

核能安全委員會 委託研究計畫研究報告

113 年放射性廢棄物安全管制 國際資訊研析期末報告

委託單位：核能安全委員會
執行單位：國家原子能科技研究院
計畫主持人：曾漢湘
報告作者：曾漢湘、周光暉、吳禮浩、楊東昌、陳誠一
計畫編號：NSC11302024L
報告日期：中華民國 113 年 12 月

[本頁空白]

113 年放射性廢棄物安全管制國際資訊研析

執行單位：國家原子能科技研究院

計畫主持人：曾漢湘

報告作者：曾漢湘、周光暉、吳禮浩、楊東昌、陳誠一

專業服務案期程：113 年 4 月 16 日至 113 年 12 月 31 日

專業服務案經費：新臺幣 134 萬元

核能安全委員會專業服務勞務採購案

中華民國 113 年 12 月

（本成果報告內容純係作者個人之觀點，不應引申為本機關之意見）

[本頁空白]

113 年放射性廢棄物安全管制國際資訊研析

目 錄

1. 前言	1
1.1 工作目的.....	1
1.2 工作內容.....	1
1.3 工作方法.....	2
1.4 報告架構.....	8
2. 放射性廢棄物管理及發展現況之國際資訊	10
2.1 放射性廢棄物 2024 年國際動態資訊蒐整	10
2.1.1 各國管制及重要事件動態資訊蒐整	11
2.1.2 國際核能機構/組織規範與專業技術報告蒐整	48
2.2 重要個案資訊研析.....	51
2.3 國際動態資訊綜合討論	54
3. 用過核子燃料最終處置再取出概念的國際資訊研析與管制建議	59
3.1 用過核子燃料最終處置再取出背景說明	60
3.2 各國法規探討.....	61
3.3 各國再取出技術方案.....	67
3.4 再取出其他議題的討論	72
3.5 國際資訊與管制建議研析	76
4. 蒐集國際資訊以研議我國聯合公約報告書精進內容.....	79
4.1 聯合公約背景說明.....	79
4.2 國家報告書格式與架構研析	85
4.2.1 國家報告書格式與架構指引之版次差異比對	85
4.2.2 國家報告書格式與架構指引歷次改版之修訂重點	90

4.3 聯合公約締約國最新版國家報告書資訊蒐整與研析	91
4.4 我國 2024 年版國家報告書草案編定	92
4.4.1 更新資訊之參考與引用文件.....	93
4.4.2 新版國家報告書編修與審議過程	94
5. 結論與建議	96
5.1 報告結論.....	96
5.2 心得建議.....	99
參考文獻	100
附錄 A：放射性廢棄物管制及管理國際資訊蒐集表	106
附錄 B：放射性廢棄物管理國際動態資訊	111

圖 目 錄

圖 1-1：工作架構與流程圖	2
圖 3-1：決策的可逆性－發展示意圖	67
圖 3-2：瑞士廢棄物罐再取出作業流程	72
圖 4-1：聯合公約國家報告國際同儕審查會議辦理方式	82
圖 4-2：2024 年版國家報告書內容之資訊蒐集與編審作業分工	95

表 目 錄

表 1-1：核能國家核安主管機關與放射性廢棄物營運機構資訊表.....	4
表 2-1：2024 年 1 至 10 月放射性廢棄物管制國際動態資訊表.....	47
表 4-1：國家報告書章節架構與聯合公約要求條文之對應表.....	84
表 4-2：聯合公約國家報告書架構.....	85
表 4-3：國家報告書格式指引各版次修訂內容重點摘要表.....	86
表 4-4：2024 年版國家報告書修訂重點對照表.....	92

113 年放射性廢棄物安全管制國際資訊研析

摘要

本計畫以協助管制機關定期蒐集研析國際放射性廢棄物之安全管制國際資訊為主要目的，並探討國內現況，除有助於提升管制能力，並可做為建置合宜審查技術與規範之參考。具體工作內容包括：

1. 放射性廢棄物管理及發展現況之國際資訊蒐整與研析：進行國際資訊彙編及動態趨勢分析，內容以放射性廢棄物管理與管制為主，其他包括設施建造或啟用、放射性廢棄物貯存或處置、國際合作等，並歸納出國際整體發展趨勢。
2. 用過核子燃料最終處置再取出概念的國際資訊研析與管制建議：說明最終處置再取出的發展背景及考量因素，並收集瑞典、法國、瑞士、美國、加拿大、芬蘭等重要案例進行資訊研析，以了解各國處置計畫對再取出的政策及規劃方案。
3. 蒐集國際資訊以研議我國「用過核子燃料與放射性廢棄物管理安全聯合公約」聯合公約報告書精進內容：蒐整國際聯合公約與國內相關更新資訊，遵循該公約相關要求，參考國際具體作法與優良實務經驗，研議我國2024年中文版國家報告書精進內容並妥適彙編。

本計畫之研析成果將有助於我國放射性廢棄物管制決策與研發工作之參考應用，以加速提昇管制技術能力，確保管制安全合於國際水準。

關鍵字：放射性廢棄物管理、最終處置、再取出、國家報告書

ABSTRACT

The purposes of this project are to assist regulatory agencies in regularly collecting and analyzing international information on the safety control of international radioactive waste, and to explore the current domestic situation. In addition to improve control capabilities. The main tasks focus on:

1. Collection and analysis of international information on the current status of radioactive waste management and development.
2. International information analysis on the retrieval concept of spent

nuclear fuel final disposal, and related regulatory recommendations.

3. Collect international information to discuss the refinement of the Taiwan National Report as referred to by the Joint Convention on the Safety of Spent Nuclear Fuel and Radioactive Waste Management.

The results of this project will contribute to the reference application of radioactive waste control decision-making and research and development work, and the improvement of regulatory capabilities and ensure that control safety is in line with international standards.

Keywords: Radioactive Waste Management, Final Disposal, Retrieval, National Report

1. 前言

1.1 工作目的

核能安全委員會(以下簡稱核安會)，負責國內核能電廠、核子設施及輻射作業場所的安全監督，妥善規劃放射性廢棄物管制，強化輻射災害應變能力及環境輻射偵測，亦積極推動原子能科學與技術之研究發展與原子能於醫療、農業、工業及環境保護等應用，以增進民生福祉及環境永續。基於健全放射性廢棄物管制體系，強化管制技術，並使安全標準與具體管制措施符合當前國際水準之業務實際需要，以嚴密管制放射性廢棄物處置設施安全，爰提出「113年放射性廢棄物安全管理國際資訊研析」專業服務勞務採購案(以下簡稱本計畫)，主要內容包括：國際放射性廢棄物管理及發展現況資訊蒐整、最終處置之用過核子燃料再取出國際資訊研析、國際主要核能國家「用過核子燃料與放射性廢棄物管理安全聯合公約」國家報告書進版重點及我國聯合公約報告書精進建議，針對核能先進國家的相關具體作法與優良實務經驗進行資訊蒐整與研析，以回饋國際經驗，提升我國安全管理技術能力。

國家原子能科技研究院(以下簡稱國原院)為我國核能領域的專業研究機構，有專職的研發人力長期從事用過核子燃料及低放射性廢棄物安全管理技術發展，並持續掌握國際動態。本計畫工作期程自民國113年4月16日至113年12月31日。依契約書規定如期提出「113年放射性廢棄物安全管理國際資訊研析」期末成果報告(以下簡稱本報告)。

1.2 工作內容

本計畫推動三項主要工作包括：

- (1) 放射性廢棄物管理及發展現況之國際資訊蒐整與研析
- (2) 用過核子燃料最終處置再取出概念的國際資訊研析與管制建議
- (3) 蒐集國際資訊以研議我國「用過核子燃料與放射性廢棄物管理安全聯合公約」聯合公約報告書精進內容

1.3 工作方法

本案整體工作之架構與流程圖參見圖 1-1 所示。

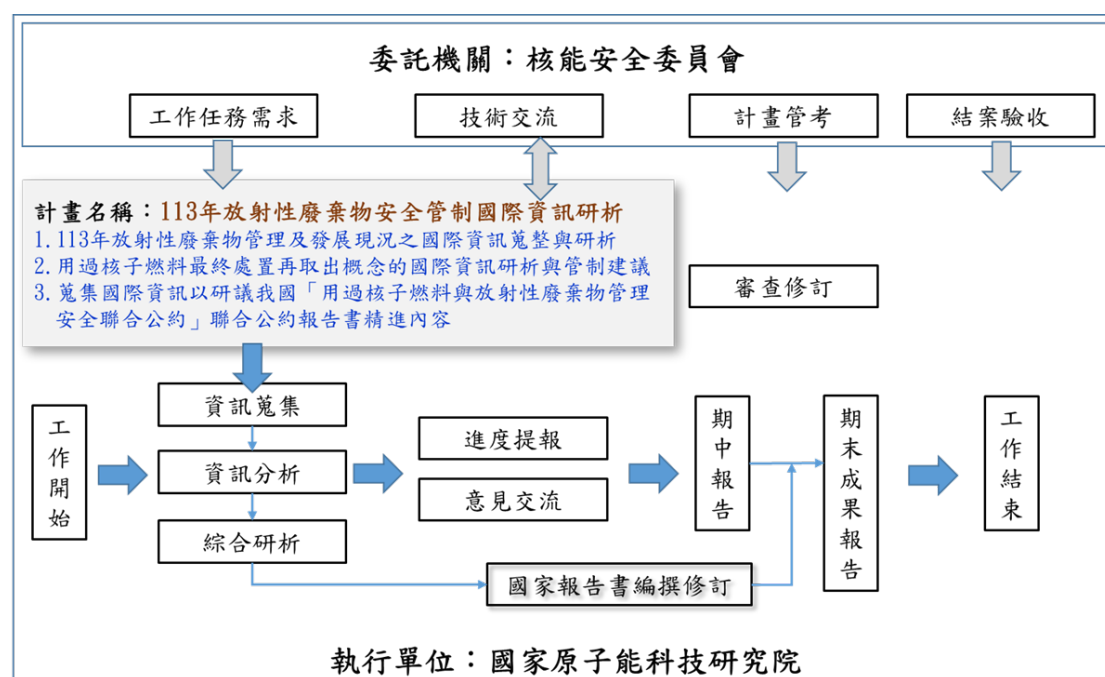


圖 1-1：工作架構與流程圖

各項細部工作方法說明如後：

- (1) 放射性廢棄物管理及發展現況之國際資訊蒐整與研析

本計畫內容包含放射性廢棄物管理國際資訊彙編及國際動態趨勢分析，報告內容除以放射性廢棄物管理與管制資訊為主，內容包含蒐集國際放射性廢棄物管理資訊與管制事件報導，例如放射性

廢棄物管理動態、組織變革、設施建造或啟用、放射性廢棄物貯存或處置、與意外事故等。資訊來源以具公信力之國際核能機構與核子技術期刊，如國際原子能總署(International Atomic Energy Agency, IAEA)、世界核能協會(World Nuclear Association, WNA)、核子工程國際期刊(Nuclear Engineering International, NEI)、世界核子新聞(World Nuclear News, WNN)，以及各國放射性廢棄物管制與營運機構官網所發布之資訊為準。本計畫將重要資訊及新聞報導蒐整分析後，摘譯內容為短篇文稿，依國別與議題內容分別彙編，最後歸納出整體性的國際發展趨勢。

(2) 用過核子燃料最終處置再取出概念的國際資訊研析與管制建議

依據我國核安會法規高放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則第11條：「高放處置設施之設計，應確保高放射性廢棄物放置後五十年內可安全取出」。為了解各國處置計畫對再取出的規範要求與規劃方案，以利我國後續針對此項管制需求研究發展。可供蒐集彙整資訊，擬以瑞典、芬蘭、法國、瑞士、美國、加拿大等國際資訊與案例為重要參考。

(3) 蒐集國際資訊以研議我國「用過核子燃料與放射性廢棄物管理安全聯合公約」聯合公約報告書精進內容

從國際原子能總署官網下載聯合公約「國家報告書格式與架構指引(INFCIRC/604)」各版次文件檔案。國際原子能總署發布的檔案格式為pdf檔。可利用國原院具有合法使用權之Adobe Acrobat專業版軟體轉檔為微軟(Microsoft)文書軟體WORD可處理的doc檔案格式。確認歷次改版之差異內容。查閱國際原子能總署聯公約歷次會議紀錄或通訊(newsletter)是否提及修訂的原因，或從專業的角度研判可能的原因。最後於本計畫成果報告中提出說明與重點

摘要表。

本計畫研究資訊的主要蒐集對象包核能國家的核安主管機關與營運機構的相關網路資訊，如表 1-1 所示，以及國際核能機構/組織，如國際原子能總署(International Atomic Energy Agency, IAEA)、經濟合作暨發展組織/核能署(OECD/NEA)、世界核子協會/世界核子新聞網(WNA/WNN)的相關網路資訊。

表 1-1：核能國家核安主管機關與放射性廢棄物營運機構資訊表

國家	主管機關與營運機構名稱	
阿根廷	主管機關	Nuclear Regulatory Authority (Autoridad Regulatoria Nuclear), ARN https://www.argentina.gob.ar/arn
	營運機構	National Atomic Energy Commission (Comision Nacional de Energia Atomica), CNEA https://www.argentina.gob.ar/cnea
亞美尼亞	主管機關	Armenian Nuclear Regulatory Authority, ANRA https://anra.am
	營運機構	Armenian NPP http://armeniannpp.am/en/
孟加拉	主管機關	Bangladesh Atomic Energy Regulatory Authority, BAERA http://www.baera.gov.bd/
	營運機構	Nuclear Power Company of Bangladesh, NPCB https://npcbl.portal.gov.bd/
白俄羅斯	主管機關	Department for Nuclear and Radiation Safety, Gosatomnadzo https://gosatomnadzor.mchs.gov.by/en/o-gosatomnadzore/polozhenie-o-gosatomnadzore/
	營運機構	Belarusian Nuclear Power Plant https://www.belaes.by/ru/
比利時	主管機關	Federal Agency for Nuclear Control, FANC https://fanc.fgov.be/en Belgian Nuclear Safety Authority, Bel V https://www.belv.be/index.php/en/
	營運機構	Belgian National Agency for Radioactive Waste and Enriched Fissile Materials, NIRAS/ONDRAF https://www.ondraf.be/
巴西	主管機關	National Commission for Nuclear Energy (Comissão Nacional de Energia Nuclear), CNEN - Directorate for Radiation Protection and Nuclear Safety (DRSN),

		https://www.gov.br/cnen/pt-br 2021 年 10 月組改成立新的主管機關 National Nuclear Safety Authority (Autoridade Nacional de Segurança Nuclear, ANSN)
	營運機構	National Commission for Nuclear Energy (Comissão Nacional de Energia Nuclear), CNEN - Directorate for Research and Development (DPD)小產源低放射性廢棄物 https://www.gov.br/cnen/pt-br Eletrobras Eletronuclear 高放射性廢棄物 https://www.eletronuclear.gov.br/Paginas/default.aspx
保加利亞	主管機關	Bulgarian Nuclear Regulatory Agency, BNRA https://www.bnra.bg/ (失效中) https://www.ensreg.eu/country-profile/Bulgaria
	營運機構	State Enterprise “Radioactive Waste”, SERAW http://dprao.bg/en/
加拿大	主管機關	Canadian Nuclear Safety Commission, CNSC https://nuclearsafety.gc.ca/eng/
	營運機構	Nuclear Waste Management Organization, NWMO https://www.nwmo.ca/
中國	主管機關	國家核子安全局 https://nnsa.mec.gov.cn/
	營運機構	中核清原環境技術工程有限責任公司(官網不明) 廣東大亞灣核電環保有限公司(官網不明)
捷克	主管機關	State Office for Nuclear Safety, SÚJB https://sujb.gov.cz/en/
	營運機構	Radioactive Wastes Repository Authority, SÚRAO https://www.surao.cz/en/
芬蘭	主管機關	Radiation and Nuclear Safety Authority (Säteilyturvakeskus), STUK https://stuk.fi/en/
	營運機構	Posiva Oy https://www.posiva.fi/en/
法國	主管機關	French Nuclear Safety Authority (Autorité de Sûreté Nucléaire), ASN https://www.asn.fr/
	營運機構	National Radioactive Waste Management Agency, Andra https://international.Andra.fr/
德國	主管機關	Federal Office for the Safety of Nuclear Waste Management (Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung), BASE https://www.base.bund.de/EN/home/home_node.html
	營運機構	Federal Company for Radioactive Waste Disposal (Bundesgesellschaft für Endlagerung), BGE https://www.bge.de/de/
匈牙利	主管機關	Hungarian Atomic Energy Authority, HAEA http://www.oah.hu/web/v3/haeaportal.nsf/web?openagent
	營運機構	Public Limited Company for Radioactive Waste

		Management, PURAM (官網不明) https://www.youtube.com/@puram-publiclimitedcompany9014
印度	主管機關	Atomic Energy Regulatory Board, AERB https://www.aerb.gov.in/english/
	營運機構	Nuclear Power Corporation of India Limited, NPCIL https://www.npcil.nic.in/index.aspx
伊朗	主管機關	Iranian Nuclear Regulatory Authority, INRA(官網不明) Atomic Energy Organization of Iran (AEOI) https://aeoi.org.ir/en
	營運機構	Nuclear Power Production & Development Co. of Iran, NPPD(官網不明) Iran Radioactive waste Management Co., IRWA(官網不明) https://aeoi.org.ir/en
義大利	主管機關	National Inspectorate for Nuclear Safety and Radiation Protection, ISIN https://www.isinucleare.it/en/about-us
	營運機構	Societa Gestione Impianti Nucleari S.p.a., Sogin https://www.sogin.it/it
日本	主管機關	Nuclear Regulation Authority, NRA https://www.nsr.go.jp/english/
	營運機構	Nuclear Waste Management Organization of Japan, NUMO https://www.numo.or.jp/en/
哈薩克	主管機關	Committee for Atomic and Energy Supervision and Control, CAESC https://www.gov.kz/memleket/entities/kaenk?lang=en
	營運機構	National Atomic Company, KAZATOMPROM https://kazatomprom.kz/en
韓國	主管機關	Nuclear Safety and Security Commission, NSSC https://www.nssc.go.kr/en/index.do
	營運機構	Korea Radioactive Waste Agency, KORAD https://www.korad.or.kr/korad-eng/index.do
立陶宛	主管機關	State Nuclear Power Safety Inspectorate, VATESI https://vatesi.lrv.lt/en/
	營運機構	Ignalina Nuclear Power Plant https://www.iae.lt/en
墨西哥	主管機關	National Commission for Nuclear Safety and Safeguards, CNSNS https://www.gob.mx/cnsns
	營運機構	Comision Federal de Electricidad, CFE http://www.cfe.mx/ (失效中) https://www.facebook.com/CFENacional https://www.youtube.com/channel/UC5YjgDMZ08jSn4LxPom7O2Q
荷蘭	主管機關	Authority for Nuclear Safety and Radiation Protection, ANVS https://english.autoriteitnvs.nl/
	營運機構	Central Organization for Radioactive Waste, COVRA https://www.covra.nl/en/

巴基斯坦	主管機關	Pakistan Nuclear Regulatory Authority, PNRA https://pnra.org/
	營運機構	Pakistan Atomic Energy Commission, PAEC https://paec.gov.pk/
羅馬尼亞	主管機關	National Commission for Nuclear Activities Control, CNCAN http://www.cncan.ro/main-page/
	營運機構	Nuclear Agency and for Radioactive Waste, ANDR http://andr.ro/en/home/
俄羅斯	主管機關	Federal Service for Environmental, Technological, and Nuclear Supervision, Rostekhnadzor http://archive.government.ru/eng/power/212/
	營運機構	National Operator for Radioactive Waste Management, NO RAO https://www.norao.ru/en/
斯洛伐克	主管機關	Nuclear Regulatory Authority, ÚJD SR https://www.ujd.gov.sk/?lang=en
	營運機構	Nuclear and Decommissioning Company, JAVYS https://www.javys.sk/en/
斯洛維尼亞	主管機關	Slovenian Nuclear Safety Administration, SNSA https://www.gov.si/en/state-authorities/bodies-within-ministries/slovenian-nuclear-safety-administration/o-upravi/
	營運機構	Agency for Radwaste Management, ARAO https://www.arao.si/index.php/en/
南非	主管機關	National Nuclear Regulator, NNR https://nnr.co.za/
	營運機構	National Radioactive Waste Disposal Institute (NRWDI) https://www.nrwdi.org.za/
西班牙	主管機關	Nuclear Safety Council, CSN https://www.csn.es/en/seguridad-nuclear
	營運機構	Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A., ENRESA https://www.enresa.es/eng/
瑞典	主管機關	Swedish Radiation Safety Authority, SSM https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/en/
	營運機構	Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co, SKB https://www.skb.com/
瑞士	主管機關	Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate, ENSI https://www.ensi.ch/en/
	營運機構	National Cooperative for the Disposal of Radioactive Waste, Nagra https://www.nagra.ch/en
土耳其	主管機關	Nuclear Regulatory Authority, NDK https://www.ndk.gov.tr/en-US
	營運機構	Turkish Atomic Energy Authority, TAEK (官網不明) https://www.tenmak.gov.tr/en/ (失效中)
烏克蘭	主管機關	State Nuclear Regulatory Inspectorate of Ukraine, SNRIU

		https://snriu.gov.ua/en
	營運機構	National Nuclear Energy Generating Company Energoatom, NNEGC Energoatom https://energoatom.com.ua/en/all-news/1
阿拉伯聯合大公國	主管機關	Federal Authority for Nuclear Regulation, FANR https://www.fanr.gov.ae/en (失效中) https://u.ae/en/information-and-services/environment-and-energy/water-and-energy/types-of-energy-sources/nuclear-energy
	營運機構	Emirates Nuclear Energy Corporation , ENEC https://www.enec.gov.ae/
英國	主管機關	Office for Nuclear Regulation, ONR https://www.onr.org.uk/index.htm
	營運機構	Nuclear Waste Services, NWS https://www.gov.uk/government/organisations/nuclear-waste-services
美國	主管機關	Nuclear Regulatory Commission, NRC https://www.nrc.gov/
	營運機構	Department of Energy, DOE https://www.energy.gov/

註：表列各單位官網之網址連結查核日期為 2024 年 10 月 10 日。

1.4 報告架構

本報告參酌本計畫工作內容，擬定共 5 個章節，藉以論述資訊蒐集與研析成果：

- 第 1 章為前言：說明研究目的、內容、方法與報告架構。
- 第 2 章為放射性廢棄物管理及發展現況之國際資訊蒐整與研析：說明放射性廢棄物安全管制國際資訊的獲取來源，由各國核安/放射性廢棄物管制機關官網檢索各該國法規。研析各國放射性廢棄物安全管制資訊可瞭解其具體的管制措施，對我國安全管制有相當的助益。
- 第 3 章為用過核子燃料最終處置再取出概念的國際資訊研析與管制建議：說明各國處置計畫對再取出的規範要求與規劃方案，以利我國後續針對此項管制需求研究發展。蒐集彙整資訊擬以瑞典、芬蘭、法國、瑞士、美國、加拿大等國際資訊與案例為重要參考。。

- 第4章為蒐集國際資訊以研議我國「用過核子燃料與放射性廢棄物管理安全聯合公約」聯合公約報告書精進內容：說明公約背景、國家報告書格式與架構、新近資訊研析與草案編定作業現況。
- 第5章為結論與建議：對成果提出期末執行成果說明與後續發展之心得建議。

2. 放射性廢棄物管理及發展現況之國際資訊

依據本計畫「工作項目 1.113 年放射性廢棄物管理及發展現況之國際資訊蒐整與研析」，進行相關管制技術資訊蒐整研析工作。國原院長期以來，從事用過核子燃料及低放射性廢棄物安全管理技術發展，並持續掌握國際動態，定期蒐集放射性廢棄物安全管理與管制之國際資訊，瞭解各國放射性廢棄物管理措施規範和技術研發皆與時俱進並配合國家政策滾動式修正。本章說明 2024 年 1 月至 10 月，蒐集國際上有關放射性廢棄物管制及發展狀況的重大新聞報導，以及期間內國際核能機構發布的重要文獻，並對重要個案進行資訊研析。

2.1 放射性廢棄物 2024 年國際動態資訊蒐整

本節蒐整的主題範疇為 2024 年 1 月至 10 月期間國際放射性廢棄物管制及發展狀況的相關資訊，包含管制體系、管制技術或是安全標準、管理措施等面向。鑒於國際資訊數量龐雜，蒐整對象主係國際原子能總署「動力反應器資訊系統(PRIS)」所列舉的核能發電先進國家(IAEA, 2023)，對我國安全管制較有助益。動態新聞資訊主要來自世界核能協會(WNA)所發布的相關新聞，並對照各國管制機關與營運單位的官方網站資訊予以確認。此外，亦彙整國際核能組織如國際原子能總署(IAEA)與經濟合作暨發展組織核能總署(OECD/NEA)於 2024 年 1 月至 10 月發布的重要相關文獻資訊，以提供核安會參考。

國際當前所執行與規劃的放射性廢棄物管理，包含放射性廢棄物處理、貯存及處置，乃至於核子反應器設施停機與除役等，蒐整資料範疇包括放射性廢棄物管理、法案增修及發布、用過核子燃料再處理、

高放射性廢棄物貯存、核子設施除役、低與中放射性廢棄物處置、高放射性廢棄物處置等國際動態資訊。

隨時關注並掌握各國管制機關、研發機構及管理組織的最新發展，進而剖析國際趨勢脈動，藉由世界核能先進國家放射性廢棄物管理發展脈絡，資訊研析結果可供檢討修正當前的放射性廢棄物管理措施，並據以建立適切的管理規範和措施，同時積極尋求與標竿國家進行先進技術及實務經驗交流學習，俾強化放射性廢棄物的安全管理能力。

