

輻射防護簡訊 88

中華民國96年12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295號15樓之1 ■電話：(03)5722224 電傳：(03)5722521
■編輯委員：王昭平、尹學禮、何 偉、李四海、施建樑、
翁寶山、張寶樹、董傳中、趙君行、蘇獻章 (依筆劃順序)
■發行人：翁寶山 ■主 編：劉代欽 ■編 輯：李孝華
■印 刷 所：大洋實業社 地址：新竹市建功一路95號
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

▲96年第2次「輻射防護專業測驗」及「輻射安全證書測驗」成績統計結果 (原能會訊)

行政院原子能委員會委託元培科技大學辦理 96 年第 2 次「輻射防護專業測驗」及「輻射安全證書測驗」，業已於 96 年 10 月 27 日測驗完畢，並於 11 月 23 日於行政院原子能委員會網站 (www.aec.gov.tw) 公布及格人員名單及寄發成績單。

本次報考各項測驗的人數計有：輻射防護師 266 人、輻射防護員 360 人及輻射安全證書 480 人；另各項測驗的及格人數計有：輻射防護師 52 人、輻射防護員 101 人及輻射安全證書 334 人；統計本次各項測驗的及格率分別為：輻射防護師 27.7%、輻射防護員 34.7%及輻射安全證書 73.4%。(詳細統計資料如附表)

另預計 97 年第 1 次「輻射防護專業測驗」及「輻射安全證書測驗」，將於 97 年 5 月 10 日辦理，測驗相關最新訊息與公告，請於測驗前三個月連結行政院原子能委員會網站查詢。

96年第2次「輻射防護專業測驗」及「輻射安全證書測驗」成績統計表

	報名人數	到考人數	及格人數	及格率(%) (及格人數 / 到考人數)
輻射防護師	266	188	52	27.7 %
輻射防護員	360	291	101	34.7 %
輻射安全證書	480	455	334	73.4%

▲上揚工程公司遭竊的放射線照相檢驗輻射源已尋獲 (原能會訊)

原能會於 96 年 11 月 15 日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。經現場清查後，發現一枚放射線照相檢驗輻射源，該射源當日已由原能會核能研究所運回並安全貯存。該枚射源的序號經核研所比對查證後，證實為 10 月 3 日上揚工程公司遭竊的輻射源。

本次鋼鐵廠在進廠原物料的輻射偵檢過程中，攔截混雜於廢鐵中遭竊的輻射源，顯現國內各鋼鐵廠配合原能會防範輻射異常物，確已建立完善的輻射監測網，成功地防止輻射源誤熔事件發生。國內鋼鐵業者設置車輛門框式偵測器，對進廠廢鐵原料進行輻射偵檢，成效至為顯著，此項管制與防範機制堪稱全球的典範。

▲原能會啟用簽審通關與輻射防護管制系統——創造政府與業界雙贏的效益 **(原能會訊)**

配合行政院推動「無障礙通關計畫」，原能會建置的「輻射源進出口簽審系統」及「輻射防護管制系統」，已於 96 年 10 月 24 日啟用。新系統啟用後，輻射源的進出口簽審及登記備查將由書面改為線上申辦，預期可大幅簡化流程與縮短申辦時間，且輻射源料帳藉由電腦系統同步即時列管，可增進輻射安全管制的效率，將創造政府與業界雙贏的效益。

就管制作為方面，在輻射安全無虞的前提下，原能會推動法規鬆綁，將放射性物質與可發生游離輻射設備進出口簽審的申辦作業改為電子化，藉由進出口資訊網路與輻射防護管制系統連線，作即時的料帳登錄與控管。新系統具即時查核功能，可提昇放射性物質與可發生游離輻射設備的使用安全管理，確保輻射源進出口及使用的有效管理。

就業界效益方面，原能會簽審通關作業自動化後，可提供全年無休的線上進出口簽審及通關服務，申辦時間由原來 7 天大幅縮減至 1 天以內。若將節省的申辦時間及無紙化等附加效益換算，預估政府與業界每年可節省約 2,500 萬元的成本，提升國家的競爭力。同時申辦資料亦可一次輸入，全程使用，減少錯誤及業界管理的成本，簡政便民。

原能會期盼輻射源進出口簽審系統及輻射防護管制精進系統啟用後，可提昇安全管理的行政效率，使輻射安全與經貿發展同步並進。原能會並將持續強化輻射源預防性管制與風險管理，積極協助並輔導業界做好輻射安全的防護工作，保障民眾及環境的輻射安全。

▲我國鋼鐵廠防範輻射異常物的現況 **(原能會訊)**

民國 81 年國內發現輻射屋事件後，原能會為防範鋼筋免遭受輻射污染，訂定發布「放射性污染建築物事件防範及處理辦法」，並建立上、中、下游管理

機制，輔導設有熔煉爐的 18 家鋼鐵廠設置門框型輻射偵檢器即為其中重要一環。

原能會為防範國外無主射源混入廢鐵中進入國內，自 84 年起即輔導國內設有熔煉爐的 18 家鋼鐵廠設置門框型輻射偵檢器，對進入廠內的廢鐵加強偵測。迄今，在各鋼鐵廠配合原能會此項防範措施下，已成功攔截 32 件混雜於廢鐵中的無主射源，其中 18 件確定由國外進口。為防止無主射源闖入國內，原能會已要求並協助進口業者將無主射源退回輸出國，並於確認無主射源的輸出國後，透過外交部知會輸出口國，請其加強輸出廢鐵的檢驗。

對於某報標題「廢射源愛台灣 原能會不解」本會無法同意，我國建立廢射源很好的管理機制。事實上，近年來國際間發現無主射源的案例層出不窮，各國對此類無主射源的管理及後續處理已予高度重視。國際原子能總署並已組成專家小組，協助不具處理射源能力的國家，建立輻射安全和保防系統，處理不用或廢棄的射源，來加強其管控射源的能力，以避免造成環境污染或民眾遭受輻射傷害。

我國對於射源的管制已訂定相當縝密的管理法規，業者須領有原能會核發的許可或證照方可輸入、安裝、改裝使用、停用或廢棄，原能會並定期或不定期派員至使用單位檢查，如違反法規則可移送法辦或處以罰鍰。而為強化管制，原能會已要求射源使用或持有單位，應每月上網申報其射源現況，以確保所有射源皆在掌握中。此外，原能會於 10 月 24 日啟用的進出口及輻射管制電腦系統，可提昇射源管制的正確性及查核功能，並輔以門框偵檢器的運用，將可確保射源使用及停用的安全管理。

□會議訓練報導

▲新書介紹

(輻協訊)

- 一、主編：國立編譯館
- 二、書名：原子、輻射與防護人物誌
- 三、出版：11484 台北市內湖區安康路 322-2 號
合記圖書出版社，定價新台幣 350 元
電話：(02)33225558
傳真：(02)33225598
郵政劃撥帳號：19197512
戶名：合記書局有限公司

