



財團法人 中華民國輻射防護協會

輻射防護簡訊

第 164 期

出刊日期 110 年 8 月 15 日

本期內容 CONTENT

美國 NCRP 最新出版報告之研究議題簡介-III

1

本文二篇報告摘述密封放射性射源被廣泛地使用在不同的行業，包括學術與醫學研究、石油與天然氣工業、製造工業、核電廠及消毒設施，對使用者提供最佳實踐指引資訊。另一篇則對不同種類的生物系統收集數據，對低能量光子與電子導致人類癌症的相對效能之評估提出建議。

氙水的輻射度量與監測

3

本篇介紹了水中氙的低能量貝它輻射的度量與分析方法，很難得的也分享作者多年前對國內氙的監測記錄與實務經驗，作者跟讀者分享了一篇很有歷史風格味道的文章。

訓練班課程

8

公告本會各項訓練班開課時間

輻協新聞廣場

9

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

我國氙的防護標準介紹

13

氙具有適宜的輻射應用特性，氙及其標誌化合物在軍事、工業、水文、地質，以及生命科學的許多研究工作中均有重要的應用。本篇介紹我國對氙核種的管制標準，包括了各種應用後的排放限值規定與環境樣品的監測管制。

NCRP 新出版研究議題簡介-太空輻射曝露對中樞神經系統效應

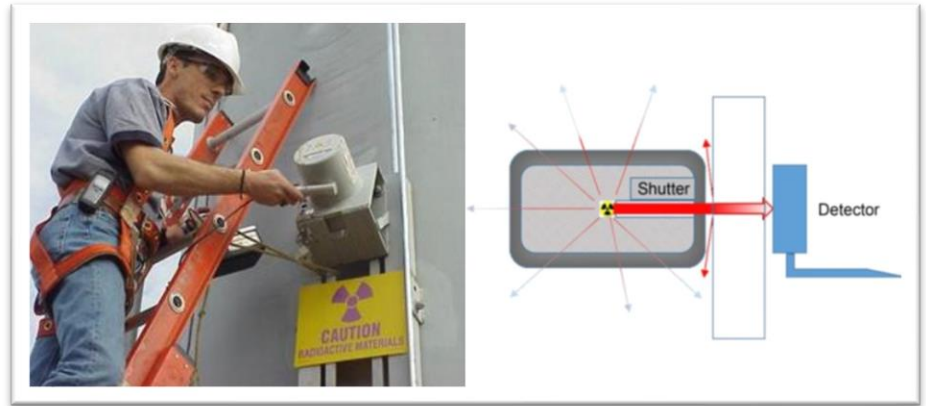
16

本期電子報作者就摘錄了 NCRP-183 號報告，身處離開大氣層保護的太空環境，美國太空總署對於長期處在太空輻射曝露下的太空人其中樞神經系統潛在效應的考慮，本報告對太空任務造成長期健康影響，並持續關注太空人的安全，以保持健康的研究人員，都會是特別有趣的一份報告。

美國 NCRP 最新出版報告之研究議題簡介-III

作者 施建樑

美洲保健物理學會臺灣總會 理事長



本篇文章作者整理了 2 份美國國家輻射防護及量測委員會(NCRP)近年新出版的報告，一份報告內容是談低能量光子與低能量電子導致人類癌症的相對效能評估，另一份報告是有關密封放射性射源的輻射安全指引，在此將報告精要摘述分享給讀者。

NCRP 181 報告：“對低能量光子與電子導致人類癌症的相對效能評估(2018年)”

NCRP 出版了 NCRP 181 報告“對低能量光子與電子導致人類癌症的相對效能之評估”。在過去，曾對於在不同種類的生物系統收集可考量的數據，建議了低能量光子與電子可能有較高之生物效能，故它已曾被認可了幾十年，而有需要好好地了解低能量光子與電子導致人類癌症的相對效應。

本報告針對 5 類輻射健康相對特定領域的生物效應證據加以蒐集，稱為證據線條(或研究線)；而這所謂之特定領域有：

- 微劑量學；
- DNA 損傷；
- 在細胞組織的放射性生物研究；
- 在實驗室的動物放射性生物研究；以及
- 人類流行病學。

對前述每一研究線，對下列五種低線性能量轉移(linear-energy transfer, LET)輻射型式與能量組合的低能量光子與電子的生物效能(參考為低能量組)，所蒐集的證據，稱為：

- 光子能量~1.5 keV；
- 光子能量 15 至 30 keV；
- 光子能量 40 至 60 keV；
- 光子能量>60 至 150 keV；及
- 氬衰減貝它粒子所產生的電子。

在本報告中，生物學效應的知識狀態是以經由四個步驟策略，對低能量光子與電子的潛能來評估，以增加其對人類癌症與那些較高能量的相似性做類比。這個增加在本報告中，是以效能比(effectiveness ratio)*這個量來表示，當對這五個光子與電子所定義的

低能量組(L)推導時，係以符號 ρ_L 來代表。

*對每一低能量的低 LET 輻射組之效能比(ρ_L)，是一改良因數來代表對低能量組可能造成人類致癌之增加，在相同吸收劑量下，與對某一高能量參考輻射的比例。

因為有關 ρ_L 真數值可考量的不確定度，推導數值是以機率密度函數(probability density functions, PDFs)代表現有知識狀態，並表達相對替代數值的相像性及真數值的假設範圍。是被專家啟發方法及 Bayesian 基本分析分解方法(詳述於本報告內)所推導出來，被以下圖(1)所繪曲線所示。

本報告並不對 ρ_L 推薦或贊同點數值，因為在真值內的不確定度。NCRP 相信推導 ρ_L 的 PDFs，能被用來傳遞對這種游離輻射曝露，在機率性人類致癌風險評估的不確定度。

本報告沒有建議有關改變用在輻射防護系統，對所有能量光子與電子的

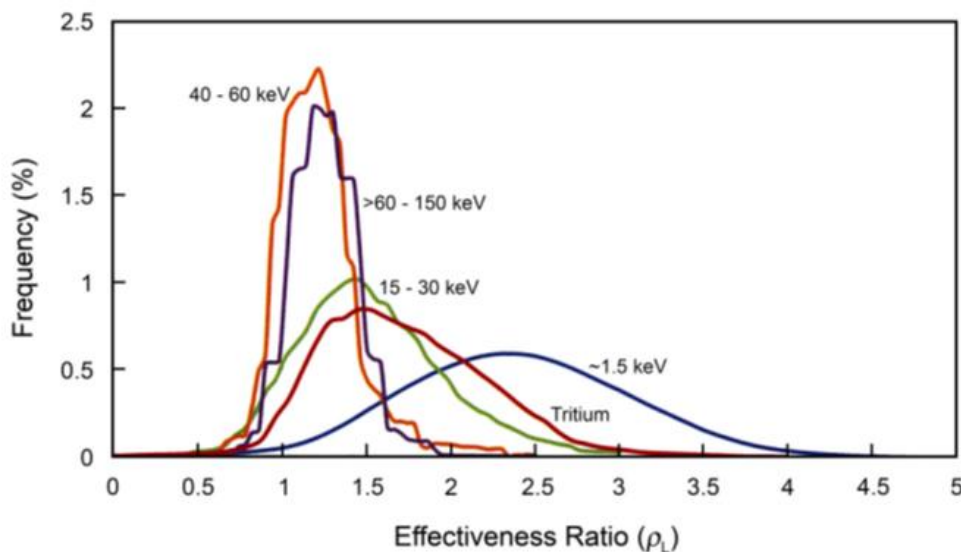


圖 1 由分解啟發法推導對 5 個低能量組的 ρ_L 彙總 PDFs

輻射權重因數($w_R = 1$)現有數值。出現在本報告之 ρ_L 的 PDFs，企圖單獨地對量化不確定度分析之目的，對低能量光子與電子的特定致癌風險評估，亦被涵蓋了。

NCRP 182 報告：“密封放射性射源的輻射安全(2019年)”

NCRP 182 報告“密封放射性射源的輻射安全”，為從密封放射性射源的獲得、使用與處置，提供在重要元素一個全面化由“搖籃至墳墓”資訊與指引的專案。這份對使用者友善的文件結合來自各種不同的文件，一起帶來對最佳實踐指引之法規資訊。

