



國家度量衡標準實驗室 104 年度計畫執行報告

# 建立及維持國家游離輻射標準 (1/4)

## 104 年度執行報告

計畫審議編號：104-1403-05-05-01

全 程 計 畫：自 104 年 1 月至 107 年 12 月止

本 年 度 計 畫：自 104 年 1 月至 104 年 12 月止

執行單位：行政院原子能委員會核能研究所

委託單位：經濟部標準檢驗局

中華民國 105 年 1 月



一〇四年度計畫執行報告摘要記錄表

|   |  |                    |                        |           |
|---|--|--------------------|------------------------|-----------|
| 計畫名稱  | 建立及維持國家游離輻射標準(1/4)一〇四年度計畫  |                    | 計畫編號：104-1403-05-05-01 |           |
| 主辦單位  | 經濟部標準檢驗局   | 執行單位               | 行政院原子能委員會核能研究所         |           |
| 計畫主持人   | 胡中興  | 電話：03-4711400-7600 | 傳真：03-471 1171         |           |
| 協同主持人   | 袁明程  | 電話：03-4711400-7673 | 傳真：03-471 3489         |           |
| 計畫分類  | <input type="checkbox"/> 研究發展類 V 技術推廣類 <input type="checkbox"/> 資訊服務類 <input type="checkbox"/> 行政配合類 |                    |                        |           |
| 經費概算  | 全程計畫經費   |                    | 57,506 千元              |           |
|   | 本年度預算  | 11,971 千元          | 本年度實支數                 | 11,217 千元 |
| 計畫聯絡人   | 鄧菊梅  | 電話:03-4711400-7620 | 傳真：03-4713489          |           |
| <p>綜合摘要：</p> <p>年度預定工作項目</p> <p>(一)量測標準的維持與服務</p> <p>1.提供符合 ISO 17025 品質標準的校正服務</p> <p>2.參與或主辦國際量測比對(主辦亞太中能量 X 射線劑量比對活動)</p> <p>(二)量測標準的精進與新建</p> <p>1. Ir-192 原級標準系統建置(103-104)</p> <p>2. 石墨熱卡計標準系統整合測試與比對驗證(103-104)</p> <p>3. 建立 Cd-109 射源活度原級標準</p> <p>(三)量測標準技術的推廣與應用</p> <p>1.輻射計量標準業務推廣及參與 APMP 等相關國際會議</p> <p>2.提供游離輻射領域各類能力試驗之標準追溯源。</p> |  |                    |                        |           |

## 一 0 四年度計畫執行報告摘要記錄表

### 二、重要成果與目標達成情形

本年度重要成果、計畫目標與實際達成情形如下：

| 類 別  | 104 年度目標  | 104 年度實際達成情形  |
|------|-----------|---|
| 研究成果 | 論文        | 3 篇 (含 SCI 2 篇)<br>SCI 發表 2 篇<br>國際會議論文 3 篇<br>達成預期目標。  |
|      | 技術報告      | 22 篇<br>發表 22 篇 (含 SCI 投稿論文 2 篇、技術報告 18 篇、出國報告 2 篇)。<br>達成預期目標。   |
|      | 專 利       | 1 項<br>獲得美國 1 項、國內專利 1 項，達成預期目標   |
| 例行維持 | 舉辦研討會或說明會 | 2 場<br>3 場，達成預期目標。  |
|      | 問卷調查      | 1 次<br>1 次，達成預期目標。  |
|      | 技術服務收入    | 245 件<br>年度例行校正服務至 12 月底共 310 件，總收入為 3,416,400 元。超出預期目標。  |
|      | 能力試驗      | 3 項<br>提供輻射偵測儀器校正、環境級核種分析、中低強度級核種分析能力試驗之標準追溯源<br>達成預期目標。  |
|      | 國際量測比對    | 2 項<br>主辦亞太中能量 X 射線空氣克馬比對 (代號：APMP.RI(I)-K3)<br>參與由 NIST 主辦的 CCRI(II)-K2. Ge-68 放射核種活度量測比對活動<br>與德國國家標準實驗室進行 Ir-192 參考空氣克馬比對驗證<br>與捷克國家標準實驗室進行 Cd-109 放射活度比對驗證<br>達成預期目標。 |

