

政府科技計畫成果效益報告

計畫名稱：提升輻射安全管制技術之研究(2/4)

(環境科技群組)(原子能領域)

性質：

☒ 研究型

☐ 非研究型(人才培育、國際合作、法規訂定、產業輔導及推動)

主管機關：行政院原子能委員會

執行單位：行政院原子能委員會核能研究所

長庚大學及國立清華大學

目錄

壹、科技施政重點架構圖.....	3
貳、基本資料.....	4
參、計畫目的、計畫架構與主要內容.....	4
一、計畫目的與預期成效.....	4
二、計畫架構(含樹狀圖).....	8
三、計畫主要內容.....	10
肆、計畫經費與人力執行情形.....	34
伍、計畫已獲得之主要成果與重大突破(含量化成果 output).....	39
陸、主要成就及成果之價值與貢獻度(outcome).....	49
柒、與相關計畫之配合.....	55
捌、後續工作構想之重點.....	55
玖、檢討與展望.....	59

第二部分：政府科技計畫成果效益報告

壹、科技施政重點架構圖：

科技施政願景
| 施政重點 |

績

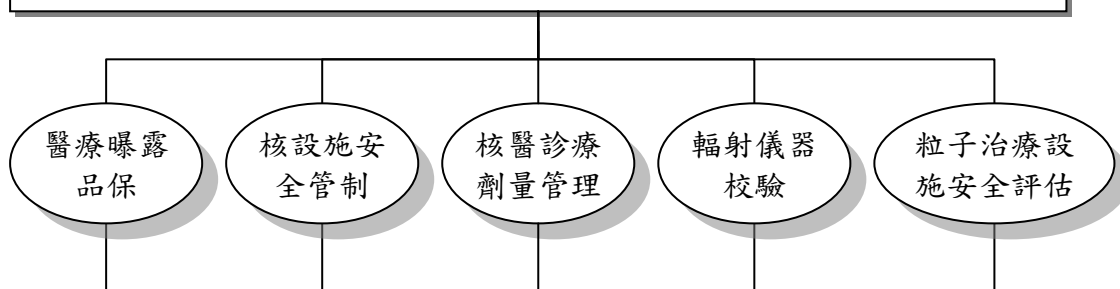
效

指

標

| 執行措施(綱要計畫)

1. 防制潛在的輻射危害，強化游離輻射管制措施，精進輻射安全管制技術
2. 推動原子能科技在醫學診療與工業應用安全之研究發展
3. 提升國家游離輻射標準，以落實原子能科技於社會民生福祉與永續發展之目標



1. 電腦斷層掃描儀、乳房 X 光攝影儀、透視攝影 X 光機之輻射醫療曝露品質保證作業現況調查與品質保證流程建立；辦理醫療曝露品保實作訓練課程。
2. ICRP-103 號報告對於游離輻射防護安全標準之影響及建議研究；國內核能電廠總體檢採取之安全措施對於提昇整體輻射安全的評估研究。
3. 進行核醫患者體外輻射劑量評估研究；核醫藥物醫療曝露品保項目與執行方法之研究。
4. 全國人員劑量計能力試驗、環境試樣放射性核種與中低強度核種分析能力試驗研究；建立國內本土化之個人示警輻射偵檢器驗證技術。
5. 建立高能質子加速器設施誘發中子能譜模擬技術；重粒子放射治療設施輻射安全評估報告撰寫導則研究之量測方法建議書。

放射診療設備之輻射安全與醫療曝露品保作業研究
經費：6,500 千元(第二年)
執行單位：長庚大學

登記類可發生游離輻射設備之輻射安全檢查作業與研究
經費：1,500 千元(第二年)
執行單位：國立清華大學

提升輻射安全管制技術之研究

- (1) 核設施輻射評估與防護審查技術建立
- (2) 核子醫學診療輻射劑量評估研究
- (3) 輻射防護品保與偵測儀器驗證技術建立
- (4) 粒子治療設施誘發中子輻射之量測評估技術建立

經費：15,181 千元(第二年)

執行單位：行政院原子能委員會核能研究所

貳、基本資料：

計畫名稱：提升輻射安全管制技術之研究(2/4)

主 持 人：李若燦

審議編號：102-2001-02-05-19

計畫期間(全程)：101年1月1日至104年12月31日

年度經費：23,181千元 全程經費規劃：115,761千元

執行單位：長庚大學、國立清華大學及行政院原子能委員會
核能研究所

參、計畫目的、計畫架構與主要內容

一、計畫目的與預期成效：

考量目前科技進步、民眾生活品質提高，游離輻射於民生應用之發展較過去更為快速增長，因此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、審查及評估之技術，奠定基礎。本計畫之總目標為提升輻射防護管制作業效能，確保輻射防護管制作業品質，進而增進民眾對輻射安全與醫療品質之信心，各分項計畫之研究目的與預期成效分述如下：

(一)放射診療設備之輻射安全與醫療曝露品質保證作業研究（101-102）

輻射醫療曝露品質保證(品保)作業對於放射醫療品質及醫用輻射安全皆是非常重要的工作，我國於民國94年開始依據「游離輻射防護法第十七條」規定，推動輻射醫療曝露品質保證作業，目前所有放射治療設備及乳房X光攝影儀、電腦斷層掃描儀等均已納入，成為應實施輻射醫療曝露品質保證作業之設備。經由輻射醫療曝露品質保證作業，使得國內醫療院所逐漸開始重視放射診療設備之品質，直接受益者將是廣大

的就醫民眾。本研究計畫之目的為協助原子能委員會(原能會)進行相關檢查作業、持續精進醫療曝露品保之制度及方法並規畫未來方向，以期增進整體放射醫療品質。

本計畫擬對已納入法規，應執行輻射醫療曝露品質保證作業之乳房X光攝影儀及電腦斷層掃描儀進行檢查，以確保醫療院所依照法規執行輻射醫療品保作業，並對國內透視攝影X光機醫療曝露品保作業進行訪查，瞭解國內醫療院所對該設備執行醫療曝露品保作業的現況、面臨的問題及所需的協助，以供原能會未來持續推動醫療曝露品保作業參考。同時本計畫擬與衛生主管機關共同針對電腦斷層掃描儀，建立台灣臨床狀況之設備診斷劑量參考水平(CTDIvol的分布)，並對乳房X光攝影儀、透視攝影X光機等設備，建立評估其診斷劑量之機制。

(二)核設施輻射評估與防護審查技術建立(101-104)

國外採行 ICRP-60 等國際法規體系及相關配合之評估工具與分析程式正陸續建立完成，未來法規將採用最新 ICRP-103 之建議作法，因此應對於國內既有電廠之相關輻射防護、環境影響、安全分析等重新進行審視與評估分析；且面對日本福島核事件及複合式災害影響議題，國際間亦將會重新對核能機組的管制規定進行全面性檢討，因此需要依據國內外擬修訂之相關法規規範，建立核設施機組之輻射評估與防護審查技術。

(三)核子醫學診療輻射劑量評估研究(101-104)

近年來，國內對於應用核醫藥物進行各類型疾病之診療技術已日趨成熟，大幅度增加採用含有放射性同位素之核醫藥物進行相關醫療程序。但由於患者在施打該類型藥物後，放射性藥物活度會殘留於體內一定時間，而造成居家輻射安全議題隱憂。國內主管機關從民國 101 年起，委託本所進行核醫患者輻射安全相關議題研究，針對國內日益普及之核

醫藥物應用，例如碘-131 及銻-188 放射性藥物，進行現況了解、核醫患者體外輻射劑量評估、乃至於與醫療院所合作，進行患者居家環境輻射量測，期能在不影響常規診療程序前提下，有效抑低患者家屬、醫療從業人員、以及一般民眾之非預期輻射劑量，以防範未然之心態為民眾之輻射安全把關。

(四)輻射防護品保與偵測儀器驗證技術建立及登記類可發生游離輻射設備之輻射安全檢查作業與研究(101-104)

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，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、保障輻射工作人員之關鍵，因此必須透過認證來確認全國各相關實驗室是否具備足夠技術能力與品質來保證執行校正、測試業務。能力試驗是實驗室認證重要的一環，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。

此外，有鑑於醫療輻射之需求與使用與日俱增，國際間之輻射防護機構或衛生主管機關已利用規範、建議或法規方式，限制或建議醫療輻射曝露的使用。由於攸關全民之健康，亟需研究建立本國各項醫療曝露品質保證之作業程序與技術規範、輻射劑量評估之技術、以及執行品保作業之技術。

911 恐怖攻擊事件以後，反恐已成為國際間重要的課題。對於放射性物質被恐怖份子利用之可能威脅，於配備上應以設計精準、靈敏的量測設備與技術成為防制的重要手段，故宜建立完善的量測程序及標準，對於此類事件之因應將有莫大的助益。此外，美國 ANSI N42 系列規範已制訂與國土防衛安全相關之輻射防護與監測儀器檢測標準，以提供業

者作為研製輻防設備之依據，因此將積極研究國內外相關規範與技術報告，建構符合國際標準之輻射偵測儀器檢測技術與驗證平台，有效提昇國內核儀產品製造性能與量測準確度，並確保民眾之輻射安全。

登記類可發生游離輻射設備之輻射安全檢查作業與研究主旨為配合輻射防護管制電子化線上作業之推動而簡化相關證照申辦手續後，為能有效確認證照申辦所檢附文件及現場輻射偵測是否確實，對相關設施經營者進行輻射安全檢查，以瞭解輻射偵測業者執行輻射偵測情形，藉由檢查數據之統計分析及現行法規及國際相關檢查技術文獻之檢視，對登記類設備之管制法規及輻射安全檢查內容提出具體建議，提供原能會日後對登記類可發生游離輻射設備管理的參考依據。

(五)粒子治療設施誘發中子輻射之量測評估技術建立(101-104)

質子或其他高能粒子放射治療是目前對抗腫瘤最新的利器之一，相較於傳統的高能光子治療，高能粒子治療能給予癌細胞更高的劑量，並減少正常組織的輻射傷害，因此目前國際間有越來越多的國家建置質子(高能粒子)治療設施。

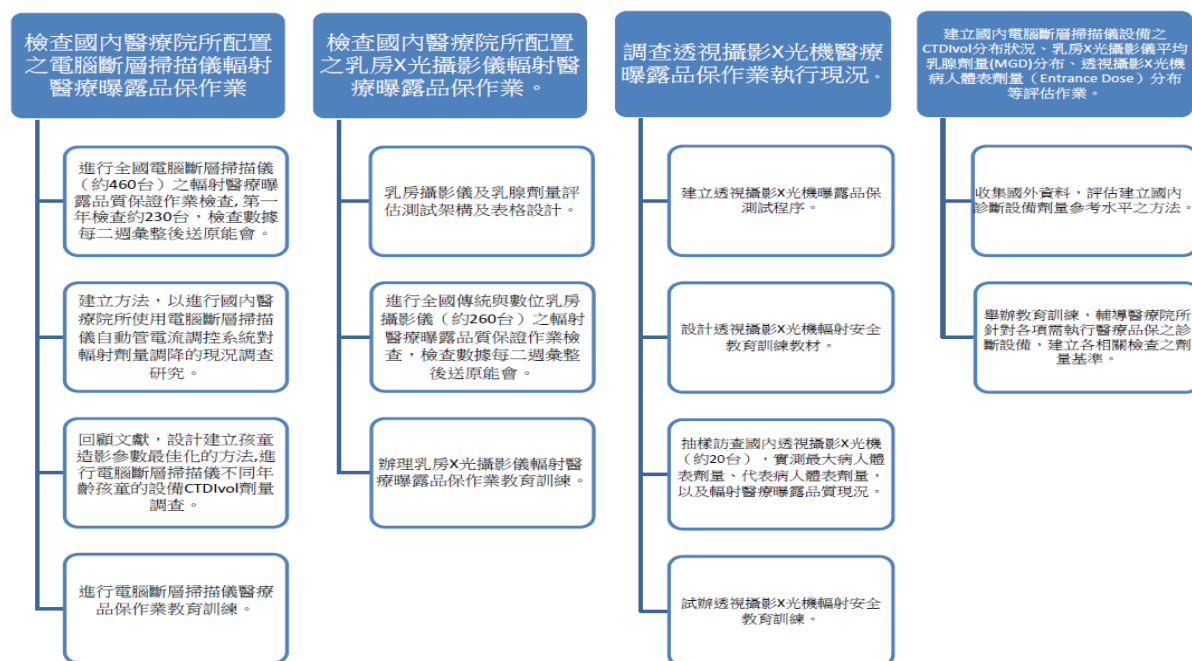
由於高能質子在加速過程中會與不同材質的加速器組件發生碰撞而產生大量中子，並對醫院工作人員、病患及週邊環境造成額外的中子輻射劑量，如何量測及評估此中子劑量，將是質子(高能粒子)放射治療設施輻射防護的重點工作之一。

本計畫將延續上年度計畫之成果，將多球式中子能譜偵檢器對不同能量中子反應度的計算由 20 MeV 延伸至 GeV 等級，使中子能譜系統的量測範圍可涵蓋國內質子治療機誘發中子之能量，同時建立高能質子加速器設施誘發中子能譜模擬技術，與設計高靈敏度的多球式中子能譜量測系統，以因應實際誘發中子與低中子劑量情況下的量測需求，未來將可實際應用在國內質子治療設施誘發中子的能譜量測與劑量評估上。另

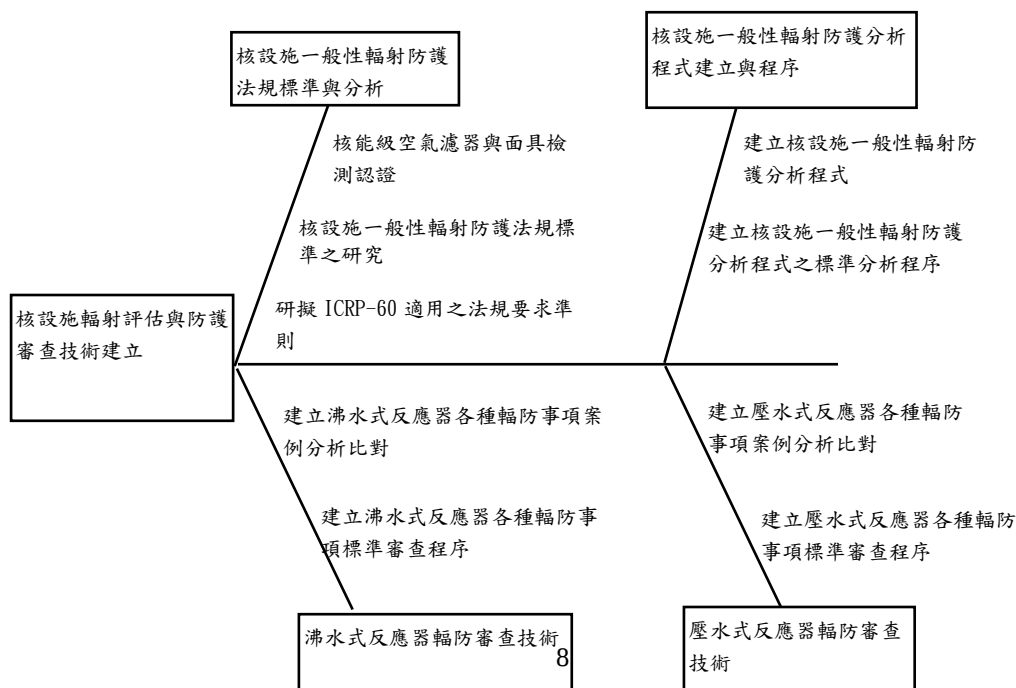
外，重粒子放射治療，亦是國際上放射治療發展的方向之一，未來亦可能引入國內，因此，本年度亦將針對此項設施輻射安全評估報告撰寫的導則進行研究，以提供主管機關審查國內重粒子放射治療設施輻安管制之參考。

二、計畫架構(含樹狀圖)：

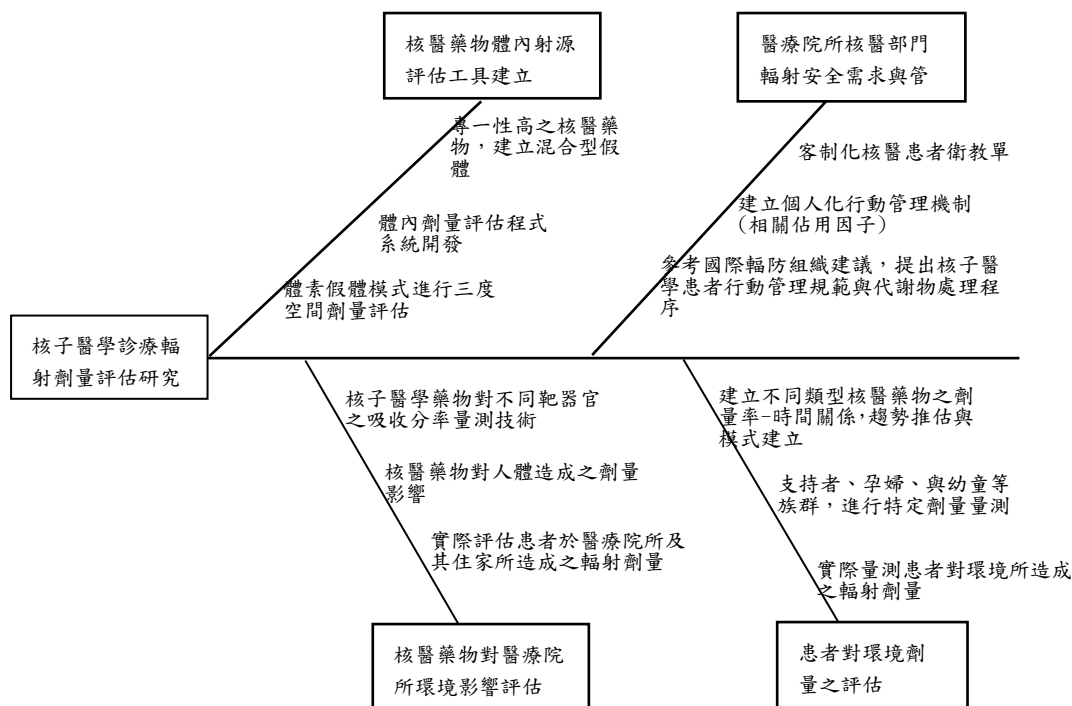
(一) 放射診療設備之輻射安全與醫療曝露品保作業研究



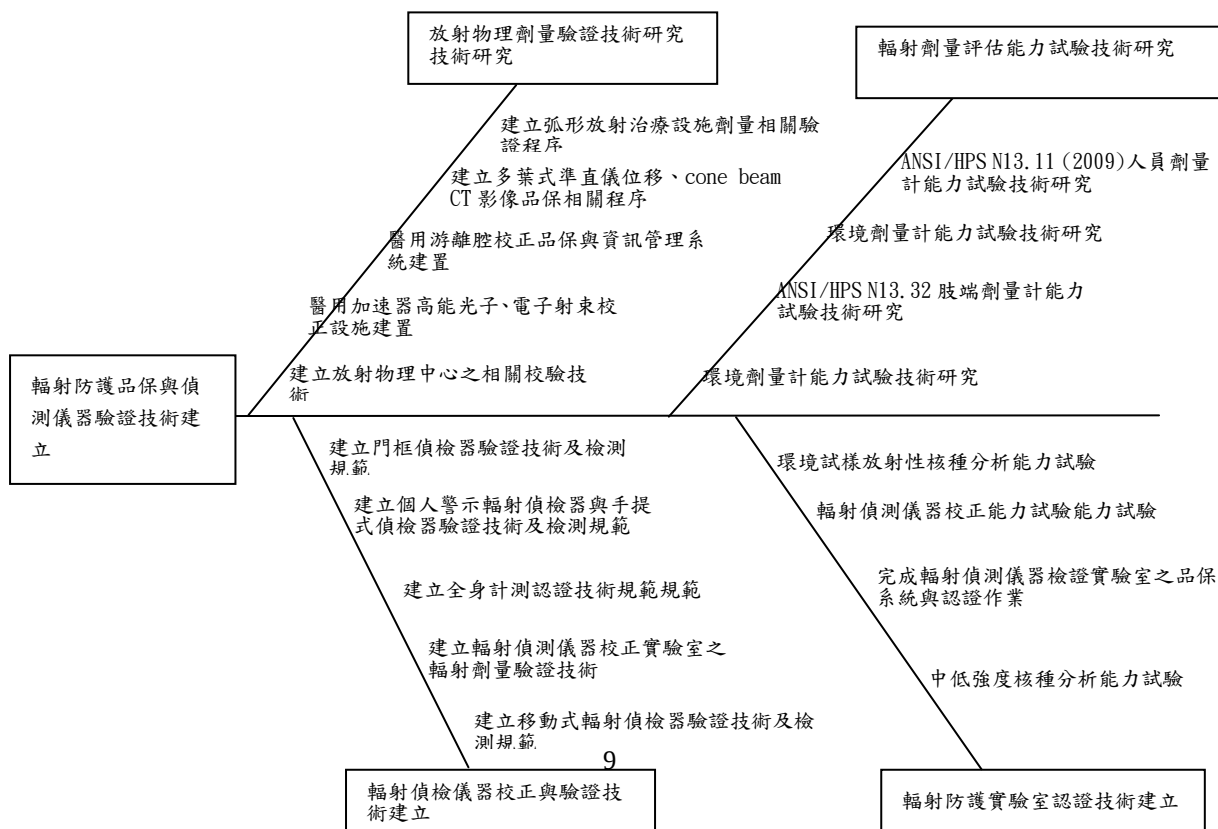
(二)核設施輻射評估與防護審查技術建立



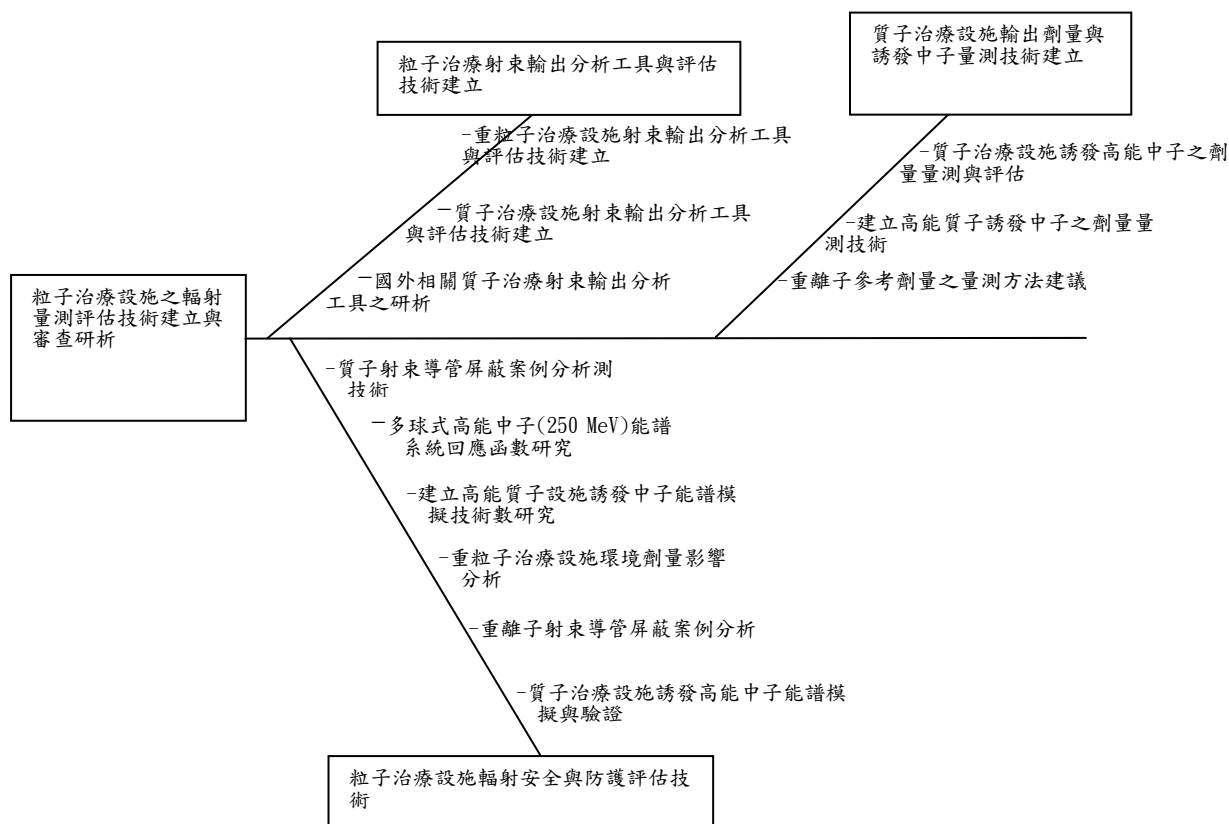
(三)核子醫學診療輻射劑量評估研究



(四)輻射防護品保與偵測儀器驗證技術建立



(五) 粒子治療設施之輻射量測評估技術建立與審查研究



三、計畫主要內容

(一) 放射診療設備之輻射安全與醫療曝露品保作業研究(101-102)

我國於民國 94 年開始依據游離輻射防護法第十七條規定，推動輻射醫療曝露品質保證作業，目前除放射治療設備早已納入法規之外，乳房 X 光攝影儀、電腦斷層掃描儀皆分別於 97 及 100 年已納入，經由此輻射醫療曝露品質保證作業，促使國內醫療院所開始重視放射診療設備之品質。本計畫擬協助原能會進行研究，針對全國約 460 台電腦斷層掃描儀、260 台乳房 X 光攝影儀，及 50 台透視攝影設備，藉由實地檢查及訪查、問卷調查所得之數據，除了解國內相關設備之醫療品保執行現

況、面臨的問題及所需的協助，以供原能會未來持續推動醫療曝露品保作業參考外，亦可建置國內電腦斷層掃描儀、乳房 X 光攝影儀、透視攝影 X 光機的設備診斷劑量資料或國人劑量分佈，以作為未來精進醫療曝露品保政策之依據。除以上提及之實地檢測或訪查與劑量分析，本計畫亦加入部分基礎研究內容，如：電腦斷層掃描儀自動管電流調控系統對輻射劑量調降的現況調查研究、建立孩童電腦斷層掃描參數最佳化建議、建立乳腺密度之評估方法及乳腺劑量與相關因子之關係等。

(二) 核設施輻射評估與防護審查技術建立(101-104)

國內於民國 92 年開始實施之游離輻射防護法規，即已部分參照國際放射防護委員會 ICRP 60 (1991 年)的建議書內容，並自 97 年全面於國內相關核子設施及輻射作業場所採用 ICRP 60 之游離輻射防護標準的建議內容。因應日本福島核事件及複合式災害影響議題，各國紛紛重新檢視核能機組及輻射安全設計標準與管制規範，國內核能電廠早期設計基準之輻射劑量分析所遵循的法規為 ICRP 2、ICRP 9 及 ICRP 26 等，雖符合當初興建階段的規範，但在 ICRP 60 的法規適用上，仍有待進一步的研究及探討。鑑於國際間 ICRP-60 等新國際法規體系已建立完成，未來法規甚至可能採用部份 ICRP-103 之建議作法，因此必須對於國內既有電廠之相關輻防、環境影響、安全分析等，重新進行審視與評估分析，且面對日本福島核事件及複合式災害影響議題，國際間亦將會重新對核能機組的管制規定進行全面性檢討，因此需要依據國內外擬修訂之相關法規規範，建立核設施機組之輻射評估與防護審查技術。

(三) 核子醫學診療輻射劑量評估研究(101-104)

國內在核子醫學的使用及發展，已經日趨蓬勃，但在核子醫學藥物施打者對工作人員或一般民眾的輻射劑量、及核醫藥品涉及民眾安全的品質規範，甚或環境輻射的衝擊等議題，仍必須進行調查研究。核醫患者施打核醫藥物後，在醫療院所與其住家環境往往由於放射性核種留存在體內，而成為活動性射源，對醫療從業人員與一般民眾造成一些額外之劑量，就合理抑低之觀點，應對核醫患者之體內射源項評估、核醫藥品管理、人員管理與環境輻射監測等技術作更深入之探討，進而提昇國人之輻射醫療品質。

核醫藥物輻射屏蔽與輻射防護相關機制與評估技術研發，可有效抑低國內醫療院所之核醫部門由於診療行為所施予患者之非密封射源對醫療從業人員與一般民眾之額外劑量，以達民眾心安的目的。本計畫預計建立服用核醫藥物之患者對醫療從業人員與一般民眾所造成的劑量評估能力、醫療院所核醫部門輻射環境監測機制，有效防止患者對醫療從業人員與一般民眾意外曝露的發生；並落實病患管理與外釋評估，進而減少醫療人員與一般民眾接受額外曝露的機會。

(四)輻射防護品保與偵測儀器驗證技術建立(101-104)

目前國內各醫院放射腫瘤部門，其輸出劑量標準攸關放射治療之成效，建立國家原級劑量追溯標準、弧形放射治療設施劑量驗證技術與醫用加速器高能光子射束校正技術，對於臨床治療的劑量準確性及提昇癌症的治癒率有莫大的助益。在醫療曝露品質保證標準方面，國內已將醫用直線加速器、含鈷六十放射性物質之遠隔治療機、含放射性物質之遙控後荷式近接治療設備、電腦斷層治療機、電腦刀、加馬刀、乳房 X 光攝影機、電腦斷層掃描儀等納入品保制度，未來將規劃增加核醫活度計等設備，並參考美國放射物理中心之發展，建立國內相關之品保驗證技術與設施。為確保各醫療院所執行輻射醫療曝露品質保證作業的準確

性，本計畫將參考美國放射物理中心的運作模式與醫療品保之國際發展趨勢，先針對國內現有放射治療設施進行探討與研究，利用游離腔、熱發光劑量計與設計適合之假體裝置以建立劑量驗證技術，並研擬品保作業程序，使醫院能夠符合輻防法規之要求，亦能提供主管機關進行管制作業之參考；未來計畫亦將逐步加入放射診斷、核子醫學及活體(in vivo)劑量驗證研究工作，使我國放射物理中心涵蓋之品保項目更加完整。

因應國內輻防管制與醫療曝露品保之需求，本計畫將研擬相關之量測與校正作業規範，建立劑量追溯標準、量測評估技術、能力試驗技術與輻射安全管制體系，並建構符合國際標準之輻射偵測儀器檢測技術與驗證平台，有效提昇國內核儀產品製造性能與量測準確度，以確保輻射工作人員及民眾之輻射安全，而建立全身計測認證技術、環境劑量計能力試驗及肢端劑量計能力試驗技術，則有助於提昇管制成效。

