

# 114 年度政府科技發展計畫

## 績效報告

(D006)

計畫名稱：原子能系統工程跨域整合發展計畫(第三期) (1 / 4)

執行期間：

全程：自 114 年 01 月 01 日 至 117 年 12 月 31 日止

本期：自 114 年 01 月 01 日 至 114 年 12 月 31 日止

主管機關：核能安全委員會

執行機關：國家原子能科技研究院

114 年度政府科技發展計畫審查意見辦理情形表

序號	審查意見	辦理情形
1	<p>本期計畫共包含五項子項計畫，分別為：(1)核電廠被動式安全機制研究與能源基礎設施安全技術發展；(2)核子反應器設施除役工程及放射性物料處理貯存處置技術開發；(3)生醫科技輻射應用研究；(4)原子物理新穎技術開發與應用；(5)整合能源系統動態模擬技術研究。分年目標達成度高，五項子項目包含完成數項評估/驗證等報告，另一方面亦完成如模型計算開發，測試效率等具定量數據提升的工作項目，中子/正子等放射技術應用在生醫治療檢測具多樣成果效益。整體而言，本期計畫之實際執行成果與原訂目標相符，各子計畫完成率均達 100%，未見未達預期之情形，執行成效良好，值得肯定。</p>	<p>感謝委員的肯定與鼓勵。</p>
2	<p>績效報告顯示本計畫由國家原子能科技研究院負責執行，並依院內單位展開，訂定 5 個計畫目標，各目標下分別設定 2、3、3、3、2 個預期關鍵成果。於量化指標方面，原設定目標為產出國際期刊(國際研討會論文) 27 篇、研究報告 77 篇、智慧財產申請 13 件、並完成技術服務(含委託案及工業服務) 141,600 千元。年度績效報告顯示，本年度實際產出 31 篇論文、97 篇研究報告、20 件智慧財產申請並完成技術服務收入達 198,413 千</p>	<p>感謝委員的肯定與鼓勵。</p>

	元，研究績效皆超越原設定指標。	
3	<p>績效報告顯示本計畫年度預算 222,242 千元，實支 220,888 千元，結餘 601 千元，保留 753 千元，年度執行數目為 221,489 千元，達成率 99.66%。其中編列經常門業務費 128,338 千元，主要用途為支應計畫執行所需之實驗物品材料、設備設施維護、水電清潔、國內外公差、委託學術單位研究等費用，經費執行率為 99.53%；編列資本門設備費 93,904 千元，主要用途為支應購置計畫執行所需之機器設備，資訊軟體設備、系統開發費、雜項設備費。包含保留數 314,557 千元，經費執行率為 100%。本年度之合併經費執行率達 99.73%，經費運用及年度成果績效相符。</p>	感謝委員的肯定與鼓勵。
4	<p>分年目標包含五大項目，本年度實際產出 31 篇論文、97 篇研究報告、20 件智慧財產申請並完成技術服務收入達 198,413 千元，研究績效皆超越原設定指標。可能係 OKR 管理取代原有 KPI 管理方式，績效報告並未以特別段落呈現本計畫年度量化績效指標達成情形，但績效報告及其附錄、附表顯示許多績效皆可量化計數，整體而言，成果相當豐碩。</p>	感謝委員的肯定與鼓勵。
5	<p>本年度相關學術成就包含：(1) 完成數篇期刊論文投稿(其中數篇已獲接受並刊登)；(2) 完成數篇研究報告；(3) 於多場國內外</p>	感謝委員的肯定與鼓勵。

	<p>研討會發表研究成果；(4)使用 MAAP5 程式建立被動式安全功能模擬所需之反應器分析模式。整體而言，本年度學術成就方面之成果尚稱良好。除發表多篇科學論文外，亦完成多項電漿濺鍍，綠能電力電池等潛在具專利申請相關應用工作。</p>	
6	<p>本年度相關技術創新之成果包含：(1)完成數件專利申請(包含中華民國、美國、馬來西亞及歐盟專利)，其中數項申請案已獲許可；(2)自行開發 NAADS(NARI Automated ADS Depletion System)工具，建立可模擬含外加中子源的次臨界爐心；(3)完成能源基礎設施應對廠外事件安全防護作法、能源基礎設施設計變更之風險評估方法論及案例分析，及人為認知誤失評估模式研究；(4)新穎長效型攝護腺癌 PSMA 放射標靶治療藥物榮獲第二十二屆國家新創精進獎；(5)「多巴胺正子造影劑標幟前驅物芳香環硼氧衍生物之製造方法」榮獲 2025 年台灣創新技術博覽會(TIE)銀牌獎；(6)「幾丁質酶-3-類似蛋白-1 中和抗體及其用途」榮獲 2025 年台灣創新技術博覽會(TIE)銅牌獎等。整體而言，本年度於技術創新方面所獲成果，已在核能安全、能源系統技術、生醫放射應用及精準醫療等領域產生實質助益，成果豐盛。</p>	<p>感謝委員的肯定與鼓勵。</p>
7	<p>本年度經濟效益之成果包含： (1)發展核反應器爐心功率快速調節策略賦予核電廠負載追隨能</p>	<p>感謝委員的肯定與鼓勵。</p>

	<p>力，可配合電網中的間歇性再生能源並根據電力需求的變化調節反應器功率，強化電網的穩定性和可靠性；(2)完成複循環機組量化風險評估模式之 WinNUPRA/INERISKEN 程式轉換驗證，可供未來與其它能源基礎設施量化風險評估計畫所發展之分析工具/程式整合應用；(3)協助國內多個單位執行技術服務專案；(4)加速器全年當機率僅 1.47%，確保核醫藥物穩定供應；(5)核醫藥物與技服收入達 93,914 千元，累計服務 77,757 人次，有效提升臨床影像診斷量能；(6)完成 177Lu-NARI-FAPI 的高效率放射標誌技術；(7)開發能譜 Micro-CT 專用之 AI 影像重建模型；(8)開發之高溫電漿直熔技術可大幅降低單位廢棄物處理之用電與燃料成本；(9)開發 III-V 半導體光電化學產氫技術，提升國家能源自主性與科技競爭力；(10)完成自製 HTSE 單片電解堆測試，有效提高產氫效率等。整體而言，本計畫之產出成果應對相關產業發展產生實質推動作用。多項具產業應用成果，及專利開發，若能以數字量化來顯示工作的經濟效益，會更能凸顯獨特及創新的技術領先。</p>	
8	<p>本計畫產出的社會影響包含：(1)研析新型反應器安全功能模擬方法及建立鉛冷式快中子反應器加速器驅動次臨界反應器系統爐心模擬分析技術，有助於提升民眾</p>	<p>感謝委員的肯定與鼓勵。</p>

	<p>對先進核能安全功能之信心與接受度，以科學數據凝聚社會共識；(2)導入 AI 智慧影像辨識技術應用於廢棄物貯存管理；(3)加速器全年當機率僅 1.47%，確保核醫藥物持續供應與臨床診療不中斷；(4)開發多種新式核醫藥物守護國人健康；(5)完成能譜 Micro-CT 影像重建 AI 模型；(6)透過高溫電漿將工業廢棄保溫棉等高熔點廢棄物瞬間玻璃化，大幅減少掩埋體積與長期滲出的污染風險，降低重金屬與有害物質進入環境與食物鏈的可能性；(7)建立綠氫與電化學提鋰關鍵技術；(8)開發高效率、高耐壓之寬能隙半導體技術，可大幅降低電力轉換損失，促進節能減碳，支持國家淨零排放目標；(9)開發再生能源發電不確定性分析方法等。整體而言，本年度於技術創新與跨域應用方面所獲成果，已在核能安全、醫療健康、能源轉型、環境永續及智慧科技等領域產生實質助益，不僅提升公共安全與民生福祉，亦強化國家科技自主能力與產業競爭力，對國家長期發展具正面影響，若能多指出應用在何處，可更能凸顯影響力。</p>	
9	<p>本年度產出的其他效益包含：(1)積極與國內外專家進行學術交流；(2)積極推動人才培育；(3)積</p>	<p>感謝委員的肯定與鼓勵。</p>

	<p>極參與多場技術相關研討會；(4) 積極協助員工取得研究所學位。整體而言，本計畫在國內人才培育與國際合作布局方面已展現一定成果，對後續長期發展有所助益，表現尚稱良好。</p>	
10	<p>績效報告並無跨部會協調或與相關計畫之配合程度之論述及相關成果，但績效報告內既然提到「能源基礎設施風險管理技術研究」、「高溫電漿應用技術研究與開發」、「前瞻綠能材料關鍵技術開發」、「化合物半導體應用技術開發_寬能隙半導體電子元件技術開發」、「化合物半導體應用技術開發_半導體元件太空輻射驗證技術開發」，難免令人想到經濟部能源署、產發署、技術司及國家太空中心等機關或法人，本計畫主管機關或執行法人或許可與該些單位分享研究訊息與成果，也可促進研究成果之擴散。</p>	<p>感謝委員建議，本計畫 114 年度研究成果在跨部會協調或與相關計畫配合程度部分，配合國家淨零碳排政策推動相關應用，並研議跨部會合作之可能性，後續視計畫需求評估與相關計畫整合及產學研合作，以提升整體計畫之綜效與影響力；在加強推廣計畫成果部分，如應用量化風險評估技術於中油公司洲際 LNG 接收站(七接)定量風險評估技服案，應用除役關鍵技術於台電公司核一廠反應器壓力槽及其內部組件中子活化分析評估及成果驗證技服案，開發新式低放射性廢棄物盛裝容器並成功推廣應用於台電公司核能電廠等。後續計畫將更積極向政府機關或法人擴散與分享研究成果，並加強公、私營機構推廣應用。</p>
11	<p>年度開展各項工作均具備豐盛成果，研究團隊後續研究方向具發展潛力，整體工作構想明確且規劃周延。另針對目前研究成果所提出之改善與精進策略，內容具體可行，顯示團隊具備研究推動之自我檢視與持續優化能力，值得肯定。期盼團隊依計畫書所規劃之內容穩健推進，順利達成各項預期目標。</p>	<p>感謝委員的肯定與鼓勵。</p>

12	本計畫整體執行成效良好，研究績效均超越原訂主要績效指標，各子項目均展現具體之研究成果，整體發展方向與原先設定之總目標相符。由績效報告內容所特別整理並提報的特殊績效，也可讓人接受，算是成果亮點。	感謝委員的肯定與鼓勵。
13	本計畫研究成果所衍生之效益，無論在學術發展、技術創新、經濟價值及社會影響等層面，皆產生相當程度之正面貢獻，整體表現與推動成效值得肯定。	感謝委員的肯定與鼓勵。
14	本報告書未包含計畫摘要與研究緣起。雖可理解研究團隊考量避免重述計畫書既有內容，然對於未曾參與原計畫審查之委員而言，仍需另行查閱計畫書以掌握整體背景與目標，略顯不便。建議研究團隊於來年度報告書中，適度簡述計畫緣起並提供摘要說明，以利成果審查委員快速掌握計畫核心內容與推動脈絡。	感謝委員建議，後續年度報告將補充計畫摘要與研究緣起之簡要說明，以利審查委員掌握計畫整體內容。
15	本報告係本期計畫第一年度之執行成果。建議研究團隊於來年度統計期刊發表績效時，宜審慎區分「投稿中」與「已接受」之論文，避免將本年度已列為申請或接受之成果再次納入計算，以免產生重複統計之疑慮，影響績效評估之客觀性與準確性。	感謝委員建議，114 年為本期計畫之第一年度，期末報告所列期刊發表績效皆為「投稿中」論文，並未列入「已接受」論文。後續年度在統計期刊發表績效，如有列入已接受論文，將審慎區分「投稿中」與「已接受」論文，並避免重複列計，以確保績效統計之正確性。
16	本計畫於跨部會協調或與其他計畫之整合的項目評分較低，建議研究團隊於來年度之研究推動上，可積極朝向跨部會合作或與其他相關計畫進行整合之方向發展，以強化資源共享與成果擴散效益，並提升整體計畫之綜效與	感謝委員建議，本計畫 114 年度研究成果將配合國家淨零碳排政策推動相關應用，並規劃研議跨部會合作之可能性，後續將視計畫需求評估與相關計畫整合之可行性，以提升整體計畫之綜效與影響力。

	影響力。	
17	<p>本報告書無跨部會協調或與相關計畫配合程度之論述，但績效報告內既然提到「能源基礎設施風險管理技術研究」、「高溫電漿應用技術研究與開發」、「前瞻綠能材料關鍵技術開發」、「化合物半導體應用技術開發_寬能隙半導體電子元件技術開發」、「化合物半導體應用技術開發_半導體元件太空輻射驗證技術開發」，難免令人想到經濟部能源署、產發署、技術司及國家太空中心等機關或法人，或許可設法與該些機關或單位分享研究訊息與成果，促進研究成果之擴散；特別的，績效報告「二、年度執行摘要」頁面內針對各細部計畫「主要成果使用者/服務對象/合作對象」有所陳列，包括台電、台灣中油、台塑石化等公司、醫療院所、檢測產業、學研機構/高溫處理及系統整合產業/高碳排/環保及廢棄物處理產業/氫○綠能公司/國立中山大學/高○熱處理公司/中小型光電化學綠氫模組設備/儲能相關產業/光電/半導體及太空相關產業、能源設備供應商及系統整合廠家/民間發電設備供應商/台電公司等許多公、私營機構，可與以上所提到的公、私營機構接洽，加強推廣計畫成果。</p>	<p>感謝委員建議，本計畫 114 年度研究成果在跨部會協調或與相關計畫配合程度部分，配合國家淨零碳排政策推動相關應用，並研議跨部會合作之可能性，後續視計畫需求評估與相關計畫整合及產學研合作，以提升整體計畫之綜效與影響力；在加強推廣計畫成果部分，如應用量化風險評估技術於中油公司洲際 LNG 接收站（七接）定量風險評估技服案，應用除役關鍵技術於台電公司核一廠反應器壓力槽及其內部組件中子活化分析評估及成果驗證技服案，開發新式低放射性廢棄物盛裝容器並成功推廣應用於台電公司核能電廠等。後續計畫將更積極向政府機關或法人擴散與分享研究成果，並加強公、私營機構推廣應用。</p>
18	<p>績效報告內有許多成果值得加強宣傳並尋找應用之處，而非僅止於研究人員發表學術論文，或放置於機關內部當成紀錄文件。</p>	<p>感謝委員建議，計畫除發表論文與報告外，亦透過定期舉辦之科普展及研發成果展，並參與學術活動、研討會、國際合作等方式對外宣傳，並積極尋求實務應用</p>

		機會。
--	--	-----

# 目錄

【114 年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表(D003)】	·1-1
壹、總目標	·····1-3
貳、經費執行情形	·····2-1
參、成果之價值與貢獻度	·····3-1
肆、檢討與展望	·····4-1
伍、其他補充資料	·····5-1
附錄、細部計畫	·····附錄-1
附表、佐證資料表	·····附表-1

## 【114年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表(D003)】

系統編號	MP11302-0209	
計畫名稱	原子能系統工程跨域整合發展計畫(第三期) (1/4)	
主管機關	核能安全委員會	
執行機關	國家原子能科技研究院	
計畫類別	<input type="checkbox"/> 政策計畫 <input checked="" type="checkbox"/> 一般計畫 <input type="checkbox"/> 基礎研究	
全程期間	114年01月01日至117年12月31日	
資源投入	年度	經費(千元)
	114	221,641
	115	0
	116	0
	117	0
	合計	221,641
計畫摘要	<p>原子能系統工程跨域整合發展計畫第三期包含有五個子項計畫，分別為：1.核電廠被動式安全機制研究與能源基礎設施安全技術發展；2.核子反應器設施除役工程及放射性物料處理貯存處置技術開發；3.生醫科技輻射應用研究；4.原子物理新穎技術開發與應用；5.整合能源系統動態模擬技術研究。</p> <p>本計畫乃呼應「強化原子能安全管制，確保公眾安全」、「發展能源及後端技術，推廣產業應用」及「建立原子能關鍵技術，促進產業加值」科技施政目標。計畫的總目標依序為：1.拓展原子能分析技術及應用，強化能源基礎設施韌性。2.建立核設施除役技術及放射性廢棄物安全管理技術，提升我國核後端技術能量並推廣應用。3.推廣核醫診療藥物研發與輻射生醫成像技術開發，促進相關生物科技產業發展。4.開發電漿與原子物理應用技術，拓展電漿應用與系統整合、前瞻綠能材料關鍵技術與化合物半導體衍生應用技術，促成產業共同投入關鍵技術發展。5.建立整合能源系統分析與模擬技術，推動我國淨零科技研發與產業應用。</p>	

計畫連絡人	姓名	李崙暉	職稱	副所長
	服務機關	國家原子能科技研究院		
	電話	(03)471-1400 轉 3606	電子郵件	lhlee@nari.org.tw

# 壹、總目標

## 一、緣起

因應國際能源轉型與淨零碳排政策，國原院依既有原子能研發能量，發展新型反應器安全技術與關鍵基礎設施安全評估，並整合除役工程與放射性廢棄物管理技術，提升技術自主能力；同時拓展核醫、生醫影像及前瞻能源技術應用。基此，推動「原子能系統工程跨域整合發展計畫」，以整合跨域能量，支援國家能源轉型與安全發展。

## 二、總目標及其達成情形

### 1. 全程總目標：

原子能系統工程跨域整合發展計畫第三期的總目標訂定為：1. 拓展原子能分析技術及應用，強化能源基礎設施韌性。2. 核子反應器設施除役工程及放射性物料處理貯存處置技術開發，核能電廠除役及核後端應用推廣。3. 推廣核醫診療藥物研發與能譜Micro-CT造影系統開發，促進相關生物科技產業發展。4. 發展原子物理新穎技術，帶動電漿物理和電漿系統整合、前瞻綠能材料關鍵技術與化合物半導體衍生技術之民生應用與發展。5. 開發整合能源系統動態分析與模擬驗證技術，提升熱能與電能供應的經濟性、穩定性與強韌性，協助政府達成2050淨零轉型目標。

### 2. 分年目標與達成情形：

年度	目標	預期關鍵成果	年度計畫目標達成情形 (含重大效益)
114	1：完成被動式安全功能與負載追隨案例分析，並驗證分析工具適用性，建立加速器驅動系統次臨界爐心燃耗計算模式；完成能源基礎設施風險評估程序方法論。	完成被動式安全功能熱源、反應爐模式建立，並與3項電廠重要設計參數比對，完成研究報告1份；研析反應器負載追隨物理機制、反應度控制方法，並與一個電廠案例驗證，完成研究報告1份；驗證系統熱水流程式模擬自然對流能力及適用範圍，完成研究報告1份；完成加速器驅動系統液態金屬冷卻系統穩態狀況模擬分析，驗證爐心進出口溫差小於10%，完成研究報告1	依據NuScale SMR FSAR電廠設計參數，建立被動式安全功能模擬所需之MAAP5程式反應器分析模式，穩態分析結果與3項電廠重要設計參數比對，完成「壓水式小型模組化反應器之嚴重事故分析模式建立與案例分析」報告(NARI-18676)；完成爐心負載追隨功率動態運轉案例分析並與電廠重要設計參數比對及案例驗證，完成「壓水式核電廠功率

		<p>份。</p>	<p>快速調節的反應器物理機制與技術」研究報告(NARI-18653)；完成分析工具RELAP5-3D於自然循環的適用性驗證與「Semiscale自然循環實驗RELAP5-3D分析」研究報告(NARI-18608)；建立加速器驅動次臨界反應器系統(ADS)之燃耗計算模式，可涵蓋外加中子源與高能中子，完成「MYRRHA加速器驅動次臨界反應器系統燃耗計算分析模式建立」研究報告(NARI-18571)。</p>
	<p>研析能源基礎設施安全防護設計基準之現行作法與運轉組態變更之風險評估程序方法論，完成研究報告與參加技術研討會議。</p>		<p>完成「強風風力危害分析方法與案例應用」(NARI-18182)、「以定量方法強化能源基礎設施應對廠外事件安全防護作法之案例分析」(NARI-18592)、「能源基礎設施因應設計變更之風險評估案例分析」研究報告(NARI-18510)及「人為認知誤失評估模式研究」(NARI-18570)等4份研究報告；並基於應對廠外事件安全防護作法之研究，以「Technical Issues and Practical Solutions Regarding Crediting FLEX Strategy in PRA」為題，投稿2025年ASINCO-15國際會議論文並發表</p>

	<p>2：研發除役機具，廢棄物盛裝容器及物流管理技術；建置廢樹脂安定化設備</p> <p>1套及經濟分析，開發處置容器；建立乾貯容器運貯技術，開發乾貯安全評估技術，研析處置安全，微生物吸附核種與廢棄物生成物結構鑑定技術。</p>	<p>完成旁熱屏蔽固定夾具(夾支力2公噸)設計、建置及冷測試；完成高載重C1容器(總重4.5公噸，可盛裝3.5公噸以上廢棄物)法規所需結構強度試驗。</p> <p>完成建置先導型廢樹脂安定化設備1套(日處理量20公升)及經濟分析報告1份；完成1噸以上除役廢棄物之箱型承裝容器校正假體(壓克力)開發設計(射源均勻度符合ISO 8769-2報告要求，不超過10%之標準)；完成高性能混凝土容器之機械強度、物理性質試驗與建立品質試驗設備。</p>	<p>，與日韓專家技術交流。</p> <p>完成旁熱屏蔽固定夾具(夾持力2公噸)建置、下熱屏蔽吊運機具(荷重能力30公噸)設計，以及完成「遠端遙控除役拆解技術研析及應用評估報告」(NARI-18666R)；完成C3容器(高載重C1容器)試製與測試工作，並完成「NARI-LRW-C3低放射性廢棄物盛裝容器設計分析與功能驗證報告」(NARI-18063)，低成本55加侖鍍鋅鋼桶部分，已完成相關的設計與結構評估，以及塗裝規劃與測試，並完成「低成本55加侖熱浸鍍鋅鋼桶設計報告」(NARI-18473)。</p> <p>完成廢樹脂安定化設備(包含濕式氧化、轉化)1套及經濟分析報告；完成噸級廢棄物活度校正標準體(壓克力)開發設計及製作，射源均勻度經評估符合ISO 8769-2報告誤差10%以內(5.6%)之要求；完成高性能混凝土之機械強度、物理性質試驗與建立品質試驗設備，配比方案M53-10在28天齡期已達到抗壓強度112MPa及收縮量165μm/m，符合設計目標抗壓強度&gt;</p>
--	--	--	--

		80MPa及收縮量<300 μm/m。	
		<p>完成依據API-579失效評定圖 Level 1-2對應用在INER-HPS系統的裂紋容許度評估報告2份；完成一項環境劑量評估的國外案例模擬報告1份；完成不銹鋼氣鹽誘發應力腐蝕龜裂行為設備建立1式。</p>	<p>研析API 579規範與美國沙瓦那河國家實驗室(SRNL)所提出之國際研究論文，完成「INER-HPS乾式貯存系統之密封鋼桶API-579失效評定圖裂紋容許度評估研究」(NARI-18457)與「API 579應用於密封鋼筒容許裂紋分析及國際案例評估」(NARI-18428)等2份報告；研析國際低放射性廢棄物技術發展現況，並比較國際間環境劑量與安全評估模式之差異與適用性，提出符合我國之評估模式建議，並針對一項國際低放案例進行模擬與應用驗證，完成相關成果報告2份(NARI-18364、NARI-18369)；完成建立不銹鋼氣鹽誘發應力腐蝕龜裂行為設備1式，及不銹鋼於腐蝕環境下表面條件及溫度對應力腐蝕裂縫影響之研究報告1份(NARI-18237)。</p>
3：穩定核醫製藥系統，加速器當機率≤10%，完成中子源冷卻水流道系統設計、細胞治療實驗室之建置，技服收入≥8,040萬元；完成核醫診療藥物APD、FAP		<p>加速器當機率≤10%，完成冷卻水流道系統設計、細胞治療實驗室之建置與技術程序書2份，維持PIC/S GMP認證，技服收入≥8,040萬元。</p>	<p>1. 統計至114年12月31日加速器年當機率1.47%，技服收入93,914千元；服務77,757人次，委託清華大學完成雙功能中子靶站照射電流提升方案評估，熱流分析及中</p>

	<p>I等之臨床 前試驗報告1份與原料藥公克級製程；完成能譜Micro-CT造影系統設計與專用影像重建AI技術開發。</p>	<p>子能譜模擬皆已完成。雙功能靶站擴束準直器購案已於114年9月12日驗收，已規劃進行擴束實驗。已完成中子源冷卻水水道設計，新設計將配合明年雙功能中子靶站獨立冷卻水系統之建置進行安裝。</p> <p>2. 細胞治療實驗室建置購案已於114年09月01日完成驗收作業，各品項皆符合契約書規範，並於114年09月08日完成結報，配合細胞治療技術，建立動物全血之單核球細胞分離程序，純度大於85%，後續並完成實驗室相關程序書2份。</p> <p>3. 維持PIC/S GMP認證，114年1月15日由食藥署品質監督管理組派員至本院核醫製藥中心執行PIC/s GMP機動性查核，稽查無菌試驗用隔離裝置(Isolator)確效作業及無菌試驗相關流程，於8月11日完成第三次發文回覆作業。114年10月16日品監組再次派員執行PIC/s GMP機動性查核複查作業，前次缺失已改善，過程順利，無重大缺失。</p>	<p>子能譜模擬皆已完成。雙功能靶站擴束準直器購案已於114年9月12日驗收，已規劃進行擴束實驗。已完成中子源冷卻水水道設計，新設計將配合明年雙功能中子靶站獨立冷卻水系統之建置進行安裝。</p> <p>2. 細胞治療實驗室建置購案已於114年09月01日完成驗收作業，各品項皆符合契約書規範，並於114年09月08日完成結報，配合細胞治療技術，建立動物全血之單核球細胞分離程序，純度大於85%，後續並完成實驗室相關程序書2份。</p> <p>3. 維持PIC/S GMP認證，114年1月15日由食藥署品質監督管理組派員至本院核醫製藥中心執行PIC/s GMP機動性查核，稽查無菌試驗用隔離裝置(Isolator)確效作業及無菌試驗相關流程，於8月11日完成第三次發文回覆作業。114年10月16日品監組再次派員執行PIC/s GMP機動性查核複查作業，前次缺失已改善，過程順利，無重大缺失。</p>
		<p>完成核醫診療藥物APD、FAPI等之臨床前試驗報告1份、藥物安定性試驗、與原料藥公克級製</p>	<p>完成APD主持人手冊與eCTD (通用技術文件)，進行臨床試驗申請</p>

		<p>程規劃與製造標準書1份。</p>	<p>(IND)，童綜合醫院人體臨床試驗IRB已於12月1日審核通過，TFDA審核意見回覆中；完成Lu-177-NARI-FAPI標誌測試，標誌效率為99%，及室溫下經時安定性(於7天時放化純度93%)，完成放射標誌及安定性技術報告1份；產出一批次APD原料藥1.25克，及一批次APD標準品0.6克，純度均在97%以上，符合原料藥及標準品純度&gt;95%之GMP規範。</p>
		<p>完成能譜Micro-CT造影系統最佳組件匹配與系統設計，並開發專用之影像重建AI演算法，達結構相似性指標85%。</p>	<p>完成能譜Micro-CT專用影像重建AI演算法之模型訓練流程，採用 SwinUNet 架構結合遮蔽預測與雜訊建模的自監督學習方式，並導入 patch 切割與映射策略以提升訓練效率，可於低光子數條件下維持影像品質，使重建影像之結構相似性指標(SSIM)達88%。已完成能譜Micro-CT光子計數偵檢器(PCD)與X光源之最佳組件規格匹配，並完成PCD硬體建置與初步2D成像測試。同時完成系統幾何結構、掃描模式與造影參數等關鍵系統參數設計，根據能譜Micro-CT系統影像解析度之模擬評估結果，目前各項組件規格與參數設定均可達成計畫所訂定之50</p>

	<p>4：完成電漿直接熔融處理工業廢棄物 50公斤/天、開發CO<sub>2</sub>選擇層材料合成技術、開發光電化學綠氫/綠鋰技術、開發寬能隙半導體磊晶技術與建立太空晶片驗證技術。外委收入合計2,200千元。</p>	<p>完成<math>\geq 50</math> kW電漿直接熔融處理工業廢保溫材料系統整合建置與驗證，累積操作時間<math>\geq 300</math>小時(<math>\geq 10</math>小時/天)。微孔選擇層合成技術與透氣中間層噴塗技術開發，選擇層孔徑小於5 Å。外委收入達1,000千元。</p>	<p><math>\mu\text{m}</math>影像解析度目標。 完成電漿直接熔融處理工業廢棄物系統設計與建置，電漿功率最大可達71kW。開發棒狀保溫棉成型技術及相關進料設備，進料速度可達1m m/s至10mm/s，每小時可處理5公斤棒狀保溫棉，一天運作10小時可達50公斤處理量。完成沸石膜元件之CO<sub>2</sub>選擇層材料合成技術建立，LTA結構之A型沸石(孔洞直徑為4 Å)。</p>
		<p>完成光電化學綠氫/製鋰技術開發，產製氫氣效率大於10%及抗腐蝕壽命達15小時;離子電導值<math>&gt; 10^{-4}</math> S/cm固態鋰離子傳導膜評估。外委收入達900千元。</p>	<p>建立光電化學綠氫/製鋰技術開發，完成保護型光電化學綠氫晶片之封裝技術，有效隔絕電解液對電極表面腐蝕，經實驗量測STH效率可17.4%，電流密度衰退率<math>&lt; 0.5\%</math>/171h，大幅延長產氫電極之壽命。完成提鋰所需固態電解質膜材料測試，以900°C、8小時大氣環境退火處理後，測試離子電導值達<math>5.60 \times 10^{-4}</math> S/cm。</p>
		<p>完成GaN on Si異質磊晶技術開發，薄膜缺陷密度<math>\leq 1 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}</math>；完成20 MeV以下太空晶片質子輻射單事件測試系統建置與測試案例1件。外委收入達300千元。</p>	<p>完成 GaN-on-Si 異質磊晶技術開發，於緩衝層中導入超晶格結構，使薄膜缺陷密度降至 <math>5.79 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}</math>，成功製備高品質 GaN 磊晶片。計畫亦成功製作 GaN HEMT (高電子遷移率電晶體，High Electron Mobility Transistor)結構，於 GaN</p>

			<p>基層上成長 AlGaIn 障壁層，以極化效應誘導形成高濃度二維電子氣(2DEG)，其載子濃度及電子遷移率已與商用規格相當。完成20 MeV以下太空晶片質子輻射單事件測試系統建置並實際執行外界委託測試案例。</p>
<p>5：IES動態分析模擬平台與動態模擬模組開發、熱能網絡實體建置與市場分析、分散式電源實虛功補償策略研提與分析、及儲能故障電流演算法及復電轉供策略研析，熱電模組升降載率達5%/min，確保饋線電壓變動不超過額定電壓之88%至110%的範圍，技服技轉收入達2,000千元。</p>	<p>建置IES動態分析模擬平台，開發熱電網絡與反應器(升降載率5%/min)、及HTSE (產氫效率80%以上)等3種動態模擬模組。</p>		<p>以Dymola軟體完成IES動態分析模擬平台建置，開發動態模擬模組，採用160MWt反應器模組作為IES的熱源，依需求分配給汽渦輪機發電及HTSE產氫使用，汽渦輪機模組升降載率為5%/min，HTSE模組產氫效率達90.3%。另透過參數分析，完成SOEC模組與實體電解堆之效能驗證，兩者產氫效率誤差小於2%。</p>
		<p>進行具雙切功能穩定熱源(<math>\geq 80^{\circ}\text{C}</math>)電熱水器之熱能網絡實體建置，研提與分析散式電源2種功率補償策略，開發儲能運轉狀態故障電流演算法及復電轉供策略，確保饋線電壓變動不超過額定電壓之88%至110%的範圍。</p>	<p>完成50kW熱電能轉換模組實體組裝、相關通訊與控制人機介面建置、性能測試、並成功併接本院微電網。利用反應器模組動態模型，輸出50至100%額定功率、5%/min升降載率，完成含MMR、PV與ESS之MW級微電網架構，提出實/虛功之分頻調控策略，使饋線功率變動率維持10%以下，頻率穩定於<math>60\pm 0.5</math> Hz。透過最佳化潮流分析反應器模組併網供電位置，完成區域電網復電轉供策略規劃，模擬饋線發生事故而實施轉</p>

			供時，系統電壓可穩定於95至101%，有效提升微電網電壓穩定度與整體韌性。
115	<p>1：完成被動式安全功能分析模式、反應器負載追隨一維爐心模式及系統熱水流模式，完成加速器驅動系統次臨界爐心燃耗計算案例驗證。完成能源基礎設施風險改善規劃與驗證程序及更新耐震餘裕影響研究，並促成技服簽約金7,000千元。</p> <p>2：設計除役機具，開發廢棄物盛裝容器及物流管理模組；研發廢樹脂安定化固化流程控制技術，測試處置容器；建立乾貯再取出技術，開發乾貯安全評估技術，研析地下環境變動與微生物吸附核種影響研究，環境劑量評估模式。</p> <p>3：穩定核醫製藥系統，加速器當機率<math>\leq 10\%</math>，完成中子源靶站功能驗證，細胞治療實驗室之認證，技服收入<math>\geq 8,200</math>萬元；完成核醫診療藥物APD、FAPI等之藥物動力學試驗報告1份，與原料藥之製程專利1篇；完成能譜Micro-CT多通道數據擷取等子系統開發與連結測試。</p> <p>4：設計新型電漿火炬，增加電漿火炬功率、完成電漿應用於CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>選擇層、光電化學綠氫及</p>	<p>1- 1：建立反應爐被動式安全功能分析模式，並完成3件案例分析及研究報告1份；建立反應器負載追隨一維爐心模式，並與一個電廠案例驗證，完成研究報告1份；建立被動式安全系統熱水流模式，並比對流量及壓力2項重要參數，完成研究報告1份；完成加速器驅動系統次臨界爐心燃耗計算，與國際案例比對3項關鍵中子物理參數，參加國際研討會及完成研究報告1份。</p> <p>1- 2：能源基礎設施安全防護之風險改善規劃與驗證程序建立，並以國際混擬土規範更新耐震餘裕影響研究，完成研究報告與SCI，促成技服簽約金700萬元。</p> <p>2- 2：研發廢樹脂安定化固化流程控制技術，產出實驗型固化體，符合減容比達2~4；完成1噸以上除役廢棄物之箱型承裝容器校正假體(金屬)開發設計(射源均勻度符合ISO 8769-2報告要求，不超過10%之標準)；研發高導電含氫廢液前處理技術，執行實場高導電含氫廢液</p>	

