

政府科技計畫成果效益報告

1000 萬元以上(全程)

計畫名稱：輻射屋居民流行病學調查及人員生物劑
量評估研究

(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：財團法人國家衛生研究院、

行政院原子能委員會核能研究所

目錄

壹、基本資料.....	3
貳、計畫目的、計畫架構與主要內容.....	3
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.....	9
參、計畫經費與人力執行情形.....	26
肆、計畫已獲得之主要成果與重大突破(含量化成果 output)..	29
伍、主要成就及成果之價值與貢獻度(outcome).....	36
陸、與相關計畫之配合.....	38
柒、後續工作構想之重點.....	38
捌、檢討與展望.....	38

第二部分：政府科技計畫成果效益報告

壹、基本資料：

計畫名稱：輻射屋居民流行病學調查及人員生物劑量評估研究

主持人：李若燦

審議編號：101-2001-02-05-12

計畫期間(全程)：100年1月1日至101年12月31日

年度經費：100年度6,185千元 101年度7,341千元

全程經費規劃：13,525千元

執行單位：國家衛生研究院、行政院原子能委員會核能研究所

貳、計畫目的、計畫架構與主要內容

一、計畫目的與預期成效：

(一)輻射屋居民流行病學調查

自1992年國內首次發現輻射屋後，原能會對於在居住期間任1年其年劑量達5 mSv以上的居民，安排做健康檢查，截至2011年10月為止，原能會共計完成10,351人次。

對於居住在輻射屋接受低劑量游離輻射的健康影響，因係國際之首例，輻射曝露與健康效應之關聯分析，在學術上極具研究價值。可藉此研究探討輻射屋居民長期以來接受之輻射劑量與健康效應之關聯性。過去國內之長期低劑量的輻射曝露對癌症的影響，研究結果莫衷一是，學者也各持不同觀點，然而長期低劑量的輻射曝露所產生健康效應為何，仍是國際間輻射專家所關注的。因此如何突破過去研究上的限制，發展新的分析策略，開發創新思維，提昇研究價值，提供國內及國際間之參考，為主管機關及國內學者專家之當務之急。有鑑於此，建立完整且更新的輻射曝露劑量資料與健康效應資料，有效收集與癌症發生相關之干擾因素，重新推估長期低劑量曝露對健康的影響，是本計畫最為主要之目標。以下依全程計畫之目標、分年計畫之目標分述之：

全程計畫之總目標

整合輻射屋居民接受輻射曝露的情形、健檢結果及國人癌症登記檔等資料，定期就健檢之結果進行流行病學調查與分析，研究目標如下：

- 一、基本人口特性、健康型態及風險認知調查分析。
- 二、血液學調查及分析。
- 三、游離輻射劑量與健康之關聯分析。
- 四、癌症發生分析。
- 五、癌症趨勢分析。

分年計畫之目的

第一年之工作項目

- 一、蒐集並整理國內外相關研究學術論文及資料，以瞭解目前國內外對此議題之研究狀況。
- 二、進行居民問卷調查以蒐集本計畫所需資料
 - (一)研訂問卷題目
 - (二)彙整問卷及完成統計分析
- 三、建立各項資料庫
 - (一)完成居民居住歷史與劑量評估資料庫
 - (二)完成居民歷年健檢資料庫
 - (三)完成建物輻射劑量與居民健檢資料比對資料庫
 - (四)完成居民癌症死亡之資料庫
- 四、博碩士生培育至少 3 人

第二年之工作項目

- 一、建立各項資料庫
 - 完成居民癌症死亡與發生之資料庫
- 二、進行流行病學調查及研究

- (一)建立最適化之流行病學研究模式，以評估輻射劑量與健康效應之關係
 - (二)進行各項資料之統計分析，以評估居民因曝露而罹癌之發生率與相對風險
 - (三)對可能影響罹癌之各項干擾因子，利用「二階段抽樣」的設計加以探討分析
- 三、博碩士生培育至少 3 人
 - 四、完成二篇 SCI 論文投稿
 - 五、提出對輻射屋居民長期健康照護建議

(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(dicentric)、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 1Gy 時，通常以單一次碰撞事件為主；至於劑量高於 1Gy 時，價電子數目增多，使得變異事件快速增加，其速率通常以二次方上升，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。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。至於穩定變異的運用就較為廣泛，由於它並不會造成細胞的死亡，細胞仍得以正常分裂，分裂之後變異仍然存在於子細胞當中。

染色體穩定變異的方法目前較為熟知的有 G-banding 與螢光原位雜交法(FISH)，其中以螢光原位雜交法判讀較為容易，速度較快且準確性度較高。世界衛生組織(WHO)有鑑於車諾堡核電廠所發生核災變後，由於受影響之國家輻射醫療科技落後及欠缺協調支援能力，因此 WHO 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)，相關的合作活動以及如何運作此支援網絡。在策略上，我國可朝向建立參考實驗室(Reference Lab)的中程目標努力，逐步培植及訓練專業人力，建立劑量校正曲線，品質保證計畫及程序書，維持符合參考實驗室所需之分析頻率樣品數量、設

備，以及細部與劑量分析所需之臨床管理能力，並與其他國家的實驗室互相比對，發表成果。相信透過計畫之推動，使台灣發展出具有國際水準的輻射生物劑量實驗室，服務國內民眾。

核能研究所早期曾經建立起染色體變異之相關判別方法，但因技術人員陸續退休，使得判別染色體變異之標準作業流程亟待重新建立，而雙中節目前仍為世界公認的主要分析方式，因此再 100 年我們重新建立此技術，本計畫首先之目標便是建立判別染色體雙中節變異之標準作業流程。

100 年已在核研所重建人類淋巴球細胞染色體製備及雙中節分析技術。利用慈濟大學去連結教學剩餘檢體，經室溫郵寄核研所進行水中鈷-60 照射，分別在劑量率 0.633 Gy/min 下進行 0、1、3 及 5 Gy 劑量處理，接著以全血方式進行淋巴球細胞培養，經相關試劑處理後，將染色體分散於玻片上，而後進行顯微鏡觀察、影像擷取，最後進行雙中節判讀、分析。也依規畫於 100 年順利取得慈濟學院人體試驗倫理委員會通過，可進行臨床血樣之取得，以利 101 年有足夠人類血樣進行人類淋巴球染色體雙中節劑量反應曲線重建。除此之外，核研所亦於 100 年完成與國際生物劑量實驗室包含美國能源部橡樹嶺科學與教育研究所(Oak Ridge Institute for Science and Education)Dr. Livingston、日本科技部國家輻射科學研究所(National Institute of Radiological Sciences, Chiba, Japan) 輻射劑量部 Dr.Yoshida 聯繫加入全球的生物劑量支援網路(BioDoseNet)，目前加入此網路會員並獲得 2 組影像進行分析比對，將朝確認國內分析人員能力與國際一致達到國際接軌效益。

目前世界各國已有許多輻射生物劑量實驗室建立，在歐美具代表性的實驗室為美國能源部(U.S. Energy Department)的橡樹嶺科學與教育研究所(Oak Ridge Institute for Science and Education)、美國陸軍輻射生物學研究所(Armed Forces Radiobiology Research Institute)、英國國家健康保護局(Health Protection Agency; HPA) 的輻

射防護部門，在亞洲方面為鄰近的日本科技部國家輻射科學研究所 (National Institute of Radiological Sciences, Chiba, Japan) 輻射劑量部；在國內為慈濟醫學中心/慈濟大學遺傳中心的生物劑量實驗室。行政院原子能委員核能研究所在建立生物劑量實驗室之策略，將先與國內醫學中心合作，包含人員訓練，與參考實驗室進行實驗步驟、染色體分析比對，建立國內分析方式一致性；未來將規劃進一步與亞洲輻射生物劑量實驗室合作（如日本國家輻射科學研究所），作為亞洲之參考實驗室，建立染色體彼此分析之一致性，以建立與提昇我國生物劑量實驗室而努力。

二、計畫架構(含樹狀圖)：

(一)輻射屋居民流行病學調查

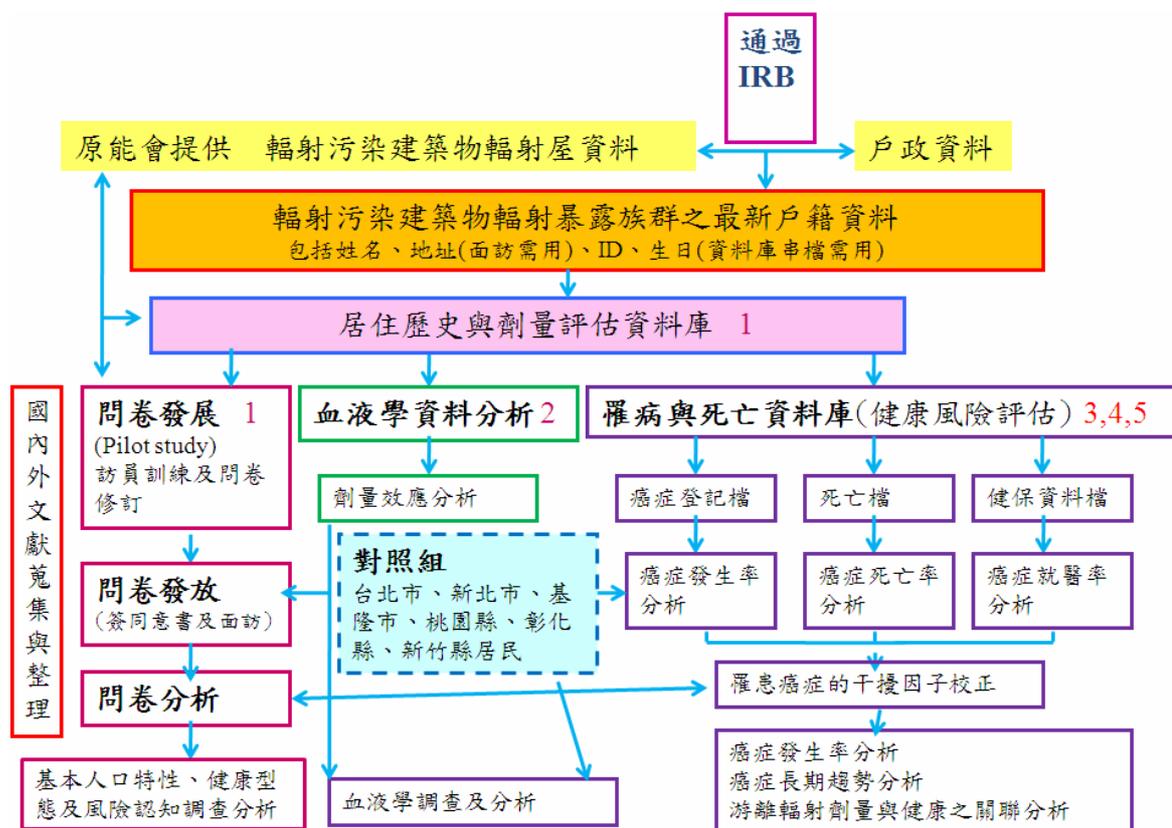
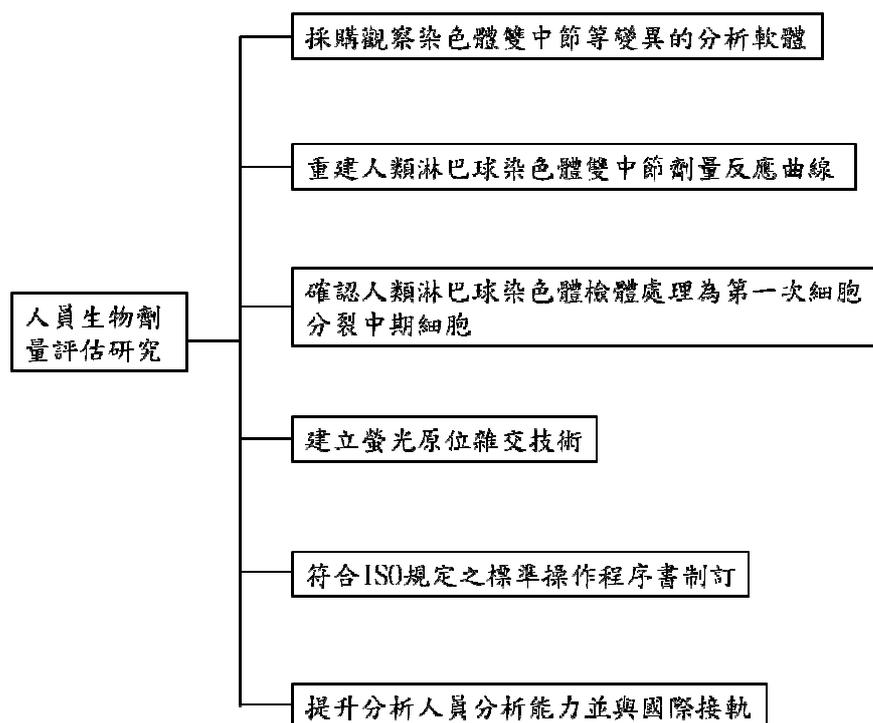


圖 1、研究架構圖

(二)人員生物劑量評估研究**三、計畫主要內容****(一)輻射屋居民流行病學調查****1. 研究對象**

曝露組：(1)曾居住於輻射污染建築物居民；(2)曾受輻射污染之校園學生、辦公室或工作場所之雇主或員工。

對照組：輻射污染建築物分布之縣市(包括台北市、新北市、基隆市、桃園縣、彰化縣、新竹縣市)的所有居民。

2. 研究設計

本計畫之研究型態為回溯性世代研究(retrospective cohort study)，追蹤時間為曝露在輻射污染當下至今(1982年至2012年，約31年)。並利用戶籍資料建立輻射家戶的世代資料，以健檢申請名單確認未設籍輻射屋的租屋或寄住者名單；以學校學籍資料以及教師名單確認受曝露之教職員以及學生世代資料；以經濟部商業司的資料庫確認曾在輻射建物辦公或從事生產工作的公司行號或機構名稱，再與勞保局的資料庫串檔，以確認在輻射辦公

室或工作場所受輻射污染的雇主或員工世代，根據以上的資料的收集與整合確認完整世代的名單。透過回溯性地觀察，以確定輻射污染建築物居民之輻射劑量是否造成健康危害，特別是癌症的發生及死亡。

3. 資料來源

A. 建物曝露資料 (原能會提供的數據)

房子的幾何結構、家具配置、表面劑量率、特定點(沙發、床、餐桌、書桌等)、空間點(梅花陣五點)位置的曝露率，偵測時間等。

B. 健檢資料(原能會提供的數據)

根據原能會所有之輻射屋居民健檢報告所建立之個人基本資料、輻射屋居住資料、健康檢查項目(包括血液檢查、甲狀腺檢查、血液生化檢查等)。

C. 戶政資料

為確認居住輻射屋的世代，本計畫以過去所建立的 1,660 戶輻射建物的門牌號碼進行戶籍資料的抄錄，將曾經設籍於輻射屋的民眾，無論是否居住於此，全都抄錄出來，再以問卷調查釐清多少居民居住於此，並以統計模式進行校正。根據統計，戶籍資料分散在台北市的 12 個行政區、新北市的 9 個行政區、桃園縣的 8 個鄉鎮、基隆市的 4 個行政區、新竹縣竹北市及新竹市東區、以及彰化縣彰化市，分佈範圍涵蓋北台灣的主要縣市。其中 6 戶為學校、機關等，因此有 1,660 戶家戶為本計畫的抄錄對象。由於抄錄的工作艱鉅繁重，必須確認工作流程與抄錄的人員訓練是否確實，以避免發生資料建立的偏誤。

D. 衛生署死亡檔

分析變項：個人基本資料(性別、年齡、縣市及鄉鎮市區代碼)、死亡時間、及死亡病因(基本分類碼)。

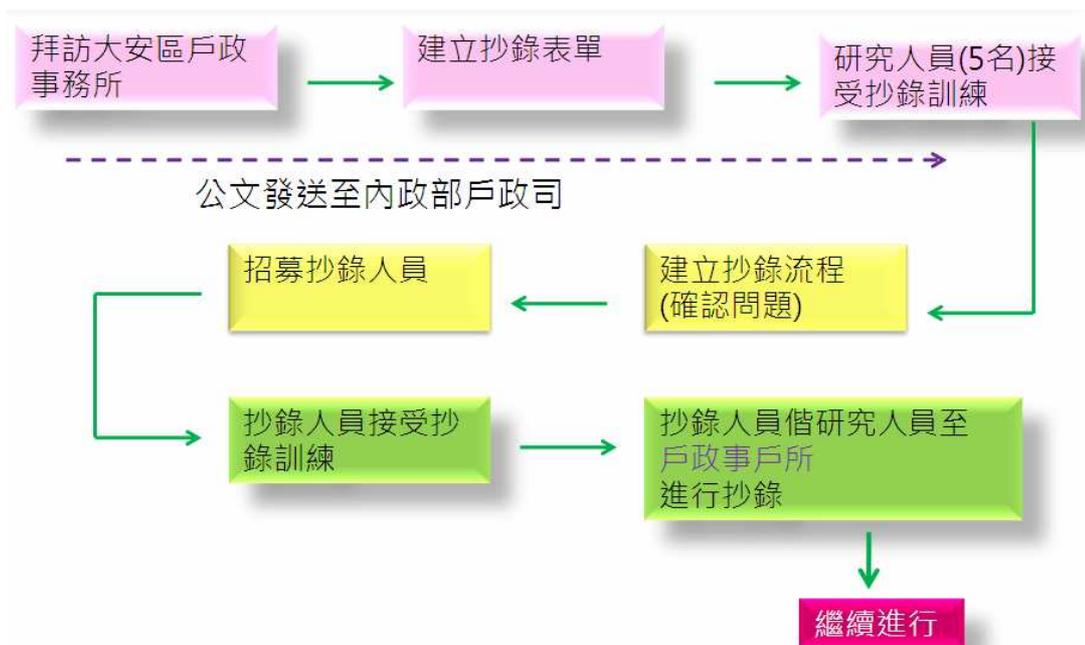


圖 2、戶政資料抄錄工作流程

E. 國民健康局癌症登記檔

分析變項：個人基本資料(性別、年齡、縣市及鄉鎮市區代碼)、發生時間、及癌症別(ICD-O 編碼；含解剖學及形態學編碼)。

F. 中央健保局的承保與就醫資料檔

資料檔名稱為「門診處方及治療明細檔」、「住院醫療費用清單明細檔」、「門診處方醫令明細檔」、「住院醫療費用醫令清單明細檔」、「承保資料檔」、「重大傷病證明檔」。分析變項包含個人基本資料(性別、年齡、縣市及鄉鎮市區代碼)、疾病診斷碼、手術碼、就醫日期等、醫令代碼、健保加保日期、健保退保日期、健保投保單位區域代碼、重大傷病申請日期、重大傷病診斷原因。

