



財團法人 中華民國輻射防護協會

# 輻射防護簡訊

第 136 期

發行人  
鄧希平

主編  
張似璵

編輯委員  
尹學禮 江祥輝  
劉代欽 蔡惠予 魯經邦

執行編輯  
張仲銘 李孝華

出版單位  
財團法人中華民國輻射防護協會

地址  
30017 新竹市  
光復路二段 295 號 15 樓之 1

03-5722224 電話  
03-5722521 傳真  
01486683 統編

rpa.newsletter@gmail.com 電郵  
[www.rpa.org.tw](http://www.rpa.org.tw) 網站

行政院新聞局 出版事業登記證  
局版北市誌字 第柒伍零號

協會報導 第 3 頁

人員體外輻射劑量監測 Q & A

測驗與訓練班公告 第 7 頁

公告本會各項訓練班開課時間。

新聞廣場 第 9 頁

各項證照考試資訊、國內產官學界最新消息、以及近日全球輻防新聞。

新聞迴響 第 12 頁

認清輻射與疾病的因果關係

「福島核災善後工人罹血癌，首判定職災」之解讀

輻防新知 第 16 頁

淺談「線性無低限」模型

在輻射防護這行，線性無低限模型已採用了四十年，也沸沸揚揚的吵了四十年。所有的模型都不完美，然而就現今科學的進展，還沒有比 LNT 模型看來更讓人信服的劑量-回應關係。

輻防 Q&A 第 20 頁

食物照射

專題報導 第 23 頁

國際食品放射性核種容許量簡介

食品中原本就具有含量不等的天然放射核種，也可能會有殘留的人工核種。為了確保長期攝食不會造成人體健康威脅，國際組織與部分國家訂有食品放射性核種含量管制標準。



圖片來源：LEGO.COM

## 輻射 vs. 癌症

主編

張如琛

近一個多月來，新聞媒體陸續出現了「福島核災善後工人罹血癌 首判定職災」、「核電廠退休員工罹癌求償 台電判賠 126 萬」等二則新聞。雖然日本厚生勞動省表示『該案的認定純粹是依循法令，而並非基於科學證明輻射曝露與健康影響的關係』，我國高等法院審理後，也僅認定『台電違反勞工安全衛生法，判處應給付職災補償，但喉癌部分則無法證明為輻射導致』，但是接連出現的新聞，難免讓人產生核電廠(輻射)致癌的聯想。

感謝保健物理學會及高雄醫學大學張寶樹教授針對這兩則新聞分別提出專業的解讀與說明，相信讀者們閱讀後定會大有收獲。我們同時也呼應張教授所提出的『為釐清輻射與疾病的因果關係，職病醫學界與保健物理學界應加速探討因輻射劑量而造成疾病(罹癌)的機率 PC 值，以供法官正確判決的依據。』

本期簡訊除了持續進行食品輻射方面的專題報導，也特別介紹採用了四十年，也沸沸揚揚的吵了四十年的「線性無下限模型」，這個主題目前在美國非常熱門，有興趣的讀者不妨參考本期海外信息中相關新聞聯結。

『認清輻射與疾病的因果關係』，是我們共同努力的目標。

歡迎賜稿，稿件請寄：

輻防協會編輯組

300 新竹市光復路二段 295 號

15 樓之 1 或

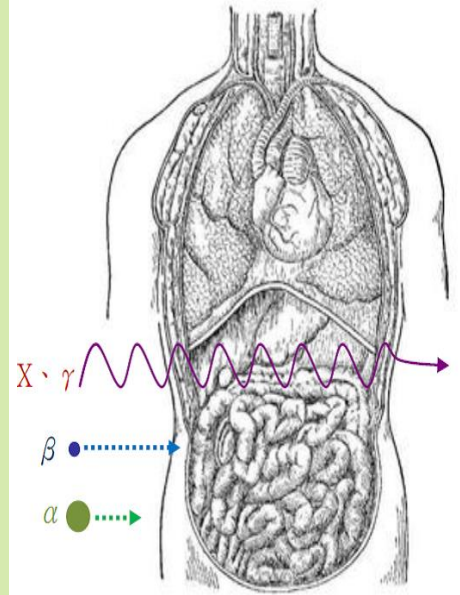
傳真 (03)572-2521 或

電郵 [rpa.newsletter@gmail.com](mailto:rpa.newsletter@gmail.com)

來稿一經刊登，略奉薄酬；

政令宣導文章，恕無稿酬。

## 人員體外輻射劑量監測 Q & A



### Q：人員體外輻射劑量監測的量(單位)為何？

談到人員體外輻射劑量監測的量或單位，首先必須知道不同輻射的穿透力不同，會對人體造成的劑量也不一樣。 $\alpha$ 粒子的穿透力極弱，在人體的射程只有 0.001 公分左右，因此體外曝露不會造成劑量，當然不需要監測它。 $\beta$ 粒子的穿透力亦弱，射程較短，體外曝露只會造成淺部組織(如皮膚、眼球水晶體)的劑量，所以只要監測皮膚及眼球劑量。 $X$ 射線、 $\gamma$ 射線及中子屬於強穿透輻射，穿透力很強，對淺部及深部組織皆會造成劑量，應同時監測皮膚、眼球及深部劑量，但深部劑量的限值遠低於皮膚及眼球劑量，因此以監測深部劑量為主。

輻射工作人員職業曝露之劑量限度，依「游離輻射防護安全標準」第七條規定如下：

- 一、每連續五年週期之有效劑量不得超過一百毫西弗。且任何單一年內之有效劑量不得超過五十毫西弗。(五年週期：自中華民國九十二年一月一日之日起算)
- 二、眼球水晶體之等價劑量於一年內不得超過一百五十毫西弗。
- 三、皮膚或四肢之等價劑量於一年內不得超過五百毫西弗。

作者

簡文彬

輻射防護協會 企畫組組長

Q：為何劑量限度之規定如此複雜？

游離輻射對人體的傷害(生物效應)包括確定效應(如皮膚紅斑、白內障等)及機率效應(如癌症、遺傳效應等)，為了防止確定效應損害之發生(絕對安全)，其劑量限度係以「等價劑量」表示。為了抑低機率效應之發生率，至可接受的低水平(相對安全)，其劑量限度則以「有效劑量」表示。

然而，「等價劑量」與「有效劑量」屬於防護量(物理量)，無法直接度量，不適合做為人員劑量監測之用，在實務上，通常以人員佩帶劑量佩章的方式，直接度量不同深度之個人等效劑量 Hp(d) (作業量)，簡化劑量評估方法並達到人員劑量監測之目的。

Q：何謂個人等效劑量 Hp(d)(personal dose equivalent)？

個人等效劑量(personal dose equivalent, Hp(d))為國際輻射單位與度量委員會(ICRU)定義之作業量，作為人員監測使用，d 為人體組織之深度。對強穿輻射而言，d 取 10 毫米。對弱穿輻射而言，為評定皮膚與四肢劑量之目的，d 取 0.07 毫米；為評定眼球水晶體劑量之目的，d 取 3 毫米。

不同能量的輻射場中，每單位空氣克馬會產生個人等效劑量 Hp(d)的值並不相同，如表一所示，其中 Ckd 表示每戈雷空氣克馬轉換為 Hp(10)的劑量轉換因子，Cks 表示每戈雷空氣克馬轉換為 Hp(0.07)的劑量轉換因子。

個人等效劑量 Hp(d)可利用劑量佩章盒內的濾片輔助，鑑別輻射場能量與類別，並評估不同深度之 Hp(d)劑量。由劑量佩章或肢端劑量計所評估出來的 Hp(0.07)劑量，可監測皮膚或四肢之等價劑量，劑量佩章所評估出來的 Hp(3)劑量，可監測眼球水晶體之等價劑量，而劑量佩章所評估出來的 Hp(10)劑量，則用於監測由強穿輻射所造成的有效劑量。

Q：人員體外劑量測試報告為何沒有 Hp(3)劑量？

依據「輻射工作人員體外劑量評定技術規範」之規定，工作人員體外劑量應評定 Hp(10)與 Hp(0.07)劑量。肢端之 Hp(0.07)劑量如可能大於五毫西弗及二倍軀幹的 Hp(0.07)劑量時，應監測肢端之 Hp(0.07)劑量。如 Hp(3)劑量不大

