

第五章 緊急事件與復原處理

5.1 緊急事故處理程式

針對感染性物質洩漏之緊急處理方面，應事先建立對感染性物質洩漏之緊急處理程式、確認及備妥感染性物質洩漏清理時需要之緊急處理裝備及對任何可能存在有感染性物質之工作場所內之作業人員定期實施感染性物質洩漏之緊急處理訓練課程等。

對於感染性物質發生洩漏之緊急應變或控制計畫之擬定必須注意如下幾項原則（林志銘等人，1994；美國 CDC 及 NIH，1999；Richmond and Nesby-O'Dell, 2002）：

1. 建立對感染性物質種類、特性、危害性、標示方式之認知及其預防控制方法。
2. 建立對可能洩漏點之判斷及控制處理方法。
3. 建立對感染性物質洩漏之緊急處理程式。
4. 建立個人防護用具之使用時機及方法。
5. 建立安全及保全體系。
6. 建立緊急應變組織系統、任務分派及支援體系。
7. 建立通報程式及支援救助系統聯繫管道等。

感染性物質之洩漏不僅可能會污染作業環境，同時也可能危害作業人員之安全。故，當發生感染性物質洩漏時，必須立即採取適當之處理行動，避免人員之曝露，並對洩漏進行緊急清理工作。若以洩漏量之大小區分的話，其緊急處理程式分述如下：

1. 小量洩漏時：

- (1) 立即通知警告或設置警告標示以避免其他作業人員任意接近。
- (2) 立即以吸有適當消毒劑之紙巾將感染物質覆蓋。
- (3) 消毒劑通常為 10% 之消毒水（有時可採用較低濃度，如 1% 消毒水）。
- (4) 經過 30 分鐘後，必須戴雙層手套將吸附感染物質之紙巾除去，裝袋後棄置於生物感染性廢棄物之規定容器內。

2. 大量洩漏時：

- (1) 摒住氣息、立即疏散所有現場人員並離開工作場所，並將門窗關上。

- (2)利用警告或標示以避免其他作業人員任意進入。
- (3)除去污染衣物並裝入容器內以實施消毒，徹底洗手、臉及任何有可能曝露之身體部位，若洩漏物含有潛在之血液傳染病菌，其緊急處理程式將如後所述辦理。
- (4)針對相對於外界環境為負壓或負氣流之作業場所而言，須有約 10~30 分鐘之停置時間，以允許因洩漏產生之氣膠能夠消散。至於其他場所之洩漏，則應在發生洩漏時，於獲得緊急清理工具後立即實施清理工作。
- (5)在進入作業場所實施清理前，應先穿上長袖防護衣、面罩及橡膠手套等。然而就高危害性之感染性物質而言，則應穿上合適連身之防護衣及必要時使用呼吸器。
- (6)傾倒適當之消毒劑使其流入洩漏區域內，並應確認消毒劑已確實消毒到洩漏之感染物質，必要時可用紙巾覆蓋該洩漏區域。不要將消毒劑直接倒在洩漏區上，以避免產生氣膠。
- (7)讓消毒劑（如 10%之消毒水）反應至少 20 分鐘。
- (8)將污染物質（如紙巾、玻璃、廢液及手套等）丟棄於生物感染性物質廢棄袋內，或棄置於可高壓滅菌處理之生物感染性物質容器內，並進行高壓滅菌；其中不可高壓滅菌之塑膠物品中可再利用之項目應先篩選出。

若感染性物質之洩漏發生於生物安全排氣櫃內，通常對工作人員所造成之危害較低，但必須立即進行消毒工作，且維持排氣櫃持續運轉。此時雖然應選用對該感染性物質具殺菌作用之適當消毒劑，但必須特別注意該消毒劑應選用不具易燃性者，以免在運轉之排氣櫃中引發燃燒。若洩漏物質內含有破碎玻璃或其他尖銳物時，清理時必須格外小心。除對洩漏物進行消毒及清理工作外，同時應對排氣櫃牆面、工作區表面及設備等進行消毒，並對排氣及排水設施進行必要之消毒。

5.2 物質洩漏的復原處理

5.2.1 通風排氣系統

若感染性物質洩漏於排氣櫃外之環境中時，應考量可能產生氣膠而擴散至四周，特別是牽涉到生物安全等級第 3 級以上者，該類微生物具氣膠傳染疾病之可能性，故應避免意外事故時發生吸入性曝露之危險性，除了人員必須立即疏散外，應使該作業環境靜置約 10~30 分鐘（通常以至少 30 分鐘為佳）後，再進行清理作

業。在該靜置期間，應維持排氣通風系統（如生物安全排氣櫃）之運轉，使存在之氣膠藉由該系統抽送出。

5.2.2 人員疏散及動線管理

若要在感染性物質之洩漏或其他相關事故發生時能達到安全之人員疏散，作業場所之動線及隔離設計是相當重要的。動線之設計通常應分別考量正常作業人員、緊急處理人員及被感染人員、動物或感染物質樣本等進出該污染場所之路徑、防護、通風及隔離等因素。為了防止感染、通風需求及事故處理需要，應將人員或感染物質運送進出路線加以合理規劃及區分，以利動線之管理。同時，所規劃完成之路徑應詳加標示，採用明顯且容易辨識之標誌，以指引疏散人員、物件或緊急處理人員能有條理地進出，且不會在疏散過程遭受感染。

例如在危害等級較高之場所，必要時可將全區規劃為感染（污染）區、清潔區（如無菌室或外界環境等）及消毒或緩衝區等；在緊急事故發生時，可能疏散人員離開污染區先到消毒或緩衝區後再到清潔區；而緊急處理人員應在完善之防護下進入污染區，而處理完成後則先到消毒或緩衝區，然後再到清潔區。在進出路徑規劃上，應儘量使受感染人、物或含感染性物質之進出動線能與正常作業人員或緊急處理人員之進出動線分開，且應有個別之通風系統，而含感染性物質進出動線區域之通風系統必須先經高效率過濾系統處理後，再排放至外界環境中，以避免有污染之動線內所含有之感染性物質傳送到污染低之動線區域或外界環境中。

通常在定期辦理緊急事故處理之演練項目（另詳第 5.3 節）中，必須包含人員疏散及動線管理計畫，以讓所有作業人員平時就都能熟悉疏散之動線及應有之防範措施。至於一般性之人員疏散規範，則包括人員應利用最近之規定出口或樓梯疏散至作業場所外或戶外，並儘量勿使用升降電梯等，以避免萬一電力系統損害而被陷於升降梯內。

5.2.3 防護器具之使用

任何人清理感染性物質之洩漏時，均應穿戴個人保護設備，例如防護衣、鞋套、手套、眼罩等，必要時甚至呼吸防護設備，尤其對感染性物質未知、傳染途徑不確定或懷疑具高度傳染性（例如可能經空氣傳染之生物性氣膠）時，更應視為處理較高等級危害之感染性物質而立即進行防護。針對會有噴濺可能性之感染性物質，在緊急處理時除須著戴手套、口罩外，更應穿戴眼罩及特殊防護衣物等。

若以 SARS 病患為緊急處理對象為例（盛望徽，2003），進出隔離病房之醫護人員均應採用較嚴格之防護措施，除洗手外，應穿著髮帽、隔離衣、特殊防護口罩、手套及鞋套等。通常在進入感染區前應先將防護器具穿戴妥善後，再行進入感染區內；而在步出感染區後，再行脫除防護器具。若針對具高度感染性之狀況而言（如處理 SARS 病歷時），通常在隔離室外另闢有一前室區，以區隔病房及室外；此時在（前）室外時，應先戴上特殊口罩（內層口罩，如 N95 口罩），進入前室區後再穿戴髮帽、一般口罩（外層口罩）、隔離衣、鞋套及雙層手套後再進入隔離房室內；在離開隔離病房時先脫掉一層手套，到前室區時則除了特殊口罩外，其餘防護裝備均可脫除，並於洗手完後脫掉特殊口罩並立即閉氣離開前室區。

5.3 緊急應變及演練計畫

為能在生物性感染意外事故發生時可掌握時效正確處理被感染之個人或洩漏之區域，作業場所必須建立緊急事故應變計畫，使事故發生單位的主管與相關部門（如：勞工安全衛生室、感染控制部門、環安中心等）能儘速協助處理。緊急事故應變計畫應包括有完善之緊急事故應變組織及通報聯繫管道。而要使在緊急事故發生時，能充分應變且使任何災害降至最低，則平時定期之演練是相當重要的。

