108 年度政府科技發展計畫 績效報告書 (D006)

計畫名稱：輻射防護管制規範與度量
技術研究 (3/4)

執行期間：

全程：自 106 年 1 月 1 日 至 109 年 12 月 31 日止

本期：自 108 年 1 月 1 日 至 108 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輻射防護處
行政院原子能委員會核能研究所

目 錄

【108 年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表(D003)】	1
第一部分	7
壹、目標與架構(系統填寫)	8
一、總目標及其達成情形	8
二、架構(系統產出，不另行填寫)	24
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	33
三、經費實際支用與原規劃差異說明	34
參、主要產出與關鍵效益 (E003)	35
第二部分	39
壹、成果之價值與貢獻度	40
貳、檢討與展望	51
參、其他補充資料	55
一、跨部會協調或與相關計畫之配合	55
二、大型科學儀器使用效益說明	55
三、其他補充說明(分段上傳)	56
【108 年度績效自評意見暨回復說明(D007)】	57
附表、佐證資料表	62
附件、計畫成果完整說明	錯誤! 尚未定義書籤。

【108年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表(D003)】

審議編號	108-2001-02-17-08					
計畫名稱	輻射防護管制規範與度量技術研究(3/4)					
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輻射防護處、行政院原子能委員會核能研究所					
計畫主持人	姓名	劉文熙	職稱	處長		
	服務機關	行政院原子能委員會輻射防護處				
計畫類別	■一般科技施政計畫(延續)					
計畫群組及比重	環境科技 100%					
執行期間	108年01月01日至108年12月31日					
全程期間	106年01月01日至109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)		
	106	11,514		8.0		
	107	11,883		8.5		
	108	10,750		7.2		
	109	10,800		7.5		
	合計	44,947		31.2		
	108 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	N/A
			材料費	1,500	1,560	104.00
			其他經常支出	6,341	5,610	88.47
			小計	7,841	7,170	91.44
		資本 門	土地建築	0	0	N/A
			儀器設備	4,300	3,580	83.26
			其他資本支出	0	0	N/A
小計			4,300	3,580	83.26	
經費合計		12,141	10,750	88.54		
政策依據 (請依計畫書 規劃填列)	一、【行政院原子能委員會106年至109年中程施政計畫】(壹、施政綱要二、保障環境及民生輻射安全之(一)嚴密輻射防護安全管理、(二)強化核(輻射)災害防救能量，與三、原子能科技應用研究發展之(一)推動民生應用基礎研究和(二)發展工程跨					

	<p>域整合技術。</p> <p>二、 【行政院 108 年度施政方針】</p> <p>(一) 之「壹、內政、族群及轉型正義」之四：加強社會安全網，確保社會安定；強化反詐騙工作，全力防制詐欺犯罪；落實治安教育訓練，強化國家關鍵基礎設施安全防護；<u>提升複合型災害防救量能</u>，精進緊急救護品質與效能。</p> <p>(二) 之「伍、教育、文化及科技」之十三：推動亞洲·矽谷、綠能科技、<u>生醫產業</u>、智慧機械、新農業、循環經濟圈、晶片設計及半導體前瞻科技，以及文化科技創新等產業創新關鍵技術研發，投入量子電腦、數位醫藥及奈米科技創新等產業應用，導入國際與台灣新創生態系，<u>提升台灣科技應用創新</u>。</p> <p>之十六：<u>強化輻射安全管制及輻射災害防救量能</u>，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，<u>推動公眾參與監督及資訊透明機制</u>；<u>拓展原子能科技民生應用</u>，研發綠色能源產業關鍵技術。</p> <p>(三) 之「捌、勞動、衛生福利及環境保護」之一：完備職業安全衛生法制，強化高風險事業防災機制，擴大職場健康照護範圍；<u>加強職場危害及預防機制調查研究</u>；完善職業災害保險制度，<u>確保安全職場環境</u>。</p>
<p>與國家科學技術發展計畫之關聯 (請依計畫書規畫填列)</p>	<p>一、 目標： 【國家科學技術發展計畫（106 年至 109 年）】4 大目標之(二) 堅實智慧生活科技與產業</p> <p>二、 策略：</p> <p>(一) 醫療技術：因應生醫產業與個人化醫療的國際新趨勢，積極推動精準醫療科技，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</p> <p>(二) 災害防治：建立輻射意外曝露應變作業程序及法規，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，以助重建輻射意外事故中受影響人員之輻射曝露劑量。</p>
<p>本計畫在機關施政項目之定位及功能 (請依計畫書規畫填列)</p>	<p>一、 原子能委員會是全國輻射安全的主管機關，輻射防護管制的核心業務是以專業及合理的管制措施，確保人員及環境之輻射安全。輻射防護管制之物件除核子設施外，尚包括：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，對象則包括從業人員、接受放射性診斷及治療之民眾、一般民眾及週遭之環境。為防制輻射危害，強化游離輻射管制措施，原能會有責任推動原子能科技在工業應用、放射診療等民生安全議題之研究發展，提升國家游離輻射標準，並使相關技術與國際接軌。考量科技專業性，本計畫將以職權交辦方式委由</p>

	<p>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。</p> <p>二、本計畫之目的，在於因應國際最新法規與管制實務趨勢，及強化國內輻防科技發展，以輻射防護管制規範與度量技術研究為中心規劃，進行輻射防護管制規範與技術、輻射偵測與儀器檢校、輻防劑量評估與稽核驗證方法、人員與生物劑量評估等研究。考量原子能科技應用的全面性，因應國內外趨勢建立基礎量能和量測系統，含可能遭遇的輻射曝露意外事件，以提升游離輻射防護管制技術，確保民眾健康及輻射安全。</p>
<p>計畫重點描述</p>	<p>本計畫主要工作：</p> <p>一、輻射防護技術規範與劑量評估精進研究</p> <p>配合 ICRP-103 號報告建議書納法研議，政府保障環境及民生輻射安全之施政目標，提升國內輻防觀念及確保技術規範與架構符合國際趨勢，落實輻防最適化管制作為。本計畫將參酌國際最新輻防管制趨勢，針對技術規範、眼球劑量等輻防架構、管制作業影響及評估技術進行研析，評估游離輻射防護法研修方向及對現行輻防管制體系之影響，並提供相關系統與實務建議。</p> <p>二、輻射防護能力試驗技術研究</p> <p>本計畫參考國際規範與輻防法規對於國內人員劑量計與肢端劑量計輻射劑量評估之管制需求，執行能力試驗研究，建置與維持能力試驗之執行設備、劑量追溯系統、量測技術與作業程序，並透過實驗室認證同步分析及辦理技術研討會，進行技術交流。</p> <p>三、輻射應用劑量評估與檢校技術研究</p> <p>立意於新穎及迫切性輻射應用科技研究，以提升管制作業之效能。本計畫針對醫療曝露透視攝影之劑量品保及校正評估，建立動態擬人假體在輻射劑量的評估技術，粒子治療射束品質評估等研究，結合技術研發與實務需求，以解決國內輻射應用輻防管制與醫療曝露品保之實際與未來潛在需求。</p> <p>四、人員生物劑量染色體變異評估技術研究</p> <p>本計畫持續推動人員生物劑量評估技術之研發，針對輻射工作人員、醫療診斷/治療接觸輻射線與國人背景值分析為中心規劃，人員生物劑量評估等研究。藉由建置及維持國家級輻射生物劑量實驗室，並透過建立國人生物樣本，將有助於重建輻射意外事故中受影</p>

	<p>響人員之輻射曝露。</p> <p>備註：</p> <p>本案中程計畫名稱為「核設施除役與輻射防護劑量評估驗證技術研究」，其中「核設施除役輻射防護管制技術研究」工作項目，因配合本會除役相關計畫整併，以利資源統籌運用，故自 108 年度起移列其他計畫項下，並因應管制需求新增「輻射防護技術規範與劑量評估精進研究」工作項目，綱要計畫名稱配合調整。</p>	
<p>主要績效指標</p>	<p>原設定</p>	<p>論文 3 篇(國際至少 2 篇)、研究團隊養成 4 個(全程)、博碩士培育 1 人、研究報告 4 篇、辦理學術活動 2 場、手冊 1 份、技術報告 1 篇。</p>
	<p>達成情形</p>	<p>論文 5 篇 (SCI 投稿 2 篇、會議論文 3 篇)、研究團隊養成 4 個 (全程)、博碩士培育 2 人、研究報告 5 篇、辦理學術活動 3 場、手冊 1 份、技術報告 3 篇、TAF 技術規範 1 份</p>
<p>計畫效益與重大突破</p>	<p>一、輻射防護技術規範與劑量評估精進研究</p> <p>(一) 研析 IAEA-GSR Part III 等輻防建議與各國法規技術報告，提供國際趨勢走向，鞏固國內輻防技術規範研擬之依據。</p> <p>(二) 完成 ICRP 輻防體系演進與游離輻射防護安全標準差異對照盤點，提出輻防標準技術規範修正建議(草案)，以保障國內輻射安全立法精神與時俱進。</p> <p>(三) 召開兩次外部專家討論會議(另含一場內部專家)，收集國內輻防專家建議，並執行輻防標準修法(草案)修訂，未來將透過產業溝通，進而完備主管機關之管制能力。</p> <p>二、輻射防護能力試驗技術研究</p> <p>(一) 透過人員劑量計能力試驗運轉研究，確保國內 8 家劑量評估實驗室第一線技術能力，保障輻射從業人員 5 萬 2 千餘人(申請佩章人數來自原子能委員會 107 年 12 月的統計數據)，涵蓋核設施、工業、醫院、研究機構等領域之職業曝露輻射安全。</p> <p>(二) 透過肢端劑量計能力試驗技術規範研究，接軌國際最新標準，完善國內基礎技術環境，強化輻射防護與管制技術之科學依憑。</p> <p>三、輻射應用劑量評估與檢校技術研究</p> <p>(一) 放射檢查等醫學檢查逐漸受到民眾重視，依衛生福利部 107 年之統計資料顯示，國人每年接受乳房 X 光攝影篩檢約 170.2 萬人次、電腦斷層掃描檢查人次約 255.5 萬人次、核</p>	

	<p>子醫學檢查約 48.5 萬人次，其中，透視攝影屬於高輻射曝露風險，故建置醫療曝露透視攝影之劑量校正射質，以解決即將面對的醫療曝露品保之實際需求。</p> <p>(二) 依上述統計資料也顯示有放射治療約 128.7 萬人次，且國內質子治療與重粒子治療技術亦蓬勃發展，醫用粒子治療設備達約 1.5 萬人次，本計畫之直線能量轉移射質評估技術可提升輻射劑量評估準確性；另一方面，動態擬人假體在輻射劑量的評估技術之建立，屬於新穎之模擬技術，可應用於各式射源處理等不均勻場之評估。此兩者透過學術合作進行技術擴展，結合技術研發與未來潛在需求，強化輻安管制和社會大眾之輻射安全。</p> <p>四、人員生物劑量染色體變異評估技術研究</p> <p>在策略上，人員生物劑量分析實驗室是朝向建立國家級參考實驗室的目標努力，藉由每年建立劑量-雙中節染色體發生率之標準曲線、維持 ISO/IEC 17025 品質標準實驗室，執行國際比對工作，和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，提供國內檢測服務。</p>
<p>遭遇困難與因應對策</p>	<p>遭遇困難：</p> <p>本年度計畫經常門支用狀況為 91.44%，資本門支用狀況為 83.26%，總經費支用狀況為 88.54%。整體預算執行率過低，原因分析如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本案係以職權交辦方式請核能研究所執行，因該所部分執行同仁離退、調職等原因，人事異動較為頻繁，故部分耗材採購作業有延遲情形； 2. 有關資本門部分，原擬汰換部分老舊已達使用年限的高壓產生器、電量計與 X 光機高電壓導線等設備及材料，惟經實測評估後，仍堪使用，足以完成本年度計畫工作，遂以完成計畫應辦事項為優先考量，併達節省公帑之效。 <p>因應對策：</p> <p>108 年度計畫成效經評估尚符預期目標，109 年度計畫執行團隊將會補入新進人力，並審慎評估計畫執行設備需求，提前進行相關採購作業程序，力求改善整體預算執行率過低的現象。</p>
<p>後續精進措施</p>	<p>一、輻射防護技術規範與劑量評估精進研究</p> <p>(一) 本項工作盤點我國輻防標準與國際輻防概念差異項目，並建議草案、修訂衝擊與所需建立相關技術等。本案成果報告亦由國內輻防專家進行審閱，並提出實務執行之修訂建議；惟法規之修訂，需考量利益相關者的衝擊與因應，故俟確認修訂項目後，將與相關利害關係人進行議題研討，並考量建立</p>

相對應之主管機關管制/業者因應技術。

- (二) 依據國際修法趨勢，眼球水晶體劑量限度修訂係優先度最高之項目，後續將配合相關計畫，於國內建立相對應之眼球劑量校正、計測、宣導與服務技術及程序等監測體系。

二、輻射防護能力試驗技術研究

- (一) 108 年度已依據國際規範 ANSI/HPS N13.11 2009(R2015)最新版本，與 TAF 合作公告最新版人員劑量評估技術規範，並作為最近之能力試驗依據。
- (二) 肢端劑量能力試驗技術規範參考 ANSI/HPS N13.32(2018)國際最新版本與試運轉結果進行增訂研究，後續將持續與 TAF 合作，以精進國內規範技術與國際接軌。

