

# 輻射防護簡訊 101

中華民國99年2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、  
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

### ▲高雄港大港倡議計畫輻射偵檢系統正式啟用

(原能會輻射偵測中心 林明仁 林培火 洪明崎 黃景鐘)

#### 一、前言

自 2001 年美國 911 恐怖攻擊事件之後，美國開始重視國際貿易之安全維護。有鑒於海運系統為全球貿易複雜、龐大且重要的一環，而美國又為最主要貨物進口國，大港倡議計畫係美國能源部（Department of Energy, DOE）國家核能安全管理局(National Nuclear Security Administration, NNSA)第二道防線（Second Line of Defense, SLD）計畫辦公室之主要計畫，主要目標為阻絕非法核子原料或其他輻射物質，經由貨櫃走私、擴散或運至美國製造恐怖活動。另一方面也補強正在實施中的貨櫃安全計畫（Container Safety Initiative, CSI）。在國際貿易夥伴同意合作的狀況下，美國針對全球重要港口提供門式輻射偵測器、相關手持檢測儀器、光學辨識系統、通訊設備、人員培訓及技術支援等，提升國際貿易夥伴偵測貨櫃貨物中的核子原料或其他輻射物質的能力，以嚇阻、偵測、阻絕非法核子原料或其他輻射物質走私，以防止恐怖分子用於製造大規模毀滅性武器（Weapon of Mass Destruction, WMD)或其他輻射散佈裝置（Radiological Dispersal Device, RDD）。

#### 二、計畫說明

2006 年 5 月 25 日，駐美國台北經濟文化代表處（Taipei Economic and Cultural Representative Office in the U. S., TECRO）與美國在台協會（American Institute in Taiwan, AIT）簽訂「關於合作防止非法運送核子及其他輻射物質之瞭解備忘錄」，台灣即正式邁入此計畫。冀望藉由改善貨物運輸安全及措施，防止非法運送核子原料或其他輻射物質，以加強國際核能與輻射安全。由於高雄港位於亞太經貿重要的貨物轉運港，轉運量約佔高雄港全年貨櫃量之一半。

再加上貨物吞吐量，每年的貨櫃裝卸量將近一千萬個標準貨櫃（Twenty-foot Equivalent Unit, TEU），高雄港成為台灣第一個實施大港倡議計畫的港口。大港倡議係屬國際合作計畫，美國負責出資建置及提供技術協助，包括設備、材料、訓練及維修服務等，我國高雄關稅局則負責系統運作及啟用 3 年後之設備維護保養。國內配合相關單位包括：行政院國土安全辦公室、財政部、行政院原子能委員會（簡稱原能會）、外交部及交通部等。由於該計畫規模龐大，分成兩期工程實施，第一期工程自 2007 年 9 月開工，歷經三年多努力，包括美方派員實地勘查、提出規劃、工程設計、機器建置、測試、驗收及人員訓練等階段，已於 2009 年 9 月 18 日完成系統建置，同年 11 月 18 日正式啟用。現今位於第 2、3、5 貨櫃中心共 23 座門式輻射偵測器，美方另提供 12 部個人劑量警報器、8 部手提輻射偵測儀、8 部放射性核種分析儀及 3 部高解析度多頻道脈高分析儀，以及 6 個校正用輻射源。另有中央監控站、3 處二次偵檢工作站、無線通訊網路系統等。高雄關稅局現投入 24 名關員，分三班制全天執勤監控，預計可篩檢約 95% 貨櫃流量。另外，第二期工程目前也在第 1 及第 4 貨櫃中心進行設備的建置，除繼續建置其他碼頭的門式輻射偵測器外，並於兩貨櫃中心儀檢站架設可確認放射性同位素的光譜門式偵測器（Advanced Spectroscopic Portal, ASP），作為二次偵檢的設備之一，預計 2010 年 6 月底前完成。

### 三、大港倡議計畫任務之合作

大港倡議計畫係由政府與民間合作執行之國際合作計畫，其任務說明如下：

1. 行政院國土安全辦公室：統籌各單位之作業協調事宜。
2. 外交部：負責與美國簽訂「關於合作防止非法運送核子及其他輻射物質之瞭解備忘錄」。
3. 交通部高雄港務局：負責貨櫃場區場地使用協調等事宜。
4. 財政部關稅總局高雄關稅局：負責計畫之執行及系統運作。
5. 航商：配合計畫之系統運作實施。
6. 原能會：為國內核能與輻射安全管制業務之主管機關，積極協助大港倡議計畫之實施。自 2008 年 7 月起，歷經一年多，進行法規修訂、人員訓練及制定程序書等事項，以下為原能會負責之任務說明如下：

