

109年至111年
北部地區輻射災害檢驗分析實驗室
之能力精進計畫(「110年」年度計畫)

期末報告

委託單位
行政院原子能委員會

國立陽明交通大學

中華民國110年11月

109 年至 111 年

北部地區輻射災害檢驗分析實驗室
之能力精進計畫 (「110 年」年度計畫)

摘要

本計畫目標為強化北部地區建置環境試樣之輻射偵測能量，以整備核子事故引致輻射災害的應變能力，本年度已完成實驗室環境試樣氙核種之量測方法，其中包括前處理方法與檢驗分析方法的建立與相關程序書的編寫。同時，我方也派員前往已有完整技術的國內機構或實驗室學習並接受相關技術指導，透過測試不同比例試樣的負載度及優化消光曲線的方式來建立一套完善且有系統性的氙核種量測方法。

在人員訓練部分，實驗室人員皆依照本年度人員訓練計畫完成輻射防護教育基礎訓練，以確保實驗室的輻防安全；人才培育方面也完成培育氙與銨-90核種前處理之技術人員，並精進實驗室的檢驗分析技術能力。

實驗室報名參加核研所與IAEA之放射性核種能力試驗，以提升實驗室能力與民眾之公信力。此外，實驗室持續參與原子能委員會之核安演習並舉辦食品檢驗先鋒營等對外活動以持續提升實驗室知名度。

經由本年度之計畫執行，實驗室已具備對環境水樣之放射性氙核種分析技術，進而精進實驗室之輻射度量能力，並增強國內核子事故之應變能力與放射性核種檢驗分析之能量。

目錄

頁次

1. 前言	1
1.1. 110年度計畫目標	3
1.2. 110年度計畫內容	4
1.3. 110年工作會議紀錄	4
1.3.1. 第一次工作會議	4
1.3.2. 第二次工作會議	5
1.3.3. 第三次工作會議	5
1.3.4. 第四次工作會議	6
1.3.5. 第五次工作會議	7
1.4. 110年計畫時程	8
1.5. 報告內容	9
2. 執行方法	10
2.1. 技術能力建立	10
2.1.1. 建立環境水樣氙核種前處理方法	10
2.1.2. 編寫氙核種前處理作業程序書	10
2.1.3. 建立氙核種之量測方法	11
2.1.4. 建立氙核種量測最佳化	14
2.2. 能力試驗與比對實驗	23
2.3. 人員訓練與人才培育	26
2.3.1. 110年人員訓練計畫	26
2.3.2. 培育氙核種前處理之技術人員	28
2.3.3. 培育銥-90核種前處理之技術人員	32

2.4. 核安演習	34
2.4.1. 線上兵棋推演	35
2.4.2. 現場實兵演練	36
2.5. 教育宣導	40
2.6. 經費統計	40
2.7. 經費申請與報告提交	43
3. 計畫時程	43
4. 結論	45

圖目錄

頁次

圖 2-1、蒸餾法流程建置.....	10
圖 2-2、消光曲線建置.....	13
圖 2-3、蒸餾回收率.....	14
圖 2-4、視覺評估分數判定標準表	16
圖 2-5、靜置0-97小時拍照紀錄.....	17
圖 2-6、三位觀察者視覺評估結果	18
圖 2-7、樣品負載度與TSIE值的關係圖.....	18
圖 2-8、MDA與計測時間關係圖	19
圖 2-9、能窗設定及背景與樣品計數率比值關係圖	21
圖 2-10、偵測中心比對實驗樣品	25
圖 2-11、核研所能力試驗樣品	25
圖 2-12、國際原子能總署能力試驗樣品	26
圖 2-13、輻射偵測中心學習消光曲線製作照片	31
圖 2-14、輻射偵測中心學習氚水蒸餾照片.....	31
圖 2-15、輻射偵測中心學習LSC操作照片	31
圖 2-16、核能研究所技術學習照片	33
圖 2-17、緊急應變人員再訓練照片	35

圖 2-18、核安演習線上兵棋推演練	36
圖 2-19、核安第27號演習北部輻射監測中心工作協調會議	37
圖 2-20、核安第27號演習照片	37
圖 2-21、核安第27號演習北部輻射監測中心檢討會議議程	38
圖 2-22、粉絲專頁分享照片	39
圖 2-23、輻射安全與食品檢驗先鋒營照片	40

表目錄

頁次

表 2-1、二次水與閃爍液配置比例表	15
表 2-2、以三組參數設定量測不同活度的百分誤差	22
表 2-3、國際原子能總署能力試驗之結果.....	24
表 2-4、110年人員訓練計畫	27
表 2-5、110年人員輻射防護教育訓練評量結果.....	27
表 2-6、輻射偵測中心訓練課程表	30
表 2-7、核能研究所訓練課程表	34
表 2-8、110年度人事費	41
表 2-9、110年度業務費	41
表 2-10、110年度其他項目與差旅費	42
表 2-11、110年管理費	42
表 3-1、110年度進度甘特圖	44

附件目錄

頁次

附件一：氙核種試樣前處理作業程序書.....46

附件二：氙核種液體閃爍計數器量測分析系統作業程序書.....50

1. 前言

目前國內核能一廠已進入除役階段，核能二廠一號機停機，其他尚有核能二廠二號機及核能三廠的二部機組正在運轉，當事故發生導致放射性核種外釋時將會造成環境試樣、食品與民生消費品的放射性污染，在應變階段主要是藉由加馬能譜分析計測是否遭受碘-131、銫-134與銫-137等人造核種的污染。民國105年至108年間，行政院原子能委員會即委託國立陽明交通大學建置北部地區輻射災害檢驗分析實驗室(以下簡稱本實驗室)，目前實驗室針對加馬能譜分析技術，已具備對沉積物、蔬菜、草樣、水樣等試樣之檢測能力，並已具備環境試樣灰化與水樣處理的標準作業流程，可檢測的放射性同位素包括：鈷-58、鈷-60、鋅-65、鎳-95、鈮-95、碘-131、銫-134、銫-137、鉬-140、釷-140、鉍-214、銅-228、鉀-40。本實驗室除已獲得全國認證基金會的認證外，更獲得衛福部食藥署之認證，具備擔任北部地區輻射災害檢驗分析之能力。。

不論是運轉中的核電廠或是除役中的核電廠，核災事故發生時亦會釋出貝他衰變之核種，例如氚與銥-90，由於這些核種不會放出加馬輻射而不易被量測，被視為難測核種，因此，自民國109年至111年本實驗室為了持續精進放射性核種檢測分析檢測能力與提升準確性，實有必要針對這類貝他衰變的放射性同位素進行技術之精進。

氚為氫的同位素，氚水與一般水有相同的化學性質與反應且又難以被處理吸附，因此廣泛的存在於自然環境中的雨水、河川水與海水中。氚之貝他衰變特性僅放出最大能量18.6

keV的貝他粒子，無法快速利用加馬能譜分析技術加以檢測分析。本實驗室已於108年完成液態閃爍計數器(liquid scintillation counter, LSC)之設備採購與建立液態閃爍計數器操作程序書，此設備即適合用於量測氚所釋出的低能量貝他粒子；然而，因貝他粒子為連續能量分布，檢驗分析試樣中其他核種所放出的貝他粒子亦會干擾氚的定量，因此，必須建立適當的氚水前處理步驟以有效的去除其他放射性核種，並且進行液態閃爍計數器的效率與計測參數的優化分析，以降低其最小可測活度。

另一個值得關注的放射性核種為銨-90，由於銨-90的半衰期長達28.8年，每次衰變放出高能量的貝他粒子(最大能量546 keV)，且具有趨骨性，經研究在人體內累積的生物半衰期約18年，因此，如不慎攝入體內，將產生顯著的體內曝露，進而造成輻射生物效應。然而銨-90的前處理與檢測流程較為複雜，亦會涉及較為繁複的化學分析作業，故為因應111年達成銨-90檢驗分析技術之精進目標，本實驗室於110年度透過相關機構與實驗室的技術指導，提早培養相關技術人員學習銨-90的前處理，並準備相關儀器設備。

除此之外，為了維持本實驗室對於加馬輻射分析技術的能力，並確認本年度所建立氚水的標準操作流程，本實驗室報名參加國內外的能力試驗與比對實驗，透過標準樣品的量測與分析，以確保氚水的前處理流程與檢驗分析結果的正確性，進而建立氚水計測之檢驗公信力，以提升國內於核子災害事故後的應變與檢測之能力。

1.1. 110年度計畫目標

本實驗室自109年至111年持續精進技術能力，並執行「北部地區輻射災害檢驗分析實驗室之能力精進計畫」。計畫第一年已完成強化環境試樣中水樣的加馬核種檢測能力，並通過TAF的水樣增項認證，除此之外，亦完成建立灰化等相關前處理程序以提升核種定量準確度，並透過參加IAEA所舉辦的能力試驗，以確保本實驗室的檢測水平。計畫第二年與第三年則規劃研究建立對氫與銨-90放射性核種檢測所需的前處理作業，並以液態閃爍偵檢器建立氫與銨-90放射性核種之計測能力，精進提升貝他核種計測能力。

綜上所述，今年度(110年)本實驗室建立並優化液態閃爍計數器的標準操作流程與作業程序書、研擬訂定氫水的蒸餾與前處理步驟，並透過技術人員至輻射偵測中心與核能研究所的參訪學習與技術指導，研習銨-90檢驗分析前處理技術的流程，以培養專業的技術人員，以達到精進提昇貝他核種環境試樣的檢驗分析能力。除此之外，實驗室亦參加核能研究所舉辦的能力試驗與輻射偵測中心所舉辦的實驗室間比對，以確保氫的前處理流程與檢驗分析之正確，並強化實驗室氫核種檢驗分析能力的公信力。

1.2. 110年度計畫內容

本計畫第二年(110年)之計畫目標為強化環境試樣之氙核種檢測程序書與檢測能力、培育鋇-90前處理技術人員，預期達成之成果如下：

1. 完成建立氙核種前處理之方式與程序。
2. 完成編寫氙核種前處理作業程序書1份。(附件一)
3. 完成建立氙核種的量測與最佳化。
4. 完成建立氙核種的量測作業程序書1份。(附件二)
5. 完成培育氙核種前處理之技術人員至少1名。
6. 完成培育鋇-90前處理之技術人員至少1名。
7. 完成參加氙核種活度分析之實驗室間比對或能力試驗。
8. 完成參與原子能委員會核安演習。

1.3. 110年工作會議紀錄

1.3.1. 第一次工作會議

1. 本實驗室於1月25日召開第一次工作會議討論事項：110年實驗室期初報告執行進度，會中決議及後續辦理情形如下：

(1) 本會原則同意110年期初報告，請研究團隊依會議中審查意見修正，於2月1日前提提交修正後期初報告。

實驗室辦理情形回覆：已於2月1日依照審查意見進行期初報告修改完成並繳交原能會。

(2) 實驗室對外服務宣傳及對外營運部分，請持續辦理，如需要協助請隨時與本會聯繫。

實驗室辦理情形回覆：已依照意見持續進行對外服務宣傳活動。

(3) 請將參與本會核安演習納入工作項目。

實驗室辦理情形回覆：已依照審查意見將核安演習納入工作項目。

1.3.2. 第二次工作會議

1. 本實驗室於3月23日召開第二次工作會議討論事項：110年實驗室工作執行進度，會中決議及後續辦理情形如下：

(1) 目前執行進度符合原預期規劃，仍請研究團隊依規劃期程持續辦理。

實驗室辦理情形回覆：已依照計畫時程執行與規劃。

(2) 實驗室對外營運部分，請持續透過各種管道積極辦理，或可考量與本會核研所(北部輻射監測中心)以合作備忘錄等方式辦理。

實驗室辦理情形回覆：已將與相關單位進行討論。

(3) 氚前處理技術難度較高，建議可多向本會偵測中心或核研所學習。

實驗室辦理情形回覆：已前往偵測中心與核研所學習相關技術。

1.3.3. 第三次工作會議

1. 本實驗室於5月18日召開第三次工作會議討論事項：110年實驗室工作執行進度，會中決議及後續辦理情形如下：

- (1) 目前執行進度符合原預期規劃，仍請研究團隊依規劃期程持續辦理。

實驗室辦理情形回覆：將持續依照計畫需求完成工作項目。

- (2) 7月將召開期中報告審查會議(併第四次工作會議)，請於6月30日前提交期中報告初稿，俾利審查。

實驗室辦理情形回覆：已依照期限繳交期中報告初稿。

1.3.4. 第四次工作會議

1. 本實驗室於7月16日召開第四次工作會議討論事項：110年實驗室工作執行進度，會中決議及後續辦理情形如下：

- (1) 本會原則同意110年期中報告，請研究團隊依計畫時程辦理，如需要協助請隨時與本會聯繫。

實驗室辦理情形回覆：已依照計畫時程繳交中報告。

- (2) 實驗室對外服務，請持續並積極向各界傳遞服務資訊，俾達自給自足目標。另會議中研究團隊提及因校名變更造成實驗室目前相關認證均需重新認證部分，請研究團隊努力取得先前取相關認證(TAF、TFDA認證)。

