

■ 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、

張寶樹、董傳中、趙君行、鄧希平、蘇獻章 (依筆劃順序)

■ 發行人：鄧希平

■ 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

▲ 核安演習第 1 天-飛天、出海、摸黑

(原能會訊)

102 年核安第 19 號演習於 9 月 10 至 11 日假屏東縣恆春鎮、滿州鄉與車城鄉等地進行，10 日下午先由核三廠與輻射監測中心的演練拉開序幕，參與演練及觀摩人員超過 1000 人。行政院毛副院長於視導後，對演習成功表達肯定。

演練假設核三廠遭受類似 2 年前日本東海大地震與海嘯侵襲，廠內外電源全部喪失，冷卻系統受損，反應爐與用過燃料池溫度逐漸上升，瀕臨熔點，岌岌可危。核三廠緊急請友廠支援重型機具，在電廠聯外道路受損情況下，由直升機吊掛維修工具降落核三廠內，迅速送交維修人員手上。此時夜幕逐漸低垂，廠區一片漆黑，但是應變人員壓力隨著反應爐心溫度，居高不下。決策人員當機立斷，在與時間賽跑的壓力下，決定"摸黑"進行緊急電源接線作業與引海水注入用過燃料池等斷然處置作業，終於，因新增購的移動式緊急柴油發電機電源接線成功，備用冷卻系統恢復運作，反應爐與燃料池重新獲得冷卻，阻止事故進一步惡化，核電廠獲得控制。

廠外輻射監測中心則演練另一套劇本，假設核三廠事故過程中有放射性物質外釋，須進行民眾劑量評估，輻射偵測，取樣分析及提出民眾防護行動建議等，並請國防部支援飛機進行空中輻射偵測，以快速獲得核三廠周遭輻射強度分佈，及請海巡署支援船艦進行海上輻射偵測，了解核三廠周遭海域受輻射污染情形。

本次核安演習由行政院原子能委員會主辦，負責規劃的核能技術處徐明德處長表示，今年諸多演練項目均為首創。例如直升機載運維修機具進入核三廠限航區，夜間執行斷然處置演練等；空中及海上偵測也是日本福島事故後我國新建立的機制，第一次在恆春地區演練。本次演習也提供機會讓觀摩人員認識我國核災應變機制與做法，除了中央各部會與地方政府外，也邀請民間環保團

體如台灣環境保護聯盟，媽媽監督核電廠聯盟等單位參與。此外，美國核能管制委員會也派 2 位專家觀摩此次的演習。

行政院毛副院長於視導夜間斷然處置演練後，對演習的成功表達肯定，並表示本次核安演習，原能會特別要求核三廠選擇於夜間執行斷然處置演練，就是希望驗證核三廠能否在不利操作的環境下，完成斷然處置的作為，藉此證明核能電廠有充分的能力保障民眾安全。其他核電廠也都必須具備相同的能力。

▲核安演習第 2 天-長達 70 公里的演練

(原能會訊)

102 年核安第 19 號演習於 9 月 11 日上午繼續在屏東恆春枋山地區舉行，模擬核三廠發生事故，當地居民及地方政府接獲通知後如何執行防災應變措施。從 8 時 30 分核三廠所在地恆春地區的警報聲響起，到枋山鄉加祿堂營區的災民收容安置作業結束，歷時 4 小時、距離長達 70 公里，參演居民及應變人員超過 4000 人，是近年來難得一見寓教於演習，讓民眾有感知的演練。

演練項目包括多元化的警報發布作業，透過台電公司預先建置的預警警報系統、恆春鎮公所替里長們建制的村里廣播系統、中華電信室內電話語音通知系統、地區手機推播簡訊及屏東縣政府的各式巡迴廣播車，讓民眾知悉災害的發生；另模擬上學期間發生核災，恆春鎮大光國小師生疏散至預先規劃好的枋山鄉加祿國小；社區疏散演練、需要高度保全的行動不便老人、入住安養中心的同胞等弱勢族群疏散，並實際演練事故發生時所需要的各項交通管制、輻射偵測、汙染消除、受傷民眾後送、道路中斷接駁運輸及民眾收容安置等協助作業。

