

行政院原子能委員會
委託研究計畫期末研究報告

人員生物劑量評估研究
Evaluation of Human Biodosimetry

計畫編號：

受委託機關(構)：行政院原子能委員會

計畫主持人：林婉琪

聯絡電話：03-4711400 轉 7249

計畫參與人員：林婉琪、廖澤蓉、歐陽芳鈺、張穎熏、陳冠因

聯絡人：林婉琪

報告日期：110年02月02日

目錄

| | |
|--|-----|
| 中文摘要..... | iii |
| 英文摘要..... | iv |
| 壹、 前言(計畫緣起)..... | 1 |
| 貳、 研究目的..... | 2 |
| 參、 研究方法與過程..... | 5 |
| 肆、 結果與討論..... | 11 |
| 伍、 結論與建議..... | 15 |
| 陸、 參考文獻..... | 16 |
| 表一、109 年度國人背景值數據分析..... | 19 |
| 表二、104~108 年受試者資料統計..... | 20 |
| 圖一、通過年度查訪通知..... | 21 |
| 圖二、以人血測試 Gamma-H2AX 產生量與不同照射劑量關係 (ELISA)..... | 21 |
| 圖三、以人血測試 Gamma-H2AX 產生量與不同照射劑量關係(Flow cytometry)..... | 22 |

中文摘要

人員生物劑量評估技術建立目的，是為了當發生輻射意外曝露事件時，因民眾或工作人員若未配戴劑量佩章，無法確認劑量時，可經由此技術評估人員所接受之劑量，可作為人員健康安全的第二道防線。本計畫建立人員生物劑量(Biodosimetry)評估相關技術，並發展出具有國際水準的生物劑量實驗室。今年度研究成果為：1.統計 109 年度國人本土染色體雙中節背景值。2.通過 TAF 年度查訪。3.研究探討國人性別、地區與輻射劑量反應之相關性。4.選擇 gamma-H2AX 分析方法，確認劑量與 gamma-H2AX 關係。本計畫為協助建立輻射意外曝露應變作業程序及法規，持續推動人員生物劑量評估技術之研發，藉由建置及維持國家級輻射生物劑量實驗室，並透過建立國人生物樣本，將有助於重建輻射意外事故中受影響人員之輻射曝露。

關鍵詞：生物劑量、染色體雙中節

英文摘要

The purpose to build the human biodosimetry technology is using when assess doses received by personnel in the event of accidental radiation exposure. If the population or the staff didn't wear the dose badge and cannot confirm the dose, the technology could be the second line of defense for health and safety. This project is to setup world-class level of the techniques for evaluation of personal biodosimetry. It could be helpful to set up accidental exposure procedures and develop an international biodosimetry laboratory. The results of this year's research are as follow: 1. Count the dicentric chromosomes background value of native in 109 year. 2. Passed TAF Annual Supervisory Review. 3. The study investigated the correlation between national gender, region and radiation dose response. 4. Select the gamma-H2AX analysis method to confirm the relationship between dose and gamma-H2AX.

In the object, we want to assist establishment the radiation exposure procedures and regulations, and continue to promote the research of biodosimetry techniques. Through the establishment of biological samples and dose-response curve, we establishing and maintaining national level radiation biodosimetry laboratory. Wish the biodosimetry laboratory could reconstruct the radiation exposure level of people which in radiation accidents.

Keywords : Biodosimetry, Dicentric chromosome assay

壹、前言(計畫緣起)

人員生物劑量評估技術研究

- (1) 依據 98 年 8 月 21 日原子能委員會第十屆第五次游離輻射安全諮詢會議結論各國生物劑量計評估核心設施，多屬國家級實驗室，建議國內設置地點考量於核能研究所恢復建置應屬適宜。
- (2) 有鑒於 100 年 3 月 11 日日本福島核災發生時，居民因緊急疏散，現場工作人員大量投入救災，於緊急情況下，未必所有居民及搶救人員皆攜帶物理劑量計，故為評估人員實際接受之輻射曝露量，應採用生物劑量方式進行評估。