密封放射性射源被廣泛地使用在不同的行業，包括學術與醫學研究所、石油與天然氣工業、製造工業、核電廠及消毒設施；以及遵從根據射源型式與其應用的不同法規與申照組織。

這文件提供下列有關密封放射性射源的輻射安全性質之指引：

- 密封放射性射源的設計與製造；

- 射源的獲得、接收與盤存；
- 在特定職業的使用，包括操作與使用低穿透動力射源，如：電鍍或箔片射源；
- 射源貯存與運送；
- 適當的處置；以及
- 對於有關密封放射性射源意外與事件的緊急應變整備。

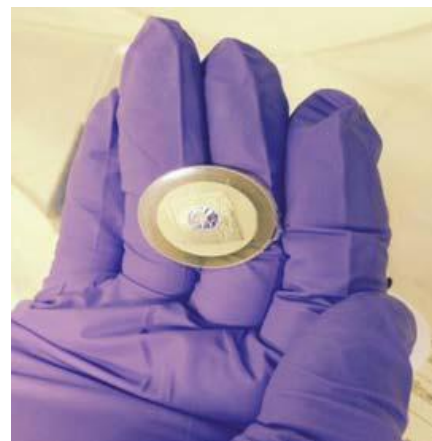
任何人不管是或可能發現他們負責對密封放射性射源的管控，將會從本報告而受益，包括輻射安全官員；美國 NRC、協議各州及美國能源部；下腳鐵回收業者；由小教育研究機構到大研究設施。它亦能被主管機關用來建立或改善對密封放射性射源專案的需求。

NCRP 182 報告有什麼是新的？NCRP 關心的新建議有：

- 對密封放射性射源的法規管制申請，提供一簡單的密封放射性射源定義及分級制度運用。
- 給後端使用人提供密封放射性射源

與裝置的使用與維護限制。

- 使用同一通用執照，應用到密封放射性射源與設備的盤存與追蹤機制。
- 不再使用與乏密封放射性射源之退回及/或處置。



氚水的輻射度量與監測

作者 陳清江

義守大學醫學影像暨放射科學系 兼任副教授



氚水的輻射度量方法介紹

由於氚的貝它射線能量很低，水樣氚的量測方法通常先蒸餾後，加入液態閃爍劑，混和均勻後靜置一夜，以液態閃爍計數器計測。而液態閃爍劑配方通常是將有機發光材料加入甲苯等有機溶劑調製而成，其配方有很多種，早期的液態閃爍劑可以溶解 10-15%的水。為了增加有機閃爍劑與水的互溶比例，有的配方會加入界面活性劑以增加溶水量，有的配方會加入發光效率比較高的磷質，以提升計測效率。目前市售的液態閃爍劑可以溶解 50%以上的水，但是計測效率也會降低，整體而言目前市售的液態閃爍劑還是可以大幅降低 MDA 值。

另一個降低 MDA 值的有效方法是將蒸餾過的水樣電解濃縮，在電解過程中輕水比較容易分解成氫氣和氧氣，因此可以濃縮氚活度。100 毫升的水樣經兩週的電解濃縮至 10 毫升以下，氚活度約可以濃縮 6 倍，電解濃縮的電

壓、電流和極版材質都會影響濃縮倍數。

液態閃爍計數器的效能也可以大幅降低 MDA 值，由於電解濃縮的過程繁複且不穩定，因此近年來高效率、低背景、大試樣體積的液態閃爍計數器的發展，效能大幅提升已經取代電解濃縮技術，大部分的環境試樣都可以直接計測就可以滿足法規對於 MDA 值得要求。對於活度很低的深層地下水，也可以用質譜儀度量，但是成本相對偏高。

至於 HT 或 T₂ 型態的氚，通常以充氣式比例計數器直接進行度量。有機鍵結氚(OBT)可以先將樣品消化成水容液，或以燃燒法轉成水分。測量體內污染的氚活度，可以將尿樣加入高錳酸鉀(將有機物氧化)後蒸餾成水樣；也可以直接加入閃爍劑進行計測，但消光效應會比較嚴重，誤差比較大。

氚水量測的實務經驗

1970 年代曾經發生兩次能源危機，全

世界核能發電蓬勃發展，核能科技被國科會列為重點科技。1979 年 3 月 28 日，位在美國賓州的三哩島核能電廠發生輕水式核電廠最嚴重的核子事故，筆者於當年 10 月 1 日辭去國中自然科教師職務，踏入陌生的核能界，在原子能委員會所屬的台灣輻射偵測工作站擔任研究助理，當時還在草創階段，首份工作是環境水樣中氚的分析，報到時前任負責人已離職，只留下少數的文件與實驗記錄，憑著一股幹勁，摸索著進入一個未知的領域，一步一步地探討電解濃縮與液體閃爍計數器之原理，在瞭解其原理後，發現當時的偵測敏感度不足，於是嘗試著提高電解濃縮倍數，並在閃爍劑配方與計測統計學上尋求降低偵測敏感度的方法。

依 US NRC Guide 4.8 之規範，氚之 MDA 值為 300 pCi/L，而當時台灣地區地表水氚濃度在數十至數百 pCi/L 之間，實驗室使用 ICN 廠牌之傳統液體

閃爍計數器，背景值高達每分鐘 20 計數(cpm)以上，電解濃縮倍數在 6~7 倍，大部份樣品均小於最低可測活度(MDA)值，因此嘗試提高電解濃縮倍數，提高試樣與閃爍劑之比例，延長計測時間，提升計測效率與降低背景值等方法，收集國外相關文獻達數十篇，經過一年多的努力，多次的試驗與改進，若將試樣提升至 1000 毫升，使用不鏽鋼電極配合較大電流，我們的電解濃縮倍數可高達 45 倍，MDA 值已是國內最低，連海水、深層地下水亦可準確測定，同時並逐步發展草樣及空中水氣試樣氡的分析方法。

1982 年核一、二廠已經相繼商轉，環境中的氡活度水平依然很低，而國內首座壓水式核電廠核三廠正規畫運轉前背景調查，查閱文獻得知壓水式核電廠的放射核種排放只有沸水式核電廠的十分之一，但氡的排放可能是 14 倍，因此積極開發環境試樣氡的分析方法。除了水樣氡的分析外，陸續建立乙二醇捕捉空中水氣法，冷凍真空乾燥法抽取草樣水分，列入例行環測氡的分析。另外也嘗試建立草樣有機氡的分析方法，該法因操作不易，回收率低，而且核三廠水樣氡的分析結果還是非常低，實在沒有必要作有機氡的分析而放棄。

回顧當年所發表有關氡的論文，覺得有些數據值得提供讀者參考，首先是當年台灣地表水氡活度到底是多少呢？在“台灣地區水域中氡濃度之測定”一文中(核子科學，19 卷 2 期)，台灣地區 43 處飲用水氡的平均活度為 203pCi/L(7.5 貝克/升)，現在已經降到 1 貝克/升以下，附澄清湖水中氡活度變化圖供參考。當時南部是旱季無雨，因此澄清湖水中氡活度並未受到

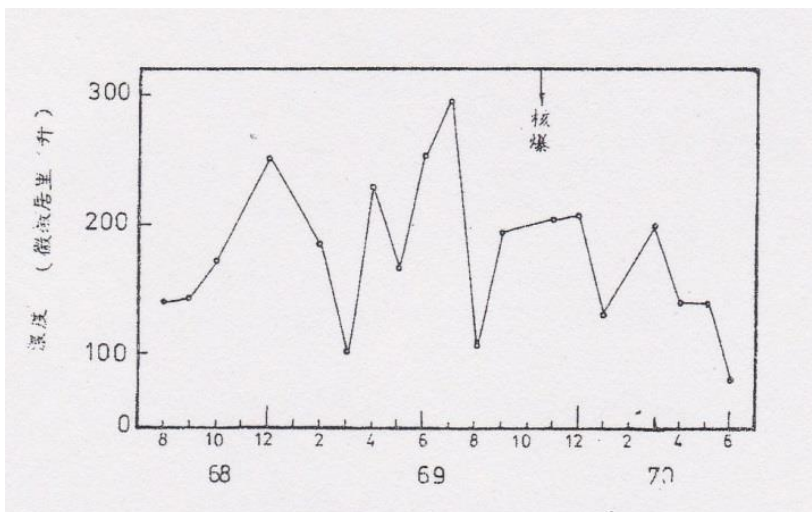


圖 1.澄清湖水中氡濃度之變化

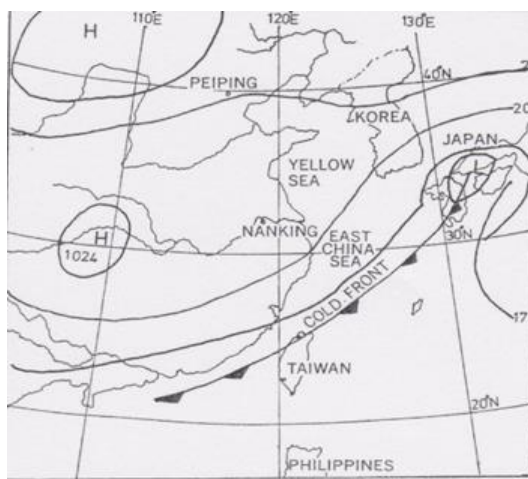


Fig. 4 Ground weather map of 8 : 00 A.M. Oct.

