

輻射防護簡訊

第 156 期

出刊日期 109 年 4 月 15 日



本期內容

CONTENT

國際放射防護委員會 2007 建議 (ICRP 103 號報告) 介紹

1

作者從各國落實 ICRP 60 號建議的過程談起，回溯早期輻射防護的歷程，闡述輻防的重要原則，以及為解決輻防爭議，彙整各方意見所發行的 ICRP 103 號報告，並與各國國際機構建立緊密合作關係共同倡議新的輻防建議的現況。

ICRP 在 103 號報告發行後續發展-醫療應用的輻射防護

7

ICRP 在 103 號報告發行後迄今近 13 年間，採取比以往年代更積極的作為，也陸續發行補充與指引等相關文獻。本期主題針對這段期間 ICRP 所發行有關放射醫療應用與防護的多份報告做一彙整並摘述其內容要點。

訓練班課程

12

公告本會各項訓練班開課時間

輻協新聞廣場

13

各項證照考試資訊、國內產官學界最新消息、以及近日全球輻防新聞

立體定位全身放射治療-SBRT 介紹(Stereotactic Body Radiotherapy, SBRT)

20

我國在放射線用於醫療應用照護國人健康的發展快速，不論是高端設備的引進或是新的醫療技術都有飛躍性的進展，本專題對精準治療技術-立體定位全身放射治療-SBRT 的特色介紹分享予讀者。

國內游離輻射領域實驗室的品質認證概況

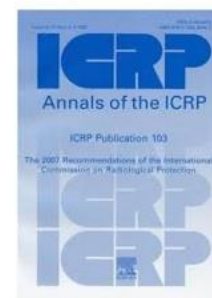
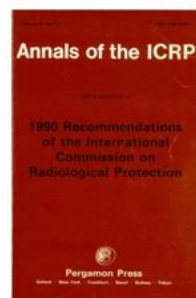
23

ISO/IEC 17025 是國際標準組織和國際電氣技術委員會所制定，用來審核測試與校正實驗室技術能力和品質管理系統的全球共通標準，本文介紹其 2017 新版本與我國游離輻射領域實驗室認證概況。

國際放射防護委員會 2007 建議 (ICRP 103 號報告) 介紹

作者 魯經邦

台電公司退休保健物理從業人員



前言

國際放射防護委員會 (the International Commission on Radiological Protection, ICRP) 於 1990 年 11 月提出輻射防護標準建議 (即眾所周知的 ICRP 60) (註 1) 。迄今三十年，早已成為國際間制定輻射防護政策及法規共同的核心思想。歐洲聯盟在 1996 年 5 月 13 日發布了其依據 ICRP 60 修正之游離輻射防護安全標準 (註 2) ，並要求其會員國於 2000 年 5 月 13 日前全面施行；國際原子能總署 (IAEA) 亦於同年發行了安全叢書第 115 號 (註 3) ，該書為 IAEA 依據 ICRP 60 修正之游離輻射防護安全標準，供世界各國參照訂定其國內輻射防護法規。其他如日本亦自 2001 年 4 月 1 日起正式施行依據 ICRP 60 修正之各項游離輻射防護法規；中國大陸則在 2002 年 10 月 28 日發布了游離輻射防護與輻射源安全基本標準 (GB 18871-2002) ，並自 2003 年 4 月 1 日實施。美國對於 ICRP 60 的落實相對是比較消極的，其核能管制委員會 (U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC)) 主管的現行輻射防護標準—聯邦法規 10 CFR part 20 Standards for Protection against Radiation，仍然是以 ICRP 26 (1977) 建議為依據的。

我國游離輻射防護的專屬法律—游離輻射防護法 (簡稱本法) 在 91 年 1 月

30 日完成立法程序，由 總統明令公布，並經行政院依本法第 57 條核定於 92 年 2 月 1 日施行。主管機關在推動施行本法的政策上，是和落實 ICRP 60 建議同步考量的。就游離輻射防護的修正而言，在反映 ICRP 60 建議方面，主管機關採取二階段修正的策略，考量當時國內實務狀況，為免造成國內業者衝擊太大，在 92 年 1 月 30 日修正發布的安全標準，僅採用 ICRP 60 所建議之劑量限度，但維持原有防護標準之專有名詞、加權因數及劑量轉換因數。迄游離輻射防護法施行逾 2 年，設施經營者及雇主對 ICRP 60 所建議之劑量限度已能逐漸適應，主管機關認為全面落實 ICRP 60 建議之時機已漸臻成熟，爰進行游離輻射防護安全標準之再修正。本次修正同時參考 1996 年國際原子能總署之 IAEA-115 號報告、1999 年英國之輻射防護規則 (Statutory Instrument 1999 No. 3232, The Ionising Radiations Regulations 1999) 、美國核能管制委員會之游離輻射防護安全標準 (10CFR 20, Standards for Protection against Radiation) ，修正之游離輻射防護安全標準於 94 年 12 月 30 日發布，並自 97 年 1 月 1 日施行迄今。由上可知，公元 2000 年以後，有許多國家已陸續施行 ICRP 60；而 ICRP 60 由建議發行、形成國際共識至落實為國內法，通常至少需 10 年以上的時間 (註 4) 。

雖然，ICRP 60 建議歷經多年的討論、研究，終於成為國際上輻射防護的主流思想，但期間仍然遭遇許多阻力與迄今未能解決的爭議與質疑。ICRP 考量來自各方的意見，約自 2000 年起的六、七年間透過各種輻射防護的國際性學術活動，宣傳新的輻射防護理念，並徵詢各界的意見與反應，作為草擬新建議的參考。主要的媒介為國際輻射防護協會 (the International Radiation Protection Association, IRPA) 、英國放射防護學會期刊 (the Journal of Radiological Protection) 及經濟合作與發展組織的核能署 (the Nuclear Energy Agency of the Organization for Economic Co-operation and Development, OECD/NEA) 及其他相關組織 (註 5) 。取代 ICRP 60 的新建議，終於在 2007 年發行了新的建議，即 103 號報告 (註 6) 。

一如以往 ICRP 的建議，在主建議發行後，會陸續發行許多相關的補充技術文獻，同樣以 Annals of the ICRP 的形式出版，俾助各國家制定相關的法規及經營者在實務上有效落實 ICRP 的建議，至於輻射防護的學術研究者、輻射防護的工作者也可透過這些文獻更精確地了解 ICRP 建議的精神及如何落實 ICRP 的建議。另外，在主建議發行後，因為科學知識的發展與進步，致使原來的建議需要補充或調整，ICRP 也透過發行這

類文獻為之。當補充或調整的質與量達到一定程度時，變成為輻射防護體系更新的契機。換言之，這些文獻一方面扮演補強現行建議的角色，也提供孕育下一代建議的養分，使得輻射防護的理論與實務在扎實的基礎上延續與傳承。本文主要的目的對 103 號報告發行後迄今所發行的約 40 份補充技術文獻做一簡介，在之前也會先就 ICRP 輻射防護建議發展沿革及 ICRP 103 號報告做簡要的介紹。

ICRP 輻射防護建議發展沿革

(一) 國際放射防護委員會簡介 (註 7)

國際放射防護委員會 (ICRP)，前身為 1928 年依據第二屆國際放射學大會 (The Second International Congress of Radiology) 決議成立的國際 X 射線及鐳防護委員會 (the International X ray and Radium Protection Committee, ICRPC)。1950 年更名為現在的名稱。ICRP 目前仍為國際放射學會 (International Society of Radiology) 下的一個委員會，但 ICRP 的興趣已拓展將日漸增加

的輻射應用及涉及可產生輻射與放射性物質的相關作業納入考慮。

ICRP 是一個獨立的公益團體 (即非營利組織)。ICRP 在工作上與其姐妹組織國際輻射單位與度量委員會 (International Commission on Radiation Units and Measurements, ICRU) 保持緊密的關係，並與世界衛生組織 (World Health Organization, WHO) 及國際原子能總署 (the International Atomic Energy Agency, IAEA) 建立了官方關係。ICRP 也和國際勞工組織 (International Labour Organization, ILO) 及包括聯合國原子輻射效應科學委員會 (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR) 與聯合國環境規劃署 (United Nations Environment Programme, UNEP) 在內的其他聯合國組織有重要關係。ICRP 也和其他組織合作，包括歐洲聯盟執委會 (the European Commission of the European Union)、經濟合作與發展組織之核能署 (OECD/NEA)、國際標準

組織 (International Standards Organization, ISO)、國際電工委員會 (International Electro-technical Commission.) 等等。ICRP 也透過與國際輻射防護協會 (IRPA) 的緊密聯繫與輻射防護專業團體接觸。ICRP 亦會將主要國家組織所提出的進展納入考慮。

(二) ICRP 建議的發展 (註 8)

ICRPC 在 1928 年發布其第一個一般性建議書，這份建議書的重點是以限制使用醫用放射源的工作時間作為醫事人員的輻射防護手段。這種限制大約相當於每年 1000 mSv 的個人劑量。早期的建議著重於防止有低限劑量的效應，最初是以定性的形式呈現。在量化的防護措施及劑量限度能夠定義之前，發展一套劑量度量系統是必要的。1934 年，ICRPC 提出一份建議，它暗示了安全低限值的概念，約相當於現行年劑量限度的 10 倍。耐受劑量的概念繼續存在，在 1951 年，ICRP 建議了對低能量線性轉移輻射約每週 3 毫西弗的劑量限度。直至 1954 年以後，由於流行病學的證



圖 1. ICRP 與各國際機構建立緊密輻防合作關係

據顯示美國的放射學工作者中惡性疾病患偏高及首次出現日本原子彈爆炸倖存者白血病患偏高的指標，使得低劑量理論急遽式微。

核能在工業及軍事應用的發展導致 ICRP 在 1950 年代初期提出公眾防護的建議。ICRP 在 1956 年建議限制每週的劑量，對應的年劑量限度為工作人員 50 mSv，公眾 5 mSv。同時為了考量機率效應的存在及無法證明此類效應的低限值存在與否，ICRP 在 1954 年建議：「應盡一切努力使所有類型的曝露降低至可能的最低水平」。

往後，ICRP 也成功地建構了 1959 年的「維持曝露至實際可行的最低水平」、1966 年的「維持曝露至容易可達之最低水平」及 1973 年的「考慮社會及經濟因素，維持曝露至合理可達之最低水平」等建議。

在目前的系列中，ICRP 的首份報告為 1959 年所發行的第 1 號報告，其內容為 ICRP 在 1958 年核定的建議。後續的建議分別為 1964 年的第 6 號報告、1966 年的第 9 號報告、1977 年的第 26 號報告及 1990 年的第 60 號報告。為了支持這些一般性的建議，ICRP 也發行許多報告，針對更專門的議題提供建議。

ICRP 在第 26 號報告，首度量化了機率效應的危險度，並建議一套劑量限制的系統，內含正當性、防護最適化及個人劑量限度三大原則。1990 年，ICRP 大幅修正其建議，部分是因為輻射曝露的危險度估計值向上修正；部分是為了擴充防護系統理論的範圍，不再局限於劑量限制的單一層面。正當性、最適化及個人劑量限度三原則都被保留下來，並區別輻射作業與干預的差異，俾考量各種曝露情境的差異。此外，為了限制可

能因固有的經濟與社會判斷導致的不平等，更強調附帶約束值的防護最適化。工作人員年劑量限度 50 毫西弗是在 1956 年建立的，這個限度一直沿用到 1990 年，才進一步依據由廣島 - 長崎核爆倖存者數據評估修正的機率效應危險度將年劑量限度降至平均每年 20 毫西弗。同一期間公眾劑量年劑量限度 5 毫西弗也在 1985 年 ICRP 巴黎會議聲明降至每年 1 毫西弗，且在第 60 號報告中規定 1 年 1 毫西弗並保持在特殊情形下 5 年平均每年 1 毫西弗的彈性。

ICRP 60 問世以後，已有一系列為了控制輻射源造成曝露的補充指引文獻出版。包含 ICRP 60 在內，這些報告共提出了 30 個在不同情況下限制個人劑量的數值。這些數值將以不同的方式作出合理的解釋。此外 ICRP 也在 ICRP-91 號報告中開始發展人類以外物種防護的政策指引。

在此一背景下，ICRP 決定採用一組修正的建議（註 9），同時維持原有建議的穩定性。ICRP 廣泛審閱大量游離輻射健康效應的相關文獻，並未發現對現有輻射防護系統有作根本上改變的必要。因此持續保留的部分多於修正者；某些建議因可行且明確而予以保留；某些建議予以更新是因為有新的理解，某些項目的增加是因為過去欠缺；而對某些概念作更好的解釋是因為它們需要進一步的指引。

ICRP 將就應用最適化程序在不同的情境以報告的方式追蹤這些建議的效能。這些經整合的建議是由一系列名為補充文獻所支撐的，這些基礎文獻對 ICRP 政策的重要層面有詳細闡釋，而且是建構 ICRP 建議的基礎：

