

110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（1 / 4）」

執行期間：

全程：自110年01月01日至113年12月31日止

本期：自110年01月01日至110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；

110年度政府科技發展計畫審查意見辦理情形表(檔案上傳)

序號	審查意見	辦理情形
1	計畫目標 1 的預期關鍵成果 1：“提供光子眼球水晶體劑量校正「服務」，… (p58)” 。在達成情況 1 的文字說明，並無法確認目前是否已經可提供「服務」(p59)? 另外，「明年起可提供…校正服務」(p75)，但若以達成目標而言，是否表示目前應已可提供校正「服務」？	謝謝委員意見。 本項光子眼球水晶體劑量校正「服務」確實於今年(110 年底)就具備各項條件並提供服務，同時，已有三家以上單位使用該系統進行眼球水晶體劑量計特性等學術研究。明年(111 年)則規劃透過研討會執行進一步地宣導，預期屆時之後才廣泛於業界知曉。原文「明年起可提供…校正服務」(p75)確為表達錯誤造成誤會之描述，將允以更正為今年底。
2	計畫目標 3 的達成情況 1 的說明，“…大於 70%” (p60)，建議寫確切數據，即 C-DCA 方法和 QS-DCA 方法平均正確率為 80.9%和 71.4% (p153)。	謝謝委員意見，已修訂說明於 p60。
3	本計畫針對政策需求、社會迫切與關心的問題提出適當之研究目標，透過（一）建立國際同步之輻射防護規範研究，提供輻射防護概念演進之相關技術規範修訂參考依據。（二）強化國內輻射檢校量測技術能力研究，引入新規範與分析國內輻射偵測實驗室之能力，並進而提升其技術。（三）精進染色體變異分析技術與評估研究，可持續建立與精進我國生物劑量評估系統。	感謝委員肯定。

4	本計畫包含三項子計畫，本年雖逢新冠肺炎特殊情況，但皆能克服困難，完成預定之目標。部分子計畫甚至超越原來的目標，殊為難得。	感謝委員肯定
5	細項執行率在 93-100%間，整體執行率達 99%。與原規劃相當一致。	感謝委員肯定
6	子計畫「精進染色體變異分析技術與評估研究」，或是「人員生物劑量評估研究(100年度起)」研究計畫的延續，建議計畫內容之相似度仍應有所調整。例如本報告p85，衛星實驗室建立：「人員…提升國內血樣採樣量能」等，和人員生物劑量評估研究期末研究報告(報告日期110年2月2日)的結論與建議(p15)，相似度高。	謝謝委員意見，已修訂說明於p85。
7	本計畫以支援輻射防護管制業務需求為目標，研究管制業務所需之審查及評估方法與引進國際新規範，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	感謝委員肯定。

8	對輻射安全管制技術之提升，有助於增進民眾於原子能應用輻射防護之信心。所達成量化指標或質化效益超越原計畫之預期效益。	感謝委員肯定。
9	本年度共發表論文 2 篇，研究及技術報告 9 篇，成果豐富。	感謝委員肯定
10	完成多項目標，包括建置光子眼球水晶體劑量校正技術。完成游離輻射 3 項技術領域實驗室能力試驗，精進輻射檢校實驗室量測技術。在染色體變異分析技術方面，建立了 γ -H2AX 分析方法。	感謝委員肯定
11	本計劃是由原能會單獨執行，無跨其他部會，但透過計畫與清華大學、台北醫學大學、高雄醫學大學、核研所等單位合作，建立了衛星實驗室，配合良好。	感謝委員肯定

12	環境試樣放射性核種分析比較實驗，本年參加單位達 12 家，為歷年最多。	感謝委員肯定
13	此為四年計畫的第一年，後續工作構想與重點良好可行。	感謝委員肯定
14	本研究也建立了工作人員的手部、眼球水晶體與全身有效劑量的量化關係，可以透過 D _{lens} /E、D _{hand} /E 之關係，從有效劑量合理回推水晶體劑量及手部劑量，本成果之後續推廣措施可再加強。	感謝委員肯定。 後續應用推廣有二思考方向： (1)收集國內核醫藥物與透視攝影作業操作人員的歷史劑量資訊，以利回歸評估應用；(2)設計實驗實地測量眼球、手部等價劑量與全身有效劑量，強化驗證與探討進一步修正方向。
15	後續工作已有完整構想，合作團隊亦頗完整，若能順利推動，應可逐步完成各項目標。	感謝委員肯定

	在精進染色體變異分析技術與評估研究方面， γ-H2AX 分析方法仍需進一步優化，以因應未來進行大量分析情境時，可更快速完成劑量評估工作。	感謝委員肯定。 子項計畫三會持續優化 γ-H2AX 方法，並藉由文獻探討及測試持續精進實驗技術，完善檢量曲線。
	三個子計畫間的關聯性小，整體內容執行項目繁多但目標明確，產出達成率佳。	感謝委員肯定
	整體而言，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。	感謝委員肯定。
	基礎建設非一朝一夕之功，建請主管機關須持續投入穩定的資源，方能維持各項基礎設施與技術能力，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。	感謝委員肯定。

	本計畫旨在確保我國輻防法規符合國際潮流，並確保國內的專業實驗室有足夠的技術能量，協助法規的執行，是國家輻防建設的基礎，值得予以支持與鼓勵。	感謝委員肯定
--	--	---------------

目 錄

【110年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表(D003)】	1-1
第一部分	1-5
壹、目標與架構	1-5
貳、經費執行情形	1-17