本書係於民國 96 年(2007)11 月 10 日出版，全書分 11 章如下：

- | | |
|-----------------|-----------|
| 1. 輻射防護史前人物 | 7. 同位素與應用 |
| 2. 19 世紀末 3 大發現 | 8. 量子物理 |
| 3. 天然與人工輻射 | 9. 輻射度量 |
| 4. 原子的圖像 | 10. 數理統計 |

5. 核分裂

11. 保健物理與劑量學

6. 加速器

全書以介紹「人物」為主，依序先介紹個人的簡歷，其次介紹其傑出的貢獻以及所獲得的榮譽，旨在激勵後輩對先賢的景仰與投入科學研究應具備的精益求精及不屈不撓的精神。

▲96-97 年度各項訓練班預定開課時間表

(輻協訊)

班 別	組 別	期 別 及 日 期	地 點
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	A9---12 月 11 日~ 18 日	(新竹)帝國經貿大樓
	(B 組) 18 小時 登記備 查類 設備	B22---12 月 19 日~ 21 日	(台北)建國大樓
		97 年 B1---1 月 9 日~ 11 日	(新竹)帝國經貿大樓
		97 年 B2---1 月 23 日~ 25 日	(高雄)輻射偵測中心
		97 年 B3---2 月 20 日~ 22 日	(台北)建國大樓
	97 年 B4---3 月 12 日~ 14 日	(新竹)帝國經貿大樓	
輻射防護專業 人員訓練班	輻 防 師 (本 小 時) 輻 防 員 (108 小 時)	員 12 期 & 師 8 期 第一階段-- 97 年 1 月 14 日~ 18 日 第二階段-- 97 年 1 月 21 日~ 25 日 第三階段-- 97 年 2 月 18 日~ 22 日 第四階段-- 97 年 2 月 25 日~ 27 日 師 8 期& 進階 8 (36hr) 97 年 3 月 4 日~ 11 日	(新竹)帝國經貿大樓
鋼鐵建材輻射 偵檢人員訓練班		鋼 3--12 月 5 日~ 6 日	高雄
		鋼 4--12 月 20 日~ 21 日	(新竹)帝國經貿大樓
九十六年度 輻射防護教育訓練		12 月 14 日---6 小時	(高雄)輻射偵測中心
九十七年度 輻射防護教育訓練		4 月 18 日 (五) 6 小時	台北(月涵堂)
		5 月 22 日 (四) 6 小時	新竹(帝國經貿大樓)
		5 月 30 日 (五) 6 小時	高雄(偵測中心)
		6 月 13 日 (五) 3 小時	台北(月涵堂)
		6 月 20 日 (五) 3 小時	高雄(偵測中心)
		7 月 04 日 (五) 3 小時	新竹(帝國經貿大樓)
		8 月 15 日 (五) 6 小時	台北(月涵堂)
		8 月 29 日 (五) 6 小時	高雄(偵測中心)
		9 月 11 日 (四) 6 小時	新竹(帝國經貿大樓)

□ 專題報導

▲ 近年來緊急事故使用碘片保護甲狀腺之文獻回顧與建議

(原能會輻射偵測中心 劉祺章、黃富祈)

今年(民國 96 年)本中心完成輻射彈應變演練，明年南部核安演習將由本中心承接演練。演習時整裝報到後，每個緊急應變人員都會佩發一個「輻防包」，其中有防護衣、面罩、手套等用具及碘化鉀藥片也就是俗稱的碘片。過去 20 多年來對於碘化鉀作為核事故放射性碘阻斷劑的使用一直都有爭議，主要原因在於短半化期放射性碘所造成的風險是否比碘化鉀副作用的風險高、碘片的儲備、發放及正確的服用方法等是否符合成本效益等。然而由車諾比事故後 10 年間的流行病學統計結果顯示污染區如烏克蘭、白俄羅斯及俄羅斯的青少年及兒童的甲狀腺癌機率增加[1]，透過大規模碘片發放則能夠有效的防止甲狀腺病變[2]。所以各國均改變碘片的使用指引，將碘片直接發放至民眾家中以便在事故發生時能直接服用。國內目前作法是將兩日份的藥量發至電廠周圍民眾家中，其餘庫存於地方衛生所。經由原子能委員會與台北縣、屏東縣地方政府合辦的數場說明會，對於國內發生事故時碘片的發放及使用已有充分準備。

近年研究文獻爭議未止

至今車諾比事故剛逾 20 年，近 10 年來有不少的相關研究文獻持續發表。然而對於事故放射性碘引發甲狀腺癌的統計資料與碘片的使用爭議仍舊持續未艾。有研究顯示於各核污染區附近居民的流行病學調查甲狀腺癌的機率雖均呈線性增加趨勢但各地趨勢有差異[3]，也有研究認為因污染區的加強體檢使得污染區甲狀腺癌發生率基線(thyroid cancer incident baseline)增加[4]。但依然有文獻統計結果與過去第一階段的調查結果相似，也就是核事故釋出的放射性碘對兒童及青少年甲狀腺影響十分顯著且與劑量呈線性關係[5,6]。而對於碘片服用的態度也有差異，如美國甲狀腺協會(ATA)認為碘化鉀如同家用之調味鹽，在一般狀況下可視為不須保存期限，其危險性也十分低，應該大量儲備及發放，並建議於事故時放寬保存期限[7]，甚至要求國會應將碘片儲備列入反恐怖攻擊必要的裝備之一[8]。但同時美國過敏、氣喘與免疫協會(AAAAI)則認為碘化鉀並不會引起過敏反應(allergic reactions)，但也確實有所謂碘敏感症(iodine sensitivity)的案例。目前其引發原因不詳，所以常被誤稱為碘過敏。該協會由部分案例的狀況推測，可能與伴隨其他過敏源有關，例如對海鮮過敏的症狀會因碘片同時服用而加劇，因此仍建議須在專家建議及指示後才告知民眾作正確的服用[9]。美國保健物理學會(HPS)則認為，碘片並非萬靈丹(magic bullet)也不同意碘片對於放射性恐怖攻擊的整備是不可或缺[10]。如果太過強調碘片的防護功能可能誤導民眾，使得部分民眾不願意配合掩蔽，而認為只要靠自行服用碘片便可自行活動，導致干預行動執行的困難，因此不認為應大量發放碘片。雖

然目前有些爭議，但是對於碘片能夠降低放射性碘傷害的功能是無庸置疑的。因此正確的服用碘片知識應該是所有參與緊急應變人員須知悉，以便於事故時能及時協助教導民眾正確服用。