表一 空氣克馬轉換 Hp(10)劑量轉換因子 C<sub>kd</sub> 及 Hp(0.07)劑量轉換因子 C<sub>ks</sub>

NIST射質	H20	M30	M40	M50	M60	M100	M150	H100	H150	M250	H200	M300	H300	<sup>137</sup> Cs	<sup>60</sup> Co
平均能量(keV)	16	20	25	29	35	53	73	83	118	139	162	206	251	662	1250
C <sub>kd</sub> (Sv/Gy)	0.28	0.42	0.63	0.79	1.00	1.52	1.78	1.87	1.71	1.62	1.57	1.47	1.42	1.21	1.17
C <sub>ks</sub> (Sv/Gy)	0.99	1.02	1.07	1.13	1.21	1.49	1.64	1.71	1.60	1.53	1.49	1.42	1.37	1.21	1.18

資料來源：摘自「測試領域人員劑量評估技術規範-TAF-CNLA-T08(03)」

於 Hp(10)劑量之三倍，得不監測 Hp(3)劑量。前項之可能性，應由輻射防護人員評估，並經場所主管核准。

一般而言，除非輻射作業時眼球可能接受極不均勻之輻射曝露，才需要增加監測 Hp(3)劑量，因此劑量評定機構所提供的人員體外劑量測試報告通常不顯示 Hp(3)劑量。

**Q：收到人員體外劑量測試報告應注意那些項目？**

1. 雇主應妥善保存人員劑量監測記錄，依據「游離輻射防護法施行細則」第七條第二項之規定，雇主應自輻射工作人員離職或停止參與輻射工作之日起，至少保存三十年，並至輻射工作人員年齡超過七十五歲。雖然測試報告遺失仍可以向劑量評定機構申請補發，但需要再付費，請妥善保存測試報告。
2. 依據「游離輻射防護法」第十五條第四項之規定，人員劑量監測結果，雇主應告知當事人。但其作法不拘，雇主可自行決定，例如：測試報告公告一段時間、要求當事人於報告上簽名確認、或 e-mail 告知等方式。
3. 依據「游離輻射防護法施行細則」第七條第三項，雇主應提供職業曝露歷史紀錄給離職之輻射工作人員，雇主可依據每個月的測試報告填寫曝露歷史劑量或請劑量評定機構統計曝露歷史劑量，報表完成後，經當事人及雇主簽認後提供離職員工。
4. 雇主或場所主管每個月收到人員體外劑量測試報告應審查其內容，如果人員的劑量異

常或偏高，應實施內部調查，並採取因應措施以合理抑低其劑量，確保輻射工作人員的劑量不會超過劑量限度。若人員之年累積劑量超過二十毫西弗，則雇主或場所主管必須依據「輻射工作人員劑量異常案件處理作業導則」之規定辦理。

**Q：人員體外劑量監測概況？**

依據「游離輻射防護法」第十五條第一項之規定：「為確保輻射工作人員所受職業曝露不超過劑量限度並合理抑低，雇主應對輻射工作人員實施個別劑量監測。」為能掌控國內輻射工作人員與劑量資料，達到輻射防護安全管理之目標，行政院原子能委員會乃依同法第十五條第五項之授權，建立「全國輻射工作人員劑量資料庫」，進行彙整與統計分析我國輻射工作人員與劑量等資料。

依據「全國輻射工作人員劑量資料統計年報（民國 103 年度）」的統計，全國輻射工作人數在 2014 年共有 50,438 人，近 15 年(2000~2014)來成長率平均為 4.99%。2014 年總集體劑量為 8.59 人西弗，歷年(2000~2014 年)總集體劑量值平均約 9.89 人西弗。2014 年全國輻射工作人員有劑量值人員之平均劑量為 1.15 毫西弗，總人數之平均劑量為 0.17 毫西弗。全國有劑量值人員之平均劑量歷年平均值为 1.76 毫西弗，總偵測人數之平均劑量歷年平均值为 0.26 毫西弗。其他詳細內容請參閱該年報。



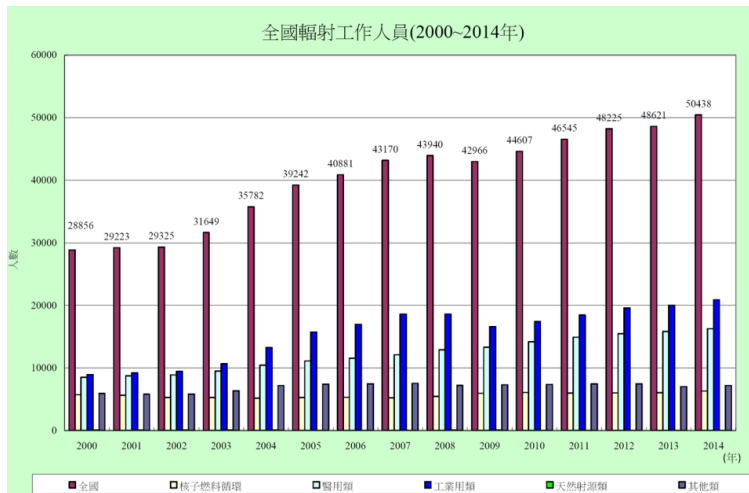


圖 1 歷年輻射工作人口

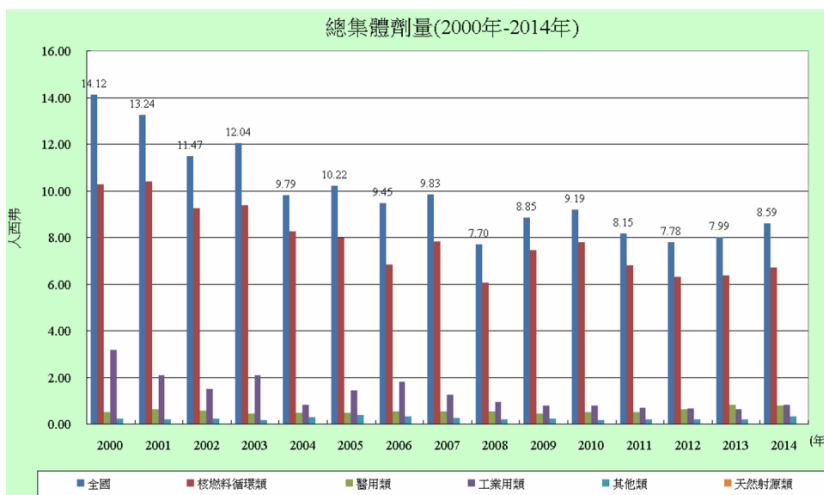


圖 2 歷年總集體劑量值

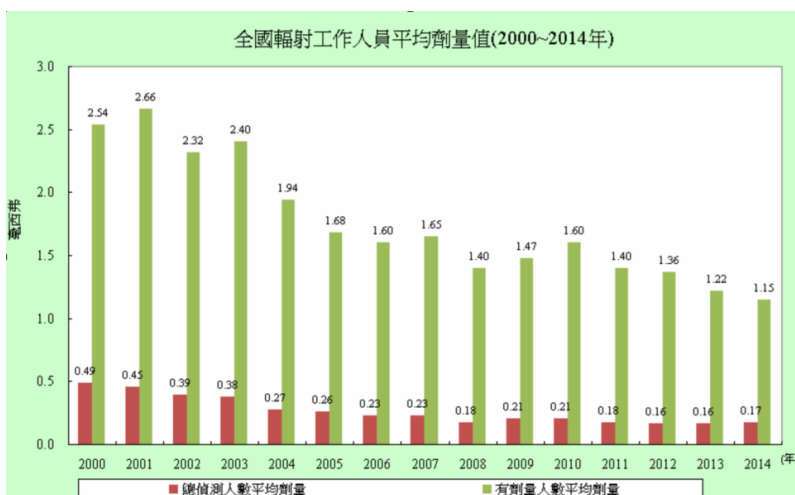


圖 3 歷年個人平均劑量值

## 輻射防護協會 TLD 佩章服務介紹

游離輻射（放射線）廣泛應用在工業、農業、學術與醫療等各領域，為確保其工作人員之安全健康，以達「合理抑低」輻射劑量之目的，特成立人員體外劑量測試實驗室，提供輻射劑量佩章服務，利用「熱發光劑量計」監測工作人員所接受之體外輻射劑量。

### 服務內容

- 佩章之租用：包含佩章盒、熱發光晶片及其配件。
- 佩章計讀及人員體外劑量之計算：每月評估一次。
- 劑量測試報告之定期寄送。
- 輻防相關訊息：於網頁上提供輻射防護相關之小百科、小故事或其他短文，以聚沙成塔的方式，推廣輻射防護觀念。

