

# 112年度政府科技發展計畫 績效報告書 (D006)

計畫名稱：「精進放射性廢棄物貯存與處置安全管制技術發展(4/4)」

執行期間：

全程：自109年01月01日至112年12月31日止

本期：自112年01月01日至112年12月31日止

主管機關：核能安全委員會

執行機關：核能安全委員會核物料管制組

# 【112年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表(D003)】

審議編號	112-2001-02-28-01					
計畫名稱	精進放射性廢棄物貯存與處置安全管制技術發展(4/4)					
主管機關	核能安全委員會					
執行機關	核能安全委員會核物料管制組					
計畫主持人	姓名	陳鴻斌	職稱	組長		
	服務機關	核能安全委員會				
	電話	02-22322301	電子郵件	hbchen@nusc.gov.tw		
計畫類別	<input checked="" type="checkbox"/> 一般計畫 <input type="checkbox"/> 基礎研究 <input type="checkbox"/> 政策計畫 <input type="checkbox"/> 前瞻計畫					
重點政策項目	<input type="checkbox"/> 亞洲·矽谷 <input type="checkbox"/> 智慧機械 <input type="checkbox"/> 綠能產業 <input type="checkbox"/> 生醫產業 <input type="checkbox"/> 國防產業 <input type="checkbox"/> 新農業 <input type="checkbox"/> 循環經濟圈 <input type="checkbox"/> 晶片設計與半導體前瞻科技 <input type="checkbox"/> 數位經濟與服務業科技創新 <input type="checkbox"/> 文化創意產業科技創新 <input type="checkbox"/> 其他：					
前瞻項目	<input type="checkbox"/> 綠能建設 <input type="checkbox"/> 數位建設 <input type="checkbox"/> 人才培育促進就業之建設					
計畫群組及比重	生命科技	0 %	環境科技	100 %	數位科技	0 %
	工程科技	0 %	人文社會	0 %	科技創新	0 %
執行期間	112年01月01日至112年12月31日					
全程期間	109年01月01日至112年12月31日					
資源投入	年度	經費(千元)			人力(人/年)	
	109	14,872			12.50	
	110	13,205			12.60	
	111	11,897			12.50	
	112	13,366			12.50	
	合計	53,340			50.10	
	112年度	經費項目		預算數(千元)	決算數(千元)	執行率(%)
經常門	人事費		0	0	%	
	材料費		0	0	%	
	其他經常支出		14,002	13,366	95.46%	
	小計		14,002	13,366	95.46%	

		資本門	土地建築	0	0	%
			儀器設備	0	0	%
			其他資本支出	0	0	%
			小計	0	0	%
			經費合計	14,002	13,366	95.46%
政策依據	1. EYGUID-01110515000000：行政院111年度施政方針：十五、嚴密監督核電廠運轉與除役作業及放射性廢棄物管制，持續推動公眾參與及資訊透明，強化輻安管制、環境輻射偵測及災害防救能量。					
本計畫在機關施政項目之定位及功能	<p>放射性物料管理局隸屬於原子能委員會，業務職掌包含規劃、督導、管制放射性廢棄物之處理、運送、貯存與最終處置及核子原料、核子燃料之輸入、輸出、貯存與轉讓等事宜；放射性廢棄物處理、貯存與處置設施之設計、建造、運轉及除役或封閉等安全分析之審查、檢查與管制事項；放射性廢棄物輸入、輸出、處理、貯存、運送與處置作業之審查、檢查與管制事項；核子原料探勘、開發、生產、製造、輸入、輸出、貯存、使用、廢棄與轉讓之審查及管制事項；核子燃料輸入、輸出、貯存、廢棄與轉讓之審查、檢查與管制事項；放射性物料管理法規及技術準則之研擬事項；放射性物料有關之教育宣導及溝通等事項。基於達成嚴密管制放射性物料之營運安全、維護公眾健康與環境品質的任務目標，爰提出本計畫，以落實相關業務所需之安全管制技術發展工作。由於原能會物管局為行政機關，因此本計畫研發工作將以委託研究方式，邀請國內專業與學術機構執行技術研發計畫。本計畫定位在以適當的經費與人力資源，進行具有急迫性與具有研究價值的管制技術科技研發工作，以釐清與解決所面臨的技術問題。</p> <p>本計畫的落實有助於達成下列功能：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 強化除役放射性廢棄物特性與管制技術發展。</li> <li>2. 建立放射性物料管制的科學技術資訊，作為施政決策的參考依據。</li> <li>3. 先期研究探討發現問題，提出可行方案，擬訂解決對策。</li> <li>4. 預先規劃建立本土管制評估技術，以釐清廢棄物處置長期安全問題。</li> <li>5. 藉由研發成果回饋精進放射性物料安全管制的技術規範與法規。</li> <li>6. 建立公開透明的放射性廢棄物科技資訊，增進公眾的信心。</li> <li>7. 促進管制人員與專家學者之間的技術經驗交流，養成專業人才。</li> </ol>					
計畫摘要	<p>「精進放射性廢棄物貯存與處置安全管制技術發展」計畫，以除役放射性廢棄物、低放射性廢棄物處置與集中貯存、用過核子燃料處置等安全管制技術領域，規劃分為三個細部計畫，於四年計畫期程(109~112年)推動研發工作。112年度包含6個子項計畫，研究架構如下：</p> <p>細部計畫1：除役放射性廢棄物處理與貯存之管制技術發展(4/4)</p> <p>1-1 112年底微表面污染放射性廢棄物高壓水刀減量技術與廢射源安全管理之研析</p> <p>1-2 用過核燃料乾式貯存護箱系統結構與材料特性研析(112年)</p> <p>細部計畫2：精進低放射性廢棄物處置與集中貯存方案管制技術發展(4/4)</p> <p>2-1 112年底放射性廢棄物坑道處置之岩體裂隙於不同環境下之水力-力學耦合模擬技術研析</p> <p>2-2 112年底放射性廢棄物坑道處置之異向性岩體破壞準則建構技術與應用</p> <p>細部計畫3：精進用過核子燃料處置安全審驗技術發展(4/4)</p> <p>3-1 用過核子燃料最終處置設施安全分析報告之審驗與管制技術研究</p> <p>3-2 傾斜裂隙環境下沉積及沖蝕對高放處置設施緩衝材料流失量之影響評估</p>					
計畫目標與預期關鍵成果之達成情形	計畫目標	預期關鍵成果	原設定	達成情形		
	1:強化放射性	1	落實安全管制技術之應用，強化	落實安全管制技術之應用，強化放射性廢棄物處理與貯存之管制		

