

出國報告（出國類別：其他）

赴日參加第 15 屆國際輻射研究會議
（15th International Congress of
Radiation Research）
出國報告

服務機關：行政院原子能委員會

姓名職稱：王雅玲技士

派赴國家：日本

出國期間：104 年 5 月 23 日至 6 月 3 日

報告日期：104 年 7 月 16 日

摘 要

職本次奉派赴日本參加位於日本京都府國立京都國際會館（Kyoto International Conference Center）舉辦之第 15 屆國際輻射研究會議（15th International Congress of Radiation Research）。會議為期 5 天（104 年 5 月 25 日至 29 日），每天有 9 個會議室於同一時段，依照不同主題進行專題演講、口頭論文報告及特別主題演講；會議期間 3 天另有論文壁報展示並每天更新展示。本次會議研討主題大致分為：輻射生物、放射治療輻射生物、生命科學、非游離輻射、輻射防護、放射化學、放射腫瘤學、放射醫學及多科學領域，其中有關輻射生物、放射治療輻射生物及生命科學等引起與會人員熱烈討論與回響。職就現場參訪、電腦斷層、低劑量概念、光子放射治療設備演進與發展、粒子治療等方面進行闡述與心得分享。

目 次

	頁碼
壹、出國目的與行程	1
一、出國目的	1
二、出國行程	1
貳、第 15 屆國際輻射研究會議參訪情形	2
一、現場參訪	2
二、醫療輻射曝露增致癌風險？「合理抑低」為熱門話題	6
(一) 非侵入性心臟冠狀動脈檢查方法：低劑量電腦斷層檢查	8
(二) 孩童電腦斷層劑量仍為熱門話題	11
(三) 福島核電廠事故後，日本人對於孩童接受醫療輻射的考量	12
三、光子放射治療設備的演進與新發展	14
四、粒子治療話題持續發燒	22
(一) 中子治療	23
(二) 質子/重粒子放射治療	27
參、心得及建議	31
肆、附錄	35

壹、出國目的與行程

一、出國目的

隨著輻射醫療科技的進步、輻射診療設備日新月異，其診療概念、輻射劑量、風險評估、輻射防護、品質保證方式及設備也隨之精進，原能會（以下稱本會）為能與國際接軌，每年派員出國參與相關國際研討會，獲取相關新知，瞭解國際關心議題並與他國交流意見，這將有助於本會訂定未來的管制方向與措施。

二、出國行程

日期	地點	工作內容
05.23	日本	路程（台北→日本）
05.24	日本	自假
05.25-05.29	日本	參加第 15 屆國際輻射研究會議
05.30-06.02	日本	自假
06.03	台北	路程（日本→台北）

貳、第 15 屆國際輻射研究會議參訪情況

一、現場參訪

職本次奉派赴日本參加位於京都府國立京都國際會館（Kyoto International Conference Center）舉辦之第 15 屆國際輻射研究會議（15th International Congress of Radiation Research，以下簡稱 ICRR），該會議僅 4 年舉辦一次，本次於日本舉辦，第 16 屆將於 2019 年英國舉辦。本研討會為期 5 天（5 月 25 日至 29 日），會議期間有 9 個會議室於每天同一時段，依照不同主題進行專題演講、口頭論文報告及特別主題演講（會議議程如附錄一），主題大致分為：輻射生物、放射治療輻射生物、生命科學、非游離輻射、輻射防護、放射化學、放射腫瘤學、放射醫學及多科學領域等。該會議與美國醫學物理師年會（The America Association of Physicists in Medicine，AAPM）不同的是，醫療設備展示廠商極少，較無法瞭解輻射醫療設備更新程度。



圖 1：國立京都國際會館外觀，極具日本武士文化特色。



圖 2：國立京都國際會館一隅及後方庭園，日本文化特色顯現。



圖 3：ICRR 研討會報到處及入口

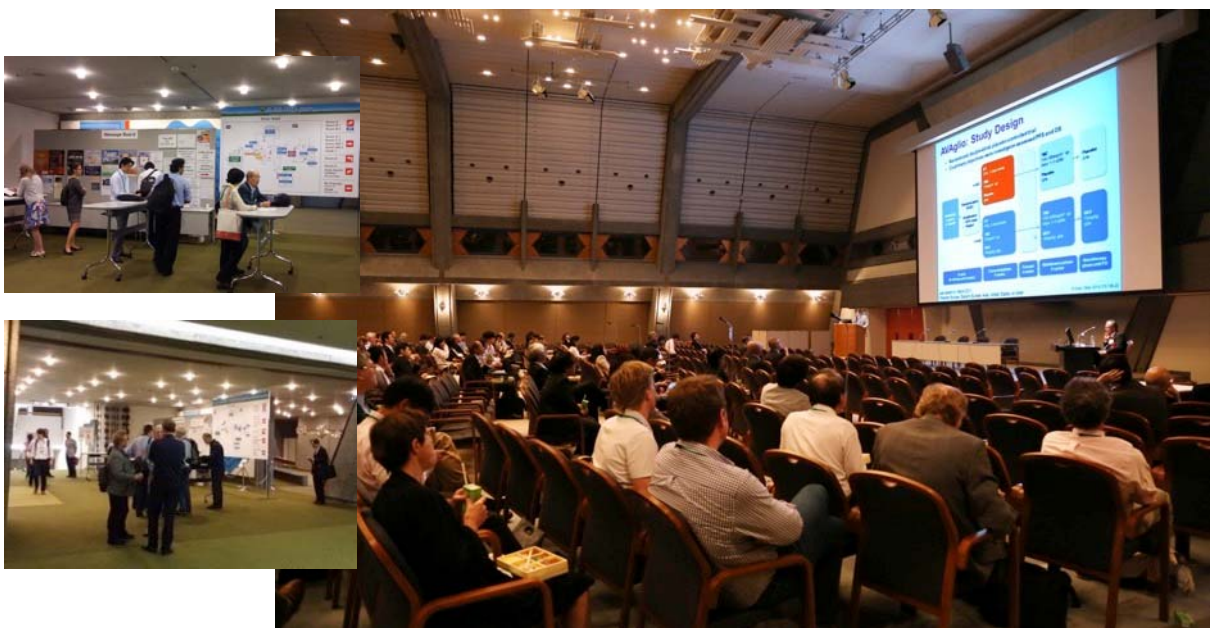


圖 4：ICRR 研討會與會人員，來自世界各地

5月26日至28日3天另有論文壁報展示，並每天更新展示（論文壁報展示主題如附錄二），我國國人投稿約有50餘篇，其中「Quality Assurance of Computed Tomography in Taiwan: National on-site Survey」(附錄三)及「Survey of Medical Radiation Exposures from Fluoroscopic and Interventional Procedures in Taiwan」(附錄四)主要為依據本會研究計畫，執行我國之電腦斷層掃描儀醫療曝露品保檢查及透視X光機使用現狀訪查，收集、分析數據進而發表論文，此屬全國性之普查資料，難得可貴，亦可供國際參考。



圖 5：壁報論文展示區，展期為5月26日至28日並每天更換，內容豐富。

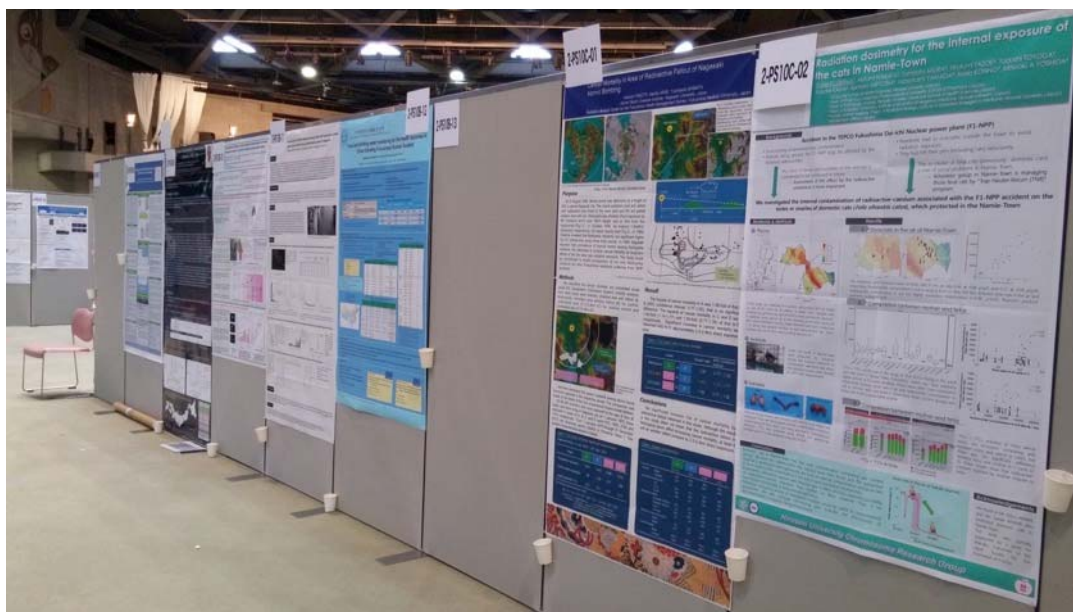


圖 6：日本福島核電廠事故後劑量評估、重建計畫等研究持續不斷。

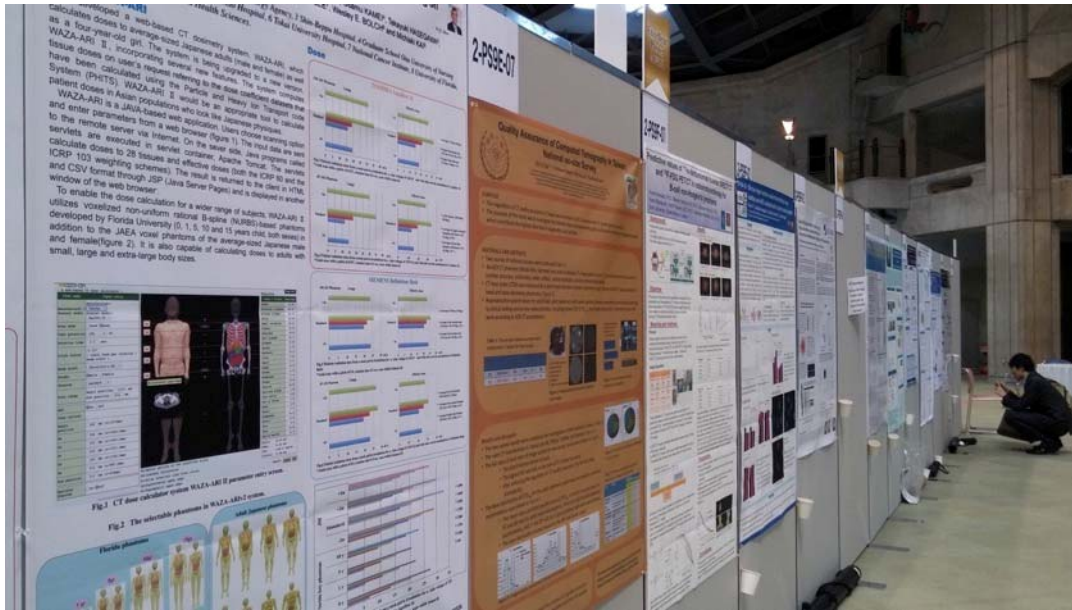


圖 7：建立電腦斷層掃描儀劑量計算模式、評估醫療曝露劑量貢獻等仍為熱門話題。

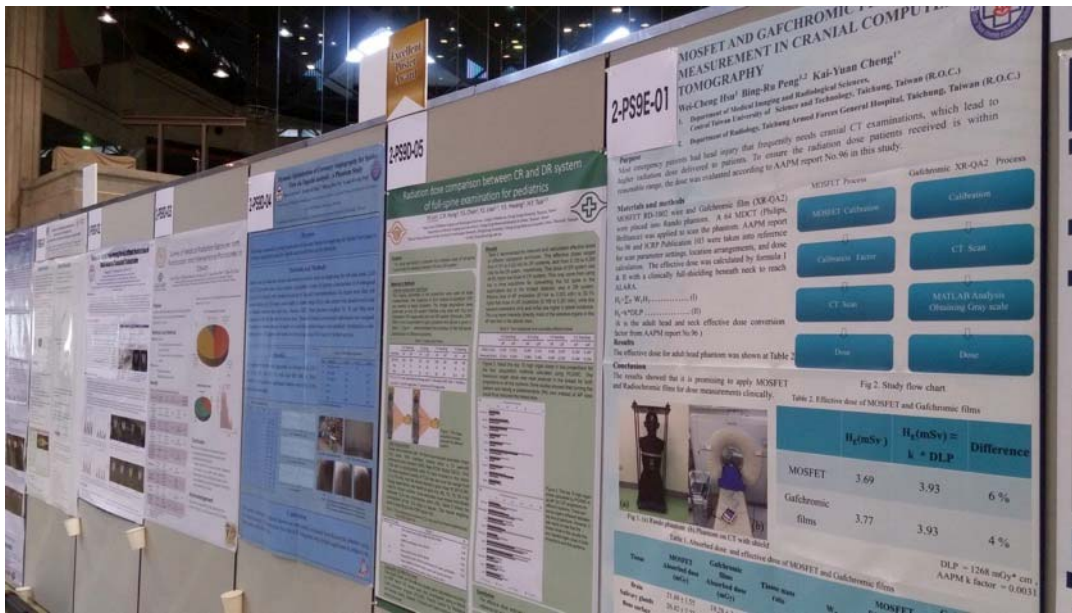


圖 8：放射診斷設備之影像品質、醫療劑量等相關研究論文。

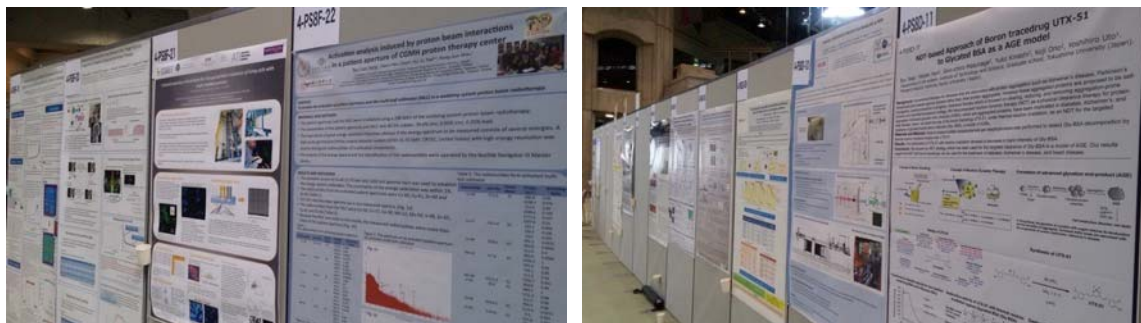


圖 9：粒子治療設施 (proton/heavy ion/BNCT) 之射束品質、輻射生物效應等研究。

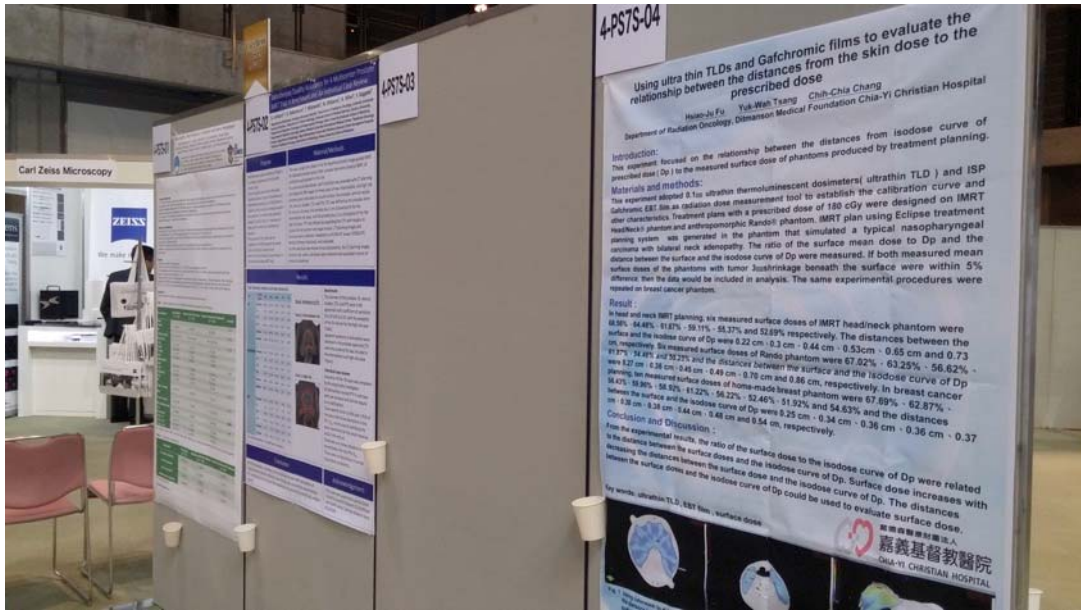


圖 10：放射治療劑量準確性相關研究，其中亦見國人論文發表。

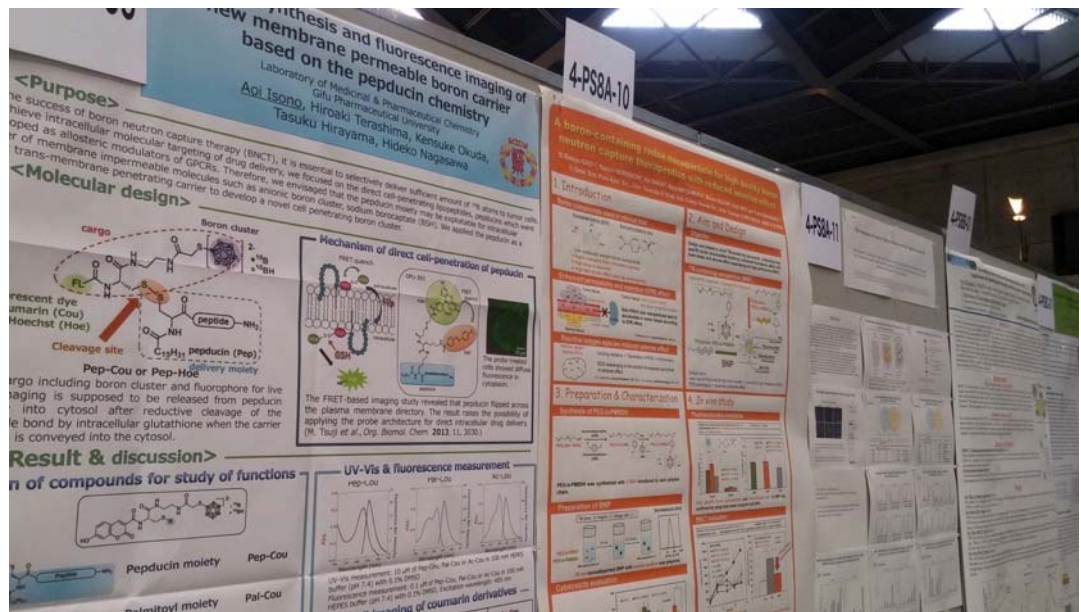


圖 11：「輻射生物效應」為 ICRR 研討會之重要主題，相關學術研究相當多。

二、醫療輻射曝露增致癌風險？「合理抑低」為熱門話題

依據美國輻射防護與度量委員會（National Council on Radiation Protection and Measurements, NCRP）於 1987 年出版的第 93 號報告顯示，1980 年以前的美國