行政院毛副院長於視導各項演練後，對於各應變單位充分切實的演練，以民眾安全為重的用心，給予高度肯定。為期兩天的 102 年核安演習，除了核能電廠的夜間斷然處置應變之外，也感謝包括國防部在內的中央各部會，特別是屏東縣政府的投入，共同執行各個項目的演練，讓民眾了解政府對確保民眾安全的各項努力與作為。

本次民眾防護演練在細節方面相當的用心，如民眾防護措施演練提供疏散民眾無污染證明，設計各式防護行動指示牌(如：掩蔽、疏散與特殊協助)，民眾集結疏散演練則依實際情境規劃，有疏散載具者依政府指示自行開車疏散，若無法自行開車，在集結點或住家附近客運站牌搭乘政府車輛進行疏散。原能會表示，希望藉由確切務實之演練，提升民眾防災意識與警覺。

加祿堂營區所提供的收容安置作業，展現屏東縣政府收容安置規劃的完整與用心，妥適的生活環境加上與紅十字會、慈濟等民間組織共同合作救災，透過整合救災資源能量，面對可能發生之災害時，能將民眾妥善安置，同時將撫慰能量緊密結合，可減少民眾的不安與埋怨。

原能會核能技術處徐明德處長於演習後接受訪問時再次強調，核安演習不僅僅只是演習，而是一項承諾，是政府對民眾的承諾。驗證核能電廠經由總體檢後所增進的改善措施，以及最佳化的應變疏散作業，透過中央、地方，軍民一體，具體展現以民眾安全為重之防護觀念，強化支援互助機制，以發揮最佳化之應變作業，並將災害發生時的損失降到最低。「務實演練以離災避災，貼心防護使民眾有感」可說是本次演習的最佳寫照。

□會議訓練報導

▲102 年度各項訓練班開課時間

(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)	103 年 A1--1 月 15 日~22 日	(高雄)輻射偵測中心	
	36 小時 許可類 設備	103 年 A2--2 月 11 日~18 日	(新竹)帝國經貿大樓	
		B16-- 10 月 16 日~ 18 日	(新竹)帝國經貿大樓	
	(B 組)	18 小時 登記備 查類 設備	B17-- 10 月 23 日~ 25 日	(高雄)輻射偵測中心
			B18-- 11 月 6 日~ 8 日	(台北)建國大樓
			B19-- 11 月 20 日~ 22 日	(台中)文化大學推廣部
			B20-- 12 月 4 日~ 6 日	(新竹)帝國經貿大樓
			B21-- 12 月 18 日~ 20 日	(高雄)輻射偵測中心
			103 年 B1--1 月 8 日~10 日	(台北)建國大樓
			103 年 B2--1 月 22 日~24 日	(台中)文化大學推廣部
			103 年 B3--2 月 19 日~21 日	(新竹)帝國經貿大樓
			103 年 B4--3 月 12 日~14 日	(高雄)輻射偵測中心
			103 年 B5--3 月 19 日~21 日	(台北)建國大樓
	輻射防護繼續 教育訓練班		10 月 15 日--- 3 小時	新竹
		10 月 29 日--- 3 小時	台中	
		11 月 19 日--- 3 小時	台北	
		11 月 27 日--- 3 小時	高雄	
		11 月 12 日--- 6 小時	新竹	
		11 月 26 日--- 6 小時	高雄	
鋼鐵建材輻射偵檢人員 訓練班		鋼--10 月 22 日~23 日	(新竹) 帝國經貿大樓	