三、輻射應用劑量評估與檢校技術研究

- (一) 應配合透視攝影醫療曝露品質保證政策推行，完成醫療曝露透視攝影劑量校正系統建置；
- (二) 隨著輻防劑量評估技術發展，針對核設施處置場、醫療曝露等近距離特殊照射條件，或緊急曝露模擬，持續透過動態擬人假體研究，以預先或恢復更趨事實之輻射劑量評估，以為應變或建議；
- (三) 配合前期熱發光劑量計與本期粒子徑跡初探之直線能量轉移研究，逐步完成 $<10 \text{ keV}/\mu\text{m}$ 和 $>10 \text{ keV}/\mu\text{m}$ 的全面性的射質評估系統。

四、人員生物劑量染色體變異評估技術研究

因應 ISO 17025:2017 新版改版，本年度已順利通過並取得認證，未來也將持續維持品質系統認證。目前染色體雙中節變異技術已發展純熟，未來將再開發新的分析方法，希望可以與現有染色體雙中節變異技術互相進行比對，並補足低於 0.1 Gy 劑量無法偵測之部分。

計畫連絡人	姓名	王濬儒	職稱	技士
	服務機關	行政院原子能委員會輻射防護處		
	電話	(02)2232-2189	電子郵件	cjwang@aec.gov.tw

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(系統填寫)

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

一、總目標及其達成情形

1. 全程總目標：

原子能委員會是全國輻射安全的主管機關，輻射防護管制的核心業務是以專業及合理的管制措施，來確保人員及環境之輻射安全，近年國際原子能總署(International Atomic Energy Agency, IAEA)、歐盟陸續出版許多管制建議與規範，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，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。

綜上，本計畫係以提升輻防管制效能為計畫總目標，維護民眾之健康及安全為前提，確保「核安輻安，民眾心安」，並推動原子能科技在核設施除役、工業應用、放射診療等民生安全議題之研究發展，提升國家及國內游離輻射活度和劑量度量技術。落實原子能科技於社會民生福祉與環境永續發展之目標，堅實智慧生活科技與產業，增進社會大眾對原子能施政之信心。

本計畫之4個主要工作項目如下：

- (一) 輻射防護技術規範與劑量評估精進研究
- (二) 輻射防護能力試驗技術研究
- (三) 輻射應用劑量評估與檢校技術研究
- (四) 人員生物劑量染色體變異評估技術研究

各主要工作項目具體內涵分述如下：

(一) 輻射防護技術規範與劑量評估精進研究

為達到最優化的輻射防護管制作為，參考國際上最新輻射防

護趨勢，規劃修訂游離輻射防護安全標準，執行目的為因應我國現行的游離輻射防護法修訂，精進紮實強化我國的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精神，確保民眾的輻射安全。執行方法主要為透過研析國際原子能總署(IAEA)的一般性安全導則(GSR) Part 3，關於國際輻射防護和輻射安全的基本安全標準，並研究國外作法與國內目前法規管理架構之差異。透過差異比較，與國際接軌的當下，提出輻射防護技術規範建議書，於我國的輻射防護體系由原先的 ICRP-60 號體系邁向 ICRP-103 號體系之際，建立實務管制面必須系統，強化整體輻防體系，提升民眾的健康品質。預期本計畫之研究成果可配合法規面推動，透過核能研究所(簡稱：核研所，Institute of Nuclear Energy Research, INER)與國內保健物理專業單位合作，達到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，並可以有效確保環境、民眾與工作人員之輻射安全。

(二) 輻射防護能力試驗技術研究

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。環境輻射監測、輻射劑量評估與輻射偵檢為重要的輻防管制工作，原能會亦體認國內輻防相關實驗室具備良好的技術能力與完備的品保作業即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，因此規定必須透過認證以確認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。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，本計畫將配合輻防法規與本會關於輻射劑量評估、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，與核能研究所國家游離輻射標準實驗室合作，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，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。

(三) 輻射應用劑量評估與檢校技術研究

本計畫執行輻射應用新穎或急迫性議題研究，立意於大眾期待和政策推行，以核研所技術為核心，透過學術合作達到技術精進與技術擴展，研擬建置醫療曝露透視攝影之劑量校正射質評估，建立動態擬人假體在輻射劑量的評估技術，粒子治療射束品質評估等研究，建立劑量追溯標準與量測評估技術，透過現有輻射安全管制體系，以提昇輻防管制能力，確保輻射工作人員及民眾之輻射安全，提升國家及國內游離輻射量測量能，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。

(四) 人員生物劑量染色體變異評估技術研究

本計畫積極進行人員生物劑量染色體變異評估技術研究，並建立與精進相關技術，有助於協助主管機關執行相關意外曝露應變作業程序及法規，並發展出具有國際水準的輻射生物劑量實驗室系統，服務我國工作人員及民眾。此研究成果可應用於核設施之緊急應變或除役等輻射防護相關的劑量再評估，有效提升主管機關在輻射管制與風險評估的作為。本計畫積極建立與維持 ISO 17025 認證之輻射生物劑量實驗室，持續與國際生物劑量支援網路合作，以核能研究所為參考實驗室，建立本土染色體雙中節背景值，輔導東部和南部衛星實驗室建立生物劑量評估能力，提升游離輻射安全管制層次及水準。

2. 分年目標與達成情形

年度	分年目標	達成情形
一、輻射防護技術規範與劑量評估精進研究(108-109) 註：核設施除役輻射防護管制技術研究(106-107)		
第一年 106	<ol style="list-style-type: none"> 1. 完成除役後廠址環境輻射偵測報告審查導則修訂； 2. 完成核電廠 PRM 設定點及評估模式與核設施例行運轉環境調查基準研究； 3. 完成環境核種分析儀器校正用參考物質(菇類、濾紙)研製。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學術成就與技術創新： 完成「核電廠預警機制設定」與「環境核種分析儀器校正用參考物質(菇類、濾紙)」報告 2 篇。 2. 合作團隊養成： 因應我國核設施除役工作之推動，建立除役輻射安全防護與劑量評估技術團隊，以確保環境與人員之輻射安全。 3. 技術服務： 研製環境核種分析儀器校正用參考物質，可供量測環境試樣加馬核種活度校正服務用。 4. 決策依據： 完成除役後廠址環境輻射偵測報告審查導則修訂，可供主管機關制定相關輻防管制規定之參考。
第二年 107	<ol style="list-style-type: none"> 1. 完成核設施除役輻射防視察作業程序研究。 2. 完成核設施例行運轉廠區調查基準研究。 3. 完成環境核種分析儀器校正用參考物質(人工尿樣、人工 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學術成就與技術創新： 完成「除役輻射防視察作業程序」、「核設施例行運轉廠區調查基準研究」與環境核種分析儀器校正用參考物質(人工尿樣、人工糞樣)」報告 3 篇。 2. 合作團隊養成： 因應我國核設施除役工作之推動，建立除役輻射安全防護與劑量評估技術團隊，以確保環境與人員之輻射安

年度	分年目標	達成情形
	冀樣)研製。	全。 3. 技術服務： 研製環境核種分析儀器校正用參考物質，可供量測環境試樣加馬核種活度校正服務用。 4. 決策依據： 舉辦核設施除役與輻射特性調查專業技術教育訓練，並完成訓練教材，以完備主管機關於核設施除役輻射防護之管制能力。
第三年 108	<ol style="list-style-type: none"> 1. 研析 IAEA 相關技術規範，完成國外作法與國內現況之差異比較； 2. 游離輻射防護技術規範修訂(草案)建議之研擬，並舉辦法規或技術規範精進學術會議； 3. 眼球劑量輻防架構與評估技術研析。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學術成就與技術創新： 完成「研析 IAEA-GSR Part3 建議及輻防標準技術規範修正建議報告」一份，並召開二次外部專家討論會(另含一場內部專家)，收集國內輻防專家建議。另完成「IAEA 1731 眼球水晶體職業輻射防護的新劑量限度含義」技術文件研析。 2. 合作團隊養成： 依循國際輻射防護概念之演進，配合國內法規架構調整，進行輻防安全標準技術規範修訂，研究國內外參考依據，以落實輻射安全管制作為。 3. 決策依據： 完成游離輻射防護技術規範修訂(草案)建議之研擬，可供主管機關制定相關輻防管制規定之參考。
二、輻射防護能力試驗技術研究		
第一年 106	<ol style="list-style-type: none"> 1. 能力試驗輻射場射質品保驗證技術研發，以舉辦人員劑量計能力試驗技術 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學術成就與合作團隊養成： 舉辦研討會 1 場，配合第十次人員劑量能力試驗，持續與 TAF 認可實驗室(游離輻射測試領域人員劑量

年度	分年目標	達成情形
	<p>討論會議，進行技術交流；</p> <p>2. 肢端劑量計能力試驗試運轉前期研究；</p> <p>3. 輻射偵檢儀器校正能力試驗規劃研究，並舉辦技術研討會。</p>	<p>計有 8 家)進行技術交流，提升實驗室之技術與品質。</p> <p>2. 技術創新： 依據近三次人員劑量能力試驗數據，評估 ANSI/HPS N13.11 新國際規範的適用性，其研究與推動有助強化我國人員輻射劑量計評定單位之整體品質，提供相關工作人員劑量更加準確、高品質的計測結果。</p> <p>3. 技術服務： 研發之輻射偵檢儀器校正、人員劑量計和肢端劑量計能力試驗照射系統，可提供全國性能力試驗使用，以更有效保障工作人員及相關之輻射安全。</p> <p>4. 決策依據： 輻防處為游離輻射領域能力試驗管制單位，最近一次人員劑量能力試驗總結報告與提供之各實驗室偵測低限(LLD)，可供執行相關輻防管制規定之參考。</p>
<p>第二年 107</p>	<p>1. 肢端劑量計能力試驗試運轉後期研究；</p> <p>2. 依據 ANSI/HPS N13.11 最新標準，進行人員劑量評估實驗室認證規範之修訂研究；</p> <p>3. 完成輻射偵檢儀器校正能力試驗之研究，並舉辦研討會；</p> <p>4. 環境試樣放射性核種分析能力試驗運轉研究，並舉辦環</p>	<p>1. 學術成就與合作團隊養成： 舉辦研討會 2 場，配合肢端劑量(試運轉)、輻射偵檢儀器校正能力、環境試樣和中低強度核種分析能力試驗，持續與 TAF 認可實驗室進行技術交流，提升實驗室之技術與品質。</p> <p>2. 技術創新： 參考人員劑量評估 ANSI/HPS N13.11 2009(R2015) 國際最新版本，完成國內 TAF-CNLA-T08 規範修訂草案，送 TAF 審核，相關研究與推動有助強化我國人員輻射劑量計評定單位之整體品質，提供相關工作人員劑量更加準確、高品質的計</p>

年度	分年目標	達成情形
	<p>境試樣放射性核種能力試驗研討會；</p> <p>5. 中低強度核種分析能力試驗運轉研究，並舉辦環境試樣放射性核種能力試驗研討會。</p>	<p>測結果。</p> <p>3. 技術服務： 研發之輻射偵檢儀器校正、人員劑量計、肢端劑量計照射系統和核種分析標準物質配置系統，可提供全國性能力試驗使用，以更有效保障工作人員及相關之輻射安全。</p> <p>4. 決策依據： 輻防處為游離輻射領域能力試驗管制單位，最新能力試驗總結報告統整國內實驗室能力並提供國際情資，可供執行相關輻防管制參考。</p>
<p>第三年 108</p>	<p>1. 人員劑量計能力試驗規劃研究，並舉辦技術研討會；</p> <p>2. 年度劑量測試輻射場射質品保驗證與評估系統校驗；</p> <p>3. 依據 ANSI N13.32 最新標準，進行肢端劑量評估實驗室認證規範之修訂研究；</p> <p>4. ICRU 90 游離輻射量測的關鍵數據：量測標準和應用之研析。</p>	<p>1. 學術成就與合作團隊養成： 結合過去近十年能力試驗成果，完成國際期刊投稿 1 篇。舉辦研討會 1 場，配合人員劑量計能力試驗，持續與 TAF 認可實驗室進行技術交流，提升實驗室之技術與品質。</p> <p>2. 技術創新： 參考人員肢端劑量評估 ANSI/HPS N13.32 2028 國際最新版本，完成國內規範修訂草案，送 TAF 審核，相關研究與推動有助強化我國肢端劑量計評定單位之整體品質，提供相關工作人員劑量更加準確、高品質的計測結果。</p> <p>3. 技術服務： Co-60 空氣克馬照射系統依據 ICRU 90 游離輻射量測的關鍵數據完成初估，可提供全國性能力試驗使用，以更有效保障工作人員及相關之輻射安全。</p> <p>4. 決策依據： 輻防處為游離輻射領域能力試驗管制單位，最新能力試驗總結報告統整國內實驗室能力並提供國際情</p>

年度	分年目標	達成情形
		資，可供執行相關輻防管制參考。
三、輻射應用劑量評估與檢校技術研究		
第一年 106	<ol style="list-style-type: none"> 1. 20 台直線加速器之放射治療劑量實地測量； 2. 高能中子指標量測程序與劑量低估修正的實際案例分析研究； 3. 建置質子射束射質 TLD 系統。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學術成就與合作團隊養成： 結合管制單位、研究單位(核研所)和學術單位(清華大學、陽明大學等)，完成國際期刊刊登 3 篇、會議論文 2 篇，於社會期待與新穎科研立基上，進行原子能應用之研發與技術擴展。 2. 技術創新： <ol style="list-style-type: none"> (1) 完成醫用加速器之放射治療電子劑量驗證稽核作業、臨床量測數據分析比較及統整歷年結果，精進國家級遠端郵校系統。(備註：累計電子 20 台、6 MV 光子 20 台、10 MV 光子 18 台) (2) 完成高能中子指標量測程序與長庚醫院 235 MeV 質子治療加速器輻防劑量修正的實際案例分析，建立傳統緩速型偵檢器校正因子之能譜修正評估，降低高能中子劑量低估的疑慮，可望減少過往必須送到國外校正的不便。 (3) 完成質子射束劑量 TLD 系統設置，建構理論模型，藉由理論計算與實驗測量結果進行比較分析，確認執行新興質子治療器官等價劑量與輻射防護評估之系統可行性，提升劑量評估準確性與作為輻防管制之參考。
第二年 107	<ol style="list-style-type: none"> 1. 評估國內核子醫學輻射活度計之校驗模式； 2. 國內電子與質子 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學術成就與合作團隊養成： 結合管制單位、研究單位(核研所)和學術單位(清華大學、陽明大學等)，完成國際期刊刊登 2 篇，於社