民眾接受醫療曝露比率僅占 15%，然而 2009 年出版的的第 160 號報告顯示，民眾於 2006 年接受醫療曝露比率大幅提昇至 48%（如圖 12），其中以電腦斷層掃描（Computed Tomography，簡稱CT）檢查的劑量貢獻最多（占 49%），其次分別為核子醫學檢查（占 26%）及介入性放射診療（占 14%）；又 2010 年 6 月及 2011 年 5 月美國紐約時報（The New York Times）報導，幾位病人接受腦部特殊檢查時，由於接受過多的輻射劑量，造成病人檢查部位頭髮掉落，故因醫療診療行為所造成的輻射曝露日趨受到重視，全世界的醫師、放射線醫師、醫學放射師及醫學物理師們積極努力研討，朝向不影響醫療品質的前提下，將病人的輻射劑量降到最低，以符合「合理抑低」之精神並積極作為；另美國醫學物理師學會於 2012 年依據不同廠牌之電腦斷層掃描儀，提出成人常規檢查之參數設定建議，並供免費下載（www.aapm.org/pubs/CTProtocols）。

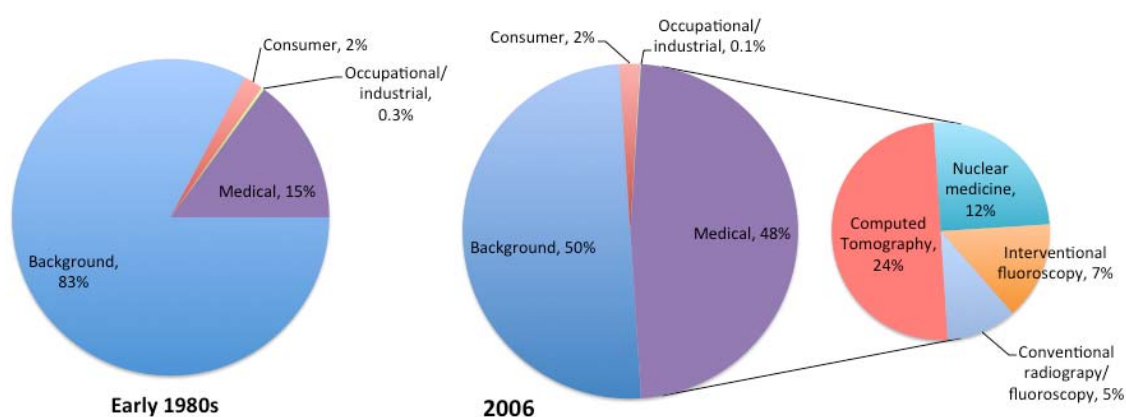


圖 12：美國國人於 1980 年以前及 2006 年所接受的輻射劑量分析。（資料來源：NCRP Report No.160）。

(一) 非侵入性心臟冠狀動脈檢查方法：低劑量電腦斷層檢查

我國歷年死亡原因「惡性腫瘤」持續位居榜首，而「心臟疾病」排名居高不下（如圖 13），其中心臟之冠狀動脈檢查原僅能以介入性方式執行檢查，自 2005 年發展出 64 列電腦斷層掃描儀後，醫界開始廣泛應用至心臟冠狀動脈檢查（但仍需病人配合閉氣約 8-12 秒。在日本，有關心臟檢查方式之應用趨勢如圖 14），又為能追上心臟跳動的速度、快速取得清晰影像，繼而發展輻射寬度更寬的電腦斷層掃描儀（例如：12 公分（256 列）、16 公分（320 列）），使得電腦斷層掃描儀旋轉一圈便能取得全部完整影像。另NCRP第 160 號報告亦指出，心臟檢查部分無論使用電腦斷層、核子醫學或介入性透視攝影檢查，均對病人造成之不小的劑量貢獻。

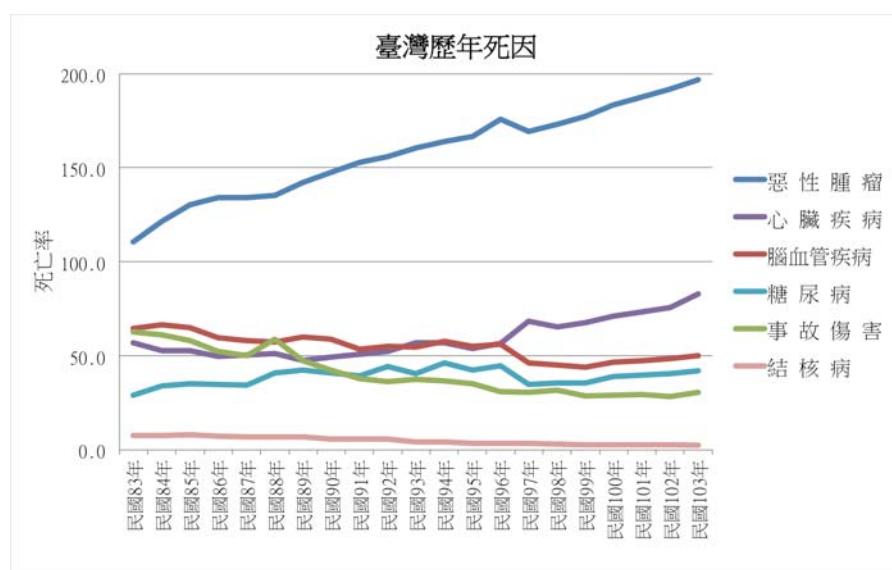


圖 13：臺灣歷年死亡原因趨勢圖（資料來源：衛生福利部網站）。

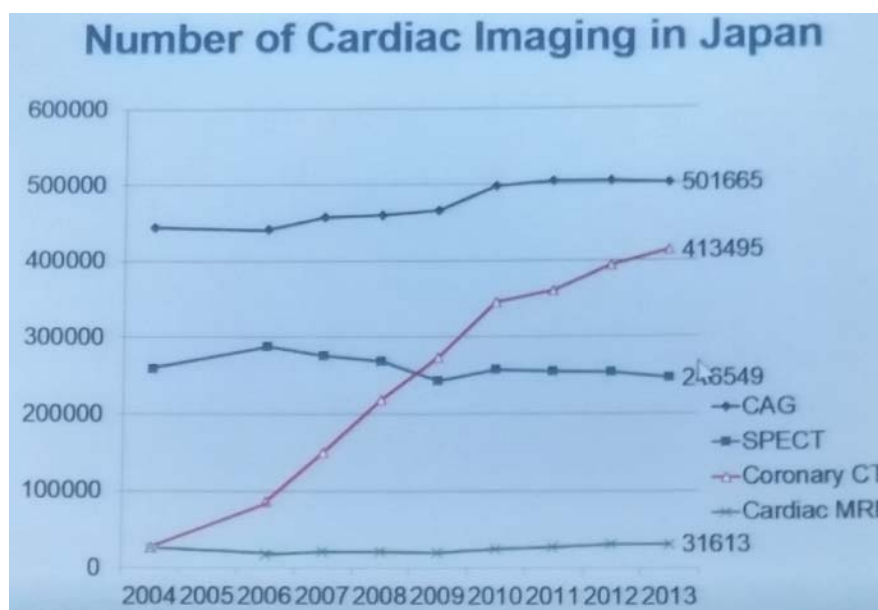
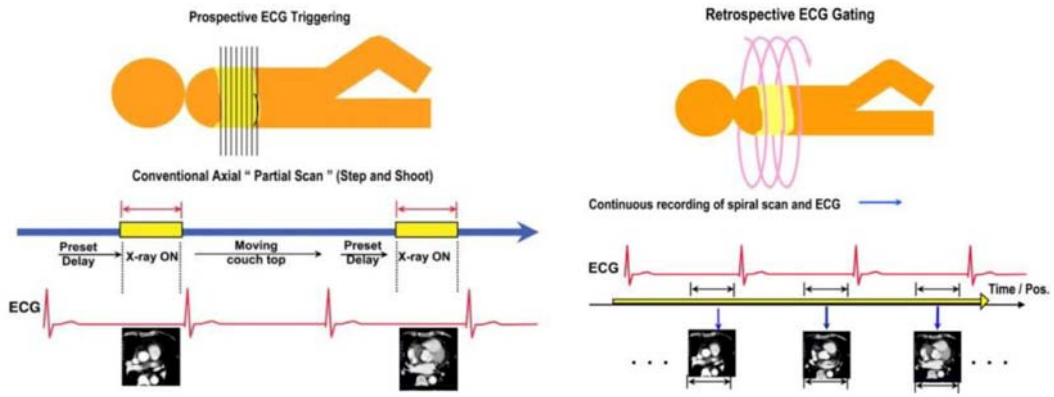


圖 14：日本自 2006 年開始廣泛利用電腦斷層掃描儀執行心臟冠狀動脈檢查（資料來源：2015 ICRR meeting，Kakuya Kitagawa）。

就電腦斷層掃描而言，因心臟跳動快速的關係，掃描參數需減小螺距（pitch，每轉一圈的床台移動距離與每圈取像厚度之比），以利取得不同心跳週期，相同位置之影像資訊，才能夠重組出完整之心臟影像，但如此一來卻會造成病人不少的輻射曝露。研討會中，講者Kakuya Kitagawa（Mie University Hospital，日本）提出「利用降低管電壓（kVp）掃描，不僅不影響影像對比，更可降低病人劑量」之經驗分享，說明利用CT執行心臟冠狀動脈檢查，經常使用心電圖（Electro Cardio Gram，ECG）回溯擷取（Retrospective ECG gating）或同步擷取（Prospective ECG triggering）模式取得完整影像，其中以同步擷取模式所造成之劑量較小（如圖 15）；且本項檢查一定會注射顯影劑，利用顯影劑的特性同時降低管電壓，藉以提高影像對比，又可降低病人劑量，一舉兩得（如圖 16）。



左 右

圖 15：右圖為回溯擷取模式 (Retrospective ECG gating)，一邊紀錄 ECG，同時以螺旋 (helical)、部分重疊掃描 (小螺距，大約是 0.2-0.6) 之方式，事後依據 ECG 紀錄重組出不同心臟跳動週期之完整影像，故檢查期間，是連續的輻射曝露。左圖為同步擷取模式 (Prospective ECG triggering)，利用 ECG 得知心跳週期，以軸狀 (axial)、掃描心臟不同位置 (pitch 為 1) 取得特定心跳週期之 CT 影像並重組之，故輻射曝露是間斷而不連續 (step and shoot)，故整體劑量左圖比右圖小。(黃色為輻射曝露時間。照片來源：Synchronous Device Design of Heart Dynamic Phantom in CT Image，黃佳慶)

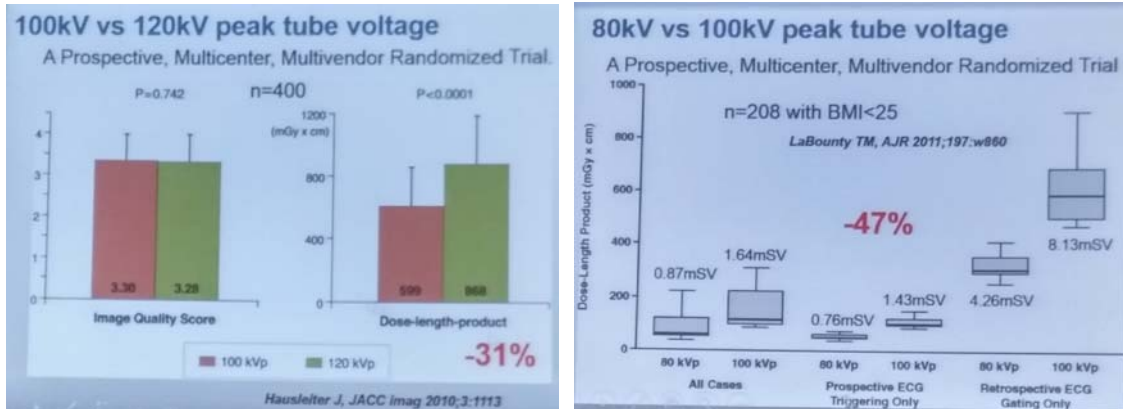


圖 16：Kakuya Kitagawa (日本) 提出，降低管電壓掃描，不僅不影響影像對比 (左圖)，更可降低病人劑量。以 80 與 100 kVp 為例，無論同步或回溯擷取模式，均可降低將近一半的輻射曝露 (右圖)。(照片來源：2015 ICRR meeting, Kakuya Kitagawa)

(二) 孩童電腦斷層劑量仍為熱門話題

如上開所述，依據 NCRP 第 160 號報告得知，美國民眾的電腦斷層檢查劑量占醫療劑量將近一半，倘若受檢對象為孩童，其體型較為瘦小，並具較長的生存期，故成人之檢查條件不宜直接用於孩童，應適時調整以降低輻射曝露。The Image Gently Campaign 提出，若受檢對象為孩童，建議參照以下 5 步驟，仔細思量並採取最佳檢查方法：

1. 平日應隨時關注並瞭解有關電腦斷層輻射劑量的議題。
2. 考量採其他檢查方式以取代放射性之電腦斷層檢查，例如：超音波或磁振造影。
3. 依據臨床表徵採取最佳的檢查方式（有時電腦斷層檢查並非首選也非必要，圖 17）。
4. 最佳化孩童的電腦斷層掃描參數，以降低不必要的劑量，例如：降低管電壓（可增加影像對比）、降低管電流（採用 CT 設備本身之管電流自動調控裝置、選擇較佳之影像重建法，或參酌 The Image Gently Campaign 針對孩童 CT 掃描條件之建議（www.imagegently.org）。
5. 「僅」掃描顯影後之「必要」部位（如圖 18）。



圖 17：照片來源為 2015 ICRR meeting，Yutaka Tanami（Japan）

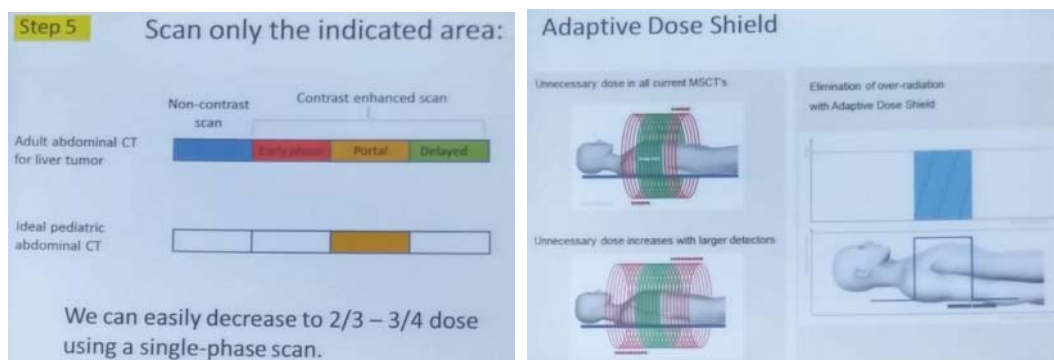


圖 18：1. 僅掃描「顯影後」之「必要」受檢部位（左圖）。2. 若因多列或輻射寬度寬的 CT，對於不必要之部位應給予適當的鉛防護（右圖紅色處）。（照片來源：2015 ICRR meeting，Yutaka Tanami）

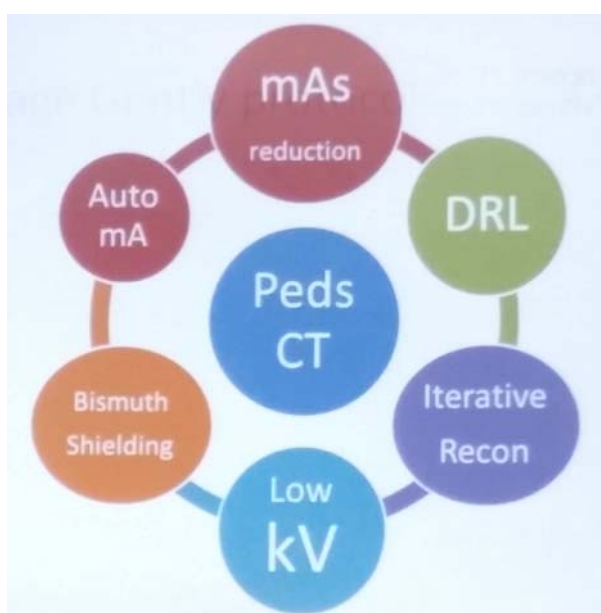


圖 19：若執行孩童之 CT 檢查，The Image Gently Campaign 建議可採低管電壓、適時降低管電流、提供適當鉛防護，並僅掃描「必要」部位，以降低整體輻射劑量。（照片來源：2015 ICRR meeting，Yutaka Tanami）