1. 輻射相關癌症危險度的低劑量外插
2. 游離輻射健康危害的生物學與流行病學資訊

3. 用於輻射防護劑量學之量的基礎與應用

4. 輻射防護之最適化

5. 代表性個人之劑量評估

6. 為輻射防護目的所建構之參考動物與植物概念及其應用，以及

7. ICRP 正準備提供輻射防護的範圍及醫療作業的輻射防護等指引

ICRP 的主要目標自始就是人類的輻射防護，未來仍然如此。雖然 ICRP 未曾就環境保護整體作出一般性的聲明，然而過去 ICRP 也已注意對其他物種的潛在衝擊。事實上，ICRP 在 60 號報告曾經聲明，當時 ICRP 對於環境方面僅關注放射性核種在環境中之遷移，因為這對人類的輻射防護有直接影響。這也表達了一種觀點，即為保護人類所需防護水準而採用之環境管制應已達到確保其他物種不至受到危害的程度。

ICRP 繼續相信，一般而言，在規劃曝露情境下，人類的棲息地應已獲的高水準的防護。然而，對於其他環境如未施行 ICRP 建議的地方或人類不存在的環境、或其他曝露情境將引起的環境後果可能需加以考慮。ICRP 也認知到某些國家的主管機關有必要直接且明確宣示環境應予保護，即使是在規劃曝露的情境下。因此，為了評估曝露與劑量的關係、劑量與效應的關係以及這些效應對人類以外物種可能造成的後果，發展一套更清楚的系統是必要的。

ICRP 的報告適用的對象主要是針對負責輻射防護的主管機關、組織及個人。在過去，ICRP 的建議已就國家與區域的管制標準協助提供了一致的基礎，而且也兼顧到維持建議的穩定性。ICRP 也針對基本原則提供指引，俾使適當的輻射防護措施有所本。ICRP 建議的目標並不是提供法規條文。但 ICRP 認為

這些法規條文應該由這些指引發展而得，並在整體上與這些指引一致。

ICRP 的建議和國際基本標準 (International Basic Safety Standards, 通常簡稱 BSS) 有緊密的關聯。BSS 是由聯合國內的相關國際組織共同制定並由 IAEA 發行。IAEA 官方曾決定 BSS 必須將 ICRP 的建議納入考慮。故每逢 ICRP 發布新的建議，BSS 就會跟著修訂；例如，1982 和 1996 的 BSS 就是分別依據 ICRP 1977 及 1990 的建議修訂的。

ICRP 103 號報告內容簡介

(一) 概述

ICRP 103 號報告 (2007 年建議) 定稿是在 2007 年 3 月 21 日由 ICRP 在於德國埃森 (Essen) 的舉行的會議核定，並於同年出版。發行 103 號報告的目的是更新及取代 ICRP 60 號報告 (1990 年建議)，但 ICRP 也在報告的第 (12) 段聲明：「修正的建議是對先前建議的強化與補充，並將以不同的報告發行。除非經特別聲明，1991 迄今各政策指引所提出的建議數值仍然有效。因此，這些建議不能被視為是主要改變輻射防護法規建議，將它視為以 ICRP 60 為基礎之後續的政策指引較為恰當。目前的建議反覆強調最適化原則對輻射防護的重要性，並將在輻射作業 (目前涵蓋於規劃情境) 要求方面實施的成功經驗推廣到其他情境，即緊急與既存的曝露情境」。

ICRP 在 103 號報告的序言 (Preface) 中也稱：

1. 自 1991 年以第 60 號報告發行其 1990 年建議以來，ICRP 一再定期檢討這些建議，並持續在其年報發行補充報告。這些補充報告的範圍也顯示了對這

些建議強化及重整的必要性。第 60 號報告發行以來也有新的科學數據問世。雖然既有的生物與物理假設及概念仍然穩固，但其中亦有部分應予更新。確定效應與機率效應的整體估計值基本上仍與過去相同。在過去的 16 年以來，歸因於輻射曝露的致癌危險度整體估計值並沒有重大的改變。相反的，目前對於遺傳效應的估計值較過去還要低。整體來說，新的數據會對風險的模型建構及危害評估提供更堅強的基礎。無可避免的是，人類以外物種的輻射防護似乎也比過去更受到關注。

2. 在同時考慮國際與國家法規穩定性需求的情形下，ICRP 決定在下列 2 個主要目標的思維下發行修正的建議：

(1) 考慮新的生物學與物理學資料及輻射安全標準發展的趨勢。

(2) 改進及簡化建議的表達方式。

除此之外，ICRP 也在符合新科學數據及社會期待的前提下儘可能維持建議的穩定性。

ICRP 在 2007 年 3 月 21 日發布核定 2007 建議的新聞稿中也對新建議做了簡要描述，摘要如下 (註 10)：

1. 星期三 (2007/3/21) 下午核定新建議的決定，代表一個始於 9 年前的計畫終告完成，過程中包括了建議草案史無前例地兩度向全世界完全公開諮詢意見

2. 建議中所提出的數值，在諮詢期間 ICRP 考慮了來自許多國際與國家組織、專業團體、專家及輻射防護領域以外有興趣的人士的意見所定出來的，應不可能高估

3. 新建議考慮了生物學及物理學的新資料，及設定輻射標準的趨勢。雖然目前可以獲得的資料遠多於 1990 年，但輻

射曝露後造成各種有害效應的整體危險度仍然大致與過去相同

4. 輻射防護的三原則仍然維持

(1) 可能造成或影響輻射曝露的活動的正當性

(2) 使劑量合理抑低的防護最適化

(3) 劑量限度的應用

5. 新建議的特色是

(1) 表達方式的改進與精簡

(2) 更強調環境保護

(3) 提供一個針對緊急情境及既存輻射曝露發展更新策略的平台

(二) ICRP 103 號報告內容說明

ICRP 103 發行初期除英文正版本外，陸續發行了其他語言的譯本，目前有中文簡體、法文、德文、義大利文、日文、韓文、羅馬尼亞文、俄文及西班牙文等九種語言的譯本。全文的結構及主要内容摘要說明如下所示：

■ 總結 (Executive Summary)

為 ICRP 報告重點精華的濃縮，目的在使讀者在還沒有詳讀報告的情形下能夠快速瞭解報告的宗旨與重要內容，以段落表達，從 paragraph (a) 到 (x) 共 24 段。

■ 術語彙編 (Glossary)

這一章節列出 103 號報告所用的專業術語，範圍涵蓋保健物理、輻射防護、劑量學及輻射生物、醫學放射學等各相關領域的名詞定義，依字母順序排列，共有 142 個。

■ 第一章 概論 (Introduction)

本章主要說明 ICRP 及其建議的發展歷史。揭示本報告的目的及形式，並說明 ICRP 僅關切游離輻射防護的議題。(paragraph (1) 至 (25))

■ 第二章 建議的目標與範圍 (The Aims and Scope of the Recommendation) 本章主要說明 ICRP 2007 年建議的目標、防護系統的基礎與結構、適用範圍及「排除」與「豁免」的概念。(paragraph (26) 至 (54))

■ 第三章 輻射防護的生物觀 (Biological Aspects of Radiological Protection)

本章的主要內容為輻射防護的生物學理論基礎，包括生物效應 (組織反應 (即確定效應) 與機率效應)、輻射誘發癌症的危險度與線性無低限假設、遺傳效應的危險度等。(paragraph (55) 至 (99))

■ 第四章 輻射防護上使用的量 (Quantities Used in Radiological Protection)

本章主要內容為說明輻射防護上專用的劑量學之量，ICRP 所採用的基本防護量，是以度量人體組織或器官內所積存的能量為基礎。為了將輻射曝露的量與輻射危險度 (危害) 加以關聯，也必需考慮人體各器官與組織對不同性質輻射生物效能及組織與器官間對游離輻射之敏感度的差異。包括吸收劑量 (註 12)、等價劑量與輻射加權因數、有效劑量與組織加權因數、周圍等效劑量、定向等效劑量、個人等效劑量、集體劑量及不確定度與判斷等。(paragraph (100) 至 (168))

■ 第五章 人類輻射防護系統 (The System of Radiological Protection of Humans)

本章說明人類輻射防護系統的架構與概念，主要有射源的定義、曝露評估與防護的類型 (射源關聯與個人關聯)、曝

露情境的類型 (規劃曝露情境、緊急曝露情境及既存曝露情境)、曝露的分類 (職業曝露、公眾曝露及醫療曝露)、輻射防護的原則 (正當性原則、防護最適化原則及劑量限度原則)、劑量約束與參考基準、劑量限度等。(paragraph (169) 至 (251))

■ 第六章 ICRP 建議的執行 (Implementation of THE Commission's Recommendations)

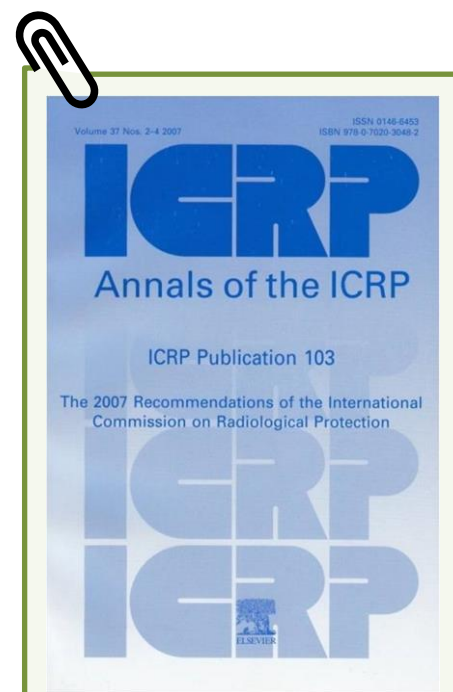
本章則說明在三種曝露情境 (規劃曝露情境、緊急曝露情境及既存曝露情境) 下如何執行這個防護系統，另在 6.5 節將這些建議與過去的建議 (包括第 60 號及後續相關的文獻) 提供了一個對照表。本章最後一節提出了執行 ICRP 建議的共同事項，特別是設施經營者與主管機關的責任。另外 ICRP 也強調對於 ICRP 建議無法立即直接實施的部分會提供進一步的指引。(paragraph (252) 至 (321))

■ 第七章 病人、照護者與生物醫學研究之自願者的醫療曝露 (Medical Exposure of Patients, Comforters and Carers, and Volunteers in Biomedical Research)

本章係針對病人、照護者與生物醫學研究之自願者的醫療曝露提供防護原則的建議，其實 ICRP 也針對醫療曝露發行多本報告提供相關的防護指引。(paragraph (322) 至 (359))

■ 第八章 環境保護 (Protection of the Environment)

本章主要說明 ICRP 對於環境保護 (人類以外物種的輻射防護) 的立場與建議，包括環境輻射防護的目標、參考動物與植物等概念。有關於人類以外物種的輻射防護，ICRP 103 只是一個起步，陸



ICRP103 章節目錄

- 第一章 概論
 - 1.1 ICRP 歷史
 - 1.2 ICRP 建議發展
 - 1.3 建議書結構
 - 1.4 參考文獻
- 第二章 建議的目標與範圍
 - 2.1 建議書目的
 - 2.2 防護體系的基礎與結構
 - 2.3 建議書的範圍
 - 2.4 排除和豁免
 - 2.5 參考文獻
- 第三章 輻射防護的生物觀
 - 3.1 確定效應的誘發
 - 3.2 機率效應的誘發
 - 3.3 非癌症疾病的誘發
 - 3.4 胚胎和胎兒的輻射效應
 - 3.5 判斷和不確定性
 - 3.6 參考文獻
- 第四章 輻射防護上使用的量
 - 4.1 引言
 - 4.2 健康效應的考慮
 - 4.3 劑量的量
 - 4.4 輻射曝露的評價
 - 4.5 不確定度及其評價
 - 4.6 參考文獻

續會發行新的文獻來使這一部分更加完整。(paragraph (360) 至 (370))

- 附錄 A 游離輻射健康風險的生物學與流行病學資訊 (Annex A. Biological and Epidemiological Information on Health Risks Attributable to ionising Radiation)
- 附錄 A 主要是概述 1990 年以後第一分委員會有關輻射健康效應的判斷，作為支持 ICRP 在 103 號報中所作修正或更新的依據。筆者認為附錄 A 可視為第 3 章的補充資料。
- 附錄 B 輻射防護上使用的量 (Annex B. Quantities Used in Radiological Protection)

附錄 B 主要是將第 4 章輻射防護上使用的量做更完整的說明與論述。筆者認為附錄 B 可視為第 4 章補充資料。

附註

註 1. ICRP Publication 60, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Pergamon Press, Oxford, (1991).

註 2. 96/29/EURATOM, Council Directive of 13 May 1996 laying down the basic safety standards for the health protection of workers and the general public Against the dangers of ionizing radiation, L159, Official Journal of the European Communities (1996).

註 3. IAEA Safety Series No. 115, International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, International Atomic Energy Agency, Vienna (1996).

註 4. 這個過程並不限於 ICRP 60，其他的建議，如 ICRP 26，亦復如此。

註 5. 有關於從 ICRP 60 到 ICRP 103 的轉折與發展過程，在筆者臉書中的輻射防護觀念研討社團有專文討論，歡迎讀者閱覽、分享及指教。網址：<https://www.facebook.com/groups/461478851211874/>

註 6. ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4).

註 7. 同前註, sec.1.1, p. 35.

註 8. 同前註, sec.1.2, pp. 35-38.

註 9. 指取代 ICRP 60 號報告的 2007 年新建議，即 ICRP 103 號報告-ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4).

