

# 輻射防護簡訊 14

中華民國輻射防護協會編印(發行人：曾德霖)  
通訊：新竹市光復路2段406號2樓 輻射防護協會  
電話：(035)722224 電傳：(035)722521

中華民國84年8月1日

歡迎索取

## □輻防消息報導

### ▲操作執照考試 (原能會)

行政院原子能委員會為評定非醫用放射性物質及可發生游離輻射設備工作人員之操作能力和游離輻射防護知識熟悉程度，以保障輻射工作人員安全，並配合輻射防護協會舉辦「非醫用游離輻射防護講習班」之課程段落，依據原子能法施行細則第五十七條之規定，將於本(八十四)年八月十七日(星期四)上午八時卅分，台北地區假考試院國家考場、高雄地區假正修工專同時辦理「非醫用操作執照鑑定測驗」。該項測驗由原能會輻射防護處主辦，每年辦理二次，分為初、中級，另依非醫用放射線設備之型式再劃分為(一)密封放射性物質(二)非密封放射性物質(三)可發生游離輻射設備(四)動物用X光機設備四類，報考人員依其服務單位所持有及使用設備之性質報名參加測驗。詳情請參閱原能會寄發之測驗簡章，或電洽原能會。(02)3634180。

### ▲輻射防護專業人員認可測驗 (原能會 蔡友頌)

為加強各產生游離輻射場所之防護措施，甄審輻射防護專業人員申請人之資格能力，認定其可否執行輻射安全管制與監察作業；並依據原子能委員會之輻射防護專業人員認可辦法訂定，特舉辦輻射防護專業人員認可測驗。

認可測驗預定於九月十八日~廿二

日採通訊方式報名，考試日期為十月廿八日假木柵考試場舉行。詳情參閱簡章，簡章逕向原能會洽購，請電洽(02)3634180轉523蔡友頌先生。

### ▲英國國家物理實驗室簡介 (核能研究所 蘇獻章 袁明程)

英國國家物理實驗室(NPL)，位於大倫敦都，距倫敦市中心約十五公里，為英國執行國家標準之機構，舉凡各類之度量衡標準皆在此，其下可分為Radiation Science and Acoustics、Electrical Science、Quantum Metrology、Material Metrology、Mechanical and Optical Metrology、Information Technology and Computing 及 Corporate Support Sciences等七個組。其中游離輻射國家標準乃由輻射科學與聲學(Radiation Science and Acoustics)組執行，由代理組長 Dr. Peter Christmas負責。目前本所與該實驗室已建立了良好的友誼及聯絡管道，為將來雙邊的合作關係立下良好的基礎。若需進一步資訊請電洽(03)4711400轉7608袁明程先生。

### ▲CNLA 1995 人員輻射劑量計能力試驗 (工研院量測中心 黃瑞耀 石兆平)

CNLA 1995 人員輻射劑量計能力試驗說明會於本(八十四)年六月三十日假工研院量測中心舉行，由量測中心黃瑞耀副主任主持。與會之實驗室代表含台電公司放射試驗室、放射試驗室核二分隊、放射試驗室核三工作隊、核研所保

健物理組、清華原科中心保健物理組、同步輻射研究中心、財團法人中華民國輻射防護協會、貝克西弗公司（代表日本千代田公司）、頂旗企業公司等九家參加本次能力試驗。中心實驗室由核研所保健物理組擔任。

本次能力試驗之特色為首次有國外實驗室參與，能力試驗之結果除可以顯示實驗室之能力，提昇實驗室測試之信心，對於有興趣加入中華民國實驗認證體系(CNLA)游離輻射測試領域認證者亦是必備之條件。本次能力試驗全程計畫需時半年，並預計於明（八十五）年二月十五日召開能力試驗總結說明會。

