

行政院原子能委員會
委託研究計畫期末研究報告

含天然放射性物質商品之調查及管理研究 (2/4)

**Research on the radiation survey and safety management for NORM
(naturally occurring radioactive material) contained products**

計畫編號：MM10912-0911

(GRB 系統科技計畫編號：PG11003-0218)

受委託機關(構)：行政院原子能委員會核能研究所

計畫主持人：黃珮吉

聯絡電話：(03)4711400 ext 7980

主要工作項目負責人：袁明程、李綉偉、蔡惠雯

聯絡人：盧苡欣

報告日期：110 年 12 月 29 日

目 錄

中文摘要.....	i
Abstract.....	ii
壹、前言(計畫緣起).....	1
貳、研究目的.....	3
參、研究方法、過程、結果與產出.....	5
肆、結論與建議.....	41
伍、參考文獻.....	43
附件.....	45

中文摘要

含天然放射性物質之商品應用日漸廣泛且深入民生，本計畫分析不同商品之天然放射性物質添加型式及含量，建立含天然放射性物質商品之氡氣量測及校正、人員劑量評估等技術，及研擬輻射異常之含天然放射性物質商品之處理方案，以保障民眾使用相關商品之輻射安全。

關鍵字：天然放射性物質、氡氣、人員劑量評估。

Abstract

The applications of products containing naturally occurring radioactive materials (NORMs) are becoming increasingly widespread and deeply involved in people's livelihood. This plan was analyzed the types and content of NORMs added in different commodities, establish techniques for radon measurement and calibration, personnel dose assessment of products containing NORMs, and develop a treatment plan for products containing NORMs with abnormal radiation to protect the radiation safety of people using related products.

Keywords: Naturally occurring radioactive material(NORM), radon, radiation dose evaluation.

壹、前言(計畫緣起)

天然放射性物質於一般商品上之應用愈趨多樣化且深入家庭，2018年於韓國發現的負離子床墊，經評估其釋放的氡氣可造成使用者約9 mSv/y的輻射劑量，數倍於全球的國民平均劑量3.1 mSv/y (聯合國原子輻射效應委員會2008)，在國內亦陸續發現類似商品，經原能會實地訪查賣場，雖未於國內發現韓國超標之負離子床墊，仍發現部分國內廠商使用負離子粉原料製作之床墊可能造成偏高之輻射劑量，後續已由行政院消保處協調商品主管機關經濟部標準檢驗局，要求業者下架、回收其產品。

行政院消保處於107年9月12日討論會議中，會議結論請標檢局及衛福部將坊間宣稱具有負離子功能之商品或食品容器列為年度優先查核及檢驗之標的，並請原能會協助判定。原能會雖於韓國負離子床墊案中初步建立了檢測與輻射劑量評估技術，然相關技術仍有精進的空間，以氡氣量測為例，天然鈾系及釷系核種衰變後會產生氡氣，而氡氣量測結果有可能會因環境條件或儀器性能的差異受到影響，故有必要研析相關量測與校正技術；至於輻射劑量評估技術，負離子粉除添加於床墊外，亦可能用於製作護具、水壺、手環等商品，為瞭解這類商品可能造成的輻射影響，故應建立其對應的輻射劑量評估模式。有鑑於此，為確保國人的輻射安全，如何快速正確的評估或量測出含天然放射性物質商品之氡氣濃度及其造成的輻射劑量，將是輻射主管機關亟待面對之問題。

故本計畫之執行內容，係考量目前因科技之進步、民眾生活品質之提高，游離輻射於民生應用之發展較過去更為快速增長。主管機關本於管制之立場，亟需針對未來游離輻射於民生應用之發展潮

流，及參考國際趨勢，預先進行研究、調查，以為日後建立合宜之
管制規範、審查及評估之技術。

貳、研究目的

含天然放射性物質之商品應用日漸廣泛且深入民生，本計畫分析不同商品之天然放射性物質添加型式及含量，建立含天然放射性物質商品之氡氣量測及校正、人員劑量評估等技術，及研擬輻射異常之含天然放射性物質商品之處理方案，以保障民眾使用相關商品之輻射安全。針對此需求，本計畫今年規劃執行工作包括：建立含天然放射性物質商品之氡氣量測技術、標準作業程序及人員劑量評估技術、建立氡氣量測設備之校正或測試系統相關技術與程序、執行含天然放射性物質商品之劑量調查及協助執行商品後市場調查及研擬輻射異常之含天然放射性物質商品處理方案。具體實施方法如下述。

一、建立含天然放射性物質商品之氡氣量測技術、標準作業程序及人員劑量評估技術

為使氡氣量測實驗室具備完善的量測技術與標準作業程序，本計畫參考美國環境保護署(EPA)及國際放射防護委員會(ICRP)相關文獻，並依據國內天然放射性物質管理辦法，擬訂氡氣量測作業程序書，作為執行含天然放射性物質商品之輻射量測與劑量評估之依據；此外，含鈾、釷等天然放射性物質商品，因其自然衰變過程中所產生氡氣，可能在使用過程中因被人體吸入而危害健康，故一般係針對上述商品所產生氡氣活度濃度進行量測，並研擬該類商品使用模式進行劑量分析，以評估使用該類商品可能對人體造成之影響。

二、建立氡氣量測設備之校正或測試系統相關技術與程序

使用含天然放射性物質商品對人體所造成之體內輻射曝

露，主要源自吸入商品所逸散出氡氣所致，為能正確評估吸入氡氣對人體造成輻射曝露程度，則需定期進行儀器校正，以確保氡氣活度濃度量測結果之正確性與可追溯性。目前實驗室現有量測設備，係以定期送至國外原廠進行校正，取得原廠校正報告為主，本計畫於本年度參考國際作法，建立氡氣量測設備之測試或校正系統相關技術與程序，完善氡氣量測結果之追溯鏈，使實驗室之氡氣量測結果能與國際間專業實驗室有一致性標準。

三、執行含天然放射性物質商品之劑量調查及協助執行商品後市場調查

本工作項目為協助進行抽驗商品之輻射含量量測，樣本主要源自原能會不定期抽驗或跨部會合作之聯合稽查，循例由經濟部標檢局、衛福部食藥署蒐尋市售宣稱負離子商品或參考原能會提供資訊，擬定商品購樣計畫；後續經濟部標檢局、衛福部食藥署抽樣後之樣品送至本所進行氡氣量測、劑量曝露評估及輻射異常商品之回收銷毀等。

四、研擬輻射異常之含天然放射性物質商品處理方案

為妥善處理輻射異常之含天然放射性物質商品，以避免人員在執行該類商品之貯存、拆解或銷毀作業時接受輻射劑量之影響，將蒐集國際相關文獻與類似案例，並參酌我國游離輻射防護法相關規定，針對輻射異常物回收銷毀作業等工作模擬曝露情節，研擬相關處理方案。

參、研究方法、過程、結果與產出

本(110)年度研究計畫工作項目依原能會核定版本計畫書執行，各項目研究過程與產出說明如後：

一、建立含天然放射性物質商品之氡氣量測技術、標準作業程序及人員劑量評估技術

本工作本年度研究方法、過程與產出詳述如下：

為確認與評估政府機關或廠商取樣送測含天然放射性物質商品，所逸出之天然放射性物質(氡氣)對人體所造成之劑量，本計畫參考美國環境保護署(EPA)及國際放射防護委員會(ICRP)相關文獻，並依據國內天然放射性物質管理辦法，擬訂氡氣量測作業程序書。簡要作業程序說明如下：

1 作業程序

1.1 樣品接收

檢視樣品外觀是否完整並拍照留存紀錄。

1.2 表面劑量率量測

使用通過校正之輻射劑量計-ATOMTEX® AT-1121 或手提式表面污染偵檢器 Graetz CoMo-170，進行表面劑量率量測，並拍照記錄表面劑量率量測過程。

1.3 氡氣量測儀器參數設定

- (1) 下載原廠網站提供之資料擷取與分析軟體 Capture®，安裝後以原廠提供傳輸線連接計測儀器與電腦主機，如圖 1。

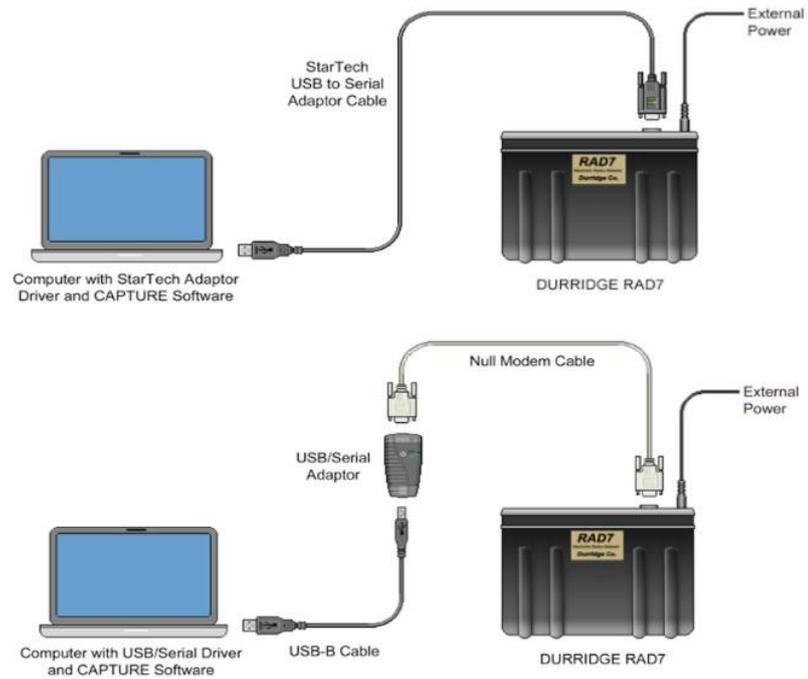


圖 1、RAD7 連接電腦主機示意圖

(2) 啟動 Capture®軟體，程式將自動搜尋可用儀器並執行連線，成功時會顯示儀器機型序號，之後可點擊圖表紀錄器到達主要操作畫面，如圖 2。

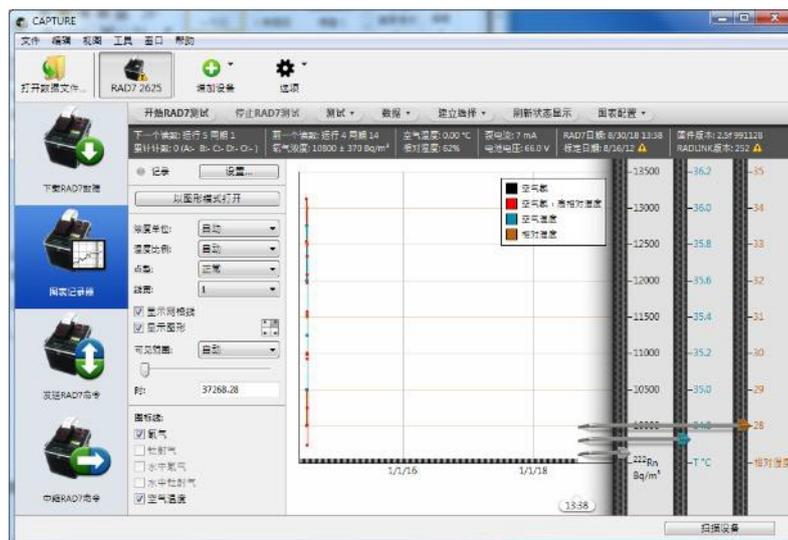


圖 2、計測軟體 Capture®操作畫面

1.4 氡氣背景量測

- (1) 參數設定：於設定功能處選擇鈷射氣協定(Protocol：Thoron)；週期(Cycle)設為每 30 分鐘量測一筆數據；迴圈(Recycle)設置為 20 次(總背景量測時間為 10 小時)；模式(Mode)選擇自動(AUTO)模式；幫浦(Pump)選擇自動(Auto)模式，設定完成後進入鈷射氣(Thoron)功能確定為開啟(On)狀態。
- (2) 背景量測：量測前請先清除腔內殘餘氣體（儀器：進入測試 (TEST)選單執行清除(PURGE)功能；軟體：測試鈕內點選 Purge 功能)，清除時間至少 10 分鐘，以排除腔體內既存氡氣與老化空氣；由於儀器容易受濕度影響，可連接乾燥管降低儀器腔體濕度，量測前儀器相對濕度(RH)應降至 10% 以內，以維持量測數據品質及準確度。

