

109年度政府科技發展計畫 績效報告書 (D006)

計畫名稱：「核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究（1 / 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109年01月01日至109年12月31日止

主管機關：行政院原子能委員會

執行單位：行政院原子能委員會核能管制處

目 錄

【109年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表(D003)】	1-2
壹、目標與架構.....	1-5
貳、經費執行情形.....	1-15
參、主要產出與關鍵效益 (E003)	1-17

【109年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表(D003)】

審議編號	109-2001-02-17-09			
計畫名稱	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究(1/4)			
主管機關	行政院原子能委員會			
執行單位	行政院原子能委員會核能管制處			
計畫主持人	姓名	張欣	職稱	處長
	服務機關	行政院原子能委員會		
計畫類別	☒ 一般計畫 ☐ 政策計畫 ☐ 前瞻計畫			
重點政策項目	☐ 亞洲・矽谷 ☐ 智慧機械 ☐ 綠能產業 ☐ 生醫產業 ☐ 國防產業(資安、微衛星) ☐ 新農業 ☐ 循環經濟圈 ☐ 晶片設計與半導體前瞻科技 ☐ 數位經濟與服務業科技創新 ☐ 文化創意產業科技創新 ☐ 其他			
前瞻項目	☐ 綠能建設 ☐ 數位建設 ☐ 人才培育促進就業之建設			
計畫群組及比重	生命科技 工程科技	0 % 0 %	環境科技 人社科服	100 % 0 %
執行期間	109年01月01日至109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	45,178		38.80
	110	42,509		37.90
	111	45,292		32.70
	112	75,332		32.40
	合計	208,311		141.80

	109 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	5,353	4,994	93.29%
			其他經常支出	32,883	30,674	93.28%
			小計	38,236	35,668	93.28%
		資本門	土地建築	0	0	%
			儀器設備	9,669	9,510	98.36%
			其他資本支出	0	0	%
			小計	9,669	9,510	98.36%
		經費合計		47,905	45,178	94.31%
政策依據	1. EYGUID-01090515000000：行政院109年度施政方針：十五、強化輻射安全管制，提升輻射災害防救能量；嚴格執行核電廠除役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；拓展原子能科技民生應用，研發能源產業關鍵技術。					
與國家科學技術發展計畫關聯	1. NSTP-20170203030000：國家科學技術發展計畫(民國106年至109 年)：3. 提升關鍵設施防震耐災能力 2. NSTP-20170204050000：國家科學技術發展計畫(民國106年至109 年)：5. 發展核後端技術，邁向綠色永續社會					
本計畫在機關施政項目之定位及功能	本計畫係4年期程(109.1.1-112.12.31)的計畫，主要係配合原能會106-109年科技施政關鍵策略目標「切實監督核電廠安全」，確保核能電廠運轉安全與除役管制順利進行，另為因應政府組織再造後，原核能管制研發單位核能研究所將改制為行政法人國家龍潭原子能科技研究院，技術支援原子能委員會核能安全管制研發項目，必須經由成立本計畫延續原核研所及規劃成立之「核安管制研究中心」在運轉及除役安全管制累積之知識與經驗，並以計畫方式結合國內學術研究單位，強化核能安全管制效能。					
計畫重點描述	本計畫係為強化核安及除役管制技術能力，確保核電廠運轉及除役安全，除維持核能電廠安全運轉所需管制技術能力，保持與核能先進國家技術交流及經驗分享，精進熱水流分析、地震、材料腐蝕與維護、風險評估等核安管制技術外，同時因應我國核能電廠運轉執照陸續屆期，機組進入除役階段，針對我國機組進入除役階段而爐心仍置有核燃料之特殊情形，需參考各國核能電廠除役經驗以及法規要求，建立適當之技術評估與分析能力，強化除役管制作業品質及管制要求，確保國內核安及除役工作可順利進行。					
主要績效指標	原設定		A. 論文：9篇 B. 合作團隊(計畫)養成：4團隊 C. 培育人才：3人 D1. 研究報告：19篇 H. 技術報告及檢驗方法：5篇 Y. 資訊平台與資料庫：建置除役階段安全管制知識平台			

	達成情形	A. 論文：12篇 B. 合作團隊(計畫)養成：4團隊 C. 培育人才：14人 D1. 研究報告：35篇 H. 技術報告及檢驗方法：5篇 Y. 資訊平台與資料庫：完成除役階段安全管制知識平台及相關硬體基礎設備建置。		
計畫效益與重大突破	1. 基於前期計畫完成之熱水流評估成果，並參酌核電廠運轉條件，以及經由蒐集研析國際文獻所得到之微生物腐蝕機制與重要參數，彙整並提出用過核子燃料暫存於反應器壓力槽期間的水質管制重點及相關建議。 2. 建立核二廠冷爐停機期之火山PRA模型，針對火山灰事件進行條件爐心受損機率評估，評估喪失最終熱沉、核島區重要廠房(如反應器廠房)結構失效等可能發生之火山事件對核能電廠可能影響及風險評估，並彙整研究結果提供管制機關參考。 3. 建立國內機率式地震危害度報告(PSHA SSHAC-3)中的隱沒帶分析成果用於機率式海嘯危害度分析之方法流程。 4. 建立核一廠用過核子燃料風險模式，及除役過渡階段用過核子燃料定性風險分析架構，並針對爐心與用過燃料池於除役過渡階段前期，分析1階與2階風險矩陣以比較其相對風險顯著性。 5. 完成核三廠火災風險顯著性確立程序(SDP)視察工具(PriSE)軟體之更新精進，針對火災隔間延燒與擴散情節，建立防火分區資料、執行定性防火分區篩濾、定量評估、模式分析，更新於核三廠火災SDP視察工具之評估流程。 6. 進行核電廠碳鋼管路靜滯水腐蝕研究，探討除役過渡期間核電廠碳鋼管路存在靜滯水時可能對管路產生腐蝕之機制，及可能抑制策略，提供管制參考。 7. 蒐集國際除役資料來源並整理分類，研析美國核管會的知識管理案例並且完成除役期間拆除知識管理系統建置，研究成果可助於我國除役期間拆除管制知識之管理。			
遭遇困難與因應對策	無遭遇困難或落後。			
後續精進措施	已詳列本計畫後續精進建議於報告第二部分之貳、檢討與展望。			
計畫連絡人	姓名	龔繼康	職稱	技正兼科長
	服務機關	行政院原子能委員會		
	電話	02-22322118	電子郵件	jkgone@aec.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。

本計畫研究目的在強化核安及除役管制技術能力，除維持核能電廠安全運轉所需管制技術能力，保持與核能先進國家技術交流及經驗分享，精進熱水流分析、地震、材料腐蝕與維護、風險評估等核安管制技術外，同時提供技術支援能力；計畫並對於除役管制技術，研擬我國機組進入除役階段而爐心仍置有核燃料之特殊情形，參考各國除役核能電廠除役經驗以及法規要求，建立適當之技術評估與分析能力，強化除役管制作業品質及管制要求，以保障國內除役作業符合安全規範。

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	1. 彙整國際間相關案例，並導入國內機組參數進行微生物影響、機制與可能參數之研析。 2. 協助管制機關完成第四版核能安全公約國家報告(CNS report)及開始同行審查。 3. 進行地震危害分析資深委員會等級3(SSHAC L3) 機率式地震危害度分析(PSHA)隱沒帶SSC於機率式海嘯危害度分析方法(Probabilistic Tsunami. Hazard Analysis, PTHA)情境可用性之探討。 4. 進行SSHAC HID GMC 邏輯樹檢核(I)，計畫第一年執行地殼震源GMC邏輯樹與權重合理性之檢視。 5. 建立核一廠各狀態用過核子燃料風險告知管制架構。	1. 達成情形符合原訂計畫目標。 2. 完成國際間相關案例彙整，以及國內機組參數進行微生物影響、機制與可能參數，將基於本年度成果設計實驗探討微生物腐蝕情形。 3. 完成第四版核能安全公約國家報告(CNS report)英文報告及開始同行審查。 4. 完成地震危害分析資深委員會等級3(SSHAC L3) 機率式地震危害度分析(PSHA)隱沒帶SSC於機率式海嘯危害度分析方法(Probabilistic Tsunami. Hazard Analysis, PTHA)情境可用性之探討，彙整研究成果提出管制建議。 5. 完成地殼震源GMC邏輯樹與權重合理性之檢視，提供管制建議。 6. 完成核一廠各狀態用過核子燃料風險告知管制架構草案。

年度	分年目標	達成情形
110年度	1. 基於第一年之研析結果，進行關鍵參數之微生物與腐蝕特性實驗。 2. 撰寫及更新第五版核能安全公約國家報告。 3. 進行 SSHAC L3機率式地震危害度分析(PSHA)之斷層震源特性評估於機率式海嘯危害度分析方法情境可用性之探討。 4. 進行SSHAC HID GMC 邏輯樹檢核(II)，計畫第二年完成隱沒帶震源GMC邏輯樹與權重合理性之檢視。 5. 開發核一廠除役作業管制用過核子燃料受損風險告知視察工具。	將依實際達成情形填報。
111年度	1. 進一步分析微生物與腐蝕特性實驗研究結果及關鍵項目。 2. 完成第五版核能安全公約國家報告。 3. PTHA分析程序技術之建立。 4. 進行新一代SSI分析管制技術之建立(III)，計畫第三年執行頻率域與時域SSI分析方法算例結果比較。 5. 建立核二廠各狀態用過核子燃料受損風險告知管制架構。	將依實際達成情形填報。
112年度	1. 彙整前三年微生物與腐蝕特性實驗研究結果，提出管制建議。 2. 協助管制機關完成第五版核能安全公約國家報告同行審查。 3. 彙整前三年之新一代海嘯分析研究成果，提出最新關鍵管制建議，以供管制單位參考。 4. 整合新一代PSHA、SRA及SSI分析技術，彙整前三年之分析研究成果，針對各項重要耐震評估資料、參數、方法及結果，提出最新管制建議事項，以供管制單位參考。 5. 開發核二廠除役作業管制用過核子燃料受損風險告知視察工具。	將依實際達成情形填報。

說明：

本(109)年度為計畫執行第一年，經檢視達成情形符合原訂分年目標。

二、架構

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)				
核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究(1/4)	47905/(45178)	張欣	行政院原子能委員會核能管制處	計畫目標在於確保運轉中電廠安全運轉及強化除役管制技術，在運轉安全管制部分，對於核能電廠安全運轉之重要議題，如核能電廠運轉時熱水流安全分析、國際持續強化核能電廠安全運轉之作為、以及核電廠對於超越設計之天然事件承受能力及事件緩和能力，為目前我國核能安全運轉管制作業需優先處理之問題，持續進行研究以增進核安管制技術能力；在除役管制部分，對於我國面臨核電廠運轉執照屆期，機組進入除役階段，所需具備之關鍵工程技術、相關法規要求、視察管制技術等挑戰，以計畫方式透過國際合作及經驗交流、研析各國案例及規範、關鍵技術研究、人員技術訓練等方式，強化國內核電廠除役管制技術能量，妥善完成除役管制作業及除役品質。	1. 基於去(108)年熱水流評估成果及電廠運轉條件，並結合經由蒐集研析國際文獻所得到之微生物腐蝕機制與重要參數，提出適用於用過核子燃料暫存於反應器壓力槽期間的水質管制重點。 2. 建立核二廠冷爐停機期之火山PRA模型，針對火山灰事件進行條件爐心受損機率評估，評估喪失最終熱沉、核島區重要廠房(如反應器廠房)結構失效等可能事件之風險評估，提供核能電廠火山安全管制參考建議。 3. 建立國內機率式地震危害度報告(PSHA SSHAC-3)中的隱沒帶分析成果用於機率式海嘯危害度分析之方法流程，提供海嘯危害度後續分析工具。 4. 建立核一廠用過核子燃料風險模式，及除役過渡階段用過核子燃料定性風險分析架構，並針對爐心與用過燃料池於除役過渡階段前期，分析1階與2階風險矩陣以比較其相對風險顯著性。 5. 開發系統隔離風險告知視察工具，建立系統評估再分類與過渡(SERT)程序評估流程，完成隔離風險分析案例，執行風險優先係數評估(RPN)方法，評估邊界隔離作業對於系統安全功能之顯著性影響，並針對定期測試或維護與保養作業進行週期或頻率之適切性檢視，提出管制建議。 6. 完成核三廠火災風險顯著性確立程序(SDP)視察工具(PRISE)軟體之更新精進，針對火災隔間延燒與擴散情節，建立防火分區資料、執行定性防火分區篩濾、定量評估、模式分析，更新於核三廠火災SDP視察工具之評估流程。

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)				
					7. 支援核電廠執行緊急計畫演習或核安演習時協助管制單位進行事故評估工作，利用程式針對核二廠核安演習之劇本時序進行模擬分析，針對事故演變、救援策略對事故處理之適切性與演習相關之熱水流分析進行評估並提供給管制單位，以利管制單位掌握電廠狀況與處置措施討論。 8. 完成核一廠除役期間反應器廠房與汽機廠房除役作業火災危害因子檢討，赴核一廠進行實地訪查；並依據電廠規劃的除役拆除、拆解順序，評估各建築物所規劃儲存臨時拆除低階核廢料之空間區域，檢討其相關危害因子，彙整上述成果完成「除役期間因廠區設備停用、部分運轉或配置變更之消防危害因子」研究報告。 9. 研議IMC-2515第15節與附錄G內容，並檢討其適用性。完成IMC-2515第15節與附錄G彙整。說明用過核子燃料仍在反應器的視察要項建議、與IMC-2561的視察要求的差異，以及檢討對國內核子反應器除役法規的適用性。 10. 研析核電廠碳鋼管路靜滯水腐蝕研究，探討除役過渡期間靜滯水對於管路腐蝕影響，研究發現定期水流流動可能對管路腐蝕產生抑制效果，另外，管路未充滿水者，由於有氣液介面，管路於介面處，可能加速腐蝕速率，提供管制建議。 11. 搜集國際除役資料來源並整理分類，研析美國核管會的知識管理案例並且完成除役期間拆除知識管理系統建置，研究成果可助於我國除役期間拆除管制知識之管理。 12. 對於核設施拆除作業時污染擴散情況進行相關研究，提出建置除役作業環境