在緊急事故應變組織方面，應包括主管、作業人員、安全管理人員、保全人員、當地衛生主管單位及其它協力單位如環保單位、勞委會、消防隊、電力電信公司、自來水公司、瓦斯公司、警察單位、醫院等。而有關通報聯繫管道方面，必須建立發生生物性感染意外事故之緊急通報系統及事故通報與調查之程式及方法等。一般而言，通報內容應包括受傷或被感染者姓名、單位、工作職稱等或感染位置、感染物質種類及詳細特性、感染狀況、感染時從事的醫療行為或其他動作等。正確且迅速的生物性感染事故緊急通報不僅可減少四週人員及環境發生疾病感染或危害的機率，也可供生物性感染預防管理單位分析感染或洩漏的主要原因，並據以改善。

緊急事故演練必須定期實施，除依照擬定之緊急事故應變組織及通報系統確實執行外，更應配合相關支援單位（如醫院、警察單位、消防隊、電力公司、瓦斯公司等）一併演練。演練內容至少應包含感染性物質各種洩漏狀況之處理、各類警報與消防系統功能之測試、緊急救護設施功能之測試、人員之疏散、傷患之

緊急醫療救護或隔離、火災發生時之處理、水災或其他天然災害發生時之處理及發生暴動、闖入、恐嚇行為或恐怖活動等特殊狀況之處理等。

5.4 特殊事故處理

5.4.1 針紮事故處理

針紮為醫療院所經常碰到的生物感染性危害，包括醫師、護理人員及環境清潔維護人員等均為易遭受污染性針器紮傷之高危險群，而其較常發生之傳播血液性疾病包括有 B 型肝炎、C 型肝炎與愛滋病等。較容易發生針紮事故之情況包括有在使用完針器後又將針頭蓋套回、針器使用完後未能立即處置（例如放入收集筒或單手回套等）、拔開針頭套或其他尖銳物品、稀釋或抽藥時、戳破針頭蓋時及清理物品時等。

因此，避免針紮事故發生之主要原則包括如下：

- 1.處理針器等尖銳物品時應注意力集中。
- 2.不回收之尖銳物及針器使用完後應立即丟棄於防刺且不滲漏之收集容器內，若針器有回套之必要時則應採單手回套方式。
- 3.勿彎折使用過之針器。
- 4.放置廢棄尖銳物或針器之收集筒應清楚標示，且最多承裝八分滿。
- 5.尖銳物或針器不宜與其他廢棄物共同承裝於同一容器內。

若發生針紮事故的話，其緊急處理流程如下（勞工安全衛生研究所，1998；賴玫娟，2003）：

- 1.立即將傷口血液擠出。
- 2.以清水沖洗傷口並立即消毒。
- 3.儘速通報單位主管及填具事故報告單。
- 4.追查針頭使用病患與被紮傷者體內 B 型肝炎、C 型肝炎、愛滋病與梅毒的抗原與抗體情形；若傷者不具 B 型肝炎表面抗原或抗體時，應立即注射 B 型肝炎免疫球蛋白。
- 5.治療處理及追蹤。
- 6.追查原使用該針器病患之血液中帶原情形（如清潔人員遭收集筒中針器紮傷、洗衣人員在處理衣物時遭紮傷等）及採取適當處理方式。

5.4.2 感染性物質作業場所發生火災事故之處理

若具感染性物質之作業場所發生火災時，正在使用中之感染性物質應立即丟棄至消毒溶液中，含感染性物質之樣本或試劑等應妥善加蓋與存放，同時迅速警告所有作業人員，並進行滅火工作。若無法即時滅火，應馬上離開作業場所，關閉出入門並啟動火警警報，並依照緊急應變計畫之處理程式進行通報及處理。應注意的是，感染性物質之類別與特性必須先行告知任何參與處理緊急事故之人員或單位，以利協助該人員或單位知道正確之處理方法及程式。

5.4.3 輻射洩漏事故

1. 輻射危害認知

輻射是一種能量以波動或高速粒子的型態傳送，依其能量的高低可分為非游離輻射與游離輻射。如太陽光、無線電波、微波等屬於非游離輻射，其能量在 10 仟電子伏 (keV) 以下。我們熟知的 X 光、宇宙射線與放射性元素，如鈾、鈷 60、鐳等所放出的阿伐 (α)、貝他 (β)、加馬 (γ) 射線等，則屬於游離輻射，其能量在 10 仟電子伏 (keV) 以上。雖然我們生存在一個輻射的環境中，但不當吸收高劑量的游離輻射卻可能造成皮膚或組織的傷害，這是社會大眾關心的焦點。本節所討論的輻射是游離輻射。

產生游離輻射的來源有放射性核種、可發生游離輻射設備與核子反應器。放射性核種處在不穩定的狀態下會自動放出加馬 (γ) 射線而蛻變成較穩定之核種。加馬 (γ) 射線是從放射性核種的原子核發射出的游離輻射。放射性核種的活度減少為原來一半所需的時間即為半衰期。半衰期的長短各核種不同，如國內大眾所關心的輻射鋼筋，其中所含鈷-60 的半衰期為 5.26 年。以醫院常用來作核子醫學診斷之鎔-99 為例，其半衰期則僅有 6 小時。放射性核種活度會隨時間之增加而減少。

可發生游離輻射設備包括 X 光機、加速器等，廣泛應用於國內各界，如醫院使用 X 光機為病人診斷、使用直線加速器為病人治療癌病，大學使用範氏加速器、迴旋加速器作核子物理的研究等。

在適當安全的操作輻射，不會發生輻射危害，而不當的操作輻射，則可能發生輻射危害。輻射危害的特性與火災、水災、震災、車禍、甚至化學災害所導致的傷害完全不同。人類本來就生存在一個輻射的環境中，台灣居民每人每年所受的背景劑量約為 2 毫西弗 (mSv)。核能電廠嚴重事故中，自核能電廠釋出的放射性物質會造成民眾劑量的增加。但輻射劑量必須在短時間內高至 6 西弗 (Sv) 時 (6000 毫西弗)，才有可能致命。一般說來，接受 6 西弗的劑量，還是有 20% 的機

會可以存活下來。當劑量為 500 毫西弗以下時，人體並不會感覺不適，即不會有「非機率效應」產生。

從日本核爆生存者的長期調查顯示，接受低輻射劑量（約 250 毫西弗以下）者，並無任何臨床症狀，白血病或其他癌症發生率也和一般人相同並未增加。但是為了輻射安全的考量，國際放射防護委員會（ICRP）做了很保守的假設：人體只要接受到輻射，不管劑量是多少，都有引發癌症和不良遺傳的機率存在，沒有低限劑量值，而且致癌或不良遺傳的機率與接受劑量成正比（直線關係），劑量愈高，機率也愈大，這種現象稱為「機率效應」。換句話說，依照輻射防護的假設，民眾因核能電廠緊急事件的發生，而多接受了一些劑量，會使得民眾日後得癌症的機會增加。在核能電廠嚴重事故中，外釋的放射性物質所能造成的輻射傷害並非立即致命的，所以民眾在疏散時，也絕沒有必要像逃避火災、水災般的爭先恐後，慢一步即會命喪黃泉。

當一放射源失控或操作游離輻射設備不當時，輻射工作人員或周圍的民眾均可能遭受到緊急曝露或意外曝露。為保護輻射工作人員和一般民眾的輻射安全，一套全身受到穿透性輻射曝露後的行動指引是必要的。表 5.4-1 為全身意外曝露後的行動指引。

表 5.4-1 全身意外曝露後的行動指引

	0 至 6 小時	7-71 小時	72 小時以後
醫療管理	包括搶救生命，檢查是否有嚴重的體外污染，如果有體外污染即應開始除汙，對於受傷者有噁心或嘔吐現象則施予輕度鎮靜。	若懷疑傷者曝露所受劑量超過 1 戈雷 (Gy) 時，則給予症狀治療及鎮靜治療，並將傷者送往設有輻射事故處理的醫療單位。若劑量未達 1 戈雷時，則實施流動的醫務監護。國內的臺北榮民總醫院、三軍總醫院與高學醫學大學附設醫院等三個醫學中心均設有三級輻射傷害防治中心，其均為國內處理輻射事故或核子意外事故最高層次的醫療單位。	如果必要則可對傷者實施醫療或更久的不臥床式流動醫務監護，在適當時機可安排傷者出院並安排追蹤的醫務監護，且對傷者說明未來醫務監護的建議。