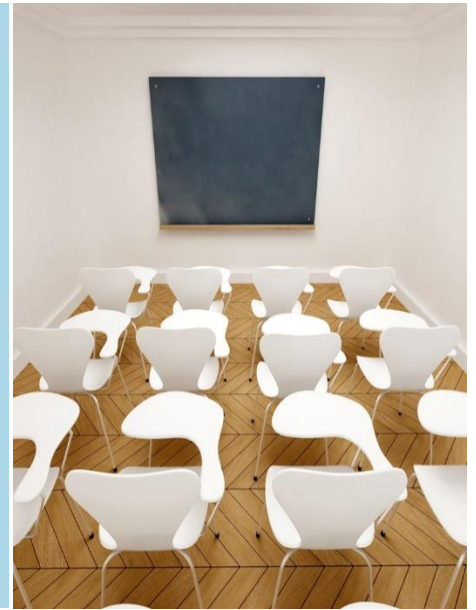
### 佩章服務諮詢專線

0800-022224 或  
03-5722224 分機 319

劉尚艾 小姐

有興趣的朋友請蒞臨[本會網站](#)進一步了解。

## 各項訓練班開課時間



### 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

#### 105 年

A1	1 月 12 日 ~ 19 日	高雄 輻射偵測中心
A2	3 月 02 日 ~ 09 日	新竹 帝國經貿大樓
A3	8 月 09 日 ~ 16 日	高雄 輻射偵測中心
A4	8 月 24 日 ~ 31 日	新竹 帝國經貿大樓

B 組  
18 小時登記備查類設備

#### 104 年

B22	12 月 02 日 ~ 04 日	台北 建國大樓
B23	12 月 16 日 ~ 18 日	台中 文化大學推廣部

#### 105 年

B1	01 月 20 日 ~ 22 日	新竹 帝國經貿大樓
B2	01 月 27 日 ~ 29 日	高雄 輻射偵測中心
B3	02 月 24 日 ~ 26 日	台北 建國大樓
B4	03 月 16 日 ~ 18 日	台中 文化大學推廣部
B5	03 月 23 日 ~ 25 日	高雄 輻射偵測中心
B6	04 月 13 日 ~ 15 日	新竹 帝國經貿大樓
B7	04 月 20 日 ~ 22 日	台北 建國大樓
B8	05 月 11 日 ~ 13 日	台中 文化大學推廣部
B9	05 月 25 日 ~ 27 日	高雄 輻射偵測中心
B10	06 月 15 日 ~ 17 日	台北 建國大樓
B11	06 月 22 日 ~ 24 日	新竹 帝國經貿大樓

## 輻射防護專業人員訓練班

輻防師 144 小時、輻防員 108 小時

／新竹帝國經貿大樓

員 28 期	第一階段	12 月 07 日～ 11 日
	第二階段	12 月 14 日～ 18 日

### 105 年

第三階段	01 月 05 日～ 08 日
第四階段	01 月 11 日～ 15 日

進階 19 期	進階 19-1	01 月 26 日～ 28 日
	進階 19-2	01 月 29 日～ 02 月 02 日

## 輻射防護繼續教育訓練班\*

三小時	105 年	
	03 月 10 日	台北
	03 月 29 日	台中
	04 月 14 日	高雄
	04 月 28 日	新竹
	06 月 02 日	台北
	07 月 07 日	台中

六小時	104 年	
	12 月 04 日	新竹
	105 年	
	04 月 19 日	台北
	05 月 17 日	高雄
	05 月 31 日	新竹

## 鋼鐵建材輻射偵檢人員訓練班\*

### 105 年

04 月 26 日～ 27 日	新竹 帝國經貿大樓
05 月 04 日～ 05 日	高雄

## 上課地點

台北	建國大樓	台北市館前路 28 號
新竹	帝國經貿大樓	新竹市光復路二段 295 號
台中	文化大學推廣部	台中市西屯區台灣大道三段 658 號
高雄	輻射偵測中心	高雄市鳥松區澄清路 823 號

\*上課地點如果僅註明區域，但是沒有詳細地點，將依照當期報名人數來決定適當地點。屆時會再通知已報名的學員。

各項訓練班簡章可至[本會網站查詢](#)。

課程安排問題，請聯絡本會  
電話 (03) 572-2224

分機 314 李孝華（繼續教育）  
313 李貞君（專業人員、  
鋼鐵建材）  
315 邱靜宜（放射物質  
與游離輻射設備）

傳真 (03) 572-2521



## 輻防新聞廣場

這裡有您最關心的證照考試資訊、國內產官學界最新消息、以及近日全球輻防新聞



### 最新證照考試日期與榜單

原能會公布 104 年第 2 次輻射防護人員專業測驗及輻射安全證書測驗試題與解答

「104 年第 2 次輻射防護人員專業測驗及輻射安全證書測驗試題與解答」已公布於[原能會網站](#)。

### 國內訊息

**媒體報導錯誤引用標準 1 千倍，核廢乾貯場不會威脅雙北安全**

有關 10 月 26 日媒體報導核廢乾貯場恐一年蝕穿乙事，經查係該媒體將氫鹽沉積率的單位(克/平方公尺)誤解為(毫克/平方公尺)所致，兩者相差一千倍。事實上，國內核廢乾貯場符合國際安全標準，並無安全疑慮。

按核一、二廠乾貯設施安全分析報告審查期間，原能會曾參照美國金屬協會(American Society of Metals)針對 304 不銹鋼在沿海潮濕及鹽霧環境下的腐蝕測試結果，乾貯設施使用期限為 40 年，其局部金屬表面平均腐蝕深度為 $\sim 9.4 \times 10^{-3}$ 公分( $< 0.01$ 公分)。由於核一、二乾貯密封鋼筒材質為 304L 不銹鋼，發生腐蝕所影響之厚度小於 0.01 公分，對結構完整性影響極小，不會影響密封鋼筒之貯存安全性。

**福島核災善後工人罹血癌 首判定職災**

日本媒體 10 月 20 日報導，二〇一一年三月福島核災事故發生後，一名在廠區內進行焊接工作的包商男員工，一年多前被診斷罹患急性白血病，厚生勞動省已核准這名男性的「職災」申請，成為核災後日本政府首件承認的輻射職災案例。[相關網址 1](#)、[相關網址 2](#)、[相關網址 3](#)

**核電廠退休員工罹癌求償 台電判賠 126 萬**

國內各大媒體 11 月 13 日報導，在台電工作超過 30 年的李姓退休人員曾經在核電廠高輻射區工作多年，指因無完整防護，身體累積大量輻射，導致退休後罹患喉癌，打官司要求台電負起賠償責任，高等法院審理後，認定台電違反勞工安全衛生法，判處應給付李男職災補償 126 萬餘元，但喉癌部分則無法證明為輻射導致，則判台電免賠。[相關網址 1](#)、[相關網址 2](#)

**粒子放射治療設施輻射安全評估報告撰寫導則**

「粒子放射治療設施輻射安全評估報告撰寫導則」已公布於原能會網站。[相關網址](#)

## 台電公司正式提出核一廠除役許可申請案，原能會開始進行核一廠除役計畫的程序審查

核一廠係於民國 67 年 12 月 6 日開始運轉發電，依「核子反應器設施管制法」，台電公司應於核一廠預定永久停止運轉之三年前提出除役許可申請。台電公司的正式申請函已於 104 年 11 月 25 日送達原能會，原能會將先進行此項申請案的程序審查，確認申請書件齊備之後，才會開始進行除役計畫的實質審查作業。

原能會業已週延規劃核一廠除役的審查作業，並已組成審查團隊。預定於 1 個月內完成程序審查，後續的實質審查預定 18 個月完成。原能會將於進行實質審查作業時，將核一廠除役計畫上網公開展示，以及函請地方政府單位提供意見，並將於適當時機舉辦地方說明會，聽取地方民眾意見，以供審查作業之參考。

有關核電廠除役安全管制的相關資訊，請參考原能會網頁內的[核電廠除役管制專區](#)。

## 原能會『輻射防護雲化服務系統』第二期服務將於 104 年 11 月 2 日正式啟用

原能會『輻射防護雲化服務系統』第二期服務將於 104 年 11 月 2 日正式啟用，新增上線內容包含：1.許可類設備網路申辦；2.登記類及許可類放射性物質網路申辦；3.憑證登入功能及單一簽入系統功能等服務。

## 輻射偵測中心執行連江縣共 14 個地點現場環境背景輻射偵測成果

為確保民眾輻射安全及驗證環境輻射偵測結果，輻射偵測中心針對連江縣 14 個地點進行中現場環境背景輻射度量。此次 9 月 21 日至 9 月 25 日現場環境背景輻射偵測結果為 0.086~0.141  $\mu$  Sv/h，屬天然輻射變動範圍內，請民眾安心。