4. 干擾因子的建立與問卷家訪

問卷的發展為控制所有的干擾因子,2011 年度已發展之問卷內容共 3 個版本,針對(1)一般家戶、(2)台北市立○○國小、(3)彰化○○幼稚園。受訪對象如下：

曝露組：(1)在台大接受輻射健檢之輻射屋家戶(以家訪為主)、(2)

在仁愛醫院以及彰基接受輻射健檢之曾台北市立○○國小、彰化○○幼稚園學生。

對照組：仁愛醫院與彰基之一般健檢、勞工健檢、老人健檢民眾。

問卷內容：

- A.生活起居活動記錄：一天 24 小時的活動與活動空間。
- B.居住歷史：輻射屋原地址、遷入遷出日期、一年居住幾天、平均一天居住幾小時、輻射屋居住現況(空置、現仍居住、出租、原能會收購等)、輻射屋處理現況(加屏蔽、抽鋼筋、重新裝潢等)。
- C.基本資料：性別、年齡、教育程度、收入、婚姻狀況。
- D.職業曝露：工作性質有無特殊危害作業；是否有輻射曝露或其他與癌症發生有關之危害作業、職業類別與環境中危害物質。
- E.國外航班飛行記錄：目的為控制宇宙射線之干擾。
- F.個人習慣：抽菸、喝酒、運動、飲食習慣、作息等。
- G.生育狀況。
- H.最近一年之身體各症狀、生活品質量表（輻射導致的生活影響及壓力）。
- I. 輻射風險認知調查。

醫療輻射曝露史：X-ray、CT scanner、PET 正子造影的干擾因子的部份，參考董傳中教授已編列之健保醫令代碼與輻射劑量對照表代替，由健保資料檔得之，可得曝露組與對照組之醫療輻射曝露劑量。

5. 曝露資料的建立

- A. 居民個人曝露資料重建

(A)輻射屋曝露資料：

- a. 1,898 名符合健檢資格者之輻射污染建物資料：這些居民

來自 250 戶輻射污染建物，以及彰化縣○○幼稚園。

- b. 1,660 戶輻射污染建物資料及部分建物改善施工紀錄：資料中包含輻射屋代號、輻射屋地址、遷入時推估劑量、發現時劑量、建物改善施工紀錄等，戶籍抄錄的門牌號碼即以此檔作為基準，進行資料的抄錄。
- c. 1,660 戶特定點劑量率平面圖：資料檔以掃描過之圖檔方式儲存，資料檔中包含有辦公室或住家之輻射年劑量及室內各特定點的劑量率(每小時劑量)、以及改善施工前後之劑量，資料內容有不同格式及版本，以及不同單位之劑量。

(B)輻射屋資料的分析變項

輻射屋資料的分析變項包含 3 個部份：建物基本資料、劑量評估、以及改善施工等，詳細的變項說明如圖 3 之說明。此外辦公室與住家的資料格式不一致，將另外建置新的檔案。

建物基本資料	劑量評估
輻射屋代號, 建物地址, 所有權人	1.發現時之年劑量, 2.降至5毫西弗,1毫西弗日期, 3.遷入第1年之劑量, 4.遷入日期, 5.偵測日期 6.較常停留生活特定點劑量 客廳沙發, 臥室床舖, 其他 (書桌椅, 餐桌椅, 陽台, 浴室馬桶, 澡盆, 廚房, 爐台前)
改善施工	
1.改善項目 (抽換鋼筋, 局部抽換, 安裝鉛屏蔽, 移除建物, 清除污染源, 逕行抽換鋼筋, 原能會價購) 2.改善施工日期 3.施工後年劑量 4.至指定日期之劑量(本研究之資料分析日)	

圖 3、輻射屋資料的分析變項

(C)輻射劑量的計算

根據董傳中教授的建議，輻射曝露的重建採取以下方式重新計算：

- a. 以原能會所測得的特定區域輻射劑量率之平均值、最大

值(worst condition)及最低值換算曝露劑量，另再修正各職業別之生活型態佔用因數。

- b. 以問卷方式推估不同年齡、職場之輻射屋居民在輻射屋中一天之活動時間(生活型態)，以推估每日可能之曝露劑量。
- c. 考慮鈷六十的半衰期。

本研究的居家生活空間佔用因子之調查，將不同職種的人分為學生、待業者、退休或家管、有工作者。為了收集不同職種的人一天 24 小時待在家中的時間，以及在不同空間的佔用因素，則透過問卷來收集。在問卷的設計中，為避免回憶偏差(Recall bias)的產生，要求所有受訪者填答 2012 年平常日的居家生活狀況，曝露組與對照組皆可回答此題，目的為收集 2012 年一般民眾的生活佔用因素。由於是調查 2012 年的居家生活狀況，輻射劑量已經過 30 年的衰退，或是早已搬離輻射屋，曝露組受訪者不會刻意針對家中受污染的空間而填寫較長的停駐時間，故曝露組與對照組的填答狀況會一致。

除此之外，隨著輻射屋居民的年齡增長，在家中的時間也會不一樣，本研究依照居民不同時期的年齡，以及在家中的停駐時間重建每個人的輻射曝露累積劑量。由於不同年代的生活型態不同，現在所測量的生活空間佔用因素，是否仍與過去相同，是本研究需要考慮的。本研究參考(1)國健局建立之曝露參數資料庫(台灣一般民眾暴露參數彙編)來獲取 1996 年室內外佔用時間(第七章 生活作息與活動時間)、(2)董傳中教授 2000 年藉由 1,000 位訪視家戶所建立的室內外佔用時間。並與本計畫調查之最近一星期的居家各空間之佔用時間比較，可獲得時空之趨勢及估計之偏差。以瞭解最近一星期的居家各空間之佔用比例與 30 年前的生活空間的佔用比例是否相似。

根據本計畫 2012 年度的佔用因子問卷分析結果，居家佔用時間與年齡有關，幼童、家管與退休者一天 24 小時在家的時間最長，幼兒 1 天在家中的平均時間為 16.30 小時；小學生為 13.85 小時；國中生為 13.07 小時；高中生為 12.87 小時；大專生為 14.29 小時；就業中者為 13.04 小時；待業人士為 16.20 小時；家管為 18.22 小時；退休者為 17.02 小時。不同職種的人在家庭中特定點的時間佔用因素並不相同，因此在輻射曝露評估時必須考慮不同年齡的居家停駐時間，並回推輻射屋居民在不同年齡時的居住時間以及空間佔用因素。

由於輻射曝露劑量的高低會影響健康效應的評估，若劑量高估，健康風險效應將被稀釋；若劑量低估，健康風險效應則被高估，因此同時採取特定區域輻射劑量率之最小值、平均值以及最大值進行健康風險推估，以比較三種劑量評估之結果，是否存在差異。

6. 資料分析步驟

A. 計算人年(person-years of observation)：

輻射屋的興建時間為 1982 至 1984 年間，但居民遷入時間不一，本研究以居民遷入輻射屋的時間起點作為追蹤起點，以發生癌症或因癌症死亡的時間，或研究觀察終止日(2012 年 10 月 31 日)為追蹤結束時間點。根據每人的追蹤時間建立曝露族群的觀察人年數。

B. 癌症潛伏期 (Cancer incubation period)

美國游離輻射生物效應第 5 號報告(Biological Effects of Ionizing Radiation V (BEIR V); 1990)指出，血癌的平均最短潛伏期為 2 年，其他癌為 5 年。建議納入分析的人年數、癌症發生個數、個人輻射曝露累積劑量，需要考慮輻射曝露致癌的最短潛伏期。納入分析的總曝露劑量要扣除前 2 年(血癌)或 5 年(其他癌)的曝露累積劑量。

根據國際放射防護委員會(International Commission of Radiological Protection) 的第 60 號報告(ICRP-60; 1990)指出，血癌的平均最短潛伏期為 2 年，其他癌為 10 年。建議納入分析的人年數、癌症發生個數，需要考慮輻射曝露致癌的最短潛伏期。本研究採用 ICRP 的建議，實體癌以 10 年為最短潛伏期。

C. 癌症發生人數

罹病與死亡資料庫串檔以得到癌症罹病與死亡人數(至 2005 年約 165 例)(**排除小於潛伏期之個案**)。

D. 計算癌症發生率 (Cancer Incidence)

$Incidence = \text{癌症發生人數} / \text{暴露族群的總追蹤人年}$

E. 計算標準化癌症發生率 (Standardized Incidence)

$$\text{Standardized Incidence} = \frac{\sum_{ij} \text{暴露族群癌症發生率}_{ij} \times \text{校正族群人年數}_{ij}}{\sum_{ij} \text{校正族群人年數}_{ij}}$$

i:性別 ;j:年齡組

以大而穩定的校正族群，校正性別與年齡通常為 2000 年世界標準人口。

F. 描述癌症發生率：按年代、年齡、劑量、曝露時間長短等描述之。

7. 樣本數的估計

A. 以控制干擾因子為目的

本研究採用的設計為 Balanced Design，是最有效率 (efficient)的方法，在第一階段曝露組的所有罹病人數皆納入，再進行推估(Schaubel D; 1997)。其中曝露組罹癌的 60 人係根據 Hwang(2008)在台灣輻射屋事件中的調查，在 7,271 位輻射曝露的居民中，追蹤至 2005 年，確定為癌症者為 141 人，若依照 ICRP 60 的建議考慮平均最短潛伏期(血癌 2 年，實體癌為 10 年)，僅剩 95 位罹癌居民。根據戶籍資料抄錄的結果粗估，本

計畫 15,000 位 1 mSv/y 以上居民，約可得到 150 位癌症患者，願意填寫問卷者 60 人(拒訪率 60%)。而粗估的 600 人乃根據 Schaubel 的計算，在樣本估計的強度(1- b)定為 0.9；干擾因子(以抽菸為例)存在下的 $OR=4.0$ ；干擾因子的盛行率為 10%； $q=6(q = P_{11}P_{00}/P_{10}P_{01}; 1,0$ 表是否有干擾因子或是否為曝露組, P 為盛行率)等條件下所估算出。其中香菸在全體癌症的族群可歸因危險分率(Population Attributable Fraction ;PAF)，在男性為 85%，女性為 80%，香菸與癌症的關聯性很強，以此代替總體干擾因子(Parkin DM, 2011)。此外根據 Vaughan et al.(1995)研究發現，吸菸與鱗狀細胞癌(squamous cell cancer) 的 $OR = 16.9(95\% \text{ confidence interval (CI) } = 4.1-69.1]$ ；吸菸與腺癌細胞癌(adenocarcinoma cell cancer) 的 $OR = 3.4(95\% \text{ CI } = 1.4-8.0)$ (Cancer Epidemiol Biomarkers Prev March 1995 4; 85)，本研究採保守估計，以 $OR=4$ 代替。(見表 1)

表 1、樣本數的估計

	Cancer	Non-Cancer	Total
Exposure	60	180	240
Non-Exposure	180	180	360
Total	240	360	600

B.以空間佔用因素估算

除了以干擾因子考量樣本數的大小以外，以不同族群、在家停駐時間估算樣本數。

假設估計的信賴係數為 $100(1-\alpha)\%$ 的容忍度誤差為 d 以內，樣本數的估算公式為 $n = Z_{\alpha/2}^2 S^2 / (d^2 + (1/N)Z_{\alpha/2}^2 S^2)$ ，其中 N 為輻射屋居民的世代總人數，根據 100 年度計畫戶籍抄錄為 12,850 人。若 N 非常大， n 可簡化約為 $n_0 = Z_{\alpha/2}^2 S^2 / d^2$ 。 n 與 n_0 的關係為 $n = n_0 / (1 + n_0 / N)$ ，其中 $Z_{\alpha/2}^2 = 1.96$ ， $d = 0.05$ ， $S^2 = p(1-p)$ (林進田，

1993)，而 $p =$ 不同族群所佔比例 \times 佔用因素。佔用因素係居家時間在 24 小時所佔的比例。

根據以上定義及公式得到以下推估結果，學生(大專生)需 26 人，待業需 12 人，退休或家管需 92 人，有工作(正常上下班)者 158 人，有工作(輪班或部分工時)者為 75 人，總計需要 363 人即符合統計上的顯著性要求。(見表 2)

表 2、以佔用因素推估不同族群人口的樣本數

族群	問卷資料		居家時間	佔用因素	p	q	s ²	n ₀	n
	n	%							
學生(大專生)	23	7.0	11.86	0.49	0.03430	0.96570	0.033124	26	26
待業	6	1.8	19.14	0.80	0.01450	0.98550	0.01429	12	12
退休或家管	61	18.5	17.74	0.74	0.13663	0.86337	0.117965	93	92
有工作(正常上下班)	176	53.3	12.78	0.53	0.28400	0.71600	0.203344	160	158
有工作(輪班或部分工時)	64	19.4	13.31	0.55	0.10756	0.89244	0.095987	76	75
合計	330							367	363

本計畫 100 年度的家訪問卷完成超過 600 份問卷，雖然根據 2 種不同研究目的估算的樣本數都在 600 人以下，董傳中教授在過去佔用因素的推估中使用 1,000 份問卷(董傳中, 2000)，本計畫則於 101 年度收集 2375 份佔用因子問卷。

8. 本計畫的特色

本計畫針對幾項過去研究的缺失進行改善，並建立本計畫之研究特色，主要的三項缺失包括：(1)世代的建立、(2)曝露資料的建立、(3)研究設計。

A. 世代的建立

過去國內的研究團隊利用「輻射受害者協會/輻射安全促進會」等輻射屋居民所組成的自救會，建立 7,271 位輻射屋居民的世代名單，由此途徑所建立的名單，可能會有選擇性偏差 (Selection bias)，參與研究的居民之健康狀況是否與未參加者不

同，參與者是否有較強烈的動機，以及預設立場，以上因素都是未知的。

針對此項，本計畫利用 1,660 戶原能會偵測到的輻射屋門牌號碼至輻射屋所在的戶政單位，逐戶地建立 1982 至 2011 年曾設籍於輻射屋的名單，最終完成超過 1,600 戶的戶籍資料抄錄，完成世代名單為 12,850 人。因此世代的建立較過去的研究完整。此外本研究透過公文行文至輻射校園、經濟部商業司以及勞保局收集受污染學生以及辦公室人員的曝露資料。

B. 曝露資料的建立

過去國內的研究團隊自行測量，或自輻射屋居民取得原能會的輻射曝露資料，在 7,271 位世代名單中，仍有 1,020 人無輻射曝露資料，以致這些民眾的資料無法併入健康風險的評估中，這些漏失的資料對健康風險評估的影響如何，無法探討。

本計畫接受原能會提供完整之輻射曝露資料，資料中涵蓋特定劑量、改善施工日期、施工後年劑量等。在曝露資料的分組上，自建物興建至今或至改善為止，所有曾設籍或在此上班上課之人口定為曝露組，並以累積曝露劑量低於 100 毫西弗，或高於 100 毫西弗分為兩個暴露組，同時再以輻射屋所在縣市的一般民眾作為完全無輻射鋼筋曝露的對照組，利用這三組資料，建立起輻射與健康的劑量效應關係(Dose-response effect)。

C. 研究設計

過去的研究採回溯性世代研究(Retrospective cohort study)，雖然已發展健康風險評估模式，但欠缺干擾因子的控制，評估的準確性則有待質疑。本計畫特別針對此項發展新的研究模式，所使用的方法為二階段抽樣研究方法(two-stage sampling approach)，透過從世代中所抽出的一部分名單，建立確證樣本，並經由問卷得知曝露組與對照組在生活習慣(抽菸、喝酒、運動等)、醫療輻射曝露、宇宙射線、飲食習慣等是否有差異，而控制干擾因子，並利用第一階段的罹病人數資料調整第二階段的分析

