

輻射防護簡訊 85

中華民國96年6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

▲消息報導

(輻協訊)

行政院原子能委員會主任委員歐陽敏盛教授榮退，新任主任委員蘇獻章博士於民國 96 年 5 月 21 日正式接任視事。蘇主委在國立清華大學完成學、碩士學位後赴美深造，獲喬治亞理工學院博士學位。蘇主委於學成返國後，歷任行政院原子能委員會核能研究所要職，接任主委時為原子能委員會副主任委員。

▲許可類密封放射性物質的調整

(輻協 劉代欽)

主管機關原子能委員會在今(96)年 4 月 24 日以會輻字第 0960010657 號公告「指定使用附表所列活度之放射性物質者，應依放射性物質與可發生游離輻射設備及其輻射作業管理辦法第 12 條規定，向本會申請登記證。」這項公告的內容在管制上是鬆綁的，而鬆綁的對象是附表中所列的放射性物質在以密封方式使用時，將其使用活度適用登記證管理的活度上限值提高許多，所以許多現行以許可類管制的輻射源將因此被調整為登記類管理。就目前國內業界常用的密封放射性物質來看，絕大部分將因此歸為登記類管理，鬆綁的範圍頗大，故為文將此調整做一整理比較。

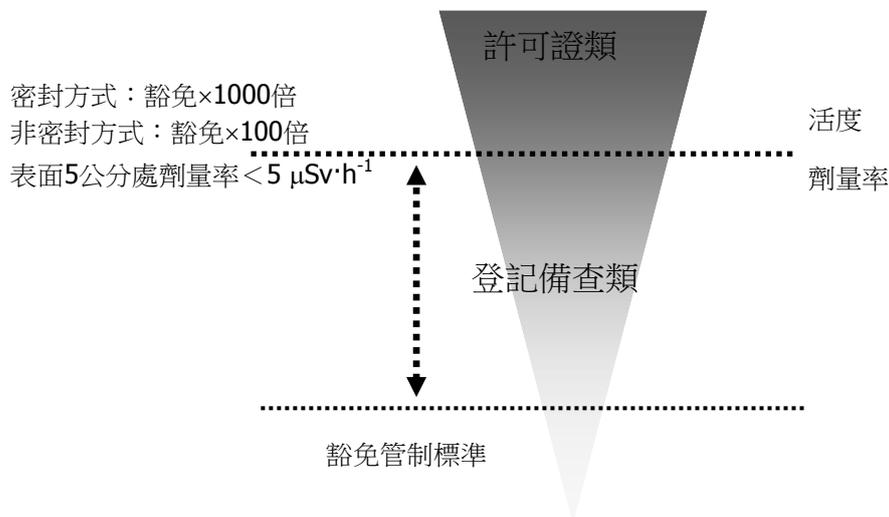
依「放射性物質與可發生游離輻射設備及其輻射作業管理辦法」中第十二條規定，使用下列放射性物質者，應向主管機關申請登記證：

- (一) 毒氣偵檢器中任一組件中所含鈾二四一之活度為一千萬貝克(10MBq)以下，在正常使用狀況下，其可接近表面五公分處劑量率為每小時五微西弗以下者。
- (二) 放射性物質在儀器或製品內形成一組件，其活度為豁免管制量一千倍以

下，在正常使用狀況下，其可接近表面五公分處劑量率為每小時五微西弗以下者。

- (三) 氣相層析儀或爆裂物偵檢器所含鐳六三之活度為七億四千萬貝克（740MBq）以下，在正常使用狀況下，其可接近表面五公分處劑量率為每小時五微西弗以下者。
- (四) 避雷針中所含銻二四一之活度為三億七千萬貝克（370MBq）以下者。
- (五) 前四款以外之放射性物質活度為豁免管制量一百倍以下者。
- (六) 其他經主管機關指定者。

除了上述一、三、四款的特別指定用途外，上述條文有關放射性物質的許可證與登記證的分類可用圖一作簡單表示。



圖一 豁免管制、登記與許可關係簡圖

圖一中我們可看出在活度小於輻射源豁免管制標準活度時，放射性物質沒有特別的管理做為，只要能夠善盡合理抑低的原則即可。但是當使用射源的活度高過豁免管制標準時就會進入登記類的管制範圍，而若使用的射源活度增加到高過登記類的使用上限時，就必須以許可類的規範來管制。所以我們可以說，欲熟悉整個放射性物質輻射作業管理上有關許可、登記與豁免的分類原則，了解登記類的管制範圍是最佳的方式。主管機關此次所公告內容雖說是鬆綁部分許可類密封放射性物質，實際作法則是依上述第六款「經主管機關指定」的方式公告提高表一中所列放射性物質登記類的活度上限值。我們試將這些放射性物質的活度範圍調整情形整理在表一，表一中下限值所表示的活度就等於豁免管制標準活度，而上限值則為圖一中的登記備查類與許可類的分界線活度值，超過此值就應申請許可證，表中將 4 月 24 日公告值與之前的上限值並列，以供輻射作業管理人員參考。

從表中可看到有的新舊上限值差距可達 10^6 倍，以業界常用的 Co-60 與 Ir-

192 二核種為例，新公告的登記證上限值比之前的上限值各分別提高 300 倍以及 8000 倍。所以對於將辦理新申請者就依新公告辦理，若之前已申辦為許可證者，輻防管理上就會考慮年度偵測是否要調整了。