2.1.1 各國管制及重要事件動態資訊蒐整

核能國家於 2024 年 1 月至 10 月期間，國際動態資訊有關放射性廢棄物管制及重要事件發展狀況依時間順序摘述如後，並歸納整理如表 2-1 所示。

(1) 2024年1月5日： NEA舉辦用過核子燃料管理國際研討會

由原子能機構、電力研究所以及Holtec International共同籌辦並邀集約100名國際專家，參加有關用過核子燃料和放射性廢棄物管理的研討會。出席者包括政策制定者、監管機構、律師及來自研究機構、工業和廢棄物管理組織的專家學者。

有關開幕式部分，該活動於12月在美國新澤西州舉行，主題為「當前和未來反應器技術用過核子燃料及放射性廢棄物的延長貯存與運輸研討會」。在能源部負責用過核子燃料和放射性廢棄物處置的副助理部長保羅·默里(Paul Murray)發表演講，研討會首先討論輕水式反應器用過核子燃料濕式和乾式貯存工作的現狀，以及與延長貯存時間相關的潛在挑戰。NEA放射性廢棄物管理和除役部門表示，透過吸取經驗教訓並不斷改進方法，可確保輕水式反應器和先進反應器用過核子燃料的長期安全及保障。

後續議程主要重點是小型模組化反應器(SMR)和先進反應器

系統的用過核子燃料及放射性廢棄物，同時考慮到1960~1970年代的過去經驗以及與處置要求有關的預期挑戰。至於運輸專題會議讓與會者瞭解該產業利用各種運輸系統對用過核子燃料及放射性廢棄物進行負責任的管理。另外，特別討論社會參與，對運輸活動和貯存設施規劃和推動的重要性。部分參與者強調在長達100年時間裡對用過核子燃料貯存進行規劃和建構資訊、知識和數據管理的重要性。

研討會重要結論：NEA表示研討會的交流有助於確定與輕水式反應器用過核子燃料貯存和運輸相關的其他挑戰，並強調國際合作和資訊共享對於因應這些挑戰方面的重要性。



NEA舉辦用過核子燃料管理國際研討會

資訊來源：

<https://www.ans.org/news/article-5661/notes-on-the-international-workshop-on-spent-fuel-management/>

(2) 2024年1月8日：IAEA認可比利時對廢棄物管理的承諾

國際原子能總署(IAEA)審查團(ARTEMIS)表示，比利時擁有健全的國家基礎建設來管理放射性廢棄物及用過核子燃料，並建議針對特定廢棄物源流與地質處置場選址制定整體政策。

比利時管理來自多爾(Doel)與蒂安格(Tihange)核電廠五座運轉中的核子反應器，及兩個已永久停機反應器的高階放射性廢棄物，以及來自醫療、工業與科學研究活動所生產及使用輻射源的低階放射性廢棄物與中階放射性廢棄物。

比利時國家放射性廢棄物與濃縮裂變物質管理專責機構(ONDRAF/NIRAS)在接收放射性廢棄物與用過核子燃料後並進行管理，該機構主辦邀請IAEA審查團(ARTEMIS)，即放射性廢棄物和用過核子燃料管理、除役和修復綜合審查服務團隊，於2023年12月初進行為期10天的訪問。

團隊提出的主要意見和建議包括：

- 政府應就用過核子燃料管理方案與鐳生產放射性廢棄物的管理制定明確的國家政策。
- 政府應確保需進一步處理之未明確終止的廢棄物源流納入國家計畫並提出擬議的管理方案。
- 政府應制定整體地質處置政策，以管理高放射性廢棄物與用過核子燃料，並完成處置設施制定安全要求與許可計畫的程序。
- ONDRAF/NIRAS應將主要資源集中在技術上可行且國際公認的解決方案上，以長期管理比利時貯存的高放射性廢棄物與用過核子燃料。
- 為確保能夠適時實施政策(如地質處置場)，政府提供充足的資金及人力資源為至關重要。

ARTEMIS 審查團隊查明了比利時ONDRAF/NIRAS子公司Belgoprocess 對所有放射性廢物進行集中管理的良好做法。這些做法有助於盡量減少放射性廢物，並查明了前奧倫(Olen)鐳和鈾生產場址的復育措施，積極管控及減少了放射性廢棄物。

ONDRAF/NIRAS闡述了比利時重視在國家計畫當前體系的審查及其結果，一方面是最近重要發展與進度，例如地面處置設施建造執照、深層地質處置原則之決定，以及含鐳廢棄物計畫的啟動等。另一方面則是面臨持續性的重大艱鉅挑戰，特別是在低放射性廢棄物處置場的運轉及執行深地層處置計畫。

ARTEMIS審查團是應比利時邀請，進行放射性廢棄物與用過核子燃料管理、除役與復育方案之審查任務。該審查團的七名專家分別來自奧地利、芬蘭、法國、斯洛維尼亞、英國與美國等六個國家。除ONDRAF/NIRAS之外，還會晤來自聯邦核子管制機關(FANC)、比利時核子研究中心(SCK CEN)、能源署、核子燃料循環管理組織Synatom與核管會的官員。最後任務報告於2月份提交給比利時政府。

比利時的核能電廠幾乎佔全國電力生產的一半。該國2003年1月31日的聯邦法律要求逐步停止該國所有核能發電。根據比利時聯合政府於2021年12月宣布的計畫，Doel3於2022年9月關閉，Tihange2於2023年1月底關閉。較新的Doel4與Tihange3將於2025年關閉。隨後決定延長Doel4與Tihange3的運轉，允許保留2GWe的核能發電能力，比利時政府與法國電力公司Engie 於2023年12月延長了該兩個機組的運轉條款達成10年協議，並且履行與放射性廢棄物的所有相關義務。



比利時位於Doel的運轉中反應器

資訊來源：

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/IAEA-sees-Belgian-commitment-to-waste-management>

<https://www.iaea.org/newscenter/pressreleases/iaea-mission-says-belgium-committed-to-the-safe-management-of-radioactive-waste-and-spent-fuel-encourages-further-development-of-national-waste-policies>

(3) 2024年1月19日：芬蘭STUK要求延長最終處置場審查期限至2024年底

針對 Posiva Oy 公司世界首座用過核子燃料處置場運轉執照申請案，芬蘭輻射與核子安全局(The Radiation and Nuclear Safety authority, STUK)要求將提供審查意見的截止日期延至2024年底。該局前於2023年9月表示不會按原規劃於2023年底前完成審查。

芬蘭放射性廢棄物處置專責機構 Posiva 公司於2021年12月30日向經濟事務與就業部(MEAE)提出申請及相關資料，以獲得目前在 Olkiluoto 建造的用過核子燃料封裝廠與最終處置設施的運轉執照。該處置場預計將於2020年代中期開始營運。Posiva 正申請運轉執照，有效期為2024年3月至2070年底。

芬蘭政府將對 Posiva 公司的申請做出最終決定，但需先獲得

STUK 的正面意見。在獲得 Posiva 公司提供足夠資料的結論後，管制機關於2022年5月開始審查。TEM 先前要求 STUK 在2023年底以前依該申請提出意見。然而，STUK 在2023年9月宣布，對 Posiva 申請的安全評估與意見耗時較預期為長，無法在2023年年底截止日期前完成審查。由於 STUK 仍在處理運轉執照的申請資料，STUK 已要求 TEM 將聲明的截止日期延長至2024年底。

STUK 在2023年最後四個月的報告中表示這項工作進展順利，沒有出現重大問題，但進度時程較預期稍慢。其原因為 STUK 無法完全根據 Posiva 提交的第一批資料進行評估審查，因此 Posiva 必須配合更新相關資料，才能符合審查需求。因此，資料的處理時間比預期的要長。

STUK 指出，除準備安全評估外，還持續監督 Posiva 及其正進行的工作。監督專案計畫包括用過核子燃料地表封裝廠設備安裝、設備試運轉與試運轉，以及地下最終處置場正進行的岩石建造工作。同時也監測與檢查 Posiva 公司最終處置設施的安全安排、組織的安全文化以及 Posiva 公司啟動最終處置作業的準備。

芬蘭政府於2015年11月向 Posiva 公司核發該專案計畫的建造執照，處置場的建造工作於2016年12月開始。一旦獲得運轉執照，Posiva 公司即可開始針對 Teollisuuden Voima Oyj (TVO)電力公司轄下的 Olkiluoto 與 Fortum's Lovisa 核能電廠運轉產生的用過核子燃料進行最終處置。而在處置場封閉之前，將持續運轉約100年。



芬蘭 Olkiluoto 用過核子燃料地下處置場示意圖

資訊來源：

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/STUK-requests-extension-to-repository-review-deadl>

- (4) 2024年2月13日：瑞典監管機構核准提高用過核子燃料中期暫時貯存數量上限

瑞典輻射安全局(SSM)已核准放射性廢棄物管理公司(SKB)更新的 Oskarshamn 用過核子燃料中期貯存安全報告。這將使擴建後的貯存設施即可開始進行試運轉。

SKB 在 Oskarshamn 營運用過核子燃料集中式中期貯存設施 (Clab)，該設施貯存瑞典核子反應器產生的用過核子燃料，以待最終處置場完工。SKB 前已提出申請將 Clab 貯存的用過核子燃料上限從8,000噸增加到11,000噸，並已獲得政府和土地與環境法院 (Land and Environmental Court)的授權。政府的決定包括分為三個階段核准安全報告的相關條件。

目前該核准程序已進入第二階段，即 SKB 向 SSM 申請核准更新的安全報告。SSM 表示，本次核准代表 SKB 可以開始貯存超過8,000噸的用過核子燃料。這是先前的貯存量上限。在一般情況

下，該廠每年可接收約150噸用過核子燃料。最後第三階段則是 SKB 提交一份補充安全報告，描述試運轉過程的經驗，然後 SSM 將決定該工廠是否可進入常態運作。



Oskarshamn 用過核子燃料 Clab 集中式中期貯存設施

資訊來源：

<https://www.neimagazine.com/news/newsswedish-regulator-approves-extended-intermediate-storage-for-used-fuel-11512697>

(5) 2024年3月9日：美國NWTRB建議對SNF罐進行進一步分析

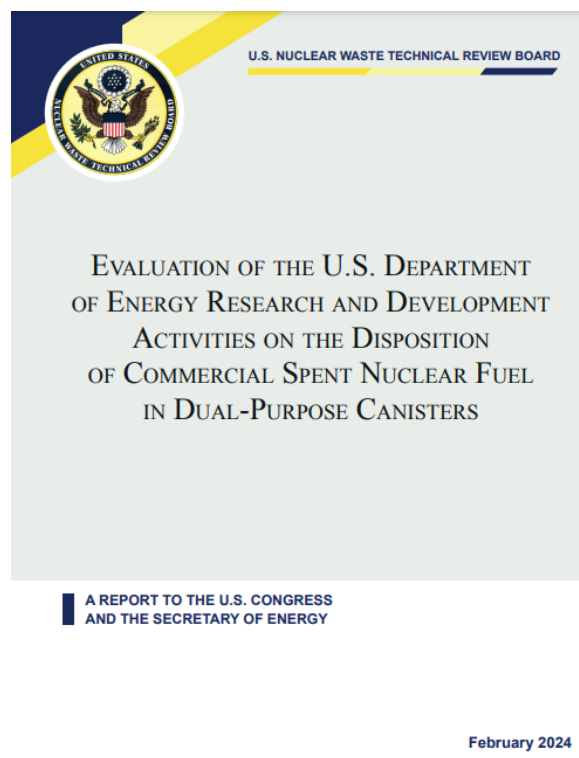
核廢料技術審查委員會(NWTRB)是美國獨立聯邦機構，負責審查能源部與用過核子燃料(SNF)管理相關的活動，該委員會向國會和能源部長發布一份新報告，內容有關審查用過核子燃料在獨立的用過核子燃料貯存設施(ISFSI)的貯存情況。

對能源部貯存在兩用罐的用過核子燃料處置相關研發活動，評估報告「美國能源部對兩用罐處置商業用過核子燃料研發活動的評估」介紹 NWTRB 的評估調查結果、結論和建議。這些罐體設計用於暫時貯存和運輸，但不用於潛在的最終處置。NWTRB 指

出，用過核子燃料貯存於兩用罐以及更大型罐的趨勢，將對美國能源部未來的用過核子燃料管理和處置產生重大影響。

管理替代方案：該報告於2月29日發布，介紹美國用過核子燃料如何貯存在兩用罐的歷史背景，並研究用過核子燃料管理的三種替代方法：(1)在 ISFSI 中無限期貯存；(2)在處置前重新包封燃料裝入較小的罐中；(3)在地質處置場(GDR)直接處置在兩用罐中。上開研究中，該委員會還評估能源部聚焦於直接處置大型兩用罐的特定研發計畫，重點領域包括能源部資助的臨界性分析、測試潛在罐體填充材料，以及對於未來要裝載的罐體進行修改，以防止罐體置入處置場後出現臨界性。

建議：根據其觀察和調查結果，NWTRB 在其報告中向 DOE 提供了三項建議，包括(1)涉及對實施綜合廢棄物管理系統替代方法的評估；(2)提出需要改進的關鍵性分析；(3)滿足標準需求，以利於對未來兩用罐修改的選擇。



美國能源部對兩用罐處置商業用過核子燃料研發活動的評估報告

資訊來源：

<https://www.ans.org/news/article-5847/nwtrb-recommends-further-analysis-of-snf-canisters/>

https://www.nwtrb.gov/docs/default-source/reports/nwtrb_feb2024_report_evaluation_csnf_dpcs.pdf?sfvrsn=5

<https://www.nwtrb.gov/news/2024/02/29/press-release---u.s.-nwtrb-release-report-on-canisters-containing-spent-nuclear-fuel-from-commercial-nuclear-reactors>

<https://www.nwtrb.gov/news/2024/02/29/new-report-on-dual-purpose-canisters-for-spent-nuclear-fuel-storage---february-29-2024>

(6) 2024年3月15日：瑞典輻射安全局舉辦放射性廢棄物議題會議

瑞典用過核子燃料最終處置的過程會發生什麼事？處理用過核子燃料和放射性廢棄物的國際審查結果為何？輻射安全局訂於4月10日在索爾納(Solna)舉行放射性廢棄物議題會議並報告。

政府已依據《核子作業法》(Act on Nuclear Activities)批准對當今的放射性廢棄物與反應器產生的用過核子燃料進行最終處置。目前正依據《核子技術法》(Nuclear Technology Act)對用過核子燃料最終處置設施進行分階段審查，並擴大現有的短半衰期放射性廢棄物最終處置設施。在最終處置設施運轉前，輻射安全局必須批准各階段的安全報告。

最終處置和暫時貯存審查：輻射安全局代表會議上報告最終處置和暫時貯存審查程序的進展，以及地質最終處置法規的最新工作。去年，由國際原子能總署(IAEA)協調的國際專家團隊針對瑞典用過核子燃料和其他放射性廢棄物的處理架構進行審查，會議議程包括該審查結論以及主管機關如何從中學習。輻射安全局有責任通報用過核子燃料的相關進度，故該會議旨在提供近期最新資訊與未來需採取哪些措施，以便安全處置放射性廢棄物和用過核子燃料，而不會對人類和環境造成風險。

新的小型模組化反應器(SMR)會產生新的廢棄物：瑞典目前

計劃建造新的核反應器，但這將會產生新的廢棄物，而這些廢棄物無法容納在當前的廢棄物計畫中。故輻射安全局會議上，介紹正進行規劃工作的SMR可能產生的廢棄物。



輻射安全局舉行核廢料議題資訊通報會議

資訊來源：

<https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/press/nyheter/2024/stralsakerhetsmyndigheten-bjuder-in-till-mote-om-karnavfallsfragor/>

<https://www.youtube.com/watch?v=IqOJUiNdVkc>

(7) 2024年4月11日：德國廢核屆滿一年放射性廢棄物處置任務仍困難重重

德國於2024年4月15日廢核達到一週年。聯邦核廢料管理安全辦公室(BASE)主席克里斯蒂安·庫恩(Christian Kühn)表示儘管在一年前就結束並淘汰核能，停止高放射性廢棄物的產生，但估計仍有27,000立方公尺的高放射性廢棄物。

鑒於核能使用數十年之後，放射性廢棄物持續存在，必須積極尋找及建置深層地質處置場。相較許多其他國家的差異，德國已建立了受法律監管、基於科學且透明的選址程序，並透過核電廠營運單位必須繳納基金來為其提供財務保障。

但若逐步淘汰核能的同時，全球公認的深層地質處置之必要

性受到質疑而無法做出更好的判斷，那可能損害已建立信任的計畫進程。BASE表示德國因逐步淘汰核能變得更加安全。同時，完全拆除的反應器數量很少，顯示拆除、暫時貯存及最終處置的複雜性。因此，未來數十年確保核安仍是一項持續的挑戰性任務。

2011年聯邦議會決議逐步淘汰核能，該決議在日本福島核災後不久獲得廣泛的跨黨派多數票而通過，這也是核電支持者和反對者首次聯手尋找高放射性廢棄物處置場。尋找處置場地點是一項龐大的計畫，唯有得到大部分社會民眾的支持方能成功。至於其他據稱更簡單的選擇則是缺乏技術基礎，並且分散了人們對深層地質處置設施相關事實的注意力。

德國和大多數核能國家認為，將高放射性廢棄物處置在深層且穩定的地層中，是處理它們唯一可確保長期安全的方案。即使是新的反應器技術也同樣需要這種長期安全的處置設施。

資訊來源：

<https://www.base.bund.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/BASE/EN/2024/one-year-nuclear-phase-out.html>

(8) 2024年4月15日：加拿大核安會(CNSC)的拉姆齊·賈馬爾將領導IAEA用過核子燃料和放射性廢棄物管理工作

加拿大核安委員會(CNSC)主席拉姆齊·賈馬爾(Ramzi Jammal)當選為國際原子能總署(IAEA)用過核子燃料管理安全與放射性廢棄物管理安全聯合公約第八次審查會議主席。

CNSC表示此次任命為加拿大自2001年核准該公約以來，首次獲得領導該公約的機會。賈馬爾的任期從2024年到2027年，在此期間將工作重點放在四個優先領域：(1)提高對公約重要性的認識，以增加簽署國數量；(2)增加代表性不足的新興核能國家對公約的參與；(3)支持當前國家報告與同儕審查程序並導入新的改善；(4)

促進參與，特別是資源較少的公約締約方。

賈馬爾表示，當站在核能產業因應氣候變遷的增長與創新時期之際，我們必須迎難而上，面對緊迫挑戰，以確保用過核子燃料與放射性廢棄物的安全管理。

IAEA關於「用過核子燃料管理安全與放射性廢棄物管理安全的聯合公約」首要宗旨在提高用過核子燃料與放射性廢棄物管理安全性的國際法律架構。該協定於1997年締結並於2001年生效，引入關鍵安全原則，並實施類似核安公約的同儕審查機制。該協定適用於民用核子反應器產生的用過核子燃料以及民用活動產生的放射性廢棄物，在某些條件下也適用於來自軍事或國防計畫的用過核子燃料與放射性廢棄物。該公約還包括從受管制的核子設施進行計畫性且受監督將放射性液體或氣態材料釋出到環境中。



Ramzi Jammal獲任命為加拿大自2001年核准該公約首次領導該公約工作

資訊來源：

<https://www.nucnet.org/news/cnsc-s-ramzi-jammal-to-head-iaea-efforts-on-spent-fuel-and-radwaste-management-4-1-2024>

<https://www.canada.ca/en/nuclear-safety-commission/news/2024/03/speech-by-ramzi-jammal-to-the-contracting-parties-to-the-joint-convention-on-the-safety-of-spent-fuel-management-and-on-the-safety-of-radioactive-w.html>

(9) 2024年5月1日：美國核廢料技術審查委員會將召開有關用過核子燃料處置和腐蝕議題的公開會議

核廢料技術審查委員會(NWTRB)是一個獨立的聯邦機構，負責評估能源部(DOE)管理及處置用過核子燃料(SNF)與高放射性廢棄物(HLW)的努力，該委員會訂於5月21日至22日舉行為期兩天的公開會議，審查美國能源部涉及SNF和HLW於結晶岩中處置，以及商業SNF處置之後的腐蝕等相關研發活動。會議(現場/網路)於5月21日美國東部時間上午8點至下午 5 點左右，並於隔天中午12點結束。2024年春季董事會會議在位於田納西州諾克斯維爾(Knoxville)橡樹嶺附近的希爾頓市中心酒店舉行。

首先，第一天議程由發言人概述能源部的SNF和HLW處置研究計畫。為能源部開展工作的國家實驗室代表報告研發活動，以增進對於廢棄物在結晶岩環境中長期處置的了解。其次，也討論與SNF腐蝕相關的研發工作，包括開發能夠解釋各種處置場條件下複雜的物理和化學作用的腐蝕模型。此外，來自芬蘭和加拿大的與會者亦介紹該國處置計畫的相關資訊。

更多細節：NWTRB會議向公眾開放徵求公眾意見。董事會工作人員在公眾意見徵詢期間將會議當天在線上提交的意見記入會議紀錄。

任何書面意見都可透過郵件或電子郵件提交給大會工作人員，收到的書面意見將包含在會議紀錄中，並發佈在NWTRB網站上。會議結束後，NWTRB網站將提供會議檔案，而會議紀錄將於7月31日前在網站上公告。

資訊來源：

<https://www.ans.org/news/article-6002/nwtrb-to-hold-public-meeting-on-snf-disposal-and-corrosion/>

<https://www.nwtrb.gov/news/2024/05/20/presentations---spring-2024-board->

meeting

<https://www.nwtrb.gov/meetings/upcoming-public-meetings/spring-2024-board-meeting---may-2024>

(10) 2024年5月15日：IAEA在芬蘭合作進行核廢料處置創新保障措施

核子保防視查員需要能夠在用過核子燃料轉移到封裝廠(Encapsulation Plant, EP)和深層地質處置設施(Deep Geological Repository, DGR)之前對其進行查驗。然後實施安全保障措施，以確認用過核子燃料沒有被轉移或替換，並且這些設施沒有被用於未申報的目的。

隨著各國在氣候變遷議題中尋求永續能源，一些國家正推動核電計畫，故需對高放射性廢棄物進行負責任的管理。芬蘭的封裝廠(EP)和深層地質處置場(DGR)即是此項努力的例證，並為核子安全保防帶來挑戰和機會。

芬蘭輻射與核安全局(STUK)表示透過與國際原子能總署(IAEA)的有效合作，致力履行國際防核擴散義務。EP和DGR旨在安全處置用過核子燃料，但是由於其遠距(remote)和長期的特性，為原子能機構核子保防視察員帶來獨特的挑戰。

國際原子能總署(IAEA)核子保防視察員則強調需採用新技術來查驗用過核子燃料完整性和設施使用情況。與歐盟委員會(EU)和STUK進行合作對於開發和測試驗證技術，以確保符合安全保障要求至關重要。

封裝廠和地質處置場(EPGR)計畫是由IAEA於2012年開始，重點在於實施安全保障設計(SBD)原則。透過將安全保障考量整合到設施的整個生命週期中，SBD可使運轉中斷最小化並同時提高驗證效率。

遠端監控系統與創新技術，如地震監測和雷射遏制系統(laser-

based containment)等，進而增強了安全保障，並減少現場檢查需求，最大限度地減少碳排放並提高運轉的可持續性。

到2025年，芬蘭的EP和DGR設施將全面投入運轉，為安全處置放射性廢棄物提供解決方案，同時促進低碳能源轉型。透過合作和創新，IAEA、EC和STUK確保有效地實施安全保障，促進邁向永續核電過渡，同時履行防止核擴散的承諾。EP和DGR旨在安全處置用過核子燃料，由於其遠距和長期的特性，為原子能機構安保視察員帶來獨特的挑戰。

資訊來源：

<https://www.devdiscourse.com/article/law-order/2938812-iaea-collaborates-on-innovative-safeguards-for-nuclear-waste-disposal-in-finland>

<https://www.iaea.org/bulletin/verifying-spent-nuclear-fuel-in-deep-geological-repositories>

<https://www.iaea.org/newscenter/news/a-day-in-the-life-of-a-safeguards-inspector>

(11) 2024年5月15日：荷蘭監管機構為Urenco廢棄物貯存場頒發許可

核安和輻射防護管理局(ANVS)已向鈾濃縮公司Urenco頒發最終許可，允許其在阿爾默洛工廠(Almelo site)建造和運營新的放射性廢棄物貯存設施。而該公司已於去年獲得設施的建造許可。

2022年秋季，Urenco因放射性物質(活性碳和廢油)儲存在防火性能不夠的空間內而收到ANVS的違規警告。鑒於對人和環境並無直接的危險，ANVS於2023年4月發布了一項「寬容決定」，允許在沒有事先獲得所需許可的情況下建造新的貯存設施，以利Urenco能儘速滿足相關安全要求。

在發布決定時，ANVS表示僅在發生不可抗力或過渡情況，並且不會導致重大環境或安全風險的情況下才容忍(許可)違規行為。因此，在2024年7月1日前，該公司可能會在沒有許可的情況下，建造並使用新的貯存設施。ANVS表示如今既已授予最終許可，這

種容忍局面就正式結束了。

位於阿爾默洛(Almelo)鈾濃縮公司(Urenco)所產生的廢棄物不能直接送到放射性廢棄物集中式貯存設施(Covra)，而必須先由該公司處理後，再將其運送到Covra—荷蘭唯一的放射性廢物貯存設施。因此在處理完成前，這些廢棄物必須貯存在鈾濃縮公司。