	<p>關鍵離子傳導膜技術、低缺陷密度寬能隙半導體磊晶技術以及建立太空光電元件耐輻射模擬與測試技術。外委收入合計2,000千元。</p> <p>5：完成IES動態分析模擬平台與動態模擬模組開發與整合、熱能網絡及5片裝電解堆實體效能比對、IES併網控制策略研提與分析、及IES孤島運轉保護協調策略研析。</p>	<p>之前處理，去除氙以外核種，符合法規標準(Cs-137&lt;70.2Bq/L，Sr-90&lt;32.6Bq/L，H-3&lt;50.7Bq/mL)。</p> <p>2-</p> <p>3：完成一項國內陸域生態系之低放處置案例模擬報告1份；完成一件用過燃料貯存設施模擬結構數值模型之非線性靜力分析與結構應力分析報告1份；完成我國潛在場址之地質參數模型建立並產出報告1份。</p> <p>2-</p> <p>1：完成下熱屏蔽吊運機具(荷重能力30公噸)設計、建置及冷測試，旁熱屏蔽固定夾具熱測試；取得高載重C1容器使用許可；完成各種影像辨識模組開發，包含物件型態、尺寸、可用空間和數量辨識模組。</p> <p>3-</p> <p>2：完成核醫診療藥物APD、FAPI等之藥物動力學試驗報告1份，原料藥之製程專利1篇。</p> <p>3-3：完成能譜Micro-CT專用的2能階材質解析AI演算法，與3項子系統開發與連結測試。</p> <p>3-1：加速器當機率<math>\leq 10\%</math>，完成中子源靶站功能驗證，完成細胞治療實驗室之認證與建立技術程序書2份，通過衛福部PIC/S</p>	
--	---	--	--

		<p>GMP後續查廠，技服收入<math>\geq 8,200</math>萬元。</p> <p>4-</p> <p>2：完成建立機器學習模型結合光電化學綠氫技術開發產製氫氣效率大於12%；及製鋰用離子電導值<math>&gt;10^{-4}</math> S/cm高選擇性固態離子傳導膜，離子電導值，外委收入達300千元。</p> <p>4-1：完成<math>\geq 100</math> kW電漿直接熔融處理工業廢保溫材料系統整合建置與驗證，累積操作時間<math>\geq 300</math>小時。CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>選擇層之氣體動力孔徑<math>&lt; 4</math> Å，中間層電漿噴塗技術建立。完成電漿應用於CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>分離薄膜研製之市場分析及營運展望報告(含技術產業化路徑)一份。爭取外委計畫，收入至少1,200千元。</p> <p>4-</p> <p>3：精進寬能隙半導體異質磊晶技術，缺陷密度<math>\leq 5 \times 10^8</math> cm<sup>-2</sup>；完成10 MeV及5 MeV質子照射系統設計建置，執行4 cm<sup>2</sup>尺寸太空光電元件測試案例1件。外委收入500千元。</p> <p>5-</p> <p>1：完成IES動態分析模擬平台與跨平台模擬軟體功能整合，熱電網絡、反應器、及HTSE之動態模擬模組及整合，並與熱電網絡及5片裝電解</p>	
--	--	--	--

		<p>堆(產氫量<math>\geq 15</math> g/h、產氫效率<math>\geq 80\%</math>)實體進行效能比對。</p> <p>5-2：進行ORC發電機(<math>\geq 50</math> kW)之熱電網絡實體建置及能源管理系統，建立IES併網控制策略，輸出達百萬瓦(MW)級功率、輔助服務功率執行率達95%以上，並以三相負載相別檢核技術，提出孤島運轉保護協調策略</p>	
116	<p>1：完成被動式安全功能廠房模式、反應器負載追隨三維爐心模式及自然對流循環之反應器爐心熱水流模式，建立加速器驅動系統次臨界爐心暫態模擬計算能力；完成能源基礎設施風險監控方法論及耐震餘裕評估技術，並促成技服簽約金8,000千元。</p> <p>2：建置除役機具，完成廢棄物盛裝容器開發，精進物流管理模組；提出廢樹脂安定化固化流程控制計畫，處置容器使用許可申請書初稿；設計受損燃料及受損燃料罐操作工具，開發乾貯安全評估技術，處置地下實驗設施規劃與傳輸-地化-微生物交互作用研究，低放環境劑量模式建立及曝露情境分析。</p> <p>3：穩定核醫製藥系統，加速器當機率<math>\leq 10\%</math>，完成中子靶冷卻</p>	<p>1-</p> <p>1：建立被動式安全功能廠房模式，並完成2件案例分析及研究報告1份；建立反應器負載追隨三維爐心模式，並與一個電廠案例驗證，完成研究報告1份；建立自然對流循環反應器爐心熱水流模式，並比對流量及壓力2項重要參數，完成研究報告1份；建立加速器驅動系統次臨界爐心暫態模擬計算能力，模擬一項暫態事件案例驗證，完成研究報告1份。完成SCI論文1篇，參加國際會議並發表論文1篇，申請專利1件。</p> <p>1-</p> <p>2：能源基礎設施安全防護之風險監控方法論建立，完成因應國際混擬土規範更新之耐震餘裕評估技術，完成研究報告與參加技術研討會議，促成技服簽約金800萬元。</p> <p>2-</p>	

	<p>水PLC控制系統建置，細胞治療技術程序書2份，技服收入≥8,400萬元；完成動脈粥狀硬化造影劑APD之DMF與CMC相關文件，完成FAPI腫瘤核醫治療藥物之生物分布試驗、療效試驗、及原料藥之擴量製程；完成能譜Micro-CT掃描策略最佳化成像方案及材質解析AI技術開發。</p> <p>4：擴大電漿火炬直接熔融系統，提升電漿火炬在熔融的應用效能、完成電漿應用二氧化碳分離膜、建立III-V族半導體複合製程之光電化學綠氫及綠鋰技術、寬能隙電子元件原型開發、完成太空光電元件耐輻射驗證技術開發。外委收入合計3,150千元。</p> <p>5：完成熱電能調度最佳化與彈性輸配技術研究、15片裝電解堆效能測試、熱能模組診斷技術開發、IES模式切換控制策略研提、及IES保護電驛跳脫策略。</p>	<p>1：完成下熱屏蔽吊運機具熱測試，水下切割技術開發經驗回饋報告，總結10年(107~116年)自主研發水下切割技術經驗；取得低成本55加侖桶(百桶單位的批量下，單桶成本在15,000元以下)使用許可、完成廢棄物分類程式並於院內一個除役或清理中之核設施試運轉。</p> <p>2-</p> <p>3：完成廢棄物與微生物吸附作用於地下環境產生遷移之影響模型建置並產出報告1份；完成分裂氣體量測與分析設備的建置；完成一項國內島嶼生態系之低放處置案例的模擬報告1份。</p> <p>2-</p> <p>2：提出廢樹脂安定固化流程控制計畫；完成高完整性容器品質試驗與耐久性實驗，並產生相關報告1份，及完成容器模具之設計與容器結構完整性模擬。</p> <p>3-</p> <p>1：加速器當機率<math>\leq 10\%</math>，完成中子靶冷卻水PLC控制系統建置，細胞治療建立技術程序書2份，維持PIC/S GMP認證，技服收入≥8,400萬元。</p> <p>3-</p> <p>2：完成動脈粥狀硬化造影劑APD之DMF與CMC相關文件，完成FAPI腫瘤核醫治療藥物</p>	
--	--	--	--

		<p>之生物分布試驗、療效試驗、及原料藥之擴量製程，最高可達3公克以上。</p> <p>3-3：完成能譜Micro-CT掃描策略參數最佳化，搭配材質解析AI技術，使系統空間解析度達50<math>\mu</math>m。</p> <p>4-2：完成單一晶變型(single metamorphic) III-V族半導體複合製程之光電化學綠氫及綠鋰技術產氫效率大於15%，製鋰效率達0.1 mg/kJ-1，外委收入達1,000千元。</p> <p>4-3：完成寬能隙半導體電子元件原型開發，工作電壓達700V以上；完成質子照射總劑量效應評估技術與測試系統建置，可達5 krad照射劑量以上。外委收入850千元。</p> <p>4-1：完成<math>\geq 150</math> kW電漿直接熔融處理工業廢保溫材料系統整合建置與驗證，累積操作時間<math>\geq 300</math>小時。非對稱型無機二氧化碳分離膜滲透率達<math>10^{-8}</math> mol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>·Pa<sup>-1</sup>，CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>氣體選擇比<math>\geq 15</math>。爭取外委計畫，收入至少1,300千元。</p> <p>5-1：開發IES熱電能調度最佳化與彈性輸配技術，研析反應器模組之負</p>	
--	--	--	--

		<p>載追隨能力改善，並與15片裝電解堆(產氫量≥50g/h、產氫效率≥80%)實體進行效能比對。</p> <p>5- 2：完成熱電能模組與微電網彈性輸配調控功能驗證與熱能模組診斷技術開發，建立IES併網模式切換為孤島運轉策略，併接點電壓變動率在10%以內，開發輸配運轉緊急決策與保護電驛跳脫策略，使過電流電驛間具0.2秒以上時距。</p>	
117	<p>1：完成被動式安全功能嚴重事故分析能力之建立，應用負載追隨三維爐心模式於新型反應器，完成被動式系統與爐心熱水流模式自主驗證與評估能力之建立，完成加速器驅動系統次臨界爐心設計能力之建立；完成能源基礎設施風險管理與重要鋼構廠房耐風餘裕檢核技術，並促成技服簽約金15,000千元。</p> <p>2：測試除役機具，推廣廢棄物盛裝容器，整合並測試物流管理系統；產出廢樹脂實驗型固化體1桶及完成熱試車測試報告，提出處置容器使用許可申請；研製受損燃料及受損燃料罐操作工具，建立乾貯安全評估技術，處置地下實驗設施參數應用研究，廢</p>	<p>1- 2：建立能源基礎設施風險管理與重要鋼構廠房耐風餘裕檢核技術，完成研究報告與SCI，促成技服簽約金1,500萬元。</p> <p>1- 1：完成被動式安全功能事故暫態模擬與嚴重事故分析案例3件及研究報告1份；精進負載追隨模式，並應用於一座新型核反應器，完成研究報告1份；整合系統熱水流模式與爐心熱水流模式，建立自主化分析工具，完成研究報告1份；完成本土化加速器驅動系統次臨界爐心設計及研究報告1份。完成SCI論文2篇，促成技服案1件。</p> <p>2- 2：完成先導型廢樹脂安定化設備的熱試車測試報告1份；完成高完整性</p>	

	<p>棄物與微生物吸附於地下環境傳輸影響分析。</p> <p>3：穩定核醫製藥系統，加速器當機率<math>\leq 10\%</math>，完成中子源與細胞治療相關技術開發，技服收入<math>\geq 8,650</math>萬元；取得動脈粥狀硬化造影劑APD之臨床試驗相關申請；完成FAPI腫瘤核醫治療藥物之劑量評估及毒理試驗，建立原料藥之品質文件。完成具有分辨4種材質功能之能譜Micro-CT，以3例造影驗證系統性能。</p> <p>4：建立電漿直接熔融整合系統、建立CO<sub>2</sub>分離膜測試系統、建立有機太陽電池溶液複合製程之光電化學綠氫及綠鋰技術、建立1,200V高電壓電子元件技術、建立先進邏輯晶片耐輻射可靠度驗證技術，促成原子物理新穎科技於產業推廣效益最大化。外委收入合計2,650千元。</p> <p>5：完成本土化MW級整合能源系統(IES)建置，進行熱電能調度驗證、30片裝電解堆效能測試、電能模組診斷技術開發、IES孤島模式控制策略研提、及IES階段式復電管理策略研析。</p>	<p>容器(HIC)使用許可申請書1份並提出使用許可申請；完成前處理串接濃縮氫處理程序之實場測試。</p> <p>2-</p> <p>1：完成遠端搖控除役拆解技術實體模型建置與實體模型拆解測試；高載重C1容器及低成本55加侖桶各達成1家(含)以上廠商推廣應用；完成影像辨識模型與廢棄物管理及設備儀器數據系統整合，並完成智慧警示及資訊視覺化功能。</p> <p>2-</p> <p>3：完成受損燃料及受損燃料罐操作工具之研製；完成一項再處理廠建置案例模擬報告1份；完成目前可獲得的膨潤土備選材料之分析報告1份。</p> <p>3-</p> <p>2：取得動脈粥狀硬化造影劑APD之1家醫院IRB及IND申請；完成FAPI腫瘤核醫治療藥物之劑量評估及毒理試驗2份；建立原料藥之品質文件2份。</p> <p>3-</p> <p>3：完成含AI擴增技術之能譜Micro-CT造影系統，使2能階硬體設備達分辨4種材質，並以3例老鼠造影進行系統驗證。</p> <p>3-</p> <p>1：加速器當機率<math>\leq 10\%</math>，完成中子源與細胞治</p>	
--	---	---	--

		<p>療相關技術開發，通過衛福部PIC/S GMP後續查廠，技服收入<math>\geq 8,650</math>萬元。</p> <p>4-1：完成<math>\geq 200</math> kW電漿直接熔融處理工業廢保溫材料系統整合建置與驗證，累積操作時間<math>\geq 300</math>小時，提出核電廠保溫棉低放廢棄物處理規劃書。完成煙道氣20LPM以上組件之CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>分離場地測試。爭取外委計畫，收入至少1,500千元。</p> <p>4-3：完成高電壓電子元件技術開發與製作，工作電壓達1,200V以上；完成90 nm製程以下邏輯晶片質子輻射測試系統建置。外委收入850千元。</p> <p>4-2：完成雙晶變型(dual meta-morphic)光電化學綠氫技術，產氫效率大於20%，製鋰效率達1 mg kJ<sup>-1</sup>，達300千元。</p> <p>5-1：完成IES熱電能裝置容量與配置最佳化分析模組，反應器模組與其他模組之整合研究，並與30片裝電解堆實體(產氫量<math>\geq 100</math> g/h、產氫效率<math>\geq 80\%</math>)進行效能比對。</p> <p>5-2：完成MW級整合能源系統(IES)建置，進行熱電能調度驗證與電能模</p>	
--	--	---	--

		組診斷技術開發，開發IES孤島低頻卸載策略，確保頻率穩定於59.5Hz以上，並提出動態IES區域電網階段式復電管理策略。	
--	--	--	--

說明：

### 三、 主要工作項目推動具體成果

1. 研析 NuScale SMR 國際文獻，整理建模所需的設計參數，研究嚴重事故分析程式 MAAP5 的分析模式與模擬方法，並使用 MAAP5 程式建立被動式安全功能模擬所需之反應器分析模式(圖 1-1)，完成穩態模擬與 NuScale SMR 之 3 項重要設計參數比對(系統自然循環流量、系統壓力及爐心出口水溫)，研究過程中多次與程式開發商討論穩態模式建立之參數設定方式，以優化穩態模擬結果，使其更趨近 NuScale SMR 重要設計參數值，完成「壓水式小型模組化反應器之嚴重事故分析模式建立與案例分析」報告。
2. 解析壓水式反應器調節功率的物理基礎、影響功率的各種要素及反應度控制方法，完成因應爐心功率動態調整的 SIMULATE-3 爐心計算輸入/分析模式並成功進行法國負載追隨控制的爐心功率升降載模式 A、G 及 X 的爐心功率快速調節的模擬，軸向功率偏差皆符合需求(圖 1-2)。模擬核三廠二號機運轉週期 27 升降載的軸向功率偏差結果並與電廠量測數據驗證比對，計算結果與量測值趨勢一致，驗證本模型的正確性與可靠性，並完成「壓水式核電廠功率快速調節的反應器物理機制與技術」報告。

3. 以 Semiscale 自然循環實驗的系列 2 與系列 3 實驗數據驗證 RELAP5-3D 程式適用於模擬單相、雙相及回流等自然對流的現象，完成 RELAP5-3D 之基礎穩態模式建立，以及完成靈敏度案例模式建立與分析，其物理現象及參數與實驗數據的變動趨勢一致(圖 1-3)。完成「Semiscale 自然循環實驗 RELAP5-3D 分析」報告。
4. 完成比利時 MYRRHA 加速器驅動次臨界反應器 MCNP 中子計算模式建立，並初步比較重要物理參數，與比利時 SCK•CEN 設計一致(圖 1-4)。完成加速器驅動系統金屬冷卻系統之穩態模擬分析，並與國際文獻比對，爐心燃料通道進出口溫度誤差小於 2%、燃料護套溫度的誤差小於 6.2%，皆符合訂定之誤差小於 10%之標準，證明模式可信度，並完成「MYRRHA 加速器驅動次臨界反應器系統燃耗計算分析模式建立」報告。
5. 完成「強風風力危害分析方法與案例應用」、「以定量方法強化能源基礎設施應對廠外事件安全防護作法之案例分析」、「能源基礎設施因應設計變更之風險評估案例分析」研究報告與「人為認知誤失評估模式研究」等 4 份研究報告，就能源基礎設施安全分析之定性與定量作法差異進行研析比

較，並建立影響能源供應基礎設施組態變更案例之風險變化評估方法與人為認知誤失分析模式，後續可供我國能源基礎設施精進安全防護作為與導入系統科學化量化風險評估之指引參考(圖 1-5)。

6. 基於應對廠外事件安全防護作法之研究，以「Technical Issues and Practical Solutions Regarding Crediting FLEX Strategy in PRA」為題，投稿 2025 年 ASINCO-15 國際會議論文並發表，與日韓專家技術交流。

7. 完成複循環機組 PRA 模式 WinNUPRA/INERISKEN 程式轉換驗證，可供未來與其它 PRA 計畫所發展之分析工具/程式整合應用(圖 1-6~1-7)。

8. 成功爭取台灣中油洲際與台塑石化麥寮兩座 LNG 接收站儲槽興建統包工程之量化風險評估工作，偕同業主落實能源基礎設施建造營運安全之風險管理，戮力達成政府增氣減煤之能源政策目標，強化供電韌性。

9. 完成旁熱屏蔽固定夾具(夾持力 2 公噸)建置，旁熱屏蔽固定夾具由吊具、固定底座、固定機構、底部支撐架等組件所構成，並通過荷重 15 公噸砝碼之吊重測試驗證符合功能需求。一段圓環形旁熱屏蔽以 24 組固定機構固定，兩兩一組用於固定 12 組切割塊，旁熱屏蔽固定夾具具備與水下切

割整合工作平台及切割機具相容結合之設計，以利執行切割測試(圖 2-1、圖 2-2)。

10. 完成 C3 容器(或稱為：高載重 C1 容器或箱型金屬包件)的試製(圖 2-3)與測試(圖 2-4)工作，並提交該容器使用申請書予主管機關審查；完成低成本 55 加侖鍍鋅鋼桶的設計與結構評估(圖 2-5)，以及塗裝的規劃與測試。

11. 完成廢棄物貯存容器影像辨識模型開發及驗證，包含黃桶、藍桶、太空包、C1、C2 等容器辨識測試(圖 2-6)，持續進行模型優化，影像辨識準確率達 95%，並完成「廢棄物盛裝容器影像辨識模型開發與可行性報告」。

12. 完成低放射性廢棄物分類之自動計算程式開發(圖 2-7)，建立自核種活度分析數據匯入至廢棄物分類及管理之一條龍式完整程序，以滿足法規對廢棄物管理之需求，完善低放射性廢棄物分類、管理及相關數據保存，相關技術已應用於核電廠運轉廢棄物管理，有助於提昇廢棄物貯存與最終處置的安全性。

13. 完成廢樹脂安定化設備之概念設計，並完成廢樹脂安定化設備(包含濕式氧化、轉化處理)之建置(圖 2-8)，並完成經濟分析(圖 2-9)。

14. 完成噸級廢棄物活度校正標準體(壓克力)開發設計及製作(圖 2-10)，射源均勻度經評估符合 ISO 8769-2 報告誤差 10%以內(5.6%)之要求，並完成「除役廢棄物校正假體開發設計與添加核種均勻度測試報告」。

15. 完成高完整性容器配比方案 M53-10 在 28 天齡期已達到抗壓強度 112 MPa 及收縮量 165  $\mu\text{m}/\text{m}$ ，符合設計目標抗壓強度  $> 80\text{MPa}$  及收縮量  $< 300 \mu\text{m}/\text{m}$ (圖 2-11)。

16. 完成高導電度無機含氫模擬廢液移除非氫核種(2% NaCl 鹽度背景下，放射性核種濃度  $1.5 \times 10^{-1} \text{Bq}/\text{mL}$  Sr-90、 $3.5 \text{Bq}/\text{mL}$  Cs-137)，經蒸發串接離子交換管柱(實驗室級設備)處理後(圖 2-12)，Sr-90、Cs-137 核種濃度分別降至 MDA(小於  $4.8 \times 10^{-4} \text{Bq}/\text{mL}$ 、小於  $8.55 \times 10^{-4} \text{Bq}/\text{mL}$ )以下，符合法規排放標準(Sr-90  $< 3.26 \times 10^{-2} \text{Bq}/\text{mL}$ 、Cs-37  $< 7.02 \times 10^{-2} \text{Bq}/\text{mL}$ )。

17. 完成環景導覽平台之建置與標註功能開發，並導入應用程序書數位化技術，彙整核一廠乾式貯存系統相關程序書與關鍵查核點，透過核電廠實際環景圖資匯入平台進行測試，完成環景導覽平台各項功能之驗證(圖 2-13)。同時完成「應用數位化技術於核電廠除役管理—以乾式貯存護箱裝載及運

送為例」評估報告。

18. 完成建置不銹鋼氣鹽誘發應力腐蝕龜裂行為設備(圖 2-14)，並完成設備模擬腐蝕環境之溫度參數(35°C~45°C)與相對溼度(45%-70%)之參數範圍評估工作，作為執行在氣鹽環境下之不銹鋼應力腐蝕龜裂實驗參數規劃基礎，並完成不銹鋼於腐蝕環境下表面條件及溫度對應力腐蝕裂縫影響之研究報告 1 份。

19. 完成用於監測乾貯密封鋼筒老劣化之被動式乾貯鋼筒腐蝕指示器研發(圖 2-15)。

20. 完成用過核子燃料護套特性實驗設備、分裂氣體量測設備等 2 項設備之設計與建置，透過設備進行分裂氣體模擬量測(圖 2-16)，以及完成照射後燃料分裂氣體釋出行為技術報告、用過核子燃料護套於乾貯期間之特性及行為變化分析技術報告等兩份報告。

21. 研析美國沙瓦那河國家實驗室(Savannah River National Laboratory)所提出之國際研究論文，依據 API 579 規範完成相同對象之失效評定圖研究案例比對驗證(圖 2-17)，並完成「API 579 應用於密封鋼筒容許裂紋分析及國際案例評估」研究報告；依據 API 579 規範完成 INER-HPS 乾式貯存系統

之密封鋼桶 API-579 結構失效評定圖裂紋容許度評估研究 (圖 2-18)，完成「INER-HPS 乾式貯存系統之密封鋼桶 API-579 失效評定圖裂紋容許度評估」研究報告。

22. 完成核一廠室外乾貯之土壤-結構互制受震分析驗證(圖 2-19)；完成鋼筋混凝土結構受震擬靜態非線性側推分析(圖 2-20)。

23. 透過廣泛國際標竿研析，完成高放地質處置關鍵技術評估，為我國深層地質處置之工程規劃與長期安全論證奠定堅實科學基礎：(1)剖析 11 國地下實驗室演進趨勢，擘劃台灣泛用型實驗室發展路徑與合作策略(表 2-1)，完成「國際高放射性廢棄物最終處置地下實驗室資訊彙整與研析」報告；(2)探討厭氧微生物對核種之吸附轉化機制(圖 2-21)，強化生物地球化學屏障之評估依據，完成「厭氧微生物吸附核種之評估研究」報告。舉辦「地下地質探查與工程應用工作坊」，邀請國立台灣大學與中央大學研究團隊，針對地質模型建構、地下工程案例、地下實驗室發展、高低放貯存/處置共構等議題進行交流與討論(圖 2-22)。

24. 完成國際膨潤土礦源資訊蒐集，及依據處置設施工程障壁設計需求制定膨潤土礦源篩選準則與評估指標，並據此選

定三種目標研究材料(表 2-2)。

25. 本年度成果已完成國際模式比較及國際案例模擬驗證(圖 2-23)，不僅建立國際評估模式之比較基準，亦提升 RESRAD 系列程式之建模能力，並初步建立適用於本國低放評估情境之技術參考。相關成果可作為未來低放處置設施之環境劑量評估與安全技術開發之依據，有助提升國家長期輻射防護與環境管理技術能量。

26. 統計至 114 年 12 月 31 日，目前加速器年當機率 1.47%，技服收入 93,914 千元；服務 77,757 人次(圖 3-1~3-2)，委託清華大學完成雙功能中子靶站照射電流提升方案評估，熱流分析及中子能譜模擬皆已完成。雙功能靶站擴束準直器購案已於 114 年 09 月 12 日驗收，已規劃進行擴束實驗。已完成中子源冷卻水水道設計，新設計將配合明年雙功能中子靶站獨立冷卻水系統之建置進行安裝。細胞治療實驗室建置購案已於 114 年 09 月 01 日完成驗收作業，各品項皆符合契約書規範，並於 114 年 09 月 08 日完成結報，配合細胞治療技術，建立動物全血之單核球細胞分離程序，純度大於 85%(圖 3-3~3-4)。

27. 完成 APD 主持人手冊與 eCTD (通用技術文件)，進行臨

床試驗申請(IND)，童綜合醫院人體臨床試驗 IRB 已於 12 月 1 日審核通過，TFDA 審核意見回覆中；完成 Lu-177-NARI-FAPI 標誌測試，標誌效率為 99%，及室溫下經時安定性(於 7 天時放化純度 93%)，完成放射標誌及安定性技術報告 1 份；產出一批次 APD 原料藥 1.25 克，及一批次 APD 標準品 0.6 克，純度均在 97%以上，符合原料藥及標準品純度>95%之 GMP 規範(圖 3-5~3-6)。

28. 完成能譜 Micro-CT 影像重建 AI 模型之核心研發流程，包括影像雜訊與假影特性分析、模擬資料環境建置與多條件影像資料生成，並建立資料前處理、patch 切割與 margin 機制等訓練模組(圖 3-7)。開發能譜 Micro-CT 專用自監督式降噪模型，採用 SwinUNet 及遮蔽自編碼學習架構，並完成模型訓練、驗證與初步量化評估，確認模型具備低光子數影像之噪聲抑制與結構復原能力。已完成能譜 Micro-CT 光子計數偵檢器(PCD)與 X 光源之最佳組件規格匹配，並完成 PCD 硬體建置與成像測試。同時完成系統幾何結構、掃描模式與造影參數等關鍵系統參數設計。根據能譜 Micro-CT 系統影像解析度之模擬評估結果，當待測物直徑約為 100 mm (大鼠尺寸)時，系統可達到約 50  $\mu\text{m}$  之影像空

間解析度，符合目前商用能譜 Micro-CT 用於臨床前小動物  
成像之規格要求(圖 3-8)。

29. 「高溫電漿應用技術研究與開發」計畫：(1)完成 $\geq 50\text{kW}$   
電漿直熔系統建置，累積操作時間達 300 小時。電漿功率最  
大可達  $71\text{kW}$  ( $86\text{V}$ 、 $830\text{A}$ )，當電漿功率  $69\text{kW}$  時，冷卻水  
功率為  $6.8\text{kW}$ ，此時最高的電能轉換熱能效率為 90%。(圖  
4-1~4-2)(2)完成棒狀保溫棉成型技術及相關進料設備設計，  
並完成電漿直熔棒狀保溫棉測試，玻璃化產物密度可達  $1.1$   
 $\text{g}/\text{cm}^3$ 。(圖 4-3~4-6) (3)外委收入 598.6 千元。

30. 「前瞻綠能材料關鍵技術開發」計畫：(1)建立光電化學  
綠氫/綠鋰技術開發，完成具保護功能之光電化學綠氫晶片  
封裝，有效隔絕電解液對電極之腐蝕。經實驗驗證，太陽製  
氫(STH)效率達 17.4%，電流密度衰退率低於  $0.5\%/171$  小  
時，提升產氫電極之使用壽命。(圖 4-7) (2)完成提鋰用固態  
電解質膜材料測試，經  $900^\circ\text{C}$ 、8 小時大氣環境退火後，其  
離子電導率達  $5.60 \times 10^{-4} \text{ S}/\text{cm}$ 。(圖 4-8) (3)外委收入 2,850  
千元。

31. 「化合物半導體應用技術開發」計畫：(1)完成 GaN-on-  
Si 異質磊晶技術開發，於緩衝層中導入超晶格結構，使薄

膜缺陷密度降至  $5.79 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}$ ，成功製備高品質 GaN 磊晶片。計畫亦成功製作 GaN HEMT 結構，於 GaN 基層上成長 AlGaIn 障壁層，以極化效應誘導形成高濃度二維電子氣 (2DEG)，其極高的載子濃度和優異的電子移動率，使其可應用於高功率或高頻電子元件。(圖 4-9~4-11) (2)完成降能系統設計，並配合本院 30MeV 迴旋加速器，獲得 10.9 MeV、15.5 MeV、20.2 MeV 等能量質子，可作為後續太空晶片驗證技術劑量評估應用(圖 4-12~4-14)。20 MeV 以下太空晶片測試系統提供臺 O 醫學大學與鉍 O 光電公司技術服務，為其進入太空產業提供可靠的產品資訊，鉍 O 光電公司亦參展 114 年台北國際航太暨國防工業展覽會。(3)外委收入 422.75 千元。

32. 建置 IES 動態分析模擬平台，開發動態模擬模組，以壓水式反應器作為 IES 的熱源，依需求分配供汽渦輪機發電及 HTSE 產氫，並將產氫後餘熱蒸汽回送系統循環再利用(圖 5-1)。以本案例模擬結果顯示，未導入餘熱回收時平均熱電轉換效率約為 50%，導入後可提升至 52%，可作為後續熱電能配比、調度及裝置容量分析之模擬與評估基礎(圖 5-2~5-3)。

33. 完成 IES 反應器模組之穩態模擬，與結果 FSAR 一致，

並進行最大功率變動為 5%/min 之案例分析。

34. 完成蒸汽電解堆軟體模組開發與測試，與產氫效率達 86%之實體單片電解堆實驗數據相比對，誤差在 2%以內；利用前述模組模擬將產氫餘熱回收再利用，組裝成具有內循環系統的 HTSE，產氫效率可提高至 90.3%(圖 5-4)，可作為 HTSE 與 IES 系統整合之性能評估使用。

35. 舉辦 IES 產官學研專家座談會，與會單位包括：台灣智慧電網產業協會、清華大學、台○電、台○新智能、健○科技、台○儲能、聯○氣體等，探討我國 IES 產業未來發展方向，完成國內 IES 市場發展分析及產業化評估(圖 5-5)。

36. 完成 50kW 熱電能轉換模組實體建置及監控介面開發，並將發電資訊整合至微電網能源管理系統顯示(圖 5-6~5-8)。

37. 完成小型高壓供電系統 Simulink 模型，模擬饋線口淨負載量變動下，根據反應器模組(升降載 5%/min)與儲能(秒級調控)響應特性，提出實/虛功之分頻協調補償策略，並於微電網進行慢速與快速追隨負載變動之協調控制測試，據以模擬 IES 系統負載追隨能力(圖 5-9~5-11)。

38. 分析再生能源發電不確定性，並進行區域電網電力潮流模擬與短路故障分析，計算未進行轉供復電最佳化的電網電

壓分布，以及儲能系統等發電設備輸出之短路電流大小是否符合電業規範。研析反應器模組併聯區域電網的電力潮流優化策略，並利用實際饋線資料進行模擬，驗證饋線發生事故而實施轉供時，系統電壓可穩定於 95 至 101%(圖 5-12)。

## 貳、經費執行情形

### 一、全程經費

單位：千元；%

各年度	預算數 (F)	實支數 (G)	節餘數 (H)	保留數 (I)	年度執行數 (J=G+H)	年度達成率(%) (K=J/F)	決算數 (G+I)
114	222,242	220,888	601	753	221,489	99.66%	221,641
115	0	-	-	-	-	-	-
116	0	-	-	-	-	-	-
117	0	-	-	-	-	-	-

## 二、年度經費

單位：千元；%

	114 年度						備註
	預算數(a)	初編決算數			節餘數(e)	執行率 (d/a)	
		實支數(b)	保留數(c)	合計 (d=b+c)			
總計	222,242	220,888	753	221,641	601	99.73%	
一、經常門小計	128,268	126,984	753	127,737	601	99.59%	
(1) 人事費	0	0	0	0	0	%	
(2) 材料費	42,365	0	0	0	0	0.00%	
(3) 其他經常支出	85,903	126,984	753	127,737	601	148.70%	
二、資本門小計	93,974	93,904	0	93,904	0	99.93%	
(1) 土地建築	0	0	0	0	0	%	
(2) 儀器設備	53,058	93,904	0	93,904	0	176.98%	
(3) 其他資本支出	40,916	0	0	0	0	0.00%	

註：

1. 初編決算數：因績效報告書繳交時，審計機關尚未審定決算，故請填列機關初編決算數。
2. 實支數：係指工作實際已執行且實際支付之款項，不包含暫付數。
3. 保留數：係指因發生權責關係經核准保留於以後年度繼續支付之經費。
4. 預算數：原則填寫法定預算數，如立法院尚未通過總預算，則填寫預算案數。
5. 執行率：係指決算數佔預算數之比例
6. 節餘數：係指執行政府節約措施、辦理招標、匯率變動或工程完工，致經費節餘未辦理保留者。

## 1. 經費支用說明

1. 本年度編列經常門業務費 131,340 千元，估計畫總經費 59.09 %。主要用途為支應計畫執行所需之實驗物品材料、設備設施維護、水電清潔、國內外公差、委託學術單位研究等費用。累計至 114.12.31 預算達成率為 99.47 %，分配數執行率為 99.47 %。

2. 本年度編列資本門設備費 90,902 千元，估計畫總經費 40.91 %。主要用途為支應購置計畫執行所需之機器設備，資訊軟體設備、系統開發費、雜項設備費。累計至 114.12.31 預算達成率為 99.93 %，分配數執行率為 99.93 %。

3. 本年度預算累計至 114.12.31 合計：年計畫經費達成率為 99.66 %，年分配經費執行率為 99.66 %。

4. 本計畫辦理流用，關帳後-年計畫經費經常門為 128,338 千元；資本門為 93,904 千元，將辦理二次流用。

## 2. 經費實際支用與原規劃差異說明

1. 「Ga-68-APD 核醫藥物臨床試驗申請(IND)服務之工作」採購案：本案勞務委託廠商已向衛生福利部食品藥物管理署提出臨床試驗申請(IND)，目前尚待食藥署審查中。後續仍需由勞務委託廠商依審查意見進行資料彙整及回覆作業，致無法於年度結束前完成驗收、結報及付款，爰需辦理經費保留新臺幣 598,800 元，預計於 115 年 6 月底前完成履約結報。

2. 「分析儀器耗材、化學藥品、細胞培養耗材及實驗室用品一批」採購案：本案已完成第一、二期款驗收並結報金額共計新臺幣 280,545 元，惟第三期款因廠商耗材期貨缺料，致無法於年度結束前完成驗收、結報及付款，爰需辦理經費保留新臺幣 154,455 元，預計於 115 年 1 月底前完成履約結報。