實際執行所需注意的事項

一、碘片服用時機及服用劑量

依目前國內「核子事故民眾防護行動規範」第七點，服用碘片措施的干預基準，為可減免甲狀腺約定等價劑量達 100 毫西弗以上，即可由主管單位建議服用碘片。服用劑量為成人每日一錠（130 毫克，其中含碘 100 毫克），孕婦及 3 至 12 歲兒童每日半錠，未滿 3 歲的兒童每日 4 分之 1 錠，於飯後 30 分鐘內服用，每日服用間隔約 24 小時。碘過敏者不可服用此藥，最長持續服用時間不得超過 10 日，應存放於兒童觸摸不到的地點。兒童服用方法建議，可磨成粉末、拌和橘子汁、糖汁、果醬服用。甲狀腺患者、孕婦及新生兒服用時，應遵照醫師指示。目前國內的做法與過去最大的差異在於使用時機由預估未來 4 日甲狀腺可能劑量 250 毫西弗改為目前的可減免劑量，而這改變與國際原子能總署 (IAEA)[11]、加拿大[12]等國建議的干預做法一致。國際衛生組織(WHO)[13]與英國[14]的建議做法稍微複雜:WHO 主要考量兒童的防護及實際作業的需求，建議若只考慮呼吸曝露途徑則將服用碘片干預基準設定為 100 毫西弗，但如果包括攝食曝露途徑(包括嬰幼兒乳品及葉菜)則建議將嬰幼兒、青少年及孕婦(含哺乳婦女)的干預基準設定為 10 毫西弗。英國大致遵循 WHO 的建議但將干預基準設定為一個範圍，即當評估可減免甲狀腺劑量範圍 10 毫西弗至 100 毫西弗之間均可依實際狀況建議服用碘片，也建議最好配合掩蔽行動的發布同時進行，讓緊急事故處理較為簡單、富彈性又能爭取時效。

美國藥物及食品管理局(FDA)的建議最為複雜[15]。如下表所示:

建議碘片服用時機及劑量		
	預估甲狀腺劑量(毫戈雷**)	碘化鉀 劑量
40 歲以上成年人	5000	130 mg
18 歲至 40 歲成年人	100	130 mg
懷孕或哺乳的婦女	50	130 mg
12 歲至 18 歲青少年	50	65 mg
3 歲至 12 歲兒童	50	65 mg
1 個月至三歲幼童	50	32 mg
出生至 1 個月嬰兒	50	16 mg

*青少年體重超過 70 公斤需服用劑量 130 mg

**放射性碘以低能光子與貝他輻射為主要輻射，故 1 毫戈雷相當於 1 毫西弗

這個建議比較接近於車諾比事件後流行病學調查的結果，也就是 40 歲以上的甲狀腺病變受輻射影響並不顯著，青少年及幼童則有明顯的效應，因此在預

期劑量 50 毫戈雷的狀況下便應提早服用碘片。既然如此，為何國際機構與包括國內的其他國家所採行的服用時機建議值較為簡化，採不分年齡可減免劑量 100 毫西弗。主要的考量在於碘片服用只是干預做法之一，實際干預作業還包括掩蔽與食品管制。如果採取年齡分類的干預行動基準將使得緊急時干預行動的複雜化，而可能延遲干預行動的進行。畢竟要對民眾解釋所謂風險隨年齡不同需花費較長的時間，在核子事故本身發生機率就不高的前提下，採取不分年齡的單一干預基準配合掩蔽、疏散及食物控制等干預行動便能提供迅速及有效的防護。

二、各種不同狀況的處理

對於是否事先發放碘片於緊急計畫區內一直存有的許多爭議。對於某些偏遠地區不易於短期做到發放，或是適逢假日發放工作人員不足、存放場所關閉不易取得等狀況，事先發放可以增加作業時效，且如果有其他更有效的工具可通知居民服用碘片，也可減少工作人員穿梭於發放民宅間，受到不必要的曝露。但是事先發放造成管理的問題也十分困擾，例如對於暫居人口是否發放？兒童是否誤食過高劑量？當需要服用時卻不知存放何處？等等問題都可能造成作業的困難。

由美國紐澤西州的問卷調查結果顯示[16]，透過醫療體系發放碘片並說明的收取碘片人員對於問卷中關於輻射防護及碘片正確服用等問題答對比例約為 46%，而未發放碘片區域的人員只有答對 15%。由此可知雖然發放碘片有管理上的問題，民眾對於正確的碘片認識也未及一半，但相較於未發放的情況對於民眾教育則有正面的幫助。目前原子能委員會核技處也在作類似的調查，結果將作為國內未來碘片發放作業的參考。而該文作者也提到民眾回答「事故時您知道何處可領取碘片？」的問題時，比例最高的是醫院急診室，其次是藥房，接著才是地方衛生單位。因此，該文建議碘片儲備的位置應依實際狀況調整，不一定放在地方衛生單位。例如，目前已知碘片對於年齡較低的兒童較為有效，因此，若事故發生時間為非假日白天，則不建議在校的兒童回家，應留在學校就地依指示進行防護行動。所以對於碘片是否能及時發放到電廠周圍各校也是應考量的因素，若學校交通不便，則也應有適量碘片庫存於學校中，但必須由地方政府先行與家長或監護人溝通，當事故發生時得不經過家長或監護人同意，直接由教師給藥讓兒童服用。

由劑量評估的角度來看，採行掩蔽措施的干預基準，為可減免劑量於二天內達 10 毫西弗以上。而考慮採行服用碘片措施的干預基準，為可減免甲狀腺約定等價劑量達 100 毫西弗以上，又甲狀腺器官加權因數為 0.05，故相對可減免的全身有效劑量為 5 毫西弗。若考慮其他核種所造成的劑量，服用碘片的干預建議可能會與進行掩蔽的干預建議同時發布。目前許多執行面的作業建議中也提到，當有外釋發生時，可能會有學校、醫院等具有交通工具的機構會直接要求進行疏散以保護行動不便的老人、患者及年輕學子。此時就實際狀況需求考量(如爭取實際進行疏散之時效)往往會同意其先行疏散之請求，但必須確定疏

散路線是否會經過污染區域，如有可能則應在確認疏散前所有人員皆已服用碘片。

一般民眾、收容中心民眾與工作人員應等發布指示後再行服用。因為服用碘片的發布很難如同掩蔽或疏散般採取強制性的作為。也就是說應變人員無法判別民眾究竟吃了沒?也很難強迫民眾吃或不吃，只能靠大家自發性的遵循指示[17]。因此應變人員在實際作業上，必須於開始進行疏散引導民眾的時間點上，再次確認疏散的民眾及工作人員是否已經服用碘片。如疏散路線可能經過放射性煙羽污染區域，則須給予未服用的民眾及工作人員補充碘片。而由其他地區進入災區支援的工作人員，如果可能經過污染區域且已發布服用碘片建議，則可在進入污染區前，登錄劑量管制時進行服用碘片的確認。