（三）福島核電廠事故後，日本人對於孩童接受醫療輻射的考量

日本自 2011 年 3 月 11 日發生福島第一核電廠事故後，眾多學者開始進行一系列的災後輻射劑量及重建評估，從壁報論文可窺見，此議題熱絡之程度（如圖 6）。另講者 Osamu Miyazaki, M.D. 則分享了對於日本全國 6 家醫療院所（4 家兒童醫院、1 家大學附屬醫院及 1 家國際醫院，分別距離福島核電廠 94 至 624 公里不等）及福

島縣內之醫療院所於福島核電廠事故後，對於孩童電腦斷層檢查方式執行數進行統計及問卷調查。

據作者統計，事故後 1 年，6 家醫院對於孩童，選擇使用電腦斷層作為檢查方式大致呈現減少趨勢，事故後 2 至 3 年，4 家醫院及福島縣內醫院對於孩童的電腦斷層檢查數仍持續減少，僅 2 家醫院改為增加趨勢（如圖 20）。

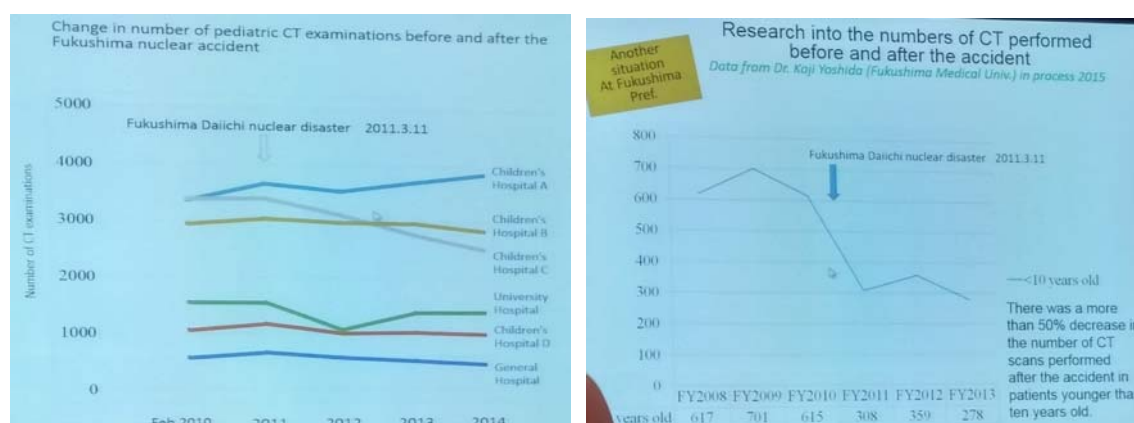


圖 20：6 家醫療院所（4 家兒童醫院、1 家大學附屬醫院及 1 家國際醫院，左圖）及福島縣內之醫療院所（右圖）於福島核電廠事故後，對於孩童電腦斷層檢查執行數產生了變化，大都呈現減少使用電腦斷層檢查的趨勢。（資料來源：2015 ICRR meeting, Osamu Miyazaki）

問卷題目與統計結果（總計 61 筆資料，受訪對象為臨床醫師）如下：

問題 1：在福島事故後，家屬或孩童諮詢輻射風險的議題變多或變少？

統計 1：77%的醫師表示詢問度變高，2%變少，21%不變。

問題 2：在福島事故後，是否出現父母拒絕讓孩子接受電腦斷層檢查？

統計 2：25%的醫師表示有此現象（拒絕接受 CT 檢查）。

問題 3：在福島事故後，您（醫師）是否會盡量避免選擇電腦斷層檢查方式？

統計 3：20%的醫師表示會盡量避免。

問題 4：您是否會向受檢孩童說明有關輻射曝露效應？

統計 4：67%的醫師表示會。

綜上顯示，自日本福島核電廠事故後，人們對於輻射風險的疑慮一直存在心中，並實質影響民眾接受放射診療的意願，或許這樣的疑慮還會存在日本人心中好一陣子，也值得我們省思。

三、光子放射治療設備的演進與新發展

1895 年倫琴發現 X 光的存在，1898 年居禮夫婦發現放射性元素「鐳」，直到 1928 年 200 kV 深部 X 光機問世後並成功用於頭頸癌，種下光子放射治療（radiation therapy，以下簡稱 RT）的種子。1950 年鈷 60 遠距治療機問世後，光子放射治療種子開始發芽，使得手術並非癌症治療唯一途徑，繼 1961 年醫用直線加速器誕生後，光子放射治療技術日趨成熟。

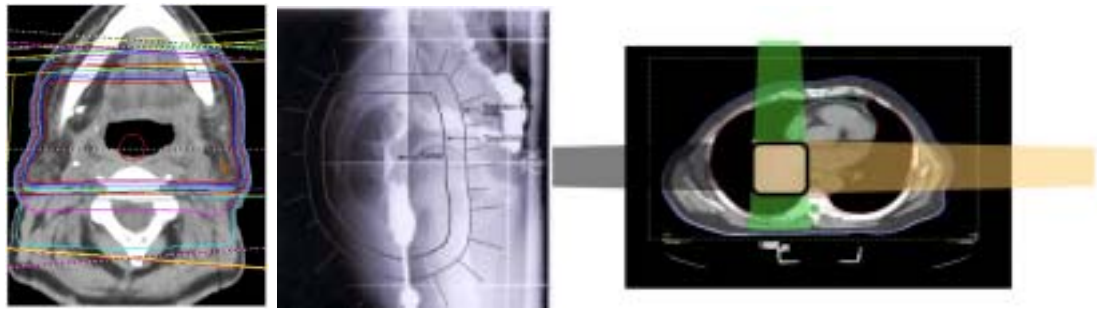
表 1：放射治療發展紀要

年代	光子治療	粒子治療	
		質子/重粒子	中子
1890	<u>1895 年</u> 倫琴發現 X 光 <u>1898 年</u> 發現放射性元素「鐳」		
1920	<u>1928 年</u> 200 kV 深部 X 光機問世，並成功用於頭頸癌		
1930			<u>1932 年</u> 詹姆斯·查德威克發現中子 <u>1936 年</u> Gorden Locher 提出硼中子捕獲治療（BNCT）的概念

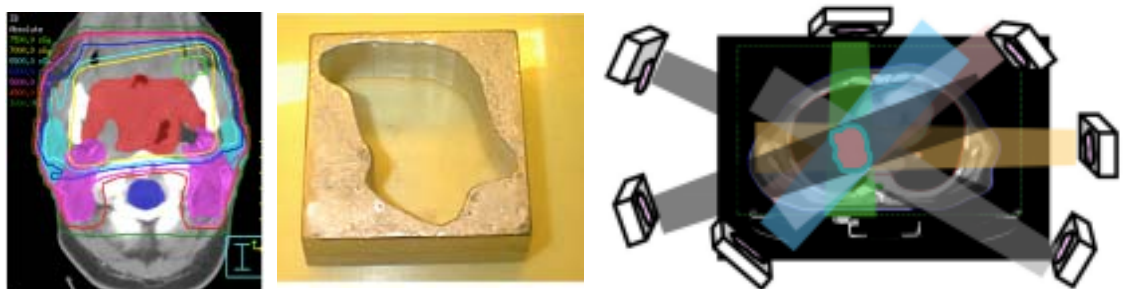
1940		1946年 Robert R. Wilson 提出質子射線可以應用於醫學治療上	
1950	1950年 鈷 60 遠距治療機問世 1951年 瑞典 Dr Leksell 提出加馬刀 (Gamma knife) 概念	1954年 質子治療設備問世 (LBL, 美國加州), 並執行第一例臨床治療	1951年 第一例 BNCT 臨床實驗 (BNL, 美國)
1960	1961年 醫用直線加速器問世 (Stanford) 1968年 加馬刀 (Gamma knife) 問世		1968年 Hatanaka 教授將 BNCT 技術帶回日本
1970	以電腦斷層掃描儀應用於腫瘤定位, 展開三維順行治療 (3D-conformal therapy)		
1980	1980年 多葉式準直儀 (multileaf collimator) 1988年 強度調控放射治療 (Intensity-modulated RT, IMRT) 1988年 提出電腦斷層治療機概念 (University of Wisconsin)	世界各國開始著手質子治療: 1984, PSI (瑞士) 1989, Clatterbridge (英國)	
1990	1992年 電腦刀 (Cyber knife) 雛形誕生 1999年 美國 FDA 核准電腦刀可用於臨床治療	1990年 美國啟用世界上第一座醫學專用質子治療設備 (LLUMC), 正式宣告質子治療進入醫學領域 1991, Orsay (法國) 1993, iThemba LABS (南非)	1995年 我國開始著手進行 BNCT 之研究 1998年 清華大學水池式反應器進行改建
2000 以後	2002年 電腦斷層治療機首部原型機 2001年 臺灣引進首部電腦刀 (成大醫院)	2014年6月 我國核准首部質子治療設施 (林口長庚紀念醫院)	2001年 日本大阪大學開始進行頭頸癌研究, 後續芬蘭亦加入研究

	<u>2002年</u> 美國FDA核准電腦斷層治療機可用於臨床治療，同年，完成首例病人治療 <u>2003年</u> 發展影像導引放射治療技術（Image-Guide RT，IGRT） 發展呼吸調控放射治療技術（Gating control RT，4DRT） 發展弧形放射治療技術（Arc RT） 發展磁共振影導引放射治療技術（MRI-Guide RT）		<u>2004年</u> 清華大學水池式反應器改建完成 <u>2010年</u> 我國首例 BNCT 臨床治療病人（臺北榮總）
備註： 我國設備統計	直線加速器：134 部 電腦刀：5 部 加馬刀：8 部 電腦斷層治療機：19 部 （截至 104.07.02）	質子治療設備：林口長庚紀念醫院（4 間治療室，已核准 3 間） 重粒子治療設備：籌備中	硼中子捕獲治療：臺北榮民總醫院（清華大學 THOR）

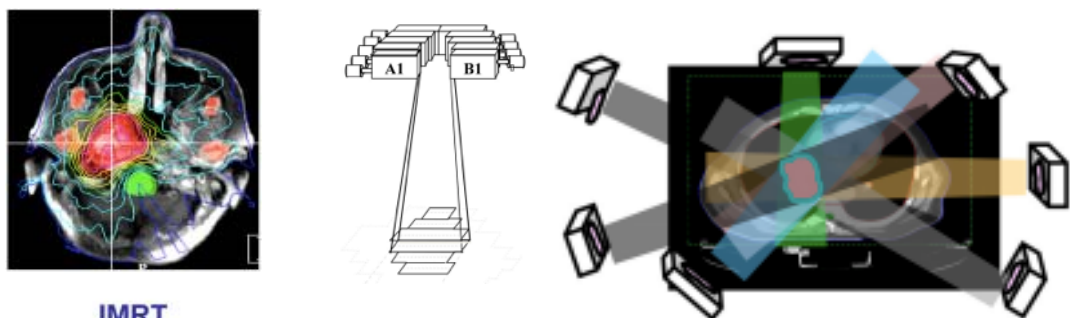
由上表可見，光子放射治療自 1961 年醫用加速器問世後，放射治療設備及其周邊輔助設備發展突飛猛進，同時也因電腦發展快速，使得放射治療技術也日愈精進，從二維放射治療（2D RT）技術至「三維順行」放射治療（3D conformal RT，3D CRT），又因多葉式準直儀（multileaf collimators，簡稱 MLCs）的問世，強度調控（Intensity-modulated）技術因應而生，將三維順行治療發揮的更加淋漓盡致，將輻射劑量加強的、精準的照射到欲治療部位，又可大幅降低周遭正常組織的輻射劑量，使得副作用大幅降低。



(a) 2D RT



(b) 3D CRT



(c) IMRT

圖 21：圖 (a)：2D RT 係利用鉛檔塊 (block) 及上下左右四個光子入射角度而得，治療範圍容易包括正常組織，故副作用大；圖 (b)：3D CRT 則一樣利用鉛檔塊，但光子入射角度多變化，相對於 2D RT 較可將劑量集中於欲治療範圍，減少正常組織的劑量；圖 (c)：強度調控放射治療 (Intensity-modulated RT，簡稱 IMRT) 則利用多葉式準直儀 (MLCs) 及光子入射角度多變化的技術，可輕鬆達到「凹」形劑量分布，使得更容易避開危急器官 (圖片來源：IAEA 網站 (nucleus.iaea.org) Transitioning from 2-D Radiation Therapy to 3-D Conformal Radiation Therapy and Intensity Modulated Radiation Therapy: Training Material, 2013)。

另因呼吸造成的器官或欲治療部位產生的體內移動，稱之為器官移動 (organ motion)，其中以肺部、腹部移動程度最劇，一般為避免因器官移動而造成周邊劑量不足，故以增加安全範圍 (safety margin) 方式給予較大的治療範圍，隨之有人提

出呼吸監控的方式，進行呼吸「同步」照射治療（gating control RT），以提高治療照射精準度，藉此縮小安全範圍（等同減少正常組織的照射）以降低副作用，此舉可稱包含時間因子之四維放射治療（4D RT），惟此因輻射照射時間（beam on time）為間斷不連續，故每次治療時間較為費時。

又欲治療部位是在體內，故僅能於病人體表處（皮膚）標誌記號，做為每次治療前的對位基礎，但皮膚是可拉扯器官，使其充滿不準確性，為了改善對位精準度及可「快速」取得對位影像，直線加速器製造商於主射束下方設置電子式影像接收裝置（electronic portal imaging device，EPID）以接收主射束照射的病人影像，提供對位資訊，但其主射束光子能量為百萬伏特以上，主為康普吞效應，故該影像對比較不佳，因此在 2000 年代，製造商將 kV 能量範圍的 X 光機及其影像接收裝置架設在直線加速器兩側，利用光電效應以產生對比較佳之影像，以提供有效之對位資訊，此稱之為影像導引系統（Image-guided system）。目前配有 X 光影像導引系統之設備如圖 23。

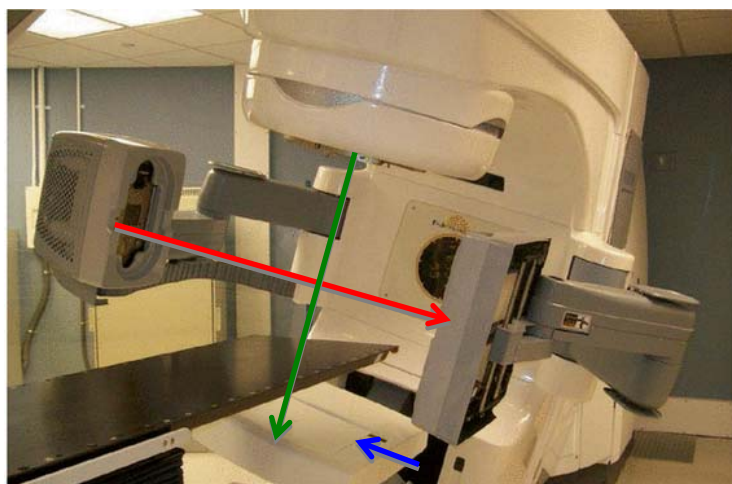


圖 22：藍色箭頭處為電子式影像接收裝置（EPID），以接受主射束（綠色箭頭）來的 MV 光子；紅色箭頭為 kV X 光機及其影像接受器。

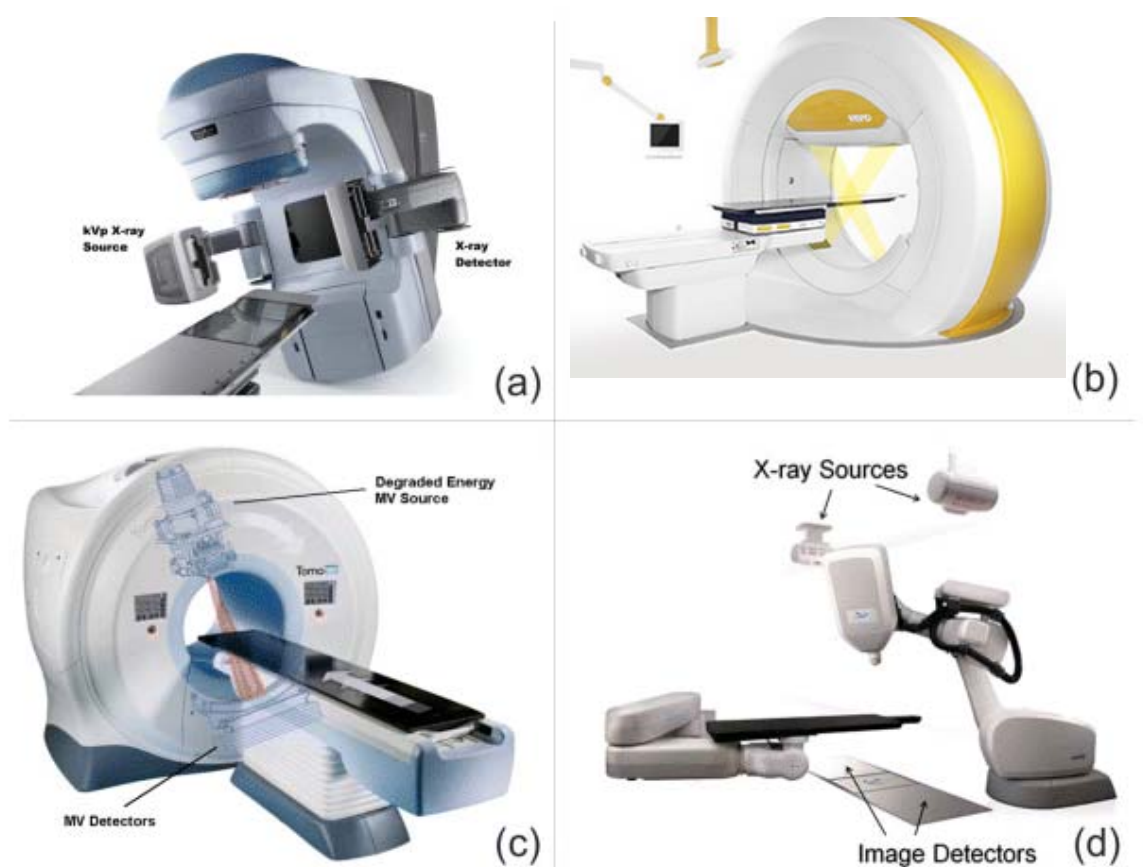


圖 23：備有影像導引系統之放射治療設備，(a) 醫用直線加速器（kV 及 MV 能量範圍之 2 組影像定位系統）；(b) Vero 為 BrainLab 及 Toshiba 共同開發，內建 1 組成 90 度角之 kV X 光影像定位系統，亦可提供透視及錐狀射束電腦斷層（cone-beam CT，CBCT）影像；(c) 電腦斷層治療儀（Tomotherapy），僅有 MV 影像定位系統；(d) 電腦刀（Cyber knife），配置 1 組成 90 度角之 kV X 光影像定位系統。

