

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（1/4）

（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：長庚大學、

行政院原子能委員會核能研究所

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.....	11
肆、計畫經費與人力執行情形.....	29
伍、計畫已獲得之主要成果與重大突破(含量化成果 output) .	35
陸、主要成就及成果之價值與貢獻度(outcome).....	43
柒、與相關計畫之配合.....	45
捌、後續工作構想之重點.....	46
玖、檢討與展望.....	48

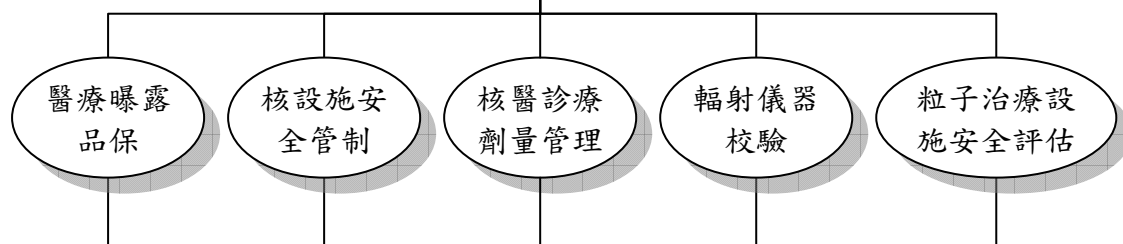
第二部分：政府科技計畫成果效益報告

壹、科技施政重點架構圖：

科技施政願景

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

政



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. 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。
3. 建立服用碘-131 核醫藥物患者之藥物吸收分率，進行患者對環境輻射劑量影響，並研議患者外釋活度參考值與進行核醫體內劑量評估技術開發。
4. 執行全國環境試樣放射性核種 / 中低強度核種分析能力試驗；進行肢端劑量計與指環劑量計能力試驗技術之研究；建立國內本土化之手提式輻射偵檢器驗證技術。
5. 完成多球式中子能譜量測系統對於標準中子源之量測反應分析、粒子參考劑量之量測方法建議書。

行措施

要計畫

放射診療設備之輻射安全與醫療曝露品保作業研究

經費：11,481.15 千元(第一年)
執行單位：長庚大學

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) 粒子治療設施之輻射量測評估技術建立與審查研究

經費：16,496 千元(第一年)
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(1/4)

主持人：李若燦

審議編號：101-2001-02-04-13

計畫期間(全程)：101 年 1 月 1 日至 104 年 12 月 31 日

年度經費：27,977.15 千元 全程經費規劃：110,000 千元

執行單位：長庚大學、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質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。本計畫係對已納入法規，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。同時本計畫亦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（CTDI_{vol} 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、ICRP-103 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，未來應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，因此本分項計畫將參考 ICRP 60、ICRP-103 國際法規體系與國際因應福島事件所擬修訂之輻射安全管制規範趨勢，檢視國內核能機組相關法規標準與要求準則、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，建立輻射評估與防護分析工具之標準程序，完成核能機組相關輻射防護標準審查方針之建議。

(三)核子醫學診療輻射劑量評估研究(101-104)

依據美國國家輻射防護與度量委員會(NCRP)統計，每位接受核醫診療的病患平均會影響四位接近之民眾，另於 NCRP 160 報告指出，人造輻射的民生應用中，以核醫病人外釋所造成之一般民眾劑量最高，為總集體劑量 72%，占相當大的比例。因此應對核醫患者之體內射源項評估、行動管制與環境輻射監測等技術作更深入之研究探討，以提昇國人於醫療行為過程中之輻射安全品質。

(四)輻射防護品保與偵測儀器驗證技術建立(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。

自 92 年游離輻射防護法實施後，原子能委員會依可發生游離輻射設備風險不同，分為「許可類」及「登記備查類」管制。在「登記備查類」X 光機（數量約佔 21,500 餘台），因其能量低且輻射安全風險影響

較小，在正常使用期間，原能會要求設施經營者依「放射性物質與可發生游離輻射設備及其輻射作業管理辦法」，每 5 年實施輻射安全測試，測試報告留存備查。原能會每年對一定比例登記備查類 X 光機執行輻射安全檢查抽查作業，以督促設施經營者落實輻射安全自主管理，保障民眾安全。為確保登記備查類 X 光機的輻射安全，在本年度計畫中，將協助原能會對一定比例醫用登記備查類 X 光機執行輻射安全檢查抽查作業，以確定業者確實遵照法規辦理，督促設施經營者落實輻射安全自主管理，保障民眾安全。

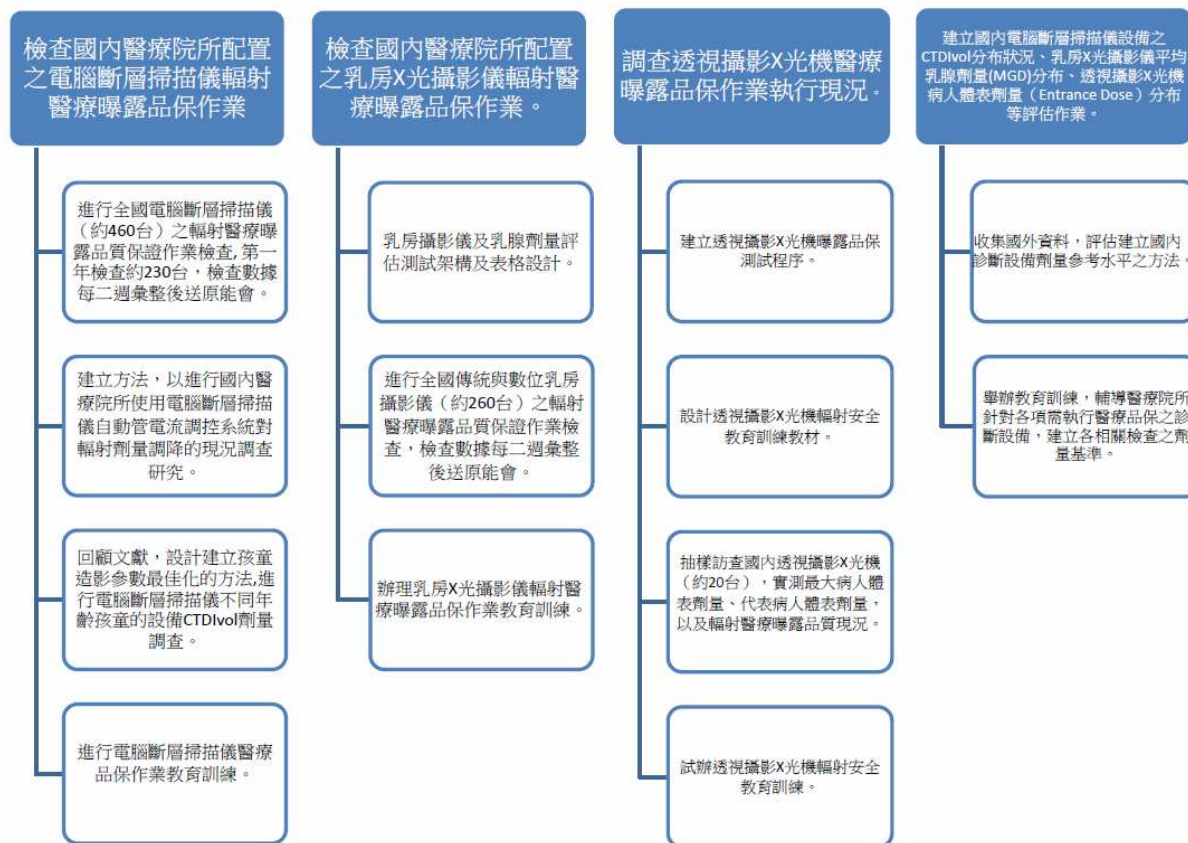
(五)粒子治療設施之輻射量測評估技術建立與審查研究(101-104)

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高能粒子治療設施。由於高能粒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，將是粒子放射治療設施輻射防護的重點工作。

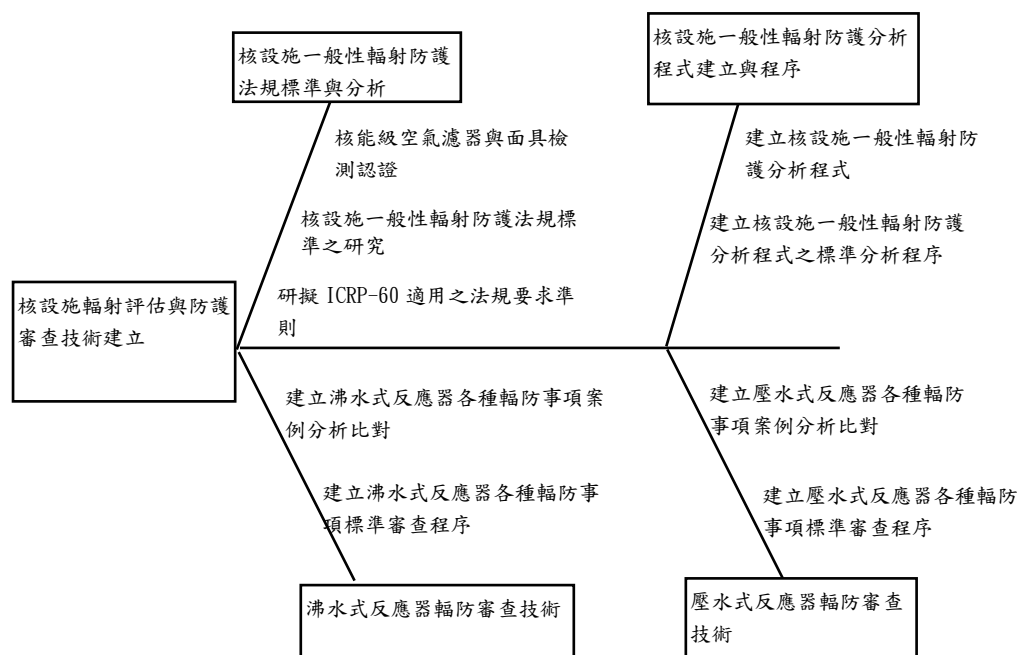
在本年度計畫中，擬建立多球式中子能譜量測系統對於標準中子源之量測反應分析能力，並期能於後續計畫中應用在實際高能粒子治療設施的高能中子場之量測；另外，有鑑於高能粒子治療劑量的量測評估方式，與國內習用之高能光子治療劑量的量測評估方式不同，因此於本年度計畫中，擬完成粒子參考劑量之量測方法建議書，提供高能粒子治療設施使用單位參考。

二、計畫架構(含樹狀圖)

