

■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

▲考試消息 (輻協訊)

原定於民國 92 年 5 月 24 日(星期六)舉行的九十二年度第一次「輻射防護人員專業測驗」及「放射性物質或可發生游離輻射設備操作人員」執照考試，因 SARS 疫情影響，將延至 8 月 9 日舉行，7 月 1 日至 7 月 10 日再次開放接受報名(一律採通訊報名方式)。詳情請電洽原能會(02)22322191 金先生或(03)5710340 朱鐵吉教授。

▲輻射致敏感劑、生物減少藥物與輻射保護劑 (高醫、張寶樹)

一、前言

對於一位從事於輻射安全工作的輻射防護員與輻射防護師而言，雖然研習過輻射生物學，瞭解輻射對 DNA 的傷害、細胞存活曲線(cell survival curve)、正常組織的劑量-回應關係、輻射敏感度(radiosensitivity)、細胞輻射傷害的修復、增氧比(oxygen enhancement ratio, OER)、直線能量轉移(linear energy transfer, LET)、射質因數(quality factor,

Q)、相對生物效能(relative biological effectiveness, RBE)等觀念，但對輻射致敏感劑(radiosensitizers)、生物減少藥物(bioreductive drug)與輻射保護劑(radioprotector)等化學藥劑卻相當陌生。本文係以保健物理學與放射治療學的立場加以闡釋，希望有助於輻射防護員與輻射防護師更瞭解輻射生物學。

二、輻射致敏感劑

輻射致敏感劑是化學藥劑，其可增加輻射的致死效應(lethal effect)。有許多化合物能夠變更(modify)哺乳細胞的回應曲線，但對放射治療並無助益，因其無法對正常組織與腫瘤有差別效應(differential effect)。輻射致敏感劑的放射治療策略，如圖 1 所示。

目前在臨床放射治療上僅有兩種實用的輻射致敏感劑：(1)鹵化吡啶姆(halogenated pyrimidines)(藥品名)，其使細胞敏感到一個程度，而依相結合的類似物(analogue)的數量而定。在差別效應之下，腫瘤的細胞週期會比週圍正常組織的細胞週期快些。(2)缺氧的細胞致敏感劑(hypoxic cell sensitizers)可以增加缺氧細胞的輻射敏感，但對正常的充氣細胞(aerated cells)無效。在差別效應之下，缺

氧的細胞僅發生在腫瘤的細胞，而不會發生在正常組織的細胞。

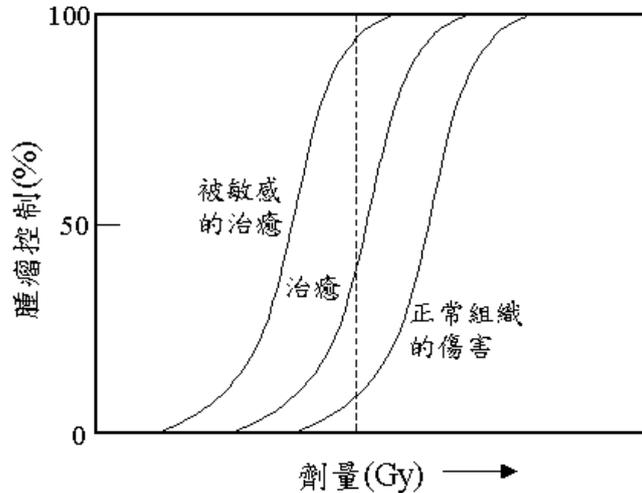


圖 1 輻射致敏感劑的放射治療策略。

使用輻射致敏感劑，以使腫瘤控制曲線(tumor control curve)向左移動，而不會改變正常組織的併發症曲線，或對正常組織的併發症曲線僅有很小的改變。鹵化吡啶啉可使腫瘤的細胞週期會比週圍正常組織的細胞週期快些，缺氧的細胞致敏感劑則以增加缺氧細胞的輻射敏感。

若胸腺核苷(thymidine)的甲基(methyl)被鹵素(halogen)所取代，則結合 DNA 後就產生輻射致敏感性(radiosensitization)，此為非缺氧的輻射致敏感劑(nonhypoxic radiosensitizers)。如鹵化吡啶啉必須與 DNA 結合才能產生致敏感性(sensitization)，細胞須在類似物(analogue，同功異質物)存在下成長數個細胞週期(cell cycle)，輻射致敏感性的程度會隨著結合數量而增加。致敏感劑(sensitizers)是在正常組織與腫瘤有差別效應下才有用的，如鹵化吡

啶啉需要細胞週期較劑量受限的正常組織快些。Iododeoxyuridine(藥品名)被認為較 bromodeoxyuridine(藥品名)好的理由是其為相同的有效輻射致敏感劑，但為更少有效的光子致敏感劑(photosensitizer)。因為神經膠質瘤(gliomas)成長快速而附近正常組織則緩慢成長或不成長，所以神經膠質瘤是輻射致敏感劑臨床研究的題材之一。