表一 應申請登記證之放射性物質與活度一覽表

核種	應申請登記證活度範圍 ($\times 10^{12}$ Bq)		
	下限值	上限值 _{960424 公告}	上限值 _{舊分類}
Am-241	1.E-08	6.E-02	1.E-05
Am-241/Be	1.E-08	6.E-02	1.E-05
Au-198	1.E-06	2.E-01	1.E-03
Cd-109	1.E-06	2.E+01	1.E-03
Cf-252	1.E-08	2.E-02	1.E-05
Cm-244	1.E-08	5.E-02	1.E-05
Co-57	1.E-06	7.E-01	1.E-03
Co-60	1.E-07	3.E-02	1.E-04
Cs-137	1.E-08	1.E-01	1.E-05
Fe-55	1.E-06	8.E+02	1.E-03
Gd-153	1.E-05	1.E+00	1.E-02
Ge-68	1.E-07	7.E-02	1.E-04
H-3	1.E-03	2.E+03	1.E-00
I-125	1.E-06	2.E-01	1.E-03
I-131	1.E-06	2.E-01	1.E-03
Ir-192	1.E-08	8.E-02	1.E-05
Kr-85	1.E-08	3.E+01	1.E-05
Mo-99	1.E-06	3.E-01	1.E-03
Ni-63	1.E-04	6.E+01	1.E-01
P-32	1.E-07	1.E+01	1.E-04
Pd-103	1.E-04	9.E+01	1.E-01
Pm-147	1.E-05	4.E+01	1.E-02
Po-210	1.E-08	6.E-02	1.E-05
Pu-238	1.E-08	6.E-02	1.E-05
Pu-239/Be	1.E-08	6.E-02	1.E-05
Ra-226	1.E-08	4.E-02	1.E-05
Ru-106(Rh-106)	1.E-07	3.E-01	1.E-04
Se-75	1.E-06	2.E-01	1.E-03
Sr-90(Y-90)	1.E-08	1.E+00	1.E-05
Tc-99m	1.E-05	7.E-01	1.E-02

Tl-204	1.E-08	2.E+01	1.E-05
Tm-170	1.E-06	2.E+01	1.E-03
Yb-169	1.E-05	3.E-01	1.E-02

會議訓練報導

▲96 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	A5---6 月 6 日~ 6 月 13 日	(高雄)輻射偵測中心
		A6---8 月 13 日~ 20 日	(新竹)帝國經貿大樓
		A7---8 月 22 日~ 29 日	(高雄)輻射偵測中心
		A8---11 月 27 日~ 12 月 4 日	(高雄)輻射偵測中心
		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	B 10---6 月 20 日~ 22 日	(台北)建國大樓
		B 8---6 月 27 日~ 29 日	(新竹)帝國經貿大樓
		B13---7 月 25 日~ 27 日	(高雄)輻射偵測中心
		B14---8 月 1 日~ 3 日	(台北)建國大樓
		B15---8 月 29 日~ 31 日	(新竹)帝國經貿大樓
		B16---9 月 12 日~ 14 日	(高雄)輻射偵測中心
		B17---9 月 18 日~ 20 日	(台北)建國大樓
		B18---10 月 3 日~ 5 日	(新竹)帝國經貿大樓
		B19---11 月 7 日~ 9 日	(台北)建國大樓
B20---11 月 14 日~ 16 日	(高雄)輻射偵測中心		
B21---11 月 21 日~ 23 日	(新竹)帝國經貿大樓		
B22---12 月 19 日~ 21 日	(台北)建國大樓		
輻射防護專業 人員訓練班	輻 防 師 (108 小 時)	員 11 期 & 師 7 期 第一階段-- 7 月 3 日~ 6 日 第二階段-- 7 月 9 日~ 13 日 第三階段-- 7 月 30 日~ 8 月 3 日 第四階段-- 8 月 6 日~ 10 日 師 7 期 & 進階 7 (36hr) 第五階段-- 8 月 21 日~ 28 日	(新竹)帝國經貿大樓
鋼鐵建材輻射 偵檢人員訓練班	鋼 1--6 月 7 日~ 8 日	高 雄	
	鋼 2--6 月 21 日~ 22 日	(新竹)帝國經貿大樓	
	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		06 月 05 日---3 小時	(高雄)輻射偵測中心

輻射防護教育訓練	10月26日---3小時	台北(清華大學月涵堂)
	11月13日---3小時	(高雄)輻射偵測中心
	11月30日---3小時	(新竹)帝國經貿大樓
	06月14日---6小時	(高雄)輻射偵測中心
	09月28日---6小時	台北(清華大學月涵堂)
	11月02日---6小時	(新竹)帝國經貿大樓
	12月14日---6小時	(高雄)輻射偵測中心

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

□ 專題報導

▲ 法規上新舊呼吸道模型的比較

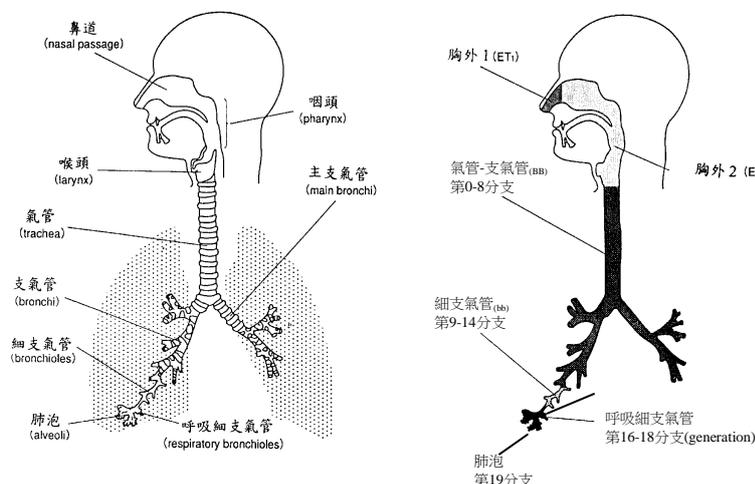
(輻協 翁寶山)

