

九十三年度一千萬元以上政府科技計畫績效
評估報告書

計畫名稱：

精進輻射防護評估與偵測技術
(原子能領域)

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

電子檔名：93-2001-14-01-03-35.doc

科技計畫成果效益報告

(93 年度科技計畫經費一千萬元以上)

(請由計畫主持人、執行人填寫)

壹、基本資料：

計畫名稱：精進輻射防護評估與偵測技術

主持人：施建樑

審議編號：93-2001-14-01-03-35

計畫期間(全程)：92 年 01 月至 95 年 12 月

年度經費：21,031 千元 全程經費規劃：115,866 千元

執行單位：核能研究所保健物理組

貳、計畫目的、計畫架構與主要內容

計畫目的：

- (一) 廣續精進原子能安全管制、輻射偵測及防護相關技術，確保國內核能與輻射安全。
- (二) 強化原子能科技於工業應用發展，發展電子加速器輻射劑量量測技術，以提供工業用加速器輻射劑量量測之追溯，提升國內產業之輻射安全品質與競爭力。
- (三) 提升我國輻射安全及配合產業及民生應用之需要，從事本項研究計畫，以提供醫、農、工之研發及應用之支援與服務。

計畫架構：

長程目標為配合「建設綠色矽島與追求國家之永續發展，並建立輻安家園」的政策，積極發展輻射防護評估與偵測技術與完善的醫用輻射防護系統，使輻射應用與安全的要求達到最佳效益，從而使原子能之應用為眾人造就最大福祉。

中程目標則為精進輻射防護評估與偵測技術，與先進國家合作研究人員劑量偵測及生物劑量計等技術，提昇輻射防護技術能力；配合游離輻射防護法實施，引進國際輻射防護新知，研修現行輻射劑量偵測與評估技術，建立相關的技術規範和導則，健全核研所和國內的輻射防護管制體系；加強輻射醫療劑量度量與評估技術，提昇輻射醫療品質；配合輻安家園政策，推動核能設施全面輻射防護安全計畫，建立核設施除役輻射防護相關技術；配合產業及民生應用需要，建立相關高劑量度量技術與空氣淨化之檢測技術，以提供其研發及應用之支援與服務。

主要內容：

- (一) 核研所為了因應我國游離輻射防護法於92年2月1日正式實施，依執行之緩急於93年度來選擇其中2項規範或實施辦法，以協助提供主管機關執行相關法規時作為參考。
- (二) 在輻射防護方面，因應ICRP 60號報告之輻射劑量重新定義，採用蒙地卡羅計算方法進行體外照射之輻射防護量評估、器官劑量轉換因子與輻射遷移研究相關工作，以及使國內之輻射偵檢儀器透過二級校正實驗室的校正，而可以量測ICRP 60 所建議的輻射作業量。
- (三) 建立¹⁹²Ir近接治療射源之量測系統、校正技術及品保作業程序，以提供醫院¹⁹²Ir射源之校正服務；其次建立IMRT劑量度量與評估技術及品保作業程序，以協助醫院執行線性加速器放射治療品質保證計畫。此外，並引進電子加速器電子束輻射劑量計測設備及評估技術，建立電子射束能量、劑量與照野內之劑量分佈計測技術，提供國內相關工業(機構)之電子束劑量量測技術服務。

參、計畫經費與人力

計畫經費：

經費項目	預定(仟元)	實際(仟元)	差異分析
經常門	10,783	10,783	
資本門	10,248	10,248	
總計	21,031	21,031	達成率：100%

人 力：

投入計畫人力	研究人員學歷分布	研究人員職務分布
研究人員 人數： <u>11</u> 人 人月： <u>114.5</u> 人月	博士 人數： <u>2</u> 人 人月： <u>10</u> 人月	研究員 人數： <u>1</u> 人 人月： <u>12.4</u> 人月
技術人員 人數： <u>6</u> 人 人月： <u>58.7</u> 人月	碩士 人數： <u>4</u> 人 人月： <u>40</u> 人月	副研究員 人數： <u>3</u> 人 人月： <u>36.3</u> 人月
支援人員 人數： <u>1</u> 人 人月： <u>0.2</u> 人月	學士 人數： <u>5</u> 人 人月： <u>40</u> 人月	助理研究員 人數： <u>5</u> 人 人月： <u>50.8</u> 人月
	其他 人數： <u>7</u> 人 人月： <u>58.9</u> 人月	研究助理 人數： <u>2</u> 人 人月： <u>15</u> 人月

