

行政院原子能委員會
委託研究計畫期末研究報告

輻射防護管制規範與度量技術研究(4/4)

**Research on Radiation Protection Management Specification
and Measurement Technology**

計畫編號：109-2001-02-17-06

受委託機關(構)：原子能委員會核能研究所

計畫主持人：袁○程

聯絡電話：(03)4711400 ext 7673

主要工作項目負責人：朱○豪、林○君、林○琪

聯絡人：廖○蘭

報告日期：109 年 1 月 5 日

目 錄

目 錄.....	i
中文摘要	ii
英文摘要	iii
壹、前言(計畫緣起).....	1
貳、研究目的	4
參、研究方法與過程.....	11
肆、主要發現與討論.....	21
伍、結論與建議.....	35
陸、參考文獻	39
附件 1、執行成果佐證資料.....	41
附件 2、期末訪查技術性查核問題與回復(Q&A)	87

中文摘要

為接軌國際最新輻射防護建議，原子能總署（IAEA）、歐盟等陸續更新輻防管制建議與技術規範，本計畫配合法規研議進程與國內外趨勢，滾動式地精進實務面之輻防管制技術與輻射度量技術研究，採雙主軸方向進行，以強化輻射量測與劑量評估之準確度與公信力，增進國內輻射偵測儀器檢校及技術能力，與提升人員生物劑量評估相關技術。此計畫還須考量輻射防護管制系統的全面性，目標為建立符合國際規範的輻射劑量量測系統，研究劑量稽核與驗證方法，擬定相關管制作業程序及法規，以及因應輻射災變和緊急曝露之輻射生物劑量技術精進，以提升游離輻射防護管制技術，確保民眾健康及安全。

本年度含三個主要工作項目：1. 輻射防護技術規範與劑量評估精進研究；2. 輻射防護能力試驗技術研究；3. 人員生物劑量染色體變異評估技術研究。為落實最適化的輻射防護管制作為，將參考國際最新輻防趨勢，針對技術規範、眼球水晶體劑量等輻防架構、管制影響及評估技術進行研析，另對國內人員劑量和輻射偵檢儀器校正能力試驗認證技術進行探討、建立動態擬人假體在輻射劑量的評估技術，以及國人染色體雙中節背景值和劑量反應曲線，持續提升游離輻射安全管制層次及水準。

關鍵字：游離輻射、輻射防護、輻射安全標準、輻射度量、生物劑量

英文摘要

In order to respond to the radiation management structure and technical specifications of international organizations (such as the International Atomic Energy Agency, the European Union, etc.), this plan adopted a roll-on approach to cooperate with the updated regulations on the improvement of technical ability in control practice and radiation protection measurement technology, in two main directions. Considering the domestic and international trends, it aimed to strengthen the accuracy and credibility of radiation measurement and dosimetry, to improve the evaluation technology research of radiation detectors for testing and calibration, and to enhance the personnel and biological doses assessment technology. This plan also considered the full-scale radiation protection system, including radiation dose measurement system, dose verification method, radiation protection management procedure and regulations, radiation biological dose responses and radiation accident prevention strategies. It can improve the techniques for radiation protection management to ensure the public's health and safety.

The main research categories included in this year are: 1. Improvement on radiation protection technical specifications and dose assessment; 2. Radiation protection proficiency testing techniques; 3. Evaluation of human biodosimetry/chromosome abnormality. The work items are to develop the radiation protection technical specifications referring to the latest international trend and the impact of new regulations, to research the doses to the lens of the eye, to research the performances certification technology for personnel dose evaluation and radiation detector calibration, to improve dynamic anthropomorphic phantom technology for radiation protection, and to expand continuously the domestic database for background value and dose response curve of the dicentric chromosome. The final purpose is to pursue and provide a higher level of radiation protection management based on the improvement of the relative technical ability and quality.

Keywords: Ionizing Radiation, Radiation Protection, Radiation Safety Standards, Radiation Measurement, Biological Dose.

壹、前言(計畫緣起)

本計畫之執行內容，係考量目前因科技之進步、民眾生活品質之提高，游離輻射於民生應用之發展較過去更為快速增長。主管機關本於管制之立場，亟需針對現行與潛在游離輻射於民生應用之發展潮流、國際趨勢，預先進行研究、調查，以為日後建立合宜之管制規範、審查及評估之技術，建立基礎。計畫內容所參考之目前環境需求與未來方向預測如下：

- 一、我國現行游離輻射防護安全標準，係參照國際放射防護委員會(International Commission on Radiological Protection, ICRP)於1990年發表之建議書而定。而近十數年，隨著國際輻防體系演進、生物學數據更新等因素。ICRP於2007年後，提出了新的輻防觀念，其中包含以三類曝露情境取代原有之輻射作業與干預、加強輻防最適化精神、修訂危害係數與輻射、組織加權因數、修正眼球水晶體劑量限值、確定效應與關鍵群體名詞等部分。而後，國際原子能總署(International Atomic Energy Agency, IAEA)亦針對ICRP的修訂而出版新的安全要求標準(IAEA General Safety Requirements Part 3, 簡稱IAEA GSR Part 3)。本項研究工作將參照IAEA發表的GSR Part 3，考量我國輻防實務經驗，提出游離輻射防護安全標準差異對照與修訂技術需求等，並彙整國內專家與利害關係人建議，提出建議修訂方向。
- 二、依據原子能委員會(原能會)107年統計資料，國內核發可發生游離輻射與放射性物質證照，非醫用證照數約為1萬2千餘張，醫用證照數約有2萬餘張，截至108年輻射從業人員申請佩章之人數5萬3千餘人，涵蓋核能設施、工業、醫院、研究機構、國防等領域，其環境輻射監測、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。一般而言，透過認證可以確認全國各

相關實驗室是否具備足夠技術能力與品質來保證執行校正、測試與量測評估等業務，而能力試驗是實驗室認證重要的一環。能力試驗研究工作亟需研究國際之技術發展趨勢，及配合主管機關對於國內輻射度量實驗室之管制需求，建立執行能力試驗之設備及技術，加強實驗室人員訓練與技術交流，以提昇國內輻射防護與管制技術。本計畫由管制需求面出發，建立執行實驗室認證與能力試驗之設備、技術、作業程序，透過能力試驗、比對驗證等認證相關研究，瞭解全國相關實驗室之技術能力與品質，並借助全國認證基金會（TAF）實驗室認證與游離輻射領域能力試驗週期，加強實驗室人員訓練與技術交流，以提昇國內輻射防護與管制技術。

三、 隨著高齡化與生活型態的改變，以及社會經濟發展影響，民眾越來越注意健康保健，了解「預防勝於治療」的觀念，而對於放射醫療品質越趨重視，依據衛生福利部107年之統計資料顯示，國人每年接受乳房X光攝影篩檢約170萬人次、電腦斷層掃描檢查人次約255萬人次、放射治療約128萬人次、醫用粒子治療約1.5萬人次、核子醫學檢查約48.5萬人次等使用狀況，配合輻射應用施政與民生需求，以國際新穎性與科技急迫性為立意，針對眼球水晶體劑量最大宗族群—透視攝影放射醫療，建置評估眼球劑量之校正光子射質；與精進動態擬人假體在輻射劑量的評估技術。考量社會期待以規劃科研議題，特別是建立國家級的放射核種活度或輻射劑量追溯源、量測評估技術，且透過輻射檢測系統與追溯鏈、儀器檢校、放射診療品保稽核與劑量驗證和學術合作研究，精進整體大眾之輻射安全。

四、 面對日本福島核事件及複合式災害影響議題，發展人員生物劑量技術，作為發生輻射意外曝露的劑量重建必要工具，是應變作業的重要研究之一。若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，而使用國人生物樣本，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，更可藉由國際專家合作模式，擴展國際化分析能力，將可提供國內外服務。

貳、研究目的

本四年期科技發展計畫由核能研究所(Institute of Nuclear Energy Research, INER)執行，目標為支援輻射防護管制業務需求，提供管制執行與規範制定之參考依據，增進民眾於原子能應用與輻射防護之信心。

因應國際最新法規與管制實務趨勢，及強化國內輻防科技發展，以輻射防護管制規範與度量技術研究為中心規劃，進行輻射防護管制規範與技術、輻射偵測與儀器檢校、輻防劑量評估與驗證方法、人員與生物劑量評估等研究。考量原子能科技應用的全面性，因應國內外趨勢建立基礎量能和量測系統，含可能遭遇的輻射曝露意外事件，以提升游離輻射防護管制技術，確保民眾健康及輻射安全。本計畫以核研所技術為中心，透過學術合作達到技術精進與擴散，具體內涵包括下列三個分項工作(主要工作項目)，其中分項工作一、二由核能研究所保健物理組（簡稱：保物組）執行；分項工作三由核研所同位素組負責執行，其計畫架構圖如圖 2.1 所示。工作項目係依據原能會函文之指示與需求而訂定，報陳原能會審查同意後執行。

一、輻射防護技術規範與劑量評估精進研究

為落實最適化的輻射防護管制作為，將參考國際最新輻防趨勢與作為，針對技術規範、眼球劑量等輻防架構、管制影響及評估技術進行研析，並結合學研單位之研發能量，共同評估游離輻射防護法研修方向及對現行輻防管制體系之影響，並提供相關規範與實務建議。

此外，結合過去 106-108 年度「輻射應用劑量評估與檢校技術研究」主要工作成果，針對新穎及迫切輻射應用科技研究，為提升其輻射曝露管制作業之效能，於 109 年度規劃建立包括眼球劑量校正用 X 射線光子射質，與精進動態擬人假體在輻射劑量的評估技術。結合技術研發與實務需求，以解決國內輻射應用於輻防管制與醫療曝露品保之實際與未來潛在需求。

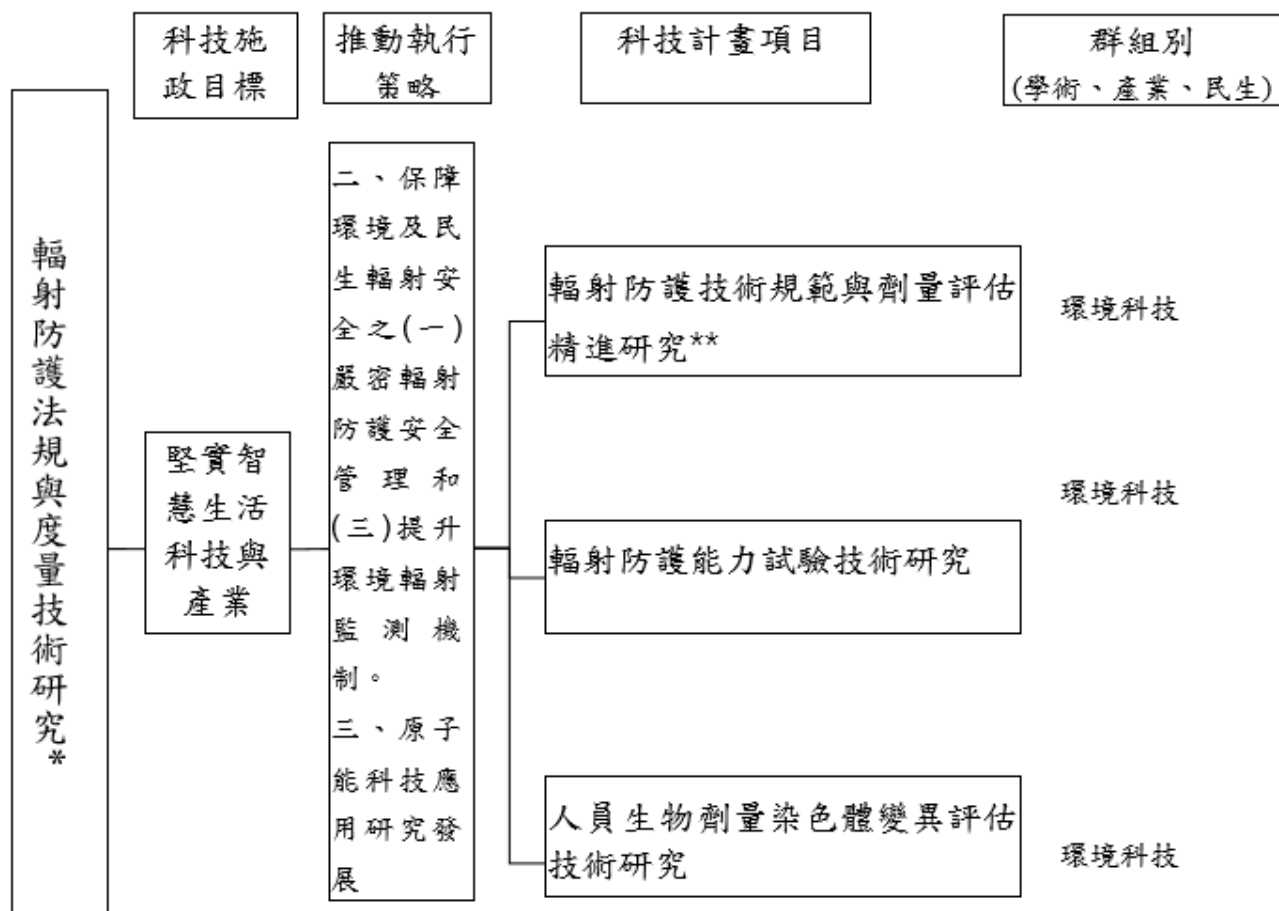
二、輻射防護能力試驗技術研究

為提升輻射偵測與防護能力，本計畫將參考國際規範、輻防法規與主管機關對於國內輻射劑量評估、環境試樣放射性核種分析、輻射偵檢儀器校正等面向之管制需求，建置能力試驗之執行設備、劑量追溯系統、量測技術、作業程序與技術規範，並透過實驗室認證同步分析及辦理技術研討會，強化教育訓練與技術交流。

三、人員生物劑量染色體變異評估技術研究

本計畫積極進行人員生物劑量染色體變異評估技術研究，並建立與精進相關技術，有助於協助主管機關執行相關意外曝露應變作業程序及法規，並發展出具國際水準的輻射生物劑量實驗室系統，服務我國工作人員及民眾。研究成果可應用於核設施之緊急應變或除役等輻射防護相關的劑量再評估，有效提升主管機關在輻射管制與風險評估的作為。本計畫積極建立與維持國際標準組織(ISO)之 ISO 17025 認證之輻射生物劑量實驗室，持續與國際生物劑量支援網路合作，以核能研究所為參考實驗室，建立本土染色體雙中節背景值，且積極研發新的生物劑量分析方法，以期未來可應用於低劑量評估上，提升游離輻射安全管制層次及水準。

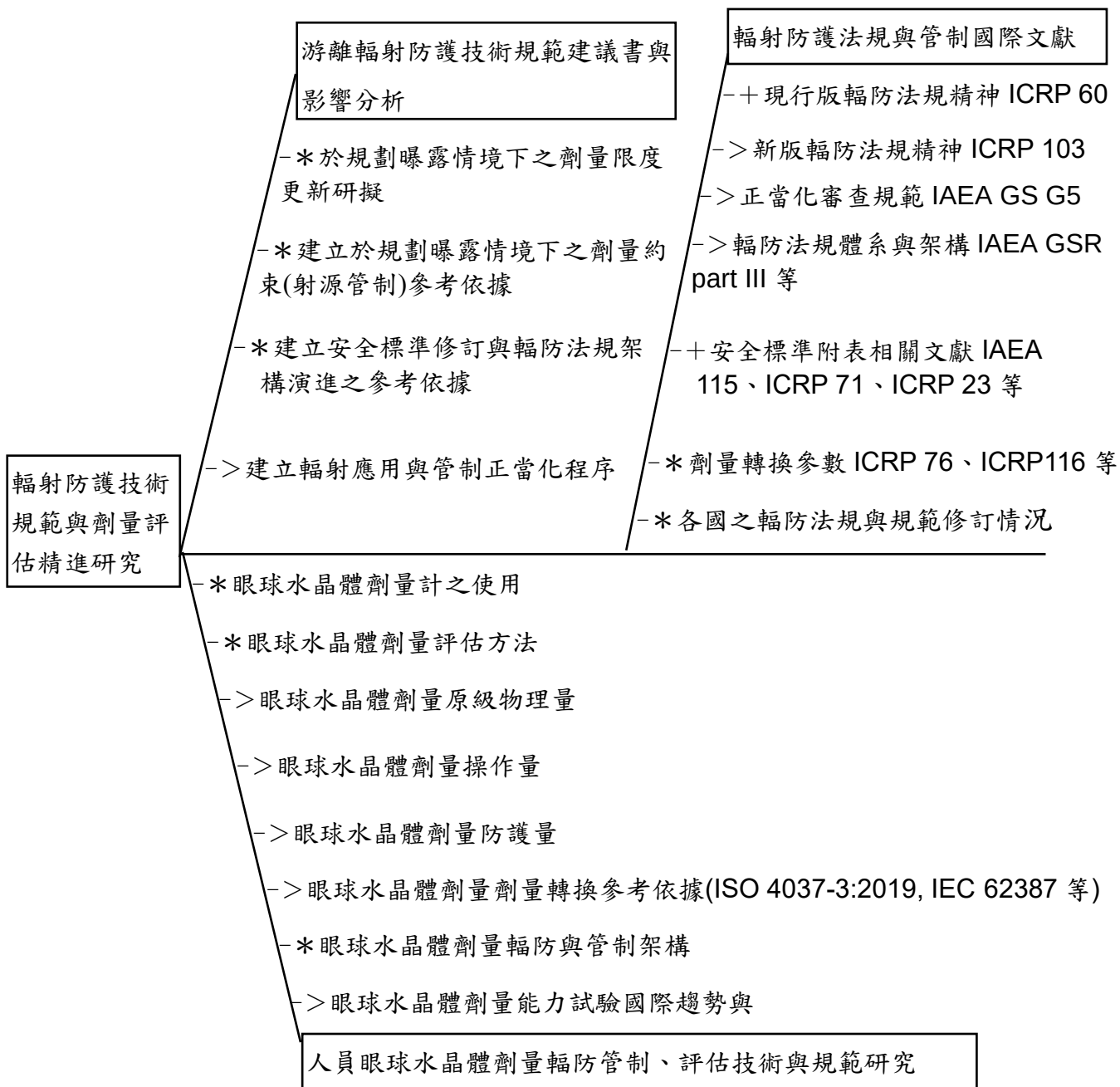
圖 2-1.至 2-4.說明 109 年度計畫架構與各分項工作之重要科技關聯圖。