## 參、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，亦即請填寫起始年累積至今之主要成就及成果之價值與貢獻度。)

### 一、學術成就(科技基礎研究)

1. 使用 MAAP5 程式建立被動式安全功能模擬所需之反應器分析模式，穩態分析結果與 3 項電廠重要設計參數比對，偏差小於 5%，完成研究報告 1 份；研析反應器負載追隨物理機制、反應度控制方法，並與電廠案例驗證，完成研究報告 1 份；驗證系統熱水流程式模擬自然對流能力及適用範圍，完成研究報告 1 份；完成加速器驅動次臨界反應器系統液態金屬冷卻系統穩態狀況模擬分析，驗證爐心進/出口溫差小於 10%。
2. 以能源發電與供應設施為分析案例，建立強風風力危害分析方法與案例應用，完成以定量方法強化能源基礎設施應對廠外事件安全防護作法之案例分析，比較定性與定量作法的差異性，並從定量危害分析特性著眼，界定建立不同應變級別要求，相應投入必要人/物力預防措施，提高基礎設施與人員生命財產的安全性，後續可做為我國能源基礎設施精進安全防護作為、抑低災損與未來導入系統科學化量化風險評估之指引參考。
3. SCI 論文「Dismantling strategy and methodology for the TRR irradiated graphite waste」114 年 6 月 20 日投稿 Annals of Nuclear Energy，114 年 10 月 25 日已獲期刊接受同意發表。此研究探討台灣研究用反應器(TRR)中受輻照石墨構件的拆除工作，面臨獨特的技術與輻射挑戰。本研究提出一套非破壞性拆除策略，旨在安全回收與處理石墨反射體塊。該策略借鑒國際經驗，特別是英國 GLEEP 與 WAGR 反應器的案例，選擇以真空吊取作為主要的拆除方法，因其能有效降低粉塵產生，且適用於低輻射環境。TRR 的石墨反射體由 600 餘塊石墨塊構成，排列為內外同心圓環結構。針對不同石墨塊幾何形狀，研製了多種專用的真空吸盤進行拆除作業。同時設計並建置了一套石墨真空吊具系統，包含遠端控制、攝影監控與不斷電系統，以確保操作的安全性與精準性。透過對多種真空吸盤類型進行負重測試，驗證了其吊掛效能與系統穩定性。本研究展示了一種實用且安全的研究反應器石墨拆除方式，並為其他低放射性石墨廢棄物的回收處理提供了寶貴的參考經驗。
4. SCI 論文「Environmental Factors Influencing Stress Corrosion Cracking Behavior of Austenitic Stainless Steels in Simulated Seawater」，114 年 7 月 16 日投稿 Materials，114 年 9 月 9 日已獲期刊接受同意發表。本研究採用白色金鋼砂模擬灰塵堆積狀態，於兩種溫度(35°C 與 45°C)及三種相對濕度(45%、55%與 70% RH)條件下進行腐蝕測試。測試的氯化物濃度為 0.1 g/m<sup>2</sup> 與 1g/m<sup>2</sup>，測試時間為 8000 小時與 23000 小時。結果顯示：在 45°C 與 70%相對濕度條件下，當氯化物濃度為 0.1 g/m<sup>2</sup> 時，經白色金鋼砂沈積測試 8000 小時後出現會出現應力腐蝕龜裂(SCC)現象。相對地，在氯化物濃度為 1 g/m<sup>2</sup> 的條件下，PTFE 間隙形成器測試樣品於相同時間內會出現連續穿晶腐蝕龜裂現象。這些結果顯示鹽負載與環境嚴苛程度在應力腐蝕龜裂起始過程中的

關鍵作用。

5. SCI 論文「Study on NUREG-2215 Regulatory Condition for Reflooding of the Previously Dried High-Burnup Spent Nuclear Fuel is Not Allowable During the Dry Storage Retrieval Process: A Case Study of Taiwan」，114 年 10 月 28 日已獲 ASME Journal of Nuclear Engineering and Radiation Science 期刊接受同意發表。此研究主要探討美國核能管制委員會發布之 NUREG-2215 審查指引中，關於禁止對先前已進行乾燥處理之高燃耗用過核子燃料進行再注水(reflooding)的管制條件，經評估美國與台灣管制背景、與徑向氫化物(radial hydride)生成相關之高燃耗燃料特性(包含燃耗值、護套材料、護套表面最高溫度、氫化物方位重排臨界應力及熱循環次數)、可能的再取出設施與再取出作業程序後，本研究證實 NUREG-2215 中的管制條件及 NUREG-2224 建議之方法，可適用於台灣未來的室內乾式貯存設施。本研究結果可提供國內高燃耗燃料未來後端營運管理之法規技術依據。
6. SCI 論文「A Study on Maintenance and Management Mechanisms of Heat Exchangers in Spent Fuel Pool Systems during Nuclear Facility Decommissioning Transition」，114 年 06 月 19 日投稿 International Journal of Pressure Vessels and Piping，114 年 10 月 31 日已獲期刊接受同意發表。此研究主要聚焦在用過燃料池冷卻淨化系統熱交換器之維護管理議題進行研析，對於該設備在週期性之檢查且依照設備原廠手冊之建議，除非熱交換管(細管)積垢嚴重造成熱效能明顯下降，或管側進出口壓力差明顯變化時才執行細管分解檢查。研究藉由可能之老劣化機制及計算流體力學數值模擬分析，建議針對熱交換器需定期拆解檢查，避免文章中提及之劣化現象發生，導致含放射劑量之用過燃料池水外漏。
7. SCI 論文「Safety assessment of existing nuclear power plants subjected to wind-bornemissile impact of wind turbine blades」，114 年 7 月 1 日投稿 International Journal of Pressure Vessels and Piping，114 年 11 月 10 日已獲期刊接受同意發表。本研究旨在評估位於台灣北部既有核能電廠附近之風場進行機組更新後，所產生的風力飛射物(Wind-borne missiles)對於核電廠重要建築結構的潛在影響。本研究模擬結果顯示，斷裂風機葉片的預估飛行範圍並未觸及核能電廠內的任何關鍵設施；此外，依據深度防禦(Defense in depth)的概念，評估關鍵建築結構即使承受飛射物撞擊，其貫穿範圍與深度不足以影響重要建築結構的安全性或功能性。
8. 完成「Exploring the Therapeutic Potential of  $^{177}\text{Lu}$ -PSMA-617 in a Mouse Model of Prostate Cancer Bone Metastases」並獲國際期刊「International Journal of Molecular Sciences」刊登(Int J Mol Sci. 2025 Jun 21;26(13):5970.，IF：4.9)。本研究於臨床前相關的前列腺癌骨轉移模型中，首次系統性評估  $^{177}\text{Lu}$ -PSMA-617，展現高放化純度、良好穩定性與對 PSMA 陽性腫瘤的高度專一性。動物實驗顯示其具高腫瘤攝取、優異腫瘤對背景比及劑量依賴的存活延長效果，安全性良好，具發展為前列腺癌精準診療放射藥物的潛力。
9. 完成「Microcurrent stimulation improved the skin penetration and wound healing effect of allantoinic fluid-derived exosomes hybridized with tetrapeptide nanoparticles」並獲國際期刊「Journal of Industrial and Engineering Chemistry」刊登(Journal of Industrial and

Engineering Chemistry 2025, doi:https://doi.org/10.1016/j.jiec.2025.09.046. , IF : 6.0)。  
本研究開發高包封效率的四肽奈米混合外泌體，並結合微電流刺激以提升皮膚滲透與慢性傷口修復效果。結果顯示其可顯著增加滲透量、促進細胞遷移、提升膠原與彈性蛋白生成，並抑制發炎因子 TNF- $\alpha$ /IL-6。動物實驗亦證實具改善傷口與皮膚紋理之效果，且安全性良好。

10. 完成「Short-chain dense brush PEGylation on rigid nanocarriers overcomes anti-PEG antibody recognition for immune-stealth drug delivery」並獲國際期刊「Biomaterials」刊登(Biomaterials. 2025 Nov 13;328:123854. , IF : 12.9)。本研究以短鏈、高密度 PEG500 刷毛修飾剛性奈米多孔二氧化矽(MSN)，成功降低抗 PEG 免疫辨識。PEG500 具較低表位暴露、較高排斥屏障並避免鏈回折，使抗 PEG IgG/IgM 結合降至近背景值。MSN-PEG500 具長循環、高腫瘤攝取，且在抗 PEG 敏化小鼠中維持抗腫瘤效果並避免 PEG2000(如 Lipodox)引發的補體介導過敏毒性，提供設計免疫閃避奈米藥物的可行策略。
11. 本計畫完成具備 X 光射束硬化假影抑制物理模型之影像重建演算法開發，並透過系統化的模擬與實驗數據進行效能驗證。結果顯示，所提出方法能有效降低射束硬化造成之重建失真，並顯著提升樣品內部微小缺陷的辨識能力。相關研究成果已以「Iterative Reconstruction with Local Beam Hardening Correction for Reliable Computed Laminography without Prior Knowledge」為題投稿至國際期刊 Journal of Nondestructive Evaluation(IF : 2.4)。
12. 「Accurate Evaluation of Fast-Switching, Low-Driving-Voltage Electrochromic Devices Based on Tin-Doped Nickel Oxide (Sn-NiO) Electrodes Using Machine Learning Techniques」已投稿至國際期刊「ACS Applied Materials & Interfaces」(IF : 8.2)。本研究係以電漿製備 Sn 摻雜 NiO 薄膜，當作新型鋰離子儲存層，藉由機械學習預測傳輸之電荷量，經 10,000 次充放電其鋰離子遷入/遷出，達 99.5%具優異可逆性。
13. 「Lithium-ion conductive glass ceramic membrane for electrochemical lithium extraction process」已投稿至國際期刊「Materials Letter」(IF : 2.7)。本研究係以製作並量測分析提鋰所需固態離子電導膜材料之退火優化技術為研發主軸。
14. 「Scalable Magnetron-Sputtered Indium-Doped WO<sub>3</sub> Nano-Antimicrobial Films with Atmospheric Plasma Surface Modification: Enhanced Photocatalytic Activity and Superior Bactericidal Effect under Visible Light」已投稿至國際期刊「ACS Applied Materials & Interfaces」(IF : 8.2)。本研究提出磁控濺鍍結合大氣電漿表面改質製程製備銦摻雜 WO<sub>3</sub> 奈米抗菌薄膜，透過含銦摻雜之比重，調控半導體之能隙，成功能在可見光照射下，滅菌率達成 100%，亦同步布局關鍵專利之應用。
15. 「Study on the effect of flow patterns on the performance of an anion exchange membrane water electrolyzer」已投稿至國際期刊「Journal of Electrochemical Energy Conversion and Storage」(IF : 1.9)。本研究以 COMSOL 軟體建模，改變不同陽極流道設計，對陰離子交換鹼性水產氫之影響。結果顯示，蛇形流道在氧氣排除、反應物分佈與壓降控制間達成最佳平衡，可有效降低過電位並提升電流均勻性，突顯蛇形流道為高

效率系統之最佳設計方案。

16. 「Realization of InAs photodiode operation on GaAs substrates using a coalesced quantum dot buffer technique」已投稿至國際期刊「Journal of Crystal Growth」(IF：2.0)。本研究提出聚合量子點緩衝層技術，成功克服 InAs 與 GaAs 高達 7.2% 的晶格常數差異，並於 4 英吋 GaAs 基板上成長高品質 InAs 紅外線偵測器，具有低成本生產優勢。
17. 「Raman mapping analysis of stress and defect correlation in GaN-on-Si epitaxial layers with and without superlattice structures」已投稿至國際期刊「SEMICONDUCTOR SCIENCE AND TECHNOLOGY」(IF：2.1)。本研究係以拉曼光譜偏移進行 GaN-on-Si 的磊晶缺陷與應力分析，利於後續元件可靠度提升。
18. 「Growth of high quality GaN on Si substrates with AlGaN buffer and superlattices」已投稿至國際期刊「JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH s」(IF：2.0)。本研究係利用多層漸變與超晶格緩衝層設計，可以有效減少缺陷，使 GaN-on-Si 缺陷密度降至  $9.92 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}$ ，提升元件性能。
19. 「Rapid Fabrication of LCO - LLZTO Composite Cathodes via Atmospheric Plasma Spraying for Solid-State Batteries」論文發表於 International Plasma Technology Joint Conference 2025 (IPTJC2025)。本文利用大氣電漿噴塗(APS)高溫熱電漿的特性，可直接製備全固態鋰電池的正極複合層。此製程無需真空設備亦不需使用黏著劑，具有沉積速度快與高生產效率等優點，顯示其具備應用於大規模量產的潛力。
20. 「利用電弧電漿濺鍍 NiFeV 薄膜電極實現高效率鹼性 3.5 wt.% 氯化鈉水溶液電解製氫之研究」論文發表於 The 20th National Conference on Hydrogen Energy and Fuel Cell - HEFC2025。本文介紹電弧電漿濺鍍 NiFeV 薄膜電極提升電流密度與穩定性促進鹼性海水綠氫產製能。
21. 「運用磁控濺鍍製備不同結構之陰極電極應用於鹼性水電解產氫研究」論文發表於 The 20th National Conference on Hydrogen Energy and Fuel Cell - HEFC2025。本研究以電漿磁控濺鍍法製備鉑觸媒陰極電極，並搭配碳紙電極組成陰離子交換膜水電解槽(Anion Exchange Membrane Water Electrolyzer, AEMWE)，在  $60^\circ\text{C}$ 、1.8 V 操作條件下，產氫電流密度可達  $220 \text{ mA/cm}^2$ ，電堆能量效率約為 68.3%。
22. 「以聚合量子點技術提升 InAs/GaAs 晶格不匹配材料系統之磊晶品質」論文發表於中國材料科學學會 114 年年會。本研究提出聚合量子點緩衝層技術，成功克服 InAs 與 GaAs 高達 7.2% 的晶格常數差異，並於 4 英吋 GaAs 基板上成長高品質 InAs 單晶薄膜，可作為中紅外線光電元件所需之磊晶模板，具大幅降低生產成本之潛力。
23. 「光電化學水解產氫用 GaInP/GaAs 雙界面電極的光電流匹配度之優化」論文發表於中國材料科學學會 114 年年會。本研究探討以雙界面電極內不同 GaInP 頂部電池的基層厚度，比較各個串接電池的量子效率電流，以優化在 AM1.5G 光照條件、無外加偏壓條件下(RHE=0 V)的光電化學產氫效率。其結果顯示以厚度為 1.2 微米的元件具有最高的還原電流密度( $-10.4 \text{ mA/cm}^2$ )，而 GaInP 厚度為 1.6 微米具有較好的特性穩定性。從 IPCE 的量測分析顯示電流比為 1.1 時，具有最高的 STH 效率，這對

後續高效率的模組、系統的應用開發具有關鍵性的影響。

24. 「III-V 族半導體光電極於中性緩衝溶液之光電化學水分解應用」論文發表於中國材料科學學會 114 年年會。本研究將 III-V 族雙接面半導體電極結合圖案化鉑觸媒及中性磷酸氫鉀電解液，有效提升太陽產氫效率及延長電極壽命，並在無外加電力下自發產生氫氣與氧氣。
25. 「Research on Intelligent Monitoring and Diagnosis Technology for Power Transformers」(NARI-18263)論文發表於 2025 年 6 月 15-20 日 2025 IEEE IAS Annual Meeting。本研究開發一套整合式能源之電力變壓器智慧監測與診斷系統，提供全面健康評估並支援預防性維護，其效能已於實際案例中驗證。
26. 「Optimization of Energy Recovery via Organic Rankine Cycle and Direct Expansion Using Genetic Algorithms」已投稿至國際期刊「Energy」(IF: 9.4)。本研究建構整合 LNG 冷能回收與發電之系統模型，並以基因演算法最佳化關鍵參數，於台灣操作條件下能源減量率達近 300%，展現提升效率與降低環境衝擊之潛力。
27. 「固態氧化物電解電池堆特性模擬分析」(NARI-18296)論文發表於 2025 年 6 月 18-20 日國際氫能與燃料電池學術研討會暨氫能與燃料電池技術論壇。本研究研析 Dymola 模組之建模方式及運作理論，分析操作參數(如溫度、壓力、流量、電流等)對蒸汽電解模組之性能影響，以求達到最佳之產氫效能。
28. 「以商用燃料電極支撐型固態氧化物電解電池進行蒸氣-二氧化碳共電解測試」(NARI-18282)論文發表於 2025 年 6 月 18-20 日國際氫能與燃料電池學術研討會暨氫能與燃料電池技術論壇。本研究針對蒸汽電解堆產氫效能，分別進行實驗與模擬分析，模擬結果與實驗數據擬合比對之誤差在 2% 以內，可作為往後發展蒸汽電解原型系統之應用。
29. 「小型高壓獨立供電系統建模研究」論文發表於 2025 年 12 月 14-15 日第四十六屆中華民國電力工程研討會暨第二十二屆台灣電力電子研討會。本研究建立壓水式小型模組化核反應器(PWR-SMR)的動態系統模型，並以此作為探討靈活負載調節與系統控制下負載跟隨研究。

## 二、技術創新(科技技術創新)

1. 因應 MCNP 無法執行次臨界模式下的燃耗計算之限制，本計畫自行開發 NAADS(NARI Automated ADS Depletion System)工具，利用最新版 MCNP6.3 建立可模擬含外加中子源的次臨界爐心。在燃耗計算方面，採用國際廣泛使用的 SCALE6.3/ORIGEN，並首創導入 TENDL 高能核截面資料庫，可模擬涵蓋高達 200 MeV 的高能中子能量範圍。本計畫建立之 ADS 模擬工具，可使用於外加中子源及高能中子能量範圍，已達到國際上先進國家 ADS 研發模擬技術水準。
2. 完成能源基礎設施應對廠外事件安全防護作法、能源基礎設施設計變更之風險評估方法論及案例分析，及人為認知誤失評估模式研究，有助我國能源基礎設施精進安

全防護作為與導入系統科學化量化風險評估之指引參考。

3. 完成「可拆解式水下切割整合平台裝置」中華民國專利(申請號：114138163)申請。本專利涉及一種水下金屬切割輔助平台，尤其是指利用電動或液壓馬達驅動機械式切割工具進行水下金屬切割，雙軸移動平台可以控制切削進給速度及切削深度。放射性金屬經過長時間中子活化，水下切割可以提供良好的輻射屏蔽，避免人員接受輻射劑量增加。雙軸移動平台方便控制進給及切削深度，可以應用於較大厚度的金屬組件，提高機具適用及自動化水平，為處理放射性廢棄物的重大突破。其中可分解之平台可克服設備因長期於水下作業發生故障時，須將切割平台及內部組件吊離水面維修之困境，以提高人員輻射防護安全及整體作業效率。
4. 完成「具有智慧辨識的核設施除役物的貯存管理系統」中華民國專利(申請號：114130518)申請。本專利提供一種具有智慧辨識的核設施除役物的貯存管理系統，其應用於核設施除役現場，包含影像擷取模組、分類辨識模組、尺寸辨識模組以及貯存空間模組。透過各個辨識模組對核設施除役廢棄物的各個處理站點進行智慧辨識，協助提升處理流程效率，以及避免錯誤的貯放而造成污染或重工等錯誤。
5. 完成「U形管狀反應器及反應裝置」中華民國專利(申請號：114140048)申請。本專利採用一種高溫氣固相反應設備，特別是應用於高溫爐內之觸媒反應塔，具備U型塔體結構，並結合雙端可拆卸式模組及底部卸料口之設計。藉由法蘭與膨脹石墨盤根密封技術，達成觸媒快速更換、流體分配均勻及高溫氣密性之效果。
6. 完成「可變密度球型校正用假體單元」中華民國專利(申請號：114128205)與「VARIABLE-DENSITY SPHERICAL CALIBRATION PHANTOM UNIT」美國專利(申請號：19/324,169)申請。基於市面上大型廢棄物輻射偵檢儀器之量測標的尺寸差異性，以往須各別開發適用假體進行系統校正與效能驗證工作，本專利開發之可變密度球型校正用假體單元，可適用於市面上各種核設施除役廢棄物偵檢設備之校正與性能驗證作業中。
7. 完成「被動式乾貯密封鋼筒腐蝕指示器」中華民國專利(申請號：114121620)申請，並已通過審核領證中。本專利採用四點加載應力的設計，尺寸為 20 cm × 12 cm × 1 cm、重量約 1 kg，完全被動(無須外接電源)，可對不銹鋼試片施加恆定應力，並依 ASTM G39 規範模擬我國乾式貯存設施中密封鋼筒的受力狀態。試片嵌入指示器後，可直接置於乾貯混凝土護箱進氣口深處；日後僅需定期取出檢查試片表面，再行置回，即可監測運轉中密封鋼筒於氣離子環境下的應力腐蝕與劣化行為。與現行乾貯鋼筒老劣化評估技術相比，本指示器具備結構簡單、體積小、重量輕、無需供電且不干擾系統運作等優點，可大幅降低檢測所需的人力、時間與成本。
8. 完成「雙相流傳輸分析系統及方法」中華民國專利(申請號：114123397)申請。本專利提出一種基於氣泡水效應與礦化封存原理的放射性核種氣液兩相傳輸分析裝置，可模擬  $^{14}\text{CO}_2$ 、 $^{14}\text{CH}_4$  等氣態核種於地下處置環境中進入含水孔隙後的氣液界面擴散行為。樣品經管柱通過介質後，氣相以 NaOH 礦化固定，液相密封保存，兩者皆可由液閃計數法(LSC)進行高靈敏度測定，可同步取得氣液擴散與分配係數。此技術能真實重現氣液共存情境，具高效率與分析穩定性，對最終處置安全評估具高

度創新應用價值。

9. 新穎長效型攝護腺癌 PSMA 放射標靶治療藥物榮獲第二十二屆國家新創精進獎；已完成多數臨床前試驗，將陸續完成臨床前試驗最終關鍵之 GLP 動物安全性驗證，為進入人體臨床試驗做準備。
10. 「多巴胺正子造影劑標幟前驅物芳香環硼氧衍生物之製造方法」的中華民國發明專利(I738101 號)及美國發明專利(US10,934,314B1)，榮獲 2025 年台灣創新技術博覽會(TIE)銀牌獎。本專利成功改善多巴胺正子造影劑標幟前驅物芳香環硼氧衍生物之製造方法。
11. 「幾丁質酶-3-類似蛋白-1 中和抗體及其用途」的中華民國發明專利 (I846107 號)，榮獲 2025 年台灣創新技術博覽會(TIE)銅牌獎。成功研發 YKL40 中和性抗體，進一步結合放射性同位素鈾-111 與鎰-177 進行標靶診斷與治療藥物開發。
12. 「複合物、造影劑及治療與 CXCR4 接受體相關疾病的用途」於 2025 年榮獲歐盟發明專利(EP3991756 號)，保障動脈粥狀硬化造影劑 APD 藥物未來於歐盟的銷售智財。
13. 「白蛋白雙重結合功能之纖維母細胞活化蛋白化合物或其鹽」獲得中華民國發明專利(I879182 號)，保障纖維母細胞活化蛋白化合物 FAPI 藥物未來的銷售智財。
14. 完成「結合區域性射束硬化校正物理模型之迭代式 X 光三維影像重建方法」中華民國發明專利申請 1 件(申請號 114128580)。本技術提出一新式 CT 重建演算法，將區域性射束硬化校正之物理模型直接整合於迭代式重建流程中，可於重建階段有效補償射束硬化效應所造成之假影，同時維持樣品內部微小結構的邊界清晰度，避免傳統抑制方法常見之影像模糊問題。此創新方法能顯著提升微小缺陷的辨識能力，具高解析 X 光檢測應用潛力。
15. 完成「降低 CT 影像金屬假影之方法」中華民國發明專利領證(專利號：發明 I872965 號)。本技術運用光子計數式電腦斷層(PCD-CT)之能譜量測特性，結合材質解析演算法生成類虛擬單能量影像，從影像形成端有效降低射束硬化效應，進而抑制金屬假影。相較於傳統 CT 金屬假影抑制主流技術(如正弦圖塗抹法)，本方法除能顯著減少金屬假影外，亦能保留高衰減金屬周邊正常結構之真實形貌，避免影像模糊。
16. 完成「用於雙能量 X 光成像系統之有效原子序計算方法」馬來西亞發明專利領證(專利號：MY-208249-A)。本技術突破傳統雙能量 X 光行李安檢系統常用之多項式近似法在有效原子序估算上的精度限制，利用更具物理基礎之計算模型，提高有效原子序推估準確度約 40%。此提升可改善塑膠炸彈等低原子序、難檢材質之辨識能力，強化 X 光安檢系統對違禁品之檢出效能，具有提升我國飛航、邊境與國土安全之重要技術價值。
17. 「高效率長壽命電漿直接熔融方法」中華民國發明專利於 114 年申請，申請案號 114135765。本專利利用高溫電漿直熔高熔點工業廢棄物，使其瞬間玻璃化，大幅提升處理效率與能量利用，避免傳統爐體高能耗，具備節能環保優勢。

18. 「用於海水產氫之鍍製多元合金之多孔觸媒結構之製作方法」中華民國發明專利於 114 年申請，申請案號 114111242。本專利使用含電弧複合電漿，快速鍍製成附著性強比表面積高的抗海水腐蝕多層次多孔膜，可以在相對低電壓下快速而且穩定地生產氫氣。
19. 「雙向電致變色抗菌裝置及其製造方法」中華民國發明專利於 114 年申請，申請案 114137360 號。本發明係有關於一種雙向電致變色抗菌裝置之製造方法，尤指涉及一種具備寬光譜調控與抗菌功能之雙功能性能，特別係指適用於快速軍用護目鏡及智慧光學裝置。
20. 「氮化物半導體磊晶於矽基板上之薄層結構」中華民國發明專利於 114 年申請，申請案號 114134363。本專利提出一種氮化物半導體磊晶結構，特別係針對於在矽(Si)基板上進行 GaN 系材料磊晶時之緩衝層設計，導入特定組成與厚度的超晶格結構，以有效降低差排密度與提升磊晶薄膜品質。
21. 完成「離線式測距電驛標置模擬裝置及其方法」中華民國發明專利於 114 年申請，申請案號 114136149。本專利針對具有分支型 T 接點電力饋線拓撲結構的測距電驛標置方法進行了改良，並建立一套圖像化識別方法，可供使用者迅速判斷標置設定值的有效性及保護範圍。
22. 完成「配電系統之保護協調設定方法」中華民國發明專利於 114 年申請，申請案號 114139022。本研究對原生電驛曲線函數進行對數等比切割、反對數轉換的數值分析方法。相較於模擬退火演算法，可迅速提供俱保護協調時距的時間電流數組。

### 三、經濟效益(經濟產業促進)

1. 發展核反應器爐心功率快速調節策略賦予核電廠負載追隨能力，可配合電網中的間歇性再生能源並根據電力需求的變化調節反應器功率，強化電網的穩定性和可靠性，亦可提高核電廠的經濟性和競爭力。
2. 完成複循環機組量化風險評估模式之 WinNUPRA/INERISKEN 程式轉換驗證，可供未來與其它能源基礎設施量化風險評估計畫所發展之分析工具/程式整合應用，有助提升能源基礎設施量化風險評估實務應用之技術服務量能。
3. 執行技術服務案包括「核二廠及核三廠用過核子燃料室內乾式貯存作業前燃料完整性評估」、「軌道式解除管制量測系統開發」及「核一廠用過核子燃料乾式貯存設施採購帶安裝案」等，成功將自主研發技術導入並落實於核電廠應用場域，創造技術服務收入約新台幣 66,386 千元，展現研發成果之產業應用價值。
4. 本年度加速器全年當機率僅 1.47%，確保核醫藥物穩定供應，核醫藥物與技服收入達 93,914 千元，累計服務 77,757 人次，有效提升臨床影像診斷量能。已完成雙功能中子靶站照射電流提升方案評估及相關模擬，並完成擴束準直器驗收，可支援半導體晶片可靠度測試、材料輻照分析驗證，補足國內輻照檢測缺口。中子源冷卻水道設計完成，並將配合獨立冷卻系統施工，有助提升照射服務穩定度與擴充量能，

強化材料及晶片產業之驗證服務並創造持續經濟效益。

5. 動脈粥狀硬化造影劑 APD 已分別於 2024、2025 年取得美國(US11,951,091 B2)與歐盟(EP3991756 號)發明專利，確保在心血管疾病罹患率最高的國家保有最佳的商業效益。
6. 完成 Lu-177-NARI-FAPI 的高效率放射標誌技術(標誌效率 99%)與室溫經時安定性驗證(7 天放化純度 93%)，可大幅提升國內放射性藥物自主研製能力。高標誌率與可量產的安定性條件，有助於後續製程標準化、成本降低及技術移轉可行性，進而吸引國內外生技與核醫產業投入後續臨床及商品化開發。
7. 開發能譜 Micro-CT 專用之 AI 影像重建模型，採用自監督式學習與 SwinUNet 架構，建立具自主知識產權之骨幹模型，可整合至國產 Micro-CT 或其他非破壞性檢測設備。此技術可協助國內業者提升影像品質、降低設備校正與掃描成本，並強化演算法與硬體模組的整合能力，有助於推動國內醫材設備智慧化升級，提升競爭力並擴大在精密檢測與生醫成像市場的應用機會。
8. 本計畫開發之三維 X 光成像技術成功協助捷○科技由 AOI 技術跨入高附加價值 AXI 系統開發。113 年簽訂「電路板 X 光檢測三維成像」技術服務案(1,000 千元)，本團隊完成 AXI 雛形系統之硬體建置與驗證；114 年再續簽「電路板 X 光檢測三維成像演算」技術授權案(1,400 千元)，提供影像校正與 3D 重建等關鍵演算法。此成果展現本院技術成熟度，並有效促進國內檢測設備產業之技術升級與產品多元化發展。
9. 本計畫開發之高溫電漿直熔技術，可在瞬間將高熔點工業廢棄物玻璃化，相較傳統長時間加熱之爐體，可大幅降低單位廢棄物處理之用電與燃料成本，具明顯節能與減碳效益。藉由額定 80kW 電漿系統與累積 300 小時穩定運轉實績，可作為後續放大建廠與模組化商品化的重要示範，未來可導入保溫材料、耐火材料、焚化飛灰等多種難處理之直熔與玻璃化產線，帶動國內電漿電源、電漿槍體設計、冷卻系統及控制模組等周邊產業鏈。另本計畫建立之電漿光譜量測與監測技術，可望發展成為電漿處理之智慧感測模組，提供廠商導入即時監控與品質保證的附加價值服務，未來具有技術授權、設備輸出與維運服務等商業模式，對我國環保工程與循環經濟相關產業具實質促進效益。
10. 開發 III-V 半導體光電化學產氫技術，可提升國家能源自主性與科技競爭力，減少對進口能源的依賴。同時，相關製程與設備的需求能帶動半導體與氫能產業鏈的投資，促進高附加價值產業的成長。此技術也能創造工程、材料與製造等專業就業機會，提升產業競爭力與國家在全球綠能市場的布局潛力。
11. 20 MeV 以下太空晶片測試系統，執行臺○醫學大學與鉦○光電公司技服應用，協助國內產業驗證其元件輻射耐受度資訊，亦促使鉦○光電公司參展 114 年台北國際航太暨國防工業展覽會，投入太空產業應用。
12. 完成 IES 產業化之成本效益分析報告一份，並舉辦 IES 產官學研專家座談會，探討我國 IES 產業未來發展方向，提供初步的產業化策略建議，提升一次能源使用效率，

降低整體能源與電網長期系統成本，推動能源系統低碳化產業升級。

13. 完成自製 HTSE 單片電解堆測試，產氫效率達 86%；開發 HTSE 單片電解堆軟體模型，模擬自製 HTSE 單片電解堆的誤差在 2% 以內；模擬將產氫餘熱回收再利用，組裝成 HTSE 內循環系統，產氫效率可提高至 90.3%。

#### 四、社會影響(社會福祉提升、環境保護安全)

1. 研析新型反應器安全功能模擬方法，建立系統程式對自然對流機制的驗證及模擬能力；驗證核電廠發生超越設計基準事故時，可藉由被動式安全功能不需外部動力驅動即能運作的特性，進行事故的減緩行動，有助於提升民眾對先進核能安全功能之信心與接受度，以科學數據凝聚社會共識。
2. 建立鉛冷式快中子反應器加速器驅動次臨界反應器系統爐心模擬分析技術，優化核反應器次臨界爐心設計，提升高放射性廢棄物核轉換的效能，並作為國家高放射性廢棄物處置策略的前瞻技術參考選項，增進民眾對政府處理高放射性廢棄物的信心。
3. 以複循環機組供氣設施為分析案例，研析並建立能源基礎設施因應組態(指系統設備、製程作業、功能設計等)變更時，可能影響個人與社會風險變化量之評估方法，有助確認設施相關組態變更後，不會引入新的風險或顯著提高現有風險，偕同設施業主落實能源基礎設施建造營運安全之風險管理，戮力達成政府增氣減煤之能源政策目標，強化供電韌性。
4. 導入 AI 智慧影像辨識技術應用於廢棄物貯存管理，建置核設施環景導覽平台，並完成核設施監控影像訓練及建置、貯存容器物件辨識與計數，透過提升現場資訊透明度，大幅減少人員非必要進入高輻射區域之頻率，有效落實合理抑低(ALARA)原則，具體保障作業人員之輻射安全與職場健康。
5. 截至 114 年 12 月 31 日，加速器全年當機率僅 1.47%，確保核醫藥物持續供應與臨床診療不中斷，累計服務 77,757 人次，支持重大疾病患者得到即時精準診斷，提升社會健康福祉。核醫藥物與技術服務收入 93,914 千元，有效降低醫療體系對進口製劑依賴，提升醫療公平性。
6. 心血管疾病是全球死因的第一名，但因罹病初期無任何症狀，等到臨床症狀出現則已到嚴重血管阻塞，動脈粥狀硬化造影劑 APD 的開發，可針對全身病變血管進行定位與分級，確認可危及生命的不穩定斑塊之位置，由醫師優先進行治療，將可大大減低全民對於心血管疾病的生命危害。
7. Lu-177-NARI-FAPI 之技術建立可支援未來以 FAP 目標之癌症患者 進行個人化放射治療，有助提升腫瘤病患之治療選項與預後，進一步改善國人醫療與健康福祉。穩定且高純度之放射標誌製程可確保臨床使用時的品質一致性，降低不良反應及醫療風險，增進病患安全。
8. 完成能譜 Micro-CT 影像重建 AI 模型，可在降低光子數條件下仍維持影像品質，

重建後 SSIM 提升至約 0.88，PSNR 提升 2 - 3 dB。此技術可運用於未來醫療與臨床前研究中的低劑量影像重建，有助於降低受測者輻射曝露、提升影像清晰度與診斷穩定性。

9. 能譜 Micro-CT 成像技術具備區分不同材質的能力，可提供更高的影像對比度，並能針對含有特定非放射性元素標誌的組織或器官進行功能性成像，突破傳統 Micro-CT 僅能提供結構資訊的限制。此技術可應用於臨床前藥物開發中小動物的藥物分布與代謝研究，提升藥效與安全性評估的準確度。
10. 本技術透過高溫電漿將工業廢棄保溫棉等高熔點廢棄物瞬間玻璃化，可大幅減少掩埋體積與長期滲出的污染風險，降低重金屬與有害物質進入環境與食物鏈的可能性。同時，有機會將電漿技術應用於含石綿之相關建材，經電漿直熔後可破壞其纖維結構並轉為玻璃態材料，有效消除石綿擴散風險，從源頭解決石綿汙染與長期存放管理困難等問題，對提升社會福祉與環境安全具明顯正面效益。
11. 建立綠氫與電化學提鋰關鍵技術，聚焦 III - V 族光電化學、電漿觸媒製備、抗腐蝕技術與固態鋰離子傳導膜開發，降低對進口綠氫與鋰資源依賴，推動淨零關鍵技術國產化與產業投資。
12. 開發高效率、高耐壓之寬能隙半導體技術，可大幅降低電力轉換損失，促進節能減碳，支持國家淨零排放目標。同時，GaN-on-Si 技術具成本優勢，可推動綠能、電動車、資料中心等關鍵產業升級，提升整體能源使用效率。高可靠度 GaN 元件亦可強化電網、工控、航太等基礎設施的安全性與穩定性。延伸之 GaN 抗輻射應用可用於衛星及輻射偵測，增進國安與太空任務安全。推動太空晶片驗證技術的建立，不僅強化我國於太空科技及關鍵元件自主化的能力，更在社會福祉、產業安全與環境永續等面向產生深遠正面效益。可提升社會福祉與科技自主能力，包括強化民生科技與關鍵基礎設施安全性；促進國內衛星計畫與相關應用落地；縮小技術門檻，扶植中小企業進入太空供應鏈等。
13. 完成 IES 動態分析模擬環境建置，包含 50kW 熱電網絡動態模擬模組以及反應器動態模擬模組，並進行 HTSE 產氫模組模擬分析，以及實體 SOEC 測試及效能比對，協助政府推動多元能源轉型的政策目標。
14. 開發再生能源發電不確定性分析方法，進行區域電網電力潮流模擬與短路故障分析，計算未進行轉供復電最佳化的電網電壓分布，以及儲能系統等發電設備輸出之短路電流大小是否符合電業規範。研析反應器模組併聯區域電網的電力潮流優化策略，確認饋線發生事故時，系統可穩定達成復電轉供，提高變電所可調供電量與降低線路損失，穩定民生用電。