<p>臨床視察</p>	<p>首先蒐集初步的劑量資料，詢問傷者意外事故的發生狀況，若懷疑劑量超過 5 倍等效劑量限度時，即進行臨床視察，並對臨床症狀、初期的血液計數、傷者對事故的說明及初步劑量資料作成假定性的預後。</p>	<p>對傷者實施一套完整及有系統的臨床檢查，並特別各項危急的臨床症狀，如皮膚紅斑、神經症狀、噁心及嘔吐等。</p>	
<p>生物調查</p>	<p>蒐集並留置傷者尿樣，蒐集血樣並立即進行細胞計數、生化分析、淋巴球技術與染色體分析。</p>	<p>對傷者實施每日尿樣分析，並在最初 24 小時實施 3 次的血液學生化及染色體分析，爾後才每日實施一次。</p>	<p>由傷者的染色體分析輻射劑量及臨床病程，在評估劑量的正確性和預後的可靠性，如有必要得以繼續實施每日一次的血液細胞計數及生化分析，並繼續蒐集傷者的尿樣以進行生化分析。</p>
<p>劑量評估</p>	<p>收取所有受意外的人及附近人員的人員劑量劑，並加以計讀，檢查事故現場及附近的劑量紀錄裝置，向醫生詢問已獲得傷者陳述的資料，如懷疑有中子曝露，則向傷者收取其隨身所攜帶的硬幣，並度量中子所誘發的活度。初步評估輻射的型態分佈及劑量水平，並告知醫生，確認傷者是否有任何部位比平均劑量高出很多。在發生核子臨界事故時，若傷者有高出平均劑量很多，則再醫生允許情況下實施初步的鈉-24 分析</p>	<p>若醫生允許，則可對傷者做進一步的輻射偵測，如全生計測。審查所有資料並評估劑量水平及可能的劑量分佈。若認為劑量有偏高時，則可考慮重新建構意外事故發生的經過。國內具有全身計測放射性核種體內分佈能力的單位有行政院原子能委會核能研究所保健物理組、原子能委員會輻射偵測中心、國立清華大學原子科學計數發展中心保健物理組與台灣電力公司放射試驗室等。</p>	<p>由物理劑量所作的平均劑量估算與染色體分析生化，評定與血液技術所作評估作比較，並審查上述比較的任何差異所隱含的意義。因為事故發生的實際過程可能比最先表現的還要複雜，如有必要可以重新建構事故發生的過程。對劑量水平與分佈作最終的評價，最後評估傷者未來可能接受的職業曝露，俾與醫生討論傷者未來的工作安排</p>
<p>行政措施</p>	<p>詢問附近人員關於意外事故的發生情形，並深入進行環境輻射調查。</p>	<p>討論意外事故可能發生的經過。</p>	<p>討論傷者未來的工作安排。並考量意外事故發生的醫學與法律上的問題。</p>

2. 輻射曝露量測技術

常用的輻射曝露測量儀器有游離腔 (ionization chamber)、固態二極體 (solid state diode)、熱發光劑量計 (thermoluminescent dosimeters, TLDs)、軟片 (film) 等四種。

(1) 游離腔

圓柱體游離腔 (cylindrical ionization chamber) 可用於光子輻射與電子輻射的劑量測量，如圖 5.4-1 所示。1955 年英國人 F.T. Farmer 設計 Farmer 游離腔，1972 年 Aird 與 Farmer 再重新修飾設計後就沿用迄今。體積 0.6 cm^3 Farmer 游離腔的能量依存性 (energy dependence) 只有在低能量才發生，高能光子輻射的能量校正因數為 1.00。

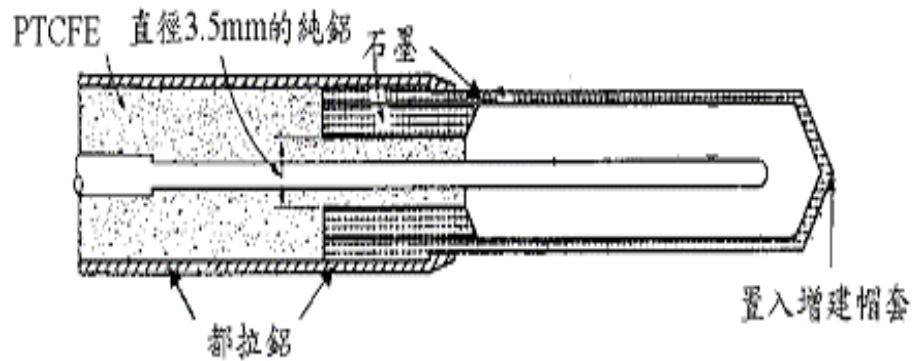


圖 5.4-1 體積 0.6 cm^3 Farmer 游離腔

高能電子輻射的測量可以使用平行板游離腔 (parallel-plate ionization chamber)，但是平行板游離腔不能用於高能光子輻射的測量。圖 5.4-2 為體積 0.055 cm^3 PTW/Markus 平行板游離腔是由德國人 B. Markus 所設計。

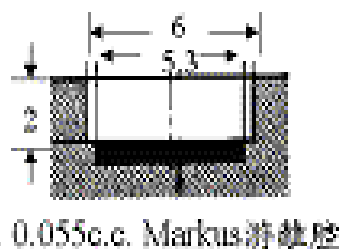


圖 5.4-2 體積 0.055 cm^3 Markus 平行板游離腔 (尺寸：mm)

在醫用直線加速器 (medical LINAC) 接收測試 (acceptance test)、功能測試 (commissioning)，常使用體積 0.6 cm³ Farmer 游離腔與體積 0.055 cm³ Markus 平行板游離腔的尺寸，如測量高能光子輻射與高能電子輻射的等劑量圖 (isodose curves)、百分深度劑量 (percent depth dose, %DD, PDD)、組織假體比 (tissue-phantom ratio, TPR)、組織最大比 (tissue-maximum ratio, TMR)、照野因數 (field size factor, FSF) 等臨床放射治療的物理數據，可以利用電腦控制的水箱 (water tank) 或水假體 (water phantom) 配合小體積 (0.1、0.125、0.3 cm³) 游離腔來測量。

數個小體積游離腔配合固態假體 (solid phantom)，如聚苯乙烯 (polystyrene)、壓克力 (acrylic)、固態水假體等固態假體，也可以測量高能光子射束與高能電子射束的百分深度劑量、對稱性 (symmetry)、平坦度 (flatness) 等射束特性的物理數據。常用於個人輻射曝露量測的劑量筆 (pocket dosimeter)，其為一小型游離腔，如圖 5.4-3 所示。

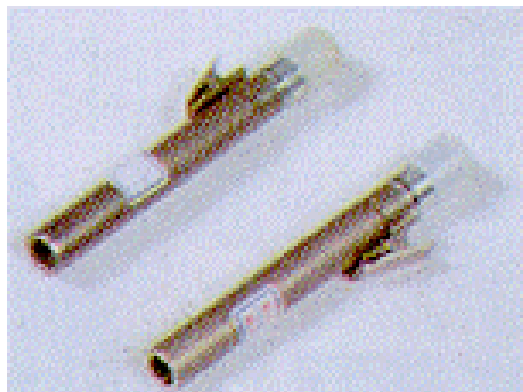


圖 5.4-3 劑量筆

(2) 固態二極體

放射治療的高能光子射束與高能電子射束之劑量測量可以採用矽二極體偵檢器 (Si diode detector) 可以測量光子輻射與電子輻射的劑量，如採用 n 型 Si 二極體偵檢器測量相對劑量 (relative dose)。

n 型 Si 二極體偵檢器的優點為體積小、靈敏度高，如圖 5.4-4 所示。因為 n 型 Si 二極體偵檢器會受到輻射與環境溫度的影響，且易受到輻射的損害，所以 n 型 Si 二極體偵檢器就不能用於醫用直線加速器輸出的劑量校正。