#### ▲輻防協會新聘海外諮詢委員介紹 (輻協)

##### ◆徐小華 (H.H. Hsu)

現職: 美國 Los Alamos 國家實驗室研究員

學歷: • 印第安那大學物理博士、碩士  
• 臺灣大學學士

經驗: • 核物理研究，原子核模型計算  
• 核子儀器，核能安全科技  
• 核廢料分析評估  
• 蒙第卡羅法計算中子、質

子、

電子傳播

- 輻射屏蔽計算與評估
- 輻射劑量度量與評估

- 高功率脈衝診斷

聯絡處: Dr. H.H. Hsu

131 Rim Road  
Los Alamos, NM 87544  
U.S.A.

Tel: (505)667-2480(W)

(505)662-4540(H)

FAX: (505)665-6071

#### □會議訓練報導

##### ▲參加第六屆國際天然輻射會議報導

(偵測站 陳清江)

國際天然輻射會議始於1963年4月10日在美國德州休斯頓召開首屆會議，為一不定期的國際會議，探討天然游離輻射相關的問題，本屆會議於今年6月5日至9日在加拿大蒙特婁召開，共有來自36個國家的三百餘人與會，發表論文275篇，其中五篇為邀請發表，172篇為口頭發表，另有98篇使用張貼發表，論文將經審查後於英國的“The Science of the Total Environment”期刊以專刊形式出版。

本屆大會的主題為

- (1) 輻射度量技術。
- (2) 大地、大氣、海洋及水域的放射核種。
- (3) 生物圈放射核種的遷移與轉換途徑。
- (4) 群眾曝露及其調查方法。
- (5) 流行病學的調查，動物實驗以及劑量研究。
- (6) 長期曝露於低劑量的誘發癌機制。
- (7) 技術上增加的天然輻射曝露。
- (8) 污染區的復原。
- (9) 降低曝露的改善行動。

上述論文均為近期研發成果，並獲與會學者熱烈迴響，不少人索取論文全文，也肯定台灣在天然輻射領域的研究成果。

本次大會由美國能源部、環保署、歐洲聯盟、加拿大原子能委員會(AECB)及加拿大健康部等單位資助，委由紐約州的Clarkson大學化學系教授Philip K. Hopke主辦，會議圓滿成功，下屆會議將由新選出委員決定時間與地點。

##### ▲非醫用游離輻射防護研習班 (輻協)

由輻射防護協會所主辦之『非醫用游離輻射防護研習班』，每梯次為期六日。訓練班總上課時數為四十小時，受

訓費用：新台幣柒仟元正。非密封射源組於84年11月6日～11月11日假清華大學原子爐參觀台開課。密封射源組除84年12月4日～12月9日於台灣輻射偵測工作站開課外，其餘上課地點均假清華大學原子爐參觀台，研習時間如下：9月11日至9月16日、10月2日至10月7日、12月18日至12月23日。歡迎有志從事非醫用放射線工作或刻正從事非醫用放射線工作者報名參加。簡章、報名表備索，請電洽：(035) 722224 李貞君小姐。

#### ▲第卅八～卅九期輻射防護專業人員訓練班 (輻協)

由輻射防護協會主辦、核能研究所協辦之「輻射防護專業人員訓練班」。每梯次研習四週，學雜費等計新台幣貳萬參仟元正，上課時間：卅八期84年10月11日至84年11月10日、卅九期84年11月21日至84年12月19日。即日起受理報名，每期四十人，額滿即止。簡章、報名表備索，請電洽：(035) 722224。

#### ▲鋼鐵建材輻射偵檢人員訓練 (輻協)

(一) 為協助鋼鐵業者建立自行偵檢制度以確保鋼筋原料、半成品與成品免受輻射污染。(二) 為協助房屋仲介業、營建業、建築師事務所及其相關公會之現職人員建立輻射建物偵檢能力，以保障買、賣雙方之權益。訂於9月4日～5日，11日～12日，18日～19日，25日～26日開課，每班暫定40人；團體報名得另安排梯次。簡章、報名表備索，請電洽：(035) 722224 林麗芬小姐。