1.5 樣品量測

- A. 含天然放射性物質商品之氡氣量測，依據原能會 107 年 8 月 28 日核定「負離子床墊之氡氣量測及劑量評估」模式(會輻字第 1070010652 號函)、107 年 11 月 20 日核定「負離子枕頭、棉被、眼罩、面具及口罩輻射量測與劑量評估」模式(會輻字第 1070014066 號函)、108 年 4 月 26 日核定「負離子水杯、水壺及護具輻射量測與劑量評估模式」(會輻字第 1080004912 號函)、108 年 7 月 16 日核定「負離子圍巾/披肩、衣服、內衣、地墊、襪子及洗臉機輻射量測與劑量評估模式」(會輻字第

1080008209 號函) 及 110 年 10 月 22 日核定「負離子鹽燈、衛生棉(含衛生棉條)及口罩輻射量測與劑量評估模式」(會輻字第 1100014296 號函)辦理。

- B. 依不同商品的使用方式，進行體外劑量率及氬氣量測。
- C. 勿在高溫(量測環境應低於攝氏 40 度，無陽光直射)、高濕(濕度應避免霧氣)以及有風直吹的環境下作業，以免干擾造成儀器誤判。
- D. 樣品量測設定

(1) 快速初篩量測：將量測模式設定為嗅探(SNIFF)；週期(Cycle)為每 5 分鐘量測一筆數據；迴圈(Recycle)設置為 12 次;幫浦(Pump)設定為 Auto；並依是否量測 Thoron 選擇(Thoron)模式 On 或 Off。總量測時間為 1 小時。

(2) 長時間連續量測：將量測模式設定為自動(Auto)；週期(Cycle)為每 10 分鐘量測一筆數據；迴圈(Recycle)設置為 60 次;幫浦(Pump)設定為 Auto；並依是否量測 Thoron 選擇(Thoron)模式 On 或 Off。總量測時間為 10 小時。

- E. 量測結果亦可利用 Capture®軟體輸出，進入程式後可點選下載 RAD7 數據，如圖 3，選擇要載入資料範圍(全部/最新量測/測試範圍/序號範圍)，輸出結果如圖 4。

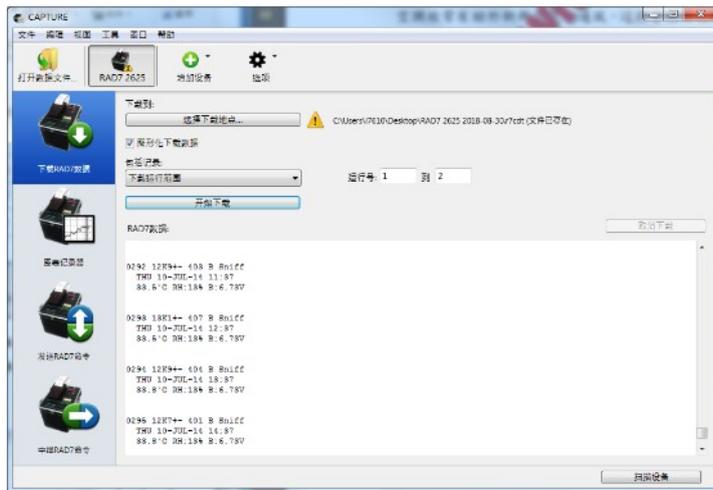


圖 3、氡氣量測數據下載介面

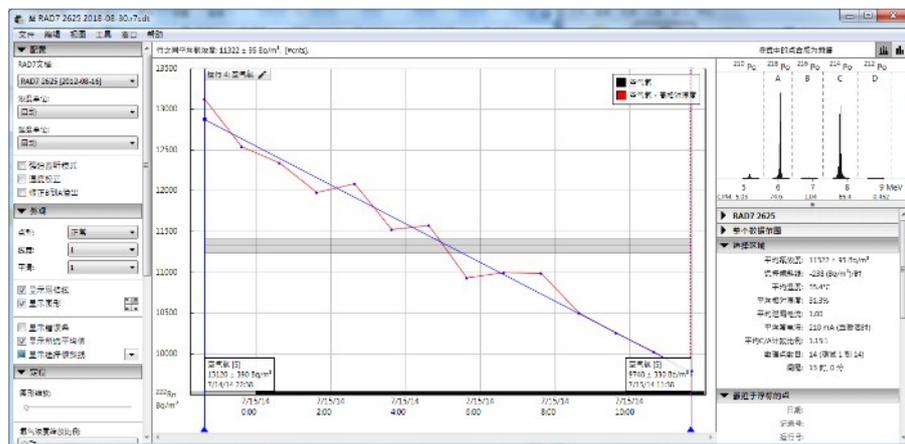


圖 4、氡氣量測結果於 Capture® 軟體輸出

1.6 產出量測報表

- (1) 將量測結果數據利用 Capture®軟體輸出，進入程式後可點選 File，進入 Create Report，點選 Data Summary Report 即可產生數據資料，並於程式畫面擷取量測圖譜，與數據資料一同彙整於 word 檔產出量測報表(如圖 5 所示)。

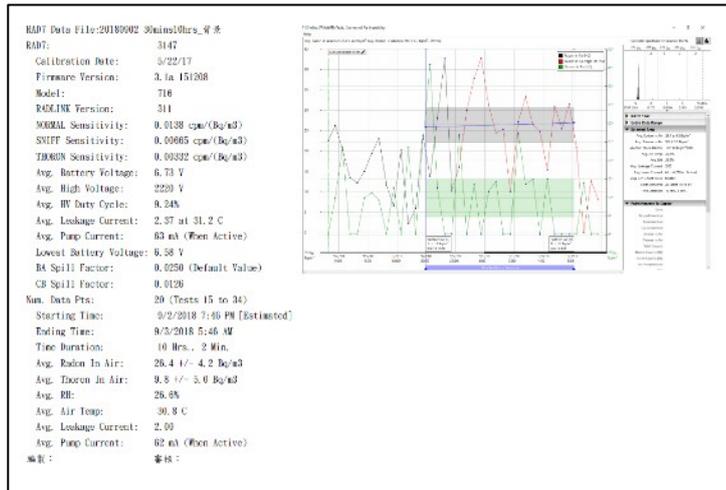


圖 5、氡氣量測結果產出報表

2 劑量評估

2.1 體外曝露劑量評估公式

人員因使用含天然放射性物質之商品，所接受之體外輻射劑量由下列公式計算而得。

$$D(\text{體外})(\text{毫西弗/年}) = (D_{x,y} - D_B) \times 0.001 \times T \times 365$$

其中，

$D_{x,y}$ ：為距樣品表面 x 公分及樣品中心 y 公分處，所測得之表面輻射劑量率(微西弗/小時)。

D_B ：為計測室外空間背景輻射劑量率(微西弗/小時)。

0.001：調整微西弗至毫西弗之單位轉換。

T：樣品每日使用時間(小時)。

365：調整天至年。

2.2 體內曝露劑量評估公式

人員因使用含天然放射性物質之商品，所接受之體內輻射劑量由下列公式計算而得。

D(體內)(毫西弗/年)

$$= C_{Rn-220} \times T \times 365 \times DCF_{Rn-220} \times W \times F \times R \\ + C_{Rn-222} \times T \times 365 \times DCF_{Rn-222} \times W \times F \times R$$

其中，

C_{Rn-220} 、 C_{Rn-222} ：氡-220 與氡-222 之活度濃度(貝克/立方米)。

T：每日曝露時數(小時)。

365：年曝露天數。

DCF_{Rn-220} 、 DCF_{Rn-222} ：氡-220 與氡-222 之劑量轉換因數，其中
 $DCF_{Rn-220} = 2.14 \times 10^{-5}$ (WLM·立方米/貝克·時)，
 $DCF_{Rn-222} = 1.57 \times 10^{-6}$ (WLM·立方米/貝克·時)。

W：劑量與工作基準月(WLM)之轉換係數(毫西弗/WLM)，氡-220 為 5.7、氡-222 為 12.9。

F：氡同位素衰變子核間平衡係數，氡-220 為 0.04、氡-222 為 0.4。

R：0.37 或 1.0，非睡眠期間呼吸率採用 1.0；睡眠期間呼吸率採用 0.37。

※ 論著產出

本工作項目完成「氬氣量測標準作業程序書」1 篇(如附件一)。

二、建立氬氣量測設備之校正或測試系統相關技術與程序

本工作本年度研究方法、過程與產出詳述如下：

目前核研所氬氣量測設備係以每年送至國外原廠取得校正報告，以確保含天然放射性物質商品氬氣活度檢測結果正確性及可追溯性，為建立我國氬氣量測校正技術，本計畫參考美國國家標準暨技術研究院(NIST)氬氣校正系統設計，建置用於氬氣濃度校正之脈衝式游離腔及其校正方法，以完善氬氣量測結果之追溯鏈。

1. 校正系統架構

本計畫參照美國 NIST 氬氣原級標準量測系統設計，所建置之氬氣標定與校正系統架構如圖 6 所示，其中包含輔助氣體(氬氣)、標準射源、取樣罐、脈衝式游離腔、真空系統與聯通管路外，另外增設充氣幫浦與儀器校正桶槽，可供後續氬氣量測儀器校正之用。系統所使用管路均為不銹鋼管，且管路轉接處均透過 Swagelok 卡套接頭連接，內部流動氣體不易洩漏並使管路可達高度真空狀態，如圖 7 所示管路動線共設有三組指向型三通球閥(黑轉閥)、四組針閥(綠轉閥)與兩組單向直通球閥(淺藍轉閥)，可依據不同使用目的，透過上述轉閥操控來執行標準射源氬氣之標定作業與氬氣量測儀器之校正程序(如圖 8)。此外本系統管路採用許多快拆接頭，可為標準射源、取樣罐及游離腔的連接提升

