

財團法人 中華民國輻射防護協會

輻射防護簡訊

第 184 期

出刊日期 113 年 12 月 15 日

本期內容

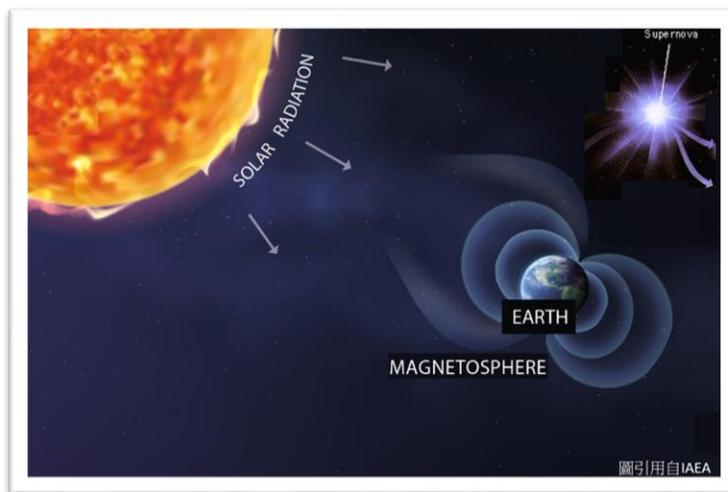
CONTENT

太空環境輻射對電子元件影響之介紹	1
<p>夜晚漫天星光是星球的核反應產生的光與熱，這些核反應伴隨發射高能粒子讓宇宙間充斥各種輻射。地球具備地磁與大氣層的保護，防止了這些宇宙輻射直接撞擊地球，但如今人類觸腳邁向太空，不管面對的是航空高度的劑量增加，或是電子元件受到的影響，對於太空環境輻射的了解，已是個重要的課題。</p>	
淺談現階段放射治療藥物於精準醫療上的發展趨勢	3
<p>精準醫療為現今全球醫療發展的趨勢，新型核醫放射治療藥物利用胜肽、小分子或抗體標誌上放射核種，以作為診斷或治療的載體就建立在這概念基礎上，基於腫瘤部位吸收同位素的生理機制而達到診斷或治療的效果，相信隨著此類新藥開發研究的發展，將會開啟標靶放射性同位素治療歷史的新篇章。</p>	
訓練班課程	5
<p>公告本會各項訓練班開課時間</p>	
輻協新聞廣場	6
<p>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</p>	
放射線照相檢驗輻射意外事件案例彙整分析	11
<p>非破壞檢測 (NDT) 於工程應用上非常廣泛，提供很好的品質控制和成本效益，放射線照相檢驗(RT) 是 NDT 的方式之一。根據聯合國原子輻射效應科學委員會統計，在非核能相關的輻射意外事件中，放射線照相檢驗業的輻射意外事件約佔 40%，其輻射安全問題值得關注。</p>	
探討 Cybeam 質子治療系統輻射防護設計與蒙地卡羅模擬評估	13
<p>臺中榮民總醫院引進全球最高質子束流的質子治療設備-Cybeam 質子治療系統，這是臺灣醫療技術的重大突破，也對輻射防護提出了前所未有的挑戰與更高的要求。本文從系統架構、輻射防護策略、蒙地卡羅模擬方法、國際標準比對以及未來發展方向等進行闡述。</p>	

太空環境輻射對電子元件影響之介紹

作者 牛寰

國立清華大學原子科學技術發展中心



宇宙充滿各種不同大小的星球，夜晚所見漫天點點星光，其實是星球的核反應燃燒產生巨大的光與熱。這些大量核反應，伴隨發射的高能粒子亦讓宇宙間充斥各種輻射。地球得天獨厚具備地磁與大氣層的保護，阻礙了這些宇宙輻射直接撞擊地球。如今人類活動觸腳邁向太空，面對宇宙輻射已是不可避免，因此對於太空環境輻射的了解，已是一個刻不容緩的課題。地球因為被地磁包圍，直射而來的高能帶電粒子會被地磁偏折，進而保護了地球不會被宇宙來的帶電粒子輻射直接撞擊。而被地磁捕捉的帶電粒子則會環繞地球形成輻射帶，此輻射帶為紀念發現的人故取名為范艾倫帶(van Allen belt)。輻射帶中帶電粒子受地磁作用，會以進動方式沿著地磁磁力線往南北極方向前進，再與該高度大氣層稀薄的氣體分子反應產生螢光，這也就是所見極光的來源。當然也會有部分高能粒子逃脫輻射帶，朝地球方向前進。除此之外，太陽風暴帶來的太陽粒子(solar particle)以及由

宇宙星際間發射來的粒子，都會往地球前進，如圖(一)所示，這三種主要來源的粒子形成了地球太空環境輻射。又進入地球大氣層後的帶電粒子會與大氣的原子碰撞而減速進而消滅，但是在碰撞反應過程中亦會產生二次輻射，造成航空高度的劑量。尤其是在此二次輻射中的中子會下降到海平面，進而造成地表的中子通量(flux)，這中子通量亦會導致地面使用的電子元件故障。地表輻射引起之效應雖非本文介紹主體，唯其隨著電子元件尺寸愈做愈小，此效應將愈為顯著，故在此亦略為提之。

輻射依其能量大小可分為游離輻射與非游離輻射兩大類，游離輻射因為與物質作用釋放的能量夠大，可使與其作用的原子外圍的電子脫離束縛，有此特性故稱之為游離輻射。反之則歸類為非游離輻射。游離輻射可分為粒子態如質子、重離子、電子與中子，以及電磁波型態如 X 光與加馬射線。因為高能帶電粒子態的游離輻射通過物質時，可以在短距離內釋放大量能

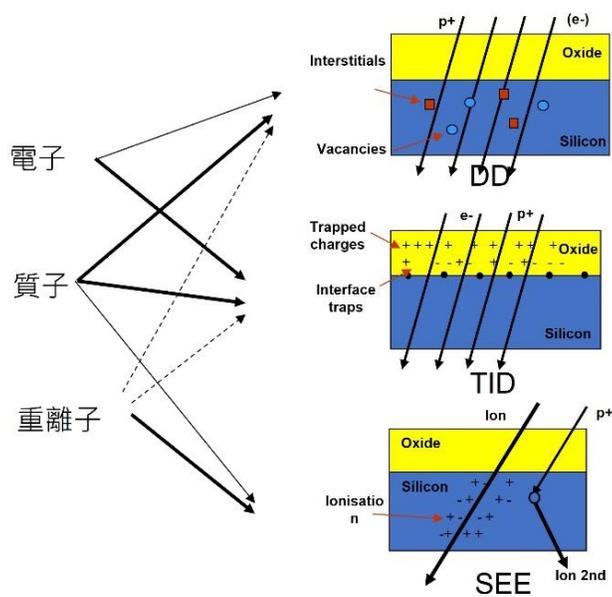
量，也就是高 LET(linear energy transfer)。這些釋放的能量會在半導體中產生電荷(電子或電洞)，大量的電荷或是過度密集的電荷會導致電子元件損傷或是不正常的工作。同時粒子型態的輻射，亦會藉由碰撞造成材料晶格損傷，而導致電子元件效能變差。太空輻射所造成電子元件的傷害可分為三種效應，第一種稱為單事件效應(Single Event Effects, 簡稱 SEE)，是高能粒子的撞擊事件造成電子元件異常(軟錯誤)或損壞(硬錯誤)；第二種則是長期效應(Long-Term Effect)，即每一次高能粒子雖然對電子元件產生較小游離效應，但長期累積起來超過一定劑量時，則對電子元件造成的工作異常、性能降低或損壞，因而減短電子元件使用壽命，一般稱為總游離劑量(total ionization dose, 簡稱 TID)。第三種則為晶格位移傷害(displacement damage, 簡稱 DD)。

