

# 輻射防護簡訊 63

中華民國92年10月1日

- 出版單位：財團法人中華民國輻射防護協會
- 地 址：新竹市光復路二段406號2樓 ■電話：(03)5722224 電傳：(03)5722521
- 編輯委員：王昭平、李四海、邱志宏、翁寶山、許文林、張寶樹  
葉錦勳、董傳中、趙君行、劉仁賢、蘇明峰、蘇獻章 (依筆劃順序)
- 發行人：翁寶山 ■主 編：劉代欽 ■文 編：李孝華
- 印刷所：大洋實業社 地址：新竹市建中路57號1樓  
行政院新聞局出版事業登記證局版北市誌字第柒伍零號

## □輻防消息報導

### ▲操作執照考試

(原能會訊)

8月9日舉行的九十二年度第一次「輻射防護專業測驗」及「輻射安全證書測驗」，其成績統計如下表。另九十二年度第二次測驗將於92年11月29日，台北考區假國立台灣師範大學，高雄考區假高雄市國際高級商工職業學校舉行。「輻射防護專業測驗」報名日期：92年10月20日起至10月27日截止。「輻射安全證書測驗」報名日期：92年10月20日起至10月31日止。詳情可上行政院原子能委員會網站([www.aec.gov.tw](http://www.aec.gov.tw))。

92年度第一次輻射防護專業測驗成績統計表

	受理報名人數	到考人數	到考率	及格人數	及格率
輻射防護師	238	114	47.90%	17	14.91%
輻射防護員	161	95	59.01%	39	41.05%
合計	399	209	52.38%	56	26.79%

92年第一次輻射安全證書成績統計表

類 別	報考人數	實考人數	及格人數	及格率	
游離輻射防護法規	台北	469	385	322	83.63 %
	高雄	176	154	114	74.02 %
專業科目	台北	469	385	318	82.59 %
	高雄	176	154	119	77.27 %
合計	台北	469	385	325	84.41 %
	高雄	176	154	117	75.97 %
總 計		645	539	442	82 %

## ▲現行醫院輻射防護缺失的檢討 (高雄醫學大學醫放系 張寶樹)

### 一、前言

行政院原子能委員會(以下簡稱原能會)於民國 92 年 7 月 10 日以會輻字第 0920017521 號函知全國 59 家醫院，將於民國 92 年 7 月 15 日至 12 月 15 日，以 5 個月的時間實施全國醫療院所輻射防護管理組織普查。該函並檢附輻射作業管理檢查和輔導紀錄表、以及非密封放射性物質輻射作業場所輻射安全檢查紀錄表。

### 二、法令依據

依據民國 92 年 2 月 1 日施行的「游離輻射防護法」第十一條之規定，主管機關得隨時派員檢查輻射作業及其場所；不合規定者，應令其限期改善；未於期限內改善者，得令其停止全部或一部之作業；情節重大者，並得逕予廢止其許可證。依據「游離輻射防護法」第三條之規定，「游離輻射防護法」的主管機關為原能會。

若不遵行主管機關依第十一條第一項規定所為之停止作業命令，則依據「游離輻射防護法」第三十九條之規定，處一年以下有期徒刑、拘役或科或併科新臺幣一百萬元以下罰金。若規避、妨礙或拒絕依第十一條第一項規定之檢查，則依據「游離輻射防護法」第四十二條之規定，處新臺幣四十萬元以上二百萬元以下罰鍰，並令其限期改善；屆期未改善者，按次連續處罰，並得令其停止作業；必要時，廢止其許可、許可證或登記。

### 三、醫院的輻射防護缺失

國內醫療院所在接獲原能會派員普查日期的電話通知之後，皆積極準備各項輻射安全普查事宜。原能會已於 7、8 月份陸續派員到國內各大醫學中心進行輻射安全檢查，於下整理出多家已接受原能會輻射安全檢查的醫院之各項輻射防護缺失，以供其他醫院準備輻射安全檢查與改正之參考。

- (1) 醫院的輻射防護管理委員會(以下簡稱輻委會)每年應至少執行全院輻射安全自我查核乙次，並留存紀錄。醫院輻射安全自我查核項目可參考原能會函件的紀錄表。
- (2) 醫院實施輻射防護教育訓練應含課程名稱、講員資料、地點、課程時數，另辦理訓練時程序應完整，並且上簽、公佈。在職輻射工作人員應定期實施輻射防護教育訓練，且每人每年受訓時數須為三小時以上，教育訓練為：輻射基礎課程、輻射度量及劑量、輻射生物效應、輻射防護課程、原子能相關法規、安全作業程序及工作守則、主管機關提供之相關資訊等七項。輻射防護教育訓練紀錄應至少保存十年。
- (3) 醫院對離職輻射工作人員職業曝露的劑量紀錄，應給予離職人員一份及醫院(雇主)保留一份。醫院(雇主)應對輻射工作人員實施個別劑量監測，記錄每一輻射工作人員之職業曝露歷史，並依規定定期及逐年記錄每一輻射工作人員之職業曝露。職業曝露紀錄，雇主應自輻射工作人員離職或停止參與輻射工作之日起，至少保存三十年，並至輻射工作人員年齡超過七十五歲。