## 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. 參加國原院與美國愛達荷國家實驗室(INL)技術交流視訊會議及 INL 舉辦的國際 RELAP5-3D 使用者年會，進行技術交流。

2. 以能源發電設施為分析案例，評估其因應超越設計基準事件，建立應對作為的風險效益影響，將研究成果投稿 ASINCO-15 國際會議論文並發表，與日韓專家進行技術交流。
3. 為強化本院與國際接軌，參加 TAG 75，會議上掌握各會員核設施除役計畫執行動態與經驗，該經驗可回饋至國內核設施除役作業，並分享 TRR 除役進度與經驗以履行 OECD/NEA CPD 會員義務。
4. 為強化本院放射性物料設施運作及培育設施運轉人力，派員參加台電林口訓練中心運轉員及高級運轉員訓練課程，並符合「放射性物料管理法」及「放射性廢棄物處理設施運轉人員資格管理辦法」相關規定。
5. 為加強本院輻射防護管理及培育設施輻射防護管理人力，派員參加輻射防護人員訓練課程，並符合「輻射防護服務相關業務管理辦法」及「輻射防護管理組織及輻射防護人員設置標準」相關規定。
6. 進行動脈粥狀硬化造影劑 APD 的研發，已建立臨床前試驗之所需化學、製造與管制 (Chemistry, Manufacturing and Controls, CMC) 文件及嚙齒類動物毒性試驗報告等，並已向醫院 IRB 與 TFDA 申請執行第 I/IIa 期人體臨床試驗 IND，未來將結合人工智慧輔助動脈粥狀硬化病變之定位與分級決策支持系統(ADSS)技術，加速藥物於臨床端的應用價值。
7. 應用 AI 技術快速建構起始物原料、標誌前驅物、非放射性標準品等相關精進製程與擴量製程、結構圖譜分析及品質分析等 SOP 文件，建立標誌前驅物及非放射性標準品之擴量製程與品質規範，創建前驅物及非放射性標準品等品質管理系統，期使國原院成為國內核醫藥物原料藥(非放射性)研發中心。
8. 本計畫執行培育 1 名同仁就讀國立中央大學機械系博士班，有助於計畫發展加速器維運與中子源等相關技術開發；藉由計畫執行培育陳夙容就讀國立中央大學生醫科學與工程學系博士班，有助於計畫發展創新核醫藥物標誌與分析等相關技術；藉由計畫執行培育 1 名同仁就讀國立台灣大學生生理所博士班，有助於計畫發展創新核醫藥物動物驗證等相關技術。
9. 本計畫執行期間亦促進相關人才之培育與技術能量深化。1 名同仁於計畫支持下攻讀國立清華大學生醫工程與環境科學系博士班，專注於 PCD-CT 放射成像之影像重建與材質解析技術研究，有助強化本計畫於能譜成像核心技術之研發能力。同時，1 名同仁在計畫支持下進入國立中央大學資訊工程學系博士班，從事放射成像人工智慧技術及影像重建方法之研究，提升團隊於跨領域演算法開發的能量。
10. 在人才培育方面，本計畫針對電漿與 CO<sub>2</sub>隔離膜主題辦理 6 場讀書會，系統性整理國內外最新研究與技術發展，並透過團隊內部報告與討論機制，強化同仁對高溫電漿製程及 CO<sub>2</sub> 隔離膜相關議題之理解與應用能力。另選派成員參加台灣電漿協會舉辦之 2025 電漿科技暑期訓練課程，藉由紮實的電漿物理與實務課程，強化同仁在電漿放電機制、熱電漿特性與工程應用等面向之理論基礎，為後續高溫電漿直熔系統與新應用開發提供穩固的人才基礎。

11. 精進高效率 III-N 光電化學電極結構，突破太陽能製氫/製鋰之電極穩定性與耐蝕瓶頸，開發 III-V 光電化學產氫技術與固態鋰離子傳導膜開發，技術橫跨半導體製程、表面化學、光電元件與氫能應用，同步培育跨域人才，整合半導體、材料、電化學與新能源技術，強化研發量能。
12. 藉由學界委託研究計畫與國內中原大學合作，培育 2 名碩士生進行氮化鎵材料缺陷與應力分析之研究。完成 20 MeV 以下太空晶片質子輻射單事件測試系統，提供輻射效應測試資訊，建立此平台可培養專業技術人才，涵蓋輻射測試、半導體可靠度領域，強化國內技術能量與產業競爭力，為國內企業提供先進測試能力，降低對國外設施的依賴，加速太空級元件的研發與商業化，並促進產業升級。
13. 赴美國愛達荷國家實驗室(INL)進行技術交流，參訪動態能源輸送及整合實驗室(DETAIL)實驗室，並洽談雙方可在熱電能整合、原子能 AI 技術、微電網等三大領域規劃技術合作，推動穩定與高效率電能之實質應用。
14. 為利本計畫工項 5.1.1 之執行，需進行國內外整合能源系統之熱電能動態模擬研究案例及分析，爰委託國立成功大學黃朝偉教授研究團隊進行委託研究，並培育 3 名碩士生。
15. 為利本計畫工項 5.2.2 之執行，需建構小型高壓獨立供電系統內的微型核子反應器模型，爰委託國立中正大學張文恭教授研究團隊進行相關技術開發，並培育 1 名博士生及 3 名碩士生。



## 肆、檢討與展望(請上傳累積成果)

(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。)

### 一、計畫執行困難與因應對策

1. 「核電廠被動式安全功能於嚴重事故之有效性研究」由於 NuScale SMR 之詳細設計參數與安全分析之國際公開資訊有限，本年度建立之 MAAP5 嚴重事故分析模式，其部分參數仍需採用替代性假設進行補充。後續可透過持續蒐集國際審查資料、與國外研究機構技術交流等方式，取得必要之資料，以提升 NuScale SMR 模式參數的完整性，進一步強化我國 SMR 嚴重事故分析之技術量能。

### 二、計畫執行可改善事項或後續可精進處

1. 「核反應器爐心功率快速調節策略研究」利用核三廠功率升降載之實測資料驗證 SIMULATE-3 爐心計算模式，並透過修正旁通流設定與控制棒灰棒係數，大幅改善高燃耗區間軸向功率偏差的預測能力。然而，該改善仍屬數值模型層級，對功率快速變動下之關鍵物理因子尚未完全掌握。經與 Studsvik Scandpower 公司技術交流，燃料溫度回饋為重要影響因素。未來將配合新一代 SIMULATE-5 程式之導入，持續精進模型建構與驗證，以提升對爐心快速功率調節行為的分析能力。
2. 「被動系統之自然對流機制驗證與模式建置研究」後續將選擇 NuScale SMR，其設計以自然循環與螺旋型蒸汽產生器為其主要技術特點，目前使用的 RELAP5-3D 系統分析程式對自然循環的模擬能力已在本年度的計畫執行中得到驗證，但對螺旋型蒸汽產生器的熱傳模擬仍有不足，且能夠找到的公開設計資料有限，未來建立 NuScale SMR 分析模式時可能會因此受限。建議後續可透過持續蒐集相關審查資料、研究論文及強化與國外先進研究機構之技術交流等方式，取得建立及改進分析模式所須要的資訊。另外還有非輕水式設計的 SMR 也是現今國際的發展趨勢，亦須透過前述的方式來加強本院在非輕水式反應器的分析技術與經驗。
3. 本年度成果已顯示，「加速器驅動系統次臨界爐心模擬計算技術研究」開發之 ADS 模擬工具 NAADS 與國際案例的初步比對結果具有一致性。但 NAADS 工具在燃耗計算之可靠性仍需進一步驗證，因此後續計畫將針對 ADS 燃耗計算進行國際案例驗證。另外，ADS 模擬所需的高能中子截面資料仍相對匱乏，這是國際上普遍面臨的挑戰。計畫後續將持續關注新發布之高能中子截面資料，並適時將其引入模擬工具，同時積極尋求國際合作，以取得所需之高能中子截面資料支援。
4. 本年度「能源基礎設施風險管理技術研究」已從定量觀點切入，並以強風事件為應用案例，建立強化能源基礎設施應對廠外事件的安全防護方法；後續可再就能源基礎設施涉及風險改善規劃與如何建立安全防護有效性的驗證程序進行

研析與精進，前者可協助能源基礎設施如何有效辨識自身弱點與精進風險改善規劃，後者則有助於確保規劃安全防護對策的可執行性與有效性。

5. 「高溫電漿應用技術研究與開發」計畫：後續在技術精進方面，可結合既有電漿光譜量測基礎，發展智慧電漿監控與控制機制，建立電漿功率、射流穩定性、直熔溫度與光譜特徵之關聯模型，進一步導入即時回授與最佳化控制，降低能耗波動並提升玻璃化品質。同時，可針對電漿電極侵蝕與壽命進行系統化研究，包括電極材質與幾何設計、冷卻結構改善、工作氣體組成與操作條件調整等，以延長電極使用時間、降低耗材與停機維修成本，提升整體系統長時間連續運轉能力，作為未來朝產業化示範與模組化設備輸出之重要基礎。
6. 「前瞻綠能材料關鍵技術開發」計畫：開發 III-V 光電化學產氫技術，後續強化封裝材料的耐腐蝕性與光學透過率，使元件在酸鹼環境中具長期可靠度。另外，在提鋰所需之固態電解質膜材料測試，可進一步精進之處主要包括：退火條件方面，高溫長時處理易導致鋰元素揮發與組成偏析 (Composition Segregation)，進而影響離子導電度與相穩定性，後續可透過優化升降溫速率、採用分段式退火流程，使退火後固態電解質膜之性能評估更具科學化與實用價值。
7. 「化合物半導體應用技術開發\_寬能隙半導體電子元件技術開發」計畫：在 GaN 寬能隙半導體方面，已完成 GaN-on-Si 高品質異質磊晶與 HEMT 結構的開發。後續將持續精進技術，包括導入碳摻雜以提升元件崩潰電壓，以及優化鎂摻雜以發展 e-mode 元件，進一步推動技術商品化與應用。
8. 「化合物半導體應用技術開發\_半導體元件太空輻射驗證技術開發」計畫：在太空輻射驗證方面，已完成 10~20MeV 之質子能量調變及其測試平台，後續規劃建立太空光電元件耐輻射可靠度模擬與測試技術，以 10 MeV 以下質子能量照射試驗為主軸，發展空氣中低能量質子測試之通量評估技術，目標為模擬-實測之比對誤差在 20% 以內，可進一步深化太空晶片驗證技術。

## 伍、其他補充資料

### 一、跨部會協調或與相關計畫之配合

(請說明本計畫是否與其他科技計畫相關連，其分工與合作之配合情形為何，若有共同之成果，亦請說明分工與貢獻；如相關連計畫為其他機關所執行，請說明協調機制及運作情形是否良好；計畫審議階段如委員特別提出須區隔計畫差異性並強化分工合作、強化與其他機關合作者，請強化說明配合情形；如計畫與其他計畫、其他機關無相關連，亦請簡扼說明該計畫業務屬性可獨立執行。)

無

### 二、大型科學儀器使用效益及共用分享機制說明

本計畫若有編列經費購買、維運之大型科學儀器，請簡述經常性作業名稱、儀器用途、實際使用情形、使用效益...等。

無

### 三、其他補充說明

如有其他利於審查之相關資料，如：計畫成果完整說明、績效自評意見暨回復說明...等

無

### 三、其他補充說明

細部計畫	執行機構	法定數 (千元)	占比(%)
1.原子能系統工程跨域整合 發展計畫(第三期)	國家原子能科技研究院	222,242	100.00%

## 附錄、細部計畫

### 一、全程架構及經費

項目	年度	114年度 決算數(執行率)	115年度 預算數	116年度 申請數	117年度 申請數
科技計畫總計		221,641(99.73%)	0	0	0
原子能系統工程跨域整合發展計畫(第三期)	小計	221,641(99.73%)	0	0	0
	(一)經常支出	127,737(99.59%)	0	0	0
	1. 人事費	0(0%)	0	0	0
	2. 材料費	0(0.00%)	0	0	0
	3. 其他經常支出	127,737(148.70%)	0	0	0
	(二)資本支出	93,904(99.93%)	0	0	0
	1. 土地建築	0(0%)	0	0	0
	2. 儀器設備	93,904(176.98%)	0	0	0
	3. 其他資本支出	0(0.00%)	0	0	0

## 二、年度執行摘要

細部計畫 1	原子能系統工程跨域整合發展計畫(第三期)	計畫屬性	環境永續與社會發展	執行機關	行政法人國家原子能科技研究院
重點描述	<p>1.被動式安全功能分析，研析負載追隨案例分析，驗證系統熱水流程式模擬自然對流能力，建立加速器驅動系統模擬分析能力，及能源基礎設施方法論。</p> <p>2.建立核設施除役關鍵技術，研發放射性廢棄物安定化與減容技術，貯存與處置議題，超前佈署開發評估技術。</p> <p>3.穩定核醫製藥系統，動脈粥狀硬化造影劑與腫瘤診療藥物之臨床前試驗與原料藥公克級製程；能譜 Micro-CT 造影系統設計與 AI 演算法開發整合。</p> <p>4.建立電漿火炬高效率熔融工業保溫材料示範系統、建立耐腐蝕產氫/產鋰晶片開發、建立寬能隙半導體磊晶技術與太空晶片驗證技術。</p> <p>5.開發 IES 模擬與驗證平台，完成 HTSE 及反應器模組建置，進行最佳化能源管理調度、與高壓電網之彈性輸配、保護協調與復電管理等技術研究。</p>				
預算數 (千元)	決算數 (千元)	執行率 (%)	節餘數 (千元)	總人力 (人年) 實際/規劃	
222,242	221,641	99.73%	601	96.06/91.7	
其他資源投入					
預期關鍵成果		關鍵成果達成情形		主要成果使用者/服務對象/合作對象	
<p>涉及科技計畫層級之預期關鍵成果：</p> <p>1-1:完成被動式安全功能熱源、反應爐模式建立，並與 3 項電廠重要設計參數比對，完成研究報告 1 份；研析反應器負載追隨物理機制、反應度控制方法，並與一個電廠案例驗證，完成研究報告 1 份；驗證系統熱水流程式模擬自然對流能力及適用範圍，完</p>		<p>依據 NuScale SMR FSAR 電廠設計參數，建立被動式安全功能模擬所需之 MAAP5 程式反應器分析模式，穩態分析結果與 3 項電廠重要設計參數比對，完成「壓水式小型模組化反應器之嚴重事故分析模式建立與案例分析」報告</p>		台電公司	

<p>成研究報告 1 份；完成加速器驅動系統液態金屬冷卻系統穩態狀況模擬分析，驗證爐心進出口溫差小於 10%，完成研究報告 1 份。</p> <p>細部計畫預期關鍵成果說明： 無</p>	<p>(NARI-18676)；完成爐心負載追隨功率動態運轉案例分析並與電廠重要設計參數比對及案例驗證，完成「壓水式核電廠功率快速調節的反應器物理機制與技術」研究報告(NARI-18653)；完成分析工具 RELAP5-3D 於自然循環的適用性驗證與「Semiscale 自然循環實驗 RELAP5-3D 分析」研究報告(NARI-18608)；建立加速器驅動次臨界反應器系統(ADS)之燃耗計算模式，可涵蓋外加中子源與高能中子，完成「MYRRHA 加速器驅動次臨界反應器系統燃耗計算分析模式建立」研究報告(NARI-18571)。</p>	
<p>涉及科技計畫層級之預期關鍵成果： 1-2:研析能源基礎設施安全防護設計基準之現行作法與運轉組態變更之風險評估程序方法論，完成研究報告與參加技術研討會議。</p> <p>細部計畫預期關鍵成果說明： 無</p>	<p>完成「強風風力危害分析方法與案例應用」(NARI-18182)、「以定量方法強化能源基礎設施應對廠外事件安全防護作法之案例分析」(NARI-18592)、「能源基礎設施因應設計變更之風險評估案例分析」研究報告(NARI-18510)及「人為認知誤失評估模式研究」(NARI-18570)等 4 份研究報告；並基於應對廠外事件安全防護作法之研究，以「Technical Issues and Practical Solutions Regarding Crediting FLEX Strategy in PRA」為題，投稿 2025 年 ASINCO-15 國際會議論文並發表，與日韓專家技術交流。</p>	<p>台電、台灣中油、台塑石化等公司</p>

<p>涉及科技計畫層級之預期關鍵成果：</p> <p>2-1:完成旁熱屏蔽固定夾具(夾支力 2 公噸)設計、建置及冷測試；完成高載重 C1 容器(總重 4.5 公噸，可盛裝 3.5 公噸以上廢棄物)法規所需結構強度試驗。</p> <p>細部計畫預期關鍵成果說明：</p> <p>無</p>	<p>完成旁熱屏蔽固定夾具(夾持力 2 公噸)建置、下熱屏蔽吊運機具(荷重能力 30 公噸)設計，以及完成「遠端遙控除役拆解技術研析及應用評估報告」(NARI-18666R)；完成 C3 容器(高載重 C1 容器)試製與測試工作，並完成「NARI-LRW-C3 低放射性廢棄物盛裝容器設計分析與功能驗證報告」(NARI-18063)，低成本 55 加侖鍍鋅鋼桶部分，已完成相關的設計與結構評估，以及塗裝規劃與測試，並完成「低成本 55 加侖熱浸鍍鋅鋼桶設計報告」(NARI-18473)。</p>	<p>國家原子能科技研究院、台電公司</p>
<p>涉及科技計畫層級之預期關鍵成果：</p> <p>2-2:完成建置先導型廢樹脂安定化設備 1 套(日處理量 20 公升)及經濟分析報告 1 份；完成 1 噸以上除役廢棄物之箱型承裝容器校正假體(壓克力)開發設計(射源均勻度符合 ISO 8769-2 報告要求，不超過 10% 之標準)；完成高性能混凝土容器之機械強度、物理性質試驗與建立品質試驗設備。</p> <p>細部計畫預期關鍵成果說明：</p> <p>無</p>	<p>完成廢樹脂安定化設備(包含濕式氧化、轉化)1 套及經濟分析報告；完成噸級廢棄物活度校正標準體(壓克力)開發設計及製作，射源均勻度經評估符合 ISO 8769-2 報告誤差 10% 以內(5.6%)之要求；完成高性能混凝土之機械強度、物理性質試驗與建立品質試驗設備，配比方案 M53-10 在 28 天齡期已達到抗壓強度 112 MPa 及收縮量 165 <math>\mu\text{m}/\text{m}</math>，符合設計目標抗壓強度 &gt; 80MPa 及收縮量 &lt; 300 <math>\mu\text{m}/\text{m}</math>。</p>	<p>國家原子能科技研究院、台電公司</p>
<p>涉及科技計畫層級之預期關鍵成果：</p> <p>2-3:完成依據 API-579 失效評定圖 Level 1-2 對應用在 INER-HPS 系統的裂紋容許度評估報告 2 份；完成一項環境劑量評估的國外案例模擬報告 1 份；完成不銹鋼氯鹽誘發應力腐蝕龜裂行為設備建立 1</p>	<p>研析 API 579 規範與美國沙瓦那河國家實驗室(SRNL)所提出之國際研究論文，完成「INER-HPS 乾式貯存系統之密封鋼桶 API-579 失效評定圖裂紋容許度評估研究」(NARI-18457)與「API 579 應</p>	<p>國家原子能科技研究院、台電公司</p>

<p>式。</p> <p>細部計畫預期關鍵成果說明： 無</p>	<p>用於密封鋼筒容許裂紋分析及國際案例評估」(NARI-18428)等 2 份報告；研析國際低放射性廢棄物技術發展現況，並比較國際間環境劑量與安全評估模式之差異與適用性，提出符合我國之評估模式建議，並針對一項國際低放案例進行模擬與應用驗證，完成相關成果報告 2 份(NARI-18364、NARI-18369)；完成建立不銹鋼氣鹽誘發應力腐蝕龜裂行為設備 1 式，及不銹鋼於腐蝕環境下表面條件及溫度對應力腐蝕裂縫影響之研究報告 1 份(NARI-18237)。</p>	
<p>涉及科技計畫層級之預期關鍵成果： 3-1:加速器當機率 <math>\leq 10\%</math>，完成冷卻水流道系統設計、細胞治療實驗室之建置與 技術程序書 2 份，維持 PIC/S GMP 認證，技服收入<math>\geq 8,040</math> 萬元。</p> <p>細部計畫預期關鍵成果說明： 無</p>	<p>1. 統計至 114 年 12 月 31 日加速器年當機率 1.47%，技服收入 93,914 千元；服務 77,757 人次，委託清華大學完成雙功能中子靶站照射電流提升方案評估，熱流分析及中子能譜模擬皆已完成。雙功能靶站擴束準直器購案已於 114 年 9 月 12 日驗收，已規劃進行擴束實驗。已完成中子源冷卻水水道設計，新設計將配合明年雙功能中子靶站獨立冷卻水系統之建置進行安裝。</p> <p>2. 細胞治療實驗室建置購案已於 114 年 09 月 01 日完成驗收作業，各品項皆符合契約書規範，並於 114 年 09 月 08 日完成結報，配合細胞治療技術，建立動物全血之單核球細胞分離程序，純度大於 85%，後續並完成實驗室相關程序</p>	<p>半導體與材料產業、醫療院所、國家原子能科技研究院</p>

	<p>書 2 份。</p> <p>3. 維持 PIC/S GMP 認證,114 年 1 月 15 日由食藥署品質監督管理組派員至本院核醫製藥中心執行 PIC/s GMP 機動性查核,稽查無菌試驗用隔離裝置(Isolator)確效作業及無菌試驗相關流程,於 8 月 11 日完成第三次發文回覆作業。114 年 10 月 16 日品監組再次派員執行 PIC/s GMP 機動性查核複查作業,前次缺失已改善,過程順利,無重大缺失。</p>	
<p>涉及科技計畫層級之預期關鍵成果： 3-2:完成核醫診療藥物 APD、FAPI 等之臨床前試驗報告 1 份、藥物安定性試驗、與原料藥公克級製程規劃與製造標準書 1 份。</p> <p>細部計畫預期關鍵成果說明： 無</p>	<p>1. 完成 APD 主持人手冊與 eCTD (通用技術文件),進行臨床試驗申請(IND),童綜合醫院人體臨床試驗 IRB 已於 12 月 1 日審核通過,TFDA 審核意見回覆中；</p> <p>2. 完成 Lu-177-NARI-FAPI 標誌測試,標誌效率為 99%,及室溫下經時安定性(於 7 天時放化純度 93%),完成放射標誌及安定性技術報告 1 份。</p> <p>3. 已應用 AI 完成 APD 三階段共七步驟之公克級製程。完成完成 Lu-177-NARI-FAPI 標誌測試,標誌效率為 99%,並完成 APD 公克級製程,純度 &gt;95%。</p> <p>4. 已完成原料藥 APD 公克級製程規劃與製造標準書 1 份,並發表為「APD</p>	<p>國家原子能科技研究院</p>

	鹽酸鹽化合物製備研究」之研究報告。	
<p>涉及科技計畫層級之預期關鍵成果：</p> <p>3-3:完成能譜 Micro-CT 造影系統最佳組件匹配與系統設計，並開發專用之影像重建 AI 演算法，達結構相似性指標 85%。</p> <p>細部計畫預期關鍵成果說明：</p> <p>無</p>	<p>1. 完成能譜 Micro-CT 影像重建 AI 模型所需的模擬數據建置與特性分析，並建立雜訊模型與多樣條件下的資料集，同時完成前處理與載入流程設計。在此基礎上，開發專用 AI 架構並導入 patch-based 切割與 margin 機制，採用 SwinUNet 搭配遮蔽自編碼方法完成預訓練與驗證，結果顯示低光子數影像之結構相似性指標由 0.81 提升至 0.88，PSNR 提升約 2.7 dB，可有效改善影像細節與雜訊抑制。</p> <p>2. 完成能譜 Micro-CT 系統之核心設計，包括光子計數偵檢器(PCD)與 X 光源之最佳組件規格匹配、系統硬體架構、幾何結構配置、掃描模式及造影參數等關鍵系統參數之建立，並完成 PCD 硬體建置與初步 2D 成像測試。透過系統化的模擬評估，本系統在不同待測物尺寸與幾何放大倍率條件下，影像空間解析度可達 10-50 <math>\mu\text{m}</math>。針對典型臨床前小動物(如大鼠，直徑約 100 mm)之成像情境，模擬結果顯示系統可實現約 50 <math>\mu\text{m}</math> 之計畫目標解析度，符合目前商用能譜 Micro-CT 於臨床前研究之性能水準。此成果證實本計畫在能譜 Micro-CT 系統關鍵技術開發上</p>	<p>檢測產業、學研單位</p>

	已達成預期目標。	
<p>涉及科技計畫層級之預期關鍵成果：</p> <p>4-1:完成<math>\geq 50</math> kW 電漿直接熔融處理工業廢保溫材料系統整合建置與驗證，累積操作時間<math>\geq 300</math> 小時(<math>\geq 10</math> 小時/天)。微孔選擇層合成技術與透氣中間層噴塗技術開發，選擇層孔徑小於 <math>5 \text{ \AA}</math>。外委收入達 1,000 千元。</p> <p>細部計畫預期關鍵成果說明：</p> <p>無</p>	<p>完成電漿直接熔融處理工業廢棄物系統設計與建置，電漿功率最大可達 71kW。開發棒狀保溫棉成型技術及相關進料設備，進料速度可達 1mm/s 至 10mm/s，每小時可處理 5 公斤棒狀保溫棉，一天運作 10 小時可達 50 公斤處理量。達外委收入 598.6 千元。</p>	<p>學研機構、高溫處理及系統整合產業、高碳排、環保及廢棄物處理產業。</p>
<p>涉及科技計畫層級之預期關鍵成果：</p> <p>4-2:完成光電化學綠氫/製鋰技術開發，產製氫氣效率大於 10%及抗腐蝕壽命達 15 小時;離子電導值 <math>&gt;10^{-4} \text{ S/cm}</math> 固態鋰離子傳導膜評估。外委收入達 900 千元。</p> <p>細部計畫預期關鍵成果說明：</p> <p>無</p>	<p>建立光電化學綠氫/製鋰技術開發，完成保護型光電化學綠氫晶片之封裝技術，有效隔絕電解液對電極表面腐蝕，經實驗量測 STH 效率可達 17.4%，電流密度衰退率 <math>&lt;0.5\%/171\text{h}</math>，大幅延長產氫電極之壽命。完成提鋰所需固態電解質膜材料測試，以 <math>900^\circ\text{C}</math>、8 小時大氣環境退火處理後，測試離子電導值達 <math>5.60 \times 10^{-4} \text{ S/cm}</math>。達外委收入 2,850 千元。</p>	<p>氫○綠能公司、國立中山大學、高○熱處理公司、中小型光電化學綠氫模組設備、儲能相關產業。</p>
<p>涉及科技計畫層級之預期關鍵成果：</p> <p>4-3:完成 GaN on Si 異質磊晶技術開發，薄膜缺陷密度 <math>\leq 1 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}</math>；完成 20 MeV 以下太空晶片質子輻射單事件測試系統建置與測試案例 1 件。外委收入達 300 千元。</p> <p>細部計畫預期關鍵成果說明：</p> <p>無</p>	<p>完成 GaN-on-Si 異質磊晶技術開發，於緩衝層中導入超晶格結構，使薄膜缺陷密度降至 <math>5.79 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}</math>，成功製備高品質 GaN 磊晶片。計畫亦成功製作 GaN HEMT (高電子遷移率電晶體，High Electron Mobility Transistor)結構，於 GaN 基層上成長 AlGaIn 障壁層，以極化效應誘導形成高濃度二維電子</p>	<p>光電、半導體及太空相關產業。</p>

	<p>氣(2DEG),其載子濃度及電子遷移率已與商用規格相當。完成 20 MeV 以下太空晶片質子輻射單事件測試系統建置並實際執行外界委託測試案例。達外委收入 422.75 千元。</p>	
<p>涉及科技計畫層級之預期關鍵成果： 5-1:建置 IES 動態分析模擬平台，開發熱電網絡與反應器(升降載率 5%/min)、及 HTSE (產氫效率 80%以上)等 3 種動態模擬模組。</p> <p>細部計畫預期關鍵成果說明： 無</p>	<p>舉辦 IES 產官學研專家座談會，完成國內 IES 市場發展分析及產業化評估，並以 Dymola 軟體完成 IES 動態分析模擬平台建置，開發動態模擬模組，採用 160MWt 反應器模組作為 IES 的熱源，依需求分配給汽渦輪機發電及 HTSE 產氫使用，汽渦輪機模組升降載率為 5%/min，HTSE 模組產氫效率達 90.3%。另透過參數分析，完成 SOEC 模組與實體電解堆之效能驗證，兩者產氫效率誤差小於 2%。</p>	<p>能源設備供應商及系統整合廠家/民間發電設備供應商</p>
<p>涉及科技計畫層級之預期關鍵成果： 5-2:進行具雙切功能穩定熱源(<math>\geq 80^{\circ}\text{C}</math>)電熱水器之熱能網絡實體建置，研提與分析散式電源 2 種功率補償策略，開發儲能運轉狀態故障電流演算法及復電轉供策略，確保饋線電壓變動不超過額定電壓之 88%至 110%的範圍。</p> <p>細部計畫預期關鍵成果說明： 無</p>	<p>完成 50kW 熱電能轉換模組實體組裝、相關通訊與控制人機介面建置、性能測試、並成功拼接本院微電網。利用反應器模組動態模型，輸出 50 至 100%額定功率、5%/min 升降載率，完成含 MMR、PV 與 ESS 之 MW 級微電網架構，提出實/虛功之分頻調控策略，使饋線功率變動率維持 10%以下，頻率穩定於 <math>60\pm 0.5\text{Hz}</math>。透過最佳化潮流分析反應器模組併網供電位置，完成區域電網復電轉供策略規劃，模擬饋線發生事故而實施轉供時，系統電壓可穩定於 95 至</p>	<p>民間發電設備供應商/台電公司</p>

		101%。	
其他預期成果： 無		無	無
遭遇困難與因應對策	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
Sesmic fragility analysis of power grid	徐浩迪	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Establishment of Probabilistic Risk Assessment Methodology for Combined Cycle Gas-turbine Unit	吳泰宏	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
The Managing Strategy for TRR Irradiated Graphite Waste	高浩鈞	2025	D	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Study on NUREG-2215 Regulatory Condition for Reflooding of the Previously Dried High-Burnup Spent Nuclear Fuel is Not Allowable During the Dry Storage Retrieval Process: A Case Study of Taiwan	邱琬琿	2025	D	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Safety Assessment of Existing Nuclear Power Plants Subjected to Wind-Borne Missile Impact of Wind Turbine blades	樊庭宇	2025	D	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Dynamic Twinning Evolution in High-Silicon Ferritic Steel with Increasing Deformation Strain and Relationship to Mechanical Behavior	董曉明	2025	D	原子能系統工程跨域整合發展計畫
A Study on Maintenance and Management Mechanisms of Heat Exchangers in Spent Fuel Pool Systems during Nuclear Facility Decommissioning Transition	林書睿	2025	D	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Exploring the Therapeutic Potential of <sup>177</sup> Lu-PSMA-617 in a Mouse Model of Prostate Cancer Bone Metastases	彭正良	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Microcurrent Stimulation Improved the Skin Penetration and Wound Healing Effect of Allantoic Fluid-Derived Exosomes Hybridized with Tetrapeptide Nanoparticles	李佩芝	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Short-chain dense brush PEGylation on rigid nanocarriers overcomes anti-PEG antibody recognition for immune-stealth drug delivery	陳挺宇	2025	D	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Accurate Evaluation of Fast-Switching, Low-Driving-Voltage Electrochromic Devices Based on Tin-Doped Nickel Oxide (Sn-NiO) Electrodes Using Machine	陳柏聞	已投稿	D	原子能系統工程跨域整合發展計畫

Learning Techniques				
Lithium-ion conductive glass ceramic membrane for electrochemical lithium extraction process	王敏全	已投稿	D	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Scalable Magnetron-Sputtered Indium-Doped WO <sub>3</sub> Nano-Antimicrobial Films with Atmospheric Plasma Surface Modification: Enhanced Photocatalytic Activity and Superior Bactericidal Effect under Visible Light	陳柏聞	已投稿	D	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Study on the effect of flow patterns on the performance of an anion exchange membrane water electrolyzer	陳柏聞	已投稿	D	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Realization of InAs photodiode operation on GaAs substrates using a coalesced quantum dot buffer technique	蔡雨利	已投稿	D	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Raman mapping analysis of stress and defect correlation in GaN-on-Si epitaxial layers with and without superlattice structures	蔡東昇	已投稿	D	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Growth of high quality GaN layers with AlGaIn buffer and superlattice structure on Si(1 1 1) substrates	莊智閔	已投稿	D	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Rapid Fabrication of LCO-LLZTO Composite Cathodes via Atmospheric Plasma Spraying for Solid-State Batteries	楊昌祥	2025	F	原子能系統工程跨域整合發展計畫
利用電弧電漿濺鍍 NiFeV 薄膜電極實現高效率鹼性 3.5 wt.% 氯化鈉水溶液電解製氫之研究	薛天翔	2025	E	原子能系統工程跨域整合發展計畫
運用磁控濺鍍製備不同結構之陰極電極應用於鹼性水電解產氫研究	陳柏聞	2025	E	原子能系統工程跨域整合發展計畫
以聚合量子點技術提升 InAs/GaAs 晶格不匹配材料系統之磊晶品質	蔡雨利	2025	E	原子能系統工程跨域整合發展計畫
光電化學水解產氫用 GaInP/GaAs 雙界面電極的光電流匹配度之優化	蔡世貞	2025	E	原子能系統工程跨域整合發展計畫
III-V 族半導體光電極於中性緩衝溶液之光電化學水分解應用	蘇星華	2025	E	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Online Predictive Diagnosis System for Power Transformers	廖偉宏	2025	D	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Research on intelligent monitoring and diagnosis technology for power transformers	陳昌國	2025	F	原子能系統工程跨域整合發展計畫

Core Integrity Analysis and Radiation Dose Assessment methodology for Kuosheng NPP LOCA during the long-term shutdown period	李筱雨	2025	F	原子能系統工程跨域整合發展計畫
以商用燃料電極支撐型固態氧化物電解電池進行蒸氣-二氧化碳共電解測試	江明叡	2025	B	原子能系統工程跨域整合發展計畫
固態氧化物電解電池堆特性模擬分析	黃亮維	2025	B	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Bayesian Optimized LSTM-MFPC Controller for Microgrid Frequency Regulation	洪穎怡 葉進男	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Exploration of Cross-Platform Transfer Learning Strategies for Modelica-Based Models	林哲緯 陳昌國	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Optimization of Energy Recovery via Organic Rankine Cycle and Direct Expansion Using Genetic Algorithms	黃朝偉等	2025	D	原子能系統工程跨域整合發展計畫