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)				
					通風系統與局部排氣系統之安全考量建議，並模擬金屬切割產生氣膠微粒於通風流場內的擴散行為。

三、細部計畫與執行摘要

細部計畫	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究(1/4)	計畫性質	7. 公共服務
主持人	張欣	執行機關	行政院原子能委員會核能管制處
細部計畫目標	計畫目標在於確保運轉中電廠安全運轉及強化除役管制技術，在運轉安全管制部分，對於核能電廠安全運轉之重要議題，如核能電廠運轉時熱水流安全分析、國際持續強化核能電廠安全運轉之作為、以及核電廠對於超越設計之天然事件承受能力及事件緩和的能力，為目前我國核能安全運轉管制作業需優先處理之問題，持續進行研究以增進核安管制技術能力；在除役管制部分，對於我國面臨核電廠運轉執照屆期，機組進入除役階段，所需具備之關鍵工程技術、相關法規要求、視察管制技術等挑戰，以計畫方式透過國際合作及經驗交流、研析各國案例及規範、關鍵技術研究、人員技術訓練等方式，強化國內核電廠除役管制技術能量，妥善完成除役管制作業及除役品質。		
計畫投入 (Inputs)			
預算數 (千元)／決算數 (千元)／執行率	47905／45178／94.31%	總人力 (人年) 實際／ (規劃)	38.8／32.4
其他資源投入	無。		
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
核電廠熱水流安全分析程式應用與驗證	(1)精進核一廠除役過渡階段TRACE分析模式，針對爐水淨化系統(Reactor Water Cleanup, RWCU)取水管路斷管位置與用過燃料池(Spent fuel pool, SFP)連通閘門開/關的事件狀態，建立冷卻水流失事件進程與現象模擬，並新增事件衰變熱條件。 (2)參考熱水流研究所得評估成果及電廠運轉條件，並結合經由蒐集研析國際文獻所得到之微生物腐蝕機制與重要參數，彙整得到用過核子燃料暫存於反應器壓力槽期間的水質管制重點，並提出相關管制建議。 (3)參與11/4-11/6日舉辦之Code Applications and Maintenance Program (CAMP)秋季會議，本次配合防疫需求改採線上舉辦，藉此蒐集國際熱水流程式最新發展資訊，提供管制參考。		原子能委員會核能管制處

核電廠後福島管制審查技術精進研究	(1)研析日本火山影響評估導則，針對日本島根、柏崎刈羽、高濱等核能電廠火山危害影響評估，以及美國YUCCA mountain處置場、哥倫比亞電廠火山危害分析等資料，提出火山管制關鍵要項。 (2)建立核二廠火山事件機率式風險度評估方法模型，針對火山灰事件進行條件爐心受損機率評估，提出管制建議。 (3)比對核二廠與日本電廠(如島根等)有關火山灰危害影響評估與災害防止措施，提出比對結果供管制機關參考。 (4)建立國內機率式地震危害度報告(PSHA SSHAC-3)中的隱沒帶分析成果用於機率式海嘯危害度分析之方法流程，藉由國內機率式地震危害度報告與機率式海嘯危害度分析(Probabilistic Tsunami Hazard Analysis, PTHA)之連結，可有效利用現有地震調查分析成果，節省進行地震型PTHA所需之人力和物力資源。	原子能委員會核能管制處
核電廠結構/設備受潛在天然災害之安全影響及因應管制技術研究	(1)檢視SSHAC-3地震動特徵(Ground Motion Characterization, GMC)邏輯樹之17條代表性Ground-Motion Prediction Equation (GMPE)和單一測站標準差權重合理性。 (2)彙整從基岩輸入地震(Foundation Level Response Spectra, FIRS)到產生地表振動(Ground Motion Response Spectrum, GMRS)程序之技術文獻，提出技術要項。 (3)土壤結構互制分析(Soil Structure Interaction, SSI)之驗證(verification and validation, V&V)案例研析。 (4)檢視地震減災策略評估方法和技術內涵，以及兩座核電廠之實施案例分析，提供管制建議。 (5)完成加速耐震評估程序方法(Expedited Seismic Evaluation Process, ESEP)和技術內涵之檢視，以及兩座核電廠之實施案例分析。 (6)進行用過燃料池壁(Finite Element Method, FEM)模型之勁度評估，並比較理論解與其它近似解之結果來驗證合理性。	原子能委員會核能管制處
風險告知視察工具應用於運轉及除役作業管制之研究	(1)開發適用於核一廠除役過渡階段用過核子燃料定性風險之分析架構。 (2)依據SERT程序建立評估流程，完成隔離風險分析案例，發展風險優先係數評估(RPN)方法，並提出管制建議。 (3)提出爐心與用過燃料池之1階與2階風險矩陣分析比較流程，發展1階與2階風險矩陣分析方法，針對爐心與用過燃料池，進行其風險顯著性之比較。 (4)精進風險顯著性評估工具(PRISE)之功能修正，包括程式運跑時功率運轉Phase 2評估不正常中斷，以及元件失效機率變更不正常中斷等現象修正。 (5)針對火災隔間延燒與擴散情節，完成模式分析與評估流程。 (6)完成核一廠除役期間過渡階段視察風險評估工具(第1.1版)、核二廠風險顯著性評估工具(第4.5版)及核三廠風險顯著性評估工具(第5.1版)，以及各核能電廠所對應之工具操作手冊。 (7)針對 IMC 0609 報告及附錄，更新運轉中電廠PRISE工具。	原子能委員會核能管制處

核電廠運轉及除役期間事故分析及緩和策略研究	(1)研析美國核能電廠部分土地釋出供非限制性使用之申請案例，就管制方式、法規、專業技術、關鍵議題以及Yankee Rowe、Zion、La Crosse等案例，釐清管制要項並提出建議。 (2)精進除役期間核子燃料全部移出核子反應器狀態下低密度人口區變更之劑量評估報告審查導則草案。 (3)更新核一廠除役過渡階段前期MELCOR模式之爐心控制體積格點，進行再循環迴路斷管之暫態分析，並針對緩和策略進行評估，分析結果提供管制單位參考。 (4)更新核二廠MELCOR模式由1.8.5版進版至2.1版，並針對模式之穩態計算進行調整，確定穩態條件與電廠狀態一致，運跑電廠全黑事件並與其他程式比對以驗證正確性，建立之模式可作為未來核二廠MELCOR輸入檔更新至開蓋模式之先期基礎。	原子能委員會核能管制處
除役期間核電廠重要設備維護管理安全管制技術研究	(1)研析美國核管會(Nuclear Regulatory Commission, NRC)、經濟合作暨發展組織核能署(Organisation for Economic Co-operation and Development/Nuclear Energy Agency, OECD/NEA)、美國能源部科技資訊辦公室(Office of Scientific and Technical Information, OSTI)及國際原子能總署(International Atomic Energy Agency, IAEA)有關緊急柴油發電機相關運轉維護資料，綜整國際管制方式與維護建議。 (2)依據美國核管會NUREG-1801，評估我國核能電廠在除役期間過渡階段前期環境下，反應器壓力槽、爐內組件可能產生的劣化包含金屬材料腐蝕類型之均勻腐蝕、間隙腐蝕、加凡尼腐蝕、微生物、孔蝕、及螺件預力喪失。並提出相關的管理方案，包含水化學、爐內組件、螺栓完整性、一次性檢測、系統巡視等領域，並提出相關管制技術建議。 (3)研析美國核管會NUREG/CR-7111報告，針對用過燃料池結構，如混凝土壁、內襯板等組件，提出管制建議。 (4)依據IAEA 技術報告TE-1725 “Spent Fuel Storage Operation — Lessons Learned” 對用過燃料池的維護，針對用過燃料池內襯板、吊運控制系統維護更新及池內組件(如中子吸收板、格架及吊運樑的保護塗層)，提出管制建議。	原子能委員會核能管制處
核電廠除役視察管制實務研究	(1)研析各國核設施拆除經驗，彙整各國除役拆除管制經驗，供管制機關審查業主拆除作業計畫之參考。 (2)進行「核設施拆除作業污染擴散管制研究」，提出建置除役作業環境通風系統與局部排氣系統之建議安全考量事項，可作為審查相關管制議題之參考。 (3)研析「日本核設施除役拆除實施標準研究(AESJ-SC-A003:2014)」，探討日本所採行的核電廠除役相關規範及審查標準，並提出相關管制要項。 (4)開發除役知識管理系統資訊安全風險評鑑(含弱點掃描及伺服器SSL憑證安裝)，並開發系統供管制機關使用，增進除役知識傳承與管制效能。	原子能委員會核能管制處

核電廠運轉及除役期間管制非破壞檢測之評估與研究	(1)完成「核能電廠除役期間高輻射及滯留水環境主動件失效機制及遠端目視檢測程序管制要項之探討」報告，提供非破壞管制相關議題之參考。 (2)協助管制機關執行核二廠2號機EOC-26大修視察相關管制及檢測工作，並將支援大修視察期間之視察發現與心得經驗，彙整成報告供管制單位參考。	原子能委員會核能管制處
核電廠運轉及除役階段材料維護與防治策略研析	(1)進行靜置水環境及高溶氧靜置水環境碳鋼腐蝕實驗，持續透過實驗並以試片計算腐蝕速率，利用光學顯微鏡觀察試片為均勻腐蝕，觀察局部腐蝕現象(例如:間隙腐蝕、孔蝕等)。 (3)透過靜置水環境A106碳鋼腐蝕水氣介面實驗，觀察試片腐蝕行為，發現水氣介面區域腐蝕相較其他區域嚴重。 (4)探討塑性變形SS304L於模擬壓水式反應器水環路之環境效應劣化速率與溶氧量關係，彙整實驗數據提供管制機關參考。	原子能委員會核能管制處
主要績效指標KPI達成情形		
原規劃	計畫主要績效指標如下： A. 論文：9篇 B. 合作團隊(計畫)養成：4團隊 C. 培育人才：3人 D1. 研究報告：19篇 H. 技術報告及檢驗方法：5篇 Y. 資訊平台與資料庫：建置除役階段安全管制知識平台	達成情形 A. 論文：12篇 B. 合作團隊(計畫)養成：4團隊 C. 培育人才：14人 D1. 研究報告：35篇 H. 技術報告及檢驗方法：5篇 Y. 資訊平台與資料庫：完成建置除役階段安全管制知識平台及相關硬體基礎設施，將資料匯入知識管理系統、建置知識索引連結及知識分類庫。
補充說明	經檢視本季規劃目標實際達成情形，均符合原訂規劃，無落後情形。 實際達成與原預期目標之差異說明： 本季研究成果均符合原訂計畫目標。	
本年度效益、影響、重大突破		

1. 基於去(108)年熱水流評估成果及電廠運轉條件，並結合經由蒐集研析國際文獻所得到之微生物腐蝕機制與重要參數，提出適用於用過核子燃料暫存於反應器壓力槽期間的水質管制重點。
2. 建立核二廠冷爐停機期之火山PRA模型，針對火山灰事件進行條件爐心受損機率評估，評估喪失最終熱沉、核島區重要廠房(如反應器廠房)結構失效等可能事件之風險評估，提供核能電廠火山安全管制參考建議。
3. 建立國內機率式地震危害度報告(PSHA SSHAC-3)中的隱沒帶分析成果用於機率式海嘯危害度分析之方法流程，提供海嘯危害度後續分析工具。
4. 建立核一廠用過核子燃料風險模式，及除役過渡階段用過核子燃料定性風險分析架構，並針對爐心與用過燃料池於除役過渡階段前期，分析1階與2階風險矩陣以比較其相對風險顯著性。
5. 開發系統隔離風險告知視察工具，建立系統評估再分類與過渡(SERT)程序評估流程，完成隔離風險分析案例，執行風險優先係數評估(RPN)方法，評估邊界隔離作業對於系統安全功能之顯著性影響，並針對定期測試或維護與保養作業進行週期或頻率之適切性檢視，提出管制建議。
6. 完成核三廠火災風險顯著性確立程序(SDP)視察工具(PRISE)軟體之更新精進，針對火災隔間延燒與擴散情節，建立防火分區資料、執行定性防火分區篩濾、定量評估、模式分析，更新於核三廠火災SDP視察工具之評估流程。
7. 支援核電廠執行緊急計畫演習或核安演習時協助管制單位進行事故評估工作，利用程式針對核二廠核安演習之劇本時序進行模擬分析，針對事故演變、救援策略對事故處理之適切性與演習相關之熱水流分析進行評估並提供給管制單位，以利管制單位掌握電廠狀況與處置措施討論。
8. 完成核一廠除役期間反應器廠房與汽機廠房除役作業火災危害因子檢討，赴核一廠進行實地訪查；並依據電廠規劃的除役拆除、拆解順序，評估各建築物所規劃儲存臨時拆除低階核廢料之空間區域，檢討其相關危害因子，彙整上述成果完成「除役期間因廠區設備停用、部分運轉或配置變更之消防危害因子」研究報告。
9. 研議IMC-2515第15節與附錄G內容，並檢討其適用性。完成IMC-2515第15節與附錄G彙整。說明用過核子燃料仍在反應器的視察要項建議、與IMC-2561的視察要求的差異，以及檢討對國內核子反應器除役法規的適用性。
10. 研析核電廠碳鋼管路靜滯水腐蝕研究，探討除役過渡期間靜滯水對於管路腐蝕影響，研究發現定期水流流動可能對管路腐蝕產生抑制效果，另外，管路未充滿水者，由於有氣液介面，管路於介面處，可能加速腐蝕速率，提供管制建議。
11. 搜集國際除役資料來源並整理分類，研析美國核管會的知識管理案例並且完成除役期間拆除知識管理系統建置，研究成果可助於我國除役期間拆除管制知識之管理。
12. 對於核設施拆除作業時污染擴散情況進行相關研究，提出建置除役作業環境通風系統與局部排氣系統之安全考量建議，並模擬金屬切割產生氣膠微粒於通風流場內的擴散行為。