實驗室辦理情形回覆：已依照要求執行，並於8月23日通過TAF認證並持續維持TFDA認證。

- (3) 因應國內疫情影響，研究團隊配合輻射監測中心參與核安演習實兵演練項目部分，必要時再請配合調整演練需求。

實驗室辦理情形回覆：已依照要求參與相關活動。

1.3.5. 第五次工作會議

2. 本實驗室於9月16日召開第五次工作會議討論事項：110年實驗室工作執行進度，會中決議及後續辦理情形如下：

(1) 研究團隊所提工作執行進度均符合原預期規劃，後續仍請依規劃期程持續辦理。

實驗室辦理情形回覆：將持續依照規劃期程完成工作項目。

(2) 本次會中討論事項，請研究團隊參採並適度調整，摘述說明如下：

1. 掌握各項能力試驗後續進度，以及時呈現於本年度期末成果報告中。
2. 參酌將參將與核安演習成果上載實驗室臉書(Facebook)，並將努力成果納入期末成果報告。
3. 執行儀器參數優化時可重複進行試驗，藉以增加實驗結果準確性。
4. 實驗室辦理情形回覆：依時程繳交期末報告，並依照審查意見將相關工作項目納入期末報告。

1.4. 110年計畫時程

本計畫第二年(110年)依下列時程執行各計畫項目，如下所述：

- 110年1月4日：繳交期初報告
- 110年1月25日：資料研析與設備整備
- 110年1月27日：進行原能會第一次例行工作報告
- 110年2月10日：第一期款請款
- 110年2月22日：完成實驗室人員輻射防護教育訓練
- 110年3月23日：進行原能會第二次例行工作報告
- 110年3月23、24日：完成輻射偵測中心氙核種量測訓練
- 110年3月24日：完成培育氙核種前處理之技術人員
- 110年3月30日：完成建立氙核種前處理之方式與程序
- 110年4月23日：參與核安演習第一次工作協調會議
- 110年4月25日：完成編寫氙核種前處理作業程序書1份
- 110年5月18日：進行原能會第三次例行工作報告
- 110年5月20日：完成LSC設備氙核種量測最佳化
- 110年6月10日：完成氙核種的量測作業程序書1份
- 110年6月23日：完成繳交期中報告
- 110年7月15日：完成核安演習線上兵推第一次預演
- 110年7月16日：進行原能會第四次例行工作報告暨期中報告審查會議
- 110年7月21日：完成核安演習線上兵推第二次預演
- 110年7月28日：完成核安演習線上兵推第三次預演
- 110年8月2日：輻射偵測中心比對實驗答案繳交
- 110年8月6日：完成核安演習線上兵推演練

110年8月13日：核研所能力試驗答案繳交
110年8月24日：參與北部監測中心實兵演練協調會議
110年9月1日：參與核安演習實兵演練第一次預演
110年9月7、8、9日：參與三場核安演習實兵演練預演
110年9月10日：完成核安演習實兵演練
110年9月16日：進行原能會第五次例行工作報告
110年9月27日：完成核研所鋇-90技術學習
110年9月28日：完成培育鋇-90前處理之技術人員1名
110年9月30日：參與核安演習檢討會議
110年10月14日：參與核研所能力試驗總結會議
110年10月27日：完成繳交IAEA能力試驗數據資料
110年11月5日：繳交期末報告
110年11月30日：進行原能會第六次例行工作報告暨期末報告審查會議

1.5. 報告內容

本期末報告的章節內容包含：1.前言、2.執行方法、3.計畫時程、4.結論，其中執行方法又分別說明：2.1.技術能力建立、2.2.能力試驗與比對實驗、2.3.人員訓練與人才培育、2.4.核安演習、2.5.教育宣導、2.6.經費統計、2.7.經費申請與報告提交，如以下各節內容說明。

2. 執行方法

2.1. 技術能力建立

2.1.1. 建立環境水樣氚核種前處理方法

氚水的前處理方法主要以蒸餾法為之，蒸餾所需要的設備包括：加熱器、冷凝管、燒杯、固定架等等，所需的化學藥品包括：NaOH與KMnO₄，如圖2-1。本計畫調整蒸餾過程中所使用的參數，包括有機物之化學處理、加熱溫度、餾液取樣時間等，並分別量測氚水的回收率以作為參數優化分析，並同時探討如何降低最小可測活度值(minimum detectable activity, MDA)以及探討前處理過程中因儀器與人為所導致的誤差，以利達成量測程序最佳化。

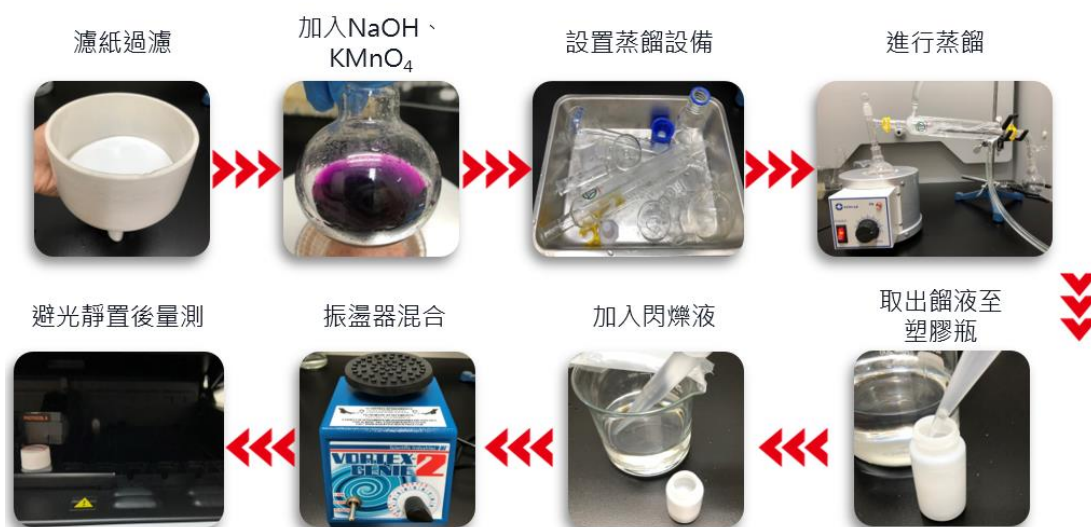


圖 2-1、蒸餾法流程建置

2.1.2. 編寫氚核種前處理作業程序書

為使本實驗室氚核種前處理技術能完整建立與技術傳承，實驗室派員至核研所與輻射偵測中心學習氚核種前處理

相關流程與相關設備使用，並於學習後透過多次方法測試與流程優化，於3月份完成了氙核種前處理作業程序建立，並於4月25日完成編寫氙核種前處理作業程序書1份，以確保實驗室技術人員未來進行氙核種前處理作業時能確實依照標準作業程序執行，並使用正確的前處理設備與化學藥品，達到相關技術傳承與人員作業品質之一致性。

2.1.3. 建立氙核種之量測方法

本實驗室使用Tri-Carb 4810液態閃爍計數器進行蒸餾後氙水的檢測，為了確保定量的準確性與MDA的最小化，透過消光曲線建置流程與蒸餾回收率的優化，並同時測試液態閃爍計數器測量時能量範圍對於測量結果的影響。經過實驗室人員多次的相關實驗與測試及多方單位的協助與技術支援，順利於4月整合所有數據資料，成功建立一套完善且具系統性的量測方法，並於6月10日完成編寫氙核種的量測方法作業程序書，以達到相關技術作業品質之一致性。

另外，實驗室於7月份進行環境水樣的取樣及量測，透過實際場域驗證技術發展成果，並參與國內外環境試樣之實驗室間比對或能力試驗，驗證量測方法的穩定度與準確性。液態閃爍計數器量測方法如下：

1. 消光曲線建置

本研究主要探討樣品內輻射到 β 射線轉化成光電子過程的效率修正，修正方法即為建立一條合適的消光曲線(Quench Curve)。考量的消光反應有以下兩項：

化學消光：發生在能量從溶劑轉移到閃爍體的過程中，嚴重程度取決於消光物質的化學結構和濃度，由於氧和水都是強消光劑，因此閃爍液中的含水量應越少越好。

顏色消光：是指產生的光子被溶液中的顏色吸收或散射，導致光電倍增管測量的光子數減少，進而造成能量的損失及放射性核種的能譜向低能方向漂移。

本實驗使用氚射源、二次水、塑膠瓶、透過將1.1 mL的氚加上75.9 mL的二次水混合均勻。準備10瓶塑膠瓶，每瓶分別加入7 mL的氚稀釋溶液，並加入13 mL的閃爍液。選擇CPM誤差小於3%的塑膠瓶。選取至少7瓶合格的塑膠瓶分別加入0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 110, 150 μ L四氯化碳消光液(CCl_4)，模擬不同消光程度的樣品。樣品的消光程度是以外標準轉換能譜指數(transformed spectral index of the external standard, tSIE)來表示，而tSIE值的取得方式是透過儀器內部的 γ 發射體 (^{133}Ba 、) 照射樣品，分析其康普頓能譜的位移情形，藉由能譜中計數值的20%以及計數值的10%兩點連線與X軸的交點進行評估，而該交點的數值即為tSIE值，數值越低表示能譜位移的越多，樣品的消光情形越嚴重。

配置完成的標準品每瓶讀取30分鐘。透過反覆的測試，目前實驗室消光曲線之tSIE分布均勻，最低值接近

100，並確認擬合結果 R^2 大於0.99結果相當理想，如圖2-2。
故實驗室將以此條消光曲線套入氚水檢驗分析之設定中，
以作為進行相關檢驗分析作業之用途。

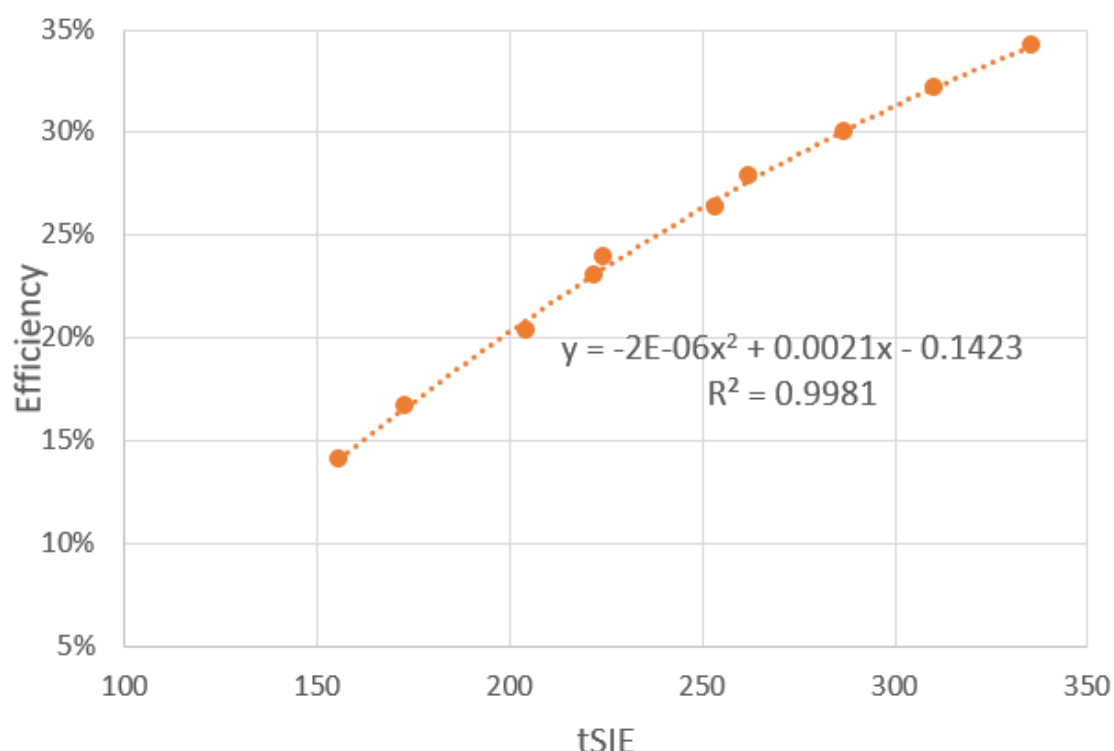


圖 2-2、消光曲線建置

2. 蒸餾回收率實驗

本實驗使用氚射源、二次水加熱器、冷凝管、燒杯、固定架，共配製6個30 mL液體樣品加入不同活度的氚(7.5 Bq/L、10 Bq/L、25 Bq/L、250Bq/L、25000 Bq/L)，並加入NaOH(氫氧化鈉)與KMnO₄(過錳酸鉀)以去除雜質，來進行蒸餾回收率實驗，如圖2-3。透過多次實驗從其結果得知第一批與後面第三批、第四批蒸餾收集的7 mL回收率浮動較大，而第二批收集的7 mL較穩定且接近理論值，此外確認在其中添加NaOH及KMnO₄不會明顯影響蒸餾活

