

109年度政府科技發展計畫 績效報告書 (D006)

計畫名稱：「原子能科技學術合作研究計畫（1 / 1）」

執行期間：

全程：自109年01月01日至109年12月31日止

本期：自109年01月01日至109年12月31日止

主管機關：行政院原子能委員會

執行單位：行政院原子能委員會綜合計畫處

目 錄

【109年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表(D003)】	1-2
壹、目標與架構.....	1-5
貳、經費執行情形.....	1-9
參、主要產出與關鍵效益 (E003)	1-11

【109年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表(D003)】

審議編號	109-2001-01-17-01					
計畫名稱	原子能科技學術合作研究計畫(1/1)					
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綜合計畫處					
計畫主持人	姓名	陳志平	職稱	副處長		
	服務機關	行政院原子能委員會綜合計畫處				
計畫類別	☒ 一般計畫 ☐ 政策計畫 ☐ 前瞻計畫					
重點政策項目	☐ 亞洲・矽谷 ☐ 智慧機械 ☐ 綠能產業 ☐ 生醫產業 ☐ 國防產業(資安、微衛星) ☐ 新農業 ☐ 循環經濟圈 ☐ 晶片設計與半導體前瞻科技 ☐ 數位經濟與服務業科技創新 ☐ 文化創意產業科技創新 ☐ 其他					
前瞻項目	☐ 綠能建設 ☐ 數位建設 ☐ 人才培育促進就業之建設					
計畫群組及比重	生命科技	40 %	環境科技	20 %	資通電子	0 %
	工程科技	20 %	人社科服	0 %	科技政策	20 %
執行期間	109年01月01日至109年12月31日					
全程期間	109年01月01日至109年12月31日					
資源投入	年度	經費(千元)			人力(人/年)	
	109	19,852			3.00	
	合計	19,852			3.00	
	109年度	經費項目		預算數(千元)	決算數(千元)	執行率(%)
		經常門	人事費	0	0	%
			材料費	0	0	%
			其他經常支出	21,400	19,702	92.07%
			小計	21,400	19,702	92.07%
		資本門	土地建築	0	0	%
			儀器設備	0	0	%
			其他資本支出	100	150	150.00%
			小計	100	150	150.00%
		經費合計		21,500	19,852	92.33%

政策依據	1. EYGUID-01080516000000：行政院108年度施政方針：十六、強化輻射安全管制及輻射災害防救量能，落實環境輻射劑量調查；嚴格執行核電廠除役、核廢料處理及核電廠安全管制作業，推動公眾參與監督及資訊透明機制；拓展原子能科技民生應用，研發綠色能源產業關鍵技術。 2. NEM-0104020203030000：全國能源會議(第四次)：2.3.3. 追蹤及精進核能電廠安全防護，落實國際技術規範	
與國家科學技術發展計畫關聯	1. NSTP-20170204050000：國家科學技術發展計畫(民國106年至109年)：5. 發展核後端技術，邁向綠色永續社會 2. NSTP-20170202020000：國家科學技術發展計畫(民國106年至109年)：2. 發展適合國人之精準醫療及新興醫療科技，完備相關法規	
本計畫在機關施政項目之定位及功能	原能會106-109年科技施政關鍵策略目標：「推動民生應用基礎研究」 本計畫為落實原子能科技上、中、下游研發之整合，結合及運用國內學術單位參與研發之能量，從事原子能科技之民生應用研究，有效支援任務導向之政策規劃與安全管制，並強化創新產業跨領域研究與公共議題之風險溝通。	
計畫重點描述	1. 本計畫由科技部及原能會籌編對等經費補助學術機構，從事原子能科技政策規劃與民生應用研究，並結合我國原子能科技之研發能量，以推動原子能科技民生應用、提升安全管制技術以及培育原子能科技與創新產業跨領域研發人才。 2. 每年度依據業務需求重點，邀請學者專家成立學術小組評審後，計畫構想及計畫書經公開徵求及評審後，選定符合需求之各項學術合作研究計畫，經學術審查後由科技部統一與計畫申請單位進行簽約，原能會負責執行成效的管考。 3. 本年度主要研發重點分為「核能與除役安全科技(N1)」、「放射性物料安全科技(N2)」、「輻射防護與放射醫學科技(N3)」及「政策推動與風險溝通(N4)」等4類。 4. 109年度N1領域研究重點為核子設施緊急應變及保安研究、除役安全科技研究、核子反應器重要設備及組件安全分析與評估、核能安全法規及文化研究、核能電廠嚴重事故分析與技術應用開發；N2領域研究重點為安全管制規範發展、處置系統整合安全評估技術發展、長期環境變遷安全研究、源項與工程障壁系統安全技術發展、用過核子燃料乾式貯存系統監測與檢驗技術發展、除役放射性廢棄物核種活度特性檢測技術與大量混凝土外釋方案；N3領域研究重點為放射診療技術、核醫影像技術、環境輻射監測與劑量調查、資通化管制技術、法規精進與案例研析、劑量評估與除污技術、核醫診療藥物；N4領域研究重點為政策研析與法制研究、人才培育與風險溝通、民生應用與創新產業。	
主要績效指標	原設定	1. 論文(含國內外期刊、會議論文) 2. 研究團隊養成 3. 博碩士培育 4. 研究報告 5. 科普知識推廣與宣導
	達成情形	1. 發表論文(含國內外期刊、會議論文)31篇。 2. 研究團隊養成12個。 3. 人才培育65位。 4. 研究報告19篇。 5. 科普知識推廣及宣導42場次。
計畫效益與重大突破	1. 形塑原子能科技政策規劃與民生應用研究相關的合作團隊，培育產業及實務所需之科技與專業人才。 2. 結合學術界研發支援原子能安全管制技術，提升政府管制效能。 3. 強化原子能安全議題之資訊透明、公眾參與及社會溝通，增進民眾信任。	
遭遇困難與因應對策	無遭遇困難或落後。	

後續精進措施	未來仍因應核能電廠即將除役及核廢料議題，將調整依循核能與除役安全、放射性物料安全、輻射防護與放射醫學、政策推動及風險溝通四大領域擬訂研究重點，與科技部共同合作推動，以持續提升計畫效益。			
計畫連絡人	姓名	蘇健友	職稱	技佐
	服務機關	行政院原子能委員會		
	電話	02-2232-2052	電子郵件	dpliou@aec.gov.tw

壹、目標與架構

一、總目標及其達成情形

1. 全程總目標：請在此依照計畫書簡要敘明計畫總目標，亦即總計畫之在期程內規劃達成的成果。

本計畫係由科技部及原能會籌編經費補助學術機構，從事原子能科技政策規劃與民生應用之研究，並結合我國原子能科技之研發能量，以推動原子能科技民生應用、提升安全管理技術以及培育原子能科技與創新產業跨領域研發人才。計畫由原能會依政策需求提出研究領域及主題，科技部對外徵求計畫構想書，經原能會及科技部共同審查通過之計畫，統一由科技部與各計畫執行機關進行簽約手續，以政府機關間之補助方式編列，並由原能會統籌各計畫績效之管考。

2. 分年目標與達成情形：請填寫為達成上述計畫總目標，各年度計畫分年目標及其達成情形。

年度	分年目標	達成情形
109年度	1. 論文(含國內外期刊、會議論文)：19篇。 2. 研究團隊養成：11個。 3. 博碩士培育：27人。 4. 研究報告：18篇。 5. 科普知識推廣與宣導次數15場次。	1. 發表論文(含國內外期刊、會議論文)31篇。 2. 研究團隊養成12個。 3. 人才培育65位。 4. 研究報告19篇。 5. 科普知識推廣及宣導42場次。

說明：

達成分年目標，成果豐碩。

二、架構

細部計畫		主持人	執行機關	細部計畫目標	本年度效益、影響、重大突破
名稱	預算數/ (決算數) (千元)				
原子能科技學術合作研究計畫	21500/(19852)	陳志平	行政院原子能委員會綜合計畫處	1. 「強化科研成果轉化機制促進產業創新發展」 2. 「推動精準醫療科技，維護國民健康」 3. 「精進防災科技減少災害衝擊」 4. 「發展綠色科技實現低碳永續社會」 5. 「強化科技決策支援系統」 6. 「完備促進科技創新發展的法制環境」 7. 「鼓勵原創科技研發，改革學術研發成果評鑑制度」	1. 形塑原子能科技政策規劃與民生應用研究相關的合作團隊，培育產業及實務所需之科技與專業人才。 2. 結合學術界研發支援原子能安全管制技術，提升政府管制效能。 3. 強化原子能安全議題之資訊透明、公眾參與及社會溝通，增進民眾信任。

三、細部計畫與執行摘要

細部計畫	原子能科技學術合作研究計畫	計畫性質	1. 基礎研究
主持人	陳志平	執行機關	行政院原子能委員會綜合計畫處
細部計畫目標	1. 「強化科研成果轉化機制促進產業創新發展」 2. 「推動精準醫療科技，維護國民健康」 3. 「精進防災科技減少災害衝擊」 4. 「發展綠色科技實現低碳永續社會」 5. 「強化科技決策支援系統」 6. 「完備促進科技創新發展的法制環境」 7. 「鼓勵原創科技研發，改革學術研發成果評鑑制度」		
計畫投入 (Inputs)			
預算數 (千元)／決算數 (千元)／執行率	21500／19852／92.33%	總人力 (人年) 實際／ (規劃)	3.0／3.0
其他資源投入			
主要工作項目	本年度重要成果	主要成果使用者/服務對象/合作對象	
補助學術機構執行學術合作研究	1. 本會依政策需求提出研究領域及主題，對外徵求計畫構想書，本會經費補助之審查通過計畫共計18 個。 2. 已於2 月撥付第一期款983 萬元;6月撥付第二期款983 萬元。 3.108 年「原子能科技學術合作研究計畫」成果發表會於109 年9 月29日舉辦，該發表會分6 場次進行45項計畫成果發表，並邀請會內外專家學者進行優良計畫評選。	學術單位/行政院原子能委員會/一般民眾	
主要績效指標KPI達成情形			
原規劃	1. 論文(含國內外期刊、會議論文) 2. 研究團隊養成 3. 博碩士培育 4. 研究報告 5. 科普知識推廣與宣導	達成情形	1. 發表論文27篇。 2. 研究團隊養成12個。 3. 人才培育60位。 4. 研究報告19篇。 5. 科普知識推廣及宣導42場次。
補充說明	實際達成與原預期目標之差異說明： 無		
本年度效益、影響、重大突破			

1. 形塑原子能科技政策規劃與民生應用研究相關的合作團隊，培育產業及實務所需之科技與專業人才。
2. 結合學術界研發支援原子能安全管理技術，提升政府管制效能。
3. 強化原子能安全議題之資訊透明、公眾參與及社會溝通，增進民眾信任。

遭遇困難與因應對策

無

貳、經費執行情形

一 經資門經費表(E005)

1. 初編決算數：因績效報告書繳交時，審計機關尚未審定109年度決算，故請填列機關編造決算數。
2. 實支數：係指工作實際已執行且實際支付之款項，不包含暫付數。
3. 保留數：係指因發生權責關係經核准保留於以後年度繼續支付之經費。
4. 110年度預算數：如立法院已通過110年度總預算，則填寫法定預算數；如立法院尚未通過總預算，則填寫預算案數。
5. 執行率：係指決算數佔預算數之比例。

單位：千元；%

	109年度				
	預算數(a)	初編決算數			執行率(d/a)
		實支數(b)	保留數(c)	合計(d=b+c)	
一、經常門小計	21400	12329	7373	19702	92.07%
(1)人事費	0	0	0	0	%
(2)材料費	0	0	0	0	%
(3)其他經常支出	21400	12329	7373	19702	92.07%
二、資本門小計	100	60	90	150	150.00%
(1)土地建築	0	0	0	0	%
(2)儀器設備	0	0	0	0	%
(3)其他資本支出	100	60	90	150	150.00%
總計	21500	12389	7463	19852	92.33%

		109年度 決算數（執行率）
綱要計畫總計	總計	19852 (92.33%)
原子能科技學術合作研究計畫	小計	19852 (92.33%)
	經常支出	19702 (92.07%)
	資本支出	150 (150.00%)

二 經費支用說明

實際支用經常門19,702千元，其中辦理計畫研究成果發表及應用推廣等一般事務費192千元，配合科技部同補助學術機構進行原子能科技學術合作研究計畫所需費用19,510千元。此外資本門150千元亦補助學術機構進行原子能科技學術合作研究計畫所需採購硬體設施，為執行計畫內容撰寫與資料蒐集分析及訪談紀錄攝影，以及擴增實境環境建立與運算所購置電腦、照相機等硬體設備。

三 經費實際支用與原規劃差異說明

因業務需要辦理經常門流出50,330元至資本門。

參、主要產出與關鍵效益 (E003)