遭遇困難與因應對策

本季研究工作符合原訂計畫目標，無遭遇困難。

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109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. 110年度預算數：如立法院已通過110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。
5. 執行率：係指決算數佔預算數之比例。

單位：千元；%

	109年度					110年度 預算數	111年度 申請數	112年度 申請數
	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	38236	35668	0	35668	93.28%	35859	33395	63053
(1)人事費	0	0	0	0	%	0	0	0
(2)材料費	5353	4994	0	4994	93.29%	5020	2554	5732
(3)其他經常支出	32883	30674	0	30674	93.28%	30839	30841	57321
二、資本門小計	9669	9510	0	9510	98.36%	6650	11897	12279
(1)土地建築	0	0	0	0	%	0	0	0
(2)儀器設備	9669	9510	0	9510	98.36%	5985	9383	6139
(3)其他資本支出	0	0	0	0	%	665	2514	6140
總計	47905	45178	0	45178	94.31%	42509	45292	75332

		109年度 決算數（執行率）	110年度 預算數	111年度 申請數	112年度 申請數
綱要計畫總計	總計	45178 (94.31%)	42509	45292	75332
核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究(1/4)	小計	45178 (94.31%)	42509	45292	75332
	經常支出	35668 (93.28%)	35859	33395	63053
	資本支出	9510 (98.36%)	6650	11897	12279

二 經費支用說明

本計畫研究項目係配合核安及除役管制技術需求擬訂，以職權交辦方式交核研所執行相關研究項目，109年度為計畫第一年，經檢視計畫經費實際支用情形符合原訂規劃目標。

三 經費實際支用與原規劃差異說明

經費實際支用與原訂規劃大致符合。

參、主要產出與關鍵效益（E003）

1. 績效指標之「原訂目標值」應與原綱要計畫書一致，惟因109年度績效指標項目修正，部分績效項目整併或分列，機關得依績效項目之調整配合修正原訂指標項目與原訂目標值，惟整體而言，不得調降原訂目標值。
2. 得因計畫實際執行增列指標項目以呈現計畫成果。
3. 如該績效指標類別之各項績效指標項目之目標值、達成值均為0，請刪除該績效指標類別，以利閱讀。
4. 如績效指標有填列實際達成情形，均須附佐證資料，佐證資料另以附表上傳。

屬性	績效指標類別	績效指標項目		109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 (科技基礎研究)	A. 論文	期刊論文	國內(篇)	9	0	效益說明可包含發表在國際上重要學術研討會或期刊(如：SCI、SSCI、EI、AHCI、TSSCI等)之論文篇數、被引用情形及影響係數、論文獲獎等情形。	無。
			國外(篇)		7		
		研討會論文	國內(篇)		4		
			國外(篇)		1		
		專書論文	國內(篇)		0		
			國外(篇)		0		

屬性	績效指標類別	績效指標項目	109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		
	B. 合作團隊(計畫)養成	機構內跨領域合作團隊(計畫)數	4	2	1. 與第三方學術機構合作培育TRACE分析技術團隊及地震分析技術團隊可配合管制機關技術及審查相關議題之需求，協助國內核電廠運轉及除役管制所需專業安全分析。 2. 核研所所內跨領域培育之MELCOR嚴重事故分析團隊，可因應國內管制議題進行各項參數評估，以確認電廠改善措施成效符合管制目標，並提出後續之改善建議。 3. 核研所所內跨領域培育之環境效應促進材料研究團隊團隊可協助國內管制議題進行評估、亦可針對國內核電廠所欠缺專門技術進行研發，以建立自主技術。	無。
		跨機構合作團隊(計畫)數		2		
		跨國合作團隊(計畫)數		0		
		簽訂合作協議數	0	0		
		形成研究中心數	0	0		
		形成實驗室數	0	0		
	C. 培育及延攬人才	博士培育/訓人數	11	3	可培養出未來國內需要的核能電廠系統安全分析領域所需高階研發人力，有助於提升核能安全。	無。
		碩士培育/訓人數		11		
		學士培育/訓人數		0		
		學程或課程培訓人數	0	0		
		延攬科研人才數	0	0		
		國際學生/學者交換人數	0	0		
		培育/訓後取得證照人數	0	0		
	D1. 研究報告	研究報告篇數	24	35	計畫執行時對於各個技術議題、預定目標之心得總結、創新發現、應用發想與管制要點等研究成果之歸納記載，可提供核安管制在學術/技術/應用等各方面之參考與經驗傳承。	無。
	F. 形成課程/教材/手冊/軟體	形成課程件數	0	1	藉由技術經驗傳承，開設技術訓練課程，建構研發之基礎，提高從事核能安全及除役管制人員技術能力。	無。
		製作教材件數	0	0		
		製作手冊件數	4	4		
		自由軟體授權釋出教材件數	3	3		

屬性	績效指標類別	績效指標項目	109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		
技術創新 (科技技術創新)	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	5	5	藉由技術經驗傳承、技術應用要點與限制等紀錄，提升技術經驗及管制品質。	無。
		新檢驗方法數	0	0		

109年度計畫績效指標實際達成與原訂目標差異說明：

計畫績效指標實際達成與原訂目標大致符合。

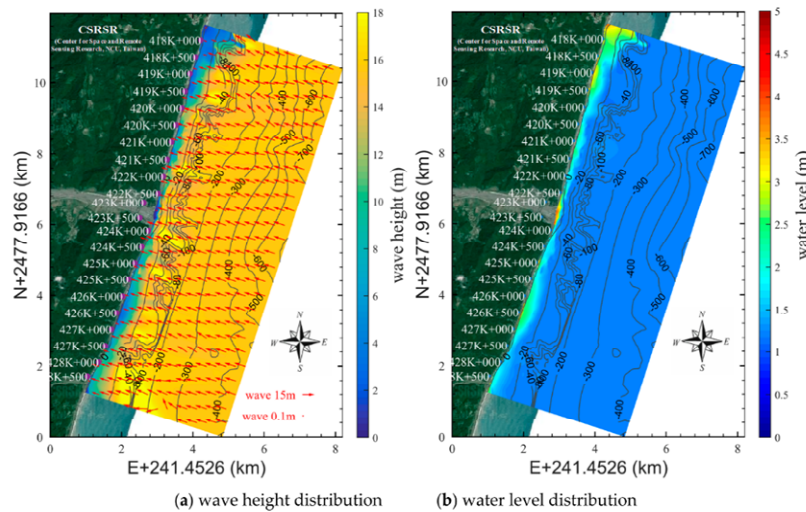
第二部分

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

一、學術成就(科技基礎研究)

1. 研究論文「The Characteristics of Coastal Highway Wave Attack and Nearshore Morphology: Provincial Highway No. 9, Taiwan」，刊登於國際期刊「Water」，藉由近岸地區的波高分布和水位分布顯示，在設計條件下，離岸至近岸區間的波高略有下降，然而在近岸區間的波高仍可達約 10-15 m，故低海拔部分地區容易出現越波。



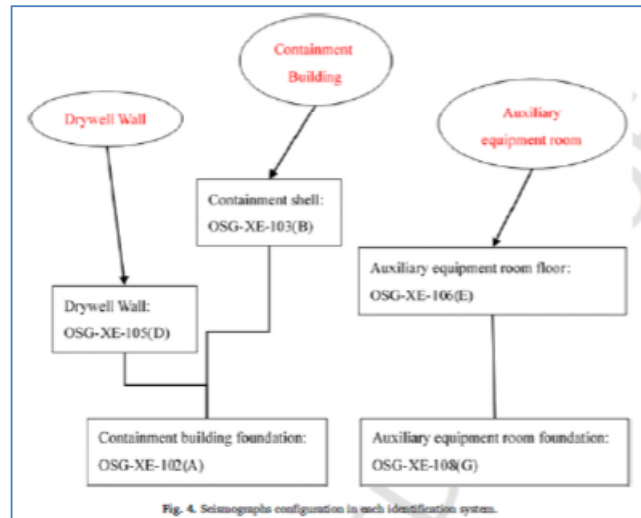
(a) wave height distribution

(b) water level distribution

數值模擬分析(a)

波高分布和(b)水位分布之成果

2. 研究論文「Development of the structural health record of containment building in nuclear power plant」，刊登於國際期刊「Nuclear Engineering and Technology」，說明核電廠圍阻體廠房和周邊相關廠房結構健康診斷的程序。



3. 研究論文「A comparative study on the tribological behavior of various thermally sprayed Inconel 625 coatings in a saline solution and deionized water」，發表於國際期刊 Surface & Coatings Technology, Vol. 385, March 2020,125442」，探討 SS304L 之不同塗層於鹽霧環境之耐磨耗性質，結果可供日後耐蝕塗層材料參考。耐磨耗性質以 Inconel 625 coating 最佳。
4. 研究論文「Effects of Cold-Work Degrees on Stress Corrosion Cracking Behavior of Alloy 600 in Simulated BWR Water Environments」，發表於國際期刊 Corrosion, 76(10) 930-940, 2020 」探討鎳基合金經不同冷作加工後之劣化行為，結果顯示冷作加工會促使裂縫生長速率加速，但降低溶氧量可抑制裂縫生長。

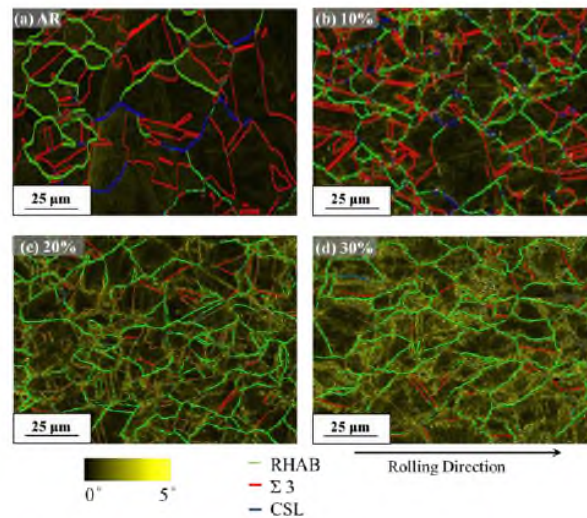


Fig. 6 Color-coded KAM distribution mappings of (a) AR, (b) 10%, (c) 20% and (d) 30% CW specimens. The green, red and blue represent RHAB, $\Sigma 3$ and CSL, respectively.

5. 研究論文「Influence of Chloride Concentration on Stress Corrosion Cracking and Crevice Corrosion of Austenitic Stainless Steel in Saline Environments」，發表於國際期刊「Materials 2020, 13, 5640」，探討 SS304L 於 45 度 C 不同濕度之間隙腐蝕行為，鹽濃度高低及濕度是否造成鹽的潮解，共伴效應是發生鹽霧應力腐蝕的關鍵。

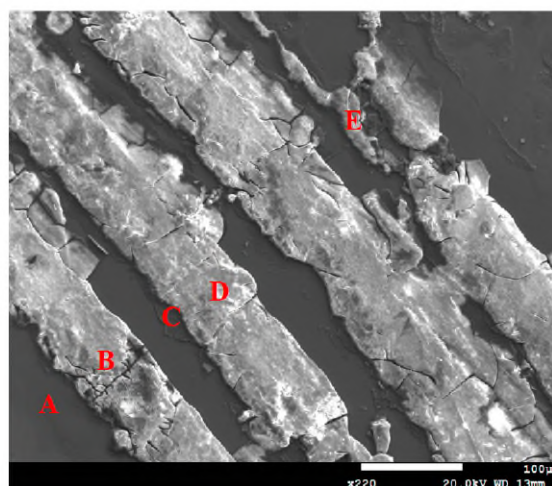


Figure 11. Energy-dispersive spectrometry (EDS) analysis of corrosion bands on the specimen with 1 g/m² chloride deposit after testing at 70% relative humidity for 10,000 h (EDS analysis results of Points A–E are listed in Table 3).

6. 研究論文「Effects of dendrite axis and fusion boundary on stress corrosion cracking of ER 308 L/SS 304L welds in a high-temperature water environment」，發表於國際期刊「International Journal of Pressure Vessels and Piping 179 (2020) 103940」，發現 ER308L/SS304L 鐸道枝晶方向與受力方向會影響 SCC 裂縫生長速率，即裂縫生長方向與枝晶方向平行者裂縫生長速率遠大於夾個角度者，此研究可解釋文獻鐸道處裂縫生長速率之差異經常達到 1 到 3 個數量級的原因。

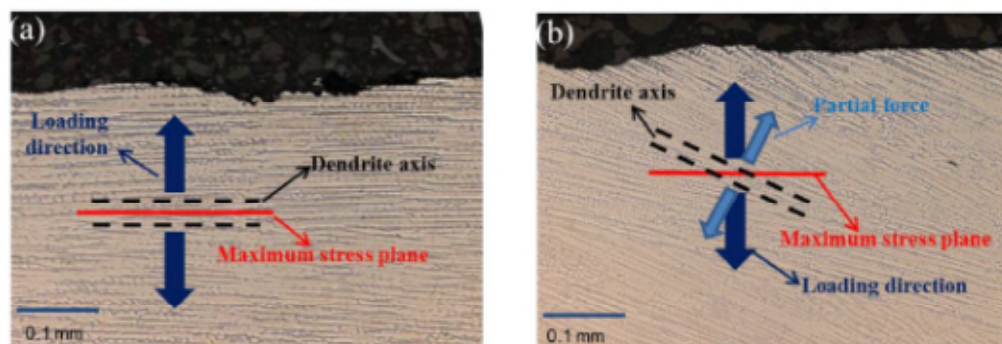


Fig. 5. Cross-sectional OM images of the fracture surface at locations (a) α and (b) β on line A in Fig. 3(a).