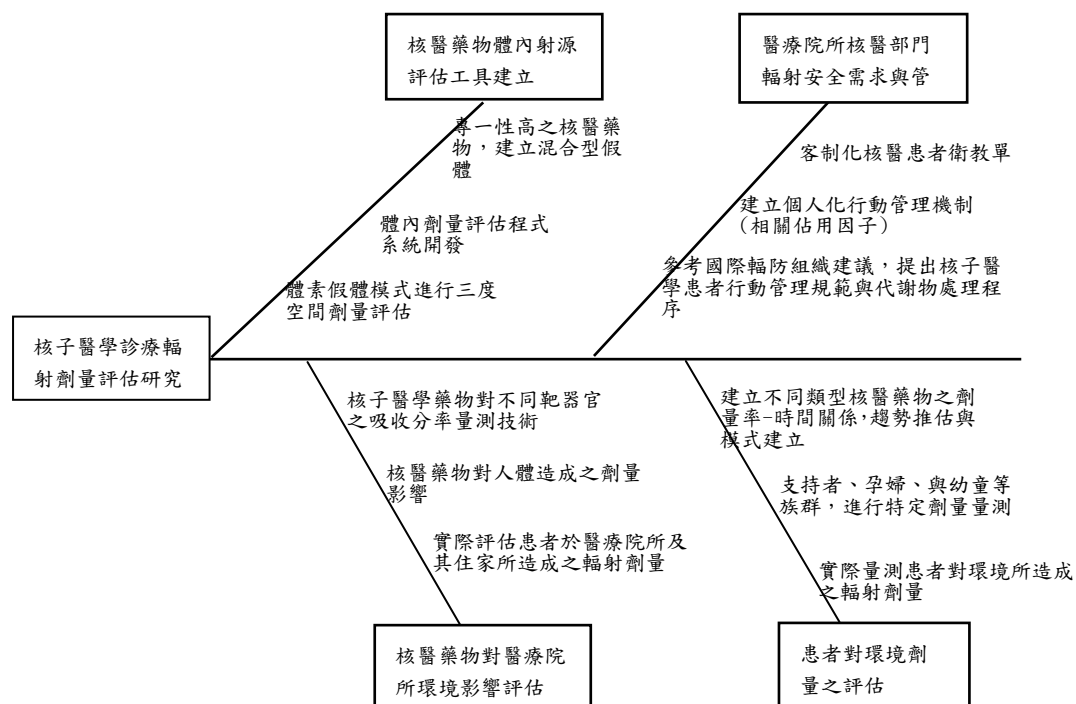
(一) 放射診療設備之輻射安全與醫療曝露品保作業研究



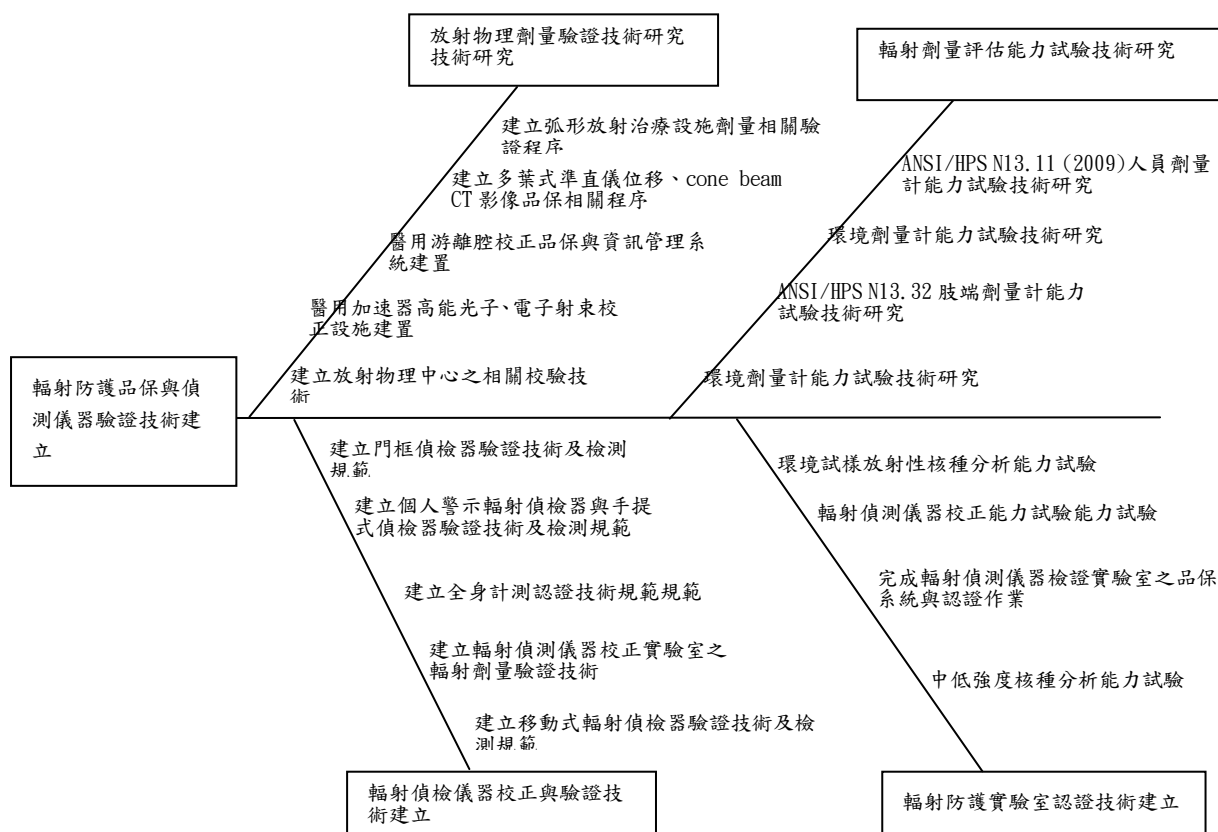
(二) 核設施輻射評估與防護審查技術建立



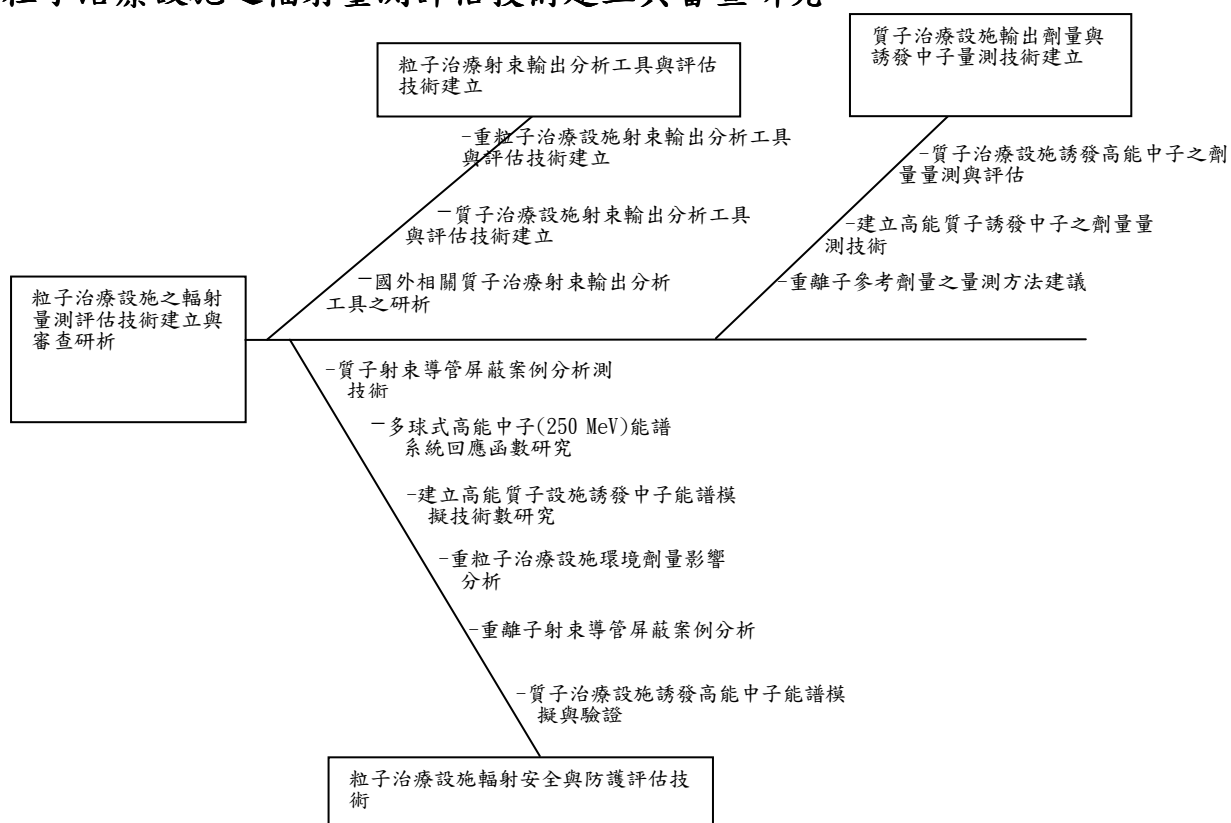
(三)核子醫學診療輻射劑量評估研究



(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

註：請依原綱要計畫書上所列計畫目的、架構、主要內容填寫

(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，使得國內醫療院所逐漸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。此外，計畫同時也將抽查使用中之登記備查類可發生游離輻射設備，以確定業者確實遵照法規辦理，並評估現行法規規定對輻射安全之影響。

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)粒子治療設施之輻射量測評估技術建立與審查研究(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。

(六)計畫執行情形及績效成果

1.全程目標及執行成果

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。

本計畫分為五個分項計畫，其中一個分項計畫於二年期程推動，另四個分項計畫則於四年期程推動，分別如下：

- (1)放射診療設備之輻射安全與醫療曝露品保作業研究(101-102)
- (2)核設施輻射評估與防護審查技術建立(101-104 年)
- (3)核子醫學診療輻射劑量評估研究(101-104 年)

(4) 輻射防護品保與偵測儀器驗證技術建立(101-104 年)

(5) 粒子治療設施之輻射量測評估技術建立與審查研析(101-104 年)

全程重要執行成果摘要說明如下表：

全程重要執行成果摘要表

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	101	(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,第一年檢查約230台,檢查數據每二週彙整後送原能會。 (2) 建立方法,以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。 (3) 回顧文獻,設計建立孩童造影參數最佳化的方法,進行電腦斷層掃描儀不同年齡孩童的設備CTDI _{vol} 劑量調查。 (4) 進行電腦斷層掃描儀醫療品保作業教育訓練。 (5) 乳房攝影儀及乳腺劑量評估測試架構及表格設計。 (6) 進行全國傳統與數位乳房攝影儀(約260台)之輻射醫療曝露品質保證作業檢查,檢查數據每二週彙整後送原能會。 (7) 辦理乳房X光攝影儀輻射醫療曝露品保作業教育訓練。	●實際完成台數:230台。 ●已建立一套方法來評估自動管電流調控系統對輻射劑量調降。 ●已回顧文獻,開始設計如何建立孩童造影參數的方法。 ●已舉辦一次品保作業教育訓練。 ●已完成乳房攝影儀及乳腺劑量評估測試架構及表格設計。 ●實際完成台數:260台。 ●已舉辦一次品保作業教育訓練。	符合進度

計畫名稱	年度	全程目標	重要執行成果	差異分析
		(8) 建立透視攝影 X 光機曝露品保測試程序並抽樣訪查透視攝影 X 光機約 20 台。 (9) 收集國外資料，評估建立國內診斷設備劑量參考水平之方法。	●已回顧相關文獻，並建立透視攝影 X 光機曝露品保測試程序，實際完成台數：20 台。 ●已彙整國際現況，對建立與使用國家與機構診斷參考水平提出建議。	
核設施輻射評估與防護審查技術建立	101	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(如地震海嘯造成道路與電源中斷對廠外輻射偵測站影響、廠內輻射偵測設備因地震以及電源中斷所受之損害影響，以及國內輻射偵測儀器(含 MCA、survey meter)的支援能量檢討等)。	●完成複合式災害中對輻防管制之潛在影響參考文獻蒐集與資料彙整。 ●完成地震海嘯道路電源中斷對核電廠外輻射偵測站影響研究。 ●完成廠內輻射偵測設備(ARM、ERM、Survey meter、TLD Dosimeter)於地震海嘯失去電源下之影響評估。 ●完成國內緊急應變人員與輻射偵測器(含 MCA、Survey meter)的支援能量評估檢討。 ●完成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研究報告審查修訂。	符合進度
核子醫學診療輻射劑量評估研究	101	(1)與國內醫療院所進行臨床合作，根據患者規劃動線，實際評估患者於醫療院所造成之輻射劑量(碘-131 及常用 PET 藥	●針對 I-131 以及 Tc-99m、Tl-201、Ga-67、F-18 等常用 (PET) 核醫藥物，完成建立點射源劑量評估方法。	符合進度

計畫名稱	年度	全程目標	重要執行成果	差異分析
		物)。 (2)參照國際核醫組織建議，建立服用碘-131 核醫藥物患者之藥物吸收分率，進行患者對環境輻射劑量影響，並研議患者之外釋活度參考值。 (3)與國內學術研究單位合作，利用蒙地卡羅法進行核子醫學體內劑量評估技術開發。	●利用蒙地卡羅程式 MCNPX-2.60 完成建立 ICRP-110、韓國人標準假體模型 (KTMAN-2) 之標準成年男性與標準成年女性體素假體及驗證。 ●與長庚醫院簽訂雙邊合作備忘錄，針對不同治療方式患者進行藥物吸收分率評估，現完成收案共 21 名患者。 ●量測長庚醫院 262 名甲狀腺癌患者特定距離與時間劑量率關係曲線，擬合患者之個人有效半衰期或活度吸收分率等有效參數。 ●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，現完成收案 21 名患者返家後之背景、臥室、浴室與客廳等輻射劑量評估。 ●與清華大學合作完成開發均質化體素假體之加速運算方法；以及 MCNPX 程式在叢集電腦上的平行化模式開發。	
輻射防護品保與偵測儀器驗證技術建立	101	(1)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。 (2)配置 ^3H 液體樣品，執行全國中低強度	●完成 101 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	符合進度

計畫名稱	年度	全程目標	重要執行成果	差異分析
		核種分析能力試驗。 (3)參考 ANSI/HPS 最新標準，進行肢端劑量計與環境劑量計能力試驗技術規範研究。 (4)依據 ANSI N42.17A (2003)標準，建立國內本土化之手提式輻射偵檢器驗證技術。 (5)與醫療機構、學術單位或相關學會合作，共同建立多葉式標準直儀 (MLC) 位移、Cone Beam CT (CBCT) 影像之品保驗證技術及作業程序。 (6)登記備查類可發生游離輻射設備輻射安全的抽樣檢查。	成植物、土壤、濾紙、水樣、奶粉、肉樣、米樣、菇類等 8 類樣品之配置，寄送給國內 7 家參加測試之實驗室進行樣品放射性活度分析；評估各實驗室回報之分析數據，其平均相對偏差及相對精密度均通過 TAF 能力試驗的要求。 ●完成中低活度放射性核種能力試驗計畫簡章與說明書；完成 H-3 液體射源樣品配置與活度量測，分裝後寄發給國內 6 家參加測試之實驗室；參考 TAF 與 ANSI 技術規範，評估各實驗室回報之分析數據，所有參加實驗室之量測值與追溯性均可通過能力試驗規範的要求。 ●於 101 年 10 月 25 日，在核能研究所舉行游離輻射量測能力試驗暨放射性廢棄物處置風險評估研討會，邀請相關專家學者進行學術交流，共 14 單位，80 人參加。 ●完成環境劑量計照射系統之輻射場劑量率量測、不確定度評估與性能評估報告，並參考美國 HPS N13.29-Draft	

計畫名稱	年度	全程目標	重要執行成果	差異分析
			(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。 ●依據美國最新的 ANSI/HPS-2008 肢端劑量計能力試驗標準，完成指環劑量計照射假體之設計製作，並彙整指環劑量計能力試驗所需之光子與貝他照射類別、照射劑量範圍、允差值、適用之照射射源及空氣克馬對淺部個人等效劑量轉換係數等資料，完成肢端劑量計能力試驗技術規範草案撰寫。 ●執行 INER-9200 本土化輕便型多功能輻射偵檢器的性能測試，放射性測試項目與非放射性測試項目之測試結果均可符合 ANSI N42-17A (2003) 規範要求。 ●參照 AAPM 142 號報告，選定並試行多葉式準直儀 (MLC) 4 項月品保及 4 項年品保項目，並完成試行結果之討論與彙整：而有關於醫用加速器 Cone Beam CT (CBCT) 的品保項目，亦針對國內臨床人力與工作量，	

計畫名稱	年度	全程目標	重要執行成果	差異分析
			完成實施頻次分為每日、每月與每年之建議研究。 ●完成登記備查類可發生游離輻射設備檢查 848 件，其中非醫用可發生游離輻射設備 373 件，醫用可發生游離輻射設備 475 件。	
粒子治療設施之輻射量測評估技術建立與審查研析	101	(1)多球式中子能譜量測系統對於標準中子源之量測反應分析。 (2)粒子參考劑量之量測方法建議書。	●完成中子偵檢器外加 3 吋至 10 吋緩速 PE 球對於 Cf-252 中子射源之蒙地卡羅程式評估與實際量測計數率之比較，並完成實驗室 Cf-252 射源之中子能譜量測，量測所得到的中子通量與 ISO 8529 報告標準能譜之差異小於 2.6%，兩者能譜極為一致。 ●參考 IAEA 398 號報告，分析量測重粒子射束水吸收劑量所需之參考條件，並完成重粒子射束參考劑量之量測方法研究報告。 ●完成高能粒子參考劑量量測游離腔校正作業程序書。	

2.工作進度—本年度期末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，預定完成 230 台。	實際完成台數：230 台。	符合進度
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：101 年乳房攝影品保資料初步分析結果(全年度預計檢測 260 台)	實際完成台數：260 台。	符合進度
3.調查透視攝影 X 光機醫療曝露品保作業執行現況：建立透視攝影 X 光機曝露品保測試程序，並抽樣訪查透視攝影 X 光機約 20 台。	已回顧相關文獻，並建立透視攝影 X 光機曝露品保測試程序。 實際完成台數：20 台。	符合進度
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：評估建立國內診斷設備劑量參考水平之方法	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。	符合進度
5.完成核子醫學體內劑量評估技術精進委託研究案申請	完成委託清華大學之「核子醫學體內劑量評估技術精進」研究案申請，並於 3/19 完成委託案簽約。(已於 3/19 完成)	符合進度
6.完成可追溯國家標準之環境試樣添加射源配置	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)	符合進度
7.寄發中低強度核種分析能力試驗簡章	完成 101 年度 TAF-CNLA-CI17 中低強度核種分析氚核種能力試驗計畫簡章，並寄發至 6 個參加實驗室。(已於 3/16 完成)	符合進度
8.完成放射治療劑量驗證與品保技術委託研究案申請	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 3/15 完成委託案簽約。(已於 3/15 完成)	符合進度
9.完成多球式中子偵測器系統組	利用 Centronic SP9 球型 He-3 比例計數	符合進度

配與特性測試	器，搭配 12 個直徑 3 至 18 英吋之 PE 緩速球，組合多球式中子能譜偵測系統，並完成系統之性能測試。(已於 3/30 完成)	
10.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 6/15 完成)	符合進度
11.完成服用 I-131 藥物活度患者在不同時間-距離條件下之體外劑量率評估	完成建立 ICRP-110 成年男性、成年女性體素假體，並完成模擬甲狀腺癌患者服用活度 30 mCi、100mCi 碘-131 核醫藥物後，不同距離與時間條件下之體外劑量評估。(已於 6/15 完成)	符合進度
12.完成符合 ISO GUIDE 35 要求之環境測試樣品 7 種及不確定度評估	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、菇類等 8 類環境測試樣品之配置及不確定度評估。(已於 6/20 完成)	符合進度
13.寄發中低強度核種分析能力試驗計畫說明書	完成 101 年度 TAF-CNLA-CI17 中低強度核種分析氚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)	符合進度
14.完成肢端劑量計能力試驗技術規範草案	依據美國最新的 ANSI/HPS-2008 肢端劑量計能力試驗標準，完成肢端劑量計能力試驗技術規範草案撰寫，現正進行相關審查程序。(已於 6/30 完成)	符合進度
15.完成輻射安全檢查 200 件	完成登記備查類可發生游離輻射設備檢查 521 件。(已於 6/30 完成)	超前進度
16.完成多球式中子偵測器系統特性測試與 Cf-252 標準射源場量測	利用 MCNPX-2.6 蒙地卡羅程式完成多球式中子能譜偵測系統對於 Cf-252 射源之理論評估計數率與實際量測計數率之比較，並完成實驗室 Cf-252 射源之中子能譜量測，與 ISO 8529 報告標準能譜一致。(已於 6/28 完成)	符合進度
17.完成國內輻射偵測器支援能量調查統計	完成國內各單位可提供支援之輻射偵檢儀器(Survey Meter, MCA)統計調查資料彙整。(已於 9/20 完成)	符合進度
18.完成國內核醫科輻射安全議題評估結果報告	針對國內核醫科之甲狀腺癌治療患者，完成相關輻射安全程序與議題探	符合進度