- (4) 醫院應儘速修訂輻射防護計畫報原能會審查，並落實輻射防護之宣導。輻射防護計畫應參酌輻射防護管理組織及權責、人員防護、醫務監護、地區管制、輻射源管制、放射性物質廢棄、意外事故處理、合理抑低措施、其他主管機關指定之事項等十項加以規劃。
- (5) 醫院應依「游離輻射防護法」規定重新進行地區劃分。醫院院長(設施經營者)，應依原能會之規定，依其輻射工作場所之設施、輻射作業特性及輻射曝露程度，劃分輻射工作場所為管制區及監測區。管制區內應採取管制措施；監測區內應為必要之輻射監測，輻射工作場所外應實施環境輻射監測。場所劃分、管制、輻射監測及場所外環境輻射監測，應擬訂計畫，報請原能會核准後實施。輻射工作場所之環境輻射監測結果，應依原能會之規定記錄及申報並保存之。如放射免疫分析實驗室、核醫造影室、核醫造影等候區、核醫藥物注射室、核醫科人員動向、直線加速器操作室、近接治療室、X光室、電腦斷層掃描攝影室、X光攝影等候區等的地區劃分，應依規定進行地區劃分。如由監測區、非管制區至管制區應貼有輻射示警標誌。若可能有放射性污染的管制區，應放置偵檢器，並定有污染管制限值，若發生放射性污染時，應有適當處理措施。醫院應全面檢視全院的輻射示警標誌、警示燈及安全連鎖裝置。輻射工作守則及意外事故處理程序應張貼於明顯處。
- (6) 輻射偵測器或監測儀器應定期校驗。校正紀錄報告內容應詳實審查，校正週期應注意。應定期進行輻射偵測，並留存紀錄備查，若有異常值時應註明其原因。輻射偵測紀錄內容應陳核且包含偵測日期、偵測人員、偵測位置、背景值、偵測值、使用儀器等。輻射偵測應記錄實際偵測數據而非只有填寫正常與否。偵測紀錄應有偵測人員簽章並陳核，依法所需保留之紀錄應妥善保留並予分類。
- (7) 醫院應建立輻射工作人員名冊總表。醫院(雇主)應對在職之輻射工作人員應定期實施從事輻射作業之防護及預防輻射意外事故所必要之教育訓練，並保存紀錄。醫院(雇主)僱用輻射工作人員時，應要求其實施體格檢查；對在職之輻射工作人員應實施定期健康檢查，並依檢查結果為適當之處理。健康檢查結果應先經輻射防護管理組織簽章。健康檢查紀錄應妥善分類、管理與保存。輻射工作人員健康檢查若判定為不合格者，應有適當處理措施。
- (8) 醫院應對明確定位輻射防護管理組織，強化輻射防護人員功能與位階。醫院院長(設施經營者)，應依原能會與「輻射防護管理組織及輻射防護人員設置標準」之規定，設輻射防護管理組織或置輻射防護人員，實施輻射防護作業。輻射防護管理組織，係指輻射防護業務單位及七人以上之輻射防護管理委員會。輻射防護業務單位應置業務主管及輻射防護人員。

輻射防護人員分為專職輻射防護人員與兼職輻射防護人員。專職輻射防護人員，係指任職於設施經營者內，具輻射防護人員資格，並經設施經營者依規定提報原能會，執行輻射防護管理業務者。兼職輻射防護人員，係指具輻射防護人員資格，並經設施經營者提報主管機關核准於設施經營者內兼任執行輻射防護管理業務者。各級輻射防護人員之名額應依「輻射防護管理組織及輻射防護人員設置標準」之規定辦理。輻射防護管理委員會應至少每六個月開會一次，會議紀錄應至少保存三年備查。醫院輻射防護管理組織應對各項放射性物質及可發生游離輻射設備執照造冊，且應該確實管理。

(9) 輻射工作人員職業曝露的劑量應先通知當事人。輻射工作人員劑量紀錄應經報原能會核可之輻射防護人員及主管簽章，並且公布兩週以上。輻射工作人員劑量紀錄異常應適當處理。輻射工作人員及背景劑量佩章應妥善管理，並置於適當處。

(10) 核醫科每年應有廢水排放之總活度紀錄，廢水於取樣時應做地面污染擦拭計測，廢水槽四周應定期量測劑量率，且應具備廢水液位監視系統。廢水排放應將輻射安全評估報告提報原能會。核醫科放射性物質儲存場所應備有平面圖，掛在牆面上。抽氣櫃應定期校驗流量、定期測試濾除或吸附效率。放射免疫分析工作場所應與核醫科辦公室分開。核醫科

放射性物質儲存冰櫃應隨時上鎖。確實執行碘 131 治療室或碘 131 病房之輻射偵檢及管路偵測，管路應加以特別標示。所有輻射紀錄及廢水分析除報原能會外，醫院輻射防護管理組織與核醫科應各另留一份。核醫科計數室中廢料桶應採腳踏式。核醫科發生意外事故發生時，應考量體內劑量之評估。核醫科應依原能會所定「迴旋加速器輻射安全注意事項」執行自我核查，於前三個月內將查核結果提報原能會。迴旋加速器輻射監測紀錄，若有異常值時應註明其原因。

(11) 因法規而須向原能會申報之料帳，應正式行文並註明異動，並經醫院輻射防護管理組織簽章。以往列管但未持有執照之射源應於三個月內向原能會申報。永久停止使用之可發生游離輻射設備應破壞至不堪使用，並拍照留存備查。

#### 四、結語

整個原能會輻射安全檢查的時間為上午 9:30 到下午 5:00，合計 6 小時。原能會輻射安全檢查的內容為設施經營者簡報、原能會官員說明檢查內容、輻射防護組織之各項書面資料檢查、輻射作業場所之視查、原能會檢查人員討論(醫院陪檢人員應迴避)、原能會檢查人員與醫院陪檢人員之檢查後會議。原能會派員到國內醫療院所進行嚴格確實的輻射安全檢查，並一一指出各項輻射防護缺失，且詳加說明輻射防護缺失改善方法。本文綜合整理多家已受檢醫院之各項輻射防護缺失以供未受檢醫院之參考，期望國內