X光的影像導引放射治療設備及應用發展至今，其定位部分之「輻射劑量」，對於正常組織而言是增加「額外」的輻射劑，另就軟組織部分，磁振造影（MRI）更可提供絕佳的對位影像（如圖 24），因此「磁振造影暨鈷 60 遠距治療機（MRI-Cobalt）」及「磁振造影暨直線加速器（MRI-Linac）」因應而生。

Relative strengths of MRI and CBCT

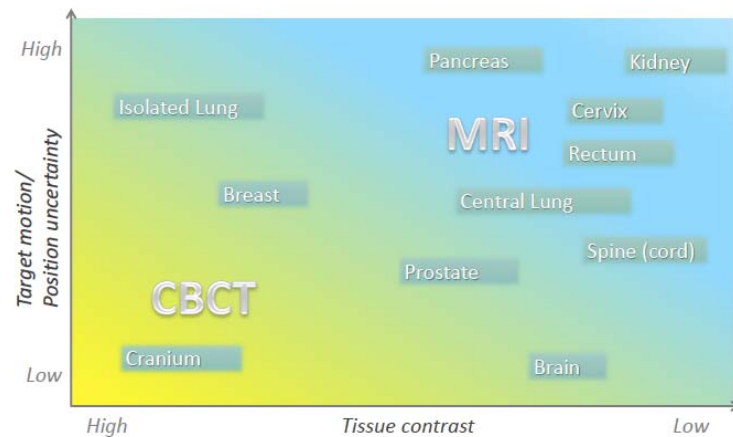


圖 24：錐狀射束電腦斷層（CBCT）與磁振造影（MRI）影像於各器官之應用範圍。（圖片來源：Elekta 網站）

磁振造影暨鈷 60 遠距治療機係利用 3 顆高達 15,000 Ci 之鈷 60 密封射源（成 120 度夾角），結合 0.35 T 之磁振造影儀，搭載多葉式準直儀，提供無放射性影像導引系統之放射治療（如圖 25）。磁振造影暨直線加速器，顧名思義係將直線加速器與 1.5 T 之磁振造影儀結合，這項設備須克服很多有關電磁技術，此項發明實為不易。目前有兩大系統正在研發，一為澳洲 Ingham Institute，另一為荷蘭的 University Medical Center（簡稱 UMC）。

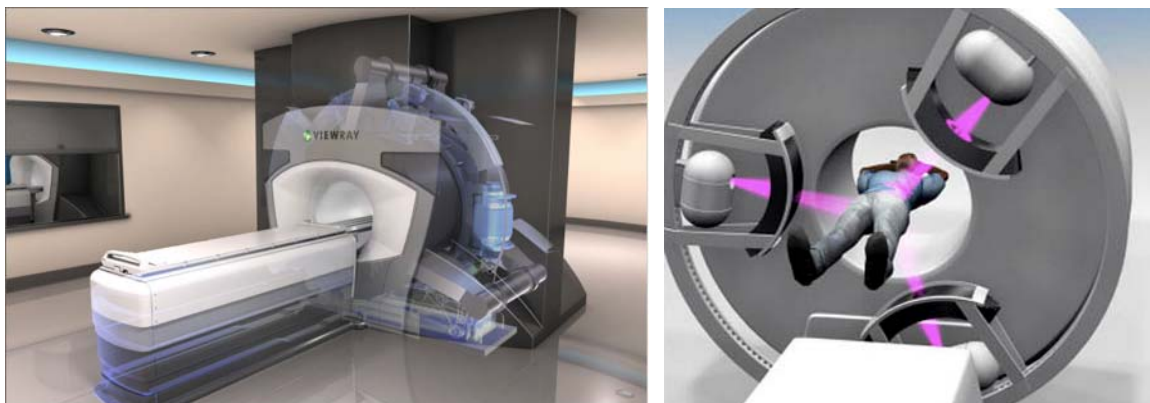


圖 25：3 顆 15,000 Ci 之鈷 60 密封射源成各 120 度夾角，結合 0.35 T 之磁振造影儀，搭載多葉式準直儀，供可執行 MRI-guided RT 或 MRI-gating 治療。在 105 公分處之最大照野面積為 27.3 平方公分。（圖片來源：www.viewray.com）

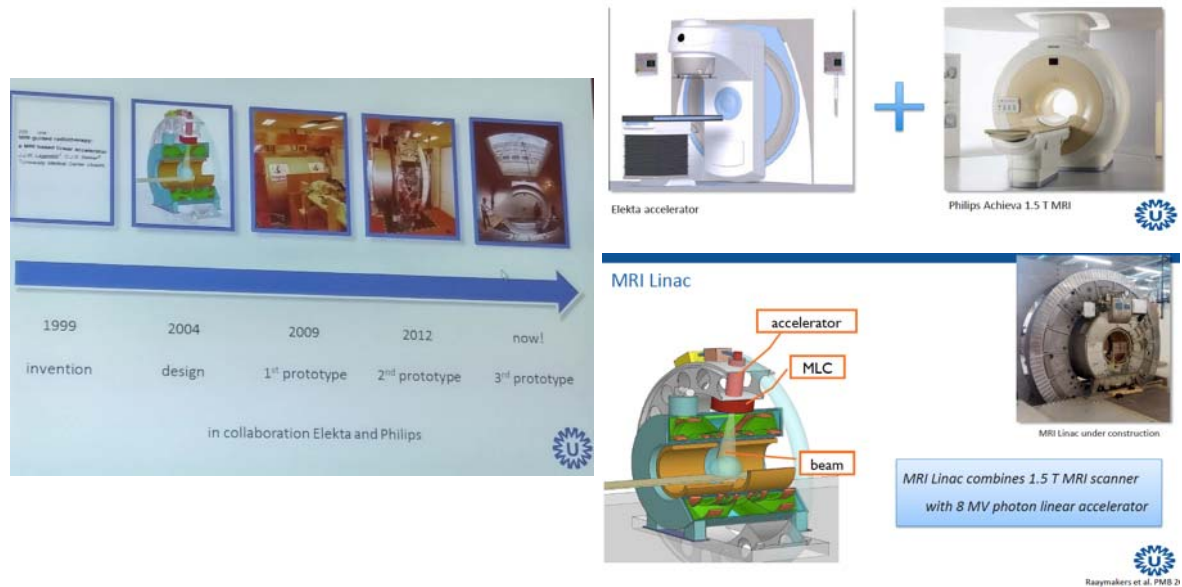


圖 26：Jan J.W. Lagendijk (UMC) 所研發的 MRI-Linac，目前已有 7 個醫療單位（4 家位於歐洲，3 家位於美洲）簽下訂單，預計裝設此最新設備。（資料來源：2015 ICRR meeting，Jan J.W. Lagendijk）

另電腦刀（cyber knife）主要應用於全身之立體定位放射治療（stereostatic body radiation therapy，SBRT），起初該設備之準直儀以固定型（fixed cone collimator）為主，發展至第四代時，新增可變光圈準直儀（Variable aperture collimator）可隨時改變照野大小，迄今電腦刀發展至第六代，依然保留固定型及可變光圈準直儀外，還增加放射治療界所熟悉的多葉式準直儀，提供三種不同類型的準直儀供臨床需要使用（圖 27）。目前我國已有 5 家醫療院裝設電腦刀，分別為成大附醫、萬芳醫院及三軍總醫院、台大醫院及永康奇美醫院，另近日新店耕莘醫院及高雄長庚紀念醫院正在裝設最新第六代之電腦刀，不久將來，我國總計有 7 部電腦刀。



圖 27：電腦刀的發展。(a) 為第三代（型號為 G3），主要還是固定型準直儀，劑量率僅有 400 MU/分鐘；(b) 為第四代（型號為 G4），提供可變光圈準直儀，以模擬固定型準直儀並劑量率增加至 800 MU/分鐘，以縮短治療時間；(c) 為第六代（型號為 M6），保留固定型準直儀及可變光圈準直儀，並新增多葉式準直儀（最大照野為 12x10 公分），劑量率提高至 1000 MU/分鐘。

四、粒子治療話題持續發燒

粒子治療包含中子（neutron）、重粒子（heavy ion）及質子（proton）三大類型，為本次研討會熱門議題之一，壁報論文有 45 餘篇，7 場口頭報告及 14 場專題

演講。

(一) 中子治療

中子治療以硼中子捕獲治療 (boron neutron capture therapy, 簡稱BNCT) 為發展主流, 係利用硼 10 (B-10) 對於熱中子 (thermal neutron) 有極大的捕獲截面之物理特性, 將硼 10 與藥物螯合, 再藉由藥物的生物特性將硼 10 帶至欲治療部位, 然後進行中子照射以誘發中子捕獲反應, 繼而產生阿伐粒子及重粒子鋰 7 (Li-7), 這兩種粒子之輻射加權因子 (radiation weighting factor) 均為 20 (如表 2), 較光子輻射加權因子 1 大的多, 因此具有較高之相對生物效應 (Relative Biological Effectiveness, RBE)。

表 2：輻射加權因子 (資料來源：ICRP 103, 2007)

輻射種類	輻射加權因子
光子	1
電子、介子	1
質子	2
阿伐、重粒子、分裂產物	20
中子	約 2.5~21, 與中子能量有關

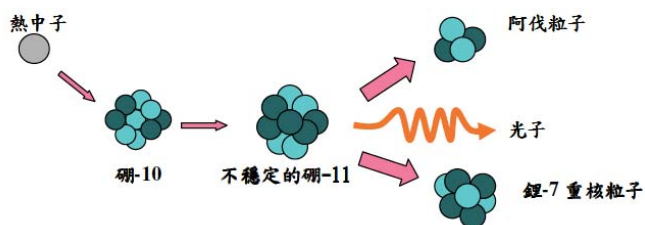


圖 28：硼中子捕獲反應示意圖

硼中子捕獲治療概念最早於 1936 年由Golden Lorche提出, 1951 年美國 Brookhaven National Laboratory (簡稱BNL) 進行第一起臨床試驗, 但由於含硼藥物

不夠成熟，以致病人正常組織嚴重傷害而宣告失敗。1968年，日本Hatanata教授及Mishima教授分別使用BSH及BPA含硼藥物，成功地完成治療案例，隨之美國、歐洲等開始深入研究含硼藥物及中子源（例如：核子反應器或迴旋加速器，如圖 29），但目前全世界真正有執行臨床試驗的國家並不多（如表 3）。我國BNCT研究始於 1995年，清華大學水池式反應器（Tsing Hua open-pool reactor，簡稱THOR）自 2000年開始改建，業於 2004年 3月改建完成（圖 30）；臺北榮民總醫院、清華大學原子科學技術發展中心與日本京都大學原子爐研究所三方合作，2010年 8月 11日於THOR進行首次BNCT臨床治療，亦於本研討會發表專題演講（摘要如附錄五）。

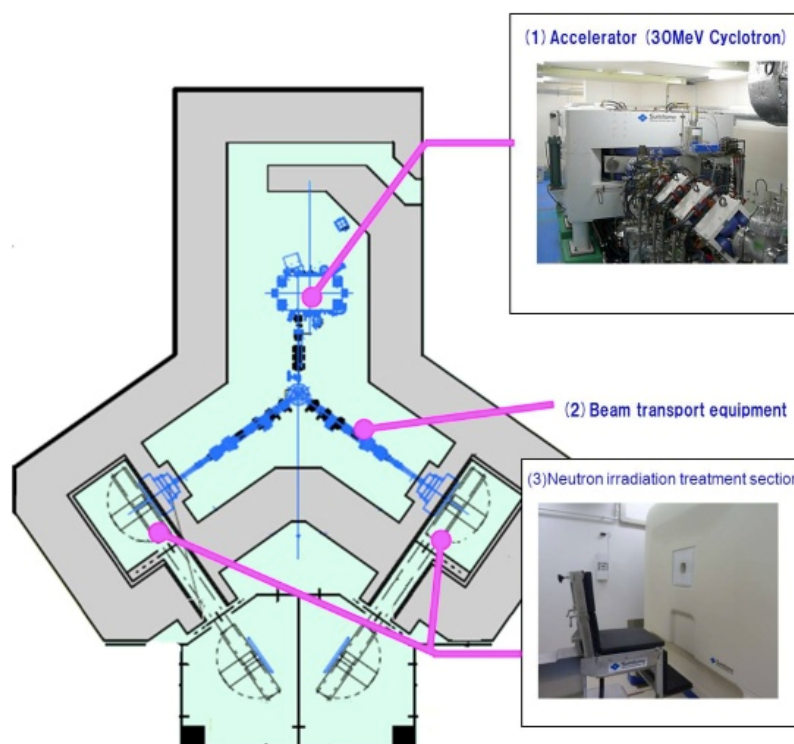
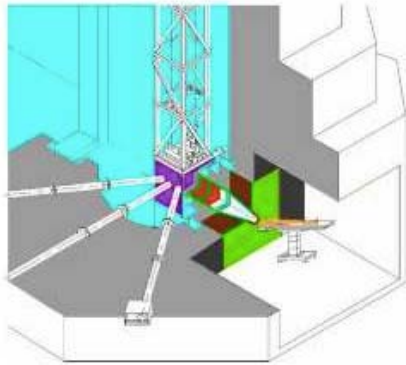


圖 29：日本京都大學原子爐研究所（Kyoto University Research Reactor Institute）與住友重機械工業株式會社（Sumitomo Heavy Industries, Ltd.）合作發展的加速器式中子源（30MeV，1mA），已裝設在福島縣郡山市的一家私人醫院，預計今年開始臨床試驗。（資料來源：日本住友重工網站）

表 3：使用超熱中子源（epithermal neutron beams）執行腦腫瘤離床試驗之研究單位（資料來源：Rolf F Barth, Radiat Oncol. 2012; 7: 146. Published online 2012 Aug 29）

單位國家	中子源	期間 (病例數)
Brookhaven National Laboratory, Upton, NY, USA	Brookhaven Medical Research Reactor, BNL, Upton, NY, USA	1994-1999 (53)
Beth Israel Deaconess Medical Center, Harvard Medical School, Boston, USA	MIT Research Reactor, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA	1996-2003 (28)
Universitätsklinikum Essen, Essen Germany	High Flux Reactor, JRC Petten, The Netherlands	1997-2006 (30)
Helsinki University Central Hospital, Helsinki, Finland	FiR-1, VTT Technical Research Centre, Espoo, Finland	1999-2012 (52)
Faculty Hospital of Charles University, Prague, Czech Republic	LVR-15 Reactor, Nuclear Research Institute Rez, Czech Republic	2000-2002 (5)
Nyköping Hospital, Nyköping, Sweden	R2-0 Reactor, Studsvik Medical, Nyköping, Sweden	2001-2007 (43)
University of Tsukuba, Tsukuba City, Ibaraki, Japan	JRR-4, Japan Atomic Energy Agency, Tokai, Ibaraki, Japan	1999-2007 (24)
University of Tokushima, Tokushima, Japan	JRR-4 or KURR (Kyoto University Research Reactor, Osaka, Japan)	1998-2008 (23)
Osaka Medical College, Osaka, Japan	KURR	2002-2008 (47)



