



財團法人 中華民國輻射防護協會

輻射防護簡訊

第 138 期

發行人
鄧希平

主編
張似璵

編輯委員
尹學禮 江祥輝
劉代欽 蔡惠予 魯經邦

執行編輯
張仲銘 李孝華

出版單位
財團法人中華民國輻射防護協會

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

行政院新聞局 出版事業登記證
局版北市誌字 第柒伍零號

協會報導

第 3 頁

淺談應用放射性物質的民生用品(一)

夜光鐘錶 記得在小時候曾非常著迷夜光漆，甚至偷偷去買夜光貼紙貼在手上，然後躲在棉被裡欣賞著夜光貼紙散發出夢幻般的黃光。

含氦 85 燈泡 為了快速點亮燈泡，便在燈泡裡面加入放射性氣體--氦 85，氦 85 輻射出的 X 光會游離燈泡中的氬氣產生電流，大幅縮短啟動時間。

測驗與訓練班公告

第 6 頁

公告本會各項訓練班開課時間。

新聞廣場

第 8 頁

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。

輻防新知

第 11 頁

人類核災區 動物新樂園

科學研究首度揭示，如果不考慮個別動物接受的潛在輻射效應，在近卅年的長期輻射暴露後，車諾比隔離區反而成了哺乳動物的群體繁殖地。

特別報導

第 14 頁

輻射安全 那時·此刻

福島第一核電廠事故迄今五年，科學團體已準備好評估福島核災所實際造成的健康影響，並與生活中的其他風險進行比較。

專題報導

第 16 頁

林口長庚醫院質子暨放射治療中心及其研究發展

林口長庚醫院是台灣第一家投入質子治療領域的醫院，將之建造完成並實現於臨床應用。



圖片來源 電影「我們的那時·此刻」臉書

輻射安全 那時·此刻

主編 張如琛

311 日本福島核子事故發生迄今已五年，每年 3 月間很多國家都會舉辦各種的紀念活動，提醒人們核能與輻射安全的重要。今年也正值車諾比事故發生 30 週年，在經過了足夠長的時間之後，目前正是最佳時機去看看該事故所造成的影響。倫敦帝國學院的癌症分子病理學家暨車諾比組織銀行的領導潔洛汀·湯馬士教授在福島事故發生五週年紀念日當天，於 BBC 今日 (Today) 節目中發表談話：「大眾普遍誤解核電廠災變會讓人們接受到很高的輻射劑量，但事實上，該劑量比大家所認為的要少得多。人們也傾向認為核電廠等同於原子彈，但是這兩者卻有天壤之別。」這段話讓身為輻射防護專業人員的我們，深深感受到身上背負著讓大眾**認識輻射**的社會責任。

本期 *人類核災區 動物新樂園* 報導，揭示了在近卅年的長期輻射暴露後，車諾比隔離區反而成了哺乳動物的群體繁殖地，這個研究結果大大顛覆了人們的看法。潔洛汀·湯馬士教授在特別報導中則告訴我們探討核事故對於健康所造成的影響，必須和生活中的其他風險一起考量。

本期輻射的神奇醫術系列專題報導，介紹林口長庚醫院質子暨放射治療中心及其研究發展，希望能讓讀者們了解這種尖端且先進的癌症放射治療方法，提供大家更多的選擇。

歡迎賜稿，稿件請寄：

輻防協會編輯組

300 新竹市光復路二段 295 號

15 樓之 1 或

傳真 (03)572-2521 或

電郵 rpa.newsletter@gmail.com

來稿一經刊登，略奉薄酬；

政令宣導文章，恕無稿酬。

淺談

應用放射性物質的民生用品(一)

記得在小時候曾非常著迷夜光漆，甚至偷偷去買夜光貼紙貼在手上，然後躲在棉被裡欣賞著夜光貼紙散發出夢幻般的黃光，內心發出由衷的讚嘆！

夜光鐘錶

記得在小時候曾非常著迷夜光漆，甚至偷偷去買夜光貼紙貼在手上，然後躲在棉被裡欣賞著夜光貼紙散發出夢幻般的黃光，內心發出由衷的讚嘆！不過夜光漆的功能可不是用來玩賞的，而是為了方便人們在黑暗的環境下，也能計讀儀錶的數值，像飛機、船舶或是鐘錶等，均會在儀錶的指針或刻度塗上發光材質，以便隨時能知道儀表指數。

早期的發光塗料是使用放射性的鐳鹽(即鐳 226)作為激發劑，鐳 226 放出的高能量輻射會激發螢光塗層而發光，這類的發光材質屬於自發性發光，優點是會自行發光，無需事先照射光源，而且發光很亮。但後來陸續發現許多塗夜光塗料的工人罹患癌症，追查之下才發現，塗漆的工人會習慣用嘴去舔尖毛筆，以方便塗料，工人便在不自覺的情況下吃進或吸入鐳 226，造成體內劑量。此外鐳 226 輻射出的高能量加馬也會對使用者



圖 1 氙燈管

作者

王祥恩

輻射防護協會 技術組組長

造成嚴重的體外劑量，筆者曾經檢測過一個古董級的指北針，表面測得的輻射劑量率竟高達一百多微西弗/小時！而在一些進口的廢五金堆裡面，也曾發現過舊船拆下來的含放射性物質的儀錶夾雜其中，所幸這些東西都在進入鋼鐵廠時，被廠方裝設的門框式輻射偵檢系統攔截下來，沒有造成進一步的危害。

如今各國均已禁止在夜光塗料中添加鐳 226，而改用氚作為激發劑。市面上使用現成的氚燈管，氚氣及發光材質均已密封在一個細小的玻璃管內，鐘錶製造商只需要將氚燈管黏在錶面即可。氚在使用時相對較安全，除了其使用量必須符合豁免管制活度外，因為它僅會輻射貝他粒子，氚燈管及錶面的玻璃足可完全阻擋這些貝他粒子的穿透，不會對人體造成任何劑量，即使錶面玻璃及氚燈管均破裂，氚燈管內的微量氚氣也會被大氣稀釋，不會對人體造成危害。

不過對一般小老百姓而言，想要擁有一只放射性的夜光鐘錶可不是件容易的事，一則是

這類鐘錶的價位通常偏高，另外就是有其他安全性更高的的替代品，例如含螢光物質或稀土元素的發光塗料，只是這類的材質並非是自發性發光，必須在光源下曝曬一段時間，待發光材質吸收光能後便會放光，我小時候玩的那種夜光貼紙，就屬於這一類材質。雖然它的發光亮度和時間比不上放射性夜光漆，但在安全性方面則是壓倒性獲勝。

