

# 政府科技計畫成果效益報告

計畫名稱：核設施除役之輻射安全與人員生物劑量  
評估技術研究(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：行政院原子能委員會輻射防護處

委託行政院原子能委員會核能研究所

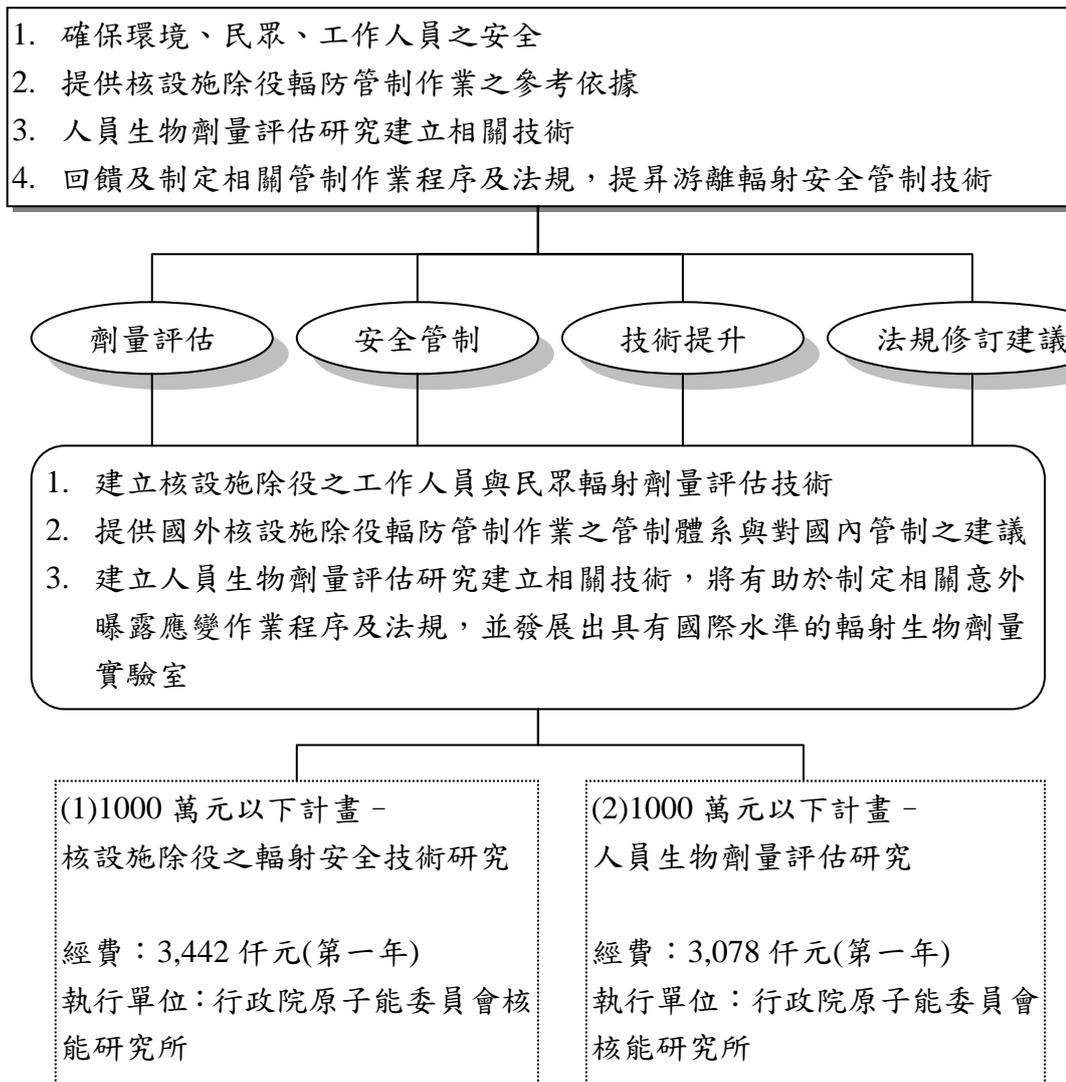
# 目錄

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 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).....                  | 6  |
| 三、計畫主要內容.....                      | 7  |
| 肆、計畫經費與人力執行情形.....                 | 14 |
| 伍、計畫已獲得之主要成果與重大突破(含量化成果 output)... | 16 |
| 陸、主要成就及成果之價值與貢獻度(outcome).....     | 21 |
| 柒、與相關計畫之配合.....                    | 24 |
| 捌、後續工作構想之重點.....                   | 24 |
| 玖、檢討與展望.....                       | 24 |

# 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  
|  
績效衡量指標  
|  
執行措施(綱要計畫)



## 貳、基本資料：

計畫名稱：核設施除役之輻射安全與人員生物劑量評估技術研究(1/4)

主持人：李若燦

審議編號：102-2001-02-04-20

計畫期間(全程)：102年1月1日至105年12月31日

年度經費：6,520千元 全程經費規劃：27,292千元

執行單位：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：

#### (一)核設施除役之輻射安全技術研究

有鑑於日本福島核災後，國人對核電安全與節能減碳議題的關切，目前政府正以積極務實、負責任的態度規劃「確保核安、穩健減核、打造綠能低碳環境、逐步邁向非核家園」的能源發展政策，對於既有核電廠將不再延役，並依規定展開核電廠除役計畫。對於國內最早啟用的核一廠一號機，其運轉期限為107年底，台電公司應於104年底前提出除役計畫，故主管機關本於管制之立場，亟需針對未來國內核設施除役之輻射安全議題，參考國際發展趨勢，預先進行相關研究、調查，以為日後建立合宜之管制規範、審查及評估技術，奠定基礎。

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。計畫將參考國際規範，並對於核設施除役之輻射偵檢儀器檢校技術、環境試樣放射性活度分析技術、人員與環境劑量評估技術，進行深入之研究探討，以提升核設施除役之輻射監測能力與輻防管制品質，有效確保環境、民眾與工作人員之輻射安全。

## (二)人員生物劑量評估研究

生物劑量計是針對人體經游離輻射曝露後，人體淋巴球發生染色體變異，再利用劑量與效應的關係，對應出人體在輻射曝露時所接受的劑量。目前生物劑量使用相當廣泛，而較常應用在較高的輻射曝露意外事件，由於部分受曝者可能沒有佩戴人員劑量計，在此情形下，除現場及輻射源的物理特性評估人員劑量外，亦可使用生物劑量計技術評估。

一般而言，生物劑量是最趨近於受曝者真實所接受的劑量。生物體內作為生物劑量計最常使用的方法為染色體變異分析，即由分析染色體變異的程度及數量來對應所接受的劑量。染色體變異經過輻射照射後所產生的變異，依照細胞是否仍有保留分裂的能力，可以分成不穩定變異及穩定變異兩類。不穩定變異方面，有三種以上的型態，如雙中節(dicentrics)、環形(rings) 和後期橋(anaphase bridge)。其中雙中節和環形變異發生在染色體尚未複製之前，而 anaphase bridge 則發生染色體複製之後，這三種變異通常都會伴隨著無中節的染色體片段產生，且由於此三種變異的發生會造成細胞分裂失敗，使細胞無法繼續存活，故稱之為不穩定性變異。穩定性變異方面則有易位(translocations)和缺失(deletions)。易位是指不同染色體片段互相交換，而缺失則是染色體某一小片段的遺去，這兩種變異仍然可進行細胞分裂，故細胞仍可存活下來。細胞染色體對於輻射非常的敏感，目前應用最廣泛的，即是抽取人體週邊循環血液中的淋巴球來作分析。淋巴球來作分析有幾個優點：人體組織中以淋巴球對於輻射最為敏感，淋巴球隨血液做全身循環，血液中的淋巴球，有 99.9% 是處於細胞週期中的 G0 期，對輻射敏感度是一致的；淋巴細胞較其他細胞易於取得，只需簡單的抽血、分離及培養技術，就可得到足夠的細胞以供分析檢查。染色體變異頻率與劑量的關係有二次線性的關係，人體淋巴球細胞經過鈷-60 照射後分析其雙中節及環形變異頻率，關係呈現線性平方的關係：在劑

量低於 1 Gy 時，通常以單一次碰撞事件為主；當劑量高於 1 Gy 時，價電子數目增多，使得變異事件快速增加，其速率常以二次方上升，因此染色體雙中節評估技術為生物劑量計計劃最基本需建立之技術。

世界衛生組織(WHO)建立的全球的生物劑量支援網路( framework for a global biodosimetry network - BioDoseNet) ，即是以細胞學的生物劑量技術 (cytogenetic)中雙中節不穩定變異分析作為主體發展。以雙中節、環形等不穩定變異推算劑量時，通常使用於急性曝露的情況，且最好是曝露後越早分析愈好，以免受到細胞死亡更新或其它因素的干擾。根據國際原子能總署(IAEA)及美國衛生與人類服務部(The United States Department of Health and Human Services)更指出雙中節染色體分析應用適用於急性、短期數個月內發生之事件評估。ISO19238 更依據 IAEA 及國際目前研發狀況訂定了相關作業程序供標準實驗室遵行。

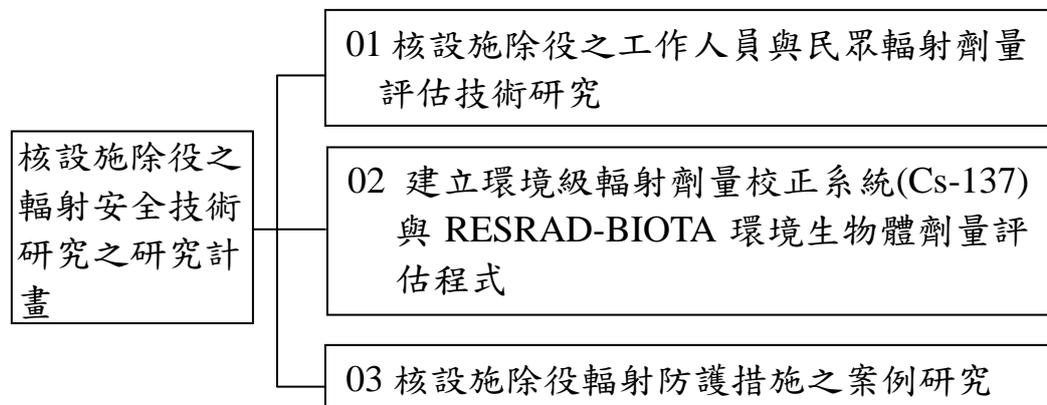
核研所自 100 年起承接原能會計畫，重建生物劑量研發能力後。更於 102-105 年接續之前研發能力，短期目標以提升生物劑量實驗室能力為主，中期目標為建立專業生物劑量實驗室硬體為主，長期目標為提升實驗室品質，申請實驗室認證，建立具公信力之專業實驗室。

策略上，透過與國內醫學中心合作，獲得人體血樣合法提供，並透過合作關係共同分析數據，比對國內不同實驗室分析能力。另外於核研所建置符合衛生署規範之第二級生物安全實驗室，以進行臨床檢體操作。並積極透過國內認證系統-財團法人全國認證基金會(Taiwan Accreditation Foundation；TAF)申請國內實驗室能力認證。在與國際接軌上，持續與日本的 BioDoseNet 委員 Dr. Mitsuaki Yoshida 及加拿大 Dr. Ruth Wilkins 密切聯繫，進行分析能力及專業討論，以提升國內分析人員分析能力。藉由生物劑量實驗室軟硬體不斷提升，累積國人分析數據，進而朝亞洲參考實驗室努力。

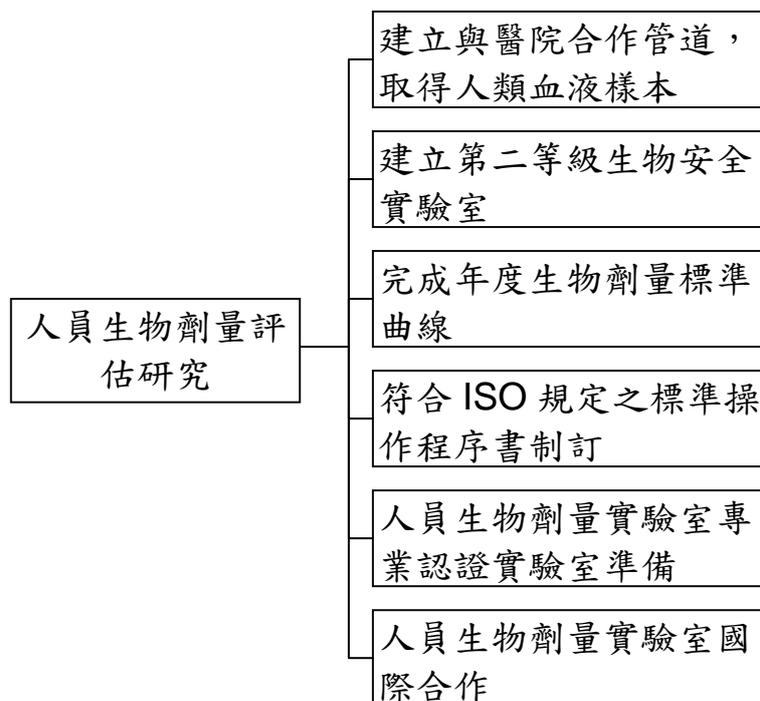
## 二、計畫架構(含樹狀圖)：

### (一)核設施除役之輻射安全技術研究

102 年「核設施除役之輻射安全技術研究」計畫之架構共包括三個工作項目：



## (二)人員生物劑量評估研究



## 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)核設施除役之輻射安全技術研究

配合政府穩健減核與逐步邁向非核家園之政策，核設施除役技術發展是國家現階段共同關切及努力的一項議題，除役期間之工作

人員、週遭居民之人員劑量評估及場所外輻射偵檢與環境輻射監測，可視為有效保障人員安全與環境品質之關鍵。本計畫執行目標即為配合國際標準規範，確認各種型式除役輻射偵測儀器之使用功能、適用範圍及最佳偵測條件等基本特性，建立相關之儀器校正系統、標準測試源與性能評估技術，並研製本土化環境試樣參考物質與進行核設施除役人員及環境劑量評估方法之研究，可有效落實核設施除役之管制作業，確保環境與人員之輻射安全。