Max. Power of THOR: **2.0 MW**
Reconstructed in 2004 for BNCT

The irradiation room

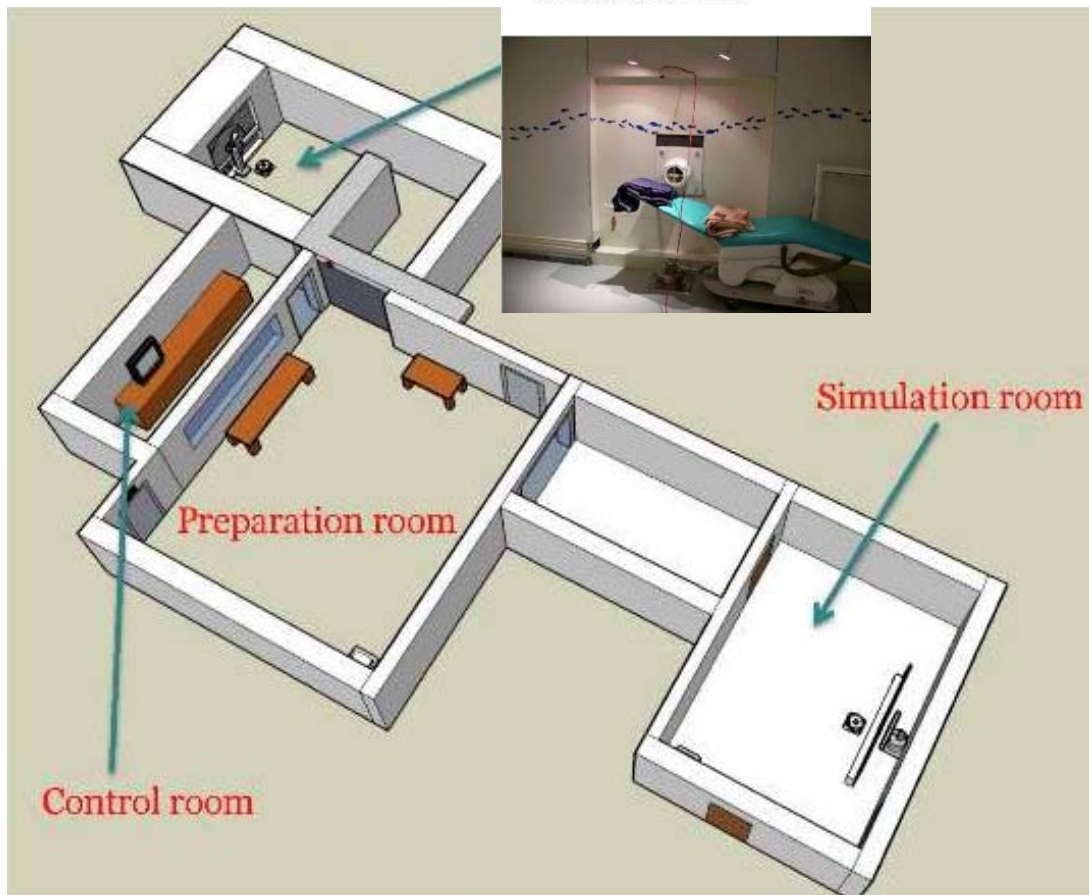


圖 30：我國清華大學水池式反應器（THOR）業於 2004 年 3 月改建完成，超熱中子通量率為 $1.07 \times 10^9 \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 。（資料與圖片來源：<http://bnct.web.nthu.edu.tw/>）

(二) 質子/重粒子放射治療

質子或重粒子（例：碳 12）放射治療係利用在帶正電粒子於電場中持續加速，達到一定的速度和能量射入欲治療部位後，利用布拉格尖峰（Bragg peak）於特定深度釋放大量能量，造成細胞裡的 DNA 發生大量複雜型雙股螺旋斷裂（double-strand-break, DSB，並以「+」表示複雜型）、使得 DNA 不易自我修復，進而臨床治療效果比光子來得大（相對生物效應：重粒子>質子>光子）。

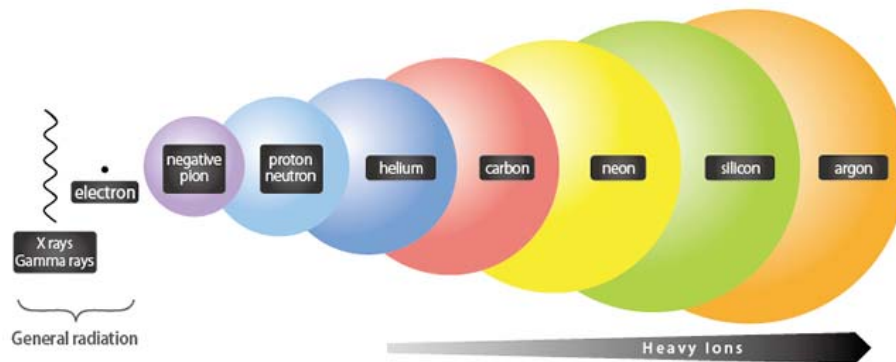


圖 31：光子、電子、質子、重粒子示意圖。

（圖片來源：<http://heavy-ion.showa.gunma-u.ac.jp/en/page.php?id=8>）

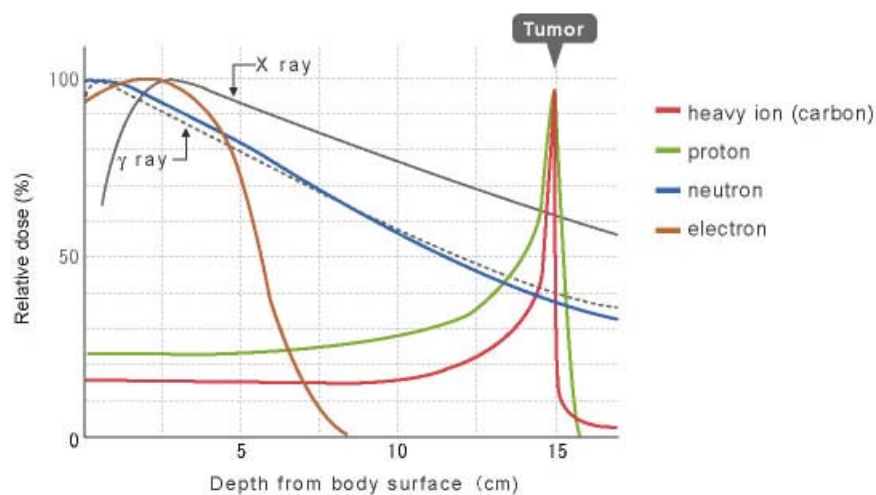


圖 32：比較各種輻射（紅色、綠色、藍色、棕色、黑色分別代表重離子、質子、中子、電子、光子）在人體內的劑量（縱座標）與深度（橫座標）關係。（圖片來源：<http://heavy-ion.showa.gunma-u.ac.jp/en/page.php?id=8>）

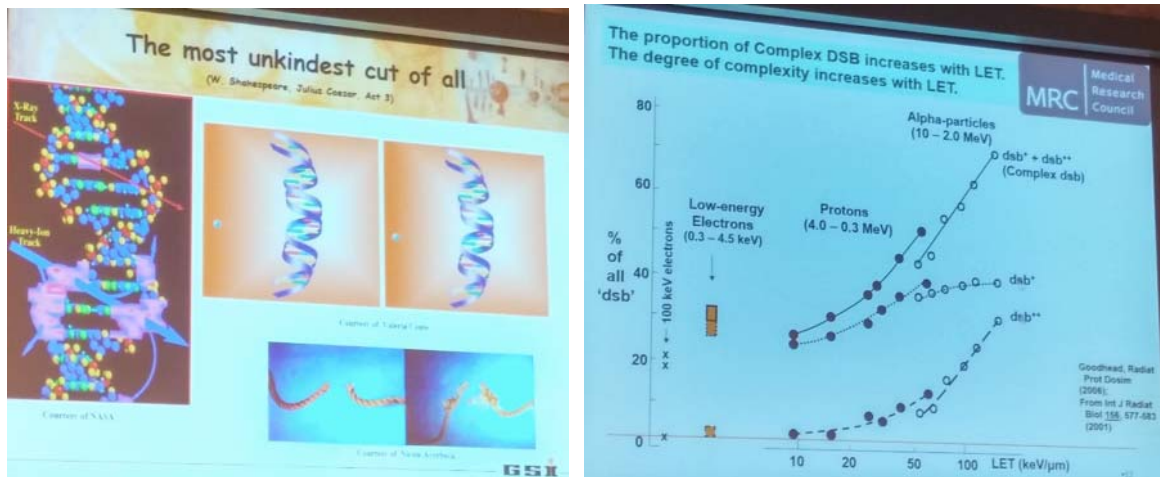


圖 33：DNA 複雜型雙股螺旋斷裂示意圖及質子、阿伐粒子造成 DNA 雙股螺旋斷裂研究成果。(照片來源：2015 ICRR meeting, Marco Durante)

1946 年，Robert R. Wilson 提出質子射線可以應用於醫學治療上，1954 年美國加州大學 Lawrence Berkeley Laboratory (LBL) 進行世界第一例質子治療。美國麻州總醫院 Massachusetts General Hospital (MGH) 與哈佛迴旋加速器實驗室 Harvard Cyclotron Laboratory (HCL) 於 1961 年開始進行合作，到 2002 年間共計以質子放射治療了九千多位病人。直到 1991 年，美國加州 Loma Linda University Medical Center (LLUMC) 啟用世界上第一座醫學專用質子治療設備，才正式宣告質子治療進入醫學領域。依據粒子治療合作組織 (Particle Therapy Co-operative Group, 以下簡稱 PTCOG) 的統計，截至 2013 年，全世界目前正在運轉中之質子及碳 12 重粒子治療設施分別為 49 處及 8 處 (多半數設置於美國、日本，如表 4)，興建中或計劃中之設施更多達 34 處 (質子及碳 12 重粒子分別為 31 處及 4 處，如表 5)，且質子治療臨床病例已完成十萬多例，而碳 12 重粒子治療則為 1.3 萬多例。另研討會中 Marco Durante 提出，粒子放射治療的物理特性研究及臨床治療設備發展趨於完備，惟微劑量學 (microdosimetry)、奈米劑量學 (nanodosimetry) 及輻射生物

效應（例：endpoint、RBE、 α/β 因子等）等方面，仍須持續努力研究與發展。

我國於 2014 年 6 月核准使用全台首部質子治療設施（林口長庚紀念醫院，設有 4 間治療室及 1 間實驗室），目前尚無重粒子治療設施。另高雄長庚紀念醫院（3 間治療室）正在建造中，台大醫院（3 間治療室）、中國醫藥大學附設醫院（1 間治療室）及彰化基督教醫院（1 間治療室）正積極籌備中。而臺北榮民總醫院、三軍總醫院則選擇欲建造重粒子治療設施，另臺北醫學大學附設醫院、馬偕紀念醫院及高雄醫學大學附設中和紀念醫院亦積極欲加入粒子治療行列。

表 4：運行中之粒子治療設施情況（截至 2013 年，資料來源：PTCOG 網站）

國家	設施數	粒子源
加拿大	1	p
捷克	1	p
中國	4	2 p/2 C-ion
英國	1	p
法國	2	p
德國	6	5 p/1 C-ion
義大利	4	3 p/ 1 C-ion
日本	13	9 p/4 C-ion
波蘭	1	p
俄羅斯	3	p
南非	1	p
韓國	1	p
瑞典	1	p
瑞士	1	p
美國	17	p
病人數統計	質子：105743 例。重粒子（碳 12）：13119 例	
設施數總計	質子：49 處。重粒子（碳 12）：8 處	

表 5：正在建造中之粒子治療設施（截至 2013 年，資料來源：PTCOG 網站）

國家	設施數	粒子源
奧地利	1	p, C-ion
中國	2	1 p/1 C-ion
法國	1	p
印度	1	p
日本	4	3 p/1 C-ion
荷蘭	2	p
波蘭	1	p
俄羅斯	1	p
沙特阿拉伯	1	p
斯洛伐克	1	p
韓國	2	1 p/1 C-ion
瑞典	1	p
臺灣	2*	p
美國	14	p
設施數總計	質子：31。重粒子（碳 12）：4	

*：我國已於 2014 年 6 月成立第一部質子治療設施（林口長庚紀念醫院）。

參、心得及建議

當游離輻射逐漸廣泛應用於醫療用途，診療設備日益進步，使得臨床使用率快速提昇，以致是否有濫用之虞？值得令我們省思！經由他國數起輻射超曝露事故等經驗、NCRP 第 160 號統計數據得知人們所接受的輻射劑量中，醫療曝露的貢獻比例越來越高，全世界的醫師、放射線醫師、醫學放射師、醫學物理師、科學家及輻射防護人員等，無不希望可借用輻射的特性與便利，但又希望能將輻射效應風險降到最低，進而促使：

- 一、**放射診療設備不斷推陳出新**，例如：心臟冠狀動脈的低劑量電腦斷層掃描技術，是為了在不影響診斷影像品質前提下，努力降低受檢者輻射劑量；磁振造影暨鈷 60 遠距治療機 (MRI-Cobalt)、磁振造影暨直線加速器 (MRI-Linac)、搭載多葉式準直儀 (MLCs) 之第六代新型電腦刀 (cyber knife M6 system)、呼吸調控同步擷取系統 (gating)、硼中子捕獲治療 (BNCT) 及質子 (proton) /重粒子 (heavy ion) 治療等等，則是為提高放射治療位置準確性 (例如：MRI 之軟組織影像比 X 光影像較佳)、或利用不同輻射之物理特性、輻射生物效應等而發展的放射治療設備與技術，皆以提高癌細胞控制率，降低正常細胞副作用為最終目的。
- 二、**掃描/治療參數應適時調整**，例如：放射診斷設備不是唯一選擇，應選擇最「適宜」的檢查方法；兒童與成人的電腦斷層掃描檢查條件應有所區別且應更加謹

慎；不同輻射種類（例如光子、電子、質子、中子等）其輻射生物效應不同，放射治療物理劑量是否依然與光子治療方式相同或需調整？都是需要仔細思量與反覆驗證。

三、應重視民眾的輻射風險溝通。

綜合以上，建議分述如下：

一、電腦斷層掃描部分

- (一) 藉由委辦計畫持續進行電腦斷層掃描儀醫療曝露品保檢查作業，以控管該項設備品質，同時進行「低劑量」掃描模式（例如：低劑量心臟檢查、低劑量肺藏檢查）調查，以收集我國使用「低劑量」掃描模式現況及其體積電腦斷層劑量指標（Volume Computed Tomography Dose Index, CTDI_v）分布情況，可供未來與其他國家進行比對或訂定相關法規之依據。
- (二) 多向相關從業人員宣導：1. 放射診斷設備非唯一選擇的概念，2. 兒童與成人的電腦斷層掃描檢查條件應有所區別，3. 僅執行受檢部位並適時給予鉛防護，4. 提供相關資料網站，以供查詢（例如：The Image Gently Campaign 或 www.aapm.org/pubs/CTProtocols），促使相關從業人員激盪出最適合我國兒童的電腦斷層掃描參數及檢查方式。

二、光子放射治療設備部分

(一)「多葉式準直儀」應用於放射治療設備已相當普及，本會於今年藉由委辦計畫，一方面進行多葉式準直儀（MLCs）品保訪查作業，另一方面輔導相關從業人員，可依據訪查結果，考量將多葉式準直儀納入應執行品保作業設備之一，精進放射治療設備品質。

(二)因應放射治療設備不斷推陳出新，應適時參考國外相關品保作業規範，與我國專家學者共同研擬新設備的品保項目、規範，作為我國修訂品保標準之參考。例如：我國將有最新型之第六代電腦刀，現行品保法規是否適用之？另，在我國設備競賽的風氣下，未來如有醫療院所欲裝設磁振造影暨鈷 60 遠距治療機（MRI-Cobalt）或磁振造影暨直線加速器（MRI-Linac），那麼我國現行之鈷 60 遠距治療機與直線加速器之品保標準是否亦適用之？抑或需再研擬、修訂相關標準，均為本會需要思考的方向。

(三)我國備有影像導引系統之放射治療設備日漸普及，該系統係利用 kV/MV 影像進行欲治療部位之對位，以提升治療準確性，故影像導引系統之品保作業極具重要性。建議可請中華民國醫學物理學會研擬相關品保項目與規範，供未來本會修訂品保法規之參考。

三、我國醫療院所受到國際趨勢的影響及國內設備競賽的氛圍下，數家具規模之醫學中心均表對建造質子/重粒子治療設施感到興趣，其輻射防護議題（屏蔽、設施與人員管理措施等）與醫療曝露品保作業將是本會近期最大的課題，建議可

適時派員參加相關國際研討會(例:粒子治療合作組織(PTCOG)舉辦之研討會),
將有助於本會對於質子/重粒子治療設施的輻防相關議題及品保作業有更深入的
了解。

肆、附錄

附錄一、2015 ICRR 會議議程 (P.36)

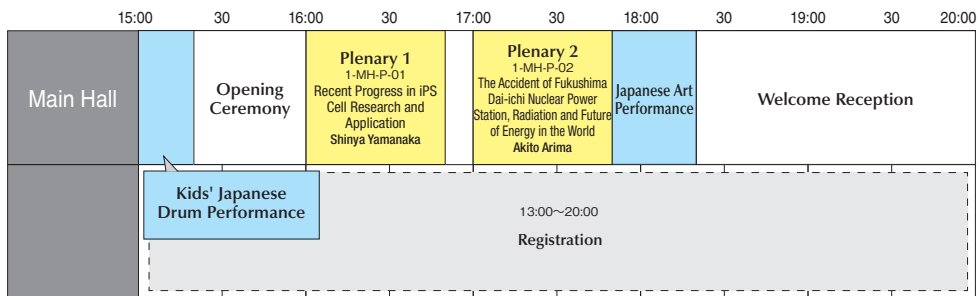
附錄二、2015 ICRR 壁報論文展示索引 (P.46)

附錄三、「Quality Assurance of Computed Tomography in Taiwan: National Onsite Survey」壁報論文摘要 (P.49)

附錄四、「Survey of Medical Radiation Exposures From Fluoroscopic and Interventional Procedures in Taiwan」壁報論文摘要 (P.50)

附錄五、「BNCT for Locally Recurrent Head and Neck Cancer at THOR: Possible Ways of Improving Our Clinical Results」專題演講摘要 (P.51)

Program-at-a-Glance Day1 Monday, May 25



2-
 A-
 SY1
 DAY 2 RoomA Session Number

- EO: Eye Opener
- LS: Luncheon
- SY: Symposium
- P: Plenary
- CL: Congress Lecture
- PS: Poster Session
- OS: Oral Session

