

# 108 年度政府科技發展計畫 績效報告書 (D006)

計畫名稱：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 105 年 01 月 01 日 至 108 年 12 月 31 日止

本期：自 108 年 01 月 01 日 至 108 年 12 月 31 日止

主管機關：行政院原子能委員會

執行單位：放射性物料管理局



# 目 錄

【108 年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表(D003)】 .....	1
第一部分 .....	6
壹、 目標與架構 (系統填寫) .....	7
一、 總目標及其達成情形 .....	7
二、 架構 (系統產出，不另行填寫) .....	14
三、 細部計畫與執行摘要 .....	18
貳、 經費執行情形 .....	31
一、 經資門經費表(E005) .....	31
二、 經費支用說明 .....	32
三、 經費實際支用與原規劃差異說明 .....	32
參、 主要產出與關鍵效益(E003) .....	33
第二部分 .....	37
壹、 成果之價值與貢獻度 .....	38
貳、 檢討與展望 .....	79
參、 其他補充資料 .....	83
一、 跨部會協調或與相關計畫之配合 .....	83
二、 大型科學儀器使用效益說明 .....	83
三、 其他補充說明(分段上傳) .....	84
附表、佐證資料表 .....	85



## 【108年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表(D003)】

審議編號	108-2001-02-17-06					
計畫名稱	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	行政院原子能委員會(組改後為核能安全委員會)					
執行單位	行政院原子能委員會放射性物料管理局(組改後為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	局長		
	服務機關	行政院原子能委員會放射性物料管理局				
計畫類別	<input checked="" type="checkbox"/> 一般科技施政計畫 <input type="checkbox"/> 新興重點政策計畫 <input type="checkbox"/> 延續重點政策計畫 <input type="checkbox"/> 前瞻基礎建設計畫					
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"/> 生技醫藥 <input type="checkbox"/> 國防產業(資安、微衛星) <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 checked="" 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___%      環境科技 <u>100</u> %      資通電子___% 工程科技___%      人社科服___%      科技政策___% 計畫可為單一群組或多群組，請依各群組所占比重填寫%，總計須為100%。					
執行期間	108年01月01日 至 108年12月31日					
全程期間	105年01月01日 至 108年12月31日					
資源投入 (以前年度 請填決算數)	年度	經費(千元)		人力(人/年)		
	105	14,932		12		
	106	13,073		12		
	107	14,784		12		
	108	15,433		12		
	合計	58,222		48		
	108 年度	經常		經費項目	預算數(千元)	決算數(千元)
		人事費		-	-	-
		材料費		-	-	-

		門	其他經常支出	16,446	15,433	93.84
			小計	16,446	15,433	93.84
		資本門	土地建築	-	-	-
			儀器設備	-	-	-
			其他資本支出	-	-	-
			小計	-	-	-
		經費合計		16,446	15,433	93.84
政策依據	國家科學技術發展計畫(民國 106 年至 109 年)附錄：行政院原子能委員會目標一、精進原子能安全管制技術，提升原子能利用安全品質。策略一、確保核能電廠及廢料安全：提升核能電廠除役、除役前運轉安全及放射性廢棄物處置管制技術及法規能量，強化審查與查證能力。					
與國家科學技術發展計畫之關聯	<p>國家科學技術發展計畫(民國 106 年至 109 年) 參、總目標與遠景、目標二、堅實智慧生活科技與產業、肆、策略與重要措施。</p> <p>(二)策略 4.策略四「發展綠色科技實現低碳永續社會」 (1)策略目標：⑤發展核電廠除役技術，邁向綠色永續社會。 (2)重要措施：措施 5.發展核後端技術，邁向綠色永續社會。</p>					
本計畫在機關施政項目之定位及功能	<p>國際原子能總署發布「用過核子燃料安全管理與放射性廢棄物安全管理聯合公約」於 1997 年生效，要求會員國應確保在用過核子燃料和放射性廢棄物管理的各個階段落實防止潛在危害的有效措施，以便永續保護人類與環境免於受到游離輻射的不利影響。行政院 107 年度施政方針要求應「嚴格執行核電廠除役、核廢料處置及核電廠安全管制作業，持續推動公眾參與監督及資訊透明機制；強化國內輻射安全防護海陸域環境偵測及災害應變能量；創新原子能科技應用及綠色能源產業技術。」；民國 98 年行政院國家永續發展政策綱領，亦明定應尋求放射性廢棄物中間及最終妥善處置的方案。綜上，無論在國際核能公約或國家永續發展綱領上，放射性物料的安全管制，均為政府施政的重要一環。</p> <p>放射性物料管理局所轄業務包含全國放射性物料處理、貯存與處置設施之建造、運轉與放射性廢棄物設施除役(或封閉)之審核與發照；並負責放射性物料輸入、輸出、處理、貯存、運送與處置等相關作業之安全管制與檢查等事項。基於達成嚴密管制放射性物料的營運安全、維護民眾健康與環境品質的任務目標，爰提出本計畫，落實相關業務所需之技術發展工作。</p> <p>本計畫總目標在於建立與精進放射性物料(包含低放射性廢棄物與用過核子燃料)的相關管制技術，以便釐清與解決所面臨的技術問題，使用過核子燃料及低放射性廢棄物的處理貯存與處置能確保公眾安全與維護環境品質。另因應政府組織改造，「放射性物</p>					

	<p>料管理法」將修正為「放射性物料管制法」，其後將針對各項管制技術規範進行研議，以確保放射性物料之安全管制。由於物管局為行政機關，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各分項與子項計畫。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科技研發工作。本計畫的落實有助於達成下列事項：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.建立放射性物料管制的科學技術資訊，作為施政決策的參據。</li> <li>2.先期研究探討發現問題，提出方案，擬訂解決對策。</li> <li>3.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>4.精進放射性物料管制的技術規範與安全基準。</li> <li>5.在安全的前提下，促進放射性物料設施的管理效能。</li> <li>6.建立公開透明的放射性廢棄物科技資訊，增進公眾的安全信心。</li> <li>7.促進管制人員與專家學者之間的技術經驗交流。</li> <li>8.配合穩健減核政策，強化核能電廠除役與廢棄物管制技術。</li> <li>9.確保放射性物料管制品質，以利核能安全應用與政府推行「節能減碳」政策。</li> <li>10.提升安全管制能力，以促進放射性廢棄物管理實務計畫的順利進行與經濟效益。</li> </ol>
<p><b>計畫重點描述</b></p>	<p>「放射性廢棄物貯存與處置安全管制技術發展」計畫，以放射性廢棄物運輸與貯存、低放射性廢棄物處置、用過核子燃料處置等技術領域，於四年期程(105-108 年)推動。108 年度整體計畫架構如下：</p> <p>綱要計畫：放射性廢棄物貯存與處置安全管制技術發展(4/4)(主辦單位原能會物管局)</p> <p>分項計畫 1：放射性廢棄物貯存安全審查平行驗證技術發展(4/4)</p> <p>子項計畫 1-1：放射性廢棄物長期貯存安全審查規範之研究</p> <p>子項計畫 1-2：日本用過核子燃料室內乾式貯存設施設計審查案例研析</p> <p>子項計畫 1-3：低放射性廢棄物運送安全審查研究</p> <p>子項計畫 1-4：放射性物料管理專業辭彙編修</p> <p>分項計畫 2：低放射性廢棄物處置安全評估驗證技術研究(4/4)</p> <p>子項計畫 2-1：低放射性廢棄物近岸坑道處置之場址參數驗證技術研究</p> <p>子項計畫 2-2：低放射性廢棄物坑道處置審查規範建立與工程障壁系統驗證技術研究</p> <p>子項計畫 2-3：低放射性廢棄物近岸坑道處置之坑道結構穩定驗證技術研究</p> <p>子項計畫 2-4：低放射性廢棄物近岸坑道處置設計情節核種傳輸驗證技術研究</p> <p>子項計畫 2-5：低放射性廢棄物近岸坑道處置設計情節之生物圈劑量評估驗證技術研究</p> <p>子項計畫 2-6：低放射性廢棄物設施主結構體再運轉年限之安全</p>

	<p style="text-align: center;">審查研究</p> <p>分項計畫 3：用過核子燃料處置安全審查平行驗證技術發展(4/4) 子項計畫 3-1：108 年用過核子燃料處置審驗技術研析及驗證工作</p>	
<p style="text-align: center;">主要績效指標</p>	<p style="text-align: center;">原設定</p>	<p>108 年度原定績效包括：A.論文：期刊論文 1 篇、研討會論文 4 篇、B.合作團隊(計畫)養成：安全審查團隊養成 3 組、C.培育及延攬人才：博碩士培育 3 人、D1.研究報告：安全管制技術研究報告 9 篇、K.規範/標準或政策/法規草案制訂：安全管制規範/標準研修 2 件。</p>
	<p style="text-align: center;">達成情形</p>	<p>108 年度實際產出包括：A.論文：研討會論文 10 篇、B.合作團隊(計畫)養成：安全審查團隊養成 3 組、C.培育及延攬人才：博碩士培育 13 人、D1.研究報告：安全管制技術研究報告 13 篇、K.規範/標準或政策/法規草案制訂：安全管制規範/標準研訂 5 件。</p>
<p style="text-align: center;">計畫效益與重大突破</p>	<p>108 年度計畫實際效益與成果如下：</p> <p>(1)放射性廢棄物貯存安全審查平行驗證技術發展</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 完成美國近期乾貯設施申請、換照法規要求及管制單位審查立場研析。</li> <li>• 完成美國與德國乾貯設施安全評估之老化管理指引研析。</li> <li>• 研訂我國乾式貯存設施每 10 年安全再評估之申請導則草案。</li> <li>• 完成日本浜岡電廠室內乾貯設施設計審查案例研析。</li> <li>• 完成室內乾式貯存設施建築物之地震意外事故影響研析。</li> <li>• 提出我國「用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告審查導則」精進建議。</li> <li>• 完成低放射性廢棄物運送安全審查研究及研訂導則草案。</li> <li>• 完成放射性物料管理專業辭彙編修。</li> </ul> <p>(2)低放射性廢棄物處置安全評估驗證技術研究</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 完成低放射性廢棄物近岸坑道處置之場址參數驗證技術。</li> <li>• 完成工程設計與建造營運技術平行驗證技術回饋。</li> <li>• 完成坑道封閉與長期穩定平行驗證技術回饋。</li> <li>• 完成處置系統長期安全評估平行驗證技術回饋。</li> <li>• 完成輻射劑量安全評估平行驗證技術回饋。</li> <li>• 完成「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告審查導則」修正建議。</li> <li>• 完成低放射性廢棄物設施主結構體再運轉年限之安全審查研</li> </ul>	

	<p>究及研訂導則草案。</p> <p>(3)用過核子燃料處置安全審查平行驗證技術發展</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 完成瑞典 SR-Site 申照報告之主審查階段技術報告擇要研析，以及申照進程資訊彙整。</li> <li>• 依據瑞典審查案例經驗，提出最終處置審查管制要項建議供國內處置計畫參考。</li> <li>• 完成處置設施母岩空間異質性分析及處置罐圍壓分析之平行驗證計算能力建立。</li> <li>• 完成緩衝/回填材料之 T-H-M 耦合參數實驗及近場長期變位模式發展與平行驗證。</li> <li>• 完成處置設施針對不同功能需求的低鹼性混凝土配比設計發展與工程性質探討，提出相應之設計及審查重點與注意事項。</li> </ul>			
<p><b>遭遇困難與因應對策</b></p>	<p>108 年度計畫工作執行期間並無遭遇重大困難或落後。</p>			
<p><b>後續精進措施</b></p>	<p>本計畫全程為 105 年度起至 108 年度止，已順利完成全期預定之計畫工作。計畫任務目標以建立管制機關所需之安全管制技術為核心，以培養專業技術管制/審查人力為輔。後續 109 年度至 112 年度已研提「精進放射性廢棄物貯存與處置安全管制技術發展科技發展中程個案計畫」，將與時俱進，配合國家政策，持續研發放射性廢棄物處理、貯存與處置等相關安全管制技術。在策略上將善用有限研發資源，優先執行安全重要性高且實務需求迫切之研發工作。在具體措施方面，將加強技術領域的整合與經驗交流，並促進理論與實務應用的結合，以提升計畫效益。</p>			
<p><b>計畫連絡人</b></p>	<p>姓名</p>	<p>徐源鴻</p>	<p>職稱</p>	<p>組長</p>
	<p>服務機關</p>	<p>行政院原子能委員會放射性物料管理局</p>		
	<p>電話</p>	<p>02-22322310</p>	<p>電子郵件</p>	<p>simon@aec.gov.tw</p>

## 第一部分

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、目標與架構 (系統填寫)

## 一、總目標及其達成情形

放射性物料安全管制為政府施政的重要一環。物管局為我國放射性物料安全管制機關，所轄業務包含全國放射性物料處理、貯存與處置設施之建造、運轉與核能設施除役(或封閉)之審核與發照，並負責放射性物料輸入、輸出、處理、貯存、運送與處置等相關作業之安全管制與檢查等事項。為達成嚴密管制放射性物料的營運安全、維護民眾健康與環境品質的任務目標，爰提出本計畫，以持續強化並落實相關業務所需之技術發展工作。

物管局考量前述之施政推動需求與面臨之問題，擬定本計畫總體策略績效目標為：建立與提升放射性物料(包含低放射性廢棄物與用過核子燃料)貯存與處置的相關管制技術，以釐清並解決所面臨的技術問題，確保足以維護環境品質與公眾安全，細部發展目標包括：

1. 針對既有的與未來的放射性廢棄物貯存設施，研擬管制措施的精進作為，持續提升安全水準，並對設施後續的活動發展，評估管制對策。
2. 針對未來的放射性廢棄物處置設施，釐清可能的安全影響因素，前瞻發展審查所需的驗證工具與管制技術。
3. 完善我國放射性廢棄物管制法規體系，建立長遠的技術研發機制。
4. 配合計畫的執行，促進物管局專業人力的養成，並透過委託學術機構的研究，培育國內潛在研發人力。
5. 透過委託研究與技術整合，結合專家學者凝聚共識，以建立嚴謹的管制審查專業團隊。
6. 遵照行政院「性別平等政策綱領」，加強女性在環境、科技、工程等領域能力建構與決策參與，並確保在政府所主導的科學研究中，均

納入性別觀點。

分年目標與達成情形說明如後。

年度	分年目標	達成情形
105	<p>105 年度計畫為四年期程的第一年，策略目標為針對放射性廢棄物貯存以及低放射性廢棄物與用過核子燃料最終處置等相關議題進行現階段的國際資訊彙整與研析，以檢視國際上當前的技術發展水準與趨勢，並研析國內管制面須精進的技術議題。具體執行方式以貯存、低放處置、高放處置三個分項共十個子項，委託專業學研機構進行優先/重要議題之研究。</p> <p>計畫執行期間物管局指派業務人員協同各委託研究計畫進行聯繫與研討，一方面使實務經驗與學術理論相結合，確保研發成果能切合管制業務實際需求；另一方面透過學習成長，強化管制人員的專業素養。</p> <p>本年度各子項計畫研究成果經過計畫期間持續的溝通討論與期末審查機制，確認均符合原訂規劃，切合管制實務工作之需求，並兼顧長遠之技術發展需要。</p>	<p>本計畫 105 年度成果除達成既定的量化績效指標，完成論文 8 篇與研究報告 15 篇外，更重要的是以管制技術需求為導向，養成貯存、低放處置與高放處置等三個跨機構研發團隊(整合型分項計畫)，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。其中低放處置與高放處置分項計畫分別以瑞典 SR-PSU 與 SR-SITE 的實際設施執照申請案例進行研析，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。重點項目摘要如下：</p> <p>(1)放射性廢棄物貯存安全審查平行驗證技術發展</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 完成放射性廢棄物中長期貯存安全技術發展研析</li> <li>• 完成用過核子燃料貯存輻射安全驗證方法研究與案例測試</li> <li>• 完成乾貯系統密封鋼筒再包封可行性之熱流評估</li> </ul> <p>(2)低放射性廢棄物處置安全審查平行驗證技術發展</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 完成坑道處置場址特性審驗技術建立之資訊研析</li> <li>• 完成坑道處置工程設計審驗技術建立之資訊研析</li> <li>• 完成坑道處置工程地質與長期穩定審驗技術建立之資訊研析</li> <li>• 完成坑道處置核種傳輸審驗技術建立之資訊研析</li> <li>• 完成坑道處置生物圈與劑量評估審驗技術建立之資訊研析</li> </ul> <p>(3)用過核子燃料處置安全審查平行驗證技術</p>

		<p>發展</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 完成國際用過核子燃料處置規劃階段成果報告審驗技術資訊研析</li> <li>• 完成深層地質處置設施多孔配置之近場效應分析</li> <li>• 完成低鹼性水泥混凝土於最終處置設施之應用研究</li> <li>• 完成 2016 放射性廢棄物處置管制技術國際動態與趨勢分析之研究</li> </ul>
106	<p>106 年度計畫為四年期程的第二年，策略目標為針對放射性廢棄物貯存以及低放射性廢棄物與用過核子燃料最終處置等相關議題擴大前一年度成果，進行審查與驗證技術之建立，並研析國內管制面須精進的技術議題。具體執行方式以貯存、低放處置、高放處置 3 個分項共 9 個子項，委託專業學研機構進行優先/重要議題之研究。</p>	<p>本計畫 106 年度成果達成既定的量化績效指標，完成論文 14 篇與研究報告 14 篇。貯存、低放處置、與高放處置等三個跨機構管制技術研發團隊(整合型分項計畫)持續將前一年度之研發成果，進一步深化為國內可應用之技術能力，並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。特別是於年度內將管制技術實際應用於台電公司所提報「低放射性廢棄物最終處置技術評估報告 (LLWD2016 報告)」之審查工作及增修訂 3 項管制法規、1 項安全審查作業導則。</p> <p>本年度完成的技術發展重點項目摘要如下：</p> <p>(1)放射性廢棄物貯存安全審查平行驗證技術發展</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 完成美國用過核燃料集中貯存設施案例研析與乾貯設施換照審查實務研析</li> <li>• 完成美高燃耗用過核燃料乾式貯存安全審查與管制導則研議</li> </ul> <p>(2)低放射性廢棄物處置安全審查平行驗證技術發展</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 完成低放坑道處置場址力學-水力特徵化資料之不確定性評估方法研析</li> <li>• 完成國際坑道處置放射性廢棄物分類特性與其工程障壁系統安全功能研析</li> <li>• 完成國內一般坑道結構穩定性之關鍵因子與驗證方法</li> <li>• 低放坑道處置之近場多子核種傳輸驗證技術建立</li> <li>• 完成國際坑道處置生物圈之特徵事件作用</li> </ul>

		<p>(FEPs)與模式發展研析</p> <p>(3)用過核子燃料處置安全審查平行驗證技術發展</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 完成緩衝材料飽和回脹與熱-水耦合特性試驗技術研析</li> <li>• 完成處置坑道封塞用低鹼性混凝土管制資訊研析</li> <li>• 完成 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</li> <li>• 完成放射性廢棄物管理區域合作國際資訊先期研究</li> </ul>
107	<p>107 年度計畫為四年期程的第三年，策略目標為針對放射性廢棄物貯存以及低放射性廢棄物與用過核子燃料最終處置等相關議題進行實際的管制技術審查應用與法規研修訂，並回饋技術審查過程的心得，擬定後續管制技術研發須加強的重點。年度內依經費額度與管制任務需求執行 9 個子項計畫，依政府採購法公開招標，委託專業學研機構進行優先與重要議題進行研究。</p>	<p>本計畫 107 年度成果達成既定的量化績效指標，產出論文 8 篇與研究報告 13 篇。養成貯存、低放處置、高放處置等 3 個跨機構管制技術研發團隊(整合型分項計畫)，持續強化放射性廢棄物安全管制技術能力，為我國貯存設施與處置計畫的安全審驗與諮議培養所需的專業人才。107 年度執行期間適逢台電公司提報「我國用過核子燃料最終處置技術可行性評估報告(SNFD2017 報告)」之審查工作，將管制技術實際應用於審查作業，研訂 2 項、修訂 2 項管制法規。</p> <p>107 年度完成的技術發展重點項目摘要如下：</p> <p>(1)放射性廢棄物中長期貯存安全管制技術發展</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 完成美國與我國用過核子燃料集中貯存設施安全管制技術差異性比較</li> <li>• 完成英國放射性廢棄物安全管制法規及審查指引研析</li> <li>• 完成國內用過核子燃料乾式貯存設施 10 年安全再評估之審查項目研析</li> <li>• 完成福島事件後日本用過核子燃料貯存設施新安全設計審查基準研析</li> <li>• 完成日本青森陸奧廠外用過核子燃料集中貯存設施設計審查案例研究</li> <li>• 完成國際間室內乾式貯存設施耐震設計及意外事故評估方法研究</li> </ul> <p>(2)低放射性廢棄物坑道處置安全審驗技術建</p>