醫療院所確實做好輻射防護，以保障醫療人員與病患、民眾之輻射安全。

### ▲我國與美國核能電廠集體劑量比較 (原能會賴良斌、黃肇基)

行政院原子能委員會除要求各核能電廠做好內部自我管理外，並對各核能電廠的輻射防護作業實施定期及不定期視察，以確保相關作業的輻射安全，同時要求工作人員及民眾的輻射劑量必須符合法規限值，確保工作

人員與一般民眾之安全。美洲核能協會出版的 Nuclear News，2003 年七月號刊登由世界核能運轉者協會（World Association of Nuclear Operators, WANO）整理出來的美國核能電廠的績效指標（Performance Indicators），集體輻射曝露（Collective Radiation Exposure）是其中一項重要指標，本文彙整我國與美國核能電廠工作人員的集體劑量，就該項指標進行比較，如表 1、圖 1 及圖 2 所示。

表 1、我國核能一、二、三廠與美國核能電廠工作人員集體劑量比較

單位：人-西弗/機組

年份	'80	'85	'90	'95	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'05 目標
PWR	4.17	3.97	2.73	1.53	1.24	0.82	0.98	0.82	0.68	0.75	0.65
BWR	8.59	7.23	4.46	2.56	1.84	1.93	1.72	1.50	1.49	1.36	1.20
核一廠	2.64	3.75	4.43	3.20	1.56	1.60	2.90	2.18	1.58	2.35	?
核二廠	—	5.85	2.66	1.90	1.96	2.21	1.41	1.87	2.83	1.60	?
核三廠	—	0.41	0.73	1.13	1.36	0.96	1.00	1.03	0.77	0.66	?

圖 1 為我國核能一、二廠與美國沸水式反應器(BWR)核能電廠集體劑量趨勢圖，美國核能電廠工作人員集體劑量從 1980 年的 8.59 人-西弗/機組降到 2002 年的 1.36 人-西弗/機組，我國核能一、二廠工作人員集體劑量平均值從 1985 年 4.795 人-西弗/機組降到 2002 年的 1.97 人-西弗/機組，惟自 1999 年起算最近四年，核一、二廠的每部機組平均集體劑量約比美國的核能電廠多 0.5 人-西弗左右，顯示我國

沸水式反應器電廠於集體劑量抑減方面尚有努力之空間。圖 2 是核能三廠與美國壓水式反應器(PWR)核能電廠集體劑量趨勢圖，美國工作人員集體劑量從 1985 年的 3.97 人-西弗/機組降到 2002 年的 0.75 人-西弗/機組，我國核能三廠於運轉初期因活化造成工作人員集體劑量逐漸升高，但自 1997 年起緩步降低，於集體劑量抑減方面之表現和美國核能電廠比較起來毫不遜色。

圖1、BWR集體劑量趨勢圖

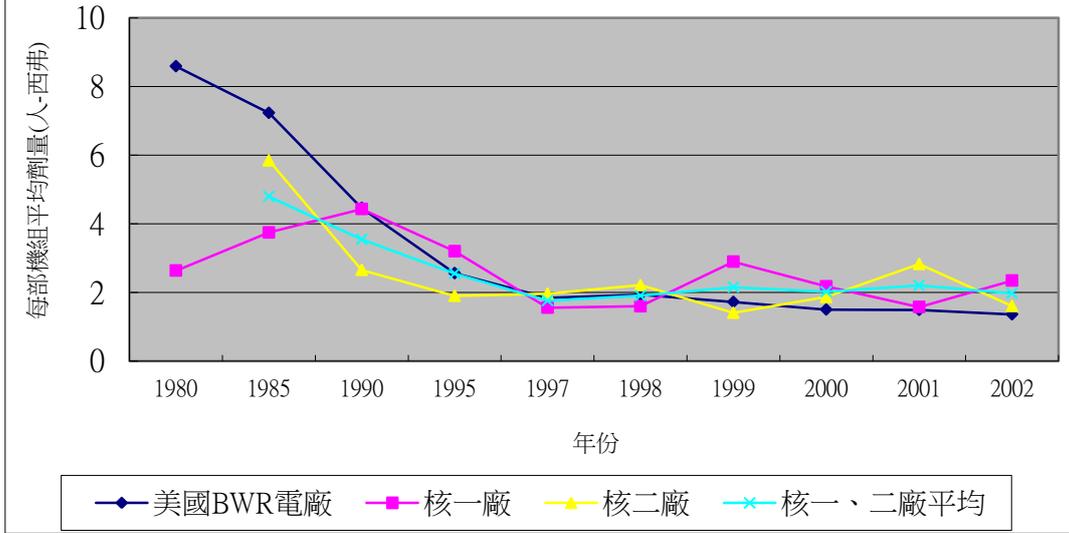
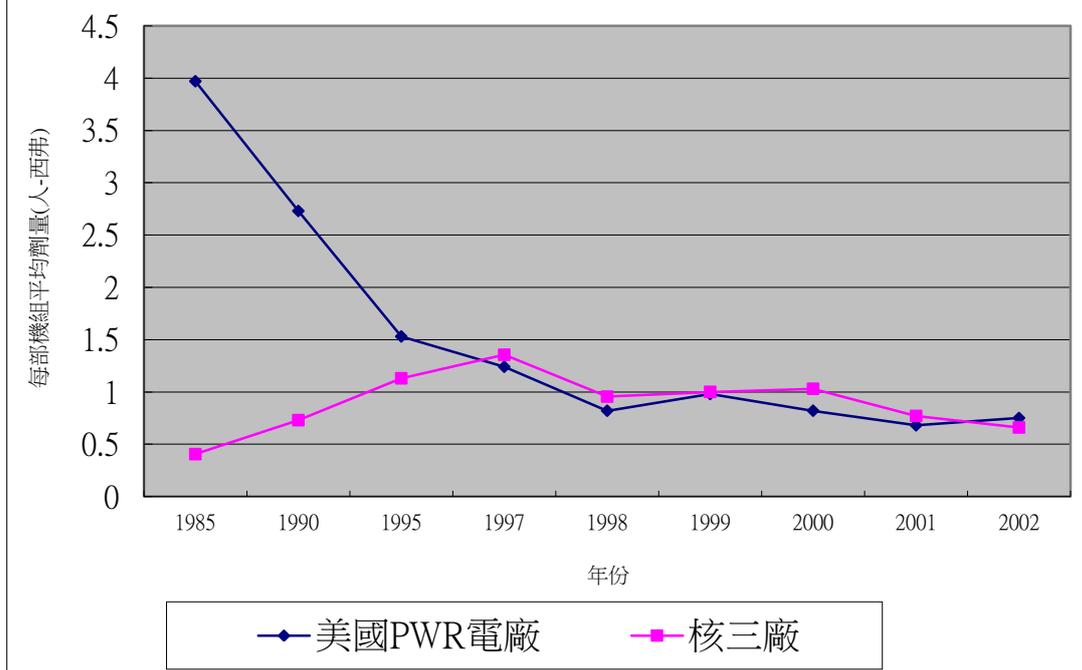