年度	分年目標	達成情形
	<p>源誘發高能中子之特性和評估；</p> <p>3. 精進質子射束射質 TLD 系統。</p>	<p>會期待與新穎科研立基上，進行原子能應用之研發與技術擴展。</p> <p>2. 技術創新：</p> <p>(1) 核醫活度計校驗模式現況調查及實測可了解儀器分布、特性、誤差來源、使用狀況等，對應核子醫學檢查約 48.5 萬人次（衛生福利部 105 年統計資料），協助相關單位精進或調整輻安管制作為，也為建立符合臨床現況之校正標準展開的先期研究。</p> <p>(2) 高能中子劑量評估技術透過不同設施實測完成系統驗證，研究不同類型加速器設施輻射產生高能中子機制的差異，完善傳統中子偵檢器的高能中子劑量低估修正建議。成果可提供質子/粒子治療中心、加速器設施、校正實驗室與主管機關參考，提升國內加速器輻安管制機制。</p> <p>(3) 考慮臨床便利性，完成直線加速器光子取代鈷-60 光子校準作為高溫比方法之研究，並驗證直線能量轉移評估系統可適用於臨床應用實驗，未來可推廣應用至病人安全與環境輻射安全評估之相關應用，提升質子治療劑量評估準確性與作為輻防重要參考。</p>
<p>第三年 108</p>	<p>1. 建置醫療曝露透視攝影劑量校正射質；</p> <p>2. 建立動態擬人假體在輻射劑量的評估技術；</p> <p>3. 建立質子射束射</p>	<p>1. 學術成就與合作團隊養成：</p> <p>結合管制單位、研究單位(核研所)和學術單位(清華大學等)，完成國際期刊投稿 1 篇、技術報告 2 篇，於社會期待與新穎科研立基上，進行原子能應用之研發與技術擴展。</p> <p>2. 技術創新：</p>

年度	分年目標	達成情形
	質粒子徑跡系統。	<p>(1) 建置醫療曝露透視攝影劑量校正射質完成根據 IEC 61267 標準規範，調整系統之 X 光機的管電壓，配置 RQR 校正射質並透過 0.5、1.5 及 2.0mm 的銅過濾片組配 RQC3、RQC5 及 RQC8 透視攝影之校正射質，且其結果與 IEC 61267 規範差異小於 5%，完成醫療曝露透視攝影劑量校正射質建立，協助主管機關精進或調整輻安管制作為，確保劑量追溯標準與量測評估技術的適切性，保障輻射工作人員及民眾之輻射安全。</p> <p>(2) 建立動態擬人假體在輻射劑量的評估技術完成 PIMAL 建立一系列動態擬人的假體模型，逼近工作人員的實際姿態，研究不同近似模型可能導致的誤差，擴展輻射防護方面於劑量評估的應用潛力，未來可用於輻射劑量曝露控管且確保工作人員與公眾的安全。</p> <p>(3) 建立質子射束射質粒子徑跡系統用固態核徑跡偵檢器 CR-39 來評估質子射束所產生二次粒子之直線能量轉移能譜，評估不同質子能量與劑量之直線能量轉移能譜，並與蒙地卡羅模擬比較，期望結合熱發光劑量計與固態核徑跡偵檢器之雙偵測器的直線能量轉移量測系統，於未來可推廣應用至病人安全與環境輻射安全評估之相關應用，提升質子治療劑量評估準確性與作為輻防重要參考。</p>
四、人員生物劑量染色體變異評估技術研究		
106	1. 與國內東部醫學	1. 學術成就與合作團隊養成：

年度	分年目標	達成情形
	<p>中心合作，取得人血樣本進行分析研究；</p> <p>2. 輔導建立南部衛星實驗室；</p> <p>3. 通過 ISO 17025 認證年度查訪，精進實驗室品質；</p> <p>4. 參與國際合作與分析，提升量測公信力。</p>	<p>完成會議論文 2 篇、舉辦研討會 1 場、完成 ISO17025 東部醫學中心(花蓮慈濟)國人血樣背景分析及輔導南部衛星實驗室(高醫)建立。</p> <p>2. 品質精進： 維持全國認證基金會 (TAF) 之專業實驗室認證。</p> <p>3. 技術服務： 完成國內首例臨時性急性曝露分析任務。</p> <p>4. 資料庫擴充： 增加年度生物劑量反應曲線，藉此擴充國人生物劑量反應資料庫。</p>
107	<p>1. 人員生物劑量染色體變異評估技術研究；</p> <p>2. 建立我國生物劑量之本年度染色體雙中節劑量反應曲線；</p> <p>3. 參與國際比對試驗；</p> <p>4. 執行 ISO17025 查訪案例並完成 ISO17025 年度查訪工作。</p>	<p>1. 學術成就與合作團隊養成： 完成會議口頭報告 2 份資料、國內學術會議海報一份、核能研究所對內報告一份、完成 ISO17025 南部醫學中心(高雄醫學大學)國人血樣背景分析。</p> <p>2. 品質精進： 維持全國認證基金會 (TAF) 之專業實驗室認證。</p> <p>3. 技術服務： 完成國內三例國人背景值分析工作。</p> <p>4. 資料庫擴充： 增加年度生物劑量反應曲線，藉此統計分析，納入國人劑量與雙中節變異性之標準曲線中。</p>
108	1. 建立 108 年度國人	1. 學術成就與合作團隊養成：

年度	分年目標	達成情形
	<p>本土染色體雙中節背景曲線；</p> <p>2. 建立生物劑量反應曲線。</p> <p>3. ISO17025:2017 改版，並完成兩件案例</p> <p>4. 輔導衛星實驗室建立劑量分析技術</p>	<p>完成會議口頭報告 2 份資料、國內學術會議海報一份、核能研究所對內報告一份、技術報告一份、完成 ISO17025 南部醫學中心(高雄醫學大學)教育訓練。</p> <p>2. 品質精進： 通過新版全國認證基金會 (TAF) 之專業實驗室認證。</p> <p>3. 技術服務： 完成國內三例國人背景值分析工作。</p> <p>4. 資料庫擴充： 增加年度生物劑量反應曲線，藉此統計分析，納入國人劑量與雙中節變異性之標準曲線中。</p>

本計畫依四個主要工作，分述執行成效如下：

1. 輻射防護技術規範與劑量評估精進研究

為達到最優化的輻射防護管制作為，參考國際上最新輻射防護趨勢，規劃修訂游離輻射防護安全標準，執行目的為因應我國現行的游離輻射防護法修訂，精進紮實強化我國的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精神，確保民眾的輻射安全。執行方法主要為透過研析國際原子能總署(IAEA)的一般性安全導則(GSR) Part 3，關於國際輻射防護和輻射安全的基本安全標準，並研究國外作法與國內目前法規管理架構之差異。透過差異比較，與國際接軌的當下，提出輻射防護技術規範建議書，於我國的輻射防護體系由原先的ICRP-60號體系邁向ICRP-103號體系之際，建立實務管制面必須系統，強化整體輻防體系，提升民眾的健康品質。預期本計畫之研究成果可配合法規面推動，透過核能研究所(簡稱：核研所，Institute of Nuclear Energy Research, INER)與國內保健物理專業單位合作，達到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，並可以有效確保環境、民眾與工作人員之輻射安全。

2. 輻射防護能力試驗技術研究

為提升輻射偵測與防護能力，本計畫將參考國際規範、輻防法規與主管機關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，研究並建置能力試驗所需之執行設備、劑量追溯系統、量測技術與作業程序，並透過實驗室認證同步舉辦分析能力試驗及辦理技術研討會，強化教育訓練與技術交流。

建立認證實驗室能力試驗執行之設備、系統、技術、作業程序，持續之能力試驗研究可提升全國第一線實驗室之技術與品質，保障

服務對象，含：可發生游離輻射設備許可類約 5 百台、登記類約 2 萬 7 千餘台、放射性物質證照許可類約 5 百張、登記類約 3 千 5 百張（原能會 107 年 12 月統計資料）；輻射從業人員申請佩章 5 萬 2 千餘人（原能會 107 年 12 月統計資料）等。

3. 輻射應用劑量評估與檢校技術研究

在新穎和迫切性輻射應用研究方面，研擬建置醫療曝露透視攝影之劑量校正射質評估，建立動態擬人假體在輻射劑量的評估技術，粒子治療射束品質評估等研究，配合透視攝影醫療曝露品質保證政策推行，進而提升病患之醫療品質與輻射安全，針對核設施處置場或醫療曝露等近距離特殊照射條件，研究動態擬人假體輻射劑量評估技術，能夠預估劑量曝露進而確保工作人員與公眾的安全；國內質子治療放射醫療設施蓬勃發展，臨床劑量和輻射防護經驗有所不同，本計畫接續發展可同時量測吸收劑量與射束品質（直線能量轉移）的固態核徑跡偵檢器系統，提升質子治療之醫療曝露品質與精進輻射防護管制於劑量評估之技術。

4. 人員生物劑量染色體變異評估技術研究

2011 年 3 月 11 日，因為地震與海嘯而造成日本福島的核事故發生，此事件也是繼 1986 年蘇聯車諾比核事故之後最為嚴重的輻射外洩事件。輻射曝露事件發生後需快速進行劑量評估，故人員生物劑量技術逐漸被重視。此外國內從事輻射相關工作人員（醫療、研究、核電廠等）也已經高達五萬餘人，為了確保發生意外事故時有公認判斷標準提供後續醫療照護，建立人員生物劑量評估是必要的過程。

目前染色體雙中節分析法為公認的黃金標準，雖然染色體雙中節分析法有費力、費時及高度依賴專門技術之缺點，但它對於輻射

有非常高的專一性以及背景值非常低的優點。根據文獻內容可得知經由染色體雙中節分析法回推接收劑量與實際劑量佩章測得之劑量相差不大，透過預先建立的不同射源的染色體變異-劑量反應曲線，對於日後若發生輻射意外曝露事件時，大量傷患的分類與臨床醫療處置的判斷與評估有很大的助益。

● 國際比較與分析(106-108)

比較項目或計畫產出成果	計畫執行前	計畫執行後
研析 IAEA-GSR Part3 建議及輻防標準技術規範修正建議報告(108年度)	國內游離輻射防護安全標準採用 ICRP 60 號報告之精神	提供採用 ICRP 103 號報告精神修訂游離輻射防護安全標準之建議，並據此廣納專家學者意見。
測試領域人員體外劑量評估技術規範 TAF-CNLA-T08(4)(108年度)	國內規範引用國際規範 ANSI/HPS N13.11 2001 版	修訂國內規範，引用國際規範 ANSI/HPS N13.11 2009(R2015)最新版
測試領域人員肢端劑量評估技術規範(2019草案)(108年度)	國內無相關規範	增訂國內規範，引用國際規範 ANSI/HPS N13.32 2018 最新版
高能中子(大於 10 MeV)場劑量低估修正研究(107年度)	待測工作場所與校正中子能譜有明顯差異時，必須有相對應的劑量修正因子。例如：美國史丹佛直線加速器中心(SLAC)直接將儀器測量劑量值乘以兩倍；一系列改良形式的中子偵檢器研發，使響應函數延升至 GeV 能量等級等。	建立之全能域中子能譜量測系統與高能中子指標量測程序研究發表於國際期刊；對於我國粒子治療中心之中子劑量監測儀器使用建議如下：(1)應使用能量延伸型的中子劑量計，並至少需以 Cf-252 中子場校正；(2)若使用經 Cf-252 校正之一般型中子劑量監測儀器，其讀值需再乘上

比較項目或 計畫產出成果	計畫執行前	計畫執行後
		2.5，才可作為粒子治療 中心環境的中子劑量。

二、架構(系統產出，不另行填寫)

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)				
輻射防護管制規範與度量技術研究(3/4)	12,141 (10,750)	袁○程	行政院原子能委員會 核能研究所	<p>整體考量目前政府政策與社會期待，雙主軸定位於「輻射防護管制規範」及「度量技術」研究。</p>	<p>一、輻射防護技術規範與劑量評估精進研究</p> <p>(一) 研析 IAEA-GSR Part III 等輻防建議與各國法規技術報告，提供國際趨勢走向，鞏固國內輻防技術規範研擬之依據。</p> <p>(二) 完成 ICRP 輻防體系演進與游離輻射防護安全標準差異對照盤點，提出輻防標準技術規範修正建議(草案)，以保障國內輻射安全立法精神與時俱進。</p> <p>(三) 召開兩次外部專家討論會議(另含一場內部專家)，收集國內輻防專家建議，並執行輻防標準修法(草案)修訂，未來將透過產業溝通，進而完備主管機關之管制能力。</p> <p>二、輻射防護能力試驗技術研究</p> <p>(一) 透過人員劑量計能力試驗運轉研究，確保國內 8 家劑量評估實驗室第一線技術能力，保障輻射從業人員 5 萬 2 千餘人(申請佩章人數來自原子能委員會 107 年 12 月的統計數據)，涵蓋核設施、工業、醫院、研究機構等領域之職業曝露輻射安全。</p> <p>(二) 透過肢端劑量計能力試驗技術規範研究，接軌國際最新標準，完善國內基礎技術環境，強化輻射防護與管制技術之科學依憑。</p>