度回收率，從實驗結果亦可得知隨著樣品活度越低，蒸餾活度回收率的變化也越大。故實驗室將固定以第二批收集的蒸餾樣品，使用於氚水的檢驗分析作業。

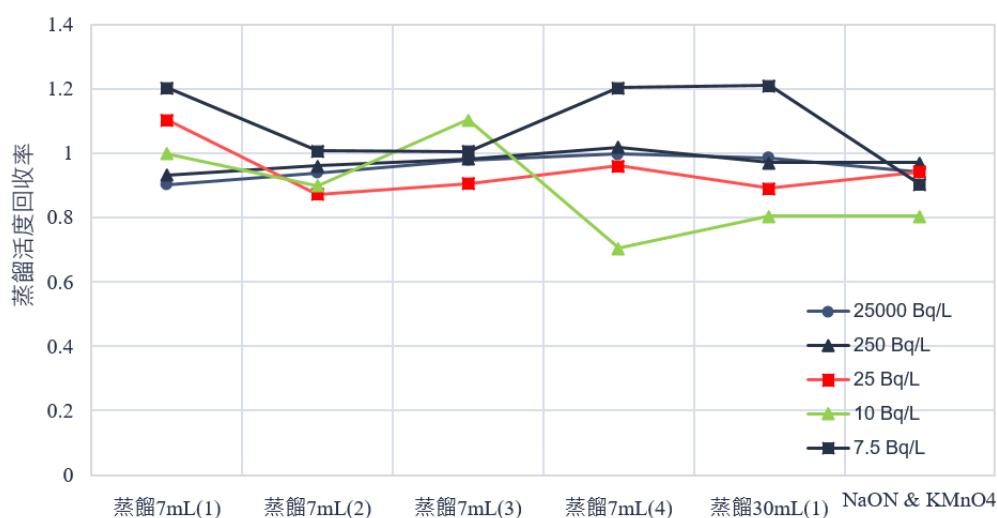


圖 2-3、蒸餾回收率

2.1.4. 建立氚核種量測最佳化

根據MDA的計算公式可以得知，提高試樣量以及樣品測量時間可以有效的降低MDA，而合適的儀器參數設定也有助於提升定量的準確性。然而隨著試樣量的增加，閃爍混合液容易有混濁分層的情況出現，且不同品牌的閃爍液其能承受的樣品負載度也不同，而樣品測量時間也並非越長越好，必須在時間成本與MDA之間找到一個平衡，因此本實驗室針對樣品負載度、樣品計測時間以及儀器參數設定進行實驗，以找尋最合適的氚核種量測條件，使量測技術達最佳化。

1. 樣品負載度

樣品負載度定義為樣品添加量佔閃爍液混合物總量的百分比，此方法利用體積測定法測量，計算方法可參考下式：

$$SL = \frac{V_s}{V_s + V_{LSC}} \times 100$$

為測試本實驗室使用的EcoLite MP新型閃爍液對其樣品負載度，實驗室使用不同比例的二次水及閃爍液，配製成樣品負載度5%至70%的閃爍混合液(共14組樣品)，詳細配製體積可參考下方表2-1。

表 2-1、二次水與閃爍液配置比例表

Sample Volume (mL)	Cocktail Volume (mL)	Sample Load (%)
1	19	5
2	18	10
3	17	15
4	16	20
5	15	25
6	14	30
7	13	35
8	12	40
9	11	45
10	10	50
11	9	55
12	8	60
13	7	65
14	6	70

為了能更客觀的評斷不同樣品負載度的混濁情形及其消光程度，本實驗室利用視覺評估法以及tSIE值兩項指標進行評估。

(1) 視覺評估法：視覺評估法的評估方式是根據樣品的混濁狀況及分層狀況來給予不同分數。分數1-3分為沒有分層或沉澱情形發生，可供正常計測；分數4-5分為樣品狀態不均勻，有明顯分層或白色沉澱物，不適合進行計測。詳細評估標準可參考下方圖2-4。

Category	Subcategory	Example
Homogeneous	Clear(1)	
	Transparent(2)	
Semi Homogeneous	Gel/Air(3)	
Non Homogeneous (phase separation)	Liquid/Liquid or Gel/Liquid(4)	
	Liquid/Solid or Gel/Solid(5)	

圖 2-4、視覺評估分數判定標準表

本次實驗選定三位觀察者進行評估，一共觀察四天，第一天每1小時觀察一次，第二天每2小時觀察一次，第三天至第四天每4小時觀察一次，於每次觀察完成後拍照記錄(如圖2-5)，並填寫視覺評估表，探討不同時間的觀察結

果除了可以了解不同樣品負載度的混濁情形外，亦可同時觀察靜置時間對樣品狀態的影響。

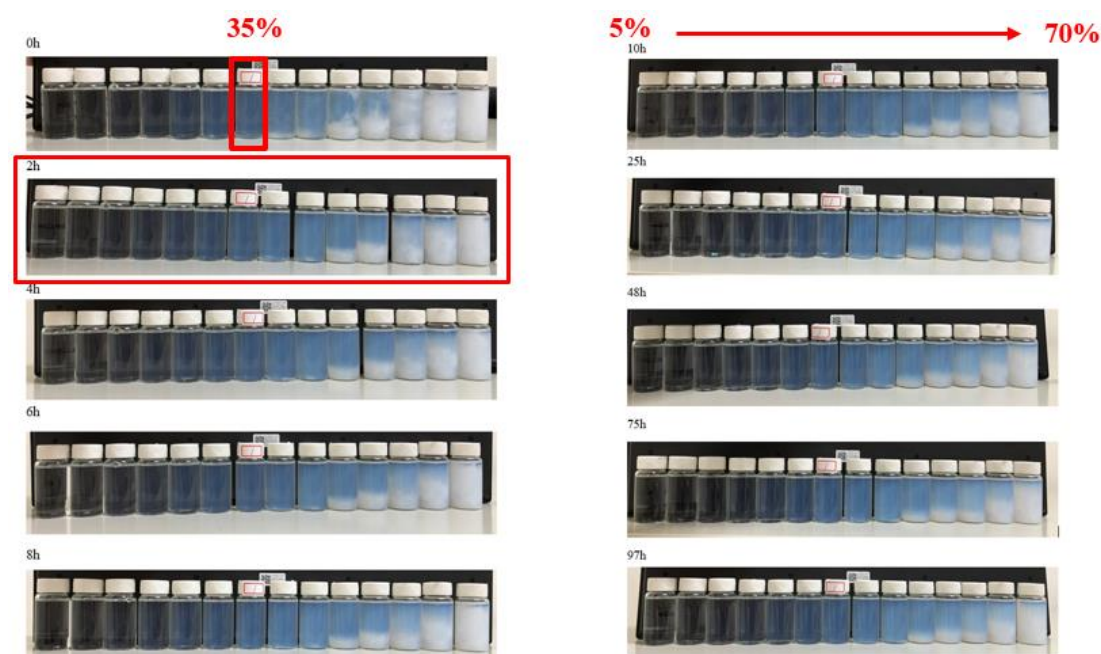


圖 2-5、靜置0-97小時拍照紀錄

三位觀察者的視覺評估結果如圖2-6所示，從評估結果可以發現，隨著樣品負載度增加，視覺評估分數隨之上升，且三位觀察者的評估結果有相同的趨勢。另外值得注意的是樣品負載度大於35%之後，三位觀察者的視覺評估分數均上升至5分，為不適合計測的範圍。在靜置時間方面，剛配製完成的樣品(0小時)其最大樣品負載度為30%，而其餘靜置5-97小時的樣品視覺評估結果一致，最大樣品負載度皆可達到35%。

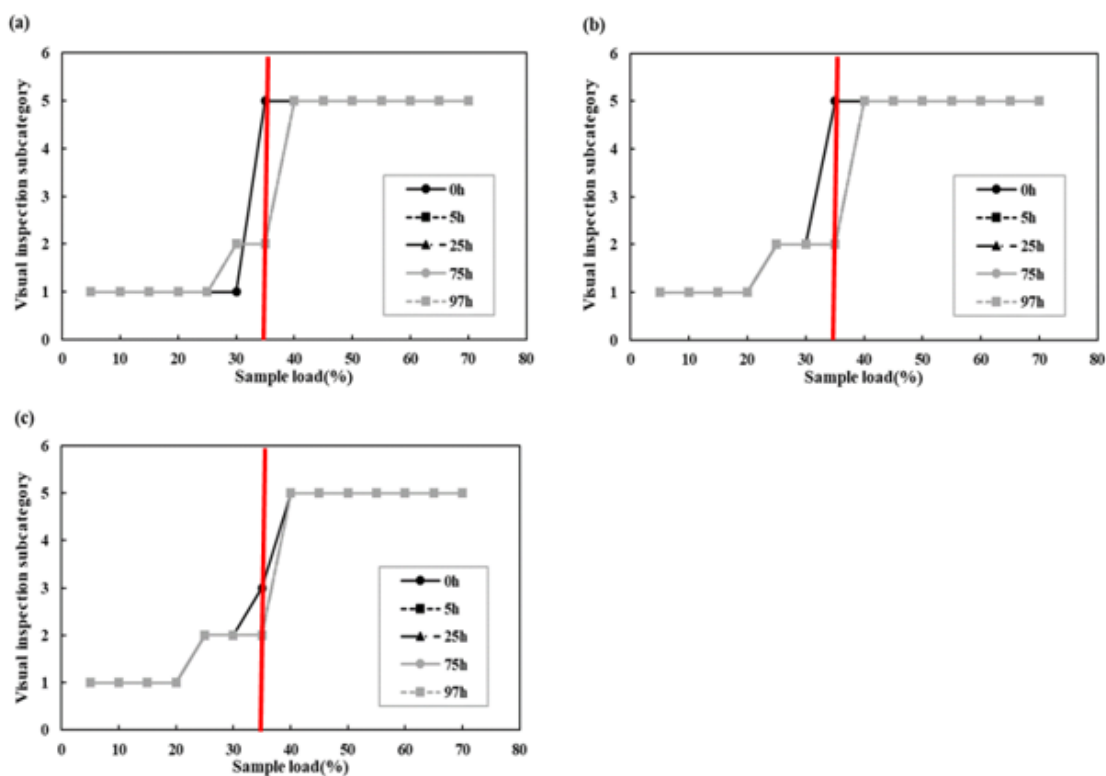


圖 2-6、三位觀察者視覺評估結果

(2) tSIE值：tSIE值可以反應樣品的消光情形，進而影響偵測效率，因此評估不同樣品負載度的tSIE值也相當重要。圖2-7為樣品負載度與tSIE值的關係圖，從圖中可以發現，隨著樣品負載度增加，tSIE值有下降的趨勢，而在靜置時間2小時後，靜置時間對於樣品負載度與tSIE值的關係沒有顯著的影響。

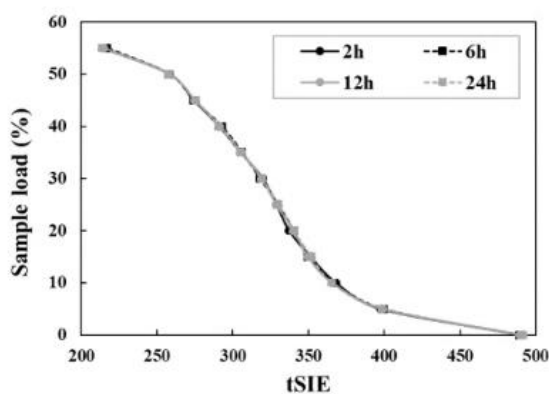


圖 2-7、樣品負載度與tSIE值的關係圖

依視覺評估法及tSIE值的實驗結果，本實驗室決定以樣品負載度35%作為樣品配製標準，並在靜置時間2小時後進行量測。

2. 樣品計測時間

樣品計測時間越長可以使MDA越低，但同時會花費比較多的時間成本，因此本實驗室以不同計測時間進行樣品量測，分別計算其MDA，來選擇最合適的計測時間。計測時間與MDA的關係可參考下方圖2-8。

