

111 年度政府科技發展計畫 績效報告書 (D006)

計畫名稱：接軌國際輻防技術規範與精進量測技術
能力 (2/4)

執行期間：

全程：自 110 年 1 月 1 日 至 113 年 12 月 31 日止

本期：自 111 年 1 月 1 日 至 111 年 12 月 31 日止

主管機關：行政院原子能委員會

執行機關：行政院原子能委員會輻射防護處
行政院原子能委員會核能研究所

111年度政府科技發展計畫審查意見辦理情形表

序號	審查意見	辦理情形
1	此計畫是推動我國輻射防護下一世代最迫切需要的基礎研究工作。年度規劃之各項量化目標均能有效達成且品質優良。	感謝委員肯定。
2	眼球有效劑量與肢端劑量之量測評估，是未來配合輻防法推行的重點管制工作，計畫積極佈署建立管制認證的研究，為將來法規推行奠立堅實的技術基礎。	感謝委員肯定。
3	積極輔導醫院建立我國北部之生物劑量評估實驗室，是未來有關人員一旦意外事故發生後之劑量評估重點工作，研究成果績效優良。	感謝委員肯定。
4	績效報告第3頁，說明計畫之經費執行率高達98.46%，計畫執行過程之經費支用能有效管控，績效優異。	感謝委員肯定。

5	1. 績效報告第 28 頁，說明總計之執行率為 93.47 %，是否為 98.47 之誤植？ 2. 績效報告第 29 頁，小計欄內說明為 8940，此值似為預算數而非決算數，煩請能再查明。 3. 績效報告第 29 頁中之差異說明，其中第 1 點之 96.38%及 98.12%與上表內容不一致，請能再查明。 4. 績效報告第 30 頁中之差異說明，其中第 3 點說明由委辦費、維護費及業務費流出至材料費，惟流出之總數與不足之 70800 元額度未能一致，煩請能再查明。	感謝委員指正，已完成修正。 1. 總計畫執行率為 98.47%； 2. 應為決算數 8,803 (千元)； 3. 已更正，經常門支用狀況為 97.05%，資本門支用狀況為 100%，總經費支用狀況為 98.47%； 4. 材料費不足 70800 元，經流出委辦費 31,000 元、維護費 28,000 元及業務費 4,100 元(及雜支費 8000 元)，流用至材料費。
6	計畫規劃之各項關鍵績效指標均達成，並多有超越，績效優異。	感謝委員肯定。
7	計畫之學術研究成果十分豐碩，投稿各項 SCI 論文涵蓋胎兒劑量評估，生物劑量之國際評估比對，以及意外曝露下人員雙中結變異評估技術研究，各相關領域之研究成果，均有突破性的發展與成果。	感謝委員肯定。

8	計畫發展之創新技術，包括有關核醫藥物與透視攝影之人員劑量評估，對有效管制關鍵醫護人員之操作劑量甚有助益。另外研發製作之腹部假體，對未來有效評估婦女及胎兒之劑量，是創新之發展。而積極進行染色體雙中結變異分析方法，期望亦能儘快獲致成果，為輻射工作人員可能之意外曝露，做更精準的劑量安全評估。	感謝委員肯定。
9	計畫之研究成果，除具有學術價值外，各項研發成果之技術，均為醫療機構與研究實驗室符合法規所必需的方法，相關成果對促進輻射作業安全，具有實質效益，也是促進社會民生發展不可或缺的一環，計畫具有非常好的貢獻。	感謝委員肯定。
10	計畫發展之相關量測技術，需與經濟部標檢局與核能研究所合作推動之游離輻射國家標準互相配合，另外計畫與清華大學之合作成功發展之假體研究以及與臺北醫學大學與高雄醫學大學合作進行有關意外下人員之生物劑量評估。相關技術能力均有助益於未來輻射安全法規之訂定與應用，以確保輻射工作人員之安全，各項目標工作均有效達成，成果優異。	感謝委員肯定。

11	計畫規劃之各項工作均與國家下一世代輻射防護之趨勢與方向相契合。四年期之計畫於目前已執行兩年並顯示研究與應用上的成效。後續相關規劃之工作內容翔實可行，應持續推動，並及時掌握國際發展趨勢，作必要之調整，使計畫之成果更具有價值與時效。	感謝委員肯定。
12	我國正規劃輻射防護法及相關子法的修訂工作，計畫規劃之各項工作均與輻防法規之推行息息相關，後續相關研究工作更需配合法規之修正訂定，應用於我國相關輻射作業的安全措施，確保輻射工作人員與民眾之安全。	感謝委員肯定。
13	計畫執行之量化指標均有效且超前完成，經費使用管控優良，學術成就與創新發展之質化與量化績效表現優良，相關成果均具國際之研究水準與實務價值。整體成效表現優異。	感謝委員肯定。
14	計畫總時程為4年，已完成執行2年且成效優良。建議計畫於後續執行期間，持續追蹤世界相關研究發展之趨勢與成果，配合及時調整計畫之研究方向，提升成果之輻防管制應用價值，且更具有世界前瞻水準之績效。	感謝委員肯定。

15	本計畫持續提升管制業務之輻射量測、儀器檢校及劑量評估驗證技術能力，達成計畫原訂目標。	感謝委員肯定。
16	因應國內外趨勢建立基礎和量測系統、研究劑量稽核與驗證方法以及制定相關管制技術規範，強化輻射災害應變能量，達成計畫原訂目標。	感謝委員肯定。
17	本年度計畫經常門支用狀況為96.38%，資本門支用狀況為100%，總經費支用狀況為98.12%。整體預算執行率優良，與原規劃一致。	感謝委員肯定。
18	採購項目與經費流用需求已報請原能會輻防處取得同意並通過審核。	感謝委員肯定。

19	110-111 年度計畫共發表 3 篇論文，2 篇國際期刊與 1 篇為研討會論文。110-111 年度共發表技術報告 2 篇。	感謝委員肯定。
20	科技技術創新包含： (1) 核醫藥物與透視攝影作業操作人員的劑量評估 (2) 建立國內懷孕婦女之胎兒輻射劑量評估技術 (3) 建立 γ -H2AX 測定法	感謝委員肯定。
21	本計畫之執行，原則上無涉跨部會協調，僅透過學術合作或勞務委託，以達技術精進與技術擴展之目的，並與相關計畫各執其職、互有溝通、相輔相成。	感謝委員肯定。
22	螢光透視攝影在醫療的應用廣泛，各式軟硬體技術演進快速，導致工作人員的輻射曝露情節繁複多變，現場環境劑量率高且其輻射分布相當不均勻，重要器官與全身有效劑量的精確評估與測量驗證相對困難，值得後續深入探討。	感謝委員肯定。

23	整體而言，計畫目標與預期關鍵成果之達成情形良好。	感謝委員肯定。
----	---------------------------------	----------------

目 錄

111 年度政府科技發展計畫審查意見辦理情形表(檔案上傳).....	1
【111 年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表(D003)】	9
第一部分.....	15
壹、 目標與架構 (系統填寫).....	16
一、 總目標及其達成情形	16
二、 架構 (系統產出，不另行填寫).....	22
三、 細部計畫與執行摘要	26
貳、 經費執行情形.....	33
一、 經資門經費表 (E005)	33
二、 經費支用說明	34
三、 經費實際支用與原規劃差異說明	35
第二部分.....	36
壹、 成果之價值與貢獻度	37
一、 學術成就(科技基礎研究).....	37
二、 技術創新(科技技術創新).....	41
三、 經濟效益(經濟產業促進).....	41
四、 社會影響(社會福祉提升、環境保護安全)	42
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).....	44
貳、 檢討與展望.....	46
參、 其他補充資料.....	49
一、 跨部會協調或與相關計畫之配合	49
二、 大型科學儀器使用效益說明	49
三、 其他補充說明(分段上傳).....	49
附表、佐證資料表.....	50
附件、計畫成果完整說明	錯誤! 尚未定義書籤。
伍、結論與建議.....	錯誤! 尚未定義書籤。
陸、參考文獻.....	錯誤! 尚未定義書籤。

【111年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表(D003)】

審議編號	111-2001-02-17-07					
計畫名稱	接軌國際輻防技術規範與精進量測技術能力 (1/4)					
主管機關	行政院原子能委員會					
執行機關	行政院原子能委員會核能研究所					
計畫主持人	姓名	張 O 君	職稱	處長		
	服務機關	行政院原子能委員會				
	電話	--	電子郵件	--		
計畫類別	☐ 政策計畫 ☒ 一般計畫 ☐ 基礎研究 ☐ 前瞻計畫					
重點政策項目	☐ 數位經濟與服務業科技創新 ☐ 亞洲·矽谷 ☐ 智慧機械 ☐ 綠能產業 ☐ 生醫產業 ☐ 國防產業 ☐ 新農業 ☐ 循環經濟圈 ☐ 晶片設計與半導體前瞻科技 ☐ 文化創意產業科技創新 ☒ 其他_____					
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___% 環境科技 <u>100</u> % 數位科技___% 工程科技___% 人文社會___% 科技創新___% 請依群組比重填寫，需有比重最高之群組，且加總須 100%。					
執行期間	111 年 01 月 01 日 至 111 年 12 月 31 日					
全程期間	110 年 01 月 01 日 至 113 年 12 月 31 日					
資源投入 (以前年度 請填決算數)	年度	經費(千元)		人力(人/年)		
	110	9,500		6.5		
	111	8,940		6.2		
	112	10,000		6.5		
	113	10,900		6.5		
	合計	39,340		25.7		
	111 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	0
			材料費	999.7	975.8	97.63
			其他經常支出	3,640.3	3,526.8	96.88
			小計	4,620	4,503	97.05
		資本門	土地建築	0	0	0
			儀器設備	4,300	4,300	100
			其他資本支出	0	0	0
			小計	4,300	4,300	100

		經費合計	8,940	8,803	98.47
政策依據	1. 【國家科學技術發展計畫（110 年至 113 年）】國家發展策略： （一）數位創新，啟動經濟發展新模式 2.0： 1.打造六大核新戰略產業之臺灣精準健康戰略產業、國防及戰略產業、民生及戰備產業：因應生醫產業與個人化醫療的國際新趨勢，建立精準醫療之放射診療品保與輻安相關的輻射度量校正技術，確保國防、工業、醫用、核電廠等輻射偵檢準確性，接軌國際並完備新興原子能法規需求技術與規範，致力於精進輻射防護管制措施及強化劑量評估檢校能力，維護國民健康與安全。 （二）安心關懷，營造全齡照顧的幸福社會： 5.建構穩定安心生活之社會安全(佈建兒少、老人、婦女安全防護體系)、食安(落實食安五環)、醫療(完備醫療照護)、勞動權益(維護勞工就業、職安、福祉等)：提升第一線輻射偵測服務技術與品質，把關食品輻射檢測、輻射工作人員劑量評估等領域量測準確度；接軌國際並完備新興原子能法規需求技術與規範；建置與維持國家級輻射生物劑量實驗室及我國生物劑量標準反應曲線，以助重建放射性處置、輻射醫療急性曝露、意外事故等受影響人員之輻射曝露劑量，維護國內輻射從業人員與大眾輻射安全。 2. 【行政院原子能委員會 110 年度施政計畫】壹、年度施政目標及策略:一、強化原子能安全管制，確保公眾安全；二、推廣原子能科技創新，培育跨域人才；三、發展能源及後端技術，推廣產業應用。 3. 【行政院 110 年度施政方針】 「伍、教育、文化及科技」之十之十三：透過營造友善研發環境、積極參與全球性研究及提升國際學術聲望，以推動跨領域整合，強化卓越研究中心及研究生態體系，打通人才流生態系，提升資源創造人才價值，邁向人才群聚及強固跨域科研人才目標，推升臺灣國際競爭力。之十五：嚴密監督核電廠運轉與除役作業及核廢料管理，持續推動公眾參與及資訊透明，<u>厚實輻安管制、環境輻射偵測及災害防救能量;拓展原子能技術跨領</u>				