一、前言

新版「游離輻射防護安全標準」即將於民國 97 年(2008)元旦日施行，其中呼吸道模型係採用國際放射防護委員會第 66 號出版物(ICRP-66)，而舊版的安全標準則採用第 30 號出版物(ICRP-30)。這新舊兩種模型的差異頗大，本文擇要互作比較。

二、型態度量學模型

新的度量學模型將呼吸道分成 4 個解剖學區域：(1)胸外區(ET)，由前鼻道(ET₁)和後鼻道、喉、咽和嘴(ET₂)構成；(2)支氣管區(BB)，由氣管和支氣管構成，沉積在此的物質通過纖毛運動廓清；(3)細支氣管區(bb)，由細支氣管區和終末細支管構成；(4)肺泡-間質區(AI)，由呼吸細支氣管(細支氣管和若干接近的肺泡)、肺泡管、肺泡囊和它們的肺泡、以及間質性結締組織構成。這四個區包含有淋巴組織(LT)。LN_{ET} 負責從胸外區(ET)排出淋巴液；位於支氣管區(BB)的 LN_{TH} 則負責排出細支氣管區和肺泡-間質區的淋巴液。上述分區是新肺模型和舊肺模型主要區別之一，今以圖 1 與圖 2 表示。



(a)呼吸氣道解剖學



(b)型態度量模型區分

圖 1 呼吸道解剖學與型態度量模型區分

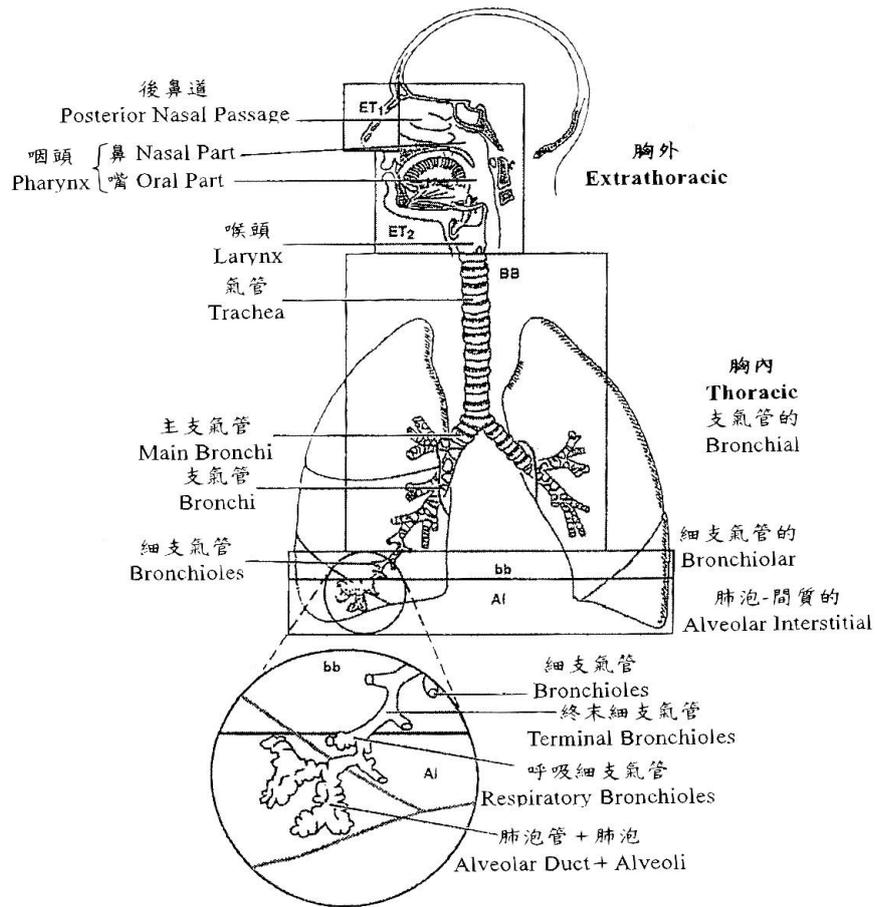


圖 2 呼吸道(ICRP-66 新的解剖模型)