	討；並進行點射源方法與真實患者劑量評估方式差異分析，相關計畫成果完成所內報告一篇，並投稿於第 12 屆國際輻射屏蔽研討會(ICRS-12)。(已於 9/28 完成)	
19.完成環境試樣放射性核種分析能力試驗數據彙整	依據 TAF 測試領域環境試樣放射性核種技術規範 (TAF-CNLA-T09) 對於測試結果偏差與精密度的定義，完成參加環境試樣放射性核種分析能力試驗的 7 家實驗室分析結果之統計評估，本年度所有參加能力試驗測試的實驗室分析結果均通過技術規範對於平均相對偏差與精密度之要求。(已於 9/25 完成)	符合進度
20.完成中低強度核種分析能力試驗數據彙整	完成 6 家參與能力試驗實驗室之氚核種樣品分析數據之彙整，並參考 TAF 測試領域中低強度核種技術規範 (TAF-CNLA-T10(1))，進行能力試驗結果之研判，本年度所有參加能力試驗測試的實驗室分析結果均通過技術規範之要求。(已於 9/19 完成)	符合進度
21.完成環境劑量計照射系統性能評估報告	完成 Cs-137 環境劑量計照射系統之各項性能測試與輻射劑量標定，並完成照射系統之量測不確定度評估(4.9%, k=2) 與性能評估報告一篇。(已於 9/26 完成)	符合進度
22.完成本土化手提式輻射偵檢器之性能檢測技術報告	依據 ANSI N42-17A (2003)規範，完成 INER-9200 本土化輕便型多功能輻射偵檢器的性能測試，測試項目包括放射性類別與非放射性類別；並完成性能測試技術報告一篇。(已於 9/28 完成)	符合進度
23.完成輻射安全檢查 400 件	完成登記備查類可發生游離輻射設備檢查 641 件。(已於 9/28 完成)	超前進度
24.完成多球式中子偵測器系統對 Am-Be 標準射源場量測	完成以多球體對 Am-Be 標準中子源之量測，以 6 個球體的量測結果分析，量測所得能譜形狀大致與 ISO 8529-2 標準能譜相當，但其中子發射率的差異約低估 15%，分析其原因，應是影錐體過小，無法有效阻擋中子束，造成計算出的自自由場中子通量反應 R_0 值過小。改善作為將於後續計畫中持續進行。(已於 9/25 完成)	符合進度
25.完成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研究報告審查修訂	完成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研究報告撰寫與審核修訂。(已於 12/28 完成)	符合進度
26.完成國內核子醫學診療患者輻	針對國內常用治療用核醫藥物(I-131)與	符合進度

射安全影響暨治療用核醫藥物患者外釋建議報告	診斷型核醫藥物(Tc-99m、F-18 等)，完成患者外釋後對周圍民眾造成之輻射劑量評估方法；同時依據國際間建議評估方式，提出台灣地區特殊性修正參考，相關成果完成所內報告一篇。(已於 12/21 完成)	
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 101 年環境試樣放射性核種分析能力試驗評估報告，並於 101.10.25 在核能研究所召開能力試驗總結研討會。(已於 10/25 完成)	超前進度
28.完成環境劑量計能力試驗研究報告	完成環境熱發光劑量計與玻璃劑量計特性比較及能力試驗測試結果研究報告一篇，並送所內審查中。(已於 12/17 完成)	符合進度
29.完成放射治療劑量驗證與品保技術委託研究計畫期末報告審查	完成委託中華民國醫學物理學會執行之「輻射防護品保與偵測儀器驗證技術建立」計畫期末報告審查與修訂。(已於 12/21 完成)	符合進度
30.完成輻射安全檢查 800 件及輻射安全檢查報告	完成登記備查類可發生游離輻射設備檢查 848 件。(已於 12/14 完成)	超前進度
31.完成高能粒子參考劑量量測建議書撰寫	依據 IAEA 398 號報告及其他相關文獻，完成重粒子射束參考劑量之量測方法研究報告，並送所內審查中。(已於 11/30 完成)	符合進度

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	(1)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，實際完成台數：230 台。 (2)回顧文獻，建立一套方法來評估自動管電流調控系統對輻射劑量調降，已設計假體來模擬人體的幾何形狀與衰減狀況，擬用來實際度量自動管電流調控系統對輻射劑量調降狀況。 (3)回顧文獻，設計建立孩童造影參數最佳化的方法，進行電腦斷層掃描儀不同年齡孩童的設備 CTDI_{vol} 劑量調查。初步設定的作法有下列的步驟：(a) 建立成人頭部和腹部電腦斷層掃描參數基準：此參數基準是建立在成人檢查造影參數最佳化之情況下；(b) 針對兒童胸部、腹部和頭部電腦斷層掃描，決定適當的 mAs：依據已最佳化的成

工作項目	實施步驟或研究方法
	人檢查造影參數，查詢劑量降低因子，此因子會隨孩童的體型而不同，當找到該體型所對應的劑量降低因子，可計算出適合該體型的 mAs。 (4) 5 月 6 日於林口長庚舉辦 1 場 8 小時電腦斷層掃描儀醫療品保作業教育訓練課程，講師為蔡惠予教授。預計年底再舉辦 2 場電腦斷層掃描儀醫療品保作業教育訓練課程。6 月 17 日於台大醫院舉辦 1 場 8 小時乳房攝影儀器品保實作教育訓練課程。 (5) 乳房攝影儀及乳腺劑量評估測試架構分成兩部分：乳房攝影儀檢測、乳腺劑量調查之數據分析與調查。實地檢測，實際完成台數：260 台。 (6) 評估建立國內診斷設備劑量參考水平之方法：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。在方法上，主要參考英國醫學物理與工程學會第 88 號報告，並依據國內實際應用之情況，針對乳房攝影及電腦斷層設備作較詳盡之闡述。並提供國內醫療輻射曝露診斷參考水平應用之範例，包含建立乳房攝影國家診斷參考水平，以及範例醫院之電腦斷層掃描機構參考劑量水平。 (7) 調查透視攝影 X 光機醫療曝露品保作業執行現況：建立透視攝影 X 光機曝露品保測試程序，並抽樣訪查透視攝影 X 光機約 20 台
2.核設施輻射評估與防護審查技術建立	參考國內外相關資料(包括統計國內擁有 MCA 且參加相關能力試驗之各個單位設備總量、請主管機關提供去年進行全國輻射偵測器數量調查之資料及收集日本福島電廠核災資料等)進行彙整分析，並透過國內專家學者(國內研發機動輻射偵檢儀系統之技術專家)的協助諮詢，建立符合國內現況之研究方法，以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(如地震海嘯道路電源中斷對廠外輻射偵測站影響、廠內輻射偵測設備因地震以及電源中斷所受損害影響以及國內輻射偵測器(含 MCA、survey meter)的支援能量檢討等)，且可以藉由國內核安演習實務演練以及日本福島電廠事故處理等經驗去著手研究需求。
3.核子醫學診療輻射劑量評估研究	(1)與國內醫療院所進行臨床合作，根據患者規劃動線，實際評估患者於醫療院所造成之輻射劑量(碘-131 及常用 PET 藥物)： A.與北部、南部各一家代表性醫院聯繫，取得醫院核醫部門平面圖，並擬定患者於診療程序結束後之可能動線 B.進行服用 I-131 藥物活度 30 mCi 以下患者、診斷常用核醫(PET)藥物患者之不同時間-距離體外劑量率評估 (2)參照國際核醫組織建議，建立服用碘-131 核醫藥物患者之藥物吸收分率，進行患者對環境輻射劑量影響，並研議患者之外釋參考辦法：

工作項目	實施步驟或研究方法
	A.依據美國核管會訂定之法規與所提供之技術報告，進行服用碘-131 核醫藥物患者之藥物吸收分率評估；並建立擬人化假體，進行國內核子醫學診療患者輻射安全影響評估 B.依據美國核管會與國內相關人員輻射劑量限值，研議特定診療程序之外釋參考 (3)與國內學研單位合作，進行核子醫學體內劑量加速計算方法開發，在準確程度無虞條件下，提升蒙地卡羅程式劑量評估結果
4.輻射防護品保與偵測儀器驗證技術建立	(1)配置 8 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 8 種環境測試樣品(水樣、濾紙、土壤、植物、牛乳、畜產肉類、米樣、菇類)，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 (2)配置 H-3 液體樣品，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 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 (3)參考 ANSI/HPS 最新標準，進行肢端劑量計與環境劑量計能力試驗技術規範研究： A.建立環境劑量計照射系統，並完成各照射距離之輻射劑

工作項目	實施步驟或研究方法
	量標定、量測不確定評估與系統性能評估 B.參考 ANSI/HPS N13.32 (2008)肢端劑量計能力試驗規範，確認照射射源(貝他、加馬與 X 射線射質)、劑量範圍、假體、劑量轉換係數、允差標準等條件，研擬國內肢端劑量計能力試驗技術規範草案 C.參考 HPS N13.29-Draft (1996)環境劑量計能力試驗規範草案，分析實驗室測試與室外環境測試類別之各項條件，進行能力試驗所需之照射系統、室外環境模擬設備與技術評估 (4)依據 ANSI N42.17A (2003)標準，建立國內本土化之手提式輻射偵檢器驗證技術： A.參考 ANSI/IEEE N42.17A (2003)規範，進行國內自製手提式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)與醫療機構、學術單位或相關學會合作，共同建立多葉式準直儀(MLC)位移、Cone Beam CT (CBCT)影像之品保驗證技術及作業程序： A.完成適用於強度調控放射治療(IMRT)、影像導引放射治療(IGRT)設施之多葉式準直儀(MLC)及 Cone Beam CT (CBCT)驗證假體與量測工具設計 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品保作業程序 D.完成劑量驗證比較 (6)登記備查類可發生游離輻射設備輻射安全的抽樣檢查： A.依據待檢查設備資料，規劃執行人力與時程 B.進行現場實地偵檢與查核，規劃每月至少執行 67 件 C.彙整檢查結果，並撰寫檢查報告
5.粒子治療設施之輻射量測評估技術建立與審查研析	(1)多球式中子能譜量測系統對於標準中子源之量測反應分析： 以標準中子源實際量測與確認多球式中子能譜量測系統之反應度，為確保多球式中子能譜量測系統量測準確度的首要工作。本計畫以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 或 Am-Be 標準中子源，對蒙地卡羅的評估結果作反複的驗證與調整，期使蒙地卡羅的評估結果與量測結果差異能在 10% 以下，達到驗證之目的，完成後的結果與相關技術，未來將可應用在中子能量大於 200 MeV 時的實際粒子治療設施誘發中子的能譜量測與劑量評估。 (2)粒子參考劑量之量測方法建議書：

工作項目	實施步驟或研究方法
	參考 IAEA-TRS 398 號報告及其他相關文獻，依據國內常用的醫用游離腔型式，建立高能粒子參考劑量量測游離腔的校正作業程序書，與完成高能粒子射束參考劑量量測方法之研究。

肆、計畫經費與人力執行情形

一、計畫經費執行情形：(可以下列表格表達)

(一)計畫結構與經費

細部計畫 (分支計畫)		研究計畫 (分項計畫)		主持人	執行機關	備註
名稱	經費(千元)	名稱	經費(千元)			
提升輻射安全管制技術之研究	27,977.15	1.放射診療設備之輻射安全與醫療曝露品保作業研究	11,481.15	萬有亮	長庚大學	
		2.核設施輻射評估與防護審查技術建立	2,905	楊雍穆	核能研究所	
		3.核子醫學診療輻射劑量評估研究	2,970	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	7,605	李振弘	核能研究所	
		5.粒子治療設施之輻射量測評估技術建立與審查研究	3,016	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		
				流用後預算數(實際執行數)		占總預算數%(執行率%)
一、經常支出						
1.人事費		3,254,965		3,254,965 (2,601,802)	11.63% (79.93%)	
2.業務費		8,428,444		9,018,068 (8,985,518)	32.23% (99.64%)	業務費流入：589,624
3.差旅費		4,246,000		3,656,376 (1,718,599)	13.08% (47.00%)	差旅費流出：589,624
4.管理費		1,043,741		1,043,741 (1,043,741)	3.73% (100%)	
5.營業稅						
小計		16,973,150		16,973,150 (14,349,660)	60.67% (84.54%)	
二、資本支出						
小計		11,004,000		11,004,000 (10,823,339)	39.33% (98.36%)	
合計	金額	27,977,150		27,977,150 (25,172,999)	100% (89.98%)	
	占總經費%=分配數÷預算數					
	(執行率=執行數÷流用後預算數)					

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：

1. 本年度至 12 月份計畫經常支出分配數為 16,973,150 元，實際結報數為 14,349,660，執行率達 84.54%；資本支出分配數為 11,004,000 元，實際

結報數為 10,823,339 元，執行率達 98.36%；經資門支出合計分配數為 127,977,150 元，實際結報數合計為 25,172,999 元，總經費執行率達 89.98%

2. 因委託長庚大學辦理之放射診療設備之輻射安全與醫療曝露品保作業研究之分項計畫，因下列因素導致經費執行率偏低，然未使用完的經費會至第二年持續使用：

- (1) 原規劃聘任三名碩士級研究助理，但實際聘任為一名碩士及二名學士，故人事費用支出較原規畫為少。(分配數 2,601,802 元/結報數 3,254,965 元)
- (2) 差旅費較原規劃為少的原因主要有二：一為檢查搭配研究生出差，故差旅費的支出較少；另一則為檢查地點的安排每週幾乎固定在同一區域，來回車程交通費用支出減少。(分配數 1,223,223 元/結報數 3,161,000 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	18.6	2	2.1	4.4	10.1
	實際	18.2	2	2	4.3	9.9
	差異	-0.4	0	-0.1	-0.05	-0.25
分項計畫 放射診療 設備之輻 射安全與 醫療曝露 品保作業 研究	原訂	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	1	0	0.3	0.5	0.2
	實際	0.9	0	0.25	0.45	0.2
	差異	-0.1	0	-0.05	-0.05	0
分項計畫 核子醫學 診療輻射 劑量評估 研究	原訂	1.6	0	0.3	0	1.3
	實際	1.5	0	0.25	0	1.25
	差異	-0.1	0	-0.05	0	-0.05
分項計畫 輻射防護 品保與偵 測儀器驗 證技術建 立	原訂	3.5	0	0.3	1.3	1.9
	實際	3.3	0	0.3	1.3	1.7
	差異	-0.2	0	0	0	-0.2
分項計畫 粒子治療 設施之輻 射量測評 估技術建 立與審查 研究	原訂	1.5	0	0.2	0.6	0.7
	實際	1.5	0	0.2	0.6	0.7
	差異	0	0	0	0	0

研究員級：研究員、教授、主治醫師、簡任技正、若非以上職稱則相當於博士滿三年、或碩士滿六年、或學士滿九年之研究經驗者。

副研究員級：副研究員、副教授、總醫師、薦任技正、若非以上職稱則相當於博士、碩士滿三年、學士滿六年以上之研究經驗者。

助理研究員級：助理研究員、講師、住院醫師、技士、若非以上職稱則相當於碩士、或學士滿三年以上之研究經驗者。

助 理：研究助理、助教、實習醫師、若非以上職稱則相當於學士、或專科滿三年以上之研究經驗者。

(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	分項計畫協同主持人	規劃及計畫之執行 12 個月	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	分項計畫協同主持人	規劃及計畫之執行 12 個月	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 1.2 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 9.6 人月	學 歷	碩士
			經 歷	核能研究所研究助理
			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 3.6 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