結果，而得到更準確的流行病學結果。

(二)人員生物劑量評估研究

1. 觀察染色體雙中節等變異

本計劃旨在建立國人生物劑量之標準參考，需要建立雙中節與接受劑量間的標準曲線，而建立標準曲線時所採用的樣本數越多，越能增加曲線的準確度與降低誤差值。在傳統進行染色體雙中節分析時，多使用人工肉眼的方式尋找細胞、拍照後紀錄座標，接著再進行雙中節的觀察判定，往往分析一個玻片樣本就必須花費大量的時間與人力，相當不符合成本效益，因此有一個全自動的分析系統對於本計畫有限的人力資源來說是相當重要的。Metasystem 自動染色體搜尋軟體是由德國蔡斯(ZEISS)公司所研發出來的一個全自動的染色體搜尋系統，搭配原廠的顯微鏡，此軟體能夠先以低倍物鏡對玻片樣本進行快速的掃描，並能辨識找出含有染色體的細胞，針對細胞自動標識座標軸，接著再以高倍率油鏡拍攝大圖，並且利用內建的 DC score 軟體自動分析辨識含有雙中節的染色體。此外再搭配外接的電動載物台，一次可以處理 8 個玻片樣本，自動化的步驟節省了大量的拍照以及分析時間，並且在機器運作過程中也不需人力全程對儀器進行監督操作，能做到自動化(walk-away)的一套系統。除此之外，此系統可外掛螢光系統，對於後續初步觀測 FISH 試驗時亦有一定助益。因此我們採購此套軟體系統，期望可在有限人力時，縮減時間擷取大量的細胞影像進行後續雙中節分析。目前我們進行的方法為先利用自動化影像擷取系統初步擷取處於染色體細胞中期之細胞，接著利用人工方式再做進一步篩選可分析細胞，將選取影像另製成圖片檔進行後續實驗分析。

目前核研所現在所採用的 Metasystem 自動染色體搜尋硬體

搭配軟體後，將原所需的 2-3 個工作天，縮減為 1 天可進行 4-8 個玻片的影像擷取，顯著提升影像搜尋擷取的速度將研究觀察的時間集中在染色體判讀分析上(附件一)。

2. 重建人類淋巴球染色體雙中節劑量反應曲線。

101 年計畫首重先建立屬於我國自行製備檢體之輻射劑量與雙中節關係之劑量標準曲線。本計畫與慈濟大學合作向慈濟醫院之人體試驗倫理委員會申請使用人類血液檢體之臨床試驗，獲得合格函(附件二)，使用期限為 100 年-101 年；並於今年度再向 IRB 提出展延至 102 年申請(附件三)。

延續 100 年研究，除了原有之 0、1、3 及 5 Gy 照射外，101 年新增了不同劑量，在水中以 0.633 Gy/min 劑量率下，以鈷-60 分別進行 0、0.5、1、2、3、4 及 5 Gy 劑量之照射，共計 7 組不同劑量的染色體雙中節分析(附件四-七)。在對照組 0 Gy 中我們目前共擷取 1787 張影像，已經分析 696 張影像後，獲得 293 顆細胞以更進一步方式進行染色體雙中節分析，無雙中節的變異產生。輻射劑量組中，鈷-60 0.5 Gy 的曝露下，我們擷取到 1632 個影像，分析了 714 張影像，有 287 顆細胞可供進一步分析，在 287 個細胞中，我們發現了 11 個雙中節變異；1 Gy 劑量下擷取到 1412 個影像，分析了 916 張影像，有 269 顆細胞可供進一步分析，在 269 個細胞中有 35 個雙中節變異產生；2 Gy 劑量下擷取到 1924 個影像，分析了 844 張影像，有 266 顆細胞可供進一步分析，在 266 個細胞中有 118 個雙中節變異產生；3 Gy 劑量下擷取到 5349 個影像，分析了 1299 張影像，有 294 顆細胞可供進一步分析，在 294 個細胞中有 215 個雙中節變異產生，包含 209 個雙中節及 3 個三中節(tricentric)；4 Gy 劑量下擷取到 1891 個影像，分析了 927 張影像，有 265 顆細胞可供進一步分析，在 265 個細胞中有 312 個雙中節變異產生，包含 298 個雙中節及 7 個三中節(tricentric)；5 Gy 劑量下擷取到 2127 個

影像，分析了 562 張影像，有 250 顆細胞可供進一步分析，在 250 個細胞中有 443 個雙中節變異產生，包含 404 個雙中節、18 個三中節(tricentric)及 1 個四中節(quentric) (附件八)。由研究數據中，我們可發現隨著輻射劑量的增加，雙中節的變異增加，在 3 Gy 劑量以上更發現有三中節(tricentric)的產生。

將不同照射劑量的分析資料，以國際專業染色體雙中節分析軟體 Chromosomal Aberrations Calculation Software (CABAS) 進行分析，可獲得一劑量與染色體雙中節變異之關係曲線，此關係曲線具有二次線性的關係： $Y = c + \alpha D + \beta D^2$ ，Y：染色體變異頻率；D：劑量。根據今年分析的結果 C：0； α ：0.0570； β ：0.0727(附件九、十)。

3. 確認人類淋巴球染色體檢體處理為第一次細胞分裂中期細胞

根據 ISO 19238 雙中節分析內容提到，生物劑量測定所建議的鑑定方法，是監測在週邊血液淋巴細胞培養中所觀察到的中期細胞雙中節染色體畸變率。淋巴細胞需以能分辨第一次細胞分裂中期的方式培養，以確認其準確度，因從輻射曝露者採集到之淋巴細胞之中，輻射曝露後第一子代的間期細胞發生不穩定染色體畸變的頻率最高。螢光加姬姆色素染色法 (fluorescence plus Giemsa staining, FPG) 是確保僅有第一子代間期細胞被納入計算的標準計算方法。因此，在 101 年計劃中，我們也將建立此技術以提高實驗之可信度。首先我同樣使用通過人體試驗倫理委員會 (IRB) 審核之慈濟醫院合法取得人類全血，進行全血細胞培養，先使用 9ml 的 RPMI1640，內含有 0.1ml 的 penicillin G/streptomycin sulfat，0.1ml 的 L-glutamine，1.5ml 的 FBS，0.18ml 的 PHA 以及 0.05ml 的 BrdU 作為細胞培養的培養基，與 1ml 的人類血液混合後，加入 25T 的 Flask 培養瓶中，在 37°C 的二氧化碳培養箱中培養 45 小時。接著加入 0.1ml 的 Karymax colcemid solution，在 37°C 的二氧化碳培養箱中再培養

3 小時。將培養完成之血液細胞置換到 15ml 的離心管中，外面包覆錫箔紙，以 100g 的轉速離心 10mins。去除上清液，加入 0.54% 的 KCL 至體積為 8ml，輕微搖晃將底部 pellet 搖散均勻數次，在 37°C 的二氧化碳培養箱中培養 30mins。培養完成後以 100g 的轉速離心 10mins，以塑膠吸管小心吸除上清液，接著加入固定液(Methanol 與 Acetic acid 以 1:3 比例配製)補至 8ml，以 100g 的轉速離心 10mins。小心去除上清液，重複加入 Fix Solution 清洗直到底部 pellet 變白為止。另外以錫箔紙覆蓋 Coplin jar 罐子，加入 800 μ L Hoechst 染劑(1mg/ml)以及 40ml 蒸餾水 (最終濃度 20ug/ml)，接著將噴好片的片子放入瓶中染色 2 分鐘，完成後以拭鏡紙擦乾玻片背面，將玻片置於 60°C 加溫板上烤乾玻片，接著以 0.6M，pH 9.0 的 Na₂HPO₄ 滴數滴在玻片上並蓋上蓋玻片，在室溫下，以 365nm 的 UV 燈照射 8 分鐘。小心取走蓋玻片，將玻片泡在蒸餾水中清洗 3 次。完成後以拭鏡紙擦乾玻片背面，以 10% 的 Giemsa 染劑染色 10 分鐘。染色完成後將玻片泡在蒸餾水中清洗。而後以 37°C 加溫板放置數小時烤乾玻片。將封片膠滴數滴在玻片上，蓋上蓋玻片封片固定。至少在室溫下放置 12 小時，等封片膠乾了固定蓋玻片之後即可以顯微鏡觀察。

在今年度，我們成功建立了 FPG 試驗方法(附件十一)。結果圖我們可觀察到，若處於第一子代分裂細胞，經過染色處理後，2 條姊妹染色體(sister chromatids)皆會呈現深染狀態；反之，若細胞經過 1 次以上複製，為第 2 子代以上細胞，則 2 條姊妹染色體就會有一深一淺顏色變化，甚至 2 條姊妹染色體皆淺色或更複雜程度變化。在這項試驗中，我們共分析 1604 個細胞，分別計算出處於第一子代細胞數有 1600 個，處於第二子代細胞數僅有 4 個，然後統計第二子代細胞比率為 0.38% (附件十二)，顯示在核研所中所進行的試驗確實符合 ISO 19238 所提分析條件需使第二子代以上細胞少於 5% 的比例。

4. 建立螢光原位雜交技術

輻射造成染色體變異除雙中節產生，另外還有易位(translocations)和缺失(deletions)2種狀況。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，這兩種變異不會造成細胞的死亡，細胞仍得以正常分裂，分裂之後變異仍然存在於子細胞當中。而分析此種狀況可利用螢光原位雜交(fluorescence in situ hybridization, FISH)，此技術使用特定的DNA序列做為特定基因組部位的探針技術，能藉由附著各種螢光染劑，以不同顏色標記該染色體區域，故可用來觀察染色體片段互相交換的情形。其方法是將新鮮製備的染色體玻片置於2XSSC(pH7.0)，室溫2分鐘。再依序置於70%, 85%, 100%酒精中，各2分鐘。將螢光探針(cytocell, UK)自-20°C取出回溫，輕輕的pipette混合使探針溶液均勻。之後，取10 μ l探針溶液滴在玻片細胞樣本上，蓋上蓋玻片(24X24 mm)並用膠水密合。置於溫度循環器上設定75°C(\pm 1°C)反應2分鐘，37°C(\pm 1°C)反應36小時。雜交反應完成後，將已凝固的膠水剝開，蓋玻片移除。放置玻片於已先預熱至72°C(\pm 1°C)之0.4XSSC(pH7.0)，反應2分鐘。再置於2XSSCT(0.05% Tween-20; pH7.0)，室溫反應30秒。取10 μ l DAPI/antifade(cytocell, UK)滴在已瀝乾的染色體玻片上，再以蓋玻片蓋上(以指甲油封片)於避光處室溫反應至少10分鐘。最後，以螢光顯微鏡觀察之。玻片可保存於-20°C至少1個月。

螢光原位雜交(fluorescence in situ hybridization, FISH)試驗，我們使用染色體第1、2及4對染色體進行，由結果圖我們可清楚觀察到被標記的染色體呈現綠螢光，共有3對(6條)染色體；而經過輻射照射後的細胞，可見到染色體有轉位(translocation)及缺失(deletion)的現象(附件十三)。當輻射劑量增加時，染色體變異的現象有增加的趨勢(附件十四-十七)，1 Gy輻射照射下，觀察11顆細胞皆無轉位及缺失的現象，隨著劑量

增加到 3 Gy 時，觀察 11 顆細胞中，3 顆細胞有轉位及缺失的現象，約為 23 %；5 Gy 時觀察 10 顆細胞中，7 顆細胞有轉位及缺失的現象，約為 70 %，顯示隨著輻射劑量增加，染色體傷害性增加。

5. 符合 ISO 規定之標準操作程序書制訂

為建立一具公信力的實驗室，首要條件就是使實驗室所執行之試驗皆依照標準程序書執行，因此建立實驗室品質程序規範如何產生文件就相當重要。生物劑量實驗室在這方面，無國內相關參考資料，因此搜尋國際 ISO 獲得 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，共 2 份 ISO 文件，先著手了解內容，並檢視實驗室目前人力及執行現狀，先列出優先建立文件清單，將實驗室首要建立之文件清單區分為品質與試驗兩大分類(附件十八)。品質分類文件 3 份；實驗室試驗操作標準程序書 15 件。再由同仁一步步依據參考文件及執行現況建立標準操作程序書。

目前先完成品質類文件：文件管制程序一份，此份文件為所有文件撰寫之依據；實驗室試驗操作標準程序目前共完成 12 份，分別為 1.檢體接收程序。2.細胞培養程序(DCA)。3.全血細胞培養程序(FPG)。4.全血細胞 Harvest 程序。5.染色體玻片製作程序。6. Giemsa 染色程序。7. FPG Giemsa 染色程序。8.玻片清洗程序。9.染色體分析程序。10.檢體、玻片編碼程序。11.染色體顯微鏡觀察程序。12. FISH 實驗程序。

6. 提升分析人員分析能力並與國際接軌

在 100 年的計畫中，我們透過網路方式認識美國橡樹嶺科學與教育研究所(Oak Ridge Institute for Science and Education)

的 Dr. Livingston，由 Dr. Livingston 的分享，加入 BioDoseNet 網路，分別分析與國際專家同步的 68 張影像，獲得相似結果。在 101 年度，我們再透過認識的國際友人 Dr. Wilkin 及 Dr. Yoshida，分別取得加拿大 5 片、日本 3 片未知劑量照射之盲樣玻片，先進行細胞體染色體影像擷取，接續由核研所人員進行染色體異常分析，並將分析結果回傳 2 位學者進行比對，確認國內人員之分析能力國際同步化。目前針對加拿大衛生部 Dr. Wilkin 所寄染色體玻片，初步確認為 FPG 染色試驗，目前共擷取 3,674 個細胞影像，陸續先挑選可分析影像後，再進行雙中節分析(附件十九)。在日本方面，目前亦完成 4,057 個細胞影像擷取，依據 Dr. Yoshida 的建議先分析不同組別的細胞染色體 100 個，共計 300 個細胞染色體，將其統計整理後(附件二十、二十一)，回傳給 Dr. Yoshida 進行結果比對。

參、計畫經費與人力執行情形

一、計畫經費執行情形：

(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)			
輻射屋居民 流行病學調 查及研究	(100 年) 3,900 (101 年) 4,315	輻射屋居民 流行病學調 查及研究	(100 年) 3,900 (101 年) 4,315	劉紹興	國家衛生 研究院	
人員生物劑 量評估研究	(100 年) 2,285 (101 年) 3,026	人員生物劑 量評估研究	(100 年) 2,285 (101 年) 3,026	張志賢	核能研究所	

(二)經資門經費表

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	(100年)1,498,500 (101年)1,908,000		(100年)1,498,500 (101年)1,908,000	26	
業務費	研究設備費	(100年)850,000 (101年)2,200,000	(100年)850,000 (101年)2,200,000	30	
	材料與雜費	(100年)3,446,500 (101年)2,801,000	(100年)3,446,500 (101年)2,801,000	38	
管理費	(100年)390,000 (101年)432,000		(100年)390,000 (101年)432,000	6	

與原計畫規劃差異說明：無

(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
輻射屋居 民流行病 學調查及 研究	原訂	6	2	0	1	3
	實際	6	2	0	1	3
	差異	0	0	0	0	0
人員生物 劑量評估 研究	原訂	1	0	0.2	0.8	0
	實際	1	0	0.2	0.8	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	
劉紹興	計畫主持人	統籌研究團隊各項事宜、研究設計與規劃/15月	學歷	約翰霍普金斯大學博士
			經歷	國家衛生研究院環職組組主任
			專長	職業醫學
張俊彥	協同主持人	督核計畫執行進度/15月	學歷	國防醫學院醫學士
			經歷	國家衛生研究院癌研所所長
			專長	醫學
李俊賢	協同主持人	督核計畫執行進度/15月	學歷	台灣大學職業醫學與工業衛生博士
			經歷	國家衛生研究院環職組主治醫師
			專長	環境職業醫學
張志賢	主持人 (副研究員)	2人月	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
張翠容	助理工程師	6人月	學歷	碩士
			經歷	核能研究所助理工程師
			專長	生理、藥理、生物醫學

與原計畫規劃差異說明：無

肆、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

(一)學術成就

在輻射屋流行病學調查方面，主要目標除了完成輻射屋受害居民基本人口特性、健康型態及風險認知等調查分析、血液學調查及分析，也將進一步探討游離輻射劑量與健康之關聯、癌症發生率的長期趨勢、以及分析可能影響罹癌之各項干擾因子，使研究結果更加明確可信。總共完成 1,048 份問卷，表 3 為曝露組與對照組基本資料敘述統計之結果，根據分析結果，兩組在基本資料的分布上皆有統計上的顯著差異。透過問卷調查，在輻射風險認知部分，輻射屋居民與對照組在輻射風險認知上沒有差異，但是國小組與輻射辦公室人員的得分偏低，未來應加強對國小組與輻射辦公室人員的輻射衛生教育。健檢資料分析結果中，高劑量組($\geq 100\text{mSv}$)的平均淋巴球、血小板、紅血球、血比容及血紅素值於 1999 年時較低劑量組($< 100\text{mSv}$)低，有逐年增加的趨勢，顯示高劑量組的平均淋巴球、血小板、紅血球、血比容及血紅素在輻射屋發現後幾年可能遭受到抑制，之後逐年恢復。顯示 1999 年至 2011 年平均淋巴球、血小板、紅血球、血比容及血紅素之變化率在高劑量組顯著大於低劑量組(GEE 模式中的交互作用項)，此結果表示高劑量組之血液傷害沒有大於低劑量組。(見圖 3)

生物劑量評估方面，參加 2012 年在愛爾蘭都柏林舉辦的世界分子影像會議(WMIC)並發表論文一篇: Establishment of dicentric chromosome assay by digital microscopic imaging. 參與此會議有助於提昇台灣及核研所在國際的能見度。撰寫與出版研究報告三篇: a. 人員生物劑量實驗室建立(INER-9603R) b.