本計畫之總目標為建立及精進核設施除役之輻射偵檢儀器與人員、環境劑量管制所需的檢校評估技術，以建構完整的輻射防護管制體系，確保核設施除役期間及除役後，廠區及周圍地區之環境與人員輻射安全。

102 年度目標與執行成果為：

#### 1.核設施除役之工作人員與民眾輻射劑量評估技術研究

本計畫蒐集國內外關於輻射劑量評估及輻射防護措施的文獻，整理法規與技術規範。各類型除役活動(Decommissioning activities)對於不同環境議題(Environmental impacts)的影響，可藉由 NUREG-0586 報告中的一套完整的環境影響評估流程(附件 1)進行評估，本評估方式為先建立除役活動進行中，可能造成環境影響的環境議題表(附件 2)與除役活動表(附件 3)，再經由第 1 級矩陣，確認這些除役活動內容中的各種變數是否會對環境影響分析結果造成改變，然後再進行第 2 級矩陣的評估，確認這項除役活動的變數對於環境造成那些特定的改變。

當完整的依據環境影響評估流程，分析評估後，審查者可以界定除役活動的層級(Level)，層級可分為 3 種：輕微(Small)、中等(Moderate)以及重大(Large)，並將環境議題區別為通用狀況(Generic)或是廠址特性(Site-specific)。

本計畫依據所環境影響評估流程，對於除役活動所造成的輻射劑量影響，分為 4 部分討論，分別為：法源依據(Regulations)、除役活動所造成的潛在影響 (Potential impacts from decommissioning activities)、評估方式 (Evaluation) 與結論 (Conclusion)，最後界定輻射劑量之環境議題的層級以及適用性，以提供審查者作為發行許可執照之參考依據。

## 2. 建立環境級輻射劑量校正系統(Cs-137)與 RESRAD-BIOTA 環境生物體劑量評估程式

(1) 至 RESRAD 網站註冊，下載最新版 RESRAD-BIOTA 環境生物體劑量評估程式，並完成程式安裝；並參考美國能源部(DOE) 技術標準，瞭解程式各項參數與功能，進行程式運跑(如附件 4)，完成環境生物體劑量評估程式操作程序書。

(2) 完成 Cs-137 環境級輻射劑量校正系統(附件 5)組裝與性能測試，並利用屏蔽與衰減片設計，使單一 Cs-137 射源能產生三種不同強度之輻射場，且評估輻射場強度能達到  $3 \times 10^{-4} \mu\text{Gy/s}$  以下。本系統用以提供國內輻射偵檢儀器之校正，因此輻射場之條件應符合量測與校正需要，同時為與國際接軌，依據 ISO-4037 及 IEC-60731 規範，進行環境級輻射劑量校正系統之評估，各項目之建立和評估結果如下：

A. Cs-137 射源：OHMART CORP 產製之 Cs-137 射源，在 1991 年 2 月時強度 10 居里，半衰期 11050 天，加馬能量 661.6 keV。

B. 衰減片及射束孔：衰減片以鉛製作，依衰減 1.5/100 及 5/10000 之需求分別製作的厚度為 3.57 cm 及 6.54 cm，直徑為 12 cm。為減少散射，射束孔設計為階梯式錐形孔，長度 17 cm，外圓徑 9.5 cm，內圓徑 8.5 cm，錐形孔壁厚 1.5 cm。

活動錐形孔可照野大小可選擇之範圍為 150~350 mm。

C.射束大小及均勻度評估：標準輻射場，在中心距射源 293.8 cm 處標定。因此射束均勻度在此位置測定。射束大小及均勻度以蓋革計數器測定之。測定時分上下與左右，取適當間隔測定，測定結果如附件 6。附件 6 之圖 1 是左右邊輻射場分佈，圖之參考方向是以面對照射器分左右邊，圖 1 以「-」號表示左邊、「+」號表示右邊。圖 2 是上下邊輻射場分佈，圖之參考方向以「-」號表示下邊、「+」號表示上邊。分析圖 1、2 以中心軸取 95%劑量分佈範圍，其直徑為 17.5 cm，因此在量測與校正上就取照野直徑 17.5 cm 為最大應用範圍。

D.照射系統散射量評估：依據 ISO 4037-1 規範，照射系統在各照射位置的射束中，散射量應在 5%以內。應用一倍射束半徑之外，量測數值與中心量測數值之比例，評估散射百分比。本系統量測分析結果散射與主射束之比例為 0.17%。

E.量測儀器評估：靜電計、溫度與氣壓計之需求評估，是依據之量測結果不確定度，其影響輻射量測與校正結果不確定度之量應小於 0.1%。依此要求，靜電計、溫度與氣壓計之量測結果不確定度分別為 0.05%，經評估本系中之靜電計、溫度與氣壓計均能符合要求。唯靜電計在極微弱之信號下，例在  $2 \times 10^{-12}$  A 電流以下之量測，靜電計量測受到自身特性及環境干擾影響，量測結果會有較大之誤差，評估其不確定度會到 3%。

F.量測不確定度評估：本系統完整之量測結果應以量測值和量測不確定度表示，校正時則以校正因子和量測不確定表示。

本系統量測不確定度引用 ISO GUM 量測不確定度指引 (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, 1992) 所建議之方法進行評估, 評估結果如附件 7 之表 1 至 6 所示。

### 3.核設施除役輻射防護措施之案例研究

本計畫參考國際間核能電廠的除役經驗, 分析輻射防護措施中的輻射劑量, 主要區分為工作人員劑量評估與民眾劑量評估, 分述如下:

- (1)評估工作人員輻射劑量(Occupational dose): 參考 NUREG-0672 報告中, 美國 WNP-2 (Washington Public Power Supply System's Nuclear Project Number 2) 電廠的經驗, 若是在除役活動進行前或進行中需要預先評估, 可依據除役工法與除役各階段的核設施特性, 預估各設施或組件周圍的潛在性輻射劑量率, 再依據工作人員在除役工作執行時所停留的時間, 進行工作人員劑量的評估。而 NUREG-0586 所彙整的電廠, 由於已經實際完成除役活動, 所以列出的工作人員劑量係採用各工作人員所配戴的個人劑量計(Personal dosimeters)的計讀結果, 這些計讀結果代表了對於身體各器官皆為均勻的劑量結果。自從 1984 年以來, 在 NRC 組織的要求下, 許多核設施都有提供劑量紀錄的劑量計計畫以取得 NIST 組織的認證。建立輻射工作情境、模式與相關數據假設, 依據可能造成輻射劑量的放射性核種活度、輻射工作人員吸入或攝入放射性核種之劑量轉換係數, 評估輻射工作人員的輻射劑量, 並進行輻射工作人員的輻射防護措施研擬。
- (2)評估民眾劑量(Public dose): 主要係以外釋至環境的放射性物質濃度(包含放射性液體與放射性氣體)來推估廠址外關鍵群體

的民眾劑量，而考量的曝露途徑可以參考 RG1.109 報告中的模式進行評估，原則上與例行運轉時的劑量評估方式一致，例如美國 SONGS (San Onofre Nuclear Generating Station) 電廠。但根據電廠的需求，經過實際量測與分析後，也有的電廠僅考量除役活動中放射性氣體對於廠址外的民眾劑量之影響，而忽略放射性液體的民眾劑量影響，例如美國 WNP-2 (Washington Public Power Supply System's Nuclear Project Number 2) 電廠。參考 NUREG-0586 所評估的除役活動進行時之民眾劑量，其劑量水平比例行運轉時低很多，因為除役活動進行期間，電廠為停機狀態，所以主要的放射性物質的外釋量，不論是放射性液體或氣體排放量皆比較小，請參考附件 8。雖然如此，除役活動進行期間，仍然需要評估這些由核設施殘餘放射性物質所產生的較低水平的放射性核種排放量，其所造成的民眾劑量。這些劑量是十分少的，在所收集到除役進行中的電廠資料，平均每年的電廠周圍 50 公里內的集體民眾劑量低於 0.01 [人-西弗]

## (二)人員生物劑量評估研究

### 1. 建立與醫院合作管道，取得人類血液樣本

人員生物劑量評估研究最主要的研究樣品為人類血液樣品，依據衛生署 91 年公告、95 年修正之研究用人體檢體採集與使用注意事項：採集與使用檢體應先提具研究計畫書，並經人體試驗委員會或其他類似之倫理委員會（以下簡稱倫理委員會 IRB）審核同意，始得為之。所以為合法且於當年度順利取得檢體進行相關試驗，本計畫需提早規劃血液樣品取得程序。100 年度時核能研究所藉由合作與慈濟大學進行 100-101 年度血液臨床試驗申請，於 100 年 11 月通過申請，開始使用臨床檢體。在 101 年度申請 102 年計畫展延，也在 101 年度 11 月獲得申請，因此 102 年度可順利取得臨床檢體使用(附件 11)。而 103 年以後血液樣品的取得也應及早規劃(附件 12)，因此在 102 年度，我們規劃 103 年以後的 IRB 申請，使得此計畫的主要研究素材源源不斷不致終止，而使得國人生物劑量研究之結果具有其效益。

### 2. 建立第二等級生物安全實驗室

根據傳染病防治法、感染性生物材料管理傳染病病人檢體採檢辦法及生物安全管理法，從野外收集之臨床檢體或流行病學樣本(臨床檢體)，均應遵循標準防護方法，並採取隔離防護措施(如手套、防護衣、眼罩)。基礎防護—處理此類檢體時，最低需求是生物安全第二等級之操作及程序。人員生物劑量研究主材料為人體血液臨床檢體，在生物危害歸類中屬於第二級危害(RG2)，其定義為可能導致人類疾病，不太可能在人群中傳播，通常有有效預防或治療措施，操作此類危害生物材料，需在第二級生物安全防護(BSL2/P2)及操作要求下執行。為符合相關操作規定，故 102 年度進行第二等級生物安全實驗室建置，從操作檢體的生物安全櫃、實驗室空調管理至進出人員教育訓練及管理之生物安全委員

會均需依規定建置(附件 13、14、15、16)，達到專業實驗室應有的性能及品質。

### 3. 完成年度生物劑量標準曲線

生物劑量評估的準確性，首重所建立的生物劑量標準曲線之可信度及精確度。100-101 年度核能研究所著重建立雙中節分析技術及相關能力驗證項目，並完成一例生物劑量標準曲線(附件 18、21)，在 102 年開始，我們將集中分析能力增加分析案例，並使染色體分析數目符合 ISO19238 內規定：每個檢體需要至少計算 500 顆細胞(附件 19、20、22、23)。

作業程序：由慈濟大學將通過人體試驗倫理委員會之血液樣品依 ISO19238 規定於 48 小時內以室溫郵件方式寄送。核研所取得血液樣品後，先以水中鈷-60 進行 0、0.25、0.5、1、2、3、4、5 Gy 共八組不同劑量照射。將經過輻射曝露處理的血樣進行淋巴球細胞培養，取血樣 1ml 加入 1-2%PHA 及 8ml 含 10% FBS 之 RPMI-1640 培養液中於 25T 培養皿中培養。經 45 小時培養後加入 1 g Colcemid。培養 48 小時後，將血液轉置於離心管中離心收取細胞。將離心後檢體加 5-7 mL 0.54% KCl 低張水溶液於 37°C 恆溫培養箱內作用 30 分鐘後，加 1ml 固定液進行 prefix 而後離心去掉上清液，細胞團塊再以 8ml 固定液固定並離心，此步驟將重複 2-3 次直至細胞團塊呈現白色為止，最後再視細胞數加入適量固定液進行玻片滴片製作。將玻片先以酸洗，而後利用清水沖洗並置於 35% 酒精中備用。將已製備完成之檢體利用噴滴於清洗過之玻片上，接著利用火烤或 45-65°C 烘片機將染色體分散固定於玻片上，最後再以 65°C 進行烘乾至少 30 分鐘。製作完成的染色體玻片利用 Wright stain 進行染色後烘乾、封片，帶染色體玻片風乾後即完成玻片製作，可存於乾燥箱中陸續以顯微鏡觀測染色體。顯微鏡觀察和紀錄：利用 ZEISS Axio Imager Z2 OEM 顯微鏡系統觀察，先用低倍(100X) 找到細胞染色體，再以(630X) 油鏡

觀察 46 個染色體以 Metasystem 4 進行影像擷取，同時記錄影像。將所擷取的影像進行第一次分析，選取處於 meta phase 的染色體細胞進一步製作成分析檔案，進階分析的標準第一步驟先確認具 46 個中節細胞才計算，接著進行染色體變異分析，包含斷片、環形、雙中節、多中節，多中節染色體記錄為 n-1 個雙中節。經過整理統計後，Chromosomal Aberrations Calculation Software (CABAS)專業分析染色體軟體，分析計算出實驗之標準曲線線性關係。

#### 4. 符合 ISO 規定之標準操作程序書制定

生物劑量分析目前仍由人藉由專業訓練後以肉眼分析，此種分析會因專業訓練、經驗及個人主觀判別而有誤差，所以在 ISO19238 中會提及每項分析需有 500 顆數目以上細胞分析來提高分析可信度，而除了以提高分析數目之外，專業的訓練及標準操作程序在此也顯得格外重要。此計畫中，我們將建立訓練、考核機制，並將所有過程標準文件化，此除了對於人員訓練有系統外，亦對於人員培育有所助益，將使所有參與分析人員能力一致也使得作業有所依據，另外對於實驗室未來專業認證都有一定幫助。

