

- 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：王嵩峰、李四海、林友明、邱賜聰、翁寶山、許文林
陳為立、陳宜彬、董傳中、蔡昭明、劉仁賢、蘇明峰 (依筆劃順序)
- 發行人：曾德霖 ■ 主 編：劉代欽 ■ 文 編：李孝華
- 印 刷 所：大洋實業社 地址：新竹市光復路二段376之9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

▲核能電廠的防範人為破壞措施

(原能會訊)

九月十一日美國紐約世貿大樓及五角大廈遭到恐怖份子的攻擊，現場的景象可謂舉世震驚，對於重要設施的人為破壞防範，也引起廣泛的探討。為避免民眾疑慮，有關國內三座核能電廠在這方面的狀況，謹說明如后。

核能電廠在申請運轉執照時必須檢送防範人為破壞的保安計畫供原能會審查，該計畫內容涵括保安軟、硬體設施、人員進出管制、緊要區監控...等事項。原能會在確認該計畫足以防範人為破壞情事後，才會核准運轉執照的申請。核能電廠營運期間必須就該計畫內容，落實執行門禁管制、保安監控、外力入侵防範等作業，並必須定期演練。原能會就保安計畫的執行成效，也會執行現場團隊視察，以確保國內核能電廠可以免於遭受人為破壞的攻擊。

除了保安計畫外，我國核能電廠均有

圍阻體的設計，各廠圍阻體之壁厚介於75公分至198公分不等。美國山迪亞國家實驗室於1989年曾進行反應器圍阻體之撞擊實驗，用每小時766公里時速(480英哩/小時)之F-4幽靈式戰鬥機撞擊模擬之圍阻體牆，結果噴射機變成一堆廢鐵但圍阻體仍安全無虞。

在九月十一日獲悉美國紐約世貿中心大樓遭受攻擊後，原能會便即要求台電公司各核能電廠加強保安作業。此外短期內也將進行各廠保安作業之全面性再檢討，以確保保安計畫之週密完整，落實人為破壞之防範。

▲核能研究所研發建立本土化之分散式數位儀控系統整合設計與建置等技術—並實際推廣應用至非核能源領域及其他產業以提昇營運效率

(原能會訊)

近年來由於網路及3C產業之蓬勃發展，數位化儀控技術更得以日新月異。以往傳統類比式儀控系統之零組件或備品因獲得日益困難，已逐漸面臨淘汰之命運。

數位化儀控系統具有諸如：硬體易於模組化與標準化、軟體較有修改之彈性、藉容錯設計可提昇可靠度、數據之傳遞與溝通效率迅速且精準等許多類比控制系統所沒有的優點；而國內現有火力或核能電廠儀控系統亦無可避免將採用數位化儀控技術予以昇級改善。然而核能電廠因對安全與可靠的要求標準甚高，故針對數位化儀控相關特性，例如：網路及多工器、數位化系統特有之共因失效模式、軟體修改之管制、軟體構型管理、人因工程、電磁相容等，核能研究所均投入相當多的研究人力，以建立相關分析審查技術及制度，並落實核電廠儀控系統安全審查及營運管制的要求。

除了建立核電廠儀控數位化相關審查技術，以應安全管制任務之需求外，核能研究所近年來並同步開發建立本土化之分散式數位儀控系統整合設計與建置等技術。自八十八年起應美商福克斯波羅(Foxboro)公司之邀請，參與協助台電協和火力電廠之儀控系統昇級改善工程案，以最新數位化技術建置該廠二、三號機之儀控系統，透過全機組之協調控制(Coordination Control)技術之應用，提昇機組運轉之效能。協和電廠藉此昇級改善工程案之順利完成，可以最新之螢幕控制人機界面，輔以協和電廠之運轉經驗回饋，使運轉員在控制室即能對鍋爐、燃燒器等設備及組件達到迅速即時之協調控制。由於此儀控系統含有多種控制模式功能，且靈敏度較高，對於機組負載變動之要求反應迅速，操控方便，減低運轉負擔，進而有效提昇該廠機組之運轉效率，完全展現數位化儀控技術在燃油火力機組上之應用優勢。核能研究所開發成功之此

項工程技術，除已通過考驗實際運用於非核能之火力電廠外，未來更可以推廣運用於國內相關之石化廠、民營電廠等，以達到核能工程科技民生應用之目的。

▲輻射防護專業人員認可測驗公告

(原能會 陳志平)

九十年度第二次輻射防護人員認可測驗，考試時間：90年11月30(星期五)下午一時正。考試地點：台北市木柵區考試院國家試場。報名日期：自90年10月22日起至10月29日截止(一律通訊報名，以郵戳為憑，逾期則原件退回)。簡章發售時間：90年9月21日起，逕向行政院原子能委員會服務台購買。其他有關考試事項：詳載於「認可測驗簡章」。