圖 2.1980/10/19 有一道鋒面通過台灣，帶來第一個氡濃度尖峰

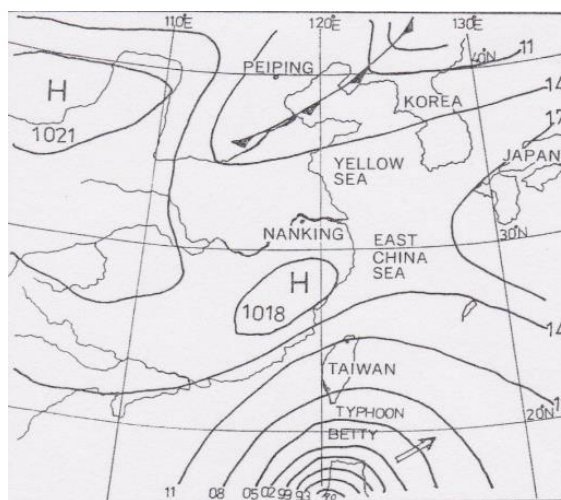


圖 3.1980/11/06 貝蒂颱風接近台灣帶來大量的水氣，氡濃度出現一谷底

中國大陸核爆落塵的影響，在那個核爆頻繁的年代，自來水公司也有測量原水與飲用水總貝它活度的機制。

對於空中水氣氚濃度之度量，在拙著 (Measurement of Tritium in Atmospheric Water Vapor in Taiwan after a Thermonuclear Detonation at Lopnor, Hoken Butsuri, Vol.18, No.03, pp.369-375, 1983, Japan.) 文中，針對中國大陸於 1980/10/17 在新疆羅布泊進行的第 25 次核爆觀測台灣地區空中水氣氚濃度之變化，發現在 3 天後出現一尖峰，經查氣象天氣圖資料，在 10/19 有一道鋒面通過台灣，第一波落塵飄抵台灣，造成的一個尖峰。隨後在 11/06 出現一谷底，經和氣象資料對照，原因是當天有一個貝蒂颱風接近台灣，低氣壓帶來大量的南方水氣，氚濃度明顯下降，空中水氣氚濃度受大氣環流和降雨之影響相當顯著。11/28 和 12/22 各有一道鋒面通過台灣，冷高壓帶來較高的氚活度，形成第二、三個尖峰。

台灣位處北緯 23.5 度附近，氚的春季尖峰現象比較不明顯，觀察 1980 年高雄和台北的雨水氚活度如圖 4，在 5、6 月梅雨季時，氚活度有升高的現象，研判這是中緯度地區的春季尖峰現象擴散到低緯度地區產生的遞延效應所造成。而 10~12 月氚活度有升高的現象，與空中水氣氚濃度之變化一致，研判這是受中國大陸於 1980/10/17 在羅布泊進行氫彈核爆所造成的影響如圖 5。