【110年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表(D003)】

審議編號	110-2001-02-17-07				
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輻射防護處；				
計畫主持人	姓名	張淑君	職稱	處長	
	服務機關	行政院原子能委員會			
	電話	02-22322171	電子郵件	wsliu@aec.gov.tw	
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 ☐ 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 0 % 環境科技 100 % 數位科技 0 % 工程科技 0 % 人文社會 0 % 科技創新 0 %				
執行期間	110年01月01日至110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	年度	經費(千元)		人力(人/年)	
	110	9,396		6.50	
	111	8,940		6.20	
	112	10,677		6.20	
	113	10,677		6.20	
	合計	39,690		25.10	

	110 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	1,100	1,023	93.00%
			其他經常支出	6,080	6,077	99.95%
			小計	7,180	7,100	98.89%
		資本門	土地建築	0	0	%
			儀器設備	2,320	2,296	98.97%
			其他資本支出	0	0	%
			小計	2,320	2,296	98.97%
		經費合計		9,500	9,396	98.91%
政策依據	1. EYGUID-01100515000000：行政院110年度施政方針：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，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域應用，研發能源及核後端產業關鍵技術。					
本計畫在機關施政項目之定位及功能	一、本會為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。本計畫由本會核能研究所執行，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	一、建立國際同步之輻射防護規範研究 接軌國內外輻防概念調整，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實務傳遞鏈。 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方法突破0.1Gy低限劑量與AI智能提升分析效能。					

計畫目標與預期 關鍵成果之達成 情形	原設定	建置光子眼球水晶體劑量校正技術，接軌最新國際輻防規範。	1. 提供光子眼球水晶體劑量校正服務，量測不確定度小於5%，以確保眼球水晶體劑量計正確性。 2. 建立眼球水晶體劑量監測系統於低能量光子之校正技術研究，完成參數設定與程序書1份，可提供相關學術研究。
		完成游離輻射3項技術領域實驗室能力試驗，精進輻射檢校實驗室量測技術。	1. 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，能力試驗合格率达100%。 2. 依據最新技術規範規劃肢端劑量計能力試驗，完成研討會1場。
		辦理實驗室間能力比對試驗與建立 γ -H2AX分析方法，精進生物劑量評估技術達國際水準。	1. 參與實驗室間比對試驗，70%以上評估劑量之數據與實際劑量數據誤差於 ± 0.5 Gy內。 2. 擴增背景值資料庫，本期累計達3例國人背景生物劑量數據。 3. 建立 γ -H2AX分析方法，突破生物劑量偵測低限0.1Gy之技術瓶頸。
	達成情形請依原定達成情形之說明	建置光子眼球水晶體劑量校正技術，接軌最新國際輻防規範。	1. 完成X射線ISO窄能譜光子眼球水晶體劑量校正系統及系統評估報告1篇，照射劑量的量測不確定度($k=2$)為4.2%，透過國內劑量校正鏈可提供準確的眼球水晶體劑量值。 2. 完成眼球水晶劑量監測系統初評，並提供1篇劑量評估參數設定之程序書。
		完成游離輻射3項技術領域實驗室能力試驗，精進輻射檢校實驗室量測技術。	1. 完成全國性輻射偵測儀器校正、環境試樣和中低活度核種分析共3項技術領域能力試驗研究，參與實驗室數分別為7、12和6家，合格率皆為100%，厚實輻防管制技術能力。 2. 分別於6月11日與10月13日舉辦「2021年輻射儀器校正與肢端劑量計能力試驗技術討論會」與「110年游離輻射量測能力試驗總結會議暨氡量測技術研討會」線上研討會，與會單位10和17個，專家代表33和72位，透過技術交流提升我國實驗室檢校能力。
		辦理實驗室間能力比對試驗與建立 γ -H2AX分析方法，精進生物劑量評估技術達國際水準。	1. 辦理實驗室間比對試驗，國內實驗室間比對之染色體雙中節分析，傳統分析法C-DCA和快速分析法QS-DCA之平均正確率分別為80.9%和71.4%。 2. 完成110年度背景值分析：本期累計達3例國人背景生物劑量數據，擴增至背景值資料庫。 3. 建立 γ -H2AX分析方法及一條照射劑量與 γ -H2AX正相關之檢量線，並完成研究報告1篇。

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。 眼球水晶體劑量監測系統影響參數與劑量校正系統報告2篇；並與5家醫院及1家核醫製藥中心合作，完成「眼球水晶體劑量監測先期訪查研究」，作為兩年期（111-112年）訪查研究參考依據，以利於未來保障約2萬輻射工作人員。 核醫藥物與透視攝影作業操作人員之動態擬人方法「手掌/眼球水晶體等價劑量與全身有效劑量之關係」研究成果投稿SCI期刊1篇，彰顯新穎技術能力。 子項計畫2：全國性游離輻射4項技術領域實驗室能力試驗研究的指標性突破分別為：「肢端劑量評估」為第1次正式舉辦從無至有的里程碑、「輻射儀器檢校」試驗項目歷年最多、「環境試樣核種分析」參與實驗室數歷年最多、「中低強度核種分析」試驗核種數歷年最多。皆具有接軌國際趨勢，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，驗證與監測衛星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。			
遭遇困難與因應對策	子項計畫1：為配合主管機關加速法規推行之參考，提前執行眼球水晶體劑量監測先期訪查計畫，而委請輻防處標準科與醫用科協助聯繫並提供願意參與訪查研究之醫院名單，使本項工作可加速前置作業流程，順利完成先期訪查研究。 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核研所購置之資訊系統，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. 後續規劃2年期「眼球水晶體劑量監測訪查研究」及相關輻射防護教育訓練，以利後續修法推動。 子項計畫2：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的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，輔導各實驗室，由原規劃的116年加速至113年，能具備TAF認證所需之技術能力。 子項計畫3：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衛星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	吳思穎	職稱	技正
	服務機關	行政院原子能委員會輻射防護處		
	電話	02-22322183	電子郵件	szwu@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。