註 10.

https://www.icrp.org/docs/ICRP_ap_proves_new_fundamental_Recommendations.pdf

註 11. 有關於 ICRP 103 的內容，在筆者臉書中的輻射防護觀念研討社團亦有專文更詳細的討論，歡迎讀者閱覽、分享及指教。網址：

<https://www.facebook.com/groups/461478851211874/>



- 第五章人類輻射防護系統
 - 5.1 源的定義
 - 5.2 曝露情境類型
 - 5.3 曝露的分類
 - 5.4 受曝露個人的區別
 - 5.5 輻射防護基準
 - 5.6 輻射防護原則
 - 5.7 正當性
 - 5.8 最適化
 - 5.9 劑量約束與參考基準
 - 5.10 劑量限值
 - 5.11 參考文獻
- 第六章 ICRP 建議的執行
 - 6.1 規劃曝露情境
 - 6.2 緊急曝露情境
 - 6.3 既存曝露情境
 - 6.4 緊急和既存曝露情境下胚胎/胎兒的防護
 - 6.5 輻射防護準則比較
 - 6.6 實際的執行
 - 6.7 參考文獻
- 第七章病人、照護者與生物醫學研究之自願者的醫療曝露
 - 7.1 醫療程序的正當性
 - 7.2 醫療曝露防護最適化
 - 7.3 醫療曝露的有效劑量
 - 7.4 妊娠患者的醫療曝露
 - 7.5 放射治療事故預防
 - 7.6 放射治療協助者的防護
 - 7.7 生物醫學研究的志願者
 - 7.8 參考文獻
- 第八章 環境保護
 - 8.1 環境輻射防護目的
 - 8.2 參考動物和植物
 - 8.3 參考文獻
- 附錄 A
- 附錄 B

ICRP 在 103 號報告發行後續發展 - 醫療應用的輻射防護

作者 魯經邦

台電公司退休保健物理從業人員



概述

103 號報告發行後迄今近 13 年間，除了依往例陸續發行補充或指引等相關文獻外，ICRP 採取了比以往更積極的作為。例如：

1. 從 2011 年起針對輻射防護系統每 2 年舉行一次國際會議，名稱原則上為「ICRP Symposium on the International System of Radiological Protection」（註 13），這項研討會已在 2011、2013、2015、2017 及 2019 舉行了 5 次（註 14），而且所有會議的論文集都上網提供免費下載。

2. 在 2011 年 3 月 11 日發生了全球震驚的東京電力公司福島事故，輻射防護領域也受到嚴酷的挑戰與考驗，ICRP 當時也積極的提供相關的建言，並在 2015 年 12 月在日本福島縣伊達市舉行「福島對話倡議國際研討會（International Workshop on the Fukushima Dialogue Initiative）」，會議的論文集也已上網提供免費下載。另 ICRP 也將於今（2020）年 11 月 30 日至 12 月 4 日在日本福島縣磐城市舉行「核子事故後復原國際研討會（International Conference on

Recovery after nuclear accidents）」（註 15）。

3. 103 號報告發行後迄今近 13 年間，ICRP 後續發行的相關文獻已近 40 份（不含上述的會議論文集），迄 2020 年 2 月 8 日止，最新的文獻是 ICRP 142 號報告，更值得慶賀的是，2018 年在 ICRP 90 週年慶時，倡議「免費年刊（Free the Annals）」，在許多團體

與個人的支持下完成這項壯舉，嘉惠了所有輻射防護的工作者，ICRP 在 2019 年 12 月 19 日發布新聞稿宣稱：「On 1 January 2020, every ICRP publication up to and including Publication 137 will be free to access for every person, government, organisation, and professional around the world. Every. Single.」

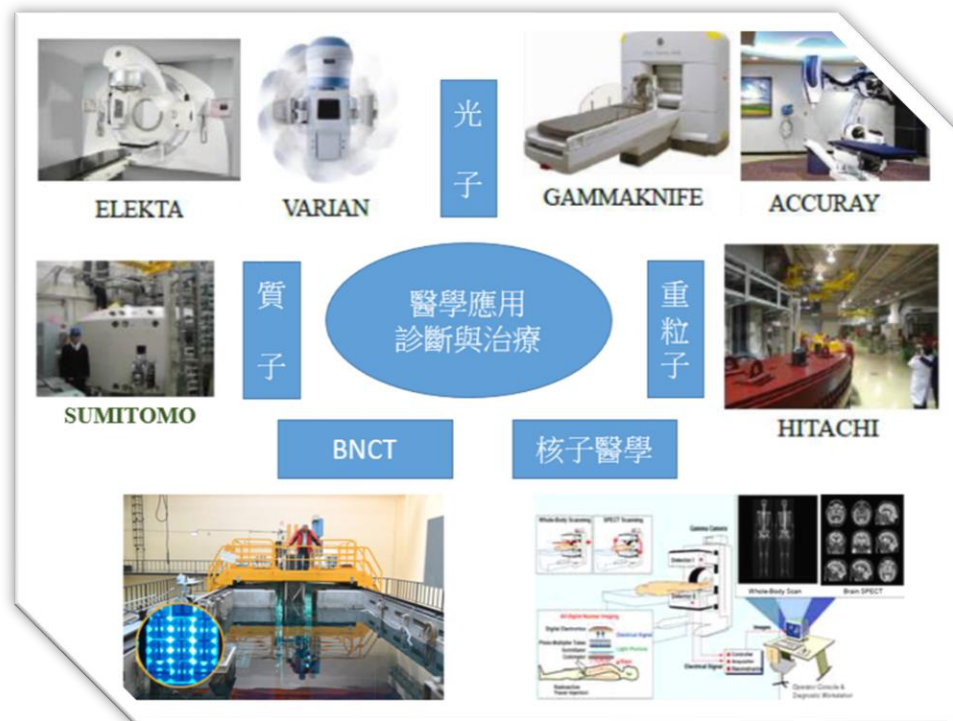


圖 1: 我國近年發展迅速的放射線醫學應用於診斷與治療

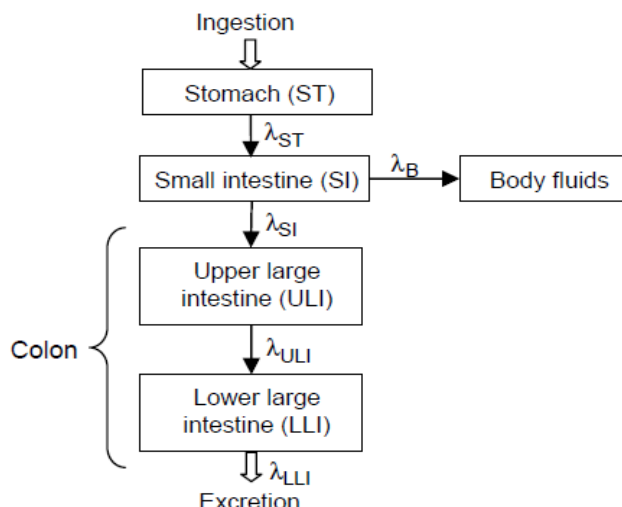


圖 2 ICRP106 對放射性藥物生物動力學模型與手部接受放射性藥物劑量的評估建議(引用於 ICRP106)

(註 16)，目前僅最新的報告（自 138 號報告起以後者）必須付費才能下載，其餘皆可免費下載。

103 號報告後續文獻簡介

ICRP103 號報告之後續發行的文獻，目前最新的為 142 號報告，茲將放射醫療主題有關報告臚列其要如下。

NO.104 Scope of Radiological Protection Control Measures. (輻射防護管制的範圍) (Ann. ICRP 37 (5), 2007)

本報告主要建議國家主管機關應依據正當性及最適化原則，制定法規明定採行輻射防護管制的範圍，並就此提供建議，釐清對哪些輻射曝露情境採行管制是正當的；對哪些輻射曝露情境管制是不可行及不合理的 (unamenable and unjustified)，應排除 (be considered for exclusion) 在法規之外。另外對於某些情形，ICRP 也建議主管機關可以考慮豁免 (exemption) 其遵守特定管制規定的要求，因為這些管制是沒有必要的。在本報告中，ICRP 也提供了一些排除與豁免的量化

基準之建議。另外對於解除管制 (Clearance) 的概念及其應用與誤用做了闡釋。

NO.105 Radiological Protection in Medicine. (醫療之輻射防護) (Ann. ICRP 37 (6), 2007)

本報告針對 ICRP 2007 建議中有關病人（包括其照護者）以及自願參與生物醫學研究者的醫療曝露建議之原則（正當性、防護最適化及劑量限度）如何正確應用加以探討。也針對醫療輻射事故防範及醫療作業中病人以外的其他曝露（醫護人員的職業曝露、自願參與生物醫學研究者的醫療曝露、照護者的醫療曝露及公眾曝露）的輻射防護方法提出了建議。另外，本報告也對最近 10 年內（2007 年向前推算）ICRP 所發行了關於游離輻射醫學應用之輻射防護的報告加以摘要，鞏固了這些文獻在 2007 年建議發行後仍然適用的正當性。

NO.106 Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals - Addendum 3 to ICRP Publication

53. (放射性藥劑對病人造成的輻射劑量-ICRP 第 53 號補編 3) (Ann. ICRP 38 (1-2), 2008)

本報告係 ICRP 53 號報告的第三份補充資料，為 33 種放射性藥物提供了生物動力學和劑量學模型、為接受核醫學檢查的哺乳中之母親提供了相關的建議；另外也提供了手部接受放射性藥物的劑量評估與監測及防護最適化的建議。

NO.110 Adult Reference Computational Phantoms. (成人參考模擬假體) (Ann. ICRP 39 (2), 2009.)

本報告說明了“參考男性”和“參考女性”的模擬假體的開發和預期用途。ICRP 在其 2007 年建議書中採用了這些模擬假體來更新體內和體內輻射源的器官劑量係數。主要重點如下：

1. 本報告中的假體是代表 ICRP 2002 及 2007 (註 18) 正式發布的參考男性和參考女性模擬模型。這些參考模擬模型是依據於真實人體的斷層掃描數據建的，因此是人體解剖學的數位三維表

示。2.為了構建參考模擬模型，從外型尺寸接近參考數據的個體中選擇了斷層掃描成像的數據集。再根據這些數據，對體素假體進行分割，然後調整為ICRP 89 號報告 (2002) 中的參考值。

3.本報告將大多數相關的源區和靶區以高精度 (with high precision) 調整到其參考質量值，並對例外與限制加以討論。4.詳細技術說明在本報告附件中。5.假體數據在本報告所附的光碟中 (亦可下載，網址：<https://www.icrp.org/docs/V1.2.zip>)。本報告的目的之一是幫助那些希望自行將假體模型用於計算者。

NO.112 Preventing Accidental Exposures from New External Beam Radiation Therapy Technologies. (體外放射治療新技術意外曝露之防範) (Ann. ICRP 39 (4), 2009)

本報告的主題是體外放射治療新技術意外曝露之防範，強調從意外曝露事件中吸取的知識和教訓對於防止再次發生至關重要。主要內容包括體外放射治療技術發展及其風險的趨勢、傳統放射治療技術意外曝露教訓總結、新技術的安全問題、新技術意外曝露案例探討、意外曝露之避免等。

NO.113 Education and Training in Radiological Protection for Diagnostic and Interventional Procedures. (診斷與介入性程序之輻射防護教育訓練。) (Ann. ICRP 39 (5), 2009.)

在ICRP 103 號及 105 號中針對這些人的教育及訓練提出了基本建議。本報告在有關使用游離輻射和核醫學執行診斷和介入程序或對此提供支援的各種類型的醫師和其他醫療保健專業人員，做了更廣泛建議。提供了有關必要的放射防

護教育和訓練的指引，供以下人員使用：

1.負責醫學放射防護的專業監管機構，衛生主管機關局、醫療機構及專業機構；2.生產和銷售這些程序中使用的設備的行業；及3.大學和其他學術機構，負責對在醫療保健中使用游離輻射的專業人員進行教育。

NO.117 Radiological Protection in Fluoroscopically Guided Procedures outside the Imaging Department. (醫院影像醫學部門外的醫療部門採取放射介入程序的輻射防護) (Ann. ICRP 40(6), 2010)

越來越多的醫學專家在影像部門之外使用螢光透視檢查，但是人們普遍忽略了影像部門外部使用的螢光檢查機器的輻射防護。影像部門以外的透視檢查人員若缺乏輻射防護訓練，會增加對工作人員和病患的輻射風險。例如血管內動脈瘤修復，腎臟血管成形術，動脈血管成形術，輸尿管支架置入，治療性內視鏡逆行胰膽管造形術以及膽管支架置入和引流的醫療程序有可能使皮膚劑量超過1 戈雷。ICRP 基於此發行了本報告，重點主要有輻射的健康效應、病患醫療曝露與醫護人員職業曝露的防護、各種臨床醫療程序 (血管外科、泌尿科、骨外科、婦產科、胃腸肝膽系統、麻醉和疼痛管理、前哨淋巴結切片檢查) 探討、懷孕婦女與兒童的醫療曝露、訓練及建議。

NO.120 Radiological Protection in Cardiology (心臟學的輻射防護) (Ann. ICRP 42(1), 2013)

本報告為心臟病專家提供心臟 CT 研究，心臟核醫學研究以及透視引導下的心臟介入性措施中的防護提供指引。包

括輻射的生物學效應，輻射防護原理，在螢光鏡透視的介入性措施中對工作人員的防護，輻射防護訓練以及建立心臟影像和介入程序的品質保證計畫等。

NO.121 Radiological Protection in Paediatric Diagnostic and Interventional Radiology (小兒科之診斷與介入放射學之輻射防護) (Ann. ICRP 42(2), 2013)