缺氧的細胞致敏感劑可以增加缺氧細胞的輻射敏感，但對正常的充氣細胞則無效。腫瘤的差別效應是缺氧的細胞的存生，而在正常組織沒有缺氧細胞的存在。快速致敏感性是一個自由基過程(free-radical process)，致敏感劑以固定由自由基所產生的傷害來模擬氧。慢速致敏感性涉及額外的致敏感性，其發生在致敏感劑與細胞長期培養而造成硫醇耗盡(thiol depletion)。第一個廣泛被使用的缺氧

的細胞致敏感劑是 misonidazole(藥品名)，其可將培養細胞與動物腫瘤對輻射敏感。Misonidazole 的臨床劑量受限於末梢的神經元病(peripheral neuropathy)所造成的次佳化程度，僅有 1/30 的臨床試驗證實 misonidazole 的優點。Etanidazole(藥品名)的體內半衰期(half-life)較 misonidazole 為短，因其較吸水(hydrophilic)，所以無法通過血腦障壁(blood-brain barrier, BBB)。神經毒性(neurotoxicity)是 etanidazole 的劑量限制，但是較 misonidazole 的劑量高三倍。Nitroimidazole(藥品名)使細胞敏感，可作為化學治療藥物(chemotherapy drugs)，特別是烷化劑(alkylating agents)。這種被稱為化學藥力相乘作用(chemopotential)，而藥力相乘作用(potential)是指二種藥物混合的作用大於藥物單獨使用所生作用的總和。

三、生物減少藥物

生物減少藥物(bioreductive drug)是一種化合物，可以在細胞內減少形成有效的細胞毒素因子(cytotoxic agent)。通常生物減少(bioreduction)是喜歡缺氧的條件(hypoxic condition)，且理論上偏好固態腫瘤。主要的生物減少藥物為：(1)熔解-環苯醌(fused-ring benzoquinones)，其有些與絲裂黴素 C (mitomycin C，抗腫瘤藥)有關。(2)不同結構的有機氮-氧化物(organic N-oxide)。(3)雙重功能硝化雜環族化合物(dual-function nitroheterocyclic compounds)。

絲裂黴素 C(mitomycin C)對很多腫瘤有效，缺氧的/氧的細胞毒素比(hypoxic/oxic cytotoxicity ratio)很小。

SR4233 是一種有機硝化氧化物(nitroxide)，其缺氧的/氧的細胞毒素比很大，約為 100。SR4233 對許多動物腫瘤有效。RB6145 是一種雙重功能硝化雜環族化合物，硝化咪唑環(nitroimidazole ring)是一種缺氧的細胞致敏感劑(hypoxic cell sensitizers)，其會有缺氧的細胞毒素(hypoxic cytotoxin)。SR4233 與 RB6145 均被作為照射時的附加物(adjunct)，當輻射殺死需氧細胞(aerobic cells)時，SR4233 與 RB6145 均可為標靶以殺死缺氧的細胞(hypoxic cell)。

放射性硝咪唑(radioactive nitroimidazoles)可作為缺氧細胞的標誌(marker)，其可很快從需氧組織(aerobic tissue)排泄且沒有打斷。在缺氧的區域，放射性硝咪唑可為生物減少。通常放射性硝咪唑是標誌 β^- 發射體(β^- emitter)，如 ^{123}I ，在給藥放射性硝咪唑一天後，以外科手術切除的腫瘤，可以利用自動放射攝影(autoradiography)確認缺氧的區域(hypoxic area)，如以單光子發射電腦斷層攝影(single-photon emission computed tomography, SPECT)，僅有少數的人類腫瘤顯現出含有相當比例的缺氧的細胞，如黑色素瘤(melanomas)與小細胞肺腫瘤(small cell lung carcinomas)。偵測缺氧的區域是有選擇性的，有少數病患僅可顯現 40% 缺氧區域的存在。

四、輻射保護劑

輻射保護劑(radioprotector)是一種可以減少輻射生物效應的化學物。早在 1948 年發現的輻射保護劑是硫氫根化合物(sulfhydryl compounds)，最簡單的硫氫根化合物是半胱胺酸

(cysteine)與半胱胺(cysteamine)。

半胱胺酸含有天然胺基酸(amino acid)，其與半胱胺(SH-CH₂-CH₂-NH₂)均具有毒性。若硫氫根 SH 被磷酸鹽(phosphate)取代，則毒性可以減弱。若在輻射曝露前給藥輻射保護劑以產生某一特定死亡率所需的輻射劑量 D₁，而在輻射曝露前沒有給藥輻射保護劑以產生相同某一特定死亡率所需的輻射劑量 D₂，則劑量減少因數(dose reduction factor,DRF)=D₁(有給藥所需的劑量)/D₂(沒有給藥所需的劑量)。