草樣中的氚與碳 14 的分析

草樣有機氚和碳 14 的分析方法可以藉由燃燒方式產生二氧化碳和水，配合液體閃爍計數器作定性和定量分析，

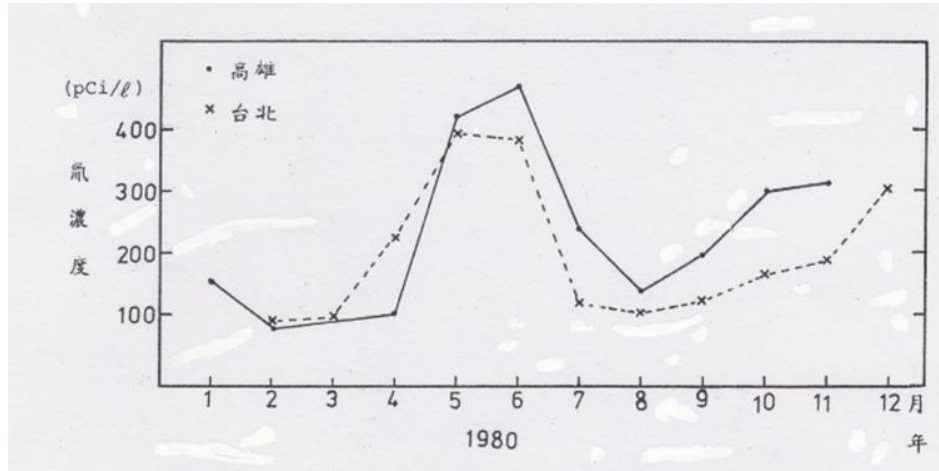


圖 4.1980 年台北、高雄與水中氚濃度

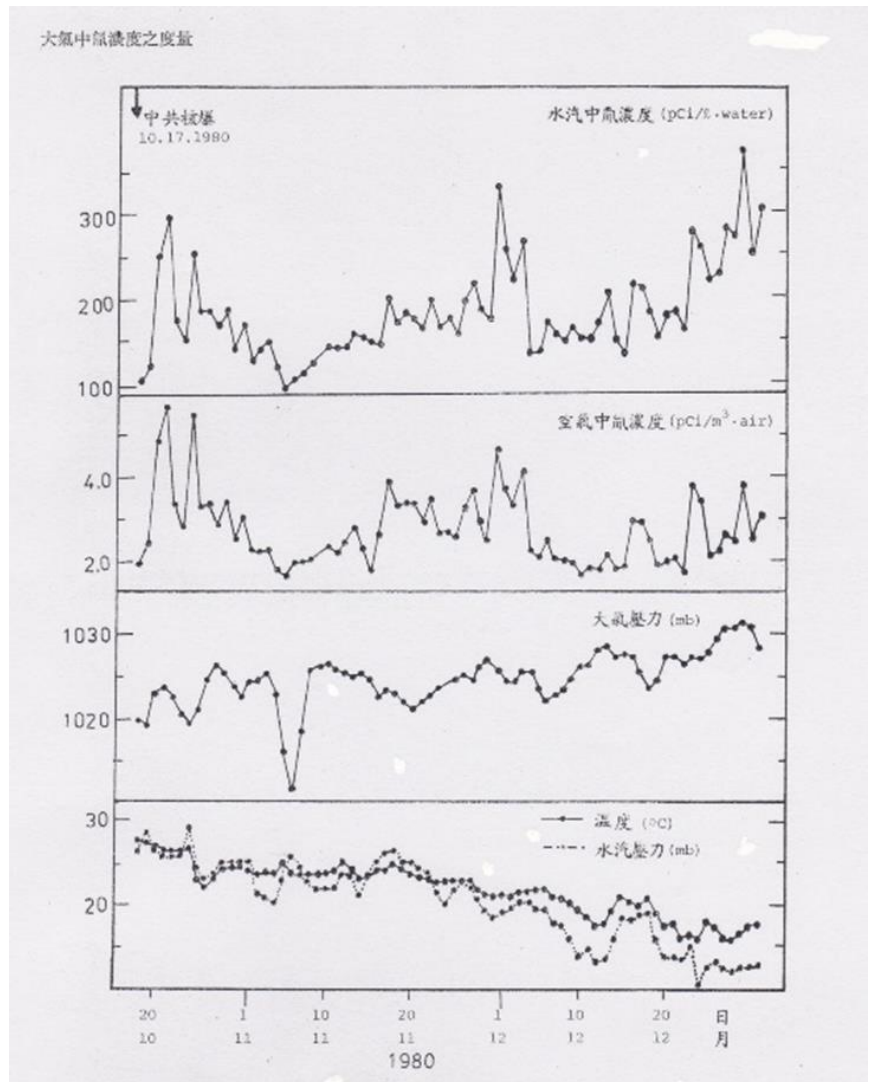


圖 5. 空氣中氚濃度與氣象狀況

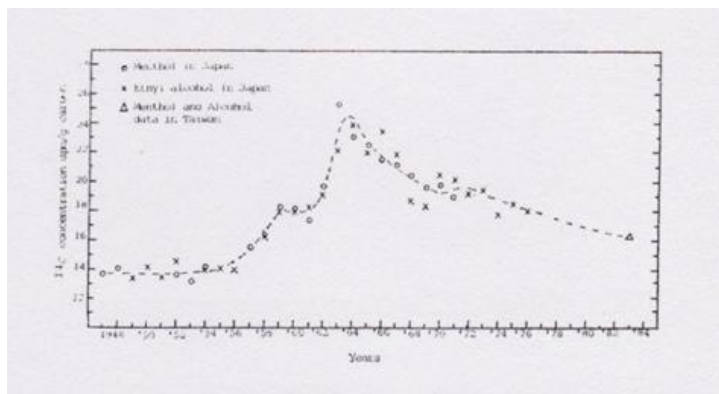


圖 6. 碳 14 在酒精與薄荷醇中濃度的變化

但是燃燒裝置不易控制，因此構思改用有機物同時測量氬和碳 14 的的活度。在 Measurement of Carbon-14 in Plants, Nuclear Science Journal, Vol.21, No.4, pp.251-254, 1984, 乙文中，選用台灣本土生產的甘蔗與薄荷葉所生產的酒精及薄荷腦作為植物生長時生物圈中氬和碳 14 含量的指標，結果如下圖 6 所示，碳 14 含量為 15-19 dpm/gC，與國外公布的變動曲線相當一致。

有了上述碳 14 及氬含量度量的成功經驗，構思分析不同年代所生產酒類樣品中碳 14 及氬含量，可獲知近卅年來臺灣地區受核爆落塵之影響。繼續發表“酒類中碳十四及氬含量之度量”，(核子科學，23 卷 3 期，1986，199-202)，本研究係收集陳年老酒以回推早年植物生長時環境中的氬活度，使用分餾法將酒中水分與酒精加以分離，再藉由液體閃爍能譜儀進行放射活性之度量。此法之靈敏度甚佳，對碳 14 及氬之偵檢低限分別為 0.10 dpm/gC 及 27 pCi/L。偵測結果顯示臺灣地區碳 14 濃度與北半球平均值頗為一致，酒中有機氬濃度之變動

斜率則比中緯度河川水之變動斜率平緩，詳見下圖 7。

本研究結果可作為近卅年來碳 14 定年依據，並可依此判定摻雜酒精之假酒。當時國內常有仿冒名貴洋酒之假酒出現，由碳 14 及氬含量之度量，可用以鑑別酒類之真偽。分析公賣局進口 Scotch Whisky 標示 17 年、12 年、6 年的洋酒，量測結果 15 年、11 年及 5 年，證實其標示應是可靠。

其他有機合成物與天然有機物之鑑別也很容易由碳 14 之度量加以區別。我們會經度量西德 RDH 廠與國內公賣局生產之酒精，發現前者完全沒有碳 14，研判係有機合成，後者為發酵法釀造。由本實驗之分析結果顯示，藉陳年酒中碳 14 及氬含量之度量，可以推斷近卅年來臺灣地區空氣中碳 14 及地表水中氬濃度之變化情形，彌補了近卅年來(核爆最頻繁時期)臺灣地區環境中碳 14 及氬濃度數據之空白，對於使用環境中放射性核種為天然示踪劑的研究工作提供了可靠的背景數據。

碳 14 及氬也常用來作為考古和地球科學領域的定年應用，在 1954 年以前地表碳 14 及氬含量為常數值，開始有核

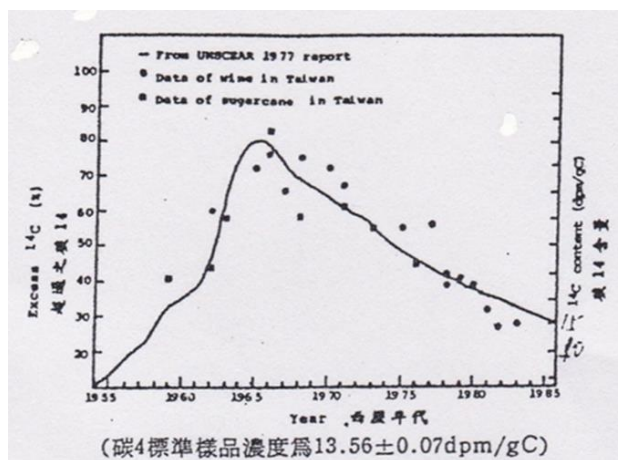


圖 7. 過去卅年來台灣植物中碳 14 濃度變化圖

爆以後，地表碳 14 及氬含量為隨時空不同而變，想要以地表碳 14 及氬含量作為定年應用的示踪劑，首先要知道最近幾年的背景數據。

另外由陳年老酒中分餾後的酒中水分，氬活度偏低，且變化趨勢與酒中有機氬的數據不一致，研判原因是釀酒工廠多是使用當地的泉水或地下水，其氬含量偏低所致。

水中氬活度定年應用

1970 年代的石油危機以後，台灣開始推展能源多元化開發研究，中油公司油礦探勘總處積極地開發地熱能源，地熱水貯存量的多寡是評估開採價值的依據，而水中氬活度定年技術為可應用方法之一，1982 年中油公司向清大尋求協助深井水中氬的量測，經朱鐵吉教授推介參與調查研究，初步分析結果認為可行，遂於 1983 年簽訂 2 年合作研究計畫，在此期間搜集更多文獻，探討同位素在水文學上的應用，也開創了另一片天空。

地熱水來源為鄰近較高山區降雨注入地下，經岩漿加熱後再流回地面，循環週期是判斷地熱貯存量的依據，地熱水來源為鄰近較高山區降雨注入地下，

經岩漿加熱後再流回地面，循環週期是判斷地熱貯存量的依據，經初勘選定台灣東北區的清水地熱區與東南區的知本地熱區最具有開發價值，測量地熱井水、地表溫泉水與河川水作比較。而雨水因為缺乏當年的本土數據而令人頭痛，還好 1953 年起 IAEA 在全球設有 25 個落塵雨水長期觀測站，選擇距台灣最近的香港測站雨水氙數據做為比對，經衰變修正至 1985 年後以最簡單的 Piston flow 模式作評估，清水地熱區與知本地熱區最可能的循環時間為 11.5 及 12 年以內，詳如下圖 9 及文獻 Age Determination of Taiwan Geothermal water., Nucl. Sci. J., Vol. 26, No.5, pp.393-400, 1989。

事隔二十年後，成大資源工程系的郭明錦教授來辦公室找我，原因是清水地熱發電廠擬重新評估其開發價值，他把當時我們的量測與評估數據視為珍寶，對細節逐一詢問，並運用氙數據作進一步的調查研究。

