

106 年度政府科技發展計畫 期末成果效益報告

計畫名稱：原子能系統工程跨域整合發展計畫(1 / 4)

執行期間：

全程：自 106 年 01 月 01 日 至 109 年 12 月 31 日止

本期：自 106 年 01 月 01 日 至 106 年 12 月 31 日止

主管機關：行政院原子能委員會

執行單位：行政院原子能委員會核能研究所

中華民國 107 年 01 月 01 日

目 錄

第一部分	1
壹、 目標與架構	2
一、 目標與效益	2
(一) 目標.....	2
(二) 效益.....	2
二、 架構	8
三、 實際達成與原預期目標之差異說明.....	12
貳、 主要內容	25
一、 執行內容	25
二、 遭遇困難與因應對策.....	27
三、 實際執行與原規劃差異說明.....	28
參、 經費與人力執行情形.....	29
一、 經費執行情形	29
(一) 經資門經費表 (E005)	29
(二) 經費支用說明.....	30
(三) 經費實際支用與原規劃差異說明.....	30
二、 計畫人力運用情形.....	32
(一) 計畫人力結構 (E004)	32
(二) 人力實際進用與原規劃差異說明.....	32
肆、 已獲得之主要成果與重大突破(含量化 output) (E003)	33
第二部分	42
壹、 主要成就及成果之價值與貢獻度(outcome)	43
一、 學術成就(科技基礎研究)	43
二、 技術創新(科技技術創新)	51
三、 經濟效益(經濟產業促進)	577
四、 社會影響(社會福祉提升、環境保護安全).....	60
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).....	63
貳、 跨部會協調或與相關計畫之配合.....	667
參、 檢討與展望	68
附表、佐證資料表.....	72

第一部分

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

壹、目標與架構

(計畫目標與架構之呈現方式應與原綱要計畫書一致，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、目標與效益

(一) 目標

1. 精進核能安全、積極發展核設施除役與廢棄物處理技術，以維持核電營運並促進核後端相關產業發展。
2. 推廣輻射安全與輻射醫療技術，促進相關生物科技產業發展。
3. 發展電漿技術開發綠能生活智慧節能商品，帶動節能相關產業升級。

(二) 效益

1. 提昇軟體分析技術以強化電廠的營運安全，精進硬體維護技術，以活化廠內重要設備組件之功能，達到老化防治與工期縮減的目的。
2. 針對 311 核災地震可能產生的風險，發展二階段安全度評估相關分析技術，補強現有配電盤抗震的功能。建立嚴重核子事故對應機制與緊急事故劑量風險管理技術，降低核災對人員與環境的衝擊。
3. 遵守法規要求，確保環境品質，防止輻射污染擴散；確保核能安全，解除停用核設施對環境之潛在威脅。
4. 落實改善放射性廢棄物貯存環境，降低貯存數量及增加貯存空間效益，降低未來處置費用。
5. 經清理之核設施，其土地廠房等均可規劃再利用，並可節約常年維持費用。
6. 藉由實務作業提供技術驗證、精進與經驗傳承之平台，建立核能設施除役技術及人才。
7. 研發癌症與神經退化性疾病診斷用核醫藥物，有助於平抑國內藥品價格造福國內病患，節省外匯的流出與學術水準提昇，對國家經濟與國人健康做出直接貢獻。
8. 開發早期阿茲海默症診斷藥物，以解決現行 A-Beta 診斷藥物

之偽陽性等臨床問題。

9. 建構新型多功能腫瘤探針與多鏈葡萄糖腫瘤診療藥物技術，提升腫瘤診斷敏感度與精確度，達到精確診斷與提高腫瘤治療劑量吸收率，以提升癌症診斷治療效率。
10. 開發靜態高速 3D 掃描技術，應用於線上(in-line)CT 或類 CT 等領域，範圍包含工業、安檢與醫材等。
11. 開創獨步全球電弧電漿鍍製節能膜產業整體解決方案，以高階生產設備系統整合的能力與技術帶動我國經濟成長。
12. 透過業界參與帶動產業技術升級與創新，使國內資通訊電子業代工與傳統製造業能轉型成功。
13. 發展本土化智慧節能產品，達成我國節能減碳環境永續目標。

● 國際比較與分析

(如有計畫執行前後之國際比較，請列出，並以表格方式呈現為佳。)

比較項目或計畫產出成果	計畫執行前	計畫執行後
電磁攪拌技術應用於銲接之研究	電磁攪拌技術是改善金屬凝固組織，提高產品質量的有效手段，一般多應用於冶金或金屬鑄造等領域，少有銲接領域相關之研究。	本計畫研究電磁攪拌技術應用於銲接上，以改善銲道之顯微組織及特性，可提升國內銲接修補技術之水平。
FSAR 中 FHA 設計基準事故輻射源項計算方法研究	美國電廠在替代輻射源項之應用已十分普遍，常用於解決核電廠之核管議題，惟國內尚待建立相關分析技術。	本研究為替代輻射源項分析之上游技術，藉由發展爐心活度盤存量之計算方法，再依據替代輻射源項分析方法中 DBA FHA 的相關分析假設及電廠數據，建立 DBA FHA 之輻射源項計算方法，其結果可作為輻射劑量分析之輸入數據。
TRR 燃料乾貯場	國際上如歐盟共同研	計畫執行 TRR 燃料乾貯

(簡稱 DSP)清除 作業規劃	發中心 ISPRA 正規劃其 Roman pits 之清除作業及 加 拿 大 AECL Whiteshell 實驗室 Standpipes 仍處於調查與計畫研擬的階段，且該設施均為露天設置，相關清理場所與工法仍在發展中。	場之清除作業規劃已完成污染調查與清除工法設計，並撰成計畫書向主管機關(物管局)申請並獲得核備。後續細部計畫與程序依規劃時程持續推進執行中。
放射性蒸發濃縮廢液固化技術	國際上之固化技術係採用水泥固化水含量約為 80 wt.%蒸發濃縮廢液，為符合法規之品質規定，避免水泥漿體相分離產生自由水，需提高水泥/廢液比，造成固化廢棄物量增加及固化成本高。	計畫所發展之濃縮廢液固化程序，其中水泥固化劑含有抗鹽性增稠礦物摻料，有效解決濃縮廢液水泥漿體中水漿相分離問題，可大幅減少固化劑用量及固化廢棄物量，目前已發表於國際期刊及應用於本所低放廢棄物處理廠。
廢樹脂安定化	國際上對於廢離子交換樹脂之安定化處理技術包含高溫法、濕式氧化法、玻璃固化與其他固化技術仍處於研發階段，雖有個別成功案例但不見大規模採用或普遍適用之情形，顯見依各國法規、環境、貯存與處置情形仍有相當多技術待突破。目前捷克與斯洛伐克採無機固化技術 SIAL [®] Matrix 完成除役	計畫執行高活度廢樹脂安定化技術發展，亦參考捷克與斯洛伐克之直接固化法案例發展安定化可行性評估，另亦提出一種去離子交換活性之處理技術(專利申請規劃中)，期能提高安定化產物之品質穩定性與性能。

	核電廠內積存樹脂與污泥之固化為具代表性之案例。	
開發阿茲海默症診斷藥物	執行前國際只見 C-11 用於 Benzamide HDACi 藥物標誌，尚未有 F-18-HDACi 藥物於腦神經藥物研究。	以層析質譜分析方法研究 F-HDACi-INER1577 系列衍生物的化學與生化特性。完成 F-18-HDACi-INER1577 系列衍生物標誌技術之建立，並針對 HDAC 1、2、3、6 及 8 蛋白，進行體外抑制實驗來計算 Ki 值，以及完成對照鼠(SAMR1)進行造影及 Bio-D 分布實驗；結果腦部>0.5 %ID/g, Max 6.47 %ID/g, 此數據將是 Benzamide 之首例。
靜態 3D 造影成像同步控制技術	目前國際上僅有多光源 X 光組件之產品問市，靜態 3D 造影成像造影系統仍處開發階段。	完成多光源 X 光管架設，並建立量測平台及靜態 3D 造影用 X 光平面偵檢器外部脈衝數據擷取控制技術，可利用外部訊號控制偵檢器之資料擷取，奠定各造影組件之間時間同步控制之基礎。
連續式感測器技術開發	國際上能階式影像感測器採像素式技術，其硬體設計為一維延伸之線性感測器，其偵測面積較小。	本計畫研發之連續式光子計數感測器偵測技術，可二維延伸擴增偵測面積。
能階式放射成	現行商用之能階式電	完成以光子計數成像

像之影像重建與材質辨識技術開發	腦斷層掃描儀能階數受限於硬體架構或效能，一般僅能提供雙能階的能譜資訊，且能譜受能量串擾影響，使材質分辨準確度受限。	偵檢器為基礎之能階式電腦斷層掃描儀掃描策略及數據處理流程設計，具有可採用平價硬體的優勢，且能譜不受能量串擾影響，可達成多(>2)能階造影，提升材質分辨準確度。
微電流體同位素純化技術開發	國際上之微電流體分離技術，研究證實可提高放射氟化之製程產率，但會大幅度增加自動合成盒體積，且未見到被應用於系統上。	計畫所發展之微電流體純化技術，具備體積小之特點，以國內學界之學理為基礎發展。
R2R 電弧電漿鍍製節能膜量產技術開發	國內節能膜產業尚無生產兼顧隔熱及舒適透光性之頂級節能膜，如低輻射率(Low-E)膜及電致變色 EC 膜等，必須仰賴國外進口，價格昂貴，不易普及。	隨著生活水準提高，頂級節能膜產品需求與日俱增，國內廠商急切升級，建立自主生產能力。計畫所開發頂級產品之 R2R 電弧電漿量產設備，可大幅降低成本至進口 R2R 磁控濺鍍量產設備的 1/3 以下，產品價格低於進口品一半，可協助國內廠商技術升級，拓展國內外市佔率。

本土化智慧節能產品技術開發	整合型智慧節能薄膜產品如建築及車用的智慧變色窗等，必須由國外採購引進，整體售價偏高，市場不易接受。	計畫發展大面積電弧電漿鍍製電致變色薄膜及其智慧變色窗整合元件，可有效降低製造成本，而 R2R 電弧電漿鍍膜技術於可撓式基材鍍製節能及光電薄膜亦為全球首見之技術應用，頗具產業化潛力。
薄型全固態儲能電池技術開發	目前全固態儲能電池產品多由國外採購引進，因採用高階半導體級鍍膜設備，整體售價偏高，市場不易接受，導致應用於智慧建築所需之無外加電源無線感測器模組無法大量導入應用。	目前計畫發展電漿鍍製薄膜電池，已與世界大廠規格相當，預期藉由進一步導入計畫發展之低成本電漿以及固態電解質薄膜技術，預期可明顯降低儲能電池製造成本，與現有薄型電池技術相抗衡。

二、架構

細部計畫		子項計畫 (本所填分項計畫)		主持人	共同 主持人	執行 機關	計畫原訂目標	計畫效益與 目標達成情形 (請扼要說明，每項建議不 超過 100 字，可明確呈現個 別計畫之效益)
名稱	預算數/ (初編決算數) (千元)	名稱	預算數/ (初編決算數) (千元)					
原子能系統工程跨域整合發展計畫	253,771 (253,752)	1. 核電營運安全領域關鍵技術發展	45,614 (45,607)	施○樑	高○書	核工組	配合政府穩健減核能源承諾，回應核能電廠安全防護體制全面體檢方案總檢討報告內容。計畫目標設定為：1. 維護現有核電廠在設計年限之營運安全。2. 有效防範複合式災難與劑量風險管理。	1. 針對核二廠輔助機廠房內部相關儀電設備特性，完成核二廠終期安全分析報告書對於輔機廠房之事故環境狀況之重估工作，以協助電廠訂定規範並解決電氣盤設備採購之問題。 2. 建立鑄造不銹鋼老化偵測、管路組件更換及相關修補銲接缺陷之技術，以協助現有電廠執行組件老劣化檢測及修補更換。 3. 建立完整的嚴重核子事故分析技術與工具，以驗證國內核電廠斷然處置的適用性與正確性有效防範複合式災難。 4. 透過日本福島核子事故調查報告，完成「輻射生物效應與國際核事故健康風險研究現況分析研究」有利於劑量風險管理。

							5.針對地震複合式災害，已對海嘯危害度加以研究，以利結構系統組件檢視補強。
		2.核設施除役清理及放射性廢棄物處理技術開發與執行	97,010 (96,999)		李○暉	工程組	針對現有清理作業中產生之放射性廢棄物，進行減量處理及安全貯存管理。執行之清理改善及廢棄物減量處理工作，包含有： (1)台灣研究用反應器(TRR)設施除役技術開發及清理作業；(2)核設施清理；(3)放射性廢棄物處理技術開發及作業。 1.完成燃料乾貯場(DSP)清除作業工法擬定、廢棄物處理流程擬定及作業程序書建置。 2.完成 TRR 爐體拆解計畫書，內容包含爐體拆解作業安全評估，爐體輻射特性調查及意外事件之應變評估，並經職安會有條件通過。 3. 015B 低放射性廢液處理場安全分析報告，獲主管機關同意核備。 4.進行小產源有機廢液、放射性含油污泥、乙二醇、磷酸三丁酯之取樣作業及放化分析。
		3.核子醫藥及醫材與儀器之應用研究	58,048 (58,047)		羅○月	同位素組	以發展阿茲海默氏症診斷藥物、腫瘤或癌症診斷或治療藥物、放射影像醫材，以及同步應用中型迴旋加速器產製同位素或開發相關技術為計畫主要發展目標。 1.新一代液體靶技術，靶體可耐受至百微安質子照射，作為提高腦造影 F-18FEONM 比活度研製之氟離子新來源。 2.進行毫克級氟-18 置換氟化芳香環化物放射氟化反應製程開發，解決原來此結構不會產生放射氟化取代反應產物之限制。

								3.完成多功能腫瘤探針(DOTA-NIR790)製成技術建置;完成多種腫瘤動物模式核醫造影與生體分布試驗，並與F-18-FDG 之動物腫瘤影像進行比對。動物結果顯示，DOTA-NIR790 對於多種癌症均能有效標的造影。 4.合成 DOTA-NIR790 已完成其前驅物 NOTA- NHS 第四步驟合成，累積產物量為 0.8 克。合成 NOTA-G3 前驅物 NOTGA 合成，經最後步驟氫化反應得 0.37 克產物。 5.完成氟-18FEONM 於不同款基因轉殖鼠腦海馬迴攝取與造影研究，並增加數量，以探討其差異性，作為臨床試驗之評估。 6.完成基材構型設計，初步完成材料篩選由 PLA 轉為明膠和膠原蛋白類，分解度大幅提升由原本一年以上時間才分解至現在約 2~4 天分解完畢。
		4. 電漿技術之節能應用開發與前瞻研究	53,099 (53,099)		詹○均	物理組	以原子能電漿工程技術為主軸，研發實用及前瞻工程技術，發展先進之工業級大型量產電弧電漿鍍膜設備，具	1.R2R 電弧電漿鍍製節能膜量產技術開發，加速東○技轉案執行，技服收入 2,100 萬。 2.完成與汽車 EC 後視鏡製造商力○○公司簽訂技服

							備低成本製造優勢，剛好適合取代目前高階節能膜製程必須卻昂貴的磁控濺鍍設備，同時降低智慧節能元件的生產成本，提高使用者的經濟接受度，有助智慧綠色生活的節能落實。	案，簽約金 50 萬元，專利應用 2 件。 3. 完成應用於光圓之電致變色元件技術開發，於波長 550 nm 光學穿透度變化 (ΔT) 可達 74%，並完成 10,000 次操作之可靠度驗證。 4. 完成開發可與現有鋰電池廠製程整合之低成本固態電解質薄膜技術，加速技術導入量產之時程，並與國內兩家廠商簽訂保密協議書，作為後續合作的第一步。 5. 完成「高溫電漿熔融爐的焚化灰渣電漿熔融處理技術」研發成果技術授權給「永○○股份有限公司」，並促成該公司投資達 20 億元興建一廢棄物處理環保工廠，解決國內紡織染整、造紙、光電半導體企業等之污泥廢棄物處理問題，使業界無後顧之憂，專注於生產，提昇經濟。
--	--	--	--	--	--	--	--	--

註：初編決算數=實支數+保留數=執行數

三、實際達成與原預期目標之差異說明

預期目標	實際達成情形	差異分析
分項一： 1.核二廠承受電廠全黑 24 小時之能力評估。 2.核四廠承受電廠全黑 24 小時之能力評估 3.BWR 核燃料束中子設計自動化方法 4.核三廠設計基準事故之 PAVAN 與 ARCON96 大氣擴散因子方法論之應用分析 5.完成時效劣化鑄造不銹鋼之非線性超音波關聯性探討 6.管路窄縫銲接程序建立 7.評估電磁攪拌對 Alloy 52M 銲道影響 8.替代輻射源項分析相關法規與文件彙整 9.自然沉積移除模式分析方法建立 10.FSAR 中 FHA 設計基準事故輻射源項計算方法研究 11.完成核一廠用過核子燃料池系統分析 12.完成核一廠用過核子燃料池	分項一： 1.完成「核二廠承受電廠全黑 24 小時之能力評估」報告，INER-13086R。 2.完成「核四廠承受電廠全黑 24 小時之能力評估」報告，INER-13119R。 3.完成「BWR 核燃料束軸向濃縮度分布設計自動化系統」報告，INER-OM-2242R。 4.完成「核三廠設計基準事故大氣擴散因子分析方法論」報告，INER-13119R。 5.執行時效劣化鑄造不銹鋼之非線性超音波關聯性探討，完成「雙相不銹鋼材料微組織變化之非線性超音波理論研究」報告，INER-13520。 6.管路窄縫銲接程序開發，並完成「窄縫管路銲接技術開發」報告。(INER 編號取得中) 7.執行 Alloy 52M 電磁攪拌銲道製作，並評估電磁攪拌對 Alloy 52M 銲道影響，完成「電磁攪拌銲接對鎳基合金銲道之影響」報告，INER-13296R。 8.完成「替代輻射源項法規研究」，INER-13549。 9.完成自然沉機移除模式分析方法建立。 10.完成「FHA 設計基準事故輻射源項計算方法研究」報告。(INER 編號取得中) 11.進行核一廠用過核子燃料池廠外肇始事件分析，完成「核一廠用過核子燃料池肇始事件分析與頻率計算」報告，INER-13410R。 12.進行核一廠用過核子燃料池系	分項一： 目標達成度約 <u>100%</u> (請參考附件佐證圖表，圖 1-1 ~1-8)

肇始事件分析與頻率計算	統分析，並完成「核一廠除役期間用過核子燃料池系統分析報告」報告，INER-13498R。	
13.完成核一廠用過核子燃料池一階安全度評估分析	13.進行核一廠用過核子燃料池一階安全度評估分析，完成「核一廠除役計畫停機過渡期間用過核子燃料池安全評估」報告，INER-13646R。	
14.完成核能級配電盤隔震器設計開發	14.探討水平相及垂直相核能級配電盤隔震器需求及規格,完成核能級配電盤隔震器設計開發。完成「整合型核能級配電盤隔震器研究」報告，INER-13459R。	
15.完成核能級配電盤隔震器驗證	15.執行整合型核能級配電盤隔震器驗證。完成「整合型核能級配電盤隔震器驗證」報告，INER-13617R。	
16.開發重要廠外事件安全度評估方法，並完成之案例分析	16.完成「核二廠廠外水災風險評估」報告，INER-13255R。	
17.完成核電廠源項分析方法論更新	17.完成「核一廠輻射源項類別之事故序列分析案例」報告，INER-13499R。	
18.海嘯源參數機率式評估	18.已依照台電 SSHAC Level 3 於 6 月 19-23 日舉辦之第 3 次 Workshop，更新海嘯源參數並撰寫「東部隱沒帶介面型震源之地震與海嘯危害度參數更新」報告，INER-I13394。	
19.機率式海嘯危害度曲線建立	19.已完成「機率式海嘯危害度分析-應用於馬鞍山核能電廠」國外期刊，INER-13078。	
20.完成龍門電廠 MAAP5 程式建立	20.完成「龍門電廠 MAAP5 程式 URG 參數檔建立計算書」，INER-OM-2196R。	
21.完成龍門電廠 MAAP5 斷然處置分析及 RELAP5 程式比較，並完成分析驗證報告一份與論文一篇	21.完成「核二廠 MAAP5.0.3 程式燃料池模式建立與案例分析」，INER-13454R、「核三廠 MAAP5.0.3 程式燃料池模式建立與案例分析」，INER-13463 及「以 MAAP5 程式分析壓水式反應器在長期全黑事故下之減緩策略研究」國外期刊論文。	
22.引入國際防護觀念，完成低劑量輻射生物效應與風險效應之研究	22.透過日本福島核子事故調查報告，研究分析民眾劑量風險分析的方法；同時分析車諾比事故及福島事故後，相關地區人群身體	

	健康調查結果。分別完成「核子事故民眾劑量風險評估方法研究，INER-13471」及「輻射生物效應與國際核事故健康風險研究現況分析研究，INER-13545R」2份研究報告。	
分項二： 2-1 1.執行池壁除污、刨除作業及廢棄物處理。 2.完成燃料池內池中池結構拆除及廢棄物處理。 3.完成安定化處理產物暫貯護箱運送 036A 館規劃。 4.完成 DSP 清理作業區公用設備建立。 5.完成 DSP 貯存孔區污染泥土挖除後快篩技術建立。 6.完成 DSP 貯存孔區清除作業機具建置。 7.針對特定爐內組件(如上熱屏蔽)，完成水下切割機具及輔助設備之製作。 8.完成切割測試周邊設備及場地的準備。 9.完成 TRR 爐體拆解作業安全評估。 10.清理廢棄物分類、篩選、偵檢及除污處理。 11.廢棄物經解除管制量測實驗室鑑定認可。	分項二： 2-1 1.完成 TRR 燃料池之轉運池、檢查池、切割池及傳送池池壁及池底表面除污作業；並進行起運池池壁及檢查池池底表面污染人工試刨作業。 2.完成燃料池內池中池框架、附屬設備、支撐基座拆除、除污、切割及裝桶作業，共產生 5 桶低放廢棄物。 3.持續熱室安定化進度追蹤及產物運貯暫貯護箱時程規劃。 4.完成作業及輻射管制場地規劃及整理。 5.與核儀組合作完成「土壤輻射篩選系統」開發及測試。 6.完成 DSP 貯存孔區地質改良工程；為考量後續整體乾貯場清除工程之溝通界面整合一致；原規劃之大型設備機具購置將統一發包給乾貯場清除工程案之廠商，以利整合介面之流暢。 7.已完成反應槽切割機具，水下切割圓盤鋸驗收。 8.完成長 2.4 m、寬 1.2 m、高 1.3 m 的鐵製水箱及附屬設備，作為水下切割機具之測試環境。 9.已完成 TRR 爐體拆解計畫書，內容包含爐體拆解作業安全評估，爐體輻射特性調查及意外事件之應變評估，並經職安會有條件通過。 10.完成 35.4 公噸(124 桶)金屬廢棄物分類、篩選、偵檢及除污處理。 11.完成除污處理之 35.4 公噸(124 桶)金屬廢棄物，其總比活度及核種比活度經解除管制量測實	分項二： 目標達成度約 99%。 2-1 因燃料池池底污染為固著型態且環境輻射劑量率高，基於輻射防護及作業人員安全考量，已重新評估刨除工法，後續將採遙控機器刨除取代人工刨除作業方式執行。

12.完成燃料乾貯場污染泥土分類活度量測系統建置與量測驗證。 2-2 1.完成燃料池鈾粉與氧化鈾燃料安定化、封裝與移貯。 2.完成熱室高活度廢棄物清理與檢整規劃。 3.完成熱室 94 之 31 桶 TRU 廢棄物檢整與移貯。 4.完成鍍鋅金屬熔鑄資料蒐集與實驗規劃。 5.完成廢熱交換器熔鑄減容階段作業。 6.完成熔鑄廠空污執照更新、系統維護與檢測。 7.進行 ZPRL 場外廢液存量調查及清除。 8.分析第二階段場址地下水傳輸特性。 9.地下水抽/處理/灌措施成效評估。 2-3 1.完成精進液體場既有設備，修改最新版安全分析報告送主管機關審查。 2.含氫蒸發濃縮廢液之水泥系固化劑選擇及固化程序之研擬。 3.設計建立污泥固液分離設備。 4.有機含氫廢液上層油相之固化及熱分解測試。	驗室鑑定認可，均符合外釋標準。 12.配合燃料乾貯場污染泥土分類活度量測系統開發，並進行量測驗證，完成儀器校正用假體製作；完成土壤活度量測系統設計、機構製作及機電整合測試。 2-2 1.完成接收 34 罐燃料池鈾粉，以及安定化處理 24 罐鈾粉。 2.完成熱室高活度廢棄物種類與數量資料彙整，及後續清理與檢整之初步規劃。 3.完成 31 桶 TRU 廢棄物移出熱室 94，以及執行秤重、除污與表面輻射計量測，並安全運抵 016 館且全數完成整桶量測與分類。 4.完成鍍鋅鐵前置處理實驗報告，進行組內審查作業。 5.完成 12 爐次 TRR 廢熱交換器污染金屬熔鑄減容作業，達成 10 爐次之年度計畫進度。 6.完成熔鑄廠固定污染源操作許可證有效期展延，有效期 5 年 (106.5.17-111.5.16)，以及熔鑄廠通風過濾器更新完成與過濾效率測試合格。 7.完成 ZPRL 場外廢液存量調查及清除。 8.場址水文地球化學地下水傳輸特性評估模式建立完成。 9.自由含水層與溶質傳輸解析解建立完成。 2-3 1. 015B 低放射性廢液處理場安全分析報告(物一字第 1060000006 號)獲主管機關同意核備。 2.完成含氫蒸發濃縮廢液之水泥系固化劑選擇及固化程序技術報告(INER-13417R)。 3.完成污泥固液分離設備建置。 4.完成 T61 槽有機含氫廢液上層油相之固化及處理測試及技術報告。(INER 編號取得中)	2-2 熱室吊車及重型機械手重要作業機具故障，導致延誤燃料池鈾粉接收與安定化處理進度。 2-3 一貯庫 28 箱超鈾廢棄物換裝作業，已於 106 年 9 月完成撰寫核能研究所「提升核研所超鈾廢棄物營運安全計畫(016 館核化學運轉廢棄物)」報告，並提報主管機
--	---	---

5.進行高複雜廢液之盤查、清點與分類作業。 6.完成高複雜廢液之取樣作業規劃與執行。 7.進行高複雜廢液之核種及特性分析。 8.完成 12wt.%低活度樹脂與無機聚合物之相容性研究。 9.完成樹脂氧化產物減容率達 25%。 10.既存及計畫產生可燃廢棄物減容焚化處理。 11.計畫產生可壓廢棄物減容處理。 12.焚化處理本所既存之低活度廢機油。 13.完成廢活性碳焚燒爐之設計與建置。 14.利用本所既有焚化爐進行低強度廢樹脂混燒之可行性。 15.完成高活度廢樹脂地下貯存窖 6 號窖廢樹脂取出整檢包裝。 16.完成地下既存高活度用過乏燃料套管 120 支及乏燃料套管提籃 13 支取出切割整檢包裝。 17.依美國 WIPP 接收處置標準建立超鈾廢棄物表面劑量率量測與分類技術。	5.針對各種來源單位進行分類，並完成小產源有機廢液之盤點作業及數量清點。 6.完成小產源有機廢液、放射性含油污泥、乙二醇、磷酸三丁酯之取樣作業。 7.完成小產源有機廢液、放射性含油污泥、乙二醇、磷酸三丁酯之放化分析。 8.完成離子交換樹脂與無機聚合物之相容性測試，其中含 12 wt.%樹脂之固化試體進行固化體品質測試後結果符合法規要求。並利用遭核分裂產物污染之液體配製低活度離子交換樹脂，以同樣配比均勻固化後無分層排斥現象產生。 9.完成利用離子交換樹脂氧化溶解前處理之實驗型反應器氧化離子交換樹脂，並藉由控制反應時間可使其氧化產物減容率達 25%。 10.完成既存及計畫產生可燃廢棄物 12,153 公斤。 11.完成計畫產生可壓廢棄物減容 2,622 公斤。 12.完成 6 桶(1,036 公斤)本所既存之低活度廢機油焚化。 13.完成 10 公斤級活性碳焚燒爐建置。 14.以小型焚化爐實驗設備試燒：陽離子焚化減重比約 7；陰離子焚化減重比約 38；陰/陽離子混合(1:1)減重比約 20。 15.完成 6 號窖 6 桶 55 加侖桶計 1.2 m³ 取出整檢包裝。 16.完成地下既存高活度用過乏燃料套管 260 支及乏燃料套管提籃 30 支取出、切割、整檢與包裝。 17.美國 WIPP 接收處置標準以廢棄物表面劑量率 2 mSv/hr，區分為可接觸處理 TRU 廢棄物 (CH-TRU)與遠端處理 TRU 廢棄物 (RH-TRU)，依此一標準分類，完成本所 016 館 182 桶 TRU 廢棄物的表面劑量率量測，結果均低於 2 mSv/hr，分類均為可接觸處理	關審查。目前在審查委員意見回復階段，待檢整換裝作業計畫取得主管機關核備後，將立即展開一貯庫 28 箱超鈾廢棄物換裝檢整作業。
--	---	---

18.執行超鈾廢棄物之表面劑量率進行接觸處理超鈾廢棄物(CHTRU)與遠端處理超鈾廢棄物(RHTRU)的分類。 19.執行大件超鈾廢棄物依 WIPP 接收處置標準換裝標準廢料桶(SWB)可行性評估。 20.完成既有固化體核種濃度整桶計測及建立比例因子 20%，並完成其廢棄物資訊建立。 21.中大型低放射性廢棄物容器之實體(或縮小)模型製作。 22.廢棄物容器模型測試用場地整建。 23.測試相關設備製作及整備。 24.完成混凝土盛裝容器規格設計與製造程序建立。 25.配合工程組、燃材組與化工組，完成 TRR 燃料池水處理、	TRU 廢棄物。為了後續最終處置考量，依「低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」廢棄物分類規定，增加完成 182 桶 TRU 廢棄物比活度量測，結果為 72 桶 A 類、16 桶 C 類及 94 桶超 C 類廢棄物，此可利於後續最終處置之廢棄物分類。 18.依廢棄物之 TRU 活度濃度值，完成一貯庫 151 桶與 020 館 31 桶超鈾廢棄物分類，總計 182 桶中超 C 類廢棄物 94 桶，C 類廢棄物 16 桶及 72 桶 A 類廢棄物；所有的桶表面劑量率均小於 2 mSv/h，屬接觸處理超鈾廢棄物(CHTRU)。 19.一貯庫 TRU 桶裝包箱尺寸類似於 WIPP 標準廢料桶(SWB)，國內並無相關驗證法規依據，評估結果仍將沿用取得使用執照之 TRU 桶裝包箱。 20.完成既有固化體整桶活度量測 108 桶(22.5%)，並完成其中 12 桶取樣分析及建立比例因子，可將此 108 桶依「低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」進行分類。。 21.完成 5 組容器模型製作作業。 22.完成測試場地整建，並完成 2 組容器測試相關作業，以及取得相關測試數據。 23.完成測試相關設備製作，並協助完成容器測試的執行。 24.完成混凝土盛裝容器模具製造、脫模及容器震盪器之設備設計，並已建立高性能混凝土處置容器之製造程序，主要程序步驟包括：(1)材料計量；(2)砂漿拌合(水泥、飛灰、爐石粉、砂灰、細粒料、減水劑、水等材料拌合功能)；(3)加入粗粒料、鋼纖維等材料進行拌合作業；(4)卸料與澆注作業；(5)養生。 25.本年度完成 TRR 及相關附屬設施之核種分析鑑定需求，共	
---	---	--