				<p>三、輻射應用劑量評估與檢校技術研究</p> <p>(一) 放射檢查等醫學檢查逐漸受到民眾重視，依衛生福利部 107 年之統計資料顯示，國人每年接受乳房 X 光攝影篩檢約 170.2 萬人次、電腦斷層掃描檢查人次約 255.5 萬人次、核子醫學檢查約 48.5 萬人次，其中，透視攝影屬於高輻射曝露風險，故建置醫療曝露透視攝影之劑量校正射質，以解決即將面對的醫療曝露品保之實際需求。</p> <p>(二) 依上述統計資料也顯示有放射治療約 128.7 萬人次，且國內質子治療與重粒子治療技術亦蓬勃發展，醫用粒子治療設備達約 1.5 萬人次，本計畫之直線能量轉移射質評估技術可提升輻射劑量評估準確性；另一方面，動態擬人假體在輻射劑量的評估技術之建立，屬於新穎之模擬技術，可應用於各式射源處理等不均勻場之評估。此兩者透過學術合作進行技術擴展，結合技術研發與未來潛在需求，強化輻安管制和社會大眾之輻射安全。</p> <p>四、人員生物劑量染色體變異評估技術研究</p> <p>在策略上，人員生物劑量分析實驗室是朝向建立國家級參考實驗室的目標努力，藉由每年建立劑量-雙中節染色體發生率之標準曲線、維持 ISO/IEC 17025 品質標準實驗室，執行國際比對工作，和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，提供國內檢測服務。</p>
--	--	--	--	---

三、細部計畫與執行摘要

本段落請以摘要方式呈現，完整執行內容請以附件上傳方式提供

細部計畫 1	輻射防護管制規範與度量技術研究(3/4)	計畫性質	環境建構與改善 系統代入，可修改
主持人	袁○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	<p>一、 輻射防護技術規範與劑量評估精進研究</p> <p>1.1. 研析 IAEA 相關技術規範，完成國外作法與國內現況之差異比較；</p> <p>1.2. 游離輻射防護技術規範修訂(草案)建議之研擬，並舉辦法規或技術規範精進學術會議；</p> <p>1.3. 眼球劑量輻防架構與評估技術研析。</p> <p>二、 輻射防護能力試驗技術研究</p> <p>2.1. 人員劑量計能力試驗規劃研究，並舉辦技術研討會；</p> <p>2.2. 年度劑量測試輻射場射質品保驗證與評估系統校驗；</p> <p>2.3. 依據 ANSI N13.32 最新標準，進行肢端劑量評估實驗室認證規範之修訂研究；</p> <p>2.4. ICRU90 游離輻射量測的關鍵數據:量測標準和應用之研析。</p> <p>三、 輻射應用劑量評估與檢校技術研究</p> <p>3.1. 建置醫療曝露透視攝影劑量校正射質；</p> <p>3.2. 與學研單位、醫療機構或相關學會合作，建立動態擬人假體在輻射劑量的評估技術；</p> <p>3.3. 與學研單位、醫療機構或相關學會合作，建置以粒子徑跡評估質子射束的直線能量轉移系統，含設備設置、理論發展和劑量計校正。</p> <p>四、 人員生物劑量染色體變異評估技術研究</p>		

	<p>4.1. 建立 108 年度國人本土染色體雙中節背景曲線；</p> <p>4.2. 建立生物劑量反應曲線；</p> <p>4.3. ISO17025:2017 改版， 並完成兩件案例；</p> <p>4.4. 輔導衛星實驗室建立劑量分析技術。</p>		
計畫投入 (Inputs)			
預算數 (千元) / 決算數 (千元) / 執行率	系統代入 12,141/10,750/88.54%	總人力 (人年) 實際 / (規劃)	XXX 人年 / (系統代入 人年) 7.2/8.5
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
<p>請分列填報主要工作項目或子項工作</p> <p>1.1. 研析 IAEA 相關技術規範，完成國外作法與國內現況之差異比較</p>	<p>請以條列方式填寫重要成果，質量化的產出與效益、重大突破皆可</p> <p>研析 IAEA-GSR-PART3 及 ICRP 等相關國際輻防建議與國際輻防修法趨勢，考量國內實務作業，盤點我國游離輻射防護安全標準與國際差異項目，提出納法修訂建議，並分析個別項目修法影響群體、建議時程、修訂草案與因應修法需建置的對應技術。確保輻射安全管制與時俱進並建構符合國內實務之法律修訂方向。</p>		<p>請依實際發生撰寫(勿寫預期，除非非常確定)，若有特定對象，如媒合成功廠商、補助廠商等，請挑具代表性者列出名稱；若無特定對象，請以群體方式描述，例如設計界、一般消費者等</p> <p>使用者：主管機關、一般社會大眾</p> <p>合作對象：輻防專家學者</p>
<p>1.2. 游離輻射防護技術規範修訂(草案)建議之研擬，並舉辦法規或技術規範精進學</p>	<p>召集國內相關領域專家學者進行審閱建議，提出更符合科學基礎與國內實務之修訂規劃。完成修法草案審閱與建議，應依據建議進行修定，確保修法方向之適切性。強化國內輻防法體系修法之穩健，並提升輻防管制作業之品質及效能，進而增進民眾對國內輻射防護業務之信心。</p>		<p>使用者：主管機關、一般社會大眾</p> <p>合作對象：輻防專家學者</p>

術會議		
1.3. 眼球劑量輻防架構與評估技術研析	收集國際眼球劑量輻防架構、校正與評估技術、眼球劑量限值修訂進度與實施情形，並參考 IAEA 資料完成研究報告 1 篇。	使用者： 主管機關、輻防專家學者、輻射工作人員 合作對象： 輻防專家學者
2.1. 人員劑量計能力試驗規劃研究，並舉辦技術研討會 & 2.2. 年度劑量測試輻射場射質品保驗證與評估系統校驗	(1) 完成“測試領域人員體外劑量評估技術規範”CNLA-TAF-T08(04)，之修訂與審查程序，並於 108 年 3 月正式公告實施。使本項技術規範接軌最新版 ANSI N.13.11(2009,R2015)標準，促使各人員劑量評估實驗室技術符合國際規範要求。 (2) 於 108 年 5 月 23 日完成召開人員劑量計能力試驗執行前說明會，共有 8 家實驗室參與，本次試驗將依據新公告的 CNLA-TAF-T08(04)執行，以實際作為檢視各人員劑量評估實驗室之技術能力是否達到規範要求，本項測試是跨年度工作，預計於 109 年 6 月完成本次能力試驗。 (3) 光子、X 光、貝他、中子照射場完成射質測試與執行能力試驗前校正作業，結果符合 CNLA-TAF-T08(04)規定，所給定每次照射之個人等效劑量或深部吸收劑量的擴充不確定度(涵蓋因子，k=2)不得超過 5%。 (4) 統整近十年人員劑量計能力試驗數據，完成國際期刊投稿 1 篇。	使用者： 全國人員劑量評估實驗室、輻射工作人員 合作對象： TAF、全國人員劑量評估實驗室
2.3. 依據 ANSI N13.32 最新標準，進行肢端劑量評估實驗室認證規範之修訂研究	完成 ANSI/HPS N13.32(2008)導入國內技術規範之可行性研究，並據此擬定“測試領域人員肢端劑量評估技術規範”，並於 108 年 8 月 1 日於 TAF 召開第一次專家審查會議，引入 ANSI/HPS N13.32(2008)標準，可作為我國肢端劑量評估實驗室劑量校正追溯之管制應用，使國內規範與國際接軌。	使用者： 主管機關、全國肢端劑量評估實驗室、輻射工作人員 合作對象： TAF、全國肢端劑量評估實驗室
3.1. 建置醫療曝露透視攝影劑	完成醫療曝露透視攝影劑量校正射質 IEC 61267 RQC 所需的純鋁和純銅過濾片製作組配，並完成半值層量測，其結果與 IEC 61267 規範差異小於 5%，	使用者： 透視攝影醫學工作人員、輻射工作人員、學研單位

量校正射質	符合規範之要求，達成今年度計畫目標，確保劑量追溯標準與量測評估技術，透過現有輻射安全管制體系，以提昇輻防管制能力，保障輻射工作人員及民眾之輻射安全。	合作對象：主管機關
3.2. 與學研單位、醫療機構或相關學會合作，建立動態擬人假體在輻射劑量的評估技術	完成建立 PIMAL 動態擬人的一系列假體模型，且確認轉換係數及評估正確性，盡可能逼近工作人員的實際姿態，研究結果量化不同近似模型可能導致的誤差，擴展未來在精確劑量評估的應用潛力。本研究可提升國內工作人員有效劑量評估的技術。執行的成果與獲取的經驗亦可提供主管機關參考，提升國內輻射防護安全管制的水準。	使用者：主管機關、輻射工作人員、學研單位 合作對象：國立清華大學、美國核管會 NRC
3.3. 與學研單位、醫療機構或相關學會合作，建置以粒子徑跡評估質子射束的直線能量轉移系統，含設備設置、理論發展和劑量計校正。	完成建構固態核徑跡偵檢計平均直線能量轉移能譜系統，並藉由實際量測來確立系統，未來可與前期研究熱發光劑量計之 LET 量測系統合併，發展雙偵測系統以評估廣度高的 LET 範圍，未來可推廣應用至病人安全與環境輻射安全評估之相關應用，提升劑量評估準確性與作為輻射防護之重要參考。並完成國際期刊投稿 1 篇。	使用者：主管機關、質子或粒子治療醫學工作人員、輻射工作人員、學研單位 合作對象：國立清華大學、長庚醫院質子治療中心
4.1. 建立 108 年度國人本土染色體雙中節背景曲線 & 4.2. 建立生物劑量反應曲線	(1) 與國內南部高雄醫學大學附設醫院(國內醫學中心)合作，完成 3 例國人背景值(分別分析 1016、1021 與 1009 顆細胞)與 1 例反應曲線染色體影像分析，試驗之成果將擴充我國生物劑量背景值與劑量反應資料，俾利精進歷年研究成果之代表性。 (2) 完成二篇研究報告與三篇會議發表於 2019 輻射醫療處置國際研討會、2019 年核醫學會和行政院災害防救應用科技方案(第二期)104-107 年度總成果研討會，除了將重要研究成果進行紀錄留存，也可達到推廣效果。	使用者：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：高雄醫學大學附設醫院
4.3. ISO17025:2017 改版，並完	完成 ISO17025:2017 新版改版及延展認證，解決 8 個 B 類缺失與 1 個 C 類缺失並完成改善，9 月正式取得新版認證證書。藉由 TAF(全國認證基金會)	使用者：主管機關、輻射意外事故之輻射工作人員與一般

成兩件案例	對各領域之共同要求，對校正或測試實驗室的評鑑認證，達到實驗室符合國際標準與品質及技術提升之目的。	民眾 合作對象：TAF
4.4. 輔導衛星實驗室建立劑量 分析技術	針對衛星實驗室進行教育訓練，利用過往建立完整之影像數據(含輻射照射劑量樣本)，作為給予高雄醫學大學醫學影像暨放射科學系教育訓練教材。未來希望不只單純可提供人體血樣進行分析，若有緊急曝露事件發生時也可協助進行分析。	使用者：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：高雄醫學大學附設 醫院
主要績效指標 KPI 達成情形		
原規劃	系統代入，可修改	達成情形
補充說明	實際達成與原預期目標之差異說明 本計畫之執行成果均符合或提前原規劃之進度達成，就所遭遇困難皆已提出因應對策，並完成工作執行，且量化產出超越原目標。	
本年度效益、影響、重大突破		
<p>一、輻射防護技術規範與劑量評估精進研究</p> <p>(一) 研析 IAEA-GSR Part III 等輻防建議與各國法規技術報告，提供國際趨勢走向，鞏固國內輻防技術規範研擬之依據。</p> <p>(二) 完成 ICRP 輻防體系演進與游離輻射防護安全標準差異對照盤點，提出輻防標準技術規範修正建議(草案)，以保障國內輻射安全立法精神與時俱進。</p> <p>(三) 召開兩次外部專家討論會議(另含一場內部專家)，收集國內輻防專家建議，並執行輻防標準修法(草案)修訂，未來將透過產業溝通，進而完備主管機關之管制能力。</p> <p>二、輻射防護能力試驗技術研究</p> <p>(一) 透過人員劑量計能力試驗運轉研究，確保國內 8 家劑量評估實驗室第一線技術能力，保障輻射從業人員 5 萬 2 千餘人(申請佩章人數來自原子能委員會 107 年 12 月的統計數據)，涵蓋核設施、工業、醫院、研究機構等領域之職業曝露輻射安全。</p> <p>(二) 透過肢端劑量計能力試驗技術規範研究，接軌國際最新標準，完善國內基礎技術環境，強化輻射防護與管制技術之科學依憑。</p>		