射防護專業 人員訓練班	輻 防 員 (108 小 時)	輻 防 師 (12 小 時)	員 24 期	(新竹)帝國經貿大樓
			第一階段—12月09日~13日	
			第二階段—12月16日~20日	
			第三階段—103年1月06日~10日	
			第四階段—103年1月13日~16日	
進階 17				
			103年2月25日~27日(進階 17-1)	
			103年3月4日~6日(進階 17-2)	

□ 專題報導

▲核能事故緊急曝露醫療【接續 122 期】

(國泰綜合醫院 杜慶燻理事長譯)

2.3.6 輻射肺障礙的治療

輻射肺障礙，在受到約 8 Gy 以上含身體幹部的體外曝露時發病。

胸部 X 光、CT、MRI 等檢查，可看到間質性陰影增加、肺積水(圖 2-24)，機能上可見不同程度肺活量降低、彌散功能降低、血氧飽和度降低和二氧化碳濃度上升。

這種情況，曝露也常併發骨髓損傷，因此肺部組織損傷之後的反應受到各種修飾，而且也容易併發感染症，所以輻射肺障礙的病狀會變複雜。

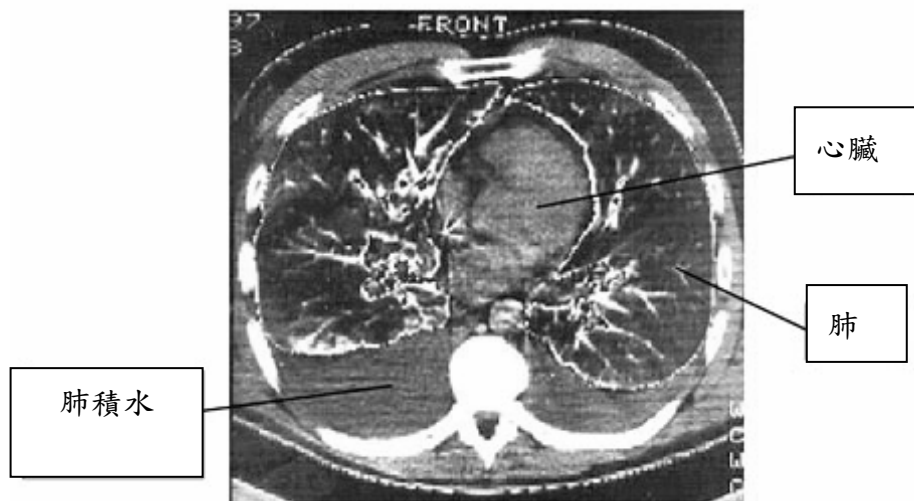
輻射肺障礙的治療，依照症狀程度，投與鎮咳劑、腎上腺皮質荷爾蒙(hormone)等。Pentoxifylline 的高劑量療法和維他命 E (vitamin E)也可能有效。

治療例①prednisolone 60 mg/day

治療例②pentoxifylline(Trental[®]) 400~900 mg/day

治療例③維他命 A(vitamin A)(Juvela[®])1000 mg/day

輻射肺障礙，是高劑量全身曝露時的重要死因(參考 p50「高劑量全身曝露/急性放射線症候群的應對」)，做好併發感染症管理的同時，期盼未來治療法的發展。



(來源：IAEA Publication on Accident Response, The Criticality Accident in Sarov, IAEA, 2001)

圖 2-24 俄羅斯薩羅夫市(Sarov)曝露事故時的輻射肺障礙(肺積水)

2.4 其他

2.4.1 輻射偵測器(survey meter)的實際使用方法

• 輻射偵測器類型

經由輻射偵測器等輻射偵檢儀表可以測得輻射劑量或放射性物質導致污染的情況。輻射偵測器主要有用於測定空間劑量率的有 NaI(Tl)閃爍式輻射偵測器(NaI(Tl) scintillation survey meter)，游離腔偵檢器(ionization chamber survey meter)，He-3 比例計數器等，主要用於測定表面污染的有 ZnS 閃爍式輻射偵測器(ZnS scintillation survey meter)，用於雙方的有蓋革氏偵檢器(Geiger-Mueller survey meter)。(圖 2-25)