	域應用，研發能源及核後端產業關鍵技術。 「壹、內政、族群及轉型正義」之四：根絕毒品，打擊電信網路詐騙，檢肅組織犯罪，強化治安 維護;保障警消及海巡人員照護與福利;精進國家關鍵基礎設施安全防護，提升複合型災害防救量能，扎根防災教育，增進緊急救護品質。
本計畫在機關施政項目之定位及功能	一、行政院原子能委員會是全國輻射防護與輻射安全的主管機關，核心業務為以專業及合理的管制措施，確保人員、場所及環境之輻射安全。輻防體系由上而下，標的從國際同步之輻防規範、輻防檢校實驗室、第一線相關從業人員，至一般民眾及週遭之環境；範圍包括核子設施、放射醫療、學術、工業、農業及軍事等單位所使用之放射性物質及可發生游離輻射設備。為防制輻射危害，原能會有責任強化游離輻射管制措施、提升國家整體游離輻射劑量與核種活度量測水準、推動原子能科技應用與民生安全議題之研究發展。考量科技專業性，本計畫將以職權交辦方式委由核能研究所執行，以落實原子能科技於社會民生福祉與永續發展之目標，堅實智慧生活科技與產業。 二、本計畫之目的，在於因應國際最新技術規範與管理實務趨勢，提供先進輻防管理科學準則建議，強化國內輻射量測技術，打造接軌國際之輻防技術基礎環境與科研量能，提升輻射檢校實驗室量測能力，確保第一線工作品質，研究輻射應用上具新穎或急迫性的劑量評估、活度量、稽核驗證方法，維持輻射生物評估技術與降低意外曝露偵測低限，以增進與維護輻射安全。
計畫摘要	本計畫研究主題如下： 一、建立國際同步之輻射防護規範研究 引進國際最新輻防概念，研究適用於國內法規架構之調整方案，針對技術規範、胎兒劑量評估及眼球水晶體劑量監測等議題之輻防架構、管制影響及評估技術進行研析，並結合各界共同評估相關技術準則之研修方向，建立劑量評估與管理技術，以落實輻防管制作為與劑量合理抑低精神，確保輻射安全。 二、強化國內輻射檢校量測技術能力研究 輻射防護與安全作為的落實，需依靠輻射偵測儀器及各檢校實驗室之大量量測結果。本計畫涵蓋人員/肢端劑量計、輻射儀器校正、環境試樣/中低強度核種分析等能力試驗研究，並逐步建立眼球水晶體劑量計能力試驗技術，以監測與精進國內輻射檢校實驗室之第一線量測品質。再者，因應政策推行、國際趨勢與社會關切議題，建立與維持透視攝影劑量品保、眼球水

	晶體劑量等校正追溯源與傳遞鏈，透過提升量測準確性，強化輻防管制技術和社會大眾輻射安全。 三、精進染色體變異分析技術與評估研究 持續推動生物劑量評估技術之研發，藉由維持國家級輻射生物劑量實驗室，及精進我國標準反應曲線，以助重建輻射意外事故中受影響人員之輻射曝露劑量，且新開發 γ-H2AX 分析方法，以更進一步地分析低劑量曝露，突破雙中節染色體分析極限為 0.1 Gy 之困境，並希冀透過智能輔助判別染色體之變異，提高分析效能。			
計畫目標與預期關鍵成果之達成情形			原設定	達成情形
	計畫目標 1	預期關鍵成果 1	KR1：完成第一期眼球水晶體劑量評估訪查研究(至少 800 人次)，建構法規變革之科技立基。	完成共 926 人次眼球水晶體劑量監測評估，包含 14 家醫療院所(33 科室)、核三電廠及 3 家非破壞性檢測公司，以了解國內關鍵群體於實際輻射作業下，眼球水晶體輻射曝露情形及新劑量限值之衝擊。針對眼球水晶體劑量監測訪查計畫之參與者，已辦理 10 場實體及 5 場線上教育訓練，其內容說明 ICRP 新的眼球水晶體劑量限值，另針對眼球水晶體年等價劑量可能超過新的劑量限值之虞者，提供適當輻射防護措施之建議，提升關鍵群體對眼球水晶體輻射曝露的重視，進而改善其工作現況。
		預期關鍵成果 2	KR2：建置貝他眼球水晶體劑量校正系統(量測不確定度<5%)，完成第一次肢端劑量評估實驗室能力試驗(合格率 100%)，厚實輻防管	完成 Sr-90 貝他射線深度 3 mm 處的等效劑量率校正系統建立，量測不確定度為 2.6% ($k=2$)，可提供國內眼球水晶體劑量國際等同之校

			制技術能力。	正追溯服務；完成「第一次肢端劑量計能力試驗」研究，參與測試之實驗室合格率达 100%，皆通過加馬、X 光與貝他等測試類別的劑量測試，此技術能力測試為我國從無至有的新里程碑。
		預期關鍵成果 3	KR3：成立北部備援實驗室與擴增背景值資料庫，確保意外事故劑量重建準確度。	以核研技術為核心，透過學術合作，建立北部備援實驗室，輔導台 O 醫學大學，完成實驗室程序建立；完成 111 年度國人本土染色體雙中節背景值資料庫擴增。
計畫效益與重大突破	子項計畫 1：立意於新興法規之技術配套建立，完成： 「美國國家胎兒輻射劑量計算標準(ANSI/HPS N13.54)」引進與研究報告 1 篇；並初研台灣懷孕婦女假體及胎兒劑量評估技術，可作為胎兒輻射防護之參考論據。 111 年度眼球水晶體劑量監測訪查計畫之研究報告 1 篇；與 14 家醫療院所(33 科室)、核三電廠及 3 家非破壞性檢測公司合作，共完成 926 人次眼球水晶體劑量監測評估，以了解國內關鍵群體實際輻射作業下眼球水晶體輻射曝露情形及新劑量限值衝擊，以利於未來保障約 2 萬輻射工作人員。 子項計畫 2：全國性游離輻射技術領域實驗室能力試驗研究的指標性突破為：「肢端劑量評估」能力試驗活動為第 1 次正式舉辦，是從無至有的里程碑，具有接軌國際趨勢，促使第一線實驗室提供具品質服務，涵蓋核設施、工業、醫院、研究機構等領域，強化服務端之民眾與 5 萬 3 千餘輻射從業人員測值準確度之效益。 子項計畫 3：首度執行國內實驗室間比對試驗，以核研所為中心實驗室，驗證與監測備援實驗室之染色體雙中節變異分析能力。另建立更快速有效率之生物劑量評估 (γ-H2AX 分析)方法與 SCI 期刊刊登 1 篇，以因應大型輻射意外曝露事件，縮短分析時程，提供受曝者劑量分析數據做為醫療處置的參考依據。			
	子項計畫 1：眼球水晶體劑量訪查收案，因受疫情衝擊及關鍵群體配合度，導致執行訪查困難度提高甚多，故改由視訊辦理訪查計			
遭遇困難與因應對策				

	畫，並為提前因應 112 年訪查之執行，委由各評定機構邀請受服務之關鍵群體進行劑量監測，以利了解各廠牌型號劑量計之劑量分布，達成劑量訪查之目的。 子項計畫 2：配合防疫政策，全國性能力試驗研究技術研討會利用單位建置之資訊系統，改採視訊辦理，順利達成技術交流，達提升第一線服務技術品質之目的。 子項計畫 3：新開發之人員劑量評估方法所需之儀器設備使用年限已久、原廠零件停產等問題。除積極與共同使用團隊溝通改善維護與保養外，考量該儀器已屆無法再維修或更換零件之際，經評估後規劃編列計畫經費於明後年購置新機器，以利延續研發之需求。			
後續精進措施	子項計畫 1： 1. 與清華大學學術研究合作，製作台灣懷孕婦女腹部假體，並以數學假體模擬懷孕婦女之劑量研究，後續將以體素假體精進各孕期之懷孕婦女假體，以提升胎兒劑量評估技術。 2. 依 110-111 年度訪查研究成果與經驗，作為 112 年眼球水晶體劑量監測訪查研究之參考，藉由訪查研究之成果，建立科學論據，並強化與精進正確的輻射防護觀念，以利於後續法規推動。 子項計畫 2： 1. 配合「盡速推動眼球水晶體劑量評估實驗室認證上線」施政需求，應建立能力試驗所需之事故級劑量照射系統，規劃新建 X 射線 ISO 寬能譜校正與照射系統，並加速輔導各實驗室進程，由原規劃的 116 年提前至 113 年，使個實驗室能具備 TAF 認證所需之技術能力。 子項計畫 3： 1. 本年度首次建立國內實驗室染色體雙中節比對機制，國內參與實驗室分析結果顯示，實驗室具備一定水準之人員劑量評估技術，未來將持續維持技術及強化輔導備援實驗室劑量之分析能力。新開發的人員劑量評估方法將優化實驗分析方法，並持續蒐集更多數據，以建立完整之檢量線，同時與現有染色體雙中節變異技術互相比對，以因應未來輻射意外曝露事件之人員劑量評估方法的採用。未來再進一步延伸低劑量檢驗分析至 0.1 Gy 以下，提升劑量分析能力。			
計畫連絡人	姓名	呂 O 萱	職稱	技士
	服務機關	行政院原子能委員會		
	電話	--	電子郵件	--

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

一、總目標及其達成情形

(一) 全程總目標：

原子能委員會（以下簡稱為原能會）為全國輻射安全的主管機關，核心業務是以專業及合理的管制措施，確保人員、場所及環境之輻射安全。受輻射防護管制之物件包括核子設施、醫療、學術、工業、農業及軍事等單位，所使用之放射性物質及可發生游離輻射設備，保護之對象則包括從業人員、接受放射性診斷及治療之病患、一般民眾及週遭之環境等。由上而下，輻防體系從國際同步之輻防規範、輻防檢校實驗室、第一線從業人員，至一般民眾及週遭之環境，原能會有責任強化游離輻射管制措施、提升國家整體游離輻射劑量與核種活度量測水準、推動原子能科技應用與民生安全議題之研究發展。

核能研究所（以下簡稱為核研所）透過『接軌國際輻防技術規範與精進量測技術能力』計畫之執行，能有效強化與支援原能會的輻防把關工作、精進輻射安全管制技術、推動原子能科技在醫學診療、工業輻安與民生應用之研究發展，並提升國家游離輻射量測與劑量評估技術，使相關技術與國際接軌。而國外先進核能應用國家，建置有國家級生物劑量實驗室，並研究建立人員生物劑量評估與相關技術，國內則透過此計畫，建置與精進輻射生物劑量實驗室，可有效協助意外曝露應變作業與作為法規之科學依據，提升游離輻射安全管制層次及水準，落實原子能科技於社會民生福祉與永續發展之目標。

近年國際原子能總署（International Atomic Energy Agency, IAEA）、歐盟陸續出版新的管制建議與規範，其輻防管制架構（如曝露情境）已有整體上之變革，鑑於輻防管制措施必須與時俱進，故亟待進行游離輻射防護法及相關技術規範法制精進之研究，另亦需持續提升管制業務所需之輻射量測、儀器檢校及劑量評估驗證技術能力，因應國內外趨勢建立基礎量能和量測系統、研究劑量稽核與驗證方法、及制定相關管制作業程序及法規，強化輻射災害應變能量，以完善整體輻射防護管制體系，確保民生及環境輻射安全。