		<p>立之驗證評估研究</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 完成低放射性廢棄物坑道處置場址特性審驗技術驗證評估研究</li> <li>• 完成低放射性廢棄物坑道處置工程設計驗證評估之研究</li> <li>• 完成低放射性廢棄物坑道處置結構穩定驗證評估技術之研究</li> <li>• 完成低放射性廢棄物坑道處置長期安全驗證評估之研究</li> <li>• 完成低放射性廢棄物坑道處置生物圈安全評估審查技術之研究</li> </ul> <p>(3)用過核子燃料處置安全審查平行驗證技術發展</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 完成日本高放地質處置計畫之安全技術報告與新選址程序之國際同儕審查報告資訊研析</li> <li>• 完成 SNFD2017 階段成果報告關鍵議題及關鍵技術建置之評析及建議</li> <li>• 完成深層地質處置設施間隙與開挖擾動帶效應之耦合數值分析驗證技術研析</li> <li>• 完成工程障壁緩衝材料潛變參數實驗量測及近場潛變行為數值模擬模式建立</li> <li>• 完成低鹼性混凝土水密特性評估及其與周邊環境交互作用之國際資訊研析</li> <li>• 完成放射性物料管制法規修正精進研究</li> </ul>
108	<p>108 年度計畫為四年期程的第四年，策略目標為整合前期的研究心得回饋於建立具體的審查規範(草案)以及提出管制立場/審查要點的建議。</p> <p>年度內依經費額度與管制任務需求執行 11 個子項計畫，依政府採購法公開招標，委託專業學研機構進行優先與重要議題進行研究。</p> <p>具體的任務目標包含完</p>	<p>本計畫 108 年度成果達成既定的量化績效指標，實際產出包括：A.論文：研討會論文 10 篇、B.合作團隊(計畫)養成：安全審查團隊養成 3 組、C.培育及延攬人才：博碩士培育 13 人、D1.研究報告：安全管制技術研究報告 13 篇、K.規範/標準或政策/法規草案制訂：安全管制規範/標準研訂 5 件。</p> <p>108 年度完成的技術發展重點項目摘要如下：</p> <p>(1)放射性廢棄物貯存安全審查平行驗證技術發展</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 完成研析美國近期乾貯設施申請及換照法規要求及管制單位審查立場</li> <li>• 完成研析美國與德國乾貯設施定期安全評</li> </ul>

	<p>成：我國用過核子燃料乾式貯存設施 10 年安全再評估申請導則(草案)、低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告審查導則(草案)、低放射性廢棄物運送計畫導則(草案)、低放射性廢棄物運送計畫審查導則(草案)、低放射性廢棄物貯存設施再評估報告審查導則(草案)、新版放射性物料管理專業辭彙編修等。</p>	<p>估之老化管理指引</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 研訂我國乾式貯存設施每 10 年安全再評估之申請導則草案。完成日本中部電力浜岡電廠室內乾貯設施設計審查案例研析</li> <li>• 完成室內乾式貯存設施建築物之地震意外事故影響研析</li> <li>• 提出我國「用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告審查導則」精進建議</li> <li>• 完成低放射性廢棄物運送安全審查研究及研訂導則草案</li> <li>• 完成放射性物料管理專業辭彙編修</li> </ul> <p>(2)低放射性廢棄物處置安全評估驗證技術研究</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 完成低放射性廢棄物近岸坑道處置之場址參數驗證技術</li> <li>• 完成工程設計與建造營運技術平行驗證技術回饋</li> <li>• 完成坑道封閉與長期穩定平行驗證技術回饋</li> <li>• 完成處置系統長期安全評估平行驗證技術回饋</li> <li>• 完成輻射劑量安全評估平行驗證技術回饋</li> <li>• 完成「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告審查導則」修正建議</li> <li>• 完成低放射性廢棄物設施主結構體再運轉年限之安全審查研究及研訂導則草案</li> </ul> <p>(3)用過核子燃料處置安全審查平行驗證技術發展</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 完成瑞典輻射安全管制局對瑞典 SR-Site 申照報告之主審查階段技術報告擇要研析，以及申照進程資訊彙整</li> <li>• 依據瑞典審查案例經驗，提出最終處置審查管制要項建議供國內處置計畫參考</li> <li>• 完成處置設施母岩空間異質性分析及處置罐圍壓分析之平行驗證計算能力建立</li> <li>• 完成緩衝/回填材料之 T-H-M 耦合參數實驗及近場長期變位模式發展與平行驗證</li> <li>• 完成處置設施針對不同功能需求的低鹼性</li> </ul>
--	--	---

		混凝土配比設計發展與工程性質探討，提出相應之設計及審查重點與注意事項
--	--	------------------------------------

備註：

年度：請依計畫書期程撰寫，須填寫全程，第一年度請置於最上。單年計畫僅填寫該年度即可。

目標：請依計畫書規劃撰寫，質量化皆可。

達成情形請依目標簡要說明進展或重要成果，未來年度可填「-」。若有未達成、未完全達成或其他需要說明或圖示之處，請於下方填寫。

## 二、架構 (系統產出，不另行填寫)

細部計畫		主持人	執行機關	細部計畫目標	本年度效益、影響、重大突破
名稱	預算數/ (決算數) (千元)				
綱要計畫：放射性廢棄物貯存與處置安全管制技術發展	總數 16,446 (含委託研究費 14,160 千元)	陳鴻斌	放射性物料管理局	建立與精進放射性廢棄物的貯存與處置管制技術，釐清所面臨的技術問題，並提出解決方案，俾確保公眾安全與維護環境品質。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 建立放射性物料管制的科學技術資訊，作為施政決策的參據。</li> <li>• 預先規劃建立本土管制評估技術及團隊，以釐清廢棄物處置長期安全問題。</li> <li>• 精進放射性物料管制的技術規範與安全基準。</li> <li>• 強化核能電廠除役與廢棄物安全評估與管制技術，落實非核家園政策。</li> <li>• 建立公開透明的放射性廢棄物科技資訊，增進公眾對安全管制的信心。</li> <li>• 促進管制人員與專家學者之間的技術經驗交流。</li> </ul>
子項計畫 1-1 放射性廢棄物長期貯存安全審查規範之研究	2,250 (2,250)	徐貴炎	工業技術研究院	藉由國際資訊研析，擬訂國內用過核燃料貯存設施安全審查規範與審查作業導則與設施安全再評估之審查項目及維護與監測計畫導則之精進建議。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 完成研析美國近期乾貯設施申請及換照法規要求及管制單位審查立場。</li> <li>• 完成研析美國與德國乾貯設施定期安全評估之老化管理指引。</li> <li>• 研訂我國乾式貯存設施每 10 年安全再評估之申請導則草案。</li> </ul>
子項計畫 1-2 日本用過核子燃料室內乾式貯存設施設計	750 (750)	張惠雲	高雄大學	研析日本用過核子燃料貯存設施設計審查案例；研析室內乾式貯存設	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 完成日本中部電力浜岡電廠室內乾貯設施設計審查案例研析。</li> <li>• 完成室內乾式貯存設施建築物之地震</li> </ul>

審查案例研析				施耐震設計及意外事故影響;對用過核燃料集中貯存設施安全標準與審查作業提出建議。	意外事故影響研析。 • 提出我國「用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告審查導則」精進建議。
子項計畫 1-3 低放射性廢棄物運送安全審查研究	770 (770)	劉代欽	財團法人中華民國輻射防護協會	研析國際低放射性廢棄物公路運送及海洋運送技術資訊、安全管制規定及輻射影響評估作法,參考國際經驗與國內實務需求,研議我國管制規範草案。	• 完成國際低放射性廢棄物運輸規範資訊研析。 • 完成低放射性廢棄物運送計畫導則(草案) • 完成低放射性廢棄物運送計畫審查導則(草案)
子項計畫 1-4 放射性物料管理專業辭彙編修	630 (630)	黃慶村	財團法人核能與新能源教育研究協進會	進行新版放射性物料管理專業辭彙編審修訂,包括物管局之舊版辭彙之修正、新辭彙之增補,以及辭彙之中英文對照及解釋;並編製可印刷成冊之電子檔,內容包含序言、編輯與使用說明、參考文獻、中英對照索引等;建立可追溯的放射性物料管理專業辭彙電子資料庫。	• 完成可供發布刊行之新版放射性物料管理專業辭彙。 • 完成放射性物料管理專業辭彙電子資料庫。
子項計畫 2-1~2-5 低放射性廢棄物處置安全評估驗證技術研究	4,950 (4,950)	董家鈞	中央大學	建立低放坑道處置長期安全與場址特性相關之驗證技術,並回饋研究經驗至坑道處置審查規範建立。	• 低放射性廢棄物近岸坑道處置之場址參數驗證技術。 • 工程設計與建造營運技術平行驗證技術回饋。 • 坑道封閉與長期穩定平行驗證技術回

					<ul style="list-style-type: none"> <li>饋。</li> <li>處置系統長期安全評估平行驗證技術回饋。</li> <li>輻射劑量安全評估平行驗證技術回饋。</li> <li>「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告審查導則」修正建議。</li> </ul>
子項計畫 2-6 低放射性廢棄物設施主結構體再運轉年限之安全審查研究	850 (850)	陳君弢	國立臺灣科技大學	研析國內外低放射性廢棄物設施主結構體再運轉年限評估之技術資訊、安全管制規定及關鍵作業項目，參考國際經驗與國內實務需求，研議我國規制規範草案。	<ul style="list-style-type: none"> <li>完成國內外既有低放射性廢棄物貯存設施主結構體再運轉年限評估資訊研析。</li> <li>完成低放射性廢棄物設施主結構體再運轉年限審查導則(草案)。</li> </ul>
分項計畫 3 用過核子燃料處置安全審查平行驗證技術發展	3,960 (3,960)	黃偉慶	中央大學	研析瑞典高放最終處置計畫安全分析報告審查經驗。發展母岩空間異質性分析及處置罐圍壓分析；緩衝/回填材料之 T-H-M 耦合參數實驗；低鹼性混凝土實務應用技術等。	<ul style="list-style-type: none"> <li>完成瑞典輻射安全管制局對瑞典 SR-Site 申照報告之主審查階段技術報告擇要研析，以及申照進程資訊彙整。</li> <li>依據瑞典審查案例經驗，提出最終處置審查管制要項建議，供國內處置計畫參考。</li> <li>完成處置設施母岩空間異質性分析及處置罐圍壓分析之平行驗證計算能力建立。</li> <li>完成緩衝/回填材料之 T-H-M 耦合參數實驗及近場長期變位模式發展與平行驗證。</li> <li>完成處置設施針對不同功能需求的低鹼性混凝土配比設計發展與工程性質</li> </ul>

					探討，提出相應之設計及審查重點與 注意事項。
--	--	--	--	--	---------------------------

### 三、細部計畫與執行摘要

細部計畫 1-1	放射性廢棄物長期貯存安全審查規範之研究	計畫性質	安全管制技術研發
主持人	徐貴炎	執行機關	工研院
細部計畫目標	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 掌握美國近期用過核子燃料乾式貯存新設設施申請案及換照申請案相關法規要求及管制單位審查立場，瞭解國外乾式貯存設施營運之實務經驗，提供我國既有安全審查導則精進建議。</li> <li>2. 透過 NUREG-1536、NUREG-1567 與 NUREG-2215 之研析與差異比較，掌握美國核管會安全審查及管制關鍵要素，精進安全審查技術。</li> <li>3. 研析美國核管會乾式貯存設施老化管理方案視察指引及德國乾式貯存設施定期安全評估之老化管理指引，提出我國乾式貯存設施每 10 年安全再評估之申請導則草案。</li> </ol>		
<b>計畫投入(Inputs)</b>			
預算數(千元)／決算數(千元)／執行率	2,250／2,250／100%	總人力(人年)實際／(規劃)	1.8／2.0 (人年)
其他資源投入	無		
主要工作項目	<b>本年度重要成果</b>		<b>主要成果使用者/服務對象/合作對象</b>
1. 用過核子燃料乾式貯存設施安全審查實務技術調查與審查規範精進研析	<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 召開用過核子燃料乾式貯存實務技術及安全管制研討會，邀請 2 位美國用過核子燃料乾式貯存業界專家，分別以實務之角度來說明美國核能法規管制要求與持照審查之程序與範圍，以及英國 Sizewell B 用過核子燃料室內乾式貯存計畫案例，促使當日國內產官學界與會者更瞭解國際間法規管制架構與發展趨勢，後續可提供我國管制單位精進法規與訂定相關安全審查導則之參考。</li> <li>(2) 本年度針對美國既有與新增之用過核子燃料乾式貯存設施申請</li> </ol>		原能會、台電公司

	<p>案例進行研析，對於研析成果之發現提出我國用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告審查導則精進建議。</p>		
<p>2.美國用過核子燃料乾式貯存系統及設施之標準審查計畫草案 (NUREG-2215 Draft)研析</p>	<p>(1) 完成美國用過核子燃料乾式貯存系統及設施之標準審查計畫 NUREG-2215 研析工作，並條列各章節的審查重點，可供未來管制單位評估乾貯設施安全分析報告是否合法規要求之參考。</p> <p>(2) 針對美國用過核子燃料乾式貯存相關的標準審查計畫 NUREG-1536、NUREG-1567 與 NUREG-2215 進行關鍵性之差異比對，協助管制單位有效理解 NUREG-2215 新增與異動的審查項目，並提出國內草案的建議修訂方向，使國內監管法規與國外最新研究結果同步。</p>		<p>原能會、台電公司</p>
<p>3.美國用過核燃料乾式貯存設施老化管理方案視察暫行指引與德國乾式貯存設施定期安全評估之老化管理指引研析</p>	<p>(1) 重點摘錄美國用過核燃料乾式貯存設施老化管理方案視察暫行指引，可提供管制單位評估持照者之老化管理方案是否完備且符合法規要求。</p> <p>(2) 擷取德國管制單位對用過核燃料乾式貯存設施定期安全評估的具體要求，擬定我國用過核子燃料乾式貯存設施 10 年安全再評估申請導則草案，提供管制單位參考。</p>		<p>原能會、台電公司</p>
<b>主要績效指標 KPI 達成情形</b>			
<b>原規劃</b>	<p>研究報告 1 篇；國際研討會 1 場次</p>	<b>達成情形</b>	<p>研究報告 1 篇；國際研討會 1 場次</p>
<b>補充說明</b>	<p>達成原預期目標</p>		
<b>本年度效益、影響、重大突破</b>			
<p>1.重要研究成果：(1)掌握美國近期用過核子燃料乾式貯存新設設施申請案及換照申請案相關法規要求及管制單位審查立場，瞭解國外乾式貯存設施營運之實務經驗，提供我國既有安全審查導則精進建議；(2)透過 NUREG-1536、NUREG-1567 與 NUREG-2215 之研析與差異比較，掌握美國核管會安全審查及管制關鍵要素，精進安全審查技術；(3)研析美國核管會乾式貯存設施老化管理方案視察指引及德國乾式貯存設施定期安全評估之老化管理指引，提出我國乾式貯存設施每 10 年安全再評估之申請導則草案。</p> <p>2.辦理“用過核子燃料乾式貯存實務技術及安全管制研討會”，促進國內產官學界與會者更瞭解國際間法規管制架構與發展趨勢，後續可提供我國管制單位精進法規與訂定相關安全審查導則之參考。</p> <p>3.參考美國與德國經驗，擬定我國用過核子燃料乾式貯存設施 10 年安全再評估申請導則草案，提供管制單位參考。</p>			

**遭遇困難與因應對策**

無。

<b>細部計畫 1-2</b>	日本用過核子燃料室內貯存設施設計審查案例研析	計畫性質	安全管制技術研發
<b>主持人</b>	張惠雲	執行機關	高雄大學
<b>細部計畫目標</b>	1. 針對日本中部電力浜岡電廠用過核子燃料室內乾式貯存設施設計審查案例進行研析。 2. 探討室內乾式貯存設施建築物之地震意外事故影響。 3. 提出我國「用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告審查導則」精進建議。		
<b>計畫投入(Inputs)</b>			
<b>預算數(千元)／決算數(千元)／執行率</b>	750／750／100%	<b>總人力(人年)實際／(規劃)</b>	1.0／1.5 (人年)
<b>其他資源投入</b>	無		
<b>主要工作項目</b>	<b>本年度重要成果</b>		<b>主要成果使用者/服務對象/合作對象</b>
1.日本中部電力浜岡電廠用過核子燃料室內乾式貯存設施設計審查案例進行研析	日本用過核子燃料乾貯設施之耐震設計原要求直接比照核反應爐，2019年管制單位將該項安全標準限縮至護箱本體，其廠房結構不需比照，以加速推廣乾貯設施、降低貯存風險。日本核能耐震設計標準在2006年曾進行修訂，乾貯設施之貯存建物因無核能安全功能，所以耐震重要性被歸為一般等級之C類、也就是設計地震強度與一般建築物相同(1.0倍)。國內法規對於室內乾貯廠房建築之要求，相當於日本規定之防災等級B類(設計地震強度為一般建築物之1.5倍)。		原能會、台電公司
2.探討室內乾式貯存設施建築物之地震意外事故影響	福島事件後各國壓力測試結果顯示，無論是否為護箱型式貯存，採用露天貯存或室內貯存，使用金屬護箱或混凝土護箱，乃至各國設計審查規範與接受標準有所不同，現存的用過核燃料乾式貯存設施		原能會、台電公司

	對於超越設計基準之意外事件 (例如大地震後海嘯所致洪水) 都保有相當程度的安全餘裕。		
<b>主要績效指標 KPI 達成情形</b>			
<b>原規劃</b>	研究報告 1 篇	<b>達成情形</b>	研究報告 1 篇
<b>補充說明</b>	達成原預期目標		
<b>本年度效益、影響、重大突破</b>			
本研究完成日本中部電力浜岡電廠用過核子燃料室內乾式貯存設施設計審查案例研析，以及室內乾式貯存設施建築物之地震意外事故影響之探討，進而提出我國「用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告審查導則」精進建議。成果有助於釐清相關審查要項，提升國內審議相關設施之安全水準。			
<b>遭遇困難與因應對策</b>			
無。			

<b>細部計畫 1-3</b>	低放射性廢棄物運送安全審查研究	<b>計畫性質</b>	安全管制技術研發
<b>主持人</b>	劉代欽	<b>執行機關</b>	財團法人中華民國輻射防護協會
<b>細部計畫目標</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 研析國際低放射性廢棄物公路運送及海洋運送技術資訊、安全管制規定及輻射影響評估作法，並與「放射性廢棄物運作許可辦法」有關運送之相關規範進行比較。</li> <li>2. 研擬「低放射性廢棄物運送計畫導則」及「低放射性廢棄物運送計畫審查導則」草案。</li> <li>3. 驗證分析過往運送計畫輻射劑量評估內容。</li> </ol>		
<b>計畫投入(Inputs)</b>			
<b>預算數(千元)／決算數(千元)／執行率</b>	770／770／100.00%	<b>總人力(人年)實際／(規劃)</b>	0.6／0 (人年)
<b>其他資源投入</b>	無		
<b>主要工作項目</b>	<b>本年度重要成果</b>		<b>主要成果使用者/服務對象/合作對象</b>
1. 收集與研析國際低放射	完成國際低放射性廢棄物運送有關技術資訊、安全管制規定及輻射		原能會、台電公司、核研所、其他

性廢棄物公路運送及海洋運送有關技術資訊、安全管理規定及輻射影響評估作法	影響評估作法之收集與分析，並作為「低放射性廢棄物運送計畫導則」及「低放射性廢棄物運送計畫審查導則」草案研擬之參考。	放射性物質運輸業者
2.研擬「低放射性廢棄物運送計畫導則」、「低放射性廢棄物運送計畫審查導則」草案	完成「低放射性廢棄物運送計畫導則」及「低放射性廢棄物運送計畫審查導則」草案研擬，其成果可強化低放射性廢棄物運送計畫的內容外，也讓執行低放射性廢棄物運送的業者充分了解運送計畫要求的具體內容與審查要求。	原能會、台電公司、核研所、其他放射性物質運輸業者
3.建立低放射性廢棄物運送輻射評估程式 RADTRAN-6 的運跑能力，並驗證分析以往運送計畫所述輻射劑量評估內容	建立低放射性廢棄物運送輻射評估程式 RADTRAN-6 的運跑能力，並完成「核一廠低放射性可減容廢棄物運送計畫書」之輻射劑量評估內容驗證分析。協助主管機關建立平行驗證的技術與能力。	原能會、台電公司、核研所、其他放射性物質運輸業者
<b>主要績效指標 KPI 達成情形</b>		
原規劃	無	達成情形
補充說明	為 108 年度新增工作項目	
<b>本年度效益、影響、重大突破</b>		
完成低放射性廢棄物運送安全審查研究報告，內含兩份導則，分別為「低放射性廢棄物運送計畫導則(草案)」與「低放射性廢棄物運送計畫審查導則(草案)」，供管制機關研議放射性廢棄物運送相關管制規定。		
<b>遭遇困難與因應對策</b>		
無		