姓名	計畫職稱	投入主要工作及人月數	學、經歷及專長	
			專 長	原子能工程、生醫工程與環境科學
葉俊賢	研究人員	核設施輻射防護與手提式輻射偵檢儀器性能驗證 6 人月	學 歷	碩士
			經 歷	核能研究所副研究員
			專 長	保健物理
朱葦翰	研究人員	多球式中子能譜系統運作與中子能譜分析 3.6 人月	學 歷	碩士
			經 歷	核能研究所助理研發師
			專 長	保健物理
黃昭輝	研究人員	核醫科輻射安全議題評估 3.6 人月	學 歷	碩士
			經 歷	核能研究所副研究員
			專 長	保健物理
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 2.4 人月	學 歷	學士
			經 歷	核能研究所工程助理員
			專 長	保健物理
林清和	研究人員	規劃可發生游離輻射設備輻射安全檢查與執行中低強度核種分析能力試驗 7.2 人月	學 歷	專科
			經 歷	核能研究所助理研究員
			專 長	保健物理
張瓏騰	研究人員	高能粒子參考劑量量測方法研究 3.6 人月	學 歷	碩士
			經 歷	核能研究所助理研發師
			專 長	放射科學

與原計畫規劃差異說明：

本年度規劃投入研究人力 **18.6** 人年，實際投入人力 **18.2** (即佔規劃人力 **97.85%**)，預定與實際投入人力差異主要之因素包括原規劃人員受訓、事病假與離退。

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。

(一) 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一年，目前已投稿 4 篇論文，其中兩篇論文已發表，一篇論文已接受。已發表的論文為“醫療輻射曝露診斷參考水平的建立與使用”，發表於“台灣醫學”，另一篇為“National Survey of Computed Tomography Image Quality and Doses in Taiwan: Three Years Longitudinal Survey”發表於世界醫學物理暨醫學工程大會(WC2012)。被接受的論文為” Effects of Quality Assurance Regulatory Enforcement on Performance of Mammography Systems: Evidence from Large-Scale Surveys in Taiwan”，將發表於國外期刊“American Journal of Roentgenology”。已投稿的論文為” Survey of medical exposures from fluoroscopy and interventional radiology in nine medical centers in Taiwan”，投稿至放射線醫學會 2013 年會。此外，本計畫培育 2 名博士及 3 名碩士研究生，以及提供兩份教材，名稱為「數位乳房攝影之品保」以及「透視攝影及介入放射診療之輻射安全訓練」。
2. 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)。

3. 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，雙方亦於上半年度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。
4. 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。

(二) 技術創新

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)。

(三) 經濟效益

1. 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. 利用核能研究所衰減式射源照射裝置專利(中華民國發明 I 302325 號)之設計概念，自行改裝與加工後成為符合 ISO-4037 規範之制式校正照射設施，使單一射源可產生不同強度之輻射場，同時也克服一般商業化照射器其洩漏輻射偏高、射源定位易飄移等缺點，節省採購國外射源及照射器費用，並提昇國內核子儀器之製造能力，目前正在與國內廠商洽談技術

授權事宜。

(四) 社會影響

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之調查結果資料將提供國內醫療曝露病患劑量及檢查最佳化之重要依據，訓練課程可提升從業人員之專業素養，此外本分項計畫聘請 6 位研究助理，除了降低失業率，並且培育相關人才，增加研究助理未來之就業競爭力。
2. 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。
3. 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)影像之品保驗證技術及作業程序，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。
4. 國內第一部質子治療機(長庚醫院)將於 102 年試運轉，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。

(五) 其它效益

1. 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

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)。(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)

屬性	績效指標	原訂值	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	完成 5 篇論文投稿	國內期刊發表 1 篇 國外重要期刊論文小計 5 篇 國際研討會論文小計 7 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 合作團隊養成	3 個團隊	1. 建立跨組織跨領域合作三個團隊，分別為：乳房攝影、電腦斷層，以及透視攝影；其涵蓋三個組織分別為：長庚大學、林口長庚醫院，及三軍總醫院。 2. 養成蒙地卡羅體內劑量評估研究團隊 1 個。 3. 培養放射治療品保驗證研究團隊 1 個。 4. 培養核醫患者外釋返家輻射安全評估研究團隊 1 個。	因應我國目前推動之醫療曝露品質保證，協助原子能委員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協助規畫未來施政方向，預期增進整體放射醫療品質。並建立本土化體內劑量評估模式與輻射屏蔽及防護標準審查程序，以確保醫療人員與一般民眾免於接受額外之輻射曝露。	
	C 博碩士培育	博碩士生培育至少 6 人	博士研究生小計 3 人 碩士研究生小計 4 人	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。	

	D 研究報告	研究報告 13 篇	研究報告小計 17 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。	
	E 辦理學術活動		辦理游離輻射量測能力試驗暨放射性廢棄物處置風險評估研討會。出版論文集 1 份	辦理國內研討會 1 場次，邀請相關專家學者進行學術交流，並徵求論文投稿，共 14 單位，80 人參加。	
	F 形成教材/手冊/軟體其他	形成教材 2 份	教材 3 份，名稱：數位乳房攝影之品保、透視攝影及介入放射診療之輻射安全訓練及 101 年度乳房攝影年度品保實作課程講義。	國內醫療院所、相關學會引用	
技術創新 (科技技術創新)	G 專利(智慧財產)	1 件	申請國內、國外之專利 2 件	避免國外技術壟斷，保障智慧財產權利。	

社會影響	社會福祉提升	R 增加就業	預計聘請 12 名研究助理	本計畫聘請 12 名研究助理	降低失業率	
		0 共通/檢測技術服務		舉辦實作訓練課程、輻射安全訓練課程。	協助取得品保人員資格所須實作時數，及輻射工作人員三小時繼續教育訓練。	
	環境保護安全	Z 調查成果		1. 電腦斷層掃描儀調查結果。 2. 乳房攝影儀調查結果。 3. 透視攝影儀訪查結果。 4. 國內電腦斷層掃描儀設備、乳房 X 光攝影儀、透視攝影 X 光機之劑量分布。	此調查結果將提供國內醫療曝露檢查之重要依據	
其他效益（科技政策管理及其它）	K 規範/標準或政策/法規草案制訂			肢端劑量計能力試驗技術規範(草案)1 件	建立執行國內指環劑量計能力試驗之依據	

3.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。

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 NA%)

本計畫為 4 年期第 1 年執行，依規定暫無須填報主要成就及成果之價值與貢獻度。

二、技術創新(科技整合創新) (權重 NA%)

本計畫為 4 年期第 1 年執行，依規定暫無須填報主要成就及成果之價值與貢獻度。

三、經濟效益(產業經濟發展) (權重 NA%)

本計畫為 4 年期第 1 年執行，依規定暫無須填報主要成就及成果之價值與貢獻度。

四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續) (權重 NA%)

本計畫為 4 年期第 1 年執行，依規定暫無須填報主要成就及成果之價值與貢獻度。

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 NA%)

本計畫為 4 年期第 1 年執行，依規定暫無須填報主要成就及成果之價值與貢獻度。

六、其它效益(科技政策管理及其它) (權重 NA%)

本計畫為 4 年期第 1 年執行，依規定暫無須填報主要成就及成果之價值與貢獻度。

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：本計畫結合經濟部標檢局之「建立及維持國家游離輻射標準」計畫，開發建立輻防與醫療品保所需之劑量追溯標準與校正技術，提升研發能量，達成最大的執行效益。
- 三、粒子治療設施之輻射量測評估技術建立與審查研析：本計畫與經濟部標檢局「建立及維持國家游離輻射標準」、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、放射診療設備之輻射安全與醫療曝露品保作業研究

- (一)在電腦斷層掃描儀輻射醫療曝露品保作業檢查方面，將持續進行完成全國共 442 台設備，並分析使用與不使用 ATCM 的劑量差異、建立孩童造影參數最佳化建議及品保作業教育訓練。
- (二)在乳房 X 光攝影儀輻射醫療曝露品保作業檢查方面，將依預定進度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，及辦理品保作業教育訓練。
- (三)在透視攝影 X 光機使用現況訪查方面，將持續完成共 50 台實測的目標，並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，抽樣訪查、問卷調查及辦理透視攝影 X 光機輻射安全教育訓練。
- (四)此外，並將對於以上設備檢查，分析國內診斷劑量之分布。

二、核設施輻射評估與防護審查技術建立：

- (一)與學術單位合作，探討 ICRP-103 號報告對於核能之輻防管制措施之影響及相關輻防法規修訂建議
- (二)完成國內核能機組對環境輻射之總體影響探討
- (三)建立核能級空氣濾器與面具檢測認證技術規範

三、核子醫學診療輻射劑量評估研究：

- (一)服用碘-131 核醫藥物患者外釋劑量標準制訂研究
- (二)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
- (三)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

保作業訪查及核醫藥物醫療曝露品保規範先期研究

四、輻射防護品保與偵測儀器驗證技術建立：

- (一)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
- (二)建立醫用活度計校正效率評估技術
- (三)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
- (四)配置 ^{85}Kr 、 ^{133}Xe 混合氣體樣品，執行全國中低強度核種分析能力試驗
- (五)執行全國人員劑量計能力試驗
- (六)參考肢端劑量計能力試驗技術規範草案，建立能力試驗執行技術與試運轉，完成規範可行性評估
- (七)建立環境劑量計能力試驗技術規範草案，建立能力試驗所需之照射系統、室外環境模擬設備與執行技術
- (八)依據 ANSI N42.32 (2003)標準，建立國內個人示警輻射偵檢器驗證技術

五、粒子治療設施誘發中子輻射之量測評估技術建立：

- (一)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
- (二)建立高能質子設施誘發中子能譜模擬技術
- (三)建立高能質子誘發中子之劑量量測技術

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

本計畫目前進度為兩年期之第一年，由於計畫內容涵蓋範圍廣大、招募研究助理較多且多為新手，並在前期採購大量之設備，採購流程繁複，所以花費較多時間。在所有人員的努力下，已漸進入軌道，並依照計畫預定目標進行中，也有相當不錯的成果。在未來的一年，將繼續依照此模式進行，協助原能會精進國內放射診斷設備的品保作業，瞭解相關醫療輻射曝露劑量分布，提供醫療院所有用的資訊，以改善對民眾的醫療服務品質。

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，進度符合規劃。本分項計畫 101 年度執行之工作主要在研析國內既有核電廠於複合式災害中對輻防管制之潛在影響因子與進行廠內輻射偵測設備(ARM、ERM、Survey meter、TLD dosimeter)於地震海嘯失去電源情況之影響評估，並參考日本福島電廠事故與國內核安演習經驗，進行國內支援能量研究與探討，以提供主管機關作為執行核電廠輻防管制之參考。

三、 核子醫學診療輻射劑量評估研究

於「核子醫學診療輻射劑量評估研究」計畫執行中發現，目前國際上針對核子醫學診療輻射劑量評估，有別於過去利用經驗公式給藥、點射源劑量評估方法，逐漸朝向針對個人化方式進行。為此，諸如患者個別生理代謝條件、身高、體重等因子，均納入影響劑量之考量因素。本計畫所發展之 ICRP-110 與 KTman-2 體素假體，正

是利用真人電腦斷層影像所建立之患者三度空間幾何分布，該技術之建立將可廣泛應用於核醫藥物劑量評估乃至於其他醫學物理領域。未來結合個別患者之有效半衰期與吸收分率等結果，將可提供更準確的空間劑量分布情形，作為核醫患者外釋管制辦法擬定依據。至於在常用核醫檢查藥物方面，目前國際上依然普遍採用物理半衰期進行約定有效劑量(或累積至無窮時間點)計算，這是由於常用核醫檢查藥物通常物理半衰期較短，因此此法可兼具保守性與便利性，本計畫亦將沿用此慣例作為評估依據。本計畫未來將持續與長庚醫院核醫科合作，進行臨床患者之藥物代謝情形研究；同時針對返家後患者，持續給予熱發光劑量計以進行輻射安全議題追蹤；並將相關研究成果納入 100 年度完成開發之「核醫患者外釋返家輻射安全劑量評估」系統，以期能對核醫患者外釋議題提出兼具輻射安全與使用便利之具體建議。

四、 輻射防護品保與偵測儀器驗證技術建立

對於現階段醫用加速器多葉準直儀(MLC)的品質保證項目與程序已完成試行範例，且結果完整，接下來需由更多醫院與臨床專家進行大規模的試行，建議邀請對於執行品保人力與設備較充足的醫學中心與單一醫學物理師的區域型醫院各 5 家進行試行，針對窒礙難行的步驟或是項目將在試行後進行討論；但目前臨床上還有其他機型數量較少的直線加速器與多葉準直儀也必須考量其品保施行對其醫院衝擊與影響，將個別邀請具有其設備的醫院參與試行。後續將針對於不同機型的多葉準直儀與不同劑量計的使用，進行品質保證的影響評估與相關實驗數據的收集，同時對於錐形電腦斷層影像(CBCT)的品質保證程序，也將依多葉準直儀品保的模式同步進行。在多方意見討論後，其多葉準直儀在執行

上較有共識，其項目與步驟在小規模的試行下成效良好，下一階段可以進行教育訓練，針對全國的醫院與其設備進行多葉準直儀品質保證的試行，可得到更多數據與意見。在錐形電腦斷層影像(CBCT)的品質保證方面，對於機械項目與影像品質的試行較為容易，但是劑量方面需要更多討論與測試。此外，計畫也將自 102 年起，與學術單位合作進行國內外放射治療劑量稽核系統分析比較與研究開發，以建立國內放射治療劑量稽核所需之相關設備、技術與品質系統，確保放射治療輸出劑量準確度與醫療品質。

由本年度登記備查類可發生游離輻射設備輻射安全抽樣檢查執行成果統計發現，在整個輻射安全檢查作業中，醫用與非醫用可發生游離輻射設備輻射安全檢查，可發生游離輻射設備合格率 100%（除了歇業、永久停用、轉讓、查無公司、故障待修、遭查封），顯示全國從事可發生游離輻射設備業者的守法性及政策配合度高，資料不符合原因大多為人為疏忽或業務延誤，而業者均能在最短時間內配合改善。

五、 粒子治療設施之輻射量測評估技術建立與審查研析

本研究案之「多球式中子能譜量測系統對於標準中子源量測反應分析」工作項目，已完成(1)多球式中子偵檢器反應度模擬；(2)多球式中子偵檢器系統特性測試；(3)Cf-252 標準中子能譜量測分析程序建立。未來將持續針對 Am-Be 射源、迴旋加速器等不同種類中子射源建立中子能譜量測能力，並進一步依據此模式評估高能量中子 ($> 20 \text{ MeV}$) 之能譜。同時為因應高能粒子治療設施產生之中子能譜特性，將持續針對高能量中子能譜特性分析部分進行研究。

在高能粒子參考劑量之量測方法方面，由於重粒子放射治療

技術其能譜分布的實驗數據較少，在射質條件決定上目前僅能以重粒子之原子序、質量數、入射重粒子能量、SOBP 寬度及射程進行參考，相對於高能光子與質子，在程序上較為簡化。

