

113 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(第二期)(4/4)

執行期間：

全程：自 110 年 01 月 01 日 至 113 年 12 月 31 日止

本期：自 113 年 01 月 01 日 至 113 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

113 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

註：請下載格式後，以 word 軟體撰寫編輯，再轉存成未加密之 pdf 檔上傳至系統。

格式中灰色字體說明部份，請於完成編輯後自行刪除。

目 錄

【113 年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表(D003)】	1
壹、 總目標(系統填寫).....	2
一、 緣起.....	2
二、 總目標及其達成情形	2
三、 主要工作項目推動具體成果(請填寫累積成果)	16
貳、 經費執行情形.....	19
一、 全程經費(由系統加總).....	19
二、 年度經費(由系統填寫).....	20
1. 經費支用說明	21
2. 經費實際支用與原規劃差異說明	21
參、 成果之價值與貢獻度(請上傳累積成果).....	22
肆、 檢討與展望(請上傳累積成果).....	31
一、 計畫執行困難與因應對策	31
二、 計畫執行可改善事項或後續可精進處	31
伍、 其他補充資料(請上傳累積成果).....	32
一、 跨部會協調或與相關計畫之配合	32
二、 大型科學儀器使用效益及共用分享機制說明	32
三、 其他補充說明(分段上傳).....	32
附錄	33
一、 細部計畫.....	33
二、 佐證資料表.....	38
三、 佐證圖	66
四、 佐證表.....	91

【113年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表(D003)】

審議編號	113-2001-02-28-03			
計畫名稱	原子能系統工程跨域整合發展計畫(第二期)(4/4)			
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	☐ 政策計畫 ☒ 一般計畫 ☐ 基礎研究			
重點政策項目	☐ 數位經濟與服務業科技創新 ☐ 亞洲・矽谷 ☐ 智慧機械 ☐ 綠能產業 ☒ 生醫產業 ☐ 國防產業 ☐ 新農業 ☐ 循環經濟圈 ☐ 晶片設計與半導體前瞻科技 ☐ 文化創意產業科技創新 ☒ 其他 <u>原子能</u>			
全程期間	110 年 1 月 1 日 至 113 年 12 月 31 日			
資源投入 (以前年度為決算數，系統自動帶入)	年度	經費(千元)		
	110	214,871		
	111	193,679		
	112	206,209		
	113	193,458		
	合計	808,217		
計畫摘要	(系統帶入，不可修改)			
計畫連絡人	姓名	李○○	職稱	
	服務機關	國家原子能科技研究院		
	電話	(03)471-1400 轉○○	電子郵件	

壹、總目標(系統填寫)

(計畫目標之呈現方式應與原科技計畫書一致,如實際執行與原規劃有差異或變更,應予說明;另績效報告著重實際執行與達成效益,請避免重複計畫書內容。)

一、緣起

二、總目標及其達成情形

1. 全程總目標：請在此依照計畫書簡要敘明計畫總目標，亦即總計畫之在期程內規劃達成的成果。(由系統帶入，不可修改)
2. 分年目標與達成情形：請填寫為達成上述計畫總目標，各年度計畫分年目標及其達成情形。

年度	分年目標	達成情形
110	O1 開拓核安分析能力並擴展應用於能源基礎設施，為國家維繫原子能領域之人力與能量(1/4)	【O1KR1】研究安全法規與風險管理作法，建立停機過渡期間營運安全管制基礎，促成產業技服投入 26,735 千元。研析 10 CFR 50.155 法規及美國業界所研擬之超越設計基準事故減緩策略實施導則與相關文件，完成法規論述與國際案例評析報告。完成 BWR-4 核能電廠長期停機核能電廠組態界定、長期停機篩濾準則建立及長期停機肇始事件判定，並建立 BWR-4 核能電廠長期停機之風險政策目標。建立核一廠熱水流分析模式，完成洩水有關之靈敏度案例分析及核一廠長期停機期間安全系統與設備放寬或移除之爐心安全分析報告。年度達成百分比為 100%。 【O1KR2】強化廠外災害矩陣與環境核種傳輸研究，建立核設施避險決策機制，促成產業技服投入 13,875 千元。發展多重核設施風險評估技術，提出耦合參數之方法；探討核設施與環境劑量之作用機制，發展新型輻射防護劑量轉換係數及劑量評估技術。年度達成百分比為 100 %。 【O1KR3】完成核一、二、三廠用過核子燃料池冷卻循環失效之溫度變化研析，建立燃料池內中子吸收材料溫度變化情境；完成美國用過核子燃料池洩漏案例、管制要點及監測建議之研析、完成國際上用過核子燃料池之水下檢測技術研析及研究報告；完成本院既有燃料池邊檢驗設備與技術人力盤點；促成產業技服投入 36,058 千元。完成 MCNP 程式應用於迴旋加速器之粒子追蹤模擬分析技術建立，完成 30MeV 迴旋加速器兩種不同靶材之中子特性分析及中子靶設計之適當性探

	O2 所內核設施除役清理及放射性廢棄物安全管理技術研發,於 TRR 法定除役期限(118 年 3 月)前完成 TRR 設施除役。並將累積之技術與經驗應用於核後端產業推廣(1/4) O3 精進放射診療藥物製程及臨床試驗進程,並建立高階放射成像與醫材關鍵技術(1/4)	討研究報告。年度達成百分比為 100 %。 【O2KR1】完成 TRR 爐體水下濕式切割水槽及生物屏蔽體拆解細部設計,上生物屏蔽組件拆解切割,燃料乾貯場清理廢棄物(320m³)偵檢分類與整檢,015D 及 015F 除役計畫書等 110 年 TRR 除役工作、10 噸廢金屬符合外釋限值、25 組 C1 容器批次建置及容器包裝運送設備設計分析。年度達成百分比為 99.5 %。 【O2KR2】完成階段熱室 90 除污及廢棄物清理、熔鑄減容 3 噸污染鍍鋅廢金屬、取樣地質鑽孔 2 孔及所區中下游溶質傳輸特性調查 1 組。年度達成百分比為 95.8 %。 【O2KR3】完成 110 年例行減容處理量達 200 公秉(液體)/18 公噸(固體)、小產源有機廢液例行處理作業程序書 1 份、保溫棉及樹脂乾燥處理報告 2 份、高活度廢樹脂兩份文件職安會核備、1 梯次比對試驗與建立 2 個難測核種分析技術、完成大型物件校正用標準射源 1 組、10 噸廢棄物解除管制量測。年度達成百分比為 100 %。 【O3KR1】精進迴旋加速器,當機率為 10.7%,完成碘-123 原料藥主檔案 1 份;精進菌種鑑定儀,完成操作訓練 5 人次及確效文件 1 份;完成「核研氯化亞鉈(鉈-201)注射劑」及「核研美必鎔心臟造影劑」藥品許可證展延與每季作業區環境監測;年度藥物技服約 61,480 千元,服務約 6.5 萬人次,年度達成百分比為 100 %。 【O3KR2】依據病理切片判讀結果顯示,主試驗動物和恢復動物在靜脈給予高劑量攝護腺癌放射治療藥物鎢-177-PSMA-617 (4340 µg/kg, 約為臨床人使用量的 100 倍),均沒有發現由試驗物質攝護腺癌治療藥物所產生的病理變化與毒性證據。完成雙標靶腫瘤缺氧治療藥物於小鼠體內 2-72 小時之生物分布試驗,24 小時有最高腫瘤吸收值 (16.82 ± 3.69) % ID/g。完成 Zr-89 標誌抗體之血清安定性實驗。 完成神經退化造影劑前驅物合成並完成研究報告 (INER-15880H)上傳,年度達成百分比為 100 %。 【O3KR3】以非監督式學習技術,使用 1000 筆無
--	--	---

	O4 開發原子物理新穎科技，拓展中子、量子與衍生光電技術之民生應用，促成產業共同投入關鍵技術發展 (1/4)	標註數據，完成 AI 去雜訊模型，應用實際 X 光脊椎影像臨床數據進行驗證，結果顯示 SNR 提昇 21.29 %達國際水準；完成 2 能階 PCD 數據生成模組與 CT 成像參數控制模組整合，生成 2 組完全獨立能階之正弦圖，並完成模擬與實驗數據比對驗證，兩者相似度一致($R\text{-squared} \geq 0.91$)，年度達成百分比為 100 %。 【O4KR1】完成移動式 DPF 離型機之開發及精進，執行迴旋加速器中子靶站先期測試與驗證、加速器中子源射束線組件掃描磁鐵安裝架設。在中子照相應用技術方面已簽訂「陶瓷及鎳基合金鐳道檢測」技術服務案 1 件，中子軟錯誤率應用技術方面，已與半導體廠商洽談合作方案，年度達成百分比為 100 %。 【O4KR2】完成開發具量子效應之光電薄膜元件技術應用於提升現有儲能電池、抗反射膜及高功率紅外光雷射 3 項產品特性，相關技術簽訂 5 件技服案及 3 件技轉案，年度達成百分比為 100 %。 【O4KR3】完成感測元件及智能復健裝置原型開發，整合測試結果系統能正常運作，並簽訂「關節角度量測裝置」技術服務案 1 件，年度達成百分比為 100 %。
111	O1 開拓核安分析能力並擴展應用於能源基礎設施，為國家維繫原子能領域之人力與能量 (2/4)	【O1KR1】研析美國核電廠之設備測試失效案例經驗回饋、美國業界研擬之超越設計基準外部災害之設備防護、部署導則、遠端監控用過核子燃料池寬幅水位措施、個廠因應超越設計基準地震及洪災之減緩策略擬定導則，以及美國核管會所發佈之法規指引 RG 1.226、RG 1.227，並完成超越設計基準外部事件減緩之相關法規與國際案例研究報告。研析運轉中核能電廠績效指標及視察指標，建立長期停機風險燈別判定規則及長期績效指標門檻值，並完成 BWR-4 電廠長期停機緊要安全系統確認與電廠狀態燈號判定報告。研析與事故輻射安全防護有關之安全系統與設備之設計資料，並完成核一廠長期停機期間之事故劑量分析基礎模式分析報告及核一廠長期停機期間安全系統與設施放寬或移除之控制室人員劑量分析報告，期末達成百分比為 100 %，達成技服收入為 40,121 千元。

	O2 所內核設施除役清理及放射性廢棄物安全管理技術研發，於 TRR 法定除役期限(118 年 3 月)前完成 TRR 設施除役。並將累積之技術與經驗應用於核後端產業推廣(2/4)	【O1KR2】針對核子事故劑量評估程式，包括氣象資料及人口分佈資料等分析模組，建立爐心與用過核子燃料池之地震情節，執行廠外輻射曝露之風險分析。針對國際研究於生物圈之傳遞參數預設值及公式，探討適用國內電廠之劑量傳輸參數，提出適用於土壤/空氣/水之 3 種污染情境之體外曝露劑量轉換係數建議表。期末達成百分比為 100 %。截至 12 月底達成技服收入為 20,009 千元。 【O1KR3】精進水下渦電流及目視非破壞檢驗技術與沸水式核電廠用過核子燃料池超越設計基準地震之結構數值分析技術，建置中子吸收材料劣化實驗環路，提升國內研發能力與國際技術接軌，期末達成百分比為 100 %，截至 12 月底達成技服收入為 15,480 千元。 【O2KR1】完成水下濕式切割站建置，TRR 爐體拆解生物屏蔽體拆解工程第一及第二期招標；完成 DSP 清除之 330 m³ 廢棄物偵檢分類及整檢；完成 015D-2、5、6 號窖清理作業；完成 015F 清理作業，及 015F 除役完成報告獲主管機關同意審查意見答覆說明，期末達成百分比為 97.5 %。 【O2KR2】完成清理降低熱室 90 檯面上輻射劑量率<2 mSv/h，污染值<200 Bq/cm² 及 1 櫃 TRU 高活度廢棄物檢整封裝與移貯；除污處理 10 噸除役廢金屬符合外釋限值；減容熔鑄處理 2 噸未符合外釋規定之廢金屬；完成全取樣地質鑽孔 2 孔、所區全域地下水溶質傳輸模型建立與補充土壤調查；完成 70 組 C1 容器及 4 組 C2 容器；1 組 C1 及 C2 容器共用屏蔽傳送箱與 8 組 C2 裝載用提籃製作及測試；推廣 C1 容器用於核二廠檢整計畫，目標為納入盛裝容器選項並獲採用，期末達成百分比為 97.5 %。 【O2KR3】完成放射性無機廢液減容處理 100 公秉及小產源有機廢液處理累積達 1 公秉；完成可燃廢棄物焚化 9.6 公噸及可壓廢棄物處理 2.3 公噸；完成取得物管局核備「TRR 廢樹脂固化流程控制計畫書」；完成蓋格型與塑膠閃爍體型表面污染偵檢器反應曲線建立；廢金屬/輻異物整檢及處理累積重量達 10 噸；推廣粒狀廢樹脂安定化處理
--	--	--

		所需無機聚合技術及濕式氧化技術，協助核電廠處理粒狀廢樹脂安定化，期末達成百分比為 97.5 %。
	O3 精進放射診療藥物製程及臨床試驗進程，並建立高階放射成像與醫材關鍵技術(2/4)	【O3KR1】已完成擬單能靶之建置、核醫製藥中心通過衛福部 PIC/S GMP 後續查廠、迴旋加速器目前妥善率為 91.36%(當機率為 8.64%)，期末達成百分比為 97.5 %。 【O3KR2】已完成雙標靶腫瘤缺氧造影劑化學、製造與監控文件 5 份，腦神經退化造影劑之標準品在三種不同濃度下可通過 PAMPA 濾膜；應用 AI 化學逆合成分析腦神經藥物前驅物擴量製程，目前已提昇總產率達到 20%以上，期末達成百分比為 100 %。 【O3KR3】完成 CT 影像逆生成造影數據技術與影像解析度提升之 AI 深度學習模型開發與實作，以公開之胸腔 X 光數據驗證，能使 X 光影像解析度提升 4 倍由 256 提升至 1024 像素，應用於 X 光脊椎影像之兩者結構相似性 SSIM=0.93 達國際水準；完成 4 能階 PCD-CT 成像模擬器開發，以及數值假體設計與格式轉換程式開發，並代入標準擬人數值假體生成 4 個完全獨立能階之 PCD-CT 重建影像，完成 PCD-CT 模擬成像測試(2D 投影與 3D 重建影像幾何正確性驗證)，期末達成百分比為 100 %。
	O4 開發原子物理新穎科技，拓展中子、量子與衍生光電技術之民生應用，促成產業共同投入關鍵技術發展(2/4)	【O4KR1】 1.完成可移動式中子源系統的設計與雛型機的組裝，並且經多次反覆驗證，實驗的再現性相當良好，中子產率均大於 1.0×10^6 個中子/脈衝以上，期末達成百分比為 100 %。 2.參考 JESD89B 國際規範完成擬單能中子靶之設計，輻安報告於 8 月 15 日獲原能會同意續辦後，完成裝置架設與進行測試，在 12 月完成試運轉報告，期末達成百分比為 100 %。 3.進行熱中子照相系統之遠端操控規劃及測試，建置完成中子照相設備一組，本年度已完成一件中子照相技服案，後續仍將積極對外推廣爭取客源，期末達成百分比為 100 %。 【O4KR2】

		1.以電容脈衝式電弧電漿源鍍製 Pt 量子點，由原子力顯微鏡量測，量子點尺寸為 8nm，而電容儲存單元之電荷密度可達 $4.67 \times 10^{-2} \text{ C/cm}^3$，期末達成百分比為 100 %。 2.完成量子效應之抗反射薄膜技術，四層堆疊異質薄膜在可見光波段之反射率為 0.44 % (符合業界規範需求 1 %)。完成石墨烯量子點異質結構之感測器製作，元件之量測光電流/暗電流比值達 3.41 倍，期末達成百分比為 100 %。 3.在 25 安培驅動電流條件下，達成波長 $905 \pm 10 \text{ nm}$、輸出脈衝功率 115~120 瓦、短軸發散角度 5.5 度之紅外光多重量子井雷射，期末達成百分比為 100 %。 【O4KR3】 1.完成足底施力測試踏墊開發，可整合於智能復健裝置，施力解析度為 1 kgf，期末達成百分比為 100 %。 2.完成藍芽資料傳輸系統開發，前述足底施力感測資料由 Arduino 控制板擷取，並採用藍牙技術與電腦進行通訊，擷取速率可達每秒 100 筆，達即時量測分析的需求，期末達成百分比為 100 %。 3.本年度完成智能復健裝置整合開發，並通過人體試驗倫理委員會審核完成場域測試共 118 小時有效數據蒐集及效能驗證，結果顯示本計畫光學式感應踏墊較市售電子式踏墊對足底施力可具有較佳之解析度與線性度，完成階段性研發目標，然申請醫療器材查驗登記一案受限國內目前沒有具備「O.1575 測力板」項目的合格製造廠商，續於 112 年尋求願增加「O.1575 測力板」製造項目之醫材廠商但仍未果，故無法進行醫療器材認證與相關產業推廣。期末達成百分比為 90%。
112	O1 完成 BWR-6 機組長期停機期間風險燈號判定準則及安全系統/設備放寬或移除最適化條件，完成能源基礎設施危害辨	【O1KR1】 研析與爐心安全有關之安全系統與設備之設計資料，完成冷卻水流失事故有關之靈敏度案例分析及核二廠長期停機期間安全系統與設備放寬或移除之爐心安全分析報告，INER-17020R。進行 BWR-6 機組長期停機風險燈號判定規則研究，對於該型核能機組系統中找出於長期停機期間具風

	識，建立劑量分析技術，精進用過核子燃料貯存安全，促成技服簽約金 25,000 千元。(3/4)	險顯著性系統，並透過風險量化技術量化不可用時間之風險增量值，並做為風險燈號判定依據，完成 BWR-6 機組電廠長期停機期間緊要安全系統之確認與電廠狀態燈號判定報告，NARI-17374。達成技服收入為 37,158 千元，期末達成百分比為 100%。 【O1KR2】 從量化風險評估角度，研析美國基礎設施韌性評估框架及評估方法，完成基礎設施天然災害危害辨識與篩濾分析方法論探討。由劑量管理面向，整合環境劑量評估與劑量轉換係數等技術，提出本土劑量傳輸安全評估建議，作為國內生物圈及環境劑量安全評估之技術基準。達成技服收入為 31,566 千元，期末達成百分比為 100%。 【O1KR3】 完成水下陣列式超音波檢測技術開發並建立本土自主高輻射區水下監測與檢驗技術團隊；完成未照射與照射後中子吸收材料劣化實驗；促成台電公司技術服務案「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」簽約，總經費 73,395 千元。參考國際室內乾貯廠房設計案例依據國內相關耐震規範建立廠房結構耐震分析技術；研析國際用過核子燃料池流固耦合分析方法，提升沸水式核電廠用過核子燃料池地震分析能力。達成技服收入為 8,595 千元，期末達成百分比為 100%。
	O2 完成 112 年 TRR 除役工作、除役廢棄物安定化及減容處理、測試燃料封裝系統建置。完成地下水復育與含水層材料孔隙率與吸附性之關係曲線、減容比 10 以上模擬核種樹脂處理研究報告、1 公秉小產源廢液處理、2 桶廢油泥	【O2KR1】 完成 TRR 爐體拆解生物屏蔽體第一期拆解工程及完成 TRR 內部組件反應槽軸向切割機具製作；完成 DSP 清除之 250 m³ 廢棄物偵檢分類及整檢；完成高活度廢棄物地下貯存庫(015D)1、3、9 號窖清理及周遭環境除污、整理，期末達成百分比為 95%。 【O2KR2】 完成測試燃料封裝系統建置；完成修正後之含水層參數反饋全域模型，以及含水層材料之孔隙率與吸附性關係曲線 1 組；已完成 76 組 C1 容器、8 組 C2 容器及 6 組裝載用提籃之採購製作，期末達成百分比為 100%。 【O2KR3】

	安定化技術評估、大型物件表面污染容許標準報告 1 份、10 噸污染金屬之處理與減量作業。(3/4) O3 精進核醫製藥系統，降低加速器當機率小於 13%，完成原料藥主檔案 1 份、年度藥物技服 37,000 千元、服務 3.7 萬人次、中子源 SOP 3 份，及新藥臨床前試驗 2 件、CMC 20 份、自動合成盒技術 1 件，及應用 AI 提高 ECD 前驅物產率 10%與標準品達 1 公克/批次，並利用 CT 影像重建 AI 模型與 4 能階 PCD-CT 演算法，使骨科影像相似性達 80% 與訊雜比 (SNR)提升 20%，並完成小尺寸 PCD 開發驗證。(3/4)	完成小產源廢液累積處理量達 1 公秉；完成 2 桶廢油泥分析，以及完成 TRR 廢油泥安定化方法評估報告(NARI-OM-2859)；完成核電廠除役大型物件表面污染容許標準報告 1 份；完成 10 噸污染金屬之處理與減量作業，期末達成百分比為 100%。 【O3KR1】 加速器年度當機率目前為 4.37%；完成鎳-67 原料藥主檔案 1 份；技服收入 90,142 千元，累積服務人數為 7 萬 6 千餘人次；112 年 3 月 27 日雙功能中子源靶站與擬單能中子源靶站獲 AEC 核准運轉許可。同年 09 月 08 日獲 AEC 核准雙功能中子靶站試運轉許可，並經 AEC 派員查驗後於 09 月 18 日核准運轉執照，期末達成百分比為 100%。 【O3KR2】 完成雙標靶腫瘤缺氧造影劑與動脈粥狀硬化造影劑 CMC 文件 26 份及經時安定性 48 小時$\geq$90%；血清安定性 72 小時$\geq$90%；毒性預試驗等新藥臨床前試驗 3 件。動脈粥狀硬化造影劑 APD 之毒性預試驗已於 10 月完成，結果顯示以人體劑量 1500 倍，仍未發現任何毒性；陽明交通大學委託計畫「運用人工智慧探討及預測動脈粥狀硬化之形成」已如期完成。以 ApoE^{-/-}脂蛋白基因剔除小鼠執行後續的健康食品效用驗證，已初步完成相關試驗，將據以申請國內專利；動脈粥狀硬化造影劑 APD 榮獲第二十屆國家新創獎-學研新創獎，並進一步獲選為 2023 InnoZone 創新技術特展 - 10 大亮點技術；神經退化診斷造影劑完成 α-syn-4 之中間產物製備，純度>95%。完成雙薄式釷-89 靶物質薄化 15%研製，釷-89 標誌抗體之自動合成盒開標。應用 AI 製程，定期供應 S-Bz-MAG3，可生產每批次純度 90%以上之 3 公克產物，期末達成百分比為 100%。 【O3KR3】 (1)完成 AI 深度學習之 3D-CT 重建模型訓練與驗證，以 U-Net 架構作為基準模型，可將多角度 2D 之 X 光投影數據，生成 3D-CT 影像，使重建影像之結構相似性指標(SSIM)達 85.4%。(2)完成 4 能階 PCD-CT 迭代式影像重建演算法開發，並
--	--	--

	O4 完成移動式中子源、量子材料能帶結構組成及生物檢測晶片原型製作，促成產業共同投入平台整合技術研發，完成至少3項技術開發，並簽訂外委計畫3件，簽約金達300千元。(3/4)	以本院自行開發之PCD-CT成像模擬器與PCD-CT造影系統分別進行模擬與實驗數據成像效能驗證。模擬與實驗數據重建影像解析度皆可大於512×512像素；與主流濾波反投影法(FBP)相比，模擬數據重建影像訊雜比(SNR)可提升41%以上，實驗數據重建影像SNR可提升37%以上。(3)完成2能階之線陣型PCD掃描離型系統，完成影像拼接程式開發，以2D金屬材質片進行掃描驗證，掃描結果與正確尺寸圖像之影像配準RMSE為0.075，結構相似度為90.57%，期末達成百分比為100%。 【O4KR1】 完成移動式中子源之DPF電力防護建置與低壓測試，低壓測試明顯抑制電壓脈衝波。年度達成百分比為100%。 【O4KR2】 1.在量子技術方面：(1)在矽晶片超薄氧化層SiO_x上，以脈衝式電弧電漿源鍍Pt量子點，完成量子點電池元件製作，於200nA放電電流進行測試，放電電壓達1.6V，體積能量密度達203Wh/L。(2)成功以化學濺鍍的方式，採用多層鐵磁層-非磁性層的互層堆疊製備拓撲磁阻式感測器，磁阻比可達52%。(3)成功開發高密度InAs自組式量子點，量子點密度$\sim 2.7 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$、平均高度約4.5nm。傅立葉中遠紅外線光譜分析顯示InAs樣品可顯示出波長3.4微米的光學吸收響應躍遷，符合年度目標。年度達成百分比為100%。 2.簽訂外委計畫4件，簽約金36,095千元。 【O4KR3】 完成骨質疏鬆因子檢測晶片原型開發，透過檢測CTx-1分子濃度可推估骨質流失速度，本年度已完成初步效能驗證，結合多域排列叉指式電極與交流阻抗分析技術可辨識濃度達1ng/mL(正常尿液中濃度為$1.03 \pm 0.41 \text{ ng/mL}$)。將研發成果之衍伸技術進行推廣，簽訂外委計畫1件，簽約金150千元。年度達成百分比為100%。
113	O1 開拓核安分析能力並擴展應用於能	【O1KR1】 建立系統/設備停用可接受風險增量準則與分析