利用細胞遺傳生物學技術進行人員生物劑量評估研究---建立 FPG 姐妹染色體交換對比染色技術(INER-9403) c. 螢光原位雜交及其觀測技術之建立 (INER-9365)；研究報告著重技術與經驗傳承，將有助於核研所後續使用該技術之輻射生物學術研究。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

在輻射屋流行病學調查方面，過去的輻射流行病學調查研究多採取一階段的回溯性研究，以大樣本進行輻射與健康的關聯分析，而最受學術界垢病之處為欠缺干擾因子的控制，本計畫將採取二階段抽樣研究方法，其方法係在第一階段建立完整的輻射屋世代資料，並建立初步的健康風險，利用第一階段建立的世代資料抽出適當的樣本，以問卷或現有資料庫建立干擾因子的控制，此為第二階段的健康風險，且已考慮干擾因子下所建立者，並利用第一階段的罹病人數資料調整第二階段的分析結果，而得到更準確的流行病學結果，因此可同時兼顧大樣本以及干擾因子的控制等雙重優點。

生物劑量評估方面，因目前在國內並無專業實驗室，本計畫重點之一在重建國內人員生物劑量評估能力。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。

(三)經濟效益

人員生物劑量評估研究並無直接經濟效益，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。

(四)社會影響

在輻射屋流行病學調查方面，採回溯性世代研究，追蹤輻射暴露至今輻射屋居民接受曝露的情形，並整合健檢結果及國人死亡資料、癌症登記檔、健保資料庫等資料，進行流行病學調查與分析，並根據結果提出政策上對輻射屋居民長期健康照護之建議。

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。另外，藉由此實驗室的建立，將可作為政府相關單位在制定法令及緊急意外暴露程序之參考。

(五)非研究類成就(人才培育、法規制度、國際合作、推動輔導)

本計畫過程中培育數位碩博士相關人才，而生物建立生物劑量評估技術則與美國、加拿大、日本等國國家級生物劑量評估實驗室建立技術合作交流與支援。

(六)其它效益

在輻射屋流行病學調查方面，在研究調查過程建立輻射屋家戶與政府間的溝通橋樑，並完成輻射屋住戶之各項資料統整。

生物劑量評估方面，自 2011 年 3 月 11 日發生的日本福島核電廠意外事件，造成國際間的強烈關注，也對輻射防護有更迫切的需要。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。由政府建立人員生物劑量實驗室後，若發生輻射相關意外暴露事件時，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暴露人員做出最適照護，安定人心。

二、績效指標項目初級產出、效益及重大突破

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	2 篇	SCI 期刊 2 篇(投稿) 研討會論文發表 1 篇	論文投稿在國際期刊(2 篇)，提高國際能見度。	重建輻射污染建物的曝露世代、利用不同時期之佔用因子，考量年齡的因素後重建輻射曝露劑量。
	B 研究團隊養成	2 個。	2 個 (輻射屋流病調查)建立跨機構諮詢專家團隊 1 個。 (生物劑量評估)跨機構合作團隊數目 1 個	以整合不同領域專家之意見，使本計畫臻於專業的要求	建立跨機構諮詢專家團隊
	C 博碩士培育	3 人	3 人	輻射屋居民流行病學調查過程有 3 名碩博士班學生參與	1 位博士班學生就學中；1 位博士班學生與 1 位碩士班學生投入相關領域的學術研究工作。
	D 研究報告	2 篇	3 篇	參考國外文獻在染色體雙中節實驗的心得以作為核研所建立人員生物劑量實驗室之基礎。	
	E 辦理學術活動	無	辦理跨機構諮詢專家會議五次。	透過跨機構諮詢專家會議建立輻射曝露重建的方法，以及建立過去輻射流行病學上無法控制的干擾因子校正方式。	同上
	F 形成教材		完成 ISO 實驗室相關程序書 13 份	將實驗程序文字紀錄，可作為實驗室人員教育訓練教材及實驗室認證之基石。	

其他	無	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建立輻射污染建物曝露世代32,662人，包含住戶、勞工與學生。 2. 整理歷年輻射健檢資料，年份自1992~2011年。 3. 將1,660間輻射污染建物之平面圖資料建立成電子資料檔。 4. 透過與1048位輻射屋居民以及一般民眾的問卷訪談，建立癌症的干擾因子。 5. 在研究調查過程建立輻射屋家戶與政府間的溝通橋樑。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 利用1,660間輻射屋門牌號碼至戶政單位抄錄資料，建立曾設籍於輻射屋之世代；從輻射健檢名單中整理出未設籍於輻射屋之住戶名單；亦向輻射校園申請受輻射污染之教職員與學生名單；利用輻射屋門牌號碼向經濟不商業公司及勞保局身請輻射辦公室人員名單。 2. 建立與輻射污染民眾訪談之談話記錄。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 完成輻射屋世代的建立與曝露重建。 2. 完成健檢之血液與甲狀腺功能的輻射影響評估。 3. 透過問卷訪談，建立癌症的干擾因子，並以此控制干擾因子，以瞭解輻射曝露對癌症的健康效應。 4. 建立輻射屋家戶與政府間的溝通橋樑。
----	---	--	---	---

屬性	績效指標	原訂值	初級產出量化值	效益說明	重大突破	
社會影響	民生社會發展	其他	無	<ol style="list-style-type: none"> 1. 問卷訪談 1,048 人 2. 建立 32,662 位輻射屋世代的健康資料庫，並分析輻射的健康效應。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 與輻射屋住戶接觸時，可作為民眾與政府間的溝通橋樑，可解答民眾疑慮，提昇民眾的輻射風險認知。 2. 根據結果提出政策上對輻射屋居民長期健康照護之建議。 	
	環境安全永續	Z 調查成果	無	<ol style="list-style-type: none"> 1. 完成 32,662 位輻射屋世代的建立 2. 將立 1660 間輻射污染建物的平面圖掃描檔建置為電子資料檔。 3. 利用北台灣 2,375 位民眾建立一般民眾之居家生活佔用因子；利用 216 位輻射屋住戶回溯遷入輻射屋時之居家佔用因子。 4. 完成 32,662 位輻射屋世代的曝露重建。 5. 完成 1992~2011 年輻射屋世代之 1,681 人(共 10,351 健檢次)的健檢之血液與甲狀腺功能的輻射影響評估。 6. 透過與 1,048 位輻射屋居民以及一般民眾的問卷訪談，建立癌症的干擾因子，其中輻射曝露組收集了 54 位癌症問卷資料；在輻射健檢醫院與三軍總醫院收集了 296 位癌症患者問卷資料。 7. 透過我國健保承保資料與死亡檔等資料庫建立輻射污染建物之 1:10 的對照組，而完成癌症的風險評估，對照組人數為 310,074 人。 8. 利用衛生署健康資料加值應用協作中心比對出超過 796 位的輻射曝露者的癌症資料，對照組為 7,564 人。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 世代的建立較過去的國內研究完整。 2. 本計畫接受原能會提供完整之輻射曝露資料，資料中涵蓋特定位劑量、改善施工日期、施工後年劑量等。 3. 過去的研究採回溯性世代研究 (Retrospective cohort study)，欠缺干擾因子的控制，評估的準確性則有待質疑。本計畫特別針對此項發展新的研究模式，所使用的方法為二階段抽樣研究方法 (two-stage sampling approach)，透過從世代中所抽出的一部分名單，建立確證樣本，並經由問卷得知曝露組與對照組在生活習慣、醫療輻射曝露、宇宙射線、飲食習慣等是否有差異，而控制干擾因子，得到更準確的評估結果。 	

屬性	績效指標	原訂值	初級產出量化值	效益說明	重大突破
其他效益（科技政策管理及其它）	Y 資料庫	4 項	<ol style="list-style-type: none"> 完成居住歷史與劑量評估資料庫；其中有(1)設籍在輻射屋所在之行政區的住戶 12,850 人(共 13707 筆遷入遷出資料)；(2)未設籍在輻射屋所在之行政區的住戶 270 人；(3)輻射辦公室勞工或僱主資料共 4328 人(共 5157 筆勞保之加退保記錄)；(4)輻射校園師生資料共 15,368 人(共 15,380 筆遷入遷出資料)。以上資料皆已與輻射曝露資料串聯。 所有住戶歷年健檢資料庫(10,351 筆) 建物輻射劑量與住戶健檢資料比對資料庫(10,351 筆) 住戶癌症死亡資料庫，32,662 人的資料中有 259 人死於癌症。 	<ol style="list-style-type: none"> 將輻射曝露資料與輻射屋世代資料整合起來，並建置譯碼簿以方便查詢。 將輻射曝露資料、歷年輻射健檢資料整合起來，並建置譯碼簿以方便查詢。 將輻射曝露資料、輻射屋世代資料、死亡資料整合起來，並建置譯碼簿以方便查詢。 	
	AA 決策依據		<ol style="list-style-type: none"> 透過問卷家訪，發現輻射屋居民之輻射風險認知並未高於一般民眾。 仍有特定癌症與輻射曝露間有劑量效應關係 	<ol style="list-style-type: none"> 輻射屋居民之輻射風險認知並未高於一般民眾，需要再加強相關教育，以建立民眾正確知識以達到有效溝通與互動 應加強民眾的健康促進與預防癌症之道，或針對特定癌的健檢或醫療照護。 	

伍、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 55%)

輻射屋流行病學調查方面，因輻射屋事件係國際首例，在學術上極具研究價值，其結果可提供國際間相關領域之參考。本計畫透過國內保健物理學、環境與職業醫學、流行病學及生物統計學的科際整合，建立最適化之流行病學研究模式，採用的方法為二階段抽樣研究方法，屬於回溯性世代研究法(Retrospective cohort study)的一種，以評估輻射劑量與健康效應之關係，並提供數據以利於政府單位在政策執行上之參考依據。

生物劑量評估方面，已完成三篇研究報告以及參加輻射效應國際研討會進行會議發表。另建立與醫院合作管道，合法取得人類血液樣本，並進行人員染色體分析訓練，且與花蓮慈濟大學/醫院合作，建立國內生物劑量實驗室組織，雙方能夠進一步將技術提升。

二、技術創新(科技整合創新)(權重 10%)

輻射屋流行病學調查方面，過去的輻射流行病學調查研究多採取一階段的回溯性研究，以大樣本進行輻射與健康的關聯分析，而最受學術界垢病之處為欠缺干擾因子的控制，本計畫將採取二階段抽樣研究方法，其方法係在第一階段建立完整的輻射屋世代資料，並建立初步的健康風險，利用第一階段建立的世代資料抽出適當的樣本，以問卷或現有資料庫建立干擾因子的控制，此為第二階段的健康風險，且已考慮干擾因子下所建立者，再以第二階段評估的結果校正第一階段的健康風險，因此可同時兼顧大樣本以及干擾因子的控制等雙重優點。

生物劑量評估方面，建立國內生物劑量實驗室，並輔導其他學術醫療機構，建立國內分析方式一致性。

三、 經濟效益(產業經濟發展)(權重 5%)

生物劑量評估方面，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，使得相關產業得以順利進行，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；(3) 可以安定民心，使國家經濟能夠盡快恢復，順利運作。

四、 社會影響(民生社會發展、環境安全永續)(權重 10%)

輻射屋流行病學調查方面，本計畫除了提出對輻射屋居民長期健康照護之建議，亦透過輻射風險認知調查提昇輻射屋住戶及一般民眾對輻射的認知，並提供輻射屋家戶對居家環境安全的現況資料，以降低民眾的疑慮。

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 10%)

本計畫培育數位碩博士相關人才，而生物建立生物劑量評估技術則與美國、加拿大、日本等國國家級生物劑量評估實驗室建立技術合作交流與支援。

六、 其它效益(科技政策管理及其它)(權重 10%)

輻射屋住戶長期對政府的輻射善後有諸多的不滿，經由研究計畫可建立與民眾溝通的管道，在訪談中可使受訪民眾宣洩不滿情緒，並解答民眾在輻射與健康上的各種疑慮。

人員生物劑量實驗室建立後，若發生輻射相關意外暴露事件

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暴露人員做出最適照護，安定人心。

陸、 與相關計畫之配合

目前無配合之相關計畫。

柒、 後續工作構想之重點

1. 期望能持續追蹤輻射屋居民的健檢資料，瞭解居民的健康變化，以及使用全民健康保險研究資料庫，進一步探討各種捱症以外的健康事件，包括血液病變、皮膚病變、心血管疾病、甲狀腺疾病、生殖系統疾病、生育危害、生長遲滯、身心症等疾病的發生狀況，這是國際間從未有的研究資料庫，可提供更廣泛的健康風險資訊。
2. 生物劑量評估技術研究方面，後續工作將著重在：(1) 增加細胞分析數量，以符合國際間之分析標準；(2) 充實生物劑量分析所需自動化設備，以達成快速分析之需求；(3) 取得相關認證為專業實驗室之基本需求，本實驗室將朝向 TAF 認證做努力。

捌、 檢討與展望

輻射屋流行病學調查方面，雖然有很多的研究限制，包括回溯性調查的過程中，民眾對過去的事件多已記憶模糊，會有回憶偏差(recall bias)的問題，在世代建立的過程，有可能會有選樣上的偏差(selection bias)，包括部份曝露人口並未進入世代中，以及願意接受家訪者的個人特性是否與拒訪者不同，此外，也可能有錯誤分組的情形(misclassification)，這些流行病學上的問題不容易控制，本計畫在收案的過程，已盡力收集相關資訊，避免各種研究偏差發生的可能，以及減少錯誤分組出現的機率，期望透過科學假設辨證的過程能提供適切的結果，以提供學術的參考，並作為輻射屋住戶後續健康關懷與追蹤的依據。

生物劑量評估技術研究方面，建立分析輻射曝露劑量之能力，將能夠在人民需要時提供一個曝露劑量之參考，以利後續核能管制與醫療處理之依據，核能研究所早期雖曾經建立染色體變異之相關判別方法，但因技術人員陸續退休及國際上分析方式之進步，使得判別染色體變異之標準作業流程亟待重新建立，而雙中節目前仍為世界公認的主要分析方式，因此自 100 年我們重新建立此技術，實驗室已初具雛型。目前在整體經費有限與執行人力有限之下，我們的目標是依計畫逐年建立實驗室認證所需之相關技術與文件資料，並保持與國際間之合作，其能在未來經費與人力許可下，申請並取得相關認證。首要目標在於推估輻射從業人員與民眾遭遇急性輻射曝露後，所接受到的曝露劑量，可做為醫療處置之參考，同時相關數據與資訊亦提供主管機關作為安全管制之參考，以提供人民安全多一份保障。

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

E-mail：yidan@aec.gov.tw

主管簽名：李若燦

附錄一、佐證資料表

計畫名稱：輻射屋居民流行病學調查及研究

【A 學術成就表】

中文題名	第一作者	發表年 (西元年)	文獻類別
輻射屋居民的曝露世代與累積劑量重建之流行病學研究	江淑娥	投稿中	b
輻射屋居民長期低劑量的輻射曝露對血液、甲狀腺功能的影響	江淑娥	投稿中	d
建立以顯微鏡影像來分析染色體雙中節技術	張翠容	2012	f

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
輻射屋居民長期健康照護之建議	透過更嚴謹之流行病學及統計學之觀念的整合，將成果數據提供政策執行上之參考依據。	b	d

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)
諮詢專家委員會	國家衛生研究院	b	2011
慈濟大學分子生物暨人類遺傳學系	慈濟大學	b	2011

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
江淑娥	a	國防醫學院	劉紹興

蔡素珊	a	國防醫學院	劉紹興
林佳瑩	b	中國醫藥大學	劉紹興

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
利用細胞遺傳生物學技術進行人員生物劑量評估研究--建立 FPG 姐妹染色體交換對比染色技術	蔡青彥、張翠容、余秉弘、張志賢	2012	核研所
人員生物劑量實驗室建立	張翠容、蔡青彥、余秉弘、林彬、張志賢	2012	核研所
螢光原位雜交及其觀測技術之建立	余秉弘、蔡青彥、張翠容、張志賢	2012	核研所

【E 學術活動表】

研討會名稱	性質	舉辦日期 (YYYYMMDD)	主/協辦單位
世界分子影像年會	b	20120903	WMIC

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
文件管制程序	標準操作程序書	2012	核研所人員生物劑量實驗室
檢體接收程序。	標準操作程序書	2012	核研所人員生物劑量實驗室
細胞培養程序(DCA)	標準操作程序書	2012	核研所人員生物劑量實驗室
全血細胞培養程序(FPG)	標準操作程序書	2012	核研所人員生物劑量實驗室
全血細胞 Harvest 程序	標準操作程序書	2012	核研所人員生物劑量實驗室
染色體玻片製作程序	標準操作程序書	2012	核研所人員生物劑量實驗室
Giemsa 染色程序	標準操作程序書	2012	核研所人員生物劑量實驗室
FPG Giemsa 染色程序	標準操作程序書	2012	核研所人員生物劑量實驗室
玻片清洗程序	標準操作程序書	2012	核研所人員生物劑量實驗室

染色體分析程序	標準操作程序書	2012	核研所人員生物劑量實驗室
檢體、玻片編碼程序	標準操作程序書	2012	核研所人員生物劑量實驗室
染色體顯微鏡觀察程序	標準操作程序書	2012	核研所人員生物劑量實驗室
FISH 實驗程序	標準操作程序書	2012	核研所人員生物劑量實驗室

註：教材類別分成 a 文件式、b 多媒體、c 軟體、d 其他

【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
輻射住戶居住歷史資料庫	根據輻射屋門牌至戶政單位抄錄之戶籍資料，內容包括住戶基本資料、遷入及遷出時間、現居地址、家戶成員關係。	Numerical	12,850 人
個人劑量評估資料庫	根據 1660 戶輻射屋曝露資料及劑量平面圖串聯輻射住戶居住歷史資料庫，取得初步個人劑量評估資料庫，後期需再與居家生活佔用時間之問卷調查資料串檔，取得每人實際在輻射屋內各特定點之劑量，以估算總累積曝露劑量。	Numerical	12,850 人
輻射屋居民歷年健檢資料庫	重建發現時曝露劑量在任一年大於 5 毫西弗以上且至台大醫院接受輻射健檢之民眾的血液生化資料。	Numerical	10,351 筆
住戶建物輻射劑量與健檢資料比對資料庫	利用輻射屋人口之個人資料、輻射曝露資料、佔用因子計算所有參與健檢家戶之累積曝露劑量，並與健檢資料庫做連結。	Numerical	10,351 筆
住戶癌症死亡之資料庫	總共有 259 位住戶、學生與勞工的癌症死亡資料建置。	Numerical	259 筆