本計畫目的為建立接軌國際輻防技術規範，精進量測技術能力，以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，維持輻射生物評估技術與降低意外曝露偵測低限，辦理新興輻射安全管制技術與法規精進相關之3項研究計畫，俾研發輻射安全應用急需之劑量評估、活度度量、稽核驗證的先進方法，以建立相關技術，回饋及制定相關管制作業程序及法規，提升游離輻射安全管制技術水準，為110至113年度4年期計畫。

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

年度	分年目標	達成情形
110年度	1. 建置光子眼球水晶體劑量校正技術；完成游離輻射技術領域實驗室能力試驗；精進生物劑量評估技術。	1-1提供光子眼球水晶體劑量校正服務，量測不確定度小於5%。 1-2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，能力試驗合格率达100%。 1-3研發 γ -H2AX生物劑量技術，建立檢量線1條。
111年度	1. 執行第一期眼球水晶體劑量評估訪查研究；建置貝他眼球水晶體劑量校正與比對試驗技術；強化肢端劑量評估實驗室之技術能力；建置生物劑量評估北部衛星實驗室。	-
112年度	1. 導入國際輻射防護規範，進行劑量約束研究；執行第二期眼球水晶體劑量評估訪查研究；與TAF合作研擬規範(草案)，並展開能力試驗；強化人員劑量評估實驗室之技術能力；擴增國內生物劑量評估量能與輔導北部衛星實驗室建立劑量分析技術。	-
113年度	1. 強化眼球水晶體劑量評估、輻射偵檢儀器校正、環境試樣與中低強度核種分析實驗室之技術能力；建置具國際水準生物劑量評估與智能分析、低劑量分析技術。	-

說明：
無

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)				
接軌國際輻防技術規範與精進量測技術能力 (1/4)	9500/(9396)	袁明程	行政院原子能委員會核能研究所	(一) 建立國際同步之輻射防護規範研究 本項計畫以引進國際最新輻射防護趨勢，規劃修訂游離輻射防護安全標準，精進我國輻防相關技術規範內容，強化輻射防護管制作為與落實輻射劑量合理抑低之精神為目標。將蒐集並研析國際間對空勤人員輻射曝露之管制作法，建立我國空勤人員輻射劑量管理模式以及輻射防護建議；建立懷孕女性工作人員及輻射醫療等情境之胎兒劑量評估技術及案例模擬、研擬胎兒劑量評估導則或準則以作為利害關係人遵循之依據。因應ICRP 103 號建議書之風險係數與相關轉換係數變更，蒐集國際相關組織及其他國家執行與採行現況；並評估修訂我國現行法規採行之轉換係數之需求，以確保我國之輻防體系符合國際趨勢。另擬研析各國輻射設施分類標準及管理辦法，並提出國內高強度輻射設施分類標準及管理之相關規範修訂建議。預期本計畫之研究成果可由法規面推動國內輻射防護觀念之更新，建構完整的輻射防護管制體系，作為管制機關之參考依據，有效確保環境、民眾與工作人員之輻射安全。 (二) 強化國內輻射檢校量測技術能力研究 本項計畫以提升國家及國內游離輻射量測技術，落實原子能科技於社會民生福祉與環境永續發展	一、建立國際同步之輻射防護規範研究 (一) 依據ANSIHPS 13.54報告為主軸，與學研單位合作完成符合國內胎兒劑量評估技術初步分析。 (二) 完成眼球水晶劑量監測系統建立，並進行商用眼球劑量計特性測試，於第四季選定合適放射醫療相關工作人員執行眼球水晶劑量監測先期訪查研究，以利後續訪查計畫及管制機關修法之參考。 (三) 與學研單位合作，進行核醫藥物與透視攝影作業操作人員的劑量評估，建立手掌/眼球水晶體等價劑量與全身有效劑量的關係，研究成果有利於相關工作人員之輻射風險評估，並作為主管機關制定法規之參考依據。 二、強化國內輻射檢校量測技術能力研究 全國性游離輻射4項技術領域實驗室能力試驗研究的指標性突破分別為：「肢端劑量評估」為第1次正式舉辦從無至有的里程碑、「輻射儀器檢校」試驗項目歷年最多、「環境試樣核種分析」參與實驗室數歷年最多、「中低強度核種分析」試驗核種數歷年最多。皆具有接軌國際趨勢，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。 三、精進染色體變異分析技術與評估研究 (一) 人員生物劑量分析實驗室朝向建立國家級參考實驗室的目標努力，藉由每年分析國人背景值、維持ISO/IEC 17025品質標準實驗室，執行國際或國內實驗室間比對，驗證分析人員能力，及發表技術成果彰顯計畫價值。本計畫之推動可使臺灣發展出具有國際水準的輻射生物劑量實驗室，提供國內生物劑量評估服務。

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)				
				，堅實智慧生活科技與產業為目標。依據「人員輻射劑量評定機構認可及管理辦法」與「輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則」之規定，執行人員劑量評定與環境輻射監測作業之機構，必須通過全國認證基金會（Taiwan Accreditation Foundation, TAF）之認證；且「輻射防護服務相關業務管理辦法」亦規定，從事輻射防護偵測業務或放射性物質或可發生游離輻射設備銷售服務業務者，使用之輻射偵測儀器，應定期送TAF 認證之機構校正；而「環境輻射偵測品質保證規範之品質保證方案」則指出輻射度量系統之能譜及計測效率應使用校準射源作定期校準，校準射源之準確度應可追溯至「國家標準」。原能會為輻射防護與安全的主管單位，體認環境輻射監測、輻射劑量評估與輻射偵檢等相關實驗室，具備良好的技術能力與完備的品保作業，為落實輻射防護作業、保障民眾與工作人員輻射安全之關鍵。而依據TAF相關規範的要求，欲申請游離輻射領域實驗室認證的單位，必須通過該特定領域的能力試驗，以證明其實驗室的專業能力。因此，發展接軌國際之技術規範，以及配合認證時程進行研究，可以確認第一線實驗室是否具備足夠技術能力與品質保證來執行校正、測試業務。爰此，本計畫將配合輻防法規、輻射劑量評估、環境試樣放射性核種分析、輻射偵檢儀器校正實驗室之管制需求，參考國際間最新之技術規範，建立執行實驗室認證與能力試驗之設備、技術、作業程序	(二) 本年度實驗室建立γ-H2AX分析方法，確認γ-H2AX蛋白相對生成量與照射劑量具正相關。後續計畫將持續優化實驗技術，始能建立完善劑量評估檢量線，望可加速分析速率且朝低劑量分析方法邁進。以期建立新的生物劑量評估技術，彌補傳統染色體雙中節分析時間較長且需耗費較多人力，低限值無法突破0.1 Gy之劣勢。