	源基礎設施，為國家維繫原子能領域之人力與能量(4/4)	流程，並以核二廠進行系統/設備停用案例分析，完成「國內核能電廠長期停機期間設備系統停用可接受風險增量準則」報告(NARI-17985R)。研析核二廠相關程序書及安全分析報告，完成核二廠長期停機期間之 LOCA 與 FHA 事故的控制室人員劑量分析基礎模式建立報告(NARI-17497R)及核二廠長期停機期間安全系統與設備放寬或移除之控制室人員劑量分析報告(NARI-17723)。達成技服收入為 20,433 千元，期末達成百分比為 100%。 【O1KR2】 完成能源基礎設施韌性評估能力並適用於電力可靠度重要指標與天然氣供應及接收站設施供氣風險指標。開發生物圈劑量評估技術，完成參考人劑量評估模式，並涵蓋游離輻射防護安全標準相關轉換參數運算，完善劑量轉換參數評估技術與輻安評估能量。相關技術促成技服收入 22,020 千元，年度達成百分比為 100%。 【O1KR3】 參考國內外天然氣儲存槽地震相關設計規範，完成以雙拱頂式天然氣儲存槽為對象之地震分析與評估；完成延伸核安結構完整性分析技術應用於能源基礎設施之目標，精進結構分析能量。建立水下檢驗技術的實驗設施與評估，精進國內用過核子燃料池及燃料非破壞檢驗技術，並結合國內外相關實驗數據與劣化分析，提出中子吸收材料劣化防範建議。促成技服簽約金 2,500 千元，技服收入 7,098 千元，年度達成百分比為 100%。 【O2KR1】 TRR 上熱屏蔽 A 層水下切割，已完成 11 塊切割件切割裝箱。反應槽拆解所需之機具及作業程序已準備就緒；完成 25 支高劑量貯存孔鋼管破碎作業；完成高活度廢棄物地下貯存庫(015D)10、11、12 號窖清理作業及 1、2 號窖除污前置作業；完成核定「整合能源系統技術路徑研究報告」(NARI-17883)、「國內外核設施再利用案例研析報告」(NARI-17939)、「TRR 爐內組件水下切割技術應用於核電廠反應槽及爐內組件可行性研究報告」(NARI-17742R)等 3 份報告。年度達成百分比
	O2 所內核設施除役清理及放射性廢棄物安全管理技術研發，於 TRR 法定除役期限(118 年 3 月)前完成 TRR 設施除役。並將累積之技術與經驗應用於核後端產業推廣(4/4)	

	O3 精進放射診療藥物製程及臨床試驗進程，並建立高階放射成像與醫材關鍵技術(4/4)	為 70%。 【O2KR2】 完成「TRR 用過燃料暫貯護箱安全分析專題報告(113 年修訂版)」主管機關備查，及熱室內貯存罐傳動系統建置；完成 1 組復育材料吸/脫附性之關係曲線；已完成 80 組 C1 及 6 組 C2 容器及 6 組 C2 提籃採購驗收；完成「國際放射性廢棄物處置資訊彙整」(NARI-17801R)。年度達成百分比為 84%。 【O2KR3】 完成公升級樹脂處理設備建置、小產源有機廢液處理 1.2 公秉、完成 1 公升 TRR 廢油泥固化測試，抗壓強度為 97 kg/cm²；完成大型物件解除管制劑量評估模式及報告 1 份(NARI-17510)；完成 10 噸污染金屬之處理與減量作業以及完成「低放射性污染金屬除污技術整合成果報告」(NARI-17907)；完成乾貯 INER-HPS 系統運送方案研究報告 1 份(NARI-18020R)。年度達成百分比為 100%。 【O3KR1】 加速器年度當機率目前為 4.93%；完成鈾-111 原料藥主檔案 1 份；年度藥物技服金額 102,737 千元，累積服務人數為 9 萬餘人次。已完成雙功能中子源靶站與擬單能中子源靶站獲核安會核准運轉許可，完成中子源 SOP3 份，達成率 100%。與台○電公司完成新舊合約轉換，後續台○電公司完成新約簽署後再繼續使用本院中子照射服務，原舊合約執行至 113/09/13 為止，技服收入 146 萬，新約已於 113/10 簽署，期末達成百分比為 100%。 【O3KR2】 完成雙標靶腫瘤缺氧造影劑與動脈粥狀硬化造影劑 CMC 文件 40 份及經時安定性 48 小時≥90%；血清安定性 72 小時≥90%；毒性預試驗等新藥臨床前試驗 3 件。動脈粥狀硬化造影劑 APD 之毒性預試驗已於 10 月完成，結果顯示以人體劑量 1500 倍，未發現任何毒性，並已完成 GLP 毒理試驗，在人體劑量 1000 倍下，仍未發現任何毒性；陽明交通大學委託計畫「運用人工智慧探討及預測動
--	---	--

		脈粥狀硬化之形成」已如期完成。以 ApoE^{-/-}脂蛋白基因剔除小鼠執行後續的健康食品效用驗證，已初步完成相關試驗，已申請國內專利；動脈粥狀硬化造影劑 APD 榮獲第二十屆國家新創獎-學研新創獎，並進一步獲選為 2023 InnoZone 創新技術特展 - 10 大亮點技術，於 2024 年再度榮獲國家新創精進獎；結合產學醫研團隊，推動「開發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)」研究。完成一批次約 1 公克 ECD 前驅物的合成，總產率由 18%提升至 30%；合成出一批次約 1.2 克 AV-133 類似物前驅物，本次總產率由上次的 28%提升至 45%，期末達成百分比為 100%。 【O3KR3】 完成基於自編碼與判別網路技術的 3D CT 影像重建 AI 模型開發，利用 120 張 2D X 光影像成功重建 3D-CT 高品質影像，結構相似性指標 (SSIM)達 93%。(1)完成最大概似估計法(MLE)的材質解析演算法開發，成功解析壓克力、鋁、鈦三種材質，並在 PSNR 和 SSIM 等影像指標上優於傳統多項式方法。利用標準骨密度 QC 假體 (QRM-EFP)驗證 PCD-CT 系統骨密度值(BMD)量測準確度，平均絕對百分比誤差(MAPE)為 12.25%，較文獻中的定量 CBCT(MAPE 54.29%)提升 42.04%。(2)完成以 2 能階 PCD 為基礎的輸送帶式掃描離型機台建置，調校載物台速度及 PCD 影格率，並建立影像拼接與死區移除程序，測試顯示影像寬度超過 32 像素，期末達成百分比為 100%。
	O4 開發原子物理新穎科技，拓展中子、量子與衍生光電技術之民生應用，促成產業共同投入關鍵技術發展 (4/4)	【O4KR1】 完成可移動式 DPF 離型機，核心元件如徑向對稱放電迴路設計、放電電極、DPF 真空腔體、防脈衝電路等核心元件均在國內製作可國產化。完成中子照相及中子軟錯誤率的標準作業程序書，中子照相協助太空中心及運安會進行非破壞檢測服務，中子軟錯誤率為半導體龍頭公司及台○○驗科技公司提供晶片照射測試服務，總金額 2,300 千元。年度達成百分比為 100%。 【O4KR2】

		完成(1)p-i-n 型 InAs 感測器製作開發:用聚合量子點緩衝層技術，完成開發 p-i-n 型 InAs 感測器製作，元件在 77K 環境下量測，其峰值響應波長約 3.03 微米(在 50%峰值量測下)。(2)拓撲自旋感測原型元件開發:運用電漿製備異質鍍膜技術，磁阻率達到 83.3%。本年度相關衍伸技術之簽約 5 件，總金額達 2,320 千元。年度達成百分比為 100%。 【O4KR3】 完成鍍製白金金屬量子點平均直徑 2.37 nm 及 3.33 nm 沉積於高介電超薄氧化鋁穿隧氧化層上，並製作記憶體儲存單元，分析其記憶體起始電壓偏移值達 3.1 V，符合國際半導體協會針對記憶體所訂之起始電壓偏移值大於 3 V 規格。並運用量子點鍍膜技術與廠商簽訂「負極極片改質與鋁塑膜膠固態鋰電池疊片電芯組裝」技服案 1 件，簽約金 1,000 千元。年度達成百分比為 100%。 【O4KR4】 完成早期骨質疏鬆晶片檢驗效能驗證，透過多域排列叉指式電極設計與分子印刷高分子定量塗佈等兩項關鍵技術，晶片對骨代謝指標 CTx-1 分子濃度檢測能力已達 0.02 ng/mL。(成人尿液正常濃度約為 1 ng/mL)。藉由偵測骨代謝指標濃度評估人體骨質流失速度，可於骨質疏鬆前期提早介入和治療。年度達成百分比為 100%。
--	--	---

註：年度計畫目標達成情形(含重大效益)請依目標簡要說明進展或重要成果。若有未達成、未完全達成或其他需要說明或圖示之處，請於下方填寫。

說明：

1. **【O2KR1】** 年度達成進度 70%，未達成說明如下：

- TRR 上熱屏蔽 A 層水下切割，因機具損壞及改善，影響作業時程，已完成 11 塊切割件切割裝箱。反應槽拆解所需之機具及作業程序已準備就緒，需待上熱屏蔽完成拆解後，預計於 114 年 4 月開始執行。生物屏蔽體第二期拆解及環熱屏蔽切割及裝箱，預計於 114 年 11 月開始執行。(子項二)

- DSP 清除之 75 支低劑量貯存孔鋼管切割整檢已完成，30 支高劑量貯存孔，截至 113 年底已完成 25 支貯存孔外殼混凝土破碎作業，主因為受限於場地空間與經費，因此用於執行貯存孔外殼混凝土破碎之 Brokk 規格功率不足，導致 Brokk 機具常偶發故障，造成執行進度落後，現已查明故障原因，並已購置多組 brokk 手臂油壓管接頭備品，以立即對應。(子項二)

2. 【O2KR2】年度達成進度 84%，未達成說明如下：

- 本院「TRR 用過燃料暫貯護箱安全分析專題報告(113 年修訂版)」核安會雖已同意備查，但核安會另外要求測試燃料移貯運送之前，應再提出運送計畫，目前正積極討論及撰寫中。50 支熱室測試燃料封裝移貯進度為將待移貯實驗燃料棒放入 3 座格架之分格位內，等待建立裝入外罐封裝焊接程序及測試燃料移貯運送計畫書後，乃可補足本項工作項目。(子項二)

三、主要工作項目推動具體成果(請填寫累積成果)

1. 建立設備系統停用可接受風險增量準則與系統設備停用分析流程(圖 1-1)，並以核二廠新增之凝結水儲存槽、緊急循環水第三分區與餘熱移除系統進行停用個案分析，可供管制單位審查業者設備系統停用申請時之參考，或是業者做為進行設備系統停用時的自我評估使用；完成核二廠除役過渡階段前期反應爐破口分析程式(圖 1-2)，透過圖形化使用者介面程式，使用者輸入水位高程及其時間點，可快速評估破口所在高程與破口面積；完成「風險顯著性確立程序與其評估工具之應用-以核二廠除役過渡階段前期定性風險分析架構為例」風險顯著性確立程序納入核能電廠風險顯著性評估工具(圖 1-3)。(子項一)
2. 研析核二廠相關程序書及安全分析報告，擬定與劑量評估有關的主要安全設備、系統、廠房結構物之清單，完成核二廠長期停機期間之 LOCA 與 FHA 事故的控制室人員劑量分析基礎模式建立及核二廠長期停機期間安全系統與設備放寬或移除之控制室人員劑量分析，該研究之分析模式、數據與結果可做為後續電廠安全設備、系統、廠房結構物移除、停用或放寬之相關限制，以及相關區域劑量評估之參考與基礎(圖 1-4、圖 1-5)。(子項一)
3. 以電力可靠度重要指標分析與天然氣供應/接收站設施供氣風險指標為例，建立能源基礎設施韌性評估技術(圖 1-6)。發展參考人劑量評估技術，並建立劑量評估模式，以及針對游離輻射防護安全標準相關轉換參數完成運跑；研析國內外天然氣儲存槽地震相關設計規範(圖 1-7)，依據 API650、EN-1462 及國內「建築物耐震設計」等規範，完成雙拱頂式天然氣儲存槽地震評估技術建立，提供業者技術服務。(子項一)
4. 精進國內自主燃料非破壞檢驗技術，完成取得國內電廠 BWR 照射後燃料特性，可做為未來燃料後續貯存與最終處置之基準數據與技術參照；探討國際用過核子燃料池中子吸收材料的監測方法與案例分析，並結合本土數據的實驗觀察，提出國內用過核子燃料池中子吸收材料劣化防治技術建議，確保燃料貯存安全(圖 1-8、圖 1-9)。(子項一)
5. 完成 TRR 反應槽模型水下切割測試作業(圖 2-1)；完成石墨真空吸盤設備模擬石墨遠端吊運測試(圖 2-2)；執行高劑量貯存孔外殼混凝土破碎作業(圖 2-3)。(子項二)
6. 完成高活度廢棄物地下貯存庫(015D)10、11、12 號窖清理作業(圖 2-4、2-5)，目前清理後之廢棄物檢整裝桶共計 3 桶(含桶總重 203 公斤)；完成 1、2 號窖除污前置作業_輻射污染偵測作業(圖 2-6)；高活度廢棄物地下貯存庫(015D)清理，含本年度完成 10、11、12 號窖清理作業，已全數完成地下窖清理，後續進入清理完成後除污作業；完成熱室內測試燃料貯存罐傳動系統(圖 2-7)。(子項二)
7. 完成 80 組 C1 及 6 組 C2 容器及 6 組 C2 提籃採購驗收(圖 2-8 至 2-10)；執行廢樹脂處理-氧化程序試驗(圖 2-11)；完成 1 公升 TRR 廢油泥固化測試，抗壓強度

為 97 kgf/cm²(圖 2-12)。

8. 本期以蒐集美國愛達荷國家實驗室(INL)技術文獻與經驗，完成整合能源系統技術路徑研究報告，藉以評估未來本院朝向整合能源系統動態模擬技術研究(下一期子項五)。基於國原院具備 MW 級微電網、氫燃料電池等研發技術，擬參考 INL 所開發的模擬與驗證技術，發展整合能源系統動態模擬模組應用研究，以及熱電能整合控制與動態輸配技術研究等兩項研究計畫。(子項二)
9. 成功改善樹脂處理技術的轉化程序，成果包括(1)尾氣無 H₂ 產生，可提高製程安全、(2)反應溫度大幅降低(800 °C 至 300°C)、(3)精進觸媒技術，不受水氣影響、(4)觸媒原料方便取得，可自行生產。研發成果(1)取得國內專利-「放射性離子樹脂的處理方法」(發明專利第 I839848 號)、(2)於 2024 台灣創新技術博覽會(TIE)獲得金牌獎。完成公升級樹脂處理設備建置(表 2-1、2-2)。(子項二)
10. 本院每年接收外界小產源有機廢液，計畫研發處理技術，並開發處理程序及建置設備，技術不斷精進後，年處理量已達 1.2 公秉，有效解決放射性液體廢棄物處理及貯存問題(圖 2-13)。(子項二)
11. 加速器年度當機率目前為 4.93%；完成銥-111 原料藥主檔案 1 份；年度技服金額 102,737 千元(圖 3-1)，累積服務人數為 9 萬餘人次。已完成第一、二、三季作業區環境監測且合格及衛福部 PIC/S GMP 後續查廠作業及查核缺失改善回覆。確保藥物穩定供應。(子項三)
12. 完成鈹鉛銅鎳核種分離純化研製，鎳核種產率提升 90%以上，銅核種達百毫居禮級活度(圖 3-2)。改良後之精進製程各合成一批次前驅物，精進新製程總產率，在 ECD 部分，總產率由 18%提升至 30%，在 AV-133 類似物部分，由原先之 28%提升至 45%；動脈粥狀硬化造影劑 APD 取得 2023 年國家新創獎與 2024 年國家新創精進獎，並結合產、學、醫、研團隊，推動「開發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)」研究。(子項三)
13. 將 AI 技術導入 3D CT 成像，完成低劑量 3D CT 影像重建 AI 技術建置。完成基於最大概似估計法(MLE)的材質解析演算法開發，成功解析壓克力、鋁、鈹三種材質(圖 3-3~3-5)；完成 PCD-CT 系統骨密度量測準確度驗證，平均絕對百分比誤差(MAPE)為 12.25%(圖 3-6)；完成以 2 能階 PCD 為基礎的輸送帶式掃描離型機台建置，實測影像寬度超過 32 像素(圖 3-7)。(子項三)
14. 完成可移動式 DPF 離型機(圖 4-1)，核心元件如徑向對稱放電迴路設計、放電電極、DPF 真空腔體、防脈衝電路等核心元件均在國內製作可國產化。(子項四)
15. 本院的擬單能中子的軟錯誤率測試結果(圖 4-2)，與國際大型中子設施(美國洛斯阿拉莫斯中子科學中心 LANSCE)測得的軟錯誤率相近(圖 4-3)，本院設施可在更短的時間、得到更高信賴度的數據，獲半導體龍頭公司肯定，並與本院繼續簽訂一個 2,000 千元的新技術服務案(圖 4-4~4-5)。(子項四)
16. 精進本質型砷化銦材料之光學特性，其室溫環境下光激發螢光光譜之峰值波長

達到 3.39 微米(如圖 4-6)，可作為中紅外感測器之關鍵感光材料。(子項四)

17. 運用創新的聚合量子點緩衝層技術，開發 p-i-n 型 InAs 感測器製作，局部替代傳統昂貴的 InAs 基板之應用潛力，可降低生產成本；進一步應用該技術於中紅外線 InAs 感測器之技術開發，響應波長可達 3 微米，有助於拓展 III-V 族半導體至中紅外線感測領域(圖 4-7~4-8)。(子項四)
18. 完成鍍製白金金屬量子點記憶體儲存單元起始電壓偏移值達 3.1 V，符合國際半導體協會針對記憶體所訂規格。完成早期骨質疏鬆晶片檢驗效能驗證，晶片對骨代謝指標 CTx-1 分子濃度檢測能力已達 0.02 ng/mL。(成人尿液正常濃度約為 1 ng/mL)。藉由偵測骨代謝指標濃度評估人體骨質流失速度，可於骨質疏鬆前期提早介入和治療，提升國人骨質健康與減輕照護負擔(圖 4-9~4-20)。(子項四)

貳、經費執行情形

一、全程經費(由系統加總)

單位：千元；%

總預算數 (A)			總實支數 (B)	總節餘數 (C)	總執行數 (D=B+C)	達成率(%) (E=D/A)	
809,210			751,557	993	752,550	93	
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)
110	215,650	199,512	779	15,359	200,291	92.88	214,871
111	193,717	172,621	38	21,058	172,659	89.13	193,679
112	206,385	195,029	176	11,180	195,205	94.58	206,209
113	193,458	184,395	0	9,063	184,395	95.32	193,458

二、 年度經費(由系統填寫)

單位：千元；%

	113 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	193,458	184,395	9,063	193,458	0	100 %	
一、經常門小計	108,986	97,837	8,134	105,971	0	97.23 %	
(1)人事費	0	0	0	0	0	0	
(2)材料費	34,770	18,514	0	18,514	0	53.24 %	
(3)其他經常支出	74,216	79,323	8,134	87,457	0	117.84 %	
二、資本門小計	84,472	86,558	929	87,487	0	103.57%	
(1)土地建築	0	0	0	0	0	0	
(2)儀器設備	84,472	86,558	929	87,487	0	103.57%	
(3)其他資本支出	0	0	0	0	0	0	

註：

1. 初編決算數：因績效報告書繳交時，審計機關尚未審定 113 年度決算，故請填列機關初編決算數。
2. 實支數：係指工作實際已執行且實際支付之款項，不包含暫付數。
3. 保留數：係指因發生權責關係經核准保留於以後年度繼續支付之經費。
4. 預算數：原則填寫法定預算數，如立法院尚未通過總預算，則填寫預算案數。
5. 執行率：係指決算數佔預算數之比例
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

- i. 本年度編列經常門業務費 108,986 千元，佔計畫總經費 56.34 %。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 113.12.31 預算達成率為 89.77 %，分配數執行率為 92.32 %。
- ii. 本年度編列資本門設備費 84,472 千元，佔計畫總經費 43.66 %。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 113.12.31 預算達成率為 102.47 %，分配數執行率為 98.94 %。
- iii. 本年度預算累計至 113.12.31 合計年分配經費執行率為 95.32 %，年計畫經費達成率為 95.32 %。

2. 經費實際支用與原規劃差異說明

(如有執行率偏低、保留數偏高、經費門流用比例偏高等情形，均請說明。)

1. 配合本院「邊坡地工技術改善工程案(NE1130503)」：(1)因改為工程案，故增加額外辦理設計及監造案之時程，故造成預算執行進度落後；目前已完成設計，並積極進行工程案之採購，工程案已於 113.11.20 決標，後續將辦理預算保留\$7,668,000 元，並於 114 年度依工程進度進行驗收結報。(2)辦理設計監造服務案，須待工程案完成驗收後方能進行設計監造服務案結報作業，故須保留此設計監造服務案經費，待工程案完成後支付設計監造服務案第二期款\$466,440 元。(子項二)
2. 本採購案「直立式電催化製氫鍍膜設備機構製作」於 5 月 8 日刊登招標公告，因屬公告金額以上採購項目，等標期較長，且經 3 次才完成開標作業，致使採購進度落後，依合約第 2 期款已於 12 月 26 日完成驗收結報作業，第 3 期款依契約規定預計於 114 年 02 月 12 日才能完成履約。故無法於年度結束前完成驗收結報付款，須辦理經費保留\$929,250 元。(子項四)

參、成果之價值與貢獻度(請上傳累積成果)

(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. 研析核二廠相關程序書及安全分析報告，列出與劑量評估有關的主要安全設備、系統、廠房結構物之清單，完成核二廠長期停機期間 LOCA 與 FHA 事故的控制室人員劑量分析基礎模式建立報告(NARI-17497R)及核二廠長期停機期間安全系統與設備放寬或移除之控制室人員劑量分析報告(NARI-17723)，該研究之分析模式、數據與結果可作為後續電廠之安全設備、系統、廠房結構物移除、停用或放寬其相關限制，以及相關區域劑量評估之參考與基礎。(子項一)
2. 以風險告知技術為基礎，整合韌性評估概念，以能源基礎設施為先導研究，針對風險指標與安全餘裕於事故後之變化進行評估，例如斷管與冷卻水流失事件，相關成果已彙整為論文，並獲國際 SCI 學術期刊所接受與刊登。(子項一)
3. 完成「天然氣儲存槽外槽之地震側力與非線性側推分析」報告(NARI-17889)，本報告主要參考 EN-14620-1 及 EN 1998-1 規範，針對天然氣儲存槽外槽進行耐震評估，包含設計載重側力分析與非線性靜力側推分析並採用國內鋼結構極限設計法和臺灣結構耐震評估側推分析法進行耐震性檢核。(子項一)
4. 完成「液化天然氣儲存槽流固耦合地震靜力分析與反應譜分析」報告(NARI-17980)，本報告主要依循 API650 規範建立地震分析方法，透過程序將儲存槽受力型式分成衝擊型和對流型兩部分進行振動週期、側力與彎矩的計算並依據規範要求進行相關項目檢核，此外，亦透過流固耦合數值分析技術以反應譜分析方法來獲得儲存槽結構弱點。(子項一)
5. 完成「用過核燃料池中子吸收材料劣化評估與監測策略研究」報告(NARI-18013R)，本報告主要探討用過核子燃料池中子吸收材料的監測方法與案例分析，並結合本土數據的實驗觀察，提出中子吸收材料劣化防治技術建議。(子項一)
6. 完成「水晶河 3 號核電廠混凝土圍阻體脫層破壞之檢測處理方法觀察」報告(NARI-17954)，本報告研析混凝土圍阻體側壁上切開通道開口後，造成混凝土牆體相當廣面積的層狀開裂，於是採用多項土木非破壞檢測技術及鑽心取樣評估，供國內核電廠設施相關使用之參考。(子項一)
7. SCI 論文「Radiation Survey for Taiwan Research Reactor Vessel」，112 年 10 月投稿 Annals of Nuclear Energy，113 年 4 月 21 日已獲期刊接受同意發表。本研究呈現了 TRR 反應器爐體拆解過程中輻射分佈和廢物特性的全面評估。所獲取的資訊有助於識別輻射熱點、了解放射性活化的性質、以及制定有效的廢棄物管理策略，通過放射性廢棄物的適當處理和處置，確保作業人員、公眾和環境的安全。(子項二)
8. SCI 論文「The sampling and removal of tritiated water vapor in Taiwan research reactor」，113 年 6 月 27 日投稿 Progress in Nuclear Energy，113 年 10 月 3 日已獲期刊接受同意發表。此研究探討 TRR 內的含氚水蒸氣的採樣與移除方法因中子與氚的反應產生氚，其停機後內部仍殘留氚化水，可能對除役操作構成輻射風險。研究透過氣體採樣與液閃分析，檢測爐體內含氚水蒸氣濃度，並使用氣流循環與冷凝乾燥技術，有

效去除爐體內水分，並顯著降低氬濃度至低於排放控制限值。本研究成果不僅提升除役過程的安全性，亦為氬管理策略提供關鍵數據，有助於未來除役作業的執行。(子項二)