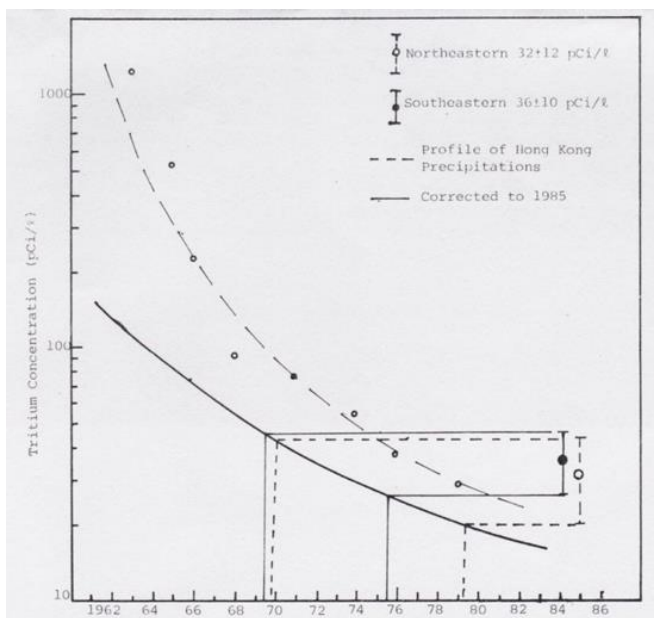


圖 9.氙濃度變動圖

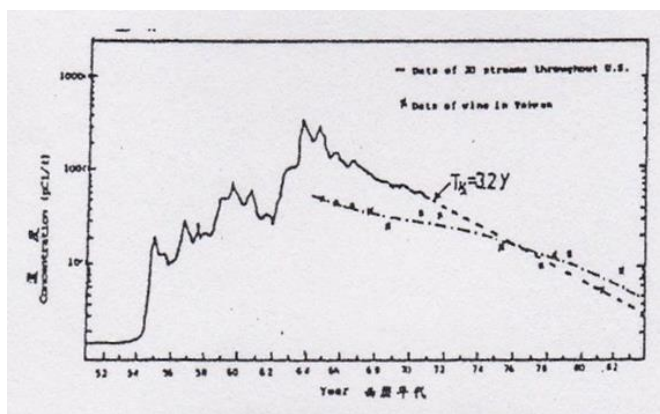


圖 8.臺灣酒類樣品中氙含量變化圖

例行的環境輻射偵測看似稀鬆平常，長期的觀測數據是後人追溯的重要依據，台大、高醫大、成大也曾有研究生前來收集環境輻射偵測數據，有些背景數據的應用是超乎我們的預期的，因此每一試樣的量測都應謹慎為之。

本文所附 1980 年代初期所發表的氙變動圖都是用手工繪製而成的，讀者也許會感到有些粗糙，當時沒有電腦可用，這些圖都是用手工描繪在方格紙上，再用半透明描圖紙，以製圖筆和字規描繪而成，再用傳統打字機打上

說明，過程繁複艱辛，品質也沒有現在的電腦繪圖好看，但是有種復古風格，讀者不妨用聽黑膠唱片的心情，來看待這些古老又有點珍貴的數據。

結語

回憶當年在進行電解濃縮時，曾經發生兩次氫氣爆炸，這跟福島核一廠的氫氣爆炸原理是一樣的，只是規模比較小，還好都在下班時間，沒有人員受傷。究其原因應該是電解濃縮槽放在地下室，通風不良導致氫氣濃度超過 7% 而自然爆炸；雖然電解槽蓋上有通風口經由管路連接到戶外，出風口也裝有一只散熱風扇一直往外吹，在下班時間門窗關閉的情況下，通風率顯然是不夠的。輻射工作人員除了注意輻安問題，工安意外的防範也是必要的。

因為福島核一廠含氙廢水排放的爭議引發國人的關注，也促成本人回顧早期台灣環境中氙量測結果念頭，其實 1960 年代台灣環境中氙活度比現在高很多，當時清華大學和核能研究所也做了很多放射性落塵的分析，希望本文可以拋磚引玉，期待有同行可以整理 1960~1980 年代台灣環境中氙活度的數據，應該是一個相當有趣的議題。



訓練班課程(110 年度)

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

A3 高雄 文化大學推廣部

8 月 03 日~8 月 10 日

A4 新竹 帝國經貿大樓

(取消)

B 組 18 小時-登記類

B11 新竹 帝國經貿大樓

(延至 8 月 4 日~8 月 6 日)

B12 台北 建國大樓

~~7 月 7 日~7 月 9 日~~(取消)

B13 高雄 文化大學推廣部

7 月 28 日~7 月 30 日

B14 台中 文化大學推廣部

8 月 11 日~8 月 13 日

B15 台北 建國大樓

8 月 17 日~8 月 19 日

輻射防護專業人員訓練班：
輻防員(108 小時) / 輻防師
(144 小時)

員 38 期

新竹 帝國經貿大樓 (延期)

第一階段

8 月 09 日~13 日

第二階段

8 月 16 日~20 日

第三階段

8 月 23 日~27 日

第四階段

8 月 30 日~9 月 3 日

輻射防護繼續教育訓練班
(3/6 小時)

新竹 清華大學

7 月 15 日 (上午&下午)

高雄 科學工藝博物館南館

8 月 6 日 (上午&下午)

台中 建國大樓

8 月 20 日 (上午&下午)

台北 建國大樓

11 月 16 日 (上午&下午)

鋼鐵建材輻射偵檢人員訓練班

鋼 3 新竹 帝國經貿大樓

9 月 15~9 月 16 日

鋼 4 高雄 文化大學推廣部

9 月 23~9 月 24 日

上課地點

台北

建國大樓：台北市館前路
28 號

新竹

經濟部專研中心：新竹市光
復路二段 3 號

帝國經貿大樓：新竹市光復
路二段 295 號 20 樓

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

國立科學工藝博物館-南館：
高雄市三民區九如一路
797 號

文化大學推廣部高雄教育
中心：高雄市前金區中正
四路 215 號 3 樓

課程安排問題，請聯絡本會，電話 (03) 572-2224
分機 313 李貞君 (繼續教育)；
314 林珽汶 (專業人員)；
315 邱靜宜 (鋼鐵建材、放射物質與游離輻射設備)
傳真 (03) 572-2521315



輻防新聞廣場

最新證照考試日期與榜單

- 行政院原子能委員會 110 年第 2 次輻射防護及操作人員測驗
[訊息連結](#)

報名期間：民國 110 年 8 月 2 日起至 9 月 6 日截止。

測驗日期：民國 110 年 10 月 30 日(星期六)。

測驗地點：

台北試區：考試院國家考場(台北市文山區木柵路 1 段 72 號)

高雄試區：高雄市立三民高級家事商業學校(高雄市左營區裕誠路 1102 號)

詳細報名簡章等相關測驗資料，請點選下方(相關網站)即可下載瀏覽。

相關連結：[輻防及輻安測驗](#)

國內新聞

- 聯合新聞網報導「廣東核電廠燃料棒破損傳外洩 台灣輻射值監測正常」。(發布日期 110 年 6 月 27 日) [訊息連結](#)

針對中國廣東台山核電廠燃料棒破損造成放射性氣體洩漏累積事件，原能會表示，近半個月持續加強台灣地區環境、空氣與飲用水輻射監測，國內輻射值一切正常；根據模擬評估，台山核電廠若有外釋放射性物質至大氣，由於偏南氣流影響，影響區域以中國廣東及廣西省內陸為主。

原能會說，自事件發生後，立即對於台灣 63 站(台灣本島 52 站及離島 11 站)即時環境輻射監測站加強監測，並持續蒐集該廠周邊、澳門及香港地區輻射監測數據，輔以評估研判。目前各監測站輻射數值，均在正常範圍內。

原能會輻射偵測中心也對台灣空氣及飲用水加強輻射監測，6 月份加強空氣輻射監測 15 件次、落塵水 7 件次，均無輻射異常情形。另輻射偵測中心設有抽氣監測站，包含台灣本島 16 站及離島 4 站，各監測值均無異常情形。此外，5 月份國內飲用水放射性檢測，包含台灣本島 26 件次、離島 38 件次均為正常。另原能會核研所技術協助農委會，完成 4 件海水樣本與 49 件魚體輻射檢測，檢測結果均未檢出人工放射性核種。

原能會核研所持續運用國際核災輻射塵劑量評估系統，針對台山核電廠若發生大量放射性物質外洩情境，模擬評估對國內可能影響的範圍、路徑及時程。依據昨日晚間氣象風場的預測評估，我國附近未來一周仍受西南季風影響，台山核電廠若有外釋放射性物質至大氣，將受偏南氣流影響，往台山核電廠北方傳輸擴散，影響區域以大陸廣東及廣西省內陸為主。

原能會說，經各項監測及採樣分析數據結果顯示，台灣環境輻射無異常變化，原能會後續將透過例行輻射監測及採樣作業，掌握台灣環境輻射現況，若一旦發現輻射異常，將即時對外發布訊息。(發布日期 110 年 6 月 27 日)

- 元氣網報導「核醫檢查一定要打針嗎？檢查完身上還有輻射嗎？放射師叮嚀 3 原則防護輻射」。
(發布日期 110 年 6 月 29 日)