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

附錄二、佐證圖表

表 3、曝露組與對照組基本資料敘述統計

人口學基本資料		曝露組										對照組 N=633		p value ^d
		輻射屋 N=219		國小 N=69		幼稚園 N=106		公司 N=20		合計 N=415				
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	
性別	男	108	49.1	34	49.3	51	48.1	12	60.0	205	49.4	286	45.2	0.101
	女	112	50.9	35	50.7	55	51.9	8	40.0	210	50.6	347	54.8	
年齡	45 歲以下	87	39.5	63	91.3	103	97.2	3	15.0	256	61.7	253	40.0	<0.001
	45 至 64 歲	100	45.5	2	2.9	3	2.8	15	75.0	120	28.9	253	40.0	
	65 歲以上	33	15.0	4	5.8	0	0.0	2	10.0	39	9.4	127	20.1	
	平均年齡 ^a	220	47.5±17.5	69	31.6±11.3	106	29.8±4.6	20	55.2±11.8	415	40.7±16.6	633	49.2±17.5	
教育程度	國中以下 ^b	49	22.3	1	1.4	1	0.9	2	10.0	53	12.8	151	23.9	<0.001
	高中/高職	61	27.7	9	13.0	7	6.6	3	15.0	80	19.3	139	22.0	
	大學/專科	96	43.6	45	65.2	65	61.3	15	75.0	221	53.3	287	45.3	
	研究所以上	14	6.4	14	20.3	33	31.1	0	0.0	61	14.7	56	8.8	
婚姻狀況	未婚	69	31.4	52	75.4	82	77.4	3	15.0	206	49.6	186	29.4	<0.001
	已婚	132	60.0	17	24.6	24	22.6	14	70.0	187	45.1	390	61.7	
	其他 ^c	19	8.6	0	0.0	0	0.0	3	15.0	22	5.3	56	8.9	
工作狀況	學生	22	10.0	7	10.1	3	2.8	1	5.0	33	8.0	26	4.1	<0.001
	退休或家管(含待業)	82	37.3	12	17.4	9	8.5	3	15.0	106	25.5	280	44.4	
	有工作	116	52.7	50	72.5	94	88.7	16	80.0	276	66.5	324	51.4	
家庭收支	有餘	65	29.5	36	52.2	63	60.0	10	50.0	174	42.0	222	35.3	0.001
	收支平衡	112	50.9	30	43.5	32	30.5	7	35.0	181	43.7	270	42.9	
	入不敷出	22	10.0	1	1.4	2	1.9	1	5.0	26	6.3	88	14.0	
	不清楚	21	9.5	2	2.9	8	7.6	2	10.0	33	8.0	49	7.8	

a：平均值±標準差。b：包含小學與不識字。c：包含離婚、分居、喪偶、同居。d：以對照組與曝露組合計為分組進行統計分析，類別型資料使用 Fisher's exact test，連續型資料使用 student t test。

表 4、曝露組與對照組輻射風險認知得分之複迴歸分析（校正干擾因子）

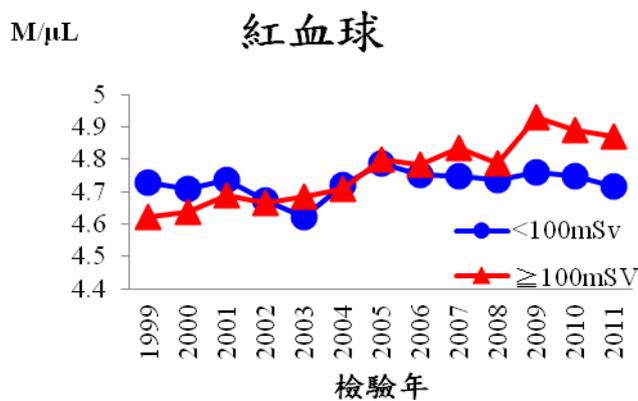
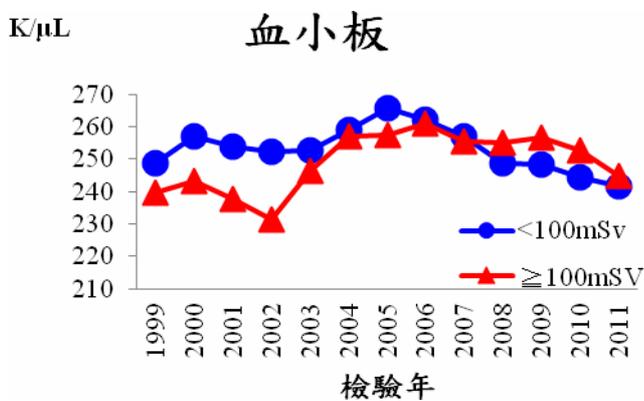
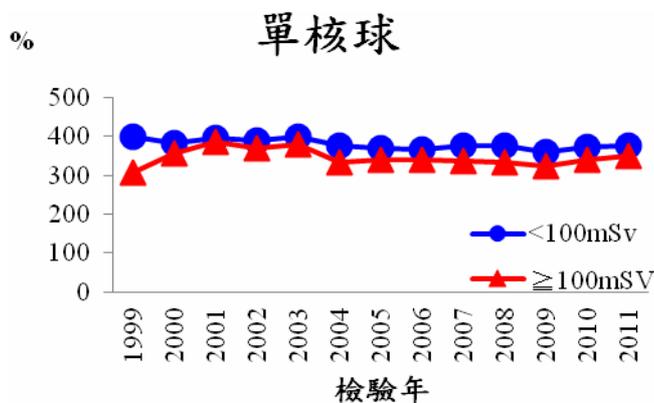
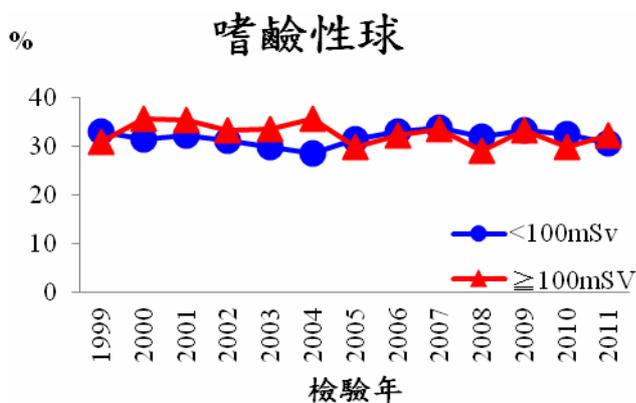
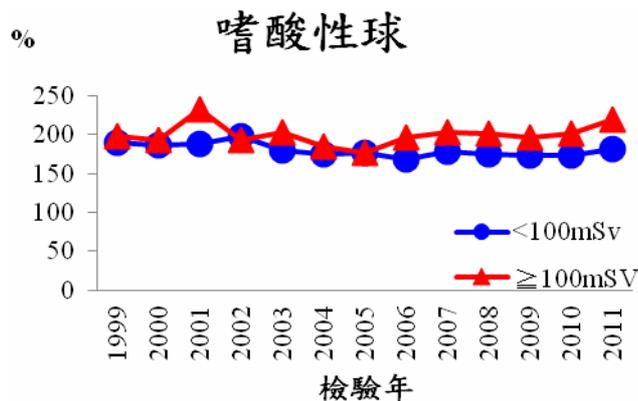
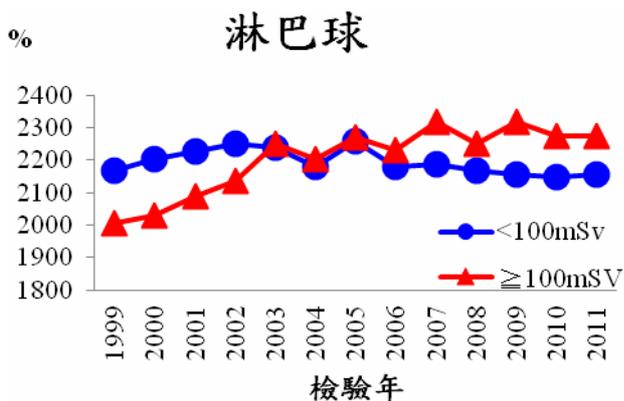
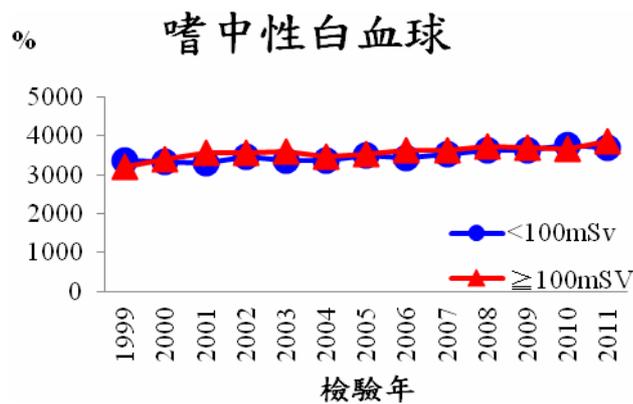
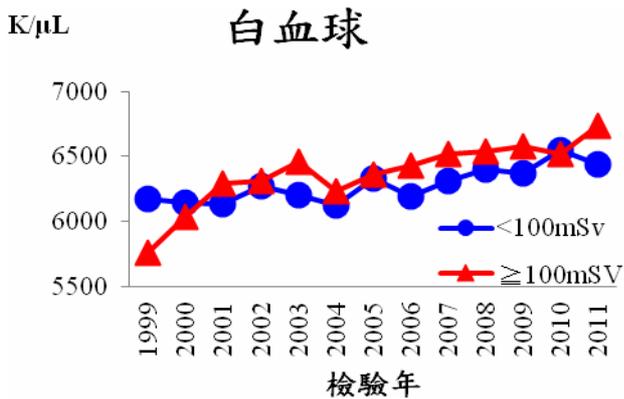
變項 ^a	b	standard error	95% CI		p value
			lower	upper	
截距	9.621	0.872	7.909	11.334	<.001
曝露組 ^b	0.032	0.228	-0.416	0.480	0.888
性別 ^c	0.049	0.231	-0.404	0.503	0.831
年齡 ^d	-0.017	0.013	-0.042	0.009	0.206
教育程度 ^e					
高中／高職	1.383	0.459	0.481	2.284	0.003
大學／專科	1.984	0.454	1.093	2.876	<.001
研究所以上	2.713	0.533	1.667	3.759	<.001
婚姻狀況 ^f					
已婚	0.201	0.325	-0.436	0.838	0.536
其他	-0.153	0.623	-1.376	1.070	0.806
工作狀況 ^g					
退休或家管 (含待業)	0.101	0.565	-1.009	1.211	0.859
有工作	0.388	0.467	-0.529	1.306	0.406
家庭收支 ^h					
收支平衡	-0.451	0.254	-0.950	0.049	0.077
入不敷出	-0.469	0.437	-1.327	0.390	0.284
不清楚	-0.508	0.477	-1.444	0.428	0.287

a：Linear regression(Dummy variable)。b：對照組為參考組。c：女性為參考組。d：每增加 1 歲。e：國中以下為參考組。f：未婚為參考組。g：學生為參考組。h：收支有餘為參考組

表 5、曝露組與對照組輻射風險認知得分之複迴歸分析(校正干擾因子)(續)

變項 ^a	b	standard error	95% CI		p value
			lower	upper	
截距	9.410	0.863	7.716	11.105	<.001
曝露分組 ^b					
輻射屋	0.347	0.281	-0.204	0.898	0.216
國小	-1.201	0.402	-1.990	-0.411	0.003
幼稚園	0.699	0.351	0.010	1.387	0.047
公司	-2.117	0.707	-3.505	-0.729	0.003
性別 ^c	0.018	0.227	-0.428	0.464	0.937
年齡 ^d	-0.009	0.013	-0.035	0.018	0.519
教育程度 ^e					
高中／高職	1.456	0.452	0.570	2.343	0.001
大學／專科	2.183	0.449	1.302	3.064	<.001
研究所以以上	2.787	0.527	1.753	3.821	<.001
婚姻狀況 ^f					
已婚	0.142	0.320	-0.486	0.770	0.657
其他	-0.204	0.613	-1.409	1.000	0.739
工作狀況 ^g					
退休或家管 (含待業)	-0.095	0.574	-1.221	1.031	0.869
有工作	0.253	0.472	-0.673	1.179	0.592
家庭收支 ^h					
收支平衡	-0.464	0.251	-0.957	0.029	0.065
入不敷出	-0.551	0.430	-1.396	0.294	0.201
不清楚	-0.614	0.472	-1.541	0.312	0.193

a：Linear regression(Dummy variable)。b：對照組為參考組。c：女性為參考組。d：每增加 1 歲。e：國中以下為參考組。f：未婚為參考組。g：學生為參考組。h：收支有餘為參考組



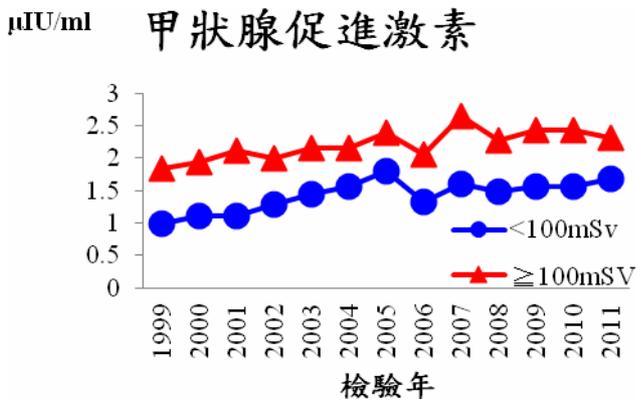
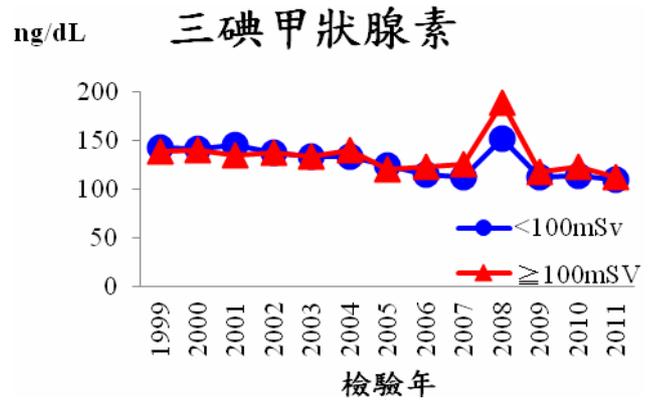
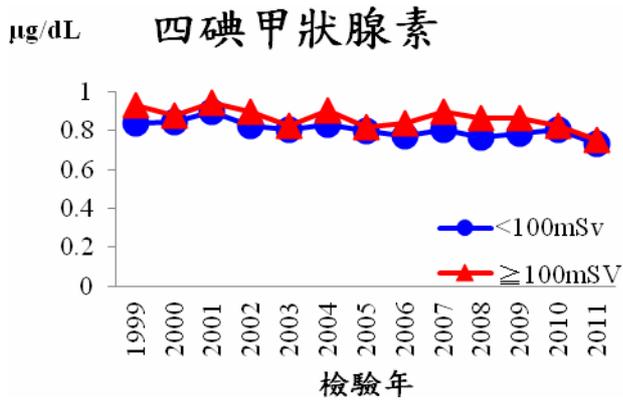
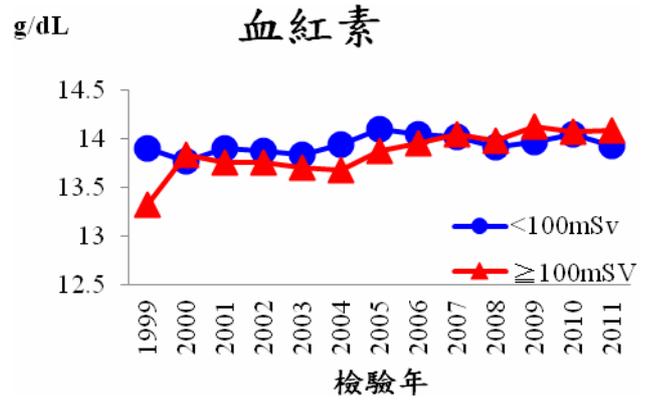
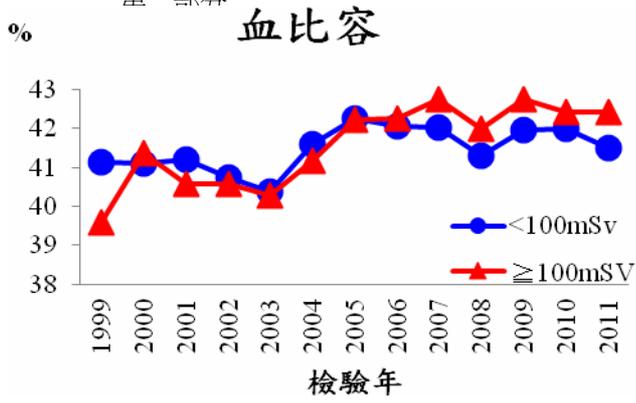
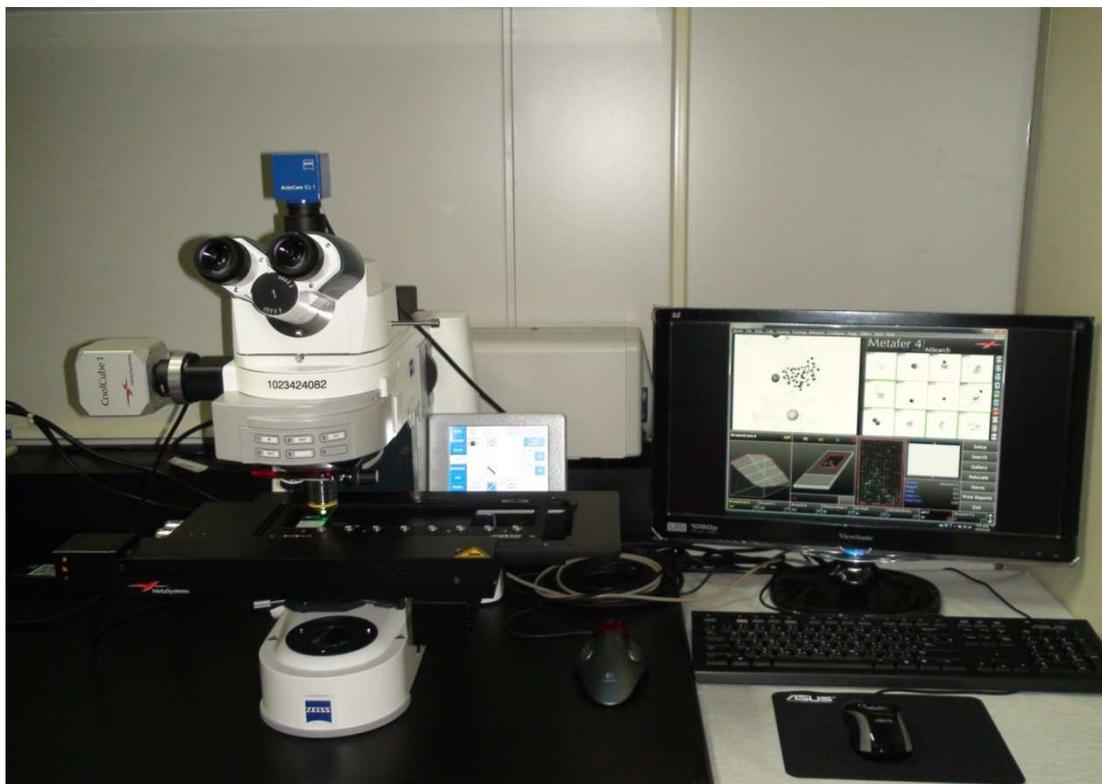