9. 完成「Privacy Information Retrieval with Longformer and CRF, Followed by Rule-Based Time Information Normalization A Dual-Approach Study)」投稿國際會議「2024 International workshop on deidentification of electronic medical record notes (IW-DMRN)」獲接受。本研究使用長文本的 Transformer 技術來建立電子病歷的去識別化與標準化自動方案，以期在大數據或大語言模型等 AI 相關研究中確保病患隱私，該研究結果在公開資料集的驗證集取得 F1-score 為 0.9789，並於競賽中獲佳作獎。(子項三)
10. 完成「An X-ray fluorescence experimental method for photon counting detector in computed tomography system」並獲國際期刊「Journal of Instrumentation」刊登(J Inst. 2024;19: T10001, IF: 1.3)。過去 X 光螢光(XRF)應用於光子計數偵檢器(PCD)能量校正的實驗架設方式採用 X 光源與偵檢器垂直配置，但此設置較難應用於 PCD-CT 系統。本研究提出一種適用於 PCD-CT 的 XRF 水平實驗架設方法，並以實驗證實其與垂直架設方法在 PCD 能量校正上的效果一致，證明此方法可有效應用於 PCD-CT 系統。(子項三)
11. 完成「Assessment of the system performance for a spectral micro-CT system based on the photon counting detector」投稿至國際期刊「Physics in Medicine & Biology」(IF: 3.3)。本研究建立了 PCD-CT 系統成像效能的評估技術，涵蓋調制轉換函數(MTF)、雜訊功率譜(NPS)、影像均勻度、線性度及定量準確度等指標，彌補了本院在 X 光影像效能定量評估上的缺口。未來可應用於新系統的概念驗證、系統參數最佳化及成像規格驗證，並為國內業者提供相關檢測服務。(子項三)
12. 「Hydrogen Permeation Resistance of ZrN Thin Film Deposited by Ion-plating」獲國際期刊「SURFACE & COATINGS TECHNOLOGY」刊登(Volume 484, P.130866)(IF:5.4)。因鋁合金核燃料包殼易吸氫致脆裂，本研究係以 HCD-IP 技術沉積氮化鋁薄膜於 Zircaloy-4 基材上，證明其有效抑制氫滲透，適合作為氫阻擋層。(子項四)
13. 「The preparation of low-cost tungsten oxide films by solution-coating technique and NIR annealing for high-performance complementary electrochromic devices」獲國際期刊「OPTICAL MATERIALS」刊登(Volume 156, P.115990)(IF:3.8)。本研究採用溶液塗佈與近紅外光快速退火技術製成高性能與高壽命之電致變色元件。(子項四)
14. 「Spin-Locked Current-Driven Tunnel Magnetoresistance Modeling in a Magnetic-Topological Insulator-Magnetic Layer System」獲國際期刊「ACS Applied Electronic Materials」刊登(Volume 6, p. 6534-6542) (IF:4.4)。本研究透過選用 Ta 摻雜 Cu 作為薄膜層來調整 Co/Pt/Co 堆疊排列進而調控元件的電阻特性。從實驗結果顯示含 Cu 薄膜層具有增強 CoPt 穿壁之抵抗力並有效降低異向性及更高自旋軌道力矩(Spin-Orbit Torque, SOT)之翻轉效應。(子項四)
15. 「Seed Layer Effect on Memristive Behaviors of Trilayer Spin-orbit Torque Device」已投稿至國際期刊「ACS Applied Electronic Materials」(IF: 4.4)。本研究係討論一種結構為上鐵磁層/非磁性金屬層/下鐵磁層組成之三明治結構，分析自旋軌道力矩之翻轉效應。(子項四)
16. 「Efficient Anti-Stokes Photoluminescence with Giant Energy Gain in Nitrogen-Doped

Graphene Quantum Dots」已投稿至國際期刊「Advanced Energy Materials」(IF: 24.4)。本論文研究了氮摻雜的石墨烯量子點在光製變色方面的應用。藉由亞能隙能量方法觀察了石墨烯量子點的光致變色行為，實驗觀察到了單光子誘導的反斯托克斯光致發光現象，並且發現了巨大的能量增益。(子項四)

17. 「Magnetoresistance Sensors with a Multilayer Structure Utilizing CoFeB /MgO/CoFeB Magnetic Tunnel Junctions」已投稿至國際期刊「SENSORS」(IF: 3.4)。本研究運用磁控濺鍍製備多層鐵磁和非磁性材料之堆疊，完成磁阻式之磁感測元件。實驗結果，磁阻率達到 52.3%，開發一種結合異常霍爾效應和隧道磁阻特性之磁感測器。(子項四)
18. 「Rapid Fabrication of Solid-State Lithium-ion Batteries with Ta-doped LLZO as an Electrolyte using Composite Plasma Technology」已投稿至國際期刊「ACS Applied Electronic Materials」(IF: 4.4)。本研究提出一種創新電弧電漿鍍膜(Arc Plasma Deposition, APD)與大氣電漿噴塗(Atmospheric Plasma Spraying, APS)技術，建立複合電漿製備全固態鋰電池元件，相較於傳統的濺鍍製程具有高產量和低成本的優勢，在 0.1C 倍率下循環 50 圈後，仍保持 106.3 mAh/g 的比電容量，維持率達 82%。(子項四)
19. 「Dual functional gel-polymer electrolyte applied in electro-chromic device and lithium batteries」已投稿至國際期刊「Energies」(IF: 3.0)。本研究係開發一種膠固態電解質，並應用在鋰電池與電致變色兩種電化學元件及測試改變電解質配方對電源見的影響。(子項四)
20. 「(Asymmetric Evanescent Spin Electron Waves and Their Influence on Magnetoresistance in Topological Spintronic Device)」已投稿至國際期刊「JOURNAL OF APPLIED PHYSICS」(IF: 2.2)。本研究探討拓撲奈米元件在實驗中所量測的非對稱磁導現象。透過量子理論模擬，發現拓撲材料中的自旋-動量鎖定效應，在 45° 和 -45° 的外場極化條件下，自旋電子分別產生局部及全域共振傳輸模式，有機會為新型量子感測領域之應用。(子項四)
21. 「Biochip for Bone Loss Detection in Early Stage」已投稿至國際期刊「SENSORS」(IF: 3.4)。本研究係就骨鬆晶片之設計、製作與驗證進行探討，晶片針對骨代謝指標分子 CTx-1 濃度檢測能力達 0.1 ng/mL，已達實用水準。(子項四)
22. 「Development of a time-of-flight spectrometer system for 30-MeV cyclotron-based quasi-monoenergetic neutron beam」論文發表於 2024 年 1 月 24~26 日台灣物理年會，並獲口頭發表論文獎。本文介紹一種基於 30 MeV 迴旋加速器的擬單能中子束飛行時間光譜儀系統，可用於 16~30 MeV 中子能量範圍量測，量測結果與蒙地卡羅模擬結果一致，有助中子科技之發展。(子項四)
23. 「The improvement of efficiency in the water electrolysis hydrogen production by voltage design」論文發表於 2024 年 9 月 20~21 日第十九屆全國氫能與燃料電池學術研討會。本研究係以面積 1 cm² 泡沫鎳正負極片分別上濺鍍 1μm 白金觸媒，並搭配陰離子交換膜(Anion Exchange Membrane, AEM)，組裝成電解水電催化產氫膜組。在 1.8V 脈衝電壓和 60 °C 操作條件下，該系統的平均電流密度達到 165 mA/cm²。而在 1.8 V 脈衝電壓條件下，電流衰退速率幾乎為~0 mA/h，優於同等電壓下定電壓操作時的電壓衰退速率~2.3 mV/h。這種電壓設計能顯著提高水電解產氫的電流密度與觸媒的

使用壽命，有望加速綠氫的商業化進程。(子項四)

24. 「骨質疏鬆前期偵測晶片技術開發」論文發表於 2024 年 11 月 1 日 2024 台灣健康照顧聯合學術研討會。本研究係提出一快速檢測之生物感測晶片，於晶片表面塗佈分子印刷高分子，再以交流阻抗分析法判斷檢體之 CTx-1 分子濃度，進而得知骨質代謝速率。(子項四)
25. 「Using quasi-monoenergetic neutrons from a 30-MeV proton beam for single-event effects studies」論文發表於 2024 年 7 月 22-26 日 2024 IEEE Nuclear & Space Radiation Effects Conference, Canada。本研究比較本院擬單能中子與國際大型中子設施 LANSCE 的軟錯誤率測試結果，本院擬單能中子具有高中子通率的優勢，在較短的測試時間下，獲致與 LANSCE 相近的結果，乃本院擬單能中子的重要宣示。(子項四)
26. 「Optically-Polarized Manipulation on Spin-Momentum Locked States for Magnetoresistance in Topological Spintronic Devices: Time-Dependent Quantum Transport Simulations」論文發表於 2024 年 9 月 10 日請寫出 2024 International Conference on Materials Science, Engineering & Technology。本研究運用拓撲絕緣體實現光偏極化操控磁電阻，透過不同光偏極化條件下探討了利用自旋-動量鎖定機制和光偏極化激發所產生的拓撲表激態轉換的磁導電性，有機會為新型量子雷達領域之應用。(子項四)

二、技術創新(科技技術創新)

1. 完成核二廠除役過渡階段前期反應爐破口分析程式，透過圖形化使用者介面程式，使用者輸入水位高程及其時間點，可快速評估破口所在高程與破口面積。同時，顯示水位下降至特定高度之時間與水位高程關係圖。協助電廠人員於核電廠在長期停機電廠組態下發生破口事故時，快速尋找可能的破口位置及評估可用的救援時間，強化電廠緊急應變能力，亦可應用於核電廠緊急計畫演習。(子項一)
2. 以能源基礎設施廠外事件為對象，以地震情節為例，探討危害對基礎設施造成之衝擊程度，完成 SEISMIC 軟體地震前端樹分析程式之電廠案例計算書，此研究成果之貢獻為引入蒙地卡羅技術進行單一事故序列及事故分類中最嚴重地震最大加速值之機率分布計算。(子項一)
3. 完成「氣流路徑控制裝置」中華民國專利(申請號：113140771)申請。本專利為開發一種送風控制裝置，藉由控制四個閥門的啟閉狀態來創造出氣體在同一通路中有兩種不同行進方向，並搭配一密封的風箱，風箱內有鼓風機，以驅使氣體流動，進而減少固體靶卡靶問題，以提升固體靶設備生產產能，降低故障發生機率。(子項二)
4. 完成「靶材加熱測溫裝置」中華民國專利(申請號：113141263)申請。本專利為一種加熱及測溫組，其包含一真空腔和一加熱測溫組。加熱測溫組有兩個驅動源，可同步或各自作動分別連結的滑桿，滑桿一端分別設有測溫裝置及加熱裝置，以線性位移方式去接觸置於真空腔內的待加熱物件，以達到在真空腔內以獨特的方式加熱，並有效監測固體靶之溫度，以利後續生產。(子項二)
5. 完成「消泡反應器以及消除反應中生成泡沫的方法」中華民國專利(申請號：

- 113140892)申請。本專利可廣泛應用於化工、製藥、食品加工、環境保護等領域，以提高液體處理過程中的效率和產品品質。(子項二)
6. 完成「一種鋼筒上蓋與外殼間鐸道切割裝置」中華民國專利(申請號：113139319)申請。本專利採用一種採用雙刀設計，可快速進行水平方向調整，使調整刀口切削位置更加快速；搭配氣壓缸對活動銷的上下動作之控制，可自動控制進刀；在鐸道上方自動進行切削劑的均勻添加，提高切削效率。既可有效減少現場操作人員接近密封鋼筒之時間與降低輻射吸收劑量率，並節省現場技術人力成本。(子項二)
 7. 動脈粥狀硬化造影劑 APD 榮獲第二十屆國家新創獎-學研新創獎，並進一步獲選為 2023 InnoZone 創新技術特展 - 10 大亮點技術，於 2024 年再度榮獲國家新創精進獎；結合產學醫研團隊，推動「開發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)」研究。(子項三)
 8. 完成「降低 CT 影像金屬假影之方法」的中華民國發明專利(申請號：113107028)及美國發明專利(申請號：18/600,845)申請。本技術利用 PCD-CT 的能譜數據特性，結合材質解析演算法生成類似虛擬單能量影像，可在物體成像端降低 X 光子射束硬化效應，進而減少 CT 金屬假影的影響。與傳統 CT 金屬假影抑制的主流技術—正弦圖塗抹法相比，本技術不僅能有效抑制金屬假影，還能保留高衰減物質周圍正常組織的形態，避免影像模糊。(子項三)
 9. 「移動式斷層合成造影儀器」獲中華民國發明專利(發明 I831672 號)。本技術克服了現有移動式平面 X 光機無法提供三維診斷影像資訊的問題，有效解決影像中組織器官重疊的困難，提升醫療診斷效能，且輻射劑量僅為移動式平面 X 光機的 1.5 倍。此儀器可直接為 ICU 病房或術中無法自行移動的患者提供三維 X 光診斷資訊，降低患者移動帶來的風險；亦可應用於隔離病房，避免院內感染，或安裝於 X 光巡迴車上，造福偏鄉居民。(子項三)
 10. 完成可移動式 DPF 離型機，核心元件如徑向對稱放電迴路設計、放電電極、DPF 真空腔體、防脈衝電路等核心元件均在國內製作可國產化，採用更緊湊且徑向對稱的放電迴路、以及新開發的防脈衝電路保護等設計，中子產率優於計畫目標。(子項四)
 11. 「垂直式疊加結構量子偵測器」美國發明專利於 113 年申請，申請案號 18/416,536。本專利提出一種垂直式疊加結構量子偵測器，係包括電子傳輸層(GaAs)與三維拓撲絕緣體結構(Bi₂Te₃)以及吸光層(例如具有優異的石墨烯量子點(ZnO))。藉此，本專利提供了一種新設計之垂直式結構的光電偵測器元件，藉由高功率脈衝磁控濺射製備拓撲材料(具有特殊表面態，極低 Eg)，具有可有效提高電子-電洞對載子的遷移率之特色，與所組成整體元件具有低能耗、延長使用壽命。(子項四)
 12. 「疊加型鋰鈉電化學電池元件及其製作方式」美國發明專利於 113 年申請，申請案號 18/416,486。本專利提出一種疊加型鋰鈉電化學電池元件，包括在導電基材的雙向堆疊負極、離子傳輸層(電解質)及一正極，形成一垂直式對稱型的疊加電池。藉此，本專利提供了一種新設計之垂直式結構的鋰鈉電化學元件，可提高整體電池元件電化學表現，具備低成本、高安全性與高穩定性。(子項四)
 13. 「一種圖案化光觸媒結構應用於光電化學水裂解產氫」中華民國發明專利於 113 年申請，申請案號 113123866。本專利採用特定圖案結構的光觸媒沉積於磷化銦鎵/砷化鎵雙界面太陽能電池上。透過熱退火優化界面特性，可將原有 Schottky barrier 阻抗轉換為 Ohmic contact，有效改善降低了 Pt 觸媒與 III-V 半導體之間的阻抗及利用

圖案結構的光觸媒亦可增加反應面積提高了氫氣生產效率，可成為未來氫能生產的重要技術之一。(子項四)

14. 「電致變色元件的製造方法」中華民國發明專利於 113 年申請，申請案號 113117451。本研究採用溶液塗佈與近紅外光快速退火技術快速製成與優化三氧化鎢膜層，可彌補傳統熱退火耗時耗能的問題。(子項四)
15. 「生物檢測晶片之定量塗佈方法」中華民國發明專利於 113 年申請申請案號 113138303。本專利提出藉由矽膠擋牆或其他材質控制塗佈範圍，並利用定量滴管控制用量，產生固定厚度且均勻之塗層，製程具備體積小、塗佈液節省等優點。(子項四)
16. 「虛擬基板、其製造方法及利用其構成的光電裝置」中華民國發明專利於 113 年申請，申請案號 113140270。本專利提出一種創新的聚合量子點緩衝層技術，在 InAs 與 GaAs 之間僅需加入一層厚度極薄(厚度不大於 500nm)的 InAs 聚合量子點緩衝層，後續成長的 InAs 薄膜即可有優異的薄膜品質提升效果，可作為成長中紅外線光電元件所需之磊晶基板。本專利兼具低製作成本、優異薄膜特性之雙重功效。(子項四)

三、經濟效益(經濟產業促進)

1. 完成「國內核能電廠長期停機期間設備系統停用可接受風險增量準則」報告(NARI-17985R)，建立設備系統停用可接受風險增量準則與系統設備停用分析流程，在確保核安的情況下，可加速除役電廠除污及拆除工作，減少除役期間系統維護成本，提升後端基金的使用效益。(子項一)
2. 執行 TRR 設施除役相關工作，需長期投入勞務人力，並依本院發展的工法及程序書，執行核設施除污、拆除、可外釋廢棄物偵檢及放射性廢棄物處理等作業，在本院工作人員之外，另提供 32 人年之就業機會，促進產業經濟發展。(子項二)
3. 藉由研析 IAEA SRS No.44 報告關於表面污染劑量評估模式，彙整其中廢棄物離廠標準推定用輻射曝露情節、途徑及參數，可供未來國內核設施推定廢棄物離廠標準之參考，減少核設施除役放射性廢棄物數量，達到廢棄物減量及有效再利用之目標。(子項二)
4. 完成「電路板 X 光檢測三維成像」技術服務案簽署 1 件(1,000 千元)，利用本計畫 X 光成像技術開發之經驗，協助國內廠商進行應用於電路板非破壞性檢測之 X 光三維成像與效能評估，作為其未來開發相關檢測設備之基礎，有助產業拓展加值。(子項三)。
5. 完成「高解析度微型電腦斷層(Micro-CT) 掃描」技術服務案簽署 2 件(100 千元)。應用本院自行開發之 Micro-CT 系統提供產學研等單位之非破壞性高解析度 CT 影像，有助於產業界針對高值化產品進行失效分析等工作，亦可協助學研單位針對珍貴樣品進行非破壞性檢測，獲取樣品內部三維數位結構資訊。(子項三)
6. 帆○公司為國內知名半導體相關廠商，近年投入 X 光關鍵組件及系統開發。113 年 1 月本院與帆○公司完成保密協議簽署，後續將針對該公司 X 光系統整合與 AI 雜訊處理兩像需求，進行合作交流，預期可強化、加值該公司現有 X 光造影儀系統並提升產值。(子項三)

7. 擬單能中子軟錯誤率測試之技術，今年簽訂 2 個技術服務案，總金額 2,300 千元。
(子項四)
8. 將半導體與生物檢測兩項技術跨域整合，拓展應用市場，並發展骨鬆因子檢測技術以預防及降低骨質疏鬆發生機率，減輕照護支出。(子項四)
9. 運用量子點鍍膜技術與廠商簽訂「負極極片改質與鋁塑膜膠固態鋰電池疊片電芯組裝」技服案 1 件，簽約金 1,000 千元，推廣技術於跨領域應用，提升技術價值。
(子項四)

四、社會影響(社會福祉提升、環境保護安全)

1. 針對 BWR-6 電廠長期停機進行研究，探討廠房中安全系統、設備或廠房結構移除或停用的情況下，發生 LOCA 與 FHA 事故時控制室人員所承受到輻射劑量是否會超過法規限值，供管制單位參考，並增強公眾對核電廠運轉的安全信任，消除民眾潛在疑慮。(子項一)
2. 本計畫結合現有量化風險評估優勢，延伸至能源基礎設施韌性評估，已應用至電力可靠度及天然氣接收站風險評估，將風險與韌性管理概念導入能源基礎設施，確保我國關鍵基礎設施(Critical Infrastructure, CI)與時俱進的面對各種危害挑戰。計畫成果亦呼應韌性評估管理、量化風險評估技術與風險告知概念於我國能源基礎設施研究之重要性與不可或缺。(子項一)
3. 配合 TRR 燃料乾貯場(DSP)清除過程之大量廢棄物偵檢需求，本院開發廢棄物量測技術與建置廢棄物管理系統等廢棄物管理技術，同步進行整合及驗證，所採用裝置設備及作業程序均為自主規劃建置，使清除作業之廢棄物管理均符合主管機關之管制要求，均在安全與合法原則下持續進行，已累積豐富經驗及相關技術，可供後續國內核電廠除役參考。(子項二)
4. 除役清理產生之放射性固體廢棄物經由整檢作業進行減量清理和改善貯存環境，一方面可減少放射性廢棄物之數量，另一方面可確保環境安全。(子項二)
5. 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。(子項三)
6. 完成低劑量 AI 影像重建模型開發，可以將不同角度的二維投影影像重建為高品質的三維 CT 影像。經大量數據訓練，此技術可以顯著降低成像過程中的輻射劑量並維持高影像品質，減少對患者健康的影響，並利用少角度成像技術進行靈活且高效的造影。(子項三)
7. 完成 4 能階 PCD-CT 材質解析演算法的開發及效能驗證，顯著提升 3D CT 重建影像的 PSNR 和 SSIM 等影像品質指標。該技術可應用於骨質密度檢測，以提升量測準確度，也可應用於工業用 CT 及其他有限角度 3D 放射成像技術。(子項三)
8. 擬單能中子軟錯誤率測試之技術，協助國內半導體龍頭大廠及電子檢驗大廠，進行晶片軟錯誤率測試，讓晶片更安全，提升人民安全。(子項四)
9. 開發聚合量子點緩衝層技術，在 InAs 與 GaAs 之間僅需加入一層厚度極薄(厚度不

大於 500nm)的 InAs 聚合量子點緩衝層，後續成長的 InAs 薄膜即可有優異的薄膜品質提升效果，可作為成長中紅外線光電元件所需之磊晶基板，可應用於國土安全與環境保護領域。(子項四)

10. 開發早期骨質疏鬆檢測晶片，進行體內骨代謝因子濃度之監測，可推估骨骼代謝之速度並預測骨質流失與骨折之風險，提前由飲食、運動、或藥物進行改善與治療，增進生活品質。(子項四)

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. 完成「風險顯著性確立程序與其評估工具之應用-以核二廠除役過渡階段前期定性風險分析架構為例」將美國核管會視察手冊第 0609 章附錄 A 功率運轉、附錄 G 停機大修期與附錄 H 圍阻體完整性中的風險顯著性確立程序納入核能電廠風險顯著性評估工具，可強化管制單位對於核能電廠除役過渡階段管制作為。(子項一)
2. 透過計畫進行人才培育，協助建立 BWR-6 事故劑量分析基礎模式，並完成「核二廠長期停機期間安全系統與設備放寬或移除之控制室人員劑量分析」報告，藉由實際參與計畫執行與累積經驗，提升專業技能，確保技術傳承與分析能力的持續精進。(子項一)
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。(子項二)
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。(子項二)
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，派員參加台電林口訓練中心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。(子項二)
6. 持續進行放射診斷造影劑臨床前試驗之所需化學、製造與管制 (Chemistry, Manufacturing and Controls, CMC) 文件及啮齒類動物毒性試驗報告撰寫，建立申請臨床試驗之藥物基本資料，以期朝向進入臨床試驗(IND)階段，邁進疾病診斷之目標。(子項三)
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。(子項三)
8. 藉由計畫執行培育張家豪就讀國立清華大學生醫工程與環境科學系博士班，有助於計畫發展 PCD-CT 放射成像之影像重建與材質解析等相關技術；藉由計畫執行培育曾繁斌就讀國立中央大學資工系博士班，有助於計畫發展放射成像之 AI 與影像重建等相關技術。(子項三)
9. 透過本計畫執行電漿製備多層異質鍍膜技術完成磁阻試感測元件開發，藉由委託國立陽明交通大學進行磁性量測分析並培育 1 名碩士生，有助於計畫發展高磁阻比之

感測器元件等相關技術。(子項四)

10. 藉由學界委託研究計畫培育國內中山大學材料與光電科學系博士生張詠慈，有助於「量子儲能技術開發」計畫發展量子點及其記憶體特性量測分析相關技術。(子項四)
11. 透過早期骨質疏鬆檢測晶片開發過程，整合半導體製程、交流訊號分析、高分子合成、生物分子捕捉及軟硬體介面等技術，培養跨領域之研發人才。(子項四)

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. 切割上熱屏蔽 A 層時，因機具 Y 軸直線移動發生異常，需進行維修及改善設計，影響切割及裝箱進度。困難點在於國原院自行研發之機具，雖然在實際進行水下切割前，多次進行模擬切割，確認機具功能符合需求，然而，模擬測試未能完全模擬實際操作中的複雜環境，影響機具運作，而需維修或改善。因應對策包含短期內更換備品繼續切割，確保拆解作業的進度，長期則進行設計改善及建置關鍵拆解作業之備用機具。(子項二)
2. Brokk 機具出現故障問題，需等待料件更換，導致執行進度落後，已查明故障原因並安排廠商維修。(子項二)
3. 核安會要求測試燃料移貯運送之前，應再提出運送計畫，將盡速完成測試燃料移貯運送計畫，以符合主管機關要求。(子項二)
4. 因 AI 深度學習模型是數據驅動的技術，極需兼具質與量的高品質數據，特別是含有標記的資料，才易於將技術向下紮根。目前在 3D CT 成像技術研發上，不易取得含有標記之高品質數據，特別是 2D-3D 的成雙成對數據。目前使用 DeepLesion 公開資料集，它有數千位病患的 3D CT 影像，可供 AI 深度學習研究使用，搭配計畫所建置投影生成技術，能間接產生 2D 投影數據，以此方式自行建置 2D-3D 的成雙成對數據。(子項三)