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
SMR 安全分析團隊	國家原子能科技研究院	A	A	2025	原子能系統工程跨域整合發展計畫
A 類廢粒狀樹脂安定化及減容技術開發團隊	國家原子能科技研究院	A	A	2025	原子能系統工程跨域整合發展計畫
中子源團隊	國家原子能科技研究院	A	A	2025	原子能系統工程跨域整合發展計畫
輻射影像儀器技術開發團隊	國家原子能科技研究院	A	A	2025	原子能系統工程跨域整合發展計畫
電漿火炬處理廢棄物技術團隊	國家原子能科技研究院	A	A	2025	原子能系統工程跨域整合發展計畫
觸媒電極對鹼性電解槽之綠氫技術團隊	中正大學	B	A	2025	原子能系統工程跨域整合發展計畫
光電元件晶片質子輻射測試團隊	國家原子能科技研究院	A	A	2025	原子能系統工程跨域整合發展計畫
整合能源系統動態模擬模組研發團隊	國家原子能科技研究院	A	A	2025	原子能系統工程跨域整合發展計畫

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
陳家貫	國立清華大學核子工程與科研究所	A	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
黃朝威	長庚大學化工與材料工程學系碩士班	B	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
曾一凡	國立清華大學工科系碩士班	B	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
陳亮丞	國立中正大學機械系碩士班	B	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
褚國源	國立中央大學機械所	A	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
陳明偉	國立台灣大學生理所	A	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
陳夙容	國立中央大學生醫科學與工程學系	A	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
張家豪	國立清華大學生醫工程與環境科學系	A	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
曾繁斌	國立中央大學資訊工程系	A	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
黃昱璇	國立中正大學機械工程研究所	B	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
梁珮怡	中原大學電子系	B	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
吳承祐	中原大學電子系	B	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
李菁安	臺北醫學大學醫學科學研究所	A	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
楊詔雯	臺北醫學大學醫學系	C	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫

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 A 參與計畫、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
壓水式小型模組化反應器之嚴重事故分析模式建立與案例分析	范勝淵;施聿懷	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
壓水式核電廠功率快速調節的反應器物理機制與技術	黃泰庭	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Semiscale 自然循環實驗 RELAP5-3D 分析	王政德;許世賢; 王正炎	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫

MYRRHA 加速器驅動次臨界反應器系統燃耗計算分析模式建立	林栢楓;戴良哲; 陳承賢	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
量化風險評估技術於能源基礎設施之應用-以建立變電所可靠度分析方法論為例	陳宇民;羅崇功	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
強風風力危害分析方法與案例應用	邱鈺婷;羅武斌	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
以定量方法強化能源基礎設施應對廠外事件安全防護作法之案例分析	夏振原 陳青漢	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
能源基礎設施因應設計變更之風險評估案例分析	徐浩迪;夏振原	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
人為認知誤失評估模式研究	羅崇功	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
遠端遙控除役拆解技術研析及應用評估報告	李學源	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
NARI-LRW-C3 低放射性廢棄物盛裝容器設計分析與功能驗證報告	林萬榮	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
廢棄物盛裝容器影像辨識模型開發與可行性報告	吳佳穎	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
113 年至 114 年本院排放水水質監測與分析報告	張中年	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
粒狀樹脂濕式氧化系統設計	張義國	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
核電廠除役廢棄物離廠管制規範及案例研析	黃珩吉	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
高性能混凝土機械強度試驗報告	洪啟哲	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
高導電度含氫廢液移除非氫核種程序與測試結果	周邦倫	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
不銹鋼於腐蝕環境下表面條件及溫度對應力腐蝕裂縫影響之研究	葉俊平	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
INER-HPS 乾式貯存系統之密封鋼桶 API-579 失效評定圖 Level 1-2 裂紋容許度評估研究	沈祐宇	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
API 579 應用於密封鋼筒容許裂紋分析及國際案例評估	李至軒	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
用過燃料池結構耐震分析程序建立	楊佩穎	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
國際高放射性廢棄物最終處置地下實驗室資訊彙整與研析	曾漢湘	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
厭氧微生物吸附核種之評估研究	施宇鴻	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
篩選備選膨潤土材料報告	莊怡芳	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Retron 基因編輯技術現況與未來發展	林旻萱	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
發展放射性銅-64 標誌於三陰性乳癌標靶之黃體激素拮抗劑	翁茂琦	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫

水相媒介放射性氟化金屬鍵結標誌 APD 藥物於正子造影研究	翁茂琦	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
喹啉衍生物的合成	李青雲	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
2024 年版斷層掃描用正子放射同位素優良調劑作業準則修訂影響分析與因應建議	江東權	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
合成與鑑定 APD 之關鍵中間產物	羅世偉	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
APD 對大鼠延伸性單一劑量靜脈注射毒性之研究	官孝勳	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
用於治療診斷應用的 <sup>131</sup> I/ <sup>123</sup> I-間碘苄基胍 (mIBG) 的放射合成	張瑜	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
間三正丁基錫苯甲胍之合成與鑑定	吳文卿	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
長效含硼肽對乳癌的放射性標誌及影像評估	陳夙容	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
以乳癌腫瘤動物模型驗證聚腺苷二磷酸核糖聚合酶(PARP) 抑制劑放射性碘標誌方法	江昭志	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
APD 鹽酸鹽化合物合成研究	王振羽	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
核醫藥物標誌前驅物及原料藥之人工智慧化學逆合成研究	張瑜	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
鋅-68 同位素回收與應用	唐一中	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
高效能液相層析串聯質譜儀於製藥產業之應用	陳俊宏	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
無菌製程凍晶製劑自動分裝模擬試驗精進與確效	吳欣杰	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
核研馬格鎔腎功能造影劑定價策略研析	李美芳	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
各種動脈粥狀硬化診斷方法及造影劑比較	郭芳秀	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
探討 <sup>64</sup> Cu-ATSM 與 <sup>64</sup> Cu-GTSM 於胰臟癌診斷中的潛力與缺氧性及 KRAS G12D 突變之關聯性	羅佳茜	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
建構核醫藥物研發中跨域整合之架構	江東權	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
113 年度核醫藥物產品品質評估報告	古佩芝	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
放射針劑高溫乾熱滅菌器之設備驗證要素	盧俊佑	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
無菌製劑產線風險控管與潔淨室軟硬體稽查檢討	黃芙蕾	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
基於 PIC/S GMP 的藥品生產與批次放行管理	夏儀芝	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫

Ga-68-APD 在 CXCR4 表現細胞之結合與內化評估研究	游佳瑜	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
用於射源分裝的自動分注系統的確效	張博智	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
多發性骨髓瘤治療評估之免疫正子示蹤劑之發展潛力	樊修秀	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
30 MeV 迴旋加速器產生之擬單能中子束能譜的特性研究：採用飛行時間光譜儀進行量測分析	李灝銘	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
工業檢測技術開發用 X 光造影系統輻射安全評估	楊景翔	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
應用於電腦斷層攝影之環狀假影消除技術開發	楊景翔	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
電腦層析造影旋轉中心之無假體校正方法研究	王承元	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Micro-CT 系統空間解析度評估與地質樣本實測	吳祥寧	2025	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
製作與探討直流濺鍍鋰磷氮氧化物 (LIPON) 固態電解質	劉永慶;黎禹辰; 薛天翔;陳柏聞	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
疊片式電芯組裝鋁塑膜膠固態鋰電池與真空烘烤除水製程研究	黎禹辰;劉尚恩	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
提升膠固態鋰電池電解質之阻燃性	葉宥麟;薛天翔	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
評估去碳燃氫技術之試驗場域建置分析報告	劉尚恩;薛天翔; 陳柏聞	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
III-V 族半導體光電極於光電化學水分解應用之抗腐蝕特性研究	蔡雨利;蔡世貞; 李岳穆;蘇星華; 郭柏修	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
不同表面保護方式對產氫電池壽命之影響	李岳穆;蘇星華; 蔡世貞;蔡雨利	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
綠氫生產的關鍵技術：熱催化與電漿系統整合分析	張振德	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
電致變色技術授權案代表專利「直流磁控電弧鍍膜裝置及其方法」市場潛力與競爭力分析	張振德	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
應用矩形靶鍍膜技術於氧化鎳摻雜錫電致變色元件之最佳化製程	吳柏憲	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
高功率水平式邊射型雷射二極體之製程技術改良與應用	江仁詳;蘇星華; 蔡雨利	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
NiFeVpT 合金的製備與電解 KOH 水溶液的產氫電流密度量測	張愛堂劉永慶; 劉天成;薛天翔; 黎禹辰;蘇偉誠; 陳柏聞	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
運用電漿製備 Sn 摻雜 NiO 變色薄膜電極之技術授權案先期報告	連映媛;陳柏聞	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
氣膠沉積法製備鋰電池組件之評估	蔡丁貴;薛天翔	2025	C	原子能系統工程跨域

				整合發展計畫
提鋰技術研發趨勢評估	王敏全	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
膠固態電解質製作與鋰電池元件測試評估報告	劉尚恩;黎禹辰; 陳柏聞	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
運用磁控濺鍍製備三氧化鎢薄膜結合大氣電漿表面改質之抗菌薄膜研究	陳駿昇;連映媛; 陳柏聞	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
氯化鎵高電子遷移率電晶體元件磊晶研究	施圳豪;莊智閔; 方正豪;王娟瑜; 陳俊亦	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
氯化鎵半導體霍爾量測	王娟瑜;施圳豪; 莊智閔;方正豪; 陳俊亦	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
超晶格結構對氯化鎵異質磊晶缺陷密度影響之研究	莊智閔;施圳豪; 王娟瑜;方正豪; 陳俊亦	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
寬能隙半導體矽基氯化鎵的現況挑戰及未來展望	黃宏承	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
氯化鎵高電子移動率電晶體之技術發展與挑戰	陳俊亦;許婉莉	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
太空晶片驗證技術之市場分析、營運展望報告	侯復鐘	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
熱電能組合之動態模擬與分析	林哲緯	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
50kW 熱電能轉換模組性能分析與測試	羅煥傑	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
高溫蒸汽電解模型之操作參數對性能影響分析	韓旻坊	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
IES 市場調查與分析	蔡斐然	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
小型模組化反應器動態模組	許耕獻	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
IES 產業化評估	蔡斐然	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
NuScale 電廠控制系統研析	林恩聖	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
電力變壓器油中溶解氣體分析裝置及其方法專利分析報告	羅煥傑	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
配電級低碳排微電網發展	許舒雅	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
儲能系統運行輔助服務於離島之研究	何元祥	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
區域電網負載不平衡率最小化演算法之開發	張博荃	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
再生能源與負載變動對配電饋線電壓之分析	林志穎	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
饋線電驛與饋端單元保護協調曲線決策平台專利分析報告	葉進男	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫

應用柴油發電機模擬微型模組化反應器發電特性曲線	詹振旻	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
先進發電技術與系統整合發展	陳彥豪;盧思穎;許舒雅	2025	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫

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。

### 【E 學術活動表】

研討會名稱	性質	舉辦日期 (YYYYMMDD)	主/協辦單位	成果歸屬
ASINCO-15(The 15th International Workshop on the Integrity of Nuclear Components)	B	20250416~18	財團法人核能與新能源教育研究協進會	原子能系統工程跨域整合發展計畫
地下地質探查與工程應用工作坊	A	20251013	國原院輻防所	原子能系統工程跨域整合發展計畫
中華民國核醫學學會 2025 年會暨國際學術研討會	A	20251101	中華民國核醫學學會、國家原子能科技研究院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
2025 核醫藥物與分子影像發展應用研討會	A	20250726	中華民國核醫學學會、國家原子能科技研究院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
2025 EANM	B	20251004-08	European Association of Nuclear Medicine	原子能系統工程跨域整合發展計畫

註：性質分成 A 國內研討會、B 國際研討會、C 兩岸研討會；成果歸屬請填細部計畫名稱。

### 【G 智慧財產資料表】

智財名稱	智財類別	授予國家	有效日期 (YYYYMM)	成果歸屬
可拆解式水下切割整合平台裝置	A	中華民國	申請中 申請案號：114138163	原子能系統工程跨域整合發展計畫
具有智慧辨識的核設施除役物的貯存管理系統	A	中華民國	申請中 申請案號：114130518	原子能系統工程跨域整合發展計畫
U形管狀反應器及反應裝置	A	中華民國	申請中 申請案號：114140048	原子能系統工程跨域整合發展計畫
被動式乾貯鋼筒腐蝕指示器之使用方法及其結構	A	中華民國	申請中 申請案號：114121620	原子能系統工程跨域整合發展計畫
雙相流傳輸分析系統及方法	A	中華民國	申請中 申請案號：114123397	原子能系統工程跨域整合發展計畫
可變密度球型校正用假體單元	A	中華民國	申請中 申請案號：114128205	原子能系統工程跨域整合發展計畫

VARIABLE-DENSITY SPHERICAL CALIBRATION PHANTOM UNIT	A	美國	申請中 申請案號: 19/324,169	原子能系統工程跨域整合發展計畫
製備放射線核種複合物之方法	A	中華民國	申請中 申請號 114117679	原子能系統工程跨域整合發展計畫
銅-64 放射性同位素回收裝置	A	中華民國	申請中 申請號 114135738	原子能系統工程跨域整合發展計畫
以非管制藥品起始物製備巴金森症診斷原料藥之新穎技術	A	中華民國	申請中 申請號/114142312	原子能系統工程跨域整合發展計畫
結合區域性射束硬化校正物理模型之迭代式 X 光三維影像重建方法	A	中華民國	申請中 申請號 114128580	原子能系統工程跨域整合發展計畫
降低 CT 影像金屬假影之方法	A	中華民國	2044/02/26	原子能系統工程跨域整合發展計畫
用於雙能量 X 光成像系統之有效原子序計算方法	A	馬來西亞	2042/01/12	原子能系統工程跨域整合發展計畫
白蛋白雙重結合功能之纖維母細胞活化蛋白化合物或其鹽	A	中華民國	2043/10/25	原子能系統工程跨域整合發展計畫
高效率長壽命電漿直接熔融方法	A	中華民國	申請中 申請號：114135765	原子能系統工程跨域整合發展計畫
用於海水產氫之鍍製多元合金之多孔觸媒結構之製作方法	A	中華民國	申請中 申請號：114111242	原子能系統工程跨域整合發展計畫
雙向電致變色抗菌裝置及其製造方法	A	中華民國	申請中 申請號：114137360	原子能系統工程跨域整合發展計畫
氮化物半導體磊晶於矽基板上之薄層結構	A	中華民國	申請中 申請號：114134363	原子能系統工程跨域整合發展計畫
一種可應用於分支拓撲結構的離線式測距電驛標置方法	A	中華民國	申請中 申請號:114136149	原子能系統工程跨域整合發展計畫
配電系統之保護協調設定方法	A	中華民國	申請中 申請號:114139022	原子能系統工程跨域整合發展計畫

註：智財類別分成 A 發明專利、B 新型/設計專利、C 商標、D 專書著作、E 品種；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
熱功監控分析系統技術手冊	A	羅武斌	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
風險評估量化工具 WinNUPRA 於複循環機組量化分析之應用	A	陳青漢;陳妍 蕻;吳泰宏	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫

電網節點重要度分析與風險評估系統使用手冊	A	劉鈺如;黃佳慧	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
石墨真空吸盤吊具設計及建置報告	A	高浩鈞	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
下熱屏蔽吊具設計報告	A	洪毓翔	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
燃料池高活度廢棄物清理減容機具設計報告	A	彭正球	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
高載重 C1 容器開發	A	程貴仁	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
原子能系統工程跨域整合發展計畫(第二期)-113 年度執行情形分析	A	胡毓青	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
廢棄物分類管理系統操作手冊	A	蔡弘毅	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
含氫廢水薄膜處理系統設計及製作	A	楊智翔	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
除役廢棄物校正假體開發設計與添加核種均勻度測試報告	A	黃煥景	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
實驗室級氫水電解濃縮設備操作程序書	A	廖子權	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
低成本 55 加侖熱浸鍍鋅鋼桶設計	A	陳茂維	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
應用數位化技術於核電廠除役管理-以乾式貯存護箱裝載及運送為例評估報告	A	吳佳穎	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
應用於乾貯密封鋼筒運轉前表面檢測之遠端目視影像檢測系統操作程序書	A	張佐民	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
不銹鋼桶表面遠端目視影像檢測與 AI 辨識系統	A	張宸豪	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
赴美國參加 2024 延長乾貯合作計畫(ESCP)會議出國報告	A	黃尚峯	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
照射後燃料分裂氣體釋出行為技術報告	A	胥耀華	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
用過核子燃料護套於乾貯期間之特性及行為變化分析技術報告	A	曾一凡	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
護箱式乾式貯存系統結構審查技術研析	A	林書睿	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
考慮反應爐壓力槽延伸腹帶區管嘴之壓力溫度運轉限度建立	A	周雄偉	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
用過燃料中期貯存廠房耐震分析程序建立	A	劉品瑄	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
低放處置之環境劑量與安全評估模式的國際技術發展與台灣現況研析	A	楊雍穆	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
應用 RESRAD-ONSITE 於低放處置設施劑量評估之案例分析與比較研究	A	張皓婷	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫

符合 PIC/S GMP 法規之製藥級高壓蒸汽滅菌器驗證計畫	A	翁茂峰	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
114 年鉛室年度大修維修狀況	A	蔡恩迪	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
052 館 112 核醫製藥潔淨室竣工報告	A	蘇敏彰	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
同位素所 112 潔淨室微粒子監控系統確效程序	A	郭裕民	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
052 館 核醫製藥中心增設冰水系統及二次冷卻水系統更新	A	鄒文崧	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
動脈粥狀硬化造影劑主持人手冊	A	夏建忠	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
放射薄層分析儀 LabLogic Scan-RAM 之驗證確效	A	施俊名	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
輻射管制區工程廢棄物放行作業—以 037B 館照射廠水池修繕工程為例	A	王國安	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
綠膿桿菌的檢驗於藥廠原物料品管分析之應用	A	陳宜琳	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
SC-230 導電率測定儀操作程序書	A	唐菁吟	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
核研氯化亞鉈[鉈-201]-注射劑生產管制作業程序業務報告	A	張穎熏	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
2024 年鉈-201 生產統計及製程管控探討	A	周瑋綱	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
電漿發射光譜在直流電漿之應用	A	林澤洋;楊昌祥	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
InGaAs 紅外光偵測器元件標準製作程序	A	蘇星華;吳志宏;蔡雨利	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
太陽產氫特性分析系統	A	方正豪;蔡雨利;蔡世貞;蘇星華	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
電阻銲接機操作程序	A	陳俊亦	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
20 MeV 以下太空晶片質子輻射單事件測試程序	A	李伯修	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
DYMOLA 動態模擬軟體之使用概述	A	林浩慈	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
貫流式鍋爐操作程序書	A	廖偉宏	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
微型電網 750 kW 柴油機操作程序書 Version3.0	A	李子淳	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
微型電網 100 kW 太陽能發電系統操作程序書	A	劉俞鈞	2025	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫

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。

【I2.參與技術活動】

技術活動名稱	參與活動項目名稱	屬性	性質	舉辦日期 (YYYYMMDD)	主/協辦單位	成果歸屬
參加 Studsvik Scanpower 舉辦之 2025 年 CMS 程式集國際使用者年會	發表「Experience of AFD calculation for Maanshan Power Plant during power changes using the CMS5」及「Application of the CMS code for fuel lattice design of pressurized water SMRs with gadolinium poison rods」研究成果，並與國際專家交流，有效提升本院於相關領域的知名度與能見度	A	B	114/10/19~114/10/22	國家原子能科技研究院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
參加 OECD/NEA 核設施除役合作計畫(CPD) 第 78 屆會議	向歐洲經濟合作組織核能署(OECD/NEA)之 CPD 簡報本院 TRR 除役經驗與其它成員進行交流，掌握廢棄物管理最新發展，並與國際專家進行技術交流及參訪 Sogin Garigliano NPP 除役作業	A	B	2025/10/11-2025/10/19	OECD/NEA	原子能系統工程跨域整合發展計畫
2025 年台灣創新技術博覽會(TIE)	「多巴胺正子造影劑標幟前驅物芳香環硼氧衍生物之製造方法」榮獲銀牌獎，「幾丁質酶-3-類似蛋白-1 中和抗體及其用途」榮獲銅牌獎	B	A	114/10/16~114/10/18	國家原子能科技研究院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
第二十二屆國家新創獎	「幾丁質酶-3-類似蛋白-1 中和抗體及其用途」榮獲學研新創獎	B	A	114/12/17	國家原子能科技研究院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
International Plasma Technology Joint Conference 2025 (IPTJC2025)	發表「以大氣電漿噴塗技術快速製備固態電池 LCO-LLZTO 複合正極」論文	A	B	114/06/25~114/06/28	明志科技大學	原子能系統工程跨域整合發展計畫
The 20th National	發表「利用電弧電漿濺鍍 NiFeV 薄膜電	A	A	114/06/18~114/06/20	台灣氫能與燃料電池學	原子能系統工程跨域整

Conference on Hydrogen Energy and Fuel Cell – HEFC2025	極實現高效率鹼性 3.5 wt.% 氯化鈉水溶液電解製氫之研究」和「運用磁控濺鍍製備不同結構之陰極電極應用於鹼性水電解產氫研究」2 篇論文				會	合發展計畫
中國材料科學學會 114 年年會	發表「以聚合量子點技術提升 InAs/GaAs 晶格不匹配材料系統之磊晶品質」、「光電化學水解產氫用 GaInP/GaAs 雙界面電極的光電流匹配度之優化」及「III-V 族半導體光電極於中性緩衝溶液之光電化學水分解應用」3 篇論文	A	A	114/11/14~114/11/15	中國材料科學學會	原子能系統工程跨域整合發展計畫
114 二週年院慶研發成果暨業務創新競賽	質子射束均勻化裝置	B	A	114/09/17~114/09/20	國家原子能科技研究院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
IES 產業化之核能製氫及智慧電網整合專家座談會	與產官學研專家探討我國 IES 產業未來發展方向，推動能源系統低碳化產業升級。	A	A	114/11/4	財法人台灣經濟研究院	原子能系統工程跨域整合發展計畫

註：屬性分成 A 技術研討會、B 競賽活動、C 技術說明會或推廣活動、D 其他；成果歸屬請填細部計畫名稱。性質分成 A 國內技術活動、B 國際技術活動

#### 【J1 技術移轉及智財授權表】

技術或智財名稱	類別	授權單位	被授權廠商或機構	授權金(千元)	成果歸屬
X 光影像校正及 3D 影像重建技術	D	國家原子能科技研究院	捷○科技	1,400	原子能系統工程跨域整合發展計畫
變色薄膜電極製備之電漿製程	D	國家原子能科技研究院	浩○國際股份有限公司	1,050	原子能系統工程跨域整合發展計畫

註：類別分成 A 先期技術移轉、B 軟體/自由軟體授權、C 技術移轉、D 專利授權、E 商標授權、F 品種權授權、G 著作/出版品授權、H 其他項目授權(請述明)；成果歸屬請填細部計畫名稱。

#### 【S1 技術服務表】

技術服務名稱	服務對象類別	服務對象名稱	服務收入(千元)	成果歸屬
--------	--------	--------	----------	------

洲際 LNG 接收站儲槽興建統包工程之量化風險評估工作	國內廠商	台灣中油	15,000	原子能系統工程跨域整合發展計畫
麥寮 LNG 儲槽興建統包工程之量化風險評估工作	國內廠商	台塑石化	15,000	原子能系統工程跨域整合發展計畫
核二廠及核三廠用過核子燃料室內乾式貯存作業前燃料完整性評估與檢驗計畫技術服務案	A	台電公司	7,320	原子能系統工程跨域整合發展計畫
軌道式解除管制量測系統開發	A	台電公司	8,607	原子能系統工程跨域整合發展計畫
核一廠用過核子燃料乾式貯存設施採購帶安裝案	A	台電公司	50,459	原子能系統工程跨域整合發展計畫
抗體暨抗體藥物複合體之生物分布	A	台灣浩○生技股份有限公司	1,440	原子能系統工程跨域整合發展計畫
PBT012 臨床前試驗	A	普○默生物技術股份有限公司	404	原子能系統工程跨域整合發展計畫
放射暨生物相關技術應用服務	A	各單位	3,098	原子能系統工程跨域整合發展計畫
年度藥物銷售	A	各醫療院所	93,914	原子能系統工程跨域整合發展計畫
中子照射術服務金額	A	台○電公司	350	原子能系統工程跨域整合發展計畫
技術服務-協助臺灣臺南地方法院返還承攬報酬案件-鑑定工程承攬合約高溫電漿處理系統	A	鴻○精密/漆○環境科技	598.6	原子能系統工程跨域整合發展計畫
技術服務-膠固態電解質製作與鋰電池元件測試評估	A	華○成科技股份有限公司	300	原子能系統工程跨域整合發展計畫
專題研究-於嚴苛環境應用的高熵合金與薄膜材料的開發與研究(2/3)	C	國科會	700	原子能系統工程跨域整合發展計畫
專題研究-複合電漿製備抗菌軟性電致變色節能窗技術開發	C	國科會	800	原子能系統工程跨域整合發展計畫
技術服務-水平光斑雷射二極體	C	中科院	189	原子能系統工程跨域整合發展計畫
技術服務-太空太陽電池電性分析	A	鎰○光電股份有限公司	50	原子能系統工程跨域整合發展計畫
技術服務-樣本低能量質子照射試驗	A	臺北醫學大學	78.75	原子能系統工程跨域整合發展計畫
技術服務-電池片低能量質子照射	A	鎰○光電股份有限公司	105	原子能系統工程跨域整合發展計畫

註：服務對象類別分成 A 國內廠商、B 國外廠商、C 其他(請序明)；成果歸屬請填細部計畫名稱。

附錄、佐證圖

子項一：核電廠被動式安全機制研究與能源基礎設施安全技術發展

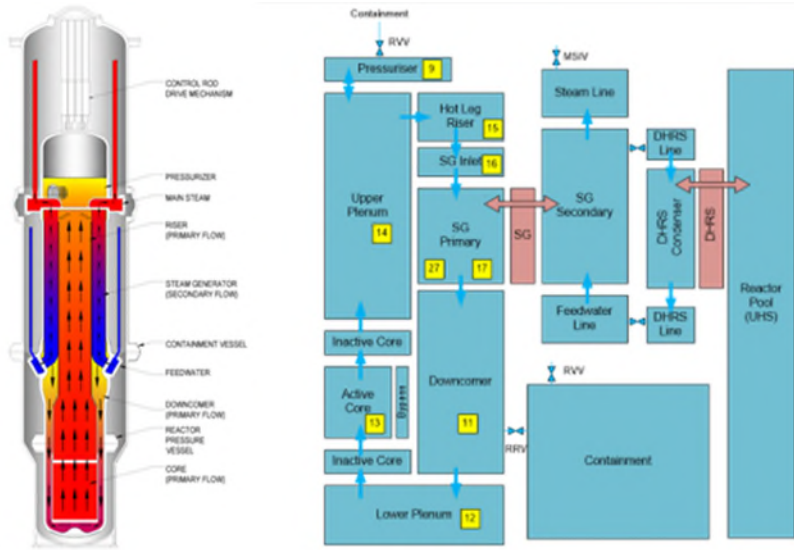
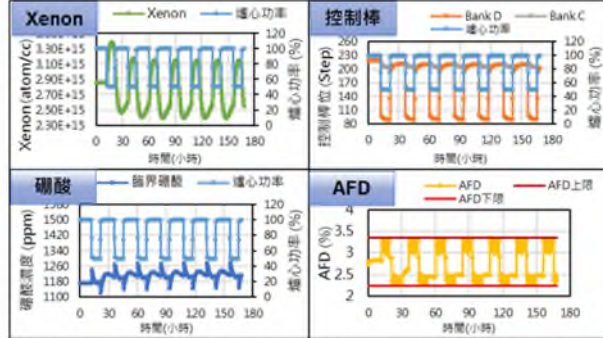


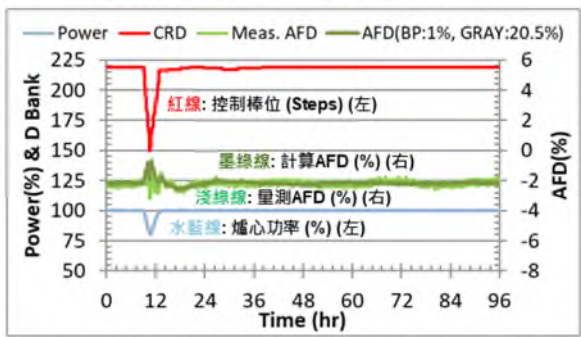
圖 1-1：NuScale SMR 實體架構與 MAAP 程式格點劃分對照圖

以核三廠二號機週期27的爐心設計進行模擬  
(模式X, 起始12小時100%, 降載到50%直至第21小時, 升載至  
100%直至第24小時, 進行7天循環)



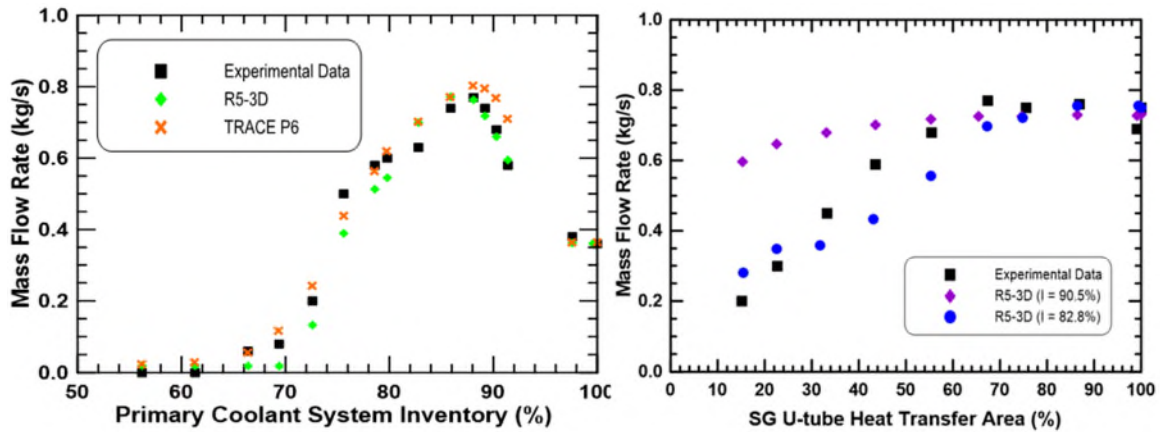
成功進行爐心功率快速調節的模擬, AFD皆符合需求

AFD的計算結果與電廠量測數據之驗證比對



二號機週期27的14筆控制閥測試資料中, 有 13 筆案例(占9成)的 AFD計算值, 能夠跟上 AFD 量測值的走勢, 計算結果與量測值曲線一致

圖 1-2：進行法國負載追隨控制之模式 X 的爐心功率快速調節模擬(左圖)；利用本研究的計算模式模擬核三廠二號機週期 27 升降載 AFD 並與電廠量測數據驗證比對成果(右圖)



S-NC-2之一次側流量之實驗量測值與計算值比較 S-NC-3之一次側流量之實驗量測值與計算值比較

圖 1-3：Semiscale 自然循環實驗量測值與 RELAP5-3D 計算結果比較



## 建立加速器驅動系統次臨界爐心燃耗計算模式

建立ADS燃耗模式，開發NAADS自動化工具，結合MCNP與ORIGEN程式，並導入TENDL高能中子截面資料庫，可適用於含外加中子源及涵蓋高能中子截面。

- 建立國內首例、也是國際唯二：適用於外加中子源並涵蓋高能中子的爐心模擬與燃耗計算技術，完成技術報告(NARI-18571)
- 導入TENDL高能中子截面資料庫，可涵蓋質子散裂反應產生的高能中子，達到國際水準，完成技術報告(NARI-18352)
- 模擬比利時SCK-CEN設計之MYRRHA，計算結果與原設計具有一致性
- 自INL申請最新版RELAP5-3D程式(版次4.6.2)，並完成建立ADS爐心穩態鉛鉍合金熱水流模式，可計算進出口水溫(與國際文獻比較誤差小於2%)、燃料與護套溫度

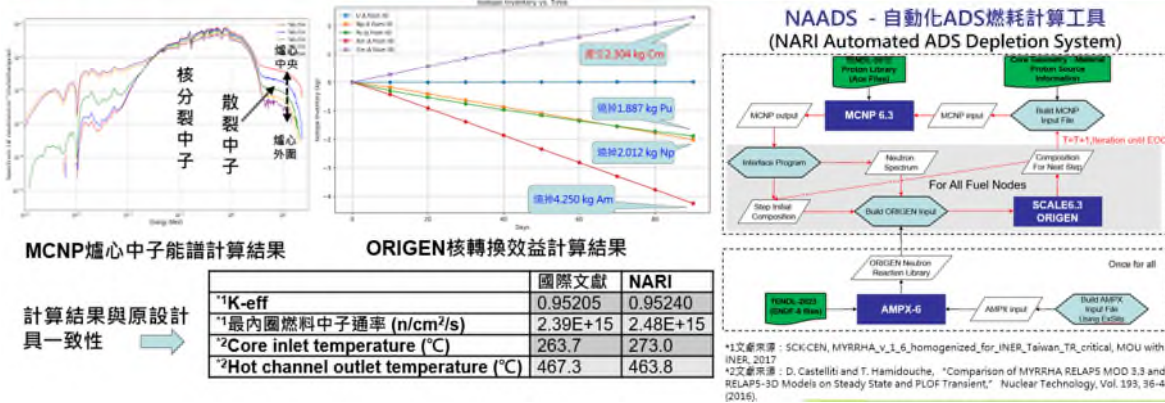


圖 1-4：加速器驅動系統次臨界爐心燃耗計算模式建立說明



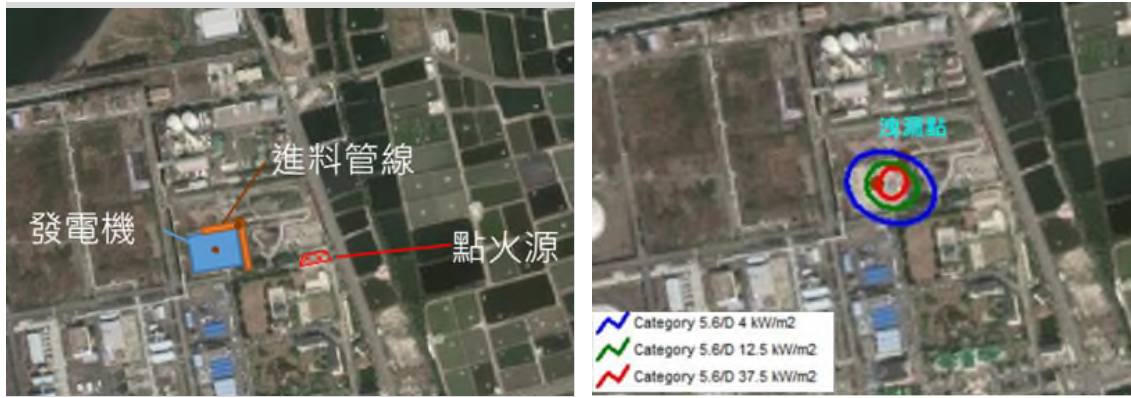


圖 1-7：複循環機組供氣設施確認設計變更範圍(左圖)與熱輻射後果風險模擬(右圖)