除了授予廢棄物貯存設施的最終許可外，ANVS還對Urenco的Almelo工廠許可進行了三項修改。該公司還可能調整其建築物的平面圖以適應新的情況。ANVS允許Urenco在其X光設備中使用高於目前許可證允許使用電壓(200 kV)的管電壓(Tube Voltage)(250 kV)，並在組裝過程中使用這些設備來篩選(screen)離心機(centrifuges)。對於新型離心機，鈾濃縮公司所需的設備管電壓(250 kV)高於目前許可證允許使用電壓(200 kV)。此外，該公司將在中央大樓安裝兩個額外的自動倒卸式高壓釜(tipping autoclaves)用於取樣。鈾濃縮公司透過這些設備將能夠同時採集更多的樣本。

Urenco於2023年12月宣布計畫將其Almelo工廠的產能提高15%，以履行對客戶的新承諾。該計畫將在現有工廠中增加多個新的離心機串聯，每年增加約750噸SWU(Separative Work Unit)。而第一批新串聯計劃於2027年左右上線。



阿爾默洛工廠(Almelo site)

資訊來源：

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Dutch-regulator-issues-permit-for-Urenco-waste-sto>

<https://www.neimagazine.com/news/newsurencoreceives-permit-for-new-waste-store-at-almelo-11779117>

(12) 2024年5月16日：芬蘭STUK發布2024年初用過核子燃料處置計畫監督報告

輻射和核子安全局(STUK)持續審查負責用過核子燃料最終處置的Posiva公司的運轉許可申請。與此同時，STUK也在監督該設施的啟用過程，並計劃在設施運轉期間持續進行監督。

STUK在2024年第一季的封裝和最終處置設施監督報告中指出，營運許可申請的處理過程整體進展順利。然而，由於所需資料的範圍廣泛，以及STUK要求Posiva提供的資料更新，致使該項工作花費了比預期更多的時間。

負責核發運轉許可的經濟事務與就業部(The Ministry of Economic Affairs and Employment, MEAE)，最初敦請STUK在2023年底前提交意見。到了2023年底，STUK請求將提交期限延長至2024年底。在處理運轉許可申請資料的結論中，STUK準備了一份

安全評估報告(safety assessment)，作為安全聲明(safety statement)的附錄。

STUK的報告分別概述從2024年1月初到4月底，各個監管領域的主要監督要點內容(詳參資訊來源)，其中包括(1)施工及調試；(2)設施的運轉與操作指引；(3)輻射測量與緊急應變準備；(4)Posiva的最終處置試運轉；(5)處置設施的天然及工程障壁外釋；(6)放射性物料監管；(7)核子保防及保安安排；(8)組織監管；(9)評估長期安全性。

資訊來源：

<https://stuk.fi/en/-/report-on-the-supervision-of-the-spent-nuclear-fuel-disposal-project-in-early-2024>

<https://stuk.fi/en/oversight-reports-of-final-disposal-facility>

(13) 2024年6月10日：法國廢棄物諮詢委員會審查Andra申請Cigéo深層地質處置設施施工許可的第一次會議

2023年1月16日，Andra向法國能源轉型部提交Cigéo深層地質處置設施的施工許可申請。2023年3月，該部要求原子能安全委員會(French Nuclear Safety Authority, ASN)主導對Andra的申請進行技術審查。2023年6月，ASN認為該申請可以受理，並將申請的技術部分交由輻射防護與核子安全研究所(IRSIN)進行全面審查。ASN計劃召集其放射性廢棄物諮詢委員會(GPD)作為此次審查的一部分。

ASN將Andra提交的申請分為三個主題進行分組審查：Cigéo安全評估採用的基本資料、地面和地下設施的運轉安全，及封閉後安全。Cigéo的「適應性」和「工業先導階段」等跨領域主題也正進行審查[註：Cigéo計畫於2013年進行公開辯論後，法國環境法典第L.542-10-1條引入工業先導階段，其目的是加強該設施的可逆

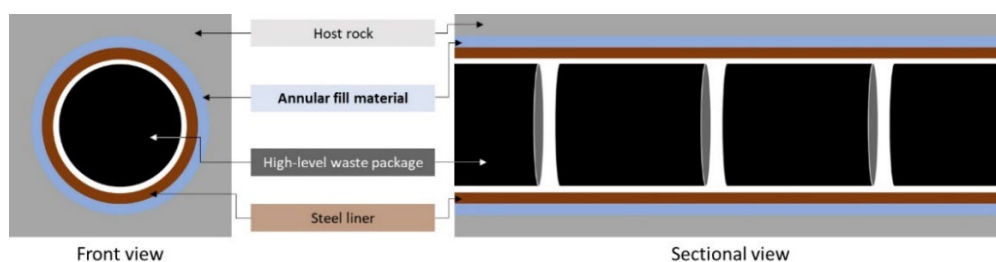
性(reversible features)，並鞏固包括現場測試等安全性的證明]。

ASN廢棄物諮詢委員會(GPD)在實驗室與工廠諮詢委員會(GPU)和輻射防護諮詢委員會(GPRP)支持下，於2024年4月24日至25日進行第一個專題小組審查。GPD審查以及IRSN審查的範圍需事先與公眾和其他利害關係人進行協商。GPD第一次會議所得結論分述如下：。

- Meuse/Haute-Marne場址的知識理解：GPD認為Andra的岩石工程和水文地質分析整體是令人滿意，亦注意到Andra致力於進一步特徵化(characterise)地表設施所在地區的地表石灰岩。GPD建議Andra提出研究計畫，以解決高放射性廢棄物處置區域母岩結構仍待處理的不確定性，並應在該處置區的連接通道開挖之前完成。最後，GPD建議Andra補充定義氣象災害的方法，以便更妥善地考量氣候變遷對Cigéo設施的影響。
- 貯存組件的特性及發展：GPD指出，工業先導階段測試計畫尚處於初步階段，旨在增強對黏土、水泥和金屬成分在安全評估中性能的了解。GPD建議：(1)為了繼續審查，Andra指出其研究計畫，旨在確定高放射性廢棄物單元之環形填充材料的組成(註：填充母岩和高放射性廢棄物單元鋼襯裡(steel liner)之間的材料，如附圖藍色所示)並提供所獲得的初步結果；(2)在開挖通道之前，確認最大限度減少岩石損壞的挖掘方法，特別是未來的密封點。GPD亦強調，Andra致力於在工業試驗階段加強其演示，以證明由於液壓-氣體轉換過程中與氫氣釋放相關的壓力不會導致岩石破裂，以及在密封緊密性所達到的性能。
- 放射性廢棄物包件清單：GPD認為Andra在Cigéo許可申請階段定義的廢棄物清單，足以推動其發展並檢查其靈活性和適應性。

然而亦指出，與尚未確定封裝的初期包件體積相關的不確定性仍然存在。GPD注意到Andra致力於整合化學物質清單。現階段的審查，鑑於目前定義的儲備(reserve)清單和法國計劃的短期發展(如將核反應器運轉期限從50年延長到60年以及新建六座EPR2反應器的影響)，GPD尚未發現挑戰Cigéo適應性的因素。然而，GPD強調該設施還需要適應其他發展，如將核反應器運轉期限延長到60年以上、建造更多的EPR2、SMR、FNR機組等，後續將依未來的適應性研究進行整體評估。

GPD第一次審查會議結論認為，Andra已經具備Meuse/Haute-Marne場址、處置系統組件和廢棄物包件清單的紮實知識基礎，足以在許可申請階段，評估Cigéo的安全性。然而，GPD強調，工業先導階段的定義，無論是目標或限制，都應由Andra在審查過程中正式確認，以評估其充分性。根據第 L. 542-10-1 條規定，GPD將在Cigéo許可申請的三次審查會議期間所制定的建議，將有助於ASN對此申請案提出意見。該意見將在整個技術審查結束時發布。有關法國深層地質處置設施計畫，可詳參資訊來源。



高放射廢棄物單元的前視圖和剖面圖

資訊來源：

<https://www.french-nuclear-safety.fr/asn-informs/news-releases/asn-s-advisory-committee-license-application-to-build-a-deep-geological-repository>

<https://www.asn.fr/espace-professionnels/installations-nucleaires/projet-de-centre-de-stockage-en-couche-geologique-profonde-cigeo>

<https://www2.rwmc.or.jp/nf/?p=34348>

(14) 2024年6月18日：國際原子能總署審查結果加拿大核子監管框架有重大進展

國際原子能總署(IAEA)綜合監管審查服務(Integrated Regulatory Review Service; IRRS)專家小組已完成應加拿大政府的要求，並由加拿大核安會(CNSC)主辦對該國的後續訪查。研究小組發現，加拿大已落實2019年首次IRRS任務期間提出的4項擬議(recommendations)和16項建議(suggestions)中的大部分項目。

IRRS團隊由來自七個IAEA成員國的7名監管專家和3名原IAEA工作人員組成，並在CNSC渥太華總部會見來自加拿大自然資源部和衛生部的其他代表。

加拿大擁有涵蓋設施和活動的全面性核安監管框架，其中19座運轉中的核反應器分佈於四個地點，發電量約佔全國電力的13%。加拿大另擁有鈾礦和工廠、處理和燃料製造設施以及廢棄物貯存場。加拿大在醫療、工業、科學和研究應用領域使用輻射源，並擁有五個研究用反應器。

IRRS團隊表示，加拿大致力於不斷精進其監管框架，以應對新的挑戰和即將推出的技術，例如小型模組化反應器和放射性廢棄物處置場的發展。

任務團隊負責人、芬蘭輻射與核安全局STUK首席顧問Ritva Bly表示，該團隊認識到加拿大在加強核子、放射性廢棄物和運輸安全監管框架方面所做的努力和進展。CNSC、加拿大自然資源部和加拿大衛生部的共同努力進一步提高了輻射安全。

CNSC人力資源計畫獲得IAEA團隊肯定，因其清楚、透明地應對挑戰和風險，包括各種不同的策略和行動，以及根據組織的策略目標追蹤和衡量結果的績效指標。

在2019年IAEA團隊提出的4項擬議和16項建議中，2項擬議和10項建議已結案，並獲得以下顯著成就：

- 透過出版放射性廢棄物綜合策略和修訂加拿大放射性廢棄物管理和除役政策，建立放射性廢棄物管理架構。
- 透過CNSC計畫指南，進一步規範對設施和活動實施檢查的作業和程序。
- 整合CNSC的安全政策要素，並發展執行監管政策審查和分析的流程。
- 修訂和出版核子材料和放射性材料以及燃料循環設施領域的監管和指導文件，使其符合原子能機構的安全標準。

該團隊強調了最初任務確定的與IAEA安全標準保持一致的其他領域，包括：(1)明確說明設施和活動的合理性，必須根據IAEA的安全標準，從整體效益的角度考慮輻射風險；(2)輻射防護條例與IAEA安全標準完全一致；(3)實施劑量或風險限制，用於最佳化公眾對核設施的保護。

IAEA核子設施安全司司長安娜·哈伊杜克·布拉德福德(Anna Hajduk Bradford)在訪問團閉幕式上強調了訪問團的協作精神，本次全面審查強調加拿大加強其核子與輻射安全措施的承諾。

CNSC代理首席執行官拉姆齊·賈馬爾(Ramzi Jammal)表示，原子能機構IRRS團隊在此次後續任務中進行的全面審查，驗證了加拿大核子與輻射安全監管框架的有效性。更重要的是，這個由核子與輻射安全專家組成多元化團隊的評估結果提供不同的觀察和觀點，以協助確保其安全標準與國際最佳實踐保持一致。為完成調查團隊的擬議和建議所付出的辛勤工作帶來許多精進之處，包括放射性廢物管理和除役政策的現代化，證明了加強對加拿大

安全、安保和保障框架的承諾。最終調查報告將在大約三個月內提交給加拿大政府。



國際原子能總署IAEA

資訊來源：

<https://www.neimagazine.com/news/iaea-review-finds-significant-progress-in-canadas-nuclear-regulatory-framework/?cf-view>

(15) 2024年6月26日：瑞典監管機構SSM批准在Oskarshamn新建放射性廢棄物處置場

瑞典輻射安全局(SSM - Strålsäkerhetsmyndigheten)已核發許可予營運奧斯卡港(Oskarshamn)核電廠的OKG電力公司，以建造新的極低階放射性廢棄物(very low-level nuclear waste, VLLW)處置場。

新的最終處置場將建在靠近Oskarshamn以北的辛佩瓦普(Simpevarp)半島，臨近已規劃地下處置場(underground repositories)。當局還批准了OKG進行的環境影響評估。土地和環境法院先前根據《環境法》針對土地處置場(land repository)核發許可證。

該處置場儲放的廢棄物歸類為極低階放射性廢棄物，主要來自OKG和Barsebäck核電廠進行中的除役作業，大部分廢棄物係由混凝土組成。目前運轉中的Oskarshamn 3號反應器廢棄物以及瑞典核燃料管理公司(SKB)用過核子燃料暫時貯存設施Clab的用過核子燃料也將儲放於該處置場中。

輻射安全局表示，該土地處置場的設計方式類似於危險廢棄物的掩埋場。經評估認為，這種極低階放射性廢棄物總共約有18,000立方公尺，該處置場符合輻射安全存放的要求，預計將持續運轉至2048年。此後，再由OKG進行30年的輻射防護監控。與過去對核子設施廢棄物進行土地貯存(land storage)相較，不同的是，該許可不允許存放可通過焚燒處理的含纖維素廢棄物，如紙張、織物和木材等纖維素廢棄物。

輻射安全局審查了OKG提交的輻射影響評估，判斷該處置場的輻射劑量低，亦報告未來可能和不太可能發生事件的輻射劑量。結果該局同意接受其分析結論，並評估可能發生的輻射劑量很低，未達自然背景輻射劑量的百分之一。



Oskarshamn 核電廠3號機

資訊來源：

<https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/press/nyheter/2024/oskarshamns-karnkraftverk-har-fatt-tillstand-att-slutforvara-lagaktivt-karnavfall/>

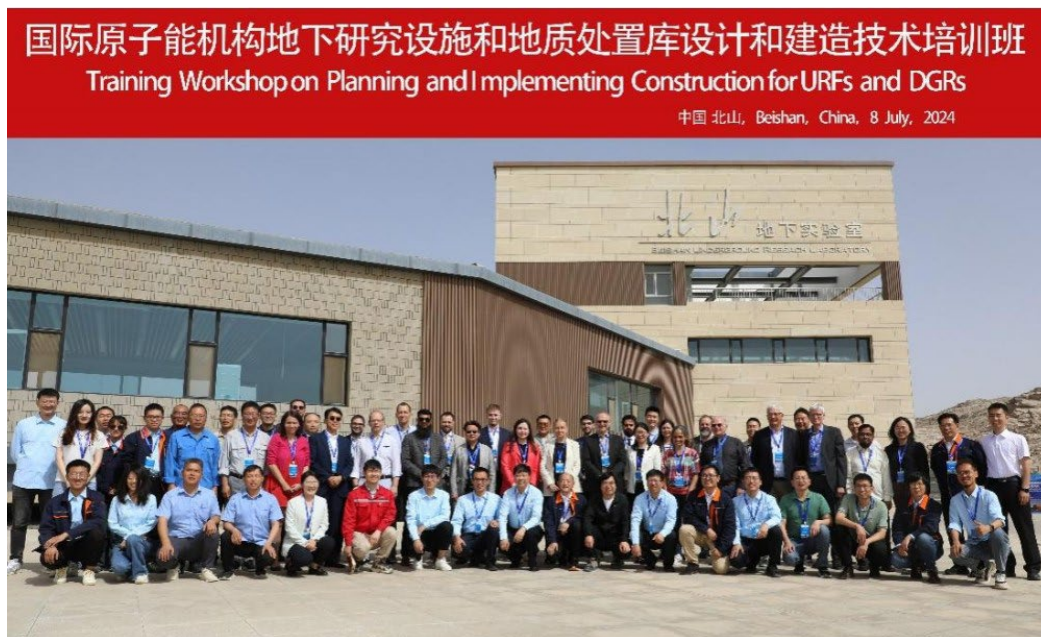
<https://www.neimagazine.com/news/swedish-regulator-approves-new-nuclear-waste-repository-at-oskarshamn/>

(16) 2024年7月11日：IAEA地下研究設施與地質處置場設計與建造技術培訓班在中國北山地下實驗室舉行

2024年7月8日，由中核集團核工業北京地質研究院(CAEA高放廢棄物地質處置創新中心、IAEA高放廢棄物地質處置協作中心)承辦的「國際原子能機構地下研究設施和地質處置庫設計和建造技術培訓班」在中國北山地下實驗室(Beishan Underground Laboratory site)舉行。

此次培訓班為期一周，共有來自IAEA和法國、瑞典、韓國等17國45名專家學員現場參加，另有8國13名專家學員線上參與。該培訓內容涵蓋國際高放廢棄物地下研究設施和地質處置場選址、設計和建造相關技術領域的24個專題報告研討。培訓期間，國內外專家學員將實地考察中國北山地下實驗室場址地貌(landform)、主豎井(main shaft)和螺旋斜坡道(spiral ramp)研發設施。

IAEA國際合作司、IAEA核能部核燃料循環與廢棄物管理司相關代表出席開幕式，IAEA高放廢棄物地質處置創新中心主任、中核集團首席專家、中國北山地下實驗室總設計師王駒主持開幕式。生態環境部核子與輻射安全中心、中國原子能科學研究院、核工業北京地質研究院、中核礦業科技有限公司、中廣核工程有限公司、南京大學、東華理工大學等有關單位派員參加培訓。



IAEA地下研究設施與地質處置庫設計與建造技術培訓班

資訊來源：

<https://www.caea.gov.cn/n6760338/n6760342/c10575220/content.html>

(17) 2024年8月12日：美國監管機構批准NAC的高度屏蔽傳輸系統

NAC International公司的多功能OPTIMUS運輸包件系統的高屏蔽版本已獲得美國核管會NRC的認證。該項認證是在獲得加拿大和澳大利亞認證批准許可之後頒發的。

NAC的OPTIMUS-H系統已獲美國核管會(NRC)的10 CFR part 71法規的核准，核可證書自8月5日起生效，且已獲加拿大核安會(CNSC)認證(證書編號：CDN/2098/B(U)F-96)和澳洲相關驗證(證書編號：AUS/2021-94/B(U)F)的核准。

另外，NAC的OPTIMUS(最佳模組化通用運輸)運輸包封系統目的在為非典型(non-typical)放射性物質運輸作業提供適應性強、高效且經濟的替代方案，這些作業通常使用較大而低效的傳送護箱(transport casks)進行。該系統具有兩種型號(OPTIMUS-H和OPTIMUS-L)可容納各種內容物，以符合客戶的包封需求。NAC表

示，兩個版本都使用相同的安全圍阻容器設計(containment vessel design)，這可以實現整合廢棄物管理方法，利用標準化來包封和運輸一系列材料，並允許最佳化屏蔽、有效負載和運輸配置，但也可針對每項項目進行客製化。

「OPTIMUS-L包封」是專為處理超鈾廢物(TRU)、低階和中階固體廢棄物、低濃縮鈾燃料廢棄物以及其他需運輸的低活度物料等材料而設計並獲得許可。2021年首次獲得NRC認證，並於2024年1月成為第一個獲得NRC高含量低濃縮鈾TRISO燃料認證的大容量包裝。

「高屏蔽OPTIMUS-H版本」依靠7英吋厚的球墨鑄鐵外屏蔽容器，為更廣泛的B型(Type-B)廢棄物提供足夠的屏蔽，包括B類(Class B)和C類(Class C)廢棄物、超C類廢棄物(GTCC)、遠程處理-TRU廢棄物、用過核子燃料以及其他中放廢棄物和高放廢棄物。NAC總裁兼執行長Kent Cole表示，OPTIMUS-H在美國的認證擴大商業客戶和政府專案的包封選擇，這些客戶和政府專案正尋求更通用、低成本的解決方案，據以更安全、有效率地運輸核子物料。

OPTIMUS-L和OPTIMUS-H包封系統現已在美國和加拿大獲得許可並進行商業部署，可使NAC和OPTIMUS能夠支持北美和國外的各種包封和運輸計畫。NAC自2020年推出該系統以來，已提供22套OPTIMUS-L和9套OPTIMUS-H系統支援北美包封和運輸計畫，其中OPTIMUS-H已部署於加拿大，以便支援主要的CANDU用過核子燃料的運輸作業。



NAC公司的OPTIMUS-H系統

資訊來源：

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/US-regulators-approve-NAC-s-highly-shielded-transp>

(18) 2024年9月12日：為核子領域使用人工智慧制定指引

英國、美國和加拿大的核子管制機構概述了在核子領域部署人工智慧(AI)，同時確保足夠安全和安保的高標準原則。該機構表示，人工智慧可以透過多種方式使核子安全、安保和保障措施獲得益處，包括分析大量數據、更佳管理風險並提高效率、在危險區域完成任務，以降低工作人員的風險且減少錯誤。AI還可進行動態再訓練，並從新資訊和經驗之中學習受益，進而快速改善因應未來。

英國核能管制辦公室(Office for Nuclear Regulation, ONR)、美國核能管制委員會(Nuclear Regulatory Commission, NRC)和加拿大核能安全委員會(Nuclear Safety Commission, CNSC)發佈了一份新的三邊文件(trilateral paper)，題目為《核子應用人工智慧系統開發的注意事項》，其中描述AI生命週期中所有參與者(包括開發者、持有許可方與管制機構)應考慮的原則。這代表國際管制機構首次

合作共同制定解決核子領域人工智慧問題的原則。

該文件涵蓋的主題包括：監管機構在接觸使用(approaching) AI 常受關注的領域、瞭解如何根據AI失效的後果與AI自主性(autonomy)的程度來管理系統、在使用人工智慧時人類和組織因素的重要性、將人工智慧整合至現有核子系統中、從設計到部署的AI生命週期(lifecycle)管理以及核子應用之人工智慧安全論證(safety cases)的注意事項。

此外，該文件表示核工業從數十年的運轉經驗中、擁有成熟而嚴格的設計和操作協定，以及穩健的安全(safety)和保障(security)文化。近來AI的快速發展與核工業遵循傳統的緩慢有條不紊的變革過程有些背道而馳。儘管如此，核能工業和管制機構在AI系統方面的主要目標是保持足夠的安全和保障，同時從部署中受益。

該文件的結論表示，儘管AI的快速發展，在不久的將來仍不太可能為核子領域提供AI特定的共識標準來支持管制活動。而在此期間，現有的核能特定標準仍作為一個起點，同時需考量人工智慧帶來的獨特性質。

上開管制機構得出以下的結論，雖然成功部署AI需考慮一些障礙，但使用AI也有潛在的顯著好處。如果管理得當，可以避免或減輕許多應用面的負面後果。本文件承認此一立場，並描述加拿大、英國和美國管制機構認為在管理上採用AI所產生的風險方面具有很重要的功能。

ONR技術總監Shane Turner表示，CSNC、NRC和ONR之間的重要合作將更廣泛地支援國際核子領域，協助瞭解在應用人工智慧時應考量的重點。而ONR對於創新始終抱持開放態度，並致力在核子領域安全可靠地部署AI和其他創新技術。

資訊來源：

<https://www.world-nuclear-news.org/articles/guidelines-drawn-up-for-ai-use-in-nuclear-sector>

https://onr.org.uk/media/03z11osf/canukus_trilateral_ai_principles_paper_2024_08_28-final.pdf

(19) 2024年10月8日：保加利亞核廢棄物貯存計畫概述

保加利亞核子管制機構 (AYaR – Agentsiyata za Yadreno Regulirane) 主席 Tsanko Bachiyiski 表示，因現有設施有足夠的空間，保加利亞可以貯存用過核子燃料至少到2032年。AYaR規定，用過核子燃料的乾式貯存期限為50年，而濕式貯存的期限將取決於設施的容量。巴奇斯基(Bachiyiski)在記者會上表示，創造安全貯存條件，將可多年安全貯存用過核子燃料。他堅信有足夠的時間來解決用過核子燃料的最終處置問題。

該機構表示，每個東歐國家都採用與保加利亞相同的方式貯存用過核子燃料。迄今為止，芬蘭和瑞典是唯一選定地點在深層地質處置場(DGR)中處置高放射性廢棄物的國家。

Bachiyiski表示，為解決保加利亞低階放射性廢棄物與中階放射性廢棄物的貯存問題，考慮在科茲洛杜伊(Kozloduy)核電廠的 Radiana 場址進行貯存，而該核電廠應於2025年獲得運轉許可。Kozloduy核電廠的用過核子燃料迄今仍被送往俄羅斯進行再處理，而產生的高放射性廢棄物應返回保加利亞進行處置。截至目前為止，尚未運回這類廢棄物，而保加利亞將在未來十年內起草一項方案，以確定運回廢棄物的確切數量和種類。由於當地地緣政治局勢影響，這項計劃已被延後。保加利亞最後一次向俄羅斯運送192個用過核子燃料容器(cartridges)是在2022年。

Bachiyiski另表示，Kozloduy核電廠5號機組在裝載美國西屋公司提供的新核燃料後，並未出現任何問題或偏離標準。該機組於

2025年4月停機進行預定大修期間，專家將詳細驗證燃料的狀況，但預計不會有問題。

AYaR於4月獲得了Kozloduy 5號機組使用西屋電氣燃料的許可。目前，Kozloduy核電廠運行兩座蘇聯建造的VVER-1000反應器(5號和6號機組)。作為加入歐盟的條件，保加利亞有義務關閉四座舊VVER-440機組，儘管這些機組已完成重大的安全升級。在貝萊尼(Belene)建造兩座VVER-1000反應器的新核能電廠計畫，因俄羅斯製造和供應設備面臨政治和財政困難而被取消。這些反應器目前儲存在貝萊尼，後續可能會轉移到烏克蘭，供赫梅利尼茨基(Khmelnitsky)核電廠使用，等待成本協議。