### 三、重要檢討及建議

本年度的所有工作項目皆如期達成計畫目標。

本年度已結報之預算為 93.70%。預算執行率略低，主要原因如下：遙控後荷式近接治療專用之銥-192 校正射源採購更新案 (622,000 元)，因供貨廠商無

## 一〇四年度計畫執行報告摘要記錄表

法於年度內提供符合本計畫規格之射源，使預算執行率由原預估的98.96%降低至93.70%)。

本年度所有量化績效產出皆達到年度預期目標。

本年度例行校正服務至12月底前共310件收入3,416,400元。例行校正服務超出原計畫目標(全年度245件，收入240萬元)，主要原因如下：(1)本年度執行輻射偵測儀器校正能力試驗，受測實驗室送出較多的標準件要求校正。(2)原能會將電腦斷層攝影納入醫療曝露品保適用範疇，及本實驗室擴建X射線標準，使X射線標準相關校正服務量明顯增加。

本計畫之後續工作係綜合考量國內科技政策、國內市場與法規需求、策略會議結論、國際發展趨勢、國際量測比對的結果等進行規劃，搭配科專計畫、學校與醫院共同進行，期使設備、人力、經費與標準之應用得到最大綜效，因此，建請計畫審查單位持續支持本計畫所規劃的未來工作項目。

# 目 錄

| 標 題                            | 頁碼 |
|--------------------------------|----|
| 壹、基本摘要                         | 1  |
| 一、執行進度                         | 1  |
| 二、經費支用                         | 1  |
| 三、主要執行內容                       | 2  |
| 四、計畫變更說明                       | 8  |
| 五、落後原因分析                       | 8  |
| 六、主管機關之因應對策(檢討與對策)             | 8  |
| 貳、年度經費一千萬元以上科技計畫成果效益事實報告表及自評表  | 9  |
| 一、年度經費一千萬元以上科技計畫成果效益事實報告表      | 9  |
| (一) 計畫目的與內容                    | 11 |
| (二) 計畫經費與人力                    | 12 |
| (三) 計畫已獲得之主要成就與成果(output)      | 15 |
| (四) 評估計畫主要成就及成果之價值與貢獻(outcome) | 23 |
| (五) 後續工作構想及重點                  | 26 |
| (六) 檢討與建議                      | 45 |
| 二、年度經費一千萬元以上科技計畫成果效益自評表        | 47 |
| (一) 計畫目的與執行內容是否符合              | 47 |
| (二) 計畫已獲得之主要成就與成果(output)      | 47 |
| (三) 評估計畫主要成就及成果之價值與貢獻(outcome) | 48 |
| (四) 計畫經費的適足性與人力運用的適善性          | 49 |

| 標 題                | 頁碼  |
|--------------------|-----|
| (五) 後續工作構想及重點的妥適性  | 50  |
| (六) 檢討與建議          | 52  |
| 參、報告內容             | 54  |
| 一、執行績效檢討           | 54  |
| (一) 與計畫符合情形        | 54  |
| 1. 進度與計畫符合情形       | 54  |
| 2. 目標達成情形          | 60  |
| (二) 資源運用情形         | 62  |
| 1. 人力運用情形          | 62  |
| 2. 設備購置與利用情形       | 63  |
| 3. 經費運用情形          | 64  |
| (三) 人力培訓情形         | 66  |
| (四) 標準維持情形         | 67  |
| 二、成果運用檢討           | 72  |
| (一) 主要成果運用檢討表      | 72  |
| (二) 研究成果統計         | 75  |
| (三) 校正服務列表         | 76  |
| 1. 工服成果統計表         | 76  |
| 2. 量測標準系統與校正服務統計表  | 99  |
| 三、結論               | 103 |
| 肆、補充附件             | 104 |
| 補充附件1、顧客滿意度問卷調查統計表 | 104 |