與接受相同劑量的成人相比，小兒患者患癌症的平均風險更高。兒童的預期壽命更長，因此有更多的時間表現出輻射的任何有害影響，並且發育中的器官和組織對輻射的影響更加敏感。有鑑於此，本報告旨在為放射臨床醫師及相關工作人員提供兒科患者進行放射學診斷及介入性醫療之輻射防護指引，主要內容包括輻射防護基本概念、兒科診斷影像之輻射防護概述、兒科放射線攝影和螢光透視檢查之輻射防護、兒科介入放射學之輻射防護、兒科電腦斷層之輻射防護等。

NO.127 Radiological Protection in Ion Beam Radiotherapy (離子束放射治療的輻射防護) ICRP Publication 127. (Ann. ICRP 43(4), 2014)

體外放射療法的目標是對靶的治療體積提供精確的劑量定位，同時使周圍正常組織的損害最小。離子束 (例如質子和碳離子) 主要由於其能在局部的範圍提供了很好的劑量分佈，從而可以顯著減少正常組織的曝露。對於要治療的腫瘤的給定類型和位置，需要詳盡的治療計畫，俾極大化治療效益並極小化正常組織接受的劑量。照野外空間的輻射曝露來自二次中子和光子，粒子碎片以及來自活化材料的光子。故從患者的放射防護角度，應考慮這些不可避免的劑量。離子束放射治療機構醫務人員

的放射防護也要特別注意。本報告提供了離子束放射治療的輻射防護指引，主要內容包括離子束放射治療概要、輻射防護的物理問題、輻射生物學意義、離子束放射治療的輻射曝露、離子束放射治療的輻射安全管理、離子束放射治療意外曝露之防範等。

NO.128 Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals: A

Compendium of Current Information Related to Frequently Used Substances (放射性藥物對病患造成的輻射劑量：常用藥物資訊彙編) (Ann. ICRP 44(2S), 2015)

本報告提供了患者接受來自常用放射性藥物輻射劑量相關的資訊彙編，包括以 ICRP 60 號報告為基礎生物動力學模型，生物動力學數據，器官和組織吸收劑量的劑量係數以及常用放射性藥物的有效劑量等。數據主要來自 ICRP 53 號 (1987)、80 號 (1998) 和 106 號 (2008) 報告及相關的修正及勘誤。

本報告還提供了一些核醫藥物的新資訊。本報告中提供的數據僅用於診斷核醫學，而不用於治療應用。

NO.129 Radiological Protection in Cone Beam Computed Tomography (CBCT).

(錐狀射束電腦斷層掃描的輻射防護) (Ann. ICRP 44(1), 2015)

本報告係為錐狀射束電腦斷層掃描 (CBCT) 提供輻射防護的指引，主要包括 CBCT 沿革介紹、CBCT 技術、輻射生物效應、對病患與醫事工作人員輻射防護的原則、CBCT 病患劑量評估、CBCT 病患與工作人員的防護最適化、CBCT 在特定應用下的輻射劑量管理、CBCT 的訓練、品質保證計畫等。ICRP 希望影像專業人士，醫學物理學家和製造商能使用本報告中提供的指引和建議來落實對患者和醫務人員的防護最適化原則，在考慮到經濟和社會因素，達成預期醫療效益前提下，合理抑低輻射曝露。

NO.135 Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. (醫學影像的診斷參考基準) (Ann. ICRP 46(1), 2017)

診斷參考基準是 1996 年首度由 ICRP 73 號報告提出，隨後對該概念進行了進一步發展，並於 2001 年提供了實用的指引 (Diagnostic reference levels in medical imaging: review and additional advice. ICRP Supporting Guidance 2. Ann. ICRP 31(4).) DRL 已被證明是一種有效的工具，有助於對患者進行醫學診斷和介入治療的防護最適化。ICRP 認為隨著時空的變遷，DRL 需要精進，本報告的發行即基於此依緣由，主要內容包括 DRL 沿革與概述、建立 DRLs 的考量事項、放射線攝影與螢光透視診斷、介入性程序、數位放射線攝影、電腦斷層掃描、核醫學和多模態程序、兒科等各項 DRLs、DRLs 之臨床應用等。

NO.139 Occupational Radiological Protection in Interventional



圖 3 ICRP128 提供患者接受放射性藥物輻射劑量的相關資訊，例如組織器官的吸收劑量係數。

Procedures. (介入性醫療程序的職業輻射防護) (Ann. ICRP 47(2), 2018)

ICRP 在 117 號及 120 號報告中，為參與介入性醫療程序的醫師和其他醫護人員提供了有關職業輻射防護的實用建議，本報告提供相關的輻射監測策略、方法和選擇，輻射防護方法和防護衣物及其使用和測試，輻射防護計畫的訂定，教育和訓練及品質保證的指引。本指引適用於負責職業防護的醫學物理師與其他醫療保健專業人員、劑量測定服

務人員、臨床應用支援人員、管制人員及所有與整體安全文化以及質量保證和改進有關的人員。本指引對於從事訓練、設備標準化和程序標準化的人員、負責職業衛生的人員、負責為防護目的提供財務支持的醫院管理人員與管理人員及醫療專業人員（介入性醫療專家、醫學物理學家、護士及放射線攝影師）也有幫助。

NO.140 Radiological protection in therapy with radiopharmaceuticals. (放射性藥物治療的輻射防護)

(Ann. ICRP 48(1), 2019)

本報告針對放射性藥物治療詳細介紹了為規劃治療程序和驗證所受吸收劑量目的執行個人化劑量評估的架構主要內容包括放射性藥物治療方法的正當性與最適化、生物動力學數據蒐集（全身活度、血液中活度、器官與腫瘤活度及定量方案）、吸收劑量計算方法、相關輻射防護問題探討（放射性藥物治療室與病房的要求、病患的醫療曝露、醫護人員的職業曝露、照護者的醫療曝露及公眾曝露）等。



- ◆ 註 12.強調器官或組織的平均吸收劑量。
- ◆ 註 13.會議名稱前面會冠上年份及次別，例如“ICRP 2011: 1st ICRP Symposium on the International System of Radiological Protection”，如果是與其他組織合辦，會在冠上合辦單位名稱縮寫，例如“ICRP-ERPW 2017: 4th International Symposium on the System of Radiological Protection”（in conjunction with the 2nd European Radiological Protection Research Week）。
- ◆ 註 14.<https://www.icrp.org/page.asp?id=405>。
- ◆ 註 15.ICRP 建立了一個網頁，有許多跟福島有關的網路資源，有興趣者可多加利用：<https://www.icrp.org/page.asp?id=188>（ICRP and Fukushima）
- ◆ 註 16.<https://mailchi.mp/icrp/freetheannals>
- ◆ 註 17.本表之書摘係參考各該報告的摘要改寫而成，不含國際會議的論文集（Proceedings）。
- ◆ 註 18. ICRP, 2002. Basic anatomical and physiological data for use in radiological protection: reference values. ICRP Publication 89. Ann. ICRP 32(3-4). ; ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37(2-4).



訓練班課程(109 年度)

放射性物質或可發生游離
輻射設備操作人員研習班

A 組 36 小時-許可類

A03 新竹 帝國經貿大樓

7 月 15 日 ~ 7 月 22 日

A04 高雄 文化大學推廣部

8 月 11 日 ~ 8 月 18 日

B 組 18 小時-登記類

B07 新竹 帝國經貿大樓

~~4 月 22 日 ~ 4 月 24 日~~

(因新冠肺炎影響延期至
5 月 27 日 ~ 5 月 29 日)

B08 台北 建國大樓

5 月 06 日 ~ 5 月 08 日

B09 台中 文化大學推廣部

5 月 13 日 ~ 5 月 15 日

B10 高雄 文化大學推廣部

5 月 20 日 ~ 5 月 22 日

B11 新竹 帝國經貿大樓

6 月 17 日 ~ 6 月 19 日

B12 台北 建國大樓

7 月 7 日 ~ 7 月 9 日

B13 台中 文化大學推廣部

7 月 21 日 ~ 7 月 23 日

輻射防護專業人員訓練班：
輻防員(108 小時) / 輻防師
(144 小時)

員 37 期

新竹 帝國經貿大樓

第一階段

7 月 1 日 ~ 3 日

7 月 6 日 ~ 7 日

第二階段

7 月 8 日 ~ 10 日

7 月 13 日 ~ 14 日

第三階段

7 月 23 日 ~ 31 日

第四階段

8 月 3 日 ~ 8 月 6 日

輻射防護繼續教育訓練班
(3/6 小時)

台中 文化大學推廣部

~~4 月 21 日(上午&下午)~~

(因新冠肺炎影響延期至
5 月 27 日)

台北 建國大樓

5 月 12 日(上午&下午)

新竹 清華大學

6 月 23 日(上午&下午)

高雄 科學工藝博物館南館

7 月 16 日(上午&下午)

上課地點

台北

建國大樓：台北市館前路
28 號

新竹

帝國經貿大樓：新竹市光復
路二段 295 號 20 樓

台中

文化大學推廣部：台中市西
屯區台灣大道三段 658 號

高雄

國立科學工藝博物館-南館：
高雄市三民區九如一路
797 號

文化大學推廣部高雄教育
中心：高雄市前金區中正
四路 215 號 3 樓

鋼鐵建材輻射偵檢人員
訓練班

鋼 1 新竹 帝國經貿大樓

~~4 月 15 日 ~ 4 月 16 日~~

(因新冠肺炎影響延期至
5 月 14 日 ~ 5 月 15 日)

鋼 2 高雄 文化大學推廣部
(已取消)

~~4 月 29 日 ~ 4 月 30 日~~

課程安排問題，請聯絡本會，電話 (03) 572-2224

分機 313 李貞君 (繼續教育)；

314 林珽汶 (專業人員)；

315 邱靜宜 (鋼鐵建材、放射物質與游離輻射設備)

傳真 (03) 572-2521315



輻防新聞廣場

最新證照考試日期與榜單

- ➔ 行政院原子能委員會公布 109 年第 1 次輻射防護專業測驗與輻射安全證書測驗公告及簡章。

[訊息連結](#)

「109 年第 1 次「輻射防護專業測驗」及「操作人員輻射安全證書測驗」，定於 109 年 5 月 9 日舉行，報名日期為 109 年 2 月 17 日至 3 月 6 日」已公布於本會網站，請點選下方(相關連結)詳閱簡章。

附檔下載

- [相關連結](#)

(發布日期 109 年 1 月 22 日)

國內新聞

- ➔ 好生活報導「非核家園小教室 8- 中期暫時貯存設施的安全性」。 [訊息連結](#)

台灣地震頻繁，那麼中期暫時貯存設施，會不會因此受到影響呢？答案是：不會的。臺灣與日本一樣位於環太平洋地震帶，地震是影響建物安全的重要因素，所以，在選址的時候就先將斷層等不適合的區域排除。

台電公司會針對場址的地質條件來進行耐震設計，確保設施的安全性。除了耐震設計之外，中期暫時貯存設施還要考量防災設計、輻射防護設計及用過核子燃料散熱設計。正是這樣面面俱到的考量，才能確保設施的設計能符合安全性。

接著台電公司完成安全評估後，向原能會提出建造執照申請。另一方面，為了確保設施開發不會對環境造成不良影響，台電公司也會進行環境影響評估。經過環保署審查同意後原能會才會核發建造執照，再由台電公司開始興建中期暫時貯存設施。中期暫時貯存設施完工之後，台電公司經過試運轉後，進行運轉執照申請。在原能會核發運轉執照後，才啟用「中期暫時貯存設施」。中期暫時貯存設施運轉期間，將依據原能會訂定之相關法規運轉，透過這樣的嚴格管制、政府的層層把關，確保設施的安全。 [影片連結](#)

(發布日期 109 年 2 月 14 日)

- ➔ 中央廣播電台報導「武漢肺炎衝擊 / 恐無防護服 福島核電廠清潔工將改穿雨衣」。 [訊息連結](#)

受到俗稱武漢肺炎的 2019 年冠狀病毒疾病(COVID-19)疫情影響，中國的防護服生產恐將受到威脅，日本福島核電廠經營者的東京電力公司(TEPCO)今天(18 日)表示，核電廠的員工未來在工作時，可能會因為沒有防護服，被迫改穿塑膠雨衣。

福島核電廠遭受 2011 年東日本大震災引發的大規模海嘯侵襲，造成核電廠反應爐的爐心熔解，輻射外洩的重大核災。

因為輻射污染相當嚴重，在福島核電廠進行清潔工作的大約 6,000 名工人，他們必須穿著防護服，但是必須每天更換，以避免放射性灰塵沾染在衣服上，進而受

到核輻射侵蝕，危害人體健康。

東京電力公司一名發言人告訴法新社記者說，因為武漢肺炎疫情持續增溫，「我們從供應商取得一些特定裝備，變得越來越困難」。

這名發言人接著說：「舉例來說，我們穿著的防護衣，上頭附有可以裝著識別證件與輻射測量儀的透明袋子，如今這種防護衣有可能無法獲得供應。」

他接著說，在這種情況下，福島核電廠的清潔人員可能會被迫使用一般商業產品，例如塑膠雨衣做為替代品。

不過，這名發言人說，清潔工人每天穿著的防護服並沒有防護輻射的功用，因此使用塑膠雨衣不會有太大差異。

(發布日期 109 年 2 月 18 日)