操作便利性，而整體系統裝設完成情況如圖 9 所示，包氣
 氣射源連接與核儀模組之試運作。

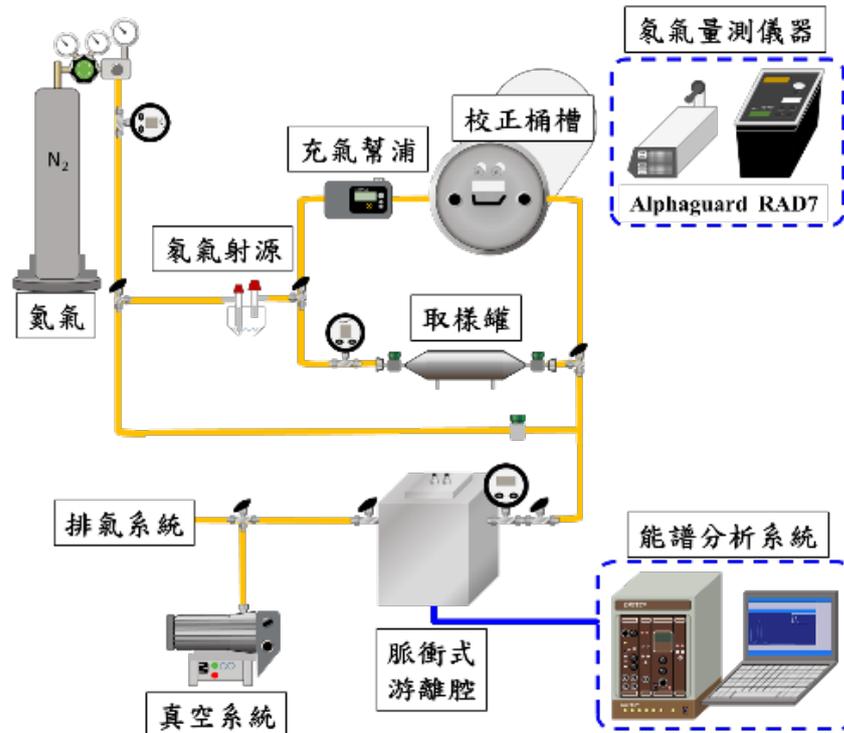


圖 6、氮氣標定與校正系統配置圖

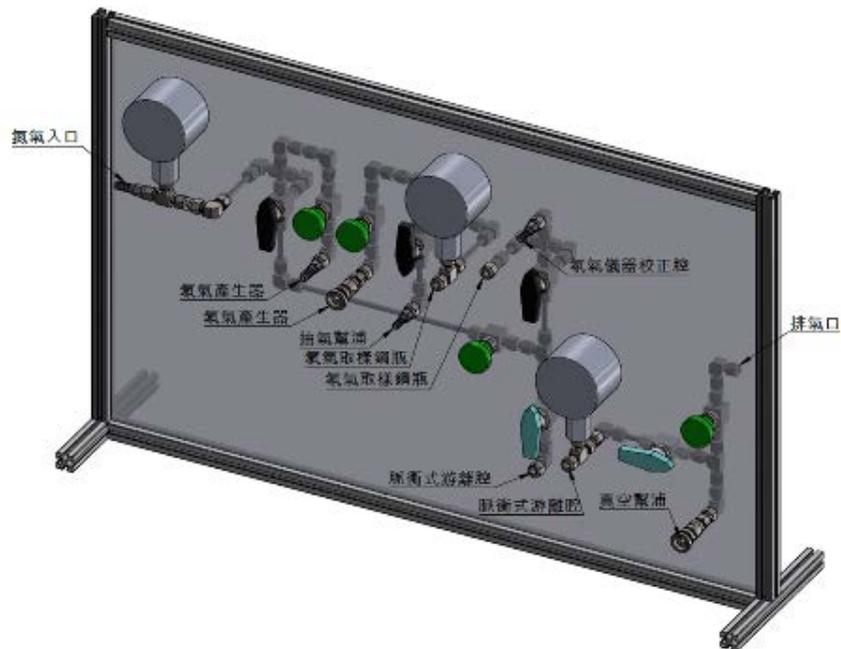


圖 7、氮氣標定與校正系統管路面板設計

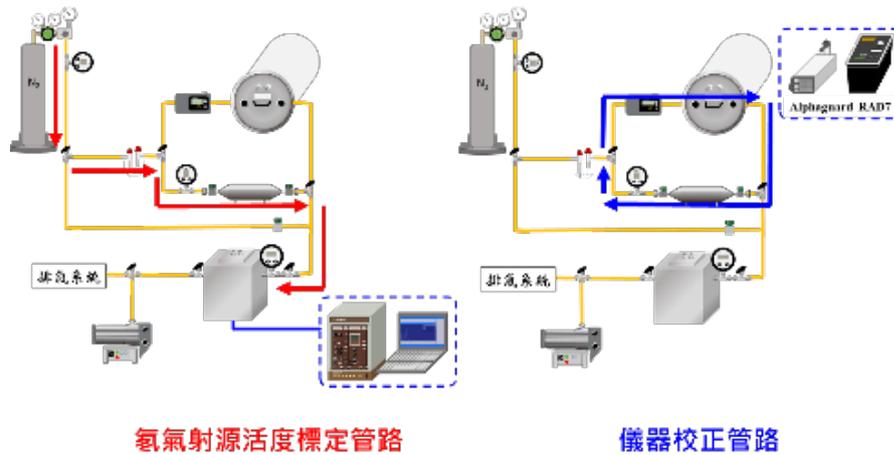


圖 8、活度標定管路與儀器校正管路

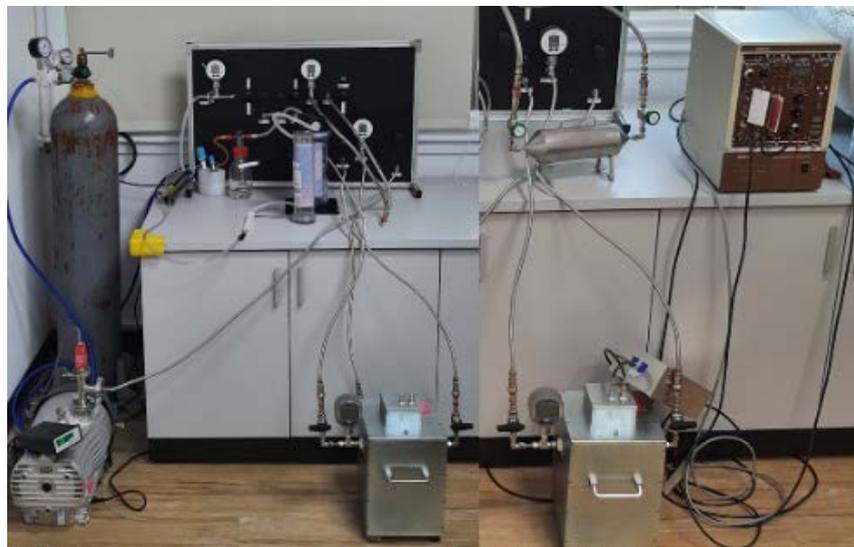


圖 9、脈衝式游離腔氬氣填充(左)與核儀模組裝設(右)情形

2. 性能測試

為測試脈衝式游離腔之儀器性能，本研究採用銻-241 電鍍射源片做為阿伐粒子之測試射源(如圖 10)以進行相關測試，此電鍍射源製備完成先以矽面障阿伐能譜量測系統確認阿伐粒子發射情形，另以國家游離輻射標準實驗室所建置之游離腔分析系統進行表面發射率分析，圖 11 為矽面障量測系統分析結果，可明確觀測到銻-241 所具有之阿伐能峰，而表面發射率經量測為 $79 \alpha/s$ 。



圖 10、銻-241 電鍍射源片

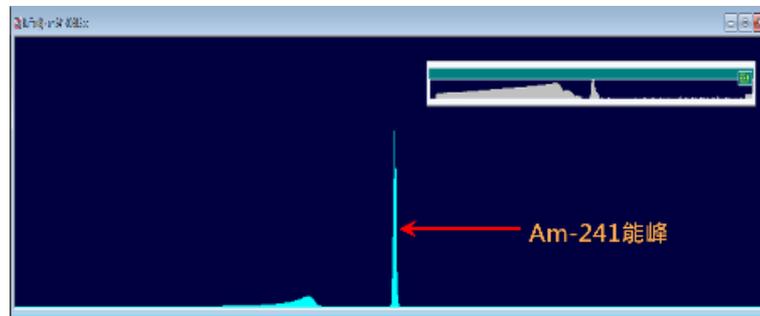


圖 11、銻-241 於矽面障能譜量測系統分析結果

隨後將銻-241 射源片放置於游離腔體底部正對棒狀電極位置處進行測試，如圖 12 所示。測試時以氮氣作為填充氣體，量測前透過真空泵排空游離腔內空氣，再以一定流量灌注氮氣直至腔體內部充滿氮氣為止；測試電壓預設為 500 伏特，初步測試發現系統雜訊與銻-241 能峰接近且能峰右側有拖尾情況，故後續則針對量測參數進行相關調整，以獲得最適當的量測條件(如圖 13)。

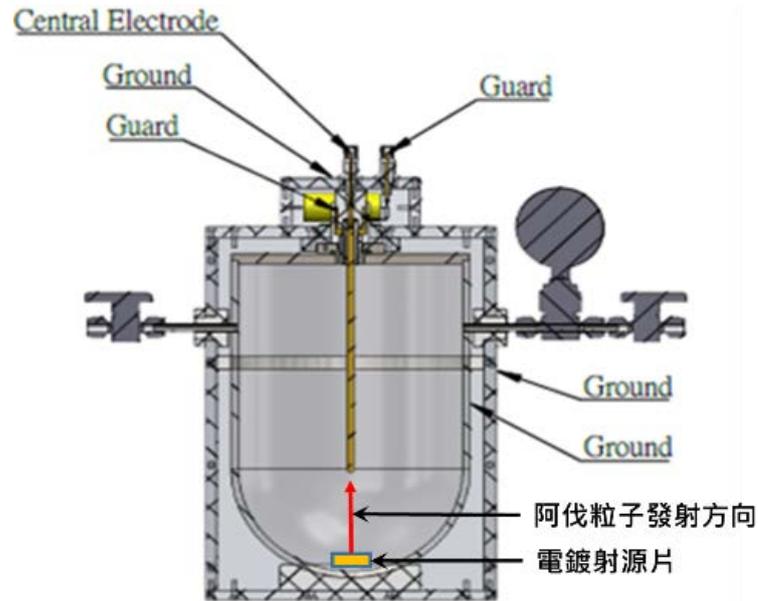


圖 12、銻-241 電鍍射源片於游離腔內放置位置



圖 13、脈衝式游離腔之銻-241 射源量測能譜

3. 測試條件調整

以下針對輔助氣體、成型時間(shaping time)與系統高壓三部分進行脈衝式游離腔測試條件調整與優化。

3.1 輔助氣體

首先為輔助氣體部分，由於本系統係以電極收集游離電子，並透過核儀模組將電流脈衝訊號轉換為能高圖以量測腔內氣體濃度，故阿伐粒子游離輔助氣體產生電荷多寡則影響系統檢測靈敏度之重要因子。表 1 為不同氣體在不

同入射粒子條件下其離子對逸散所需平均能量，通常最表層電子游離能量僅為 10 至 25 eV 範圍，但入射粒子所提供能量卻不一定會產生電子離子對，可能會通過形成激發態或其他能量損耗形式而散失，這也導致實際生成游離電子所需能量往往高於其自身游離能，例如表格右側之阿伐與貝他粒子游離氣體所需能量大都落在 20 至 40 eV 範圍。由表格數據可知先前測試所使用氬氣雖為低電子親和性氣體，但其產生游離電子數量與氬氣、空氣差異不大，W 值均落在 36 eV/ion pair 左右尚存改善空間(即 1 MeV 能量之入射粒子可生成約 2.8 萬游離電子)；而表中氬氣與甲烷兩者均具有較低 W 值，若改為兩者進行測試將可獲得較多游離電子(1 MeV 入射粒子可生成 3.8 萬游離電子)，應有助於改善能譜表現情況，故在考量現有可應用氣體後，後續採用與氬氣具備相同 W 值之 P-10 氣體(10% 甲烷+90% 氬氣)進行測試，所得能譜改善情況如下圖 14 所示。

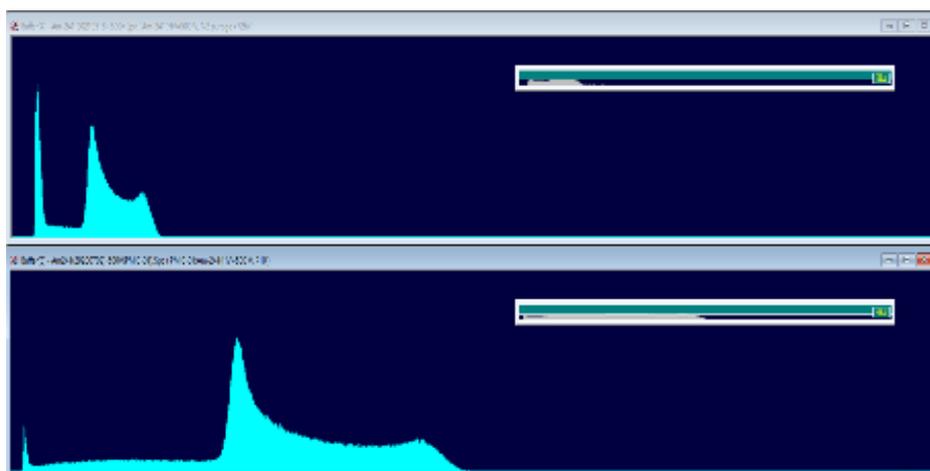


圖 14、不同輔助氣體對量測結果之影響

表 1、不同氣體之電子離子對逸散能量(W 值)^[3]

Gas	First Ionization Potential (eV)	W-Value (eV/ion pair)	
		Fast Electrons	Alpha Particles
Ar	15.7	26.4	26.3
He	24.5	41.3	42.7
H ₂	15.6	36.5	36.4
N ₂	15.5	34.8	36.4
Air		33.8	35.1
O ₂	12.5	30.8	32.2
CH ₄	14.5	27.3	29.1

“Values for W from ICRU Report 31, “Average Energy Required to Produce an Ion Pair,” International Commission on Radiation Units and Measurements, Washington, DC, 1979.”