恐怖攻擊已成為國際間重要的課題，對於輻射彈可能的威脅，設計精準、靈敏的量測設備與技術成為防制的重要手段，建立完善的量測程序及標準，對於因應此類事件有莫大的助益；此外，建立個人警示輻射偵檢器、手提式輻射偵檢器與門框偵檢器等設備之性能驗證技術及檢測規範，則能在面對此一威脅時，有效的進行事先防範以及訂定發生時之應變措施。

(五)粒子治療設施誘發中子輻射之量測評估技術建立(101-104)

隨著高齡化與生活型態的改變，世界各國癌症發生之人數均不斷上升，國際間較先進之國家業已陸續建造質子治療設施，以其高且集中治療能量之特性，提供部份癌症病患另一項較佳之治療選擇。原能會甫於99年11月通過我國第一座質子治療設施之輻射安全審查，目前還有其他大型醫院有意投資建置粒子治療設施，因此國內必須建立粒子治療設施之輻防評估及審查、劑量量測及評估技術，確保相關作業之輻射防護

符合原能會的要求。

1.年度目標及執行成果

本計畫之總目標為提升輻射防護管制作業及效能，而執行本計畫之主要目的為確保輻射防護管制作業之品質及效能，進而增進民眾對核能應用之信心。

計畫名稱	年度	全程目標	重要執行成果	差異分析
放射診療設備之輻射安全與醫療曝露品保作業研究	102	項目 1-1：進行全國電腦斷層掃描儀（約 460 台）之輻射醫療曝露品質保證作業檢查，第二年檢查第一年（101 年）未檢查的掃描儀約 230 台，延續第一年的方法，進行全國第腦斷層掃描儀的輻射醫療曝露品質保證作業的檢查，第二年擬完成 230 台的檢查。檢查項目包含目前法規已明定的項目。所有的數據分析整理將每二週彙整送至原能會。 項目 1-2：進行國內醫療院所使用電腦斷層掃描儀自動管電流調控系統對輻射劑量調降的現況調查研究，分析使用與不使用 ATCM 的劑量差異。 項目 2：檢查國內醫療院所配置之乳房 X 光攝影儀輻射醫療曝露品保作業及建立乳腺密度之評估方法，以做為後續國人乳腺劑量調查之輔助工具。 項目 3：抽樣訪查國內透視攝影 X 光機（約 30	實際完成台數：230。 已對電腦斷層掃描儀自動管電流調控系統的現況進行調查。 實際完成台數：260 台，並已建立乳腺密度之評估方法，可做為後續國人乳腺劑量調查之輔助工具。 實際完成台數：30。	符合進度

計畫名稱	年度	全程目標	重要執行成果	差異分析
		台)及辦理透視攝影 X 光機輻射安全教育訓練。 項目 4：舉辦教育訓練，輔導醫療院所針對各項需執行醫療品保之診斷設備，建立各相關檢查之劑量基準。	已舉辦 3 場品保作業教育訓練。	
核設施輻射評估與防護審查技術建立	102	(1)ICRP-103 號報告對於游離輻射防護安全標準之影響及建議研究。 (2)國內核能電廠總體檢採取之安全措施對於提昇整體輻射安全的評估研究。	●完成 ICRP 103 報告之分析，並比較 ICRP 103 報告主要內容與 ICRP 60 之差異(包括輻射加權因數、組織加權因數與曝露狀況等)；並完成現行游離輻射防護安全標準納入 ICRP 103 報告內容之建議與說明。 ●針對核能電廠總體檢中之「輻射防護及緊急應變機制」內容，進行探討與評估，完成輻射安全評估中有關實測值、射源項、輻防標準、劑量評估與境外核災之建議事項；並完成核能電廠與輻射防護相關備用電源裝置(柴油發電機、移動式電源)之整備現況、彙整核能電廠總體檢中有關具備過濾功能之圍阻體強化排氣設計及可靠性改善措施的說明、國內核能電廠增加臨時廢液貯存空間之因應現況等三項議題的研究調查。	符合進度

計畫名稱	年度	全程目標	重要執行成果	差異分析
核子醫學診療 輻射劑量評估 研究	102	(1)Re-188 核醫藥物之輻射劑量評估研究。 (2)利用輻射度量工具(如熱發光劑量計等)實際量測接受核醫診療患者對環境、居家之輻射劑量影響。 (3)與醫療機構、學術單位或相關學會合作，進行核醫藥物醫療曝露品保項目與執行方法之研究。	●利用點射源劑量評估方法與 ICRP-74 號報告之劑量轉換因子，完成距離 Re-188 射源 30 公分、50 公分、100 公分、200 公分之曝露率與劑量率之評估；並評估比較服用 I-123、I-131、Re-188、Tc-99m 等 4 種核醫藥物之患者可能造成的最大可能劑量。 ●蒐集 380 位碘-131 甲狀腺癌治療患者住院時之臨床劑量率量測資料，分析患者之平均可外釋時間；並針對甲狀腺癌治療患者，配發環境級熱發光劑量計(TLD)進行居家環境輻射量測，截至 102 年 12 月止，已完成 76 名患者之劑量計回收與返家後之居家環境劑量分析。 ●與核醫學會合作執行核醫藥物醫療曝露品保項目研究，完成全國核醫科 Gamma camera、PET/CT 與 Dose calibrator 廠牌、數量、購置年份、相關品管程序種類及頻次之調查，建立資料庫；並針對 Gamma camera、PET/CT 與 Dose calibrator 等設備，訂定醫療品保管制	符合進度

計畫名稱	年度	全程目標	重要執行成果	差異分析
			項目與執行方法。	
輻射防護品保與偵測儀器驗證技術建立	102	(1)與醫療機構、學術單位或相關學會合作，共同建立弧形放射治療設施 (Tomotherapy, RapidArc, VMAT)劑量驗證技術與作業程序，並進行國內外放射治療劑量稽核系統分析比較與研究開發。 (2)配置 7-9 種環境測試樣品，執行全國環境試樣放射性核種分析能力試驗。 (3)配置 Sr-89/90、Fe-55/59、混合加馬液體 (Ba-133、Cs-137、Eu-152)射源樣品，執行全國中低強度核種分析能力試驗。 (4)執行全國人員劑量計能力試驗。 (5)參考肢端劑量計能力試驗技術規範草案，建立執行能力試驗所需之輻射射質與照射系統。 (6)研擬環境劑量計能力試驗技術規範草案。 (7)依據 ANSI N42.32 (2003)標準，建立國內本土化之個人示警輻射偵檢器驗證技術。	●彙整國內使用直線加速器、電腦治療計畫系統及品保作業儀器的類型，並建立放射治療劑量驗證假體之 CT 影像，完成腫瘤及危急器官位置的描繪、劑量驗證儀器 (游離腔與 EBT film)的校正，完成劑量分佈量測值與治療計畫系統計算值之比較，差異值均小於 4%。 ●完成 IAEA、歐洲 ESTRO、美國 RPC 等單位利用郵寄 TLD 與假體建立放射治療劑量稽核系統之資料彙整；並完成假體設計製作及規劃郵寄至國內各醫院之各類型 TLD 篩選、校正與分析比較。 ●102 年環境試樣放射性核種分析能力試驗各實驗室參加測試項目之統計，並依據 ISO GUIDE 35 要求，完成植物、土壤、濾紙、水樣、奶粉、肉樣、米樣、菇類、尿樣、糞樣等 10 類樣品之	符合進度

計畫名稱	年度	全程目標	重要執行成果	差異分析
			配置及不確定度評估，寄至各實驗室進行樣品放射性活度計測；並完成 8 個參加測試實驗室的量測結果分析與能力試驗總結報告。 ●完成中低活度放射性核種能力試驗計畫簡章與說明書，並進行 Sr-89/90、Fe-55/59、混合加馬液體 (Ba-133、Cs-137、Eu-152) 射源樣品之配置，寄至各實驗室進行樣品放射性活度計測；並完成 7 個參加測試實驗室的量測結果分析與能力試驗總結報告。。 ●完成全國人員體外劑量評估實驗室能力試驗計畫書，明定能力試驗申請程序、人員劑量計校正時程、執行程序、時程安排、分析標準及總結報告格式，並於 5 月 23 日於核能研究所國家游離輻射標準實驗室召開人員劑量計及肢端劑量計能力試驗研討會，共有 9 家實驗室、45 位技術專家參加；人員劑量計能力試驗執行期程為 102 至 103 年，已於 102 年 12 月完成第一批人員劑量計之照	

計畫名稱	年度	全程目標	重要執行成果	差異分析
			射作業，預計在 103 年 3 月完成三批次之劑量計照射，4 月完成 9 個參加實驗室之所有計測數據分析與總結報告。 ● 依據人員肢端劑量計評估實驗室認證技術規範草案，完成能力試驗所需之輻射照射場設置，其中包括 X 射線、加馬、貝他等照射系統，並完成指環劑量計之 PMMA 校正假體設計、位置修正因子量測，並完成輻射劑量照射之不確定度分析及實際進行指環劑量計之照射測試 ● 參考美國 HPS N13.29-Draft (1996) 環境劑量計能力試驗規範草案，分析環境劑量計能力試驗類別與測試條件，並完成國內環境劑量計能力試驗技術規範草案研擬。 ● 參考美國 ANSI N42.32 (2003) 標準，執行 Rados RAD-50S、INER DOSEPEN-2000(國產)及 Polimaster PM1203M 等個人示警輻射偵檢器的性能測試，在非放射性測試項目方面，除兩項溫度測試及無線電放射頻	

計畫名稱	年度	全程目標	重要執行成果	差異分析
			率試驗外，其他個別測試項目皆符合 ANSI N42.32 (2003) 規範要求；而 Rados RAD-50S、INER DOSEPEN-2000 及 Polimaster PM1203M 個人示警輻射偵檢器的放射性測試結果皆符合 ANSI N42.32 (2003) 規範要求。	
粒子治療設施誘發中子輻射之量測評估技術建立	102	(1) 依據國內質子治療機所誘發之中子能量，建立多球式高能中子能譜系統回應函數研究。 (2) 建立高能質子加速器設施誘發中子能譜模擬技術。 (3) 重粒子放射治療設施輻射安全評估報告撰寫導則研究。	● 完成 Centronic SP9 He-3 比例計數器與 12 個直徑 3 英吋至 18 英吋的 PE 球組成的波那球式 (Bonner Spheres) 中子能譜系統回應函數模擬，中子能量範圍涵蓋熱中子至 100 GeV，經反覆與標準 Cf-252 中子能譜比對，確認各項參數條件，各球體的 Cf-252 中子量測結果與 MCNP 模擬結果差異皆可控制在 5.5% 以內，已達實用階段；此外，本研究採用體積較大且填充氣壓較高之圓柱型 He-3 比例計數器，搭配不同厚度之聚乙烯緩速體，自行設計出新型之高靈敏度波那圓柱中子能譜儀，亦利用 MCNPX 程式完成能譜儀之模擬與及響應函數計算；本研究完成內含金屬鉛、銅之	

計畫名稱	年度	全程目標	重要執行成果	差異分析
			波那圓柱系統設計，能作為高能中子量測使用，並針對背景、中子通量較低的場域進行中子能譜量測，同時，外加金屬球之設計將可將量測中子能量提升至 GeV 等級，此系統之偵測效率約較前述多球式中子能譜系統高約 17 倍，相關之研究結果已發表於 2013 年第 12 屆國際中子與重離子劑量國際研討會 (NEUDOS-12)。 ● 利用蒙地卡羅 MCNP 程式，模擬核研所現有的 30 MeV 質子加速器設施，其質子射束撞擊 Be、Fe、Cu、W 靶材時所誘發的高能中子能譜分佈狀況，建立高能質子加速器設施誘發中子能譜之模擬技術。 ● 參考 97.12.08 核定之「粒子放射治療設施輻射安全評估報告撰寫導則與 Particle Therapy Co-Operative Group (PTCOG) 於 2010 年發表的「SHIELDING DESIGN AND RADIATION SAFETY OF CHARGED PARTICLE	

計畫名稱	年度	全程目標	重要執行成果	差異分析
			THERAPY FACILITIES」報告，完成重粒子放射治療設施輻射安全評估報告撰寫導則草案。	

2.工作進度－本年度期中預期目標及達成情形

(說明年度預期目標及達成情形、目前計畫之實際執行與預期工作之差異)

年度預期目標(查核點)	達成情形(作業計畫 1-12 月)	差異分析
1. 檢查國內醫療院所配置之電腦斷層掃描儀輻射醫療曝露品保作業：完成 102 年度預定機台	至 102/12/31 實際完成數：230。	符合規劃進度
2. 檢查國內醫療院所配置之乳房 X 光攝影儀輻射醫療曝露品保作業：102 年度乳房攝影品保資料初步分析結果及乳腺密度評估架構設計	至 102/12/31 預計完成台數：260 (全年度預計檢測 260 台)，截至 102/12/31 實際完成台數：260。同時參考 Highnam R 之作法，利用 x 光通過乳腺與脂肪組織會產生不同程度衰減之特性，配合複雜之射束硬化與散射之校正，計算出每個體素(voxel)之乳腺體積，並加總求得總乳腺體積。分析林口長庚醫院參與國健局乳房攝影篩檢之受檢者頭腳位乳房攝影影像約 2000 例。	符合規劃進度
3. 調查透視攝影 X 光機醫療曝露品保作業執行現況：設計問卷以收集醫療院所執行透視攝影 X 光機(含介入性診療)之程序現況	已設計問卷，並寄送至各家醫療院所調查透視攝影 X 光機醫療曝露品保作業執行現況，已回收 126 家醫療院所之問卷。	符合規劃進度
4. 建立國內電腦斷層掃描儀設備之CTDI _{vol} 分布狀況、乳房 X 光攝影儀平均乳腺劑量(MGD)分布、透視攝影 X 光機病人體表劑量(Entrance Dose)分布等評估作業：舉辦教育訓練	已彙整國際現況，並對建立與使用國家與機構診斷參考水平提出建議，並於七月進行CTDI _{vol} 、平均乳腺劑量(MGD)、病人體表劑量(Entrance Dose)劑量分布之分析，今年也已舉辦 4 場 DRL 教育訓練。	符合規劃進度
5. 完成核醫科輻射安全評估所需器材訪價與提出採購申請	完成輻射偵檢器之採購。(已於 3/22 完成)	符合規劃進度
6. 完成可追溯國家標準之添加射源配置	完成 Co-60、Cs-134、Cs-137、Sr-90 等環境試樣放射性核種分析能力試驗所需之添加射源配置，射源活度追溯治國家游離輻射標準實驗室。(已於 3/20 完成)	符合規劃進度
7. 寄發中低強度核種分析能力試驗簡章	完成 102 年度 TAF-CNLA-CI17 中低強度核種分析 Sr-89/90、Fe-55/59、混合加馬	符合規劃進度

	液體(Ba-133、Cs-137、Eu-152)核種能力試驗計畫簡章，並寄發至 6 個參加實驗室。(已於 3/28 完成)	
8.完成委託學會與學術機構之研究計畫書審查修訂	完成委託醫學物理學會之「放射治療劑量驗證與品保技術研究」與委託中國醫藥大學之「國內外放射治療劑量稽核系統分析比較與劑量驗證技術開發研究」兩項研究案之工作項目討論與計畫書審查修訂。(已於 3/25 完成)	符合規劃進度
9.完成現有多球式中子偵測器反應度的蒙地卡羅模擬，能量至 GeV 等級	完成 Centronic SP9 He-3 比例計數器與 12 個直徑 3 英吋至 18 英吋的 PE 球組成的波那球(Bonner Spheres)中子能譜系統回應函數之蒙地卡羅模擬，中子能量範圍已可涵蓋熱中子至 100 GeV 能量範圍。(已於 3/27 完成)	符合規劃進度
10.與醫療院所等相關單位達成合作協議	至彰化基督教醫院核醫科拜訪核醫學會黃文盛理事長，針對核醫藥物醫療曝露品保項目研究與服用碘-131 核醫藥物患者外釋管理作業研究工作進行討論，並達成合作協議。(已於 5/21 完成)	符合規劃進度
11.完成符合 ISO GUIDE 35 要求之 7 種環境測試樣品及不確定度評估	依據 TAF 測試領域環境試樣放射性核種技術規範(TAF-CNLA-T09)最低可測濃度活度要求之 10-100 倍活度為添加標準，以追溯至國家游離輻射標準之射源添加至實際空白基質中，進行均勻化製備，完成植物、土壤、濾紙、水樣、奶粉、肉樣、米樣、菇類、尿樣、糞樣等 10 類環境測試樣品之配置及不確定度評估。(已於 6/20 完成)	符合規劃進度
12.寄發中低強度核種分析能力試驗計畫說明	完成 102 年度 TAF-CNLA-CI17 中低強度核種分析 Sr-89/90、Fe-55/59、混合加馬液體(Ba-133、Cs-137、Eu-152)核種能力試驗計畫說明書，內容包含樣品說明、測試項目、測試方法、樣品分送時間與方法、測試結果回收及參加實驗室須知等項目，並於 6/27 寄發至 6 個參加實驗室。(已於 6/27 完成)	符合規劃進度
13.完成人員劑量計能力試驗計畫書	完成全國人員體外劑量評估實驗室能力試驗計畫書，明定能力試驗申請程序、人員劑量計校正時程、執行程序、時程安排、分析標準及總結報告格式，並於 5 月 23 日於核能研究所國家游離輻射標準實驗室召開人員劑量計及肢端劑量計能力試驗說明會，討論能力試驗計畫書內容與相關技術問題，共有 9 家實驗	符合規劃進度

	室、45 位技術專家參加。(已於 5/23 完成)	
14.完成委託學會與學術機構之研究計畫案簽約	(1)完成委託醫學物理學會之「放射治療劑量驗證與品保技術研究」研究案申請，並於 4/26 完成委託案簽約。(已於 4/26 完成) (2)完成委託中國醫藥大學之「國內外放射治療劑量稽核系統分析比較與劑量驗證技術開發研究」研究案申請，並於 4/30 完成委託案簽約。(已於 4/30 完成) (3)完成委託清華大學之「ICRP 103 號報告對於游離輻射防護安全標準之影響與建議研究」研究案申請，並於 5/23 完成委託案簽約。(已於 5/23 完成) (4)完成委託核醫學會之「核子醫學曝露品質保證暨碘-131核醫患者外釋管理作業辦法擬定之先期研究」研究案申請，並於 6/13 完成委託案簽約(已於 6/13 完成)	符合規劃進度
15.完成高靈敏度多球式中子能譜偵檢器設計	採用體積較大且填充氣壓較高之圓柱型 He-3 比例計數器，搭配不同厚度之聚乙烯緩速體，自行設計出新型之高靈敏度波那圓柱中子能譜儀，自行設計之中子能譜偵測效率約較實驗室去年採購的多球式中子能譜系統高出 17 倍，此兩系統之研究結果已發表於 2013 年第 12 屆國際中子與重離子劑量研討會國際研討會 (NEUDOS-12)。(已於 6/7 完成)	符合規劃進度
16.完成 ICRP-103 報告對於游離輻射防護安全標準之影響分析	分析比較 ICRP 103 與 ICRP 60 之異同，完成 ICRP 103 報告對於游離輻射防護安全標準之影響評估，並研提現行游離輻射防護安全標準納入 ICRP 103 報告之建議。(已於 9/27 完成)	符合規劃進度
17.完成治療用 Re-188 核醫藥物輻射安全評估報告	完成治療用 Re -188 核醫藥物輻射安全評估報告撰寫與審查修訂。(已於 9/30 完成)	符合規劃進度
18.完成環境試樣放射性核種分析能力試驗數據彙整	依據 8 家實驗室所回報的分析數據進行統計評估，並完成評估報告，寄送各參加測試實驗室進行確認。(已於 9/25 完成)	符合規劃進度
19.完成中低強度核種分析能力試驗數據彙整	依據 7 家實驗室所回報的分析數據與 TAF-CNLA-T10(2)規範，完成量測數據解析度之評估與資料整理，並寄送各參加測試實驗室進行確認。(已於 9/20 完	符合規劃進度

	成)	
20.完成環境劑量計能力試驗技術規範草案報告	參考美國 HPS N13.29-Draft (1996)環境劑量計能力試驗規範草案，分析環境劑量計能力試驗類別與測試條件，並完成國內環境劑量計能力試驗技術規範草案研擬。(已於 9/30 完成)	符合規劃進度
21.完成本土化個人示警輻射偵檢器之性能檢測技術報告	完成個人示警輻射偵檢器性能測試報告之撰寫與審查(報告編號：INER-10537)。(已於 9/24 完成)	符合規劃進度
22.完成高靈敏度多球式中子能譜偵檢器對中子反應度之蒙地卡羅模擬	完成波那球中子能譜系統回應函數模擬計算，並與標準 Cf-252 中子能譜比對，確認各項參數條件，各球體的量測結果與 MCNP 模擬結果差異皆可控制在 5.5%以內。(已於 9/18 完成)	符合規劃進度
23.完成 ICRP-103 號報告對於游離輻射防護安全標準之建議報告	完成 ICRP 103 號報告對於游離輻射防護安全標準之影響與建議研究報告撰寫與審查。(已於 12/23 完成)	符合規劃進度
24.完成國內核能電廠總體檢採取之安全措施影響報告	完成國內核能電廠總體檢採取之安全措施對於提昇整體輻射安全的評估研究撰寫。(已於 12/20 完成)	符合規劃進度
25.完成甲狀腺癌治療患者體內殘留碘-131 放射性同位素藥物造成之居家環境輻射量測結果報告	完成台灣地區碘-131 甲狀腺癌治療患者之外釋輻射管制劑量探討與居家輻射安全評估報告，並投稿 2013 年中華民國核醫學學會年會暨國際學術研討會。(已於 12/20 完成)	符合規劃進度
26.舉行核醫醫療曝露品質保證討論會議 2 場次	於 102 年 8 月與 11 月在核能研究所保健物理組辦理兩場核醫醫療曝露品質保證討論會議。(已於 11/22 完成)	符合規劃進度
27.完成環境試樣放射性核種分析能力試驗與中低強度核種分析能力試驗之總結報告	完成 102 年環境試樣放射性核種分析能力試驗與中低強度核種分析能力試驗總結報告，並於 102 年 10 月 25 日舉辦能力試驗總結會議。(已於 10/25 完成)	符合規劃進度
28.完成指環劑量計能力試驗照射系統評估報告	完成能力試驗所需之輻射照射場設置，中包括 X 射線、加馬、貝他等照射系統，並完成輻射劑量照射之不確定度分析與指環劑量計能力試驗照射系統評估報告。(已於 12/12 完成)	符合規劃進度
29.進行人員劑量計能力試驗第一批次照射作業	已於 102 年 12 月 12 日開始進行第一批次人員劑量計之照射，並於 12 月 23 日完成第一批次人員劑量計之照射作業。(已於 12/23 完成)	符合規劃進度
30.完成國內外放射治療劑量稽核系統之分析比較報告	完成國內外放射治療劑量稽核系統分析比較與研究開發報告撰寫、審查與修訂。(已於 11/23 完成)	符合規劃進度

31.完成高靈敏度多球式中子偵測器設計開發研究報告 1 篇，並完成質子射束撞擊鐵靶之中子能譜評估	標準中子能譜儀-波那球與高靈敏度波那圓柱之設計、校正與比較研究報告，並完成質子射束撞擊鐵靶之中子能譜評估研究及對鈹、鐵、銅、鎢靶材以 MCNPX 模擬 30 MeV 質子迴旋加速器中子源研究報告。(已於 12/11 完成)	符合規劃進度
32.完成重粒子放射治療設施輻射安全評估報告撰寫導則草案	參考 97 年 12 月 8 日核定之「粒子放射治療設施輻射安全評估報告撰寫導則與 Particle Therapy Co-Operative Group (PTCOG)於 2010 年發表的「SHIELDING DESIGN AND RADIATION SAFETY OF CHARGED PARTICLE THERAPY FACILITIES」報告，完成重粒子放射治療設施輻射安全評估報告撰寫導則草案。(已於 12/20 完成)	符合規劃進度

3.計畫工作項目實施步驟或研究方法

(宜詳實記載並附佐證文件)

工作項目	實施步驟或研究方法
1.放射診療設備之輻射安全與醫療曝露品保作業研究	項目一：全國電腦斷層掃描儀（約 230 台）之輻射醫療曝露品質保證作業檢查 使用三合一劑量假體（含成人頭腹部及小兒頭腹部）及劑量計讀儀、筆型游離腔設備，依據醫院實際執行病人掃描之臨床設置方式，測量曝露值，由此推算病人之電腦斷層劑量指標（CTDI_{vol}）。影像品質方面經掃描 ACR（American College of Radiology）假體，可獲得影像高低對比度、均勻度、定位偏移及不同物質 C T 值等資訊。迄至 6 月 30 日，已檢測機台為 151 台，約佔總檢測量 65.65%，所有機台檢測預計 12 月底完成。依據已回顧文獻，已設計假體來模擬人體的幾何形狀與衰減狀況，假體附錄二佐證圖表之圖 1 所示，用來實際度量自動管電流調控系統對輻射劑量調降狀況。度量方法如下：先行調查電腦斷層掃描儀使用自動管電流調控系統的參數設定，在關閉(off)與開啟(on) 自動管電流調控系統的狀況下，掃描假體，掃描長度為 15 cm，分別記錄掃描前後之 CTDI_{vol} 與 DLP 等顯示值。電腦斷層掃描時，電腦斷層長棒狀游離腔會放置在假體中心的孔洞，與度量 CTDI 的方式相同，測量在關閉(off)與開啟(on) 自動管電流調控系統的狀況下的曝露量。掃描假體完畢後，測量所掃描影像上圈選 ROI，以評估影像雜訊。 今年已對電腦斷層掃描儀自動管電流調控系統的現況進行調查，在國內有使用電腦斷層掃描儀自動管電流調控系統的醫療院所，使用胸-腹-骨盆腔假體進行自動管電流調控系統的電腦斷層掃，度量其輻射劑量與分析其影像品質(影像雜訊)。目前已收集到 75 台電腦斷層掃描儀的數據，相關調查與分析仍持續進行。 進行不同年齡孩童的 CTDI_{vol} 劑量調查時，先確定醫院進行常規小孩腹部檢查（針對 5 歲體型或 18 公斤的小孩）與常規小孩頭部檢查（針對 1 歲體型的小孩）之掃描參數，包括掃描方式是軸狀式或螺旋式掃描、管電壓、管電流、X 光旋轉一圈的曝露時間、偵檢器組置、掃描長度等，針對軸狀掃描，另須記錄檢查床每圈移動距離，針對螺旋掃描，應記錄檢查床前進速度(I)或螺距比(pitch)。以直徑 16 cm 的圓柱假體作為小孩假體，依據臨床檢查方式將假體放置在檢查

工作項目	實施步驟或研究方法
	床上，使假體的中心置於電腦斷層掃描儀之旋轉中軸，並確認軸狀、冠狀與矢狀方向皆正確對齊。若常規檢查是使用螺旋掃描，則測量劑量時應改為軸狀掃描，但其他參數應維持相同。若常規檢查使用自動管電流調控功能，則應關閉該功能，將管電流或管電流時間乘積依據臨床檢查的管電流平均值來設定。將筆型游離腔依序插入假體中心與上下左右與的洞，度量並計算中軸的電腦斷層劑量指標($CTDI_{100,C}$)與表面的電腦斷層劑量指標($CTDI_{100,P}$)，進而可計算 $CTDI_w$ $CTDI_w = \frac{1}{3}CTDI_{100,C} + \frac{2}{3}CTDI_{100,P}$ 再代入螺距比(pitch)計算體積電腦斷層劑量指標($CTDI_{vol}$)， $CTDI_{vol} = CTDI_w / pitch$ 今年已對五歲小兒的腹部檢查與一歲小兒的頭部檢查進行 $CTDI_{vol}$ 劑量調查，目前已各收集到 25 台孩童造影參數的結果，其劑量分布如附錄二佐證圖表之圖 2。ACR 於 2013 年 5 月公告的參考劑量水平：小兒腹部檢查是 15 mGy，小兒頭部檢查是 35 mGy；限值：小兒腹部檢查是 20 mGy，小兒頭部檢查是 40 mGy。至目前的訪查數據顯示：小兒腹部檢查沒有醫院是超過限值的，而小兒頭部檢查有 3 家(3/25 = 12%)醫院是超過限值的。 項目二：Mammo 實地檢測及乳腺密度評估實驗架構設計 本年度沿續 101 年度建立之實地檢測項目與流程，於今年度新增乳攝車加測 kVp 之準確性與再現性。截至 12/31 實際完成台數為 260 台，數據回報皆依照進度二週回報一次。 已回顧相關國際文獻，預計參考 Highnam R 之作法，利用 x 光通過乳腺與脂肪組織會產生不同程度衰減之特性，配合複雜之射束硬化與散射之校正，計算出每個體素(voxel)之乳腺體積，並加總求得總乳腺體積。於求得總乳腺體積後，搭配估計整個乳房之體積，進而可計算得到整個乳房體積中之乳腺密度。乳腺密度評估方法確立後，將於七月份起分析林口長庚醫院參與國健局乳房攝影篩檢之受檢者頭腳位 (CC view)與斜位照 (MLO view)乳房攝影影像約 2000 例。因此研究涉及使用受檢者影像之分析及收集受檢者之年齡、壓迫乳房厚度、曝露條件等資訊，故正與長庚醫療財團法人申請人體試驗簡易審查中。 項目三：抽樣訪查國內透視攝影 X 光機(約 30 台)及設計問卷以收集醫療院所執行透視攝影 X 光機(含介入性診療)之程序現況 截至 6/30 實際完成台數：30 台。抽樣訪查分為實地測量與問卷調查兩部分。101 訪查國內醫學中心 20 台透視 X 光機，