## □專題報導

### ▲民眾受自然輻射曝露之補救行動標準 (輻協)

根據 ICRP60 號報告的建議，一般民眾接受人為輻射曝露的劑量限值為1毫西弗／年的有效劑量（在某些情況下，容許5年內平均值不超過1毫西弗／年），曝露劑量應保持在此限制以下，而使用ALARA的原則，平均曝露劑量應比限制值低很多。

然而，自然背景應排除在上述的限制之外，某些狀況下自然背景本身，特別是為特定目的，由人為操作所加強的自然輻射射源，會導致（有時是相當無心的）年曝露超過1mSv以上。

因此，考量補救行動所採取的曝露標準是非常必要的，因為所損耗的社會成本是相當可觀的。補救行動標準牽涉到危險度的平衡及許多其他的社會經濟因素。一般而言，設立補救行動標準的目的，在於降低某種特定類型的輻射射源之最大風險。顯而易見的是，一旦特定情況的補救行動標準建立之後，只要超過此標準就會建議採取行動。

而依據ALARA的原則，降低曝露量的行動，不應受限或受制於補救行動標準，也就是說，低於補救行動標準的行動值應可採行。

NCRP特別關心室內氡氣所造成的輻射曝露(NCRP、1984a；1984c，1988，1989b，1991)並認為這可能是目前造成民眾輻射曝露問題的主因，因此建議補救行動標準定為每年曝露值為2WLM或 $7 \times 10^{-3} \text{Jhm}^{-3}$ ，此值約是美國家庭每年受氡氣曝露平均值的十倍，但很明顯地，許多家庭評估的氡氣曝露量都超過平均值的五或十倍以上，因此一些因素必須列入考慮，此一標準和相關的風險性也必須降低，在補救行動標準的選取必須避免最大風險度的發生，但所造成社會影響也不可過度。

NCRP認為每年吸入氫氣的量相當於5mSv有效劑量約為 $1.75 \times 10^{-3} \text{Jhm}^{-3}$  (參閱ICRP 1981)。然而這只是目前估計年平均室內氫氣背景曝露值 $7.0 \times 10^{-4} \text{Jhm}^{-3}$ 的2.5倍，倘若補救行動標準定在此一數值那將牽涉到大多數家庭及龐大的社會成本。

因此 NCRP提議氫氣之補救行動以美國家庭氫氣年平均背景值的十倍 $7.0 \times 10^{-3} \text{Jhm}^{-3} \text{y}^{-1}$ 為標準 (NCRP 1984a)，而 $7.0 \times 10^{-3} \text{Jhm}^{-3} \text{y}^{-1}$ 曝露量之致死肺癌風險度為 $4 \times 10^{-4}$ 高於其他輻射源限值所造成的風險度。NCRP預判，一旦補救行動標準實施再配合 ALARA 的原則將使家庭每年氫氣曝露值低於 $7.0 \times 10^{-3} \text{Jhm}^{-3} \text{y}^{-1}$ 。可以預期的是，以最差狀況來考量室內氫氣問題，則家庭氫氣含量將隨之降低。最後較低的補救行動標準，可能是較合理的。再者，委員會相信，對新住宅而言，應可發展出較合理的標準來約束，使氫氣含量低於現在標準。

目前，當個人受氫子產物之總曝露量超過年平均量 $7.0 \times 10^{-3} \text{Jhm}^{-3}$ 則建議採取補救措施。

至於來自其他自然輻射的曝露影響，可利用類似對氫氣問題的考量使之合理化，由於美國個人所受自然輻射的曝露（不含氫氣）。年劑量約為1mSv，因此建議當持續曝露在氫氣以外的自然輻射下，所受劑量超過自然背景年平均值的5倍或每年5mSv時，須採取補救行動。

(摘譯自NCRP.116)

▲世界衛生組織(WHO)抨擊最近有關車諾比事故後效應的不實說法  
(原能會 袁志強)