#### 5. 人員生物劑量實驗室專業認證實驗室準備

一間具公信力之專業實驗室，通過國際機構認證是很重要的。而生物劑量實驗室目前在國內乃為前瞻創新實驗室，並無相關認證，因此核能研究所人員生物劑量實驗室身負重任，在今年度將依據國際上所依循的是 ISO 19238:2004(E)輻射防護-服務實驗室以細胞遺傳學檢測技術測量生物劑量之操作準則及 ISO 21243:2008(E)輻射防護-在大規模輻射或核子性緊急狀況下，利用細胞遺傳學檢傷分類法進行評估之實驗室執行準則-一般原則及雙中節分析之應用兩份文件，進一步與國內認證機構如 TAF 財團法人全國認證基金會(Taiwan Accreditation Foundation)或 TSQA 台灣生醫品質保證

協會(Taiwan Society of Quality Assurance)溝通、討論，確認人員生物劑量實驗室屬性及認證資格與準備事宜。

#### 6. 人員生物劑量實驗室國際合作

國外先進核能應用國家在國家級生物劑量實驗室皆已建立，WHO 更於 2007 年 12 月在瑞士日內瓦舉辦一個諮詢會議商討建立全球的生物劑量支援網路( framework for a global biodosimetry network–BioDoseNet)，此支援網路聚焦在細胞學的生物劑量技術(cytogenetic biodosimetry)，相關的合作活動以及如何運作此支援網絡。雖然我國不在世界衛生組織(World Health Organization，WHO)會員國內，無法成為 BioDoseNet 認可之參考實驗室 (Reference Lab)，但在策略上，我國可仍積極與國際聯繫，加強分析能力比對(附件 17)，規劃邀請國際專家來台進行實際分析結果討論(附件 24、25、26)，增加國際交流，將可提升我國在國際生物劑量領域中的可見度。

## 肆、計畫經費與人力執行情形

### 一、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(千元) | 名稱             | 經費(千元) |     |                |      |
| 核設施除役之輻射安全技術研究 | 3,442  | 核設施除役之輻射安全技術研究 | 3,442  | 李振弘 | 行政院原子能委員會核能研究所 | 保物組  |
| 人員生物劑量評估研究     | 3,078  | 人員生物劑量評估研究     | 3,078  | 張志賢 | 行政院原子能委員會核能研究所 | 同位素組 |

#### (二) 經資門經費表

##### 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  |       | 0   | 0   |                                       |       |    |
| 業務費  | 研究設備費 | [除役預算] 917,000<br>執行數： 848,012<br>[生物預算]1,849,000<br>執行數： 1,776,430     | 0   | 預算：<br>2,766,000<br>執行數：<br>2,624,442 | 94.9% |    |
|      | 材料與雜費 | [除役預算] 2,225,000<br>執行數： 2,195,317<br>[生物預算]1,229,000<br>執行數： 1,223,846 | 0   | 預算：<br>3,754,000<br>執行數：<br>3,419,163 | 91.1% |    |
| 管理費  |       | 0   | 0   |                                       |       |    |

#### 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，業務費繳回 370,000 元；期末結餘經費 10,6395 元

### (三)計畫人力

人力統計截止日期：102.12.23

| 計畫名稱           | 執行情形 | 總人力<br>(人年) | 研究員級 | 副研究員級 | 助理研究員級 | 助理  |
|----------------|------|-------------|------|-------|--------|-----|
| 核設施除役之輻射安全技術研究 | 原訂   | 1.6         | 0    | 0.1   | 1.3    | 0.2 |
|                | 實際   | 1.6         | 0    | 0.1   | 1.3    | 0.2 |
|                | 差異   | 0           | 0    | 0     | 0      | 0   |
| 人員生物劑量評估研究     | 原訂   | 1.2         | 0    | 0.1   | 1.1    | 0   |
|                | 實際   | 1.2         | 0    | 0.1   | 1.1    | 0   |
|                | 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 |                  |
|-----|-------|-------------------------------|---------|------------------|
|     |       |                               | 學歷      | 專長               |
| 李振弘 | 計畫主持人 | 計畫管理與推動、協調<br>1.2 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  |
| 張志賢 | 計畫主持人 | 計畫主持人、統籌計劃之規劃、推動與協調<br>0.1 人年 | 學歷      | 博士               |
|     |       |                               | 經歷      | 核能研究所副研究員        |
|     |       |                               | 專長      | 放射藥/毒理學、免疫學、輻射劑量 |

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(2)技術創新(3)經濟效益(4)社會影響(5)非研究類成就(6)其他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)2013 年 WMIC 論文一篇。Dicentric Chromosome Assay for Dose estimation by Microscopic Molecular Imaging。

(2)2013 核醫年會論文二篇發表。

(a)口頭報告。“建立國內人員輻射劑量雙中節標準曲線”。

(b)海報論文。“Dicentric Chromosome Assay for Dose estimation in Radiation Biodosimetry”。

#### 2. 技術創新

環境級輻射劑量校正系統中之屏蔽式低散射輻射量測儀器校正設備設計(如附件 5)，可有效降低環境中之背景輻射，並透過準直儀的設計，使射束照野小於設施之射束出入口孔徑，避免射源照射所產生之散射輻射影響待校正儀器測試、校正或實驗之準確度，屏蔽裝置內部設置有照明裝置、視訊監測器、溫濕度與氣壓等環境監測功能，可即時監控與顯示待校正儀器之量測訊號。目前該設計已完成美國專利審查意見回覆，並取得美國發明專利證書(如附件 9)。

人員生物劑量評估相關研究，目前在國內並無專業實驗室，本計畫接受原能會委託重建國內人員生物劑量評估研究。綜觀國際目前於生物劑量計相關研究，仍一致認為雙中節分析乃為一快

速簡單且符合效益之”GOLD STANDARD”，所以首要條件乃是建立人類淋巴球染色體雙中節劑量反應曲線，再依據國際 ISO 2004 及 2008 年公告的 ISO19238 及 ISO21243 內容提及的 FPG(螢光加姬姆染色法)等方法建立，乃為國內唯一在人員生物劑量研究上之專業實驗室及專業技術。除此之外，目前核研所與國際密切聯繫，除原有 GABAS 分析軟體外，亦新加入 Dose Estimate 軟體，進行更多統計整理分析。加上利用影像擷取系統後，以 Picsa 軟體協助進行影像整理分析，更系統有效的將資料整理分析，解省了許多影像資料整理時間，更比原先只能於顯微鏡上觀察更經濟有效益。

### 3. 經濟效益

利用多重濾片衰減方法，結合自行研發的衰減式射源照射裝置(如附件 5)、穿透式游離腔與屏蔽式低散射輻射量測儀器校正設備設計概念，改裝與加工後，開發國內研製輻射量測與校正裝備之能力，成為符合 ISO-4037 規範之制式環境劑量照射設施(如附件 6、7)，開發國內自行研製輻射量測與校正裝備之能力；此外，本案利用核研所回收之 Cs-137 廢棄射源(如附件 10)及多重濾片衰減功能，使單一 Cs-137 射源產生不同活度射源之照射效果，節省採購國外射源及照射器費用，實踐廢棄物資源再利用之環境永續政策，並克服一般商業化照射設備之洩漏輻射偏高、射源定位易飄移等缺點，有效降低背景輻射與散射輻射對於儀器反應所造成之干擾，節省國外採購射源及照射器費用約 8,000 千元。

人員生物劑量評估研雖無直接經濟效益，但其若能成立國家級實驗室，且提供公正、正確數據供國人了解輻射對人體健康之關係，應可對提升國人對相關產業之了解避免不必要恐懼，使得

相關產業得以順利進行進而提升經濟效益。

#### 4. 社會影響

核電廠釋放的液態放射性物質對水生與水邊的陸生生物的輻射效應是一個複雜的過程，受到水生生物有機體自身的生物學特性以及外界環境因素的直接或間接影響，有些核電廠附近水域還是生物資源豐富的水產資源保護區，甚至還存在國家或地方重點保護物種。本計畫建立之 RESRAD-BIOTA 程式，用於特定廠址附近水域水生生物和陸生生物所受輻射劑量之估算和評估，經過相關參數修訂與分析後，可實際作為國內核電廠除役時廠址附近水域水生與陸生生物之輻射影響分析，對於環境與生態保護具有重要意義(附件 4)。

人員生物劑量評估研究從社會層面來看，其提供了社會責任，藉由此研究的進行，讓人民了解相關單位對於輻射防護的全面性考量，增加人民對輻射相關產業接受。除此之外，藉由與國際學者互相學習切磋，亦可提高我國的國際能見度，增加國際對我國輻射領域了解。

#### 5. 非研究類成就

人員生物劑量評估研究依據國際標準進行，開始建立屬於國人本土劑量之分析，其額外效益即是可同時收集國人於台灣這塊土地上之染色體雙中節背景資料，此可提供未來許多輻射防護相關或其他健康研究資料，對於目前雖無直接效益，但從整體而言增加對輻射與生物體之間了解更進一步。根據傳染病防治法、感染性生物材料管理傳染病人檢體採檢辦法及生物安全管理法，從野外收集之臨床檢體或流行病學樣本(臨床檢體)，均應遵循標準防護方法，並

採取隔離防護措施（如手套、防護衣、眼罩）。基礎防護—處理此類檢體時，最低需求是生物安全第二等級之操作及程序。人員生物劑量研究主材料為人體血液臨床檢體，在生物危害歸類中屬於第二級危害(RG2)，其定義為可能導致人類疾病，不太可能在人群中傳播，通常有有效預防或治療措施，操作此類危害生物材料，需在第二級生物安全防護(BSL2/P2)及操作要求下執行。為符合相關操作規定，故 102 年度計畫中將進行第二等級生物安全實驗室建置，從操作檢體的生物安全櫃、實驗室空調管理至進出人員教育訓練及管理之生物安全委員會均需依規定建置，達到專業實驗室應有的性能及品質。

## 6. 其它效益

參考國內外文獻的核設施除役作業的輻射防護措施，評估核能電廠除役活動時，所可能造成的設施結構表面濃度沉積率與工作人員劑量率，並與國內法規限值比對，以確保國內核電廠除役時，輻射工作人員的輻射劑量能確實符合法規限值(附件 1、2、3、8)。

## 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     | 國際研討會論文 1 篇<br>國內研討會論文 2 篇   | 將研發成果發表在國際會議中，使本計畫得以朝國際研發水準努力，並獲得國際友人幫助。藉由核醫年會推廣，讓臨床醫師了解，輻射診治時，人員生物劑量扮演的角色，藉此連接意外事件時，傷患處理之不同層面應考量事宜。 |      |
|              | B 研究團隊養成 | 養成輻射偵測儀器檢校與劑量評估研究團隊<br><br>由核研所保建物理組，協助進行輻射劑量曝露劑量校正。與慈濟大學分子生物暨人類遺傳學系合作進行染色體雙中節分析 | 因應我國推動之核設施除役工作，建立輻射防護與管制技術與，以確保環境與人員之輻射安全<br><br>藉由國內不同單位的合作，使雙方互助及與國外專家學者討論，提升國內人員分析能力，於國內形成一分析網路   |      |
|              | C 博碩士培育  | 1 名  | 利用合作關係讓慈濟大學博士生共同研究，一同學習染色體雙中節分析技巧。   |      |
|              | D 研究報告   | 研究報告 6 篇   | 呈現研發經驗及成果，使研發成果可傳承並發揮效益。   |      |
|              | G 專利     | 獲得國內、國外之專利各 1 件  | 避免國外技術壟斷，保障智慧財產權利。   |      |

|                                      | 績效指標   | 初級產出量化值  | 效益說明                           | 重大突破 |
|--------------------------------------|--------|----------|--------------------------------|------|
| 技<br>整<br>合<br>創<br>新<br>（<br>科<br>） | 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。 |      |
|                                      |        |          |                                |      |

## 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：

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)。

### 一、學術成就(科技基礎研究)(權重 20 %)

1. 投稿 2013 年在美國喬治亞州舉辦的世界分子影像會議(WMIC)論文一篇：Dicentric Chromosome Assay for Dose estimation by Microscopic Molecular Imaging. 參與此會議有助於讓國際瞭解我國人員生物劑量執行成果，促進國際交流，並提昇台灣及核研所在國際的能見度。
2. 撰寫與出版研究報告 6 篇，研究報告著重技術與經驗傳承，將有助於後續除役管制規劃與輻射生物學術研究。
3. 進行輻射劑量校正，本合作有助於學術研究團隊之成型，有助於生物劑量之學術分析研究。
4. 與慈濟大學分子生物暨人類遺傳學系進行染色體雙中節分析，有助於雙方學術交流與國內生物劑量支援網路(BioDoseNet)之建立。

### 二、技術創新(科技整合創新)(權重 20 %)

完成自製之 Cs-137 環境級輻射劑量校正系統組裝與性能測試，其中系統所使用之屏蔽式低散射輻射量測儀器校正設備已取得中華民國與美國發明專利證書，可有效降低環境中之背景輻射，並使輻射場強度能降至  $3 \times 10^{-4} \mu\text{Gy/s}$  以下，提供核設施除役所使用之環境劑量監測儀器與輻射偵檢儀器在低劑量環境條件下之準確測試與校正，保障工作人員與民眾之輻射安全。

本計畫接受原能會委託重建國內人員生物劑量評估研究。目前

核研所人員生物劑量實驗室今年已陸續建立：(1) 第二等級生物安全實驗室建置規劃；(2) 人類淋巴球染色體雙中節劑量反應曲線；(3) 引進生物劑量分析軟體，對分析數據做進一步之確效，增加實驗之準確性，因而大幅減少所需的人力與時間。實驗技術上也有許多的改良與精進，目前為國內唯一在人員生物劑量研究上具專業技術之專業實驗室。