圖2、PWR集體劑量趨勢圖



## □ 專題報導

### ▲ 蒙地卡羅在臨床光子射束模擬方法簡介

(彰化基督教醫院 林招鵬)

【接續 62 期】

我們模擬 Siemens PRIMUS 6 與 15MV，照野大小為  $10 \times 10$  與  $20 \times$

$20 \text{ cm}^2$ ，分析於網鏡下的收集平面的射束物理特性，同時計算於水假體中的所造成劑量分布（包括不同深度的劑量分布與 PDD），並與量測結果比較，驗證計算的準確程度。整個模擬計算的流程如圖 2。

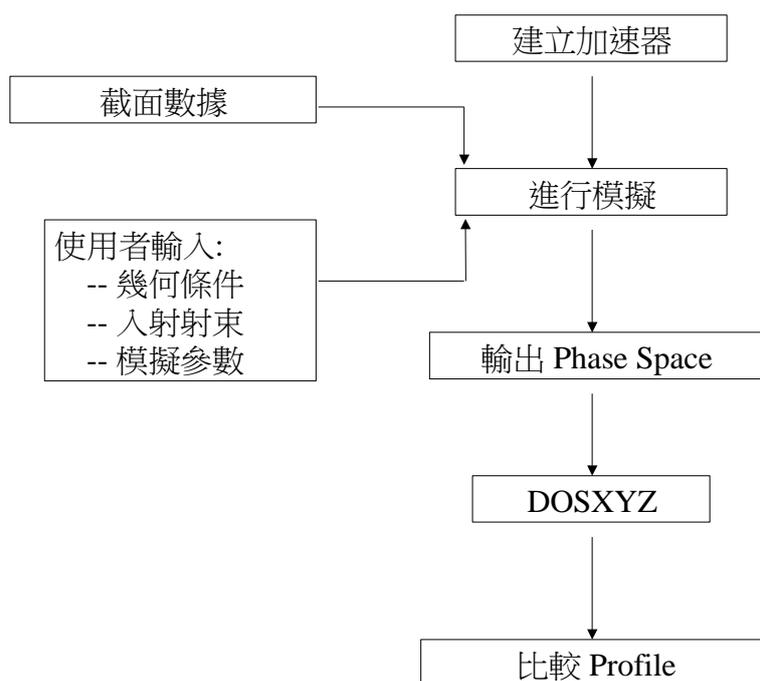


圖 2. BEAM 蒙地卡羅模擬流程示意圖。於建立加速器時可以選擇適當的 CM 描述加速器中個別的零件，並依此於輸入檔中寫入幾何構造、入射射束參數與模擬過程的參數，並引入加速器中各物質的反應機率檔，開始進行模擬。模擬後於收集平面得到 Phase Space file，其中包括粒子位置、行進方向、能量、電荷與權重及來自何處等訊息，該檔可以作為 DOSXYZ 的入射射源，模擬水假體中的劑量分佈，所得的結果與量測結果比較。

電子由射束經靶、平坦化濾片與準直系統後進入收集平面的模擬示意圖如圖 3 所示，而經由收集平面進入水假體的粒子路徑與反應示意圖如圖 4 所示。在 6 MV  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  的模擬，於收集平面收集 1 千萬個粒子約需 35

小時的 CPU 時間， $20 \times 20 \text{ cm}^2$  約需 8 小時，15 MV 則分別約 13 與 3 小時。phase space file 大小每 1 千萬粒子約 300 M Bytes。而經 DOSXYZ 模擬由收集平面進入水假體的劑量分布每個粒子所需時間與水假體大小及體素

(voxel) 個數與大小有關。本模擬實驗於 PDD 模擬時於較表面的位置體素大小為  $1.0 \times 1.0 \times 0.3 \text{ cm}^3$ ，較深處為  $1.0 \times 1.0 \times 0.5 \text{ cm}^3$ ，而不同深度的劑量分布曲線所取的體素大小於半影區附近為  $0.5 \times 1.0 \times 1.0 \text{ cm}^3$ ，照野中及照野外為  $1.0 \times 1.0 \times 1.0 \text{ cm}^3$  ( $10 \times 10 \text{ cm}^2$  照野) 或  $1.5 \times 1.5 \times 1.0 \text{ cm}^3$  ( $20 \times 20 \text{ cm}^2$  照野)，DOSXYZ 跑 1 億個粒子約需 2.5 小時左右。