二、計畫執行可改善事項或後續可精進處

1. 目前核一廠及核二廠的除役過渡階段或長期停機的量化風險評估模式尚未被管制單位認可，後續可進一步將被認可的量化風險評估模式併入本研究方法，更新模式之量化準則，並加強與管制單位合作。(子項一)
2. 針對劑量與風險管理研究計畫，依量化風險評估技術於基礎設施之研究成果，未來可依我國能源政策與設施業者之需求，分別應用於不同領域之關鍵基礎設施，例如電網、變電所、燃氣電廠與天然氣設施等對象。(子項一)
3. 後續可針對不同水下非破壞檢驗技術所需之載具進行細部調整精進，並針對國內不同電廠用過核子燃料池情境來開發相關檢測程序。(子項一)
4. 針對爐體組件拆解，已加強現有設備移動結構，並於後續規畫設計製造改良版的水下切割平台，克服現有設備切割時碰到故障無法分別吊離水面維修之問題。(子項二)
5. 為提升設備穩定性及減少計畫外停機時間，計畫透過預防性維護及快速故障排除來減少停機時間。另針對易損壞之油壓管接頭相關零組件，已購置多組備品以便立即更換。(子項二)
6. 針對已完成之高活度廢棄物地下貯存庫(015D)地下窖除役清理廢棄物將進行更精細分類及檢整，另委請本院化學所進行核種活度分析。(子項二)
7. 本院擬單能中子設施今年的研究證實，軟錯誤率測試結果可媲美國際大型中子

設施。展望未來，此測試技術有潛力吸引更多國內外電子產業前來使用，進一步創造更多經濟收益。(子項四)

8. 因應 AI 技術持續擴大應用與發展，相關硬體需求如記憶體技術仍需持續精進與創新以滿足未來發展，而應用量子點技術導入各項領域中，具有進一步提升現有技術效能之潛力。(子項四)
9. 透過本期計畫執行已完成早期骨質疏鬆晶片開發，晶片對骨代謝指標 CTx-1 分子濃度檢測能力已達 0.02 ng/mL，接續仍須完成重複性驗證、動物樣本實驗等臨床試驗前準備，方可使晶片進入商用階段。(子項四)

伍、其他補充資料(請上傳累積成果)

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。)

1. 本計畫於能源基礎設施之風險管理技術成果，涵蓋電力可靠度重要指標分析，以事件樹及故障樹分析為基礎建立天然氣供應與接收站設施之供氣事故情節風險指標，建立所需之技術量能，可輔助我國關鍵基礎設施管制機關，例如行政院國土安全辦公室，於風險管理與安全防護法規「國家關鍵基礎設施安全防護指導綱要」之制定與修訂，並藉以適切調整對於能源基礎設施業者之管制強度。(子項一)
2. 動脈粥狀硬化造影劑 APD 已結合產、學、醫、研團隊，推動「開發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)」研究。並與所○門公司、大○公司與台中榮總簽署 MOU，強化與產業界與醫界的合作，將可加速動脈粥狀硬化造影劑 APD 進入臨床驗證，驗證其安全性及人工智慧影像輔助系統在定位與分級決策上的有效性，可充分展現跨部會合作在資源與數據整合上的優勢。(子項三)

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。

三、其他補充說明(分段上傳)

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

附錄

一、細部計畫

1.全程架構及經費

年度 項目		111 年度 決算數	112 年度 決算數	113 年度 決算數(執行率)	114 年度 預算數	115 年度 申請數	備註
科技計畫總計		193,679	206,209	193,458			113 年屆期
一、細部計畫 1	小計	193,679	206,209	193,458 (100%)			
	(一)經常支出	118,938	122,476	105,971(54.78%)			
	1.人事費	0	0	0			
	2.材料費	32,310	37,295	18,514			
	3.其他經常支出	86,628	85,181	87,457			
	(二)資本支出	74,741	83,733	87,487(45.22%)			
	1.土地建築	0	0	0			
	2.儀器設備	52,107	52,515	87,487			
	3.其他資本支出	22,634	31,218	0			

2.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(第二期) (4/4)	計畫屬性	一般科技施政計畫	執行機關	國家原子能科技研究院
重點描述	1. 探討電廠除役之核子燃料長期貯放爐心所衍生議題，建立風險準則、系統移除最適化；多重核設施及能源基礎設施之風險評估、輻射防護研究；及用過核子燃料池劣化檢驗等。 2. 依法執行 TRR 除役，爐體拆解與燃料乾貯場清理，並對既有和清理作業中產生之廢棄物進行貯存減量管理，降低對環境危害之風險。 3. 維護國內中型迴旋加速器與建立放射性原料藥示範系統、發展攝護腺癌特定抗原藥物、建立能階式光子計數偵檢成像與放射影像品質改善技術，提升 X 光骨質密度量測的準確性。 4. 建立本土化高密度電漿聚焦中子源，完成熱中子照相及快中子軟錯誤率測試平台；加速量子技術轉化為創新商品；開發生物檢測晶片，準確檢測骨骼代謝指標濃度以發現骨質疏鬆。				
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
193,458		193,458	100%	0	68.90 / 66.59
其他資源投入	無				
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	
1.核電終期營運安全與用過核子燃料貯存技術發展	1. 根據核二廠於長期停機階段之安全系統、設備與廠房結構物的可用性建立分析矩陣及劑量分析模式，並完成核二廠長期停機期間安全系統與設備放寬或移除之控制室人員劑量分析報告(NARI-17723)，分析結果顯示，於安全系統、設備或結構物失效的情況下發生事故，控制室人員所承受到輻射劑量仍低於法規所規定的劑量限值。 2. 建立設備系統停用可接受風險增量準則與系統設備停用分析流程，並以核二			台電公司、核能安全委員會、行政院國土安全辦公室、台灣中油公司	

	廠進行系統設備停用案例分析，完成「國內核能電廠長期停機期間設備系統停用可接受風險增量準則報告」(NARI-17985R)。 3. 完成「風險顯著性確立程序與其評估工具之應用-以核二廠除役過渡階段前期定性風險分析架構為例」將美國核管會視察手冊第 0609 章附錄 A 功率運轉、附錄 G 停機大修期與附錄 H 圍阻體完整性中的風險顯著性確立程序納入核能電廠風險顯著性評估工具。 4. 關於風險評估技術面向，完成能源基礎設施韌性評估能力，並應用於電力可靠度重要指標分析、天然氣供應及接收站設施供氣風險指標評估。於劑量評估技術面向，完成參考人劑量評估模式及游離輻射防護安全標準相關轉換參數運算，達到建立劑量轉換參數評估技術之目標。	
2.核設施除役清理及放射性廢棄物處理技術開發與執行	1. TRR 爐體拆解於國內進行首次水下切割高活度組件作業，上熱屏蔽 A 層於水下切割已完成 11 塊(A 層共 17 塊)切割並裝箱。反應槽拆解所需之機具及作業程序已準備就緒並完成水下測試切割作業；石墨拆解用真空吸盤設備以及完成測試作業。 2. 應用多功能遙控拆除機具(Brokk)執行廢棄物整檢切割工作，並開發原廠未供應之破碎工具頭，提升本院除役廢棄物處理技術與經驗能力，完成累計 22 支高劑量貯存孔外殼混凝土破碎作業。 3. 完成 015D 地下貯存庫 10/11/12 號窖清理，目前清理後之廢棄物檢整裝桶共計 3 桶(含桶總重 203 公斤)；完成 015D-2 號窖輻射污染偵測作業，一個面取樣 9 點，共取樣 45 點進行輻射污染偵測。 4. 依據過往實驗結果，完成修正後之含水層參數反饋全域模型。並額外進行吸/脫附實驗，完成復育材料吸/脫附性之關係曲線 1 組。 5. 完成 IAEA SRS No.44 號報告研析，其中包含核電廠除役大型物件表面污染劑量評估所需曝露情節與途徑選定及劑量評估使用參數等，可供未來執行核設施除役廢棄物清潔標準推定之參考。 6. 本年度執行貯庫廢金屬除污作業，廢棄物年度累積處理完成重量達 10.59 噸，其中部分廢金屬搭配使用高壓水噴洗及機械噴砂兩種方式進行除污處理，經除污完成後可達解除管制標準。	國家原子能科技研究院

3.生醫科技輻射應用研究	1. 完成加速器中子照相及軟錯誤率測試平台並獲核安會核准運轉執照(達成率100%)，本院中子照射服務，新舊合約轉換，後續台 O 電公司完成新約簽署，舊合約執行至 113/09/13 為止，技服收入 146 萬(達成率 73%)。新約已於 113 年 10 月完成簽署，新約至 114 年 10 月並於 113/12/13 進行技服照射 5 小時，後續持續服務中。 2. 加速器年當機率約為 4.93%；年度技服金額 102,737 千元，服務逾 9 萬人次。已完成元素分析儀操作訓練 5 人次及確效文件 1 份。已完成第一、二、三季作業區環境監測且合格，第四季作業區環境監測於 12 月 31 日前完成，完成衛福部 PIC/S GMP 後續查廠作業及查核缺失改善回覆。 3. 完成鈮鉛銅鎳核種分離純化研製，鉛核種產率提升 90%以上，銅核種達百毫居禮級活度。鈮鉛銅鎳鋅放射核種分離研製，銅核種成品活度連續數批次達百毫居里級，核種純度達 99%以上；開發鈮鉛核種新分離方法，鉛核種活度為貝克級。 4. 完成腫瘤缺氧診斷藥物毒性試驗、動脈粥狀硬化造影劑毒性試驗及 CMC 文件共 40 份。動脈粥狀硬化造影劑 APD 之毒性預試驗已於 10 月完成，結果顯示以人體劑量 1500 倍，未發現任何毒性，並以完成 GLP 毒性試驗，在人體劑量 1000 倍下，仍未發現任何毒性。 5. 完成一批次約 1 公克 ECD 前驅物的合成，總產率由 18%提升至 30%；合成出一批次約 1.2 克 AV-133 類似物前驅物，本次總產率由上次的 28%，提升至本次的 45%。 6. 計畫研發並改良的低劑量 CT 影像重建 AI 深度學習模型，融合前沿 AI 技術，在降低病患輻射劑量的同時，依然能保持高品質影像，且計畫開發之 AI 核心技術應用於「使用長文本 Transformer 搭配條件隨機場的 AI 模型」研究，獲得 AICUP 2023 教育部全國大專校院人工智慧競賽佳作獎，相關成果亦投稿 CCIS 會議論文 1 篇。完成以最大概似估計法(MLE)為基礎之 4 能階 PCD-CT 材質解析演算法開發，可有效解析三種不同材質(壓克力、鋁、鈮)，並在 PSNR 和 SSIM 等影像定量指標上表現更佳。完成 PCD-CT 系統骨密度量測效能驗證，與文獻數據相比準確度提升 42.04%。放射成像技術相關成果完成、1 篇 SCI 期刊投稿(PMB)、1 篇 SCI 期刊發表(JINST, NARI-17959R)、1 件中華民國發明專利申請(113107028)、1 件美國發明專利申請(18/600,845)、1 件中華	國家原子能科技研究院、放射成像技術開發學研單位、高階放射成像醫材製造商、工業非破壞性檢測設備製造商
--------------	---	---

	民國發明專利獲得(發明 I831672 號)，參加 2024 年 TIE 專利競賽獲金牌獎並簽署 2 件技服案金額 100 仟元。	
4.原子物理新穎技術開發與應用	1. 擬單能中子軟錯誤率測試之技術，簽訂 2 個技術服務案，總金額 2,300 千元。 2. 完成(1)開發 p-i-n 型 InAs 感測器製作:用聚合量子點緩衝層技術，完成開發 p-i-n 型 InAs 感測器製作，元件在 77K 環境下量測，其峰值響應波長約 3.03 微米(在 50%峰值量測下)、響應截止波長約 3.2 微米。(2)開發拓撲自旋感測原型元件:運用電漿製備異質鍍膜技術，開發穿隧式磁阻感測器結構，磁阻率達到 83.3%並整合機器視覺與電路模組，提高元件的訊噪比，達 25dB 以上。本年度相關衍伸技術之簽約 5 件，總金額達 2,320 千元。 3. 完成鍍製白金金屬量子點記憶體儲存單元起始電壓偏移值達 3.1 V，符合國際半導體協會針對記憶體所訂規格。運用量子點鍍膜技術與廠商簽訂「負極極片改質與鋁塑膜膠固態鋰電池疊片電芯組裝」技服案 1 件，簽約金 1,000 千元。 4. 完成早期骨質疏鬆晶片檢驗效能驗證，透過多域排列叉指式電極設計與分子印刷高分子定量塗佈等兩項關鍵技術，晶片對骨代謝指標 CTx-1 分子濃度檢測能力已達 0.02 ng/mL。(成人尿液正常濃度約為 1 ng/mL)。藉由偵測骨代謝指標濃度評估人體骨質流失速度，可於骨質疏鬆前期提早介入和治療。	半導體製造業/電子檢測業/航太產業/國原院/學術界/非破壞檢測業
遭遇困難與因應對策	1. 切割上熱屏蔽 A 層時，因機具 Y 軸直線移動發生異常，需進行維修及改善設計，影響切割及裝箱進度。困難點在於國原院自行研發之機具，雖然在實際進行水下切割前，多次進行模擬切割，確認機具功能符合需求，然而，模擬測試未能完全模擬實際操作中的複雜環境，影響機具運作，而需維修或改善。因應對策包含短期內更換備品繼續切割，確保拆解作業的進度，長期則進行設計改善及建置關鍵拆解作業之備用機具。 2. Brokk 機具出現故障問題，需等待料件更換，導致執行進度落後，已查明故障原因並安排廠商維修。 3. 核安會要求測試燃料移貯運送之前，應再提出運送計畫，將盡速完成測試燃料移貯運送計畫，以符合主管機關要求。	

二、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
Risk Informed Safety Margin Characterization	陳○○	2024	D	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Investigation and Research on Environmental Dose Assessment in Taiwan	張○○	2024	D	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Haynes 282 超合金在長期高溫氧化過程中氧化物相和殘餘應力的變化	董○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
核一廠高燃耗用過核子燃料特性程式分析	邱○○	2024	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
NUREG-2215 於乾式貯存期間不允許高燃耗燃料再注水之管制條件研究	廖○○	2024	F	原子能系統工程跨域整合發展計畫
The Sampling and Removal of Tritiated Water Vapor for Taiwan Research Reactor Calandria	黃○○	2024	D	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Probabilistic fracture analysis for a boiling water reactor pressure vessel during transition to decommissioning	劉○○	2024	D	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Snake-type Robotic Arm Gripping Control Based on AI Image Recognition Technology in Cleaning up Radioactive Wastes	鄭○○	2024	D	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Experimental investigations of piping and erosion with MX-80 bentonite using small-scale fracture-inflow test cell	李○○	2024	D	原子能系統工程跨域整合發展計畫

Waste Management for the Dismantling Project of TRR Spent Fuel Dry Storage Pits	廖○○	2024	D	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Advancing Transdermal Delivery by Zn/Ag-Electrode-Printed Iontophoretic Patch with Self-Generating Microcurrents	彭○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
STAT3 mediates cancer stem-like tumorsphere formation and PD-L1 expression to contribute radioresistance in HBV-positive hepatocellular carcinoma	何○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Characterization of the New Atherosclerotic Imaging Ligands with Aminomethylpyridinyl-tetraazacyclododecane Group Using Liquid Chromatography and Tandem Mass Spectrometry	陳○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Cyanopyridoimidazole/1,2-Aminothiol Click Reaction: A Novel Bioorthogonal Reaction for Synthesis of Radiotracers	孫○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Fluorine-18 labeling PEGylated 6-boronotryptophan for PET scanning of mice for assessing the pharmacokinetics for boron neutron capture therapy of brain tumors.	陳○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Privacy Information Retrieval with Longformer and CRF, Followed by Rule-Based Time Information Normalization A Dual-Approach Study	曾○○	2024	F	原子能系統工程跨域整合發展計畫
An X-ray fluorescence experimental method for photon counting detector in	吳○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫

computed tomography system				
In Vivo SPECT Imaging of Tc-99m Radiolabeled Exosomes from Human Umbilical Cord-derived Mesenchymal Stem Cells in Small Animals	鍾○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Nucleos(t)ide analogues potentially activate T lymphocytes through inducing interferon expression in hepatic cells and patients with chronic hepatitis B	何○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Random and Site-specific Radiolabeling of 89Zr-DFO-anti-PD-L1-mAb iPET Tracer	林○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Tumor-intrinsic IFN α and CXCL10 are critical for immunotherapeutic efficacy by recruiting and activating T lymphocytes in tumor microenvironment	程○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Hydrogen Permeation Resistance of ZrN Thin Film Deposited by Ion-plating	藍○○	2024	D	原子能系統工程跨域整合發展計畫
The preparation of low-cost tungsten oxide films by solution-coating technique and NIR annealing for high-performance complementary electrochromic devices	馬○○	2024	D	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Spin-Locked Current-Driven Tunnel Magnetoresistance Modeling in a Magnetic-Topological Insulator-Magnetic Layer System	何○○	2024	D	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Development of a time-of-flight spectrometer system for 30-MeV cyclotron-based quasi-monoenergetic	林○○	2024	E	原子能系統工程跨域整合發展計畫

neutron beam				
The improvement of efficiency in the water electrolysis hydrogen production by voltage design	薛○○	2024	E	原子能系統工程跨域整合發展計畫
骨質疏鬆前期偵測晶片技術開發	陳○○	2024	E	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Using quasi-monoenergetic neutrons from a 30-MeV proton beam for single-event effects studies	Y. ○○	2024	F	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Optically-Polarized Manipulation on Spin-Momentum Locked States for Magnetoresistance in Topological Spintronic Devices: Time-Dependent Quantum Transport Simulations	何○○	2024	F	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
除役期間熱流與劑量分析團隊	國家原子能科技研究院	A	A	2024	原子能系統工程跨域整合發展計畫
TRR 高活度廢棄物處理技術開發團隊	國家原子能科技研究院	A	A	2024	原子能系統工程跨域整合發展計畫
除役廢棄物活度量測校正技術開發團隊	國家原子能科技研究院	A	A	2024	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	2021	原子能系統工程跨域整合發展計畫
汰換關鍵零組件與導入 PRA 技術	國家原子能科技研究院	A	A	2021	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	2022	原子能系統工程跨域整合發展計畫
中子研發團隊	國家原子能科技研究院	A	A	2024	原子能系統工程跨域整合發展計畫
量子元件及感測研發團隊	國立陽明交通大學、國原院台灣半導體研究中心	B	A	2024	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
褚○○	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
莊○○	國防大學理工學院化材所	B	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
張○○	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○○	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
高○○	國立中央大學化學工程與材料工程學系	B	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
陳○○	國立清華大學核子工程與科學研究所	A	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
李○○	國立台灣大學化學工程系	A	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
林○○	國立清華大學	A	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
黃○○	國立陽明交通大學	B	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
辛○○	國立陽明交通大學	B	A	原子能系統工程跨域整合發展計畫
張○○	國立中山大學	A	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
能源基礎設施韌性指標分析之案例研究	李○○	2024	C	原子能系統工程跨域 整合發展計畫
長途輸油管線定量風險評估報告	邱○○	2024	C	原子能系統工程跨域 整合發展計畫
核三廠耐震能力評估	蕭○○	2024	C	原子能系統工程跨域 整合發展計畫
以貝葉斯網路模式量化電網韌性之研究	王○○	2024	C	原子能系統工程跨域 整合發展計畫
環境保護：參考動植物的傳遞參數	金○○	2024	C	原子能系統工程跨域 整合發展計畫
電廠除役及災害復原環境劑量評估研究	張○○	2024	C	原子能系統工程跨域 整合發展計畫
天然氣儲存槽外槽之地震側力與非線性側推分析	劉○○;沈○○	2024	C	原子能系統工程跨域 整合發展計畫
液化天然氣儲存槽流固耦合地震靜力分析與反應譜分析	沈○○	2024	C	原子能系統工程跨域 整合發展計畫
用過核燃料池中子吸收材料劣化評估與監測策略研究	董○○;李○○	2024	D	原子能系統工程跨域 整合發展計畫
水晶河 3 號核電廠混凝土圍阻體脫層破壞之檢測處理方法觀察	胡○○;裴○○	2024	D	原子能系統工程跨域 整合發展計畫
NUREG-2215 於乾式貯存期間不允許高燃耗燃料再注水之管制條件研究	廖○○;曾○○	2024	D	原子能系統工程跨域 整合發展計畫
用過核子燃料模擬乾式貯存環境監測實驗前之非破壞檢驗報告	謝○○;曾○○	2024	D	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偵測作業之管制規範及案例研析	黃○○	2024	C	原子能系統工程跨域 整合發展計畫

上熱屏蔽模擬切割測試報告	張○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
化工製程管線設計及管材選用	楊○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
復育材料吸脫附之關係曲線特性研究	鍾○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
低放射性污染金屬除污技術整合成果報告	沈○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
整合能源系統技術路徑研究	洪○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
國際放射性廢棄物處置資訊彙整	陳○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
INER-HPS 系統運送方案研究報告	蘇○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
定量 CT 應用於骨質密度值估算準確度研究	楊○○；張○○；吳○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
輸送帶式移動平台改善案及影像原理研究	張○○；簡○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Neural Radiance Fields 之 AI 模型應用於 3D 重建技術探討	曾○○；林○○；林○○；倪○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
醫電設備電性安全測試-以國原院三維放射造影儀為例	曾○○；張○○；倪○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
深度學習叢集式運算資源環境建立程序	林○○；黃○○；曾○○；倪○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
111 年度核醫藥物產品品質評估報告	古○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
桌上型培養箱導入 PIC/S 藥廠應用與確效	施○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
血品照射儀之劑量分布研究	朱○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
照射廠射源貯存水池修繕規劃暨輻射	王○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫

安全評估報告				
052 館潔淨室建置工程廢棄物放行作業	蘇○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
核醫藥物製造工廠代工能力評估	江○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
新版 PIC/S 法規 Annex 1 之高壓蒸氣滅菌器確效之變革	翁○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
052 館迴旋加速器增設冰水系統之規畫	鄒○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
藥廠數據之管理規範	夏○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
112 年度核醫藥物產品品質評估報告	古○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
放射性高效能液相層析儀(Perkin Elmer HPLC Series 200)之驗證確效	陳○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
金黃色葡萄球菌的檢驗於藥廠原物料品管分析之應用	陳○○	2024	C	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 之原理與操作程序	施○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
自動水分滴定分析 (Mertohm 888/890)儀應用於藥品原物料品管及確效	鄧○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
核研氯化亞鉈[鉈-201]-注射劑定價策略研析	江○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
庫房環境溫度分布量測	李○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
氯化鈾[鈾-111]原料藥主檔案建立經驗	周○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
最終滅菌注射液劑之製程風險管控	黃○○	2024	C	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製程變更及確效作業	吳○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
GMP 核醫藥物製造的風險管理	張○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
丙胺酸劑量計比對研究	朱○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
輻射照射廠廢射源清理作業輻防管制程序書	王○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
30 MeV 迴旋加速器雙功能中子源建置	杜○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
核醫製藥中心之運作模式探討—以國衛院生物製劑廠與食藥署管制藥品製藥工廠作業基金模式為例	江○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
赴荷蘭阿姆斯特丹大學醫療中心學習鎘-89 標誌抗體的研製和臨床應用出國報告	羅○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
以液相層析串聯質譜法研究含胺甲基皮啉-四氫大環官能基之新動脈硬化造影劑化學特性	陳○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
欣得泰型拮抗劑於三陰性乳癌小鼠模式體內分布研究	翁○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
碳十四技術平台全球現況與專利佈局	陳○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
鎘-177-纖維母細胞活化蛋白抑制藥物開發暨影像分析評估研究	陳○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
C-14-AR-PROTAC 之純度分析與在 BALB/c 小鼠之藥物動力學研究	王○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
新型攝護腺癌核醫肽藥物之生物體內分布評估研究	陳○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
腦神經退化造影劑 α -syn-5 前驅物合	施○○	2024	C	原子能系統工程跨域

成研究				整合發展計畫
PSMA-INER-56 精進製程開發	羅○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
新 α -突觸核蛋白正子造影藥物結構鑑定及代謝路徑研究	陳○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
鎂-67 標誌的雙靶向核醫藥物檢測大腸直腸腫瘤缺氧之研究	官○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
碳-14 應用於藥物代謝排除試驗之結果分析與討論	郭○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
碘-131 標誌 IPWT 蛋白於正常 BALB/c 小鼠生物分佈及藥物動力學研究	張○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
鎢-177-anti-EpCAM 抗體療效評估	黃○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
利用微波合成 PSMA-INER-56 藥物前驅物製程開發	王○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
氟-19- α -syn-3、氟-19- α -syn-4 和 氟-19- α -syn-5 通透 PAMPA-BBB 之評估研究	陳○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
專一性鎘-89 標誌抗體技術研究	羅○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
Mediso nanoScan SPECT/CT 簡易造影操作作業程序書	陳○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
以複方健康食品組合改善血脂與動脈粥狀硬化之研究	郭○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
器官晶片之發展現況及未來展望研究	黃○○;陳○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
分子拓印高分子之合成及 CTx-I 定性分析	蘇○○;王○○;陳○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
感測晶片表面分子拓印聚合物塗佈與測試	王○○;蘇○○;陳○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫

鈕扣鋰電池不同石墨負極重量及厚度與密度比較	葉○○;薛○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
膠固態鋰電池電解質減薄	葉○○;薛○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
參訪德國 JCNS 中子研究中心及參加第 10 屆緊湊型加速器中子源國際會議出國報告	李○○;鄭○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
應用緣體拓撲材料於電晶體應用的元件設計、模擬與可行性分析	何○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
鈕扣電池組裝壓力與其電容量之關聯性研究	吳○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
物理儲能電池技術簡介	王○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
基於 AI 計算機視覺的半導體半導體微影製程缺陷分析方法研究	何○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
量子開控循環單元應用於乳癌預測	吳○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
全固態鋰電池界面的先進特性分析技術研究	詹○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
微米級微影製程之研究	林○○;李○○; 楊○○;陳○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
普魯士藍之合成與其電致變色特性分析與討論	宋○○;馬○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
中子之探討與應用	胡○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
元件品質等級砷化銦/砷化鎵薄膜之磊晶成長及特性分析	蔡○○;吳○○; 方○○;葉○○	2024	C	原子能系統工程跨域整合發展計畫
白金量子點電容特性鍍製	蔡○○;葉○○;	2024	C	原子能系統工程跨域

	黎○○;王○○			整合發展計畫
橢偏儀用於晶片表面抗體密度的檢測	黃○○;陳○○	2024	C	原子能系統工程跨域 整合發展計畫
第三代高密度電漿聚焦裝置研發歷程 與後續改善工作	張○○;蘇○○	2024	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
2024 核後端論壇暨技術研討會	A	20240913	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
中華民國核醫學學會 2024 年心臟神經學術研討會	A	20240622	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
中華民國核醫學學會 2024 年會暨國際學術研討會	A	20241102	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
2024 核醫藥物與分子影像發展應用研討會	A	20240727	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
2024 年台灣中子科學學會年會	A	20241103	2024 年台灣中子科學學會年會	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
氣流路徑控制裝置	A	中華民國	申請中 申請號: 113140771	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
靶材加熱測溫裝置	A	中華民國	申請中 申請號: 113141263	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
消泡反應器以及消除反應 中生成泡沫的方法	A	中華民國	申請中 申請號: 113140892	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
一種銅筒上蓋與外殼間鐸 道切割裝置	A	中華民國	申請中 申請號: 113139319	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
[氟-18]FEONM 之非毒化物 反應程序	A	歐洲	申請中 申請號:EP24154735.5	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
一種腦神經退化造影劑及 其製造方法	A	中華民國	申請中 申請號: TW113119416	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	申請中 申請號: 113107028	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
METHOD FOR REDUCING METAL ARTIFACTS IN CT IMAGES	A	美國	申請中 申請號: 18/600,845	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
移動式斷層合成造影儀器	A	中華民國	發明 I831672 號 (204304)	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
可拆解照射靶結構	A	中華民國	申請中 申請號: 113137295	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
降低血脂之組合物及其用 途	A	中華民國	申請中 申請號: 113120567	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
一種腦神經退化造影劑及 其製造方法	A	美國	申請中 申請號:18/885,690	原子能系統工程跨 域整合發展計畫

一種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	歐洲	申請中 申請號: EP24206795.7	原子能系統工程跨域整合發展計畫
垂直式疊加結構量子偵測器	A	美國	申請中 申請號: 18/416,536	原子能系統工程跨域整合發展計畫
疊加型鋰鈉電化學電池元件及其製作方式	A	美國	申請中 申請號: 18/416,486	原子能系統工程跨域整合發展計畫
一種圖案化光觸媒結構應用於光電化學水裂解產氫	A	中華民國	申請中 申請號: 113123866	原子能系統工程跨域整合發展計畫
電致變色元件的製造方法	A	中華民國	申請中 申請號: 113117451	原子能系統工程跨域整合發展計畫
生物檢測晶片之定量塗佈方法	A	中華民國	申請中 申請號: 113138303	原子能系統工程跨域整合發展計畫
虛擬基板、其製造方法及利用其構成的光電裝置	A	中華民國	申請中 申請號: 113140270	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
非破壞檢測檢查程序的策略與建議內容	A	張○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
新燃料貯存庫貯存護箱地震動態分析	A	沈○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
模擬在檢查資格認證中的應用	A	張○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
074 館拆裝廠房十年再評估報告(112 年版)	A	廖○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
012 館及延遲槽低放射性廢棄物貯庫安全分析報告(112 年修訂版)	A	張○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
工程所核子保防物料管理作業程序書	A	李○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
水下放射性金屬切屑收集及水質淨化設備操作及維護保養手冊	A	邱○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
濕式切割工作站暨相關設備程序書	A	邱○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
112 年工程所輻防管理作業報告	A	江○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
112 年 012 館及 074 館建築物構造現況變位檢核測量評估	A	賴○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
英國低發熱廢棄物包件規範對容器的特定要求研析	A	帥○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
水下圓盤機切割及廢棄物包裝測試報告	A	葉○○	2024	國原院	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 75 屆技術諮詢組(TAG)會議出國報告	A	廖○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫

微功率反應器廠(ZPRL)設施除役計畫書(113 年版)	A	徐○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
旁熱屏蔽水平分解吊運機具功能擴充後設備操作及維護保養手冊	A	邱○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
TRR 爐體廢棄物上熱屏蔽吊運切割作業程序書(第四版)	A	張○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
高劑量貯存孔破碎切割作業程序書	A	廖○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
工程所職業安全衛生管理作業程序書	A	秦○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
核子設施及工程技術研究所通風過濾系統管理程序書	A	劉○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
004 館微功率反應器(ZPRL)安全管理作業程序書	A	徐○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
112 年度放射性物料設施異常/意外緊急應變演習檢討報告	A	賴○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
TRR 核子燃料乾貯場貯存孔區完成移除成果報告	A	黃○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
工程所輻射監測儀器操作及警報處理程序(113 年版)	A	賴○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
台灣研究用反應器(TRR)設施除役計畫書(113 年版)	A	李○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
015W 館地下貯存結構之建置成果報告	A	黃○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
112 年度微功率反應器(ZPRL)設施除役計畫執行報告	A	徐○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
低放射性廢棄物處理廠廢棄密封射源接收作業程序書	A	高○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
液體場輻射監測器操作及警報處理作業程序書(112 年 11 月修訂版)	A	蔡○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫

國家原子能科技研究院放射性廢棄物處理與貯存設施 111 年運轉年報	A	林○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
036A/K/U 館核子原(燃)料貯存設施十年再評估報告	A	黃○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
064 低放射性廢液處理場安全分析報告(112 年 9 月版)	A	蔡○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
TRR 爐內組件水下切割技術應用於核電廠高輻射劑量組件可行性研究	A	李○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
國內外核設施再利用案例研析報告	A	張○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
照射過核子燃料棒之非破壞性檢驗平台檢驗程序書	A	謝○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
照射過 UO ₂ 實驗燃料棒封裝及運送作業程序	A	黃○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
真空加熱系統軟體操作程序書	A	張○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
用過核子燃料之模擬貯存實驗設備併連緊急電力系統設計與實踐	A	洪○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
組件疲勞受損斷口巨觀力學表徵	A	張○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
煅子坪之地表裂隙量測與分析	A	鍾○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
PFLOTRAN 程式於本院區地下水流與溶質傳輸分析	A	鍾○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
獲邀參加世界核子物料管理協會第 65 屆年會出國報告	A	秦○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
放射性物質運送有關之輻射防護及偵測作業程序書	A	吳○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
112 年度 C2 容器製造檢查及品質稽查報告	A	陳○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫

112 年度 C1 容器檢查與稽查報告	A	林○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
核一廠燃料池清理減容機具功能需求制定、設計基準訂定與設計圖繪製報告	A	彭○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
高載重 C1 容器設計與結構分析	A	程○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
除污場輻射監測器操作及警報處理作業程序書	A	林○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
處理貯存 Mo-99 放射性廢液與含機油高活度廢液屏蔽桶	A	胡○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
化工製程管線設計及管材選用	A	楊○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
064 館低放射性廢液處理場除役規劃報告	A	蔡○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
064 低放射性廢液處理場設施運轉技術規範(112 年 9 月版)	A	蔡○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
016 館核子原(燃)料貯存設施除役作業程序書	A	林○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
064 低放射性廢液處理場意外事件應變計畫(112 年 9 月版)	A	蔡○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
(113 年)焚化爐運轉作業程序書(113 年 5 月版修訂版)	A	陳○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
高放最終處置緩衝材料生產製造與處置孔安裝方法建立	A	連○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
有機樹脂濕式氧化瓶杯測試報告	A	陳○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
TRR 廢樹脂安定化品質測試程序書(第二版)	A	林○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
TRR 爐體廢棄物拆解廢棄物管理作業程序書	A	王○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫

核設施除役清理及放射性廢棄物處理技術開發與執行-112 年度執行情形分析	A	胡○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
工程所抗壓試驗機操作手冊	A	林○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
QSM 規劃要點及特性分析	A	林○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
國際核電廠除役拆除作業關鍵要項管制技術實例研究	A	陳○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
半自動高壓水除污設備操作程序及測試結果	A	陳○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
廢棄物追蹤管理流程作業規劃報告-以核一廠汽機廠房 148 房為例	A	沈○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
113 年放射性廢棄物處理設施意外事故緊急應變演習檢討報告	A	簡○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
國家原子能科技研究院低放射性廢棄物實驗型電漿焚化熔融爐拆除作業程序書	A	陳○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
112 年度台灣研究用反應器(TRR)設施除役計畫執行報告	A	張○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
台灣研究用反應器(TRR)設施除役計畫書(113 年版)	A	李○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
上熱屏蔽模擬切割測試報告	A	張○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
112 年放射性物料設施異常意外緊急應變演練檢討報告	A	賴○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
無塵室空調與附屬設備操作手冊	A	黃○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
半導體生物感測元件標準製作程序	A	楊○○; 李○○;	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫

		林○○; 陳○○			
多色 3D 列印設備操作手冊	A	郭○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
陰離子交換膜電解水產氫技術手冊	A	劉○○; 薛○○; 劉○○; 張○○; 黎○○; 陳○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
應用磁控濺鍍電致變色電極系統操作技術手冊	A	陳○○; 郭○○	2024	國原院	原子能系統工程跨域整合發展計畫
高頻精密噴塗裝置與輔助噴塗設備操作手冊	A	劉○○; 薛○○	2024	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 PSAM 17 (Probabilistic Safety Assessment & Management) 國 際會議	發表「Probabilistic Risk Assessment for the Transition Phase of Decommissioning of BWR-6 Mark-III Nuclear Power Plant」論文	A	A	2024/10/7~ 2024/10/11	國際量化 安全評估 與管理協 會	原子能系統 工程跨域整 合發展計畫
參加 AI CUP 2023 教育部全 國大專校院人工 智慧競賽「隱私 保護與醫療數據 標準化」獲佳作 獎	使用長文本 Transformer 搭配條件隨機場的 AI 模型	B	A	2024/03/13	教育部人 工智慧競 賽與標註 資料蒐集 計畫辦公 室	原子能系統 工程跨域整 合發展計畫
台灣物理年會	發表「Development of a time-of-flight spectrometer system for 30-MeV cyclotron-based quasi-monoenergetic neutron beam」論文	A	A	2024/01/24~ 2024/01/26	台灣物理 年會	原子能系統 工程跨域整 合發展計畫
第十九屆全國氫 能與燃料電池學 術研討會	發表「The improvement of efficiency in the water electrolysis hydrogen production by voltage design」論文	A	A	2024/09/20~ 2024/09/21	第十九屆 全國氫能 與燃料電 池學術研 討會	原子能系統 工程跨域整 合發展計畫
2024 台灣健康照 顧聯合學術研討 會	發表「骨質疏鬆前期偵 測晶片技術開發」論文	A	A	2024/11/01	台灣醫院 學會	原子能系統 工程跨域整 合發展計畫
2024 IEEE Nuclear & Space Radiation Effects	發表「Using quasi- monoenergetic neutrons from a 30-MeV proton	A	B	2024/07/22~ 2024/07/26	IEEE	原子能系統 工程跨域整 合發展計畫

Conference	beam for single-event effects studies」論文					
2024 International Conference on Materials Science, Engineering & Technology	發表「Optically-Polarized Manipulation on Spin-Momentum Locked States for Magnetoresistance in Topological Spintronic Devices: Time-Dependent Quantum Transport Simulations」論文	A	B	2024/11/22~ 2024/11/24	ICMSET	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
無					

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
用過核子燃料貯存之長期穩定性監測與行為研究(II)	A	台○公司	3,549	原子能系統工程跨域整合發展計畫
核能電廠除役拆除與廢棄物追蹤管理技術建立計畫	A	台○公司	33,650	原子能系統工程跨域整合發展計畫
「核二廠除役許可申請及除役作業規劃」技術服務案	A	台○公司	1,781	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○公司	3,708	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○公司	10,741	原子能系統工程跨域整合發展計畫
電路板 X 光檢測三維成像	A	捷○科技	100	原子能系統工程跨域整合發展計畫
高解析度微型電腦斷層(Micro-CT)掃描	C	國立中○大學	50	原子能系統工程跨域整合發展計畫
高解析度微型電腦斷層(Micro-CT)掃描	C	長○大學	50	原子能系統工程跨域整合發展計畫
年度藥物銷售技服金額	A	各醫療院所	102,737	原子能系統工程跨域整合發展計畫
CBZ 藥物造影與生物體分布試驗	A	巨○生醫股份有限公司	922	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	浩○公司	4,320	原子能系統工程跨域整合發展計畫

瑞正肝精效用評估試驗	A	瑞 O 生醫科研 有限公司	150	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
藥物生物影像評估	C	中 O 研究院生 化所	252	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
胜肽藥物動力學試驗	C	中 O 研究院生 化所	142	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
英文試驗報告	A	田 O 士生物科 技有限公司	70	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
藥物前驅物標誌分析、細 胞結合與動物造影實驗	A	聚 O 生醫股份 有限公司	329	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
標誌造影試驗	C	國立東 O 大學	92	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
標靶腫瘤藥物造影試驗	A	聚 O 生醫股份 有限公司	95	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
運用人工智慧輔助動物 血管斑塊診斷之血管造 影試驗/BRA04n4	C	國立陽 O 交通 大學	140	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
iBNC 藥物有效成分放射 標誌測試/BRA04n4	A	晟 O 生醫股份 有限公司	112	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
腫瘤小鼠單光子斷層掃 描研究	C	中國 O 藥大學 生科系	256	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
藥物標誌射源與分析預 試驗	A	諦 O 生技股份 有限公司	370	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
動物血管斑塊影像診斷 試驗	C	國立陽 O 交通 大學	100	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
F-18-FDG PETCT 造影試 驗/BRA04n4	A	上 O 生物科技	100	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
標誌藥物生物體分佈測	C	財團法人國 O 衛生研究院	108	原子能系統工程跨

試/BRA04n4				域整合發展計畫
血清生化檢測/BRA04n4	C	國立中○大學	130	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
碘標誌化合物試驗 /BRA04n4	A	健○生技股份有 限公司	96	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
標誌藥物生物體分佈測 試/BRA04n4	C	財團法人國○衛 生研究院	130	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
電子元件輻射照射	A	台○○驗科技公 司	300	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
晶片測試服務	A	台○○體電路公 司	2,000	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
膠固態儲能電致變色技 術	A	龍○公司	300	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
ESC 基材成膜工與膜材 特性分析	A	工研院	250	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
溶液塗佈型電致變色元 件開發	A	信○公司	250	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
抗腐蝕海水產氫之合金 薄膜鍍膜作業	C	中○大學	800	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
於嚴苛環境應用的高熵 合金與薄膜材料的開發 與研究	C	國○會	720	原子能系統工程跨 域整合發展計畫
負極極片改質與鋁塑膜 膠固態鋰電池疊片電芯 組裝	A	德○公司	1,000	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。