三、食補是否有用

台灣為世界著名的美食王國，一般民眾也多能接受「藥補不如食補」的觀念。碘片是否也符合這樣的觀念呢?由車諾比事故後的統計顯示，污染區中缺碘地區比富含碘攝取地區的受曝露兒童及青少年罹患甲狀腺病變更為明顯[3]。由日本的研究則顯示[18,19]，多攝食含碘食物(如海帶、紫菜、貝類等)的確會使人體體內碘含量增加，但是由於有機碘的轉換較慢加上代謝作用，食物所提供的甲狀腺碘濃度經 6 小時才逐漸增高到平衡值，大約只有服用碘片後兩小時的濃度，約為服用碘片所達最高濃度的一半不到。因此，透過食物所攝取的碘並不足以於碘污染事故提供足夠的防護功效。但是卻可以在碘片未能及時取得的過程中爭取一些時間，文獻也建議日本地區可減少攝取碘片的劑量同樣足以達到防護功能。中國大陸的文獻[20]則建議當不易取得碘片時，使用含碘喉片或是塗抹碘酒經由皮膚吸收也多少有些效果。

國內外專家均建議給嬰幼兒童的服用方法為磨粉後伴入其他飲料服用，主要原因在於碘片有很重的味道，一般兒童很難接受。目前美國雖已開發完成且經 FDA 核准上市碘化鉀口服液，然而因保存期限僅 3 個月故使用率不高。就傳統觀念食物有相生相剋之說，使用其他飲料會不會減弱碘片作用呢?由美國 FDA 委託研究顯示，不論是使用白開水、果汁、碳酸飲料(可樂)、低脂牛奶、調味乳及嬰兒奶粉等皆不會影響其藥效。但是如果食用十字花科的食物(甘藍菜(高麗菜)、芥菜、大白菜、小白菜、清江白菜、油菜、綠花菜、花椰菜、芽甘藍、球莖甘藍(大頭菜)、蘿蔔、芥藍菜等)，則因所含的前甲狀腺腫素(progoitrin)在食用後會分解產生甲狀腺腫素(goitrin)而抑制碘的吸收利用。由動物實驗(兔子)顯示必須生食大量的十字花科蔬菜才會有明顯效果，如果經過加熱以及考量一般人的食量，並不會造成明顯影響。甚至近年來一些文獻顯示十字花科蔬菜含有抗氧化物，對於許多癌症的預防似乎有統計上的益處，雖然尚未得到國際間完全接受，但是也具相當參考價值。所以不能因其對碘吸收有礙就不建議於緊急應變時食用。

終究核子事故釋出的放射性物質並不是只有放射性碘而已，所以碘片只能保障甲狀腺病變機率降低。其他的防護行動如掩蔽、飲食控制等，能提供更全

面的癌症機率減免保障，因此緊急應變人員更須了解其他防護行動的正確作業方法，而不需過度依賴碘片的功能。

結論：對於緊急應變人員的建議

1. 碘片不是萬靈丹更不是輻射的金鐘罩，它只在放射性碘污染事故中作為輔助性的防護行動，應配合掩蔽、疏散等進行，惟有在適當的時間服用才能發揮最大的效用，應變人員應有正確的認知並隨時利用機會教育民眾不必因心理作用急著服用。
2. 事故時應以掩蔽(含呼吸時口鼻掩蓋)、疏散及食物控制為主要防護行動，以降低放射性碘吸入而造成劑量。
3. 碘片的功效對於越年輕的人效果越明顯，超過 40 歲以上服用碘片幾乎沒有作用，因此當緊急時若碘片無法及時得到足夠的量時，應安排由嬰幼兒童、青少年及懷孕哺乳婦女先行服用。
4. 由波蘭的例子可知服用碘片發生副作用的機率不高，因此也勿須太擔心。
5. 由美國的例子可知平時發放碘片雖民眾認知仍不高且管理困難，但相較於未發放碘片的民眾，還是有明顯的宣導教育成效。
6. 建議研究探討國內於核子事故時，碘片的有效期限可否放寬，且使用可否不經醫師指示自行服用；兒童在家由家長或監護人指導服用；在學校如有必要則由教師直接指導服用。
7. 依照目前防護行動的規劃，一般民眾及工作人員應不至於受到確定性的急性傷害，但是機率性的效應在所難免。因此應變人員平時如無甲狀腺功能障礙則建議可平衡攝取含碘食品及十字花科蔬菜。近年印度研究團隊由腫瘤治療的病患統計顯示食用含薑黃素的咖哩可增加皮膚對輻射的耐受性；美國動物實驗(老鼠)也顯示食用甲殼素可加快體內重金屬(如鈷、錳)排出。這些零星報導尚未被國際專業組織認定接受，只是提出供參與緊急應變夥伴們參考並建議於平時便應有輻射防護行動的正確概念，注意防癌相關的飲食及養生作息，加強體能及注重健康。於事故時方能有足夠的體力及心力面對壓力，以正確全面性的防護行動保護自己並幫助更多須幫助的民眾。

參考文獻

1. European Commission, "Thyroid Diseases And Exposure To Ionising Radiation: Lessons Learned Following The Chernobyl Accident," Report Radiation protection 121, Luxembourg: European Commission, 2000.
2. Dayem M, Navarro V, Marsault R, *et al.*, "From The Molecular Characterization Of Iodide Transporters To The Prevention Of Radioactive Iodide Exposure," *Biochimie*. Vol. 88, pp. 1793-1806, 2006
3. Wilkinson, GS, "Environmental Exposure to Radioactive Iodine and Thyroid Disease," *Epidemiology* vol.17,pp. 599-600, 2006
4. Jacob P, Bogdanova T, Buglova E, *et al.*, "Thyroid Cancer Among Ukrainians And Belarusians Who Were Children Or Adolescents At The Time Of The Chernobyl