（1）法規修訂：為因應國內海、空運貨物過境或轉口作業之流暢，在不影響輻射安全管制的前提下，修訂「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」第十三條和第十四條有關放射性物質過境或轉口之規定，「放射性物質過境轉口許可申請導則」第五點和第六點，以及「核子原料運作安全管理規則」第五條和第十條，以達簡政便民之效。

（2）國外訓練與參訪及國內訓練：2008 年 9 月由美國能源部安排至美國 HAMMER 國家訓練中心接受為期 5 天之「大港倡議操作人員訓練」，成員為本會核能技術處、輻射防護處及輻射偵測中心各派 1 員與高雄關稅局 19 員，共 21

員；2009年6月美國能源部安排包括美國AIT、行政院國土安全辦公室、財政部、外交部、交通部及原能會輻射偵測中心1員等相關單位共11員，赴比利時安特衛普港（Antwerp port）參訪比利時皇家關稅局大港倡議計畫運作現況，充分了解並掌握此計畫運作之機制。國內訓練部分，2009年9月14日至18日本會與輻射偵測中心共派17員參加高雄關稅局舉辦之「大港倡議操作人員教育訓練」。2009年9月8日輻射偵測中心亦針對值勤人員辦理「支援大港倡議輻射異常狀況通報處理作業」內部人員訓練，以因應支援大港倡議之運作。

（3）制定程序書：原能會內部曾召開四次協調會議，訂定「行政院原子能委員會支援高雄港大港倡議作業程序書」、「輻射偵測中心執行高雄港大港倡議計畫之規畫」及「輻射偵測中心技術支援高雄港大港倡議輻射偵檢作業程序書」等，並與高雄關稅局召開二次作業協調會議，訂定「高雄關稅局大港倡議輻射偵檢通報單」，建立高雄關稅局請求輻射偵測中心輻射偵測技術支援與原能會間之通報機制。

計畫運作初期，為使計畫運作順暢，原能會支援輻防專業及偵測技術諮詢，當高雄關稅局經第二次偵檢仍無法確認核種，或可能為非法運送核子原料或其他輻射物質時，適時提供高雄關稅局技術支援，其間之合作與介面流程圖，如圖1所示。原能會輻射偵測中心因地緣關係與高雄港毗鄰，故為原能會與高雄關稅局間之連絡窗口，並籌組應變小組，負責提供該局輻射偵測及輻射源判讀技術支援等事宜。系統啟用第1個月，為減低計畫實施造成貨櫃通關速度減低影響的衝擊，以及掌握現場輻射異常處理作業流程，輻射偵測中心每日自8時至24時以二班制方式，派員至高雄關稅局前鎮分局中央監控站現場輪值，協助高雄關稅局人員研判輻射異常處理作業，不僅可加快貨櫃通關速度，避免航商及人民權益受損，不致引起民怨，更能增進政府各單位間密切之合作關係。

#### 四、偵檢概念與管制流程

大港倡議係於高雄港內貨櫃中心各出入口處設置門式輻射偵測器（Radiation Portal Monitors, RPM），對進、出口及轉口貨櫃貨物作偵測，以被動方式偵測貨櫃內是否含有輻射物質。若偵測出櫃內貨物有輻射產生且超出設定值，警報則會產生，警報及偵測資料即透過無線通訊網路傳送至高雄關稅局前鎮分局中央監控站（Central Alarm Station, CAS）進行評估，經該站人員評估結果為天然放射性物質（例如：肥料、沙土、瓷磚、大理石...等），或輻射物質具有輸出入、轉口許可證明者，則予以放行。若評估為可疑之輻射物質者，則需辦理第二次偵檢，由關員攜帶各項精密的手提輻射偵測設備，包括：個人輻射安全警報器，作為偵測、搜尋及定位輻射物質之高靈敏度塑膠閃爍輻射偵測器，以及可鑑定核種之NaI核種鑑定儀、高純度鍍（HPGe）多頻道脈高分析儀等，精確的鑑定櫃裝物放射性物質之核種及強度，以評估該櫃貨物是否涉及非法走私。若經第二次偵檢仍無法確認核種，或有非法運送核子原料或其