肆、計畫已獲得之主要成就與成果(output) (如論文篇數、技術移轉經費/項數、技術創新項數、技術服務項數、專利項數、著作權項數等)

論文篇數：

計畫 編號 A08	學術成就					技術產出					知識服務	
	期刊論文		研討會論文			專利申請數		專利獲得數		證照	研究 報告	研討 會
	國內	國外	國內	國外	摘要	國內	國外	國內	國外			
承諾	1	1	3	6	1					2	14	2
實際	1	1	5.8	9.35	2					2	18	3
達成度	100 %	100 %	193 %	156 %	200 %					100 %	129 %	150 %

技術創新項數：

1. 引進玻璃劑量計及計讀儀並建立劑量評估系統。
2. 引進歐盟 RP-65 號報告之含放射性物質商品對工作人員之曝露情節 (scenario)、曝露途徑 (pathway)，以及體內、體外劑量評估參數 (parameter)。以及英國國家放射防護委員會 (National Radiological Protection Board, NRPB) 之劑量評估模式，研究消費者在正常使用、正常廢棄、意外及誤用下之體外曝露及體內曝露的輻射劑量。
3. 自行研發配製環境放射性標準參考試樣，並藉以舉辦環境試樣放射性分析能力試驗。
4. 建立我國核設施除役輻射安全分析技術規範，及研發相關放射性核種分析技術並獲得美國 NIST 分析技術能力追溯。
5. 開發以蒙地卡羅方法結合醫學影像數值化人體模型，進行體內、外劑量評估技術研究，並應用於輻射防護及醫學物理等方面。
6. 利用 MCNP 計算機程式，建立計算周圍等效劑量對空氣克馬比之技術。
7. FWT60 劑量計通常用於量測光子輻射，本計畫用於量測電子輻射為國內首次之技術創新，具挑戰性。完成劑量計校正追溯至美國 NIST 標準及本所照射廠劑量與分布品質檢測，使 ^{60}Co 照射服務符合 ISO9001 品質規範，取得 TÜV 驗證證明。
8. 目前國內醫院以游離腔之 ^{137}Cs 及 250 kV X 射線校正因子的平均值作為 ^{192}Ir 近接治療射源校正因子，並不考慮游離腔壁及增建套所造成之能量衰減效應。本計畫利用 ^{137}Cs 及 250 kV X 射線光子能量加權計算方法，修正 ^{192}Ir 近接治療射源對於游離腔壁及增建套所造成的衰減效應，因此較未修正前之量測值提昇 0.5 % 以上的精確度。同時，本計畫亦組配井型游離腔、0.3 cm³ 游離腔及 PMMA 假體，建立可攜式之 ^{192}Ir 射源校正系統，可於實驗室及醫院進行射源強度之現場量測。

伍、評估主要成就及成果之價值與貢獻度(outcome)

(請以學術或技術成就、經濟效益、社會效益以及其它效益等項目詳述)

學術或技術成就：

擬將研究成果發表於國內、外學術研討會會議，以及國內、外知名期刊或雜誌發表。供國內、外相關游離輻射防護單位參考，以提升核能研究所的學術聲譽。

計畫 編號 A08	學術成就					技術產出					知識服務	
	期刊論文		研討會論文			專利申請數		專利獲得數		證照	研究 報告	研討 會
	國內	國外	國內	國外	摘要	國內	國外	國內	國外			
承諾	1	1	3	6	1					2	14	2
實際	1	1	5.8	9.35	2					2	18	3
達成度	100 %	100 %	193 %	156 %	200 %					100 %	129 %	150 %