- Accident," J. Radio. Prot., vol. 26, pp. 51-67, 2006
5. Mykola DT , Geoffrey RH , Tetyana IB ,and Andre C, "A Cohort Study of Thyroid Cancer and Other Thyroid Diseases After the Chornobyl Accident: Thyroid Cancer in Ukraine Detected During First Screening," J. Natl. Cancer Inst., vol. 98, pp. 897-903, 2006
 6. Elisabeth C, Ausrele K, Victor I, *et al.*, "Risk of Thyroid Cancer After Exposure to ¹³¹I in Childhood," J. Natl. Cancer Inst. , vol. 97, pp. 724, 2006
 7. Peter GC, "Say yes to potassium iodide, " Seattle Post-Intelligencer ,Thursday, February 14, 2002
 8. http://www.thyroid.org/professionals/publications/statements/ki/2007_01_25_white_house_letter.html
 9. http://www.aaaai.org/media/resources/academy_statements/position_statements/potassium_iodide.asp (2004)
 10. <http://hps.org/documents/kifactsheetdetail.pdf>
 11. IAEA, Basic Safety Standards (Final Edition). Vienna, IAEA Safety Series No. 115, 1996
 12. Minister of Health, "Canadian Guidelines for Intervention During a Nuclear Emergency ", H46-2/03-326E, 2003
 13. WHO, "Guidelines For Iodine Prophylaxis Following Nuclear Accidents: Update 1999 ". Geneva, WHO/SDE/PHE/99.6.
 14. NRPB, "Stable iodine prophylaxis ". Doc NRPB, Vol. 12(3), 2001.
 15. US Food and Drug Administration, Center for Drug Evaluation and Research. "Guidance Document: Potassium Iodide as a Thyroid Blocking Agent in Radiation Emergencies, Update 2001 ". Available at :
<http://www.fda.gov/cder/guidance/4825fnl.htm>.
 16. Blando J, Robertson C, Pearl K, *et al.*, "Assessment Of Potassium Iodide (KI) Distribution Program Among Communities Within The Emergency Planning Zones (EPZ) Of Two Nuclear Power Plants. " Health Phys. 92(2 Suppl):S18-26, 2007.
 17. Ohio Department of Health, " Distribution And Use Of Potassium Iodide For The 10-Mile Emergency Planning Zone Population, Revision 1", 2004. Available at:
http://www.odh.ohio.gov/ASSETS/36742193515643D1AE888260EDEAEFFD/KI_Policy.PDF
 18. Takamura N, Hamada A, Yamaguchi N, *et al.*, "Urinary Iodine Kinetics After Oral Loading Of Potassium Iodine," Endocr J. 50(5):589-93, 2003.
 19. Takamura N, Nakamura Y, Ishigaki K, *et al.*, " Thyroid Blockade During A Radiation Emergency In Iodine-Rich Areas: Effect Of A Stable-Iodine Dosage." J Radiat Res (Tokyo). 45(2):201-4, 2004.

20.中華人民共和國衛生部，中華人民共和國國家職業衛生標準 GBZ 113-2006，核與放射事故干預及醫學處理原則，2006-11-3 發佈，2007-04-01 實施。

▲輻射色染劑量計簡介

(清華大學原科中心 許彬杰)

【接續 87 期】

FWT – 70 系列的 RDF 劑量計有兩種型號，分別為 (1) 型號 FWT – 70 – 40(M) RDF 劑量計，此型號 RDF 劑量計內含重量 0.302 ± 0.007 g 的三氨基苯乙睛液態膠狀有機染料，在外觀上其光波導管為白色塑膠材質。(2) 型號 FWT – 70 – 83(M) RDF 劑量計，此型號 RDF 劑量計內含重量 0.235 ± 0.006 g 的三氨基苯乙睛液態膠狀有機染料，在外觀上其光波導管為黑色塑膠材質，如圖 3 所示。

RDF 劑量計對計測光波長的敏度反應，視其是否接受輻射照射而異，未接受加馬照射的 RDF 劑量計，於 350 nm 至 700 nm 的計測光波長中，計測光波長對 RDF 劑量計的穿透率隨計測的光波長增長而增加，由約 75 % 增至 90 %。當 RDF 劑量計接受加馬照射後，當計測光波長介於 350 ~ 600 nm 之間，其對 RDF 劑量計的穿透率隨計測光波長的增長而減少，於 600 nm 光波長的穿透率達最少(吸收率最高)，隨後其穿透率則隨計測光波長的增長而增加。此穿透率與計測光波長的變化反應現象，並不受其所接受的劑量多寡變化而有所影響，如圖 4 所示。顯示，RDF 劑量計對計測光波長的敏度反應與計測光波長，呈現顯著的依恃性關係，且與其是否接受輻射照射有顯著的相關性。此近紅綠光的 600 nm 光波長為用於計測 RDF 劑量計的主要計測光波長。此外，對型號 FWT-60 RDF 劑量計而言，其另有一輔助用計測光波長，此輔助用計測光波長為 510 nm。對 FWT – 70 系列 RDF 劑量計而言，其另一輔助用計測光波長為 656 nm。此輔助用計測光波長除用於驗證主計測光波長所評估的劑量外，另一方面具有延長 RDF 劑量計對高劑量度量範圍的功能。

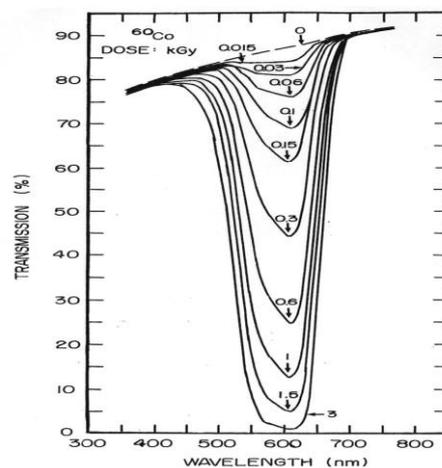
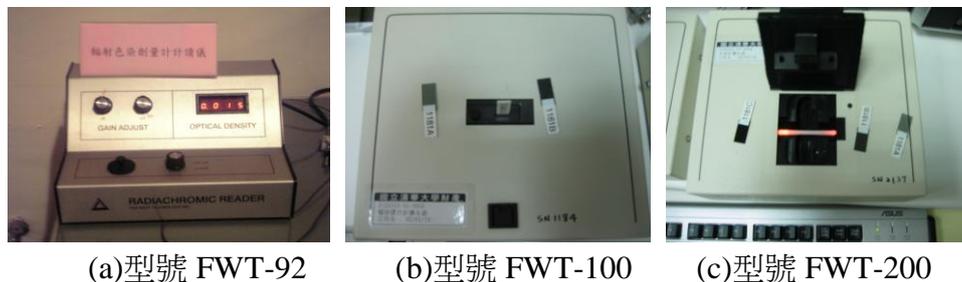


圖 4. 在不同的輻射劑量曝露下，RDF 劑量計對可見光的吸收反應。

RDF 劑量計的計測系統

用於計測型號 FWT-60 RDF 劑量計與 FWT-70 系列的 RDF 劑量計的計測儀，如圖 5 所示，同樣均為美國遠西技術公司的產品，分別為：型號 FWT-92；型號 FWT-100；與型號 FWT-200 光密度計測儀，其結構簡圖，如圖 6 所示。