- ➔ 大紀元時報報導「真菌以輻射為食物 科學家用來造抗輻射材料」。 [訊息連結](#)

科學家發現切爾諾貝利 (Chernobyl) 地區遭遇輻射災難後，長出一些以核輻射為養分生存在菌類。現在研究人員在用這種菌類研製防輻射護膚品，或保護物件的防輻射塗層，對人類太空旅行和地面環境都有廣泛的應用。

這是一種對人類有害的隱球菌。它破壞人體免疫系統，導致隱球菌病。可是科學家發現其黑色素含量很高。

黑色素具有吸收射線將其轉化為化學能源這樣的「輻射合成」能力。科學家現在想到的一個用途是，提取這種菌類的黑色素製成抗輻射、成本又經濟的護膚品，供人類太空旅行使用。

美國 彭博公共衛生學院 (Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health) 研究員、這項研究的主要負責人科迪羅 (Radames J.B. Cordero) 說，也可以將這種菌類製成各種物體的外用防輻射塗層。

「我們知道太空射線很危險，會損壞很多東西。如果你有一種防輻射外層材料，不僅可以保護人體和物件，在地面環境中也有很多用途。」

(發布日期 109 年 2 月 21 日)

- ➔ The News Lens 關鍵評論網報導拍牙齒 X 光片卻擔心輻射？18 張劑量等同「一趟長途飛機」。 [訊息連結](#)

「照 X 光不是對身體不好嗎？」、「照這個對小朋友的發育會不會有影響？」、「輻射會不會留在身體裡面？」當牙醫師告訴爸爸媽媽要幫小寶貝拍 X 光片時，爸爸媽媽會有諸如此類的憂慮。

孩子年紀小，抵抗力相較於成人弱，身體各方面也還在成長發育，一定要拍 X 光片嗎？

拍攝 X 光片是小朋友要克服的難關，過程中因為需固定和咬住東西，可能有一點點不舒服，例如噁心感、有一點痛等等。不過，大部分 3 歲以上的小孩都可以配合。

既然會不舒服那為什麼還要拍呢？因為一些細小的蛀牙，光用肉眼是無法檢查到的，需要 X 光片的幫忙將它們一網打盡。

想要擁有健康的牙齒，小朋友應該多久拍一次 X 光？

根據美國兒童牙科醫學會 (AAPD) 的建議，容易蛀牙的小朋友屬於高風險族群，應該每半年接受一次 X 光檢查。一般小朋友的話，至少一年接受一次 X 光檢查。

除了請醫師檢查蛀牙，必要的時候，利用 X 光片可以做更好的診斷。

有些家長會擔心輻射劑量的問題，根據行政院原子能委員會公告的醫療游離輻射劑量比較圖，可以看到圖片最左邊是牙科 X 光所使用的輻射劑量，僅有 0.005 ~ 0.01 毫西弗，也是所有醫療輻射中劑量最低的。

經由牙醫師專業評估，視臨床需要安排 X 光檢查，劑量也會依小寶貝體型以及年齡做調整，加上穿戴鉛衣保護生殖部位，使用在小寶貝的身上安全無虞的。

常常聽到牙醫師安撫家長時，舉例指拍牙科 X 光片的輻射劑量，比坐一次飛機還要低。醫生說的低，到底有多低？我們可以拿搭飛機時接收的輻射劑量做比較：

往返台北 - 美國的飛機 = 0.09 毫西弗；牙科小張 X 光片 = 0.005 毫西弗

也就是說坐一次飛機相當於拍攝 18 張小張牙科 X 光片。

我在協助拍 X 光片時很常遇到家長擔心：「多張累積下來，會不會造成小寶貝的傷害呢？」根據國際輻射防護委員會 (ICRP) 第 103 號報告指出，100 毫西弗以下的劑量 (包括一次或多次) 不會造成臨床上的功能損害。

同樣以牙科小張 X 光片為例，你需要拍攝 2 萬張才會超過 100 毫西弗的有效劑量限值。一般情況之下，要拍到 2 萬張也是蠻困難的一件事。

網路媒體流傳許多錯誤資訊，讓爸爸媽媽對於輻射劑量過度擔憂。實際上醫療院所用於檢查的劑量相當的低，又能讓牙醫師仔細把蛀牙通通揪出來，所以放心把小寶貝的牙齒健康交給我們吧！

(發布日期 109 年 2 月 24 日)

➔ TechNews 報導「一群學生原意觀察小行星輻射，卻意外發現距離我們 3 萬光年的黑洞」。

[訊息連結](#)

來自麻省理工學院與哈佛大學的學生，利用 NASA 歐西里斯號尋找小行星 101955 表面發出的 X 射線時，意外找到來自深空某處的 X 射線源，經團隊數據檢查，竟是一個距離地球約 3 萬光年的黑洞。

歐西里斯號 (OSIRIS-REx) 探測器是 NASA 執行的小行星研究與採樣返回任務，於 2016 年 9 月升空，鎖定探索對象為小行星 101955 (Bennu)，預計 2023 年將採樣樣本送回地球詳細分析。

探測器攜帶的其中一項科學儀器「風化層 X 射線成像光譜儀」(REXIS)，目的是提供小行星 101955 的 X 射線光譜圖，基本上由學生製作和操作，而 2019 年 11 月 11 日時，麻省理工學院與哈佛大學的學生，竟利用該儀器發現從小行星邊緣處發射出的 X 射線源。

科學家透過不同波長的光剖析宇宙各種物體，X 射線望遠鏡通常用來觀測高能量源，比如超新星爆發、黑洞、其他高溫天體等。小行星 101955 自身不會直接發出 X 射線，但它會吸收來自恆星的 X 射線，然後以稍微不同的波長發出「出射光」，這種現象稱為螢光 (fluorescence)，科學家將這些訊息統整後，可以表徵小行星的元素種類。

然而歐西里斯號原意只是探索小行星表面輻射的 X 射線，卻意外找到來自宇宙某處的 X 射線爆發，經團隊分析，該 X 射線源來自 MAXI J0637-043 這個距離地球約 3 萬光年遠的黑洞，且日本 MAXI 望遠鏡、NASA 中子星內部成分探測器 (NICER) 皆在相同位置探測到爆發，此 X 射線源經三方驗證。

科學家表示，這是有史以來我們第一次有探測器從行星際空間探測到這類爆發。

[相關影片連結](#) (發布日期 109 年 3 月 6 日)

- ➡ 明日科學報導「鏽能防輻射！科學家使用氧化金屬開發出更小更輕的輻射遮蔽技術」。 [訊息連結](#)

北卡羅萊納州立大學 (North Carolina State University) 的一組研究團隊，日前開發出一種新的技術能應用於軍事或航太電子設備的輻射遮蔽。此種技術的成本較低，與現所使用的材料相比重量也較輕。

輻射遮蔽

電離輻射 (ionizing radiation) 可能造成電子設備的損壞，因此在軍事或航太等重要應用領域中，遮蔽輻射是相當重要的工作。而在航太應用上時，重量也是一個必須考量的因素。目前在航太領域中，通常以鋁金屬作為遮蔽材料。

氧化金屬

研發團隊此次開發的技術中，將氧化金屬的粉末與聚合物結合，再將其加入重要儀器的表面塗層中。參與研究的羅布·海斯博士 (Rob Hayes) 表示：「雖然氧化金屬在輻射遮蔽上的效果較一般金屬差，但其毒性較低且較不會影響電子儀器的操作。」

根據團隊的模擬結果顯示，在低能量的輻射條件下，此種材料與目前常用的遮蔽材料相比，伽馬輻射的遮蔽效果約是 3 倍；而中子輻射則約是 2.25 倍。最重要的是，此種遮蔽技術在電子儀器上增加的重量較輕，在同樣重量的條件下，比起現所使用的材料能夠多吸收 30 % 的輻射量。

未來發展

輻射遮蔽對於未來太空探索的發展相當重要。未來人類將前往火星，如何克服宇宙輻射對太空人造成的傷害是必須解決的問題。而此技術能減少負載所需增加的重量，也能抵擋較高的輻射劑量，有望在未來用於長途太空旅行的航太器。目前此團隊仍進一步優化此技術，海斯博士也表示目前正在尋求相關科技公司合作，希望能找到商業化量產此材料的方法。

參考資料：

It turns out rust is... a great shield for deadly space radiation. (2020, February 14). Futurism

DeVanzo, M., et al., (2020). Ionizing radiation shielding properties of metal oxide impregnated conformal coatings. Radiation Physics and Chemistry (發布日期 109 年 3 月 7 日)

- ➡ 行政院原子能委員會放射性物料管理局發布有關 109 年 3 月 11 日媒體報導「311 福島核災 9 週年」之回應說明。 [訊息連結](#)

有關媒體刊載「311 福島核災 9 週年」乙文，提及「過去台灣處理核電廠低階核廢料的過程、數據都未盡透明，恐有污染環境之虞」及「主管機關應進行周遭地區流行病學調查」等事，原能會本於核能安全主管機關職責，謹就相關報導內容回應說明如下：

一、我國低階核廢料處理設施之興建、運轉，均依「放射性物料管理法」規定，分二階段申請並經審核通過後始得建造及運轉。我國各核能電廠均設有放射性廢棄物的處理系統，放射性廢液經過濾、除礦處理後可回收使用或經蒸發器濃縮後固化裝桶。我國低階核廢料處理之收集分類、減容、固化、盛裝、貯存、運送及其運作之安全管制要求與標準，均與國際同步。

二、我國低階核廢料處理設施依法應定期提出放射性廢棄物營運、輻射安全、放射性物質排放等報告，原能會落實資訊公開，將各式營運表報均刊載於官網供各界閱覽。(https://www.aec.gov.tw/fcma/管制動態/放廢設施管制/放射性廢棄物設施管制報告--2_32_57.html 、 https://www.aec.gov.tw/輻射防護/輻安管制/輻射防護管制報告/核子設施管制報告--4_28_116_303.html)



三、核能電廠的低放射性廢棄物處理或貯存設施，多位於核電廠內，各核能電廠之環境輻射監測，自運轉前即建立環境輻射背景調查，運轉後每年亦持續依原能會逐年核定之環境輻射監測計畫，嚴格執行各核能電廠之環境輻射監測作業，並定期將監測結果陳報主管機關與公布。依據歷年台電公司及原能會輻射偵測中心對核能電廠環境輻射監測結果顯示，各核能電廠附近之環境輻射，均在天然背景值正常變動範圍內，並無異常情形。另本會亦建立全國即時環境輻射監測，以確保不會對廠外環境造成影響。(https://www.aec.gov.tw/輻射防護/輻安管制/環境輻射監測結果報告--4_28_118.html)

四、有關國內核能電廠附近居民之健康調查，早期民國 82~96 年曾由原能會與衛生署委託台灣大學、高雄醫學大學、亞洲大學等學術研究單位執行 6 次大規模調查，結論可歸納為「電廠附近居民與對照組民眾健康狀況比較，沒有發現異常情形」。近期則由台電公司依立法院審查預算之決議事項，自 106 年起辦理「核能電廠附近居民流行病學調查」計畫，預定將於 109 年內完成調查報告。

五、本會自謝主任委員上任以來，秉持全民的原能會理念，將持續嚴格監督各核能電廠核廢料處理做好輻射安全防護及相關廢棄物營運管理工作，並將以公開、透明、專業的立場，全力做好各項安全管制工作，以確保公眾健康與環境品質。

(發布日期 109 年 3 月 12 日)



財訊報導「走出烈震陰影 福島轉型創新，變身機器人練兵重鎮」[訊息連結](#)

日本近年來天災頻傳，如何利用科技防災和救災，成為一大商機。對福島居民來說，9 年前的痛，正是振興防災產業的契機。

2011 年日本東北「311」大地震後，福島第一核電廠第一到第三號機組設備受損，同時決定廢爐。棘手的是，由於輻射外洩，一般人員無法實際進入現場，後續作業進度緩慢。於是可以遠端操作的機器人，就成了最佳幫手。

當年爐心熔解後，東京電力公司就把機器人送入瓦礫堆積、凌亂不堪的建築物內。例如 iRobot 的爬行式機器人 PackBot，進入現場拍攝照片、測量輻射量；東北大學等單位共同製造的機器人 Quince，則到建築最高的營運樓層調查；三菱電機特機系統公司的機器人 FRIGO-MA，利用小型的特點，進入一號機組狹小的房間內調查內部狀況和輻射量。其他如 Topy 工業、東芝、本田技術研究所等，也各自推出功用不同的機器人，福島儼然成為機器人的競技地。

這些機器人一開始多半是進入建築物內調查，之後的重點逐漸轉移到高輻射量區域的除去輻射污染的作業，或取出核子反應爐壓力容器內的熔渣等。例如福島第一核電廠三號機組內共有 566 根燃料棒，東芝去年即用自行開發的遠端操作機器燃料移除系統，人員在 500 公尺外操控，即可先除去堆積在廢燃料池中的瓦礫，再將燃料棒從池中取出。接下來把燃料棒裝到運輸用的容器內，移到 100 公尺外的儲存池內。

中小企業的研發能量也很強。福島縣在地企業 ABLE 公司已有 20 年歷史，主要業務是維修電廠設備，「311」後開始研發機器人，因為累積多年現場的經驗，大企業要花 3 年開發的一項產品，該公司半年就完成。東電第一核電廠廢爐時必須拆除 120 公尺高的排氣筒，ABLE 為此特別開發出遠端操作的巨大機器人，從排氣筒上端開始，以 2 到 4 公尺的間隔切斷。