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)				
				、及技術規範，並辦理技術研討會，強化國內實驗室人員訓練與技術交流，以提升國內輻射防護與管制技術。另一方面，本計畫為符合政策推行和社會期待，面對輻射應用新穎與急迫性等大眾關心之議題，將以核能研究所（簡稱：核研所或INER）技術為核心，透過學術合作進行技術精進和技術擴散，所建各項科學技術為支援輻防管制所需。有鑑於國內政策，將朝向變更輻射安全標準之眼球水晶體劑量限值，因此眼球水晶體劑量Hp(3)操作量的監測技術，成為國內具迫切性但又缺乏之技術，根據IAEA 1731技術文件顯示，對眼球水晶體曝露需特別關注的輻射工作人員有：透視攝影介入性手術工作人員、核子醫學製藥(特別是β放射源)工作人員、近接治療工作人員、電腦斷層(CT)掃描介入性手術工作人員、迴旋加速器之工作人員，從事核設施除役工作或處理耗乏鈾的工作人員，非均勻輻射場的工業非破壞檢測工作人員。是故，國內實施Hp(3)操作量監測時，應建立適當且符合國際規範的眼球水晶體劑量校正系統，以利後續準確且高品質的眼球水晶體劑量監測系統之執行。 (三)精進染色體變異分析技術與評估研究 (1)在人員生物劑量評估技術方面，目前世界上公認的黃金標準(gold standard)是以染色體雙中節分析法來評估人員所接受到的輻射劑量，核研所將繼續朝國家級生物劑量實驗室目標推展。 (2)人員生物劑量實驗室已於	

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)				
				108 年取得財團法人全國認證基金會 (TAF) 之 ISO17025 實驗室新版及延展認證，未來將保持與國際生物劑量支援網路合作，進行國際能力試驗比對，是技術達國際水準，提升游離輻射安全管理層次，維護國人健康。 (3) 在新的分析技術上將建立 γ-H2AX 的分析方法，除可與舊有染色體雙中節分析法進行比對驗證外，其偵測低限值比起染色體雙中節分析法的 0.1Gy 可達更低。 (4) 藉由 AI 技術之發展，可讓電腦來進行輔助判斷，減少人工分析時間。	

三、細部計畫與執行摘要

細部計畫	接軌國際輻防技術規範與精進量測技術能力 (1/4)	計畫性質	2. 基礎研究核心設施建置及維運
主持人	袁明程	執行機關	行政院原子能委員會核能研究所

細部計畫目標

(一) 建立國際同步之輻射防護規範研究

本項計畫以引進國際最新輻射防護趨勢，規劃修訂游離輻射防護安全標準，精進我國輻防相關技術規範內容，強化輻射防護管制作為與落實輻射劑量合理抑低之精神為目標。將蒐集並研析國際間對空勤人員輻射曝露之管制作法，建立我國空勤人員輻射劑量管理模式以及輻射防護建議；建立懷孕女性工作人員及輻射醫療等情境之胎兒劑量評估技術及案例模擬、研擬胎兒劑量評估導則或準則以作為利害關係人遵循之依據。因應ICRP 103 號建議書之風險係數與相關轉換係數變更，蒐集國際相關組織及其他國家執行與採行現況；並評估修訂我國現行法規採行之轉換係數之需求，以確保我國之輻防體系符合國際趨勢。另擬研析各國輻射設施分類標準及管理辦法，並提出國內高強度輻射設施分類標準及管理之相關規範修訂建議。預期本計畫之研究成果可由法規面推動國內輻射防護觀念之更新，建構完整的輻射防護管制體系，作為管制機關之參考依據，有效確保環境、民眾與工作人員之輻射安全。