TRR 燃料池壁除污、TRR DSP 清理準備、用過樹脂貯存、用過樹脂安定化技術開發、熱室低活度廢棄物清理及難處理廢棄物處理需求之放射化學分析與耐菌性分析技術開發與執行。 26.完成加速器驅動系統燃料及爐心設計的相關資料之蒐集。 27.研究並確立 ADS 次臨界爐心模擬計算所需之工具。	1,285 項次；完成難處理廢棄物相關之核種分析鑑定需求，共 228 項次；完成 TRR 燃料乾貯場孔內除污廢棄物特性化調查及分類，作為相關設施清除作業的規劃依據，並完成技術報告一篇 (INER-13359H)。 26.與比利時 SCK•CEN 核能研究中心簽訂研究計畫協議，獲取 MYRRHA 加速器驅動系統爐心中子物理設計文件。 27.確立加速器驅動系統次臨界爐心模擬計算之工具，建立次臨界爐心三維計算模式，完成「以 MCNP6 程式模擬 MYRRHA ADS 次臨界起始爐心之計算」報告。	
分項三： 3-1: 同位素 1.完成迴旋加速器加速腔共振器安裝測試。 2.液體靶體設計製作與質子照射技術精進 3.氟-18 離子放射氟化芳香環反應技術研製 3-2: 核醫藥物 1.氟-18FEONM 之基因轉殖鼠造影研究	分項三： 3-1: 同位素 1.完成迴旋加速器加速腔共振器更新，安裝測試結果達到原計畫目標規格：質子照射 30 MeV, 500 μA。 2.設計與製作鈿銀濺鍍靶與新一代靶體冷卻單體，經過迴旋加速器高能質子束照射後，質子耐受劑量達 100 微安。產製之氟-18 離子的放射氟化反應性，驗證後反應產率的變動性，證實照射產生之氟-18 離子活度，由 2 居里提高至 2.2 居里。 3.放射氟化芳香環反應研製發現，以氟-18 離子進行氟-18 置換氟-19 芳香環氟化物，可使反應發生，得到氟-18 芳香環化物，替代原來無法以氟-18 離子取代芳香環的結構性放射反應的限制，具應用於其它分子之放射氟化反應性探討。 3-2: 核醫藥物 1.自美國 JACKSON 研究中心引進 TAU 糾結 TGP301L 基因轉殖鼠，已於今年 6 月開始 F-18 FEONM 追蹤其疾病之變化，實驗結果顯示 7 個月較 4 個月大的	分項三： 目標達成度約 <u>100%</u>。 3-1: 同位素 (請參考附件佐證圖表，圖 3-1 ~3-3) 3-2: 核醫藥物 (請參考附件佐證圖表，圖 3-4 ~3-12)

2.完成 F-18-HDACi-INER 1577 系列衍生物標誌技術之建立。 3.建立新型 ^{111}In-DOTA- NIR790 多功能診療用核醫藥物技術。進行動物核醫造影，並與臨床已使用之核醫藥物 F-18-FDG 腫瘤影像進行比對。 4.製備多鏈醣腫瘤造影劑及進行荷腫瘤動物之藥物分佈試驗。 5.合成 DOTA-NIR790 作為螢光顯像診斷及近紅外熱治療核醫藥物。 6.合成 NOTA-G3 為新型多功能腫瘤探針與多鏈葡萄糖腫瘤診療藥物 3-3: 醫材 1.能階式放射成像之影像重建技術開發;高速運算演算法最佳化驗證	腦部海馬迴對小腦(疾病組比對照組)比值提高一成。同時亦同步與學界合作，進行 TAU 和 ABETA 同時生成之基因轉殖鼠及 STG 顱內注射鼠之氟-18FEONM 腦造影研究。 2.完成 F-18-HDACi-INER 1577 系列衍生物標誌技術之建立，並針對 HDAC1、2、3、6 及 8 蛋白之進行體外抑制實驗計算 Ki 值，以及完成對照鼠(SAMR1)進行造影及 Bio-D 分布實驗，結果腦部 >0.5 %ID/g, Max 6.47 %ID/g，另有專利申請案 2 件。 3.已完成建構多功能腫瘤探針 (DOTA- NIR790)研製技術，完成物化分析及同位素標誌測試。完成 4T1(乳癌)、HCT-116(大腸癌)、FaDu(頭頸部癌)、CT-26(大腸癌)、A549(肺癌)、U87MG(腦癌)腫瘤動物模式進行造影與生體分布試驗，並已完成一批次 F-18-FDG 之 HCT-15 大腸癌腫瘤影像造影比對。動物結果顯示，DOTA-NIR790 對於多種癌症，均能有效標的造影。 4.完成多鏈葡萄糖腫瘤造影劑合成製備、標誌及生物特性研究，實驗結果顯示腫瘤有明顯攝取，而正常組織如腦部、心臟都較 18F-FDG 低。 5.完成探針合成方法的建立、物化分析及同位素標誌測試。完成多型態腫瘤動物模式之造影與生體分布試驗，動物結果顯示：DOTA-NIR790 對於多種癌症均能有效標的造影。 6.完成 NOTGA 合成，經最後步驟氫化反應得 0.37 克產物，將可提供稼接三個葡萄糖分子成為 NOTA-G3。 3-3: 醫材 1.完成能階式材質分辨演算法開發，並以標準材質進行效能模擬評估，完成研究報告一篇(所號：INER-13329H)。另外，針對	3-3: 醫材 (請參考附件佐證圖表，圖 3-13 ~3-16)
--	--	---

2.感測器校正用射源法規申請程序 3.完成基材構型設計,初步完成材料篩選由 PLA 轉為明膠和膠原蛋白類,分解度大幅提升由原本一年以上時間才分解至現在約 2~4 天分解完畢 4.感測器校正用掃描平台自動化 5.多光源 X 光管架設與安裝標準作業程序撰寫 6.建置能階式放射成像偵檢器測試平台,提供多能階影像相關技術開發用之測試數據 7.感測器校正用射源法規申請程序 8.建立靜態 3D 造影用 X 光平面偵檢器外部脈衝數據擷取控制技術	X 光有限角度重建演算法加速精進,使運算時間除了經平行化加速 10 倍後,再透過最佳化與 Multi-GPU 技術建立應用,使高迭代次數重建運算時間減少至 285 秒左右。 2.向主管機關原子能委員會提出本所自製密封校正射源執照申請,並完成密封射源執照申請程序,取得活度 2 mCi 之 Co57 圓盤狀校正射源使用執照。 3.完成生物可分解材料種類篩選和採購,以及圖檔設計、輸出製作原型,基材之物化性分析(SEM,FTIR...)。(1).完成列印基材電腦軟體原型設計(2).完成圓形薄片和圓形弧片 3D 列印 PLA,厚度為 400 μm (3).由 PLA 更換測試更適基材成分:明膠和膠原蛋白類,透明度 90%以上,基材也更趨柔軟,分解速度較快,適合置入眼部,且細胞親合度高。目前製作基材原型厚度約 100 μm。 4.完成感測器校正用掃描平台自動化,使掃描射束可依規劃路徑進行多點校正資料擷取。 5.完成多光源 X 光管架設並將安裝標準作業程序文件化,建立量測平台。 6.完成能階式放射成像偵檢器測試平台架設與影像擷取程式開發,經測試可成功擷取雙能量 X 光影像。 7.取得密封射源使用執照,完成感測器校正用掃描平台自動化與校正數據密度,對光子計數感測器解析性能研究,使感測器解析性能由過往的 0.9 mm 提升至 0.5 mm。 8.建立靜態 3D 造影用 X 光平面偵檢器外部脈衝數據擷取控制技術,可以外部訊號控制偵檢器之資料擷取,奠定各造影組件之間時間同步控制之基礎。	
分項四： 4-1 1.完成卷對卷多腔式真空電弧	分項四： 4-1 1.準量產卷對卷電弧/磁控電漿製	分項四： 目標達成度 <u>100</u> %。 4-1 (請參考附件

電漿製程系統之規劃設計與製作，該系統適用軟性基材膜厚 20~180 mm、幅寬 1,560 mm(準量產規格)。 2.研究電路切換技術和磁控技術，來控制電弧斑的移動速度，以有效控制陰極靶材溫度，提高靶材利用率並提高鍍膜良率。 3.低成本電弧電漿鍍膜技術開發，預計提高鍍膜速率 3 倍來提高單位機台生產速率，以降低生產成本。	程設備實測全長 6000 公尺總重量 498 公斤的 PET 基材，並在真空下進行捲繞速度 0.5~5 米/分測試，偏移量$\sim\pm 5$ mm。配合市場現有需求，完成六種系列節能膜產品開發，其中 7 層頂級節能膜 $\text{TiO}_2/\text{Ag}(\text{Ti})/\text{TiO}_2/\text{Ag}(\text{Ti})/\text{TiO}_2$ 經由模擬、製程實驗及光譜量測驗證，可調變出多樣化的色彩，在可見光穿透率 60~70%情境下，紅外光反射率可達 90%，性能與現有市售國際大廠頂級產品並駕齊驅。各系列節能膜已分別製鍍試產 500 m 長、全幅鍍膜非均勻度可$<\pm 3\%$，由技轉公司完成封裝，並分別寄送其客戶端以進行實際貼膜推廣測試。 2.開發大型陰極圓柱靶(長 2.8 m、外徑 89.4 mm、厚度 10 mm)電弧電漿源，藉由暫態時間內(大約 600 msec)切換電流方向，來引導電弧移動方向與速度，進而停留在某一位置時間相對短使熱能不易累積，提高靶材利用率並提高鍍膜良率，相關成果可提共 R2R 電弧電漿鍍製節能膜量產系統使用。 3.運用電弧電漿鍍膜系統，開發外加磁場驅動電弧移動模式，將以永久磁鐵調控來控制弧斑移動速度，磁場強度愈強電弧移動速度越快，進而停留在某一位置時間相對短使熱能不易累積，提高靶材利用率並提高鍍膜良率。相關成果可應用低成本、高量產速率之大面積電弧電漿鍍膜系統開發使用。將此技術應用於金屬氧化物技術所研發電致變色薄膜。完成兩種商用產品製作反射式車後鏡電致變色(WO_3 單層變色電極)及小尺寸智能窗($26 \times 13 \text{ cm}^2$)，其中小尺寸智能窗商品，驅動電壓@-1.2 V~0.2 V，可見光穿透度可達 13%~80%變化($\Delta T=67\%$)，上色時間為 13 秒、退色時間為 8 秒。	佐證圖表，圖 4-1~4-7)
--	---	------------------------

4-2 1.建造一個 25 cm × 15 cm 的玻璃天窗動態展示，太陽輻射熱取得率(SHGC, solar heat gain coefficient)可調控在 0.2~0.8 範圍，先應用於汽車節能市場，再打入建築節能窗市場。 2.將全固態薄膜電池元件的單位能量密度提昇至 1,200 Wh/L(一般鋰電池介於 300~400 Wh/L)。 3.與太陽能電池整合為一體自主供電，由環境直接獵能、不需額外電力，免除更換電池之麻煩與廢電池問題，促進環境永續，提供未來建築物聯網節能的重要關鍵元件。	4-2 1.(a)完成面積 25 cm × 15 cm 全固態電致變色玻璃開發，元件可見光穿透度變化(ΔT)達 60%。並測試變色玻璃太陽輻射熱取得率(SHGC, solar heat gain coefficient)，於±5 伏特電壓控制下，可見光穿透度可於 14%~74% 間變化，對應之 SHGC 可調控範圍介於 0.18~0.81 之間。 2.完成可撓曲式不銹鋼基板之 SS304BA/LiCoO₂/LiPON/Li 全固態鋰離子電池，放電電容量能量密度為 1,200 Wh/L，相當於 31.5 $\mu\text{Ah}\mu\text{m}^{-1}\text{cm}^{-2}$。循環充放電測試時間很長容易受外界環境影響，應用 coin cell 製具測試減少水氧氣破壞。目前在 1C 充放電下，第 1,000 圈的放電電容量能維持初始放電電容量的 83.7%。 3.與太陽能電池整合為一體自主供電，由環境直接獵能。可透過室內光能獵能獲取能量，並透過電池充電器對鋰電池充放電，並提供系統運作使用。目標系統大小為 30 mm × 45 mm 以下。目前已量測矽薄膜太陽能電池與單晶矽太陽能電池之 IV 圖，以利後續整合之用。	4-2 (請參考附件佐證圖表，圖 4-8 ~4-10)
4-3 1.探討電弧斑之移動行為對於靶材利用率、電極壽命與電漿所產生的微粒之粒徑分布的著影響。 2.利用商程式或自行開發程式碼，依據薄膜應用之要求，探討如何在使電弧斑能達最廣泛分布前提下，有效控制其運動速度。	4-3 1.已建立無外加磁場下弧根運動軌跡統御方程式，並初步完成模式測試，結果顯示模擬和實驗具弧根相同運動軌跡趨勢，後續將微調相關參數，使模擬運動速度可更貼近實驗數值。 2.完成商業軟體 COMSOL Multiphysics 建立程序調控，研究固定磁場和時變磁場之分布後，計算弧根運動軌跡模式，目前從模擬數據與快速攝影弧斑軌跡有相同趨勢，使模擬數據可更貼近實驗數值。	4-3 (請參考附件佐證圖表，圖 4-11 ~圖 4-21，表 4-1~4-6)

3.規劃並建置一符合法規之基礎輻防設施的核融合實驗室，設計一套 10 kJ 等級高密度電漿聚焦(DPF)裝置，修訂 DPF 計算程式 Lee model code 提高模式的可信賴度，並具此探討 DPF 產生熱電漿之物理特性。	3.(1)完成原 DPF 模擬計算 Excel 碼 Lee model code 的高階程式語言 Mathematica 改寫，完成「高密度電漿聚焦(DPF)裝置的模擬與最佳化設計」(INER-13472)，依照訂製之脈衝放電儲能電容規格(6uF/50 kV, 40 nH 內感) 4 個併聯進行最佳化設計。計算得到高密度電漿聚焦(DPF)裝置的電極設計最佳化尺寸，為內電極半徑 $a=2.75$ cm，外電極至軸心距離 $b=5$ cm 以及內電極長度 $z_0=14$ cm 時，再依不同填充氣體(例 N₂,D₂) 進行模擬計算其產生 X-ray 與中子的能量分布、強度等數值，在工作在 30 kV 時得到之平均中子產量為 $3.72E+08/\text{per pulse}$，但在 40 kV 工作時得到最大中子產量 $1.08E+09/\text{per pulse}$。此階段計算得到之 X-ray 與中子的最大強度值將供 DPF 實驗裝置之輻射安全評估用。 (2)利用得到的 DPF 最大輻射量進行場所平面圖及屏蔽規劃，放射性污染物之處理措施、移動型放射性物質或可發生游離輻射設備之防護措施等，完成「高密度電漿聚焦(DPF)實驗設施之輻射安全評估報告」(INER-13462)，使用經驗公式與 MCNP 輻射劑量計算分析，依分析結果為將 DPF 實驗室的輻射屏蔽室，設計成材質 40 公分(cm)厚的混凝土牆壁和 20 公分厚的混凝土屋頂，屏蔽門含 1.5 毫米(mm)厚的鉛，即可使 DPF 實驗中產生的輻射劑量(x 光、中子)低於管制區標準，估算出的實驗人員年劑量也低於年劑量限值的十分之一。
4.以 DPF 開發高能離子佈植技術，協助表面改質與新材料開發。	4.DPF 除中子佈植表面改質應用外，亦有利用 DPF 裝置產生高能正離子(10~1,000 keV)與高能電子對材料表面進行高能離子佈植，該技術可在室溫下進行，具有高佈置率、稠密鍍膜、引發相變、表面重建等特點。DPF 裝置可協助新技術與新材料開發進

	行，例在填充如 N_2 等氣體時，可在 FePt thin film 及 polyaniline thick film 表面產生奈米材料 (Nanofabrication)，目前已有試驗的材料有雙金屬 (FePt, CoPt)，金屬化合物 $MX(M=Metal; X=N/C/O/ON/CN)$，與碳化合物 (類鑽碳膜 DLC、奈米碳管 CNT、石墨烯 Graphene) 等。	
--	---	--

貳、主要內容

一、執行內容

1. 為確保核電在設計年限內營運的安全，將持續精進安全分析所需的中子與熱水流自主性分析技術，經由相關技術認證以解決電廠運轉的瓶頸；在現有電廠硬體設備老化防治與維修需求上，則藉由開發材料老化檢測與銲接修理更換技術來提供電廠必要的技術支援，並避免國外廠家技術壟斷之局面；對於重大的核管議題支援方面，則參考美國最新程式與法規，建立國內自主的替代輻射源項分析技術，以提供核管單位重要的輻射劑量分析參考資料；在因應用過核子燃料議題方面，本研究亦將逐年完成運轉中核電廠之用過核子燃料貯存安全風險一階 PRA，評估我國用過核子燃料之貯存安全性。
2. 以福島事件為殷鑑，提高我國核電廠抵抗天災之能力，本研究應用廠外事件相關安全度評估及海嘯之機率危害度分析技術，提供電廠強化其防海嘯、防洪、耐震等安全措施之建議；另以 MAAP5 等程式進行嚴重核子事故分析，以驗證電廠斷然處置措施之有效性，增強國人對於核安之信心；在硬體設施改善上，則藉由自主開發的核電廠配電盤隔震器，來實質改善核電廠設備抗震之能力；對於國人關注的核事故後輻射劑量議題，本研究將建立核事故劑量影響與關鍵群體流行病學調查資料整合分析，綜理研究國際輻射防護組織對低劑量輻射生物效應與福島事故後應變、干預與防護行動對策，並建立復原期環境輻射監測與水生與陸生指標生物劑量評估技術，以合理抑低民眾輻射劑量，降低核災對人員與環境的衝擊。
3. TRR 設施除役技術開發及清理作業，完成燃料池池水處理及池壁除污，燃料乾貯場(DSP)清除作業前工法規劃及設備環境準備，爐體廢棄物拆解作業程序。
4. 核設施清理，持續 TRR 燃料池鈾粉安定化作業，並調查熱室內放射性廢棄物，規劃後續處理程序，運轉金屬熔鑄廠進行金屬減容，開發鍍鋅金屬熔鑄技術，提升金屬熔鑄廠利用率。
5. 放射性廢棄物處理技術開發及作業，完成電解除污廢液、三丁基磷酸酯、非阿伐污染廢機油等難處理放射性廢棄物之處理，並進行含氫廢液、複雜廢液及廢樹脂處理技術開發。

6. 完成迴旋加速器加速腔共振器老化更新，安裝測試結果達到原計畫目標規格：質子照射 30 MeV, 500 μ A。迴旋加速器加速腔共振器原廠製作硬體於 106 年 4 月 5 日完成交運；加速腔更新現場安裝測試時程於 106 年 7 月 2 日開始停機輻射冷卻，原廠現場施工期間為 106 年 8 月 2 日至 9 月 16 日，驗收測試於 9 月 22 日完成，質子射束輸出達到 30 MeV, 500 μ A，測試時間 2 小時。
7. 運用早期診斷阿茲海默氏症二種新途徑，確認 TAUF1(TAUF1-EOA,FEONM)與 HDACi 藥物通過腦血屏蔽，同步建立原料製備與藥物標誌程序；建構多功能腫瘤探針 DOTA-790 與多鏈葡萄糖癌症探針 DOTA-G4 技術，發展新型癌症放射診療藥物，包含 DOTA-790、DOTA-G4 等配位子 Linker 之合成與分析技術發展。
8. 建立精準光子反應位置估算方法與多能階式放射影像重建技術、光子計數離型探頭面積擴展技術與校正方法及靜止式 3D 掃描 X 光源設計/規格制定；並建立製造人工角膜(Artificial Cornea)技術。
9. 新興電漿製程工程技術開發，運用卷對卷(R2R)電漿鍍膜平台，開發低成本之 R2R 電弧電漿鍍製 Low-E 膜及 EC 膜等頂級節能膜之生產技術，從設備設計建置到製程開發再到產品驗證，一氣呵成，最後配合廠商需求進行產品測試驗證，再以整廠整體解決方案(turn-key)輸出方式技轉廠商，有效彌補國內頂級節能膜之生產技術缺口，不須仰賴國外 turn-key 技術，大幅降低生產成本，符合民眾經濟消費，達到最有效之節能推廣應用功效。
10. 薄膜智慧節能元件開發，運用卷對卷(R2R)電漿鍍膜平台，開發可撓式智慧變色節能薄膜整合型元件(PV+EC+Li 電池+無線遙控技術)及環境能源獵能器(PV+Li 電池+資通訊技術(ICT))之卷對卷式電漿製程技術，達到發展低成本整合型可撓式智慧節能薄膜元件之目標。
11. 電漿理論模擬與前瞻研究，強化電漿理論基礎，協助電漿源與製程開發，降低 R2R 電弧電漿鍍製 Low-E 及 EC 膜等頂級節能膜之量產設備開發成本，以及突破電弧高溫在低溫 PET 塑材鍍膜之技術瓶頸，並加速前瞻新能源的研發工作。

二、遭遇困難與因應對策

類別	說明	因應措施與建議
執行困難	燃料池池底污染為固著型態且環境輻射劑量率高，經池底輻射劑量率量測與人員手動進行局部池壁及池底刨除測試後，基於輻射防護及作業人員安全考量，已重新評估刨除工法，後續將採遙控機器刨除取代人工刨除作業方式執行。(分項二)	積極重新建立工法及作業程序，建置遙控機器刨除設備。
	百毫居里級鉛-89 放射性同位素之研製，須完成迴旋加速器與非密封作業場所之輻防評估並獲得原能會同意，方得以進行迴旋加速器之質子束照射。(分項三)	加速輻防評估報告取得原能會同意，以助於鉛-89 之照射研製。
	多功能腫瘤探針(DOTA-NIR790)放大製程，面臨合成原料與大批次純化上的困難。(分項三)	未來化學組將提供合成所需之前驅物(DOTA- NHS)，並與化學組合作就純化製成方法上加以精進，期望能改善大批次純化上的困難。
執行落後	貯存孔區地質改良，工程施作遇不可抗力需重新灌漿，且地質取樣作業時程無法在預定時間內完成，故本年度無法完成地質強度取樣驗證與結報驗收。因應未來乾貯場清除過程將會衍生之設備與溝通整合介面與責任歸屬，雖已完成滑動平台規劃及設計等採購資料，變更採購策略將其整合至「乾貯場清除工程發包」採購案。(分項二)	貯存孔區地質改良工程要求廠商針對此原因追加取樣驗證設備，預計107年1月31日前完成竣工。儘快提出「乾貯場清除工程發包」採購案，完成滑動平台建置。
	熱室吊車及重型機械手重要作業機具故障，導致延誤燃料池鈾粉接收與安定化處理進度。(分項二)	審慎評估熱室重要機具之維修或汰換，完成改裝維修，初步已恢復重型機械手功能，將可繼續執行燃料池鈾粉接收與安定化處理計畫作業。
	一貯庫28箱超鈾廢棄物換裝作業，已於106年9月完成撰寫核能研究所「提升核研所超鈾廢棄物營運安全計畫(016館核化學運轉廢棄物)」報告，並提報主管機關審查，目前仍在審查委員意見回復階段。(分項二)	待檢整換裝作業計畫取得主管機關核備後，即立刻展開一貯庫28箱超鈾廢棄物換裝檢整作業。

三、 實際執行與原規劃差異說明

有關於百毫居里級鉛-89 放射性同位素之研製，因迴旋加速器與非密封作業場所之輻防評估報告仍未獲得原能會同意，目前正依審查意見進行迴旋加速器之中子劑量評估計算，期能於明(107)年二月完成審查意見之回覆作業。(分項三)

參、經費與人力執行情形

一、經費執行情形

(一) 經資門經費表 (E005)

1. 初編決算數：因績效報告書繳交時，審計機關尚未審定 106 年度決算，故請填列機關編造決算數。
2. 實支數：係指工作實際已執行且實際支付之款項，不包含暫付數。
3. 保留數：係指因發生權責關係經核准保留於以後年度繼續支付之經費。
4. 107 年度預算數：如立法院已通過 107 年度總預算，則填寫法定預算數；如立法院尚未通過總預算，則填寫預算案數。

單位：千元；%

	106 年度					107 年度 預算數	108 年度 申請數	備註
	預算數 (流用後) (a)	初編決算數			執行率 (d/a)			
		實支數 (b)	保留數 (c)	合計 (d=b+c)				
總計	253,771	235,691	18,061	253,752	99.99%	262,874	292,767	
一、經常門小計	151,590	143,494	8,090	151,584	99.99. %	156,570	188,667	
(1)人事費								
(2)材料費								
(3)其他經常支出								
二、資本門小計	102,181	92,197	9,971	102,168	99.99%	106,304	104,100	
(1)土地建築								
(2)儀器設備								
(3)其他資本支出								

(二) 經費支用說明

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

(三) 經費實際支用與原規劃差異說明

第一分項執行「027 館屋頂暨三樓中庭防水隔熱整修工程」，其契約金額(含變更設計)為 8,522,391 元及設計監造金額為 648,060，履約期限為 106 年 12 月 31 日(含核准展期 11 日)，由於防水工程施作程序，如

遇下雨或積水，部份工項將無法施作，且頂樓舊有防水隔熱層拆除後，與現有排水管高低程相差甚大，積水亦不易排除，故該工程無法在預定時間內完成。廠商已於 106 年 12 月 31 日申請第一次估驗計價，總核發金額為 6,037,622 元及設計監造第一期款 353,402 元，工程案承商預計 107 年 2 月 28 日前完成驗收及餘款結報作業。

第二分項執行：(1)「TRU 鉛屏蔽容器」購案，履約期限為 106 年 8 月 20 日；廠商於 106 年 9 月 12 日繳交履約文件，經檢查文件未符合契約規定，多次函請廠商補正，因文件涉及國外廠商授權及認證證明，廠商無法於 106 年度完成履約，故本案申請預算保留費用約 7,818 千元。(2)「015W 館貯存孔區地質改良」購案，因工程施作遇不可抗力需重新灌漿，且地質取樣作業時程無法在預定時間內完成，故本年度無法完成地質強度取樣驗證與結報驗收，預計 107 年 1 月 31 日前完成竣工；107 年 2 月 28 日前完成驗收結報付款，故本案申請預算保留費用約 4,800 千元。(3)「015W 貯存孔區地質改良委託監造」購案，因配合 015W 貯存孔區地質改良工程案，故本年度無法完成結報驗收，故本案申請預算保留費用約 720 千元。

	總經費 (仟元)	12/31 前規劃支用 經費(a)	12/31 前規劃支用 經費/總經費(%)	12/31 前實際支用 數(仟元)(b)	支用比(%) (b/a)
第一分項	45,614	45,614	100	42,828	93.89
第二分項	97,010	97,010	100	83,661	86.24
第三分項	58,048	58,048	100	56,103	96.65
第四分項	53,099	53,099	100	53,099	100

二、計畫人力運用情形

(一) 計畫人力結構 (E004)

計畫名稱	執行情形	106 年度							107 年度 總人力 (預算數)	108 年度 總人力 (申請數)
		研究員級	副研究員級	助理研究員級	助理級	技術人員	其他	總人力 (人年)		
原子能系統 工程跨域整合發展計畫 (1 / 4)	原訂	6.8	48.6	58	28.5	50.2	10.6	202.7	206.9	211.5
	實際	6.4	51.2	57.2	31	46.4	10.4	202.6	—	—
	差異	-0.4	+2.6	-0.8	+2.5	-3.8	-0.2	-0.1	—	—

- 研究員級：研究員、教授、主治醫師、簡任技正等，若非以上職稱則相當於博士滿 3 年、或碩士滿 6 年、或學士滿 9 年以上之研究經驗者。
- 副研究員級：副研究員、副教授、助理教授、總醫師、薦任技正，若非以上職稱則相當於博士、或碩士滿 3 年、或學士滿 6 年以上之研究經驗者。
- 助理研究員：助理研究員、講師、住院醫師、技士，若非以上職稱則相當於碩士、或學士滿 3 年以上之研究經驗者。
- 助理級：研究助理、助教、實習醫師，若非以上職稱則相當於學士、或專科滿 3 年以上之研究經驗者。
- 技術人員：指目前在研究人員之監督下從事與研究發展有關之技術性工作。
- 其他：指在研究發展執行部門參與研究發展有關之事務性及雜項工作者，如人事、會計、秘書、事務人員及維修、機電人員等。

(二) 人力實際進用與原規劃差異說明

本計畫規劃投入研究人力 202.7 人年；本年度實際投入研究人力 202.6 人年，實際人力與預估人力相同。

肆、已獲得之主要成果與重大突破(含量化 output) (E003)

填寫說明：

1. 績效指標之「原訂目標值」應與原綱要計畫書一致，惟因 106 年度績效指標項目修正，部分績效項目整併或分列，機關得依績效項目之調整配合修正原訂指標項目與原訂目標值，惟整體而言，不得調降原訂目標值。
2. 得因計畫實際執行增列指標項目以呈現計畫成果。
3. 如該績效指標類別之各項績效指標項目之目標值、達成值均為 0，請刪除該績效指標類別，以利閱讀。
4. 如績效指標有填列實際達成情形，均須附佐證資料，佐證資料另以附表上傳。

屬性	績效指標類別	績效指標項目		106 年度		效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破		
				原訂目標值	實際達成值				
學術成就 (科技基礎研究)	A.論文	期刊論文	國內(篇)	40	3 (1+2+0+0)	將核能安全、核設施除役清理技術、核子醫藥及醫材與儀器應用技術、節能膜監控系統開發及薄膜智慧節能元件開發等研發成果，已發表於國際研討會及國外期刊，除可提昇本所聲譽外，並有助促進學術交流及提昇技術水平。			
			國外(篇)		53 (18+6+13+16)				
		研討會論文	國內(篇)		9 (3+4+2+0)				
			國外(篇)		11 (1+2+2+6)				
	B.合作團隊(計畫)養成	機構內跨領域合作團隊(計畫)數		4	1 (1+0+0+0)			(1) 分項一建立用過核子燃料池安全度評估團隊：開發相關之分析技術與方法，可應用於除役核電廠用過核子燃料池的實務分析，並提供相關指標性風險，確保用過核子燃料池	
		跨機構合作團隊(計畫)數			3 (0+0+0+3)				
		跨國合作團隊(計畫)數							

屬性	績效指標類別	績效指標項目	106 年度		效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂目標值	實際達成值		
		簽訂合作協議數			內核燃料的安全。 (2) 分項四成立三個電漿專業研究團隊：(a)電漿工程系統整合技術團隊, 開發相關節能膜製造技術, 協助產業界技術升級, 降低成本, 落實政府科技研發民生應用與產業發展；(b)電漿薄膜智慧元件研發團隊, 開發輕薄可撓, 低生產成本, 高效率等相關生產製程, 促進環境永續, 提供未來建築物聯網節能的重要關鍵元件；(c)電漿模擬計算團隊, 計算與開發低溫電漿新穎電漿源, 可協助本分項計畫各電漿製程設備之開發。 (3) 分項三為配合研發之需求, 成立(a)化學合成及分析專業實驗室；(b)同位素標誌與配方研究實驗室；(c)分子影像及藥動學專業實驗室, 達成分工合作, 加速研發工作之推動。	
		形成研究中心數				
		形成實驗室數	3	3 (0+0+3+0)		
學術成就 (科技基	C.培育及延攬人才	博士培育/訓人數	13	7 (3+2+0+2)	1. 培養國家在核能、生醫、電漿高階研究人才。 2. 與國內學界之合作, 深耕基礎機制, 做為實務應用開發之後盾。	
		碩士培育/訓人數		8 (2+3+0+3)		
		學士培育/訓人數				
		延攬科研人才數		1 (0+0+0+1)		

屬性	績效指標類別	績效指標項目	106 年度		效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂目標值	實際達成值		
基礎研究	D1.研究報告	研究報告篇數	76	91 (33+0+43+15)	1. 協助計畫保存研發過程及成果，可應用於技術推廣及技術經驗傳承。 2. 呈現研發之成果及後續研發的重點與方向，使研發技術與經驗得以交流。	
	E.辦理學術活動	<u>國內</u> 學術會議、研討會、論壇次數	5	4 (2+1+0+1)	1. 3 月 30 日至 31 日邀請日本愛知工業大學○○教授、○○博士、○○博士、中央大學○○○教授，舉辦「地震模擬研討會」，討論琉球海溝之 1920 歷史地震及新版的日本地震模擬參數手冊資料，有利於計畫執行。 2. 6 月 6 日至 7 日在本所舉辦「嚴重事故分析程式 MAAP5 研究現況研討會」，參與人員除了本所相關研發同仁外，也邀集了台電公司核安處部份人員至所裡參與。討論內容涵蓋了 MAAP5 模式精進研討、用過核子燃料池模式介紹與 NRC 新法規 10 CFR 50.155 之發展現況。對計畫執行有助益。 3. 4 月 7 日同位素組在本所國際會議廳辦理「精準醫療時代之核子醫學心臟神經腫瘤疾病運用」國際學術研討會，邀請五位美日專家學者就核醫藥物開發及心臟與腫瘤及神經退化性應用進行經驗分享，並有 29 篇 e-poster 發表。本次研討會吸引產官學及醫院等 20 個單位派員參加，出席會議人數	
		<u>國際</u> 學術會議、研討會、論壇次數		3 (0+0+2+1)		
		<u>雙邊</u> 學術會議、研討會、論壇次數				
		出版論文集數量				

屬性	績效指標類別	績效指標項目	106 年度		效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂目標值	實際達成值		
					達 147 人，會議圓滿完成，獲得核醫界之好評。 4.9 月 29 日同位素組在 052 館辦理亞太核醫論壇，邀請日本及泰國及我國學者分享該國之核醫發展現況及未來展望，促進未來合作之契機。 5. 11 月 18 日，核研所擔任 2017 年中華民國核醫學會年會主辦單位之一，並辦理碘-123MIBG 注射劑專場。	
	F.形成課程/教材/手冊/軟體	形成課程件數			將原 DPF 模擬計算的公開程式 Excel 碼 Lee model code，用高階程式語言 Mathematica 改寫，且與原程式驗證無誤。改寫後之程式其流程架構明確易懂，有利傳承及後續修改，另完成「高密度電漿聚焦(DPF)裝置的模擬與最佳化設計」(INER-13472)內含此模擬計算程式之解說及操作步驟說明。	完成 DPF 模擬計算程式碼改成高階程式語言 Mathematica，且與原程式驗證無誤。改寫後之程式其流程架構明確易懂，有利傳承及後續修改。
		製作教材件數				
		製作手冊件數				
		自由軟體授權釋出教材件數	1	1 (0+0+0+1)		
	其他					