對老鼠以 X 光照射骨髓或腸(gut)而死，可利用的輻射保護劑的劑量減少因數 DRF 應為 2-2.7。輻射保護劑的作用機制是清除自由基與恢復自由基的傷害。因為輻射保護劑變更輻射的間接作用，所以 X 光照射的劑量減少因數 DRF 與增氧比 OER 相近，但直線能量轉移增加卻會降低輻射保護劑的效能。

輻射保護劑 amifostine(WR-2721)，其對老鼠造血與胃腸的劑量減少因數 DRF 為 1.8(7 天)或 2.7(30 天)，給藥劑量為 900 mg/kg。WR-2721 結構式為 NH₂(CH₂)₃NHCH₂CH₂SPO₃H₂，其對骨髓、腸與唾液腺(salivary gland)有很好的保護作用，但對肺的保護不好，對腦卻沒有作用，因為 WR-2721 具有吸水性且無法通過血腦 BBB。

放射治療所用的輻射保護劑為 amifostine(WR-2721)，在給藥後其可很快速通過正常組織，而很慢地滲入腫瘤，所以有差別效應。WR-2721 已證實對正常組織有保護作用，但對直腸腺癌(adenocarcinoma)的放射治療沒

有保護作用。硫氫根化合物硫氫根化合物不僅為放射治療的輻射保護劑，也可作為化學療法(chemotherapy)的保護劑。

五、結語

輻射致敏感劑與生物減少藥物是經由許多的動物(老鼠)實驗加以證實後，才應用於放射治療，而輻射保護劑則是二次世界大戰美軍以原子彈轟炸長崎、廣島之後才發現，中國大陸現亦探討其臨床效用。由於化學療法已成為癌症治療的第二種重要方法，除了外科手術之外，化學療法合併放射治療或放射治療合併化學療法是許多癌症治療的重要方法，所以輻射致敏感劑、生物減少藥物與輻射保護劑在這種合併療法中有許多值得探討的題目，有待大家參與研究。

▲人會被煞到，動物呢？—談事故時寵物的管理

(環境工程技師 劉東山)

隨著非典型急性呼吸道症候群(SARS)疫情升高，被強制居家隔離的人越來越多，而繼和平醫院、仁濟醫院封院後，最近台北市政府更施鐵腕下令萬華華昌國宅封樓，甚至附近的大理街周圍也被封鎖，希望藉此能控制疫情蔓延。在諸多管制措施中筆者注意到一則不起眼的新聞，謂「有部分被安排至其他國宅隔離的民眾，想攜帶其寵物(貓狗)前往，但為官方拒絕」。雖然媒體上已有獸醫師表示，SARS 病毒不會發生人畜感染問題，不過寵物在事故時的照料問題，已漸漸浮出台面。

筆者月前赴美參加事故緊急應變

相關研討會時，即有專家呼籲在規劃事故應變時要將動物—尤其寵物列入考慮，否則會有問題。

也許有錢的人越來越多，或由於人與人間越來越疏離，孤單寂寞者眾多，故養寵物(貓、狗、鳥等)的人很多。對有些人而言，動物幾乎已成為他們生活中的一部分。在美國已有人呼籲，應該將動物的救災亦納入事故時的緊急應變計畫中，因為未能將寵物納入救災計畫，可能導致民眾不願被疏散或延遲其疏散時間(瘋狂分子可能堅持與其寵物共存亡)。注意疏散通常伴隨必要的收容，而一旦未先規劃將寵物一起收容，絕對會造成管理的大問題。

在事故處理時未能將動物納入規劃，除上述問題外，被污染動物可能因未受管制而擴大污染範圍，甚至再將污染回傳給飼主，形成圍堵漏洞。考慮動物顯然須顧及三種狀況：寵物、家禽家畜及流浪動物，其救災、疏散、除污、收容大致與處理民眾狀況類似。

美國真是動物的天堂，竟然有人針對事故時的動物救災提出呼籲，不過據私下了解真正將其納入事故應變計畫的尚不普遍。此次 SARS 的應變，確實凸顯不少問題，危機處理原則有其共通性，希望藉此能逐步獲得重視與解決。

□會議訓練報導

▲「九十二年放射性物料管理法規研習會」延期通知

(輻協訊)

物管局委託本協會辦理「九十二年放射性物料管理法規研習會」。除中部場次如期在 91 年 5 月 5 日(星期一)假彰化基督教醫院舉辦過之外，其他場次由於 SARS 疫情的影響將延至九月卅日之前舉辦完成，造成已報名學員不便之處敬請見諒！東部、北部、南部各場次研習會開辦之前一週將傳真報到通知。