本計畫在積極推動及建立人員生物劑量評估研究，並維護已建立技術，以有助於制定相關意外曝露應變作業程序及法規，並發展出具有國際水準的輻射生物劑量實驗室，服務我國工作人員及民眾。實驗室已通過 ISO17025 認證，期望未來可加入國際生物劑量支援網路，以提供國際服務；此外並可藉此技術提升游離輻射安全管制層次及水準。

貳、 研究目的

此計畫源自於台灣北部及南部分別有2座及1座核能電廠運轉，且工業、醫院及研究機構等各類領域亦有許多從事輻射相關工作人員，為避免一般民眾及輻射相關從業人員對於輻射引發健康之不必要疑慮。當發生輻射意外曝露事件時，民眾或工作人員若未配戴劑量佩章，無法確認劑量時，可經由此技術評估人員所接受之劑量，可作為人員健康安全的第二道防線。國家需有具國際水準之檢測單位可提供相關訊息供醫療照護行動參考，保障工作人員及民眾的健康與安全，故進行此國際通用之生物劑量研究計畫。

生物劑量是最趨近於受曝露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。一般而言，染色體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，而後期橋則發生在染色體複製之後，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。淋巴球分析有幾個優點：(1)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；(2)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 Co-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；至於劑量高於 1 Gy 時，隨著價電子數目增多，將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本計畫最基本需建立之技術。但染色體雙中節評估技術在實際應用時會面臨到實驗流程太久，分析時間太長，所需人員較多，且具有 0.1 Gy 之劑量偵測極限之限制，故開發一個能夠快速分析且可偵測到更低劑量之人員生物劑量方法是必需的。

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) 之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適用於急性、短期數個月內發生之事件評估。ISO 19238 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。

計畫執行單位(核研所)自 100 年起重建生物劑量研發能力後，更於 102-105 年接續之前的研發能力，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，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，提供人體合法血液樣本，並透過合作關係共同分析數據，以比對國內不同實驗室分析能力。另外，於核研所建置符合國際人員生物劑量實驗室硬體與國內衛福部規範之生物安全實驗室，以進行臨床檢體操作，來達成國際 ISO 人員生物劑量實驗室之安全標準。並配合政府政策，成立生物安全相關委員會，建立相關作業程序與應變計畫書。

面對日本福島核子事故及複合式災害影響議題，若發生輻射意外曝露，人員生物劑量重建是必要程序，較高的輻射曝露意外事件，生物劑量評估是針對人體經游離輻射曝露後，淋巴球染色體變異，再利用劑量與輻射效應的關係，對應出人體在輻射曝露時所接受的劑量。人員生物劑量評估技術仰賴長期研究，而國人生物樣本的取得與背景資料的建立，有助於制定相關意外曝露應變作業程序及法規。建立人員生物劑量評估技術，除有助於制定相關意外曝露應變作業程序及法規，更藉由國際專家合作模式，擴展國際化分析能力的相互認可與技術精進，將可提供國內外技術服務。

參、研究方法與過程

一、分析 109 年度國人本土染色體雙中節背景值(增加 3 例正常人背景值)

生物劑量評估中，建立背景資料與劑量反應曲線是相當重要，其為影響低劑量判別之重要因子。根據國際原子能總署 (IAEA) 2011 年細胞遺傳生物劑量技術報告與國際標準組織 (ISO) ISO19238:2014 國際輻射研究所述，在正常族群中，通常在每 1,000 顆正常人的淋巴球細胞裡，可觀察到 0-2 個雙中節變異。為維持實驗室人員分析能力一致性之重要依據，亦是定期進行劑量反應曲線分析，並與資料庫進行比對。

人員生物劑量評估研究最主要的研究樣品為人類血液檢體，依據衛生署 91 年公告及 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，Institutional Review Board，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檢體取得程序。核能研究所藉由合作與高雄醫學大學進行血液臨床試驗申請，均順利取得許可證明，確保此計畫的主要研究素材可依實驗需求持續提供，讓生物劑量研究之

結果不因研究素材而有中斷之慮。

在正常背景下，每位正常人的淋巴球細胞通常會存在 1/1000 比例的雙中節變異。今年度，生物劑量實驗室持續增加 3 例正常人背景染色體雙中節分析，期許收集更多案例來代表國人之生物劑量背景。