本計畫之執行內容，係考量目前因科技之進步、民眾生活品

質之提高，游離輻射於民生應用之發展較過去更為快速增長。主管機關本於管制之立場，亟需針對未來游離輻射於民生應用之發展潮流，及參考國際趨勢，預先進行研究、調查，以為日後建立合宜之管制規範、審查及評估技術之基礎。計畫內容所參考之目前環境需求與未來方向預測如下：

1. 我國現行游離輻射防護安全標準，係參照國際放射防護委員會（International Commission on Radiological Protection，簡稱ICRP）於1990年發表之建議書而定。而近十數年，隨著國際輻防體系演進、生物學數據更新等因素。ICRP於2007年後，提出了新的輻防觀念，包含：以三類曝露情境取代原有之輻射作業與干預，加強輻防最適化精神，修訂了危害係數、輻射加權因數、組織加權因數、眼球水晶體劑量限值、確定效應與關鍵群體名詞等部分。而後，IAEA亦針對ICRP的修訂而出版新的安全要求標準（IAEA General Safety Requirements Part 3，簡稱IAEA GSR Part3），本項作業將參照IAEA發表的GSR Part3，並考量我國輻防實務經驗，提出游離輻射防護安全標準差異對照與修訂技術需求等，並彙整國內專家意見，提出修訂方向建議。
2. 依據原子能委員會於109年的統計資料，就可發生游離輻射設備與放射性物質證照數，非醫用類約為1萬2千餘張，醫用類約有2萬張，輻射從業人員申請佩章之人數近5萬3千人，涵蓋核能設施、工業、醫院、研究機構、國防等領域，其環境輻射監測、人員輻射劑量評估與輻射偵檢為重要的輻防管制工作，相關實驗室具備良好的技術能力與完備的品保作業亦為落實輻射防護作業、保障輻射從業人員之關鍵，因此，透過實驗室認證可以確認全國各相關實驗室是否具備足夠技術能力與品質來執行校正、測試業務。能力試驗是實驗室能力驗證與認證重要的一環，亟需研究國際之技術發展趨勢，及配合主管機關對於國內輻射度量實驗室之管制需求，建立技術規範與執行能力試驗之設備及技術，加強實驗室人員訓練與技術交流，以提昇國內輻射防護與管制技術。本計畫將由管制需求面出發，建立執行實驗室認證與能力試驗之設備、技術、作業程序，透過能力試驗認證相關研究，瞭解全國相關實驗室之技術能力與品質，運用全國認證基金會（Taiwan accreditation foundation, TAF）舉辦游離輻射領域能力試驗時機，加強實驗室人員訓練與技術交流，以提昇國內輻射防護

與管制技術。

3. 隨著高齡化與生活型態的改變，以及社會經濟發展影響，如民眾越來越注意健康保健，了解「預防勝於治療」的觀念，而對於放射醫療品質越趨重視，依據衛生福利部 109 年之統計資料顯示，國人每年接受乳房 X 光攝影篩檢約 168 萬人次、電腦斷層掃描檢查人次約 270 萬人次、遠隔放射治療約 138 萬人次、近接放射治療約 6.3 萬人次、醫用粒子治療約 1.7 萬人次、核子醫學檢查約 47 萬人次等使用狀況，配合輻射應用施政與民生需求，以國際新穎性與科技急迫性為立意，針對眼球水晶體劑量最大宗族群——透視攝影放射醫療，建置評估眼球水晶體劑量之校正光子射質；與精進動態擬人假體在輻射劑量的評估技術。考量社會期待以規劃科研議題，特別是建立國家級的活度或劑量追溯源、量測評估技術，且透過輻射檢測系統與追溯鏈、儀器檢校、放射診療品保稽核與劑量驗證和學術合作研究，精進整體大眾之輻射安全。
4. 面對日本福島核事件及複合式災害影響議題，若發生輻射意外曝露，人員生物劑量重建是必要程序。對輻射曝露意外事件，生物劑量評估是針對人體經游離輻射曝露後，淋巴球染色體變異的程度，再利用劑量與輻射效應的關係，對應出人體在輻射曝露時所接受的劑量，人員生物劑量評估技術仰賴長期研究，而國人生物樣本，有助於制定相關意外曝露應變作業程序及法規。建立人員生物劑量評估技術，除有助於制定相關意外曝露應變作業程序及法規，更藉由國際專家合作模式，擴展國際化分析能力，將可提供國內外服務。

綜上所述，需持續提升管制業務所需之輻射量測、儀器檢校及劑量評估驗證技術能力，因應國內外趨勢建立基礎量能和量測系統、研究劑量稽核與驗證方法、及制定相關管制技術規範，強化輻射災害應變能量，以完善整體輻射防護管制體系，確保民生及環境輻射安全。

(二) 分年目標與達成情形：

年度	分年目標*	達成情形 ^{&}
110	O1.建置光子眼球水晶體劑量校正技術； O2.完成游離輻射技術領域實驗室能力試驗； O3.精進生物劑量評估技術。	O1KR1.提供光子眼球水晶體劑量校正服務，量測不確定度小於 5%。 O2KR1.研析國內外技術規範，執行輻射偵測儀器校正實驗室、核種分析實驗室之能力測試與召開研討會，能力試驗合格率達 100%。 O3KR1.研發 γ-H2AX 生物劑量技術，建立檢量線 1 條。
111	O1.執行第一期眼球水晶體劑量評估訪查研究； O2.建置貝他眼球水晶體劑量校正；強化肢端劑量評估實驗室之技術能力； O3.建置生物劑量評估北部備援實驗室。	O1KR1.完成 111 年度眼球水晶體劑量監測訪查計畫之研究報告一篇；本年度與 14 家醫療院所(33 科室)、核三電廠及 3 家非破壞性檢測公司合作，完成共 926 人次眼球水晶體劑量監測評估，以了解國內關鍵群體實際輻射作業下，眼球水晶體輻射曝露情形及新劑量限值衝擊。針對眼球水晶體劑量監測訪查計畫之參與者，已辦理 10 場實體及 5 場線上教育訓練，其內容說明 ICRP 新的眼球水晶體劑量限值，另針對眼球水晶體年等價劑量存在超過新的劑量限值之虞者，提供適當輻射防護措施之建議，提升關鍵群體對眼球水晶體輻射曝露重視，進而改善其工作現況。 O2KR1.完成 Sr-90 貝他射線深度 3 mm 處的等效劑量率之校正系統建立，量測不確定度為 2.6%($k=2$)，可提供國內眼球水晶體劑量國際等同之校正追溯服務；

		O2KR2.於 111 年 5 月 26 日舉辦「2022 年第一次肢端劑量計能力試驗總結說明討論會議」研討會，並完成「第一次肢端劑量計能力試驗」研究，參與測試之實驗室合格率達 100%，皆通過加馬、X 光與貝他等測試類別的劑量測試，此技術能力測試為我國從無至有的新里程碑。 O3KR1.完成北部備援實驗室建立，輔導台 O 醫學大學，進行實驗室程序建立；完成 111 年度國人本土染色體雙中節背景值分析資料庫擴增。
112	O1. 執行第二期眼球水晶體劑量評估訪查研究，以及國內懷孕女性工作人員體素假體量測驗證與實務管制規範研擬； O2.強化人員劑量評估實驗室與精進透視攝影劑量校正之技術能力； O3.維持人員生物劑量實驗室 ISO/IEC 17025 認證，建立電腦智慧型生物劑量評估技術且持續擴增國人背景值與劑量反應曲線資料庫。	執行中
113	O1. 執行眼球水晶體劑量監測教育訓練，以及核設施業者劑量約束管理方案研擬； O2.強化眼球水晶體劑量評估實驗室與輻射儀器校正實驗室之技術能力； O3.參與並通過國際能力試驗或國內實驗室比對，驗證人員分析染色體雙中節能力，並持續擴 113 年度	-

	增國人背景值。	
--	---------	--

備註：

#年度：請依計畫書期程撰寫，須填寫全程，第一年度請置於最上。單年計畫僅填寫該年度即可。

*目標：請依計畫書規劃撰寫，質量化皆可。

&達成情形請依目標簡要說明進展或重要成果，未來年度可填「-」。若有未達成、未完全達成或其他需要說明或圖示之處，請於下方填寫。

說明：

二、架構

細部計畫		主持人	執行機關	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)				
接軌國際輻防技術規範與精進量測技術能力	8,940 (8,803)	袁 O 程	核能研究所	一、建立國際同步之輻射防護規範研究因應國內外輻防概念之調整，針對技術規範、胎兒劑量及眼球水晶體劑量等技術層面之輻防架構、管制影響及評估方法進行研析，結合各界共同評估研修方向，以鞏固管制實務立基。 二、強化國內輻射檢校量測技術能力研究精進游離輻射領域能力試驗執行之設備、技術、程序等，含括人員/肢端/眼球水晶體劑量計、輻射儀器校正、核種分析等研究，以提升第一線實驗室量測品質。並規劃與建置全球關切之透視攝影劑量品保、眼球水晶體劑量監測等檢校傳遞鏈。 三、精進染色體變異分析技術與評估研究持續國家級輻射生物劑量實驗室之國人背景值與反應	子項計畫 1: 立意於新興法規之技術配套建立，完成： 1. 懷孕女性工作人員相關情境之胎兒劑量評估技術及案例模擬研究，完成 ANSI/HPS N13.54 胎兒輻射劑量計算國際技術規範之引入，以及 4 組臺灣懷孕婦女體素假體(0 個月、3 個月、6 個月、9 個月)之蒙地卡羅模擬研究，以整體子宮劑量代表胎兒劑量，計算出胎兒劑量轉換係數，未來將依此假體評估臺灣胎兒劑量，或進一步規劃設計胎兒劑量監測方法，以達到輻射防護的目的。研究成果投稿國際期刊 Radiation Protection Dosimetry，題目為 Estimated Dose Conversion Coefficients of a New Computational Voxel Phantom

			曲線資料擴增，以助重建輻射意外事故劑量，並逐步發展 γ-H2AX 方法，期突破 0.1 Gy 低限劑量。當細胞遭受游離輻射照射後，細胞中 H2AX 的絲胺酸會被磷酸化產生 γ-H2AX 蛋白，γ-H2AX 產生量會與照射劑量成正相關，評估作為快速篩檢分析方法之可行性。	Series for Taiwanese Pregnant Female)，111 年 12 月 5 日已通過審查。 2. 完成 111 年度眼球水晶體劑量監測訪查計畫之研究報告一篇；本年度與 14 家醫療院所(33 科室)、核三電廠及 3 家非破壞性檢測公司合作，完成共 926 人次眼球水晶體劑量監測評估，以了解國內關鍵群體實際輻射作業下，眼球水晶體輻射曝露情形及新劑量限值衝擊。 3. 針對眼球水晶體劑量監測訪查計畫之參與者，已辦理 10 場實體及 5 場線上教育訓練，其內容說明 ICRP 新的眼球水晶體劑量限值，另針對眼球水晶體年等價劑量，可能有超過新的劑量限值之虞者，提供適當輻射防護措施之建議，提升關鍵群體對眼球水晶體輻射曝露重視，進而改善其工作現況。 子項計畫 2: 著重強化國內輻射檢校量測技術能力研究，完成： 1. 全國性游離輻射技術領域實驗
--	--	--	---	---

				室能力試驗研究的指標性突破分別為：完成「第一次肢端劑量計能力試驗」研究，根據國內 109 年公告之最新版 TAF 標準規範「測試領域肢端劑量評估技術規範」，文件編號為 TAF-CNLA-T23(1):2020(參 考 國 際 ANSI/HPS N13.32-2018)，參與測試之實驗室合格率達 100%，皆通過加馬、X 光與貝他等測試類別的劑量測試，此技術能力測試為我國從無至有的新里程碑； 2. 根據國內 108 年公告之最新版 TAF 標準規範「測試領域人員體外劑量評估技術規範」，文件編號為 TAF-CNLA-T08(4):2019(參考 國 際 ANSI/HPS N13.11-2009R2015)，舉辦「2022 年第十二次人員劑量計能力試驗執行前與眼球水晶體劑量計比對試驗討論會議」研討會，透過技術交流提升我國實驗室檢校能力。接軌最新國際趨勢，促使第一線實驗室提供具品質服務，涵蓋核設施、工業、醫院、研究機構等
--	--	--	--	---