	廢棄物管制，公眾安全		核廢料處理與貯存之管制措施，要求經營者放射性廢棄物處理與貯存零輻安事故。	措施，達成112年度無放射性廢棄物處理與貯存輻安事故發生。
		2	精進放射性物料管制規範，彙整學界參與科技計畫研單建議，修訂1件以上管制技術規範草案。	1. 112年12月14日修正發布放射性物料設施設計修改及設備變更申請審核作業規範。 2. 112年12月15日修正發布低放射性最終處置設施安全分析報告審查導則。
		3	透過專家學者或技術支援機構之研究合作，提出管制要項與法規精進建議，確保處置安全。	本年度透過專家學者或技術支援機構之研究合作，參酌國內低放最終處置安全分析報告導則及高放最終處置設施安全分析技術規範研究報告，輔以各國安全報告研析經驗及內容，研擬我國用過核子燃料最終處置設施安全分析報告導則(草案)。
<b>計畫效益與重大突破</b>	<p>1. 針對除役放射性廢棄物技術議題：開發半自動高壓水除污設備，提升低放廢棄物安全性，減少人力操作，降低污染。操作流程包括挑選金屬板，進入處理區，半自動化減少輻射曝露，提高安全性，節省處置費用。</p> <p>2. 針對用過核燃料乾式貯存技術議題：使用SCALE/TRITON和SCALE/MAVRIC進行核子燃料射源項評估，結合CADIS理論，建立不同燃料和燃料的輻射屏蔽分析技術。利用等效熱導率分析技術，模擬DFC的熱導率、源項分佈和流阻，協助熱流評估。彙整國際技術要點，供參酌。研究國際用過燃料再取出設施，分析La Hague、CLAB、GE Morris的前置作業，提供監管參考。分析IAEA SSR-6及國際運輸安全要求，提出精進建議。</p> <p>3. 針對低放廢棄物處置技術議題：彙整岩體裂隙水力-力學耦合模擬文獻，整理室內試驗結果，瞭解異向性岩體特性，提供未來調查參考。</p> <p>4. 針對用過核子燃料處置技術議題：研析核能國家對最終處置設施的安全要求，提出我國安全分析報告導則(草案)。檢視三年專章，提升技術內容一致性。完成傾斜裂隙環境下緩衝材料實驗，提供參考。</p>			
<b>遭遇困難與因應對策</b>	112年度計畫工作執行期間並無遭遇重大困難或落後。			
<b>後續精進措施</b>	<p>113年度持續執行原訂規劃之下列各項工作：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 精進除役放射性廢棄物及設施除役安全管制研究。</li> <li>2. 精進用過核燃料乾式貯存護箱系統結構與材料特性研究。</li> <li>3. 精進低放射性廢棄物處置與集中貯存方案管制技術研究。</li> <li>4. 精進低放射性廢棄物處置功能評估管制技術研究。</li> <li>5. 精進用過核子燃料最終處置安全審查資訊研析與安全分析報告導則研擬。</li> <li>6. 精進用過核子燃料最終處置技術驗證與審查要項研析。</li> </ol>			
<b>計畫連絡人</b>	<b>姓名</b>	藍泰蔚	<b>職稱</b>	科長
	<b>服務機關</b>	核能安全委員會		
	<b>電話</b>	02-22322310	<b>電子郵件</b>	twl@nusc.gov.tw

# 壹、目標與架構

## 一、總目標及其達成情形

1. 全程總目標：請在此依照計畫書簡要敘明計畫總目標，亦即總計畫之在期程內規劃達成的成果。

精進放射性廢棄物(包含電廠除役之放射性廢棄物)貯存與處置的相關安全管制技術，以釐清與解決所面臨的安全管制技術問題，據以管制放射性廢棄物的處理、貯存與處置作業/設施之安全，俾確保公眾安全與維護環境品質。

2. 分年目標與達成情形：請填寫為達成上述計畫總目標，各年度計畫分年目標及其達成情形。

年度	分年目標	達成情形
109年度	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 研析處理貯存設施運轉技術規範、除役電廠既有廠房增設處理設備及轉作暫貯場所等安全議題，完成除役電廠放射性廢棄物設施之安全管制技術報告。</li> <li>2. 蒐集國際間先進核能國家之研究成果進行研析，完成「用過核燃料乾式貯存護箱系統結構與材料特性研析」報告。</li> <li>3. 研析國際低放射性廢棄物處置功能評估審驗方法與集中貯存方案安全管制研究報告；「國際低放射性廢棄物處置功能評估審驗方法研究」報告。</li> <li>4. 為瞭解國際間安全論證技術相關及要求，研析國際原子能總署(International Atomic Energy Agency, IAEA)及國際間安全論證報告架構及要項，並建置用過核子燃料最終處置設施處置安全技術基礎能力。完成「IAEA及國際間安全論證報告架構及要項研析」報告；「用過核子燃料最終處置設施處置安全技術基礎能力建置」報告。</li> </ol>	<p>本計畫109年度成果達成既定的量化績效指標，完成論文6篇與研究報告12篇，並以管制技術需求為導向，養成乾式貯存、低放處置、與高放處置等三個跨機構研發團隊(整合型細部計畫)，為我國未來相關設施的安全審驗與諮議培養所需的專業人才。年度研究成果對我國未來的規範研訂與審查工作頗有助益。此外，年度內對於各項重大議題的國際資訊彙整與技術發展，亦有豐碩的成果。完成重點研究項目摘要如下：</p> <p>細部計畫1：除役放射性廢棄物特性與管制技術發展(1/4)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 除役核電廠增設低放射性廢棄物處理設備與貯存區域之安全管制研析</li> <li>• 109年高燃耗用過核子燃料乾式貯存及設施營運檢測之管制技術研析</li> <li>• 109年用過核子燃料乾式貯存護箱系統結構與材料性能之管制技術研析</li> <li>• 109年室內乾貯設施建物型式與貯存護箱類型之審驗技術與案例研析</li> </ul> <p>細部計畫2：精進低放射性廢棄物處置與集中貯存方案管制技術發展(1/4)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 放射性廢棄物處置場址特性管制研究</li> <li>• 低放射性廢棄物處置無意闖入情節管制要項研析</li> <li>• 低放射性廢棄物處置岩體裂隙研究方法研析</li> </ul>

年度	分年目標	達成情形
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 低放射性廢棄物處置現地應力對處置坑道結構穩定影響研析</li> <li>細部計畫3：精進用過核子燃料處置安全審驗技術發展(1/4)</li> <li>• 用過核子燃料最終處置設施安全分析報告導則設施設計資訊研析</li> <li>• 最終處置場地下設施現地實驗與地震分析之數值模擬平行驗證</li> <li>• 低密度緩衝材料熱-水-應力耦合作用下不飽和特性與行為模式</li> </ul>
110年度	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 針對除役放射性廢棄物議題：研析一定活度或比活度以下除役放射性廢棄物國際管制規範與審查案例經驗，以及對於解除管制優良實務作法提出精進我國管制措施之建議。</li> <li>2. 針對用過核燃料乾式貯存議題：進行乾貯設施輻射特性及乾貯護箱乾燥作業、安全審查規範與營運檢測、及通風與除熱之國際案例經驗資訊蒐整與分析，並提出切合我國管制需求之實務建議。</li> <li>3. 針對低放廢棄物處置議題：進行封閉後安全管制要項研議、處置場址土壤及岩體變形區導水特性管制技術、及場址現地應力量測管制技術之研發。根據成果提出切合我國管制需求之實務建議。</li> <li>4. 針對用過核子燃料處置議題：研議安全分析報告導則(草案)中有關場址特性描述及設施運轉相關章節內容。評估用過核子燃料處置處置罐之承載限制，並我國處置計畫階段性研發成果報告進行平行驗證。此外，進行緩衝材料之沖蝕機制與流失量評估及實驗技術建立，模擬緩衝材料沖蝕作用，評估沖蝕機制與流失量之安全影響。根據成果提出切合我國管制需求之實務建議。</li> <li>5. 110年度關鍵績效指標：成論文8篇；研究報告9篇；跨機構合作團隊養成3組；博碩士人才培育6人。</li> </ol>	<p>110年度針對左列計畫目標達成下列重點研究成果：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 國際一定活度或比活度以下放射性廢棄物管制技術規範與案例之研析：(1)完成國際管制技術規範蒐整；(2)完成優良實務案例研析；(3)提出我國規範與管制措施精進建議。</li> <li>2. 用過核燃料乾式貯存護箱系統結構與材料特性研析：(1)完成乾貯護箱乾燥作業之管制技術研究；(2)完成乾貯設施安全審查規範與營運檢測之管制技術研究；(3)完成乾貯設施通風除熱之國際案例資訊研析。</li> <li>3. 精進低放射性廢棄物處置與集中貯存方案管制技術發展：(1)完成封閉後安全分析要項研析；(2)完成土壤及岩體變形區導水特性研析；(3)完成現地應力量測影響因子研析。</li> <li>4. 精進用過核子燃料處置安全審驗技術發展：(1)完成安全分析報告導則(草案)場址特性描述及設施運轉條文研議；(2)完成處置罐承載分析技術之建立與驗證；(3)完成緩衝材料沖蝕實驗模型與審驗技術建置。</li> </ol> <p>110年度實際達成：論文9篇；研究報告11篇；跨機構合作團隊養成3組；博碩士人才培育15人。</p>