*106-107 年為「核設施除役與輻射防護劑量評估驗證技術研究」

**106-107 年為「核設施除役輻射防護管制技術研究」，109 年整併入原「輻射應用劑量評估與檢校技術研究」工作目標。

圖 2-1. 109 年度計畫架構圖



(註) 科技成熟度之標註：

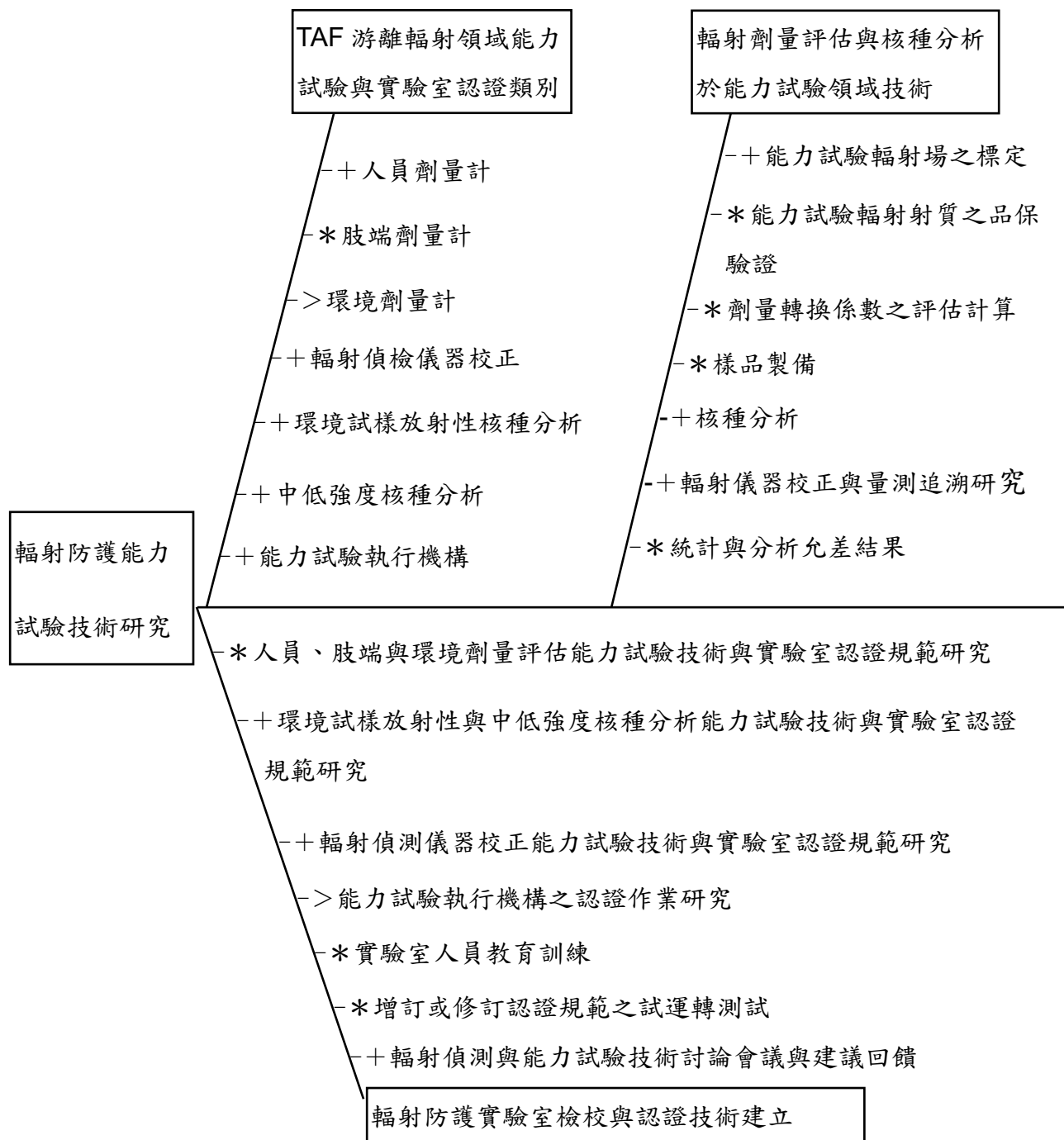
＋：我國已有之產品或技術

*：我國正發展中之產品或技術

>：我國尚未發展中產品或技術

產品或技術若與「智慧財產權」有關亦請加註說明

圖 2-2. 「輻射防護技術規範與劑量評估精進研究」工作重要科技關聯圖



(註) 科技成熟度之標註：

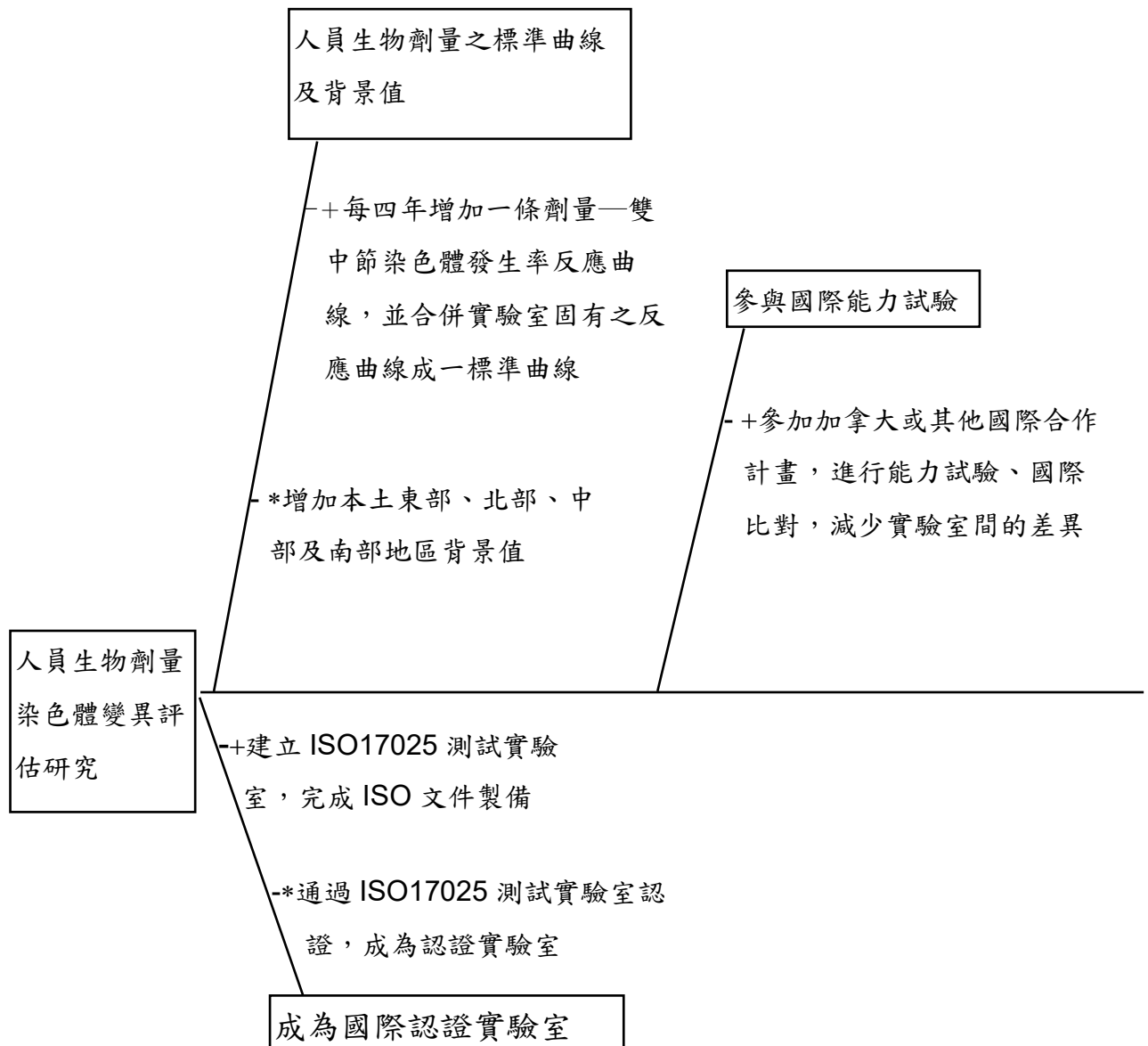
＋：我國已有之產品或技術

*：我國正發展中之產品或技術

>：我國尚未發展中產品或技術

產品或技術若與「智慧財產權」有關亦請加註說明

圖 2-3. 「輻射防護能力試驗技術研究」工作重要科技關聯圖



(註) 科技成熟度之標註：

＋：我國已有之產品或技術

*：我國正發展中之產品或技術

>：我國尚未發展中產品或技術

產品或技術若與「智慧財產權」有關亦請加註說明

圖 2-4. 「人員生物劑量染色體變異評估技術研究」工作重要科技關聯圖

參、研究方法與過程

(一) 內容

109 年度研究計畫工作項目的研究方法與過程說明如下：

一、 輻射防護技術規範與劑量評估精進研究

1. 舉辦游離輻射防護技術規範修訂草案之研討會，蒐集各界意見

過去本計畫已於 108 年度，辦理三場次的游離輻射防護安全標準修訂技術規範獨立審查暨修訂策略內外部專家討論會議，彙整國內輻防專家之建議：對於原游離輻射防護安全標準修訂草案中建議納入 ICRP-103 之輻射曝露三類情境，並將劑量約束納入輻防計畫中管理等條文進行修訂。

為確保 108 年度依據 ICRP、IAEA GSA Part 3 等國際輻防最新輻防概念，提出之游離輻射防護安全標準建議修正方向，於國內施行時，對於管制機關之管制作為及利害關係人之法規遵循，可兼得最新的輻射防護精神、規範施行可行性與技術可行性等需求。109 年度將與管制機關、專家學者、相關業務機構等利害關係人召開討論會議，確認修正草案之可行性。以確保我國之輻防體系符合國際趨勢，並達合理抑低之需求。預期本計畫之研究成果可由法規面推動國內輻射防護觀念之更新，建構符合國際潮流與國內生態的輻射防護管制體系，作為管制機關之參考依據，可加速新規範的施行，使環境、民眾與工作人員之輻射安全可符合最新國際規範之要求。

2. 依據 ISO 4037: 2019 建置光子眼球劑量校正射質

為因應國際放射防護委員會(ICRP)，修訂眼球水晶體劑量的職業曝露限值從 150 mSv/y 降至 5 年平均 20 mSv/y，近年來國際上出現大量眼球水晶體劑量量測技術研發資料，文

獻顯示尚無簡便、快速的直讀式量測設備可用，使用被動式的量測(如：熱發光劑量計)，為目前可行的量測工具，並依此發展各式被動式眼球水晶體劑量系統。本計畫首要之務，為建立國家劑量追溯體系，以提供眼球水晶體劑量計的校正及能力試驗，進而提升眼球水晶體劑量評估之準確性。因此本計畫於109 年度開始，首先由核研所保物組的國家游離輻射標準實驗室依據 ISO 4037-1 建置適合眼球劑量校正的射質，包括 N-40、N-60、N-80、N-100、N-120、N-150 等 X 射線射質，建置方法是透過量測 X 光機的固有過濾，將規範內所規定的總過濾扣除固有過濾後即為所需的附加濾片，附加濾片所使用的材料為鋁、銅、錫等，過濾片組配完成後，量測其半值層與規範之差異須小於 5%。

3. 與學研單位醫療機構或相關學會合作驗證與精進動態擬人假體在輻射劑量的評估技術

使用以人體解剖學作為基礎的計算模型來進行輻射劑量評估，已經成為輻射防護與醫學物理領域中重要的一環與關鍵的技術。輻射防護人員需要了解輻射工作環境與人體的作用，以便能夠根據實際的情況控管劑量暴露與確保工作人員與公眾的安全。在放射診斷學及核子醫學影像領域，需要使人體暴露於足夠劑量的 X 射線或 γ 射線之下，以確保成像品質，同時也要將輻射所引發的生物效應盡可能降低；在放射治療領域，需要以更高劑量的輻射(X 射線、 γ 射線、電子、質子或重離子束)來照射人體器官以控制癌細胞，同時也需要盡量保護正常組織免於過量的輻射傷害。擬人化的假體計算模型自 1960 年代初期發展以來經歷了漸進式的演化，大致可以分為三個主要方向：(1)1960-2000 年以二次方程式為基礎建立的數學模型、(2)1980 年迄今以斷層掃描圖像為基礎建立的立體像素模型、以及(3)2000 年迄今以可變形的進階單元為基礎的 Boundary representation (BREP)模型。

在醫學物理方面，為求病人精確可靠的劑量分布，輻射劑

量的評估主要使用以斷層掃描圖像為基礎建立的體素模型，而在輻射防護方面假體通常不需要如醫學物理領域所需求的精確與細緻，目前常用的擬人假體還是以相對簡單的數學模型為主。值得注意的是，絕大部分的擬人假體都是固定建立在直立站姿的型態，然而仔細觀察工作環境的輻射暴露，特別是近距離接觸射源的工作人員姿勢並非都是直立的標準動作，人體所造成的自屏蔽效應或是複雜體射源的暴露組態都可能導致直立站姿劑量評估結果的誤差。此一觀察與想法是本年計畫的主要動機，本研究擬引進美國核管會 Radiation Protection Computer Code Analysis and Maintenance Program (RAMP) 計畫中的 PIMAL 程式，建立一系列動態擬人的假體模型，盡可能逼近工作人員的實際姿態，用以量化各種近似模型可能導致的誤差，以及深入探討 PIMAL 在輻射工作人員精確劑量評估的應用潛力。PIMAL 程式在擬人假體領域是一個非常特殊的工具，允許用戶利用圖形化介面產生不同手臂和腿部姿態的擬人假體模型，再利用 MCNP 程式進行完整的輻射遷移與劑量評估。

目前接續與已取得使用 PIMAL 執照之單位(清華大學)合作，本研究擬定如下七項工作內容：(1)安裝與測試 PIMAL 程式，了解其使用範圍與限制、(2)透過 PIMAL 輔助所建立的模型計算各種射源能量照射條件下的有效劑量轉換係數，確認其在有效劑量評估的正確性、(3)利用 PIMAL 建立輻射工作人員走路的姿態，考量逐步走近與遠離射源時的輻射劑量評估、(4)實務劑量精確評估的應用一：人員在低階放射廢料桶周遭的工作情節、(5)實務劑量精確評估的應用二：放射師以手近距離處理核醫藥物的情節、(6)實務劑量精確評估的應用三：探討執行螢光透視攝影對於醫療人員的劑量評估與有效的防護措施、(7)總結使用經驗，克服 PIMAL 程式的設計限制，以利未來延伸實務應用範圍。本研究與 108 年已成功完成上述(1)-(4)工作內容，基於 108 年的基礎，本年度將著重在二個重要的實務應用，展示 PIMAL 在醫療工作人員輻射劑量評估技術的特色與優勢。未來希望能將研究成果應用至國內目前民

眾關注的重要輻射安全議題，包括核電廠除役、高低階放射性廢料貯存設施建置、以及核醫相關人員輻射劑量評估與防護技術的精進。

本年度完成二個重要的實務應用，展示 PIMAL 在醫療工作人員輻射劑量評估技術的特色與優勢。第一個案例是模擬工作人員以手處理核醫藥物的輻射暴露情況，探討在不同條件下工作人員所受全身有效劑量與重要器官(手部與眼球水晶體)等價劑量的關係；第二個案例是模擬醫師操作螢光透視攝影的輻射暴露情況，同樣探討醫療人員的全身有效劑量與重要器官(手部與眼球水晶體)等價劑量的關係，並考量工作人員穿戴不同厚度鉛眼鏡或鉛衣之影響，結果有助於正確評估個人劑量計位於不同位置的計讀結果，有利於建立醫療人員嚴謹的輻射劑量評估技術與防護參考。

二、 輻射防護能力試驗技術研究

1. 人員劑量計能力試驗運轉研究，並舉辦技術討論會議

人員體外劑量評估實驗室能力試驗是主管機關（原子能委員會）運用全國認證基金會（TAF）的能力試驗週期所進行的相關研究。第十一次人員劑量計能力試驗，依據 ANSI/HPS N13.11-2009（R2015）國際最新版標準，及轉換為我國測試領域人員劑量計能力試驗技術規範（TAF-CNLA-T08(4):2019）執行。此研究跨 108 和 109 年度執行，前期研究為建構技術規範所需的輻射場、規劃運轉之執行、參與實驗室之校正、與研究能力評估程序和方法。後期研究則為運轉能力試驗程序、劑量計管理、數據處理、舉辦技術交流會議、評估參與實驗室技術能力、舉辦總結會議、完成參與實驗室評估報告與總結報告。（參見圖 3-1）

2. 照射輻射場射質品保驗證與量測系統維持

本項主要執行能力試驗所需照射或量測系統之建立、維持、品保與確證，照射系統包括：加馬光子、X 射線光子、貝他粒子和中子，各系統須根據 ISO 4037、ISO 6980、ISO 8529、ANSI/HPS N13.11-2009 (R2015) 等國際標準進行建立、維持或確證。其中牽涉機械、電子、量測與控制設備，輻射劑量量測設備，輻射照射系統及附屬設備（校正台車、軌道等位移裝置、儀控設施、屏蔽裝置等），輻射訊號處理系統，電腦及其週邊擷取設備等軟硬體，以及人力配置、認證執行和教育訓練等搭配。透過本工作項目之執行，以提供參與實驗室適當射質標準，進行劑量評估或校正系統的校驗。(人員劑量計能力試驗執行所需系統請參見圖 3-2 的執行機構組織架構圖)

3. 輻射偵檢儀器校正能力試驗運轉研究，並舉辦技術研討會

依據校正領域輻射偵測儀器校正技術規範(TAF-CNLA-T06(2))，進行能力試驗所需的不同類別輻射偵檢儀器及標準輻射場之性能測試，執行國內實驗室對輻射劑量偵測儀器、 α/β 污染偵測儀器及人員劑量計等能力試驗傳遞儀器之品保測試。此研究配合實驗室認證週期，跨 109 和 110 年度執行，109 年研究為建構與維持技術規範所需輻射場、規劃運轉之執行、系統測試、研究能力評估程序和方法等。

4. 中子輻射偵檢儀器校正實驗室比對研究

本年度特別配合主管機關需求，新增中子輻射偵檢儀器校正實驗室比對研究。由於國內二級的中子輻射偵檢儀器校正實驗室，僅為台灣電力公司的放射實驗室 1 家，無法辦理多家實驗室的能力試驗，改採 1 對 1 的實驗室比對方式，來確證其技術能力。該實驗室過去持續透過國家游離輻射標準實驗室的校正服務(近兩次校正資料為 106 年 9 月和 108 年 9

月的 Thermo/FHT752 中子輻射偵檢儀器)，達成可追溯國際計量標準的校正技術。而實驗室比對則是關注第一線技術服務的準確度與品質，監督實際校正成果的可信度。本工作項目以既有之輻射偵檢儀器校正能力試驗經驗及規範為參考依據，配合現行輻射偵檢儀器校正能力試驗兩年度的研究期程，新增中子輻射劑量偵測儀器之傳遞，比較兩實驗室校正因子差異，檢驗其校正系統的技術能力與品質。

三、 人員生物劑量染色體變異評估技術研究

1. 分析 109 年度國人本土染色體雙中節背景值

在 ISO 19238:2014 國際輻射研究規範中指出，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 108 年度已完成 25 例正常國人背景染色體雙中節分析，一共分析 25,369 顆細胞，發現 20 個雙中節(dicentric)於 19 顆細胞中。目前資料庫國人背景雙中節發生率為 0.79‰，即是 1000 顆細胞中有 0.79 個雙中節發生率。近幾年來國際文獻的人員生物劑量染色體變異性研究指出，在正常背景下，每個人淋巴細胞通常會存在 1/1000 比例的雙中節變異狀況，目前國人的背景值略低於國際之平均值。

今年度，本實驗室持續針對國人輻射背景值進行研究分析工作，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。

2. 通過 TAF 年度查訪

人員生物劑量實驗室，為國內唯一具備生物劑量評估能力之實驗室，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，以使實驗室人員接受現場評鑑時，展現符合認證規範要求的能力。

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。

3. 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分析技術，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。

4. 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，若發生緊急或大型輻射意外事故時，於實際應用上可能會出現時間或人力不足的問題。

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。

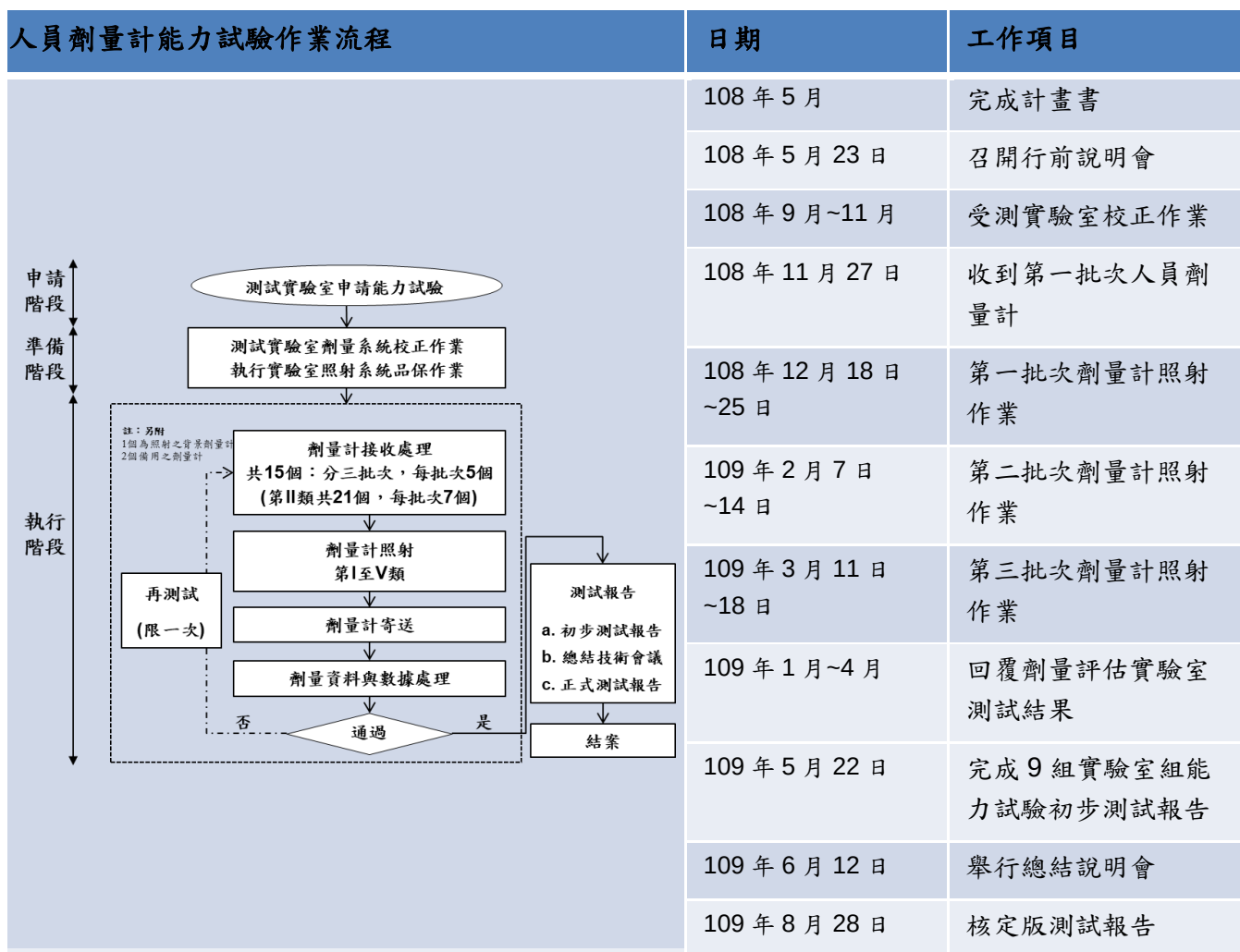


圖 3-1. 人員劑量計能力試驗作業流程

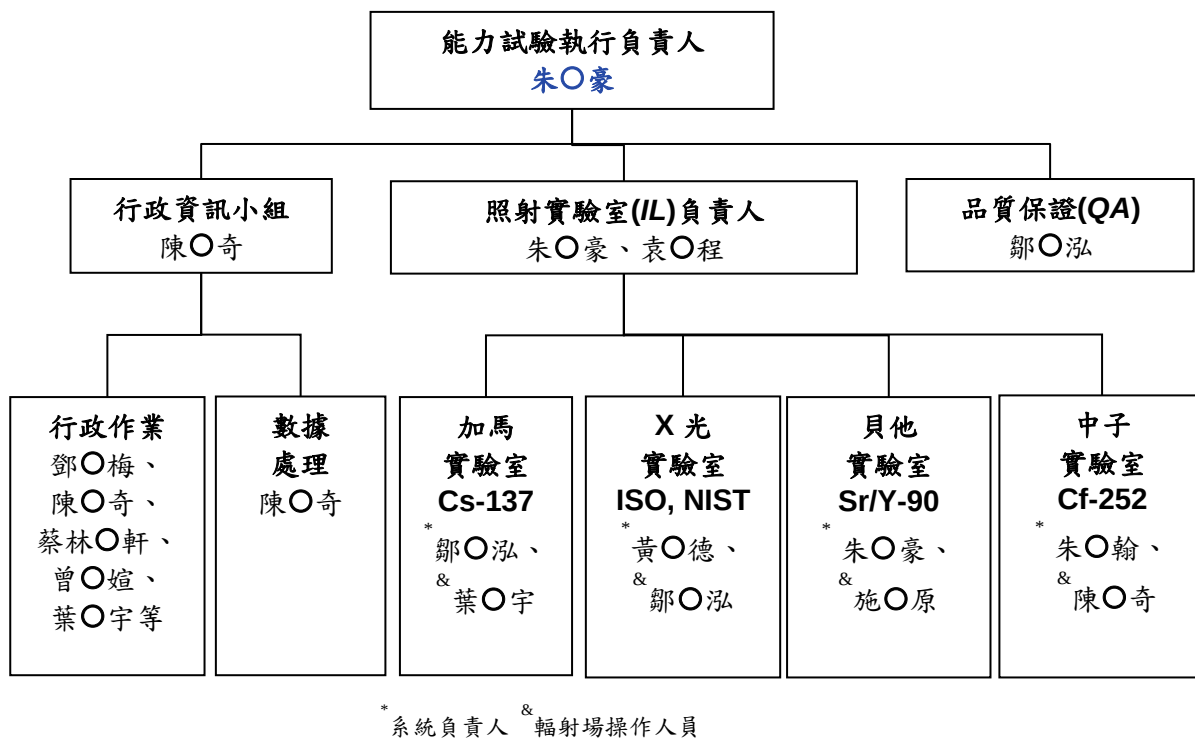


圖 3-2. 人員劑量計能力試驗執行機構組織架構

肆、主要發現與討論

本計畫今年度達成國際期刊(SCI)論文刊登 2 篇、會議論文發表 1 篇、專利 1 項、舉辦 3 場研討會、教材 1 份、技術規範 1 份、研究報告 5 篇、技術報告 1 篇、人才培育 2 人等量化指標(詳如附件 1.1.至附件 1.8.)。