Kozloduy核電廠7號和8號計畫建造兩台新的西屋AP1000機組。西屋電氣於2023年6月與Kozloduy核電廠子公司-Kozloduy核電廠新建計畫(KZNPP-NM - Kozloduy NPP Novi Mostnosti)簽訂了反應器前端工程和設計合約，但西屋電氣不會參與建設，並將保留對計畫的整體控制權。另外，現代集團旗下的韓國現代工程建設公司(Hyundai E&C)已被選中負責該計畫的建造施工。



左起：NRA 副主席 Borislav Stanimirov、NRA 專家 Boryana Chakalova、
NRA 副主席 Alexey Alexiev、NRA 主席 Tsanko Bachiyiski

資訊來源：

<https://www.neimagazine.com/news/bulgarias-nuclear-waste-storage-plans-outlined/>

(20) 2024年10月10日：國際原子能總署首次接受IRRS審查任務

國際原子能總署的內部輻射安全監管架構，一直是綜合監管審查服務(IRRS)任務的主要議題。綜合監管審查服務(IRRS)任務由國際原子能機構(IAEA)創建，讓團隊根據IAEA安全標準評估成員國的核子、輻射、放射性廢物和運輸安全監管基礎設施。任務報告提供了改進的建議，並指出了可以分享以供其他地方使用的良好實踐。

IRRS對IAEA的訪查從9月30日持續到10月9日，由來自加拿大、捷克共和國、巴西、挪威、卡達、斯洛維尼亞、阿聯酋、英國、美國和辛巴威的10名高級管制專家組成，兩個IAEA工作人員和一名來自奧地利的觀察員。

去年，IAEA總幹事拉斐爾·馬裡亞諾·格羅西(Rafael Mariano Grossi) 提出要求，表示輻射安全需要堅定不移的警惕和準備。透過啟動這項獨特的IRRS任務，原子能機構以身作則，將最佳安全實踐，也應用於自身工作和隨著全球新核能計畫持續增長，就任何差距進行公開溝通。

IAEA在其工作人員中設有一名獨立管制人員，負責監督其自身業務中輻射技術的使用和國際安全標準的實施，包括IAEA位於維也納、塞伯斯多夫和摩納哥的實驗室。這是IRRS團隊首次在不屬於單一成員國的組織中開展工作。

IRRS團隊負責人卡爾-馬格努斯·拉爾森(Carl-Magnus Larsson)表示，該機構透過主動為成員國設計的同行評審系統，來評估其內部對這些標準的實施情況，展示對IAEA安全標準的堅定承諾。

審查小組的結論是，原子能機構的輻射、運輸和廢棄物安全監管計畫十分完善，並表明其對維護國際安全標準的堅定承諾。

它向原子能機構提出的建議包括：

- 制定適合IAEA具體策略和業務活動的全面安全政策和策略。
- 啟動資源審查，以確保監管機構擁有足夠的人力和財力資源。
- 考慮正式安排以確保持續的監管獨立性。
- 考慮根據國際核子與放射性事件分級表，評估IAEA實驗室發生的涉及IAEA所在地輻射技術的事件，並向成員國報告2級及以上的這些事件。

IAEA表示，IRRS任務對IAEA管制機構的具體建議包括：

- 完成監理管理系統文件。
- 依照計畫的時間排程，安排對監管機構在安全 and 安全文化方面的領導力進行獨立評估。
- 考慮分級方法，最終確定並正式採用授權程序。
- 依照分級方法制定檢查計畫。
- 正式採用制定法規和監管指南的流程，包括審查頻率。

IAEA副總幹事兼核安全與核安保司司長莉迪·埃弗拉德表示，這次訪查提出的建議將有助於不斷改進，致力於進一步強化IAEA的輻射安全監管架構。審查團最終報告預計將在三個月內完成。



資訊來源：

<https://www.world-nuclear-news.org/articles/iaea-undergoes-one-of-its-own-irrs-review-missions>
<https://www.neimagazine.com/news/newsurengo-receives-permit-for-new-waste-store-at-almelo-11779117>

(21) 2024年10月15日：日本第二座沸水式反應器將於今年12月重啟

Chugoku電力公司計劃於今年12月重啟島根(Shimane)核電廠2號機組，該核電廠自2012年1月以來一直處於停機狀態，該機組將成為日本第2座重啟的沸水式反應器(BWR)。

日本核子管制機構(NRA)於2013年7月宣布了修訂後的規定，反應器必須滿足這些規定才能獲得重啟許可。這些規定要求核電廠能夠應對各種自然現象，並制定新措施來減輕嚴重事故的影響，例如超出設計基準事件造成的反應器爐心損毀。Chugoku公司於2013年12月向NRA申請檢查，以驗證島根2號機組(自2012年1月27日起停止運轉)所採取的措施是否符合新的安全標準。

Chugoku公司建造了15公尺高的海堤，以保護核電廠免受海嘯的影響，並為三座可能噴發的火山做好準備。原本目標在2023年2月底前完成島根2號的抗震加強等工作。

2021年6月，NRA批准了一份審查報告初稿，顯示島根(Shimane)核電廠2號機組符合修訂後的安全管制標準。經過公眾審議期及相關程序，於2021年9月正式通過該機組安全評估，為其恢復運轉做好準備，並等待當地同意。島根2號機組為日本第17座通過管制部門安全檢查的核子反應器，與福島第一核電廠同樣為沸水式反應器。繼核准首都松江市(Matsue)、出雲市(Izumo)、安來市(Yasugi)和雲南市(Unnan)後，島根縣知事於2022年6月核准重新啟動島根2號機組。這項核准代表當地社區同意讓此789MW機組恢復運轉的程序已經完成。

島根2號原定於8月重新啟動，但Chugoku公司需進行安全升級作業而延後了重啟作業。該公司並公布該機組重啟的時間表，計劃於10月28日開始向反應器爐心裝載燃料，該機組預計將於12

月初重新啟動，並計畫於12月下旬開始發電，反應器將於2025年1月上旬恢復商業運轉。Chugoku公司表示將繼續採取一切可能的措施，確保運營商的運營前檢查，以安全為第一要務穩定執行，同時對NRA進行的運轉前確認做出適當回應，並將做好每一步的準備朝向重啟目標而努力。

截至目前，日本已有11座反應器恢復運轉，但全數為壓水式核子反應器。而島根1號機組是一座460 MWe沸水式核子反應器，於1974年3月開始商業運轉，目前正在除役中。2018年8月，Chugoku公司啟動島根核電廠3號機組的監管程序，這是一座即將完工的新型1,373 MWe先進沸水式核子反應器。



日本島根核電廠

資訊來源：

<https://www.world-nuclear-news.org/articles/first-japanese-bwr-set-to-restart-in-december>

<https://www.neimagazine.com/news/japans-shimane-2-to-restart-in-december/>

表 2-1：2024 年 1 至 10 月放射性廢棄物管制國際動態資訊表

國家/機構	新聞標題
OECD-NEA	• 01.05 NEA 舉辦用過核子燃料管理國際研討會 • 管制焦點議題：用過核子燃料貯存與運輸
IAEA	• 01.08 國際原子能總署認可比利時對放射性廢棄物管理的承諾 • 05.15 國際原子能總署在芬蘭合作進行核廢料處置創新保障措施 • 06.18 國際原子能總署審查結果加拿大核子監管框架有重大進展 • 07.11 IAEA 地下研究設施與地質處置場設計與建造技術培訓班在中國北山地下實驗室舉行 • 10.10 國際原子能總署首次接受 IRRS 審查任務 • 管制焦點議題：用過核子燃料及放射性廢棄物
芬蘭	• 01.19 STUK 要求延長最終處置場審查期限至 2024 年底 • 05.16 STUK 發布 2024 年初用過核子燃料處置計畫監督報告 • 管制焦點議題：用過核子燃料處置
瑞典	• 02.13 輻射安全局(SSM)核准提高用過核子燃料中期暫時貯存數量上限 • 03.15 輻射安全局(SSM)舉辦放射性廢棄物議題會議 • 06.26 輻射安全局(SSM)批准在 Oskarshamn 新建放射性廢棄物處置場 • 管制焦點議題：用過核子燃料貯存及處置
英國	• 09.12 為核子領域使用人工智慧制定指引
美國	• 03.09 核廢料技術審查委員會(RWTRB)建議對 SNF 罐進行進一步分析 • 05.01 核廢料技術審查委員會(RWTRB)召開有關用過核子燃料處置和腐蝕議題的公開會議 • 08.12 監管機構批准 NAC 的高度屏蔽傳輸系統 • 管制焦點議題：用過核子燃料處置
德國	• 04.11 德國廢核屆滿一年：核廢料處置任務仍困難重重 • 管制焦點議題：用過核子燃料處置

法國	• 06.10 廢棄物諮詢委員會審查 Andra 申請 Cigéo 深層地質處置設施施工許可的第一次會議
加拿大	• 04.15 加拿大核安會(CNSC)的拉姆齊・賈馬爾將領導 IAEA 用過核子燃料和放射性廢棄物管理工作 • 管制焦點議題：用過核子燃料及放射性廢棄物
荷蘭	• 05.15 荷蘭監管機構為 Urenco 廢棄物貯存場頒發許可 • 管制焦點議題：用過核子燃料貯存
保加利亞	• 10.08 核廢棄物貯存計畫概述 • 管制焦點議題：用過核子燃料貯存
日本	• 10.15 第二座沸水式反應器將於今年 12 月重啟 • 管制焦點議題：用過核子燃料及放射性廢棄物

註：相關日期表示新聞登載時間

2.1.2 國際核能機構/組織規範與專業技術報告蒐整

2024 年 1 月至 10 月期間國際原子能總署(IAEA)與經濟合作暨發展組織核能總署(OECD-NEA)所發布放射性廢棄物處置相關重要規範與專業技術報告蒐整如下：

(1) 國際原子能總署(IAEA)

- IAEA Technical Reports Series No. 240：用過核子燃料貯存選項與系統指引技術報告(IAEA, 2024a)
<https://www.iaea.org/publications/15169/guidebook-on-spent-fuel-storage-options-and-systems>
- IAEA-TECDOC-2036：對受過去活動影響的場地進行管理和補救的建模方法(IAEA, 2024b)
<https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE-2036web.pdf>
- IAEA-TECDOC-2039：對受過去活動影響的場地進行管理的挑戰(IAEA, 2024c)
<https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE-2039web.pdf>
- IAEA-TECDOC-2041：放射性廢棄物近地表處置安全論證和安全評估的制定、審查和交流經驗(IAEA, 2024d)
<https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE-2041web.pdf>
- IAEA Safety Standards Series No. SSG-89：核子設施地震安全評估(IAEA, 2024e)
https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB2054_web.pdf

- IAEA Safety Standards Series No. SSG-1：廢棄密封放射源鑽孔處置設施具體安全指南(IAEA, 2024f)
https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/p15332-PUB2057_web.pdf
- IAEA-TECDOC-2060：加強評估海洋環境中放射性核種轉移的建模方法(IAEA, 2024g)
<https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE-2060web.pdf>
- IAEA Nuclear Energy NW-T-1.14 (Rev. 2) [IAEA Preprint]：用過核子燃料和放射性廢物管理的現狀和趨勢(IAEA, 2024h)
https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/55/057/55057636.pdf?r=1
- IAEA-TECDOC-2064：環境場地修復過程管理的綜合方法：基準報告(IAEA, 2024i)
<https://www.iaea.org/publications/15712/integrated-approaches-for-the-management-of-environmental-site-remediation-processes-a-baseline-report>
- IAEA-TECDOC-2067：基於觀測資料的核設施機率地震危險分析(PSHA)評估(IAEA, 2024j)
<https://www.iaea.org/publications/15729/evaluation-of-probabilistic-seismic-hazard-analysis-psha-for-nuclear-installations-based-on-observational-data>
- IAEA(2024)：天然放射性物質的整體管理方法(NORM)(IAEA, 2024k)
<https://www.iaea.org/publications/15670/holistic-approach-to-management-of-naturally-occurring-radioactive-material-norm>
- IAEA Nuclear Energy NW-T-1.40：放射性廢物處置設施現場調查管理(IAEA, 2024l)
<https://www.iaea.org/publications/15181/management-of-site-investigations-for-radioactive-waste-disposal-facilities>
- IAEA Nuclear Energy NW-T-1.43：地質處置計畫實施路徑圖(IAEA, 2024m)
<https://www.iaea.org/publications/15403/roadmap-for-implementing-a-geological-disposal-programme>

(2) 經濟合作暨發展組織核能總署(OECD-NEA)

- NEA/RWM/R(2022)4：申照前深地層地質設施發展階段，建立監管機構和實施者之間建設性對話(NEA, 2024a)
https://www.oecd-neo.org/upload/docs/application/pdf/2024-01/3h1_nea_rwm_r_2022_4.pdf

- NEA No. 7596：深層地質處置場與核子責任(NEA, 2024b)
https://www.oecd-neo.org/upload/docs/application/pdf/2024-01/7596_dgr_report.pdf
- NEA No. 7618：可信賴的核能監管機構的特性(NEA, 2024c)
https://www.oecd-neo.org/upload/docs/application/pdf/2024-04/7618_green_booklet_-_characteristics_of_a_trusted_nuclear_regulator.pdf
- NEA No. 7661：《核能法規公報》第 110 號第 2023/1 卷(NEA, 2024d)
https://www.oecd-neo.org/upload/docs/application/pdf/2024-04/7661_nlb_110_rev_2024-04-25_09-32-20_915.pdf
- NEA No. 7666：加拿大 2022 年 9 月舉行創建特定國家安全文化論壇(NEA, 2024e)
https://www.oecd-neo.org/upload/docs/application/pdf/2024-02/7666_csscf_canada.pdf
- NEA No. 7672：從安全文化的角度看核能監管機構和許可證持有者的相互影響(NEA, 2024f)
https://www.oecd-neo.org/upload/docs/application/pdf/2024-03/7672_wglsc_regulatory_bodies_report.pdf
- NEA No. 7673：加強核子監管機構安全領導力的實踐(NEA, 2024g)
https://www.oecd-neo.org/upload/docs/application/pdf/2024-03/7673_wglsc_leadership_report.pdf
- NEA(2024)：對放射性廢棄物管理具關鍵性的選定輔助化合物(NEA, 2024h)
https://www.oecd-neo.org/jcms/pl_93961/selected-ancillary-compounds-of-interest-to-radioactive-waste-management
- NEA(2024)：簡要報告-監管機構對核安全和輻射防護的看法和優先事項國際會議。東京電力公司福島第一核電廠事故：10 年反思，現在和前進的道路(NEA, 2024i)
https://www.oecd-neo.org/jcms/pl_94791/summary-report-international-conference-on-regulators-views-and-priorities-on-nuclear-safety-and-radiation-protection-tepco-fukushima-daiichi-nps-accident-10-year-reflection-now-and-the-way-forward
- NEA(2024)：特定國家安全文化論壇：日本(NEA, 2024j)
https://www.oecd-neo.org/jcms/pl_94644/country-specific-safety-culture-forum-japan
- NEA(2024)：放射性和核子緊急事故心理健康和社會心理支持實用指南(NEA, 2024k)

2.2 重要個案資訊研析

由芬蘭 Posiva 建造的 Olkiluoto 地下最終處置設施是世界首座針對用過核子燃料的深層地質處置場，具有相當參考價值。本節以「芬蘭用過核子燃料最終處置運轉執照申請案例安全管制」作為重要案例研析之主題，以下針對各面向進行安全管制的探討分析並詳細說明。

(1) 背景概述

芬蘭對於重大核子設施(含最終處置設施)的審核程序可分為原則性決策(Decision-in-Principle, DiP)程序(包含環評作業)、建造執照申請以及運轉執照申請等階段。該設施已於 2015 年 11 月取得建造執照，並於 2021 年 12 月提出運轉執照申請，擬申請的運轉期間自 2024 年 3 月至 2070 年底。經濟事務與就業部(MEAE)隨即公開其內容，並從 2022 年 2 月 8 日至 9 月 15 日接受公眾意見。

目前芬蘭輻射與核子安全局(STUK)正進行全面審查，並於 2023 年底要求將提交審查意見的期限延至 2024 年底。這項延長明確反映出審查過程的複雜性，尤其是需進一步評估長期安全性、工程障壁功能及環境影響監控等多層面要求，以因應高放射性廢棄物處置的長期潛在風險。

(2) 法規背景與長期安全評估的必要性

芬蘭對於處置設施執照申請之要求，係併同其他核子設施，規定於核能法(Nuclear Energy Act)、核能條例(Nuclear Energy Decree)相關法規中。而核子安全主管機關 STUK 所發布的核廢棄物安全處置法規

(STUK Y/4/2018)與管制導則(YVL D.5 Disposal of nuclear waste)，則規定安全審查的基本要求。

管制導則包含用過核子燃料處置設施之營運、處置方法、處置設施計畫及設計等相關規定，STUK 應對最終處置場進行長期安全評估。STUK 近期監督報告指出，由於所需資料範圍廣泛，且在運轉執照申請審查過程中需要 Posiva 提供額外資料，因此審查比預期更耗時，其重點包括設施結構穩定性、輻射屏障有效性、地質長期穩定性和對生態環境的潛在影響等。

在進行運轉執照審查的同時，STUK 亦持續監控 Posiva 公司在該設施的建造和試運轉作業，範圍涵蓋地表封裝廠設備的安裝、地下處置設施的建造作業、以及各項安全文化和緊急應變準備。為確保 Posiva 能符合芬蘭和國際標準的長期安全需求，STUK 計劃在整體審查過程中持續要求補充資料並進行多層面的安全測試。

此外，芬蘭的核能安全法規明確要求處置設施在其設計、建造和運轉中應符合長期安全標準。為確保符合這些標準，Posiva 公司必須對用過核子燃料的封裝方式進行多重安全性驗證，包括測試處置罐在地質層深處的耐腐蝕性與密封性。STUK 在法規指引中要求多重障壁設計以防止輻射外洩，且需採用分階段進行試運轉，以確保處置設施能夠安全且穩定地長期運轉。

(3) STUK監督報告的管制重點

STUK 在 2024 年初的監督報告概述了 Posiva 各項監督管制項目的進展。該報告內容指出，審查內容涵蓋建設過程的施工監控、設備安裝與試運轉、輻射測量、核燃料監管等多方面，此外，對最終處置試運轉和障壁功能測試則是此次安全評估的核心。STUK 不僅密切觀

注 Posiva 設施試運轉作業實際情形，還對其安全文化、組織架構及緊急應變準備等逐一提出明確指導。

值得注意的是，STUK 要求在試運轉過程中針對各天然和工程障壁進行詳細安全功能測試，包括最終處置設施的環境影響評估。這些監督措施有助於 STUK 評估設施對未來潛在環境變化的適應能力，並確保設施在 100 年運轉期間的安全性。此外，Posiva 須配合管制要求定期提交障壁測試報告，以確保設施的輻射外釋維持在安全限值內。

(4) STUK 延長審查與安全聲明需要

STUK 的審查意見將作為芬蘭政府最終核准運轉執照的依據。而經濟事務與就業部(MEAE)對 Posiva 運轉執照申請的核准需要基於 STUK 的正面安全聲明，該聲明必須證實封裝設施與最終處置設施符合各項安全要求。2024 年底前，STUK 將繼續評估 Posiva 提交的資料，並在必要時要求進行進一步修訂與補充。該延長審查期限是芬蘭政府作出科學和安全性決策的重要依據，有助於確保設施運轉的長期環境影響最小化。

(5) 核能安全管制與國際合作

STUK 的審查不僅根據國內法規進行管制，還結合了國際原子能總署(IAEA)和歐盟委員會(EU)的技術導則，確保芬蘭的最終處置設施符合國際核子安全標準。IAEA 和 STUK 之間的合作關係顯示在用過核子燃料管理的長期計畫，核安管制機關需要高度重視國際合作，以有效因應跨國挑戰並確保放射性廢棄物的管理安全。

依 Posiva 官方網頁資訊顯示，處置場申照過程很漫長，其中包括長達四十年的研發成果。而未來處置運轉作業也是嚴格且長期的過程，該處置設施計劃使用至 2120 年代，也就是在處置場封閉之前將持續運轉 100 年。然而，STUK 核發運轉執照有效期限為 2070 年，是依

循其管制法規及安全考慮的決策，這代表未來運轉作業至 2070 年，Posiva 仍需依循未來管制法規、安全運轉實績及最新技術等條件，再行向管制機關提出延長運轉執照之申請。

芬蘭 Posiva 的處置作法係將用過核子燃料以銅質外殼鑄鐵內襯的廢棄物罐密閉封裝後，垂直置放於地下深處(約 430 公尺)處置孔中，處置母岩為穩定的結晶岩地層。此種作法亦是我國未來可能考慮的實務選項之一，故芬蘭運轉執照申請申請審核程序之案例經驗對於我國亦具參考價值。

2.3 國際動態資訊綜合討論

各國的核能安全管理機關在面對用過核子燃料與放射性廢棄物管理時，普遍以建構完善、合規的法規體系為首要任務，以確保管理系統在長期運作中的安全性與持續性。核能國家於 2024 年 1 月至 10 月期間，有關放射性廢棄物管制及重要事件之國際動態資訊共計蒐集 21 則(如表 2-1)，其管制焦點包含用過核子燃料及放射性廢棄物管理，以及用過核子燃料之運輸、貯存及處置等議題，進一步彙整分析並且綜合討論如下：

(1) 用過核子燃料及放射性廢棄物管理

國際原子能總署(IAEA)於比利時、芬蘭及加拿大分別進行審查訪視及安保措施合作，並首次接受IRRS審查任務。首先，放射性廢棄物與用過核子燃料管理、除役和復育綜合審查服務團隊(ARTEMIS)針對比利時放射性廢棄物專責機構(ONDRAF/NIRAS)在接收及管理放射性廢棄物與用過核子燃料完成審查，除認可該國對廢棄物管理的承諾，另建議政府應制定明確的國家政策，並確保需進一步處理的廢棄物納入國家計畫之管理方案；建議應制

定整體地質處置政策，提供充足資金及人力資源，適時實行政策(如地質處置場)，完成處置設施制定安全要求與許可計畫的程序。

其次，用過核子燃料轉移到封裝廠(Encapsulation Plant, EP)和深層地質處置設施(Deep Geological Repository, DGR)前，需由核子保防視查員查驗並執行安全保障措施，以確認沒有被轉移、替換或被用於未申報的目的。因此，IAEA與芬蘭輻射與核安全局(STUK)及歐盟委員會(EU)致力開發遠端監控系統和創新技術，查驗用過核子燃料完整性和設施使用情況，以符合安全保障要求，履行國際防核擴散義務。

此外，IAEA綜合監管審查服務(Integrated Regulatory Review Service；IRRS)任務由該組織創建，讓團隊根據IAEA安全標準評估成員國的核子、輻射、放射性廢物和運輸安全監管基礎設施。而IRRS團隊也完成加拿大核安會(CNSC)以及IAEA組織內部的任務。審查團發現加拿大已落實2019年首次IRRS任務期間提出的4項擬議(recommendations)和16項建議(suggestions)部分項目，並獲得顯著成果。此外，CNSC、自然資源部和衛生部不斷精進強化核子、放射性廢棄物和運輸安全之管制架構，共同努力提高輻射防護安全，並致力因應新的挑戰和創新技術(如地震監測與雷射遏制系統)，例如小型模組化反應器和放射性廢棄物處置場的發展。而IAEA的內部輻射安全監管架構是IRRS任務的主要議題，審查團的結論是，IAEA的輻射、運輸和廢棄物安全監管計畫十分完善，表明其對維護國際安全標準的堅定承諾。

關於IAEA「用過核子燃料管理安全與放射性廢棄物管理安全聯合公約」是首要法律架構，該公約於2001年生效，導入關鍵安全原則，並實施類似核安公約的同儕審查機制。加拿大核安委員

會(CNSC)主席拉姆齊·賈馬爾(Ramzi Jammal)當選為該聯合公約第八次審查會議主席，任期從2024年到2027年，期間工作重點有四大優先面向：(A)提高倡導公約的重要性，以增加簽署國數量；(B)增加代表性不足的新興核能國家對公約的參與；(C)支持當前國家報告與同儕審查程序並導入新的改善；(D)促進參與，特別是資源較少的公約締約方。

(2) 用過核子燃料運輸與貯存

用過核子燃料的安全運輸是核安管制機關的重要職責。為使運輸過程中有效防止輻射外洩和核子物料的非法轉移，管制機構通常要求運輸設備具有輻射防護設計和運輸路徑遠端監控，以進行風險管理。這些措施除了可減少現場檢查次數，最大程度減少運輸過程的碳排放，亦顯示出國際核安管制機構對於高效且可持續的用過核子燃料運輸方法持續精進與探究。

NEA舉辦「當前和未來反應器技術用過核子燃料及放射性廢棄物的延長貯存與運輸」國際研討會，闡述利用各種運輸系統對用過核子燃料及放射性廢棄物進行安全管理(如輻射屏蔽和設備適用性)。美國核管會其後批准了NAC公司的OPTIMUS-H運輸系統，並強調該系統的高屏蔽性能，利用7英吋厚的球墨鑄鐵屏蔽容器不僅確保高放射性廢棄物的運輸安全，還提高運輸效率，降低對環境的潛在風險。

用過核子燃料貯存的管理，國家核安管制機關主要考量長期貯存設施的安全性及輻射防護措施。瑞典、芬蘭和美國對高放射性廢棄物的中期貯存均採用嚴格的分階段審查策略。瑞典輻射安全局(SSM)已批准SKB公司增加在Oskarshamn用過核子燃料中期暫時貯存量上限，並根據該設施的安全評估報告，允許試運轉後