WHO 的一位資深科學家摒棄（並認為不可信）車諾比核災害的結果使得一百萬孩童發生嚴重畸形的說法。

WHO 羅馬辦公室的一位輻射專家 Keith Baverstock博士認為這種說法完

全沒有根據；它們引發的恐懼本身反而對民眾健康造成傷害。一百萬這個數字是刊登在許多英國的報紙上，並和一份被大力宣傳而名為「Igor一車諾比爾小孩」的英國電視紀錄片有關。

在一個針對這種說法所發表的公共評論中，Baverstock 博士說：「根據白俄羅斯及歐洲可靠的人口資訊，每年在白俄羅斯有超過二千個孩童由於出生缺陷及遺傳條件而生下來就有嚴重的畸形或智能不足。這些和輻射完全無關，他們是背景頻率，在整個歐洲也都如此。在這些有缺陷的兒童中，有40到80人有嚴重的四肢變形，並且不可能知道其中任一案例是由車諾比事故所造成。」

「假設居住在事故地點附近污染較嚴重區域內的人口數為一千萬人，則自從這事故後會有約一百二十萬個活的嬰孩出生。在過去的三年內，我一直在白俄羅斯從事甲狀腺癌增加的研究，假如事故後有百分之八十的出生孩童有畸形，我想我應該會知道。」

「不僅對輻射曝露的健康效應不會有任何降低，誇大健康效應反導致更大的傷害而少有益處。我們所謂的事故後社會一心理效應已降低數百萬人的生活品質及福祉，並且甚至導致疾病及早期死亡。這種生來就對個人及子孫未來健康有恐懼的現象，通常是非十分理性的恐懼，會因這些錯誤訊息（如上述的說法）而持續並加強。雖然這不幸的Igor小孩可能獲益，但許多其他人的生命將被這無由的恐懼所破壞。」

Igor，一個來自白俄羅斯而出生就有嚴重畸形的八歲孤兒，是此紀錄片的主題。他來到英國裝義腿，現在是與他的養父母同住。

Baverstock博士不是抗議此紀錄片相關指控的唯一科學家，Minsk 的國際Sakharov放射學院院長 Alexander Lutsko博士及英國Kingston大學應用物理學院輻射物理的主任講師 Alan

Flowers博士也都發表強烈的反駁。

在一份刊登於許多報紙的聯合信函中，他們指出這些說法再一次顯示「將前蘇聯部分人口不可否認的較差健康和車諾比事故連結在一起的不幸錯誤」。此信件繼續說到：「許多像節目中播放的Igor的孩童可以在車諾比車故前的蘇聯白俄羅斯共和國（現在是獨立的白俄羅斯國）發現…現在正是救濟工作人員及媒體採取較負責的態度，以更科學而少情緒化的方式去從事他們重要說明的時候。」

▲含天然放射性物質廢棄物之處置方式介紹 (原能會 鄭永富)

一、前言：

表一、含NORM廢棄物之主要來源及其含Ra-226之比活度

種類	平均Ra-226之比活度(pCi/g)
1. 鈾礦下腳料 (Uranium Mining Overburden)	23.7
2. 磷酸礦廢棄物 (Phosphate Waste)	3.3
3. 煤 灰 (Coal Ash)	3.7
· 飛 灰 (Fly Ash)	· (3.9)
· 爐 底 灰 (Bottom Ash)	· (3.1)
4. 輸油管中油垢 (Petroleum Pipe Scale)	155
5. 飲用水處理所造成 之污染及廢棄樹脂 (Drinking Water Treatment · Sludges · Radium Selective Resins)	16 (16) (35,000)
6. 礦物加工之廢棄物 (Mineral Processing)	35~150