| 標 題   | 頁碼  |
|---|-----|
| 補充附件 2、本實驗室主辦之 APMP RI(I)-K3 比對傳遞件及<br>參與實驗室              | 105 |
| 補充附件 3、本實驗室 CCRI(II)-K2. Ge-68 核種放射活度量測<br>結果             | 106 |
| 補充附件 4、APMP. RI(I)-S2 貝他組織吸收劑量比對結果                        | 107 |
| 補充附件 5、APMP. RI(II)-K2. Fe-59 比對結果                        | 108 |
| 補充附件 6、中子周圍等效劑量比對(代號：<br>APMP. RI(III)-S1) BIPM-KCDB 登錄結果 | 109 |
| 補充附件 7、接受 TAF 再評鑑認證結果                                     | 110 |
| 補充附件 8、石墨熱卡計進行鈷-60 量測實驗之照片及量測<br>結果                       | 112 |
| 補充附件 9、Ir-192 參考空氣克馬率原級標準建置                               | 114 |
| 補充附件 10、Cd-109 原級標準量測結果                                   | 117 |
| 補充附件 11、第六次輻射偵檢儀器校正能力試驗研討會                                | 119 |
| 補充附件 12、104 年度低階放射性廢棄物量測比對研討會                             | 120 |
| 補充附件 13、104 年度 2015 年游離輻射量測能力試驗研討會                        | 121 |
| 補充附件 14、APMP 2015 會議議程表及照片                                | 122 |
| 補充附件 15、論文報告一覽表(摘要如附件 18)                                 | 123 |
| 補充附件 16、1999-2015 年 NRSL 參加國際比對之現況                        | 127 |
| 補充附件 17、95-105 年本計畫與其他計畫之合作列表                             | 129 |
| 補充附件 18、最近五年研究成果統計表                                       | 131 |
| 補充附件 19、研究報告摘要  | 132 |
| 伍、審查意見與回覆彙整表  |     |





## 壹、基本摘要

計畫名稱：建立及維持國家游離輻射標準(1/4)

一〇四年度計畫

審議編號：104-1403-05-05-01 部會屬原計畫編號：

主管機關：經濟部標準檢驗局 執行單位：行政院原子能委員會核能研究所

計畫主持人：胡中興

聯絡人：鄧菊梅

聯絡電話：03 - 471 1400 - 7600

傳真號碼：03 - 471 1171

期 程： 104年1月~107年12月

經 費：(全程)： 57,506 千元

(年度)：11,971 千元

執行情形：

### 一、執行進度：

| 執行進度 | 預定(%) | 實際(%) | 比較(%) |
|------|-------|-------|-------|
| 本年度  | 100   | 100   | 0     |
| 全程   | 100   | 100   | 0     |

### 二、經費支用

| 經費支用 | 預定(千元) | 實際(千元) | 支用比率(%) |
|------|--------|--------|---------|
| 本年度  | 11,971 | 11,217 | 93.70   |
| 全程   | 57,506 | 11,217 | 19.51   |

### 三、主要執行內容：

本計畫配合政府科技政策與國內需求，以實現完善的研發軟硬體基礎建設及永續發展的資(能)源與環境為主軸，投入研發資源，建立及維持我國游離輻射之國家級量測標準，建構國內游離輻射領域研發與檢測之基礎環境，並協助我國度量衡專責機關(經濟部標準檢驗局)執行檢校業務，完成憲法賦予專責機關之任務。目前游離輻射研發領域已擴展至放射醫學、非破壞性檢測、材料改質、環境監測、輻射防護、放射性廢棄物回收再利用等領域，透過產業科技發展，增加民生福祉、追求優質生活，善盡對環境與社會的責任；另外，研發資源與學校及產業合作，進行人才培育，增進實驗室研究能力，並與核研所科專計畫互相配合，落實量測技術及校正標準之應用與推廣，發揮計畫的整體效益。