進行長期貯存。

上開NEA研討會亦探討輕水式反應器用過核子燃料濕式和乾式貯存的現況，以及延長貯存時間的潛在挑戰。探討社會參與對運輸活動和貯存設施規劃及推動的重要性，並強調規劃長期貯存用過核子燃料100年，同時建構資訊、知識和數據管理的重要性。荷蘭核安和輻射防護管理局(ANVS)向鈾濃縮公司Urenco頒發最終許可，允許其在阿爾默洛工廠(Almelo site)建造和運轉新的放射性廢棄物貯存設施。

由於用過核子燃料的貯存時間可能超過數十年，各國管制機關也在積極探索利用數位技術進行人工智慧的遠程監控。IAEA、歐盟和芬蘭在貯存設施中的合作中，即已使用了遠程監控系統，以便監測貯存設施中放射性廢棄物的安全性。這種創新性措施不僅提升了設施的管理效率，還降低了管制成本。

(3) 用過核子燃料最終處置

用過核子燃料的最終處置是核安管制中最具挑戰性的一環。各國核安管制機構大多採用被公認為安全、穩定的深層地質處置作為長期解決方案。目前芬蘭、瑞典、法國已展開最終處置設施的建造或規劃，積極推動深層地質處置場，以確保高放射性廢棄物的長期安全。

法國核安機構ASN針對Cigéo深層地質處置場的申請進行多階段審查，包括安全設計、運轉階段的風險管理以及封閉後的監控等。針對處置設施的適應性，法國ASN透過Cigéo處置設施的工業先導階段來加強設施的可逆性和靈活性，該設施設計亦考量將核子反應器運轉期限延長至60年。ASN強調，該設施需進行適應性研究，以評估未來可能面臨的需求變化和技術挑戰。

處置過程需考量地質環境的穩定性、設施的結構強度以及放射性廢棄物的密封性等多方面因素，以防止放射性物質外洩。以芬蘭為例，輻射和核子安全局(STUK)強調深層地質處置設施需設置多重天然及工程屏障，以達到長期的安全屏蔽；同時要求用過核子燃料封裝與最終處置設施的運轉許可需經審慎的資料審查及安全評估，因此延長其審查意見提交期限至2024年底，以確保資料準確性及符合規定。

3. 用過核子燃料最終處置再取出概念的國際資訊研析與管制建議

依據本計畫「工作項目 2. 用過核子燃料最終處置再取出概念的國際資訊研析與管制建議」，進行相關管制技術資訊蒐整研析工作。

深地層處置概念是藉由多重障壁的保護，將高放射性廢棄物永遠隔絕於人類生活環境之外。然而為確保運轉期間，若高放射性廢棄物管理策略變更或其他原因必須變更營運時，仍保有回收之機制，以利彈性應用。依據我國核安會法規，高放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則，第 11 條：「高放處置設施之設計，應確保高放射性廢棄物放置後五十年內可安全取出」。

再取出也是許多國家設置高放射性廢棄物最終處置設施時之設計考量及管制重點，例如芬蘭 STUK 即於 2001 年訂定的用過核子燃料長期安全規範(Long-term Safety of Disposal of Spent Nuclear Fuel , YVL 8.4)第 3.1 節規定(STUK, 2001)，處置場為便於彈性使用未來所發展之廢棄物處理新科技，處置廢棄物容器應具有再取出的特性。鑒於各國再取出之設計根據再取出廢棄物型態及處置概念設計而異，本計畫將研析先進國家之再取出之案例或設計概念，以備未來高放處置管制之參考。

本章說明最終處置再取出的發展背景及考量因素，為了解各國處置計畫對再取出的政策及規劃方案，本章分別收集瑞典、法國、瑞士、美國、加拿大、芬蘭等案例，後續並對重要個案進行資訊研析，俾利我國後續針對此項需求精進研究發展。

3.1 用過核子燃料最終處置再取出背景說明

儘管國際已公認深地質處置是最終安全隔離用過核子燃料的最可靠方法之一，但在某些情況下，再取出(retrievability)可能是必要或有利的，用過核子燃料最終處置後，之所以保留再取出的選項，主要有多方面的考量，包括技術、安全、環境、經濟和社會等方面。

(1) 技術和科學進步

隨著科技的不斷進步，未來可能會出現更為先進的放射性廢棄物處理技術或更安全的處置方法。例如，某些處理技術可能顯著減少放射性廢棄物的體積或毒性，再取出放射性廢棄物進行重新處理可能更為有利；其他考量，例如放射性廢棄物中包含的某些同位素或材料未來在醫學、工業或其他科學領域可能有新的應用需求等，同樣使得再取出放射性廢棄物是有價值的。

(2) 安全和環境考慮

雖然深地質處置是放射性廢棄物長期安全的解決方案，但實際情況可能會發生變化。例如，地質條件的意外變化、未預見的地震活動等，可能導致處置場址的安全性降低，抑或是在監管期發現放射性廢棄物存在洩漏風險或已經對環境造成污染，此時，再取出放射性廢棄物並進行處理是必要的緊急應變措施。

(3) 經濟和社會因素

隨著時間推移，政策和環境法規可能發生變化，例如，新的政策要求對放射性廢棄物處置方式進行調整或改進，這時再取出放射性廢棄物以符合新的法規是必要的；此外，公眾對放射性廢棄物處置的信任和接受度一直是關鍵因素，如果公眾對放射性廢棄物處置的長期安全性存在擔憂，若再取出並採用新的處置方式

可以增強公眾信任，此不啻為雙贏的作用，畢竟公眾的態度和期望可能隨著時間變化而影響政策和決策。

(4) 處置計畫靈活性

放射性廢棄物處置後可再取出提供了一種處置計畫的可逆性選項，允許未來對處置計畫進行調整或優化，不僅增加了處置計畫的彈性，也為不確定性的未來提供保障。同時放射性廢棄物處置涉及非常長的時間尺度，再取出的考量體現對未來世代的責任。

3.2 各國法規探討

各國在探討高放處置再取出的相關議題時，通常是與另一個相關術語可逆性(reversibility)一併討論。以下摘述經濟合作暨發展組織核能署/核能署(OECD/NEA)對相關術語的說明(NEA/RWM, 2012)。

- 再取出(retrievability)原則上是指放射性廢棄物在處置設施完成處置後，可以從處置設施再取出來的能力，再取出是清除廢棄物的具體行動。再取出意味著制定規則以便在需要時允許再取出。
- 可逆性(reversibility)是指逆轉處置計畫在逐步實施過程中所做之決策的能力，逆轉是指透過改變決策方向或甚至是回復到該決策實施前的情況，來改變(回頭)前決策的實際行動。可逆性意味著制定規則以便在需要時允許逆轉。圖 3-1 說明決策如何重新評估，以及後續決策的各種可能選項，包括逆轉(回頭)。

為了解各國處置計畫對再取出的規範要求與規劃方案，以利我國後續針對此項管制需求研究發展。可供蒐集彙整資訊，本計畫以瑞典、芬蘭、法國、瑞士、美國、加拿大等國際資訊與案例為重要參考。列舉資訊如下：

(1) 瑞典法規探討

瑞典管制機關SSM之輻射安全法規，有關用過核子燃料與核廢料對人類健康與環境保護法規SSMFS 2008:37(SSM, 2008a)方面，內容並未要求處置設施須能進行處置後廢棄物再取出；另外，有關核子物質與放射性廢棄物處置安全法規SSMFS 2008:21，在設計與建造之條文Section 8內容中提到(SSM, 2008b)，「促進監測措施、核子物質與放射性廢棄物由處置設施再取出、或是讓處置設施進出困難，這些方法對安全的影響，應加以分析及對輻射安全管理局提出報告」。此條文應是認為廢棄物再取出，和監測、進出控管，均屬於設計考量的方式，並未要求必須採用廢棄物罐再取出設計。

(2) 芬蘭法規探討

芬蘭最新的核能法規(Nuclear Energy Act)並無再取出的規定，但政府曾於2000年對此提出決策原則(decision-in-principle)，因此，Posiva加以考慮再取出。政府要求：處置設施封閉後，假設未來有更先進的廢棄物管理技術、或其燃料被視為1種資源，而有必要再度開啟，不應有任何困難。廢棄物罐在經過長時間後，必須能夠再取出，但此項再取出能力，不應影響處置安全(Posiva, 2012)。

(3) 法國法規探討

法國放射性物質與廢棄物持續管理計畫法(THE 2006 Programme Act on the Sustainable Management of Radioactive Materials and Wastes)，第3條要求建立具有策略反轉能力(reversibility)的處置系統(ANDRA, 2006)。亦即處置系統在持續過程中，可允許重新考慮決策(NEA/RWM, 2011)，相較之下，再取出能力(retrievability)，是指回收已處置的廢棄物罐，為處置後進行策略反轉的一項技術能力。在此法令的第12條，說明當「主管機關

審查處置設施申請，應檢驗處置設施各階段管理的安全分析，包含最後封閉，而主管機關可以設定處置設施必須可提供策略反轉的最短的時間，以作為預防措施，這個時期不可小於100年」。因此，處置設施的設計，在處置階段應能提供再取出能力至少100年。對於可策略反轉的處置設施(reversible disposal facility)，ANDRA認為應有3項預期目標：(A)安全的處置；(B)廢棄物罐可再取出；(C)針對需處置的廢棄物類型、何時開始處置、處置設施何時封閉，應建立決策反轉程序(ANDRA, 2013)。因此，再取出技術扮演者重要的一環。

(4) 瑞士法規探討

依據瑞士於2005年2月生效的原子能法(Nuclear Energy Act)第1章第3條有關監測期間、及第5章第37條有關運轉執照，說明「放射性廢棄物在處置設施封閉前應能夠很容易地進行再取出」(ENSI, 2003)。

(5) 美國法規探討

美國國會為雅卡山計畫制定的專法為10CFR Part 63。有關廢棄物再取出，定義於10CFR63.2，係針對已處置的廢棄物由地下的位置永久移出；10CFR 63.111(e)對再取出作業規定說明：處置設施運轉區需設計能夠進行廢棄物再取出，其時間必須包括廢棄物處置時、及之後，直到功能確認程序(performance confirmation program)完成、且獲得的資訊經核管會完成審核。為滿足這項目標，運轉區域應設計可以讓所有已置放的廢棄物，均能夠在任何時間再取出，但最多為50年內。除非有其他的時程，是經由核管會認可或是特別指定。其他不同時程，則須參考處置時程、及已規劃的功能確認程序，進行逐案審查。

(6) 加拿大法規探討

加拿大專責機構 NWMO (Nuclear Waste Management Organization)採用的放射性廢棄物管理計畫稱為可調整分階段管理(Adaptive Phased Management, APM)，每個階段有顯明的決策點，允許彈性，並結合新知識(NWMO, 2017a)，而計畫共有6個階段：選址與核可、場址準備及建造、運轉、延長監測期(extended monitoring)、除役及封閉、封閉後監測(NWMO, 2017b)。而APM的特點之一，是用過核子燃料在延長期間具有再取出的可行性，使未來世代能夠對最終封閉、以及封閉後的監測方式與時程，做出決策(IAEA, 2009)。

(7) 德國法規探討

德國再取出政策和技術規範多是由德國核能安全機構(如BGE)和相關聯邦部門依據具體的設施設計來執行，而非以具體條文的形式固定在這些法規中。例如選址法(StandAG)和輻射防護條例(StrlSchV)沒有明確的條文提到再取出，但其長期安全性和操作設計的要求部分，被視為可取出性的一種原則性支持論述。針對再取出設計原則，德國主要參考的框架包括國際標準和經濟合作暨發展組織核能署(OECD/ NEA)的可逆性與再取出計畫(NEA/RWM, 2011)，並在法規及操作中將其作為在運轉階段以及封閉後階段的一個設計考量。

德國再取出的管制重點如下：

- 再取出適用於處置場的設計、進一步勘探、施工、置放作業和除役；
- 明定再取出作為設計標準；
- 再取出許可之前或期間，以可驗證的方式證明技術可行

性、安全性和可靠性；

- 在運轉階段直至豎井或坡道密封之前，必須能夠取回廢棄物罐；
- 置放區開放的數量應保持在最低限度。這些(置放區)應即時裝載，然後回填並與設施坑道可靠地密封。
- 為確保安全而選擇回收或再取出的措施，不得損害被動安全障壁從而損害長期安全；
- 對於可能的發展，如果從除役和封閉的最終處置場回收，廢棄物罐的可處理性(handleability)必須保證 500 年；
- 前項回收(Recovery)是指從最終處置場中取出放射性廢棄物的緊急措施。

(8) 英國法規探討

英國政府鑒於再取出是地質處置討論中常出現的一個議題，因此，當審視英國和國外的地質處置設施(GDF)計畫時，主要的一個明顯區別是計畫中，關於放射性廢棄物再取出選項的程度。英國政府關於再取出的立場在其政策白皮書「實施地質處置與社區合作」(IMPLEMENTING GEOLOGICAL DISPOSAL — WORKING WITH COMMUNITIES)中闡明。摘述相關條文重點如下(Crown, 2018)：

- 3.19 英國政府和監管機構一致認為，GDF 的目的是處置廢棄物，而不是儲存廢棄物。
- 3.20 在 GDF 的運轉階段(當廢棄物已經接收)，如果有令人信服的理由，可以取出已放入 GDF 的廢棄物。英國核廢棄物服務公司(Nuclear Waste Services, NWS)的預測顯示，GDF 可以

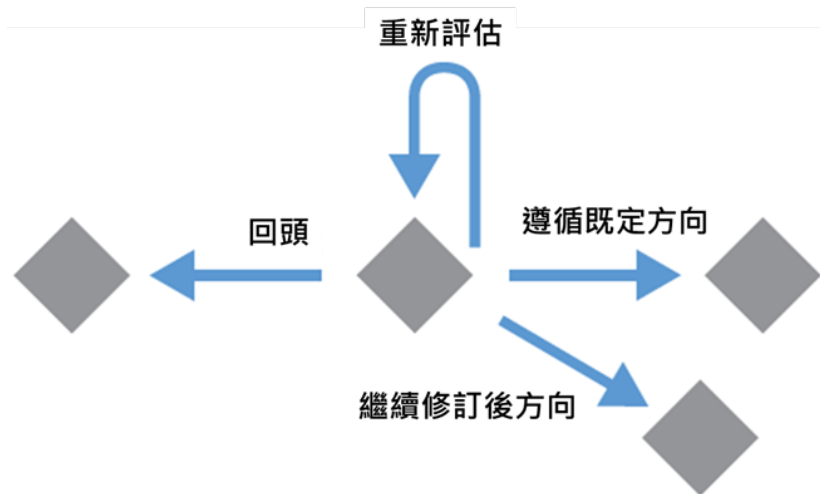
開放約一百年用於建造和廢棄物置放，以容納目前遺留的廢棄物量。隨著時間的推移，取出已放置的廢棄物往往會變得更加困難，特別是在其運轉階段結束後(意即 GDF 永久封閉)。

- 3.21 一旦停止運轉，應儘早永久封閉 GDF，可提供更大的安全性，並最大限度地減少後代子孫的負擔。

環境署(Environment Agency, EA)則在地質處置設施授權導則(EA, 2009)中指出：

- 不要求廢棄物在處置後可以再取出；
- 如營運單位訂定再取出的規定，這些規定不應對環境安全論證(environmental safety case)造成不可接受的影響。

核子管制辦公室(Office for Nuclear Regulation, ONR)闡明對再取出的立場(ONR, 2023)，即處置後的任何再取出都必須證明在風險方面是優化的或最低合理可行(ALARP)。而且各個面向都必須優化才能達到ALARP，例如不僅是再取出作業本身，還需要有一個安全的地方來放置再取出的廢棄物，並訂定處理計畫以便能夠充分控制任何持續的安全風險(額外的安全和保障措施)。在運轉期間，GDF將遵守現場許可證的要求，任何廢棄物再取出都需要有足夠的安全論證支持再取出作業以及作業開始前潛在的權限議題。



資訊來源：(NEA/RWM, 2012)

圖 3-1：決策的可逆性－發展示意圖

3.3 各國再取出技術方案

再取出技術方案和管制技術、法規之間是相互依賴和影響的關係。技術方案提供了法規制定的科學基礎和實踐經驗，而法規則引導和規範了技術方案的發展和實施，確保再取出過程的安全性、合規性和公眾接受度。通過兩者的互動和協同，可以實現對高放射性廢棄物的有效管理和安全再取出。

(1) 瑞典再取出技術方案探討：

瑞典KBS-3處置概念中，認為處置作業需費時40年至50年，若是在運轉階段，即發現處置作業存在缺陷疑慮，或是發展出更適合之處置方法，應該以開放的角度，提供用過核子燃料再取出的機會，以確保未來世代能有自由選擇的權力。因此，在處置設施開始運轉的測試階段，對已處置的200個至400個廢棄物罐，進行再取出能力的測試，並展示再取出技術的可行性。當處置成果的評估，假如證明處置方法有所不足、或是有更好的方法，則可執

行廢棄物罐再取出；如果評估結果良好，則後續可依據運轉執照進行處置，而上述的再取出作業，仍須獲得管制單位同意。由於法規沒有再取出的要求，因此，瑞典SKB並未對在KBS-3系統的設計，考慮相關可促進再取出的方式，也未對再取出產生安全上的衝擊，進行任何分析，僅視為是處置的反向操作(IAEA, 2009, p47)。

KBS-3處置概念的再取出較為簡單，主因是母岩能提供有效的自我支撐能力，使開挖的地下空間較為穩定，另外，密封及回填材料，可對岩壁產生壓力，提供額外的支撐效果；廢棄物罐再取出時，須將頂部與側邊膨潤土移除，並且應注意吊取可能會損壞。緩衝材料移除可用鹽水撒在表面，使緩衝材料變成泥漿，逐層施工，再以幫浦吸出泥漿，直到再取出機具可以吊取廢棄物罐。此過程應有輻射屏蔽，降低工作人員的曝露。

(2) 芬蘭再取出技術方案探討：

芬蘭對於再取出作業方式，Posiva WR 2013-17第5.4節提出此方面的說明(Posiva, 2013, p141-p143)，Posiva評估認為用過核子燃料採用的巨型的銅殼與鑄鐵內襯廢棄物罐，具有很好的力學強度及長壽特性，且處置設施是在岩石中開挖建造，根據過去經驗可以長期維持穩定；並且，在瑞典Äspö地下實驗室，已成功進行廢棄物罐再取出。因此，在任何階段(處置孔封閉前再取出、處置隧道封閉後再取出、所有設施封閉後再取出)，由處置設施中再取出廢棄物罐是可行、且容易的。

(3) 法國再取出技術方案探討：

法國再取出的技術，Dossier 2005 Argile以專章「Reversible repository management」(ANDRA, 2005)說明再取出的作業方式，

由於黏土岩的長期穩定性可能較為不足，故對地下處置設施是否於再取出時可供使用，採用監測方法提供決策資訊。CIGEO則是開宗明義的說明，該計畫是要建立允許政策反轉的地質處置設施 (Meuse/Haute-Marne reversible geological disposal facility for radioactive waste)，故法國的處置概念，再取出能力的建構，是相當重要的工作。

Dossier 2005計畫的再取出技術方案：依高放射性廢棄物的分類，玻璃固化體(C類)處置的建造與運轉期為50年；用過核子燃料CU1類(PWR UOX及在處理鈾燃料)建造與運轉期為35年、CU2類(PWR MOX燃料)為30年。處置設施的封閉採取分段漸進方式，在完成監測階段(時間尚未決定)，經正式的決策程序通過，則開始進行封閉程序，首先是進行處置隧道密封，完成後進行監測；接著是回填處置隧道，經決策後在2年至4年完成，完成後進行監測；接著是連通隧道的封閉、最後則是豎井。各階段的封閉均有監測，確認成效後才做進入下一階段，完成最後封閉工作，則進入封閉後時期。由於黏土岩屬於軟岩，再取出的可行性與經費，與地下處置設施的結構，是否可提供再取出作業使用有關。須對處置設施的穩定性進行長期監測與巡視，以利再取出的決策以及工作規劃，因此，Dossier 2005 Argile Architecture report在第10.2節與第10.3節說明處置設施行為的掌握，可採行措施、監測以及巡查工作。

(4) 瑞士再取出技術方案探討：

瑞士的原子能法規於深層地質處置方面，有對於再取出工作進行法條的制定，法條中明確要求在處置作業完成後，需進行一段時間的監測期，此階段若監測出有任何異常，可立即決議取出放射性廢棄物或其他處理手段。以落實瑞士對於放射性廢棄物最

終處置的總體目標：

- 長期保護人類健康及生活環境免於受放射性廢棄物所影響。
- 處置工作不對後代造成任何負擔，並給予後代決議操作之空間及決定權。

瑞士再取出分為2階段，第1階段為處置設施處置完成之監控期，本階段若決議進行再取出，則因為施工通道、斜坡道及處置設施內部主坑道均未進行封閉，僅需要以機具開挖處置隧道封塞及回填材料，即可將廢棄物罐再取出。第2階段則是在監控期結束，處置設施完全封閉之後，處置設施內部所有通道均完全封閉，可藉由開挖處置設施內部主隧道、斜坡道之封塞及回填材料，由原本之通道進入最終處置設施；或是重新開挖新通道，進入處置設施址，進行再取出工作(NAGRA, 2002)。瑞士設計的廢棄物罐再取出作業概念如圖3-2。

(5) 美國再取出技術方案探討：

雅卡山計畫的安全分析報告第1.11節，為其再取出計畫(US DOE, 2008)，目的在說明結構系統組件能以安全運轉的方式維持其再取出能力，區分為再取出計畫(Retrieval plan)、替代貯存設施計畫(Alternate storage plan)、再取出操作時程等三個小節，係依據「申請執照」規定10 CFR 63.21(c)(7)的規定：應對再取出計畫與廢棄物替代貯存提出描述；以及依據「封閉前性能目標」規定10 CFR 63.111(e)廢棄物再取出能力。

再取出的時間如為封閉前的運轉期，在設計階段考量再取出作業得以進行，必須在整個封閉前時期，能夠經地下設施進入廢棄物的位置，因此對地下設施的要求是設計壽命須達100年(包含維護)，據此建立支撐系統、主通風設施、處置隧道；再依此發展

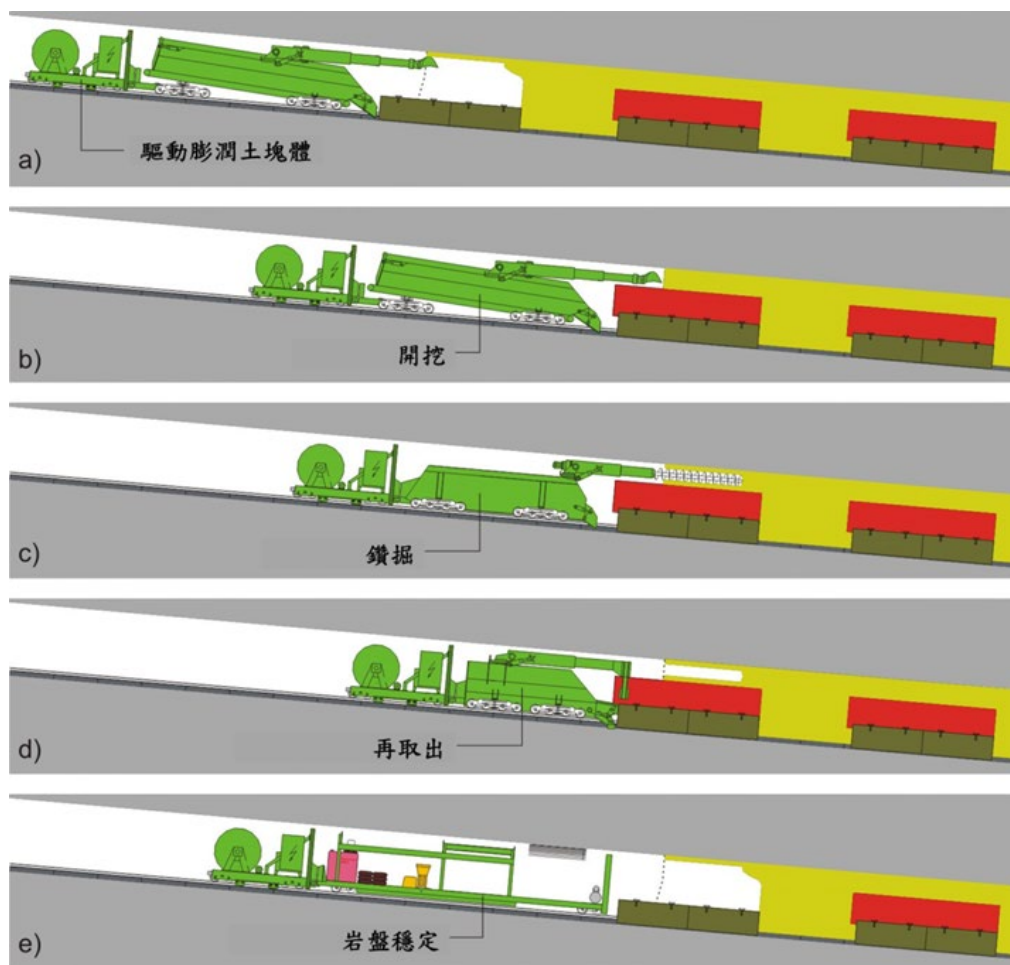
維護計畫，包括對支撐系統的測試、檢測、維修。而地下的通訊、運輸設施設計壽命也是相同，並且所需的維護與替換亦須執行。

前述第1.11節提到：再取出的工作範圍是將廢棄物由處置區域，安全地移至替代貯存設施，此計畫包括各項作業，及相關材料控管、保護措施。由於再取出的定義是由地下位置永久移除，如有改換處置位置，則歸因於異常事件，其作業屬於復原行動(recovery action)。