作業程序：由高雄醫學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，以室溫快遞方式寄送。核研所取得血液樣品後，將血液樣品直接進行全血細胞培養。以血液樣品 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 0.1 ml 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 5-7mL 0.54% KCl 低張水溶液於 37°C 恆溫培養箱內作用 30 分鐘後，加 2ml 固定液進行前固定(prefix)後離心去掉上清液，細胞團塊加入 8ml 固定液混合並離心，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噴片製作。玻片先以 TL1 步驟清洗：將玻片浸入體積比 25% NH₃(aq):30% H₂O₂(aq):ddH₂O = 1 : 1 : 5 的溶液中，加熱至 85-95°C 約 10-15 分鐘後，以 ddH₂O 沖洗並置於 70~75% 酒精中備用。將已製備完成之檢

體利用自動噴片機(HANABI Metaphase Spreader)噴灑於清洗過之玻片，接著利用 45-65°C 烘片機將染色體固定於玻片上，並烘乾至少 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，待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 (10X) 找到細胞染色體，再以 (63X) 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 metaphase 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。最後對臨床檢體生活背景進一步分析，建置更詳盡資料庫。

二、通過 TAF 年度查訪

人員生物劑量實驗室為國內唯一之實驗室，有關實驗室品保，人員生物劑量實驗室目前已建置一、二、三階文件及四階表單共 81 份文件，於 105 年初次取得全國認證基金會 (TAF) ISO 17025 認證，並於 108 年度通過 ISO17025:2017 新版查證，

並藉由 TAF 派員查訪的機會，精進實驗室之品質，確保分析作業與結果產出之品質標準。

本計畫人員於 108 年度有進行人員異動，目前因應 ISO 17025 法規文件改版事項，實驗室人員應自我閱讀或參加內部/外部的訓練方式，獲得對於 ISO/IEC 17025: 2017 新版規範的認知與瞭解，以使實驗室人員應能接受現場評鑑時，展現符合認證規範要求與能力。

本年度完成新進工作人員之新版 ISO 17025 『實驗室認證規範 ISO/IEC 17025 訓練』並進行實驗室品保文件更新，另外將申請 TAF ISO 17025 年度監督評鑑工作。

三、研究探討國人性別、地區與輻射劑量反應之相關性

人員生物劑量實驗室自 100 年起承接原能會計畫，重建生物劑量研發能力後，開始建立染色體變異技術，並於 105 年初次取得全國認證基金會（TAF）ISO 17025 認證。為持續精進其技術及國人背景資料庫，自 104 年至 108 年陸續進行國人背景值染色體變異分析。

ISO 19238:2014 國際輻射研究指出，在正常背景值中，每位正常人的 1,000 顆淋巴球細胞中，平均存在 1 個（0-2 個）

染色體雙中節變異。自 104 年至 108 年，共累積分析了 7 例男性，6 例女性之背景值，為了解性別差異以及國人所在地區與年齡是否會與染色體雙中節變異有相關性，於本年度將統計 104 至 108 年之受試者資料，進行分析比對，以統計學方式去探討其是否具有關連性。

四、進行 gamma-H2AX 預試驗

依據歐盟的歐洲人員生物劑量測定網絡（RENEB, Realizing the European Network of Biodosimetry）目前已建立使用的六種生物劑量測定法進行染色體損傷檢測，分別是：（1）雙中節染色體測定（dicentric chromosome assay, DCA）；（2）FISH 易位測定（FISH-translocation assay）；（3）微核試驗（micronucleus assay）；（4）成熟前染色體濃縮法（the premature chromosome condensation assay, PCC）；（5） γ -H2AX 測定（the gamma-H2AX assay）；（6）電子順磁共振/光學刺激發光（electron paramagnetic resonance/optically stimulated luminescence）。其中雙中節染色體測定為近年來實驗室已穩定發展之技術，並多次參與國際比對並得到具有分析盲樣檢體能力之肯定，但因為雙中節染色體測定需要投入大量的人力進行分析判讀，且需要固定培養四十八小時後才能進行細胞收取