7. 研究論文「Influence of Microstructural Changes' effects on the Linear and Nonlinear Ultrasonic Parameters of Cast Stainless Steels」，發表於國際期刊「Applied Science, 2020, 10, 3476」，探討以非線性超音波量測不同時效與不同加工程度之鑄造不銹鋼之可行性，非線性超音波質與材料內部的差排分佈有明顯關聯，當冷加工時，非線性值會提升，但當時效超過 10000 小時以上，非線性值會下降。因此藉由非線性值可據以評估材料內部的差排情況。

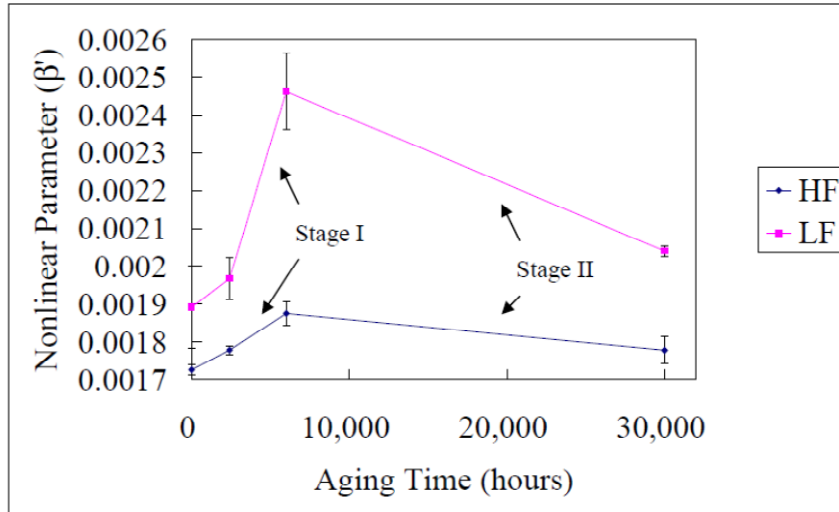
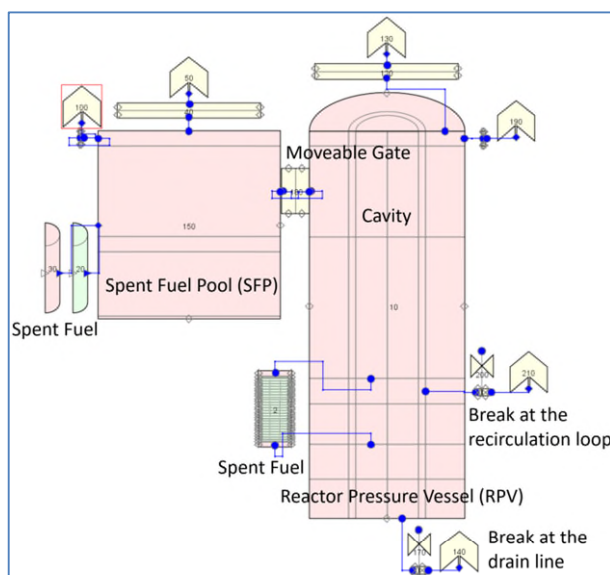


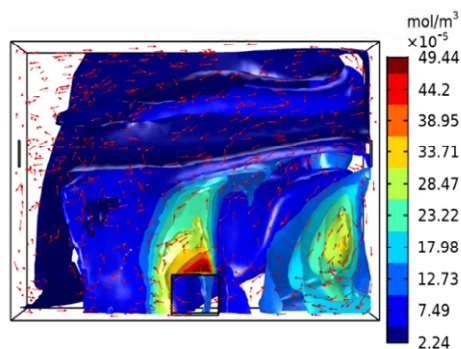
Figure 15. Variations of nonlinear parameters for HF and LF with aging time.

8. 研究論文「利用 TRACE 程式分析金山電廠於除役過渡階段喪失冷卻水案例」，本研究根據核一廠除役過渡階段的熱水流分析模型進行靈敏度分析，探討爐水淨化系統(RWCU)取水處發生破口、用過核子燃料池連通組態及衰變熱，對於系統水位、燃料護套溫度及事故時序等重要訊息的影響，分析結果顯示停機時間越久，燃料護套達熔損溫度的時間越長，且連通上方爐穴與用過核子燃料池亦可延長冷卻水流失事故的救援時間。

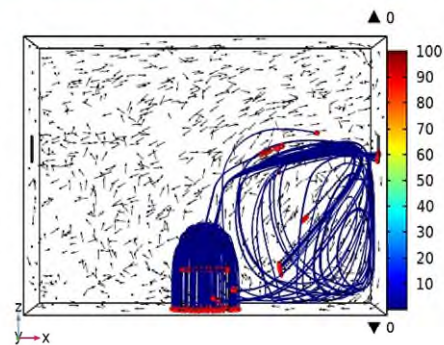


9. 研究論文「Simulation of Diffusion and Movement of Aerosol Particles from Metal Cutting Operations in a Ventilated Enclosure」，本論文主要是為了解核設施除役進行金屬切割作業時，產生的氣溶膠(Aerosol)懸浮微粒的分布狀況，故使用有限元素分析(FEA)軟體，模擬氣膠懸浮微粒於通風流場內的濃度分布和運動軌跡。

Time=550 s Concentration (mol/m³) Velocity field

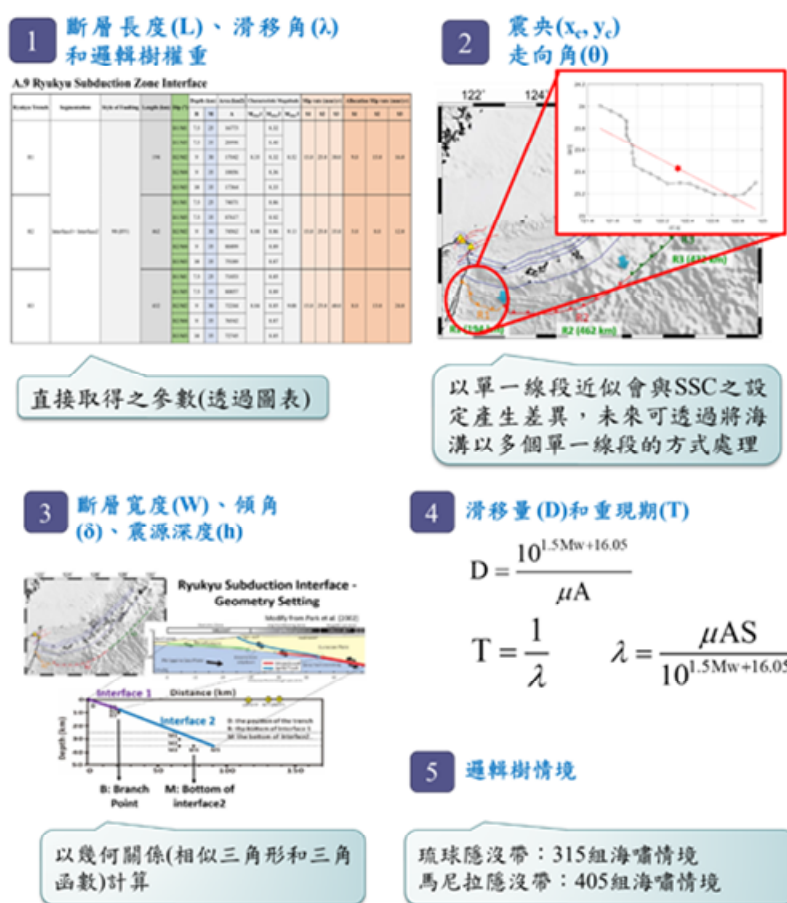


Time=550 s Particle trajectories Arrow Volume: Velocity field



二、技術創新(科技技術創新)

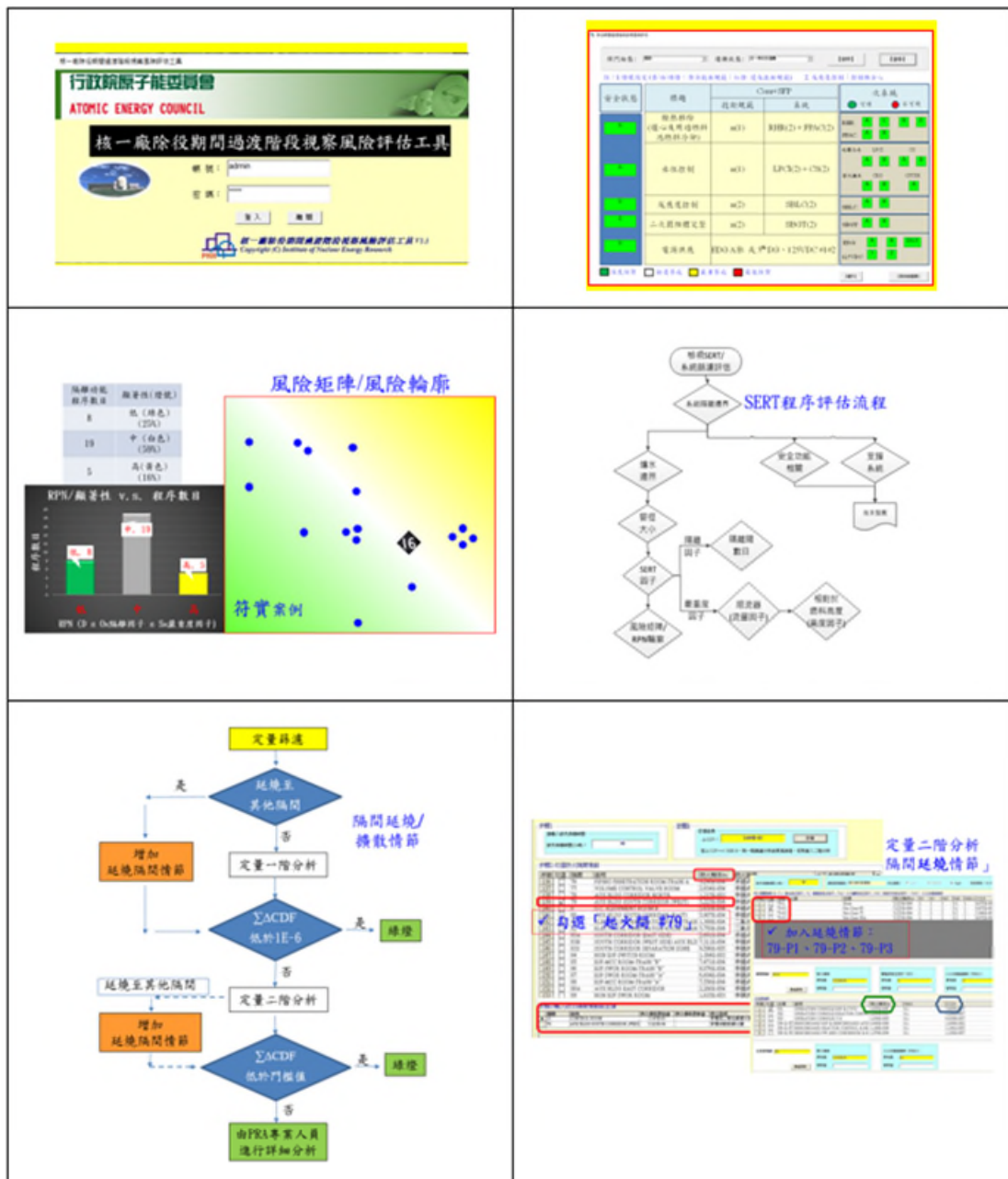
1. 建立國內機率式地震危害度報告(PSHA SSHAC-3)中的隱沒帶分析成果用於機率式海嘯危害度分析(PTHA)之方法流程，提出 PTHA 所需之 8 個地震參數和 2 個機率模型參數的計算方式，以利未來國內建置地震型 PTHA 之參考。



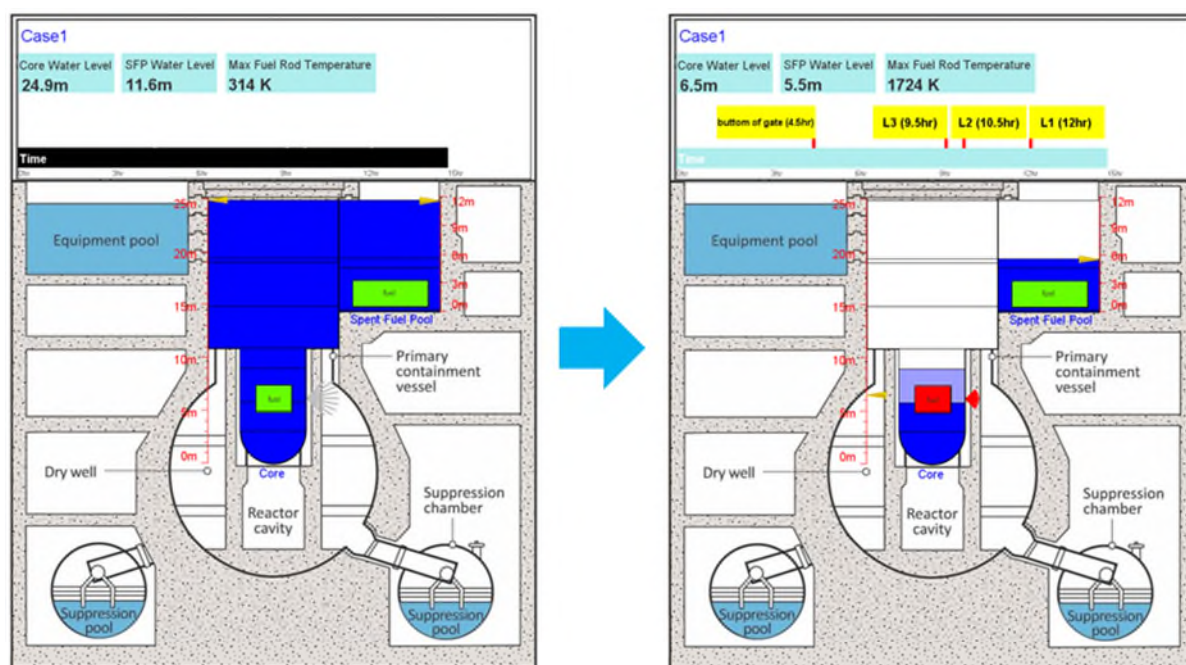
機率式地震危害度報告(PSHA SSHAC-3)中的隱沒帶分析成果用於機率式海嘯危害度分析(PTHA)之方法流程圖