年度	分年目標	達成情形
111年度	<p>1. 針對除役放射性廢棄物技術議題：進行低微污染放射性廢棄物物理拋光減量技術研析，以瞭解優良實務作法，並提出精進我國管制措施之建議。</p> <p>2. 針對用過核燃料乾式貯存技術議題：進行用過核子燃料乾式貯存設施設計與集中貯存設施安全審查管制技術研析與用過核子燃料乾貯箱內輻射場分布及殘餘水對燃料護套影響研析。藉由評估安全要項，提出精進我國管制措施之建議。</p> <p>3. 針對低放廢棄物處置技術議題：進行處置設施場址岩石力學特性及其對現地應力量測結果之影響研析；坑道處置不同化學環境之力學及水力耦合特性研析；超C類放射性廢棄物處置安全管制研究。藉由評估安全要項，提出精進我國管制措施之建議。</p> <p>4. 針對用過核子燃料處置技術議題：進行用過核子燃料最終處置設施安全評估之審驗與管制技術研究；高放最終處置遠場熱傳導分析與國際合作計畫母岩裂縫水力影響分析案例之平行驗證；鹼性環境下沖蝕對緩衝材料流失量與回脹性能折損評估。藉由評估安全要項，提出精進我國管制措施之建議。</p> <p>5. 進行放射性廢棄物安全管制國際資訊研析，彙整當前國際重要資訊，提供管制決策參考。</p> <p>6. 111年度關鍵績效指標：國內/國際研討會論文7篇；研究報告6篇；跨機構合作團隊養成3組；博碩士人才培育6人。</p>	<p>111年度針對左列計畫目標達成下列重點研究成果：</p> <p>1. 完成低微污染放射性廢棄物物理拋光減量技術研析，蒐集及研析國際相關放射性金屬廢棄物物理拋光減量處理技術，釐清先進技術應用實務與安全管制要項。</p> <p>2. 完成我國再取出池安全標準與審查作業導則的審查要點研訂；完成美國集中式中期貯存設施(WCS CISF)安全評估案例經驗研析；完成以SCALE/MAVRIC程式進行輻射場與熱流場結合下之輻射分解與再結合效應對護套氧化影響評估。釐清相關安全影響因素並提出安全審查要項。</p> <p>3. 針對低放廢棄物處置技術議題：完成低放射性廢棄物處置場址岩石力學特性對現地應力量測結果影響之評估與審驗技術建議；完成低放射性廢棄物坑道處置之化學環境水力-力學耦合案例分析，並提出安全審查要項建議；完成超C類放射性廢棄物處置國際案例經驗研析，提出我國安全管制要項建議。藉由實際模擬評估與彙整國際優良實務，釐清相關安全影響因素並研審驗標準。</p> <p>4. 針對用過核子燃料處置技術議題：完成研析核能先進國家用過核子燃料最終處置安全評估案例經驗，彙集專家意見擬訂管制導則草案。參考DECOVALEX國際研究計畫案例模型，建立高放處置遠場熱傳導分析與母岩裂縫水力影響分析案例之平行驗證能力。研析各國技術經驗，完成鹼性環境下沖蝕對緩衝材料流失量與回脹性能折損評估，並釐清相關安全影響因素。</p> <p>5. 111年度實際達成：論文1篇；研究報告12篇；跨機構合作團隊養成3組；博碩士人才培育11人。</p>

年度	分年目標	達成情形
112年度	<p>1. 研析除役廢棄物紀錄保存、廢棄物設施老化管理及檢整計畫與運送計畫的安全審驗技術，完成除役廢棄物長期貯存規範與審查技術報告。</p> <p>2. 蒐集國際間乾貯設施執照更新審查案例及相關法規文件進行研析，完成用過核燃料乾式貯存設施運轉執照更新審查技術研究及本土應用分析。</p> <p>3. 建立低放射性廢棄物坑道處置功能評估審驗技術與能力，作為管制單位低放射性廢棄物坑道處置設施長期安全評估獨立審查關鍵技術之依據。完成低放射性廢棄物最終處置安全管制與法規精進研究；低放射性廢棄物坑道處置功能評估法規精進研究。</p> <p>4. 完成我國用過核子燃料最終處置安全分析報告審查導則(草案)研擬，並建置用過核子燃料最終處置設施熱-水-力耦合及核種傳輸安全分析驗證與審查技術。完成我國用過核子燃料最終處置安全分析報告審查導則(草案)研擬；用過核子燃料最終處置設施熱-水-力耦合及核種傳輸安全分析驗證與審查技術建置。</p> <p>5. 112年度關鍵績效指標：國內/國際研討會論文發表篇數：6篇；研究報告篇數7篇；跨機構合作團隊養成3組；博碩士人才培育6人。</p>	<p>112年度針對左列計畫目標達成下列重點研究成果：</p> <p>1. 成功開發半自動高壓水除污設備，提高了金屬表面劑量率，達到BG值，<math>\alpha</math>、<math>\beta</math>/<math>\gamma</math>污染值小於MDA除污因子，DF達3.8至75.5。此外，亦蒐集先進國家的廢射源安全管理及最終處置資訊，制定相應法規與標準，並建立了廢射源回收計畫，進行全面審查。在國際間廢射源最終處置方面，通過特定場址分析，符合總有效劑量限制為0.25 mSv/yr，並採用鑽孔處置概念(BDC)進行永久性處置</p> <p>2. 針對國際用過核子燃料乾式貯存設施再取出行為進行深入研析，蒐集三國案例，提供未來我國監管參考，並提出修改審查要項與建議的方針。</p> <p>3. 完成研析IAEA SSR-6 (Rev.1)及國際用過核子燃料運送作業安全要求，彙整國內放射性物質運送法規，參考美國DOE操作規劃，蒐集美國商用用過核子燃料現況及集中式中期貯存設施法院審理進展，提出對放射性物質運送作業安全管制技術的精進建議</p> <p>4. 完成彙整國際岩體裂隙於不同化學環境之水力-力學耦合數值模擬相關文獻，另舉辦國內專家技術討論會，邀請相關領域專家學者討論近兩年研究成果，深入探討異向性岩體力學特性、坑道開挖經驗及破壞準則建構技術應用，為未來處置母岩調查及試驗規劃提供實質參考。</p> <p>5. 完成研析NEA 2013報告，提出地質處置場封閉後安全證案要項建議。研究高放最終處置計畫機構報告，提出研析成果及審查要項建議，結合國內法規，研擬我國最終處置設施安全分析報告導則(草案)。舉辦討論會議，邀請專家學者修訂導則(草案)，確保一致性及技術內容。蒐集各國高放處置設施緩衝材料傾斜裂隙環境實驗成果，完成沉積與沖蝕流失量評估。</p> <p>6. 完成協助我國管制機關了解放射性廢棄物處置計畫資訊跨世代保存的重要性，提供各階段適合的保存作法與必備紀錄。深入探究韓國高放射性廢棄物處置經驗實務作法，洞察處置技術發展計畫趨勢。提供111年度放射性廢棄物處置的國際動態資訊，並完成112年度「放</p>