他輻射物質之疑慮，需再進一步調查時，高雄關稅局則請外部輻防專業機構提供必要之技術協助及支援，包括：輻射偵測、調查、放射性同位素能譜判讀、輻射物質處置等，以達阻絕非法核子原料或其他輻射物質經由貨櫃走私擴散之目的。大港倡議輻射偵檢概念及流程，如圖 2 所示。

## 六、結論

大港倡議計畫自 2009 年 9 月 19 日啟用運作至 11 月底，經統計通過門式輻射偵測器之輸出、入及轉口貨櫃數量總計約 590,000 個，平均每日約 9,000 個。產生警報數之貨櫃總計約 19,000 個，平均每日約 300 個貨櫃，警報發生率平均約 3%。第 2 次偵檢之次數總計約 130 件，平均每月約 40 件。原能會接獲高雄關稅局技術支援請求通報單之數量為 5 件，皆因門式輻射偵測器設備誤判所產生之假警報。

大港倡議計畫的實施後，證實我國參與國際反恐工作的決心，此計畫不僅可阻絕非法輻射物質走私進入我國，以保障國人的健康安全，且有助於嚇阻及防堵非法核子原料或其他輻射物質經由貨櫃走私擴散，對全球海運貨櫃安全也有所助益。目前由高雄港率先啟用，美方預計明年（2010 年）將規劃擴及台北港。高雄關稅局除了培訓人員並建立貨櫃輻射偵檢、核種鑑定及輻射源處置等能力外，應積極與國內輻射偵測專業機構訂定技術支援合作契約，以便爭取貨櫃通關之時效。另一方面，原能會基於一個輻射監督與管制者的立場，除了應適時提供法規裁處、輻射源處置等建議外，更應建立一套完善且迅速之應變通報體系，確實做好輻射源追蹤及管制等工作，以維護輻射安全。相信不僅對台灣貿易安全之形象有顯著提升，更能強化我國輻射安全管理制工作，為國際核能與輻射安全上貢獻一份心力。