技術	G.智慧財產	申	國內	發明專利(件)	21	24 (0+5+9+10)	避免國外技術壟斷，保障智慧財產權	本年度獲得之中華民國
----	--------	---	----	---------	----	------------------	------------------	------------

屬性	績效指標類別	績效指標項目			106 年度		效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
					原訂目標值	實際達成值		
創新 (科技技術創新)		請中		新型/設計專利(件)			利。本年度申請國內外專利 34 件，已獲准國內外專利 36 件。	國專利「卷對卷模組化電漿複合製程設備」發明證書第 I565820 號，已應用至東○公司技轉案。
				商標(件)				
				品種(件)				
			國外	發明專利(件)		10 (1+1+4+4)		
				新型/設計專利(件)				
				商標(件)				
				品種(件)				
		已獲准	國內	發明專利(件)	4	20 (0+5+10+5)		
				新型/設計專利(件)				
				商標(件)				
				品種(件)				
			國外	發明專利(件)		16 (0+6+9+1)		
				新型/設計專利(件)				
				商標(件)				
				品種(件)				
技術創新	H.技術報告及檢驗方法	新技術開發或技術升級開發之技術報告篇數			66	81 (9+63+5+4)	協助計畫保存研發過程及成果，可應用於技術推廣及技術經驗傳承。	
		新檢驗方法數						

屬性	績效指標類別	績效指標項目		106 年度		效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
				原訂目標值	實際達成值		
(科技技術創新)	I1.辦理技術活動	辦理技術研討會場次		1	1 (0+0+1+0)	本所與中華民國心律醫學會及核醫學會合作，於 11 月 17 日在台中榮民總醫院舉辦「International Symposium of I-123 MIBG on Cardiology and Neurology」，介紹 I-123 MIBG 於心臟疾病及腦神經疾病的核影像應用推廣活動。邀請了四位知名國際學者(含二位日本學者)與二位台灣專家分享他們對於 I-123 MIBG 的臨床運用經驗、研究發展與市場資訊。	
	I2.參與技術活動	發表於國內外技術活動(包含技術研討會、技術說明會、競賽活動等)場次		8	15 (2+0+0+13)	1.2 月 27 至 3 月 10 日派兩位研究人員，赴美國阿岡國家實驗室(Argonne national laboratory, ANL)，參加 RESRAD 程式實務訓練課程，此項技術可應用於殘餘放射性污染土壤的人員劑量評估。 2.11 月 22 日赴金屬工業研究發展中心，參與先進金屬材料與製程技術應用發展趨勢研討會，內容討論鑄造、銲接、3D 列印相關資訊。 3.參與中華民國發明交易展，FEONM 研發獲得金牌一面；Ga-68 發生器之研發技術獲得中華民國新創獎。	
	J1.技轉與智財授權	技轉或授	技術(含先期技術)移轉 <u>國內</u> 廠商或機構件數 技術(含先期技術)移轉 <u>國外</u> 廠商或機構件數	0	1 (0+0+0+1)	將發展之技術授權國內廠家使用，促成工業升級，利益共享。	與永○○○公司簽訂「高溫電漿熔融爐的焚化灰渣電漿熔融處理技術」技術授權，授

屬性	績效指標類別	績效指標項目		106 年度		效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
				原訂目標值	實際達成值		
		權件數	專利授權 <u>國內</u> 廠商或機構件數				權金 1,880 千元，有效提升產業界開發焚化灰渣電漿熔融處理之技術能力。
			專利授權 <u>國外</u> 廠商或機構件數				
			自由軟體授權件數				
			其他授權件數				
技術創新 (科技技術創新)		技轉或授權金額	技術(含先期技術)移轉 <u>國內</u> 廠商或機構之授權或權利金(千元)	0	1,880 (0+0+0+1)	與永○○○公司簽訂「高溫電漿熔融爐的焚化灰渣電漿熔融處理技術」技術授權，授權金 1,880 千元，促成廠商投資興建一個四合一廢棄物處理工廠，處理固、液態廢棄物，汽電共生，資源再利用等。	有效提升產業界開發焚化灰渣電漿熔融處理之技術能力。
			技術(含先期技術)移轉 <u>國外</u> 廠商或機構之授權或權利金(千元)				
			專利授權 <u>國內</u> 廠商或機構之授權或權利金(千元)				
			專利授權 <u>國外</u> 廠商或機構之授權或權利金(千元)				
			其他授權或權利金(千元)				
	S1. 技術服務(含委託案及工業服務)	技術服務件數		1	18 (15+0+1+2)	1.協助國內企業解決核能及節能產業技術問題。 2.協助國內企業研究核電廠用過核子燃料	1.完成與汽車 EC 後視鏡製造商力○○公司簽訂技服案，簽約金 50
		技術服務家數		1	18 (15+0+1+2)		

屬性	績效指標類別	績效指標項目	106 年度		效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂目標值	實際達成值		
		技術服務金額(千元)	100,000	155,972 (133,672+0+800+21,500)	料貯存系統技術開發問題。 3.接受成功大學之委託，建立銻-188 同位素標誌微粒，並進行動物療效評估。	萬元，專利應用 2 件。 2. R2R 電弧電漿鍍製節能膜之量產系統與製程技術創新進入合約的第二階段，技服收入 2,100 萬。 3.成大委託合作案服務費 80 萬。
	S2. 科研設施建置及服務	設施建置項數	1	0	我國首間 DPF 實驗室，可進行 DD, DT 核融合反應研究及中子源、X 光源、高能離子源等應用開發。	
經濟效益 (經濟產業促進)	L.促成投資	促成廠商投資件數		1 (0+0+0+1)	本所「高溫電漿熔融爐的焚化灰渣電漿熔融處理技術」，此技術成果可推廣應用於國內有害工業廢棄物之處理，改善民生環保問題。	永○○○公司在桃園觀音環保園區投資興建一個四合一廢棄物處理工廠，處理固、液態廢棄物，汽電共生，資源再利用等，內含一電漿熔融爐做回收建材，預計 107 年完工。投資金額 208,800 千元。
		促成生產投資金額(千元)		208,800 (0+0+0+208,800)		
		促成研發投資金額(千元)				
		促成新創事業投資金額(千元)				
		促成產值提升或新創事業所推出新產品產值(千元)				

106 年度計畫績效指標實際達成與原訂目標差異說明：

S2.科研設施建置及服務規劃的設施建置項數中 106 年目標為 1，未達成之補充說明：

在本四年期計畫中，規劃並建置一符合法規之基礎輻防設施的核融合實驗室，主要是建立一個 10 KJ 等級高密度電漿聚焦 DPF 實驗設施，此實驗設施可進行 DD, DT 核融合反應研究、與中子源、X 光源、高能離子源等應用開發。除本計畫使用外，亦能提供我國學術單位教育使用與推廣業界應用。因此，10 kJ 等級 DPF 裝置，依不同填充氣體例如 H_2 、 N_2 、惰性氣體(He、Ne、Ar、Xe)、 D_2 (氘)等可作為中子源、X 光源、高能離子源，其發出中子(D_2)為 2.45 MeV, X 光可達 100 keV 能量，高能離子可達 1 MeV，根據「放射性物質與可發生游離輻射設備及其輻射作業管理辦法」規定，此 DPF 裝置適用於“許可類”設施的輻防法規，依法需提供相關輻防屏蔽規劃與處理及防護措施向主管機關申請審核，通過後始能開始實驗室和屏蔽的動工與裝置的建立。在計畫第一年執行中，已利用 DPF 程式計算得到擬建立的 DPF 裝置最大輻射量(例中子 $10E+9$ /脈沖)，完成高密度電漿聚焦(DPF)實驗設施之輻射安全評估報告」(INER-13462)，其輻防屏蔽規劃達到 DPF 實驗中產生的輻射劑量(x 光、中子)低於管制區標準，估算出的實驗人員年劑量也低於年劑量限值的十分之一。依本所作業程序，本 DPF 實驗室輻射安全評估報告已在本所職安會完成第一次審查，目前輻防屏蔽規劃已修改完成，將向職安會進行第二次審查，通過後向主管機關申請審核。預期第二年應可通過主管機關審核，開始實驗室建置。

第二部分

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

壹、主要成就及成果之價值與貢獻度(outcome)

(請說明計畫所達成之主要成就與成果，以及其價值與貢獻度；若綱要計畫為多年期計畫，請填寫起始年累積至今之主要成就及成果之價值與貢獻度。)

一、學術成就(科技基礎研究)

1. 完成「Investigation into the Impacts of Distributed Inlet Temperature on Thermal Limit during LFWH Event in Chinshan Plant」期刊論文，本論文係結合 RETRAN 暫態熱水流計算程式與計算流體力學 Fluent 程式，應用在喪失飼水加熱暫態分析。本研究並進行核一廠爐心外爐槽計算模型之 CFD 校驗分析，包括：穩態通道入口流量分布、暫態入口平均溫度及爐心入口限流孔壓差等；並進行核一廠飼水喪失加熱的溫降評估，與起爐測試結果進行驗證，亦僅有 0.8 °C 差異。最終之全爐心燃料通道熱限值計算結果，除了可以瞭解次冷度增加類型之暫態實際影響燃料入口溫度分布程度外，更可以完整擷取所有通道熱限值變化分布圖譜，確認核一廠 FSAR 之 LFWH 暫態分析使用的 100 °F 假設是否足夠保守，可以涵蓋真實爐心內任何一個通道所經歷的熱限值變化數值。相關的結果有助於管制單位了解核一廠爐心相關設計假設，是否足夠保守(分項一)。
2. 完成「Probabilistic Tsunami Hazard Analysis - Application to Maanshan Nuclear Power Plant in Taiwan」期刊論文，本論文目的在於提出本計畫機率式海嘯危害度評估分析方法建立成果。機率式海嘯危害度分析的方法應用，其重點在於知識不確定性(Epistemic uncertainty)與隨機不確定性(Aleatory uncertainty)的探討及量化。本計畫考慮海溝震源的震源參數不確定性，以及透過實際海嘯波的觀測，進行波傳不確定性的量化工作，結合邏輯樹的海嘯情節發展，進行多次海嘯分析，最後獲得機率式海嘯危害度曲線。研究成果可供台電公司或管制單位參考。於各核設施之應用時，可進一步進行地震參數研究、海嘯波傳不確定性評估，結合此方法獲得評估結果，可作為防海嘯設施之設計依據(分項一)。
3. 完成「Near-Surface Attenuation and Velocity Structures in

Taiwan from Wellhead and Borehole Recordings Comparisons」期刊論文，本論文目的在於探討近地表的震波衰減特性，並提出台灣的速度構造模型，以供地震危害度分析之用。本研究蒐集國內井下地震儀觀測資料，進行頻譜比(Spectral Ratio)分析比較，進而評估 P 波與 S 波之速度構造模型，結果除可供地震危害度的衰減律設定使用，亦可提供場址效應評估之參考(分項一)。

4. 完成「Low Temperature Over-pressurization Analysis for Maanshan PWR Plant」期刊論文，本論文之目的為考慮壓水式反應器運轉在低溫狀態時，反應爐壓力槽腹帶區金屬材料處於較低溫條件，承壓能力較弱，受壓時容易脆化，威脅到反應爐壓力槽結構的完整性；為確保反應爐壓力槽的完整性，電廠之運轉技術規範訂定有壓力-溫度限制曲線，且在低溫運轉時之壓力限值較低，較嚴苛。為符合此較低之壓力限值，設計上裝置有低溫過壓保護系統，透過低溫時調壓槽動力釋壓閥(PORV)的開啟設定點自動設定在較低的方式，達到萬一發生過壓暫態時反應爐冷卻水壓力不會超過限值的目標。本研究使用 GOTHIC 程式，建立核三廠低溫運轉熱水流模式，發展一套獨立之低溫過壓 PORV 開啟之設定點分析方法，以供後續可能之電廠變更涉及壓力-溫度限制線重訂時，應用於低溫過壓保護系統設定點調整之決定，本研究屬新技術開發，同時亦提升熱流分析技術與能力(分項一)。
5. 完成「Numerical study on hydrodynamic and thermal characteristics of spent fuel pool」期刊論文，本論文目的為用過核子燃料池的流場與溫度場特徵研究，結果顯示空氣自然對流受用過核子燃料加熱，其流動為 z 方向的速度所主導，流動的方式為沿著燃料束的外圍通過燃料池。此外，燃料池的溫度場顯示燃料束之最高溫度，會出現在距離燃料棒底 2.5 至 3.0 公尺的區域，為了維護用過核子燃料池的安全，核能電廠有必要專注監視此燃料束之高溫誘發區域。研究成果可供台電公司或管制單位參考(分項一)。
6. 完成「替代輻射源項法規研究」研究報告，U.S. NRC 於 1999 年頒布 10 CFR 50.67，並於 2000 年發行伴隨之 RG 1.183，此兩份文件為執行替代輻射源項(Alternative Source Term, AST)分

析之基礎，本報告透過研讀 10 CFR 50.67 與 RG 1.183，整理相關內容，包括 AST 於 DBA(Design Basis Accident, DBA)之輻射劑量分析時須符合的劑量限值、AST 的適用性與要求事項、AST 的執行方式與執行範圍及各個設計基準事故的 AST 分析方法等，提供未來國內電廠使用 AST 分析技術之參考，並強化未來建立各核電廠替代輻射源項分析模式之能力(分項一)。

7. 完成「FHA 設計基準事故輻射源項計算方法研究」研究報告，核電廠使用 AST 分析方法之主要目的為進行廠外(如禁制區邊界與低密度人口區)或廠內(如控制室)之輻射劑量分析，確認電廠之劑量評估結果符合法規之要求，而輻射源項分析為劑量分析之上游，分析結果為輻射劑量分析之輸入數據。本報告目的為建立 FHA 設計基準事故輻射源項計算方法，使用 ORIGEN2 程式計算之各電廠的爐心活度盤存量，再依據 RG 1.183 所列之 FHA 的相關分析要求及電廠數據，進行 FHA 輻射源項計算，其分析結果可作為未來 FHA 設計基準事故輻射劑量分析之輸入數據，強化替代輻射源項分析方法之基礎技術(分項一)。
8. 透過日本福島核子事故調查報告，了解健康風險評估是由下列四個步驟所組成：危害辨識 (hazard identification)、劑量與反應關係研究 (dose-response relationships)、曝露評估 (exposure assessment)和風險描述(risk characterization)，透過健康風險的研究結果，可以更了解該事故對受災民眾的影響，完成「核子事故民眾劑量風險評估方法研究，INER-13471」研究報告。同時分析車諾比事故及福島事故後，相關地區人群身體健康調查結果，完成「輻射生物效應與國際核事故健康風險研究現況分析研究，INER-13545R」研究報告(分項一)。
9. 於 5 月 25 日由核研所國家游離輻射標準實驗室舉辦輻射偵檢儀器校正能力試驗總結研討會，本次能力試驗共邀請台電公司放射實驗室、核一廠、核二廠、核三廠與核研所保物組、偵測中心及清華大學等受測機構參與，而主管機關原能會輻防處與物管局亦派員出席，共約 67 人參與研討。本次試驗目的在於：(1)確保各檢測機構之輻射偵測儀器是否運作正常；(2)增進操作人員對儀器使用之熟練度以及技術交流，並作為後續申請實驗室認證/展延時的能力依據(分項二)。

- 10.以無機聚合物來固化 12wt%模擬廢樹脂之成果，撰寫會議論文“The Pretreatment and Immobilization Test on The Greater Than Class C Spent Ion Exchange Resins from Taiwan Research Reactor”，發表於美國鳳凰城召開之 2017 Waste Management 國際研討會。該研討會為全世界核能界的重大盛事之一，每年舉辦一次，會議的宗旨是促進核能技術的交流，藉由各國的核能相關管理經驗與技術發展作為借鏡，值得國內相關單位放射性廢棄物管理之參考，可望提升我國未來進行核電廠除役及放射性廢棄物處理能力(分項二)。
- 11.於 5 月 22-26 日派員參加假新竹清華大學召開之第四屆兩岸核電放射性廢棄物管理研討會，並發表「核能研究所低放射性廢液處理實績」論文。藉由參加研討會並發表論文，以瞭解兩岸在處理放射性廢棄物之技術進展、差異及趨勢(分項二)。
- 12.「Treatment of Ion Exchange Resins by High Concentration of Fenton's Reagent」，投稿於 Journal of Nuclear Materials。本研究利用高濃度雙氧水(10~50%)直接與亞鐵催化劑作用產生放熱反應及高氧化能力之氫氧自由基，提昇離子交換樹脂氧化分解效率，並減少外加液體量，以達處理產物減廢目的(分項二)。
- 13.於 11 月 11-12 日派員參加假台灣大學召開之第 18 屆海峽兩岸環境保護研討會，並發表「低放射性廢棄物焚化爐安全管理」論文。藉由參加研討會並發表論文，以瞭解兩岸在處理環境保護之技術進展、差異及趨勢(分項二)。
- 14.投稿「EGFR-targeted micelles containing near-infrared dye for enhanced photothermal therapy in colorectal cancer.」論文於 Journal of Controlled Release 期刊(Impact factor= 7.786)，已獲刊登。本論文是利用具 EGFR 標的性微胞包覆光感藥物可做為癌症光熱治療之有效劑型，論文內使用花青染料為光熱治療光敏劑，藉由放射同位素標誌達到藥物與載體在體內分布分析，也可藉由核醫影像與近紅外螢光影像達到腫瘤造影的目的，論文結果作為多功能探針發展的參數參考依據，加速腫瘤探針研發速度(分項三)。
- 15.投稿 2017 年世界分子影像研討會(WMIC)壁報論文，題目為「Theranostic probe (177Lu-DOTA-NIR790) for Multimodality

imaging, radiotherapy, and photothermal therapy of cancer」。該研討會為全世界醫學影像的重大盛事之一，每年舉辦一次，會議的宗旨是促進醫學影像技術的交流，藉由各國的分子影像上的經驗與技術發展的交流，了解醫學影像上國際發展的趨勢，藉此提升我國核醫影像技術的國際競爭力。此篇論文探討以花菁染料(Heptamethine cyanine dye)為主體的多功能腫瘤影像診斷與治療探針，作為近紅外螢光腫瘤造影劑，同時可將其標誌放射性同位素 Lu-177，以單光子射出電腦斷層(SPECT)造影來監測藥物傳輸與活體內分佈的狀況，藉此可合併近紅外螢光與核醫影像來早期診斷與治療癌症，相關研究另於 2017 年歐洲核醫學會年會(2017EANM)發表一篇壁報論文，題目為「Theranostic probe Lu-177-DOTA-NIR790 for multimodal diagnosis and therapy of cancer」(分項三)。

16. 應用層析質譜分析技術於藥物成分含量及衍生物鑑定，包括前驅原料純度品質檢驗及雜質身分鑑定，找出雜質來源或成因、品管檢驗、藥物降解變質因素及降解產物研究、藥物製程衍生物分析鑑定，藥物保存條件及安定性試驗，以改善藥物品質。應用於生物代謝系統中藥物代謝物分析鑑定，了解藥物與生物系統之互動，對於藥物應用代謝效應與對策等貢獻。發表 4 篇國際期刊文章(分項三)。
17. 發表論文「Preliminary Results of a Cardiac PET / SPECT Imaging Detector with an Inverse-signal Suppression Readout Electronics」至國際會議 2017 ISNCNO (International Symposium on Nuclear Cardiology, Neurology and Oncology in the Era of Precision Medicine)獲接受，並以壁報形式發表。本文以實作整合二階段反向過濾功能之矩陣式偵檢訊號讀取電路，並與成像偵檢器連結實測該設計效用，初步驗證該過濾設計確可改善實際偵檢器之成像訊號；本研究解決光電矩陣大通道數量減併問題，確保本所在高解析度放/輻射成像探頭方面，具備依需求設計製作任意幾何的能力，以滿足未來研發與商業化任務(分項三)。
18. 於 5 月在亞洲核醫學術論壇(ANMAF)會議之核醫醫材領域，發表研發成果「The Influence of Simplifying Readout on Intrinsic Spatial Resolution of a SiPM-based Monolithic

Scintillator Detector」。目前以單晶塊閃爍偵檢器研究為趨勢，然此類偵檢器之訊號讀出數目較傳統偵檢器為多，使電路製造成本上升，故本文章探討偵檢器簡化訊號讀出數目對成像品質的影響程度，以找尋訊號讀出數目與成像品質間的取舍範圍，初步結果說明在減少原有一半之讀出訊號仍可維持與原來相近成像品質，可提供核醫電子電路開發設計時成本與成像品質間的考量，並建立單晶塊偵檢器技術基礎(分項三)。

- 19.2017 年 4 月，在國際會議 2017 ISNCNO (International Symposium on Nuclear Cardiology, Neurology and Oncology in the Era of Precision Medicine)，發表「Evaluation of optimal imaging parameters for INER BreastPET of clinical trials」；探討造影時間、影像重建次數等參數對核醫影像品質之影響，有助於本所開發之核醫造影儀之臨床使用最佳化(分項三)。
- 20.完成「SiPM 成像偵檢器讀取電路信號改善」研究報告(INER-OM-2227H)，介紹成像偵檢器讀取電路相關研究，成像偵檢器為核醫影像器材偵測影像之核心基礎，SiPM 為其關鍵元件，而傳統讀出電路用於 SiPM 易產生反向信號的干擾，本研究採二極體式改良電路，提升訊雜比可使影像品質獲得提升，相關結果提供本所影像醫材之讀出電路建立相關技術基礎(分項三)。
- 21.完成「六十四通道感測器讀取板設計製作」研究報告(INER-13475H)，發表多通道成像偵檢器讀取電路相關研究，以矽基光電倍增器當作感測元件，再使用商用類比數位轉換模組，並設計製作電路。本報告以調控商用模組與電子電路參數來建立多通道感測器操作技術，其相關實驗與技術經驗將可提供本所核醫、放射領域技術基礎建立(分項三)。
- 22.投稿「Secondary neutron ambient dose equivalent measurement of wobbling system of a proton beam radiotherapy facility」論文於 Radiation Physics and Chemistry 期刊(Impact factor= 1.315)(INER-13349)，本論文目的為評估質子放射治療擾動式掃描系統之二次中子周圍等效劑量評估，研究成果為台灣首部高能量質子放射治療之環境輻射劑量評估，主動式中子偵檢器度量之結果可作為環境劑量評估相關研究

之參考(分項三)。

23. 完成「陣列式光源造影成像系統安裝標準作業程序」研究報告(INER-SOP-0635H)，回顧陣列式光源學術與臨床研究及應用之國際趨勢，建立新型造影技術之研發能量基礎，光源與造影系統標準安裝作業程序完成報告撰寫(分項三)。
24. 完成「能階式材質分辨演算法開發與模擬效能評估」研究報告(INER-13329H)，為能階式材質分辨演算法效能模擬評估研究，結果可作為未來評估材質解析精準度與硬體成本權衡之參考指標(分項三)。
25. 完成「閃爍光放射成像蒙地卡羅模擬平台之延伸應用研究」研究報告(INER-13518H)，奠基於原有閃爍光放射成像模擬平台，增加高能量荷電粒子模擬的模組，將基本成像系統建置、測試、數據驗證等技術建立，使模擬平台能夠評估高能量荷電粒子及粒子與物質作用產生的二次粒子，支援近年來國內熱門研究主題如核電廠除役、高放射性物質偵測、質子治療與重粒子治療等(分項三)。
26. 利用倒傳遞神經網路監測濺鍍系統之鍍率，以線上量測的穿透光譜搭配已知的鍍膜厚度訓練神經網路，使其具有依據線上光譜推測鍍膜厚度的能力，可在製程階段即時得知當前鍍率，並成功地應用於快速量測各種鍍膜參數對於鍍率的影響。
「Real-time Deposition Rate Monitoring of a Roll-to-Roll Magnetron Sputtering System via Artificial Neural Networks」陳○○，吳○○，發表於 Hong Kong International Conference on Engineering and Applied Science 國際研討會(INER-12978；2017/1/9) (分項四)。
27. 以類神經網路即時監測濺鍍系統之鍍率，作為調整鍍膜參數的參考，該技術後續成功地應用於控制卷對卷濺鍍系統，以反饋方式穩定鍍膜品質。「Applying Artificial Neural Networks to Monitor Deposition Rate of Roll-to-roll Sputtering System in Real Time」陳○○，吳○○，發表於 Asian Journal of Applied Sciences, vol. 5, no. 2, pp. 232-238 (2017/04/22) (分項四)
28. 利用理論模擬光譜訓練類神經網路，使其能依據鍍膜系統中所量測之穿透光譜進行即時膜厚估計，藉以診斷鍍膜飄移狀況，此研究關鍵在於將理論模擬光譜模糊化，使利用模擬光

譜訓練監測系統中的類神經成為可能，藉以取代利用實際量測光譜訓練，大幅縮短建立訓練用資料庫的時間並節省鍍製訓練用樣本材料。「Applying Theoretical Spectra to Artificial Neural Networks for Real-time Estimating Thicknesses of Thin Films thickness」吳○○，陳○○，曾○○，謝○○，發表於 Optical Engineering, vol. 55, no. 12, pp. 125106 (INER-13005；2017/2/6)(分項四)

29. 針對電致變色元件技術研發成果，受邀於 6/26~6/30 韓國 2017 Collaborative Conference on Materials Research (CCMR2017) 國際研討會發表「All-solid-state metal-oxide thin film devices fabricated with the plasma coating technology」成果演講(分項四)。
30. 針對新穎電弧電漿技術應用於電致變色元件薄膜製程，於 3/1~ 3/5 日本 ISPlasma 2017/IC-PLANTS2017 國際研討會發表研發成果論文「The ion conductor layer fabricated by high deposition rate and low-cost cathodic arc plasma technology for all-solid- state electrochromic devices」(分項四)。
31. 全台唯一完成全固態薄膜鋰電池元件之製作，運用電漿技術層層堆疊在可撓式不銹鋼基材上面，並完成可撓式薄膜全固態鋰電池元件(SS/LiCoO₂/LiPON/Li)之製作及其基本電化學測試。並將研究成果「Bendable and flexible all-solid-state thin film lithium batteries」投稿並發表於 The 4th International Conference on Powder Metallurgy in Asia, APMA-2017 國際研討會(2017/4/9~2017/4/11) (分項四)。
32. 藉由低成本電弧電漿源技術開發固態電解質，可提升元件具有快速上退色之能力:電弧電漿源所沉積氧化鈮薄膜具有孔洞結構易提升離子遷進、遷出之能力。完成一系列氧氣和氫氣比例對氧化鈮薄膜性能之影響並得到離子電導值(3.5×10^{-6} S/cm)，使整體元件退色僅 8 秒可完成可見光變化率達 61.5%(@ 550 nm);上色時間僅 10 秒可完成可見光變化率達 50%(@ 550 nm)，具有快速上退色之能力，相關研究成果「Inorganic-solid-state electrolyte layer deposited by cathodic arc plasma for rapidly switching electrochromic device」於國際知名期刊 American Institute of Physics (AIP) Conference

Proceedings, vol. 10, pp. 030041 - 030045, 2017 刊登(分項四)。

- 33.超臨界流體鈍化技術提升光電元件特性:應用傳統超臨界流體技術所具有的高穿透特性，導入水氣於光電薄膜中，藉由水氣的氧化效應，於低溫(處理溫度 $<150^{\circ}\text{C}$)下完成光電薄膜材料界面缺陷的修補鈍化，同時提升元件之短路電流及開路電壓特性及薄膜太陽能電池元件之光電轉換特性。相關研究成果「Super Critical Fluid Technique to Enhance Current Output on Amorphous Silicon Based Photovoltaic」刊登於國際知名期刊 IEEE ELECTRON DEVICE LETTERS, vol.38(10), p.1041-1404, 2017(分項四)。
- 34.低成本電弧電漿源技術開發固態電解質技術，可提升元件具有快速上退色之能力，於 5/24~ 5/28 北京化學材料與程序處理國際研討會發表研發成果論文「Inorganic-solid-state Electrolyte Layer Deposited by Cathodic Arc Plasma for Rapidly Switching Electrochromic Device」(分項四)。

二、技術創新(科技技術創新)

1. 完成「龍門電廠 MAAP5 程式 URG 參數檔建立計算書」，依據斷然處置策略精神，將 MAAP5 程式中有關反應爐降壓、爐心注水系統與圍阻體排氣之相關參數，根據 PSAR 進行比較驗證，確認程式模擬與電廠在斷然處置策略下的各種狀態具參考意義。對於電廠在超過設計基準之複合式災害之處理應變策略的研究上，有顯著的幫助，因此，在核能安全、國內能源供應自主性上甚有助益(分項一)。
2. 完成「BWR 核燃料束軸向濃縮度分布設計自動化系統」，本系統的特色為(1)採用區塊座標下降法(block coordinate descent method)在濃縮度差參數的空間中搜尋最佳解，(2)使用 scoping library 以減少 CASMO-4 晶格計算的次數，(3)整合爐心臨界限制條件於軸向濃縮度分布最佳化的搜尋。將此自動化系統應用於軸向 4 分區的濃縮度分布設計證實此系統在滿足所有爐心設計限值的前提下具有改進熱限值餘裕及目標函數值的能力。與窮盡搜尋法的結果比較亦顯示此自動化系統可以找出接近最佳解的軸向濃縮度分布，但在搜尋效率上則較窮盡搜尋法有大幅的改進。本系統的設計可同時兼顧核

燃料使用的經濟性與安全性，有助於提升國內核燃料中子設計的技術水準(分項一)。

3. 完成「On Numerical Analysis of Thermal Characteristics of Nuclear Power Plant Spent Fuel Repository」，本論文使用計算流體力學(CFD)分析，應用於用過核子燃料於最終處置場之熱傳分析，其計算結果與瑞典之報告進行比對，結果相近，可用來佐證 CFD 再地下處置場之應用的正確性，另外，CFD 可以使報告中之方法更容易在模型的變更及邊界條件的改變進行模擬，並可以做為未來在地下處置應用時設計變更之參考依據，使設計更優化(分項一)。
4. 「被動式重力補償裝置」係利用配重、彈性體或其它可貯能裝置，在不考慮摩擦及其它可能產生損耗的情況下，使機構系統內的總能量維持不變，減少致動器為補償機構在不同姿態下的重力位能變化所需之輸出。自行研發「可調式自重平衡機構」，利用可變彈性係數的彈性體(由可變內壓的氣壓缸或可變楊氏係數的材料所構成)，使機構在一定的負載範圍內，不論其姿態如何的變化，系統內的總能量仍可維持不變，達成重力補償的目的，並將運用在未來反應器內部組件切割用設備。目前申請中華民國與美國專利中(分項二)。
5. 場址水文地質建立裂隙岩體與自由含水層流體傳輸評估技術，與 3 維高精度地質建模技術開發(分項二)。
6. 「取出重砂屏蔽桶 Mo-99 放射性廢液之裝置」獲得我國發明專利第 I525640 號，本發明係在屏蔽套手箱中將貯存於屏蔽桶之高活度 Mo-99 廢液安全地取出，並應用此專利於處理貯存高活度含有機廢液的取出作業程序。「Mo-99 放射性廢液之處理方法」獲得我國發明專利第 I537981 號，本發明係在處理 Mo-99 放射性廢液程序上，應用此專利的處理方法於高活度含有機廢液處理程序上，能有效將高活度廢液之放射性核種去除(分項二)。
7. 發展廢離子交換樹脂所需的安定化技術，設計「將離子交換樹脂氧化降解之方法及其裝置」，申請中華民國發明專利(申請案號 106130195)及美國發明專利(申請號碼 15/706,914)。本技術為提昇舊有技術之效率，係利用一種流體化床反應之化工程序將離子交換樹脂氧化降解之方法，利用流體使反應器內

之離子交換樹脂達流體化均勻混合狀態，且使氧化劑與觸媒在反應器內部以高濃度接觸反應物(離子交換樹脂)，利用氧化放熱之原理維持反應速率，並藉由熱交換器將反應環境控制在 50~90 °C，使整個氧化反應維持在高效率與易操控之狀態下進行，並具有節能與降低二物廢棄物產生(分項二)。