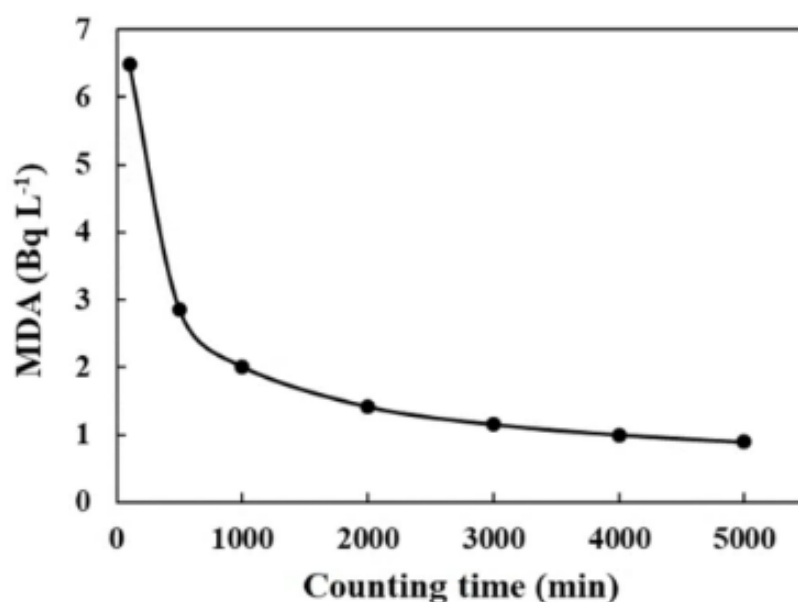


圖 2-8、MDA與計測時間關係圖

從MDA與計測時間關係圖可以得知，在計測時間1000分鐘以前，MDA會隨著計測時間的增加急遽下降，然而在計測時間1000分鐘以後，下降幅度趨於平緩，這代表即使給予更長的計測時間，對於降低MDA的效益並不大，而在計測時間1000分鐘，MDA已可達2 Bq/L，低於原能會

「環境輻射監測規範」中10 Bq/L的標準。因此本實驗室決定以計測時間1000分鐘作為樣品的量測時間。

3. 儀器參數設定

樣品量測時可能影響量測準確性的因素除了樣品前處理的程序及實驗環境條件的控制外，另一項需探討的部分即為儀器參數設定。本實驗室針對能窗大小設定及自動效率校正(Automatic efficiency correction, AEC)的開啟與否進行實驗，並從實驗結果找尋最合適的儀器參數設定。

(1) 能窗大小設定：氚所放出的 β 粒子，其最大能量為18.6 keV，理論上應產生能量範圍為0-18.6 keV的連續能譜，然而樣品的消光作用會使氚的連續能譜會往低能偏移，因此若要更準確的對樣品中的氚進行定量，則須妥善調整能窗範圍，使得樣品量測在獲得足夠樣品計數的同時，避免收集過多的背景雜訊。此次實驗將能窗最小值設定為0 keV，最大值設定為1-12 keV，每1 keV為一個間距，比較各組能窗設定其背景計數率與樣品計數率的比值。此比值越小表示背景計數率越低且樣品計數率越高，即為越合適的能窗設定。各組能窗設定及背景與樣品計數率比值關係可參考下方圖2-9。

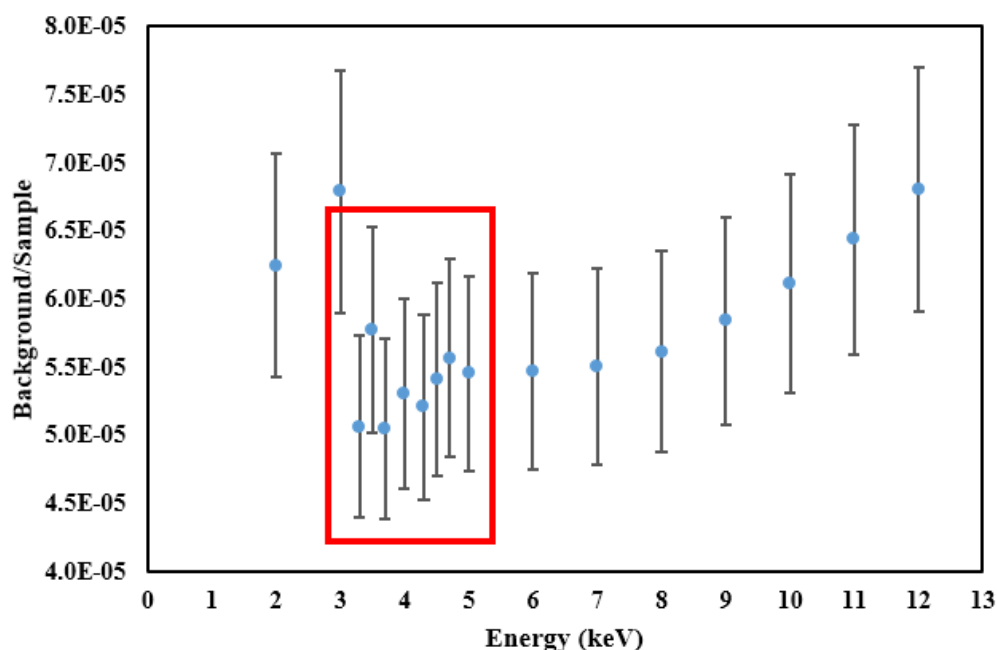


圖 2-9、能窗設定及背景與樣品計數率比值關係圖

從圖2-9可以發現能窗在0-3 keV及0-5 keV之間的背景與樣品的計數率比值較低，而隨著能窗最大值的能量上升與下降，背景與樣品的計數率比值都明顯上升。由於能窗在0-3 keV及0-5 keV之間的比值大多在一定範圍內浮動，沒有太大的變化，因此為了避免犧牲過多的樣品計數值，又能保有低背景計數的優勢，本實驗室選擇0-5 keV的能窗區間作為樣品量測時的能窗設定。

(2) 自動效率校正(AEC)的開啟與否：較少有研究探討AEC的校正原理以及開啟與否對於測量結果的影響，因此本實驗室配製不同活度的氚射源溶液，分別以開啟AEC (0-18.6 keV)、未開AEC (0.3-5 keV)、未開AEC (0-18.6 keV)三組參數設定直接進行量測，並比較各組量測活度與理

論活度間的誤差。以三組參數設定進行量測的量測活度與理論活度間的百分誤差，結果如表2-2所示。

表 2-2、以三組參數設定量測不同活度的百分誤差

Activity(Bq/L)	Error (%)		
	AEC (0-18.6 keV)	No AEC (0.3-5 keV)	No AEC (0-18.6 keV)
25000	4.7	9.1	1.8
250	0.0	13.5	3.9
25	14.3	18.3	9.8
12.5	37.8	22.5	28.0
10	30.5	10.7	10.8
7.5	53.4	16.5	25.8
5	95.6	31.1	31.1

從表2-2可以發現，量測較高活度的氡射源溶液時，開啟AEC與否對於量測誤差沒有顯著的影響；而量測較低活度的氡射源溶液時，不開啟AEC擁有較低的量測誤差，且同樣不開啟AEC的兩個組別，能窗大小設定為0.3-5 keV又有更低的量測誤差，再次驗證了該能窗範圍是較理想的。參考能窗大小設定及自動效率校正(AEC)的開啟與否的兩項實驗結果，本實驗室決定以能窗範圍0.3-5 keV並且不開啟AEC作為樣品測量時的儀器參數設定。

2.2. 能力試驗與比對實驗

本實驗室透過參加國內外舉辦之能力試驗與比較實驗，以維持且精進本實驗室的加馬能譜分析品質。除了加馬能譜分析項之外，亦藉由參加氙核種之量測項目，以精進實驗室技術人員的氙核種量測能力。本年度中，共參加以下三項檢測試驗：輻射偵測中心舉辦之比對實驗、核能研究所舉辦之能力試驗、國際原子能總署舉辦之能力試驗。

本年度由輻射偵測中心舉辦之比對實驗中，參與的項目包含：加馬土壤/茶葉(灰化樣品)/海水/淡水樣、總貝他土壤/茶葉(灰化樣品)/海水/淡水樣以及含氙淡水樣。針對本次的比較實驗，樣品皆已量測完畢並於八月中前完成數據繳交。其中實驗室將透過參與上述含氙樣品之量測，建立實驗室之氙核種量測能力。樣品狀況與包裝如圖2-10。

本年度由核能研究所舉辦之環境式樣放射性核種分析能力試驗中，本實驗室參與的項目包括：加馬水樣、總貝他水樣、總貝他濾紙樣以及含氙核種之水樣量測。針對本能力試驗，樣品皆已量測完畢並於八月底前完成數據繳交。最終試驗結果顯示，本實驗室之量測結果皆於合格標準(兩個標準差)範圍內。樣品狀況與包裝如圖2-11。

本年度由國際原子能總署所舉辦之能力試驗中，本實驗室參與的項目包含：加馬水樣/日本竹葉(乾燥樣品)/濾紙樣、總貝他水樣/濾紙樣、含氙核種之淡水樣。針對本次能力試驗，樣品皆已量測完畢並於10月27日完成上傳數據。其樣品狀況與包裝如圖2-12。能力試驗結果如表2-3，合格標準列於表中的MARB欄位，本實驗室所有的結果均為A級通過。

表 2-3、國際原子能總署能力試驗之結果

Evaluation Result Table for Sample 1

Sample Code	Analyte	Target Value	Target Unc.	MARB	Rep. Value	Rep. Unc	Rel. Bias	Robust SD	Z-Score	Accuracy	P	Precision	Final Score
1	Co-60	74.2	3.3	20 %	73.6	1.7	-0.81 %	3.31	0.18	A	5.01	A	A
1	Cs-134	113.2	5.1	20 %	113.0	2.3	-0.18 %	6.12	0.03	A	4.94	A	A
1	Cs-137	69.2	3.1	20 %	69.4	1.7	0.29 %	3.23	0.06	A	5.11	A	A

Evaluation Result Table for Sample 2

Sample Code	Analyte	Target Value	Target Unc.	MARB	Rep. Value	Rep. Unc	Rel. Bias	Robust SD	Z-Score	Accuracy	P	Precision	Final Score
2	Ba-133	147.3	6.6	20 %	137.1	2.6	-6.92 %	7.17	1.42	A	4.87	A	A
2	Cs-137	147.4	6.6	20 %	144.3	3.3	-2.10 %	5.9	0.53	A	5.03	A	A

Evaluation Result Table for Sample 4

Sample Code	Analyte	Target Value	Target Unc.	MARB	Rep. Value	Rep. Unc	Rel. Bias	Robust SD	Z-Score	Accuracy	P	Precision	Final Score
4	Cs-134	86.6	4	25 %	76.3	1.8	-11.89 %	10	1.03	A	5.19	A	A
4	Cs-137	2063	93	20 %	1843.1	40.9	-10.66 %	180.39	1.22	A	5.02	A	A
4	K-40	97.9	7.2	30 %	94.2	12.3	-3.78 %	16.22	0.23	A	14.99	A	A

Evaluation Result Table for Sample 5

Sample Code	Analyte	Target Value	Target Unc.	MARB	Rep. Value	Rep. Unc	Rel. Bias	Robust SD	Z-Score	Accuracy	P	Precision	Final Score
5	Cs-134	19.05	0.86	30 %	18.4	0.6	-3.41 %	1.18	0.55	A	5.57	A	A
5	Cs-137	26.02	1.17	25 %	24.9	0.8	-4.30 %	1.29	0.87	A	5.53	A	A

Evaluation Result Table for Sample 7

Sample Code	Analyte	Target Value	Target Unc.	MARB	Rep. Value	Rep. Unc	Rel. Bias	Robust SD	Z-Score	Accuracy	P	Precision	Final Score
7	Cs-137	11.2	0.6	20 %	11.4	0.6	1.79 %	0.79	0.25	A	7.51	A	A

透過定期參與能力試驗與比較實驗，本實驗室技術人員得以維持、精進、傳承加馬能譜式樣處理與分析能力，以維持實驗室量測技術與品質。除此之外，我方亦透過參與氙水樣品的量測，確認了量測氙水樣品之能力。



圖 2-10、偵測中心比對實驗樣品

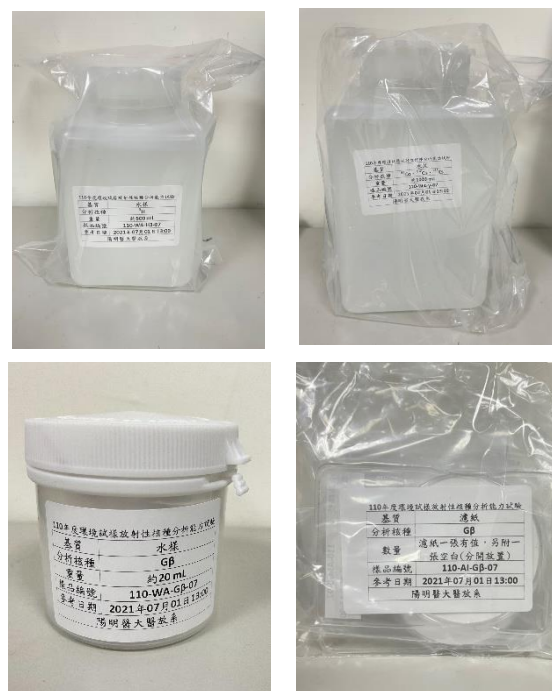


圖 2-11、核研所能力試驗樣品



圖 2-12、國際原子能總署能力試驗樣品

2.3. 人員訓練與人才培育

2.3.1. 110年人員訓練計畫

本實驗室已完成110年人員訓練計畫之規定，如表2-4，並參加國立陽明交通大學環境保護暨安全衛生中心所開設之輻射防護教育訓練課程，參與訓練之人員包括：品質經理黃上容、技術經理曾昀蓁、技術員戴子鈞與文書管理員陳品琇等人，如表2-5，此訓練可以使人員充分瞭解游離輻射基本概念、法規與實務作業之相關規定，以維護實驗室人員安全。