工作項目	實施步驟或研究方法
	於 102 年訪查 30 台，總計訪查國內透視攝影及介入診療設備共 50 台，其中 X 光管球在上方的有 28 台，在下方的則有 22 台。附錄二佐證圖表之表格 2。 實地測量包含影像品質測試、典型病人曝露率、參考點曝露值、劑量面積乘積 (Dose-area-product, DAP)、以及最大曝露率。問卷調查的內容如附件「102 年透視攝影品保及輻射安全訪查問卷」，包括機齡、檢查病人數、是否執行透視設備品保、鉛衣檢測頻率、工作人員佩帶佩章比例、是否針對透視攝影及介入診療辦理輻射安全訓練、透視設備是否具有劑量顯示值、參考點及中心點的位置、以及在該設備所進行的檢查種類等等，並請院方人員針對透視攝影輻射安全或品保提出問題並惠賜建議。 問卷內容包含兩大部分，第一部分為設備調查，請各醫療院所填寫機器是屬於一般型、遙控型、介入診療（包含心導管與血管攝影）、移動型或是其他種類的機器，是否具有劑量顯示值，參考點與旋轉中心位置；第二部分則是請院方人員填寫各項檢查的每週病人數、每人次的透視時間與照相次數，並在該設備具有劑量顯示值時填寫每項檢查的顯示劑量平均值。如附件「行政院原子能委員會 102 年透視攝影設備輻射安全及醫療曝露品保調查問卷」。
2.核設施輻射評估與防護審查技術建立	(1)ICRP-103 號報告對於游離輻射防護安全標準之影響及建議研究 探討國際輻射防護委員會最新輻射防護建議報告 ICRP-103 號報告引用後，對國內輻防管制法規之影響，並提出法規修訂建議，以供主管機關作為法規修訂與推動之決策參考 (2)國內核能電廠總體檢採取之安全措施對於提昇整體輻射安全的評估研究 針對核能電廠總體檢後之各項安全措施(含硬體工程、管理與應變程序、輻防管制等)，對於有效防止放射性物質外釋、廠內外環境與人員輻射劑量持續監測與分析能力、支援人員輻防裝備與訓練等進行研究探討，以提升國內核電廠對於複合式災害之應變能力
3.核子醫學診療輻射劑量評估研究	(1)Re-188 核醫藥物之輻射劑量評估研究 國際間針對 Re-188 核醫藥物的開發與應用已漸趨成熟，國內則逐漸利用該藥物進行相關癌症治療，相關之輻射安全評估尚在發展階段。本研究擬就國際間針對此藥物於治療期間可能對相關工作人員造成之輻射安全考量與評估方法進行蒐集，並利用蒙地卡羅程式進行標準人在特定藥物分布條件下之輻射劑量率隨距離變化情形探討，以提供主管機關作為參考 (2)利用輻射度量工具(如熱發光劑量計等)實際量測接受核醫診療患者對環境、居家之輻射劑量影響

工作項目	實施步驟或研究方法
	針對甲狀腺癌治療患者返家後，體內殘留之碘-131 核醫藥物可能造成之環境輻射曝露，提供患者環境級熱發光劑量計等量測工具，進行病患居家環境輻射劑量量測，就不同患者間的居家累積輻射劑量進行比較分析，並進行可能之集體劑量推測 (3)與醫療機構、學術單位或相關學會合作，進行核醫藥物醫療曝露品質項目與執行方法之研究 針對核醫診療程序中與輻射曝露相關之作業程序，與醫療機構或相關學會合作，探討推動核醫藥物醫療曝露品質保證之程序、項目、與執行方法可行性
4.輻射防護品保與偵測儀器驗證技術建立	(1)與醫療機構、學術單位或相關學會合作，共同建立弧形放射治療設施(Tomotherapy, RapidArc, VMAT)劑量驗證技術與作業程序，並進行國內外放射治療劑量稽核系統分析比較與研究開發 A.針對弧形放射治療設施(Tomotherapy, RapidArc, VMAT)，完成驗證假體及劑量量測工具之設計 B.完成劑量驗證儀器之測試與校正 C.建立劑量驗證技術與作業程序 D.與各醫療院所使用之商業化量測工具進行驗證比較 E.完成國內外放射治療劑量稽核系統之分析比較 F.建立放射治療劑量稽核作業程序 (2)配置 7-9 種環境測試樣品，執行全國環境試樣放射性核種分析能力試驗 A.依據「輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則」第二十二條之規定，環境輻射監測作業執行單位，應通過財團法人全國認證基金會（Taiwan Accreditation Foundation；簡稱 TAF）游離輻射領域之環境試樣放射性核種分析實驗室認證；而依據 TAF 相關規範的要求，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 B.參考國際標準 ISO GUIDE 30-35 及環境試樣放射性核種分析測試實驗室認證技術規範（文件編號：TAF-CNLA-T09)配置 7 種環境測試樣品(水樣、濾紙、土壤、植物、牛乳、畜產肉類、米樣)，寄送國內 7 家環境試樣放射性核種分析實驗室進行量測 C.依據 TAF-CNLA-T09 認證技術規範之可接受最小可測量(AMDA)、相對偏差及相對精密度要求，分析參加實驗室之量測回報數據，判斷是否通過能力試驗之測試，並辦理能力試驗總結會議及寄發個別報告、總結報告 (3)配置 Sr-89/90、Fe-55/59、混合加馬液體(Ba-133、Cs-137、Eu-152)射源樣品，執行全國中低強度核種分析能力試驗 A.擬訂中低強度核種分析能力試驗計畫與寄發簡章，確認國內 6 家參加實驗室之量測時程與負責人員 B.採購測試射源，並進行液體樣品配置與活度量測

工作項目	實施步驟或研究方法
	C.安排樣品傳送至能力試驗參加實驗室 D.彙整參加實驗室回報之量測數據，參考測試領域中低強度核種分析實驗室認證技術規範(TAF-CNLA-T10(1))，進行分析研判是否通過能力試驗之測試，並辦理能力試驗總結會議及寄發個別報告、總結報告 4.執行全國人員劑量計能力試驗 A.依據測試領域人員體外劑量評估技術規範(TAF-CNLA-T08(3))，進行能力試驗各測試類別之照射系統性能測試 B.完成人員劑量計能力試驗計畫書，並召開能力試驗說明會，討論執行期程 C.完成國內人員劑量評估實驗室之輻射劑量計校正與能力試驗第一批次之照射作業 (5)參考肢端劑量計能力試驗技術規範草案，建立執行能力試驗所需之輻射射質與照射系統 A.參考2012年完成之肢端劑量計能力試驗技術規範草案，分析能力試驗測試類別之各項條件，建置能力試驗所需之照射系統 B.與國內人員劑量評估實驗室合作，進行指環劑量計校正與輻射照射劑量評估 (6)研擬環境劑量計能力試驗技術規範草案 參考HPS N13.29-Draft (1996)環境劑量計能力試驗規範草案，確認照射射源(貝他、加馬與X射線射質)、劑量範圍、劑量轉換係數、允差標準等條件，研擬國內環境劑量計能力試驗技術規範草案 (7)依據ANSI N42.32 (2003)標準，建立個人示警輻射偵檢器驗證技術 A.參考ANSI N42.32 (2003)規範，進行國內自製個人示警輻射偵檢器之性能檢測(包括射源種類、溫度、濕度、衝擊、振動、墜落等項目) B.分析檢測與校正結果，如有不符合規範的項目，將建議研發機構調校輻射偵檢器之功能，並進行複測，以確保國內核儀產品製作性能及量測準確度，提昇行銷國際市場之競爭力
5.粒子治療設施誘發中子輻射之量測評估技術建立	(1)依據國內質子治療機所誘發之中子能量，建立多球式高能中子能譜系統回應函數研究 本計畫於上年度已建立蒙地卡羅程式評估多球式中子能譜量測系統對不同能量中子的反應度，並以Cf-252標準中子源，對蒙地卡羅的評估結果作反復的驗證與調整，確證技術建立之成效，本年度將延續上年度建立之技術，將多球式中子能譜偵檢器對不同能量中子反應度的計算由20 MeV延伸至GeV等級，使中子能譜系統的量測範圍可涵蓋國內質子治療機誘發中子之能量，同時設計高靈敏度

工作項目	實施步驟或研究方法
	的多球式中子能譜量測系統，以因應低中子劑量情況下的量測需求，未來將可實際應用在國內質子治療設施誘發中子的能譜量測與劑量評估上 (2)建立高能質子加速器設施誘發中子能譜模擬技術 利用蒙地卡羅 MCNP 程式，模擬本所或國內現有質子加速器設施，其質子射束撞擊鐵靶時所誘發的高能中子能譜分佈狀況，並以多球式中子能譜量測系統進行量測交互比對驗證，建立實際施誘發中子能譜模擬與量測技術，未來此技術將實際應用於國內質子治療設施誘發中子能譜的量測與劑量評估，並可進一步於質子治療設施內，建立高能質子誘發中子的標準中子劑量場，直接對質子治療設施內的中子偵測器進行量測比對或劑量驗證 (3)重粒子放射治療設施輻射安全評估報告撰寫導則研究 蒐集國外文獻資料，並參考粒子放射治療設施輻射安全評估報告撰寫導則，研擬重粒子放射治療設施輻射安全評估項目與報告撰寫導則，以提供主管機關審查國內重粒子放射治療設施輻安管制之參考

註：請依原綱要計畫書上所列計畫目的、架構、主要內容填寫

肆、計畫經費與人力執行情形

四、計畫經費執行情形：(以下列表格表達)

(一)計畫結構與經費

細部計畫		研究計畫		主持人	執行機關	備註
名稱	經費	名稱	經費			
提升輻射安全 管制技術之研究	23,181	1.放射診療設備之輻射安全與醫療曝露品保作業研究	6,500	萬永亮	長庚大學	
		2.核設施輻射評估與防護審查技術建立	2,962	楊雍穆	核能研究所	
		3.核子醫學診療輻射劑量評估研究	3,027	李國威	核能研究所	
		4.輻射防護品保與偵測儀器驗證技術建立及登記類可發生游離輻射設備之輻射安全檢查作業與研究	7,618	李振弘 許芳裕	核能研究所 國立清華大學	
		5.粒子治療設施誘發中子輻射之量測評估技術建立	3,074	袁明程	核能研究所	

(二)經資門經費表

會計科目 \ 項目		預算數 / (執行數)			備 註	
		主管機關預算(委託、補助)	自 籌 款	合 計		
				金額(元)		占總經費%
一、經常支出						
1.人事費		4,763,832		4,763,832 (4,727,533)	20.55% (99.24%)	
2.業務費		11,283,259 (10,989,558)		11,283,259 (10,989,558)	48.67% (97.40%)	
3.差旅費		1,348,000	100,000	1,448,000 (1,431,547)	6.25% (98.86%)	
4.管理費		740,909		740,909 (740,909)	3.20% (100%)	
5.營業稅						
小 計		18,136,000 (17,842,299)	100,000	18,236,000 (17,889,547)	78.67% (98.10%)	
二、資本支出		4,945,000		4,945,000 (4,687,557)	21.33% (94.79%)	
小 計		4,945,000		4,945,000 (4,687,557)	21.33% (94.79%)	
合 計	金 額	23,081,000 (22,787,299)	100,000	23,181,000 (22,577,104)	100% (97.39%)	
	占總經費%	100%				

或僅以人事費、業務費(研究設備費、材料與雜費)管理費分類

經費項目		主管機關預算 (委託、補助)	自籌款	合計		備註
				金額	%	
人事費						
業務費	研究設備費					
	材料與雜費					
管理費						

與原計畫規劃差異說明：

配合行政院 102 年度預算執行節約措施，業務費與差旅費合計繳回 430,000 元。

(三)計畫人力

計畫名稱	執行情形	總人力(人年)	研究員級	副研究員級	助理研究員級	助理
分支計畫 提升輻射 安全管制 技術之研 究	原訂 (全年)	6.5	0	1.1	4.2	1.2
	實際	6.5	0	1.1	4.2	1.2
	差異	0	0	0	0	0
分支計畫 放射診療 設備之輻 射安全與 醫療曝露 品保作業 研究	原訂 (全年)	11	2	1	2	6
	實際	11	2	1	2	6
	差異	0	0	0	0	0
分項計畫 核設施輻 射評估與 防護審查 技術建立	原訂 (全年)	1.0	0	0.3	0.6	0.1
	實際	1.0	0	0.3	0.6	0.1
	差異	0	0	0	0	0
分項計畫 核子醫學 診療輻射 劑量評估 研究	原訂 (全年)	1.5	0	0	1.3	0.2
	實際	1.5	0	0	1.3	0.2
	差異	0	0	0	0	0
分項計畫 輻射防護 品保與偵 測儀器驗 證技術建 立	原訂 (全年)	2.5	0	0.6	1.2	0.7
	實際	2.5	0	0.6	1.2	0.7
	差異	0	0	0	0	0
分項計畫 粒子治療 設施誘發 中子輻射 之量測評 估技術建 立	原訂 (全年)	1.5	0	0.2	1.1	0.2
	實際	1.5	0	0.2	1.1	0.2
	差異	0	0	0	0	0

(四) 主要人力投入情形(副研究員級以上)

姓名	計畫職稱	投入主要工作及人月數	學、經歷及專長	
萬永亮	分項計畫主持人	規劃及監督計畫之執行 12 個人月	學 歷	台大醫學院醫學士
			經 歷	林口長庚醫院影像診療部部長，長庚大學醫放系教授兼系主任
			專 長	放射診斷學
劉鶴齡	協同主持人	規劃及計畫之執行 12 個人月	學 歷	美國德州大學醫學物理博士
			經 歷	長庚大學醫放系教授
			專 長	放射診斷物理
蔡惠予	協同主持人	規劃及計畫之執行 12 個人月	學 歷	清華大學原科所博士
			經 歷	長庚大學醫放系副教授
			專 長	放射診斷物理
楊雍穆	分項計畫主持人	統籌計畫之規劃、推動與協調 3.6 人月	學 歷	碩士
			經 歷	核能研究所副研究員
			專 長	核子工程
李國威	分項計畫主持人	輻射劑量評估與計畫管理 4.8 人月	學 歷	碩士
			經 歷	核能研究所助理研究員
			專 長	核子工程
李振弘	分項計畫主持人	輻射劑量計能力試驗研究與計畫管理 2.4 人月	學 歷	博士
			經 歷	核能研究所副研究員
			專 長	原子能工程、生醫工程與環境科學
袁明程	分項計畫主持人	計畫作業與推動、協調 2.4 人月	學 歷	博士
			經 歷	核能研究所副研究員
			專 長	原子能工程、生醫工程與環境科學
葉俊賢	研究人員	輻射劑量計能力試驗技術研究 0.3 人月	學 歷	碩士
			經 歷	核能研究所副研究員
			專 長	保健物理
朱肇翰	研究人員	多球式中子能譜系統運作與中子	學 歷	碩士
			經 歷	核能研究所助理研究員

姓名	計畫職稱	投入主要工作及人月數	學、經歷及專長	
		能譜分析 3.6 人月	專 長	保健物理
王正寧	研究人員	核醫科輻射安全 議題評估 3.6 人月	學 歷	博士
			經 歷	核能研究所助理工程師
			專 長	核子工程
彭恩琪	研究人員	規劃與執行環境 試樣放射性核種 分析能力試驗 3.6 人月	學 歷	學士
			經 歷	核能研究所工程助理員
			專 長	保健物理
葉堅勇	研究人員	規劃與執行中低 強度核種分析能 力試驗 3.6 人月	學 歷	碩士
			經 歷	核能研究所助理工程師
			專 長	保健物理
施彥豪	研究人員	執行個人示警輻 射偵檢儀器性能 驗證 2.4 人月	學 歷	碩士
			經 歷	核能研究所助理研發師
			專 長	保健物理
許芳裕	分項計畫 主持人	主持並規劃輻射 安全檢查作業、 數據統計分析與 報告撰寫 2.4 人月	學 歷	國立清華大學博士
			經 歷	國立清華大學原子科學技術發展中心核 能師、國立清華大學生醫工程與環境科學 系兼任副教授、(曾任)元培技術學院放射 技術系專任助理教授
			專 長	保健物理、輻射度量、輻射劑量評估
趙君行	分項計畫 協同 主持人	計畫督導、協調 人員作業、輻射 安全檢查作業 2.4 人月	學 歷	國立清華大學博士
			經 歷	國立清華大學原子科學技術發展中心核 能師
			專 長	保健物理、輻射度量、放射性核種分析

與原計畫規劃差異說明：

無

伍、計畫已獲得之主要成果與重大突破(含量化成果 output)

一、本計畫主要成果及重大突破

請就本計畫涉及之(1)學術成就或(2)技術創新或(3)經濟效益或(4)社會影響(5)其它效益方面說明重要之成果及重大之突破，以文字方式分列說明。

1.學術成就

(1) 放射診療設備之輻射安全與醫療曝露品保作業研究分項計畫目前進度為兩年期之第二年，在學術成就上，第二年度的上半年目前已投稿 4 篇論文，其中兩篇論文已發表，兩篇論文已接受。已發表的論文為“電腦斷層輻射醫療曝露標準施行前後對於全國電腦斷層儀輻射劑量的影響”，發表於“中華民國放射線醫學會 102 年學術研討會”；另一篇為“臺灣乳房攝影設備品質趨勢：自 2008 年之五年經驗呈現”發表於“中華民國放射線醫學會 102 年學術研討會”；被接受的論文為“Survey of Radiation Beam Width in CT According to ACR 2012 CT QC Manual”，於“2013 AAPM Annual Meeting”；另一篇為“Patient-Based Average Glandular Dose Estimations in Taiwan”於“2013 AAPM Annual Meeting”。

(2) 波那球系統(Bonner Sphere Spectrometer)是國際間廣泛使用的中子能譜量測工具，主要由熱中子偵檢器以及外圍包覆不同尺寸之中子緩速球組成，其可進行由熱中子能量至 GeV 之全能量中子能譜量測。本計畫除引進國際間的波那球商用化產品，更針對其量測效率不佳之缺點，自行開發一套高效率之波那圓柱系統(Bonner Cylinder Spectrometer)，該系統由內充高壓力之圓柱形氦-3 比例計數器組成，高氣壓與大作用體積之特點使得量測效率較原設計提高約 17 倍，大幅提升中子能譜量測系統應用領域。本計畫完成設計之波那圓柱具有高靈敏度之基礎特性，能針對背景、中子通量較低的場域進行中子能譜量測，該技術

可提升目前中、低能量為主的中子量測能力；同時，外加金屬球之設計將可將量測中子能量提升至 GeV 等級，針對國內即將興建完成之長庚質子治療設施與同步輻射台灣光子源等高能加速器設施，可望提供人員高能中子輻射防護以及屏蔽設計等需求，作為主管機關以及相關研究機構參考。相關研究成果 (Calibration and Comparison between Standard Bonner Spheres and High-sensitivity Bonner Cylinders) 已發表於國際期刊 (Radiation Protection Dosimetry)。

- (3) 本計畫研製使用於量測高劑量率 Ir-192 近接治療射源空氣克馬之標準游離腔，並利用蒙地卡羅法評估游離腔之腔壁效應修正因子，以提供國內近接治療射源更準確的校正追溯；此外，本計畫也針對臨床進行位於食道或肺部氣管等包含有空腔在內之器官的近接治療時，由於空腔內並無身體組織可將同位素射源固定住，因此射源位置會產生位移的現象，射源位置的偏移可能會造成腫瘤或正常組織接受到不正確的劑量，使治療效果產生偏差，本計畫亦以蒙地卡羅法針對 Ir-192 射源在空腔內位移的情形作一靈敏度評估，並探討該效應對體內劑量改變的影響程度。期能提供醫院未來在進行空腔內之近接治療時評估位移誤差的參考。相關研究成果 (Evaluation of Wall Correction Factor of INER's Air-Kerma Primary Standard Chamber and Dose Variation by Source Displacement for HDR Ir-192 Brachytherapy) 已發表於國際期刊 (BioMed Research International)。

- (4) 與中國醫藥大學合作，使用熱發光劑量計作為郵校劑量計，並自製郵校假體，與美國放射物理中心郵校假體系統進行測試比較。本計畫使用之熱發光劑量計篩選在 95% 的信賴區間，中其變異係數小於 5%，並將郵校假體中 TLD 之讀值轉換至水吸收

劑量，以進行劑量量測修正，並藉由校正標準劑量之醫用加速器下進行臨床測試，評估輸出劑量量測之誤差可維持在 3% 內，故本計畫所設計之郵校假體與劑量計系統可有效應用於放射治療劑量之稽核驗證。相關研究成果 (Dose Verifications of Self-designed Phantom for Radiation Therapy Postal Audit) 已投稿至國際期刊 (BioMed Research International)。

2.技術創新

- (1)市售之球形或圓柱形空氣游離腔所使用之電極為棒狀，容易造成腔內電場均勻度不佳，使腔內角落區域之信號漏失，而當游離腔體積增加時，為收集飽和電流時，必須使用較高之工作電壓，但電壓過高時會產生氣體增殖現象，而易形成漏電流，降低量測訊號之準確度。本計畫利用核能研究所申請之發明專利概念，設計與製作一球形電極空氣游離腔，作為量測高劑量率 Ir-192 近接治療射源空氣克馬之標準游離腔，其可在靈敏體積內產生均勻之電場強度，降低漏電流，提升 Ir-192 近接治療射源強度之量測準確度，並提供國內近接治療劑量更準確的校正追溯，本項球形電極空氣游離腔為國內首創之設計，相關研發成果已發表於國際期刊(BioMed Research International)。
- (2)設計一種郵寄式輻射劑量驗證裝置及其作業程序，適用於稽核與驗證醫用加速器之光子與電子射束輸出劑量，其包括有壓克力假體、熱發光劑量計(TLD)與驗證醫用加速器輸出劑量之作業程序。壓克力假體重量小於 1.5 kg，方便進行郵寄，面積可涵蓋量測醫用加速器參考劑量時之 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 照野，厚度可提供足夠輻射散射量，且可配合待驗證的醫用加速器射束能量，調整覆蓋熱發光劑量計之壓克力材料厚度，以達到電子平衡的要求。本發明設計可藉由郵寄的方式，將輻射劑量驗證裝置寄至醫院，並提供輻射劑量驗證裝置之作業程序及工作表單，以方便使用人員操作，再利用熱發光劑量計的反應讀值轉換至各醫用加速器之輸出劑量，進而驗證其輸出劑量準確性，保障放射治療品質。目前發明構想已通過核能研究所專利申請之審查，並於 102 年 10 月申請中華民國發明專利。

3.經濟效益

開發高效率之波那圓柱系統(Bonner Cylinder Spectrometer)，偵測效率比目前市售波那球系統(Bonner Sphere Spectrometer)提高 17 倍之外，且製作與組裝之成本僅約 500 千元左右，未來可開發提供國內相關單位使用，每套可有效節省自國外採購儀器約 3,500 千元之費用。

4.社會影響

(1) 量化出患者接受核子醫學診療後對大眾的非預期輻射曝露影響時間表，並在更貼切病患需求下，將輻射防護措施納入居家照護衛教單張中，提供醫病溝通及居家防護之依循。本計畫將持續與基隆長庚醫院合作，進行甲狀腺癌患者居家環境輻射劑量量測，預計本年度收案人數可達到 76 人，並持續分析不同患者間差異對於累積劑量之影響，預期可全面性降低核醫診療所造成環境背景劑量。

(2) 本計畫使用組織等效的固態假體來模擬病患，依據臨床治療頭頸部及攝護腺癌時之腫瘤與周邊正常組織器官的形狀，分別規劃出參考的治療計畫，以評估國內各放射治療單位主要使用的治療設備及電腦治療計畫系統，以此參考治療計畫的資料為範本，委由參與研究的放射治療單位執行此治療計畫；此外，以游離腔量測參考點劑量，以 EBT 膠片及商品化治療計畫劑量驗證設備量測平面劑量分佈，量測結果再與電腦治療計畫系統的計算結果做比對。經由本研究以實際臨床應用參考案例的劑量驗證，可以確認醫療曝露品質保證作業施行的實際成效，同時作為精進此作業標準的重要參考，並協助臨床單位提昇放射治療品質及技術水平，強化輻射曝露品質保證規範的完整性。

- (3)國內第一部質子治療機(長庚醫院)於 103 年提供治療服務，本計畫建立之劑量評估與量測技術，可確保設施運轉時之環境輻射安全與接受治療病人的醫療品質。

5.其它效益

- (1)本計畫將參考 IAEA 對於核醫 dose calibrator 的品管程序，設計針對台灣核醫現況適當可行的品管作業流程，並同時進行全國核醫科單位監控，保障病患接受核醫藥物劑量之正確與安全性。對於核醫影像設備，制定相關品管規範，進而監控全國核醫檢查設備，以維護病患接受核醫檢查時的輻射曝露之適當性。
- (2)個人示警輻射偵檢器適用於執行核設施之輻射防護作業，提供管制區域與監測區域之輻射偵檢與危害評估。計畫參考美國 ANSI N42.32 (2003)規範的個人示警輻射偵檢器性能測試要求，訂定個人示警輻射偵檢器的規格、性能要求與性能測試之建議，可提昇國內核儀產品之製作性能與量測準確度，提供相關單位做為儀器研發與採購之參考，有效保障民眾與輻射從業人員之安全。

二、績效指標項目初級產出、效益及重大突破

請依本計畫(涉及)設定之成果項目以量化績效指標方式及佐證資料格式填寫主要之量化成果(如學術成就代表性重要論文、技術移轉經費/項數、技術創新項數、技術服務項數、重大專利及項數、著作權項數等項目，含量化與質化部分)。

請依本計畫(涉及)設定之成果項目先分別將底下研究計畫以領域別分類，再以量化績效指標方式及佐證資料格式填寫主要之量化成果。

(填寫說明如表格內容，**未使用之指標及填寫說明文字請刪除**)

	績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
學術成就(科技基礎研究)	A 論文	國外要期刊論文小計 5 篇 國際研討會論文小計 6 篇	將計畫執行成果撰寫成論文發表，可提昇計畫執行者之學術地位，並貢獻研發社群有關劑量評估管制技術發展與輻射儀器驗證能力等經驗之累積，為相關技術發展重要參考與引用之依據。	
	B 研究團隊養成	1.養成蒙地卡羅劑量評估研究團隊 1 個。 2.培養放射治療品保驗證研究團隊 1 個 3.培養游離輻射領域能力試驗研究團隊 1 個。	因應醫療曝露品質保證與輻射防護作業，建立輻射劑量評估模式與量測技術，並研究與輻射屏蔽及防護標準之審查技術，以確保工作人員與一般民眾之輻射安全	
	C 博碩士培育	參與計畫執行之碩士研究生 3 名及博士研究生 2 名	可培養出國內未來需要的輻射防護劑量評估、醫療院所輻射安全評估與輻射防護所需高階研發人才，提升相關領域的水準，增加論文產出。	

	績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
	D 研究報告	研究報告小計 15 篇	1.將調查成果撰寫成研究報告，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，劑量評估與量測技術發展可支援主管機關從事安全管理制工作。 3.促進管理實務效能並提昇民眾對核能安全之信心。 4. 相關學會引用	
	E 辦理學術活動	(1)5 月 23 日於核能研究所國家游離輻射標準實驗室召開人員劑量計及肢端劑量計能力試驗研討會，共有 9 家實驗室、45 位技術專家參加 (2)10 月 25 日在核能研究所舉行 2013 年游離輻射量測領域能力試驗研討會，共 14 單位，80 位技術專家參加	辦理國內研討會 2 場次，邀請相關專家、學者進行學術交流	
	F 形成教材	教材 2 份，名稱：「醫療輻射曝露之診斷參考水平」以及「小兒電腦斷層掃描參數最佳化」。	國內醫療院所、相關學會引用	
	其他			
技術創新(科技整合創新)	G 專利	申請發明專利 1 件	避免國外技術壟斷，保障智慧財產權利。	
	H 技術報告	技術報告 1 篇	建立相關專業技能能量，提昇核安管制水準，並提供相關單位參考。	
	I 技術活動			

		績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
		J 技術移轉			
		S 技術服務			
		其他			
經濟效益 (產業經濟發展)		L 促成廠商或產業團體投資			
		M 創新產業或模式建立			
		N 協助提昇我國產業全球地位或產業競爭力			
		O 共通/檢測技術服務			
		T 促成與學界或產業團體合作研究			
		U 促成智財權資金融通			
		其他			
社會影響	民生社會發展	P 創業育成			
		Q 資訊服務			
		R 增加就業	本計畫聘請 6 名研究助理 (學士及碩士)	降低失業率	
		W 提昇公共服務			
		X 提高人民或業者收入			
		其他			
	環境安全永續	O 共通/檢測技術服務			
		V 提高能源利用率			

		績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
		Z 調查成果	電腦斷層掃描儀調查結果 乳房攝影儀及乳腺劑量評 估調查結果資料量	此調查結果將提供國內 醫療曝露檢查之重要依 據	
		其他			
其他效益（科技政策管理及其它）		K 規範/標準制訂	環境劑量計能力試驗技術 規範(草案)1 件	建立執行國內環境劑量 計能力試驗之依據	
		Y 資料庫			
		XY 性別平等促 進			
		AA 決策依據	放射診療設備之輻射安全 與醫療曝露品保作業研究 計畫新建方法及整合文 獻，將提供政策建議	此計畫之相關結果將提 供國內醫療曝露品保作 業之重要依據	
		其他			

陸、 主要成就及成果之價值與貢獻度 (outcome)

請依前述重要成果及重大突破說明其價值與貢獻度如：

一、學術成就(科技基礎研究) (權重 25%)

本計畫執行其成為 101-104 年，累積至今主要成就及成果之價值與貢獻度如下：

1.101 年度：(1)完成建立 ICRP-110 體素假體，驗證點射源評估方式由於未考慮到人體對核醫藥物的自屏蔽效應因此會造成劑量評估結果大幅度高估。以 I-131 射源為例，利用體素假體之評估結果僅為點射源評估結果之 $62.06 \pm 0.50 \%$ (成年男性)與 $63.12 \pm 0.55 \%$ (成年女性)。此部分研究成果發表(Radiation Safety Consideration for Thyroid Cancer Therapy from the view of Anthropomorphic Voxel Phantom Model)於第 12 屆 ICRS 國際研討會，並獲得大會接受為海報張貼模式發表。該假體同時應用於硼中子捕獲治療之有效劑量計算，相關研究成果(Effective Dose Evaluation for BNCT Brain Tumor Treatment Based on Voxel Phantoms)發表於 2012 年日本筑波召開之第 15 屆硼中子捕獲治療國際會議(ICNCT-15)。(2)與中國醫藥大學合作，利用 TLD 與 RANDO 假體，進行強度調控放射治療(IMRT)在腫瘤組織外所引發之散射劑量評估。相關研究成果已投稿至國際期刊(Radiation Measurements)；此外，雙方亦合作利用蒙地卡羅程式、Gafchromic Film、Solid Water 假體、Bone 假體及 Lung 假體進行高劑量率(HDR) Ir-192 射源在不同介質之劑量分佈研究，相關研究成果已刊登於 PLoS One 國際期刊。(3)與台大醫院合作，針對臨床放射治療的給予劑量進行驗證。針對全身照射治療方式，以 EBT 膠片與熱發光劑量計(TLD)進行劑量量測與驗證。相關研究成果(Clinical Application of Gafchromic EBT Film for In Vivo Dose Measurements from Total Body