Program-at-a-Glance Day2 Tuesday, May 26

	8:00	30	9:00	30	10:00	30	11:00	30	12:00	30	13:00
Room A	Biological Effects	Eye Opener 2-A-E0-01 Radiobiology of Normal Tissue Effects in Radiation Oncology - Progress and Perspectives Wolfgang Doerr (Austria)	Congress Lecture 2-A-CL-01 Charged Particles Marco Durante (Germany and Italy)				Symposium 2-A-SY-01-01~05 Tissue Stem Cells and Radiation Carcinogenesis			Luncheon Seminar1 2-A-LS-1 Clinical Trial Using Anti-VEGF Antibody with Chemoradiation for Malignant Gliomas and the Role of VEGF in Radiation Necrosis Chugai Pharmaceutical Co., Ltd.	
Fukushima NPP Accident											
Room B-2	Radiation Protection Sciences	Eye Opener 2-B2-E0-05 Epidemiological Research on Radiation-induced Cancer in Atomic Bomb Survivors Kotaro Ozasa (Japan)					Symposium 2-B2-SY-05-01~06 Long-term Epidemiological Studies of the A-bomb Survivors and Their Offspring: Past, Present and Future				
Room C-1		Radiation Chemistry	Eye Opener 2-C1-E0-06 Cutting Edge of Radiation Chemistry: Game Changer of Semiconductor Manufacturing Seiichi Tagawa (Japan)				Symposium 2-C1-SY-06-01~05 Radiation Chemistry and Science in 21st Century				
Room C-2	Radiology, Nuclear Medicine		Eye Opener 2-C2-E0-08 Tumor Hypoxia: A New PET Imaging Marker for Treatment Planning Nagara Tamaki (Japan)				Symposium 2-C2-SY-08-01~05 Molecular Imaging Using Radioisotope in Clinical Oncology				
Room D		Life Sciences	Eye Opener 2-D-E0-03 Cloning of NBS1 and DNA Repair Genes: Strand Break Repair Is Linked to Cellular DNA Damage Responses Kenshi Komatsu (Japan)	JRRS Award Lectures 2015 AW01-JRRS-01~03			Symposium 2-D-SY-03-01~04 Pathways and Players in DNA Repair			Luncheon Seminar3 2-D-LS-3 Molecular Imaging Theranostics Nihon Medi-Physics Co., Ltd.	
Room E	Non-ionizing Radiation Environment Stressors		Eye Opener 2-E-E0-04 Forty Years of DNA Damage Tolerance Fumio Hanaoka (Japan)								
Annex 1		Radiation Oncology	Eye Opener 2-AX1-E0-07 High-throughput Screens for Targets to Modify Radiosensitivity W Gillies McKenna (United Kingdom)	Congress Lecture 2-AX1-CL-02 The Role of Dose Escalation Using Hypofractionation, IMRT, and IGRT in Patients with Locally Advanced Pancreatic Cancer Christopher H Crane (United States)			Symposium 2-AX1-SY-07-01~05 Combination of Molecular Targeting Agents and Radiation			Luncheon Seminar5 2-AX1-LS-5 High-dose-rate Brachytherapy for Prostate Cancer — An Approach to Extreme Hypofractionation — Chiyoda Technol Corporation	
Annex 2	Biology for Radiation Therapy		Eye Opener 2-AX2-E0-02 Translating Tumour Heterogeneity Analyses of Hypoxia and Genomics to Prostate Cancer Medicine Robert Bristow (Canada)								
Event Hall			Poster Mounting				Poster Display				

13:00	30	14:00	30	15:00	30	16:00	30	17:00	30	18:00
Congress Lecture 2-A-CL-03 The Response of The Small Intestine To Radiation Damage Catherine Booth (United Kingdom)		Symposium 2-A-SY-10-01~04 Radiation Response in Differentiated Cells and Non-cancer Disease				Oral Session01 2-A-OS-01-01~05 Non-cancer Effects				
		Symposium 2-B1-SY-18-01~05 Environmental and Health Effect of the Fukushima Nuclear Accident Dose Estimation and Health Risk								
Congress Lecture 2-B2-CL-07 Dose Rate Effects in Radiation Biology and Radiation Protection Werner Ruehm (Germany)		Symposium 2-B2-SY-14-01~05 New Aspects of Biological Responses to Low-dose/Low-dose-rate Radiation				Oral Session05 2-B2-OS-05-01~04 Biological Effects as Bases for Radiation Protection				
Congress Lecture 2-C1-CL-08 Recent Progress in Pulse Radiolysis James F. Wishart (United States)		Symposium 2-C1-SY-15-01~05 Pulse Radiolysis in 21st Century				Oral Session06 2-C1-OS-06-01~05 Advanced Methods for Basic and Applied Radiation Research				
Congress Lecture 2-C2-CL-10 Targeted Radionuclide Therapy-Recent Advance and Information About The Health Effect of Radioactive Materials Released by The Nuclear Accident- Kelgo Endo(Japan)		Symposium 2-C2-SY-17-01~04 Recent Advance in Targeted Radionuclide Therapy				Oral Session08 2-C2-OS-08-01~05 Nuclear Medicine & Radiology				
Congress Lecture 2-D-GL-05 Tumour Suppressor Mechanisms in The Control of Genome Stability and Radiation Responsiveness Ashok Venkitaraman (United Kingdom)		Symposium 2-D-SY-12-01~04 Human Diversity Affecting Biological Responses to Radiation				Oral Session03 2-D-OS-03-01~05 DNA Damage Responses-1				
Congress Lecture 2-E-CL-06 DNA Damage Repair and The Impact on Aging Jan H.J. Hoeijmakers (Netherlands)		Symposium 2-E-SY-13-01~04 Genetic and Epigenetic Mechanism of Environmental Stress				Oral Session04 2-E-OS-04-01~04 Advances in Understanding The Biological Consequence by Environmental Stressors				
Congress Lecture 2-AX1-CL-09 Recent Advances in Radiation Therapy for Head and Neck Cancer Jean Bourhis (Switzerland)		Symposium 2-AX1-SY-16-01~05 Radiation Oncology Update: Breast Cancer				Oral Session07 2-AX1-OS-07-01~05 GI, GU, and Gyn				
Congress Lecture 2-AX2-CL-04 Complexity of Micro-RNAs in Human Cancers Fei Fei Liu (Canada)		Symposium 2-AX2-SY-11-01~05 Predictive Assays for Radiotherapy: Biomarkers for Strategies for Selection of RT and/or RT Sensitive Phenotype				Oral Session02 2-AX2-OS-02-01~05 Radiosensitivity-1				
Poster Display								Poster Session 1 *Light meal is to be served (sponsored)		

Program-at-a-Glance Day3 Wednesday, May 27

	8:00	30	9:00	30	10:00	30	11:00	30	12:00	30	13:00	
Room A	Biological Effects	Eye Opener 3-A-E0-09 Low-dose Radiation Induces Adaptive and Protective Metabolic Response Zhimin Yuan (United States)	Symposium 3-A-SY-19-01~04 Normal Tissue Response to Low-dose/ Low-dose-rate Irradiation					Award Lecture L.H. Gray Medal (Gray Award) by ICRU AW03-ICRU Fiona Stewart (Netherlands)	Mechanisms of Development of Cardiovascular Disease in Irradiated Cancer Patients and The Possible Influence of ErbB2 Blocking Agents			
Room B-1		Eye Opener 3-B1-E0-15 Biological Dosimetry in Large Scale Accidents Andrzej Wojcik (Sweden)	Symposium 3-B1-SY-27-01~05 Environmental and Health Effect of the Fukushima Nuclear Accident Health Effect of Fukushima Nuclear Accident									
Room B-2	Radiation Protection Sciences	Symposium 3-B2-SY-23-01~08 DoReMi - Low Dose Research towards Multidisciplinary Integration - ICRN Symposia Introduction to the European DoReMi Programme on Low Dose Risk Research from DoReMi to CONCERT: Next Steps in European Radiation Protection Research					ERRS YIA Session AW04-ERRS YIA-01~08	Luncheon Seminar8 3-B2-LS-8 Oncological Hyperthermia at the Crossroad - Need for Change of Paradigma Tateyama Machine Co., Ltd.				
Room C-1		Eye Opener 3-C1-E0-12 An Eye Opener on the Bright Future of Radiation Chemistry and Radiation Processing, and Non-power Nuclear Applications Mohamad I. AlSheikhy (United States)	Symposium 3-C1-SY-24-01~05 Innovative Processes and Materials Produced by Radiation									
Room C-2	Radiology, Nuclear Medicine	Eye Opener 3-C2-E0-14 Functional MR Imaging in Gynecologic Field Kaori Togashi (Japan)	Symposium 3-C2-SY-26-01~05 Radiation Dose Management on CT					Health Effects of the Fukushima Nuclear Accident and Research on Low Dose Radiation				
Room D	Life Sciences	Eye Opener 3-D-E0-10 Genetic Analysis of Proteins Involved in The Initial Step of Double-strand Break Repair Shunichi Takeda (Japan)	Symposium 3-D-SY-21-01~04 Dynamics of Chromatin and Nuclear Architecture in Radiation Damaged Cells					ICRR Special Lecture 3-D-SL-01 Kenji Kamiya (Japan)	Luncheon Seminar7 3-D-LS-7 Recent Advances in Radiotherapy for Prostate Cancer AstraZeneca K.K.			
Room E		Non-ionizing Radiation Environment Stressors	Eye Opener 3-E-E0-11 Radiation-induced Effects Compromise The DNA Polymerase and Ligation Steps in DNA Repair Samuel H. Wilson (United States)	Symposium 3-E-SY-22-01~05 Processing of Oxidized DNA Damage								
Annex 1	Radiation Oncology	Eye Opener 3-AX1-E0-13 Overall Treatment Time in Fractionated Radiotherapy Bogustaw A. Maciejewski (Poland)	Symposium 3-AX1-SY-25-01~07 [Prof. Withers' Memorial Symposium] Dose Fractionation: From Hyperfractionation to Hypofractionation					Congress Lecture 3-AX1-CL-11 IMRT for HN Cancer: Emphasis on Reducing Xerostomia and Dysphagia Avraham Eisbruch (United States)	Luncheon Seminar9 3-AX1-LS-9 Dynamic Tumor Tracking using the Elekta Agility MLC Elekta K.K.			
Annex 2		Biologiy for Radiation Therapy	Symposium 3-AX2-SY-20-01~06 Educational Seminar: Radiobiology Updates for Radiation Oncologists						Luncheon Seminar6 3-AX2-LS-6 What about CyberKnife and TomoTherapy ? The «Daily Life» Arguments Accuray Japan K.K.			
Event Hall		Poster Dismantle				Poster Mounting			Poster Display			

13:00	30	14:00	30	15:00	30	16:00	30	17:00	30	18:00
Congress Lecture 3-A-CL-12 Neoplasia in Mice Chronically Exposed to Very Low Dose-rates of Gamma-Rays Ignacia Tanaka (Japan)		Symposium 3-A-SY-28-01~04 Omics Approach to Low-dose/ Low-dose-rate Radiation Studies						Oral Session09 3-A-OS-09-01~05 Low Dose Radiation Effects		
Congress Lecture 3-B1-CL-20 Lessons Learned from Radiation Health Risk Management around Chernobyl and in Fukushima Shunichi Yamashita (Japan)		Symposium 3-B1-SY-36-01~06 Lessons Learned in Health and Medical Aspects: From A-bomb and Chernobyl to Fukushima						Oral Session17 3-B1-OS-17-01~05 Environmental and Health Effects of Fukushima Nuclear Power Plant Accident		
Congress Lecture 3-B2-CL-16 Molecular Responses to Low Dose and Low Dose Rate Radiation Gayle E Woloschak (United States)		Symposium 3-B2-SY-32-01~05 New Perspectives in Epidemiological Studies of Low Dose Exposure and Cancer Risk						Oral Session13 3-B2-OS-13-01~05 Epidemiology		
Congress Lecture 3-C1-CL-17 Ultrafast Oxidation Reaction Induced by Radical Cation H ₂ O ^{•+} Mehran Mostafavi (France)		Symposium 3-C1-SY-33-01~05 New Prospect of Radiation Science on Nanotechnology, Electron Collision with Matter, and Positronium						Oral Session14 3-C1-OS-14-01~05 Radiation Processing and Nanolithography		
Congress Lecture 3-C2-CL-19 Development and Current Status of Area Detector CT Kazuhiro Katada (Japan)		Symposium 3-C2-SY-35-01~04 Functional Imaging Using CT						Oral Session16 3-C2-OS-16-01~05 Particle (Biology and Clinical)		
Congress Lecture 3-D-CL-14 Repair of DNA Double-strand Breaks by Homologous Recombination Markus Lobrich (Germany)		Symposium 3-D-SY-30-01~04 Radiation-induced DNA Damage Response and Cell Death						Oral Session11 3-D-OS-11-01~05 DNA Repair-1		
Congress Lecture 3-E-CL-15 An Integrated View of Induced Mutagenesis Robert P Fuchs (France)		Symposium 3-E-SY-31-01~04 Combined Exposure of Ionizing Radiation and Chemicals						Oral Session12 3-E-OS-12-01~05 Radiosensitization		
Congress Lecture 3-AX1-CL-18 Recent Advances in Radiation Therapy for Lung Cancer Ritsuko Komaki (United States)		Symposium 3-AX1-SY-34-01~05 Radiation Oncology Update: Chemoradiotherapy						Oral Session15 3-AX1-OS-15-01~05 Radiation Biology and Imaging		
Congress Lecture 3-AX2-CL-13 Update on Cancer Stem Cells and Radioresistance Richard P Hill (Canada)		Symposium 3-AX2-SY-29-01~05 Radiosensitization in Clinical Oncology						Oral Session10 3-AX2-OS-10-01~05 Radiosurgery and Tumor Hypoxia		
		Poster Display						Poster Session 2 *Light meal is to be served (sponsored)		

Program-at-a-Glance Day4 Thursday, May 28

	8:00	30	9:00	30	10:00	30	11:00	30	12:00	30	13:00
Room A	Eye Opener 4-A-EO-16 Dose Rate Effects in Radiation Carcinogenesis: A Look from Hiroshima/Nagasaki to Fukushima Hiroshi Tanooka (Japan)		Symposium 4-A-SY-37-01~04 Molecular Mechanisms of Radiation Carcinogenesis in Animal Models					Award Lecture The Weiss Medal (Weiss Medal) by ARR AW05-ARR Hypoxia and Tumour Cell Radiosensitivity Ian J Stratford (United Kingdom)		Luncheon Seminar10 4-A-LS-10 Definition of Clinical Dose and QA for Carbon Ion Therapy Mitsubishi Electric Corporation	
Biological Effects											
Room B-1	Eye Opener 4-B1-EO-24 Current Status of Carbon Ion Therapy for Cancers Takashi Nakano (Japan)		Symposium 4-B1-SY-45-01~04 Topics in Physics and Biology for Particle Therapy					JRRS Special Session JRRS President Lecture AW06-JRRS Attracted to Radiation Biology: From Thorotrast to The Future Manabu Fukumoto (Japan)			
Particle Therapy											
Room B-2	Eye Opener 4-B2-EO-20 Impact of Ionizing Radiation on Environmental Biota Kathryn A. Higley (United States)		Symposium 4-B2-SY-41-01~05 Current Situation and Issues on Dose Assessment for Natural Radiation Exposure Special Expenditures Project of Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology Advanced Human Resources Development Project for Radiation Emergency Medicine								
Radiation Protection Sciences											
Room C-1	Eye Opener 4-C1-EO-21 Free Radical Mechanisms of Radiation Damage to DNA Michael D Sevilla (United States)		Symposium 4-C1-SY-42-01~05 Progress in Radiation Chemistry and Dosimetry in Biological Materials					Oral Session18 4-C1-OS-18-01~05 Radiation Dosimetry and Biological Materials			
Radiation Chemistry											
Room C-2	Eye Opener 4-C2-EO-23 The Principle and History of Neutron Capture Therapy Junichi Hiratsuka (Japan)		Symposium 4-C2-SY-44-01~05 Clinical Study of BNCT								
BNCT											
Room D	Eye Opener 4-D-EO-18 Nuclear Topography of Homologous Recombinational Repair Satoshi Tashiro (Japan)		Symposium 4-D-SY-39-01~06 Frontiers of Radiation Research							Luncheon Seminar12 4-D-LS-12 Role of Low-Dose CT in Addressing Social Concerns Regarding Radiation Exposure Following Nuclear Accidents Toshiba Medical Systems Corporation	
Life Sciences											
Room E	Eye Opener 4-E-EO-19 Life Science Experiments Performed in Space in the ISS/Kibo Facility and Future Plans Takeo Ohnishi (Japan)		Symposium 4-E-SY-40-01~06 Early and Late Biological Effect of Space Radiation								
Space Radiation											
Annex 1	Eye Opener 4-AX1-EO-22 Eye Opener: Progress of RT for Moving Targets Dirk L.J. Verellen (Belgium)		Symposium 4-AX1-SY-43-01~05 Advanced IGRT System for Motion Control					ICRR Special Lecture 4-AX1-SL-02 The Evolution of Radiation Therapy: from 3D to 4DRT Masahiro Hiraoka (Japan)		Luncheon Seminar13 4-AX1-LS-13 IMRT & Rapid Arc in Gynecologic Tumors Varian Medical Systems K.K.	
Radiation Oncology											
Annex 2	Eye Opener 4-AX2-EO-17 Tumor Microvasculature as Target of Therapy Chang W. Song (United States)		Symposium 4-AX2-SY-38-01~04 International Symposium of Tumor Control by Radiation: Biology for Stereotactic Irradiation							Luncheon Seminar11 4-AX2-LS-11 Application of the iPS Cell Technology for Musculoskeletal Diseases Daichi Sankyo Company, Limited	
Biology for Radiation Therapy											
Event Hall		Poster Dismantle				Poster Mounting				Poster Display	