▲輻射鋼筋建物居民流行病學調查之評析與淺見 (核能研究所 蘇獻章)

自民國八十一年國內爆發輻射鋼筋事件後，受到輻射污染的建物陸續被發現，居民受到長期低劑量輻射效應的困擾。媒體報導住在污染建物的某某人不幸罹患癌症的例子時有所聞，不但引起居民的極度恐慌，更讓全國同胞聞「輻」變色。媒體所報導的癌症可能是事實，可是媒體與癌症患者時常會將發生禍首指向輻射，輻射真的那麼可怕嗎？雖然由二次世界大戰日本原爆受害者的流行病學調查結果，證實高劑量會增加致癌機率，但低劑量輻射是否會致癌？由於所獲得癌病例太少，且易受自然癌症的干擾影響，不具統計上意義，所以至今仍是個極度爭議的話題。

國內曾有人發表論文提出輻射鋼筋有輻射激效(Hormesis)效應，其論點是就已發現的 39 癌症死亡例，明顯低於自然癌症死亡例。但筆者認為可能有些癌症死亡

例並未被發現報導出來，此種未作有系統的週延調查，容易引起質疑。今年四月廿四日，某大報曾報導：學界完成五年追蹤流行病學調查，輻射住戶罹患癌症死亡率為常人四倍，這是個明顯錯誤的報導。雖然原能會曾在網站上作澄清，但可能很少人知道報導錯在那裡，只是直覺上懷疑怎麼會這麼可怕！報導中所稱的 0.49% 致癌率是「歷年」來的總癌症死亡人數除以住戶人數，大家都知道「歷年」是自鋼筋建物完工至今的總年數，少說也有十六、七年，一年約為十六、七年的十六分之一，因此鋼筋住戶的癌症死亡率應為一般人的四分之一才對，當然這個四分之一也是無法讓人相信。

今年七月十八日至廿日在國立陽明大學舉辦的「2001 International symposium of radiation research」，會中有四篇為國內輻射鋼筋建物居民流行病學調查論文，這四篇都是極有系統研究的學術論文，其中有關血液與生殖力的研究，就像輻射生物效應理論所知的一樣，很難看出有顯著的差異結果。筆者認為 H-L Guo 等人所提 Cancer risk assessment of low dose radiation exposure 論文較具意義，此文調查 1416 位曾居污染建物一年以上居民，共發現 19 位癌症例，其總罹癌的 Standardized Incidence Ratio (SIR) 為 0.7，其意即鋼筋居民總罹癌率為自然癌率的百分之七十。但若以個別癌症來看，有些癌症的 SIR 值高於一，有些低於一，唯獨甲狀腺癌的 SIR 值為 6.8，且有統計上意義。因此論文的結論是：住鋼筋屋居民的甲狀腺致癌率會增高，而總罹癌率比一般人低。此文雖研究與分析嚴謹，唯所調查居民對象不夠多是其缺憾。

輻射鋼筋居民受曝已近二十年，由於劑量低且時間長，故許多研究容易受環境因素影響，調查結果中某個因子會稍高，相對的有些因子會低。但媒體或有心人士常拿他「喜歡的數據」來作聳動的報導，弄得大家一頭霧水。因此，筆者提出以下看法或可作為調查的參考：依原能會發布的資料得知，輻射鋼筋受災戶共 1580 戶，若以每戶四人計，則受輻射曝露總人數約為 6320 人，自七十二、三年至今保守估計為十六年，則總受曝人年數約為 101,120 人年。另依民國 89 年衛生署統計，國內每十萬人年癌症死亡數為 135.32，則 101,120 人年之自然癌症死亡數應為 137 人。因此筆者認為只要去追蹤這 1580 戶居民至今罹癌死亡人數，若超過 137 人死於癌症，則可以確定輻射鋼筋住戶是輻射受害者，但若結果低於 137 人，則可以証實低劑量輻射並未增加癌症罹患率。此種調查方法很簡單也不會干擾住戶，只要到戶政事務所查對這 1580 戶居民迄今有幾位的死亡證明書記載是死於癌症即可。此方法無爭議性，且可獲得低劑量長期曝露的實際流行病學調查結果，供國際學界參考。

▲認識天然背景輻射

(偵測中心 陳清江)

近年來，我們常會聽到「輻射屋」、「輻射道路」、以及「放射性物質」等名詞。最近，部份報紙也報導有關花崗石及磁磚等建材含有放射性的消息，其實有關這些「輻射」與「放射性」的東西，並非人類開始利用核能才有的，而是自地球上生物以來就生活在這種天然輻射場中成