細部計畫 1-4	放射性物料管理專業辭彙編修	計畫性質	安全管理技術研發
主持人	黃慶村	執行機關	財團法人核能與新能源教育研究協進會

細部計畫目標	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 完成放射性物料管理專業辭彙編修，包括物管局之舊版辭彙之修正、新辭彙之增補，以及辭彙之中英文對照及解釋。</li> <li>2. 完成放射性物料管理專業辭彙書冊及可印刷成冊之電子檔，內容包含序言、編輯與使用說明、參考文獻、中英對照索引等。</li> <li>3. 完成可追溯的放射性物料管理專業辭彙電子資料庫。</li> </ol>		
<b>計畫投入(Inputs)</b>			
預算數(千元)／決算數(千元)／執行率	630／630／100%	總人力(人年)實際／(規劃)	0.6／0 (人年)
其他資源投入	無		
<b>主要工作項目</b>	<b>本年度重要成果</b>		<b>主要成果使用者/服務對象/合作對象</b>
1.放射性物料管理專業辭彙編修	<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 召集專家討論會議，完成放射性物料管理專業辭彙編修及審定。</li> <li>(2) 完成放射性物料管理專業辭彙書冊編排及可印刷成冊之電子檔，內容包含序言、編輯與使用說明、參考文獻、中英對照索引等。</li> <li>(3) 完成可追溯的放射性物料管理專業辭彙電子資料庫。</li> </ol>		放射性物料管理相關領域，包括核能行政與教育、核能發電、核子醫學、礦冶、礦石加工等行業之從業人員等。
<b>主要績效指標 KPI 達成情形</b>			
原規劃	無	達成情形	研究報告 1 篇；詞彙 1 冊
補充說明	為 108 年度新增工作項目		
<b>本年度效益、影響、重大突破</b>			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 完成之新版「放射性物料管理專業辭彙」內容涵蓋核子原料、核子燃料及放射性廢棄物等放射性物料，在輸出、輸入、運送、處理、貯存、處置，以及設施之除役、封閉與監管，以及核子保安及核子保防等，將對放射性物料的管理行政、學術交流、教育培訓、研究發展與社會溝通產生實質的助益。</li> <li>2. 完成之新版「放射性物料管理專業辭彙」納編了國內外放射性物料管理相關的最新辭彙，對促進國內公眾溝通與國際交流的成效，將產生正面的效益。</li> <li>3. 併同新版「放射性物料管理專業辭彙」建立的電子版本以及資料庫，可實現電子化的應用，有助於政策宣導效率的提升，並利於嗣後進行辭彙之修編。</li> </ol>			
<b>遭遇困難與因應對策</b>			

無

<b>細部計畫 2-1~2-5</b>	低放射性廢棄物處置安全評估驗證技術研究	<b>計畫性質</b>	安全管制技術研發
<b>主持人</b>	董家鈞	<b>執行機關</b>	國立中央大學
<b>細部計畫目標</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>發展低放射性廢棄物近岸坑道處置之場址參數驗證技術。</li> <li>彙整國內外相關文獻，研議工程設計與建造營運技術平行驗證技術經驗回饋。</li> <li>彙整國內外相關文獻，研議坑道封閉與長期穩定平行驗證技術經驗回饋。</li> <li>彙整國內外相關文獻，研議處置系統長期安全評估平行驗證技術經驗回饋。</li> <li>進行輻射劑量安全評估平行驗證技術分析與研提安全管制要點。</li> <li>研擬「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告審查導則」草案修正建議。</li> </ol>		
<b>計畫投入(Inputs)</b>			
<b>預算數(千元)／決算數(千元)／執行率</b>	4,950／4,950／100%	<b>總人力(人年)實際／(規劃)</b>	4.4／4.5 (人年)
<b>其他資源投入</b>	無		
<b>主要工作項目</b>	<b>本年度重要成果</b>	<b>主要成果使用者/服務對象/合作對象</b>	
1.低放射性廢棄物近岸坑道處置之場址參數驗證技術研究	<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 完成我國低放處置潛在場址之岩盤裂隙特性現地調查資料蒐整及研析。</li> <li>(2) 完成潛在處置場址岩盤於不同深度之等效水力傳導係數評估與不確定性分析。</li> <li>(3) 完成等效水力傳導係數現地試驗方法資料解析。</li> <li>(4) 研提我國低放射性廢棄物坑道處置場址地質特性技術發展建議。</li> <li>(5) 完成「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告審查導則」草案。</li> </ol>	原能會、台電公司	

2.低放射性廢棄物坑道處置審查規範建立與工程障壁系統驗證技術研究	(1) 釐清工程障壁系統之圍阻與遲滯功能模擬技術。 (2) 完成國內常用軟體之數值模型技術探討。 (3) 完成工程障壁系統圍阻與遲滯功能之參數與功能關聯性分析。 (4) 提出我國低放射性廢棄物坑道處置工程障壁系統功能技術發展建議。	原能會、台電公司
3.低放射性廢棄物近岸坑道處置之坑道結構穩定驗證技術研究	(1) 完成蒐整國際間有關坑道結構穩定分析技術蒐整與研析。 (2) 釐清國內隧道結構穩定分析技術與現況。 (3) 完成低放處置坑道結構穩定分析之模型建置技術探討。 (4) 提出我國低放射性廢棄物處置坑道結構穩定技術發展建議。	原能會、台電公司
4.低放射性廢棄物近岸坑道處置設計情節核種傳輸驗證技術研究	(1) 完成研析設計情節與參考演化影響核種傳輸之關鍵資訊。 (2) 提出設計情節之核種傳輸驗證技術。 (3) 完成設計情節之核種傳輸結果驗證。 (4) 提出我國低放射性廢棄物坑道處置核種傳輸技術發展建議。	原能會、台電公司
5.低放射性廢棄物近岸坑道處置設計情節之生物圈劑量評估驗證技術研究	(1) 完成研析低放射性廢棄物坑道處置關鍵核種劑量。 (2) 完成生物圈劑量評估程式之數值模型技術探討與參數建立。 (3) 完成設計情節之生物圈劑量評估結果審驗。 (4) 提出我國低放射性廢棄物坑道處置生物圈劑量評估技術發展建議。	原能會、台電公司
<b>主要績效指標 KPI 達成情形</b>		
<b>原規劃</b>	論文 3 篇；研究報告 5 篇；人才培育 3 人	論文 3 篇；研究報告 5 篇；人才培育 8 人
<b>補充說明</b>	達成原預期目標	
<b>本年度效益、影響、重大突破</b>		
1. 於美國 2019 Waste Management 研討會發表論文 1 篇 2. 於大陸地區山西太原市第五屆兩岸放射性廢物管理研討會發表論文 2 篇。 3. 培育博士生 1 名，碩士生 7 名 4. 產出「低放射性廢棄物近岸坑道處置之場址參數驗證技術研究」、「低放射性廢棄物坑道處置審查規範建立與工程障壁系統驗證技術研究」、「低放射性廢棄物近岸坑道處置之坑道結構穩定驗證技術研究」、「低放射性廢棄物近岸坑道處置設計情節核種傳輸		

<p>驗證技術研究」、「低放射性廢棄物近岸坑道處置設計情節之生物圈劑量評估驗證技術研究」5份報告。</p> <p>5. 模擬近岸候選場址之水力內寬之資料，並且使用不同模型進行分析，可有效了解場址之水力特性，對於日後於場址進行現地試驗時，除利於試驗進行外，並且能先與民眾溝通，降低民眾的疑慮。</p> <p>6. 研析國際間常用之數值模式功能，探討各模式適用之審驗課題與精度，可作為審驗作業選擇數值模式之考量參考，有助於提升國人對國內低放處置場址安全評估之相關知識與信心。</p> <p>7. 研析國內隧道相關設計規範、數值分析方法與國內數值分析於隧道工程之應用，有助於社會各界釐清並降低低放處置若採坑道式處置之疑慮。</p> <p>8. 研析國際間參考演化及情節設計之關鍵資訊，並發展國內設計情節之核種傳輸驗證技術，有助於提升國人對國內低放處置場址安全評估技術之信心。</p> <p>9. 蒐集研析瑞典有關低放射性廢棄物坑道處置生物圈劑量評估驗證技術。所建立之評估程序除提供決策者使用外，亦提昇民生社會發展及環境保護安全。</p>
<b>遭遇困難與因應對策</b>
無

<b>細部計畫 2-6</b>	低放射性廢棄物設施主結構體再運轉年限之安全審查研究	<b>計畫性質</b>	安全管制技術研發
<b>主持人</b>	陳君弢	<b>執行機關</b>	國立臺灣科技大學
<b>細部計畫目標</b>	收集研析國際上低放射性廢棄物設施主結構體再運轉年限評估之技術資訊、安全管制規定及關鍵作業項目，比較分析國內外低放射性廢棄物設施主結構體再運轉年限之管制法規與評估作業實務，撰寫「低放射性廢棄物設施主結構體再運轉年限審查導則」初稿與管制建議，提出專題報告。		
<b>計畫投入(Inputs)</b>			
<b>預算數(千元)／決算數(千元)／執行率</b>	850／850／100%	<b>總人力(人年)實際／(規劃)</b>	0.8／0 (人年)
<b>其他資源投入</b>	無		
<b>主要工作項目</b>	<b>本年度重要成果</b>		<b>主要成果使用者/服務對象/合作對象</b>

1.蒐集國內外既有與低放射性廢棄物貯存設施主結構體再運轉年限評估之相關研究	完成收集研析國際上低放射性廢棄物設施主結構體再運轉年限評估之技術資訊、安全管制規定及關鍵作業項目，比較分析國內外低放射性廢棄物設施主結構體再運轉年限之管制法規與評估作業實務。	原能會、台電公司、核研所
2.研訂「低放射性廢棄物設施主結構體再運轉年限審查導則」草案	根據國際經驗與國內實務需求，完成撰寫「低放射性廢棄物設施主結構體再運轉年限審查導則」草案與管制建議，提出研究報告。	原能會、台電公司、核研所
<b>主要績效指標 KPI 達成情形</b>		
原規劃	無	達成情形
補充說明	為 108 年度新增工作項目	
<b>本年度效益、影響、重大突破</b>		
<p>低放射性廢棄物設施主結構體之再運轉年限評估與長期性能預測有關，一般國內工程師較為熟知之美國混凝土學會文件 ACI 349.3R-18 則以既有結構之性能評估與補修為主，缺乏與長期性能推估相關之建議。此外，相較於 ACI 349.3R-18，日本建築學會原子力設施建築物之維護管理方針則清楚表列既有性能與長期性能作業之不同與建議，並提供較為量化之估評指標與可行之試驗方法。本研究建議導則之草擬宜以日本建築學會原子力設施建築物之維護管理方針為主要參考依據，並配合內政部建築研究所鋼筋混凝土建築結構耐久性能診斷技術手冊之建議，選擇必須考慮的老劣化現象及相關材料試驗。</p>		
<b>遭遇困難與因應對策</b>		
無		

細部計畫 3	用過核子燃料處置安全審查平行驗證技術發展	計畫性質	安全管制技術研發
主持人	黃偉慶	執行機關	國立中央大學
細部計畫目標	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 研析瑞典高放最終處置計畫安全分析報告審查資訊，研提國內用過核子燃料最終處置審查管制要項建議。</li> <li>2. 發展地質處置設施母岩空間異質性分析驗證技術及驗證計算處置罐圍壓分析結果。</li> <li>3. 進行緩衝材料與回填材料之熱-水-力耦合參數實驗及近場長期變位模式發展與驗證。</li> </ol>		

4. 進行低鹼性混凝土應用於高放處置設施之配比及其性質研析。			
<b>計畫投入(Inputs)</b>			
預算數(千元)/決算數(千元)/執行率	3,960/3,960/100%	總人力(人年)實際/(規劃)	3.8/3.0 (人年)
其他資源投入	無		
<b>主要工作項目</b>	<b>本年度重要成果</b>		<b>主要成果使用者/服務對象/合作對象</b>
1. 國際高放最終處置計畫安全分析報告審查成果瑞典案例研析	(1) 完成瑞典高放最終處置計畫安全分析報告之場址特性審查成果資訊研析。 (2) 完成瑞典高放最終處置計畫安全分析報告之處置設施設計審查成果資訊研析。 (3) 完成瑞典高放最終處置計畫安全分析報告之安全評估成果資訊研析。 (4) 完成瑞典高放最終處置計畫安全分析報告之輻射安全與相關法規(含用過燃料、人類入侵、生物圈、天然類比等)成果資訊研析 (5) 完成研擬國內用過核子燃料最終處置審查管制要項建議。		原能會、台電公司
2. 地質處置設施母岩空間異質性分析驗證技術建立及處置罐圍壓分析平行驗證計算	(1) 完成處置母岩空間異質性研究及處置罐圍壓作用之國際資訊研析。 (2) 完成母岩空間異質性之溫度影響效應驗證技術研析。 (3) 完成深地層處置設施吸水膨脹機制模擬及其效應驗證技術之研究。 (4) 完成國內台電公司高放處置計畫階段成果報告對處置罐受圍壓作用分析之平行驗證計算。		原能會、台電公司
3. 緩衝材料與回填材料之熱-水-力耦合參數實驗及近場長期變位模式發展與驗證	(1) 完成緩衝材料與回填材料耦合實驗及處置孔長期變位研究之國際資訊蒐集研析。 (2) 完成緩衝材料與回填材料熱-水-力耦合實驗參數量測技術發展。 (3) 完成熱-水-力耦合作用下處置孔長期變位之數值模式建立與分析。		原能會、台電公司

	(4) 完成處置孔長期變位分析結果與國際資訊、國內階段成果報告之變位評估進行三方驗證。	
4.應用於高放處置設施之低鹼性混凝土配比及其性質研析	(1) 完成低鹼性混凝土應用於高放處置設施之要求及處置環境對低鹼性混凝土影響之國際資訊研。 (2) 完成低鹼性混凝土不同類型之配比設計及工程性質資訊研析。 (3) 完成低鹼性混凝土不同類型之代表配比製作及工程性質驗證。	原能會、台電公司
<b>主要績效指標 KPI 達成情形</b>		
原規劃	論文 2 篇；研究報告 3 篇；技術報告 1 篇	達成情形 論文 7 篇；研究報告 3 篇；技術報告 1 篇
補充說明	達成原預期目標	
<b>本年度效益、影響、重大突破</b>		
<p>1. 藉由瞭解瑞典用過核子燃料最終處置場建造執照申請安全分析報告的審查進展，以及主審查階段所發表技術報告之範疇、經過、審查重點及審查結果等資訊，分別依場址特性、處置設施設計、安全分析、及輻射安全與法規等分工範圍，提供主管機關國際用過核子燃料最終處置計畫安全分析報告審查資訊與經驗，可做為國內驗證技術能力發展的依據。研究成果所產生之效益，一方面可精進國內用過核子燃料最終處置領域專業審查之技術能力，以有效協助對於台電公司逐年工作計畫之審查工作；另一方面，可對國內未來須發展的重要驗證技術發展提供規畫及建議，推動國內用過核子燃料最終處置計畫所需之審驗能力與驗證技術。</p> <p>2. 母岩空間異質性分析及處置罐圍壓分析技術發展之主要效益包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 參考瑞典或其他國際評估報告所提供的母岩熱傳導係數之機率分佈模型，發展相應之熱傳導分析驗證技術，並針對不同之空間分佈機制，進行處置場之溫度分析，掌握母岩熱傳導係數「空間異質性」之影響效應。</li> <li>• 參考國內外文獻建構吸水膨脹效應模擬分析之驗證技術，以瞭解處置場中吸水膨脹效應之影響，並觀察各組成材料間之交互影響，檢視其在處置近場中之相關耦合效應。</li> <li>• 利用數值分析工具模擬處置設施之實際負載環境，針對處置罐之圍壓承載過程進行非線性應力分析，確認處置罐於圍壓作用下具有足夠的安全餘裕。</li> <li>• 應用歷年來建構之「代表體積單元」及「等效耦合數值分析模型」概念進行三維有限元素分析數值分析，有效將複雜之幾何與數值模型予以簡化，用以描述分析處置場中實際之 T-H-M 耦合行為。</li> <li>• 依據歷年研析國際案例所提出的驗證技術及建議審查要項，對國際或國內階段成果報告耦合數值分析議題提出驗證及技術評析。</li> </ul>		

3. 藉由初步掌握國際間目前緩衝材料與回填材料熱-水-力耦合特性試驗相關成果，發展本土化試驗求取參數與模擬方法，提出緩衝材料受到處置罐自重與本身回脹壓力作用下之影響，以及受到衰變熱作用後地下水入侵，緩衝材料於整體熱-水-力耦合環境下之模擬測試，瞭解耦合相關物理特性。而處置孔長期變形的推估演算有助於了解緩衝/回填材料在處置罐長時間荷載及回脹壓力作用下，所引致之長期變形及其對處置罐產生的位移效應等，供後續相關議題重點評析之參考使用。
4. 低鹼性混凝土應用技術方面，經整合前期研究成果，可掌握高放處置設施不同功能需求的低鹼性混凝土類型區分，及其對應之配比設計與工程性質，並考量高放處置環境下對低鹼性混凝土的性質影響，提供合適的低鹼性混凝土的類型及配比選用參考資訊。同時分析比較不同類型之低鹼性混凝土配比及其性質，提出相應之配比設計及性質審查重點或注意事項，以提供未來因應處置場條件的低鹼性混凝土相關應用審查重點之參考。

#### 遭遇困難與因應對策

無

## 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 108 年度決算，故請填列機關編造決算數。
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. 109 年度預算數：如立法院已通過 109 年度總預算，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。

單位：千元；%

	108 年度				執行率 (d/a)	109 年度 預算數	110 年度 申請數	備註
	預算數 (a)	初編決算數						
		實支數 (b)	保留數 (c)	合計 (d=b+c)				
總計	16,446	15,433	-	15,433	93.84%	16,431	17,000	
一、經常門小計	16,446	15,433	-	15,433	93.84%			
(1)人事費	-	-	-	-	-	-	-	
(2)材料費	-	-	-	-	-	-	-	
(3)其他經常支出	16,446	15,433		15,433	93.84%	16,431	17,000	
二、資本門小計	-	-	-	-	-	-	-	
(1)土地建築	-	-	-	-	-	-	-	
(2)儀器設備	-	-	-	-	-	-	-	
(3)其他資本支出	-	-	-	-	-	-	-	

## 二、經費支用說明

(請簡扼說明各項經費支用用途，例如有高額其他經費支出，宜說明其用途；或就資本門說明所採購項目及目的等。)

本計畫支出項目主要為委託研究費用，依據政府採購法規定，採公開招標方式辦理，整合型計畫以總包價法委託專業研究機構執行計畫。108年度執行計畫經費法定預算數為：16,446千元，執行數為15,433千元，執行率達93.84%。

## 三、經費實際支用與原規劃差異說明

(如有執行率偏低、保留數偏高、經資門流用比例偏高等情形，均請說明。)

本計畫執行完成後，經費實際支用情形與原訂計畫規劃相符。

### 參、主要產出與關鍵效益(E003)

屬性	績效指標類別	績效指標項目		108 年度		效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
				原訂目標值	實際達成值		
學術成就	A.論文	研討會論文	國內(篇)	5	3	108 年度內發表研討會論文國內 3 篇及國外 7 篇，共 10 篇。藉由論文發表與國際交流，確認研究結果之公信力。	
			國外(篇)		7		
	B.合作團隊(計畫)養成	跨機構合作團隊(計畫)數	3	3	本計畫養成跨機構合作團隊 3 組。用過核子燃料貯存研發團隊由工研院與高雄大學組成；低放處置整合型計畫由中央大學、亞通利大能源公司、淡江大學、國防大學以及台灣大學等組成跨校研究團隊；高放處置研發團隊則由中央大學與屏東科技大學組成。各研究團隊成員為放射性廢棄物貯存與處置技術相關專家與顧問，可提供管制機關決策方向之建議、技術諮詢與參與案件審查諮詢。		
	C.培育及延攬人才	博士培育/訓人數	3	1	108 年度內培育博士生 1 名；碩士生 12 名。藉由參與委託研究計畫瞭解放射性廢棄物貯存與處置技術內涵，為我國長遠之放射性廢棄物管理工作厚植研發人力，並使專業技術得以傳承。		
碩士培育/訓人數		12					
D1.研究報告	研究報告篇數	9	13	彙整研究成果與心得發現，傳承專業技術，並作為放射性廢棄物管制之科學參考依據。			

屬性	績效指標類別	績效指標項目	108 年度		效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂目標值	實際達成值		
	E.辦理學術活動	國際學術會議、研討會、論壇次數	1	1	辦理「用過核子燃料乾式貯存實務技術及安全管理研討會」，邀請 2 位美國用過核子燃料乾式貯存業界專家，分別以實務之角度來說明美國核能法規管制要求與持照審查之程序與範圍，以及英國 Sizewell B 用過核子燃料室內乾式貯存計畫案例，促使當日國內產官學界與會者更瞭解國際間法規管制架構與發展趨勢，後續可提供我國管制單位精進法規與訂定相關安全審查導則之參考。	
		出版論文集數量	1	1		
	F.形成課程/教材/手冊/軟體	放射性物料管理專業詞彙件數	0	1	完成之新版「放射性物料管理專業辭彙」，內容涵蓋核子原料、核子燃料及放射性廢棄物等放射性物料，在輸出、輸入、運送、處理、貯存、處置，以及設施之除役、封閉與監管，以及核子保安及核子保防等辭彙，將對放射性物料的管理行政、學術交流、教育培訓、研究發展與社會溝通產生實質的助益。	
技術創新	H.技術報告及檢驗方法	新技術開發或技術升級開發之技術報告篇數	1	1	建立用過核子燃料處置設施工程障壁緩衝材料實驗驗證技術，提供我國推動處置計畫作業之參考。	
	I1.辦理技術活動	辦理技術研討會場次	1	2	辦理委託研究計畫期末查訪技術研討共 2 場次。有效促進核物料管制業務人員及專家學者之間的技術交流。	