## 104 年 9、10 月輻安預警自動監測日平均劑量率變動圖

104 年 9 月、10 月輻安預警自動監測日平均劑量率，均在背景變動範圍（0.2  $\mu$  Sv/hr）內。

## 輻射偵測中心 104 年 9、10 月份網購食品放射性含量分析結果

104 年 9 月份透過網路訂購日本青菜籽油、南投甜菊梅、板橋海苔純肉酥、馬金門家麵線等網購食品放射性分析結果均符合法規規定。104 年 10 月份透過網路訂購日本信州產巨峰葡萄原汁、新北金山甘薯及地瓜酥、台南虱目魚酥等網購食品放射性分析結果均符合法規規定。

## 輻射偵測中心 104 年 10 月份進口食品(乳製品)放射性分析結果

104 年 10 月份進口食品放射性分析結果均符合法規規定。

## 原子能委員會『原來如此』短片上線囉

你知道手機可以查詢輻射嗎？核燃料棒跟原子彈一樣嗎？核災所釋放出來輻射物質是什麼？生活中有輻射嗎？食品照射會不會殘留輻射？請看原能會製作的「原來如此」影片！[相關網址](#)

## 輻射偵測中心 104 年 10 月份衛福部食藥署等單位送測日本進口食品放射性分析結果

104 年 10 月份衛福部食藥署送測日本進口食品放射性分析結果均符合法規規定。

## 輻射偵測中心 104 年第四季國內外磁磚放射性分析結果

104 年第四季國內外磁磚放射性分析結果均符合法規規定。

## 海外信息

### 世界衛生組織 (WHO) 出版公共衛生緊急處置中心報告

世界衛生組織出版了新報告「[公共衛生緊急處置中心之架構 \(Framework for a Public Health Emergency Operations Centre, PHEOC framework\)](#)」。本報告供下列從業人員使用：公共衛生、衛生政策制訂者，以及負責管理威脅公眾健康之緊急事故與事件的主管機關與局處。它對於設計、發展與強化公共衛生緊急處置中心提出高層次的方法指導。

### 國際原子能總署 (IAEA) 出版緊急預備方案報告

國際原子能總署出版了新報告「[核子或輻射緊急事故的準備與應變：安全要求 \(Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency: Safety Requirements\)](#)」，針對核子或輻射緊急事故的準備與應變制訂要求。此報告對於安全叢書第 115 號「游離輻射防護及輻射源安全之國際基本安全標準 (International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources)」所制訂的應變管理相關要求，進行擴展、補充與整理。本報告可由網路免費下載 PDF 檔或購買紙本取得。

### 保健物理學會 (HPS) 對於向美國核能管制委員會 (NRC) 請願案「線性無低限值模型與輻射防護標準」的意見

保健物理學會總裁南茜·科納 (Nancy P. Kirner) 對於[向 NRC 的請願案發表意見](#)，以回應和線性無低限值模型與輻射防護標準有關的請願案。

此函係參考兩項 HPS 立場聲明，這兩項聲明強烈支持請願者對於重新評估「美國輻射防護標準之基礎」的要求。這些立場聲明包含於遞交給 NRC 的建議中。

### 線性無低限值 (LNT) 模型遭到質疑

線性無低限值模型一直是輻射防護規範的標準；然而，新成立的 XLNT 團體卻提出不同意見：有相當多項研究發現本模型的不足之處，必須加以修正。為了支持本次修正，便組織了 XLNT 行動計畫和支持團體。XLNT 團體歡迎有更多成員加入並貢獻意見，以達建立未來輻射防護規範可信基礎的目標。

欲獲得本行動計畫，可請求賓州費城獵狐癌症中心的醫師，[莫漢·多斯 \(Mohan Doss\) 副教授](#)

## 認清輻射與疾病的因果關係



11月13日各大媒體均刊載台電核電廠李姓退休員工因罹癌又罹血液疾病，高院判台電賠126萬。雖然各大媒體對此訊息著墨的重點不一，但讓人直覺核電與輻射真教人害怕！

台電李姓退休員工在職期間，人員劑量計的紀錄共接受23.54毫西弗(mSv)的輻射劑量。何謂1毫西弗？一次牙科單齒X光攝影的輻射劑量是0.005毫西弗，一次牙科全口X光攝影是0.01毫西弗，一次胸部X光攝影是0.02毫西弗，一次乳房X光攝影是0.7毫西弗，一次頭顱電腦斷層掃描是2毫西弗，一次胸部電腦斷層掃描是7毫西弗。

自然界存在背景輻射，台北往返美國西岸一趟接受宇宙輻射劑量是0.09毫西弗，每天抽3支香菸所接受的輻射劑量是1.3毫西弗，台灣每人每年接受天然背景輻射劑量是1.6毫西弗，而中國大陸廣東省陽江縣每年接受天然背景輻射劑量是6-6.5毫西弗。

輻射之健康效應為機率效應與確定效應。機率效應就是致癌與遺傳效應，確定效應為組織反應。機率效應之低限劑量不存在，只要接受輻射劑量就有發生致癌與遺傳的可能，而不是一定會發生。機率效應之發生機率與劑量大小成正比，而與嚴重程度無關。輻射致癌與遺傳之外就是確定效應，此種效應之劑量低限值可能存在，其嚴重程度與劑量大小成比例增加。放射治療癌症就是確定效應，而放射治療癌症數十年後有可能因輻射照射而誘發癌症就是機率效應。

### 作者

張寶樹

任教於高醫醫放系、任職於高醫附院  
放腫科



2007 年國際放射防護委員會(ICRP)出版 ICRP No.103 報告指出，因輻射可能發生機率效應的組織包括紅骨髓、結腸、肺、胃、乳腺、其餘組織(腎上腺、胸外區、膽、心、腎、淋巴結、肌肉、口腔黏膜、胰、男性前列腺、小腸、脾、胸腺、女性子宮)、性腺、膀胱、食道、肝、甲狀腺、骨表面、腦、唾腺、皮膚等。

台電李姓退休員工退休兩年後，發現自己得了喉癌，而喉癌尚未列入 ICRP No.103 報告中，亦即罹患喉癌與輻射工作人員職業曝露無關。媒體報導台電李姓退休員工罹患白血球和血小板數量減少與職業輻射曝露有因果關係，此不符合輻射之健康效應的確定效應的學理。

為釐清輻射與疾病的因果關係，職病醫學界與保健物理學界應加速探討因輻射劑量而造成疾病(罹癌)的機率 PC 值，以供法官正確判決的依據。



曾在核能反應爐廠房工作多年的李姓退休員工控告台電未提供完整防護，導致身體累積大量輻射，退休後罹患喉癌，訴請台電給付補償金，高院 12 日判台電須賠 126 萬元。圖非事件當事人，圖為核一廠外觀。(中央社新聞 [原文連結](#))

## 「福島核災善後工人罹血癌， 首判定職災」之解讀



近日媒體報導，2011年3月福島核災事故發生後，一名2012年11月至2013年12月間在廠區內進行焊接工作的男性包商員工，於2014年1月被診斷罹患急性骨髓性白血病，日本厚生勞動省已核准這名男性的職災申請，成為核災後日本政府首件承認的輻射職災案例。消息一經報導，立刻引起了大眾的關注。美洲保健物理學會臺灣總會，希望能從輻射防護的角度，進行解讀並提出些專業說明。

雖然國際輻射權威報告指出：年劑量或單次劑量 100 毫西弗以下，不會危害健康(國際放射防護委員會第 103 號報告)；單次劑量低於 100 毫西弗時，並未觀察到會致癌的明顯證據(聯合國原子輻射效應科學委員會 2008 報告)。但是在制定游離輻射防護法規時，係依直線無低值(LNT)模式，假設低劑量輻射仍然有致癌的風險，並據以規範出輻射工作人員連續 5 年之劑量不超過 100 毫西弗，且每年劑量不超過 50 毫西弗，以及輻射相關設施對一般人造成的年劑量低於 1 毫西弗的劑量限度，藉以降低大眾的輻射致癌風險。事實上，即使沒有這些輻射設施，我們生活周遭還是處處都有輻射，在台灣地區，天然輻射造成的個人年劑量大約為 1.62 毫西弗。