長與進化，只是人類的感官無法感覺到它的存在罷了。因此，對我們來說，「輻射」與「放射性物質」一直就是存在我們的生活環境中。

那麼，自然界究竟有那些放射性物質呢？構成地殼本身的岩石及砂土中，就含有「鈾」、「釷」、「鐳」等放射性元素，不斷地發出放射線。另外，由這些元素衰變所產生的放射性氣體「氡」也會由岩石及土壤散逸至空氣中，再經由呼吸途徑進入人體肺部。此外來自外太空的放射線，即所謂宇宙射線也不斷地照射著地球上的一切萬物。

根據原子能委員會輻射偵測中心的評估，臺灣地區每人每年平均約接受 1.62 毫西弗的天然背景輻射劑量。其內容包括來自宇宙射線之照射，約 0.26 毫西弗，從地表土壤及建材中放出的天然輻射約有 0.64 毫西弗，由食物中之放射性元素，造成體內輻射劑量約為 0.28 毫西弗。此外，人體尚接受由土壤、建材等放出氡氣之輻射，平均約為 0.44 毫西弗。聯合國原子輻射效應科學委員會在 1993 報告中，評估全球平均每人每年所接受的天然背景輻射劑量約為 2.4 毫西弗，比臺灣地區為高，但臨近的日本卻只有 1.48 毫西弗，比臺灣地區略低。

天然背景輻射水平並非到處都一樣的，是隨地質與場所而異的。例如，印度的喀拉拉地區，人口約有 10 萬人，其天然輻射劑量每年約為 8 毫西弗，那是因為構成地質的岩石中，天然放射性核種含量偏高所致。台灣的地質雖然相當複雜，但是其放射性卻變化不大，倒是在離島的金門和馬祖地區，因為係花崗岩地質而導致天然背景輻射比臺灣地區高 2 至 3 倍。一

般花崗岩均含有較高的「鈾」、「釷」、「鐳」等放射性元素，近年來，由於生活水準的提高，許多地方使用高級的花崗石建材，使得室內加馬輻射劑量略為升高，此外，近年來相當普遍的磁磚也有類似的現象，但是它們佔全部建材的比例少，因此並沒有輻射安全的顧慮。目前臺灣地區多使用鋼筋混凝土蓋房子，由於砂石、磚頭等建材也都含有天然放射性核種，因此室內加馬輻射劑量為室外的 1.9 倍；反之，木造房屋室內加馬輻射劑量僅為室外的 0.9 倍。除了建材之外，建築物的結構與空間也會影響室內加馬輻射劑量，例如浴室及廚房因空間狹小，也會使室內加馬輻射劑量升高。

至於宇宙射線，因為來自太空，故隨高度而增強，自海平面每升高 100 公尺，年劑量約增加 0.01~0.02 毫西弗。故在海拔 2000 公尺山地居住的人，較住海邊的人年劑量約高出一倍。玉山頂的劑量約為海平面的 5 倍，普通噴射客機在一萬公尺高空飛行時，乘客每小時接受的劑量約為地面的 70 倍。相反地，在高樓大廈的底層或一般室內，因受建物屏蔽作用，會減弱其強度。

天然背景輻射劑量會不會造成輻射傷害呢？世界上有許多高背景輻射地區，其天然背景輻射劑量為臺灣的數倍至數百倍，但是當地居民的健康並未受到影響。有些研究報告還顯示居民反而更健康長壽，這就是所謂「輻射激效」理論。去年 10 月在日本福岡市舉辦了輻射效應研討會，特別邀請美國米蘇里大學洛基 (Luckey) 教授，專題報告有關輻射激效之研究成果。他提出一種看法，他認為適當微量的輻射，約現在自然背景值的 10 倍

至 50 倍，反而對人體是有抗癌之免疫效果的。因此，我們不需要為了少量的天然

背景輻射劑量增加而杞人憂天。

□ 會議訓練報導

▲ 九十年度輻協各項訓練班預定時間表

(輻協)