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

附錄一、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
醫療輻射曝露診斷參考水平的建立與使用：中華民國醫學物理學會診斷參考水平工作群建議	黃怡璇	2012 年 9 月發表	b
Effects of Quality Assurance Regulatory Enforcement on Performance of Mammography Systems: Evidence from Large-Scale Surveys in Taiwan	黃怡璇	2012 年 9 月接受	d
National Survey of Computed Tomography Image Quality and Doses in Taiwan: Three Years Longitudinal Survey	蔡惠予	2012 年 3 月發表	f
Survey of medical exposures from fluoroscopy and interventional radiology in nine medical centers in Taiwan	蕭亦蕙	2012 年 11 月投稿	f
Radiation Safety Consideration for Thyroid Cancer Therapy from the View of Anthropomorphic Voxel Phantom Model	李國威	2012	f 12th International Conference on Radiation Shielding (ICRS-12)
Radiation Safety Consideration for Thyroid Cancer Therapy from the view of Anthropomorphic Voxel Phantom Model	李國威	2012	f 12th International Conference on Radiation Shielding (ICRS-12)
Clinical Application of Gafchromic EBTFilm for In Vivo Dose Measurements from Total Body	李國威	2012	f 13th International Congress of the

Irradiation			International Radiation Protection Association
Effective Dose Evaluation for BNCT Brain Tumor Treatment Based on Voxel Phantoms	王正寧	2012	f 15th International Congress on Neutron Capture Therapy
Response Verification of Bonner Sphere Spectrometer (BSS) with ^3He Counter Using Monte Carlo Simulation	蔡雨恬	2012	f 12th International Conference on Radiation Shielding (ICRS-12)
Development of high-sensitivity neutron detectors and measurements at the TPS LINAC	林郁琦	2012	d Progress in Nuclear Science and Technology
Risk assessment of radiation-induced secondary cancer of treating nasopharyngeal carcinoma with the intensity modulated radiotherapy	李振弘	2012	d Radiation Measurements
A Study of Production of Radioactive Environmental Reference Materials Used for the Proficiency Testing Program in Taiwan	王正忠	2012	d Applied Radiation and Isotopes
A study on the dose distributions in various materials from an Ir-192 HDR brachytherapy source	許世明	2012	d PLoS One 7 (9), e44528, September 2012

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)
乳房攝影	長庚大學、林口長庚醫院、三軍總醫院、和信醫院	a, b	2007
電腦斷層	長庚大學、林口長庚醫院、三軍總醫院、和信醫院	a, b	2010
透視攝影	長庚大學、林口長庚醫院、三軍總醫院	a, b	2012
蒙地卡羅體內劑量評估研究團隊	清華大學、核能研究所	b	2012
放射治療品保驗證研究團隊	核能研究所、醫學物理學會、中國醫藥大學	b	2012
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	2012

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	碩士班 博士班	清華大學生醫工程與環境科學系 長庚大學醫放系	莊克士/蔡惠予 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
劉亦齊	碩士班	長庚大學醫放系	劉鶴齡
劉真儀	碩士班	長庚大學醫放系	劉鶴齡
吳晉暉	a	清華大學核子工程所	薛燕婉教授
李偉誌	b	中國醫藥大學生物醫學影像與放射科學系	許世明教授

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
期中報告	萬永亮等	2012	長庚大學醫放系

期末報告	萬永亮等	2012	長庚大學醫放系
材料均質化方法應用於核子醫學診療輻射劑量評估-原理與階段成果	李國威	2012	INER-9464R
100年環境試樣放射性核種分析能力試驗總結報告	彭恩琪	2012	INER-9737
用於校正劑量計、劑量率計及確定其貝他能量響應之參考輻射	朱葦翰	2012	INER-9703
Cs-137 環境劑量計照射系統性能評估	施彥豪	2012	INER-Report (編號中)
本土式可攜式輻射偵測儀器性能測試報告	謝聖承	2012	INER-Report (編號中)
100年度輻射異常物接收與分析報告	林清和	2012	INER-9360H
100年輻射源安全檢查及輻射異常物處理分析報告	林清和	2012	INER-9361R
100年中低強度核種分析混合加馬核種能力試驗	林清和	2012	INER-9359R
利用 ^{252}Cf 標準射源建立波那氏球中子能譜量測及驗證系統	蔡雨恬	2012	INER-9581R
緊湊型平坦反應度中子偵檢器之研製與性能測試	李國威	2012	INER-9459R
重粒子射束參考劑量之量測方法	張瓏騰	2012	INER-Report (審查中)
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	2012	INER-Report (審查中)
國內核子醫學診療患者輻射安全影響暨治療用核醫藥物患者外釋建議報告	李國威	2012	INER-Report (審查中)
101年游離輻射測試領域中低強度核種分析能力試驗總結報告	林清和	2012	INER-Report (審查中)

鈷60水吸收劑量量測與游離腔校正 作業程序研究	楊崇伍	2012	INER-Report (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
游離輻射量測能力試驗暨放射性廢棄 物處置風險評估研討會	a	2012.10.25	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
數位乳房攝影之品保	a	2012	
透視攝影及介入放射診療輻射安全訓練	a	2012	
101 年度乳房攝影年度品保實作課程講義	a	a	

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)
環境劑量監測器與 區域監測器遊校方 法(中華民國、美國 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
UMG MXD_FC33:中子能譜計算軟體 使用介紹	朱葦翰	2012	INER-OM-1810

【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
肢端劑量計能力試驗 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
長庚大學醫學影像暨放射科學系		6 位	101 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

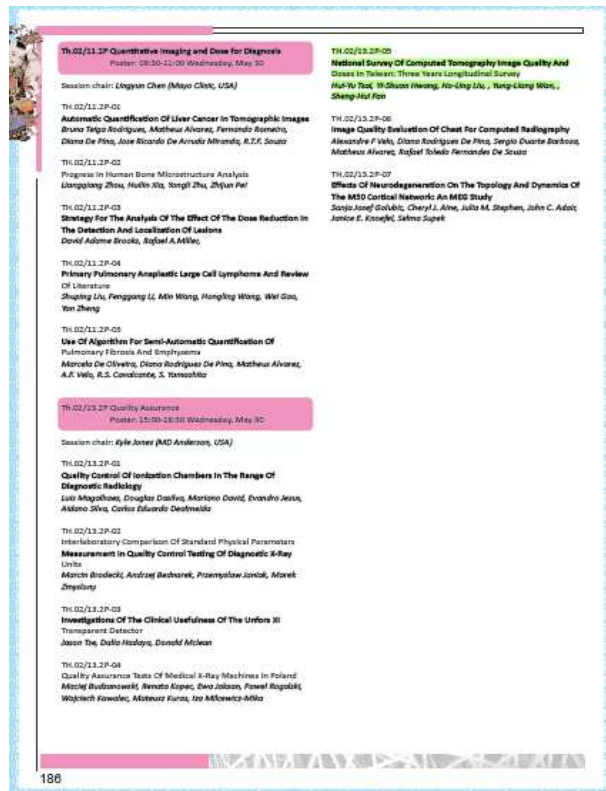
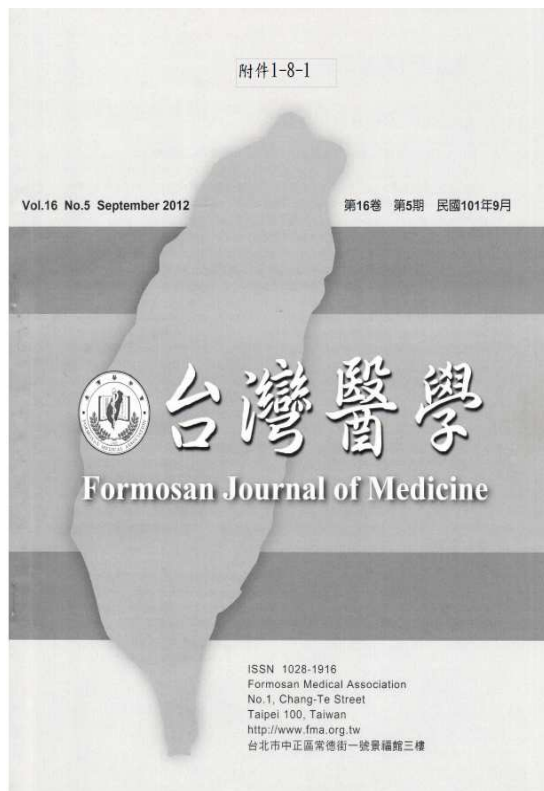
註：資料庫類別分成 Bibliography、Numerical、Factual、Multimedia、Text

【Z 調查成果表】

調查項目名稱	調查面積	圖幅數	調查點筆數

附錄二、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



醫療輻射曝露診斷參考水平的建立與使用
論文發表於“台灣醫學”

論文發表於世界醫學物理暨醫學工程大會
(WC2012)

Submissions with an Editorial Office Decision for Author Ho-Ling Liu, Ph.D.

附件 1-8-3

12/11/8 下午12:10

Page: 1 of 1 (1 total completed submissions) Display 10 results per page.

Action	Manuscript Number	Title	Initial Date Submitted	Status Date	Current Status	Date Final Disposition Set	Final Disposition
Action Links	12-9614	Effects of Quality Assurance Regulatory Enforcement on Performance of Mammography Systems: Evidence from Large-Scale Surveys in Taiwan	07/17/2012	09/18/2012	Accept		

Page: 1 of 1 (1 total completed submissions) Display 10 results per page.

<< Author Main Menu

You should use the free Adobe Reader 10 or later for best PDF Viewing results.



Effects of Quality Assurance Regulatory Enforcement on Performance of Mammography Systems: Evidence from Large-Scale Surveys in Taiwan”，將發表於國外期刊“American Journal of Roentgenology”

中華民國放射線醫學會 2012/11/12 上午 9:35

附件1-8-4

Home | English | 搜尋

中華民國放射線醫學會
The Radiological Society, Republic of China

年會專區 投稿查詢

公佈事項
線上投稿
投稿查詢
年會資訊
住宿資訊
交通資訊
廠商參展
歷屆年會

首頁 > 年會專區 > 投稿查詢

一二年度第二十八屆第一次會員大會暨第六十二次學術研討會
投稿查詢

查詢條件：作者-羅亦聰

收件編號：

摘要標題	國內九家醫學中心之透視攝影及介入性放射診療醫療輻射管理調查		
第一作者	羅亦聰	投稿日期	2012/11/10
受理否	收件中	發表型式	暨報展示

頁次：[-1-1] / 1

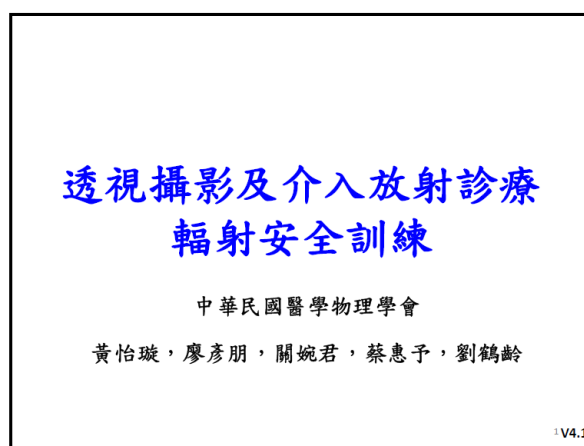
上一頁 TOP

學會地址 103 台北市大同區重慶北路三號63號2樓 電話 02-25865331~32 傳真 02-25865330 電子信箱 rsroc.tw@gmail.com 統編 00958241
 國際乳癌計畫聯絡電話 02-25865360 國際乳癌計畫電子信箱 rsroc@rsroc.org.tw 國際癌症登記處聯絡電話 02-25865361
 ATM轉帳匯款帳號 005合作金庫銀行石碇分行 帳號 1427-765-163665 戶名 中華民國放射線醫學會
 © 2011 中華民國放射線醫學會. All Rights Reserved.

Survey of medical exposures from fluoroscopy and interventional radiology in nine medical centers in Taiwan”，投稿至放射線醫學會 2013 年會



「數位乳房攝影之品保」教材



「透視攝影及介入放射診療之輻射安全訓練」
教材

2.核設施輻射評估與防護審查技術建立

(1)蒐集相關文獻資料，並與國內專家討論，歸納國內既有電廠於複合式災害中影響輻防管制之三項潛在因子，並提出對應之建議方案：

潛在因子	建議方案
1.輻射偵測站因地震海嘯道路電源中斷，環測資料要如何取得？如何利用機動型輻射偵測站？	目前 ERM-PE 固定站環境輻射監測儀，使用自製高靈敏度塑膠閃爍體偵檢頭，內含鋰聚合物充電電池，外電喪失後可持續工作 14 天，且永續保持最近 30 天、每分鐘一筆之連續記錄。環測資料使用 ADSL 電話線或 GPRS/3G 無線電網路傳送，因傳輸模組耗電量遠超過 ERM-PE 系列環境輻射監測儀，搭配標準容量鋰聚合物充電電池，外電喪失後可持續工作天數不超過三天，多配一組電池盒，失去補充來源，最多延長一週，因此顯見這些固定式環境輻射劑量即時監測系統如果因地震海嘯道路電源中斷時，可持續工作天數確實不多，因此宜尋求解決。 另外還有所謂機動型環境輻射系統，其中包括行動偵測車和機動型偵測儀，而機動型偵測儀因設計重點為輕巧易攜，充電電池容量無法擴大，受傳輸模組耗電拖累，若未後續補充電池盒，持續工作天數不超過 3 天，因此這類機動偵測儀如同上述固定式偵測站如果因地震海嘯道路電源中斷時，可持續工作天數也確實不多，因此宜尋求解決。 由於不論固定或機動站，道路電源中斷對於環測資料取得影響至為重大。為尋求解決方案，核能研究所利用自籌經費，101 年成立『民生輻射污染快速檢測用低成本偵檢器技術研究』科發基金計畫，研發較現有蓋革管、游離腔、閃爍體光電管產品靈敏、輕小、省電、經濟、量大之輻射偵檢器。另 101 年 11 月提出『高自活率核子事故輻射監測技術研究』計畫，正爭取原子能委員會支持中，研發於孤立無援條件下，大幅提高環測監測站及資料數據網

	路自活能力之技術。結合二計畫成果，以網路百日不斷訊為目標。 在道路電源中斷時，靈敏、輕小、省電、經濟、量大之輻射偵檢器可利用無人氣球或空中載具，快速進行大面積之空中運送與散佈，如此可以克服道路中斷的問題以及可以改善萬一有通訊失靈現象所帶來影響，此外在道路中斷時該類機動偵測儀亦可以安裝於飛行物執行空中偵測以及船隻上執行海上偵測。 孤立無援條件下之自活能力，基於兩種技術：一是就地產電；二是節能送訊。輻射偵檢器耗電較少，因此不論固定或機動站，搭配微型太陽能或風能發電，容易長期自給自足。而節能送訊則包含調整資料大小與傳輸週期，以延長電池壽命，保障數據傳播不致中斷。利用大量散佈、複式網路佈建的方式，可讓環境輻射劑量即時監測系統不易全軍覆沒。如果具有上述成熟的技術，相信可以在無需派員檢查整補的情況下，持續運作 30 天以上。
2. 評估廠內輻射偵測設備 (ARM、ERM、Survey meter、TLD Dosimeter) 於地震海嘯失去電源下之影響？	現有廠內的區域與環境輻射偵測裝備或顯示控制網路，設計時並未考慮省電與輕巧從之因素，因此即使未被海嘯摧毀，在失去電源的條件下，不論使用不斷電供電或何種電池備援，考量固有之有線數據網路資訊傳送，平均工作天數必然少於 3 天（例如廠內的區域輻射偵測器 ARM，經過核能電廠總體檢方案後，大致提昇至 72 小時），也就是說，一旦長時間失去電源下這些現有廠內的區域與環境輻射偵測裝備將完全失去作用，因此會對廠內輻防造成莫大影響。因此，仍有必要引進新的技術，作為解決方案。 首先所有固定式輻射監測儀裝備（如 ARM、ERM）必須更改為省電與自活設計，且宜大量配置，增加災害存活機率。此外，在失電模式發生時，現有由監測儀連至主控制室之有線數據網路，應用低耗電互聯網絡技術(例：