[訊息連結](#)

「醫生，這個藥有輻射，會不會怎麼樣啊？」「穿過的衣服要不要丟掉？」「我很討厭喝水，為什麼要一直多喝水呢？」「不要接近小孩，那可以抱狗嗎？」這些病人提出的疑慮，在核醫科每天都會聽到。正在核醫科做檢查（核子醫學檢查）的您，是否也有這些困擾呢？讓我們一起來了解吧！

檢查一定要打針嗎？

是的，檢查時使用核醫藥物，身體不同部位組織有其獨特的生理特性，核醫藥物是將放射核種結合到不同化合物上，透過化合物帶著核種進入到身體，再利用核種釋放的放射線進行檢查，多數藥物是透過打針進入身體，只有少部分藥物是透過吃藥或是吸入的方式給予。

不同檢查用的藥一樣嗎？

不一樣喔！每項檢查要觀察的部位都不同，需要使用不同化合物搭配核種，所有藥物都是依照您安排的檢查時段及種類特別「客製化」量身訂做的。

核醫藥物有輻射嗎？

是的，核醫藥物本身就帶有輻射，但都是使用足以配合檢查的最低合理劑量，而且放射核種在自然狀態下會隨時間消逝，一般來說，核醫科使用的藥物「保鮮期」不會太久，所有藥物都無法「事先庫存」，配合檢查時段，準備好隨即使用完畢。而當藥物放置過久、劑量過低時，就沒辦法進行檢查，因此檢查時務必準時報到，避免因藥物消逝而影響檢查。

為什麼要等很久才能檢查？

依照檢查種類的不同，核醫藥物會透過打針、吃藥或是吸入的方式給予到您身上。藥物進入到身體後，會因為身體的代謝作用，分布在不同組織中，因此核醫檢查能夠真實反應每個人身體代謝與吸收情形，屬於個體化的檢查。由於每種藥物擴散或吸收時間不同，因此不同檢查等候時間不相同，短則數小時，長則數天；多數檢查當天即結束，少數檢查要連續多次（天）造影，取得不同時段影像進行判讀。

檢查的時候，機器一定要靠那麼近嗎？

一般來說，檢查時接受到最少輻射是首要目標，因此核醫藥物都是使用最低合理劑量，選用的藥物除了「保鮮期」短，釋放的放射線行走距離也都不會太遠。由於劑量少，行走距離短，因此檢查時，機器需要盡量您的靠近身體，以得到更好的影像品質。

檢查完之後身上還有輻射嗎？

是的，檢查完成後，身上還有微量輻射。雖然不同藥物代謝方式不同，但大多數藥物是透過小便排出，因此在核醫科常常被提醒要多喝水多上廁所，主要是希望透過水分加速代謝，使體內藥物減少得更快。但藥物原本「保鮮期」就短，而且會隨時間減少，因此即使無法攝取水份也無須緊張，輻射仍然會隨時間消逝。

身上的輻射會對家人朋友甚至寵物造成危險嗎？

檢查後，身上仍然有一小段時間存在輻射，但輻射量非常微小，而且會隨時間消逝，藥物也會隨時間排出體外，無須太過擔心。輻射大都不會殘留在使用過的物品上，即使衣物不小心沾染尿液（通常已很微量），只要將衣物靜置 1 天再清洗即可恢復使用，無須因為擔心輻射問題而將衣物或生活用品丟棄。

另外，也可以遵循「時間、距離、屏蔽」三原則進行輻射防護。檢查結束 24 小時內，減少與家屬長時間近距離的接觸，例如睡覺、緊鄰同桌用餐等（少數檢查防護時間大於 24 小時，會再另行通知）。而且輻射射程有限，與家人保持 1 公尺左右距離，便幾乎沒有輻射，無須太過焦慮。（發布日期 110 年 6 月 29 日）

➔ 中時新聞網報導「福島氚廢水延至 2023 春季排放 我海域輻射監測無異常」。（發布日期 110 年 7 月 29 日）[訊息連結](#)

日本政府決議將福島第一核電廠的稀釋含氚處理水於 2 年後分批排放入海，引發各界對海洋環境的擔憂，我原能會也多次表示抗議以及要求日方落實環境監測，上半年共計完成台灣海域氚輻射分析 34 件，結果皆無輻射異常，此外，根據最新消息指出，含氚處理水排放將由 2022 年秋季延後至 2023 年春季。

原能會今(29)日召開第 7 次日本福島第一核電廠核災含氚廢水排放跨部會因應會議，與會單位有海委會、農委會、外交部、衛福部、科技部、交通部、中研院等。

原能會表示，根據最新掌握的訊息，福島第一核電廠核災含氚處理水貯存空間儲滿的推估時程，將由 2022 年秋季延後至 2023 年春季，日本環境省在 6 月 18 日也首度召開專家會議，就處理水排放入海前、後的環境輻射監測方法進行研議，後續日方將持續依據作業的狀況調整具體的環境輻射監測計畫，希望能在排放的 1 年前開始進行環境監測。

此外，我國在 4 月份第六次的平台會議後成立了「涉外事務聯繫協調」、「海域監測規劃與執行」、「國家海域放射性物質環境輻射監測安全評估整備計畫執行」，以及「我國漁民求償機制研議」等四個工作小組，透過工作小組就本案因應工作進行更細緻的討論和處理。

目前「國家海域放射性物質環境輻射監測及安全評估整備計畫」的專案計畫已奉核定，於 7 月 1 日開始執行，以「資訊公開」、「海域輻射擴散預報及示警」，以及「海域輻射基線調查」為三大主軸計畫，除可藉前瞻技術確保我國海域輻射安全外，也透過公開平台將所有資訊供民眾即時查詢，避免民眾對該事件產生任何疑慮，提升應變效能。

原能會指出，本次會議統整出 7 大重點，包含漁民求償機制、籌組專家團赴日觀察，並就日方與我方就細節技術議題進行交流、由核研所進行國際 IAEA 以及日本監測海域輻射監測及基線調查數據等。

此外，輻射偵測中心依「110 年台灣海域氚輻射調查計畫」，第二季完成分析 21 件，上半年共計完成分析 34 件，結果皆無輻射異常，另將儘速擬定「111 年台灣海域海水氚輻射調查計畫」報原能會核定。（發布日期 110 年 7 月 29 日）

- 慈善新聞網報導「大林慈濟引進新儀器 低輻射高精準度造福病人」。(發布日期 110 年 8 月 10 日)。[訊息連結](#)

隨著醫學科技進步，精準醫療已成目前趨勢，大林慈濟醫院核子醫學科引進新型全功能整合型單光子射出電腦斷層掃描儀 (SPECT/CT)，提供全身骨骼性造影、炎症掃描，以及其它全身性的檢查，並可針對局部病灶做更詳盡的定位，讓病人可以在接受更低的輻射劑量下，用更短的時間，得到更精準的影像，有助於正確診斷與療效評估，提升病人安全。

年約 50 歲的鐘先生為口腔癌患者，於 2019 年接受手術治療後定期接受追蹤檢查。2020 年 10 月時的骨骼掃描除右下顎的手術處有部分放射活性增加外，並沒有其他特殊的發現。然而，今年 3 月時的骨骼掃描中，發現左下顎出現新增的放射活性增加的病灶，透過單光子電腦斷層掃描精準定位出病灶的位置，並且在同步電腦斷層影像的配合下，更精確指出該處為下顎骨的蝕骨性破壞併周邊骨質增生，也由此明確導引臨床醫師就此處病灶進一步治療處理。

大林慈濟醫院牙科主任鄭朝鴻醫師指出，透過核子醫學科檢查，確認患者的腫瘤已侵犯到左下顎骨頭，為口腔癌四期，有助於後續手術時能知道清除範圍，在清除腫瘤後再由整形外科進行自由皮瓣修補，並接續進行化療、放射治療，目前患者恢復狀況良好。

核子醫學科主任王昱豐說，以核子醫學的造影儀器做出完整的功能性掃描，同時同步配合電腦斷層的解剖影像定位，就能精準地指出身體中是那一個部位的功能性產生什麼問題。最常用到的如肺癌、乳癌、攝護腺癌、大腸直腸癌、頭頸部癌等癌症患者的全身性骨骼掃描，確認是否有早期骨骼轉移。