本年度計畫主要執行內容，依量測標準的維持與服務、精進與新建、推廣與應用三方面加以說明：

#### 維持與服務

維持量測標準並提供校正服務，是標準實驗室的基本任務。在維持國家標準與國際標準一致性任務需求下，本年度持續主辦中能量 X 射線空氣克馬比對(代號：APMP.RI(I)-K3)，另參與由 NIST 主辦的 CCRI(II)-K2.Ge-68 核種放射活度量測比對活動。其中由本實驗室主辦的中能量 X 射線空氣克馬比對，共有包括台灣 INER、日本 NMIJ、韓國 KRISS、大陸 NIM、澳洲 ARPANSA、紐西蘭 ESR、敘利亞 AEC、埃及 NIS、南非 NMISA、馬來西亞 Nuc. Malaysia、印尼 BATAN、巴西 LNMRI/IRD 共 12 個國家實驗室參加，並使用 NE 2571、Exradin A3、PTW3001 共 3 支標準游離腔作為量測標準比對件，目前標準比對件已依序傳遞紐西蘭、南非與澳洲。CCRI(II)-K2.Ge-68 核種放射活度量測比對，參與實驗室有西班牙 CIEMAT、阿根廷 CNEA、美國 NIST、巴西 LNMRI/IRD、法國 LNE-LNHB、斯洛伐

克 SMU、羅馬尼亞 IFIN-HH、瑞士 IRA、比利時 IRMM、英國 NPL、波蘭 POLATOM、德國 PTB、土耳其 TAEK、澳洲 ANSTO、韓國 KRISS、南非 NMISA、日本 NMIJ、台灣 INER 等約 18 個國家實驗室，本實驗室量測結果已傳送至主辦實驗室 NIST。另為驗證本年度完成的 Ir-192 參考空氣克馬原級標準與 Cd-109 放射活度原級標準，Ir-192 參考空氣克馬原級標準與德國 PTB 實驗室雙邊比對結果為  $INER/PTB=0.998\pm 0.027$  結果相當一致，Cd-109 放射活度與捷克 CMI 實驗室雙邊比對結果為  $INER/CMI=1.007\pm 0.044$  結果相當一致，達成年度參與 2 項以上國際比對之年度目標。參與國際間的比對活動，除可維持國家標準與國際標準的一致性，達成國際追溯外，同時藉此促進國家實驗室間的技術交流，提升實驗室的量測能力。

在校正服務方面，本年度除辦理能力試驗外，亦持續提供一般私人企業、長庚醫院、成大醫院、馬偕醫院、台電放射試驗室等，符合 ISO 17025 品質規範的一級校正服務達 306 件(統計至 11 月止)，總收入繳庫 3,373,600 元，達成全年服務 245 件的年度目標。透過這些校正服務，達成交量測標準的國內傳遞，可增進國人接受輻射診療的安全、全國輻射工作人員的工作安全、核能電廠運轉的安全與環境輻射監測的品質。

在品質系統維持方面，於 104 年 9 月 14 日至 16 日接受 TAF 再評鑑認證，並邀請澳洲國家標準實驗室 (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, ARPANSA) 專家 Dr. Duncan James Alistair Butler、日本國家標準實驗室(National Metrology Institute of Japan, NMIJ)專家 Dr. Norio Saito 與 Dr. Akira Yunoki 三名國外專家擔任技術評審委員，配合 TAF 的主評審員對實驗室的品質及技術進行 ISO 17025 符合性再評鑑。評鑑結果，本實驗室無論在技術或品質皆無缺失，順利通過認證，並於 11 月 7 日取得認證證書。

在客戶滿意度方面，以不記名問卷方式調查本實驗室在儀器接收服務、儀器取回服務、收到校正報告的時間、實驗室人員提供的電話答覆、遊校服務共 5 項主要客服項目的滿意度，平均有 99% 以上的調查結果，皆在滿意或非常滿意。