經濟效益：

1. 本計劃為配主管機關執行游離輻射防護法第 21 及第 22 條、落實輻射醫療品質保證、合理抑低國民醫療診斷輻射集體劑量、含放射性物質之商品建立上市前之審查機制，確保國際間商品流通之互惠原則，所必須建立之技術規範與輻射劑量評估技術。為法規之執行事項，不適合以經濟評估其效益。配合主管機關執行游離輻射防護法，以落實對含放射性物質之商品建立上市前之審查機制，確保國際間商品流通之互惠原則，經濟效益顯著。本計畫提供劑量計的校正標準，對於劑量計的正確安全使用貢獻很大，促進核能輻防產業的發展。
2. 本計畫所建立之電子加速器劑量度量技術、近接治療射源強度量測技術及醫用加速器劑量驗證方法，均可節省國內近接治療射源、醫用游離腔及電子加速器劑量度量設備追溯國外標準所耗費之時間與經費。此外，亦可減少產品製程與放射治療時之人為誤差，大幅節省執行品質保證計畫所需之人力成本。
3. 本計畫研究成果可應用於放射治療，可提供更精確之體內、外劑量評估能力，若能大幅提昇其運算速度，將可應用於臨床之放射治療。
4. 執行良濤科技「生物可分解型發泡塑膠」及昶和纖維「功能性纖維布料」研發計畫之劑量檢測，共收入委託研究簽約金新台幣 1,580 千元。
5. 參與廠商委託合作研究，執行聚鼎科技公司「輻射工程應用於熱可逆電阻塑膠聚合物」委託計畫之輻照劑量計測工作，本所取得委託研究契約金新台幣 1,000 千元。
6. 本計畫建立之 ^{192}Ir 近接治療射源強度量測系統及校正技術，不但可提供國內醫療院所及射源進口廠商之射源強度追溯，並可利用經過校正之井型游離腔等設備，至醫院進行 ^{192}Ir 近接治療射源之現場游校服

務。預估每年可提供 100 顆以上之射源強度追溯，並可大量節省醫院射源或游離腔送至國外實驗室所耗費之時間及經費。

社會效益：

1. 我國如實施放射診斷病人劑量約束值之限制與稽查，預期將能抑低我國國民醫療集體劑量，對社會有顯著而正面之影響。將符合國際原子能總署對醫療輻射劑量設定引導水平之政策。
2. 自行研發配製環境標準參考試樣舉辦能力試驗，建立我國環測領域之量測追溯體系，確保環測數據的品質與公信力。
3. 所建立放射診斷劑量評估方法如實施用於放射診斷病人劑量約束值之限制與稽查將能抑低我國國民醫療集體劑量，商品輻射劑量評估模式的建立將能確保社會大眾商品消費的輻射安全與健康，而環境實驗室品質系統量測追溯的建立將使得國內相關環測實驗室的量測數據得以有一致的比較與能力追溯，核設施除役輻射安全分析規範的建立將得以落實政府與社會民眾輻安家園的願景，進而提升國家的國際形象。
4. 利用新的作業量標準來校正劑量計，不僅提升我國國際形象，並且表明我國輻防科技跟得上國際潮流，落實游離輻射防護法的執行。
5. 電子加速器輻射劑量之計測及品質控制，為研究、開發與生產各種功能材料性材料之關鍵技術，除本計畫外，國內尚未有相關研究單位建立電子加速器輻射劑量計測設備與技術。為進一步掌握對電子束能量、被照射產品吸收劑量及劑量分布情形之評估技術，本計畫將再建立相關之量測分析與品質控制能力，並提供技術服務支援，以解決國內產業界面臨的問題。
6. 所建立之校正系統及量測技術不但可以解決國內 ^{192}Ir 近接治療射源校正與 IMRT 劑量驗證問題，落實游離輻射防護法之醫療曝露品質保證，並可充分確保國人就診之輻射安全及醫療品質。
7. 建構完整之輻射劑量評估技術以及以蒙地卡羅方法結合數值化人體模型，不但可以進行體內、外劑量評估，應用於輻射防護方面，更可結合實體臨床案例模型，應用於放射治療之精準劑量評估，提昇醫療品質，其對民眾有切身之影響。另外，評估技術之開發可以提供輻防管制單位作為建立本土化體內、外劑量轉換因數之基礎，以落實輻射防護管制作業。
8. 應用已建立之技術，可與產業界或研究機構進行材料開發輻射效應分析研究，改進材料品質與功能，包括：生醫高分子材料之研發與應用(如工技院化工所創傷覆蓋用膠原蛋白材料及生物吸收性 PLGA 材料等)。光電元件材料之研發與應用(如聚鼎科技、冠德光電之熱敏可復式電阻、光籤及半導體材料等)及其他高分子材料之研發與應用(如功能聚合體及混合體等)，亦可提供國內各醫療機構之「血品輻照」劑量品控