子項二：核子反應器設施除役工程及放射性物料處理貯存處置技術開發

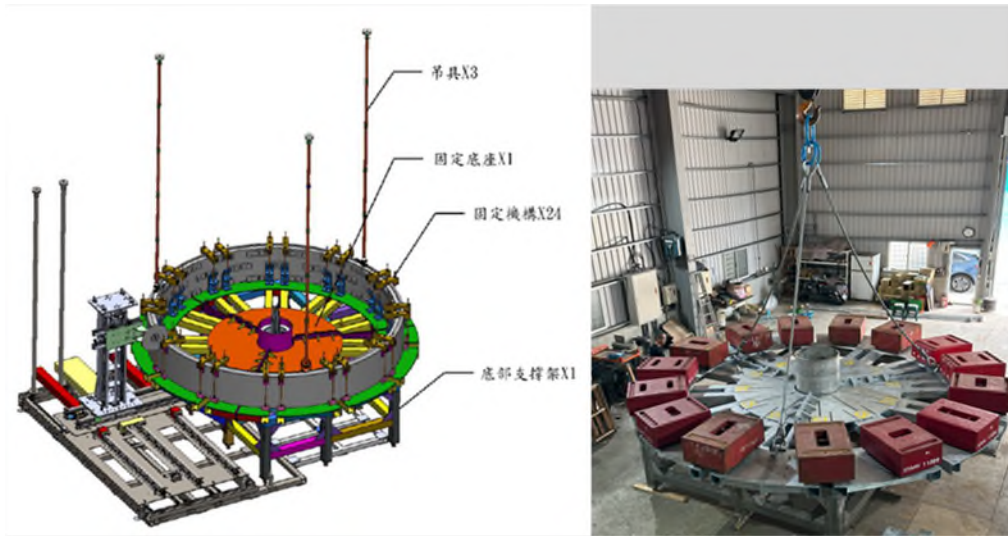


圖 2-1：系統組成示意圖及旁熱屏蔽吊運機具荷重 15 公噸砝碼吊重測試



圖 2-2：旁熱屏蔽固定夾具(實體圖)(a)

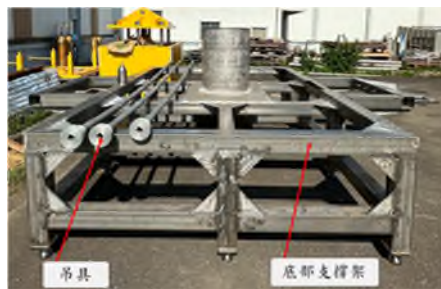


圖 2-2：旁熱屏蔽固定夾具(實體圖)(b)



圖 2-3：C3 容器銲接組立



圖 2-4：C3 容器角墜落試驗

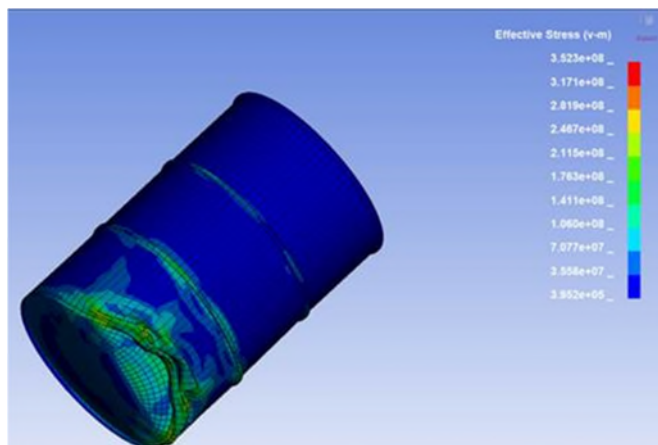


圖 2-5：低成本 55 加侖鍍鋅鋼桶角墜落分析

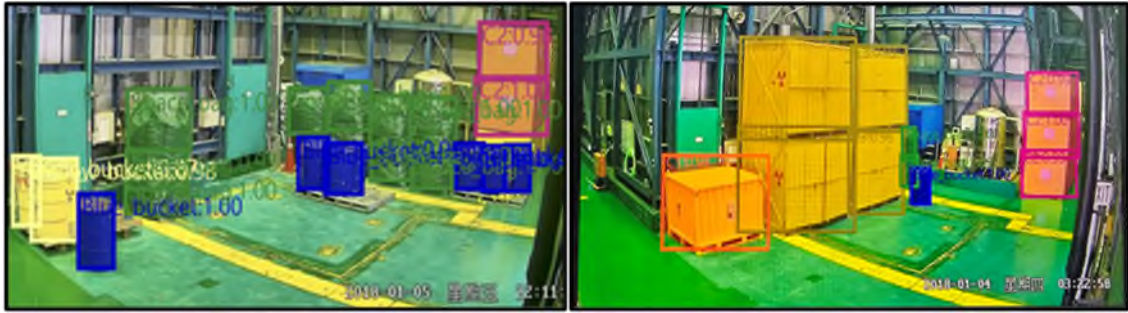


圖 2-6：廢棄物貯存容器影像辨識

**低放廢棄物分類管理系統**

國家原子能科技研究院  
National Atomic Research Institute

廢棄物包件管理 | 分析樣品管理 | 比例因數管理 | 系統管理 | 檢核管理 | [系統測試員 退出]

首頁 > 廢料包件管理 > 廢料包件資料

接收單號	C-002	系統號	2
包件編號		狀態	暫存

基本資料 | 加馬資料 | 雜測核種(系統產生)

資料存檔	報表列印	回查詢頁面	
倉庫編號	015V	產生單位	化學所
包件編號		包件計測日期	2025/01/25
接收單號	C-002	接收日期	2025/06/01
接收人員	E001	樣品編號	021091
廢棄物源	實驗室	批次編號	C-002-1
廢棄物內容	手套箱(含設備)	包件內容積	500.0 立方公尺(m <sup>3</sup> )
廢棄物類別	A	包件-長	50.0 公尺(m)
總重(含容器重量)	1950.0 公斤(kg)	包件-寬	10.0 公尺(m)
純重(廢棄物)	1850.0 公斤(kg)	包件-高	1.0 公尺(m)
容器重量	100.0 公斤(kg)	貯位	1-B4
容器類型	袋裝	貯存區域	B015
表面劑量率	B.G mSv/h.r	檢核人員	系統測試員
劑量率量測日期	2025/06/22	檢核文件	
初始分類	B	檢核日期	
衰減分類	B	衰減日期	2025/05/25
備註說明	91年BRC除污退回		
員動人員	系統測試員	員動時間	2025/06/22

註：請勿輸入空白、換行及特殊符號('xxx')等

圖 2-7：低放廢棄物分類管理系統操作界面

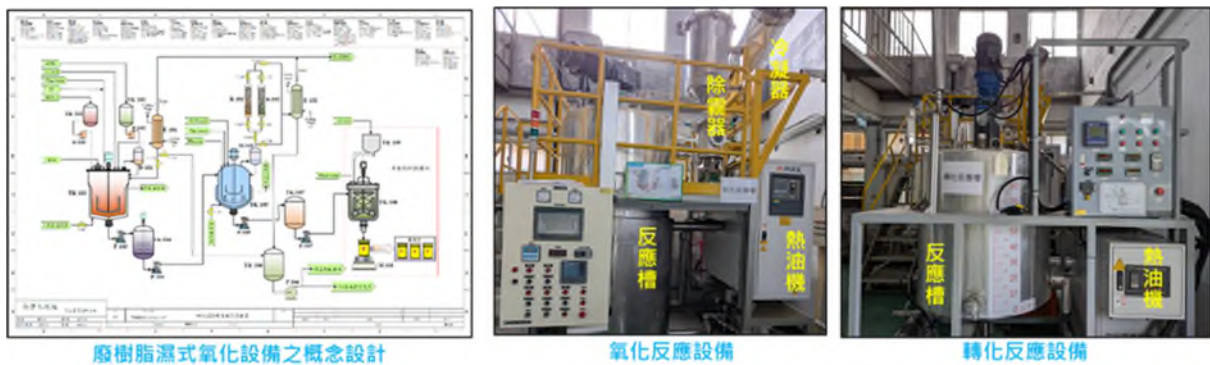


圖 2-8：廢樹脂安定化設備之概念設計及設備

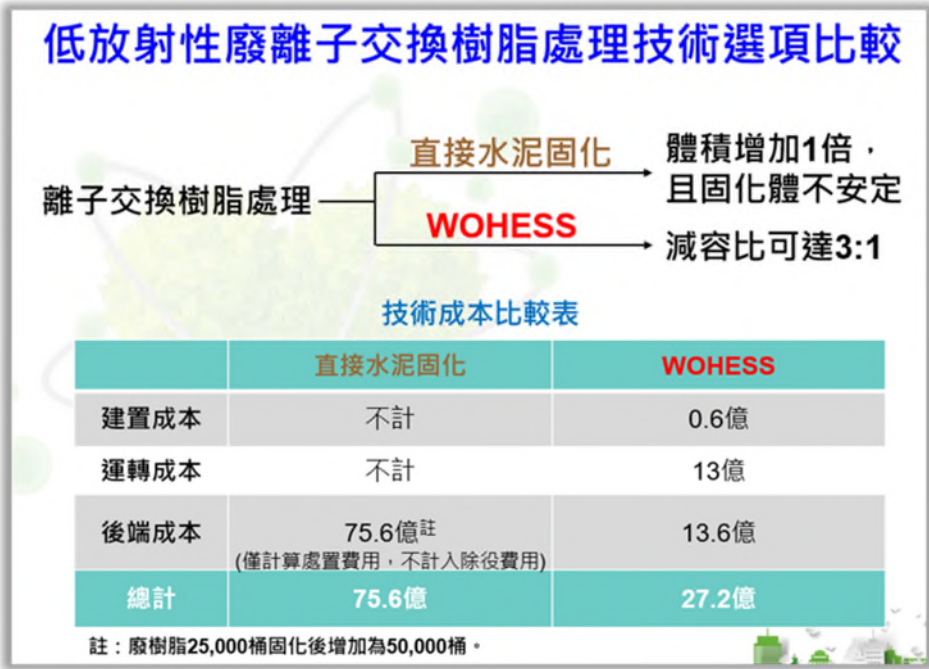


圖 2-9：低放射性廢離子交換樹脂處理技術之經濟分析

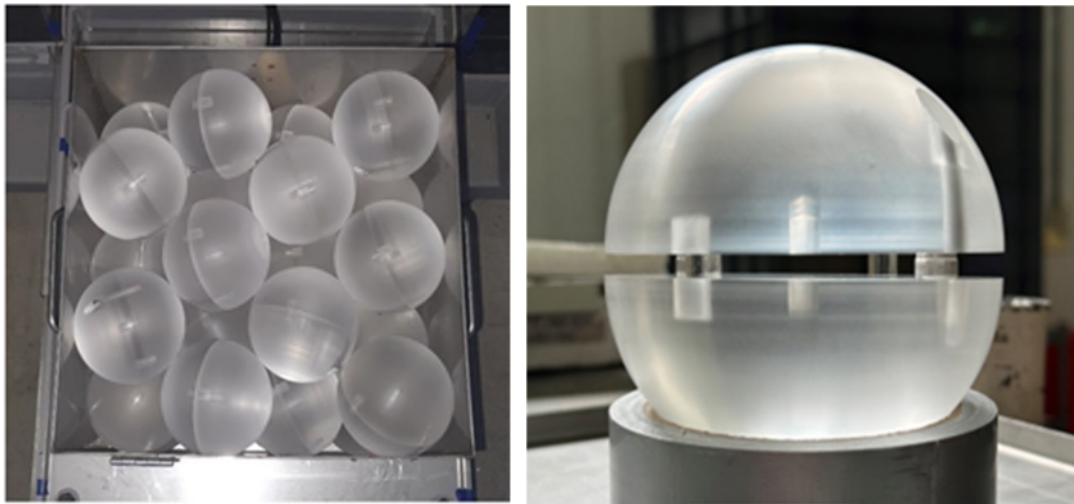
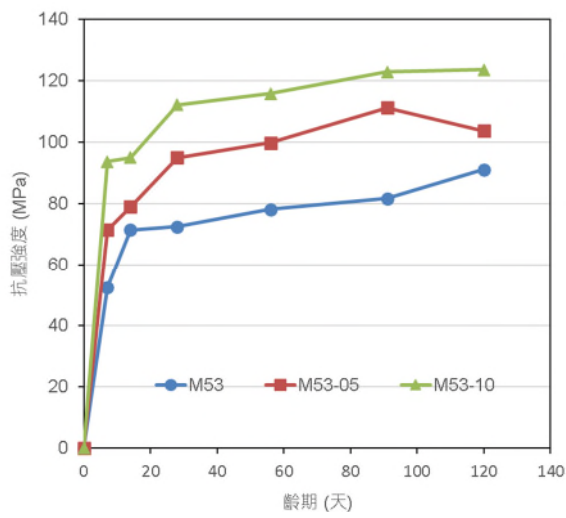
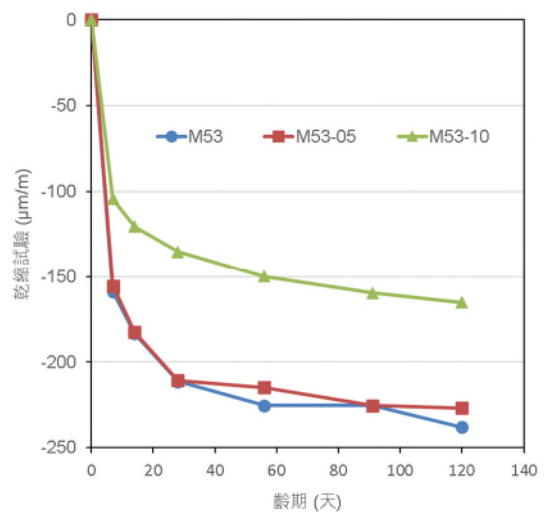


圖 2-10：噸級廢棄物活度校正標準體(壓克力)



抗壓強度試驗結果



乾燥收縮試驗結果

圖 2-11：高完整性容器試體進行抗壓強度試驗、乾燥收縮試驗結果



圖 2-12：實驗室蒸發串接離子交換管柱設備

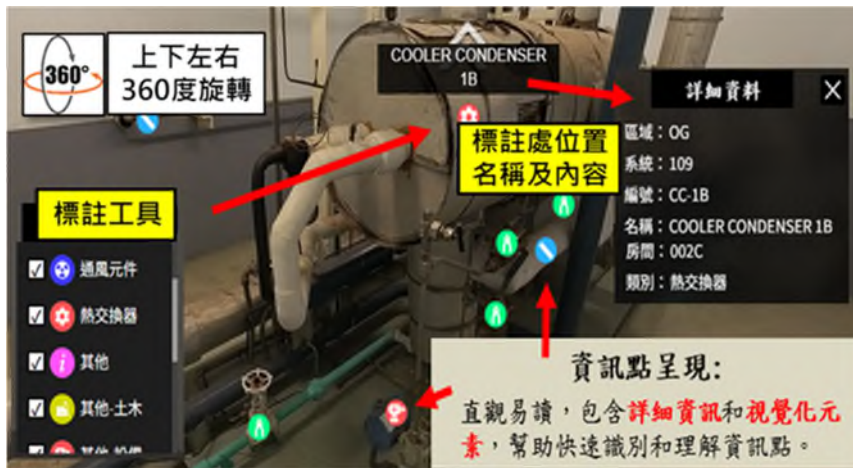


圖 2-13：環景導覽平台建置及標註功能開發

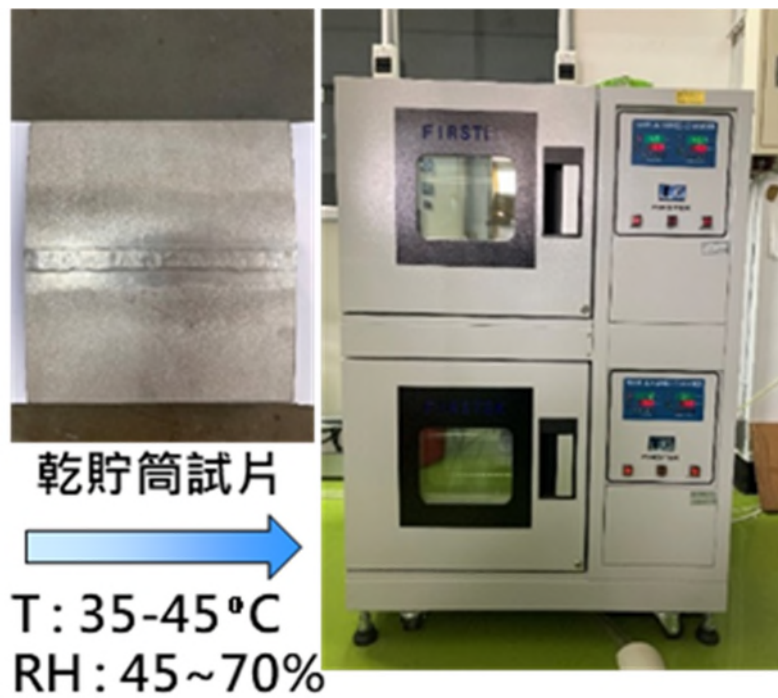


圖 2-14：乾貯筒試片及應力腐蝕恆溫恆濕試驗設備

## 被動式乾貯鋼筒腐蝕指示器的研發

本發明提出一種被動式乾貯鋼筒腐蝕指示器，可依ASTM G39標準以對鋼筒試片施加應力以模擬鋼筒內應力，並將指示器直接置入乾貯混凝土罐箱進氣口深處，用於監測罐箱中鋼筒在氬離子環境下的應力腐蝕行為。相較既有乾貯鋼筒腐蝕檢測技術，該指示器具小型、輕量、結構簡單、操作便捷、無需供電且不干擾系統運作等優點，能顯著降低檢測所需人力、時間、成本與人員輻射暴露劑量。

**用過核子燃料乾貯存密封筒監測技術簡介**

室外乾貯設施<sup>(1)</sup>、乾貯系統結構<sup>(2)</sup>、同層作業<sup>(3)</sup>、密封筒結構<sup>(4)</sup>、NDT 載具與人體接觸檢測<sup>(5)</sup>

密封筒常置於海濱區域海水鹽霧環境產生氬離子誘發應力腐蝕龜裂 (Chloride Induce Stress Corrosion Cracking, CISCC)<sup>(6)</sup>

**結構設計與原理**

重量: 1 kg  
應力測試  
密封筒與核材証書  
被動式乾貯鋼筒腐蝕指示器結構示意圖 (中華民國專利第114121620號申請)

四點應力分布儀 (ASTM G39)

材料: 304L  
應力  
304L不銹鋼  
CISCC 環境  
✓ 罐筒內應力  
✓ 氬氣量  
✓ 應力  
✓ 氬氣量  
✓ 應力  
✓ 氬氣量

- 小型、輕量、無須供電操作(符合乾貯法規)
- 滾柱總力避免應力軸向偏差
- 依ASTM G39標準加載固定應力模擬罐筒內應力
- 與密封筒與CISCC三要素(環境、材料、應力)一致

**實務操作**

AOS乾貯存A組外觀  
指示器與載具置入罐筒入口  
單人操作置於罐箱土罐箱內不銹鋼筒位置  
週期性取出對試樣品進行檢測(NDT、重量或機械測試...等)後再置入，持續研列罐箱中密封筒表面腐蝕程度。  
可大幅降低目前監測乾貯材料劣化技術所需之人力、時間、成本與輻射暴露劑量。  
可實際應用於我國日後在運轉中乾貯設施對密封筒與老劣化之監測。

材料研究所核材料組  
聯絡人: 陳俊傑博士  
E: jmc@nari.org.tw  
jmc@nari.org.tw  
03-4711400-6862  
6501 / 6511

NARI 國家原子能科技研究院  
National Atomic Research Institute

圖 2-15：研發被動式乾貯鋼筒腐蝕指示器

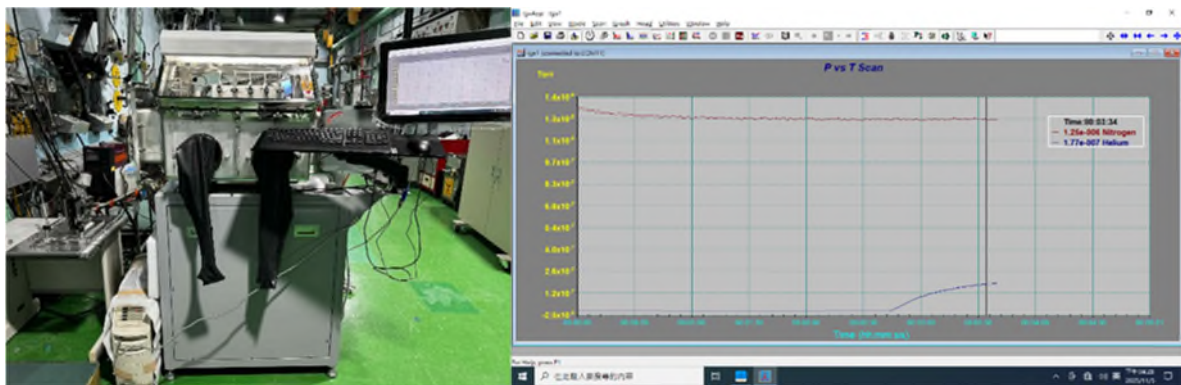


圖 2-16：分裂氣體量測設備與模擬量測過程

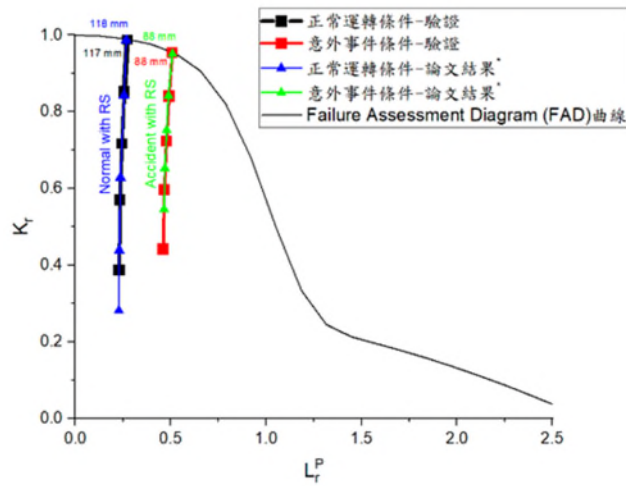


圖 2-17：API579 失效評定圖評估結果比對驗證

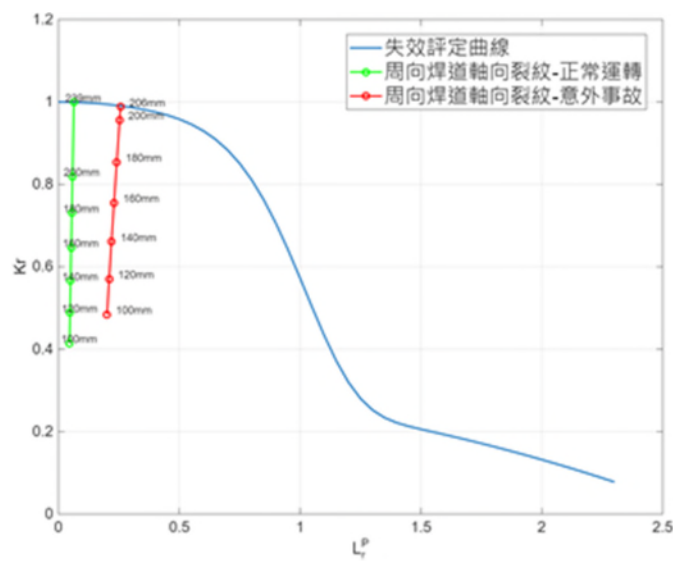


圖 2-18：INER-HPS 密封鋼筒失效評定圖評估結果

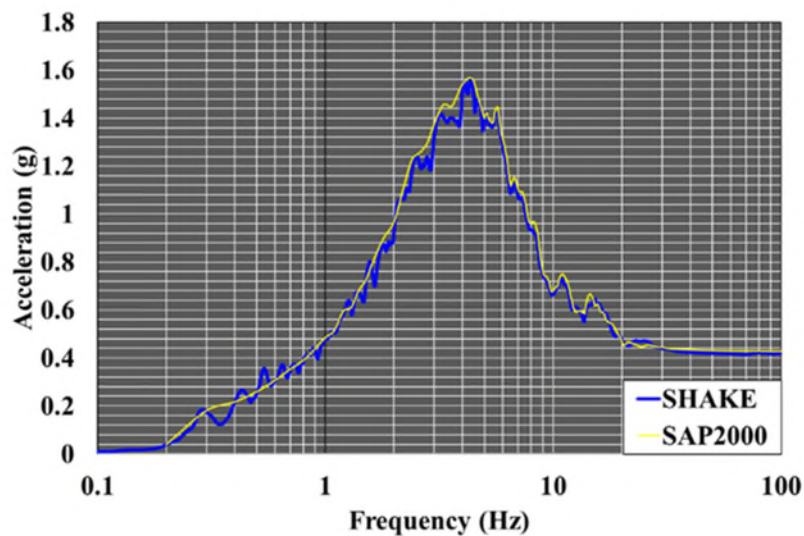


圖 2-19：核一廠室外乾貯之土壤-結構互制分析結果比較(SHAKE vs SAP2000)

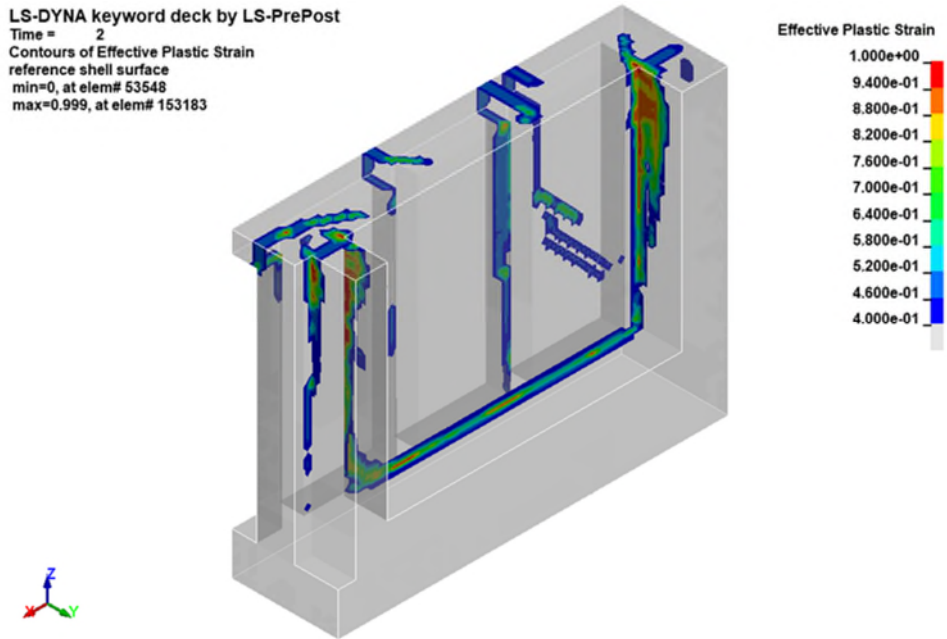


圖 2-20：核三廠用過燃料池南牆於擬靜態非線性側推分析下之混凝土損傷因子結果分布

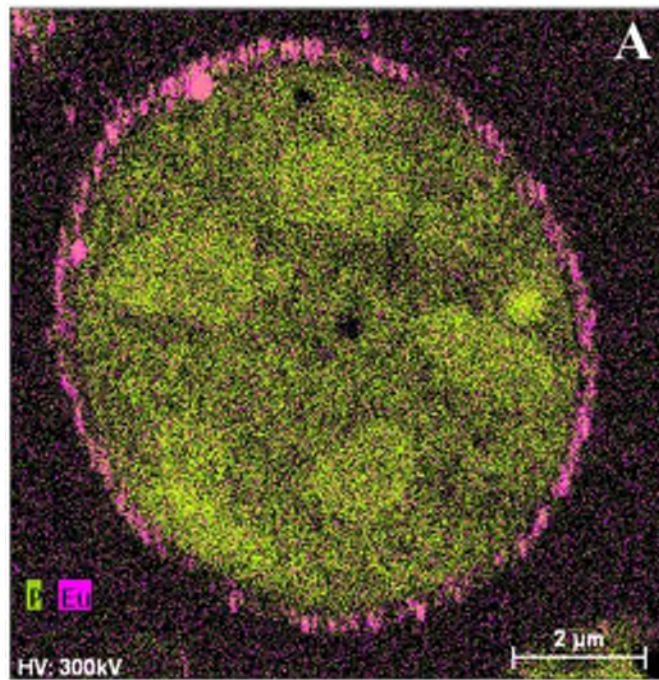


圖 2-21：紅酵母 BII-R8 細胞表面的 Eu 生物吸附情況，綠色部分為紅酵母 BII-R8 細胞，紅色部分為吸附在細胞上的 Eu 元素



圖 2-22：地下地質探查與工程應用工作坊與會合影

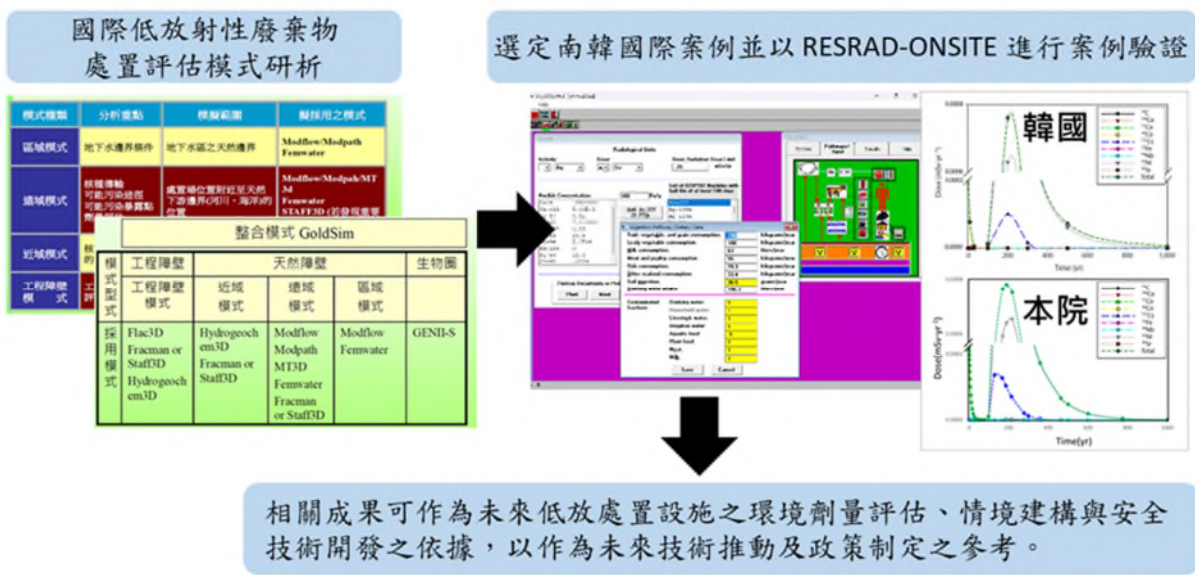


圖 2-23：國際模式比較與低放處置設施模擬之技術成果

子項三：生醫科技輻射應用研究

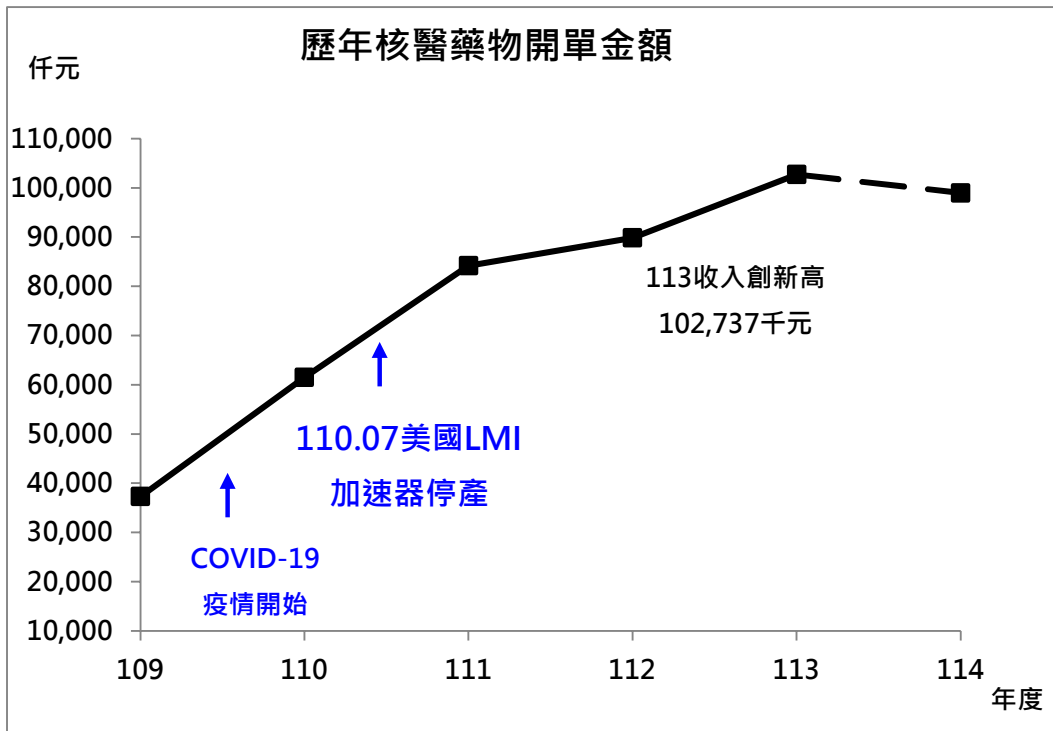


圖 3-1：歷年核醫藥物開單金額

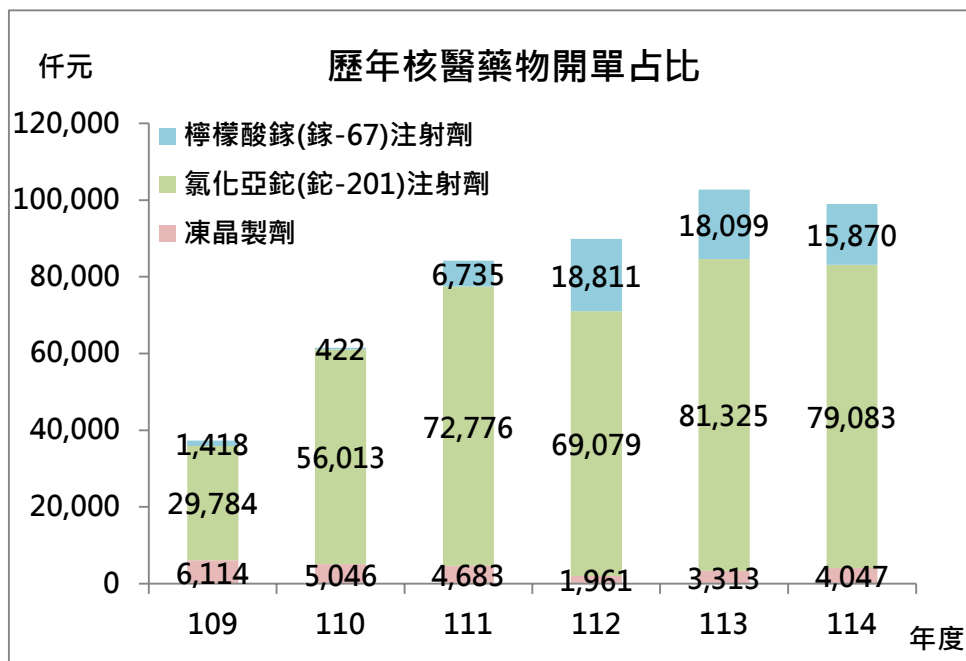


圖 3-2：歷年核醫藥物開單金額占比



完成動脈粥狀硬化造影劑(APD)之毒理試驗1份，建立核醫藥物標誌原料藥公克級擴量製備程序，產製公克級原料藥之純度95 %以上及標誌放化純度達90 %以上(符合國際藥典標準)。