這裡顯示使用於測定污染管理或篩檢(screening)的蓋革氏偵檢器的身體污染測定方法和使用 NaI(Tl)閃爍式輻射偵測器的甲狀腺碘測定方法。

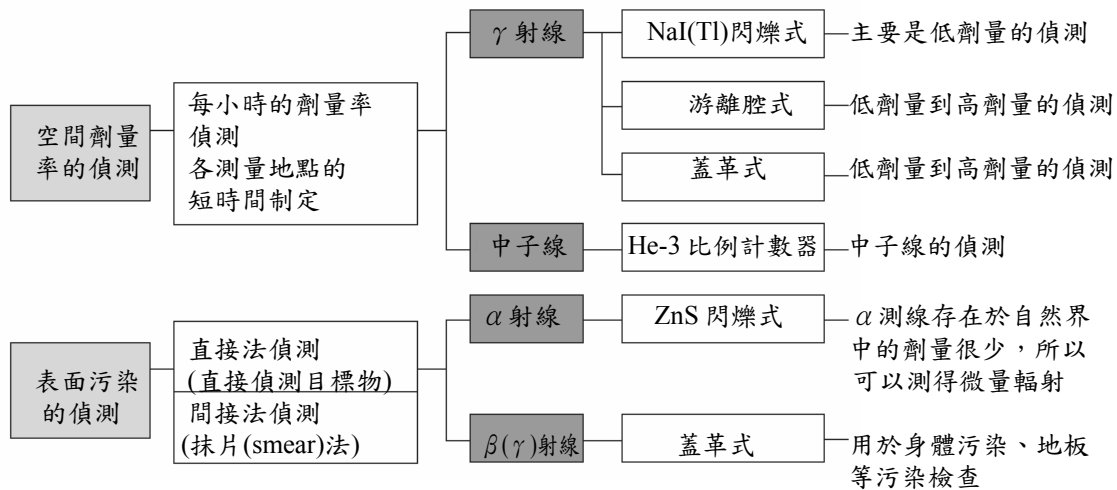


圖 2-25 輻射偵測器的分類

• 使用蓋革氏偵檢器(Geiger-Mueller survey meter)的身體污染測定方法

身體污染測定以確認放射性物質是否存在於身體表面為目的，並且為身體除污或專科醫師作醫療處理的判斷提供需要的身體污染資訊。

1) 身體污染測定

① 輻射偵測器(survey meter)的檢查、保護

- 為了不讓檢測器受到污染，使用膠膜(wrap film)等包覆保護。
- 輻射偵測器接上電源，確認背景(background)值。

② 運送病人時的污染檢查

- 剛開始的污染檢查，快速對目標進行檢測(quick survey)。
- 先進行傷口的污染檢查，其次是口、鼻、耳等開口部的污染檢查，之後，簡單地全身污染檢查。
- 體表污染測定，基本上以頭髮-臉(嘴角、鼻孔)-兩腕-手掌→手背→衣服→其他的順序進行。
- 檢測出污染的部位，檢測器保持超過 20 秒後讀取數值。