				領域，強化服務端之民眾與 5 萬 3 千餘輻射從業人員測值準確度之效益。 3. 完成 Sr-90 貝他射線深度 3 mm 處的等效劑量率之校正系統建立，量測不確定度為 2.6%(k=2)，可提供國內眼球水晶體劑量國際等同之校正追溯服務； 子項計畫 3:精進染色體變異分析技術與評估研究本年度，完成： 1. 完成北部備援實驗室建立，輔導台 O 醫學大學，進行實驗室程序建立；並且完成 111 年度國人本土染色體雙中節背景值分析資料庫擴增，以及完成 γ-H2AX 之低劑量分析方法，建立螢光及影像擷取與螢光焦點(foci)影像篩選之試驗程序。111 年 7 月 6 日取得新證書，證書有效期至 114 年 7 月 16 日，成功展延實驗室認證。
--	--	--	--	---

三、細部計畫與執行摘要

細部計畫 1	接軌國際輻防技術規範與精進量測技術能力 (2/4)	計畫性質	環境建構與改善
主持人	袁○程	執行機關	行政院原子能委員會 核能研究所
計畫規劃內容			
計畫目標	1. O1.執行第一期眼球水晶體劑量評估訪查研究； 2. O2.建置貝他眼球水晶體劑量校正；強化肢端劑量評估實驗室之技術能力； 3. O3.建置生物劑量評估北部備援實驗室。		
重點描述	子項計畫一：建立國際同步之輻射防護規範研究 1. 建立懷孕女性工作人員相關情境之胎兒劑量評估技術及案例模擬(含學術合作的建立國內懷孕婦女之胎兒輻射劑量評估技術之技術服務)； 2. 進行國內眼球水晶體劑量評估之訪查研究 I (含學術合作的國內眼球水晶體劑量評估之訪查研究之技術服務)； 3. 辦理國內輻射醫療於眼球輻射曝露之輻射防護教育訓練 I。 子項計畫二：強化國內輻射檢校量測技術能力研究 1. 110-111 年度肢端劑量計能力試驗研究與技術研討會舉辦(2/2)； 2. 111-112 年度人員劑量計能力試驗研究與技術研討會舉辦(1/2)； 3. 建立醫療曝露透視攝影劑量校正射質； 4. 建置貝他粒子之眼球水晶體劑量校正系統； 5. 建立 X 射線 ISO 寬能譜眼球水晶體劑量校正射質。 子項計畫三：精進染色體變異分析技術與評估研究 1. 建立北部備援實驗室(含學術合作的備援實驗室建立與染色體雙中節背景值分析之技術服務)；		

	2. 分析 111 年度國人本土染色體雙中節背景值(含學術合作的備援實驗室建立與染色體雙中節背景值分析之技術服務)； 3. 通過 ISO 17025 實驗室展延認證； 4. 建立 γ -H2AX 之低劑量分析方法。		
預期成果	KR1：完成第一期眼球水晶體劑量評估訪查研究(至少 800 人次)，建構法規變革科技立基。 KR2：建置貝他眼球水晶體劑量校正系統(量測不確定度<5%)，完成第一次肢端劑量評估實驗室能力試驗(合格率 100%)，厚實輻防管制技術能力。 KR3：成立北部備援實驗室與擴增背景值資料庫，確保意外事故劑量重建準確度。		
計畫投入			
預算數（千元）／ 決算數（千元）／ 執行率	8,940/8,803/98.47%	總人力（人年） 實際／（規劃）	6.2/6.2
其他資源投入	無		
主要工作項目	本年度重要成果	主要成果使用者/服務對象/合作對象	
子項計畫一 1.建立懷孕女性工作人員相關情境之胎兒劑量評估技術及案例模擬	以核研技術為核心，透過學術合作進行技術精進與擴展，完成 ANSIHPS N13.54 胎兒輻射劑量計算國際技術規範之引入，以及 4 組臺灣懷孕婦女體素假體(0 個月、3 個月、6 個月、9 個月)之 MCNP 蒙地卡羅模擬研究，且以整體子宮劑量代表胎兒劑量，計算出胎兒劑量轉換係數，未來將依此假體評估臺灣胎兒劑量，或進一步規劃設計胎兒劑量監測方法，以達到輻射防護的目的。完成 SCI 論文 1 篇(Estimated Dose Conversion Coefficients of a New Computational Voxel Phantom Series for Taiwanese Pregnant Female)，並投稿至 Radiation Protection Dosimetry 期刊，111 年 12 月 5 日已通過審查。	使用者：主管機關、輻防專家學者、輻射工作人員 合作對象：清華大學	

子項計畫一 2.進行國內眼球水晶體劑量評估之訪查研究 I	完成 111 年度眼球水晶體劑量監測訪查計畫之研究報告一篇；本年度與 14 家醫療院所(33 科室)、核三電廠及 3 家非破壞性檢測公司合作，完成共 926 人次眼球水晶體劑量監測評估，以了解國內關鍵群體實際輻射作業下，眼球水晶體輻射曝露情形及新劑量限值衝擊。	使用者： 主管機關、人員體外劑量評估實驗室 服務對象： 輻射工作人員
子項計畫一 3.辦理國內輻射醫療於眼球輻射曝露之輻射防護教育訓練 I	針對眼球水晶體劑量監測訪查計畫之參與者，已辦理 10 場實體及 5 場線上教育訓練，其內容說明 ICRP 新的眼球水晶體劑量限值，另針對眼球水晶體年等價劑量存在超過新的劑量限值之虞者，提供適當輻射防護措施之建議，提升關鍵群體對眼球水晶體輻射曝露重視，進而改善其工作現況。	使用者： 主管機關、人員體外劑量評估實驗室輻射工作人員 服務對象： 輻射工作人員
子項計畫二 1.110-111 年度肢端劑量計能力試驗研究與技術研討會舉辦(2/2)	於 111 年 5 月 26 日舉辦「2022 年第一次肢端劑量計能力試驗總結說明討論會議」研討會，完成「第一次肢端劑量計能力試驗」研究，參與測試之實驗室合格率高達 100%，皆通過加馬、X 光與貝他等測試類別的劑量測試，此技術能力測試為我國從無至有的新里程碑。	使用者： 全國人員肢端劑量評估實驗室、輻射工作人員 合作對象： 經濟部標準檢驗局、TAF、全國人員肢端劑量評估實驗室
子項計畫二 2.111-112 年度人員劑量計能力試驗研究與技術研討會舉辦(1/2)	根據國內 108 年公告之最新版 TAF 標準規範「測試領域人員體外劑量評估技術規範」，文件編號為 TAF-CNLA-T08(4):2019(參考國際 ANSI/HPS N13.11-2009R2015)於 111 年 5 月 26 日舉辦「2022 年第十二次人員劑量計能力試驗執行前與眼球水晶體劑量計比對試驗討論會議」，參加人數為 48 人，參加單位 8 個，為清大人員劑量實驗室、台電放射試驗室、輻防協會、同步輻射中心、貝克西弗與核研所，透過技術交流提升我國實驗室檢校能力。	使用者： 全國人員肢端劑量評估實驗室、輻射工作人員 合作對象： 經濟部標準檢驗局、TAF、全國人員肢端劑量評估實驗室
子項計畫二	根據國際電工組織(IEC)國際規範 IEC 61267	使用者： 主管機關、放射醫療院所、輻射偵檢儀器銷

3. 建立醫療曝露透視攝影劑量校正射質	「Medical diagnostic X-ray equipment—Radiation conditions for use in the determination of characteristics」，完成醫療曝露透視攝影劑量校正射質建立，選定 IEC 61627 之 RQC 系列銅附加濾片射質，完成中能量 X 光 RQC 射質建立，半值層與規範差異小於 5%，成功建立此射質。	售或檢校服務業者 服務對象： 放射醫療院所、輻射偵檢儀器銷售或服務業者
子項計畫二 4. 建置貝他粒子之眼球水晶體劑量校正系統	根據 ISO 6980 再評估鋮 90/鈹 90 貝他 0.07 mm 處組織吸收劑量率，之後將再推算至 3 mm 處之組織等效劑量率，即眼球水晶體劑量率的防護量，完成鋮 90 貝他射線深度 3 mm 處的等效劑量率之校正建立，可提供國內眼球水晶體劑量國際等同之校正追溯服務。	使用者： 主管機關、人員體外劑量評估實驗室 服務對象： 輻射工作人員
子項計畫二 5. 建立 X 射線 ISO 寬能譜眼球水晶體劑量校正射質	根據國際標準化組織(ISO)國際規範 ISO 4037 「Radiological protection - X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy」，以及依據歐盟報告 EURADOS Report 2021，擇定 ISO 寬能譜射質作為眼球水晶體劑量計比對試驗之用，完成 X 射線眼球水晶體劑量校正系統之校正射質建立，選定 ISO 4037 寬能譜系列之射質，完成 ISO 4037 寬能譜系列射質附加過濾片組配，量測射質半值層與 ISO4037 規範比較，差異皆小於 5%，成功建立此射質。	使用者： 主管機關、人員體外劑量評估實驗室 服務對象： 輻射工作人員
子項計畫三 1. 建立北部備援實驗室	以委託研究技術服務，建立北部備援實驗室，輔導台 O 醫學大學，進行實驗室程序建立，通過人體試驗倫理審查委員會（Institutional. Review Board, IRB）審查，取得人體試驗計畫同意。合法使用人體血樣進行研究，完成北部備援實驗室建立實驗室程序，培訓染色體雙中節背景值分析技術。	使用者： 原能會(主管機關)、輻射意外事故之輻射工作人員與一般民眾 合作對象： 台北醫學大學附設醫院

子項計畫三 2.分析 111 年度國人本土染色體雙中節背景值	完成 111 年度國人本土染色體雙中節背景值分析資料庫擴增，完成 3 例正常國人背景值染色體雙中節分析，共計分析 3,175 顆細胞，僅發現 1 顆細胞中含 1 個雙中節 (dicentric)。統計 101 至 111 年度共完成 34 例正常國人背景染色體分析，一共分析 34,635 顆細胞，發現 24 個雙中節於 23 顆細胞中。目前資料庫國人背景雙中節發生率為 0.69 ‰，代表 1000 顆細胞中有 0.69 個雙中節發生率。	使用者： 原能會(主管機關)、輻射意外事故之輻射工作人員與一般民眾 合作對象： 台北醫學大學附設醫院
子項計畫三 3. 通過 ISO 17025 實驗室展延認證	111 年 4 月 21 日、4 月 22 日接受 TAF 現場評鑑，6 月 29 日完成書面審查回覆，7 月 6 日取得新證書，證書有效期至 114 年 7 月 16 日，成功展延實驗室認證。	使用者： 原能會(主管機關)、輻射意外事故之輻射工作人員與一般民眾 服務對象： 輻射意外事故之輻射工作人員與一般民眾
子項計畫三 4.建立 γ -H2AX 之低劑量分析方法	完成螢光及影像擷取與螢光焦點(foci)影像篩選之試驗程序建立，完成血液淋巴球中 γ -H2AX foci 免疫螢光顯微鏡樣品玻片製作及影像掃描程序 1 份。	使用者： 原能會(主管機關)、輻射意外事故之輻射工作人員與一般民眾 合作對象： 台北醫學大學附設醫院
本年度效益、影響、重大突破		
子項計畫 1：立意於新興法規之技術配套建立，完成： - 懷孕女性工作人員相關情境之胎兒劑量評估技術及案例模擬研究，完成 ANSI/HPS N13.54 胎兒輻射劑量計算國際技術規範之引入，以及 4 組臺灣懷孕婦女體素假體(0 個月、3 個月、6 個月、9 個月)之蒙地卡羅模擬研究，以整體子宮劑量代表胎兒劑量，計算出胎兒劑量轉換係數，未來將依此假體評估臺灣胎兒劑量，或進一步規劃設計胎兒劑量監測方法，以達到輻射防護的目的。研究成果投稿國際期刊 Radiation Protection Dosimetry，題目為 Estimated Dose Conversion Coefficients of a New Computational Voxel Phantom Series for Taiwanese Pregnant Female)，111 年 12 月 5 日已通過審查。 - 完成 111 年度眼球水晶體劑量監測訪查計畫之研究報告一篇；本年度與 14 家醫療院所(33 科室)、核三電廠及 3 家非破壞性檢測公司合作，完成共 926 人次眼球水晶體劑量監測評估，以了解國內關鍵群體實際輻射作業下，眼球水晶體輻射曝露情形及新劑量限值衝擊。 - 針對眼球水晶體劑量監測訪查計畫之參與者，已辦理 10 場實體及 5 場線上教育訓練，其內容說明 ICRP 新的眼球水晶體劑量限值，另針對眼球水晶體年等價劑量，可能有超過新的劑量限值之虞者，提供適當輻射防護措施之建議，提升關鍵群體對眼球		