8. 一貯庫 28 箱(151 桶)與 020 館(31 桶)超 C 類廢棄物整檢作業，配合 ISO-CART 整桶檢測 55 加侖桶內廢棄物之 TRU 核種活度，確認 55 加侖桶內廢棄物之分類(超 C 類與非超 C 類)技術，大幅面減少取樣分析人員接收劑量與活度分析樣品溶解前處理的耗費時間(分項二)。
9. 開發最佳的配比與製作程序，使混凝土容器能滿足貯存/處置放射性廢棄物的嚴格需求，其製程要件「低放射性廢棄物處置容器之脫模方法及其模具結構」，申請中華民國發明專利，申請案號：106130853，申請日期：2017.09.11。本發明係關於一種低放射性廢棄物處置容器之脫模方法及其模具結構，其係在製備低放射性廢棄物處置容器時，使用具有可注入冷凍劑之結構之模具。藉由冷凍劑，使得模具當中的內殼體經熱脹冷縮，而減少混凝土對內殼體表面吸附的影響，因而使低放射性廢棄物處置容器成品脫離，達到脫模之目的(分項二)。
10. 建立新一代液體靶技術，以鈹銀濺鍍靶為靶體主要材質，經過高能質子束照射，最高照射劑量可達 100 微安培，提高靶體之質子照射耐受度，生成氟-18 離子由 2 居里提升至 2.2 居里。產製之氟-18 離子，應用於氟-18 置換氟-19 氟化芳香環化合物研究，於毫克級前驅物反應狀態下，生成氟-18 反應產物，使原來不易以氟-18 離子取代反應生成之產物，具備以置換反應生成的能力(分項三)。
11. 建立穩定同位素靶物質電沉積靶之氫化燒結設備，並以穩定同位素電沉積後之氧化物經氫化燒結後，發現穩定同位素氧化沉積物之表面發生變化，說明穩定同位素之氧化物受到氫化進行加氫作用，有助於氧化物之還原成金屬態元素(分項三)。
12. 進行微電流體同位素分離單元之設計與製作，以導電性碳元素為核心，自製微電流體元件，並進行微流體輸送載具之組

合與電動控制測試(分項三)。

- 13.申請多模組腫瘤診斷與治療探針之中華民國專利，建立多模組腫瘤診斷與治療探針(DOTA-NIR790)反應與分離純化方法，與應用範圍(分項三)。
- 14.完成多鏈葡萄糖腫瘤造影劑合成製備、標誌及生物特性研究，結果顯示腫瘤有明顯攝取，具潛力成為腫瘤造影劑，並完成中華民國專利申請(分項三)。
- 15.提出造影劑前驅物及其製備方法之美國專利申請，係建立製備 DOTA-NI 之反應與分離純化方法，可應用於缺氧組織之核醫造影劑領域，已獲得申請案號 15/397,998(分項三)。
- 16.提出造影劑前驅物 S-Bz-MAG3 製備方法之中華民國專利申請，係提供一種製備雙功能螯合劑 S-Bz-MAG3 之合成方法，可有效地與 99mTc 及 186/188Re 架接，應用在腎功能核醫影像與腫瘤放射治療上，已獲得申請案號 106134826(分項三)。
- 17.提出 NOTA 衍生物之製備方法之中華民國專利申請，係提供一種簡易合成 Linker NOTA 大環之合成技術，已獲得申請案號 106137128(分項三)。
- 18.完成 F-18-HDACi-INNER1577 系列衍生物標誌技術之建立與專利申請案 2 件(分項三)。
- 19.完成頂空氣相層析方法用於藥物製程中殘留有機揮發物含量分析、感應耦合電漿質譜用於藥物製程殘留金屬分析，以及元素分析用於固態凍晶製劑樣品中敏感物質含量檢驗與製程之均一性驗證，解決層析分析法之藥物溶解即刻變質無法分析之困難。層析質譜用於複雜成分中微量藥物衍生物分析鑑定(分項三)。
- 20.高效能醫用影像處理技術開發：為取得高精確度的重建影像，本所開發之 X 光有限角度影像重建運算使用精細複雜的演算法，因此，伴隨著冗長的運算時間，繼續將本所開發之 X 光有限角度影像在重建運算中，所致之極大量迭代運算部份，進行 GPU 大量平行化加速修改並有效減少運算時間後，再透過最佳化與 Multi-GPU 技術建立與應用，進一步減少運算時間，以提昇商品化的可能性(分項三)。
- 21.能階式探頭之光子作用位置辨識技術實測與驗證：本研究利

用建構一照射系統，藉由不斷修正改進實驗參數，收集足夠的實驗數據並輔以適當的資料過濾方法與均勻度校正，最終完成以 MLE 法為基礎所開發的光子作用位置辨識演算法，所能達成的解析度之驗證(分項三)。

22. 能階式放射影像處理技術：完成偵檢面積為 $5 \times 500 \text{ mm}^2$ 之雙能階影像擷取程式開發，經測試可成功擷取低能量與全能量之 X 光投影影像。並開發適用於 2D X 光影像之材質辨識演算法，該方法無需進行 X 光能譜與偵檢器響應函數之複雜量測作業，初步數值模擬測試結果已達成國際水準。該技術不僅可用於醫學領域，亦可應用於工業檢測與行李安檢等領域，搭配相關影像處理技術，可提升目標材質辨識率(分項三)。
23. 完成中華民國發明專利「造影系統與造影方法」之申請(申請號：106136555)，建立以有限角度掃描方式，提升能階式 CT 能階數之技術，在不增加硬體成本情況下可改善材質解析精準度(分項三)。
24. 完成中華民國發明專利「加馬入射事件發生三維位置與能量之辨識裝置及方法」之核駁、資料蒐集與抗辯，正式通過專利局核可並核發證書(證號：TW I571243)。此發明能夠有效可解決現商用產品的視差問題，同時兼具低成本的優勢，大幅提升本所在核醫影像醫材市場的競爭力與技術門檻的保持(分項三)。
25. 完成中華民國發明專利「可辨識 X 光能量之影像偵測裝置」申請(申請案號：106136556)，此發明可辨識不同 X 光能量之影像，與其他類似技術相比製作成本較低，可增進本所放射影像醫材技術能量(分項三)。
26. 應用 3D 列印技術於人工眼角膜開發：擴展輻射照射的在醫材開發的應用層面，進行生物可分解性材料裂解或提升分解度和滅菌效果。篩選以生物可分解性材料在生醫材料應用的範圍內提供多一項選擇，做為細胞和藥物的基材(載體)，作為可結合或植入活體系統中，以提供因子、取代或修補活體組織(分項三)。
27. 「卷對卷模組化電漿複合製程設備」取得中華民國專利發明證書第 I565820 號，本發明提出一種卷對卷模組化電漿複合製程設備，具有電弧電漿源及磁控濺射電漿源，可進行連續式

可撓式基材真空薄膜鍍膜等相關製程，且各製程腔體採模組化設計，可針對應用進行不同的組合搭配，將不同膜層以一次或相對較少次數完成製程，可有效提高產能、降低成本、進而增加產品競爭力。有利汽車、家居高性能貼膜普及化，已積極進行專利佈局(分項四)。

28. 針對電致變色元件於光電元件之應用佈局之中華民國專利「全固態電致變色光圈裝置及其製造方法」(申請號: 104129683)已通過專利局審查通知獲証，可應用於消費型電子產品所使用之相機上，可取代傳統機械光圈結構有效減輕產品重量及縮減體積，滿足未來消費型電子產品輕、薄的發展趨勢(分項四)。
29. 針對全固態薄膜電池元件製程開發，提出「雙面式全固態薄膜鋰電池及其製作方法」，可以再將薄膜電池元件其能量密度在提升一倍以上之新穎全固態薄膜電池結構。中華民國專利核准領證，發明第 I577072 號(分項四)。
30. 研發高分子固態薄膜電解質，開拓製程成本較低的全固態薄膜電池元件製程開發，提出「一種快速成膜製備全固態電池之柔性固態電解質薄膜的方法」-(美國專利)-申請號 105133327(分項四)。
31. 研發混成系統固態電池技術，可在室溫使用之高電容量混成全固態電池結構及其製作方式。運用有機聚合物與無機固態陶瓷電解質混成的概念，來開發新世代的固態電解質。將液態或膠態的有機聚合物，包覆在具高離子傳導性的無機固態陶瓷電解質中，利用物理或化學聚合製成混成結構固態電解質。提出「全固態電池、混成結構固態電解質薄膜及製備方法」-(日本專利)-申請號 2017-216994 (分項四)。
32. 電弧電漿應用於節能膜低溫製程技術為國內外首創，本所今年度經由模擬、製程實驗及光譜量測驗證，突破技術障礙已克服製程長時間溫度過高及穩定性二大問題，目前可連續製鍍 500 米 7 層頂級節能膜，在可見光穿透率 60~70%情境下，紅外光反射率可達 90%，性能與現有市售歐、美、日頂級產品並駕齊驅，達成自主創新開發之新典範(分項四)。
33. 積極專利佈局電弧電漿鍍製金屬氧化物技術，以自行開發新型電漿設備沉積大面積之產業需求，掌握製程條件與穩定性

技術，具市場競爭之優勢：已獲電致變色裝置之製備方法，中華明國專利核准領證，發明第 I604254 號。、電致變色裝置之製備方法(美國專利)--申請號:15/670,149、氣體感測裝置及其製作方法- 申請號 106136214。(分項四)。

- 34.結合薄膜光學與類神經網路理論，建立一個快速準確量測薄膜厚度的方法。以光學理論建立大量的光譜資料供類神經網路學習，再由訓練完成的類神經依據光譜儀所擷取的實際光譜推測薄膜厚度，應用於卷對卷度膜系統中即時監測，其運算時間小於 100 ms。本技術以修飾訓練資料的方法，克服光譜差距所引起的測量誤差，有效提升類神經對於薄膜厚度估計的精準度，使類神經應用於量測薄膜厚度成為可行，以 10 nm 的銀薄膜為例，其計算誤差約 0.5%。此獨有的即時量測膜厚技術，與目前市面上的商業產品相比具有更快速、更精確等特性，除相當適合光學鍍膜製程的即時監控外，亦可應用於半導體製程產業，相關技術產品化之中華民國專利已於 10 月 20 日委由專利事務所送件申請(申請案號：106136218)，另外，美國專利申請案目前在專利事務所進行中(分項四)。
- 35.電漿鍍膜本質摻雜技術突破：本發明提出一快速鍍製摻雜型金屬氧化物薄膜之製作方法，藉由電弧電漿鍍膜技術鍍製金屬氧化物薄膜時所伴隨產生的電子加熱陽極現象，提供同時蒸鍍低熔點金屬的功能，達成低熔點金屬可於製程中直接摻雜金屬氧化物及化合物的要求，提供電化學元件之薄膜製程應用，有效降低整體電化學元件的生產成本及提升特性。本項技術已申請 2 案專利，分別為電化學元件之製造方法(中華民國專利申請號:106130039)及美國專利 METHOD FOR MANUFACTURING ELECTROCHEMICAL DEVICE (申請案號：15/812,162)(分項四)。

三、經濟效益(經濟產業促進)

1. 於 105 年 4 月與台電公司簽訂「台灣電力公司核能電廠焊道覆焊技術服務(第四期)」計畫，簽約金額新台幣 2.94 億元。執行核一廠、核二廠及核三廠於 9 次大修期間實施管路銲道覆銲預備合約。大修時，若核一廠及核二廠於反應爐再循環冷卻水系統之相異金屬銲道/沃斯田鐵不銹鋼銲道或核三廠反應

爐熱端管嘴檢測上發現裂痕指示(indication)時，若經評估必須執行覆鍍修理，則需依照相關法規規定進行覆鍍修理作業。完成修理作業後須進行覆鍍結構完整性及覆鍍後殘留應力分析，以確保核能電廠經停機大修後能安全啟動及運轉(分項一)。

2. 執行 TRR 設施除役計畫作業，需長期投入勞務人力，依照本所發展的工法及程序書，執行核設施除污、拆除及廢棄物檢整處理、混泥土廢棄物及金屬廢棄物除污等作業，在本所工作人員之外，另促進其他所外單位人員就業機會(分項二)。
3. 完成放射性污染廢金屬 35.4 公噸偵檢、篩選及分類處理經保物組解除管制量測實驗室鑑定認可，均符合外釋標準；依據 106 年 3 月 14 日原能會會研字第 10600032461 號令修正發布後之核能研究所規費收費標準，金屬類處理貯存(每公斤 485 元)及最終處置費用(每公斤 315 元)，合計每公斤 800 元估算，可節省後續管理費用 2,832 萬元(分項二)。
4. 利用移動式超鈾活度量測系統，完成本所存放之超 C 類廢棄物的量測及相關研究，本作業已大幅度降低核種分析的時間、量測費用與人員風險，並得以透過後續之減容處置，來有效增加本所貯存空間，並減少衍生之儲存成本，而相關研究報告亦可作為類似作業之借鏡，使所內資源達到有效利用(分項二)。
5. TRR 設施除役為國內核子反應器除役先驅，除役執行至今超過十年，累積豐富除役經驗及建立相關技術，除有效降低處理成本，並可為後續國內核電廠除役之基石，提高未來除役經濟效益(分項二)。
6. 建立濃縮廢液固化程序，其中水泥系固化劑含有抗鹽性增稠礦物摻料 palygorskite，可有效解決濃縮廢液水泥漿體中水漿相分離問題；與原固化流程控制計畫書比較，可減少固化劑用量約 24 wt%，固化劑成本低，接近於波特蘭水泥，約為原固化劑成本 1/8(分項二)。
7. 傳統鐵離子溶液作為催化劑，經濕式氧化後產生大量的濕性污泥，後續須以額外設備處理污泥，如分離、脫水、烘烤及安定化等複雜程序，而增加處理時間及成本。本所研發之觸媒已獲美國專利，係固態粉末型態之異相觸媒，反應後無任

- 何污泥產生，且可利用其磁性特性與廢液分離、收集及再利用，突破傳統技術之缺點，可提供業界處理廢水之參考(分項二)。
8. 持續開發廢活性碳最適處理技術以應用於本所目前積存之 8,300 kg 廢活性碳，及降低本所該類廢棄物之庫存，確保環境之永續發展(分項二)。
 9. 與技術授權廠商簽定「低放射性廢棄物高性能混凝土處置容器(HPCC)商業量產標準作業程序建立與精進」技術服務案合約，協助其順利完成核二廠 400 只 HPCC 製造訂單，為國內耐 100 年 HPCC 商業量產首例(分項二)。
 10. 研發之「應用於核能放射性廢液處理之高效能顆粒化無機材質吸附劑」獲台灣化學科技產業協進會(TCIA)舉辦「2017 年度化學科技產業菁英獎」評選活動之產品創新獎(分項二)。
 11. 協助 TRODAT-1 原料藥製程改良及技術包裹移轉予廠商。協助本所核醫藥物製藥品管檢驗，以生產供藥(分項三)。
 12. 連續式影像感測器相關技術與應用是為輻射影像市場產品未來應用中一個重要的趨勢，國際上處於技術研究正逐漸成長中，故建立相關技術基礎與規劃布局，有助於國內產業跨入此領域時掌握關鍵技術與市場布局之先機(分項三)。
 13. 應用 3D 列印技術於人工眼角膜開發：作為新劑型的眼部藥物或是細胞載體，可縮短眼部藥物/人造器官組織開發時間與花費的經費(分項三)。
 14. 東○公司節能膜技轉案以獨特電弧電漿結構，完全克服全球主力磁控電漿製鍍氧介電膜不穩定之罩門，系統單純化，製程簡易化，良率輕易掌控。本技術使整體製程單純化，可協助廠商產業昇級，大幅降低成本，帶動國內節能薄膜產業市場，有利建築物、汽車高性能隔熱膜貼膜普及化，協助節能政策推動(分項四)。
 15. 運用低成本、高量產速率之電弧電漿鍍膜系統開發之大面積 NiO 及 WO₃ 電致變色(EC)薄膜電極技術，可有效提升電致變色膜之變色速率，上退色時間小於 10 sec，此技術與汽車的電致變色(EC)後視鏡及照後鏡之製造商力○○公司簽訂技術服務案，簽約金 50 萬元。目前雙方緊密配合，積極導入汽車天窗市場及智慧綠建築的變色窗，再推廣至智慧生活領域(分項

四)。

16.106 年 1 月完成「高溫電漿熔融爐的焚化灰渣電漿熔融處理技術」研發成果技術授權給「永○○○股份有限公司」，106 年 1 月 13 日於原能會舉辦簽約儀式及記者會，此技術成果可推廣應用於國內有害工業廢棄物之處理，改善民生環保問題，此技術授權亦促成永○○○股份有限公司在桃園市觀音環保科技園區興建一廢棄物處理環保工廠，針對國內紡織染整、造紙、光電半導體企業等污泥處理，與資源回收再利用如製成鋪地磚塊建材(分項四)。

四、社會影響(社會福祉提升、環境保護安全)

1. 完成「核二廠廠外水災風險評估」報告，有助於釐清在地區性強降雨情境下，核二廠廠址是否有發生溢淹危害的風險，以提供電廠進行適當防範的決策參考，並減輕民眾對電廠面對極端氣候上安全之疑慮(分項一)。
2. 完成「核一、二、三廠颱風暴潮極端值模擬」報告，該分析係依據 NUREG/CR-7134 方法論，進行國內三座核電廠低機率極端暴潮的水災危害分析，評估在極端值颱風暴潮事件下對電廠廠址的危害性。此研究成果顯示在百萬年超越頻率條件下，國內三座核電廠最大可能颱風暴潮值(Probable Maximum Storm Surge, PMSS)均小於各廠主要廠址高程，相關分析結果有助於確認核電廠面對颱風暴潮之安全性(分項一)。
3. 完成「Ultimate Response Guideline Strategy Evaluation for Maanshan Power Plant」，根據核三廠的斷然處置程序書設計劇情進行分析，評估所採用措施的有效性，有助於提高對類福島事故的應變能力，並減低災害產生的嚴重性，有利於環境保護與安全(分項一)。
4. 完成「核一廠除役期間停機過渡期間用過核子燃料池安全評估」報告，分別進行核一廠除役期間肇始事件分析，參考核一廠除役計畫進行除役期間系統分析，同時參考核一廠執照運轉期間大修安全評估，進行核一廠停機過渡期間用過核子燃料池風險定量。此研究成果可了解永久停機至停機過渡階段前期的風險狀態，進而針對電廠系統、設備之狀態進行風險管控(分項一)。

5. 完成「核一廠輻射源項類別之事故序列分析案例」報告，針對如何從二階 PRA 模式分析中產出輻射源項類別(Source Term Category, STC)之外釋事故序列的方法與實務案例進行彙整說明，分析結果可作為下游 MAAP 運跑輻射源項的依據，與後續緊急應變計畫區界定的應用，有助釐清社會公眾對嚴重事故情節議題的疑慮(分項一)。
6. 依據核設施除役法規要求，執行 TRR 設施除役計畫相關作業，並完成環境安全強化改善作業，以確保環境品質，防止輻射污染擴散，消除潛在輻射污染疑慮及對環境安全之潛在威脅，對民眾財產及健康能獲得保障(分項二)。
7. DSP 設施清理作業，搭配先前建置之大型隔離帳篷與負壓通風系統。強化設施的輻防措施，改善環境危害風險(分項二)。
8. DSP 設施清理作業，可提高廢棄物貯存安全，降低民眾對放射性廢棄物之核安疑慮，最終達到土地重新利用，促進非核家園達成(分項二)。
9. 配合本所廢棄物解除管制作業，應用總比活度(SWAM)及核種比活度(Q2)量測儀器，完成放射性廢金屬 35.4 公噸偵檢、篩選及分類除污處理，經本所保物組解除管制量測實驗室鑑定認可，均符合外釋標準，提高廢棄物管理安全效益，未來持續努力達到資源回收再利用目標，以發揮環境永續安全的效益(分項二)。
10. 逐步建立本所 TRR 除役產生之廢樹脂可行安定化處理技術，並推進實際安定化處理時程達環境保護與安全貯存之目標(分項二)。
11. 我國來自醫院、研究機構、大學實驗室等小產源有機廢液係由本所接收，至今貯存數量仍每年增加。此類廢液因總有機碳濃度高無法直接進行蒸發濃縮，透過自行研發之磁性觸媒及廢液處理程序開發，提供未來本所例行處理之設計基礎，可望逐年降低本所庫存數量，提供我國小產源有機廢液處理之可行方案(分項二)。
12. 以焚化爐焚化處理既存可燃廢棄物，除具高減容效果，可有效減低放射性廢棄物貯存庫倉貯壓力外，另因屬高溫熱處理，可將含部份化學物之混合廢棄物藉焚化達安定化，確保環境生態安全(分項二)。

- 13.針對早期積存於地下庫之廢樹脂及乏燃料套管，以遙控方式取出整檢，可提高該類高輻射強度廢棄物貯存安全，避免民眾對高輻射強度放射性廢棄物貯存安全之疑慮(分項二)。
- 14.針對 TRR 及相關附屬設施清理除役需求進行核種分析鑑定，取得的資訊可作為後續清理除役作業的規劃依據，制定作業人員的輻射安全防護措施，並確保作業中產生的氣、液、固體廢棄物的貯存、運送、處理及最終處置符合法規要求，保障周圍環境與民眾的安全(分項二)。
- 15.氟-18 離子靶技術與放射氟化製程與反應動力研製，有助於作為國內氟化技術製程發展探針，對於傳統石化產業發展至特用氟化物化學品，不論是否具備經濟效益，均具指標性之參考意義(分項三)。
- 16.本計畫發展之阿茲海默症正子造影劑，經過基因轉殖鼠造影初步發現具備 TAU 蛋白變異之造影效果。因 TAU 變異除了與阿茲海默症有關外，亦與老化、失智等等病症有關，故本計畫朝向社會福祉提升為發展方向之一(分項三)。
- 17.本計畫工作建立之感測器技術、工具與實驗平台為輻射影像未來技術應用研究之基礎，有助於未來相關產業技術提升，提高工業檢測、機場安全檢測與高階影像醫材等相關產品產出之成功性，有助於未來工業、國安反恐、並造福國人健康(分項三)。
- 18.應用 3D 列印技術於人工眼角膜開發：縮短藥物/人造器官組織開發時間與花費的經費，減少等待新藥/人造器官組織的等待時間，加快恢復健康提升生活品質(分項三)。
- 19.R2R 電弧電漿鍍製節能膜之量產系統與製程技術創新突破鍍製頂級節能膜並通過驗證，已達成第一階段合約要求，順利進入合約的第二階段，技服收入 2,100 萬。本技術使整體製程單純化，大幅降低成本，有利建築物、汽車高性能隔熱膜貼膜普及化，協助節能政策推動(分項四)。
- 20.運用低成本、高量產速率之電弧電漿鍍膜系統開發之大面積 NiO 及 WO₃ 電致變色(EC)薄膜電極技術，搭配力○○公司之電致變色電解質及封裝技術，呈現變色速度快、變色均勻、可見光穿透率變化量大等特色，未來將先用於提升汽車電致變色後視鏡及照後鏡等變色性能，再逐步擴大至汽車電致變色

天窗，以及電致變色智能窗應用，加速電致變色節能膜於汽車及現有居家窗戶應用之接受度(分項四)。

21.106 年 1 月完成「高溫電漿熔融爐的焚化灰渣電漿熔融處理技術」研發成果技術授權給「永○○○股份有限公司」，並促成該公司投資達 20 億元興建一廢棄物處理環保工廠，建廠所影響促成之就業人數達數百人以上(分項四)。

22.節能膜產品在可見光穿透率 60~70%情境下，紅外光反射率可達 90%，性能與現有市售頂級產品並駕齊驅，貼合於建築玻璃，保有足夠的光線與視野，減少照明，有效降少室內空調負荷(一般建築開窗率，節省能耗 30%)，減少耗能，兼顧節能減碳及環保舒適家居生活(分項四)。

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. 本計畫實際執行核設施清理作業、放射性廢棄物處理技術，提供技術驗證、精進與傳承之平台，將清理技術經現場實際應用驗證，以技術報告彙整工程施作經驗，累積實務經驗與知識，提昇技術完整性與成熟度，並達到經驗傳承與人才培訓目的(分項二)。
2. TRR 除役計畫中燃料池清理、燃料乾貯場清除及爐體廢棄物拆解等項目，所需之關鍵技術已規劃由所內自主建立，未來仍有多項跨組合作與整合技術須啟動，各項技術能力亦滾動式檢討與盤點，新進年輕同仁，規劃安排除役相關計畫工作學習及培育訓練，並經由輔導員或資深人員指導，實際參與計畫作業，可達經驗傳承之效，並延續計畫工作(分項二)。
3. 配合我國核設施除役計畫需求，將持續精進解除管制實驗室對廢棄物之檢測分析能力，藉由相關量測技術與檢測儀器之建立，達成廢棄物有效分類，減輕相關處置費用與儲存壓力，並使資源得以不斷循環利用之目標(分項二)。
4. 派員赴日本弘前大學學習放射性廢棄物處理相關技術，增進流體化床相關經驗，可用於廢棄物潔淨處理、生質物能源化等製程(分項二)。
5. 派員參加於 2017 年 5 月 15~19 日在丹麥哥本哈根舉行之歐洲

經濟合作組織核能署(OECD/NEA)核設施除役合作計畫(Cooperative Program on Decommissioning, CPD)第62屆技術諮詢組(Technical Advisory Group, TAG)會議，會中簡報說明本所TRR 除役技術與經驗並吸取各國核設施除役清理經驗回饋(分項二)。

6. 利用高溫焚化處理可燃固體廢棄物，最近亦將廢有機溶液混合可燃固體廢棄物進行焚化，廢有機溶液被完全焚化處理，獲得極高的減容比，故焚化處理可有效降低倉貯壓力(分項二)。
7. 自 105 年度開始積極進行本所廢棄物處理廠廢棄物資料庫系統建置工作推動，持續維持既有各貯庫廢棄物資料，並進一步彙整成單一廢棄物資料庫將各類廢棄物資料妥善管理，將各類廢棄物資料妥善管理，作為處置設施規劃設計之用。去年已完成清大廢土固化體 32 桶整桶計測，建立 D to C 轉換因數，今年針對本所廢棄物，目前已完成現場整桶計測設備整備與相關程序流程建立測試，並完成固化體 108 桶整桶計測，後續建立 D to C 轉換因數，建置廢棄物資料庫，以確保廢棄物貯存、運送、處理及最終處置符合法規要求(分項二)。
8. 藉由容器開發工作，可使新進同仁瞭解放射性廢棄物的性質與貯存/處置的重點，並透過實際的開發過程，提昇同仁設計能力，除達到人才培訓目的外，更有助我國未來相關工作的執行(分項二)。
9. 本所與比利時 SCK•CEN 核能研究中心於 5 月 29 日正式簽訂研究計畫協議(CO-90-16-4196-01)，其將提供 MYRRHA 加速器驅動系統爐心設計相關文件及資料，以供計畫未來選定中子物理模擬計算工具及所需的中子物理資料庫、建立 MYRRHA 起始爐心的中子物理計算模式等(分項二)。
10. 派員參加 2017 年 11 月 27-29 日於日本大阪召開「第六屆東亞放射性廢棄物論壇(2017 EAFORM)」，包括台灣、日本、韓國及美國等國放射性廢棄物專家參與技術交流，本所有 5 位代表出席，並於會議中發表除役與處置技術相關論文(分項二)。
11. 迴旋加速器研製之放射性同位素鎵-67、銥-111 與例行供應之碘-123，與陽明大學進行雙邊合作研究，開發多種放射性示蹤劑，探索活體生物變化(分項三)。

12. 本所與中華民國核醫學會及核能學會共同辦理之『精準醫療時代核子醫學之心臟神經腫瘤疾病運用國際學術研討會』，於4月7日於核研所國際會議廳順利舉行。特別邀請五位國外知名學者共同參與分享經驗，介紹國外使用 I-123 MIBG 於心臟及神經疾病之臨床經驗，新藥及儀器開發之經驗，有利於核能研究所研發之推廣(分項三)。
13. 2月8日本所同位素組邀請日本北海道大學○○教授進行學術演講，講題為「F-18 FDG, C-11 Methionine and F-18 FMISO PET for brain tumor」(分項三)。
14. 5月19日，邀請日本金澤大學松尾○○博士至本所同位素組舉行專題演講，講題為「Recent advances in clinical nuclear cardiology : state of the art updates」(分項三)。
15. 配合政府新南向政策，與泰國核醫學會及泰國朱拉隆功大學醫學院簽訂合作備忘錄，加強雙邊之合作管道。本所同位素組並於9月29日辦理亞太核醫論壇，邀請日本及泰國學者與我國核醫專家進行交流分與分享(分項三)。
16. 本計畫感測器相關技術為國內特有的研究領域，且應用可跨工業檢測、機場安全檢測與高階影像醫材等相關應用，具有深厚的產業利用價值，計畫發展除可建立關鍵技術外亦培育此產業技術人才，另外，本計畫與清大工科系進行電子相關的研究，提供國內學子參與此研究領域(醫療影像電子)之機會，進而培育相關產業人才(分項三)。
17. 為解決電致變色元件中電解液漏液問題，目前已開發出兩種新型高分子電解質複合薄膜，一為熱塑型 PMMA 改質高分子電解質，另一為光聚合型 PETPTA 高分子電解質。兩者之離子導電度介於 0.1~1 mS/cm，且具備高透光率，在可見光波長範圍之穿透度為 82~93%之間。可以搭配多種元件製程整合(例如：熱層壓封裝製程、UV 光聚合封裝製程等)。相關研發技術也整理並以「電致變色元件及其製造方法」為題，申請專利一篇，目前狀態為專利審查中(申請號為第 105129396 號)。目前除了電致變色技術以外，亦嘗試與鋰離子電池研發領域進行整合，以發展具備良好充放電與循環壽命的類固態鋰離子電池，並將相關研發成果投稿至 MATERIALS LETTERS 國際 SCI 期刊(分項四)。

- 18.執行 106 年科發基金計畫「新型全固態半導體物理儲能電池技術開發」，本計畫以聚乙烯醇化合物及複合粉末作為前驅物，使用旋轉塗佈法在基板上製備不同比例之 $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ 複合氧化物。當 SiO_2 添加量超過 15%時， TiO_2 結晶維持非結晶態。相較於結晶態容易造成光散射，非晶型態光傳輸為條件。將上述複合氧化物製成製電池元件，並進行充放電量測，初步結果顯示量子電池已有充放電效果。未來將繼續提升量子電池的充放電與循環壽命，並將相關研發成果投稿至 OPTICS LETTERS 國際 SCI 期刊(分項四)。
- 19.於 8 月 31 日～9 月 9 日赴捷克參加 FSO2017 國際研討會與參訪捷克科學院電漿研究所 COMPASS Tokamak 核融合設施。參訪行程由電漿研究所 COMPASS 核融合設施的主持人(Mgr.) ○○博士親自接待及解說。9 月 4 日～9 月 8 日參加 FSO2017 國際研討會與發表海報論文，「Electrical Characteristic of Three-Sectional Well-Type Plasma Torches」。藉由此參訪交流，已建立本所與國際核能機構互動關係，有利未來擴展國際合作與人員國外培訓實習管道(分項四)。

貳、跨部會協調或與相關計畫之配合

1. 持續參與國家地震工程中心之高階地震危害度模式發展，執行地震危害度參數分析與震源模式研究，對我國地震災害準備與耐震工程設計，增進工程可靠度之效益(分項一)。
2. TRR 燃料池池底污染型態主要為固著性質且屬點狀分佈，考量人員輻射劑量之管制，已規劃設計建立輻射劑量計加設屏蔽提昇量測指向性與精準度，並將與保物組合作建置加馬量測系統，以利熱點探查及後續計畫工作(分項二)。
3. 與成功大學化工系合作「離子交換樹脂氧化與尾渣處理整合技術開發」計畫，進行離子交換樹脂氧化行為研究及其衍生產物之處理技術，以提昇安定化處理效率及產物安全貯存(分項二)。
4. 與清華大學原科中心合作「高完整性混凝土處置容器之長期抗菌性研究」計畫，本計畫以較長期程進行微生物對高完整性容器之耐生物劣化研究，成果將提出具體數據，提供本所研製之 HIC 用於放射性廢棄物處置安全評估之驗證參數(分項二)。
5. 與中央大學土木工程學系合作「混凝土障壁材料品質劣化速率模式研究」計畫，本研究將利用鋼纖維混凝土為處置場工程障壁材料，探討混凝土配比抵抗氯離子入侵之能力，求取預定使用混凝土配比之氯離子擴散係數及時間因子，用以提供國內興建低放射性廢棄物最終處置場之指標參考，提升低放射性廢棄物最終處置設施之安全性(分項二)。
6. 進行開發多功能診療用核醫藥物 DOTA-NIR790 之反應前驅物。由化學組合成提供 DOTA-NHS 原料與後續結構鑑定分析，本所同位素組建立 DOTA-NIR790 之合成與標誌技術與分析方法，並應用於腫瘤動物相關模式，做為臨床治療之輔佐證據(分項三)。
7. 層析質譜應用於藥物代謝，對於體內試驗之藥物分佈與排除路徑困難性高。結合碳-14 同位素標誌藥物示蹤及絕對定量特性，建立碳-14 藥物分析作業環境及分析技術，可完全掌握藥物與生物體互動與機制，為新藥研發不可缺之技術。本所著手建置碳-14 藥物分析作業環境及初步驗證技術執行能力，未