班 別	訓 練 日 期	上 課 地 點	聯 絡 人
非醫用班	90 年 10 月 02 日至 10 月 09 日(甲組 10)	清華大學	邱靜宜
"	90 年 11 月 06 日至 11 月 13 日(甲組 11)	清華大學	邱靜宜
"	90 年 12 月 04 日至 12 月 11 日(甲組 12)	高雄	邱靜宜
"	90 年 12 月 11 日至 12 月 18 日(甲組 13)	清華大學	邱靜宜
"	90 年 12 月 11 日至 12 月 18 日(乙組 2)	清華大學	邱靜宜
輻 防 班 第 5 4 期	90 年 10 月 22 日至 10 月 26 日(第一階段)	高雄	李貞君
	90 年 11 月 26 日至 11 月 30 日(第二階段)		
	90 年 12 月 17 日至 12 月 21 日(第三階段)		
	91 年 01 月 07 日至 01 月 11 日(第四階段)		
鋼材班	90 年 10 月 30 日至 31 日	清華大學	李貞君
"	90 年 12 月 12 日至 13 日	高雄	李貞君
鋼複訓班	90 年 11 月 01 日	清華大學	李貞君
"	90 年 12 月 14 日	高雄	李貞君

以上各項訓練班簡章備索，電話：(03)5722224◎

▲ 「依 ICRP-68 的劑量係數估算體內劑量」研習會 (輻協)

輻協簡訊第 50 期中，預告了協會將舉辦有關工作人員攝入放射性核種的劑量係數研習課程。現已決定於 90 年 11 月 23 日假台電林口訓練中心舉行。

回顧輻射防護歷史，第一個肺劑量學模型是在 1959 年由 ICRP 提出 (ICRP 2)，它是一個相當簡單模型，只包括呼吸道與深呼吸道二隔室，及溶與不溶二種溶解粒子。1978 年 ICRP 30 介紹更成熟的肺劑量學模式，考慮在呼吸道粒子的沉積與吸入氣溶膠的大小有關，並且沉積粒子的廓清率與沉積位置及粒子的化學、物

理性質有關。1991 年 ICRP 60 提出新的劑量限值建議，而當時 ICRP 委員會成員亦正進行肺劑量學模型的修訂，並於 1994 年出版 (ICRP 66)，這個模型充分反映當代有關呼吸道的生理、組織、解剖，以及吸入放射性粒子的沈積、廓清和生物效應，並且基於呼吸道不同組織間的輻射敏感性有很大的差異，而計算特定呼吸道組織的劑量，改進以往平均肺劑量的計算。另外，應用範圍更寬廣，除了可評估工作人員的劑量外，亦適用於一般人。至於對於工作人員攝入放射性核種之體內曝露監測，ICRP 亦以此新肺劑量學模式於 1998 年出版 68 號報告，取代以 ICRP 30 肺模式為基礎的 54 號報告。

研習課程內容主要為：(1)術語(2)形態度量學模型(3)沈積模型(4)廓清模型(5)劑量學(6)二次限度(7)應用範例。歡迎報名參加。

依 ICRP-68 的劑量係數估算體內劑量研習會。時間：90 年 11 月 23 日(星期五)【台北】。地點：台灣電力公司林口核能訓練中心第一會議室。地址：桃園縣龜山鄉文明路 27

號，TEL：(03)3286045。費用：參加者每位酌收費用新台幣 1,600 元，繳費方式可購買郵政匯票寄至本協會，或現場繳交。報名方式：請將報名表填妥後，於 11 月 6 日前連同報名費郵寄，或傳真至本協會。報名表歡迎來電索取(03-5722224ext313 李貞君)或直接上網下載，網址：www.rpa.org.tw。

ICRP-68 的劑量係數估算體內劑量研習會講員與程序

時間	內容	講員
08:30~09:00	報到	
09:10~10:00	術語與形態度量學模型	逢筱芳
10:10~11:00	沈積與廓清模型	逢筱芳
11:10~12:00	劑量計算與二次限度	劉代欽
	午餐休息	
13:20~14:10	座談討論…翁寶山執行長、逢筱芳小姐、劉代欽組長	
14:10	閉會	

▲新書介紹

(輻協 劉代欽)

書名：醫用保健物理學

作者：高雄醫學大學醫技系張寶樹教授

出版：俊傑書局股份有限公司，106 台北市復興南路二段 377 號，聯絡電話為 02-23770477。

『醫用保健物理學』一書是張寶樹教授繼『輻射防護試題彙編』、『輻射保健講座十講』、『放射物理學試題彙編』等書之後，又一嘉惠青年學子的著作。張教授以其在高雄醫學大學醫技系放射組以及附屬醫院多年的實際工作經驗，花費數年的時間，撰寫此本厚達千頁的巨冊，作為大專醫、理、工科學生的教材和參考資料。

本書分為十章：第一章「保健物理學

導論」，第二章「近代物理學複習」，第三章「衰變與衰減」，第四章「輻射劑量學」，第五章「輻射生物學」，第六章「輻射防護原理與法規」，第七章「體外曝露的輻射防護」，第八章「體內曝露的輻射防護」，第九章「醫院的輻射防護實務」以及第十章「非游離輻射的防護」。本書的特點是從醫學的立場去瞭解保健物理學，全書內容自基本的物理學至專業實用的章節，凡是在醫院中所遇到的保健物理問題，應有盡有。本書另一特色為例題多、習題多，且附有解答。因此，作為醫學院校放射技術科系有關保健物理學的教科書或參考教材，本書都是相當適合而值得推薦的。