一、輻射防護技術規範與劑量評估精進研究

1. 舉辦游離輻射防護技術規範修訂草案之研討會，蒐集各界意見

依據 108 年度第四季，辦理之三場次游離輻射防護安全標準修訂技術規範獨立審查暨修訂策略內外部專家討論會議，修訂游離輻射防護安全標準草案如附件 1.9.。將 ICRP-103 曝露情境概念與對應之劑量管制/管理值納入輻防標準草案內，並考量輻防管理項目推行之必要性、優先度與技術需求，增減部分條文。

關於 109 年度之游離輻射防護安全標準修訂研討會議，已於第二季規劃辦理方式、場次、研討內容等細部事項，並進行行政採購相關作業。

關於輻防標準修訂研討會議之辦理方式，係規畫台北、高雄兩場次，並對重要之輻防議題，邀請國內專家學者進行深度座談，說明規劃修法項目的科學基礎、技術因應、國際趨勢等項目。並預擬與會人員可能提出之問題說帖，確保研討會辦理之目標。

經第一、二季之相關規畫與行政事項籌辦，於 109 年 9 月 25 日(台北)、10 月 14 日(高雄)完成研討會議之辦理，研討會亦邀請國內之輻防專家進行 ICRP 修法主要議題之報告，包含：

- 國際輻防概念演進與曝露情境概念；
- 劑量約束與國際實務經驗；

- 職業曝露眼球水晶體劑量限值下修影響與因應；
- ICRP 對於代表人之定義與計算方法說明；
- 游離輻射防護安全標準修正規畫與座談。

會議中收集之各項建議、意見與回饋，亦於 11 月 27 日於核研所召開專家討論會議，邀請專家與計畫相關人員，針對北、高兩場研討會的回饋建議，提出相關回饋建議與修法建議。北、高兩場研討會議議程如附件 1.4。會議辦理之照片如附件 1.5。

2. 依據 ISO 4037: 2019 建置光子眼球劑量校正射質

ISO 4037-1 規範所建議之 X 射線各系列射質，依 X 射線能譜之解析度(resolution)特性分為四種系列，如下列：

- (1) 低空氣克馬率系列射質(low air-kerma rate series，代號 L)：解析度 18% - 22%。適用於低劑量輻射防護度量儀器校正與性能測試。
- (2) 窄能譜系列射質(narrow-spectrum series，代號 N)：解析度 27% - 37%。適用於輻射防護度量儀器校正與性能測試。
- (3) 寬能譜系列射質(wide-spectrum series，代號 W)：解析度 48% - 57%。適用於醫學治療與診斷輻射度量儀器校正與性能測試。
- (4) 高空氣克馬率系列射質(high air-kerma rate series，代號 H)：解析度無特定。適用於高劑量輻射曝露之輻射度量儀器校正與性能測試。

其中，窄能譜系列射質較適合做為眼球水晶體劑量計的校正射質，且因透視攝影管電壓一般為 150 kV 以下，因此選用 N-40 至 N-150 的射質進行建置。

ISO 4037-1 所定義的 X 光機固有過濾是包含 X 光管的固定過濾(如：鈹窗)以及外加的穿透式游離腔，固有過濾的量測方法是將 X 光管電壓設定為 60 kV，並在不使用附加濾片的情況下量測其半值層，再根據 ISO 4037-1 提供的表格(附

件 1.10.)由半值層內插或外插計算其固有過濾。

半值層的量測是在窄射束的條件下，以不同厚度的測試濾片放置於 X 光機與偵檢器的中間，所使用的偵檢器是採用本所自行研發之自由空氣游離腔(附件 1.11(a))，量測經過不同厚度濾片後的訊號並繪製成衰減曲線(附件 1.12)，求出訊號衰減至一半所需的濾片厚度即為半值層。計算結果管電壓 60 kV 且未加過濾片的狀態下，其半值層為 0.172 mm Al，根據 ISO 4037-1 的表格外插後可得固有過濾為 0.15 mm Al，並據以計算各射質所需的附加濾片厚度。

附加過濾片是以純度 99.9%以上之鋁、銅、錫片來製作(附件 1.11(b))，完成過濾片組配後，為確認所建立的標準射質與 ISO 規範射質相似的程度，再次進行半值層量測，其量測結果(附件 1.13.)與 ISO 4037 規範差異小於 5%，可符合規範要求。

3. 與學研單位、醫療機構或相關學會合作，建立動態擬人假體在輻射劑量的評估技術(2/2)

建立實務案例一(操作人員以手動態處理核醫藥物的劑量評估)PIMAL 模型，以一般核醫人員處理放射性藥物的站姿為例，除了原本假體中所定義的器官，還增加了有劑量限制的水晶體以及手部，並探討操作人員以手處理核醫藥物時，在不同屏蔽防護條件下工作人員所受全身有效劑量與手部以及眼球水晶體等價劑量的關係。本案例進行了有、無屏蔽的劑量比較，屏蔽使用核醫科常用 L 型鉛屏蔽，為 0.5 cm 鉛當量之鉛玻璃，以及射源的鎢製針筒屏蔽，並且分別考慮四種情節：無屏蔽、分別使用鎢製針筒罐與 L 型鉛玻璃屏蔽、兩種屏蔽皆使用(附件 1.14.)，並分別使用種常見射源(^{201}TI 、 ^{67}Ga 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{123}I 、 ^{131}I 、 ^{18}F) 進行 MCNP 運跑，計算人員手部、水晶體劑量，以及全身有效劑量。在計算有效劑量時，使用 ICRP-60 報告中的組織加權因數進行加權，最後得到不同性別、射源、屏蔽情況的結果(附件 1.15.)。從不同情境間劑量率的比值，

得到鎢製針筒罐與 L 型鉛玻璃屏蔽對人體劑量的衰減程度，鎢製針筒罐可以使手部劑量降為 5.3%，眼球水晶體劑量降為 3.7%，全身有效劑量降為 15.1%，而 L 型鉛玻璃屏蔽可以使眼球水晶體劑量降為 16.9%，全身有效劑量降為 7.4%。手部、水晶體、全身有效劑量率之間的比值中，較值得討論的為，水晶體與全身有效劑量的比值在無屏蔽情況下約為 0.69，有 L-block 屏蔽下約為 0.76，如附件 1.15、附件 1.16 因此可知兩劑量在同數量級，並且可由全身有效劑量回推水晶體劑量。

建立實務案例二(螢光透視攝影對工作人員輻射劑量評估) PIMAL 模型，於 PIMAL 擬人假體前建立了組織等效材質的病人假體以及床板，屏蔽則使用不同厚度的鉛衣，以及是否佩戴鉛眼鏡作為變化選項，射源設定為腹部下方的錐狀射源(附件 1.14(b))，以此模型計算醫療人員所受劑量數值，探討醫療人員因執行螢光透視攝影所受之全身有效劑量與手部以及眼球水晶體等價劑量經 Dose area product (DAP)標準化後，三者的關聯性。腹部下射源的結果(附件 1.17、附件 1.18)：在不同厚度鉛眼鏡的屏蔽下，有效劑量下降幅度約為原本劑量的 1%；在水晶體劑量的部分，使用鉛眼鏡在能量為 100 kVp 時，可將劑量降為原本劑量的 70-80%。在三種劑量的結果中，鉛眼鏡的厚度不影響結果，其原因可能為在 PIMAL 假體中，操作人員的頭部處於直立狀態，X 光是由下往上發散，如附件 1.14(b)，使得散射經由眼睛與鉛眼鏡間進入水晶體，故屏蔽效果不明顯，未來在假體模型上，可在設計更符合臨床實際狀況，以反應劑量變化。鉛衣則可以使有效劑量有明顯的減少，0.35 及 0.5 mm 厚度的鉛衣能夠將有效劑量降低到無屏蔽情況的 1-4%，而厚度的改變可以增加 2-5%的衰減。

本研究探討二個應用案例中全身有效劑量、手部劑量與水晶體劑量之關聯性，在工作人員以手處理核醫藥物的劑量評估中，水晶體與全身有效劑量的比值平均在無屏蔽情況下約為 0.69，有 L 型屏蔽下約為 0.76 (附件 1.16)，以便臨床使用上以有效劑量推估水晶體劑量，而透視攝影對現場工作人員的劑量評估如附件 1.19，雖沒有固定規律的水晶體或手部

對有效劑量的比值，但可以得知在隨鉛衣厚度上升，因為有效劑量受鉛衣屏蔽而下降，所以比值增加。藉由 PIMAL 假體所模擬案例一與二中工作人員的模型，模擬出在不同射源與屏蔽情況下的劑量率，以供臨床放射師或有興趣研究者據以估算工作人員各部位可能所接受到的劑量範圍，此一數據庫有利於相關工作人員之輻射風險評估。

二、 輻射防護能力試驗技術研究

本分項工作原訂四個工作項目，另新增一個臨時交辦工作項目。先說明兩項前期計畫延續至本年度的重要成果，第一為去年度投稿 Radiation measurements SCI 期刊之「Proficiency testing and dose comparison for external personnel dosimeters evaluation in Taiwan」文獻(已列上期 KPI)，已於 109 年 4 月線上公開發表，內容主要描述臺灣近十年來人員劑量計能力試驗成果及劑量比較，三次能力試驗參與的 8 個人員劑量評估實驗室與 4 家廠牌劑量計，皆能符合 ANSI/HPS N13.11 之 2001 版和 2009(R2015)版標準要求，提供國內具品質的技術服務，並於國際上展現我國相關輻防研究與管制之成果。第二為與全國認證基金會(TAF)合作的肢端劑量能力試驗規範研究，已完成「測試領域肢端劑量評估技術規範 CNLA-TAF-T23(01)」之增訂與審查程序，並於 109 年 3 月正式公告實施，以提供產業應用，且使本項技術規範接軌最新版 ANSI/HPS N13.32(2018)標準，促進各肢端劑量評估實驗室技術符合國際規範要求。(參見附件 1.8)

1. 人員劑量計能力試驗運轉研究，並舉辦技術討論會議

本次研究根據 108 年 3 月公告之最新版 TAF 標準規範—TAF (2019 年)第四版的「測試領域人員體外劑量評估實驗室認證技術規範」，文件編號為 TAF-CNLA-T08(4)，執行人員劑量計能力試驗運轉研究。該文件乃參考 ANSI/HPS N13.11-2009(R2015)國際最新版規範，與國內產官學專家建議而定。人員劑量計能力試驗運轉研究為兩年期的第二年工作項目，

接續 108 年 11 月至 109 年 4 月的三批次測試；4 月至 5 月執行劑量回報與數據處理；因應疫情應變措施延後至 6 月初辦理總結技術討論會議；7 月提供實驗室測試報告；9 月完成總結報告。

分析測試類別、程序及照射條件上，本次人員劑量計能力試驗共有五個測試類別：(I)事故級光子、(II)光子/光子混合場、(III)貝他粒子、(IV)光子與貝他混合場和(V)中子與光子混合場。依據規範，照射測試分三批次進行，各測試類別每批測試提供 5 個劑量計，共 15 個劑量計；除了第 II 類每批次提供 7 個劑量計，共 21 個劑量計；每個類別測試另附 1 個背景劑量計，2 個備用之劑量計。本次不同射質(對應規範之測試類別，劑量範圍)之照射輻射劑量最低值：光子(第 II 類，0.5~50 mSv)為 1.22 mSv；貝他粒子(第 III 類，2.5~250 mSv)為 2.58 mSv；中子(第 V 類，1.5~50 mSv)為 1.19 mSv，具有接近規範低限值測試，以評估各實驗室能力。(參考附件 1.20.)

分析國內市場現況上，本次人員劑量計能力試驗共有九組實驗室組(若受測佩章廠牌不同，則視為不同組)參加，包括國內八家實驗室，實驗室名稱分別為：：放射試驗室、放射試驗室核二分隊、放射試驗室核三工作隊、核能研究所、貝克西弗公司、輻射防護協會、同步輻射研究中心、清華大學。受測佩章分為熱發光劑量計(TLD)及光刺激發光劑量計(OSLD)兩種類型，前者提供廠商為 Panasonic、HARSHAW 和 RADOS，後者提供廠商為 LANDAUER。參與能力試驗的受測佩章廠牌分布(實驗室組數量、市占百分比率)為：LANDAUER (1 組、~11%)、Panasonic (3 組、~33%)、HARSHAW (4 組、~44%)、RADOS (1 組、~11%)。以 107 年全國佩章使用數量約 52 萬個劑量計來說，推估廠牌服務量占比(佩章數市占百分比率)約為：LANDAUER (~20%)、Panasonic (~35%)、HARSHAW (~45%)、RADOS (~1%)。

九組人員劑量計實驗室組皆通過第十一次人員劑量計能力測試，合格率 100%，結果請參考附件 1.21。第一至第三批於今年 3 月底完成初次照射，執行實驗室召回部分劑量

計並於 4 月底完成重新照射作業，所有資料經數據處理與技術討論會議，核定版測試報告於 8 月底發行。關於實驗室之偵測低限(lower limit of detection, LLD)值，光子個人等效劑量為 0.04-0.08 mSv、貝他為 0.03-0.125 mSv、中子為 0.001-0.1 mSv，配合管制需求列於能力試驗測試報告，以供主管機關查驗。

全國性技術討論會之「第 11 次人員劑量計能力試驗總結會議」於 6 月 12 日舉辦(附件 1.6.)，參與單位共 11 個：放射試驗室、放射試驗室核二分隊、放射試驗室核三工作隊、輻射防護處、放射性物料管理局、核能研究所、貝克西弗公司、輻射防護協會、全國認證基金會、國家同步輻射研究中心、清華大學；技術會議因應疫情縮減會議規模，總計 20 位人員參與。本會議除公告能力試驗結果，並實地與會專家學者進行了技術討論與學術交流，以增進實驗室技術與品質之提升。

2. 照射輻射場射質品保驗證與量測系統維持

游離輻射領域之能力試驗常需要輻射場進行照射，標準輻射場的建置與維持依據下述相關 ISO 報告，執行能力試驗時規定則依據如：TAF-CNLA-T08(4)所列，能力試驗執行機構所給定每次照射之個人等效劑量或深部吸收劑量值的擴充不確定度(涵蓋因子, $k=2$)不得超過 5%；同時，照射時品保因子 $<3\%$ 為合格照射。以此為基礎進行人員劑量計能力試驗照射系統之品保驗證工作。

人員劑量計能力試驗照射系統包括四大系統：高能光子、X 光光子、貝他粒子和中子(參見附件 1.22.)。其中，光子照射系統依據 ISO 4037 建立與維持，高能光子部分選用 ^{137}Cs 射質，擴充不確定度($k=2$)評估為 1.4%(測試報告擴充為 2%)；X 光光子部分選用 ISO-WS200、美國國家標準暨技術研究院(National Institute of Standards and Technology, NIST)之 NIST-M100 和 NIST-M150 射質，擴充不確定度評估為 2%；貝他粒子照射系統依據 ISO 6980 建立與維持，選用 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$

射質，並利用 2019 年經德國國家標準實驗室(PTB)校正之監測游離腔進行輻射場狀況確認(附件 1.23.)，擴充不確定度評估為 3.4%；中子照射系統依據 ISO 8529 建立與維持，選用 ^{252}Cf 射質，擴充不確定度評估為 3.4%。

針對下半年開始執行的輻射偵檢儀器校正能力試驗，輻射源則包括高能光子照射系統、阿伐(選用 Am-241)和貝它(選用 Sr-90)校正用射源、以及中子照射系統。除定期品保確認外，今年度新增以雙射源法修正無感時間的技術程序，以修正實驗室間因射源活度相差 3 倍，所造成的結果差異問題。

3. 輻射偵檢儀器校正能力試驗運轉研究，並舉辦技術研討會

依據財團法人全國認證基金會實驗室認證處規定，實驗室申請認證或延展認證前，應通過能力試驗，且有效期為 3 年，本計畫配合 109-110 年舉辦之第 8 次輻射儀器校正能力試驗，進行我國相關實驗室技術與品質之研究。輻射偵檢儀器校正能力試驗研究依據「校正領域輻射偵測儀器校正技術規範(TAF-CNLA-T06(2))」執行，然今年 3 月 TAF 有 TAF-CNLA-T06(3)第 3 版草案公開徵詢建議意見之公告，由於新版規範並未於執行時程開始的 109 年 9 月前發布，是以第(2)版為執行依據。TAF 新舊版規範主要差異是配合 ISO/IEC 17025:2017 更新章節架構，納入並取代「校正領域射源活度量校正技術規範(TAF-CNLA-T07)」相關內容，且自 TAF-CNLA-T06 新版正式公告日起，TAF-CNLA-T07 即廢止。

本次輻射偵檢儀器校正能力試驗研究的參與實驗室及項目為歷年之最。目前規劃執行時程為 109 年 9 月至 110 年 7 月，由國家游離輻射標準實驗室負責執行，組織架構分為：放射活度偵測儀器校正小組、輻射劑量偵測儀器校正小組和品保小組。內容除「第 8 次輻射偵檢儀器校正能力試驗」外，尚包括三個實驗室比對活動(如附件 1.23.)：「第 4 次陸軍核生化研究中心儀器校正比對」、「第 1 次克馬校正實驗室校正比對」和「第 1 次台電放射試驗室比對(中子)」，最後一項因應主管

機關要求而執行，將另於下項工作項目說明。

輻射偵檢儀器校正能力試驗是以傳遞儀器標準件的方式至各個參與機構的輻射場照射，依據美國國家標準局 ANSI N323A (1997)規範，將測試劑量率為傳遞儀器的可量測範圍內的 20%及 80%的劑量率；能力試驗測試期間中的傳遞件，個別機構測試結束後需送回至主辦機構確認儀器功能在正常範圍。針對中低劑量率(γ 光子)、累積劑量(γ 光子)、和污染偵測器(α/β 粒子)，分別選定傳遞儀器為：NuHP / CoMo 170、Thermo / EPD-G、和 NuHP / CoMo 170，另納入美軍野戰輻射偵測器 AN/VDR-2 測定劑量率類別。能力試驗部分預計於 109 年 11 月-110 年 1 月進行傳遞件傳送(各受測實驗室有 8 天時間執行各測試類別的儀器校正)、110 年 3 月中收到全部測試結果回報、110 年 4 月底完成能力試驗報告，及 110 年 5 月左右召開總結會議。參與本次能力試驗的機構有：放射試驗室、放射試驗室核三工作隊、輻射偵測中心、核能研究所、克馬校正實驗室，共 6 家實驗室。

參加實驗室雙邊比對的機構有：放射試驗室(中子劑量偵檢器)、克馬校正實驗室(遊校)，以及化生放射防護研究中心(γ 光子劑量)，共 3 家實驗室。陸軍化生放核防護研究中心已於 6 月完成比對，其傳遞件的野戰輻射偵檢器 AN/VDR-2 的低、高偵檢器的累積劑量率(3 min、10 min)的 6 個測試項目，與核能研究所輻射度量儀器校正實驗室比對之結果 z-score 最大值為 1.29，小於 2，依據 ISO/IEC 17043 規範之 z score 判定準則，雙邊比對結果一致。放射試驗室和克馬校正實驗室則預計於 110 年 4 月完成。

全國性技術討論會之「第八次輻射偵檢儀器校正能力試驗說明會」於 6 月 12 日舉辦(附件 1.6.)，參與單位共 7 個：放射試驗室、放射試驗室核三工作隊、輻射偵測中心、核能研究所、克馬公司、化生放射防護研究中心、清華大學；技術會議因應疫情，限制各單位參與人數，總計 15 位人員參與。本會議除說明能力試驗規劃情況，並實地與會專家學者進行了技術討論與學術交流，以增進實驗室技術與品質之提升。

4. 中子輻射偵檢儀器校正實驗室比對研究

本年度特別依據主管機關需求，新增中子輻射偵檢儀器校正實驗室比對研究，並配合 109-110 年舉辦之第 8 次輻射儀器校正能力試驗時程執行。對象為國內唯一的二級中子輻射偵檢儀器校正實驗室—放射實驗室。

首次實驗室比對使用的傳遞儀器標準件為 Wedholm/2222A 型號的中子偵檢器(如附件 1.24(a))，為含緩速體的 He-3 計數器，量測能量範圍為 0.025 eV 至 7 MeV。比對試驗前若有需要系統校正，由國家游離輻射標準實驗室提供相關校正。其中子儀器校正方法依據 ISO 8529-2 的中子影錐校正方法執行，並依據 ISO 8529-3 標準，中子通量對周圍等效劑量($H^*(10)$)轉換因子，Cf-252 裸射源與重水緩速分別為 385 與 105 pSv · cm²。目前國家游離輻射標準實驗室提供校正用的中子射源，其中子發射率追溯自美國國家標準暨技術研究院(NIST)，射源發射率之擴充不確定度($k=2$ ， k 為涵蓋因子，相當於 95%信賴水準)為 4.5%，輻射校正場參考值之擴充不確定度($k=2$)為 6.0%。

國家游離輻射標準實驗室中子照射系統因中子射源衰變導致強度過弱，已於年中(人員劑量計能力試驗結束中子照射後)完成射源更換與系統重新評估工作。但卻於下半年發生中子照射系統的重水球殼老化漏水狀況，並於 109 年 12 月緊急修復，預期於 110 年 4 月完成本項實驗室雙邊比對工作，並規劃於 110 年 5 月的技術討論會議中發布量測比對結果。

5. 全身計測實驗室比對試驗（臨時交辦任務）

本項臨時交辦任務，是依據 ANSI/HPS N13.30: 2011(R2017)(Performance Criteria for Radiobioassay)規範執行，並於 6 月完成量測與數據分析。計有台電及核研所共 5 個實驗室(10 部全身計測系統)參加。全身計測系統廠牌型號皆為 CANBERRA- FASTSCAN，測試假體使用 CANBERRA - FASTSCAN 校正假體，測試射源依據

ANSI/HPS N13.30 (R2017) 建議之核種組成製作，內含¹³⁴Cs 及 ¹³⁷Cs，並加入 ⁶⁰Co 與 ⁵⁴Mn 作為干擾核種，各實驗室量測假體射源 1 分鐘及 3 分鐘各 10 次，並回報此 20 次量測的 ¹³⁴Cs 與 ¹³⁷Cs 活度，活度參考日期訂在 2020 年 2 月 12 日。

測試結果顯示：偏差值(量測值與標準值的差異比率)分佈在-0.05 至 +0.16 之間，以正偏差居多，符合保守估計的輻射防護精神。80%的結果其偏差值在±0.05 之間(與標準值差異小於 5%)，顯示設備的校正與維護為正常狀況。標準差分佈在 0.01 至 0.06 之間，3 分鐘量測結果的標準差優於 1 分鐘量測結果，符合統計預測。而各計測系統的量測結果皆符合 ANSI 規範要求(量測偏差與標準差的平方根小於 0.25)。(參見附件 1.25.)