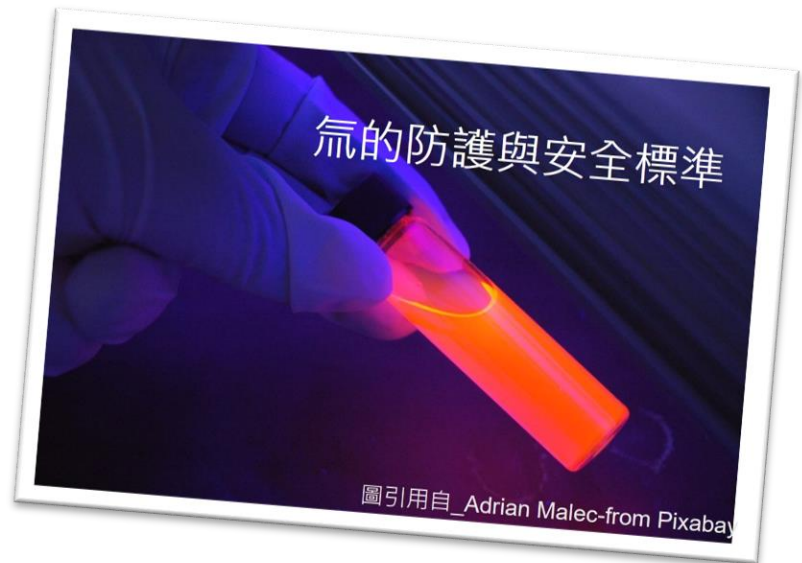
核醫影像的特點是一眼可以把全身看得很清楚，然而，將懷疑病灶的位置清楚標示也是相當重要的。新型儀器在檢查速度增加、輻射劑量的減少及精準度提升都有長足的進步。王昱豐指出，傳統上一個病人檢查需 15 至 20 分鐘，使用新儀器只需要 10 至 12 分鐘，而注射的藥劑也可以減少 1/3；縮短的時間意味著病人的不適感可以降低，更低的輻射劑量帶來的是病人的安全。然而，在此同時，影像品質卻是更為提高、定位更是準確。

值得一提的是，在引進新儀器後，原本的舊儀器雖然由於晶體老化等自然因素無法提供相對精準的病灶定位，但若進行如腎功能、甲狀腺功能等功能性的檢查，仍可提供相當完整且正確的檢查結果。核醫科堅持物命延續，持續發揮良能，讓新舊儀器各自依其特質，提供臨床醫療無間斷的服務。(發布日期 110 年 8 月 10 日)

我國氙的防護標準介紹

作者 陳清江

義守大學醫學影像暨放射科學系 兼任副教授



前言

氙具有適宜的輻射應用特性，具備有價廉、毒性較低、比活度較高和放射自顯影效果良好等優點。氙及其標誌化合物在軍事、工業、水文、地質，以及各個科學研究領域裡均有重要的應用。在生命科學的許多研究工作中，氙標誌化合物則是不可少的研究工具。例如酶的作用機理和分析、細胞學、分子生物學、受體結合研究、放射免疫分析、藥物代謝動力學，以及癌症的診斷和治療等，都離不開氙

標誌化合物。氙與螢光劑混合，可以作為發光材料，常用於夜光手錶、時鐘和儀錶板，如圖 1。

我國氙的防護標準

接受 1 mCi(37 百萬貝克)的氙 beta 輻射也不至於造成體外暴露的危險。但是，透過嚥入、吸入或皮膚的吸收可能導致體內暴露，氙水可能通過這些路徑進入人體。氙 beta 輻射在空氣中的射程只有 4.7mm，輻射工作人員的年攝入限度(ALI)為 80 mCi，相當於 50 毫西弗/年，導出空氣濃度(DAC)為

$2 \times 10 \text{ uCi / mL}$ (740 貝克/升)，在輻射毒性分類中，氙屬於低輻射毒性類別，我國的游離輻射防護安全標準附表四之一訂有輻射工作人員劑量轉換因子，如表一，附表三之七為輻射工作人員及一般人之個人吸入單位攝入量含放射性核種之可溶性或活性氣體及蒸氣產生之約定有效劑量，如表二。

游離輻射防護安全標準第十四條：含放射性物質之廢水排入污水下水道，應符合下列規定：

- 一、放射性物質須為可溶於水中者。
- 二、每月排入污水下水道之放射性物質總活度與排入污水下水道排水量所得之比值，不得超過附表四之二規定。
- 三、每年排入污水下水道之氙之總活度不得超過 1.85×10^{11} 貝克(5 居里)。



圖 1 氙與螢光劑的混和發光

表一 輻射工作人員推定空氣濃度管制值(氫)(安全標準附表 4-1)

原子序	放射性核種	肺吸收類別	劑量轉換因子 (西弗/貝克)-吸入	劑量轉換因子 (西弗/貝克)-吸入	推定空氣濃度 (貝克/立方米)
1	氫(Hydrogen)				
	氫水	沈積率%		1.8×10^{-11}	
	有機結合氫(OBT)			4.2×10^{-11}	

表二 輻射工作人員及一般人之個人吸入單位攝入量含放射性核種之可溶性或活性氣體
及蒸氣產生之約定有效劑量 · h(g)(西弗/貝克 · Sv · Bq-1) (附表 3.7)

放射性核種	物理半化期	肺吸收類別	沉積率%	年齡 ≤ 1 歲	年齡	1-2 歲	2-7 歲	7-12 歲	12-17 歲	>17 歲
				f1(g≤1歲)	h (g)	f1(g>1歲)	h(g)	h(g)	h(g)	h(g)
氫化水	12.3	V	100	1.000	$6.4E^{-11}$	1.000	$4.8E^{-11}$	$3.1E^{-11}$	$2.3E^{-11}$	$1.8E^{-11}$
氫	12.3	V	0.01	1.000	$6.4E^{-15}$	1.000	$4.8E^{-15}$	$3.1E^{-15}$	$2.3E^{-15}$	$1.8E^{-15}$
氫化甲烷	12.3	V	1	1.000	$6.4E^{-13}$	1.000	$4.8E^{-13}$	$3.1E^{-13}$	$2.3E^{-13}$	$1.8E^{-13}$
有機結合氫	12.3	V	100	1.000	$1.1E^{-10}$	1.000	$1.1E^{-10}$	$7.0E^{-11}$	$5.5E^{-11}$	$4.1E^{-11}$

表三、一般人放射性核種排放管制值(氫) (附表 4-2)

原子序	放射性核種	肺吸收類別	排放物濃度(貝克/立方米)		污水下水道排放物 月平均濃度 (貝克/立方米)
			空氣中	水中	
1	氫(Hydrogen)				
	氫水	F	1.99×10^4	5.07×10^7	5.07×10^8
		M	2.74×10^3		
		S	4.75×10^2		
OBT			2.17×10^7	2.17×10^8	

碳十四之總活度不得超過 3.7×10^{10} 貝克，其他放射性物質之活度總和不得超過 3.7×10^{10} 貝克 (1 居里)。

附表四之二第四欄規定氙的液態排放濃度限值為 50,700 貝克/升，若排入汙水下水道則可以放寬十倍(第六欄)。有機鍵結氙的液態排放濃度限值為 21,700 貝克/升，比氙水低約 2.3 倍。如表三。

我國商品輻射限量標準(105 年修訂)第 4 條也有規定: 飲用水中總貝他濃度限值为每立方公尺 1,800 貝克；氙濃度限值为每立方公尺 740,000 貝克；錒 90 濃度限值为每立方公尺 300 貝克。

前項總貝他濃度超過每立方公尺 550 貝克時，應進行氙及錒 90 之濃度分析。

國際飲用水中氙濃度限值變異頗大，美國對飲用水的上限是 740 貝克/升，與台灣相同，但加拿大為 7,000 貝克/升，WHO 和瑞士設定 10,000 貝克/升，澳大利亞限值高達 76,103 貝克/升，相較之下我國的標準是最嚴格的。

我國的環境輻射偵測規範也把水樣氙列為必要的分析項目，包括飲用水、河川水、湖水、海水、地下水等樣品，放射性落塵的偵測計畫還包括定時雨水和定量雨水的偵測，並訂有行動基準，環境水樣中氙的紀錄基準與調查基準分別為