### 三、經濟效益(產業經濟發展)(權重\_10\_%)

限於計畫經費，實有困難採購國外現有之環境劑量校正系統及相關量測設備，目前利用核研所回收之 Cs-137 廢棄射源，並與國內的機械加工及自動控制廠商進行合作，自行研製符合 ISO 規範之輻射照射設備與相關校正系統，以因應計畫實驗研究之需求，實踐廢棄物資源再利用之環境永續政策，並建立國內廠商製作輻射量測與校正裝備之能力，節省採購國外射源與設備之額經費。

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

### 四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續)(權重\_20\_%)

建立 RESRAD-BIOTA 程式，評估國內核電廠除役時廠址附近水域水生與陸生生物之輻射影響分析，有效保障廠址附近之環境與生態，進而確保民眾之安全。

人員生物劑量實驗室之成立從社會層面來看，其提供了社會責

任，藉由此研究的進行，讓人民了解相關單位對於輻射防護的全面性考量，增加人民對輻射相關產業之接受度。也可使人民瞭解到政府保護百姓健康權益的決心，增加彼此的互信。

#### **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\_20\_%)**

透過人員生物劑量實驗室的建立，可為台灣訓練出一批細胞遺傳生物劑量專業人才，未來可在各個領域貢獻所學。同時藉由與國際學者互相交流學習切磋，得到許多寶貴的資訊，在實驗室技術之建立過程中提供了很大的幫助。亦可提高我國的國際能見度，增加國際對我國輻射領域之了解。

#### **六、其它效益(科技政策管理及其它)(權重\_20\_%)**

研析國外核設施除役作業的輻射防護措施與案例，以建立相關之輻射防護與劑量評估技術，以確保國內核電廠除役時工作人員之輻射安全。

中國大陸沿海一帶核電廠的數量不少，台灣有必要及早因應可能的意外事故，因此建立並維持長期之人員生物劑量評估能力，對於台灣未來的生存意義相當重大。而 2011 年 3 月 11 日發生的日本福島核電廠意外事件，除造成國際間的強烈關注，也使人們瞭解輻射防護有更迫切的需要。政府建立人員生物劑量實驗室後，若發生輻射相關意外曝露事件時，可由國內直接進行相關檢驗及立即處置，此可免去將檢體寄送國外進行分析，所需之社會成本及時間，可讓醫療單位即時對意外曝露人員做出最適照護，安定人心。

## 柒、 與相關計畫之配合

「核設施除役之輻射安全技術研究」子計畫所建立之環境級輻射劑量校正系統中，用以標定輻射場劑量之游離腔儀器需必須送至國家游離輻射標準實驗室進行校正追溯，因此需與經濟部標檢局之「建立及維持國家游離輻射標準」計畫相互合作，開發環境輻射劑量校正技術，並提升研發能量，達成最大的執行效益。

## 捌、 後續工作構想之重點

### 一、核設施除役之輻射安全技術研究

1. 除役後廠址環境輻射偵測報告導則研究
2. 除役作業中場址內之劑量評估審查技術研究
3. 廠址釋出之輻射安全審查技術研究
4. 建立環境級輻射劑量校正系統(Am-241)

### 二、人員生物劑量評估研究

1. 完成年度染色體雙中節年度劑量反應曲線。
2. 持續進行染色體雙中節與國外實驗室比對。(為維持生物劑量實驗室分析能力，須持續與國外進行資料分享及能力比對)
3. 進行專業認證生物劑量實驗室 ISO 相關文件準備。
4. 規劃專業認證生物劑量實驗室 ISO 認證。

## 玖、 檢討與展望

1. 國內以往並無完整的商用反應器除役經驗，須對除役法規體系、規範需陸續建立審查、管制及驗證技術。本計畫在執行過程中蒐集國際除役案例，並參考國際核設施除役實務案例，進行輻射屏蔽、輻射防護安全評估審查技術與準則需求之研究，運用國內已

建置之輻射劑量評估技術進行驗證研究，確保核設施除役輻射劑量影響與輻射防護管制技術具有國際水平之準確度與公信力。

2. RESRAD-BIOTA 環境生物體劑量評估軟體系統為美國阿岡國家實驗室所研發，主要環境參數與案例並非完全適用於我國本土環境，未來可利用核能研究所正在進行的研究用反應器除役案例，進行程式運算研究與國內相關參數修訂。
3. 染色體雙中節分析為一需經專業訓練之技術，人員乃需經一冗長訓練過程、經驗累積。今年因經費問題無法朝儀器自動化改善。但經努力，建構了第二級生物實驗室，供順利進行試驗。對於不同射源劑量曲線建立，仍需藉由官方的幫助，建立合作管道。(目前已完成台大輻防訓練，將視實驗規劃與台大聯繫 Cs-137 照射即進行實驗測試)。
4. 核研所已完成染色體分析技術建立，並與國際接軌。未來將加入北美及日本分析比對。對於國際建立友誼，若未來有官方加以協助，將更能建立友好關係。國內醫院對於人員生物劑量評估尚屬陌生，且對於協助臨床血液供給仍屬保留態度，若能藉由協調合作，將可增加不同區域檢體收集。

填表人：朱亦丹 聯絡電話：02-22322201 傳真電話：02-82317856

E-mail：[yidan@aec.gov.tw](mailto:yidan@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：核設施除役之輻射安全與人員生物劑量評估技術研究(1/4)

#### 【A 學術成就表】

| 中文題名   | 第一作者 | 發表年 (西元年) | 文獻類別 |
|--|------|-----------|------|
| Dicentric Chromosome Assay for Dose estimation by Microscopic Molecular Imaging. | 張翠容  | 2013      | f    |
| Dicentric Chromosome Assay for Dose estimation in Radiation Biodosimetry         | 張翠容  | 2013      | e    |
| 建立國內人員輻射劑量雙中節標準曲線  | 葉冠毅  | 2013      | e    |

註：文獻類別分成 a 國內一般期刊、b 國內重要期刊、c 國外一般期刊、d 國外重要期刊、e 國內研討會、f 國際研討會、g 著作專書

#### 【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) |
|-------------------|---------------|------|------------|
| 輻射偵測儀器檢校與劑量評估研究團隊 | 核能研究所         | a    | 2013       |
| 染色體雙中節分析研究團隊      | 核能研究所<br>慈濟大學 | 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

#### 【D 研究報告表】

| 報告名稱                  | 作者姓名 | 出版年 (西元年) | 出版單位  |
|-----------------------|------|-----------|-------|
| 核設施除役輻射之工作人員與民眾輻射影響評估 | 林駿丞  | 2013      | 核能研究所 |
| 核設施除役輻射防護措施之案例研究      | 林駿丞  | 2013      | 核能研究所 |

|                          |     |      |       |
|--------------------------|-----|------|-------|
| Cs-137 環境級輻射劑量校正系統性能評估報告 | 蘇水華 | 2013 | 核能研究所 |
| 螢光原位雜交技術應用於染色體轉位之觀察      | 余秉弘 | 2013 | 核能研究所 |
| 人員生物劑量之人員訓練              | 葉冠毅 | 2013 | 核能研究所 |
| 人員生物劑量評估研究               | 張翠容 | 2013 | 核能研究所 |

#### 【G 智財資料表】

| 專利名稱              | 專利類別 | 授予國家 | 有效日期 (YYYYMM) |
|-------------------|------|------|---------------|
| 屏蔽式低散射之輻射量測儀器校正設備 | a    | a    | 202910        |
| 屏蔽式低散射之輻射量測儀器校正設備 | a    | b    | 202308        |

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】

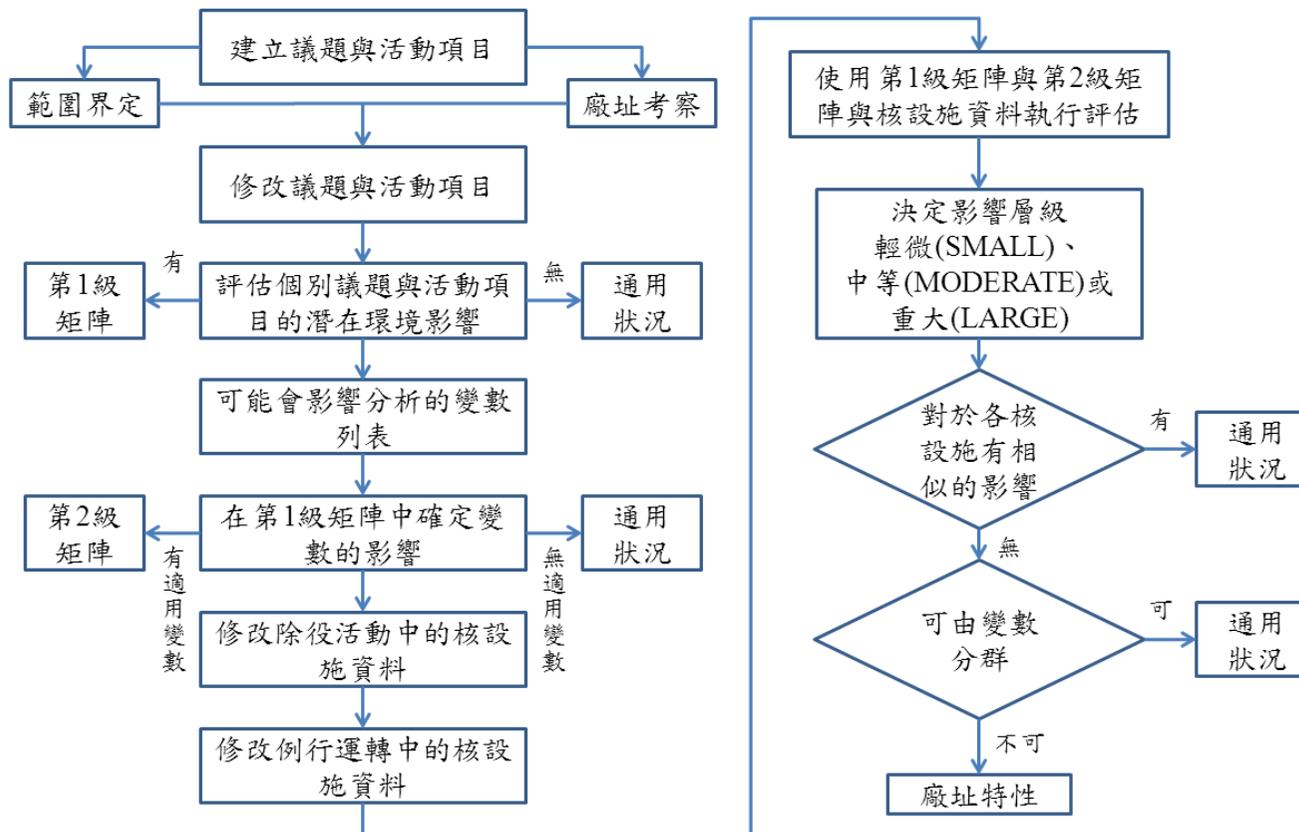
| 報告名稱                           | 作者姓名 | 出版年 (西元年) | 出版單位  |
|--------------------------------|------|-----------|-------|
| 環境生物體劑量評估程式 RESRAD-BIOTA 操作程序書 | 李碧芬  | 2013      | 核能研究所 |
|                                |      |           |       |

# 附件、佐證圖表

## (一)核設施除役之輻射安全技術研究

附件 1、NUREG-0586 報告的環境劑量影響評估流程圖

- 此圖為核設施除役活動進行時，可能對環境造成影響的評估流程圖。經由核設施除役時的議題與活動項目，循序漸進的評估、修訂、再評估所需要分析的除役矩陣(分為第 1 級的除役大綱矩陣與第 2 級的除役細部變數矩陣)，決定環境影響的層級(分為輕微、中等與重大)。



附件 2、除役進行之相關議題

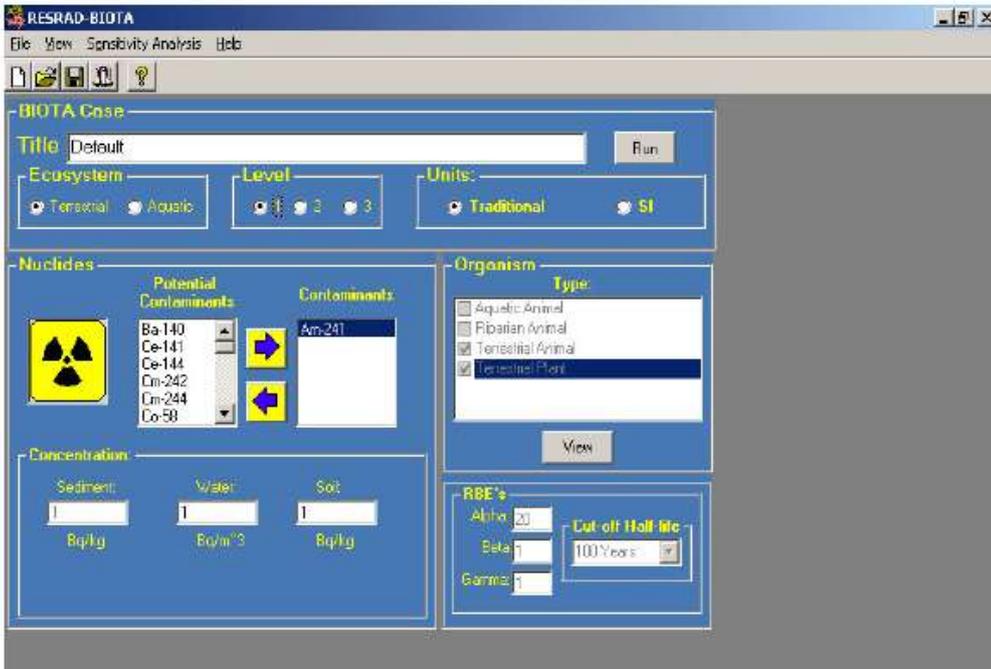
| 項目 | 環境議題(Issues) |                                   |
|----|--------------|-----------------------------------|
| 1  | 廠址內/廠址內的場地使用 | Onsite/offsite land use           |
| 2  | 水資源使用        | Water use                         |
| 3  | 水資源品質        | Water quality                     |
| 4  | 空氣品質         | Air quality                       |
| 5  | 水生動物生物圈生態    | Aquatic ecology                   |
| 6  | 陸地動物生物圈生態    | Terrestrial ecology               |
| 7  | 受威脅與瀕臨絕種的物種  | Threatened and Endangered Species |
| 8  | 輻射劑量         | Radiological                      |
| 9  | 放射性意外事件      | Radiological accidents            |
| 10 | 職業議題         | Occupational issues               |
| 11 | 成本           | Cost                              |
| 12 | 社會經濟學        | Socioeconomics                    |
| 13 | 環境議題最佳化      | Environmental justice             |
| 14 | 文化衝擊         | Cultural impacts                  |
| 15 | 美觀議題         | Aesthetic issues                  |
| 16 | 噪音           | Noise                             |