下圖(二)為此三種效應產生之示意圖。

地球受地磁包圍保護，宇宙來的高能帶電粒子輻射不會直接撞擊地球，因此在地表使用的電子元件一般無需擔心受輻射傷害。但應用於衛星的半導體元件將承受太空中高能量的輻射環境，則會受到高能粒子輻射的傷害。因此用於衛星的電子元件，須通過輻射試驗與環境測試，方能確保該衛星的可靠度與提高使用壽命。太空產業已列為我國核心戰略產業之一，太空科技更是現代各國競逐的領域。太空級電子元件包括光電板都必須通過嚴格的抗輻射測試，以降低產品受到高能粒子影響造成的訊號錯誤或失效。雖然電子元件可利用某些特殊保護設計以降低輻射影響，藉以提升用於太空環境下的可靠度。但實際產品必須在地面以類似太空環境的輻射進行測試驗證，藉由實際實驗測試數據挑選出適合的元件用於衛星。國內許多大型醫院建有質子治療機，該質子能量與束流強度正適合用於模擬太空環境輻射，因此妥善利用上述質子治療機於太空輻射驗證並配合學術機關相關的輻射源，建立優質的輻射驗證平台將可大大提升國內太空產業與科技發展。



圖(一)太空環境輻射三大來源示意圖



圖(二)電子元件受輻射照射三種效應示意圖

淺談現階段放射治療藥物於精準醫療上的發展趨勢

作者 林建良

禮曼生物科技股份有限公司/輔英科技大學護理系



近幾年醫療的發展日新月異，針對疾病的治療朝向精準治療的方式，各家醫院亦積極推動智慧醫療的設立，精準醫療(Precision medicine)已為現階段全球醫療發展的趨勢，引領未來醫療發展的方向。放射治療包括分子影像和標靶個人化治療，標靶個人化治療利用胜肽、小分子或抗體標誌上放射核種，藉其發射 α 、 β 或 γ 輻射，以作為的診斷或治療的載體。例如治療甲狀腺癌的 ^{131}I 和用於治療骨轉移的 ^{223}Ra 就是這個建立概念的基礎上，基於腫瘤部位吸收同位素的生理機制而達到診斷或治療的效果。

放射治療藥物的構造

所有放射治療藥物的構造大致上可分成三個部分組成，結合分子(linker)、聯結分子(chelator)和放射性同位素(radioisotope) (圖一)。結合分子為與特定腫瘤相關之受體，或者腫瘤微環境(Tumor Microenvironment, TME)中的特定癌症因子、酵素與蛋白質相

互結合之分子，為放射治療藥物對腫瘤細胞具標靶特性之結構；聯結分子用以聯結前述連接體及放射核種之分子，以維持放射治療藥物之穩定性；放射性同位素，如 ^{18}F 或 ^{68}Ga 等正子放射性核種可形成高解析度的正子影像，臨床應用於診斷用，或如 ^{177}Lu 或 ^{131}I 等可放出 α 粒子或 β 粒子的放射核種，臨床應用於治療用。

新型核醫放射治療藥物

放射配體療法(Radioligand Theranostics, RLT)及肽受體-放射性核素療法(peptide receptor radionuclide therapy, PRRT)皆屬放射治療藥物的應用。RLT是將放射性物質與標靶癌症細胞上的配體結合，再配合PET-CT(Positron emission tomography-computed tomography)全稱「正電子發射斷層掃描/X射線計算機斷層成像」，以進行篩查全身早期腫瘤。PSMA (prostate specific membrane

antigen)是一種在前列腺癌細胞上會強烈表現的蛋白質酵素，為前列腺癌細胞特有標記物，尤其是在「去勢抗性前列腺癌」復發轉移癌細胞上特別明顯，因此以放射性同位素標記的各種PSMA製劑進行的正子掃描，因具高度特異性及結合力，為目前公認偵測前列腺癌淋巴結以及遠端轉移的最佳工具，因此PSMA成為使用特別設計的核醫標靶診療藥物(radioligand theranostics)的最佳靶體。2020年美國FDA核准第一個針對男性前列腺癌的PSMA標靶PET影像藥物 ^{68}Ga Ga-PSMA-11；2021年核准Pylarify (Piflufolostat F18)、2022年核准Novartis的Pluvicto (Lutitium Lu177 vipivotide tetraxetan)和Locametz (^{68}Ga Ga-PSMA-617)，2023年Posluma (Flotufolostat F18)的新藥上市，這些放射藥物於臨床診療上皆展現出相當之成果。

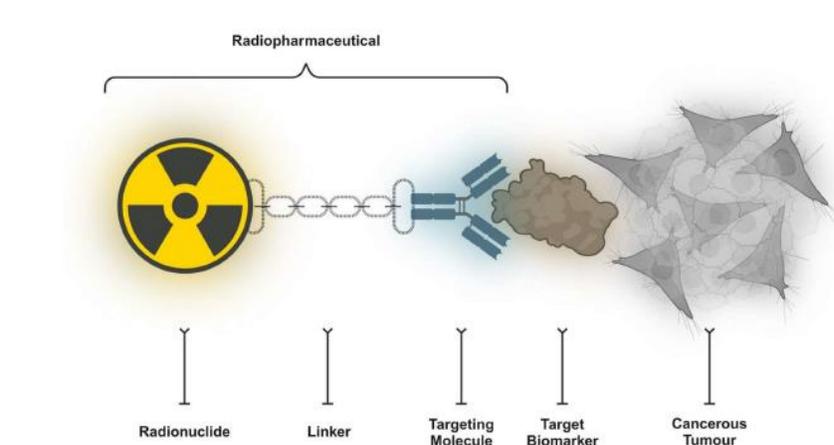
其他如 $[^{18}\text{F}]\text{AIF-P16-093}$ 、 $[^{18}\text{F}]\text{P16-129}$ 、 $^{18}\text{F-PSMA-1007}$ 、 $[^{18}\text{F}]\text{AIF-PSMA-11}$ 等亦正陸續被研發並進行臨床試驗階段。此類新藥品的開發已蓬勃發展中，相信癌症治療上放射配體療法相較於傳統的化學療法，可以提供臨床醫師與患者更佳新的選擇。隨著研究的發展，放射配體療法的作用原理也適時開啟標靶放射性同位素治療歷史的新篇章。

PRRT 就是將放射性核種標記在可與神經內分泌腫瘤 (neuroendocrine tumors, NETs) 體抑素受體 (somatostatin receptor, SSTR) 結合的胜肽上，因此 PRRT 放射性藥物具有標靶性能精準抵達神經內分泌腫瘤處，以達治療的效果。例如 錮癌平 (Lutathera) 用於治療成人無法手術切除或轉移性、分化良好(G1 及 G2)且經體抑素類似物 (somatostatin analogue) 治療無效之體抑素受體陽性的胃腸道胰腺神經內分泌腫瘤(GEP-NETs)，成為治療神經內分泌種腫瘤的新曙光。

未來發展

目前，許多關於新放射治療的研究正在進行中，包括新目標、新放射性核種的建立及合併治療。新目標的建立可以針對先前未研究過的癌症的已知標靶，也可以採用全新的標靶。例如，體抑素受體標靶藥已被證明對神經內分泌腫瘤有效，但還有其他癌症如小細胞肺癌、乳癌、嗜鉻細胞瘤和腦膜瘤同樣也會對體抑素受體標靶藥產生過度表現。

新核種的建立，包含擴大治療性放射性同位素的範圍和利用更多 α 粒子，



圖一、放射治療藥物的構造

如 ^{225}Ac 、 ^{213}Bi 、 ^{212}Pb 、 ^{149}Tb 和 ^{211}At ，也是潛在成長的領域。 α 粒子的優點在於它們在人體組織中的射程較短，僅相當於幾個細胞直徑 (<0.1 毫米)，可以選擇性殺死目標癌細胞，同時不傷害周圍的健康組織。此外， α 粒子因直線能量轉移 LET(linear energy transfer)大，會導致更嚴重的 DNA 損傷，從而能夠殺死那些對 β 或 γ 輻射或化療藥物治療表現出抗性的細胞。