來並與經濟部生物技術開發中心分工聯盟，期對本土新藥研發驗證藥物安全與機制貢獻核能醫藥應用專業(分項三)。

8. 與清大工科系透過科技部計畫合作，利用學界電子/IC 領域專業資源，分階段研發將感測器電子電路微型化與感測數據前處理運算方法，逐步提升感測器相關技術，以學界專業奠定感測器電路良好基礎，增加開發成功機率與產業化可能，促進工業檢測、機場安全檢測與影像醫材等領域的產業發展(分項三)。

參、檢討與展望

1. 替代輻射源項研究方面，將陸續完成替代輻射源項相關法規文件研究以及 DBA FHA 輻射源項計算方法建立。後續將繼續進行放射性核種移除模式與傳遞途徑之研究，並針對各核電廠發展符合各廠特性的除役期間意外事件之替代輻射源項分析模式。隨著國內各電廠之除役時程接近，將此技術應用於核電廠除役期間意外事件之安全分析，考慮意外事件發生時電廠的系統狀態與相關分析假設，評估廠內(如控制室)及廠外(如禁制區與低密度人口區)之人員輻射劑量，協助核電廠解決除役期間之意外事件輻射劑量分析之相關議題(分項一)。
2. 用過核子燃料貯存安全度評估之研究方面，進行核一廠用過核子燃料池肇始事件分析、頻率計算與核一廠用過核子燃料池完整性評估，將把電廠系統納入考量，研究其在事件中的反應並進行風險指標之量化。完成核一廠停機過渡期間用過核子燃料池之核子燃料貯存之風險輪廓。唯乾式貯存啟用時間未明，進行本項工作時會遭遇許多不確定之因素，可後續進行用過核子燃料乾式貯存之風險評估，了解乾式貯存可能的風險成因(分項一)。
3. 嚴重核子事故分析技術建立方面，已陸續完成核一、二、三廠之模擬驗證分析報告，而龍門電廠部分將於本年度有初步之結果。由於 MAAP 程式之參數檔已於本計畫建立完畢，考量到未來國內核能政策之走向，未來將把本研究導向用過核子燃料池模式之建立，以探討在除役階段時，用過核子燃料在用過核子燃料池的安全分析(分項一)。

4. TRR 燃料池因池水排淨後，池內初步量測顯示輻射強度高，因此，池壁清理考量來源減廢及強化作業人員防護，規劃先完成池壁表面活度分布量測，並同步發展最適合之清理工法，如採取遙控裝置處理池底污染，再逐步完成燃料池清理作業(分項二)。
5. 將依據本所既有經驗與技術，持續推動國內各檢測機構及相關實驗室之合作，不斷精進我國有關放射性廢棄物之活度量測能力，並確保對於廢棄物中所含有之關鍵核種的量測結果，得以具有高度的準確度，而強化社會大眾對於相關檢測機構與量測數據之信任程度(分項二)。
6. 針對二次廢棄物及本所貯存之少量難處理廢液為重點，依廢棄物來源、產生過程及物理化學特性，建立前處理技術，處理至符合本所既有蒸發濃縮及焚化法之接收標準，並依其濃縮液特性開發安定化程序，依規劃進度及運作程序逐步處理，以減緩國內放射性廢棄物之積存壓力，並提升自行處理廢棄物之能力，以因應未來我國核電廠之除役任務(分項二)。
7. 依廢棄物之 TRU 活度濃度值，完成一貯庫 151 桶與 020 館 31 桶超鈾廢棄物分類，總計 182 桶中超 C 類廢棄物 94 桶，C 類廢棄物 16 桶及 72 桶 A 類廢棄物；所有的桶表面劑量率均小於 2 mSv/h，屬接觸處理超鈾廢棄物(CHTRU)。並完成撰寫核能研究所「提升核研所超鈾廢棄物營運安全計畫」提報主管機關審查，待檢整換裝作業計畫取得主管機關核備後，將依超 C 類與非超 C 類廢棄物檢測分類，少量超 C 類 55 加侖桶廢棄物朝整桶換裝於 85 加侖桶，在不開桶的作業方式，可加速換裝作業的時程，減少人員吸入 α 核種危害，增加作業之輻射防護安全。同時換裝後的 85 加侖桶仍可放置於原不銹鋼包件，貯存於原一貯庫 TRU 地下貯區，減少二次廢料量(分項二)。
8. 開發的 B-25 容器已通過申照所需的相關測試，規劃在 107 年度向主管機關申請使用許可，確保除役工作的順利執行(分項二)。
9. 針對所內貯存歷年固化廢棄物桶進行整桶計測，並依據計測結果進行取樣分析。本年度完成整桶計測 108 桶，並已挑選 9 桶進行取樣分析。後續將逐年持續進行相關廢棄物之整桶計

測與取樣分析工作，務使所內固化廢棄物桶均完成分類，以符合法規要求(分項二)。

- 10.與比利時 SCK•CEN 簽訂研究計畫協議，取得 MYRRHA 加速器驅動系統爐心設計資料，現階段已建立 MCNP6 程式次臨界爐心三維計算模式，未來工作重點除了完成次臨界爐心計算模式的測試與驗證外，亦將探討加速器驅動系統應用於用過核子燃料之核轉換技術(分項二)。
- 11.本計畫之執行部分需建立在中型迴旋加速器正常運轉之前提下，中型迴旋加速器是整合機械、電機與高能物理之系統，技術之生根與延續有助於擴大其在生醫領域之應用層面(分項三)。
- 12.靶技術與放射性同位素製程技術發展，是國內自製放射性核醫藥物之發展基礎，須結合機械設計、化學程序開發與工程科學應用，製程建立與品質提升，有助於擴大其應用層面(分項三)。
- 13.未來腫瘤核醫藥物之開發，應利用腫瘤專一性受體小分子鍵結放射性同位素作為診斷試劑，並同時作為治療試劑，進而達到多功能腫瘤診療試劑之效果，透過專利之申請，將技術轉移或與藥廠、醫院進行合作，進行臨床試驗，加快藥物上市之時間(分項三)。
- 14.建立 ^{111}In -DOTA-790 多功能診療用核醫藥物技術，進行動物核醫造影，與臨床已使用之核醫藥物 F-18-FDG 之腫瘤影像進行比對(分項三)。
- 15.進行多鏈糖造影劑結構，改善體內藥動分布，降低正常組織攝取，提升腫瘤偵測效率(分項三)。
- 16.能階式放射影像處理技術：後續將建置能階式放射成像測試平台，包含光子計數成像偵檢器(PCD)整合、多軸運動機構設計、數據擷取與機構控制程式開發等，可提供符合實際應用面所需之 2D 與 3D 能階式放射成像造影模式，並擷取實驗數據驗證多能階材質辨識技術之效能(分項三)。
- 17.影像感測器技術進展處於成長階段，擬蒐集相關研究與市場發展資料，以了解技術瓶頸與市場需求，方能掌握關鍵技術與市場缺口。擬與學界合作陸續討論電子技術需求，減少合作研究的界面阻力，加速研究開發(分項三)。

- 18.為提升陣列式光源靜態造影新型 X 光成像技術開發針對光源與數位偵檢器等進行整合，開發電控與同步控制程式、建立交握程序及數據擷取系統等系統整合開發工作，除可作為技術潛力/能力展示外，更能成為協助業者/法人開發新品、概念驗證/實現等技術服務平台(分項三)。
- 19.應用 3D 列印技術於人工眼角膜開發：目前篩選之生物可分解材質的組成所製造基材原型質地較軟，下季目標為提升基材之機械強度，擬以更改組成分之比例與製程微調作為初步修改參數(分項三)。
- 20.本計畫運用低成本、高量產速率之電弧電漿鍍膜系統開發之大面積 NiO 及 WO₃ 電致變色(EC)薄膜電極技術，搭配力〇公司之電致變色電解質及封裝技術，效果良好。目前雙方緊密配合，先從面積 10 cm×20 cm 的高性能汽車電致變色後視鏡共同合作開發，再擴大至大面積之汽車電致變色天窗及建築用之電致變色智慧窗(分項四)。
- 21.協助國內廠商建立第二代電弧/濺鍍電漿鍍製頂級隔熱節能膜設備技術，含量產彩色隔熱膜、Low-E 等，協助廠商產業昇級，進入全球頂級隔熱節能膜市場(分項四)。
- 22.高階節能膜量產技術已經成熟：東〇公司技轉案確定進入第二階段，第二代卷對卷電弧電漿鍍膜量產系統將以第一代系統方案為基礎，依實際運轉經驗、同仁建議及新構思強化第二代系統(分項四)。
- 23.產業技術整合驗證：高階隔熱節能膜 107 年於本所 013、060 或 054 館進行貼膜示範，並於台南沙崙交大辦公室進行光學、熱學、耐候性測試;108 年沙崙綠能研究中心大樓(分項四)。

附表、佐證資料表

空白

附錄、佐證圖表

分項一：核電營運安全領域關鍵技術發展

1-1 核電廠中子與熱水流安全分析認證技術發展

使用計算流體力學(CFD)分析，應用於用過核子燃料於最終處置場之熱傳分析，其計算結果與瑞典之報告進行比對，結果相近，可用來佐證 CFD 再地下處置場之應用的正確性，另外，CFD 可以較報告中之方法更容易在模型變更及邊界條件改變下進行模擬，可以做為未來在地下處置應用時設計變更之參考依據，使設計更優化。

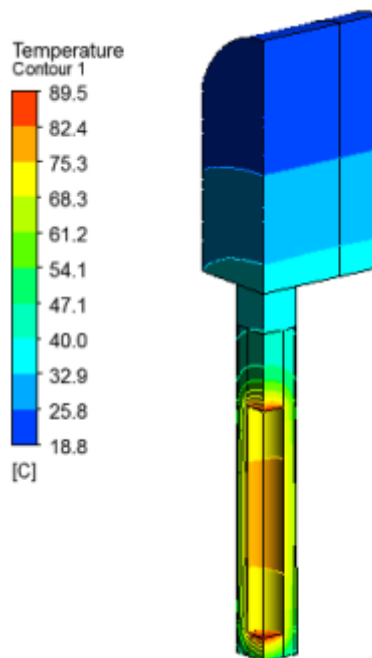


圖 1-1、The result of 6m spacing of canister at the time point of 12 year after storage

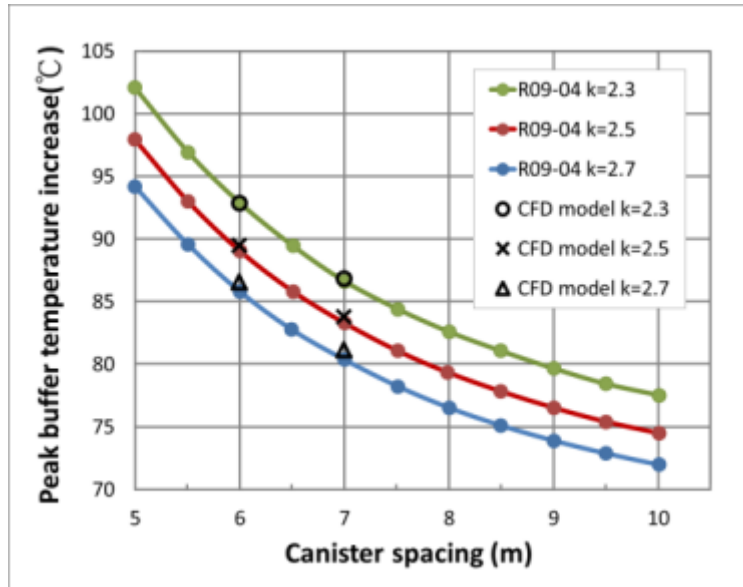


圖 1-2 、 The results comparing with R-09-04 report

1-2 核能組件老化防治與銲接修補技術發展

圖 1-3(a)至(d)為 Alloy 52MSS 銲道中間部位之顯微組織。其中(a)、(c)為未經過電磁攪拌銲道內的析出物；(b)、(d)則為經過電磁攪拌銲道內的析出物。未經電磁攪拌，銲道內析出物明顯聚集，長度約 30 μm 以上(如圖 1-1(a))，將不利於銲接性與機械性能；經電磁攪拌後，析出物細化且分布較均勻，大小約為 3 μm 左右(如圖 1-1(d))，有利於銲接性與機械性能的改善。

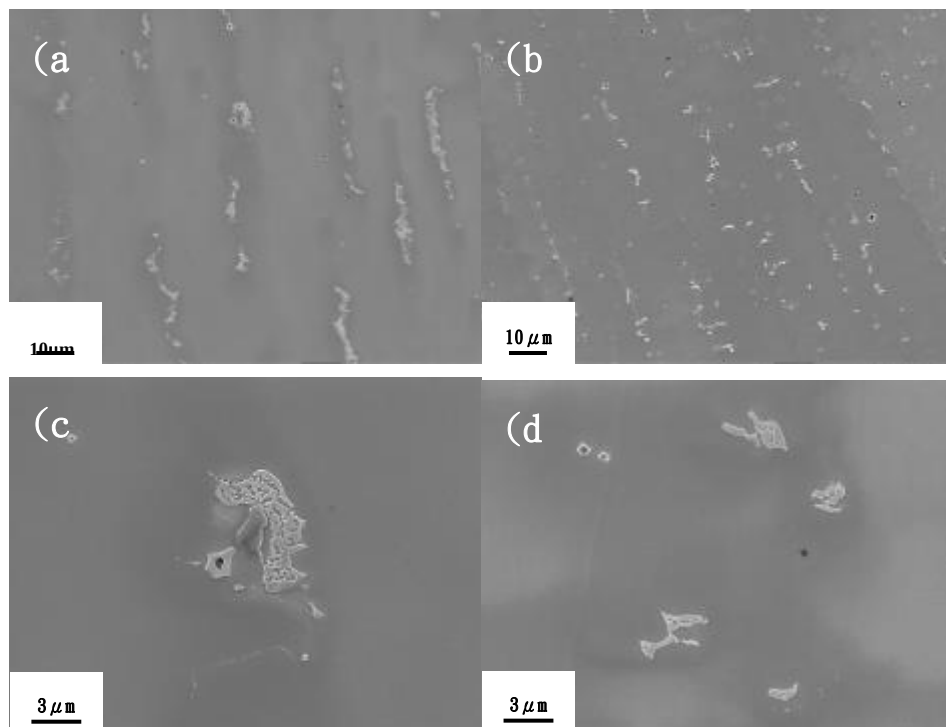
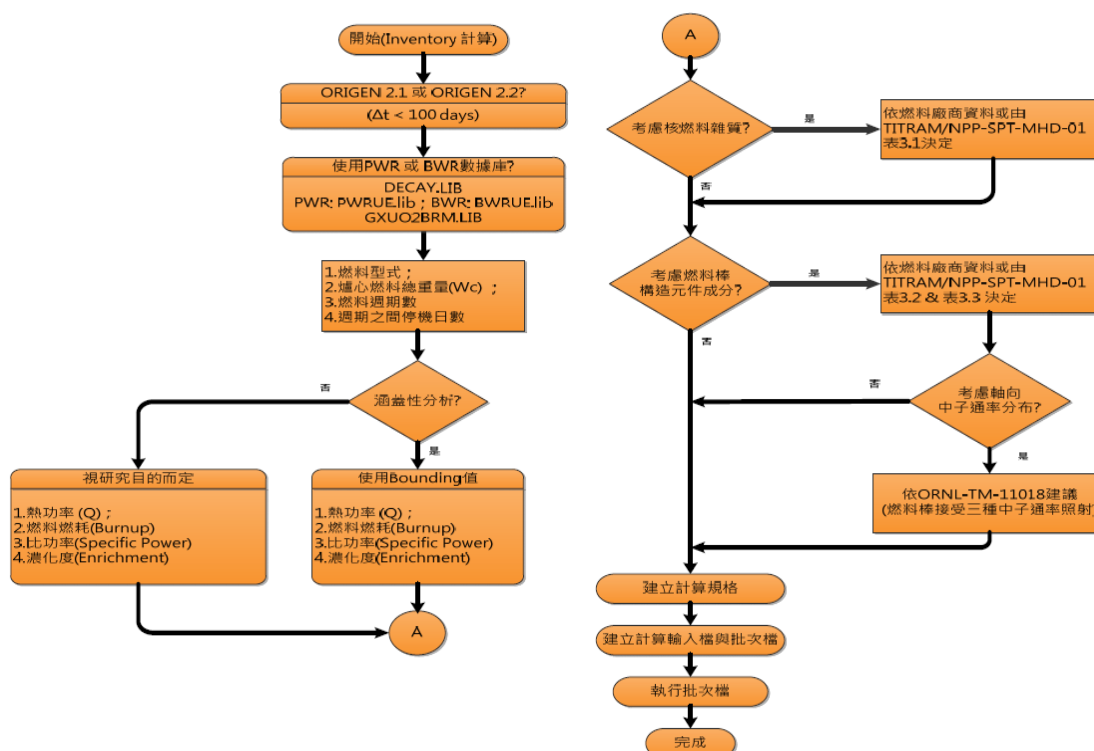


圖 1-3 、 Alloy 52MSS 銲道之顯微組織

1-4 替代輻射源項研究

已完成 DBA FHA 之輻射源項計算方法之建立。其方法為藉由爐心活度盤存量分析方法，以及替代輻射源項分析之 DBA FHA 相關假設與電廠數據，可計算得到 DBA FHA 之輻射源項，做為未來輻射劑量分析之輸入數據。



核種	爐心活度盤存量 (Ci)	徑向尖峰因子	破損燃料比率	活度釋出比率	池水除汗因子	燃料更換區域活度 (Ci) (輻射源項)
I-131	4.75E+07	1.6	5.01E-3	0.12	100	4.57E+02
I-132	6.03E+07			0.12	100	5.80E+02
I-133	4.69E+07			0.12	100	4.51E+02
I-134	2.43E+00			0.12	100	2.34E-05
I-135	7.72E+06			0.12	100	7.43E+01
Kr-83m	2.30E+04			0.1	1	1.84E-01
Kr-85m	2.94E+05			0.1	1	2.36E+02
Kr-85	1.03E+06			0.3	1	2.48E+03
Kr-87	4.72E+01			0.1	1	3.78E-02
Kr-88	8.98E+04			0.1	1	7.20E+01
Kr-89	0.00E+00			0.1	1	0.00E+00
Xe-131m	5.64E+05			0.1	1	4.52E+02
Xe-133m	2.90E+06			0.1	1	2.32E+03
Xe-133	9.56E+07			0.1	1	7.66E+04
Xe-135m	1.24E+06			0.1	1	9.94E+02
Xe-135	2.59E+07			0.1	1	2.08E+04
Xe-137	0.00E+00			0.1	1	0.00E+00
Xe-138	2.11E-23			0.1	1	1.69E-26

圖 1-4、爐心活度盤存量分析流程與分析結果

1-5 用過核子燃料貯存安全度評估

除役停機過渡階段在 POS 3、POS 4 與 POS 5 之風險，與執照運轉期間大修停機風險一致，POS 6 由於停機過渡階段與執照運轉的期長不同，因而調整肇始事件頻率隨後再進行量化。

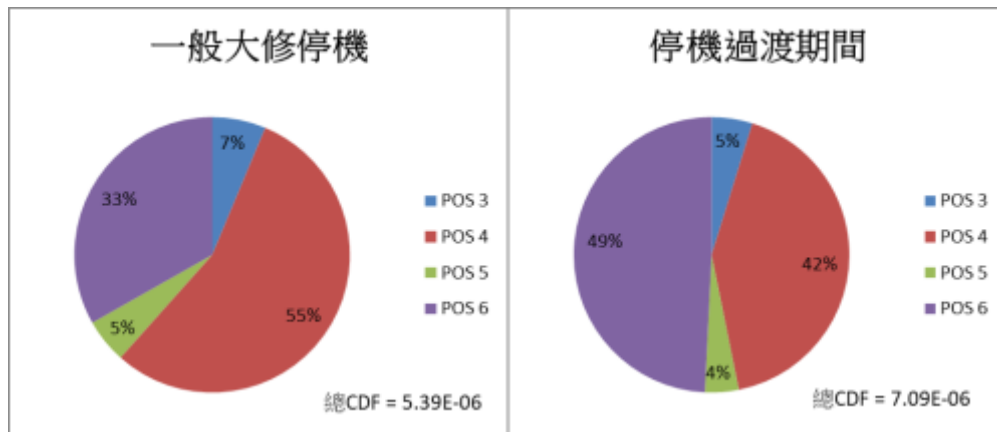
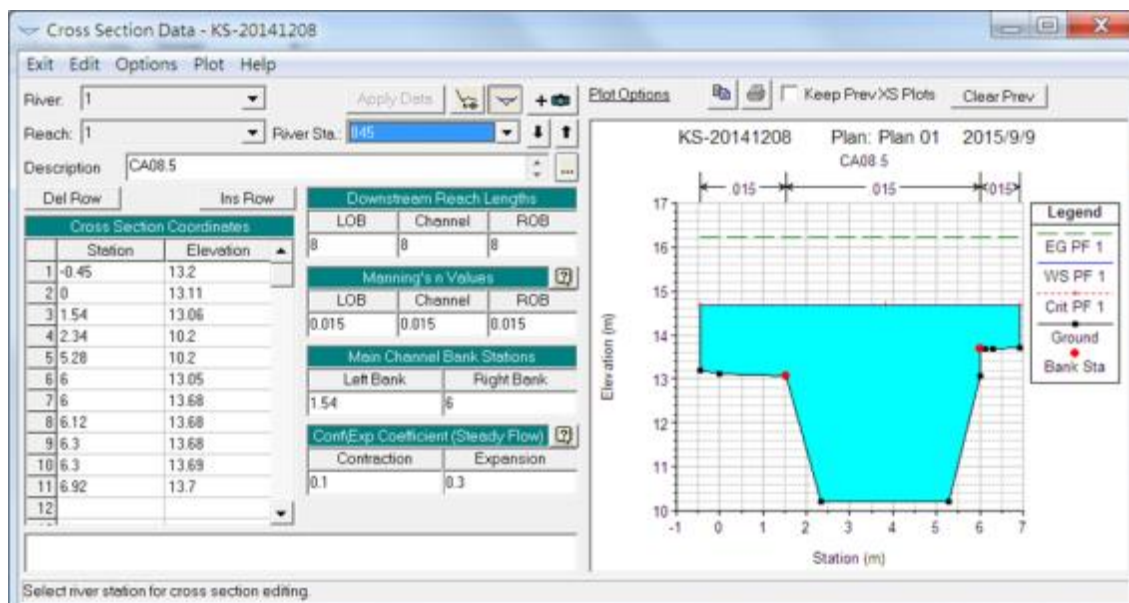


圖 1-5、除役期間停機過渡期間用燃料溼式貯存風險佔比

2-2 廠外事件與二階 PRA 研究

● 核二廠廠外水災風險評估

水災危害分析係依據電廠廠址所在地理與氣象條件的水災影響機制，包括地區性強降水、河川氾濫、壩體破裂等，進行危害程度及可能性的分析研究。



斷面編號	流量 (cms)	底床 (m)	水位 (m)	左岸高程 (m)	右岸高程 (m)	左岸淹溢 (m)	右岸淹溢 (m)
1	140.42	2.25	3.45	4.59	4.56	-1.14	-1.11
2	140.42	3.95	5.52	7.06	7.06	-1.54	-1.54
3	140.42	9.09	12.01	11.84	11.82	0.17	0.19
4	140.42	9.38	13.59	12.8	12.84	0.79	0.75
6	140.42	9.38	13.3	12.85	12.79	0.45	0.51
6.1	140.42	9.65	13.16	12.85	12.79	0.31	0.37
7	140.42	11.92	15.37	15.41	14.79	-0.04	0.58
9	140.42	12.03	16.89	17.81	17.79	-0.92	-0.9
10	140.42	12.39	16.64	17.81	15.01	-1.17	1.63
11	140.42	12.74	16.7	15.25	15.52	1.45	1.18
12	140.42	13.80	17.15	14.2	14.2	2.95	2.95

圖 1-6、核二廠排水渠的百萬年迴歸周期逕流量模擬結果

●核一、二、三廠颱風暴潮極端值模擬

本研究使用美國核能管制委員會於 2012 年提出的 NUREG/CR-7134 方法論的建議，考慮四種不確定性因素造成的水位變化，推估國內核一、二、三廠可能的最大颱風暴潮水位(Probable Maximum Storm Surge, PMSS)。其中四種不確定性分析類別包括 1.颱風最大可能強度(Maximum Possible Intensity, MPI)；2. 颱風暴潮模式預報的不確定度；3.氣候變遷的不確定度；4.潮汐效應(Tidal Effects)。