表 2-4、110年人員訓練計畫

年度	單位	訓練項目	時數	人員	結果
110年	陽明大學	輻射防護課程	3	黃上容	通過
110年	陽明大學	輻射防護課程	3	曾昀蓁	通過
110年	陽明大學	輻射防護課程	3	戴子鈞	通過
110年	陽明大學	輻射防護課程	3	陳品琇	通過

表 2-5、110年人員輻射防護教育訓練評量結果

輻射防護證號	單位	系級	姓名	評量結果
R1100222001	醫放系所	碩一	翁浚瑜	合格
R1100222002	醫放系所	助理	黃上容	合格
R1100222003	醫放系所	助理	邱顯智	合格
R1100222004	醫放系所	碩一	陳品琇	合格
R1100222005	醫放系所	碩二	張巧怡	合格
R1100222006	醫放系所	大三	劉宣妤	合格
R1100222007	醫放系所	碩一	曾昀蓁	合格
R1100222008	醫放系所	碩一	劉世恩	合格
R1100222009	醫放系所	碩一	戴子鈞	合格
R1100222010	環衛所	碩一	莊詠勝	合格

2.3.2. 培育氚核種前處理之技術人員

本實驗室為了建立氚核種的前處理方法，已於109年至核能研究所學習，本年度積極與輻射偵測中心進行接洽，確認於3月份派本實驗室技術人員2員前往輻射偵測中心進行為期2天的氚放射性核種前處理方法之學習，其中學習項目包含：氚核種前處理的標準作業流程、液態閃爍計數器的操作與參數設定與化學藥品的配置等，並進行現場操作學習以完成實驗室氚核種前處理人員之培育，訓練課程表如表2-6。

此次主要學習樣品前處理流程及LSC相關儀器操作，第一天學習消光曲線製作方式，首先使用磅秤量取1.4 g的氚，並以50 mL定量瓶配成氚射源溶液-1。接著從氚射源溶液-1中以吸量管抽取1 mL至另一個50mL定量瓶，配製成氚射源溶液-2，並以吸量管在每瓶計測瓶添加3 mL的氚射源溶液-2(每瓶活度約3765 dpm)，再使用磅秤量分別量取4~10 mL的水加入計測瓶。最後加入相對應含量的閃爍液(閃爍液+水=20mL)，由LSC量測30分鐘重複5次取平均值之活度，學習照片如圖2-13。

第二天主要學習蒸餾前處理流程，將試樣蒸餾瓶及冷凝管裝上蒸餾裝置，取250 mL待測樣品倒入圓形燒瓶中，並加入約0.01 g過氧化鈉及0.02 g高錳酸鉀，搖晃使其均勻溶解。接著將冷卻系統通入冷卻水，並開啟加熱器開關"ON"使其加熱蒸餾，收集蒸餾的水試樣。初始之餾出液5~10 mL應予捨棄，避免雜質干擾。收集足夠分析之水樣後，關閉加熱器開關及冷卻水，再以磅秤量取10 g的餾出液加入計測瓶，並利用閃爍液分注器注入10 mL的閃爍液至計測瓶中，旋緊瓶蓋，

輕輕搖動使均勻混合。測量前須以酒精擦拭計測瓶表面，將計測瓶貼上樣品標籤後，放入LSC計測50分鐘10次，取平均值活度，學習照片如圖2-14。

LSC相關儀器操作設定包含能窗範圍設定(0.3-5 keV)、關閉自動效率校正(AEC)模式、MDA計算評估等項目。樣品計測前，須利用酒精棉片擦拭塑膠計測瓶，避免殘留指紋干擾計測。而且樣品計測時，也須維持室內溫度穩定，約在20-25度之間。一般樣品計測約需達到MDA約2.5 Bq/L，輻射偵測中心樣品計測500分鐘，而依本實驗室儀器及閃爍液條件樣品計測時間需1000分鐘，學習照片如圖2-15。

表 2-6、輻射偵測中心訓練課程表

日期	時間	課 程	地點
3 月 22 日	09：30~09：50	報到	2 樓會議室
	09：50~10：00	課程介紹	2 樓會議室
	10：00~12：00	氚標準品製備(活度與消光液量)	3 樓綜合放化實驗室
	12：00~13：30	午餐時間	
	13：30~14：30	消光曲線製作	2 樓貝他計測室
	14：40~16：30	液態閃爍計數器基本原理，環境溫度控制、背景值扣除方式、能窗設定、不確定度評估、MDA 評估、FOM 評估。 (含計算方式、樣品量測時間、計測數值確認、設備品保項目及品保標準等項目。)	2 樓貝他計測室
3 月 23 日	09：00~09：30	報到	2 樓會議室
	09：30~10：00	氚環境樣品製備	3 樓樣品前處理
	10：00~12：00	樣品蒸餾流程包含設備、蒸餾溫度、蒸餾量、添加物質、樣品保存方式、取樣容器。	
	12：00~13：30	午餐時間	
	13：40~15：30	氚環境樣品計測實作	2 樓貝他計測室
	15：40~16：30	綜合討論	2 樓會議室

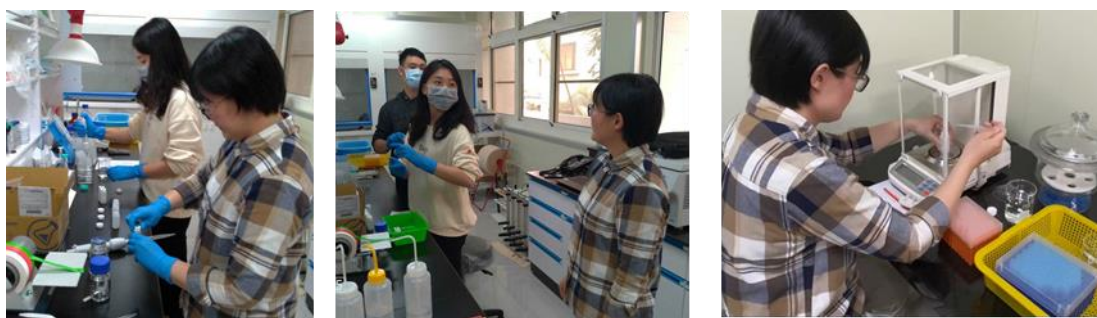


圖 2-13、輻射偵測中心學習消光曲線製作照片



圖 2-14、輻射偵測中心學習氚水蒸餾照片

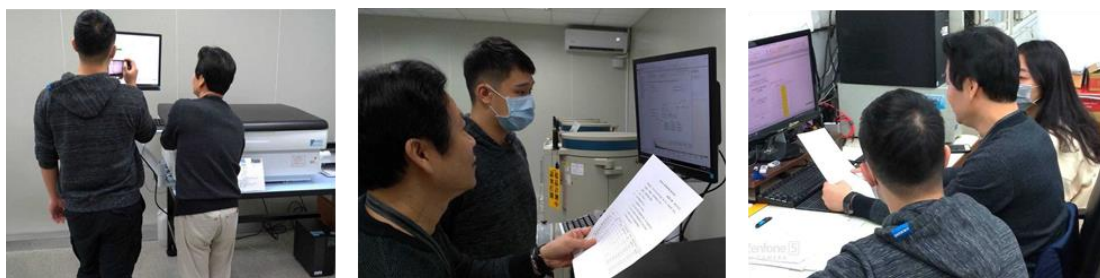


圖 2-15、輻射偵測中心學習LSC操作照片

2.3.3. 培育鋇-90核種前處理之技術人員

本實驗室為了建立鋇-90核種的前處理方法，於9月份由實驗室主任與四名技術人員以及一名專任助理至核能研究所進行技術學習，如圖2-16。其中學習項目包含：鋇-90樣品前處理簡介、樣品前處理實作與化學藥品的配置、液態閃爍計數器的操作、參數設定與量測實作等，訓練課程表如表2-7。

鋇-90樣品的前處理，首先取100 cc樣品倒入燒杯，並加入10 mg鋇載體及20 mg鈣載體。接著加入氨水將PH值調整為10，並加入8 cc 0.25M的碳酸鈉攪拌10分鐘。將攪拌後的溶液倒入廣口瓶進行離心。離心後抽離上清液，而剩餘的沉澱物以1 cc的8N硝酸進行溶解，並移至另一小燒杯低溫蒸乾。蒸乾完成後加入10 cc的8N硝酸，並利用乳頭滴管將樣品溶液滴入樹脂管中進行流洗。接著直接取10 cc的8N硝酸加入樹脂管中再次流洗，此步驟是為了確保除了樣品溶液中鋇-90以外的其他離子都會被沖洗掉。待8N硝酸都流洗完成後，將盛接容器改為玻璃計測瓶並加入10 cc二次水，將鋇-90從樹脂管沖洗至計測瓶中並低溫烘乾。將烘乾完成的樣品以精密天平秤重計算回收率，再加入20 cc的8N硝酸進入計測瓶中均勻溶解以備量測。

液態閃爍計數器的操作、參數設定與量測，大致上與測量氚核種相同，而主要的差異如下，首先為能窗設定的不同，測量鋇-90的能窗設定為0-300 keV；其次為樣品偵測效率的求得方式的不同，由於鋇-90的測量不使用閃爍液，因此不需考慮樣品的消光作用，也不需製作消光曲線來推得偵測效

率，而是較直接的以量測標準射源求得儀器測量值與理論活度的比值，以此作為偵測效率。



圖 2-16、核能研究所技術學習照片

表 2-7、核能研究所訓練課程表

日期	時間	課 程	地點
9 月 27 日	09：30~09：50	報到	2 樓會議室
	09：50~10：00	課程介紹	2 樓會議室
	10：00~10：40	樣品前處理簡介	2 樓會議室
	10：40~12：00	樣品前處理實作(一)	3樓 環境實驗室
	12：00~13：30	午餐時間	
	13：30~14：10	液態閃爍計數器基本原理 及操作介紹	2 樓會議室
	14：20~16：00	樣品前處理實作(二)及量測實作	3樓環境實驗室及低背景計測室
	16：00~16：30	討論	2 樓會議室

2.4. 核安演習

本實驗室今年繼續參與原能會110年核安第27號演習，包括參與了8月份的線上兵棋推演與9月份現場實兵演練，今年在COVID-19疫情嚴峻下，本實驗室能依舊全力投入並順利完成演習任務。

2.4.1. 線上兵棋推演

本實驗室參與原能會核安演習兵棋推演活動部分，在4月份由實驗室主任與品質經理前往核能研究所參與核安演習兵棋推演的第一次工作協調會議，會議中也確認了協助演習的相關事項與活動時程。此外本實驗室於6月派出兩名實驗室人員接受7小時的北部輻射監測中心緊急應變人員再訓練，如圖2-17。

於6月份實驗室人員與相關單位確認了演練簡報內容、分配演練組別與線上連線通話品質等項目，實驗室人員也積極配合完成了3次的線上預演活動，以確保演練流程品質並協調與各單演練單位線上連線流程，並於8月份順利完成核安演習線上兵棋推演，如圖2-18。



圖 2-17、緊急應變人員再訓練照片



圖 2-18、核安演習線上兵棋推演練

2.4.2. 現場實兵演練

在實兵演練部分，本實驗室於8月派員參與北部監測中心所舉辦的實兵演練工作協調會議，會議中確認了本實驗協助實兵演練的相關演練內容與實兵演練時程地點，如圖2-19。

8月份實驗室整備了演練需求之相關設備，並進行實驗室人員任務分配，與演習活動內部預演以確保演練品質。

實驗室於9月份參與了核安演習實兵演練的預演活動，共計4場。每次預演皆派員前往金山礮港漁港協助執行預演活動，以確保現場演練流程與現場設備狀況，並於9月10日順利完成核安第27號演習實兵演練活動，如圖2-20。演練後也參與了核安演習檢討會議與相關參演單位共同檢討本次實地演練可改進項目，如圖2-21。在活動結束之後，我方也於實驗室的粉絲專頁上分享此活動的簡介，以及活動當天照片，藉此加強本實驗室對外服務之推廣，如圖2-22。



圖 2-19、核安第27號演習北部輻射監測中心工作協調會議



圖 2-20、核安第27號演習照片

110年核安第27號演習北部輻射監測中心檢討會議議程

110.09.30(周四)

- | | |
|------------------------|---------------|
| 一、主席致詞 | (14:00—14:05) |
| 二、簡報 | (14:05—14:15) |
| 110年核安第27號演習北部輻射監測中心成果 | |
| | (核能研究所) |
| 三、檢討與精進事項 | (14:15—15:05) |
| (一) 兵棋推演檢討與精進事項 | |
| (二) 實兵演練檢討與精進事項 | |
| 四、上級長官期許事項 | (15:05—15:15) |
| 五、臨時動議 | (15:15—15:20) |

圖 2-21、核安第27號演習北部輻射監測中心檢討會議議程



國立陽明大學-食品檢驗分析實驗室

由 Jay Wu 發佈 · 9月17日 ·

【今日小分享】😊

110年核安第27號演習👍👍👍

又到了演習的時節

即使今年壟罩在疫情的陰霾之下

我們仍然做好準備 備戰演習

此次演習我們扮演環境水樣後送與檢驗的部分

一切都是為了防範於未然

守護地球的和平...!?