附件 3、除役進行之相關活動

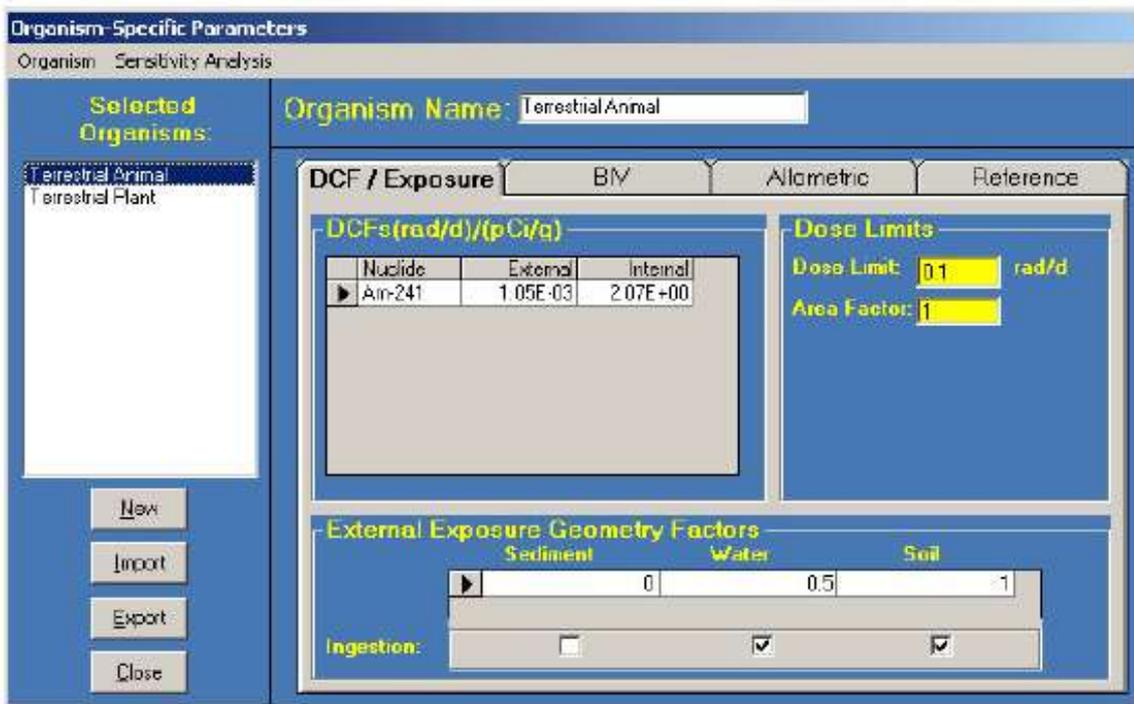
| 項目 | 除役活動(Activities)                |  |
|----|---------------------------------|--|
| 1  | 移除燃料                            | Remove fuel  |
| 2  | 組織架構改變                          | Organizational changes   |
| 3  | 穩定化                             | Stabilization  |
| 4  | 停機後之環境偵檢                        | Post-shutdown surveys  |
| 5  | 建立獨立核島區                         | Create nuclear island  |
| 6  | 主要管線的化學除污                       | Chemical decontamination of primary loop                               |
| 7  | 大組件移除                           | Large component removal  |
| 8  | SAFSTOR 的貯存準備活動                 | Storage preparation activities for SAFSTOR                             |
| 9  | 貯存(SAFSTOR)                     | Storage (SAFSTOR)  |
| 10 | DECON、SAFSTOR 和 ENTOMB 的除污與拆除活動 | Decontamination and Dismantlement phases of DECON, SAFSTOR, and ENTOMB |
| 11 | 系統拆除                            | System dismantlement   |
| 12 | 結構拆除                            | Structure dismantlement  |
| 13 | 掩埋                              | Entombment   |
| 14 | 低階放射性廢棄物的包裝與貯存                  | Low-level waste packaging and storage                                  |
| 15 | 運送                              | Transportation   |
| 16 | 執照終止之活動                         | License termination activities   |

附件 4

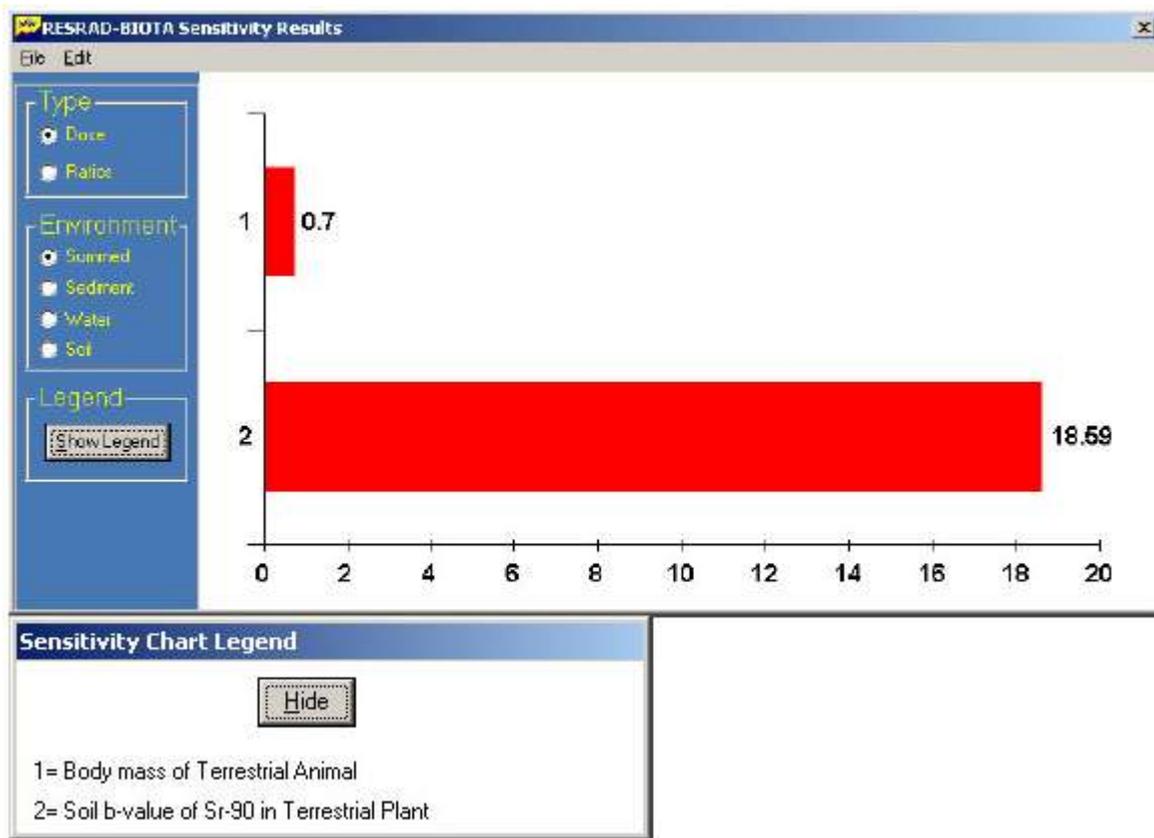
A、RESRAD-BIOTA 程式安裝後之主畫面



B、RESRAD-BIOTA 程式之特定生物體參數視窗



### C、RESRAD-BIOTA 程式靈敏度分析結果之視窗





附件 6、Cs-137 環境級輻射劑量校正系統距離射源 293.8 cm 處之射束大小及均勻度

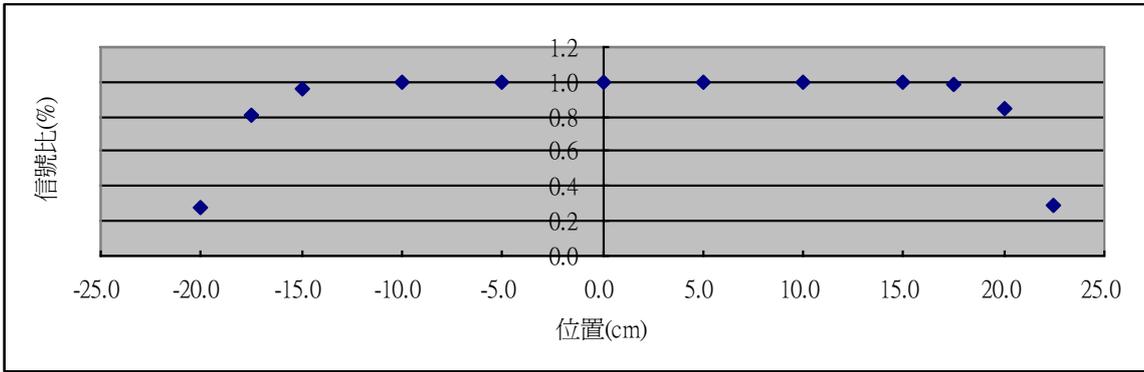


圖 1、左右邊輻射場分佈

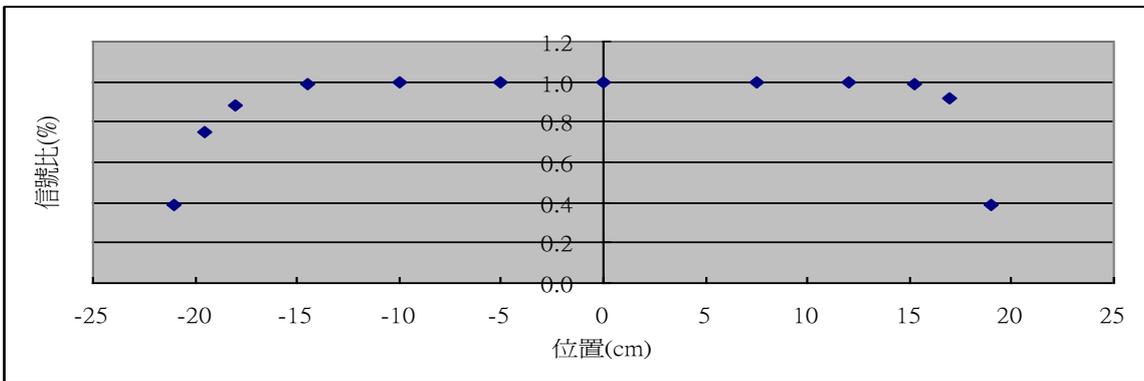


圖 2、上下邊輻射場分佈

附件 7、Cs-137 環境級輻射劑量校正系統量測不確定度評估

表 1、無衰減輻射場之量測不確定度

| 分析項目        | A 型  | B 型  | 自由度 |
|-------------|------|------|-----|
| 1.游離腔校正因子   |      | 0.50 | 50  |
| 2.電流量測      | 0.48 |      | 19  |
| 3.電量計修正     |      | 0.11 | 50  |
| 4.溫度        |      | 0.25 | 50  |
| 5.氣壓        |      | 0.05 | 50  |
| 均方和         | 0.48 | 0.57 |     |
| 組合標準不確定度    | 0.75 |      | 71  |
| 擴充不確定度(k=2) | 1.5  |      |     |

表 2、衰減至 1.5% 輻射場之量測不確定度

| 分析項目        | A 型 | B 型  | 自由度 |
|-------------|-----|------|-----|
| 1.游離腔校正因子   |     | 0.50 | 50  |
| 2.電流量測      | 2.3 |      | 19  |
| 3.電量計修正     |     | 0.11 |     |
| 4.溫度        |     | 0.25 | 50  |
| 5.氣壓        |     | 0.05 | 50  |
| 均方和         | 2.3 | 0.57 |     |
| 組合標準不確定度    | 2.4 |      | 23  |
| 擴充不確定度(k=2) | 4.8 |      |     |

表 3、衰減至 0.05% 輻射場之量測不確定度

| 分析項目        | A 型 | B 型  | 自由度 |
|-------------|-----|------|-----|
| 1.游離腔校正因子   |     | 0.50 | 50  |
| 2.電流量測      | 2.5 |      | 19  |
| 3.電量計修正     |     | 0.11 | 50  |
| 4.溫度        |     | 0.25 | 50  |
| 5.氣壓        |     | 0.05 | 50  |
| 均方和         | 2.5 | 0.57 |     |
| 組合標準不確定度    | 2.6 |      | 22  |
| 擴充不確定度(k=2) | 5.6 |      |     |

表 4、無衰減輻射場游離腔空氣克馬校正因子不確定度

| 分析項目        | A 型  | B 型  | 自由度 |
|-------------|------|------|-----|
| 1.國家標準輻射場   |      | 0.75 | 24  |
| 2.電流量測      | 0.48 |      | 19  |
| 3.電量計修正     |      | 0.11 | 50  |
| 4.溫度        |      | 0.25 | 50  |
| 5.氣壓        |      | 0.05 | 50  |
| 均方和         | 0.68 | 0.63 |     |
| 組合標準不確定度    | 0.93 |      | 108 |
| 擴充不確定度(k=2) | 1.9  |      |     |