(二) 強化國內輻射檢校量測技術能力研究

本項計畫以提升國家及國內游離輻射量測技術，落實原子能科技於社會民生福祉與環境永續發展，堅實智慧生活科技與產業為目標。依據「人員輻射劑量評定機構認可及管理辦法」與「輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則」之規定，執行人員劑量評定與環境輻射監測作業之機構，必須通過全國認證基金會(Taiwan Accreditation Foundation, TAF)之認證；且「輻射防護服務相關業務管理辦法」亦規定，從事輻射防護偵測業務或放射性物質或可發生游離輻射設備銷售服務業務者，使用之輻射偵測儀器，應定期送TAF認證之機構校正；而「環境輻射偵測品質保證規範之品質保證方案」則指出輻射度量系統之能譜及計測效率應使用校準射源作定期校準，校準射源之準確度應可追溯至「國家標準」。原能會為輻射防護與安全的主管單位，體認環境輻射監測、輻射劑量評估與輻射偵檢等相關實驗室，具備良好的技術能力與完備的品保作業，為落實輻射防護作業、保障民眾與工作人員輻射安全之關鍵。而依據TAF相關規範的要求，欲申請游離輻射領域實驗室認證的單位，必須通過該特定領域的能力試驗，以證明其實驗室的專業能力。因此，發展接軌國際之技術規範，以及配合認證時程進行研究，可以確認第一線實驗室是否具備足夠技術能力與品質保證來執行校正、測試業務。爰此，本計畫將配合輻防法規、輻射劑量評估、環境試樣放射性核種分析、輻射偵檢儀器校正實驗室之管制需求，參考國際間最新之技術規範，建立執行實驗室認證與能力試驗之設備、技術、作業程序、及技術規範，並辦理技術研討會，強化國內實驗室人員訓練與技術交流，以提升國內輻射防護與管制技術。另一方面，本計畫為符合政策推行和社會期待，面對輻射應用新穎與急迫性等大眾關心之議題，將以核能研究所（簡稱：核研所或INER）技術為核心，透過學術合作進行技術精進和技術擴散，所建各項科學技術為支援輻防管制所需。有鑑於國內政策，將朝向變更輻射安全標準之眼球水晶體劑量限值，因此眼球水晶體劑量Hp(3)操作量的監測技術，成為國內具迫切性但又缺乏之技術，根據IAEA 1731 技術文件顯示，對眼球水晶體曝露需特別關注的輻射工作人員有：透視攝影介入性手術工作人員、核子醫學製藥(特別是 β 放射源)工作人員、近接治療工作人員、電腦斷層(CT)掃描介入性手術工作人員、迴旋加速器之工作人員，從事核設施除役工作或處理耗乏鈾的工作人員，非均勻輻射場的工業非破壞檢測工作人員。是故，國內實施Hp(3)操作量監測時，應建立適當且符合國際規範的眼球水晶體劑量校正系統，以利後續準確且高品質的眼球水晶體劑量監測系統之執行。

(三) 精進染色體變異分析技術與評估研究

(1) 在人員生物劑量評估技術方面，目前世界上公認的黃金標準(gold standard)是以染色體雙中節分析法來評估人員所接受到的輻射劑量，核研所將繼續朝國家級生物劑量實驗室目標推展。

(2) 人員生物劑量實驗室已於108 年取得財團法人全國認證基金會(TAF)之ISO17025 實驗室新版及延展認證，未來將保持與國際生物劑量支援網路合作，進行國際能力試驗比對，是技術達國際水準，提升游離輻射安全管制層次，維護國人健康。

(3) 在新的分析技術上將建立 γ -H2AX 的分析方法，除可與舊有染色體雙中節分析法進行比對驗證外，其偵測低限值比起染色體雙中節分析法的0.1Gy 可達更低。

(4) 藉由AI 技術之發展，可讓電腦來進行輔助判斷，減少人工分析時間。

計畫投入 (Inputs)			
預算數 (千元)／決算數 (千元)／執行率	9500／9396／98.91%	總人力 (人年) 實際	6.5
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
建立國際同步之輻射防護規範研究	1. 學研單位合作完成胎兒劑量評估技術初步分析，並以ANSIHPS 13.54報告為主軸，完成1份胎兒劑量評估技術報告。 2. 完成眼球水晶劑量監測系統初評，並進行商用眼球劑量計特性測試，於第四季選定合適放射醫療相關工作人員執行眼球水晶劑量監測先期訪查研究。 3. 利用動態擬人假體方法，進行核醫藥物與透視攝影作業操作人員的劑量評估，以了解手掌/眼球水晶劑量等價劑量與全身有效劑量的關係，完成1篇研究報告及投稿1篇國際期刊。		主管機關、全國輻射工作人員

強化國內輻射檢校量測技術能力研究	1. 根據109年公告TAF標準規範第一版的「測試領域肢端劑量評估實驗室認證技術規範(TAF-CNLA-T23(1):2020)」，並參考國際ANSI/HPS N13.32-2018與試運轉研究執行經驗，執行第1次肢端劑量計能力試驗研究(110-111)，此為從無至有的里程碑。 2. 全國計有10組實驗室組(若受測佩章廠牌不同，則視為不同組)，7家實驗室參與，測試類別:I(高劑量光子)、II(光子)、III(貝他)、IV(光子貝它混合場)，受測劑量計分為熱發光劑量計(TLD)及光刺激發光劑量計(OSLD)兩種類型。 3. 於6/11由核研所保健物理組國家游離輻射標準實驗室舉辦全國性線上會議「2021年第1次肢端劑量計能力試驗執行前說明會」，參加人數為22人，參加單位6個，為清大人員劑量實驗室、台電放射試驗室、輻防協會、全國認證基金會、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。 4. 依據TAF標準規範之「校正領域輻射偵測儀器校正技術規範(TAF-CNLA-T06(2):2009)」，執行輻射偵測儀器校正能力試驗研究(109-110)，各實驗室校正因子與效率之能力商數等判定均符合要求，合格率100%，確認第一線技術服務可接軌世界水準。 5. 全國計有7家參與實驗室，分為：「第8次輻射偵檢儀器校正能力試驗」、「第4次陸軍化生放核防護研究中心校正比對」、「第2次克馬校正實驗室校正比對」與「第1次台電放射試驗室中子校正雙邊比對」。首度納入門框、車輛、區域、手足偵檢器、核醫活度校正儀、C1-36的污染偵檢器，以及中子校正等比對項目，測試項目歷年最多。 6. 於6/11由核研所保健物理組國家游離輻射標準實驗室舉辦全國性線上技術會議「第八次輻射偵檢儀器校正能力試驗研討會」，參加人數為17人，參加單位有6個，為陸軍化生放核防護研究中心、清大原科中心輕便型輻射偵檢儀校實驗室、台電放射試驗室、克馬企業有限公司、輻射偵測中心與核研所，透過技術交流提升我國實驗室檢校能力。 7. 依據TAF標準規範之「測試領域環境試樣核種分析技術規範(TAF-CNLA-T09(2):2012)」，完成110年度環境試樣放射性核種分析能力試驗研究，各實驗室量測活度之平均相對偏差和精密度均通過要求，合格率100%，確認第一線技術服務可接軌世界水準。 8. 全國計有12家實驗室參與，數量為歷年之最，包括：衛福部食品藥物管理署中區管理中心、新北市衛生局、高雄市衛生局、義美食品等，應是反映民眾對食安之關切。依據ISO GUIDE 34、35，提供共計10類環境試樣：水樣、濾紙、土壤、植物、牛乳、畜產肉類、菇類、米樣、人工尿樣與人工糞樣，乃本土化研製成果之應用。 9. 於10/14和2.4.項共同由核研所保健物理組國家游離輻射標準實驗室舉辦全國性線上技術會議「110年游離輻射量測能力試驗總結會議暨氚量測技術研討會」，參加人數為72人，參加單位有17個，為衛福部食品藥物管理署中區管理中心、新北市衛生局、高雄市衛生局、義美食品、台電放化實驗室等，透過技術交流提升我國實驗室檢校能力。 10. 依據TAF標準規範之「測試領域中低活度核種分析技術規範(TAF-CNLA-T10(3):2018)」，完成110年度中低活度核種分析能力試驗研究	主管機關、全國輻射工作人員
-------------------------	---	----------------------