圖 3、高劑量組與低劑量組在 1999 年至 2011 年之平均檢驗值

計畫績效評估
第二部分

附件一

國際同步化顯微鏡之軟硬體-Meta 4 system 染色體擷取系統。



附件二

獲得人體試驗倫理委員會(IRB)審核通過函。

佛教慈濟綜合醫院

研究倫理委員會

電話：03-8561825 ext 2124

傳真：03-8561825 ext 3272

Memorandum

計畫編號：IRB100-103
計畫名稱：人員生物劑量評估研究
同意函核准日：November/29/2011
執行期限：December/31/2012

劉怡均副教授 大鑒：

由您所提出之上述計畫案，經本委員會審查後，決議為：『通過』。計畫執行同意函共一式二份，一份由主持人留存，一份由本委員會留存。

請善盡知情同意保護受試者之責任，並將受試者所簽署之研究計畫同意書副本給予受試者留存，本委員會將不定期進行監測，請務必確實執行。此外，經本委員會核准之計畫案於執行過程中，任何內容之變更須向本委員會申請變更案審查，審查通過才能再度執行。

依照ICH-GCP規定，臨床試驗每屆滿一年，研究倫理委員會必須重新審查試驗是否繼續進行，本委員會計畫執行同意函執行期限為一年，多年期計畫請於執行期限到期日二個月前繳交進度期中報告，以利本會進行審查，審核通過後，委員會會再核發執行同意函繼續執行，試驗完成後，請於結束後三個月內繳交結案報告書。計畫執行過程中若發生任何嚴重不良事件，請依「人體試驗管理辦法」及「藥品優良臨床試驗準則」之規定向中央主管單位和本委員會通報。

若未遵守以上規定，本委員會將取消本計畫執行同意函之有效性。

敬祝

研安

研究倫理委員會 2011/12/2 謹啟

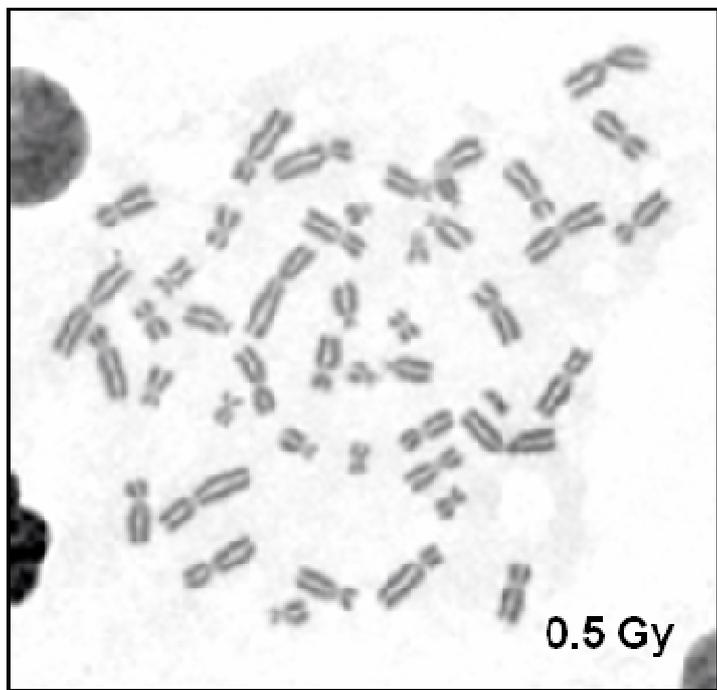
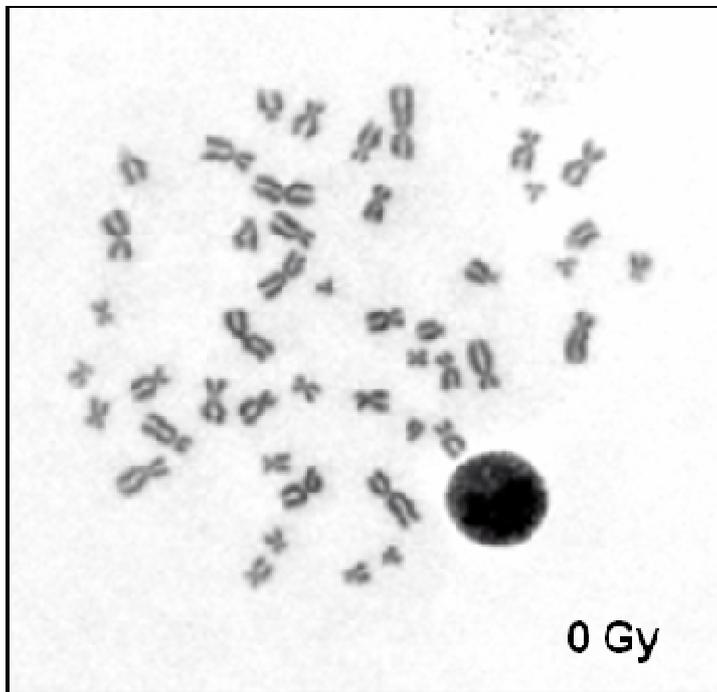
附件三

人體試驗倫理委員會(IRB)審核。

	BUDDHIST TZU-CHI GENERAL HOSPITAL	
BUDDHIST TZU-CHI GENERAL HOSPITAL 707, SEC. 3, CHUNG-YANG ROAD, HUALIEN, TAIWAN, R.O.C. (970) TEL : 886-03-8561825 FAX : 886-03-8560977		財團法人佛教慈濟綜合醫院 花蓮市中央路三段707號(970) 電話：(03) 8561825 傳真：(03) 8560977
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)		
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		
		
中 華 民 國 一 〇 一 年 十 一 月 十 三 日		
E9A030E098-02		

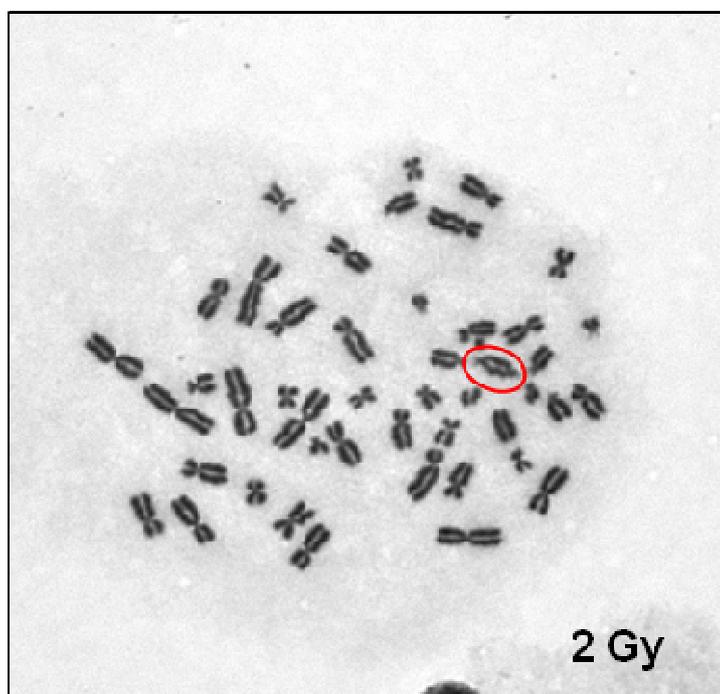
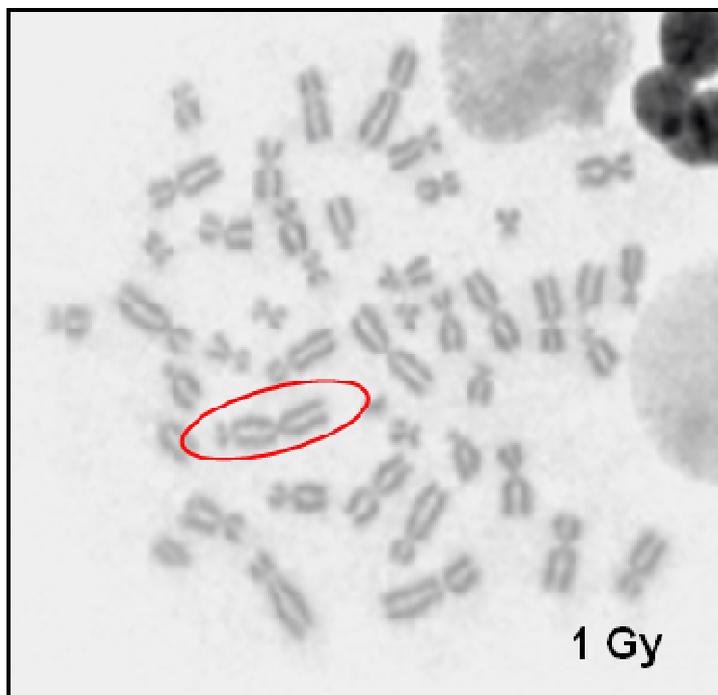
附件四

對照組 0 Gy 與實驗組 0.5 Gy 染色體影像。



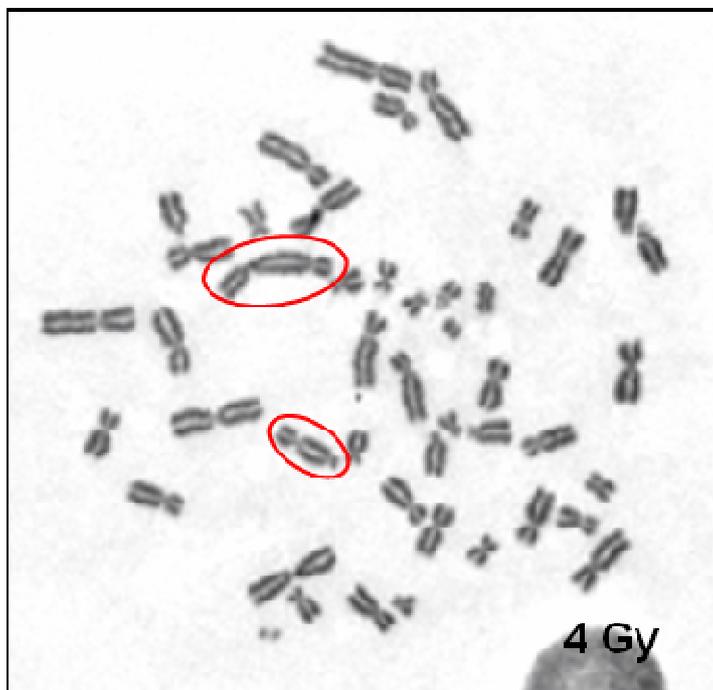
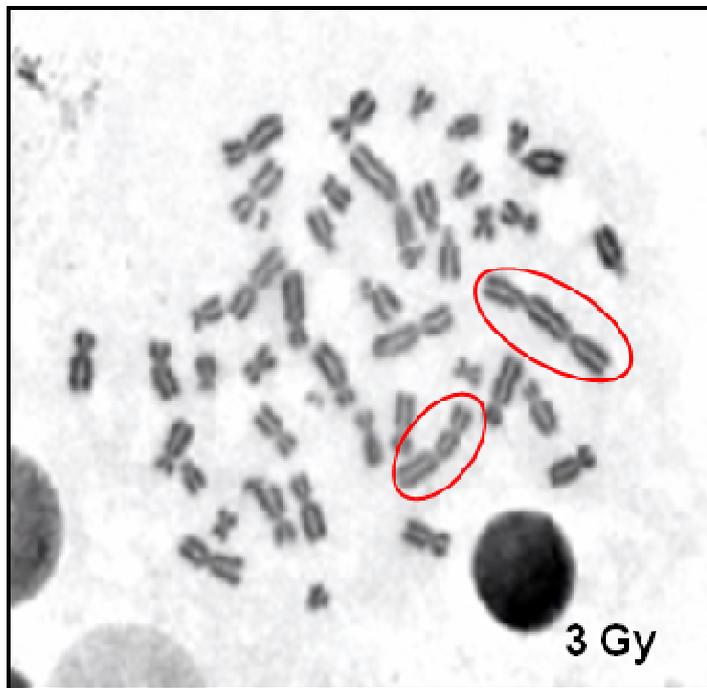
附件五

實驗組 1 Gy 與 2 Gy 染色體影像。



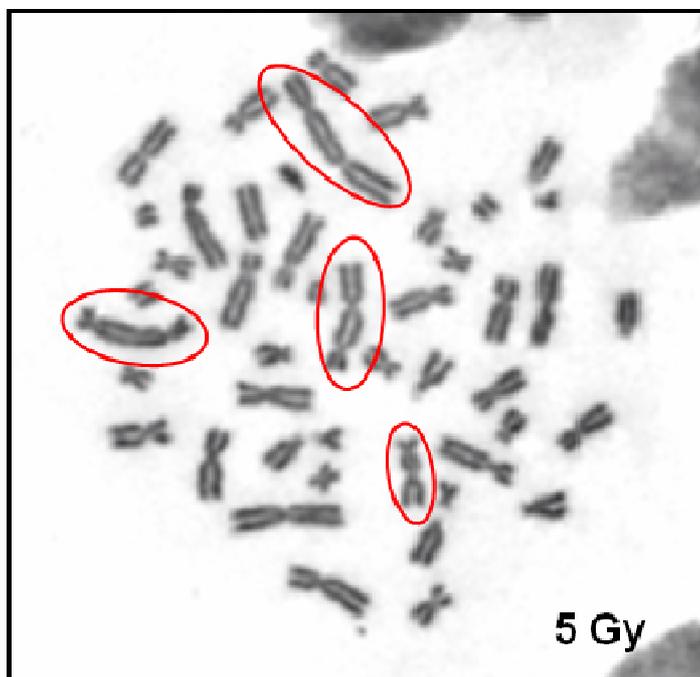
附件六

實驗組 3 Gy 與 4 Gy 染色體影像。



附件七

實驗組 5 Gy 染色體影像。



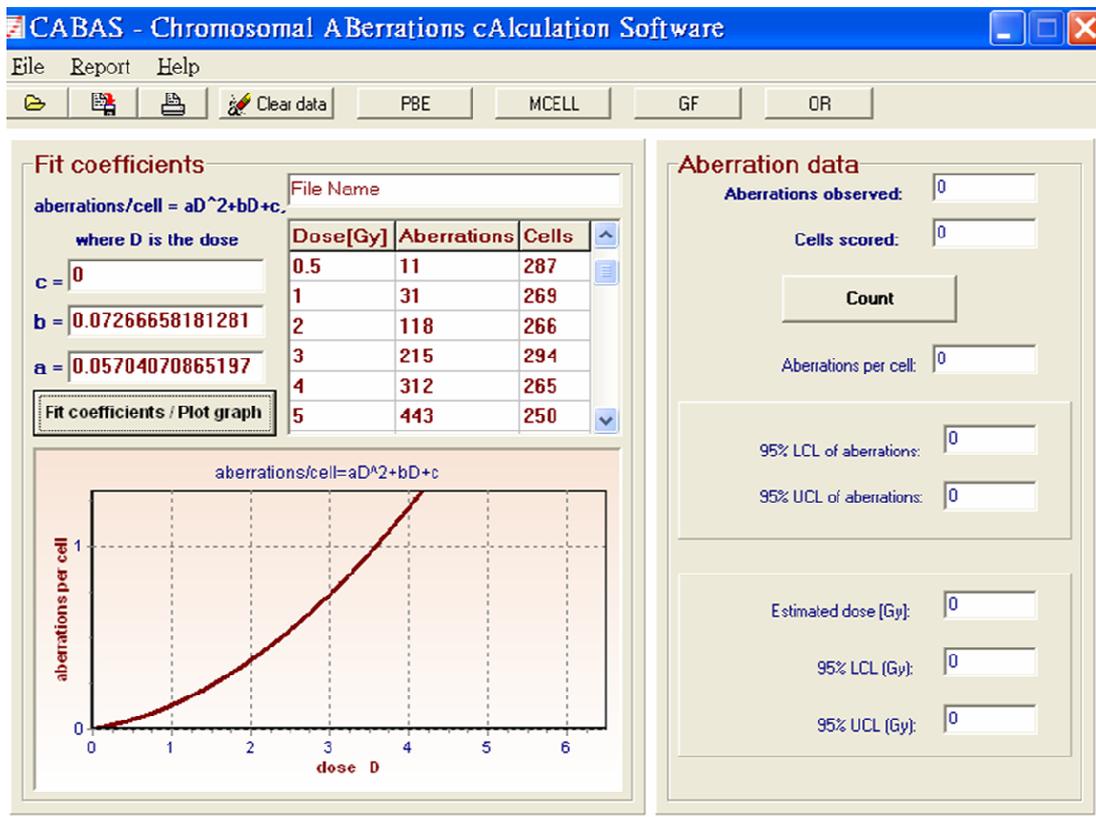
附件八

不同照射劑量之雙中節分析表

Radiation dose (Gy)	0	0.5	1	2	3	4	5
captured images	1787	1632	1412	1924	5349	1891	2127
Analysis images	696	714	916	844	1299	927	562
Analysis Cells	293	287	269	266	294	265	250
Dicentrics	0	11	35	118	209	298	404
Tricentrics	0	0	0	0	3	7	18
Quntracentrics							1
Dicentrics Equiv.	0	11	35	118	215	312	443