輻射導致的白血病有急性、慢性兩種。急性白血病患需在短期(30 天)內接受超過 500 毫西弗以上的劑量，且其白血球數量會大幅增加。慢性白血病患（即血癌，患者白血球數量大幅減少）則至少要數年潛伏期後才會發病。此外，游離輻射致癌因果關係的判斷，更是需要嚴謹的科學研究。美國 NIH 採用病因概率方法(probability of causation)發展輻射致癌病因概率及輻射流行病學表，以評估癌症和所受游離輻射曝露之間的關聯程度並作為補償依據。國際間亦大都使用病因概率值，作為輻射

美洲保健物理學會臺灣總會  
2015.10.29



致癌的判斷標準。

根據報導，本案的男性工作人員現年 41 歲，於 2012 年 11 月至 2013 年 12 月間在福島一廠 3 號及 4 號機組執行建築及焊接工作時，此期間接受到的曝露劑量為 15.7 毫西弗；此外，該員亦於 2012 年在玄海核電廠執行三個月定期檢修作業，該期間接受到曝露劑量約為 4 毫西弗，總計於 2012 及 2013 年共接受到的累積劑量為 19.7 毫西弗，未超過游離輻射職業曝露的劑量限值。該員於 2014 年 1 月被診斷罹患急性骨髓性白血病，但既未遭受急性曝露，2 年累積劑量也只有致病門檻(500 毫西弗)的 4%。

本案的判定則根據日本 1976 年訂定的游離輻射職災認定標準：(1) 針對白血病的劑量門檻為 (5 毫西弗×參與輻射作業的年數)；(2) 工作時被曝露後超過一年以上患病；(3) 排除其他非為游離輻射曝露的致病原因，只要符合上述三項，即可判定職災。日本厚生勞動省的專家小組依據此規定，檢討該員的輻射曝露與白血病之因果關係，作出該員符合游離輻射職災認定標準，因此給付其醫療費與失業補償。

針對該判決，日本厚生勞動省表示：「本案的認定並非基於科學證明輻射曝露與健康影響的關係，一年 5 毫西弗以上的曝露亦非白血病發病的門檻，以保險精神的角度而言，並無任何需要補償之處，而 1976 年訂定的規則，係依照一般民眾年劑量限值 5 毫西弗而決定…本案的認定純粹是依循法令。」

依據我國勞動部現行的游離輻射職業病認定參考指引，血癌的參考標準為 1000 毫西弗，且需考慮該工作人員的年齡及該個體族群的血癌好發率等，此標準與歐盟採用標準相同。

綜而言之，核災後日本政府首件承認的輻射職災案例，純粹是日本厚生勞動省依循該國 1976 年所訂定的法令進行認定。該法令係根據 1970 年代美國對於一般民眾的劑量限值所訂定，並不適用於輻射工作人員。而且並未採用病因概率方法進行輻射致癌的關聯判斷。因此，從專業的角度看來，本案是否與輻射有明確的關聯，並未獲得確認，與日本政府並未認定此案和輻射曝露絕對相關的看法一致。

## 淺談「線性無低限」模型



---

在輻射防護這行，線性無低限模型  
( linear no-threshold, LNT ) 已採用了四十年，也沸沸揚揚的吵了四十年。

---

或許本文標題應為「伯依的 LNT 雜感」，而不應視作美國國家輻射防護和度量委員會 ( NCRP )、國際放射防護委員會 ( ICRP ) 或聯合國原子輻射效應科學委員會 ( UNSCEAR ) 的官方說法。  
( 噓……我和這幾個委員會關係匪淺，將近四十年。 )

### 何謂「LNT 假設」？

輻射防護學中，我們假設只要輻射劑量不為零，那麼罹患癌症或是造成遺傳效應的風險（機率）在低劑量範圍將以簡單成正比（直線）的方式增加。LNT 模型假設當劑量接近零、但不為零的時候，因為輻射而造成癌症或遺傳效應的機率（即風險）會趨近於零。

### 如何應用 LNT 模型？

NCRP 與 ICRP 都建議以 LNT 模型作為輻射防護實際應用的審慎依據，也就是採用 LNT 模型進行低劑量輻射曝露的風險管

#### 作者

約翰·伯依 ( John D. Boice Jr. )

NCRP 主席、ICRP 委員長、  
UNSCEAR 美國代表、醫學教授

理。LNT 模型非常適合用來處理輻射防護上的現實挑戰，像是總計全身的曝露量，包括放射性核種的攝入量，以及基於線性假設，隨時間持續加總有效劑量測量值等。

### LNT 假設是否具科學基礎？

你一定不能錯過 NCRP 第 136 號報告：「游離輻射線性無低限劑量回應模型的評估 (Evaluation of the Linear-Non Threshold Dose-Response Model for Ionizing Radiation)」，這份共 309 頁的報告詳盡的對輻射防護的 LNT 模型提出科學的理論根據。另外一篇優秀的科學報告是 UNSCEAR 2000 年的報告 (UNSCEAR 2000 Report, by Annex G and Annex I)。其他針對流行病學、基礎生物學、輻射突變實驗與輻射致癌作用以及不確定性分析的摘要可從 ICRP 第 99 號報告 (ICRP Publication 99 (2004)) 與美國國家科學院美國國家科學院游離輻射生物效應委員會第七號報告 (National Academies BEIR VII Report (2006)) 讀到。

### 是否有其他觀點？

當然有！就算不起爭執，還是引發熱烈的辯論。LNT 不是炸藥 TNT，但是有時候不同的意見卻很火爆！法國研究院 (French Academies (2005)) 對於是否要支持輻射致癌風險的實際低限值，與其他科學家和有疑慮的民眾因持不同觀點而發生激辯；美國核能管制委員會則尋求數項請願案的公共聽證 (public comment)，這些案子反對將 LNT 模型用於輻射防護，並請求考慮其他替代的低限值、以及輻射激效 (有益) 模型。

### LNT 假設是否正確？

所有的模型都不完美，但有些仍具價值。LNT 模型是一種假設，在低劑量範圍中目前尚未、也無法以科學驗證。我們不能排除其他種類的低劑量輻射誘發致癌效應的劑量-回應關係，而且在實驗與流行病學研究中，也觀察到與 LNT 關係呈顯著例外的情形。然而，它仍是目前美國與國際科學委員會的判斷依據，因為就現今科學的進展，還沒有比 LNT 模型看來更讓人信服的劑量-回應關係。

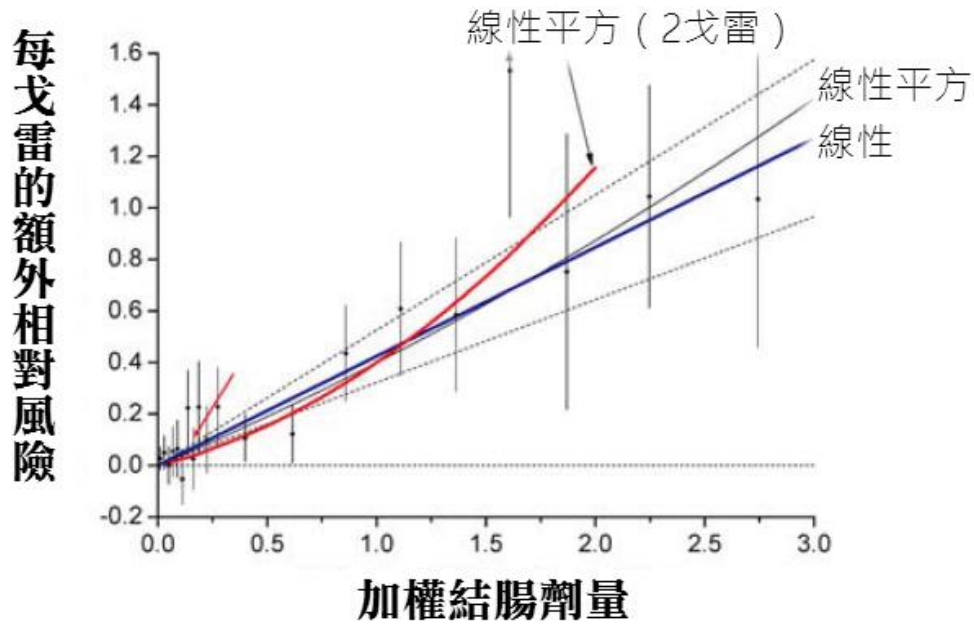
### LNT 假設是否重要？

當然重要！誇大低劑量輻射的風險，將造成有限的社會資源花費於無謂地降低曝露量上，而這些資源用於其他方面的防護可能會更有效果。過份誇大風險也會煽動大家對於醫療曝露與人造輻射源的反感；反之，如果低估了風險，卻可能允許曝露的人數增加，而造成無謂的罹患癌症和遺傳病變風險。

### LNT 假設是基於過去、或是現今的理解？

是基於現今的流行病學與實驗資料，而非過去的。舉例來說，如果你看一下原爆生還者實體癌致死率的劑量-回應曲線 (Ozasa 2012)，可能會對兩項觀察結果感到訝異。第一、在低劑量範圍，以直線就足以擬合資料；第二、小於 100 mGy 劑量 (加權結腸劑量) 資料的統計不準度很大。事實上，小於 2 Gy 範圍的最佳擬合曲線是「線性平方」關係，而非線性。但是整體來看，我很難看出「線性平方」關係與「線性」關係 任何實際上的差異。如果想知道最完整的詳情，請參閱 NCRP 第 136 號報告、ICRP

# 實體癌



第 99 告、BEIR VII 與 UNSCEAR 2000 !