2012 年由當地企業合資成立的 AIZUK 公司，則開發出爬行式電動機器人 Giraffe，長 1 公尺、高僅 40 公分，能遠端操作，在災區的瓦礫上或倒塌的建築物內搜尋，即使在輻射劑量高的地方，或惡劣的天候下，也能維持精確度；電池最多使用 8 小時，還能爬 45 度的斜坡。

不可諱言，挑戰還是很多。首先是機器人往往不夠堅固，無法承受災害現場的嚴峻環境；開發者不了解核電廠現場的實際狀況和需求，也成為改良產品的阻礙。此外，設計出產品後，如何測試也是瓶頸。而且這類專業產品的市場有限、造價又高，讓企業卻步。

為了解決這些問題，並且讓受災地福島搖身一變為創新的重鎮，日本政府斥資 155 億日圓，2018 年在福島縣南相馬市興建「福島機器人測試開發中心」，占地 50 公頃，今年 3 月底即將全面展開營運。位於開發基礎區域的研究大樓內，除了有電裝等民間企業外，還有會津大學等學術和研究單位進駐。這個中心內也設置了隧道、瓦礫和土石崩落區域、橋梁、可以改變混濁度的水槽等，提供各種嚴苛的環境供業者模擬。更特別的是，這裡還設置了能加工零件的工具機、可分析和量測的精密機器，廠商測試後，需要調整或修理設備時，能在現場即時處理。無人機也是研究的一大重點。這個中心的無人機區域，有長 500 公尺的南相馬跑道，在 13 公里外的浪江町，還有 400 公尺長的浪江跑道。儘管許多企業看好飛天車的商機，因為它可以當計程車或用來運送物資，但是要確保測試領域是一大問題。有了專用區域，就不需要事前申請，也能在夜間飛行或投下物資。

基於對環境的省思，福島縣還致力推動再生能源，2018 年度縣內包含石油、天然氣等能源中，約 31% 是太陽能、風力等再生能源，2040 年再生能源比率目標甚至要達到 100%。東芝、東北電力、岩谷產業等公司聯合在福島縣浪江町，設立了福島氫能研究開發中心，包含研發費的總工程費用約 2 百億日圓。預定在 18 萬平方公尺的用地上，設置發電量共 20 兆瓦的太陽能板，電力要用來製造氫氣，載運到消費地點。

(發布日期 109 年 3 月 31 日)

中時電子報報導「台電放射試驗室 隱藏的核安守護者與 SGS 合作」[訊息連結](#)

台電放射試驗室創立近半世紀，過去是「核安守護者」專責核能電廠設施、環境與人員輻射監測，1997 年成為我國 TAF (全國認證基金會) 首個放射檢驗認證單位，近年力推轉型，2017 年獲衛生福利部第一張食品放射性檢驗認證，更與國際知名檢驗機構 SGS 合作，首度跨足放射性食品檢驗，去年再獲內政部綠建材及原能會輻射防護偵測認證，累積 4 大認證獨步全台，7 日與 SGS 續簽擴大合作。台電表示，將積極投入建材、化妝品、中草藥、農產品履歷、紡織產品等檢測新領域，努力為民眾生活中的輻射安全把關。

台電今日與台灣 SGS 續約，由台電核能事業部執行長簡福添副總經理與台灣 SGS 總裁邱志宏共同簽署合作協議。台電說明，放射性檢驗設備建置成本高，專業人員亦仰賴長期專業養成，且需配合輻射防護管制作業，國內目前僅台電與清華大學、原能會所屬單位可執行相關檢測，而台電放射試驗室設備數量高居全國第一，1992 年成為第一個國家認證體系 (CNLA, TAF 前身) 環境試樣放射性檢

驗的環境實驗室，1997 年成為 TAF 首個放射檢驗認證單位。

台電放射試驗室自 1975 年創立至今已 45 年，從事核能電廠環境輻射監測、輻射工作人員劑量評定、輻射偵測儀器校正與維修，以及放射化學分析服務。台電指出，先前因應日本核災地區食品進口輻射檢測需求，在衛福部與經濟部協助下，歷經現場評鑑、實地查核、技術審查與最終審查會等 7 個月考驗，台電在 2017 年 9 月成為國內第一家獲衛福部認證單位（食品放射性核種檢驗機構），同時遵循美國食品藥品監督管理局 FDA 實驗室檢測標準程序執行，進而於 2018 年 1 月與台灣 SGS 簽署合作意向書，首度跨足食品檢驗領域。

台灣 SGS 總裁邱志宏表示，台電放射試驗室擁有輻射偵測、放射性核種檢驗豐富經驗與專門技術，2 年來合作屢獲客戶高評價，期盼續約擴大放射性檢驗合作服務項目。

台電放射試驗室近 2 年協助過台大醫學院執行日本進口食品安全評估計畫的核種分析。台電說明，去年陸續再取得內政部綠建材放射線檢驗、原能會輻射防護偵測業務等新認可，能將既有火力電廠煤灰檢測（天然輻射）再利用於建材的專業經驗，轉換至協助建材商申請綠建材標章相關檢驗；而輻射防護偵測認證則可提供鋼鐵業、建築物、鋼材等輻射量測與安全評估服務。

台電放射試驗室至今累積 4 大放射檢驗專業認證，更計劃取得日本厚生勞動省（相當於我國衛福部與勞動部）食品認證，協助台灣食品業者降低貿易成本。台電指出，與 SGS 續約後，將持續擴大服務項目，投入建材、化妝品、中草藥、農產品履歷、紡織及鞋類產品、醫療器材等新領域的放射性檢驗，努力為民眾生活中的輻射安全把關。

即時訊息與新知分享

- ➔ 輻射偵測中心發布落塵及食品飲水偵測報告-108 年下半年報。

[訊息連結](#)

本報告係 108 年 7 月至 12 月期間，行政院原子能委員會輻射偵測中心執行臺灣地區放射性落塵、食品及飲用水中放射性含量調查結果。偵測項目包括直接輻射、落塵、水樣、農畜產物、海產物、沉積物、國產與進口食品及飲用水等試樣放射性含量分析，共計 1089 件次。依據分析結果，評估國人經由吸入空氣、攝入食品及飲用水所造成約定有效劑量，均符合法規規定。另本年度輻射偵測中心亦專案進行台灣海陸域環境輻射調查計畫及 108 年度高雄市飲用水水質輻射監測等 2 項輻射偵測作業共計 553 件次，相關專案偵測結果亦納入本半年報之附錄二中。[相關連結](#) (發布日期 109 年 3 月 13 日)

- ➔ 輻射偵測中心發布 109 年 2 月份輻安預警自動監測月報。[訊息連結](#)

[結](#)

相關連結：[輻安預警自動監測月報-109 年 2 月](#)(發布日期 109 年 3 月 13 日)

立體定位全身放射治療-SBRT 介紹

(Stereotactic Body Radiotherapy, SBRT)

作者 劉明祥

阮綜合醫療社團法人阮綜合醫院放射腫瘤科 醫學物理技術主任

中華民國醫學物理學會 理事長



前言

現今癌症治療中除了外科手術切除及化學藥物治療外，放射線治療扮演相當重要角色，在合併治療模式中更形成一個密不可分協同作戰共同體。針對不同部位及期別的惡性腫瘤，會有不同術式的外科手術，不同藥物的化學治療，而放射線治療也有相對應的照射計畫與技術。

概述

單次高劑量低分次放射線照射腫瘤產生消融效應

立體定位全身放射治療(SBRT)是近幾年放射治療新的技術，它是針對頭顱以外全身小於 5 公分之腫瘤，使用單次超高放射線劑量(6-30 格雷)及低分次照射之放射治療技術，通常治療次數小於 5 次(1~5 次)，與過去傳統的放射治療(每次 1.8-3 格雷，總共照射 10~40 次)相差甚大。由於治療次數少，每次治療如有誤差則會影響結果大於 20%，所以必需配合特殊的定位固定系統及影像導引系統，將放射線以小於 1 毫米的偏差，高精準的照射在腫瘤標的上，產生所謂的“消融 (Ablation)”作用 [Ref.1]，讓腫瘤因單次大劑量產生較

強的輻射生物效應而慢慢萎縮甚至消失
圖一、右肺第一期腫瘤接受 SBRT(左圖)，3 個月後追蹤電腦斷層影像腫瘤已明顯變小(中圖)，半年後腫瘤已明顯消失(右圖)。(圖一)，進而達到根治的治療目的。因此，立體定位全身放射治療也有人稱為立體定位消融放射治療 (Stereotactic Ablative Radiotherapy, SABR)，而因為低照射次數之特徵所以還有立體定位低分次放射治療 (Stereotactic Hypofractionated Radiotherapy) 的名稱；如果沒有分次照射只治療一次，則也有人稱之身體或顱外立體定位放射手術 (Body or Extracranial Stereotactic Radiosurgery, bSRS or ecSRS)。

適合使用這項技術的情況

目前適合立體定位全身放射治療技術的病患，包括：第一期的非小細胞肺癌、肺轉移腫瘤、肝癌、肝轉移腫瘤、胰臟癌、脊髓腫瘤、腎腫瘤、腎上腺腫瘤、攝護腺癌...等部位之小腫瘤。病患必需經過放射腫瘤專科醫師評估腫瘤的大小(通常直徑小於 5 公分，最大不超過 7 公分)、腫瘤生長部位附近一些危急器官的相對距離及安全性(包括：腫瘤周圍安全器官的傷害性、副作用發生機率及嚴重度)，最後再評估可治癒程度及病患身體狀況後，在醫師許可及病人同意下都可接受立體定位全身放射治療。所以，除了外科手術治療外，立體定位全身放射治療為腫瘤病患提供了另一種無痛的治療選擇。它對腫瘤的治療與控制效果不亞於手術治療且沒有手術過程的



圖一、右肺第一期腫瘤接受 SBRT(左圖)，3 個月後追蹤電腦斷層影像腫瘤已明顯變小(中圖)，半年後腫瘤已明顯消失(右圖)。



圖二、主動閉氣式呼吸調控技術

風險與疼痛。Fowler 等人在 2005 年的文章 [Ref.1] 中提到以非小細胞肺癌為例，立體定位全身放射治療以每次 12 格雷，治療 5 次，其輻射總劑量看似為 60 格雷，但其歸一化總劑量 (NTD, normalized total dose) 卻高達 110 格雷。與傳統放射治療劑量每次 2 格雷，照射 30 次相比，其輻射總劑量同樣為 60 格雷，但是 2 年 6 個月的存活率可以從傳統的 15% 拉高到 >99%，可見立體定位全身放射治療對於早期單一肺腫瘤的控制率確實不差，國內健保署也早於 104 年 2 月已經將此技術應用在原發性早期肺部及肝膽單一病灶之惡性腫瘤列入健保給付。

放射治療技術流程 [Ref.2]

1. 病患呼吸調控衛教：因放射治療照射時間過長，病患不可能像照 X 光一樣，用短暫閉氣來解決腫瘤因呼吸所造成之位移及不確定性。通常醫師會決定給病人使用主動閉氣式或自由呼吸式來控制腫瘤被照射時的準確性，當然這兩種呼吸調控技術都另需其他裝置或設備來協助完成。其中主動閉氣式需要花費較久時間來做教育訓練，病人才會有更

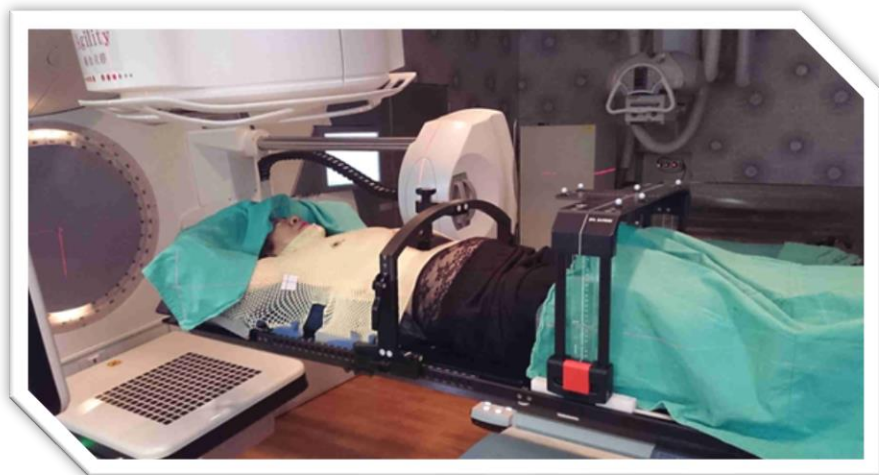
完美的配合，讓腫瘤不會因呼吸而失去照射時的精準。(圖二)

2. 身體固定模具技術：由於高精準度之要求需要反覆驗證腫瘤被照射位置，所以單次治療時間比傳統治療時間多了數倍之多。因此，病患照射姿勢的舒適性、穩定度及再現性就非常重要。這部分需要多名醫事放射師的參與，反覆測試才有良好的固定效果。(圖三)