**完成APD之毒理試驗**

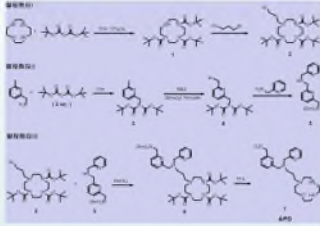
項目	結果
死亡率	0%
體重 食物攝取 臨床觀察 眼科檢查 臨床病理學 解剖與器官重量	各組別皆無差異
藥動學(PK)	T <sub>1/2</sub> 雄：0.23-0.29 h T <sub>1/2</sub> 雌：0.19-0.30 h T <sub>max</sub> ：0.08 h
NOAEL	2046.0 µg/kg (220倍臨床使用劑量)

**完成APD 3批次試製與eCTD所有文件**

批號	生產瓶數	放化純度 (>90%)	主成分含量 (416-462ug/瓶)	生物分析
A25001	98	95.80	453.43	合格
		94.99	454.39	
		94.51	458.57	
A25002	98	97.07	457.08	合格
		94.50	455.68	
		93.65	455.46	
A25003	98	97.22	438.91	合格
		93.32	436.10	
		97.72	437.81	


NOAEL：最大無有害作用劑量  
eCTD：電子通用技術文件

**完成APD公克級製程 · 純度>97%**



批次號	產量	純度
1	1.35克	97.14%

**完成人體臨床試驗計畫書撰寫**

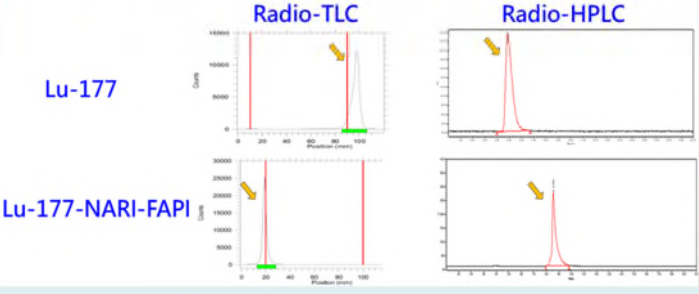


10月22日向臺綜合醫院提出IBR申請  
11月3日向TFDA提出臨床試驗申請 · 較原規劃提前2年

圖 3-5：動脈粥狀硬化造影劑研發成果

完成纖維母細胞活化蛋白抑制劑(FAPI)藥物之放射標誌及安定性技術報告

**完成Lu-177-NARI-FAPI放射標誌實驗 (放化純度99%)**



**完成Lu-177-NARI-FAPI之安定性實驗**

Lu-177-NARI-FAPI於常溫下經時安定性

Time (h)	Radio-TLC (%)	Radio-HPLC (%)
1	99.3	97.6
2	96.3	97.6
4	98.7	98.4
24	97.8	97.5
96	98.1	94.5
168	97.5	93.0

圖 3-6：完成纖維母細胞活化蛋白抑制劑研發成果

建立能譜Micro-CT造影系統之影像重建AI模型，採用遮蔽預測機制(Noise2Self)技術，搭配Noise Modeling建構自監督學習的訓練骨架，並導入 patch-based 體積切割與 margin 設計，結合 SwinUNet 分層式注意力架構，讓模型在無需標註的情況下即可學習影像內部結構與雜訊特徵。無需標註即可學習影像內部的結構與雜訊特徵。可於低光子數條件下(減半)維持影像品質，使重建影像之結構相似由 0.81 提升至 0.88，PSNR 提升約 2.7 dB，顯示影像細節與對比皆明顯改善。

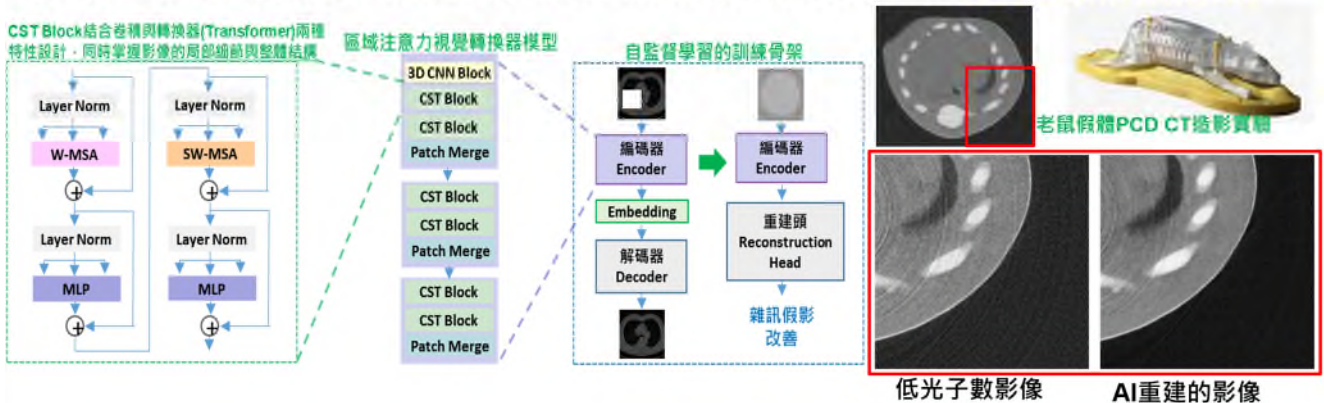


圖 3-7：能譜 Micro-CT 影像重建 AI 模型(自監督學習搭配 SwinUNet)成果

### 完成能譜Micro-CT造影系統最佳組件匹配與系統設計。

- 完成能譜Micro-CT系統設計，包含硬體架構、掃描模式及造影參數等關鍵系統參數。模擬結果顯示，系統可達成10-50 μm的影像解析度。

	市場技術領先者* MAKS Bioimaging	NARI預計規格
能解數	4-8 (標準型)	2-4 (超小型AOLC型)
X光最高能量	120 kV	150 kV
X光最大功率	39 W	50 W
待測物最大掃描直徑	125 mm	100 mm
影像解析度	50-200 μm	10-50 μm
最高材質解析數量	5	3

多軸掃描運動機構

待測物 X光源

控制機箱及電腦

高穩定性桌面

小動物用Micro-CT合理幾何放大倍率

NARI能譜Micro-CT彈性可調控放大倍率範圍

X光源焦點尺寸：2 μm

PCD像素尺寸：100 μm

系統影像空間解析度 (Effective spatial resolution [μm])

Geometric magnification (M)

系統幾何放大倍率

系統影像解析度模擬評估結果

錐形射束CT掃描模式

系統3D設計圖及規格

系統掃描模式及造影參數

- 能譜Micro-CT系統造影參數：
  - 掃描模式：錐形射束CT掃描
  - 光源至偵檢器距離：800 mm
  - 光源至待測物距離：57.6-386 mm
  - 系統影像放大倍率(M)：2.07x-13.87x
  - 投影角度：360 deg.
  - 投影張數：360 proj.
  - PCD偵檢器維度：2,048 × 1,024 pixels
  - PCD偵檢器像素尺寸：100 × 100 μm<sup>2</sup>
  - 3D重建影像維度：1,024 × 1,024 × 512 voxels

圖 3-8：能譜 Micro-CT 系統設計研發成果

子項四：原子物理新穎技術開發與應用

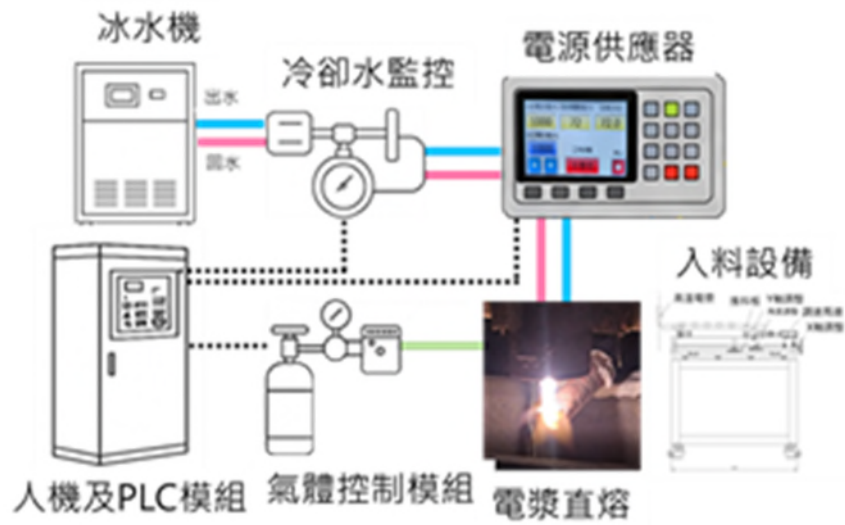


圖 4-1：電漿直熔系統設計

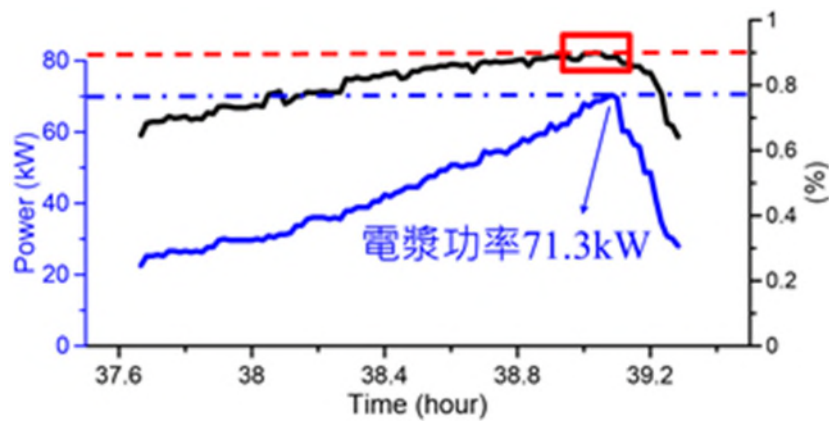


圖 4-2：電漿最大功率



圖 4-3：保溫棉棒狀成型設備

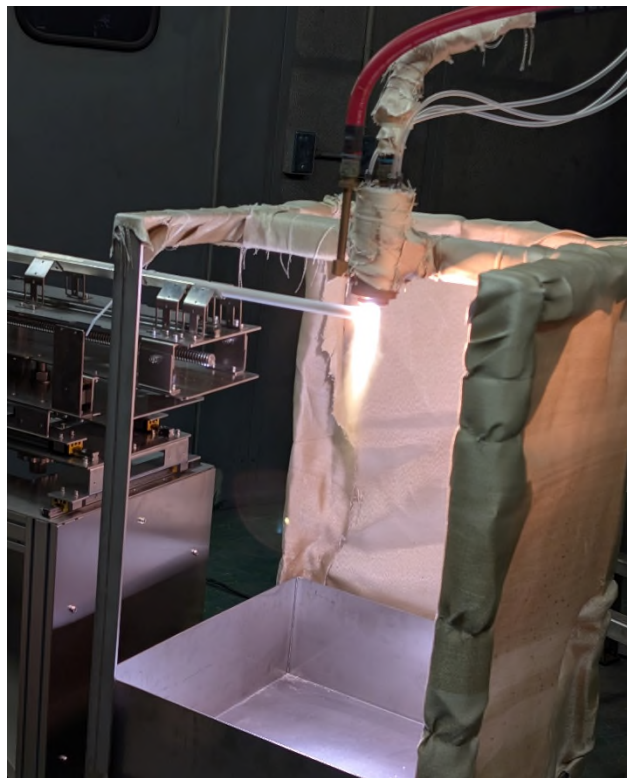


圖 4-4：棒狀保溫棉進料設備



圖 4-5：電漿直熔棒狀保溫棉



圖 4-6：棒狀保溫棉玻璃化產物

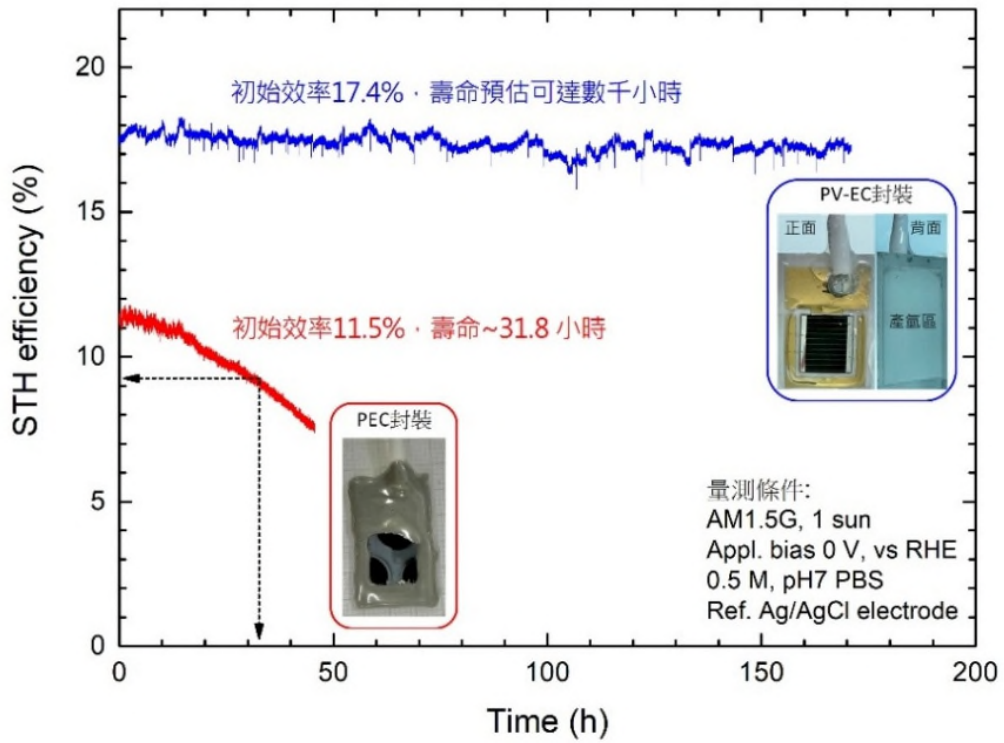


圖 4-7：保護功能之光電化學綠氫晶片之產氫時效曲線

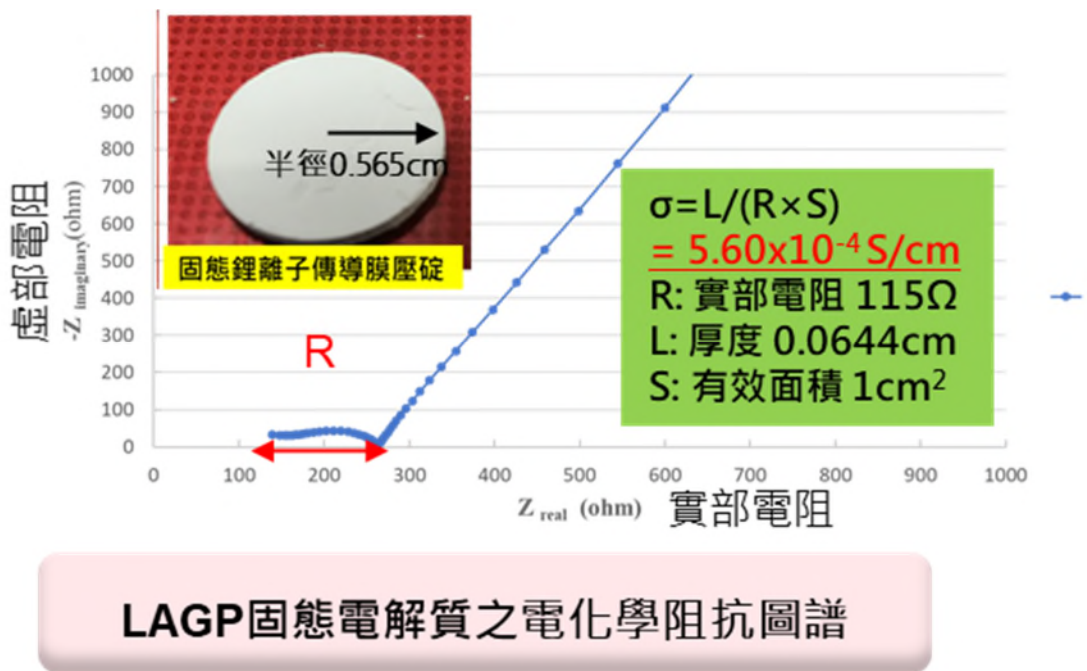


圖 4-8：提鋰用固態電解質(LAGP ( $\text{Li}_{1.5}\text{Al}_{0.5}\text{Ge}_{1.5}(\text{PO}_4)_3$ ))之離子電導值測試。

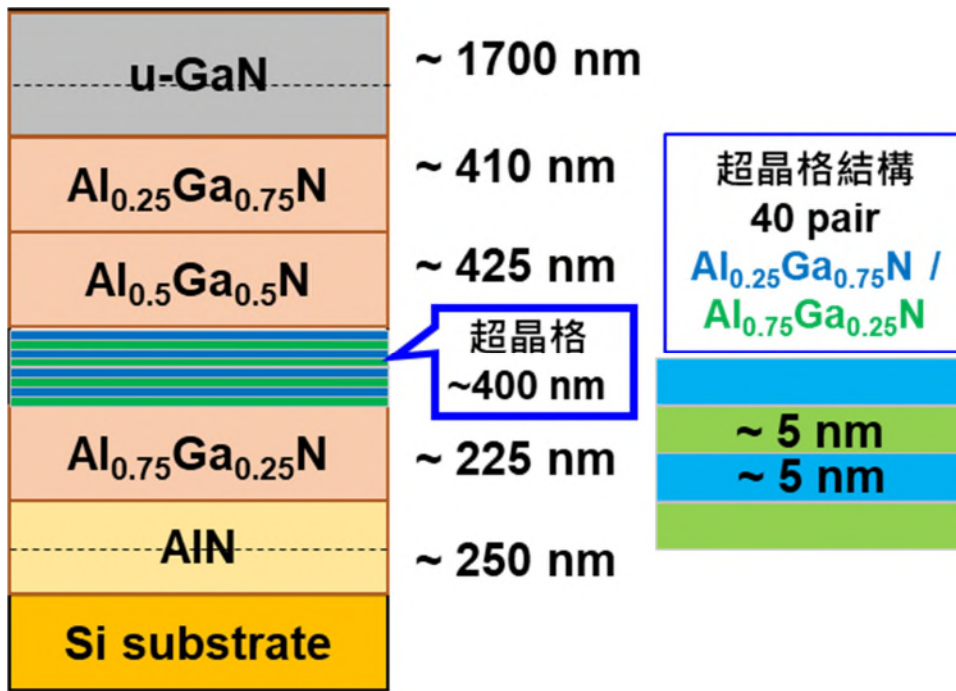
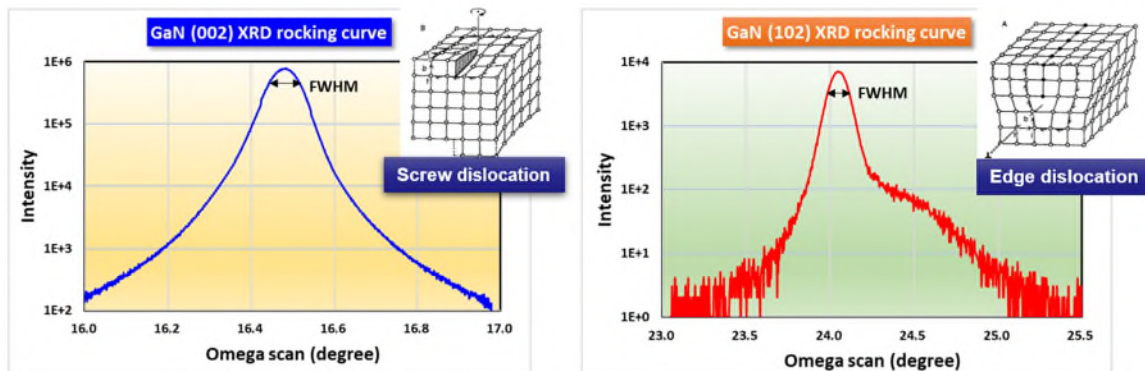


圖 4-9：GaN on Si 超晶格結構示意圖。進行磊晶結構之優化改良，導入超晶格結構可有效抑制錯位穿透並降低磊晶層內部之缺陷密度。



Screw and edge dislocation densities:

$$D_{screw} = \frac{\beta_{002}^2}{9b^2} \quad D_{edge} = \frac{\beta_{102}^2}{9b^2}$$

- $\beta$  is the FWHM of the XRD peak (in rad)
- $b$  is the Burger vector length, 0.5185 nm for screw dislocations and 0.3189 nm for edge dislocations

Ref: Y. Y. etc. Micromachines 2024, 15, 954.

GaN (002) FWHM (arcsec)	$D_{screw}$ ( $cm^{-2}$ )	GaN (102) FWHM (arcsec)	$D_{edge}$ ( $cm^{-2}$ )
302	$8.86 \times 10^7$	437	$4.90 \times 10^8$
$D_{Total} = D_{screw} + D_{edge}$ ( $cm^{-2}$ )			$5.79 \times 10^8$

圖 4-10：GaN 磊晶片 XRD rocking curve 量測。(002)晶面之 FWHM 為 302 arcsec，(102)晶面之 FWHM 為 437 arcsec。依據文獻模型換算後，缺陷密度為  $5.79 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}$  (商售晶片水準： $<1 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$ )。

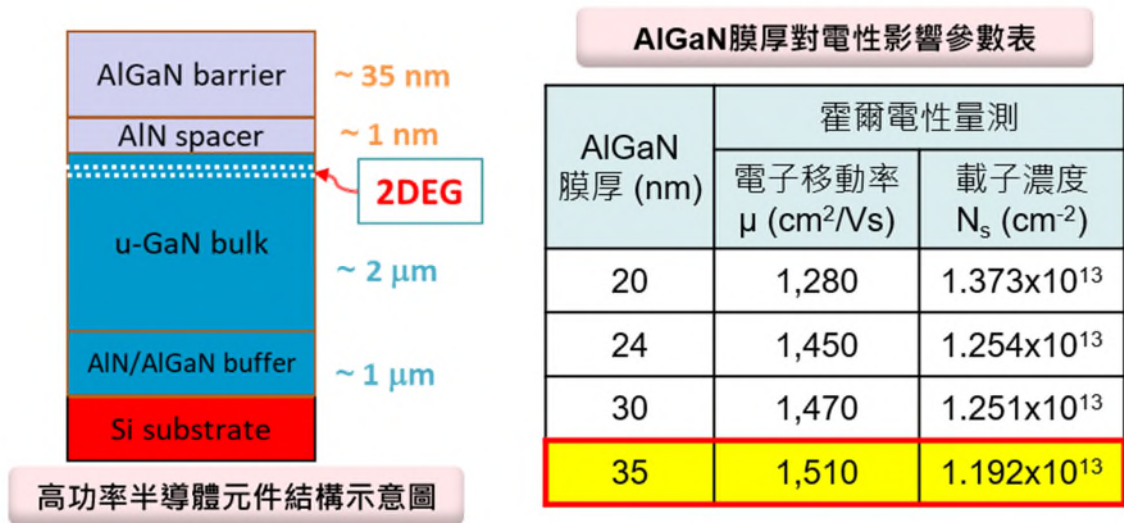


圖 4-11：GaN 高功率半導體元件磊晶製作。於 GaN 基層上生長一層氮化鋁鎵(AlGaN)，誘導形成高電子濃度之二維電子氣(2DEG)，電子移動率達 1,510 cm<sup>2</sup>/Vs、載子濃度為 1.192x10<sup>13</sup> cm<sup>-2</sup>，已與商用規格相當。

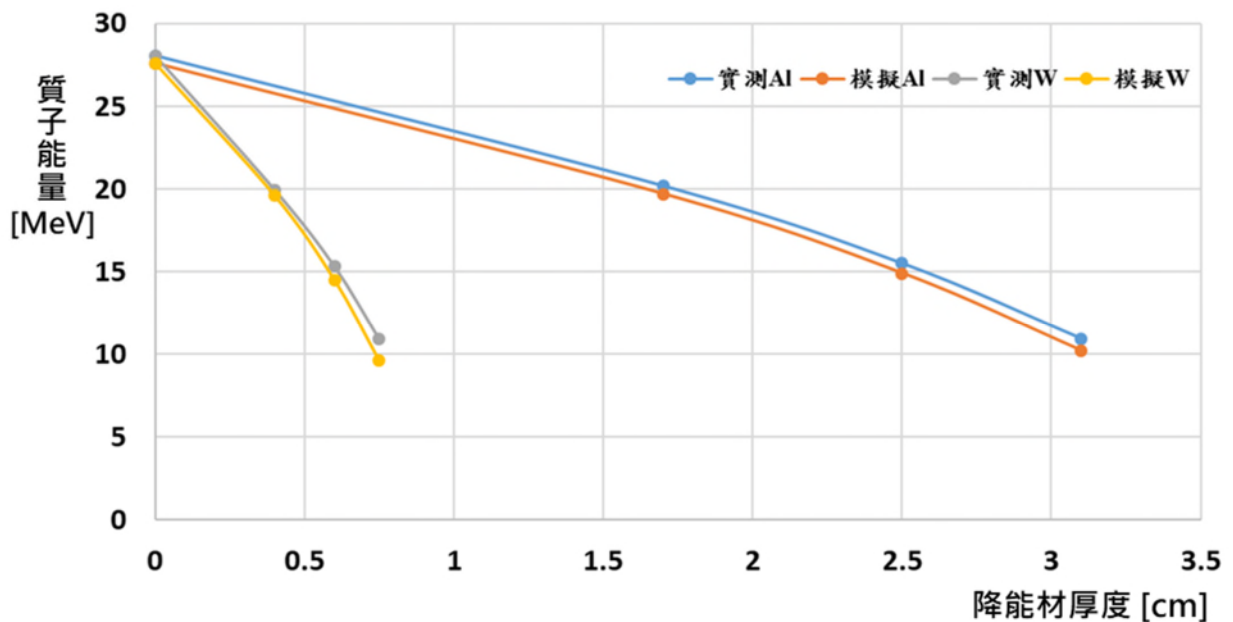
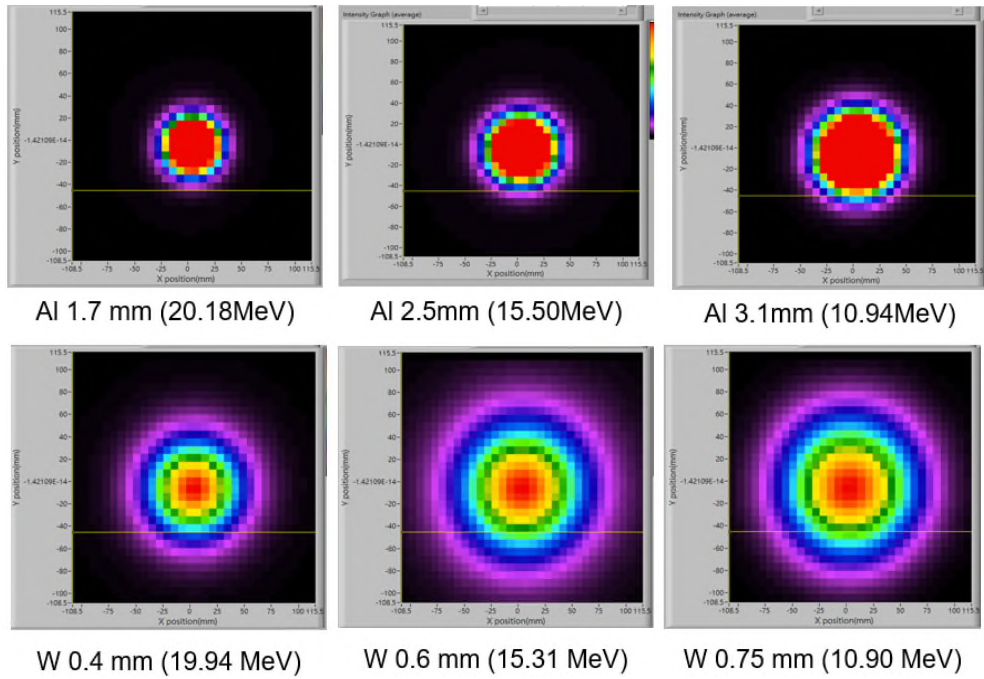


圖 4-12：降能後質子能量模擬與實測曲線。利用不同厚度之鋁片(Al)及鎢片(W)降低質子能量，模擬與實測數據誤差 <10%。



降能片 (mm)	質子能量 (MeV)	散布標準差 (cm)	80%散布半徑 (cm)	80%散布面積 (cm <sup>2</sup> )	通率 (s <sup>-1</sup> ·cm <sup>-2</sup> )
鋁1.7	20.18	1.27	2.08	13.63	3.19E+08
鎢0.4	19.94	2.71	4.44	62.05	3.21E+07
鋁2.5	15.50	1.55	2.53	20.17	1.81E+08
鎢0.6	15.31	3.63	5.95	111.03	1.31E+07
鋁3.1	10.94	2.11	3.47	37.73	8.03E+07
鎢0.75	10.90	3.80	6.22	121.69	9.41E+06

圖 4-13：質子降能系統實測結果

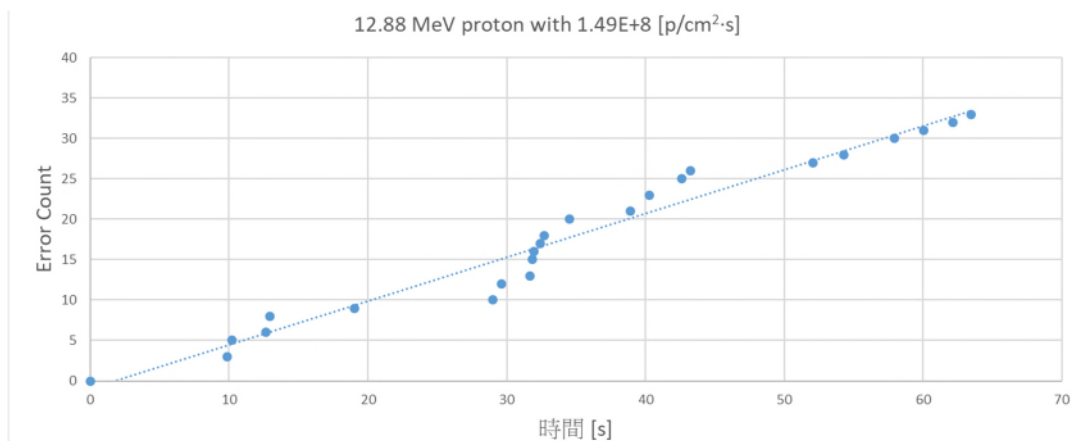


圖 4-14：太空晶片質子輻射單事件測試案例。測試樣品：Raspberry Pi Pico RP2040，使用 15.5 MeV 質子源，照射至樣品表面時，質子能量約 12.88 MeV，通率為 1.49E+8 [p/cm<sup>2</sup>·s]，照射 60 秒後，資料錯誤數為 31 bit / 75 Mbit。