(6) 加拿大再取出技術方案探討：

依據NWMO在2016年提出的結晶岩與沉積岩深層處置概念設計，第7章為廢棄物罐再取出(NWMO, 2016)，區分為建立目標廢棄物罐之通道、廢棄物罐再取出2部分，作業方法如下：

- 建立目標廢棄物罐之通道：包括混凝土封塞移除、處置隧道密封段移除、間隔塊體移除、填縫材料移除。
- 廢棄物罐再取出：廢棄物罐再取出採用置放作業的反向程序，但需考慮是否有持續的輻射屏蔽，允許在安全條件下，工作人員可位於處置隧道外，採遙控方式，以類似置放廢棄物罐的機具，連續不斷地進行再取出作業。



資訊來源：NAGRA, 2002

圖 3-2：瑞士廢棄物罐再取出作業流程

3.4 再取出其他議題的討論

本節討論放射性廢棄物處置後再取出的議題，通過這些議題，思索可供國內參考的作為或具體措施。

(1) 深孔處置(Deep Borehole Disposal, DBD)的再取出：

我國處置計畫面臨困境，主要來自公眾的反對聲浪，處置場址的選擇，近年更是一籌莫展。如何有效說服並證明最終處置設施與場址的安全性，一再都是溝通的重點。面對民眾對安全性的質疑，有學者認為深孔處置安全性高、成本較低且選址較容易，

有利於形成社會共識，並且也有國內專家建議將深孔處置明確納入深層地質處置範疇(楊樹榮等，2023)。惟我國法規訂有「高放處置設施之設計，應確保高放射性廢棄物放置後五十年內可安全取出」的規定。因此，也有深孔處置在國內不可能實現的聲音出現。

確實，再取出的規定讓深孔處置的發展埋上陰影，但是美國加州一家名為“深層隔離(Deep Isolation, DI)”的私營公司，認為深孔處置不存在這樣的問題，因為石油和天然氣產業每天都會從鑽孔中取出物體，而且有無數標準化的工具可以完成再取出的工作，並且可以針對核廢棄物的回收進行客製化。為此，2018年11月，該公司進行第一次的現地實驗，在包括美國能源部(DOE)、核能、石油與天然氣行業等專業人士、投資者、環保人士以及公民在內的40多名觀察員見證下，成功地將一個核廢棄物原型罐放置在地下數百公尺處，並將其回收；2023年2月，該公司進行第2次現地實驗，目的是評估和驗證與壓力驅動提升設備和廢棄物罐轉接器之間接觸相關的廢棄物罐設計，確保將廢棄物罐移動到並從鑽機平台上排除任何困難。

越來越多的國家投入深孔處置的研究，例如英國的深孔處置合適性研究、挪威與芬蘭的合作組織GeoReN (Geological Repositories for Norway)共同開發深孔處置概念等，對此，國內必須有所準備以面對相關的議題，其中關於深孔處置的再取出議題，甚至已經有專業公司投入現地實驗與設備研究，值得注意後續發展。

(2) 再取出與處置計畫的推動

地質處置計畫再取出的概念與社會溝通密切相關，許多國際實例證明此設計有助於增進公眾信任(NEA/RWM, 2011、NEA,

2020)。

- 法國的 CIGEO 深層地質處置計畫中，法國國家放射性廢棄物管理機構(ANDRA)採用「逐步實施」的處置方法，允許在處置場運轉階段內進行再取出。這種設計不僅滿足技術要求，也回應了社會對於不確定性的關切，讓公眾覺得在未來技術進步或環境需求改變時，處置計畫仍有調整空間。
- 瑞典的放射性廢料管理公司(SKB)在其地質處置設計中將再取出功能作為安全設計的組成部分，並通過公眾諮詢與當地社區充分溝通此功能。SKB 在與當地居民互動時，強調再取出功能作為安全性與可逆性的保障措施，藉此增強社區對處置場的信任與接受度。
- 芬蘭的 ONKALO 處置設施，負責管理的 Posiva 公司強調再取出作為一種預防措施，並通過社區會議、文件公佈、現場參觀等方式進行透明的公眾溝通。這種「可取出」的設計加強了公眾的信賴，讓他們知道若有需要未來還是可以進行廢棄物回收。
- 歐盟的 EURAD 計畫也鼓勵在放射性廢棄物管理中引入再取出功能，並透過「逐步、可逆」的方式進行處置。歐盟的 Aarhus 公約推動資訊公開與公眾參與，讓再取出成為透明性與靈活性的象徵，符合民眾對於未來選擇的需求。

這些國際經驗表明，再取出設計在技術與公眾溝通上起到橋樑作用，不僅可以確保處置的安全性，也讓公眾覺得有機會參與並影響未來的決策。

(3) 德國再取出執行案例說明

2020年3月27日，德國放射性廢棄物處置專責機構聯邦放射性

廢棄物公司(BGE)發布Asse II處置場低放射性廢棄物再取出計畫。計畫中說明再取出作業程序與後續處理措施(包含新建貯存設施)，以及預定於2033年開始的時程表與經費估算。BGE取得新建設施用地，並展開跟管制機關與公眾的溝通，以完善計畫。Asse II再回收的廢棄物，可能會併同選址中的高放廢棄物處置場一起處置，同時再取出後，將進行Asse II的除役。

Asse II處置場低放射性廢棄物再取出計畫的相關資訊如下，其中的一些作業準備與規定，值得參考。

- 再取出原因：1967 年至 1978 年期間，德國在 Asse II 處置場中，進行低與中放射性廢棄物實驗性處置，目的是驗證放射性廢棄物的處置情況。此後，由於地下水的流入，不能確保岩鹽處置坑道的穩定性。因此決定再取出放射性廢棄物。
- 背景：Asse II 處置場，過去在 511 公尺、725 公尺和 750 公尺深度附近的 13 個處置室中，共處置約 47,000 立方公尺的放射性廢棄物。估計將取出最大約為 100,000 立方公尺的的廢棄物與周圍受污染的岩鹽碎屑。
- 作業規畫：BGE 規劃在現有處置場東側建造一個新豎井及一條新的地下隧道進行作業。取出的廢棄物將在地表新建的廢棄物處理設施中進行處理與貯存，直到新的處置場開始運轉。
- 期程：BGE 規劃於 2023 年開始建造豎井。處理與貯存設施選址與興建後，規劃於 2033 年啟用。2033 年開始再回收作業，作業時間至少需數十年。
- 經費：從 2019 年開始直至 2033 年展開再取出作業，估計需經費約 33.5 億歐元。包含維護現有隧道 9 億歐元；建造新豎井 2 億歐元；其他地下設施 5 億歐元；建造地面廢棄物處理

設施 4.5 億歐元等。

3.5 國際資訊與管制建議研析

本節歸納各核能國家放射性廢棄物處置後再取出的相關考量、法規、具體措施，提出值得討論的議題、觀點，依據研析成果，提出可供國內參考的做法。

(1) 綜觀各國再取出的具體措施和實踐，有幾點值得注意：

- 各國在設計高放射性廢棄物處置場時，普遍採用多重障壁系統，包括工程障壁和天然障壁，這些設計不僅提高處置設施的長期安全性，還為再取出提供了技術可行性。例如，當廢棄物需要再取出時，可以逐步拆卸和移除每一層障壁，安全地接近並取出廢棄物；同時，多重障壁系統的設計本就是最大程度保護和隔離放射性廢棄物，這意味著在再取出過程中可以減少放射性物質由地下處置設施釋出，同時降低操作人員的輻射暴露。
- 長期監測和評估是確保再取出能力的重要措施。各國普遍要求在處置場運轉期間和封閉後，進行持續的環境監測，以評估處置場的狀態和安全性，並根據監測結果調整再取出策略。
- 各國在設計處置場時，普遍預留再取出所需的技術措施和設備。例如，預留再取出通道、使用可拆卸的回填材料，以及確保廢棄物罐和工程障壁的可操作性。

(2) 儘管放射性廢棄物再取出在理論上和技術上是可行的，但實際操作中仍可能面臨諸多挑戰：

- 深地質處置設施通常位於地下深處，放射性廢棄物再取出需要克服巨大的技術難題，包括鑽探、挖掘和安全運輸等。
- 放射性廢棄物再取出的成本可能非常高，包括技術開發、設

備製造、操作過程和後續處理等方面的費用，在實施前需要在經濟上進行權衡和評估。

- 再取出過程中需要嚴格控制安全風險，防止放射性物質洩漏和環境污染，這需要高水準的技術和操作規範。

(3) 再取出議題之管制建議：

我國用過核子燃料最終處置有關再取出的管制條文，僅出現在「高放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」第 11 條：高放處置設施之設計，應確保高放射性廢棄物放置後五十年內可安全取出。參考本章各國再取出法規探討、技術發展以及有關議題的討論，提出以下幾點建議供管制機關研參。

- 加強再取出論述：各國處置計畫再取出的功能或設計，均有其目的，例如，廢棄物置放後的安全考量、保留處置計畫變更的餘裕，或是民眾溝通。雖然我國處置計畫保留再取出的選項仍可以達成上述目的，惟對於管制機關而言，仍宜提出完整論述說明管制機關對於這項保留設計的立場，展現放射性廢棄物管制機關為民眾安全考量的決心與信心。
- 再取出期程釐清：我國管制法規僅規定廢棄物放置後五十年內可安全取出，此段文字用字不夠精確，高放處置場的運轉階段在第 1 個廢棄罐開始置放，到最後 1 罐置放期間，可能長達數年，通常在這期間，廢棄物罐置放、處置坑開挖或回填作業可能都是同時進行的，所謂廢棄物放置後五十年，是從哪個時間段開始，應有清楚界定，例如英國與美國，都是第一個廢棄物罐置放後開始起算。此外，有些國家並不會特別規定再取出的時間限制，例如英國的管制立場就是廢棄物處置後直到處置場封閉這段期間，因為，處置場實際封閉後，

亦即所有對外聯絡通道都完全密封，此時若廢棄物再取出，必須花費更多的時間與費用。我國管制規定的放置後五十年，是否有考慮處置場的營運時間，這些都跟後續的再取出直接相關，例如英國處置場的運轉時間，依據處置廢棄物的估算，是 100 年；法國則採逐步實施的處置方法，允許在處置場運轉期間內進行再取出，這些都會影響既定的時間(如果有規定)。

- 制定再取出計畫：無論基於怎樣的理由，處置後廢棄物的再取出過程，牽涉許多的技術與作業細節，例如再取出的廢棄物如何安全貯存，可能受到污染的周圍物件如何處置，開挖後棄土位置的選擇，以及如何避免處置場正在進行的處置作業(如果在運轉期間再取出)，這些種種都必須要求作業單位提出詳細的再取出計畫。為此，管制機關應與作業單位充分溝通，提出民眾認可的管制需求，而各項再取出可能衍生的額外安全需求，也須事前告知，包括再取出作業的申請與核可，也是管制機關必須考慮的項目。

放射性廢棄物處置後再取出是一項複雜且多層面的任務，各國在法規要求和實際做法中均體現了對這一問題的高度重視。而再取出的能力不僅提供了技術和管理的靈活性，還體現了對公眾安全、環境保護和社會責任的高度重視。然而，實際操作中需要平衡技術難度、經濟成本和安全風險，確保這一過程在可控和安全的前提下進行。

綜上所述，通過多重障壁系統設計、長期監測和評估以及技術預留和可逆性設計，各國努力確保放射性廢棄物處置的安全性和靈活性，以應對未來可能的技術進步、政策變化和社會需求。

4. 蒐集國際資訊以研議我國聯合公約報告書精進內容

依據本計畫「工作項目 3. 蒐集國際資訊以研議我國『用過核子燃料與放射性廢棄物管理安全聯合公約』聯合公約報告書精進內容」，進行相關資訊蒐整研析工作，並針對我國因應之國家報告書之進版予以妥適彙編。國際原子能總署(IAEA)「用過核子燃料與放射性廢棄物管理安全聯合公約」於 1997 年 9 月 29 日開放簽署，2001 年 6 月 18 日正式生效。聯合公約第 32 條要求每一締約方，每三年須提交其用過核子燃料與放射性廢棄物管理國家報告書。

我國雖然不是此聯合公約之締約方，但是依據「放射性物料管理法」第 17 條之規定，亦致力遵循相關國際公約之要求，故定期提出國家報告書，其格式和架構均遵照 IAEA INFCIRC/604「國家報告書之格式和架構指引」最新版之要求，並遵循此公約之義務，邀請聯合公約締約方之友好國家，協助進行同儕審查。

本章分別說明聯合公約背景資訊、格式與架構研析、國家報告書資訊蒐整及我國國家報告書草案編定等，針對核能先進國家的相關具體作法與優良實務經驗進行資訊蒐整與研析，以回饋國際經驗，提升我國安全管制技術能力。

4.1 聯合公約背景說明

本節依據國際原子能總署聯合公約文宣手冊(IAEA, 2023)說明聯合公約背景資訊，包含發展沿革與現況、目的、適用範疇、條文架構與概要、國家報告提報與審議、國家報告架構與內容要求等。另亦針對核能發電國家提報新版(2024 年版)聯合公約國家報告的網路資訊搜尋結果進行說明。

(1) 緣起及目標

國際原子能總署(IAEA)「用過核子燃料與放射性廢棄物管理安全聯合公約」(IAEA, 1997)於 1997 年 9 月 29 日開放簽署，並續於 2001 年 6 月 18 日正式生效。依據聯合公約內容，主要目標為：

- 在世界範圍內達成與維持用過核子燃料和放射性廢棄物管理方面的高水準安全
- 確保在相關作業中落實防患潛在危害的有效防禦措施
- 防止在用過核子燃料或放射性廢棄物管理的任何階段有放射性後果的事故發生，及一旦發生事故時可減輕事故後果。

(2) 適用範圍

依據聯合公約，適用之範疇涵蓋如下：

- 於商業核子反應器運轉產生的用過核子燃料
- 民生應用產生的放射性廢棄物
- 鈾礦開採冶煉之廢棄物
- 受管制輻射作業所排放的放射性廢棄物
- 密封廢射源等的管理

但不適用於國防工業用過核子燃料與放射性廢棄物的管理。

(3) 聯合公約架構

聯合公約包含兩項主題：「用過核子燃料安全管理」與「放射性廢棄物安全管理」，其內容分為 7 章共 44 條，主要架構如下：

第 1 章：目標、定義與適用範圍(第 1 條至第 3 條)

第 2 章：用過核子燃料管理之安全性(第 4 條至第 10 條)

第 3 章：放射性廢棄物管理之安全性(第 11 條至第 17 條)

第 4 章：一般安全規定(第 18 條至第 26 條)

第 5 章：其他規定(第 27 條和第 28 條)

第 6 章：簽約團體會議(第 29 條至第 37 條)

第 7 章：最終條款和其他規定(第 38 條至第 44 條)

(4) 主要內容

- 具體安全規定：聯合公約第 2 章及第 3 章要求各簽約國應分別依用過核子燃料管理與放射性廢棄物管理，於國家報告書中說明各國相關資訊，包括一般安全要求、已存在的設施、擬議中設施的選址、設施的設計和建造、設施的安全評估、設施的運轉作業、用過核子燃料的處置與放射性廢棄物處置設施封閉後的監管措施。
- 一般安全規定：聯合公約第 4 章要求各簽約國應於國家報告書中，說明各國下列相關管理措施資訊，包括法令與管理體系、管制機構，以及執照持有者的責任、人力與財務資源、品質保證、運轉的輻射防護、緊急應變整備、除役等。
- 其他規定：聯合公約第 5 章要求各簽約國應於國家報告書中，說明跨越國界運輸與密封廢射源管理情況。
- 國際同儕審查會議：聯合公約規定各簽約國應每三年提出國家報告並進行國際同儕審查。國際同儕審查會議由國際原子能總署秘書處負責籌辦事宜。

(5) 運作方式

聯合公約屬於鼓勵性質的公約，該公約尋求藉由每三年一次的國際同儕審查會議促進國際成功經驗的交流，實現用過核子燃料與放射性廢棄物管理的高水準安全。具體運作方式由國際原子能總秘書處編定相關作業導則提供各國參考，包含議事規則與財務規則、國家報告書提送與國際同儕審查會議程序、國家報告書格式等。締約國必須每三年提報國家報告書(2017/2020/2024)並於

次年召開國際同儕審查會議(註：原訂 2021 年第 7 次審查會議因 COVID-19 疫情延至 2022 年 6 月舉行)，說明為了履行聯合公約各項要求所採取的措施，且必須派員自費參加國際同儕審查會議。

(6) 國際同儕審查過程

聯合公約締約國應於國際原子能總署規定期限前，每次會議前 7 個月(NEA, 2023a)，本次為 2024 年 8 月 16 日前提出國家報告書初稿，由國際原子能總署交由其他締約國審查。各簽約國彼此就審查意見與問題答復進行書面交流(本次為 2024 年 12 月 17 日至 2025 年 2 月 17 日)。最後，在國際原子能總署舉辦之國際同儕審查會議期間(本次為 2025 年 3 月 17 日起)，各締約國須介紹與討論其國家報告書內容。聯合公約國家報告書國際同儕審查會議辦理方式參見圖 4-1。

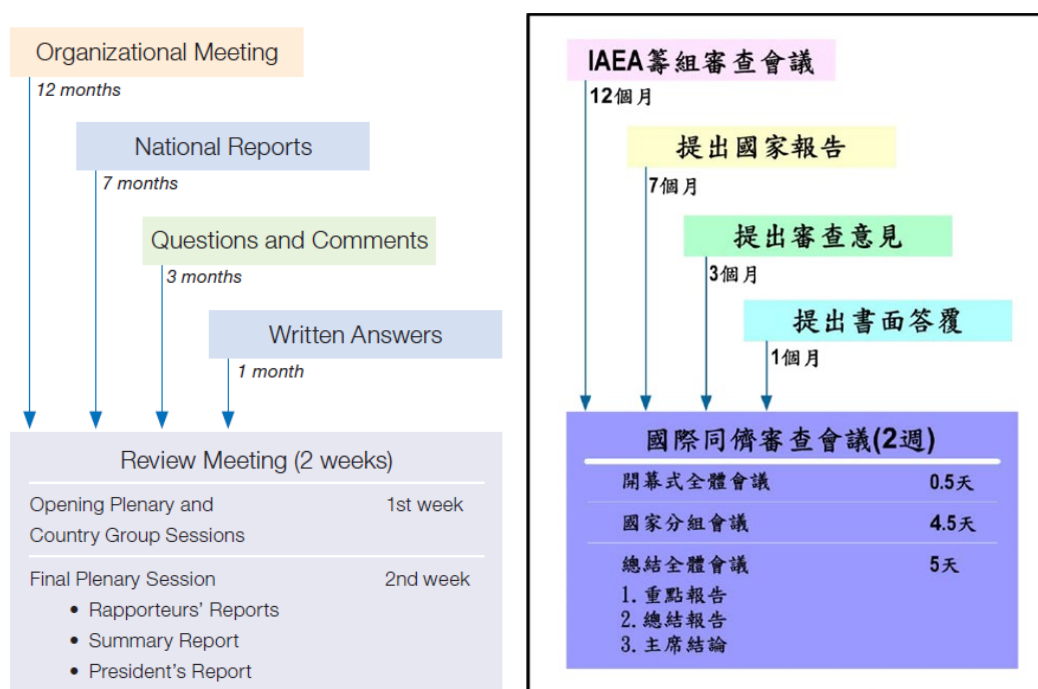


圖 4-1：聯合公約國家報告國際同儕審查會議辦理方式

(7) 現況

聯合公約於 2001 年生效後，於 2003 年 11 月辦理第 1 次國際同儕審查會議，之後分別於 2006 年、2009 年、2012 年、2015 年、2018 年、2022 年，以及預計 2025 年辦理國際同儕審查會議，會議地點均為國際原子能總署總部所在地的奧地利維也納。聯合公約迄 2023 年 11 月 21 日已獲得 90 個國家/國際機構簽署或核准(IAEA, 2023b)。自 2015 年第 5 次會議之後新增 9 國簽署聯合公約，分別為博茨瓦納、古巴、約旦、賴索托、馬達加斯加、墨西哥(核能發電國家)、尼日、秘魯及塞爾維亞。第 6 次會議於 2018 年 5 月 21 日至 6 月 1 日止舉行，為期兩週。78 個簽約團體共有約 850 人與會(IAEA, 2018)。依議程第一週各國就國家報告內容提出說明，並著重討論挑戰、建議、良好的實務作法與績效等；第二週則聚焦於審查的結論，以凝聚國際共識。會議亦規劃兩項討論主題：(A)廢射源安全管理的近期發展與挑戰相關議題；及(B)高放射性廢棄物貯存與處置設施一般安全、挑戰、與公眾接受度相關議題。

自 2018 年第 6 次會議之後新增 10 國簽署聯合公約，第 7 次會議原定於 2021 年舉行，但由於 COVID-19 大流行，延至 2022 年 6 月 27 日至 7 月 8 日止舉行，為期兩週。76 個締約團體共約 750 人與會(IAEA, 2022a)，履行聯合公約最重要的義務，即進行有效、嚴格和透明的同儕審查，並共同決議第 8 次會議將於 114 年 3 月 17 日召開。據此各締約國於 2024 年 8 月 16 日提出下一版次國家報告書初稿(IAEA, 2022b)。依據第 7 次審議會議摘要報告，經各締約國同意為落實下列四項議題，應酌情闡述而採取實際措施，以供第 8 次會議討論：

(A) 用過核子燃料與放射性廢棄物管理計畫中，與時程規劃相關

的執行能力及人力設備配置；

(B) 用過核子燃料與放射性廢棄物管理計畫的包容性公眾參與；

(C) 用過核子燃料與放射性廢棄物包封和設施(因考量長期貯存)的老化管理；及

(D) 密封廢射源的長期管理，包括可持續選擇的區域及跨國解決方案。

(8) 國家報告書架構

簽約國除應遵守國際原子能總署所制定的相關規範外，亦有義務每三年提出國家報告書，說明該國落實相關規定的措施。國家報告書的架構與內容係依據國際原子能總署發布「國家報告書之格式和架構指引」(文件版次 INFCIRC/604/Rev.5)撰寫(IAEA, 2024h)，共包含 12 節(參見表 4-1)，涵蓋各國進行用過核子燃料與放射性廢棄物安全管理的重要事項。

表 4-1：國家報告書章節架構與聯合公約要求條文之對應表

國家報告書章節架構	聯合公約要求條文
第一章 前言	
第二章 政策和實務措施	第 32 條第 1 項
第三章 適用範疇	第 3 條
第四章 存量清單與列表	第 32 條第 2 項
第五章 法令和管制體系	第 18~20 條
第六章 其他一般安全規定	第 21~26 條
第七章 用過核子燃料之管理安全	第 4~10 條
第八章 放射性廢棄物之管理安全	第 11~17 條
第九章 跨國界運輸	第 27 條
第十章 密封廢射源	第 28 條
第十一章 增進安全的一般努力	
第十二章 附件	

資料來源：IAEA, 2024h

4.2 國家報告書格式與架構研析

國際原子能總署為敦促聯合國各會員國致力加強放射性廢棄物管理措施，倡議推動「用過核子燃料管理安全及放射性廢棄物管理安全聯合公約」。聯合公約的締約參與國家除了應遵守國際原子能總署所制定的相關規範外，亦有義務每三年提出聯合公約國家報告書，說明該國履行公約的執行現況。國家報告書的架構與內容係依據國際原子能總署最新發布的「國家報告書格式與架構指引」撰寫，內容應包含 12 節(參見表 4-2)，涵蓋各國進行放射性廢棄物安全管理的重要事項。

表 4-2：聯合公約國家報告書架構

節次	節名
A	前言(Introduction)
B	政策與實務措施(Policies and Practices)
C	適用範疇(Scope of Application)
D	存量清單與列表(Inventories and Lists)
E	法令與管制體系(Legislative and Regulatory System)
F	其他一般安全規定(Other General Safety Provisions)
G	用過核子燃料之管理安全(Safety of Spent Fuel Management)
H	放射性廢棄物之管理安全(Safety of Radioactive Waste Management)
I	跨國界運輸(Transboundary Movement)
J	密封廢射源(Disused Sealed Sources)
K	增進安全的一般努力(General Efforts to Improve Safety)
L	附件(Annexes)

資料來源：IAEA, 2024h

4.2.1 國家報告書格式與架構指引之版次差異比對

國際原子能總署於2002年發布「國家報告書格式與架構指引(INFCIRC/604)」做為各國編撰聯合公約國家報告書之參考。該指

引後續共進行五次的改版修訂。各版次發布時間如下：

- 2002 年 7 月首次發布。
- 2006 年 7 月發布修訂一版(Rev.1) (IAEA, 2006)。
- 2012 年 9 月發布修訂二版(Rev.2) (IAEA, 2012)。
- 2014 年 12 月發布修訂三版(Rev.3)(IAEA, 2014)。
- 2023 年 1 月發布修訂四版(Rev.4)(IAEA, 2023c)。
- 2024 年 10 月發布修訂五版(Rev.5)(IAEA, 2024h)

經比對各版次修訂的內容，彙整結果如表 4-3 所示。

表 4-3：國家報告書格式指引各版次修訂內容重點摘要表

版次	條次	原條文	新條文
修訂一版	II.一般規定 第 11 條	無	國家報告書應包含可供報告員在國家審議期間使用的概述性綜覽表。格式和定義應由各締約方商定。
修訂二版	III.建議的國家報告書格式與架構 第 J 節.密封廢射源 第 33 條	鼓勵每一締約方報告其是否允許密封廢射源重返其本國領土，以退回製造商。	本節應全面敘述有關管理密封廢射源的法律和管制體系，包括以下問題： — 國家法律體系內密封廢射源的狀況； — 管理密封廢射源的國家策略，包括密封射源製造商、供應商、所有者和使用者對其壽期內未善盡管理的法律責任； — 對於密封射源供應商目前或以往所屬的國家； • 關於密封廢射源重返其境內以返還有資格接收和持有該密封廢射源的製造商的體系； • 來自外國的被認為具有本國來源密封射源的回取方案(若有)。
修訂三版	II.一般規定 第 6 條	國家報告書應包含內容，說明該締約方從上次審議	刪除