三、輻射生物學考慮

呼吸道癌的遠祖(progenitor)細胞，認為胸外組織的大部分細胞是起源於覆層鱗狀上皮的基底細胞(圖 3)；輻射照射引起支氣管上皮的腫瘤(以及引起腫瘤

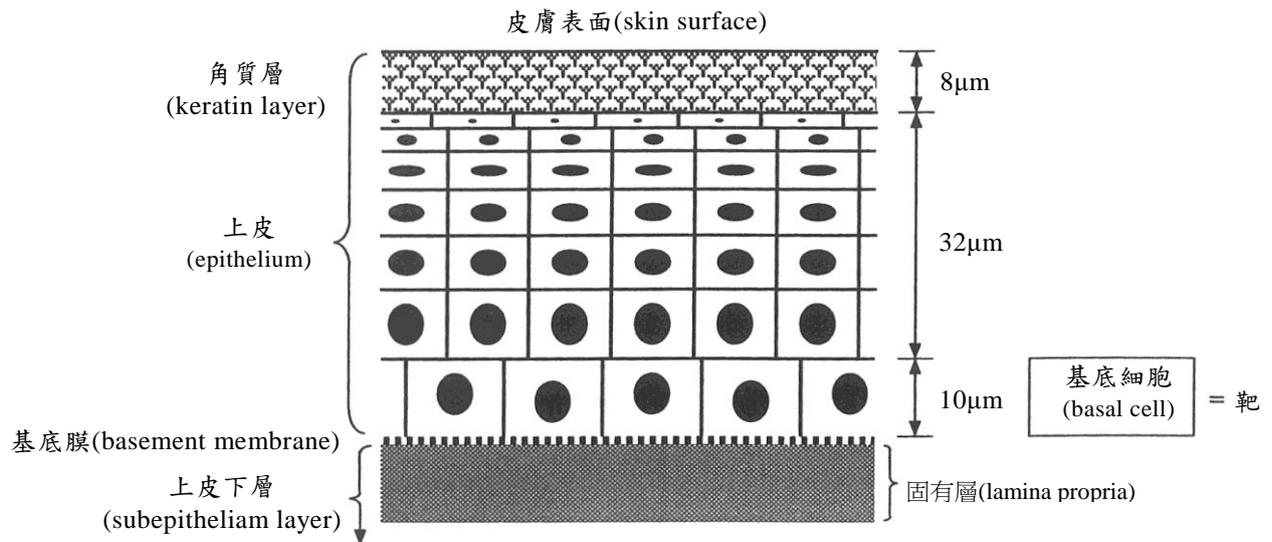


圖 3 ET₁ 上皮組織的模型

的細胞)為：鱗狀細胞癌(基底細胞和分泌細胞)和小細胞癌(基底細胞和分泌細胞)(圖 4)。支氣管上皮則由兩種細胞類型組成，纖毛柱狀細胞和非纖毛分泌

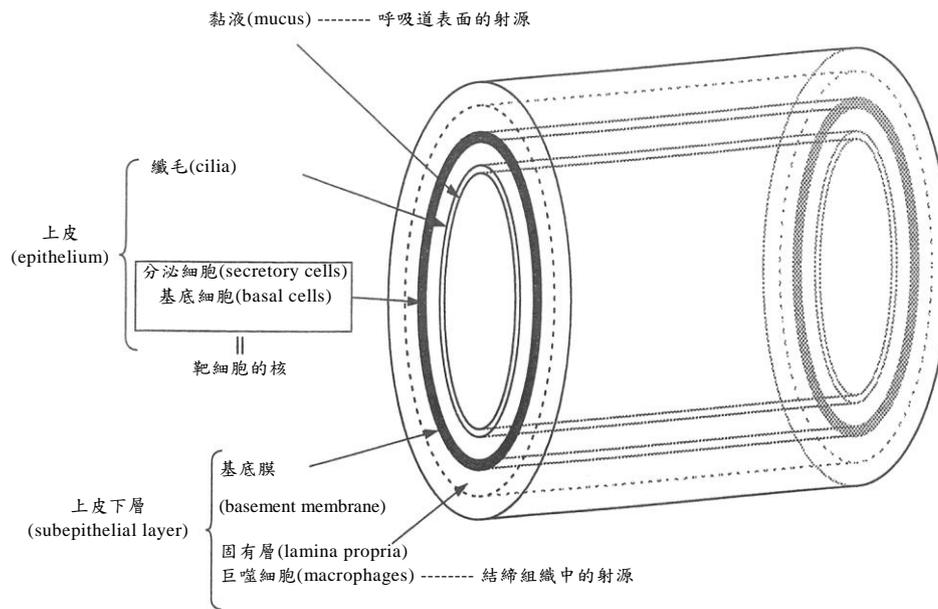


圖 4 呼吸道的模型

(Clara)細胞，但只有非纖毛分泌細胞是癌起源的細胞。在肺泡-間質(AI)區非纖毛分泌細胞 II 型上皮細胞，以及毛細血管的上皮細胞是被認為可以引起癌。

危害的劃分(partition of detriment)。胸區危害的劃分以及在 ICRP 劑量系統中危害-加權等價劑量的應用，由於缺乏有關胸區不同呼吸道組織相對敏感度的合適的定量資料，目前只能確定 BB、bb 和 AI 區各占總危險度的 1/3，具體劃分情況見表 1。

表 1 呼吸道組織之間為輻射危害的劃分所確定的加權因數

組 織	為 W_T 確定的分數(A)
胸外區	
ET ₁ (前鼻)	0.001
ET ₂ (後鼻道、喉、咽和嘴)	1.000
LN _{ET} (淋巴的)	0.001
胸區	
BB(支氣管的)	0.333
bb(細支氣管的)	0.333
AI(肺泡-間質的)	0.333
LN _{TH} (淋巴的)	0.001

四、沉積模型

在人呼吸帶存在的氣載物質又稱為空浮物質，沉積在呼吸道每個區的分數是由粒子參數，包括粒子大小、形狀，以及密度決定。呼吸道大小、氣流率、氣載物質的局部通行時間等解剖學和生理學參數，也對沉積分數有影響。