及噴片動作，若發生大型輻射意外事故於實際應用上可能會出現人力不足的問題。當細胞遭受游離輻射照射後，細胞中 H2AX 的絲胺酸會被磷酸化產生 gamma-H2AX，gamma-H2AX 產生量會與照射劑量成正相關，因此藉由分析 gamma-H2AX 產生量進而回推輻射照射劑量為目前常見的方式，且此方法不需要細胞培養時間也不需要由人工進行判讀，可大幅縮短分析數據所需時間。

Gamma-H2AX 常見的分析方式有三，一是以酵素結合免疫吸附分析法(ELISA)進行分析，二是以流式細胞儀(Flow cytometry)進行分析，三是以免疫螢光染色法(IFA)進行分析。其中 ELISA 與 Flow cytometry 之分析方法可以花費較短的時間取得分析結果，故於今年度將嘗試以此二種分析方法進行實驗。先觀察是否可以偵測的到 gamma-H2AX 之蛋白質，之後進行不同劑量照射後，看是否可以偵測到 gamma-H2AX 與劑量有呈現相關性。最後，比較二種分析方式何者有較好之偵測靈敏度以利於進行後續低劑量之分析。

肆、結果與討論

一、建立 109 年度國人本土染色體雙中節背景曲線(增加 3 例正常人背景值)

在ISO 19238:2014國際輻射研究指出，在正常背景值中，每位正常人的1,000顆淋巴球細胞中，平均存在1個（0-2個）染色體雙中節變異。生物劑量實驗室於109年度已完成3例正常國人背景染色體雙中節分析(表1)，一共分析3,042顆細胞，發現2個雙中節(dicentric)於2顆細胞中。統計101至109年度共完成28例正常國人背景染色體分析，一共分析28,411顆細胞，發現22個雙中節(dicentric)於21顆細胞中。目前資料庫國人背景雙中節發生率為0.77%，代表1000顆細胞中有0.77個雙中節發生率。

今年度，本實驗室持續針對國人標準曲線進行研究分析工作，生物劑量實驗室與南部醫學中心合作（高雄醫學大學附設醫院），並增加3例正常人背景染色體雙中節分析，期許收集更多案例來完善國人之生物劑量背景值。

二、通過 TAF 年度查訪

人員生物劑量實驗室為國內唯一具有生物劑量評估技術

之TAF認證實驗室。有關實驗室品保，人員生物劑量實驗室目前已建置一、二、三階文件及四階表單共81份文件，於105年初次取得全國認證基金會（TAF）ISO 17025認證，並於108年度通過ISO17025:2017新版查證，並藉由 TAF 派員查訪的機會，精進實驗室之品質，確保分析作業與結果產出之品質標準。

本計畫人員於108年度有進行人員異動，目前因應ISO 17025法規文件改版事項，實驗室人員應自我閱讀或參加內部/外部的訓練方式，獲得對於 ISO/IEC 17025: 2017 新版規範的認知與瞭解，以使實驗室人員應能接受現場評鑑時，展現符合認證規範要求與能力。本計畫已於109年度5月完成新進之二位工作人員之新版ISO 17025『實驗室認證規範ISO/IEC 17025訓練』，針對實驗室品保文件也進行更新，並於109年8月7日進行TAF ISO 17025年度監督評鑑工作，有一項不符合事項，於8月21日完成改善並上傳系統，於10月6日通知通過年度查訪(圖1)。

三、研究探討國人性別、地區與輻射劑量反應之相關性

人員生物劑量實驗室自100年起承接原能會計畫，重建生物劑量研發能力後，開始建立染色體變異技術，並於105年初次取得全國認證基金會（TAF）ISO 17025認證。為持續精進其

技術及國人背景資料庫，自104年至108年陸續進行國人背景值染色體變異分析。

統計104年至108年，共有7例男性，6例女性之背景值數值(表2)，為了解性別差異以及國人所在地區與年齡是否會與染色體雙中節變異有相關性，將其依性別、年齡及居住地區進行統計，目前已統計完成並進行研究報告之撰寫。

依據統計結果，不論在男女性別上、年齡差異上及居住地區上方別進行t-test統計分析，其分析結果皆顯示未有顯著差異。此結果說明在未接受到輻射曝露的情況下，染色體發生變異率不因性別、年齡或居住地區不同而有差異。但此統計進行時也有發現，例年收案例時可能較多與地區醫學大學合作，其年齡分佈20-30居多，居住地區都集中於南部，未來將與醫學大學協調受試者之篩選，盡量挑選南部以外及30歲以上之受試者，使其統計結果更具代表性。