合併治療可評估與其他療法(如免疫療法)之結合使用，進而以科學方法協助多科聯合醫療團隊，並提供每一位癌症病患其最佳化的治療方案或更全面的醫療服務，而提高病人的癌症存活率與改善病人生活品質。

結論

放射治療學是一個具前景且快速發展的領域，尤其在治療甲狀腺的狀況、神經內分泌腫瘤和前列腺腫瘤方面。但還有很多項目仍有待完成，包括開發和調查具有新標靶、放射性核素的新療法及合併治療。隨著精準醫療的不

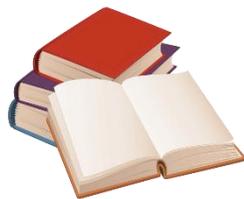
斷發展，放射治療學的發展未來是光明的。

參考文獻

K. L. Pomykala, B. A. Hadaschik, O. Sartor, S. Gillissen, C. J. Sweeney, T. Maughan, M. S. Hofman & K. Herrmann. Next generation radiotheranostics promoting precision medicine. *Ann Oncol.* 2023 ; 34 (6) : 507 - 519 .

Mohamed Sallam, Nam-Trung Nguyen, Frank Sainsbury , Nobuo Kimizuka, Serge Muyltermans , Martina Benešová-Schäfer. PSMA-targeted radiotheranostics in modern nuclear medicine: then, now, and what of the future? *Theranostics.* 2024;14(8):3043-3079.

Papamichail DG, Exadaktylou PE, Chatzipavlidou VD . Neuroendocrine tumors: Peptide receptors radionuclide therapy (PRRT). *Hell J Nucl Med.* 2016 ; 19 (1) : 75 - 82 .



訓練班課程(113 年度)

放射性物質或可發生游離
輻射設備操作人員研習班

B 組 18 小時-登記類

B18 新竹 帝國經貿大樓

9 月 10 日~9 月 12 日

B19 台中 文化大學推廣部

9 月 24 日~9 月 26 日

B20 台北 進出口同業公會

10 月 1 日~10 月 3 日

B21 高雄 文化大學推廣部

10 月 22 日~10 月 24 日

B22 新竹 帝國經貿大樓

11 月 12 日~11 月 14 日

B23 台中 文化大學推廣部

11 月 26 日~11 月 28 日

B24 台北 進出口同業公會

12 月 3 日~12 月 5 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 44 期

新竹 帝國經貿大樓

第一階段

113 年 7 月 1 日~5 日

第二階段

113 年 7 月 8 日~12 日

第三階段

113 年 7 月 22 日~26 日

第四階段

113 年 7 月 29 日~8 月 01 日

進階 25 期

新竹 帝國經貿大樓

第一階段

8 月 14 日~8 月 16 日

第二階段

8 月 19 日~8 月 21 日

輻射防護繼續教育訓練班
(3/6 小時)

高雄 科學工藝博物館南館

10 月 30 日(上午&下午)

12 月 11 日(上午&下午)

台北 進出口同業公會

11 月 7 日(上午&下午)

新竹 經濟部專研中心

10 月 17 日(上午&下午)

11 月 19 日(上午&下午)

12 月 24 日(上午&下午)

台中 文化大學推廣部

10 月 3 日(上午&下午)

11 月 21 日(上午&下午)

鋼鐵建材輻射偵檢人員訓
練班

上課地點

台北

進出口同業公會：台北市中
山區松江路 350 號

新竹

帝國經貿大樓：新竹市光復
路二段 295 號 20 樓

經濟部專研中心：新竹市光
復路二段 3 號

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中
心：高雄市前金區中正四
路 215 號 3 樓

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)；
315 邱靜宜 (鋼鐵建材、放射物質與游離輻射設備)
傳真 (03) 572-2521



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「113 年第 2 次輻射防護專業測驗與輻射安全證書測驗及格人員名單」。訊息連結

「113 年第 2 次輻射防護專業測驗與輻射安全證書測驗及格人員名單」已公布於本會網站，請點選下方（附檔下載）即可下載瀏覽。

附檔下載(1): [113 年第 2 次輻射防護專業測驗 \(PDF 檔案\)](#)

附檔下載(2): [113 年第 2 次操作人員輻射安全證書測驗 \(PDF 檔案\)](#)

國內新聞

- ➔ 中時新聞網報導「核電歸零」核三 2 號機大修 41 天 供電撐得住？台電回應」[訊息連結](#)

僅存的核三廠 2 號今（21 日）開始進入 41 天大修，國內暫時核電歸 0，台電表示，機組大修事先皆已做好相關規劃因應，2 號機昨日已逐步降載停機，由於再生能源出力提升，加上傳統機組調度，可維持日尖峰備轉容量率 10%、夜尖峰 7% 以上，供電無虞。

台電指，秋冬季風力發電效果佳，今日風力發電皆維持在 200 萬瓩以上，太陽光電於中午時段出力亦可達 600 萬瓩以上，傳統機組靈活調度，搭配再生能源發電提升，可讓大修更具彈性。

台電指出，本次機組大修是為下一運轉週期執行設備維護保養及爐心燃料更換等作業，工期預估約 41 天。（發布日期 113 年 10 月 21 日）

- ➔ 中時新聞網報導「低劑量電腦斷層是唯一篩檢方式 濫用恐增加輻射量與風險」[訊息連結](#)

藝人汪建民因肺腺癌驟逝，引發外界震撼，也讓更多民眾迫切想知道「該做低劑量電腦斷層（簡稱 LDCT）」？嘉義長庚胸腔腫瘤科主任方昱宏坦言近來大批民眾要求進行篩檢，他認為若符合高風險族群是「實證醫學」，若不符合就是「商業行為」，不必要的低劑量電腦斷層檢查不僅會因為偽陽性帶來精神壓力，後續可能也會接觸過多的輻射傷害，顯然弊大於利。

低劑量電腦斷層被視為早期檢測肺癌的最有效方式，國健署也針對肺癌高風險族群提供免費低劑量電腦斷層篩檢，只要是具肺癌家族史 50 至 74 歲男性或 45 至 74 歲女性，且父母、子女或兄弟姊妹經診斷為肺癌之民眾，或是年齡介於 50 至 74 歲吸菸史達 30 包-年以上，有意願戒菸或戒菸 15 年內之重度吸菸民眾，可至國民健康署審核通過的肺癌篩檢醫院接受 2 年 1 次免費的 LDCT 篩檢。若想自費篩檢，價格大約 5000 元左右，並不便宜，但近年來自費篩檢人數持續增加。

「並非所有人都需要做 LDCT 檢查！」方昱宏說，LDCT 已被證實能夠有效發現早期肺癌病變，特別對於重度吸菸者能降低約 20% 的肺癌死亡率。然而，篩檢並非沒有風險，若不屬於高風險族群，可能會引發過度診斷及過度治療問題。

方昱宏說，LDCT 檢查目前的篩檢率不到 5%，也就是 100 個人中僅找出 1~4 人肺結節有惡性腫瘤，實證醫學的數據無法證明篩檢對所有人都有好處。「何況 LDCT 檢查的偽陽性很高，很多人檢查後發現有肺結節，首先結節不一定是癌症，大部分的結節屬於良性，可能是良性腫瘤、感染後的疤痕或纖維化，但民眾得知後大多會心情相當沉重。」

方昱宏說，為了知道結節到底是否為惡性腫瘤，就必須切片或進一步做正子攝影。「有些民眾可能有服用某些藥物或身體條件不好，切片手術可能會有一定的風險；而正子攝影雖可進一步看清楚，卻有更強的輻射。」