三、輻射應用劑量評估與檢校技術研究

- (一) 放射檢查等醫學檢查逐漸受到民眾重視，依衛生福利部 106 年之統計資料顯示，國人每年接受乳房 X 光攝影篩檢約 163 萬人次、電腦斷層掃描檢查人次約 238 萬人次、核子醫學檢查約 50.6 萬人次，其中，透視攝影屬於高輻射曝露風險，故建置醫療曝露透視攝影之劑量校正射質，以解決即將面對的醫療曝露品保之實際需求。
- (二) 依上述統計資料也顯示有放射治療約 122 萬人次，且國內質子治療與重粒子治療技術亦蓬勃發展，本計畫之直線能量轉移射質評估技術可提升輻射劑量評估準確性；另一方面，動態擬人假體在輻射劑量的評估技術之建立，屬於新穎之模擬技術，可應用於各式射源處理等不均匀場之評估。此兩者透過學術合作進行技術擴展，結合技術研發與未來潛在需求，強化輻安管制和社會大眾之輻射安全。

四、人員生物劑量染色體變異評估技術研究

在策略上，人員生物劑量分析實驗室是朝向建立國家級參考實驗室的目標努力，藉由每年建立劑量-雙中節染色體發生率之標準曲線、維持 ISO/IEC 17025 品質標準實驗室，執行國際比對工作，和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，提供國內檢測服務。

遭遇困難與因應對策

1. **執行困難 1：**國際輻防建議方向，與國內實務作業具有差異。進行輻防修訂草案擬定時，需要考量國內實際作業與管制狀況。例如眼球水晶體劑量限值下修，必須考量相關利害團體，如執行心導管或介入性治療之醫師，修法後眼球輻射曝露劑量是否仍可以符合法規劑量限值，以及病人權益受損的程度等。此外，目前國內眼球劑量計校正、計讀技術尚未成熟，相關監測技術是否能到位，係此計畫困難之處。
因應措施與建議 1：收集國內輻防專家過去之研究計畫結論，並綜整輻射作業各產業的實務作業情形。於本報告提出修訂游離輻射防護安全標準草案外，亦一併評估可能衝擊對象、修法應一併建立的技術與建議時程等，以確保法規上路時，相關技術能同步到位。
2. **執行困難 2：**第二分項「輻射防護能力試驗技術研究」之能力試驗規範修訂工作，需考量國內市場引進最新版國際規範可能之困境，如以主管機關立場，施政目標為接軌國際，爰引最新的國際規範據以推動，但對於各個人員劑量評估實驗室而言，考量適應新規範可能之不便，且新規範允差限值較為嚴苛，當然希望沿用現行狀況。

因應措施與建議 2：於 TAF 專家學者審查會議中，提供最近三次國內 8 家實驗室之新規範適用性評估研究報告等資料，以近十年人員劑量評估實驗室技術能力均能符合新規範要求的分析結果，終能說服各人員劑量評估實驗室接受新規範之要求，以助於推動後續相關作業，接軌國際管制趨勢。

3. **執行困難 3：**第三分項關注新穎性與急迫性輻射應用議題，同時也是社會大眾最為關注之焦點。有關動態擬人假體研究，需進行大量複雜擬人假體的蒙地卡羅遷移計算，對於電腦計算效率是大挑戰。

因應措施與建議 3：建議解決方法為二大方向，一是利用高速電腦中心的資源或是加強實驗室 Linux Cluster 平行計算的技術；二是我們必須加強蒙地卡羅變異數降低技術使用的研究，從根本的物理特性與靈敏度分析找出減少計算次數的改進方向。

4. **執行困難 4：**恰逢人力短缺，故整體預算執行率較低：

(1) 執行團隊部分同仁離退、調職等原因，人事異動較為頻繁，故部分耗材採購作業有延遲情形；

(2) 有關資本門部分，原擬汰換部分老舊已達使用年限的高壓產生器、電量計與 X 光機高電壓導線等設備及材料，惟經實測評估後，仍堪使用，足以完成本年度計畫工作，遂以完成計畫應辦事項為優先考量，併達節省公帑之效

因應措施與建議 4：108 年度計畫成效經評估尚符預期目標，109 年度計畫執行團隊將會補入新進人力，並審慎評估計畫執行設備需求，提前進行相關採購作業程序，力求改善整體預算執行率過低的現象。

貳、經費執行情形

一、經資門經費表 (E005)

單位：千元；%

	108 年度					108 年度 預算數	109 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	12,141	10,750	0	10,750	88.54%	12,141	10,800	
一、經常門小計	7,841	7,170	0	7,170	91.44%	7,841	8,000	
(1)人事費	0	0	0	0	N/A	0	0	
(2)材料費	1,500	1,560	0	1,560	104.00%	1,500	1,550	
(3)其他經常支出	6,341	5,610	0	5,610	88.46%	6,341	6,450	
二、資本門小計	4,300	3,580	0	3,580	83.25%	4,300	2,800	
(1)土地建築	0	0	0	0	N/A	0	0	
(2)儀器設備	4,300	3,580	0	3,580	83.25%	4,300	2,800	
(3)其他資本支出	0	0	0	0	N/A	0	0	

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法規或技術規範精進學術會議、實驗用試樣與耗材(能力試驗劑量計晶片、生物檢體處理等)、檢體採集與分析等勞務案、專支人力、技術服務、實驗室認證與教育訓練費用、管理費等；

設備費：依實際計畫執行需求新增或汰換之設備，本年度用於輻射量測與控制系統(Keithley 6517B、2400等高精確度電量計)、高壓產生器、NI 訊號擷取控制卡等。

三、經費實際支用與原規劃差異說明

本年度計畫經常門支用狀況為 91.44%，資本門支用狀況為 83.26%，總經費支用狀況為 88.54%。整體預算執行率過低，原因分析如下：

1. 本案係以職權交辦方式請核能研究所執行，因該所部分執行同仁離退、調職等原因，人事異動較為頻繁，故部分耗材及試劑採購作業有延遲情形；
2. 有關資本門部分，原擬汰換部分老舊已達使用年限的高壓產生器、電量計與 X 光機高電壓導線等設備及材料，惟經實測評估後，仍堪使用，足以完成本年度計畫工作，遂以完成計畫應辦事項為優先考量，併達節省公帑之效。
3. 108 年度計畫成效經評估尚符預期目標，109 年度計畫執行團隊將會補入新進人力，並審慎評估計畫執行設備需求，提前進行相關採購作業程序，力求改善整體預算執行率過低的現象。

參、主要產出與關鍵效益 (E003)

填寫說明：

1. 績效指標之「原訂目標值」應與原綱要計畫書一致，惟因 107 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		108 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)	3	0	本計畫於 108 年共產出 5 篇論文，其中 2 篇投稿 SCI 國際期刊。 將計畫執行成果撰寫成論文發表，可提升計畫執行者之學術地位，並貢獻研發社群有關我國輻射安全與品質管制成效、輻射量測技術、劑量評估管制能力等經驗之累積，為相關技術發展重要參考與引用之依據。	高能中子研究(106-107)、熱發光劑量計(106-107)與粒子徑跡(108)直線能量轉移系統、(108)動態擬人假體、生物劑量染色體變異評估技術(106-108)皆為原子能民生應用前瞻科技技術，本計畫順利完成相關系統研發，助於提升我國國際地位。	
			國外(篇)		2			
		研討會論文	國內(篇)		2			
			國外(篇)		1			
		專書論文	國內(篇)		0			
			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	4	4	配合原能會關鍵目標相關工作之推行，建立輻射防護技術規範與劑量評			游離輻射安全標準技術規範因應 ICRP 103 與
		跨機構合作團隊(計畫)數		0				

屬性	績效指標類別	績效指標項目	108 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		
		跨國合作團隊(計畫)數		0	估，提升第一線輻射檢校實驗室能力，精進生物劑量實驗室技術和品質，以確保環境、人員與國內民眾之輻射安全。於計畫建立 4 個專業合作團隊： 1. 輻射防護技術規範與劑量評估精進研究團隊； 2. 輻射防護能力試驗技術研究團隊； 3. 輻射應用劑量評估與檢校技術研究團隊； 4. 人員生物劑量染色體變異評估研究團隊。	IAEA GSR part3 國際趨勢，召開專家學者會議，彙整寶貴建議，以作為修法研議之有力立基。 與 TAF 合作，人員劑量計技術規範修訂版公告，使國內技術接軌國際趨勢，為國內輻射檢測技術能力把關。
		形成實驗室數	0	0		
學術成就 (科技基礎研究)	C. 培育及延攬人才	博士培育/訓人數	1	1	國內質子/粒子治療興起，其射質效應與以往放射治療光電子射束不同，直線能量轉移技術之建立，可精進劑量評估，藉由本計畫輻射防護劑量評估相關新穎技術研究，培育具國際觀之生醫影像及放射科學高級研究人才。	
		碩士培育/訓人數		1		
		學士培育/訓人數		0		
	D1. 研究報告	研究報告篇數	4	5	1. 將研究成果撰寫成專題研究報告，以利後續政策、法規、制度的推動； 2. 技術經驗傳承，建構研發之基礎，支援主管機關從事安全管制工作。	
	E. 辦理學術活動	國內學術會議、研討會、論壇次數	2	3	舉辦「游離輻射安全標準建議專家審查會議」研討會 2 場次，與會人士為國內產官學界專家學者，針對研議方向提供	
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			

屬性	績效指標類別	績效指標項目	108 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		
		出版論文集數量	0	0	具實務性之有力建議。 「2019 年第 11 次人員劑量計能力試驗執行前說明會」研討會 1 場次，計有 11 個單位、45 人參與；「2018 年游離輻射量測能力試驗總結研討會」，計有 9 個單位、40 人參與，進行技術交流，與會人士為國內輻射檢校實驗室代表或專家學者，可將與國際接軌之技術和品質，轉而提供技術服務於國內輻射作業場所、輻射工作人員和一般社會大眾，保障我國原子能民生應用之輻射安全。	
	F.形成課程/教材/手冊/軟體	形成課程件數	0	0	108 年舉辦「2019 年第 11 次人員劑量計能力試驗執行前說明會」研討會，藉由簡報及交流討論，以深入了解人員劑量評估技術國際發展及國內現況，進而完備主管機關於相關業者技術服務之管制能力。	
製作教材件數		0	0			
製作手冊件數		1	1			
自由軟體授權釋出教材件數		0	0			
技術創新 (科技技術創新)	H.技術報告及檢驗方法	新技術開發或技術升級開發之技術報告篇數	1	3	建立相關專業技能能量，傳承技術關鍵資訊，提升核安輻安管制水準，建立相關專業技能並提供相關單位參考。	1 篇技術報告通過 TAF 審核後，轉為 TAF 技術規範，將為主管單位管理作業和全國人員劑量評估實驗室之技術和品質管理依據。
		新檢驗方法數	0	0		
	I2.參與技術活動	發表於國內外技術活動(包含技術研討會、技術說明會、競賽活動等)場次	0	0		

屬性	績效指標類別	績效指標項目	108 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)	K. 規範/標準或政策/法規草案制訂	參與制訂政府或產業技術規範/標準件數	0	1	制定測試領域人員體外劑量評估技術規範修訂版，通過 TAF 審核，並於 3 月公告採行，對象為國內 8 家人員劑量評估實驗室，及其服務約 5 萬 2 千名人員劑量徽章使用者。	
		參與制訂之政策或法規草案件數	0	0		
		草案被採納或認可通過件數	0	0		
		草案公告實施或發表件數	0	0		

108 年度計畫績效指標實際達成與原訂目標差異說明：

本計畫績效指標總量化產出超越原目標(請參閱附表、佐證資料表和附錄資料)。

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

(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。)

一、學術成就(科技基礎研究)

1. 108 年論文：本計畫於論文之學術成就共計 5 篇，其中 2 篇投稿於 SCI 國際期刊，3 篇發表於研討會，科學上的突破和發現如下所示：

- 研究論文一「Proficiency Testing and Dose Comparison for External Personnel Dosimeters Evaluation in Taiwan」投稿於 Radiation Measurement SCI 期刊(參閱附錄、圖 A.1.)，本研究探討了臺灣人員劑量計之基於最新 ANSI / HPS N13.11-2009 (R2015) 規範的能力試驗，以及劑量評估系統的驗證比較。重新分析了 2010 年至 2017 年由 INER 舉辦能力試驗的個人等效劑量 Hp (d) 數據，以研究劑量評估能力和規範更新可行性。結果顯示所有 8 個實驗室所有類別的允差 (L)，絕對偏差 (|B|) 和標準偏差 (S) 均符合最新的 ANSI / HPS N13.11-2009 (R2015) 能力試驗標準。此外，INER 提供的 TLD-700 個人劑量計的 Hp (d) 的量測結果，也與 MCNP6 蒙地卡羅程式比較以驗證。對於輻射防護領域，¹³⁷Cs(包括角度測試)、M100 和 M150 X 射線束射束，Harshaw 8814 TLD 的系統響應也令人滿意。
- 研究論文二「Thermoluminescent Detectors to Measure LET Variations in Proton Therapy of Prostate Cancer: Comparison of Bilateral and Anterior-oblique Beams」Radiation Measurement SCI 期刊(參閱附錄、圖 A.2.)，為中子劑量研究，系統性地比較使用兩種混合確定性和蒙地卡羅遷移程式：1. ADVANTG/MCNP 和 2. MAVRIC 來解決困難的中子屏蔽問題，對於用過燃料桶表面紀錄器的統計不確定度，其最佳化採用 Forward-Weighted CADIS 處理。兩種方法的中子劑量率差異接近 30%，原因為混泥土中氫的熱散射處理不一致。程式參數使用的分析結果，可用於中子劑量計算的相關應用；
- 研究論文三「建立衛星實驗室劑量分析技術方法」發表於 2019 年輻射醫療處置國際研討會 (參閱附錄、圖 A.3.)；
- 研究論文四「人員生物劑量國際能力試驗比對」發表於 2019 年中