技術服務，預防輸血病人發生-移植物反宿主病(GVHD)，確保病患之健康與安全。

9. ^{192}Ir 近接治療射源強度校正及醫用加速器劑量驗證均為醫院放射腫瘤科執行醫療曝露品質保證計畫之重要工作項目。本計畫所建立之校正系統及量測技術不但可以解決國內 ^{192}Ir 近接治療射源校正與 IMRT 劑量驗證問題，落實游離輻射防護法之醫療曝露品質保證，並可充分確保國人就診之輻射安全及醫療品質。

其它效益：

1. 完成撰寫「環境試樣放射性核種分析不確定度評估指引(草案)」供環測單位及主管機關作為執行輻防法規之參考。
2. 完成修正放射診斷病人入射表面劑量稽查技術規範(草案)。
3. 完成含放射性物質商品活度限值及對民眾劑量影響之研究報告。
4. 完成放射防護器材與含放射性產品管理辦法(草案)
5. 完成含放射性物質消費品之防護管理規定(草案)
6. 完成建築材料放射性核種限量標準(草案)
7. 完成 The ICRP 66 Internal Radiation Exposure Control and Dose Evaluation of The Institute of Nuclear Energy Research 論文報告
8. 完成撰寫「環境試樣放射性核種分析不確定度評估指引(草案)」。
9. 建立量測電子射束劑量範圍 5.0 kGy 至 70 kGy、擴充不確定度(k=2)小於 5% 之技術能力，並提供對外技術服務。
10. 與美國 NIST 國家實驗室進行電子輻射劑量之量測比對，雙方評估劑量之差異在 3.6% 以內，小於系統之量測不確定度，比對結果具有一致性。
11. 提供電子輻射計測技術，與業界合作或受委託從事生醫及電子材料或紡織布料創新研發，提升品質，創造經濟利益。
12. 完成近接治療射源校正實驗室之屏蔽計算 輻射防護評估與整建工程。
13. 與德國 PTB 國家實驗室進行 ^{192}Ir 近接治療射源強度之量測比對，雙方比對差異為 2%，在量測不確定度之範圍內，比對結果具有一致性。
14. 建立醫院近接治療射源之現場校正方法及完成近接治療品保作業程序。
15. 利用二維陣列輻射劑量量測系統及熱發光劑量計完成 IMRT 相對劑量之量測。

陸、與相關計畫之配合

與相關計畫互動良好，且對於良濤科技「生物可分解型發泡塑膠」及昶和纖維「功能性纖維布料」之研發計畫，均可配合執行劑量檢測。

柒、後續工作構想之重點

1. 舉辦 94 年度環境試樣放射性分析能力試驗。
2. 研發配製人員生物標準參考試樣。
3. 通過美國 NIST 環境試樣（土壤、濾紙、水樣）及合成尿樣分析追溯。
4. 所開發之數值化人體模型建立技術，目前因其所需計算時間較長，無法實際應用於醫學物理之例行計算，後續可用於驗證放射治療計畫之劑量評估準確度，或增強電腦平行化計算方法或軟體加速技術以期應用於例行放射治療計畫，亦可因應需要進行本土化人體模型建立並評估器官劑量轉換因數。
5. 應用已建立之技術，繼續與業界合作從事生醫、電子及功能性材料之最適劑量檢測與評估，促進產業升級，創造經濟利益。
6. 進行 ^{192}Ir 近接治療射源校正系統量測不確定度之評估。
7. 完成 ^{192}Ir 近接治療射源校正系統操作程序書及評估報告之撰寫，開放射源強度之校正服務。
8. 組配井型高壓游離腔、壓克力假體、腔型游離腔、電量計及數據自動擷取系統等裝置，建立醫院 ^{192}Ir 近接治療射源之現場游校技術。
9. 與醫學物理學會、醫院合作，利用熱發光劑量計及假體等材料，完成 IMRT 輸出劑量之評估驗證。

