且透明的國家立法、監管暨組織架構，切實且獲得公眾支持的國家計畫，以及普遍得到公眾暨國際夥伴信任的安全管理表現，方是滿足不施加未來世代過當負擔的倫理義務，確保個人、社會與環境，免於核能應用過程產出之游離輻射危害的基石。

我國現行 SFRW 安全管理之實踐，仍停留在工程技術掛帥的有限視野，有待公開透明暨普遍對話的國家決策暨立法程序，明確揭示 SFRW 安全管理之具體國家政策。而涵蓋立法、監管與組織架構的國家框架，仍因種種因素處於不完整的調適階段。社會公眾對於為何、應何、如何安全管理 SFRW 的決策參與品質暨參與程度，仍有極大的進步空間。我國放射性廢物僅分為高放 (high level) 與低放 (low level) 兩類，與 IAEA 及 EURATOM 的 SFRW 六大分類標準

相去甚遠。在社會信任與信心有限的情況下，凡此皆是我國接軌國際 SFRW 永續安全管理的挑戰。

目前在客觀條件限制下，臺灣尚無法全面參與國際核安全的制度運作，惟史上幾次重大核災（例如車諾比、三哩島與福島），再再警示我們，核災並不會基於某國特殊的政治地位或立場而怯步，長期的國際孤立，不能再是我國自外於國際 SFRW 安全管理的托詞。面對全球組建 SFRW 安全管理日趨嚴謹的趨勢下，我國未來如能借鑑 IAEA 暨 EURATOM 安全管理規範，建構我國的 SFRW 安全管理體系，相信將能拉近我國 SFRW 安全管理的國際距離，全面接軌 SFRW 國際安全管理典範，精進臺灣 SFRW 安全管理制度的正當性與合法性，提升臺灣相關法令實踐的可操作性，強化社會接受信心，在後疫情時代，完備安全管理 SFRW 的永續倫理責任，履踐吾人對後代子孫的承諾。

參考文獻

- 曾雅真 (2012)。〈和平利用核能之國際造法趨勢——IAEA 核燃料循環多邊化倡議的實踐與影響〉，《問題與研究》第 51 卷第 2 期，頁 69-100。
- 曾雅真 (2013)。〈用過核燃料之國際多邊化管控趨勢——兼論我國處理用過核燃料策略的契機〉，《政治科學論叢》第 56 期，頁 1-38。
- 曾雅真 (2016)。〈歐洲原子能組織用過核燃料暨放射性廢物造法歷程的觀察與省思——指令 2011/70/EURATOM 之萌芽與生成〉，收錄於《法之橋：臺灣與法國之法學交會——彭揚業教授榮退論文集》(ISBN 978-986-255-701-3)，頁 467-506。
- 曾雅真 (2017)。〈國際規範擴散的障礙與挑戰——以臺灣接納 IAEA 用過核燃料暨放射性廢物管理安全聯合公約為例〉，《問題與研究》第 56 卷第 3 期，頁 29-55。
- 台灣電力公司 (2019)。「用過核子燃料最終處置計畫潛在處置母岩特性調查與評估階段我國用過核子燃料最終處置技術可行性評估報告——技術支援報告 (1)」。<https://nbmi.taipower.com.tw/wp-content/uploads/2018/11/%E6%88%91%E5%9C%8B%E7%94%A8%E9%81%8E%E6%A0%B8%E5%AD%90%E7%87%83%E6%96%99%E6%9C%80%E7%B5%82%E8%99%95%E7%BD%AE%E6%8A%80%E8%A1%93%E5%8F%AF%E8%A1%8C%E6%80%A7%E8%A9%95%E4%BC%B0%E5%A0%B1%E5%91%8ASNFD2017-%E6%8A%80%E8%A1%93%E6%94%AF%E6%8F%B4%E5%A0%B1%E5%91%8A1-1.pdf>
- European Union. (2011). Council Directive 2011/70/EURATOM of 19 July 2011: Establishing a Community Framework for the Responsible and Safe Management of Spent Fuel and Radioactive Waste, Official Journal of the European Union, L 199: 48-56.
- IAEA. (1997). Joint Convention on the Safety of Spent fuel management and on the Safety of Radioactive Waste Management, INFCIRC/546. December 24, <https://www.iaea.org/sites/default/files/infirc546.pdf>
- IAEA. (2011). Nuclear Fuel Cycle, <https://www.iaea.org/sites/default/files/nfc0811.pdf>.
- IAEA. (2016). Governmental, Legal and Regulatory Framework for Safety: General Safety Requirements, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 1 (Rev. 1). <https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1713web-70795870.pdf>