▲新書介紹

(高醫醫技系 張寶樹)

書名：「臺灣核能史話」

作者：輻射防護協會翁寶山執行長

翁寶山教授新著「臺灣核能史話」是繼「臺灣的輻射源與應用」一書所寫的。

「臺灣核能史話」一書以我國的核能建設為主，以史實敘述的筆調，將臺灣核能科技四十餘年來的發展與建設過程，作一詳實的記錄。

「臺灣核能史話」一書共計十三章，其內容為：第一章核能發展重要紀事、第二章原子奧祕的探索、第三章核分裂反應的回顧、第四章海內外尋找鈾鈷、第五章核燃料與能源供應、第六章核能的管制組織、第七章凡事豫則立的運用、第八章步入核能發電紀元、第九章能源危機及對策、第十章核能應用法規簡述、第十一章緊急應變的組織、第十二章放射性廢料的管理、第十三章今後發展的趨勢。

對於過去百年的生活品質具有最大的影響之工程學成就，核子工程與技術是其中之一。核能科技在 1940 年代問世，提供新的能源，截至 2000 年為止，全球共有 438 座核能機組在運轉，而臺灣有 6 部核能機組在運轉，2 部核能機組正在興建。

民國 44 年為我國核能建設的起始點，迄今(民國 90 年)已經歷 46 年。我國核能科技從無到有是由許多臺灣核能界的先輩堅苦卓絕的犧牲奉獻，為國人帶來核能科技福祉的享受。隨著臺灣的政治發展，核能科技遭受相當的誤解，尤其核能建設被宣染為非核家園對抗的目標，更為我國核能建設埋下發展的陰影。「臺灣核能史話」一書指出我國日後核能科技發展的因應之道，如為創造我國核能科技競爭的優勢，未來則需要許多優秀的人才投入。

「臺灣核能史話」一書由原子能委員

會編印，已於今年(民國 90 年)8 月印行。關心我國核能科技發展的國人，對於該書可逕洽行政院原子能委員會，電話為 (02)23634180，網址：www.aec.gov.tw。

▲輻射遺傳效應評估

(陽明 陳為立)

一、引言

游離輻射的曝露可造成生物生殖細胞(germ cell)的傷害，已是不爭的事實。¹通常這類傷害可經由生殖細胞的基因突變(gene mutations)與染色體變異(chromosomal aberrations)轉移至其子代，再經子代本身新陳代謝作用的擴大，而在被曝露者的後代產生各種所謂遺傳病變(hereditary disorders)。但目前直接的人類輻射遺傳效應數據相當有限²(僅日本廣島、長崎核災存活者的後代提供了少量直接的人類研究數據)。因此由哺乳動物(主要是小鼠)及植物輻射遺傳學研究的數據，至今仍是構成評估人類輻射遺傳效應的主要基礎。生物實驗數據所能提供的主要是其突變率的估算值，這些數值在某些假設的條件下，可轉換成人群中發生遺傳病變的機會率。須注意的是此種推論法既然有假設條件，當然有其相關的不確定性。

人類重要的遺傳傷害可略分為基因突變與染色體變異兩類，前者為遺傳基本單位基因的改變，後者為遺傳特性組成物染色體結構或數目的改變。突變基因依其在下一代的影響力，又可分為父母中任一方帶有此基因即可在子代中顯現的顯性(dominant)突變基因及父母兩方都需帶有此基因方在子代顯現的隱性(recessive)突變基因。突變基因若座落在 x 染色體(決定性別的染色體)上，稱為性染色體(x-linked)基因突變；而座落在其他染色體上的稱為正染色體(autosomal)基因突變。結

構性的染色體變異包括同一染色體之部分染色體物質增加或消失及不同染色體之部分片段(segments)的互換。染色體數目變異包括失去或增加了整條的染色體。須特別注意的是僅有很少數目的染色體變異病患，形成先天性不正常 (congenital abnormalities)的遺傳病。

二、輻射引發遺傳病變的評估方法

通常遺傳病變機率的評估方法可略分為“二倍值劑量法”(doubling dose method)及“直接法”(direct method)兩類。它們分別類似於評估癌病變機率評估法中的“相對風險度法”(relative risk method)及“絕對風險度法”(absolute risk method)。國際放射防護委員會(ICRP)²較偏好於使用二倍值劑量法，這也是美國游離輻射生物效應(BEIR)¹委員及聯合國原子輻射效應科學委員會(UNSCEAR)^{3,4,5,6,7}最常引用的遺傳病變發生率的評估方法。