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

屬性	績效指標類別	績效指標項目		109年度		效益說明 (每項以500字為限)	重大突破
				原訂 目標值	實際 達成值		
學術成就 (科技基礎研究)	A. 論文	期刊論文	國內(篇)	19	4	論文發表在國內外重要研討會或期刊、被引用、論文獲獎。	論文發表計31篇，其中於SCI計4篇、SSCI計4篇、EI計2篇、JM3計2篇、MNC計1篇。詳如附表、佐證資料表。
			國外(篇)		16		
		研討會論文	國內(篇)		7		
			國外(篇)		2		
		專書論文	國內(篇)		2		
			國外(篇)		0		
	B. 合作團隊(計畫)養成	機構內跨領域合作團隊(計畫)數		11	5	培養在核安、環能或輻應等領域之研究團隊，充實研究能量。	積極鼓勵整合研發資源，共補助研究單位從事相關研究，包含機關內跨領域、跨機關、跨國合作團隊12個，優於原訂目標值。
		跨機構合作團隊(計畫)數			7		
		跨國合作團隊(計畫)數			0		
		簽訂合作協議數			0		
		形成研究中心數			0		
		形成實驗室數			0		

屬性	績效指標類別		績效指標項目	109年度		效益說明 (每項以500字為限)	重大突破
				原訂 目標值	實際 達成值		
	C. 培育及延攬人才		博士培育/訓人數	27	14	可培養參與計畫之博碩士研究生在核安、環能或輻應等領域之專業知能。	人才培育共計65位，高於原訂目標值。
			碩士培育/訓人數		34		
			學士培育/訓人數		16		
			學程或課程培訓人數	0	1		
			延攬科研人才數	0	0		
			國際學生/學者交換人數	0	0		
			培育/訓後取得證照人數	0	0		
	D1. 研究報告		研究報告篇數	18	19	本計畫研究報告成果可提供管制機關政策推動與風險溝通或相關規定的參考。	無
	E. 辦理學術活動		國內學術會議、研討會、論壇次數	1	5	藉由研討會，可與國內外專家共同討論，並使研究成果更具價值。	辦理5場學術研討會優於原訂目標值。
			國際學術會議、研討會、論壇次數	0	0		
			雙邊學術會議、研討會、論壇次數	0	0		
			出版論文集數量	0	0		
社會影響	社會福祉提升	AB. 科技知識普及	科普知識推廣與宣導次數	15	42	藉由辦理科學營等科普活動，以推廣核能及輻射相關科普知識，並延伸至偏鄉及多元族群。	無
			科普知識推廣與宣導觸達人數	0	0		
			新聞刊登或媒體宣傳數量	0	0		

屬性	績效指標類別	績效指標項目	109年度		效益說明 (每項以500字為限)	重大突破
			原訂 目標值	實際 達成值		
其他 效益 (科技政策管理及其他)	AA. 決策依據	新建或整合流程數	0	0	研究成果可提供管制機關做為決策或政策制定之依據。	提供政策建議或重大統計訊息數3件，詳如附表、佐證資料表。
		提供政策建議或重大統計訊息數	2	3		
		政策建議被採納數	0	0		
		決策支援系統及其反應加速時間(%)	0	0		

109年度計畫績效指標實際達成與原訂目標差異說明：

符合原預定目標，成果豐碩。

目 錄

第二部分.....	1
壹、 成果之價值與貢獻度	2
貳、 檢討與展望.....	38
參、 其他補充資料.....	39
一、 跨部會協調或與相關計畫之配合	39
二、 大型科學儀器使用效益說明	41
三、 其他補充說明(分段上傳).....	41

第二部分

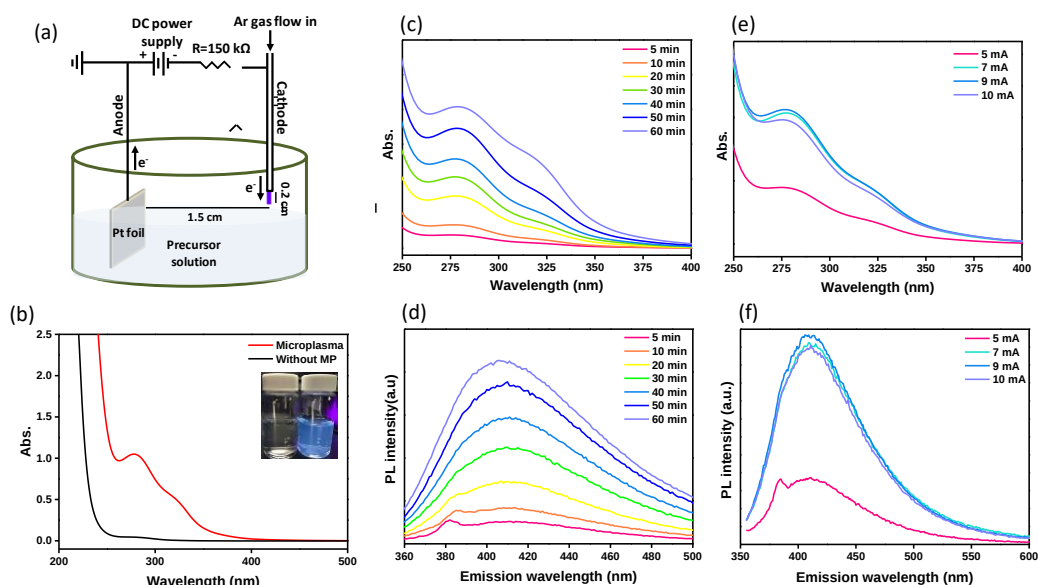
註：第一部分及第二部分（不含佐證資料）合計頁數建議以不超過 200 頁為原則，相關有助審查之詳細資料宜以附件方式呈現。

壹、 成果之價值與貢獻度

一、學術成就(科技基礎研究)

1. 大氣常壓微電漿技術合成矽量子點(II)

計畫利用矽烷分子為前驅物，以高能量密度大氣常壓微電漿進行液態化學反應合成矽量子點。109 年度延續上年度成果進行電漿參數(電流、反應時間)對產物產率及材料結構及特性的影響研究，產物光學性質研究採用 PL 及 UV 吸收光譜進行分析。PL 光譜偵測物質吸收電磁波躍遷到較高能階的激發態後返回基態且放出螢光的過程，可透過光致發光 PL 光譜分析 SiQD 能隙的結構及大小，了解產物的光致發光性質，判斷 SiQD 光致發光穩定性及波長和光致發光強度的關係。另外利用 UV 吸收光譜研究產物吸收特性，矽量子點通常在紫外光範圍存在吸收帶，可根據此特徵峰加以定性分析所合成出來的產物是否為矽量子點，同時可以利用此吸收峰進行產率估算。本年度執行成果良好，已完成建立微電漿反應器，利用四乙氧基矽烷(aminoethylaminopropyltrimethoxysilane; (AEAPTS))為矽前驅物，可成功合成出矽量子點。將合成之矽量子點水溶液，在 UV 燈源激發下，可觀察出明顯的藍色發光現象，UV-vis 吸收光譜數據證實產物為矽量子點。今年度成果為前驅物轉換量子點產率為 50%，未來將進行電漿反應動力學研究，研究調整反應參數以提高前驅物轉換量子點產率。



圖(a)微電漿反應器合成矽量子點示意圖。圖(b) 前驅物進行電漿反應前後之 UV 可見光吸收圖譜。插圖: SiQD 溶液在日光(左)及 UV 燈(右)下之照片。圖(c) 前驅物進行電漿反應後之隨時間變化之 UV 可見光吸收圖譜。圖(d)前驅物進行電漿反應後之隨時間變化之 PL 圖譜。圖(e)前驅物進行在不同電流下電漿反應之 UV 可見光吸收圖譜。圖(f)前驅物進行在不同電流下電漿反應之 PL 圖譜。

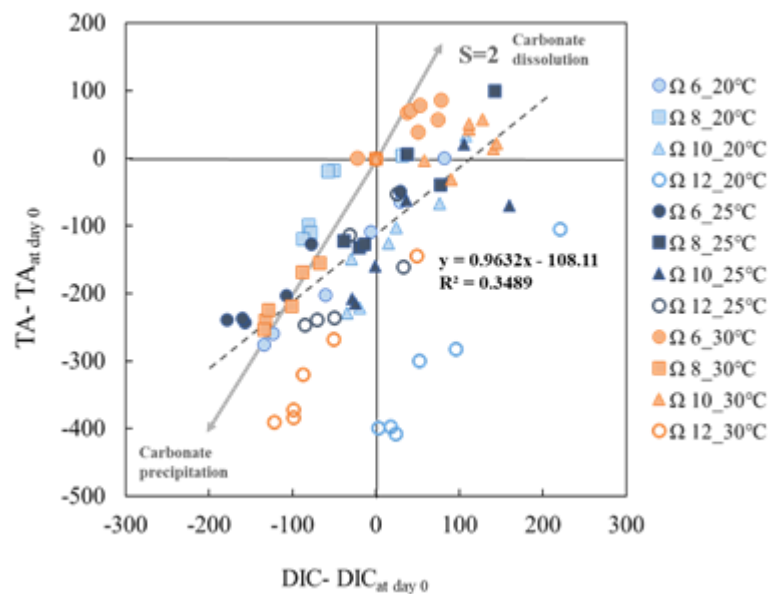
本計畫今年已完成大氣常壓微電漿反應器，目前可提供最高電壓 5000 V 及最高電流 10 mA，氣體流率控制器(MFC)最低可以控制 1 sccm 氫氣氣體。學術研究成果為發現利用具親水性官能基之矽前驅物四乙氧基矽烷溶液作為矽前驅物，反應結果顯示可成功合成出矽量子點。將合成之矽量子點水溶液，UV-vis 吸收光譜數據證實產物為矽量子點。PL 光譜分析 SiQD 能隙的結構及大小，了解產物的光致發光性質。實驗結果發現反應時間及操作電流對反應產率為正相關影響，其中時間效應最為顯著。初步臨場 OES 光譜數據顯示，電漿合成反應進行時，可觀察到氣相電漿具有反應活性物種包括 OH，NH，H[•]，H[•]。上述活性物種可能在反應過程中幫助反應，未來將進行進一步實驗分析活性物種對反應產率的影響。以上部分研究發現，已發表三篇高品質 SCI 期刊論文。未來將進行電漿反應動力學研究，研究調整反應參數以提高前驅物轉換量子點產率。目前國際學術研究指出電漿具有高能量及高電子密度特性，相當適合進行半導體材料合成，此外電漿前瞻研究主要著重在如何與積層製造(additive manufacturing)結合，積層製造為新興的材料製造技術，具有快速，可客製化及 3D 立體等優異特性。其中大氣常壓微電漿(atmospheric-pressure microplasmas)不需要低壓或高真空度的環境的優異特性，因此更易於與積層製造結合，便利製程人員操作，簡易化設備系統(不需要真空系統)與低成本特性。本計畫成果未來可以結合積層製造技術，開發高速高效能低成本之半導體材料合成製程技術。

2. 應用同位素於海水酸化變化評估研究

本計畫主要目的為利用硼同位素作為建立古酸鹼度之指標，並建立檢量線。因此透過在三種溫度 20°C、25°C、30°C 以及 4 種碳酸鈣飽和度 6、8、10、12 一共 12 組變化下，進行長約 4 到 6 週的晶體培養實驗，初步結果顯示多數的組別都看到碳酸鈣結晶的現象，後續實驗

正在進行中，包括水中硼同位素的測定、水中鈣離子濃度的測定以及水中鎂離子的測定。目前初步培養已經完成，由於培養時間需要 6 週，原本預期 24 到 48 小時要久。

培養過程中總鹼度(TA)與總溶解無機碳(DIC)大致隨時間呈現減少的趨勢，從總鹼度變異(TA-TA at day 0)與總溶解無機碳變異(DIC-DIC at day 0)之相關性(下圖)可看到，兩者之變化主要受到碳酸鈣結晶作用影響，其中以 30°C下碳酸鈣飽和度(Ω)設定為 8 的組別最接近理論碳酸鈣沉澱斜率，少部分的溫度及碳酸鈣飽和度控制組別的結晶作用不明顯，有待後續討論。本計畫展延中，研究目前已得知於控溫及密閉條件下微調碳酸飽和度之方式，並可保持碳酸鈣飽和度在自然界正常範圍內($3 < \Omega < 12$)。未來將可應用於模擬自然狀況下碳酸鈣生長之機制。



上圖為總鹼度變異(TA-TA at day 0)與總溶解無機碳變異(DIC-DIC at day 0)關係圖。圖例說明： Ω 6_20°C為 20°C下碳酸鈣飽和度(Ω)設定為 6 的培養實驗過程中，各次測得之 TA 及 DIC 離實驗第一天(day 0)之變異值。

3. 應用於低軌道衛星之抗輻射類比/數位混合晶片電子設計自動化開發

本計畫以電子設計自動化程式將晶片設計的電晶體佈局改成封閉式電晶體佈局電晶體。除了佈局佈線最佳化程式，也建立封閉式佈局電

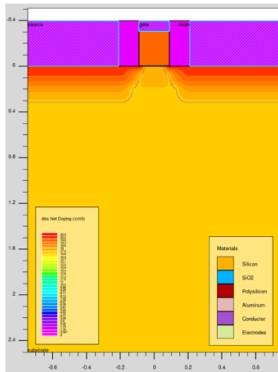
晶體模型。透過 in-house 的最佳化 tool，曲線擬合 SPICE 模型的電性，建立 TCAD 電晶體模型。使用 TCAD 軟體最佳化出來的結果如圖 1，其中 NMSE 的大小約 1%。