華民國核醫學學會年會(參閱附錄、圖 A.4.)；

- 研究論文五「人員生物劑量染色體變異評估技術研究」發表於行政院災害防救應用科技方案(第二期)104-107 年度總成果研討會 (參閱附錄、圖 A.5.)。

107 論文：本計畫於論文之學術成就共計 5 篇，其中 2 篇投稿於 SCI 國際期刊，3 篇發表於研討會，科學上的突破和發現如下所示：

- 研究論文一「Clinical Application of Ionization Density Dependence of the Glow Curve Characteristics for Linear Energy Transfer (LET) Measurements in Therapeutic Proton Beams」投稿於 Radiation Measurement SCI 期刊，研究根據輝光曲線特性評估直線能量轉移評估(LET)特性，即利用熱發光劑量計(TLD)之高溫比(HTR)決定出 LET。以兩種輻射源：核能研究所的 ^{60}Co γ 射線源和醫院的直線加速器 6 MV 光子分別校正，同時以蒙地卡羅程式 TOPAS 模擬隨深度變化的劑量和 LET，並實測於林口長庚醫院的 190 MeV 質子束。可評估的 LET 範圍為 1-10 keV/ μm ，建立了具有同時評估劑量與 LET 能力的 TLD 系統；
- 研究論文二「Comparing the performance of two hybrid deterministic/Monte Carlo transport codes in shielding calculations of a spent fuel storage cask」投稿於 Nuclear Engineering and Technology SCI 期刊，為中子劑量研究，系統性地比較使用兩種混合確定性和蒙地卡羅遷移程式：1. ADVANTG/MCNP 和 2. MAVRIC 來解決困難的中子屏蔽問題，對於用過燃料桶表面紀錄器的統計不確定度，其最佳化採用 Forward-Weighted CADIS 處理。兩種方法的中子劑量率差異接近 30%，原因為混泥土中氫的熱散射處理不一致。程式參數使用的分析結果，可用於中子劑量計算的相關應用；
- 研究論文三「放射性治療於試驗動物之染色體變異性及血液和臨床之分析」發表於中華民國 2018 生醫學年會；
- 研究論文四「人員生物劑量緊急曝露事件」發表於 2018 年中華民國核醫學學會年會；
- 研究論文五「核研所生物劑量實驗室在核意外之應用」發表於 2018 年輻射醫療處置暨核醫診療研討會。

106 年論文：本計畫於論文之學術成就共計 7 篇論文，其中 3 篇刊登於 SCI 國際期刊，3 篇發表於國際會議，1 篇發表於國內會議：

- 研究論文一「Secondary neutron ambient dose equivalent measurement of the wobbling system of a proton beam radiotherapy facility」刊登 Radiation Physics and Chemistry 137(2017) 116-120 SCI 期刊，目的是評估臺灣第一座質子設施擾動(wobbling)系統，每單位處方質子劑量(prescribed proton dose)的中子周圍等效劑量(neutron ambient dose equivalent)，即 $H^*(10)/D$ 。使用寬能域中子偵檢器(WENDI-II)於距中軸 50-225 cm 處量測 $H^*(10)$ 。較高的質子能量與較寬的擴展布拉格峰(SOBP)，導致較高的二次中子輻射貢獻； $H^*(10)/D$ 的分布長度與其他設施(HIBMC, NCCHE, SCC, PMRC)的結果類似；
- 研究論文二「Monte Carlo simulations for angular and spatial distributions in therapeutic energy proton beams」刊登 Radiation Physics and Chemistry 140(2017) 217-224 SCI 期刊，利用 FLUKA、GEANT4、MCNP6 三種蒙地卡羅程式，比較臨床治療級 80、160 和 230 MeV 質子射束，於通過水靶、鋁靶以及在水假體中之散射角、深度通量分布和深度劑量分布，採用理想點射源及實際半高全寬 1.1 cm 射源進行模擬。各個蒙地卡羅程式模擬有著一致性的趨勢；角度與能量依存的劑量分布結果，可應用於小視野劑量、質子放射手術、動物質子照射等新興的臨床領域；
- 研究論文三「Dosimetric comparison of different treatment modalities for stereotactic radiotherapy」刊登 Radiation Oncology (2017) 12:155 SCI 期刊，使用熱發光劑量計(TLD)及劑量膠片(EBT3)進行放射治療劑量準確性的量測評估，比較傳統直線加速器立體放射治療 (cone-based linear)，高強度模式弧形調控放射治療 (flattening filter-free volumetric modulated arc therapy)，以及螺旋刀(tomotherapy)模式之立體放射治療法(SRT) 量的差異性。TLD 及 EBT3 劑量量測結果與放射治療計畫計算值差異小於 4%。
- 研究論文四「Dose Underestimation and Correction Factors for Conventional Neutron Dose Meters Used in High-Energy Neutron Environments」和研究論文五「Shielding Analysis of a Carbon-ion Therapy Accelerator: A Comparison between Simplified and Monte

Carlo Calculations」，分別發表於 9th International Workshop on Radiation Safety of Synchrotron Radiation Sources (RadSynch2017) 和 13th International Topical Meeting on the Nuclear Applications of Accelerators (AccApp'17) 國際會議，內容分別為高能中子環境之傳統中子劑量計修正，和粒子治療加速器屏蔽蒙地卡羅計算；

- 研究論文六「Current Status of Human Biological Dosimetry」和研究論文七「人員生物劑量染色體變異評估技術研究」，分別發表於 2017 年輻射醫療處置國際研討會和 2017 年第 32 屆生物醫學聯合學術年會，內容分享人員生物劑量分析之學術研究，有助於推廣相關研究單位對於輻射與雙中節變異性的研究成果，可尋求以建立相關學術研究機制，增益於輻射相關議題的研發。

2. 108 研究報告：本計畫於研究報告的學術成就共計 5 篇(參閱附錄 KPI 佐證資料)，含括研析 IAEA-GSR Part3 建議及輻防標準技術規範修正建議報告等，前述提供作為接軌 ICRP 103 國際趨勢修法研議之有力立基。

106、107 研究報告：本計畫於研究報告的學術成就於 106 年共計 6 篇，107 年共計 7 篇，含括核設施除役輻射防護管制技術、劑量量測與能力試驗認證、相關的研究分析，可供國內外相關領域專業人員參考使用，並有助於後續輻射安全管制規劃。關於「核電廠預警機制設定」研究報告，內容著重於核電廠 PRM 設定與評估模式，及核設施例行運轉環境調查基準設定之研究，可供未來修訂相關管制法規之參考。

3. 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、陽明大學、長庚大學、花蓮慈濟醫院、高雄醫學大學附設醫院、長庚醫院、中華民國醫學物理學會等合作(參閱附錄 KPI 佐證資料)，共建立 4 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：

- 108 與清華大學合作，引進美國核管會 RAMP 計畫中的動態擬人的

假體模型程式，它是一個非常特殊的工具程式，允許用戶產生各種不同手臂和腿部姿態的擬人假體模型，再利用 MCNP 程式進行完整的輻射遷移計算與劑量計算，進行工作人員實務應用的輻射劑量評估，於輻射防護方面可進一步了解輻射工作環境與人體的作用，以便能夠根據實際的情況控管劑量曝露與確保工作人員與公眾的安全。

- 106-108 與清華大學和長庚醫院合作，前期計畫(106-107 年)中，利用熱發光劑量計(thermoluminescent dosimeter, TLD)成功建立量測直線能量轉移的系統(LET 小於 10 keV/ μ m)，並將其應用於臨床質子治療，本年度規劃用固態核徑跡偵檢器 CR-39 者來評估質子射束(LET 大於 10 keV/ μ m)所產生二次粒子之直線能量轉移能譜，並評估不同質子能量與劑量之直線能量轉移能譜，期望研究結合熱發光劑量計與 CR39 發展雙偵測器之 LET 量測系統以評估廣度更寬的 LET 範圍，有助於醫療院所進行質子治療時之直線能量轉移評估的測量，進而可優化病人的治療計畫或對病人安全評估取得更多的資訊。
- 106-108 人員生物劑量評估技術係藉由分析人員染色體變異情形，評估人員於輻射意外事件中所接受之劑量，萬一發生大規模輻射緊急狀況，便於短時間內取得大量血液樣本檢體，以利後續依細胞遺傳學檢傷分類法進行評估。有鑒於此，本計畫預計以核研所為中心實驗室，於國內數個區域建立衛星實驗室，藉由訓練該醫療院所同仁具備整體血樣採集過程標準文件化，提升國內血樣採集能量。藉由執行人員生物劑量研究計畫，建立與高雄醫學大學醫學影像暨放射科學系之學術研究團隊，除有助於雙方學術交流外，亦能建立國內生物劑量相互支援網路。108 年度透過前年度建立之南部衛星實驗室—高雄醫學大學附設醫院謝○茹副教授實驗室協助申請院內人體試驗委員會 (IRB) 之送審，完成南部血樣採集標準化流程。
- 106-107 與清華大學合作，高能中子研究經由兩項設施之分析能譜瞭解其差異，3GeV 電子源設施屏蔽外產生的中子在數百 MeV 的能量範圍相當顯著，是輻射防護的重點，而 235 MeV 質子源設施中，亦有機會產生高能中子(>10MeV)，但其量在治療室迷道外並不顯著。且透過 3GeV 電子源設施之主體屏蔽外中子能譜量測進行

原始模擬能譜的調整，結果顯示，現場真實入射角度分布應介於二種極端情況之間，而 Parallel 的響應函數比 Isotropic 的更能貼近真實的中子入射狀態。透過傳統中子偵檢器的高能中子劑量低估修正，結果表示本研究不論是實驗或模擬方面皆可互相驗證，並具有準確性。

- 106 與陽明大學和醫學物理學會合作，本研究延續自製多功能性輻射測量郵校假體系統之研發，為一系列郵校劑量驗證系統的基礎，透過自製假體的設計搭配多種劑量計，建立國內醫院放射治療劑量驗證稽核系統雛型，現為備援系統考量。由歷年光子與電子劑量輸出驗證之臨床量測結果，測試自行設計之自製多功能性輻射測量郵校假體系統，可有效應用於國內放射治療設備，作為輻射測量郵校稽核使用。放射治療中的劑量稽核驗證是評估醫院間醫療曝露品質之有利方法。國際間透過放射治療郵校驗證系統，以解決地幅廣大、人力資源分配不均之問題，國內則可透過自製假體進行統一的量測方式與劑量驗證程序，建立臨床醫療單位間劑量輸出之再比較性結果，於劑量驗證稽核重點，節省人力物力之支出。

二、技術創新(科技技術創新)

1. 108 動態擬人假體之輻防劑量評估研究應用範圍包含輻射防護、醫學物理方面(如發生核子緊急曝露或意外事故，需評估人員接收之劑量)，絕大部分的擬人假體都是建立在直立站姿的型態，然而仔細觀察工作環境的輻射曝露，特別是近距離接觸射源的工作人員姿勢並非都是直立的標準動作，人體造成的自屏蔽效應或是複雜體射源的曝露組態都可能導致直立站姿評估結果的誤差。未來可將研究成果彙整為相關輻防建議，提升劑量評估精確度。
2. 106-107 針對國內新興質子/粒子治療和大型加速器研究設施之高能中子輻防議題，傳統緩速型中子劑量計在高能中子輻射場下，容易有劑量低估問題以及延伸能量波那球(Extended-range Bonner Spheres)中子能譜計測系統費用昂貴、笨重以及不便攜帶特點，雖然國外已提出些許改善方案，但多針對特定的中子偵檢器或是特定的設施環境，並無完整有系統地分析，本研究提供一種簡單且有效的中子能譜修正因子的概念，用來修正劑量低估問題，其成果驗證了

延伸能量型的中子劑量計可以改善傳統緩速型中子劑量計的問題，正確反應高能中子的劑量貢獻，有效提高量測劑量之準確度。

3. 106 本計畫透過既有輻射檢校專業技術，支援 X 光機輻射劑量監測儀-克馬/劑量面積乘積儀製作技術研發，為開發放射造影和透視攝影用「劑量面積乘積游離腔計讀儀」的核心技術，游離輻射計讀儀與微小電流量測裝置之數據擷取，可有效修正與還原超過上下限之訊號，而能夠更準確地判斷出雜訊分佈型態，並精確估測出實際電流，且原型機產品性有內建溫度及國家劑量面積乘積標準支持，可進而獲得更準確的游離輻射劑量，有效提升空氣游離腔量測準確度，增加產品等級，具有市場競爭力。目前已與科發基金等計畫合作，完成 1 家國內廠商(千才生醫股份有限公司)之技轉。
4. 106-108 核研所自重建人員生物劑量研發能力後。更於 102-105 年接續之前研發能力，短期目標以提升人員生物劑量實驗室能力為主，中期目標為建立專業人員生物劑量實驗室硬體為主，長期目標為提升實驗室品質，申請實驗室認證，建立具公信力之專業國家實驗室。策略上，透過與國內醫學中心合作，獲得人類血液檢體合法提供，並透過合作關係共同分析數據，比對國內不同實驗室分析能力；另外於核研所建置符合國際人員生物劑量實驗室硬體，以進行臨床檢體操作，建立國際標準之人員生物劑量。在策略上，本實驗室是朝向建立參考實驗室 (Reference Lab) 的目標努力，逐步培植及訓練專業人力，建立劑量-雙中節染色體發生率之標準曲線 (人員生物劑量標準曲線，簡稱標準曲線)，品質保證計畫及程序書，維持符合參考實驗室所需之分析頻率樣品數量、設備，以及細部與劑量分析所需之臨床管理能力，並與其他國家的實驗室互相比對，發表成果。相信透過計畫之推動，使台灣發展出具有國際水準的輻射生物劑量實驗室，服務國內民眾。(參閱附錄 B.4.及圖 B.4.2.)