## LNT 模型是否被誤用？

的確是！其中最值得注意的就是對於集體劑量 (collective dose) 的不當計算。NCRP、ICRP 與 UNSCEAR 都曾提出，LNT 模型並不適合用來計算一大群人長時間接受微量輻射曝露可能引發的癌症或遺傳病變病例數，特別是因為這種預測是無法被觀察到的。例如，當數以百萬人的群體接受 1 Sv 平均劑量的輻射曝露時，將 1 Sv 乘上人數作為集體劑量，並根據 ICRP 的額定風險係數，計算該群體因輻射所引發癌症致死的理論數目，不但不恰當，同時也會誤導並引發無謂的恐慌。

## LNT 假設以後可以被驗證嗎？

不行。流行病學是一種根據觀察的（也就是非實驗的）科學。因為我們無法控制混雜的

變因，同時統計上很難偵測到在巨大背景值中的微小訊號（因為癌症並不算是罕見疾病），因此它不可能提出對於低劑量風險令人信服且一致的證據。其本質上的不確定性實在是太大。

## 適應反應 (adaptive response) 又是如何？

有些值得注意的生物學事實，像是適應反應、遺傳不穩定、旁觀者效應、表觀遺傳學 (epigenetic) 與端粒 (telomere) 的改變、以及其他實驗設置時展現出的細胞作用過程，但是這些尚未納入防護方案，且目前尚無人知曉其真正的運作過程。由於流行病學仍然是輻射風險模型的基礎，其假設是無論這些奇妙的過程是什麼，都將整合為罹癌的人類資料。有人認為，導致該結果的細胞過程到底是什麼其實並不重要。

## 接下來該怎麼辦？

儘管 LNT 不完美、而且過去四十年來不無爭議，但是這種科學共識的過程，培育出重視安全的文化，同時勞工與公眾無謂的輻射曝露也減少了。根據 LNT，已有許多實用且審慎的方法被提出，既可保護勞工與公眾不受輻射傷害，又可不致犧牲了輻射的正面用途。由於科學處於持續更新的狀態下，對於未來出現新證據應納入考慮，所以針對 LNT 假說，應會持續且務實的研討下去。

## 有道理，但是遠景會如何？

科學要向前邁進需要的是對新發現證據的持續評估，以便對於輻射防護提出最佳、卻未必是最完美的策略。未來有可能會出現 LNT 的替代方案。如果要我提出意見的話，我想看到的是結合了最先進的流行病學與致癌作用的生物基礎模型，著眼於長期（而非急性）輻射曝露情境的流行病學調查的方法。

## 這議題該如何哲學思考？

暫時跳脫科學辯論、協商共識與監管責任的事，這場大爭辯的哲學議題和原因可能是如何根據不完美、不完整、不一致又相互矛盾的知識，卻要環繞在其不確定性上做出判斷。今天考量輻射防護的實用目的，LNT 假設相較之下仍穩坐寶座；然而對於明天又會是如何，大家應該抱持開放的態度。

原文出處

**The Boice Report #40,**  
**“LNT 101”,**  
*Health Physics News*  
September 2015



## 食物照射 (Food Irradiation)



### Q:食物照射是什麼？

將食物短暫地曝露於加馬射線、X射線、或電子射束等有屏蔽設施的輻射源中，進行照射後，可以得到以下的結果：

- 延長食物保存期限與延遲腐敗
- 不必使用化學殺蟲劑而達到滅蟲的效果
- 可抑制農作物之根、塊莖和球莖的發芽，以防止收成的農作物因發芽而損失
- 縮短隔離時間，以允許高價值和高品質產品的進口和分銷
- 有效減少微生物致病和相關食源性疾病的可能性

### Q:食物被照射後是否具有放射性？

不會。被照射的食物絕不會接觸放射性射源，所以沒有機會被放射性物質污染，因所使用的放射性射源被隔絕在緊密的金屬盒內，例如同心層狀不鏽鋼圓筒，因此輻射源完全不會接觸到所照射的物品，這種情形就類似光可以穿透玻璃而離開燈泡。當輻射源為高能電子或 X 射線時，輻射是由電力而產生的，當電源關閉時，就不會有輻射。當開啟輻射時（正如同燈

#### 編譯

輻防簡訊編輯組

#### 資料來源

美國保健物理學會單張  
Health Physics Society Fact  
Sheet "[Food Irradiation](#)"  
Adopted: June 2010



泡通電)，食品被送進輻射場（如被燈泡照明的區域）進行照射，當關閉輻射時（如同燈被關掉），照射就會停止。這些類型的輻射都不可能使輻射照射食品變成具有放射性，正如同牙科 X 射線不會使病人變成具有放射性。

### Q: 輻射照射會造成食物的損害嗎？吃這種食品對人體有害嗎？

不會。關於食物照射已有廣泛的研究，比較被照射食品與沒被照射食品的營養價值，兩者只有少許差異，傳統食品加工的方式如烹調或罐頭加工，會使食物內的化學結構改變，輻射照射也會引起類似的改變。食物被照射的量到達處方劑量時，可能會損失少許的營養價值，如維生素減少，但是損失的程度一點都不顯著，而且依個人整體飲食來看，這損失根本是無關緊要的。食物照射的程序會依據每種食品量身訂做，以達到所期望的效果，同時也保有食物本身的營養價值。目前沒有科學證據顯示，食用被照射過的食物對人體有害。在提高



健康及營養的食物取得方面，食物照射處理技術的益處遠超過任何間接風險。

### Q: 食品被照射後的保存方式是否有別於未照射的食品？

不會。被照射的食品所需的處理、準備、與儲存方式都與一般食品相同，食品被照射後可提供疾病預防和延長保存期限，但並不表示可以替代良好的衛生習慣。食品照射技術可以大幅降低潛在危險的微生物含量，但若沒有適當的處理或儲存，食品仍有可能會被感染或被污染。

### Q: 法規如何規範食物照射？

用於食物照射的輻射源或高能 X 射線和電子束，由國際機構、美國聯邦機構、或美國授權的機構來監控，以對工作人員、一般民眾和環境提供健康與安全的監督。目前美國食品

藥物管理局(FDA)批准可照射的食品如下（括弧內標示照射的目的）：

- 小麥和麵粉（消滅蚊蟲）
- 馬鈴薯（抑制發芽和延長保存期限）
- 香料、藥草、脫水的蔬菜調味品（消滅蚊蟲和除污）
- 被屠殺的豬肉或新鮮無熱切割處理的豬肉（控制旋毛蟲和微生物）
- 水果（延遲成熟和消滅蚊蟲）
- 新鮮蔬菜（消滅蚊蟲）
- 新鮮或冷凍家禽（控制微生物，特別是沙門氏菌）
- 新鮮、冷凍、冷藏的紅肉（控制大腸桿菌和沙門氏菌）
- 動物和寵物的食品（控制沙門氏菌）
- 鮮切農產品-萵苣和菠菜（清除微生物病原體）



輸送帶上是接受電子束照射後的食物包裝箱



美國聯邦食品、藥品和化妝品法案中的 1958 年食品添加劑修正案，定義游離輻射是一種食品添加劑，而非處理過程，即便游離輻射只是加入能量，該法仍強制要求食品藥物管理局（FDA）規範食品照射。這裡的“radura”符號是國際上代表被照射食品之符號，標示在販售給一般民眾的食品上，產品上的標籤也會註明「以輻射處理過」或「被輻射照射過」。包括美國在內全球約有 40 個國家銷售被輻射照射過的食物。