由廠商給定的詳細機頭構造建立模擬所需的機頭幾何關係後，取廠商給定的初始射束基本資料進行模擬。由於廠商給定的資料與實際機頭構造略有出入，例如平坦化濾片的構造與準直儀位置等，會造成模擬結果與實際量測結果的些許誤差，而這部分的誤差可以經由調整初始射束的參數而改善。由上述過程所模擬的 6MV 光子  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  與  $20 \times 20 \text{ cm}^2$  照野進入  $30 \times 30 \times 30 \text{ cm}^3$  水假體的不同深度的劑量分布與量測結果比較如圖 5 所示。深度百分率劑量曲線如圖 6 所示。由圖可以看出模擬結果與量測結果在照野內與照野外契合情況良好，而在照野邊界處模擬結果略高於量測結果，產生兩犄角的情形，但模擬結果與量測結果的誤差不超果 3%，這誤差隨深度增加而減緩。這部分的誤差可能來自於平坦化濾片模擬幾何描述上的微小偏差所致。深度百分率劑量分布曲線則大致與量測結果契合良好，各點的誤差均不超過 1.5%，於表面位置模擬結果略高於量測結果，而於

Dmax 後各點皆略低於量測結果，顯示初始射束的能量略有不足，但由於模擬上受限於反應機率的準確度，其極限可達的準確度是 2%，故我們的模擬結果尚在誤差範圍內。6 MV 光子於收集平面所得的光子能譜與電子污染能譜如圖 7 所示。由圖看出電子的污染量不到光子量的 1%，且其最高能量約為光子最高能量的 2/3。

15 MV 光子的  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  與  $20 \times 20 \text{ cm}^2$  照野進入  $30 \times 30 \times 30 \text{ cm}^3$  水假體的不同深度的劑量分布與量測結果比較如圖 8 所示。深度百分率劑量曲線如圖 9 所示。 $10 \times 10 \text{ cm}^2$  照野的模擬於照野邊界處亦與 6 MV 的情況相同，產生犄角的情形，但情況較不顯著，劑量分布曲線各點與量測點的誤差小於 2%，但模擬所示的照野略大於實際量測的照野（約大了 1-2 mm），由於準直儀移動位置的誤差約為 1 mm，故我們的模擬結果亦與量測結果在誤差範圍內。深度的劑量分布與量測結果各點的誤差都在 1% 內，契合情況良好。15 MV 光子的能譜及其電子污染能譜如圖 10 所示，其電子污染所佔份額高於 6 MV 的情況，但所佔份額亦不到 1%，同時電子污染的最大能量亦大約為光子最大能量的 2/3。