表 5、衰減至 1.5% 輻射場游離腔空氣克馬校正因子不確定度

| 分析項目        | A 型 | B 型  | 自由度 |
|-------------|-----|------|-----|
| 1.國家標準輻射場   |     | 2.4  | 23  |
| 2.電流量測      | 2.3 |      | 9   |
| 3.電量計修正     |     | 0.11 | 50  |
| 4.溫度        |     | 0.25 | 50  |
| 5.氣壓        |     | 0.05 | 50  |
| 均方和         | 3.3 | 0.63 |     |
| 組合標準不確定度    | 3.4 |      | 42  |
| 擴充不確定度(k=2) | 6.8 |      |     |

表 6、衰減至 0.05% 輻射場游離腔空氣克馬校正因子不確定度

| 分析項目        | A 型 | B 型  | 自由度 |
|-------------|-----|------|-----|
| 1.國家標準輻射場   |     | 2.6  | 22  |
| 2.電流量測      | 2.5 |      | 8   |
| 3.電量計修正     |     | 0.11 | 50  |
| 4.溫度        |     | 0.25 | 50  |
| 5.氣壓        |     | 0.05 | 50  |
| 均方和         | 3.6 | 0.63 |     |
| 組合標準不確定度    | 3.6 |      | 42  |
| 擴充不確定度(k=2) | 7.2 |      |     |

附件 8、除役活動與例行運轉之外釋活度比較表

| 例行運轉中的電廠              |          |          |          |          |          |          |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 電廠類型                  | PWR      |          |          | BWR      |          |          |
|                       | 平均值      | 最大值      | 最小值      | 平均值      | 最大值      | 最小值      |
| 容量(MWe)               | 829      | 912      | 760      | 972      | 1154     | 786      |
| 放射性氣體外釋量-總和(Ci)       | 5.80E+01 | 1.50E+02 | 4.00E-01 | 9.30E+01 | 1.70E+02 | 1.20E+01 |
| 分裂產物和活化氣體(Ci)         | 4.40E+01 | 1.40E+02 | 7.50E-02 | 8.30E+01 | 1.60E+02 | 1.50E+00 |
| 放射性碘(Ci)              | 6.40E-07 | 1.30E-06 | 0        | 2.30E-03 | 5.10E-03 | 0        |
| 放射性微粒(Ci)             | 1.90E-05 | 3.80E-05 | 3.30E-07 | 8.90E-04 | 1.60E-03 | 3.00E-04 |
| 總阿伐量(Gross alpha)(Ci) | 無資料      | 無資料      | 無資料      | 無資料      | 無資料      | 無資料      |
| 氫(Ci)                 | 1.40E+01 | 3.70E+01 | 3.20E-01 | 1.00E+01 | 1.20E+01 | 6.20E+00 |
|                       |          |          |          |          |          |          |
| 放射性液體外釋量-總和(Ci)       | 5.20E+02 | 6.70E+02 | 4.20E+02 | 1.20E+01 | 1.90E+01 | 6.90E+00 |
| 分裂產物和活化產物(Ci)         | 1.60E-01 | 3.70E-01 | 8.50E-02 | 6.20E-02 | 9.40E-02 | 1.20E-02 |
| 氫(Ci)                 | 5.20E+02 | 6.70E+02 | 4.20E+02 | 1.20E+01 | 1.90E+01 | 6.90E+00 |
| 溶解和所夾帶的氣體(Ci)         | 1.00E-01 | 3.80E-01 | 2.20E-04 | 4.30E-03 | 6.70E-03 | 1.80E-03 |
| 總阿伐量(Gross alpha)(Ci) | 1.20E-03 | 1.90E-03 | 4.40E-04 | 2.40E-06 | 3.80E-06 | 0        |
| 除役進行中的電廠              |          |          |          |          |          |          |
| 電廠類型                  | PWR      |          |          | BWR      |          |          |
|                       | 平均值      | 最大值      | 最小值      | 平均值      | 最大值      | 最小值      |
| 容量(MWe)               | 970      | 1080     | 860      | 65       | 67       | 63       |
| 放射性氣體外釋量-總和(Ci)       | 2.10E+01 | 4.00E+01 | 2.60E+00 | 1.10E+02 | 2.10E+02 | 1.20E+00 |
| 分裂產物和活化氣體(Ci)(註 1)    | 1.60E+01 | 1.60E+01 | 1.60E+01 | 2.10E+02 | 2.10E+02 | 2.10E+02 |
| 放射性碘(Ci)              | 無資料      | 無資料      | 無資料      | 無資料      | 無資料      | 無資料      |
| 放射性微粒(Ci)             | 0        | 0        | 0        | 1.00E-04 | 2.00E-04 | 0        |
| 總阿伐量(Gross alpha)(Ci) | 無資料      | 無資料      | 無資料      | 0        | 0        | 0        |
| 氫(Ci)                 | 1.30E+01 | 2.40E+01 | 2.60E+00 | 1.20E+00 | 1.20E+00 | 1.20E+00 |
|                       |          |          |          |          |          |          |
| 放射性液體外釋量-總和(Ci)       | 7.80E-01 | 1.40E+00 | 1.20E-01 | 3.30E-01 | 1.30E+00 | 1.00E-03 |
| 分裂產物和活化產物(Ci)         | 3.50E-02 | 6.70E-02 | 2.60E-03 | 3.30E-01 | 1.30E+00 | 2.00E-04 |
| 氫(Ci)                 | 7.40E-01 | 1.40E+00 | 1.20E-01 | 9.50E-04 | 1.10E-03 | 8.00E-04 |
| 溶解和所夾帶的氣體(Ci)         | 無資料      | 無資料      | 無資料      | 無資料      | 無資料      | 無資料      |
| 總阿伐量(Gross alpha)(Ci) | 0        | 3.00E-05 | 0        | 0        | 0        | 0        |

註 1：此部分數據中的平均值、最大值與最小值皆相同，因為只有一座電廠回報此部分之數值，其餘電廠的報告說明無此類型放射性核種的外釋，或是外釋量小於最小可偵測限值，所以沒有評估此部分的劑量貢獻。

附件 9

A. 屏蔽式低散射之輻射量測儀器校正設備的中華民國發明專利證書



B.屏蔽式低散射之輻射量測儀器校正設備的美國發明專利證書



US008502134B2

(12) **United States Patent**  
Lee et al.

(10) **Patent No.:** US 8,502,134 B2  
(45) **Date of Patent:** Aug. 6, 2013

(54) **RADIATION MEASUREMENT INSTRUMENT CALIBRATION FACILITY CAPABLE OF LOWERING SCATTERED RADIATION AND SHIELDING BACKGROUND RADIATION**

(75) Inventors: **Jeng-Hung Lee**, Taoyuan County (TW);  
**Shi-Hwa Su**, Taoyuan County (TW);  
**Bor-Jing Chang**, Taoyuan County (TW)

(73) Assignee: **Institute of Nuclear Energy Research Atomic Energy Council, Executive Yuan**, Taoyuan County (TW)

(\* ) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 126 days.

(21) Appl. No.: 13/278,666

(22) Filed: Oct. 21, 2011

(65) **Prior Publication Data**

US 2013/0099138 A1 Apr. 25, 2013

(51) **Int. Cl.**  
G01D 18/00 (2006.01)  
G21F 5/00 (2006.01)

(52) **U.S. Cl.**  
USPC ..... 250/252.1; 250/496.1; 250/515.1

(58) **Field of Classification Search**  
USPC ..... 250/252.1, 496.1-498.1, 505.1-507.1,  
250/515.1; 378/207

See application file for complete search history.

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

3,107,299 A \* 10/1963 Jachter ..... 250/252.1  
5,032,719 A \* 7/1991 Gleason et al. .... 250/252.1  
5,615,244 A \* 3/1997 Dykster et al. .... 378/57  
2009/0285366 A1 \* 11/2009 Essenreiter et al. .... 378/207  
2010/0054396 A1 \* 3/2010 Warner et al. .... 378/19

\* cited by examiner

*Primary Examiner* — Robert Kim

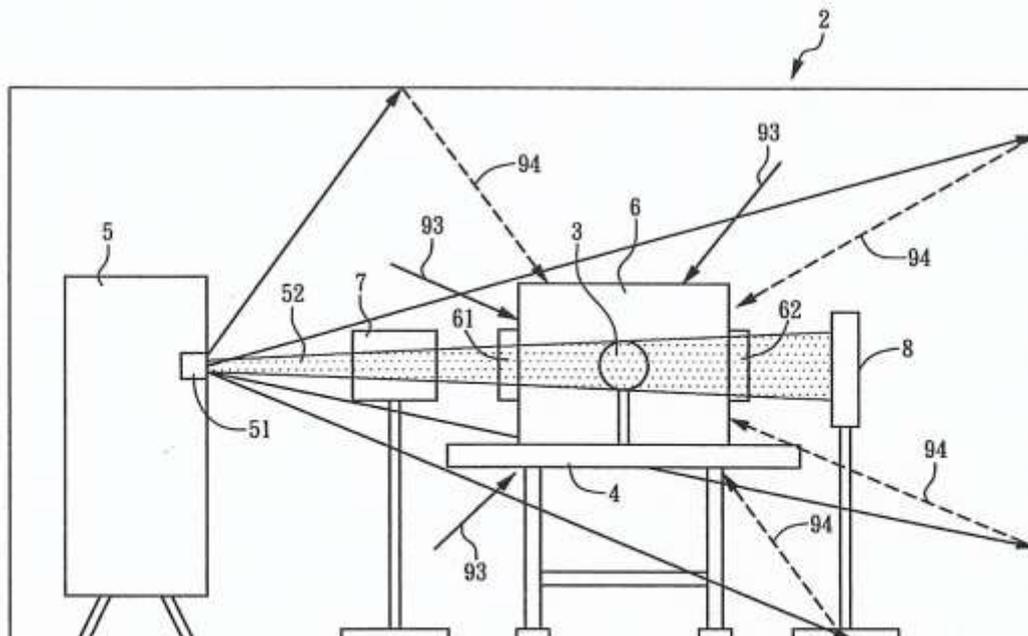
*Assistant Examiner* — David E Smith

(74) *Attorney, Agent, or Firm* — WPAT, PC; Justin King

(57) **ABSTRACT**

The present invention relates to a radiation measurement instrument calibration facility with the abilities of lowering scattered radiation and shielding background radiation and it is capable of providing a suitable environment for performing performance test, calibration and experiment upon a radiation measurement instrument. In an embodiment, the calibration facility comprises: a shielding device, a collimator, a multi-source irradiator, a radiation baffle, a carrier, an electric door unit and a control unit. With the design of the calibration facility of the present invention, the interference coming from the background radiation and scattered radiation in the laboratory during the radiation measurement instrument calibration can be effectively reduced to enhance the accuracy of measurement or calibration for the instrument, and also the instrument calibration and testing can be performed in radiation fields of low-, medium- and high-dose rate levels to meet the requirements of ISO 4037-1 (1996) Standard.

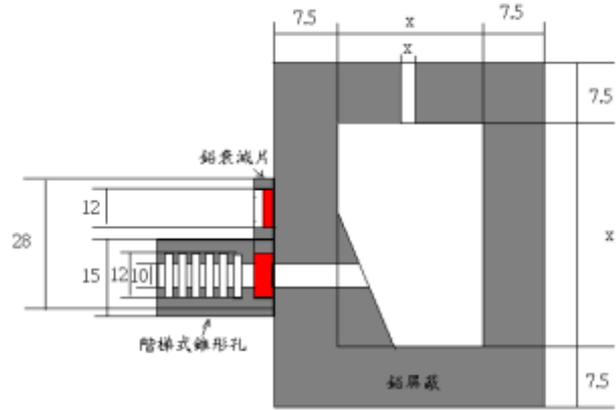
**9 Claims, 5 Drawing Sheets**



附件 10、利用回收之 Cs-137 廢棄射源製作輻射照射器



圖 1、鋼鐵廠報廢之液面  
監測用 Cs-137 射源



註: (1)尺寸單位:cm (2) x 表廢射源容器相關位置尺寸

圖 2、照射器設計



圖 3、照射器施工

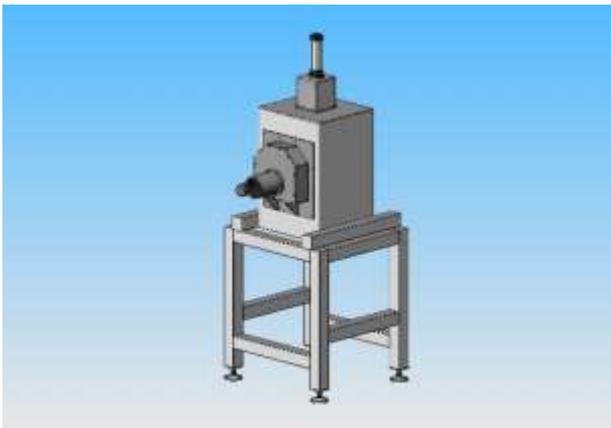


圖 4、照射器製作完成

## (二)人員生物劑量評估研究

附件 11

慈濟醫院人體試驗倫理委員會申請證明。

### 茲 證 明

計畫主持人：慈濟大學 分子暨人類遺傳系所 劉怡均副教授

協同主持人：原子能委員會 核能研究所 張志賢副研究員

慈濟醫院 院長室 劉鴻文副院長

計畫名稱：人員生物劑量評估研究 ( Evaluation of Human  
Biodosimetry ) (IRB100-103)

此計畫變更經本研究倫理委員會收案送審中。

財團法人佛教慈濟綜合醫院  
研究倫理委員會



附件 12

慈濟醫院人體試驗倫理委員會臨床試驗展延證明。



佛教慈濟綜合醫院  
Buddhist Tzu Chi General Hospital  
研究倫理委員會  
Research Ethics Committee

707, Sec. 3, Chung-Yang Rd., Hualien, 97002, Taiwan, R.O.C.  
Tel: 886-3-8561825 Ext. 2124 Fax: 886-3-8561825 Ext. 3272

研究計畫變更同意書

計畫編號：IRB100-103

計畫名稱：人員生物劑量評估研究

計畫主持人：慈濟大學 分子暨人類遺傳系所 劉怡均副教授

上述計畫變更案業經本院研究倫理委員會於 2013 年 08 月 09 日審查同意，本委員會的運作符合優良臨床試驗準則及政府相關法律規章。

本研究計畫同意書有效日期至 2014 年 08 月 08 日止，計畫主持人須依國內相關法令及本會規定通報嚴重不良反應事件及非預期問題，並應於到期日至少 6 週前提出期中報告，經本會審核通過，方可繼續執行。

Certificate of Approval of Amendments

REC No. : IRB100-103

Title of Protocol : Evaluation of Human Biodosimetry

Principal Investigator: Yi-Chun Liu / Department of Molecular Biology and Human Genetics, Tzu Chi University

The protocol is approved by the Research Ethics Committee, Tzu Chi General Hospital on **August/09/2013**. The committee is organized under, and operates in accordance with, the Good Clinical Practice guidelines and governmental laws and regulations.