2-

A-

SY1

DAY 2

RoomA

Session Number

EO: Eye Opener

OS: Oral Session

P: Plenary

SY: Symposium

LS: Luncheon

PS: Poster Session

CL: Congress Lecture

13:00 30 14:00 30 15:00 30 16:00 30 17:00 30 18:00

Congress Lecture
4-A-CL-21
Cell of Origin in
Radiation-induced
Premalignant Thymocytes
Ryo Kominami
(Japan)

Symposium
4-A-SY-46-01~05
Hiroshima University RIRBM Joint Usage /Research Center Symposium
Molecular Mechanisms of Radiation-Induced Cancer

Congress Lecture
4-B1-CL-29
Novel Personalized Care for
Strategies for Prostate
Cancer and Glioma Patients
Arnab Chakravarti
(United States)

Symposium
4-B1-SY-54-01~04
Clinical Researches of Particle Therapy;
Strategy for the Advanced Particle Therapy

Congress Lecture
4-B2-CL-25
Armed Forces Radiobiology
Research Institute Program:
Accomplishments,
Opportunities, Policy Questions
Mark H Whitmire
(United States)

Symposium
4-B2-SY-50-01~05
Phoenix Leader Education Program (Hiroshima Initiative) for
Renaissance from Radiation Disaster
Protection and Prospect in Radiation Disaster

Congress Lecture
4-C1-CL-26
Radiation Chemistry in
Nuclear Accident after
Fukushima Accident
Yosuke Katsumura
(Japan)

Symposium
4-C1-SY-51-01~05
Radiation and Radiochemistry in Nuclear Research and Nuclear Accident

Congress Lecture
4-C2-CL-28
The Current State and
Future Prospect of BNCT
Koji Ono (Japan)

Symposium
4-C2-SY-53-01~05
Boron Delivery to Tumors

Congress Lecture
4-D-CL-23
DNA Damage in Micronuclei
Generates Chromothripsis and
Other Complex Chromosomal
Rearrangements
Alexander Spektor
(United States)

Symposium
4-D-SY-48-01~05
Re-evaluation of Biological Targets of Radiation-induced Cell Killing

Congress Lecture
4-E-CL-24
Track Structure Effects in
Galactic Cosmic Ray
Induced Cancer and Central
Nervous System Risks
Francis A Cucinotta
(United States)

Symposium
4-E-SY-49-01~06
Physical Dosimetry for Space Radiation

Congress Lecture
4-AX1-CL-27
Recent Advances in
Radiation Therapy for
Prostate Cancer
Deborah A Kuban
(United States)

Symposium
4-AX1-SY-52-01~05
Radiation Therapy in the Era of IMRT

Congress Lecture
4-AX2-CL-22
The Impact of Hypoxia and
Its Modification on The
Outcome of Radiotherapy
Michael R. Horsman
(Denmark)

Symposium
4-AX2-SY-47-01~05
International Symposium of Tumor Control by Radiation:
Recent Progress in Targeting Hypoxic Tumor Cells: From Bench to Clinic

Gala Dinner at
TOEI Kyoto Studio Park
(Starting around 18:00)

Poster Display

Poster Session 3
*Snacks is to be served
(sponsored)

Program-at-a-Glance Day5 Friday, May 29

	8:00	30	9:00	30	10:00	30	11:00	30	12:00	30	13:00
Room A	Eye Opener 5-A-E0-25 Recent Studies on Bystander Effects: Role of Exosomes Cargo in Intra- and Intercellular Communication		Symposium 5-A-SY-55-01~05 The Role of Reactive Oxygen Species in Radiation Response					Oral Session19 5-A-OS-19-01~05 Cellular Effects		Luncheon Seminar14 5-A-LS-14 Early Clinical Experience of Real-Time Tumor-tracking Radiotherapy (RTTR) with SyncTrak Shimadzu Corporation	
Biological Effects	Munira A. Kadhim (United Kingdom)										
Room B-1	Eye Opener 5-B1-E0-33 Alterations of Tumour Vasculature: Effect on Tumour Proliferation, Hypoxia and Radiation Response		Symposium 5-B1-SY-63-01~04 Cell Cycle Regulation in Radiotherapy					Oral Session27 5-B1-OS-27-01~05 Radiosensitivity-2			
Adaptive RT	Ruth J Muschel (United Kingdom)										
Room B-2	Eye Opener 5-B2-E0-29 Stem Cell Therapy for the Treatment of Severe Tissue Damage after Radiation Exposure		Symposium 5-B2-SY-59-01~03 Benefit Risk Communication					Oral Session23 5-B2-OS-23-01~03 Biological Dosimetry			
Radiation Protection Sciences	Marc Benderitter (France)										
Room C-1	Eye Opener 5-C1-E0-30 Dissociation of Ionized Biomolecules: Ab Initio Molecular Dynamics Studies		Symposium 5-C1-SY-60-01~04 Physical Process of Radiation Damage to Biomolecules and its Cellular Consequences					Oral Session24 5-C1-OS-24-01~05 DNA Damage Response-2			
Physical Processes	Marie Anne Herve du Penhoat (France)										
Room C-2	Eye Opener 5-C2-E0-32 The History of the Development of Neutron Source for Boron Neutron Capture Therapy		Symposium 5-C2-SY-62-01~04 Development of Neutron Source and Measurement					Oral Session26 5-C2-OS-26-01~05 BNCT&Particle (Physics)			
BNCT	Yoshinori Sakurai (Japan)										
Room D	Eye Opener 5-D-E0-27 Role of Abscopal Effect in Radiation Carcinogenesis		Symposium 5-D-SY-57-01~05 Recent Progress in Microbeam Research - Non-targeted Effects on Cells/Tissues Surrounding Irradiated Cells (Joint Session with the 12th International Workshop on Microbeam Probes of Cellular Radiation Response (IWM2015))					Oral Session21 5-D-OS-21-01~05 DNA Repair-2		Luncheon Seminar16 5-D-LS-16 Tomotherapy - History, Present Status, and Future Perspective in Japan - Hitachi Medical Corporation	
Life Sciences	Tom K. Hei (United States)										
Room E	Eye Opener 5-E-E0-28 Electromagnetic Fields and Cancer: Current State of Knowledge and Challenges		Symposium 5-E-SY-58-01~05 Biological Effects of Electromagnetic Field					Oral Session22 5-E-OS-22-01~05 Radiation-induced Carcinogenesis		Luncheon Seminar17 5-E-LS-17 3D γ -analysis for IMRT/VMAT Plan QA Using an EPID Based Dose Reconstruction Toyo Medic K.K.	
Electro - Magnetic Field	Joachim C Schuz (France)										
Annex 1	Eye Opener 5-AX1-E0-31 Oligometastatic Disease and Stereotactic Body Radiotherapy (SBRT)		Symposium 5-AX1-SY-61-01~05 Most Updated Clinical Evidence of SBRT					Oral Session25 5-AX1-OS-25-01~05 SBRT		Luncheon Seminar18 5-AX1-LS-18 Clinical Approach on State-of-the-Art Radiation Therapy - Not Only for Primary But Also for Metastases - Brainlab K.K.	
Radiation Oncology	Umberto Ricardi (Italy)										
Annex 2	Eye Opener 5-AX2-E0-26 Imaging-based Adaptive Radiotherapy		Symposium 5-AX2-SY-56-01~05 Adaptive Radiation Therapy					Oral Session20 5-AX2-OS-20-01~05 Chest and Head & Neck		Luncheon Seminar15 5-AX2-LS-15 Local Measures of Tumor Response to Therapy Using Deformable Registration of FDG PET Euro Meditech Co., Ltd	
Biology for Radiation Therapy	K.S. Clifford Chao (United States)										
Event Hall			Poster Dismantle								

2-

A-

SY1

DAY 2

RoomA

Session Number

EO: Eye Opener

OS: Oral Session

P: Plenary

SY: Symposium

LS: Luncheon

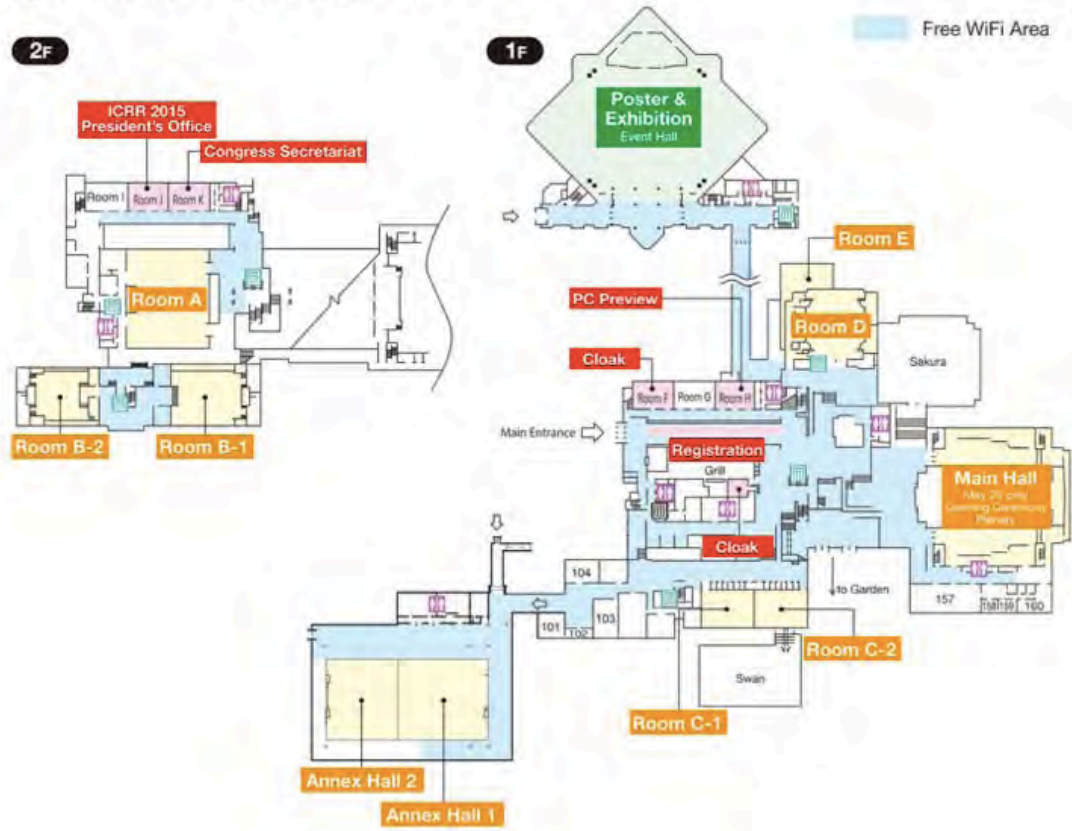
PS: Poster Session

CL: Congress Lecture

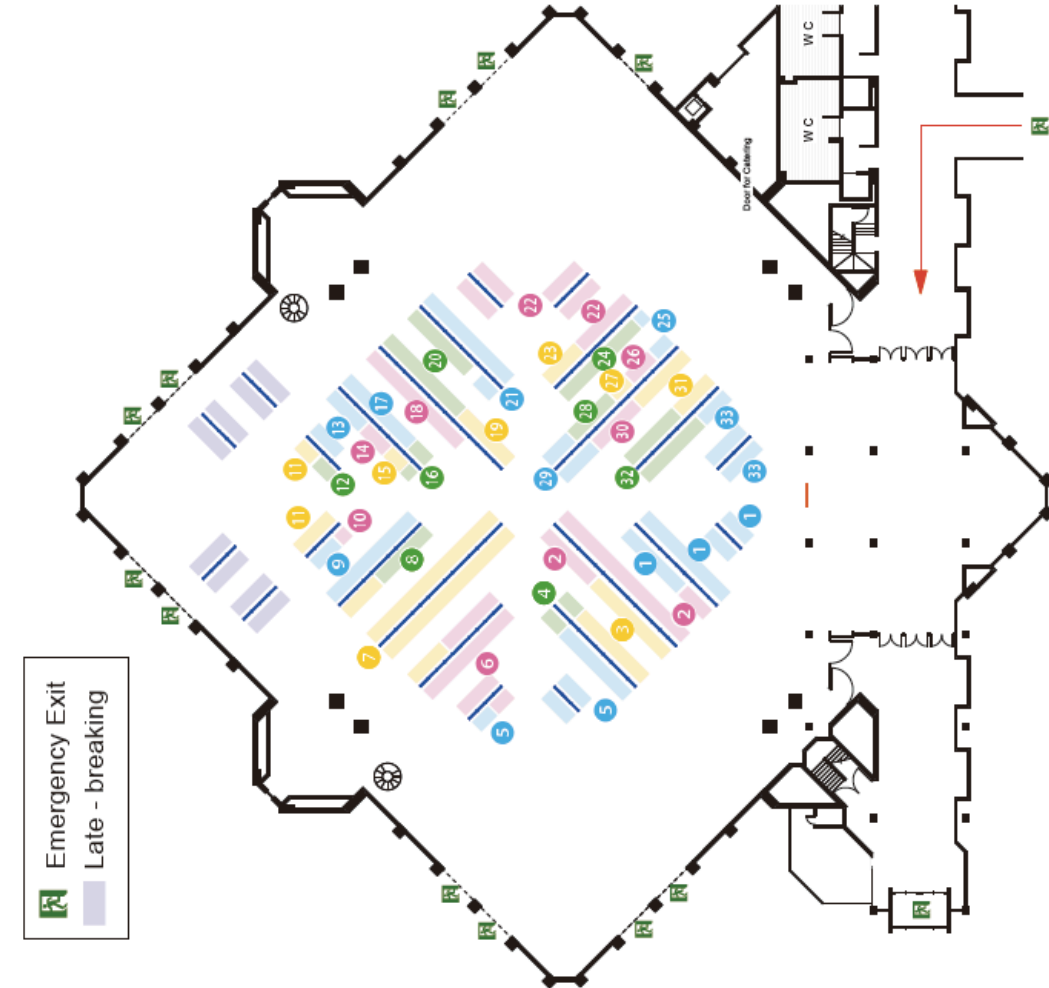
13:00	30	14:00	30	15:00	30	16:00	30	17:00	30	18:00
		Closing Ceremony		JRRS General Meeting (In Japanese) Award Ceremony 2015 Award Lectures 2014						
	Award Lecture Henry S. Kaplan Distinguished Scientist Award (Kaplan Award) by IARR AW07-IARR Attempts to Connect Radiation Epidemiology of Cancer among the Atomic Bomb Survivors to Radiation Biology Ohtsura Niwa (Japan)									
				Satellite Workshop in ICRR2015: Updating the dose reconstruction for residents in Fukushima Nuclear Accident						
				Sponsored Symposium 5-AX1-SS-01 EDGE™: A One-Stop Solution for the Treatment of Intra-Cranial and Extra-Cranial Oligometastatic Disease Varian Medical Systems K.K.		Sponsored Symposium 5-AX1-SS-02 A New Horizon of Radiotherapy Expanded by Hypofractionated Irradiation Accuray Japan K.K.		Sponsored Symposium 5-AX1-SS-03 MRI-guided Radiotherapy: On-line MRI for Treatment Guidance Elekta K.K.		