三、佐證圖

子項一：核電終期營運安全與用過核子燃料貯存技術發展

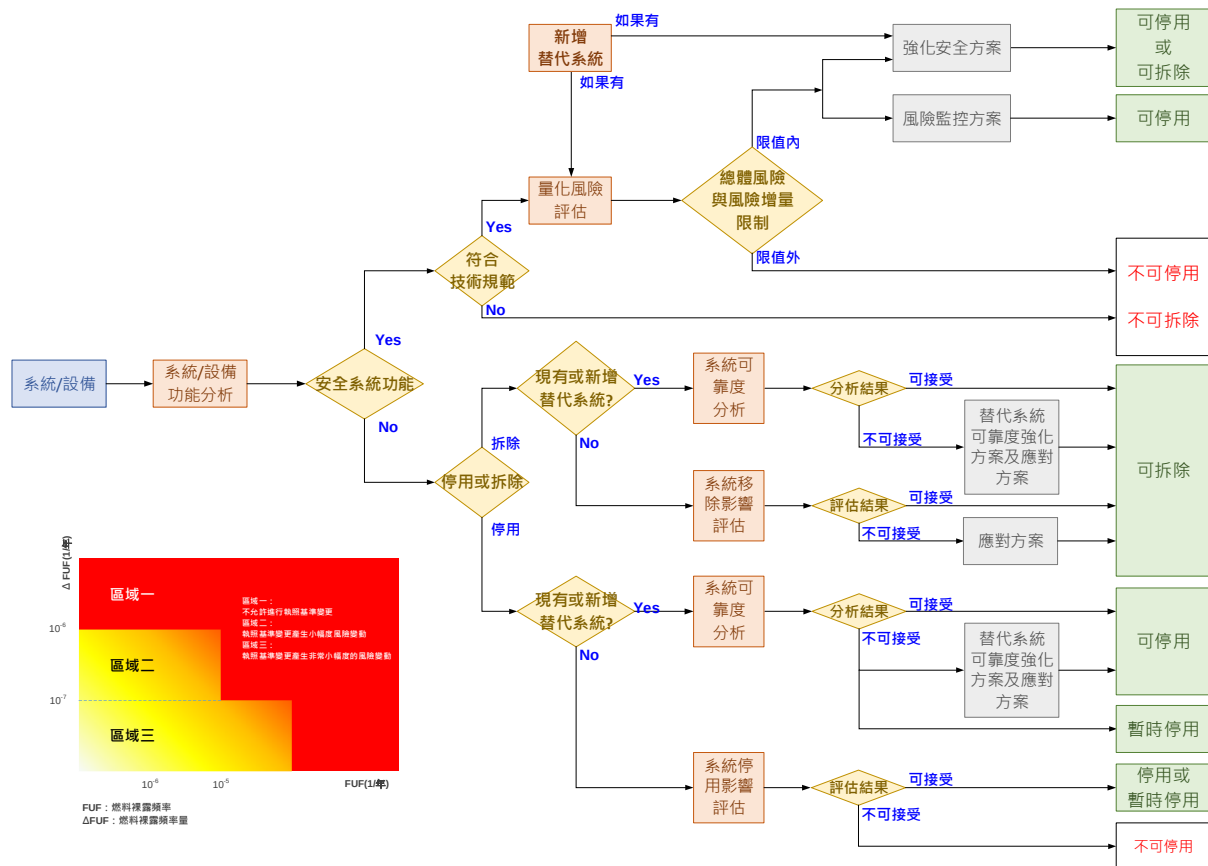


圖 1-1：國內核能電長期停機期間設備系統停用流程與可接受準則

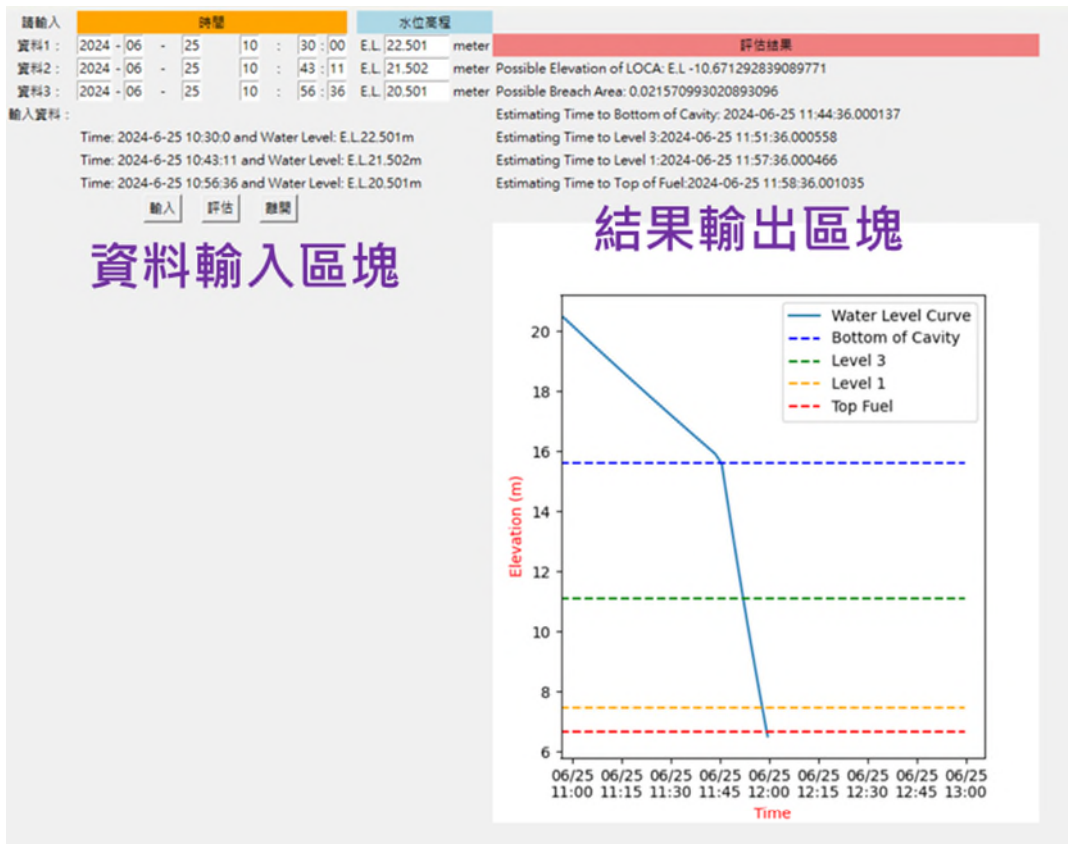


圖 1-2：核二廠除役過渡階段前期反應爐破口分析程式介面

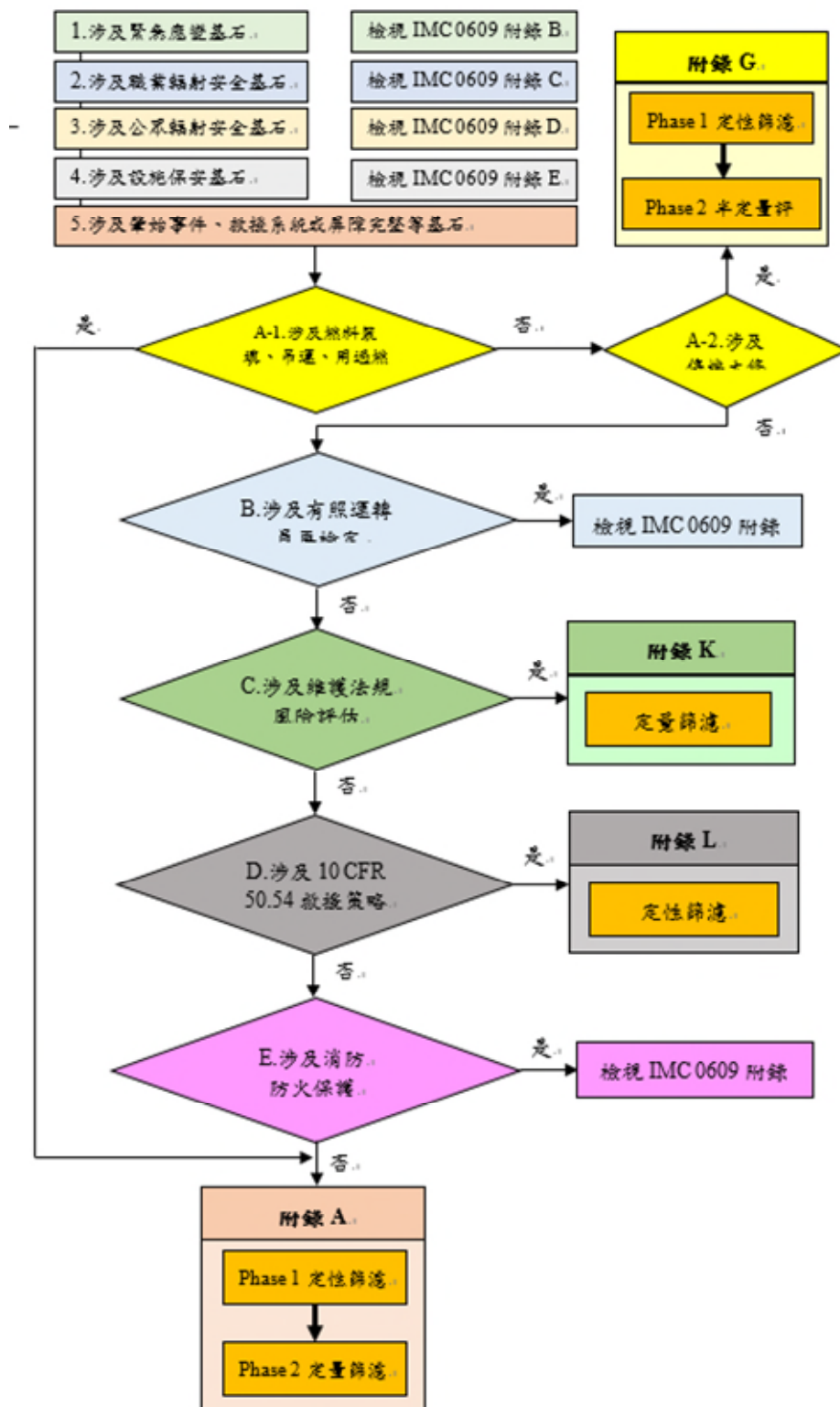


圖 1-3：核能電廠風險顯著性評估工具最新系統架構

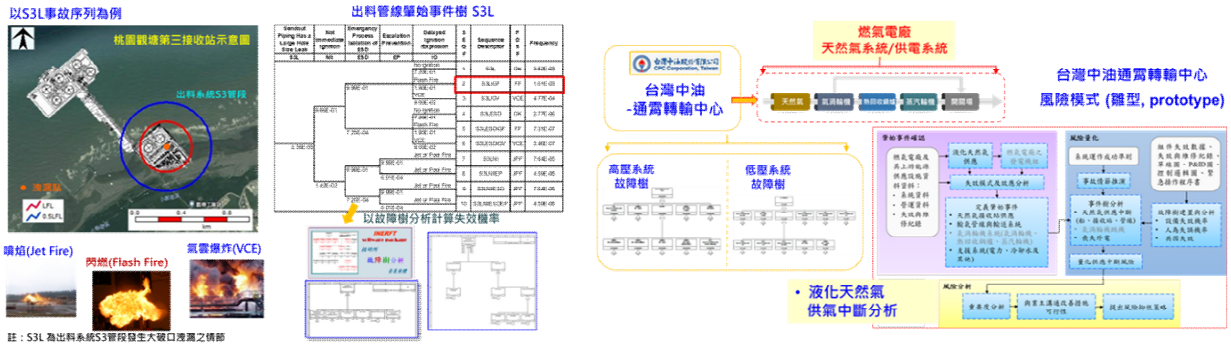
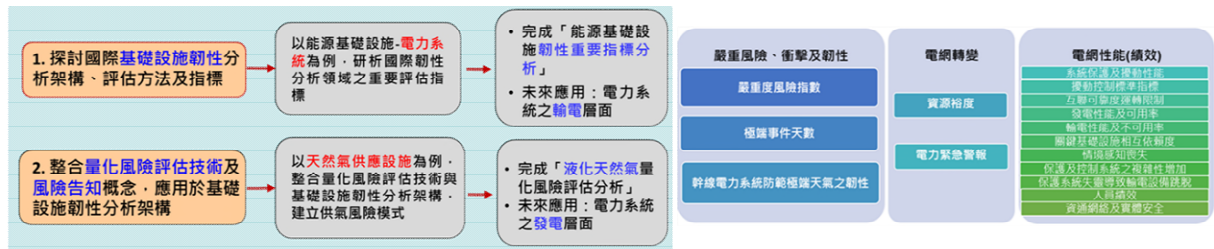
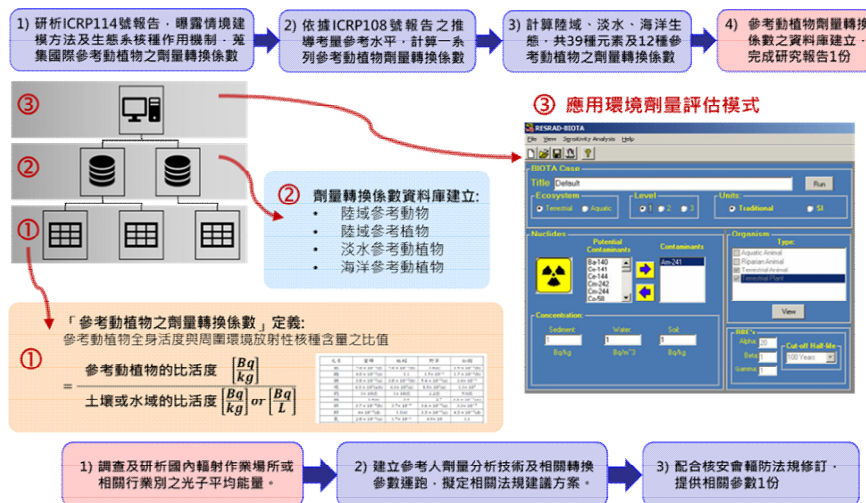


圖 1-4：量化風險評估技術於基礎設施之應用研究



醫療機構設置各型醫用放射性物質之數量百分比



非醫用可發生游離輻射設備之數量百分比



各輻射作業場所之劑量約束值計算供核安會參考

圖 1-5：輻射防護與環境安全評估技術研究

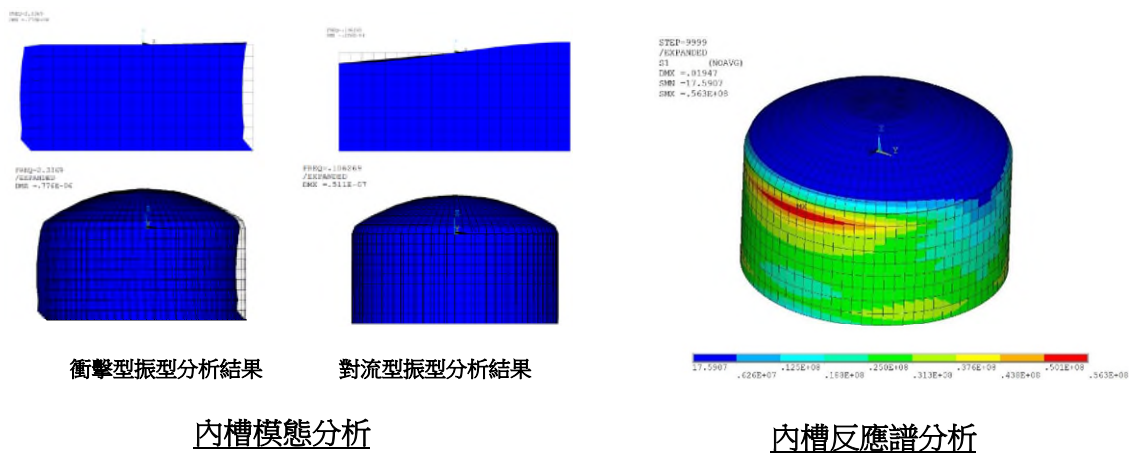


圖 1-6：天然氣儲存槽內槽反應譜分析研究

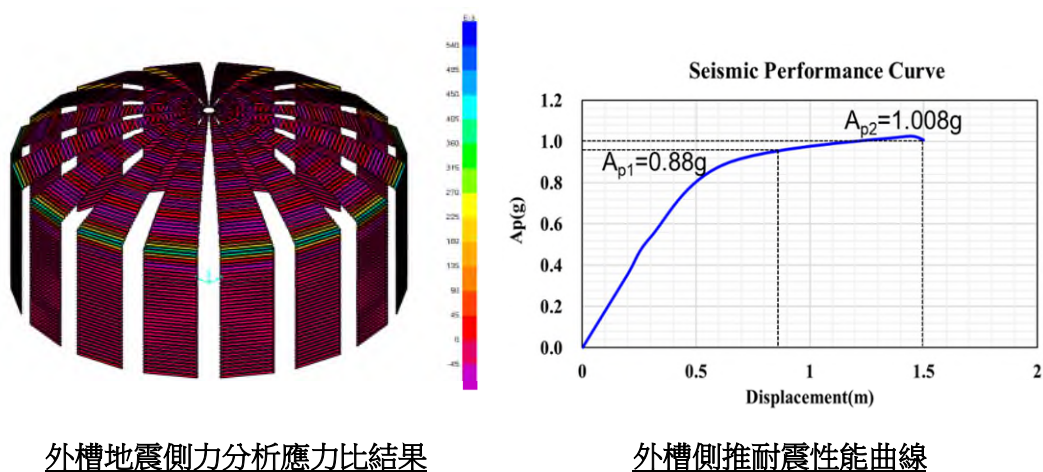


圖 1-7：天然氣儲存槽之外槽側力分析與非線性側推分析研究

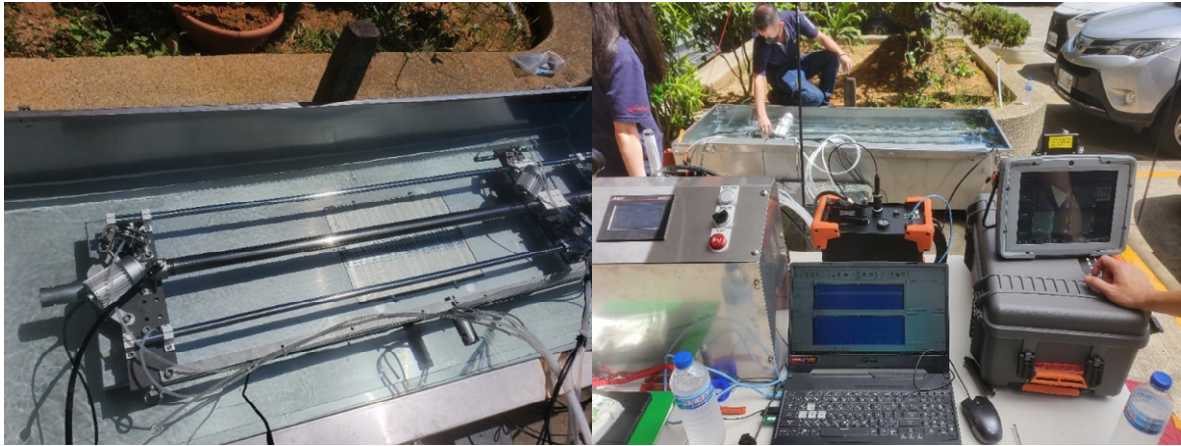


圖 1-8：水下檢測載具(左)於水槽中進行測試，透過控制面板(右)進行動作控制，搭配渦電流檢測設備與超音波檢測設備可同時掃描取得渦電流與超音波訊號。

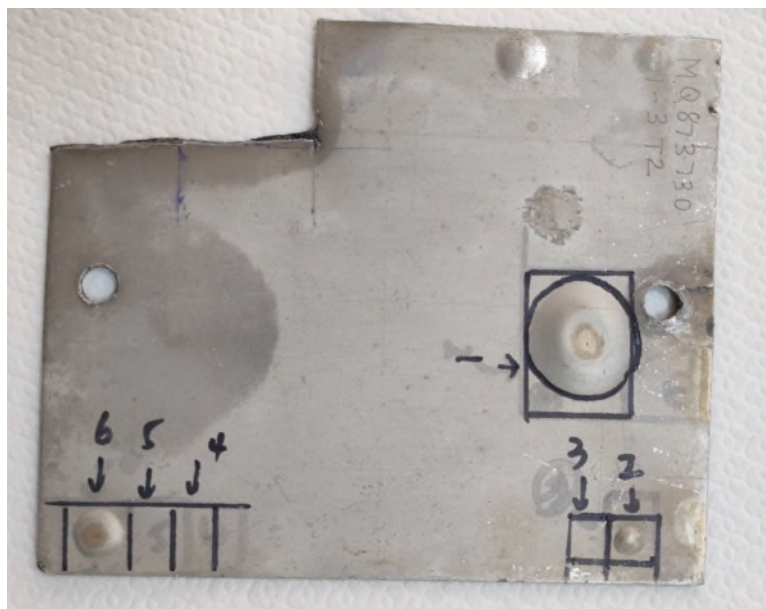


圖 1-9：照射後 Boral 材料表面圖，黑色選定區域為位置分析區域，其中 1、2、6 的區域為起泡區，3、4、5 的區域為未起泡區域。

子項二：核設施除役清理及放射性廢棄物處理技術開發與執行

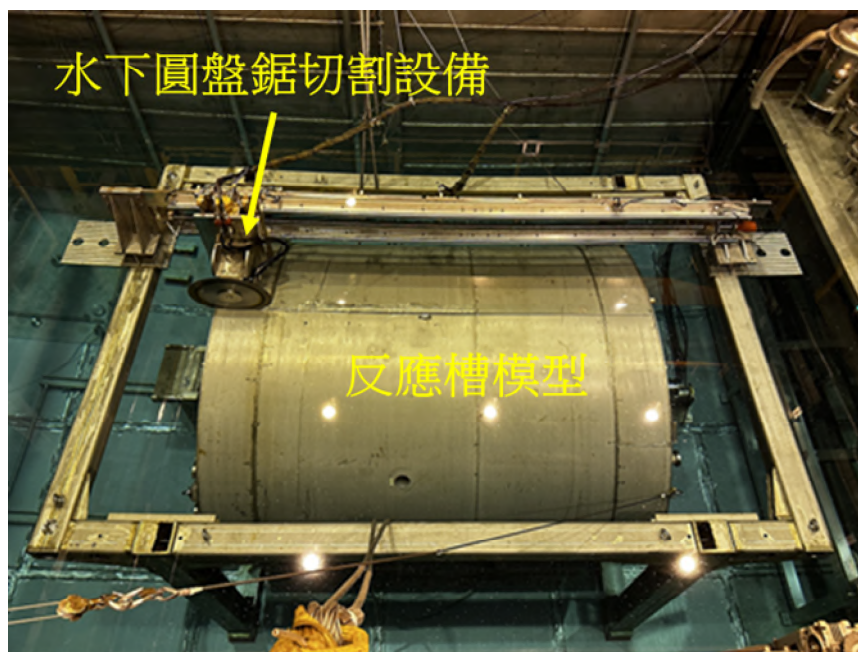


圖 2-1：反應槽水下模擬切割測試作業



圖 2-2：石墨真空吸盤設備



圖 2-3：高劑量貯存孔外殼混凝土破碎作業

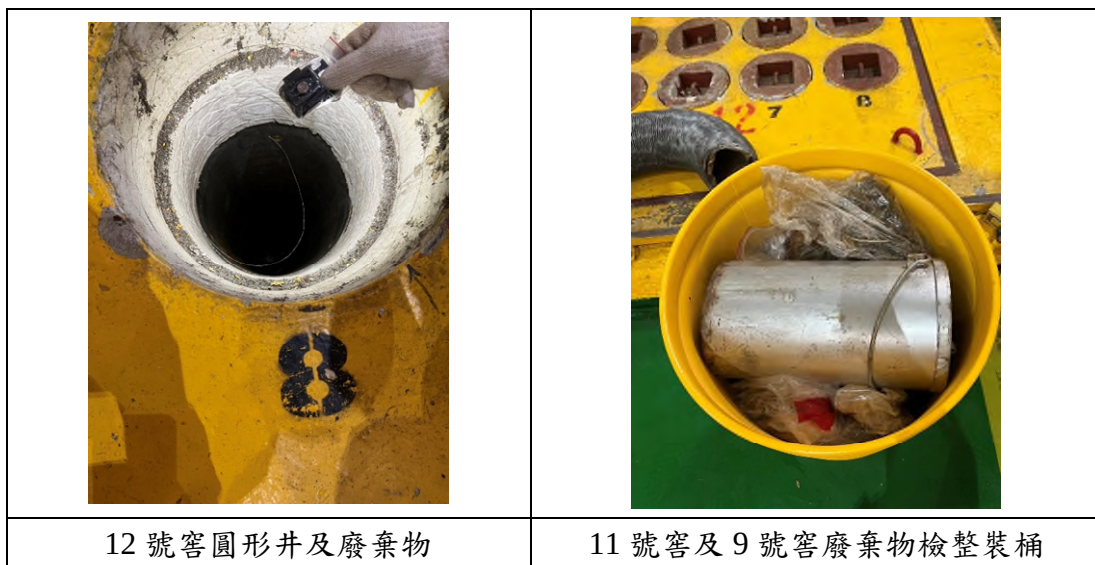


圖 2-4：高活度廢棄物地下貯存庫(015D)圓形井清理及廢棄物檢整裝桶



圖 2-5：高活度廢棄物地下貯存庫(015D)10-12 號窖(圓型井)清理



圖 2-6：高活度廢棄物地下貯存庫(015D)2 號窖除污作業



圖 2-7：熱室內測試燃料貯存罐傳動系統



圖 2-8：C1 容器交貨



圖 2-9：C2 容器交貨

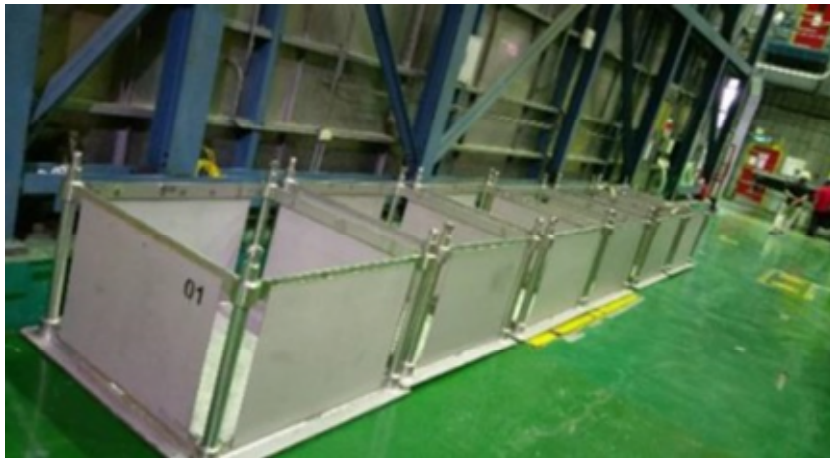


圖 2-10：提籃交貨

攪拌器 溫度計 反應槽 幫浦(H₂O₂) 幫浦(稀煤) H₂O₂	熱交換器 加熱器 冰水機	1.2公升樹脂 業界陽離子樹脂- Amberlite HPR650 液體廠陽子樹脂- Purolite NRW160	實驗過程 5hr 7hr 8hr	殘渣狀況 體積為7500ml 樹脂破解率≥99% 體積為7400ml 樹脂破解率≥99%
公升級樹脂處理設備 及周邊設備		針對全陽離子樹脂處理 1. 破解率 ≥ 99% 2. TOC < 100 ppm		

圖 2-11：廢樹脂處理-氧化程序試驗

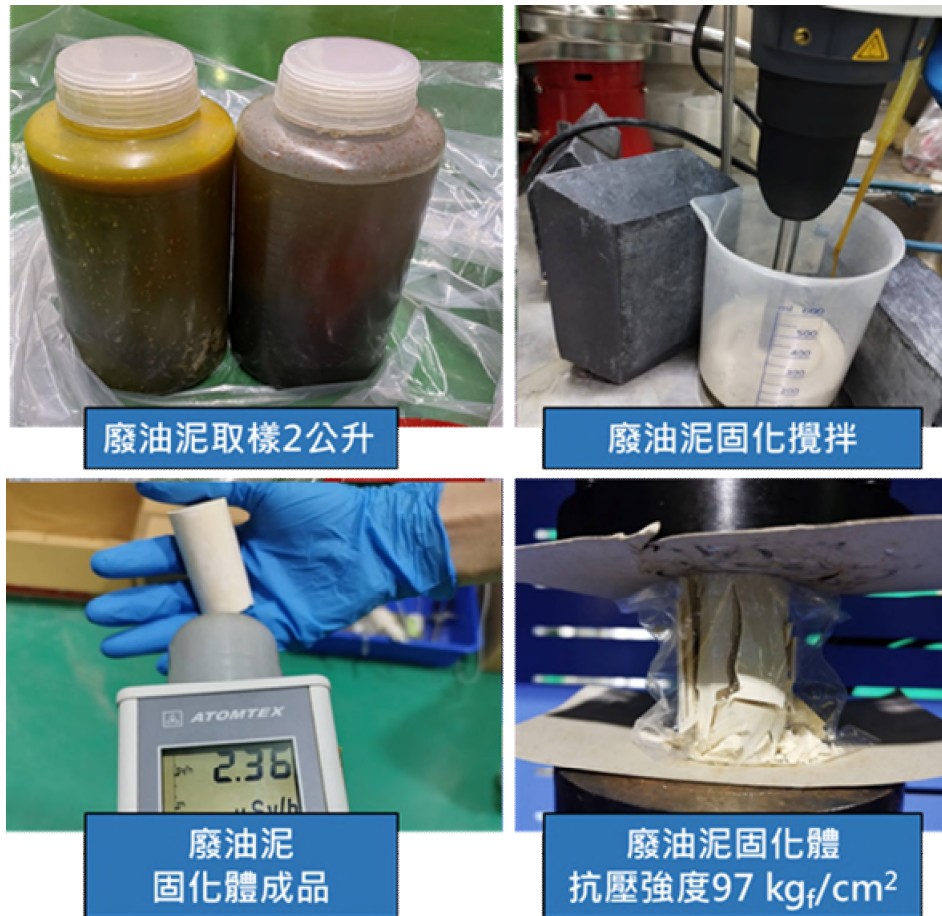


圖 2-12：TRR 廢油泥固化測試

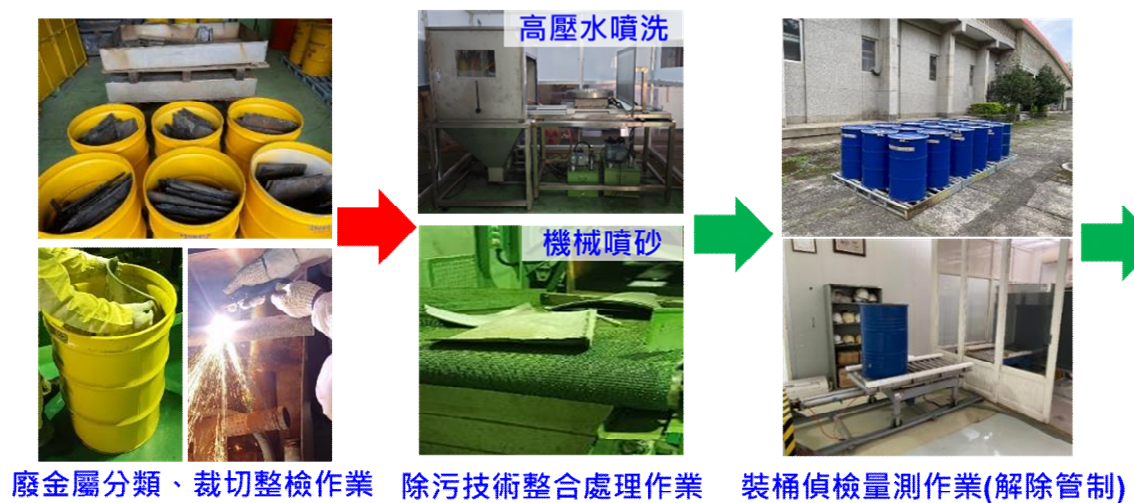


圖 2-13：貯庫廢棄物減量處理作業，廢金屬累積處理量達 10 噸

子項三：生醫科技輻射應用研究

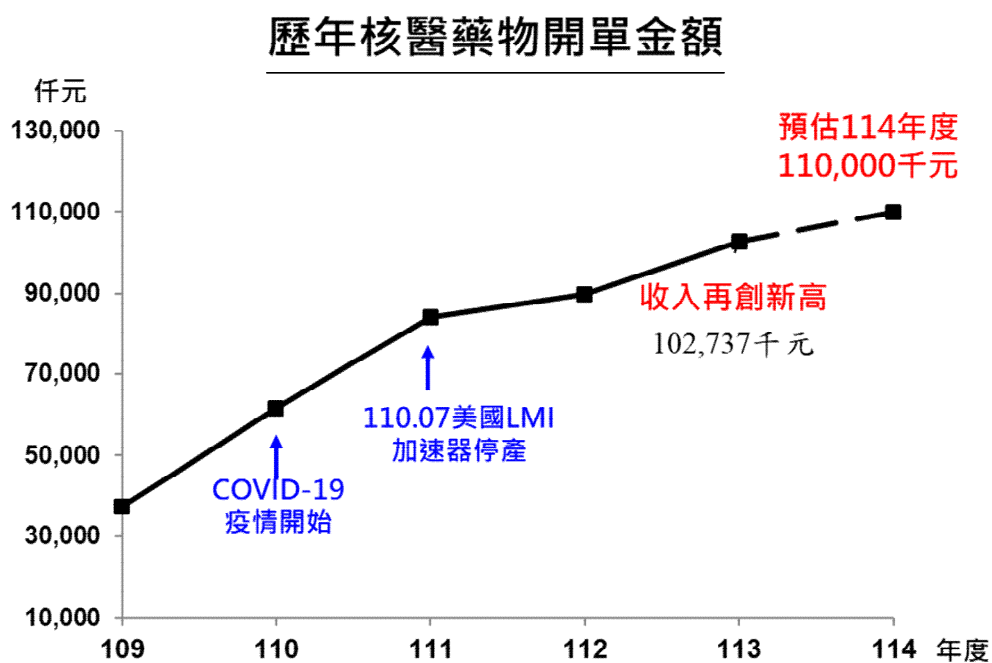


圖 3-1：歷年技服收入金額



圖 3-2：完成鈮鋇銅鎳核種分離純化研製，鎳核種產率提升 90%以上，銅核種達百毫居禮級活度

低劑量AI深度學習之3D-CT重建模型設計流程，使用3000筆數據建立投影生成模組，產生成雙成對的訓練數據集，並採用自編碼為主之AI基準模型，搭配判別模組，組合兩個損失函數進行課程式學習(Curriculum Learning)。