2. 針對核能電廠除役過渡階段前期，發展風險模式及分析架構，完成系統評估再分類與過渡(SERT)程序評估流程、隔離風險分析案例、執行風險優先係數評估(RPN)方法、提出風險輪廓與分析成果，探討邊界隔離作業對於系統安全功能之顯著性影響。

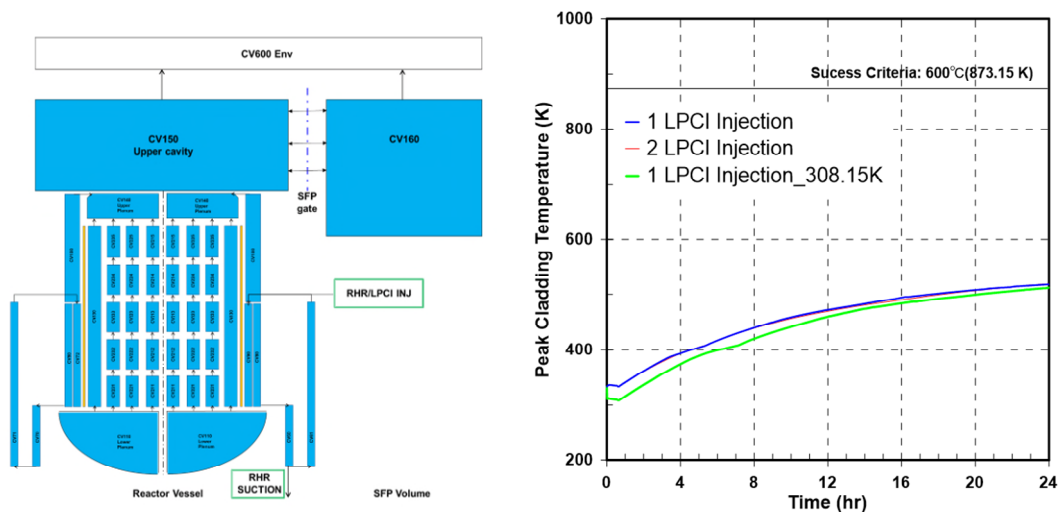
3. 針對核能電廠運轉階段，為確保安全餘裕運轉之目的，以美國核管會最新之 IMC 0609 報告為基礎，以核三廠為目標，建立專屬之火災風險顯著性確立程序(SDP)視察工具，包括評估流程、防火分區資料、定性防火分區篩濾、火災隔間延燒與擴散情節、及定量評估。可有助利於視察人員於視察發現之第一時間得可初步概略了解風險顯著性與影響。



4. 於去(108)年完成之核一廠除役過渡階段之熱水流分析模型，針對發生破口之冷卻水流失事故，建立暫態參數與時序進程的動態展示模組，可做為事故評估、人員訓練、緊急應變與演習等參考。



5. 整合生物腐蝕及電化學實驗與分析相關技術，透過國際文獻研析成果與電廠運轉條件，彙整得到用過核子燃料暫存於反應器壓力槽期間的水質管制重點與建議，避免形成靜滯水，降低局部腐蝕發生的風險，以利於除役過渡階段的安全與維護管理。
6. 研析核一廠在開蓋情況下，僅有一串 LPCI 安全注水設備可用，在停機 7 天與 942 天的衰變熱下，以 NUREG-1738 報告之燃料尖峰護套溫度低於 600°C 為成功準則，探討緩和策略適切性並提供管制建議。



7. 依 NUREG-1801 及機械工具書導則，評估在除役期間過渡階段前期環境下，反應器壓力槽、爐內組件可能產生的劣化，這些可能的劣化包含屬材料腐蝕類型之均勻腐蝕、間隙腐蝕、加凡尼腐蝕、微生物、孔蝕、及螺栓預力喪失，並提出相關的管理方案如下：

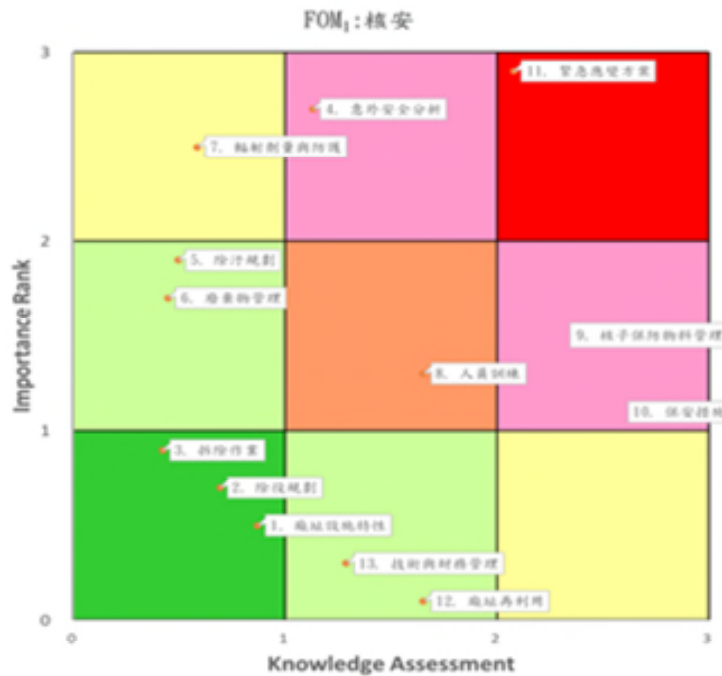
- (1) 在除役期間過渡階段由於溫度較運轉期間低，因此空氣中之水氣可能凝結於表面因此考慮材料腐蝕效應，並依 NUREG-1801 建議增加系統巡視管理方案進行管理。
- (2) 燃料加添氣鼓(Refueling Bellows)原設計僅在大修使用，但於除役期間過渡階段將乘載冷卻水近十年，對於氣鼓之維護管理應參考 Hope Creek, Oyster Creek 廠之運轉經驗，及評估現場檢查之可行性。業主應建立必要的檢測程序及因應劣化導致爐水洩漏後，後續之洩漏、汙染減緩與維修程序。
- (3) 在除役過渡期間，爐水之水化學管理限值較運轉中來的寬鬆，材料腐蝕老化效應可能較以往顯著，在爐內組件檢測規劃上應將此因素列入考慮。
- (4) 雖然相較於運轉期間爐內組件已不需考慮龜裂、脆化、流沖振動 (Flow Induced Vibration, FIV) 等老化效應，故可免去 UT 及

EVT-1 檢測，但其他爐內組件維護管理要求(檢測位置、頻次)如何進行有效管制，仍需參考 BWRVIP 報告及國內外檢測經驗評估。

(5) RHR 於除役期間過渡階段前期若保持一串 RHR 熱交換器、泵持續運轉，則此操作期間較運轉期間來的長，應追蹤設備運轉狀況及維持相關 AMP 的執行。

(6) 因操作一串 RHR 系統而需一併啟用之海水增壓泵、廠用海水泵等相關管路設備，應注意海水流量減量之後，管路內部海中生物增生，以及可能造成之主動件(如泵、電動閥等)及被動件(直、肘管等)的損壞。

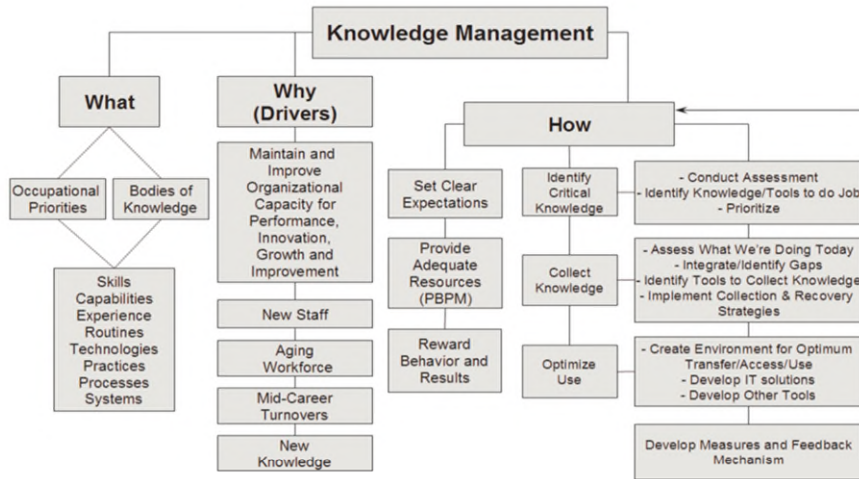
8. 引用現象識別和排名表(Phenomena Identification and Ranking Tables, PIRT) 將除役所涉及的繁雜研究，並對應除役計畫實際需要，將除役知識彙整合併為 13 項研究主題，再對蒐集之除役研究報告或相關期刊資料(本階段以核研所除役相關研究報告為主)，進行各項主題的知識度與重要度量化評級，此可更明確的制定未來的研究方向與架構，確定哪些主題是最優先的研究級別。



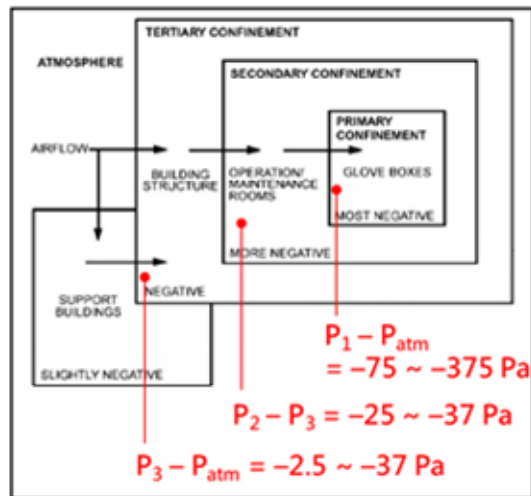
代表各研究主題重要與知識層級之 PIRT 矩陣圖

- 蒐集並研析美國核管會的知識管理活動案例，該案例說明知識管理關鍵成就(Key accomplishments)可藉由系統性整理國際除役資料來源及分類、識別並分類重要技術文件、建立參考指南(desk reference guide) 、識別專家、發展相關培訓課程等步驟進行，提供未來進行相關管制知識管理之參考。

NRC KM Program



10. 進行核設施拆除作業污染擴散管制研究，提出建置除役作業環境通風系統之安全考量事項，如獨立雙重系統及備援設計等。核設施除役的作業區域通風系統可參考美國冷凍空調學會（ASHRAE HandBook）建議值，以建立正確壓力梯度，避免作業中的污染產生非預期的擴散，影響人員及環境安全。



核設施作業區域壓力梯度建議值(參考 ASHRAE HandBook)

三、經濟效益(經濟產業促進)

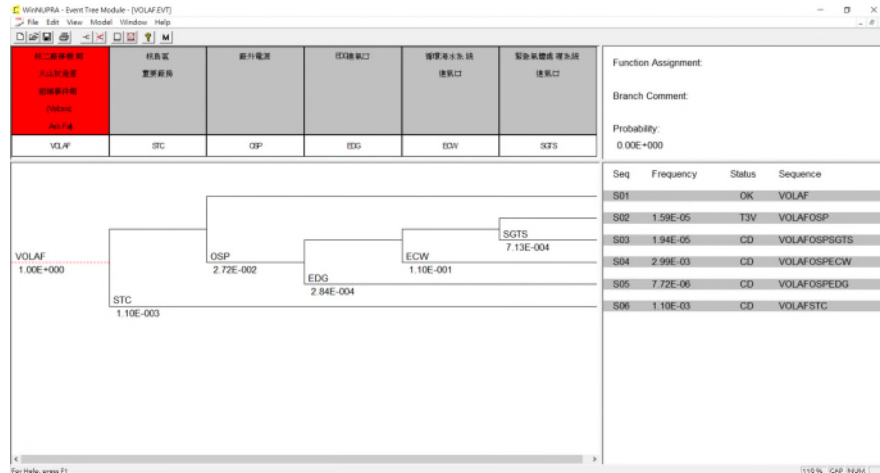
計畫擬定目標係為妥善處理核安及除役管制時可能面臨之技術議題，研究成果主要提供管制機關執行決策時之技術參考，與科研成果商業應用較無明顯關聯性。

四、社會影響(社會福祉提升、環境保護安全)

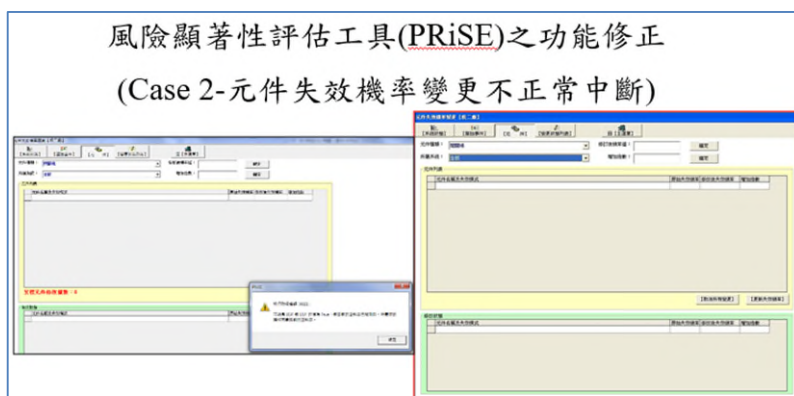
1. 透過研析核能電廠後福島管制審查技術，提升核能電廠因應天然事件（如火山、海嘯）的緩和 ability，提升民眾對於核安管制之信心，研究成果如下。