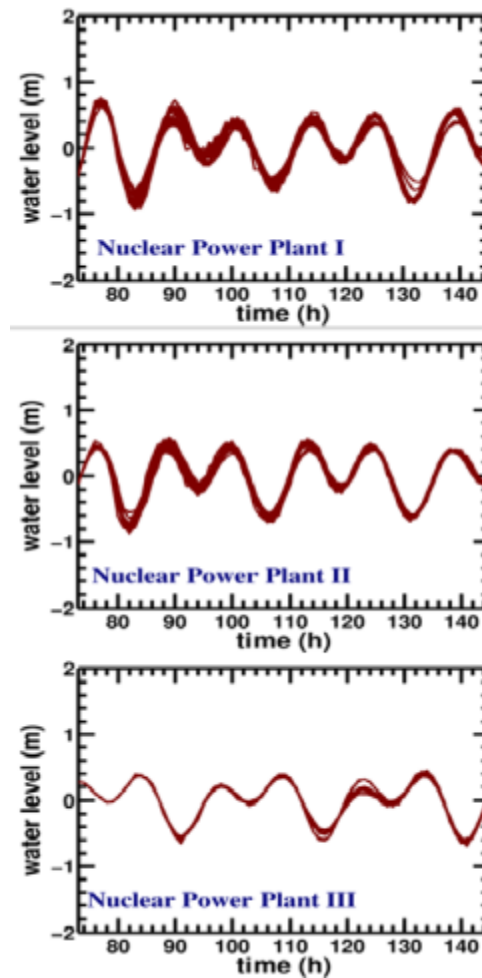


圖 1-7、核一、二、三廠附近海域的潮汐效應

2-3 地震引致海嘯之機率危害度分析技術研究

藉由日本 311 海嘯量測結果與 COMCOT 數值分析模式比較，建立模式不確定度分析資料。

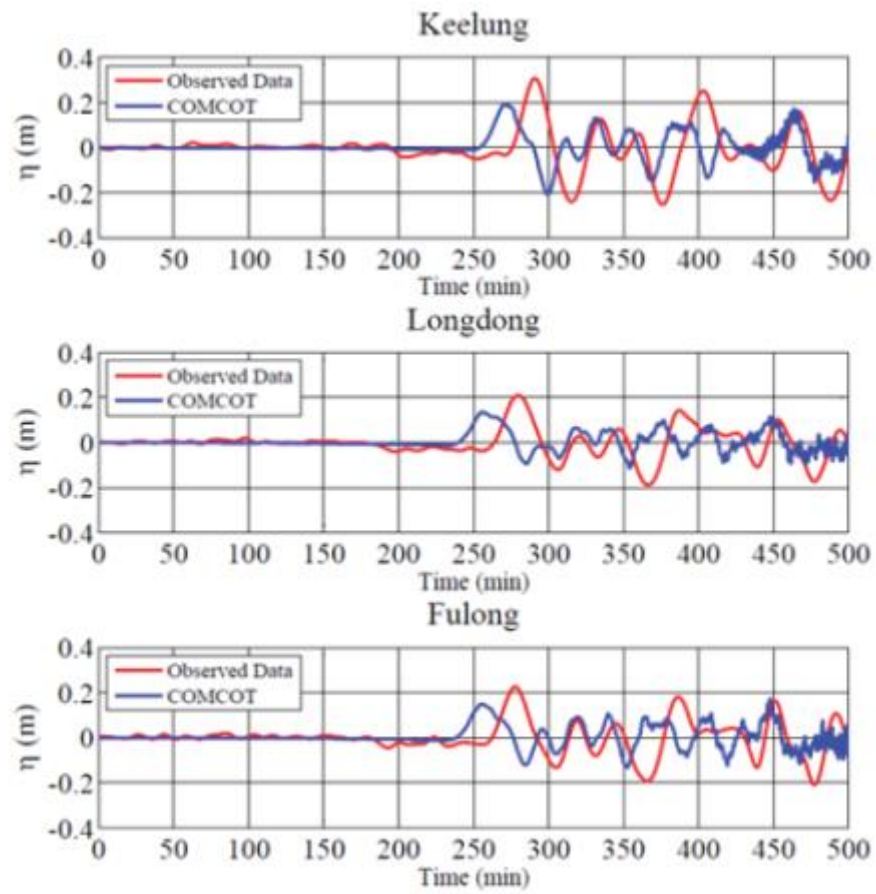


圖 1-8、機率式海嘯危害度分析結果

分項二：核設施除役清理及放射性廢棄物處理技術開發與執行

2-1 燃料池除役技術開發及清理作業

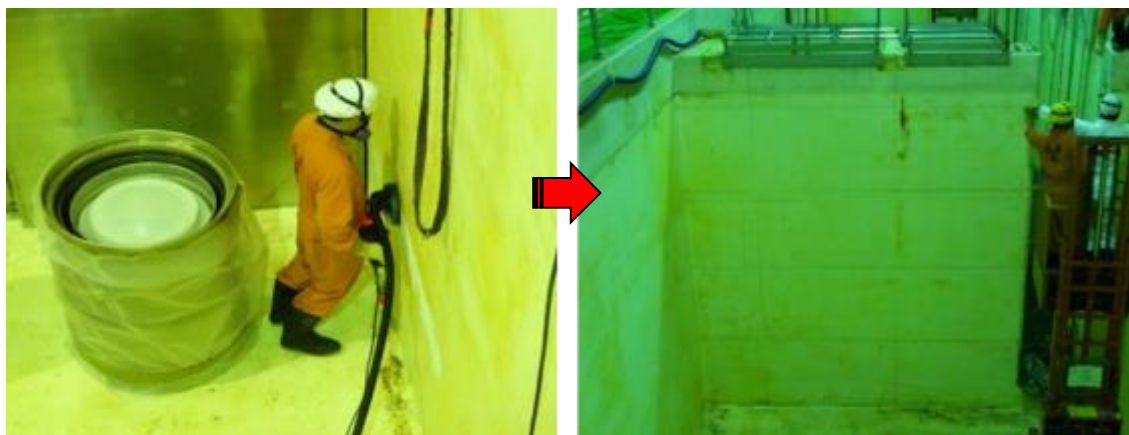


圖 2-1、燃料池池壁塗漆層除污清除



圖 2-2、鈾粉運送熱室



圖 2-3、用過核子燃料安定化產物 IAEA 查證規劃

2-2 燃料乾貯場除役技術開發及清理作業

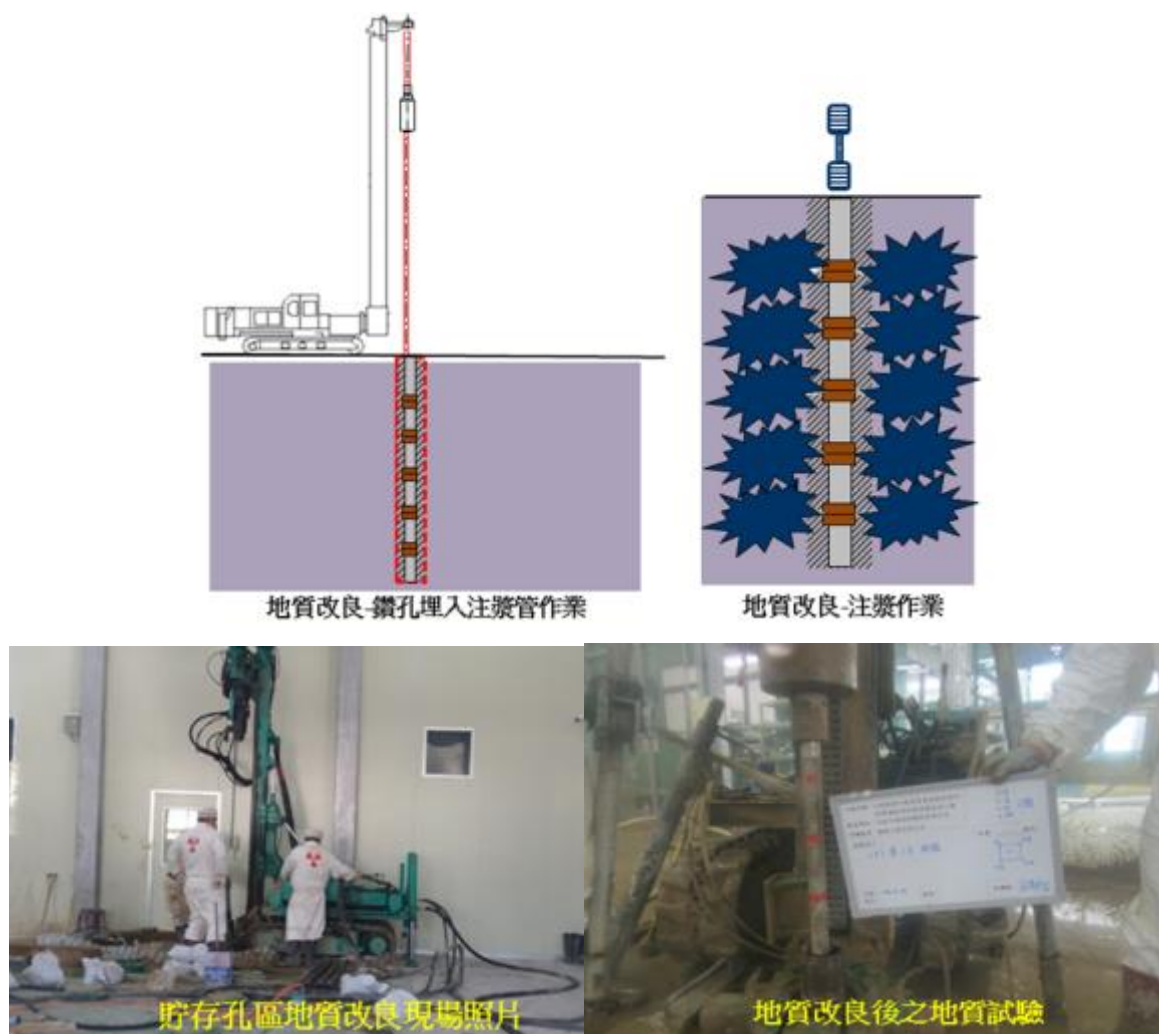


圖 2-4、貯存孔區地質改良相關照片

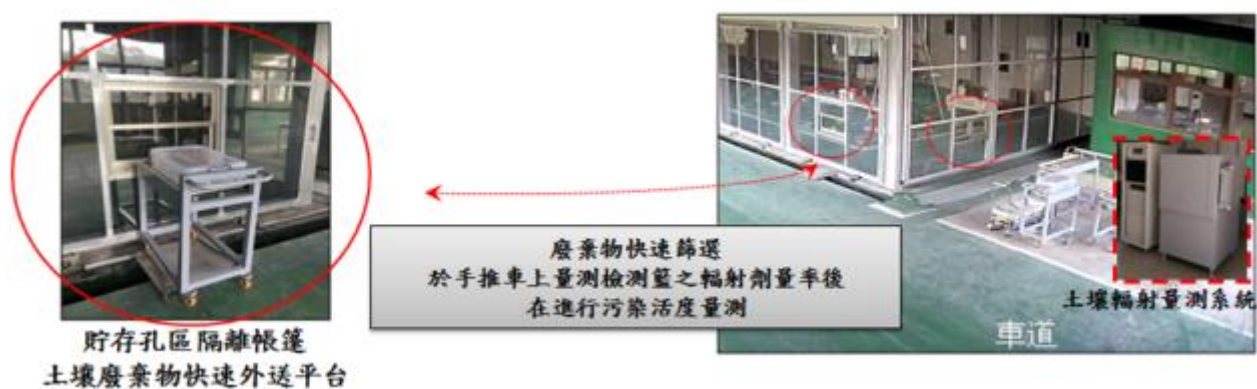


圖 2-5、DSP 土壤輻射篩選作業

2-3 爐體廢棄物除役技術開發及清理作業



圖 2-6、水下切割圓盤鋸

2-4 清理廢棄物除污及減量



圖 2-7、完成廢金屬 35.4 公噸(124 桶)分類篩選送保物組解除管制實驗室鑑定

測 試 報 告			報告編號：CML-Q2-106006		
			共3頁		
測 試 結 果					
樣品代號	樣品名稱	分析指標/放射性	比 活 度 值	計測不確定度 (1σ)	單位
D-I-001	鐵	Mn-54	低於 MDA 值(10)	-----	Bq/Kg
		Co-58	低於 MDA 值(10)	-----	
		Co-60	低於 MDA 值(10)	-----	
		Ce-134	低於 MDA 值(10)	-----	
		Ce-137	低於 MDA 值(10)	-----	
D-I-002	鐵	Mn-54	低於 MDA 值(10)	-----	Bq/Kg
		Co-58	低於 MDA 值(10)	-----	
		Co-60	低於 MDA 值(10)	-----	
		Ce-134	低於 MDA 值(10)	-----	
		Ce-137	低於 MDA 值(10)	-----	
D-I-003	鐵	Mn-54	低於 MDA 值(10)	-----	Bq/Kg
		Co-58	低於 MDA 值(10)	-----	
		Co-60	低於 MDA 值(10)	-----	
		Ce-134	低於 MDA 值(10)	-----	
		Ce-137	低於 MDA 值(10)	-----	
D-I-004	鐵	Mn-54	低於 MDA 值(10)	-----	Bq/Kg
		Co-58	低於 MDA 值(10)	-----	
		Co-60	低於 MDA 值(10)	-----	
		Ce-134	低於 MDA 值(10)	-----	
		Ce-137	低於 MDA 值(10)	-----	
D-I-005	鐵	Mn-54	低於 MDA 值(10)	-----	Bq/Kg
		Co-58	低於 MDA 值(10)	-----	
		Co-60	低於 MDA 值(10)	-----	
		Ce-134	低於 MDA 值(10)	-----	
		Ce-137	低於 MDA 值(10)	-----	
D-I-006	鐵	Mn-54	低於 MDA 值(10)	-----	Bq/Kg
		Co-58	低於 MDA 值(10)	-----	
		Co-60	低於 MDA 值(10)	-----	
		Ce-134	低於 MDA 值(10)	-----	
		Ce-137	低於 MDA 值(10)	-----	
D-I-013	鐵	Mn-54	低於 MDA 值(10)	-----	Bq/Kg
		Co-58	低於 MDA 值(10)	-----	
		Co-60	低於 MDA 值(10)	-----	
		Ce-134	低於 MDA 值(10)	-----	
		Ce-137	23.9	2.9	
D-I-014	鐵	Mn-54	低於 MDA 值(10)	-----	Bq/Kg
		Co-58	低於 MDA 值(10)	-----	
		Co-60	低於 MDA 值(10)	-----	
		Ce-134	低於 MDA 值(10)	-----	
		Ce-137	低於 MDA 值(10)	-----	

測 試 報 告			報告編號：CML-SWAM2-106004		
			第 1 頁 共 2 頁		
測 試 結 果					
樣品代號	樣品名稱	分析指標/放射性	比 活 度 值	計測不確定度(1σ)	單位
D-I-001	鐵	總伽馬活度	<10	9.1%	Bq/kg
D-I-002	鐵	總伽馬活度	<10	10.1%	Bq/kg
D-I-003	鐵	總伽馬活度	<10	9.7%	Bq/kg
D-I-004	鐵	總伽馬活度	<10	11.1%	Bq/kg
D-I-005	鐵	總伽馬活度	<10	10.5%	Bq/kg
D-I-006	鐵	總伽馬活度	<10	9.1%	Bq/kg
D-I-013	鐵	總伽馬活度	<10	9.0%	Bq/kg
D-I-014	鐵	總伽馬活度	<10	9.2%	Bq/kg
D-I-015	鐵	總伽馬活度	<10	9.1%	Bq/kg
D-I-016	鐵	總伽馬活度	<10	9.0%	Bq/kg
D-I-017	鐵	總伽馬活度	<10	9.0%	Bq/kg
D-I-018	鐵	總伽馬活度	<10	14.1%	Bq/kg
D-I-193	鐵	總伽馬活度	<10	9.3%	Bq/kg
以下空白					

圖 2-8、廢金屬 35.4 公噸(124 桶)經鑑定認可均達解除管制標準

2-5 清理廢棄物減量活度量測技術開發

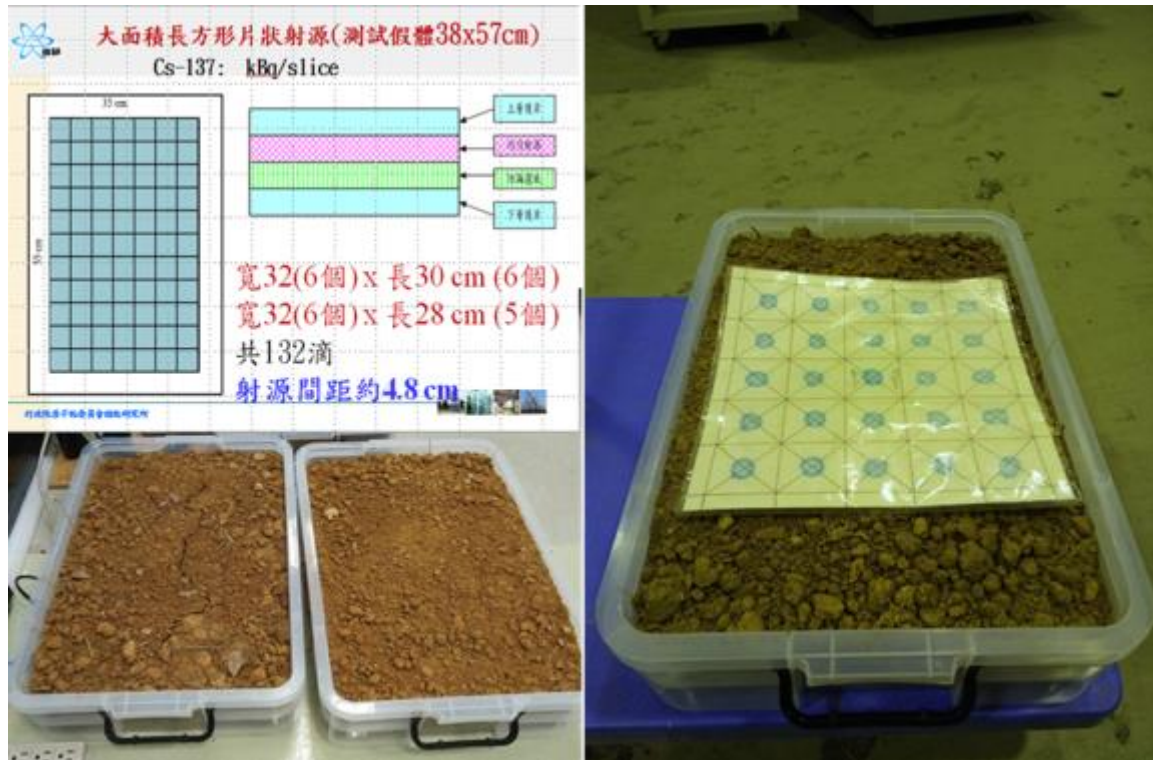


圖 2-9、污染土壤活度量測系統使用假體與測試射源

2-6 低放射性物質輻射量測快篩設備開發



圖 2-10、土壤輻射量測系統箱體及電腦控制機櫃

2-7 熱室安定化作業及廢棄物清理

	102	103	104	105	106	累計
熱室接受鈾粉罐數量	4	30	92	74	34	234
安定化處理鈾粉罐數量	4	-	81	80	24	189
安定化產物粉末內罐數量	2	-	25	26	8	61
BPCC測量粉末內罐數量	-	-	-	44	0	44

圖 2-11、燃料池鈾粉熱室安定化作業進度



圖 2-12、熱室 31 桶廢棄物整理與移送

2-8 金屬熔鑄廠技術開發及熔鑄作業

桃園市政府固定污染源操作許可證

第 1 頁

府環發字第 1000113124 號

證號字第 H2881-07 號

下列申請人申請固定污染源操作許可，經核符合空氣污染防治法核發許可證規定，准予依許可證記載內容進行操作。

一、公私場所名稱：行政院原子能委員會核能研究所(污染金屬熔鑄廠)
(管制編號：H5001301)

二、地址：桃園市龍潭區佳安里文化路 1000 號

三、負責人姓名：馬殷邦
住址：桃園市龍潭區九龍里 33 鄰龍人社區 2 號
身分證統一字號：E102558700

四、許可固定污染源：鋼鐵鑄造程序(含非鐵金屬製品鑄造程序)-
銅鑄造程序(M02)

五、許可證記載事項：共 16 頁(含首頁)

六、有效期限：自民國 106 年 5 月 17 日起
至民國 111 年 5 月 16 日止

七、倘逾許可證有效期間仍需操作者，應依空氣污染防治法相關規定辦理展延。

市長 **鄭文燦**

中 華 民 國 106 年 5 月 12 日

備註：一、本證係許可申請人以許可證記載之事項作為，如有其他違反情事或新規定者，依相關法令辦理。
二、公私場所因遷移或變更產業類別，應重新申請核發設置及操作許可證；另向中央主管機關公告實施
地層管制或主管機關以核發操作許可證之標準有修正，致其操作許可證內容不符規定者，應於中
央主管機關公告之期限內，重新申請核發操作許可證。

007977

圖 2-13、熔鑄廠固定污染源操作許可證更新

2-9 ZPRL 清理作業



圖 2-14、「ZPRL 場外廢液」樣品取樣送驗

姓名: _____ 学号: _____

实验名称: 液体比热容测定 实验日期: 2015.11.11 指导教师: 王二

实验地点: 物理实验室 实验时间: 下午 2:00 - 4:00

序号	实验名称	实验目的	实验原理	实验器材	实验步骤	实验数据	实验结论
1	液体比热容测定	测定液体的比热容	热平衡原理	温度计、量筒、烧杯、水、油、加热器、搅拌器	1. 将一定量的水倒入烧杯中。 2. 用温度计测量水的初温。 3. 用加热器加热水，记录加热时间。 4. 用温度计测量水的末温。 5. 计算水的比热容。	水的比热容为 $4.2 \times 10^3 \text{ J/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$	水的比热容较大，是自然界中最大的。

实验结论: 水的比热容为 $4.2 \times 10^3 \text{ J/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$ 。实验结论: 水的比热容较大，是自然界中最大的。

圖 2-15、完成「ZPRL 場外廢液」清除及本所液體場接收

2-10 場址水文地質復育技術開發

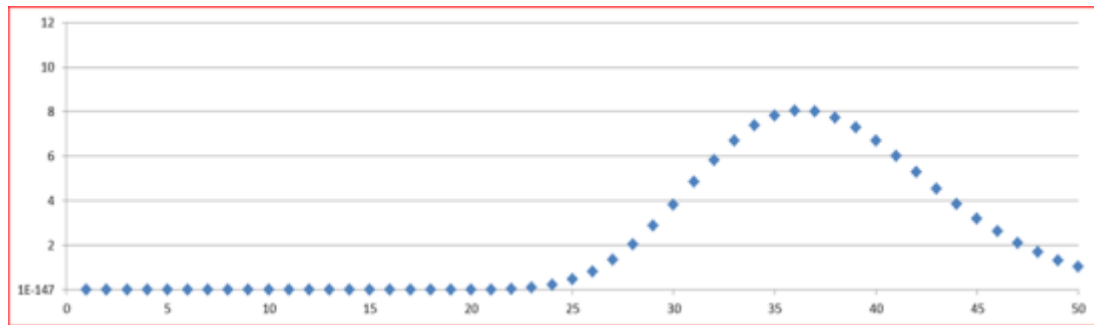


圖 2-16、水文地質自由含水層溶質傳輸解析解模式

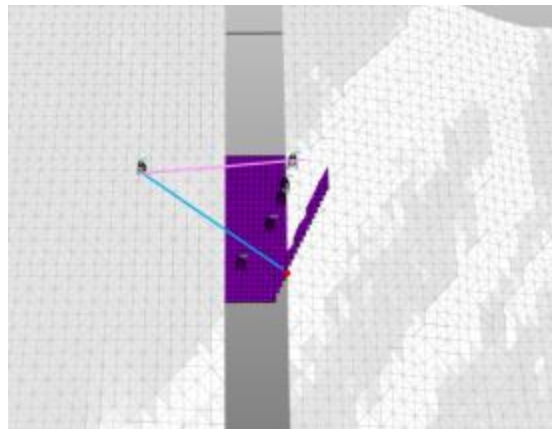


圖 2-17、高精度三維場址自由含水層模型

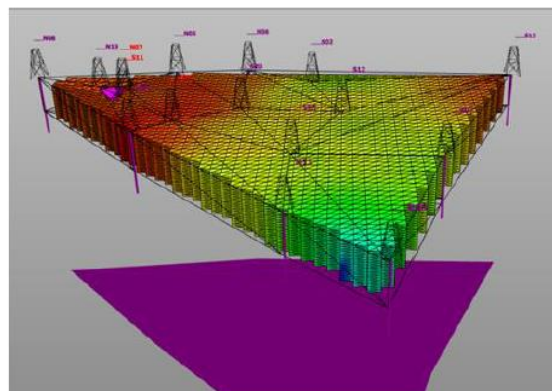


圖 2-18、地下水流模型

2-11 含氚廢液處理技術開發及作業

檔 號：
保存年限：

行政院原子能委員會放射性物料管理局 函

地址：23452新北市永和區成功路1段80號2樓
承辦人：唐大維
聯絡電話：02-(02)8231-7919分機2317
傳真：02-22322308
電子信箱：davidtang@sec.gov.tw

受文者：行政院原子能委員會核能研究所
發文日期：中華民國106年1月3日
發文字號：物一字第106000006號
類別：普通件
密等及解密條件或保密期限：
附件：

主旨：貴所015B低放射性廢液處理場安全分析報告修訂版經本局
審查，同意核備。

說明：復貴所105年12月23日核化工字第1050007903號函

正本：行政院原子能委員會核能研究所
副本：
局長 邱 賜 聰

圖 2-19、015B 放射性廢液處理場安全分析報告同意核備函

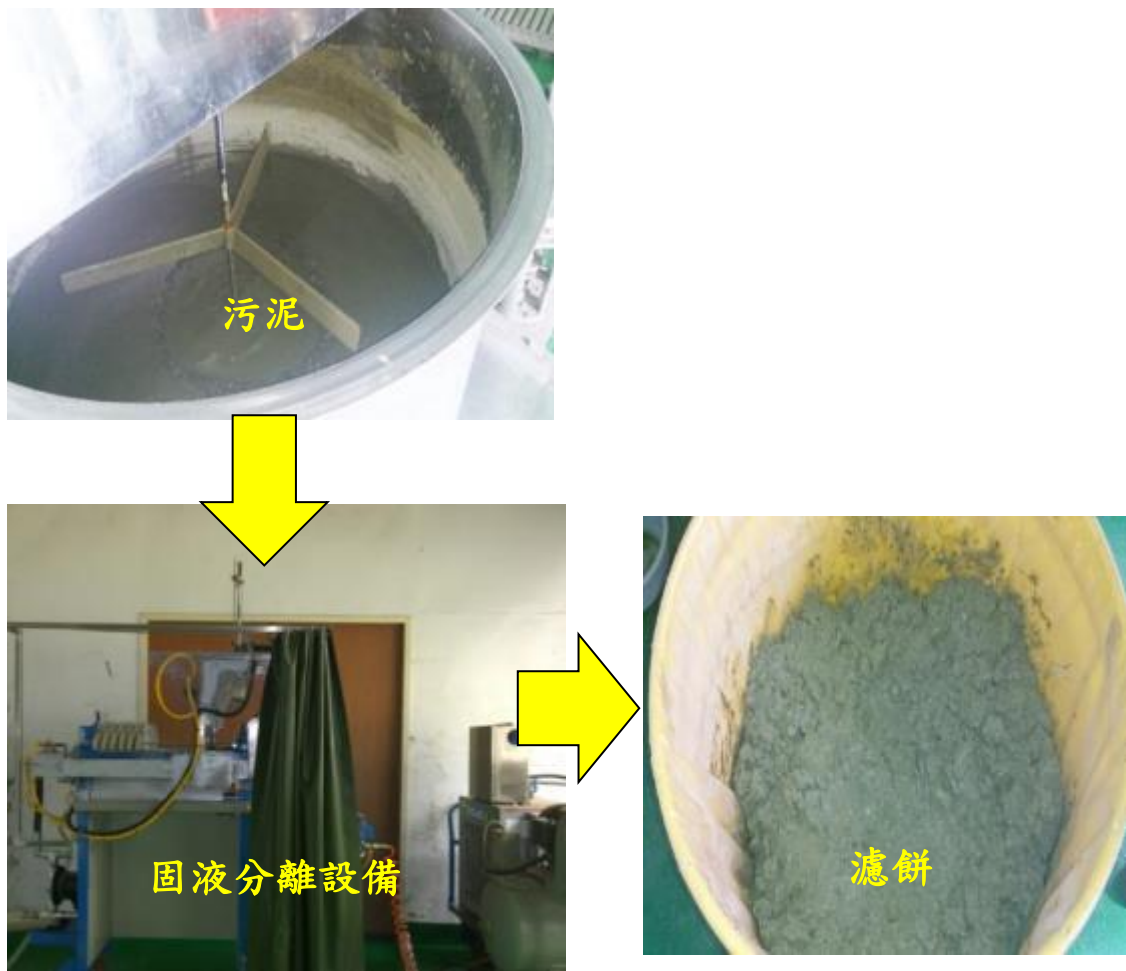


圖 2-20、污泥固液分離設備建置及測試處理

2-12 高複雜廢液處理技術開發及作業



圖 2-21、放射性磷酸三正丁酯處理作業 圖 2-22、放射性含油污泥之處理作業



圖 2-23、放射性有機廢液之處理作業

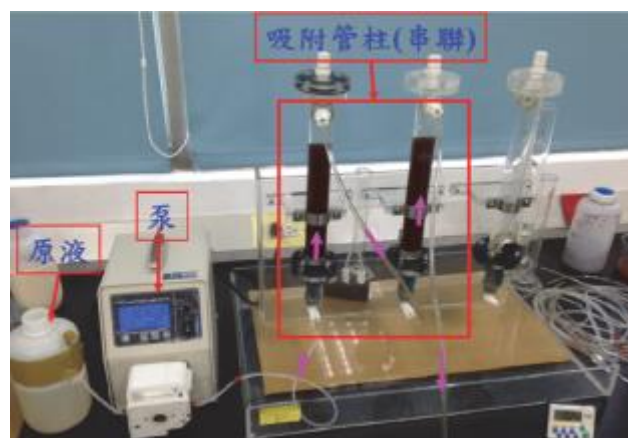
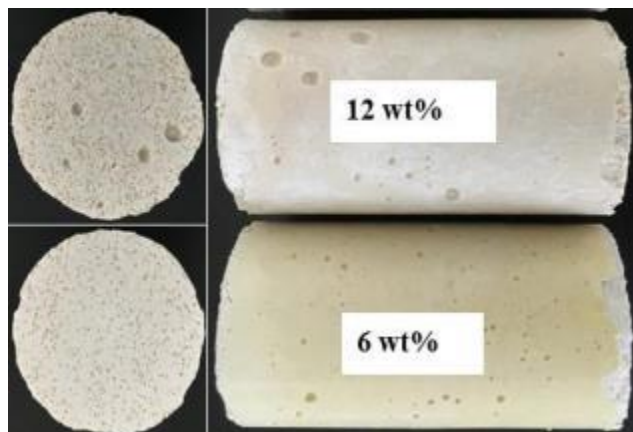


圖 2-24、放射性乙二醇廢液之連續吸附處理

2-13 廢樹脂安定化技術開發



品質測試項目	結果(12wt%)
自由水	無
機械強度	$>155 \text{ kgf/cm}^2$
耐水性測試	$>29 \text{ kgf/cm}^2$
耐候性測試	$>165 \text{ kgf/cm}^2$
耐菌性測試	$>105 \text{ kgf/cm}^2$
耐輻性測試	$>125 \text{ kgf/cm}^2$
溶出指數	$>8.9 \text{ for Cs}^+$

圖 2-25、12wt%樹脂與無機聚合物之相容性

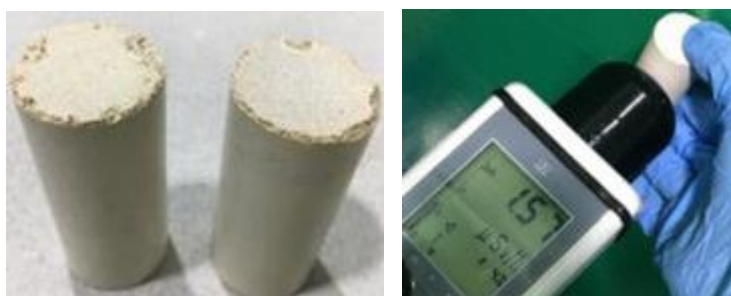


圖 2-26、12wt%低活度樹脂固化體

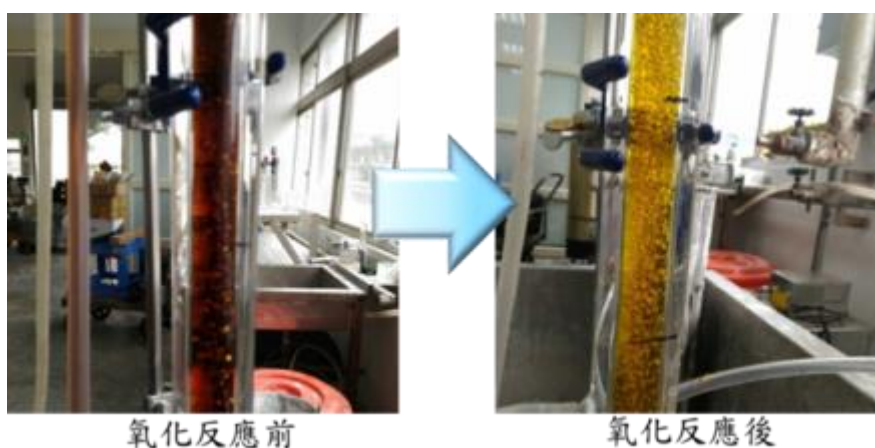


圖 2-27、樹脂氧化研究

2-14 放射性固體廢棄物處理技術開發及作業



圖 2-28、廢活性碳焚燒爐試燒結果



圖 2-29、樹脂試燒

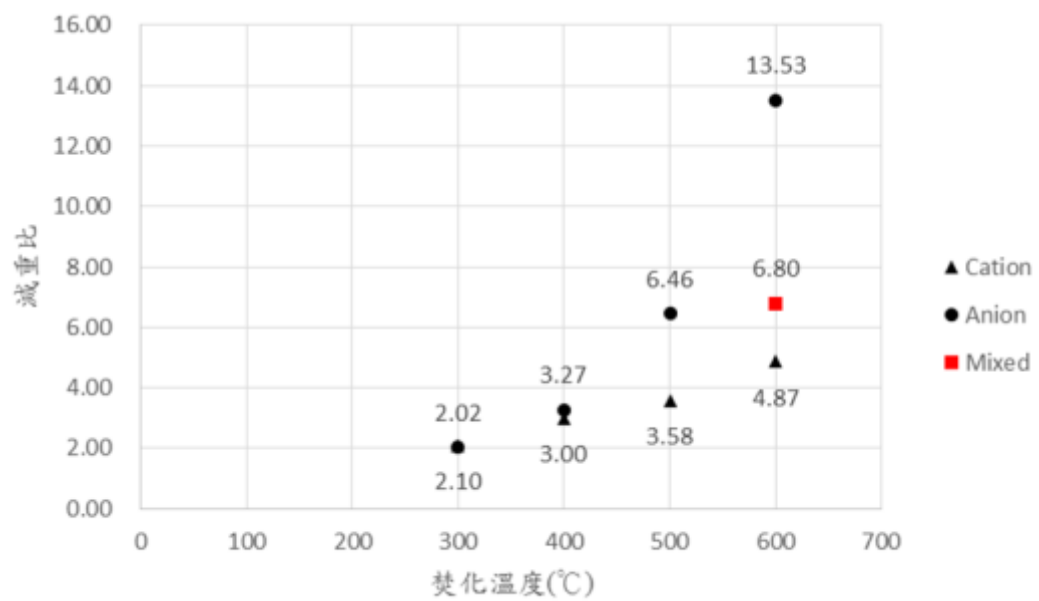


圖 2-30、空氣流量 1LPM，不同焚化溫度(300-600°C)下樹脂焚化減重比

2-15 低放射性廢棄物容器開發



圖 2-35、完成 5 組 B-25 容器製作



圖 2-36、B-25 容器墜落測試



圖 2-37、B-25 容器震動測試



圖 2-38、B-25 容器墜貫穿落測試



圖 2-39、B-25 容器堆疊測試

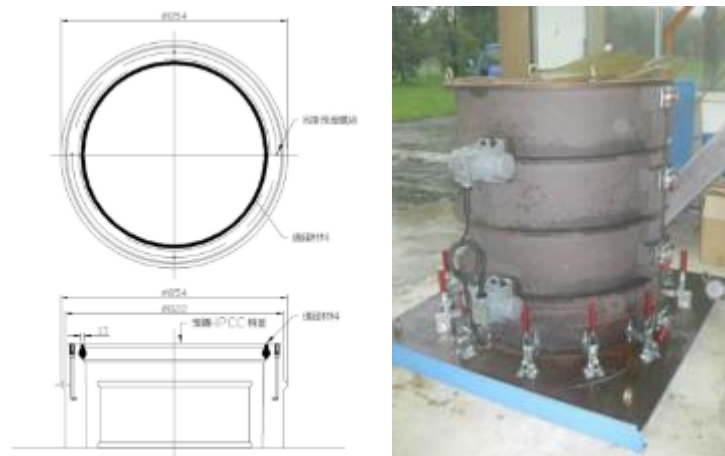


圖 2-40、混凝土盛裝容器製作用模具

2-16 放射性廢棄物放射化學分析技術開發及作業



圖 2-41、TRR 及相關附屬設施之核種分析鑑定



圖 2-42、015B 固化廢棄物桶整桶計測

項三：核子醫藥及材與儀器之應用研究

3-1 加速器研製新核種發生器同位素及應用



圖 3-1、RF 共振器硬體

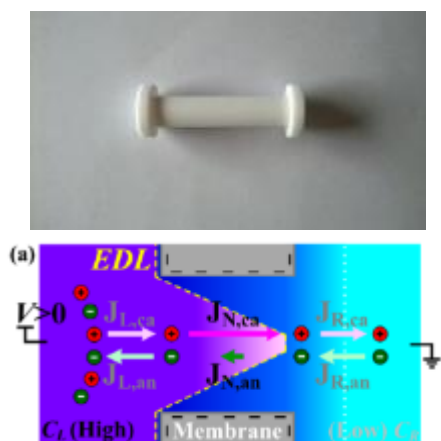
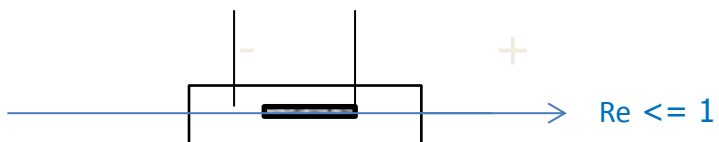
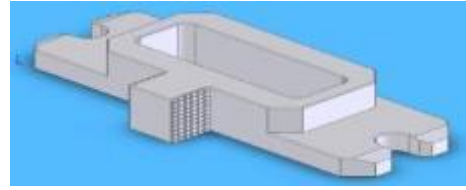


圖 3-2、微流體裝置



傳統機械製作



3D 智慧機械設計



鈔-89 靶物質



3D 聰明塑脂列印



個人化加工組裝

圖 3-3、靶製備裝置

3-2 放射診療核醫藥物研發與應用研究

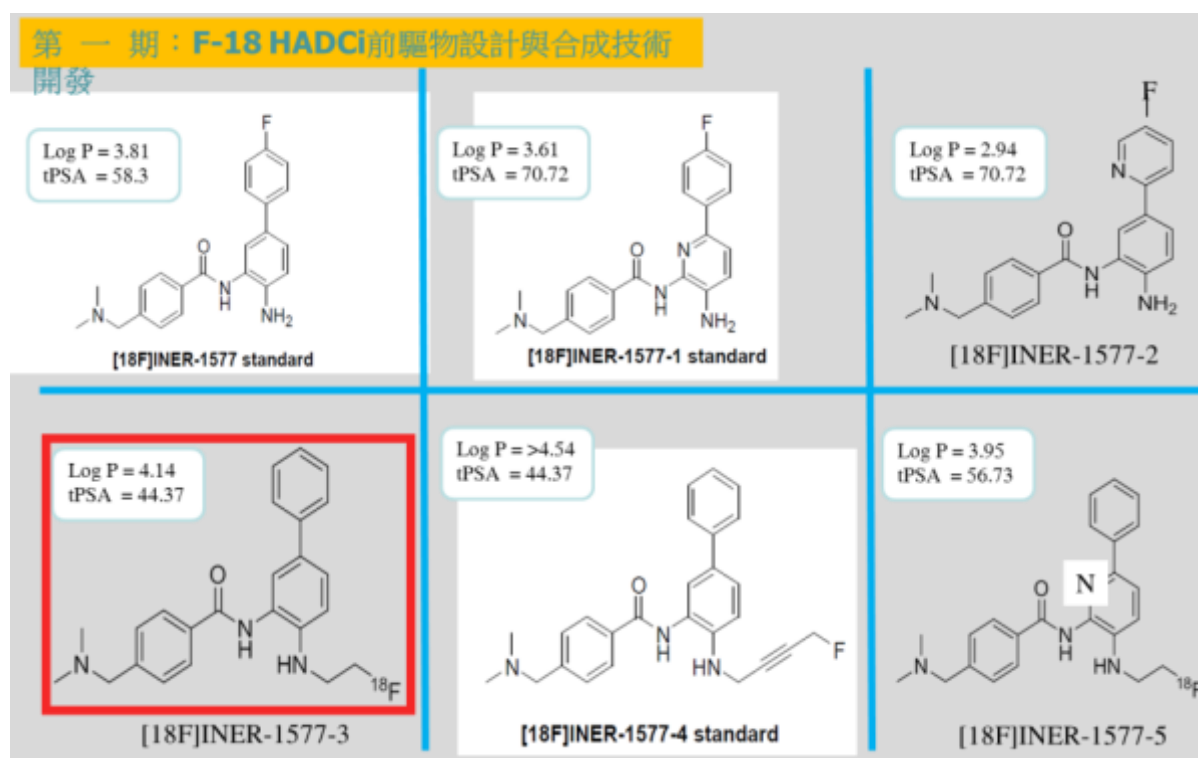


圖 3-4、阿茲海默氏症診斷藥物之研製 HDACi 結構異構物之設計

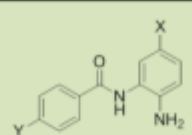
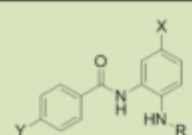
															