所謂“二倍值劑量”就是在下一代中產生較自然發生突變率增加一倍的劑量。基於低劑量率曝露的小鼠數據，國際間著名學術團體及報告，如 ICRP-26(1977)，UNSCEAR(1977 ~ 1988)，BEIR-V(1990)等，自 1977 年起至今所採用的二倍值劑量數值仍為 1Gy(100rem)。由於廣島、長崎核災害存活者的遺傳效應研究，並未如動植物實驗數據所預測的嚴重。故 BEIR-V 報告乃基於上述負性發現(negative findings)，雖採用了 1Gy 的二倍值劑量為其評估遺傳效應的依據，但認為其不確定度相當大，大約為 95%可信度的下限值(lower 95% confidence limit)。

利用二倍值劑量方法，可將由輻射曝露誘發過多遺傳病變的機率估算出。對於連續的低劑量率曝露，在遺傳病變平衡條件下，每單位劑量誘發的遺傳病變機會率應等於自然發生的一般遺傳病變數

(prevalence of naturally-occurring hereditary disorders)除以二倍值劑量。在正常條件下，人口群中其每代突變率的增加與消失(經自然淘汰)已達一平衡狀態。當然在新平衡狀態下，遺傳病變發生的機會率必會增加。只要觀察統計下一代遺傳病變增加的數目及突變基因(mutant genes)增加的數量，並假設其間有一定的比例關係，則每單位輻射劑量在每代，每百萬新生兒中增加的遺傳病變數便可評估出。但是，即使假設輻射誘發突變的分佈(spectrum)與自然發生的突變(spontaneous mutation)十分相似。此類模式亦僅較適用於正染色體顯性(autosomal dominant)病變及性染色體病變等較簡單的遺傳模式，對於多因素病變(multifactorial disorders)並不完全適用。這點在引用輻射誘發率時要特注意病例的出現是否應含蓋多因素病變。

三、遺傳病變的分類

所謂遺傳病變是指因人類細胞基因突變或染色體變異而造成生理條件的改變，由前代傳送至後一代的變化。習慣上這些病變略分為三類：

- (1) 孟代爾(mendelian)類 —— 由於單一基因突變所誘發的病變，包括正染色體顯性(autosomal dominant)或正染色體隱性(autosomal recessive)及性染色體病變，其在後代的出現，導循孟代爾遺傳定律。
- (2) 染色體(chromosomal)類 —— 由於染色體數目改變或結構異常誘發的遺傳病變，例如唐氏症(Dow's syndrome disease)。
- (3) 多因素類 —— 由於多種基因及環境因子聯合交錯作用誘發產生的遺傳病變。此類病變包括在出生就顯現的先天性異常及成年後顯出的各型遺傳病

變。

現今歐美代表性(western-type)人口群自然發生的流行遺傳病變發生之機率，估計正染色體顯性及性染色體者佔 1.0%(0.9%+0.1%)，正染色體隱性者佔 0.25%，染色體變異者佔 0.38%。早期研究顯示，先天性異常及其他多因素病變者分別佔 4.3%及 4.7%，近年這數字修正上昇為 6.0%及 6.5%。^{5,6,7,8}

不同遺傳病變對生活影響的嚴重程度變化極大，大部分的正染色體隱性，性染色體及染色體變異病變顯現在嬰兒期或童年。正染色體顯性病變在童年即鑑定出者只構成一般(prevalence)值 0.9%的一小部分，通常多數首次出現在成年期，而先天性異常多出現在出生時，其他多因素病變亦多開始於成年期。大約有 1/3 至 1/2 所

有自然發生的遺傳病變其嚴重性可以類比為致死癌病(fatal cancer)。這主要是由於其出現於早期生活，或雖出現在成年期但其危害性(detrimental)的嚴重性被視為致命疾病(lethal disease)，例如老年人常見的罕丁頓症(Huntington's disease)。

四、遺傳病變的機率評估：

在過去 10 年中，最常被引用的遺傳病變機率值主要由 UNSCEAR 及 BEIR 委員會提出，其結果整理於表 1，值得注意的是此兩權威機構的評估值相差並不大。

表 1.以二倍值劑量法評估在 1Gy 低劑量率，低直線能轉移(low LET)輻射照射雙親代(parental)人口群後，產生嚴重遺傳效應的機率值。²

資料來源	二倍值劑量(Gy)	自然流行遺傳變率(10^{-2})	輻射誘發機率(10^{-2}Gy^{-1})		
			第一代	第二代	所有代
UNSCEAR 1977	1	10.51	0.63	—	1.85
UNSCEAR 1982	1	10.63	0.22	—	~1.50
UNSCEAR+ 1986	1	1.63	0.18	—	1.04
UNSCEAR* 1988	1	~1.30	~0.18	0.14	~1.20
BEIR 1980	0.5~2.5	10.70	0.15~0.75	—	0.60~1.10
BEIR Δ 1990	1	3.6~4.6	0.15~0.40	—	1.15~2.15