更何況許多肺結節非常小，甚至只有 0.4 公分，按照常理來看根本無需切片。「但許多民眾已經自費做 LDCT 檢查了，發現有結節一定會堅持除掉，這麼執著的例子不少，也看得出民眾對肺癌的恐懼。」

方昱宏說，其實醫界對於 LDCT 檢查的態度也分兩派，反對一方不贊同過度診斷、過度治療，但反對方也承認 LDCT 檢查是目前唯一可早期篩檢肺癌的方法。「所以我反對普篩、但也反對甚麼都不做！」

方昱宏認為高危險族群應在醫師的專業建議下，定期篩檢和追蹤；若篩檢發現有肺結節，對於不同大小和型態的結節，醫師會依據病史及影像特徵制定適當的追蹤和處置計畫，回歸理性判斷，才能真正對症下藥。

亞東醫院放射腫瘤科主任熊佩韋表示，副總統陳建仁、柯文哲太太陳佩琪醫師都因 LDCT 檢查，而找到小於 1 公分且無症狀的早期肺癌，進而手術切除痊癒。

不過，熊佩韋也認為 LDCT 的確有偽陽性高、過度診斷等疑慮，非危險族群無醫學證據應做篩檢。至於輻射量，若屬於高風險族群仍然是利大於弊。另外，熊佩韋建議 LDCT 檢查宜在篩檢經驗豐富、且有多專科肺癌診治的醫療機構進行，較能精準判斷篩檢結果。(發布日期 113 年 10 月 28 日)

➔ 日經中文網報導「福島核電站核碎片輻射量低於標準，可繼續取出」。 [訊息連結](#)

東京電力控股公司 11 月 5 日發佈消息稱，圍繞福島第一核電站 2 號機組的熔融燃料（核碎片）試驗性取出作業，用專用工具抓取的核碎片的輻射量低於可以回收碎片的標準值。東電將於 6 日啟動把碎片從連接反應爐安全殼的金屬箱中取出的作業。

東京電力 5 日測量了抓取到的約 5 毫米大小的核碎片的輻射量。該公司表示，考慮到對作業人員和周邊居民的影響，需要在 20 釐米距離外的換算值低於每小時 24 毫西弗的情況下進行回收。測量結果顯示，輻射量大約為每小時 0.2 毫西弗。

6 日將啟動正式的核碎片取出作業。首先將在金屬箱內，把核碎片放入鋁製容器。東京電力表示，6 日的作業只進行到這一步。

把鋁製容器從金屬箱中取出並放入聚乙烯專用週轉箱的時候，該公司才會將此次的試驗性取出作業視為成功。預計取出作業將在 7 日以後進行。

如果能夠取出核碎片，將是 2011 年 3 月東日本大地震導致核事故以來的首次。

試驗性取出作業成功後，將推進把核碎片運出福島第一核電站區域外的準備工作。在與外界空氣隔絕的環境下，確認重量和輻射量，並放入遮罩能力更高的特殊容器中進行運輸。

核碎片將被運送到日本政府的研究機構「日本原子能研究開發機構 (JAEA)」的大洗研究所 (茨城縣大洗町)。用幾個月的時間分析其表面的元素分佈等，探查其組成成分。

除了 1979 年發生爐心融毀事故的美國三哩島核電站 2 號機組外，沒有過其他取出核碎片的先例。福島第一核電站 1 至 3 號機組的核碎片總量據推算約為 880 噸。

圍繞核碎片試驗性取出作業，8 月即將開始作業前發現裝置連接錯誤，導致開始時間延遲。雖然 9 月著手開始取出，但攝像頭故障導致作業中斷。恢復作業後，10 月 28 日將鈞竿式裝置放入反應爐安全殼內，30 日用裝置前端的爪狀工具抓取了核碎片。(發布日期 113 年 11 月 6 日)

➔ 聯合新聞網報導「韓媒：AI 需電孔急 台灣非核化面臨困境、對核能態度鬆動」[訊息連結](#)

在日本福島核災後，台灣與德國不約而同推動非核政策，然而，隨著賴清德新政府的上任，台灣當局對核能的態度正在鬆動，尋求「非核轉型」的可能性，原因是在人工智慧 (AI) 熱潮與半導體產業的榮景下，電力需求急劇增加，升高了使用核能的迫切性。

朝鮮日報報導，台灣對貿易的依賴度高，穩定的電力供應對台灣至關緊要。舉世將核能視為零碳排、高經濟效益的乾淨能源。

行政院長卓榮泰在 10 月 29 日於立法院答詢時表示：「政府並非不了解國際趨勢的變化」，並表示「對未來新的核能技術持開放態度」。然而，基於過往的非核政策，政府將按原定計畫，在明年完成核電機組的關閉。自前總統蔡英文時代以來，非核家園一直是民進黨的指標性政策，推翻此政策在政治上並不容易。實現非核轉型需要黨內共識，但目前仍有不少反對聲音。

自今年 5 月上任以來，總統賴清德已多次暗示調整非核政策。政府已設立了國家氣候變遷對策委員會，並吸納了如電子製造商和碩董事長童子賢等主張核重啟電的人士。院長卓榮泰在 7 月底接受「日本經濟新聞」採訪時表示，為因應 AI 和半導體產業的電力需求，將對 2030 年核電重啟問題進行討論。

經濟部長郭智輝在今年 6 月於立法院表示：「過往預計每年電力需求增長約 2.7%，但情況已改變」，「隨著 AI 產業的爆炸性成長，未來十年電力需求將每年增加超過 3%」。不過，對於中止非核政策，郭智輝指出「經濟部僅為執行機關，此事應由立法院決定」，強調黨內共識的重要性。

自推動非核政策以來，台灣在 2018 年至 2023 年已關閉四座核電機組。今年 7 月，核三廠 1 號機組已停止運轉，明年 5 月將關閉 2 號機組。在 2021 年的公投，核四廠的商業發電計畫未過關，在進度早已超過 90% 的情況下，卻遭到中止。明年，台灣將實際達成非核目標。

在非核政策啟動前，核電占台灣總發電量約 12%；去年此一比率已降至 6.3%，今年進一步降至 3%，明年預定降至零。

蔡英文政府原定在 2025 年達成非核家園目標，將電力結構重新調整為 80% 的燃煤、燃氣發電，與 20% 的風力、太陽能等再生能源。然而，截至去年，再生能源占比僅為 9.5%，要在明年達到 20% 幾乎不太可能。由於國土狹小，風力和太陽能等再生能源資源有限，台灣與韓國面臨同樣的挑戰。

(發布日期 113 年 11 月 11 日)

➤ 工商時報報導「全球核能復興核安會研究新世代技術」[訊息連結](#)

全球掀核能復興浪潮，卓內閣也多次宣示對新核能態度開放，核能安全委員會代理主委張欣 20 日在立院答詢時指出，新核能包括進步型的反應器、小型模組化反應器 (SMR) 或者核融合技術，目前都在發展中，明年度已編列 1,543 萬元研究預算，另有 7,000 萬元用以研究核融合技術。

核安會已將「評估新世代核能技術並接軌國際研究」列為年度業務重點，在實作方面，國家原子能科技研究院與多所大學合作，放眼 2027 年打造國內第一套托卡馬克 (Tokamak) 實驗裝置，為核融合研究做準備，目標要在今年完成場地空間整備與設計圖；另面對世界各國紛紛投入 SMR 研發，考量歐美尚未有正式商轉發電案例，則聚焦研究其技術成熟性、安全審查等面向。

作為我國唯一國家級原子能科技研究機構，國原院也從專注核能研究，逐步擴展至輻射科技與新能源技術的應用研發，目前主要發展領域包括：核能安全、核後端、核醫製藥、輻射民生應用以及跨領域新能源技術與系統整合，盼藉此實現低碳社會願景，提升國民生活品質。