年度	分年目標	達成情形
		射性廢棄物安全管制國際資訊研析 」報告1冊。 7.112年度關鍵績效指標：國內/國 際研討會論文發表篇數：0篇；研 究報告篇數11篇；跨機構合作團隊 養成3組；博碩士人才培育11人。

說明：  
無

## 二、架構

細部計畫		主持人	執行機關	計畫目標	本年度效益、影響、重大突破
名稱	預算數/ (決算數) (千元)				
精進放射性廢棄物貯存與處置安全管理技術發展	14002/(13366)	陳鴻斌	核能安全委員會 核物料管制組	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 強化除役放射性廢棄物特性與管制技術發展。</li> <li>2. 建立放射性物料管制的科學技術資訊，作為施政決策的參考依據。</li> <li>3. 先期研究探討發現問題，提出可行方案，擬訂解決對策。</li> <li>4. 預先規劃建立本土管制評估技術，以釐清廢棄物處置長期安全問題。</li> <li>5. 藉由研發成果回饋精進放射性物料安全管理技術規範與法規。</li> <li>6. 建立公開透明的放射性廢棄物科技資訊，增進公眾的信心。</li> <li>7. 促進管制人員與專家學者之間的技术經驗交流，養成專業人才。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 針對除役放射性廢棄物技術議題：開發半自動高壓水除污設備，提升低放廢棄物安全性，減少人力操作，降低污染。操作流程包括挑選金屬板，進入處理區，半自動化減少輻射曝露，提高安全性，節省處置費用。</li> <li>2. 針對用過核燃料乾式貯存技術議題：使用SCALE/TRITON和SCALE/MAVRIC進行核子燃料射源項評估，結合CADIS理論，建立不同燃料和燃耗的輻射屏蔽分析技術。利用等效熱導率分析技術，模擬DFC的熱導率、源項分佈和流阻，協助熱流評估。彙整國際技術要點，供參酌。研究國際用過燃料再取出設施，分析La Hague、CLAB、GE Morris的前置作業，提供監管參考。分析IAEA SSR-6及國際運輸安全要求，提出精進建議。</li> <li>3. 針對低放廢棄物處置技術議題：彙整岩體裂隙水力-力學耦合模擬文獻，整理室內試驗結果，瞭解異向性岩體特性，提供未來調查參考。</li> <li>4. 針對用過核子燃料處置技術議題：研析核能國家對最終處置設施的安全要求，提出我國安全分析報告導則(草案)。檢視三年專章，提升技術內容一致性。完成傾斜裂隙環境下緩衝材料實驗，提供參考。</li> </ol>

### 三、細部計畫與執行摘要

細部計畫	精進放射性廢棄物貯存與處置安全管理技術發展	計畫性質	G. 環境永續與社會發展
主持人	陳鴻斌	執行機關	核能安全委員會核物料管制組
<b>計畫規劃內容</b>			
計畫目標	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 強化除役放射性廢棄物特性與管制技術發展。</li> <li>2. 建立放射性物料管制的科學技術資訊，作為施政決策的參考依據。</li> <li>3. 先期研究探討發現問題，提出可行方案，擬訂解決對策。</li> <li>4. 預先規劃建立本土管制評估技術，以釐清廢棄物處置長期安全問題。</li> <li>5. 藉由研發成果回饋精進放射性物料安全管制的技術規範與法規。</li> <li>6. 建立公開透明的放射性廢棄物科技資訊，增進公眾的信心。</li> <li>7. 促進管制人員與專家學者之間的技術經驗交流，養成專業人才。</li> </ol>		
重點描述	<ol style="list-style-type: none"> <li>1-1 112年低微表面污染放射性廢棄物高壓水刀減量技術與廢射源安全管理之研析</li> <li>1-2 用過核燃料乾式貯存護箱系統結構與材料特性研析(112年)</li> <li>2-1 112年低放射性廢棄物坑道處置之岩體裂隙於不同環境下之水力-力學耦合模擬技術研析</li> <li>2-2 112年低放射性廢棄物坑道處置之異向性岩體破壞準則建構技術與應用</li> <li>3-1 用過核子燃料最終處置設施安全分析報告之審驗與管制技術研究</li> <li>3-2 傾斜裂隙環境下沉積及沖蝕對高放處置設施緩衝材料流失量之影響評估</li> </ol>		
預期成果	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 國內/國際研討會論文發表篇數：6篇</li> <li>2. 研究報告篇數7篇</li> <li>3. 跨機構合作團隊養成3組</li> <li>4. 博碩士人才培育6人</li> </ol>		
<b>計畫投入 (Inputs)</b>			
預算數 (千元) / 決算數 (千元) / 執行率	14002 / 13366 / 95.46%	總人力 (人年) 實際	12.5
其他資源投入			
主要工作項目	本年度重要成果	主要成果使用者/服務對象/合作對象	

<p>用過核燃料乾式貯存護箱系統結構與材料特性研析</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 建立一套整合SCALE/TRITON與SCALE/MAVRIC分析技術之源項分析工具，其結果可作為CADIS理論結合決定論法與蒙地卡羅法的輻射屏蔽分析技術，完整評估護箱裝載不同數量與燃耗之受損燃料時所造成之表面劑量。</li> <li>2. 以計算流體力學(Computational Fluid Dynamics, CFD)熱流分析工具研究受損燃料裝載於不同類型之DFC時的熱流特性，並藉以分析護箱因為裝載受損燃料時因為設備、器具與程序差異而衍生之分析需求。</li> <li>3. 彙整乾貯護箱裝載各類DFC時潛在之作業需求與安全議題，以供主管機關參酌。</li> <li>4. 針對三個國際仍在運營的貯存設施進行了資料蒐集與研析，並加入了美國與法國在相關營運過程中所考慮的監管資料。這些資料將作為我國未來監管的參考基礎。由於各國在吊掛取出等細節方法上存在差異，因此本報告將以原則性描述為主要說明內容，同時提出可用來精進修改審查要項與建議的方針。</li> <li>5. 將所蒐集之用過核子燃料安全管制技術及相關法規以及研析成果，對比已有之放射性物質運輸規劃，針對過核子燃料運送作業之安全管制技術與安全審查，提出具體精進建議事項；相關彙整資料與研析成果，亦可用於未來放射性物質安全運輸審查工作的參考依據。</li> </ol>	<p>核能安全委員會</p>
<p>低放射性廢棄物坑道處置之異向性岩體破壞準則建構技術與應用</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本項工作蒐整國際間有關異向性岩體之場址調查，及實際的隧道工程開挖案例，以作為我國發展坑道處置相關場址調查與安全評估之參考。</li> <li>2. 本項工作內容在於蒐整異向性岩體之破壞準則建構技術，及異向性岩體在外力作用下之破壞模式，以提供後續有關異向性岩體特性之場址調查要項擬定之參考。</li> <li>3. 本項工作規劃蒐整台灣本土異向性岩石(包括田古爾板岩、大南澳片岩與紅葉片岩)相關試驗成果、破壞準則建構技術及結合數值工具於大地工程之應用，以提供後續有關異向性岩體坑道處置安全評估審驗技術研析之參考。</li> </ol> <p>本項工作將綜整前三項工作成果，及參考鄰近「台東縣烏坵鄉」建議候選場址之公共工程建造經驗，針對具異向性岩體特性之場址調查要項與坑道處置安全評估工作提出適切的建議。</p> <p>本項工作規劃邀請國內相關專家與學者，針對異向性岩體之岩石力學特性、破壞準則建構技術與相關工程應用，及異向性岩體對處置坑道與鄰近邊坡之處置設施在規劃、設計、建造與運轉期間之可能影響進行研討。</p>	<p>核能安全委員會</p>