## (二)精進與新建

熱卡計為目前國際上各國游離輻射標準實驗室所新發展的輻射劑量原級標準。由於以往使用的空氣游離腔，作為量測光子輻射劑量的原級標準，有其能量上限(約 2 MeV)，超過此上限便只能使用各種議定書如美國 AAPM-51 號報告、IAEA-398 號報告，將游離腔量測結果延伸至更高能量之應用，但這些方法均會使標準不確定度增加；如使用熱卡計量測高能量輻射，則可依輻射吸收劑量的定義直接量測物質吸收之熱量，並轉換為該物質之輻射吸收劑量以作為原級標準，將可提升國家輻射劑量原級標準之量測能量上限與降低量測不確定度。本年度計畫完成石墨熱卡計標準系統整合測試與比對驗證，經調整卡計核心佈局、與更換電源供應器等改善措施後，石墨熱卡計與現有游離腔水吸收劑量標準差異已由上年度的約 4.5% 下降至 0.8%，達成差異需小於 1% 的年度目標。

Ir-192 是目前最普遍應用於高劑量率(HDR)近接治療的射源，核能研究所目前建立的 Ir-192 射源校正方法係採用能量內插的方式，校正不確定度較大，為提供國內後荷式近接治療設備更精準的劑量追溯，故而建立 Ir-192 原級標準系統。本實驗室參考 2006 年英國國家物理實驗室報告(NPL report DQL-RD 004) 並加以改進，於去年度完成原級標準游離腔、散射屏蔽、準直儀裝置、校正軌道及定位雷射等硬體製作，並完成室散射影響評估。今年度則依據新形式的 Ir-192 射源與本實驗室所自行設計的游離腔，完成 Ir-192 能譜模擬與游離腔腔壁效應評估，並以德國 PTB 校正的 Ir-192 射源進行標準量測驗證，Ir-192 參考空氣克馬率量測結果，INER(本計畫)是

$49.35 \pm 0.92\%$  ( $k=2$ ) (mGy/h)、PTB 是  $49.45 \pm 2.5\%$  ( $k=2$ ) (mGy/h)，INER/PTB =  $0.998 \pm 0.027$  ( $k=2$ )，結果相當一致。使國內 Ir-192 近接治療射源與醫用井型游離腔之校正不確定度由上年度的 2.5% 降低至 1% 以內，達成計畫目標，完成本項標準技術提升。

Cd-109 射源，常作為加馬能譜儀之校正標準射源或能力試驗用射源，在國內使用單位包括，核研所、台電核能電廠、中研院、清華大學等設有加馬能譜分析系統之研究機構、二級實驗室或檢測實驗室，這些二級實驗室或檢測實驗室，都是環境核種、放射性廢棄物核種與進出口食品放射性核種分析檢測的第一線實驗室，其準確度關係到民眾的輻射安全。本實驗室採能譜計測法與 CIEMAT/NIST 法兩種絕對活度量測技術建立 Cd-109 放射活度原級標準，降低衰變結構對量測結果的影響，並相互驗證量測結果，同時使用經捷克國家標準實驗室校正之 Cd-109 射源進行比對驗證，本實驗室使用全能譜計測法的量測結果是  $61.16 \text{ MBq/g} \pm 0.56\%$ ，而使用 CIEMAT/NIST 技術的量測結果是  $61.07 \text{ MBq/g} \pm 0.61\%$ ，兩者差異小於 1 個標準差，結果相當一致。而捷克國家標準實驗室校正的校正結果是  $60.74 \text{ MBq/g} \pm 4.4\%$ ，亦與本實驗室結果一致，完成 Cd-109 原級標準量測技術之建立，同時為能提供即時的校正服務，經原級標準校正之射源亦用於校正實驗是的  $4\pi\gamma$  游離腔系統，其校正因子由原來的  $0.1651 \text{ pA/MBq} \pm 1.7\%$  修正為  $0.17291 \text{ pA/MBq} \pm 0.60\%$ ，量測標準不確定度降低至小於 1% 達成計畫目標。