NMOS TCAD Model Optimization Result

Gate Length = 180nm, Gate Width = 5um, Vdd = 1.8V

Opti. Silvaco NMOS model

- Device Simulator



$$NMSE(A, B) = \frac{\sum_{i=1}^n |a_i - b_i|^2}{\sum_{i=1}^n |b_i|^2}$$

a_i : TCAD model 電性
 b_i : T18 SPICE model 電性

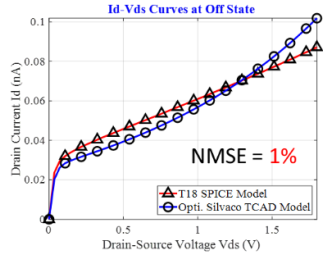
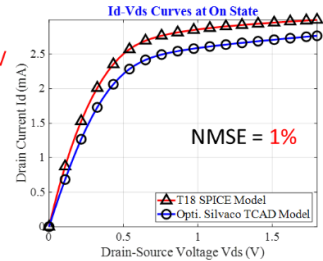


圖 1. TCAD Model Optimization Result。

透過 in-house tool，來進行 P&R 的自動化產生 Layout。Routing 最佳化完後將會產生出一組 layout，未來將透過此自動化程式產生含有 Guard Ring 的 Layout 或是封閉式(ELT)電晶體的 Layout，來進行抗輻射的模擬與驗證。圖 2 則是呈現 MOS 與 MOS 間的 Routing 自動化結果。

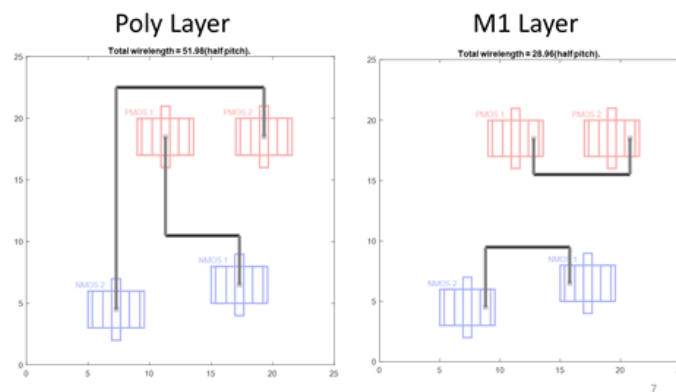


圖 2. MOS 間的 Routing 自動化。

設計並經由國家晶片中心製造得到 30 顆抗輻射封閉式佈局電晶體測試晶片，在清華大學原子科學技術發展中心鈷六十照射熱室進行初步量測。初步電晶體之電流對電壓特性量測正確，與模擬結果相符，如圖 3。

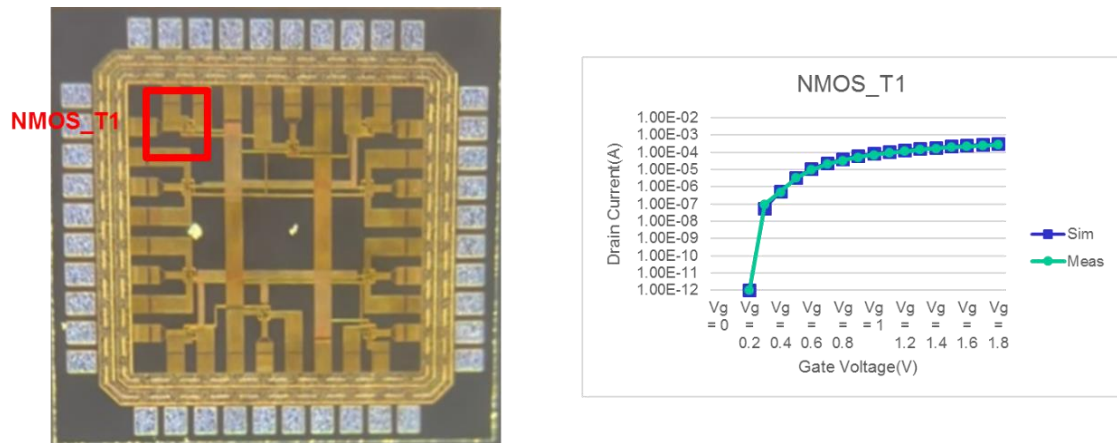


圖 3.電晶體之電流對電壓特性量測圖

運用前端晶片佈局改善，相較後端製程改良更具時間成本效益，本計畫採用美國及歐洲太空總署建議之晶片設計方法，有助釐清晶片設計對於輻射效應之改善效益，相關成果可建立國內自主抗輻射晶片技術能力。

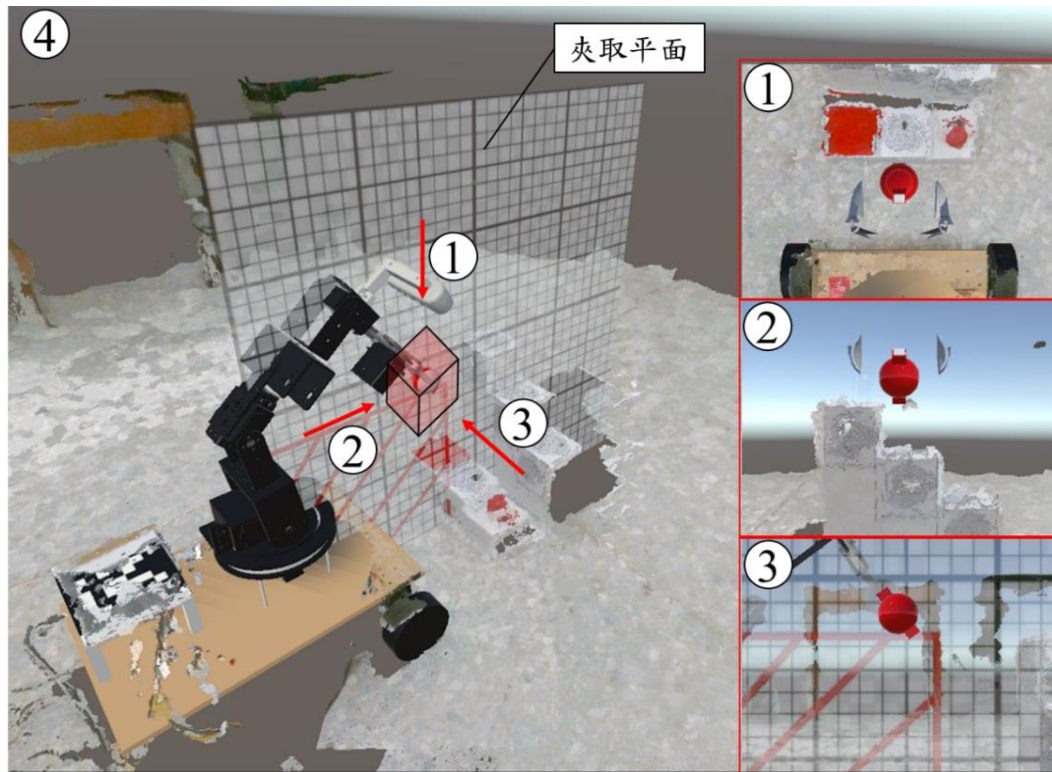
4. 開發遠端 3D 建模掃描機器人並建立輻射劑量地圖以輔助核電廠除役

許多核電廠已屆退役年限，因此需要派人進入廠內進行拆除工作。但廠區內部的管線及物品放置，經過多年工作後已與初始的設計圖不同，這會使得除役工作變得困難。而人體能承受之輻射有劑量有限，為了減少人員在核輻射環境中的工作時間，提高工作效率，事先派遣機器人掃描廠內的環境並重建，以便於規劃可行路線以及確認廠房內路況。

但掃描機器人的手臂可能在掃描過程中因操作失誤而變形，導致相機與機器人的相對位置改變，使得使用者在虛擬環境中無法準確操作掃描機器人。考量到遠端機器人回收不易，因此本研究提出一個建立遠端未知環境中之變形機械手臂之逆運動學模型的方法，讓遠端機器人能夠繼續進行探索任務。

本研究將 RGB-D 相機裝配於機械手臂末端執行器上，以 SLAM 之

定位功能求得機械手臂末端執行器位置，無須額外增設感測器即可進行機械手臂之逆運動學模型的建模，並透過類神經網路以及線性回歸計算，重建遠端變形機械手臂之逆運動學模型。讓使用者在輸入目標末端執行器位置後，能夠透過類神經網路以及線性回歸模型，求得控制機械手臂每軸馬達的角度，使實際末端執行器能夠到達目標位置。

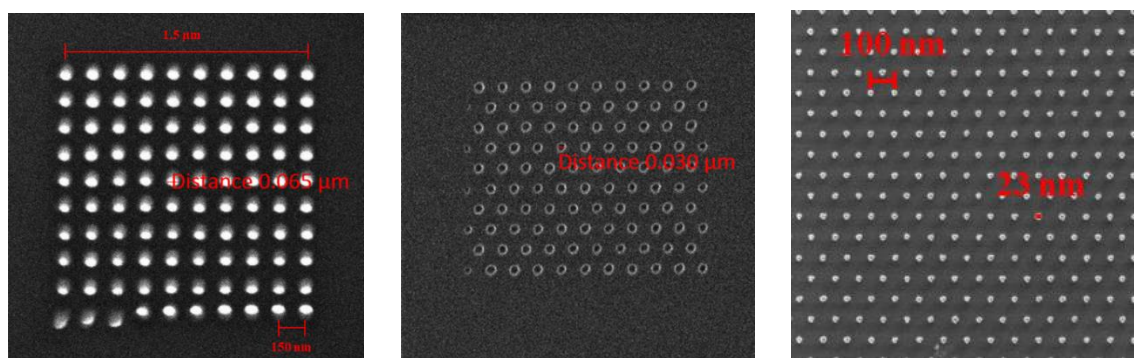


本研究直接透過頭戴式顯示器在 Unity3D 中顯示遠端虛擬環境，並使用鍵盤操作機械手臂取放圓球。使用者一共會有四個視角，如圖所示，1 至 3 號是跟隨末端執行器的視角，1 號是末端執行器上方的視角，2 號是末端執行器後方的視角，3 號是末端執行器側方的視角，這三個視角適合用於微調末端執行器位置。4 號則是第三者看遠端機器人的視角，此視角能讓測試者看到機器人週遭的場景，適合用於快速調整末端執行器至目標位置。

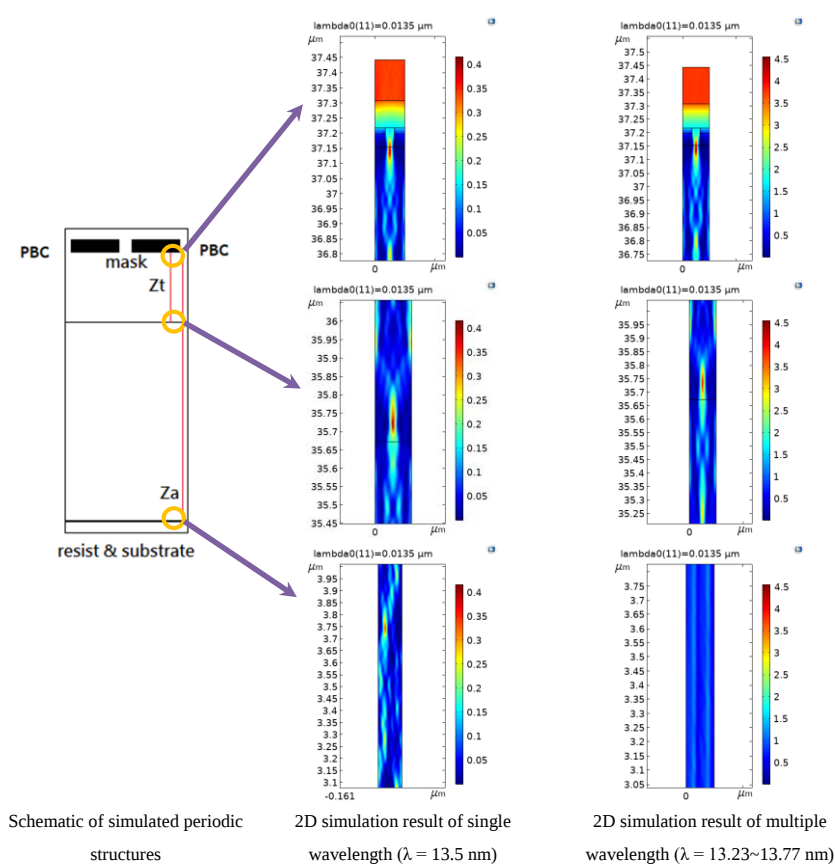
5. X-ray 微影鄰近效應修正技術與高精度高深寬比元件製作應用 II

本計畫先經由文獻調查總結現有 X-ray 光罩製造技術、電子束鄰近效應修正、精密高深寬比結構、近場繞射模擬和鄰近效應修正方法，再利用氬離子束微影和直接銑削，嘗試製造高精度 X-ray 微影光罩，如下