至於既有核電廠運作狀況，張欣說明，按照現行規定，核電機組運轉執照屆期前五年要提出延役申請，台電也要完成設備更換的盤點評估，而核一、核二、核三已進入除役階段，是否重啟仍須有社會共識，符合安全就能使用。(發布日期 113 年 11 月 21 日)

➤ 中時新聞網報導「新核電廠延遲完工 英國 4 座高齡核電廠再延役」[訊息連結](#)

由於欣克利角 C 核電廠 (Hinkley Point C) 延後啟用，英國政府宣布國內最古老的 4 座核電廠將延役十餘年不等，以填補發電量缺口，確保能源供應穩定並降低對進口天然氣的依賴。

據悉，位於英格蘭西北部海岸的希舍姆 2 號廠 (Heysham 2) 和蘇格蘭東的託內斯核電廠 (Torness) 役期將延後兩年至 2030 年 3 月。上述兩處核電廠皆於 1988 年啟用，原定運作 30 年，本次已是第 2 次延役。更高齡的希舍姆 1 號廠和哈特爾浦 (Hartlepool) 則延役 1 年至 2027 年 3 月。

持有欣克利角 C 廠 70% 股份的法國 EDF 能源已同意核電廠延長使用。該公司強調，此舉將提高能源安全，並為英國提供更長期的低碳電力供應。

能源大臣米勒班 (Ed Miliband) 在聲明中表示，核電廠延役是英國「能源獨立」的重要環節。他表示，上述 4 座核電廠每年可為 1160 萬戶家庭提供穩定電力，同時為附近地區提供優良就業機會。米勒班強調，如果不使用核能，英國無法在 2030 年前達成清潔能源目標。米勒班補充，政府將繼續支持新核電廠的建設，包括讓欣克利角 C 核電廠早日完工，也會為塞茲韋爾 (Sizewell) C 廠投入 27 億經費。

1995 年塞茲韋爾 B 廠啟用後，英國已多年不再建造新核電廠。隨著舊反應爐逐步關閉，英國的核能發電能力面臨下降壓力，而欣克利角 C 延後啟用更讓危機雪上加霜。擁有英國多座核電廠的法國 EDF 能源表示，希望將塞茲韋爾 B 廠的壽命從 2035 年延長至 2055 年，以緩解未來數年內的能源供應短缺。

EDF 核能營運部董事哈特利 (Mark Hartley) 指出，原本英國在 2023 年後只會剩下塞茲韋爾 B 一座核電廠，是公司從 2009 年至今投入 80 億英鎊維護設備才能延役。

《衛報》指出，核電廠延役正值英國能源供應緊張之際。國家能源系統運營商 (Neso) 3 日曾針對英國能源供應發出警告，雖然最終證實有足夠發電量，但能源短缺的潛在威脅依然存在。(發布日期 113 年 12 月 05 日)

放射線照相檢驗輻射意外事件案例彙整分析

作者 陳清江

義守大學 醫學影像暨放射科學系 退休

非破壞檢測 (NDT) 是門工業基礎工程，用以測試物件在結構與運作上的可靠性，非破壞檢測提供了一個很好的品質控制和成本效益的平衡，在應用上非常廣泛，目前非破壞檢測的方法有放射照相檢測 (RT)、超聲波探傷 (UT)、目視檢測 (VT)、滲透檢測 (PT)、磁粉探傷 (MT)、渦電流檢測 (ET)、聲音檢測 (AE) 以及洩漏檢測 (LT) 等。而其中放射線照相檢驗 (RT) 是使用游離輻射進行 NDT 的一種方式，常用的射源結構，如圖一所示。

根據聯合國原子輻射效應科學委員會 (UNSCEAR) 統計，在非核能相關的

輻射意外事件中，屬於放射線照相檢驗業的輻射意外事件約佔 40%，顯示非破壞放射線檢驗的輻射安全問題確實值得關注。本文作者收集數個國內、外個案摘錄彙整，以為使用者之借鏡。

案例 1.

發生時間：1968

發生地點：德國

事件摘要: 使用 Ir-192 射源測試材料時發生輻射事故，有六名工作人員受到曝露，其中一位 31 歲工作人員比較接近此 Ir-192 射源，劑量比較高因此接受細胞遺傳學的檢查。

結果: 產生部分皮膚發炎變異及生殖腺的效應。

案例 2.

發生時間：1971

發生地點：澳洲

事件摘要: 因照相設備捲線機纜線導管一端的圓球跑到射源裝備的後面，使得射源沒有屏蔽遮擋，兩名工業放射線照相師受到大約 3.5 小時的 22 居里 Ir-192 照相設備射源的照射。在回到總部後不久，才知道發生超曝露事件。

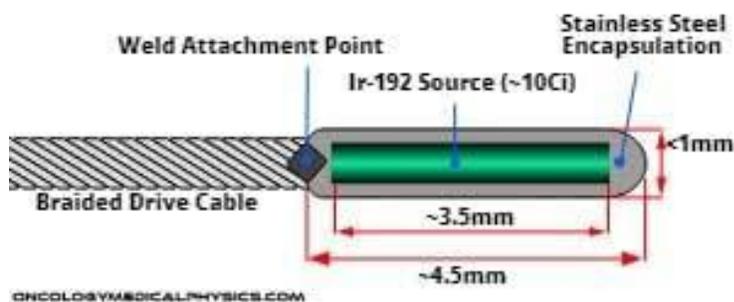
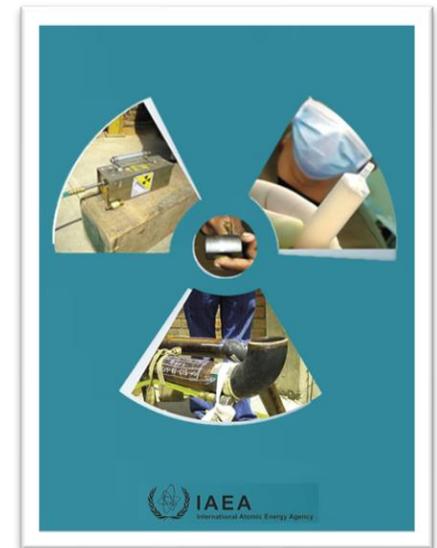
結果: 其中一人的淋巴球數過低，在事故後第 8 天罹患流行性感冒。

案例 3.

發生時間：1971

發生地點：日本

事件摘要: 一名工作人員在千葉縣市原地方的船塢使用 Ir-192 射源從事非破壞檢驗工作，該射源強度為 5.3 居里並置於像鉛筆樣的不鏽鋼支架的頂端，此支架由一根纜線連接到其保管箱。



圖一 常見 Ir-192 射源結構

<https://oncologymedicalphysics.com/high-dose-rate-brachytherapy/>

很明顯的，連接到纜線至射源支架的螺絲鬆脫，Ir-192 支架與保管箱分開。一直到三天後在此一工作人員開始非破壞檢驗工作時才發現遺失 Ir-192 支架，在之後的三天內，此一工作人員及他的公司努力的尋找此一 Ir-192 射源。

結果:其中一名罹患嚴重全部血球減少及顯著的紅骨髓發育不足。有三個案例出現輻射皮膚炎；其中一名臀部的潰瘍經由外科治療。有一個案例顯示精子缺乏；其他的案例顯示精子稀少。

案例 4.

發生時間：1984

發生地點：英國

事件摘要: 蘇格蘭一家煉油廠工作的資深工業放射線照相師，主要使用的是 Ir-192 射源。他於 1984 年發現手指疼痛及潰瘍，但並未尋求醫藥治療，而患部自然痊癒。直到 1988 年他因進一步的手傷而向他的醫師諮詢，結果發現罹患輻射皮膚炎。

結果: 1990 年截掉食指及中指指尖。1992 年死於輻射誘發的急性骨髓白血病、輻射皮膚炎等病。

案例 5.