三、經濟效益(經濟產業促進)

1. 107 環境核種分析儀器校正用參考物質(人工尿樣、人工糞樣)之研發，結合化學、化工與輻射度量領域，可用於環境輻射防護之核種分析系統之校正、測試或比對，減少購入國外參考物質所耗費之時間與費用。(參閱附錄表 B.1.1.至表 B.1.4.)

2. 106-107 以高能中子指標決定劑量修正因子提供傳統波那球測量高能中子的方法，結合蒙地卡羅計算、程式自動化與輻射度量領域，能為現有設施設備之中子量測帶來方便性，更重要的是改善以往高能中子劑量低估的疑慮，減少國內業者必須送到國外校正的不便，如校正時程不易掌控、國外校正衍生相關費用，並將本研究成果提供國內醫療院所及加速器設施參考，有利於未來中子校正技術推廣服務，為高能中子劑量評估之技術帶來實務進展。
3. 106 使用熱發光劑量計作為郵校劑量計之郵校假體系統，結合醫學物理與輻射度量領域，初步證實有效應用於放射治療劑量之稽核驗證，可進行大範圍醫療曝露品質保證之稽查活動，比較醫院差異、降低人力、時間成本。
4. 106-108 人員生物劑量評估技術結合生物、生醫、電腦自動化與輻射度量領域，核研所同位素組自重建人員生物劑量專業實驗室，本實驗室致力提升人員生物劑量分析能力之精進，並改善作業流程，縮短人員生物劑量實驗室操作與判讀作業，以達整體人力與時間精簡之目的。首先建立自動化點片系統，改善傳統之人工拉片造成品質不一的問題，提升準確性；其次，利用大量檢體送片分析系統，取代過往一片一片放置方式，有效減少人力成本；最後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。

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，主要貢獻於社會層面的科技加值效益說明如下：

1. 107 環境試樣中加馬核種活度含量，最常使用加馬能譜分析技術來進行量測，而量測結果準確性與可追溯性，則需仰賴環境試樣參考物質來進行校正。本計畫依據 ISO GUIDE 34、35 之技術需求，完成人工尿類及人工糞樣參考物質均勻度測試與添加核種不確定度評

估，藉以提升環境試樣加馬核種活度量測之準確性及可追溯性。(參閱附錄表 B.1.1.至表 B.1.4.)

2. 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相關領域能力試驗的主辦機構，歷年主辦許多類型的能力試驗，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。透過本計畫可結合標準源、接軌國際規範、配合 TAF 運作時程和分析國內現況，共負責五項能力試驗研究。

108 年度執行：人員劑量計、肢端劑量計兩項。

107 年度執行：人員劑量計、輻射偵檢儀器校正、中低活度核種、環境試樣和肢端劑量計五項。

106 年度執行：人員劑量計一項。

第一線實驗室與法規管制相關，透過能力試驗研究可了解實驗室技術能量可精進之處，期能輔導業界提升其品保能力。

3. 106-108 本年度輻射防護能力試驗與輻射應用劑量評估與檢校技術研究，可提升國家及國內游離輻射劑量量測，應用於可發生游離輻射設備醫用類約 1 萬 8 千餘台、非醫用類約 7 千餘台；輻射從業人員申請佩章 5 萬 2 千餘人（原能會 107 年 12 月統計資料）；放射治療患者（每年接受放射治療人次約 120 萬、粒子治療人次約 1 萬）輻射安全與曝露品質之精進，落實原子能科技於社會民生福祉與永續發展，堅實智慧生活科技與產業。

4. 106-108 若發生輻射意外事件時，若有一具公信力的專業實驗室：
（1）將能提升國人對相關產業之了解，並避免不必要恐懼，使得相關產業得以及早恢復運作，進而提升經濟效益；（2）可及早推估出受曝露者所接受的劑量，以便於醫生能夠作最正確的治療，減少不必要的醫療成本。根據美國調查全國人口之劑量 82% 來自天然背

景、18%來自人造輻射，人造輻射中有 79%來自 X 光及核子醫學劑量低於 100 毫西弗或是更低，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)

1. 106-108 將國際規範與輻防法規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，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，並透過實驗室認證同步分析及辦理技術研討會，強化教育訓練與技術交流，相關研究成果可做為提升國內實驗室量測水平之管制參考，有效保障民眾與輻射工作人員之安全。
2. 106-108 本計畫除本身技術研究發展外，亦透過各方學術合作進行技術擴展，藉以培育輻射檢校、劑量評估、醫療曝露品保、以及核設施輻防管制與輻射屏蔽及防護安全分析評估等相關人才，包括聘請研究助理、行政助理、培育人員，一方面可降低失業率；另一方面在計畫執行過程中，達到專業知能培訓之目的，可增加未來之投入相關領域之專業競爭力。
3. 106-108 人員生物劑量評估實驗室多次參與加拿大衛生部之國際比對工作(103~107 年，共三次)，品質得到國際肯定，也受邀參與國內學術研討會發表口頭與書面之成果，推廣本所之專業技術。人員生物劑量專業實驗可針對國人意外接受輻射曝露事件，經由原能會委託，可緊急處理國內人員輻射緊急曝露事件，將依照國內輻射通報處理流程，以本計畫技術進行分析，其分析的結果與推估的劑量也

提供予原能會輻防處，作為意外曝露之劑量分析依據。

4. 107 因應我國核一廠 1 號機已於 107 年 12 月 5 日達運轉期限而須進行除役，本計畫藉由舉辦核設施除役與輻射特性調查專業技術教育訓練，透過課程簡報及交流討論，以深入了解除役作業各種輻射偵檢執行及審查技術，進而完備主管機關於核設施除役輻射防護之管制能力，確保除役作業期間人員及環境之輻射安全。因應我國核電廠除役作業輻防管制需求，研析美國核管會除役輻防視察程序相關文獻，並提出符合我國國情之除役過渡期間建議視察程序，有助於確保除役作業人員與環境之輻射安全。
5. 107 國際放射防護委員會 ICRP 第 103 號為輻射防護體系建議報告，特以第 7 章建議了醫療輻射曝露的正當性和最適化，將患者、照護者和醫學研究自願者劑量約束納入考量，故核醫藥物在人體內所造成之輻射劑量效應，亦受相當關注。而核醫校正儀測量藥物核種之活度，儀器本身正確使用與否亦是核醫劑量控管的重要環節。本研究評估了醫院核子醫學活度測量模式，並調查校正計校驗項目之執行情況，再藉由設計之統制規格輔助器件，以標準射源進行測量臨床醫院之校驗項目。研究成果將可協助相關單位、進行核醫醫學之輻防劑量評估，與建立輻安管制標準，進而提升國內核醫醫學相關診療之醫療品質與輻射安全。

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，並因應輻防法規研議政策、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：

一、輻射防護技術規範與劑量評估精進研究

本計畫已研析 IAEA GSR Part3、ICRP-103、ICRP-118 及國際法規採行狀況並盤點與現行輻射防護安全標準差異對照。根據盤點之差異提出游離輻射防護安全標準修訂建議草案。邀請國內輻防領域專家舉辦討論會，收集國內專家建議並執行輻防標準修法草案修訂。

現行游離輻射防護安全標準係依據 ICRP-60 建議所訂，雖在 ICRP-103 發布後，國內之專家學者對於此次的建議書結論為“並沒有大幅度的變動”，但參考上一版本的修法經驗，法規的修訂需考慮管制延續性，且在實務的應用上更需考量對於相關利益攸關者的衝擊影響、以及對應之主管機關執法或業者實務作業的技術需求。因此，對於現行標準不違背 ICRP-103 與國際輻防觀念的前提下，部分項目並未建議進行實質修訂、對於需由上位法制修訂的內容亦未於本報告進行建議。

於本報告提出之修訂建議草案，主要係參照國內外學者對於 ICRP-103 之解析與結論、IAEA-GSR PART3 的建議、歐盟標準建議、各國實際納法情形，與我國實務經驗考量。然輻射應用的廣泛，相關建議無法兼容各方需求。因此，仍需與相關利益攸關者進行討論，修訂符合我國實務情形的法規。

二、輻射防護能力試驗技術研究

實驗室認證與能力試驗技術建立方面，國際上已建立 ANSI/HPS

N13.11 2009(R2015)人員劑量計能力試驗技術規範與 ANSI/HPS N13.32 2018 肢端劑量計能力試驗技術規範，IAEA 亦提供 IAEA/WHO 所屬二級輻射偵檢儀器校正實驗室之實驗室間比對服務，以確認實驗室劑量校正追溯之現況。後續應依據國際最新之技術發展趨勢，更新相關之認證技術規範，持續研究國際之技術發展趨勢與引入國內市場。

本年度配合能力試驗執行進行國內輻射檢校實驗室之技術和品質分析，並接軌國際最新技術，包括：人員劑量計和肢端劑量計能力試驗兩大部分。一方面為全國放射性相關能力試驗技術之國際規範引入，另一方面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。然而，整體輻射防護能力試驗技術研究存在照射系統設備老化，研究環境人力與經費調度不易問題，今年度已暫時獲得解決，未來仍將盡力於人力協調及資源因應，並進行系統調校及與受測實驗室間之溝通。未來也將持續配合國際輻射應用關鍵參數變更，參考世界趨勢，更新現有檢校系統關鍵參數，並研究相關衝擊影響。

在人員劑量計技術規範方面，今年度參考人員劑量評估 ANSI/HPS N13.11 2009(R2015) 國際最新版本，與 TAF 合作，完成國內 TAF-CNLA-T08(4)規範公告，108-109 年人員劑量計能力試驗研究採用新版規範執行，推動有助強化我國人員輻射劑量計評定單位之整體品質，提供相關工作人員劑量更加準確、高品質的計測結果。

三、輻射應用劑量評估與檢校技術研究

- (1) 關於建置醫療曝露透視攝影劑量校正射質，國家游離輻射標準實驗室建立 IEC 61267 系列之 X 射線射質，並經由實驗評估驗證，均能符合 IEC 61267 標準規範，建立 RQR 及 RQC 射質時，RQR 3 至 10 之所有射質資料，而 RQC 建立 3、5 及 8 之編號射質，並確認其數值均符合 IEC 61267 標準規範之要求，於下一年度將持續進行「BEAMnrc」模擬 RQC 之射質能譜數據，也利用模擬數據計算平均能量及各項修正因子之資料，包括空氣衰減、窗膜衰減、電子損失、光子散射、離子再結合修正因子等，

建立完善透視攝影劑量校正系統。

- (2) 動態擬人假體在輻射劑量評估的技術建立，透過建立走向/走離射源的假體模型確定 PIMAL 在建立細微動態模型的可行性，代表於未來可建立實際輻射工作人員之工作姿勢評估，藉此進行模擬完整工作流程於輻射工作人員的總劑量評估。且於未來工作中可加入女性假體的相關實際案例模型，並且可以探討劑量對性別之差異。
- (3) 固態徑跡偵檢計之直線能量轉移評估研究，成功建立徑跡與粒子 LET 間的關係，並且進一步評估 LET 能譜對不同質子劑量以及對質子的初始能量之反應，固態核徑跡偵檢器 CR-39 建立量測高 LET 區域（LET 大於 10 keV/ μm 者）之直線能量轉移評估方式，配合前期使用熱發光劑量計建立量測低 LET 區域（LET 小於 10 keV/ μm 者）之直線能量轉移評估系統結合，成功發展雙偵測系統來評估廣度更寬的 LET 範圍，未來可應用於質子治療人體器官等劑量與輻射防護評估，以提升劑量評估準確性與作為輻射防護之重要參考。

四、人員生物劑量染色體變異評估技術研究

本計畫過往在行政院原子能委員會積極推動及建立人員生物劑量評估技術研究建立相關技術，已於 100 年起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，並於今年度再次成功獲得 ISO 17025 測試實驗室新版認證工作，未來將持續維護已建立技術，服務我國工作人員及民眾，此外並可藉此技術協助建立國內核醫藥物劑量評估能力，提升游離輻射安全管制層次及水準。於國際比對部分，雖然於今年未有執行之查核點，但仍會持續與加拿大保持聯繫，且不排除未來也可能參與其它國家實驗室舉辦之國際能力試驗比對，以保證實驗室的分析能力能與各國實驗室達到同樣水平。

低劑量輻射生物效應現今與致癌關係之研究為國內外關切之議題，有些人可能一直處於低劑量的輻射中，如環境中存在的氡氣、醫

院放射科的醫生、核電廠工人、患病需要經常接受 X 線、CT 等放射性的醫學檢查。染色體雙中節分析方法為目前國際間所認可之標準方法 (Gold standard)，但在實驗過程中，培養細胞再加上後續影像分析較花費人力及時間，且有偵測劑量極限為 0.1 Gy 之限制，於明年度將嘗試使用 H2AX 分析方法觀察是否也可得到劑量與吸收值的相關曲線。

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，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、量測技術建立與輻射防護品保與偵測儀器驗證技術建立與粒子治療設施誘發中子輻射之量測評估技術建立，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。