四、選擇gamma-H2AX分析方法，確認劑量與gamma-H2AX關係

在gamma-H2AX分析上選擇了流式細胞技術(Flow cytometry)及酵素結合免疫吸附分析法(Enzyme-linked immunosorbent assay ,ELISA)方法，分別由高醫與核研所進行

測試。以細胞株(K562及U937淋巴癌細胞)觀測不同時間與gamma-H2AX蛋白產生量之測試上，二種分析方法皆顯示於0.5 hr時蛋白產生最大量。接著測試不同照射劑量觀察gamma-H2AX蛋白產生量之測試上，發現U937細胞株相較K562細胞株對輻射有較高之靈敏度；隨著照射劑量增加，二種分析方法皆呈現gamma-H2AX蛋白也隨著增加。最後以人血照射不同劑量測試(圖2與圖3)，二種分析方法皆呈現隨劑量增加，gamma-H2AX蛋白也隨著增加。但由實驗數據可發現ELISA方法在較低劑量時無法與0 Gy(對照組)有明顯差異，故於後四年計畫將以Flow cytometry分析方法進行相關試驗。二種方式優缺點比較如表3所示。

伍、 結論與建議

人員生物劑量評估技術係藉由分析人員染色體變異情形，評估人員於輻射意外事件中所接受之劑量，萬一發生大規模輻射緊急狀況，便於短時間內取得大量血液樣本檢體，以利後續依細胞遺傳學檢傷分類法進行評估。有鑒於此，本計畫預計以核研所為中心實驗室，於國內數個區域建立衛星實驗室，藉由訓練該醫療院所同仁具備整體血樣採集過程標準文件化，提升國內血樣採集量能，目前已完成東部(慈濟大學)與南部(高雄醫學大學)建立血樣採集標準化流程且每年定期分析三例背景值，使所分析數據更具台灣民眾代表性。

染色體雙中節分析方法為目前國際間所認可之標準方法(Gold standard)，但在實驗過程中，培養細胞再加上後續影像分析較花費人力及時間，本年度嘗試使用H2AX分析方法，分別以ELISA與Flow cytometry方法進行分析，初步得到劑量與吸收值具有正向關，下年度將進一步進行檢量線之製備。

另外本計畫於今年順利通過新版ISO17025新版監督評鑑，未來將繼續通過實驗室之年度查核取得認證以維持實驗室分析之公信力。於國際比對部分，雖然於今年未有執行之查核點，但仍會持續與加拿大保持聯繫，且不排除未來也可能參與其它國家實驗室舉辦之國際能力試驗比對，以保證實驗室的分析能力能與各國實驗室達到同

様水平。

陸、參考文獻

1. 方菊雄、劉怡均、李桂芳，細胞遺傳技術與應用，2011.
2. 趙晟富、張翠容、葉冠毅、張志賢，生物劑量統計方法之應用分析，2014.
3. 張翠容、趙晟富、葉冠毅、張志賢，103 年度人員生物劑量背景值研究，2014。
4. 張翠容、蔡青彥、余秉弘、林彬、張志賢，人員生物劑量實驗室之建立，2012。
5. 陳家鈺，化學及生物劑量計，游離輻射防護彙萃，1996。
6. 許彬杰、翁寶山，實用固體熱發光劑量測定術。2002。
7. 林婉琪、廖澤蓉、歐陽芳鈺，一般民眾輻射背景值的染色體變異分析研究，2020。
8. International Commission on Radiological Protection, 1990 Recommendations of the ICRP, ICRP Publication 60, 1991.
9. International Commission on Radiological Protection, Protecting People against Radiation Exposure in the Event of a Radiological Attack, ICRP Publication 96, 2005.
10. International Commission on Radiological Protection, The 2007 Recommendations of the ICRP, ICRP Publication 103, 2007.
11. Kanda, R., Improvement of accuracy of chromosome aberration analysis for biological radiation dosimetry. J Radiat Res (Tokyo), 2000. 41(1): p. 1-8.
12. Natarajan, A.T, and P.C. Kesavan, Cytogenetics for Dosimetry in Cases of Radiation Accident and Assessing the Safety of Irradiation Food Material. Current Science, 2005. 89(2): p. 361-65.
13. Blakely, W.F., et al., WHO 1st consultation on the development of a global biodosimetry laboratories network for radiation emergencies (BioDoseNet). Radiat Res, 2009. 171(1): p. 127-39.