水晶體輻射曝露重視，進而改善其工作現況。

子項計畫 2：著重強化國內輻射檢校量測技術能力研究，完成：

1. 全國性游離輻射技術領域實驗室能力試驗研究的指標性突破分別為：完成「第一次肢端劑量計能力試驗」研究，根據國內 109 年公告之最新版 TAF 標準規範「測試領域肢端劑量評估技術規範」，文件編號為 TAF-CNLA-T23(1):2020(參考國際 ANSI/HPS N13.32-2018)，參與測試之實驗室合格率達 100%，皆通過加馬、X 光與貝他等測試類別的劑量測試，此技術能力測試為我國從無至有的新里程碑；
2. 根據國內 108 年公告之最新版 TAF 標準規範「測試領域人員體外劑量評估技術規範」，文件編號為 TAF-CNLA-T08(4):2019(參考國際 ANSI/HPS N13.11-2009R2015)，舉辦「2022 年第十二次人員劑量計能力試驗執行前與眼球水晶體劑量計比對試驗討論會議」研討會，透過技術交流提升我國實驗室檢校能力。接軌最新國際趨勢，促使第一線實驗室提供具品質服務，涵蓋核設施、工業、醫院、研究機構等領域，強化服務端之民眾與 5 萬 3 千餘輻射從業人員測值準確度之效益。
3. 完成 Sr-90 貝他射線深度 3 mm 處的等效劑量率之校正系統建立，量測不確定度為 2.6%($k=2$)，可提供國內眼球水晶體劑量國際等同之校正追溯服務；

子項計畫 3：精進染色體變異分析技術與評估研究本年度，完成：

1. 完成北部備援實驗室建立，輔導台 O 醫學大學，進行實驗室程序建立；並且完成 111 年度國人本土染色體雙中節背景值分析資料庫擴增，以及完成 γ -H2AX 之低劑量分析方法，建立螢光及影像擷取與螢光焦點(foci)影像篩選之試驗程序。111 年 7 月 6 日取得新證書，證書有效期至 114 年 7 月 16 日，成功展延實驗室認證。

遭遇困難與因應對策

子項計畫一：建立國際同步之輻射防護規範研究

1. 眼球水晶體劑量訪查收案因受疫情衝擊及關鍵群體配合度，導致實地訪查執行困難度提高，故改由視訊辦理訪查計畫，並提前因應規劃 112 年訪查，將委由各評定機構邀請受服務關鍵群體進行劑量監測，以利了解各廠牌型號劑量計之劑量分布，達成劑量訪查之目的。

子項計畫二：強化國內輻射檢校量測技術能力研究

1. 多數人員體外劑量評估實驗室反應，由於新增的比對試驗活動，導致其量測與劑量評估時程緊迫。又因能力試驗期間，國家游離輻射標準實驗室中央空調適逢維修，使能力試驗主辦單位，需透過加強調查各實驗室系統備置進度，適時調配國家游離輻射標準實驗室照射系統，滾動、個別化的提供適當系統校正資源，以提升參與比對試驗實驗室之意願，以實驗室數量最大化之數

據，供來年技術規範之擬訂。針對技術規範修訂，將規劃整合各劑量計能力試驗，適度整合試驗頻次。

2. 能力試驗四大類照射校正系統存在強度不足、達使用年限、量測裝置陸續損壞等問題，需規畫資源，盡早處理，並強化資源投入，如新的全自動化照射與自動劑量計傳輸系統等建置，從而提升整體計畫工作之效率與強化重要性。

子項計畫三：精進染色體變異分析技術與評估研究

1. 原計畫主持人與實驗室技術人員相繼轉調其他單位，針對計畫相關工作提早進行工作交接，並規劃實驗室同仁受訓作業，以利接續 112 年度之計畫作業執行。
2. 新開發之人員劑量評估方法所需之儀器設備，存在使用年限已久、原廠零件停產等問題。除積極與共同使用團隊溝通改善維護與保養外，考量該儀器已屆無法再維修或更換零件之際，經評估後規劃編列計畫經費於明後年購置新機器，以利延續研發之需求。

綜合性議題

本計畫規劃與執行的工作，應屬國家輻射防護基礎建設的一環，無論在輻射防護法規的更新或執行，本計畫成果能確保我國輻防法規的國際追隨性，及確保國內各專業實驗室可提供足夠的技術能量，支持輻防法規的執行或更新。然而，基礎建設非一朝一夕之功，目前計畫編列預算，僅夠維持量測系統及周邊設施(如高壓產生器、電量計與高電壓導線等設備及材料)至堪用程度，不足以處理照射系統本體老化或部分輻射源衰變更換等問題，例如：X光機已逾使用時數、射源活度衰變使標準劑量低於放射治療等級的一個數量級等潛在問題。建請主管機關除持續投入穩定的資源，維持各項基礎設施與技術能力外，並積極爭取其它資源支持，更新照射系統或放射源，確保輻射防護法規可持續獲得可靠的技術支撐，保障全民的輻射安全。

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 111 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. 預算數：原則填寫法定預算數，如立法院尚未通過總預算，則填寫預算案數。
5. 執行率：係指決算數佔預算數之比例。

單位：千元；%

	111 年度					112 年度 預算數	113 年度 申請數	備註
	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)				
總計	8,940	8,803	0	8,803	98.47	100,000	100,900	
一、經常門小計	4,640	4,503	0	4,503	97.05	6,396	6,900	
(1)人事費	0	0	0	0	0	0	0	
(2)材料費	999.7	975.81	0	975.8	97.61	2,014	2,000	
(3)其他經常支出	3,640.3	3,526.8	0	3,527	96.88	4,382	4,900	
二、資本門小計	4,300	4,300	0	4,300	100.00	3,604	4,000	
(1)土地建築	0	0	0	0	0	0	0	
(2)儀器設備	4,300	4,300	0	4,300	100.00	3,604	4,000	

(3)其他資本支出	0	0	0	0	0	0	0
-----------	---	---	---	---	---	---	---

		109 年度 決算數	110 年度 決算數	111 年度 決算數 (執行率)	112 年度 預算數	113 年度 申請數	備註
科技計畫總計		10,049	9,396	8,803	10,000	10,900	
一、細部計畫 1	小計	10,049	9,396	8,803 (98.47%)	10,000	10,900	
	經常支出	6,483	7,101	4,503 (97.05%)	6,396	6,900	
	資本支出	3,566	2,296	4,300 (100%)	3,604	4,000	
一、細部計畫 2	小計						
	經常支出						
	資本支出						

二、經費支用說明

人事費：原子能委員會核能研究所屬公務機構，因此人事費用由核能研究所公務預算自行編列，本計畫無須編列人事費用；

業務費(其他經常支出)：依實際計畫執行需求，用於執行能力試驗業務、實驗用試樣與耗材(生物試劑耗材等)、檢體採集與分析等勞務案、眼球水晶體劑量監測訪查計畫之技術服務勞務委託案、建立國內懷孕婦女之胎兒輻射劑量評估技術勞務委託案、精進染色體變異分析技術與評估研究計畫：111 年度人員生物劑量試驗申請與染色體雙中節分析勞務案、輻射劑量評估的技術建立實驗室認證與教育訓練費用、管理費、旅運費等、實驗儀器校正。

設備費：依實際計畫執行需求新購輻射偵測器、周邊量測裝置等。

三、經費實際支用與原規劃差異說明

1. 本年度計畫經常門支用狀況為 97.05%，資本門支用狀況為 100%，總經費支用狀況為 98.47%。整體預算執行率優良，無經費實際支用與原規劃差異說明。
2. 經費流用說明：
 - (1). 111 年 9 月 27 日為建立 X 射線 ISO 寬能譜眼球水晶體劑量校正射質與建置貝他粒子之眼球水晶體劑量校正系統，執行會涉及加馬、X 光和貝他等照射系統，以及週邊量測系統，需採購電子零件與端子接頭材料，共 493,700 元。經查材料費預算餘額為 422,070 元，不足 71,630 元，為期計劃順利完成，擬由業務費項下流用至材料費，已通過審核。
 - (2). 111 年 11 月 3 日為進行國內眼球水晶體劑量評估之訪查研究，計畫中因執行眼球水晶體劑量訪查作業，需購置眼球水晶體劑量計晶片供受測人員配戴，因目前受測人次超過原預估人次，需緊急採購眼球水晶體熱發光劑量計晶片之材料，共 70,800 元。材料費餘額為 0 元不足 70,800 元。為期計畫順利完成，擬流出委辦費 31,000 元、維護費 28,000 元及業務費 4,100 元(及雜支費 8000 元)，流用至材料費。採購項目與經費流用需求已報請原能會輻防處取得同意並通過審核。

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

本計畫為四年期計畫，計畫期程為 110 年至 113 年，以下針對 110-111 年研究成果分別說明：

一、學術成就(科技基礎研究)

1. 論文：110-111 年度計畫共發表 3 篇論文，2 篇國際期刊與 1 篇為研討會論文。
 - (1). SCI 論文，題目為「Estimated Dose Conversion Coefficients of a New Computational Voxel Phantom Series for Taiwanese Pregnant Female」，投稿至 Radiation Protection Dosimetry 期刊，111 年 12 月 5 日已通過審查。研究成果主要描述本計畫所建立的台灣懷孕婦女體素假體技術，並計算胎兒劑量轉換係數，後續可用於評估特定輻射場域之胎兒劑量，並可作為輻射防護修法之參據。
 - (2). SCI 論文，題目為「Intercomparison of Conventional and QuickScan Dickey Scoring for the Validation of Individual Biodosimetry Analysis in Taiwan」，發表於 Int J Radiat Biol. 2021;97(7):916-925，研究成果為描述人員生物劑量實驗室於 103、104 及 107 年度參與由加拿大衛生部所舉辦的國際比對結果比較，三次國際比對結果分析 50 顆細胞之偏差皆小於 0.5 Gy，符合主辦方驗收標準，顯示發生大型輻射意外曝露時，本實驗室可提供可靠的人員生物劑量評估。(110 年度)
 - (3). 研討會論文題目為「Evaluation of Human Biodosimetry」，發表於中華民國核醫學學會 2021 年會暨國際學術研討會，研究成果為歷年染色體雙中節分析的背景值及劑量反應曲線，以及實驗室通過 ISO 17025：2017 測試實驗室認證等成果。(110 年度)
2. 研究報告：110-111 年度共發表研究報告 12 篇
 - (1). 「新型台灣懷孕婦女體素假體之子宮劑量轉換係數研究 Uterine dose conversion coefficients for external photons for the Taiwanese pregnant women」研究報告 1 篇，建立四組台灣懷孕婦女體素假體技術並與國際 ORNL 懷孕婦女數學假體進行比較，同時計算兩種假體之胎兒(子宮)劑量轉換係數，與國際 ICPR74 號報告進行驗證及比較性研究，以確保後續用於輻射防護修法之正確性。(111 年度)