本模型(如圖 5 所示)對於粒子在胸外呼吸道沉積的模型化是採用經驗法，即通過實驗直接測定男性成人的沉積效率，再按比例推定婦女和兒童的沉積。

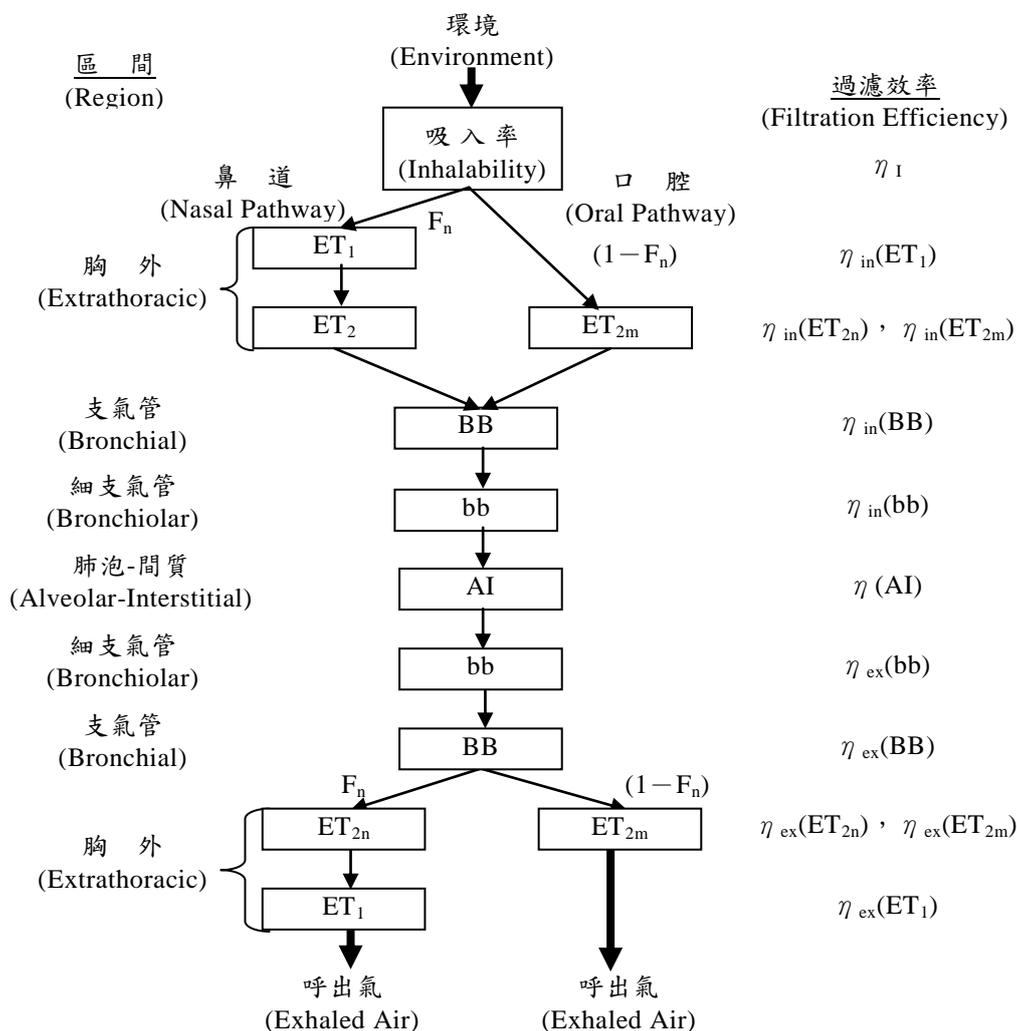


圖 5 呼吸氣道沉積模型

註： F_n 是經鼻吸入的分率， $1 - F_n$ 是經口吸入的分率。 in 表示吸入， ex 表示呼出。

五、氣體和蒸氣

本模型將氣體和蒸氣劃分成以下 3 類：

第一類：不溶性和非反應性氣體(SR-0)。

惰性氣體，又像 H_2 、 He 、 N_2 和 SF_6 在呼吸道表面的氣體是相對不溶的。由某種 SR-0 氣體產生的輻射劑量如需要計算時，可以假定呼吸道內含有相同放射性濃度的空氣。也就是認為此放射性空氣照射呼吸道組織。在許多場合，來自無限雲的 SR-0 類氣體的體外輻射支配著全身的有效劑量。

第二類：可溶性及反應性氣體和蒸氣(SR-1)

這類氣體是 O_3 、 NO_2 和 H_2O 對所有呼吸道都照射，並被吸入組織和血。對

於這類氣體需要評估其在呼吸道每個區的溶解度和反應性，以估算其吸收分布。假定的沉積：10% ET₁、20% ET₂、20% BB、10% bb、40% AI。

第三類：高度可溶性及反應性氣體和蒸氣(SR-2)

這類氣體是 SO₂ 和 HF，在 ET 區全部被吸收。

註：SR = Soluble and reactive。

六、廓清模型

本模型共描述了 3 個廓清途徑。沉積在 ET₁ 區的物質是通過外來的過程移走的，如擤鼻。至於其他區域，廓清是下列兩個過程間競爭：(1)粒子的轉化過程(如巨噬細胞的吞噬及纖毛運動)，將粒子轉化至胃腸道和淋巴結；(2)血液吸收。機械清除的隔室模型如圖 6 所示。