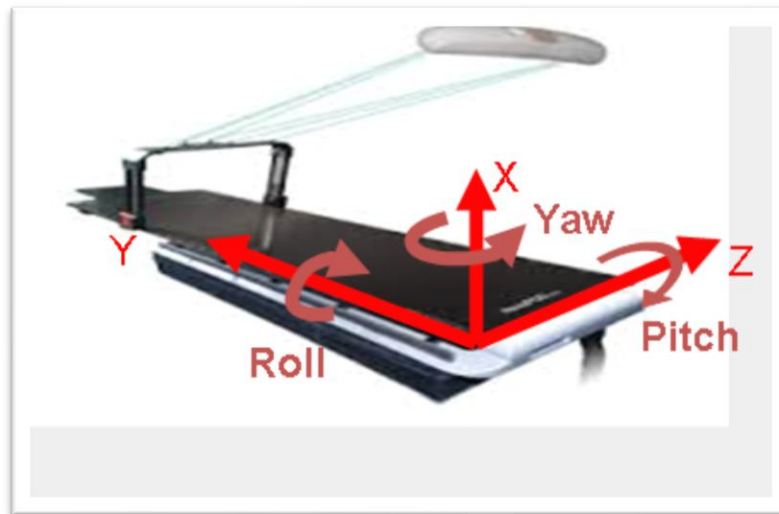
3. 電腦斷層定位及影像擷取：有了身體固定模具之後，就要定出腫瘤在此模具上面大概的三度空間相對座標位置，

再藉由雷射定位後描繪在模具上。在模具上的腫瘤相對座標位置做些金屬條標記，以利在 CT 斷層影像上呈現相對位置，方便後續醫師在 CT 影像上勾畫腫瘤靶區形狀及位置之後，再度修正其正確性。針對主動閉氣式或自由呼吸式，CT 影像擷取的模式也不相同，分別是一般模式及 4D 模式。

4. 放射治療計畫：醫學物理師會將醫師已完成靶區及周邊危急器官勾畫之 CT 影像，用治療計畫專用電腦進行照射模擬，根據醫師處方劑量、危急器官



圖三、自由呼吸式呼吸調控技術，病患固定在直線加速器上之全貌



圖四、6D 治療床會依據天花板紅外線照相機來修正其三維空間誤差，包括 3 個線性及 3 個角度向量。

5. 之劑量限制、機器照射角度、射束能量(常用 6MV)、位置及形狀等等，計算腫瘤之放射等劑量曲線 (isodose curve) 及各器官接受之輻射劑量和照射體積之關係。

6. 治療計畫驗證：病人開始治療前，將醫師最後判定核准之治療計畫在治療機器(通常是醫用直線加速器)上模擬照射，藉由假體及劑量計測工具收集相關品質保證參數，由醫學物理師判定是否通過照射品質驗證(照射位置及劑量的正確性)，並將結果報告其主治醫師。

7. 治療前機器再次品保驗證：由於此治療技術需要高精準度，因此當病患治療前需要再次驗證治療機器之紅外線引導系統、影像導引系統(含影像融合正確性)及 6D 治療床系統(圖四)其修正位移能力等。

8. 治療室病人姿勢再現性：當病人開始治療時，病患在治療床上與身體固定模具的再現性需再度確認，並搭配相關配件，讓病患在擷取影像時的姿勢重現。

9. 腫瘤位置再驗證：利用治療機器上面的影像擷取設備進行影像導引放射治療(Image-guided Radiotherapy, IGRT)，其目的可以讓病人體內腫瘤現在的位置與醫師勾畫的腫瘤照射靶區做定位比對，藉由影像融合軟體來修正其三維空間誤差。

10. 實施放射治療：放射治療前，6D 治療床會修正其三維空間誤差，包括 3 個線性及 3 個角度向量，達到少於 1 毫米的誤差才能實施放射治療。由於單次超高放射劑量，因此機器的監控單位 (monitor unit, MU) 也很大，照射時間會較久，進而影響病人姿勢的維持，所以為了降低病人照射時間，避免靶區位移，通常需要高功率的直線加速器。

由於立體定位全身放射治療需搭配多項特殊裝置及技術，治療過程精準且嚴謹，需在有經驗的放射腫瘤醫療團隊執行下，更可呈現較高放射治療品質。其治療過程最多 5 次(傳統放療 10~40 次)，可以大幅減少病患往返醫院，相

較於外科手術，立體定位全身放射治療是種無痛處理小腫瘤方式，對於癌症病患可說是一大福音。

參考資料

1. Fowler JF, Tome WA, Welsh JS. Estimation of the Required Doses in Stereotactic Body Radiation Therapy. In Stereotactic Body Radiation Therapy, Kavanagh BD and Timmerman RD, eds. Lippincott Williams & Wilkins, 2005.
2. Stereotactic Body Radiation Therapy: The report of AAPM TG-101, 2010

國內游離輻射領域實驗室的品質認證概況

作者 陳清江

義守大學醫學影像暨放射科學系兼任副教授



一、前言

國內游離輻射領域分析或校正實驗室大部分屬於政府機構、公營事業單位或國立大學，既專業又稀少，在原能會的推動之下，大多數通過 ISO/IEC 17025 的認證，以彰顯量測或校正品質的可靠度。本文旨在介紹 ISO/IEC 17025:2017 最新的實驗室認證要求與國內財團法人全國認證基金會 (Taiwan Accreditation Foundation; TAF) 認證制度的推動方式，並介紹國內游離輻射領域實驗室的品質認證概況。

原能會在制定核設施環測與人員劑量評定機構認可及管理辦法時，已經將游離輻射量測品質的國際認證要求列入法規條文中，以確保游離輻射量測水準與國際核能先進國家一致。例如“輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準

則”第 22 條: 環境輻射監測作業執行單位，應通過主管機關指定機構之認證；指定機構及認證項目由主管機關公告之。指定機構即中華民國實驗室認證體系(CNLA)，CNLA 於 2003 年 9 月 17 日改制為財團法人全國認證基金會 (Taiwan Accreditation Foundation; TAF)。另外第 25 條: 環境輻射監測作業中之品質保證作業，得依環境輻射監測品質保證規範或國際標準化組織中品質保證之規定執行。另外“環境輻射偵測品質保證規範”，內容主要參考美國

NRC Regulatory Guide 4.15.及中華民國實驗室認證體系游離輻射領域環境試樣放射性核種分析測試實驗室認證準則制定。

“人員輻射劑量評定機構認可及管理辦法”，有關“輻射工作人員體外劑量評

定技術規範”，第六章第 6 條: 獲中華民國實驗室認證體系認可，並經原能會核可之機關或機構，始得提供人員劑量佩章從事人員體外劑量之評定工作。

由於原能會在制定規範時，就將游離輻射量測品質的國際認證要求列入條文中，因此國內游離輻射領域實驗室大部分都已經通過 TAF 認證，目前共有 24 家量測實驗室與 8 家校正實驗室通過 TAF 推動的 ISO/IEC 17025 認證，在 TAF 總共 2300 餘家實驗室通過認證中，游離輻射算是小而美的領域。

二、ISO/IEC 17025 : 2017 簡介

ISO/IEC 17025: 2017 是國際標準組織和國際電氣技術委員會所制定，用來審核測試與校正實驗室之技術能力和品質管理系統的全球共通標準，第一版 ISO/IEC Guide25 於 1978 年出版，歷經五次改版為 2017 年最新版本，由原先的 13 項要求擴增為 29 項，不只項目倍增，細項要求也更加周全，是測試與校正實驗室能力評鑑之共通規範。但 ISO/IEC 17025 不包括實驗室運作須符合各國制定的法規與安全要求。

新版國際標準 ISO/IEC 17025: 2017 英文版於 2017 年 11 月 29 日公告改版，採用高階文件架構，本文包含八章節及兩附錄。中文版為 CNS 17025 : 2018，文件章節如下表。



圖 1 ISO/IEC 17025 是國際標準組織和國際電氣技術委員會所制定的測試與校正實驗室技術能力與品質管理系統的共通標準

表 1. 中文版 CNS 17025 : 2018 文件章節

章節	名稱	章節	名稱	章節	名稱
	前言	6.5	計量追溯性	7.11	數據管制與資訊管理
1	適用範圍	6.6	外部提供的產品與服務	8	管理系統要求事項
2	引用標準	7	流程要求事項	8.1	選項
3	用語及定義	7.1	要求事項、標單及合約之審查	8.2	管理系統文件化(選項 A)
4	一般要求事項	7.2	方法的選用、查證及確證	8.3	管理系統的文件管制(選項 A)
4.1	公正性	7.3	抽樣	8.4	紀錄的管制(選項 A)
4.2	保密	7.4	試驗件或校正件的處理	8.5	處理風險與機會之措施(選項 A)
5	架構要求事項	7.5	技術紀錄	8.6	改進 (選項 A)
6	資源要求事項	7.6	量測不確定度的評估	8.7	矯正措施 (選項 A)
6.1	一般	7.7	保證結果的效力	8.8	內部稽核 (選項 A)
6.2	人員	7.8	結果的報告	8.9	管理階層審查(選項 A)
6.3	設施與環境條件	7.9	抱怨	附錄 A 附錄 B	計量追溯性(資訊性) 管理系統選項(資訊性)
6.4	設備	7.10	不符合工作		參考文件

本次的改版重點摘錄如下：

1、加入風險管理要求：ISO/IEC 17025 :2017 新版參照 ISO 9001，新增條文「8.5 處理風險與機會之措施」，將 ISO 9001 的風險管理觀念和模式納入，在實驗室建置前就應針對可能的失效風險進行辨識，以決定實驗室在建構時應採取的管制與修正措施。

2、報告適法性要求及責任歸屬：當實驗

室出具之結果涉及結果符合性聲明時，應說明「判定規則」並解釋量測不確定度的適切性，使客戶了解及正確使用結果的報告，並提供公正性及保密的法律效力承諾；同時條文內明確要求在以下情況，實驗室應做出免責聲明：(1). 樣品偏離的處置：當已知量測或校正樣品偏離規定的條件，而客戶依然要求進行量測或校正，實驗室應在報告中做出免責聲明，指出結果可能受偏離的影響。

(2). 結果報告：當證書包含客戶提供的數據時，應予明確標示。當客戶提供的數據可能影響結果的有效性時，實驗室應做出免責聲明：(1). 樣品偏離的處置：當已知量測或校正樣品偏離規定的條件，而客戶依然要求進行量測或校正，實驗室應在報告中做出免責聲明，指出結果可能受偏離的影響。(2). 結果報告：當證書包含客戶提供的數據時，應予明確標示。當客戶提供的數據可能影響結果的

有效性時，實驗室應在報告中做出免責聲明。(3). 實驗室應對報告中的所有資訊負責，由客戶提供的資訊必須明確說明。

3、「採購」與「分包」合併:參考 ISO 9001 :2015 將舊版中的 4.6「服務和供應品的採購」與 4.5「量測和校正的分包」合併成同一條文，即「外部提供的產品和服務」，而在界定其量測或校正活動範圍時，範圍不應包括持續從外部機構獲得的量測或校正項目。

4、用「實驗室活動」來取代「量測、校正和抽樣」ISO/IEC 17025 :2017 所指的抽樣，是考量其預定的標準適用範圍為從事量測或校正活動的實驗室，抽樣往往是量測或校正過程的一部分。若實驗室有抽樣活動，應將抽樣的不確定度納入評估。

5、簡化人員的要求:刪除對人員培訓需要具體的政策和程序的要求，並將培訓、經驗、所需知識、工作職掌、權責進行連結，同時統一人員與管理階層的名詞。

6、加強設備及儀器的查核:對於測試及校正數據產出過程中的設備及儀器，應建立預防性維護方案，例如設備及儀器保養及校正的頻率、量測追溯性、使用前的確認及設備負責人等。對於日常使用情況和其穩定性的確定，建立查核的方法並記錄；另設備原廠操作手冊應列為「外來文件」實施管制。

7、量測不確定度的要求變成強制性:每項量測或校正結果的量測不確定度評估變成「強制性」的要求，同時「抽樣」的量測不確定度應列入考量。

8、管理方式的要求區分為 A.B 兩型:參考「ISO/IEC 17020 : 2012 符合性評

鑑-各類型檢驗機構施行檢驗之作業要求」，實驗室得選擇兩種方式之一。方式 A：依據第 8 章「管理要求」內容，確認符合 8.2~8.9 之條文；方式 B：建立 ISO 9001 系統，並取得認證。

9、實驗室的資訊管理系統應有防範記錄系統故障之功能，以及緊急應變措施。

10、內部稽核與管理審查均應考量 ISO 9001:2015 之條文 9.2、9.3 之要求。

11、對於人員資格要求，在 6.2.5(f)新增人員能力監控機制與 6.2.6 (a)授權人員執行特定活動，例如方法開發、修訂、查證及確認等。

12、品質系統規劃的劃分，包含從內部及外部的角度執行。

13、實驗室的電子紀錄，需保留「更改」的可追溯性。

14、強化客戶投訴處理之要求。

15、報告及證書資訊的變更，包含量測或校正的日期、報告的簽發日期、標識修改的內容。補發報告編號需與原編號區隔，以利識別。

三、全國認證基金會(TAF)簡介

TAF 的前身為中華民國實驗室認證體系 (Chinese National Laboratory Accreditation, CNLA) 由經濟部標準檢驗局主管，並委託工業技術研院代為辦理。CNLA 依據國際標準 ISO/IEC Guide58 建立評鑑服務管理系統，對國內執行校正/測試之實驗室或機構依據國際標準 ISO/IEC17025 執行評鑑，凡其品質系統及技術能力達特定要求者即授與認可證書，並予公開登錄。