屬性	績效指標類別	績效指標項目	108 年度		效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂目標值	實際達成值		
經濟效益	T.促成與學界或產業團體合作研究	促成合作研究件數	3	3	年度內藉由委託研究促成 3 個合作研究計畫團隊(乾式貯存、低放處置、高放處置)。促進研究單位與學術機構之合作交流，整合意見凝聚共識。應用研發成果提升核設施安全管制技術能力，利於我國放射性廢棄物管理實務計畫的順利進行與提升經濟效益。	
社會影響	AB.科技知識普及	科普知識推廣與宣導次數	1	1	逐月彙整並於網路公開國際廢棄物管制資訊。促進民眾瞭解放射性廢棄物管理資訊。	
		科普知識推廣與宣導觸達人數	100	>100	辦理說明會與科普展等，促進放射性廢棄物管理資訊普及。	
	其他	以本計畫研究人員男：女比例至少 84%：16%為參考指標	女性研究人員比例至少 16%	女性比例為 20.6%	本計畫(105-108)於 104 年成立時，規劃以 103 年度大專校院專任教師數—按領域、職級與性別分(百分比)統計資料男：女比例至少 84%：16%，作為本計畫性別統計與分析的參考基準。本計畫加強女性在環境、科技、工程等領域能力建構與決策參與，並確保在政府所主導的科學研究中，均納入性別觀點。108 年年度內參與計畫人員男性 50 人(79.4%)：女性 13 人(20.6%)，達成規劃目標。	

屬性	績效指標類別	績效指標項目	108 年度		效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂目標值	實際達成值		
其他效益	K. 規範/標準或政策/法規草案制訂	參與制訂政府或產業技術規範/標準件數	2	5	<p>1. 本計畫執行成果另完成 5 件管制規範草案：(1)我國用過核子燃料乾式貯存設施 10 年安全再評估申請導則(草案)、(2)低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告審查導則(草案)、(3)低放射性廢棄物運送計畫導則(草案)、(4)低放射性廢棄物運送計畫審查導則(草案)、(5)低放射性廢棄物貯存設施再評估報告審查導則(草案)等之研訂，後續本局將前述草案研討法制化。</p> <p>2. 應用研究成果回饋研修訂相關法規，108 年度內完成 4 項法規研修訂，精進放射性物料管制的技術規範與安全基準。研訂發布「用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告審查導則」；修正發布：(1)放射性物料管理法施行細則、(2)放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則、(3)申請設置用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告導則。</p>	

**108 年度計畫績效指標實際達成與原訂目標差異說明：(若 KPI 目標值有修改，亦須在此說明)**

本計畫執行期間委託單位計畫負責人員與計畫執行單位均定期進行計畫查訪與技術研討，促進專業技術交流與意見溝通，各子項計畫工作均依原訂規劃順利完成，績效指標實際達成情形大致符合或超出原訂績效目標。

## 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。)

本綱要計畫全程四年(105 年至 108 年)，執行計畫所達成之主要成果之價值與貢獻說明如後。

## 一、學術成就(科技基礎研究)

### (一) 105 年度

子項計畫 1-1：放射性廢棄物中長期貯存安全技術發展研析

研析美國、德國、西班牙與瑞士等國家用過核子燃料集中式中期貯存政策面與產業界技術發展資訊，同時比較貯存方式差異及其優缺點，建立高燃耗用過核子燃料乾式貯存護套劣化機制的學術研究基礎，以掌握我國核電廠用過核子燃料乾式貯存期間護套完整性關鍵因子，提供乾貯系統密封鋼筒長期劣化適當及正確之測試評估方法與資訊研判，以逐步建立我國放射性廢棄物中長期貯存關鍵技術應用開發及開放知識庫，未來將逐步以所建立之技術與累積之經驗，透過研析將其成果發表於國內相關會議或技術刊物，以供國內產官學研等機構相互學習與學術研究發展。

子項計畫 1-2：精進用過核子燃料貯存輻射安全驗證方法研究與案例測試

研究成果將在國內外相關研討會發表，增加交流與互相學習，瞭解國際趨勢。目前已參與 M&C2017 (International Conference on Mathematics & Computational Methods Applied to Nuclear Science & Engineering) 會議發表論文 1 篇。本研究相關成果未來有機會發表於核工期刊。

子項計畫 1-3：乾貯系統密封鋼筒再包封可行性之熱流評估

利用參數組合完成再包封作業之熱流特性與靈敏度分析，其結果指出，再包封的材質對熱流特性的影響將遠小於其回充氣體之影響，且核一乾貯系統有充足之熱流餘裕來因應此一作業對系統所造成的溫

升現象。

經分析後發現，再包封後之系統，其封裝容器之表面溫度值與其趨勢分佈皆與原始設計之密封鋼筒無明顯差異，此一現象除證實熱流機制將不致因為再包封作業而改變外，更意味在進行再包封作業後，其包封容器的老化或應力腐蝕等機制仍可被原始分析結果所涵蓋。

相關分析結果已著手整理並分別投稿至 ANS WINTER MEETING 2016 國際研討會(題目：2D Model Development and Validation for Concrete Cask Dry Storage System)、2017 IHLRWM 國際研討會(題目：Developing a Re-Inspection Evaluation Method for CI-SCC in Chinshan ISFSI, PAPER ID: 19664)及中國工程師學會會議(題目：乾貯系統再封裝作業對乾貯設施熱流之影響評估)。

子項計畫 2-1：低放射性廢棄物坑道處置場址特性審驗技術建立之資訊研析

研析國際低放坑道處置有關氣候與場址之調查方法、項目、範圍及精度等技術，並就國內建議候選場址之場址特性及特殊地質環境進行分析，可提供國內低放坑道處置技術精進之參考。

子項計畫 2-3：低放射性廢棄物坑道處置工程地質與長期穩定審驗技術建立之資訊研析

蒐整放射性廢棄物處置先進國家-瑞典所屬 SFR 坑道處置場相關資訊，並針對場址規劃、處置母岩地質與岩石力學條件、處置坑道種類與封閉規劃等研析成果，發表於 2016 年第 25 屆國防科技學術研討會。

子項計畫 2-4：低放射性廢棄物坑道處置核種傳輸審驗技術建立之資訊研析

發展從廢棄物桶外釋於近場之暫態單一核種傳輸的解析解驗證技術。主要為發展二維圓柱座標系統暫態傳輸模式與解析解技術，可應用於近場核種傳輸審驗，所發展的解析解計算結果與 LTFD 結果驗證吻合。由於暫態解析解需要非常高的計算項累加才可達到收斂結果，因此也發展半解析解技術以提高運算效率，全解析解與半解析解技術皆已完成。可應用於含源項衰變近場核種外釋模擬，在技術發展上是一重要性突破。

### 子項計畫 2-5：低放射性廢棄物坑道處置生物圈與劑量評估審驗技術建立之資訊研析

透過國際坑道處置技術與放射性廢棄物處置方式之資訊研析，研究國內坑道處置技術精進。有關本研究成果，已發表至國際學術性研討會及國際學術性期刊，包括：美國放射性廢棄物管理具有領導地位 2016 Waste Management 研討會論文一篇；SCI 期刊論文 1 篇；2016 年 8 月 22 日-26 日在甘肅敦煌召開第六屆廢物地下處置學術研討會論文 1 篇。

### 子項計畫 3-1：用過核子燃料處置安全審驗技術建立之國際資訊研析

本研究所執行之工作項目，針對國際上用過核子燃料最終處置安全計畫之審查報告，分別就場址特性、處置設施設計、安全評估、輻射安全與法規等四個方面分別進行探討，建立整合性的最終處置計畫審查技術。本研究之執行與相關成果，可提升我國對用過核子燃料最終處置計畫安全分析之技術審查能力，持續精進國內未來所需之相關研發能力與關鍵技術。

針對地下水入侵近場環境後各工程障壁元件之熱-水-力學耦合效應(T-H-M)，本項計畫發展了代表體積單元有限元素分析模型，進而建立模擬驗證方式，有助於相關用過核子燃料處置計畫工程障壁相關之審查工作。低鹼性混凝土於本項計畫中所進行的探討與發展，為國內首次執行，而以大量矽質材料取代水泥製作低鹼性膠結材，進行膠結漿體、砂漿及混凝土等相同膠結配比的微觀特性、工程性質及耐久性評估，結果可供國內處置設施使用低鹼性水泥混凝土之審查管制參考依據。

### 子項計畫 3-2：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

本研究系統性的蒐整與分析 2016 年放射性廢棄物管理國際現況資訊，可促進我國政策規劃與技術發展。研究成果並有益於掌握國際放射性廢棄物處置管制技術現況與發展趨勢，藉以強化我國相關研發計畫之規劃方向與內容。

## (二) 106 年度

### 子項計畫 1-1：放射性廢棄物貯存安全審查平行驗證技術發展

研析歐美國家用過核子燃料集中貯存設施相關管制法規與安全審查實務經驗，同時掌握美國集中式用過核子燃料集中貯存設施安全分析報告的關鍵技術內涵；結合歐美各國管制經驗，提出本土化審查導則建議案，以精進我國安全審查與平行審驗技術；彙整研析歐美日各國高燃耗用過核燃料貯存管理策略及安全標準，研析乾式貯存管理發展情況；研析美國核能管制委員會對高燃耗用過核燃料貯存與運送(運輸)作業之法規與管制案例，以掌握高燃耗用過核燃料乾式貯存法規與管制特性；審視美國用過核燃料乾貯設施執照更新標準審查計畫，逐年建立用過核燃料乾貯設施老化管理方案與時限老化分析審查指引與應用於我國乾式貯存設施每 10 年安全再評估之審查要點與管制建議，實質建立國內用過核燃料貯存設施相關管制法規與審驗之重要基礎。

### 子項計畫 2-1：低放射性廢棄物坑道處置場址特性審驗技術之關鍵課題研究

蒐集並研析國際間坑道處置有關場址特徵化之資訊，釐清國際坑道處置特徵化參數建立之方法，以及參數蒐集過程，並進一步透過特徵化參數重點釐清場址週圍力學-水力相關之不確定性，以及探討坑道周圍相關參數之敏感度，期成果有助於國內處置場址調查之參考。

### 子項計畫 2-3：低放射性廢棄物坑道處置結構穩定性驗證方法研究

核能處置先進國家-瑞典所屬 SFR 處置場，其採用離散體分析軟體 3DEC 所建構「岩體數值模型」與「岩體長期劣化分析」方式，可供我國未來發展岩體材料劣化對處置坑道結構穩定性之影響研析之參考。此外，在坑道處置結構穩定性審查假想案例研究過程中，外島坑道所觀察之基性岩脈風化現象，及其對岩體穩定性之可能影響，可據此發展工程地質相關之研究課題。

### 子項計畫 2-4：低放射性廢棄物坑道處置長期安全驗證技術研究

研析瑞典 SR-PSU 場址技術報告 TR-14-09 之核種傳輸驗證技術、

TR-14-04 近場機制及 TR-14-05 之遠場機制，釐清坑道處置近場與遠場核種傳輸驗證的技術要項，提昇核種傳輸安全驗證技術能力，如近場與遠場之模擬銜接技術。進行遠場參數敏感度分析，釐清核種在地質圈傳輸之關鍵參數與其對核種遷移與遲滯之可能影響程度，有助於對地質圈參數不確定性分析的確立。參考 TR-14-04 與 TR-14-09 建置坑道處置近場核種傳輸數值模擬，可做為銜接遠場核種傳輸數值模擬的基礎。

將核種傳輸審驗研究成果發表於第四屆兩岸核電放射性廢棄物管理研討會 (清華大學，5/22~26，2017)。並將核種傳輸及遠場參數敏感度分析成果發表於第六屆東亞放射性廢棄物管理論壇會議 (日本大阪，11/27-11/29，2017)。

#### 子項計畫 2-5：低放射性廢棄物坑道處置生物圈情節分析審查技術研究

透過研析國際坑道處置技術與放射性廢棄物處置方式之資訊研析，研究國內坑道處置技術精進。有關放射性廢棄物研究成果，已發表至國際學術性研討會，包括：發表在美國放射性廢棄物管理具有領導地位 2017 Waste Management 研討會論文一篇及日本大阪舉辦之 2017EAFORM 東亞放射性廢棄物管理論壇國際研討會 1 篇。

#### 子項計畫 3-1：106 年用過核子燃料處置長期安全評估審驗技術之研究

針對國際上用過核子燃料最終處置安全計畫之審查報告，分別就場址特性、處置設施設計、安全評估、輻射安全與法規等四個方面分別進行探討，建立整合性的最終處置計畫審查技術。本研究之執行與相關成果，可提升我國對用過核子燃料最終處置計畫安全分析之技術審查能力，持續精進國內未來所需之相關研發能力與關鍵技術。

針對地下水入侵近場環境後各工程障壁元件之熱-水-力學耦合效應(T-H-M)，本項計畫發展了代表體積單元有限元素分析模型，進而建立模擬驗證方式，有助於相關用過核子燃料處置計畫工程障壁相關之審查工作。低鹼性混凝土於本項計畫中所進行的探討與發展，為國內首次執行，而以大量矽質材料取代水泥製作低鹼性膠結材，進行膠結漿體、砂漿及混凝土等相同膠結配比的微觀特性、工程性質及耐久性

評估，結果可供國內處置設施使用低鹼性水泥混凝土之審查管制參考依據。

### 子項計畫 3-3：放射性廢棄物管理區域合作國際資訊先期研究

長期以來，台灣學術社群對國際制度與國際合作發展的研究，多為理論解說與直接套用。本研究計畫試圖透過國際/區域安全管理用過核燃料暨放射性廢物之各項倡議，檢視並補充現有國際關係與國際公法學門對於核燃料循環後端有關國際合作之相關立論，充實我國涉及用過核燃料暨放射性廢物安全管理協力倡議之研究深度。

## (三) 107 年度

### 子項計畫 1-1：放射性廢棄物中長期貯存安全管理技術發展

執行美國用過核子燃料集中式中期貯存設施持照審查相關管制法規與安全審查規範資訊研析，可掌握美國集中式中期貯存設施持照審查關鍵管制要素與技術內涵，藉由研析成果及所掌握之關鍵持照審查技術，研擬我國用過核燃料集中貯存設施安全標準與審查作業導則建議，以建立我國未來本土化用過核子燃料集中式乾式貯存設施安全分析報告審查規範。

針對英國放射性廢棄物安全管理法規進行資訊蒐集與研析，掌握英國放射性廢棄物用過核子燃料乾式貯存關鍵技術，可逐步提出我國放射性廢棄物安全管理法規精進管制方向與要素。

貯存設施 10 年再評估管制之整合應用議題，以美國用過核子燃料乾式貯存設施貯存期間材料老化管理程序(NUREG-2214)為主要資訊蒐集與研析之方向，以及美國取得執照更新之用過核子燃料乾式貯存護箱及貯存設施的老化管理方案施行經驗調查，經由技術資訊之整合與解讀，可提供我國用過核燃料乾式貯存設施 10 年安全再評估之審查項目及維護與監測管理計畫導則之精進建議。

### 子項計畫 2-1：低放射性廢棄物坑道處置場址特性審驗技術驗證評估研究

研析並統整美國 NUREG-2175 技術報告，基於美國低放射性廢棄

物處置技術發展經驗，統整攸關低放射性廢棄物處置之關鍵重點，並提出此報告相對於我國處置環境之看法，作為我國低放處置技術精進之參考。

研析攸關開挖導致坑道周圍裂隙之水力-力學耦合之效應，包含開挖方法(一般開炸、平滑開炸)的造成的破裂差異，以及開挖導致應力重新分布，造成特定方向之水力傳導明顯上升，可能會形成有助於核種傳輸之水力通道，值得我國低放坑道處置關注。

#### 子項計畫 2-3：低放射性廢棄物坑道處置結構穩定驗證評估技術之研究

Äspö 硬岩實驗室藉由 TASA 試驗坑道進行的現地試驗，及透過有限元素分析軟體進行開挖面穩定分析的研究經驗，可供我國未來發展處置坑道在開挖引致圍岩損傷相關審驗技術之參考。另外，日本瑞浪實驗室有關地震引致之地盤震動隨深度而有趨緩的特性，值得作為後續之基礎研究課題。

#### 子項計畫 2-4：低放射性廢棄物坑道處置長期安全驗證評估之研究

研析瑞典 SR-PSU 場址技術報告 TR-14-10 之資料品質審驗技術及 TR-14-12 之安全評估輸入資料審驗技術，釐清安全評估之資料來源及品質審驗技術要項，提升資料品質及資料流審驗技術，增進關鍵資料於安全評估中資料品質的可信賴度。

參考 TR-14-09 核種傳輸驗證技術及 TR-14-04 近場機制、TR-14-05 遠場機制，將本項子項計畫 105 年及 106 年度發展之遠場核種傳輸數值模擬技術及近場核種傳輸數值模擬技術進行整合，銜接遠場(地質圈)-近場(處置設施)-近場(處置坑道)，建置近岸環境坑道處置之多子核種傳輸數值模擬，提升近岸環境坑道處置安全驗證評估技術。

#### 子項計畫 2-5：低放射性廢棄物坑道處置生物圈安全評估審查技術之研究

透過研析國際坑道處置技術與放射性廢棄物處置方式之資訊，研究國內坑道處置技術精進與安全評估技術。有關放射性廢棄物處置安全評估相關研究成果，已發表至國際學術性研討會。包括：發表在美國放射性廢棄物處置管理具有領導地位之 2018 Waste Management 研

討會論文 1 篇及上海舉行之第七屆廢物地下處置研討會 2 篇。

#### 子項計畫 3-1：107 年用過核子燃料處置安全審驗及平行驗證技術建立

針對國際上用過核子燃料最終處置安全計畫之審查報告，分別就場址特性、處置設施設計、安全評估、輻射安全與法規等四個方面分別進行探討，建立整合性的最終處置計畫審查技術。本研究之執行與相關成果，可提升我國對用過核子燃料最終處置計畫安全分析之技術審查能力，持續精進國內未來所需之相關研發能力與關鍵技術。

以數值分析法建立初步之峰值溫度對照參考圖，並與瑞典 SKB 報告及台電 SNFD 2017 報告之結果進行驗證比對，同時針對(1)廢料罐與緩衝材料交界處的間隙效應、(2)擾動帶問題進行數值模型建構、(3)應用計畫歷年來建構之「代表體積單元」及「等效耦合數值分析模型」的概念進行數值分析並予以簡化，分析處置場中實際之 THM 耦合行為；等上述數值模擬分析項目，並持續蒐集、綜整及分析國際合作研究資訊，依據計畫歷年來研析國際案例所提出的驗證技術及建議審查要項，對國內外耦合數值分析議題進行驗證及技術評析。

針對緩衝材料之熱-水-力耦合模型試驗、監測技術及數值模擬之建立；並針對緩衝材料潛變行為參數之量測技術之建立及對於潛變行為數值模擬之分析模式建立。研究之相關成果，可提升了解對於緩衝材料熱-水-力耦合行為及潛變行為模式，試驗之相關參數及模型建立成果可供國內未來數值模型設計參考之重要依據。

#### (四) 108 年度

##### 子項計畫 1-1：放射性廢棄物長期貯存安全審查規範之研究

完成美國用過核子燃料乾式貯存換照審查案例與審查導則 NUREG-2215 研析，針對美國用過核子燃料乾式貯存相關的標準審查計畫 NUREG-1536、NUREG-1567 與 NUREG-2215 進行關鍵性之差異比對，協助管制單位有效理解 NUREG-2215 新增與異動的審查項目，並提出國內草案的建議修訂方向，使國內監管法規與國外最新研究結果同步。掌握與用過核子燃料乾式貯存安全管制相關關鍵科學事證，並依

其結果評估與建議我國本土化用過核子燃料乾式貯存安全監管法規精進建議。

#### 子項計畫 1-3：低放射性廢棄物運送安全審查研究

完成運送計畫應載明的六大事項，與國內放射性物質安全運送規則、IAEA 放射性物質安全運送規則及其相關導則、美國 10 CFR 71(放射性物質的包裝與運送)、美國 49 CFR 173 子部分 I(運送和包裝的一般要求：放射性物質)、美國 49 CFR 176 子部分 M(船舶運送：放射性物質的詳細要求)及國際海事危險物品規範第 7 部分(有關運送業務的規定)之分析與比較，提供管制法規研擬參考。

#### 子項計畫 1-4：放射性物料管理專業辭彙編修

完成之放射性物料管理專業辭彙納編了核子原料、核子燃料及放射性廢棄物等，在輸出、輸入、運送、處理、貯存、處置，以及設施之除役、封閉與監管，以及核子保安及核子保防等最新的辭彙，對促進我國核能科技教育與技術研發與國際同軌並進，將產生實質助益。

#### 子項計畫 2-1：低放射性廢棄物近岸坑道處置之場址參數驗證技術研究

岩體裂隙影響水力特性，對於水力特性相關參數的掌握度越高，進行處置時，不確定性越低。爰此，本研究彙整我國近岸建議候選場址及其鄰近區域之岩體裂隙資料，並且比較其差異性。另外，不同試驗方法及分析方法也會影響結果的不確定性。