蒙地卡羅方法運用於現行臨床計算尚有困難，因為所需的計算時間不符臨床需求，可以考慮以平行計算或模式化的方法加快計算時間。

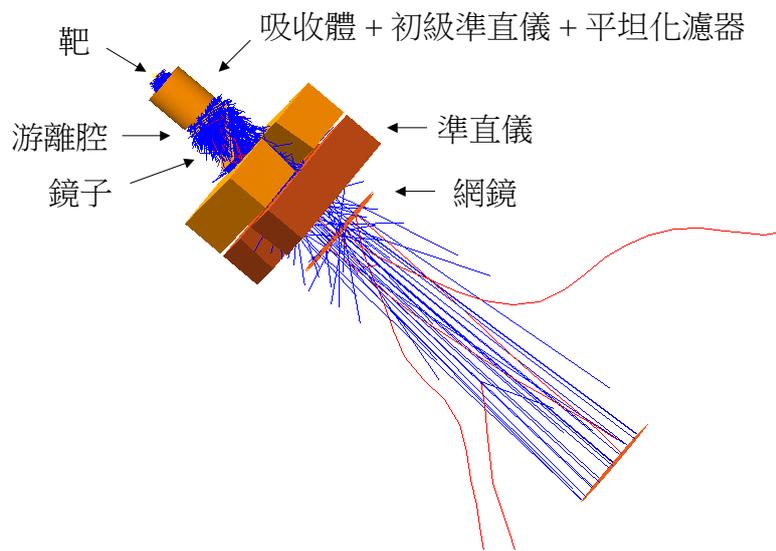


圖 3. 電子經靶、平坦化濾片、游離腔、鏡子及準直系統後進入收集平面的蒙特卡羅模擬示意圖。圖中曲線段為電子路徑，直線段為光子路徑。

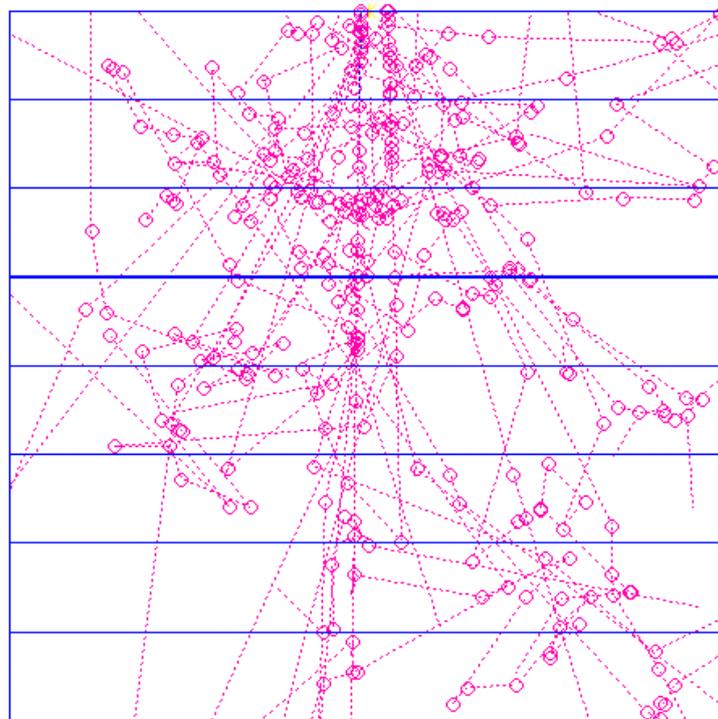


圖 4. Phase space file 中的粒子進入水假體的路徑示意圖。圖中每一橫線為 5 公分，圓圈處為光子於水假體中的反應點，虛線段為光子路徑。

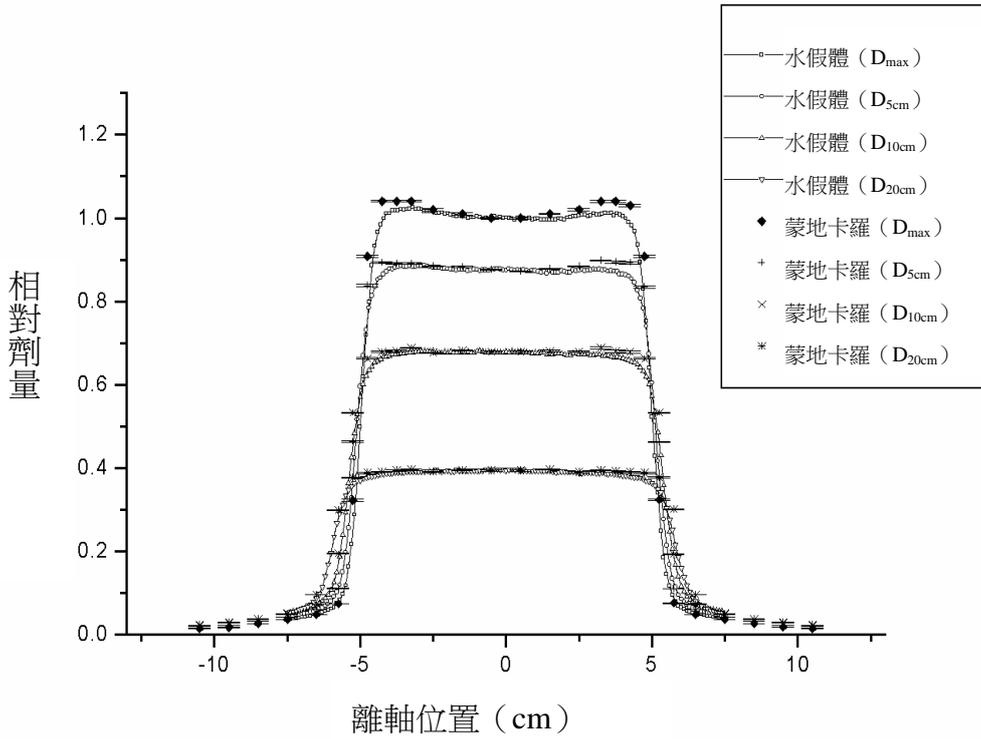


圖 5. 6 MV 光子  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  照野於水假體中最大劑量深度 ( $D_{\text{max}}$ )、深度 5 cm、10 cm 與 20 cm 等位置蒙地卡羅模擬與水假體量測的結果比較圖。

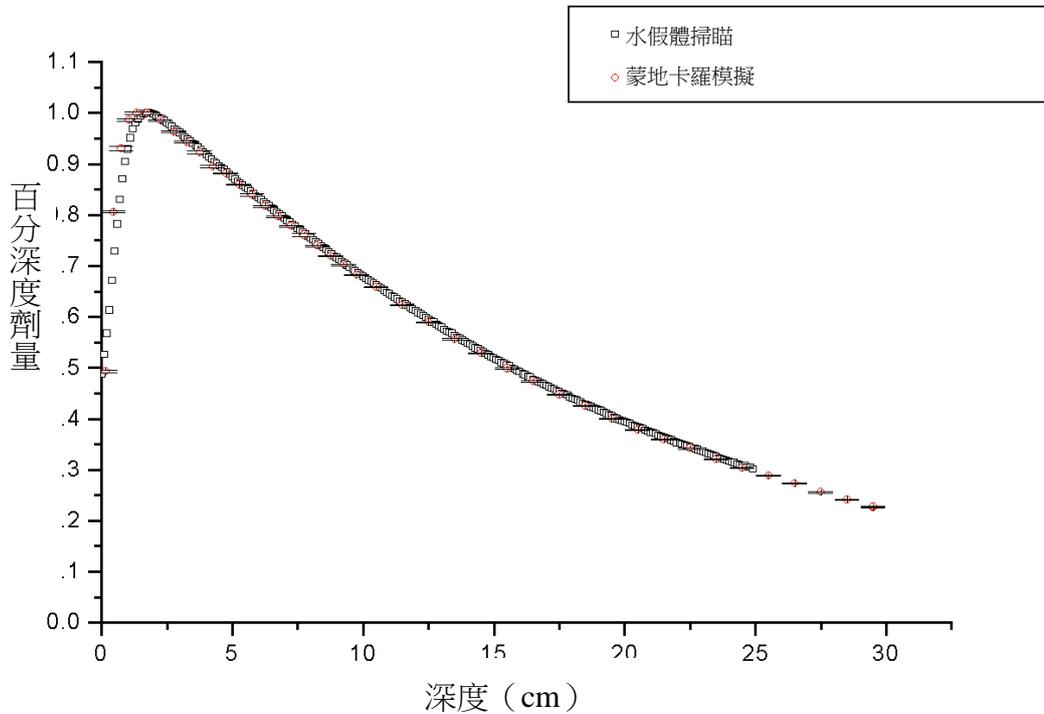


圖 6. 6 MV 光子  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  照野於水假體中深度百分率劑量曲線蒙地卡羅模擬與水假體量測的結果比較圖。