<p>低微表面污染放射性廢棄物高壓水刀減量技術與廢射源安全管理之研析</p>	<p>1. 完成開發一套半自動高壓水除污設備，減少工作人員輻射曝露，並大幅提升污染工件之除污效率與除污作業安全性。</p> <p>2. 本計畫施用本院半自動高壓水除污設備，高壓水噴洗除污平板狀污染金屬，除污後金屬表面劑量率皆為BG值，<math>\alpha</math>、<math>\beta/\gamma</math>污染值亦小於MDA除污因子，除污因子(Df)達3.8至75.5。</p>	<p>核能安全委員會</p>
<p>用過核子燃料最終處置設施安全分析報告之審驗與管制技術研究</p>	<p>1. 國際經濟合作暨發展組織(OECD)所屬核能總署(NEA)於2013年所發表的「地質處置場封閉後安全證案之性質和目的」報告之研析成果及要項建議說明。</p> <p>2. 擇要研析各國高放最終處置計畫階段性安全證案報告並提出相關審查要項建議，包括：法國ANDRA封閉後安全選項報告、加拿大NWMO用過燃料於結晶母岩處置場封閉後安全評估報告、英國NDA地質處置通用型地質處置安全證案概述報告、日本NUMO階段性安全證案報告，相關內容中文化工作。</p> <p>3. 研擬我國高放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則設施之「綜合概述」、「設施之組織規劃、行政管理及人員訓練計畫」、「輻射防護作業及環境輻射監測計畫」、「消防防護計畫」、「封閉及監管規劃」、「保安計畫及料帳管理計畫」及「保防計畫」等專章章節，包括：研提專章章節架構、提出審查要項建議、完成高放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則(草案)設施之條文內容、彙整研究團隊內部討論及專家座談會議意見，提出安全分析報告導則內容。其中，「保安計畫及料帳管理計畫」及「保防計畫」經研議合併為「保安計畫及核子保防計畫」。</p>	<p>核能安全委員會</p>
<p>低放射性廢棄物坑道處置之岩體裂隙於不同環境下之水力-力學耦合模擬技術研析</p>	<p>本計畫研究蒐整並研析不同化學環境之力學及水力耦合模擬相關之文獻，了解國際間有關裂隙岩體於不同化學環境下，水力-力學耦合模擬之相關資訊，將對其所使用之模擬方法，以及所考慮之相關參數對於模擬結果之影響有更進一步之瞭解。透過研析相關文獻之內容與經驗，可提供我國低放處置場安全評估採用模擬工具之參考，並可提供未來於場址特性調查相關參數時之參考。</p>	<p>核能安全委員會</p>
<p>傾斜裂隙環境下沉積及沖蝕對高放處置設施緩衝材料流失量之影響評估</p>	<p>1. 高放處置設施緩衝材料於傾斜裂隙環境下沉積及沖蝕實驗國際資訊蒐集及研析。</p> <p>2. 高放處置設施緩衝材料於傾斜裂隙環境下沉積流失量評估研析。</p> <p>3. 高放處置設施緩衝材料於傾斜裂隙環境下沖蝕流失量評估研析。</p> <p>4. 提出高放處置設施緩衝材料於傾斜裂隙環境下評估沉積及沖蝕流失量之相關審查重點及注意事項。</p>	<p>核能安全委員會</p>
<p><b>本年度效益、影響、重大突破</b></p>		

1. 針對除役放射性廢棄物技術議題：開發半自動高壓水除污設備，提升低放廢棄物安全性，減少人力操作，降低污染。操作流程包括挑選金屬板，進入處理區，半自動化減少輻射曝露，提高安全性，節省處置費用。
2. 針對用過核燃料乾式貯存技術議題：使用SCALE/TRITON和SCALE/MAVRIC進行核子燃料射源項評估，結合CADIS理論，建立不同燃料和燃耗的輻射屏蔽分析技術。利用等效熱導率分析技術，模擬DFC的熱導率、源項分佈和流阻，協助熱流評估。彙整國際技術要點，供參酌。研究國際用過燃料再取出設施，分析La Hague、CLAB、GE Morris的前置作業，提供監管參考。分析IAEA SSR-6及國際運輸安全要求，提出精進建議。
3. 針對低放廢棄物處置技術議題：彙整岩體裂隙水力-力學耦合模擬文獻，整理室內試驗結果，瞭解異向性岩體特性，提供未來調查參考。
4. 針對用過核子燃料處置技術議題：研析核能國家對最終處置設施的安全要求，提出我國安全分析報告導則(草案)。檢視三年專章，提升技術內容一致性。完成傾斜裂隙環境下緩衝材料實驗，提供參考。

#### 遭遇困難與因應對策

112年度計畫工作執行期間並無遭遇重大困難或落後。

## 貳、經費執行情形

### 一 經資門經費表(E005)

1. 初編決算數：因績效報告書繳交時，審計機關尚未審定112年度決算，故請填列機關初編決算數。
2. 實支數：係指工作實際已執行且實際支付之款項，不包含暫付數。
3. 保留數：係指因發生權責關係經核准保留於以後年度繼續支付之經費。
4. 預算數：原則填寫法定預算數，如立法院尚未通過總預算，則填寫預算案數。
5. 執行率：係指決算數佔預算數之比例。

單位：千元；%

	109年度 決算數	110年度 決算數	111年度 決算數	112年度				
				預算數(a)	初編決算數			執行率(d/a)
					實支數(b)	保留數(c)	合計(d=b+c)	
一、經常門小計	14872	13205	11897	14,002	13,366	0	13,366	95.46%
(1)人事費	0	0	0	0	0	0	0	%
(2)材料費	0	0	0	0	0	0	0	%
(3)其他經常支出	14,872	13,205	11,897	14,002	13,366	0	13,366	95.46%
二、資本門小計	0	0	0	0	0	0	0	%
(1)土地建築	0	0	0	0	0	0	0	%
(2)儀器設備	0	0	0	0	0	0	0	%
(3)其他資本支出	0	0	0	0	0	0	0	%
總計	14,872	13,205	11,897	14,002	13,366	0	13,366	95.46%

		109年度 決算數	110年度 決算數	111年度 決算數	112年度 決算數 (執行率)
科技計畫總計	總計	14872	13205	11897	13366 (95.46%)
精進放射性廢棄物貯存與處置 安全管制技術發展	小計	14872	13205	11897	13366 (95.46%)
	經常支出	14872	13205	11897	13366 (95.46%)
	資本支出	0	0	0	0 (%)