研習會後，本協會將繕造參加單位名冊送原能會物管局備查，請參加人員務必將你的出生年、月、日填寫詳細，以利物管局製發結業證明書(可列入輻射防護師、員計點)。

▲九十二年度輻協各項訓練班預定時間表

(輻協)

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 操作人員訓 練班	(A 組) 36 小時	A2---8 月 12 日~8 月 19 日(額滿)	(新竹) 清華大學
		A3---7 月 22 日~7 月 29 日(額滿)	(高雄) 輻射偵測中心
		A6---7 月 29 日~8 月 5 日	(新竹) 清華大學
		A8---9 月 2 日~9 月 9 日	(高雄) 輻射偵測中心
		A9---9 月 23 日~9 月 30 日	(新竹) 清華大學
	(B 組)	B3---7 月 16 日~7 月 18 日	(高雄) 輻射偵測中心

	18 小時	B4---7 月 15 日~7 月 17 日(額滿)	(新竹) 清華大學
		B5---8 月 20 日~8 月 22 日	(新竹) 清華大學
		B6---8 月 6 日~8 月 8 日	(高雄) 輻射偵測中心
		B7---10 月 1 日~10 月 3 日	(新竹) 清華大學
		B12--10 月 7 日~10 月 9 日	(高雄) 輻射偵測中心
輻射防護人員訓練班	輻防員(108 小時)	員第 1 期&師第 1 期 第一階段---4 月 14 日~4 月 18 日 第二階段---7 月 21 日~7 月 25 日 第三階段---8 月 25 日~8 月 29 日 第四階段---9 月 3 日~9 日(36hr)	(新竹) 清華大學
		員第 2 期 第一階段--8 月 11 日~8 月 15 日 第二階段--9 月 15 日~9 月 19 日 第三階段--9 月 29 日~10 月 3 日	(高雄) 輻射偵測中心
	輻防師(144 小時)	員第 3 期&師第 2 期 第一階段--9 月 15 日~9 月 19 日 第二階段--10 月 13 日~10 月 17 日 第三階段--11 月 10 日~11 月 14 日 第四階段--12 月 8 日~12 日(36hr)	(新竹) 清華大學
鋼鐵建材輻射偵檢人員訓練班		第 1 期---7 月 10 日~11 日	(新竹) 清華大學
		第 2 期---7 月 30 日~31 日	(高雄) 偵測中心
鋼鐵建材輻射偵檢人員複訓班		第 1 期---7 月 18 日	(新竹) 清華大學
		第 2 期---8 月 1 日	(高雄) 偵測中心

◎ 以上各項訓練班簡章備索詳細內容網址為 rpa.org.tw，電話：(03)5722224。

□ 專題報導

▲ 有效等效劑量與有效劑量的銜接

(輻協 翁寶山)

前言

自從國際放射防護委員會(ICRP-

26)1977 年的建議書發表以後，國際輻射單位與度量委員會(ICRU)提出了一套可以度量的實用量 (operational quantity)，用來補充由 ICRP 建議用於人體的哪些劑量學的量[有時將這些量稱為防護量 (protection quantity)]。

ICRP-60 在 1990 年的建議書中又對這些防護量的定義做了若干修改。因此，成立了由 ICRP 和 ICRU 組成的聯合工作小組，主要的任務是確定這些實用量例如周圍、定向、個人三種等效劑量是否仍能適當地代表這些防護量例如器官吸收劑量、器官等價劑量、有效劑量。其結論是，除了一些對輻射防護無關緊要的特殊情況下，實用量仍能實現其預定的目標。ICRP 74 號出版物是提供一套廣泛而具有權威性的數據，把描述輻射場的量、實用量和防護量聯繫起來。它們將有助

於輻射防護工作人員的方便使用。又 ICRP 與 ICRU 兩個委員會雙方於 1995 年 8 月同意正式批准的最後報告在 ICRP 1996 年報中出版，兼作為 ICRU 的一份報告。

實用量和防護量的關係

實用量和防護量的關係如圖 1 所示，計算和實驗的結果則如圖 2 至圖 4 所示，惟僅以光子與核能電廠作為例子，並以最重要的實驗結果為主，中子和電子須參照 ICRP-74 本文。