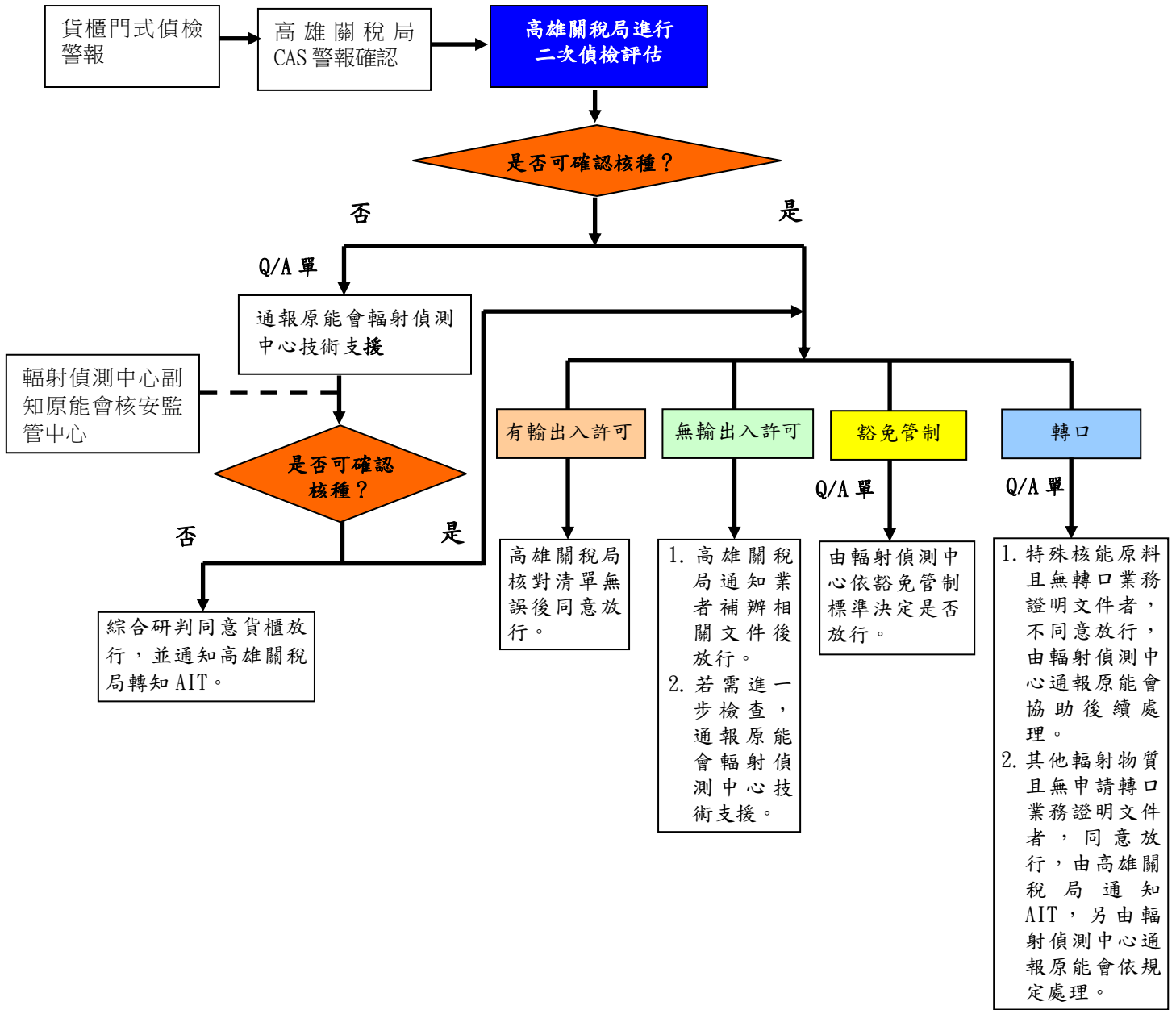


圖 1 大港倡議計畫輻射偵檢通報及處理作業流程圖

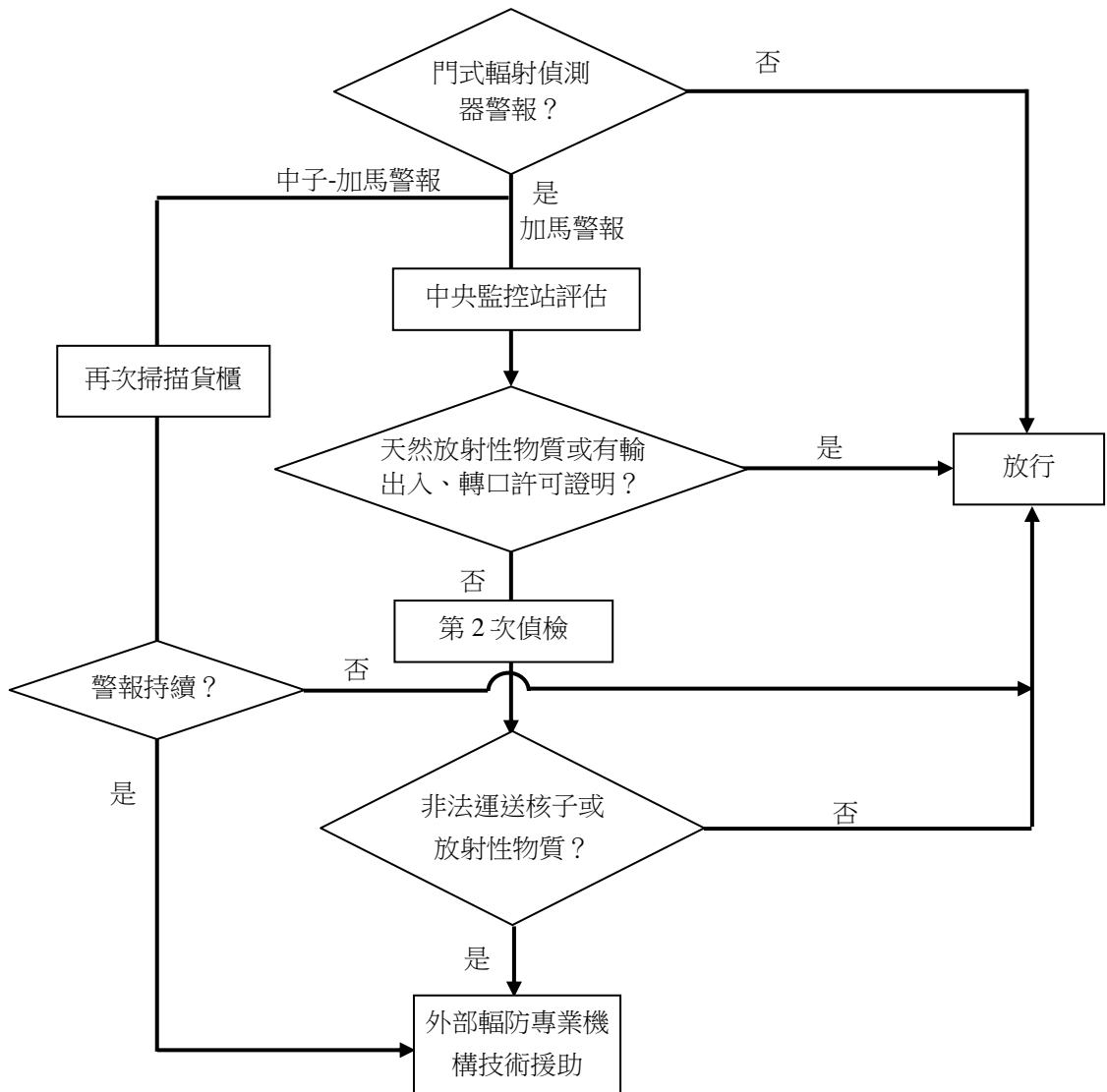


圖 2 大港倡議計畫輻射偵檢概念及流程圖

# □會議訓練報導

## ▲99 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) 36 小時 許可類 設備	A1-- 1 月 27 日~2 月 3 日	(高雄) 輻射偵測中心
		A2-- 1 月 25 日~29 日	(新竹) 帝國經貿大樓
		A3-- 7 月 5 日~ 9 日	(新竹) 帝國經貿大樓
		A4-- 7 月 14 日~ 21 日	(高雄) 輻射偵測中心
	(B 組) 18 小時 登記備 查類 設備	B1---2 月 2 日~ 4 日	(台北)建國大樓
		B2---2 月 24 日~26 日	(新竹) 帝國經貿大樓
		B3---3 月 3 日~ 5 日	(高雄) 輻射偵測中心
		B4---3 月 17 日~ 19 日	(台中) 文化大學推廣部
		B5---3 月 24 日~ 26 日	(台北)建國大樓
		B6---4 月 21 日~ 23 日	(新竹) 帝國經貿大樓
		B7---5 月 5 日~ 7 日	(高雄) 輻射偵測中心
		B8---5 月 12 日~ 14 日	(台北)建國大樓
		B9---6 月 2 日~ 4 日	(新竹) 帝國經貿大樓
		B10--6 月 9 日~ 11 日	(台中) 文化大學推廣部
		B11--7 月 21 日~ 23 日	(台北)建國大樓
		B12--7 月 28 日~ 30 日	(高雄) 輻射偵測中心