	ZigBee[®]), 轉為向外播放之臨時(Ad-hoc)無線數據網路, 再轉至 3G/GPRS 數據網路。 而 Survey meter、TLD Dosimeter, 是人員隨身配備, 亦無數據傳輸問題, 平常使用一般電池工作或根本無需電力, 與廠房是否供電無涉。雖然如此, Survey meter 若沒有足夠一般電池可供使用, 亦不能長久作業, 因此建議廠區貯存 Survey meter 的庫房應隨時備有足夠量的一般電池(如可支援連續兩週使用 Survey meter 的電池數量); 此外 TLD Dosimeter 回收後亦需要進行計讀, 但如果廠房無法供電給計讀設備亦會影響輻防作業進行, 因此就必須要後送到其他地方的備援實驗室計讀才行。如果事故電廠的 Survey meter、TLD Dosimeter 數量不夠時, 需要外援, 但遇到道路中斷, 可以考慮使用直升機運送進入。不過這兩樣東西大部份屬於個人持有(可能只有部份 TLD Dosimeter 會用來作為環境累積劑量計讀), 因為如果需要大量從廠外運入支援, 可能同時意指需要不少應變人員進入廠內災區支援。
3.如果其他人員赴受災廠內支援但碰到道路中斷, 將如何因應?	台電公司各核能電廠廠內緊急應變人力方面, 核一、二、三廠分別有 350 人、330 人、330 人, 萬一發生事故, 事故電廠應變人力若有不足時, 台電公司將會動員各廠派員相互支持, 另外原子能委員會暨所屬機關可動員人力約 300 人, 國軍化學兵部隊可支援人力約 500 人, 此外還有協助民眾執行疏散等防護行動的警、消、軍等人員(以日本福島為例, 日本政府共動員自衛隊 10.7 萬人、管制災區警力約 4 萬人及消防隊約 2.6 萬人)。由於此牽涉到規劃萬名以上救災人員要迅速進入災區, 因此進入時不大可能完全仰賴一條道路, 所以即使發生道路中斷, 發生全部道路嚴重中斷的可能性不高, 因為如果真正發生, 當地居民無法疏散, 會演變成比廠外支援人員無法進入更嚴重問題, 此時政府必須盡快開通道路以利疏散, 所以如果有部

	份救災人員因為道路中斷無法迅速進入災區時，有以下幾種替代方案可以協助解決，其中包括商請國軍工兵群機動造橋開路、利用載人熱汽球或直昇飛機等空中載具，快速進行空中運送補給與人員到位、必要是利用船隻由海上登陸（按四座廠皆靠海可行）、利用鐵道運輸（龍門廠接近台鐵鐵路）。
--	---

(2)國內輻射偵測器(含 MCA、Survey meter)的支援能量檢討

目前我國輻射偵測儀器多集中在以下幾類機構：(1)核能專業公部門，其中包括行政院原子能委員會暨所屬單位核能研究所、物管局和偵測中心、台灣電力公司四座核電廠以及放射試驗室、清華大學；(2)核能專業私部門如合格輻射防護偵測業者；(3)軍方以陸軍化學兵北、中、南三個化學兵群為主；(4)其他相關公部門如警政、消防、海關；(5)民生應用如醫療院所、非破壞檢測業者、與生產鋼筋有關業者；(6)其他如設有放射系所之大學學院等。

根據日本福島事件發生後不久，行政院原子能委員會統計核能專業公部門與私部門即上述第1與第2類所持有各類輻射偵測儀器約有一千三百多台，並以公部門占絕大多數。至於最近一次統計公部門所持有各類輻射偵測儀器則達到 1,393，但表示實際可支援的只有 422 台如表 1，在 100 年「國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案」中曾估計輻射偵測儀器數量尚欠缺約 50 部。

(3)目前國內有 50 部多頻道分析儀(MCA)，評估如果一旦類似福島核子事故發生時，有大量的環境偵測樣品、農漁牧產品偵測需求時，須有多少部此類儀器才足夠？

國內若發生類似日本福島電廠核子事故，將大量湧入需檢測之各類

農、漁、畜牧等產品，以及環境中水、空氣、土壤、植物樣品。而民國 100 年我國經財團法人全國認證基金會（TAF）認證之具有游離輻射領域環境試樣放射性核種分析能力的實驗室共計有七個，合計共有 50 套 MCA 系統，詳如表 2。

表 1、國內各單位可提供支援之輻射偵測儀器統計表

單位	支援	不可支援
核一廠	59	177
核二廠	48	157
核三廠	41	276
龍門電廠	50	147
台電放射試驗室	25	75
清華大學	2	58
偵測中心	63	54
核能研究所	64	27
原子能委員會	70	0
總計	422	971
合計數量	1393	

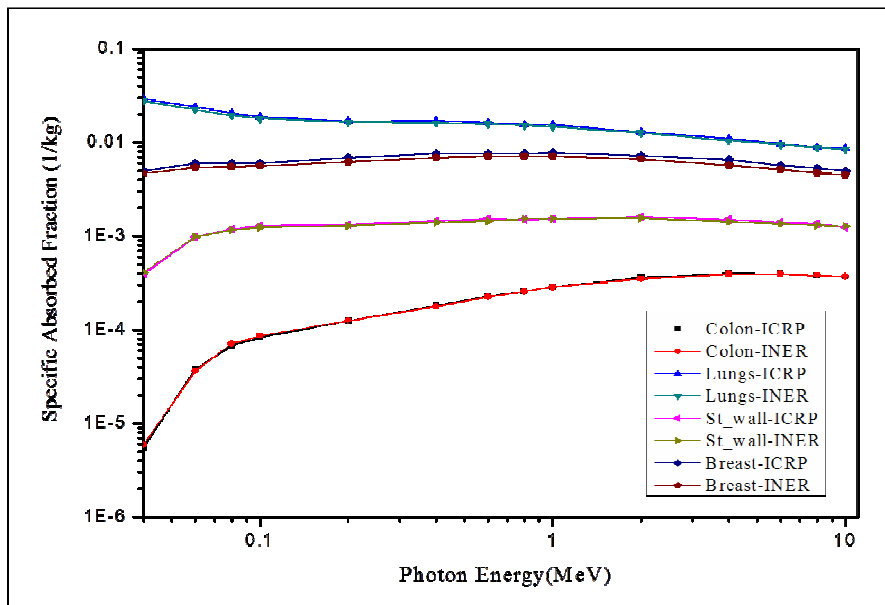
表 2、國內各單位 MCA 數量統計表

實驗室名稱	MCA 數量
清華大學原科中心	4
台電放射龍門工作隊	3
台電放射核三工作隊	4
台電放射試驗室偵測課	8
輻射偵測中心	12
核能研究所保物組	12
核二廠低背景計測室	7
合計	50

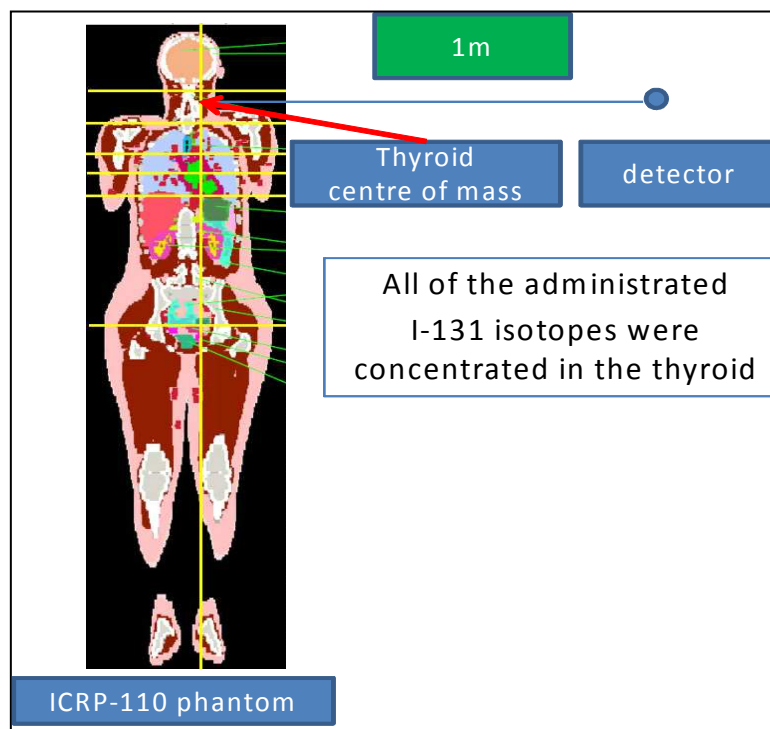
如果一旦發生核子事故，此時環境樣品需要每日取樣一次，而且依日本福島經驗以及我國緊急應變計畫區以及應變準備區的概念至少要擴大到半徑 20 公里，此時每日取樣數可能最高到 800 份以上，此時可能已經超過前述原子能委員會所屬專業實驗室 24 部每天正常上下班檢測量（五百多個樣品），但顯然此時得加班處理，倘若能達到每天 12 小時以上作業時間，初估應該還是可以勉強應付的來，但這只討論到環境樣品，還不包括各類農、漁、畜牧產品。

在考量投入資源有限的狀況下，不需作農、漁、畜牧產品全面檢測，例如改採十分之一，這時只要 65 套系統即可，再考量前述環境中水、空氣、土壤、植物樣品檢測，如果 24 小時日夜不休進行，亦需十餘台 MCA，如果再加上備援，建議國內再增設 35 套系統，即總數達到 85 套。但上述 MCA 系統評估數量為：一旦發生類似福島事件時，將儀器全部作為二十四小時使用以應付事故電廠需求，也就是各單位需暫停例行環境監測工作下之假設，經初步調查國內現有 50 部 MCA 系統，在平日（僅週一到週五每天 8 小時上下班）約有三十部左右在執行例行環境監測工作（四個電廠加上清華大學、核研所以及偵測中心，每一個單位約 4 至 6 部左右），如果發生類似福島事件時，各單位仍要持續進行例行環境監測工作，且假設二十四小時作業，則可能仍然需要二十部左右（除考慮扣除事故電廠外，還要考慮屆時很可能會被要求增加取樣數等因素），因此建議在這樣的條件下，國內需再增設 55 套 MCA 系統，讓總數達 105 套。

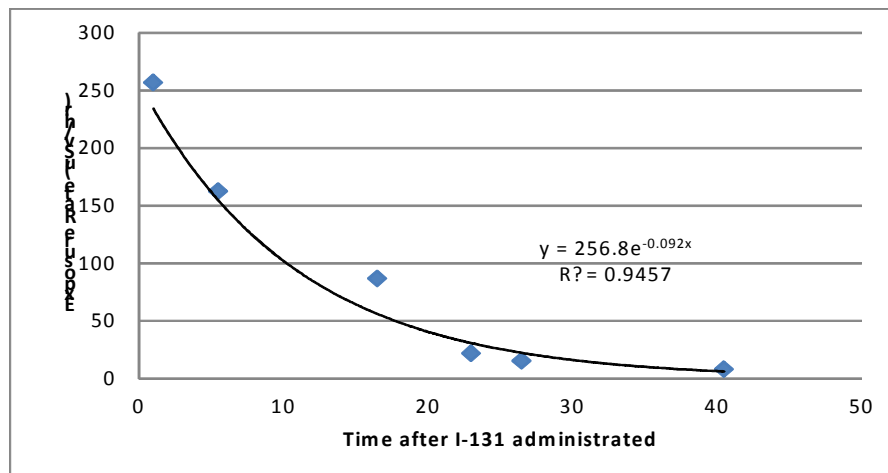
3.核子醫學診療輻射劑量評估研究



四種不同器官之 SAF 值驗證結果



射源於甲狀腺器官內均勻分布，對不同距離造成之劑量率影響評估示意圖



核醫患者住院期間不同時間點之體外曝露率量測結果

Radiation Safety Consideration for Thyroid Cancer Therapy from the view of Anthropomorphic Voxel Phantom Model

Kuo-Wei Lee^{1,3,*}, Ju-Chuan Huang², Tsung-Ying Ho⁴, Kun-Ju, Lin⁴,
Shu-Jun Chang^{1,3} and Shiang-Huei Jiang³

¹ Health Physics Division, Institute of Nuclear Energy Research, Taipei, Taiwan
² Atomic Energy Council, Taipei, Taiwan
³ Institute of Nuclear Engineering and Science, National Tsing Hua University, Hsinchu, Taiwan
⁴ Department of Nuclear Medicine, Chang Gung Memorial Hospital at Keelung, Taiwan

Purpose

After NaI131 administration which thyroid cancer patients had, the dose impact from the outpatients on the public aroused high concerns recently. The dose assessment method suggested by the U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC) recommended that activity distribution was arisen from a barely point-source without considering attenuation, and that the dose to exposed individuals was calculated using the inverse square law. In this study, the whole body anthropomorphic voxel phantoms were set up in order to more accurately reflect the dose impact on the public. The clinical measurement data were also included to perform the real cases of patients' effective half-lives, with which the simulation results would be strongly influenced.

Method and Materials

The adult male and female voxel phantoms endorsed by the International Commission on Radiological Protection report No. 110 (the so called "ICRP-110 voxel phantoms" in the following) were arranged to perform the dose calculations. Both the phantoms were composed of 141 organs and allocated into 53 mediums, with specific atomic densities suggested by the International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU). The generally-purposed Monte Carlo code, MCNPX version 2.6.0, was employed to calculate the S values of the ICRP voxel phantoms, and to use the repeated structure technique for simulating the whole body computational phantoms. When considering thyroid as the source organ, the S values of 11 major target organs (brain, breasts, stomach wall, small intestine wall, heart wall, pancreas, salivary glands, thyroid, lungs, oral mucosa and liver) as a result of I-131 irradiation were calculated. The air kerma rate constants were also estimated for comparing with those recommended by the ICRP over 5 different distances. In addition, a database which included 262 thyroid cancer patients having the same remedy of 3.7-60GBq (100-mCi) NaI131 administrations was examined to investigate the clearance rates. The dose rate measurement data, collected at 1 meter on 6 time points at the Chang Gung Memorial Hospital, were evaluated to determine individual patient-based effective half-life, and were adopted in the estimation of maximum accumulated dose.

Results

The calculated S values were agreed well with those on the published papers for the 11 target organs, with an average difference of $1.22 \pm 1.15\%$ and $1.64 \pm 0.94\%$ for the male and female voxel phantoms, respectively. On the other hand, the patient-based effective half-life was 0.45 ± 0.10 days averaged across the 262 thyroid cancer patients, and was found unrelated to the age ($p=0.3$). Under the assumption of uniform distribution of NaI131 in thyroid, the estimated maximum accumulated dose contributed from the ICRP male/female voxel phantoms at distances of 0.3 m, 0.5 m, 1.0 m, 1.5 m and 2.0 m was found to be 20.64/21.01, 7.46/7.64, 1.89/1.91, 0.63/0.65 and 0.43/0.47 mSv, respectively. The computational results were significantly lower than those under the point-source assumption, with the average ratios of $62.06 \pm 0.50\%$ (male) and $63.12 \pm 0.55\%$ (female) at the 5 distances mentioned above.

Conclusions

In a summary, the ICRP-110 adult male/female computational phantoms were fully produced and the resultant S values showed good agreement with the published data. The anthropomorphic phantom model is a more realistic manner than the traditional point-source model when applying to determine the dose to individuals exposed to NaI131 treatment patients.