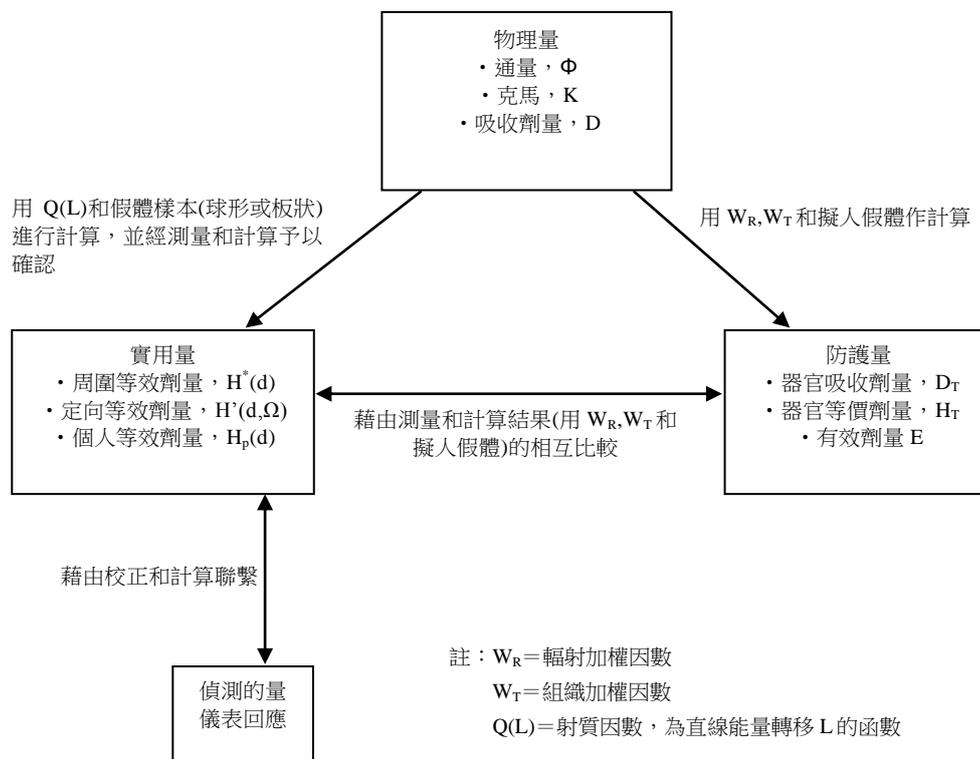


圖 1 為輻射防護偵測目的所用的各種量之間的相互關係

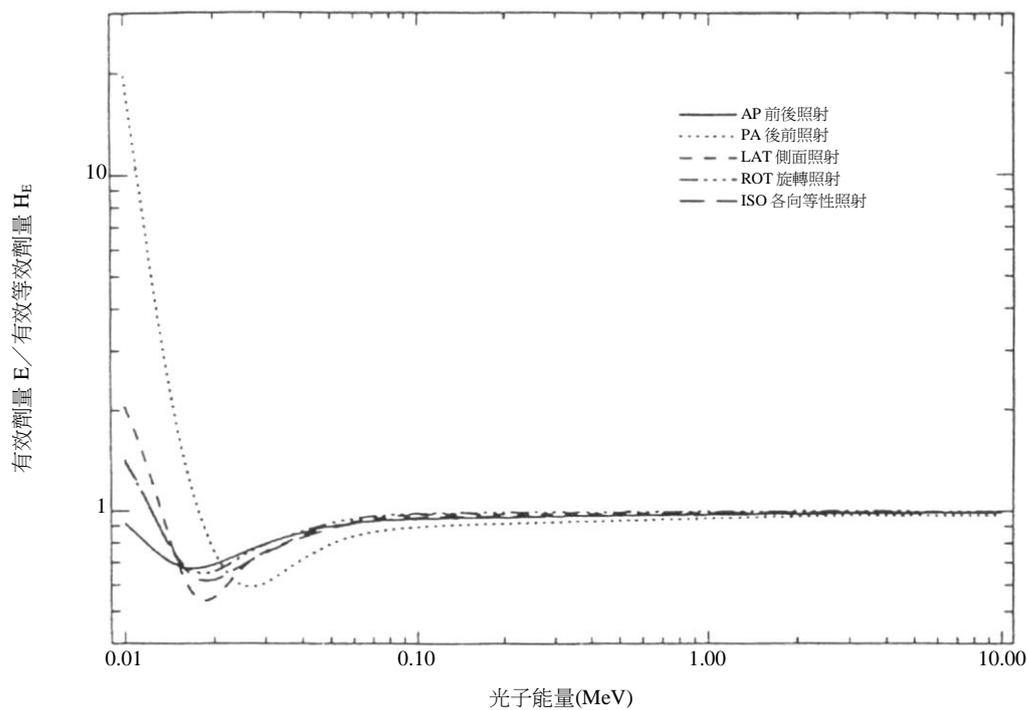


圖 2 就一些照射幾何條件， E/H_E 為光子能量的函數

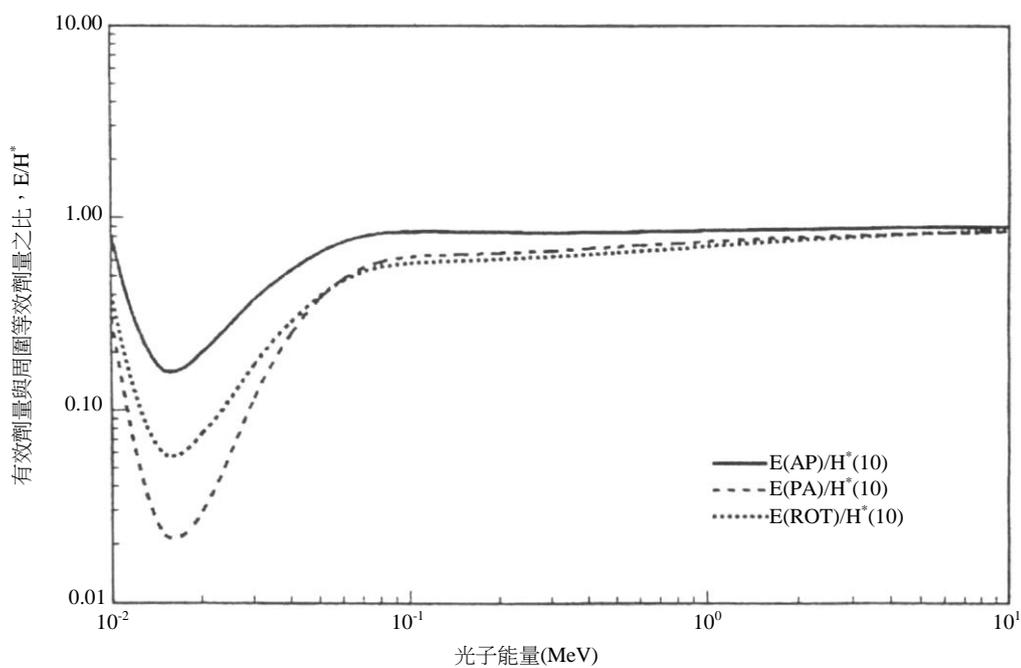


圖 3 就不同的照射幾何條件， $E/H^*(10)$ 為光子能量的函數

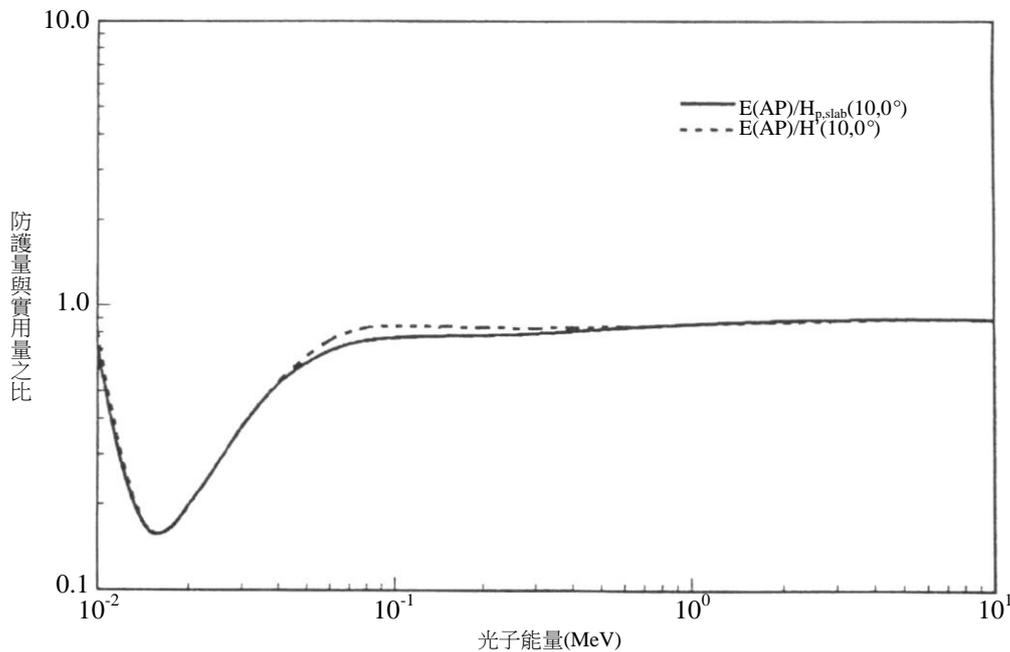


圖 4 在後照射的幾何條件下， $E/H_{p,slab}(10,0^\circ)$ 與 $E/H'(10,0^\circ)$ 之比，為光子能量函數

註：個人等效劑量符號中的 slab 係指 ICRU 板狀假體，30cm×30cm×15cm，0°係指垂直於板狀假體入射，10 指人體 10 mm 深處。

結論與建議

1. 綜合前面的論述，可以得到下列結論：

- (1) 對於 100 keV 以上所有能量的光子，在所有照射條件下，有效劑量 E 與有效等效劑量 H_E 的差異，不超過 12%，且在 1 MeV 以上時， E/H_E 值對所有照射條件而言都趨近於 1。一般核能電廠加馬能量分布在數百 keV 至數 MeV，雖然核能電廠輻射場為貝他與加馬射線混合者，但貝他射程甚短，占有有效劑量的比例極低，對舊劑量間的變化幾無影響，因此這也是國外核能電廠在實務上將體外曝露造成的新舊制全身劑量以 1:1 換算的主因。故對核能發電廠劑量管制實務而言，貝他與加馬射線體外曝露造成的有效劑量與有效等效劑量間採 1:1 換算是合

理可接受的。