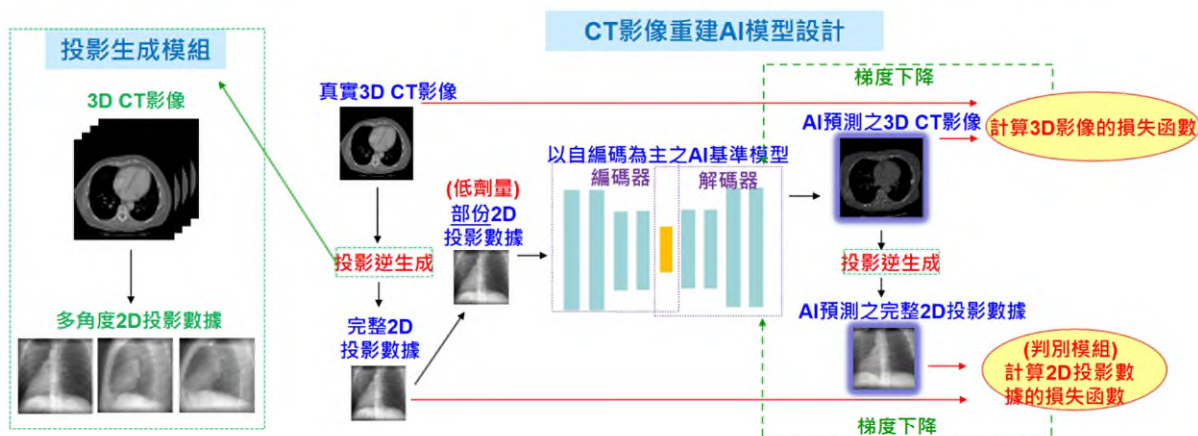


圖 3-3：低劑量 AI 深度學習之 3D CT 重建模型設計流程

經過40個epoch訓練後，完成低劑量AI深度學習模型訓練，可使用較少角度2D之X光造影數據，重建為3D CT高品質成像，使資訊不足之重建影像結構相似性指標(SSIM)從64%提昇至93%，影像品質近似於原始高品質影像。

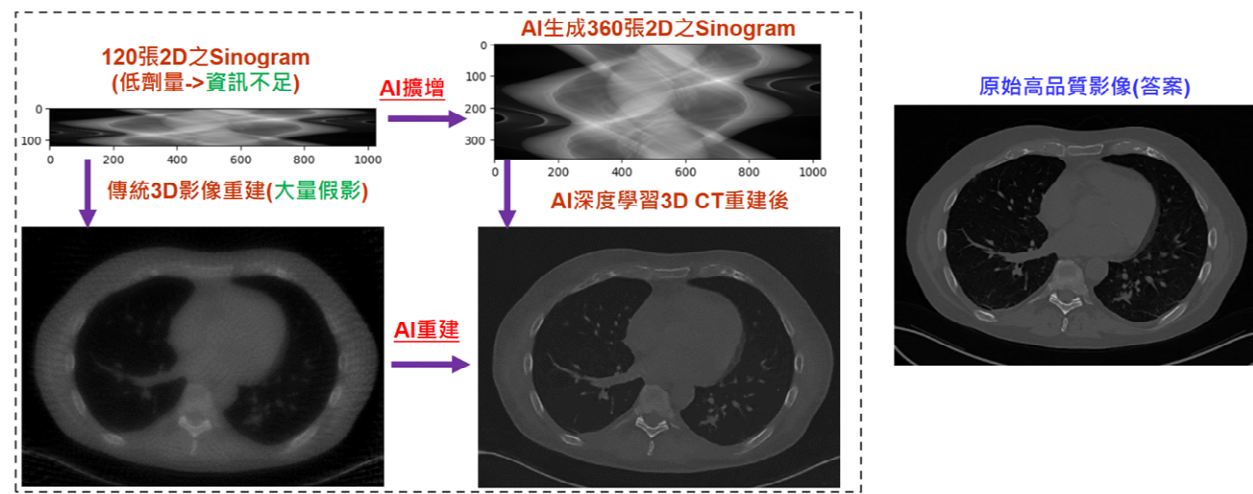


圖 3-4：低劑量 3D CT 影像重建模型結果

4能階PCD-CT成像模擬器 + 含3種不同材質數值假體模擬結果

- 重建影像無幾何假影代表模擬成像參數與影像重建參數設置正確無誤。
- 金屬假影嚴重程度隨能階之光子能量提高而降低，符合光子與物質作用機制。主要原因為光子能量提高→降低射束硬化效應→減少金屬假影。
- 完成4能階PCD-CT成像模擬器之模擬環境建置與含3種材質(PMMA, Al, Gd)之數值假體設計。

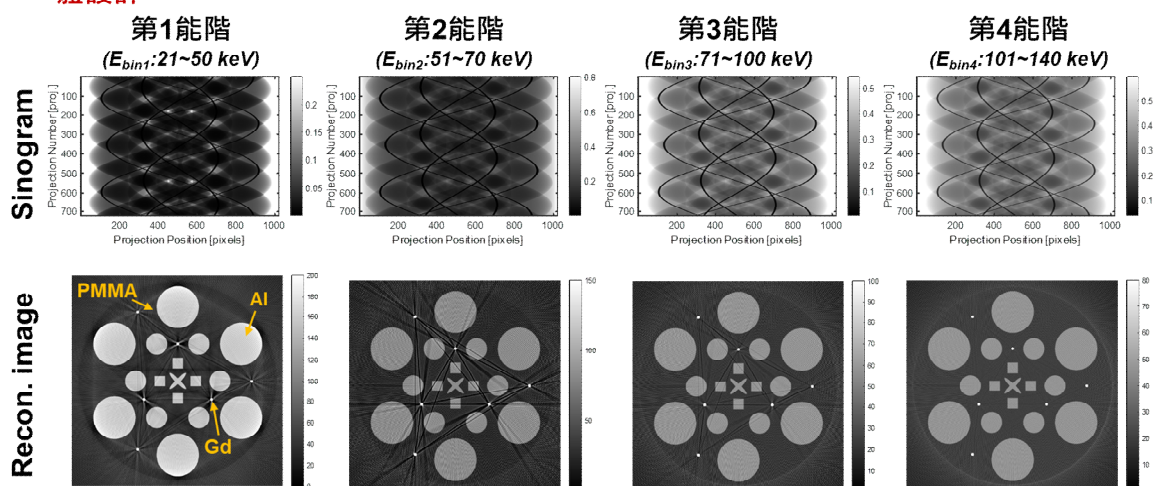
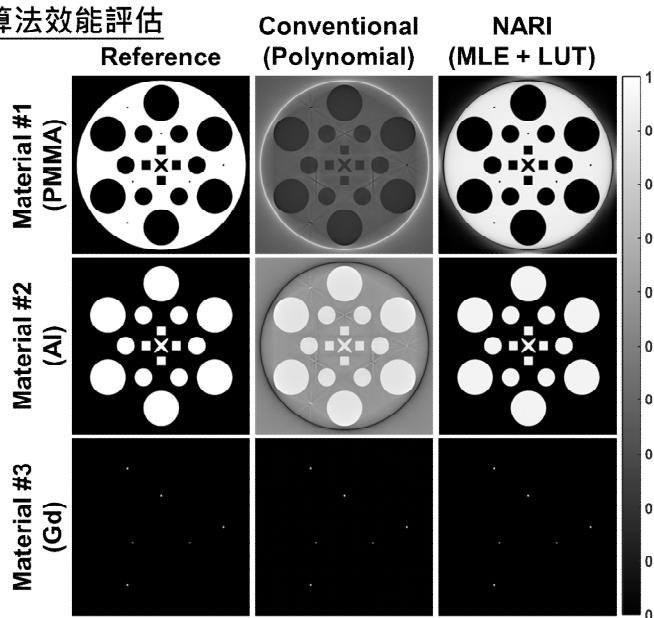


圖 3-5：含 3 種不同材質數值假體之 4 能階 PCD-CT 模擬成像結果。

4能階PCD-CT材質解析演算法效能評估

- 背景：對於2能階PCD-CT解析2種材質來說，傳統多項式法與本院開發之MLE法材質解析效能差異不大*。
- 目標：以4個能階區分3種材質。
- 材質解析校正基底材料(各20階共8,000校正點)：
 - PMMA (最大厚度5 cm)
 - Al (最大厚度5 cm)
 - Gd (最大厚度0.4 cm)
- 材質解析影像數值均標準化至0-1之間，便於後續分析。
- 目視定性分析，傳統多項式近似法無法完全區分3種材質，符合文獻*指出能階數 ≥ 2 之PCD-CT，MLE材質解析法優勢才會顯示出來。



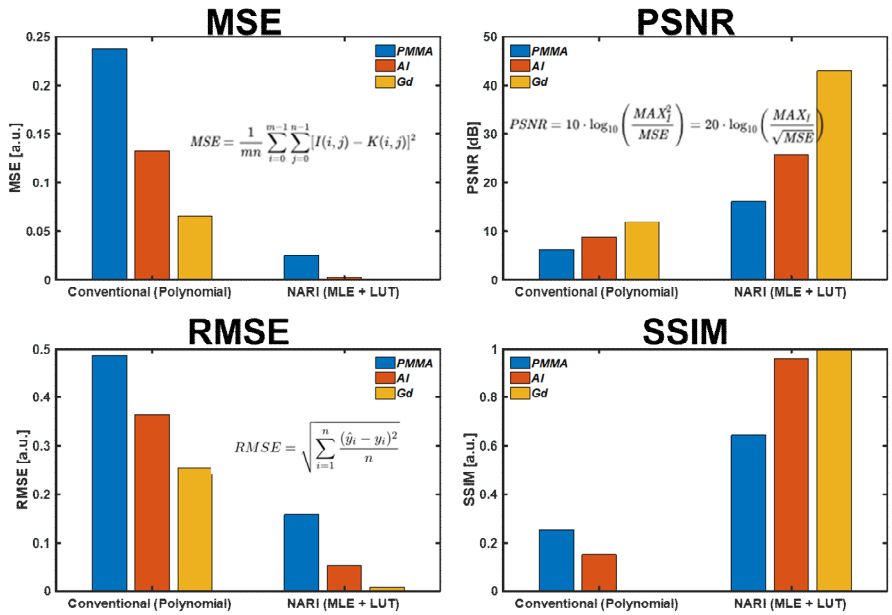
應用4能階PCD-CT解析3種材質結果

.Ref.: *Alvarez RE., Med Phys., 2011.

圖 3-6：4 能階 PCD-CT 材質解析演算法效能驗證定性評估結果。

4能階PCD-CT材質解析演算法效能定量評估

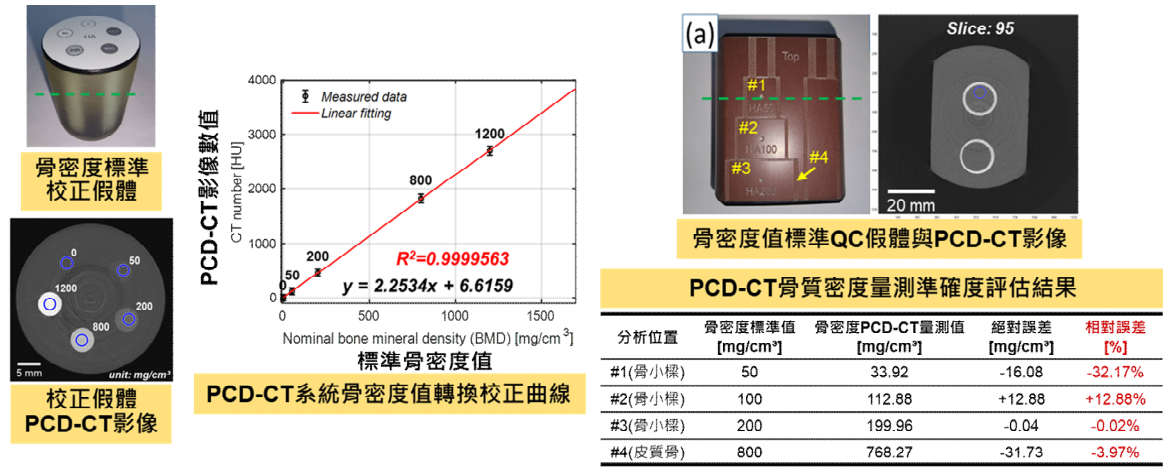
- 不同影像量化分析指標顯示，本院開發之材質解析演算法均具有較佳的表現，在各個基底材質解析能力均具有較低的MSE與RMSE數值，以及較高的PSNR與SSIM數值。



應用4能階PCD-CT解析3種材質量化指標分析結果

圖 3-7：4 能階 PCD-CT 材質解析演算法效能驗證定量評估結果

- 以骨密度標準校正假體(QRM MicroCT-HA)完成本院PCD-CT系統骨密度值轉換校正曲線建立，R平方值為0.9999563，顯示PCD-CT影像HU值與骨密度值具高度相關性。
- 利用骨密度標準QC假體(QRM-EFP)完成本院PCD-CT系統骨密度值量測準確度驗證，平均絕對百分比誤差(MAPE)為12.25%。文獻定量CBCT骨密度量測MAPE為54.29%^{*}



Ref.: ^{*}Park, Chan-Soo, et al., Scientific Reports, 2023.

圖 3-8：PCD-CT 骨質密度量測準確度驗證結果

- 完成搭載**2能階線型PCD**之**輸送帶式掃描成像平台**建置，並完成**使用者操作介面程式**與**造影結果顯示程式**開發，可供使用者設定掃描參數進行**輸送帶式自動化PCD掃描**，並能**正確顯示全能量與高能量造影結果**。
- 以鋼製尺規進行成像驗證，可**正確輸出2能階造影結果**，且利用**輸送帶掃描拼接模式**，**影像維度可達1,000×1,000像素等級以上**。

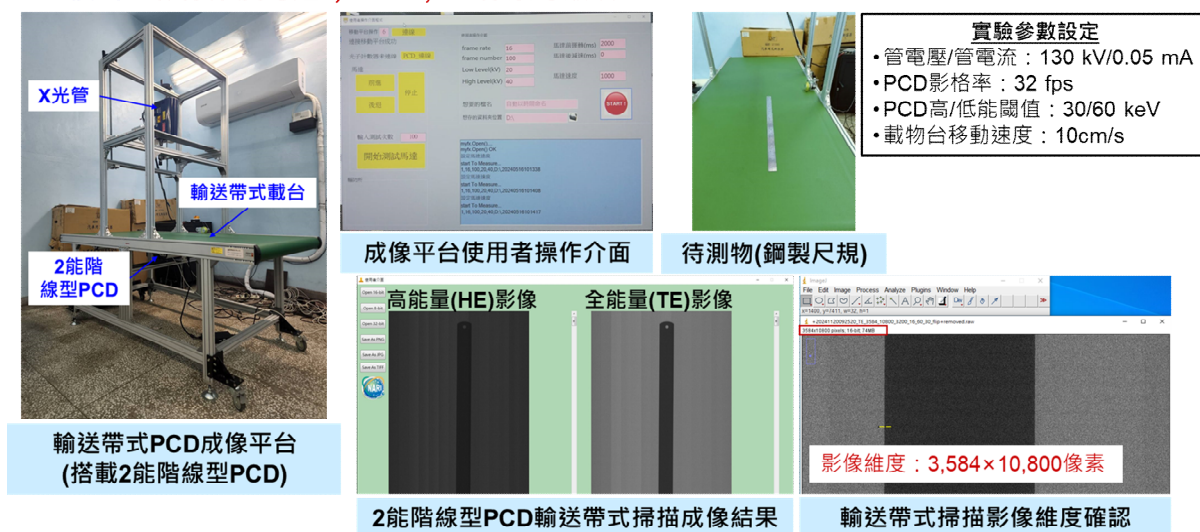


圖 3-9：2 能階線型 PCD 掃描離型系統成像驗證結果

子項四：原子物理新穎技術開發與應用

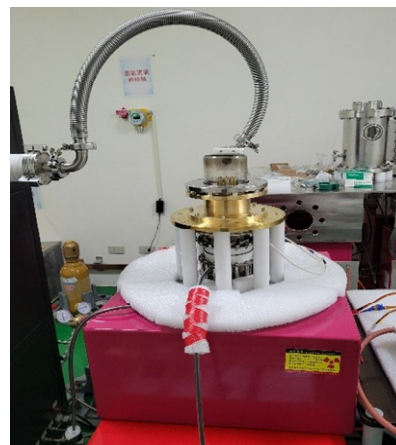
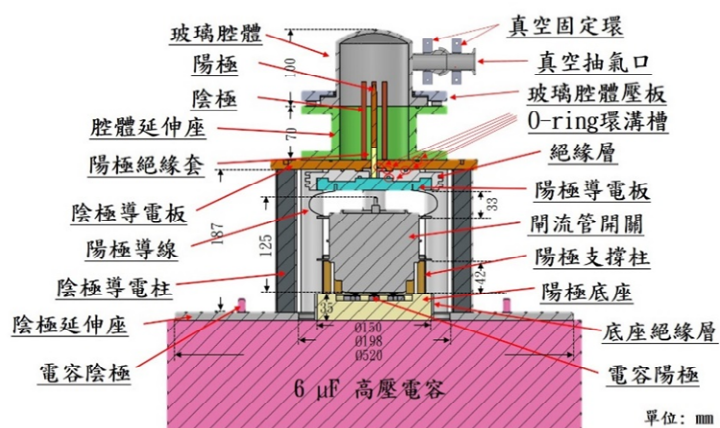


圖 4-1：可移動式 DPF 離型機之機構剖面設計圖(左)與完工照片(右)。



圖 4-2：本院中子源協助國內業界執行中子晶片照射服務。

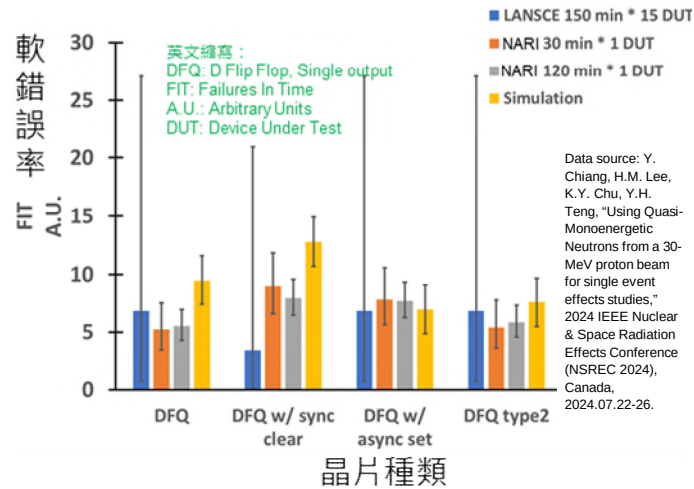


圖 4-3：本院快中子軟錯誤率測試結果與美國洛斯阿拉莫斯中子科學中心 (LANSC)大型設施之比較(Data source: Y. Chiang, H.M. Lee, et al., NSREC 2024, Canada, July 2024.)。

院內雙功能中子源之熱中子照相，空間解析度優化至0.15mm。

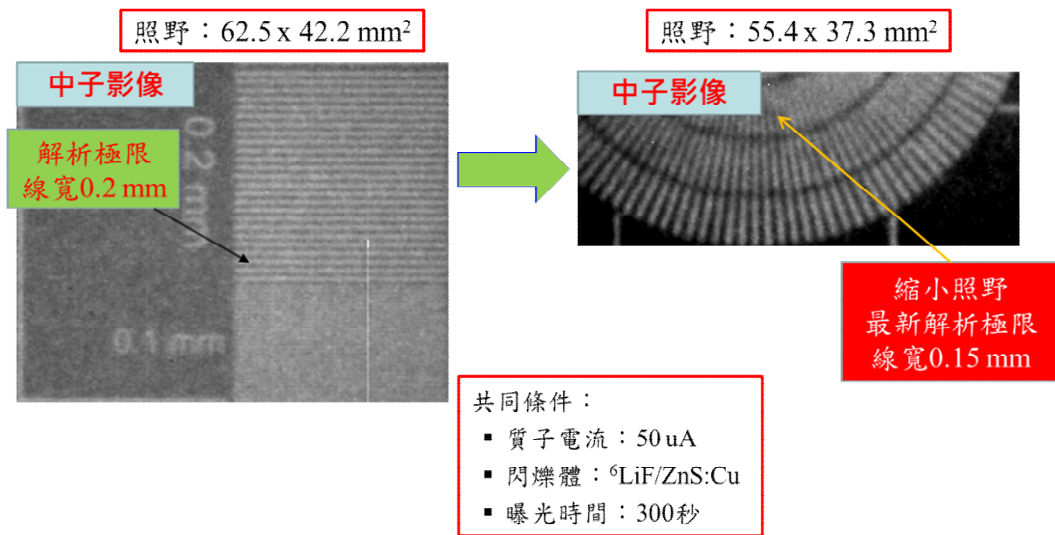


圖 4-4：雙功能中子源之熱中子照相，空間解析度優化至 0.15mm。

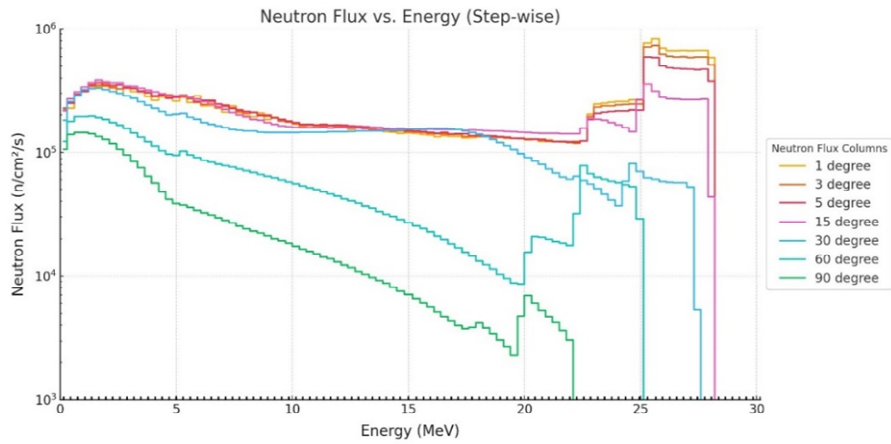


圖 4-5：擬單能中子軟錯誤率測試之角度分布。

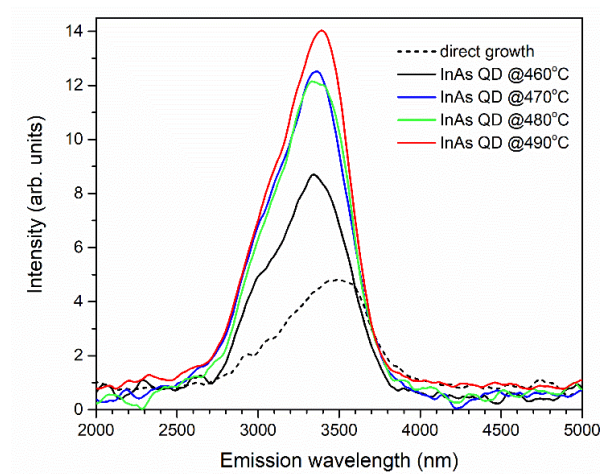


圖 4-6：精進本質型砷化銦材料之光學特性，其室溫光激發螢光光譜之峰值波長 3.39 微米，符合預定目標(3.3 ± 0.2 微米)。

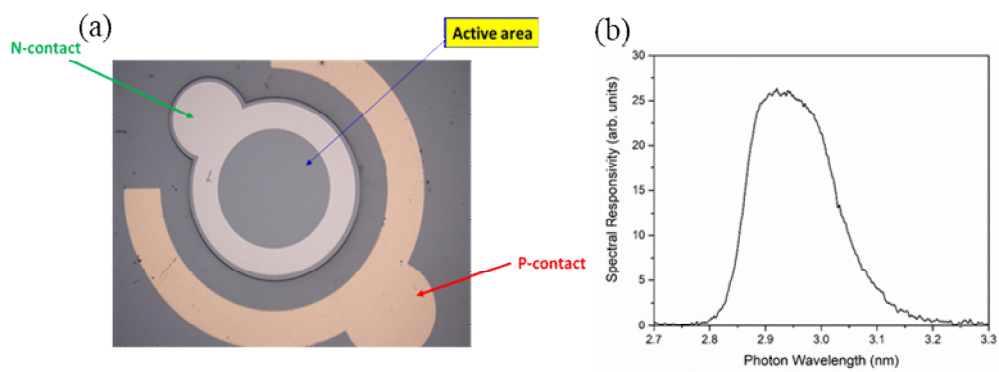


圖 4-7：(a) p-i-n 型砷化銦紅外線感測器光學顯微鏡影像，其中活性偵測區之直徑約 500 μm ；(b) 77K 元件頻譜響應曲線，其中 50%峰值響應波長達 3.03 微米。