#### 子項計畫 2-2：低放射性廢棄物坑道處置審查規範建立與工程障壁系統驗證技術研究

透過相關研究成果與國內常用數值模式功能之回顧與分析，並採用 HydroGeoChem 模式進行測試案例模擬與分析，藉以了解處置設施設計參數與處置安全功能間之關聯性。就現階段之坑道式處置設施設計概念而言，處置窖設計為確保處置設施達成安全功能之重要障壁單元。經過測試案例分析後發現，測試案例之處置窖設計以擴散係數對於核種傳輸特性之敏感性高於水力傳導係數。

### 子項計畫 2-3：低放射性廢棄物近岸坑道處置之坑道結構穩定驗證技術研究

坑道結構穩定分析必須考量裂隙岩體經開挖擾動後引致的應力重新分配、變形調整及其造成水力參數的變化，因此所採取的數值分析方法須視需要，斟酌考慮並反映岩體裂隙的力學特性，包括強度、變形與滲流特性。爰此，本子計畫蒐集目前此課題所採用的數值分析方法，區分連續體分析、非連續體分析及連續體-非連續體混合分析等三大類，並建議可根據裂隙分布密度、岩體評分指標與所考量的工程規模決定採用何種分析方法。

### 子項計畫 2-4：低放射性廢棄物近岸坑道處置設計情節核種傳輸驗證技術研究

研析瑞典 SR-PSU 場址技術報告 TR-14-01 之參考演化與設計情節，釐清長期演化對核種傳輸影響之關鍵資訊，以及設計情節考量要項，並比較國內 LLWD 2016 與 TR-14-01 報告在處理核種傳輸、情節假設、數據考量的差異性，提供國內長期演化安全評估技術發展精進依據。並整合改進前三年度所發展之近岸環境坑道處置多子核種傳輸數值模擬技術，建置國內設計情節核種傳輸模擬平行驗證技術之雛形架構。

### 子項計畫 2-5：低放射性廢棄物近岸坑道處置設計情節之生物圈劑量評估驗證技術研究

透過研析國際坑道處置有關生物圈劑量評估資訊，研究國內坑道處置設計情節之生物圈安全評估驗證技術。有關放射性廢棄物處置生物圈安全評估相關研究成果，已發表至國際學術性研討會。包括：發表在美國放射性廢棄物處置管理具有領導地位之 2019 Waste Management 研討會論文 1 篇及中國太原舉行之第五屆兩岸放射性廢棄物管理研討會論文 1 篇。

### 子項計畫 2-6：低放射性廢棄物設施主結構體再運轉年限之安全審查研究

低放射性廢棄物設施主結構體之再運轉年限評估與長期性能預測有關，一般國內工程師較為熟知之美國混凝土學會文件 ACI 349.3R-18 以既有結構之性能評估與補修為主，缺乏與長期性能推估相關之建議。相較於 ACI 349.3R-18，日本建築學會原子力設施建築物之維護管

理方針則清楚表列既有性能與長期性能作業之不同與建議，並提供較為量化之估評指標與可行之試驗方法。本研究建議國內導則之草擬可以日本建築學會原子力設施建築物之維護管理方針為主要參考依據，並配合內政部建築研究所鋼筋混凝土建築結構耐久性能診斷技術手冊之建議選擇必須考慮的老劣化現象及相關材料試驗。

### 子項計畫 3-1：108 年用過核子燃料處置審驗技術研析及驗證工作

以瑞典輻射安全管制局(SSM)針對 SKB 所提 SR-Site 建造執照許可申請所執行之主審查階段技術報告擇要研析，依報告內容分為場址特性、處置設施與設計、安全分析、輻射安全與法規等部分進行技術研析工作，以瞭解 SSM 對用過核子燃料最終處置計畫之主審查階段技術報告的審查重點，並研究處置設施申照階段所需的技術範疇、審查經過、審查重點與結論等資訊，提出用過核子燃料最終處置計畫審查關鍵要項與安全管制重點。計畫執行之相關成果可提升我國對用過核子燃料最終處置計畫安全分析之技術審查能力，並提供國內未來所需相關研發能力與關鍵技術之發展參考。

## 二、技術創新(科技技術創新)

### (一) 105 年度

#### 子項計畫 1-1：放射性廢棄物中長期貯存安全技術發展研析

用過核子燃料最終處置方案尚未齊備前，集中式中期貯存方式已可實質成為用過核子燃料安全貯存之執行方案與應用。本研究針對集中式中期貯存各國產學界之科學事證與相關之老化管理技術發展進行資訊蒐集，以提供用過核子燃料可安全貯存由原來的 20 年延長到至少 60 年或更長年限之案例經驗、掌握材料劣化管控創新技術可保持乾式貯存燃料完整性，防止發生劣化跡象，使得用過核子燃料乾式貯存初始執照的有效期限可進一步延長、在高輻射及局限環境的限制下，檢測、監測或失效緩和技術皆是創新發揮之重點；未來從調整溼度、溫

度及清洗等方式著手可以減緩及抑制劣化現象，即使已確認在 40 年貯存期限內不會發生劣化現象，但為提供更多安全保障，從安全管制的立場仍有必要深入瞭解預防及減緩措施，以解決貯存 40 年所面臨之環境腐蝕劣化的挑戰。

#### 子項計畫 1-2：精進用過核子燃料貯存輻射安全驗證方法研究與案例測試

用過核子燃料乾式貯存作業的輻射安全分析為核能發展後端營運的重要議題與技術，相關分析牽涉到許多困難的計算問題，例如複雜的射源與幾何模型、深穿透計算、輻射滲流、以及天空散射問題。本研究計畫目的在於引進 ADVANTG 技術與國內常用 MCNP 程式結合，並應用於乾式貯存相關的輻射安全分析計算，藉由 ADVANTG 程式所產生之粒子權重射源與重要性遷移地圖等變異數降低參數，目標是大幅度減少 MCNP 程式蒙地卡羅模擬過程的計算時間，計算結果可與之前分析數據互相比較與驗證，精進國內乾式貯存輻射安全分析技術。

#### 子項計畫 1-3：乾貯系統密封鋼筒再包封可行性之熱流評估

完成二維與分析模式建立與平行驗證，充分證實採用新分析技術對於安全分析精進度與分析效率之改善狀況，此一技術除了有助於改善乾貯系統之熱流分析能力之外，亦可與三維分析模式互為在申照分析與審查驗證之工具，進而達到提升審查能力與分析時效之目的。

#### 子項計畫 2-3：低放射性廢棄物坑道處置工程地質與長期穩定審驗技術建立之資訊研析

蒐整瑞典 SFR 有關處置坑道封閉後長期安全評估項目，及研析比較國內潛在場址與國外處置場母岩工程地質、岩體分類與支撐系統之差異，相關成果有助於未來發展符合我國本土地質條件之低放處置坑道長期安全評估技術。

#### 子項計畫 2-4：低放射性廢棄物坑道處置核種傳輸審驗技術建立之資訊研析

針對近岸環境坑道處置長期安全驗證，發展近岸環境坑道處置長期安全驗證之遠場核種傳輸數值模擬技術，以適用於較複雜的系統與邊界條件設定，也能更符合近岸環境的水文地質特徵，設計真實核種

衰變鍊案例，以 HYDROGEOCHEM，進行長期核種傳輸案例模擬，水文地質環境背景以國內近岸環境候選場址設計三維遠場核種傳輸與核衰變數值模擬案例。年度完成遠場地下水流場與核種傳輸案例模擬，採用相對濃度來模擬遠場核種傳輸的時空間分布，並分析核種到達陸域地表及進入海域的時間分布特性；也進一步考慮核衰變鏈進行案例模擬。本項技術研發在建立近岸環境坑道處置長期安全驗證之遠場核種傳輸數值模擬技術，未來可進一步整合近場解析解技術，建立國內近場與遠場安全評估之核種傳輸自主審驗技術能力。

#### 子項計畫 2-5：低放射性廢棄物坑道處置生物圈與劑量評估審驗技術建立之資訊研析

蒐集瑞典 SKB 的 SR-PSU 有關低放射性廢棄物坑道處置生物圈與劑量評估技術。研析國內放射性廢棄物處置輻射劑量與風險評估安全審查技術發展所面臨問題與精進對策。

## (二) 106 年度

#### 子項計畫 2-3：低放射性廢棄物坑道處置結構穩定性驗證方法研究

本研究蒐整國際低放射性廢棄物處置先進國家相關經驗，同時針對國內既有的坑道結構穩定分析方法與驗證技術進行盤點；此外，根據我國低放射性廢棄物可能場址之鄰近既有坑道，包含「無襯砌坑道」及「有襯砌坑道」兩種型式，研析並比較此二類坑道在運轉階段之坑道異狀，針對處置坑道結構穩定性，提出一整合性的分析流程，相關成果有助於未來發展符合我國本土地質條件之處置坑道結構穩定性驗證方法之審驗技術。

#### 子項計畫 2-4：低放射性廢棄物坑道處置長期安全驗證技術研究

本研究 105 年針對近岸環境坑道處置長期安全驗證，發展近岸環境坑道處置長期安全驗證之遠場核種傳輸數值模擬技術，並於 106 年度完成近場核種傳輸數值模擬與遠場敏感度分析，且將近場、遠場之核種傳輸模擬銜接，建立完整之近岸環境坑道處置之核種衰變傳輸模擬。

### 子項計畫 2-5：低放射性廢棄物坑道處置生物圈情節分析審查技術研究

蒐集瑞典 SKB 的 SR-PSU 有關低放射性廢棄物坑道處置生物圈情節分析技術。進行國際坑道處置生物圈之特徵、作用與交互作用研析，國際坑道處置技術報告生物圈情節分析與劑量評估審驗技術研析，國際坑道處置生物圈之特徵、事件及作用(FEPs)研析與模式發展建議，研提國內放射性廢棄物處置生物圈情節分析與輻射劑量評估安全審查技術發展所面臨問題與精進對策。

### 子項計畫 3-3：放射性廢棄物管理區域合作國際資訊先期研究

本研究擬彙整當前國際/區域協力管理用過核燃料暨放射性廢物各種倡議活動的相關資訊，並透過情境規劃分析法(scenario analysis)，預想各種可能之運作樣態，前瞻勾勒當今各項倡議的可能合作模式，俾供決策單位得以未與綢繆，事前籌擘各種可能的因應措施。

情境規劃分析法乃是 1950 年代，由美國智庫-蘭德公司(RAND Corporation)所研發，為冷戰時期擬定美國軍政戰略的重要工具。1970 年代曾被殼牌公司運用於商業領域，安然度過石油危機衝擊，此後亦相繼成為奇異公司(General Electric)等跨國企業經營策略規劃的主要工具。目前，情境規劃分析法也廣為 IAEA 採用，作為評估建立國際共享最終處置庫的分析方法。

本研究採用情境規劃分析堪為國內社會科學領域之濫觴。情境分析法容許研究主持人從情境分析中找出重要的發展趨勢與發展態樣，動態描繪放射性廢棄物國際/區域協力管理倡議機制的可能變化，填補分析漏洞，思考資源配置與策略選項，評估某種策略或措施在不同種情境下對我國可能產生的意義，以及可能造成的潛在衝擊。

## (三) 107 年度

### 子項計畫 2-1：低放射性廢棄物坑道處置場址特性審驗技術驗證評估研究

前期計畫利用 Oda (1986)擬連續體模式，導出破裂岩體滲透率張量，以及利用 Barton and Bandis (1985)提出的 JRC-JCS 模型，計算單一不連續面受到應力作用下開口寬的改變量。並且進一步利用理論模

型，評估相關參數對地下水流經處置坑道流量之敏感度，找出影響處置坑道周圍流場之關鍵參數。107 年度進一步進行雙向耦合，除了考慮應力對節理開口寬之影響外，再進一步考慮孔隙壓力對有效應力之影響，以建置一套足以驗證處置坑道周圍裂隙岩盤水力-力學耦合分析之技術。

#### 子項計畫 2-2：低放射性廢棄物坑道處置工程設計驗證評估之研究

為釐清主要設計特徵、設計準則、設計基準、隔離與圍阻間之關聯性。本研究蒐集美國、瑞典與日本之處置設計案例，並嘗試將其工程設計與安全功能之考量，轉換至相同的處置設計與安全功能考量架構下，藉以分析不同國家其處置設計與安全功能考量之異同。並藉此成功分析出具相關性之主要設計特徵分別為：降低處置單元水滲透、工程障壁結構完整性、工程障壁具良好遲滯功能、運轉期降低廢棄物與水接觸、運轉期及封閉期場區之排水功能、場址封閉與穩定性等項目。而相關之安全分析參數則包含：孔隙率、水力傳導係數、有效擴散係數、通過設施流量、遷移路徑長度、流出點位置、孔隙水的化學特性，以及代表吸附分配係數的吸附特性等參數。

#### 子項計畫 2-3：低放射性廢棄物坑道處置結構穩定驗證評估技術之研究

本項子項計畫根據台電公司(2017)修訂第二版之「低放射性廢棄物最終處置技術評估報告」第四章處置設施概念設計與作業規劃，整理我國低放射性廢棄物可能場址與處置坑道型式，並依坑道結構穩定性之影響因素，包括外力因素、環境因素與非力學因素，提出處置坑道結構穩定之驗證評估技術要項建議。

#### 子項計畫 2-4：低放射性廢棄物坑道處置長期安全驗證評估之研究

本項子項計畫於 105 年針對近岸環境坑道處置長期安全驗證，發展近岸環境坑道處置長期安全驗證之遠場核種傳輸數值模擬技術，且於 106 年完成近場核種傳輸數值模擬，107 年度綜整前二年度研究成果，將遠場及近場之核種傳輸數值模擬進行銜接，完成近岸環境坑道處置之多子核種傳輸數值模擬。

#### 子項計畫 2-5：低放射性廢棄物坑道處置生物圈安全評估審查技術之研究

以瑞典 SFR-PSU 技術支援報告 TR-14-06 為對象，進行國際坑道處置技術報告關於生物圈安全評估技術審查要項研析，並就國際坑道處置生物圈安全評估驗證項目與我國低放坑道處置生物圈安全評估之關聯性探討，提出我國應加強建置之驗證項目，包括：1.場址目前的條件與描述；2.場址條件與系統演變發展；3.模擬地景發展與土地利用；4.模擬地景中的生物圈系統單元演變；5.生物圈之特徵事件作用與曝露途徑分析；6.生物圈核種傳輸模式；7.生物圈評估之參數使用；8.核種釋出後之分析；9.不確定性討論，將國際經驗本土化，可精進我國低放處置生物圈安全評估審查技術。

#### 子項計畫 3-1：107 年用過核子燃料處置安全審驗及平行驗證技術建立

研究成果已掌握製作雙系統及三系統低鹼性封塞用混凝土的配比設計、pH 值與工程性質、處置場地下水壓力對混凝土水密性的效應，並提出膠結材料雙系統及三系統的混凝土配比可供使用及測試。瞭解混凝土對膨潤土的影響，最終處置環境下混凝土與周邊環境交互作用之審查重點或注意事項，若就材料自身品質而言，仍應回歸到混凝土本身的材料品質管控。

### (四) 108 年度

#### 子項計畫 1-3：低放射性廢棄物運送安全審查研究

本研究使用美國桑迪亞國家實驗室(Sandia National Laboratories, SNL) 發展的一套劑量估算程式(RADTRAN-6)，進行低放射性廢棄物運送輻射評估程式之建立與驗證，可供未來審查低放射性廢棄物運送計畫輻射防護評估平行驗證使用。

#### 子項計畫 2-1：低放射性廢棄物近岸坑道處置之場址參數驗證技術研究

透過使用 Barton-Bandis Model 探討影響水力內寬之關鍵參數，比較不連續面位態、不連續面之粗糙係數(JRC)及不連續面單壓強度(JCS)等參數對於水力內寬及力學內寬。再者，現地試驗求取水力傳導係數、導水係數或水力內寬之結果，受到許多因素影響，使用不同的現地試

驗方法得到之結果可能會有所差異，使用不同的分析分法也可能會影響結果。本研究透過蒐集我國近岸建議候選處置場址之現地量測裂隙參數，並且配合 Barton-Bandis Model，人工假設出與處置場址岩體相仿之不同深度的多組裂隙資料，並透過不同資料分析統計方法(例如考慮深度，或使用多變數)，以評估各種分析方法對於降低水力內寬不確定性之效益。

#### 子項計畫 2-2：低放射性廢棄物坑道處置審查規範建立與工程障壁系統驗證技術研究

透過相關研究成果與國內常用數值模式功能之回顧與分析發現，相關常用於模擬核種傳輸之數值模式僅能反應圍阻功能破壞後之影響，但無法模擬圍阻功能失效之過程。所討論之模式主要適用於遲滯功能的模擬評估，適合用於探討處置設施封閉後之長期處置安全功能。就模型建立或模擬機制討論之結果，並考量管制單位可能之需求，提出容器破壞機制模擬、源項核種釋出機制、核種遷移機制、建模彈性與生物圈傳輸機制之數值審驗技術建議。

#### 子項計畫 2-3：低放射性廢棄物近岸坑道處置之坑道結構穩定驗證技術研究

蒐整、盤點及檢核了坑道結構數值模型建置所需資訊與參數，並針對建議候選場址之岩石力學性質，及其對處置坑道開挖與坑道結構穩定性之影響能有一初步瞭解。此外，「台東縣達仁鄉」與「金門縣烏坵鄉」二處建議候選場址之地質概念模型，及可能採用的處置坑道型式，透過 UDEC 數值分析工具建置坑道結構穩定分析模型，並就可能的邊界條件與岩體參數之變化進行模擬，分析其對坑道開挖引致的坑道斷面變形與襯砌結構受力狀況提出討論。

#### 子項計畫 2-4：低放射性廢棄物近岸坑道處置設計情節核種傳輸驗證技術研究

延續 105 年度至 107 年度所發展之近岸環境坑道處置長期安全驗證之遠場核種傳輸數值模擬技術、近場核種傳輸數值模擬技術、近岸環境坑道處置之多子核種傳輸數值模擬技術，於本年度整合建置近岸坑道處置設計情節核種傳輸驗證技術，包含整合近場(處置設施)與近場(處置坑道)模擬網格，以降低不同尺度網格銜接過程之數值誤差。

## 子項計畫 2-5：低放射性廢棄物近岸坑道處置設計情節之生物圈劑量評估驗證技術研究

為確認最終處置場多重障壁設計阻滯放射性核種的遷移，確保不致對於環境與人類造成不良之影響，本研究建立低放處置輻射劑量與風險評估技術，針對核種遷移之環境途徑、曝露途徑先行確立，利用生物圈劑量評估程式計算其輻射劑量，建立設計情節下處置場封閉後人類可能嚥入、吸入及曝露放射性核種之途徑之生物圈劑量評估結果審驗技術。

### 三、經濟效益(經濟產業促進)

#### (一) 105 年度

##### 子項計畫 1-1：放射性廢棄物中長期貯存安全技術發展研析

針對用過核子燃料集中式中期貯存設施關鍵資訊調查與蒐集，可掌握其軟硬體設計，如護箱處理設施、交通運輸設施與輔助設施等相關技術設計與應用，未來可就其貯存方法與設施開發技術需求，建立適合國內本土關鍵技術產業供應鏈，並逐步推展至國際間成為該產業之合格供應商，其衍生的附加價值與經濟規模未來就國際間各國所需可達百億之餘，除可實質提供國內產業與經濟成長外，亦可培養相關專業人才與就業環境。

##### 子項計畫 1-2：精進用過核子燃料貯存輻射安全驗證方法研究與案例測試

國內核能電廠商轉至今已逾 30 多年，目前對於用過核子燃料後端管理策略是以「近程採廠內水池貯存、中程以廠內乾式貯存、長程推動最終處置」為主。用過核子燃料乾式貯存作業的輻射安全分析為核能發展後端營運的重要技術，若國內相關單位或顧問公司有興趣投入，本研究計畫成果具有潛力可促進安全分析相關服務產業的國內生根。

##### 子項計畫 2-3 低放射性廢棄物坑道處置工程地質與長期穩定審驗技術建立

## 之資訊研析

整理之「國際低放坑道處置坑道封閉作法與長期安全評估方法」、「坑道處置封閉前安全評估項目」與「坑道處置長期安全評估相關之工程地質與岩石力學特性參數」等成果，已分別就「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告審查導則(第0版)」相關章節條文提出修訂建議，除可縮短相關技術的發展歷程，亦可供後續相關研究課題之參考。

### 子項計畫 2-4：低放射性廢棄物坑道處置核種傳輸審驗技術建立之資訊研析

除發展近場解析解與遠場核種傳輸數值模擬，主要目的皆在建立國內未來面對放射性廢棄物最終處置安全評估所需之關鍵技術，透過此項技術建立，將可大幅提升國內進行安全評估之技術能力，減少過度仰賴國外技術顧問公司所需之高額技術服務費用，未來也可技術移轉國內所需顧問公司，透過關鍵技術建立，提高最終處置經濟效益。

### 子項計畫 2-5：低放射性廢棄物坑道處置生物圈與劑量評估審驗技術建立之資訊研析

核能安全攸關國家發展及經濟繁榮。本研究提供低放處置輻射風險安全評估技術，協助核能安全與產業能源用電供應，促進國家產業經濟發展。

### 子項計畫 3-2：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

我國核能發電後端營運基金中，低放射性廢棄物處置與用過核子燃料處置費用預估合計約 1 千 7 百餘億。本研究研發成果有利於參考國際成功經驗，解決國內面臨之技術問題，加速我國處置計畫之推動。