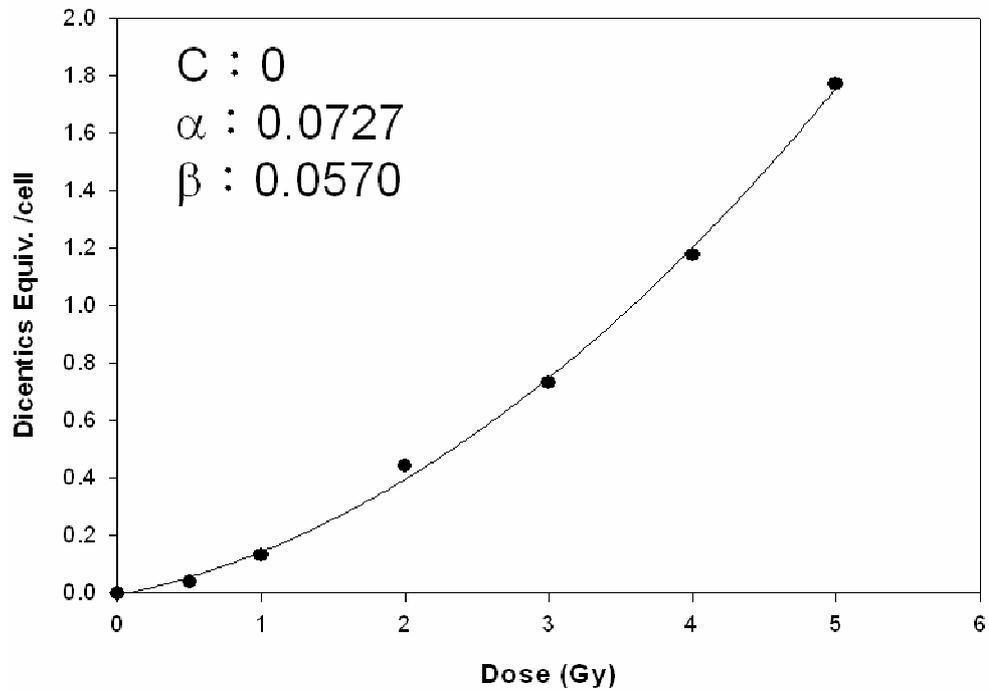
附件九

CABAS 分析染色體軟體操作介面。



附件十

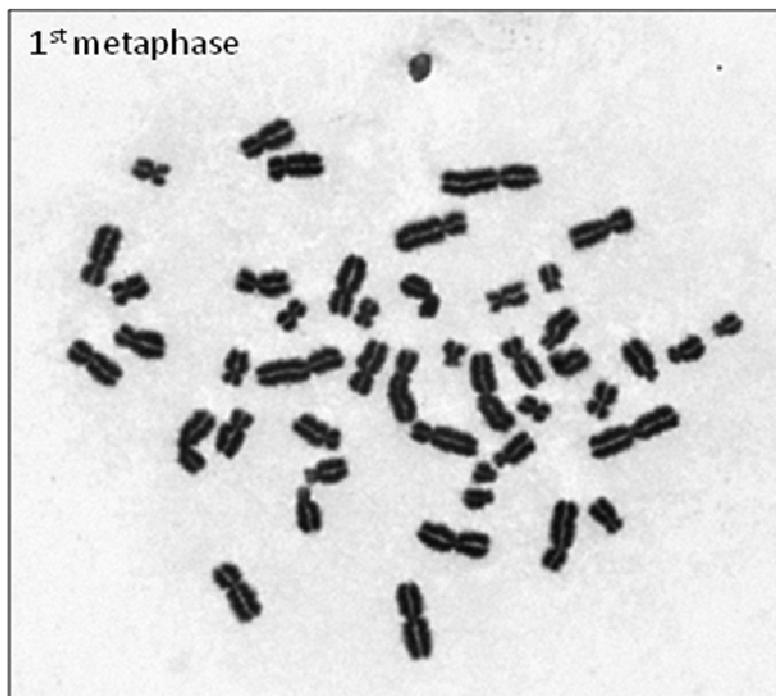
核研所染色體雙中節分析結果以 CABAS 分析情況。



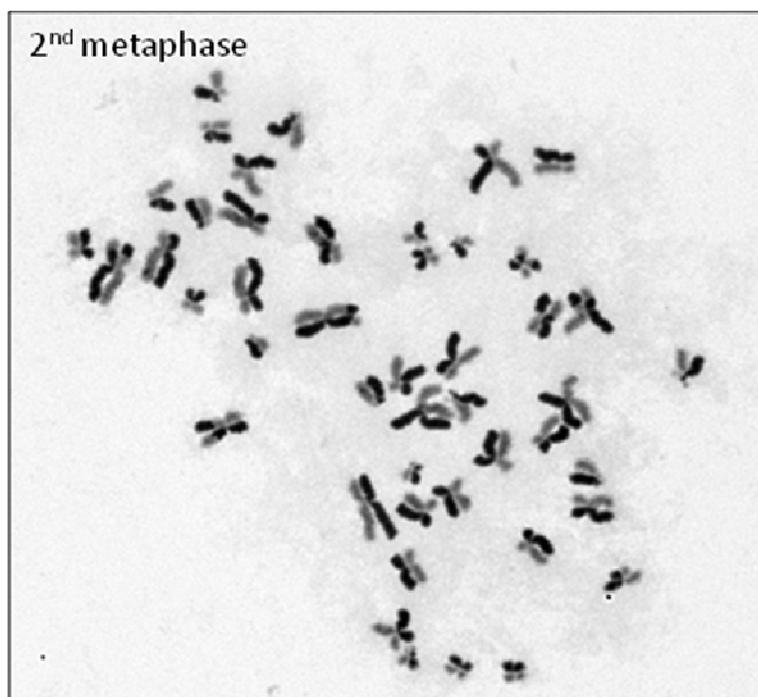
附件十一

螢光加姬姆色素染色法(FPG)。(A)第一子代細胞。(B)第二子代細胞。

(A)



(B)



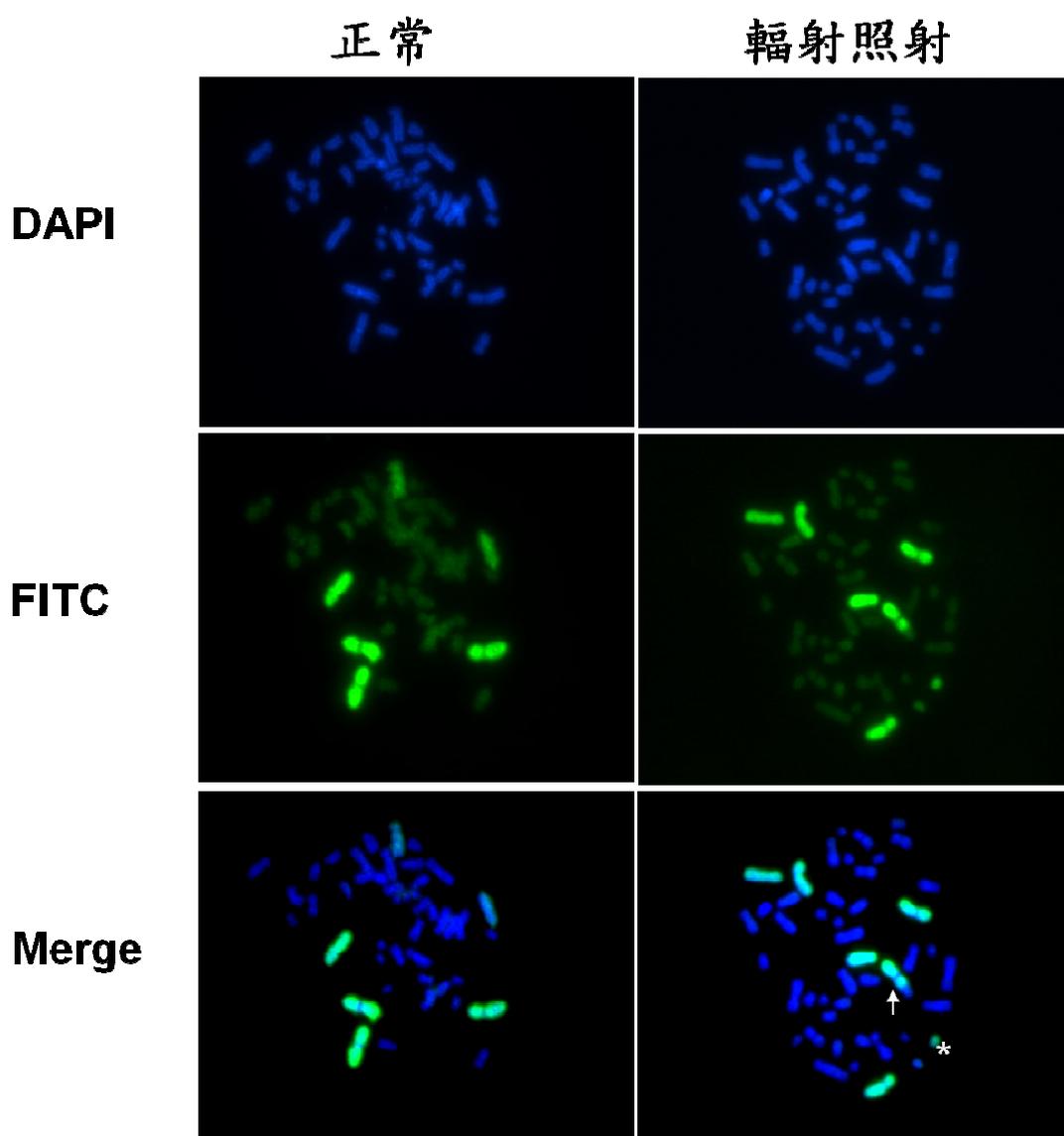
附件十二

核研所細胞培養條件，FPG 試驗統計表。

Number of slide analysis	Number of analysis cells	First division	Second division
8	1064	1060	4
The second division ratio : 0.38%			

附件十三

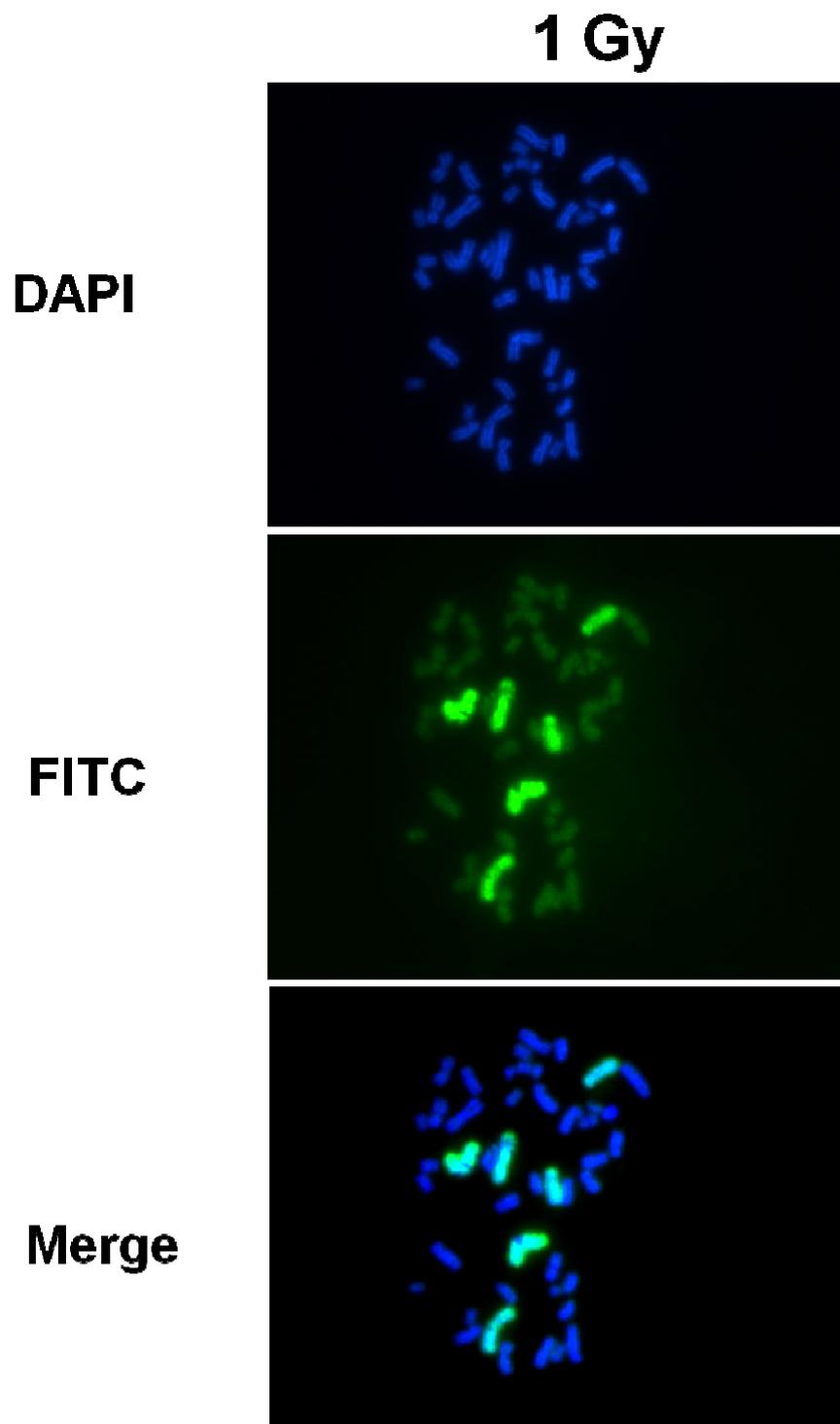
染色體第 1、2 及 4 對染色體進行螢光原位雜交(fluorescence in situ hybridization, FISH)。



箭頭處為轉位(translocation)；星號處為缺失(deletion)