三、 人員生物劑量染色體變異評估技術研究

本分項研究成果，原投稿於 3 月 21 日至 22 日舉辦之『第 35 屆生物醫學聯合學術年會』(附件 1.26.)，但因新型冠狀病毒(2019-nCoV)疫情持續擴大，此年會延後於 2021 年舉辦。本計畫研究成果亦參加 11 月 12~13 日於集思台大會議中心舉辦之「2020 災防科技創新服務交流研討會」(附件 1.27)，本計畫代表輻射防護處進行現場展示與解說工作；另研究成果於 11 月 21 日投稿於「中華民國核醫學學會 2020 年會暨學術研討會」(附件 1.2.)，有助於計畫成果之推廣與彰顯。其他工作成果條列如下：

1. 分析 109 年度國人本土染色體雙中節背景值

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(附件 1.28.)，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。

2. 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(附件 1.29)。

3. 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(附件 1.30.)，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(附件 1.31.至附件 1.33.)，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別上，其 t-test 統計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，歷年收案例時，因與地區醫學大學合作，其年齡分佈 20-30 歲居多，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。

4. 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)，分別由高醫與核研所進行測試。以細胞株(K562 及 U937 淋巴瘤細胞)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(附件 1.34.至附件 1.35.)。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(附件 1.36.與附件 1.37.)。最後以人血照射不同劑量測試(附件 1.38.與附件 1.39.)，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附件 1.40.所示。

伍、結論與建議

本計畫以支援輻射防護管制業務需求為目標，並因應輻防法規研議政策、能力試驗技術與輻射偵檢儀器驗證、新興放射醫學診療劑量檢校、國內災防應變生物劑量等議題，研究管制業務所需之審查及評估方法與引入國際新規範，精進國內輻射量測實驗室品質與技術，提供作為輻射防護管理業務執行與法規制定之參考依據。其輻射安全管制技術之提升，有助於增進民眾於原子能應用輻射防護之信心。相關結論與建議依分項具體說明如下：

一、輻射防護技術規範與劑量評估精進研究

游離輻射防護技術規範修訂草案之研究：(1) 已執行輻防標準草案再版修訂，納入國際規範與 108 年專家討論會之建議，並依規畫辦理兩場次游離輻射防護安全標準法規精進研討會(台北場及高雄場)。並蒐集相關領域代表之建議與回饋。於 109 年 11 月 27 日召開的專家討論會，提出相關建議回饋之回復與修法建議，以供管制機關修法之參考。(2) 持續追蹤國際輻防資訊及各國法規修訂進度(包含劑量係數、眼球水晶體劑量限值修訂、劑量約束採行等項目)，並考量國內實際作業、管制情形，提出需要建立之技術規範。

眼球水晶體劑量限度的調降為最新輻射防護管理系統的重要變革之一，我國應輔以 $H_p(3)$ 操作量的監測系統的推出，作為法規之技術立基。針對眼球水晶體劑量校正系統，本計畫根據 ISO 4037-1 完成窄能譜系列射質建置，經由實驗評估驗證，其半值層量測結果均能符合 ISO 4037-1 標準規範之要求。未來將持續進行各項修正因子的評估及標準克馬率的量測，之後再透過轉換因子將克馬率轉換為眼球水晶體劑量的操作量 $H_p(3)$ 。預期可適時提供相關眼球水晶體劑量計之校正，接軌國際劑量標準。

動態擬人假體研究方面，總結研究成果，本研究透過 PIMAL 的輔助建立假體模型，並加上自訂義的手與水晶體，或相關屏蔽用具來模擬操作人員以手動態處理核醫藥物之結果與透視攝影中的工作人員劑量。鈎製針筒罐與 L 型鉛玻璃屏蔽的使用，皆能有效降低所接

受到的劑量，鎢製針筒罐可以使手部劑量降至原劑量的 5.3%，眼球水晶體劑量降為 3.7%，全身有效劑量降為 15.1%，而 L 型鉛玻璃屏蔽可以使眼球水晶體劑量降為原劑量的 16.9%，全身有效劑量降為 7.4%。而在案例二，與文獻比較相同假設情節時，測量值與模擬值為同一數量級，考量實際情節的複雜度與差異性，此一比較結果相當程度顯示本研究所建之模型的可信度與參考價值。接續此一模型，也可以模擬不同透視攝影情節，帶入不同能量以及射束位置，模擬醫師所接受到的手部、水晶體、以及全身有效劑量，從結果可知，在 X 光能量為 80 kVp 與 100 kVp 時，鉛衣的屏蔽能使劑量降低至原來的 0.1 倍以下。最後討論二個應用案例中全身有效劑量、手部劑量與水晶體劑量之關聯性，在工作人員以手處理核醫藥物的劑量評估中，可以藉由固定的比值：如水晶體與全身有效劑量的比值平均在無屏蔽情況下約為 0.69，有 L 型屏蔽下約為 0.76，以便臨床使用上以有效劑量推估水晶體劑量，而在透視攝影對現場工作人員的劑量評估，雖沒有固定規律的水晶體或手部對有效劑量的比值，但可以得知在隨鉛衣厚度上升，因為有效劑量受鉛衣屏蔽而下降，手和水晶體劑量相對上升，比值增加。

在本研究完成技術建立之基礎下，未來在案例情節設計時，可參考臨床實務做法，(1)傳統核醫核種使用鉛針套筒，PET 正子藥物則使用鎢製套筒，此外，針套筒只有筒身有屏蔽覆蓋，前後端注射推藥處並無屏蔽，如此，新增大拇指推藥情境的肢端劑量評估，能更貼近實際情形，(2)在 PIMAL 假體模型上，可設計更符合臨床實際的狀況，以反應劑量變化，(3)可增加 ICRP-103 報告之組織加權因數的評估結果，(4)輻防管制面與國際文獻探討結果，心導管與血管攝影之透視操作人員才是主要關鍵群體，能針對該類人員之操作情節進行劑量評估，包括：有無使用鉛帷幕(透明鉛帷幕屏風)、有無配戴鉛眼鏡、有無著鉛衣、曝露操作條件(能量設定、mAs 設定...)等，(5)除探討醫療人員因執行螢光透視攝影所受之全身有效劑量與手部以及眼球水晶體等價劑量外，亦可針對「應否做眼球水晶體劑量監測」之管制提出具參考價值之建議。

二、輻射防護能力試驗技術研究

本計畫年度規劃之工作項目及查核點，皆已如期達成。本分項整體效應有二：1.為全國放射性相關能力試驗技術之國際規範引入；2.為強化國內放射性相關實驗室之技術交流與國內現況分析。今年度有人員劑量計(108-109 年)、輻射偵檢儀器(109-110 年)、及全身計測(臨時交辦)能力試驗研究三大部分，並考量重要的輻射場品保驗證，與凸顯首次中子儀器校正實驗室比對，另列項目以呈現其成果。此外，今年度產出延續上期計畫的兩項重要成果，一是近十年人員劑量計能力試驗 SCI 因輻防處 107 年統計資料的引入得以順利刊登，於國際發表臺灣輻防研究與管制之成果；另一為「測試領域肢端劑量評估技術規範 CNLA-TAF-T23(01)」順利公告，以利國內產業使用。

然而，整體輻射防護能力試驗技術研究依舊存在照射系統設備老化，研究環境人力與經費調度不易等問題，今年度已暫時獲得解決，未來仍將盡力於人力協調及資源因應，並進行系統調校及與受測實驗室間之溝通。

在國內技術環境接軌國際研究上，國內已然引進 ANSI/HPS N13.11:2009(R2015)人員劑量計能力試驗技術規範、ANSI/HPS N13.32:2018 肢端劑量計能力試驗技術規範，並參考 IAEA 提供給 IAEA/WHO 所屬二級輻射偵檢儀器校正實驗室之實驗室間比對服務，建立國內實驗室劑量校正追溯與比對機制，尤其是此次輻射偵測儀器能力試驗研究涵蓋實驗室家數為歷年之最。輻射偵測儀器之偵檢準確度為民眾關注議題，尤其是輻射劑量偵測儀器、放射活度 α/β 污染偵測儀器及人員劑量計，甚至電廠除役所需的中子偵檢器等儀器。運用 TAF 校正領域輻射偵測儀器能力試驗進行之研究，可評估國內六家實驗室校正品質，並透過交流提升技術能力，把關第一線技術服務，保障民眾與工作人員之輻射安全。

三、人員生物劑量染色體變異評估技術研究

研究參加 11 月 12~13 日於集思台大會議中心舉辦之「2020 災防科技創新服務交流研討會」，本計畫代表輻射防護處進行現場展示

與解說工作；另研究成果於 11 月 21 日投稿於「中華民國核醫學學會 2020 年會暨學術研討會」，有助於計畫成果之推廣與彰顯。

本計畫於 109 年度順利完成國人背景值統計，於國人背景值目前收集的數據比男比女為 14:14。今年度也針對 104-108 年度統計的背景值資料進行分析，以統計方法計算於不同性別、年齡及地區其染色體變異率皆無差異，不過於統計時有發現男女比例較平均外，在地區與年齡上案例較極端，之後篩選案例時會針對此部分改進以求背景值資料較具代表性。

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。試驗結果不論是細胞株或是人血細胞皆發現 gamma-H2AX 蛋白與劑量存在相關性。但因 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。

整體而言，本計畫規劃與執行的工作，應屬國家輻射防護基礎建設的一環，無論在輻射防護法規的更新或執行，本計畫成果能確保我國輻防法規的國際追隨性，及確保國內各專業實驗室可提供足夠的技術能量，支持輻防法規的執行或更新。基礎建設非一朝一夕之功，建請主管機關須持續投入穩定的資源，方能維持各項基礎設施與技術能力，確保輻射防護法規可持續獲得可靠的技術支撐，保障全民的輻射安全。

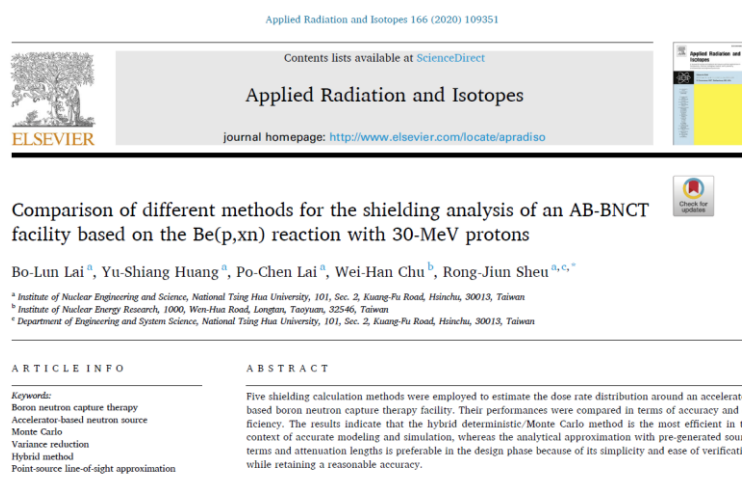
陸、參考文獻

1. 108 年度「輻射防護管制規範與度量技術研究」計畫期末報告。
2. X and Gamma Reference Radiation for Calibrating Dosimeters and Doserate Meters and for Determining Their Response as a Function of Photon Energy - Part 1: Radiation characteristics and production methods, ISO 4037-1, Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization (ISO), 2019.
3. X and Gamma Reference Radiation for Calibrating Dosimeters and Doserate Meters and for Determining Their Response as a Function of Photon Energy - Part 2: Dosimetry for radiation protection over the energy ranges from 8 keV to 1,3 MeV and 4 MeV to 9 MeV, ISO 4037-2, Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization (ISO), 2019.
4. X and Gamma Reference Radiation for Calibrating Dosimeters and Doserate meters and for Determining Their Response as a Function of Photon Energy - Part 3: Calibration of area and personal dosimeters and the measurement of their response as a function of energy and angle of incidence, ISO 4037-3. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization (ISO), 2019.
5. X.G. Xu, An exponential growth of computational phantom research in radiation protection, imaging, and radiotherapy: a review of the fifty-year history. *Physics in medicine and biology* 59, R233-302 (2014).
6. X.G. Xu and K.F. Eckerman, *Handbook of Anatomical Models for Radiation Dosimetry*. Taylor & Francis (2010).
7. H. Zaidi and X.G. Xu, Computational anthropomorphic models of the human anatomy: the path to realistic Monte Carlo modeling in radiological sciences. *Annu Rev Biomed Eng.* 9, 471-500 (2007).
8. https://en.wikipedia.org/wiki/Computational_human_phantom
9. ICRP, Report of the Task Group on Reference Man, International Commission on Radiological Protection, Publication 23, *Annals of the ICRP* (1975).
10. <https://www.nrc.gov/about-nrc/regulatory/research/ramp.html>
11. H. Akkurt and K.F. Eckerman, Development of PIMAL: Mathematical phantom with moving arms and legs, Oak Ridge National Laboratory, ORNL/TM-2007/14 (2007).
12. C.J. Werner (Ed), *MCNP User's Manual - Code Version 6.2*, Los Alamos National Laboratory, LA-UR-17-29981 (2017).
13. H.L.J. Fisher and W.S. Snyder, Distribution of dose delivered in the body size from a source of gamma rays distributed uniformly in an organ, Oak

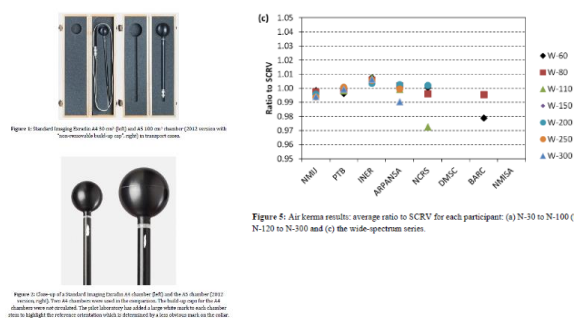
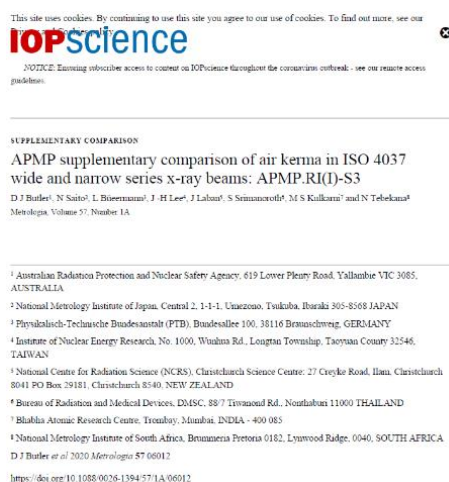
- Ridge National Laboratory, ORNL-4168 (1967).
14. ICRP, Conversion coefficients for use in radiological protection against external radiation, International Commission on Radiological Protection, Publication 74 (1996).
 15. Radiation protection of medical staff in interventional fluoroscopy, <https://www.iaea.org/resources/rpop/health-professionals/interventional-procedures/radiation-protection-of-medical-staff-in-interventional-fluoroscopy>
 16. R.R. Cruces, F.J. Diaz Romero, J.H. Armas (1998). Estimation of effective dose in some digital angiographic and interventional procedyres. Rhe Br. J. Radiol., 71: 42-47.
 17. N.W. Marshall, J. Noble, K. Faulkner (1995). Patient and staff dosimetry in neuroradiology. Br. J. Radiol., 68: 495-501.
 18. D Zweers, J Geleijns, NJM Aarts, et al. Patient and staff radiation dose in fluoroscopy-guided TIPS procedures and dose reduction, using dedicated fluoroscopy exposure settings. (commentary) Br J Radiol 1998; 71:672-676
 19. E Vano, L Gonzalez , E Guibelalde, JM Fernandez, JI Ten. Radiation exposure to medical staff in interventional and cardiac radiology. Br J Radiol 1998;71:954–60.
 20. N Buls , J Pages , de Mey J, Osteaux M. Evaluation of patient and staff doses during various CT fluoroscopy guidedinterventions. Health Phys 2003; 85:165–173.
 21. 林彥全，國立清華大學核子工程與科學研究所，碩士論文(2019)：動態假體 PIMAL 程式的應用探討暨輔助程式的開發。

附件 1、執行成果佐證資料

附件 1.1. 國際期刊論文(a) 「Comparison of different methods for the shielding analysis of an AB-BNCT facility based on the Be(p,xn) reaction with 30-MeV protons」刊登於 Applied Radiation and Isotopes ; (b) 「APMP supplementary comparison of air kerma in ISO 4037 Wide and Narrow Series x-ray beams: APMP.RI(I)-S3」刊登於 Metrologia



(a)



(b)

附件 1.2. 會議論文「Use the results of the international ability test to estimate the application of chromosome analysis to accidental radiation exposure events」發表於中華民國核醫學學會 2020 年會暨國際學術研討會

Use the results of the international ability test to estimate the application of chromosome analysis to accidental radiation exposure events

¹Wan-Chi Lin*, ²Tse-Zung Liao, ³Fang-Yu Ou Yang, ⁴Kang-Wei Chang, ⁵Tsui-Jung Chang, ⁶Ruth C. Wilkins, ⁷Chin-Hsien Chang

¹Isotope Application Division, Institute of Nuclear Energy Research (INER), Taiwan;

²Taipei Medical University (TMU), Taiwan;

³Health Physics Division, Institute of Nuclear Energy Research (INER), Taiwan;

⁴Consumer and Clinical Radiation Protection Bureau, Health Canada, Ottawa, Ontario, Canada

Introduction:

Biological dosimetry by dicentric chromosome assay was helpful for medical triage and management. The purpose of this study is to evaluate INER Lab's analytical ability of DCA. The results based on the international ability test that held by Health Canada in 2014, 2015, and 2018.

Methods:

In the National Biological Dosimetry Response Plan (NBD RP) inter-comparison, two methods of conventional or QuickScan scoring could be chosen. For conventional-DCA triage scoring, cells with 46 centromeres were being counted and each scorer recorded the number of dicentric in the first 50 metaphases or stopped scoring when it reached 30 dicentric. In QuickScan scoring, in that scorers examined the metaphase spreads for obvious damage without counting individual centromeres. Fifty metaphases or 30 dicentric were scored.

Results:

In conventional-DCA triage, the result in 2014, 2015 and 2018, there is 1, 1, 3 blind sample out of the range of ± 0.5 Gy, separately. In QuickScan-DCA, the result in 2014, 2015 and 2018, there are 2, 1, 2 blind sample out of the range of ± 0.5 Gy, separately.

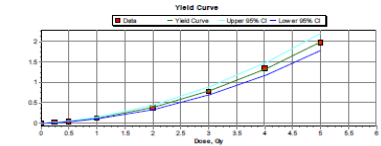


Figure 1 Dose-response calibration curves used for estimating doses which combined from 2012 to 2017.
Formula: $0.0011(\pm 0.0010) + 0.0583(\pm 0.0084) \times D + 0.0676(\pm 0.00025) \times D^2$

C-DCA

QS-DCA

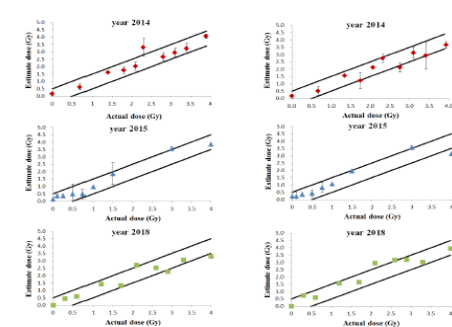


Figure 3 Dose estimates derived after scoring 50 cells (or 30 dicentric) by C-DCA & QS-DCA in 2014, 2015 and 2018.

Conclusions:

According to the results, two analysis methods have little difference. It means that when a large-scale radiation accident occurs in the future, chromosomes can be quickly analyzed and reliable data can be obtained. This is very helpful for the follow-up evaluation of related medical treatment.

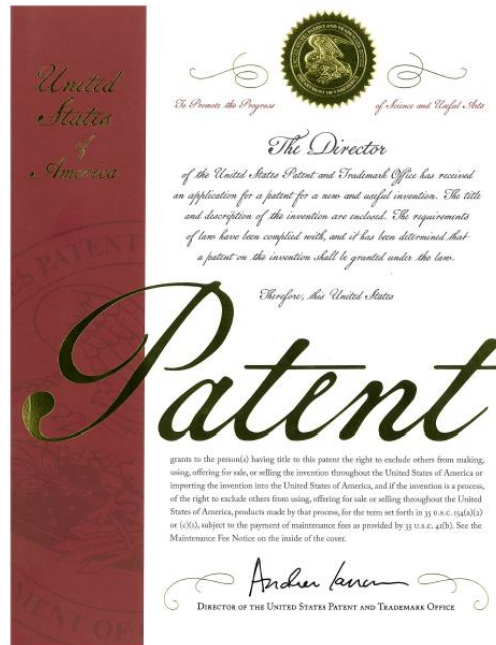


Figure 2 the inter-comparison result in 2014, 2015 and 2018.

Table 1. Inter-comparison results based on conventional DCA (C-DCA) and QuickScan DCA (QS-DCA) in three year

C-DCA		10 blind samples data (Gy)										number of measurement out of ± 0.5 Gy
2014	Actual dose	0	0.7	1.4	1.8	2.1	2.3	2.8	3.1	3.4	3.9	1
	Estimated dose	0.17	0.64	1.42	1.79	2.06	2.22	2.74	2.94	3.18	3.92	
2015	Actual dose	0	0.1	0.25	0.5	0.75	1	1.5	2	3	4	1
	Estimated dose	0.13	0.35	0.35	0.48	0.49	0.96	1.86	-	3.55	3.86	
2018	Actual dose	0	0.3	0.6	1.2	1.7	2.1	2.6	2.9	3.3	4	3
	Estimated dose	0	0.40	0.60	1.40	1.30	2.70	2.30	3.10	3.30	-	
QS-DCA		10 blind samples data (Gy)										number of measurement out of ± 0.5 Gy
2014	Actual dose	0	0.7	1.4	1.8	2.1	2.3	2.8	3.1	3.4	3.9	2
	Estimated dose	0.16	0.51	1.55	1.22	2.15	2.74	2.12	3.12	2.92	3.66	
2015	Actual dose	0	0.1	0.25	0.5	0.75	1	1.5	2	3	4	1
	Estimated dose	0.22	0.22	0.35	0.42	0.83	1.07	1.95	-	3.55	3.13	
2018	Actual dose	0	0.3	0.6	1.2	1.7	2.1	2.6	2.9	3.3	4	2
	Estimated dose	0	0.75	0.60	1.57	1.65	2.95	3.16	4.2	3.05	3.94	

附件 1.3. 美國專利「Using voltage ride through frequency histogram for low current measurement」獲得美國發明專利(US 10,578,655 B2, 專利取得日期 2020 年 3 月 3 日)



(12) United States Patent
Hsieh et al.