14. Romm, H., U. Oestreicher, and U. Kulka, Cytogenetic damage analysed by the dicentric assay. *Ann Ist Super Sanita*, 2009. 45(3): p. 251-9.
15. Wilkins, R.C., et al., Interlaboratory comparison of the dicentric chromosome assay for radiation biodosimetry in mass casualty events. *Radiat Res*, 2008. 169(5): p. 551-60.
16. ISO19238, 2014年, 第二版。
17. ISO21243, 2008年, 第一版。
18. Ainsbury, E.A. and Lloyd, D. C. Dose estimation software for radiation biodosimetry. *Health Phys.* 98, 290-5 (2010).
19. Grégoire, E., Hadjidekova, V., Hristova, R., Gruel, G., Roch-Lefevre, S., Voisin, P., Staynova, A., Deleva, S., Ainsbury, E.A., Lloyd, D.C., Barquinero, J.F. Biological dosimetry assessments of a serious radiation accident in Bulgarian in 2011. *Radiat Prot Dosimetry*. (2013).
20. Wong, K.F., Siu, L.L., Ainsbury, E.A., Moquet, J. Cytogenetic biodosimetry: what it is and how we do it. *Hong Kong Med J.* Apr;19(2):168-73. (2013).
21. Maznyk, N.A., Wilkins, R.C., Carr, Z., Lloyd, D.C. The capacity, capabilities and needs of the WHO BioDoseNet member laboratories. *Radiat Prot Dosimetry*. 151(4):611-20. (2012).
22. Flegal, F. N., Devantier, Y., Wilkins, R.C., Validation of QuickScan Dicentric Chromosome Analysis for High Throughput Radiation Biological Dosimetry. *Health Phys.* 2012, 102, 144-153
23. Suto, Y., Hirai, M., Akiyama, M., Kobashi, G., Itokawa, M., Akashi, M., Sugiura N. Biodosimetry of Restoration Workers for the Tokyo Electric Power Company (TEPCO) Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Accident. *Health Phys.* 105(4):366Y373; 2013
24. ZHU Wei, LIU Fenju, CAO Jianping, et al. Study on the dose-response relation of premature chromosome condensation

induced by Okadaic acid. J Radiat Res Radiat Process, 2008, 26 (6):p. 353-356

25. Moquet, J, Barnard, S, Staynova, A, et al. The second gamma-H2AX assay inter-comparison exercise carried out in the framework of the European biodosimetry network (RENEB). Int J Radiat Biol. 2017; 93(1): 58-64.

表一、109 年度背景值分析結果表

| | 2020年 背景曲線 | | |
|---------|--------------|--------------|--------------|
| 編號 | 201912-A01-A | 201912-A01-B | 201912-A01-C |
| 分析影像 | 1010 | 1027 | 1005 |
| 雙中節數 | 0 | 1 | 1 |
| 千分比 (‰) | 0.000 | 0.974 | 0.995 |

表二、104~108 年受試者資料統計

| 背景值統計 | 委託編號 | 性別 | 地區 | 年齡 | 委託單位 |
|-------|--------------|----|-----|----|------|
| 1 | 201506-01-A | 男 | 宜蘭縣 | 20 | 慈濟 |
| 2 | 201506-02-A | 女 | 台北市 | 40 | 慈濟 |
| 3 | 201510-01 | 女 | 高雄 | 24 | 高醫委託 |
| 4 | 201510-02 | 女 | 高雄 | 55 | 高醫委託 |
| 5 | 201604-A01 | 女 | 台南縣 | 24 | 慈濟 |
| 6 | 201605-A01 | 女 | 彰化縣 | 24 | 慈濟 |
| 7 | 201705-A01 | 男 | 台中 | 27 | 緊急曝露 |
| 8 | 201708-B01 | 女 | 高雄 | 21 | 慈濟 |
| 9 | 201801-B01 | 男 | 高雄 | 24 | 高醫 |
| 10 | 201801-B02 | 男 | 高雄 | 23 | 高醫 |
| 11 | 201901-A01-A | 男 | 高雄 | 21 | 高醫 |
| 12 | 201901-A01-B | 男 | 高雄 | 25 | 高醫 |
| 13 | 201902-A01-A | 男 | 高雄 | 23 | 高醫 |