	BNL26	M5275	C1994	YHC 1125	YHC 1168	YHC 1172	YHC 1182b	INER 1577-3	YHC 1147a	YHC 1169	YHC 1175b	SAHA	Panob- instat	FLT	FET
HDAC1	89.02	85.41	82.98	79.44	75.76	83.45	82.32	53.16	58.10	53.83	53.29	91.58	92.44	59.77	55.45
HDAC2	79.82	80.83	70.69	67.75	47.89	73.93	60.69	8.44	16.87	4.46	34.26	78.60	83.04	2.56	-
HDAC3	55.79	99.52	-	-	-	-	-	79.76	-	-	-	-	-	-	-
HDAC6	32.81	49.22	66.55	70.00	67.26	70.62	68.62	55.39	70.18	64.21	64.78	88.26	89.42	64.38	58.42
HDAC8	29.18	30.49	-	-	-	-	-	10.83	-	-	-	-	-	-	-
SIRT1	60.61	64.59	63.88	64.85	60.98	57.12	57.31	59.31	60.57	50.96	54.58	60.75	65.89	79.01	72.69
SIRT2	33.25	26.73	32.20	35.81	30.98	27.71	25.38	33.40	36.31	26.24	27.42	32.30	34.37	32.13	24.79
SIRT3	77.73	81.82	81.90	80.70	80.61	79.62	80.66	81.04	81.49	80.00	80.32	81.43	82.05	82.18	78.65

圖 3-5、阿茲海默氏症診斷藥物之研製 HDACi 結構異構物之設計

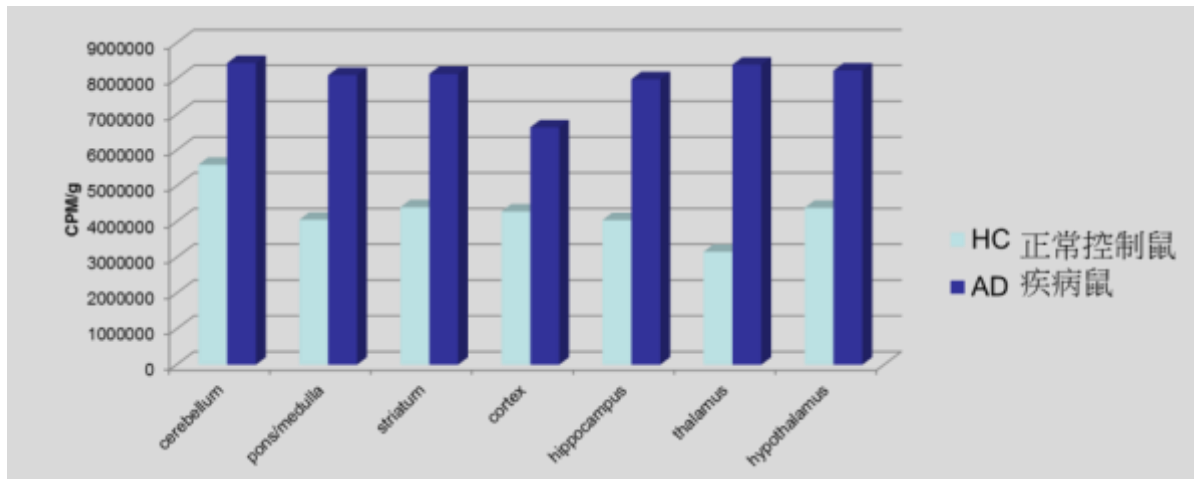


圖 3-6、比較 ^{18}F -FEONM 於 4 個月大 P301L 基因轉殖鼠及正常控制鼠之腦部藥物吸收

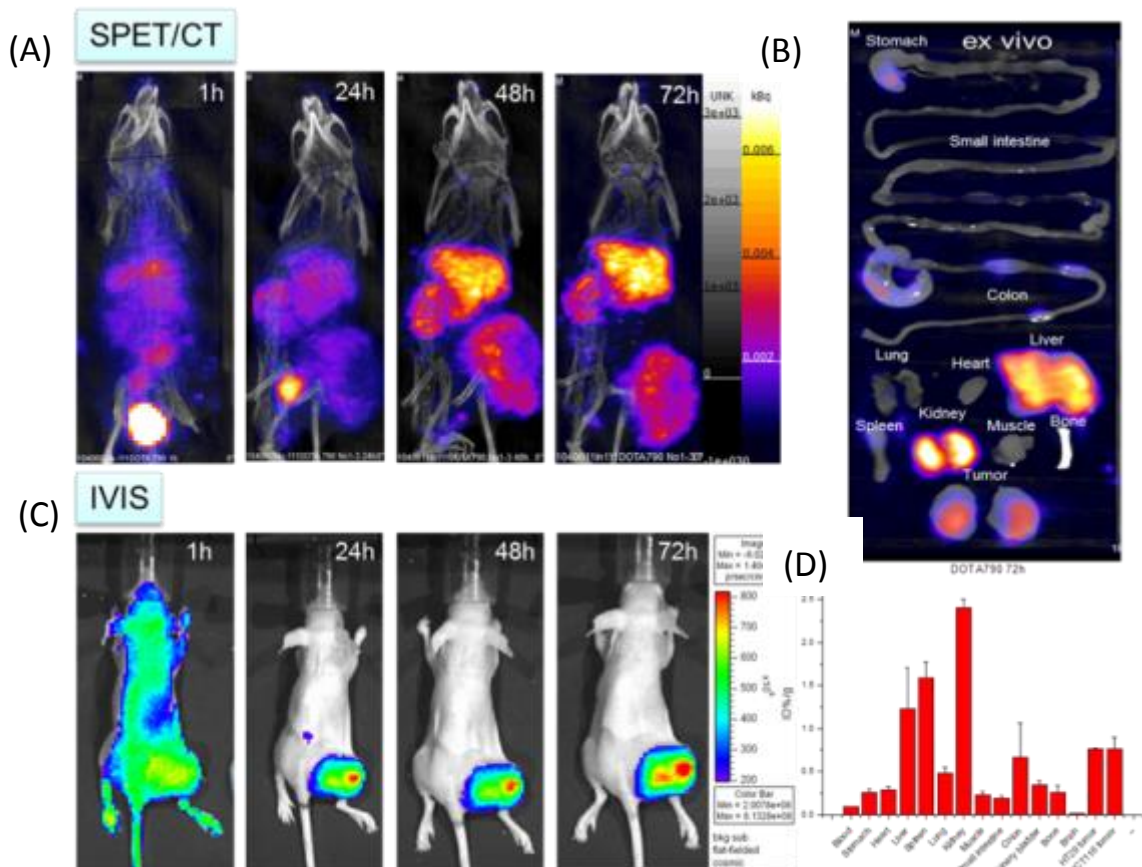


圖 3-7、多功能腫瘤影像診斷探針 ^{111}In -DOTA-NIR790 於 HCT-116 腫瘤小鼠之(A)SPECT/CT 影像(B)ex vivo 放射圖像(C)IVIS 影像(D)生物體分佈數據圖

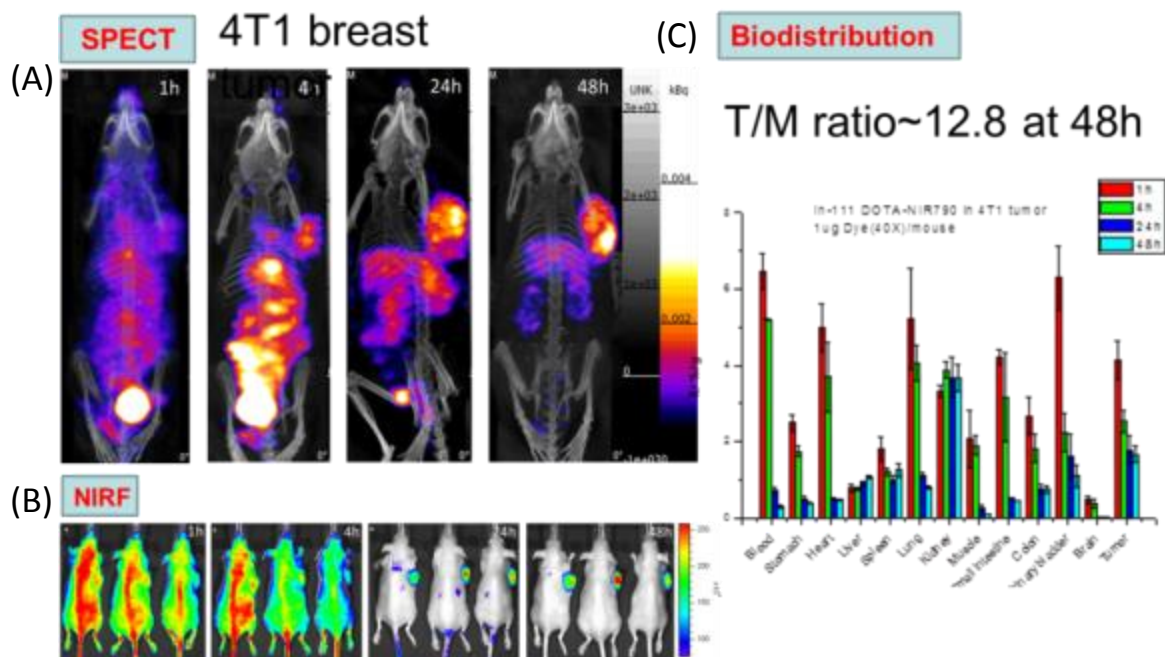


圖 3-8、 ^{111}In -DOTA-NIR790 於 4T1 乳癌腫瘤小鼠(A)SPECT/CT 圖與(B)NIRF 圖與(C)1,4,24,48 小時之生體分佈數據

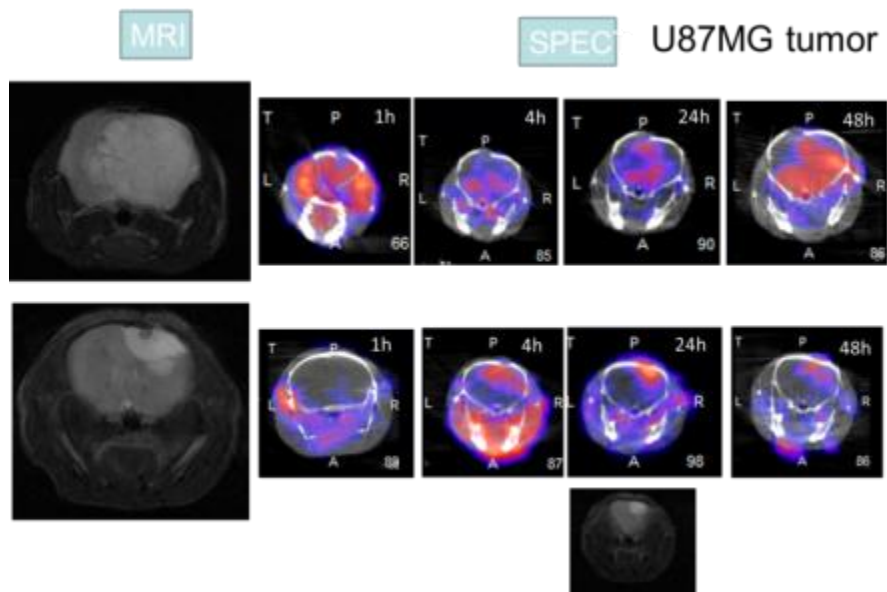


圖 3-9、 ^{111}In -DOTA-NIR790 於 U87MG 腦癌之小鼠腦部 MRI 及 SPECT/CT 之分佈影像

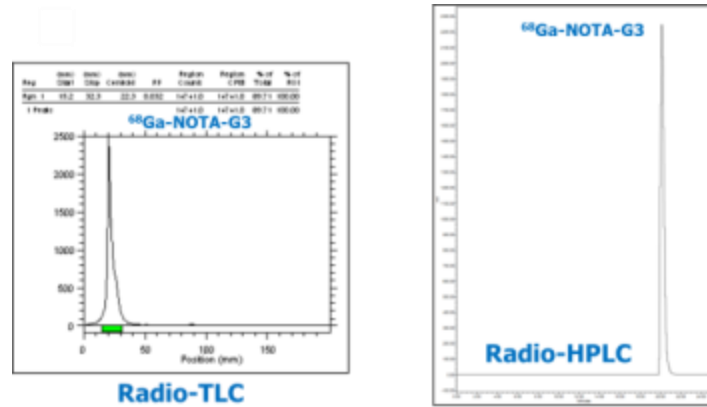


圖 3-10、建立 ^{68}Ga -NOTA-G3 之放射標誌技術，經 radio-TLC 分析，放射化學純度 100%

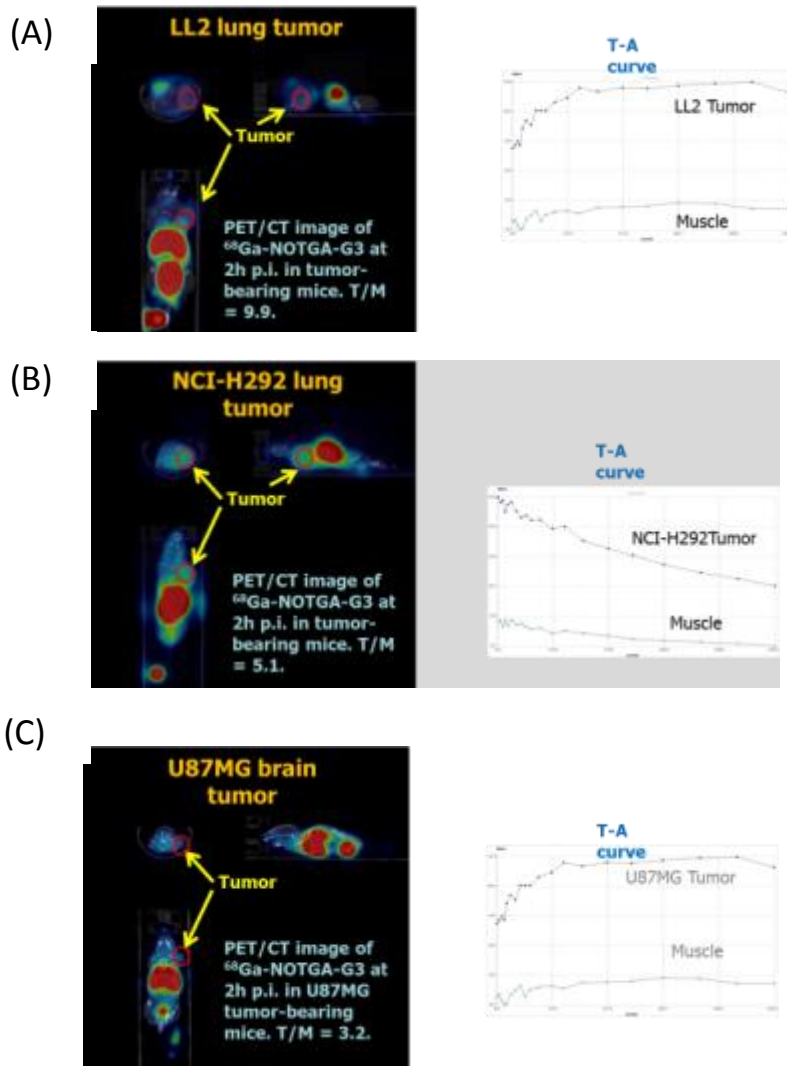


圖 3-11、 ^{68}Ga -NOTA-G3 於三種腫瘤動物模式之造影圖：

(A).LL2 lung tumor mice model

(B).NCI-H292 induced lung tumor mice model

(C).U87MG brain tumor model

3-3 前瞻放射影像醫療器材技術開發

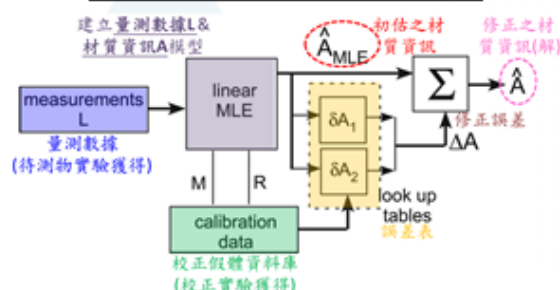


工作項目(1)－多能階材質分辨演算法開發

工作項目	年度目標	達成度
多能階材質分辨演算法開發	- 多能階材質分辨演算法設計並進行特定材質分辨 - PCD成像偵檢器實驗平台架設、基本校正與特性量測	60%

- 開發以校正假體建立誤差查找表之多能階材質辨識方法A-table，具有無需量測能譜與偵檢器響應優勢。
- 完成PCD成像偵檢器基本特性量測與校正，提供實驗參數設置範圍之參考基準。

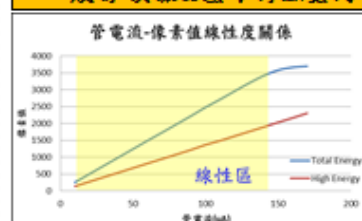
A-table材質辨識演算法流程圖



PCD成像偵檢器影像增益校正

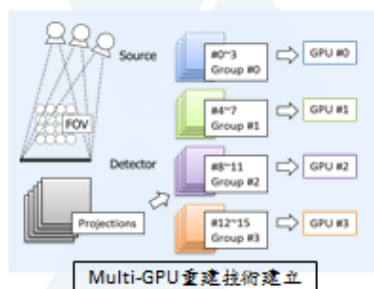


PCD成像偵檢器基本特性量測



工作項目(2)－高速運算演算法最佳化驗證

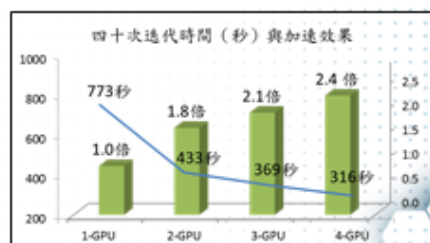
工作項目	年度目標	達成度
高速運算演算法最佳化驗證	透過Multi-GPU與快速收斂技術，達成雙GPU環境下，於五分鐘內獲得X光有限角度重建四十次迭代效果	50%



Multi-GPU重建技術建立

目前完成Multi-GPU重建技術建立，透過建立分群方法將運算工作指派至多個GPU進行重建平行運算，獲得1.8~2.4倍的加速效果，後續將搭配最佳化與快速收斂技術以達成年度目標。

X光有限角度重建 運算時間	四十次迭代 時間 (秒)
1-GPU	773
2-GPU	433
3-GPU	369
4-GPU	316

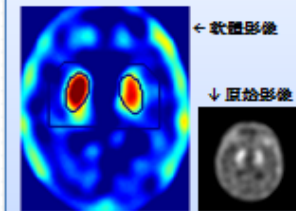
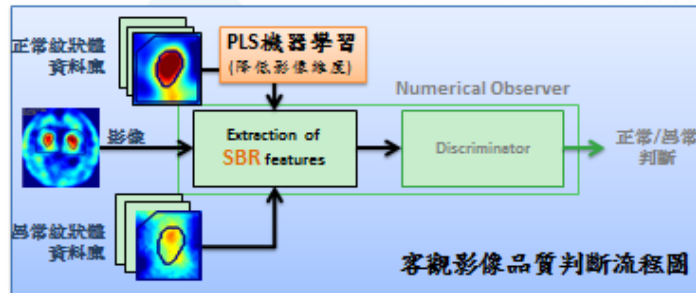




工作項目(3)－客觀影像品質判斷機制研究

工作項目	年度目標	達成度
客觀影像品質判斷機制研究	- 建立高效機械學習模式 - 腦SPECT臨床影像驗證	50%

- 建立 ^{99m}Tc -TRODAT-1腦斷層影像之機器學習式定量分析方法，根據標準化腦資料庫探勘大腦紋狀體體積。
- 案例分析結果諮詢核醫部主任，獲得影像分析靈敏度較肉眼好之評價。



臨床影像驗證案例：

- 61歲疑似失智症女性接受TRODAT檢查，醫師認為影像屬正常。
- 影像分析結果顯示左側紋狀體吸收低下。
- 之後醫師翻閱病歷，發現患者有右手抖動症狀，分析結果吻合臨床症狀。

圖 3-13、高效能醫用影像處理技術開發



工作項目(4)－連續式PCD影像感測器技術開發

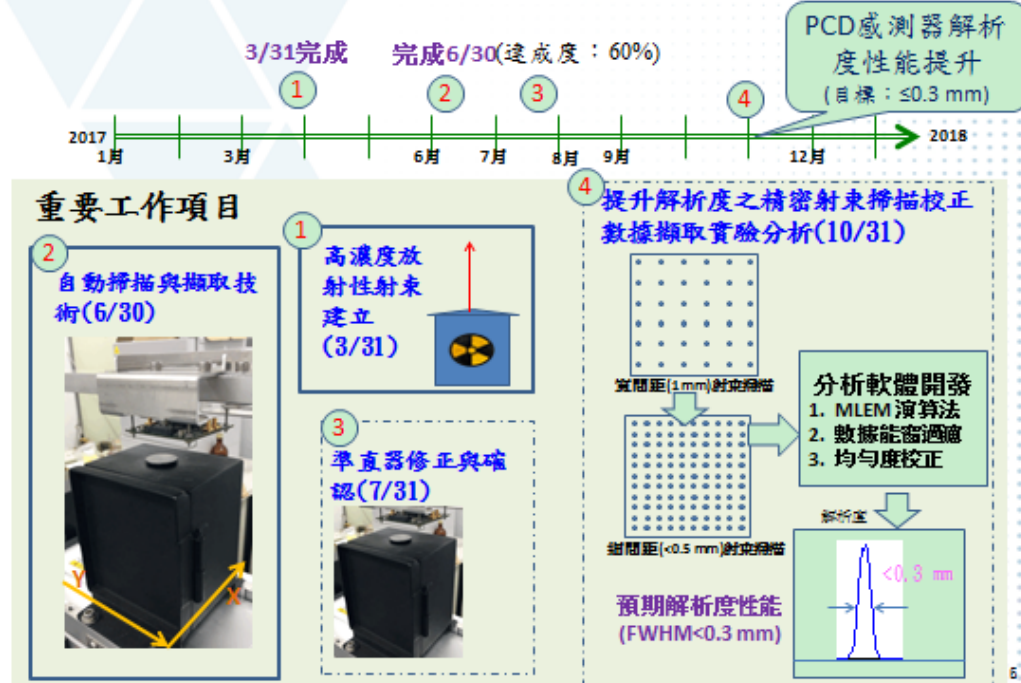


圖 3-14、先進固態薄型成像偵檢技術開發

工作項目(5)－先進陣列式放射造影系統技術開發

工作項目	年度目標	達成度
靜態3D造影實驗測試平台建立	- 以CNT陣列光源為基礎建立靜態3D造影測試/展示平台 - 建立3D造影用X光平面偵檢器同步控制技術	60%

• 已完成工作進度

- CNT系統架設安裝與測試
- 造影光學桌設計
- CNT造影發展與應用

• 待完成工作項目

- 造影光學桌交貨驗收(8/21)
- 光源與偵檢器同步控制程式研究
- 陣列式光源系統安裝測試報告

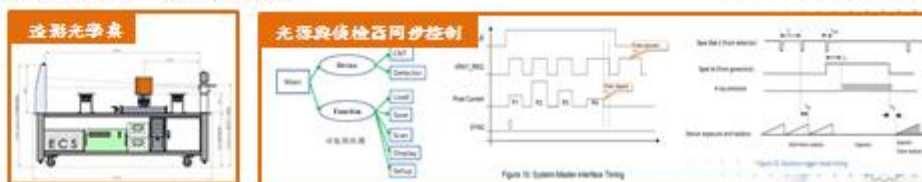


圖 3-15、先進固態薄型成像偵檢技術開發

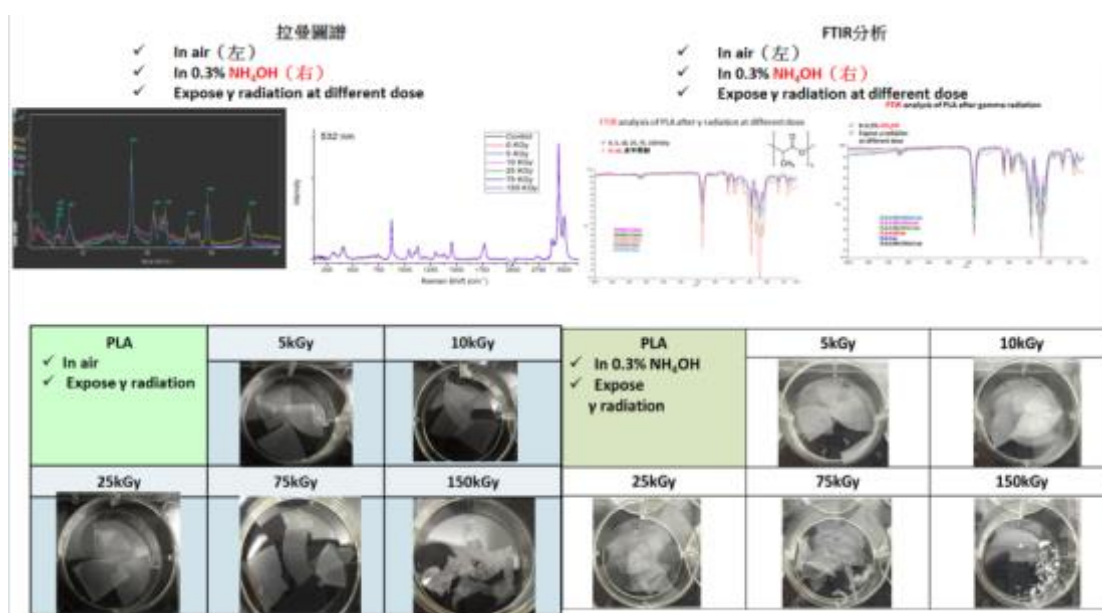


圖 3-16、使用拉曼和 FTIR 分析 3D 列印 PLA 基材，並使用 Co-60 輻射照射改質後的結果：
左圖為 PLA 以 Co-60 照射，隨劑量增加 PLA 碎裂狀況增加，右圖泡在 NH₄OH 內以 Co-60 照射，隨劑量增加 PLA 加強粉碎度。

分項四：電漿技術之節能應用開發與前瞻研究

一、新興電漿製程工程技術開發

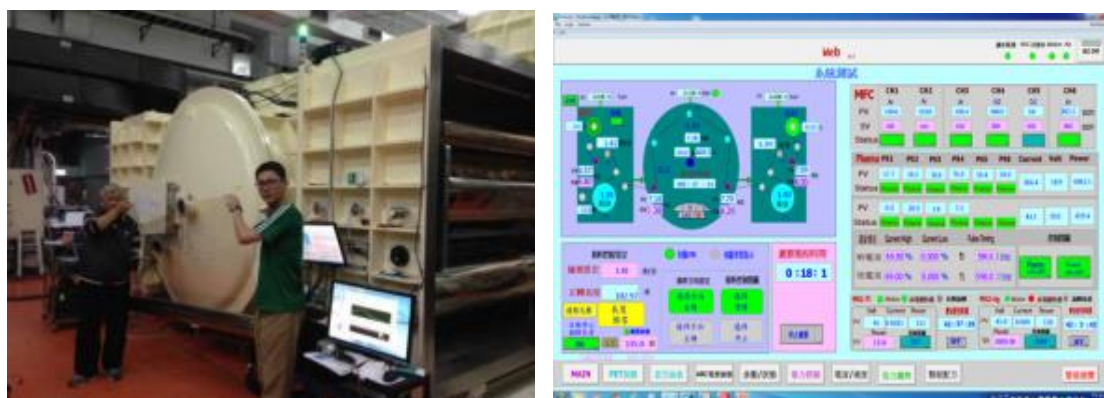


圖 4-1、卷對卷多腔式真空電弧電漿製程系統與控制系統人機界面

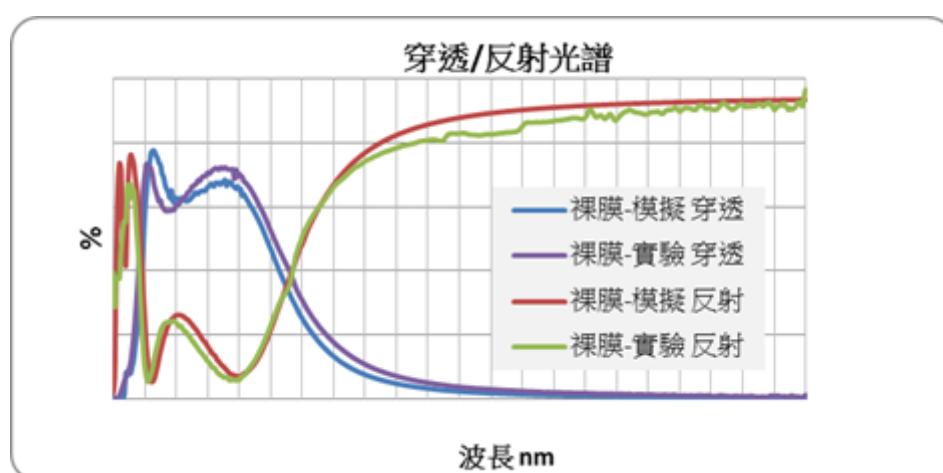
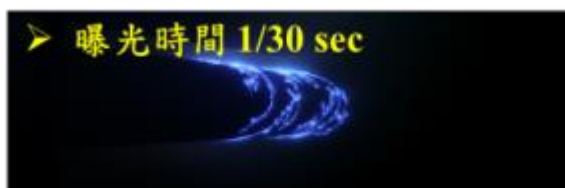


圖 4-2、頂級節能膜穿透/反射光譜量測結果



圖 4-3、各色系頂級低熱輻射率膜及實際貼膜應用



相機拍攝電弧電漿製程中之弧斑影像軌跡

圖 4-4、開發大型陰極圓柱靶（長 2.8 m、外徑 89.4 mm、厚度 10 mm）電弧電漿源，藉由暫態時間內(大約 600msec) 切換電流方向，在鍍製 TiO_2 薄膜製程時，其工作氣壓為 $2.2 \times 10^{-3} \text{ torr}$ ($\text{Ar}/\text{O}_2=150/520 \text{ sccm}$)，電弧移動速度可達 4.2 m/s。



高磁場環境（電弧路徑較長）



低磁場環境（電弧路徑較短）

圖 4-5、電弧移動軌跡主要由平行方向磁場導引電弧點的游走。可由模擬目的為設計磁場方向與大小來，調整適當的磁場分布，讓電弧點可以均勻掃過全靶面，停留在某一點位置時間相對短使熱能不易累積，提高靶材利用率並提高鍍膜良率。