## 國際食品放射性核種容許量簡介

---

食品中原本就具有含量不等的天然放射核種，也可能會有殘留的人工核種。為了確保長期攝食不會造成人體健康威脅，國際組織與部分國家訂有食品放射性核種含量管制標準。

---

食品中原本就具有含量不等的天然放射核種，當然也可能會有來自工業或核能設施例行運轉排放或核子試爆與核子事故污染所殘留的人工核種。為了確保這些增加的人工核種透過長期攝食不會造成人體健康威脅，國際組織與部分國家訂有食品放射性核種含量管制標準以符合輻射防護之劑量限值，由劑量推導出濃度管制標準的過程，必須考量的因素包括關鍵核種的特性、攝食量、年齡分布以及攝食期間的長短，使得各國際組織或國家所制定的標準，會因為考量的情境(緊急暴露、既存暴露或只用於邊境管制)與適用參數差異而有所不同。



作者

劉祺章

原子能委員會 輻射偵測中心

## 食品管制含量的推導

對於食品的放射性核種含量建議管制值 (GL, guideline level) 可由下式計算而得：

$$GL = IED / (M \times I_f \times e_{ing})$$

IED：干預劑量限值(毫西弗/年)

M：攝食量(公斤/年)

$I_f$ ：污染攝食比值

$e_{ing}$ ：攝食劑量轉換因子(毫西弗/貝克)。

## 國際組織建議

食品法典委員會 (The Codex Alimentarius Commission, CAC) 是由糧農組織大會 (FAO Conference, 1961) 和世界衛生大會 (World Health Assembly, 1963) 建立落實糧農組織 (FAO)/世界衛生組織(WHO)聯合食品標準計劃的跨政府機構。該委員會的主要目的是通過制定國際標準和其他相關文獻 (如準則, 行為守

則, 原則等) 保護消費者的健康和確保公平的食品貿易, 但這些標準建議由各國政府自願性的採納, 沒有強制要求。對於食品的指引水平如表 1, 推導時採用的劑量限值為 1 毫西弗/年, 並假設進口糧食佔攝食量的 10%, 所以污染攝食比值為 0.1, 對於食物中佔比例不高的食材, 如香料, 佔總劑量只有一小部分, 指引水平可以提高 10 倍, 攝食量假設成人年攝食 550 公斤, 兒童年攝食奶類與食品 200 公斤, 劑量轉換因子採用國際輻射防護學會(ICRP)第 72 號報告[2]。Codex 在文件中也表示此指引不適用於各國國內監測, 各國可採相同的推算原則, 依各國特性建立不同的標準。基本上只要在此指引值以下均可視為無健康危害風險。

歐盟(European Commission)在會議規範第 3954/87 中訂有食品輻射污染最高容許量, 以作為會員國對於核子事故或輻射污染事故後國

表 1 Codex 核子事故或輻射污染事故後國際貿易通用之食品放射性含量指引[1]

食品分類	代表核種	Guideline levels (Bq/kg)
嬰兒食品	$^{238}\text{Pu}, ^{239}\text{Pu}, ^{240}\text{Pu}, ^{241}\text{Am}$	1
嬰兒食品	$^{90}\text{Sr}, ^{106}\text{Ru}, ^{129}\text{I}, ^{131}\text{I}, ^{235}\text{U}$	100
嬰兒食品	$^{35}\text{S}^{(1)}, ^{60}\text{Co}, ^{89}\text{Sr}, ^{103}\text{Ru}, ^{134}\text{Cs}, ^{137}\text{Cs}, ^{144}\text{Ce}, ^{192}\text{Ir}$	1,000
嬰兒食品	$^3\text{H}^{(2)}, ^{14}\text{C}, ^{99}\text{Tc}$	1,000
其他食品	$^{238}\text{Pu}, ^{239}\text{Pu}, ^{240}\text{Pu}, ^{241}\text{Am}$	10
其他食品	$^{90}\text{Sr}, ^{106}\text{Ru}, ^{129}\text{I}, ^{131}\text{I}, ^{235}\text{U}$	100
其他食品	$^{35}\text{S}^{(1)}, ^{60}\text{Co}, ^{89}\text{Sr}, ^{103}\text{Ru}, ^{134}\text{Cs}, ^{137}\text{Cs}, ^{144}\text{Ce}, ^{192}\text{Ir}$	1,000
其他食品	$^3\text{H}^{(2)}, ^{14}\text{C}, ^{99}\text{Tc}$	10,000

(1)有機硫 (2)有機氫



表 2 歐盟食品輻射污染最高容許量

單位(Bq/kg)	食品 Foodstuffs <sup>(1)</sup>				少量食品 (Minor foodstuff)
	嬰兒食品 <sup>(2)</sup>	奶製品	其他食品	液態食品	
放射性銻 (特別是 <sup>90</sup> Sr)	75	125	750	125	7500
放射性碘 (特別是 <sup>131</sup> I)	150	500	2,000	500	20,000
阿伐核種與超鈾元素 (特別是 <sup>239</sup> Pu, <sup>241</sup> Am)	1	20	80	20	800
其他長半化期核種，特別 是 <sup>134</sup> Cs, <sup>137</sup> Cs <sup>(3)</sup>	400	1,000	1,250	1,000	12,500

<sup>(1)</sup>這裡指的是可直接食用食品，包括濃縮與乾燥後的食物，需要稀釋各國可依狀況提出稀釋因子證明可符合劑量要求。

<sup>(2)</sup>嬰兒食品是指那些提供四到六個月的嬰兒營養需求，且在販售包裝上有明顯標示嬰兒配方。

<sup>(3)</sup>碳 14 與鉀 40 不包括在內。

內或會員國間進出口的管制標準，並在 1998 依新的防護建議進行調整，例如劑量轉換因子採用 ICRP 72 號報告，劑量限值採用 1 毫西弗/年，污染比例採 0.1 估算[3]。導出的輻射污染最高容許量如表 2。目前歐盟已有會員國因為 ICRP 新的建議值，提出審視修訂標準的要求。

國際原子能總署(IAEA)與國際輻射防護委員會主要針對緊急事故時的食物干預提出干預基準的建議。整理如表 3 [4,5]，基本上干預基準適用於污染地區短期的食品管制，不適用於復原時期的既存暴露狀況。

表 3 國際組織對於輻射事故後建議的食物干預基準。

組織	放射性核種	建議干預基準(Bq/kg)	
ICRP	貝它/加馬核種	1000-10000	
	阿伐核種	10-100	
IAEA		一般食品	奶類、嬰兒食品與飲水
	<sup>134</sup> Cs, <sup>137</sup> Cs, <sup>103</sup> Ru, <sup>106</sup> Ru, <sup>89</sup> Sr	1000	1000
	<sup>131</sup> I	1000	100
	<sup>90</sup> Sr	100	100
	<sup>238</sup> Pu, <sup>239</sup> Pu, <sup>240</sup> Pu, <sup>242</sup> Pu, <sup>241</sup> Am	10	1

## 國家法規— 以美國與日本為例

### 美國

美國食品藥物管理局(USFDA)在 1986 年車諾堡事件後，假設污染食品完全被攝食的狀態下推導的管制基準(Level of concerns, LOCs)做為進口食品的管制，如表 4(a)[6]。2004 年後考量假設過於保守，因此重新定義推導干預基準(Derived Intervention Levels, DILs)來取代原有的 LOCs。DILs 以 5 毫西弗/年為干預劑量，污染攝食比值因為考量此基準將適用於進出口與國內各州間的貿易使用，因此取較為保守的 0.3，成人年攝食量為 943 公斤(大於 Codex

表 4(a) 美國 1986 年採用的進口管制標準

核種	LOCs (Bq/kg)	
	嬰兒食品	其他食品
$^{131}\text{I}$	55	300
$^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$	370	370

表 4(b) 美國目前使用作為進出口與國內食品管制的干預基準。

核種	DIL (Bq/kg)
$^{90}\text{Sr}$	160
$^{131}\text{I}$	170
$^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$	1200
$^{238}\text{Pu} + ^{239}\text{Pu} + ^{241}\text{Am}$	2
$^{103}\text{Ru} + ^{106}\text{Ru}$	$(C_{103} / 6800) + (C_{106} / 450) < 1$

的假設)。劑量轉換因子採用的是較舊的國際輻射防護學會第 56 號報告[7]。導出結果列於表 4(b)。

### 日本

日本在 2011 年 3 月 11 日發生福島核能電廠事故後，立即頒布暫行的食品輻射管制值，如表 5(a)。該管制值以 5 毫西弗/年為干預劑量，並假設污染攝食比值為 0.5。同時也開始對於國內的農漁牧產物與食品等進行大規模的取樣監測。截至 2012 年四月的監測結果顯示：除了野生的動植物外，一般的農漁牧產物在新的收穫年與事故發生時相比，其放射性物質含量已大幅下降。因此訂定了新的管制值，以放射性銫為唯一代表核種，主要是因為監測結果顯示其他核種所造成的劑量比率對成人低於 12%，因此保守的評估放射性銫便可作為一個污染管制指標。推導的管制值如表 5(b)，推導的方式與 Codex 完全相同，攝食量採日本國內調查的數據，劑量限值為食品 0.9 毫西弗/年、飲水 0.1 毫西弗/年，攝食污染比值為 0.5 嬰兒食品為 1[8]。