表三、ELISA 及 Flow cytometry 分析方法優缺點比較

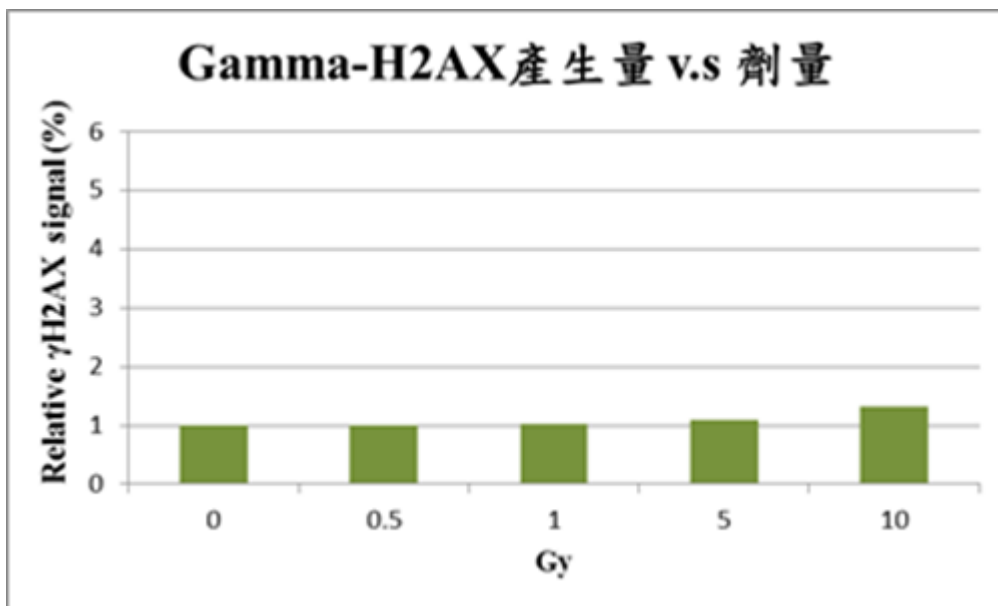
| 分析方法 | ELISA | Flow cytometry |
|------|---------------------------------|---------------------------|
| 優點 | 分析花費較少時間 | 實驗流程花費時間最少 |
| | 市售有實驗套組無需自己配置試劑，依照實驗步驟進行較不需專業性。 | 可圈選特定細胞群及固定計算細胞數量方便定量。 |
| 缺點 | 吸光值易受環境影響跳動 | 細胞自體螢光關係導致低劑量數據與背景值差異可能不大 |
| | 不同人操作可能結果會有些許差異 | 偵測儀器較昂貴，需要專業訓練過人員進行操作。 |

圖一、通過年度查訪通知

| | |
|------|---|
| 發送者 | 系統管理員 |
| 通知日期 | 2020/10/06 10:08:11 |
| 案件編號 | 20072801 |
| 主旨 | [資訊系統通知]-監督評鑑結果通知 |
| 內容 | 貴機構 人員生物劑量實驗室 (認證編號:3201)之監督評鑑案(案號:5-20072801), 經書面審查原認證範圍之認證決定結果為續予認證。 如有問題請洽本會相關承辦人員。 本案連絡人: 韋如鈴 連絡電話: (03)5336333 # 215 傳真: (02)28090979 ; (03)5338717 連絡地址: 台北辦公室: 25170新北市淡水區中正東路二段27號23樓 新竹辦公室: 30044新竹市北大路95號2樓 |
| 附件 | |

圖二、以人血測試 Gamma-H2AX 產生量與不同照射劑量關係

(ELISA)



圖三、以人血測試 Gamma-H2AX 產生量與不同照射劑量關係(Flow cytometry)