(a)型號 FWT-92 (b)型號 FWT-100 (c)型號 FWT-200

圖 5. 不同型號 RDF 劑量計的計測系統。

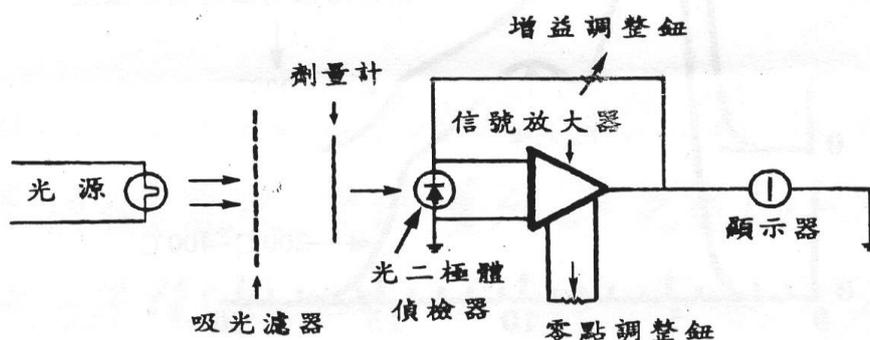


圖 6. FWT-RDF 劑量計光密度計測儀結構簡圖。

型號 FWT-92 光密度計測儀，為一非自動扣除劑量計背景值的計測儀，如圖 5 (a)所示；型號 FWT-100 與型號 FWT-200 光密度計測儀，則為一可自動扣除劑量計背景值的計測儀，如圖 5(b)與(c)所示。型號 FWT-92 與型號 FWT-100 光密度計測儀，僅可用於計測型號 FWT-60 RDF 劑量計；型號 FWT-200 光密度計測儀，亦僅能用於計測 FWT-70 系列的 RDF 劑量計。

型號 FWT-92 與型號 FWT-100 光密度計測儀，均藉由內置的光波濾器介質，可提供 510 nm 與 600 nm 兩種不同計測光波長的光源，供型號 FWT-60 RDF 劑量計與光密度參考標準膠片計測選擇。藉由光偵檢器(photodiode detector)度量穿透型號 FWT-60 RDF 劑量計與光密度參考標準膠片的光密度(optical density, OD)值。

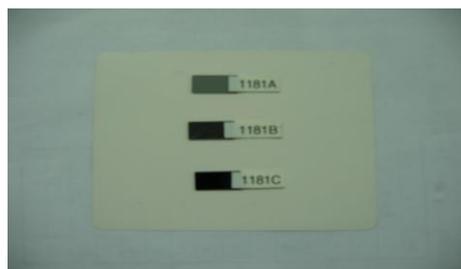
型號 FWT-200 光密度計測儀，藉由內置的光波濾器介質，可提供 600 nm 與 656 nm 兩種不同計測光波長的光源，供 FWT-70 系列 RDF 劑量計的計測選擇。但在計測光密度參考標準膠片時，不但提供 600 nm 與 656 nm 計測光波長，且另提供一 750 nm 光波長供計測。此型號光密度計測儀，是藉由光二極體偵檢器度量穿透 RDF 劑量計的光密度值，以度量其所接受的輻射照射劑量。

【下期待續】

祝新年快樂!

- 1.歡迎賜稿，稿件請寄新竹市光復路二段 295 號 15 樓之 1 或電傳(03)5722521 輻防協會編輯組收。來稿一經刊登，略致薄酬(政令宣導文章，恕不給稿酬)。
- 2.本刊因篇幅限制，新聞類每則請控制在 500 字以內，專題類每篇以 2000 字內為佳。
- 3.歡迎訂閱(每年六期 180 元)。請洽：李孝華小姐 TEL：(03)5722224 轉 314。

型號 FWT-100 與型號 FWT - 200 光密度計測儀所量測光密度值的可靠度與穩定度，均可藉由遠西技術公司所提供經光密度標定驗證，編號 FWT-160 S/N 1181 的三片高(編號 1181C)、中(編號 1181B)、低(編號 1181A)光密度值的光密度參考標準膠片加以驗證，如圖 7 (a)所示。型號 FWT-92 光密度計測儀，其所量測的光密度值可靠度與穩定度，則藉由遠西技術公司所提供，經光密度標定驗證編號 FWT-82C S/N 139 的高(藍色標示)、中(綠色標示)、低(黃色標示)三片不同光密度值的光密度參考標準膠片，加以驗證，如圖 7 (b)所示。



(a)

(b)

圖 7. 不同型號 RDF 劑量計計測系統用，光密度參考標準膠片。

(a)型號 FWT-100 與型號 FWT-200 光密度計測儀用

(b)型號 FWT-92 光密度計測儀用

編號 FWT-160 S/N 1181 的三片高(編號 1181C)、中(編號 1181B)、低(編號 1181A)光密度值的光密度參考標準膠片，於型號 FWT-100 光密度計測儀所顯示的計測值，隨計測光波長的變化而改變並不顯著，如圖 8(a)所示。但在型號 FWT-200 光密度計測儀所顯示的計測值，隨計測光波長的增長而降低，且隨其光密度值增加變化越顯著，如圖 8(b)所示。

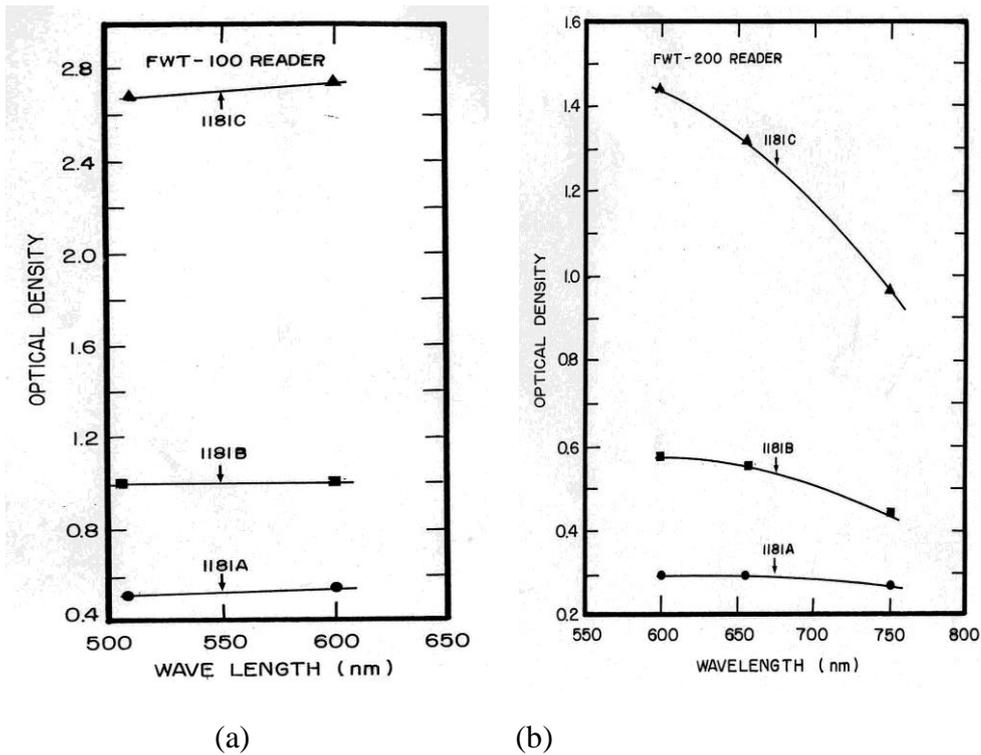


圖 8. 編號 FWT-160 S/N 1181 光密度參考標準膠片，於不同型號 RDF 劑量計計測值變化反應

編號 FWT-82C S/N 139 的高(藍色標示)、中(綠色標示)、低(黃色標示) 三片不同光密度值的光密度參考標準膠片，於型號 FWT-92 光密度計測儀所顯示的計測值，隨計測光波長的變化而改變並不顯著，如同編號 FWT-160 S/N 1181 光密度參考標準膠片，於型號 FWT-100 光密度計測儀所顯示的反應。