圖所示。初步測試結果顯示，上述方法有潛力製造 X-ray 相關微影技術所需的高精度光罩，特別是其中關鍵微影製程的解決方案，如 achromatic Talbot lithography (ATL) 等。



為了改進 ATL 製程，本計畫嘗試利用模擬 X-ray 光源曝光時的電磁效應，以推算曝光後的光阻能量分布，進而求出模擬的曝光圖形，並可用於後續修正技術的開發。初步模擬結果如下圖所示，符合文獻上的結果。



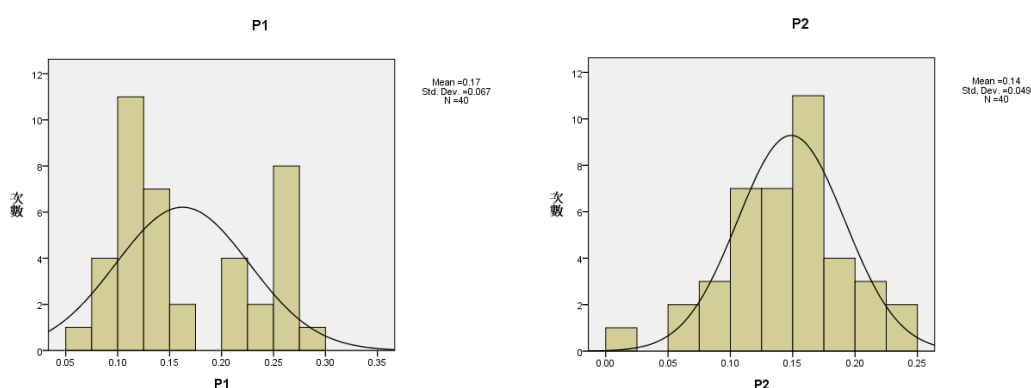
本研究計畫首先經由文獻調查總結現有 X-ray 光罩製造技術、電子束鄰近效應修正、精密高深寬比結構、近場繞射模擬和鄰近效應修正方法，接著我們提出一種利用氦離子束直寫進行關鍵微影製程之 X-ray 光

罩製作方法以降低製像誤差及製程複雜度，並建立粒子束散射模擬和 X-ray 曝光近場繞射模擬以利後續光罩圖案修正和製作。此外，X-ray 微影技術用於精密高深寬比結構，亦有初步和國家同步輻射研究中心確認 X-ray 光源及微影設備參數，並確立未來實際進行 X-ray 微影將使用之方法，同時引入儀科中心人員協助實驗設備之建置。最後初步的 X-ray 微影近場繞射模擬和鄰近效應修正技術已透過商用和自行開發之軟體分別建立並展示其效果。

6. 開發遠端視訊操作裝置用於移動機器人與機器手臂控制



圖一、已完成性能規格驗證的機器手臂(圖左)以及新一代機器手臂(圖右)



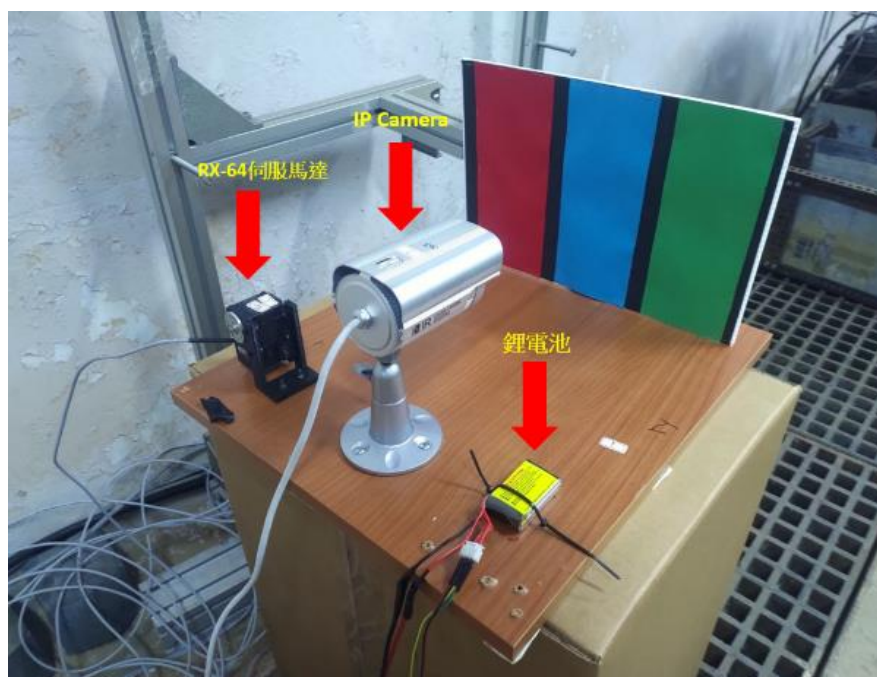
圖二、機器手臂重再現性測試時，P₁ 與 P₂ 點的誤差分佈圖

本計畫完成機器手臂設計與製作，如圖一所示，其中圖左為已完成性能規格驗證的，圖右為新一代的機器手臂，新一代是改進設計，使之

更適合在幅射區域工作。對圖一左的機器手臂進行重再現性的測試，測試的結果如圖二所示。如圖二中所示，就機率分佈而言，重再現性的誤差可以達 0.15mm，但誤差的標準差有待改進。我們也對此機器手臂進行負重(Payload)測試，提取 5 公斤的測試影片放在 Youtube 網站，網址為 <https://youtu.be/ABidTWjr8ME>。

由於部分輻射對機器手臂影響的了解，爰設計新一代機器手臂，如圖一右圖所示。此機器手臂最大的特點是，選用的馬達與其驅動器是以同一外殼包覆，而且具 CAN Bus 通訊，所有的配線(包括電源線)可以並接在一起，整個架構很容易進行輻射屏蔽的包覆。以此馬達所設計的機器手臂如圖一(右)所示，圖中的馬達已包括驅動器，所有的馬達可以 CAN Bus 串接，因此整個機器手臂主要元件與模組的輻射屏蔽變得簡單容易。

在遠端操作機器手臂時，連線通訊信號的延遲是一個很大的問題，本計畫所辦理的競賽活動是透過藍芽通訊，近距離的操作，其信號延遲沒有很嚴重，因此需要另外找尋適當的機會，探討此延遲的問題，思考解決方案，並進行實際驗證。故利用 2020 FIRA Social Distancing Edition (SDE)國際性的線上競賽活動，再次舉辦遠端視訊機器手臂操作競賽。由於是世界性的競賽，操作者透過搖桿操作機器手臂的通訊方式改為網路(Internet)，在系統整合時就發現時間延遲的問題很嚴重，因此開發補償的方式，讓操作者較能順利操作機器手臂，使競賽能順利的進行。然而在中國地質大學從武漢透過網路連線操作機器手臂，其影片已放在 Youtube 上(https://youtu.be/nNT_Czuqe_k)，發現補償的結果還是有待改進，主要是機器手臂在運動時，每一關節馬達所承擔的負載扭力差異很大，因此開發動態補償方式，並邀請淡江大學由台北操作(競賽現場是在高雄)，此影片在 <https://youtu.be/RJ7oix36s6Y>，由影片可以看出，操作的性能改進很多。



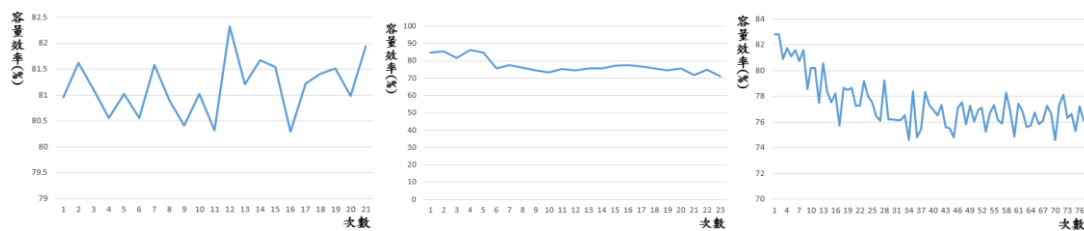
圖三、在輻射照射廠內進行照射實驗的平台

本計畫亦透過核能所的輻射照射廠，就機器人的主要零件模組進行輻射照射實驗。計畫規劃對攝影機、電池與馬達三個模組進行照射實驗。為了方便進行動態照射實驗，實驗製作了可將三個模組固定的平台，如圖三所示。圖三是此平台放在照射廠內的照片，平台的前面有一組包括 R (Red)、G (Green) 與 B (Blue) 三種顏色的色紙，供攝影機擷取到表性顏色的影像。三個模組都有線連接至照射廠外面無輻射區域，以便在安全區域連續讀取並儲存照射過後的資料。照射過程，攝影機一直儲存擷取的影像資料，電池也一直進行充放電，模擬電池在使用狀態，馬達也一直進行正反轉。而且，實驗準備三組圖三的平台，同時放在照射廠內，但選擇在輻射劑量 10、30、70 戈雷的三個地方，三組平台同時照射 5 個小時。

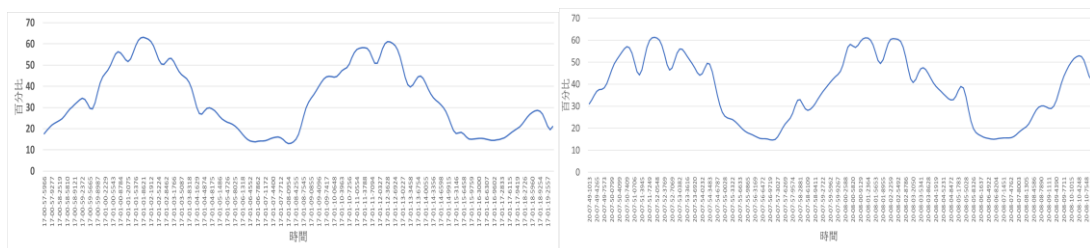
照射結果發現攝影機只有在 10 戈雷處的攝影機還能正常運作，30 與 70 戈雷處的攝影機在開始沒多久後就無法擷取影像，在照射完成後的測試其功能恢復正常，研判是攝影機的通訊模組在輻射區無法正常運作，只在 10 戈雷處可以正常運作的攝影機，出現白點，經後續影像資料分析，白點是攝影機被直接照射的結果。

圖四為電池充放電效率的變化，圖四顯示只有 70 戈雷處的電池充

放電效率才有減少。圖五為照射前(圖左)與照射後(圖右)的馬達轉換效率，圖五顯示這樣的輻射劑量對馬達的運轉沒有影響。



圖四、每次充放電的容量效率變化，左：10 戈雷；中：30 戈雷；右：70 戈雷



圖五、照射前(圖左)與照射後(圖右)的馬達轉換效率

7. 文物檢測用之 X 光 CBCT 電腦斷層掃描系統之優化及其應用 (II)

本研究延續 108 年度計畫，持續進行文物 CT 三維重建影像之優化，包括金屬假影 (metal artifacts) 及線束硬化 (beam hardening) 校正。此外，也嘗試利用雙能 (dual energy) 技術及相位對比方法以改善複合材料及軟物質文物材料之整體影像品質。複合材料文物因材質及厚度之差異性，低能量的 X 光影無法提供高原子序或較厚材質良好有效之透視影像，而高能量 X 光影則因較易穿透物質無法提供較薄或高灰階之低原子序材質影像。本研究內容其中之一乃以木質、金屬、陶瓷材料之組合模擬複合材質雙能實驗，結合濾片之使用，拍攝多組具不同 X 光電壓及電流參數之 X 光影像，選取最佳化之雙能量參數，透過雙能量影像融合，取得高低原子序與不同厚度如木質、金屬、陶瓷複合材質的最佳化影像，並建立影像最佳化條件設置以做為複合材質文物擷取影像條件設置之參考。影像融合演算法分別應用於投影影像和 CT 切片影像，以相同加值參數 (weighting number) 進行影像融合，結果顯示投影影像進行融合之 CT 切片影像具有較佳的影像品質並且改善低能量於 CT 重建

時產生的假影現象。

在實務應用方面，除了持續提升本院藏品如象牙球、轉心瓶、鎏金佛像等之三維影像重建的品質外，包括拍攝多組青銅器及其他文物影像，如亞醜方簋、亞醜方彝、環帶紋鼎、銅鍍金瓶等，藉由本計畫之執行優化 CT 影像品質。此外，亦協助桃園市政府警察局刑事鑑識中心進行相關刑事物證鑑識。



清銅鍍金瓶 CT 影像，國立故宮博物院

二、技術創新(科技技術創新)

無

三、經濟效益(經濟產業促進)