含氚 85 燈泡

傳統的燈泡製作過程中，先抽掉空氣後再灌入氬氣，以避免燈絲燒毀，電源啟動後，燈泡便慢慢亮起來。但這對像舞台燈這類必須在極短時間亮起來的燈具而言，顯然是不合用。為了能快速點亮燈泡，便在燈泡裡面加入放射性氣體--氚 85，氚 85 輻射出的 X 光會游離燈泡中的氬氣，產生電流，大幅縮短啟動時間。

隨著節能省電的世界趨勢，添加氚 85 的燈泡不再僅限於舞台燈，一般的消費性產品，例如投影機燈泡也加入這個行列。為了省電的

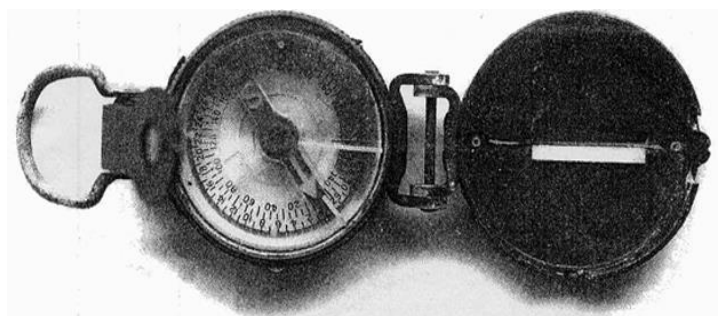
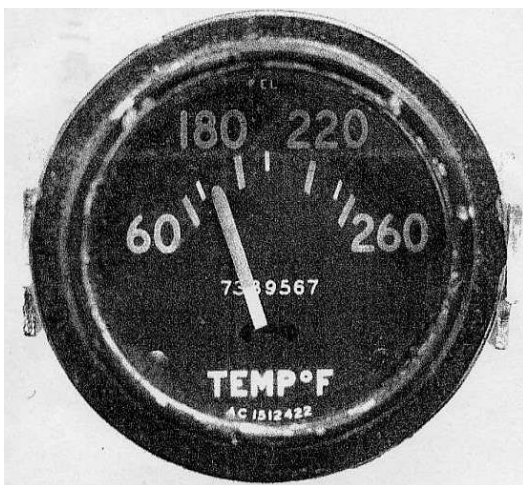


圖 2 含鐳 226 的儀錶和指北針

緣故，燈泡的啟動電壓越做越低，低到必須在燈泡中添加氙 85 才能啟動。我想讀者此時應已坐立難安，迫切想知道這類的放射性燈泡會不會對人體造成傷害？其實只要數量夠低，放射性物質便不會對人體造成傷害。針對這樣的量，國際原子能總署(IAEA)針對各種放射性物質訂定了「豁免管制活度」，凡是低於這個管制量的放射性物質，在使用上便沒有安全之虞，同時不用納入法規的管制。以氙 85 為例，它的豁免管制活度是一萬貝克，但一般灌入燈泡中的氙 85 活度大概只有數百貝克而已，遠低於豁免管制量。所以消費者在使用這類的燈泡時，不會有受到輻射傷害的疑慮。倒是在這裡要順便澄清一下，這可能會讓很多超人迷失望了，那就是氙本身是一種惰性氣體，不會和其他元素產生化合物，因此在超人電影中，壞蛋拿著氙石威脅超人的場面，是不會出現在現實的世界中，最多只能拿著灌有氙 85 的燈泡來威脅超人吧！不過相信神通廣大的超人只需用他的雷射眼瞪一下，氙燈泡就立即炸裂了！



圖 3 含氙 85 的投影機燈泡



圖片來源 WHY-SCI

輻射防護協會技術組 介紹

隨著輻射應用日趨廣泛，協會除了協助政府執行專案，也提供民間輻射安全防護技術的服務，以保障民眾與環境的輻射安全。

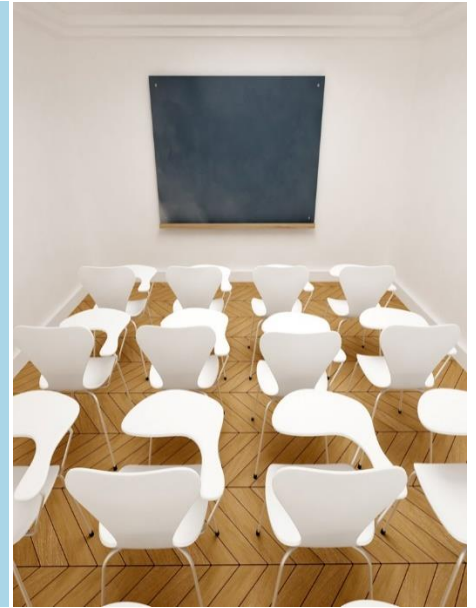
主要服務項目如下：

1. 民眾住宅輻射污染偵測
2. 建築鋼筋、鋼材輻射偵測
3. 非醫用 X 光機安全檢測
4. X 光管報廢處理
5. 醫院核醫設施、照射設施安全評估及工程
6. 工業用射源輻射污染擦拭與洩漏檢查
7. 鋼鐵廠門框式輻射偵檢系統功能檢查
8. 鋼鐵廠偵檢作業輔導
9. 密封性射源報廢處理
10. 放射性核種分析
11. 實驗室、工廠輻射防護計畫制訂及工程
12. 公共設施、場所環境安全評估及輻射防護計畫書撰寫
13. 放射性物質、可發生游離輻射設備使用執照申請

有興趣的朋友請蒞臨 [本會網站進一步了解](#)，或請致電

服務專線：03-5722224

各項訓練班開課時間



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 小時許可類設備

A3	8 月 09 日 ~ 16 日	高雄 輻射偵測中心
A4	8 月 24 日 ~ 31 日	新竹 帝國經貿大樓

B 組

18 小時登記備查類設備

B6	04 月 13 日 ~ 15 日	新竹 帝國經貿大樓
B7	04 月 20 日 ~ 22 日	台北 建國大樓
B8	05 月 11 日 ~ 13 日	台中 文化大學推廣部
B9	05 月 25 日 ~ 27 日	高雄 輻射偵測中心
B10	06 月 15 日 ~ 17 日	台北 建國大樓
B11	06 月 22 日 ~ 24 日	新竹 帝國經貿大樓
B12	07 月 19 日 ~ 21 日	台中 文化大學推廣部
B13	07 月 26 日 ~ 28 日	高雄 輻射偵測中心
B14	08 月 02 日 ~ 04 日	台北 建國大樓
B15	09 月 06 日 ~ 08 日	新竹 帝國經貿大樓
B16	09 月 20 日 ~ 22 日	台中 文化大學推廣部
B17	09 月 27 日 ~ 29 日	台北 建國大樓