(10) Patent No.: US 10,578,655 B2
(45) Date of Patent: Mar. 3, 2020

(54) USING VOLTAGE RIDE THROUGH FREQUENCY HISTOGRAM FOR LOW CURRENT MEASUREMENT

(71) Applicant: Institute of Nuclear Energy Research, Atomic Energy Council, Executive Yuan, Taoyuan (TW)

(72) Inventors: Chao-Wen Hsieh, Taipei (TW); Yi-Chuan Lin, Taoyuan (TW); Young-De Huang, Taoyuan (TW); Ming-Chun Yuan, Taoyuan (TW); Chien-Hsun Chen, Taoyuan (TW); Yee-Chia CW, Taoyuan (TW)

(73) Assignee: INSTITUTE OF NUCLEAR ENERGY RESEARCH, ATOMIC ENERGY COUNCIL, EXECUTIVE YUAN, Taoyuan (TW)

(*) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 212 days.

(21) Appl. No.: 15/431,828

(22) Filed: Feb. 14, 2017

(85) Prior Publication Data: US 2017/0036446 A1 Nov. 23, 2017

(36) Foreign Application Priority Data: May 17, 2016 (TW) 105207157 U

(51) Int. Cl. G01R 19/252 (2006.01)

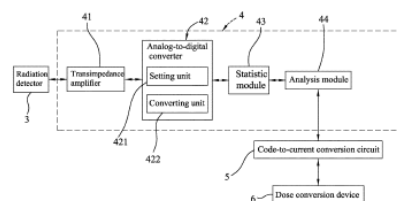
(52) U.S. Cl. CPC: G01R 19/252 (2013.01)

(53) Field of Classification Search: G01R 19/252 USPC: 702/54 See application file for complete search history.

(56) References Cited: U.S. PATENT DOCUMENTS: 6,320,935 B1 * 11/2001 Sklar MIN 5,101; 2003/0105397 A1 * 6/2003 Tanner G01F 1/2445; 2011/0098979 A1 * 6/2011 Hag G01F 23/244; 2016/034762 A1 * 11/2016 Waters G01F 19/34 * cited by examiner

(74) Attorney, Agent, or Firm: Birch, Stewart, Kitchich & Birch, LLP

(57) ABSTRACT: A device for measuring low currents is proposed to include: a transimpedance amplifier to convert an analog current signal into an analog voltage signal; an analog-to-digital converter to acquire a graph that plots a curve representing variation of the analog voltage signal using digital codes; a statistic module to acquire a set of crossing numbers by: for each of the digital codes, making a straight line that has a constant value equaling the digital code across time in the graph, and counting a number of crossings of the curve with the straight line; and an analysis module to analyze distribution of the crossing numbers, and to output an output code based on the distribution of the crossing numbers.



附件 1.4. 游離輻射防護安全標準法規精進研討會議程表

2020游離輻射防護安全標準 法規精進研討會 時間：2020年09月25日（五） 地點：集思台大會議中心 米開朗基羅廳 主辦單位：行政院原子能委員會 承辦單位：行政院原子能委員會核能研究所 協辦單位：財團法人核能資訊中心	
時程	議程
09：30-10：00	報到
10：00-10：20	開幕、致詞
10：20-11：10	題目一：國際輻防概念演進與曝露情境概念 演講者：董傳中教授
11：10-11：15	大合照
11：15-12：05	題目二：劑量約束概念與國際實務經驗 演講者：許芳裕教授
12：05-13：30	午餐
13：30-14：20	題目三：職業曝露眼球水晶體劑量限值下修影響與因應 演講者：蔡惠予教授
14：20-15：10	題目四：ICRP對於代表人之定義與計算方法說明 演講者：尹學禮顧問
15：10-15：30	休息（性平宣導）
15：30-16：00	游離輻射防護安全標準修正規劃與座談
16：00	賦歸

附件 1.5. 游離輻射防護安全標準法規精進研討會 (a)台北場；(b)高雄場；(c)研討會後專家討論會。



(a)



(b)



(c)

附件 1.6. 「2020 年人員劑量計與輻射儀器校正能力試驗技術討論會」研討會(含第 11 次人員劑量計能力試驗總結會議暨第八次輻射偵檢儀器校正能力試驗研討會照片及議程)



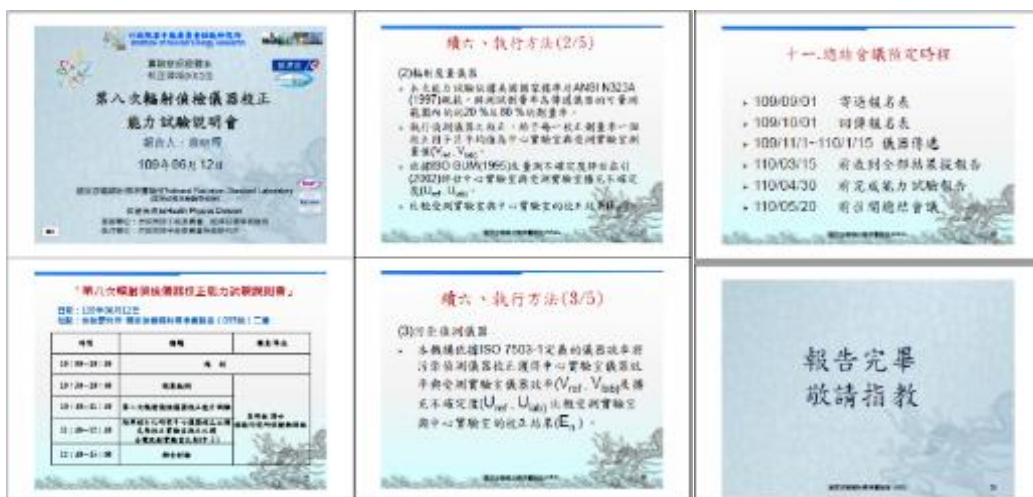
「2019 年第 11 次人員劑量計能力試驗總結會議」		
會議議程		
日期：109 年 06 月 12 日		
地點：核能研究所 保健物理組 035 部國家測驗輻射標準實驗室二樓 216 會議室		
時間	講題	講員/單位
10:00-10:30	報 到	
10:30-10:40	開幕致詞	袁明程 博士 核能研究所保健物理組
10:40-14:30	第 11 次人員劑量計能力試驗總結報告及綜合討論	朱健豪 博士 核能研究所保健物理組

備註：因應疫情，請各單位代表配合量體溫及戴口罩。

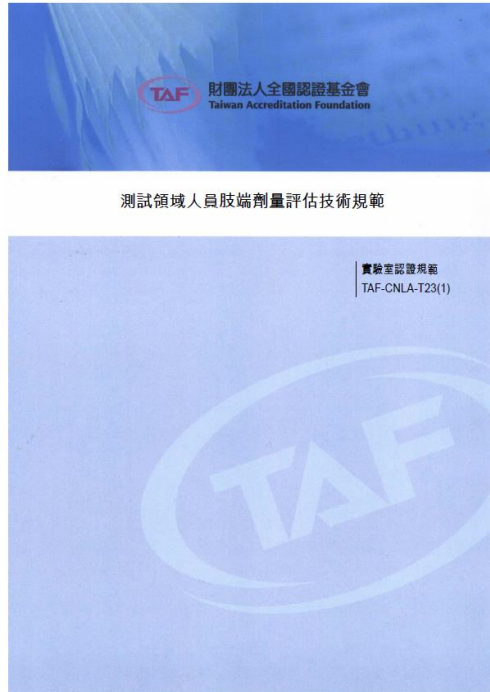
「第八次輻射偵檢儀器校正能力試驗研討會」		
會議議程		
日期：109 年 06 月 12 日		
地點：核能研究所 保健物理組 035 部國家測驗輻射標準實驗室二樓 216/209 會議室		
時間	講題	講員/單位
10:00-10:30	報 到	
10:30-10:40	開幕致詞 (216 會議室)	袁明程 博士 核能研究所保健物理組
10:40-11:40	第八次輻射偵檢儀器校正能力試驗說明會 (209 會議室)	
11:40-12:40	陸軍化學放核訓練中心儀器校正比對 克馬校正實驗室校正比對 台電放射實驗室比對(中子) (209 會議室)	
12:40-15:00	綜合討論 (209 會議室)	

備註：因應疫情，請各單位代表配合量體溫及戴口罩。

附件 1.7. 「2020 年人員劑量計與輻射儀器校正能力試驗技術討論會」研討會大會手冊封面及內容摘錄



附件 1.8. 「測試領域人員之端劑量評估技術規範 TAF-CNLA-T23(1)」 封面及內頁之一



財團法人全國認證基金會 TAF-CNLA-T23(1)

1. 前言

為確保人員肢端劑量評估實驗室能符合 ANSI/HPS N13.32:2018 [1] 之要求，特訂定本規範，作為人員肢端劑量計測試之依據。人員肢端劑量評估實驗室除須符合 ISO/IEC 17025:2017 [2] 的所有條款外，同時需符合本技術規範之要求。

本規範適用於評鑑 ICRU 組織[3]深度 0.07 mm 處的肢端個人等效劑量的劑量評估系統，例如：手、腳、前臂或小腿之劑量評估系統，不適用於評鑑眼球水晶體或個人等效劑量的全身劑量系統，亦不適用於肢端中子等效劑量系統的評鑑。另外，ANSI/HPS N13.11:2009(R2015)[4]或本會 TAF-CNLA-T08(4):2019 [5]可作為本規範的輔助性資料。

2. 目的

本文件為本會對於測試領域人員肢端劑量評估實驗室評鑑的技術規範。

3. 名詞與定義

本規範所採用的名詞定義(依其英文名詞之字母順序排列)與單位皆依據 ICRU 51:1993 號報告[6]及我國游離輻射防護安全標準 2005 [7]。

3.1 吸收劑量(absorbed dose), D ：

吸收劑量(D)的定義為

$$D = \frac{d\bar{e}}{dm}, \quad (1)$$

吸收劑量的國際單位為 J kg^{-1} ，名稱為戈雷(Gy)。其中， $d\bar{e}$ 指游離輻射授予質量為 dm 之物質的平均能量。

3.2 空氣克馬(air kerma), K_a ：

空氣克馬 K_a 的定義為

附件 1.9. 游離輻射防護安全標準(草案)建議與說明表

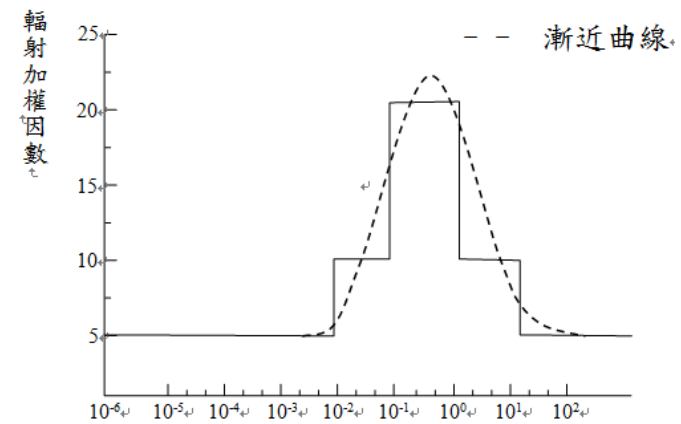
條文編號	建議修正條文	現行條文	說明
第 2 條、九 (一)	(一) 確定效應：指導致組織或器官之功能損傷而造成之效應，其嚴重程度與劑量大小成比例增加，此種效應可能有劑量低限值，又稱組織反應。	(一) 確定效應：指導致組織或器官之功能損傷而造成之效應，其嚴重程度與劑量大小成比例增加，此種效應可能有劑量低限值。	參 考 IAEA-GSR PART3 建議。將”組織反應”一詞納入。並且保留原有之確定效應。
第 2 條、十一	關鍵群體：指公眾中具代表性之人群，其對已知輻射源及曝露途徑，曝露相當均勻，且此群體成員劑量為最高者。 代表人：指關鍵群體中具代表性之個人。	關鍵群體：指公眾中具代表性之人群，其對已知輻射源及曝露途徑，曝露相當均勻，且此群體成員劑量為最高者。	參 考 IAEA-GSR PART3 建議。將”代表人”一詞納入，取代原有之關鍵群體。
第 2 條、十三	(一)計畫曝露：計畫執行射源的操作或是計畫的作業會導致輻射曝露，包含輻射作業。 (二)緊急曝露：由於事故、惡意行為或其他意外引起的曝露情形。 (三)既存曝露：需要在實施控制的必要性決策前，就已存在的曝露情形。	無	將 ICRP-103 之三類曝露情境納入輻防標準。(此處若未來輻防法已定義，則本條可刪除)

第 2 條、十四	(一)劑量約束：應用於計畫曝露情境，劑量或危險或放射性核種濃度的水平，超過該水平則不適合使曝露發生，在低於此水平則繼續實施防護與安全的最適化。 (二)參考水平：應用於緊急與現存曝露情境，劑量或危險或放射性核種濃度的水平，超過該水平則不適合使曝露發生，在低於此水平則繼續實施防護與安全的最適化。	無	參 考 IAEA-GSR PART3 建議。將三類曝露情境之輻防最適化指標劑量約束與參考水平納入輻防標準。(此處若未來輻防法已定義，則本條可刪除)
第 6 條	輻射曝露應防止確定效應之發生及抑低機率效應之發生率，且符合下列規定： 一、利益須超過其代價。 二、考慮經濟及社會因素後，一切曝露應合理抑低。 三、個人劑量不得超過本標準之規定值。 前項第三款個人劑量，指個人接受體外曝露及體內曝露所造成劑量之總和，不包括由正常之地區背景輻射曝露及醫療曝露所產生之劑量。	輻射作業應防止確定效應之發生及抑低機率效應之發生率，且符合下列規定： 一、利益須超過其代價。 二、考慮經濟及社會因素後，一切曝露應合理抑低。 三、個人劑量不得超過本標準之規定值。 前項第三款個人劑量，指個人接受體外曝露及體內曝露所造成劑量之總和，不包括由背景輻射曝露及醫療曝露所產生之劑量。	參 考 IAEA-GSR PART3 建議。將原先背景輻射修改為正常之地區背景輻射曝露。

第 7 條	一、每連續五年週期之有效劑量不得超過一百毫西弗，且任何單一年內之有效劑量不得超過五十毫西弗。 二、每連續五年週期之眼球水晶體等價劑量不得超過一百毫西弗，且任何單一年內之，等價劑量不得超過五十毫西弗。 三、皮膚或四肢之等價劑量於一年內不得超過五百毫西弗。 前項第一款五年週期，自民國九十二年一月一日起算。	一、每連續五年週期之有效劑量不得超過一百毫西弗，且任何單一年內之有效劑量不得超過五十毫西弗。 二、眼球水晶體之等價劑量於一年內不得超過一百五十毫西弗。 三、皮膚或四肢之等價劑量於一年內不得超過五百毫西弗。 前項第一款五年週期，自民國九十二年一月一日起算。	參 考 IAEA-GSR PART3 建議。下修職業曝露眼球劑量限值。
第 11 條	雇主於接獲女性輻射工作人員告知懷孕後，應即檢討其工作條件，使其胚胎或胎兒接受與一般人相同之輻射防護。於其賡餘妊娠期間胎兒之等價劑量，不得超過一毫西弗。	雇主於接獲女性輻射工作人員告知懷孕後，應即檢討其工作條件，使其胚胎或胎兒接受與一般人相同之輻射防護。前項女性輻射工作人員，其賡餘妊娠期間下腹部表面之等價劑量，不得超過二毫西弗，且攝入體內放射性核種造成之約定有效劑量不得超過一毫西弗。	參考歐盟建議。將職業女性工作人員懷孕曝露之胎兒劑量管制標的。
第 13 條	設施經營者於規劃、設計及進行計畫曝露之輻射作業時，對一般人造成之劑量，應符合前條之規定。 設施經營者得以下列兩款之一方式證明其輻射作業符合前條之規定： 一、依附表三或模式計算代表人所接受之劑量，確認一般人所接受之劑量符合前條劑量限度。 二、輻射工作場所排放含放射性物質之廢氣或廢水，造成邊界之空氣中及水中之放射性核種年平均濃度不超過附	設施經營者於規劃、設計及進行輻射作業時，對一般人造成之劑量，應符合前條之規定。 設施經營者得以下列兩款之一方式證明其輻射作業符合前條之規定： 一、依附表三或模式計算關鍵群體中個人所接受之劑量，確認一般人所接受之劑量符合前條劑量限度。 二、輻射工作場所排放含放射性物質之廢氣或廢水，造成邊界之空氣中及水中之放射性核種年平均濃度不超過附	參 考 IAEA-GSR PART3 建議。將代表人概念取代關鍵群體。

	表四之二規定，且對輻射工作場所外地區中一般人體外曝露造成之劑量，於一小時內不超過〇・〇二毫西弗，一年內不超過〇・五毫西弗。	表四之二規定，且對輻射工作場所外地區中一般人體外曝露造成之劑量，於一小時內不超過〇・〇二毫西弗，一年內不超過〇・五毫西弗。	
第18條	設施經營者應盡合理之努力，使接受緊急性曝露人員之劑量符合下列規定： 一、為搶救生命，劑量儘可能不超過第七條第一項第一款單一年劑量限度之十倍。 二、除前款情況外，劑量儘可能不超過第七條第一項第一款單一年劑量限度之二倍。 接受緊急性曝露之人員，除實際參與前條第一項規定之緊急性曝露情況外，其所受之劑量，不得超過第七條之規定。 緊急性曝露所接受之劑量，應載入個人之劑量紀錄，並應與職業曝露之劑量分別記錄。	設施經營者應盡合理之努力，使接受緊急曝露人員之劑量符合下列規定： 一、為搶救生命，參考水平劑量儘可能不超過第七條第一項第一款單一年劑量限度之十倍。 二、除前款情況外，參考水平劑量儘可能不超過第七條第一項第一款單一年劑量限度之二倍。 接受緊急曝露之人員，除實際參與前條第一項規定之緊急曝露情況外，其所受之劑量，不得超過第七條之規定。 緊急曝露所接受之劑量，應載入個人之劑量紀錄，並應與職業曝露之劑量分別記錄。	參 考 IAEA-GSR PART3 建議。將緊急曝露與參考水平概念進行修訂。

附表 一之一 (二) 輻射 加權 因數	表一 各類輻射加權因數 ⁽¹⁾		表一 各類輻射加權因數 ⁽¹⁾		參考 ICRP-103 建議。將輻射加權因數進行修訂。
	輻射種類與 能量區間 ⁽²⁾	輻射加權因數 W_R	輻射種類與能量區間 ⁽²⁾	輻射加權因數 W_R	
	所有能量之 光子	1	所有能量之光子	1	
	所有能量之 電子及 μ 介子 ⁽³⁾	1	所有能量之電子及 μ 介子 ⁽³⁾	1	
	中子	$w_R = \begin{cases} 2.5 + 18.2e^{-[\ln(E_n)]^2/6}, & E_n < 1 \text{ MeV} \\ 5.0 + 17.0e^{-[\ln(2E_n)]^2/6}, & 1 \text{ MeV} \leq E_n \leq 50 \text{ MeV} \\ 2.5 + 3.25e^{-[\ln(0.04E_n)]^2/6}, & E_n > 50 \text{ MeV} \end{cases}$	中子 ⁽⁴⁾ 能量<10 千電子伏(keV)	5	
	質子	2	10 千電子伏(keV)—100 千電 子伏(keV)	10	
	α 粒子， 分裂碎片， 重核	20	>100 千電子伏(keV)—2 百萬 電子伏(MeV)	20	
	(1)表中數值均與入射至人體或發自體內之輻射有關。		>2 百萬電子伏(MeV)—20 百萬 電子伏(MeV)	10	
	(2)表中未述及之輻射種類或能量範圍，其加權因數可依 公式 (1.1) 及 (1.2) 求得。		>20 百萬電子伏(MeV)	5	
	(3)束縛於去氧核糖核酸(DNA)之原子發射之鄂惹電子 (Auger electrons)除外。		質子(回跳質子除外)能量>2 百萬電 子伏(MeV)	5	
			α 粒子，分裂碎片，重核	20	
			(1)表中數值均與入射至人體或發自體內之輻射有關。		
			(2)表中未述及之輻射種類或能量範圍，其加權因數可依 公式 (1.1) 及 (1.2) 求得。		
			(3)束縛於去氧核糖核酸(DNA)之原子發射之奧杰電子 (Auger electrons)除外。		
			(4)中子之輻射加權因數詳如圖一所示。		



入射中子能量 (百萬電子伏, MeV)

圖一 中子之輻射加權因數

若中子輻射加權因數之計算必須使用連續函數，則可使用下列近似公式：

$$W_R = 5 + 17e^{-(\ln(2E))^2 / 6} \dots\dots\dots (1.3)$$

(1.3) 式中 E 為中子能量(MeV)。

附表
一之
二
組織
加權
因數

表二 組織加權因數

組織或器官	組織加權因數
膀胱	0.04
紅骨髓	0.12
骨表面	0.01
乳房	0.12
結腸	0.12
肝臟	0.04
肺	0.12
食道	0.04
性腺	0.08
皮膚	0.01
胃	0.12
甲狀腺	0.04
腦	0.01
唾液腺	0.01
剩餘器官組織	0.12

備註：其餘組織或器官：指其餘組織的 W_T (0.12) 適用於每個性別的 13 個組織和器官的算術平均劑量：腎上腺、胸腔外區、膽囊、心臟、腎、淋巴結、肌肉、口腔粘膜、胰、前列腺（男性）、小腸、脾、胸腺和子宮/子宮頸（女性）。

表二 組織加權因數⁽¹⁾

組織或器官	組織加權因數 W_T	組織或器官	組織加權因數 W_T
性腺	0.20	肝	0.05
紅骨髓	0.12	食道	0.05
結腸	0.12	甲狀腺	0.05
肺	0.12	皮膚	0.01
胃	0.12	骨表面	0.01
膀胱	0.05	其餘組織或器官	0.05 ⁽²⁾⁽³⁾
乳腺	0.05		

(1) 表中的數值係由參考人口導出，此一參考人口具有相同人數之男女性別，及很廣之年齡範圍。在有效劑量之定義中，這些數值適用於工作人員、全人口及男女兩性。

(2) 其餘組織或器官：指腎上腺、腦、大腸之上段、小腸、腎、肌肉、胰、脾、胸腺以及子宮。這些組織或器官中包括可能受選擇性照射(selectively irradiated)之組織或器官。表中某些組織或器官已知易於受輻射誘發癌症。如果其他組織與器官未來經認定具癌之危險度，亦將納入本表，並引用指定之加權因數或納入其餘組織或器官。後者亦可包括可能受選擇性照射之組織或器官。

參考 ICRP-103 建議。將組織加權因數進行修訂。

		官。 (3) 其餘組織或器官中其中單一項之等價劑量，若超過表中 12 個具有特定加權因數之組織或器官中任一具最高劑量者，則使用 0.025 為該組織或器官之加權因數，另 0.025 用以作為其餘組織或器官之平均劑量加權之用。	
--	--	--	--

附件 1.10. ISO 4037-1 半值層對應的固有過濾計算表

First HVL mm Al at 60 kV	Inherent filtration mm Al
0,33	0,25
0,38	0,3
0,54	0,4
0,67	0,5
0,82	0,6
1,02	0,8
1,15	1
1,54	1,5
1,82	2
NOTE Results used were obtained from Reference [20].	