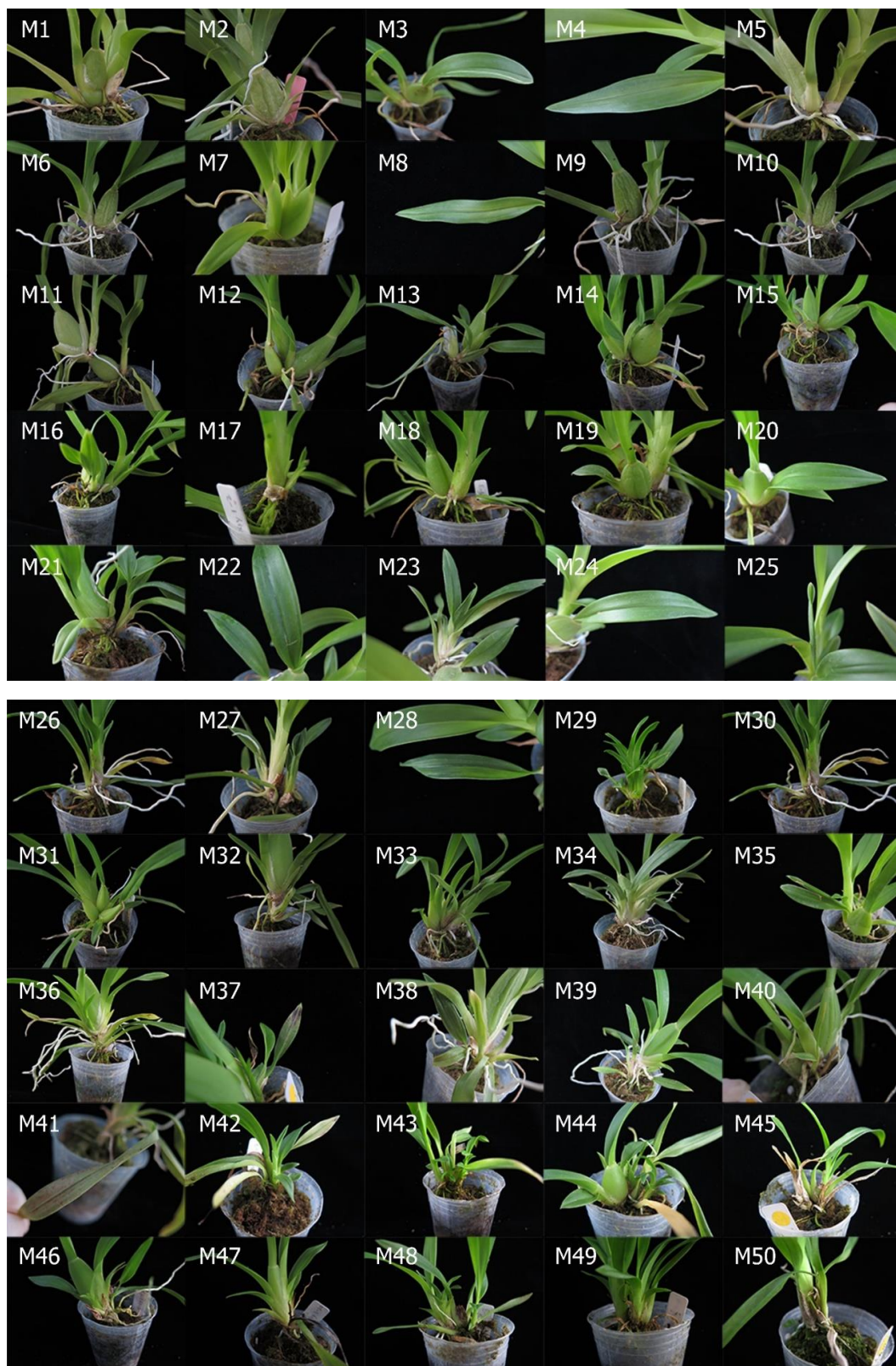
1. 放射線誘變在經濟蘭花品種改良之研究

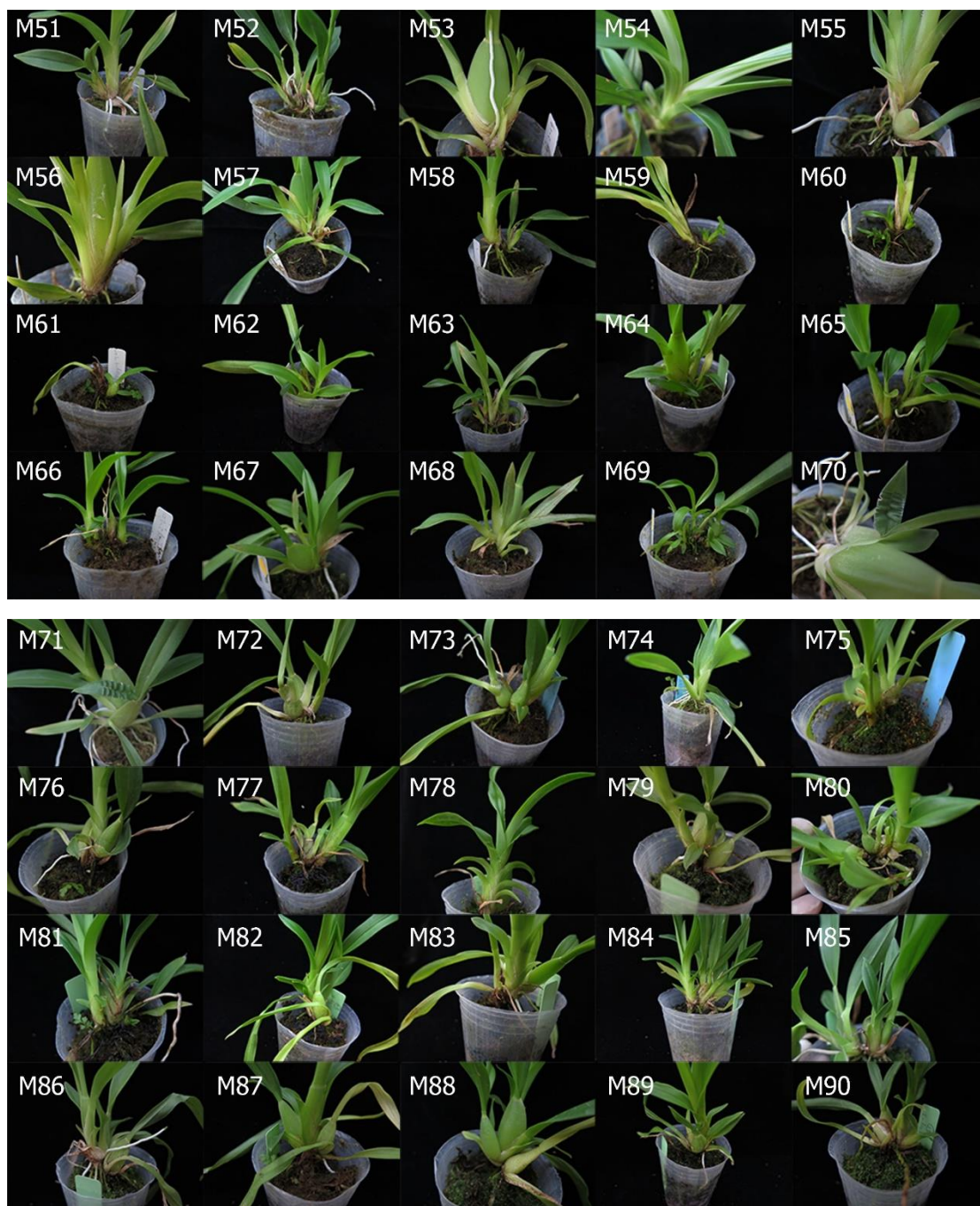
本計畫研究進行六次蘭花的 γ 射線照射，照射蘭花種類有興大成功文心蘭 (Q216)、檸檬綠文心蘭、台中 2 號紅雀石斛蘭(TC2)和台中 3 號金島石斛蘭(TC3)等四種蘭花，照射的植物材料的類型有類原球體(Q216 和檸檬綠文心蘭)、組織培養瓶苗、莖段扦插苗(TC2 和 TC3)。取檸檬綠文心蘭瓶苗，劑量分別為 0、10、20、40、80、160 Gy 珈瑪射線照射後出瓶以水苔種植，利用迴歸分析(Regression Analysis)計算檸檬綠文心蘭母株葉數、葉長、葉寬之第 0 個月至第 3 個月的相對生長率與劑量之預測迴歸方程式，皆呈現隨著劑量增加而生長量減少的趨勢，利用葉長所分析出之預測迴歸方程式 $y = -0.5465x + 100.39$ 計算半數生長劑量(RG50)，其值為 92.2Gy。

檸檬綠文心蘭照射後第二個月之 80 及 160 Gy 處理母株頂端死亡嚴重。照射後第三個月之 40Gy 處理強度以上的植株頂端死亡率大。母株假球莖生成率與高度隨著劑量增加而減少。經劑量 10Gy 至 80Gy 處理的植株，畸形現象呈現在母株假球莖、頂芽及側芽新生葉片。照射後第三個月，處理 40Gy 以下的劑量其側芽生成率皆高於 50%，但 80Gy 及 160Gy 皆仍無 2 公分以上側芽生成，於照射後第三個月觀察到一株 10Gy 照射處理植株的側芽具有黃色條斑，屬於可以增加觀賞性狀優點的變異。以上數據顯示檸檬綠文心蘭組織培養瓶苗經適當強度的珈瑪射線照射之後，母芽生成的側芽可以產生穩定的變異。

將興大福氣文心蘭類原球體以劑量為 2Gy 珈瑪射線照射後再進行培養，於照射後第一個月處理組及對照組外觀無明顯差異。以瓶身一半高之瓶苗，劑量為 20Gy 珈瑪射線照射後，種植至 1.7 吋塑膠軟盆中，於溫室中種植。處理組與對照組外觀無明顯差異，長出側芽無畸形。取已出瓶栽培 16 個月之成熟植株，以劑量為 20Gy 珈瑪射線照射後，於溫室內栽植，照射後第一個月開花的花朵畸形及唇瓣邊緣呈現鋸齒狀。照射後第三及第四個月已開花植株之花梗長度縮短，以上結果顯示興大福氣文心蘭對珈瑪射線可以承受的強度強於檸檬綠文心蘭，但在花序及小花的發育上，對於珈瑪射線照較敏感會出現變異性狀。

本年度經濟蘭花的誘變計畫執行四種蘭花品種的照射試驗，已經依計畫進度來執行，共選拔出 110 株在外表型有改變的單株，分別編號為 M1、M2、M3.....、M110 等，誘變蘭花的突變株的照片詳見下圖，誘變蘭花的變異性狀詳見下表。





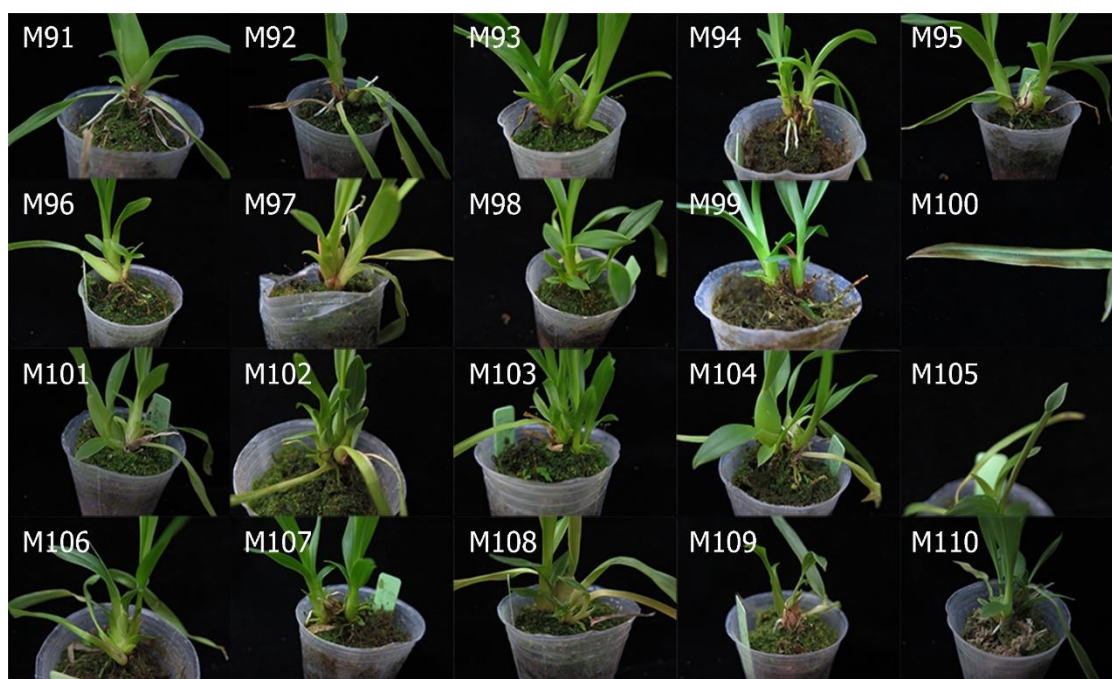


Table. 1 Lists of matant plantlets in each dose of gamma ray

No.	Code	Gamma ray doses	Types of abnormal plants
1	M1	10 Gy	Abnormal pseudobulb
2	M2	10 Gy	Abnormal pseudobulb
3	M3	10 Gy	variegated leaf
4	M4	10 Gy	variegated leaf
5	M5	10 Gy	double shoots with the same buds
6	M6	10 Gy	double shoots with the same buds
7	M7	10 Gy	double shoots with the same buds
8	M8	10 Gy	variegated leaf
9	M9	10 Gy	Abnormal pseudobulb
10	M10	10 Gy	double shoots with the same buds
11	M11	10 Gy	Abnormal pseudobulb
12	M12	10 Gy	abnormal shape of leaves