輻射防護繼續教育訓練班		4 月 27 日--- 3 小時	台北
		5 月 07 日--- 3 小時	新竹
		5 月 20 日--- 3 小時	台中
		5 月 27 日--- 3 小時	高雄
		4 月 30 日--- 6 小時	新竹
		5 月 11 日--- 6 小時	台北
		6 月 03 日--- 6 小時	高雄
輻射防護專業人員訓練班	輻防員(時)	員 17 期 第一階段— 6 月 21 日~ 25 日	(新竹)帝國經貿大樓

	第二階段—6月28日~7月2日 第三階段—7月19日~23日 第四階段—7月26日~29日 <b>進階 12</b> 8月18日~20日(進階12-1) 8月25日~27日(進階12-2)	
鋼鐵建材輻射 偵檢人員訓練班	鋼--6月2日~3日	高雄
	鋼--6月7日~8日	(新竹)帝國經貿大樓

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

## □ 專題報導

### ▲ 談低能量與低劑量的輻射效應(一)

#### — 輻射效應的觀察方法 —

(許俊男)

#### 壹、前言

所謂輻射防護，是基於對輻射的瞭解之後，所建立防範於未然的必要措施，也是輻防的 ABC，而不是等事件發生之後再去力求補救。例如因為管理不善而造成輻射的污染，是不可能百分之一百除污的。又如問某人因不慎受到高輻射劑量怎麼辦，答案是「不能怎麼辦」，除非事先防患。本文所討論的低能與低劑量的輻射也都是基於事先防範而建立的。例如目前政府所規定對於非游離性電磁輻射的限制，充其量也是為了讓普羅大眾安心而提出的防範性建議。對於低劑量游離輻射之機率性效應的無低限值線性假說 (LNT, linear non-threshold hypothesis) 也是基於預防考量的保守作法。