## 二 經費支用說明

經費執行率達95.46%。

## 三 經費實際支用與原規劃差異說明

符合原規劃。

## 第二部分

註：第一部分及第二部分（不含佐證資料）合計頁數建議以不超過 200 頁為原則，相關有助審查之詳細資料宜以附件方式呈現。

# 壹、成果之價值與貢獻度

(請說明計畫執行至今所達成之主要成果之價值與貢獻，亦即多年期綱要計畫，請填寫起始年累積至今之主要成就及成果之價值與貢獻度。)

## 一、學術成就(科技基礎研究)

### 1-1 112 年低微表面污染放射性廢棄物高壓水刀減量技術與廢射源安全管理之研析

本計畫施用本院半自動高壓水除污設備，此設備屬本院自主開發建立除污技術，使用此設備批次處理本院廢金屬 4 kg，需時 15 分鐘，本院估算每年實際操作狀況可完成 3,000 kg 平板廢金屬除污，本設備規劃施用十年，預計將可達 30,000 kg 平板廢金屬除污。本計畫將平板污染金屬(如碳鋼、不鏽鋼等)固定於電磁鐵轉盤，高壓水噴頭壓力 28,000 psi 噴洗 120 sec，噴洗水柱入射角為 90 度，初步完成單面噴洗除污，控制關閉固定板材電磁鐵後，再將板材翻面後，重複上述流程，高壓水噴洗完畢後，取出金屬平板，並進行偵檢量測作業，視污染程度，評估是否需再執行半自動高壓水除污程序，本院表面污染金屬平板，約需 3 次半自動高壓水噴洗，除污後金屬表面偵檢量測，將可達背景值(約 0.12  $\mu\text{Sv/h}$ )。達通過高壓水柱沖刷物體表面，對金屬廢棄物表面的衝擊和切削作用，可使工件表面的雜質、氧化層等清除掉使工件的表面獲得一定的清潔度

### 1-2B 112 年用過核子燃料乾貯設施再取出單元及運送作業安全管制技術精進研析

1. 針對三個國際仍在運營的貯存設施進行了資料蒐集與研析，並加入了美國與法國在相關營運過程中所考慮的監管資料。這些資料將作為我國未來監管的參考基礎。由於各國在吊掛取出等細節方法上存在差異，因此本報告將以原則性描述為主要說明內容，同時提出可用來精進修改審查要項與建議的方針。

2. 藉由彙整 IAEA SSR-6 (Rev.1) 及國際間用過核子燃料運送作業之安全要求研析，彙整國內現行放射性物質運送安全管制法規，並審視已有之放射性物質運輸經驗，根據研析成果對放射性物質運送作業安全管制技術，以及審查作業提出精進建議。面對未來的用過核子燃料廠外運輸需求，已將所蒐集之用過核子燃料安全管制技術及相關法規以及研析成果，對比已有之放射性物質運輸規劃，針對用過核子燃料運送作業之安全管制技術與安全審查，提出具體精進建議事項；相關彙整資料與研析成果，亦可用於未來放射性物質安全運輸審查工作的參考依據。

### 2-1 112 年低放射性廢棄物坑道處置之岩體裂隙於不同環境下之水力-力學耦合模擬技術研析

針對岩體裂隙於不同化學環境下水力-力學耦合之議題，綜整有關裂隙岩體於不同化學環境下水力-力學耦合之室內試驗與數值模擬相關文獻，並將重要資訊彙集成表。(1) 室內試驗的部分包含室內試驗裝置、所使用之觀測儀器、試驗項目、樣本之岩性、流體

化學特性以及滲透率變化等。(2) 數值模擬的部分包含了幾何參數的假設、模擬機制以及關鍵的參數等。相關成果提供後續我國研究之重要參考依據。

## **2-2 112 年低放射性廢棄物坑道處置之異向性岩體破壞準則建構技術與應用**

異向性岩體破壞準則建構技術與應用之議題，蒐整 Posiva(2006)提出的岩石力學葉理參數(rock mechanics foliation number, RMF)與葉理分類矩陣可提供工程師了解處置母岩葉理分布特徵，及評估數值分析採離散裂隙模型(Discrete Fracture Model, DFM)建模之必要性。

### **3-1 用過核子燃料最終處置設施安全分析報告之審驗與管制技術研究」。**

本年度研擬我國高放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則七個專章內容相關的國際技術報告或法規資訊，包括：(i)加拿大 NWMO 於 2021 年發表的「深層地質處置庫概念設計報告結晶/沉積岩」報告(第 6-10 章)；(ii)美國核能管制委員會(NRC)於 2003 年所發布的雅卡山放射性廢棄物地質處置場審查計畫報告；(iii)英國 NDA 於 2010 年發表的地質處置通用系統技術規範。這些報告提供了本年度七專章內容研擬的重要參考。研究團隊透過內部分組討論與定期之工作會議，以及邀請各界專家及台電公司高放計畫執行團隊成員共同諮詢討論，並彙整專家意見及建議內容，進行高放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則年度專章內容之研擬。並將過去三年(109-111)所陸續完成之六個專章條文內容進行重新檢視，詳細審視其技術內容的連貫性與一致性，透過反覆討論與修訂，以及兩次專家座談會議中專家之建議，完成安全分析報告導則全部內容草案，將有助於我國放射性廢棄物相關管制法規更趨完備。

### **3-2 傾斜裂隙環境下沉積及沖蝕對高放處置設施緩衝材料流失量之影響評估**

為評估緩衝材料於傾斜裂隙環境下之沉積流失量與沖蝕流失量，本研究參考各國研究報告書及文獻來設計實驗條件，透過沉積及沖蝕實驗來了解緩衝材料於傾斜裂隙環境下的沉積及沖蝕行為，以每日拍攝觀察緩衝材料擠入裂隙中的歷程變化，再透過濁度計測得受不同實驗條件下沖蝕的每日流失量，完成高放最終處置緩衝材料於傾斜裂隙環境下的沉積及沖蝕實驗，進而從本研究的沉積流失量與沖蝕流失量，提出高放最終處置緩衝材料之沉積流失量與沖蝕流失量評估之相關審查重點與注意事項。

### **3-3 112 年放射性廢棄物安全管制國際資訊研析**

本計畫系統性與全面性的蒐集彙整 2022 年度之放射性廢棄物處置國際動態資訊研析，完成 37 篇羅列國際核後端、核廢棄物管理計畫暨法規、低階與高階處置等相關新聞。研究成果彙整將有助提升我國管制人員對於國際核安全管制智識，藉由他山之石完善我國核安全管制作法

## **二、技術創新(科技技術創新)**

### **1-1 112 年低微表面污染放射性廢棄物高壓水刀減量技術與廢射源安全管理之研析**

低放廢料廠 015A 館除污間原先配置高壓水槍，係採取人工操作方式進行除污作業，考量人力有限及作業安全性，取代人工操作，現開發一套半自動高壓水除污設備。研究污染金屬之表面除污之可行性，使其可達解除管制標準，具有廢棄物減量之效益，以減輕貯存庫倉貯壓力與節省未來處置費用。主要除污標的為低放廢料廠內已檢整之低放射性金屬廢棄物，選擇其樣態為平整之金屬板，確保執行高壓水除污作業時能達到降低污染程度之效果。半自動化則可減少工作人員輻射曝露，大幅提升作業安全性。

### **1-2A 112 年受損燃料裝罐後對乾貯護箱之熱流與屏蔽分析技術建立與特性研析**

整合 SCALE/TRITON 與 SCALE/MAVRIC，結合 CADIS 理論，開發源項分析工具評估受損燃料對表面劑量的影響。建立一套以 CFD 熱流分析工具反映受損燃料裝載於不同 DFC 時之熱流特性，並藉以分析護箱因為裝載受損燃料時因為設備、器具與作業程序差異而衍生之分析需求與熱流特性。