註：ISO 4037-1 之固有過濾(inherent filtration)標訂方法為測定 60 kV 時的第一半值層(first HVL)，透過本表對應出固有過濾厚度(以 mmAl 表示)。

附件 1.11. (a) INER 自製之自由空氣游離腔；(b)眼球水晶體劑量校正射質附加濾片

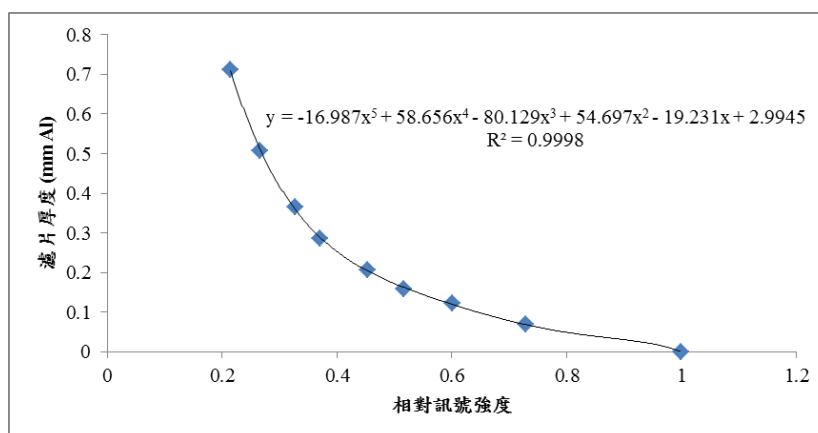


(a)



(b)

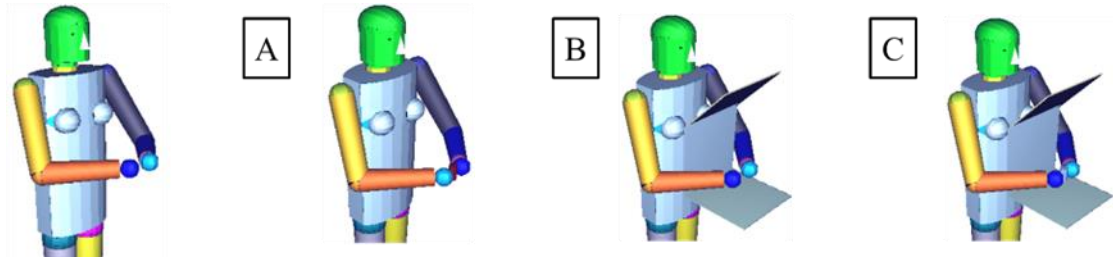
附件 1.12. 固有過濾量測衰減曲線



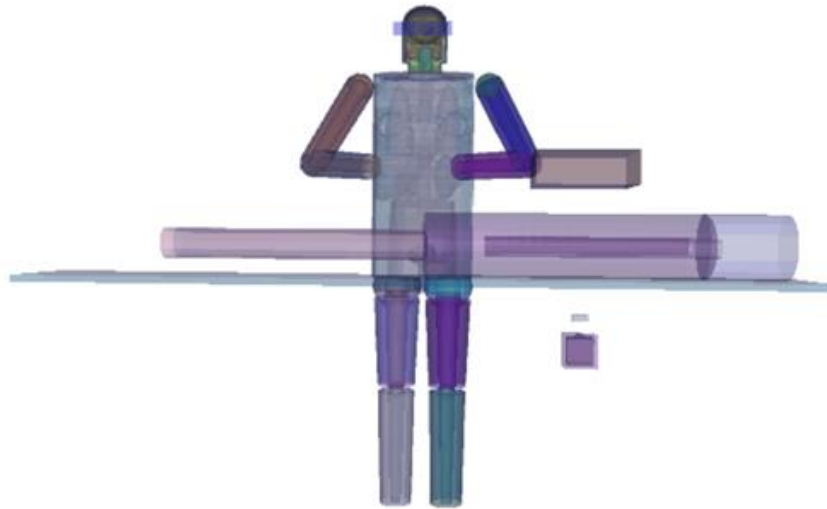
附件 1.13. 眼球水晶體劑量校正射質半值層量測結果

Radiation Quality	Added filter			INER HVL		ISO HVL		HVL diff.
	mm Sn	mm Cu	mm Al	mm Al	mm Cu	mm Al	mm Cu	(INER- ISO) /ISO
N-40		0.21	3.92	2.76		2.63		4.98%
N-60		0.6	3.92		0.237		0.234	1.19%
N-80		2.04	3.92		0.564		0.578	-2.47%
N-100		5.1	3.92		1.098		1.09	0.73%
N-120	1.04	5.1	3.92		1.72		1.67	2.99%
N-150	2.55		3.92		2.36		2.3	2.62%

附件 1.14. (a)放射師以手處理核醫藥物照射情境：分別為無屏蔽直接以手接觸射源、(A)僅考慮射源鎢罐屏蔽、(B)僅考慮 L 型鉛屏蔽、(C)兩種屏蔽皆使用的情形；(b)醫師與病人在執行透視攝影過程的 PIMAL 幾何模型示意圖：射源置於腹部下 40 公分。



(a)



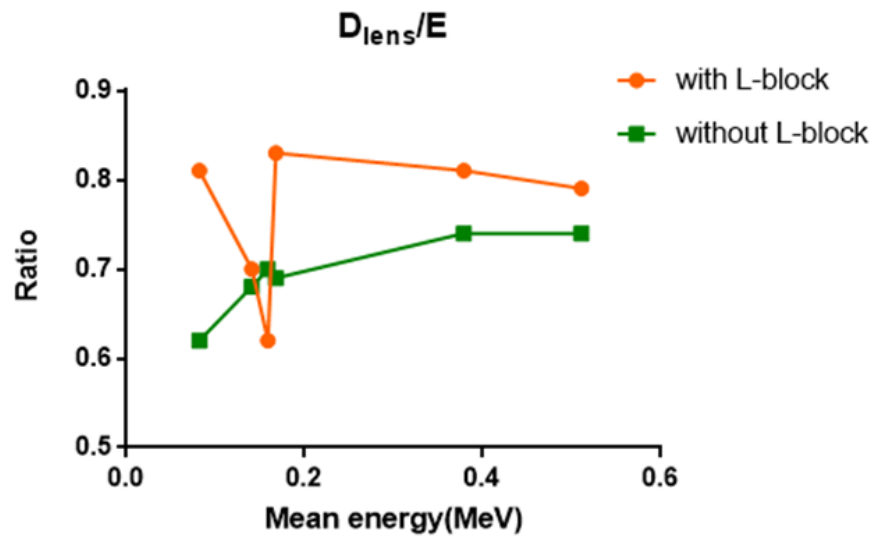
(b)

附件 1.15. 不同情境手部、水晶體、全身有效劑量率

Dose rate		Air		Syringe Shield (A)	
		pSv/Bq·s	RE	pSv/Bq·s	RE
^{201}Tl	Hand dose	1.24E-03	0.01%	2.56E-06	0.22%
	Lens dose	1.48E-05	0.77%	7.13E-09	40.27%
	Effective dose	2.39E-05	0.08%	3.63E-08	2.03%
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	Hand dose	1.67E-03	0.01%	1.53E-06	0.08%
	Lens dose	1.97E-05	0.71%	2.92E-09	17.17%
	Effective dose	2.90E-05	0.07%	2.21E-08	0.71%
^{123}I	Hand dose	1.80E-03	0.01%	1.08E-05	0.09%
	Lens dose	2.09E-05	0.71%	2.58E-08	17.33%
	Effective dose	3.01E-05	0.07%	1.55E-07	0.85%
^{67}Ga	Hand dose	1.90E-03	0.01%	2.79E-04	0.03%
	Lens dose	2.14E-05	0.82%	1.49E-06	3.73%
	Effective dose	3.12E-05	0.08%	3.83E-06	0.25%
^{131}I	Hand dose	5.60E-03	0.01%	2.48E-04	0.04%
	Lens dose	5.88E-05	0.77%	9.74E-07	6.40%
	Effective dose	7.92E-05	0.07%	3.07E-06	0.39%
^{18}F	Hand dose	1.56E-02	0.01%	1.84E-03	0.02%
	Lens dose	1.58E-04	0.77%	6.51E-06	2.67%
	Effective dose	2.14E-04	0.07%	2.26E-05	0.17%

Dose rate		Lead Shield (B)		Lead Shield and Syringe Shield (C)	
		pSv/Bq·s	RE	pSv/Bq·s	RE
^{201}Tl	Hand dose	1.24E-03	0.01%	2.56E-06	0.02%
	Lens dose	8.12E-08	7.60%	9.04E-11	34.27%
	Effective dose	1.01E-07	1.05%	1.98E-10	2.43%
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	Hand dose	1.69E-03	0.01%	1.53E-06	0.02%
	Lens dose	1.00E-07	8.98%	5.82E-11	38.80%
	Effective dose	1.43E-07	0.82%	1.30E-10	2.62%
^{123}I	Hand dose	1.82E-03	0.01%	1.09E-05	0.01%
	Lens dose	8.72E-08	9.24%	3.63E-10	15.32%
	Effective dose	1.40E-07	0.80%	8.55E-10	1.03%
^{67}Ga	Hand dose	1.92E-03	0.01%	2.79E-04	0.02%
	Lens dose	1.04E-06	4.52%	1.56E-07	8.77%
	Effective dose	1.25E-06	0.43%	3.45E-07	0.56%
^{131}I	Hand dose	5.61E-03	0.01%	2.48E-04	0.04%
	Lens dose	1.59E-05	1.55%	4.25E-07	10.28%
	Effective dose	1.96E-05	0.15%	1.21E-06	0.65%
^{18}F	Hand dose	1.57E-02	0.01%	1.84E-03	0.01%
	Lens dose	7.34E-05	1.12%	2.78E-06	1.70%
	Effective dose	9.34E-05	0.11%	9.17E-06	0.10%

附件 1.16. 劑量間比值與能量關係圖



附件 1.17. 於透視攝影情節，射源於腹部下，X 光能量 80 kVp 所造成醫師劑量結果

Abd(80kVp)	Dose rate (pSv/particle)	Apron(0)	Apron(0.35mm)	Apron(0.5mm)
Glasses (0)	ion chamber	5.33E-04 (±0.01%)	5.33E-04 (±0.01%)	5.33E-04 (±0.01%)
	Cumulative dose	2.01E-04 (±0.02%)	2.01E-04 (±0.02%)	2.01E-04 (±0.02%)
	hand	5.65E-09 (±1.13%)	5.26E-09 (±1.17%)	5.26E-09 (±1.17%)
	lens	3.98E-10 (±31.63%)	1.50E-10 (±50.19%)	1.50E-10 (±50.19%)
	E	5.53E-09 (±2.17%)	1.03E-10 (±12.31%)	5.30E-11 (±16.72%)
	DAP	1.33E-02	1.33E-02	1.33E-02
	E / DAP	4.15E-07	7.69E-09	3.98E-09
	D _{hand} / DAP	4.24E-07	3.94E-07	3.94E-07
	D _{lens} / DAP	2.98E-08	1.12E-08	1.12E-08
Glasses (0.07mm)	ion chamber	5.33E-04 (±0.01%)	5.33E-04 (±0.01%)	5.33E-04 (±0.01%)
	Cumulative dose	2.01E-04 (±0.02%)	2.01E-04 (±0.02%)	2.01E-04 (±0.02%)
	hand	5.65E-09 (±1.13%)	5.26E-09 (±1.17%)	5.26E-09 (±1.17%)
	lens	3.98E-10 (±31.63%)	1.50E-10 (±50.19%)	1.50E-10 (±50.19%)
	E	5.52E-09 (±2.17%)	9.91E-11 (±12.72%)	4.95E-11 (±17.83%)
	DAP	1.33E-02	1.33E-02	1.33E-02
	E / DAP	4.14E-07	7.43E-09	3.72E-09
	D _{hand} / DAP	4.24E-07	3.94E-07	3.94E-07
	D _{lens} / DAP	2.98E-08	1.12E-08	1.12E-08

Abd(80kVp)	Dose rate (pSv/particle)	Apron(0)	Apron(0.35mm)	Apron(0.5mm)
Glasses (0.75mm)	ion chamber	5.33E-04 (0.01%)	5.33E-04 (0.01%)	5.33E-04 (0.01%)
	Cumulative dose	2.01E-04 (0.02%)	2.01E-04 (0.02%)	2.01E-04 (0.02%)
	hand	5.65E-09 (1.13%)	5.26E-09 (1.17%)	5.26E-09 (1.17%)
	lens	3.98E-10 (31.63%)	1.50E-10 (50.19%)	1.50E-10 (50.19%)
	E	5.52E-09 (2.17%)	9.79E-11 (12.86%)	4.84E-11 (18.23%)
	DAP	1.33E-02	1.33E-02	1.33E-02
	E / DAP	4.14E-07	7.35E-09	3.63E-09
	D _{hand} / DAP	4.24E-07	3.94E-07	3.94E-07
	D _{lens} / DAP	2.98E-08	1.12E-08	1.12E-08

附件 1.18. 於透視攝影情節，設定射源於腹部下 40 公分，X 光能量為 100 kVp 時所造成操作醫師之劑量結果

Abd(100kVp)	Dose rate (pSv/particle)	Apron(0)	Apron(0.35mm)	Apron(0.5mm)
Glasses (0)	ion chamber	4.71E-04 (±0.01%)	4.71E-04 (±0.01%)	4.71E-04 (±0.01%)
	Cumulative dose	1.80E-04 (±0.02%)	1.80E-04 (±0.02%)	1.80E-04 (±0.02%)
	hand	9.05E-09 (±0.87%)	9.05E-09 (±0.90%)	9.05E-09 (±0.90%)
	lens	1.26E-9 (±23.85%)	6.70E-10 (±28.80%)	6.70E-10 (±28.80%)
	E	8.33E-09 (1.65%)	3.18E-10 (±6.80%)	1.62E-10 (±10.01%)
	DAP	1.18E-02	1.18E-02	1.18E-02
	E / DAP	7.07E-07	2.70E-08	1.37E-08
	D _{hand} / DAP	7.68E-07	7.14E-07	7.14E-07
	D _{lens} / DAP	1.07E-07	5.68E-08	5.68E-08
Glasses (0.07mm)	ion chamber	4.71E-04 (0.01%)	4.71E-04 (0.01%)	4.71E-04 (0.01%)
	Cumulative dose	1.80E-04 (0.02%)	1.80E-04 (0.02%)	1.80E-04 (0.02%)
	hand	9.04E-09 (0.87%)	8.41E-09 (0.90%)	8.40E-09 (0.90%)
	lens	1.05E-09 (26.70%)	4.54E-10 (34.58%)	4.54E-10 (34.58%)
	E	8.32E-09 (1.65%)	3.12E-10 (6.92%)	1.56E-10 (10.37%)
	DAP	1.18E-02	1.18E-02	1.18E-02
	E / DAP	7.07E-07	2.65E-08	1.32E-08
	D _{hand} / DAP	7.68E-07	7.14E-07	7.13E-07
	D _{lens} / DAP	8.88E-08	3.85E-08	3.85E-08

Abd(100kVp)	Dose rate (pSv/particle)	Apron(0)	Apron(0.35mm)	Apron(0.5mm)
Glasses (0.75mm)	ion chamber	4.71E-04 (0.01%)	4.71E-04 (0.01%)	4.71E-04 (0.01%)
	Cumulative dose	1.80E-04 (0.02%)	1.80E-04 (0.02%)	1.80E-04 (0.02%)
	hand	9.04E-09 (0.87%)	8.41E-09 (0.90%)	8.40E-09 (0.90%)
	lens	1.05E-09 (26.70%)	4.54E-10 (34.58%)	4.54E-10 (34.58%)
	E	8.32E-09 (1.65%)	3.10E-10 (6.96%)	1.54E-10 (10.49%)
	DAP	1.18E-02	1.18E-02	1.18E-02
	E / DAP	7.06E-07	2.63E-08	1.31E-08
	D _{hand} / DAP	7.68E-07	7.14E-07	7.13E-07
	D _{lens} / DAP	8.88E-08	3.85E-08	3.85E-08

附件 1.19. 透視攝影案例劑量比值

Abd (80 kVp)			
D_{lens} / E	Apron(0)	Apron(0.35mm)	Apron(0.5mm)
Glasses(0)	0.07	1.46	2.82
Glasses(0.07mm)	0.07	1.51	3.02
Glasses(0.75mm)	0.07	1.53	3.09
D_{hand} / E	Apron(0)	Apron(0.35mm)	Apron(0.5mm)
Glasses(0)	1.02	55.10	106.63
Glasses(0.07mm)	1.02	57.03	114.10
Glasses(0.75mm)	1.02	57.69	116.78

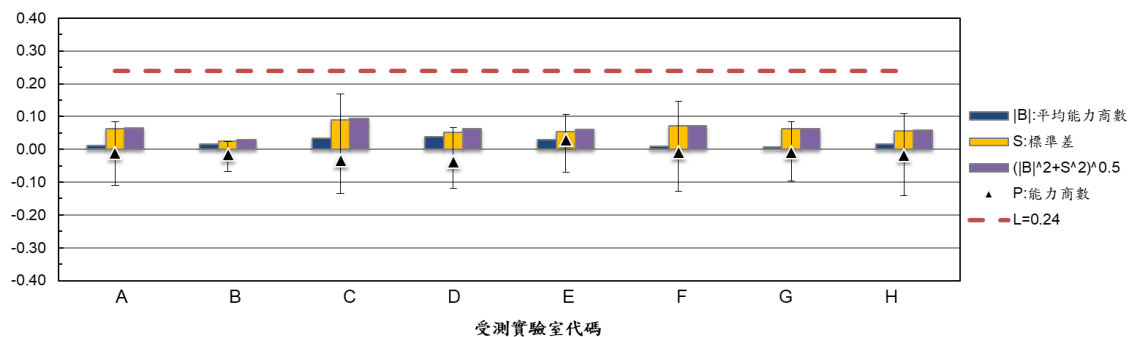
Abd (100 kVp)			
D_{lens} / E	Apron(0)	Apron(0.35mm)	Apron(0.5mm)
Glasses(0)	0.15	2.11	4.14
Glasses(0.07mm)	0.13	1.45	2.91
Glasses(0.75mm)	0.13	1.46	2.95
D_{hand} / E	Apron(0)	Apron(0.35mm)	Apron(0.5mm)
Glasses(0)	1.09	26.45	52.00
Glasses(0.07mm)	1.09	26.94	53.92
Glasses(0.75mm)	1.09	27.10	54.58

附件 1.20. TAF-CNLA-T08(4)人員劑量計能力試驗之測試類別表

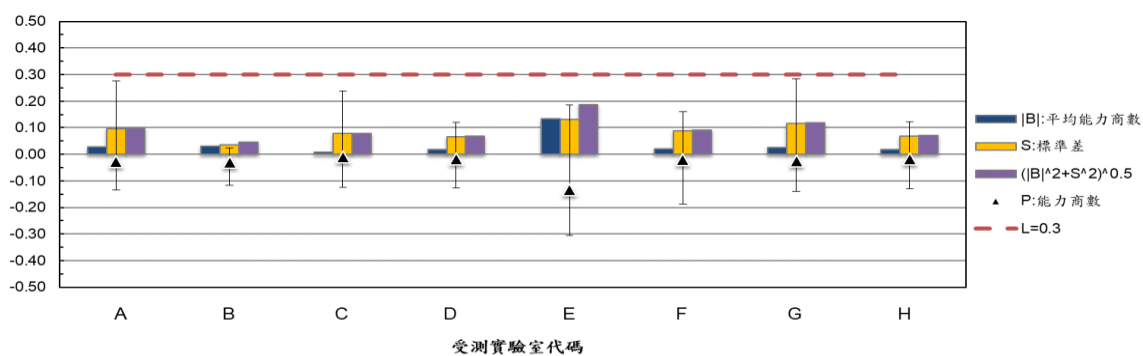
測試類別	測試輻射劑量範圍	允差 (L)	
		深部	淺部
I. 事故級, 光子			
A. 一般 (B 及 C 隨機選擇)	0.05 to 5 Gy	0.24	不測試
B. ^{137}Cs			
C. M150			
II. 光子/光子混合場			
A. 一般 ($\bar{E} \geq 20 \text{ keV}$, 當 $\bar{E} \leq 70 \text{ keV}$ 時垂直照射)	0.5 to 50 mSv	0.3	0.3
B. 高能量 (^{137}Cs , ^{60}Co ; 照射角度 $\alpha \leq 60^\circ$)			
C. 中能量 ($\bar{E} > 70 \text{ keV}$, 照射角度 $\alpha \leq 60^\circ$)			
D. 鈾專用			
III. 貝他粒子			
A. 一般 (B 及 C 隨機選擇)	2.5 to 250 mSv	不測試	0.3
B. 高能量 ($^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$)			
C. 低能量 (^{85}Kr)			
D. 鈾片			
IV. 光子與貝他混合場			
	淺部: 3.0 to 300 mSv	N/A	0.3
	深部: 0.5 to 50 mSv	0.3	N/A
V. 中子與光子混合場			
A. 一般 (B 及 C 隨機選擇)	1.5 to 50 mSv	0.3	不測試
B. $^{252}\text{Cf} + \text{II}$			
C. $^{252}\text{Cf}(\text{D}_2\text{O}) + \text{II}$			