- (2) 對眼球水晶體、皮膚及四肢而言，管制眼球水晶體、皮膚及四肢的確定效應，過去所用的等效劑量及現在採用的等價劑量，雖然名稱不同，但本質上為等同者。故在劑量管制實務上，新舊劑量間應毋需換算，可直接比較與加成(即視為 1:1)。
- (3) 一般國外來我國核能設工作的人員所提出的供銜接管制的劑量紀錄幾乎都是體外劑量，且劑量的來源絕大多數都來自加馬射線。因此國外工作人員劑量紀錄若未特別聲明包括中子劑量、貝他劑量或體內劑量，在劑量銜接管制實務上，得視為來自加馬射線的體外劑量。故若須將有效劑量 E 與有效等效劑量 H_E 比較或換算，得視

為 1:1。

- (4) 對中子來說， E 與 H_E 之間確有極為顯著的差別，且在不同能量區間 E 與 H_E 的比值變化極大(最高可達 7 倍多)，除了對 10 MeV 以上的高能中子外， E 與 H_E 不宜視為 1:1。在劑量管制實務上須將新舊制劑量換算的機會微乎其微。惟萬一有特殊狀況而涉及新舊制劑量換算，不宜逕自以 1:1 換算，應依據相關中子能量估算。若中子能量資訊不充分，宜採合理保守的假設。
- (5) 在核能電廠的管制區內並無純貝他(電子)的輻射場，在貝他與加馬混合的輻射場，貝他粒子由於射程短，在體外劑量所占的比例微乎其微。故就劑量管制實務而言，原則上無需考慮新舊制貝他劑量換算。
- (6) 關於體內曝露，由於 ICRP 相關文獻已提供了相當完整的資料，通常可以按照適用的法規體系(ICRP-60 或 ICRP-26)，分別計算其體內劑量(約定有效劑量 E_C 與約定有效等效劑量 $H_{E,C}$)，且一般國外來我國核能設施工作的人員所提出的供銜接管制的劑量紀錄幾乎都是體外劑量，故正常情況下並無換算的需求。若萬一有換算需求時，可按 ICRP 相關文獻建議估算(例如 ICRP-68)。

2. 建議劑量管制實務上處理新舊制劑量換算的程序如下：