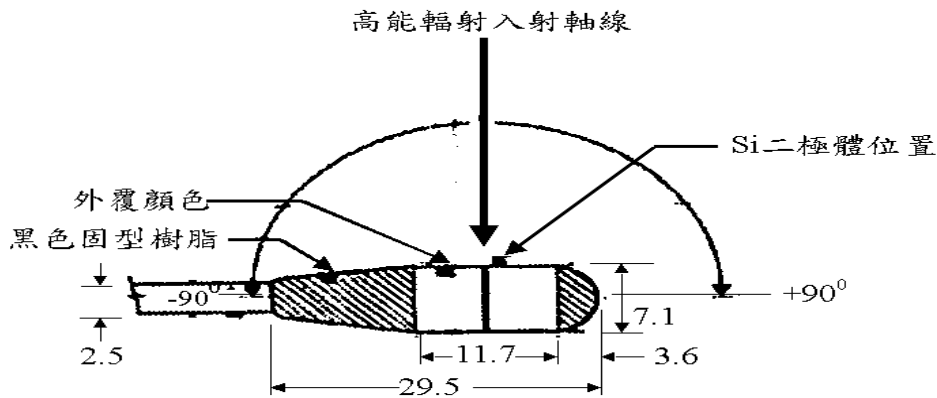


圖 5.4-4 n 型 Si 二極體偵檢器 (尺寸：mm)

(3)熱發光劑量計

氟化鋰 (lithium fluoride, LiF) 的有效原子序數 Z_{eff} 為 8.31，與軟組織的 Z_{eff} 為 7.64、水的 Z_{eff} 為 7.51 最為相近，故氟化鋰 (LiF) 為最常用於放射治療劑量測量的劑量計。常用的熱發光劑量計 (thermoluminescent dosimeters, TLDs) 有四種系列，如表 5.4-2 所示。

表 5.4-2 四種熱發光劑量計 (TLDs) 系列

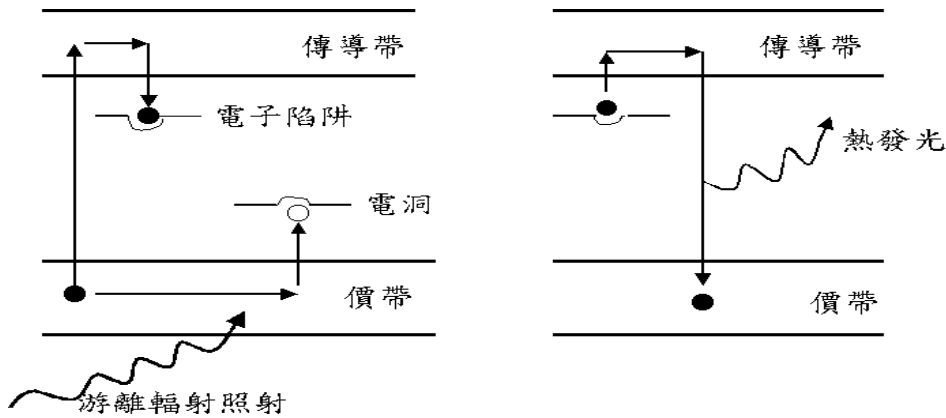
TLDs 系列	TLD 材質*
氟化鋰 LiF 系列	TLD-100、TLD-100H、TLD-600、TLD-100H、TLD-700、TLD-700H
硫酸鈣 $CaSO_4$ 系列	$CaSO_4 : Dy : Mn (1 : 1)$ 、 $CaSO_4 : Dy : Mn (1 : 4)$ 、 $CaSO_4 : Dy$ 、 $CaSO_4 : Mn$
氟化鈣 CaF_2 系列	$CaF_2 : Mn$ 、 $CaF_2 : Dy$
硼酸鋰 ($Li_2B_4O_7$) 系列	$Li_2B_4O_7 : Mn$

*：Mn、Dy 等元素為製造 TLDs 晶體所添加的微量活化劑 (activator)

常用的氟化鋰(LiF)系列有 TLD-100、TLD-600、TLD-700，其均為 Harshaw 公司的產品。因為 TLD-100 對低能光子的劑量測量較 TLD-700 靈敏，所以放射診斷的劑量測量常選用 TLD-100，放射治療的劑量測量常選用 TLD-700。用於中子劑量測量為 TLD-600。至於 TLD-100H、TLD-600H、TLD-700H，則較 TLD-100、TLD-600、TLD-700 更為靈敏。

將受到輻射照射的熱發光磷質 (phosphors) 結晶物質加熱後，所產生的

發光情形，稱為熱發光 (thermoluminescence, TL)，如圖 5.4-5 所示。其所發生的光與輻射照射的劑量成正比。這些熱發光磷質結晶物質所製成的劑量計稱為熱發光劑量計。



(a)TLDs接受輻射照射 (b)TLDs加熱後釋出熱發光

圖 5.4-5 TLDs 熱發光過程

將熱發光磷質結晶物質加熱所發出來的光經過光電倍增管 (photomultiplier tube, PM tube) 轉化成電量，以測量電量 (nC 或 μC) 或熱發光值 (TL 值) 來推測所接受的輻射劑量 (R、cGy 或 mSv)，稱為熱發光劑量學或熱發光劑量測定術。

LiF 材料的線性劑量範圍為 10^{-3} Gy 至 10^4 Gy，可為晶片狀 (chip)、細棒狀 (rod) 或粉末狀 (powder)。TLD-100、TLD-600、TLD-700 與 TLD-100H、TLD-600H、TLD-700H 為 Harshaw 產品，前者為含 Mg、Ti 為雜質的標準 LiF 材料，後者為含 Mg、Cu、P 為雜質的高靈敏度 (high sensitivity) LiF 材料。兩者的輝光曲線 (glow curve) 略有不同，如 TLD-100 輝光曲線的主峰 (main peak) 為 190°C ，TLD-100H 的主峰為 220°C 。標準 LiF 材料的加熱程式與輝光曲線，如圖 5.4-6 所示。