- (2). 完成 111 年度眼球水晶體劑量監測訪查計畫之研究報告一篇；本年度與 14 家醫療院所(33 科室)、核三電廠及 3 家非破壞性檢測公司合作，完成共 926 人次眼球水晶體劑量監測評估，以了解國內關鍵群體實際輻射作業下眼球水晶體輻射曝露情形及新劑量限值衝擊。(111 年度)
- (3). 完成第一次肢端劑量計能力試驗總結報告技術報告 1 篇；是我國首次肢端劑量計能力試驗研究，共 7 家實驗室 10 組劑量計組參加，實驗室能力試驗合格率高達 100%，為從無至有的里程碑。(111 年度)
- (4). 完成「完成銥九十/釷九十射源對組織下 3 mm 貝他個人等效劑量率之評估」研究報告 1 篇。根據 ISO 6980 再評估銥 90/釷 90 貝他 0.07 mm 處組織吸收劑量率，之後將再推算至 3 mm 處之組織等效劑量率，即眼球水晶體劑量率的防護量，完成銥 90 貝他射線深度 3 mm 處的等效劑量率之校正建立，可提供國內眼球水晶體劑量國際等同之校正追溯服務。(111 年度)
- (5). 完成「以流式細胞儀測定受輻射曝露之淋巴球細胞 γ -H2AX 生成量研究」研究報告 1 篇。(111 年度)
- (6). 懷孕婦女之胎兒輻射劑量研究報告：「懷孕婦女之胎兒輻射劑量研究報告」，參考美國國家標準研究所與美洲保健物理學會發布的胎兒輻射劑量計算標準(ANSI/HPS N13.54)，旨在統整現行估算胎兒輻射劑量的最佳方法，並藉由擬人假體來分別進行懷孕婦女及胎兒劑量的計算，以供未來修法依據。(110 年度)
- (7). 手掌/眼球水晶體等價劑量與全身有效劑量之關係研究報告：本研究利用動態擬人假體，深入探討(1)放射師以手動態處理核醫藥物的劑量評估與(2)操作螢光透視攝影工作人員的劑量評估，研究彙整產出報告一篇。(110 年度)
- (8). 第八次輻射偵測儀器校正能力試驗總結報告：第八次輻射偵測儀器校正能力試驗之執行與參加機構、傳遞儀器、能力試驗執行項目和程序、以及能力試驗結果介紹。(110 年度)
- (9). 110 年環境試樣核種分析能力試驗總結報告：110 年環境試樣核種分析能力試驗能力試驗之執行與參加機構、試樣、能力試驗執行項目和程序、以及能力試驗結果介紹。(110 年度)
- (10). 110 年中低強度核種分析能力試驗：110 年中低強度核種分析能力試驗能力試驗之執行與參加機構、試樣、能力試驗執行項目和

程序、以及能力試驗結果介紹。(110 年度)

(11). 眼球水晶體劑量 IN 射質校正系統評估報告：建立 X 射線 ISO 窄能譜眼球水晶體校正系統之校正射質、半值層比對、標準頭型假體及監測裝置設計與監測參考值評估、標準輻射場標定、劑量轉換因子評估、及量測不確定度評估介紹。(110 年度)

(12). 不同分析方法對 γ -H2AX 蛋白含量測定比較研究報告：比較 ELISA 與 Flow cytometry 兩種分析方法之 γ -H2AX 測定以及探討培養時間及不同細胞株的差異。結果顯示以 Flow cytometry 方法分析 γ -H2AX 蛋白有較高靈敏度，且在培養時間 0.5 小時， γ -H2AX 蛋白有最高的訊號值，之後隨時間遞減。 γ -H2AX 的訊號在不同細胞中產量比率不同，於 U937 細胞株的 γ -H2AX 產量較明顯。最後人血樣品培養 0.5 小時，仍以 Flow cytometry 方法分析具較高靈敏度。未來在緊急曝露事件下，本方法具應用潛力，可作為生物劑量快篩方法。(110 年度)

3. 技術報告：110-111 年度共發表技術報告 2 篇

(1). 完成「眼球水晶體劑量校正用 ISO 寬能譜射質及透視攝影校正用 RQC 射質建立」技術報告 1 篇；依據歐盟報告 EURADOS Report 2021 擇定 ISO 寬能譜射質作為眼球水晶體劑量計比對試驗之用，以及根據國際電工組織(IEC)國際規範 IEC 61267「Medical diagnostic X-ray equipment—Radiation conditions for use in the determination of characteristics」，完成 035 館完成醫療曝露透視攝影劑量校正射質建立，提供人員體外劑量評估實驗室之校正服務。(111 年度)

(2). 眼球水晶體劑量計系統操作程序書：完成商用眼球水晶體劑量評估時各項作業程序之建立，包含：計讀儀系統校正、環形熱發光劑量計(thermoluminescent dosimeters, TLD)晶片回火、計讀、及眼球水晶體劑量計算的作業程序。(110 年度)

4. 學術合作：

本計畫於跨域學習與知識交流上，透過計畫的執行，與國家游離輻射標準實驗室、全國輻射劑量評估和輻射偵測實驗室、清華大學、輻射偵測中心、食藥署、新北市衛生局、高雄市衛生局、同步輻射中心、

台電公司、輻防協會、貝克西弗、全國認證基金會、高雄醫學大學附設醫院、長庚醫院、台北榮民總醫院、衛生福利部桃園醫院、臺北醫學大學附設醫院等合作共建立 3 個專業合作團隊，有助於國內基礎科學的學術交流，亦能建立國內輻射安全防護相互支援的網絡。在前瞻性科學研究上，科學上的突破與發現如下：

- (1). 與輻防協會等進行學術合作，進行眼球水晶體劑量監測訪查研究第 I 期，針對關鍵群體完成 14 家醫療院所(33 科室)、核三電廠及 3 家非破壞性檢測公司合作，共 926 人次眼球水晶體劑量監測評估，以了解國內關鍵群體實際輻射作業下眼球水晶體輻射曝露情形及新劑量限值衝擊。針對眼球水晶體劑量監測訪查計畫之參與者，已辦理 10 場實體及 5 場線上教育訓練，其內容說明 ICRP 新的眼球水晶體劑量限值，另針對眼球水晶體年等價劑量存在超過新的劑量限值的虞者，提供適當輻射防護措施之建議，提升關鍵群體對眼球水晶體輻射曝露重視，進而改善其工作現況。(111 年度)
- (2). 核醫藥物與透視攝影作業操作人員的劑量評估：手掌/眼球水晶體等價劑量與全身有效劑量的關係：本研究深入探討核醫藥物與螢光透視攝影工作人員的劑量評估。針對此二重要輻防議題，參考臨床實務操作，詳細考量各種防護器材使用與否(鉛帷幕、鉛衣、鉛眼鏡)以及不同曝露與操作條件的影響，使肢端與眼球劑量評估能更貼近實際情形，並成功建立手掌/眼球等價劑量與全身有效劑量的關係，有利資訊不足或是回溯研究的劑量評估。(110 年度)
- (3). 以核研技術為核心，與清華大學合作，建立國內懷孕婦女之胎兒輻射劑量評估技術：與清華大學合作；建立 4 組臺灣懷孕婦女體素假體(0 個月、3 個月、6 個月、9 個月)之 MCNP 蒙地卡羅模擬研究，以整體子宮劑量代表胎兒劑量，計算出胎兒劑量轉換係數，並製作台灣懷孕婦女體型之腹部假體進行驗證，以提供後續法規執行之應用參考。(110-111 年度)
- (4). 備援實驗室建立：本研究以核研所為中心實驗室，於國內數個地區建立備援實驗室，藉由訓練該醫學中心同仁具備整體血樣採集過程標準文件化，萬一發生大規模輻射意外，便於短時間內取得大量血液樣本檢體。並進一步培訓備援實驗室人員執行染色體雙

中節變異分析，作為生物劑量評估後備人力，建立國內生物劑量相互支援網路。(110-111 年度)

二、技術創新(科技技術創新)

- (1). 核醫藥物與透視攝影作業操作人員的劑量評估：手掌/眼球水晶體等價劑量與全身有效劑量的關係：美國核管會 RAMP 計畫中的 PIMAL 程式允許使用者自行建立各種不同手臂和腿部姿態的擬人假體模型，可以搭配知名蒙地卡羅程式 MCNP 進行完整的輻射遷移計算，有利於精確評估人員近距離接觸輻射源的器官等價劑量與全身有效劑量。RAMP 計畫的程式主要用於核電廠營運相關劑量評估，本研究擴充 PIMAL 程式功能，延伸應用於探討核醫藥物與螢光透視攝影工作人員的劑量評估。(110 年度)
- (2). 建立國內懷孕婦女之胎兒輻射劑量評估技術：本項工作與清華大學合作執行，因應國際放射防護委員會 (ICRP) 103 號報告，訂定為女性輻射工作人員其賸餘妊娠期間胚胎/胎兒劑量不得超過一毫西弗，本研究製作台灣懷孕婦女體型之腹部假體，並利用數學假體模擬評估不同孕期懷孕婦女之胎兒劑量，以提供後續法規執行之應用參考。(110-111 年度)
- (3). γ -H2AX 測定法：109 年與高雄醫學大學合作進行 γ -H2AX 預試驗，初步測試發現以流式細胞技術(Flow cytometry)分析 γ -H2AX 訊號有較佳效果；110 年度建立 γ -H2AX 分析程序並完成一條照射劑量與 γ -H2AX 正相關之檢量線，後續將持續優化實驗技術，建立完善的檢量曲線，並再進一步開發低劑量 γ -H2AX 分析方法，期能突破現有染色體雙中節分析法只能測到 0.1 Gy 輻射劑量之限制；111 年與台北醫學大學合作，建立北部備援實驗室，進行實驗室程序建立，培訓染色體雙中節背景值分析技術。(109-111 年)

三、經濟效益(經濟產業促進)

- (1). 光子眼球水晶體劑量校正技術：

研發符合國際規範的 X 射線 ISO 窄能譜校正系統，預期可用於國

內 5 家眼球水晶體劑量評估實驗室，其劑量評估系統之校正、測試和比對，減少送至國外校正實驗室所耗費之時間與費用。(110-111 年度)

(2). 新增肢端劑量計能力試驗：

首度正式執行之全國性肢端劑量計能力試驗研究，除輔導國內肢端劑量評估實驗室技術和品質符合國際規範，將可作為實驗室認證之能力監測佐證，減少採行實驗室間雙邊比對之工作，所耗費之時間與費用。(110-111 年度)

(3). 染色體變異分析研究技術：

1. 染色體變異分析研究技術：本計畫染色體變異分析研究技術結合生物、生醫、電腦自動化與輻射度量領域相關技術，建立人員生物劑量評估專業實驗室，致力精進人員生物劑量分析能力，並改善作業流程，縮短人員生物劑量實驗操作與判讀作業，以達整體人力與時間精簡之目的，並定期驗證人員分析能力，以確保分析技術的品質。已建立自動化噴片系統，改善傳統之人工拉片造成品質不一的問題，提升準確性；利用電腦自動化擷取影像資料系統，縮減同仁操作顯微鏡判讀時間，並改善同仁長期觀看顯微鏡可能造成之視力問題。(110-111 年度)
2. 本計畫開發新的人員生物劑量分析方法， γ -H2AX 測定，除了可以縮短實驗時間，快速取得分析數據外，亦可節省許多人力成本時間，可用來做為快速篩檢的分析方法。(110-111 年度)