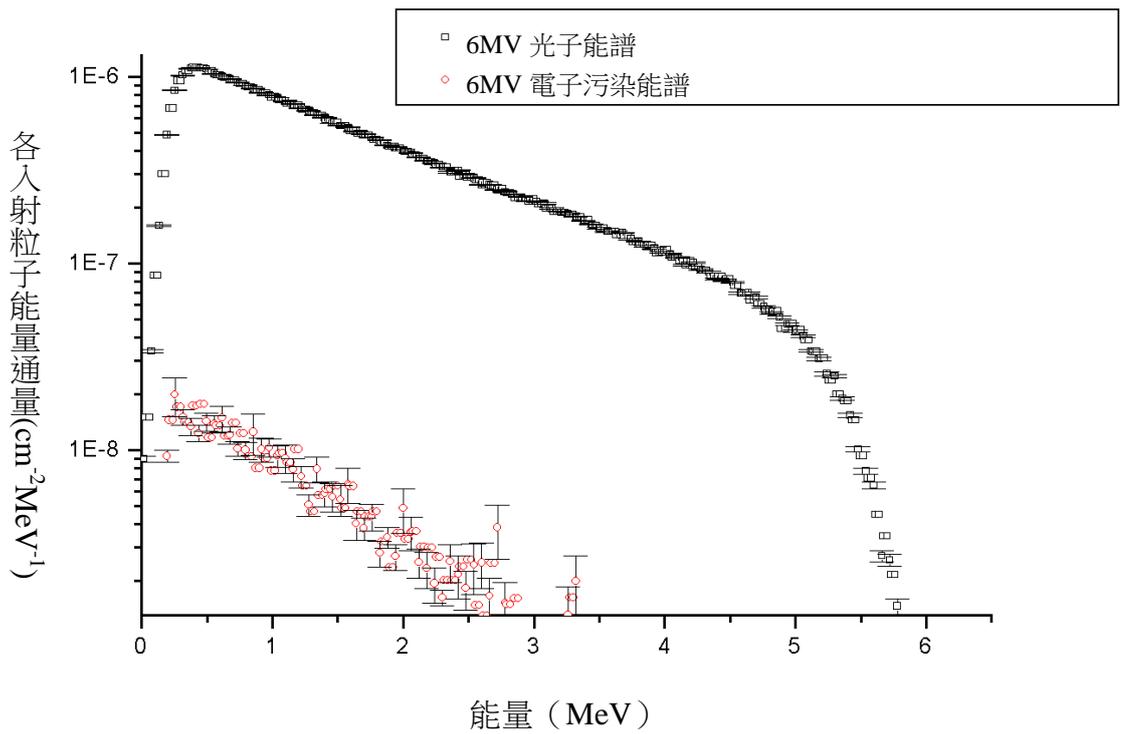


圖 7. 6 MV 光子的光子能譜與電子污染能譜，電子最大能量約為光子最大能量的 2/3，電子總量不到光子總量的 1%。

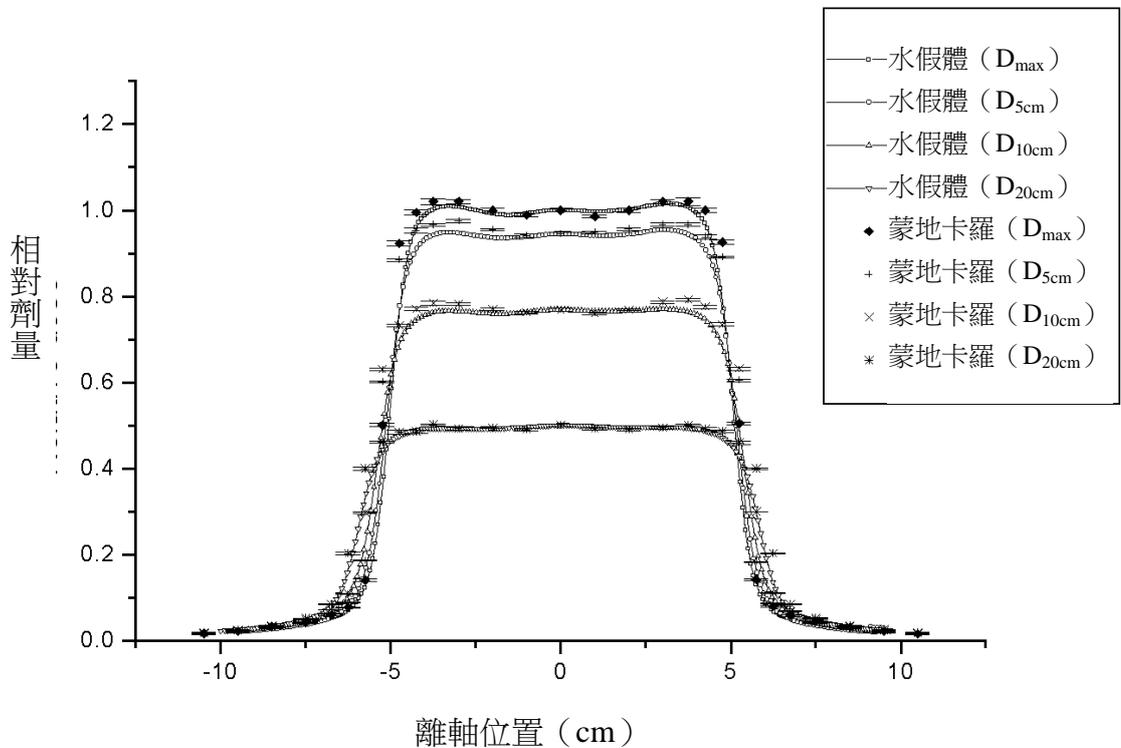


圖 8. 15 MV 光子  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  照野於水假體中最大劑量深度 ( $D_{\text{max}}$ )、深度 5 cm、10 cm 與 20 cm 等位置蒙地卡羅模擬與水假體量測的結果比較圖。