國內輻射工作人員常以 TLD-100 作為人員劑量徽章，如圖 5.4-7 所示，以提供輻射工作人員於從事輻射作業時接受輻射曝露劑量的偵測。

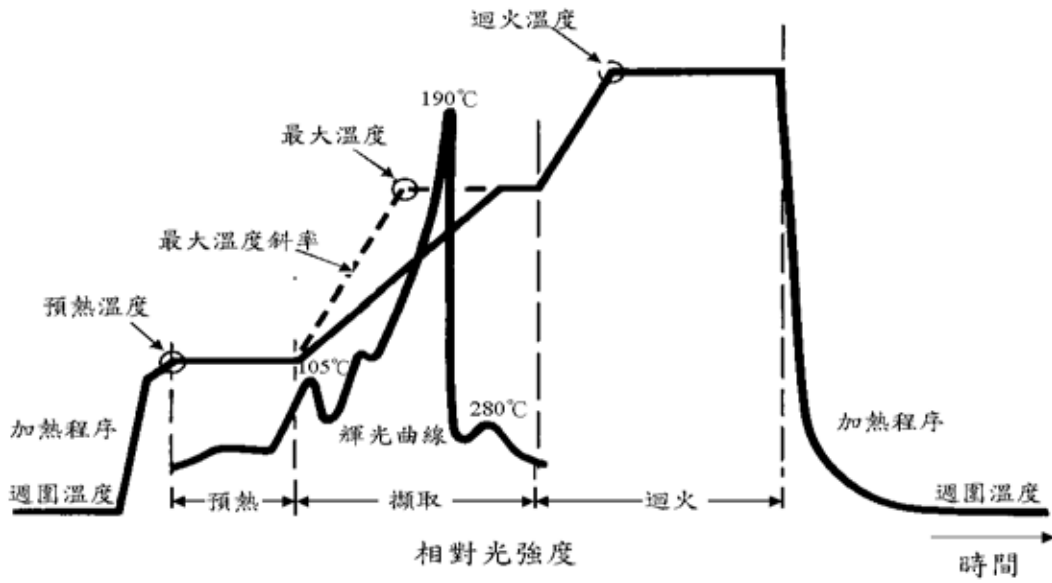


圖 5.4-6 標準 LiF 材料的加熱程式與輝光曲線

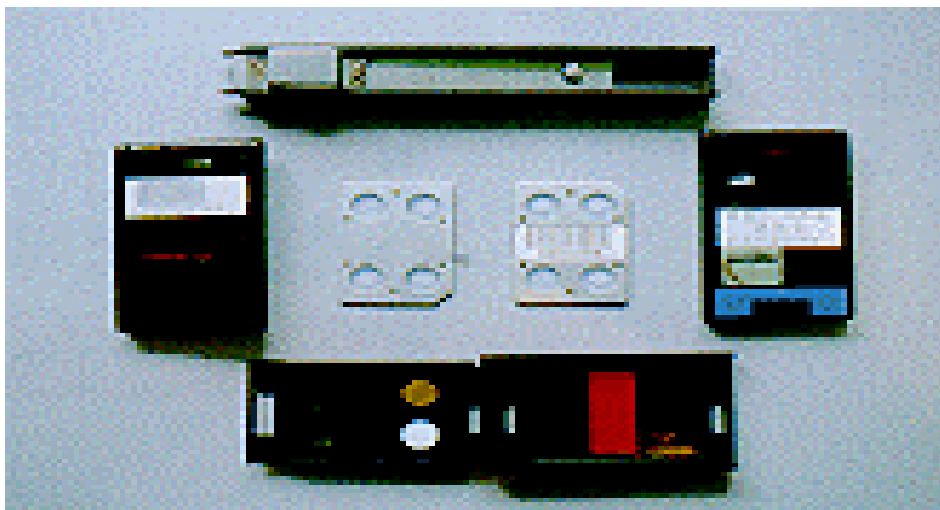


圖 5.4-7 人員劑量徽章

(4) 軟片

利用軟片黑化度的度量就是軟片劑量學 (film dosimetry)，可應用於輻射曝露劑量的測量。

X 光軟片 (film) 或稱 X 光底片，X 光片的特性曲線 (characteristic curve)，如圖 5.4-8 所示。X 光片的特性曲線又稱為 H-D 曲線 (H-D curve)，以紀念 1890 年 F. Hurter 與 V.C. Driffield 於英國首次發表 X 光片的特性曲線。

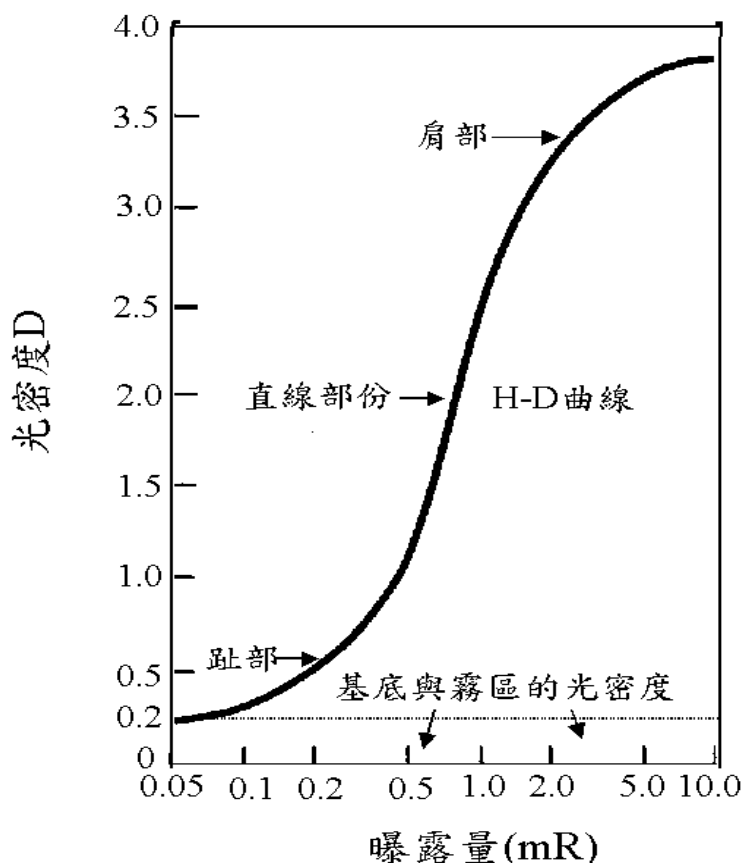


圖 5.4-8 X 光片的特性曲線

X 光片的光密度 (photographic density) D 的定義為：

$$D = \log \frac{I_0}{I_t}$$

其中， I_0 為入射X光片的光強度 (light intensity incident on a x-ray film)， I_t 為穿透X光片的光強度 (light intensity transmitted by the x-ray film)。入射X光片的光強度與穿透X光片的光強度的比值 (I_0/I_t) 稱為不透明度 (opacity)。

當不透明度 I_0/I_t 為 1，則X光片的光密度 D 為 0 ($=\log 1$)，穿透X光片光強度為入射X光片光強度的 100%。當不透明度 I_0/I_t 為 10，則X光片的光密度 D 為 1 ($=\log 10$)，穿透X光片光強度為入射X光片光強度的 10%。當不透明度 I_0/I_t 為 100，則X光片的光密度 D 為 2 ($=\log 100$)，穿透X光片光強度為入射X光片光強度的 1%。當不透明度 I_0/I_t 為 1000，則X光片的光密度 D 為 3 ($=\log 1000$)，穿透X光片光強度為入射X光片光強度的 0.1%。當不透明度 I_0/I_t 為 10000，則X光片的光密度 D 為 4 ($=\log 10000$)，穿透X光片光強度為入射X光片光強度的 0.01%。

3.輻射控制

輻射控制的方法有體外曝露與體內曝露的控制兩種。控制體外曝露的方法為時間 (time, T)、距離 (distance, D)、遮罩 (shield, S)，是體外曝露防護的 TSD 原則。接受曝露的時間要儘可能縮短，所以事先要瞭解狀況並做好準備，熟練操作程式。要遠離射源，輻射的強度與距離的平方成反比關係，距離加倍，輻射強度減弱四倍。利用鉛板、鋼板或水泥牆可擋住輻射或減低輻射強度，保護人員的安全。

放射性物質侵入體內的途徑有飲食、呼吸、皮膚吸收、傷口侵入，所以控制體內曝露的方法就是避免食入、減少吸入、增加排泄、避免在污染地區逗留。此外，還要加強除汙的工作，也能減少體內污染的機會。

輻射控制的法源為民國 92 年 2 月 1 日開始施行的「游離輻射防護法」。「游離輻射防護法」的主管機關為行政院原子能委員會。

「游離輻射防護法」將現行核發的放射性物質執照與可發生游離輻射設備執照改成兩類，一為許可 (license) 類，另一為登記備查 (registration) 類，其分類係依輻射能量的高低或放射性活度的大小為區分依據。考慮各種放射性物質、可發生游離輻射設備或輻射作業對人與環境所造成危害程度的不同，及其本身安全性的差異，且考慮管制人力與降低社會成本，所以原子能委員會依法將現行核發的執照改成許可類與登記備查類等兩類。

因為實際操作放射性物質與可發生游離輻射設備所需的醫療專業知識與技術，並非原子能委員會關注的重點，其所關切的主要是操作可發生游離輻射設備或放射性物質的輻射工作人員在操作時，是否接受足夠的輻射安全訓練，以維持操作時的輻射安全，所以原子能委員會依法將現行的操作執照將變更為輻射安全證書。

「游離輻射防護法」第三章「放射性物質、可發生游離輻射設備或輻射作業之管理」中，第 29-37 條之規定，皆為管理放射性物質、可發生游離輻射設備或輻射作業之依據，如：

- (1)放射性物質、可發生游離輻射設備或輻射作業，應依原子能委員會之指定，申請許可或登記備查。
- (2)經許可、發給許可證或同意登記後，始得進行輻射作業；其中，許可證的有效期間最長為 5 年。

- (3)期滿需繼續輻射作業者，應於屆滿前，依原子能委員會規定期限申請換發。
- (4)操作放射性物質或可發生游離輻射設備之人員，應接受原子能委員會指定之訓練，並領有輻射安全證書或執照。
- (5)凡申請報廢或廢棄放射性物質或可發生游離輻射設備時，所有人應將擬廢棄之設備的執照繳送原子能委員會註銷，並函告該廢棄放射性物質或可發生游離輻射設備之處理辦法。

輻射工作人員從事輻射作業時，為做好輻射工作人員的輻射控制工作，「游離輻射防護法」特別規定輻射工作人員職業曝露之劑量限度為：

- (1)每連續五年週期之有效等效劑量不得超過一百毫西弗。且任何單一年內之有效等效劑量不得超過五十毫西弗。
- (2)眼球水晶體之等效劑量於一年內不得超過一百五十毫西弗。
- (3)皮膚或四肢之等效劑量於一年內不得超過五百毫西弗。