Irradiation)發表在 IRPA-13 國際會議中。

2.102 年度：(1)自行開發一套高效率之波那圓柱系統(Bonner Cylinder Spectrometer)，該系統由內充高壓力之圓柱形氦-3 比例計數器組成，高氣壓與大作用體積之特點使得量測效率較原波那球系統(Bonner Sphere Spectrometer)提高約 17 倍，大幅提升中子能譜量測系統應用領域；相關研究成果(Calibration and Comparison between Standard Bonner Spheres and High-sensitivity Bonner Cylinders)已發表於國際期刊(Radiation Protection Dosimetry)。(2)本計畫研製使用於量測高劑量率 Ir-192 近接治療射源空氣克馬之標準游離腔，並利用蒙地卡羅法評估游離腔之腔壁效應修正因子，以提供國內近接治療射源更準確的校正追溯；此外，本計畫也針對臨床進行位於食道或肺部氣管等包含有空腔在內之器官的近接治療時，射源位置的偏移可能會造成腫瘤或正常組織接受到之劑量變化進行評估，並探討該效應對體內劑量改變的影響程度；相關研究成果(Evaluation of Wall Correction Factor of INER's Air-Kerma Primary Standard Chamber and Dose Variation by Source Displacement for HDR Ir-192 Brachytherapy)已發表於國際期刊(BioMed Research International)。(3)與陽明大學合作，使用熱發光劑量計作為郵校劑量計，並自製郵校假體，與美國放射物理中心(RPC)郵校假體系統進行測試比較；並於校正標準劑量之醫用加速器下進行臨床測試，評估輸出劑量量測之誤差可維持在 3% 內，本計畫所設計之郵校假體與劑量計系統可有效應用於放射治療劑量之稽核驗證，相關研究成果(Dose Verifications of Self-designed Phantom for Radiation Therapy Postal Audit)已投稿至國際期刊(BioMed Research International)。

二、技術創新(科技整合創新) (權重 20%)

本計畫執行其成為 101-104 年，累積至今主要成就及成果之價值與貢獻度如下：

- 1.101 年度：(1)與清華大學合作開發的體素均質化方式，將可因為計算體素減少而大幅縮短計算時間，同時藉由 MCNPX 程式在叢集電腦上的平行化技術開發與多射源評估方式，提供了蒙地卡羅評估技術應用上的延展性。(2)因應日本福島核電廠之複合式災害，發展可攜式之標準射源及相關裝置，建立核設施環境劑量監測器與區域監測器現場即時遊校技術，除可節省將核設施輻射監測儀器拆卸送回實驗室校正的時間，設施經營者亦無需準備備份監測器執行例行監測工作；而透過現場及時的遊校方法，將能確保輻射監測器之現場正常連線功能，提昇國內核設施輻射劑量監測儀器之量測準確度，協助政府法執行輻防管制作業與確保全民輻射安全品質。本項現場即時遊校方法為國內外首創之技術，已申請中華民國與美國發明專利(環境劑量監測器與區域監測器遊校方法)。
- 2.102 年：利用核能研究所申請之發明專利概念，設計與製作一球形電極空氣游離腔，作為量測高劑量率 Ir-192 近接治療射源空氣克馬之標準游離腔，其可在靈敏體積內產生均勻之電場強度，降低漏電流，提升 Ir-192 近接治療射源強度之量測準確度，並提供國內近接治療劑量更準確的校正追溯，本項球形電極空氣游離腔為國內首創之設計，相關研發成果已發表於國際期刊(BioMed Research International)。(2)設計一種郵寄式輻射劑量驗證裝置及其作業程序，適用於稽核與驗證醫用加速器之光子與電子射束輸出劑量，其包括有壓克力假體、熱發光劑量計(TLD)與驗證醫用加速器輸出劑量之作業程序。壓克力假體重量小於 1.5 kg，方便進行郵寄，面積可涵蓋量測醫用加速器參考劑量時之 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 照野，厚度可提供足夠輻射散射量，且可配合待驗證的醫用加速器射束能量，調整覆蓋熱發光

劑量計之壓克力材料厚度，以達到電子平衡的要求。本發明設計可藉由郵寄的方式，將輻射劑量驗證裝置寄至醫院，並提供輻射劑量驗證裝置之作業程序及工作表單，以方便使用人員操作，再利用熱發光劑量計的反應讀值轉換至各醫用加速器之輸出劑量，進而驗證其輸出劑量準確性，保障放射治療品質。目前發明構想已通過核能研究所專利申請之審查，並於 102 年 10 月申請中華民國發明專利。

三、經濟效益(產業經濟發展)(權重 15%)

本計畫執行其成為 101-104 年，累積至今主要成就及成果之價值與貢獻度如下：

- 1.101 年度：順應國際核子醫學發展，本計畫技術研發可結合標靶治療與基因治療之發展，協助國內生醫產業研發出專一性更高之抗癌藥物，有助於解決目前癌症治療瓶頸，大幅降低醫療資源與成本花費。
- 2.102 年度：開發高效率之波那圓柱系統(Bonner Cylinder Spectrometer)，偵測效率比目前市售波那球系統(Bonner Sphere Spectrometer)提高 17 倍之外，且製作與組裝之成本僅約 500 千元左右，未來可開發提供國內相關單位使用，每套可有效節省自國外採購儀器約 3,500 千元之費用。

四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續)(權重 20%)

本計畫執行其成為 101-104 年，累積至今主要成就及成果之價值與貢獻度如下：

- 1.101 年度：(1)量化出患者接受核子醫學診療後對大眾的非預期輻射曝露影響時間表，並在更貼切病患需求下，將輻射防護措施納入居家照護衛教單張中，提供醫病溝通及居家防護之依循。預期可全面

性降低輻射醫療應用所造成環境背景劑量達 50%，減少環境中罹癌的自然危險因子。(2)配合政府醫療曝露品質保證標準之實施，建立多葉式準直儀(MLC)位移、Cone Beam CT (CBCT)影像之品質保證技術及作業程序，以確保接受放射治療的民眾，能接受到正確的劑量，使其放射治療之品質得到保障，提昇國人醫療與生活之品質。

2.102 年度：(1)持續與基隆長庚醫院合作，進行甲狀腺癌患者居家環境輻射劑量量測，預計本年度收案人數可達到 100 人，並持續分析不同患者間差異對於累積劑量之影響，預期可全面性降低核醫診療所造成環境背景劑量。(2)使用組織等效的固態假體來模擬病患，依據臨床治療頭頸部及攝護腺癌時之腫瘤與周邊正常組織器官的形狀，分別規劃出參考的治療計畫，以評估國內各放射治療單位主要使用的治療設備及電腦治療計畫系統，再進行實際臨床應用參考案例的劑量驗證，確認醫療曝露品質保證作業施行的實際成效，同時作為精進此作業標準的重要參考，並協助臨床單位提昇放射治療品質及技術水平，強化輻射曝露品質保證規範的完整性。(3)國內第一部質子治療機(長庚醫院)於 103 年提供治療服務，本計畫建立之劑量評估與量測技術，可確保設施運轉時之環境輻射安全與接受治療病人的醫療品質。

3.本計畫之調查結果將提供國內醫療曝露檢查及最佳化之重要依據，訓練課程可提升從業人員之專業素養。同時醫療曝露診斷參考水平之方法建立，可提供放射診斷醫療曝露之管控，以及醫療院所進行相關檢查最佳化之依據。

五、非研究類成就(人才培育、法規制度、國際合作、推動輔導)

(權重 5%)

透過與學術單位的合作，培養國內未來輻射防護劑量評估、醫療院所輻射安全評估與輻射防護所需的高階研發人才，提升相關領域的研發水準，並增加論文產出，提高我國的國際能見度與增加國際對我國輻射防護研究領域之了解。

六、其它效益(科技政策管理及其它)(權重 15%)

本計畫執行其成為 101-104 年，累積至今主要成就及成果之價值與貢獻度如下：

1.101 年度：本計畫可提供核子醫學專科醫師與罹病患者間的醫病管理新思維，並協助法規面輔導患者外釋返家標準化管理流程，對於病患需住院隔離的決策更具彈性，可大幅降低醫療資源與成本花費。(2)可攜式輻射偵測儀器適用於執行核設施之輻射防護作業，提供管制區域與監測區域之輻射偵檢與危害評估，計畫參考美國 ANSI N42-17A (2003)規範的可攜式輻射偵測儀器性能測試要求，訂定本土化自製輕便型多功能輻射偵檢器的規格、性能要求與性能測試之建議，可提昇國內核儀產品之製作性能與量測準確度，提供相關單位做為儀器研發與採購之參考，有效保障民眾與輻射從業人員之安全。

2.102 年度：(1)本計畫將參考 IAEA 對於核醫 dose calibrator 的品管程序，設計針對台灣核醫現況適當可行的品管作業流程，並同時進行全國核醫科單位監控，保障病患接受核醫藥物劑量之正確與安全性。對於核醫影像設備，制定相關品管規範，進而監控全國核醫檢查設備，以維護病患接受核醫檢查時的輻射曝露之適當性。(2)個人示警輻射偵檢器適用於執行核設施之輻射防護作業，提供管制區域與監測區域之輻射偵檢與危害評估。計畫參考美國 ANSI N42.32 (2003)規範的個人示警輻射偵檢器性能測試要求，訂定本土化個人

示警輻射偵檢器的規格、性能要求與性能測試之建議，可提昇國內核儀產品之製作性能與量測準確度，提供相關單位做為儀器研發與採購之參考，有效保障民眾與輻射從業人員之安全。

註：若綱要計畫期程為 4 年期第 1 年執行者，請明確寫出本綱要計畫為第 1 年執行，固無主要成就及成果之價值與貢獻度；其他非第 1 年執行者請填寫起始年累積至今主要成就及成果之價值與貢獻度(例如：執行期程為第 3 年之綱要計畫即寫第 1 年到現在所有成果之 outcome)。

柒、與相關計畫之配合

- 一、核子醫學診療輻射劑量評估研究：計畫所提出之體內劑量評估方式與蒙地卡羅評估方法，可結合國內治療用核子醫學藥物開發、標靶治療與基因治療發展所需輻射劑量評估，協助國內生醫產業研發出專一性更高之抗癌藥物，有助於解決目前癌症治療瓶頸。
- 二、輻射防護品保與偵測儀器驗證技術建立：本計畫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，開發輻射防護與醫療品保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。
- 三、粒子治療設施誘發中子輻射之量測評估技術建立：本計畫與經濟部技術處「質子治療之相關探測器研製」3 年期學界科專計畫共同合作，建立質子劑量之評估、量測與校正技術，並研發量測設施。

捌、後續工作構想之重點

- 一、核設施輻射評估與防護審查技術建立：
輻射作業場所空氣濾器與面具檢測認證技術規範之研究

二、核子醫學診療輻射劑量評估研究：

- 1.與國內學術研究單位或相關學會合作，進行核醫藥物醫療曝露品保作業之訪查及核醫藥物醫療曝露品保規範之研擬
- 2.建立醫用活度計校正效率評估技術
- 3.服用碘-131 核醫藥物患者外釋劑量導則研究

三、輻射防護品保與偵測儀器驗證技術建立：

- 1.與醫療機構、學術單位或相關學會合作，建立國內放射治療劑量稽核系統之劑量測量程序與評估技術，並於醫院進行現場測試
- 2.配置混合加馬濾紙樣品，執行全國中低強度核種分析能力試驗與評估研究
- 3.完成全國人員劑量計能力試驗與指環劑量計能力試驗試運轉
- 4.建立環境劑量計能力試驗所需之輻射劑量照射系統
- 5.全國輻射偵測儀器校正能力試驗與評估研究
- 6.參考 ANSI/HPS N13.11 (2009)標準，進行人員劑量計能力試驗技術規範研究
- 7.依據 ANSI N42.17A (2006)標準，建立國內使用之表面污染偵測儀器性能評估技術

四、粒子治療設施之輻射量測評估技術建立與審查研析：

- 1.質子治療設施誘發高能中子能譜之量測驗證
- 2.質子治療設施誘發高能中子之劑量評估研究

玖、 檢討與展望

一、 放射診療設備之輻射安全與醫療曝露品保作業研究

本計畫目前進度為第二年，在所有人員的努力下，目前已有更進一步的成果。在未來，將陸續完成原訂構想，在電腦斷層掃描儀及乳房攝影儀方面，延續已建立之流程執行檢測及調查，並

於檢測同時，逐步完成數據分析，將品保數據與歷年數據做比較。在透視攝影 X 光機方面，已完成 50 台機器之實地訪查，此外將回收醫療院所執行透視攝影 X 光機(含介入性診療)之程序現況之問卷並加以分析討論。另外在學術方面，本計畫相關資料將整理成論文投稿，期望能順利完成本意義重大的計畫。

二、核設施輻射評估與防護審查技術建立

本分項計畫依原訂計畫書執行工作，期中進度符合規劃。經過初步探討在輻射防護及緊急應變機制中有以下五種安全措施對於提昇整體輻射安全的評估值得深入研究，分別是強化環境輻射監測、增進辨別與即時預估放射性物質外釋量、建立完整之事故時輻射防護標準、精進核子事故緊急應變劑量評估系統與強化長程大氣擴散及輻射影響評估能力，此五項亦分別是輻射安全評估中有關實測值、射源項、輻防標準、劑量評估與境外核災之項目，可以由主管機關選擇數項後進行深入研究，研究結果與建議可作為總體檢後再進一步提升國內輻射安全措施時之參考。而針對核能電廠與輻射防護相關備用電源裝置(柴油發電機、移動式電源)之整備現況、核能電廠總體檢中有關具備過濾功能之圍阻體強化排氣設計及可靠性改善措施的說明及國內核能電廠增加臨時廢液貯存空間之因應現況等三項議題的研究調查彙整如下，將提供給主管機關執行核電廠輻防管制之參考：

- 1.三個核電廠機組廠房內或整個廠區內各個固定偵測儀器如空浮偵測器、PRM、ARM、HPIC、管制站等用電與廠內相聯並沒有專用電源因此易受牽連，如果碰到電源喪失，則會啟動不斷電系統(電力維持約 8 小時)，如果不斷電系統用盡則進入全黑。全黑狀態下，則啟動機組柴油發電機(480 V)、電源車(4.16 kV)或更小型的 110 V 發電機，這時有的直接當

作備用電源或移動到現場對儀器設備電池充電，依這個備用電源規劃可維持輻射偵檢設備使用 72 小時以上。

2.核一廠已完成具備過濾功能之圍阻體強化排氣設計及可靠性改善措施之規範，而核二廠與核三廠也將持續進行過濾功能之圍阻體強化排氣設計及可靠性改善措施，近期內可完成相關作業。

3.三個核電廠規劃以汽機廠房地下樓層作為臨時放射性廢液貯存空間，預估可以因應任何事故後之放射性廢液貯存。

本分項計畫已完成 ICRP 103 與 ICRP 60 之分析比較，而 ICRP 103 建議書的改變與新建議，包括更新了輻射加權因數 W_R 、組織加權因數 W_T 及依據最新相關生物學與流行病學資料，更新了輻射危害係數，並提出三種曝露狀況：計畫曝露、緊急曝露、現存曝露，及劑量約束與參考水平在不同曝露狀況之適用性等。本研究依據上述彙整結果，建議採用「代表人(Representative Person)」取代先前「關鍵群體」概念)、建議修正輻射加權因數以及組織加權因數。本計畫完成 ICRP 103 報告對於游離輻射防護安全標準之影響評估，並進一步研提現行游離輻射防護安全標準納入 ICRP 103 號報告之建議。此研究計畫之成果將提供未來國內主管機關於修定游離輻射防護安全標準法規與執行之參考

二、核子醫學診療輻射劑量評估研究

經本年度研究成果顯示，目前國內醫療院所核醫部門在服用治療用碘-131 後所普遍採行的留院 3 天制度，絕大部分患者出院返家時，其體外輻射劑量率已降至每小時 30 微西弗，由殘留 I-131 造成之居家環境輻射劑量比例，僅佔台灣地區背景輻射劑量之 5.0%~7.5%；另一方面，患者個體間的差異明顯，累積劑量結果與

施打藥物活度、個人代謝情形顯著相關，主管機關進行相關法規制定時須考量到個體差異而預留保守空間。初步擬定之國內碘-131核醫患者外釋管理作業辦法為：

- 1.建議 I-131 住院條件 劑量 $\geq 30\text{mCi}$
- 2.建議 I-131 隔離外釋條件：劑量率(dose rate) $< 70 \mu \text{Sv/hr/m}$
- 3.另外；外釋後相關輻防注意事項與建議管理作業辦法擬定包括考慮特殊情況的處置與管理方式如：

意外發生如：火災、地震或發生突發緊急醫療需求時

特殊醫療狀況如：洗腎、無法自理病患

無隔離治療床醫院因應 $>30 \text{ mCi}$ I-131 治療方式等仍然需要進行配套性規範；以符合現行實務需求與期法規與流程完整性

至於在核醫藥物醫療曝露品保項目方面，則將針對 Dose Calibrator、Gamma Camera、PET/CT 等設備提出品保項目供主管機關參考，未來也將依據臨床實際狀況來進行相關的品管頻次、品管項目制定。

三、輻射防護品保與偵測儀器驗證技術建立

能力試驗是實驗室認證重要的一環，目前國內游離輻射領域共有五個認證及能力試驗項目(人員劑量評估、輻射偵測儀器校正、環境試樣放射性核種分析、中低強度核種分析、射源活度度量校正)，均由核能研究所定期負責辦理能力試驗活動。本分項計畫將配合主管機關對於國內輻射度量實驗室之管制需求，建立執行能力試驗之設備及技術，並辦理技術研討會，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；此外，目前國內僅有人員劑量評估項目依據美國ANSI/HPS N13.11 (2001)標準，執行能力試驗及建立認證技術規範，其他如指環劑量及環境劑量監測之輻射劑量

計，相關之能力試驗技術及認證規範仍付之闕如，建議應參考最新的國際規範發展趨勢，並與國內外相關實驗室進行研究合作，以建構國內完整的人員劑量、指環劑量與環境劑量評估之能力試驗技術與劑量追溯體系，以保障工作人員之輻射安全。

核能研究所自製之個人示警輻射偵檢器 INER DOSEPEN-2000，與國際上商用級輻射偵檢器的性能相似，另外，INER DOSEPEN-2000的體積小、重量輕、價格便宜，經由ANSI N42-17A (2003)規範放射性與非放射性之性能測試結果，進行產品性能改善後，將極具國際競爭力。

本研究在放射治療劑量驗證與品保技術研究的議題上，以假體模擬病人實際治療流程的方式，審視國內放射治療的治療劑量準確性，同時驗證推行數年的輻射曝露品質保證措施在臨床的成效。綜合參與研究的國內各大醫療團隊的研究結果，充分顯示長期推動品保觀念及辦理教育訓練的成效，尤其在鼓勵參與研究的作法上，各單位能充分交流與學習，讓專業人員分享彼此的學習心得，進而促使專業知識與能力更快速的擴展。放射治療的品質保證工作具有高度的專業性，透過研究計畫的激盪與交流，將能促使此項專業更紮實，而病患治療的權益才能獲得充分的保障。

為了降低醫用加速器劑量輸出的不確定性，國際間已發展出各式劑量驗證系統，藉以確認各醫療單位輻射劑量品質的一致性，其中以IAEA的放射治療劑量驗證系統為首，參與劑量驗證對象以聯合國會員國內的醫療院所及各國的二級輻射標準實驗室為主，IAEA亦定期與其他劑量驗證系統進行劑量比對，確保劑量一致性。利用劑量計進行放射治療劑量驗證在國外已經行之有年，而台灣每年約有數十萬人次接受放射治療，為了維護病人的治療品質，醫療院所參與劑量驗證是必須的。但我國目前尚未建立標準化的劑量驗證技

術，進行國內放射治療儀器劑量輸出；因此本研究提供國內建立放射治療劑量驗證系統的參考數據，協助主管機關評估各臨床單位劑量校驗的準確性，達到提升我國臨床放射治療品質之目的。

四、粒子治療設施之輻射量測評估技術建立與審查研析

多球式中子能譜系統與波那圓柱中子能譜系統，已於本年度完成硬體建置與回應函數的評估計算，而在質子誘發中子的研究上，已利用核研所的迴旋加速器進行模擬評估，找出適當的量測操作條件，後續將利用波那球式中子能譜系統，對質子誘發中子進行實際量測與驗證，並將此技術應用於國內質子治療機誘發中子能譜與劑量的量測與評估。

填表人： 鄭永富 聯絡電話： 02-22322189 傳真電話： 02-82317829

E-mail： yfcheng@aec.gov.tw

主管簽名： 李若燦

附錄、佐證資料表

(請選擇合適之佐證資料表填寫，超過 1 筆請自行插入列繼續填寫，未使用之指標資料表請刪除)

計畫名稱：

【A 學術成就表】

中文題名	第一作者	發表年 (西元年)	文獻類別
電腦斷層輻射醫療曝露標準施行前後對於全國電腦斷層儀輻射劑量的影響	林盈秀	2013 年 3 月發表	E 中華民國放射線醫學會 102 年學術研討會
臺灣乳房攝影設備品質趨勢：自 2008 年之五年經驗呈現	黃怡璇	2013 年 3 月發表	E 中華民國放射線醫學會 102 年學術研討會
Survey of Radiation Beam Width in CT According to ACR 2012 CT QC Manual	林盈秀	2013 年 6 月被接受	F 2013 AAPM Annual Meeting
Patient-Based Average Glandular Dose Estimations in Taiwan	黃怡璇	2013 年 6 月被接受	F 2013 AAPM Annual Meeting
Calibration and comparison between standard Bonner spheres and high-sensitivity Bonner cylinders	李國威	2013	f 第 12 屆國際中子與重離子劑量研討會 (NEUDOS-12)
Parallel-plate ionization chambers for proton therapy quality assurance	李國威	2013	f 第 12 屆國際中子與重離子劑量研討會 (NEUDOS-12)
台灣地區碘-131 甲狀腺癌治療患者之外釋輻射管制劑量探討與居家輻射安全評估	李國威	2013	f 2013 年中華民國核醫學學會年會暨國際學術研

			討會
Dosimetric Studies of a New Radiopharmaceutical 188Re-MN-16ET/Lipiodol for Hepatocellular Carcinoma Treatment	蔡雨恬	2013	f 2013 年中華民國核醫學學會年會暨國際學術研討會

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 著作專書

【AA 決策依據表】

名稱	內容	類別	是否被採納

註：類別分成 a 新建或整合流程、b 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

【B 研究團隊表】

團隊名稱	團隊所屬機構	團隊性質	成立時間 (西元年)
蒙地卡羅體內劑量評估研究團隊	清華大學、核能研究所	b	2013
放射治療品保驗證研究團隊	核能研究所、醫學物理學會、陽明大學	b	2013
核醫患者外釋返家輻射安全評估研究團隊	長庚醫院、核能研究所	b	2013

註：團隊性質分成 a 機構內跨領域合作、b 跨機構合作、c 跨國合作、d 研究中心、e 實驗室

【C 培育人才表】

姓名	學歷	機構名稱	指導教授
廖英蘭	博士班	清華大學生醫工程與環境科學系	莊克士/蔡惠予
林雍傑	博士班	長庚大學醫放系	蔡惠予
陳琬婷	碩士班	清華大學生醫工程與環境科學系	莊克士/蔡惠予

劉真儀	碩士班	長庚大學醫放系	劉鶴齡
-----	-----	---------	-----

註：學歷分成 a 博士、b 碩士

【D 研究報告表】

報告名稱	作者姓名	出版年 (西元年)	出版單位
研析國內既有電廠於複合式災害中對輻防管制之潛在影響因子	楊雍穆	2013	INER-A2751R
國內核能電廠總體檢採取之安全措施對於提昇整體輻射安全的評估研究	楊雍穆	2013	INER 審查中
ICRP 103 號報告對於游離輻射防護安全標準之影響與建議研究	許芳裕	2013	INER 審查中
2013 年中低強度核種分析能力試驗能力試驗總結報告	葉堅勇	2013	INER-10516
個人示警輻射偵檢器性能測試	施彥豪	2013	INER-10537
指環劑量計能力試驗照射系統評估報告	葉俊賢	2013	INER 審查中
參加 101 年環境試樣放射性核種分析能力試驗報告	彭恩琪	2013	INER-10527
國內外放射治療劑量稽核系統之分析比較報告	許世明	2013	INER 審查中
對鈹、鐵、銅、鎢靶材以 MCNPX 模擬 30MeV 質子迴旋加速器中子源	游鎮帆	2013	INER-10552
PCXMC 用在評估醫用 X 光診斷之使用分析	游鎮帆	2013	INER-OM-1914
高靈敏度中子能譜偵檢儀-波那圓柱之開發與性能測試	李國威	2013	INER-10177R
鈷 60 水吸收劑量量測與游離腔校	楊崇伍	2013	INER-10176

正作業程序研究			
核子醫學曝露品質保證暨碘-131 核醫患者外釋管理作業辦法擬定 之先期研究	黃文盛	2013	INER 審查中

【E 學術活動表】

研討會名稱	性質	舉辦日期 (YYYYMMDD)	主/協辦單位
人員劑量計及肢端劑量計能力試驗研討會	a	2013.05.23	核能研究所
游離輻射量測領域能力試驗研討會	a	2013.10.25	核能研究所

註：性質分成 a 國內研討會、b 國際研討會、c 兩岸研討會

【F 製作教材表】

教材名稱	教材類別	發表年度 (西元年)	出版單位
醫療輻射之診斷參考水平	a	2013	
小兒電腦斷層掃描參數最佳化	a	2013	

註：教材類別分成 a 文件式、b 多媒體、c 軟體、d 其他

【G 智財資料表】

專利名稱	專利類別	授予國家	有效日期 (YYYYMM)
郵寄式輻射劑量驗證裝置及其作業程序(中華民國專利申請)	a		

註：專利類別分成 a 發明專利、b 新型新式樣、c 商標、d 著作、智財；授予國家分成 a 中華民國、b 美國、c 歐洲、d 其他

【H 技術報告表】

報告名稱	作者姓名	出版年 (西元年)	出版單位
核醫部門輻射監測儀器遊校	鄒騰泓	2013	INER-10697

【I 技術活動表】

技術論文名稱	研討會名稱	性質	舉辦日期 (YYYYMMDD)

註：性質分成 a 國內研討會、b 國際研討會

【J 技術移轉表】

技術名稱	類別	授權單位	被授權廠商或機構

註：類別分成 a 先期技術移轉、b 軟體授權、c 技術移轉、d 新技術/新品種引進數

【K 規範標準表】

名稱	類別	參與性質	應用範圍
環境劑量計能力試驗 技術規範(草案)	a	a	b

註：類別分成 a 規範、b 標準、c 法規、d 政策；參與性質分成 a 參與制定、b 共同發表；應用範圍分成 a 機構內、b 國內、c 國際、d 未發表

【L 廠商投資表】

廠商名稱	投資類別	投資金額(千元)	產品名稱

註：投資類別分成：a 研發投資、b 生產投資

【M 創新產業表】

名稱	類別	投資類別	產品名稱

註：類別分成 a 營運總部、b 衍生公司；投資類別分成 a 研發投資、b 生產投資

【N 提升產業地位表】

產品名稱	公司名稱	產值(千元)	世界排名

【O 檢測服務表】

服務名稱	服務對象	服務性質	服務收入(千元)

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 訓講習、d 其他

【P 創業育成表】

廠商名稱	資本額(千元)	年營業額(千元)	成立時間

【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)

【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

【S 技術服務表】

技術服務名稱	服務對象名稱	服務對象類別	服務收入(千元)

註：服務對象類別分成 a 國內廠商、b 國外廠商、c 其他

【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

【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

註：融資機構性質分成 a 國內融資機構、b 國外融資機構

【V 能源利用表】

技術或產品名稱	提升能源效率(%)	節約能源量(%)	二氧化碳減量(公噸)

【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)

【X 提高收入表】

措施名稱	受益人數	增加收入金額(千元)	增加之年度 (西元年)

【Y 建置資料庫表】

資料庫名稱	資料庫內容	資料庫類別	資料筆數

註：資料庫類別分成 Bibliography、Numerical、Factual、Multimedia、Text

【Z 調查成果表】

調查項目名稱	調查面積	圖幅數	調查點筆數

附件、佐證圖表

1.放射診療設備之輻射安全與醫療曝露品保作業研究



由左至右為骨盆部、腹部、胸部區段

圖1、為評估自動管電流調控系統所設計的假體

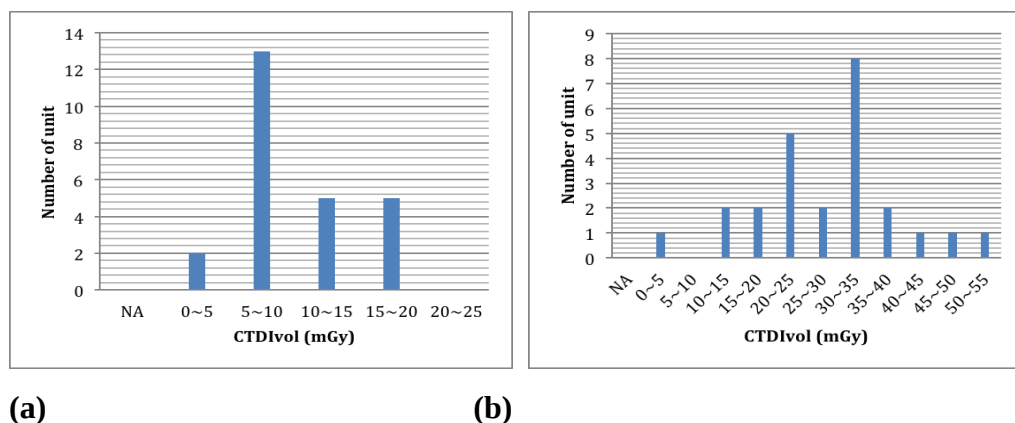


圖2、(a)五歲小兒腹部檢查CTDI_{vol} 分布(b)與一歲小兒的頭部檢查CTDI_{vol} 分布

表格 1

時間	地點	課程名稱	課程內容
3 月 23 日	嘉義長庚	102 年度 DRL 醫療曝露品保實作訓練課程	培訓 DRL 醫療曝露品保作業專業人員。
3 月 23 日	嘉義長庚	102 年度透視攝影 X 光機輻射安全教育訓練課程	透視攝影及介入放射診療之輻射安全。
4 月 7 日	署立台南	102 年度 CT 年度醫療曝露品保實作訓練課程	培訓 CT 醫療曝露品保作業專業

			人員。
5 月 18 日	花蓮慈濟	102 年度 DRL 醫療曝露品保實作訓練課程	培訓 DRL 醫療曝露品保作業專業人員。
6 月 9 日	高雄榮總	102 年度 Mammo 年度醫療曝露品保實作訓練課程	培訓 Mammo 醫療曝露品保作業專業人員。
7 月 14 日	中國醫	102 年度 CT 年度醫療曝露品保實作訓練課程	培訓 CT 醫療曝露品保作業專業人員。
8 月 17 日	署立臺南	102 年度透視攝影 X 光機輻射安全教育訓練課程	透視攝影及介入放射診療之輻射安全。
8 月 17 日	署立臺南	102 年度 DRL 醫療曝露品保實作訓練課程	培訓 DRL 醫療曝露品保作業專業人員。
10 月 19 日	臺中榮總	102 年度 DRL 醫療曝露品保實作訓練課程	培訓 DRL 醫療曝露品保作業專業人員。
10 月 20 日	中山醫	102 年度 CT 年度醫療曝露品保實作訓練課程	培訓 CT 醫療曝露品保作業專業人員。