Clinical application of GAFCHROMIC EBT film for in vivo dose measurements from total body irradiation

reference number: 2358640

Kuo-Wei Lee, M.S.^{1,2,3}, Jian-Kuen Wu, M.S.², Shu-Jun Chang, M.S.^{1,3}, Bor-Jing Chang, Ph.D.^{1,3}, Jason Chia-Hsien Cheng, M.D., Ph.D.²

¹Division of Health Physics, Institute of Nuclear Energy Research, Taoyuan, Taiwan
²Department of Oncology, National Taiwan University Hospital,
³Department of Engineering and System Science, National Tsing Hua University, Hsinchu, Taiwan

Purpose

To investigate the in vivo absorbed doses for total body irradiation (TBI) by GAFCHROMIC EBT film, post processing procedure including pixel-by-pixel values, film uniformity, and sensitometric curve were established to evaluate dose uniformity on the patient.

Method and Materials

The 10MV photon beam by Siemens Primus linac was used for TBI. The Rando phantom was set in the treatment position with bilateral opposing TBI technique with a source-to-axis distance of 455 cm and 2136 monitor-unit irradiation (per orientation). The distance from skin entrance to umbilicus was 14.5cm for 150cGy prescribed dose. Four thermoluminescent dosimeters (TLDs) and one EBT film with the size of 3cm x 3cm were placed together at the surface of 6 anatomical regions including umbilicus, genitals, both temples, and chest wall. Epson 1680 color transmission flatbed scanner was used as film scanning system, with only the red-color-channel response extracted from irradiated EBT films converted to the pixel-to-dose sensitometric fitting curve. Furthermore, EBT films were tested for the in vivo surface dose measurements on two patients undergoing TBI.

Results

The overall dose uncertainty determined in EBT film was 3% as compared to the farmer-type ion chamber. In phantom test, the average surface doses measured by TLDs and EBT films at 6 anatomical regions were 2.00 and 2.03Gy (left temple), 2.00 and 2.03Gy (right temple), 1.83 and 1.86Gy (left chest), 1.86 and 1.90Gy (right chest), 2.18 and 2.21Gy (umbilicus), and 1.54 and 1.57Gy (genitals), respectively. It showed the good agreement in phantom between EBT films and TLDs measurements with the average difference of 1.71±0.3%. The average doses measured by EBT films at the corresponding regions on two patients were 1.79Gy/1.78Gy, 1.71Gy/1.64Gy, 1.17Gy/1.21Gy, 1.15Gy/1.17Gy, 2.46Gy/2.32Gy, and 1.65Gy/1.79Gy, respectively.

Conclusions

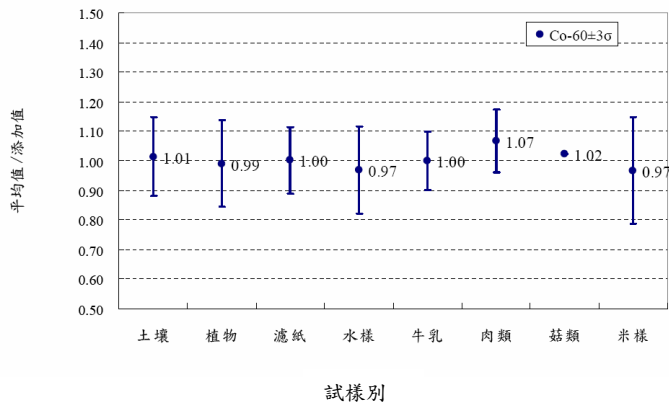
The performance of EBT film for TBI dosimetry was satisfactory, with the dose difference of 1.7% between EBT film and TLD measurement. The use of EBT film for in vivo dose verification of TBI technique may be applicable and convenient.

第 12 屆 ICRS 國際會議發表海報

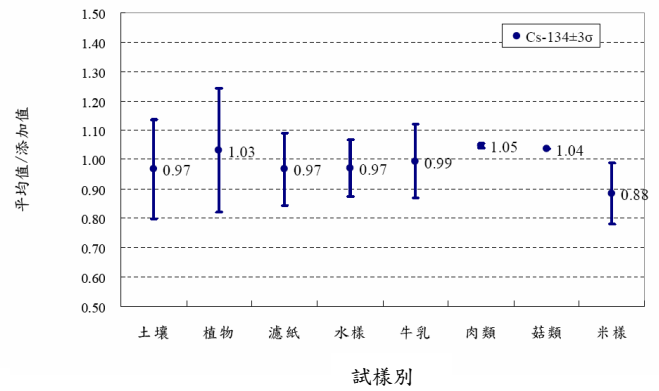
IRPA-13 國際會議投稿摘要

4. 輻射防護品保與偵測儀器驗證技術建立

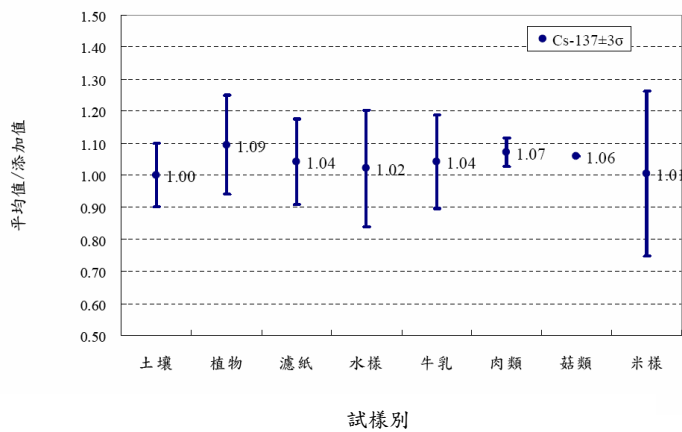
Co-60 整體表現



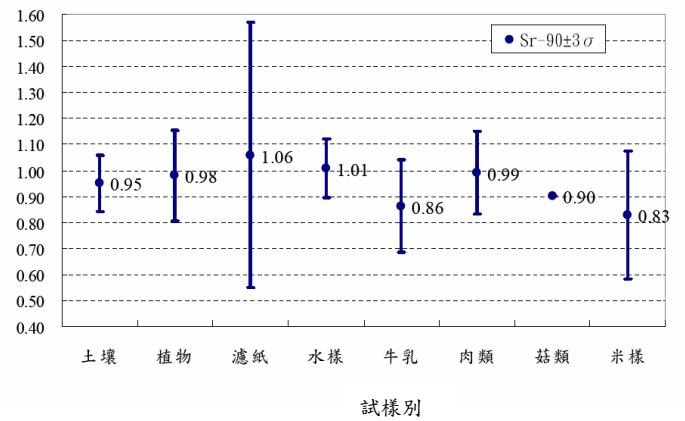
Cs-134 整體表現



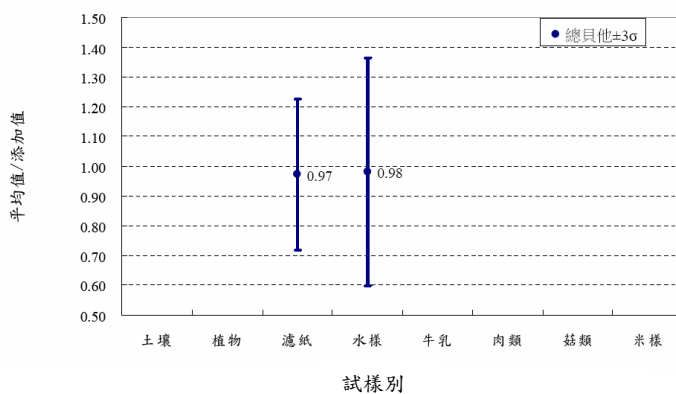
Cs-137 整體表現



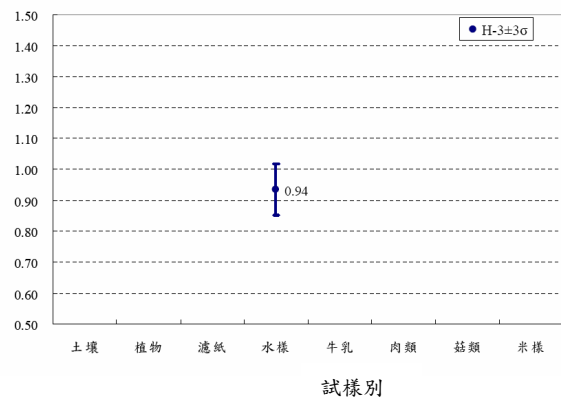
Sr-90 整體表現



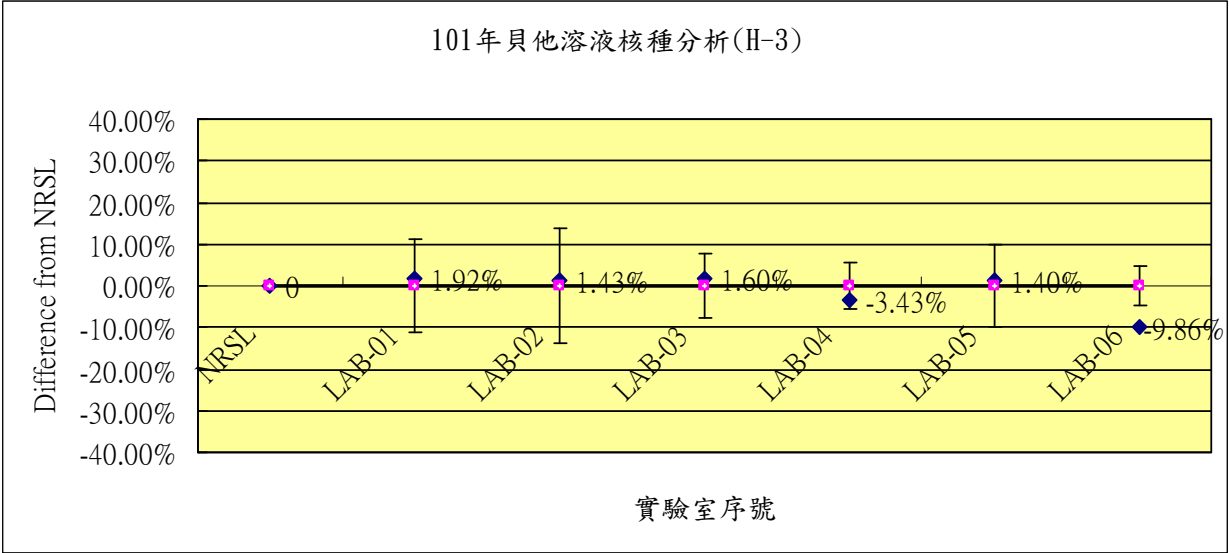
總貝他整體表現



H-3 整體表現



101 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



中低強度核種分析能力試驗之實驗室量測結果比較圖



圓盤式環境劑量計 Cs-137 加馬照射器輻射劑量標定



指環劑量計劑量校正假體設計與劑量照射



防水測試



防震測試



耐大氣壓力測試



耐溫與耐濕測試



耐衝擊測試

INER-9200 輻射偵檢器的性能測試

醫用加速器 MLC 的品保項目(建議實施頻次分為每月與每年)

每月			
項目	適用事項	容許值	分析及評估
預設光照野與 輻射照野吻合度 (至少兩個不同形狀樣式)	所有類型多葉準直儀	2 毫米(mm)以下	
備用準直儀設定	只適用具備此裝置的廠牌 (例如: ELEKTA)	2 毫米(mm)以下	
葉片遷移速度	動態強度調控與強度調控 弧形治療技術適用	大於每秒 0.5 公分	
葉片位置準確度	強度調控技術與強度調控 弧形治療技術適用	2 毫米(mm)以下 (2012 年後新購置儀器 須符合 1 毫米(mm)以下)	

每年			
項目	適用事項	容許值	分析及評估
葉片光照野與 輻射照野吻合度	針對所有光子能量	2 毫米(mm)以下 (單對葉片測試)	
葉片輻射中心點測試		1 毫米(mm) 半徑以下	
葉片位置再現性	針對四個慣用入射角度	2 毫米(mm)以下 (2012 年以後購置儀器 須符合 1 毫米(mm)以下)	
葉片穿透率	針對所有能量， 葉片與葉片間的 最大穿透率測量	小於基準值 (其百分比計算以開放照野為基準)	

醫用加速器 CBCT 的品保項目(建議實施頻次分為每日、每月與每年)

每日		
平面電子式影像驗證裝置與錐形電腦斷層影像(包含 <u>仟</u> 伏特與百萬伏特)		
項目	非立體定位放射手術(治療) 結果或誤差容許值	立體定位放射手術(治療) 結果或誤差容許值
碰撞測試	功能檢查正常與否 (所有碰撞連動裝置每星期至少測試二次以上)	
位置再現性測試	1 毫米(mm)以下	1 毫米(mm)以下
影像與治療坐標系一致性 (每週至少執行一次)	2 毫米(mm)以下	1 毫米(mm)以下

每月		
錐形電腦斷層影像(仟伏特與百萬伏特)		
項目	非立體定位放射手術(治療) 結果或誤差容許值	立體定位放射手術(治療) 結果或誤差容許值
影像幾何變形	2 毫米(mm)以下	1 毫米(mm)以下
影像空間解析度	基準值	基準值
影像對比度	基準值	基準值
影像均勻度與雜訊	基準值	基準值
HU 值一致性	基準值	基準值

每年		
錐形電腦斷層影像(仟伏特與百萬伏特)		
項目	非立體定位放射手術(治療) 結果或誤差容許值	立體定位放射手術(治療) 結果或誤差容許值
影像劑量	基準值	基準值

多葉準直儀輻射醫療曝露品保作業

VARIAN SECTION

張秋雄

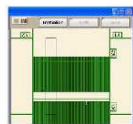
Tzu Chi General Hospital, Taipei Branch

簡報概要

- 多葉準直儀輻射醫療曝露品保作業品項與頻次
- VARIAN 多葉準直儀輻射醫療曝露品保作業程序
- VARIAN 多葉準直儀輻射醫療曝露品保作業程序範例
- VARIAN 多葉準直儀滲漏輻射偵測實作練習

Leaf transmission location and dose distribution by film and EPID

Gantry=0, Collimator= 90 or 270



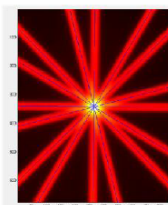
Measurements have been made (Galvin, Smith, and Lally 1993; Klein et al. 1995) of the transmission properties of a Varian MLC for 6-MV (1.5%–2.0%), 15-MV (2%) and 18-MV (1.5%–2.5%) x-rays using radiochromic film.(TG50)

葉片輻射中心點測試

8.1 Collimator Spoke Shot

Use the following field for Section 8.1.