另外，核能電場輻射工作人員從事輻射作業時，為做好進出輻射工作場所的控制，使用門型偵檢器來管制，如圖 5.4-9 所示。



圖 5.4-8 控制核能電場之門型偵檢器

「游離輻射防護法」為做好一般人的輻射控制工作，特別規定一般人之劑量限度為：

- (1)一年內之有效等效劑量不得超過一毫西弗。
- (2)眼球水晶體之等效劑量於一年內不得超過十五毫西弗。
- (3)皮膚之等效劑量於一年內不得超過五十毫西弗。

為做好輻射控制工作，應該考慮合理抑低（ALARA）原則，為防止非機率效應損害之發生及抑低機率效應之發生率，以達成輻射劑量限制之目的，輻射作業

應符合下列各款之規定：

- (1)利益須超過其代價。
- (2)考慮經濟與社會因素後，一切曝露應合理抑低。
- (3)個人劑量不得超過本標準之規定值。

為管制機率效應，劑量限度應以有效等效劑量表示，為防止非機率效應，劑量限度應以等效劑量表示。

依據「游離輻射防護安全標準」規定，輻射工作人員在管制地區從事輻射作業時，管制地區應訂有管制措施，其入口處及區內適當地點，應設置輻射示警標誌及必要之警語。

關於低階輻射曝露的控制，以往由國際放射防護委員會（ICRP）所提出的低階輻射曝露誘發癌症的危險度已經不適用，特別是線性無低限劑量的劑量回應生物效應。ICRP 第 60 號報告（ICRP No.60）從 1990 年發表至今已愈 10 年，為因應新的數據與理論，ICRP 著手修正 ICRP No.60。ICRP 的修正方向已從以往強調的社會整體價值為考量的哲學基礎轉移到強調個體價值為考量的哲學基礎，並且添加一些新的輻射生物效應數據、劑量學術語、不同輻射防護需求的劑量水平、排斥（exclusion）與免除（exemption）等。

以往輻射防護常用的準則為 ICRP No.26（1977）與 ICRP No.60（1990）。ICRP No.26 的觀念架構為劑量限度系統（system of dose limitation），但是不包括在此劑量限度系統有下列 3 項：

- (1)氬氣。
- (2)固體放射性廢棄物處理的標準。
- (3)緊急狀況時，民眾的輻射防護準則。

ICRP No.60 的觀念架構為放射防護系統（system of radiological protection），其使用實踐（practice）與幹預（intervention），其中，實踐又稱為輻射作業，幹預又稱為輻射幹預。某些人類活動藉由導入新的射源、曝露路徑等而增加整體的曝露，ICRP 稱為輻射作業。經由一些人類活動對既的曝露源的影響而降低整體的曝露，ICRP 稱為輻射幹預。

輻射作業包括下列三項基本原則：

- (1)正當性（justification）：輻射曝露的實踐對受曝露個體或社會產生的利益要大於損害。

(2)最適化 (optimization)：任何射源、個別的劑量、任何數量受曝露的群眾與曝露的可能性，應該透過個體的劑量約束 (dose constraints)、限制個體風險的風險約束 (risk constraints)、限制潛在曝露等方式，來達到限制合理抑低 (as low as reasonably achievable, ALARA) 或約束。

(3)限度 (limitation)：限制射源來的個別曝露或潛在曝露。

由於科技的進步與環境的污染，使得以往 ICRP 所給予的建議，如實踐與幹預，通常只考慮到社會整體的利益，而忽略個人在個別曝露時所受到的潛在危險，如放射治療分次劑量所造成的累積效應，還有輻射會造成後代的可能影響等。

ICRP 在修正 ICRP No.60 時，會考慮到對低階輻射曝露的控制，也會同時考慮到對具代表性的高輻射曝露人群的劑量控制，以合理可實踐的低 (as low as reasonably practicable, ALARP) 來確保輻射劑量的結果，以 ALARP 來取代 ALARA 的觀念，以符合輻射防護的時代要求。

4.輻射外漏案例及處理

最近發生的輻射外漏案例有有 1979 年 3 月 28 日美國三哩島事件、1986 年 4 月 26 日前蘇聯車諾比爾事件、1999 年 9 月 30 日日本東海村事件、1999 年 10 月 4 日南韓月城核電廠事件、2003 年 1 月 14 日我國臺北市仁愛醫院等，其輻射外漏發生經過與處理，如下所示：

(1)美國三哩島事件 (1979 年 3 月 28 日)

A.事件發生經過：

- 3/28/1979 4:00:37 am

由於化學除汙系統的樹脂發生阻塞現象，使得凝結水幫浦跳脫，進而也使飼水幫浦和汽機跳脫，停止運轉。於是輔助幫浦自動啟動，但由於輔助飼水管路上的一閥門，在維修後沒有依照規定打開，故無法將水注入蒸汽產生器二次側，反應器內產生的熱無法移除，造成反應器壓力快速上升，調壓槽灑水系統自動啟動灑水降壓，釋壓閥亦開啟洩壓，但系統壓力仍就繼續上升，觸及反應器急停設定值。控制棒插入爐心，核分裂反應停止。

- 3/28/1979 4:00:50 am

反應器急停後，功率降低，反應器壓力亦隨之降低。當反應器壓力降至釋壓閥門自動關閉點時，閥門卻沒有關閉，於是冷卻水由閥門持續

流出。由於輔助飼水無法進入蒸汽產生器，故蒸汽產生器內二次側的水已逐漸被燒乾。另一方面，釋壓閥的開啟造成反應器壓力持續下降，導致緊急爐心冷卻系統自動啟動，將高壓硼水注入爐心。運轉員開始擔心調壓槽的水位過高會使調壓槽喪失調壓功能。值得一提的是，運轉員此時不知道蒸汽產生器已經沒有飼水，且調壓槽釋壓閥發生故障，沒有關閉。

- 3/28/1979 4:06 am

自調壓槽釋壓閥流出的冷卻水進入位於圍組體的洩壓水槽，洩壓水槽很快的被注滿，溢流到圍阻體的集水區。集水區水位升高，圍阻體集水機的抽水機自動啟動，將水送進輔助廠房。

- 3/28/1979 4:08 am

運轉人員發現蒸汽產生器二次側輔助飼水閥門是處於關閉的狀態，於是手動打開閥門。飼水進入蒸汽產生器的二次側，但為時已晚，此時一次側已有大量的水蒸汽，使得熱無法有效的自蒸汽產生器移除。

- 3/28/1979 4:10:24 am

運轉員降低高壓緊急注水系統的流量，避免調壓槽水位過高。

- 3/28/1979 4:15 am

冷卻水持續自釋壓閥流出，進入圍阻體的集水池，轉而進入輔助廠房。

- 3/28/1979 5:14 am

因系統壓力過低，且系統內已產生蒸汽，冷卻水幫浦發生嚴重振動，為了防止冷卻水幫浦的損壞，運轉人員將B迴路之冷卻水幫浦停止運轉。

- 3/28/1979 5:40 am

A迴路之冷卻水幫浦也以同樣的理由關閉，在缺乏動力下，反應器內汽水開始分離，爐心上方的水蒸汽阻止了水流動。預期中的自然對流現象並未發生。此時水位大概只在爐心上方三十公分。

- 3/28/1979 6:18am

運轉人員此時終於注意到釋壓閥沒有關閉，於是手動關閉了釋壓閥，反應器溫度及壓力隨即上升。

- 3/28/1979 6:55 am

由於燃料已有破損，冷卻系統之高放射性警報響起。可惜沒有任何一位運轉員記得聽到警笛聲。可能是由於數以百計的警報聲響起，運轉員無法及時分辨處理，故隨手把警報關掉。也可能主要警報聲響失效或是運轉員漏聽。此時，運轉員依然不知道圍阻體建築內，含有放射性的水和蒸汽量正持續的升高中。

- 3/28/1979 7:30 am
圍阻體、反應器廠房和輔助廠房輻射強度繼續上升。
- 3/28/1979 8:30 am
運轉員嘗試利用蒸汽產生器的建立移熱路徑，但由於反應器內的汽水分離現象而失敗。
- 3/28/1979 11:38 am
運轉員設法降壓，想利用低壓移熱系統移熱，但是反應器的洩壓能力不夠，無法降壓。
- 3/28/1979 5:30 pm
重新以高壓注水系統加壓，使反應器內的水蒸汽凝結，以便再啟動冷卻水幫浦。
- 3/28/1979 7:51 pm
A 迴路冷卻水幫浦啟動成功，冷卻水自反應器流入蒸汽產生器，經由蒸汽產生器二次側，將衰變熱移除，危機終告解除。