四、社會影響(社會福祉提升、環境保護安全)

本計畫配合政府政策、因應輻射防護管制作業而擬訂工作項目，主要目的為提供具公信力科學成果基礎，作為管制依據，次要目的才是提升輻射防護相關產品及服務的附加價值(技術與品質)。透過精進輻射防護之科研成果，滿足社會未來趨勢與要求。依據計畫主要工作項目分述執行年度，成果可應用範圍或單位、與貢獻於社會層面的科技加值效益說明如下：

(1). 建立國際同步之輻射防護規範研究：

本項工作因應國際輻射防護趨勢與符合國情考量，進行胎兒劑量評估與眼球水晶體劑量查訪研究第 I 期，以了解國內關鍵群體實際輻射作業下，眼球水晶體輻射曝露情形及新劑量限值衝擊，其評估結果可供後續技術規範、管制影響及實務曝露監測之參考。介入性螢光透視攝影工作人員的輻射曝露是所有輻射工作人員類別劑量排行中相當顯著的一群，精進此類工作人員的劑量評估並探討合理抑低方式是近年國際輻防議題的重點之一，本研究同步國際趨勢深入探討操作螢光透視攝影工作人員的劑量評估，精進相關技術，有利肢端與眼球劑量評估能更貼近實際情形。(110-111 年度)

(2). 強化國內輻射檢校量測技術能力研究：

本計畫執行單位核能研究所作為 TAF 指定，具有能力之游離輻射領域能力試驗的主辦機構，歷年主辦許多類型的能力試驗，如中低強度放射性核種分析、環境試樣放射性核種分析、人員劑量計、肢端劑量計、污染偵檢器及輻射偵檢器等能力試驗活動。透過本計畫可結合國家量測標準、接軌國際規範、配合 TAF 運作時程和分析國內現況，共負責 5 項常規能力試驗研究。110 年度完成：輻射偵檢儀器校正(新增中子校正項)、中低強度放射性核種分析、環境試樣放射性核種分析，共三項，111 年度完成第一次肢端劑量計能力試驗」，以及執行第 12 次人員劑量計能力試驗研究與技術研討會。(110-111 年度)

精進染色體變異分析技術與評估研究：放射性事件造成的人員輻射意外曝露，如一具有公信力的人員劑量評估專業實驗室，可及早推估出受曝露者所接受的劑量，以便於醫生提供最合適的醫療處置，減少不必要的醫療成本，本計畫執行染色體變異分析技術研究即朝此目標努力，建立國家級人員生物劑量實驗室。遭受急性曝露立即進行分析可獲得較可靠的個體劑量評估，而在人造輻射中的 x 光及核子醫學劑量低於 100 毫西弗或是更低者，劑量估計值則變得無法足夠精確，統計上很難估計癌病風險，研究人員廣泛瀏覽生物及生

物物理學數據後，結論為低劑量下風險仍可能發生，並無閾值存在，低劑量仍有潛在風險，此即所謂線性無低限理論（LNT）。線性無低限模式（LNT model）是基於輻射防護目的的保守估計，並非用以精確評估低劑量輻射曝露所產生的風險，成立人員生物劑量國家級實驗室可提供公正、正確數據供國人了解輻射對人體健康之關係，應可加強國人對輻射相關產業之了解，避免不必要恐懼。(110-111 年度)

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). 建立國際同步之輻射防護規範研究：

- 對於國內懷孕婦女及胎兒輻射劑量評估之管制需求，引進美國國家標準研究所與美洲保健物理學會發布的胎兒輻射劑量計算標準（ANSI/HPS N13.54），完成 4 組臺灣懷孕婦女體素假體(0 個月、3 個月、6 個月、9 個月)之 MCNP 蒙地卡羅模擬研究，且以整體子宮劑量代表胎兒劑量，計算出胎兒劑量轉換係數，未來將依此假體評估臺灣胎兒劑量，或進一步規劃設計胎兒劑量監測方法，以達到輻射防護的目的。(110-111 年度)
- 因應國際眼球水晶體劑量新限值，舉辦「眼球水晶體劑量監測訪查研究先期研究與第 I 期研究，111 年度與 14 家醫療院所(33 科室)、核三電廠及 3 家非破壞性檢測公司合作，完成共 926 人次眼球水晶體劑量監測評估，以了解國內關鍵群體實際輻射作業下眼球水晶體輻射曝露情形及新劑量限值衝擊。將 110-111 年度訪查研究成果與經驗，作為 112 年第 II 期研究之參考。藉由訪查研究之成果，建立科學論據，並強化與精進正確的輻射防護觀念，以利於後續修法推動。(110-111 年度)
- 研究深入探討核醫藥物與螢光透視攝影工作人員的劑量評估，建立自主分析技術，研究產出與經驗有助於國內未來輻防管制政策精進之技術支援。(109-110 年度)

- 強化國內輻射檢校量測技術能力研究(110-111 年度)：
- 對於國內輻射劑量評估、環境試樣放射性核種分析、輻射偵檢儀器校正等面向之管制需求，引進最新國際規範，並轉化為國內實驗室認證技術規範，促進游離輻射領域實驗室品質認證之完整性。
- 建置能力試驗之執行設備、劑量追溯系統、量測技術與作業程序，並透過實驗室認證體系執行能力測試，藉此對各實驗室人員進行實作技術之強化。
- 辦理研討會，對本計畫及各參與能力試驗實驗室之人員進行教育訓練與技術交流，達人才培訓與技術精進之目的。

(2). 精進染色體變異分析技術與評估研究：計畫推動輔導高雄醫學大學附設醫院，成為南部染色體雙中節變異分析之人員生物劑量評估備援實驗室，同時完成台北醫學大學北部備援實驗室之建立，完成北部備援實驗室建立實驗室程序，培訓染色體雙中節背景值分析技術進行人才培育與技術擴散，厚植我國生物劑量評估量能。(110-111 年度)

貳、檢討與展望

本計畫以支援輻射防護管制業務需求為目標，並因應國際輻防法規趨勢、能力試驗技術與輻射偵檢儀器驗證、新興放射醫學診療劑量檢校、國內災防應變生物劑量等議題，研究管制業務所需之審查及評估方法與引入國際新規範，精進國內輻射量測實驗室品質與技術，提供作為輻射防護管理業務執行與法規制定之參考依據。其輻射安全管制技術之提升，助於增進民眾於原子能應用輻射防護之信心。相關結論與建議依分項具體說明如下：

(1). 建立國際同步之輻射防護規範研究：

為因應國際放射防護委員會（ICRP）103 號報告，修訂為其賸餘妊娠期間胚胎/胎兒劑量不得超過一毫西弗，因此，提出我國女性輻射工作人員之妊娠期間下腹部表面劑量與胎兒劑量的劑量轉換係數，實有其必要性。本研究目前已經根據本土數據，建立我國懷孕婦女數學假體及初步技術建置，建立體素假體及提供相關表單與輻射工作人員使用規範，未來將持續完成國內懷孕婦女體素假體量測驗證，並研擬 1 份國內懷孕婦女實務管制規範，提送原能會作為管制參考。以確保我國之輻防體系符合國際趨勢，並達合理抑低之需求。

藉由舉辦「眼球水晶體劑量監測訪查研究」，以了解國內實務作業與國際輻防建議之差異，後續法規更新推動作業，可據此訪查研究結果進行聚焦，改善關鍵群體輻射防護措施，以保障輻射工作人員輻射安全。

螢光透視攝影在醫療的應用廣泛，各式軟硬體技術演進快速，導致工作人員的輻射曝露情節繁複多變，現場環境劑量率高且其輻射分布相當不均勻，重要器官與全身有效劑量的精確評估與測量驗證相對困難，值得後續深入探討。

(2). 強化國內輻射檢校量測技術能力研究：

本子項計畫整體效應有二：1. 將最新國際規範引入國內游離輻射領域相關能力試驗；2. 為強化國內放射性相關實驗室之技術交流

與國內現況分析。「肢端劑量評估」能力試驗為第 1 次正式舉辦，是從無至有的里程碑，並依據最新版 TAF 標準規範「測試領域人員體外劑量評估技術規範」，文件編號為 TAF-CNLA-T08(4):2019(參考國際 ANSI/HPS N13.11-2009R2015)舉辦「2022 年第十二次人員劑量計能力試驗執行前與眼球水晶體劑量計比對試驗討論會議」。

然而，整體輻射防護能力試驗技術研究依舊存在照射系統設備老化，研究環境人力與經費調度不易等問題，今年度已暫獲解決，未來仍將盡力於協調人力及資源因應，並進行系統調校及與受測實驗室間之溝通。

在國內技術環境接軌國際研究上，國內已然引進 ANSI/HPS N13.32:2018 肢端劑量計能力試驗技術規範，面對「盡速推動眼球水晶體劑量評估實驗室認證上線」施政需求，缺乏眼球水晶體劑量計能力試驗相關國際標準規範，將以 ANSI/HPS N13.32:2018 和 ISO 4037 為參考依據，規劃建立能力試驗所需事故級劑量，以從 116 年加速至 113 年能輔導各實驗室具備 TAF 認證所需技術能力。

本子項計畫將持續滾動修訂，以本國技術能力接軌國際，促使第一線實驗室提供具品質服務，涵蓋核設施、工業、醫院、研究機構等領域，強化服務端之民眾與 5 萬 3 千餘輻射從業人員測值準確度之效益為研究主軸。

- (3). 精進染色體變異分析技術與評估研究：本計畫在行政院原子能委員會推動下，建立人員生物劑量評估相關技術，並於 100 年於核能研究所建置輻射急性曝露生物劑量分析標準實驗室，實驗室於 110 年度因 COVID-19 疫情影響，雖未能參與國際比對，但藉此機會建立國內實驗室間比對機制，國內實驗室間比對之評估劑量之平均正確率(與實際劑量數據誤差於 ± 0.5 Gy)大於 70%，顯示整體而言，國內具一定水準之人員劑量評估技術。後續仍會持續與加拿大保持聯繫，且不排除未來也參與其它國家實驗室舉辦之國際能力試驗比對之可能性，以保證實驗室的分析能力能與各國實驗室達到同樣水平。染色體雙中節分析方法為目前國際間所認可人員生物劑量評估之

標準方法(Gold standard)，但在實驗過程中，細胞培養再加上後續影像分析較耗費人力及時間，且有偵測劑量極限為 0.1 Gy 之限制，111 年度依據前年度的前期試驗，開發 γ -H2AX 分析方法及建立檢量線，後續將持續完善此項新的技術，期能縮短劑量評估時間，並進一步提升國內生物劑量的偵測低限能力。

參、其他補充資料

一、跨部會協調或與相關計畫之配合

本計畫之執行，原則上無涉跨部會協調，僅透過學術合作或勞務委託，以達技術精進與技術擴展之目的，並與相關計畫各執其職、互有溝通、相輔相成，以下為相關說明。

本計畫關係輻射作業場所之輻射評估、量測技術建立、輻射防護品保與偵測儀器驗證技術建立，其輻射量測與能力試驗所使用的偵檢器，必須送至國家游離輻射標準實驗室進行校正追溯，因此需與經濟部標準檢驗局之「建立及維持國家游離輻射標準」計畫相互合作，使用標檢局計畫所建立之各項活度或劑量標準，開發輻射防護、核設施除役與醫療品保等所需之劑量及活度校正技術，提升研發能量，達成最大的執行效益。