表格 2

X 光管球方向	101 年	102 年	合計
上方	10 台	18 台	28 台
下方	10 台	12 台	22 台
合計	20 台	30 台	50 台

附錄三、101 年度期末審查意見回覆辦理情形

101 年度政府科技發展計畫期末審查意見回覆辦理情形

計畫名稱			
主管機關	行政院原子能委員會	執行單位	
回覆審查委員意見承諾改進強化項目		辦理情形	

附錄四、102 年度期中審查意見回覆

102 年度科技計畫(期中)成果效益報告審查委員意見及回覆表

計畫名稱：	
審查單位：	
審 查 委 員 意 見	回 覆 說 明

2. 核設施輻射評估與防護審查技術建立

在國內核能電廠總體檢採取之安全措施對於提昇整體輻射安全的評估研究方面，本研究初步以總體檢中之「輻射防護及緊急應變機制」內容為研究對象，經過初步探討在輻射防護及緊急應變機制中有以下五種安全措施對於提昇整體輻射安全的評估值得深入研究，分別是：

- (1)強化環境輻射監測：如發展空中及海上偵測技術、精進陸域輻射偵測能力以及建立快速取樣分析能力等。
- (2)增進辨別與即時預估放射性物質外釋量：如強化儀器與設施獲得外釋射源資訊、強化事故評估系統之預估輻射外釋能力
- (3)建立完整之事故時輻射防護標準：如明確界定緊急事故時疏散區域與強化輻射防護指引（例如中後期）
- (4)精進核子事故緊急應變劑量評估系統 A2CDOSE
- (5)強化長程大氣擴散及輻射影響評估能力：如完成長程擴散之氣流軌跡整合模式、完成境外核災輻射影響評估能力研發以及具備對於境外核子事故即時應變與追蹤評估之能力

此五項分別是輻射安全評估中有關實測值、射源項、輻防標準、劑量評估與境外核災之項目，可以由主管機關選擇數項後進行深入研究，研究結果與建議可作為總體檢後再進一步提升國內輻射安全措施時之參考。

至於國內核能電廠總體檢採取之安全措施對於提昇整體輻射安全的評估研究方面，本研究將以總體檢中之「核能電廠安全防護措施」中非純輻防措施內容為研究對象，按國內核能電廠總體檢採取之非純輻防措施主要計有十一項，其與輻射安全影響（A.有效防止放射性物質外釋、B.廠內外環境與人員輻射劑量持續監測與分析等能力、C.支援人員輻防裝備與訓練等）直接關聯性強度如下表：

項次	名稱	直接關聯性高中低
1	廠區電源全部喪失(全黑)事件	高(B)
2	廠房/廠區水災事件及防海嘯能力	低
3	用過燃料池完整性及冷卻能力	低
4	熱移除及最終熱沉能力	高(A)
5	事故處理程序與訓練	低
6	機組斷然處置程序之建立	低
7	一/二號機組相互支援	中(C)
8	複合式災難事件	低
9	超過設計基準事故	低
10	設備/設施完備性及備品儲備	高(A、B、C)
11	精進人力/組織運作及強化核能安全文化	低

ICRP 103 之主要內容與其與 ICRP 60 之差異分析

ICRP 103 報告之主要內容包括 ICRP 建議書的沿革、建議書的目的和範圍(排除與豁免)、輻射防護的生物學觀點(胚胎與胎兒的輻射效應)、輻射防護使用的量、人的輻射防護體系、ICRP 建議之執行、醫療曝露(患者、護理人員及生物醫學研究實驗之自願參者)以及環境輻射防護等單元。ICRP 103 建議書更新了輻射加權因數、組織加權因數及依據最新相關生物學與流行病學資料，更新了輻射危害係數。此外，ICRP 提出三種曝露狀況：計畫曝露 (Planned exposure situation)、緊急曝露 (Emergency exposure

situation)、現存曝露(Existing exposure situation)。ICRP 103 新建議書中輻射防護的生物觀點考量包括對於輻射防護體系的考量(基於科學的考量)、輻射引起的確定效應、輻射引起的機率效應(癌症危險度與其基礎)、非癌效應與胎兒效應及不確定性問題如日本受照者之數據是否適用於不同國家民族、線性無低限 LNT 模型之假設適用性等。

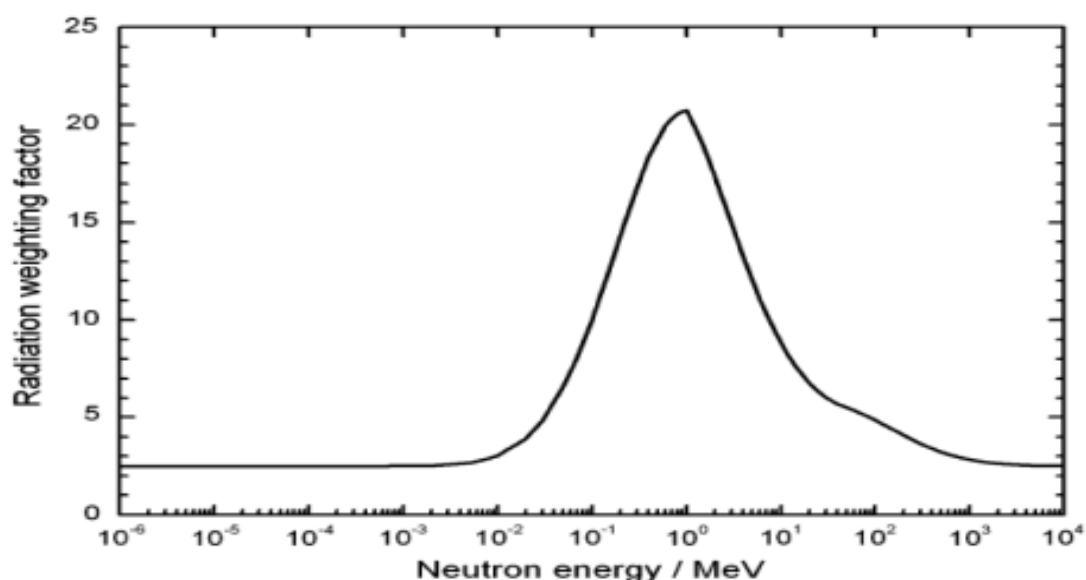
ICRP 60 及 ICRP 103 報告建議之輻射加權因數 W_R ，分別示於表 2.1 及表 2.2 及圖 2.1，其中主要差異為 ICRP 103 質子與中子之 W_R 改變。

表2.1 ICRP 60建議之輻射加權因數 W_R

輻射種類與能量區間	ICRP 60 輻射加權因數 W_R
所有能量之光子	1
所有能量之電子及 μ 介子	1
中子能量<10 keV	5
10 keV — 100 keV	10
>100 keV — 2 MeV	20
> 2 MeV — 20 MeV	10
>20 MeV	5
質子(回跳質子除外)能量>2 MeV	5
α 粒子，分裂碎片，重核	20

表2.2 ICRP 103建議之輻射加權因數 W_R

輻射種類	ICRP 60 輻射加權因數 W_R
光子	1
電子和 μ 介子	1
質子和帶電 Π 介子	2
阿伐粒子、分裂碎片、重離子	20
中子	為中子能量之連續函數： $W_R = \begin{cases} 2.5 + 18.2e^{-[\ln(E_n)]^2/6}, & E_n < 1 \text{ MeV} \\ 5.0 + 17.0e^{-[\ln(2E_n)]^2/6}, & 1 \text{ MeV} \leq E_n \leq 50 \text{ MeV} \\ 2.5 + 3.25e^{-[\ln(0.04E_n)]^2/6}, & E_n > 50 \text{ MeV} \end{cases}$

圖 2.1 ICRP 103 建議之中子輻射加權因數 W_R

ICRP 60 及 ICRP 103 報告建議之組織加權因數 W_T 對照表示於表 2.3，其中 ICRP 60 報告建議之其餘組織為腎上腺、腦、大腸上段、小腸、腎臟、肌肉、胰臟、脾臟、胸腺、子宮等 10 個組織之總和；ICRP 103 報告建議之其餘組織為腎上腺、胸外區、膽囊、心臟、腎臟、淋巴節、肌肉、口腔黏膜、胰臟、前列腺(男性)、小腸、脾臟、胸腺、子宮等 14 個組織之

總和。

表 2.3 ICRP 第 60 號及第 103 號報告之組織加權因數 W_T

組織或器官	ICRP-60	ICRP-103
	組織加權因數 W_T	組織加權因數 W_T
膀胱	0.05	0.04
紅骨髓	0.12	0.12
骨表面	0.01	0.01
乳房	0.05	0.12
結腸	0.12	0.12
肝臟	0.05	0.04
肺	0.12	0.12
食道	0.05	0.04
性腺	0.20	0.08
皮膚	0.01	0.01
胃	0.12	0.12
甲狀腺	0.05	0.04
腦	—	0.01
唾液腺	—	0.01
剩餘器官組織	0.5	0.12
總值	1	1

ICRP 103報告建議之組織加權因數除了新增腦及唾液腺為主要輻射敏感器官外，剩餘器官組織由10個增為14個(W_T 由0.5降為0.12)；此外，因機率效應的危險度(risk Sv^{-1}) 計算方法改變，生殖腺的 W_T 大幅降低，由0.2降至0.08；而乳腺的 W_T 則大幅增加(1990年，由0.05增加至0.12)。

歸納而論，ICRP 新建議(ICRP-103)的內容與精神大部分與 ICRP-60 輻射防護系統相似。對於 ICRP 103 建議之三種曝露狀況：計畫曝露、緊急曝露與現存曝露，輻射防護系統中正當化與最適化的精神適用於上述三種曝露狀況；而劑量約束的概念，則僅適用於計畫曝露。此外，ICRP 引進了參考水平(reference level)的觀念，並應用在 ICRP 103 建議之三種曝露狀況中，其在職業曝露、公眾曝露及醫療曝露之劑量約束與參考水平之適用性，

列於表 2.4。

表 2.4 劑量約束與參考水平在不同曝露狀況之適用性

曝露狀況	職業曝露	公眾曝露	醫療曝露
計劃曝露	劑量約束 個人劑量限度	劑量約束 個人劑量限度	診斷參考水平
緊急曝露	參考水平	參考水平	不適用
現存曝露	參考水平	參考水平	不適用

現行游離輻射防護安全標準納入 ICRP 103 報告內容之建議與說明如下：

游離輻射防護安全標準部份條文修正對照表

修正條文	現行條文	說明
第二條 第二條 本標準用詞定義如下： 十一、代表人：推估受到最大曝露的個人。	第三條 本標準用詞定義如下： 十一、關鍵群體：指公眾中具代表性之人群，其對已知輻射源及曝露途徑，曝露相當均勻，且此群體成員劑量為最高者。	因 ICRP 103 對相關劑量的定義和應用維持不變，僅於計算方法作了許多修改，故在條文第二條 用詞定義中絕大部分不需修正或刪除。因 ICRP 103 為了公眾輻射防護的目的，建議採用「代表人 (Representative person)」取代先前「關鍵群體」概念

3. 核子醫學診療輻射劑量評估研究

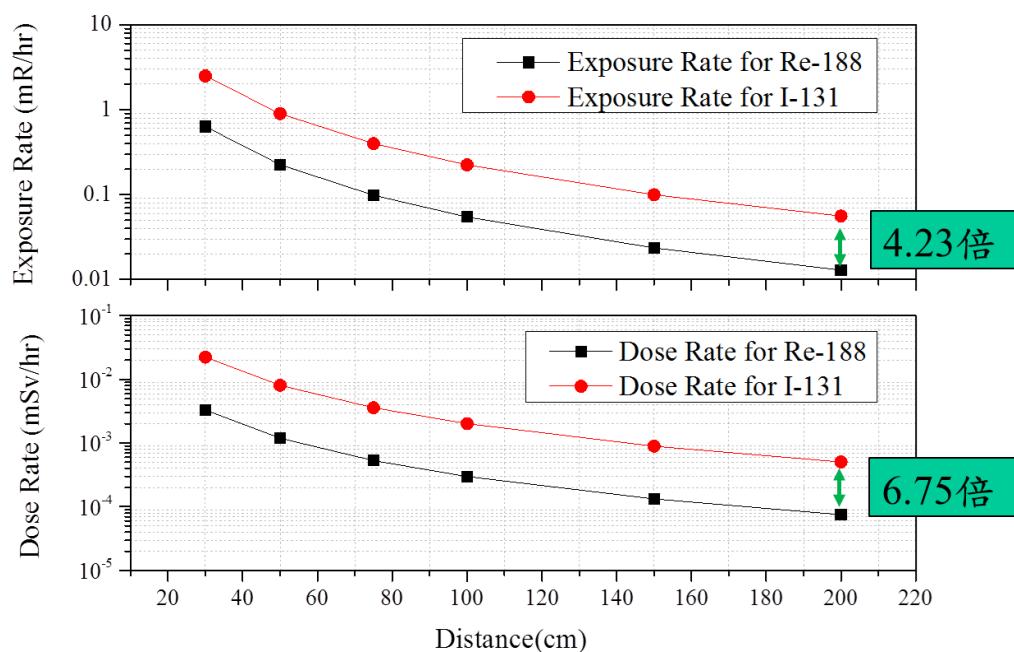


圖 3.1 單位活度下，Re-188 與 I-131 藥物之體外曝露與劑量率差異

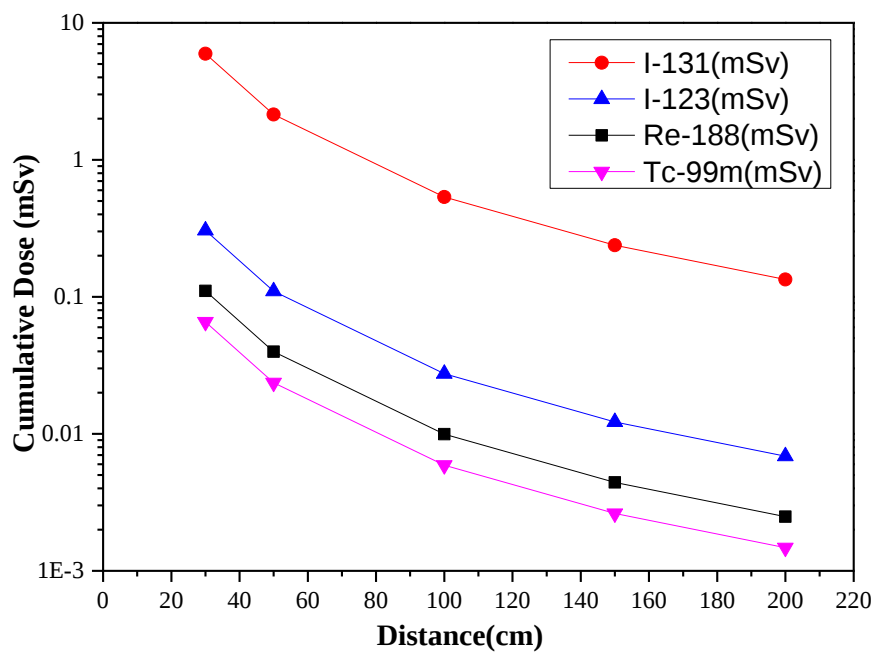


圖 3.2 單位活度下，4 種常見藥物對民眾所造成之最大可能輻射劑量

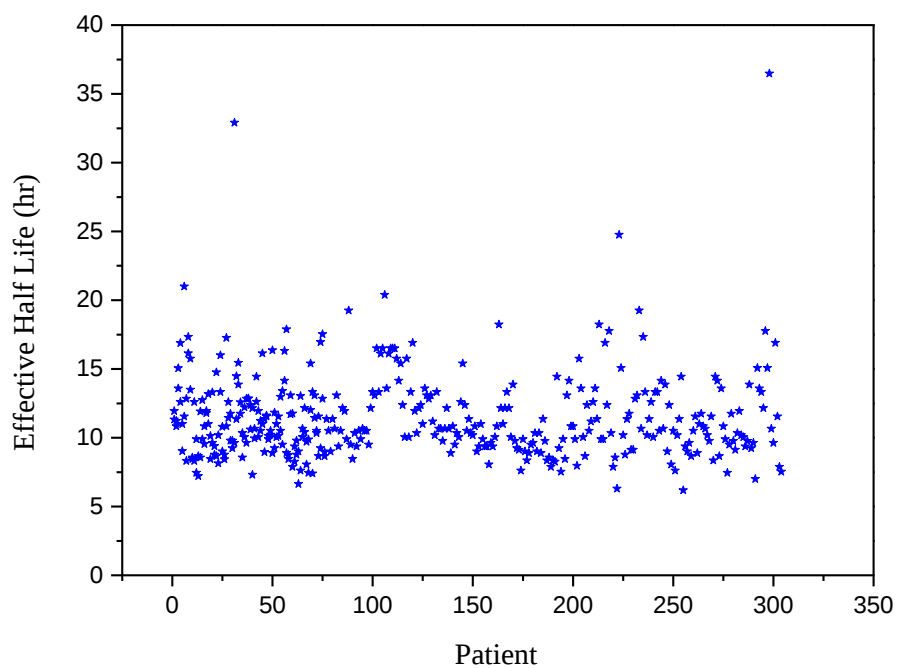


圖 3.3 參與本研究 380 名患者服用藥物活度分布

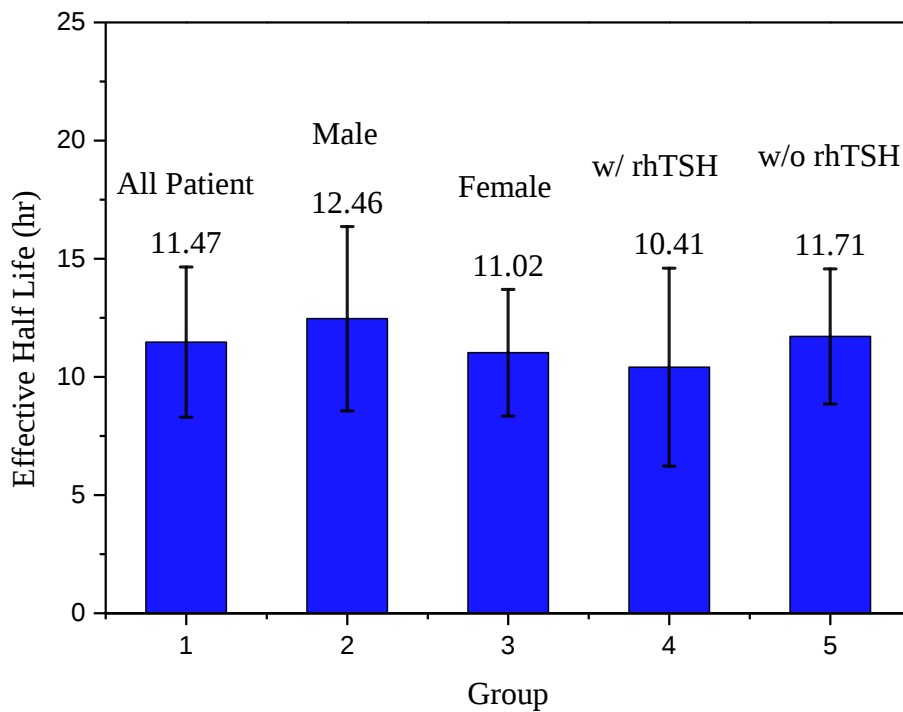


圖 3.4 本研究收案患者之 I-131 有效半衰期分類統計

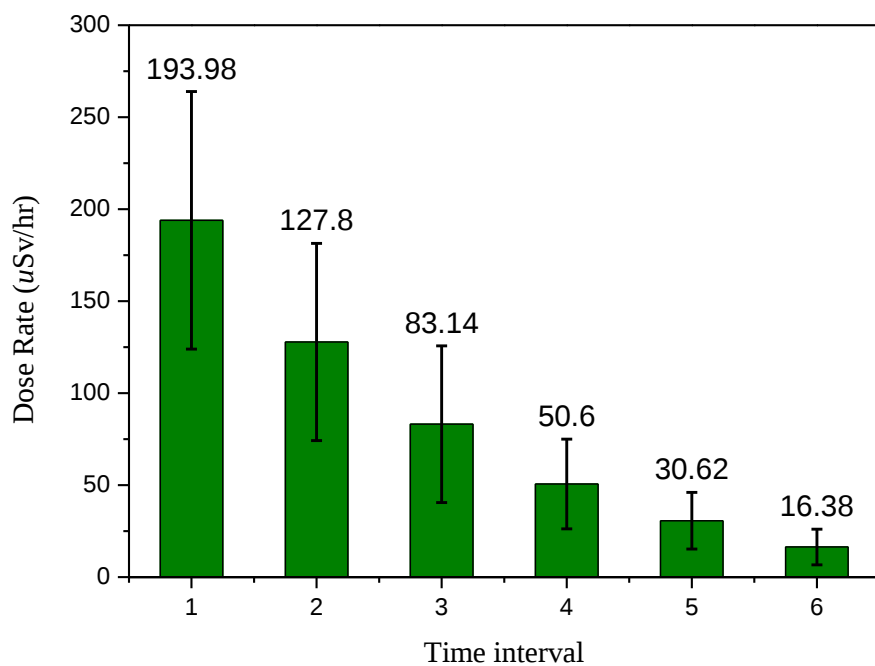


圖 3.5 本研究收案患者之體外劑量率量測結果

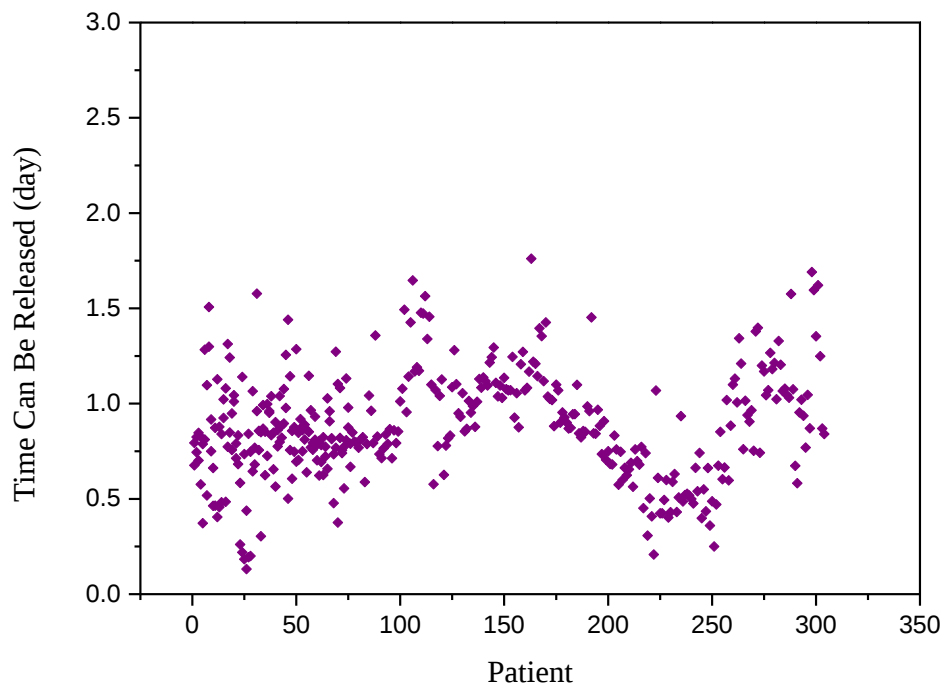


圖 3.6 本研究收案患者之患者可外釋時間統計

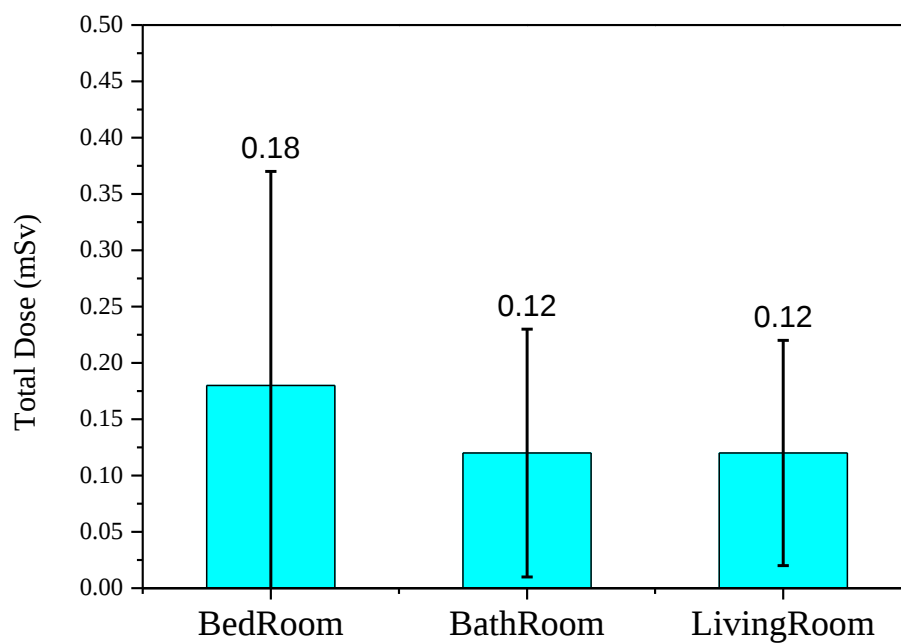


圖 3.7 本研究收案患者之居家環境累積劑量

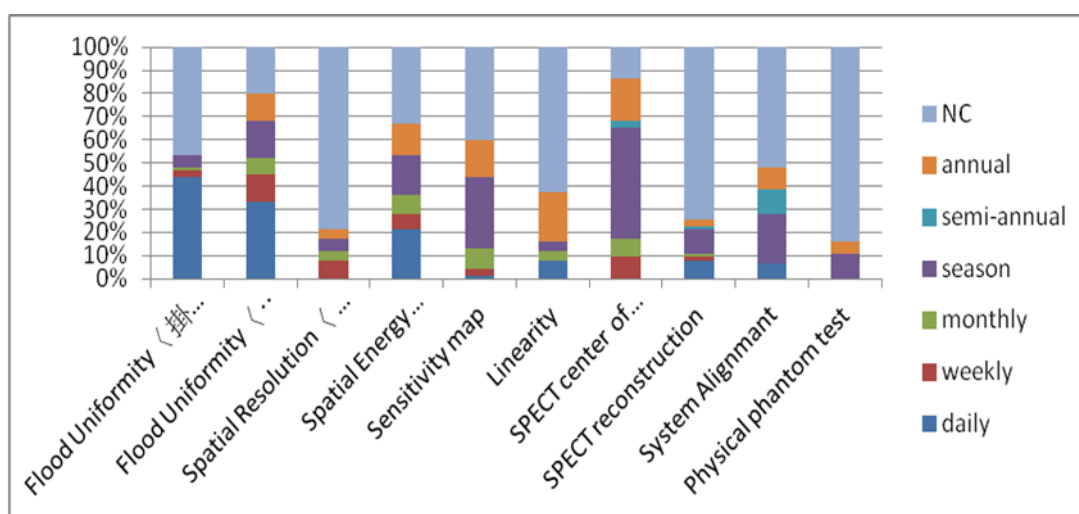


圖 3.8 國內核醫科 Gamma camera 品管執行現況統計

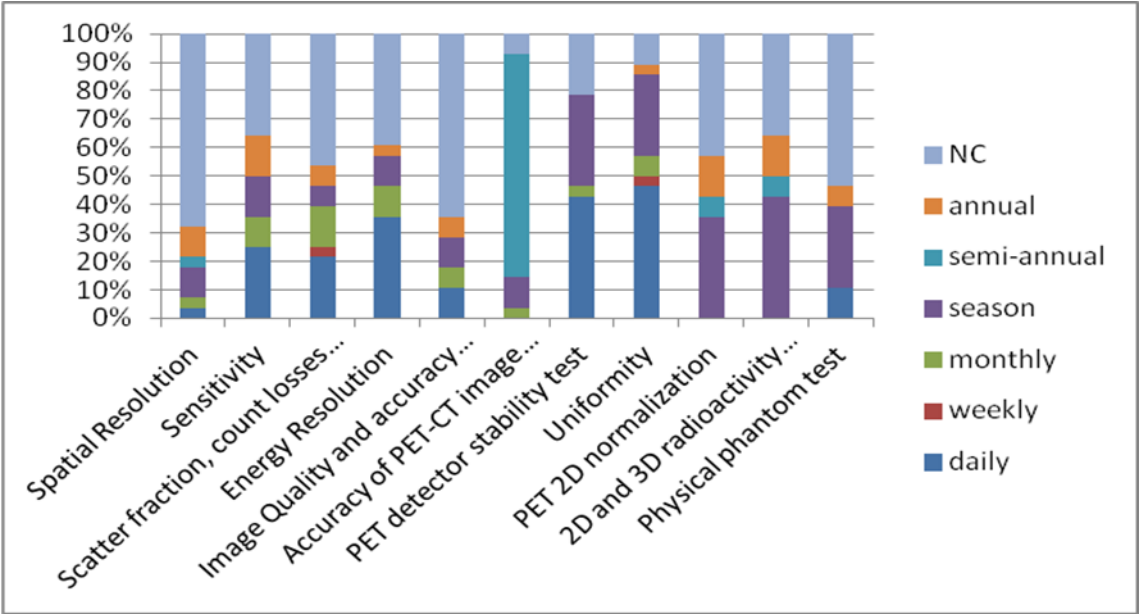


圖 3.9 國內核醫科 PET/CT 品管執行現況統計

表 3.1 本研究考慮之 4 種常見核醫藥物物理特性

	I-131	I-123	Re-188	Tc-99m
gamma constant (Gy-m ² /Bq-sec)	1.45E-17	1.08E-17	3.05E-18	5.11E-18
物理半衰期	8.02 天	13.27 小時	16.9 小時	6.02 小時
主要光子能量 (keV)	365	159	155	141

本研究項目於 2013 年 7 月 10 日，由中華民國核醫學學會秘書處發文至各核子醫學科，調查單位所屬設備包括：Gamma camera、PET/CT 以及 Dose Calibrator 廠牌、數量、購置年份、相關品管程序種類及頻次，進行資料庫與研究方法建立。全國設有核子醫學科的單位數共有 60 家，問卷回收統計 40 家，回收率為 67%，其結果為：