。

### (三) 推廣與應用

辦理輻射計量標準業務推廣方面：配合世界計量日活動，本計畫於 104 年 5 月 14 日於核能研究所國家游離輻射標準實驗室舉辦「第六次輻射偵檢儀器校正能力試驗研討會」。共計有來自核能電廠、清華大學、輻射偵測中

心、核研所等單位共計 36 位技術專家參與。會中進行第六次輻射偵檢儀器校正能力試驗的總結報告，及台電放射試驗室之儀器校正業務及技術報告。第六次輻射偵檢儀器能力試驗共有國內五家實驗室參加，能力試驗執行時程為 103 年 9 月至 104 年 5 月，能力試驗結果，五家實驗室皆通過測試。104 年 7 月 3 日於核能研究所國家游離輻射標準實驗室舉辦「低階放射性廢棄物量測比對研討會」，會中討論低階放射性廢棄物量測比對結果及放射性廢棄物管制狀況，共計有來原能會、各核能電廠、核研所等機構共 53 人與會。104 年 10 月 14 日於核能研究所國家游離輻射標準實驗室舉辦「2015 年游離輻射量測能力試驗研討會」，會中討論環境級核種分析與中低強度級核種分析能力試驗結果，共計有來自清華大學、各核能電廠、核研所等機構共 55 人與會。

在實驗室參訪方面，104 年 6 月 5 日，原能會、外交部、科技部共約 60 人參訪國家游離輻射標準實驗室，由實驗室人員介紹游離輻射標準 SI 單位、國際追溯鏈、國內標準傳遞與標準應用與衍生效益。104 年 9 月 18 日本都市大學「閃源會」師生計 18 名參觀國家游離輻射標準實驗室，由實驗室人員介紹實驗室標準系統及國際量測比對成果。104 年 10 月 15 日台北市內湖社區大學約 12 人，參訪國家游離輻射標準實驗室，由實驗室人員介紹游離輻射標準 SI 單位、國際追溯鏈、國內標準傳遞與標準應用與衍生效益。

人才培育與合作研究方面，本年度實驗室於縱向方面：提供嘉義大學電機系謝奇文教授及其研究生吳品樺、吳重毅進行游離腔之微小電流量測實驗，開發可量測游離腔信號之電子電路與計讀儀。協助中央大學陳鎰鋒教授博士生江昆嶸進行離子再結合相關研究。協助清華大學王竹方教授碩士生黃國通進行生化材料輻射改質相關研究。協助長庚大學碩士生陳妍希進行光子劑量量測相關研究。橫向方面：透過科專計畫、委託計畫、核研所之研

究共同基金、實驗室間研討等方式，進行量測標準或技術的傳遞與擴，分述如下：

### 1. 透過原能會委託計畫

A. 與核研所核種分析研究團隊合作，提供標準源並協助製作環境級核種分析能力試驗、中低強度級核種分析能力試驗、低階放射性廢棄物量測比對等標準樣品。另合作辦理相關能力試驗或比對，所有能力試驗參與實驗室皆通過測試。

B. 與核研所輻射安全評估研究團隊合作，發展質子誘發高能中子量測分析技術，進行現有中子劑量偵測器對高能中子量測誤差研究，發現對目前市售的一般中子劑量偵檢器量測高能中子劑量時，依偵檢器的設計約會低估 1-3 倍。

2. 透過與法人機構（如：金工中心、中科院等）或產業界（如：和鑫、千才、台灣騰協等）之委託計畫、合作意向書、座談或技術諮詢，協助其建立放射醫材檢測設施或技術，目前金工中心已建置放射醫材檢測實驗室並通過 TAF 認證。

本計畫透過各式管道，期能以國家標準實驗室為中心，結合產、學、研界之力量，融合基礎標準量測能力，法規施行及臨床應用三方面的資源，有效提升學術研究及更積極的將標準擴散至民生用途。