		會議中有關討論其國家報告的結論。應詳述討論內容及與其他締約方作法的比較，且應說明： (a)目前作法的主要特點； (b)需要改進的領域和將來面臨的重大挑戰。	
III.建議的國家報告書格式和結構 第 14 條	無	國際原子能總署的安全標準特別是「安全基本原理」和「安全要求」可提供建構高水準安全性的基礎，具有客觀性、透明性和技術中立性，對如何履行公約義務提供重要的指導。在說明履行公約義務時，可援引「安全基本原理」和「安全要求」的規定。	
III.建議的國家報告書格式與架構 第 E 節.立法和管制體系 第 23 條	本節應概述立法和管制體系，包括有關用過核子燃料管理和放射性廢棄物管理的國家安全要求、執照審核制度、檢查、評估和執行過程，以及責任的劃分。亦應敘述在決定是否把某些放射性物質定義為放射性廢棄物時所考慮的因素。在第一版國家報告書中，本節應盡可能詳細。必要時可在後續國家報告書中加以修訂。	本節應概述立法和管制體系，包括有關用過核子燃料管理和放射性廢棄物管理的國家安全要求、執照審核制度、檢查、評估和執行過程，以及責任的劃分。 <u>確保管制職能有效獨立於用過核子燃料管理和放射性廢棄物管理的措施外；應採取行動加強管制活動在公眾溝通時的透明度。</u> 亦應敘述在決定是否把某些放射性物質定義為放射性廢棄物時所考慮的因素。在第一版國家報告書中，本節應盡可能詳細。必要時可在後續國家報告書中加以修訂。	
III.建議的國家報告書格式與架構 第 K 節.為加強安全所作的一般努力	規劃執行的安全改進活動	為加強安全所做的一般努力。	
III.建議的國	無	本節亦應概述：	

	家報告書 格式與架 構 第 K 節.為加強 安全所作的 一般努力 第 35 條		(a)為處理以往審議會議確 定的“建議和挑戰”所 採取的措施； (b)其當前實施的主要特 點、可能的改進領域、 締約方確定自身面臨 的主要挑戰以及締約 方規劃如何處理這些 問題。
	III.建議的國 家報告書 格式與架 構 第 K 節.為加強 安全所作的 一般努力 第 36 條	無	本節應： —對於正在接待、曾經接 待過或正計畫接待國 際同儕審查小組訪問 和後續小組訪問的國 家，敘述對這種同儕審 查小組訪問的政策、計 畫和時間安排； —納入締約方為自願公開 關於其國際同儕審查 小組訪問情況的報告， 所採取之措施。
	III.建議的國 家報告書 格式與架 構 第 K 節 為加 強安全所作 的一般努力 第 37 條	無	本節應載列為加強履行公 約義務相關資料公開性和 透明度所採取之行動。
	國家報告書格 式與架構指引 的附件：自願 公開相關資訊 方面的實施	無	審議過程中，為使締約方 能取得他國感興趣的透明 資訊，故鼓勵締約方在自 願基礎上實施以下措施： (1)鼓勵締約方公開其根據 公約第 32 條規定提交 的國家報告書或報告 摘要。尤其建議將國家 報告書或摘要置於網 路，讓感興趣者更方便 獲得這些資料。 (2)亦鼓勵締約方公開在根 據公約第 30 條第(3)項 進行的審議過程中，從

			其他締約方接受問題和意見，包括回答這些問題和意見的答覆，或提供答覆的摘要，且不顯示提交問題或意見的締約方名稱。 (3)締約方的國家報告書在公開發表時，也可用於其他目的之資料來源。這些報告條理清晰地提供相關國家的用過核子燃料管理安全和放射性廢棄物管理安全的綜合資料。故許多國家將此資料用於人員訓練。
修訂 四版	II.一般規定 第 4 條	無	每份國家報告書當酌情： (g)標示與前版國家報告書重大差異之處。
	II.一般規定 第 10 條	為便於實際處理國家報告，鼓勵締約方將其作為一份單一的合訂檔來提交，其中包括主報告及所有附件；此外，如果所有國家報告書都能採用共同的單一格式（如已廣泛採用的 297×210 公釐）提供，將會提供很大的便利性。	刪除
	II.一般規定 第 11 條	每份國家報告書都應包括一個提供報告員於國家組審查期間使用的概述性矩陣圖。格式和定義應由各締約方商定。	每份國家報告書都應包括一個提供報告員於國家組審查期間使用的概述性矩陣圖。格式和定義已由各締約方商定。
	附件 國家報告書的格式和結構細則： 公開提供資料方面的實踐	無	除非有關締約方另行通知秘書處，否則秘書處將在審議會議後 90 天內公開將各國家報告書上傳至聯合公約官網。
		鼓勵締約方公開其根據公約第 32 條規定提交的國家報告書或摘要報告。 <u>尤其是，建議將國家報告書或摘要報告公開上網，使感興趣者更方便獲取資</u>	鼓勵締約方公開其根據公約第 32 條規定提交的國家報告書或摘要報告。

		料。	
		鼓勵締約方公開在根據公約第 30 條第 3 款進行的審議過程中從其他締約方收到的問題和意見，包括對問題和意見的答覆，或這些答覆的摘要，同時不指明提交問題或意見的締約方名稱。	公開在審議過程中從其他締約方收到的問題和意見，包括對問題和意見的答覆，或這些答覆的摘要，同時不指明提交問題或意見的締約方名稱。
修訂五版	III.建議的國家報告書格式與架構 第 A 節 前言 第 14 條	本節應包括報告的一般性前言、對主要安全問題和報告主要題目的綜述，還要提到締約方希望提出但在該報告書其他地方未予涉及的任何事項。	新增：本節應包括第 11 章所討論事項的概述，例如建議、挑戰、良好績效領域以及建議的良好實踐。
	III.建議的國家報告書格式與架構 第 K 節改善安全的一般努力 第 34 條	本節還應概述： (a)為處理以往審議會議確定的建議和挑戰所採取的措施； (b)其當前實踐的主要特點、可能的改進領域、締約方確定的自身面臨的主要挑戰以及締約方計畫如何處理這些問題。	新增：(c)締約方應總結所提議的任何實踐、政策或計畫，並將其提交給國家組進行考量，獲得國家組認可，作為「良好實踐」。同時，締約方必須具體說明這些實踐、政策或計畫如何滿足良好實踐的所有要素，並證明符合國家組對良好實踐的認可標準。

資料來源：IAEA, 2002; 2006; 2012; 2014; 2023c; 2024h

4.2.2 國家報告書格式與架構指引歷次改版之修訂重點

最新版次的國家報告書格式與架構指引(INFCIRC/604/Rev.5)

經與前兩版次(Rev.3 及 Rev.4)條文內容進行比對，結果原則一致，均較前版次新增兩處內容，分別整理說明如下：

- (1) 第四版與第三版差異(Rev.4 & Rev.3)：「有關 II.一般規定第 4 條」，增加(g)提醒各別國家報告書當酌情標示相較於前版次重大差異處。另外，最後於「附件」，增列「除非有締約方另行通知秘書處，否則將於審議會議後 90 天內於聯合公約官網公告」。
- (2) 第五版與第四版差異(Rev.5 & Rev.4)：

- (A) 有關 III.建議的國家報告書格式與架構第 A 節第 14 條：除原有條文「本節應包括報告的一般性前言、對主要安全問題和報告主要議題的綜述，還要提到締約方希望提出但該報告其他地方未予涉及的任何事項」，新增「本節應包括第 11 章所討論事項的概述，例如建議、挑戰、良好績效領域以及建議的良好實踐」。
- (B) 有關 III.建議的國家報告書格式與架構第 K 節第 34 條：除原有條文「(a)為處理以往審議會議確定的建議和挑戰所採取的措施；(b)其當前實踐的主要特點、可能的改進領域、締約方確定的自身面臨的主要挑戰以及締約方計畫如何處理這些問題」，新增「(c)締約方應總結所提議的任何實踐、政策或計畫，並將其提交給國家組進行考量，獲得國家組認可，作為良好實踐。同時，締約方必須具體說明這些實踐、政策或計畫如何滿足良好實踐的所有要素，並證明符合國家組對良好實踐的認可標準」。

4.3 聯合公約締約國最新版國家報告書資訊蒐整與研析

各國的聯合公約國家報告書係以中央政府或主管部會的立場提出，因此具有官方性與全面性意義。而國家報告書的內容研析，將有助於瞭解各國的具體措施與實務經驗，進而可歸納出國際上具有優良實務經驗的共通作法與趨勢脈絡，以利國內各界參考。

本計畫針對核能發電國家發布的 2020 年版與 2024 年版國家報告書進行蒐整與研析，以協助核安會掌握國際動態。鑒於各國發布的聯合公約國家報告書內容龐大，為使研究聚焦有效率，故以核能發電國家為研究範疇，依據國際原子能總署「發電核子反應器資訊系統(PRIS)」(IAEA, 2023d)所列之 38 個核能發電國家。

依據國際原子能總署(IAEA)2023 年 9 月發布的「聯合公約通訊(Joint Convention Newsletter)」第 10 期(IAEA, 2023e)指出聯合公約簽約國應於2024 年 8 月 16 日前提出國家報告書初稿(目前 IAEA 聯合公約官網尚未公布，應由秘書處彙整中)，並預計於 2025 年 3 月 17 日第 8 次審議會議召開前接受各國公開評議並答復意見。

4.4 我國 2024 年版國家報告書草案編定

本章說明依據我國 2020 年版國家報告書，更新我國近期安全管理措施資訊，編寫完成我國 2024 年國家報告書中文版草案之過程，並提出修訂重點對照如表 4-4 所示。

整體而言，除了文字潤飾、資訊的補充與更新/更正外，刪除了部分 2020 年版過往歷史的論述，以使報告內容更為簡明扼要。報告架構維持二階架構及章節內容簡明，並遵循最新版次格式與架構指引(INFCIRC/604/Rev.5)，第 1 章「前言」新增第 1.4 節「提升安全之措施與挑戰」摘述第 11 章「增進安全的一般努力」之內容，其中「組織改造與成立專案辦公室」依現況更新現行政策及相關措施。

表 4-4：2024 年版國家報告書修訂重點對照表

2024 年版章次	修訂重點	說明
封面封底	• 變更設計圖案	• 新版需求
目錄	• 章節維持二階架構，符合最新版次格式與架構指引(INFCIRC/604/Rev.5)	• 維持架構，符合國際慣例
1.前言	• 增加第 1.4 節「提升安全之措施與挑戰」摘述第 11 章「增進安全的一般努力」內容	• 符合格式要求 • 符合國際慣例
2.政策與實務	• 依據政策及執行現況修訂	• 補充放射性廢棄物之外釋規定
3.適用範疇	• 文字潤飾修訂	• 潤飾內文
4.存量與清單	• 依各單位提報之運轉年報更新設施與作業現況 • 更新存量資訊	• 更新資訊 • 更新資訊

5.法令與管制系統	• 增列相關法規命令及行政規則發布與修正說明 • 更新核安會組織資訊 • 修正核安會施政目標	• 補充資訊 • 更新資訊 • 補充資訊
6.其他一般安全規定	• 增補放射性廢棄物處理及貯存設施運轉執照資訊 • 增補全國與核子設施環境輻射監測資訊 • 增補放射性廢棄物異常事故應變演練資訊 • 增補強化保安與保防活動資訊 • 增補除役外釋管制、除役計畫審查、除役作業管制、小產源放射性廢棄物產生單位設施除役資訊	• 補充資訊 • 補充資訊 • 補充資訊 • 補充資訊 • 補充資訊
7.用過核子燃料管理安全	• 更新乾式貯存及高放射性廢棄物處置計畫執行進展及重要資訊	• 更新資訊
8.放射性廢棄物管理安全	• 更新低放(蘭嶼)貯存設施及低放射性廢棄物處置計畫資訊 • 補充行政院非核家園推動專案小組研議中期暫時貯存設施及強化社會溝通資訊	• 更新資訊 • 補充資訊
9.跨國轉移	• 文字潤飾修訂	• 潤飾內文
10.密封廢射源	• 修正現有密封廢射源數量資訊	• 更新資訊
11.增進安全的一般努力	• 更新組織改造與成立專案辦公室、強化公眾參與及落實資訊透明 • 更新促進國際合作與技術交流、前版國家報告書國際同儕審查建議之改進措施、未來的挑戰與未來促進安全之規劃	• 依國情狀況說明公眾溝通的努力 • 補充國際交流與前版改進措施
12.附件	• 更新相關法規現況資訊	• 更新資訊

4.4.1 更新資訊之參考與引用文件

我國 2024 年版國家報告書的編撰方式係以 2020 年版為基礎，再增補民國 109 年 1 月 1 日至 113 年 6 月 30 日期間相關的管制/管理措施與成果資訊為原則。

編撰過程間亦配合前述對於各核能發電國家所發布國家報告書之研析，吸收各國編撰方式的優缺點，以強化我國報告書的品質。本報告所增補的更新資訊，其來源包括核安會官網發布的年報、績效報告及施政計畫、歷次重要輿情回應、全民參與事務諮詢、資訊公開及

公眾參與等焦點專區、原子能科普及核安演習活動報導，以及國際合作重要交流活動等；核安會對於處理與貯存設施，及處置計畫的管制資訊；各營運單位提報的營運管理年報、安全分析報告與台電公司處置計畫成果報告；台電核能後端營運官網等。相關引用資料，並進行必要的查證，儘可能確保其正確性與一致性。

4.4.2 新版國家報告書編修與審議過程

2024 年版國家報告書內容之資訊蒐集與編審作業分工如圖 4-2 所示。本案於民國 113 年 5 月 30 日由核安會邀集台電公司、清華大學、國原院等相關單位召開第一次審議會議。會議說明作業分工及期程，請各相關單位協助以 2020 年版國家報告書為基礎，更新補充並提供意見(初稿 1.0 版)。經蒐整各單位回復意見，由國原院統籌彙編修訂後，於民國 113 年 8 月 2 日完成國家報告書初稿 1.1 版，並提請核安會於民國 113 年 8 月 28 日召開第二次編審會議，請各單位持續更新資料至 113 年 6 月止，文字說明可持續依現況修正，並由國原院持續進行彙編修訂。

核安會於民國 113 年 9 月 3 日召開內部審查會議，請核安會各組就其業務職掌提供編審意見。彙編內容更新後於 113 年 9 月 30 日修訂為 1.2 版，並提供核安會複審。核安會續於民國 113 年 10 月 21 日邀請經濟部能源署及國營司相關部會召開審查會議，進一步討論待釐清部分並諮詢意見。國原院於民國 113 年 11 月 15 日依計畫合約完成本報告書及國家報告書初稿 1.3 版，並依核安會意見持續修訂，民國 113 年 12 月 15 日前完成 2024 年版國家報告書定稿付梓。

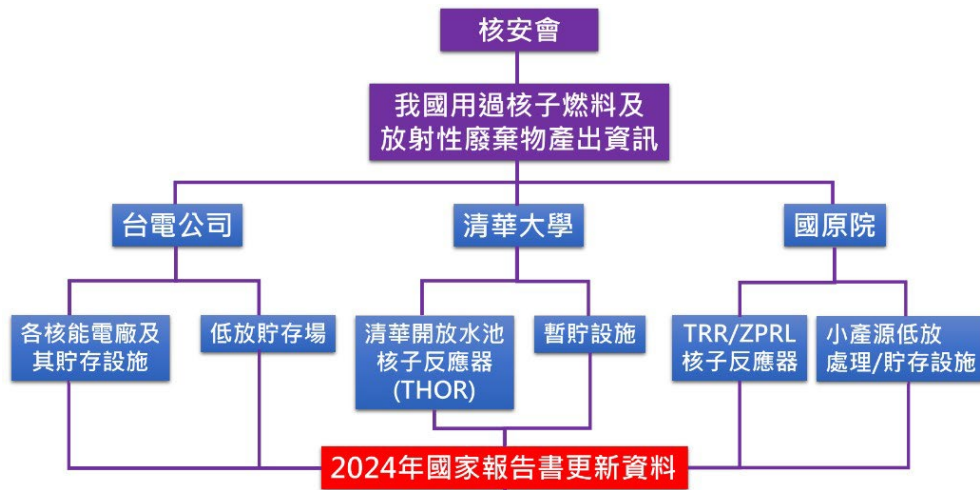


圖 4-2：2024 年版國家報告書內容之資訊蒐集與編審作業分工

5. 結論與建議

本章總結說明本專業服務勞務採購案成果之初步結論，並提出後續進一步進行研究發展之建議。

5.1 報告結論

本專業服務勞務採購案完成下列 3 項重要工作項目，並提出初步研析成果：

(1) 113 年放射性廢棄物管理及發展現況之國際資訊蒐整與研析

本期完成蒐整 2024 年 1 月至 10 月期間國際有關放射性廢棄物管理及發展狀況的重大新聞報導，共 120 則資訊表列如附錄 A，有關期間國際核能機構(IAEA 及 OECD/NEA)發布重要參考文獻共 24 篇亦臚列供參。其次，針對芬蘭用過核子燃料最終處置運轉執照申請作為管制個案進行重點摘述及安全管制研析。最後，亦就報告期間之國際動態資訊進行綜合討論，並分別以用過核子燃料及放射性廢棄物管理，以及用過核子燃料之運輸、貯存及處置等議題進一步彙整概述。

整體而言，以芬蘭的高放處置進展較為顯著，管制資訊當中述及管制機關 STUK 要求將最終處置場運轉執照申請案的審查期限延長至 2024 年底，該處置場為國際首例且倍受矚目，而經濟事務與就業部(MEAE)須獲得 STUK 審查認同其安全評估與意見，並提出正面安全聲明，方能做出核發運轉執照的最後決定。審查期程因故延期經查係因 STUK 需進一步評估該處置場長期安全性、工程屏障功能及環境影響監控等，以因應高放處置的長期風險。

該案例經安全管制各面向探討分析，同時輔以 STUK 每季對該處置設施的監督報告，確認其延長審查之必要性與適法性。

雖然 Posiva 目前計畫在處置場封閉之前將持續運轉 100 年至 2120 年代，然而，STUK 依其管制法規及安全考慮核發運轉執照之有效期限至 2070 年，並且 Posiva 於申請運轉期間，需依據核能法規規定，對封裝廠與處置場每 15 年進行一次安全評估，直到運轉執照終止。而其後 Posiva 仍需依循未來管制法規、安全運轉實績及最新技術等條件，再行向管制機關提出延長運轉執照之申請。芬蘭 Posiva 的處置作法亦是我國未來處置可能考慮的選項之一，故本運轉執照申請審核程序之案例經驗對我國具參考價值，並可作為國際最終處置安全評估審查之參考案例。

(2) 用過核子燃料最終處置再取出概念的國際資訊研析與管制建議

本期完成蒐整歸納瑞典、芬蘭、法國、瑞士、美國、加拿大等國際核能國家放射性廢棄物處置後再取出資訊與案例，包括相關考量、法規、具體措施，先行提出值得討論的議題、觀點，如各國再取出的具體措施的注意事項，以及實踐施作過程中可能面臨的挑戰。後續再於研析成果不斷累積過程中，逐漸凝成可供國內管制措施及研究發展參考的具體做法。

放射性廢棄物處置後再取出是一項複雜且多層面的任務，各國在法規要求和實際做法中均體現了對這一問題的高度重視。而再取出的能力不僅提供了技術和管理的靈活性，還體現了對公眾安全、環境保護和社會責任的高度重視。然而，實際操作中需要平衡技術難度、經濟成本和安全風險，確保這一過程在可控和安全的前提下進行。通過多重障壁系統設計、長期監測和評估以及

技術預留和可逆性設計，各國努力確保放射性廢棄物處置的安全性和靈活性，以應對未來可能的技術進步、政策變化和社會需求。

(3) 蒐集國際資訊以研議我國「用過核子燃料與放射性廢棄物管理安全聯合公約」聯合公約報告書精進內容

本期完成聯合公約背景調查及國家報告書改版作業程序之資料蒐集，其次完成「國家報告書格式與架構指引」版次差異比對，以及歷次改版之修訂重點研析。另外，已初步蒐集核能發電國家經第七次審議會議後發布的 2020 年版國家報告書共 73 國，有關各締約國提交之 2024 年版聯合公約國家報告書目前 IAEA 聯合公約官網尚未公布，刻由秘書處彙整作業中。

有關我國 2024 年版國家報告書中文版草案編定作業，由核安會於民國 113 年 5 月 30 日召集台電公司、清華大學、國原院等相關單位召開第一次審議會議，說明作業分工及期程，並請各相關單位協助增補民國 109 年 1 月 1 日至 113 年 6 月 30 日期間相關管制/管理措施與成果資訊(初稿 1.0 版)。經蒐整各單位回覆意見，並由國原院統籌彙編修訂後，於民國 113 年 8 月 6 日完成國家報告書初稿 1.1 版並提交核安會，該會續於民國 113 年 8 月 28 日召開第二次編審會議，請各單位持續更新資料至 113 年 6 月 30 日止，文字說明可持續依現況修正，並由國原院持續進行彙編修訂。

核安會於民國 113 年 9 月 3 日召開內部審查會議，請該會各組就其業務職掌提供審查意見，彙編更新後於 113 年 9 月 30 日進版為 1.2 版，並提供該會複審。核安會續於民國 113 年 10 月 21 日邀請經濟部能源署及國營司相關部會召開審查會議，進一步討論待釐清部分並諮詢意見。國原院於民國 113 年 11 月 15 日依計畫合約完成本報告書及國家報告書初稿 1.3 版，並將依核安會意見

持續修訂，民國 113 年 12 月 15 日前完成 2024 年版國家報告書定稿付梓。

5.2 心得建議

適時進行國際資訊之彙整更新，輔以重要案例研討與整體發展之趨勢分析，有利於放射性廢棄物管理與管制作業借鏡與掌握；我國用過核子燃料最終處置相關規定，有再取出議題研究之必要性，藉由國際相關法規與實務的資訊蒐集分析可回饋至管制面向之參考。我國雖非 IAEA 會員國，除對於國家報告書的編撰及提交相關國際同儕審閱亦有責任外，尚可反映我國在用過核子燃料與放射性廢棄物管理安全上致力遵循國際聯合公約的積極參與態度，以及忠實呈現核能發電及小產源相關單位與人員堅守崗位，維繫高水準安全投入的心力及貢獻。

參考文獻

1. 台灣電力公司，2019，用過核子燃料最終處置計畫書 (2018年修訂版)
2. 台灣電力公司，2023，用過核子燃料最終處置計畫書 (2022年修訂版)
3. 原能會，2017，國家報告書:依據「用過核子燃料管理安全與放射性廢棄物管理安全」聯合公約，行政院原子能委員會。
https://www.nusc.gov.tw/share/file/fcma/snQu1U~m1nCjXJh2QeZq4Q_.pdf
4. 原能會，2020，國家報告書:依據「用過核子燃料管理安全與放射性廢棄物管理安全」聯合公約，行政院原子能委員會。
https://www.nusc.gov.tw/share/file/fcma/4D3YLKuhn5~sIqUUHRwUIQ_.pdf
5. 紀立民、張福麟、黃智麟，2017，106 年放射性廢棄物處置管制技術國際動態與發展現況分析研究，放射性物料管理局委託研究計畫研究報告，106FCMA005。
6. 紀立民、林洺秀、楊進有，2020，109 年用過核子燃料與放射性廢棄物管理安全聯合公約國家報告書研析，放射性物料管理局委託研究計畫研究報告，109FCMA010。
7. 紀立民，2023，芬蘭高放處置場運轉執照申請案例經驗研析，國原院對內報告，INER-16893R。
8. 楊樹榮、楊長義，2023，112 年用過核子燃料最終處置設施安全分析之審驗與管制技術研究:期末報告，核能安全委員會委託研究計畫研究報告。
9. ANDRA, 2005, DOSSIER 2005 ARGILE - Architecture and Management of a Geological Repository.
10. ANDRA, 2006, The 2006 Programme Act on The Sustainable Management of Radioactive Materials and Wastes.
11. ANDRA, 2013, The Cigeo Project Meuse/Haute-Marne Reversible Geological Disposal Facility for Radioactive Waste.
12. Committee on Radioactive Waste Management (CoRWM), 2018, IMPLEMENTING GEOLOGICAL DISPOSAL – WORKING WITH

COMMUNITIES: An updated framework for the long-term management of higher activity radioactive waste.