13	M13	10 Gy	thin leaf shape
14	M14	10 Gy	double shoots with the same buds
15	M15	10 Gy	thin leaf shape
16	M16	10 Gy	double shoots with the same buds
17	M17	20 Gy	double shoots with the same buds
18	M18	20 Gy	Abnormal pseudobulb
19	M19	20 Gy	Abnormal pseudobulb
20	M20	20 Gy	variegated leaf
21	M21	20 Gy	abnormal shape of leaves
22	M22	20 Gy	variegated leaf
23	M23	20 Gy	Abnormal pseudobulb
24	M24	20 Gy	variegated leaf
25	M25	20 Gy	abnormal shape of leaves
26	M26	20 Gy	abnormal shape of leaves
27	M27	20 Gy	abnormal shape of leaves
28	M28	20 Gy	variegated leaf
29	M29	20 Gy	a number of new shoots
30	M30	20 Gy	Abnormal pseudobulb
31	M31	20 Gy	a number of new shoots
32	M32	20 Gy	Abnormal pseudobulb
33	M33	20 Gy	abnormal shape of leaves
34	M34	20 Gy	a number of new shoots
35	M35	20 Gy	abnormal shape of leaves
36	M36	20 Gy	double shoots with the same buds
37	M37	20 Gy	abnormal shape of leaves

38	M38	20 Gy	abnormal shape of leaves
39	M39	20 Gy	Abnormal pseudobulb
40	M40	20 Gy	thin leaf shape
41	M41	40 Gy	abnormal leaves
42	M42	40 Gy	a number of new shoots
43	M43	40 Gy	a number of new shoots
44	M44	40 Gy	a number of new shoots
45	M45	40 Gy	abnormal leaves
46	M46	40 Gy	Abnormal pseudobulb
47	M47	40 Gy	Abnormal pseudobulb
48	M48	40 Gy	double shoots with the same buds
49	M49	40 Gy	a number of new shoots
50	M50	40 Gy	a number of new shoots
51	M51	40 Gy	a number of new shoots
52	M52	40 Gy	a number of new shoots
53	M53	40 Gy	abnormal shape of leaves
54	M54	40 Gy	variegated leaf*****
55	M55	40 Gy	double shoots with the same buds
56	M56	40 Gy	double shoots with the same buds
57	M57	40 Gy	a number of new shoots
58	M58	40 Gy	abnormal leaves
59	M59	80 Gy	a number of new shoots
60	M60	80 Gy	a number of new shoots
61	M61	80 Gy	a number of new shoots
62	M62	80 Gy	abnormal shape of leaves

63	M63	80 Gy	a number of new shoots
64	M64	80 Gy	a number of new shoots
65	M65	80 Gy	double shoots with the same buds
66	M66	80 Gy	double shoots with the same buds
67	M67	80 Gy	a number of new shoots
68	M68	80 Gy	a number of new shoots
69	M69	80 Gy	a number of new shoots
70	M70	80 Gy	a number of new shoots
71	M71	0 Gy	abnormal shape of leaves
72	M72	0 Gy	Abnormal pseudobulb
73	M73	0 Gy	Abnormal pseudobulb
74	M74	0 Gy	Abnormal pseudobulb
75	M75	0 Gy	Abnormal pseudobulb
76	M76	35 Gy	abnormal shape of leaves
77	M77	35 Gy	Abnormal pseudobulb
78	M78	35 Gy	abnormal shape of leaves
79	M79	35 Gy	double shoots with the same buds
80	M80	35 Gy	a number of new shoots
81	M81	35 Gy	a number of new shoots
82	M82	35 Gy	double shoots with the same buds
83	M83	35 Gy	double shoots with the same buds
84	M84	35 Gy	a number of new shoots
85	M85	35 Gy	thin leaf shape
86	M86	35 Gy	double shoots with the same buds
87	M87	35 Gy	double shoots with the same buds

88	M88	35 Gy	double shoots with the same buds
89	M89	35 Gy	double shoots with the same buds
90	M90	35 Gy	double shoots with the same buds
91	M91	50 Gy	double shoots with the same buds
92	M92	50 Gy	double shoots with the same buds
93	M93	50 Gy	a number of new shoots
94	M94	50 Gy	a number of new shoots
95	M95	50 Gy	a number of new shoots
96	M96	50 Gy	double shoots with the same buds
97	M97	50 Gy	double shoots with the same buds
98	M98	50 Gy	double shoots with the same buds
99	M99	50 Gy	a number of new shoots
100	M100	50 Gy	abnormal leaves color
101	M101	65 Gy	a number of new shoots
102	M102	65 Gy	a number of new shoots
103	M103	65 Gy	a number of new shoots
104	M104	65 Gy	a number of new shoots
105	M105	65 Gy	abnormal shape of leaves
106	M106	65 Gy	a number of new shoots
107	M107	65 Gy	a number of new shoots
108	M108	65 Gy	double shoots with the same buds
109	M109	65 Gy	abnormal shape of leaves
110	M110	100 Gy	a number of new shoots

2. 以伽瑪輻射誘變進行大豆育種並改良發酵益生菌與食用麴菌(2)



圖一、突變金珠大豆第四次種植田間生長狀況(左圖)及表現優良之植株(右圖)

本計畫研究透過伽瑪輻射誘變技術改良具有高異黃酮成分之金珠(十石)大豆，以 200 Gy 照射種植後生長狀況優於 300 Gy，從 M1 中挑選具有高總莢數 >15 及每莢 >2 粒等特性 70 株，進行第 2 次種植後共採收 450 株(M2)，經本計畫建立之單顆大豆異黃酮成分快速檢測平台，酸水解萃取單顆大豆異黃酮成分以 HPLC 分析發現有突變大豆株系之 Glycitein 與 Genistein 含量顯著高於原始金珠大豆。為確保挑選株系遺傳特性，選取 100 株 M2 進行第三次種植，混收優良株方式採收 M3 大豆後將 100 個混收組合第四次種植，第四次種植後平均單株產量 >20 g 者(圖一)共 68 個混收組合，持續進行第五次種植中，不同變異株的異黃酮種類及含量有明顯差別，同時優良變異株大豆產量每公頃可達 3.5 公噸以上。

利用伽瑪輻射突變選獲可轉換高生理活性異黃酮之優秀突變微生物：從具有高脂解酶活性與 β -glucosidase 活性之突變候選株中評比選出 2 株有開發潛力之少孢根黴菌，以其製備之大豆天貝具有香味特色且富含可吸收性去糖基大豆異黃酮；伽瑪輻射突變已選育出具有生物活

性轉換酵素功能之乳酸菌種，並透過實驗設計法完成開發出具高生理活性去醣基大豆異黃酮以及 GABA 的發酵大豆產品。

四、社會影響(社會福祉提升、環境保護安全)

1. 培育學生之核能素養-網路專題式學習之取向

本計畫對小學課程學習上使用專題式學習法(Project-Based Learning)，利用原能會提供之數位影音資源，結合學校晨光時間設計能源教育主題式教學，呈現以下三項課程重點：(1)核能知識；(2)生活應用；(3)環境影響。與此對應的課程主題可見表 1。活動如圖 1-圖 6。

表 1：核能教育課程的向度與主題

課程向度	課程主題
核能知識	核能發電的原理
	輻射線的種類
	原子能科學家小故事
生活應用	放射線在生活、科學及醫療上的應用
	輻射安全與核災事故的行動與處置
	能源轉型的意義與影響
環境影響	輻射線對人體及生態環境的影響
	核廢料的問題與處理
	核電廠的壽命與處置



圖 1：學生閱讀學習單內容，並進行填答。 圖 2：觀賞「原來如此—你知道輻射有幾種？」教學影片



圖 3：觀賞「著名物理學家：倫琴」影片

圖 4：教師引導學生討論統整概念內容



圖 5：教師介紹歷史上核災事件

圖 6：學生閱讀能源轉型科普文本

此外在本計畫中也鼓勵學生參與 2020 年全國科學探究競賽及行政院原子能委員會形象公仔設計徵選活動，以培養學生對於能源議題有更深入的了解與體認，也提供其他學校未來推動能源教育議題課程發展與實施之參考。期望能在學生們的心中種下一粒種子，對未來臺灣培養有關核能的專業研究者有所助益。

2. 針對不同族群設計開發原子能科普教育學習課程(III)

今年因為受到新冠肺炎(COVID-19)的影響，在防疫考量下，無法前往各級學校(國小、國中)與民間社團進行輻射教育推廣，因此本計畫轉為與輻射防護協會合作，並配合輻射防護協會針對輻射工作人員的繼續教育，擬定包括：生活中的輻射（食、衣、住、行）、輻射的應用與風險（士、農、工、商）、以及核電廠除役與核廢料處置三大議題進行教案的編寫，並以此訓練教材在北、中、南各地進行多場的輻射繼續教育訓練課程，活動照片彙整如附圖 1 所示。



圖 1 「輻射新聞議題的解析與探討」活動照片彙整

除了與輻射防護協會合作推動的「輻射新聞議題的解析與探討」活動之外，本計畫亦少量應各級學校邀請前往演講或接受前來清華大學核子反應器設施參訪的活動申請，內容除了包括認識輻射的基本內容之外，主要著重於原子能的和平用途(核醫應用)，希望在疫情嚴峻的情況下，仍能持續推動不同族群的原子能科普教育。相關活動照片彙整如附圖 2 所示。



圖 2 不同族群的原子能科普教育活動照片彙整

因應防疫的要求，遠距教學與影音多媒體的知識傳播成為顯學，本計畫也逐步將以往累積的教案轉向拍攝影音多媒體，希望能藉由網路及社群平台，在零接觸的原則下仍能持續進行輻射教育的推廣。目前已拍攝完成包括：輻射在哪裡？輻射安全嗎？以及食品中也含有輻射？三個主題，後續仍會針對不同主題持續進行相關影片的拍攝作業，希望在後疫情時代，持續將過去幾年所累積的原子能應用及輻射Q/A教案，逐步轉化成為影音多媒體，以擴大不同族群的原子能科普教育推廣。

3. 原子能民生應用數位內容製作與網路傳播溝通研究

本計畫以推動原子能科學知識普及、協助原子能委員會宣傳舉辦之科普展覽活動與傳播原子能重要政策為主。主要執行工作內容包括以下：

一、重新製作 10 部原子能微課程。將 108 年拍攝的微課程重新剪輯成電視新聞台可以播送的內容格式。10 部原子能微課程主題包括：

- (1)智慧發電微電網，綠能使用很可靠
- (2)「粉」、「墨」登場來導電
- (3)由廢取金，農林廢棄物生質精煉綠色製程技術
- (4)核電廠除役你我他

- (5)輻災防救關鍵密碼
- (6)居禮夫人沒教你的事
- (7)我是超導熱英雄-高效能熱管
- (8)不會產生 PM2.5 的發電系統
- (9)身體的螢火蟲-會發光的核醫藥物
- (10)輻射照起來，細菌都掰掰

以上 10 部統一剪輯成 3 分鐘內容並且重新上字幕、製作「原來不簡單」片頭、片尾。並且與地方有線電視新視波、家和、數位天空頻道等合作簽訂公共播出契約，節目名稱為「原來不簡單」，播出頻道為公用 CH3，每天 11:00、20:30 各半小時，播出時間為 109 年 4 月至 12 月，收視區域包括台北市、新北市等新竹以北區域。除了在新北市有線電視台公益頻道播出，地方電視台的臉書粉專也協助推播，讓更多觀眾能接收到有趣的原子能科普內容，理解原子能科普與民眾生活息息相關，提升原子能民生應用範圍（下圖為公共頻道播出截圖）。



二、協助原子能委員會舉辦之 3 場原子能科普展覽製作活動預告、展覽內容活動紀錄、製作當天新聞內容，供原能會置放臉書粉專進行宣傳。協助拍攝 3 場展覽內容為：

- (1) 8 月 1、2 日新竹原子能科普展覽的預告與活動拍攝、新聞製作。
- (2) 8 月 23 日彰化原子能科普展覽的預告與活動拍攝、新聞製作。
- (3) 10 月 9 日到 12 日華山原子能科普展覽的預告與活動拍攝、新

聞製作。

(下圖為新竹場次)



(下圖為彰化場次)



(下圖為華山場次)



三、根據原子能委員會 109 年政策重點，製作 6 部「快問快答」影片，增加原子能科普推廣效益。6 部「快問快答-原來這麼厲害」主題如下：

- (1)主題一：緊急應變計畫區（EPZ）
- (2)主題二：你呼吸的空氣安全嗎？
- (3)主題三：如何降低輻射對身體的影響？
- (4)主題四：生活中的輻射源在哪裡？
- (5)主題五：你擔心日本進口的食品有輻射嗎？