### 子項五：整合能源系統動態模擬技術研究

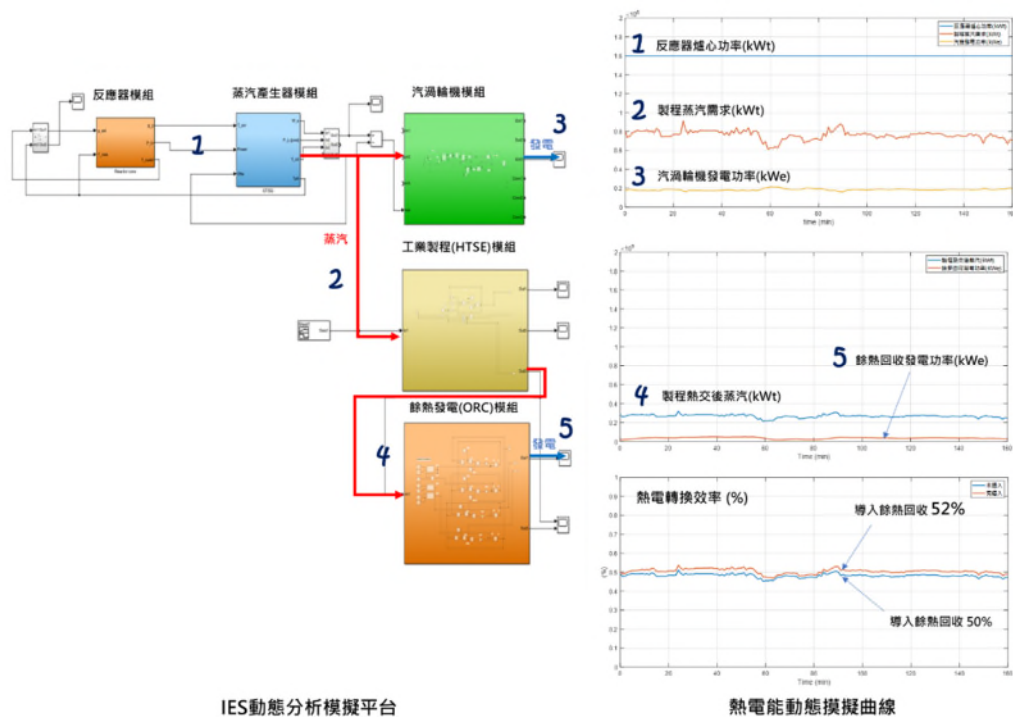


圖 5-1：IES 動態分析模擬平台之執行結果

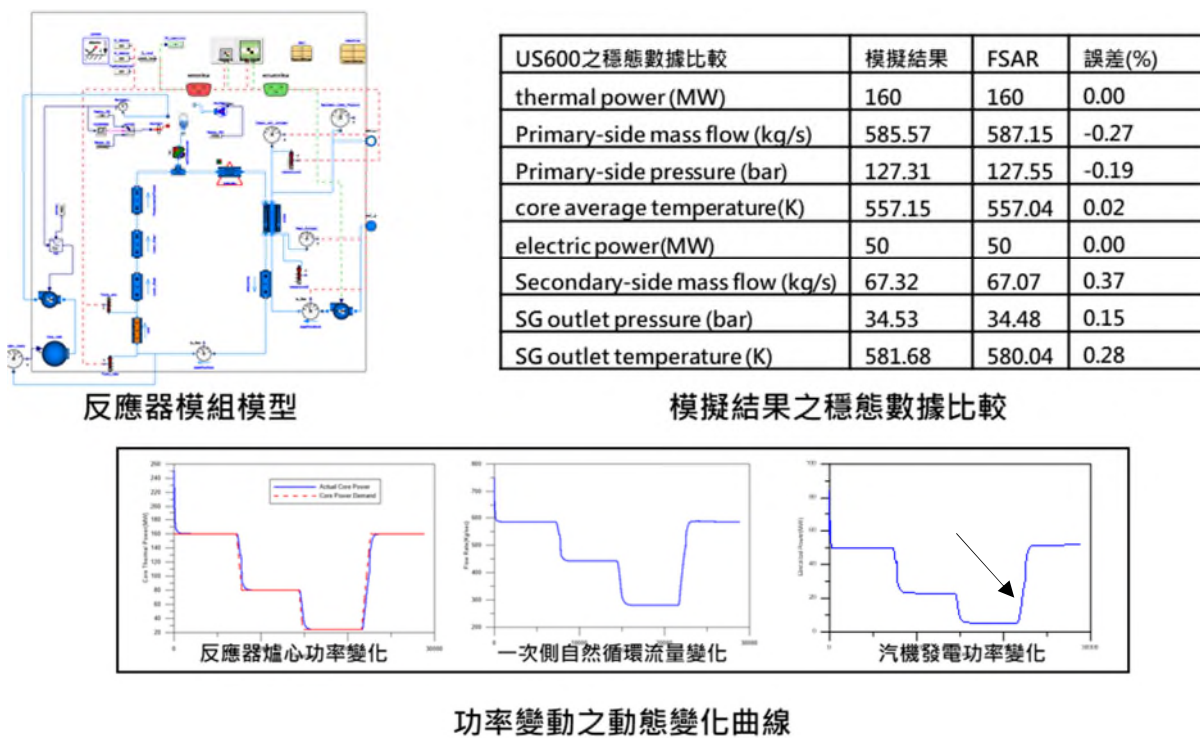


圖 5-2、IES 反應器模組之執行結果

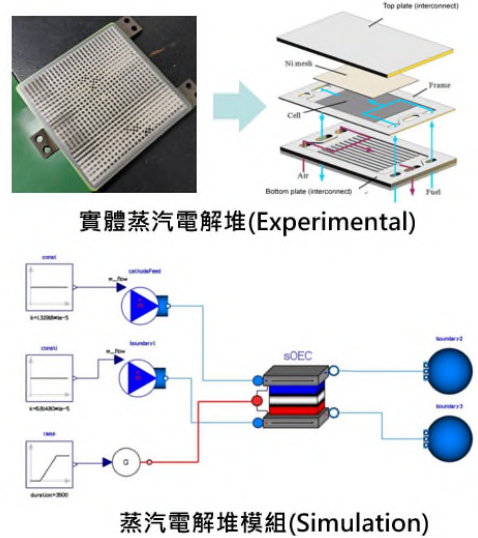
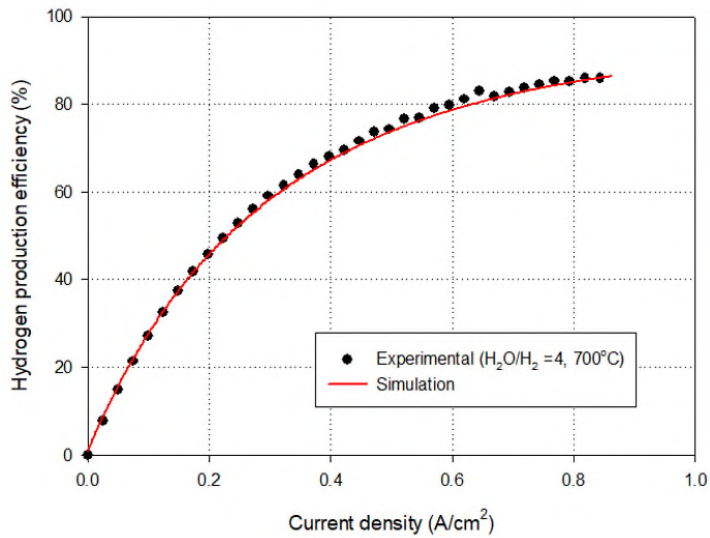
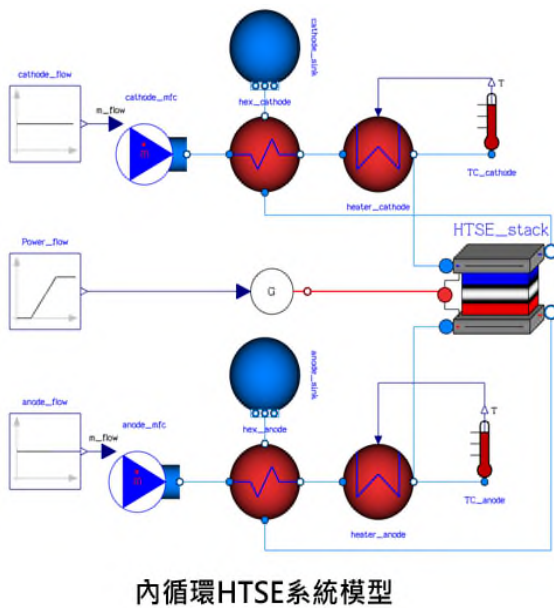


圖 5-3、蒸汽電解堆軟體模組開發與比對結果



內循環HTSE系統模型

**模擬參數：**

- HTSE\_stack (5組電解堆, 68320 電解片/每堆):
- 電功率輸入: 40.5 MW
- 陰極進氣: 4.6 kg/s, 入口溫度: 283.4°C
- 陽極進氣: 23.28 kg/s, 入口溫度: 259°C

**模擬結果：**

- 蒸汽消耗率: 80.51 %
- 每組電解堆產氫量: 0.081 kg/s
- 出口氣體組成:  $y_{H_2}=0.844$ ,  $y_{H_2O}=0.156$ ,  $y_{O_2}=0.297$ ,  $y_{N_2}=0.703$
- 電壓: 71640.9 V/每組電堆 (1.05 V/每片)
- 電流: 113.06 A (0.93 A/cm<sup>2</sup>)
- 產氫效率: 77.42% (LHV), 90.32% (HHV)

圖 5-4、具有內循環系統的 HTSE 模型及產氫效能分析



圖 5-5、IES 產官學研專家座談會



圖 5-6、完成 50kW 熱電能轉換模組實體建置

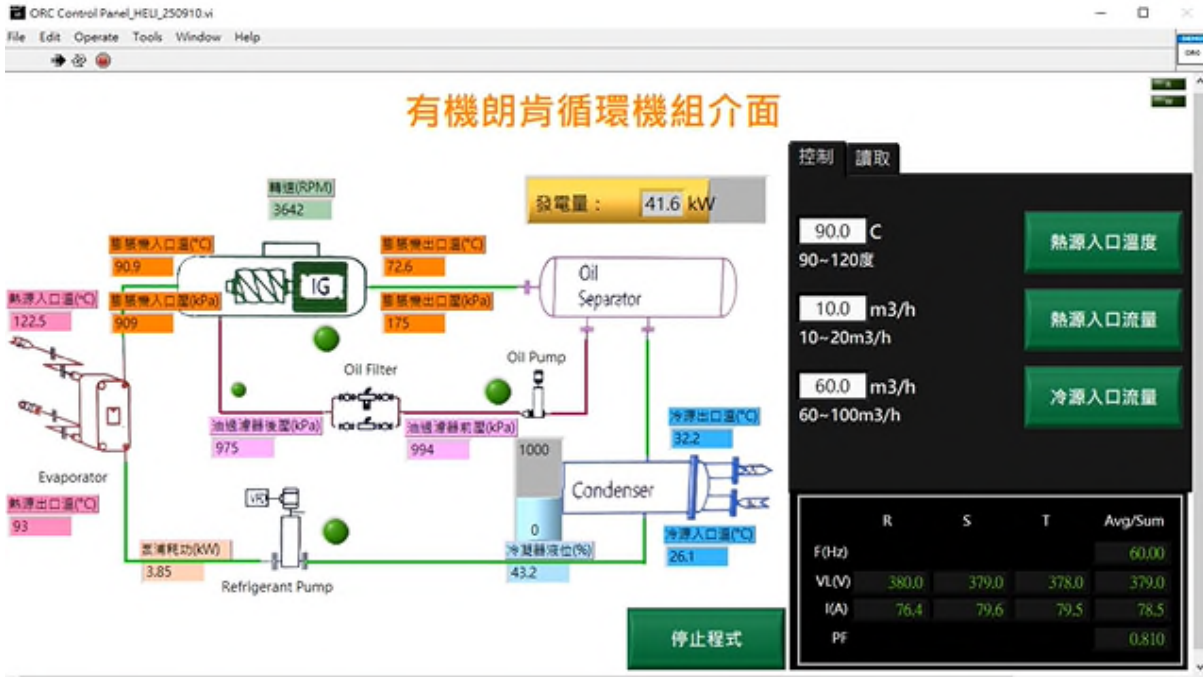


圖 5-7、完成 50kW 熱電能轉換模組之監控介面開發



圖 5-8、完成 50kW 熱電能轉換模組與微電網能源管理系統之整合測試

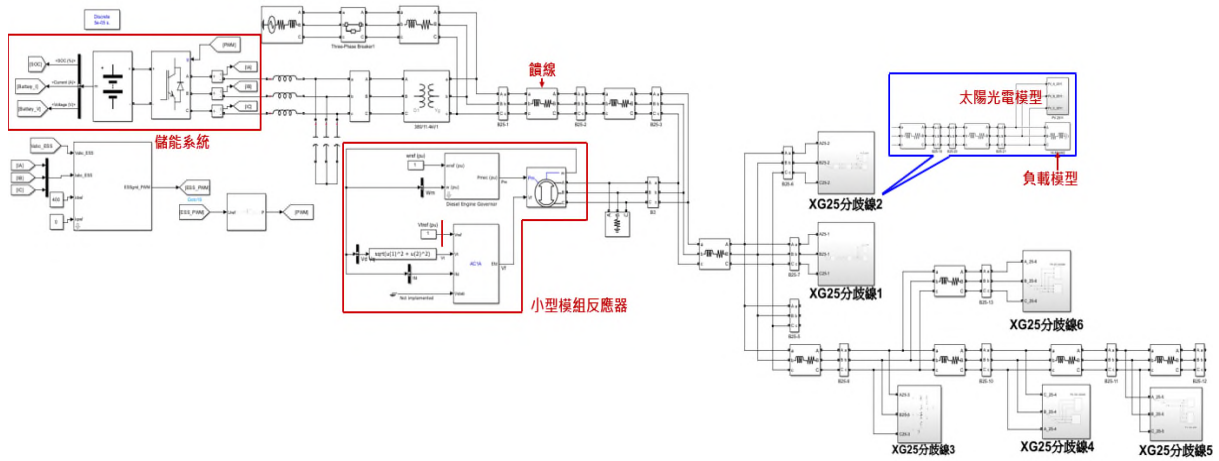


圖 5-9、小型高壓供電系統 Simulink 模型

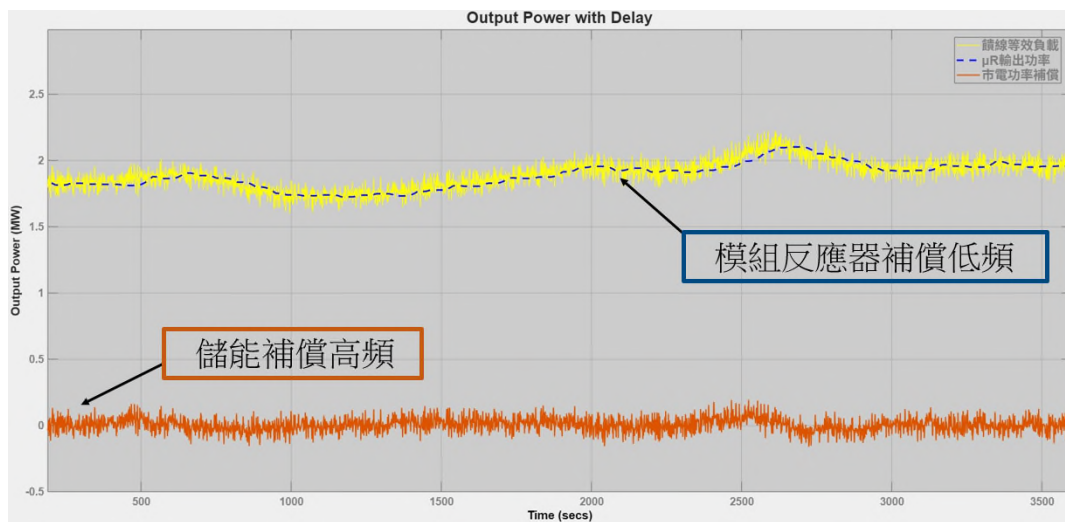
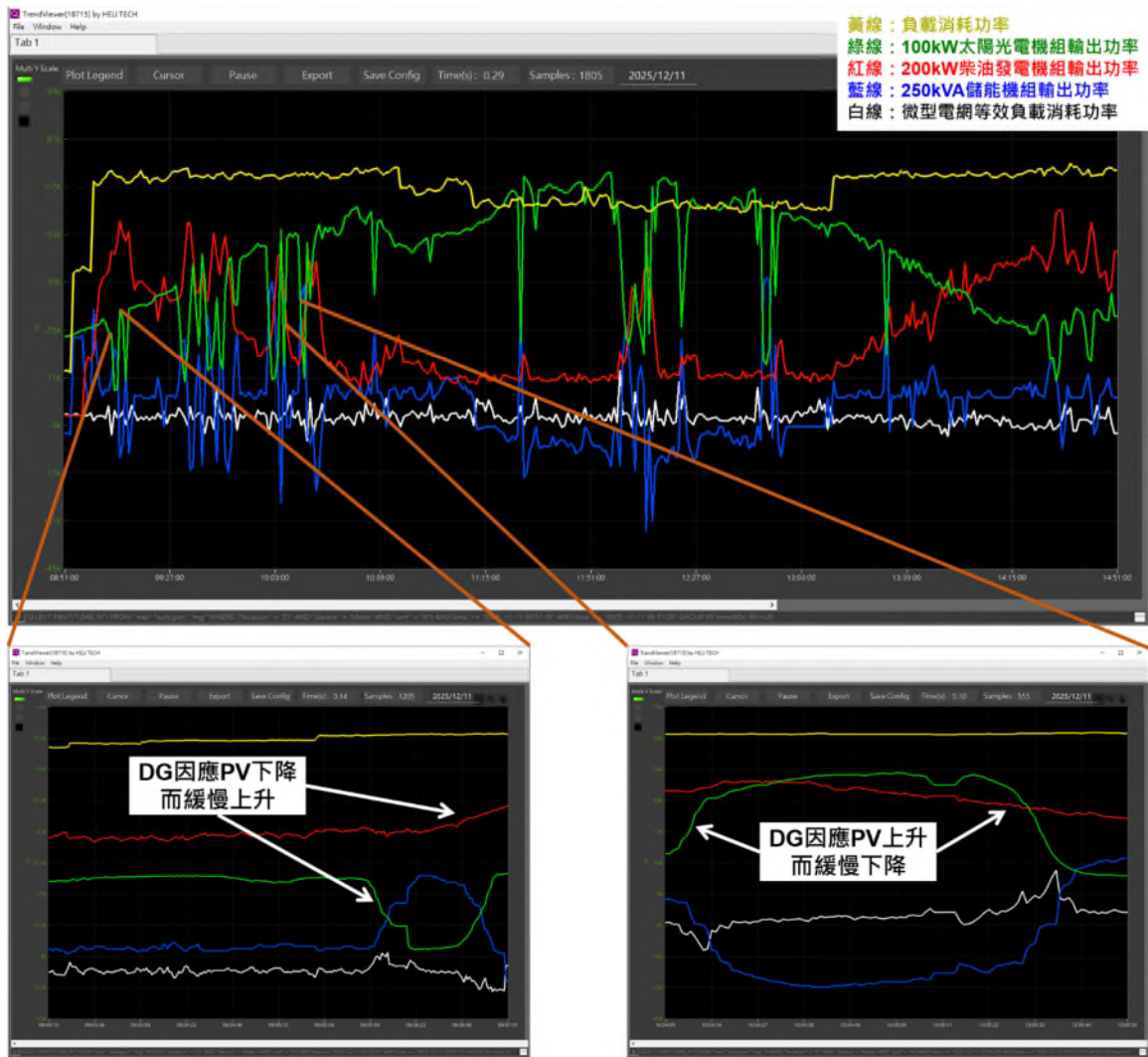


圖 5-10：完成 50kW 熱電能轉換模組與微電網主站之整合測試



以柴油發電機(DG)模擬具 5%/min 升降載率之反應器模組汽渦輪發電機，進行低頻補償。

圖 5-11、協調補償策略於微電網實測結果

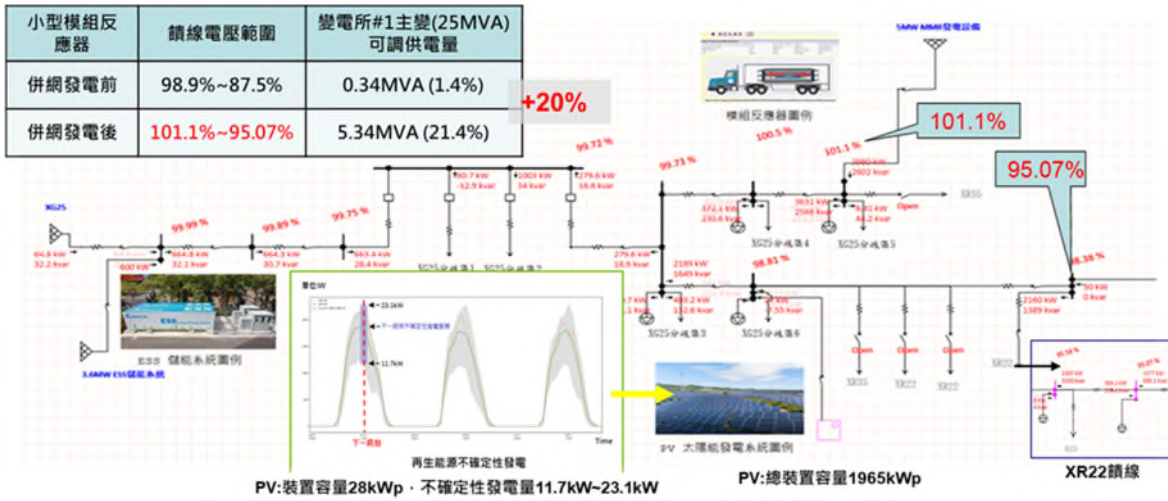


圖 5-12、實施復電轉供策略後，區域電網之電壓分布符合 88%~110% 限制。

## 附錄、佐證表

### 子項二：核子反應器設施除役工程及放射性物料處理貯存處置技術開發

表 2-1：台灣泛用型地下實驗室(URL)發展路徑規劃建議表

發展階段名稱	技術要項	預期成果	時程規劃	建議參與單位
一、 啟動與規劃階段	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 地質潛勢區初步篩選(花崗岩、頁岩、泥岩)</li> <li>- 環境影響初評與社會溝通策略擬定</li> <li>- 國際合作架構建立(MOU)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 確定泛用型 URL 初步場址</li> <li>- 建立推動架構與技術藍圖</li> <li>- 獲得初步社會支持與政策認可</li> </ul>	第 1-2 年	經濟部、 台電公司、 處置技術研發團隊、 地方政府/民意機關
二、 設計與建置階段	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 坑道設計(多功能模組:技術驗證區、感測區、展示區)</li> <li>- 模擬熱源與容器封罐模組建置</li> <li>- 感測網絡與數位孿生系統導入</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 完成泛用型 URL 主體建設</li> <li>- 建立初步感測與監測系統</li> <li>- 啟動模擬試驗模組</li> </ul>	第 3-6 年	台電公司、 國原院、 工研院、 中興社、 國際技術合作
三、 營運與試驗階段	<ul style="list-style-type: none"> <li>- THMC 耦合模擬試驗</li> <li>- 緩衝材料與封罐性能測試</li> <li>- 裂隙傳輸與氣體遷移實驗</li> <li>- 感測資料回饋與模型驗證</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 累積 10 年以上模擬數據</li> <li>- 建立本地安全評估參數</li> <li>- 容器回取技術驗證</li> </ul>	第 7-15 年	台電公司、 國原院、 工研院、 中興社、 國際技術合作
四、 教育與社會溝通階段	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 設置互動展示區與參訪通道</li> <li>- 發展 VR/AR 模擬環境</li> <li>- 建立訓練中心與國際課程模組</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 提升民眾理解與信任</li> <li>- 培育跨領域技術人才</li> <li>- 建立國際交流平台</li> </ul>	第 4 年起 持續推動	經濟部、 台電公司、 大學社會科學系所、 國際技術機構與平台 (IAEA, OECD/NEA, EURAD, DECOVALEX)
五、 資料整合與政策支援階段	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 建立長期資料庫與知識保存系統</li> <li>- 支援場址選定與法制制訂</li> <li>- 提供政策決策依據</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 完成泛用型 URL 階段性任務</li> <li>- 成為場址特定型 URL 建置前的技術基礎</li> </ul>	第 10-20 年	經濟部、 台電公司、 處置技術研發團隊

表 2-2：膨潤土礦源篩選準則與評估指標

目標研究材料	篩選準則與評估指標				備註
	蒙脫石含量	有害物含量限制			
	> 70 % (緩衝材料) 50 ~ 70 % (回填材料)	總有機碳 1 wt%	總硫 1 wt%	硫化物 < 0.5 wt%	
美國 MX-80 (參考材料)	70~80 %	0.29~0.36	0.29~0.31	0.02~0.06	鈉型
日本 Kunigel V1	58.9 %	0.04	0.45	<0.02	鈉-鈣型
印度 Kutch 地區 (GTC4)	78 %	0.57~1	0.07~0.18	<0.02	鈉型
韓國 WRK	70 %	0.5	0.5	0.25	鈣型

# 114 年度政府科技計畫績效自評報告審查表 ( F003 )

計畫名稱：原子能系統工程跨域整合發展計畫(第三期)(1/4)

執行期間：

全程：自 114 年 01 月 01 日 至 117 年 12 月 31 日止

本期：自 114 年 01 月 01 日 至 114 年 12 月 31 日止

執行單位：國家原子能科技研究院

執行經費：新臺幣 222,242 千元

---

---

評估委員：王信二、曲宏宇、吳文方

主管機關：核能安全委員會

中華民國 115 年 3 月 4 日

## 壹、計畫實際執行與原計畫目標符合程度(35%)

(本項目在評核計畫之執行是否符合原計畫之目標及內容，並就所遭遇困難提出有效因應對策，若有差異，經說明後是否可接受)

評等：優 良 可 待改善 劣

(優：90分以上、良：89分-80分、可：79分-70分、待改善：69分-60分、劣：59分以下)

1. 本期計畫共包含五項子項計畫，分別為：(1)核電廠被動式安全機制研究與能源基礎設施安全技術發展；(2)核子反應器設施除役工程及放射性物料處理貯存處置技術開發；(3)生醫科技輻射應用研究；(4)原子物理新穎技術開發與應用；(5)整合能源系統動態模擬技術研究。分年目標達成度高，五項子項目包含完成數項評估/驗證等報告，另一方面亦完成如模型計算開發，測試效率等具定量數據提升的工作項目，中子/正子等放射技術應用在生醫治療檢測具多樣成果效益。整體而言，本期計畫之實際執行成果與原訂目標相符，各子計畫完成率均達 100%，未見未達預期之情形，執行成效良好，值得肯定。
2. 績效報告顯示本計畫由國家原子能科技研究院負責執行，並依院內單位展開，訂定 5 個計畫目標，各目標下分別設定 2、3、3、3、2 個預期關鍵成果。於量化指標方面，原設定目標為產出國際期刊(國際研討會論文) 27 篇、研究報告 77 篇、智慧財產申請 13 件、並完成技術服務(含委託案及工業服務) 141,600 千元。年度績效報告顯示，本年度實際產出 31 篇論文、97 篇研究報告、20 件智慧財產申請並完成技術服務收入達 198,413 千元，研究績效皆超越原設定指標。

## 貳、計畫經費運用之妥適度(10%)

(本計畫執行之經費與工作匹配，與原計畫之規劃是否一致，若有差異，其說明是否能予接受。)

評等：優 良 可 待改善 劣

(優：90分以上、良：89分-80分、可：79分-70分、待改善：69分-60分、劣：59分以下)

績效報告顯示本計畫年度預算 222,242 千元，實支 220,888 千元，結餘 601 千元，保留 753 千元，年度執行數目為 221,489 千元，達成率 99.66%。其中編列經常門業務費 128,338 千元，主要用途為支應計畫執行所需之實驗物品材料、設備設施維護、水電清潔、國內外公差、委託學術單位研究等費用，經費執行率為 99.53%；編列資本門設備費 93,904 千元，主要用途為支應購置計畫執行所需之機器設備，資訊軟體設備、系統開發費、雜項設備費。包含保留數 314,557 千元，經費執行率為 100%。本年度之合併經費執行率達 99.73%，經費運用及年度成果績效相符。

## 參、計畫主要成就及成果(重大突破)之價值、貢獻度及滿意度(35%)

(請依計畫在學術成就、技術創新、經濟效益、社會影響及其他領域所獲得成就之價值與貢獻，包含量化指標及質化效益達成情形進行評量，若其達成情形與原列指標與預期成效有所差異，其說明是否合理並予採計。)

評等：優 良 可 待改善 劣

(優：90分以上、良：89分-80分、可：79分-70分、待改善：69分-60分、劣：59分以下)

### 【量化績效指標達成情形】

分年目標包含五大項目，本年度實際產出 31 篇論文、97 篇研究報告、20 件智慧財產申請並完成技術服務收入達 198,413 千元，研究績效皆超越原設定指標。可能係 OKR 管理取代原有 KPI 管理方式，績效報告並未以特別段落呈現本計畫年度量化績效指標達成情形，但績效報告及其附錄、附表顯示許多績效皆可量化計數，整體而言，成果相當豐碩。

### 【學術成就(科技基礎研究)】

本年度相關學術成就包含：(1)完成數篇期刊論文投稿(其中數篇已獲接受並刊登)；(2)完成數篇研究報告；(3)於多場國內外研討會發表研究成果；(4)使用 MAAP5 程式建立被動式安全功能模擬所需之反應器分析模式。整體而言，本年度學術成就方面之成果尚稱良好。除發表多篇科學論文外，亦完成多項電漿濺鍍，綠能電力電池等潛在具專利申請相關應用工作。

### 【技術創新(科技技術創新)】

本年度相關技術創新之成果包含：(1)完成數件專利申請(包含中華民國、美國、馬來西亞及歐盟專利)，其中數項申請案已獲許可；(2)自行開發 NAADS(NARI Automated ADS Depletion System)工具，建立可模擬含外加中子源的次臨界爐心；(3)完成能源基礎設施應對廠外事件安全防護作法、能源基礎設施設計變更之風險評估方法論及案例分析，及人為認知誤失評估模式研究；(4)新穎長效型攝護腺癌 PSMA 放射標靶治療藥物榮獲第二十二屆國家新創精進獎；(5)「多巴胺正子造影劑標幟前驅物芳香環硼氧衍生物之製造方法」榮獲 2025 年台灣創新技術博覽會(TIE)銀牌獎；(6)「幾丁質酶-3-類似蛋白-1 中和抗體及其用途」榮獲 2025 年台灣創新技術博覽會(TIE)銅牌獎等。整體而言，本年度於技術創新方面所獲成果，已在核能安全、能源系統技術、生醫放射應用及精準醫療等領域產生實質助益，成果豐盛。

### 【經濟效益(經濟產業促進)】

本年度經濟效益之成果包含：(1)發展核反應器爐心功率快速調節策略賦予核電廠負載追隨能力，可配合電網中的間歇性再生能源並根據電力需求的變化調節反應器功率，強化電網的穩定性和可靠性；(2)完成複循環機組量化風險評估模式之 WinNUPRA/INERISKEN 程式轉換驗證，可供未來與其它能源基礎設施量化風險評估計畫所發展之分析工具/程式整合應用；(3)協助國內多個單位執行技術服務專案；(4)加速器全年當機率僅 1.47%，確保核醫藥物穩定供應；(5)核醫藥物與技服收入達 93,914 千元，累計服務 77,757 人次，有效提升臨床影像診斷量能；(6)完成  $^{177}\text{Lu}$ -NARI-FAPI 的高效率放射標誌技術；(7)開發能譜 Micro-

CT 專用之 AI 影像重建模型；(8)開發之高溫電漿直熔技術可大幅降低單位廢棄物處理之  
用電與燃料成本；(9)開發 III-V 半導體光電化學產氫技術，提升國家能源自主性與科技  
競爭力；(10)完成自製 HTSE 單片電解堆測試，有效提高產氫效率等。整體而言，本計畫之  
產出成果應對相關產業發展產生實質推動作用。多項具產業應用成果，及專利開發，若能  
以數字量化來顯示工作的經濟效益，會更能凸顯獨特及創新的技術領先。

**【社會影響(社會福祉提升、環境保護安全)】**

本計畫產出的社會影響包含：(1)研析新型反應器安全功能模擬方法及建立鉛冷式快中子反  
應器加速器驅動次臨界反應器系統爐心模擬分析技術，有助於提升民眾對先進核能安全功  
能之信心與接受度，以科學數據凝聚社會共識；(2)導入 AI 智慧影像辨識技術應用於廢棄  
物貯存管理；(3)加速器全年當機率僅 1.47%，確保核醫藥物持續供應與臨床診療不中斷；  
(4)開發多種新式核醫藥物守護國人健康；(5)完成能譜 Micro-CT 影像重建 AI 模型；(6)  
透過高溫電漿將工業廢棄保溫棉等高熔點廢棄物瞬間玻璃化，大幅減少掩埋體積與長期滲  
出的污染風險，降低重金屬與有害物質進入環境與食物鏈的可能性；(7)建立綠氫與電化學  
提鋰關鍵技術；(8)開發高效率、高耐壓之寬能隙半導體技術，可大幅降低電力轉換損失，  
促進節能減碳，支持國家淨零排放目標；(9)開發再生能源發電不確定性分析方法等。整體  
而言，本年度於技術創新與跨域應用方面所獲成果，已在核能安全、醫療健康、能源轉型、  
環境永續及智慧科技等領域產生實質助益，不僅提升公共安全與民生福祉，亦強化國家科  
技自主能力與產業競爭力，對國家長期發展具正面影響，若能多指出應用在何處，可更能  
凸顯影響力。

**【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)】**

本年度產出的其他效益包含：(1)積極與國內外專家進行學術交流；(2)積極推動人才培育；  
(3)積極參與多場技術相關研討會；(4)積極協助員工取得研究所學位。整體而言，本計畫  
在國內人才培育與國際合作布局方面已展現一定成果，對後續長期發展有所助益，表現尚  
稱良好。

#### 肆、 跨部會協調或與相關計畫之配合程度(10%)

評等：優 良 可 待改善 劣

(優：90 分以上、良：89 分-80 分、可：79 分-70 分、待改善：69 分-60 分、劣：59 分以下)

績效報告並無跨部會協調或與相關計畫之配合程度之論述及相關成果，但績效報告內既然  
提到「能源基礎設施風險管理技術研究」、「高溫電漿應用技術研究與開發」、「前瞻綠能材  
料關鍵技術開發」、「化合物半導體應用技術開發\_寬能隙半導體電子元件技術開發」、「化  
合物半導體應用技術開發\_半導體元件太空輻射驗證技術開發」，難免令人想到經濟部能源署、  
產發署、技術司及國家太空中心等機關或法人，本計畫主管機關或執行法人或許可與該些  
單位分享研究訊息與成果，也可促進研究成果之擴散。

## 伍、 後續工作構想及重點之妥適度(10%)

(計畫是否落實檢討改進，並將檢討結果納入後續工作構想？屆期計畫後續是否有推廣或擴散計畫成果效益之措施等？)

評等：優 良 可 待改善 劣

(優：90分以上、良：89分-80分、可：79分-70分、待改善：69分-60分、劣：59分以下)

年度開展各項工作均具備豐盛成果，研究團隊後續研究方向具發展潛力，整體工作構想明確且規劃周延。另針對目前研究成果所提出之改善與精進策略，內容具體可行，顯示團隊具備研究推動之自我檢視與持續優化能力，值得肯定。期盼團隊依計畫書所規劃之內容穩健推進，順利達成各項預期目標。

## 陸、 綜合意見

(對整體計畫之看法，以及是否有其他可提升或創造價值之建議？)

### 【本計畫優點】

1. 本計畫整體執行成效良好，研究績效均超越原訂主要績效指標，各子項目均展現具體之研究成果，整體發展方向與原先設定之總目標相符。由績效報告內容所特別整理並提報的特殊績效，也可讓人接受，算是成果亮點。
2. 本計畫研究成果所衍生之效益，無論在學術發展、技術創新、經濟價值及社會影響等層面，皆產生相當程度之正面貢獻，整體表現與推動成效值得肯定。

### 【建議事項】

1. 本報告書未包含計畫摘要與研究緣起。雖可理解研究團隊考量避免重述計畫書既有內容，然對於未曾參與原計畫審查之委員而言，仍需另行查閱計畫書以掌握整體背景與目標，略顯不便。建議研究團隊於來年度報告書中，適度簡述計畫緣起並提供摘要說明，以利成果審查委員快速掌握計畫核心內容與推動脈絡。
2. 本報告係本期計畫第一年度之執行成果。建議研究團隊於來年度統計期刊發表績效時，宜審慎區分「投稿中」與「已接受」之論文，避免將本年度已列為申請或接受之成果再次納入計算，以免產生重複統計之疑慮，影響績效評估之客觀性與準確性。
3. 本計畫於跨部會協調或與其他計畫之整合的項目評分較低，建議研究團隊於來年度之研究推動上，可積極朝向跨部會合作或與其他相關計畫進行整合之方向發展，以強化資源共享與成果擴散效益，並提升整體計畫之綜效與影響力。
4. 本報告書無跨部會協調或與相關計畫配合程度之論述，但績效報告內既然提到「能源基礎設施風險管理技術研究」、「高溫電漿應用技術研究與開發」、「前瞻綠能材料關鍵技術開發」、「化合物半導體應用技術開發\_寬能隙半導體電子元件技術開發」、「化合物半導體應用技術開發\_半導體元件太空輻射驗證技術開發」，難免令人想到經濟部能源局、產發署、技術司及國家太空中心等機關或法人，或許本計畫主管機關或執法人可設法與該些機關或單位分享研究訊息與成果，促進研究成果之擴散；特別的，績效報告「二、年度執行摘要」頁面內針對各細部計畫「主要成果使用者/服務對象/合作對象」有所陳列，包括台電、台灣中油、台塑石化等公司、醫療院所、檢測產業、學研機構/高溫處理及系統整合產業/高碳排/環保及廢棄物處理產業/氫○綠能公司/國立中山大學/高○熱處理公司/中小型光電化學綠氫模組設備/儲能相關產業/光電/半導

體及太空相關產業、能源設備供應商及系統整合廠家/民間發電設備供應商/台電公司等許多公、私營機構，主管機關可促使、甚至督導執行法人與以上所提到的公、私營機構接洽，加強推廣計畫成果。

5. 如上所述，績效報告內有許多成果值得加強宣傳並尋找應用之處，而非僅止於研究人員發表學術論文，或放置於機關內部當成紀錄文件。

## 柒、 總體績效評量

評等：優 良 可 待改善 劣

(優：90分以上、良：89分-80分、可：79分-70分、待改善：69分-60分、劣：59分以下)

計畫評估委員：王信二、曲宏宇、吳文方