13. ENSI, 2003, Nuclear Energy Act; Retrieved 2017/09/13 from <https://www.admin.ch/opc/en/classified-compilation/20010233/index.html>
14. Environment Agency and Northern Ireland Environment Agency, 2009. Geological Disposal Facilities on Land for Solid Radioactive Wastes: Guidance on Requirements for Authorisation.
15. IAEA, 1997, Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management, International Atomic Energy Agency.
<https://www.iaea.org/sites/default/files/infcirc546.pdf>
16. IAEA, 2009, Geological Disposal of Radioactive Waste: Technological Implications for Retrievability, P.47, IAEA NUCLEAR ENERGY SERIES No. NW-T-1.19.
17. IAEA, 2006, Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management: Guidelines regarding the Form and Structure of National Reports, NFCIRC/604/Rev.1, International Atomic Energy Agency.
<https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/documents/infircs/2002/infcirc604r1.pdf>
18. IAEA, 2012, Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management: Guidelines regarding the Form and Structure of National Reports, NFCIRC/604/Rev.2, International Atomic Energy Agency.
<https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/documents/infircs/2002/infcirc604r2.pdf>
19. IAEA, 2014, Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management: Guidelines regarding the Form and Structure of National Reports, NFCIRC/604/Rev.3, International Atomic Energy Agency.
<https://www.iaea.org/sites/default/files/infcirc604r3.pdf>
20. IAEA, 2018, Parties Begin Peer Review under the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel and on the Safety of Radioactive Waste Management. News on 23 May 2018.
<https://www.iaea.org/newscenter/news/parties-begin-peer-review-under-the-joint-convention-on-the-safety-of-spent-fuel-and-on-the-safety-of-radioactive-waste-management>

21. IAEA, 2022a, Focus on Safety of Spent Fuel and Radioactive Waste Management at 7th Review Meeting of the Joint Convention. News on 28 Jun 2022.
<https://www.iaea.org/newscenter/news/focus-on-safety-of-spent-fuel-and-radioactive-waste-management-at-7th-review-meeting-of-the-joint-convention>
22. IAEA, 2022b, Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management, the Summary Report of 7th Review Meeting of the Contracting Parties, International Atomic Energy Agency.
<https://www.iaea.org/sites/default/files/jc-rm7-04-rev2-summary-report.pdf>
23. IAEA, 2023a, Joint Convention Brochure, International Atomic Energy Agency.
https://www.iaea.org/sites/default/files/23/09/23-03660e_web.pdf
24. IAEA, 2023b, Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management: Latest Status of Signature and Ratification, International Atomic Energy Agency.
https://www.iaea.org/sites/default/files/22/06/jointconv_status.pdf
25. IAEA, 2023c, Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management: Guidelines regarding the Form and Structure of National Reports, NFCIRC/604/Rev.4, International Atomic Energy Agency.
<https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/documents/infcircs/2002/infcirc604r4.pdf>
26. IAEA, 2023d, Power Reactor Information System (PRIS), International Atomic Energy Agency.
<https://pris.iaea.org/pris/home.aspx>
27. IAEA, 2023e, Joint Convention Newsletter, Issue No. 10 – 2023 September, International Atomic Energy Agency.
https://www.iaea.org/sites/default/files/23/12/jc_newsletter_issue_10_final-12dec.pdf
28. IAEA, 2024a, Guidebook on Spent Fuel Storage Options and Systems, International Atomic Energy Agency, Technical Reports Series No. 240, Vienna.
<https://www.iaea.org/publications/15169/guidebook-on-spent-fuel-storage-options-and-systems>

29. IAEA, 2024b, Modelling Approaches for Management and Remediation at Sites Affected by Past Activities, IAEA-TECDOC-2036, IAEA, Vienna.
<https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE-2036web.pdf>
30. IAEA, 2024c, Addressing Challenges in Managing Radioactive Waste from Past Activities, IAEA-TECDOC-2039, IAEA, Vienna.
<https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE-2039web.pdf>
31. IAEA, 2024d, Experiences of the Development, Review and Communication of Safety Cases and Safety Assessments for Near Surface Disposal of Radioactive Waste, IAEA-TECDOC-2041, IAEA, Vienna. (IAEA, 2024d)
<https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE-2041web.pdf>
32. IAEA, 2024e, Evaluation of Seismic Safety for Nuclear Installations, IAEA Safety Standards Series No. SSG-89, Vienna.
https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB2054_web.pdf
33. IAEA, 2024f, Borehole Disposal Facilities for Disused Sealed Radioactive Sources, IAEA Safety Standards Series No. SSG-1 (Rev. 1), Vienna.
https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/p15332-PUB2057_web.pdf
34. IAEA, 2024g, Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management, International Atomic Energy Agency.
<https://www.iaea.org/topics/nuclear-safety-conventions/joint-convention-safety-spent-fuel-management-and-safety-radioactive-waste>
35. IAEA, 2024h, Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management: Guidelines regarding the Form and Structure of National Reports, NFCIRC/604/Rev.5, International Atomic Energy Agency.
<https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/documents/infcircs/2002/infcirc604r5.pdf>
36. NAGRA, 2002, Projekt Opalinuston: Konzept für die Anlage und den Betrieb eines geologischen Tiefenlagers: Entsorgungsnachweis für abgebrannte Brennelemente, verglaste hochaktive sowie langlebige mittelaktive Abfälle, Technical Report 02-02.
37. NEA/RWM, 2011, Reversibility and Retrievability (R&R) for the

- Deep Disposal of High-level Radioactive Waste and Spent Fuel, Final Report of the NEA R&R Project, NEA/RWM(2011)10/FINAL.
38. NEA/RWM, 2012, Reversibility of Decisions and Retrievability of Radioactive Waste: Considerations for National Geological Disposal Programmes, NEA Report No.7085.
 39. NEA, 2020, Management and Disposal of High-Level Radioactive Waste: Global Progress and Solutions, OECD Publishing, Paris.
 40. NEA, 2024a, Building Constructive Dialogues between Regulators and Implementers during the Pre-Licensing Phase of Deep Geological Repository Development, OECD Publishing, Paris.
https://www.oecd-nea.org/upload/docs/application/pdf/2024-01/3h1_nea_rwm_r_2022_4.pdf
 41. NEA, 2024b, Deep Geological Repositories and Nuclear Liability, OECD Publishing, Paris.
https://www.oecd-nea.org/upload/docs/application/pdf/2024-01/7596_dgr_report.pdf
 42. NEA, 2024c, Characteristics of a Trusted Nuclear Regulator, OECD Publishing, Paris.
https://www.oecd-nea.org/upload/docs/application/pdf/2024-04/7618_green_booklet_-_characteristics_of_a_trusted_nuclear_regulator.pdf
 43. NEA, 2024d, Nuclear Law Bulletin No.110–Volume2023/1, OECD Publishing, Paris.
https://www.oecd-nea.org/upload/docs/application/pdf/2024-04/7661_nlb_110_rev_2024-04-25_09-32-20_915.pdf
 44. NEA, 2024e, Country-Specific Safety Culture Forum: Canada, OECD Publishing, Paris.
https://www.oecd-nea.org/upload/docs/application/pdf/2024-02/7666_csscf_canada.pdf
 45. NEA, 2024f, The Mutual Impact of Nuclear Regulatory Bodies and License Holders from a Safety Culture Perspective, OECD Publishing, Paris.
https://www.oecd-nea.org/upload/docs/application/pdf/2024-03/7672_wglsc_regulatory_bodies_report.pdf
 46. NEA, 2024g, Practices for Enhancing Leadership for Safety in Nuclear Regulatory Bodies, OECD Publishing, Paris.
https://www.oecd-nea.org/upload/docs/application/pdf/2024-03/7673_wglsc_leadership_report.pdf

47. NWMO, 2016, Deep Geological Repository Conceptual Design Report Crystalline/Sedimentary Rock Environment, NWMO APM-REP-00440-0015 R001.
48. NWMO, 2017a, About Adaptive Phased Management; Retrieved 2017/09/13 from <http://www.nwmo.ca/en/Canadas-Plan/About-Adaptive-Phased-Management-APM>
49. NWMO, 2017b, Project Phases; Retrieved 2017/09/13 from <http://www.nwmo.ca/en/A-Safe-Approach/About-the-Project/Project-Phases>
50. ONR, 2023, “NS-TAST-GD-101 - Geological Disposal ”.
51. Posiva, 2013, Design of the disposal facility 2012, WR 2013-17.
52. Posiva 2012, Safety Case for the Disposal of Spent Nuclear Fuel at Olkiluoto - Design Basis 2012, Posiva 2012-03.
53. SSM, 2008a, The Swedish Radiation Safety Authority’s Regulations and General Advice Concerning the Protection of Human Health and the Environment in Connection with the Final Management of Spent Nuclear Fuel and Nuclear Waste, SSMFS 2008:37.
54. SSM, 2008b, The Swedish Radiation Safety Authority’s Regulations and General Advice Concerning Safety in Connection with the Disposal of Nuclear Material and Nuclear Waste, SSMFS 2008:21.
55. STUK, 2001, Long-term Safety of Disposal of Spent Nuclear Fuel, Guide YVL 8.4/sec3.1.
56. US DOE, 2008, Yucca Mountain Repository License Application, Safety Analysis Report, DOE/RW-0573, Rev. 0.

附錄 A：放射性廢棄物管制及管理國際資訊蒐集表

蒐集期間：2024年1至10月

條次	標 題	時 間
一、管制類		
1	NEA 舉辦用過核子燃料管理國際研討會	01.05
2	國際原子能總署認可比利時對廢棄物管理的承諾	01.08
3	芬蘭 STUK 要求延長最終處置場審查期限至 2024 年底	01.19
4	瑞典監管機構批准提高階放射性廢棄物核燃料中期暫貯數量上限	02.13
5	美國 NWTRB 建議對 SNF 罐進行進一步分析	03.09
6	瑞典輻射安全局(SSM)舉辦放射性廢棄物議題會議	03.15
7	德國廢核屆滿一年：核廢料處置任務困難重重	04.11
8	加拿大核安會 CNSC 的拉姆齊·賈馬爾將領導 IAEA 用過核子燃料和放射性廢棄物管理工作	04.15
9	美國核廢料技術審查委員會將召開有關用過核子燃料處置和腐蝕議題的公開會議	05.01
10	國際原子能總署在芬蘭合作進行核廢料處置創新保障措施	05.15
11	荷蘭監管機構為 Urenco 廢棄物貯存場頒發許可	05.15
12	芬蘭 STUK 發布 2024 年初用過核子燃料處置計畫監督報告	05.16
13	法國廢棄物諮詢委員會審查 Andra 申請 Cigéo 深層地質處置設施施工許可的第一次會議	06.10
14	國際原子能總署審查結果加拿大核子監管框架有重大進展	06.18
15	瑞典監管機構 SSM 批准在 Oskarshamn 新建放射性廢棄物處置場	06.26
16	IAEA 地下研究設施與地質處置場設計與建造技術培訓班在中國北山地下實驗室舉行	07.11
17	日本監管機構將決定敦賀核電廠 2 號機組的命運	07.31
18	IAEA 代表團評估日本核子安全	08.02
19	美國監管機構批准 NAC 的高度屏蔽傳輸系統	08.12
20	國際原子能總署批准日本福島土壤安全計畫	09.10

21	為核子領域使用人工智慧制定指引	09.12
22	保加利亞核廢棄物貯存計畫概述	10.08
23	國際原子能總署首次接受 IRRS 審查任務	10.10
24	日本第二座沸水式反應器將於今年 12 月重啟	10.15
25	國際原子能總署擴大福島處理水監測範圍	10.21
二、管理類		
26	對 Posiva 而言，2024 年將是忙碌的一年	01.02
27	用過核子燃料不是佈署核能的障礙	01.03
28	西班牙新的放射性廢棄物計畫支持非核	01.03
29	印度總理為示範再處理廠揭幕	01.04
30	美國能源部為橡樹嶺設定 2024 年清理目標	01.09
31	斯洛維尼亞政府同意 ARAO 放射性廢棄物管理機構 2024-2025 年度計畫	01.09
32	加拿大核子實驗室獲准興建喬克河處置設施	01.10
33	政府已批准 SKB 最新 2022 年的研發示範計畫	01.10
34	阿根廷國家原能會實施 AMBER 安全評估培訓	01.11
35	西班牙政府持續推動非核政策並提高四成廢棄物稅金	01.15
36	英國 Cumbria：儘快實現核廢料永久安全	01.18
37	加拿大社區成員參觀芬蘭深層地質處置場	01.16
38	美國核廢棄物處置設施十年來首次開闢新的處置區	01.26
39	新地點有興趣託管英國處置場	01.26
40	Nukem 完成廢棄物固結系統模型	01.29
41	英國評估將中階放射性廢棄物的類別進行細分	02.01
42	WIPP TRU 廢棄物運輸量創 10 年來新高	02.05
43	美國加州眾議員 Levin 和 Carbajal 推動 100 年 SNF 乾貯桶法案	02.09
44	加拿大伊格納斯居民參加核子會議	02.09
45	芬蘭封裝廠的燃料傳送推車就位	02.13
46	芬蘭將擁有第一個投入營運的核廢料處置場，透明度和對話是獲得居民理解的關鍵	02.15
47	加拿大總理駁回阿爾岡昆原住民對喬克河核廢料處置場的擔憂	02.14
48	社論：尋找核廢料處置場必須保持透明度	02.14
49	核廢料處置場選址計畫取得進展，但仍需居民及知事同意	02.14
50	KORAD 會長趙成敦請求蔚珍縣知事和縣議會配合高放射性廢棄物管理特別法案	02.19
51	英國約克郡東區議會退出核廢料處置場對話	02.21

52	芬蘭領先：世界第一個用過核子燃料處置場可能即將獲得許可	03.02
53	日本對馬島再次選出反對核廢料處置場的市長	03.04
54	西班牙 El Cabril 擴建工程的環境影響評估獲得核准	03.05
55	AFCONE 與 DeepGeo 發起非洲核能倡議	03.05
56	瑞典 SKB 開始建造 Forsmark 地質建築	03.06
57	英國引人入勝核能歷史及其廢棄物處理	03.08
58	美國 SHINE 公司選擇 Deep Isolation 的廢棄物處置技術	03.11
59	加拿大 NWMO 研究報告增進人們對潛在處置場場址信心	03.12
60	英國完成 Winfrith 低放射性廢棄物桶的轉移	03.13
61	美國能源部廢棄物隔離先導廠 WIPP 慶祝 25 周年	04.02
62	立陶宛處置場總體概念已準備就緒	04.04
63	瑞士 Nagra 將設立子公司興建深層地質處置場	04.10
64	美國眾議院能源、氣候和電網安全小組委員會聽證會：「美國核能擴張：用過核子燃料政策和創新」	04.10
65	核燃料循環後端的進展與挑戰	04.11
66	日本九州佐賀縣玄海鎮議會審查核廢料場址調查請願書	04.17
67	日本佐賀縣知事表示無意接受核廢料處置場	04.17
68	加拿大瓦比貢湖伊格納斯即將進行公民投票	04.17
69	加拿大南布魯斯就潛在的 DGR 公投問題徵求意見	04.19
70	德國發現細菌會降低黏土中鈾的流動性	04.18
71	德國 BASE「核能公民對話」研究計畫及對現今選址程序的意義	04.29
72	英國 NWS 詳細介紹地質處置設施鑽孔的進展	04.30
73	美國聯邦調查局和華盛頓州政府就處理漢福德場址廢棄物罐的最後期限達成一致	05.01
74	加拿大南布魯斯與 NWMO 簽署主辦協議	05.02
75	加拿大伊格納斯委員會等待投票意願報告	05.07
76	韓國第 21 屆國會結束在即，高放特別法案仍懸而未決	05.07
77	美國能源部環境管理辦公室用過核子燃料工作小組展望未來，反思過去十年	05.07
78	美國能源部環境管理辦公室完成開創性橡樹嶺反應器實驗室(ORNL)場址清理工作	05.07
79	美國能源部獲得 CD-0 批准用於 SNF 暫時貯存設施	05.10
80	日本核廢料處置場：玄海鎮文獻調查決定應引起全國討論	05.14
81	英國核廢料管理的更新方法	05.16
82	英國計劃近地表處置中放射性廢棄物	05.21

83	美國能源部設計的新型軌道車獲准使用	06.05
84	義大利暫時貯存設施初具規模	06.10
85	日本西部城鎮開始對核廢料處置場進行第一階段調查	06.10
86	IAEA 總幹事在國際會議上強調用過核子燃料管理迫切性	06.13
87	韓國尋找地下研究設施選址	06.18
88	IAEA 2023 年保障實施報告列出 3000 多項查核活動	06.20
89	芬蘭 Onkalo 緩衝安裝系統完成製造	06.24
90	美國 WIPP 通風系統建造完成	06.24
91	保加利亞科茲洛杜伊核電廠用過核子燃料貯存許可更新	06.26
92	美國 ANS 年會：核廢料	06.28
93	芬蘭 Fortum 與韓國 Korad 簽署合作備忘錄以加強放射性廢棄物管理合作	07.02
94	美國能源社區聯盟 ECA 為基於同意的選址推廣提供資金	07.03
95	美國能源部為用過核子燃料綜合暫時貯存設施發出徵求意見書	07.04
96	巴西計畫在 2029 年建立放射性廢棄物最終處置場	07.09
97	加拿大小鎮宣布願意主辦用過核子燃料最終處置場	07.11
98	出於能源安全擔憂，台灣考慮取消核電廠運轉 40 年限制	07.12
99	美國漢福德場址最後一個反應器用過燃料貯存池已排空	07.16
100	法國 Andra 獲准在 Cires 處置場中貯存更多廢棄物	07.22
101	美國振動測試提高乾式貯存系統的抗震安全性	07.24
102	瑞典與美國同意進行核能合作	08.02
103	立陶宛縮小了對處置場場址的搜尋範圍	08.05
104	美國漢福德場址展示替代放射性廢棄物處理方法	08.08
105	英國低放處置場封頂準備工作開始	08.12
106	日本福島第一核電廠 2 號機反應器大樓內漏水	08.16
107	美國漢福德場址最終反應器燃料池穩定固化	08.22
108	日本福島第一核電廠燃料碎片停止清除	08.22
109	台灣第一核電廠除役現場燃料貯存設施獲准	08.27
110	芬蘭最終處置場開始試運轉	08.30
111	巴西 Angra 2 完成新階段用過核子燃料移置乾式貯存設施	09.02
112	日本福島恢復燃料碎片採樣	09.13
113	芬蘭最終處置場第一階段試運轉成功完成	09.13
114	對德國 Konrad 處置場的環境挑戰被駁回	09.19
115	德國 Brunsbüttel 中低階放射性廢棄物暫時貯存設施移交聯邦政府	09.25
116	英國 Thorp 燃料池新的貯存格架擴增了貯存容量	09.26

117	加拿大研究證實 Moltex 反應器可消耗用過核子燃料	10.04
118	芬蘭處置場試運轉作業完成封裝試驗	10.08
119	歐安諾在法國開設創新貯存容器的新工廠	10.17
120	瑞典處置場取得環境許可	10.25

註：日期表示新聞登載的月份

附錄 B：放射性廢棄物管理國際動態資訊

蒐集期間：2024年1至10月

國家/機構	新聞分類	放射性廢棄物管理新聞標題
綜合	放射性廢棄物管理	• 01.03 用過核子燃料不是佈署核能的障礙 • 04.11 核燃料循環後端的進展與挑戰 • 06.13 IAEA 總幹事在國際會議上強調用過核子燃料管理的迫切性 • 06.20 IAEA 2023 年保障實施報告列出 3000 多項查核活動
芬蘭	放射性廢棄物管理	• 01.02 對 Posiva 而言，2024 年將是忙碌的一年 • 07.02 芬蘭 Fortum 與韓國 Korad 簽署合作備忘錄以加強放射性廢棄物管理合作
	高放處置	• 02.13 封裝廠的燃料傳送推車就位 • 02.15 將擁有第一個投入營運的核廢料處置場，透明度和對話是獲得居民理解的關鍵 • 03.02 芬蘭領先：世界第一個用過核子燃料處置場可能即將獲得許可 • 06.24 Onkalo 緩衝安裝系統完成製造 • 08.30 最終處置場開始試運轉 • 10.08 最終處置場試運轉作業完成封裝試驗
西班牙	放射性廢棄物管理	• 01.03 新的放射性廢棄物計畫支持非核 • 01.15 政府持續推動非核政策並提高四成廢棄物稅金 • 03.05 El Cabril 擴建工程環境影響評估獲得核准
印度	高放再處理	• 01.04 印度總理為示範再處理廠揭幕
美國	放射性廢棄物管理	• 01.09 能源部為橡樹嶺設定 2024 年清理目標 • 02.09 加州眾議員 Levin 和 Carbajal 推動 100 年 SNF 乾貯桶法案 • 04.10 眾議院能源、氣候和電網安全小組委員會聽證會：「美國核能擴張：用過核子燃料政策和創新」 • 05.01 聯邦政府和華盛頓州政府就處理漢福德場址廢棄物罐的最後期限達成一致

		· 05.07 能源部環境管理辦公室用過核子燃料工作小組展望未來，反思過去十年 · 05.07 能源部環境管理辦公室完成開創性的橡樹嶺反應器實驗室場址清理工作 · 05.10 能源部獲得 CD-0 批准用於 SNF 暫時貯存設施 · 06.05 能源部設計的新型軌道車獲准使用 · 06.28 ANS 年會：核廢料 · 07.04 能源部為用過核子燃料綜合暫時貯存設施發出徵求意見書 · 07.16 漢福德場址最後一個反應器用過燃料貯存池已排空 · 07.24 振動測試提高乾式貯存系統抗震安全性 · 08.08 漢福德場址展示替代放射性廢棄物處理 · 08.22 漢福德場址最終反應器燃料池穩固化
	高放處置	· 01.26 核廢棄物處置設施十年首次開闢新處置區 · 02.05 能源部廢棄物隔離先導廠(WIPP)的 TRU 廢棄物運輸量創 10 年新高 · 03.11 SHINE 公司選擇 Deep Isolation 廢棄物處置技術 · 04.02 能源部廢棄物隔離先導廠慶祝 25 周年 · 06.24 WIPP 通風系統建造完成 · 07.03 能源社區聯盟 ECA 將為基於同意的選址推廣提供資金
斯洛維尼亞	放射性廢棄物管理	· 01.09 政府同意 ARAO 放射性廢棄物管理機構 2024-2025 年度計畫
	低放處置	· 01.10 核子實驗室獲准興建喬克河處置設施 · 02.14 總理駁回阿爾岡昆原住民對喬克河核廢料處置場的擔憂
加拿大	高放處置	· 01.16 社區成員參觀芬蘭深層地質處置場 · 02.09 伊格納斯居民參加核子會議 · 03.12 NWMO 研究報告增進人們對潛在處置場場址的信心 · 04.17 瓦比貢湖伊格納斯將進行公民投票 · 04.19 南布魯斯就潛在的 DGR 公投問題徵求意見 · 05.02 南布魯斯與 NWMO 簽署主辦協議 · 05.07 伊格納斯委員會等待投票意願報告

		· 07.11 小鎮宣布願意主辦用過核子燃料最終處置 · 10.04 加拿大研究證實 Moltex 反應器可消耗用過核子燃料
瑞典	放射性廢棄物管理	· 08.02 瑞典與美國同意進行核能合作
	高放處置	· 01.10 政府批准 SKB 最新 2022 年研發示範計畫 · 03.06 SKB 開始建造 Forsmark 地質建築物 · 10.25 最終處置場取得環境許可
阿根廷	高放處置	· 01.11 國家原能會實施 AMBER 安全評估培訓
英國	高放處置	· 01.26 新地點有興趣託管處置場 · 02.21 約克郡東區議會退出核廢處置場對話 · 03.08 引人入勝核能歷史及其廢棄物處理 · 04.30 NWS 詳細介紹地質處置設施鑽孔進展
	低放處置	· 01.18 Cumbria：儘快實現核廢料永久安全 · 02.01 評估進行中階放射性廢棄物類別細分 · 03.08 引人入勝核能歷史及其廢棄物處理 · 03.13 完成 Winfrith 低放射性廢棄物桶轉移 · 08.12 低放處置場封頂準備工作開始
德國	高放處置	· 04.18 發現細菌會降低黏土中鈾的流動性 · 04.29 BASE「核能公民對話」研究計畫及對現今選址程序的意義
	低放處置	· 01.29 Nukem 完成放射性廢棄物固結系統模型 · 09.19 對德國 Konrad 處置場的環境挑戰被駁回
法國	放射性廢棄物管理	· 10.17 ORANO 在法國開設創新貯存容器新工廠
	低放處置	· 07.22 Andra 獲准在 Cires 處置場貯存更多廢棄物
日本	放射性廢棄物管理	· 08.16 福島第一核電廠 2 號機反應器大樓內漏水 · 08.22 福島第一核電廠燃料碎片停止清除
	高放處置	· 02.14 社論：尋找核廢料處置場必須保持透明度 · 02.14 核廢料處置場選址計畫取得進展，但仍需居民及知事的同意 · 03.04 對馬島再次選出反對核廢料處置場的市長 · 04.17 九州佐賀縣玄海鎮議會審查核廢料場址調查請願書 · 04.17 佐賀縣知事表示無意接受核廢料處置場 · 05.14 核廢料處置場：玄海鎮文獻調查決定應引

		起全國討論 · 06.10 西部城鎮開始對核廢料處置場進行第一階段調查 · 09.13 福島恢復燃料碎片採樣
韓國	高放處置	· 02.19 KORAD 會長趙成敦請求蔚珍縣知事和縣議會配合高放射性廢棄物管理特別法案 · 05.07 第 21 屆國會結束在即，高放特別法案仍懸而未決 · 06.18 尋找地下研究設施選址
非洲	高放處置	· 03.05 AFCONE 與 DeepGeo 發起非洲核能倡議
立陶宛	高放處置	· 04.04 立陶宛處置場總體概念已準備就緒 · 08.02 立陶宛縮小了對處置場場址的搜尋範圍
瑞士	高放處置	· 04.10 Nagra 將設立子公司興建深層地質處置場
義大利	放射性廢棄物管理	· 06.10 義大利暫時貯存設施初具規模
保加利亞	放射性廢棄物管理	· 06.26 科茲洛杜伊核電廠用過核子燃料貯存許可更新
巴西	高放處置	· 07.09 計畫 2029 年建立放射性廢棄物最終處置場 · 09.02 Angra 2 完成新階段用過核子燃料移置乾式貯存設施
台灣	放射性廢棄物管理	· 07.12 出於能源安全擔憂，考慮取消核電廠運轉 40 年限制 · 08.27 第一核電廠除役現場燃料貯存設施獲准

註：日期表示新聞登載的月份