## (二) 106 年度

### 子項計畫 1-1：放射性廢棄物貯存安全審查平行驗證技術發展

研析國際間用過核子燃料集中式中期貯存、高燃耗用過核子燃料運輸及乾式貯存法規管制與安全審查，以及美國用過核燃料乾貯設施執照更新法規與執照更新標準審查計畫，逐步提供適用於本土化之安

全標準與審查作業導則建議，可協助管制單位掌握未來用於安全監管與獨立審驗技術，另計畫執行期間所發現之技術缺口，可鼓勵國內產學界與研究部門投入研究與開發，一方面可實質提昇國內產學技術能力、創造國內生產製造需求與培養專業技術人員就業機會、建立適合國內本土關鍵技術產業供應鏈，未來逐步推展至國際間成為該產業之合格供應商，其衍生的附加價值與經濟規模未來就國際間各國所需可達百億之餘。

#### 子項計畫 2-3：低放射性廢棄物坑道處置結構穩定性驗證方法研究

本研究提出之(1)我國外島與本島坑道處置結構穩定性審查假想案例、(2)我國低放射性廢棄物坑道處置結構穩定性驗證方法之審驗技術與(3)我國低放處置技術之處置坑道結構穩定性模式驗證重點，除可縮短相關技術的發展歷程，另可供後續相關研究課題之參考。

#### 子項計畫 2-4：低放射性廢棄物坑道處置長期安全驗證技術研究

自主發展之整合近場與遠場之核種傳輸模擬技術，免去引進國外商業模式所需之大量經費與後續維護費用。

#### 子項計畫 2-5：低放射性廢棄物坑道處置生物圈情節分析審查技術研究

核能安全攸關國家發展及經濟繁榮。本研究提供低放處置生物圈情節分析安全評估技術，協助核能安全與產業能源用電供應，促進國家產業經濟發展。

#### 子項計畫 3-1：106 年用過核子燃料處置長期安全評估審驗技術之研究

本研究探討國際用過核子燃料最終處置計畫發展的審查準則及實際審查經驗，繼前一年度對於瑞典及芬蘭用過核子燃料最終處置場建造執照申請之審查成果研析，本年度主要為美國雅卡山高放射性廢棄物最終處置場審查計畫之研析工作。國際審查工作執行的方法、內容，以及重要議題之了解，對於建立最終處置計畫審查能力而言甚為重要，故應參考國際上長期研究發展的關鍵技術，推動最終處置計畫的研發工作。同時，面對國內最終處置設施的場址選擇與後續申照等民眾關心議題，藉由國際安全評估報告審查資訊內容研析與整理，有助

於民眾瞭解當前國際審查的作法與所關注的重要議題，以此為基礎建立國內本土化安全審查之技術能力，一方面符合國際現況，另一方面則可強化審查的公信力。同時，幫助社會大眾對深層地質處置設施、近場熱-水-力學耦合效應、及低鹼性混凝土應用的認識與了解，期能使民眾配合並支持用過核子燃料最終處置計畫的發展與執行。

#### 子項計畫 3-2：106 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

我國核能發電後端營運基金中，低放射性廢棄物處置與用過核子燃料處置費用預估合計約 1 千 7 百餘億。研發成果有利於參考國際成功經驗，解決國內面臨之技術問題，加速我國處置計畫之推動。

#### 子項計畫 3-3：放射性廢棄物管理區域合作國際資訊先期研究

境外處置乃是境內處置之平行規劃方案，本研究的成果，將有助於公部門提高決策品質，強化決策公信力，降低決策成本，優化財務規劃，拓展我國境內暨境外安全管理用過核燃料暨放射性廢物的政策選項，提升我國產業布局之視野。

### (三) 107 年度

#### 子項計畫 1-1：放射性廢棄物中長期貯存安全管理技術發展

藉由美國 ELEA 用過核子燃料集中貯存設施申請案例研析與精進我國安全審查技術、英國放射性廢棄物安全管理法規及審查指引研析，以及美國用過核子燃料乾式貯存設施貯存期間的老化管理程序研析與我國貯存設施 10 年再評估安全管理之整合應用，其執行成果可掌握用過核子燃料安全貯存相關之關鍵技術內涵，同時逐步建立本土化之安全標準與審查作業導則建議，可協助提供我國管制單位未來持照審查與安全管理之方向與重點，另計畫執行期間所發現之技術缺口，可鼓勵國內產學界投入研究與開發，一方面可實質提昇國內產學技術能力、創造國內生產製造需求與培養專業技術人員就業機會、建立適合國內本土關鍵技術產業供應鏈，未來逐步推展至國際間成為該產業之合格供應商，其衍生的附加價值與經濟規模未來就國際間各國所需

可達百億之餘。

#### 子項計畫 2-4：低放射性廢棄物坑道處置長期安全驗證評估之研究

研究成果提出之近岸環境坑道處置核種傳輸模擬技術，免去引進國外商業模式所需之大量經費及後續維護費用，且可作為未來平行驗證所需工具之一。

### (四) 108 年度

#### 子項計畫 1-1：放射性廢棄物長期貯存安全審查規範之研究

透過研析及逐步精進我國用過核子燃料乾式貯存管制技術，藉由本土化管制面的要求，未來可增加及促進我國國內機電與土木相關產業參與用過核子燃料乾式貯存設施相關建造、運轉及維護作業，並提供更多的就業機會及國內經濟產值。

#### 子項計畫 2-4：低放射性廢棄物近岸坑道處置設計情節核種傳輸驗證技術研究

本研究所提出的設計情節之核種傳輸驗證技術，可應用於國內設計情節之平行驗證，除具技術自主能力外，也省卻引進國外商業模式軟體所需之大量經費及後續維護費用。

#### 子項計畫 2-5：低放射性廢棄物近岸坑道處置設計情節之生物圈劑量評估驗證技術研究

核能安全攸關國家發展及經濟繁榮。本研究提供低放處置生物圈安全評估技術，協助核能安全與產業能源用電供應，促進國家產業經濟發展。

## 四、社會影響(社會福祉提升、環境保護安全)

### (一) 105 年度

#### 子項計畫 1-1：放射性廢棄物中長期貯存安全技術發展研析

瞭解國際間用過核燃料集中式中期貯存營運管理及法規管制上的

差異、彙整國際用過核子燃料乾式貯存營運經驗及管制作為，提供證明用過核子燃料乾式貯存安全之實際案例、釐清環境參數及製程因素對於密封鋼筒劣化傾向的影響，評估目前台灣用過核燃料乾貯系統是否具備更進一步完善空間，確保安全貯存功能及可靠度皆符合預期效果。增加相關資訊的正確性與透明度，使民眾能清楚瞭解放射性廢棄物中長期貯存安全技術發展管制方式與執行措施，以減少社會與大眾疑慮，提供更多乾貯安全資訊，以提高民眾對用過核燃料乾式貯存之接受度。

#### 子項計畫 1-2：精進用過核子燃料貯存輻射安全驗證方法研究與案例測試

對於核能與輻射等社會大眾關切的議題，本研究計畫成果有利獨立驗證能力的建立，可提升安全分析報告審查的可信度。

#### 子項計畫 1-3：乾貯系統密封鋼筒再包封可行性之熱流評估

分析結果證實因為系統進口區的迴流特性，以及整體空氣流道之熱流特性不致因為施行再封裝作業而有明顯的改變，因此若在完整分析後將此措施作為預防性備案，將有助於未來乾貯系統作業的安全因應能力，未來若於必要採用此法，預期將有助於避免更換整個密封鋼筒之狀況進而減少後端營運作業的放射性廢棄。

分析結果證實再包封作業不會影響系統之移熱能力，故此措施可以作為預防性備案，進而達到避免令 TSC 暴露於 SCC 環境之目的，有助於未來乾貯系統作業的安全因應能力

#### 子項計畫 2-1：低放射性廢棄物坑道處置場址特性審驗技術建立之資訊研析

本研究相關成果期能令申請者更容易瞭解「低放射性廢棄物最終處置之作業」及審查者更能周詳的進行審查作業，以建立低放射性廢棄物處置安全獨立審查及分析能力之目標，並透過 1.研讀日本低放射性廢棄物處置場相關規範與方法、2.研析符合我國地質條件之低放廢棄物坑道處置封閉技術、坑道穩定性與長期安全評估等相關作法、3.研析國際間對於近岸環境坑道處置長期安全驗證技術，進行近場安全評估技術與遠場整合安全分析評估，並應用於台東達仁鄉之實際地形

案例模擬，關鍵安全評估技術之發展、4.研析瑞典 SKB 的 SR-PSU 有關低放射性廢棄物坑道處置生物圈與劑量評估技術，達成低放射性廢棄物最終處置作業之安全性。

#### 子項計畫 2-2：低放射性廢棄物坑道處置工程設計審驗技術建立之資訊研析

經由研讀日本低放射性廢棄物處置場相關規範與方法，提升我國低放射性廢棄物處置場審查技術。

#### 子項計畫 2-3：低放射性廢棄物坑道處置工程地質與長期穩定審驗技術建立之資訊研析

藉由參考國際間核能先進國家有關低放射性廢棄物處置作法，研析符合我國地質條件之低放廢棄物坑道處置封閉技術與長期穩定安全評估作法，有助於社會各界對低放處置工作的瞭解並降低疑慮。

#### 子項計畫 2-4：低放射性廢棄物坑道處置核種傳輸審驗技術建立之資訊研析

建立整合近場遠場傳輸驗證技術應用於台東達仁鄉之實際地形案例模擬成果，將可提升國人對國內低放處置之信心。

#### 子項計畫 2-5：低放射性廢棄物坑道處置生物圈與劑量評估審驗技術建立之資訊研析

本研究蒐集研析瑞典 SKB 的 SR-PSU 有關低放射性廢棄物坑道處置生物圈與劑量評估技術，所建立之評估程序除提供決策者使用外，亦提升民生社會發展及環境安全與維護。

#### 子項計畫 3-1：用過核子燃料處置安全審驗技術建立之國際資訊研析

本研究探討國際用過核子燃料最終處置計畫發展的審查準則及實際審查經驗，主要包括瑞典及芬蘭兩國所完成之最終處置計畫安全評估報告提交國際審查的成果。國際審查工作執行的方法、內容，以及重要議題之研析，對於建立最終處置計畫審查能力而言甚為重要，故應參考國際上長期研究發展的關鍵技術，推動最終處置計畫的研發工作。同時，面對國內最終處置設施的場址選擇與後續申照等民眾關心議題，藉由國際安全評估報告審查資訊內容研析與整理，提供民眾瞭

解當前國際審查的作法與所關注的重要議題，以此為基礎建立國內本土化安全審查之技術能力，一方面符合國際現況，另一方面則可強化審查的公信力。同時，幫助社會大眾對深層地質處置設施、近場熱-水-力學耦合效應、及低鹼性混凝土應用的認識與瞭解，期能使民眾配合並支持用過核子燃料最終處置計畫的發展與執行。

#### 子項計畫 3-2：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

本研究廣泛蒐整之資訊與研析成果，可供管制機關建立公開透明的放射性廢棄物國際資訊，增進公眾的安全信心。所蒐整之國際法規與管制經驗資訊則可以做為推動法制作業或執行管制措施之科學技術基準。

### (二) 106 年度

#### 子項計畫 1-1：放射性廢棄物貯存安全審查平行驗證技術發展

研析歐美國家用過核子燃料集中貯存設施安全規範與審查技術、高燃耗用過核燃料乾式貯存與運輸安全審查與管制，以及用過核燃料乾貯設施換照審查實務與我國貯存設施 10 年再評估管制整合應用之綜合結果，除可分別就上述關鍵議題提供管制單位安全審查導則外，亦可提供用過核子燃料中期貯存與管理相關重要透明化之技術資訊內容，以提供大眾瞭解與意見之溝通，使民眾對於用過核子燃料乾式中期貯存之安全性及管制單位之監管能力，取得信心與安心。

#### 子項計畫 2-1：低放射性廢棄物坑道處置場址特性審驗技術之關鍵課題研究

蒐集並研析國際間場址特徵化之方法及成果，有助於提升國內低放處置技術，透過國際間的處置經驗也有助於讓民眾排除安全之疑慮；另外，坑道周圍之力學-水力相關研究成果亦有助於幫助解釋低放射性廢棄物處置之安全性，增加民眾對於低放處置之信心。

#### 子項計畫 2-2：低放射性廢棄物坑道處置工程設計驗證方法研究

經由研讀美國、瑞典、日本低放射性廢棄物處置場相關規範與審查方法，提升我國低放射性廢棄物處置場審查技術，增加民眾信心。

### 子項計畫 2-3：低放射性廢棄物坑道處置結構穩定性驗證方法研究

藉由參考國際間核能先進國家有關低放射性廢棄物處置作法，研析符合我國低放射性廢棄物坑道處置結構穩定性安全驗證之方法；經由國內一般隧道結構穩定性關鍵因子與驗證方法研析，與鄰近潛在場址之坑道處置結構穩定性審查假想案例，除可縮短審驗技術的發展歷程，亦可符合我國本土地質與環境條件之特殊性；規劃蒐集之國際資訊包括高放廢棄物處置坑道與一般坑道之技術報告與文獻，可供後續相關研究課題之參考。有助於降低社會各界對低放處置工作的瞭解並降低疑慮。

### 子項計畫 2-4：低放射性廢棄物坑道處置長期安全驗證技術研究

研析國際間坑道處置近場與遠場核種傳輸驗證的技術要項，並發展國內近岸環境坑道處置之近場數值模技術能力，有助於提升國人對國內低放處置安全評估之相關知識與信心。

### 子項計畫 2-5：低放射性廢棄物坑道處置生物圈情節分析審查技術研究

本研究蒐集研析瑞典 SKB 的 SR-PSU 有關低放射性廢棄物坑道處置生物圈情節分析與劑量評估技術。所建立之評估程序除提供決策者使用外，亦提昇民生社會發展及環境保護安全。

### 子項計畫 3-2：106 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

廣泛蒐整之資訊與研析成果，可供管制機關建立公開透明的放射性廢棄物國際資訊，增進公眾的安全信心，且所蒐整之國際法規與管制經驗資訊則可以做為推動法制作業或執行管制措施之科學技術基準。

### 子項計畫 3-3：放射性廢棄物管理區域合作國際資訊先期研究

區域合作安全管理用過核燃料暨放射性廢物，已經是國際社會核電國家所共同面對的嚴肅問題。有鑑於放射性物質在醫療與民生暨產業界的廣泛運用，一般非核電廠產生之放射性廢物的中期貯存與最終

處置，也是項不容忽視的重要課題。本研究之發現，不但有助於社會大眾對相關議題之理解，更可供社會團體與一般大眾，作為參與公共決策之詳實資訊。

### (三) 107 年度

#### 子項計畫 1-1：放射性廢棄物中長期貯存安全管制技術發展

藉由美國 ELEA 用過核子燃料集中貯存設施申請案例研析、英國放射性廢棄物安全管制法規及審查指引研析，以及美國用過核子燃料乾式貯存設施貯存期間的老化管理程序研析成果可知，目前國際間集中式中期用過核子燃料乾式貯存，相關法規管制與持照安全審查，無論於管制面執行與技術面應用等考量，皆已相當妥善與成熟，可確保長期貯存期間大眾安全與健康，同時亦可為後續用過燃料最終處置提供更為充裕之時間進行準備，使民眾對於用過核子燃料中期貯存之安全性及管制單位之監管能力，取得信心與安心。

#### 子項計畫 2-1：低放射性廢棄物坑道處置場址特性審驗技術驗證評估研究

透過彙整各子項計畫研讀美國 NUREG-2175 技術報告，並將研讀成果反饋於我國低放地質處置，有助於讓民眾了解各國(美國)低放射性廢棄物處置的流程及相關規範。另外，本研究亦透過處置坑道周圍岩體之水力-力學流場分析之結果，有助於未來選定場址後掌握其地質條件，並提供後續工程設計及安全評估參考，排解民眾對於低放處置之疑慮，並強化民眾對於低放處置之信心。

#### 子項計畫 2-2：低放射性廢棄物坑道處置工程設計驗證評估之研究

利用蒐集與分析美國、瑞典與日本之處置案例分析其工程設計與安全分析之關聯性與考量方式，釐清不同安全功能之審驗技術考量，與其「主要設計特徵」、「設計準則」與「設計基準」之參數關聯性。使工程設計與安全分析作業間之考量關聯性，有較清晰之脈絡，可供後續審查作業執行之參酌，並可強化民眾對處置之信心。

#### 子項計畫 2-3：低放射性廢棄物坑道處置結構穩定驗證評估技術之研究

蒐整國內一般隧道之設計方法與施工規範外，亦一併蒐集了「日本隧道工程標準規範及解說-山岳工法篇」及「日本隧道工程標準規範及解說-潛盾隧道篇」。所整理的各種隧道耐震分析法，及山岳與土層隧道受震條件之比較，有助於掌握如何選定適切的隧道耐震分析法。在國際間有關地震造成之一般隧道破壞案例與影響因子探討部分，所整理的文獻有助於瞭解處置坑道在地震力作用下的行為、不同岩覆深度下的加速度反應及隧道可能的破壞型態。上述成果除可供後續相關研究課題之參考外，亦有助於社會各界對低放處置工作的瞭解並降低疑慮。

#### 子項計畫 2-4：低放射性廢棄物坑道處置長期安全驗證評估之研究

研析國際間資料品質審驗技術要項，並發展國內近岸環境坑道處置之多子核種傳輸數值模擬技術能力，將可作為平行驗證工具之一，有助於提升國人對國內低放處置場址安全評估之相關知識與信心。

#### 子項計畫 2-5：低放射性廢棄物坑道處置生物圈安全評估審查技術之研究

蒐集研析瑞典 SKB 的 SR-PSU 有關低放射性廢棄物坑道處置生物圈安全評估技術驗證項目，並就我國低放坑道處置生物圈安全評估之關聯性探討，提出我國應加強建置之驗證項目，可做為我國生物圈安全評估技術發展方向，並可提升我國管制機關安全審查技術能力，以增進民眾對國內放射性廢棄物處置之信心。

#### 子項計畫 3-1：107 年用過核子燃料處置安全審驗及平行驗證技術建立

探討國際用過核子燃料最終處置計畫發展的安全審驗及平行驗證技術建立，繼 105 年度對於瑞典及芬蘭用過核子燃料最終處置場建造執照申請之審查成果研析，及 106 年度美國雅卡山高放射性廢棄物最終處置場審查計畫之研析工作，本年度將以日本原子力發電環境整備機構(NUMO)於 2013 年所發表的「地質處置計畫安全性 2010」摘要報告為主要研析標的，輔以 2016 年 NEA 對日本高放射性廢棄物地質處置選址程序的國際審查報告，研析國際高放最終處置計畫安全分析報告、安全評估報告資訊。

國際審查工作執行的方法、內容，以及重要議題之了解，對於建立最終處置計畫審查能力而言甚為重要，故應參考國際上長期研究發展的關鍵技術，推動最終處置計畫的研發工作。同時，面對國內最終處置設施的場址選擇與後續申照等民眾關心議題，藉由國際安全評估報告審查資訊內容研析與整理，有助於民眾瞭解當前國際審查的作法與所關注的重要議題，以此為基礎建立國內本土化安全審查之技術能力，一方面符合國際現況，另一方面則可強化審查的公信力。同時，幫助社會大眾對深層地質處置設施各項參數、間隙及開挖擾動帶效應分析、工程障壁緩衝材料潛變及處置環境模型、及低鹼性混凝土應用與周邊環境作用機制的認識與了解，期能使民眾配合並支持用過核子燃料最終處置計畫的發展與執行。

#### **(四) 108 年度**

##### 子項計畫 1-1：放射性廢棄物長期貯存安全審查規範之研究

藉由本年度法規與管制技術的研析，其成果提出之安全管制建議，可持續提升我國用過核子燃料安全貯存及監管能力，使大眾對我國核能監管單位能產生信心及信賴感，同時亦可確保用過核子燃料乾式貯存之安全，以及保護民眾安全與環境品質不受影響。

##### 子項計畫 1-3：低放射性廢棄物運送安全審查研究

本研究分析國內外有關低放射性廢棄物運送相關規定，建立低放射性廢棄物運送計畫輻射防護評估平行驗證技術，並研擬完成「低放射性廢棄物運送計畫導則」與「低放射性廢棄物運送計畫審查導則」，對未來低放射性廢棄物運送作業安全提升具有相當之效益。

##### 子項計畫 1-4：放射性物料管理專業辭彙編修

本研究建立的放射性物料管理專業辭彙電子版本與資料庫，可配合資訊的電子化以及網路應用，將有助於放射性物料管理知識與資訊的普及，促進全民對放射性物料管理的瞭解與支持。

#### 子項計畫 2-1：低放射性廢棄物近岸坑道處置之場址參數驗證技術研究

本研究透過 Barton-Bandis Model 模擬近岸候選場址之水力內寬之資料，並且使用不同模型進行分析(考慮深度、多變數，以及改良之綜合深度及多變數回歸分析)，有效了解場址之水力特性，對於日後於場址進行現地試驗時，除利於試驗進行外，並且能先與民眾溝通，降低民眾的疑慮。

#### 子項計畫 2-2：低放射性廢棄物坑道處置審查規範建立與工程障壁系統驗證技術研究

本研究研析國際間常用之數值模式功能，探討各模式適用之審驗課題與精度，可作為審驗作業選擇數值模式之考量參考，有助於提升國人對國內低放處置場址安全評估之相關知識與信心。