至少我們希望盡我們微薄的力 來守護台灣的人民

(有沒有聽起來很偉大👍👍)

高溫曝曬 大家注意防曬

預祝大家中秋節快樂~🥮🍷🍷🍷🍷🍷

By咻小編



圖 2-22、粉絲專頁分享照片

2.5. 教育宣導

本實驗室於110年2月4日在原能會的指導下辦理「輻射安全與食品檢驗先鋒營」，本次共28名高中生參與，實驗室共出動6名碩士班與一名專任同仁協助教學，並由計畫主持人授課2小時，如圖2-23。本實驗室也將持續辦理相關教育推廣活動。



圖 2-23、輻射安全與食品檢驗先鋒營照片

2.6. 經費統計

本計畫之全程計畫經費為4,600,000元，共分3年執行，第一年(109年1月起始)經費為1,436,000元、第二年經費為1,678,000元、第三年經費為1,486,000元。110年度之人事費如表2-8，總金額為1,181,566元；業務費如表2-9，總金額為293,888元；其他項目與差旅費如表2-10，金額為50,000元；管理費如表2-11，110年計畫經費將依計畫項目執行核銷。

表 2-8、110 年度人事費

(一) 人事費：				
項 目 名 稱	每週工作時數	本計畫內工作 月數	月支工作酬金 (元)	小 計 (元)
研究主持人費	20	12	15,000	180,000
專任研究助理費 (學士2人)	40	13.5	63,040	851,040
分攤勞健保費(學 士2人)	40	13.5	11,150	150,526
			小計	1,181,566

表 2-9、110年度業務費

(二) 業務費：			
項 目 名 稱	用 途	金 額(元)	備 註
實驗室一般耗材	文具、辦公用品、印刷報告等耗材	25,254	
實驗室檢驗分析用 耗材與化學藥品	氧化鈉、高錳酸鉀、液態閃爍液等 化學藥品、試管、器皿、五金等耗 材	74,434	
標準校正射源	儀器校正用標準射源	174,200	
實驗用氣體	儀器運作維持之需求液態氮、P10	20,000	
		小計	293,888

表 2-10、110年度其他項目與差旅費

(三) 其他項目與差旅費：			
項 目 名 稱	用 途	金 額(元)	備 註
其他項目與差旅費	試樣取樣、交通車租賃、技術學習、TAF認證參加費與會費、參與國內外能力試驗活動(不含國外差旅)。	50,000	
		小計	50,000

表 2-11、110 年管理費

(四) 管理費：			
項 目 名 稱	用 途	金 額(元)	備 註
管理費	陽明大學管理費	152,546	
		小計	152,546

2.7. 經費申請與報告提交

110年度計畫經費共計新臺幣1,678,000元之撥付，原能會依下列方式撥付：

1. 第1期款：於110年1月4日前，廠商提送110年期初報告，並經機關審查同意後，由廠商憑收據或發票向機關申請撥付年度計畫經費之30%，實驗室已完成第1期款請款。
2. 第2期款：於110年7月15日前，廠商提送110年期中報告，並經機關審查同意後，由廠商憑收據或發票向機關申請撥付年度計畫經費之40%，實驗室已完成第2期款請款。
3. 第3期款：於110年12月2日前，廠商提送110年期末成果報告，並經機關審查同意後，由廠商憑收據或發票向機關申請撥付年度計畫經費之30%。實驗室已完成第3期款請款。

3. 計畫時程

本年度計畫自110年1月份開始執行，時程規劃之甘特圖如表3-1，工作項目已於3月完成「培育氙核種前處理之技術人員」，4月完成「建立氙核種前處理之方法與程序」，4月完成「編寫氙核種前處理作業程序書1份」，於7月完成「建立氙核種的量測方法」、8月完成「編寫氙核種的量測作業程序書1份」、10月完成「參加能力試驗或比對實驗」以及於9月完成「培育鋇-90前處理之技術人員」。

表 3-1、110年度進度甘特圖

預定進度：第二年 (110年)													
110年 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	備註
工作項目													
培育氙核種前處理之技術人員													
建立氙核種前處理之方法與程序													
編寫氙核種前處理作業程序書1份													
建立氙核種的量測方法													
編寫氙核種量測作業程序書1份													
參加能力試驗或比對實驗													
培育鐳-90前處理之技術人員													
參與原子能委員會核安演習													
每兩個月召開工作會議													
繳交期初報告													
繳交期中報告													
繳交期末報告													

4. 結論

本計畫於110年的主要工作項目主要為技術建立與人才培育，其中在建立氙核種前處理之方式與程序以及建立氙核種的量測方法方面，實驗室透過測試不同樣品負載度及建置消光曲線來制定標準操作程序，並進行氙核種前處理作業與氙核種量測作業程序書之編寫，以精進實驗室相關量測技術水平。實驗室也參加輻射偵測中心的比對實驗、核研所辦理的環境試樣放射性核種能力試驗、以及IAEA能力試驗，順利完成加馬能譜分析、總貝他活度濃度與氙水活度濃度之評估，以確保實驗室技術能力水平與公信力。

在人員訓練部分，實驗室人員按照年度人員訓練計畫進行輻射防護教育訓練，以確保實驗室輻射防護安全。在培育氙與鋇-90核種前處理之技術人才部分，與擁有相關技術能力的核研所及輻射偵測中心進行技術交流與學習，透過相關專業實驗室人員之指導，已完成培養氙與鋇-90核種前處理技術人員，並通過核研所能力試驗中的氙水項目。

實驗室對外服務部分，本實驗室將繼續辦理營隊活動來推廣輻射安全的基礎教育與實驗室業務推廣，並持續參與原子能委員會的核安演習。

本實驗室已依照計畫時程執行所有計畫項目，執行狀況良好，各項目皆如規劃如期如質達成目標。後續也將持續精進實驗室之輻射度量能力，全力完成明年度的計劃目標。

輻射度量分析中心
**Radiation Measurement and
Analysis Center**

食品檢驗分析實驗室

氚核種試樣前處理作業程序書

國立陽明交通大學
輻射度量分析中心

名稱	試樣前處理作業程序書		
編號	RMAC-SO-00X	頁數	6
發行日期	110年02月23日	版本	3

編寫	審核	核准

國立陽明交通大學
輻射度量分析中心

1.目的

建立氡核種試樣前處理的標準操作程序。

2.適用範圍

本實驗室試樣前處理作業。

3.參考文件

無。

4.職責

(1)技術員：負責執行試樣前處理。

5.儀器設備

冷凝管、加熱器、100 mL圓形燒瓶、高錳酸鉀、氫氧化鈉、計測瓶、閃爍液(Ecolite) 、計測樣品標籤。

6.作業程序

- (1) 將試樣蒸餾瓶及冷凝管裝上蒸餾裝置
- (2) 將50 mL待測樣品倒入100 mL圓形燒瓶，並加入0.01 g氫氧化鈉及0.02-0.03 g高錳酸鉀，搖晃使其均勻溶解。
- (3) 將冷卻系統通入冷卻水，並開啟加熱器開關” ON” 使其加熱蒸餾，收集蒸餾的水試樣。
- (4) 初始之蒸餾液5~10mL應予捨棄，收集足夠分析之水樣後，關閉加熱器開關及冷卻水。
- (5) 將7 mL蒸餾過的水樣，置入20 mL塑膠計測瓶中，於抽氣櫃內再加入13毫升Ecolite閃爍液，旋緊瓶蓋，輕輕搖動使均勻混合。
- (6) 將計測瓶貼上樣品標籤後，放入液態閃爍計數器靜置2小時。

7.其他事項

無。

8.檔案管理

(1)本程序書內容如有修訂或更新，須依「文件管制及維持品保程序書」(RMAC-QP-003)辦理。

9.作業流程圖

無。

10.附錄

無。

輻射度量分析中心
**Radiation Measurement and
Analysis Center**

食品檢驗分析實驗室

氚核種液體閃爍計數器量測分析系統
作業程序書

國立陽明大學

輻射度量分析中心

5. 目的

建立本實驗室氫核種液體閃爍計數分析系統之標準作業流程。

6. 適用範圍

本實驗室之阿伐、貝他計數分析作業。

7. 參考文件

- (1) PerkinElmer Tri-Carb® Liquid Scintillation Analyzer (Models 4810TR, 4910TR, 5110TR, and Quantulus™ GCT 6220) Getting Started Guide

8. 職責

- (1) 技術員：負責執行液體閃爍計數儀之操作。

9. 儀器設備

PerkinElmer Tri-Carb 4810TR液體閃爍計數分析系統。

10. 作業程序

- (1) 儀器啟動與關閉

(A) 開機順序：印表機電源→Tri-Carb儀器電源

(B) 關機順序：印表機電源→依視窗軟體關機步驟關閉電腦→Tri-Carb儀器電源(平時不建議儀器關機)