，各實驗室量測活度之解析度、比值、能力商數均通過要求，合格率100%，確認第一線技術服務可接軌世界水準。

11. 全國計有6家實驗室報名參加。依據ISO GUIDE 34、35研製，試樣共計12個核種，其配製核種數量為歷年之最：氚核種分析、混合鋇89/90核種分析、混合鐵55/59核種分析、混合加馬核種分析：混合核種為Na-22、Cs-134、Cs-137與Co-60、混合難測核種分析：混合核種為Ni-63、Tc-99、Am-241。首度新增混和難測核種分析，可應用於監測核電廠排放管制之偵測準確。

12. 於10/14和2.3.項共同由核研所保健物理組國家游離輻射標準實驗室舉辦全國性線上技術會議「110年游離輻射量測能力試驗總結會議暨氚量測技術研討會」，參加人數為72人，參加單位有17個，為衛福部食品藥物管理署中區管理中心、新北市衛生局、高雄市衛生局、義美食品、台電放化實驗室等，透過技術交流提升我國實驗室檢校能力。

13. 依據ISO 4037國際規範建立眼球水晶體劑量之X光ISO窄能譜校正系統，人員劑量之作業量Hp(3)劑量照射不確定度($k=2$)為4.2%，明年起可提供國際等同的劑量校正服務予劑量評估實驗室產業應用。

14. 參考透視攝影應用範圍，校正射質選定ISO 4037窄能譜(IN)系列之40至150 kVp射質，半值層(HVL)與規範差異小於5%，可視為同一射質。執行從原級標準1.5 m空氣克馬(Kair)傳遞至3 m處標準劑量標定，標準劑量不確定評估($k=2$)為0.92%。設計國際標準頭型假體監測裝置與建立監測游離腔校正及監測參考值。完成「眼球水晶體劑量IN射質校正系統評估報告」研究/技術報告1篇。

15. 與核研所人員劑量評估實驗室合作，提供1.2.項商用眼球水晶體劑量計劑量率依持性、能量依持性、角度依持性、相互干擾分析等性能測試，可作為後續能力試驗執行之參考資料。

精進染色體變異分析技術與評估研究	1. 因COVID-19疫情影響，今年度無法參與加拿大衛福部舉辦之國際實驗室比對，替代方式改以國內實驗室比對，藉此機會建立國內實驗室比對機制，驗證已建立與預定建立衛星實驗室之染色體雙中節分析能力。參與實驗室計有3家：核能研究所、台北醫學大學（北醫）及高雄醫學大學（高醫）。10月30日完成國內實驗室間比對之數據彙整，依據國際比對評估分析(z-test)比對結果，每間實驗室之分析結果皆為滿意(z-score 2)，平均正確率達70%以上。 2. 完成3例110年度染色體雙中節背景值分析，總計3例的背景值並列入國人背景值資料庫中，總計分析3,049顆細胞，計得1個雙中節變異。101-110年度共完成31例正常國人背景染色體分析，一共分析31,460顆細胞，發現23個雙中節。目前資料庫國人背景雙中節發生率為0.73‰，代表1,000顆細胞中有 0.73個雙中節發生率。 3. γ-H2AX之分析試驗，說明γ-H2AX之生成量與照射劑量呈現正向關係，完成γ-H2AX之分析方法程序書，完成開發γ-H2AX之分析方法，並建立一條檢量線。 4. 另完成臨時性急性曝露分析任務：針對醫院人員意外接受輻射曝露現象，啟動急性曝露處理流程，並於15日內完成檢體製備、影像分析與報告撰寫等程序，順利回覆該人員劑量評估結果。	主管機關、輻射意外事故之輻射工作人員與一般民眾
主要績效指標KPI達成情形		
原規劃	論文2篇（國際至少1篇）、研究團隊形成3個（全程）、辦理技術會議2場、研究報告4篇、技術報告1篇、形成教材/手冊1份。	達成情形 國際期刊論文1篇、會議論文1篇，研究團隊形成3個（全程）、舉辦研討會2場、研究/技術報告7篇、技術報告1篇、形成大會手冊1份。
補充說明	無差異	
本年度效益、影響、重大突破		

一、建立國際同步之輻射防護規範研究

(一) 依據ANSIHPS 13.54報告為主軸，與學研單位合作完成符合國內胎兒劑量評估技術初步分析。

(二) 完成眼球水晶劑量監測系統建立，並進行商用眼球劑量計特性測試，於第四季選定合適放射醫療相關工作人員執行眼球水晶劑量監測先期訪查研究，以利後續訪查計畫及管制機關修法之參考。