③ 除污等處理後的污染檢查

- 傷口除污或緊急醫療、處理結束後的污染檢查，要徹底進行。
- 檢測器的窗面距離病人身體表面或衣服表面 1 cm 左右，以緩慢的速度(2~3 cm/s)掃描。

2) 醫療工作人員及污染區域等的污染檢查

① 病人移送到手術室時

- 病人在處理室裡的污染區域用過的擔架床(stretcher)移出污染區域外時，擔架床的車輪也務必作污染檢查。
- ② 醫療工作人員離開污染區域時
- 醫療工作人員脫掉第 2 雙橡膠(gum)手套，裡面第一雙橡膠手套及防水手術衣(gown)、手術帽、護目鏡(goggles)、鞋套(cover)等進行污染檢查。
 - 之後，要離開處理室時在為進行最後的污染檢查而設置的區域(area)中進行手、手術衣、和鞋底的污染檢查。
- ③ 處理室及污染區域恢復成正常區域時
- 為使處理室恢復正常，進行處理室地板或醫療器具等的污染檢查，有污染的情況進行擦拭除污。
 - 撤除覆蓋處理室地板或設備的保護套後，進行最後的污染檢查。
- 3) 身體污染測定的紀錄和表面污染密度的評估
- 測定紀錄表寫上測定年月日、輻射偵測器(survey meter)號碼等必要事項。
 - 寫上檢查的分界(除污前或除污後)。
 - 紀錄表寫上各測定部位的測定部位名稱和計數率最大值。
 - 純計數率乘以**表面污染密度換算係數**計算表面污染密度。換算係數使用貼在輻射偵測器上的校正表數值。

表面污染密度求法

$$\begin{aligned} \text{表面污染密度(Bq/cm}^2\text{)} &= \text{純計數率(cpm)} \\ &\quad \times \text{表面污染密度換算係數(Bq/cm}^2\text{/cpm)} \\ &\quad \times \text{換算係數補正值} \end{aligned}$$

例：核種	鈷(Co-60)
純計數率	2500 cpm
表面污染密度換算係數	$2.1 \times 10^{-3} \text{Bq/cm}^2\text{/cpm}$
表面污染密度換算係數補正值	1
表面污染密度	$2500 \times 2.1 \times 10^{-3} \times 1$ $= 5.25 \text{Bq/cm}^2$