110-111 年度與清華大學原科中心合作，進行懷孕女性工作人員相關情境之胎兒劑量評估技術及案例模擬研究，以核研技術為核心，透過學術合作進行技術精進與擴展，完成 ANSI/HPS N13.54 胎兒輻射劑量計算國際技術規範之引入，以及 4 組臺灣懷孕婦女體素假體(0 個月、3 個月、6 個月、9 個月)之 MCNP 蒙地卡羅模擬研究，且以整體子宮劑量代表胎兒劑量，計算出胎兒劑量轉換係數，未來將依此假體評估臺灣胎兒劑量，或進一步規劃設計胎兒劑量監測方法，以達到輻射防護的目的，亦可提供後續法規執行之應用參考。

人員生物劑量的評定，可提供本會進行輻射劑量評估與事故分析，目前已和高雄醫學大學與臺北醫學大學合作，項目包括協助申請人體試驗委員會(IRB)許可，及協助執行部分染色體之雙中節分析。亦同時完成 3 間國內實驗室之傳統染色體雙中節變異分析之實驗室間比對，建立國內實驗室間比對機制，驗證實驗室人員之分析能力。

二、大型科學儀器使用效益說明

本計畫無編列購買大型科學儀器。

三、其他補充說明(分段上傳)

計畫成果均已完整說明，詳見附件。

附表、佐證資料表

【A 論文表】

題 名	第一作者	發表年(西元年)	文獻類別	成果歸屬
Estimated Dose Conversion Coefficients of a New Computational Voxel Phantom Series for Taiwanese Pregnant Female	張 O 婷	2022	D	子項計畫一、建立國際同步之輻射防護規範研究

註：文獻類別分成 A 國內一般期刊、B 國內重要期刊、C 國外一般期刊、D 國外重要期刊、E 國內研討會、F 國際研討會、G 國內專書論文、H 國際專書論文；成果歸屬請填細部計畫名稱。

【AA 決策依據表】

名稱	內容	類別	是否被採納	成果歸屬

註：類別分成 A 新建或整合流程、B 重大統計訊息或政策建議報告；是否被採納分成 A 院級採納、B 部會署級採納、C 單位內採納、D 存參；成果歸屬請填細部計畫名稱。

【B 合作團隊(計畫)養成表】

團隊(計畫)名稱	合作對象	合作模式	團隊(計畫)性質	成立時間(西元年)	成果歸屬
建立國際同步之輻射防護規範研究	輻射防護處、核能研究所(保物組)、清華大學、輻防協會輻、14 家醫療院所、台電核三、3 家非破壞檢測	B	A	2022	子項計畫一、建立國際同步之輻射防護規範研究
強化國內輻射檢校量測技術能力研究	輻射防護處、核能研究所(保物組)、輻射防護處、核能研究所(保物組)、清大、同步輻射、台電、輻防協會、貝克西弗、全國認證基金會	B	A	2022	子項計畫二、強化國內輻射檢校量測技術能力研究
精進染色體變異分析技術與評估研究	輻射防護處、核能研究所(同位素組、保物組)、北醫	B	A	2022	子項計畫三、精進染色體變異分析技術與評估研究

註：合作模式分成 A 機構內跨領域合作、B 跨機構合作、C 跨國合作；團隊(計畫)性質分成 A 形成合作團隊或合作計畫、B 形成研究中心、C 形成實驗室、D 簽訂協議；成果歸屬請填細部計畫名稱。

【C 培育及延攬人才表】

姓名	機構名稱	學歷	性質	成果歸屬
練○恩	清華大學	A	E	子項計畫一、建立國際同步之輻射防護規範研究

註：學歷分成 A 博士(含博士生)、B 碩士(含碩士生)、C 學士(含大學生)；性質分成 B 學程通過、C 培訓課程通過、D 國際學生/學者交換、E 延攬人才；成果歸屬請填細部計畫名稱。

【D1 研究報告表】

報告名稱	作者姓名	出版年(西元年)	是否被採納	成果歸屬
新型台灣懷孕婦女體素假體之子宮劑量轉換係數研究	張○婷	2022	C	子項計畫一、建立國際同步之輻射防護規範研究
眼球水晶體劑量監測訪查計畫之研究	蔡○予	2022	C	子項計畫一、建立國際同步之輻射防護規範研究
第一次肢端劑量計能力試驗總結報告	陳○奇、廖○蘭	2022	C	子項計畫二、強化國內輻射檢校量測技術能力研究
鐳九十/鈾九十射源對組織下 3 mm 貝他個人等效劑量率之評估」研究	施○原	2022	C	子項計畫二、強化國內輻射檢校量測技術能力研究
以流式細胞儀測定受輻射曝露之淋巴球細胞 γ -H2AX 生成量研究	林○慧	2022	C	子項計畫三、精進染色體變異分析技術與評估研究

註：是否被採納分成 A 院級採納、B 部會署級採納、C 單位內採納、D 存參；成果歸屬請填細部計畫名稱。

【D2 臨床試驗表】

新藥或新醫療器材之名稱	藥/醫材	申請試驗國家	臨床試驗狀態	成果歸屬

註：臨床試驗狀態分成 A 已申請並進行臨床試驗中、B 臨床試驗結果通過；成果歸屬請填細部計畫名稱。

【E 學術活動表】

研討會名稱	性質	舉辦日期 (YYYYMMDD)	主/協辦單位	成果歸屬
2022 年第一次肢端劑量計能力試驗總結說明討論會議	A	20220526	行政院原子能委員會/核能研究所、經濟部標準檢驗局	子項計畫二、強化國內輻射檢校量測技術能力研究
2022 年第十二次人員劑量計能力試驗執行前與眼球水晶體劑量計比對試驗討論會議	A	20220526	行政院原子能委員會/核能研究所、經濟部標準檢驗局	子項計畫二、強化國內輻射檢校量測技術能力研究

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

【F 形成課程教材手冊軟體表】

名稱	性質	類別	發表年度 (西元年)	出版單位	是否為自由軟體	成果歸屬
2022 年第一次肢端劑量計能力試驗總結說明討論會議	C	A	2022	核能研究所	否	子項計畫二、強化國內輻射檢校量測技術能力研究
2022 年第十二次人員劑量計能力試驗執行前與眼球水晶體劑量計比對試驗討論會議	C	A	2022	核能研究所	否	子項計畫二、強化國內輻射檢校量測技術能力研究

註：性質分成 A 課程、B 教材、C 手冊；類別分成 A 文件式、B 多媒體、C 軟體(含 APP)、D 其他(請序明)；成果歸屬請填細部計畫名稱。

【G 智慧財產資料表】

智財名稱	智財類別	授予國家	有效日期 (YYYYMM)	成果歸屬

註：智財類別分成 A 發明專利、B 新型/設計專利、C 商標、D 專書著作、E 品種；成果歸屬請填細部計畫名稱。

【H 技術報告檢驗方法表】

技術或檢驗方法名稱	性質	作者姓名	出版年(西元年)	出版單位	成果歸屬
眼球水晶體劑量校正用 ISO 寬能譜射質及透視 攝影校正用 RQC 射質 建立	A	吳○安	2022	核能研究所	子項計畫二、 強化國內輻射 檢校量測技術 能力研究

註：性質分成 A 技術報告、B 檢驗方法；成果歸屬請填細部計畫名稱。

[I1 辦理技術活動表]

技術活動名稱	活動性質	活動屬性	舉辦日期 (YYYYMMDD)	參與人數	成果歸屬

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

[I2 參加技術活動表]

成果名稱	技術活動名稱	活動性質	活動屬性	活動日期 (YYYYMMDD)	主辦單位	是否獲獎 (Y/N)	成果歸屬

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

【J1 技術移轉及智財授權表】

技術或智財名稱	類別	授權單位	被授權廠商或機構	授權金(千元)	成果歸屬

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

【J2 技術輸入表】

輸入技術名稱	輸出國家	輸出(授權)廠商或機構	引進(被授權)廠商或機構	成果歸屬

註：成果歸屬請填細部計畫名稱。

【K 規範標準及政策法規草案制訂表】

名稱	類別	制定及參採情形	應用範圍	成果歸屬

註：類別分成 A 規範、B 標準、C 法規、D 政策；制定及參採情形分成 A 參與草案或建議方案制訂、B 草案經採納或認可通過、C 發表或公告實施、D 草案存參、E 其他；應用範圍分成 A 機構內、B 國內、C 國際、D 未發表；成果歸屬請填細部計畫名稱。

【L 促成投資表】

廠商名稱	投資類別	投資金額(千元)	產品名稱	成果歸屬

註：投資類別分成 A 研發投資、B 生產投資、C 新創事業投資；成果歸屬請填細部計畫名稱。

【M 創新產業或模式建立表】

名稱	性質	產值提升(千元)	產品名稱	成果歸屬

註：性質分成 A 成立營運總部、B 衍生公司、C 建立產業環境或營運模式、D 促成企業聯盟；投資類別分成 A 研發投資、B 生產投資；成果歸屬請填細部計畫名稱。

【N 協助提升我國產業全球地位表】

產品/技術/服務名稱	公司名稱	產值(千元)	世界排名	成果歸屬

註：成果歸屬請填細部計畫名稱。

【O 共通檢測技術服務及輔導表】

服務名稱	服務對象	服務性質	服務收入(千元)	成果歸屬

註：服務對象分成 A 國內廠商、B 國外廠商、C 其他；服務性質分成 A 輔導諮詢、B 檢測校正、C 訓練講習、E 工作坊 D 其他(請述明)

【P 創業育成表】

新創廠商名稱	資本額(千元)	年營業額(千元)	成立時間(西元年)	成果歸屬

註：成果歸屬請填細部計畫名稱。

【Q 資訊服務表】

網站或服務名稱	服務對象	服務人次/年	服務收入(千元)	成果歸屬

註：成果歸屬請填細部計畫名稱。

【R 增加就業表】

廠商名稱	廠商統一編號	增加員工人數	增加之年度	成果歸屬

註：成果歸屬請填細部計畫名稱。

【S1 技術服務表】

技術服務名稱	服務對象類別	服務對象名稱	服務收入(千元)	成果歸屬

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

【S2 科研設施建置及服務表】

科研設施名稱	服務件數	服務人次	服務收入(千元)	成果歸屬

註：成果歸屬請填細部計畫名稱。

【T 促成產學合作表】

合作廠商名稱	合作計畫或合約名稱	廠商配合款(千元)	合作參與人數	成果歸屬

註：成果歸屬請填細部計畫名稱。

【U 智財資金融通表】

智財名稱	廠商名稱	融資機構性質	融資機構名稱	協助取得融資金額(千元)	成果歸屬

註：融資機構性質分成 A 國內融資機構、B 國外融資機構；成果歸屬請填細部計畫名稱。

【V 能源利用表】

技術或產品名稱	廠商名稱	提升能源效率(%)	節約能源量(%)	二氧化碳減量(公噸)	成果歸屬

註：成果歸屬請填細部計畫名稱。

【W 提升公共服務表】

服務或措施名稱	行政精簡時間(天)	運輸耗能節省金額(千元)	二氧化碳減量(公噸)	成果歸屬

註：成果歸屬請填細部計畫名稱。

【X 提高收入表】

措施名稱	受益人數	受益者每人年平均增加收入金額(千元)	增加之年度 (西元年)	成果歸屬

註：成果歸屬請填細部計畫名稱。

【Y 資訊平台資料庫表】

資訊平台/資料庫名稱	內容描述	類別	資料筆數	成果歸屬

註：類別分成 Bibliography、Numerical、Factual、Multimedia、Text；成果歸屬請填細部計畫名稱。

【Z 調查成果表】

調查項目名稱	調查面積	圖幅數	調查點筆數	成果歸屬

註：成果歸屬請填細部計畫名稱。