#### 四、計畫變更說明:

(一) 為參與 2015 年海峽兩岸第 6 屆標準計量檢驗驗證認證消費品安全研討會暨相關合作工作組會議，本計畫新增大陸公差一員，本項計畫變更於 104 年 9 月 9 日以核保字第 1040005853 號函向標準檢驗局說明，標準檢驗局於 104 年 9 月 30 日以經標四字第 10400596560 號函同意本項計畫變更案。

(二) 本計畫「參加 2015 年亞太計量組織會議及游離輻射技術委員會議」出國案，其前往國家地區誤植為亞太地區，擬修訂變更為大陸地區，另此會議之註冊費用與匯率波動高於預期，原編列 280 千元擬調整為 320 千元，不足數由原國外差旅費項下勻支。本項計畫變更本計畫於 104 年 10 月 1 日以核保字第 1040006315 號函向標準檢驗局說明，標準檢驗局於 104 年 10 月 13 日以經標四字第 10400603490 號函同意本項計畫變更案。

#### 五、落後原因分析：

無

#### 六、主管機關之因應對策(檢討與對策)

## 貳、年度經費一千萬元以上科技計畫成果效益事實報告表及自評表

### 一、104 年度經費一千萬元以上之科技計畫成果效益事實報告表

(請由計畫主持人、執行人填寫)

領域別： 31

計畫主持人 胡中興

計畫名稱(中文)『建立及維持國家游離輻射標準』(1/4)

(英文)『Establishment of National Standards for Ionizing Radiation』

(1/4)

審議編號：104-1403-05-05-01

全程期程：104 年 1 月 ~ 107 年 12 月

全程經費：57,506 千元 年度經費11,971 千元

執行機構：行政院原子能委員會核能研究所

計畫摘要：(中文)

本計畫之目的在於建立與維持我國游離輻射國家標準，執行追溯檢校業務與發展量測標準技術。本年度擬定執行之工作項目有：

#### 一、量測標準的維持與服務

1. 提供符合 ISO 17025 品質標準的校正服務

2. 參與或主辦國際量測比對(主辦亞太中能量 X 射線劑量比對活動)

#### 二、量測標準的精進與新建

1. Ir-192 原級標準系統建置(103-104)

2. 石墨熱卡計標準系統整合測試與比對驗證(103-104)

3. 建立 Cd-109 射源活度原級標準

#### 三、量測標準技術的推廣與應用

1. 輻射計量標準業務推廣及參與 APMP 等相關國際會議

2. 提供游離輻射領域各類能力試驗之標準追溯源。

關鍵字: 國家標準；游離輻射；原級標準；校正；能力試驗

計畫摘要：(英文)

## Abstract

This project aims to establish and maintain national standards of ionizing radiation in Taiwan, perform tasks of calibration and testing, and develop related technologies of measurement standards. According to the work frame, tasks items planned in this year include:

### 1.Measurement standards maintenance and services

(1).Providing calibration services complying with ISO 17025

(2). APMP/TCRI comparisons or others

### 2.Measurement standards improvement and establishment

(1).Establishment of the primary standard system for Ir-192

(2).Graphite calorimeter standard system integration/testing, and verification.

(3). Establishment of the primary standard system for Cd-109

### 3.Measurement standards technology promotion and applications

(1).Promoting radiation metrology standards and participating international conferences such as the APMP meetings.

(2).Providing standard radioactive sources for proficiency testing in the ionizing radiation field.

Keywords: national standards; ionizing radiation; primary standard; calibration; proficiency testing.