輻射防護專業人員訓練班

輻防師 144 小時、輻防員 108 小時

／新竹帝國經貿大樓

員 29 期	第一階段	07 月 04 日～ 08 日
	第二階段	07 月 11 日～ 15 日
	第三階段	07 月 25 日～ 29 日
	第四階段	08 月 01 日～ 04 日
進階 20 期	20 - 1	08 月 16 日～ 18 日
	20 - 2	08 月 19 日～ 23 日

輻射防護繼續教育訓練班*

三小時	04 月 08 日	高雄
	04 月 28 日	新竹
	06 月 02 日	台北
	07 月 07 日	台中
	07 月 22 日	高雄
六小時	04 月 19 日	台北
	05 月 17 日	高雄
	05 月 31 日	新竹
	09 月 01 日	台北
	10 月 04 日	高雄
	11 月 08 日	新竹

鋼鐵建材輻射偵檢人員訓練班*

鋼	04 月 26 日～ 27 日	新竹 帝國經貿大樓
	05 月 04 日～ 05 日	高雄 非破壞檢測協會南訓中心

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	輻射偵測中心	高雄市鳥松區澄清路 823 號
	非破壞檢測協會 南訓中心	高雄市前鎮區擴建路 1-21 號 6 樓

*上課地點如果僅註明區域，但是沒有詳細地點，將依照當期報名人數來決定適當地點。屆時會再通知已報名的學員。

各項訓練班簡章可至[本會網站查詢](#)。

課程安排問題，請聯絡本會

電話 (03) 572-2224

分機 314 李孝華（繼續教育）

313 李貞君（專業人員、
鋼鐵建材）

315 邱靜宜（放射物質
與游離輻射設備）

傳真 (03) 572-2521

輻防新聞廣場

這裡有您最關心的證照考試資訊、國內產官學界最新消息、以及近日全球輻防新聞



最新證照考試日期與榜單

行政院原子能委員會 105 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

「行政院原子能委員會 105 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」訂於民國 105 年 5 月 7 日舉行，相關資訊已公布於原能會網站。[相關網址 1](#)、[相關網址 2](#)

國內訊息

105 年 3 月 16 日媒體報導「台灣不應再焚燒低階核廢料」之澄清說明

有關媒體報導台電為減少低階核廢料的總量，以焚化爐焚燒三座核電廠所產生的某些類型之低階核廢料，可能引起潛在輻射公共安全問題。原能會對於焚化爐的管制做法澄清說明如下：

- 一、核電廠對可燃性低放廢棄物，使用焚化爐進行焚化減容，符合國際間普遍採行的減容措施。
- 二、核電廠可燃低放射性廢棄物焚化處理設施，在嚴密管控下依操作程序書執行，包含廢棄物分類、焚化、廢氣處理、排放監測、爐灰貯存等各項作業。原能會亦定期不定期及不預警執行嚴格檢查，以確保焚化爐作業安全。
- 三、核電廠焚化爐廢氣須經由驟冷器、袋式過濾器、高效率過濾器及洗滌塔等一系列的氣體淨化處理，並經輻射監測後確討符合安全要求後，才會經煙囪排氣管路排放。其中高效率過濾器可濾除廢氣 99.97% 以上的微粒粉塵，可有效過濾放射性物質至輻射偵測器的最低可測值(LLD)以下。原能會現場檢查人員，對於煙道排氣口進行污染查證，並查核排放紀錄，以確保符合相關輻射防護之安全標準。
- 四、核電廠焚化爐焚燒後的灰渣，先裝入壓縮桶再經由超高壓處理後，裝入 55 加侖鋼桶並經由核種活度分析及表面劑量率量測後，安全貯存於核電廠的貯存庫內。
- 五、核電廠焚化爐設置於核電廠內，原能會輻射偵測中心及台電公司每季分別對核電廠附近地區進行環境輻射進行監測及採樣分析化驗，監測報告均上網公開，長期來核電廠外未有發現輻射異常情形。原能會核安監管中心 24 小時監測核電廠區附近之即時環境輻射監測，另原能會亦建立全國即時環境輻射監測，以確保民眾安全及環境品質，不會對廠外環境造成影響，請民眾放心。

[相關網址](#)

105年3月10日核一廠2號機反應器急停事件原能會說明

105年3月10日13時10分核一廠2號機發生爐心水位過高，機組依安全設計自動引動主汽機跳脫及反應器急停。目前所有控制棒已全入，機組處於安全停機狀態。事件發生後，台電公司已依規定通報本會，目前台電公司正行肇因調查。本會接獲電廠通報後，即責成駐廠視察員就近瞭解機組狀態，確認機組安全停機無輻射外洩情形。本會將持續追蹤電廠後續處理措施。[相關網址](#)

105年2月28日媒體報導「台灣乾貯採銻接水泥結構，燃料棒無法再取出，恐致輻射汙染」原能會澄清說明

有關媒體報導台灣乾貯作法採銻接水泥結構，燃料棒無法再取出乙事，經查係日本來台的兩位反核人士對美國核管會核准且廣泛使用的貯存護箱之設計與維護並不瞭解所致。事實上，燃料棒從貯存護箱再取出的作業能力已經完成驗證，國內核廢乾貯場符合國際安全標準，並無安全疑慮。[相關網址](#)

原能會再次辦理「有遭受放射性污染之虞建築物」免費輻射偵測專案

「有遭受放射性污染之虞建築物」清冊中所列之建物所有權人未收到通知單者，可電話逕洽本會承辦人申請建物輻射偵測服務，服務電話：0800-076-678 或(02)8231-7919 轉分機 2210。

[相關網址](#)

安心過年，原能會為食品輻射把關

為確保國內食品的輻射安全，原能會輻射偵測中心定期至消費市場購買國人日常生活食用的白米、葉菜、根莖菜、水果、魚、海鮮、肉類、蛋、麵粉、鮮奶、乳製品、嬰兒食品以及飲用水等，進行輻射偵測，檢測結果都符合法規規定，國人可以安心食用。

飲用水的輻射安全，如同食品一樣受到國人的關切。輻射偵測中心定期採取臺灣自來水公司與臺北自來水事業處所屬36個給水廠的飲用水；另外也派員至消費市場抽樣購買國內外各種品牌包裝礦泉水進行放射性含量檢測，檢測結果都符合法規規定，國人可以安心飲用。

有關食品及飲用水檢測結果的相關資訊，全部刊載於輻射偵測中心所發行「臺灣地區放射性落塵與食品調查」半年報，並[公開於網站](#)。

105年1,2月輻安預警自動監測日平均劑量率變動圖

105年1,2月輻安預警自動監測日平均劑量率，均在背景動範圍（ $0.2 \mu\text{Sv/hr}$ ）內。

[相關網址 1](#)、[相關網址 2](#)

輻射偵測中心 105年2月份進口鮮果類食品檢測結果

輻射偵測中心派員至消費市場抽樣購買來自澳洲、泰國、日本、美國、智利等9個國家進口之鮮果類食品25件，檢測結果均符合法規規定。[相關網址](#)