MLC Model	Field Name
Varian MLC 5 and BrainLAB m3	Spoke Shot



Varian 6EX m120



Varian MLCs & BrainLAB m3, Rev P Customer Acceptance Procedure, CAP

VARIAN 直線加速器之 MLC 品保測試

多葉準直儀輻射醫療曝露品保作業

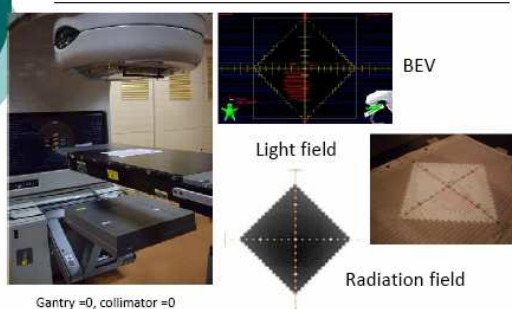
ELEKTA SECTION

戴宏旗

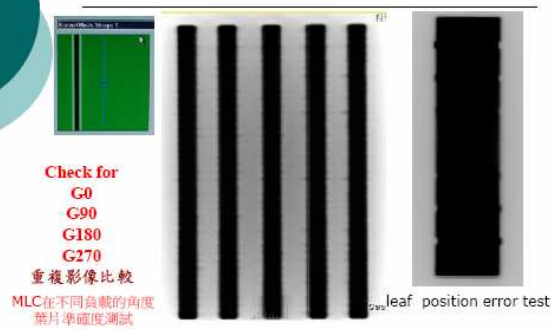
簡報概要

- 多葉準直儀輻射醫療曝露品保作業品項與頻次
- ELEKTA多葉準直儀輻射醫療曝露品保作業程序
- ELEKTA多葉準直儀輻射醫療曝露品保作業程序範例
- ELEKTA多葉準直儀滲漏輻射偵測實作練習

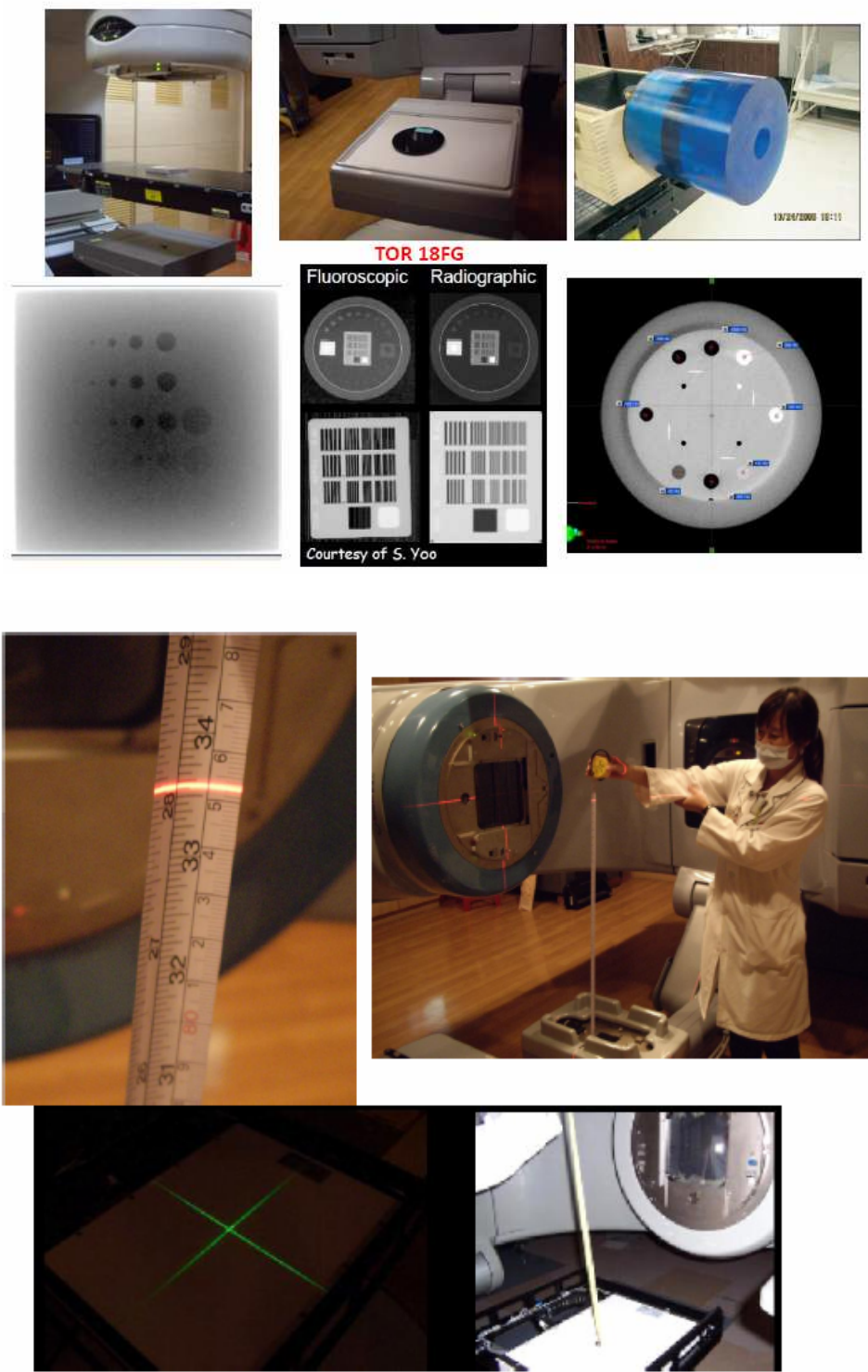
預設光照野與輻射照野吻合度



葉片位置準確度(不同Gantry角度比較)



ELEKTA 直線加速器之 MLC 品保測試



直線加速器之 CBCT 品保測試

A Study on the Dose Distributions in Various Materials from an Ir-192 HDR Brachytherapy Source

Shih-Ming Hsu¹, Chin-Hui Wu², Jeng-Hung Lee³, Ya-Ju Hsieh⁴, Chun-Yen Yu⁵, Yi-Jen Liao⁶, Li-Cheng Kuo⁷, Ji-An Liang^{5*}, David Y. C. Huang^{8*}

1 Department of Biomedical Imaging and Radiological Science, China Medical University Hospital, Taichung, Taiwan, ROC, **2** Department of Engineering and System Science, National Tsing Hua University, Hsinchu, Taiwan, ROC, **3** Health Physics Division, Institute of Nuclear Energy Research, Longtan, Taiwan, ROC, **4** Department of Medical Imaging and Radiological Sciences, Kaohsiung Medical University, Kaohsiung, Taiwan, ROC, **5** Department of Radiation Oncology, China Medical University Hospital, Taichung, Taiwan, ROC, **6** School of Medical Laboratory Science and Biotechnology, Taipei Medical University, Taipei, Taiwan, ROC, **7** Radiation Oncology, Memorial Sloan-Kettering Cancer Center, New York, New York, United States of America, **8** Radiation Oncology, Faculty of Memorial Sloan-Kettering Cancer Center at Rockville Centre, Rockville Centre, New York, United States of America

Abstract

Dose distributions of ¹⁹²Ir HDR brachytherapy in phantoms simulating water, bone, lung tissue, water-lung and bone-lung interfaces using the Monte Carlo codes EGS4, FLUKA and MCNP4C are reported. Experiments were designed to gather point dose measurements to verify the Monte Carlo results using Gafchromic film, radiophotoluminescent glass dosimeter, solid water, bone, and lung phantom. The results for radial dose functions and anisotropy functions in solid water phantom were consistent with previously reported data (Williamson and Li). The radial dose functions in bone were affected more by depth than those in water. Dose differences between homogeneous solid water phantoms and solid water-lung interfaces ranged from 0.6% to 14.4%. The range between homogeneous bone phantoms and bone-lung interfaces was 4.1% to 15.7%. These results support the understanding in dose distribution differences in water, bone, lung, and their interfaces. Our conclusion is that clinical parameters did not provide dose calculation accuracy for different materials, thus suggesting that dose calculation of HDR treatment planning systems should take into account material density to improve overall treatment quality.

Citation: Hsu S-M, Wu C-H, Lee J-H, Hsieh Y-J, Yu C-Y, et al. (2012) A Study on the Dose Distributions in Various Materials from an Ir-192 HDR Brachytherapy Source. PLoS ONE 7(9): e44528. doi:10.1371/journal.pone.0044528

Editor: Eric Deutsch, Institut Gustave Roussy, France

Received: April 19, 2012; **Accepted:** August 3, 2012; **Published:** September 5, 2012

Copyright: © 2012 Hsu et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Funding: This work was supported by Grant Nos. CMU99-N1-08-1&2 and DMR-98-102 from the China Medical University and Hospital. The funders had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

Competing Interests: The authors have declared that no competing interests exist.

* E-mail: huangd@mskcc.org

☞ These authors contributed equally to this work.

刊登於 PLoS One 國際期刊之論文

2012 游離輻射量測能力試驗 暨放射性廢棄物處置風險評估研討會議程表

地點：核研所國家游離輻射標準實驗室（035 館）二樓

時間：101 年 10 月 25 日（星期四）

時間	主題	負責人
09：30～10：00	報 到	
10：00～10：10	長官致詞	
10：10～11：00	2012 環境試樣放射性核種分析 能力試驗總結報告	彭恩琪
11：00～11：10	休息	
11：10～12：00	2012 中低活度領域能力試驗總結報告	林清和
12：00～13：00	Poster：午餐休息及現場討論	
13：00～14：00	日本放射性廢棄物處置 風險標準研究	邱鎧盛
14：00～15：00	IAEA TECDOC-1282 放射性廢棄物地質處置 安全標準相關問題研究	林琦峰
15：00～15：30	綜合討論	

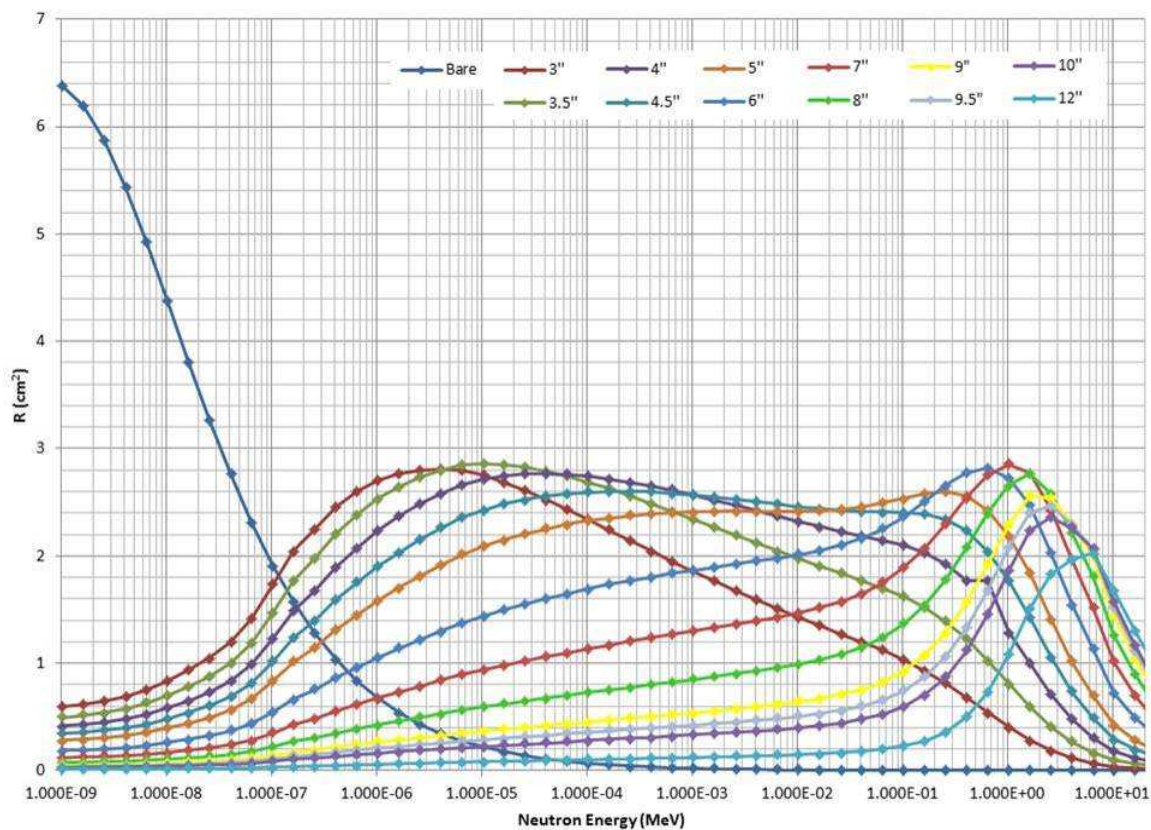


游離輻射量測能力試驗暨放射性廢棄物處置風險評估研討會

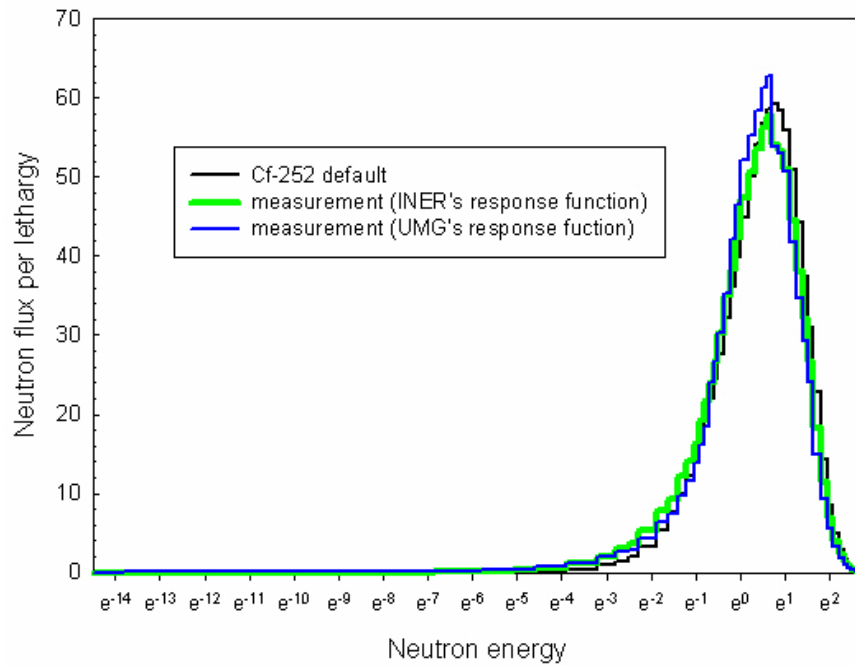
5. 粒子治療設施之輻射量測評估技術建立與審查研析



多球式中子能譜量測系統之 PE 緩速球及實驗量測設計



不同尺寸波那氏球之中子能量響應函數（52 個能量）



Cf-252 能譜(ISO 8529)與分別使用本計畫評估的偵檢器反應度方程式及 UMG 內建反應度方程式所得的量測能譜

3 吋至 10 吋波那氏球的實際量測計數率與理論評估(MCNP)計數率比較

尺寸 (吋)	Simulation	Measurement	DIFF(%)
3	3.363E+04	3.586E+04	-6.23
3.5	6.650E+04	6.800E+04	-2.20
4	1.048E+05	1.051E+05	-0.28
4.5	1.384E+05	1.432E+05	-3.33
5	1.710E+05	1.761E+05	-2.90
6	2.165E+05	2.178E+05	-0.60
7	2.334E+05	2.372E+05	-1.58
8	2.246E+05	2.273E+05	-1.20
9	2.048E+05	2.024E+05	1.20
9.5	1.924E+05	1.932E+05	-0.44
10	1.801E+05	1.798E+05	0.18

決定高能粒子射束吸收劑量所需之參考條件

影響因素	參考值與參考特性
假體材料	水
游離腔類型	$SOBP$ 寬度 $\geq 2.0 \text{ g cm}^{-2}$: 圓柱型游離腔及平板型游離腔 $SOBP$ 寬度 $< 2.0 \text{ g cm}^{-2}$: 平板型游離腔
測量深度 z_{ref}	擴展布拉格峰(SOBP)中間位置
游離腔參考點	平板形游離腔: 入射窗內表面中心, 圓柱形游離腔: 空腔體積的幾何中心
游離腔參考點的位置	平板形游離腔: 量測深度 z_{ref} 位置 圓柱形游離腔: 較量測深度 z_{ref} 深 $0.75 r_{cyl}$ 位置
SSD	臨床治療距離
假體表面照野	$10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$; 或是利用劑量輸出因子修正之大照野及臨床小射野的應用 ($< 10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$)