(6)主題六：台灣環境背景輻射地圖

(片頭截圖)



(影片內容截圖)



四、協助企劃、拍攝全球核能婦女會(Women in Nuclear Global,WIN)台灣代表的 4 位女科學家故事，分為中英文版，以性別平等角度切入製作，鼓勵更多女性加入原子能研究與科普傳播行列。4 位主角分別為：

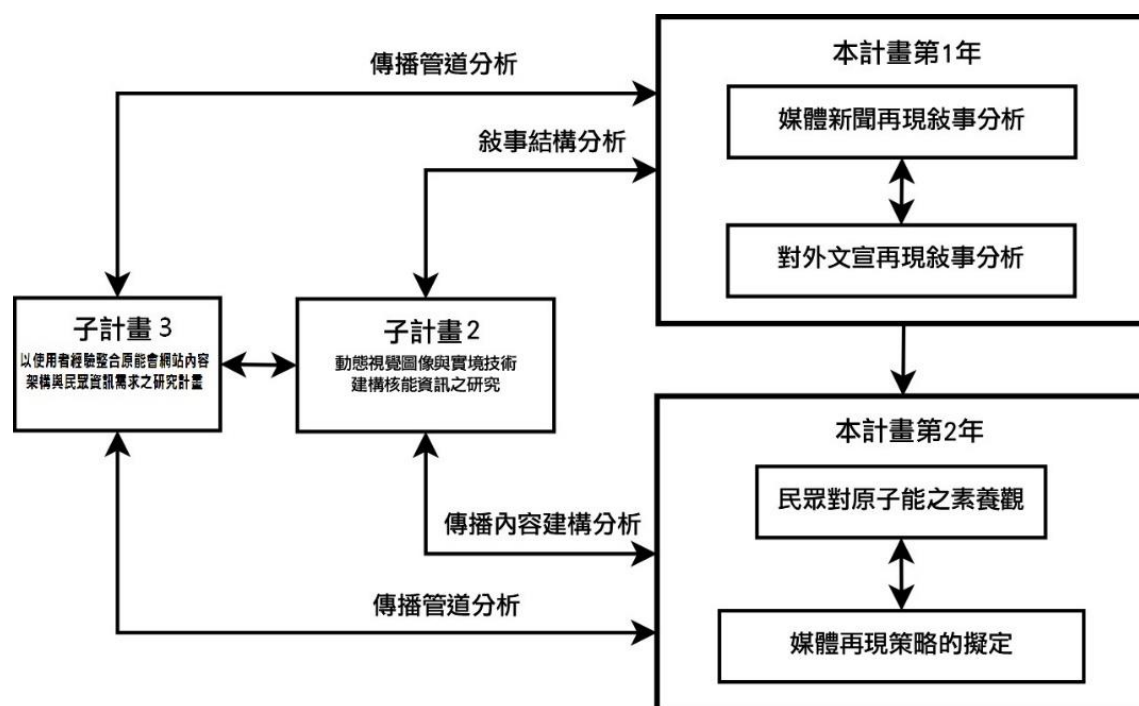
- (1)原能會退休主任工程師 邱絹琇
- (2)原能會核能管制處處長 張欣
- (3)核能研究所簡任副研究員 武及蘭
- (4)台電核發處保健物理組組長 廖瑞鶯

(下圖為影片截圖)



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)

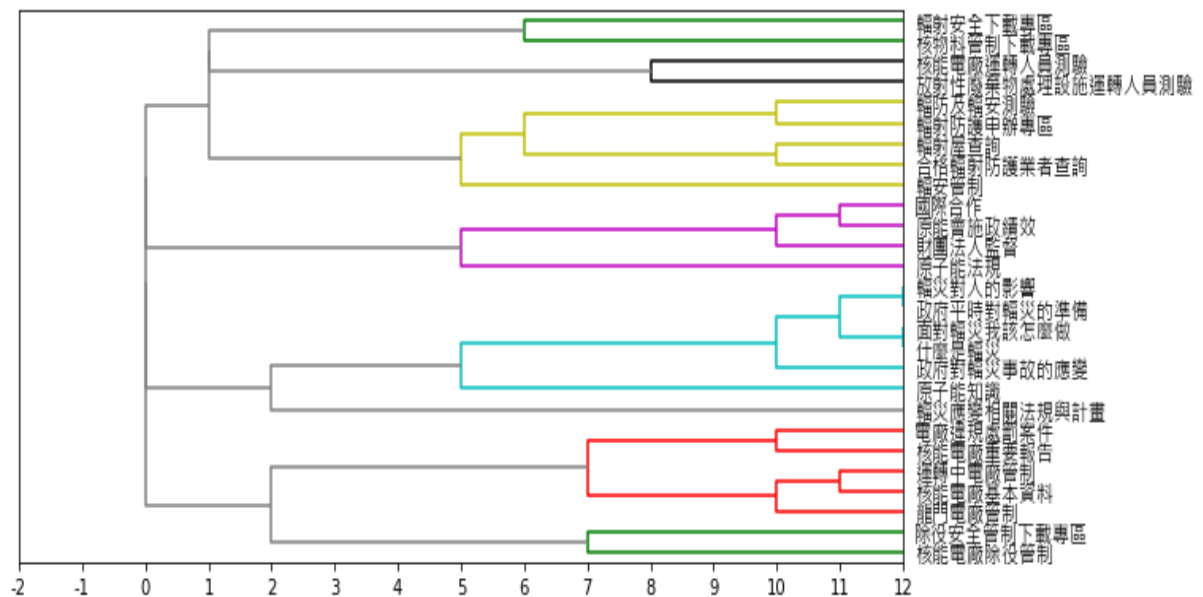
1. 結合多媒體敘事效果分析提昇公民參與核能公共議題整合計畫(2/2)



本計畫執行期程主要延續本會如何在主流與新媒體的再現下，彰顯以「核能安全」與「原子能民生應用永續發展」為核心，提升臺灣公民正確參與核能公共議題，並為原子能委員會擘劃出一套適用且具社會科學檢驗後的原子能相關訊息傳達模式，促進政府（主管機關）、常民（一般國民）與媒體（載具）三方對於原子能訊息正確建構與解構原子能訊息、理性溝通原子能訊息模式，開創原子能正確消息來源等多贏溝通的局面。本計畫突破過去原能會長久以來所偏重的量化／民調研究模式，以更深入探索問題本質的定性方法論作為具體的研究操作方式：除了將第一年的多元資料蒐集法之文件分析法所完成相關媒體再現的深入分析後，本年度鑲嵌質性研究方法之「行為事例訪談法」（BEI）與「重要事件訪談法」（CBI）等具體研究方法，突破過去僅限深度訪談法與焦點團體法之框架與盲點，以精準掌握臺灣民眾對於原能會在新聞媒體再現之認知與態度，進一步以培力臺灣民眾有關原子能相關的媒體識能再現模式，融入並建構一套符合原能會專業本質的新聞媒體再現模式，確實建立原能會「核能安全」的媒體專業形象。研究結果顯示，此研究模式

所建構上述的計畫目標，確實能解決原子能委員會過去在媒體上所遭遇的問題，藉由研究所整理之問題意識與社會現實，為本會實踐設立目的、確實對民眾與媒體的關係達到多贏的訊息傳達局面。

2. 以使用者經驗整合原能會網站內容架構與民眾需求之研究



本計畫針對原能會網站的可用性和使用者經驗進行研究，發掘目前一般使用者在使用原能會網站時對網站內容與結構的認知、可能遭遇的問題，並且嘗試提出解決的方法。本計畫邀請原能會網站的十二位會內外使用者進行受訪，透過訪談與觀察法了解受訪者在使用原能會網站時的目的、用途以及其使用方式，並請他們指出使用上的問題，以及對新版網站的看法，然後利用卡片分類法了解受訪者認知的網站資訊架構。

研究結果發現大多數的受訪者因為工作的關係，屬於網站的重度使用者，但熟悉的內容和功能，大多侷限在工作需要的部分。在使用網站時，最常見的問題是資訊內容命名、分類方式、導覽方式等資訊架構不符合使用者心中認為的方式，導致不容易學習、不容易再找到曾經找到的資料、容易出錯，而且效率降低。另外，內容沒有及時更新，以及要

填寫的資料繁瑣、過程複雜，並且缺乏詳細的圖文解說，也都是受訪者提到的問題。在卡片分類實驗的部分，大部分受訪者的分類結果，相較於原能會網站原本的資訊架構，有較多的類別，少部分受訪者的卡片分布相當不均勻。會內受訪者的分類結果大多很接近原能會網站原本的資訊架構，並且彼此之間也很相似。會外受訪者的分類結果，則不但與會內受訪者以及原能會網站的資訊架構有較大的差異，而且彼此間也有所不同。最後，本計畫以所有受訪者的分類結果做為凝聚性階層叢集分析演算法的輸入，利用叢集分析所產生的樹狀結構圖找出高關連的卡片叢集，配合 Google Analytics 的流量分析結果，做為未來進一步改善原能會網站可用性和使用者經驗的參考。

3. 北部核電廠周遭社區自主輻安防災治理之研究

本研究目的為關注北部核電廠周遭社區的自主輻安防災，提升民眾核能安全認知，建立正確並普及核安防護知識；藉由結合地區歷史脈絡以及社區特色，以深化社區民眾對於核能安全緊急應變知識的程度。而為達前揭目的，本研究以社區民眾溝通與核能安全為操作面向，探討政府賦予民眾於政策執行時參與及溝通的權利與機制，也讓民眾能在參與中了解政府政策執行過程，更易了解政策執行內涵，依此提升社區治理之效能。透過與社區民眾討論的執行方式，完成核能安全防災地圖的製作；納入地區形成脈絡以及在地特色元素，包括地方信仰中心、景點與農作物產等以及核子事故緊急應變措施，並將相關資訊以看板以及東口袋等形式產出，使核能知識的傳遞具易讀性外，亦融入民眾日常生活中，透過漸進式的方式，強化社區民眾對於核能災害緊急應變的效能。



草里里核子事故疏散避難路線圖說



三界里核子事故疏散避難路線圖說



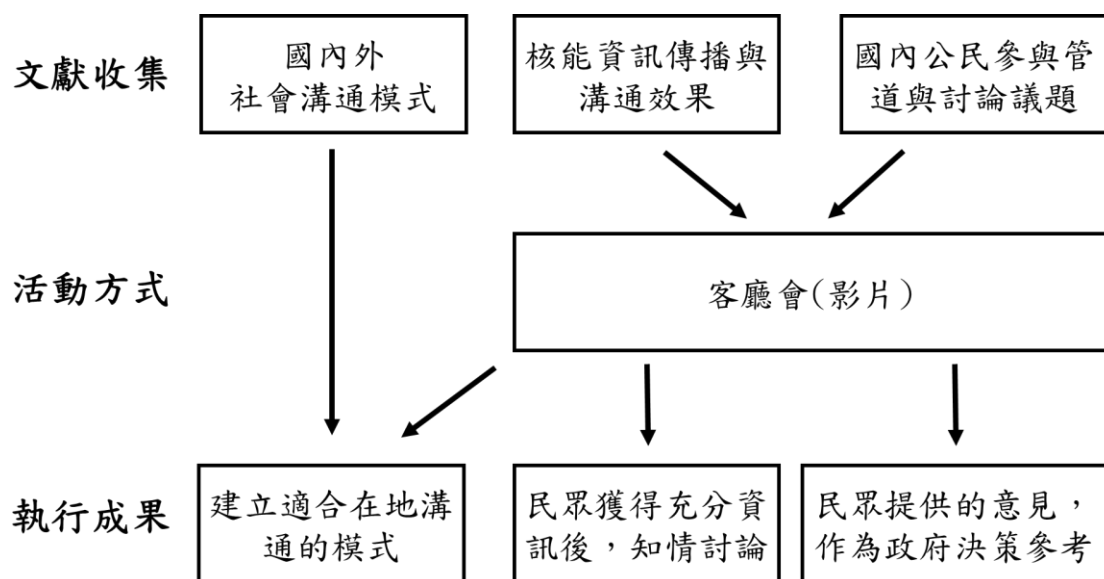
野柳里核子事故疏散避難路線圖說





野柳里核子事故疏散避難路線圖&野柳國小校園防災疏散路線圖說

4. 核電廠除役利害關係群體意見探詢與溝通機制之設計及執行-III



本計畫目前經由文獻檢閱發現，先進國家如瑞典、美國與英國等皆積極進行核電廠除役之社會溝通工作，大多採用公開會議或成立在地除役監督委員會（如美國 Caps、英國 SSGs 等）方式，強調在地居民等利害關係人皆能與主管機關及核電廠商進行有效的雙向溝通。其中在瑞典經驗中，當局更將核電廠方圓 20 公里內居民納入溝通對象，透過「逐家拜訪」進行資訊傳遞，並收集民眾意見；而美國核能主管機