RDF 劑量計對輻射劑量反應

RDF 劑量計對輻射劑量的度量與其線性反應範圍，視其所度量的輻射類別、能量、照射的劑量率與 RDF 劑量計本身的結構及所含三氨基苯乙晴有機染料的多寡，有顯著的依恃關係。

對鈷 60 加馬劑量反應而言，型號 FWT-60 RDF 劑量計對鈷 60 加馬劑量度量範圍，介於 0.5 ~ 300 kGy，其線性劑量最低反應限值為 1 千戈雷(1 kGy)，如圖 9 所示¹⁾。對型號 FWT-70-40(M) RDF 劑量計而言，其對鈷 60 加馬劑量度量範圍，介於 0.01~1 kGy，線性劑量最低反應限值約為 20 Gy。對型號 FWT-70-83(M) RDF 劑量計而言，其對鈷 60 加馬劑量度量範圍，則介於 0.1~ 20 kGy，線性劑量最低反應限值約為 25 Gy。

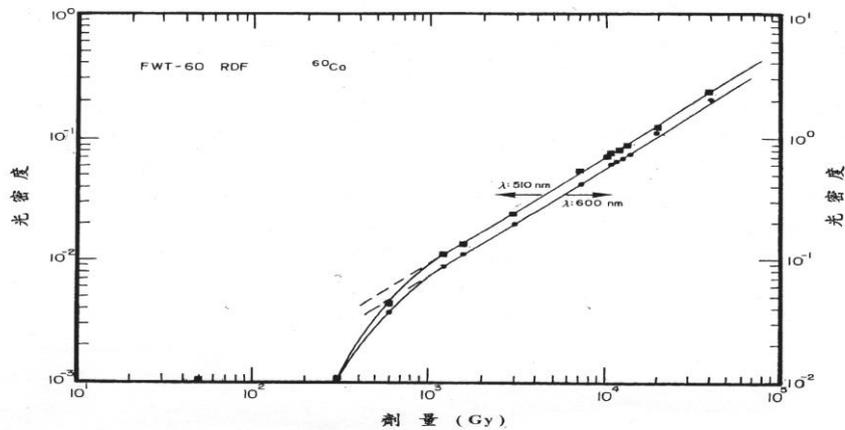


圖 9 型號 FWT-60 RDF 劑量計對鈷 60 加馬劑量的線性反應。

對電子射束劑量反應而言，型號 FWT-60RDF 劑量計對能量 3.2 MeV 電子射束反應而言，在高達 30 Gy 的劑量照射下，並未產生任何反應。對型號 FWT-70-40(M) RDF 劑量計而言，其對電子射束的線性低限劑量反應值約為 8 Gy，如圖 10 曲線 a 所示。對型號 FWT-70-83(M) RDF 劑量計而言，其線性低限劑量反應值則約為 20 Gy，如圖 10 曲線 b 所示。

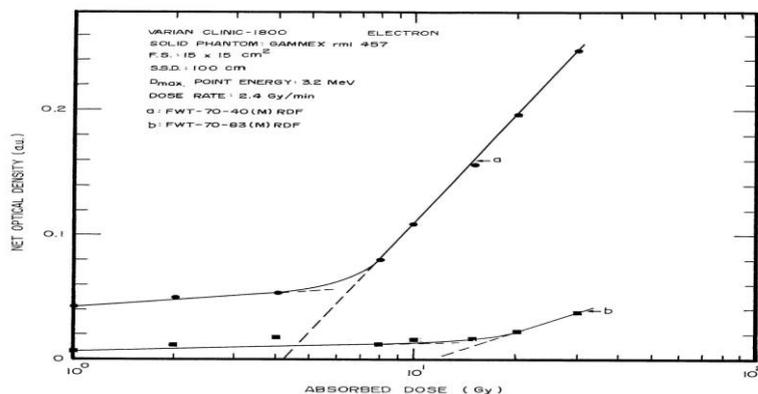


圖 10. FWT-70 系列的 RDF 劑量計，對能量 3.2 MeV 電子射束的劑量反應。

型號 FWT-70-40(M) RDF 劑量計對電子射束的敏感度反應為 0.0099 OD/Gy; 型號 FWT-70-83(M) RDF 劑量計對電子射束的敏感度反應為 0.0015 OD/Gy。顯示型號 FWT-70-40(M) RDF 劑量計對電子射束的敏感度反應，約 6.5 倍於型號 FWT-70-83(M) RDF 劑量計對電子射束的敏感度反應。

RDF 劑量計對輻射能量的敏感度反應

RDF 劑量計對加馬射束敏感度反應是否會受到加馬射束能量變動影響，由

於射源活度與劑量(率)因素的限制，目前並無相關實驗數據可加以驗證。但 RDF 劑量計對電子射束敏度反應確會受到電子射束能量變動影響，對 FWT-70 系列 RDF 劑量計而言，其對不同能量電子射束的敏度反應與電子射束能量，呈現不同程度的依恃性反應，且隨電子射束能量增高而增加，如圖 11 所示。對型號 FWT-70-40(M) RDF 劑量計而言，其對能量介於 3.2 ~ 12.6 MeV 電子射束的敏度反應變動達 30 %，如圖 11 曲線 a 所示。但對型號 FWT-70-83(M) RDF 劑量計而言，其變動僅約 3 %，如圖 11 曲線 b 所示。顯示，型號 FWT-70-40(M) RDF 劑量計對電子射束的敏度反應，受電子射束能量變動的影響程度，高於型號 FWT-70-83(M) RDF 劑量計對電子射束的敏度反應，受電子射束能量變動的影響程度。