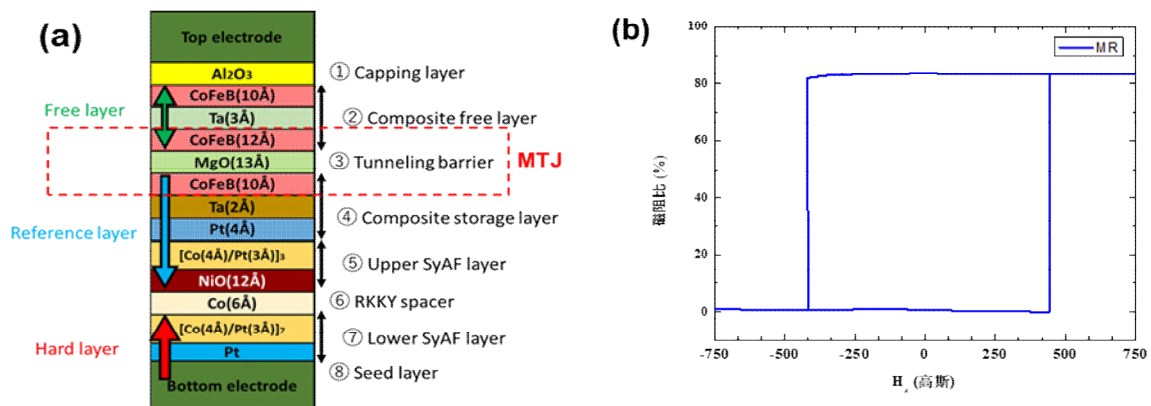


圖 4-8：(左圖)運用電漿製備穿隧式磁阻感測器結構製作；(右圖)磁阻感測器元件，其磁阻率達到磁阻率達到 83.3%。



量子點脈衝電漿鍍膜技術

量子點脈衝電漿鍍膜技術應用於鋰電池已獲證之專利

圖 4-9：針對儲能量子點鍍膜技術進行儲能產業應用推廣，強化國內儲能關鍵技術布局，促成第三季技服案簽約。

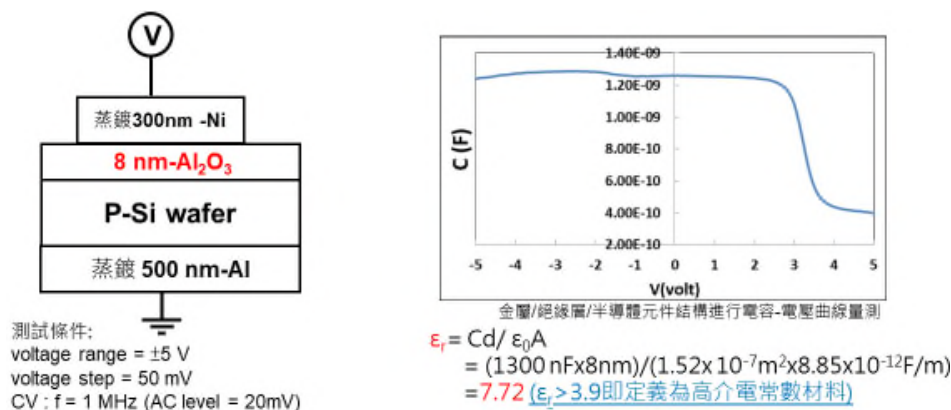


圖 4-10：完成相對介電常數 7.72，厚度 8 nm 之高介電超薄絕緣層 Al_2O_3 厚度與電性分析。

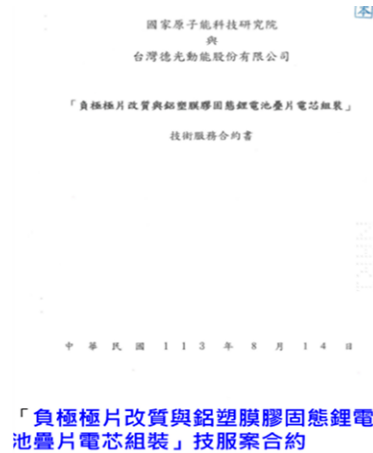
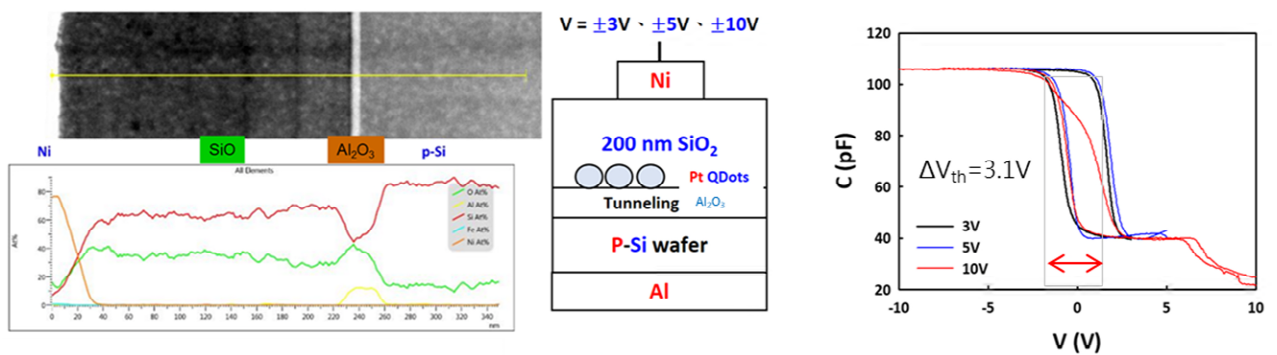


圖 4-11：針對量子點技術鍍膜系統之推廣應用與國內公司簽訂「負極極片改質與鋁塑膜膠固態鋰電池疊片電芯組裝」技服案。



記憶體之橫切面元素分布分析

記憶體元件之結構及不同掃描電壓範圍之起始電壓偏移量測試

圖 4-12：完成鍍製白金金屬量子點記憶體儲存單元起始電壓偏移值達 3.1V。

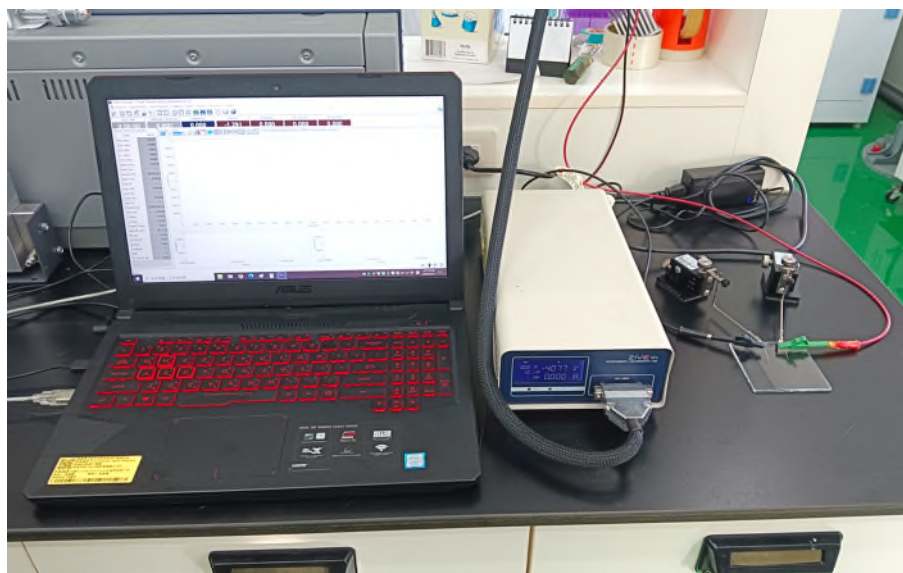


圖 4-13：晶片交流阻抗測試設備架設圖。左方為筆記型電腦，中央米白色設備為交流阻抗量測儀，右方為放置晶片之玻璃載台與探針座；量測過程先將測試液定量 20 μl 滴於晶片分子印刷高分子(MIP)塗層上方，培育 7 分鐘後去除多餘溶液，再將晶片置於探針座進行交流阻抗測試。

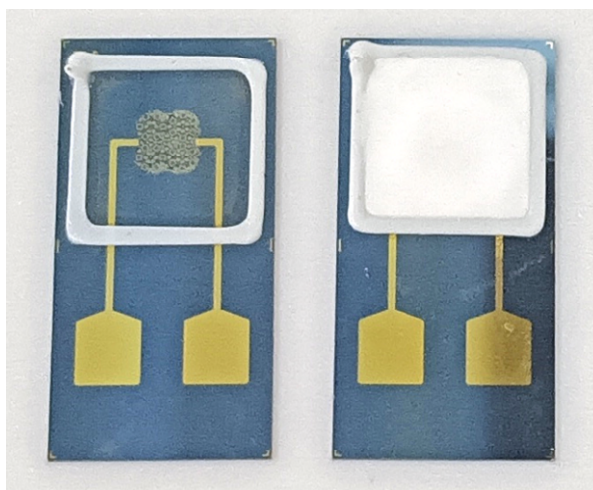


圖 4-14：檢測晶片實體相片，單一晶片尺寸為 2 cm x 1cm。(左)電極區周邊增加擋牆(右)定量塗佈 MIP 溶液。

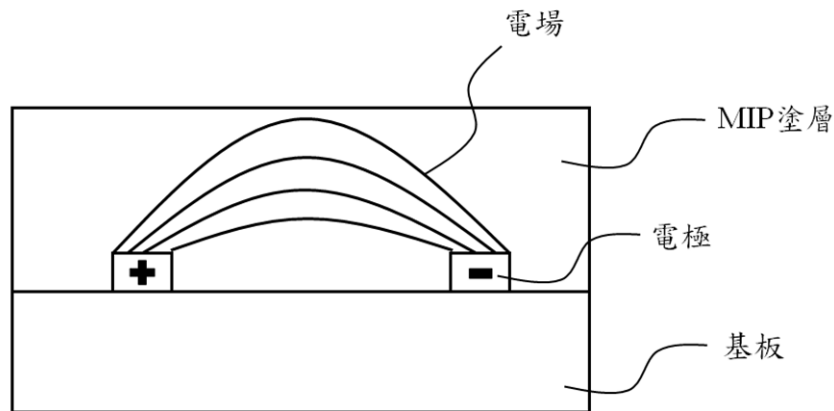


圖 4-15：晶片架構與檢測原理示意圖。首先於基板上製作電極，續於上方塗佈分子印刷聚合物(Molecularly Imprinted Polymer, MIP)，此 MIP 係作為人工抗體可增加檢測專一性，對電極施加交流電壓可產生電場並計算其阻抗，當 MIP 塗層捕捉 CTx-1 分子後阻抗會產生變化，便可由阻抗變化程度檢測檢體中的 CTx-1 濃度，推估骨質代謝速度是否異常，提供醫護人員參考，早期進行治療。

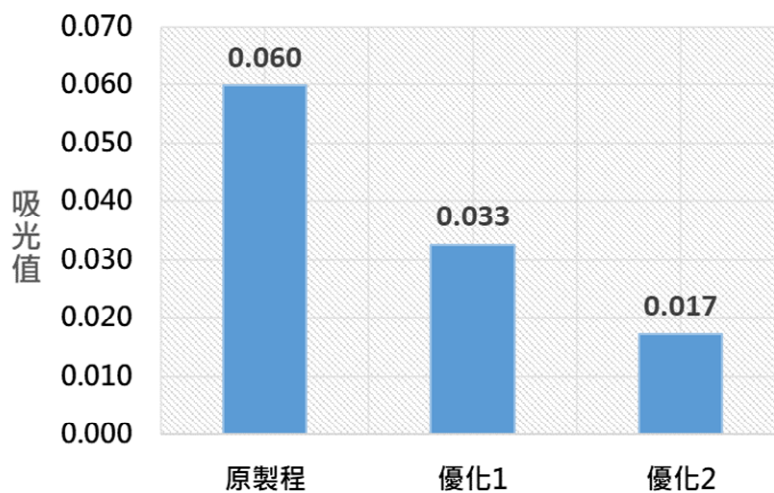


圖 4-16：MIP 塗層附著力改善說明。調整 MIP 溶液製程與烘乾條件，透過量測塗層是否被測試液溶解可回推塗層附著力，若塗層溶解於測試液會使測試液的吸光值上升，實驗結果吸光值由 0.060 降至 0.017(吸光值為相對數值)，較原數值降低 70%以上，代表塗層附著力已大幅改善。

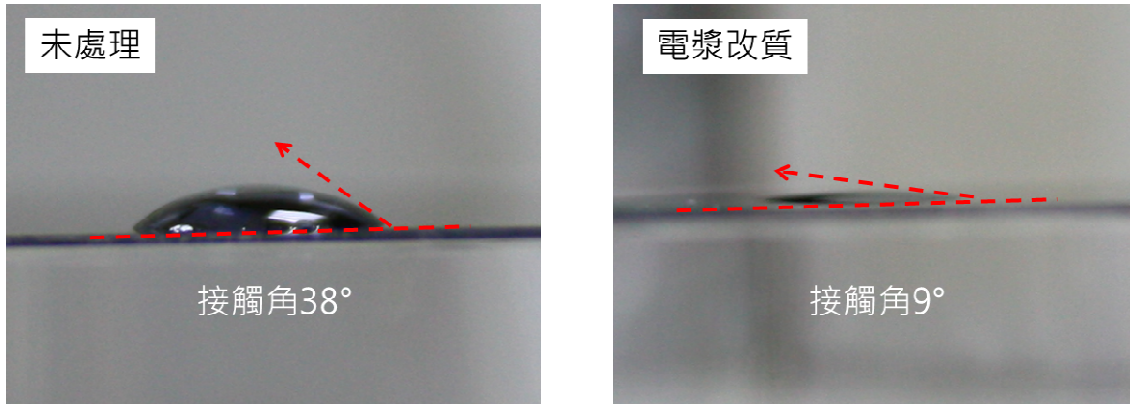


圖 4-17：晶片表面電漿改質。將矽晶片表面以氧氣電漿進行處理，處理後晶片表面因具 Si-OH 基團而增加其親水性，接觸角由 38°降為 9°，親水性可避免塗佈溶液聚集。電漿處理程序：(1)晶片放入電漿機台，抽真空至 0.07 mbar；(2)通入氧氣使氣壓維持 0.63 mbar；(3)啟動電漿、功率 100 W、30 秒；(4)完成處理。

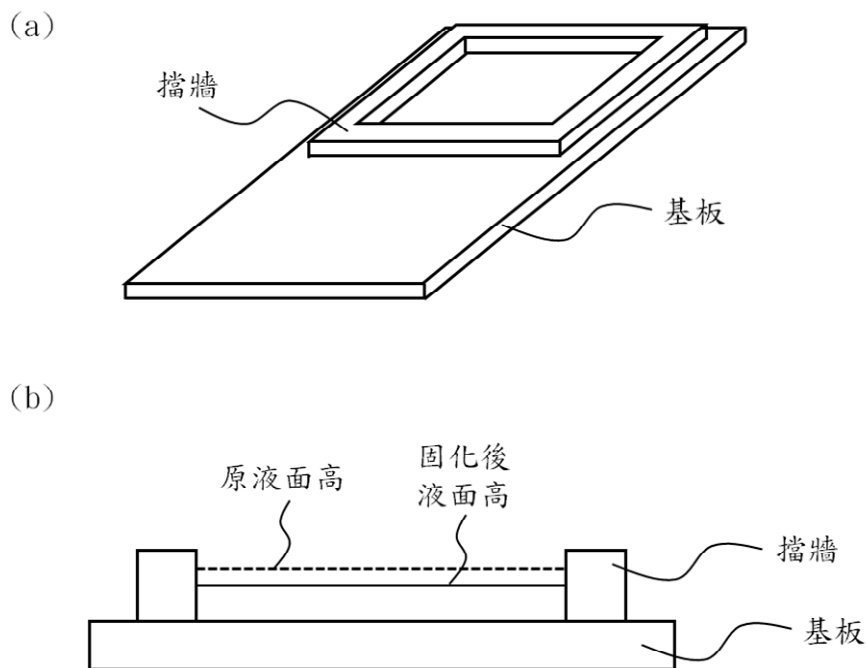


圖 4-18：MIP 定量塗佈技術說明示意圖。(a)以矽膠擋牆圍繞於欲塗佈的範圍外作為邊界，定義 MIP 塗佈區域。(b)將塗佈液定量注入擋牆內部，塗佈液於固化過程可能因揮發及聚合等反應使體積減小，導致固化後液面高(即塗佈膜厚)小於原始液面高，定義擋牆內部投影面積為 A ，滴入塗佈液體積為 V ，塗佈液固化過程體積收縮率為 a ，固化後液高(膜厚)為 L ，可得以下關係 $V \times a = A \times L$ ，即 $L = (V \times a) / A$ ，代表透過控制擋牆內部面積與滴入塗佈液體積，即可輕易控制塗佈膜厚，同時本製程相較於 spin coating，幾乎沒有浪費塗佈液。

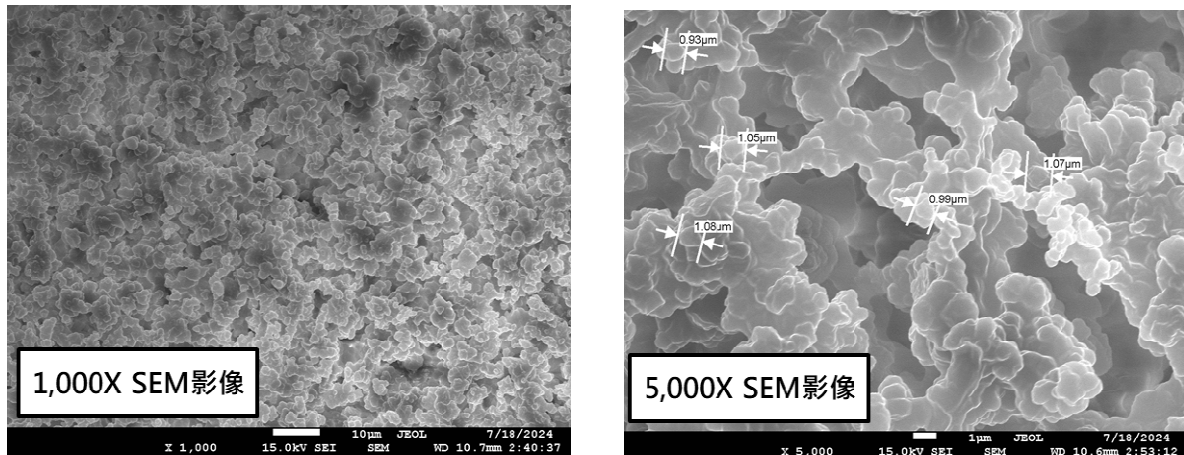


圖 4-19：MIP 塗層之 SEM 影像。利用 SEM 觀測塗佈於晶片表面之 MIP 膜層，可見 MIP 顆粒彼此被壓克力膠黏合，而粒徑約為 $1\ \mu\text{m}$ ；另由比表面積量測設備確認其多孔性，量測結果顯示不具備空腔結構之 NIP (Non-imprinted polymers) 分子比表面積為 $1.635\ \text{m}^2/\text{g}$ ，而 MIP 則達 $41.403\ \text{m}^2/\text{g}$ ，表示 MIP 分子確實具有可捕捉 CTx-1 分子之空腔結構。

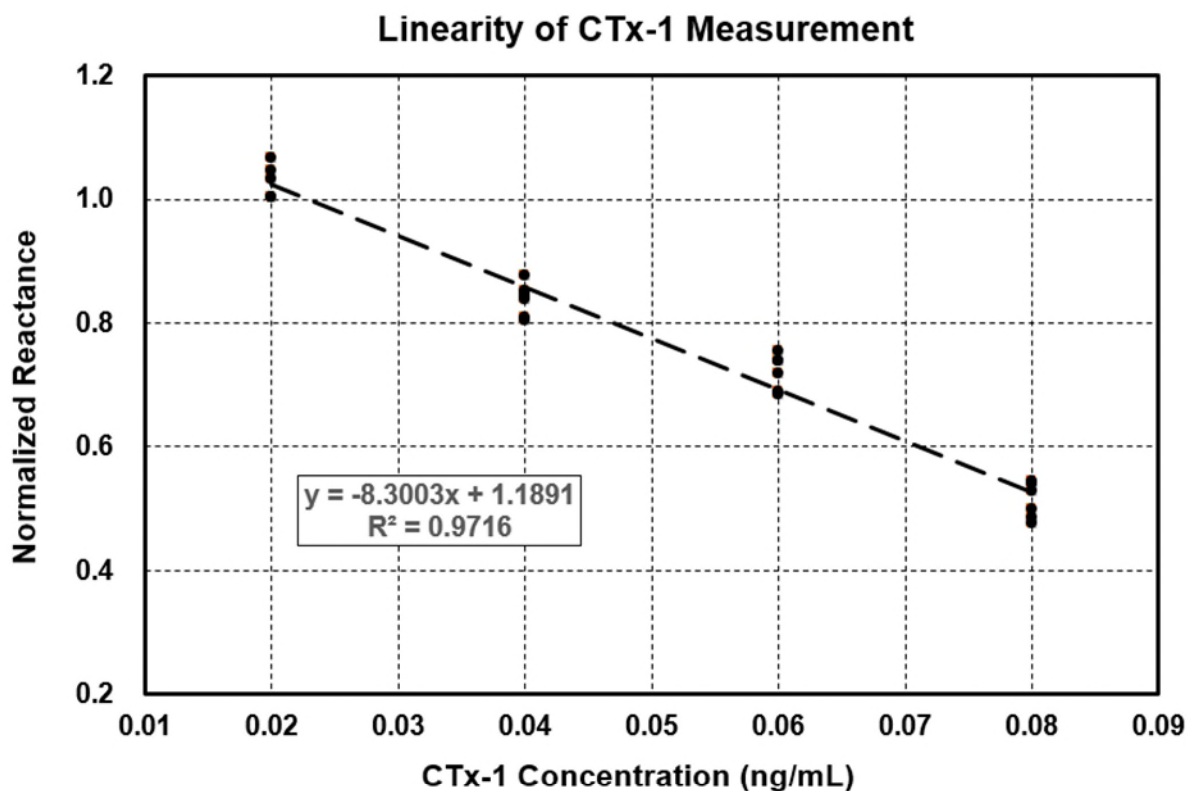


圖 4-20：晶片阻抗訊號(歸一化)對 CTx-1 分子濃度檢測結果。將晶片對不同濃度試劑進行 6 重複測試，試劑濃度區間為 $0.02\ \text{ng/mL}$ 至 $0.08\ \text{ng/mL}$ ，晶片阻抗訊號對濃度線性回歸決定係數達 0.97 以上，且由晶片訊號推估之濃度與測試液濃度數值之誤差小於 $\pm 6\%$ 。

四、佐證表

子項二：核設施除役清理及放射性廢棄物處理技術開發與執行

情節	描述	關鍵群體	曝露途徑
WL	掩埋場或其他設施的工作人員	工作人員	體外曝露於掩埋場 吸入懸浮粒子或灰塵 直接嚥入污染物質
WF	鑄造廠的工作人員	工作人員	體外曝露於鑄造廠的設備或廢金屬堆 吸入懸浮粒子或灰塵 直接嚥入污染物質
WO	其他工作人員(如司機)	工作人員	體外曝露於設備或卡車載物
RL-C	掩埋場或其他設施附近的居民	兒童(1-2 歲)	吸入懸浮粒子或灰塵 嚥入由污染土地生長的農作物
RL-A		成人(> 17 歲)	吸入懸浮粒子或灰塵 嚥入由污染土地生長的農作物
RF	鑄造廠附近的居民	兒童(1-2 歲)	吸入懸浮粒子或灰塵
RH	居住在以污染物質建築的房子	成人(> 17 歲)	體外曝露於室內
RP	居住在以污染物質建築的公眾場所附近的居民	兒童(1-2 歲)	體外曝露於公共場所 吸入懸浮粒子或灰塵 直接嚥入污染物質
RW-C	居民使用私人井水或食用來自受污染河水中的魚類等	兒童(1-2 歲)	嚥入受污染的飲用水、農作物、魚

表 2-1：表面污染劑量評估模式之輻射曝露情節與途徑(IAEA SRS No.44 報告)

參數	單位	案例	情節						
			WL	WF	WO	RL	RF	RH	RP
			掩埋場 工作人員	鑄造廠 工作人員	其他 工作人員	掩埋場 附近居民	鑄造廠 附近居民	室內 居民	公眾場所 居民
曝露時間	小時/年	一般狀況	450	450	900	1000	1000	4500	400
		低機率	1800	1800	1800	8760	8760	8760	1000
情節前之衰變時間	天	一般狀況	30	30	30	30	30	100	100
		低機率	1	1	1	1	1		
情節進行之衰變時間	天	一般狀況	365	365	365	365	365	365	365
		低機率	0	0	0	0	0		
食物情節前的衰變時間	天	一般狀況	N/A	N/A	N/A	365	N/A	N/A	N/A
食物情節中的衰變時間	天	一般狀況	N/A	N/A	N/A	365	N/A	N/A	N/A

表 2-2：表面污染劑量評估模式之輻射曝露情節使用參數(IAEA SRS No.44 報告)