+1986 不包括多因素病變。

*1988 不包括多因素病變及染色體數改變。

Δ 1990 包括先天性不正常，但不包括一般的多因素病變。

有關 BEIR 委員對不同類別的遺傳效應的詳細評估值，可參考表 2。

表 2. 每代 1Gy 輻射劑量的遺傳效應評估值。¹

病變形式	自然流行率(10^{-2})	增加率($10^{-2}\cdot\text{Gy}^{-1}\cdot\text{代}^{-1}$)	
		第一代	第二代
正染色體顯性			
嚴重臨床症狀	25	0.05~0.20	0.25
輕度臨床症狀	75	0.01~0.15	0.75
性染色體	4	<0.01	<0.05
隱性	25	<0.01	緩慢增加
染色體失衡			

移位	6	<0.05	少量增加
Trisomies	38	<0.01	<0.01
先天性不正常	200~300	0.1	0.1~1.0

五、一般輻射劑量遺傳效應的評估

我國現行游離輻射防護安全標準主要是參考 ICRP-26 號報告修訂。此報告對每西弗輻射劑量誘發的前兩代內嚴重遺傳病變的機率訂為 1%。在考慮被曝露人口群中，有生育能力者約佔 40%，故取 0.4% 作為每西弗輻射劑量誘發嚴重遺傳病變的機率(即危險度)。將此機率乘以輻射工作者歷年所接受的累積輻射劑量，便可將其輻射遺傳效應危險度算出。但須注意的是遺傳病變的風險因子即遺傳病變誘發機率所採用的每西弗增加 1%，是針對大數量人口群所推導出的統計值，這類機率值，對於小人口群以至於個人，由於統計不確定度太大而不具實用意義，此為引用輻射傷害機率性效應時，必須注意的基本原則。

參考文獻

1. NAS(1990).Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation. BEIR V Report, National Academy of Sciences. National Academy of Sciences. National Academy Press, Washington, DC. PP, 65-134
2. ICRP(1990) Publication 60 1990 Recommendations of the ICRP, Pergamon Press, Oxford. Pp.143
3. UNSCEAR(1977).Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. E. 77.IX.8, United Nations, New York.
4. UNSCEAR(1982), Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation E82.IX.8, United Nations, New York.
5. UNSCEAR(1986a). Genetic and Somatic Effects of Ionizing Radiation, Annex B. Dose Response Relationships for Radiation Induced Cancer. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. E.86.IX.9. United Nations, New York.
6. UNSCEAR(1986b) Genetic and Somatic Effects of Ionizing Radiation, Annex c. Biological Effects of Prenatal Irradiation, United Nations Soientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. E.86.IX.9,United Nations, New York.
7. UNSCEAR(1988c) Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation, Annex E. Genetic Hazards. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation.E.88.IX.7, United Nations, New York.

8. Trimble, B.K. and Doughty, J.H.(1974) The amount of hereditary disease in human populations. Ann. Hum. Genet.(Lond.)38,199-223
9. ICRP(1997)Publication 26. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Pergamon Press, Oxford.

▲台灣的乳房 X 光檢查照射劑量與影像品質之評估(續) (國泰醫院 杜慶燾)

5. 結論

此次檢查中的 10 部乳房攝影 X 光機，其日常保養管理狀況堪稱良好。

影像評估方面，自動攝影和手操作攝影的合格率皆為 80%，10 家院所中的任何 1 家都至少有 1 項是檢查合格。

自動顯影機的管理狀況不甚完善，10 院所都有改善的必要。

劑量評估方面，除了特殊情況（乳房特別大）之外，10 院所中有 8 家院所低於 IAEA 的導引值。台灣女性的乳房以中型為最多，因此可採用 1.94 mGy 為台灣的乳房吸收劑量之代表劑量；亦可以採用三組的平均劑量 2.17 mGy 為代表劑量。不論採用何者，其劑量均低於 IAEA 的導引值。