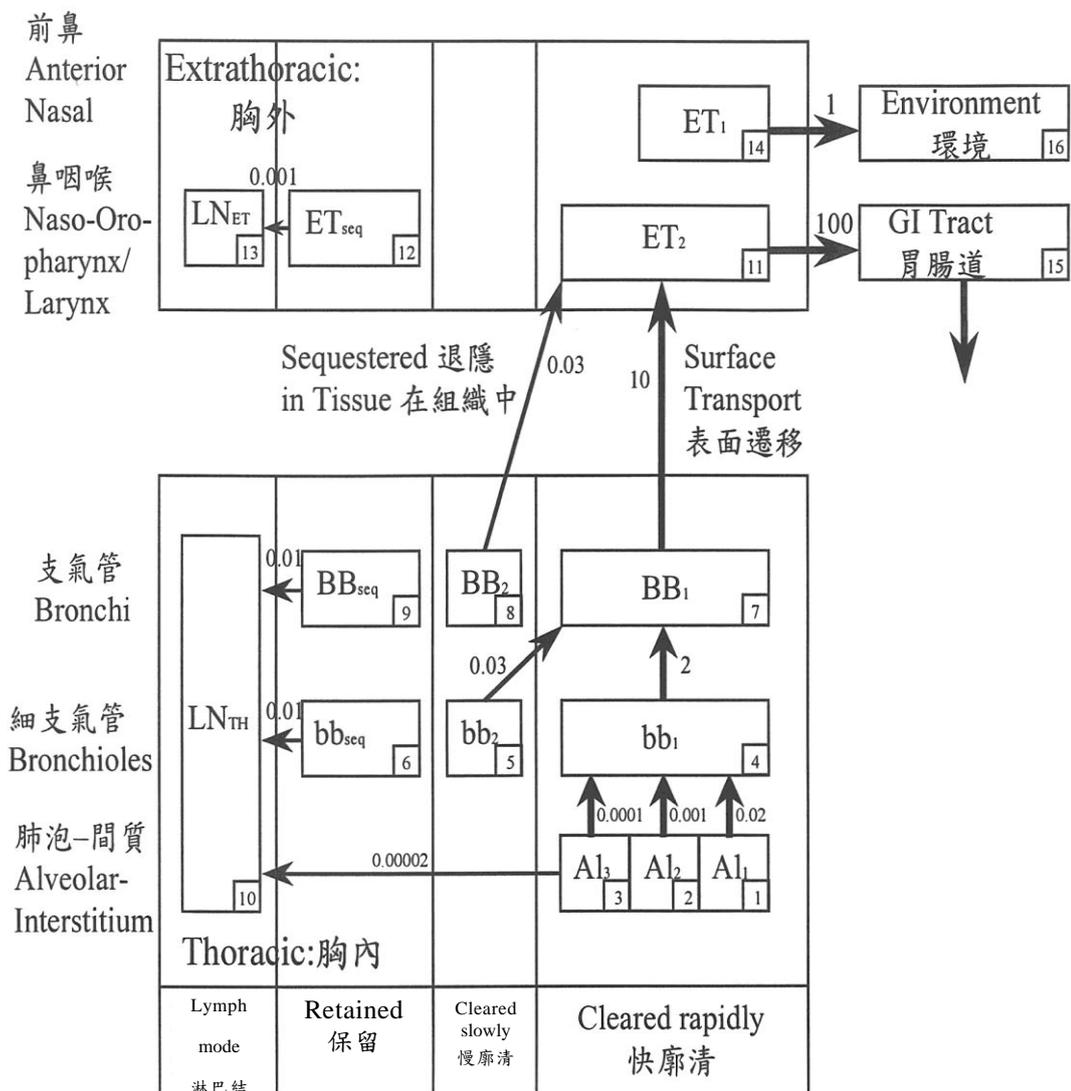


圖 6 機械清除的隔室模型

圖中的數字為廓清速率，天⁻¹，小方塊內的數字除外。

新肺模型認為氣溶膠粒子在呼吸道各區間的廓清由機械清除和移位(在 ET₁ 鼻前部除外)兩個過程實現。機械清除將氣溶膠粒子轉移到胃腸道(GI)和淋巴結

(LN)；移位係將粒子轉移到血液。這兩廓清機制同時存在。

在描述粒子轉化的隔室模型中，為每個途徑所列出的轉換率常數的參考值，其單位日⁻¹(d⁻¹)。根據動物實驗的結果和對人的觀察，沉積物質均有一個慢廓清相。對於氣管和細支氣管，在模型中均有一個用 2 隔室表示。本模型還描述物質在組織中的沉積，在該處退隱(sequestered)並逐步轉移至淋巴結。對於所觀察到的粒子在肺泡-間質區的廓清，則需 3 個隔室對其模型化。

本模型認為，粒子被血液吸收是一個兩階段的過程：粒子分解成能被吸收的物質(溶解、液化)；將吸入可溶性物質和由粒子溶解成的物質再由血液吸收。吸收是物質別的發生在 ET₁ 區以外的所有區域，並假定其吸收率在所有區域均相同。對於有可靠人的或動物的實驗數據者，本模型將採用所觀察到的各化合物的特別吸收率。對於沒有這類吸收數據者，則以原有的 ICRP 的 D、W 和 Y 分類系統為依據，將吸收率規定為「快」F，「中等」M，和「慢」S。這裡必須指出的是舊呼吸道模型的 D、W 和 Y 是指總的廓清，而 F、M、S 則是指血液吸收，如圖 7 所示。

人們已經觀察到，即使最難溶的物質，也可以看到沉積量中的若干份額，早期也能被吸收。因此，本模型對於生物半衰期的設定值(default-values)作如下規定：迅速被血液吸收的 F 類物質為 10 分鐘；對於中等吸收率的 M 類物質中的 10% 為 10 分鐘，其餘 90% 為 140 天。對於極難溶的 S 類物質，0.1% 為 10 分鐘，其餘 99.9% 為 7000 天。

關於修正因子一節的內容很容易引起讀者的興趣，例如粒子在抽煙者支氣管區(BB)轉化率(或廓清率)只有健康而又不抽煙者的一半。

註：D→day，W→week，Y→year，D < 10 天，W 為 10-100 天，

Y > 100 天；F = fast，M = moderate，S = slow

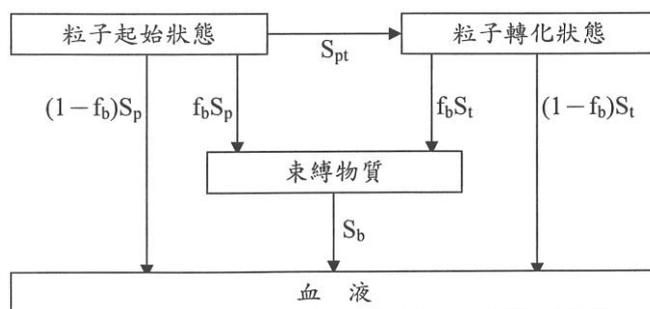


圖 7 向血液廓清的隔室模型

S_p 初始狀態溶解率 S_{pt} 轉化率 S_t 轉化狀態溶解率
 f_b 束縛狀態保留份額 S_b 束縛狀態溶解率

七、劑量學模型

劑量學的計算原理仍以 ICRP-30 為基礎。

新肺模型遵循 ICRP-60 號報告的建議，計算呼吸道各個區間輻射敏感組織的等價劑量 H_T ，然後由肺各區間的危險分度配係數 A (見表 1)按下兩式加權，分別得到肺做為一整體器官時的等價劑量 $H_T(\text{TH})$ 和整個胸外組織的等價劑量 $H_T(\text{ET})$ 。