圖 4-6、物理組團隊開發人機介面控制軟體使製程參數調控更精確

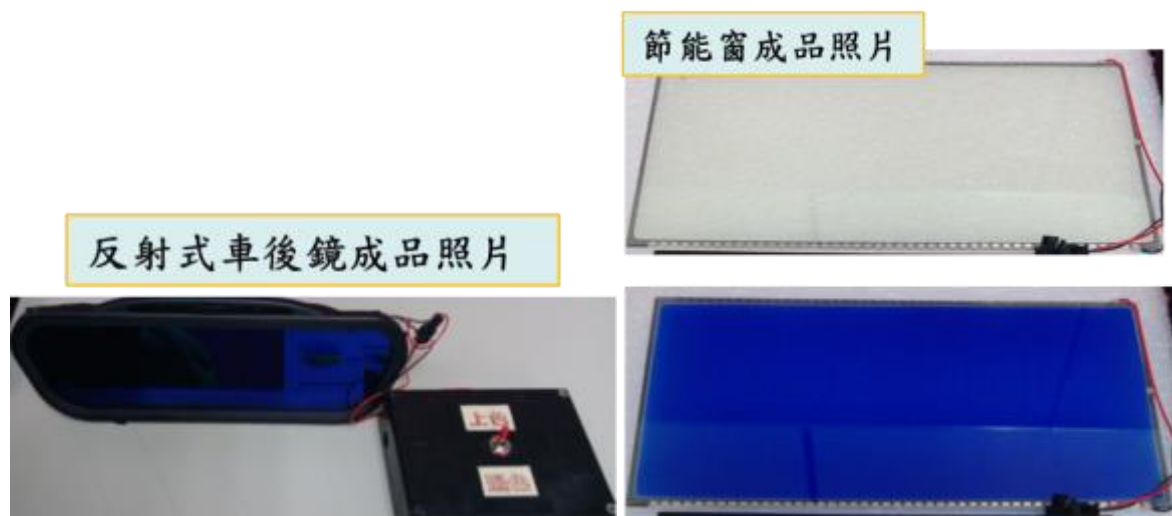


圖 4-7、與國內廠商共同開發商用電致變色商品，完成兩種商用產品製作反射式車後鏡電致變色(WO₃ 單層變色電極)及小尺寸節能窗(26x 13 cm²)，反射式車後鏡電致變色(WO₃ 單層變色電極)及小尺寸智能窗(26x 13 cm²)，其中小尺寸智能窗商品，驅動電壓@-1.2V~0.2V，可見光穿透度可達 13%~80%變化($\Delta T=67\%$)，上色時間為 13 秒、退色時間為 8 秒。

二、薄膜智慧節能元件開發

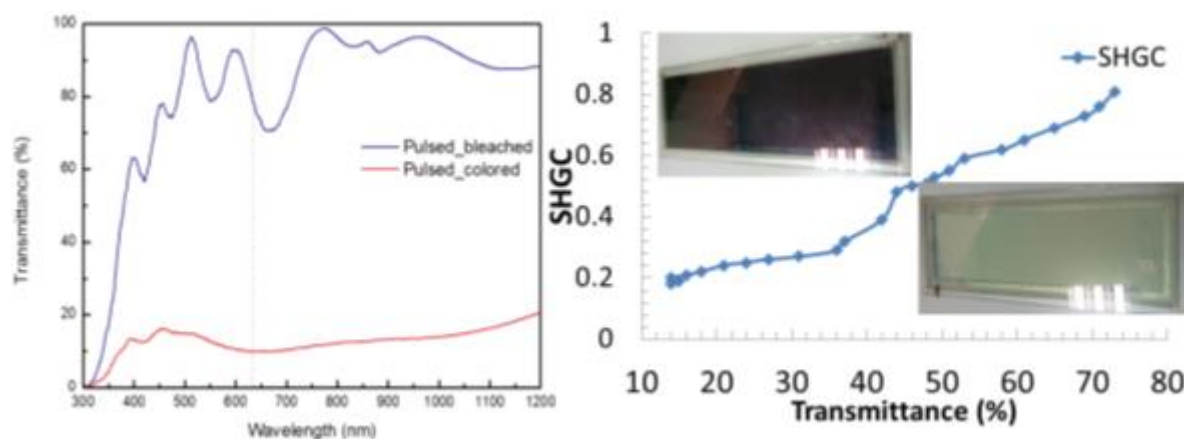


圖 4-8、左圖為實驗所得全固態電致變色元件穿透度特性圖，元件可見光穿透度變化(ΔT)達 60%，右圖為面積 25 cm × 15 cm 全固態電致變色玻璃，其太陽輻射熱取得率 (SHGC, solar heat gain coefficient) SHGC 可調控範圍介於 0.18~0.81 之間。

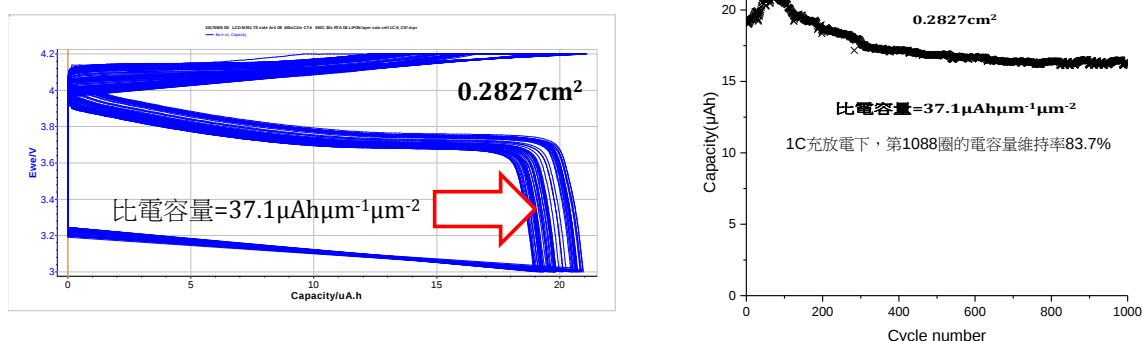


圖 4-9、完成可撓曲式全固態鋰離子電池，放電電容量能量密度為 1200Wh/L。循環充放電測試在 1C 充放電下，第 1000 圈的放電電容量能維持初始放電電容量的 83.7%。

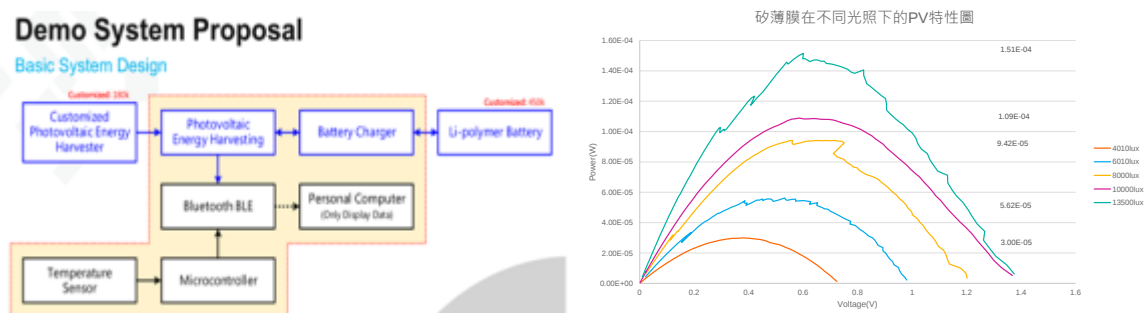


圖 4-10、全固態鋰離子電池與太陽能電池整合為一體自主供電系統設計圖。

三、電漿理論模擬與前瞻研究

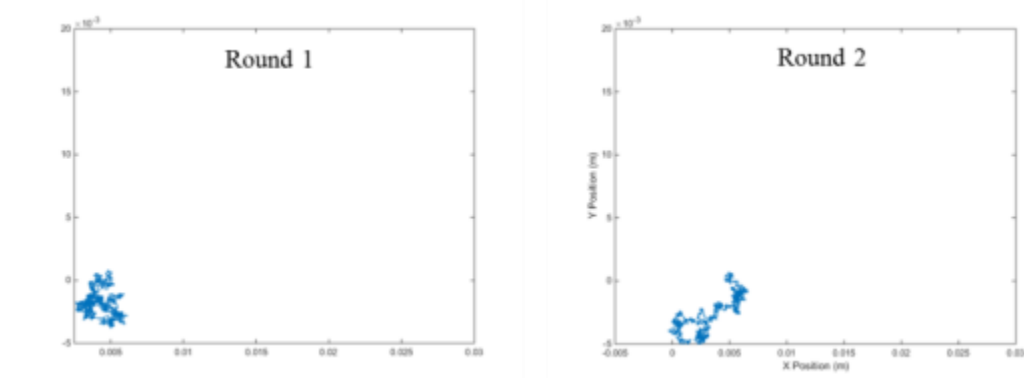


圖 4-11、無外加磁場時，弧根運動軌跡模擬結果。無外加磁場時，弧根運動軌跡由隨機函數所決定，因此，每次模擬結果皆不相同，左圖與右圖代表兩次不同模擬結果。

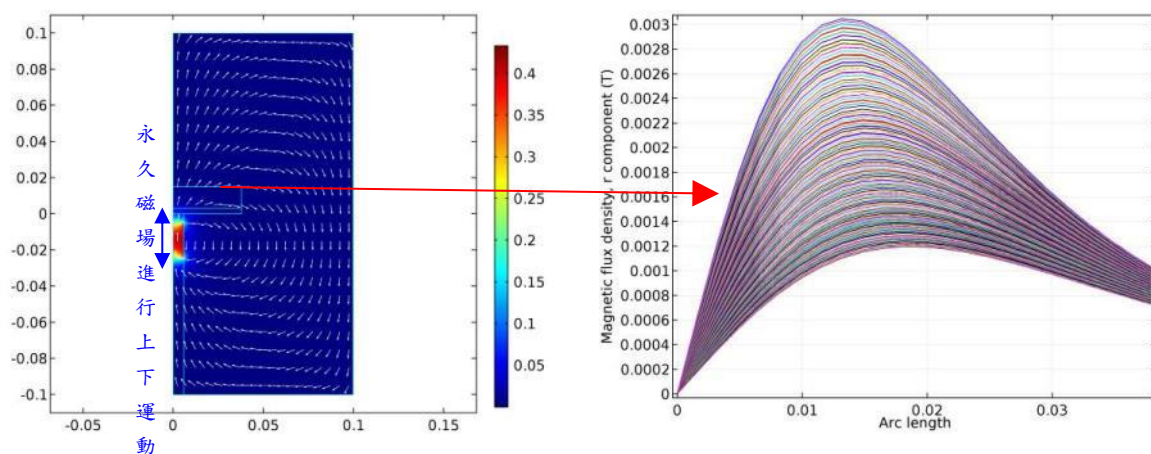


圖 4-12、左圖為特定時間之電弧電漿反應器內的磁場分布情形，永久磁場進行上下直線運動，因此，磁場為時間函數；右圖為靶材表面(左圖中紅色線段標示處)之磁場分布隨時間變化情形。

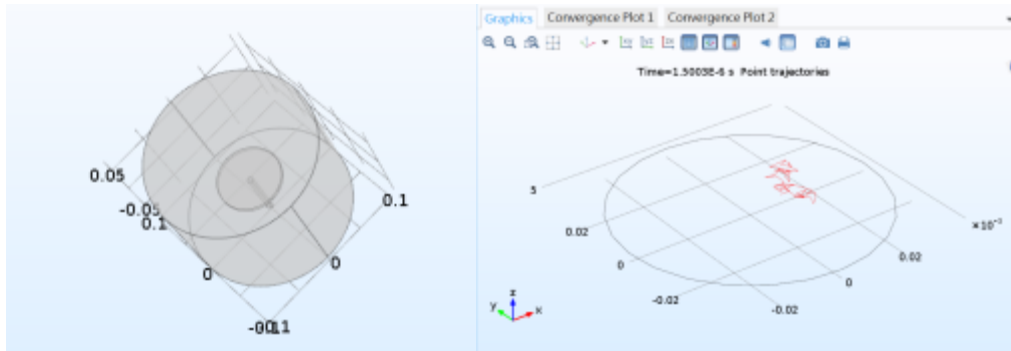


圖 4-15、(a)系統腔體模擬示意圖 (b)藉由商業軟體 COMSOL Multiphysics 建立程序調控固定磁場分布，計算弧根運動軌跡

➤ 高密度電漿聚焦(DPF)裝置的模擬與最佳化設計:

完成原 DPF 模擬計算 Excel 碼的高階程式語言 Mathematica 改寫，依照訂製之脈沖放電儲能電容規格(6uF/50kV, 40nH 內感) 4 個併聯進行最佳化設計，圖 4-15 為 DPF 裝置之規畫配置。估算 DPF 的外部電路參數為總電容 24 uF, 總電感 10 nH, 總電阻 10 mΩ, 規畫工作在 30 kV 時總放電能量為 11 kJ。最佳化計算得到高密度電漿聚焦(DPF)裝置的電極設計尺寸，內電極半徑 $a=2.75$ cm, 外電極至軸心距離 $b=5$ cm 及內電極長度 $z_0=14$ cm 時，圖 4-16 則為 DPF 真空反應腔的結構設計，表 4-1 為最佳化後之 DPF 裝置規格。依據表 4-1 DPF 裝置規格，再依不同填充氣體(例 N_2, D_2) 進行模擬計算其產生 X-ray 與中子的能量分布、強度等數值，表 4-2 為依表 4-1 之 DPF 裝置規格得到之模擬結果，在工作在 30 kV 時得到之平均中子產量為 $3.72E+08/\text{per pulse}$ ，但在 40 kV 工作時得到最大中子產量 $1.08E+09/\text{per pulse}$ 。此階段計算得到之 X-ray 與中子的最大強度值將供 DPF 實驗裝置之輻射安全評估用。

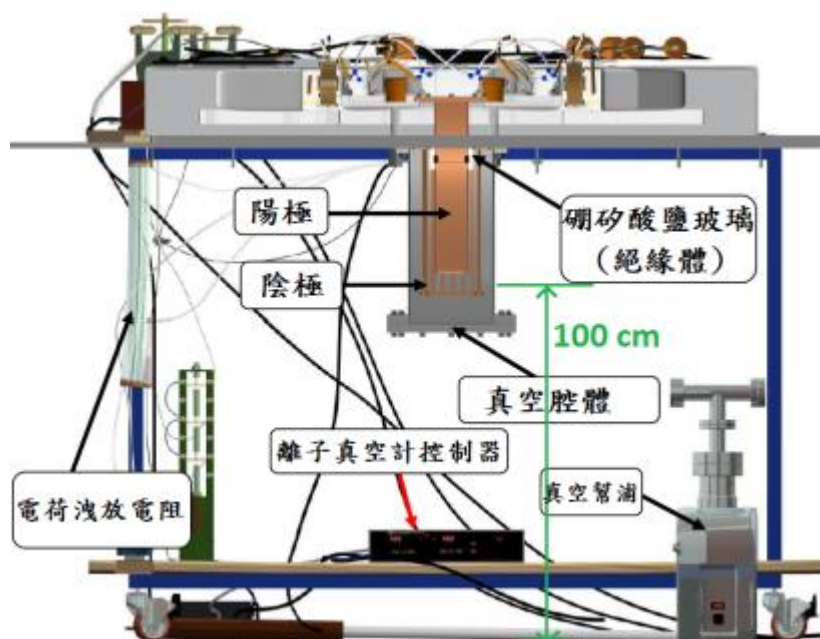


圖 4-16、DPF 裝置之配置

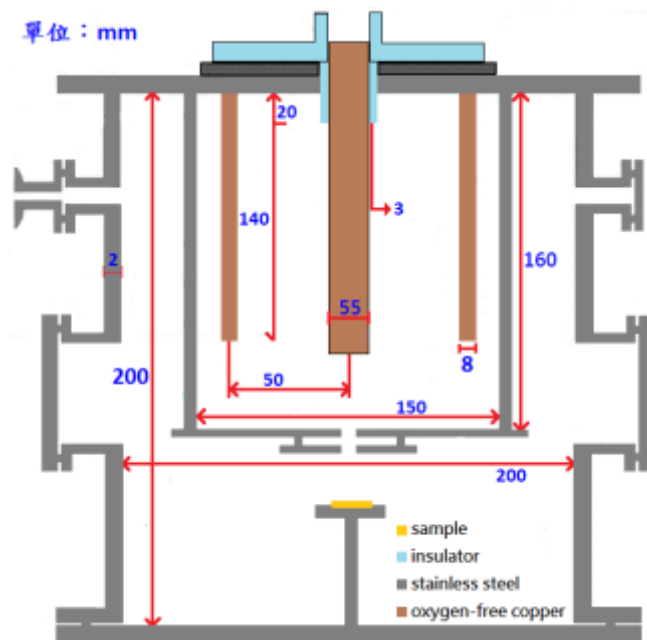


圖 4-17、DPF 反應腔結構

表 4-1. DPF 裝置規格

電容器規格	電容	電感	最大電壓	工作電壓	放電頻率	工作壽命
	6 μ F	40 nH	40 kV	30 kV	1/60 Hz	10000 次
電極尺寸	內電極(陽極)半徑		外電極(陰極)至軸心的距離		內電極(陰極)長度	
	2.75 cm		5 cm		14 cm	

表 4-2. DPF 的模擬實驗結果

輻射種類		X-ray	中子
填充燃料		N ₂ 、D ₂	D ₂
能量範圍		20~200 keV	1.7~3.2 MeV
主要能量		100 keV	2.45 MeV
平均強度 (實驗電壓=30kV)	N ₂	0.37 J	無
	D ₂	2.91×10^{-4} J	3.72×10^8 個
最大強度 (最大電壓=40kV)	N ₂	20.0 J	無
	D ₂	1.25×10^{-4} J	1.08×10^9 個
輻射角度		可視為各向同性	
持續時間		~60 nsec	~25 nsec
產生輻射的最高頻率		1/60 Hz	

➤ 高密度電漿聚焦(DPF)實驗裝置之輻射安全評估

利用上述得到的 DPF 最大輻射量進行實驗室場所屏蔽規劃，放射性污染物之處理措施、移動型放射性物質或可發生游離輻射設備之防護措施等規畫，完成「高密度電漿聚焦(DPF)實驗設施之輻射安全評估報告」(INER-13462)。圖 4-17 為在 DPF 實驗室規畫之輻射屏蔽牆之俯視圖，圖 4-18 為 DPF 實驗室側視圖，輻射屏蔽牆採迷宮式設計，DPF 輻射源置在方形空間中央。在分析 DPF 裝置產生的輻射劑量與對人員及週遭的影響時，使用經驗公式與 MCNP 程式等二種分析方式去計算評估輻射劑量，同時考慮到 10 種可能人員位置。表 4-3 為迷宮式輻射屏蔽牆在出口無設置屏蔽門時，對 10 種人員位置此 DPF 裝置產生的輻射劑量值，表 4-4 為迷宮式輻射屏蔽牆在出口有設置屏蔽門時的輻射劑量值，相比之下對出口處之屏蔽改善達 268 倍。依此分析結果為將 DPF 實驗室的輻射屏蔽牆設計成材質 40 公分(cm)厚的混凝土牆壁和 20 公分厚的混凝土屋頂，屏蔽門含 1.5 毫米(mm)厚的鉛，即可使 DPF 實驗中產生的輻射劑量(x 光、中子)低於管制區標準，而估算出的實驗人員年劑量也低於法規年劑量限值的十分之一。圖 4-19 為此 DPF 實驗室之輻射區域劃分，在圖中亦標示出相關輻射偵檢器布置位置及數量。

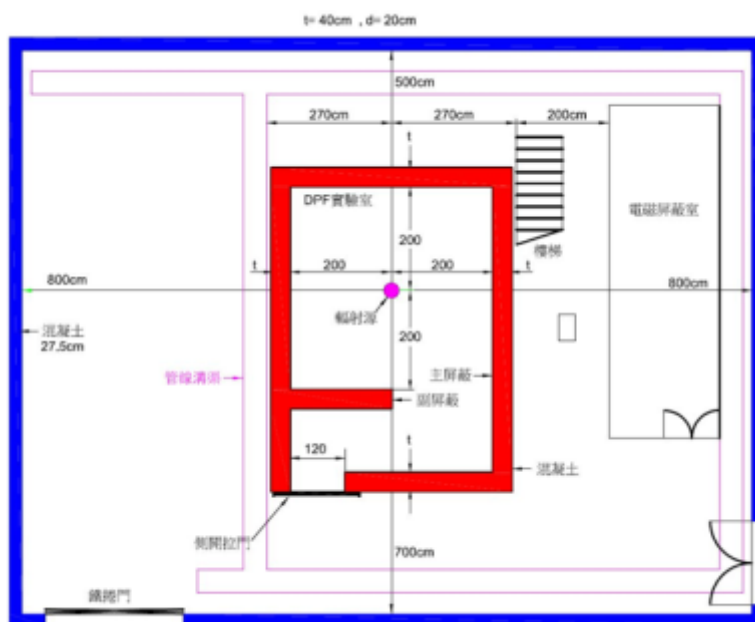


圖 4-18、DPF 實驗室俯視圖

表 4-3. DPF 裝置產生的輻射劑量(無設置屏蔽門)

人員位置	中子產生的劑量($\mu\text{Sv/pulse}$)		X-ray產生的劑量($\mu\text{Sv/pulse}$)		劑量限值($\mu\text{Sv/pulse}$)
	理論估算值	MCNP計算值	理論估算值	MCNP計算值	
1	0.0224	$3.64\text{E-}03\pm 1.49\%$	0.0117	$4.29\text{E-}03\pm 2.61\%$	0.125
2	0.0860	$1.19\text{E-}02\pm 1.40\%$	0.0447	$5.31\text{E-}03\pm 2.11\%$	0.125
3	0.0860	$1.25\text{E-}02\pm 1.62\%$	0.0447	$1.04\text{E-}02\pm 2.05\%$	0.125
4	0.0860	$1.22\text{E-}02\pm 1.46\%$	0.0447	$3.48\text{E-}02\pm 1.96\%$	0.125
5		$1.98\text{E-}02\pm 2.46\%$		$1.71\text{E+}01\pm 2.07\%$	0.125
6		$3.40\text{E-}03\pm 1.84\%$		$2.12\text{E-}01\pm 1.85\%$	0.125
7		$5.43\text{E-}05\pm 7.07\%$		$2.71\text{E-}08\pm 6.70\%$	0.0167
8		$1.75\text{E-}04\pm 9.47\%$		$5.70\text{E-}08\pm 7.43\%$	0.0167
9		$7.68\text{E-}05\pm 13.79\%$		$2.86\text{E-}08\pm 10.50\%$	0.0167
10		$6.46\text{E-}05\pm 15.31\%$		$1.63\text{E-}07\pm 17.30\%$	0.0167

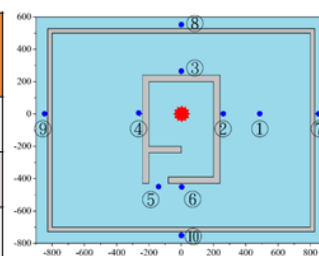


表 4-4. DPF 裝置產生的輻射劑量(含 1.5mm 鉛屏蔽門)

人員 位置	X-ray產生的劑量(μSv/pulse)				劑量 限值
	理論 估算值	MCNP計算值			
		無屏蔽門	含1.5mm鉛屏蔽門	無/有屏蔽門比值	
1	0.0224	4.29E-03±2.61%	3.78E-03±2.09%	1.14	0.125
2	0.0860	5.31E-03±2.11%	5.18E-03±1.82%	1.03	0.125
3	0.0860	1.04E-02±2.05%	9.73E-03±1.87%	1.07	0.125
4	0.0860	3.48E-02±1.96%	1.00E-02±1.76%	3.48	0.125
5		1.71E+01±2.07%	6.37E-02±6.13%	268.40	0.125
6		2.12E-01±1.85%	4.75E-03±3.84%	44.65	0.125
7		2.71E-08±6.70%	2.80E-08±6.20%	0.97	0.0167
8		5.70E-08±7.43%	6.96E-08±7.77%	0.82	0.0167
9		2.86E-08±10.50%	3.53E-08±7.33%	0.81	0.0167
10		1.63E-07±17.30%	2.54E-08±10.76%	6.41	0.0167

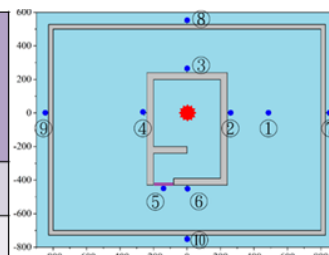


表 4-5. DPF 實驗的環境劑量率與人員年劑量

人員位置		DPF實驗室	電磁屏蔽室	1101室其餘空間
人員 佔用因數 (使用時間)	裝置啟用	0%	50%	50%
	裝置停止	30%	20%	50%
劑量率	裝置啟用		$\leq 3.78 \times 10^{-3}$ ($\mu\text{Sv/pulse}$)	$\leq 6.37 \times 10^{-2}$ ($\mu\text{Sv/pulse}$)
	裝置停止	≤ 25 ($\mu\text{Sv/h}$)	0	0
持續時間	裝置啟用	≤ 10000 (pulse) or 10000 (min)		
	裝置停止	≤ 14000 (min)		
環境 劑量率	監測區	≤ 3.82 ($\mu\text{Sv/h}$)		
	清潔區	$\leq 4.18 \times 10^{-6}$ ($\mu\text{Sv/h}$)		
人員劑量率		≤ 2.087 (mSv/year)		

- 探討利用 DPF 裝置產生高能正離子($10 \sim 1,000$ keV) 與高能電子對材料表面進行高能離子佈植，典型裝置如下圖：

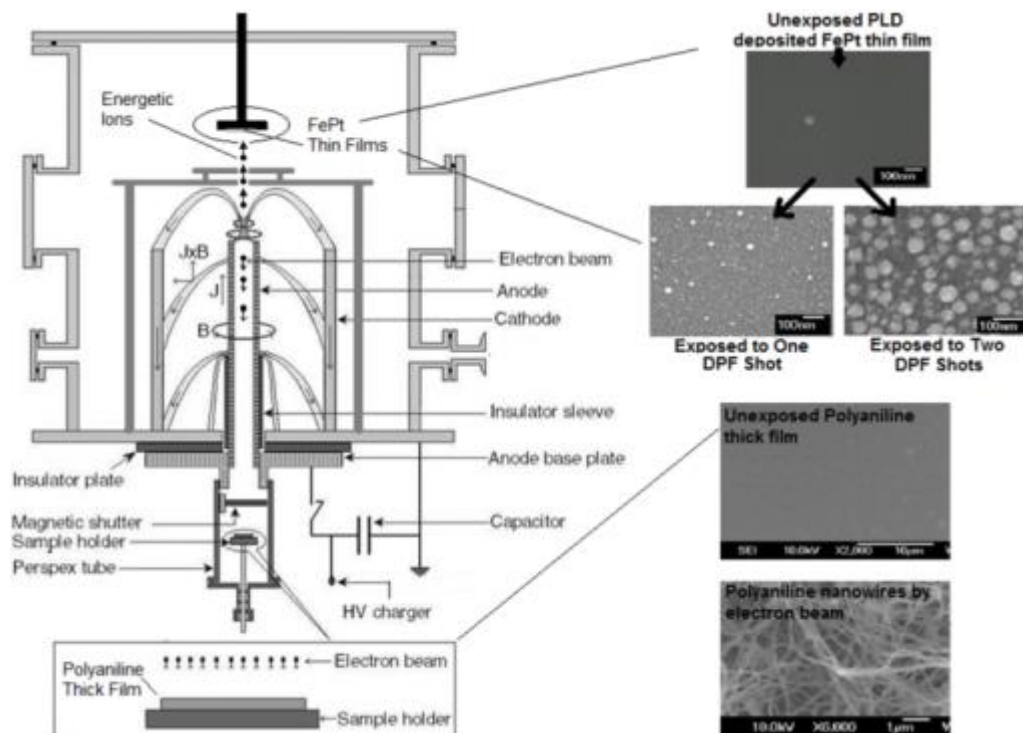


圖 4-21、利用 DPF 裝置進行高能離子佈植之典型裝置示意圖

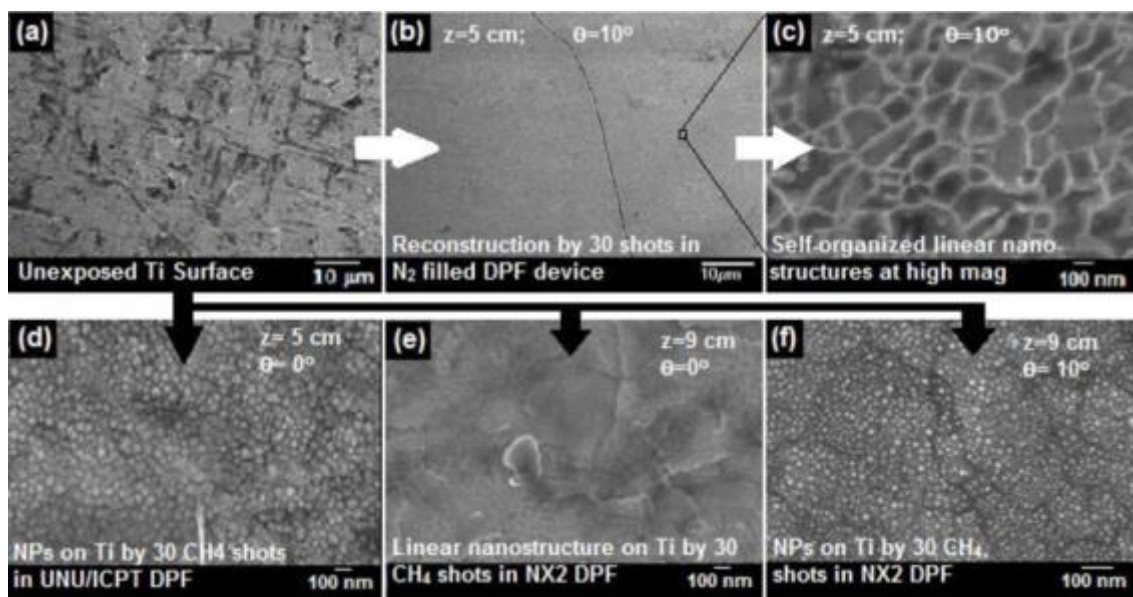


圖 4-22、在填充如 N_2 , CH_4 等氣體時，DPF 離子佈植可在 Ti 表面產生之 Nanofabrication 現象[1]

表 4-6 用 DPF 裝置佈植 ZnO 膜與其他方法的比較[2]

Plasma process	Growth rate	Growth Temperature, ° C
Conventional CVD	1.5 $\mu\text{m}/\text{min}$	950
RF sputtering	0.1 $\mu\text{m}/\text{min}$	RT
Plasma-assisted mist-CVD	0.1 $\mu\text{m}/\text{min}$	RT
RF magnetron sputtering	5 nm/min	250
DPF Device (10 Hz)	60 $\mu\text{m}/\text{min}$	RT

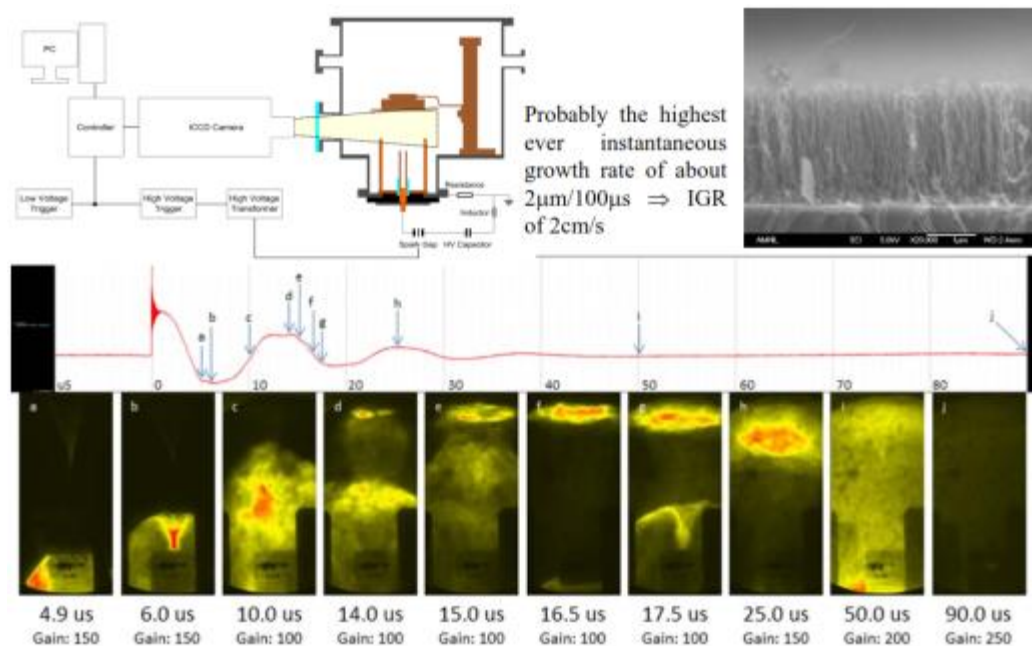


圖 4-23、利用 DPF 裝置進行奈米碳管 CNT 佈植的示意圖、CNT 的 SEM 圖，及 CCD 快速照相之放電過程照片[2]

Ref:

- (1) R. S. Rawat, "Dense Plasma Focus – From Alternative Fusion Source to Versatile High Energy Density Plasma Source for Plasma Nanotechnology", Journal of Physics: Conference Series 591 (2015) 012021.
- (2) R. S. Rawat, "Dense Plasma Focus as a Novel High Energy Density Pulsed Plasma Facility for Controlled Synthesis of Variety of Materials y", 23ND IAEA Technical Meeting on Research Using Small Fusion Device, 29-31 March, 2017.