我們以前在談論輻射時，一般是指游離輻射，且大多與核能有關係。但是隨著手機及家電用品的普及，對於非游離輻射的瞭解越來越覺得有需要。輻射可區分為游離輻射和非游離輻射。如此區分的用意是突顯兩者對物質的可能作用，或對人體的可能效應在機制上是截然不同的。

游離輻射是指能量大於 10 keV 的輻射，它有能力將受其撞擊的任何物質或人體之原子內的電子擊出而造成游離的現象。例如 X 射線、加馬射線、阿伐射線、貝他射線等。相反的，非游離輻射是指輻射能量不大於 10 keV 的輻射。因為其能量小於原子核與環繞其周圍之電子的束縛能，所以該原子的電子不致被擊出，亦即不致使原子游離。例如日常生活中的可見光、雷射、手機、基地台、和家電等的輻射都是。

為什麼游離輻射和非游離輻射的區分這麼受到重視呢？因為游離代表會引起化學反應。假如游離輻射的強度夠高的話，當它照射到人體，就有機會與體內的生物分子起化學反應，而造成該生物分子喪失原來應有的功能，那麼身體的健康就可能受到影響，甚至造成傷害。



這裡值得一提的是輻射的能量 (energy) 與強度 (intensity) 兩者所指的是意義是完全不同的。能量可表現在電磁波的穿透能力上，或者基本粒子的飛行速度上。而強度則指撞擊在單位面積上的點數，也可以稱為密度，而它的能量可以是很大，也可以是很小，也就是說可以是游離或非游離的輻射。

相對於游離輻射，非游離輻射如果照射到人體，它不致於引起化學反應，頂多會有熱產生。本文所將討論的非游離輻射只限於一般日常生活所發生的。如果是能夠產生強度很強之非游離輻射的特殊機器或設備，那就得另當別論了。

這樣說來，涵蓋游離和非游離的輻射，都是現代人所關心的。所以本文所要談論的對象也包含能量小於 10 keV 的非游離輻射和能量大於 10 keV 但劑量很低的游離輻射，以饗讀者。這兩者的特點是到目前為止很難證明它們對人體有沒有傷害。也就是說想用實驗去證明，但所得的數據卻沒有再現性。或者試圖應用統計上流行病學研究的方法去證明，但也得不到令人滿意的結果。

但是有沒有傷害性的效應，總得有學理上的討論與依據，才能對結論產生信心，在生活上也才能安心。以下試從輻射的作用機制和統計手法，針對能量小於 10 keV 的低能非游離輻射，和能量大於 10 keV 但劑量很低的游離輻射，分三次就其對人體的效應作一些討論和說明，並提供個人對安全的看法和因應態度。內容並非筆者的研究結果，而是利用平常整理游離輻射講義時所收集到的資料整理而成，藉以拋磚引玉，尚祈先進們進一步賜教。

以下開始重點性介紹輻射效應的觀察方法--流行病學調查研究。此研究不論是對於游離輻射還是非游離輻射都同樣的會用到。這裡以「效應」字眼取代「傷害」是為了客觀陳述到目前為止還不能確定有沒有傷害的事實。

## 貳、流行病學調查研究

對於高劑量的游離輻射部分，經觀察結果其輻射效應顯著 (significant)，因此可以明確而且讓人信服的建立起輻射防護體系。但是本文所要談的不論是低能量的非游離輻射，或者是低劑量的游離輻射部分，不是效應再現性不佳，就是效應的數據不顯著 (insignificant)，因此只能進一步借助應用統計學上的流行病學調查來搭配研究而加以判斷了。目前低劑量的游離輻射部分，是基於預防的考量而認為不管劑量再低都有效應的假說。而非游離輻射部分也是從預防的角度來建議日常生活環境的強度，嚴格說來只能算是建議，因為限度是要基於有憑有據的明確可信數據而建立起來的。