10 及 1100 貝克/升，係引用舊版美國 NRC Gide 4.8 而來，環境式樣放射性分析之預警基準詳如下表所示。表中除了純貝他核種氙、錒 89、錒 90 以外，其他加馬核種皆可以使用加馬能譜分析系統計測。氙的調查基準是表列核種中最高的，原因是氙的輻射風險是最低的，而且核電廠的核廢水處理系統並無法有效移除氙水。

結論

氙是能量最低的貝他放射核種，在環境中很容易擴散稀釋，天然存在的氙活度很低，它對人體造成的劑量轉換因子也很低，因此容許排放活度相對偏高。我國從 1960 年代就有環境輻射監測機制，早期以清華大學的研究用反應器周遭環境與核爆落塵監測為為主，後來則以核能設施與台灣地區背景輻射監測為為主。台電公司和原子能委員會輻射偵測中心都有對核能電廠周圍的環境輻射執行例行監測，該監測計畫已經進行四十餘年，雖然核能電廠的氣、液態排放都含有氙，但是經過大氣與海洋的稀釋後，環境水樣鮮少測得氙，就算偶而測到，活度也多低於紀錄基準 10 貝克/升，遠低於管制調查基準 1100 貝克/升，民眾不必因周圍環境氙的問題過度憂慮與恐慌。

表四、環境試樣放射性分析之預警基準

核種名稱	水 (Bq/L)		空氣 (mBq/m³)		農魚產品 (Bq/kg-wet)		蔬菜(草樣) (Bq-kg-wet)		牛奶 (Bq/L)		土壤、(岸沙) (Bq/kg-dry)	
	記	調	記	調	記	調	記	調	記	調	記	調
總貝他	0.1	1.0	1.0	90.0	5.0		5.0		5.0		100	
氙	10	1100										
錳54	0.4	40	0.6		0.3	110	0.5		0.4		3	110
鐵59	0.7	15	1.2		0.5	40	0.9		0.7		6	
鈷58	0.4	40	0.6		0.3	110	0.5		0.4		3	110
鈷60	0.4	10	0.6		0.3	40	0.5		0.4		3	110
鋅65	0.9	10	1.5		0.5	74	1.0		0.9		7	
錒89	0.1		1.0		10		1.0					
錒90	0.1		1.0		10		1.0		10		10	
鈷95	0.7	15	1.0		0.5		0.9		0.7		6	
銻95	0.7	15	1.0		0.5		0.9		0.7		6	
碘131	0.1	1	0.5	30			0.4	4(37)	0.1	0.4	3	
銻134	0.4	2	0.6	370	0.3	8	0.5	37	0.4	3	3	74(20)
銻137	0.4	2	0.6	740	0.3	74	0.5	74	0.4	3	3	740(20)
銀140	0.4	10	2.0		1.0		1.0		1.0	10	10	
鏷140	0.4	10	2.0		1.0		1.0		1.0	10	10	
直接輻射 (μSv/h)			0.01	1.0								

說明: 1. 記: 記錄基準

調: 調查基準

2. 水樣不含雨水，雨水分析比照落塵規定。

3. 土壤含底泥、岸沙。

NCRP 新出版研究議題簡介-

太空輻射曝露對中樞神經系統效應

作者 施建樑

美洲保健物理學會臺灣總會理事長



前言

距離人類首次踏入宇宙的世界距今已逾 50 年，但是至今僅有極少數的人能親身參與踏入此太空領域成就夢想，不過現在此情況將逐漸有所改變與突破，有人稱今年(2021)以後將會是太空旅遊的新紀元，包括維珍銀河創辦人李察·布蘭森(Richard Branson)與亞馬遜創辦人傑夫·貝佐斯(Jeff Bezos)，相繼於

今年 7 月跨過了美國太空總署(National Aeronautics and Space Administration, NASA)所認定的地球與宇宙的邊緣界線，實現了其太空旅行的夢想，維珍銀河公司也規畫於 2022 年安排常態性的太空旅行行程。

對於身處離開大氣層保護的太空環境，美國太空總署對未來進行宇宙飛行任務

有輻射防護上的考量，特別對於長期處在太空輻射曝露下的太空人其中樞神經系統潛在效應有關的考慮，如圖一，國際太空站的太空人，因此本期電子報作者就摘錄了 NCRP-183 號報告“太空輻射曝露及其對中樞神經系統效應潛在性”中重要項目內容，與讀者介紹宇宙射線對太空人曝露的防護思考。

NCRP 183” 太空輻射曝露及對中樞神經系統效應的潛在性(2019)”

這份報告是受國家航空及太空管理署(NASA)之要求所準備的；這是兩期計畫中的第二期，企圖提供給 NASA 有關對太空人成員的中樞神經系統(central nervous system, CNS)，因受太空輻射長期曝露所造成的健康效應及其對任務之影響。第一期計畫所得的成果，如 NCRP 25 報告中所評論“來自在太空活動期間輻射曝露對中樞神經系統效應



圖一 國際太空站(圖引用自維基百科)

的潛在性，第一期計畫：前言” ，其中描述了圍繞著太空輻射對中樞神經潛在的短期與長期結果，以及為這份報告基準的一個較廣泛調查所打下的基礎。這份報告總結了計畫步驟與方法，對更完整了解在太空接受輻射曝露對 CNS 的效應風險提供所需，並提供包括風險管理與輻射防護的看法。NCRP 曾確定有關一個廣泛與有效輻射安全計畫履行的知識縫隙，以保護太空人避免來自太空輻射早期與慢性對 CNS 效應的潛在性。

NCRP 183 報告” 太空輻射曝露及對中樞神經系統效應的潛在性：第二期” ，進一步對第一期所總結在研究太空接受輻射曝露對 CNS 效應的風險的步驟與方法所需提供更完整的了解，並提供包括風險管理對輻射防護的指引。這個题目的了解對未來美國進行連續太空探險是重要的；本報告是由來自各大學、醫

學中心、政府官署與私人工業界的美國內與國際專家，所共同編撰。

本報告提供最新的科學資訊，有關太空之旅的關鍵問題如下：

- 由於在太空接受輻射曝露所致表現差異有多嚴重時，可定義為顯著損傷？
- 對化學毒藥包括神經毒藥的風險評估，可否提供來了解潛在效應的指引嗎？
- 美國環境保護署所採用的負面後果途徑體系，在太空輻射與中樞神經效應的來龍去脈了解有用嗎？
- 進行非人類的靈長類實驗需要嗎？若是需要，它們是如何被考量的？
- 有無曝露閾值水平？低於該閾值有關中樞神經系統效應即會最小嗎？
- 太空輻射與一個將損傷表現的其他性質，有起交互作用嗎？

- 什麼是神經行為效應可能性之間的相對平衡點，將會傷害到操作表現及對任務有負面影響，而使神經嚴重變性及病變發展成例如：阿茲海默症、巴金森氏症、亨丁頓舞蹈症、肌萎縮性脊髓側索硬化症(漸凍症)及癡呆？
- 腦補償機制存在著將影響得到顯著傷害水平的可能性，將會有負面影響到表現與任務嗎？

NCRP 183 報告內容的新論點

- 管理輻射曝露對中樞神經系統風險的資訊，包括顯著傷害如何的建議以及能被清楚定義；
- 相對於包括細胞神經結構與功能、細胞研究與功能影像等機制觀察的總結；
- 機制模式及考量從齧齒目動物試驗所得數據外插到人類防護的可應用性；
- 來自於醫用程序或工業情況輻射曝露觀察的資訊，以及其銜接到人類太空輻射曝露的應用性。

結論

任何人參與或有興趣從事太空旅行者，這份報告是十分值得閱讀的，以獲得最新可得有關在太空接受輻射曝露造成中樞神經系統潛在影響的資訊；本報告對聚焦在美國太空任務造成長期健康影響，並持續關注我們的太空人的安全，以保持健康的研究人員，將會是特別有興趣的一份報告。



圖二 太空輻射對中樞神經效應影響(圖引用自 NCRP183)

發行人
張似璵

主編
劉代欽

執行編輯
林珏汶

編輯委員
尹學禮
江祥輝
劉代欽
蔡惠予
魯經邦



出版單位

財團法人中華民國輻射防護協會

行政院新聞局 出版事業登記證
局版北市誌字 第柒伍零號

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 網站