3.2 成型時間

游離電子所衍生脈衝信號需透過放大器等前置核儀模組進行處理，其中成型時間或稱時間常數(Shaping time)可視為放大器實際收集信號所需時間，若成型時間設定低於脈衝信號時間寬度，則量測信號將不完整，可預期出現波動並導致較差的能量解析度，故為了能夠完整收集量測訊號，通常所設定之成型時間均高於產生脈衝訊號的實際時間寬度，但不得過高以免產生訊號脈衝堆疊效應與電子雜訊影響。

脈衝堆疊係起因於偵檢器所接收脈衝訊號間隔為一隨機事件，即脈衝訊號之間會相互干擾影響，一般可區分為尾部堆積與峰值堆積兩種類型(如圖 15)，前者涉及脈衝長期於尾部的疊加或是由前一個脈衝所產生之負脈衝信號(undershoot)，而所產生的能峰拖尾現象會導致解析度下降，此情況通常可透過基線修正來消除拖尾或負脈衝所造成影

響。圖右側的峰值堆積則起因於兩能峰過於接近以致於系統將其識別為單一能峰，這種情況不僅會造成能譜失真，還會干擾後續定量之分析結果，一般可透過商用放大器內建處理邏輯來減輕影響程度，或可應用數位脈衝處理系統，通過迭代過程來對兩脈衝峰值進行擬合，以獲取消除兩事件相互干擾以及降低失真的最適化結果。而電子雜訊貢獻主要來自於串接雜訊(series noise,如熱雜訊)與並接雜訊(parallel noise,如漏電流)兩者，如圖 16 可觀察到前者會隨成型時間增加而遞減，後者則相反將與之遞增，故可透過找出兩者均達最低影響程度之成型時間來進行改善。下圖 17 則為銻-241 射源片在不同成型時間設定值所反映出能譜量測結果，成型時間設定條件分別為 $1 \mu\text{s}$ 、 $6 \mu\text{s}$ 與 $10 \mu\text{s}$ ，設定電壓均為 500 伏特，由圖示可明顯觀察到在相同電壓條件下，成型時間為 $6 \mu\text{s}$ 時可獲得最佳脈衝能峰量測結果。

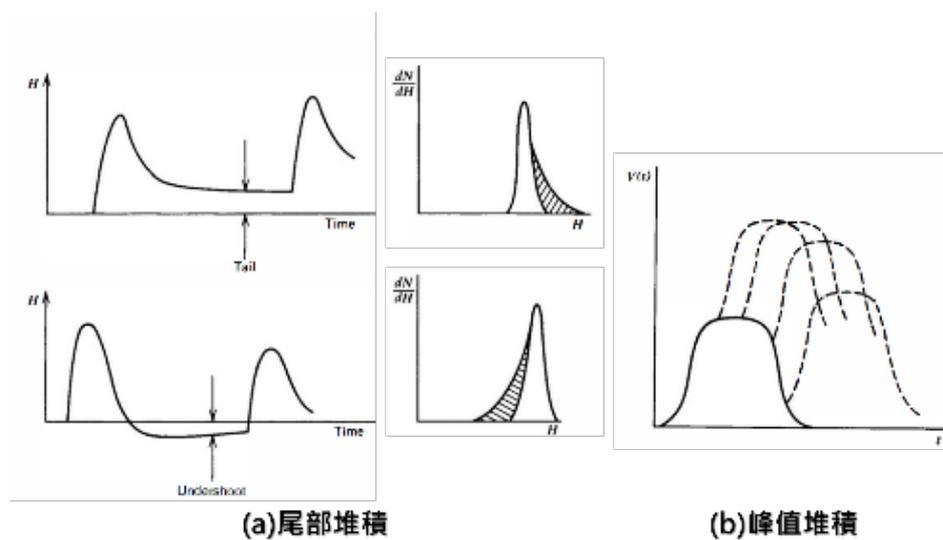


圖 15、脈衝堆積影響形式^[3]

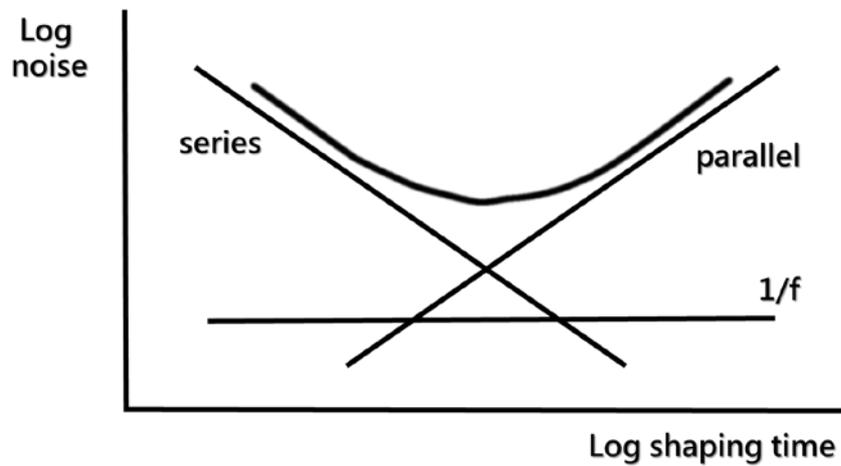


圖 16、成型時間與雜訊之關係圖^[3]

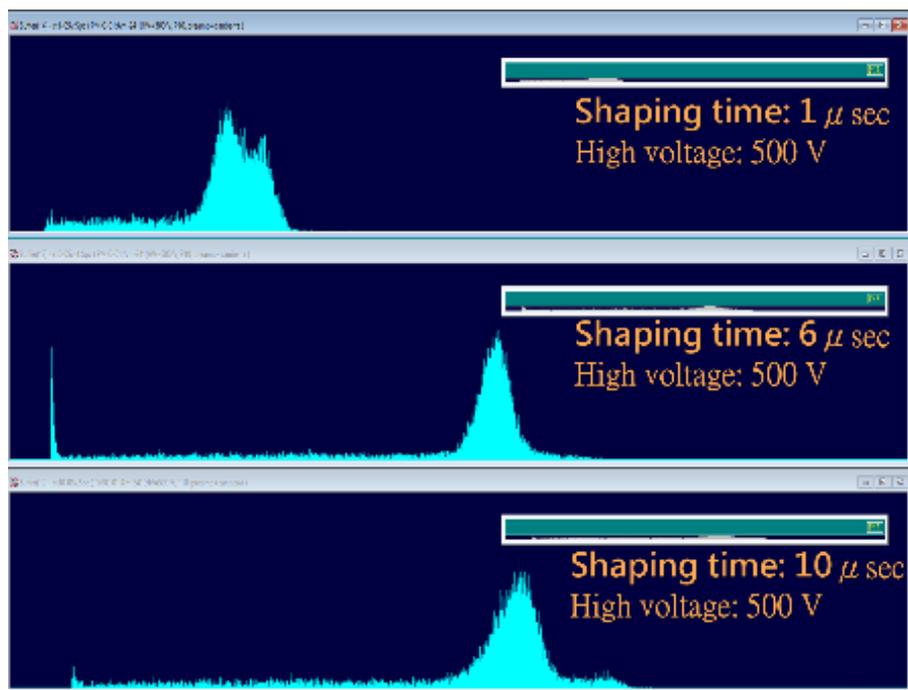


圖 17、不同成型時間參數對能譜之影響

3.3 系統高壓

阿伐粒子撞擊氣體所生成之游離電子離子對，很容易因電子離子碰撞結合或電子先與電子親和力高氣體形成陰

離子後再與陽離子碰撞中和而形成再結合(recombination)情形，在這種情況下，其原先所帶有電荷均會消失而無法對偵檢器信號收集做出有效貢獻。一般而言，在未施加電場條件下，所生成電子離子對會因為上述再結合作用而消失，不會產生任何淨電流流動，而隨著腔體內施加電壓上升，正負電荷將受電場影響而快速分離，並可忽略再結合作用影響，而得以於電極處有效收集。但電壓過度提升不一定能有效增加電流量，這是由於電荷形成速度為恆定且所有電荷均於電極處有效收集，已達到游離腔操作之飽和區域所致，也因此須適當調整電壓施加條件，以獲取減輕再結合影響以及可於短期內收集最多電子訊號之結果。

下圖 18 為成型時間分別為 $6\ \mu\text{sec}$ 與 $10\ \mu\text{sec}$ 條件下，對游離腔施加不同電壓所獲得之能譜圖，可觀察到能峰右側會隨電壓上升而出現明顯拖尾情形且左側能譜之雜訊峰值亦出現上升趨勢，故經測試以採用 P-10 為輔助氣體、成型時間為 $6\ \mu\text{sec}$ 且高壓設定為 500 V 條件現階段最佳測試條件，後續可供氬氣校正實驗之參考。

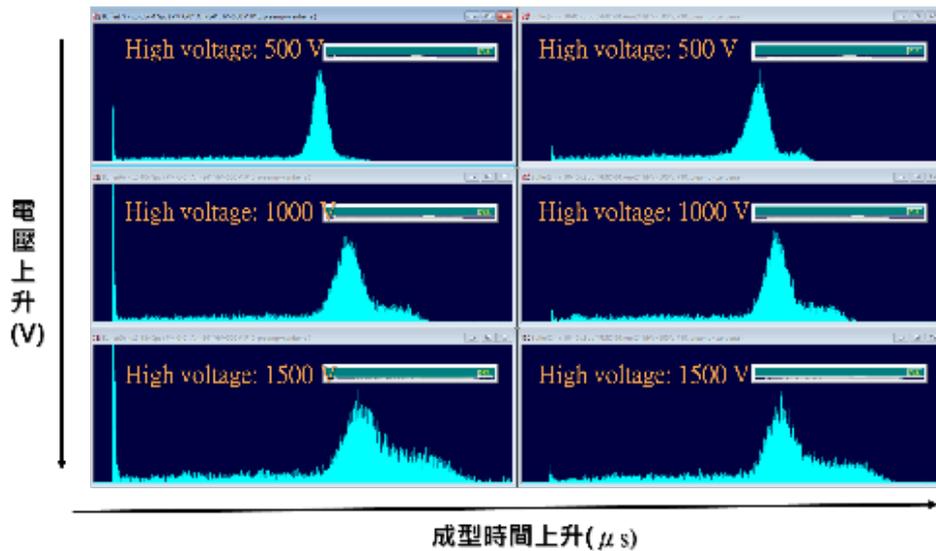


圖 18、不同電壓對能譜之影響(左：6 μ sec；右：10 μ sec)

※ 論著產出

本工作項目完成「氬氣量測儀器標準校正技術與比對驗證」研究報告 1 篇(如附件二)。

三、執行含天然放射性物質商品之劑量調查及協助執行商品後市場調查

本工作本年度研究方法、過程與產出詳述如下：

鑑於坊間除床墊外，亦有不少產品宣稱具有負離子功能，以增加商機；因此行政院消保處請標檢局及衛生福利部將此類商品列為年度優先查核及檢驗之標的，並請原能會協助輻射檢測相關事宜；108 年 1 月 17 日於原能會核能研究所(簡稱核研所)召開「市售負離子產品清查協調討論會議」，就輻射商品送核研所之檢驗流程、檢驗數量、收費標準之確認、建立輻射商品違規調查、回收之相關機制與建立各部會聯繫窗口等議題進行討論及合作分工。核研所在市售負離子商品清查跨部會合作分工中，主要負責抽驗樣品

輻射檢測與劑量評估(核研所保物組)，以供主管機關判斷抽驗樣品是否符合我國輻射防護相關法規規定，以及協助回收銷毀輻射異常物(核研所化工組)等工作。

本調查為說明 110 年 1 月至 12 月核研所協助市售商品主責主管機關年度定期抽驗(如經濟部標檢局：眼罩、口罩或寢具等)或原能會不定期抽驗樣品之輻射檢測與劑量評估結果如表 2 及表 3 所示，輻射檢測方法及劑量評估模式如附件四所示。其中原能會送檢 3 件及經濟部標檢局送檢 16 件，共計 19 件含天然放射性物質商品送至核研所進行檢測。其中 2 件商品經檢測評估結果顯示，一般人每日使用相關商品所接受年有效劑量，超過「天然放射性物質管理辦法」所規定之年劑量限值(1.0 毫西弗)，且所含鉀-40、鈾系或釷系核種比活度，亦超過「天然放射性物質管理辦法」所規定之核種比活度限值(1.0 貝克/克)。經檢測有輻射異常之商品，後續則由核研所化工組協助回收銷毀等事宜，本調查評估結果可供後續含天然放射性物質商品後市場調查規劃之參考。

表 2、110 年 1 月至 12 月抽驗商品統計結果(依送樣單位)

年度	送樣單位	送樣件數	劑量超標(1 毫西弗)件數
110	原能會輻防處	3	0
	經濟部標檢局	16	2
總計		19	2

表 3、110 年 1 月至 12 月抽驗商品種類統計結果(依樣品種類)

送樣單位	樣品種類	送樣件數	劑量超標(1 毫西弗)件數
原能會輻防處	手環	2	0
	項鍊	1	0
經濟部標檢局	口罩	11	1
	枕頭	3	1
	床墊	1	0
	護套	1	0