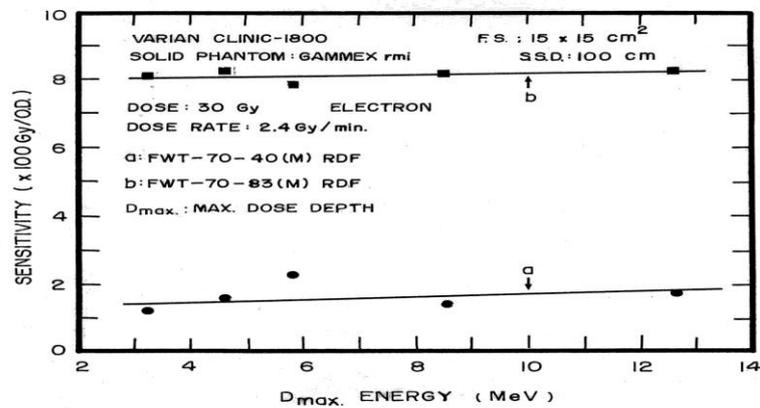


圖 11. FWT-70 系列的 RDF 劑量計，對不同能量的電子射束敏度反應。

RDF 劑量計對照射劑量率的敏度反應

型號 FWT-60 RDF 劑量計對加馬敏度反應，受照射劑量率變動影響並不顯著，如圖 12 所示。

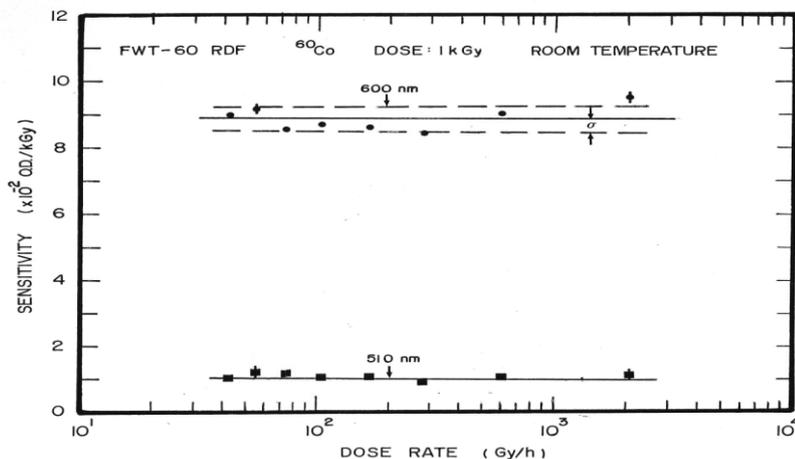


圖 12. FWT-60 RDF 劑量計，對不同劑量率照射的加馬敏度反應。

FWT - 70 系列 RDF 劑量計對不同照射劑量率的電子射束敏度反應，以能量 3.2 MeV 電子射束為例，其對電子射束的敏度反應與照射劑量率均呈現依恃性反應關係，且隨照射劑量率的增高而降低，如圖 13 所示。在每分鐘 0.8 Gy 至 4.0 Gy 劑量率照射下，型號 FWT-70-40(M) RDF 劑量計對不同劑量率照射的電子射束敏度反應變化相當顯著，敏度反應變動高達 200 %，如圖 13 曲線 a 所示。型號 FWT-70-83(M) RDF 劑量計對不同劑量率照射的電子射束敏度反應變化雖亦顯著，但敏度反應變動僅約 60 %，如圖 13 曲線 b 所示。

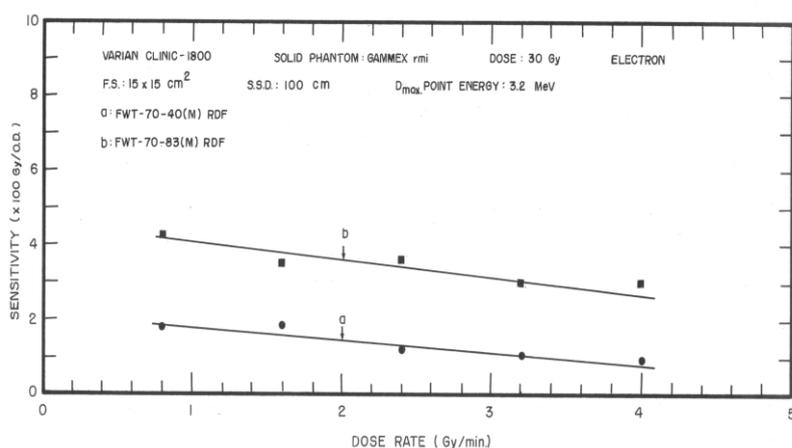


圖 13. FWT-70 系列的 RDF 劑量計，對不同劑量率照射的電子射束敏度反應。

結論

型號 FWT - 60 RDF 劑量計對鈷 60 加馬的線性劑量反應最低限值為 1 千戈雷(1 kGy)，但其對高能量電子射束敏度反應甚低，即使在高達 30 Gy 劑量照射下，亦無產生有意義的反應。因此，型號 FWT - 60 RDF 劑量計僅適用於度量高劑量和高劑量率的高能量光子劑量度量，如鈷 60 輻射照射與用過核燃料劑量度量的劑量計，但並不適用於作為醫用遠隔放射治療電子射束劑量度量的劑量計。

型號 FWT - 70 - 40 (M) 與型號 FWT - 70 - 83(M)的 FWT-70 系列 RDF 劑量計，對高能量光子與電子射束均具有很好的敏度與線性劑量最低反應限值，顯示，FWT-70 系列 RDF 劑量計，除可應用於度量高劑量(率)的高能量光子劑量外，亦可應用於高能量、高劑量(率)電子射束輻射場的劑量度量。因此，FWT-70 系列 RDF 劑量計可供作為醫用遠隔放射治療機電子射束劑量輸出度量的劑量計，一如游離腔劑量儀與固體熱發光劑量計，用於遠隔放射治療機劑量輸出度量，以確保醫用遠隔放射治療電子射束劑量輸出的輻射醫療曝露品質。

參考文獻

- (1) Barrett JH, Glover KM, McLaughlin WL, Sharpe PH, Watts MF, Whittaker B:A high-dose intercomparison study involving red 4034 perspex and FET-60-00 radiochromic dye films. Radiat. Phys. Chem. 1990; 36: 505 –507.
- (2) Humpherys KC, Kantz AD:Radiachromic: a radiation monitoring system. Far West Technology Inc. Goleta, California;1993.
- (3) 許彬杰 翁寶山：游離輻射防護與偵檢. 合記圖書出版社 台北市 2006: 233–235
- (4) 張富東,許彬杰,蔡文祺,劉鴻鳴,王昭平,江祥輝:探討 FWT- 60 RDF 輻射色染劑量計對鈷 60 加馬輻射敏度反應. 工程月刊 2006; 79: 118 – 134.
- (5) 許彬杰,黃逢裕,陳炳茂,鄭秀成,曾鑠鑠,翁寶山: 探討 FWT-70 系列輻射色染劑量計對能量 3.2~12.6 MeV 電子射束的敏度反應. 放射治療與腫瘤學 2007; 14:(出版中)