附件 1.21. 第 11 次人員劑量計能力試驗第 I 至 V 測試類別之結果

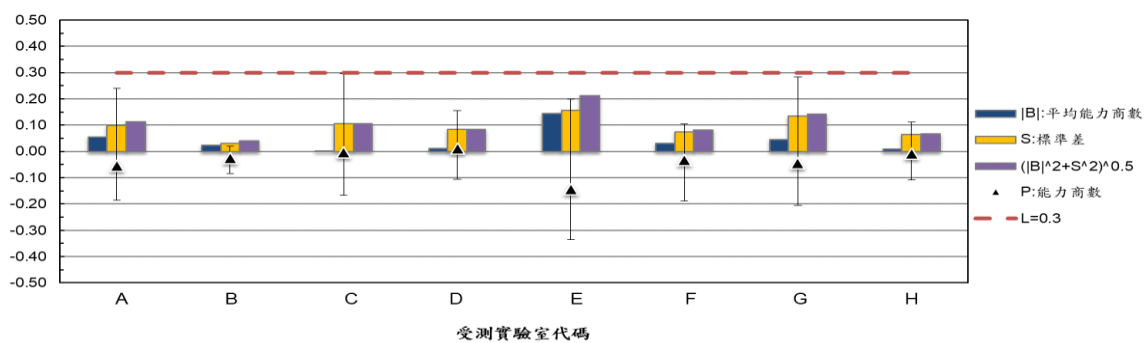
測試類別 I. 深部吸收劑量



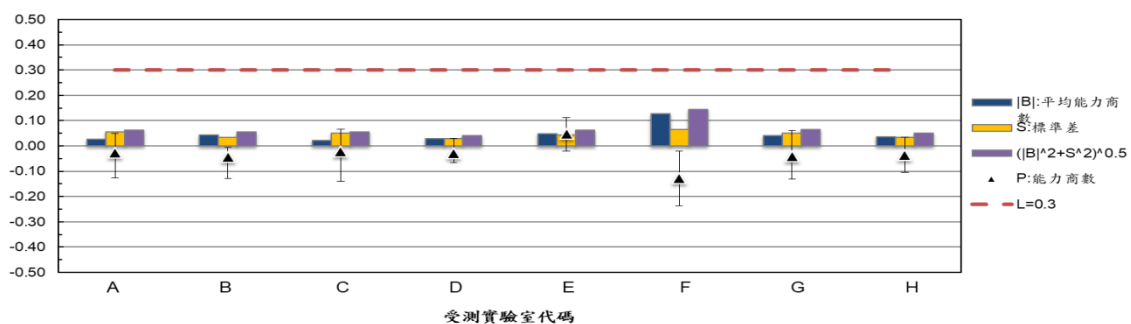
測試類別 II 深部等效劑量



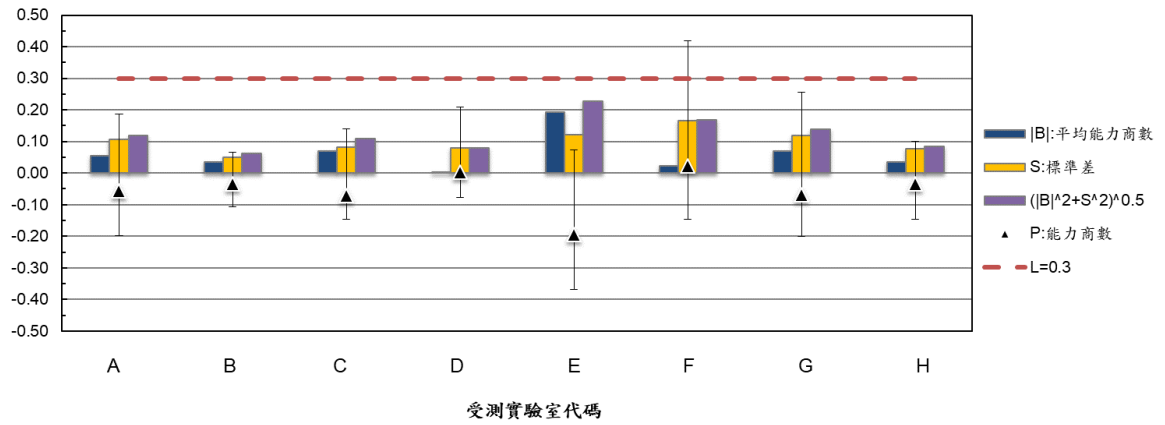
測試類別 II 淺部等效劑量



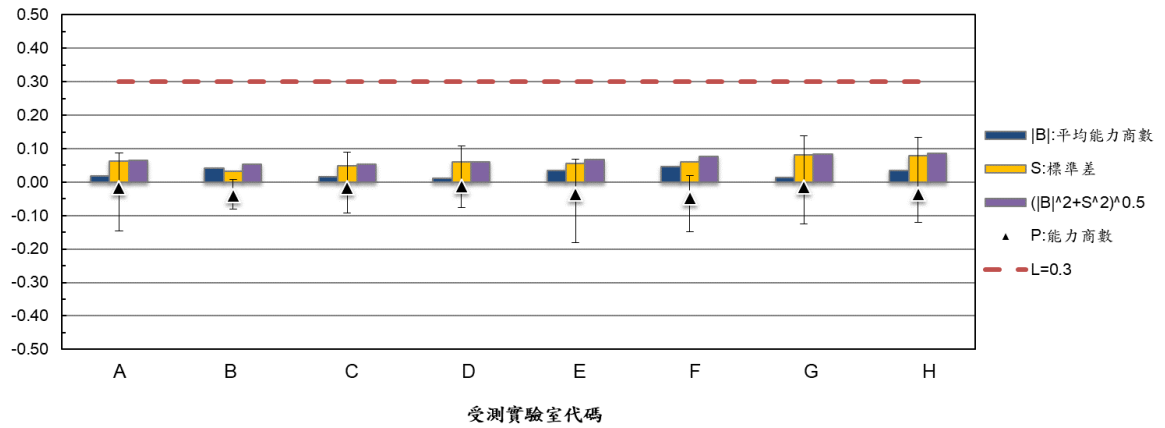
測試類別 III 淺部等效劑量



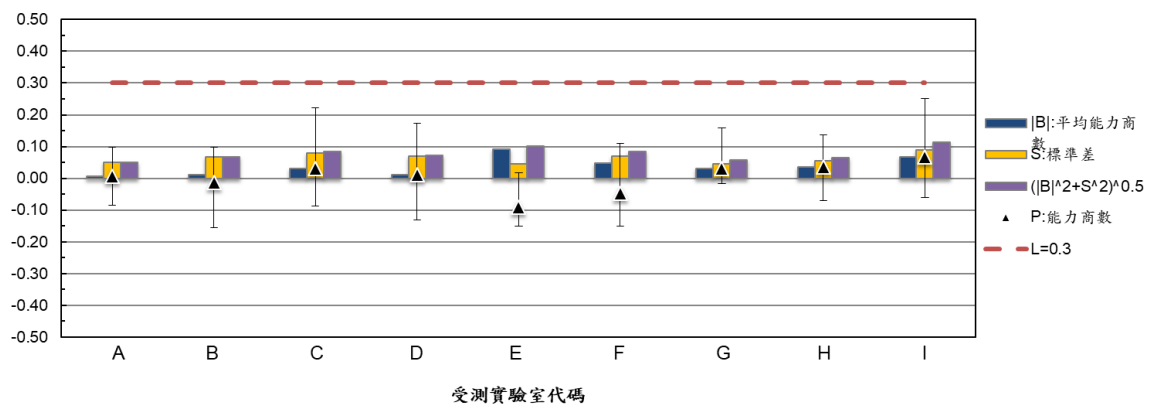
測試類別IV 深部等效劑量



測試類別IV 淺部等效劑量



測試類別V
全部深部等效劑量



附件 1.22. 第 11 次人員劑量計能力試驗各系統不確定度評估結果

表 2. 光子照射劑量之不確定度分析

分析項目	A 類相對標準 不確定度(%)	B 類相對標準 不確定度(%)
電荷量測	0.18	0.015
靜電計校正因子	0.085	0.16
二級標準游離腔校正因子	N/A	0.5
溫度修正	N/A	0.019
氣壓修正	N/A	0.042
等效劑量轉換係數	N/A	N/A
系統長期穩定度	N/A	0.4
時間	N/A	0.0029
分類相對組合標準不確定度	0.20	0.66
相對組合標準不確定度	0.7	
相對擴充不確定度(k=2)	1.4	

表 3. $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 貝他照射劑量之不確定度分析

分析項目	A 類相對標準 不確定度(%)	B 類相對標準 不確定度(%)
電荷量測	0.38	0.55
溫度修正	0.15	0.14
氣壓修正	0.0024	0.006
W/e 值	N/A	0.177
室溫下空氣密度修正	N/A	0.04
組織與空氣阻擋本領比值	N/A	1.5
分類相對組合標準不確定度	0.41	1.61
相對組合標準不確定度	1.7	
相對擴充不確定度(k=2)	3.4	

表 4. ^{252}Cf 中子照射劑量之不確定度分析

分析項目	A 類相對標準 不確定度(%)	B 類相對標準 不確定度(%)
射源中子發射率	N/A	2.6
射源非均勻性修正因子	N/A	0.5
射源衰變常數	N/A	0.15
校正距離	N/A	0.8
位置偏移	N/A	0.5
散射修正因子	N/A	N/A
等效劑量轉換係數	N/A	4 (不列入計算)
分類相對組合標準不確定度	N/A	1.7
相對組合標準不確定度	1.7	
相對擴充不確定度(k=2)	3.4	

表 5. 人員劑量計之照射劑量不確定度評估

照射類別	照射射源 (射束)	擴充不確定度(%)
Gamma	^{137}Cs	2.0
X-ray	ISO NS (IN)	2.0
	ISO WS (IW)	2.0
	M150	2.0
Beta	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	3.4
Neutron	^{252}Cf	3.4

註 1：涵蓋因子 (k=2)。

註 2：輻射場強度之不確定度分析不含等效劑量轉換係數，中子部分則忽略散射修正因子。

附件 1.22. 貝它照射場監測游離腔之德國國家標準實驗室(德國聯邦物理技術研究院, PTB)校正報告


Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Nationales Metrologieinstitut


Kalibrierschein
Calibration Certificate

G Gegenstand: Object:	Ionisationskammer Ionization chamber	
Hersteller: Manufacturer:	Standard Imaging	
Typ: Type:	MAGNA A650 Exradin	
Kennnummer: Serial No.:	D151143	
Auftraggeber: Customer:	Institute of Nuclear Energy Research Atomic Energy Council, Taiwan	
Anzahl der Seiten: Number of pages:	5	
Geschäftszeichen: Reference No.:	PTB-6.3-4096471	
Kalibrierzeichen: Calibration mark:	60211 PTB 19	
Ort der Kalibrierung: Location of calibration:	PTB Braunschweig	
Datum der Kalibrierung: Date of calibration:	05.06.2019 – 06.06.2019	
Im Auftrag On behalf of PTB	Braunschweig, 22.07.2019	Im Auftrag On behalf of PTB
 Dr. Rolf Behrens	Siegel Seal 	 Phil Brüggemann

Kalibrierscheine ohne Unterschrift und Siegel haben keine Gültigkeit. Dieser Kalibrierschein darf nur unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge bedürfen der Genehmigung der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt. Die dargestellten Ergebnisse beziehen sich nur auf die kalibrierten Gegenstände.
Calibration Certificates without signature and seal are not valid. This Calibration Certificate may not be reproduced other than in full. Extracts may be taken only with the permission of the Physikalisch-Technische Bundesanstalt. The presented results relate only to the items calibrated.

附件 1.23. 國內參與第八次輻射偵檢儀器校正能力試驗之機構與其
輻射場

參加機構	應參加類別	核種或設備	輻射場強度範圍
輻射偵測中心	KK1002 • 中劑量率 • 低劑量率	Cs-137	0.1 mSv/h ~ 25 mSv/h 5 µSv/h ~ 0.1 mSv/h
清華大學	KK1002 • 中劑量率 • 低劑量率 • 累積劑量	Cs-137	1 mSv/h ~ 10 mSv/h 5 µSv/h ~ 900 µSv/h 100 µSv ~
台電放射試驗室	KK1002 • 中劑量率 • 低劑量率 • 累積劑量	Cs137	1 mSv/h ~ 999 mSv/h 5 µSv/h ~ 999 µSv/h 0.1 mSv~
	KK1005	Sr-90	933 β/s to 3582 β/s
	KK1006	Am-241	1320 α/s to 2638 α/s
台電放射試驗室 核三工作隊	KK1002 • 中劑量率 • 低劑量率 • 累積劑量	Cs-137	400 µSv /h ~ 8 Sv/h 14 µSv/h ~ 400 µSv/h 0.1 mSv~
	KK1005	Sr-90	1124 β/s to 3114 β/s
	KK1006	Am-241	2279 α/s to 2780 α/s
核能研究所	KK1002 • 中劑量率 • 低劑量率 • 累積劑量	Cs-137	1 mSv/h ~ 1 Sv/h 4 µSv/h ~ 999 µSv/h 1µSv~16 Sv
	KK1005	Sr-90	545 β/s to 6489 β/s
	KK1006	Am-241	47 α/s to 7376 α/s
	KK1002 • 低劑量率	Cs137	5 µSv/h ~ 450 µ Sv/h
克馬校正實驗室	KK1005	Cl-36	539 β/s to 1860 β/s
	KK1006	Am-241	388 α/s to 1710 α/s
	KK1004	Co-57 Ba-133 Cs137	5.47 mCi 255 µCi 205 µCi
	KK1004	Am-241 Eu-152 Cs137	0.11 µCi 0.11 µCi 0.47 µCi
	KK1004	Cs137	19.7 µCi

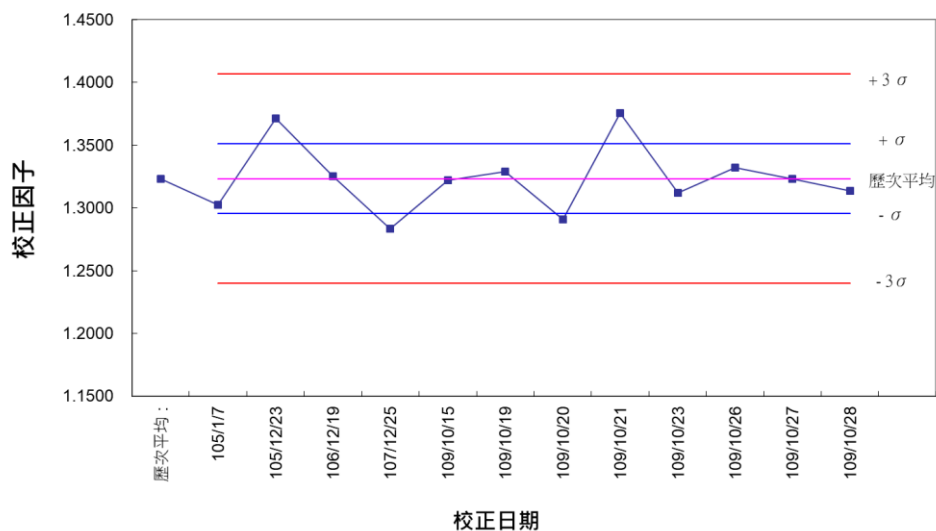
附件 1.24. (a)2020 年中子輻射儀器校正實驗室比對之傳遞件；(b)
2020 年中子輻射儀器校正實驗室比對校正因子管制圖

中子偵檢器規格	
廠牌/型號	Wedholm/2222A
偵檢頭	He-3計數器
緩速體	聚乙烯、硼、塑膠
能量範圍	0.025 eV-7 MeV
高壓範圍	1260 V-1340 V
中子靈敏度	0.35-0.55 cps/(μ Sv/h)
顯示	背光液晶顯示
電源	6顆1.5V鹼性電池
工作溫度	- 10 °C - 40°C
尺寸	直徑215 mm、長度325mm、 總重10.5 kg(含電池重量)



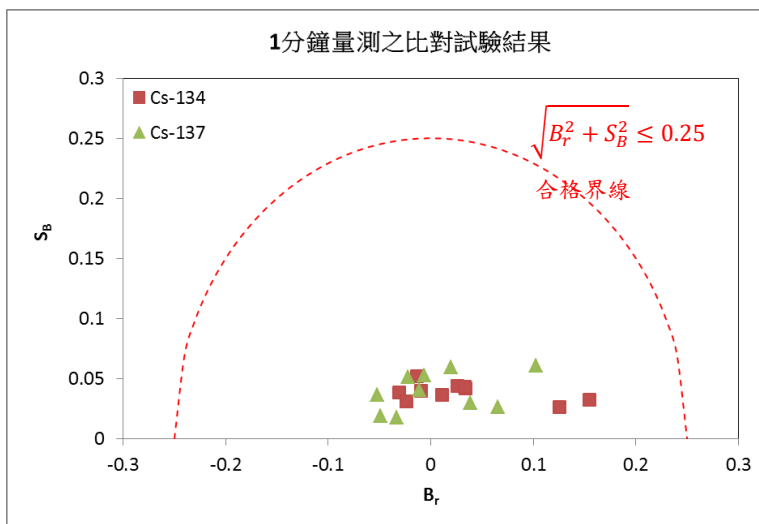
(a)

WEDHOLM 2222A/ SN:2222 0500 中子偵檢器 校正因子管制圖

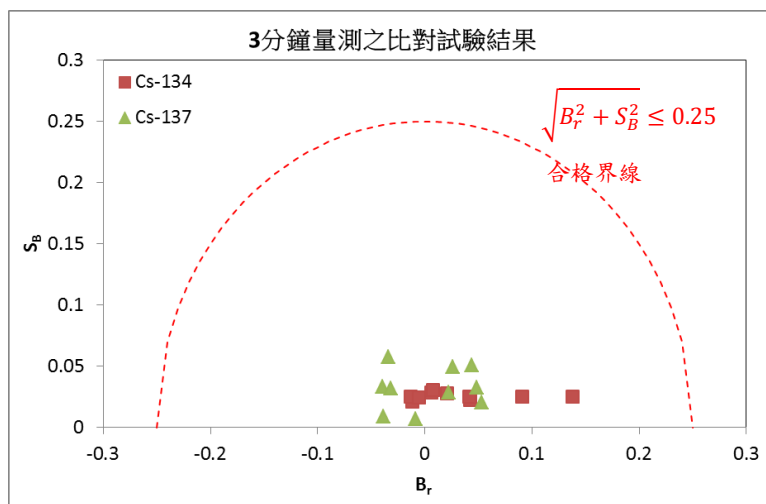


(b)

附件 1.25. 全身計測實驗室比對之測試結果。(a) 1 分鐘量測結果；
(b) 3 分鐘量測結果。



(a)



(b)

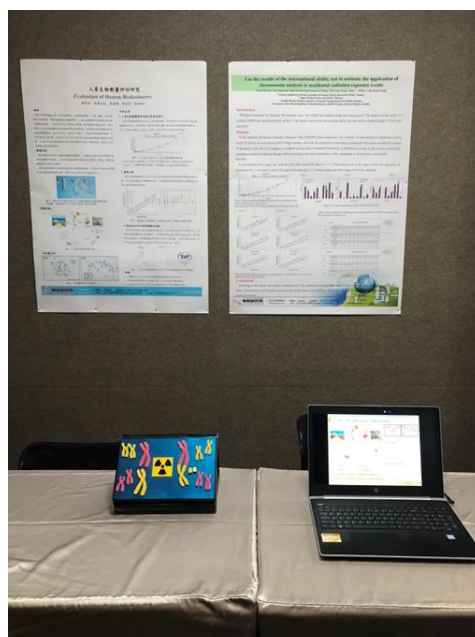
附件 1.26. 人員生物劑量成果於 2020 年生醫年會壁報投稿接受函

投稿結果查詢

Result Query
2020/02/03 後可於線上查詢投稿結果。

上傳者姓名 Name of the Uploader	Tse-Zung Liao
投稿序號 Serial number	182186
審核狀態 Approval Status	接受 Accepted
投稿日期 Date of Submission	2019/12/05
投稿學會 Association	台灣分子生物影像學會 Taiwanese Society for Molecular Imaging
研究領域 Paper Topic	分子生物影像 Molecular Imaging
投稿項目 Category	壁報論文 Society Poster Presentation
論文題目 Title	Evaluation of Human Biodosimetry
是否參與競賽 Attend Competition	否 No