(1) 國外人員來我國核能設施工作時

- 適用於已施行 ICRP-60 劑量系統的國家派來的人員。
- 國外工作人員劑量紀錄若未特別聲明包括中子劑量、貝他劑量或體內劑

量，視為來自加馬射線的體外劑量。劑量紀錄上的有效劑量 E [或 $H_P(10)$]與我國法規有效等效劑量 H_E (或深部等效劑量)視為 1:1；眼球水晶體、皮膚及四肢的等價劑量[$H_P(3)$ 及 $H_P(0.07)$]與對應等效劑量之間亦視為 1:1，並據以銜接管制。註：ICRP-60 劑量系統落實在法規實務上，是以個人等效劑量 $H_P(d)$ 代表體外劑量，在核能電廠因輻射場是以中高能量的光子為主，故 $H_P(10)$ (即 $d=10$ mm，對應於舊制的深部等效劑量)可代表體外有效劑量； $H_P(3)$ (即 $d=3$ mm，對應於舊制的眼球等效劑量)代表眼球水晶等價劑量； $H_P(0.07)$ (即 $d=0.07$ mm，對應於舊制的淺部等效劑量)代表皮膚及四肢等價劑量。在以低能光子輻射場(尤其是 20 keV 以下)為主的輻射場，體外有效劑量必須考慮同時考慮 $H_P(10)$ 及 $H_P(0.07)$ 。

- 若國外工作人員劑量紀錄中有中子劑量的紀錄，且經保健物理部門判斷對工作期間的有效等效劑量管制實務有影響而有換算必要時，應依 ICRP-74(或 ICRU-57)所提供的新舊制劑量比值資料換算。若相關輻射能量資訊不充份時，得採合理保守的假設。
- 若國外工作人員劑量紀錄中將約定有效劑量與體外有效劑量分項且合併計算時，則應將其體內攝入量按我國游離輻射防護安全標準附錄五規定的公式計算其與年攝入限度之比值，或依 ICRP-30 提供的劑量轉換係數計算其約定有效等效劑量，再與體外劑量合併並據以銜接管制。