(1)Dose calibrator 部份

全國 60 家核醫科皆配置劑量校正儀(Dose calibrator)，相關品管部份僅由每年委託核能研究所進行遊校服務。

(2)Gamma Camera 部份

問卷回收結果，共有 75 部閃爍攝影機，北區 42 部，中區 12 部，南區 19 部，東部 2 部。

3.PET/CT 部份

問卷回收結果，共有 28 部正子電腦斷層攝影機，北區 12 部，中區 8 部，南區 7 部，東部 1 部。

依據上述統計結果，發現核子醫學設備以北區數量最多，東部最少，這符合台灣醫療資源的現況；而單就品管執行狀況而言，目前並無相關法源規範，因此品管程序執行的程度有很大的落差。為了提昇民眾醫療品質，進一步降低病人接受核子醫學輻射曝露劑量，建議就核子醫學臨床檢查設備提出下列之品管程序：

A.醫用活度計(Dose calibrator)部份

程序書依據 IAEA -TEDOC-602 建議，並考量臨床作業可行性制定相關品管項目如下：

- a. Physical Inspection：檢視儀器本身外觀及按鍵是否正常
- b. Precision：檢視儀器讀數的精密度
- c. Accuracy：檢視儀器讀數的準確度
- d. Linearity：檢視可能使用到的活度區間的線性度(再結合效應)
- e. Geometry：臨床使用的幾何條件與原廠校正幾何條件的關係
- f. Reproducibility：檢視儀器的長期穩定性
- g. Background：對每一臨床核種的背景值做測試與紀錄

B. Gamma Camera 部份

程序書依據 NEMA standard Nu-1 2007 建議，並考量臨床作業可行性制定相關品管項目如下：

- a. System safety：目視檢查(Visual inspection)
- b. Flood uniformity：影像均勻度測試 (uniformity)
- c. Spatial energy resolution：能峰偵測能力測試(Energy Peak and energy spectrum)
- d. Spatial resolution：解析度測試 (Bar phantom resolution)
- e. Sensitivity：靈敏度校正 (Sensitivity Map)
- f. Linearity：線性度校正(Lineality Map)
- g. SPECT center of rotation：旋轉中心校正
- h. SPECT reconstruction：斷層影像重建測試
- i. System alignment：影像對位校正(SPECT/CT only)
- j. Physical Phantom test：假體掃描測試

C. 就正子電腦斷層掃描機(PET，PET/CT)部份

程序書依據 NEMA standard Nu-2 2007 建議，並考量臨床作業可行性制定相關品管項目如下：

- a. System safety：目視檢查(Visual inspection)
- b. Flood uniformity：影像均勻度測試 (uniformity)
- c. Normalization：偵測器正規化校正
- d. Spatial Resolution：空間解析度測試
- f. Scatter fraction，count losses and random measurements：
(散射因素，無感測試與隨機符合事件校正)
- g. Sensitivity：偵測靈敏度測試
- h. Physical phantom test：實體假體測試

4. 輻射防護品保與偵測儀器驗證技術建立



圖 4.1 不同厚度等組織固態假體之堆疊

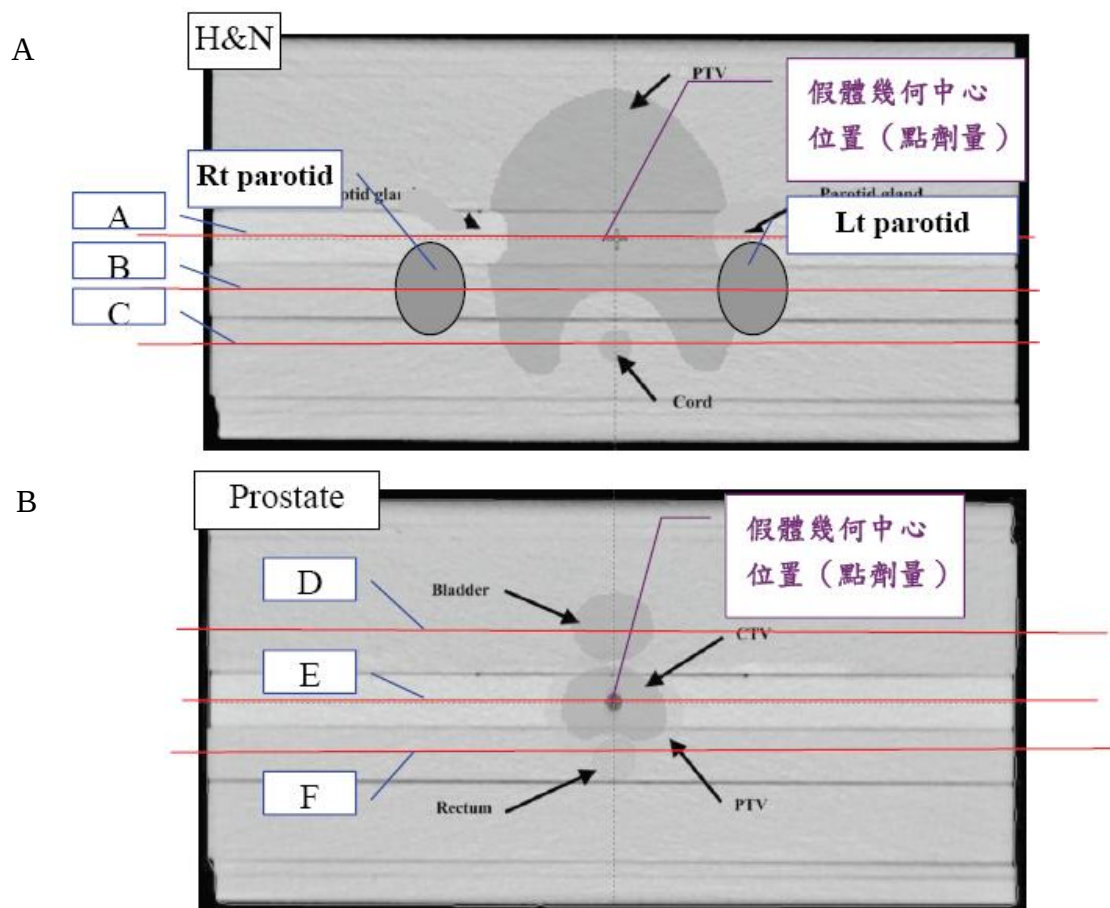
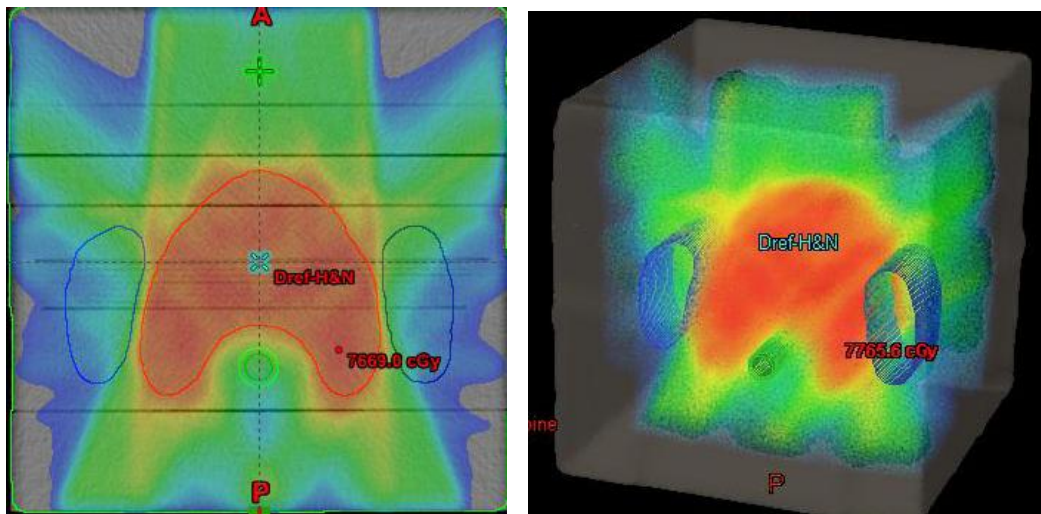


圖 4.2 腫瘤及危急器官位置之描繪(A.對應頭頸癌病患的空間位置, B.對應攝護腺癌病患的空間位置)

A.



B.

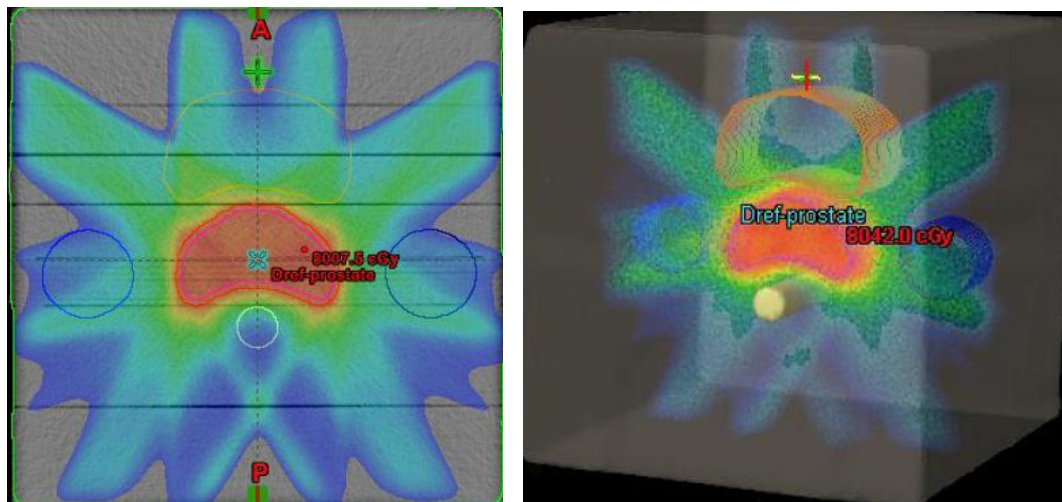


圖 4.3 頭頸癌 (A) 與攝護腺癌 (B) 電腦治療計畫軸狀面與 3D 劑量分佈圖。



圖 4.4 治療設備校驗之品保作業

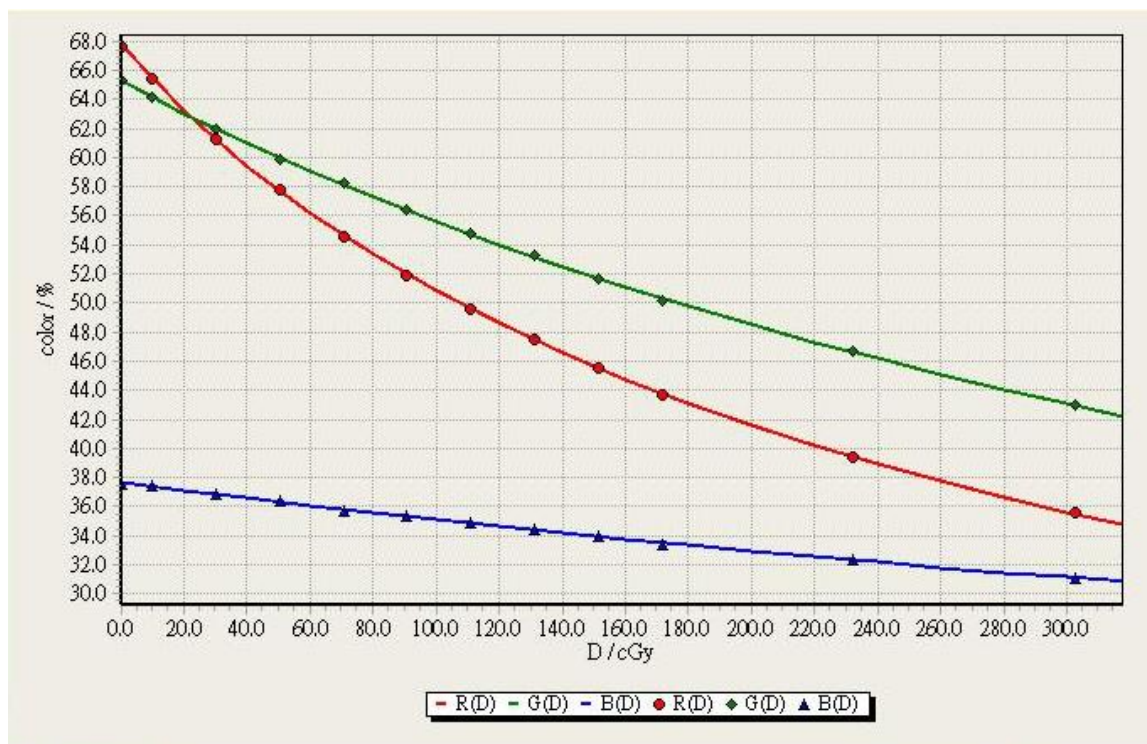
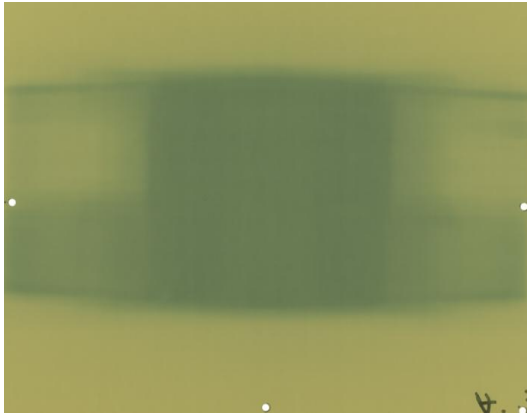


圖.5 EBT 膠片的劑量校正曲線

A.



B.

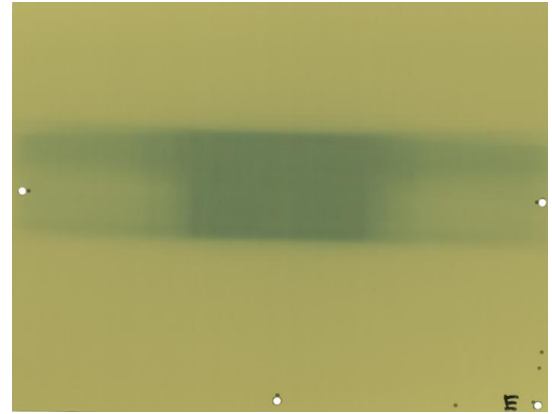


圖 4.6 頭頸癌（A）與攝護腺癌（B）冠狀面照射 EBT3 膠片的變色情形。

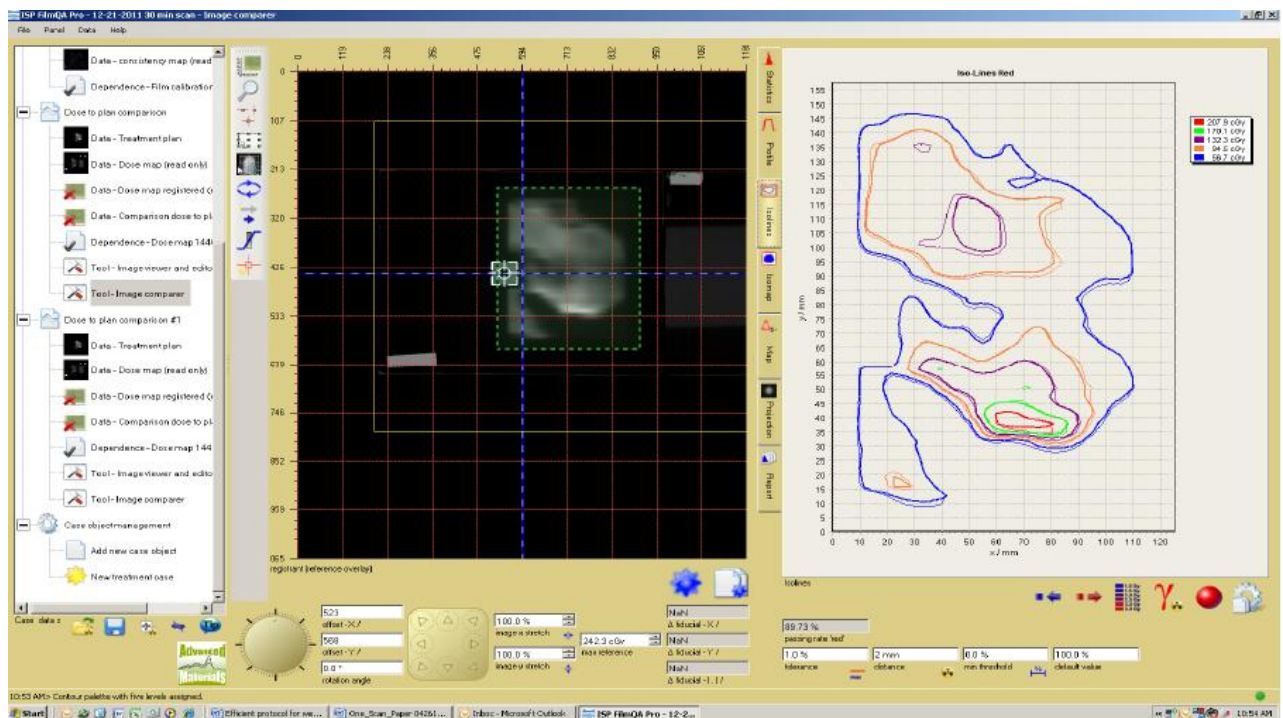


圖 4.7 治療計畫計算與量測之劑量分佈差異比較

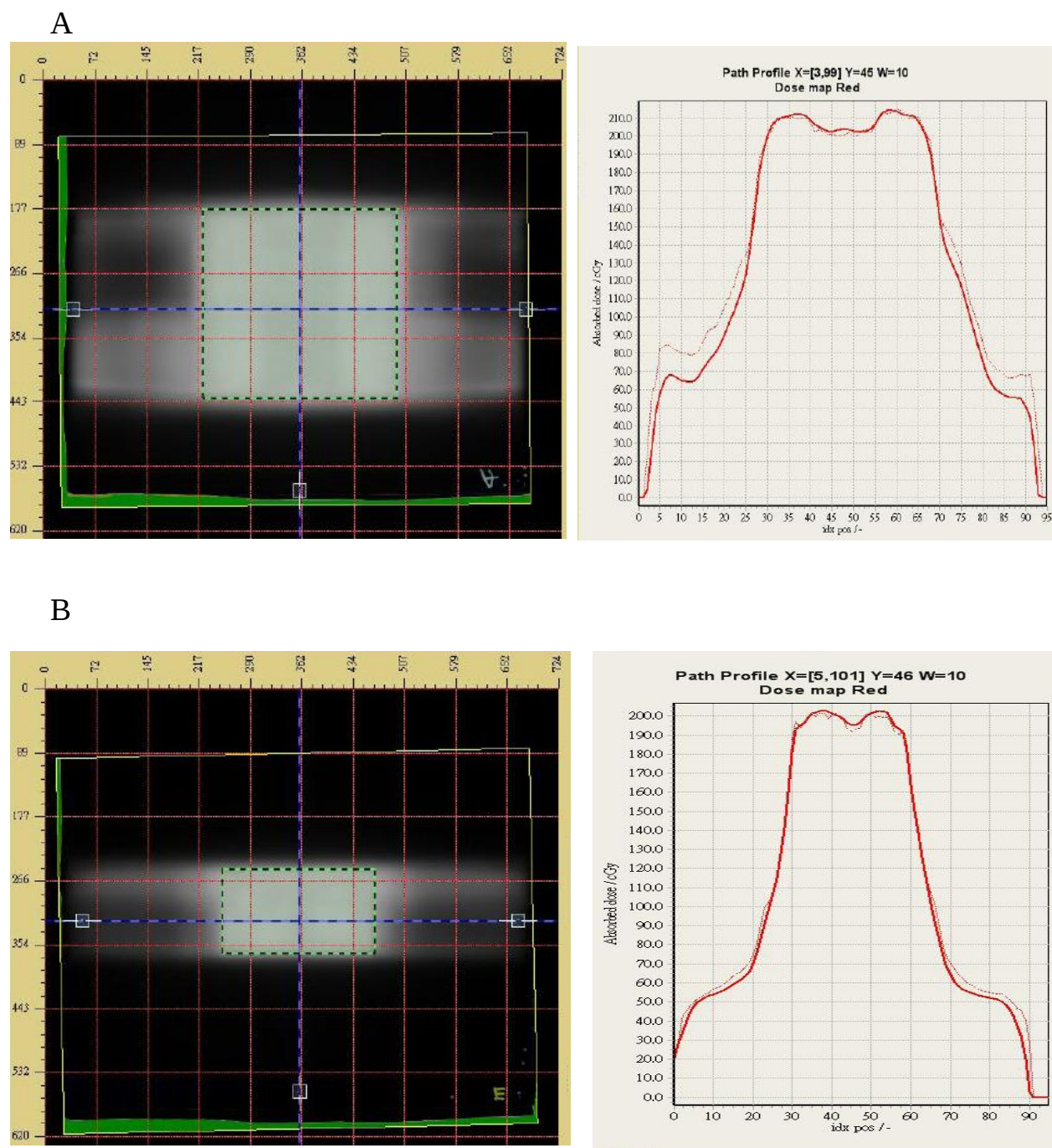


圖 4.8 頭頸癌 (A) 與攝護腺癌 (B) 冠狀面劑量分佈，治療計畫系統計算值與 EBT3 膠片測量值之比較

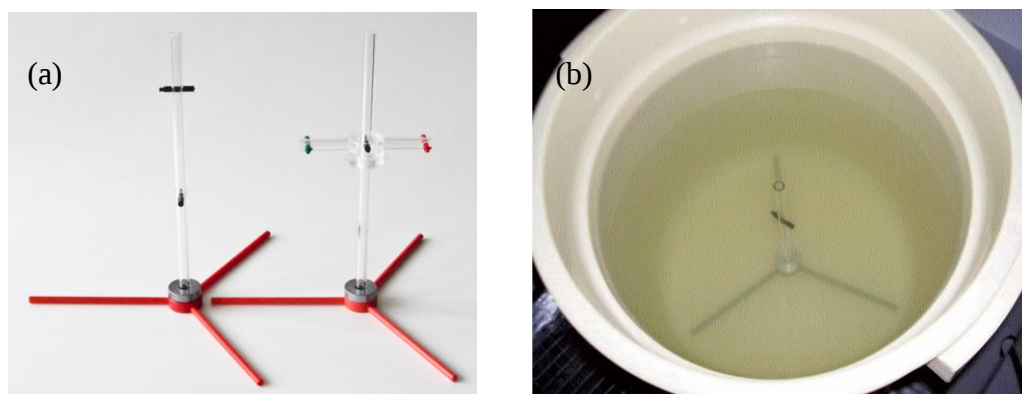


圖 43.9 (a) IAEA 郵寄劑量計劑量驗證系統所使用之劑量計支架；(b) 執行劑量驗證之架設示意圖

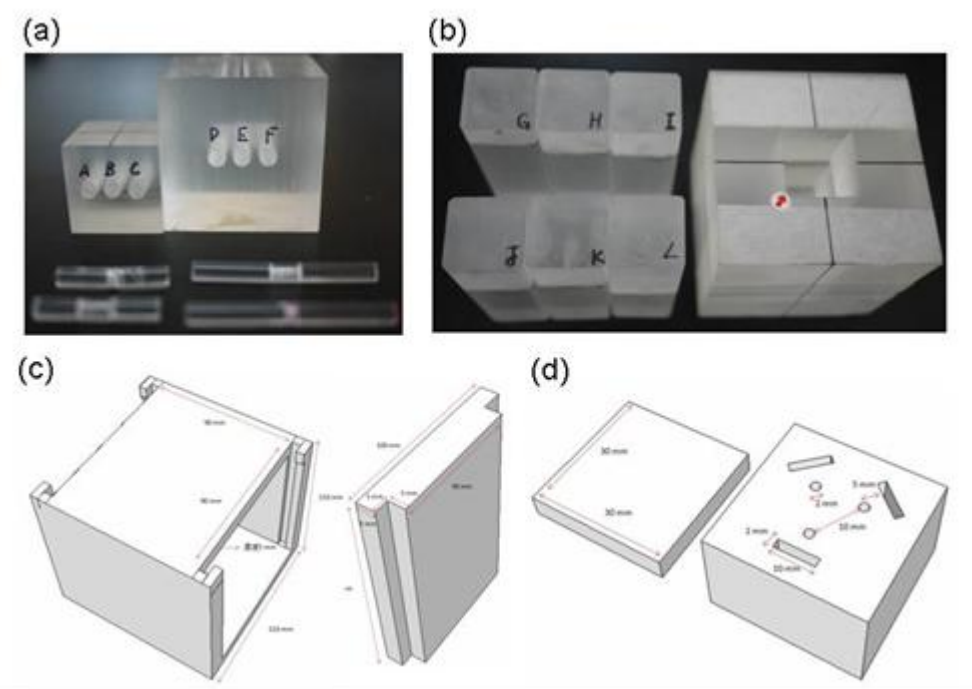


圖 4.10 本研究設計之多功能郵寄假體



圖 4.11 美國 RPC 郵寄假體

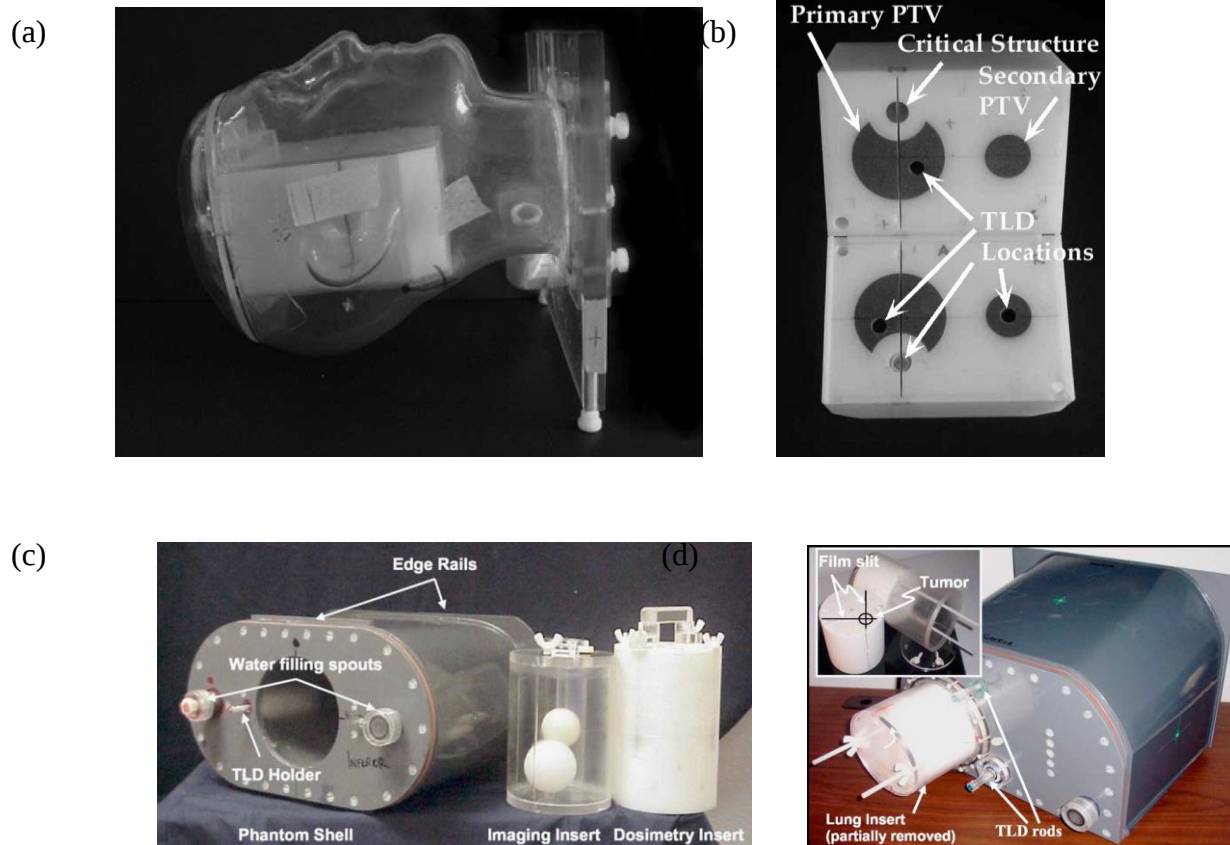


圖 4.12 美國 RPC 驗證假體，(a)頭頸部擬人型假體；(b)治療靶假體；(c)骨盆擬人型假體；(d)胸腔擬人型假體

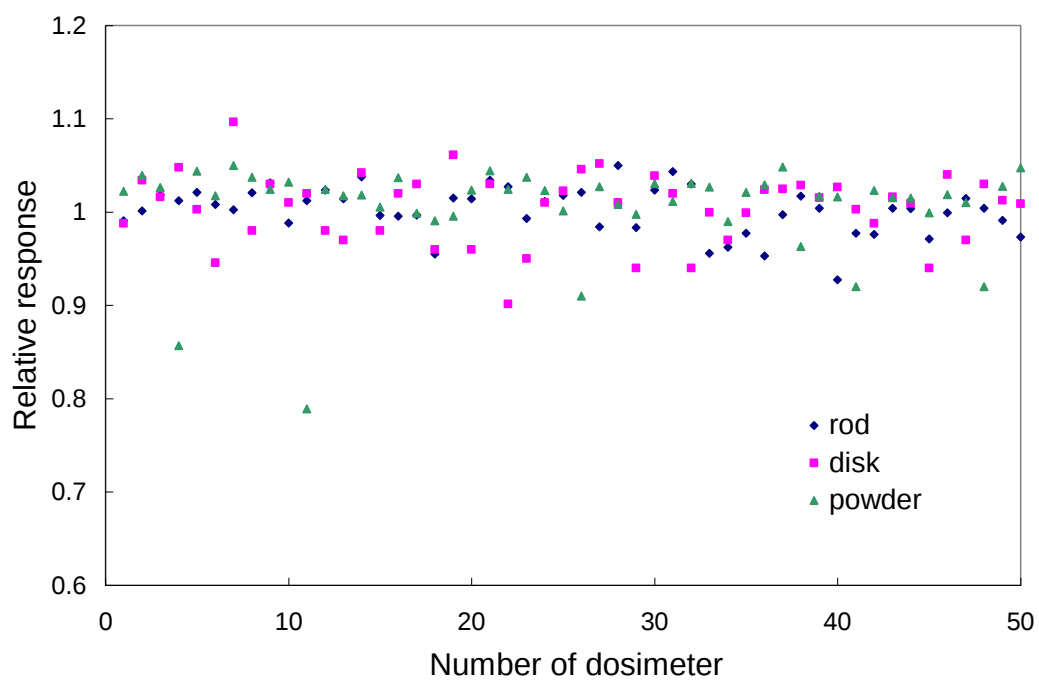


圖 4.13 TLD 篩選變異分佈圖

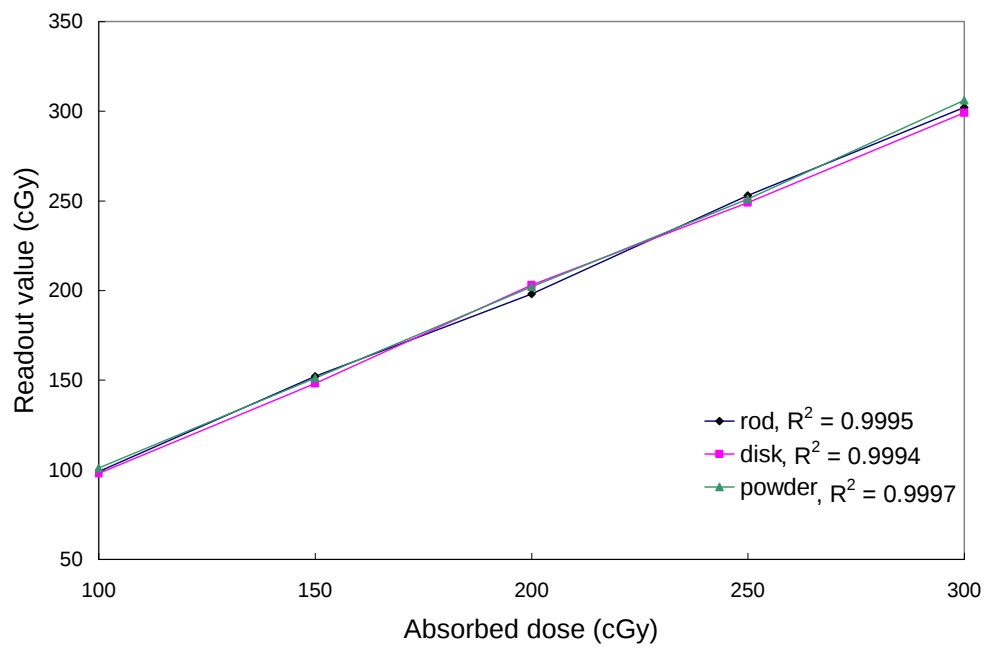
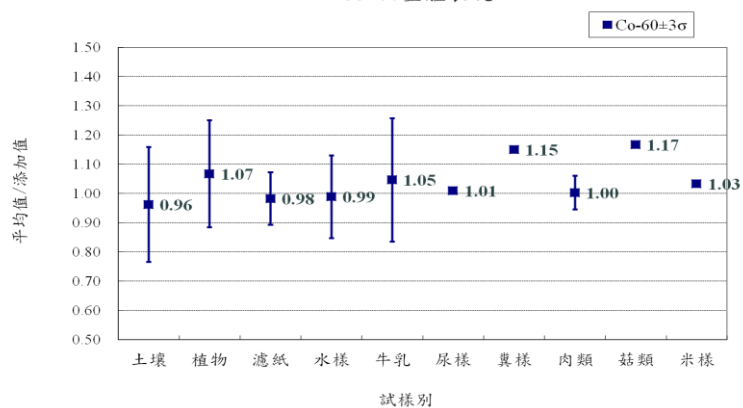