- (2) 樣品放置

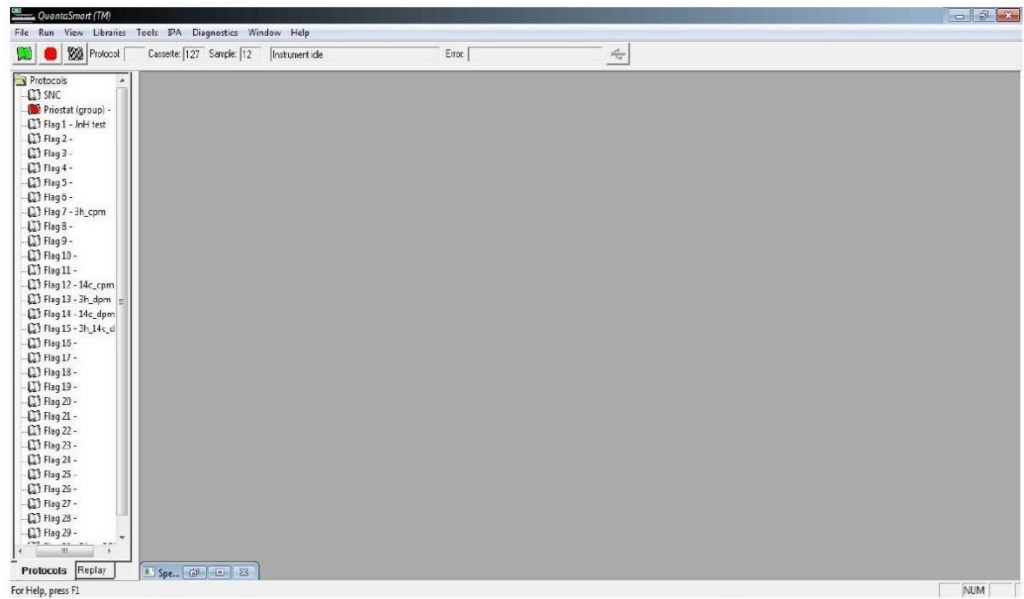
(A) 將待測樣品或標準品，依序放入樣品卡匣中。

(B) 插上與欲使用之分析相對應之旗標(protocol flag)並確認旗標呈現未計數狀態。

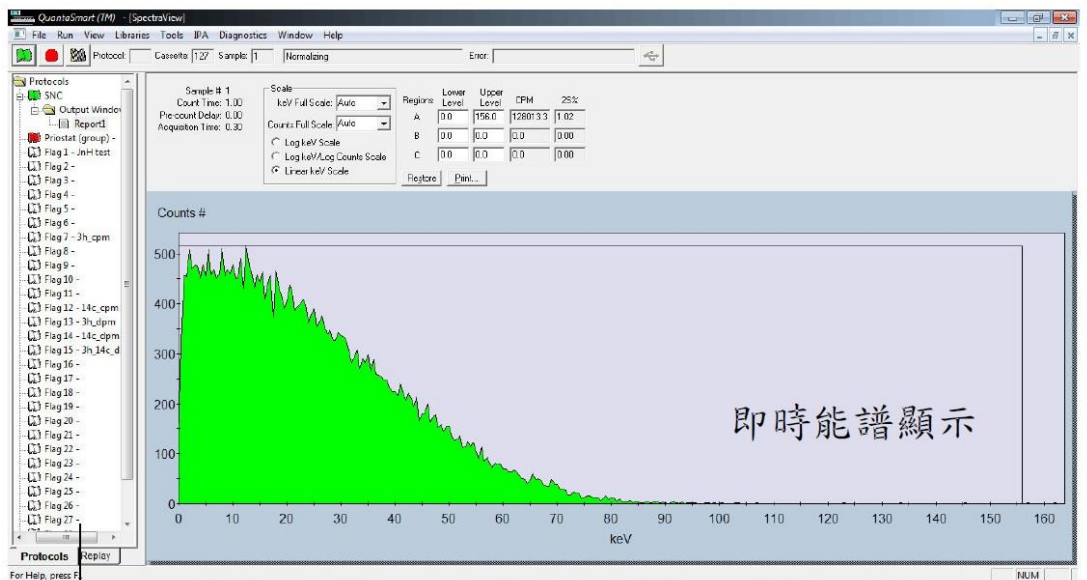
(C) 將卡匣依序放入輸送帶上。

- (3) 操作軟體 Quant Smart

(A) 主要視窗－軟體開啟時



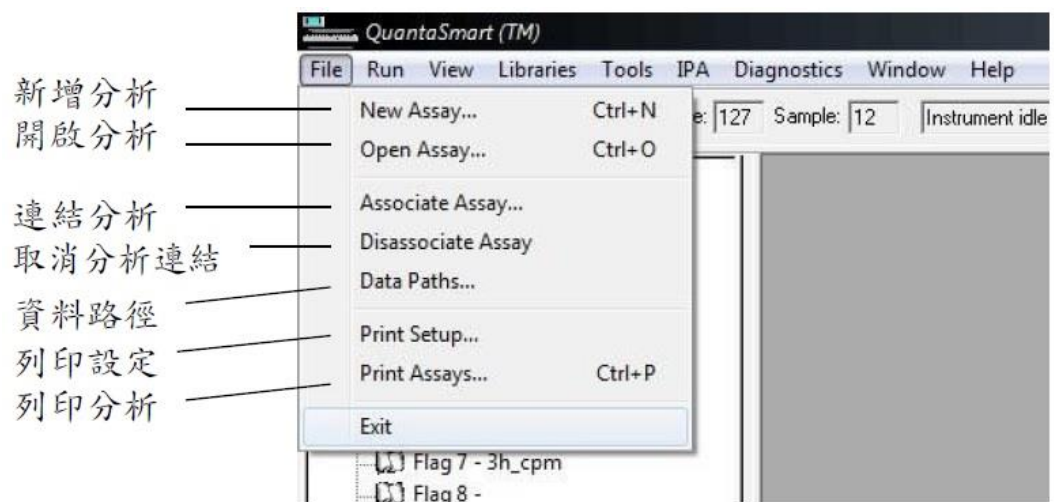
(B) 主要視窗－樣品計數時



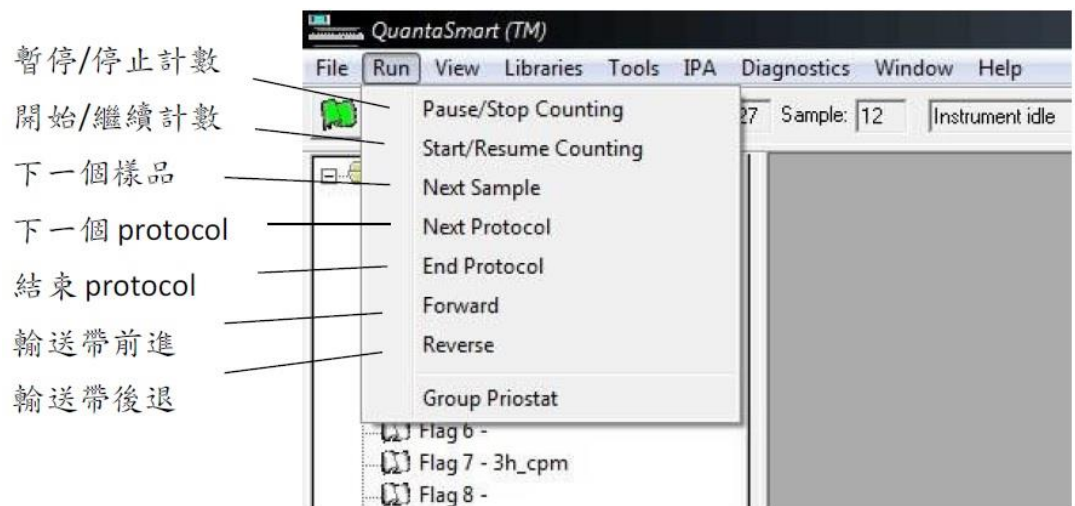
Protocol Tree

(C) 主功能表

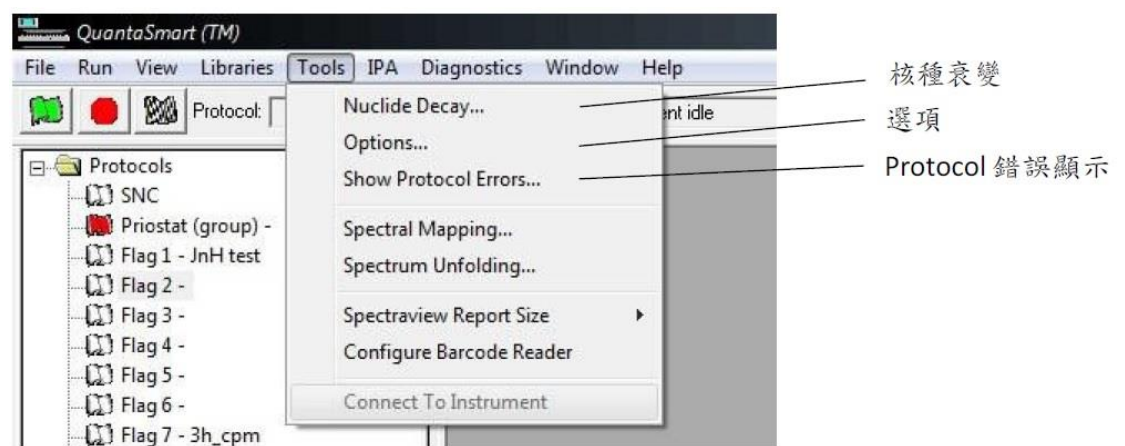
(a) File 檔案



(b) Run 執行



(c) Tools 工具



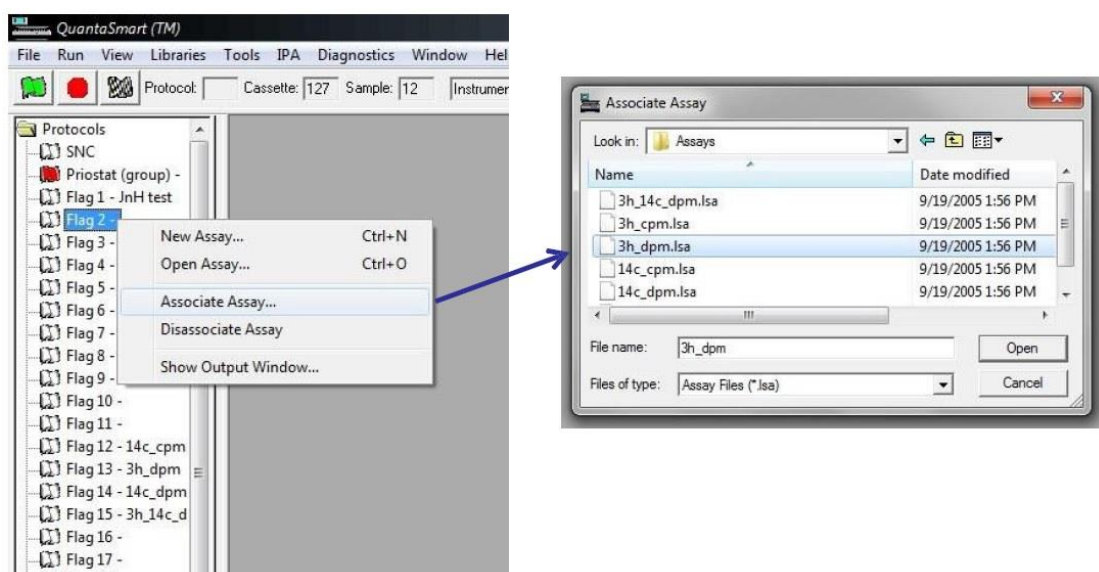
(D) 狀態列



(4) 樣品計數及分析編輯

(A) 一般樣品計數（已有設定好的 assay）

- (a) 在 protocol tree 找空的 flag protocol（旗標）位置。
- (b) 按右鍵或”file”，選擇 Associate Assay。
- (c) 選擇欲使用的分析，按下 open，連結分析與旗標。
- (d) 將該號碼的旗標插在樣品卡匣上
- (e) 放置好樣品，按下狀態列上的開始鍵，即可進行分析。

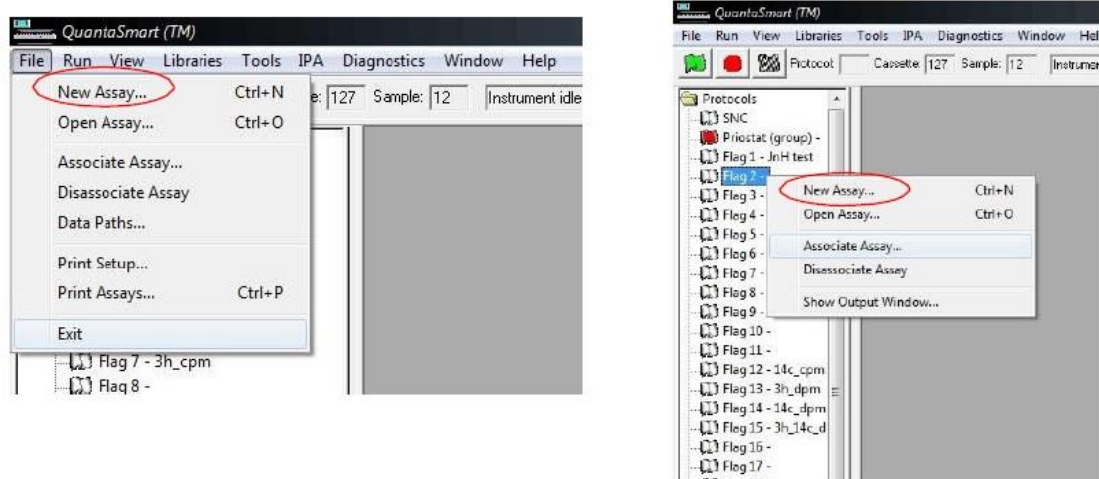


** Protocol Tree 中旗標圖示將顯現該 protocol 目前的狀態：

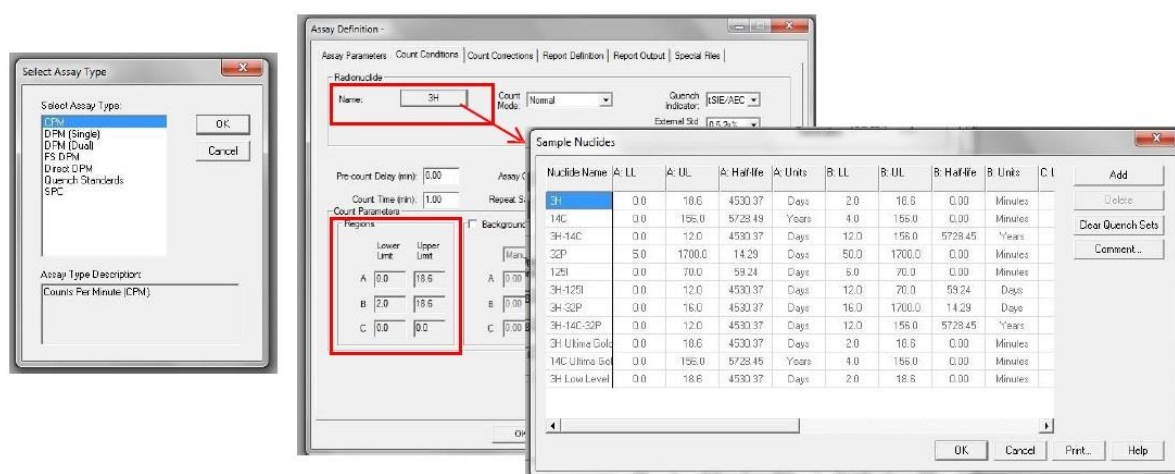
-  - 白色：該旗標目前沒有連結的分析方法或分析方法不在執行中
-  - 綠色：與旗標連結之分析方法執行中
-  - 方格：分析方法執行結束
-  - 黃色：分析方法執行被中斷
-  - 紅色：族組或樣品優先計數