※論著產出

本工作項目完成「含天然放射性物質商品之後市場調查」一篇技術報告(如附件三)。

四、研擬輻射異常之含天然放射性物質商品處理方案

本工作本年度研究方法、過程與產出詳述如下：

為妥善處理輻射異常之含天然放射性物質商品，以避免人員在執行該類商品之貯存、拆解或銷毀作業時接受輻射劑量之影響，本工作項目參酌國內類似處理案例及日本鈦礦場廢棄物掩埋作法，一般係以(一)由廠商自主管理，委託專業輻射偵測業者與合法之廢棄物清除處理機構共同協助處置；(二)破碎後直接掩埋；(三)焚化處理再掩埋等 3 種方法進行輻射異常含天然放射性物質商品之處理，並 107 年回收銷毀輻射異常負離子床墊為例，研擬 3 種曝露情節與相關處理方案，包括由業者自行進行非專案處理(方案一)，或委由政府單位(核研所)進行專案處理(方案二)等，如圖 19 所示。

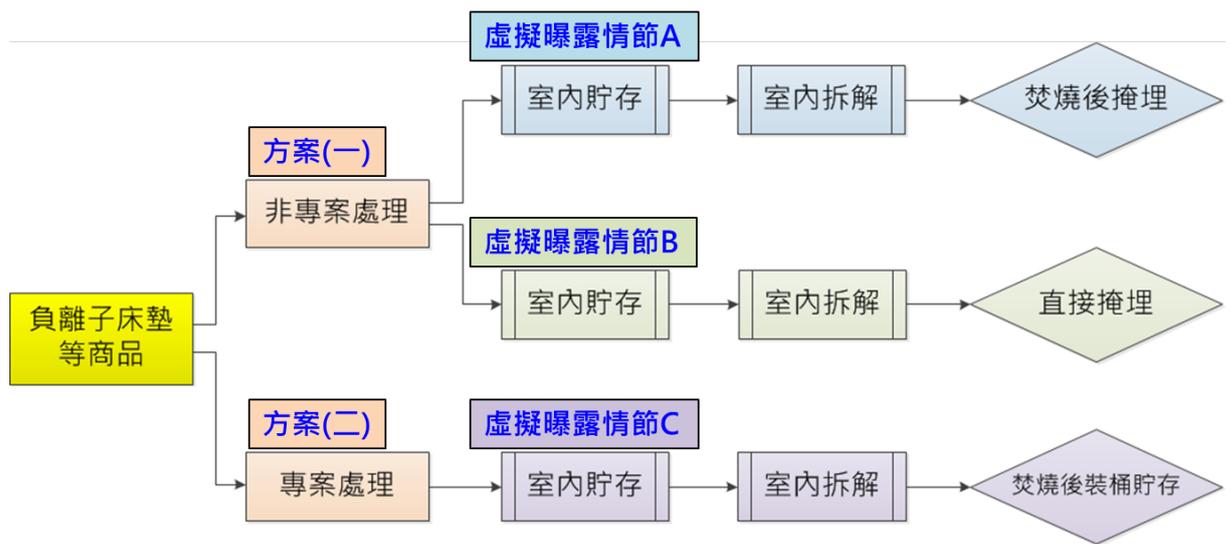


圖 19、負離子床墊等商品下架回收後之方案與曝露情節假設

(1) 曝露情節 A

1.1 情節假設

假設業者於最短時間內回收所生產之負離子產品，進行室內暫時堆置貯存(假設貯存 2 個月)，並完成負離子層拆解作業後，將已拆解下之負離子層送往最近之垃圾焚化廠，併同一般日常垃圾廢棄物進行焚燒後，直接送往垃圾掩埋場掩埋。曝露情節 A 於貯存作業之評估示意圖如圖 20，於拆解作業之評估示意圖如圖 21，於焚燒作業之評估示意圖如圖 22，於掩埋作業之評估示意圖如圖 23。

依據上述情節假設，預估在室內暫時堆置貯存及拆解(不會產生原料粉塵)作業時，將會造成室內空間的氬氣累積量高於一般室內，此時會造成業者工作人員的體外與體內曝露；但

對貯存及拆解作業關鍵群體的劑量影響則以體外曝露為主。

在焚燒過程中，預估經過垃圾焚化爐的過濾效果後，仍會釋出少量(約 1%)的放射性空浮微粒，此將造成焚燒作業關鍵群體(即垃圾焚化廠周圍關鍵群體)之體內曝露。

在垃圾掩埋場作業中，假設掩埋作業會在表面覆以 15 公分厚的土壤，評估放射性物質在地表土壤中的核種傳輸，以一般居民的生活習性，評估其所受到的體外與體內曝露。

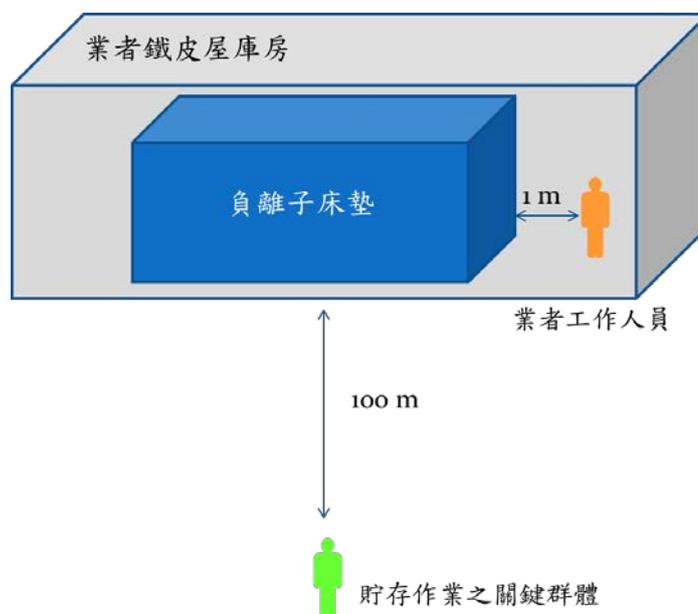


圖 20、曝露情節 A 於貯存作業之評估示意圖

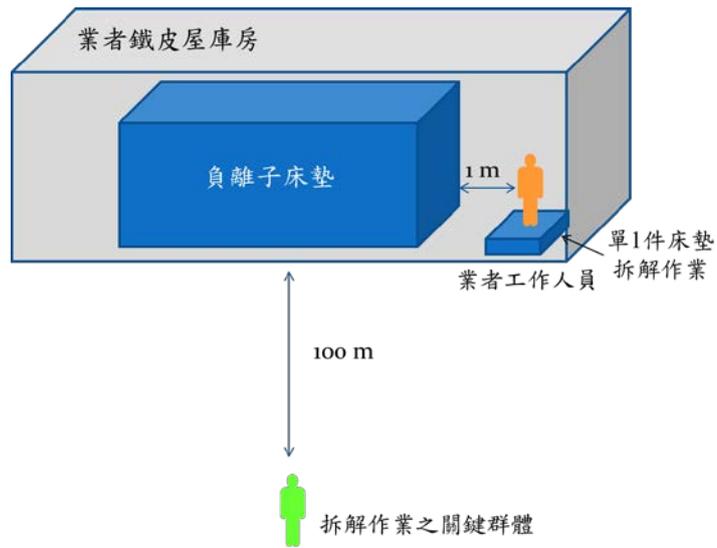


圖 21、曝露情節 A 於拆解作業之評估示意圖

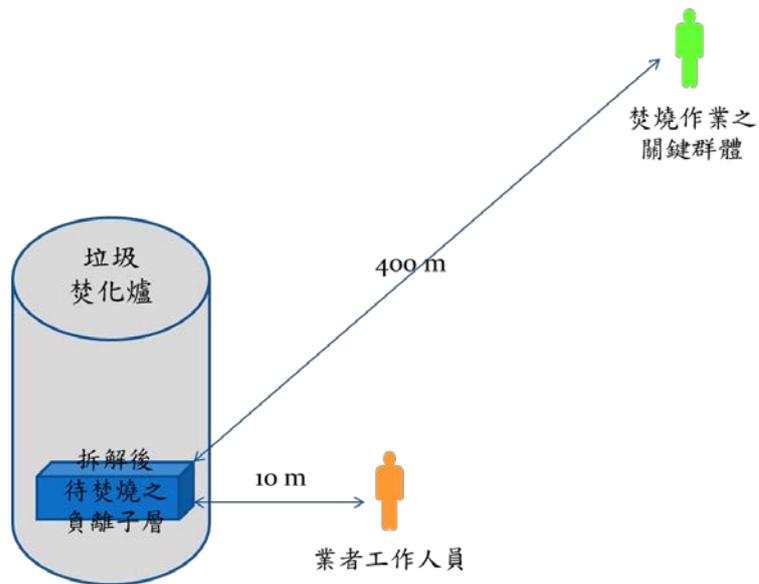


圖 22、曝露情節 A 於焚燒作業之評估示意圖

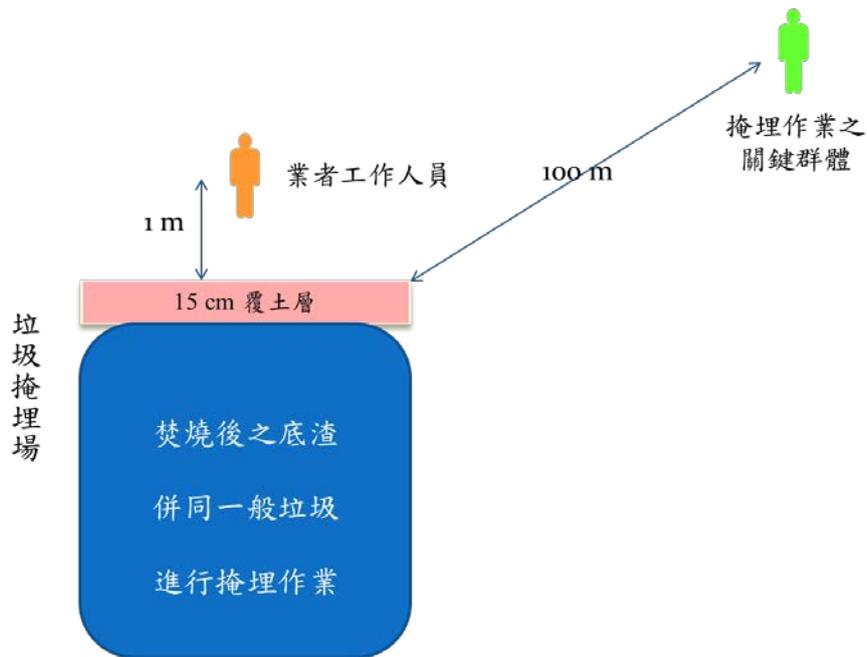


圖 23、曝露情節 A 於掩埋作業之評估示意圖

1.2 參數設定

- 比活度：經採樣送實驗室進行核種分析，並以比活度最高之能量坐墊樣品作為代表。
- 室內暫時貯存之總體積：約 133.2 m^3 。
- 室內暫時貯存之建物結構：維持自然通風之鐵皮屋庫房（推估自然通風可降低室內氬氣濃度 14%），空間為長 20 m、寬 20 m、高 3 m，鐵皮屋庫房四周具有約 0.5 mm 之鐵屏蔽。
- 焚燒總體積：拆解後等待焚燒之負離子層總體積，約 14.8 m^3 。

- 焚燒時產生之空浮微粒比：1%。
- 焚化爐之氣體排放過濾效果：99% (僅 1% 會排放)。
- 掩埋總體積：焚燒後等待掩埋之負離子層總體積，考慮等待焚燒之負離子層併入於焚化爐一日處理總量，一日產生之底渣量體積約 208 m³ (係引用台中市烏日資源回收廠之數據)。
- 掩埋場作業時，表面將以 15 cm 厚之土壤覆蓋，具備輻射屏蔽效果。