圖 4.14 TLD 劑量線性度

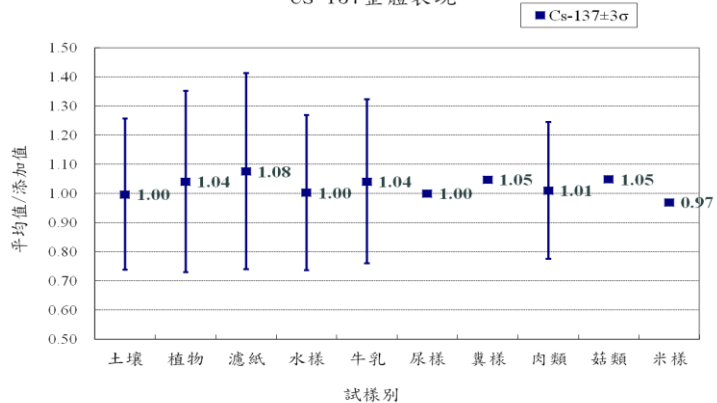
計畫績效評估

第二部分

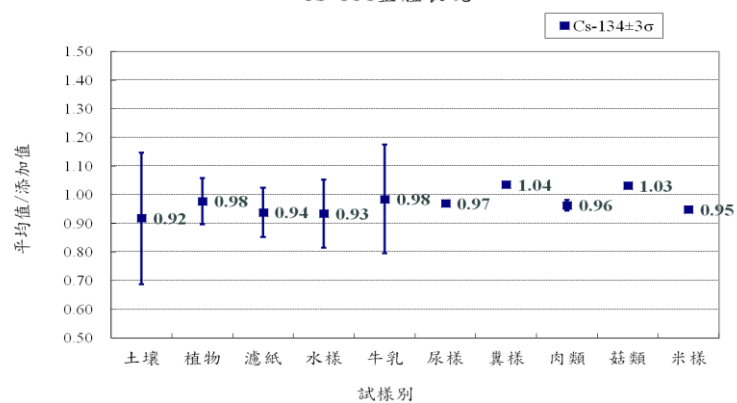
Co-60 整體表現



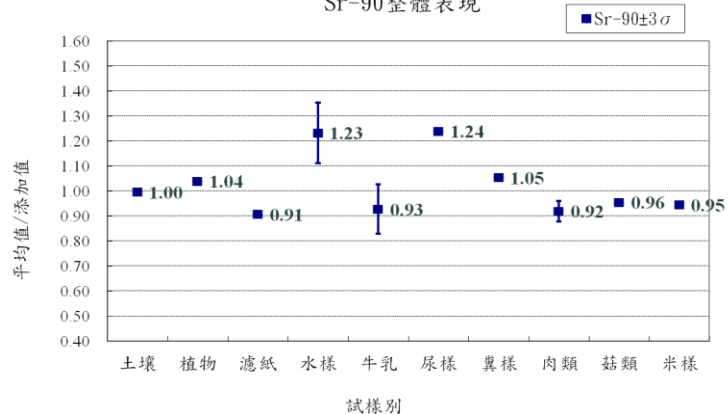
Cs-137 整體表現



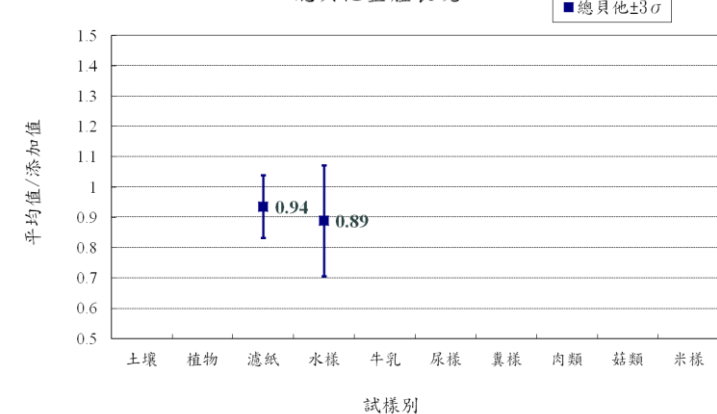
Cs-134 整體表現



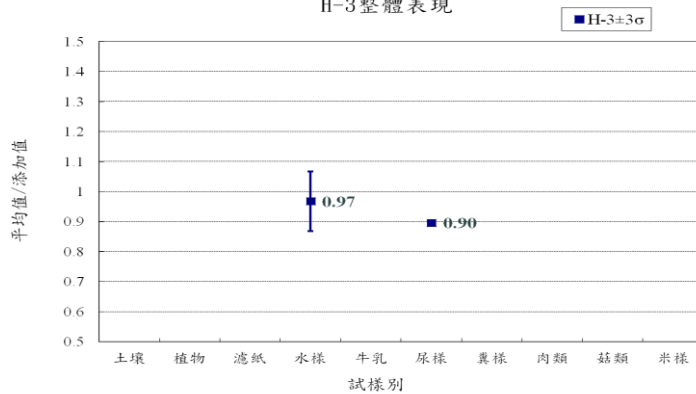
Sr-90 整體表現



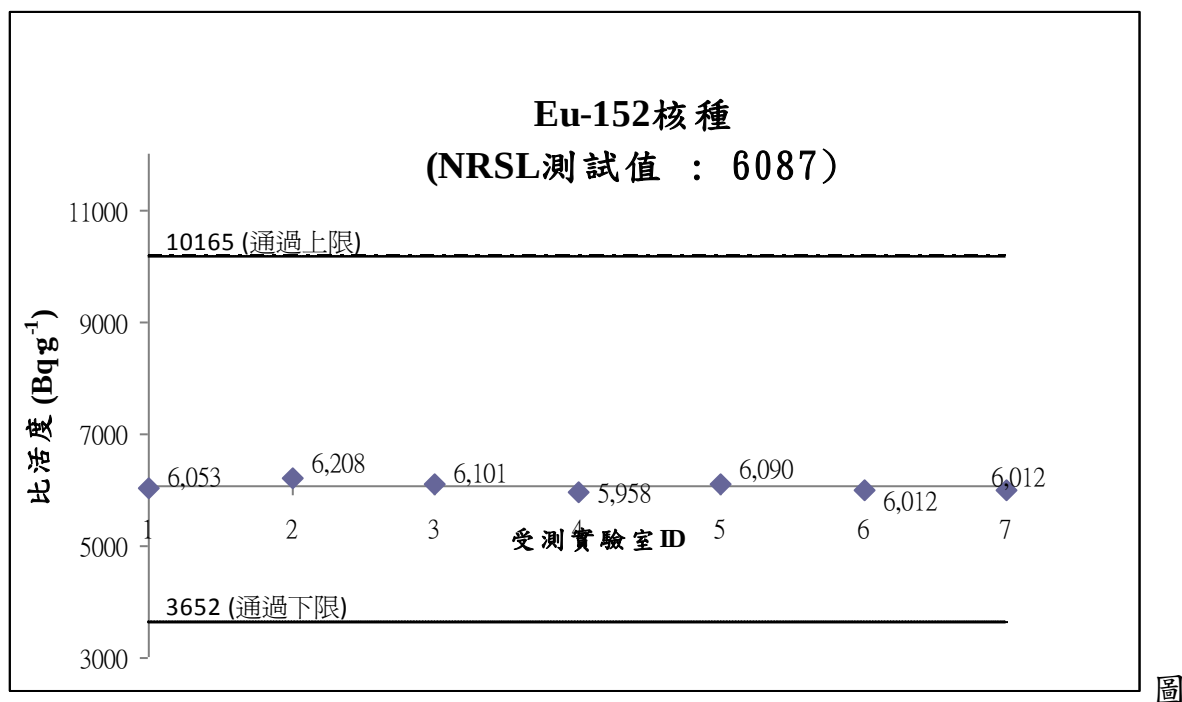
總貝他整體表現



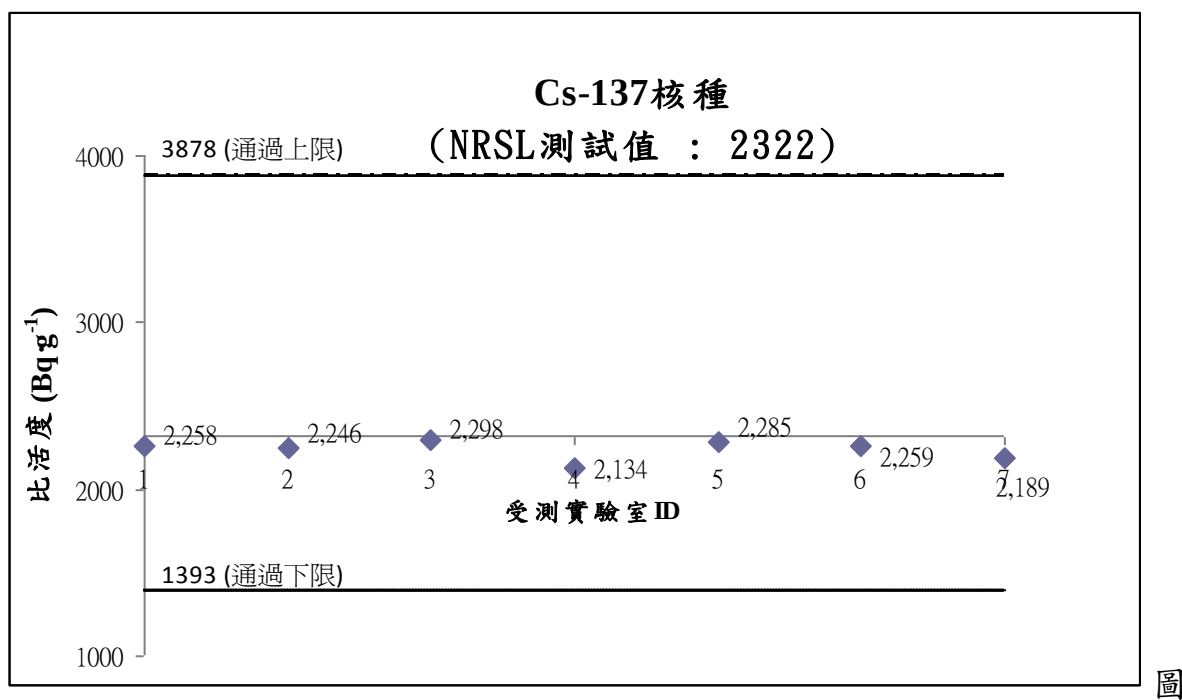
H-3 整體表現



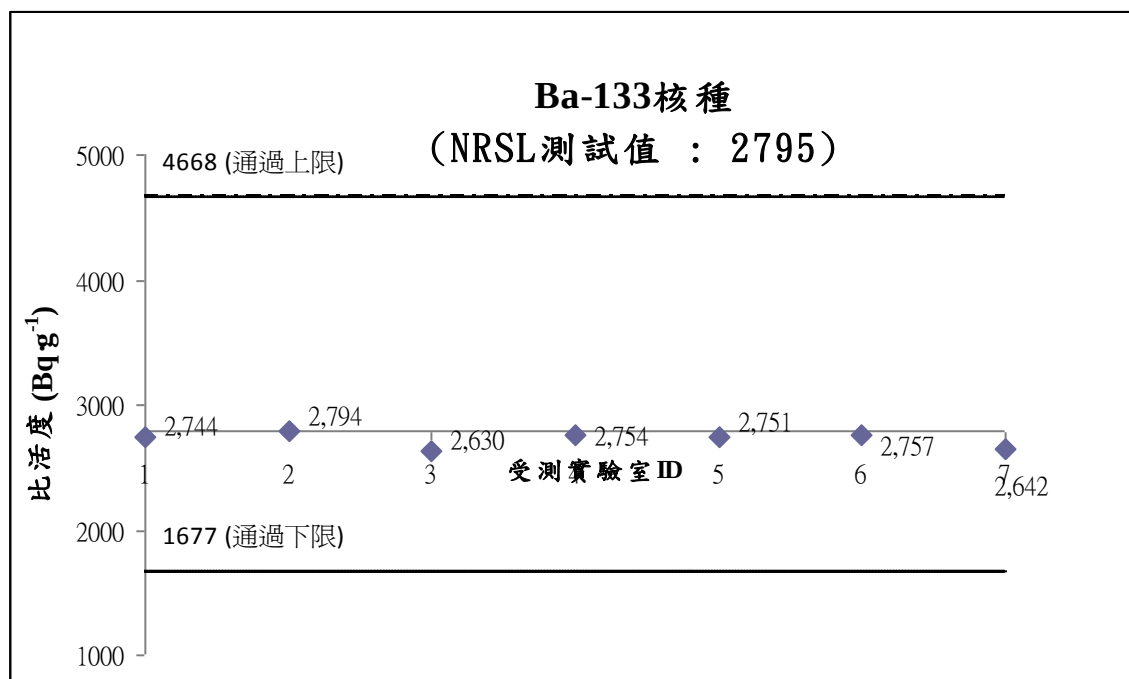
4.15 102 年環境試樣放射性核種分析能力試驗參加實驗室之整體表現結果



4.16(a) 102 年 TAF 13.09I005 類別項目之 Eu-152 核種測試結果

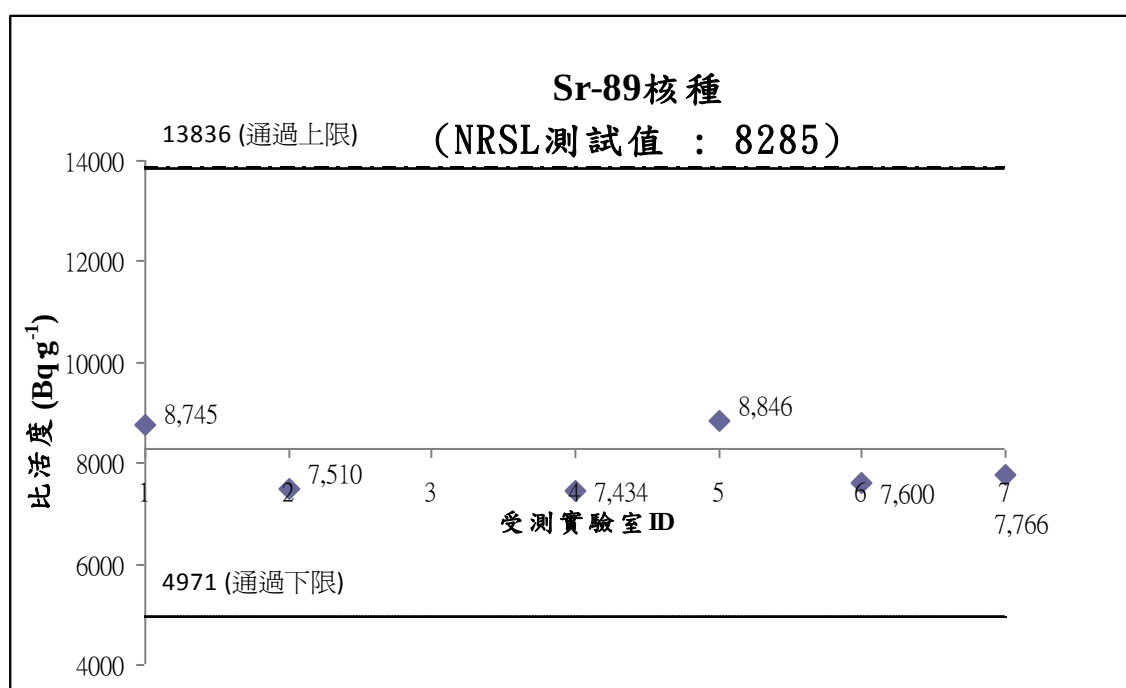


4.16(b) 102 年 TAF 13.09I005 類別項目之 Cs-137 核種測試結果



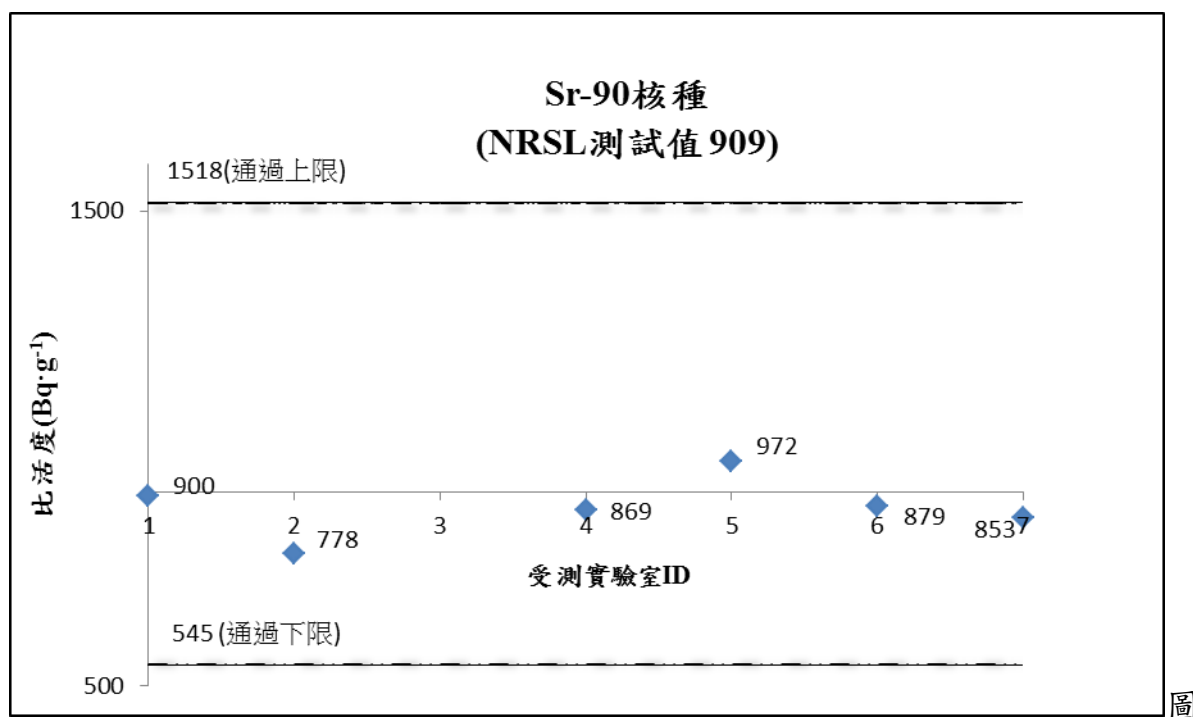
圖

4.16(c) 102 年 TAF 13.09I005 類別項目之 Ba-133 核種測試結果

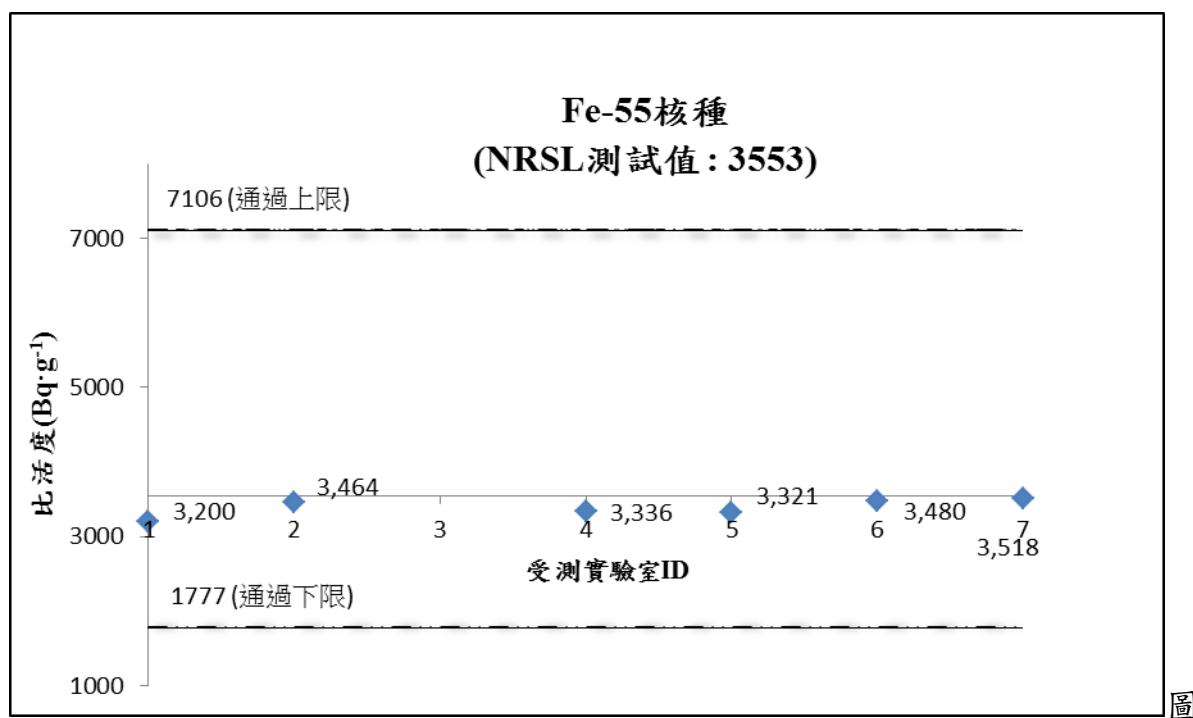


圖

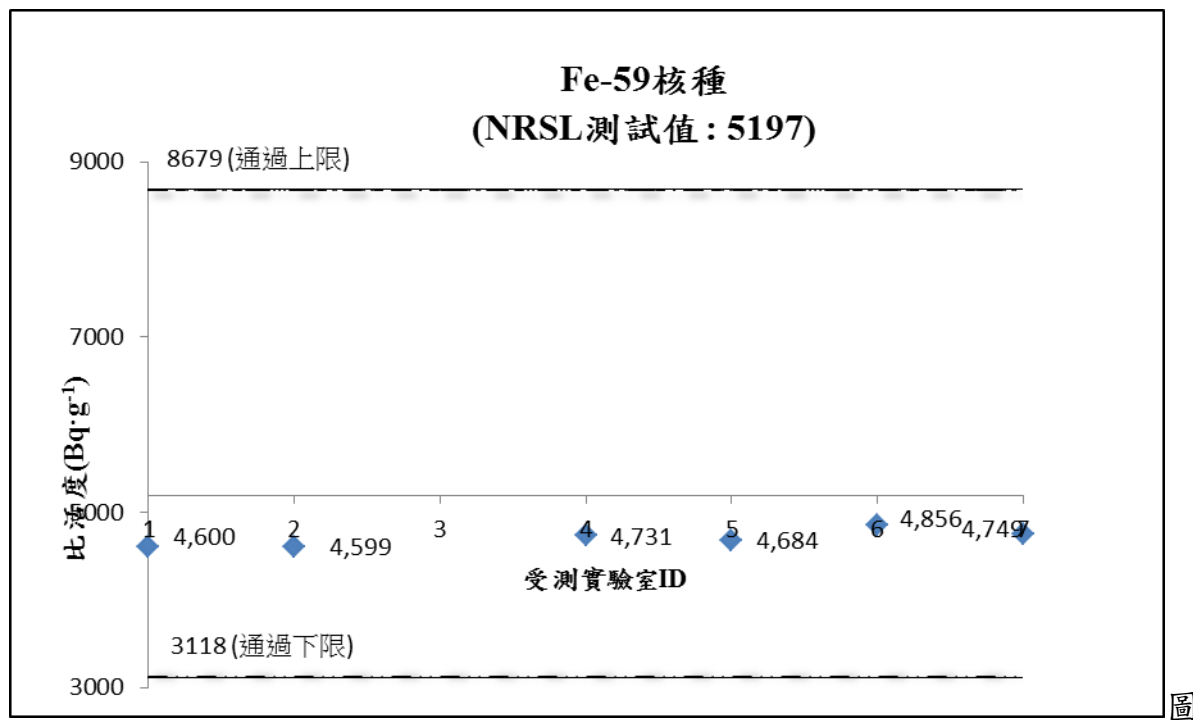
4.16(d) 102 年 TAF 13.09I006 類別項目之 Sr-89 核種測試結果



4.16(e) 102 年 TAF 13.09I006 類別項目之 Sr-90 核種測試結果



4.16(f) 102 年 TAF 13.09I007 類別項目之 Fe-55 核種測試結果



4.16(g) 102 年 TAF 13.09I007 類別項目之 Fe-59 核種測試結果

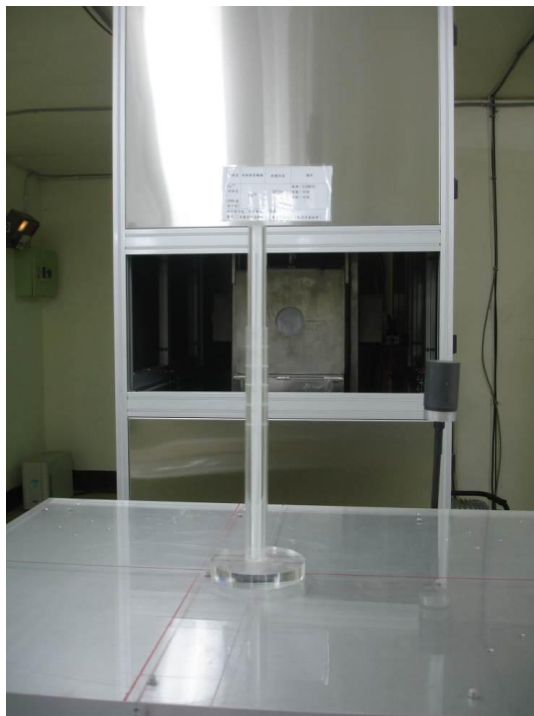


圖 4.17 指環劑量計加馬射線照射系統配置圖



圖 4.18 指環劑量計 X 射線照射系統配置圖



圖 4.19 指環劑量計貝他照射系統配置圖

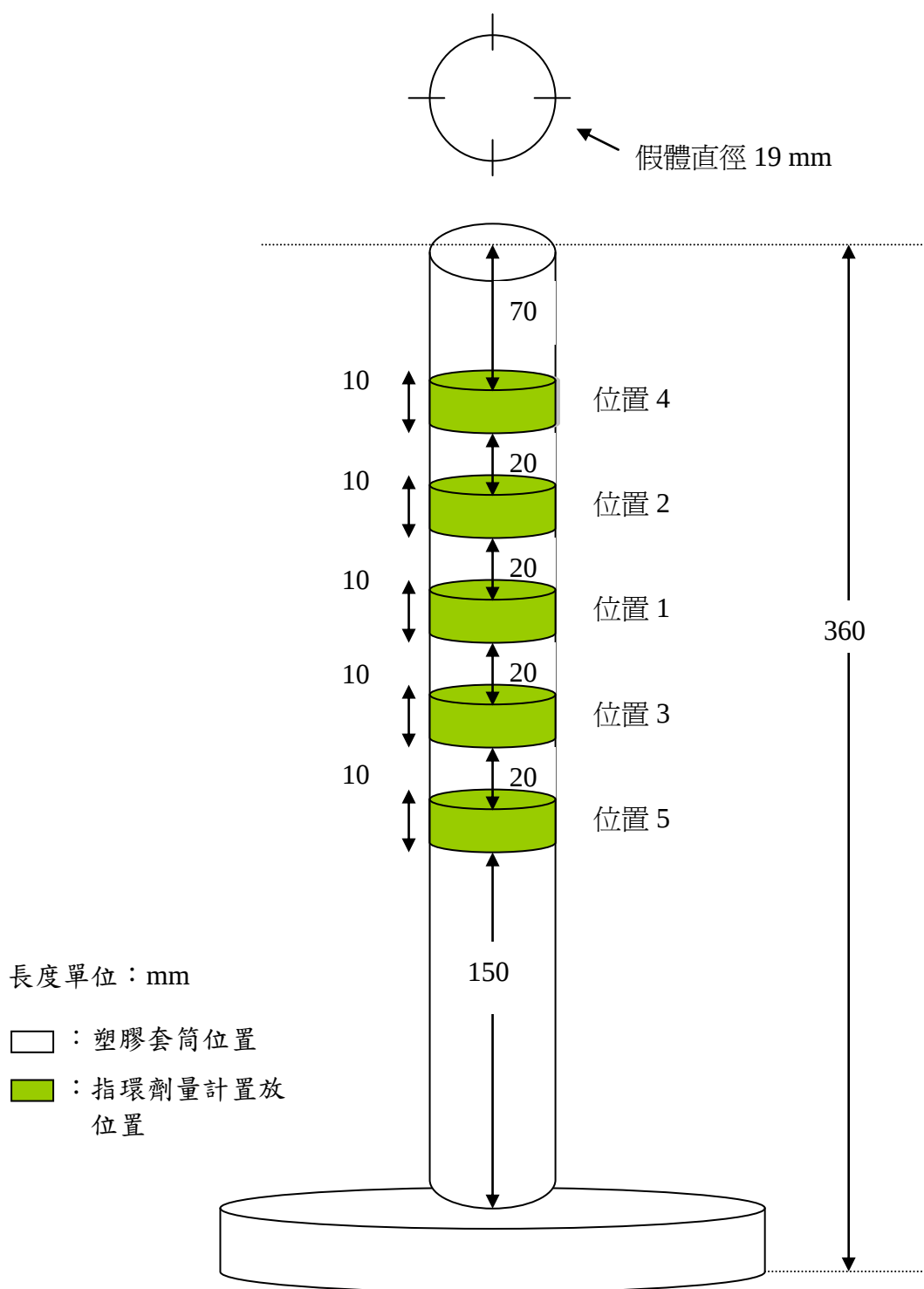


圖 4.20 指環劑量計校正假體設計



圖 4.21 指環劑量計之劑量照射測試



圖 4.22 2013 年游離輻射量測領域能力試驗研討會

表 4.1 弧形放射治療設施劑量驗證參與單位與其所使用的儀器

參與單位	治療機	電腦治療計畫系統	劑量測量系統	Commercialized 2D/3D dose measurement tools
和信治癌中心醫院	Varian iX	Varian Eclipse	Polystyrene phantom + Farmer chamber	MatrtriXX
三軍總醫院	Elekta Synergy	Pinnacle	RW3 phantom + Farmer chamber	2D-array Seven29™ model
中國醫藥大學附設醫院	Varian iX	Varian Eclipse	Plastic water phantom+ Farmer chamber	Map Check 2
台大醫院	Elekta Synergy	Pinnacle	RW3 phantom + Farmer chamber	ScandiDos Delta ⁴
阮綜合醫院	Elekta Synergy	Pinnacle	RW3 phantom+ Farmer chamber	2D-array Seven29™ model