附件 1.27. 109 年 11 月 12~13 日於集思台大會議中心舉辦之「2020 災防科技創新服務交流研討會」



附件 1.28. 109 年國人雙中節背景值分析數據

	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

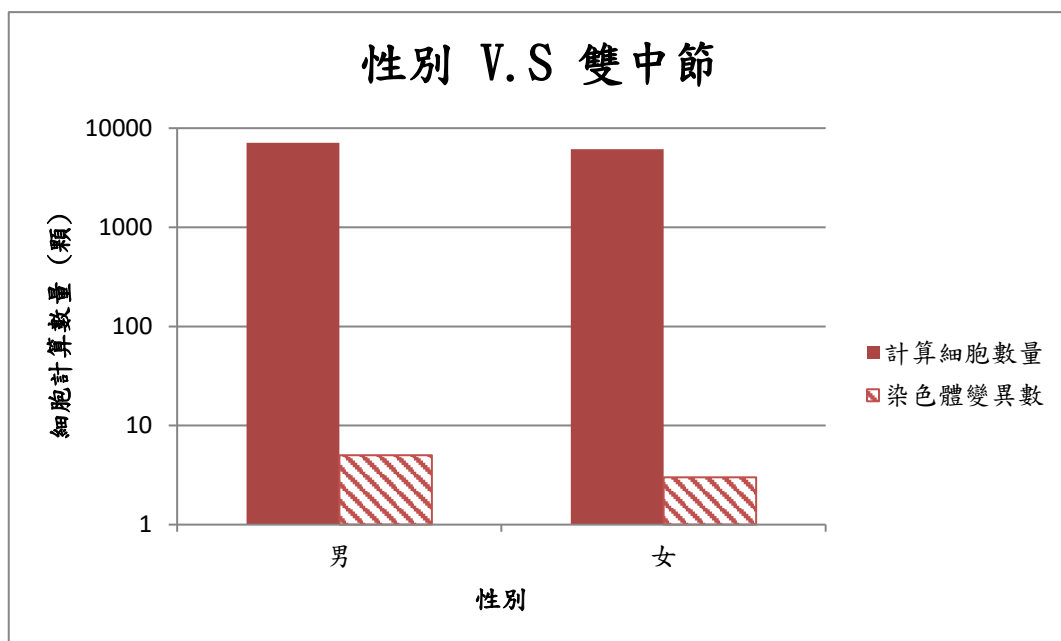
附件 1.29. 109 年度監督評鑑結果

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	

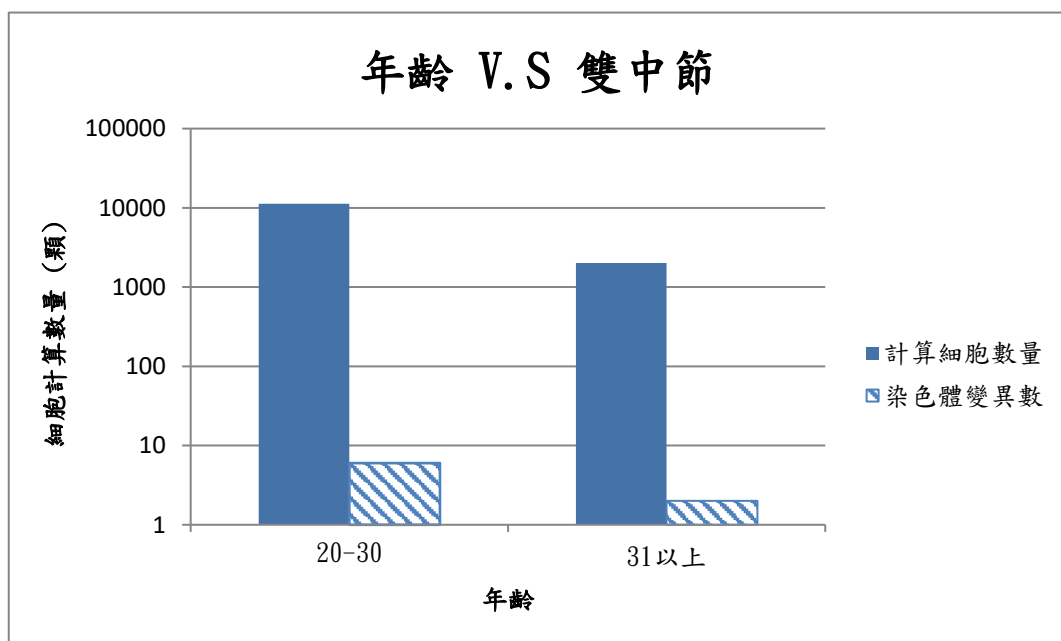
附件 1.30. 104~108 年受試者資料統計

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

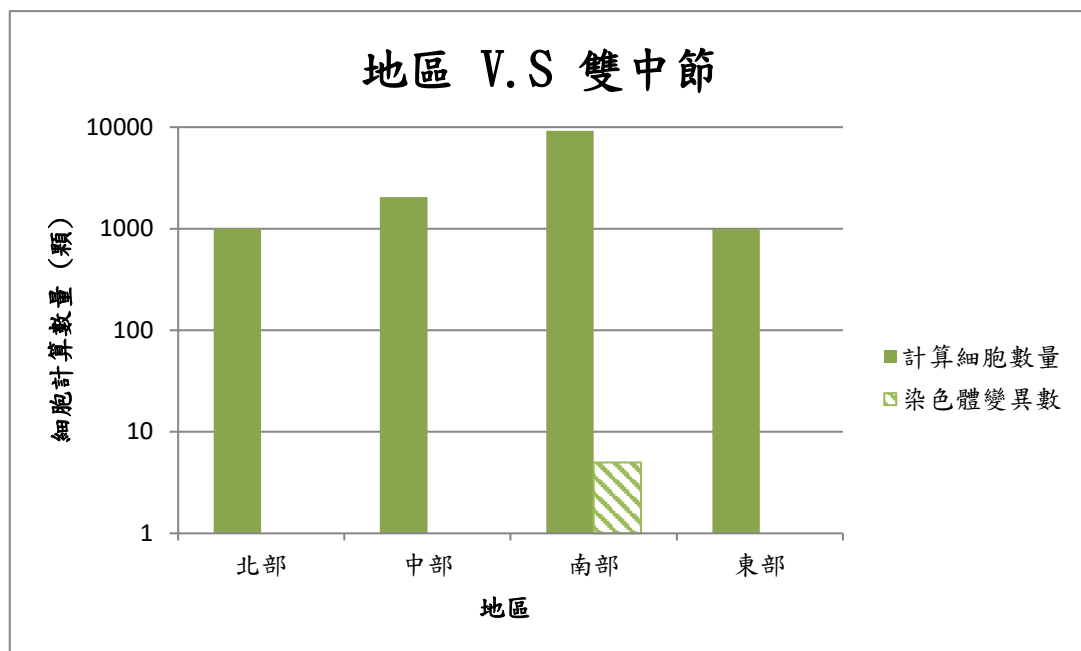
附件 1.31. 國人雙中節背景值統計(性別類別)



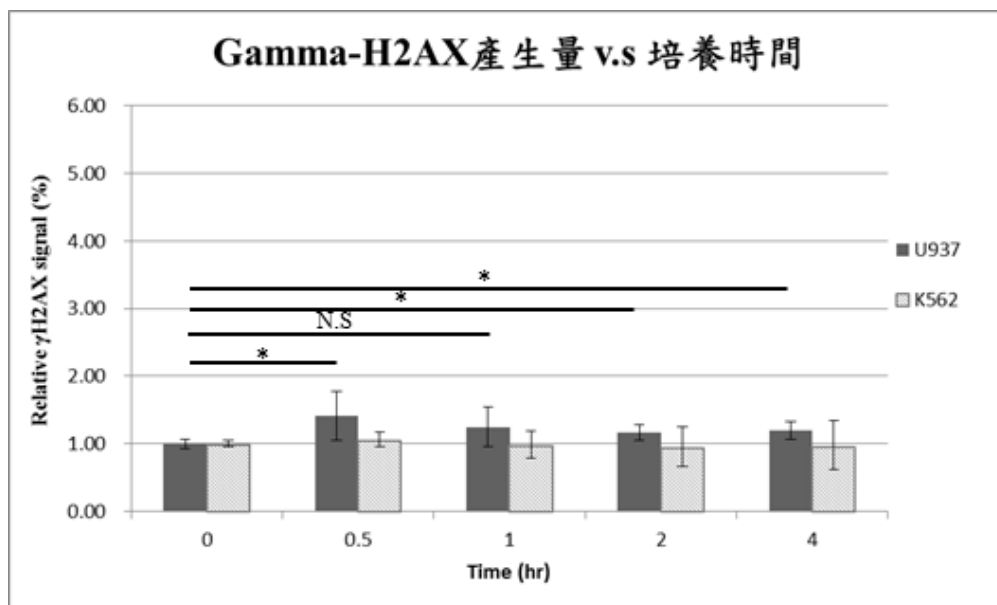
附件 1.32. 國人雙中節背景值統計(年齡類別)



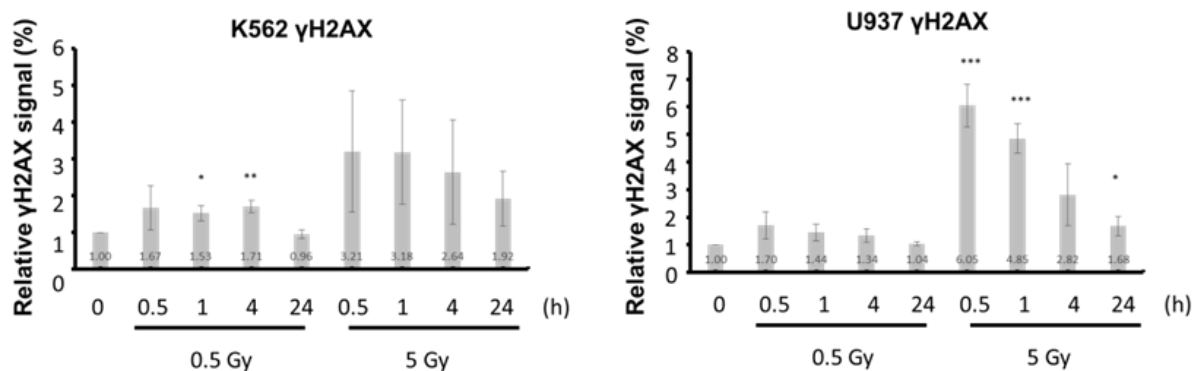
附件 1.33. 國人雙中節背景值統計(地區類別)



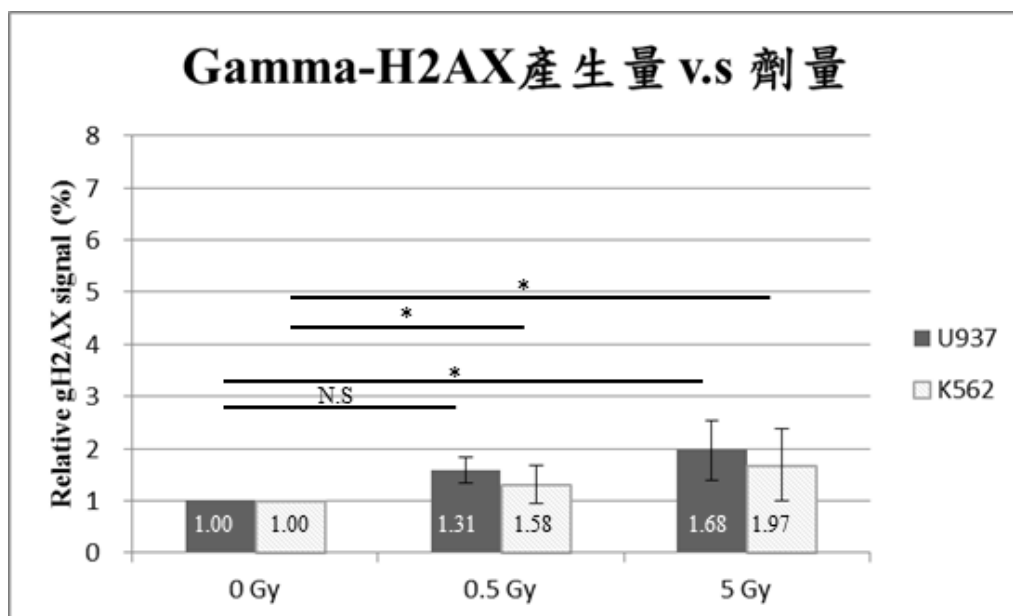
附件 1.34. 以細胞株測試 Gamma-H2AX 產生量與不同培養時間關係(ELISA)



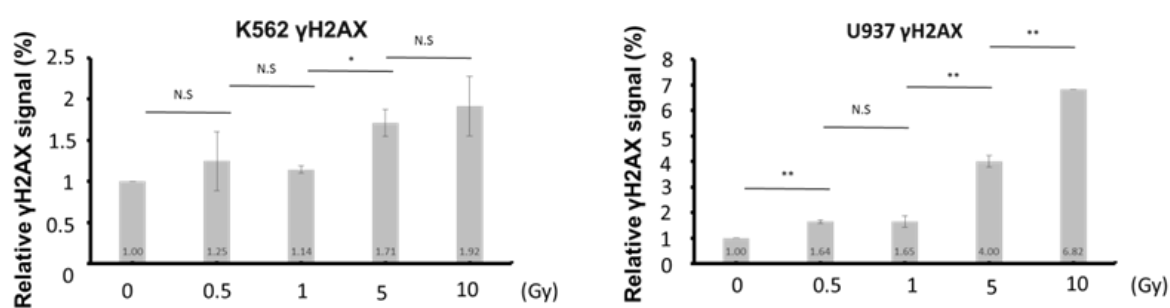
附件 1.35. 以細胞株測試 Gamma-H2AX 產生量與不同培養時間關係(Flow cytometry)



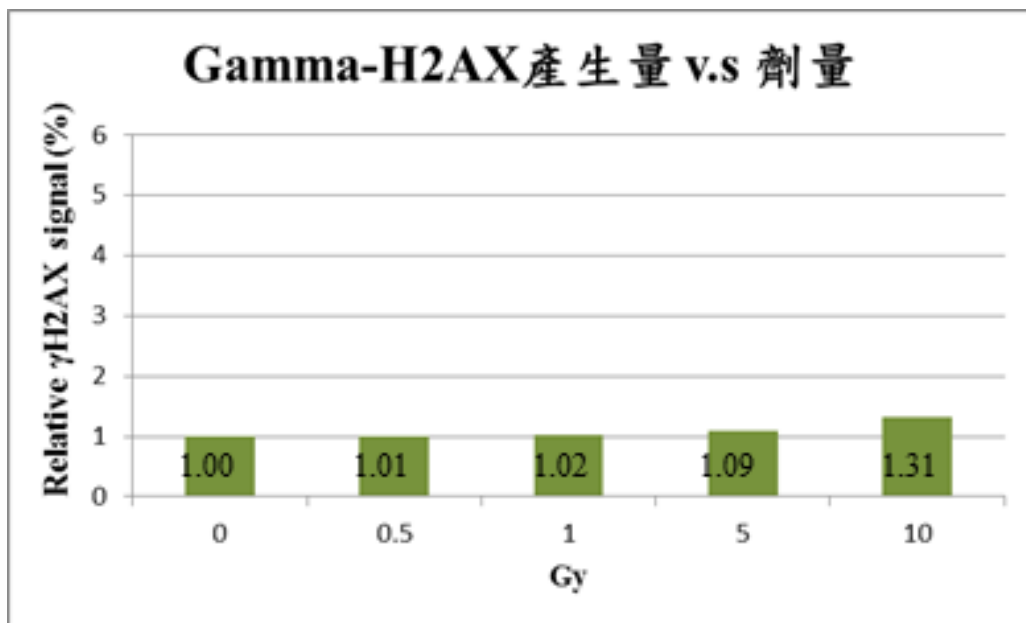
附件 1.36. 以細胞株測試 Gamma-H2AX 產生量與不同照射劑量關係(ELISA)



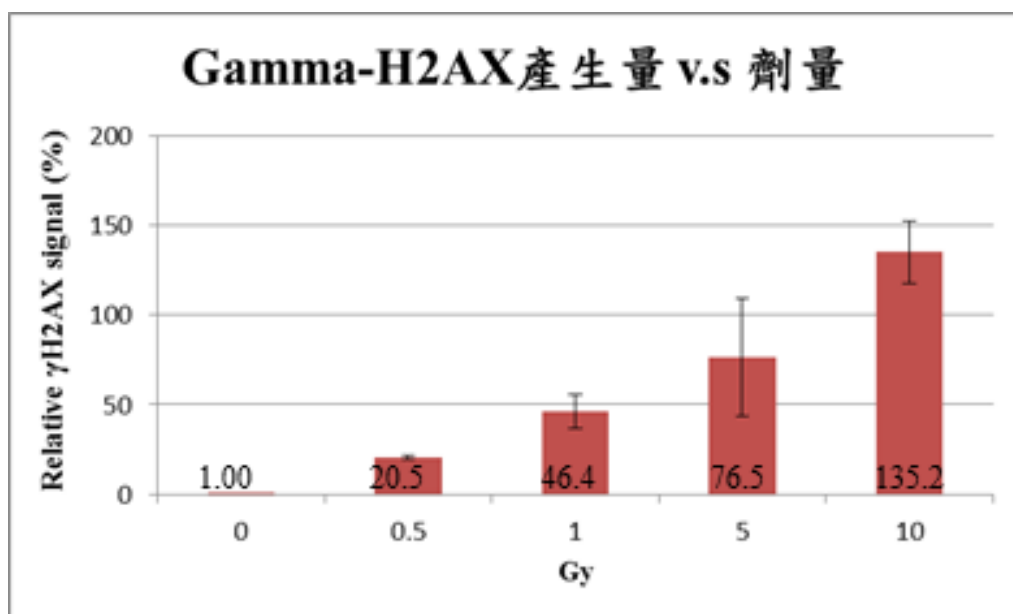
附件 1.37. 以細胞株測試 Gamma-H2AX 產生量與不同照射劑量關係(Flow cytometry)



附件 1.38. 以人血測試 Gamma-H2AX 產生量與不同照射劑量關係 (ELISA)



附件 1.39. 以人血測試 Gamma-H2AX 產生量與不同照射劑量關係 (Flow cytometry)



附件 1.40. 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。

附件 2、期末訪查技術性查核問題與回復(Q&A)

行政院原子能委員會 109 年度科技計畫 期末訪查技術性問題與回復(Q&A)

(一) 輻射防護技術規範與劑量評估精進研究		
	問題	回復
1.	期末報告可以納入兩場研討會的業界意見(重點版)及因應。	謝謝委員建議，已依建議辦理，請參照期末研究報告附件 1.1。
3.	第 23-24 頁之 3.與學研單位、醫療機構或相關學會合作，建立動態擬人假體在輻射劑量的評估技術(2/2)一節，(1)針對案例一（放射師以手動態處理核醫藥物的劑量評估）： ● 在本計畫完成技術建立之基礎下，建議未來在案例情節設計上，可進一步參考臨床實務做法，例如：傳統核醫核種多使用鉛針套筒，而正子藥物才使用鎢製針套筒，且針套筒只有筒身有屏蔽覆蓋，其前後端注射推藥處並無屏蔽等，如此，對於大拇指推藥時的肢端劑量評估始能更貼近實際情形。	謝謝委員之專業建議。 目前計算模型中確實沒有處理傳統核醫核種於鉛針套筒技術條件的情境，六個核醫核種(包括正子藥物)皆是以鎢製針套筒操作進行初步評估，除此之外，現有模型亦無法細緻到大拇指等幾何。後續進一步計畫規劃時，會引入更為貼近實務的模型進行運算。
4.	承上題 1， ● 為配合未來修法趨勢，建議未來增加 ICRP-103 報告組織加權因數之評估結果。	感謝委員建議。後續計畫將增加 ICRP-103 報告組織加權因數之評估結果。
5.	承上題 1，	感謝委員之專業建議。後續計畫將評估

	● 針對同時使用 L 型鉛屏蔽及針屏蔽套筒之情節，是否有劑量轉換比值之數據結果？如無，建議未來可深研，值得國內應用參考。	同時使用 L 型鉛屏蔽及針屏蔽套筒之情節，深化研究與實務貼合度，以提供國內應用參考。
6.	(2) 針對案例二（螢光透視攝影對工作人員輻射劑量評估）： ● 就輻防管制與國際文獻探討結果，心導管與血管攝影之透視操作人員才是主要被關注的關鍵群體，建議未來能針對該類人員深研，參考臨床操作情節條件如：有無使用鉛帷幕(透明鉛帷幕屏風)、有無配戴鉛眼鏡、有無著鉛衣、曝露操作條件等，進行劑量評估，將有助於未來輻防管制政策之參考。	感謝委員建議。本年度計畫是 PIMAL 假體較為初期的應用，未來計畫將進一步以實務面和完整性為規劃方向，如評估心導管與血管攝影等透視攝影操作人員之代表人，於臨床操作情節條件之劑量評估，以提供作為輻防管制政策之科學論據參考。
7.	承上題 4， ● 評估結果，除了產出全身有效劑量與手部以及眼球水晶體等價劑量之關聯性外，建議能有各別的劑量量化結果，甚至據以提出「應否執行眼球水晶體劑量監測」之管制建議。	感謝委員建議。動態擬人假體的 PIMAL 程式為國際新興議題，本年度初步修改 PIMAL 程式之輸出，增加眼球水晶體幾何構造，所建動態擬人假體尚需進一步研究，以與實際狀況作良好貼合，來完善劑量評估之結果。特別需要透過產官學合作，取得代表人與技術參數，始能提出眼球水晶體劑量監測之管制建議。

(二) 輻射防護能力試驗技術研究

	問題	回復
1.	「雙邊比對」有何特殊之處？與大型能力試驗有何不同？是否可以取得 TAF 認證？	「雙邊比對」或大型「比對試驗」活動，皆屬檢校實驗室技術能力驗證的方式。TAF 在實驗室認證上，鼓勵實驗室參與

		能力試驗去證明技術能力，當無適當能力試驗可參與時，實驗室可採用雙邊比對來證明技術能力。能力試驗指透過實驗室間比對，並依照既定的準則來評估參加者的表現，可作為外部品質管制依據，用以監控實驗室的技術能力水準及能力水平。合先述明如上。 本年度有 3 家輻射偵檢儀器校正實驗室因其特殊狀況，無法參加大型的能力試驗活動，而採用「雙邊比對」，原因分述如下：1. 陸軍化生放核訓練中心因其照射設施特殊性，且僅能供野戰輻射偵檢器進行校正；2. 台灣電力公司放射實驗室因其中子校正僅對內部服務，與核研所為國內唯二可提供中子校正服務之單位；3. 克馬校正實驗室為新成立遊校實驗室，因校正用 ^{136}Cs 貝它射源與本次能力試驗採用 ^{90}Sr 不同。
--	--	---

(三)、人員生物劑量染色體變異評估技術研究

	問題	回復
1.	gamma-H2AX 與蛋白質、染色體有何關係？	細胞內部本身就具有 H2AX 的蛋白質，當輻射照射使 DNA 產生斷裂之後，斷裂區的 H2AX 會被磷酸化形成 gamma-H2AX，使修復 DNA 的其它蛋白到達損傷部位進行修復。故 gamma-H2AX 出現與 DNA 斷裂是有相對應關係。
2.	未來打算如何收集其他地區的樣本？	110 年度仍會與高醫進行進血合作，但在進血前會先告知高醫所需的受試者條件(EX:篩選南部以外的受試者)，另外於 110 年度也會針對北部衛星實驗

		室建立進行相關前置作業。
3.	P.33. 依據統計結果，不論在男女性別上、年齡差異上及居住地別上方別進行 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，其年齡分佈及居住地分佈較集中，未來將與醫學大學協調受試者之篩選，使其統計結果更具代表性。請進一步說明集中在哪一年齡層及地區，未來規劃收集哪一年齡層及地區。	目前因合作單位為醫學大學，受試者大多為二十到三十歲的學生，未來先初步以三十歲以上年齡層做收集，並希望以非南部受試者為優先。收集一年三例後進行統計看是否受試者仍有集中於某地區或是某年齡層，再與醫學大學溝通進行修正。
4.	P.33. 在 gamma-H2AX 分析上有流式細胞技術(Flow cytometry)及酵素結合免疫吸附分析法(Enzyme-linked immunosorbent assay ,ELISA)兩種方法，貴所於後四年計畫將以流式細胞技術 Flow cytometry 分析方法進行相關試驗，建議列表兩種方式之優缺點。	感謝意見，未來將以年度作區別。

註：本處委託核研所之計畫名稱及本處承辦人如下：

1. 輻射防護技術規範與劑量評估精進研究
2. 輻射防護能力試驗技術研究
3. 人員生物劑量染色體變異評估技術研究

(王○玲技正，分機 2191)

(黃○絹技士，分機 2194)

(鄧○平技士，分機 2203)

(鄧○平技士，分機 2203)