**This approval is valid till August/08/2014.** The investigator is required to report Serious Adverse Events and Unanticipated Problems in accordance with the governmental laws and regulations and REC of Tzu Chi General Hospital requirements and apply for a continuing review not less than six weeks prior to the approval expiration date.



*HCKuo*  
Hann-Chorng Kuo, M.D.  
Chairman, Research Ethics Committee

附件 13

同位素組 069 館 1 樓平面圖(生物劑量實驗室設置於原 114 顯微鏡室)。





附件 16

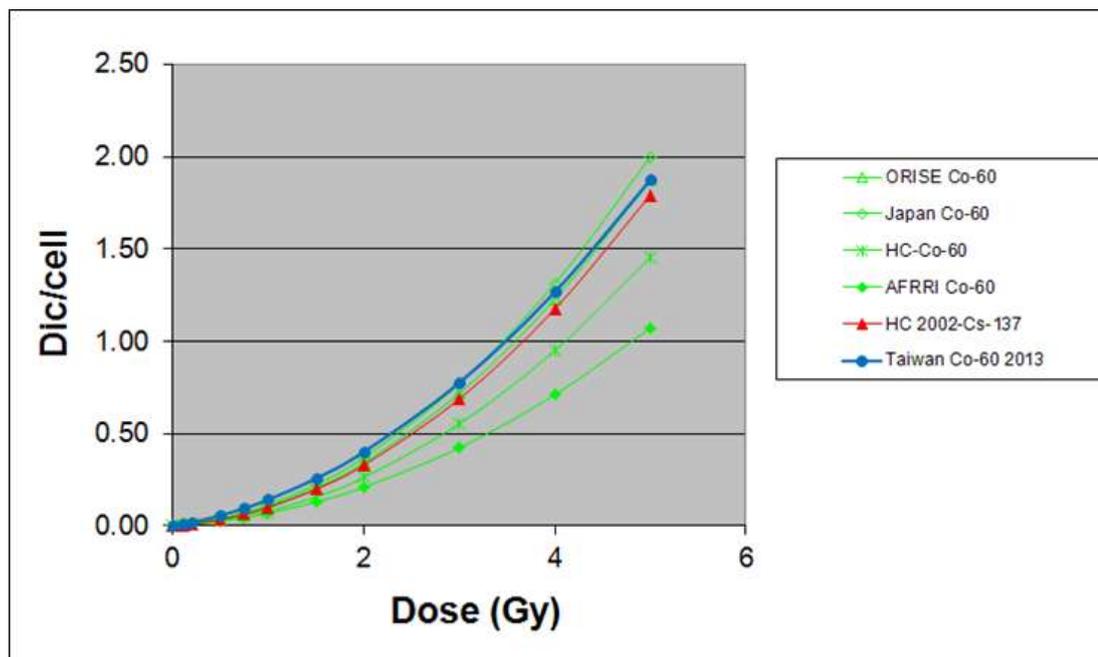
069 館 114 室人員生物劑量實驗室。



- (A) 人員生物劑量實驗室入口。
- (B) 人員生物劑量實驗室由內向外看。
- (C) 人員生物劑量實驗室由外向內看。
- (D) 染色體玻片作業區。於化學煙櫃內操作噴片流程；實驗桌進行乾燥、固定反應。
- (E) 第二級生物安全(BSL-2)細胞培養室入口。
- (F) 檔案室門口。
- (G) 生物安全操作櫃 CLASS A-II。
- (H) 顯微鏡室。
- (I) 顯微鏡室門口。

附件 17

與國際人員生物劑量實驗室比對結果。



附件 18 101 年度染色體雙中節 Dose Estimate 分析結果。

| Dose (Gy) | NO. of cells scored | NO. of dicentric | Dicentric distribution |    |    |    |   |   |   |   | variance/mean ratio | U     | Y      |       |
|-----------|---------------------|------------------|------------------------|----|----|----|---|---|---|---|---------------------|-------|--------|-------|
|           |                     |                  | 0                      | 1  | 2  | 3  | 4 | 5 | 6 | 7 |                     |       |        |       |
| 0         | 923                 | 1                | 922                    | 1  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0                   | 1.000 | 0.000  | 0.001 |
| 0.5       | 504                 | 23               | 481                    | 23 | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0                   | 0.958 | -0.709 | 0.048 |
| 1         | 508                 | 79               | 438                    | 62 | 7  | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0                   | 1.100 | 1.600  | 0.158 |
| 2         | 236                 | 103              | 147                    | 75 | 14 | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0                   | 0.839 | -1.750 | 0.436 |
| 3         | 144                 | 100              | 73                     | 49 | 15 | 7  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0                   | 1.030 | 0.278  | 0.694 |
| 4         | 92                  | 108              | 30                     | 33 | 16 | 9  | 4 | 0 | 0 | 0 | 0                   | 1.080 | 0.532  | 1.174 |
| 5         | 55                  | 113              | 3                      | 21 | 13 | 10 | 5 | 2 | 1 | 0 | 0                   | 0.873 | -0.864 | 2.055 |

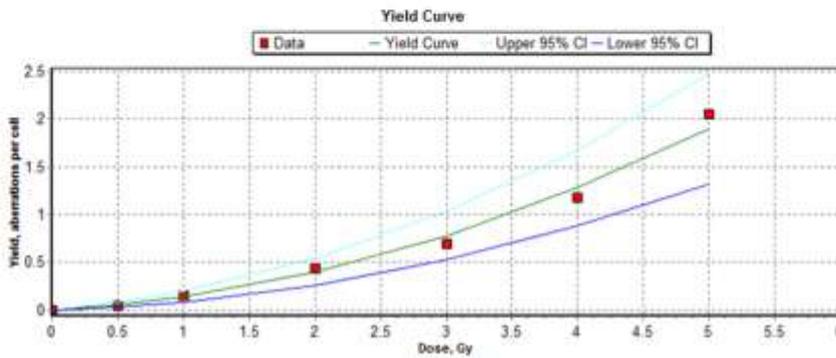
Results:

$$ML\_Linear-Quadratic\_Fit\_Yield = 0.0010 (+/- 0.0012) + 0.0800 (+/- 0.0189) * D + 0.0599 (+/- 0.0079) * D^2$$

Weighted Chi Squared = 5.4740, Degrees of Freedom = 4, p value for goodness of fit = 0.6210

p values for coefficients (z-test): p\_A = 0.4499, p\_alpha = 0.0133 p\_beta = 0.0016

Correlation coefficient, r = 0.9939



附件 19 102 年度第一例染色體雙中節 Dose Estimate 分析結果。

| Dose (Gy) | NO. of cells scored | NO. of dicentric | Dicentric distribution |     |    |    |    |   |   |   | variance/mean ratio | U     | Yield  |          |
|-----------|---------------------|------------------|------------------------|-----|----|----|----|---|---|---|---------------------|-------|--------|----------|
|           |                     |                  | 0                      | 1   | 2  | 3  | 4  | 5 | 6 | 7 |                     |       |        |          |
| 0         | 1088                | 1                | 1087                   | 1   | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0                   | 1     | 0.001  | 0.000919 |
| 0.25      | 696                 | 17               | 680                    | 15  | 1  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0                   | 1.09  | 1.82   | 0.024425 |
| 0.5       | 635                 | 36               | 600                    | 34  | 1  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0                   | 1     | 0.008  | 0.056693 |
| 1         | 678                 | 88               | 596                    | 76  | 6  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0                   | 1.01  | 0.149  | 0.129794 |
| 2         | 357                 | 153              | 231                    | 103 | 19 | 4  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0                   | 0.979 | -0.276 | 0.428571 |
| 3         | 315                 | 262              | 136                    | 119 | 41 | 16 | 2  | 1 | 0 | 0 | 0                   | 1.02  | 0.236  | 0.831746 |
| 4         | 233                 | 361              | 42                     | 79  | 68 | 33 | 9  | 1 | 1 | 0 | 0                   | 0.817 | -1.97  | 1.549356 |
| 5         | 240                 | 479              | 26                     | 71  | 67 | 40 | 27 | 8 | 1 | 0 | 0                   | 0.862 | -1.51  | 1.995833 |

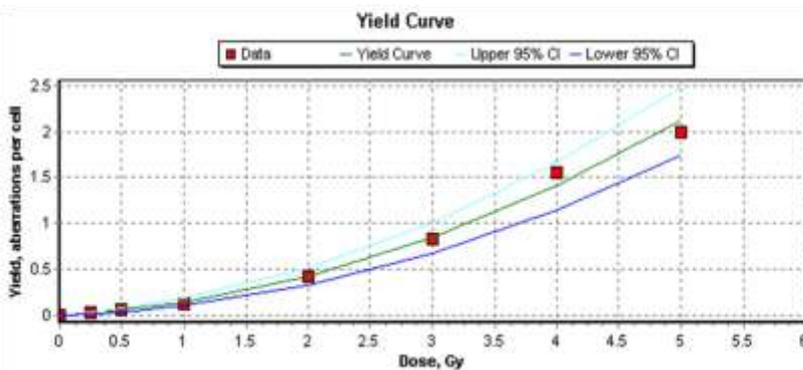
Results:

$$ML\_Linear-Quadratic\_Fit\_Yield = 0.0009 (+/- 0.0011) + 0.0708 (+/- 0.0136) * D + 0.0703 (+/- 0.0046) * D^2$$

Weighted Chi Squared = 6.7340, Degrees of Freedom = 5, p value for goodness of fit = 0.2412

p values for coefficients (z-test): p\_A = 0.4207, p\_alpha = 0.0035 p\_beta = 0.0000

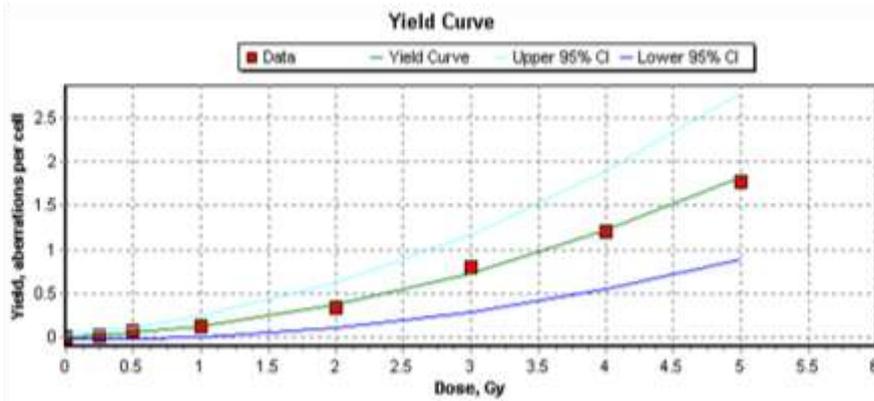
Correlation coefficient, r = 0.9960



附件 20 102 年度第二例染色體雙中節 Dose Estimate 分析結果。

| Dose (Gy) | NO. of cells scored | NO. of dicentric | Dicentric distribution |    |    |   |   |   |   | variance/mean ratio | U     | Yield  |       |
|-----------|---------------------|------------------|------------------------|----|----|---|---|---|---|---------------------|-------|--------|-------|
|           |                     |                  | 0                      | 1  | 2  | 3 | 4 | 5 | 6 |                     |       |        | 7     |
| 0         | 78                  | 0                | 78                     | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0                   | -     | 0.000  | 0.000 |
| 0.25      | 59                  | 1                | 58                     | 1  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0                   | 1.000 | 0.000  | 0.017 |
| 0.5       | 26                  | 2                | 24                     | 2  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0                   | 0.960 | -0.200 | 0.077 |
| 1         | 48                  | 6                | 42                     | 6  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0                   | 0.894 | -0.565 | 0.125 |
| 2         | 98                  | 33               | 69                     | 25 | 4  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0                   | 0.915 | -0.601 | 0.337 |
| 3         | 86                  | 69               | 36                     | 33 | 15 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0                   | 0.816 | -1.210 | 0.802 |
| 4         | 68                  | 82               | 18                     | 29 | 14 | 4 | 2 | 1 | 0 | 0                   | 0.979 | -0.121 | 1.206 |
| 5         | 54                  | 96               | 8                      | 17 | 15 | 9 | 3 | 2 | 0 | 0                   | 0.906 | -0.144 | 1.778 |

Results:



### Fit coefficients

aberrations/cell =  $aD^2 + bD + c$ ,  
where D is the dose

c =

b =

a =

| Dose[Gy] | Aberrations | Cells |
|----------|-------------|-------|
| 0.5      | 2           | 26    |
| 1        | 6           | 48    |
| 2        | 33          | 98    |
| 3        | 69          | 86    |
| 4        | 82          | 68    |
| 5        | 96          | 54    |

aberrations/cell =  $aD^2 + bD + c$

### Aberration data

Aberrations observed:

Cells scored:

Aberrations per cell:

---

95% LCL of aberrations:

95% UCL of aberrations:

---

Estimated dose [Gy]:

95% LCL (Gy):

95% UCL (Gy):

附件 21

101 年度不同照射劑量之雙中節分析表。

| <b>Radiation dose (Gy)</b> | <b>0</b>     | <b>0.5</b>   | <b>1</b>     | <b>2</b>     | <b>3</b>     | <b>4</b>     | <b>5</b>     |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>captured images</b>     | <b>1,787</b> | <b>1,632</b> | <b>1,412</b> | <b>1,924</b> | <b>5,349</b> | <b>1,891</b> | <b>2,127</b> |
| <b>Analysis images</b>     | <b>1,492</b> | <b>755</b>   | <b>1,050</b> | <b>986</b>   | <b>891</b>   | <b>934</b>   | <b>860</b>   |
| <b>Analysis Cells</b>      | <b>923</b>   | <b>504</b>   | <b>508</b>   | <b>527</b>   | <b>529</b>   | <b>531</b>   | <b>520</b>   |
| <b>Dicentrics</b>          | <b>1</b>     | <b>23</b>    | <b>76</b>    | <b>224</b>   | <b>394</b>   | <b>604</b>   | <b>844</b>   |
| <b>Tricentrics</b>         | <b>0</b>     | <b>0</b>     | <b>0</b>     | <b>1</b>     | <b>5</b>     | <b>14</b>    | <b>31</b>    |
| <b>Quntracentrics</b>      | <b>0</b>     | <b>0</b>     | <b>1</b>     | <b>0</b>     | <b>0</b>     | <b>0</b>     | <b>3</b>     |
| <b>Dicentrics Equiv.</b>   | <b>1</b>     | <b>23</b>    | <b>79</b>    | <b>226</b>   | <b>404</b>   | <b>632</b>   | <b>915</b>   |

附件 22

102 年度第一例不同照射劑量之雙中節分析表。

| <b>Radiation dose (Gy)</b> | <b>0</b>     | <b>0.25</b>  | <b>0.5</b>   | <b>1</b>     | <b>2</b>     | <b>3</b>     | <b>4</b>     | <b>5</b>     |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>captured images</b>     | <b>3,629</b> | <b>1,525</b> | <b>2,044</b> | <b>4,921</b> | <b>2,192</b> | <b>2,127</b> | <b>2,132</b> | <b>1,604</b> |
| <b>Analysis images</b>     | <b>3,629</b> | <b>1,525</b> | <b>1,548</b> | <b>4,614</b> | <b>1,946</b> | <b>1,961</b> | <b>1,857</b> | <b>1,453</b> |
| <b>Analysis Cells</b>      | <b>1088</b>  | <b>696</b>   | <b>635</b>   | <b>678</b>   | <b>357</b>   | <b>315</b>   | <b>233</b>   | <b>240</b>   |
| <b>Dicentrics</b>          | <b>1</b>     | <b>17</b>    | <b>36</b>    | <b>88</b>    | <b>151</b>   | <b>252</b>   | <b>337</b>   | <b>434</b>   |
| <b>Tricentrics</b>         | <b>0</b>     | <b>0</b>     | <b>0</b>     | <b>0</b>     | <b>1</b>     | <b>5</b>     | <b>9</b>     | <b>21</b>    |
| <b>Quntracentrics</b>      | <b>0</b>     | <b>0</b>     | <b>0</b>     | <b>0</b>     | <b>0</b>     | <b>0</b>     | <b>2</b>     | <b>1</b>     |
| <b>Dicentrics Equiv.</b>   | <b>1</b>     | <b>17</b>    | <b>36</b>    | <b>88</b>    | <b>153</b>   | <b>262</b>   | <b>361</b>   | <b>479</b>   |

附件 23

102 年度第二例不同照射劑量之雙中節分析表

| <b>Radiation dose (Gy)</b> | <b>0</b>     | <b>0.25</b>  | <b>0.5</b>   | <b>1</b>     | <b>2</b>     | <b>3</b>   | <b>4</b>   | <b>5</b>   |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|
| <b>captured images</b>     | <b>5,046</b> | <b>5,092</b> | <b>3,662</b> | <b>1,643</b> | <b>1,503</b> | <b>450</b> | <b>359</b> | <b>215</b> |
| <b>Analysis images</b>     | <b>128</b>   | <b>129</b>   | <b>130</b>   | <b>129</b>   | <b>130</b>   | <b>131</b> | <b>133</b> | <b>135</b> |
| <b>Analysis Cells</b>      | <b>78</b>    | <b>59</b>    | <b>26</b>    | <b>48</b>    | <b>98</b>    | <b>86</b>  | <b>68</b>  | <b>54</b>  |
| <b>Dicentrics</b>          | <b>0</b>     | <b>1</b>     | <b>2</b>     | <b>6</b>     | <b>33</b>    | <b>61</b>  | <b>78</b>  | <b>88</b>  |
| <b>Tricentrics</b>         | <b>0</b>     | <b>0</b>     | <b>0</b>     | <b>0</b>     | <b>0</b>     | <b>4</b>   | <b>2</b>   | <b>4</b>   |
| <b>Quntracentrics</b>      | <b>0</b>     | <b>0</b>     | <b>0</b>     | <b>0</b>     | <b>0</b>     | <b>0</b>   | <b>0</b>   | <b>0</b>   |
| <b>Dicentrics Equiv.</b>   | <b>0</b>     | <b>1</b>     | <b>2</b>     | <b>6</b>     | <b>33</b>    | <b>69</b>  | <b>82</b>  | <b>96</b>  |

附件 24

102 年核事故應急人員輻射防護及劑量管理、核事故輻傷醫療救治研討會議公出報告。

| 會議活動<br>核能研究所同仁所外 洽談公務 摘要報告   |  |            |            |
|---|--|------------|------------|
| 名稱  | 102 年核事故應急人員輻射防護及劑量管理、核事故輻傷醫療救治研討會議  |            |            |
| 時間  | 2013/07/11   | 地點         | 高雄 蓮潭會館    |
| 參加人員：   | 原能會：陳文芳、廖家群...<br>核研所：張翠容...   |            |            |
| 活動摘要  | 由台方及陸方進行核事故應急人員輻射防護及劑量管理、核事故輻傷醫療救治相關議題討論   |            |            |
| <input type="checkbox"/> 決議事項<br><input type="checkbox"/> 創新心得<br><input type="checkbox"/> 具體建議 | 1. 此次研討會，多集中於核事故發生當下的緊急作業，屬防止事件繼續擴大及當下有限專業人員與環境劑量測量；在醫療救治中，也以症狀為第一線治療基準。<br>2. 對於因意外事故去攜帶劑量，輻射人員並無法計算真實暴露的劑量。人員生物劑量在此即可發揮功能。進行承擔帶劑量人員之劑量估算。所得數據亦可作為後續醫療之參考。<br>3. 與大陸國家核應急醫學救援技術支持中心劉玉龍主任交流過程中，得知大陸在此系統中已將人員生物劑量評估小組納入，亦有相關作業程序得以應變緊急狀況；但台灣醫療相關作業中目前則無人員生物劑量適當配合。<br>4. 核研所目前已完成人員生物劑量評估研究技術建立，若發生意外事件時，雖可協助進行分析，但若缺乏醫療體系馬上進行檢體收集，仍無法發揮其效益。<br>5. 再者與劉玉龍主任討論過程中，提到對於國內目前規模及人口數，可由核研所對醫療單位進行前處理技術訓練(此階段較不需專業分析能力訓練及經驗)，當事故發生時，由現場醫療單位進行檢體前處理，而後將玻片後送至核研所統一分析及報告撰寫，此可改善核研所目前人力不足，將人力集中於分析中，使得報告準確度提升又可解決大量檢體處理問題。<br>6. 劉玉龍主任亦提到蘇州大學附屬第二醫院中針對輻射意外事故時醫療體系介入的實戰訓練課程：從發現病人開始，進行相關儀器採樣檢測到採血、救治病人，與人員生物劑量中，血液分離、細胞培養、玻片製作等有一系列課程訓練，歡迎台方可聯繫參與，進行相關交流學習。<br>7. 會中台陸雙方都提到緊急暴露劑量實際量測的困難度，其實大家對於無色無味的輻射都存在的一定的恐懼，對於其確定效應中已了解許多，但對於不確定效應中，如果可以了解更多，相信對於工作責任的使命，相信可以在無疑慮下進行更多現場搶救。 |            |            |
| 報告人   | 審  | 核批         | 示          |
| 張翠容<br>副所長<br>張志賢<br>副所長  | 李德偉<br>副所長   | 林武智<br>副所長 | 11/13<br>同 |

**填表須知**

- 審核人為報告人之直屬長官，並勾選下列項目。  
 須向所部長官陳報     須向所屬中心陳報     各組、室內部留存備查
- 請報告人之單位長官批示(批示人員核准權責表)，並確認或進行修改上述選項。
- 核定之摘要報告，請加印己的陳述所長章。

附件 25

輻射傷害處理進階教育訓練公出報告。

| 會議活動<br>核能研究所同仁所外 洽談公務 摘要報告   |   |                   |      |
|---|---|-------------------|------|
| 名 稱   | 輻射傷害處理進階教育訓練  |                   |      |
| 時 間   | 2013/08/12-15   | 地 點               | 高雄醫大 |
| 參加人員：   | 原能會核技處徐明德處長及陳文芳副處長等。<br>美方講師(Oki Ridge)：Alber Wiley, Jr., M.D., Ph.D., Stephen L. Sugarman, Carol J. Iddins M.D., 高醫核醫科陳頌雯主任等 60 餘人。<br>核研所生物劑量實驗室人員：張志賢、張翠容。   |                   |      |
| 活 動 摘 要   | 由美方 Oki Ridge 講師群針對一連串輻射傷害處理進行訓練  |                   |      |
| <input type="checkbox"/> 決議事項<br><input type="checkbox"/> 創新心得<br><input type="checkbox"/> 具體建議   | 1. 課程內容：輻射事件-風險及溝通、保健物理學回顧、輻射生物學回顧、急性輻傷症候群介紹、局部輻射傷害介紹、輻傷之醫療處置、巴西戈阿尼亞輻傷事件回顧、NCRP 第 156 號傷口模式回顧及案例研究、體內劑量及生物分析回顧、快速劑量評估介紹、體內汙染治療介紹、輻射傷害治療之實證建議、懷孕輻射效應、游離輻射傷害及創傷病理生理學、輻射延遲效應、輻射/核安事件之公眾健康考量、急性輻傷病人之醫療處置及輻射汙染除汙示範。<br>2. 此次訓練課程由美方 Oki Ridge 講師群展開一連串訓練課程，內容由淺入深，從輻射基本概念談起，告訴學員面對輻射的態度，不要一味害怕拒絕，其所談的一開放的態度很重要，面對民眾誠實及謹慎都是必須的，這些態度對於我們未來面對民眾都是重要的參考。<br>3. 學理方面，我們也學習到輻射生物學整個回顧，另外針對急性輻傷症候群及局部輻射傷害也有更深刻了解，當我們接觸這樣病人應有何種處理步驟及態度。<br>4. 此次參加會議重點在於課程也針對急性暴露時劑量評估介紹，其中講師亦為美方 Oki Ridge 生物劑量實驗室之實際進行人員，核研所生物劑量實驗室已與該實驗室合作，因此本次會議對於生物劑量內容有更多討論，與講師們針對人員生物劑量實際運作、應用及最終出具報告等實際執行狀況作面對面討論，收穫良多且更藉此機會建立國際聯絡管道，對於未來核研所人員生物劑量實驗室實際幫助頗多。 |                   |      |
| 報 告 人   | 審 核 批 示   |                   |      |
| 張翠容 1100<br>核研所成員張志賢 1138   | 李德偉 1100<br>林武智 1436  | 0822<br>1436<br>同 |      |
| <b>填表須知</b><br>1. 審核人應為報告人之直屬長官，並勾選下列項目：<br><input type="checkbox"/> 核研所所長官核閱 <input type="checkbox"/> 備向所屬中心陳報 <input type="checkbox"/> 各組、室內部留存備查<br>2. 請報告人之單位長官批示(批示人同核研所長官)，並確認或進行修改上述選項。<br>3. 檢定之摘要報告，請回印乙份陳送所長參閱。 |   |                   |      |

## 附件 26

### 日本學者來台訓練行程

| 時間 | 10月28日       | 10月29日  | 10月30日  | 10月31日                                    | 11月1日         |
|----|--------------|---|---|---|---------------|
| 上午 |              | 9:00-10:00 實驗室參觀<br>10:30-11:30 實驗室討論                             | 8:30-10:00 影像分析<br>10:30-12:10 影像分析                               | 9:00-10:30 日本實驗分析結果處理<br>11:00-12:00 最終討論 | 10:00- 桃園機場起飛 |
| 中午 |              | 12:00-13:00 用餐、休息   | 12:10-13:30 用餐、休息   | 12:10-13:30 用餐、休息                         |               |
| 下午 |              | 13:00-14:00 台灣人員生物劑量實驗室介紹<br>14:30-15:30 影像分析<br>15:45-17:00 影像分析 | 13:30-14:30 影像分析<br>14:45-15:45 影像分析<br>16:00-17:00 日本人員生物劑量實驗室介紹 | 13:00-14:00 日方資訊分享及建議<br>14:00- 桃園、龍潭風情介紹 |               |
| 晚上 | 21:40 桃園機場落地 |   | 17:00-19:00 晚餐  |   |               |