### **2-1 112 年低放射性廢棄物坑道處置之岩體裂隙於不同環境下之水力-力學耦合模擬技術研析**

針對岩體裂隙於不同化學環境下水力-力學耦合之議題，針對數值模擬的部分進行模擬方法的蒐整，彙整不同國家之數值模擬方法，可提供未來我國相關技術發展之重要參考依據。

### **2-2 112 年低放射性廢棄物坑道處置之異向性岩體破壞準則建構技術與應用**

異向性岩體破壞準則建構技術與應用之議題，基於葉理面破壞準則(Foliation failure criterion, FFC)所開發的 FFC Jmodel 與 Ubi-FFC Cmodel，經驗證可模擬異向性岩體力學特性。

### **3-3 112 年放射性廢棄物安全管制國際資訊研析**

本計畫完成韓國高放射性廢棄物處置技術研發策略研析，韓國已於 2022 年發布「高放射性廢棄物處置管理研發路徑圖」，該文件內容包含處置技術要項的判定與技術成熟度的評量作法，對於理解處置技術之技術成熟度的評量作法，將可進一步促進提升我國在處置技術上突破及創新的研發能量，對我國管制機關具有一定的參考與比對價值。

## **三、經濟效益(經濟產業促進)**

### **1-1 112 年低微表面污染放射性廢棄物高壓水刀減量技術與廢射源安全管理之研析**

本計畫旨在評估本院低放射性金屬廢棄物貯存庫的使用空間，並探討除役過程中可能的低放射性廢棄物減量處理技術。此外，研究放射性密封射源的全生命週期管理，包括安全處置及相關管理模式，提高整體安全風險控制。

### **3-3 112 年放射性廢棄物安全管制國際資訊研析**

本計畫在韓國處置經驗研析上提到韓國已於 2021 年發布「第 2 版高放射性廢棄物管理基本計畫」，計畫將俟選址程序立法並實際推動後落實設計、調查及安全評估技術之應用。列舉處置需求之關鍵技術與成本，依據韓國在高放射性廢棄物處置在產業上推動的優良經驗，通盤檢視我國在處置技術上是否不足處，以精進我國在處置技術上符合發展時程，循序漸進達成處置設施設計目標。

## **四、社會影響(社會福祉提升、環境保護安全)**

### **1-1 112 年低微表面污染放射性廢棄物高壓水刀減量技術與廢射源安全管理之研析**

國家原子能科技研究院放射性廢金屬主要來自核設施及醫療工業，庫存漸趨飽和。隨著核設施除役作業增加，低放射性金屬廢棄物需有效處理，但最終處置場未興建，貯存空間減少。國際原子能總署提供廢射源管理指南，協助國家確保安全處置，促進全球協作。審慎研析少量特殊性放射性廢棄物的減量處理技術刻不容緩，以因應日益嚴重的空間壓力。

### **1-2A 112 年受損燃料裝罐後對乾貯護箱之熱流與屏蔽分析技術建立與特性研析**

本研究蒐整與研析國際資訊與案例，充分探討受損燃料裝載於乾貯護箱進行中期貯存之可行性，並利用技術能力證實受損燃料乾貯的安全性，可有效消除國內對於受損燃料中期貯存之安全顧慮，增進民眾對用過核子燃料乾式貯存之信心。

### **1-2B 112 年用過核子燃料乾貯設施再取出單元及運送作業安全管制技術精進研析**

再取出系統在乾貯設施中扮演重要角色，應對密封鋼筒破裂洩漏等情況，提供換筒手段。可用於核子燃料再取出、檢查或再包裝，符合安全要求，滿足相關法規要求。通過分析國際審查和現場經驗，改進再取出系統審查要項，提升本國核管法規完善性。放射性物質運輸規劃需確保安全與防護，依照 IAEA TS-R-1 法規，適用陸地、水上及空中運輸，包括輔助設備使用。

**2-1 112 年低放射性廢棄物坑道處置之岩體裂隙於不同環境下之水力-力學耦合模擬技術研析及 2-2 112 年低放射性廢棄物坑道處置之異向性岩體破壞準則建構技術與應用**  
相關研究成果及經驗將進一步促使低放射性廢棄物處置審驗技術的提升，並可將研究成果作為讓人民安心的依據，提升民眾對於低放處置之信心。

### **3-1 用過核子燃料最終處置設施安全分析報告之審驗與管制技術研究**

藉由針對國際間高放最終處置階段性安全證案報告技術評估要項、核能先進國家相關法規、導則、安全要求或國際間高放最終處置設施安全分析報告之審查案例資訊內容研析與整理，除有助於我國對國際地質處置技術發展現況的掌握、技術能力的提升及處置技術智庫的累積，亦可作為主管機關與社會互動或公眾溝通的素材。以此為基礎

建立國內本土化安全審查之技術能力，一方面能符合國際現況，另一方面則可強化審查作業的公信力

### **3-3 112 年放射性廢棄物安全管制國際資訊研析**

本計畫完成放射性廢棄物處置計畫資訊跨世代保存之國際資訊研析。高放射性廢棄物處置屬長時間達百萬年處置型態，藉由理解必要的跨世代資訊保存紀錄架構，確保在未來廢棄物管制上降低人類無意闖入的可能性，提供我國管制機關擬定資訊保存合適性作法與規定。

## **五、其他效益(科技政策管理、人才培育、法規制度、國際合作、推動輔導等)**

### **1-1 112 年低微表面污染放射性廢棄物高壓水刀減量技術與廢射源安全管理之研析**

鑒於核能及放射同位素應用已發展多年，小產源放射性廢棄物逐增，貯存設施不足問題亟待解決。借鏡國際經驗，研析放射性廢棄物減量處理方式，以有效處理小產源放射性廢棄物。國際原子能總署提供《廢棄放射性源管理指南》作為安全處理選項，強調國家政策與戰略制定，以安全管理廢射源。

### **1-2A 112 年受損燃料裝罐後對乾貯護箱之熱流與屏蔽分析技術建立與特性研析**

培訓 1 名博士生及 1 名碩士生研究助理參與乾貯系統裝載受損燃料罐之輻射屏蔽特性與案例研析計畫，藉以培育乾貯系統輻射屏蔽分析技術專業人才，有效帶動乾貯系統安全分析技術發展及經驗傳承。

### **1-2B 112 年用過核子燃料乾貯設施再取出單元及運送作業安全管制技術精進研析**

研析國際審查與運轉經驗，精進再取出系統審查要項，提升我國核管法規完善性，確保符合放射性廢棄物處理安全管理標準。針對 IAEA 發布的新 SSR-6 (Rev.1) 進行研讀，與現行規則協調，完善放射性物質運送規則，為未來安全管制提供參考。

**2-1 112 年低放射性廢棄物坑道處置之岩體裂隙於不同環境下之水力-力學耦合模擬技術研析及 2-2 112 年低放射性廢棄物坑道處置之異向性岩體破壞準則建構技術與應用**  
參與本計畫之研究成員，透過蒐整國際間之岩體裂隙於不同化學環境下水力-力學耦合相關文獻，及國內外有關異向性岩體破壞準則建構技術與應用之議題，對於相關研究有更進一步之了解，並且磨練蒐整文章技巧、報告書撰寫等。另外，本研究於計畫執行期間舉辦之專家技術討論會，讓國內相關領域之專家進行交流，討論出相關議題之重點及未來可研究之方向，作為後續研究之參考。