發生時間：1984

發生地點：摩洛哥

事件摘要: 一顆 Ir-192 射源的驅動電纜與尾纖分離或尾纖與射源之間的連接出現故障脫落。結果，射源被一名非放射線照相工人帶回家，造成 8 人死亡。

結果:該工人及其七名家人死亡。

案例 6.

發生時間：1996

發生地點：伊朗

事件摘要: 在 Gilan 複循環式石化發電廠的工地，一個鍋爐的焊道用工業放射線照相檢查，射源是一個 5 居里的 Ir-192 長 7.5 mm，半徑 5.0 mm 的不鏽鋼圓柱體。放射線照相設備中的射源容器和纜線脫離而掉進混凝土溝渠中。不熟練的操作員 K 先生未注意到，不久看到該金屬物件並將它放入右褲口袋中，隨後又放入右胸袋中，停留 1.5 小時。隨後他感到頭暈、嘔吐、倦怠及胸部有灼熱的感覺，於是將該金屬物件放回水泥溝渠中。

K 先生在幾小時後才告訴他的同事，而工地經理才通知伊朗原子能組織 (ABOI) 並送 K 先生至最近的醫院作血液測試，那是曝露後 8 小時了。

結果:進行胸部及大腿傷口皮膚移植。

案例 7.

發生時間：1999

發生地點：秘魯

事件摘要: 一名建築工人和他的家人在撿起 Ir-192 工業照相放射源，並將其放在後袋中，曝露在該輻射源下幾個小時。

結果: 他全身受到的輻射劑量估計約為 1.50 西弗，右臀部受到的輻射劑量為 100 戈雷。

案例 8.

發生時間：1999 年初

發生地點：南台灣



圖二 手提式 Ir-192 非破壞檢驗照射器
<https://gammabuana.com/radiography-projector-iridium-192-a-comprehensive-overview/>

事件摘要: A 及 B 兩操作人員於麥寮台塑六輕廠從事油管路焊接之放射照相非破壞性檢驗工作，操作的射源為活度 63 居里的銥-192，當日由於工廠趕工，因此雖然其警報器送修，兩人還是在無劑量配章及警報器的情況下上工，直至另一名工作者經過時其警報器大響才發現射源並無退回到儲存箱，此時兩人已合力工作了約 3 小時。

此意外發生的原因在於設備維修時的疏失，造成控制射源進出的絞盤開關順序倒置的錯誤，當其認為射源應退回安全位置時，實際上射源卻處於照射位置。

當日晚上 A 工作者之身體開始產生嘔吐、暈眩、視力模糊等症狀，身體嚴重不舒服，但隔日仍持續工作，約在三、四日後，手指開始產生灼熱感及疼痛症狀，第四日疼痛加遽，第五日便休息前往台灣南部某小型醫院看診，兩週後轉至彰化基督教醫院繼續追蹤治療。

結果:檢查發現血液中淋巴球及血小板降低，白血球正常偏低，精蟲之數目及其活動力均下降，甲狀腺瀰漫性腫大，手指嚴重輻射灼傷，之後左手食指因潰爛、壞死而於同年 8 月切除。

案例 9.

發生時間：2007.10.3

發生地點：新竹市

事件摘要: 2007 年 10 月 3 日下午核能安全委員會(原能會)接獲某公司電話通報其持有之放射線照相檢驗設備原置於工程車內，但當日下午 4 時在新竹市工地遭竊，內含一枚 19 Ci 的 Ir-192 射源。

核能安全委員會推測該遭竊設備可能被搬運至其他地點存放或流入國內廢鐵商，針對遺失去向籲請社會大眾注意協尋。2007 年 11 月 15 日核能安全委員會接獲某鋼鐵廠通報發現高劑量輻射異常物，立即派員前往該廠協助偵測處理。

結果: 證實為 10 月 3 日遭竊之射源，該射源並由國家原子能科技研究院(原核能研究所)運回並安全貯存。

結果: 沒有人員遭受異常曝露。

案例 10.

發生時間：2014.9.26

發生地點：高雄市

事件摘要: 2014 年 9 月 26 日晚間某公司通報當日下午 7 時許，其使用之 Ir-192 放射線照相檢驗設備於工作完畢後由高雄市林園區工地返回公司之途中遺失，該遺失設備內含一枚 18 Ci 的 Ir-192 射源，設備外貼有輻射警示標誌、公司地址及電話等資訊。

因該遺失設備有鉛屏蔽保護，周圍輻射劑量對民眾並無立即危險性。核能安全委員會籲請民眾注意，如發現貼有三葉形輻射警示標誌之設備，切勿拆解破壞，以免造成輻射外曝露。

2014 年 10 月 1 日上午該公司通報核能安全委員會已尋獲該遺失設備，並確認

設備外觀完整，經查確已運回公司貯存保管。

結果: 沒有人員遭受異常曝露。

結語

由歷年發生的放射線照相檢驗業輻射意外事件顯示，大多數的案例肇因是放射線照相設備的射源脫落，操作人員又未即時發現才會導致高劑量的輻射曝露。近年來由於照相設備的改良，射源脫落的案例已經大幅減少。

至於人為疏忽因素由來的輻射意外曝露事件，其肇因主要為：

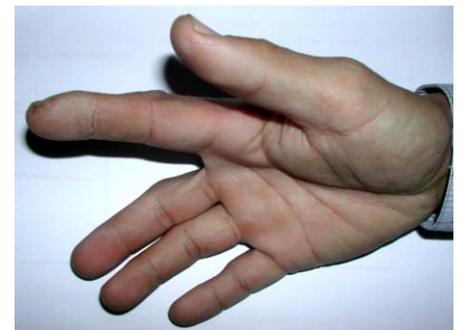
1. 人員不諳輻射防護知識，不瞭解輻射的生物傷害性。
2. 工作人員心存僥倖心理，未按規定程序進行工作。
3. 工作前後協調不足，造成防護上的漏洞。
4. 警覺性不足，未能及時發現潛伏的輻射意外徵兆。
5. 對於放射源的管制不當，造成輻射曝露。
6. 操作時選擇不當的工具及措施。
7. 誤用不當的或故障的輻射偵檢儀器，導致對輻射場的錯誤研判。
8. 對於小型的輻射意外事故掉以輕心，未作適當處理，以致引發大型的輻射意外事故。

蓄意的人為因素指惡意的敵對國家、反政府的暴力集團或滿懷私怨的個人，對可發生游離輻射設施、設備所進行的蓄意破壞行為。

不管是人為疏忽因素或蓄意的人為破壞行為造成的輻射意外事件，其防範之道離不開加強教育訓練與遵守輻防規定。



圖三 A 工作者左手手指輻射傷害患處照片(曝露兩週後)



圖三 B 工作者右手手指輻射傷害患處照片(食指及拇指呈現角質化)

<https://www.airtilibrary.com/Article/Detail/18156290-201309-201311010045-201311010045-691-697>

當發生意外事件應立即通知主管機關尋求協助以免事態擴大，造成生命的損害與財產的損失。

參考文獻:

1. 工業放射線照相超曝露意外事件介紹
<https://www.rpa.org.tw/index.php/2011-10-31-13-09-36/168-059>
2. List of civilian radiation accidents.
https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_civilian_radiation_accidents
3. 銥-192 非破壞檢驗輻射傷害事故劑量評估與探討
<https://www.airtilibrary.com/Article/Detail/18156290-201309-201311010045-201311010045-691-697>

探討 Cybeam 質子治療系統 輻射防護設計與蒙地卡 羅模擬評估

作者 盧勇發

臺中榮民總醫院 放射腫瘤部

國立陽明交通大學 生醫光電研究所

前言

臺中榮民總醫院（以下簡稱臺中榮總）引進全球首座採用最高束流（1000 nA）的 Cybeam 質子治療系統，不僅代表台灣醫療科技的重大突破，更對輻射防護提出了前所未有的挑戰與更高的要求。此系統包含一台新型 230 MeV 超導迴旋加速器以及兩個獨立的旋轉式治療室，其輻射防護設計的創新性和蒙地卡羅模擬評估的精確性，值得深入探討與分析。本文將從系統架構、輻射防護策略、蒙地卡羅模擬方法、結果分析、安全考量、國際標準比對以及未來發展方向等多個面向，對該研究進行全面、深入的闡述。