表 4.2 治療計畫腫瘤中心點劑量量測值(cGy)與冠狀面 Gamma index passing rate

表二、治療計畫腫瘤中心點劑量量測值(cGy)與冠狀面 gamma index passing rate							
			研究團隊				
			A	B	C	D	E
頭頸癌	點劑量	量測值	199.2	204.2	214.5	207.0	208.1
		治療計畫計算值	204.0	200.0	209.2	208.0	209.4
		差異	-2.4%	2.1%	2.5%	0.5%	-0.6%
	冠狀面 passing rate		91.9%	89.6%	91.6%	99.8%	99.4%
攝護腺癌	點劑量	量測值	189.2	202.1	216.1	208.3	217.7
		治療計畫計算值	194.1	200.0	209.8	212.4	209.7
		差異	-2.5%	1.0%	3.0%	2.0%	3.8%
	冠狀面 passing rate		96.0%	90.7%	94.2%	94.4%	99.5%

表 4.3 各種形式 TLD 使用優缺點比較。

TLD形式	優點	缺點
powder	可分次計讀	不易控制裝填量
cubic	高空間解析度	本身不穩定性高
disk	角度依存性較低	低空間解析度
rod	本身穩定性高	角度依存性大

表 4.4 102 年度環境試樣放射性核種分析能力試驗各實驗室參加測試項目統計

實驗室 代號	水樣				空浮濾紙			土壤		植物		牛乳	
	γ	^{90}Sr	$G\beta$	^3H	γ	^{90}Sr	$G\beta$	γ	^{90}Sr	γ	^{90}Sr	γ	^{90}Sr
LAB-01								※					
LAB-02	※												
LAB-03					※		※						
LAB-04	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※
LAB-05	※		※	※	※		※	※		※			
LAB-06	※	※	※	※				※				※	※
LAB-07	※	※	※	※				※				※	※
LAB-08	※	※	※	※				※				※	※
	6	4	5	5	3	1	3	6	1	2	1	4	4

實驗室 代號	畜產肉類		菇類		米樣		尿樣			糞樣	
	γ	^{90}Sr	γ	^{90}Sr	γ	^{90}Sr	γ	^{90}Sr	^3H	γ	^{90}Sr
LAB-01											
LAB-02											
LAB-03	※	※									
LAB-04	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※
LAB-05											
LAB-06											
LAB-07											
LAB-08											
	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1

表 4.5 102 年度環境試樣放射性核種分析能力試驗之樣品添加活度及不確定度分析

核種	土壤(Bq/kg)	植物(Bq/kg)	空浮(Bq/m ³)	水樣(Bq/l)	尿樣(Bq/l)
Cs-137	268±7	44.0±2.0	0.049±0.001	32.6±1.5	36.5±1.7
Co-60	283±8	42.3±2.0	0.059±0.001	37.3±1.1	35.6±1.7
Cs-134	271±6	40.6±1.9	0.056±0.001	35.8±1.4	34.2±1.7
Sr-85	295±8	53.8±2.6	0.094±0.003	47.3±1.0	68.8±2.8
Sr-90	417±11	78.4±3.9	0.082±0.003	8.41±0.25	13.8±0.6
Gβ			0.065±0.001	9.08±0.32	
H-3				429±7	1205±21

核種	牛乳(Bq/kg)	肉類(Bq/kg)	菇類(Bq/kg)	米樣(Bq/kg)	糞樣(Bq/kg)
Cs-137	36.4±1.6	29.1±1.5	40.0±1.6	47.2±2.2	48.6±2.2
Co-60	38.5±1.6	27.3±1.3	47.9±2.1	48.3±2.2	47.8±2.3
Cs-134	36.9±1.6	26.2±1.2	45.9±2.0	46.4±2.0	45.9±2.3
Sr-85	72.4±1.7	46.1±1.0	54.1±1.4	57.2±1.5	86.7±3.8
Sr-90	207±5	199±4	162±4	133±4	494±20

備註：

- 1.原始射源活度由國家游離輻射標準實驗室校正，參考日期為 102 年 7 月 15 日。
- 2.樣品活度之不確定度 k=1。
- 3.不確定度評估因子包含：添加值、均勻度及穩定度。

表 4.6 102 年中低強度核種分析能力試驗各試驗項目核種之通過上下限

試驗項目	核種	測試值 (Bq·g ⁻¹)	U _A (%)	U _A	解析度	通過下限	通過上限
13.09I005	Eu-152	6087	1.0	61	100	3652	10165
	Cs-137	2322	1.0	23	101	1393	3878
	Ba-133	2795	1.0	28	100	1677	4668
13.09I006	Sr-89	8285	1.0	83	100	4971	13836
	Sr-90	909	1.0	9	101	545	1518
13.09I007	Fe-55	3553	2.0	71	50	1777	7106
	Fe-59	5197	0.8	42	124	3118	8679

表 4.7 執行全國人員劑量計能力試驗之時程安排

批次	一	二	三
寄送日期	102 年 11 月 22 日	102 年 12 月 23 日	103 年 2 月 10 日
接收截止日期	102 年 11 月 26 日	102 年 12 月 28 日	103 年 2 月 14 日
照射日期	102 年 12 月 12 日	102 年 12 月 31 日	103 年 2 月 18 日
寄回日期	102 年 12 月 23 日	103 年 1 月 10 日	103 年 2 月 28 日
回報日期	102 年 1 月 8 日	103 年 1 月 25 日	103 年 3 月 15 日

表 4.8 指環劑量計之校正輻射場資料

照射系統	射質	輻射場量 測游離腔	輻射場強度 (Gy/s)	照射條件		
				管電壓 (kV)	管電流 (mA)	照射距離 (m)
X 射線	M30	PTW23344	4.4223×10^{-4}	30	10	1
	M60	A5 S/N 209	4.9480×10^{-5}	60	5	2.5
	M100	A5 S/N 209	9.6162×10^{-5}	100	10	2.5
	M150	A5 S/N 209	1.3172×10^{-5}	150	10	2.5
	H150	A5 S/N 209	9.0155×10^{-6}	150	10	1.5
	IN80	A5 S/N 001	1.7872×10^{-6}	80	10	1.5
	IWS110	A5 S/N 001	2.4516×10^{-5}	110	10	1.5
	IWS150	A5 S/N 001	6.0554×10^{-5}	150	10	1.5
	IWS200	A5 S/N 001	1.0800×10^{-4}	200	10	1.5
	IWS250	A5 S/N 001	1.3733×10^{-4}	250	10	1.5
	IWS300	A5 S/N 001	1.6481×10^{-4}	300	10	1.5
	M150	A5 S/N 001	3.5418×10^{-4}	150	10	1.5
加馬射線	^{60}Co	INER/SC1	1.5740×10^{-4}	—	—	1.2
	^{137}Cs	A5 S/N 208	5.6370×10^{-5}	—	—	3
貝他射線	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	PTW 外推 式游離腔	2.2397×10^{-5}	—	—	0.5

表 4.9 指環劑量計校正假體之位置修正因子

	位置 1	位置 2	位置 3	位置 4	位置 5
X 射線					
M30 ^a	1				
M60	1	1.006	0.999	1.007	1.006
M100	1	0.998	0.998	1.003	1.003
M150	1	0.998	0.998	0.993	1.001
H150 ^b	1	0.971	0.982		
加馬射線					
⁶⁰ Co	1	1.000	1.000	0.987	0.989
¹³⁷ Cs	1	1.007	0.993	1.012	0.984
貝他射線					
⁹⁰ Sr/ ⁹⁰ Y ^c	1	0.981	0.979		

註：

a.M30 校正條件只能置放 1 個劑量計

b.H150 校正條件最多能置放 3 個劑量計

c.⁹⁰Sr/⁹⁰Y 校正條件最多能置放 3 個劑量計

表 4.10、指環劑量計光子及貝他照射劑量之不確定度分析

分析項目	A 類相對標準 不確定度(%)	B 類相對標準 不確定度(%)
電荷量測(Q)	0.12	
靜電計校正因子(C_{fe})	0.085	0.16
二級標準件校正因子(C_{fQ})		0.43
溫度修正(K_{Tm})		0.025
氣壓修正(K_{pm})		0.29
劑量轉換係數(C_h)		2.0
系統長期定穩度度(S)		0.40
照射時間(t)		0.0029
$u_{cA}(H_S)/H_S$ ^a 與 $u_{cB}(H_S)/H_S$ ^b	0.15	2.1
$u_c(H_S)/H_S$ ^c		2.1
$U(H_S)/H_S$ ^d (擴充係數 k=2)		4.2

註：

a.分類相對組合標準不確定度 $u_{cA}(H_S)/H_S = [(0.12\%)^2 + (0.085\%)^2]^{1/2} = 0.15\%$ b.分類相對組合標準不確定度 $u_{cB}(H_S)/H_S = [(0.16\%)^2 + (0.43\%)^2 + (0.025\%)^2 + (0.29\%)^2 + (2.0\%)^2 + (0.40\%)^2 + (0.0029\%)^2]^{1/2} = 2.1\%$ c.相對組合標準不確定度 $[u_c(H_S)/H_S] = [(0.15\%)^2 + (2.1\%)^2]^{1/2} = 2.1\%$ d.相對擴充不確定度 $[U(H_S)/H_S] = 2 \times u_c(H_S)/H_S = 4.2\%$

表 4.11 HPS N13.29-Draft (1996)環境劑量計能力試驗實驗室測試類別之照射條件、照射劑量範圍與允差值分析彙整

Laboratory Testing Categories	Number of Dosimeters per Test Category ^a	Test Irradiation Range ^b	Tolerance Level (L)		Additional Limit on $ B $ and S
			Directional	Ambient	
I. Accident		0.01 to 0.5 Gy	0.5	0.5	None
A. Photon, Cs-137	5				
B. Beta, Sr-90/Y-90	5				
II. Routine		0.2 to 10 mSv	0.5	0.5	None
A. Photon, Cs-137	5				
B. Beta, Sr-90/Y-90	5				
III. Energy Response		0.2 to 10 mSv	0.5	0.5	None
A. Low-energy technique (NIST H40)					
B. High-energy technique (NIST H100)					
To be included with shipment					
Spares	2				
Controls	2				

^a If it is unnecessary to test in each subcategory, a total of 10 dosimeters must be provided for testing within each category.

^b Dose values for testing shall be selected at random for all categories.

表 4.12 HPS N13.29-Draft (1996)環境劑量計能力試驗現場測試類別之照射條件、照射劑量範圍與允差值分析彙整

Field Testing Categories	Number of Dosimeters per Test Category	Test Irradiation Range ^a	Tolerance Level (L)		Additional Limit on $ B $ and S
			Directional	Ambient	
I. Environmental Site		0.5 to 10 mSv	0.5	0.5	$ B \leq 0.35$, $S \leq 0.35$
A. Exposure at beginning of field cycle	5				
B. Exposure at mid-point of field cycle	5				
C. Exposure at end of field cycle	5				
D. Control dosimeters	5				
II. Environmental Chamber ^b		0.5 to 10 mSv	0.5	0.5	$ B \leq 0.35$, $S \leq 0.35$
A. Exposure at beginning of field cycle	5				
B. Exposure at mid-point of field cycle	5				
C. Exposure at end of field cycle	5				
D. Control dosimeters	5				

^a For each test, dosimeters will be exposed to Cs-137, Dose values for testing shall be selected at random for all categories.

^b Entire set of dosimeters are exposed with extremes of temperature between -20°C to +50°C, of relative humidity between 10 to 90 percent, and light sensitivity between 20 to 100 lumens.

表 4.13 HPS N13.29-Draft (1996)環境劑量計能力試驗之空氣克馬對周圍及方向等效劑量或吸收劑量之轉換因子

Beam Code	Added Filter (mm Al)	Added Filter (mm Cu)	HVL (mm Cu)	Homogeneity coefficient	Average Energy (keV)	Conversion Factors	
						Ambient H*(10)/Ka	Directional H*(0.07)/Ka
NIST H40	4.05	0.26	0.084	0.92	33	1.17	1.26
NIST H100	4.0	5.2	1.11	0.95	83	1.71	1.59
Cs-137					662	1.20	1.20

表 4.14 個人示警輻射偵檢器之非游離輻射性能測試結果統計

	Rados RAD-50S	Polimaster PM1203M	INER DOSEPEN-2000
落下測試	○	NA	NA.
振動測試	○	○	○
溫度衝擊(20 °C->50 °C)	○	○	×
溫度衝擊(20 °C->-20 °C)	×	○	○
溫度漸進(20 °C->50 °C)	×	×	×
溫度漸進(20 °C->-20 °C)	○	○	○
淋水測試	○	NA	○
靜電放電試驗	○	○	○
無線電干擾試驗	○	○	○
磁場試驗	○	○	○
無線電放射頻率試驗	×	×	×

表 4.15 個人示警輻射偵檢器之游離輻射測試要求與性能測試結果

測試項目	規範要求	RDO-50S	PM1203M	INER -2000
尺寸	20×10×5 cm	○	○	○
重量	400 g	○	○	○
參考點	標記的有效中心	○	○	○
電池供應	連續警報 > 30 min	○	○	○
穩定時間	< 1 min	○	○	○
警報反應聲響	< 2 s	○	○	○
警報輻射水平	0.5 μ Gy/h (^{137}Cs)	○	○	○
警報失敗率	警報失敗時間 > 1 h 1.0 μ Gy/h (^{137}Cs)	○	○	○
數位顯示精確度	30 % (^{137}Cs)	○	○	○
輻射背景	光子曝露率 < 10 μ R/h	○	○	○

5. 粒子治療設施誘發中子輻射之量測評估技術建立

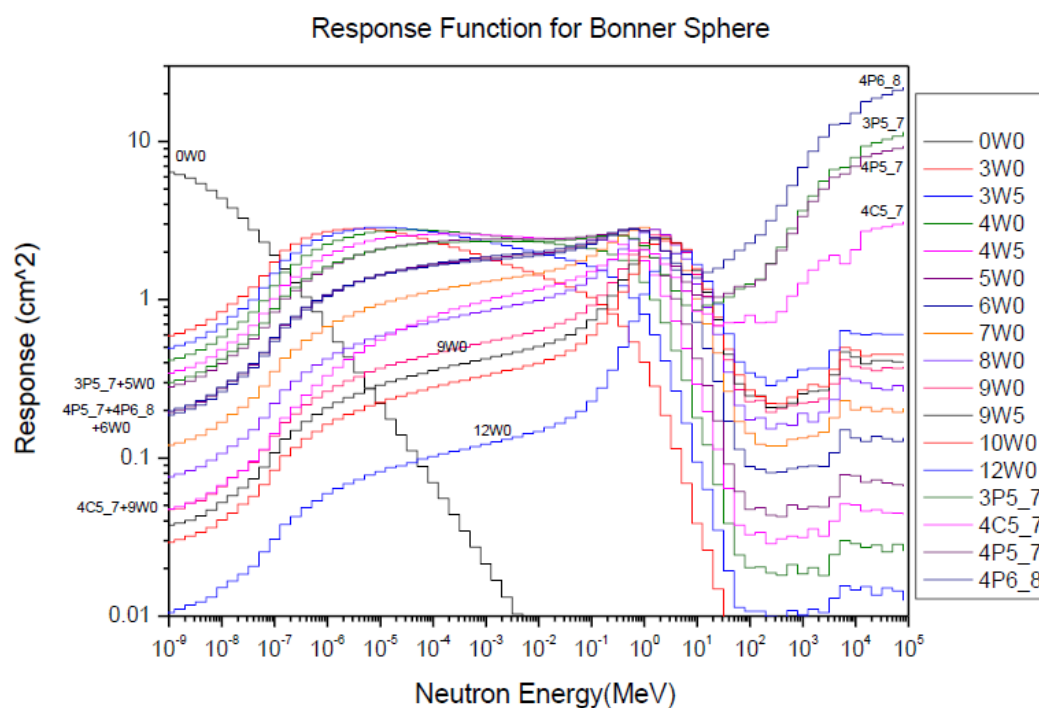


圖 4.1 不同厚度波那球系統之能量響應函數

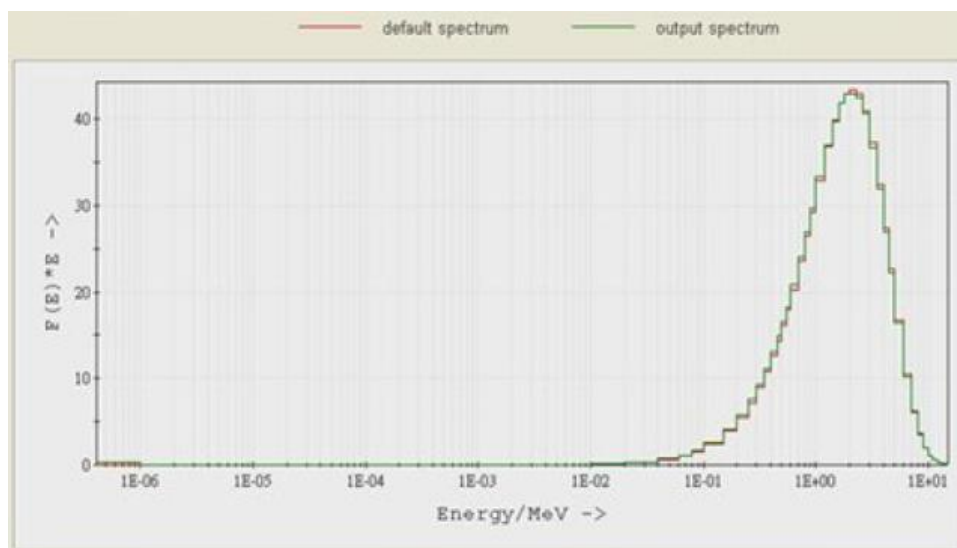


圖4.2 Cf-252中子源以波那球系統能譜解析結果(紅色：ISO-8529標準能譜，綠色：本計畫量測結果)

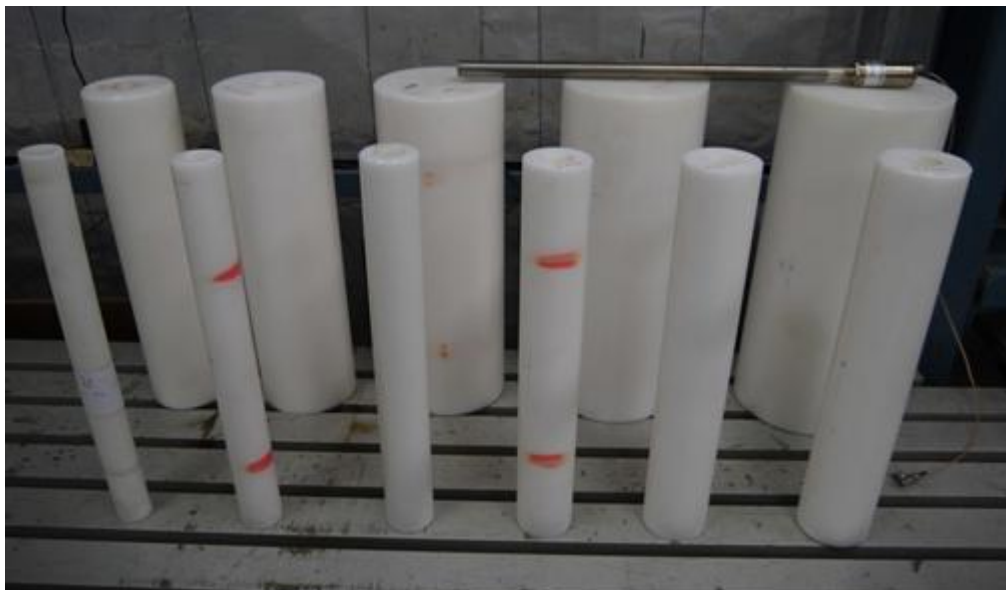


圖 4.3、自行設計之新型高效率波那圓柱中子能譜儀

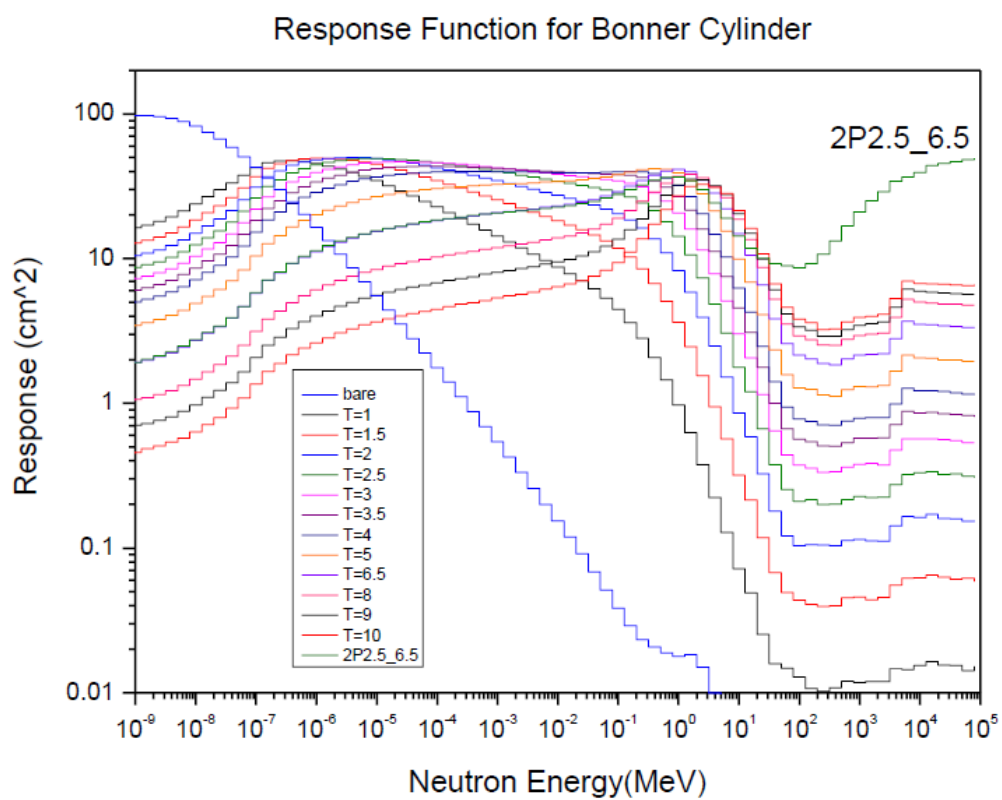


圖 4.4 不同厚度波那柱系統之能量響應函數

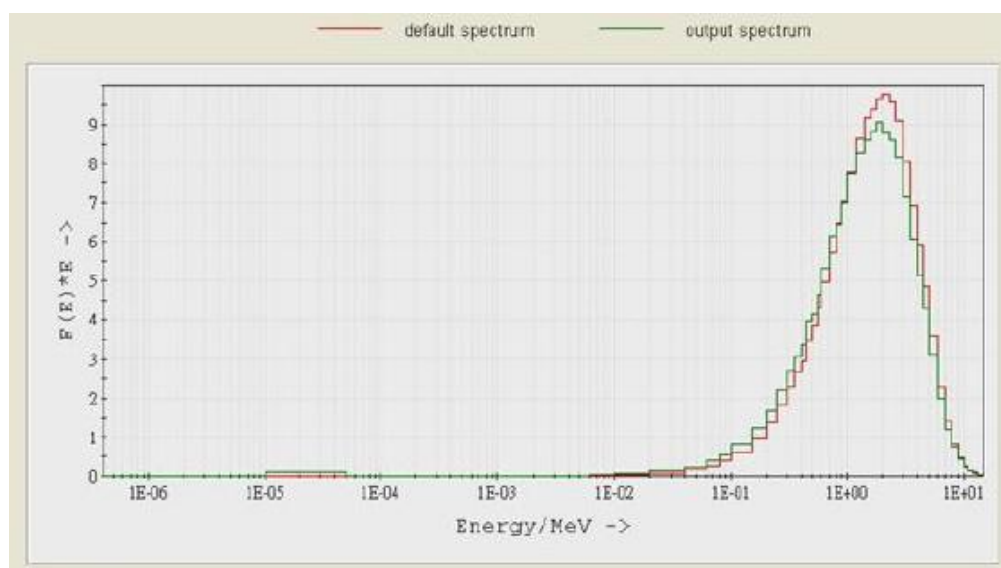


圖4.5 Cf-252中子源以波那柱系統能譜解析結果(紅色：ISO-8529標準能譜，綠色：本計畫量測結果)

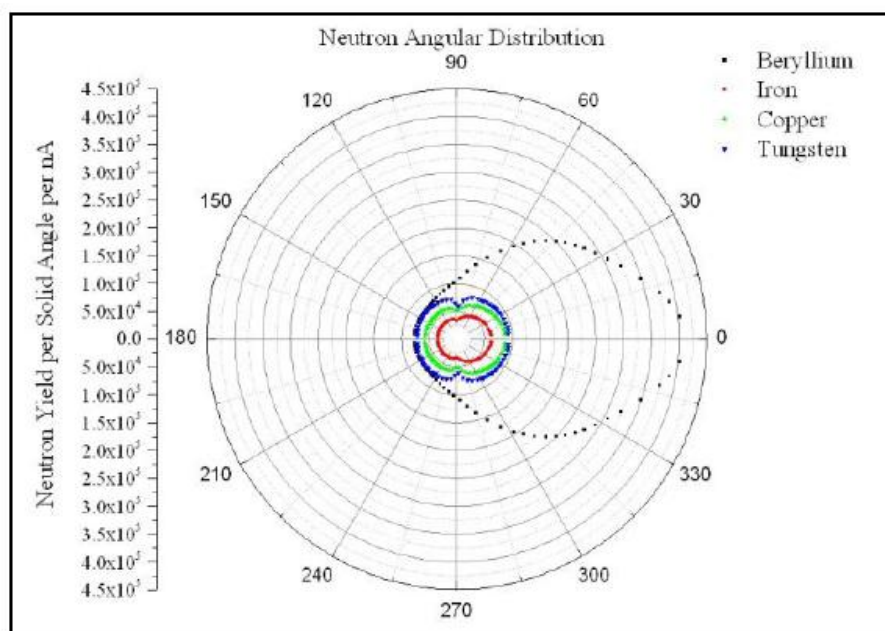


圖 4.6 四種不同靶材產生的中子角度分布圖

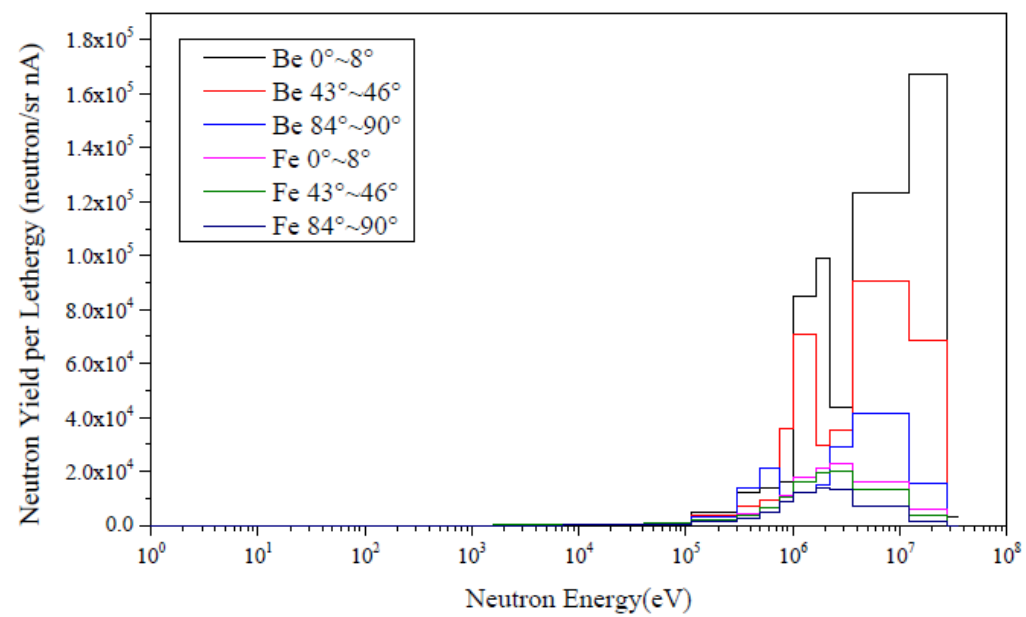


圖 4.7 質子與 Be 靶、Fe 靶作用後的誘發中子能譜