(1) 蒐集日本、美國火山危害/火山風險分析相關資料，以了解國際上研析火山危害度分析之最新發展，共蒐集 15 篇相關文獻，其中 8 篇為有關日本火山危害評估、7 篇為美國哥倫比亞電廠、Yucca Mountain 處置場等之火山危害評估相關資料。

(2) 建立核二廠冷爐停機期之火山 PRA 模式，並量化條件爐心熔損機率。



- 2.彙整國外核電廠相關單位的「水災再評估」和「機率式海嘯危害度分析」方法，滿足國內審查管制之需求，提升民眾對核電廠安全性之瞭解及信任。
- 3.持續參與「核一廠用過燃料池完整性評估」和「核二廠用過燃料池完整性評估」總結報告審查工作，確認核電廠用過燃料池之耐震完整性，降低社會對核能電廠耐震疑慮。
- 4.持續針對運轉中之核二、三廠風險顯著性確立程序評估工具(PRISE)，進行維護及更新，包括：火災 SDP 視察工具軟體更新與精進（調整二階量化步驟，加入火災延燒至其他隔間之情節）、納入 IMC 0609 手冊之更新流程；此外，並進行 PRISE 功能修正：(i) 功率運轉 Phase 2 評估不正常中斷；(ii) 元件失效機率變更不正常中斷。研究成果有助於提升核安管制即時性，提升民眾對核安管制認同。



5. 基於去(108)年完成之核一廠除役過渡階段前期之 MELCOR 模型，將爐心節點精緻化，針對再循環迴路發生破口之冷卻水流失事故，進行暫態分析並評估在除役過渡階段前期下可用之安全注水設備進行緩和策略評估，可供管制單位做為事故暫態、人員演訓、緊急應變等之參考。
6. 延續 108 年可行性研究成果，研析除役期間核子燃料全部移出核子反應器狀態下低密度人口區變更的管制重點，釐清相關議題，並提出管制建議。
7. 彙整研析撒水頭之國內內政部法規(參考 CNS 11254-密閉型自動撒水頭及 CNS 11255-密閉型自動撒水頭檢驗法)及美國 UL 法規(UL199 Standard for Automatic Sprinklers for Fire-Protection Service-消防用自動撒水頭)的測試規定。並依據材質要求、測試類

型與規格，完成進行 13 類檢驗要求的比對，可作為未來審查相關議題之技術參考。

8. 探討核一廠除役期間反應器廠房與汽機廠房，因廠區設備停用、部分運轉或配置變更之消防危害因子；本階段已完成探討核一廠除役期間反應器廠房與汽機廠房除役作業火災危害因子檢討。另藉由赴核一廠進行實地訪查，並依據電廠規劃的除役拆除、拆解順序，評估各建築物所規劃儲存臨時拆除低階核廢料之空間區域，檢討其相關危害因子；而兩個廠房主要系統外，相關零組件之拆除也是在火災防護的重點，建議採用逐層拆解與拆除之方式進行，再依各樓層空間區域，以防火區劃增減設置之執行拆除作業，可有效降低火災風險因子導致火災發生的機率。
9. 研析美國核管會 NRC、經濟合作暨發展組織核能署(Organisation for Economic Co-operation and Development/Nuclear Energy Agency, OECD/NEA)、美國能源部科技資訊辦公室(Office of Scientific and Technical Information, OSTI)及國際原子能總署 IAEA 文獻及資料，彙整有關緊急柴油發電機相關運轉維護資料。由於國內核一廠緊急柴油發電機(系統代碼 111a)與五號柴油發電機(系統代碼 111b)，在核一廠除役過渡階段前期維護管理方案中，屬於 5A-需維持運轉系統-安全相關之系統設備，其功能為提供廠內緊急用電，需維持可用待機中，亦即該設備的安全功能與狀態，在停機過渡階段前期與機組運轉時需相同；故建議上述設備維護管理方案及週期不宜進行變更，相關管制措施應與運轉時相同，未來若狀況變更再以專案方式評估其可行性。

10. 參考國際原子能總署(IAEA)安全報告系列(Safety Reports Series) NO.77 建議之分級方法(Graded Approach)，其著重於放射性暴露危害對工作人員、公眾和環境的事故後果，以幫助所有類型核設施除役的持照者和法規監管單位，能專注於除役期間可能遭遇的風險，於事前予以因應及防範，並將注意力放在更重要的除役問題上；而美國核管會將除役風險事故分為 5 類，分別是與燃料相關的事故、與放射性物質有關的事故(與非燃料相關的事故)、外部事件引發的事故、廠外運輸相關事故、以及非放射性化學或工業事故；在本計畫中，於除役期間過渡階段前期考慮之危害源包括放射性危害、化學性危害、及工業危害，故在「除役期間於重要設備機械完整性定性評估方法管制研究」報告中，完成除役過渡階段前期留用的重要設備完整性的定性評估結果列表。



分級方法的風險評估步驟

嚴重度等級	可能性等級			
	極可能或經常(P1)	有可能或偶而(P2)	很少發生(P3)	極不可能(P4)
嚴重(S1)	R1	R2	R2	R3
高度(S2)	R2	R2	R3	R3
中度(S3)	R2	R3	R3	R4
輕微(S4)	R3	R3	R4	R4

分級方法的風險矩陣

危害源	危害情境說明	風險評估				對重要設備完整性之風險等級	工程或行政管制措施	監管建議
		可能性	輻射或化學物外釋之嚴重性後果(RS)	設備完整性之嚴重性後果 (IS)	人身安全之嚴重性後果(PS)			
1.6 人為引發事件								
1.6.1 維護不周全或失誤	維護人員因安全文化心態的不適應，對留用的重要設備維護不周全而導致其不可用或故障。根據美國進行除役電廠的維護基準檢查發現，除役電廠可能發生留用的重要設備維護不周全的案例。	P3	RS4	IS3	PS4	R3	訂定留用重要設備的維護清單和維護基準程序書；並加強維護人員的安全文化和訓練。	法規監管機關進行年度維護基準檢查。
1.6.2 操作失誤或違反規定	值班人員因安全文化心態的不適應，對留用的重要設備可能有操作失誤而導致其不可用。	P2	RS4	IS2	PS3	R3	加強值班人員的安全文化和訓練。	

核一廠除役過渡階段前期留用的重要設備完整性的定性評估結果列表(部分)

11.研析各國除役與拆除管制經驗及法規，如：日本核設施除役拆除實施標準(AESJ-SC-A003:2014)；德國定義於原子能法第 7 條(§ 7 of the Atomic Energy Act)有關除役、安全封存及設施或其部分拆除導則；義大利除役管制審查架構；瑞士核電廠除役導則(Guideline ENSI-G17)等。研擬「核子反應器設施廠房拆除或其部分拆除作業計畫審查導則」建議草案，供國內管制機關未來制定除役管制規範之參考，以落實我國核電廠安全除役之目標，提升公眾與環境之輻射安全。

各國除役管制機關及相關規範彙整表

國家	機關	主題	說明
美國	NRC	Decommissioning of Nuclear Power Reactor	Regulatory Guide 1.184 (2013)
		Decommissioning Planning During Operations	Regulatory Guide 4.22 (2012)
		Standard Format and Content for Post-Shutdown Decommissioning Activities Report	Regulatory Guide 1.185 (2000)
德國	BMU	Guide to the decommissioning, the safe enclosure and the dismantling of facilities or parts thereof as defined in §7 of the Atomic Energy Act (GRS translation 2016)	
瑞士	ENSI	Decommissioning of Nuclear Installations Guideline for Swiss Nuclear Installations	ENSI-G17 (2014)
義大利	ISIN	Decommissioning authorization process and controls	completely independent from any other political and promotional body
日本	AESJ	核設施除役拆除實施標準	AESJ-SC-A003:2014
加拿大	CNSC	Decommissioning Planning for licensed activities	Regulatory Guide G-219 (2000)
英國	ONR	Decommissioning	NS-TAST-GD-026 Rev.5 (2019)
IAEA		Decommissioning of Facilities	General Safety Requirement GSR Part 6
		Decommissioning of Nuclear Power Plants, Research Reactor and other Nuclear Fuel Cycle Facilities	Specific Standard Guide SSG-47

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. 與學術單位建立良好之交流合作機制，所建立之 4 個專業技術團隊中有兩個為國內大學學術單位，將持續深化交流合作，在核能電廠爐心熱水流、地震及材料腐蝕方面進行技術深耕，本年度人才培育達 14 人(博士 3 人，碩士 11 人)，除可深化國內基礎科學之研究發展外，並可傳承經驗與智慧，對於核能領域人才斷層的銜接具有意義。
2. 「核電廠熱水流安全分析程式應用與驗證」子項計畫為台美國際合

作業之一環，CAMP 交流平台能促進各國對於核能電廠系統的安全分析程式之精進發展以及驗證應用技術，以強化程式模擬能力以及增進核能安全管制成效。透過本計畫之執行，取得國際最新版本之熱水流安全分析程式，並藉由國際交流達到強化我國核電廠安全分析技術之目的，有助於確保核電廠除役過渡階段之安全，並提升社會民眾對於核安管制工作之信任。

3. 支援核能電廠大修視察非破壞檢測等管制需求，本年度合計完成支援核二廠 1 號機 EOC-27、核三廠 2 號機 EOC-25 及核二廠 2 號機 EOC-26 等三次大修視察作業，專業支援人力合計達 147 人天，並將視察發現與心得經驗彙整成報告，有助於視察經驗傳承及人員技術提升。
4. 參考美國核管會除役視察程序書 (IMC-1248, APPENDIX F/G)，彙整除役視察員/專案經理/審查者所需必修及專業選修訓練課程，並依我國除役四階段(除役過渡、拆廠、廠址輻射偵測、廠址復原)進行分類，提出我國除役視察員訓練與資格認證課程建議，供除役視察人員資格取得之參考訓練課程，亦可做為除役視察員再訓練之推薦課程，可提升除役視察的專業能力，增進除役安全的管制專業。

貳、檢討與展望

1. 經檢視計畫執行進度均符合原訂目標，預期計畫完成後將可提升核安管制及除役作業所需技術能量。
2. 計畫以每季計畫查訪會議方式管考，檢視計畫執行成果是否符合原訂工作規劃、預算分配、人力配置，並持續滾動檢討研究成果及經費控制情形。倘若有執行進度落後情事，除要求計畫執行人員調整改進外，並增加計畫管考頻度，直至進度符合原訂計畫目標。

參、其他補充資料

一、 跨部會協調或與相關計畫之配合

本計畫之執行原則無涉跨部會協調，係經由職權交辦由本會核能研究所辦理，並透過學術合作或勞務委託，以達技術精進、官學合作、並建立第三方公正技術團隊。

二、 大型科學儀器使用效益說明

無編列經費購買、維運大型科學儀器。

三、 其他補充說明(分段上傳)

無。

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
Influence of Microstructural Changes' effects on the Linear and Nonlinear Ultrasonic Parameters of Cast Stainless Steels	林佑儒	2020	C	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
A comparative study on the tribological behavior of various thermally sprayed Inconel 625 coatings in a saline solution and deionized water	陳泰丞	2020	C	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
Effects of Cold-Work Degrees on Stress Corrosion Cracking Behavior of Alloy 600 in Simulated BWR Water Environments	呂文豐	2020	C	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
Influence of Chloride Concentration on Stress Corrosion Cracking and Crevice Corrosion of Austenitic Stainless Steel in Saline Environments	葉俊平	2020	D	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
Effects of dendrite axis and fusion boundary on stress corrosion cracking of ER 308 L/SS 304L welds in a high-temperature water environment	呂文豐	2020	C	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
電磁攪拌對不銹鋼鐸道腐蝕速率影響研究	蔡坤釗	2020	E	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
退火處理對時效鑄造不銹鋼於高溫水化學環境應力腐蝕性質之影響	陳泰丞	2020	E	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究

The Characteristics of Coastal Highway Wave Attack and Nearshore Morphology: Provincial Highway No. 9, Taiwan	Wei-Shiun Lu	2020	C	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
Development of the structural health record of containment building in nuclear power plant	朱世禹 (Shih-Yu Chu)	2020	D	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
利用 TRACE 程式分析金山電廠於除役過渡階段喪失冷卻水案例	江秉修	2020	E	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
Establishment of Chinshan SFP Model and Safety Analysis in Decommission Phase (NUREG-IA)	Jung-Hua Yang, Jong-Rong Wang, Shao-Wen Chen, Chunkuan Shih	2020	F	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
Simulation of Diffusion and Movement of Aerosol Particles from Metal Cutting Operations in a Ventilated Enclosure	陳家貫	2020	E	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究

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(計畫)性質	成立時間(西元年)	成果歸屬
TRACE 分析技術團隊	清大	B	A	2016	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究

地震安全分析研究團隊	成大	B	A	2018	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
環境效應促進材料研究團隊	ICGEAC 國際合作組織	C	A	2010	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
MELCOR 嚴重事故分析團隊	核工組 MELCOR 嚴重事故分析團隊	A	A	2020	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究

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
陳得誠	清華大學	A	B	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
鄭季芬	國立成功大學	B	B	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
李至謙	國立成功大學	B	B	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
黃昱喬	成功大學(地震)	A	B	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
鄭駿達	成功大學(地震)	B	C	核子反應器設施安全與除役前期

				作業管制實務研究
邱彥叡	成功大學(地震)	B	C	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
張展榕	成功大學(地震)	B	C	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
黃正豪	成功大學(地震)	B	C	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
江秉修	國立清華大學核子工程與科學研究所	B	B	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
沈柏如	國立清華大學核子工程與科學研究所	B	B	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
陳玄哲	國立清華大學核子工程與科學研究所	B	B	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
陳偉懋	國立清華大學核子工程與科學研究所	B	B	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
周森翔	國立清華大學核子工程與科學研究所	B	B	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
王文豫	國立清華大學核子工程與科學研究所	A	B	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究