捌、檢討與展望

- 一、本計畫目標深具挑戰性與創新性，研發成果除可供主管機關作為執行法規之參考外，並可提升學術水準。
- 二、核能研究所建立 ICRP 60 體外輻射劑量之儀器校正技術，以因應國際水準及日趨廣泛的國內產業界之輻防需求，將知識與技術導入民生經濟之實際應用貢獻具
- 三、核能研究所建立高強度輻射劑量度量技術，已實際應用於國內生醫、高分子、電子等功能材料開發及醫療品保，有效提昇產業研發能力與確保放射醫療品質。

填表人：張淑君 聯絡電話：(03)471-1400 轉 7604 FAX NO：(03)471-1171

原子能委員會科技計畫成果績效評估報告

(93 年度科技計畫經費一千萬元以上)
(由部會署聘請五位以上專家委員評估彙總)

計畫名稱：精進輻射防護評估與偵測技術

主持人：施建樑

審議編號(檔號)：93-2001-14-01-03-35

執行單位：核能研究所保健物理組

壹、本計畫主要成就貢獻(評述計畫研發成果與執行績效)

- 一、落實輻射防護法的執行，健全國內輻射防護管制體系。
- 二、協助輻射醫療品質保證之推行，確保國人的醫療輻射安全。
- 三、配合產業及民生應用需要，建立相關之檢測技術，提供支援與服務。
- 四、計畫研發所累積的經驗與成果，均已發表於國內外期刊、會議或相關之技術報告，提昇我國游離輻射領域的學術成就。

貳、計畫經費與人力運用(評估計畫資源使用之效益性)

本計畫預算經費數為21,031千元，實際支用(含結報數、預付數、政策指示流用數)21,031千元，支用比率為100%。資本門編列經費計10,248千元，實際支用10,248千元，支用比率為100%。另相關研究人員在職級分佈及學歷專長分配皆屬適當，在質與量的控制方面亦相當良好。

參、評估主要成就及成果之績效(outcome)

(評估主要成就及成果之價值與貢獻度)

(分就學術或技術成就、經濟效益、社會效益以及其它效益；
並以五等第評量 5 為優 4 為良 3 為可 2 為稍差 1 為劣)

學術或技術成就；經濟效益；社會效益；其它效益

一、學術或技術成就：

依核研所自評報告書中學術或技術成就敘述，並經評審小組實地審查及討論結果，本項績效「良」。

二、經濟效益：

依核研所自評報告書中經濟效益敘述，並經評審小組實地審查及討論結果，本項績效「良」。

三、社會效益：

依核研所自評報告書中社會效益敘述，經評審小組實地審查及討論結果，本項績效「優」。

四、其它效益

依核研所自評報告書中其它敘述，經評審小組實地審查及討論結果，本項績效「良」。

肆、綜合意見：

- 一、有助於支援落實輻防法執行及產業與民生應用需要。
- 二、積極引進輻防技術，其輻射技術應用及輔導醫療及其它產業，目前已有具體成果，期能繼續並擴大。
- 三、本計畫以輻防法規需要及應用為主體，兼具醫療輻射技術之提昇，雖然真正的直接經濟效益不太顯著，但其間接的社會及其它之影響可觀。
- 四、協助醫界建立如診斷 X-光劑量的標準、銥-192 近接治療射源校正等，有實質上貢獻。

伍、績效評量： 優 良 可 差 劣

評估委員：施純寬、白寶實、徐懷瓊、陳條宗、易惠南、黃平輝、董傳中、洪志宏、江祥輝、葉偉文、劉仁賢、陳宜彬等 12 位

評估時間：94 年 01 月 31 日