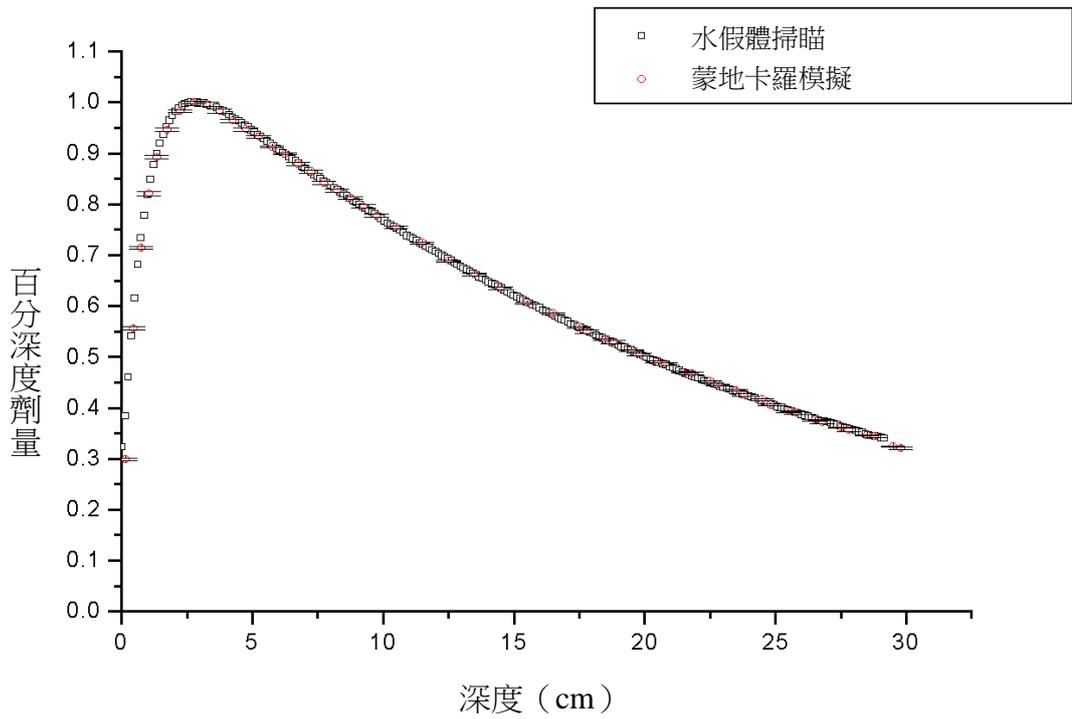


圖 9. 15 MV 光子  $10 \times 10 \text{cm}^2$  照野於水假體中深度百分率劑量曲線蒙地卡羅模擬與水假體量測的結果比較圖。

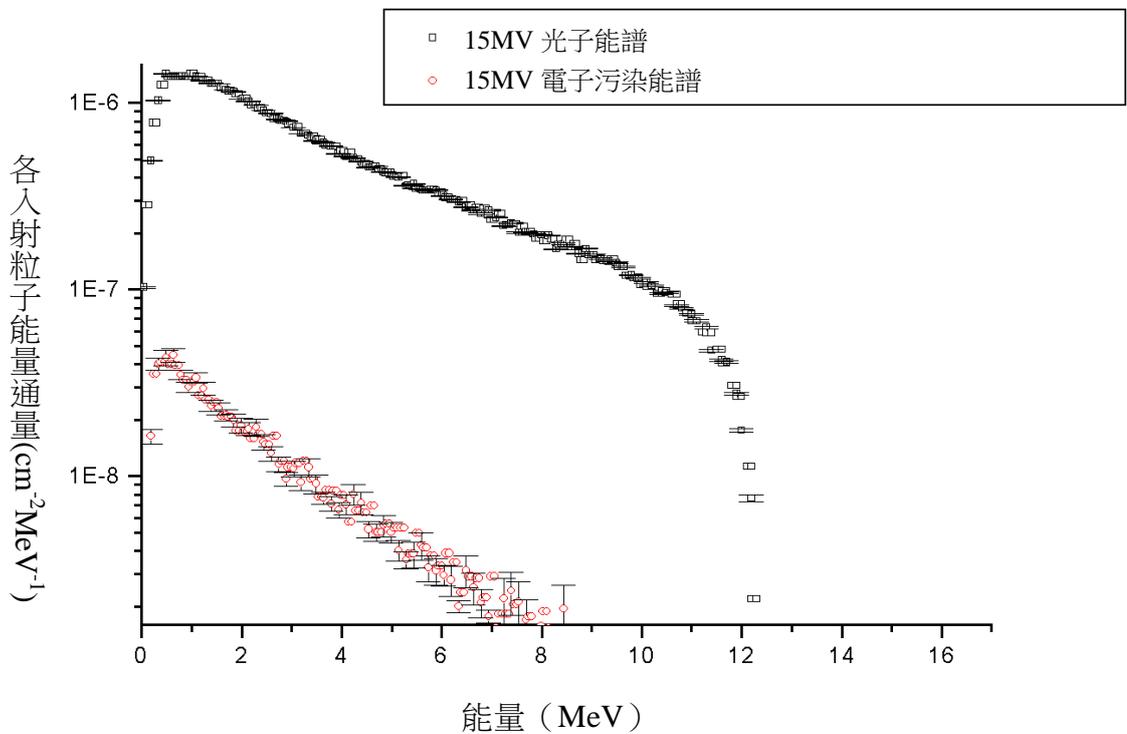


圖 10. 15 MV 光子的光子能譜與電子污染能譜，電子最大能量約為光子最大能量的 2/3，電子總量不到光子總量的 1%。