#### 子項計畫 2-3：低放射性廢棄物近岸坑道處置之坑道結構穩定驗證技術研究

本研究依「設計階段」與「運轉階段」，說明國內隧道結構穩定分析技術與現況。在「設計階段」部分，蒐整國內隧道相關設計規範、數值分析方法與國內數值分析於隧道工程之應用等文獻；在「運轉階段」部分，主要是針對坑道在運轉期間可從坑道襯砌異狀的檢測與分析，並配合各種非破壞性檢測技術，作為分析坑道結構穩定之輔助。所述成果除可供後續相關研究課題之參考外，亦說明了國內有關坑道設計、規劃、施工與運轉維護之技術能量，有助於社會各界釐清並降低低放處置若採坑道式處置的疑慮。

#### 子項計畫 2-4：低放射性廢棄物近岸坑道處置設計情節核種傳輸驗證技術研究

本研究研析國際間參考演化及情節設計之關鍵資訊，並發展國內設計情節之核種傳輸驗證技術，初步完成國內 LLWD 2016 報告設計情節之平行驗證，有助於提升國人對國內低放處置場址安全評估技術之信心。

#### 子項計畫 2-5：低放射性廢棄物近岸坑道處置設計情節之生物圈劑量評估驗證技術研究

本研究蒐集研析瑞典 SKB 的 SR-PSU 有關低放射性廢棄物坑道處置生物圈劑量評估驗證技術。所建立之評估程序除提供決策者使用外，亦提昇民生社會發展及保護環境安全。

### 子項計畫 3-1：108 年用過核子燃料處置審驗技術研析及驗證工作

本研究多年來投入研究國際用過核子燃料最終處置計畫發展的安全審驗及平行驗證技術建立，繼 105 年度對於瑞典及芬蘭用過核子燃料最終處置場建造執照申請之審查成果研析，106 年度美國雅卡山高放射性廢棄物最終處置場審查計畫之研析工作，及 107 年度以日本原子力發電環境整備機構(NUMO)於 2013 年所發表的「地質處置計畫安全性 2010」摘要報告之研析，今 108 年度則針對瑞典用過核子燃料最終處置場建造執照申請之主審查階段成果進行研析，透過檢視核能先進國家之最終處置計畫，持續提升對國際審查資訊之掌握與驗證技術發展工作。

各國推動用過核子燃料最終處置計畫皆投入長期研究發展工作，因此對於國家級計畫之審查工作，如執行的方法、程序以及重要議題之了解，對於建立最終處置計畫審查能力而言甚為重要。同時，面對國內最終處置設施候選場址的條件、後續選址與申照等民眾關心議題，藉由國際安全評估報告審查資訊內容研析與整理，有助於民眾瞭解當前國際審查的作法與所關注的重要議題；以此為基礎建立國內本土化安全審查之技術能力，一方面符合國際現況，另一方面則可強化審查的公信力。同時，幫助社會大眾對深層地質處置設施各項參數及開挖擾動帶效應分析、母岩空間異質性分析、工程障壁緩衝/回填材料潛變與近場處置環境模型及長期變位發展、處置罐圍壓分析及低鹼性混凝土應用與周邊環境作用機制的認識與了解，有助於幫助民眾認同、配合並支持國內用過核子燃料最終處置計畫的推動與發展。

## 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)

### (一) 105 年度

### 子項計畫 1-1：放射性廢棄物中長期貯存安全技術發展研析

乾式貯存相關技術發展與管制法規息息相關，除技術議題之外，在相關管制法規修訂或變革議題方面，擷取美國核管會就用過核燃料再取出及護套完整性等管制有關法規與導則，評估以密封鋼筒再取出性(retrievability)替代用過燃料束再取出作業，此可供業界營運管理規劃及主管機關管制作業參採。

### 子項計畫 1-2：精進用過核子燃料貯存輻射安全驗證方法研究與案例測試

執行成果除可協助主管機關增進用過核子燃料貯存作業輻射安全驗證技術的精進，提供對於輻射安全相關的管制與審查幫助。計畫執行人員的經驗與技術亦是國內相關領域的重要人力資源，有利於未來核電廠除役議題審查的準備與訓練。透過定期的會議討論，參與的學生與研究人員將可學習到有關核子燃料燃耗計算的理論、相關假設、與工具軟體的使用，以及瞭解用過核子燃料中輻射源項的問題，深入探討輻射屏蔽計算方法的適用性與使用限制，建立國內自主的輻射安全分析技術與能力。

### 子項計畫 1-3：乾貯系統密封鋼筒再包封可行性之熱流評估

計畫研究工作中導入清華大學之碩士研究生，協同進行技術發展、案例計算、資料擷取與現象研析工作，共計培育碩士生 2 名。

### 子項計畫 2-1：低放射性廢棄物坑道處置場址特性審驗技術建立之資訊研析

培育專任助理 1 員與碩士級兼任助理 1 員。透過國內外低放射性廢棄物處置場址特性相關研究報告資料蒐集、整理與研析，對低放射性廢棄物處置設施安全分析報告所需內容有更進一步的瞭解。此成果可回饋到國內低放射性最終處置審驗技術之精進，使審驗制度更完善。另外，參與此計畫之人員，經此一研究過程，將對審查作業更為熟悉。

### 子項計畫 2-2：低放射性廢棄物坑道處置工程設計審驗技術建立之資訊研析

研析日本「低放射性廢棄物處置場回填計畫與設施管理方法

(2010)」，從中掌握日本低放射性廢棄物處置場於各個不同階段所設定的管理目的、項目與考量方法，並瞭解日本低放射性廢棄物處置場之相關監管計畫與應紀錄事項的取決方法，藉此針對我國低放射性廢棄物處置場監管計畫之環境輻射監測作業、場址保安作業、品質保證方案、紀錄及檔案管理，逐項提出相關策略與建議，供我國進行進一步的設計。

在確認安全性與建立信心上則透過日本「餘裕深度處置之安全評價方法(2008)」，瞭解日本低放餘裕深度處置場的安全評估與處置系統的狀態設定方法，並針對我國所訂定的處置場劑量限值與安全評估導則分節提出相關考量策略與建議，供我國借鏡。

#### 子項計畫 2-3: 低放射性廢棄物坑道處置工程地質與長期穩定審驗技術建立之資訊研析

培育博士班研究生 2 人，碩士班學生 1 人，使特殊技術得以傳承，同時推廣低放廢棄物處置觀念，儲備此一領域專業人力。此外，提供低放廢棄物坑道有關處置封閉技術、坑道穩定性與長期安全評估未來策進方向之建議，所蒐整的國外技術報告含括中放處置技術範疇，可供國內在相關領域技術發展之參考。

#### 子項計畫 2-4: 低放射性廢棄物坑道處置核種傳輸審驗技術建立之資訊研析

培養碩士班研究人員，擁有近岸環境坑道處置長期安全驗證之知識背景與相關能力，並學習系統性近場與遠場整合安全評估架構，提供國內未來審驗技術執行面之相關人才。

#### 子項計畫 2-5: 低放射性廢棄物坑道處置生物圈與劑量評估審驗技術建立之資訊研析

研究成員於本年度與美國 ARGONNE 國家實驗室 Charley Yu 博士針對低放射性廢棄物坑道處置生物圈與劑量評估技術應用進行線上 e-mail 討論，將可為我國提供國際合作交流之基礎，提昇放射性廢棄物處置安全分析技術。

研究成果可提供管制機關在低放射性廢棄物處置輻射劑量評估安

全審查之應用，以適時提升該項管制技術議題之技能與規範的精進。

#### 子項計畫 3-1：用過核子燃料處置安全審驗技術建立之國際資訊研析

本研究針對國際上用過核子燃料最終處置計畫安全評估計畫所執行之國際審查報告，進行文件審閱及研析，提供制機關審查用過核子燃料最終處置計畫時，能掌握相關之重要議題，同時也藉此規劃我國最終處置審查作業及未來須持續發展之研究方向與所需關鍵技術；而低鹼性混凝土的發展與應用，以及應用有限元素法模擬近場與緩衝材料的 T-H-M 效應之相關技術發展，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。計畫成果可提供管制機關對於我國用過核子燃料最終處置計畫安全審查之參考，並對管制機關提供對於最終處置安全評估關鍵議題的技術諮詢與建議。

#### 子項計畫 3-2：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

本研究完成「放射性廢棄物辭彙」修訂版草案 1 件，成果可以使專家學者們在撰擬文書或進行交流時能有共通的語言，並可做為學校教育與社會教育的基本素材。

## (二) 106 年度

#### 子項計畫 1-1：放射性廢棄物貯存安全審查平行驗證技術發展

放射性廢棄物貯存相關技術發展與安全審查息息相關，除技術議題外，在法規管制與審查面之精進亦不能忽略。透過歐美國家用過核子燃料集中式中期貯存、高燃耗用過核子燃料運輸與乾式貯存法規管制與安全審查經驗，以及用過核燃料乾貯設施換照審查實務之整合應用研析，可逐步開發及建立安全審查導則建議，未來可供主管機關管制作業及台電公司營運管理規劃參考。透過安全監管之技術精進，除可提昇我國本土化自主法規管制之能力外，亦可為我國未來用過核子燃料中期貯存與處置等相關政策提供紮實的基礎。

#### 子項計畫 2-1：低放射性廢棄物坑道處置場址特性審驗技術之關鍵課題研究

培育碩士班學生 3 員。透過蒐集、整理並研析國際間場址特徵化

資訊，參與人員可學習國際間場址初始狀態量化資訊建置及流程，並對於參數間的不確定性有進一步的了解。再者，參予本研究之人員進一步針對力隧道周圍岩體進行力學-水力支敏感度分析，利用 Oda 連續模型評估破裂面相關參數對於水力傳導及流體流動的影響，研究成果亦可提供國內審查制度之建置。

#### 子項計畫 2-2：低放射性廢棄物坑道處置工程設計驗證方法研究

為分析出坑道式處置設施設計審驗考量，本研究以 IAEA SSR-5 處置安全概念之多重安全功能、圍阻功能、隔離功能、監測與控制功能為基礎，分析與彙整美國核能管制委員會(U.S. NRC)之「低放射性廢棄物最終處置執照申請標準審查規範」(NUREG-1200)、10CFR61「放射性廢棄物陸域處置執照申請要求」、瑞典 SKB 長期安全評估報告、日本「核原料物質、核燃料物質及原子爐的規範法律」、「核子燃料或受核子燃料污染物之第二種廢棄物處置事業相關規則」、「第二種廢棄物處置事業相關之安全審查基本考量」等案例設計考量，研擬可適用於低放射性廢棄物坑道處置之 13 項「主要設計特徵」，作為處置設施設計審驗之主要項目。再以審查申請者設定之「設計準則」是否能適切反映「主要設計特徵」與「設計基準」之特徵，作為處置設計審查架構，進而研擬「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告審查導則(第 0 版)」第三章之精進建議。此外，另亦完成「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告審查導則(第 0 版)」全章節之修訂。

#### 子項計畫 2-3：低放射性廢棄物坑道處置結構穩定性驗證方法研究

培育博士班研究生 1 人，碩士班學生 1 人，使特殊技術得以傳承，同時推廣低放廢棄物處置觀念，儲備此一領域專業人力。此外，提供低放射性廢棄物坑道處置結構穩定性安全驗證之未來策進方向建議。

#### 子項計畫 2-4：低放射性廢棄物坑道處置長期安全驗證技術研究

培養兩名碩士班研究人力，擁有近岸環境坑道處置長期安全驗證之知識背景與相關能力，並學習系統性近場與遠場整合安全評估架構，提供國內未來處置安全評估或審驗技術執行面之相關人才，且其中一人已畢業至業界工作。

### 子項計畫 2-5：低放射性廢棄物坑道處置生物圈情節分析審查技術研究

計畫成員於本年度與美國 ARGONNE 國家實驗室 Charley Yu 博士針對低放射性廢棄物坑道處置生物圈情節分析進行討論，將可為我國提供國際合作交流之基礎，提昇放射性廢棄物處置安全分析技術，並提供管制機關低放射性廢棄物處置生物圈情節分析與輻射劑量評估安全審查之應用，以適時提升該項管制技術議題之技能與規範的精進。

### 子項計畫 3-1：106 年用過核子燃料處置長期安全評估審驗技術之研究

本研究針對國際上用過核子燃料最終處置計畫安全評估計畫所執行之國際審查報告，進行文件審閱及研析，使管制機關審查用過核子燃料最終處置計畫時，能掌握相關之重要議題，同時也藉此規劃我國最終處置審查作業未來須持續發展之研究方向與所需關鍵技術；而低鹼性混凝土的發展與應用，以及應用有限元素法模擬近場與緩衝材料的 T-H-M 效應之相關技術發展，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。計畫成果可提供行政院原子能委員會放射性物料管理局對於我國用過核子燃料最終處置計畫安全審查之參考，並對管制機關提供對於最終處置安全評估關鍵議題的技術諮詢與建議。

### 子項計畫 3-2：106 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

本研究完成國際原子能總署聯合公約核能發電國家之國家報告資訊蒐整分析，對於掌握國際動態與處置技術國際發展趨勢具有重大效益。

### 子項計畫 3-3：放射性廢棄物管理區域合作國際資訊先期研究

本研究對於參與研究人員的資料蒐集與分析能力、研究方法的學習與運用，以及專業領域的理論學習，具有積極之正面效益。資料的蒐集與整理，為從事研究的基本功，過程繁瑣卻非常重要，在計畫主持人引導下，參與計畫的研究人員，將可習得效率性的資料蒐集，以及建立研究檔案之適切方法。尤其是對於情境規劃分析法的學習與應

用，參與計畫的研究人員，將可逐漸熟悉並將之運用於國際核能治理之研究議題，深入瞭解 IAEA 的實務運作與制度內涵，認知核能治理與國際合作的發展面貌，不斷地與時俱進，提升專業素養。此種研究訓練，對於國家相關人員的培育，具有積極正面之意義。

### (三) 107 年度

#### 子項計畫 1-1：放射性廢棄物中長期貯存安全管制技術發展

放射性廢棄物貯存技術發展與安全管制息息相關，除技術議題外，在法規管制與審查面之精進亦不能忽略。透過研析美國經驗與精進我國安全審查技術、瞭解英國放射性廢棄物安全管制法規架構，以及掌握美國用過核子燃料乾式貯存設施貯存期間的老化管理程序與貯存設施換照審查實務之整合應用，可逐步開發及建立安全審查導則建議，未來可供主管機關安全管制及我國電力公司營運管理規劃參考。透過安全監管之技術精進，除可提昇我國本土化自主法規管制之能力外，亦可為我國未來用過核子燃料中期貯存與處置等相關政策提供紮實的基礎。

#### 子項計畫 1-2：日本用過核子燃料集中貯存設施設計審查案例研析

藉由完成日本先進技術與實務作業經驗之研析，可提升國內室內乾式貯存設施耐震設計及意外事故評估之技術水準，精進國內用過核燃料集中貯存設施安全標準與性能設計審查作業。

#### 子項計畫 2-1：低放射性廢棄物坑道處置場址特性審驗技術驗證評估研究

專任助理 1 名參予本研究。透過研析及彙整美國 NUREG-2175 技術報告，可讓參予本研究之成員熟悉美國低放處置之發展，並可進一步了解我國低放處置環境與美國的差異。另外，參予本研究之成員，可進一步習得坑道處置有關岩體水力-力學耦合之分析技術，以及攸關坑道處置安全之重要因素，儲備日後低放射性廢棄物坑道處置相關領域之人才。最後，透過本研究提出之「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告審查導則(第 0 版)」修訂建議，亦可供日後法規修訂之參考依據。

#### 子項計畫 2-2：低放射性廢棄物坑道處置工程設計驗證評估之研究

依計畫分析成果顯示，工程設計於安全分析運用之參數，多來自於試驗參數。進行參數審查作業時，應注意其數據充足性、不確定性與模型分析技術考量是否合適且可接受。另由於設計參數將同時運用於兩種不同功能考量，且其設計考量之參數設計方式相反，必須確認其參數設定可同時滿足兩種不同功能需求，需特別審視其功能設計與參數間之合理性。研究成果可供審查導則修訂之參酌。

#### 子項計畫 2-3：低放射性廢棄物坑道處置結構穩定驗證評估技術之研究

培育博士班研究生 1 人，碩士班研究生 1 人，使特殊技術得以傳承，同時推廣低放廢棄物處置觀念，儲備此一領域專業人力，另提供低放射性廢棄物坑道處置結構穩定性安全驗證之未來策進方向建議。

#### 子項計畫 2-4：低放射性廢棄物坑道處置長期安全驗證評估之研究

培育碩士班研究生 2 人，透過學習近、遠場整合安全評估架構及國際安全評估技術研析，使其擁有近岸環境坑道處置長期安全驗證之相關技術與知識，儲備國內未來坑道處置安全評估或審驗技術執行面之相關人才。

#### 子項計畫 2-5：低放射性廢棄物坑道處置生物圈安全評估審查技術之研究

本研究成果發表於國際研討會，針對低放射性廢棄物坑道處置生物圈安全評估技術，與國際學者專家進行討論，藉由國際合作交流經驗，可提昇放射性廢棄物處置安全分析技術，並增加我國之國際能見度。另研究成果可供管制機關低放射性廢棄物處置生物圈安全評估審查之應用，以適時提升該項管制技術議題之技能與規範的精進。

#### 子項計畫 3-1：107 年用過核子燃料處置安全審驗及平行驗證技術建立

本研究針對國際上用過核子燃料最終處置計畫安全評估計畫所執行之國際審查報告，進行文件審閱及關鍵議題之研析，並提供各項專業意見，使管制機關審查用過核子燃料最終處置計畫時，能掌握相關之重要議題，同時也藉此規劃我國最終處置審查作業未來須持續發展

之研究方向與所需關鍵技術；而低鹼性混凝土的發展與應用，以及應用有限元素法模擬近場與緩衝材料的 T-H-M 效應之相關技術發展，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行政院原子能委員會放射性物料管理局對於我國用過核子燃料最終處置計畫安全審查之參考，並對管制機關提供對於最終處置安全評估關鍵議題的技術諮詢與建議。

#### 子項計畫 3-2：放射性物料管制法規修正精進研究

為配合行政院功能業務與組織調整，並遵循國際核能基本安全原則，原能會組織改造後權責將專司核能安全管制，另檢視修訂最終處置等相關條文，鑒於推動最終處置業務為規劃營運與管理之屬性，應由經濟及能源部督促核能發電放射性廢棄物產生者或專責單位執行，乃進行「放射性物料管理法」與「低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例」修正草案建議版本之研議。研究成果考量政府政策方向，國內實況，研擬增訂有關安全管制規定，並參酌同儕審查意見，提出規範影響之評估。

### (四) 108 年度

#### 子項計畫 1-1：放射性廢棄物長期貯存安全審查規範之研究

藉由本年度美國換照審查案例與 NUREG-2215 標準審查方案研析，以及藉由歐美老化管理經驗，建立本土化我國乾式貯存設施每 10 年安全再評估之申請導則，其成果可持續提升我國用過核子燃料乾式貯存安全管制技術外，也可精進現有的法規管制面相關要求，以持續維護用過核子燃料貯存安全。

擷取美國過核燃料乾式貯存設施老化管理方案視察暫行指引，與德國 ESK 用過核燃料乾式貯存設施定期安全評估的具體要求，擬定我國用過核子燃料乾式貯存設施 10 年安全再評估申請導則草案，提供管制單位參考。

#### 子項計畫 1-3：低放射性廢棄物運送安全審查研究

本研究延攬 1 位具博士學位之研究人員進入輻射防護研究領域，

並研擬完成「低放射性廢棄物運送計畫導則」與「低放射性廢棄物運送計畫審查導則」，對未來低放射性廢棄物運送作業安全提升具有相當之效益。

#### 子項計畫 2-1：低放射性廢棄物近岸坑道處置之場址參數驗證技術研究

本年度參與研究人才為專任助理一名、碩士班學生一名，參與研究之人員對於利用 Barton-Bandis Model 進行參數的敏感性，以及模擬近岸建議候選場址之水力內寬資料，並利用不同分析方法進行分析等技術已有一定程度的掌握，以及完成「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告審查導則草案」內有關場址特性章節內容精進建議。

#### 子項計畫 2-2：低放射性廢棄物坑道處置審查規範建立與工程障壁系統驗證技術研究

原編撰之「安全分析報告審查導則」，主要依循 NUREG-1200 的管理架構與編撰方式執行，其撰寫方式屬於報告型式。為符合要求，此次「安全分析報告審查導則」之修定目標將針對不合時宜之內容進行修正，同時將原報告型式之導則內容改以法規條列型式進行編撰。為此，子計畫二配合主計畫執行「安全分析報告審查導則」修訂工作，分別召開四次專家審查會議，就安全分析報告審查導則修訂方向與條文內容修訂進行審議。最後，透過本研究提出之「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告審查導則(第 0 版)」，亦可供日後法規修訂之參考依據。

#### 子項計畫 2-3：低放射性廢棄物近岸坑道處置之坑道結構穩定驗證技術研究

培育博士班研究生 1 人，碩士班學生 2 人，使特殊技術得以傳承，同時推廣低放廢棄物處置觀念，儲備此一領域專業人力，另提供低放射性廢棄物坑道處置結構穩定性安全驗證之未來策進方向建議。