(三) 與學研單位合作，進行核醫藥物與透視攝影作業操作人員的劑量評估，建立手掌/眼球水晶劑量等價劑量與全身有效劑量的關係，研究成果有利於相關工作人員之輻射風險評估，並作為主管機關制定法規之參考依據。

二、強化國內輻射檢校量測技術能力研究

全國性游離輻射4項技術領域實驗室能力試驗研究的指標性突破分別為：「肢端劑量評估」為第1次正式舉辦從無至有的里程碑、「輻射儀器檢校」試驗項目歷年最多、「環境試樣核種分析」參與實驗室數歷年最多、「中低強度核種分析」試驗核種數歷年最多。皆具有接軌國際趨勢，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。

三、精進染色體變異分析技術與評估研究

(一) 人員生物劑量分析實驗室朝向建立國家級參考實驗室的目標努力，藉由每年分析國人背景值、維持ISO/IEC 17025品質標準實驗室，執行國際或國內實驗室間比對，驗證分析人員能力，及發表技術成果彰顯計畫價值。本計畫之推動可使臺灣發展出具有國際水準的輻射生物劑量實驗室，提供國內生物劑量評估服務。

(二) 本年度實驗室建立 γ -H2AX分析方法，確認 γ -H2AX蛋白相對生成量與照射劑量具正相關。後續計畫將持續優化實驗技術，始能建立完善劑量評估檢量線，望可加速分析速率且朝低劑量分析方法邁進。以期建立新的生物劑量評估技術，彌補傳統染色體雙中節分析時間較長且需耗費較多人力，低限值無法突破0.1 Gy之劣勢。

遭遇困難與因應對策

執行困難1：因COVID-19疫情影響，不適合辦理全國性實體會議，但實驗室技術提升上，國際規範引入與國內現況分析之研究仍應如期執行，而研討會正是公布能力試驗結果與技術交流的有利方式，以達成接軌國際、把關國內輻射安全之施政目標。

因應措施與建議2：利用核研所購置視訊資訊系統，改採視訊辦理，促使各方代表及專家可以順利達成技術交流，提升第一線服務技術品質目的。

執行困難2：本年度國際比對能力試驗更改為國內實驗室間比對。人員生物劑量實驗室已於103、104及107年度參與由加拿大衛生部Wilkins教授所舉辦的國際比對，皆順利完成。110年度由於COVID-19影響，加拿大主辦單位將今年度國際比對時程延至年底，經評估前置行政作業及後續實驗及分析時間，無法於本年度完成預定之查核點。

因應措施與建議3：國際能力比對主要為驗證實驗室人員分析染色體雙中節變異之能力，本實驗室改採執行國內實驗室間比對，藉此建立國內實驗室比對機制，達到鑑定分析人員能力之目的。

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110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. 111年度預算數：如立法院已通過111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；%

	110年度					111年度 預算數	112年度 申請數	113年度 申請數
	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	7180	7100	0	7100	98.89%	4640	6877	6877
(1)人事費	0	0	0	0	%	0	0	0
(2)材料費	1100	1023	0	1023	93.00%	1165	1817	1817
(3)其他經常支出	6080	6077	0	6077	99.95%	3475	5060	5060
二、資本門小計	2320	2296	0	2296	98.97%	4300	3800	3800
(1)土地建築	0	0	0	0	%	0	0	0
(2)儀器設備	2320	2296	0	2296	98.97%	4300	3800	3800
(3)其他資本支出	0	0	0	0	%	0	0	0
總計	9500	9396	0	9396	98.91%	8940	10677	10677

		110年度 決算數（執行率）	111年度 預算數	112年度 申請數	113年度 申請數
綱要計畫總計	總計	9396（98.91%）	8940	10677	10677
接軌國際輻防技術規範與精進 量測技術能力（1/4）	小計	9396（98.91%）	8940	10677	10677
	經常支出	7100（98.89%）	4640	6877	6877
	資本支出	2296（98.97%）	4300	3800	3800

二 經費支用說明

執行率 98.91%

三 經費實際支用與原規劃差異說明

符合規劃

壹、成果之價值與貢獻度	2-2
<u>貳、檢討與展望</u>	2-9
<u>參、其他補充資料</u>	2-12

壹、成果之價值與貢獻度

(請說明計畫執行至今所達成之主要成果之價值與貢獻，亦即多年期綱要計畫，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。)

本計畫為四年期計畫，計畫期程為 110 年至 113 年，以下針對第一年研究成果分別說明：

一、學術成就(科技基礎研究)

1. 論文：本年度計畫共發表 2 篇論文，1 篇投稿已通過審查刊登於國際期刊 International Journal of Radiation Biology，1 篇為研討會論文。

(1). SCI 論文題目為「Intercomparison of Conventional and QuickScan Dickey Scoring for the Validation of Individual Biodosimetry Analysis in Taiwan」，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。

(2). 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。

2. 研究報告：本年度共發表研究報告 7 篇

(1). 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。

(2). 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。

- (3). 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。
- (4). 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。
- (5). 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。
- (6). 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。
- (7). 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。

3. 技術報告：本年度共發表技術報告 1 篇

- (1). 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。

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). 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朔研究的劑量評估。
- (2). 建立國內懷孕婦女之胎兒輻射劑量評估技術：與清華大學合作；本研究利用數學假體模擬評估不同孕期懷孕婦女之胎兒劑量，使用蒙地卡羅程式模擬孕婦腹部表面劑量與子宮器官劑量(胎兒劑量)之間的劑量轉換係數，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。
- (3). 衛星實驗室建立：本研究以核研所為中心實驗室，於國內數個地區建立衛星實驗室，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。並進一步培訓衛星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。