輻射應用劑量評估與檢校技術研究與學研單位合作，例如與清華大學合作，進行動態擬人假體在輻射劑量評估的技術建立，藉此進行模擬完整工作流程於輻射工作人員的總劑量評估；與清華大學合作研發建置質子治療固態徑跡偵檢計之直線能量轉移評估系統，固態核徑跡偵檢器 CR-39 建立量測高 LET 區域 (LET 大於 10 keV/ μm 者) 之直線能量轉移評估方式，配合前期使用熱發光劑量計建立量測低 LET 區域 (LET 小於 10 keV/ μm 者) 結合，成功發展雙偵測系統來評估廣度更寬的 LET 範圍，未來可應用於質子治療人體器官等劑量與輻射防護評估，以提升劑量評估準確性與作為輻射防護之重要參考。透過學術合作達到技術精進與技術擴展，研究成果可回饋主管單位於維護患者放射診療品質管控，與確保輻射從業人員和一般民眾之輻射安全業務。

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，也委請單位協助執行部分染色體之雙中節分析。人員生物劑量針對曝露人員之輻射劑量亦可協助提供相關資訊予衛福部，以對事故人員做出妥適的醫護照顧與後續追蹤看護。

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，並明列於附件。

【108 年度績效自評意見暨回復說明(D007)】

計畫名稱：輻射防護管制規範與度量技術研究 (3/4)

績效自評審查委員：董傳中、陳拓榮、郭瓊文

序號	審查意見	回復說明
<p>壹、計畫實際執行與原計畫目標符合程度(自評評等：<u>優</u>)</p> <p>優：超越計畫原訂目標，且已就所遭遇困難提出有效之因應對策。 良：達成計畫原訂目標，且已就遭遇困難提出可行之因應對策。 可：大致達成原訂目標，且就遭遇困難所提因應對策尚屬可行。 待改善：超過3成以上執行內容與原規劃未符或未達成原訂目標，且仍須對所遭遇困難提出更有效可行之因應對策。 劣：半數以上執行內容與原規劃未符或未達成原訂目標，且仍須對所遭遇困難提出更有效可行之因應對策。</p>		
1-1	本計畫執行成效皆達成原訂目標，且已就問題合理分析。	謝謝委員的支持與意見。
<p>貳、計畫經費運用之妥適度(自評評等：<u>可</u>)</p> <p>優：經費運用與工作內容相當匹配，且運用更有效率。 良：經費運用與工作內容相當匹配，與原規劃一致。 可：經費運用與工作內容與原規劃大致相符，差異處經機關說明後可以接受。 待改善：經費運用與工作內容與原規劃不盡相符，差異處經機關說明後可以接受。 劣：經費運用與工作內容與原規劃非常不相符，且未說明差異或說明無法獲得接受。</p>		
2-1	本計畫經常門執行率 91.44%，資本門執行率 83.26%，整體預算執行率為 88.54%，經費運用與原規劃略有差異，但已加以說明；另計畫執行成效雖已達成預定目標，然執行團隊人事異動會影響計畫進程，故建議計畫單位儘早培植人才，並有效運用經費。	謝謝委員對本計畫的支持與建議。近年資深人員大量離退，形成暫時性的人力短缺與高異動率，隨新進高考錄取人員陸續的補充與專業訓練，人力短缺現象預期可緩解，惟專業知識與經驗尚須時間累積。後續計畫的經費部分將提前於計畫簽約前，即開始撰提採購案，加速預算執行率。
<p>參、計畫主要成就及成果(重大突破)之價值、貢獻度及滿意度(自評評等：<u>優</u>)</p>		

序號	審查意見	回復說明
	優：所達成量化指標或質化效益超越原計畫預期效益。 良：所達成量化指標及質化效益與原計畫預期效益相符。 可：達成 8 成原計畫預期效益。 待改善：達成 6 成原計畫預期效益。 劣：超過半數計畫預期效益未達成。	
3-1	本計畫提出輻防標準技術規範修正建議，對研析法規修訂方向裨益良多。	謝謝委員的支持。 本計畫後續將配合 ICRP 輻防管理體系更新政策之進程，結合各界力量，持續研究所需之技術規範。
3-2	本計畫之學術成就與技術創新之績效指標，優於原預期指標，另量化指標(已投稿國際期刊及發表國內會議)與原計畫預期大致相符。	謝謝委員的肯定。
肆、跨部會協調或與相關計畫之配合程度(自評評等：<u>優</u>) 優：認同機關所提計畫執行無須跨部會協調，且不須與其他計畫配合。 良：跨部會協調或與相關計畫之配合情形良好。 可：跨部會協調或與相關計畫之配合情形尚屬良好。 待改善：跨部會協調或與相關計畫之配合情形有待改善。 劣：跨部會協調或與相關計畫之配合情形非常待改善。		
4-1	本計畫執行雖無涉及跨部會協調，且不須與其他計畫配合，然分項計畫一關於眼球劑量輻防架構與評估技術研析，所研擬的修訂建議，若未先進行跨部會協調(如衛福部醫事司)，則未來於修訂法規時，可能會面臨相關利害團體的意見分歧。	感謝委員的寶貴意見。本計畫提出的眼球劑量輻防架構與評估技術，將做為未來納法之重要參考，惟法規於正式公布前，本會將與相關單位及利害關係團體進行溝通及說明，亦會進行預公告，廣納各界意見後，擬定合宜的管制規範。
伍、後續工作構想及重點之妥適度(自評評等：<u>優</u>) 優：後續工作構想良好；屆期計畫成果之後續推廣措施良好。 良：後續工作構想良好；但屆期計畫成果之後續推廣措施可再加強。 可：後續工作構想尚屬良好；屆期計畫之後續推廣措施尚屬良好。 待改善：後續工作構想尚屬良好；但屆期計畫成果之後續推廣措施可再加強。		

序號	審查意見	回復說明
劣：後續工作構想有待加強；未規劃適當之屆期計畫後續推廣措施。		
5-1	本計畫之 4 個分項計畫後續工作規劃良好、明確，且能延續計畫成果。	謝謝委員的肯定。
陸、總體績效評量暨綜合意見（自評評等： <u>優</u> ） 優、良、可、待改善、劣		
6-1	本計畫以支援輻射防護管制業務之需求為主要目的，並兼顧開發新興放射診療劑量檢校之科技，以及提升國內災防應變之生物劑量技術。有關輻防管制之支援，係以引入國際新規範及精進量測服務為主，故計畫成果得以法規研議及服務品質方式呈現。有關新興放射診療之科技開發及生物劑量之技術提升，因涉及學術研究及技術提升，且有學研機構之參與委託，故應採科技基礎研究之學術成就為重要指標。	<p>謝謝委員的支持與寶貴意見。</p> <p>誠如委員意見，引入國際新規範及精進量測服務為主之研究，績效即透過研究/技術報告形式，以作為技術之經驗傳承；並以研討會形式提供國內外資訊，促成專家學者之技術交流。</p> <p>於開發新興放射診療劑量檢校科技之研究，則透過學術合作方式，以收國內技術精進與技術擴展之成效。本年度研究題目為二：(1) 動態擬人假體在輻射劑量評估的技術建立；(2) 固態徑跡偵檢器之直線能量轉移評估。其績效產出為：SCI 期刊投稿 1 篇、研究報告 2 篇、培育碩博士生 2 人。109 年度因資源限制，僅規劃前項之精進研究，預期績效產出為 SCI 期刊投稿 1 篇、研究報告 1 篇、培育碩博士生 1 人。</p> <p>於生物劑量之技術提升方面，本年度執行內容仍為人員生物劑量分析技術與 TAF 認證之維持，於後續年度則規畫有劑量偵測低限之研究，預期可提升相關</p>

序號	審查意見	回復說明
		學術成就指標。
6-2	計畫執行單位有完善的設備與優秀的人才，因此在學術成就與技術創新部分，績效指標可再提高一些，不僅提升我國於輻射防護的國際地位，也為國內輻射檢測技術的實務發展，做最佳的示範。	<p>謝謝委員的支持與建議。</p> <p>本計畫目的為支援輻射防護管制業務之需求，於有限資源分配下，乃以建立有力技術量能與環境為主要任務，相關績效產出規劃如同 6-1 項之回復說明，另補充說明如下：由於部分計畫工作項目礙於屬性限制，較不具新穎或創新性，國際期刊發表的困難度高，然而，於能力試驗方面研究，已透過蒐集歷年數據與統計分析，呈現區域性研究成果，完成投稿 SCI 期刊之挑戰。未來仍將盡力考量適當績效指標，以提升我國於輻射防護的國際地位。</p>
6-3	績效報告書寫詳細，績效條列清晰，與原申請計畫書工作目標一致，且附件的計畫成果說明完整有憑據	謝謝委員的肯定與意見。
6-4	本計畫已執行 3/4，計畫成果之學術成就分別為：106 年刊登 3 篇於 SCI 國際期刊、發表 3 篇於國際會議、發表 1 篇於國內會議；107 年投稿 2 篇於 SCI 國際期刊(未說明是否已發表?)、發表 3 篇於國內會議；108 年投稿 2 篇於 SCI 國際期刊、發表 3 篇於國內會議。依據績效指標提升我國國際地位之方向，研究成果應首重發表於 SCI 國際期刊，其次為發表於國際會議，依此，107	<p>謝謝委員的建議。</p> <p>107 年投稿之 2 篇 SCI 國際期刊皆已分別於 108 年 8 月和 12 月發表於 Radiation Measurements Volume 127 和 Nuclear Engineering and Technology Volume 51 的國際期刊。</p> <p>而歷年 SCI 國際期刊成果說明如下：106 年部分來自於前一期計畫成果，故有較為突出之表現。109 年則受限於經費下降與資源分配，僅能維持一項新興放射診</p>

序號	審查意見	回復說明
	<p>年及 108 年之表現略有下降。審視計畫規模及工作內容，研究成果仍有進步空間，應於 109 年計畫執行時提升。</p>	<p>療劑量檢校科技之研究(如 6-1 項回復說明)，故目前規劃 1 項 SCI 國際期刊之發表/投稿。</p>
6-5	<p>建議儘早規劃輻防專業人才的培育，避免國內輻射防護人才發生青黃不接的窘況，同時提升經費運用的執行率。</p>	<p>謝謝委員建議。人力斷層應是目前公務體系的普遍現象，隨新進高考錄取人員的陸續補充，人力短缺現象預期可緩解，惟專業知識與經驗尚須時間累積。經費部分將提前於計畫簽約前，即開始撰提採購案，加速預算執行率。</p>

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
Proficiency Testing and Dose Comparison for External Personnel Dosimeters Evaluation in Taiwan	Yi-Chun Lin	2019(投稿)	D
Thermoluminescent Detectors to Measure LET Variations in Proton Therapy of Prostate Cancer: Comparison of Bilateral and Anterior-oblique Beams	Hsien-Hsin Chen	2019(投稿)	D
體內輻射吸收劑量評估之應用	張○賢	2019	F
人員生物劑量染色體變異評估技術研究	張○璋	2019	E
人員生物劑量國際能力試驗比對	林○琪	2019	E

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

【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)
輻射防護技術規範與劑量評估精進研究	輻射防護處、核能研究所(保物組)、美洲保健物理學會台灣總會	B	A	2019
輻射防護能力試驗技術研究團隊	輻射防護處、核能研究所(保物組)、清大、同步輻射、台電公司、輻防協會、貝克西弗、醫學物理學會等	B	A	2019
輻射應用劑量評估與檢校技術研究團隊	輻射防護處、核能研究所(保物組)、清華大學、長庚醫院	B	A	2019
生物劑量染色體變異評估研究團隊	輻射防護處、核能研究所(同位素組、保物組)、高雄醫學大學附設醫院	B	A	2019

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

【C 培育及延攬人才表】

姓名	機構名稱	學歷	性質
簡○玉	清華大學	B	A
林○傑	長庚大學	B	A

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

【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
研析 IAEA-GSR Part3 建議及輻防標準技術規範修正建議報告	陳○言	2019	B
IAEA 1731 眼球水晶體職業輻射防護的新劑量限度含義	林○君	2019	C
第 11 次人員劑量計能力試驗執行計畫書	陳○奇	2019	D
依 ICRU 90 號報告重新評估 BIPM 國際劑量標準	林○君	2019	C
人員生物劑量實驗參數之影響探討	林○琪	2019	C

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

【E 學術活動表】

研討會名稱	性質	舉辦日期 (YYYYMMDD)	主/協辦單位
2019 年第 11 次人員劑量計能力試驗執行前說明會	A	20190523	行政院原子能委員會/ 核能研究所、經濟部標準檢驗局
游離輻射安全標準建議專家審查會議	A	20191113	行政院原子能委員會/ 核能研究所、美洲保健物理學會台灣總會
游離輻射安全標準建	A	20191202	行政院原子能委員會/ 核能研究所、美洲保健

議專家審查會議		物理學會台灣總會
---------	--	----------

註：性質分成 A 國內研討會、B 國際研討會、C 兩岸研討會

【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
2019 年第 11 次人員劑量計 能力試驗執行前說明會大 會手冊	C	A	2019	核能研究所	否

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)

【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
動態擬人假體在輻射劑量評估 的技術建立	A	林○全 陳○軒 許○鈞	2019	核能研究所
固態徑跡偵檢器之直線能量轉 移評估技術服務勞務案結案研 析報告	A	蔡○予等	2019	核能研究所
人員生物劑量實驗室管理系統 文件改版及 ISOIEC 170252017 認證實務經驗	A	林○琪	2019	核能研究所

註：性質分成 A 技術報告、B 檢驗方法

【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
測試領域人員體外劑量評估 規範(TAF-CNLA-T08(4))	A	C	於 TAF 審核後公告採行，提供 人員劑量計能力試驗之標準測 試條件及評估人員劑量計服務 能力。如人員、設施與環境條 件外，也說明執行程序、測試 類別、輻射源、假體結構、照 射條件、劑量照射範圍與能力 評定等規定，將作為未來國內 執行人員劑量計能力試驗之依 據。

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