再說流行病學調查研究是就致癌或死亡等關心的疾病，從各種考量因子，藉由調查各因子間相關因數的大小，而找出因果關係強的因子。此法的優點是可容易選出認為原因的因子。但即使找出強的相關關係，也不能確定疾病及其因子的因果關係。因為還需充分注意到偶然性 (規模要充分大到可避免研究結果被偶發事件所左右)、偏差性 (要檢討研究的方法、對象是否有了偏差)、和交絡因子 (大大左右研究結果所不要的其他隱性因素或因子) 等。

## 一、流行病學調查研究的種類

大體上分為

- 1、記述流行病學：對於研究對象群體，以健康、疾病為對象進行觀察，或者問卷調查、訪談調查。
- 2、分析流行病學：建立假設，然後就假設的適性作積極性的驗證。為了驗證假設而作研究對象，就假設原因設定曝露群。另就「假設原因以外的條件」設定並整合成與曝露群同樣的對照群。檢討並比較此兩群，就其差異等作統計學上的分析與驗證。

## 二、偏差與交絡

因其他的交絡因子有混入的餘地，將此假設原因以外的條件，將兩群並列在分析流行病學研究上有其困難。不管是怎麼樣的流行病學調查，對於「偏差」與「交絡」都需作充分的考量。

- 1、偏差：推測與真實的差距狀況，或者其差距。表 1.1 表示造成偏差的可能原因。

表 1.1 造成偏差的可能原因

由資料、觀察所造成的偏差	由選擇調查群組所造成的偏差
-- 記憶所造成的偏差	-- 設定對象基準所造成的偏差
-- 面談者所造成的偏差	-- 健康勞工效應 (healthy worker effect)：因常將重病者或無法工作者排除於僱用之外，勞工所呈現總的死亡率總是低於一般民眾的現象。
-- 判斷者所造成的偏差	

- 2、交絡：2 變數間的關係受到其他變數的影響，而造成與真實之關係有相異的觀察結果。我們稱此第 3 變數為交絡因子。如圖 1.1 所示。表 1.2 表示在調查規劃的階段與解析的階段，如何移除交絡因子的影響。表 1.3 則表示交絡因子的種類和例子。

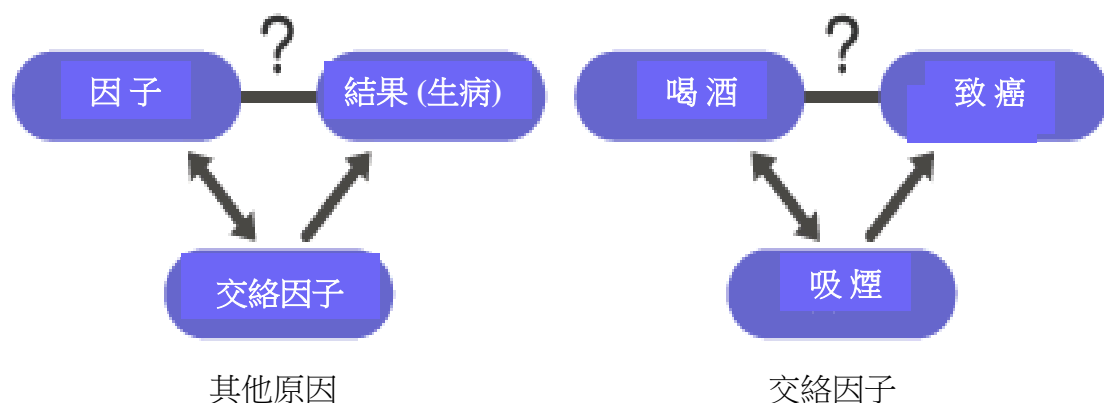


圖 1.1 交絡因子

表 1.2 交絡因子影響的移除

在調查規劃的階段	解析的階段
-- 調查對象的限定 -- 在世代研究的配合 -- 在介入研究 (intervention study) 的隨機設計 (佈置)：對觀察群組，增減認為原因之物，以調查結果的發生率。	-- 層化 (stratification)：區別主要與次要群組的不同層面。 -- 多變量解析 (multivariate analysis)：建立調查目的變數與說明變數間之關係式而進行統計分析。