三、處置方式之介紹：

由上可見含NORM之廢棄物，實廣泛存在於我們周遭之間，不管其原存在於

隨著科技的進展，一些含天然放射性物質(Naturally Occurring Radioactive Material以下簡稱 NORM) 也隨著被工業技術加以濃縮而應用在日常生活中改善人類的生活品質。但在這些增益處理過程中，也產生了含 NORM 的廢棄物並造成民眾疑慮是否會受到輻射傷害，故在此介紹1992年8月在美國Idaho州舉辦的核子及危險廢料管理研討會 "spectrum'92" 會議中有關NORM廢料的特性及含NORM廢料之處置方式供各先進參考。

二、含天然放射性物質廢料之主要來源介紹：

為求讓民眾了解含NORM廢棄物之來源，特將六種主要來源及其平均含 Ra-226比活度一覽於表一：

地下岩層或石化製造流程中，因含NORM廢棄物常累積於設備表面上，以致超過自然背景值，故在此將 "SPECTRAM'92"

會議中所介紹之九種含NORM廢料處置方式，譯述如后，並就各處置方式之所需

隔離性比較，表示於圖一，俾供各先進了解。

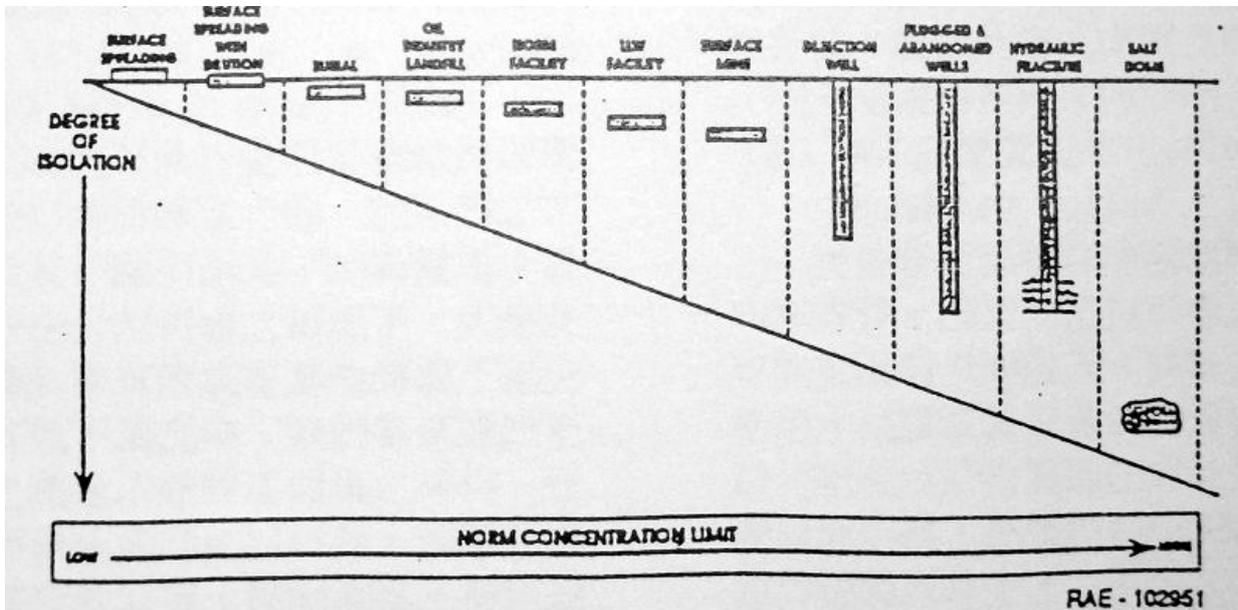


Figure 1. Comparison of isolation provided by norm disposal alternatives.