1.3 評估方法

曝露情節 A 之輻射劑量影響途徑與評估方法如表 4 所示。

表 4、曝露情節 A 之輻射劑量影響途徑與評估方法

方案、情節	曝露對象	貯存作業	拆解作業	焚燒作業	掩埋作業
方案(一) 非專案處理 曝露情節 A	關鍵群體	輻射造成體外曝露		空浮微粒造成 體內曝露	放射性物質於 掩埋後，因核 種傳輸造成日 常作息之體外 及體內曝露
	業者工作 人員	● 輻射造成體 外曝露 ● 氬氣造成體 內曝露	● 輻射造成體 外曝露 ● 氬氣造成體 內曝露	輻射造成體外 曝露	輻射造成體外 曝露
<p>註 1： 於業者工廠進行所有負離子相關商品之貯存與拆解作業，並於二個月內完成</p> <p>註 2： 貯存、拆解作業之關鍵群體於貯存與拆解作業之曝露時間：$365 [d] \times 12 [h/d] \times 2/12 [二個月] = 730 [h]$</p> <p>註 3： 業者工作人員於貯存作業之曝露時間：$15 [min/d] \times 5 [d/wk] \times 4.2 [wk/month] \times 1/60 [h/min] \times 2 [month] = 10.5 [h]$</p> <p>註 4： 業者工作人員於拆解作業之曝露時間：$15 [min/件] \times 347 [件] \times 1/60 [h/min] \times 1/3 [分 3 組人員輪班作業] = 28.92 [h]$</p> <p>註 5： 焚燒作業之關鍵群體與業者工作人員於焚燒作業之曝露時間：$24 [h/d] \times 1 [d] = 24 [h]$</p> <p>註 6： 掩埋作業之關鍵群體於掩埋作業之曝露時間：$24 [h/d] \times 365 [d] \times 2/12 [二個月] = 1,460 [h]$</p> <p>註 7： 業者工作人員於掩埋作業之曝露時間：$8 [h/d] \times 5 [d/wk] \times 50 [wk] \times 2/12 [二個月] = 333.3 [h]$</p>					

1.4 評估結果

曝露情節 A 之輻射劑量評估結果如表 5 所示，由評估結果可知，無論是對貯存、拆解、焚燒或掩埋作業之關鍵群

體，於曝露情節 A 下，其輻射劑量影響均極低微。

表 1、曝露情節 A 之輻射劑量評估結果

劑量影響	關鍵群體(mSv)	業者工作人員(mSv)
貯存作業	7.36×10^{-5}	2.11×10^{-2}
拆解作業		5.81×10^{-2}
焚燒作業	2.36×10^{-7}	5.04×10^{-4}
掩埋作業	3.42×10^{-12}	1.89×10^{-3}
總劑量(mSv)	7.38×10^{-5}	8.16×10^{-2}

(2) 曝露情節 B

2.1 情節假設

假設業者於最短時間內回收所生產之負離子產品，進行室內暫時堆置貯存(假設貯存 2 個月)，並完成負離子層拆解作業後，直接將已拆解下之負離子層送往垃圾掩埋場掩埋。曝露情節 B 於貯存作業之評估示意圖如圖 24，於拆解作業之評估示意圖如圖 25，於掩埋作業之評估示意圖如圖 26。

依據上述情節假設，預估在室內暫時堆置貯存及拆解(不會產生原料粉塵)作業時，將會造成室內空間的氬氣累積量高於一般室內，此時會造成業者工作人員的體外與體內曝露；但對貯存及拆解作業關鍵群體的劑量影響則以體外曝露為主。

在垃圾掩埋場作業中，假設掩埋作業會在表面覆以 15 公分厚的土壤，評估放射性物質在地表土壤中的核種傳輸，以一般居民的生活習性，評估其所受到的體外與體內曝露。

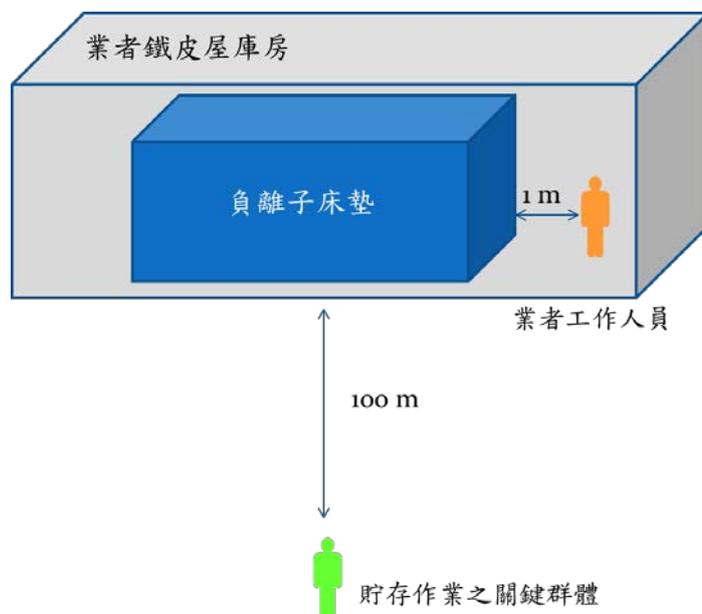


圖 24、曝露情節 B 於貯存作業之評估示意圖

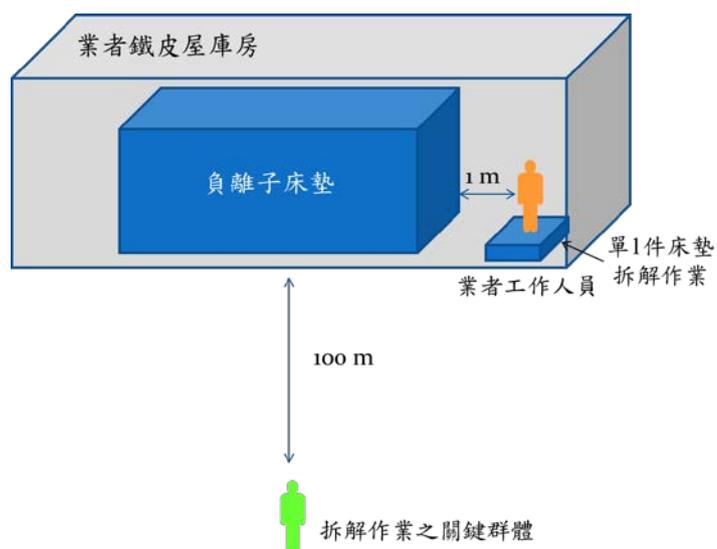


圖 25、曝露情節 B 於拆解作業之評估示意圖

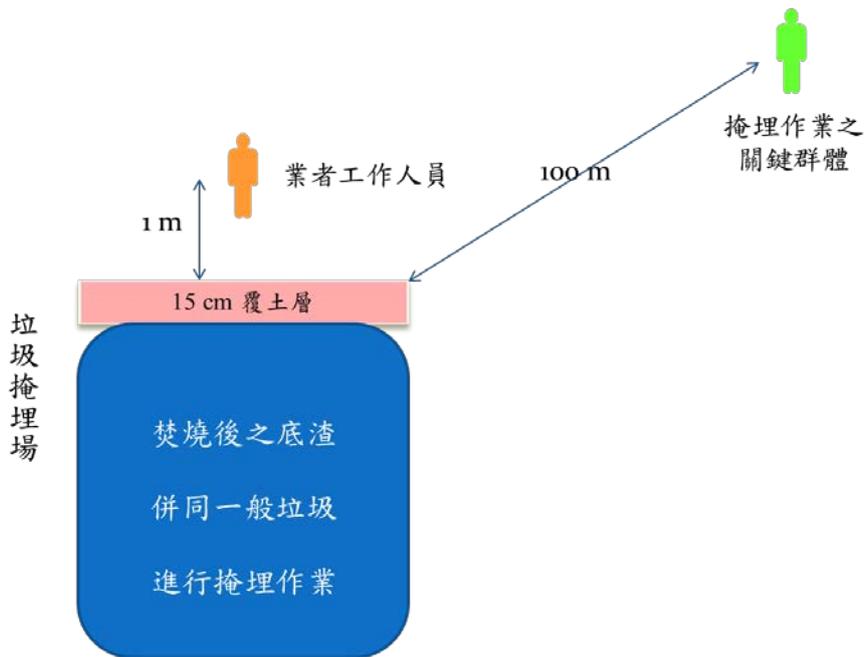


圖 26、曝露情節 B 於掩埋作業之評估示意圖

2.2 參數設定

- 比活度：經採樣送實驗室進行核種分析，並以比活度最高之能量坐墊樣品作為代表。
- 室內暫時貯存之總體積：約 133.2 m^3 。
- 室內暫時貯存之建物結構：維持自然通風之鐵皮屋庫房（推估自然通風可降低室內氬氣濃度 14%），空間為長 20 m、寬 20 m、高 3 m，鐵皮屋庫房四周具有約 0.5 mm 之鐵屏蔽。
- 掩埋總體積：拆解後等待掩埋之負離子層總體積，約 14.8 m^3 。

- 掩埋場作業時，表面將以 15 cm 厚之土壤覆蓋，具備輻射屏蔽效果。

2.3 評估方法

曝露情節 B 之輻射劑量影響途徑與評估方法如表 6 所示。

表 6、曝露情節 B 之輻射劑量影響途徑與評估方法

方案、情節	曝露對象	貯存作業	拆解作業	掩埋作業
方案(一) 非專案處理 曝露情節 B	關鍵群體	輻射造成體外曝露		放射性物質於掩埋後，因核種傳輸造成日常作息之體外及體內曝露
	業者工作人員	<ul style="list-style-type: none"> ● 輻射造成體外曝露 ● 氬氣造成體內曝露 	<ul style="list-style-type: none"> ● 輻射造成體外曝露 ● 氬氣造成體內曝露 	輻射造成體外曝露
註 1： 於業者工廠進行所有負離子相關商品之貯存與拆解作業，並於二個月內完成 註 2： 貯存、拆解作業之關鍵群體於貯存與拆解作業之曝露時間： $365 [d] \times 12 [h/d] \times 2/12 [二個月] = 730 [h]$ 註 3： 業者工作人員於貯存作業之曝露時間： $15 [min/d] \times 5 [d/wk] \times 4.2 [wk/month] \times 1/60 [h/min] \times 2 [month] = 10.5 [h]$ 註 4： 業者工作人員於拆解作業之曝露時間： $15 [min/件] \times 347 [件] \times 1/60 [h/min] \times 1/3 [分 3 組人員輪班作業] = 28.92 [h]$ 註 5： 掩埋作業之關鍵群體於掩埋作業之曝露時間： $24 [h/d] \times 365 [d] \times 2/12 [二個月] = 1,460 [h]$ 註 6： 業者工作人員於掩埋作業之曝露時間： $8 [h/d] \times 5 [d/wk] \times 50 [wk] \times 2/12 [二個月] = 333.3 [h]$				

2.4 評估結果

曝露情節 B 之輻射劑量評估結果如表 7 所示，由評估結果可知，無論是對貯存、拆解、焚燒或掩埋作業之關鍵群體，於曝露情節 B 下，其輻射劑量影響均極低微。

表 2、曝露情節 B 之輻射劑量評估結果

劑量影響	關鍵群體(mSv)	業者工作人員(mSv)
貯存作業	7.36×10^{-5}	2.11×10^{-2}
拆解作業		5.81×10^{-2}
掩埋作業	7.47×10^{-11}	1.25×10^{-2}
總劑量(mSv)	7.36×10^{-5}	9.17×10^{-2}

(3) 曝露情節 C

3.1 情節假設

假設核研所於最短時間內回收業者所生產之負離子產品，進行室內暫時堆置貯存(假設貯存 2 個月)，並完成負離子層拆解作業後，將已拆解下之負離子層送往核研所內低放射性廢棄物焚化爐焚燒，所餘之底渣裝桶後貯存於核研所內低放射性廢棄物貯存庫。曝露情節 C 於貯存作業之評估示意圖如圖 27，於拆解作業之評估示意圖如圖 28，於焚燒作業之評估示意圖如圖 29。

依據上述情節假設，預估在室內暫時堆置貯存及拆解(不

會產生原料粉塵)作業時，將會造成室內空間的氬氣累積量高於一般室內，此時會造成輻射工作人員的體外與體內曝露；但對貯存及拆解作業關鍵群體(即核研所所界關鍵群體)的輻射劑量影響則以體外曝露為主。

在焚燒過程中，因核研所之放射性廢棄物焚化爐係屬於專業用途，具有高效率之過濾效果，預期僅會釋出極微量(約0.1%)的放射性空浮微粒，造成焚燒作業關鍵群體(即核研所所界關鍵群體)之體內曝露；另所餘之底渣裝桶後將視為放射性廢棄物進行妥善貯存管理，且將遵守規定符合核研所放射性廢棄物接收標準。