Cybeam 質子治療系統架構與輻射防護設計的創新

傳統的質子治療系統通常將主要輻射屏蔽設施集中設置於迴旋加速器的出口端，然後再將質子束引導至各個治療室。

這種設計模式雖然在工程上相對簡潔，但在輻射防護方面卻存在一定的局限性：

- **治療室佈局受限**：由於屏蔽設施集中設置，治療室的佈局靈活性受到限制，難以根據醫院實際情況進行最佳化配置。

- **輻射洩漏風險增加**：集中式的屏蔽設計可能導致部分區域的輻射洩漏風險增高，需要更厚重的屏蔽層以降低風險，增加了成本和空間的佔用。

- **維護與更新困難**：集中式的屏蔽設計一旦需要維護或更新，將涉及大範圍的工程作業，影響醫院的正常運作。

Cybeam 系統採用了創新的分散式輻射屏蔽設計，將主要的屏蔽設施分散設置於每個旋轉式治療室的入口處。這種設計模式的優點是：

- **治療室佈局靈活**：分散式的設計使得治療室的佈局更加靈活，可以根據醫院的實際需求和空間條件進行最佳化設計。



- **射束輸出更有效率**：此設計可以更精準地控制質子射束的射束能量切換，降低能量切換時間至小於 0.1 秒。

- **維護與更新便捷**：分散式的設計使得屏蔽設施的維護和更新更加便捷，減少對醫院正常運作的影響。

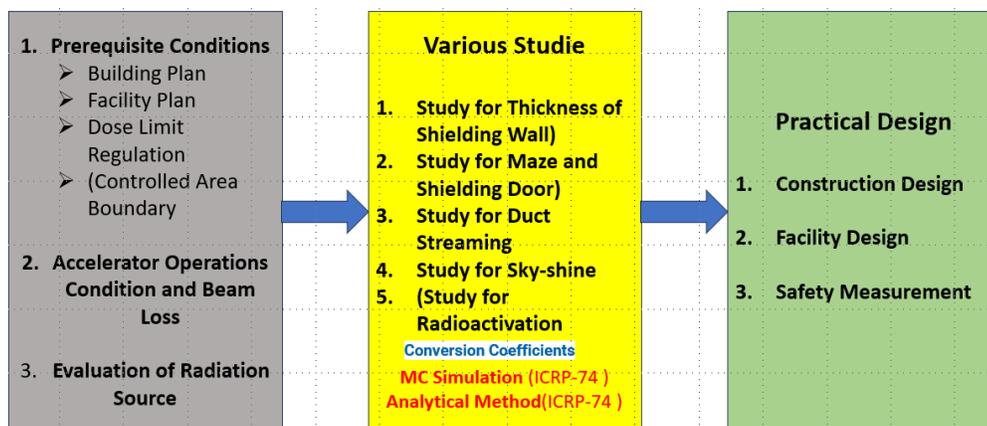
然而，分散式設計也帶來新的挑戰：

- **設計複雜度提升**：需要對每個治療室的輻射場進行精確的計算和模擬，以確保整體系統的輻射防護效能。

- **成本增加**：分散式的設計需要更多的屏蔽材料和設備，增加了系統和輻防屏蔽的設計成本。

- **施工難度增加**：分散式的設計增加了施工的複雜度，需要更高的施工精度和管理水平。

故此系統包含一台新型 230 MeV 超導迴旋加速器以及兩個獨立的旋轉式治療室，其輻射防護設計的創新性和蒙地卡羅模擬評估的精確性，值得深入探討與分析。

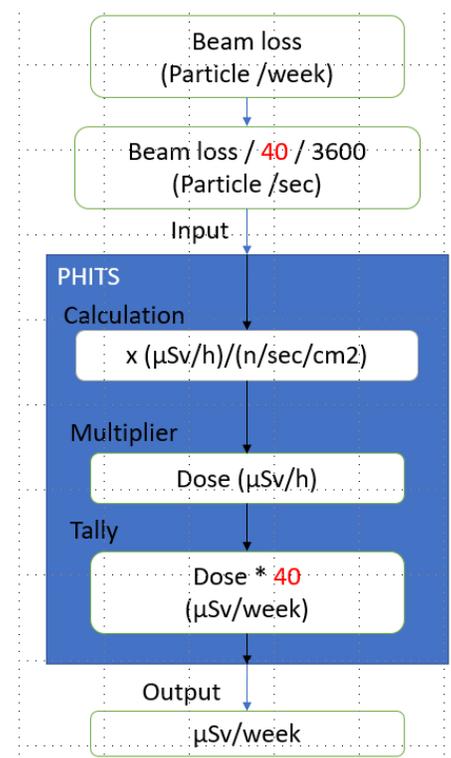


圖一 滲漏輻射屏蔽計算和輻射安全評估方法架構流程圖

材料與方法:

二、蒙地卡羅模擬方法與數據分析的精確性

為精確評估 Cybeam 系統的輻射防護效能，臺中榮總的研究團隊採用了蒙地卡羅模擬方法，利用 PHITS 2.0 (Particle and Heavy Ion Transport code System) 程式碼進行劑量計算。



圖二 Monte Carlo Simulation, Phits 3.2 應用於滲漏輻射屏蔽計算方法架構圖

蒙地卡羅模擬是一種基於統計概率的粒子傳輸模擬方法，可以模擬高能粒子的相互作用和傳輸過程，從而得到更準確的劑量分佈結果。

研究團隊在模擬過程中考慮了多種因素，包括：

- 不同能量的質子束：模擬不同能量的質子束，以評估不同能量下輻射場的分佈和劑量。
- 不同治療情境：模擬束流調整、實際治療等不同情境，以全面評估系統的輻射防護效能。
- 不同材料的屏蔽效能：模擬不同材料的屏蔽效能，以優化屏蔽層的設計。
- 空間幾何結構：精確模擬治療室和周圍環境的空間幾何結構，以提高模擬結果的準確性。

通過蒙地卡羅模擬，研究團隊獲得了不同位置的劑量率分佈數據，並與我們使用 PHITS 3.20 版程式碼 (Made : HPC SYSTEMS, Node : 4 - CPU : Intel(R) Xeon(R) CPU E5, Core(1 node) : 32) 和簡易法 (Simple Equation) 分析模型，在由二次中子和光子貢獻的三種情況 (情況 1、情況 2 和情況 3) 的選擇點處進行瞬發伽馬洩

漏 (Prompt Gamma Leakage) 評估。案例 1 模擬了質子束不進入治療室的日常束流轉向，束流損失點僅在迴旋加速器和阻擋器處。案例 2 和案例 3 分別模擬質子束進入第一和第二龍門室。每年治療 1000 名患者，均採用最低能量束 (射束損失最大)。質子射束使用量以兩個旋轉治療室、每個房間 500 名患者、每位患者 1000 cc 治療體積和 70 GyE 計算。治療室的總光束使用量為 825 nA，其中包括 50% QA 光束，治療光束分為 4 個方向。降級器和準直器 (ESS) 的光束損失為 58,918 nA·min，這是透過最小傳輸比計算的 (傳輸最小能量 110 MeV 光束)。

結果分析、安全考量與國際標準比對

研究結果顯示，Simple equation method 分析法計算出的三種情況的深部有效劑量, Hd 較 MC 計算較為保守，範圍為 1.14 ~ 24.76。蒙特卡羅模擬計算結果如圖二所示具有較好的可靠性，但由於其耗時長、複雜度高，在厚屏蔽設計和低劑量情況下不易降低其模擬統計誤差。Simple equation method 分析方法如果使用得當，可以在短時間內獲得所需位置處的計算點劑量。