輻射偵測中心 105年2月份臺灣地區食用之農特產品檢測結果

輻射偵測中心派員至消費市場抽樣購買來自地區食用之農特產品檢測結果，均符合法規規定。

[相關網址](#)

輻射偵測中心 105 年 1 月份進口海產物罐頭食品檢測結果

輻射偵測中心派員至消費市場抽樣購買來自波蘭、泰國、日本、西班牙、美國、智利等國家進口之海產物罐頭食品 20 件，檢測結果均符合法規規定，無輻射異常。[相關網址](#)

輻射偵測中心 105 年第一季國內外磁磚建材取樣作業

輻射偵測中心派員抽樣來自臺灣、西班牙、義大利等 20 件市售磁磚建材樣品進行輻射檢測，檢測結果均符合法規規定。

[相關網址](#)

原子能委員會『原來如此』短片上線囉

原能會 104 年製作「原來如此」系列短片，針對一般人對輻射的疑惑，藉由訪問街頭民眾的方式，提出簡要明確的說明，以提高國人對輻射防護的認知，每支短片 2 分鐘，共有 23 支影片。

[YouTube 影片專區網址](#)

海外信息

NRC 核准興建 Mo-99 生產工廠 (2016 年 3 月 3 日)

美國核能管制委員會 (Nuclear Regulatory Commission, NRC) 對於專門生產醫療用同位素的工廠首開先例核發了興建許可證。該許可證將允許 SHINE 醫療科技™ (SHINE Medical Technologies) 建造鉬-99 與其他放射性同位素的生產工廠。工廠將設在威斯康辛州的簡斯村 (Janesville, Wisconsin)，離麥迪遜城 (Madison) 東南方約 64 公里處。SHINE 也將另外申請營業執照，經 NRC 批准後才能開始生產。其他資訊可[訪問 SHINE 網站](#)。

人類核災區 動物新樂園

科學研究*首度揭示，如果不考慮個別動物接受的潛在輻射效應，在近卅年的長期輻射暴露後，車諾比隔離區反而成了哺乳動物的群體繁殖地。

隔離區佔地約 262,000 公頃，緊鄰車諾比核電廠周邊，也就是 1986 年放射性落塵污染最高的地方，限制公眾進出及居住。該區鄰接單獨成立的行政區—波利西亞州立輻射與生態保留地（Polesie state radiation and ecological reserve，簡稱 PSRER）位於隔離區北方的白俄羅斯境內。

自 1986 年車諾比事故發生後，共有 116,000 人永遠從 4200 平方公里的車諾比隔離區疏散到外地。至於仍留在廢棄區的野生動物，根據一篇名為「長期統計資料顯示車諾比野生動物群體密度增加」的文章，他們的命運持續被科學與公眾討論著。

「在此之前，有數篇車諾比隔離區的研究指出，輻射效應影響巨大，縱使遠低於從前認為不會造成顯著影響的劑量率，都會使野生動物的數目遽減。然而，我們長期觀測資料的結果卻非常不一樣，輻射對於哺乳動物數目甚至完全沒有負面影響。」從事此研究的科學家們如此寫道。



離車諾比電廠最近小鎮的野生動物群，
[圖片出處](#)

* 這項由白俄羅斯、日、英、美國進行的研究，於日前（2015.10.05）發表在「今日生物學（Current Biology）」期刊。今日生物學是科學指導（ScienceDirect）的出版物，科學指導則是學術出版社愛思唯爾（Elsevier）的一員。

車諾比隔離區內的麋鹿、歐洲狍、赤鹿與野豬，其相對繁殖數和同區域內（未遭污染的）四個生態保護地相較，其實是類似的；至於野狼數目甚至還要高上七倍。此外，早期直昇機空中統計資料顯示，在事故發生後一至十年，麋鹿、歐洲狍與野豬的數目還有增加的趨勢。

白俄羅斯境內的車諾比隔離區（即 PSRER）佔地 2165 平方公里，相當於半個隔離區大小，其輻射程度和烏克蘭境內的隔離區相似，只有大概 1% 位於烏克蘭的隔離區污染較嚴重。

報告指出，PSRER 提供了「千載難逢的機會」，測試關於野生動物自史上最嚴重核能事故回復能力的三項關鍵假設。

假設

第一種假設認為，哺乳動物數目和車諾比輻射污染的程度呈負相關，但是此假設並沒有獲得新資料的支持。2008 至 2010 年每 10 公里的平均腳印數目，是以對於麋鹿、野豬、歐洲狍、狐狸，以及綜合其他掠食和非掠食性哺乳類的 35 條冬季訪查路線，其放射性銫污染密度的函數來評估的。

這份報告指出：「對所有物種而言，我們的統計模型都否定了輻射污染是 PSRER 區內哺乳動物密度的重要預測指標。雖然調查資料並不能對於像是成功生殖或長壽的動物數目提供直接資訊，但是動物從較低污染區域迅速遷入並居住於生機蕭條的高污染區（以日計），這種情形看起來非常不可能發生。」

第二種假設認為，位於 PSRER（車諾比區

域）的大型哺乳動物密度，與白俄羅斯境內四個未受污染的生態保留區相較之下，是比較低的。但是，這項假設並沒有得到研究團隊觀察資料的支持。

「我們分析了白俄羅斯天然資源部由冬季腳印訪查路線推導出的動物群體密度估計值（2005-2010 年），在 PSRER 觀察到的大型有蹄類（有蹄哺乳類，如麋鹿、赤鹿、歐洲狍、野豬）密度和四個未受污染的保留地類似。」研究團隊說。「在 PSRER，狼的數目高上七倍。雖然從冬季腳印訪查資料來估計動物群體密度尚存有不確定性，但是我們用來比較保留地之間相對密度的方法是很扎實的，因為每個保留地都採用相同的數目調查方式。」

他們繼續寫道，將 PSRER 的腳印數目與 250 公里之外的俄羅斯布揚斯基（Bryansky）森林保留地相比，也支持否決第二種假設。兩保留地內的麋鹿與野豬數目（2008-2010 年）大致相同。在 PSRER，狼和 大山貓腳印數分別高了 19 和 1.3 倍，但是歐洲狍數目則少了 4 倍。

研究報告指出：「要解釋這種保留地之間有蹄類密度的差異是有困難的，這是因為 PSRER 和其他保留地比起來，狼的密度要高很多，但是來自人類的壓力少。然而這些資料卻指出 PSRER 哺乳類密度對於該區域內未受污染保留地的預期數字來說，並不算不正常。」