(B) 新分析編輯

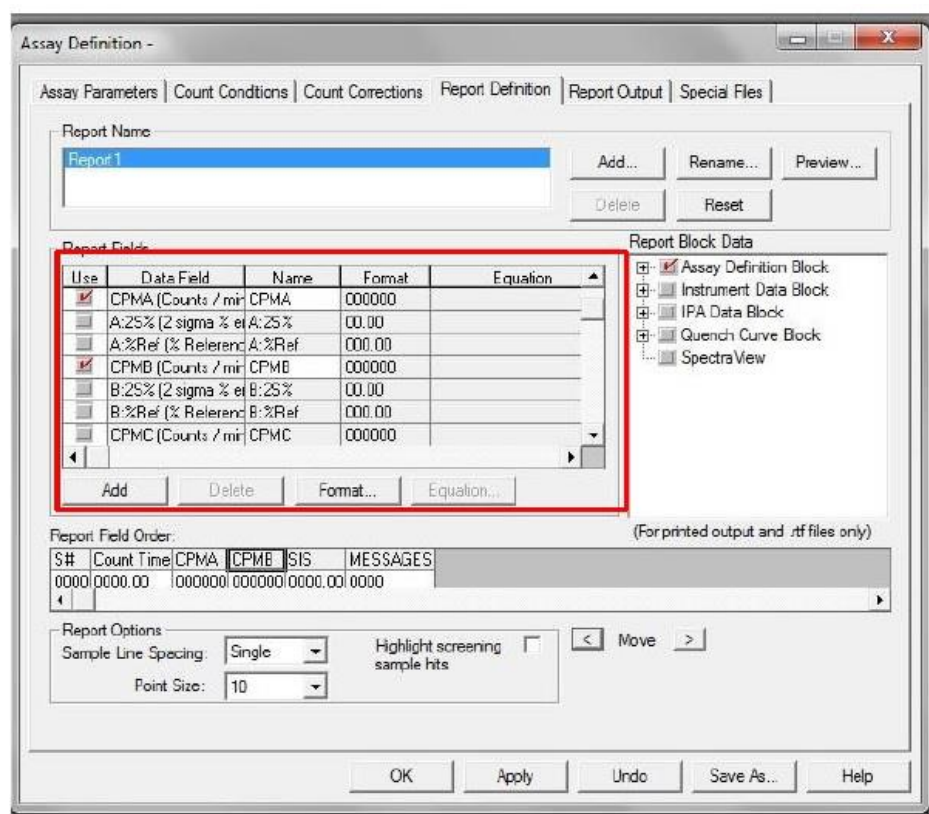
- (a) 在功能表上的“file”，或 protocol tree 中旗標位置
按右鍵。
- (b) 選擇 “New Assay”，進行新的分析編輯。



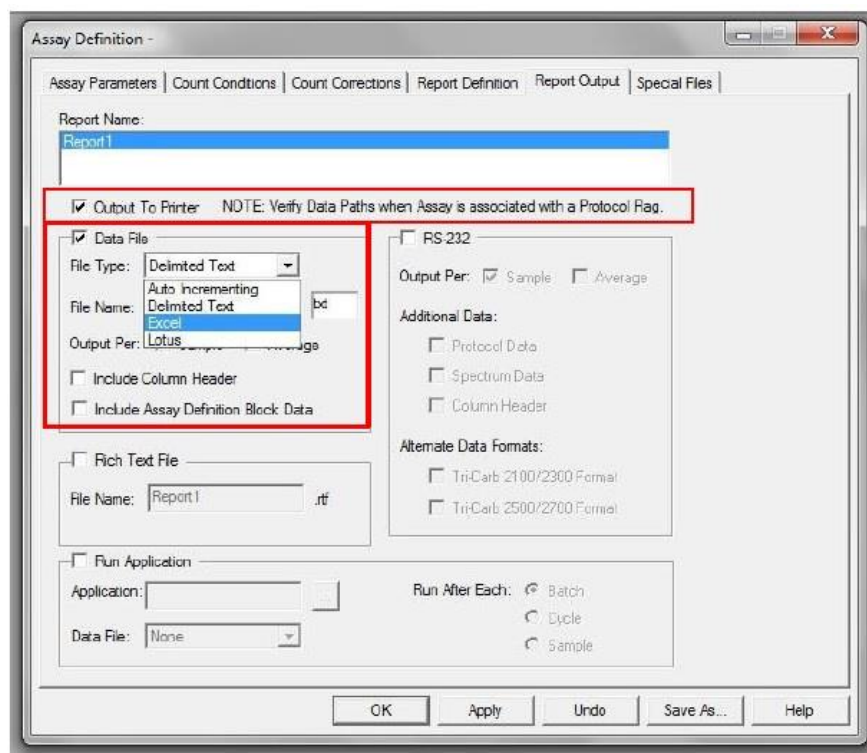
- (c) 選擇該分析計數方式。
- (d) 於“Count Conditions”分頁中選擇偵測的放射性核種，及設定計數條件。



- **若需偵測非內建的放射性核種，亦可於此將相關資料
新增至資料庫。
- (e) 在 “Report Definition”分頁中勾選欲輸出的報告內容。



(f) 在 “Report Output”分頁中選擇報告輸出的格式及是否列印。



(g) 儲存新分析，完成編輯。

(5) 樣品重新計算

** 計數過的樣品如果想更改計算的方式或設定例如 counting window，可以不用重新計數，直接重新計算。

(A) 在 Protocol Tree 欄位最下方選擇 “Replay”。

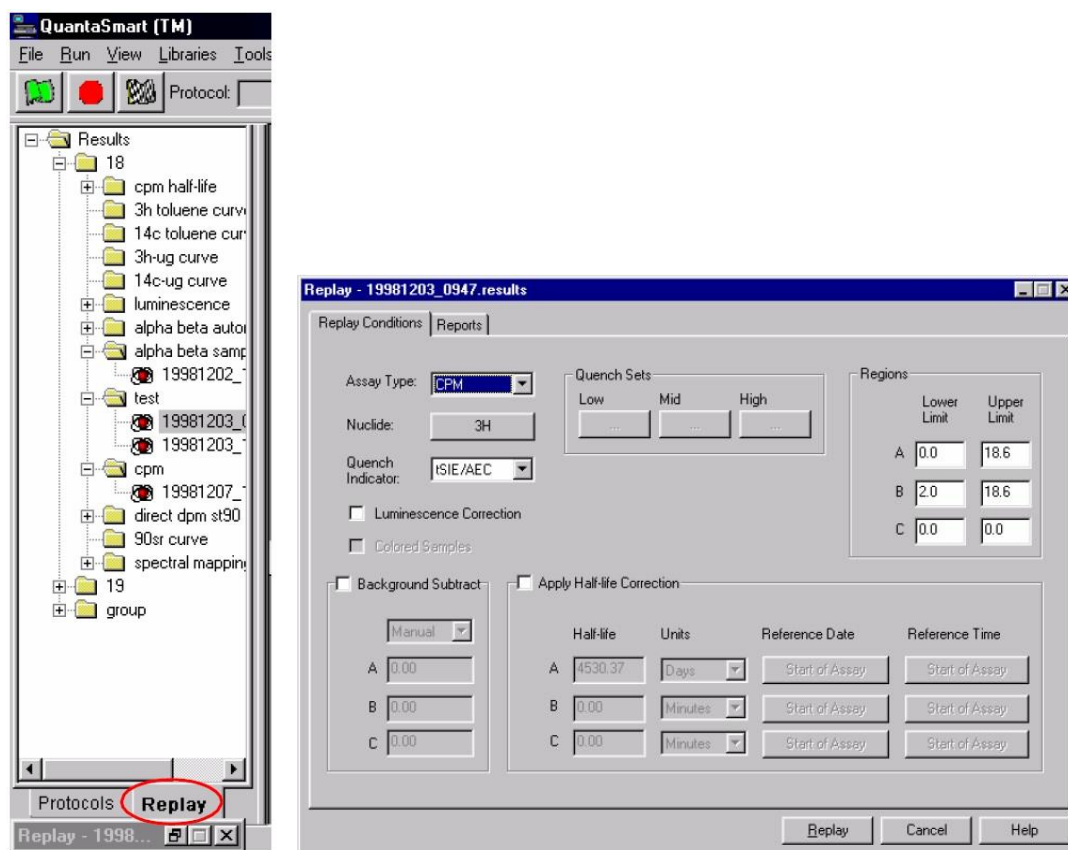
(B) 在資料夾中選取欲重新計算的檔案點兩下。

** 如果一開始檔案沒有顯示，可至功能表 “View” 選 “Refresh Trees”

(C) 重新設定條件後，可重新計算。

** 在 Replay 下做的修改不可儲存，也不會影響到原來的分析方法。

(D) 重新計算的結果可直接列印，也可儲存。



(6) 儀器 Calibration 及 Normalization

** 儀器建議每日或每次使用前進行 Calibration 及 Normalization。

(A) 建立 IPA 參數：

(a) 於主功能表的IPA 選單中選擇 “IPA Definition”。

(b) 填入 3H (Tritium) Standard DPM , 3H (Tritium) Reference Date及 14C Standard DPM 參數。該數值於 unquenched standard標準品瓶身有標示。

(B) 如右下圖將 “SNC”的旗標與 unquenched standard 放置於卡匣。

(C) 按開始鍵進行儀器校正。

IPA Definition

IPA Parameters

3H Standard DPM: 269900

3H Reference Date: 22 July 2014

14C Standard DPM: 132900

Background Count Time (min): 60.00

3H FOM Threshold: 180

14C FOM Threshold: 380

Chi Square Tests

☒ 3H

☒ 14C

RS-232

☐ Transmit IPA Data

IPA Data

☐ Save copy of IPA data to a text file

File Name: C:\Packard\TriCarb\IpaData.txt

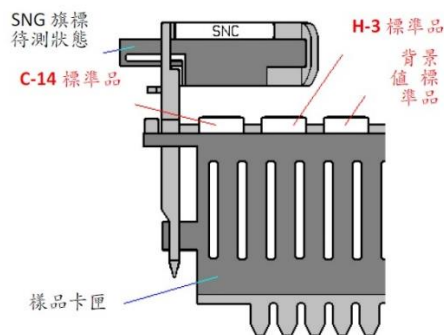
Baselines

Number of Datapoints to Establish Baselines: 5

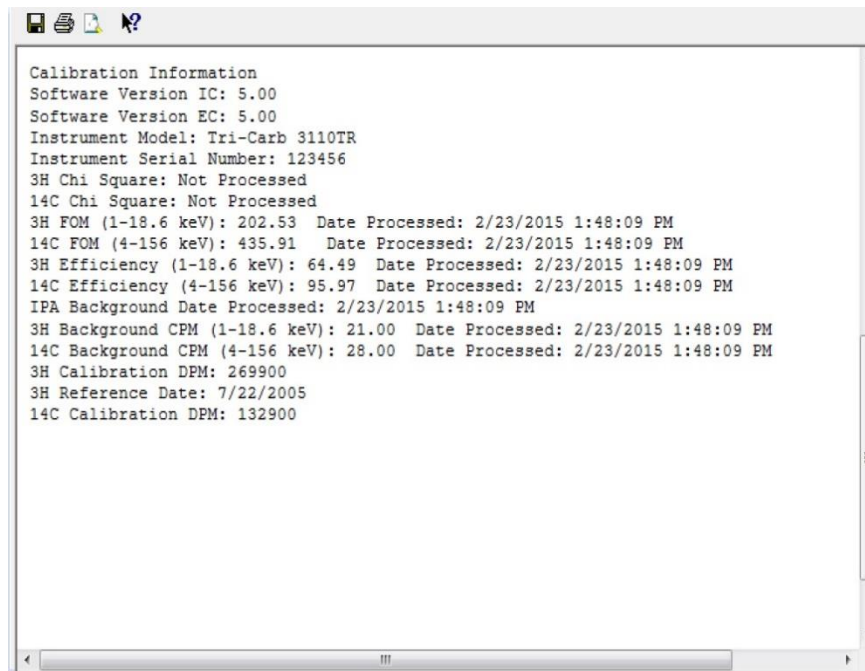
	Mean	Limit
3H Background:	15.40	31.10
3H Efficiency:	64.50	61.50
14C Background:	22.60	41.62
14C Efficiency:	95.96	92.96

Reset Baseline Values

Help OK Cancel



IPA Reports



11. 其他注意事項

- (1) 確認樣品卡匣及輸送帶清潔，若有髒污可使用軟布進行清潔。
- (2) 確認樣品輸送帶運轉順暢，沒有發出異音。