(1) 地面散佈法(Landspreading)

用地面散佈法處置含NORM廢棄物是一種需要預防措施最少的方式，因其只簡單的將含有NORM之污泥及水垢散佈在指定的空地表面上。而實用上每次散佈廢棄物最少厚度假設為0.6 公分，而總散佈厚度在20公分以內者皆可採行此法。當要處置一定量廢棄物時，所擬散佈空地之大小並無限制。

(2) 農地掩埋法(Landfarming)

農地掩埋法乃將含需處理的廢棄物與表層20公分土壤相混合，而混合過程可利用農場中耕耘深度之設備。至於廢棄物與土壤之混合物厚度可達全部之20公分，其最大稀釋度為1英吋之廢棄物加上7英吋土壤，而最大的處置比例則是7英吋之廢棄物混合1英吋土壤。甚而相當於使用地面散佈法Lanspreading將8英吋廢棄物散佈於空地上。

(3) 掩埋於非限制使用區(Burial with Unrestricted Site Use)

將廢棄物掩埋於非限制使用區之處置方法，可利用任一可取得之土地面積

，並在可能的掩埋深度與廢棄物厚度上可有相當大的選擇空間。而掩埋深度的定義為掩埋廢棄物上覆蓋的土壤厚度。一完善的掩埋地點應將其覆蓋層與周圍地帶等高以減少土壤流失的可能。由於許多污泥與水垢看起來與天然土壤物質相似，故如缺乏固定的制度性管制，突發性之侵入將很可能發生。而8英呎深度則相當於一般活動如公共設施之挖掘、房屋地基、洞穴等不致超過的意外侵入之限制深度，此後在地表下6英呎之內，此地區的土地利用可在廢棄物上或與廢棄物相接連的情況下建造有地下室的房屋。

(4) 掩埋於棄置之商業油田(Disposal at a Commercial Oil Field Waste Site)

將含NORM之廢棄物掩埋於棄置之商業油田，可與其它未含NORM之廢棄物共同掩埋，並可稀釋這些含NORM之固體廢棄物。因含NORM之廢棄物在所有石化工業廢棄物中大約佔百分之七。因此可稀釋約15倍，且處置厚度可超過 305公分

，而一完善的棄置油田其覆蓋土層須與周圍土層等高以減少流失。

(5) 掩埋於有執照之NORM廢棄物處置場(Disposal at a Licensed NORM Waste Disposal Site)

這含NORM廢棄物處置場須依美國環保署 (EPA)法規處理含鈾、鈷系列之工廠礦渣及其相關副產品，此處置場之設計乃基於在合理可達之情況下，如應在今後 1000 年有效或在某些情況下至少 200 年有效下情況中，限制氫氣逸出至大氣層之流量依處置場面積之平均，任一年中不得超過 $20\text{pCi}/\text{m}^2/\text{s}$ ，同時此處置場通常設計以覆土控制氫氣，並以適當的選址標準及適當的底層以保護地下水不被滲漏及核種遷移之污染。

(6) 掩埋於有執照之低階放射性廢料處置場(Disposal at a Licensed Low-Level Radioactive Waste Disposal Site)

低階放射性廢料處置場(LLW) 是在美國核管會之發照並界定的管制下。它具備了甚多的防護特點和限制，也因此最後限制了適當的設置地點和此類設施的數目。現今美國境內只有三個低階放射性廢料處置設施(Hanford, WA; Beatty, NV; 及Barnwell, SC)，不過尚有其它州或州際間的此類設施正被考慮評估中。

(7) 掩埋於表面礦層法(Burial in Surface Mines)

將含NORM之污泥及水垢掩埋於表面

礦層包括將其放於礦坑之底部及其後蓋以原挖掘之地層表土，而典型的掩埋深度是15公尺或更深，並且空間須足夠容納數量龐大的廢棄物。因為掩埋深度足夠，所以廢棄物之流失及被侵入之可能性甚低。若依此方式處置含NORM廢棄物，則土地使用並無任何限制。

(8) 塞入於棄置空井法(Plugged and Abandoned Wells)

將油管所累積之水垢放置或塞入於廢置空井，因為遺留在管中之水垢幾乎可完全阻隔表面侵入。井址的封閉可包括用水泥漿或其它適當物質密封數英尺以俾阻絕污染物質通往井址更深處或周圍岩層結構，然後將井口加蓋，以防止意外性侵入井中。