由於哺乳類動物密度與棲息地的自然差異，此比較分析並未排除輻射對於 PSRER 群體密度的一些影響，但是從我們反駁第一種假設的資料中找不到任何這方面的證據。

第三種假設則是提出，事故發生後 1 至 10 年這段期間，大型哺乳類動物密度呈減少趨勢。但是這份報告寫著，空中調查野豬（1987-1996）、麋鹿和歐洲狍（1988-1996）的數量結果卻是隨時間而顯著增加。假設中野豬數量之所以會顯著減少，是因為排除了兩年份調查範圍較小的資料；1987-2006 年間大型非掠食性哺乳類的增加，也同時伴隨著野狼數目的大量增加，依據這份報告的分析，這可能是野豬的數目從 1993-1994 年開始減少的原因；另外，非洲豬瘟爆發和豬隻數目減少也有關係。在車諾比事故發生前，哺乳類數目的密度也可能因為打獵、伐木、農耕的原因而減少。

在事故發生後頭六個月，極高的劑量率明顯地影響了動物的健康與繁殖，但是從他們對哺乳類大量繁殖的趨勢分析來看，任何對於群體密度的長期輻射傷害並不明顯。

「在 1990 年代初期，車諾比隔離區內麋鹿和野豬的數目曾經一度增加，而當時這些物種正處於前蘇聯國家由於社會經濟巨變而迅速衰敗的時期（導致鄉村更加貧困，管理野生動物不善）。當考量資料的時間趨勢時，並不能將人類棄置車諾比隔離區所可能帶來的正面效應，從輻射帶來的潛在負面效應分離出來（雖然對於第一種假設的檢定，並未發現這種負面影響）。儘管如此，這些資料代表了在長期輻射壓力下，野生動物回復能力的獨特證據。」

研究結果顯示，這三項對於「輻射會對車諾比大型哺乳類群體數目造成傷害」的假設，沒有一項得到觀測證據的支持。

這些獨一無二資料所獲得的結果，將有助於社會對於「長期輻射曝露在野生動物身上造成的負面影響」、以及「人類的遷出而減輕了自然生態系統所經歷更為持久且日益增加的壓力」兩種觀點之間，取得持平的看法。

原文出處

寰宇核能新聞
Chernobyl supports
'abundant' mammal life, says
new study
2015 年 10 月 6 日
[原文連結](#)

輻射安全 那時・此刻

福島第一核電廠事故迄今五年，科學團體已準備好評估福島核災所實際造成的健康影響，並與生活中的其他風險進行比較。

~ 潔洛汀 湯馬士 (Geraldine Thomas)

福島事故發生五週年紀念日當天，倫敦皇家學院車諾比組織銀行(Chernobyl Tissue Bank)的領導人湯馬士，於 BBC 今日 (Today) 節目中發表談話：「大眾普遍誤解核電廠災變會讓人們接受到很高的輻射劑量，但事實上，該劑量比大家所認為的要少得多。人們也傾向認為核電廠等同於原子彈，但是這兩者卻有天壤之別。」

「從小到大，我們的認知是當下一枚核子武器爆炸時，大概就是地球人類的末日，」她繼續說，「核子武器與核電廠兩者似乎糾結在一起，要走出這種思路是很困難的。」

「而我的想法是，我們無法真正了解核電廠事故的影響，除非事故不但真的發生了，並且經過足夠長的時間去實際探討



潔洛汀·湯馬士在日本核災區接受 BBC 記者訪問

[圖片出處](#)

資料來源

寰宇核能新聞

Time to look again at radiation safety,

World Nuclear News 11 March 2016

[原文連結](#)

其結果。現在就是最佳機會去看看車諾比事故所造成的影響。今年正好是事故發生卅週年，我們已掌握足夠的資料進行評估，並且可以證明核電廠事故和原子彈爆炸不一樣。」

「兩者最主要的差異是，核武會產生大量具有穿透性的加馬輻射，核反應器事故所產生的則是銫 137 與碘 131 等放射性同位素，只有當這些放射性同位素進入到身體裡才會造成傷害。」

「儘管福島事故產生大量的放射性同位素的排放，並影響廣泛的區域，但是事實上福島附近居民所受到的劑量卻不嚴重，經計算發現，95%的居民僅受到大約 1 毫西弗，相當於一次電腦斷層檢查的十分之一而已。」

「現在想想，當時對於當地居民的風險評估其實是高估了。」「如果把整起事故當作是一場化學毒物事件處理，或許會好得多。在當時我們就會說：待在家裡、關起門窗，若需疏散，等到安全的時候就會有人來接你。如此便有時間評估可能的劑量、可能的排放物，並且有時間準備好適當的應變計畫。」

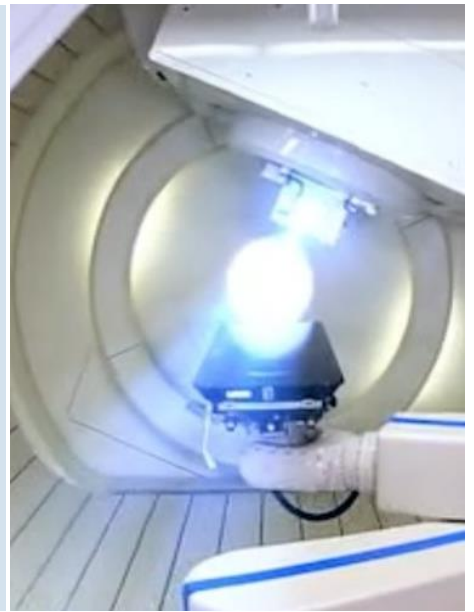
「風險是不可能完全降到零！」湯馬士呼籲社會應對於核電廠事故風險、以及其他發電方式風險（特別是有害環境與健康的石化燃料）能一視同仁。對於核能發電她提出一項質疑：「我們會不會要求安全過了頭？」

「我認為探討核事故對於健康所造成的影響，必須和生活中的其他風險一起考量。大部分科學團體都認為，我們應該注重事實真相，也必須重新評估健康風險。當後人反思吾輩今日所為，或許會認為當時人們因為過度謹慎，腦袋就不清楚了。」

本文為潔洛汀·湯馬士 (Geraldine Thomas) 接受英國廣播公司 BBC 的訪談內容。

潔洛汀·湯馬士是倫敦帝國學院的癌症分子病理學家，以及車諾比組織銀行的領導。

林口長庚醫院 質子暨放射治療中心及其研究發展



林口長庚醫院是台灣第一家投入質子治療領域的醫院，將之建造完成並實現於臨床應用。

質子治療是一種癌症放射治療的方法，需要尖端且先進的醫療設備。早期發展質子治療時以研究用加速器兼做癌病治療，然歷經世界各國的臨床試驗，證實質子治療對腫瘤的控制率和癌患存活率可大幅度提高，且治療的副作用可相對降低，因此開始發展出建造醫院專用性的質子加速器治療機。然而醫院專用質子加速器治療機的構造複雜且精密，設備投資昂貴，且需要配合相應的研究資源投入在物理、生物和醫學等研究項目上，因此對國內的醫療院所而言，踏入質子治療領域的門檻很高。