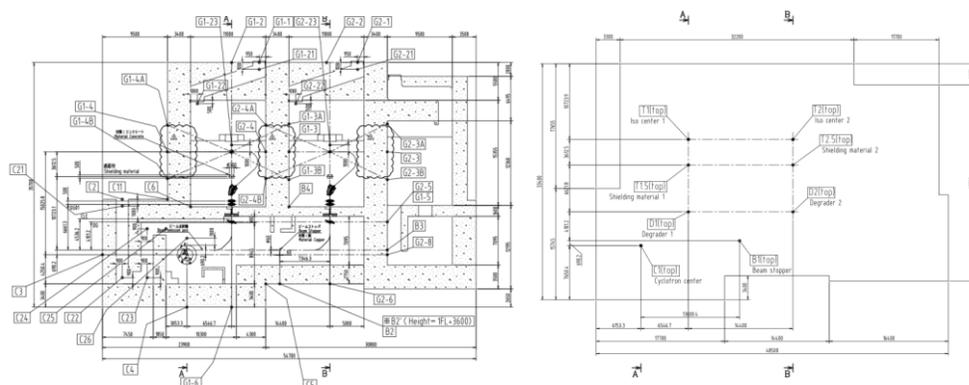
我們還針對不同職業類別的人員（放射治療師、運轉員、物理師等）進行了年有效劑量的評估，放射治療師、操作員、醫學物理師和公眾人員的瞬時洩漏年劑量當量率為 0.51 mSv y^{-1} 、 0.17 mSv y^{-1} 、 0.11 mSv y^{-1} 、 0.13 mSv y^{-1} ，分別如圖 2.1 和 2.2。放射治療師和醫學物理學家的包括即時輻射和活化在內的年劑量當量率分別為 6.14 mSv y^{-1} 和 0.26 mSv y^{-1} 。根據先前的 MC 結果，我們發現由於新的 ESS 設計，前向快中子劑量高於我們的預期。

我們在迷宮頂部增加了 50 cm 的屏蔽牆厚度，以將劑量率降低到可接受的水平。NCRP 和 ICRP 為職業暴露個人和公眾提出了有效劑量限值建議。所有數據在控制區域保持 $<20 \text{ mSv y}^{-1}$ ，在公共區域保持 $<1 \text{ mSv y}^{-1}$ 。然而，模擬結果也顯示，由於新型 ESS 設計，快中子的劑量比預期略高。為此，研究團隊建議在迷宮頂部增加 50 公分厚的屏蔽牆，以進一步降低快中子的劑量率。結果均遠低於 ICRP 和 NCRP 建議的限值。這進一步驗證了 Cybeam 系統的輻射防護設計的有效性。

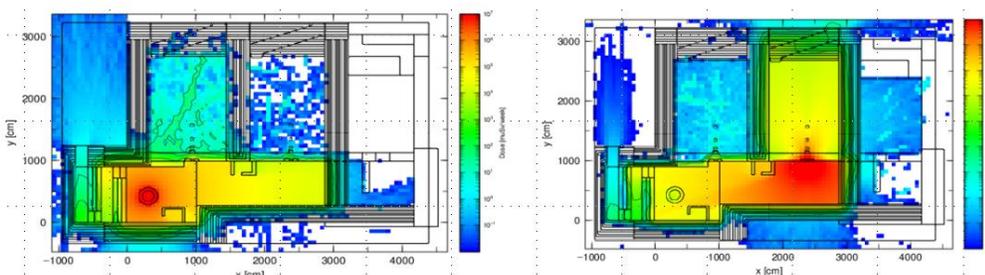
結論

臺中榮總 Cybeam 質子治療系統的輻射防護設計與蒙地卡羅模擬評估研究，代表了台灣在醫療技術和輻射防護領域的重大進展。該研究不僅驗證了創新設計的有效性，也為全球質子治療中心的輻射防護設計提供了寶貴的經驗和參考。

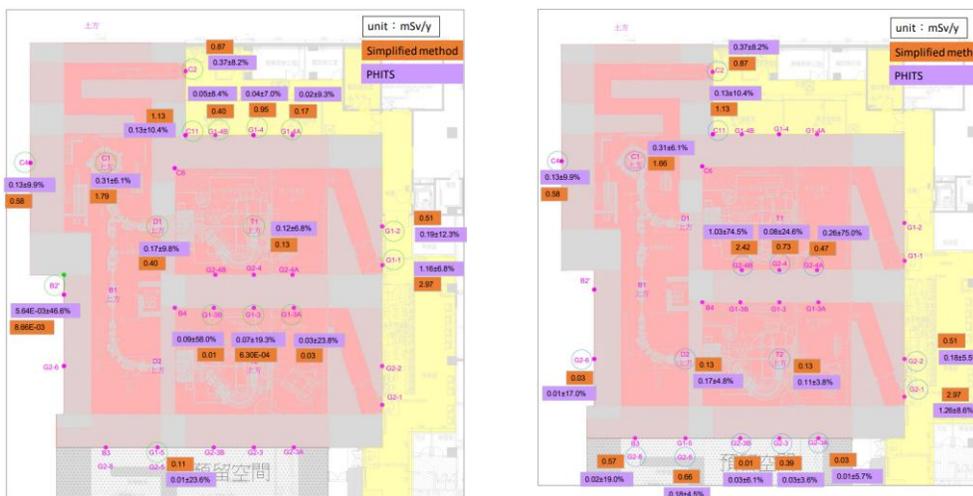
未來，隨著技術的進步和對輻射防護認識的加深，我們將持續完善和優化輻射防護設計，確保質子治療的安全和有效性，為更多患者提供更安全、更有效的醫療服務。這項研究的成果，不僅提升了台灣醫療技術的國際競爭力，也為



圖一 滲漏輻射計算輻射偵測點(Radiation detection point)



圖二 蒙特卡羅模擬(Monte Carlo Simulation)計算結果



圖三 PHITS and Analytical method dose rate result of case 2 and case 3. 計算結果

全球質子治療領域的輻射防護研究提供了重要的參考價值。

未來發展方向與展望

儘管 Cybeam 系統的輻射防護設計已經達到國際先進水平，但隨著質子治療

技術的持續發展，輻射防護技術也需要不斷更新和完善。未來研究方向可以考慮以下幾個方面：

- 更精細的模擬模型：開發更精細的模擬模型，考慮更多影響輻射傳輸的

因素，例如材料的非均勻性、散射效應等。

- **新型屏蔽材料的應用**：研究和開發新型屏蔽材料，以提高屏蔽效能、降低成本和減輕重量。

- **大數據分析與風險評估**：收集和分析大量的輻射劑量數據，建立更完善的風險評估模型，為輻射防護策略的制定提供數據支持。

- **主動式輻射防護技術的研發**：研究和開發主動式輻射防護技術，例如輻射束流監控系統、實時劑量警報系統等。

- **超高劑量率(Ultra-High Dose Rate)**: 超高劑量率放射治療（劑量率超大於 40Gy/s）是一種新興的放射治療技術，其特點是在極短的時間內提供高劑量的輻射，遠高於傳統放射治療的劑量率。作者本人於今年九月到 UPENN 羅伯茨質子治療中心 (Robert Proton

Center) 受訓，在 Michele Kim, PhD. 分享下，了解到 PENN 在 2022 年 3 月取得的 NIH 五年期 1,230 萬美元撥款的支持下，在他們最初的 FLASH 研究結果的基礎上繼續發展。這包括與牛津大學、杜克大學和海德堡大學的同事合作，更深入地研究導致治療毒性的分子機制，以便我們可以幫助最大限度地減少對正常組織的影響。但是超高劑量率放射治療的在國內發展，於輻射防護上的考量仍需持續進行相關研究和探討。

發行人
張似璵

主編
劉代欽

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