B.事件處理經過：

- 3/28/1979 7:00 am
圍阻體內的放射性強度已較正常時的讀數高出數倍，負責運轉三哩島核能電廠的大都會愛迪生電力公司於是宣佈電廠進入所謂的「廠址緊急狀態」，開始管制電廠區域的交通和進出人員，並通知美國聯邦政府的核能管制委員會（簡稱核管會）、以及賓州州政府所屬警察局、環境資源部、和民防組織。
- 3/28/1979 7:30 am
電廠宣佈進入「全面緊急狀態」。
- 3/28/1979 8:15 am
美國核管會自附近城市派遣數架直昇機到電廠做環境測。偵測結果顯示三哩島電廠上空的輻射劑量強度為每小時 0.20~0.30 毫西弗。在離

電廠 2 ~ 3 英哩處的空中輻射劑量強度則為每小時 0.05 ~ 0.07 毫西弗，這一訊息透露出三哩島核能電廠發生了非常嚴重的意外。

- 3/29/1979

美國核管會宣佈，三哩島事故為美國商用反應器運轉以來所發生的最嚴重事故，電力公司也透露部份燃料棒有可能已經受損的訊息。根據他們的估計，受損燃料棒的比例約為 1%。

- 3/30/1979

美國核管會估計，受損燃料棒比例已達 60%。此時，電力公司也首次承認反應器爐心尚無法適當的冷卻，如果事故繼續惡化下去，將對附近居民的安全造成威脅。值此關鍵時刻，從美國各地趕赴而來的工程師和專家們群集出事電廠，苦思對策，希望找出方法使事故不再繼續惡化。

電廠周圍 3 英哩半徑範圍內的輻射劑量強度為每小時 0.25 毫西弗，賓州州長一度要疏散電廠附近四個鎮的部份居民，但在與核管會及電力公司磋商之後決定暫緩實施，僅僅勸導居民減少外出並緊閉門窗。美國總統卡特知悉情況之後，打電話給賓州州長表達關切之意，並詢問需要聯邦政府配合的事項。稍後不久，賓州州長下令將電廠周圍 5 英哩範圍內的學齡前兒童及孕婦撤離，並通知電廠附近四個鎮的 90 萬居民準備疏散。白宮也於 30 日成立特別行動小組，統籌規劃三哩島事故應變事宜。特別行動小組派遣核管會的哈諾德·鄧肯赴三哩島電廠，全權處理事故。鄧肯的抵達，使得電廠的混亂情況獲得改善。工程師和專家們逐漸將反應器冷卻，成功的遏止了事故的惡化

- 4/1/1979

卡特總統親赴三哩島電廠巡視，以具體行動向民眾宣示三哩島事故的威脅已告解除。

(2)前蘇聯車諾比爾事件（1986 年 4 月 26 日）

車諾比爾核能電廠四號機組（配備第七、八號發電量，各 500 百萬瓦的渦輪發電機）於 1983 年 12 月正式運轉，1986 年 4 月 25 日的計畫停機是例行性的中級保養，研究人員打算利用這一機會進行第八號渦輪發電機的慣性減速試驗。這個試驗的目的是要釐清渦輪發電機在蒸汽停止供應之後，渦輪發電機的轉動慣量，是否可以在備用柴油發電機啟動之前，提供廠內的緊急電

源。車諾比爾電廠曾經做過這類型的試驗，結果發現電壓下降的速率，比研究人員所預期的來的快。因此這次的試驗，要測試一個特殊的發電機磁場調整器，來克服電壓急遽下降的問題。但是實驗過程不如預期的順利，而災變即在工作人員企圖完成實驗時發生了。

A. 事件發生經過：

- 4/25/1986 01:00 am
四號機組準備進行中級保養，機組從滿載 3200 百萬瓦熱功率開始降載。
- 4/25/1986 13:00 pm
第七號渦輪發電機解聯，廠內電源轉由第八號渦輪發電機供應，此時反應器輸出熱功率為 1600 百萬瓦。
- 4/25/1986 14:00 pm
依試驗程式操作，關掉緊急爐心冷卻系統。但接獲負載管理中心的通知，電力需求增加，機組必須維持運轉。反應器輸出熱功率維持在 1600 百萬瓦九個小時。運轉人員在控制室枯坐，等候進一步的通知。
- 4/25/1986 23:10 pm
負載管理中心通知，可以停機。運轉人員準備降功率至 700-1000 百萬瓦。
- 4/26/1986 0:28:00 am
運轉人員操作失誤，功率驟降到 30 百萬瓦。功率短時間內的大幅降低，使得反應器內累積大量的氙原子核，大量吸收中子，反應器無法維持臨界，運轉員將控制棒大量抽出，以提升功率。
- 4/26/1986 1:00:00 am
反應器功率穩定於 200 百萬瓦，低於法規的要求。反應器爐心內尚有約等於 6-8 根全長之控制棒，遠低於法規低限要求之 15 根。
- 4/26/1986 1:19:00 am
運轉人員完成實驗準備工作。
- 4/26/1986 1:23:00 am
反應器功率穩定於 200 百萬瓦，準備開始實驗。運轉員切斷汽機跳脫而導致反應器急停的訊號，準備在實驗失敗時，可以再重做一次。運轉員手動跳脫 8 號汽機。

- 4/26/1986 1:23:31 am
因反應度的正空泡回饋，總反應度及功率始爬升，功率在 5 秒內，驟升 500 倍。
- 4/26/1986 1:23:40 am
運轉人員按下急停按鈕。
- 4/26/1986 1:23:44 am
功率持續快速上升。
- 4/26/1986 1:23:48 am
水蒸汽爆炸，不久傳來第二次爆炸聲，反應器解體。

B.事件處理經過：

- 4/26/1986 凌晨
蘇聯車諾比爾核能電廠的 4 號反應器發生水蒸氣及氫氣爆炸。爆炸後引起反應器內石墨的燃燒，造成大量的放射性物質外釋。蘇聯政府迅速的疏散了車諾比爾區域的 5 萬居民，但是並未將電廠發生災變的新聞對外發佈。
- 4/28/1986 清晨
瑞典福斯馬克核能電廠偵測到電廠工作人員受到輻射污染，該電廠立即進行廠區疏散，並清查輻射污染的來源。結果發現污染來自於廠外而非廠內，同時國境內其他輻射偵測站亦發現，所偵測到的輻射強度較背景強度高了近一百倍。但確實的污染來源卻令人費解？瑞典根據測到的核種做進一步的分析，結果顯示放射性物質係來自於核能電廠反應器的爐心，再根據放射性物質在北歐諸國分佈的情形，以及過去數天的氣象資料，研判可能是蘇聯的車諾比爾核能電廠發生了意外。瑞典駐蘇聯外交人員因此向蘇聯政府查詢，但不得要領。
- 4/28/1986 9:00 pm
莫斯科電視新聞報導中，簡短提到位於車諾比爾電廠的反應器在意外中受損。
- 4/29/1986 凌晨
美國將軍事用情報衛星調整軌道，航經車諾比爾上空以觀察電廠狀況。衛星照片顯示反應器屋頂已經不見，且反應器內石墨殘餘物仍在冒

煙，但廠區其他三部機組仍完好未受損。衛星照片亦顯示離電廠一段距離外的居民作息如常。

- 4/29/1986 早晨

蘇聯的駐外人員向瑞典及西德政府詢問撲滅石墨火災的方法，但瑞典及西德均表示沒有這一方面的經驗，建議蘇聯去找較有經驗的英國人。此時，美國雷根政府主動表示可以提供任何必要的援助，協助控制事故的惡化，但是蘇聯拒絕接受，僅僅要求加州大學一位骨髓移植專家及兩位助手前往協助救治傷患。同一天，蘇聯政府在新聞報導中透露，事故中已有兩個人死亡，並表示狀況已獲得控制，但電廠周圍的四個村落的居民已經疏散。

- 4/30/1986

蘇聯重申只有兩人在意外中死亡，可是有 197 人住院，但其中 49 人已經出院，並表示電廠的輻射外釋狀況在持續改善中，水源並未遭到污染，同時以照片顯示廠區的石墨燃燒已經撲滅。