由上述的表列結果發現，國際貿易有 Codex 的規範與計算模式可依循，緊急暴露時污染地區有 IAEA 或 ICRP 等國際組織建議的干預基準可供參考，但是在實際應用時仍有不少問題，包括加工食品的管理(例如：原料超過標準，但加工後食用狀態合乎標準的認定)；污染攝食比值隨事故發生後時間而異動的趨



表 5(a) 日本國內 311 福島事故後頒布的食品輻射暫行管制值。

食品類別	暫行管制值(Bq/kg)			
	$^{131}\text{I}$	$^{134}\text{Cs}, ^{137}\text{Cs}$ 總和	$U$	$^{238}\text{Pu}, ^{239}\text{Pu},$ $^{240}\text{Pu}, ^{242}\text{Pu},$ $^{241}\text{Am}, ^{242}\text{Cm},$ $^{243}\text{Cm}, ^{244}\text{Cm}$ 總和
飲水	300 <sup>(1)</sup>	200	20	1
奶類與奶製品	300 <sup>(2)</sup>	200	20	1
蔬菜	2000	500	100	10
穀類	-	500	100	10
肉,蛋,魚...等	-	500	100	10

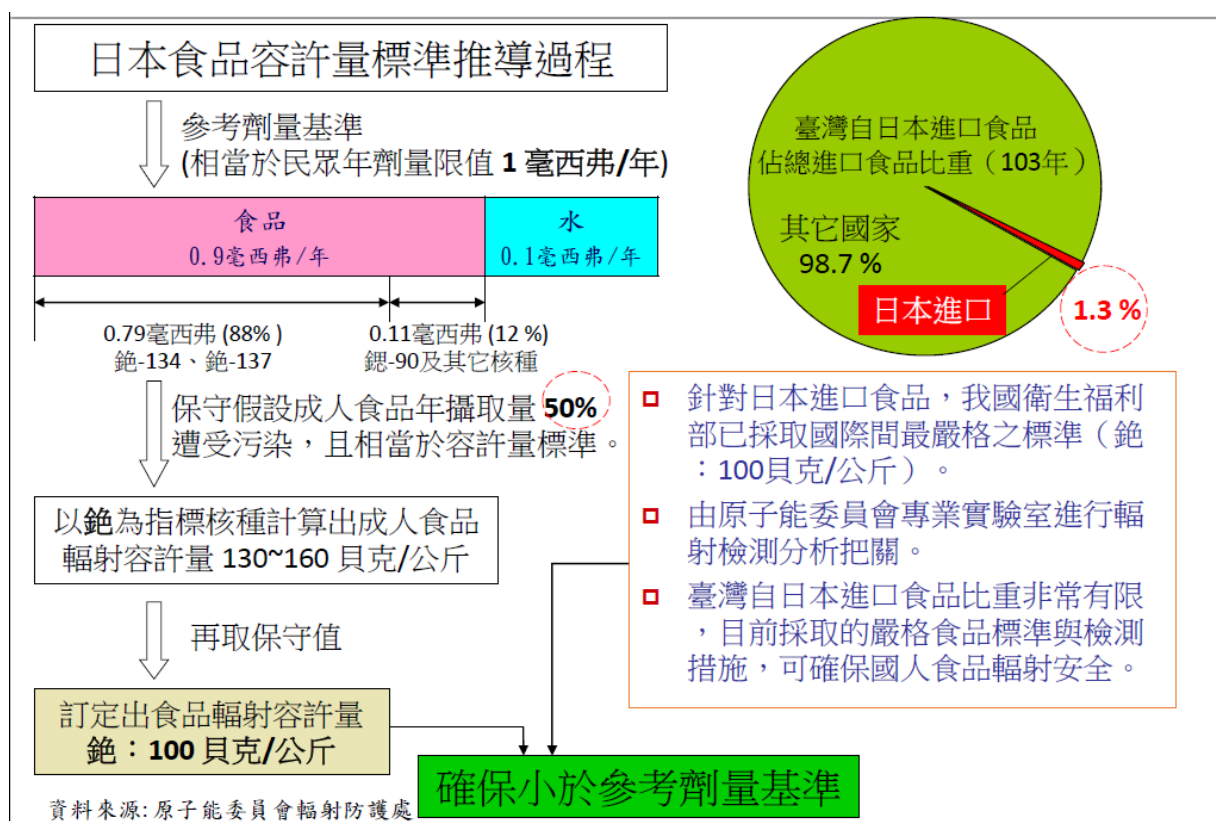
<sup>(1)</sup>飲水  $^{131}\text{I}$  超過 100 Bq/kg 不得用於嬰兒奶粉沖泡或飲用。

<sup>(2)</sup>奶類  $^{131}\text{I}$  超過 100 Bq/kg 不得供嬰兒直接使用或嬰兒食品添加。

表 5(b) 日本國內 2012 年頒布新管制值。

食品類別	放射性銫限值 (Bq/kg)
飲水	10
奶類	50
嬰兒食品	50
其他食品	100

### 我國對於日本進口食品輻射安全標準的推導過程



勢；對於阿伐、貝他與加馬核種分析方法的建議等，都仍需要世界各國進一步取得共識。對於所謂「正常」狀況或是事故復原完成後的食品管制標準，各國的作法則有相當大的歧異，尚無明確的國際規範可供各國在制定國內標準時參考依循。因此，2014年9月IAEA在維也納召開會議，建議由IAEA、FAO與WHO共同制定規範，並將目標設定於2015年底完成一份「食品飲水中放射性核種濃度指引(Guidance on Radionuclide Activity Concentrations for Food and Drinking Water)」的技術文件(TECDOC)，以提供各國作為建立該國對於既存暴露(exist exposure)的食品管制標準訂定的架構參考。原則上以Codex的推導模式為主，以1毫西弗/年作為管制劑量[9]。迄今該技術文件草案尚未公布，顯示制訂進度延後。

## 結語

食品中放射性核種容許量雖然目前已經有國際組織所建議的管制標準，但因各國國情差異頗大，加上食品安全是重要的民生議題，導致各國採用的標準有不少的差異，進而影響國際間的貿易進行。目前國際原子能總署、農糧組織與世界衛生組織也注意到這個問題，因此致力於建立一個合理的管制架構，供各國作為訂定標準的參考，雖然目前尚未完成，台灣為國際化社會的一環，也須注意國際間的發展以作為國內管制的重要參考。

## 參考資料

1. Codex General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed (CODEX STAN 193-1985)  
[http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/livestockgov/documents/1\\_CXS\\_193e.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/livestockgov/documents/1_CXS_193e.pdf)
2. International Commission on Radiological Protection. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides. Oxford: Pergamon Press; ICRP Publication 72,1995.
3. Publication Radiation Protection No. 105. EU Food restriction criteria after an accident.<https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/105.pdf>
4. International Commission on Radiological Protection. Principles for Intervention for Protection of the Public in a Radiological Emergency. Oxford: Pergamon Press; ICRP Publication 63,1992.
5. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Intervention Criteria in a Nuclear or Radiation Emergency, Safety Series No. 109, Vienna, 1994.
6. FDA, Supporting Document for Guidance Levels for Radionuclides in Domestic and Imported foods.  
<http://www.fda.gov/Food/FoodborneIllnessContaminants/ChemicalContaminants/ucm078341.htm>
7. International Commission on Radiological Protection. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides - Part 1. Oxford: Pergamon Press; ICRP Publication 56,1990.
8. Japan Ministry of Health Labour and Welfare, New Standard limits for Radionuclides in Foods, March 7, 2012.  
[http://www.mhlw.go.jp/english/topics/2011eq/dl/new\\_standard.pdf](http://www.mhlw.go.jp/english/topics/2011eq/dl/new_standard.pdf)
9. JOINT FAO/WHO FOOD STANDARDS PROGRAMME CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION,CAC 38/inf7  
[ftp://ftp.fao.org/codex/meetings/cac/cac38/if38\\_07e.pdf](ftp://ftp.fao.org/codex/meetings/cac/cac38/if38_07e.pdf)