$$H_T(\text{TH}) = H_T(\text{BB})A(\text{BB}) + H_T(\text{bb})A(\text{bb}) + H_T(\text{AI})A(\text{AI}) + H_T(\text{LN}_{\text{TH}})A(\text{LN}_{\text{TH}}) \quad (1)$$

$$H_T(\text{ET}) = H_T(\text{ET}_1)A(\text{ET}_1) + H_T(\text{ET}_2)A(\text{ET}_2) + H_T(\text{LN}_{\text{ET}})A(\text{LN}_{\text{ET}}) \quad (2)$$

在計算有效劑量時，把胸外組織當作「其餘組織」考慮。

新肺模型仍然採用危險度分配的基本公式計算肺各區間的等價劑量，但考慮的輻射敏感組織和危險度分配則比舊肺模型更為細緻。

新肺模型中，計入對輻射敏感的靶組織為 ET 區的角質化上皮、 ET_2 區的覆層鱗狀上皮， BB 區包含分泌細胞和基底細胞的支氣管纖毛上皮， bb 區包含分泌細胞的細支氣管纖毛上皮、 AI 區的肺泡-間質、胸外淋巴節 LN_{ET} 和胸內淋巴結 LN_{TH} 。

利用兩種肺模型計算所得的成年人吸入活度為 1 Bq 且活度中數空氣動力學直徑(AMAD)為 $1 \mu\text{m}$ 的幾種不同的溶解度類型(相對應於舊肺模型中不同的沉積分類)的核種化合物導致的肺的約定等價劑量。其中心肺模型結果由式(1)對整個肺器官計算得來，指該種情形下接受最大等價劑量的器官。計算結果基於新肺模型草案中所給出的參數，這些參數和現行 ICRP 推薦的參數有些差別。

經計算的 6 種核種，有以下的結果：

- (1) 對易溶性的 α 、 β 放射性氣溶膠(即新肺模型的 F 類及舊肺模型的 D 類核種化合物)，新肺模型所得的肺吸入的單位活度約定等價劑量較舊肺模型的低，可有數量級上的差別。
- (2) 對中等可溶性的 α 放射性氣溶膠 ^{210}Po 、 ^{238}U 、 ^{239}Pu 及 β - γ 放射核種 ^{59}Fe 、 ^{60}Co (即新肺模型的 M 類和舊肺模型的 W 類)，新肺模型所得肺吸入單位活度的約定等價劑量高於舊肺模型，這又取決於 α 粒子的能量；對 β - γ 發射體則取決於其中 β - γ 各產生劑量的份額。
- (3) 對於 ^{32}P 這類高能 β 粒子發射核種(平均能量 $\sim 0.7 \text{ MeV}$)，由於它在整個肺組織中給出較均勻的劑量，因此兩種肺模型所給出的劑量結果接近。
- (4) 對於難溶性和長壽命 α 和 β - γ 發射核種，由於新肺模型計算所得的支氣管區和肺泡-間質區的約定等價劑量相近，因此它們按危險分配係數加權後所給肺當作一個整體器官時的約定劑量與舊肺模型所給結果相近。

兩種肺模型計算所得到的約定有效劑量，經上述 6 種核種的計算結果可見：

- (1) 對可溶性 α 和 β - γ 放射核種(即新肺模型的 F 類及舊肺模型的 D 類)，新肺模型與舊肺模型給出相近約定有效劑量。
- (2) 除 ^{239}Pu 和 ^{32}P 稍偏高外，所有中等可溶 α 和 β - γ 性放射核種(即新肺模型的

M 類和舊肺模型的 W 類)，新肺模型所給的約定有效劑量比舊肺模型高得多 (最高達 4.5 倍)。

(3) 對於難溶性核種(即新肺模型的 S 類和舊肺模型的 Y 類)，兩種模型給出的劑量相當。

根據 ICRP-30，年攝入劑量限度(ALI)指攝入一種放射核種引起的可達職業性照射規定的年劑量限值時放射性核種的攝入量。在 ICRP-60 號報告中所給的劑量限值是指在 5 年內平均，這與 ICRP-30 號報告所指的 ALI 有些差別。由於在吸入同樣特性、同樣量的放射性核種時，由新肺模型和舊肺模型計算所得的肺約定等價劑量和約定有效劑量有一定差別。因此在同一劑量限值下，新肺模型的應用將對舊 ALI 產生一定的影響。