### **3-1 用過核子燃料最終處置設施安全分析報告之審驗與管制技術研究**

本計畫自 104 年起致力於用過核子燃料最終處置領域的研究，綜合國際技術文件、法規、安全要求等資訊，提供專業意見。透過審閱最終處置安全分析報告，提出審查要項建議，並延續 109-111 年成果，研擬我國最終處置審查導則，進行專家座談會議，以促進法規體系的完備。

### **3-2 傾斜裂隙環境下沉積及沖蝕對高放處置設施緩衝材料流失量之影響評估**

有關高放最終處置設施緩衝材料於傾斜裂隙環境下沉積及沖蝕流失量評估相關研究，所培育的人才未來皆可投入用過核子燃料最終處置計畫長期發展所需。相關計畫成果可提供核安會對於我國用過核子燃料最終處置安全審查之參考，及提升相關審驗技術與能力，並提供管制機關對於最終處置安全審查的技術諮詢與建議。

### **3-3 112 年放射性廢棄物安全管制國際資訊研析**

完成韓國放射性廢棄物管制體系與高放射性廢棄物處置研發策略研析，以系統性歸納韓國核電、政策管理、重要法規與組織等資訊，成果有助於我國管制機關借鏡並完善我國法規體系與管制要求，提升我國核能管制人員瞭解鄰近國家核後端知識。完成彙整 2022 放射性廢棄物處置國際動態資訊研析，針對各國放射性廢棄物管理與處置政策多有著墨，對於高放射性廢棄物處置技術的國際合作(如深層鑽孔處置有多國感興趣展開國際合作評估可行性)，成果有助於我國管制機關了解國際安全管制良好實務作法，提升我國管制政策符合國際要求。

## 貳、檢討與展望

### 1-1 112 年低微表面污染放射性廢棄物高壓水刀減量技術與廢射源安全管理之研析

高壓水噴洗 (HPWJ) 是廣泛應用的相對迅速的機械式放射性廢金屬表面除污技術，實現高除污能力。不同於化學除污，由於複雜材料和設備的幾何形狀，高壓水噴洗應用上較具挑戰。根據施加壓力，可分為四類技術 (低、中、高和超高)，添加磨料提高效率，降低成本，協助消除表面污染。預期廢射源鑽孔處置技術，可供少量高比活度放射性廢棄物國家使用並安全監控。BDC 提供多層次的化學、物理隔離和遏制屏障，縱深防禦，保障若單或雙屏障未如預期運行，其他屏障提供必要遏制。BDC 利用現成建築材料和技術，提供直接、成本效益的適當地質條件。Salehe 和 Kim (2013) 建議建立處置庫選址和安全評估的全面知識，為 BDC 找到合適地點和進行安全評估。

### 1-2A 112 年受損燃料裝罐後對乾貯護箱之熱流與屏蔽分析技術建立與特性研析

本研究基於蒐集文獻所得之受損燃料特性與乾貯實務，在考慮可行的簡化技巧及必要的額外作業流程後，進行完整的輻射屏蔽與熱流特性研析，並將獲得的分析結果回饋主管機關參考。所建立之分析技術，亦可應用於壓水式機組燃料乾式貯存之安全分析，以滿足國內對乾貯設施安全管制之需求。

### 1-2B 112 年用過核子燃料乾貯設施再取出單元及運送作業安全管制技術精進研析

針對三座國際設施及其安全分析審查，專注於用過核燃料的再取出，強調降低風險、實施檢查監測。透過硬體設備限制，減少護箱吊掛轉換風險，透過檢查監測程序，降低人員放射性風險。針對 Morris 設施和 La Hague 的事故分析和監管要求，區分廠址和設施相關內容。對於台灣，建議傾向於較簡單的沉浸式方法，確保再取出系統操作安全性，有利應對意外狀況，維護穩定運作。對未來用過核子燃料廠外運輸，提出精進建議，可用於未來放射性物質安全運輸審查的參考。後續研究可聚焦用過燃料池維護與再取出單元管制技術精進，以及用過核子燃料運輸管制技術與運輸計畫案例研析。

### 2-1 112 年低放射性廢棄物坑道處置之岩體裂隙於不同環境下之水力-力學耦合模擬技術研析

針對岩體裂隙於不同化學環境下水力-力學耦合之議題，蒐整許多國際間的室內試驗及數值模擬相關文獻。室內試驗部分研究耗費資源龐大(例如：CT 電腦斷層掃描)，如未來我國需發展相關技術，可從投入資源較少的項目開始著手。數值模擬結果可能會受到反應速率常數、孔隙面積等參數影響，模型中所考慮的機制也會影響模擬結果。因此，未來我國之研究方向可朝向建立一個水力-力學-化學矩陣列表，盤點研究現況；或是先給定一個化學條件，聚焦在特定議題下進行相關研究。

## **2-2 112 年低放射性廢棄物坑道處置之異向性岩體破壞準則建構技術與應用**

異向性岩體破壞準則建構技術與應用之議題，Posiva(2006)針對岩石是否為均質或異向性岩體，及葉理結構及對岩石異向性特徵的描述與分類經驗，值得我國參考。另外，岩體異向性對開挖引致岩體損傷與支撐設計之影響，以及本土具葉理面與劈理面之變質岩類，其異向性對岩石強度、變形特性與水力特性之影響，及不同岩石類別在上述異向性之差異，可做為未來之研究課題。

### **3-1 用過核子燃料最終處置設施安全分析報告之審驗與管制技術研究**

為完備我國用過核子燃料最終處置法規，核安會委託研究計畫，自 109 至 111 年針對安全分析報告導則(草案)進行研擬。112 年度聚焦於最終處置設施各章節研擬，包括「綜合概述」、「組織規劃、管理及人員訓練」、「輻射防護及環境監測」、「消防防護」、「封閉及監管」、「保安及料帳管理」及「保防計畫」等。參酌國際高放最終處置安全規定、核先進國家法規、安全要求及報告審查案例，結合專家諮詢座談會議與主管機關意見徵詢，逐步發展完整安全分析報告導則，供主管機關參考。

### **3-2 傾斜裂隙環境下沉積及沖蝕對高放處置設施緩衝材料流失量之影響評估**

為提升我國高放最終處置計畫之驗證能力，針對高放最終處置設施緩衝材料於傾斜裂隙環境下沉積及沖蝕流失量評估相關研究，研提國內最終處置之審查重點及建議事項，藉以持續發展國內平行驗證技術，精進我國用過核子燃料最終處置計畫之研發內容，提升管制機關審查與驗證之技術能力。

### **3-3 112 年放射性廢棄物安全管制國際資訊研析**

針對 2022 年國際上有關放射性廢棄物安全管制的重大事件，例如，瑞士選定深層地質處置設施建議場址與芬蘭用過核子燃料處置設施運轉執照申請進度兩個案例，進行資訊蒐整與研析。成果可供管制機關、處置計畫執行單位及學術界等參考應用。蒐整之資訊亦有利於公眾瞭解相關議題的國際現況與趨勢。鑒於國際資訊彙整成果的多方面應用價值，建議後續仍宜持續推動相關研究工作，以確保我國安全管制技術能與時俱進，符合國際水準。

## **參、其他補充資料**

### **一、跨部會協調或與相關計畫之配合**

無

### **二、大型科學儀器使用效益說明**

### 三、 其他補充說明(分段上傳)