表 1.3 交絡因子的種類和例子

分類	內容
內在因素	遺傳、年齡、性別、既往疾病、生理上的條件、性格、精神的壓力
外在因素	環境因素 (社經文化上的) 出生地・居住地 (工業地區、交通量)、住居 (換氣・冷氣・下水設備)、飲食生活 (營養成、嗜好、食品污染)、嗜好品 (飲酒、咖啡、吸煙)、職業 (勞動環境)
	環境因素 (自然) 地理 (飲料水、水質、大氣污染)、物理 (噪音、振動)、化學 (天然毒物、化學藥品、農藥)
	疾病上的因素 細菌、病原體、致癌物質

### 三、分析流行病學的方法

分析流行病學的方法有發病率與死亡率之研究、回溯病例之對照研究、和追蹤病例之世代研究 (Cohort 研究) 3 種。但首先需要加以注意的是，在進行流行病學調查研究時，群組的取樣須具有代表性，如圖 1.2 所示的，因為它攸關整個研究的成敗。以下就應用較多的後兩種作較詳細的介紹。

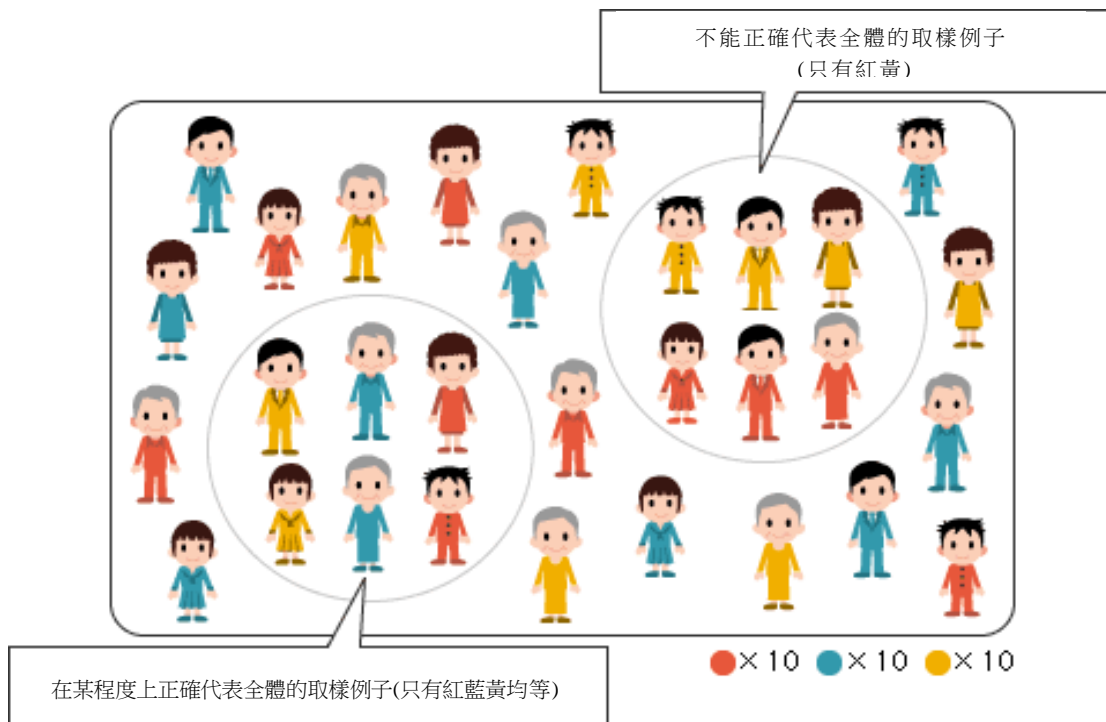


圖 1.2 流行病學調查取樣的代表性

### 1、病例對照研究

此法又稱回溯研究法，即在病例 (case) 與對照 (control) 之間二者曝露於所考量致病原因之因子的狀況，回溯其過去而調查之，並作比較。

設定由患者 (病例：病症) 與非患者 (對照：控制) 所成的對象群體。對此 2 群組，調查假定原因曝露之有無。然後比較含於患者群組中曝露者的比率  $A/(A+C)$  與非患者群組中曝露者的比率  $B/(B+D)$ 。請見表 1.4 之說明。

表 1.4 症例對照研究

對假定原因的有無	病症 (症例) (患者)	控制 (對照) (非患者)
曝露	A	B
未曝露	C	D

雖然假設其他因子與兩群均處於相同狀況，但是由於有其他因子混入的情形，造成欠缺正確性的所謂流行病學上的限制。

【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。