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)	是否被採納	成果歸屬
美國核能管制委員會核能動力反應爐之除役法規指引概述	黃揮文	2020	D	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
美國核能管制委員會污染物與放射性廢棄物產生最小化：生命週期規劃法規指引概述	黃揮文	2020	D	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
304L 不銹鋼於含鹽間隙環境下之應力腐蝕行為研究	葉俊平	2020	D	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
滾壓加工對 304L 不銹鋼於模擬 PWR 環境下應力腐蝕裂縫成長速率之影響評估報告	陳泰丞	2020	D	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
核電廠除役過渡階段碳鋼 A106 靜水環境腐蝕行為研究	呂文豐	2020	D	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
火山危害現象之風險分析及管制要項比對研究	陳詩奎、曾永信、楊融華、陳紹文	2020	D	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
微生物腐蝕對於除役過渡階段的核電廠系統與組件安全維護的影響	曾永信、陳詩奎、楊融華、陳紹文	2020	D	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
CAMP 合作計劃下核電廠系統安全分析應用程式模式建立與驗證	楊融華、曾永信、陳詩奎、陳紹文	2020	D	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
美國核電廠水災危害評估提交報告與管制技術內涵研析	蕭士俊、洪李陵、陳彥龍	2020	D	核子反應器設施安全與除役前期作

				業管制實務研究
機率式海嘯危害度分析技術研究	蕭士俊、洪李陵、陳彥龍	2020	D	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
PSHA SSHAC-3 隱沒帶 SSC 於機率式海嘯危害度分析之可行性評估研究	蕭士俊、洪李陵、陳彥龍	2020	D	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
109 年核電廠結構設備受潛在地震之安全影響及因應管制技術研究	洪李陵等人	2020	D	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
地震危害度高階分析之地殼地震地動特性邏輯樹與權重合理性之檢視	洪李陵等人	2020	D	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
核電廠新一代地動反應分析管制技術研究(I)	洪李陵等人	2020	D	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
核電廠新一代土壤-結構互制分析管制技術研究(I)	洪李陵等人	2020	D	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
核電廠結構設備耐震分析管制技術研究(I)	洪李陵等人	2020	D	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
核能電廠除役期間高輻射及滯留水環境主動件失效機制及遠端目視檢測程序管制要項之探討	李建洲	2020	D	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究

109 年度核研所支援原能會 執行大修視察報告	李建洲	2020	D	核子反應器 設施安全與 除役前期作 業管制實務 研究
核一廠 MELCOR 開蓋 Mode5+爐心精緻模式與再循 環管路大破口案例之緩和策 略研究	蕭伯彬	2020	D	核子反應器 設施安全與 除役前期作 業管制實務 研究
核二廠 MELCOR 2.1 版模式 之全黑事故研究	蕭伯彬	2020	D	核子反應器 設施安全與 除役前期作 業管制實務 研究
核子反應器除役期間過渡階 段基礎視察要項及法規適用 性檢討	陳建忠	2020	D	核子反應器 設施安全與 除役前期作 業管制實務 研究
緊急柴油發電機電氣組件維 護策略研究	杜炫德	2020	D	核子反應器 設施安全與 除役前期作 業管制實務 研究
密閉式撤水頭國內外檢驗差 異	吳思穎	2020	D	核子反應器 設施安全與 除役前期作 業管制實務 研究
美國核能電廠除役過渡期間 之 NRC 規範及經驗整理	林獻洲、林書 睿	2020	D	核子反應器 設施安全與 除役前期作 業管制實務 研究
埋管和地下管路檢查計畫工 業指引	胡進章	2020	D	核子反應器 設施安全與 除役前期作 業管制實務 研究
核三廠圍阻體整體性洩漏率 測試	胡進章	2020	D	核子反應器 設施安全與 除役前期作 業管制實務 研究

除役期間於重要設備機械完整性定性評估方法管制研究	財團法人核能與新能源教育研究協進會	2020	D	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
除役期間因廠區設備停用、部分運轉或配置變更之消防危害因子研究	社團法人美國消防工程師學會台灣分會	2020	D	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
「核子反應器設施廠房拆除或其部分拆除作業計畫審查導則」建議草案研析報告	黃君平	2020	D	核電廠除役視察管制實務研究
瑞士除役管制與案例	簡士傑	2020	D	核電廠除役視察管制實務研究
義大利核設施除役與管制架構簡介	秦蔚宗、詹季達	2020	D	核電廠除役視察管制實務研究
德國核設施除役及拆除管制實務	邱啓瑞、陳家貫	2020	D	核電廠除役視察管制實務研究
日本核設施除役拆除實施標準研究	許文勝	2020	D	核電廠除役視察管制實務研究
核設施除役拆除作業污染擴散管制研究	趙宏耀、陳柏任、鄭喬鴻	2020	D	核電廠除役視察管制實務研究
除役各階段視察員資格認證與訓練課程建議	陳家貫	2020	D	核電廠除役視察管制實務研究

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
核一廠除役期間過渡階段視察風險評估工具(第 1.1 版)		C	2020	核能研究所核子工程組	否	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
核二廠風險顯著性評估工具(第 4.5 版)		C	2020	核能研究所核子工程組	否	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
核三廠風險顯著性評估工具(第 5.1 版)		C	2020	核能研究所核子工程組	否	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
(初版)核一廠除役期間過渡階段視察風險評估工具軟體與操作手冊-用過核子燃料定性風險分析架構	C		2020	核能研究所核子工程組	否	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
核二廠風險顯著性評估工具軟體與使用手冊	C		2020	核能研究所核子工程組	否	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
核三廠風險顯著性評估工具軟體與使用手冊	C		2020	核能研究所核子工程組	否	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
風險顯著性評估工具軟體(PriSE)教育訓練課程-風險度評估工具介紹	A	A	2020	核能研究所核子工程組	否	核子反應器設施安全與除役前期作業

						管制實務研究
除役期間拆除知識管理系統與操作手冊	C		2020	核能研究所	否	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究

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
核安資訊：遠端目視檢測之可靠度評估 Reliability Assessment of Remote Visual Examination	A	李建洲	2020	核研所	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
核安資訊：用過核子燃料護箱運班等議題 SPENT FUEL CASK MOVEMENT ISSUES (IN-2019-09)	A	董敏耀、陳志豪	2020	核研所	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
核安資訊：FLOW-ACCELERATED CORROSION EVENTS 流體加速腐蝕事件 (IN-2019-08)	A	鍾佳霖	2020	核研所	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
核安資訊：緊急柴油發電機勵磁系統二極體故障 (IN-2019-02)	A	李建洲	2020	核研所	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究
核安資訊： EATON/CUTLER HAMMER A200 與	A	李建洲	2020	核研所	核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究

Freedom 系列接觸器 故障報告 (IN-2019- 10)					
--	--	--	--	--	--

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。

附表、【109 年度績效自評意見暨回復說明(D007)】

計畫名稱：核子反應器設施安全與除役前期作業管制實務研究

績效自評審查委員：丁鯤、吳文方、陳建源

序號	審查意見	回復說明
壹、計畫實際執行與原計畫目標符合程度(自評評等：<u>良</u>) 優：超越計畫原訂目標，且已就所遭遇困難提出有效之因應對策。 良：達成計畫原訂目標，且已就遭遇困難提出可行之因應對策。 可：大致達成原訂目標，且就遭遇困難所提因應對策尚屬可行。 待改善：超過3成以上執行內容與原規劃未符或未達成原訂目標，且仍須對所遭遇困難提出更有效可行之因應對策。 劣：半數以上執行內容與原規劃未符或未達成原訂目標，且仍須對所遭遇困難提出更有效可行之因應對策。		
1-1	本計畫執行與原計畫設定目標(包含9項子計畫)相符合，且原計畫設定達成之KPI目標，如論文篇數、合作團隊養成數、博碩士培育人數、技術研究報告篇數，及開發除役階段管制資訊平台等均已達成。	感謝委員肯定。
1-2	109年績效報告書顯示本計畫依計畫書例行，且穩定執行；惟相關建議分述如下： 一、分項目標1之達成情形為「完成國際間相關案例彙整，以及國內機組參數進行微生物影響、機制與可能參數，將基於本年度成果設計實驗探討微生物腐蝕情形。」，無法了解是現行運轉電廠抑或除役電廠；國際案例彙整案例之量化件數以及質化亮點也不清楚；國內機組參數以及微生物影	感謝委員建議，回復說明分述如下： 1. 有關微生物影響機制與可能參數研究，係針對我國除役電廠環境(如水溫(40 度~60 度)與水流狀態(低流速或是靜滯))，蒐集國際相關類似操作環境的微生物腐蝕案例。計畫透過國際案例彙整及研析，得出主要需注意部分為水質控制，水質控制的程度影響微生物生長的狀態，水質控制不好易形成微生物生長環境造成孔蝕，此外，材料差異對於微生物腐蝕亦會

序號	審查意見	回復說明
	響的可能參數是重點也未能簡述，整體上無法得知效益與重大突破亮點。 二、分項目標2為完成核能安全公約國家報告第四版之重點為何？同行審查之進度說明，無法得知效益。 三、本計畫於管理考核審查表中，所列質化效益說明計列「PRiSE 之更新」與「非破壞性檢測經驗」兩項為計畫之質化亮點，但皆未列入目標所列之達成情形。整體報告說明不一致。 四、本計畫年度效益、影響與重大突破雖有12項之說明，但並未彰顯與目標之一致性，且未能很明確地將各項成果效益明顯的列出亮點，多為一般性的敘述，殊為可惜。	產生影響，鋇相比於其他材料，硫及其化合物對鋇的親和性太小，且鋇也可以抵抗大多數的無機與有機酸的侵蝕，故微生物代謝產物對於鋇不產生腐蝕性。 2. 有關核能安全公約國家報告係因國際原子能總署(IAEA)於1994年6月17日採納了「核能安全公約」(以下簡稱CNS)，CNS目標是透過各會員對此公約應履行之維護核能發電安全義務的努力，來維護全世界高水準的核能安全。我國非聯合國會員國，無法成為CNS會員，但為提昇國內核能安全管制水準的機會，因此我國仍主動參酌CNS機制來自我檢驗，並與美國核管會協商達成針對雙方報告互相執行同行審查之共識。自2004年9月執行第一次同行審查起，後續分別於2011及2017年執行第二次及第三次同行審查，去年(2020年)則完成第四次同行審查。而為使國內一般民眾更易於瞭解核能安全公約國家報告，原能會並同步公開中文版之報告，除翻譯英文版內容外，並增加部分補充說明資料(另亦含中、英文版本之對應章節與差異)，該報告依國際規範從各

序號	審查意見	回復說明
		面相檢視國內核能安全現況，包括機組狀況、安全管制、安全文化、輻射防護、緊急應變、運轉經驗、福島經驗回饋等。目前英文版仍由美方審查中，請委員參考。 3. 有關「PRiSE 之更新」與「非破壞性檢測經驗」兩項計畫亮點，在績效報告內分別於「風險告知視察工具應用於運轉及除役作業管制之研究」及「核電廠運轉及除役期間非破壞檢測評估研究」兩分項計畫內容詳列研究成果，請委員參考。為增進報告可讀性，除於管理考核審查表中，增列質化效益說明，未來亦強化計畫亮點與管理考核審查表連結對應。 4. 計畫研究項目係依我國核安管制實務需求，並配合我國核能機組除役可能之技術問題預先規劃，主要研究成果均提供管制單位作為管制決策之技術參考。研究成果中部分參數確實較為不易看出蘊含技術意義及研究目的，未來將依委員建議，加強計畫重要效益及亮點論述，強化對於屆期計畫成果之推廣及應用說明。
1-3	本計畫幾年前開始依政府要求將執行單位所執行數個計畫彙	感謝委員建議，有關委員所述原計畫書有列第 10 個分項計畫「核

序號	審查意見	回復說明
	整至一個計畫內，所以現有計畫包含核電廠運轉及除役期間管制非破壞檢測之評估與研究、核電廠熱水流安全分析程式應用與驗證、核電廠運轉及除役期間事故分析及緩和策略研究、核電廠後福島管制審查技術精進研究、風險告知視察工具應用於運轉及除役作業管制之研究、核電廠運轉及除役階段材料維護與防治策略研析、除役期間核電廠重要設備維護管理安全管理技術研究、核電廠除役視察管制實務研究、核電廠結構/設備受潛在天然災害之安全影響及因應管制技術研究 9 個分項計畫，各分項計畫所編經費在 1,855 千元至 10,300 千元間，合計 47,905 千元，原計畫書其實另列第 10 個分項計畫「核能電廠安全管理法規與技術研究計畫」，但編列經費為 0。因被動要求彙整，計畫書與 109 年績效報告書中皆未特別強調前述 9 或 10 分項計畫被提及之順序與號碼，但因分項計畫多，包括審查者在內之讀者難免依分項號碼審視計畫，造成部分、尤其不瞭解過去因緣或不熟悉我國核能發展領域之審查者會認為文書記載有些紊亂，建議執行單位思考避免以上易遭誤解的方法。	能電廠安全管理法規與技術研究計畫」，但編列經費為 0 之情形。前述第 10 個分項計畫為前期計畫名稱，係因 GSTP 系統自 109 年起納入計畫管考功能，銜接前年度計畫資料時自動導入前期計畫名稱，故有前述情形產生，易致讀者誤解。關於前述情形已通知主管機關修正，同時在建立計畫下一年度(110 年)時亦注意資料填寫架構與格式，增進計畫資料可讀性及正確性。
貳、計畫經費運用之妥適度(自評評等： <u>良</u>)		