建置發展過程

林口長庚醫院是台灣第一家投入質子治療領域的醫院，將之建造完成並實現於臨床應用。由初期的設計、規劃、籌備，發展到現在的啟動實際治療臨床病人，歷經 20 年，期間促使相關主管機關如衛生福利部與原子能委員會擬訂相關法令與措施，使質子治療得以在台灣實現，未來甚或有重粒子治療加入放射治療癌症的行列。目前其他建造中或規劃中質子或重粒子設施的醫院包括高雄長庚醫院、台灣大學附設醫院、台北醫學大學附設醫院、中國醫藥大學附設醫院、彰化基督教醫院、高雄醫學大學附設醫院等。

作者

蔡惠予

長庚大學 醫學影像暨放射科學系

林口長庚醫院質子暨放射治療中心與放射醫學研究所的發展大事記

1995 年	開始進行設立質子治療設施可行性評估
1997~ 2007 年	參訪歐、美、日先進國家的質子中心，追蹤新技術發展，分析評比各廠牌質子治療設備
2007 年	7 月，王永慶先生核准了質子機擴建計畫
2008 年	6 月，與日本住友重機械株式會社(Shimitomo Heavy Industries, Ltd.)簽署質子設備購買合約
2009 年	12 月，衛生福利部核准擴建設置質子暨放射治療中心
2010 年	11 月，原子能委員會核准高強度輻射設施安裝許可
2011 年	1 月，質子暨放射治療中心新建工程動土奠基典禮
2012 年	6 月，開始質子治療設備加速器之安裝
2013 年	成立研究單位：放射醫學研究院
2014 年	8 月，衛生福利部核備，進行質子治療臨床試驗 9 月，第一位臨床試驗病人接受治療
2015 年	11 月，開始正式臨床病人治療
2016 年	1 月，成立台灣質子研究大聯盟

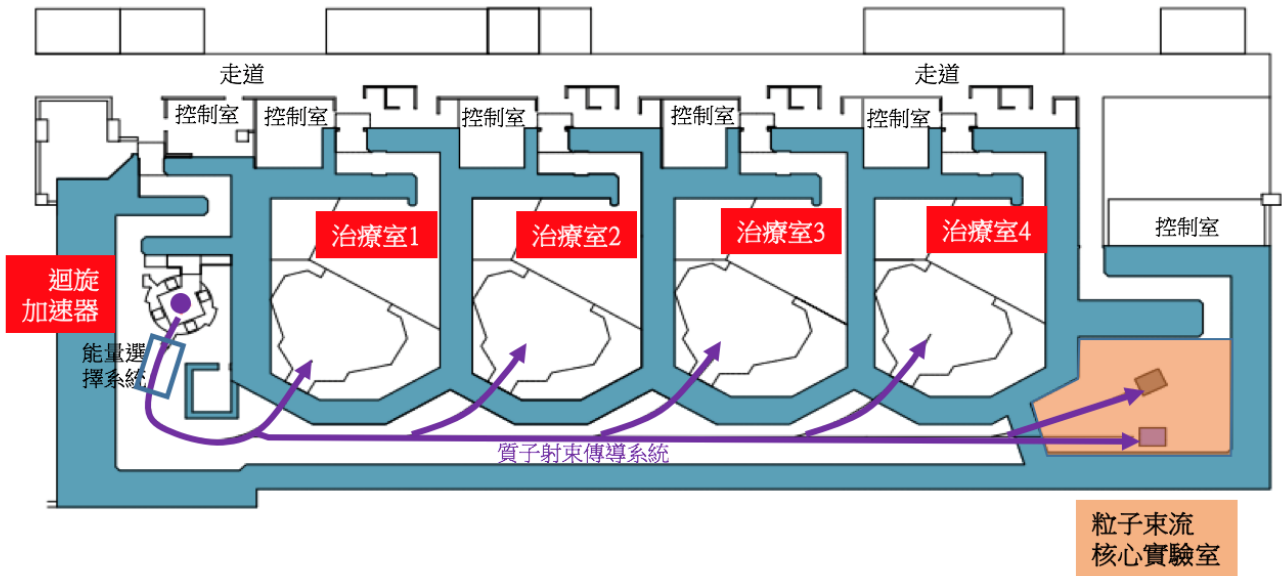
質子治療設施

林口長庚醫院質子暨放射治療中心座落於永慶尖端醫療園區，設有一個迴旋加速器(cyclotron)、四間質子治療室、一間粒子束流核心實驗室。迴旋加速器用以加速質子，使質子具備足夠的能量以穿透身體到達深部腫瘤，目前可選擇的質子能量為 70 ~ 230 百萬電子伏特(MeV)。四間治療室分別設計為擾動式(wobbling)與筆尖式掃描(pencil beam scanning)的射束傳遞，以供不同質子治療需求使用。粒子束流核心實驗室已於 2016 年 3 月開始建置，預計建置完成後提供相關研究使用。

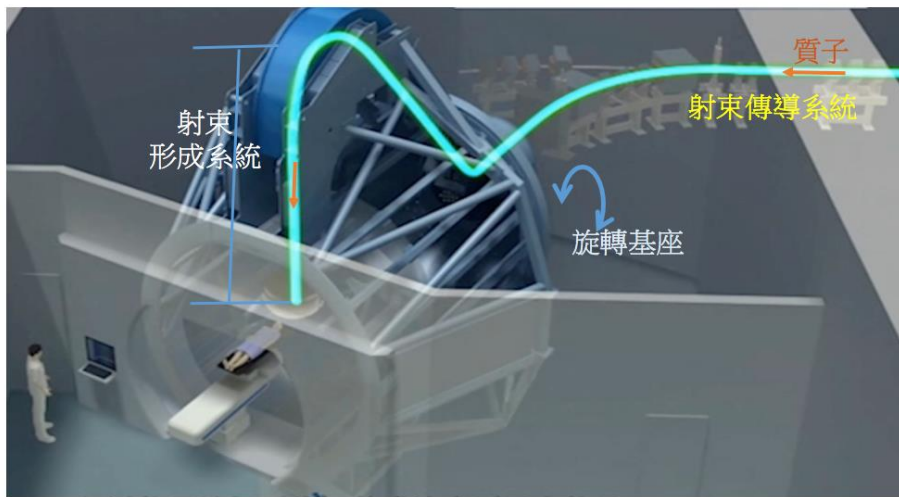
當質子由迴旋加速器導出後，經過能量選擇系統(energy selection system)調整成治療所需的能量，再透過射束傳導系統(beam transport system)將射束引導至治療室，其後經過射束形成系統(beam delivery system)將質子形成擾動式的射束或筆尖式的掃描射束。擾動式的射束形成系統內的磁場及質子散射薄片可使質子窄射束擴展為較寬的射束，再經過補償