#### 子項計畫 2-4：低放射性廢棄物近岸坑道處置設計情節核種傳輸驗證技術研究

本年度參與計畫人才為專任助理一名、碩士班學生一名，培育計畫參與人員使具備近岸環境坑道處置長期安全驗證之相關知識與技

術。並完成安全分析報告導則內有關安全評估章節內容精進建議。

#### 子項計畫 2-5：低放射性廢棄物近岸坑道處置設計情節之生物圈劑量評估驗證技術研究

本研究成員參與國際研討會，針對低放射性廢棄物坑道處置生物圈劑量評估驗證技術，與國際學者專家進行討論，為我國提供國際合作交流之基礎，提昇放射性廢棄物處置安全分析技術。此外，研究成果提供管制機關低放射性廢棄物處置生物圈安全評估審查之應用，以適時提升該項管制技術議題之技能與規範的精進。

#### 子項計畫 3-1：108 年用過核子燃料處置審驗技術研析及驗證工作

本研究四年來針對國際上用過核子燃料最終處置計畫安全評估計畫所執行之國際同儕審查或國家級計畫技術審查報告，進行文件審閱及關鍵議題之研析，並提供各領域之專業意見，使管制機關審查用過核子燃料最終處置計畫時，能掌握國際趨勢及其相關重要議題，同時也藉此規劃我國最終處置審查作業未來須持續推動之研究方向與所需之關鍵及重點技術。

所培育的研究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，對於處置相關領域研究能力的提升甚有助益。研析計畫成果可提供行政院原子能委員會放射性物料管理局對於我國用過核子燃料最終處置計畫安全審查之參考，並對管制機關提供有關用過核子燃料最終處置安全評估關鍵議題的技術諮詢與建議。

## 貳、檢討與展望

(請檢討計畫執行可改善事項或後續可精進處，並說明後續工作構想重點與未來展望等；屆期計畫請強化說明後續是否有下期計畫、計畫轉型或整併、納入機關例行性業務、或其他推廣計畫成果效益之作為等。)

本計畫各子項計畫檢討與展望說明如下：

### 子項計畫 1-1：放射性廢棄物長期貯存安全審查規範之研究

本研究藉由國外之資料研析了解目前執行乾式貯存之多項法規審查與技術要求。為因應未來我國核能電廠除役對用過核子燃料乾式貯存之需求增加，建議可以針對不同之室內乾貯系統與其相關法規進行更深入之探討，以符合國內用過核子燃料貯存策略與政策發展；並且可以參考國際間針對室內乾貯之持照審查辦法與安全管制技術，以精進未來之持照安全審查作業。

### 子項計畫 1-2：日本用過核子燃料室內乾式貯存設施設計審查案例研析

國際主要核能國家針對用過核燃料乾式貯存設施延長使用之需求，各國核能安全管制單位在審查執照延長時會要求一併提出老化管理計畫 (Aging Management Program, AMP) 與相關監測記錄。國內 108 年初公布之「用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告審查導則」，未來可考慮納入上述 AMP 與相關監測記錄。配合台電廠外集中貯存設施之規劃，建議國內未來可就兩用護箱系統相關課題，進行技術研究與規範編修。伴隨著廠外集中貯存設施之建造申請與啟用，一般預期未來對運輸與貯存兩用護箱系統會更有需求。除了安全分析，兩用護箱在貯存過程中之老化管理計畫 (AMP)，與長期貯存後確保護箱仍具要求之運輸功能，都是相當關鍵且重要之研究課題。

### 子項計畫 1-3：低放射性廢棄物運送安全審查研究

各國放射性物質安全運送法規，多以 IAEA 發行的「放射性物質安全運送規則」為藍本。IAEA 為要適時反應各國及相關國際組織之運送

經驗與建議，於 1978 年秋季設置「放射性物質安全運送常設顧問小組 (The Standing Advisory Group on the Safe Transport of Radioactive Material)」，計劃約每 5 年修訂一次，曾於 1964、1967、1973、1979、1985、1990、1996、2012 及 2018 年進行運送規則之修訂。又鑑於使用者之需求，須提供容器設計者與製造者、託運者、運送者及管制機關等更多資料，也曾發布相關的導則。然而國內現行的「放射性物質安全運送規則」是以 1996 年 IAEA 發行的版本為基礎，為與 IAEA 接軌，低放射性廢棄物運送除應符合國內「放射性物質安全運送規則」外，也建議參考 IAEA 的相關報告。

由於放射性物質運送劑量評估程式所需輸入資料繁多，有些交通狀況資料應採用國內資料，才能得到較正確的評估結果。未來對評估所輸入資料，宜詳細審查，並利用 RADTRAN-6 進行平行驗證。

#### 子項計畫 1-4：放射性物料管理專業辭彙編修

本研究建立的放射性物料管理專業辭彙電子版本與資料庫，對於隨著技術發展與放射性物料管理情勢演變愈加需要頻繁更新的辭彙修編，將更為便利易行，發揮資源善用的功效。

#### 子項計畫 2-1：低放射性廢棄物近岸坑道處置之場址參數驗證技術研究

我國近岸建議候選場址相較於國際間之處置場址(例如：瑞典 forsmark 處置場址)而言，地質環境相對較複雜，因此，地質單元均值區之畫分是一個重要的課題，因為不同裂隙特性進一步會影響分析之結果，如對於場址之岩體裂隙特性掌握度不高，分析結果難以反應真實的場址。建議應持續就建議候選場址之岩盤裂隙特性進行研究，並注意裂隙特性之空間變化與量測值之代表性，以實際掌握場址區域之岩盤裂隙特性，降低分析之不確定性。

#### 子項計畫 2-2：低放射性廢棄物坑道處置審查規範建立與工程障壁系統驗證技術研究

考量混凝土擴散功能或透水功能設計並未包含於我國「混凝土工程施工規範與解說」及「施工綱要規範」等技術規範中。而工程障壁

系統之擴散係數及水力傳導係數之設計與實現性，與處置設施封閉後之遲滯功能具有直接之關聯性。建議應針對確認混凝土之水力傳導係數與擴散係數設計，以及處置窖完工後品質確認檢驗，持續發展其審驗技術。

#### 子項計畫 2-3: 低放射性廢棄物近岸坑道處置之坑道結構穩定驗證技術研究

為持續發展與精進低放射性廢棄物坑道處置結構穩定驗證評估技術，建議未來能針對坑道結構穩定數值分析相關研究課題進行探討，包括(1)坑道之洞口段、交叉段、通行隧道與處置坑道之銜接段等三維分析、(2)開挖擾動區之數值分析與評估、(3)地震對處置坑道的影響評估與(4)離散裂隙網絡 DFN 數值模型建構與分析。

#### 子項計畫 2-4: 低放射性廢棄物近岸坑道處置設計情節核種傳輸驗證技術研究

低放射性廢棄物處置之長期安全評估，需仰賴長期演化及設計情節相關設定，本研究透過研析瑞典 SR-PSU 技術報告與國內 LLWD 2016 報告進行比較，顯示國內現階段在相關情節建立較少，建議未來國內處置計畫可多方面探討各情境之不確定性。

#### 子項計畫 2-5: 低放射性廢棄物近岸坑道處置設計情節之生物圈劑量評估驗證技術研究

本研究完成低放射性廢棄物坑道處置關鍵核種劑量評估研究、生物圈劑量評估程式之數值模型技術探討與參數建立、設計情節之生物圈劑量評估結果審驗，並提出我國低放射性廢棄物坑道處置生物圈劑量評估技術發展建議，與提出我國低放處置安全報告審查規範有關生物圈劑量評估精進建議。建議未來應採取 BIOMASS 生物圈劑量評估之步驟，對於可能釋出至生物圈位置及生物圈系統單元之核種，進行生物圈特徵事件作用交互作用矩陣分析，以瞭解存在生態系統需要關注的情節，並利用系統方法檢查潛在的 FEPs 是否需要包含或合理排除。對於模式發展及模型利用兩個階段，第一，進行地景模擬，以確認處置場潛在的地下水流出區域；第二，模擬放射性核種在不斷演變之生物圈系統內遷移。建立放射性核種可能釋出後之數值模型，依據水文

條件及生物圈之地景及氣候演變進行模型建構。對於生物圈評估之計算步驟，包括數學模式之數據選擇和應用，參數選擇和數據品質保證需進行論證，該方法應參考國際原子能總署 2003 年出版 BIOMASS 之參數選擇規則。

#### 子項計畫 2-6：低放射性廢棄物設施主結構體再運轉年限之安全審查研究

對於低放射性廢棄物設施主結構再運轉年限審查，重點在於設施老劣化之時限分析評估。老劣化時限分析評估應完整地收集過去相關資料或記錄以進行比對，因此，針對建築物之監測系統相關研究，是未來可發展之趨勢。

#### 子項計畫 3-1：108 年用過核子燃料處置審驗技術研析及驗證工作

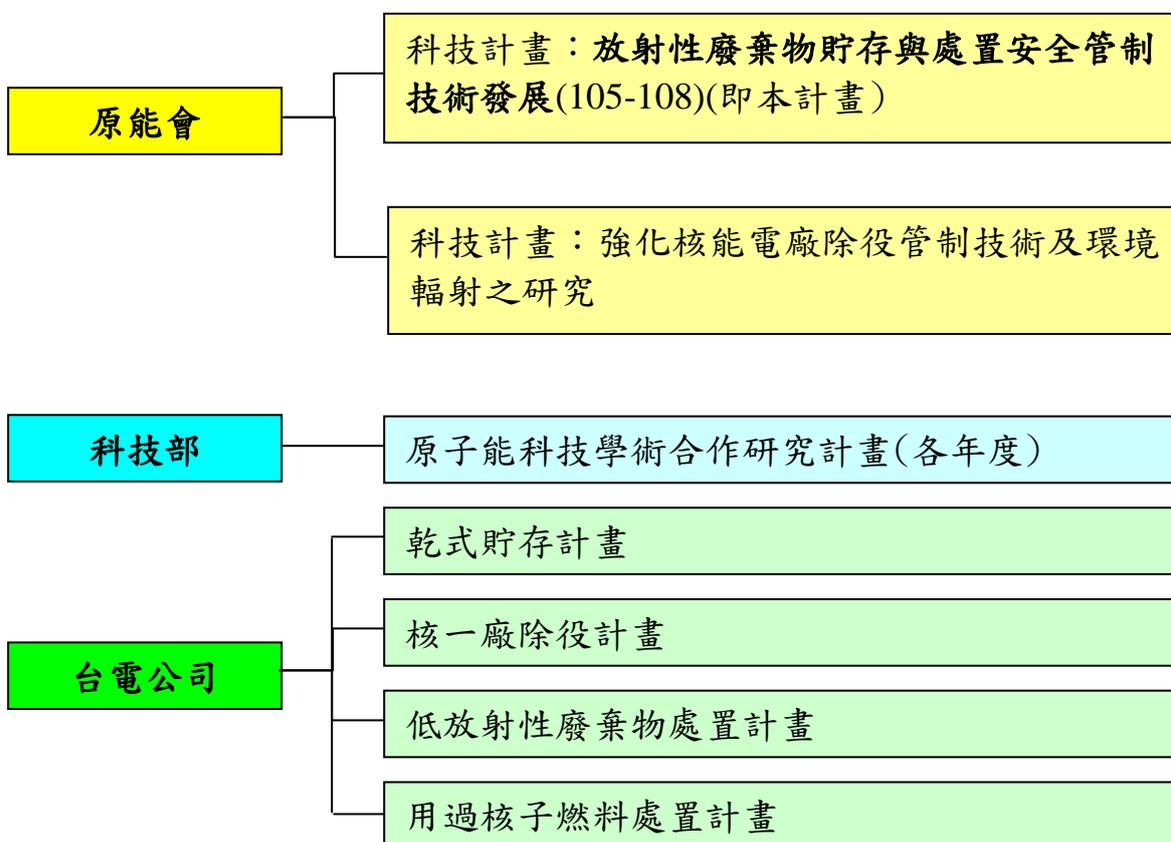
參照國際核能先進國家高放最終處置技術，本研究以處置概念發展較為完整成熟的瑞典 Forsmark 場址建造執照申請案審查技術報告擇要進行研析，掌握瑞典核能管制機關(SSM)對用過核子燃料最終處置計畫之主審查階段所發表技術報告的審查重點，藉以了解處置設施申照階段所需的技術範疇、審查經過、審查重點與結論等資訊及經驗予以總結，就我國未來用過核子燃料最終處置計畫需考量之審查關鍵要項與安全管制重點，提供國內主管機關及相關單位作為參考，同時使我國處置技術之發展能與國際接軌。

此外，為提升我國高放最終處置計畫之驗證能力，以及對國內處置計畫階段成果報告進行平行驗證工作，本研究針對台電公司及國際處置技術之驗證重點，選擇我國用過核子燃料最終處置技術可行性評估報告及國際相關技術報告有關之研究課題，來發展國內平行驗證技術，以精進我國用過核子燃料最終處置領域之研發內容，並提升管制機關審查與驗證之技術能力。本年度所選擇之母岩空間異質性及處置罐圍壓分析平行驗證、緩衝與回填材料之耦合參數實驗及近場長期變位模式、低鹼性混凝土配比及工程性質等項目之研發工作，皆對應國際間普遍重視且共同合作的關鍵議題，顯示執行本研究的重要價值，未來仍須參酌國際發展趨勢，持續推動國內用過核子燃料最終處置計畫所需之研究能力與審驗技術。

## 參、其他補充資料

### 一、跨部會協調或與相關計畫之配合

本計畫的總體研究範疇界定於放射性廢物貯存、處置及用過核子燃料乾式貯存與處置相關的管制技術研發。目前國內相關的研究計畫另有原能會辦理以除役為主軸的科技計畫；科技部與原能會的原子能科技學術合作研究計畫；以及台電的各項工作計畫，如下圖所示。本計畫除內部各子項研究間有密集的技术討論外，亦積極參與外部計畫如台電公司所舉辦的研討會/座談會，以促進對於彼此進度的瞭解，藉以妥善利用國內的有限資源，整體提昇國內的安全技術水準。



圖：與本計畫相關聯的我國其他研究計畫

### 二、大型科學儀器使用效益說明

本計畫未編列經費購買、維運之大型科學儀器。

### 三、 其他補充說明(分段上傳)

無其他補充說明

## 附表、佐證資料表

### 【A 論文表】

題 名	第一作者	發表年 (西元年)	文獻 類別	成果歸屬 (子項計畫)
岩盤隧道周圍水力-力學耦合特性對流場之影響	雷修懿	2019	F	2-1
Review guidelines on biosphere safety assessment of low-level waste disposal repository in Taiwan	林文勝	2019	F	2-5
低放廢物處置生物圈劑量評估平行驗證	林文勝	2019	F	2-5
用過核子燃料最終處置設施吸水膨脹效應之數值分析	劉致緯	2019	E	3-1
用過核子燃料最終處置場之母岩空間異質性效應影響分析	徐宇儁	2019	E	3-1
核廢料處置坑道封塞用低鹼性混凝土性能研究	王韡蓓	2019	E	3-1
Research on Strength and Durability of Low pH Mortar and Concrete with High Silica Fume Content.	Wei-Chien Wang	2019	F	3-1
Experimental Determination on Creep parameters of buffer material for radioactive waste disposal	Yen-Cheng Lai	2019	F	3-1
Soil-Water Characteristics Curve of MX-80 Bentonite by Vapor Equilibrium Technique	Che-Jui Cuo	2019	F	3-1
高放環境下緩衝材料之潛變參數反演實驗與數值模擬研究	Tata Arintha	2019	F	3-1

註：文獻類別分成 A 國內一般期刊、B 國內重要期刊、C 國外一般期刊、D 國外重要期刊、E 國內研討會、F 國際研討會、G 國內專書論文、H 國際專書論文；成果歸屬請填細部計畫名稱。

### 【B 合作團隊(計畫)養成表】

團隊(計畫)名稱	合作對象	合作 模式	團隊 性質	成立時間 (西元年)	成果歸屬 (分項計畫)
放射性廢棄物貯存管制技術研發團隊	工研院、高雄大學	B	A	2016	1
低放處置管制技術研發團隊	中央大學、亞通利大能源、淡江大學、國防大學、台灣大學	B	A	2012	2
高放處置管制技術研發團隊	中央大學、屏東科技大學	B	A	2012	3

註：合作模式分成 A 機構內跨領域合作、B 跨機構合作、C 跨國合作；團隊(計畫)性質分成 A 形成合作團隊或合作計畫、B 形成研究中心、C 形成實驗室、D 簽訂協議；成果歸屬請填細部計畫名稱。

**【C 培育及延攬人才表】**

姓名	機構名稱	學歷	性質	成果歸屬 (子項計畫)
雷修懿	國立中央大學應用地質研究所	B	B	2-1
楊鈞凱	國立中央大學應用地質研究所	B	B	2-1
黃士修	國立中央大學應用地質研究所	B	B	2-1
林怡君	國立中央大學應用地質研究所	B	B	2-1
陳祺杰	國防大學理工學院環境資訊及工程學系	A	B	2-3
何德祥	淡江大學土木系	B	B	2-3
朱逸哲	淡江大學土木系	B	B	2-3
陳俞儒	國立中央大學 水文與海洋科學研究所	B	B	2-4
黃振洋	國立中央大學 水文與海洋科學研究所	B	B	2-4
張道盛	國立中央大學	B	B	3-1
方昱傑	國立中央大學	B	B	3-1
林志鴻	國立中央大學	B	B	3-1
蔡旻峰	國立屏東科技大學	B	B	3-1

註：學歷分成 A 博士(含博士生)、B 碩士(含碩士生)、C 學士(含大學生)；性質分成 B 學程通過、C 培訓課程通過、D 國際學生/學者交換、E 延攬人才；成果歸屬請填細部計畫名稱。

**【D1 研究報告表】**

報告名稱	作者 姓名	出版年 (西元年)	是否 採納	成果歸屬 (子項計畫)
用過核子燃料中長期貯存安全管制技術研析	徐貴炎	2019	C	1-1
日本用過核子燃料室內貯存設施設計審查案例研析	張惠雲	2019	C	1-2
低放射性廢棄物運送安全審查研究	李境和、張似璵 賴柏倫、林珏汶 劉代欽	2019	C	1-3
108 年放射性物料管理專業辭彙編修	黃慶村	2019	C	1-4
低放射性廢棄物近岸坑道處置之場址參數驗證技術研究	董家鈞	2019	C	2-1
低放射性廢棄物坑道處置審查規範建立與工程障壁系統驗證技術研究	龔誠山	2019	C	2-2

低放射性廢棄物近岸坑道處置之坑道結構穩定驗證技術研究	楊長義 李宏輝	2019	C	2-3
低放射性廢棄物近岸坑道處置設計情節核種傳輸驗證技術研究	李明旭	2019	C	2-4
低放射性廢棄物近岸坑道處置設計情節之生物圈劑量評估驗證技術研究	林文勝、劉宏仁	2019	C	2-5
低放射性廢棄物設施主結構體再運轉年限之安全審查研究	陳君弢	2019	C	2-6
國際高放最終處置計畫安全分析報告審查成果瑞典案例研析	黃偉慶	2019	C	3-1
地質處置設施母岩空間異質性分析驗證技術建立及處置罐圍壓分析平行驗證計算	張瑞宏	2019	C	3-1
緩衝材料與回填材料之熱-水-力耦合參數實驗及近場長期變位模式發展與驗證	楊樹榮	2019	C	3-1

註：是否被採納分成 A 院級採納、B 部會署級採納、C 單位內採納、D 存參；成果歸屬請填細部計畫名稱。

#### 【F 形成課程教材手冊軟體表】

名稱	性質	類別	發表年度 (西元年)	出版單位	是否為自由 軟體	成果歸屬 (子項計畫)
放射性物料管理專業辭彙	C	D 詞彙	2019	物管局(待出版)	否	1-4

註：性質分成 A 課程、B 教材、C 手冊；類別分成 A 文件式、B 多媒體、C 軟體(含 APP)、D 其他(請序明)；成果歸屬請填細部計畫名稱。

#### 【H 技術報告檢驗方法表】

技術或檢驗方法名稱	性質	作者姓名	出版年 (西元年)	出版單位	成果歸屬 (子項計畫)
應用於高放處置設施之低鹼性混凝土配比及其性質研析	A	王韡蒨	2019	物管局	3-1

註：性質分成 A 技術報告、B 檢驗方法；成果歸屬請填細部計畫名稱。

#### 【K 規範標準及政策法規草案制訂表】

名稱	類別	制定及參採情形	應用範圍	成果歸屬 (子項計畫)
我國用過核子燃料乾式貯存設施 10 年安全再評估申請導則(草案)	A	A	D	1-1
低放射性廢棄物運送計畫導則(草案)	A	A	D	1-3

低放射性廢棄物運送計畫審查導則(草案)	A	A	D	1-3
低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告審查導則(草案)	A	A	D	2-1
低放射性廢棄物貯存設施再評估報告審查導則(草案)	A	A	D	2-6

註：類別分成 A 規範、B 標準、C 法規、D 政策；制定及參採情形分成 A 參與草案或建議方案制訂、B 草案經採納或認可通過、C 發表或公告實施、D 草案存參、E 其他；應用範圍分成 A 機構內、B 國內、C 國際、D 未發表；成果歸屬請填細部計畫名稱。