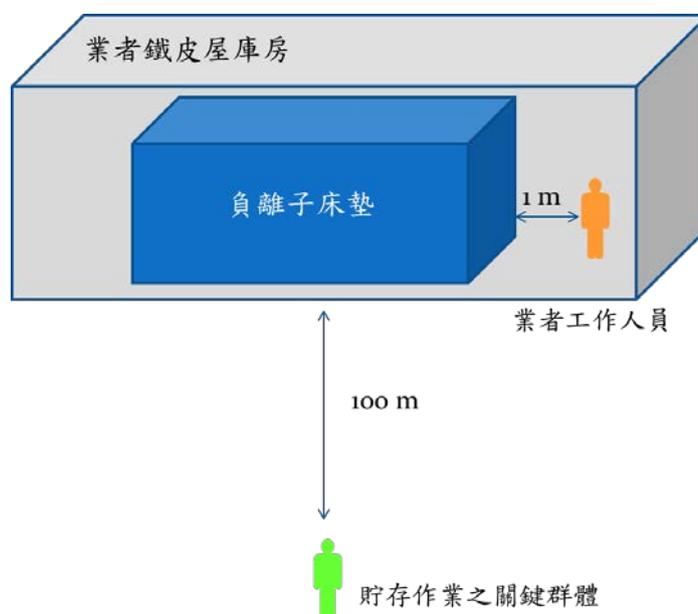


圖 27、曝露情節 C 於貯存作業之評估示意圖

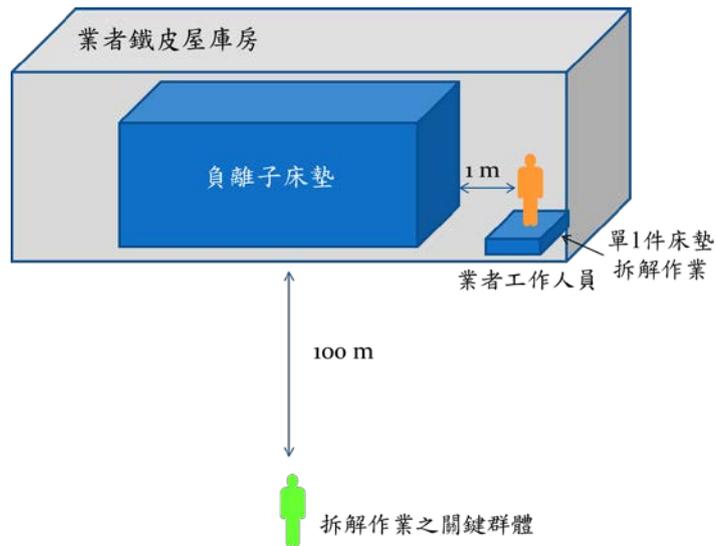


圖 28、曝露情節 C 於拆解作業之評估示意圖

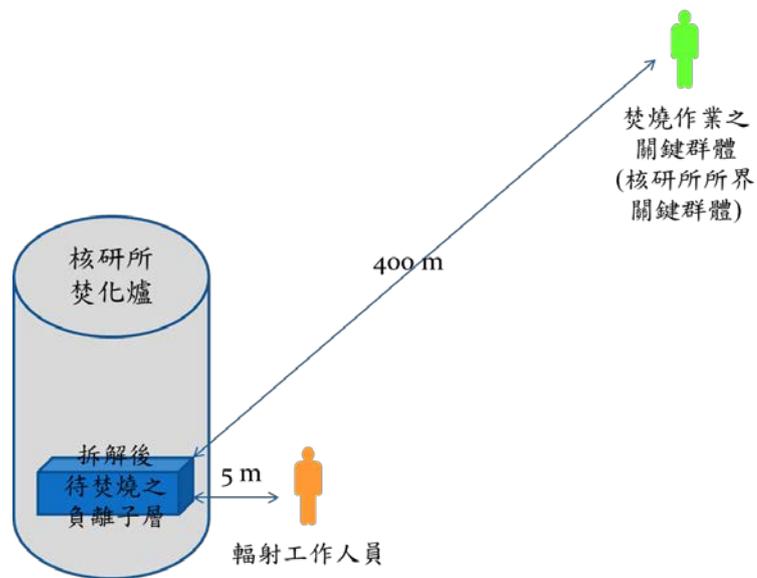


圖 29、曝露情節 C 於焚燒作業之評估示意圖

3.2 參數設定

- 比活度：經採樣送實驗室進行核種分析，並以比活度最高之能量坐墊樣品作為代表。

- 室內暫時貯存之總體積：約 133.2 m³。
- 室內暫時貯存之建物結構：維持自然通風之鐵皮屋庫房 (推估自然通風可降低室內氬氣濃度 14%)，空間為長 20 m、寬 20 m、高 3 m，鐵皮屋庫房四周具有約 0.5 mm 之鐵屏蔽。
- 焚燒總體積：拆解後等待焚燒之負離子層總體積，約 14.8 m³。考量核研所焚化爐每日的最高處理量約 450 kg，故規劃將 14.8 m³ 分 3 天做焚燒，則每日可焚燒的負離子層體積約 4.93 m³。
- 焚燒時產生之空浮微粒比：1%。
- 焚化爐之氣體排放過濾效果：考量經核能級 HEPA 濾層過濾後，可過濾 99.9% (僅 0.1% 會排放)。

3.3 評估方法

曝露情節 C 之輻射劑量影響途徑與評估方法如表 8 所示。

表 8、曝露情節 C 之輻射劑量影響途徑與評估方法

方案、情節	曝露對象	貯存作業	拆解作業	焚燒作業
方案(二) 專案處理 曝露情節 C	關鍵群體	輻射造成體外曝露		空浮微粒造成體內曝露
	輻射工作人員	<ul style="list-style-type: none"> ● 輻射造成體外曝露 ● 氬氣造成體內曝露 	<ul style="list-style-type: none"> ● 輻射造成體外曝露 ● 氬氣造成體內曝露 	輻射造成體外曝露
<p>註 1： 於核研所進行所有負離子相關商品之貯存與拆解作業，並於二個月內完成</p> <p>註 2： 貯存、拆解作業之關鍵群體於貯存與拆解作業之曝露時間：$365 [d] \times 12 [h/d] \times 2/12 [二個月] = 730 [h]$</p> <p>註 3： 輻射工作人員於貯存作業之曝露時間：$15 [min/d] \times 5 [d/wk] \times 4.2 [wk/month] \times 1/60 [h/min] \times 2 [month] = 10.5 [h]$</p> <p>註 4： 輻射工作人員於拆解作業之曝露時間：$15 [min/件] \times 347 [件] \times 1/60 [h/min] \times 1/3 [分 3 組人員輪班作業] = 28.92 [h]$</p> <p>註 5： 輻射工作人員於焚燒作業之曝露時間：$24 [h/d] \times 3 [d] = 72 [h]$</p>				

3.4 評估結果

曝露情節 C 之輻射劑量評估結果如表 9 所示，由評估結果可知，無論是對貯存、拆解、焚燒或掩埋作業之關鍵群體，於曝露情節 C 下，其輻射劑量影響均極低微。

表 3、曝露情節 C 之輻射劑量評估結果

劑量影響	關鍵群體(mSv)	輻射工作人員(mSv)
貯存作業	3.56×10^{-6}	1.26×10^{-2}
拆解作業		3.47×10^{-2}
焚燒作業	1.74×10^{-9}	1.47×10^{-3}
總劑量(mSv)	3.56×10^{-6}	4.88×10^{-2}

肆、結論與建議

本計畫之執行內容，係考量目前因科技之進步、民眾生活品質之提高，游離輻射於民生應用之發展較過去更為快速增長。主管機關本於管制之立場，亟需針對未來游離輻射於民生應用之發展潮流，及參考國際趨勢，預先進行研究、調查，以為日後建立合宜之管制規範、審查及評估之技術，建立基礎。相關結論與建議依各子項工作具體說明如下：

一、建立含天然放射性物質商品之氡氣量測技術、標準作業程序及人員劑量評估技術

本計畫參考美國環境保護署(EPA)及國際放射防護委員會(ICRP)相關文獻，並依據國內天然放射性物質管理辦法及原能會核定17種含天然放射性物質輻射量測與劑量評估模式，擬訂氡氣量測作業程序書，作為執行政府機關抽驗或廠商送測含天然放射性物質商品之輻射量測與劑量評估之依據。

二、建立氡氣量測設備之校正或測試系統相關技術與程序

天然放射性物質檢測分析暨安全評估實驗室配合主管機關政策規劃需求，參考國外氡氣原級標準量測系統之開發模式，完成可應用於標準氡氣射源活度標定以及氡氣量測儀器校正程序之氡氣標定與校正系統建置，並透過銻-241阿伐射源進行相關測試實驗，完成量測條件最適化與量測系統功能驗證，相關檢測資料將可作為系統後續執行氡氣量測與性能改善之參考依據。

三、執行含天然放射性物質商品之劑量調查及協助執行商品後

市場調查

本調查彙整 110 年 1 月至 12 月期間核研所協助市售商品主責主管機關年度定期抽驗或原能會不定期抽驗樣品之輻射檢測與劑量評估結果可供後續含天然放射性物質商品後市場調查規劃之參考。

四、研擬輻射異常之含天然放射性物質商品處理方案

為妥善處理輻射異常之含天然放射性物質商品，以避免人員在執行該類商品之貯存、拆解或銷毀作業時接受輻射劑量之影響，本計畫以 107 年回收銷毀輻射異常負離子床墊為例，研擬 3 種曝露情節(含情節假設、參數設定及評估方法等)與相關處理方案，以供主管機關未來處理類似輻射異常之含天然放射性物質商品之參考。

伍、参考文献

- [1]. Al-Azmi, Darwish, 2009. The use of soil gas as radon source in radon chambers. *Radiat. Meas.* 44(3), 306–310.
- [2] Drew M. Mader, “An ionization chamber for fission fragment analysis,” University of New Mexico, 2013.
- [3]. Glenn F. Knoll, “Radiation Detection and Measurement,” Wiley, New York, 2010.
- [4]. International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety series No. 115, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1996.
- [5]. LÓPEZ-COTO, I., BOLIVAR, J., MAS, J., GARCÍA-TENORIO, R. & VARGAS, A. 2007. Development and operational performance of a single calibration chamber for radon detectors. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 579, 1135-1140.
- [6]. Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon, ICRP Publication 115, *Ann.ICRP* 40(1).
- [7]. Measuring Radon Level in Singapore, Ang Wee Lin Joyce, National University Singapore.
- [8]. Moore, J. A. , Kearfott, K. J., 2005. A simple radon chamber for educational use. *Health Phys.* 89(5), S78–S84.
- [9]. NRSB. 2012. Radon Chamber Accreditation Policy [Online]. Available: <http://www.nrsb.org/images/file/RCA%20Policy%20V1201.pdf> [Accessed 28 August 2016].
- [10]. Protection of the Public in Situations of Prolonged Radiation Exposure, ICRP Publication 82.
- [11]. RAD7 Electronic Radon Detector User Manual, DURRIDGE U.S. Office.
- [12]. R. Colle, J. M. R. Hutchinson, and M. P. Unterwiesing, The NIST Primary Radon-222 Measurement System. *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*. Volume 95, Number 2, March-April 1990.
- [13]. SCIOCCHETTI, G., COTELLESA, G., DE FELICE, P., BALDASSINI, P., BOVI, M., TOSTI, S. & SOLDANO, E. 1994. The ENEA facilities for assessing the quality of indoor radon measurements. *Radiation Protection Dosimetry*, 56, 303-307.
- [14]. User’s Manual Como-170, v20, GRAETZ Strahlungsmeßtechnik GmbH.
- [15]. VARGAS, A., ORTEGA, X. & MATARRANZ, J. M. N. 2004. Traceability of ²²²Rn activity concentration in the radon chamber at the technical university of Catalonia (Spain). *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*,

526, 501-509.