(2)我國人員赴國外核能設施工作且依對方要求提供換算為新制劑量的紀錄時

- 由熱發光劑量計(TLD)偵測所得的體外深部等效劑量、眼球等效劑量及淺部等效劑量均以 1:1 分別換算為新制實用量 $H_p(10)$ 、 $H_p(3)$ 及 $H_p(0.07)$ 。
- 若當事人的體外有效等效劑量紀錄含有中子劑量者，中子劑量部分應依 ICRP-74(或 ICRU-57)所提供的新舊制劑量比值資料換算修正。
- 若當事人的總有效等效劑量在紀錄上為體內外合併者，則體內劑量部分，應將其體內攝入量依 ICRP-68 提供的劑量係數計算其約定有效劑量作修正。

國際經驗回饋

據透過 WANO 國際組織和其他核能電廠資訊顯示，劑量名詞表示的使用，對實務管制工作的變革以體內劑量的評估較具差別。體外劑量部分則因仍使用原體外評估的 TLD 或其他人員劑量計，應有的誤差及劑量轉換係數，除低能量的光子、

中子(原有的誤差就很大)有差異外，較高能量的光子(尤其核電廠常見核種的光子)， E/H_E 差異不大，仍以等效劑量 $H_p(1)$ 及 $H_p(0.07)$ 表示人員的劑量，並將新舊劑量視同相等，不做重新計算。區域和環境的量測則是按 ICRP-60 及 ICRP-74 的建議採用新的實用量及防護量。體內劑量評估部分，日本已採用 ICRP-68 新的劑量轉換係數；歐盟的西班牙電廠 Cofrentes 亦按新的呼吸模式及採用套裝軟體 INDAC 作體內劑量評估。韓國水力及核能(Hydro & Nuclear)公司亦僅還在技術標準研議階段，但據其表示 2003 年將可按新建議值實施。WANO 莫斯科中心的資訊稱，體內劑量表示及計算的改變，是在將過去不可測量的量如等效劑量轉換為較具實務可測量的量如等價劑量。根據蘇聯衛生部門公告的指引，新舊的比例換算為 1，電廠實用則以 0.8 作為管制。表 1 為國際經驗回饋匯總。

註：WANO=World Association of Nuclear Operators 世界核能發電者協會。

表 1 國際經驗回饋匯總

國家及核電廠	新法規實施經驗
日本關西電力公司 Kansai Electric Power	已採用 ICRP-60 (2001 年 4 月) 體外劑量 1.採用 ICRP-74 劑量轉換係數 2.仍使用原 TLD 3.未做新舊量的加成或重新計算
日本九州電力公司 Kyushu Electric Power	體內劑量 1.採用 ICRP-68 劑量轉換係數及 ICRP-74 劑量係數。
莫斯科 WANO 中心	已採用 ICRP-60 體外劑量

	<p>1.採用 ICRP-74 劑量係數 2.仍使用原 TLD 3.未做新舊量的加成或重新計算</p> <p>體內劑量(觀念上以不可測的量改為可測的量) 1.採用劑量轉換係數 1/0.8 2.輻射安全標準規定各種劑量管制限值</p>
<p>韓國水力與核能公司 Hydro & Nuclear</p>	<p>已採用 ICRP-60</p> <p>體外劑量 1.採用 ICRP-74 劑量係數 2.仍使用原 TLD 3.未做新舊量的加成或重新計算</p> <p>體內劑量 1.仍採用 ICRP-26/30 劑量轉換係數。 2.正草擬體內劑量評估指引，預計 2003 年採用。 3.現用 IAEA(國際原子能總署)IBSS(國際基本安全標準)，1996 年。</p>
<p>西班牙 Cofrentes (沸水反應器第六代)</p>	<p>已採用 ICRP-60</p> <p>體外劑量 1.採用 ICRP-74 劑量係數 2.仍使用原 TLD 3.未做新舊量的加成或重新計算</p> <p>體內劑量 1.採用 ICRP-60/66 新的呼吸模式及劑量轉換係數。 2.使用套裝軟體(INDAC)作劑量評估。</p>

參考文獻

1. International Commission on Radiological Protection, **Conversion Coefficients for Use in Radiological Protection Against External Radiation**, ICRP Publication 74, Pergamon Press, Oxford, UK (1997)
2. 魯經邦 個人請益 臺灣電力公司核能發電處，臺北市(2002)
3. 張繼聖 個人請益 第二核能發電廠，臺北縣(2002)

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 轉 314。