關（NRC）為加強公眾溝通效能，成立「公眾溝通專案小組」，旨在發展公眾溝通工具，以設計出合適的溝通策略，上述經驗可提供我國進行除役社會溝通之借鏡。

而溝通之最終目的，即是期望讓民眾對於除役政策具有一定程度理解，以達知情之效，但核能屬於具高度專業性質的科學議題，在地居民大多難以理解。而經研究指出民眾試圖理解科學訊息時，最先接觸的是媒體資訊，經由媒體正確資訊的傳播將得以促使公民認知與行為的正面提升；然而倘若媒體的資訊錯誤，極可能導致民眾的負面理解。本計畫認為若能將除役議題結合視覺化的創意方式，或許能讓艱澀的核能議題，更為大眾所接受。有鑑於此，本研究提出以下幾點規劃，以讓政府與民眾之間的溝通能更完善。

- (1) 本計畫預計重新構思宣導影片，透過影片劇情，並結合本計畫所發現民眾較為關心或現有認知較低之議題，讓民眾在簡單易懂的影像情境中理解政策原意，及政府所欲傳達除役方面之正確認知。
- (2) 規劃三場客廳會，客廳會主要邀請區長、鄰里長以及四區（石門、萬里、金山、三芝）的在地民眾，以非正式的聊天方式，在輕鬆氛圍下瞭解在地民眾對於除役議題關心的重點。
- (3) 焦點座談會議則將邀請里長、環保團體代表及專家學者等人參與，進行釐清與認識除役議題與收斂各方意見。

5. 核能研究機關改制行政法人之法制研究：組織定位及監理制度之研析

本計畫旨在研析目前隸屬於原能會之下的核能研究所，日後如轉型為行政法人國家龍潭原子能科技研究院所須進行的法制調整。由於組織改造涉及業務權限、人事、經費、財產移轉和績效評鑑等事項，是以本計畫一方面參考分析目前國內數個行政法人機構的實務推行和法律現狀，另一方面亦探討國外的核能研究機構的組織業務概況及其與核能主管機關的關係，期歸納綜整出一個適合於我國核研所行政法人化後的組織法律之設計。

鑒於核能研究所已成立運作多年，並歷經多次任務轉型，為瞭解核能研究所組織定位及未來轉型挑戰，透過核研所訪談釐清現行核能

研究所轉型所涉研發領域、人才延攬及財源籌措等困境。另協助原能會借鏡國內行政法人實務運作經驗，邀請政府機關、學研機構及行政法人相關領域專家及代表召開專家學者座談會，就國內行政法人組織定位、技術支援、利益迴避、自籌財源、績效評鑑及現職人員權益保障等共通性議題進行實務經驗回饋及交流。



核研所實地訪談



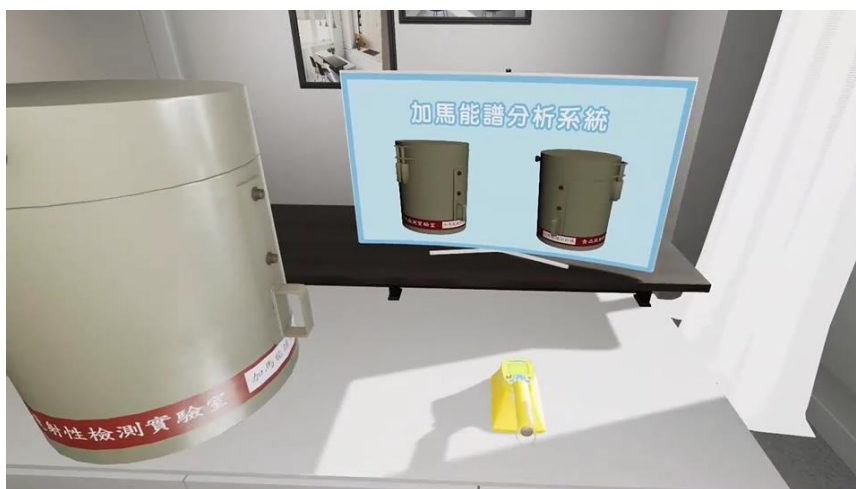
專家學者座談會



國家龍潭原子能科技研究院的組織架構將以現行行政法人法之規定為主要參考依據，但基於核能研究機構的特殊性，研究結論建議尚須增修業務執掌、對應主管機關的監督、提升人事任用和經費自籌的彈性度等規定，相關草案修正建議將提供原能會做為未來國家龍潭原子能科技研究院設置條例草案立法或修訂之基礎。

6. 核能與輻射知識之虛擬實境體驗程式開發

以食品輻射殘留檢測為主題，開發互動式 VR 遊戲。如下圖。



利用 VR 科技，吸引民眾的興趣，提升核能與輻射知識的推廣效果。於原能會主辦的科展中，提供民眾體驗。讓民眾了解食品輻射殘留檢驗的相關知識。如下圖。



貳、檢討與展望

未來因應核能電廠即將除役及核廢料議題，將調整依循核能與除役安全、放射性物料安全、輻射防護與放射醫學、原子能跨域合作及風險溝通四大領域擬訂研究重點，與科技部共同合作推動，並配合後續原能會組織改造（組改後為核能安全委員會）支援任務導向之政策規劃與安全管制相關應用研發，以落實原子能科技研發資源之整合，結合及運用國內學術單位參與研發之能量，從事原子能科技在民生應用之基礎研究，促進技術生根及契合產業發展，並強化相關領域人才培訓。

本研究機制實施迄今已歷 10 餘年，對整合原子能科技研發資源及應用發展、支援政策性研究及人才培育等構面，已發揮彈性及務實功效，特別是可適時連結國內各研發機構支持未來核能安全委員會所需管制技術及能量。

為落實各補助計畫研究成果符合原任務導向規劃，原能會已訂定「原子能科技學術合作研究計畫管考作業規定」，規範各計畫需求單位於期中進度查核，並於期末提出可供民生應用或政策參考之具體成果，俾有效掌握計畫成效及其對施政之助益，並依需要進行實地訪談，除瞭解各計畫執行之困難以適時解決外，並針對本機制不足部分逐年檢討修正。

近 3 年原能會與科技部補助計畫數及經費支出詳如表 1，為因應經費縮減對於原子能管制及民生應用等相關研究之衝擊，原能會已調高其他多年期計畫之比率，期藉由中長期之研究規劃減輕各年度因政府預算波動造成之影響，並逐年依執行情形滾動式檢討改善。

年度	補助計畫	補助院校	補助經費 (千元)
109	55	30	41,470
108	45	25	41,940
107	53	30	40,891

表 1 近 3 年計畫投入數及經費支出

參、其他補充資料

一、 跨部會協調或與相關計畫之配合

本計畫合作研究機制在(1)核能與除役安全科技、(2)放射性物料安全科技、(3)輻射防護與放射醫學科技、(4)政策推動與風險溝通等領域，本會與科技部 109 年共計推動 55 項計畫（本會 18 項、科技部 37 項），由科技部統籌計畫之簽約執行，原能會負責計畫之績效管考，國內計有 30 所公私立大專院校及醫院共同參與，堪稱國內整合型補助計畫之執行模式。

為促成各項研究計畫成果之經驗分享與交流，本年度賡續以往的作法於 109 年 9 月 29 日與科技部共同辦理 108 年度原子能科技學術合作研究計畫成果發表會，並邀請各界參與研究成果之發表暨討論（如圖 1～圖 4），共計約 160 人參加，是日計畫成果論文集已於原能會網站公開（<http://www.aec.gov.tw/施政與法規/施政績效/原子能科技學術合作研究計畫.html>），提供各界檢閱。

本計畫係屬任務導向之政策支援研發機制，可及時回應最新政策環境及社會需求，再與其他委託研究計畫或科技計畫等現有研發機制結合支援，具有相輔相成之效果。



圖 1 核能與除役安全科技成果發表



圖 2 放射性物料安全科技成果發表

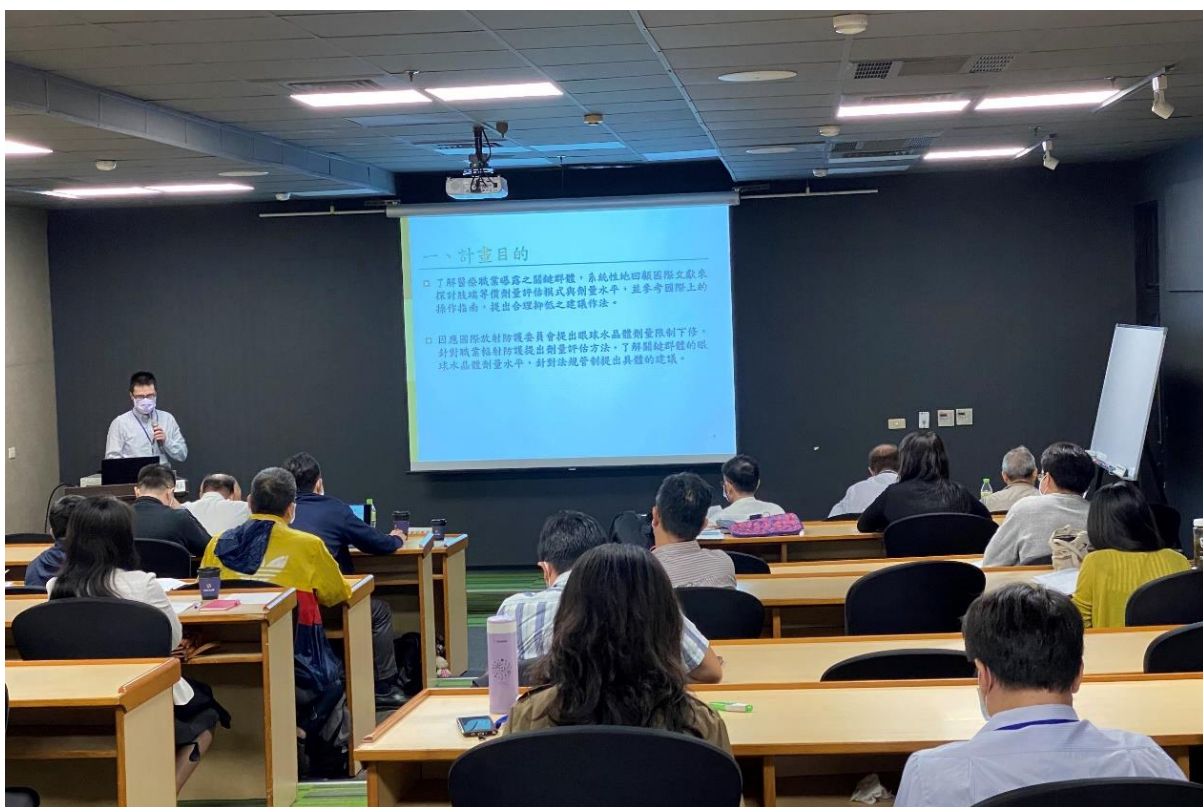


圖 3 輻射防護與放射醫學成果發表



圖 4 政策推動與風險溝通成果發表

二、 大型科學儀器使用效益說明

本計畫無購置大型科學儀器。

三、 其他補充說明(分段上傳)

本會補助計畫項目，如下：

序號	執行單位	計畫名稱
1	國立臺灣大學電子工程學研究所	應用於低軌道衛星之抗輻射類比/數位混合晶片電子設計自動化開發
2	國立臺灣大學電機工程學系暨研究所	X-ray 微影鄰近效應修正技術與高精度高深寬比元件製作應用 II
3	國立臺灣大學機械工程學系暨研究所	開發遠端 3D 建模掃描機器人並建立輻射劑量地圖以輔助核電廠除役
4	國立政治大學公共行政學系	核電廠除役利害關係群體意見探詢與溝通機制之設計及執行-III
5	國立中興大學園藝學系（所）	放射線誘變在經濟蘭花品種改良之研究
6	國立成功大學政治學系	北部核電廠周遭社區自主輻安防災治理之研究

7	國立清華大學通識教育中心	核能研究機關改制行政法人之法制研究：組織定位及監理制度之研析
8	國立清華大學原子科學技術發展中心	針對不同族群設計開發原子能科普教育學習課程(III)
9	國立臺灣科技大學化學工程系	大氣常壓微電漿技術合成矽量子點 (II)
10	國立中山大學海洋科學系	以碳酸鹽動力學評估硼同位素在海洋酸化之角色
11	世新大學廣播電視電影學系	結合多媒體敘事效果分析提昇公民參與核能公共議題整合計畫(2/2)
12	世新大學傳播管理學系（所）	以使用者經驗整合原能會網站內容架構與民眾資訊需求之研究
13	國立故宮博物院登錄保存處	文物檢測用之 X 光 CBCT 電腦斷層掃描系統之優化及其應用(II)
14	國立臺灣藝術大學廣播電視學系（所）	原子能民生應用數位內容製作與網路傳播溝通研究
15	龍華科技大學多媒體與遊戲發展科學系	核能與輻射知識之虛擬實境體驗程式開發
16	國立嘉義大學微生物免疫與生物藥學系	以伽瑪輻射誘變進行大豆育種並改良發酵益生菌與食用麴菌(2)
17	國立臺灣科學教育館推廣組	培育學生之核能素養-網路專題式學習之取向
18	國立高雄科技大學電資學院電機工程系	開發遠端視訊操作裝置用於移動機器人與機器手臂控制