6. 誌謝

這次能順利圓滿完成檢查及評估工作，筆者特別感謝：日本藤田保健衛生大學醫學部放射線科學教室古賀佑彥教授及衛生學部折戶武郎教授的鼎力相助。古賀教授是 ICRP 日本代表團第 4 組召集人，亦為日本厚生省指定醫療放射劑量評估研究小組召集人。此次來台進行檢查工作的 4 位成員，分別為：副教授鈴木昇一博士、研究助理淺田恭生博士、博士班研究生龜井哲也先生、及大四學生西一太先生。其機票及飯店住宿費皆由古賀教授的研究經費支出，筆者負責成員在台 8 月 21 日至 26 日一切陸空交通及餐飲費用。古賀教授特別關照這次的檢查工作，每晚皆以電子郵件慰問小組成員的健康狀況及工作進度，並鼓舞士氣，實令筆者感動與敬佩。此外，亦感謝技術學會郭家滿常務理事及夫人，於南部地區檢查工作進行的過程中給予莫大的協助。

特此對國內 10 家院所：正隆聯合診所、台北市立和平醫院、聯安診所、林口長庚大學附設醫院、國立成功大學附設醫院、高雄醫學大學附設醫院、高雄長庚大學附設醫院、台北市立仁愛醫院、國立台灣大學附設醫院、台北榮民總醫院等各院所的行政主管、科主任、協助檢查的各位技師致上最高的敬意和謝意。

最後特別感謝前清華大學翁寶山教授的指正。

參考文獻

1. 日本醫學放射學會乳房攝影 guide-line 委員會編：《乳房攝影 guide-line》，東京，日本 Springer Verlag 出版，1995。
2. 乳癌健康檢查指導手冊---精確度管理 manual，乳房 X 光攝影健診實施與提高準確度有關調查研究，準確度管理指導手冊編寫委員會編，東京，厚生省，1999。

- 3 · Brenner D. J. and Amols H. I., Enhanced risk from low-energy screen-film mammography. X rays. *Br.J. Radiol.*62,910-914, 1989
- 4 · 飯沼 武， 館野之男：接受乳癌 X 光團體檢查的風險、利益分析。日醫放射會誌 49, 1989,1091-1095。
- 5 · Feig S. A., and Ehrlich S. M., Estimation of radiation risk from screening mammography : Recent trends and comparison with expected benefits. *Radiology*,174,638-647, 1990
- 6 · ACR : Medical Physicist's manual, Merrifield, VA, 1992
- 7 · Hubbell J. H., Photon mass attenuation and energy absorption coefficient from 1 keV to 20MeV, *Int. Appl. Isot.* 33, 1269-1290, 1982
- 8 · Sobol W.T. and Wu X. : Parametrization of mammography normalized average glandular dose tables. *Med.Phys.*24(4) : 547-554, 1997
- 9 · 日本放射線技術學會放射線攝影分會編：乳房精度管理手冊，京都,日本放射線技術學會, 1997
10. ICRP : Publication 60 (1990 Recommendation of ICRP, adopted by Commission on November 1990) 丸善，東京。
11. NCR : NCRP report No.85, Mammography-A User's guide, Bethesda, MD,1986
12. Hammerstein G. R.,Miller D. W.,White D.R.,Masterson M.E.,Woodard H.Q., and Laughlin J.S., Absorbed radiation dose in mammography. *Radiology* 130, 485-491, 1979
13. Zoetelief J.,Eisenhauer C. M., and Coyne J. J., Calculations of displacement corrections for in-phantom measurements with ionization chambers for mammography. *Physi. Med. Biol.*35, 1287-1300, 1990
14. Dance D. R., Monte Carlo calculation of conversion factors for the estimation of mean glandular breast dose. *Physi. Med. Biol.*35,1211-1219, 1990
15. 日本放射線技術學會專門委員會乳房 X 光攝影標準化班編：乳房攝影標準化.日放技會誌 45,1989 (1) : 37-49
16. IAEA : Safety series No.115, International basic safety standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources, Vienna, 1996
17. 鈴木昇一， 淺田恭生， 折戸武郎等七位：乳房攝影患者之照射劑量與影像評估，映像情報(M)31(2), 1999,77-82
18. 掘田勝平， 寺田 央， 神原俊文等「第五十次研討會：乳房攝影的問題點與今後的方向---有關乳房健康檢查技術的課題」，日放射技會誌 51. 1995 167-204.
19. Karila K., Quality control in mammary radiography. *Acta Radiol. Oncol.*20,213-221, 1981
20. Rimondi O., Gambaccini M., G Candini C. Indovina., P. C., and Rosati A., A survey of radiation dose and image quality in mammography : An ongoing

program in Italy. *Health Phys.*52,437-441, 1987

- 1.歡迎賜稿，稿件請寄新竹市光復路二段 406 號二樓或電傳(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。