為因應我國於民國 91 年 1 月 1 日正式加入世界貿易組織(WTO)，以及建置符

合 WTO 技術性貿易障礙協定(TBT)符合性評鑑基礎架構之需求，經濟部參酌當時國際認證發展趨勢，整合國內認證資源，將經濟部標準檢驗局中華民國實驗室認證體系(CNLA)及經濟部中華民國認證委員會(CNAB)兩者業務合併，2003 年 9 月 17 日正式立案成立財團法人全國認證基金會(TAF)。在國內 TAF 是一個提供全方位專業認證服務的非營利性機構，也是我國唯一獲得國際認證組織承認之認證機構，旨在建立符合國際規範且公正、獨立、透明之認證機制，建構符合性評鑑 (conformity assessment) 制度之發展環境，結合專業人力評鑑及運用能力試驗，推動國內各類符合性評鑑機構(驗證機構、檢驗機構、能力試驗執行機構、參考物質生產機構及實驗室)各領域之國際認證，提昇其品質與技術能力，並致力於人才培訓與資訊推廣，強化認證公信力，以滿足顧客之需求，促進與提昇產業、國家競爭力及民生消費福祉。

為順利推動各領域之認證業務，TAF 積極與各主管業務之政府部會合作，透過相關部會立法機制更容易落實認證制度，TAF 與相關部會之合作關係如圖 2 所示。

為因應 ISO/IEC 17011 及 ISO/IEC 17025 改版之需求，TAF 自 2017 年 11 月起即成立工作小組，研析相關標準展開作業，2018 年 2 月 15 日 TAF 已完成修訂並正式公告「ISO/IEC 17025 : 2017 測試與校正實驗室能力一般要求」(TAF-CNLA-R01)第四版。TAF 隨即發布轉換政策，辦理新版訓練及說明會，說明新版標準差異，協助實驗室進行轉換；為使我國符合性評鑑制度發展及認證標準與國際同步接軌，2019 年持續追蹤實驗室轉版進度，通知各實驗

TAF與政府部會之合作



圖 2 TAF 與相關部會之合作關係

室提早規劃並提出轉版申請，並提供實驗室主管與評審員相關在職訓練，也投入資源培養更多評審人員，因應實驗室轉換認證申請時之評鑑人力需求。截至 2020/02 共有 2300 餘家符合性評鑑機構，且符合新版與轉換中之認證實驗室已達七成。

為達「一次認證 全球接受」之目標，TAF 持續維繫國際實驗室認證聯盟 (ILAC)、國際認證論壇 (IAF) 及亞太認證合作組織 (APAC) 等相互承認協議之有效性；新增國際實驗室認證聯盟 (ILAC) 能力試驗執行機構 (PTP) 之相互承認協議 (ILAC MRA) 增進 TAF 的認證效益。TAF 推展國內實驗室認證業務，同時也接受 ILAC 的同儕評鑑，以維持與世界一致的認證制度。認可實驗室/檢驗機構提供其認證範圍之服務時，可依據 TAF 權利義務規章 (文件編號：TAF-AR-10) 授權使用認證標誌 (accreditation symbol) 於報告中。正確使用之方式於「使用認證標誌與宣稱

認可要求 (TAF-CNLA-R03)」第 5 節中明確說明，認可實驗室機構唯一之編號列於標誌下方，如圖 3 所示。

除了使用 TAF logo 之外，國際實驗室認證聯盟 (ILAC) 的 logo 和 ISO 17025 標誌也可以使用在報告中，對於有國際往來業務的產品或檢驗報告，憑 ILAC 的 logo 可以免去重複驗證的麻煩，其組合標記如圖 4 所示。

四、游離輻射領域實驗室的品質認證概況

推動實驗室認證除了依據 ISO/IEC 17025 的一般性品質要求外，還要舉辦能力試驗或實驗室間比對以確認量測或校正結果的可信度與追溯性。由於對全球量測追溯性的需求，1991 年經濟部標準檢驗局推動國家游離輻射標準之建立，委託核能研究所 (INER) 成立「國家游離輻射標準實驗室 (NRSL)」，負責建立及維持我國游離輻射最高量測標準。以確保國內標準與國際標準的一致性、提供校正服務並協助建立全國檢校追溯體系。NRSL 建立的游離輻射量測

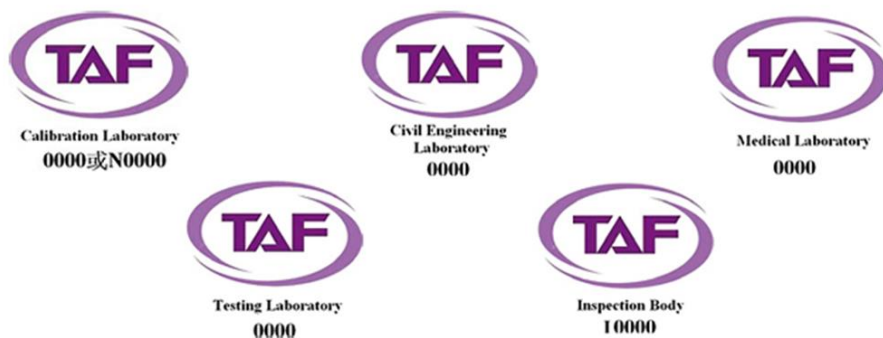


圖 3 認可實驗室機構編號位於標誌下方

標準包含光子劑量、貝他粒子劑量、中子劑量與放射源活度四類，提供 16 項技術服務。並藉由舉辦或參與各項國際量測比對活動，將這些標準的量測比對結果陸續登錄於國際度量衡局(BIPM)的關鍵比對資料庫 (KCDB)，完成國際單位制(SI unit)的追溯。詳細內容可參考國家游離輻射標準實驗室網站：

<https://nrsl.iner.gov.tw/>

目前游離輻射領域針對不同認證項目，訂有特定技術規範 7 項，每項分別舉辦能力試驗，舉辦能力試驗必須要先建立中心實驗室，目前中心實驗室配合國家游離輻射標準實驗室業務，與核研所保健物理組合作執行每 3 年一次的能力試驗活動。實驗室必須通過能力試驗才能申請認證。

游離輻射領域特定技術規範名稱、編號、版次與更新發布日期如下：

- 1.校正領域輻射偵測儀器校正技術規範
TAF-CNLA-T06(2) 2009/01/13
- 2.校正領域放射源活度量校正技術規範
TAF-CNLA-T07(2) 2009/01/13



圖 4 TAF 與國際認證的組合標記

- 3.測試領域人員體外劑量評估技術規範
TAF-CNLA-T08(4) 2019/03/05
- 4.測試領域環境試樣放射性核種技術規範
TAF-CNLA-T09(2) 2012/02/29
- 5.測試領域中低活度核種分析技術規範
TAF-CNLA-T10(3) 2018/03/23
- 6.一定活度或比活度以下廢棄物解除管制之加馬量測技術規範
TAF-CNLA-T12(2) 2012/02/29
- 7.測試領域人員肢端劑量評估技術規範
TAF-CNLA-T23(1) 2020/03/02

其中 T06(2)與 T07(2)擬與予合併，目前正在修訂中。T23(1)為新制定技術規範。

五、個人經驗分享

本人於 1979 年美國發生三哩島核子意外事故當年十月，辭去教職轉任職原能會輻射偵測中心(當時的台灣輻射偵測工作站)，第一份工作就是氡的分析。使用液態閃爍計數器測量環境樣品中的氡活度，1960 年代初期大量的核子試爆，使得大氣層中氡活度急遽上升，1963 年核子禁試條約生效後，大氣層中氡活度又快速下降，到了 1980 年地表水氡活度已經低於 MDA 值，當時使用的液態閃爍計數器背景值大於 22 cpm(現在低背景型約降至 3 cpm)，樣品必須經電解濃縮十倍左右才勉強可以定量，但是同樣的樣品處理程序卻產出



圖 5 國家游離輻射標準實驗室，位於桃園龍潭核能研究所內



圖 6 銻 137 照射系統

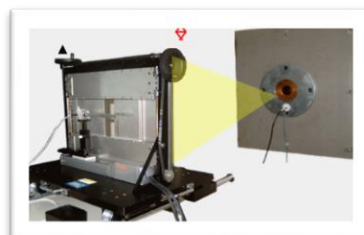


圖 7 自由空氣游離腔

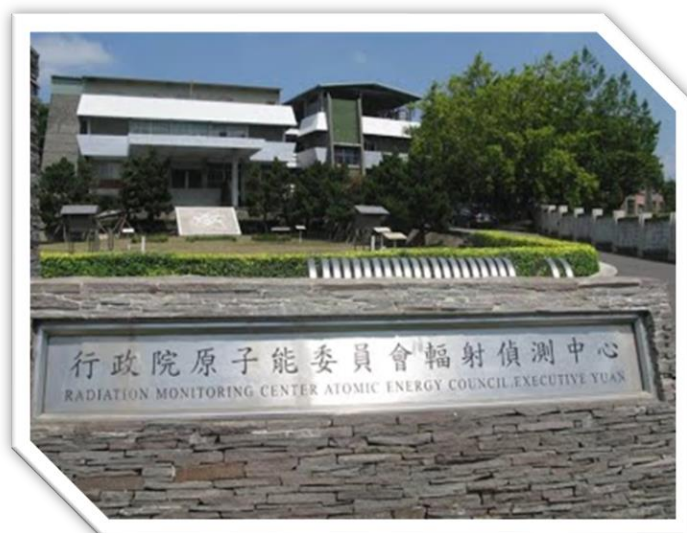


圖 8 輻射偵測中心(引用於原能會)

不同的濃縮倍數，令人頗為困擾。為了獲得可靠的數據，想方設法降低儀器背景值、提升儀器效率和試樣體積，也加強儀器的品管措施和標準操作程序，以確保量測數據的可靠度，這種艱困的環境，淬鍊本人對量測品保觀念的重視。後來又陸續開發植物真空乾燥萃取水分以測量其氫活度、用乙二醇捕捉空中水氣以測量其氫活度、燃燒法捕捉植物中有機物的氫與碳-14、水中氫的偵測等分析方法，都同樣面臨環境中放射核種活度太低，誤差太大的問題，因此分析過程的品質管制要求特別嚴謹，以免影響量測結果的品質。

1989 年工研院量測中心接受經濟部標準檢驗局委託，準備成立中華民國實驗室認證體系(CNLA)，開始培訓人才，本人被指派參加第一屆評審員儲備人才訓練，也負責推動輻射偵測中心實驗室準備接受 CNLA 認證的業務。1990 年十月「中華民國實驗室認證體系」結合「國家度量衡檢校體系 NCS」及「實驗室認證制度 LAP」正式成立。其主要目的在於提昇國內檢校實驗室之品質，藉由追溯國家標準實驗室之評鑑認

證，以劃一我國之量測標準。30 年來輻射偵測中心有環境輻射偵測與輕便型輻射偵檢器校正兩個實驗室通過 ISO/IEC 17025 的認證，本人也持續擔任實驗室認證體系的評審員，每年參加 TAF 舉辦的評審員訓練，以持續吸收與世界同步的品保觀念。

六、結論

回顧三十年來，國內游離輻射領域分析或校正實驗室相對於其他領域，顯得專業又稀少，實驗室的品質管理也在恐輻與反核的氛圍中備受挑剔，因此大部分游離輻射領域實驗室都通過 TAF ISO/IEC 17025 的認證，以彰顯量測或校正品質的可靠度。展望未來，面對 2025 的非核家園政策，國內核能界所面臨的最大議題是核電廠除役工作，在除役過程中，將有大量的除役廢料與廠址環境試樣待偵測，一定活度或比活度以下廢棄物解除管制之量測技術相對重要，相關實驗室的量測品保仍需符合國內外規範的要求，政府監管單位與民間環保團體勢必使用高標準來檢視除役相關量測結果，除役相關量測過程若在 TAF 的認證範圍內，可以選擇通過 TAF

ISO/IEC 17025 的認證制度，是值得全民信賴的量測品質保證方式；若不在 TAF 的認證範圍內，也可以參考 ISO/IEC 17025 的認證要求制訂品保規範。

誌謝:本文承蒙財團法人全國認證基金會實驗室認證二處高寶珠組長的簽正，特此致謝。

七、主要參考文獻

1. 廖志恆，實驗室認證標準 ISO/IEC17025 的發展及因應，認證報導第 26 期，財團法人全國認證基金會，2017/11/14。
2. 謝妙勤，2019 回顧及未來展望，認證報導第 35 期，財團法人全國認證基金會，2020/02/07。
3. 中華民國國家標準 CNS 17025：2018，測試與校正實驗室能力一般要求事項，ISO 17025: 2017 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories，經濟部標準檢驗局，民國 107 年 9 月公告。

發行人

張似瓌

執行編輯

林珏汶

編輯委員

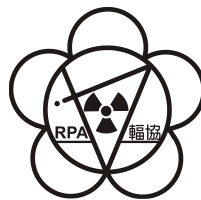
尹學禮

江祥輝

劉代欽

蔡惠予

魯經邦



出版單位

財團法人中華民國輻射防護協會

行政院新聞局 出版事業登記證

局版北市誌字 第柒伍零號

地址

30017 新竹市光復路二段 295 號 15 樓之 1

03-5722224 電話 | 03-5722521 傳真

01486683 統編

rpa.newsletter@gmail.com 電郵 | www.rpa.org.tw 網站