Floor Map

Kyoto International Conference Center

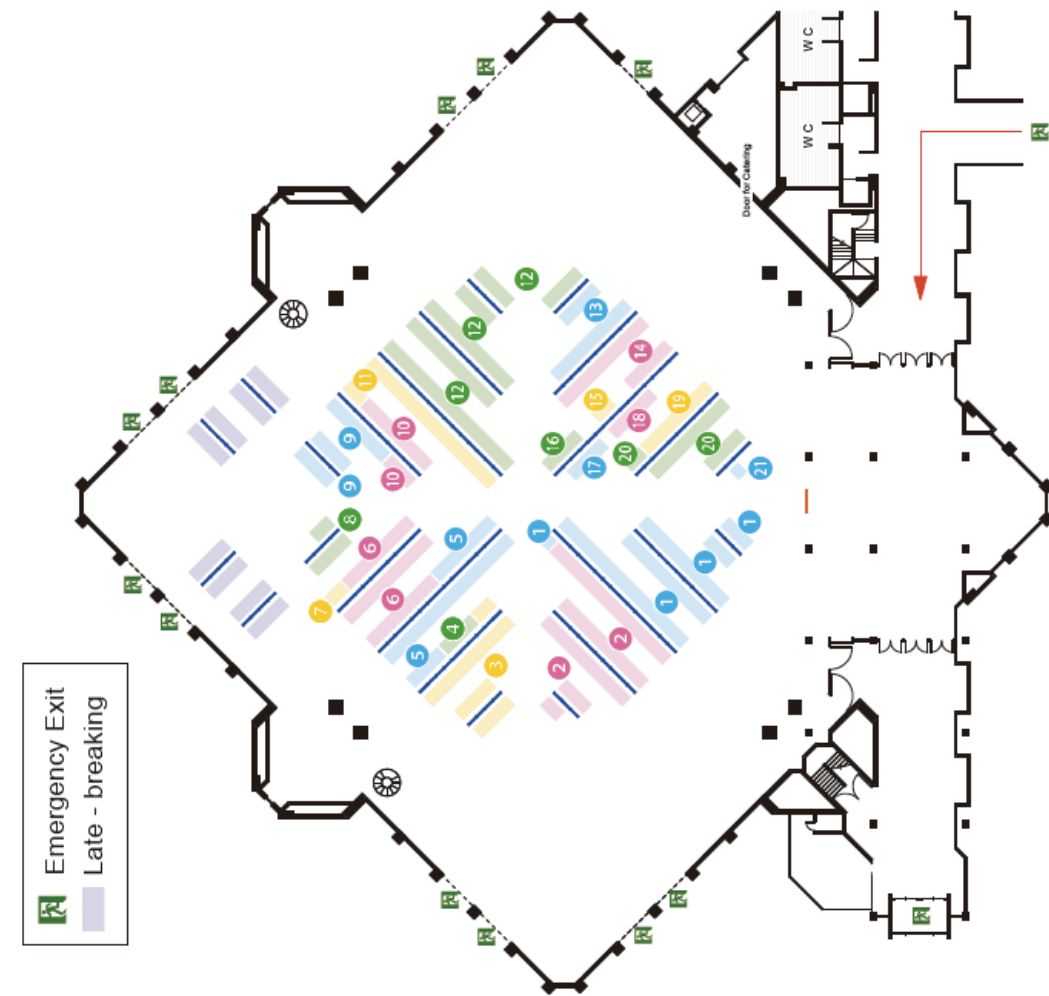


Kyoto International Conference Center Event Hall **26 May, 2015**



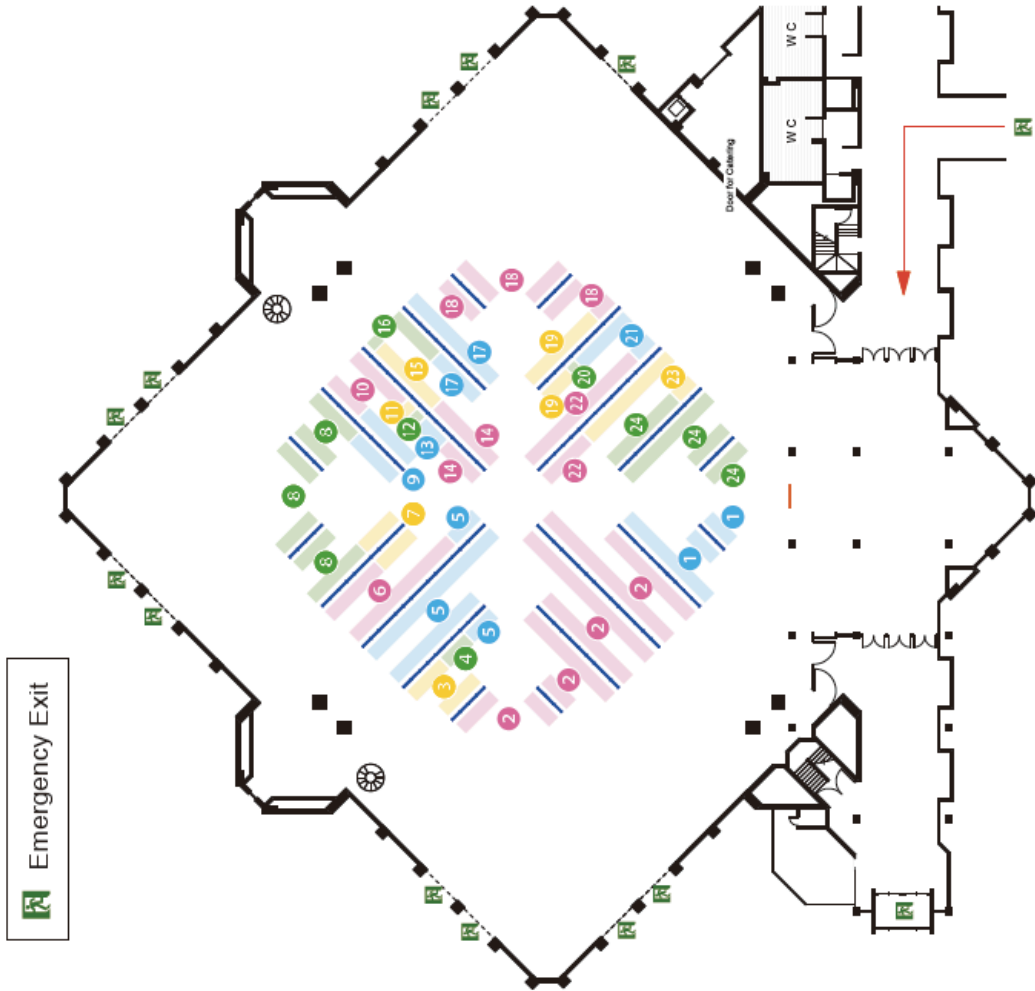
Poster Number	Category	Sub Category	Sub Category Group
1	01. Radiation Biology: Effects of Low Dose/ Dose Rate Radiation	Mechanisms (See Also Category 3)	C
2		Non-cancer Effects	D
3		Others	F
4	02. Biology for Radiotherapy	Dose-rate Effects	C
5		Predictive Assay	D
6	03. Life Sciences	DNA Damage Responses	C
7		DNA Repair	D
8	04. Non-ionizing Radiation, Environmental Stressors	Environmental Stressors	B
9		Non-ionizing Radiation	C
10	05. Health Physics, Radiation Protection Sciences	Dose Rate Effects	B
11		Radiation and Society	E
12		New Pulse Radiolysis Systems	C
13		Radiation Chemistry and Radiochemistry in Nuclear Technologies	D
14	06. Chemistry and Physics, Radiation Chemistry and Radiation Processes	Recent Progress in Accelerator Development	H
15		Recent Progress in Imaging Technology	I
16		Recent Progress in Radiation Chemistry	J
17		Brachytherapy	B
18		Clinical; Breast	E
19		Clinical; Gastro-intestinal	H
20		Clinical; Genito-urinary	I
21		Clinical; Gynecological	J
22		Clinical; Head and Neck	K
23		Clinical; Hepato-pancreatic	L
24	Combination with Molecular Targeting Agents	N	
25	07. Radiation Oncology	Functional Imaging	A
26		Molecular Imaging Using RI	B
27		Others in Nuclear Medicine	C
28		Others in Radiology	D
29		Radiation Dose Management on CT	E
30	09. Radiology: Nuclear Medicine	Targeted radionuclide therapy	F
31		Dosimetry	A
32		Health and Environmental Effects	B
33	10. Fukushima Nuclear Power Plant Accident	Others	C

Kyoto International Conference Center Event Hall **27 May, 2015**



Poster Number	Category	Sub Category	Sub Category Group
1	01. Radiation Biology, Effects of Low Dose/Dose Rate Radiation	Tissue effects	E
2		Radiosensitization	E
3	02. Biology for Radiotherapy	Tumor hypoxia	F
4		Chromatin structure	A
5	03. Life Sciences	DNA damage	B
6		Radiation Response Modifier	E
7	04. Non-ionizing Radiation, Environmental Stressors	Combined Effect of Radiation and Chemicals	A
8		Oxidative damage	D
9	05. Health Physics, Radiation Protection Sciences	Biological dosimetry	A
10		Environmental radiation	C
11	06. Chemistry and Physics, Radiation Chemistry and Radiation Processes	Epidemiology	D
12		Radiation protection	F
13	07. Radiation Oncology	Others	G
14		Application of Radiation Chemistry for Advanced Materials	A
15	08. Radiation Oncology	Radiation Chemistry of Exotic Particles and Neutron Scattering/Diffraction	F
16		Radiation Physics and Chemistry in Nanolithography and Fabrication	G
17	09. Radiation Oncology	Others	K
18		Chemo-radiotherapy (CRT)	C
19	10. Radiation Oncology	Clinical; Esophagus	G
20		Clinical; Lung	M
21	11. Radiation Oncology	Dose fractionation	O

Kyoto International Conference Center Event Hall **28 May, 2015**



Poster Number	Category	Sub Category	Sub Category Group
1 4-PS1A-01 - 16	01. Radiation Biology, Effects of Low Dose/Dose Rate Radiation	Carcinogenesis	A
2 4-PS1B-01 - 68		Cellular effects	B
3 4-PS2A-01 - 08	02. Biology for Radiotherapy	Biology for stereotactic radiotherapy (SRT)	A
4 4-PS2B-01 - 03		Cell cycle regulation	B
5 4-PS2G-01 - 31		Others	G
6 4-PS3F-01 - 18	03. Life Sciences	Targeted/non-Targeted Effects	F
7 4-PS3G-01 - 08		Whole Genome Analysis	G
8 4-PS3H-01 - 27		Others	H
9 4-PS4E-01 - 10		Space radiation	E
10 4-PS6B-01 - 10	04. Non-Ionizing Radiation, Environmental Stressors	Dosimetry in Radiation Chemistry, Radiobiology and Radiation Therapy	B
11 4-PS6E-01		Radiation Chemistry of DNA and Biological Materials	E
12 4-PS7A-01	06. Chemistry and Physics, Radiation Chemistry and Radiation Processes	Adaptive Radiotherapy (ART)	A
13 4-PS7D-01 - 03		Clinical; Bone and soft-tissues	D
14 4-PS7F-01 - 11		Clinical; CNS	F
15 4-PS7P-01 - 07		Image-guided radiotherapy (IGRT)	P
16 4-PS7Q-01 - 06		Intensity modulated radiotherapy (IMRT)	Q
17 4-PS7R-01 - 15	07. Radiation Oncology	Stereotactic body radiotherapy (SBRT)	R
18 4-PS7S-01 - 18		Others	S
19 4-PS8A-01 - 11		BNCT; Biology	A
20 4-PS8B-01	08. Particle therapy, Boron Neutron Capture Therapy (BNCT)	BNCT; Clinical	B
21 4-PS8C-01 - 08		BNCT; Physics	C
22 4-PS8D-01 - 18		Particle; Biology	D
23 4-PS8E-01 - 12		Particle; Clinical	E
24 4-PS8F-01 - 26		Particle; Physics	F

Quality Assurance of Computed Tomography in Taiwan: National On-site Survey

Hui Yu Tsai^{1,2}, Yi Shuan Hwuang³, Ho Ling Liu^{1,2}, Tou Rong Chen⁴

¹Department of Medical Imaging and Radiological Sciences, Chang Gung University, Taiwan,

²Medical Physics Research Center, Institute for Radiological Research, Chang Gung University / Chang Gung Memorial Hospital, Linkou, Taiwan, ³Department of Medical Imaging and Intervention, Chang Gung Memorial Hospital at Linkou, Taiwan,

⁴School of Medical Imaging and Radiological Science, Chung Shan Medical University, Taiwan

Objective. The regulation of CT quality assurance in Taiwan was enforced in 2011 to improve the CT quality assurance practice. The purpose of this study was to investigate the radiation dose and equipment quality assurance for computed tomography scanners, which contribute the highest dose level in diagnostic x-ray facilities. **Methods.** Two rounds of national surveys were conducted during three years. An ACR CT phantom (Model 464, Gammex) was used to evaluate CT image quality, including slice thickness accuracy, CT number accuracy, uniformity, noise, artifact, spatial resolution, and low contrast detectability. CT dose index (CTDI) was measured by a pencil-type ionization chamber (10X6-3CT, Radcal) inserted into head and body dosimetry phantoms. Representative patient doses for adult head, adult abdomen, and 5-years pediatric abdomen examinations were evaluated according to clinical setting and on-site measured data, including volume CTDI (CTDI_{vol}), dose-length product (DLP). The criteria of pass or fail were according to ACR CT accreditation. **Results.** In the first round, it was completed the investigation of 96% facilities in Taiwan. The fail rates of each item of image quality ranged from 1% to 80%. The mean value and third quartile value of CTDI_{vol} are 53 and 68 mGy for adult head examinations, 18 and 18 mGy for adult abdomen examinations, and 17 and 28 mGy for 5-years pediatric abdomen examinations. According to the survey results in the first round, the Atomic Energy Council in Taiwan asked the hospitals, whose survey results did not reach the criteria, to improve their CT quality assurance. The second round of survey was conducted in the third year to investigate the facilities, which failed on the items of low contrast resolution and radiation dose. The total survey facilities were 123. Only two facilities failed on low contrast resolution, and three on radiation dose of adult abdomen examination. **Conclusion.** It revealed that most facilities could reach the criteria of CT quality assurance.

Survey of Medical Radiation Exposures From Fluoroscopic and Interventional Procedures in Taiwan

Yihui Hsiao¹, Yi Shuan Hwang², Ho Ling Liu^{1,2}, Yung Liang Wan^{1,2}, Hui Yu Tsai¹

¹Medical Imaging and Radiological Sciences, Chang Gung University, Taoyuan, Taiwan, Taiwan,

²Medical Imaging and Intervention, Chang Gung Memorial Hospital at Linkou, Taoyuan, Taiwan

PURPOSE

To demonstrate the initial results for medical radiation exposures from fluoroscopic and interventional procedures in Taiwan.

MATERIALS AND METHODS

448 questionnaires were sent to 201 hospitals and clinics. The general information of fluoroscopic systems and the radiation exposure data of over seventy fluoroscopic procedures were included in the questionnaires. The mean fluoroscopy time, dose-area-product (DAP), and the number of patients for each procedure were also included in the questionnaires. The dose conversion coefficients (DCCE) from literatures were applied to convert DAP to effective dose (E).

RESULTS

344 questionnaires from 133 hospitals and clinics were returned. Note that not every procedure was performed in all fluoroscopy room. Median fluoroscopy time, median DAP values, DCCE from literatures, and the calculated E for eight fluoroscopic and interventional procedures were present (see TABLE).

DISCUSSION

Preliminary study demonstrated the medical radiation exposure data of eight fluoroscopic and interventional procedures in Taiwan. Significant difference may be observed between our data and the literatures due to the degree of complexities for different procedures and the experience of fluoroscopists. For the purpose of radiation protection for patients, large-scale surveys should be further conducted to demonstrate the diagnostic reference levels of most frequently performed fluoroscopic or interventional procedures in Taiwan.

TABLE. Fluoroscopy time and dose-area-product.

Procedures	Fluoroscopy time (min)	Dose-area-product (Gy cm ²)	DCC _E (mSv/ Gy cm ²)	Calculated E (mSv)
PTCA	15.00 (5.00-200.00) n = 25/27	158.94 (9.12-709.60) n = 17/17	0.26 ^a	41.32 (2.37-184.50)
PTA	14.10 (2.00-63.50) n = 20/22	5.27 (0.33-320.22) n = 10/10	0.26 ^a	1.33 (0.09-83.26)
TAE	20.00 (3.00-97.20) n = 41/43	231.78 (4.17-672.00) n = 18/18	0.26 ^a	60.26 (1.08-174.72)
PTCD	5.93 (0.50-30.00) n = 34/44	17.1 (1.52- 45.00) n = 11/11	0.26 ^a	4.45 (0.40-11.70)
Nephrostomy	3.00 (0.70-30.00) n = 17/20	8.75 (0.40-310.00) n = 11/11	0.18 ^a	1.58 (0.07-55.8)
Visceral angioplasty	10.00 (0.90-30.00) n = 22/25	148.08 (37.98-840.50) n = 10/10	0.26 ^a	38.50 (9.87-218.53)
Upper G.I. series	5.00 (0.66-20.75) n = 103/110	11.21 (1.80- 25.06) n = 7/7	0.2 ^b	2.24 (0.36-5.01)
Lower G.I. double contrast	5.00 (0.31-30.00) n = 89/95	13.09 (0.00- 13.09) n = 8/8	0.3 ^b	3.93 (0.00-3.93)

Note: Data are median (range), and case number = number of effective data/ number of questionnaires.

a: NRPB report no. 160

b. Hart et al., 1994

4-C2-SY-44-04

BNCT for Locally Recurrent Head and Neck Cancer at THOR: Possible Ways of Improving Our Clinical Results

Ling Wei Wang¹, Yi Wei Chen¹, Shiang Huei Jiang², Yen Wan Hsueh Liu², Fong In Chou³, Hong Ming Liu³, Jinn Jer Peir³, Ching Sheng Liu¹, Ko Han Lin⁴, Shyh Jen Wang⁴, Sang Hue Yen¹

¹Department of Oncology, Taipei Veterans General Hospital, Taiwan,

²Institute of Nuclear Engineering and Science, National Tsing Hua University, Taiwan,

³Nuclear Science and Technology Development Centre, National Tsing Hua University, Taiwan,

⁴Department of Nuclear Medicine, Taipei Veterans General Hospital, Taiwan

Purpose

To review the failure patterns of fractionated BNCT for locally recurrent Head & Neck(H & N) cancer patients after conventional radiotherapy at Tsing Hua Open-Pool Reactor (THOR) and evaluate the possibility of improvement.

Patients and method

From 2010 to 2014, seventeen patients (M/F=15/2, median age 56 Y/O) with 23 tumors were enrolled for this phase I/II clinical trial. Previous accumulated RT dose ranged from 63 to 136.4 Gy. BNCT was performed with boronophenylalanine (BPA)-fructose (400 mg/kg) injected intravenously in 2 phases. Median prescription dose was 19.8 (range 11.6 to 36.9) Gy (Eq) for the first fraction and 12.95 (range 3.8 to 22.1) Gy (Eq) for the second fraction. All except two cases received 2 fractions of BNCT as planned. Median interval between 2 fractions was 28 (range 26 to 33) days. Tumor responses were assessed using the RECIST (Response Evaluation Criteria in Solid Tumors) criteria v1.1.

Results

After a median follow-up time of 15.4 months, 6 patients had complete response and 6 had partial response. Among the complete responders, two had further recurrence near Gross Tumor Volumes(GTVs) of BNCT and another had liver metastasis only. Among the less favorable responders, one had skin metastasis adjacent to original target after 1st fraction. Though it was covered at the 2nd fraction, further skin metastases developed. Two patient with oral cancer had contralateral neck recurrence after BNCT. Overall, pure distant failure outside H & N region developed in only one case. Possible ways of improving our results, including BNCT dose escalation, combination of radiosensitizers and/or photon therapy covering a larger clinical target volume (CTV) will be shown. A new BNCT trial utilizing one-fraction BNCT and image-guided intensity modulation radiotherapy (IG-IMRT) has begun at THOR and our hospital since May 2014 and the preliminary results will be presented.

Conclusions:

Locoregional re-recurrence is the most common cause of treatment failure in this trial. Modification of our fractionated BNCT protocol may obtain better treatment results in the future.