器(compensator)及準直儀(collimator)順形後抵達人體。筆尖式掃描的射束形成系統則較為簡單，以二個軸向 X 與 Y 方向的磁場來控制質子窄射束，使之以掃描的方式來照射治療範圍，另外亦可透過控制照野內每一點的劑量權重，達到強度調控質子治療(intensity modulation proton therapy, IMPT)。

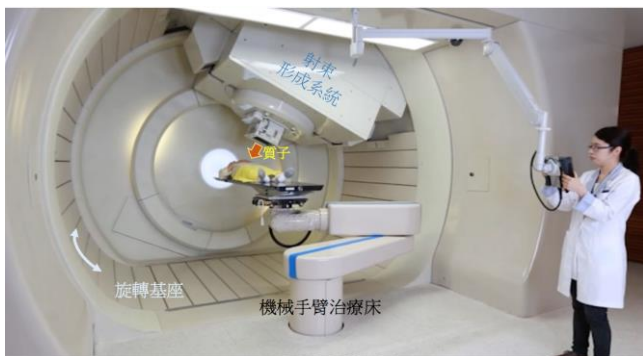
為了能以 360 度不同角度方向來治療病人，治療室內配備體積龐大且結構精密的旋轉基座，以控制射束方向，此基座重達 140 噸，直徑 10.6 公尺，高度 20 公尺，旋轉時的軸心誤差小於 1 毫米。為使治療位置準確，治療室內配備最新的影像定位系統，加上能以六個自由度修正位置及角度的機械手臂治療床，為病患做精準的治療定位。影像定位系統可提供三種模式，即數位 X 光攝影模式、透視攝影模式、與電腦斷層掃描模式，在質子治療前中後提供精確的腫瘤位置。



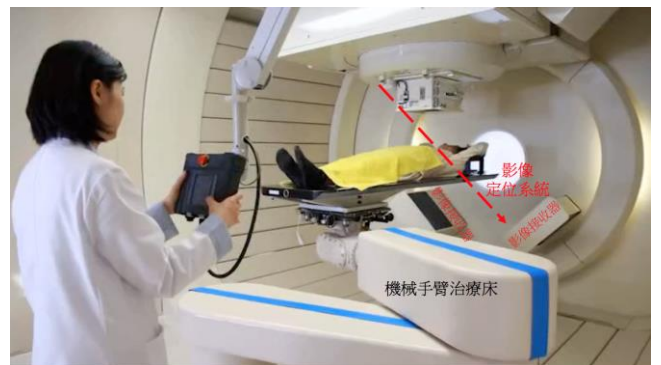
林口長庚醫院質子治療中心



射束傳導系統與旋轉基座示意圖



質子治療室



影像定位系統

質子治療之原理與優勢

質子治療是將質子加速至高能量，例如 230 MeV，高能量質子射入人體後，會漸漸釋出少量能量，逐漸減速的質子在能量快要耗盡前，突然釋放出大量能量後而立刻停止，在釋出大量能量處稱之為布拉格尖峰(Bragg peak)。單個布拉格尖峰的寬度無法在深度方向包覆整個腫瘤，因此會將數個布拉格尖峰合在一起，就可將此峰擴展成腫瘤大小，稱之為擴散布拉格尖峰(spread-out Bragg peak, SOBP)。技術上要形成 SOBP，可在射束形成系統中加入山形濾器(ridge filter)，以在深度方向擴展形成 SOBP，另外亦可用漸層堆疊法(layer stacking)在深度方向漸層堆疊出數個布拉格尖峰以形成 SOBP，再搭配可改變照野大小的多葉式準直儀(multi-leaf collimator, MLC)，就使質子治療的劑量分布順著腫瘤的形狀，而達成劑量分布的立體順形。

受治療的腫瘤落在布拉格尖峰區或擴散布拉格尖峰區，會有高的治療效益，即腫瘤得到很大的劑量，周圍正常組織得到相對低的劑量，特別是腫瘤後方的正常組織幾乎不會得到任何劑量。相較於 X 光放射治療，單一方向的 X 光

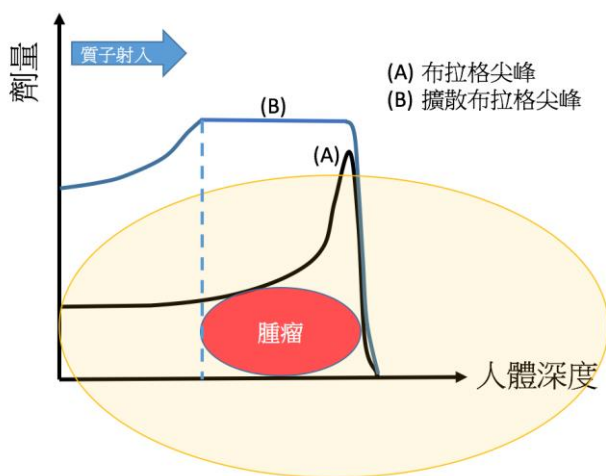
放射治療則在腫瘤前方正常組織會有高於腫瘤的劑量，而腫瘤後方亦有殘餘劑量。兩者相較之下，質子治療造成病灶周圍正常組織的輻射劑量大幅下降，因此可顯著地降低放射治療伴隨而來的副作用。

台灣每年約有一萬名肝癌病人，七千多名頭頸癌病人，採用質子治療可以減低對周圍正常器官的傷害，使得受治療的病人有較好的生活品質。根據日本的報告，質子治療對這種癌症的局部控制率高達 85~95%。身體其他部位的腫瘤，如腦瘤、鼻咽癌、頭頸癌、食道癌、肺癌、乳癌、肝癌、胰臟癌、攝護腺癌、兒童腫瘤等，也可使用質子治療，特別像小兒腫瘤，或者是接近體表側的腫瘤，質子治療的效果更好，由放射治療或由合併手術化療，可得到很好的治癒率與低副作用。

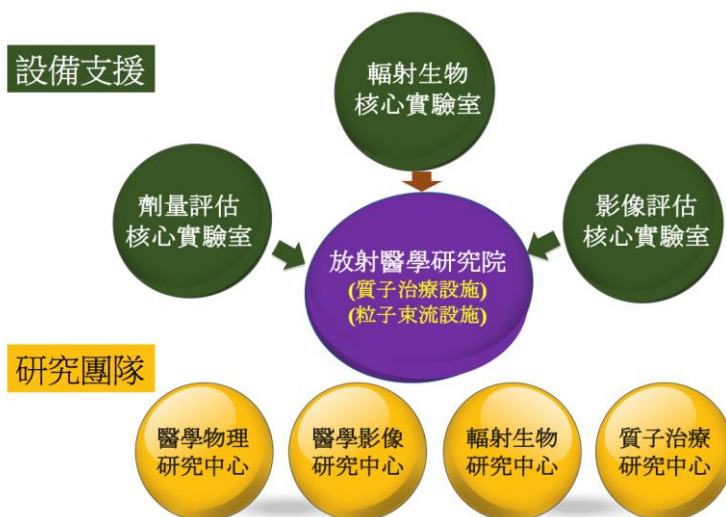
研究發展

長庚團隊整合了林口長庚醫院/長庚大學的資源與研究人力，於 2013 年成立了放射醫學研究院。研究團隊對內建立了四個研究中心、三個核心實驗室，整合醫學物理、醫學影像、輻射生物、臨床治療等領域，對外則結合與國內加速器設施與相關研究單位，成立台灣質子大聯盟，並與國際頂尖機構之合作，執行以粒子治療為核心之尖端研究，以追求放射醫學之卓越研究。