i. 表面污染密度換算係數

貼在輻射偵測器上的校正定數以 Bq/cpm 表示，所以用檢測器的窗面積 (20cm²) 去除。

ii. 換算係數補正值

表面污染密度換算係數大多數都是使用鈾(uran)射源而得，因此測定放射性碘時，表面污染密度換算係數的補正值是 4.3。

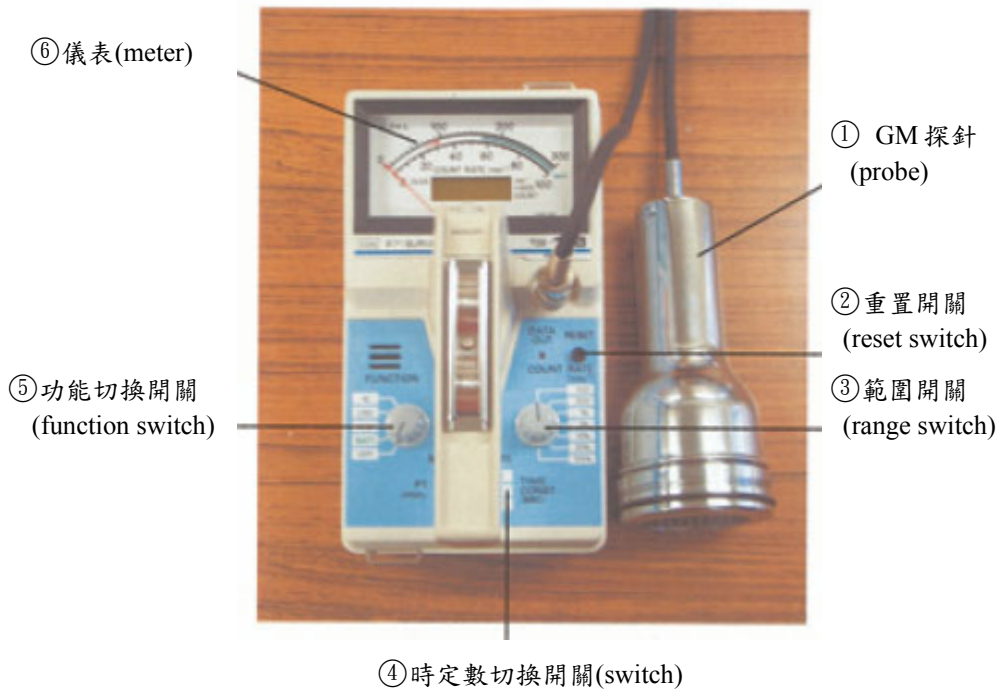


圖 2-26 蓋革氏偵檢器(Geiger-Mueller survey meter) (TGS-136 型)外觀圖

表 2-12 不同型式的校正定數等例 ^{*1}

型式	校正定數 (Bq/cpm)	背景值(background) ^{*2} (cpm)	Bq/cm ²
TGS-113	6.1×10^{-2}	約 65	7.4×10^{-2}
TGS-123	4.3×10^{-2}	約 65	5.5×10^{-2}
TGS-136	4.2×10^{-2}	約 65	5.6×10^{-2}

*1：目錄(catalog)值。

*2：背景值依地區或作業場所改變。

• 沉積在頸部甲狀腺的放射性碘測定

頸部甲狀腺部位的測定是放射性碘體內劑量更為精密的測定，並且是為進行醫學診斷的二次曝露醫療而實行篩檢(screening)測定的一部份。

這裡敘述頸部甲狀腺部位的測定方法，和所使用的代表性 NaI(Tl)閃爍式輻射偵測器(NaI(Tl) scintillation survey meter)。

1) 頸部甲狀腺污染篩檢的準備

- 準備單位表示為 $\mu\text{Sv/h}$ 的 γ (gamma rays)劑量率測定用 NaI(Tl)閃爍式輻射偵測器(圖 2-27)。
- 對測定場所的 γ 射線背景劑量率進行測定(確認附近沒有射源或污染)。



圖 2-27 NaI(Tl)閃爍式輻射偵測器

2) 頸部甲狀腺部位的測定方法

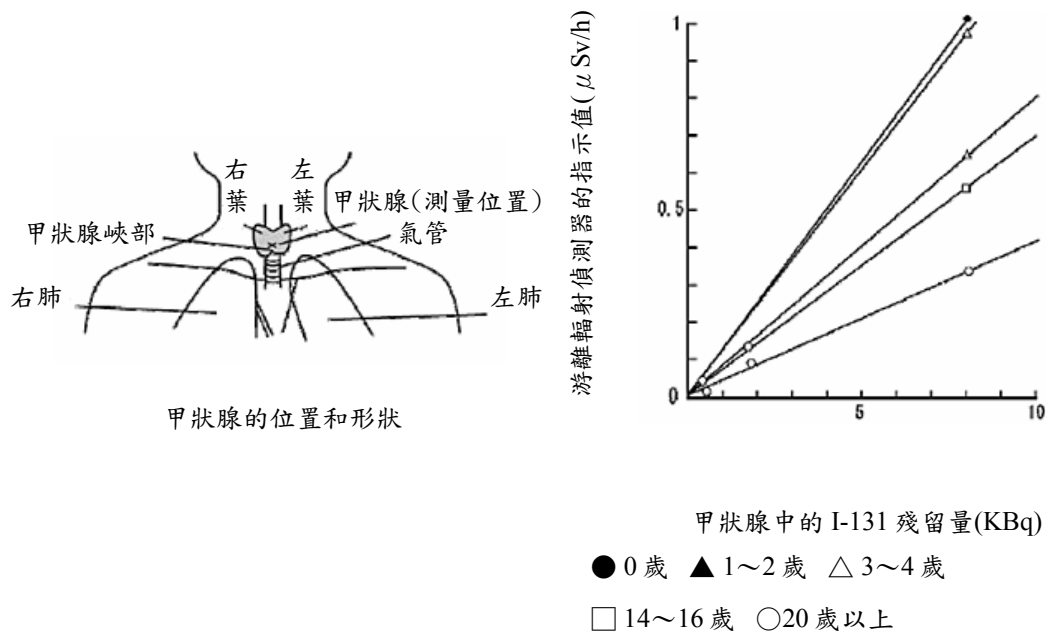
- NaI(Tl)閃爍式輻射偵測器的探針頂端，男性是放在甲狀軟骨(“喉結”的位置)下方，女性放在頸部中央盡可能緊貼脖子測定。測定要保持姿勢 20 秒以上，讀取指針指的平均($\mu\text{Sv/h}$)作紀錄。然後比較指示值和應對篩檢基準(screening level)的數值 $\mu\text{Sv/h}$ 。(篩檢基準測定時 3 kBq)
- 從讀取的指示值($\mu\text{Sv/h}$)減掉背景(background)劑量率，得出的結果乘以換算係數，算出碘-131 在甲狀腺中的殘留量。