由於吸入單位活度所致肺的約定等價劑量的因素很多，如放射性核種的能量、半衰期、化學型態、吸入者年齡、氣溶膠的粒子分布等。茲舉例於下，如表 2 所示。

表 2 工作人員吸入某些放射核種的年攝入限度

核種		ICRP-30	ICRP-66(1 μm)		(5 μm)
⁶⁰ Co	W	6×10 ⁶ Bq	M	2.1×10 ⁶ Bq	2.8×10 ⁸ Bq
	Y	1×10 ⁶	S	0.7×10 ⁶	1.2×10 ⁶
¹³¹ I	D	2×10 ⁶	F	2.6×10 ⁶	1.8×10 ⁶
¹⁴³ Cs	D	6×10 ⁶	F	4.2×10 ⁶	3.0×10 ⁶
²³⁵ U	D	5×10 ⁴	F	3.9×10 ⁴	3.3×10 ⁴
	W	3×10 ⁴	M	7.1×10 ³	1.1×10 ⁴
	Y	2×10 ³	S	2.6×10 ³	3.3×10 ³
²³⁷ Np	W	200	M	950	1.3×10 ³
²³⁹ Pu	W	200	M	425	625
	Y	500	S	1330	2410
²⁴¹ Am	W	200	M	510	740
年約定劑量限度		有效等效 50 mSv	有效 20 mSv		

【下期待續】

- 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。

八、結語

新舊呼吸道模型的差異可列表如下：

器官和組織	ICRP-30	ICRP-66
源器官(組織)	1. 肺(T-B、P 區及淋巴結) 2. 鼻咽(N-P)不計入 3. 肺視為一個均勻組織	1. 肺(BB、bb、AI)區及胸外區(ET ₁ 、ET ₂)以及伴隨淋巴結LN _T 、LN _{ET} 。 2. 荷電粒子對各區上皮組織作詳細分類，組織中的放射核種視為射源。 3. 光子對廓清模型的各隔室(ET ₁ 、ET ₂ 、LN _{ET} 、BB、bb及LN _{TH} 視為均勻射源)。
靶器官(組織)	1. 肺(T-B 及 P 區) 2. 鼻咽(N-P 區) 3. 肺視為一個均勻組織	1. 肺(BB、bb、AI)區及胸外區(ET ₁ 、ET ₂)以及伴隨淋巴結LN _{TH} 、LN _{ET} 。 2. 荷電粒子對各區上皮組織作詳細分類，靶組織的設定。 3. 光子對廓清模型的各隔室視為均勻靶組織。

表 3 新舊呼吸道模型的劑量計算差異

表 4 新舊呼吸道模型在解剖學上的差異

分支編號	解剖學的部位	ICRP 66		ICRP 30	
		呼吸道	淋巴結 隨各區域	呼吸道	淋巴結 獨立器官
—	前鼻道	ET ₁	—	NP	L
	後鼻道 口腔 咽 喉	ET ₂	LN _{ET}		
0	氣管	BB	LN _{TH}	TB	
1	主支氣管				
2—8	支氣管				
9—14	細支氣管	bb			
15	終末細支氣管	AI		P	
16—18	呼吸細支氣管				
19—	肺泡				

註：ET = 胸外區，TH = 胸內區，LN_{ET} = 胸外淋巴結，LN_{TH} = 胸內淋巴結，L = 淋巴結，

N-P = 鼻咽，T-B = 氣管支氣管，P = 肺。

表 5 新舊呼吸道模型在粒子沉積的差異

註：AMAD = activity median aerodynamic diameter

AMTD = activity median thermodynamic diameter

表 6 攝入銻 239 後有效劑量係數($\mu\text{Sv/Bq}$)在新舊模型的比較

新模型級號	M	M	S	S
AMAD	有效劑量	最高器官劑量	有效劑量	最高器官劑量
1 μm	53	1600	16	180
5 μm	57	1100	9.2	98
舊模型級別	W	W	Y	Y
1 μm	110	2100	81	820

表 7 吸入在肺中沉積量及肺泡初期排泄量在新舊模型的比較

比較項目	ICRP-30	ICRP-66
沉積區	3 區	6 區
粒徑範圍	AMAD 0.2-10 μm	AMTD 0.0005 μm 至 AMAD 100 μm
粒徑設定值	工作人員 AMAD 1 μm 幾何標準差 < 4.5	工作人員 AMAD 5 μm 幾何標準差 2.5 一般人室內外 AMAD 1 μm 幾何標準差 2.47
年齡性別	男性成年人	男女性成年人 男女 15 歲、10 歲、5 歲、 1 歲、3 個月
人種 呼吸習慣	高加索(白種) 未考慮	高加索、其他 考慮鼻和嘴呼吸，以及睡眠、休 息、輕度及重度工作情況

區分	舊模型		新模型			
級別	W	Y	M	S	M	S
粒徑(μm)	1	1	1	1	5	5
肺區的沉積率(%)	33	33	13	13	8.2	8.2
5 日間糞便初期排泄率(%)	38	44	22	23	41	41

表 8 肺計算有效劑量新舊模型的比較(舊模型的有效劑量為 1)

級別	M (W)		S (Y)	
	有效劑量	最高器官劑量	有效劑量	最高器官劑量
1 μm	1.2	1.9	0.48	0.53
5 μm	1.4	2.1	0.46	0.48

表 9 糞便生化分析計算有效劑量新舊模型的比較(舊模型的有效劑量為 1)

級別	M (W)		S (Y)	
	有效劑量	最高器官劑量	有效劑量	最高器官劑量
1 μm	0.82	1.30	0.39	0.43
5 μm	0.31	0.49	0.12	0.13

參考文獻

1. International Commission on Radiological Protection, Limits for the intake of radionuclides by workers. Part I. **Annals of the ICRP 2 (3/4)**, (1979)
2. International Commission on Radiological Protection, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 26, **Annals of the ICRP 1 (3)**, (1977)
3. International Commission on Radiological Protection, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 60, **Annals of the ICRP 21 (1-3)**, 1991
4. International Commission on Radiological Protection, Human respiratory tract model for radiological protection, ICRP Publication 66, **Annals of the ICRP 24 (1-3)**, (1994)
5. International Atomic Energy Agency, International basic safety standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources, **Safety Series No. 115**, IAEA, Vienna, Austria (1996).