- [16]. 天然放射性物質管理辦法，中華民國 106 年 9 月 15 日行政院原子能委員會會輻字第 10600120861 號令修正發布。
- [17]. 市售負離子產品清查協調討論會會議紀錄，中華民國 108 年 1 月 25 日行政院原子能委員會會輻字第 1080001226 號函。
- [18]. 行政院原子能委員會負離子商品專區，擷取日期 109 年 10 月 19 日，
http://www.aec.gov.tw/%E7%84%A6%E9%BB%9E%E5%B0%88%E5%8D%80%/%E8%B2%A0%E9%9B%A2%E5%AD%90%E5%95%86%E5%93%81%E5%B0%88%E5%8D%80/%E9%A6%AC%E4%B8%8A%E7%9C%8B%E6%87%82%E6%80%8E%E9%BA%BC%E5%9B%9E%E4%BA%8B--218_4241_4243.html
- [19]. 食品中原子塵或放射能污染容許量標準，中華民國 105 年 1 月 18 日衛生福利部部授食字第 1041304620 號令。
- [20]. 食品中放射性核種之檢驗方法，中華民國 105 年 5 月 19 日衛生福利部部授食字第 1051900834 號公告訂定。
- [21]. 負離子枕頭、棉被、眼罩、面具及口罩輻射量測與劑量評估，中華民國 107 年 11 月 20 日行政院原子能委員會會輻字第 1070014066 號函。
- [22]. 負離子水杯、水壺、及護具輻射量測與劑量評估，中華民國 108 年 4 月 26 日行政院原子能委員會會輻字第 1080004912 號函。
- [23]. 負離子床墊輻射量測與劑量評估，中華民國 107 年 8 月 28 日行政院原子能委員會會輻字第 1070010652 號函。
- [24]. 負離子圍巾/披肩、衣服、內衣、地墊、襪子、鞋墊及洗臉機輻射量測與劑量評估，中華民國 108 年 7 月 16 日行政院原子能委員會會輻字第 1080008209 號函。
- [25]. 負離子鹽燈、衛生棉(含衛生棉條)及口罩輻射量測與劑量評估，中華民國 110 年 10 月 22 日行政院原子能委員會會輻字第 1100014296 號函。
- [26]. 游離輻射防護法，中華民國 91 年 1 月 30 日總統(九一)華總一義字第 09100019000 號令制定公布。
- [27]. 游離輻射防護安全標準，中華民國 92 年 1 月 30 日行政院原子能委員會會輻字第 0920002499 號令修正發布，並自發布日施行。

附件

附件一、氡氣量測標準作業程序書

氡氣量測標準作業程序書

林泓秀 盧苡欣

核能研究所 保健物理組

附件二、氡氣量測儀器標準校正技術與比對驗證研究

氡氣量測儀器標準校正技術與比對驗證研究報告

黃煥景、黃珮吉

摘 要

本報告為天然放射性物質檢測分析暨安全評估實驗室(Natural Radioactive Material Analysis and Safety Assessment Laboratory)，參照美國國家標準暨技術研究院(National Institute of Standards and Technology, NIST)所發展之原級氡氣量測系統來完成國內第一套氡氣標定實驗設備的建置，並針對脈衝式游離腔進行試運轉，透過 Am-241 射源找出最適化檢測條件，以利後續氡氣活度標定與量測儀器校正程序之進行。

關鍵字：氡氣量測、脈衝式游離腔、最適化。

核能研究所 保健物理組

附件三、含天然放射性物質商品之後市場調查(109 年-110 年)

含天然放射性物質商品之後市場調查(109 年-110 年)

盧苡欣

摘 要

107 年 8 月我國得知韓國 Daijin 公司生產之床墊添加獨居石負離子粉，輻射超過法規管制值，行政院消保處立即召開跨部會會議，指示原子能委員會、經濟部標準檢驗局及衛生福利部食品藥物管理署，進行聯合稽查及相關事宜。本報告彙整 109 年 7 月至 110 年 6 月抽驗商品檢驗過程及結果，以作為含天然放射性物質商品後市場調查結果之依存。

關鍵字：天然放射性物質、氡氣、劑量評估。

核能研究所 保健物理組

附件四、含天然放射性物質商品之量測及劑量評估模式

110年1月至12月期間，核研所協助市售商品主責主管機關年度定期抽驗，或原能會不定期抽驗樣品中，原能會送檢3件及經濟部標檢局送檢16件，共計19件含天然放射性物質商品送至核研所進行檢測。以上抽驗樣品依據下列原能會所核定之量測及劑量評估模式進行量測與評估。

樣品類型	體內劑量(氬氣)	體外劑量	備註
床墊	以距床墊邊緣 2 公分處所測得氬氣活度濃度，搭配每日 10 小時睡眠時間進行評估。(睡眠呼吸轉換率=0.37)每日	將床墊劃分成 9 個區塊，量測各區塊表面處輻射劑量率，搭配每日 10 小時睡眠時間進行評估。	圖 S1
枕頭	以距枕頭表面 2 公分處所測得氬氣活度濃度，搭配每日 10 小時睡眠時間進行評估。(睡眠呼吸轉換率=0.37)每日	以距枕頭中心 20 公分處(人體甲狀腺位置)所測得輻射劑量率，搭配每日 10 小時睡眠時間進行評估。	圖 S2
口罩 (非疫情期間)	以口罩內部緊鄰鼻孔位置處所測得氬氣活度濃度，搭配日常活動(非睡眠)呼吸率，評估每日使用該產品 1 小時所接受之劑量。	以距口罩中心 20 公分處(人體甲狀腺位置)所測得輻射劑量率，搭配每日使用該產品 1 小時所接受之劑量。	圖 S3
口罩 (COVID-19 疫情期間)	以口罩內部緊鄰鼻孔位置處所測得氬氣活度濃度，搭配日常活動(非睡眠)呼吸率，評估每日使用該產品 14 小時所接受之劑量。	以距口罩中心 20 公分處(人體甲狀腺位置)所測得輻射劑量率，搭配每日使用該產品 14 小時所接受之劑量。	
護腕 (手環)	以距護腕中心(或輻射熱點) 55 公分處所測得氬氣活度濃度，搭配日常活動(非睡眠)呼吸率，評估每日使用該產品 16 小時所接受之劑量。	以距護腕中心(或輻射熱點) 25 公分處(人體腹腔位置)所測得輻射劑量率，搭配每日使用該產品 16 小時時間進行評估。	圖 S4
圍巾	以距圍巾/披肩中心 20	以圍巾/披肩中心表面	圖 S5

(項鍊)	公分處所測得氬氣活度濃度，搭配日常活動(非睡眠)呼吸率及每日使用 16 小時時間進行評估。	(人體甲狀腺位置)所測得輻射劑量率，搭配每日使用該產品 16 小時時間進行評估。	
------	---	--	--

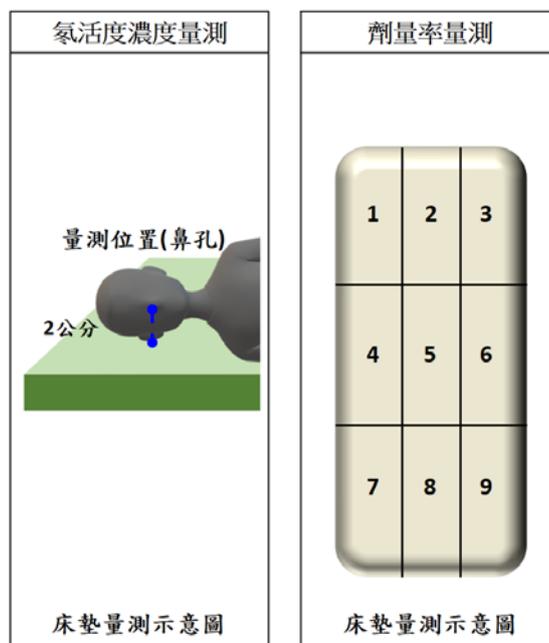


圖 S1. 床墊商品之量測及劑量評估模式

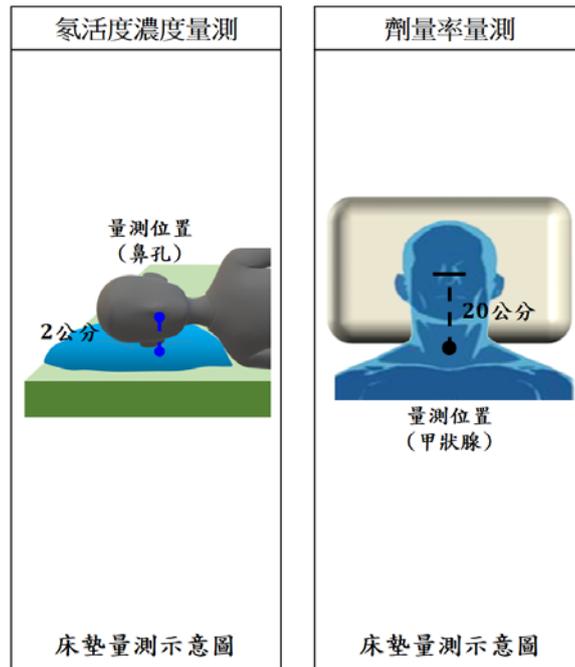


圖 S2. 枕頭商品之量測及劑量評估模式

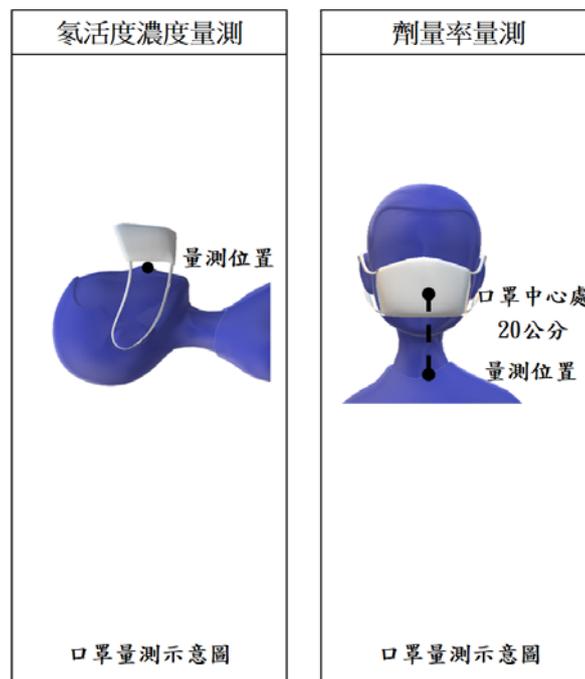


圖 S3 口罩商品之量測及劑量評估模式

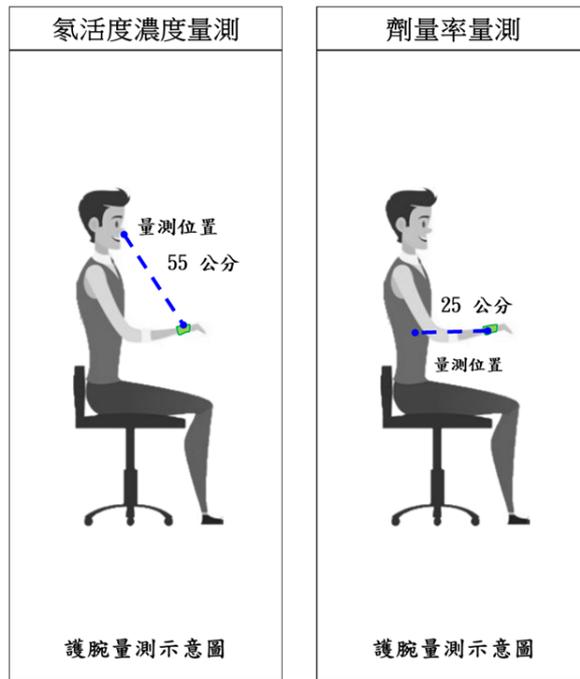


圖 S4. 護腕(手環)商品之量測及劑量評估模式

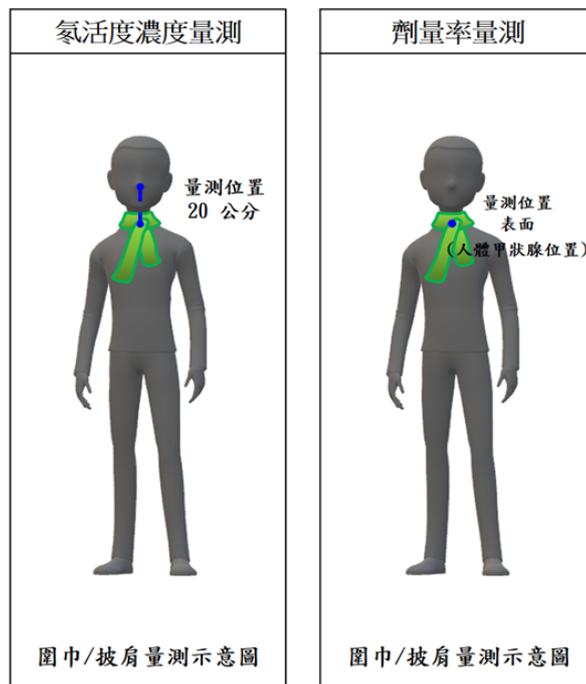


圖 S5. 圍巾(項鍊)商品之量測及劑量評估模式