二、技術創新(科技技術創新)

依據計畫主要工作項目分述執行年度、成果應用應用範圍或單位、與技術創新相關內容。

- (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。

(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贍餘妊娠期間胚胎/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。

(3). γ -H2AX 測定法(執行年度：109-110 年)：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。

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。

(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。

(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。
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。

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的科學成果基礎，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先期眼球水晶體劑量查訪研究，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。

螢光透視攝影操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。

(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。

(3). 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，低劑量仍有潛在增加風險可能，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

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)

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、與貢獻於其他效益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：

- 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)，並建立本土懷孕婦女擬人假體，以供未來修法依據。
- 因應國際眼球水晶體劑量新限值，先期舉辦「眼球水晶體劑量監測訪查研究」，其初評估 1 個月關鍵工作族群劑量，將回饋兩年期訪查計劃建立科學論據，並強化與精進正確的輻射防護觀念，以利於後續修法推動。
- 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，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。

(2). 強化國內輻射檢校量測技術能力研究：

- 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。

(3). 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，成為染色體雙中節變異分析之人員生物劑量評估衛星實驗室，同時展開規劃建立北部衛星實驗室工作，進行人才培育與技術擴散，厚植我國生物劑量評估量能。

貳、檢討與展望

(請檢討計畫執行可改善事項或後續可精進處，並說明後續工作構想重點與未來展望等；屆期計畫請強化說明後續是否有下期計畫、計畫轉型或整併、納入機關例行性業務、或其他推廣計畫成果效益之作為等。)

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，修訂為其贖餘妊娠期間胚胎/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，為了更精確地進行胎兒劑量評估，尚須建立體素假體及提供相關表單與輻射工作人員使用規範，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」，以了解與國內實務作業與國際輻防建議之差異，並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。今年度涉及肢端劑量計(110-111 年)、輻射偵檢儀器(109-110 年)、中低強度放射性核種分析(110 年)、及環境試樣放射性核種(110 年)能力試驗研究四大項，此 4 項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：「肢端劑量評估」為第 1 次正式舉辦從無至有的里程碑、「輻射儀器檢校」試驗項目歷年最多還包括首次中子儀器校正實驗室比對、「環境試樣核種分析」參與實驗室數歷年最多、「中低強度核種分析」試驗核種數歷年最多。

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，實驗室於今年度因 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，本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

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

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。

本年度與清華大學合作，進行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研究，藉此進行核醫製藥與透視攝影劑量初步評估，特別關注於手部肢端劑量與眼球水晶體劑量模擬之劑量分布。透過學術合作達到技術精進與技術擴散，研究成果與主管單位交流回饋，將引入更符合實際狀況的條件，其成果期能作為患者放射診療品質管控、確保輻射從業人員和一般民眾之輻射安全業務之科學證據之一。

本年度與清華大學原科中心合作，建立國內懷孕婦女之胎兒輻射劑量評估技術研究，藉由數學假體模擬評估不同孕期懷孕婦女之胎兒劑量，使用蒙地卡羅程式模擬孕婦腹部表面劑量與子宮器官劑量(胎兒劑量)之間的劑量轉換係數，將其結果與國際文獻(ICRP 74)數據進行比對，確保模擬實驗之正確性，此外，本年度亦完成製作台灣懷孕婦女體型之腹部假體，並進行驗證性研究，以確保未來實驗量測之準確性，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。本年度亦同時與台北醫學大學合作，包含高雄醫學大學與核研所，共計 3 間國內實驗室，執行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
Intercomparison of Conventional and QuickScan Dicentric Scoring for the Validation of Individual Biodosimetry Analysis in Taiwan	林○琪	2021	D	子項計畫三、精進染色體變異分析技術與評估研究
Evaluation of Human Biodosimetry	廖○蓉	2021	E	子項計畫三、精進染色體變異分析技術與評估研究

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。

【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	B	A	2021	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、化學組)、偵測中心、食藥署、新北市衛生局、高雄市衛生局、清大、同步輻射、台電公司、輻防協會、貝克西弗、全國認證基金會等	B	A	2021	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)、高醫(南)、北醫(北)	B	A	2021	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
蔡 O 芝	清華大學	B	A (?)	子項計畫一、建立國際同步之輻射防護規範研究
徐 O 瑩	清華大學	B	A (?)	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
懷孕婦女之胎兒輻射劑量研究報告	張 O 婷	2021	C	子項計畫一、建立國際同步之輻射防護規範研究
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	蔡 O 芝、徐 O 瑩、許 O 鈞	2021	C	子項計畫一、建立國際同步之輻射防護規範研究
不同分析方法對 γ -H2AX 蛋白含量測定比較研究報告	林 O 慧	2021	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。

【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
2021 年輻射儀器校正與肢端劑量計能力試驗技術討論會(視訊會議)	A	20210611	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
110 年游離輻射量測能力試驗總結會議暨氚量測技術研討會(視訊會議)	A	20211014	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
中華民國核醫學學會 2021 年會	A	20211120	中華民國核醫學學會/台中榮民總醫院/行政院原子	子項計畫三、精進染色體變異分

暨國際學術研討會			能委員會核能研究所/經濟部技術處	析技術與評估研究
----------	--	--	------------------	----------

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
2021 年輻射儀器校正與肢端劑量計能力試驗技術討論會	C	A	2021	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。

【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
眼球水晶體劑量計系統操作程序書	A	邱 O 綺	2021	核能研究所	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 IN 射質校正系統評估報告	A	吳 O 安等	2021	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
第八次輻射偵測儀器校正能力試驗總結報告	A	鄒 O 泓等	2021	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
110 年環境試樣核種分析能力試驗總結報告	A	陳 O 真等	2021	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
110 年中低強度核種分析能力試驗報告	A	朱 O 翰等	2021	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。