(9) 注入井中法(Well Injection)

井中注入法乃將泥漿狀之污泥或水垢注入低於地下飲用水源之深部可滲透之構造，並且此地區已沒有新鮮水源或礦產之價值。因此選擇為注入井中法的區域，限於其深部岩層構造已無經濟價值之地區及水平面。而本注入法須符合美國環保署(EPA) 地下注入法之二級井注入控制標準。

四、各種含NORM廢棄物、處置方式之比活度限制：

每一種處置方式分別以濕地結構及乾地結構分別經評估計算得出比活度限制值如下表二

表二、處置方式鐳核種之比活度限制(pCi/g)

處置方式	濕地結構 場所	乾地結構 場所
1. 地面散佈法	120	120
2. 農地掩埋法	260	260
3. 掩埋於非限制使用區法	350	29
4. 掩埋於棄置商業油田法	5,000	410
5. 掩埋於有執照之含NORM廢棄物處置場法	3,500	1,000
6. 掩埋於有執照低階放射性廢料處置場法	50,000	50,000

7.掩埋於表面礦層法	3,500	100,000
8.塞入於棄置空井法	100,000	100,000
9.注入井中法	100,000	100,000

#### 五、危險度分析：

一般含天然放射性物質之廢棄物其比活度約為鐳核種200pCi/g，其中3/4為Ra-226(鈾系列)，1/4為Ra-228(釷系列)，其在運輸、處置過程中對工作者及場址居民之危險度經評估如表三。

表三、處置含NORM廢棄物所受之輻射劑量  
輻射曝露

曝露群體	輻射曝露			健康效應之危險度	
	體外劑量 (mrem/yr)	吸入粒子 EDE 劑量 (mrem/yr)	氡氣 劑量 (WLM)	非氡氣造成 之危險度 (risk/yr)	氡氣造成 之危險度 (risk/yr)
卡車司機	100	不重要	不重要	$4 \times 10^{-5}$	不重要
工作者 (處理場所)	200	2	0.03	$8 \times 10^{-5}$	$8 \times 10^{-6}$
場外居民					
使用期間	不重要	0.002	0.0005	$8 \times 10^{-10}$	$1 \times 10^{-7}$
關閉之後	不重要	不重要	0.0001	不重要	$4 \times 10^{-8}$

EDE: Effective dose equivalent (有效等效劑量)

WLM: Working Level month (月工作水平)

#### 六、結論：

天然放射性物質其比活度低於「游離輻射防護安全標準」第廿二條第二款得免申請登記及核發執照之規定，依法本會可不予登記及發照管制，惟其化性已經過製程之加工，有濃化之現象，且因原料及製造過程所產生之中間產物與廢棄物有輻射劑量，且廢棄物亦可能影響環境，為此本會建議採取適當之輻射防護措施，本處限於現狀及參攷國外文獻，實有擬訂天然放射性物質管理規範之必要性。

目前在桃園縣境內陸續發現了八條輻射異常道路，雖經原能會判定無游離輻射之可能危害疑慮。然若地方政府考慮社會成本與經濟成本後決定剷除時，仍需處置方式，以紓民慮。故在此介紹各種處置方式，惠請各界先進參考並賜卓見。

▲國際輻射單位與度量委員會第51號報告（ICRU51）基於平均值並用於限制目的的量的定義  
（清華大學 朱鐵吉）

### 組織加權因數

組織或器官	組織加權因數， $w_T$	組織或器官	組織加權因數， $w_T$
性腺	0.20	肝臟	0.05
紅骨髓	0.12	食道	0.05
結腸	0.12	甲狀腺	0.05
肺	0.12	皮膚	0.01
胃	0.12	骨表面	0.01
膀胱	0.05	其餘組織或器官	0.05
乳腺	0.05		