序號	審查意見	回復說明
	優：經費運用與工作內容相當匹配，且運用更有效率。 良：經費運用與工作內容相當匹配，與原規劃一致。 可：經費運用與工作內容與原規劃大致相符，差異處經機關說明後可以接受。 待改善：經費運用與工作內容與原規劃不盡相符，差異處經機關說明後可以接受。 劣：經費運用與工作內容與原規劃非常不相符，且未說明差異或說明無法獲得接受。	
2-1	績效報告書之基本資料表及第24、25頁之表格顯示本計畫109年度經費決算數為45,178千元，執行率為94.31%；但第25至28頁「經費支用說明表」顯示支出總額合計40,750千元，為年度所核經費47,905千元之85.06%，建議宜釐清。	感謝委員指正。本計畫109年度經費決算數應為45,178千元，執行率為94.31%。經費支出說明表係屬誤植，將修正績效報告書相關內容，以符合實際情形。
2-2	整體預算執行率達94.31%，其中經常門為93.28%；資本門為98.35%，可謂良好管理控制，與原計畫規劃一致，但存在可再精進努力空間，也許過去一年受疫情影響而無法達到最大理想境界。	感謝委員肯定。將持續追蹤及滾動檢討預算執行率達成情形，以符合計畫原訂目標。
參、計畫主要成就及成果(重大突破)之價值、貢獻度及滿意度 (自評評等：<u>良</u>) 優：所達成量化指標或質化效益超越原計畫預期效益。 良：所達成量化指標及質化效益與原計畫預期效益相符。 可：達成8成原計畫預期效益。 待改善：達成6成原計畫預期效益。 劣：超過半數計畫預期效益未達成。		
3-1	本計畫之量化績效指標達成情形，相關建議分述如下： 一、原計畫設定達成之 KPI 目標論文篇數、合作團隊養成數、博碩士培育人數、研究報告篇數，及開發除役階段	感謝委員肯定。未來將透過計畫方式持續與國內學研機關合作，深化我國核安管制技術能力。在原訂博碩士生培育人數登載差異部分，將修正績效報告書相關內容，以符合實際情形。

序號	審查意見	回復說明
	安全管制知識平台等，均已達成，並部分超出原 KPI 值，可謂成果豐碩，且自我挑戰目標均已達成。 二、純以量化指標而言，本計畫 109 年度所獲各項指標數目皆超出原訂目標值。原訂博碩士生培育人數為 3 或 11 之數目記載在不同地方(包括計畫書與績效報告書)稍有差異，但其僅為報告書之些微瑕疵。	
3-2	本計畫於學術成就部分之達成情形，原計畫設定論文篇數為 9 篇，實際達成篇數為 12 篇，相關建議分述如下： 一、期刊論文發表應明列出達成 SCI 的篇數，以及論文在該類期刊的百分比以及引用數。 二、績效報告書顯示執行單位保有其學術研究能力，能與國內學術機關合作，且能持續發表相關學術論文。	感謝委員建議，未來計畫成果中有關期刊論文發表部分，將進一步明列出達成 SCI 的篇數及相關資料，供學術機關參考。未來將透過計畫方式持續與國內學研機關合作，深化我國核安管制技術能力。
3-3	本計畫於技術創新部分達成情形，實際達成研究報告數 5 篇，與原設定目標值相符；惟相關建議分述如下： 一、無重大突破亮點以及無新技術之創新。技術創新僅為危害度方法流程建立，所提	1. 感謝委員建議。在研擬計畫研究項目時係參考核安及除役管制需求，研究成果主要為協助管制機關提供實務建議及技術評估，較著重於解決管制實務需求，因此研究成果以彙整國際管制技術資料為主。且因

序號	審查意見	回復說明
	計算方式應不為技術之創新。其他所列各項技術創新都偏重於資料彙整，不宜納入技術創新。 二、緣由於核工領域之特殊性，績效報告書所呈現之技術創新較難為一般人士瞭解並認同，建議加強對外宣導或說明。	109 年為四年期計畫第一年，計畫多為蒐集國外技術資料，並配合我國實際環境設計實驗參數，規劃將於計畫下一年度執行實驗及分析，請委員參考。 2. 為加強對外宣導說明，除將研究成果送交國家圖書館供民眾檢視外，並落實資訊公開，由本會彙整重要研發成果，上網公布供民眾參閱。此外，計畫成果亦公布於原能會年度成果發表會，有助於民眾了解計畫成果，進而支持管制機關核安強化作為。將依委員建議修訂績效報告，強化對於屆期計畫成果之推廣及應用說明。
3-4	雖績效報告書提到「研究成果主要提供管制機關執行決策時之技術參考，與科研成果商業應用較無明顯關聯性」，仍然建議主管機關及執行單位加強對外宣導並說明計畫執行所能獲致之間接經濟效益。	感謝委員建議，在資訊公開及民眾宣導部分，除將研究成果送交國家圖書館供民眾檢視外，並落實資訊公開，由本會彙整重要研發成果，上網公布供民眾參閱。此外，計畫成果亦公布於原能會年度成果發表會，有助於民眾了解計畫成果，進而支持管制機關核安強化作為。在經濟效益部分，計畫目的主要係為強化我國核安及除役管制技術能力，成果較無技轉國內廠商應用。研究成果主要提供管制機關擬訂管制作為之技術參考，對於維持機組安全及確保穩定供電等經濟層面具有一定助益。

序號	審查意見	回復說明
3-5	緣由於核工領域之特殊性質，績效報告書所呈現之「社會影響」及「其他效益」部分，較難為一般人士、包括部分後續計畫審查者所瞭解，故建議加強對外宣導或說明。	感謝委員建議。為加強對外宣導說明，除將研究成果送交國家圖書館供民眾檢視外，並落實資訊公開，由本會彙整重要研發成果，上網公布供民眾參閱。此外，計畫成果亦公布於原能會年度成果發表會，有助於民眾了解計畫成果，進而支持管制機關核安強化作為。未來將配合本會整體規劃，納入核安管制宣導品與文宣製作參考。
3-6	本計畫培養 4 組研究團隊，及培養碩士與博士計 14 人，均係屬重要貢獻，另有多項國際合作；惟無明顯之合作成果說明。	感謝委員建議，計畫透過參與國際合作方式強化國際核安技術交流，其中如「核電廠熱水流安全分析程式應用與驗證」子項計畫亦為台美民用核能合作協定內容之一環，除了透過台美合作取得美國核管會所發布之熱水流安全分析程式最新版本外，計畫亦完成 NUREG/IA 技術報告提供美方參考，強化雙方相互技術交流。此外，計畫亦藉由參與 CAMP 計畫合作方式將國外核安技術經驗回饋至我國核電廠安全評估能力與技術，增進核能安全管制成效。
肆、跨部會協調或與相關計畫之配合程度(自評評等： <u>良</u>) 優：認同機關所提計畫執行無須跨部會協調，且不須與其他計畫配合。 良：跨部會協調或與相關計畫之配合情形良好。 可：跨部會協調或與相關計畫之配合情形尚屬良好。 待改善：跨部會協調或與相關計畫之配合情形有待改善。 劣：跨部會協調或與相關計畫之配合情形非常待改善。		
4-1	雖本計畫係以職權交辦由核能	感謝委員建議，本計畫在性質上

序號	審查意見	回復說明
	研究所辦理，與跨部會署合作無明顯關聯性，但仍建議主管機關讓包括科技會報辦公室在內之上級長官瞭解本計畫由過去至目前之演變情況。	雖屬無跨部會署合作，但在縱向層面實有嚴密管考機制。如本計畫於計畫擬訂及執行過程中均依科技部管考機制，每季查核計畫進度。另於計畫擬訂研究項目前，以提交總體說明書方式，提供科技部瞭解本計畫研究項目擬訂緣由、目的與辦理情況及其重要性，科技部亦會向行政院提報。未來也會持續就提報內容加以注意，俾使上級機關瞭解執行單位執行本計畫之意義及其重要性，請委員參考。
伍、後續工作構想及重點之妥適度(自評評等：<u>良</u>) 優：後續工作構想良好；屆期計畫成果之後續推廣措施良好。 良：後續工作構想良好；但屆期計畫成果之後續推廣措施可再加強。 可：後續工作構想尚屬良好；屆期計畫之後續推廣措施尚屬良好。 待改善：後續工作構想尚屬良好；但屆期計畫成果之後續推廣措施可再加強。 劣：後續工作構想有待加強；未規劃適當之屆期計畫後續推廣措施。		
5-1	本計畫全程規劃良好，每一年度研究任務均有其重點差異，且也對後續工作構享有完整規劃，此外對新興核能電廠除役經驗和安全議題，也適時作滾動式增加或調整研究方向，可謂規劃適妥。	感謝委員肯定。計畫將持續依我國核安管制實務需求作滾動式增加或調整研究方向，強化我國核安管制能力及技術經驗。
5-2	績效報告書第3頁與53頁對「後續工作構想」雖有所描述，但稍嫌例行與定常，未能令人特別留意，建議應將重要的效益與亮點要有明確的說明，非僅泛泛說明參酌各種參數；結果供管制單位參考等，宜予以加強。	感謝委員建議，計畫研究項目係依我國核安管制實務需求，並配合我國核能機組除役可能之技術問題預先規劃，主要研究成果均提供管制單位作為管制決策之參考，未來將依委員建議，加強計畫重要效益及亮點論述，強

序號	審查意見	回復說明
		化對於屆期計畫成果之推廣及應用說明。
陸、總體績效評量暨綜合意見 (自評評等： <u>良</u>) 優、良、可、待改善、劣		
6-1	本計畫全程規劃完整，且目標明確和對核安管制確實有助益、務實可行，值得肯定與支持；另執行單位為國內核能研究專門機構，非常有經驗，且均依進度穩定執行。	感謝委員肯定。
6-2	雖核能研究在國內目前處境有其尷尬與困難之處，在國家與社會安全前提下，執行單位仍宜加強向一般人士宣導並說明本計畫所為各項研究之重要性，而主管機關及執行單位之主管也宜加強向上級主事者說明由執行單位執行本計畫之意義及其重要性。	感謝委員建議。為加強對外宣導說明，除將研究成果送交國家圖書館供民眾檢視外，並落實資訊公開，由本會彙整重要研發成果，上網公布供民眾參閱。此外，計畫成果亦於原能會年度成果發表會公開，有助於民眾了解計畫成果，進而支持管制機關核安強化作為。未來將配合本會整體規劃，納入核安管制宣導品與文宣製作參考，並以淺顯文句撰寫，增進一般人士對於本計畫所為各項研究之認知與認同。 此外，本計畫於計畫擬訂及執行過程中均依科技部管考機制，每季查核計畫進度。另於計畫擬訂研究項目前，以提交總體說明書方式，提供科技部瞭解本計畫研究項目擬訂緣由、目的與辦理情況及其重要性，科技部亦會向行政院提報。未來也會持續就提報內容加以注意，俾使上級機關瞭

序號	審查意見	回復說明
		解執行單位執行本計畫之意義及其重要性，請委員參考。
6-3	本計畫之成立與執行成果，均對核能安全管制相當有助益值得肯定和支持，對研究團隊成員之努力和付出值得嘉許和肯定鼓勵，唯一不足係「開發除役階段安全管制知識平台」部分，比較原計畫書第 1 至 4 頁：開發除役管制資訊平台，包含「管制作業管理系統」、「除役溝通管理系統」、「除役資訊管理系統」、「研究計畫管理系統」四項子系統。整合核電廠除役管制歷程之相關資訊，提供全方位電子化除役管制資訊管理與紀錄保存；惟參閱績效報告書第 22 頁，似僅完成除役期間拆除知識管理系統建置，然因核能電廠除役管制階段管制時間長達 25 年故其相關技術知識管理極為重要，建議未來核研所繼續努力達成，並將建置除役階段安全管制知識平台應列為重要項目。	感謝委員建議。鑒於核能電廠除役管制相關技術知識具長期保存需求，故以計畫方式建置除役階段安全管制知識平台，規劃說明如下： 1. 本計畫為四年期計畫，規劃自 109 年起分年完成除役階段安全管制知識平台建置，包括四項子系統為「管制作業管理系統」、「除役溝通管理系統」、「除役資訊管理系統」、「研究計畫管理系統」。目前已完成管制作業管理系統設備及資料庫架構建置，資料庫主要包含法規導則、維護管理、除役現況、知識管理、改善追蹤、電廠資訊、專家黃頁等管制作業資訊。 2. 前述平台除包括除役期間維護管理作業資料庫外，並規劃開發子系統-「除役期間拆除知識管理系統」，109 年完成系統建置，系統化蒐集各國除役拆除管制經驗，未來亦將持續滾動蒐集除役拆除經驗及知識，提供管制參考。 3. 感謝委員建議，後續已將建置除役階段安全管制知識平台列為重要項目，請委員參考。

序號	審查意見	回復說明
6-4	因核能電廠除役期間長達 25 年，至核三廠完成除役則為民國 138 年，且除役與運轉期間作業特性和安全管理心態和重點不同，因此有必要研究建置除役作業安全指標制度和收集國際核能電廠除役安全文化之經驗，建置我國核能電廠除役安全文化推動方式，因此建議納入未來研究計畫規劃項目。	感謝委員建議，有關核能電廠除役安全文化的推動，在 109 年度已透過本會與科技部合作之「原子能科技學術合作計畫」，公開徵求學研界計畫，蒐集國際核能電廠除役安全文化之經驗，請委員參考。
6-5	本計畫轄下之分項計畫多，包括審查者在內之讀者往往依分項計畫號碼審視計畫內容與執行成效，但績效報告書與計畫書內之分項順序與號碼不見得一致，不瞭解計畫形成原因，或不熟悉我國核能發展歷程之讀者，其中包含部分後續階段之審查者，或許會認為文書記載有些紊亂，建議執行單位思考爾後改善之道。另績效報告書之撰擬宜加強，看不出強有力的突破與亮點。	感謝委員建議。有關綱要計畫書與績效報告書內分項順序與號碼有不一致情形，未來在撰擬績效報告書將注意編號一致性，以使讀者易於閱讀。另本計畫研究成果主要提供管制單位作為管制決策之技術參考，未來將依委員建議，加強計畫重要效益及亮點論述，強化對於屆期計畫成果之推廣及應用說明。