四個研究中心的研究目標聚焦於優化質子治療並發展相關研究技術。醫學物理研究中心致力於發展與精進臨床輻射劑量評估，主要項目有發展實驗度量與理論模擬的劑量評估工具、奈微劑量生物效應的品質評估方法、精密影像導引與活體劑量驗證的臨床應用技術等，以提升質子治療臨床效果的精確劑量評估。



質子治療特性示意圖



放射醫學研究院的研究團隊與設備資源

醫學影像研究中心的目標則是發展多尺度醫學影像技術，結合磁振造影、超音波影像、光學影像、分子影像以及核醫藥物等影像，建立核心實驗室與相關尖端影像設備，提供分子、細胞、組織功能與組織結構等的影像研究技術，協助質子治療中心與相關研究人員之影像需求，以進行質子治療計畫與治療後之早期反應評估。

輻射生物研究中心的目標則是建立各式腫瘤模型以支援劑量評估及醫學影像研究，提供高階儀器設備以定性與定量輻射傷害。研究發展則朝向：(1) 研究腫瘤微環境：以分子生物學方法搭配影像資訊，解析放射治療如何改變腫瘤微環境，用於評估及預測放射治療後腫瘤的反應。(2) 探討正常組織副作用：以分子生物學、代謝體學方法，探討調控副作用發生的相關因子，副作用與輻射劑量、發生時間的依存性，並尋找有潛力的藥物用以調控或抑制副作用的發生。(3) 輻射增敏劑：尋找有潛力的輻射增敏劑以搭配質子治療或光子治療，用以降低正常組織副作用並提高腫瘤控制。(4) 免疫佐劑：探討免疫佐劑與放射治療合併使用的療效，應用免疫佐劑活化或調節免疫能力，可增加腫瘤抗原辨識與專一性毒殺能力，希望幫助

活體內建立長期免疫能力來預防腫瘤再復發與轉移。

院內的跨中心合作則有：(1) 腫瘤轉譯平台研究：以磁振造影儀及正子掃描作為動物模型的影像轉譯平台，探討質子治療的腫瘤治療反應與癒後情形，評估治療後腫瘤週邊正常組織的傷害程度。(2) 質子射程/劑量的影像驗證系統之發展：質子治療時質子經過物質會誘發出二次輻射，此現象在輻射安全上需探討高能質子的誘發核種與活度，以及中子與光子的輻射防護劑量與屏蔽，但應用在人體上，則可發展質子射程/劑量驗證系統，高能質子所誘發的核種所放出的二次輻射可能是正子(positron)或加馬射線(prompt gamma ray)，因此度量其後續所產生的二次輻射與發展相關的影像演算法，就可以用影像觀測到人體內的質子射程或質子劑量，幫助驗證質子治療在人體內的真實狀態。

對外的研究合作方面，則於 2016 年 1 月成立台灣質子大聯盟，此聯盟包括核能研究所、中央研究院、長庚醫院、長庚大學、中央大學、清華大學，共一所二院三校，現階段發展方向包括新型質子偵測器研發、質子射程/劑量影像驗證系統之發展、粒子束流核心實驗室建置。

(1) 質子偵測器的研發

聯盟成立之前，長庚團隊對外的質子研究合作即已展開，目前的具體成果是所共同研發出的新型質子偵測器，榮獲 2015 年第十二屆國家新創獎（臨床應用創新組），共同研發的分工是由中央大學與中央研究院負責質子偵檢器的硬體研發，林口長庚醫院、長庚大學負責臨床應用、驗證及質子設備之提供。此偵測器可用於質子治療技術「筆尖式掃描」上，可精準的偵測射束位置及劑量，以確保病患治療的正確性，且可節省很多時間及品管流程。未來會繼續共同研製下一個產品，在質子研究及設備研發上進行長期合作。

(2) 質子射程/劑量的影像驗證系統之發展

質子治療的優勢在於它能精準殺死腫瘤細胞又減少破壞正常組織，必須依靠影像設備以觀察質子在人體內的路徑來驗證其精準性。如前所述，長庚團隊對內已組成研發團隊，將針對質子誘發人體產生之光子，進行影像驗證儀器及劑量模擬器的軟硬體研發，以重建人體內質子路徑的立體影像。此一非侵入性活體造影儀器，目前全球尚無類似產品上市，必須結合輻射成像、核儀電子、影像處理、醫學物理等專業自行開發，核能研究所在高階影像醫療器材方面具有豐富經驗，長庚團隊與核能研究所合作，可加速質子治療射程/劑量的影像驗證系統的臨床應用。

(3) 粒子束流核心實驗室的建置

長庚團隊委由清華大學加速器實驗室設計與建置「粒子束流核心實驗室」，擬有質子射束與中子射束，預計 2018 年完工後，專用於質子及中子之基礎與應用研究。清華大學加速器實驗室長期致力於核物理與粒子加速器相關研究，是國內此一領域的權威，此建置過程可提升台灣在粒子研究的製造能力，而且促進此領域之技術深根於台灣。

結語

林口長庚醫院質子治療開創台灣質子治療之先機，引領相關科技之研發，促進跨領域合作之契機。質子治療是基礎科學與臨床應用之高度結合，必須配合持續的科技研發，才能發揮最大功效並提升品質，長庚團隊整合醫學物理、醫學影像、輻射生物等面向的研究，結合與國內加速器及國際頂尖機構之合作，持續朝向發展相應的前瞻性、跨領域的基礎研究與臨床研究，來支持臨床治療與應用，以帶來更優化的質子治療。

參考資料

1. 洪志宏，「跨出癌症治療的新紀元：林口長庚質子暨放射治療中心之成立」，長庚醫訊 32(2)，44-45 頁 (2011)。
2. 長庚大學/林口長庚醫院放射醫學研究院電子報，第一期 (2015)。
3. 長庚大學/林口長庚醫院放射醫學研究院電子報，第二期 (2016)。
4. 質子暨放射治療中心簡介影片 (2016)。