附件十四

鈷-60 1 Gy 曝露下 FISH 影像。

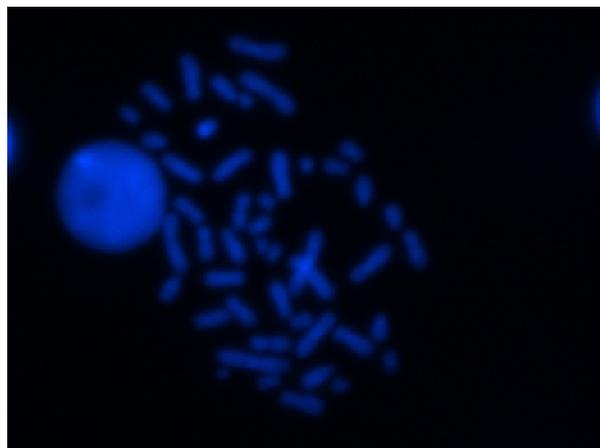


附件十五

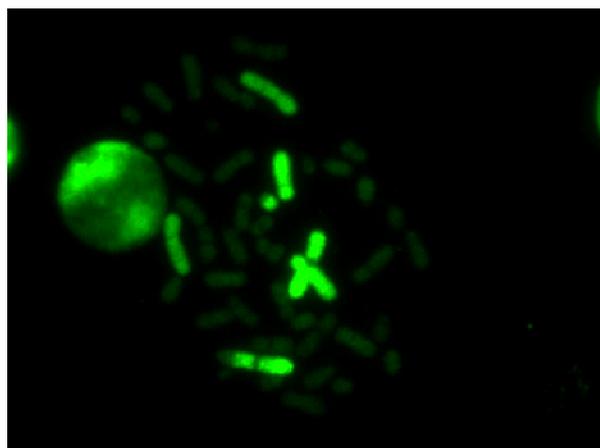
鈷-60 3 Gy 曝露下 FISH 影像。

3 Gy

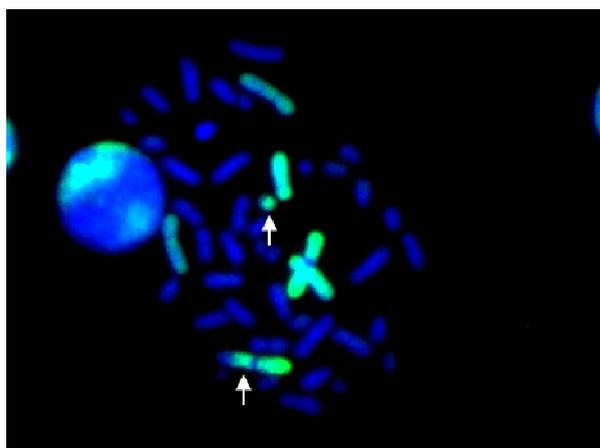
DAPI



FITC



Merge



附件十六

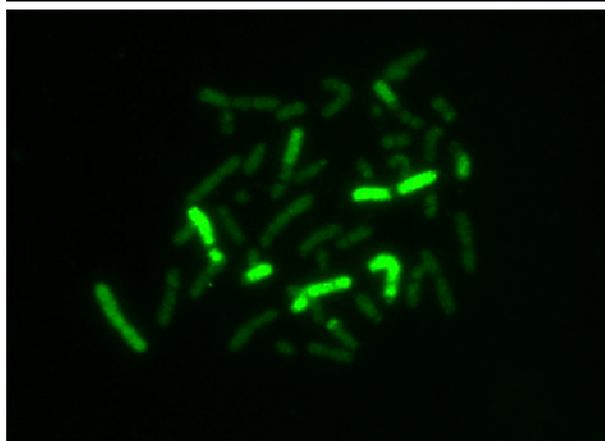
鈷-60 5 Gy 曝露下 FISH 影像。

5 Gy

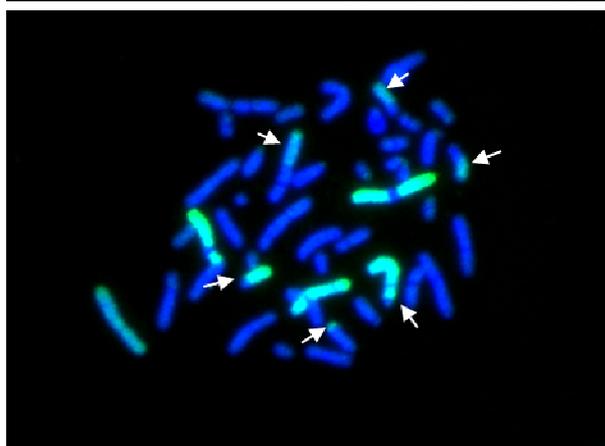
DAPI



FITC



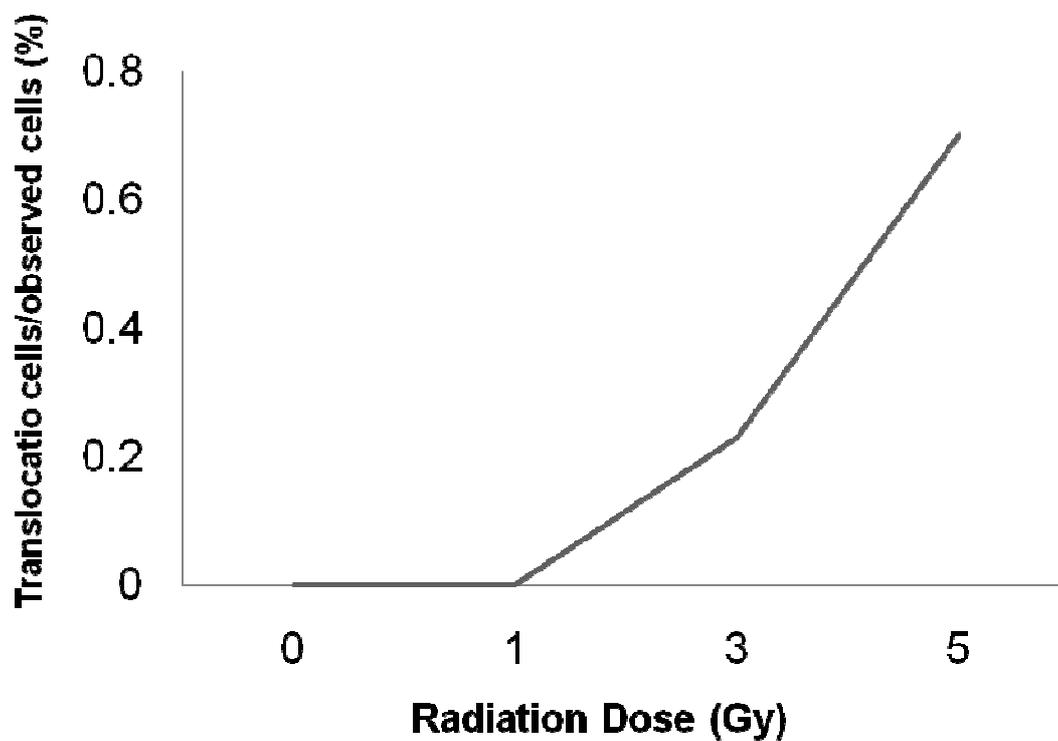
Merge



附件十七

鈷-60 不同劑量曝露下，細胞進行轉位(translocation)統計表。

Radiation Dose (Gy)	Translocation Cells	Observed Cells
0	0	23
1	0	11
3	3	13
5	7	10



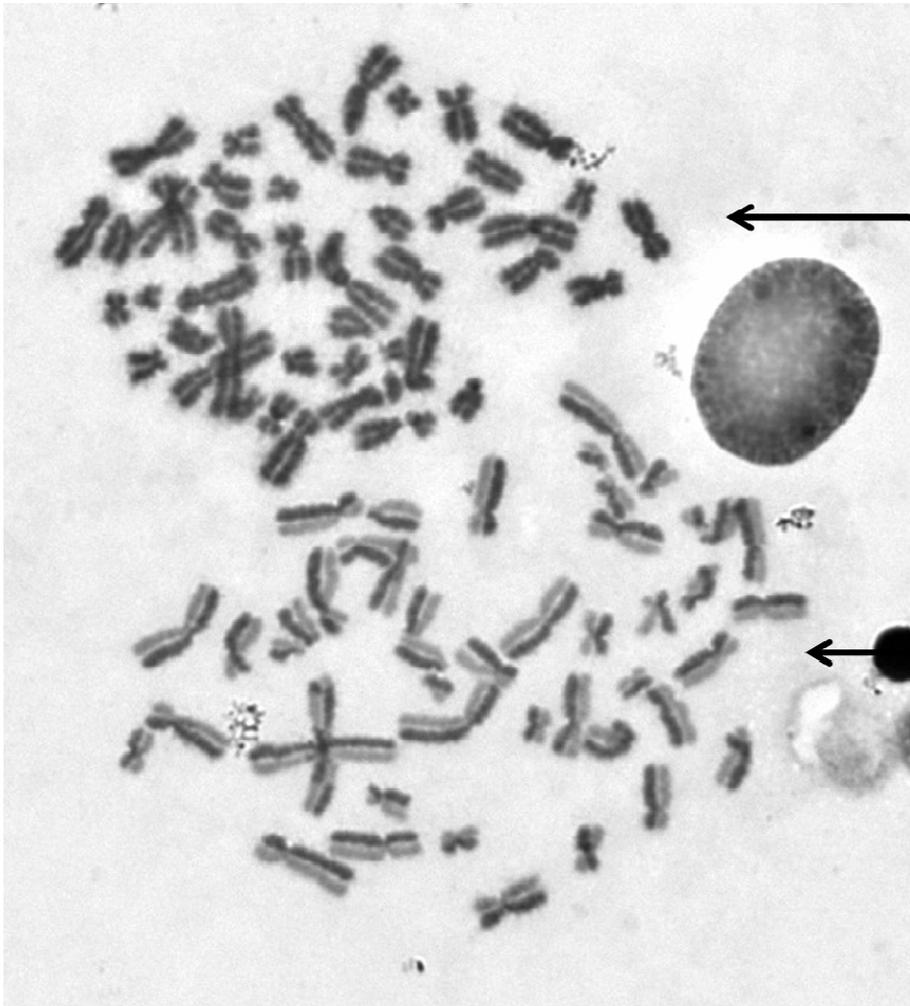
附件十八

人員生物劑量實驗室初步規劃之文建清單。

品質分類		
項次	文件名稱	文件編號
1	文件管制程序	BL-QA-QP-01
2	記錄管制程序	BL-QA-QP-02
3	人員管制程序	BL-QA-QP-03
試驗分類		
項次	文件名稱	文件編號
1	檢體接收程序	BL-PRO-SOP-01
2	細胞培養程序(DCA)	BL-PRO-SOP-02
3	細胞培養程序(FPG)	BL-PRO-SOP-03
4	Harvest 程序	BL-PRO-SOP-04
5	染色體玻片製作程序	BL-PRO-SOP-05
6	Gimsa染色程序	BL-PRO-SOP-06
7	FPG Gimsa染色程序	BL-PRO-SOP-07
8	玻片清洗準備程序	BL-PRO-SOP-08
9	染色體分析程序	BL-PRO-SOP-09
10	輻射照射程序	BL-PRO-SOP-10
11	Cell medium、hypo、fix、...溶液配製程序	BL-PRO-SOP-11
12	檢體、玻片編碼程序	BL-PRO-SOP-12
13	染色體顯微鏡觀察程序	BL-PRO-SOP-13
14	FISH實驗程序	BL-PRO-SOP-14
15	FISH實驗顯微鏡觀察程序	BL-PRO-SOP-15

附件十九

擷取加拿大衛生部 Dr.Wilkin 所分享的玻片影像。

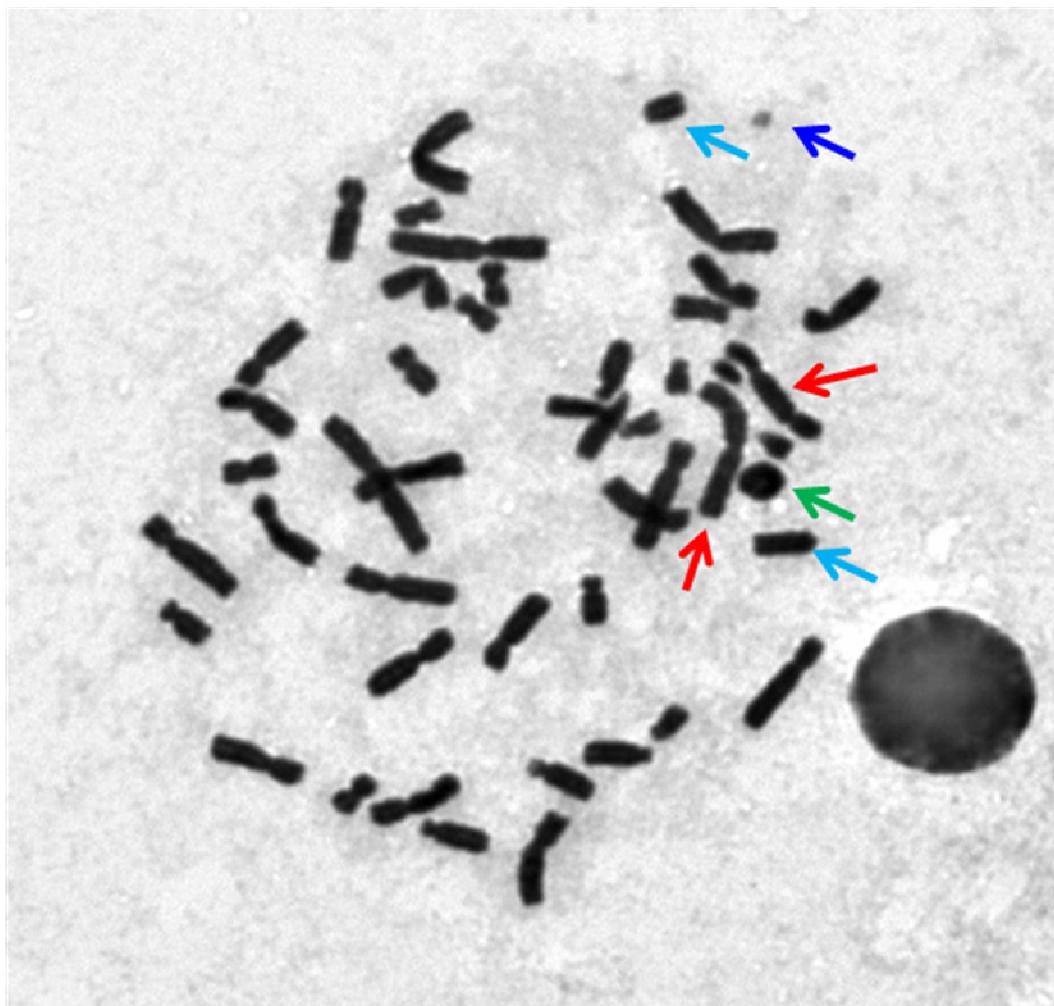


處於第一次
細胞分裂中
期之染色體

處於第二次
細胞分裂中
期之染色體

附件二十

擷取日本 Dr. Yoshida 所分享玻片的影像。



- | | | | |
|---|-----------|---|--------------|
| ↑ | Dicentric | ↑ | Fragment |
| ↑ | Minute | ↑ | Centric ring |

計畫績效評估
第二部分

附件二十一

統計 Dr. Yoshida 所分享玻片之影像。

Slide No. 20120213-1

scored by _____
Date _____

No.	Meta No.	Chr.	Cent.	Tel.	Dis.	Ra	Ra	Frg	Min	Mar	Remarks
1		4	4								20120213-1-1
2		4	4								-A02
3		4	4								-A03
4		4	4								-A04
5		4	4								-A05
6		4	4								-A06
7		4	4								-A07
8		4	4								-A08
9		4	4								-A09
10		4	4								-A10
11		4	4								-A11
12		4	4								-A12
13		4	4								-A13
14		4	4								-A14
15		4	4								-A15
16		4	4								-A16
17		4	4								-A17
18		4	4								-A18
19		4	4								-A19
20		4	4								-A20
21		4	4								-A21
22		4	4								-A22
23		4	4								-A23
24		4	4								-A24
25		4	4								-A25
26		4	4								-A26
27		4	4								-A27
28		4	4								-A28
29		4	4								-A29
30		4	4								-A30
31		4	4								-A31
32		4	4								-A32
33		4	4								-A33
34		4	4								-A34
35		4	4								-A35
36		4	4								-A36
37		4	4								-A37
38		4	4								-A38
39		4	4								-A39
40		4	4								-A40
41		4	4								-A41
42		4	4								-A42
43		4	4								-A43
44		4	4								-A44
45		4	4								-A45
46		4	4								-A46
47		4	4								-A47
48		4	4								-A48
49		4	4								-A49
50		4	4								-A50
Total											

Slide No. 20120213-2

scored by _____
Date _____

No.	Meta No.	Chr.	Cent.	Tel.	Dis.	Ra	Ra	Frg	Min	Mar	Remarks
1		4	4								20120213-2-1
2		4	4								-A51
3		4	4								-A52
4		4	4								-A53
5		4	4								-A54
6		4	4								-A55
7		4	4								-A56
8		4	4								-A57
9		4	4								-A58
10		4	4								-A59
11		4	4								-A60
12		4	4								-A61
13		4	4								-A62
14		4	4								-A63
15		4	4								-A64
16		4	4								-A65
17		4	4								-A66
18		4	4								-A67
19		4	4								-A68
20		4	4								-A69
21		4	4								-A70
22		4	4								-A71
23		4	4								-A72
24		4	4								-A73
25		4	4								-A74
26		4	4								-A75
27		4	4								-A76
28		4	4								-A77
29		4	4								-A78
30		4	4								-A79
31		4	4								-A80
32		4	4								-A81
33		4	4								-A82
34		4	4								-A83
35		4	4								-A84
36		4	4								-A85
37		4	4								-A86
38		4	4								-A87
39		4	4								-A88
40		4	4								-A89
41		4	4								-A90
42		4	4								-A91
43		4	4								-A92
44		4	4								-A93
45		4	4								-A94
46		4	4								-A95
47		4	4								-A96
48		4	4								-A97
49		4	4								-A98
50		4	4								-A99
Total											

Slide No. 20120213-3

scored by _____
Date _____

No.	Meta No.	Chr.	Cent.	Tel.	Dis.	Ra	Ra	Frg	Min	Mar	Remarks
1		4	4								20120213-3-1
2		4	4								-A100
3		4	4								-A101
4		4	4								-A102
5		4	4								-A103
6		4	4								-A104
7		4	4								-A105
8		4	4								-A106
9		4	4								-A107
10		4	4								-A108
11		4	4								-A109
12		4	4								-A110
13		4	4								-A111
14		4	4								-A112
15		4	4								-A113
16		4	4								-A114
17		4	4								-A115
18		4	4								-A116
19		4	4								-A117
20		4	4								-A118
21		4	4								-A119
22		4	4								-A120
23		4	4								-A121
24		4	4								-A122
25		4	4								-A123
26		4	4								-A124
27		4	4								-A125
28		4	4								-A126
29		4	4								-A127
30		4	4								-A128
31		4	4								-A129
32		4	4								-A130
33		4	4								-A131
34		4	4								-A132
35		4	4								-A133
36		4	4								-A134
37		4	4								-A135
38		4	4								-A136
39		4	4								-A137
40		4	4								-A138
41		4	4								-A139
42		4	4								-A140
43		4	4								-A141
44		4	4								-A142
45		4	4								-A143
46		4	4								-A144
47		4	4								-A145
48		4	4								-A146
49		4	4								-A147
50		4	4								-A148
Total											