3) 為了從 NaI(Tl)閃爍式輻射偵測器(TCS-161)的指示值($\mu\text{Sv/h}$)求碘(I-131)在甲狀腺殘留量的換算係數[kBq/($\mu\text{Sv/h}$)]

NaI(Tl)閃爍式輻射偵測器在頸部測定位置的甲狀腺中碘殘留量和輻射偵測器指示值(TCS-161)的關係如圖 2-28。有關成人的換算係數，使用圖表裡的 20 kBq/($\mu\text{Sv/h}$)。

註) NaI(Tl)閃爍式輻射偵測器有常規的計數率型(TCS-161)和 DBM 型(TCS-171、TCS-172)，能源特性不同。因此 DBM 型的輻射偵測器使用以頸部假體(phantom)校正過的換算係數。

型式	成人的換算係數	
TCS-161	20 kBq / (μ Sv/h)	Description level 50 keV
TCS171、TCS-172	30 kBq / (μ Sv/h)	DBM 型



來源：Tanaka, G., Kawamura, H., J. Radiat. Res., 19, 78-84 (1987)，及科學技術庁，“緊急時放射性碘測定法”，放射能測定 series15,P24(1977)；但是，單位改為 SI。

圖 2-28 各年齡層甲狀腺(經由假體)中碘(I-131)殘留量和輻射偵測器(survey meter)指示值(TCS-161)的關係

2.4.2 檢體(血、尿、糞、痰)的採集和時間點

曝露病人的輻射學評估，經由染色體分析或生物鑑定(bioassay)可以得到詳細的評估，但是需要 24 小時以上或是特殊的測定技術。評估只放出 α 核種或 β 射線的體內曝露(或是體內攝取量)，簡便的方法有鼻腔抹片(smear)法，事業者已有作鼻腔抹片測試時，可以從事業者得到體內攝取量的推測值。可是，鼻腔抹片法為基礎的推測值誤差大，為了得到更正確的數值必須經由生物檢體測定法評估體內攝取量以及劑量。生物檢體測定用的檢體處理以及放射能測定是由業者實施，因此以下是以緊急曝露醫療機關實施的檢體(尿及糞)採取方法為中心敘述。重要的是任何檢體都必須先記載採取的日期時間。

• 採集檢體概要

生物檢體測定法，從 1 次檢體中的放射能推測體內劑量很困難，所以從一定時間內尿、糞中的放射能以放射性核種在體內的代謝模型(model)為基礎推測體內劑量。轉移性的鈾(uran)及銦(strontium)的生物檢體測定使用尿檢體，非轉移性的超鈾元素(鈾(plutonium)、銩(americium)等)普遍使用糞檢體。

• 採集血液檢體(血球計數和一般生化學、血型)

特別是調查淋巴球(lymphocyte)、嗜中性白血球(neutrophilic leukocyte)、血小板(thrombocyte)可知**曝露程度**。設定初期的基線(baseline)，隨時間經過進行測量預測曝露程度。**確認採血部位沒有污染後扎針**，採血後貼上防水透氣敷料(tegaderm)[®]防止污染。**懷疑全身曝露時，請每 6 小時反覆進行 48 小時。**