- 5/1/1986

美國衛星照片證實石墨燃燒已經停止，至此車諾比爾核能電廠災變已經獲得控制。整個事故過程中，因蘇聯政府不主動提供消息，故西方國家對車諾比爾災變的嚴重程度頗多臆測。根據到蘇聯協助醫療傷患的美國骨髓移植專家所提供的資料顯示，總共有 299 人住院接受治療，這些人大部份為電廠工作人員及救火隊員，到 5 月 3 日為止，有 11 人死亡。

(3)日本東海村事件（1999 年 9 月 30 日）

A.事件發生經過：

- 9/30/1999 10:30 am

工作人員在鈾燃料轉化製造過程中，擅自以人工方式將大量鈾酸化物倒入沈澱槽中，致高濃度的鈾酸化物溶入了十六公斤，遠比允許運轉上限二點四公斤為高，達七倍之多，而造成核分裂「臨界」狀態，核反應物及輻射線大量外洩。

- 10/1/1999 3:00 am

JCO 核能技術人員於進入現場，企圖打開排水管的活門讓沈澱槽旁

的冷卻水流出，加速中子由沈澱槽中逃逸，以降低中子數目，停止臨界，但是沒有成功。

- 10/1/1999 4:20 am

進行第二次嘗試，破壞排水管活門，成功地排出冷卻水。

- 10/1/1999 6:15 am

現場周邊的中子劑量於時呈現出零的數值，茨城縣知事橋本昌正式宣佈，此事故已獲得控制。

B. 事件處理經過：

- 9/30/1999

日本政府立即成立「緊急對策本部」。

- 9/30/1999 深夜

呼籲東海村鈾加工廠方圓十公里的十萬七千戶住家，大約三十一萬人不要外出，兩百多所學校與公家機關一律停止上課、上班，此地區的鐵公路也宣佈停駛。

- 10/1/1999 6:00 pm

禁令至解除，但以東海村鈾加工廠為中心的三百五十公尺範圍內的住家仍然不得外出，至四日才得到安全確認。

C. 事件後重建工作如下：

- (A) 全面性住民及環境輻射偵檢，十名輻射防護專家常駐「民眾中心」內服務。
- (B) 日本自衛隊化學兵協助實施環境偵測，項目包括：井水、農作物、土壤、海洋生物、農牧產品等。
- (C) 住民之衣物，環境除汙亦同時實施。
- (D) 大範圍之住民健康檢查及心理諮商，除十公里範圍內之住民外，任何外環住民均享有同等待遇。
- (E) 日本科學企畫廳亦宣佈對特定地區飲水、食品、農作物採收、漁獲等限制並採補償措施。

D. 事件的影響：

此事件發生後有四十九人廠內工作人員受到輻射污染，參名工人遭到高劑量輻射傷害。國際原子能總署（IAEA）對輻射外洩事件的等級區分為

七級，此次東海村輻射事件被評定為第「五」級，屬重大事故。依八十八年十月十一日日本「朝日新聞」報導，此事件為日本歷年來最嚴重的核能事故。

(4)南韓月城核電廠事件（1999年10月4日）：事件發經過如下

- 10/5/1999 7:00 am

位於北部省分慶尚北道的月城核能廠三號反應器的重水冷卻幫浦在維修和進行安檢時發生滲漏,約有四十五公升的重水洩出,造成廿二名員工曝露在低度輻射之中。

- 10/6/1999

技部官員說，有四十五公升具放射性重水外漏，但未外洩到戶外，不致對環境造成影響。官員亦設法淡化此事，只表示這是南韓史上首次發生集體接觸輻射外洩事件，但並不嚴重。南韓官員說，輻射外洩的劑量為零點零零六至四點四毫西弗特 mSv，屬可以控制的範圍。月城核電廠發言人說，重水外洩現象已立即止住，接觸輻射的工人也無安全顧慮。

(5)我國臺北市仁愛醫院事件（2003年1月14日）

A.事件發生經過：

- 1/14/2003

尿液貯存槽滲漏導致輻射外洩。

- 1/22/2003 晚間

位於仁愛醫院四樓的碘一三一病房，供病患尿液貯存的鉛槽溢流並滲漏至樓下病房，造成輻射污染且有醫護人員無意間沾染。

- 1/23/2003

員工認為醫院處置不當，寄發電子郵件向原能會檢舉，同時衛生局接獲民眾陳情，指仁愛醫院有輻射滲漏，臺北市政府衛生局立即要求院方提出報告，並組成調查小組，同時邀請行政院原子能委員會前往調查；結果發現原因是院內三樓加護病房遭含 I-131 液體滲漏。

- 1/24/2003

臺北市政府衛生局要求仁愛醫院通報每日劑量。

- 1/26/2003

劑量降到背景值的標準。

- 1/28/2003

受到輻射劑量影響的八位醫護人員到桃園龍潭原能會核子能研究所進行輻射線數值重建，經過檢驗後，沒有健康疑慮。

- 1/29/2003

由於這是國內第一起醫療院所碘輻射污染事件，原能會隨即緊急檢查全台其餘八家有相同設備的醫院（台大、三總、臺北榮總、高雄榮總、和信、成大、長庚高雄分院、嘉義分院），雖未再發現滲漏污染情況，但發現二家醫院局部管道輻射劑量偵測值稍高，已要求醫院採取沖洗及隔離措施將輻射值降為正常。

B.事件後續經過：

由於輻射防護法二月一日才正式實施，因此仁愛醫院的疏失，原能會尚無法嚴懲，但原能會已要求仁愛醫院暫停使用該病房，全力清除污染區，另要求仁愛醫院成立專案小組，妥善處理本案，衛生局亦表示關於院方未通報原子能委員會，雖然目前沒有法令規範得以處罰，但臺北市政府衛生局仍將追究行政責任；其次發生輻射滲漏，是否有管理疏失、損及公共衛生，臺北市政府衛生局也將請原能會追 Courtney 院方相關責任。

習題

1. 試說明當職場發生感染性物質小量洩漏之緊急處理程式為何？當發生感染性物質大量洩漏之緊急處理程式又為何？
2. 若醫院發生針紮事故或其他職場發生含感染物質之尖銳物刺傷的話，試說明其緊急處理流程為何？
3. 試說明發生感染性物質洩漏時，人員疏散動線管理應注意之事項為何？
4. 簡述感染性物質作業場所發生火災事故之一般處理方式？
5. 全身意外曝露後 0 至 6 小時、7-71 小時、72 小時以後的行動指引分別為何？
6. 請說明游離腔的輻射測量原理。
7. 請說明固態二極體的輻射測量原理。
8. 請說明核能發電廠輻射控制的情形。

參考文獻

1. 林志銘、楊冠洋、韋哲啟（1994年）。醫院實驗室安全。勞工安全衛生簡訊，第10期。
2. 盛望徽（2003年）。嚴重急性呼吸道症候群－病患之臨床處置與防護措施。中華民國地區醫院協會會訊，第28期。
3. 勞工安全衛生研究所（1998年）。職業性針紮危害預防手冊。
4. 賴玫娟（2003年）。感染管制實務（下冊）。臺北：軒圖書出版社。
5. 張寶樹（1993年）。輻射保健十講。保健物理專業手冊（第七冊）。臺北：臺灣電力公司核能發電處印行。
6. 張寶樹（2001年）。醫用保健物理學。國立編譯館。臺北：俊傑書局印行。
7. 張寶樹（2002年）。輻射流行病學。第一期輻射生物效應與輻射劑量班。臺灣電力公司訓練所林口核能訓練中心。
8. US Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention and National Institutes of Health, (1999). Biosafety in microbiological and biomedical laboratories, 4th edition. US Government Printing Office, Washington.
9. Richmond, J.Y. and Nesby-O'Dell, S.L., (2002). Laboratory Security and Emergency Response Guidance for Laboratories Working with Select Agents. Recommendations and Reports, MMWR, 51 (RR19).
10. R.C. Ricks, S.A. Fry (1990). The Medical Basis for Radiation Accident Preparedness II- Clinical Experience and Follow-up Since 1979, Elsevier, New York.
11. R.C. Ricks, M.E. Berger, and F.M. O'Hara, Jr., (2002). The Medical Basis for Radiation-Accident Preparedness- The Clinical Care of Victims, Proceeding of the Fourth International REAC/TS Conference on the Medical Basis for Radiation –Accident Preparedness, March 2001, Orlando, Florida, The Parthenon Publishing Group, A CRC Press Company, Boca Raton.