• 採集血液檢體(染色體分析用的檢體(sample)收集)

為了以**染色體分析**作劑量評估的檢體收集，通常是在照射事故的 24 小時後從病人身上採取 10 ml 的周邊血液至含抗凝劑(heparin)的容器裡，採取的血液直接放入冰敷袋(cold pack)，在冷卻狀態(4°C)下送到可作染色體分析的院所(放射線醫學綜合研究所、放射線影響研究所等)，此時需注意不要讓血液凍結。空運檢體時在機場安全檢查(security)中不要照射到 X 光，請標示**禁止照射 X 光**字樣。

• 採集血液檢體(白血球組織抗原分型 HLA(HLA typing)的檢體(sample)收集)

可能發生骨髓不全的情形，盡可能早期開始準備造血幹細胞移植的白血球組織抗原分型 HLA(參考 p59「骨髓症候群的治療」)。檢體從本人及家族(準備家族內移植)採取。採取 **10 ml** 的周邊血液至含 EDTA(ethylenediaminetetraacetic acid)的容器裡。

• 採集尿檢體

實施對象是鈾(uran)或銦(strontium)，為了更精確評估體內劑量，需要採集 1 整天(24 小時)裡排泄的全部尿量好幾天。採集時需注意不要發生經由污染的衣服、身體造成的檢體**交叉污染**(cross contamination)(污染轉移)。採集容器以及檢體運送容器上面，紀錄每次採集時病人的姓名、採集日期時間以及上一次的採集日期時間、採集場所、藥物的服用或有無投與醫療用 RI，採集的檢體整理成 1 天 1 份，交給業者。需要緊急評估體內劑量時，可以由尿中的肌酸酐(creatinine)量換算成 1 天的量，關於測定需要與業者協議。

• 採集糞檢體

實施對象是鈾(plutonium)之類的超鈾元素，吸入放射性物質後約 5 天內的排泄物全部採集作為檢體。吸入攝取時排泄可能比較花時間，需要採集約 1 個禮拜。和採集尿檢體一樣，需注意不要發生檢體交叉污染。檢體 1 排泄量作為 1 檢體，採集採取期間內的全部排泄物，採集容器上面紀錄每次採集時病人的姓名、採集場所以及採集日期時間(時間取到小時)。

• 嘔吐物、痰

為了檢查(check)有無受到體內污染，嘔吐物、咳痰之類的也要裝在乙烯基塑膠(vinyl)袋子裡放到聚脂塑膠(polyethyleneterephthalate)容器中保管，標記名字、採集時間。

表 2-13 輻射曝露病人的醫學檢測(assay)

檢查項目/實施場所	除污時	初級曝露 醫療機關	二級曝露 醫療機關	三級曝露 醫療機關
關於有無吸入污染物質 的鼻腔綿棒標本	+			
體外污染	+	+	+	
體內污染檢查用尿·糞 檢體		基線(baseline) 檢體	24 小時後 檢體	+
CBC*/血小板		每 6~12 小時	每 12 小時 x3 天內	每天 1 次 x1 週內
白血球組織抗原分型亞型 (HLA [†] sub typing)		採集檢體	淋巴球數減少 前採集檢體	淋巴球數減少 前採集檢體
巨細胞病毒 (cytomegalovirus)			+	+
血紅素凝集素 (hemoglobin)			+	+
人類多融合細胞 (syncytium) 病毒(virus)抗體				+
HIV(人類免疫缺乏病毒)			+	+
水泡病毒屬 (vesiculovirus)				+
淋巴球(lymphocyte) 細胞遺傳學		用於細胞遺傳學 檢查室採集檢體	淋巴球數減少 前採集檢體	+

* CBC=全血球計數

[†] HLA=人類白血球組織抗原

(來源：Military Medical Training Resources, Medical Management of Radiological Casualties Handbook, 2nd Edition, AFRRI, 2003)

【下期待續】