### (一) 計畫目的與內容

標檢局於 80 年 7 月以(80)台貳字第三〇四二八六號委託書，正式委託核能研究所（本所）建立及維持國家游離輻射標準，並執行領域內之檢校追溯工作。核能研究所每年度提送計畫申請書，由標檢局編列經費概算，雙方簽定年度合約後辦理該項業務。本所自 82 年度起執行本計畫，82~103 年度共執行五期的計畫。

104 年度為第六期四年計畫(104-107 年度)的第一年，繼續執行建立及維持國家游離輻射標準之業務，工作重點包括(1)持續量測標準的維持與服務，建構完整的量測追溯體系，(2)進行量測標準的精進與新建，滿足國內需求，(3)從事量測標準技術的推廣與應用，發揮技術擴散效益等三項工作目標。

為達計畫目標，104 年計畫執行內容如下表。

計畫目標與 104 年計畫執行內容

| 計畫目標                  | 104 年度執行內容   |
|-----------------------|--|
| (1) 維持國家游離輻射標準與服務     | 提供符合ISO 17025品質標準的校正服務<br>參與或主辦國際量測比對(主辦亞太中能量X射線劑量比對活動)                    |
| (2) 量測標準的精進與新建，滿足國內需求 | Ir-192原級標準系統建置(103-104)<br>石墨熱卡計標準系統整合測試與比對驗證(103-104)<br>建立Cd-109射源活度原級標準 |
| (3) 量測技術的推廣與應用        | 輻射計量標準業務推廣及參與APMP等相關國際會議<br>提供游離輻射領域各類能力試驗之標準追溯源。<br>提供游離輻射領域能力試驗標準追溯源     |

## (二) 計畫經費與人力

### 1. 計畫經費

本年度預算總經費是11,971仟元，分配及支用狀況如下表。

104年度預算分配及支用狀況表(至104年12月底)

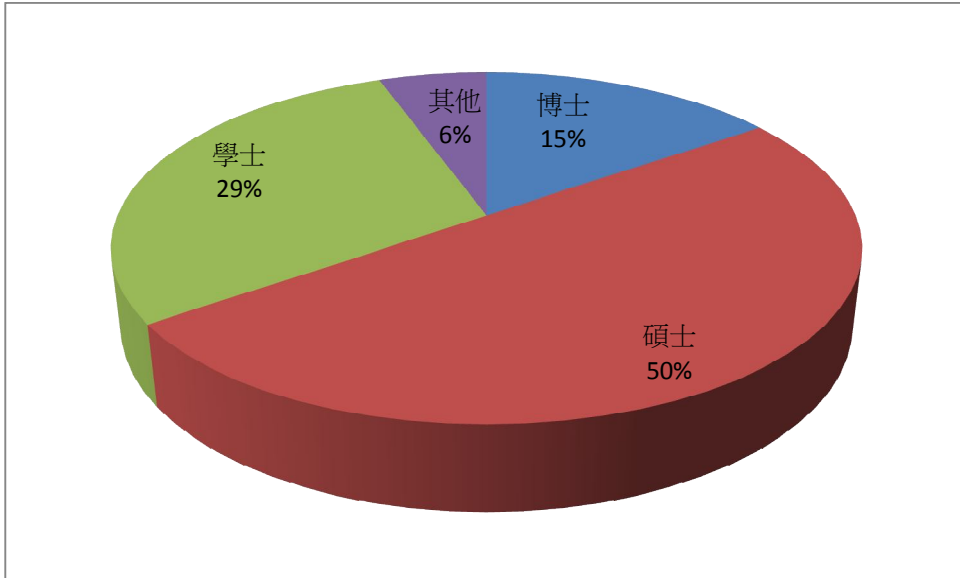
| 分配項目 | 預 算<br>(流用後) |        | 支 用    |        |        |
|------|--------------|--------|--------|--------|--------|
|      | 金額(千元)       | 佔總額(%) | 金額(千元) | 佔總額(%) | 佔分配(%) |
| 人事費  | 0            | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 業務費  | 9,771        | 81.62  | 9,047  | 75.57  | 92.59  |
| 設備費  | 2,200        | 18.38  | 2,170  | 18.13  | 98.64  |
| 合 計  | 11,971       | 100.00 | 11,217 | 93.70  | 93.70  |

104 年度各分項工作預算支用狀況表(至 104 年 12 月底)

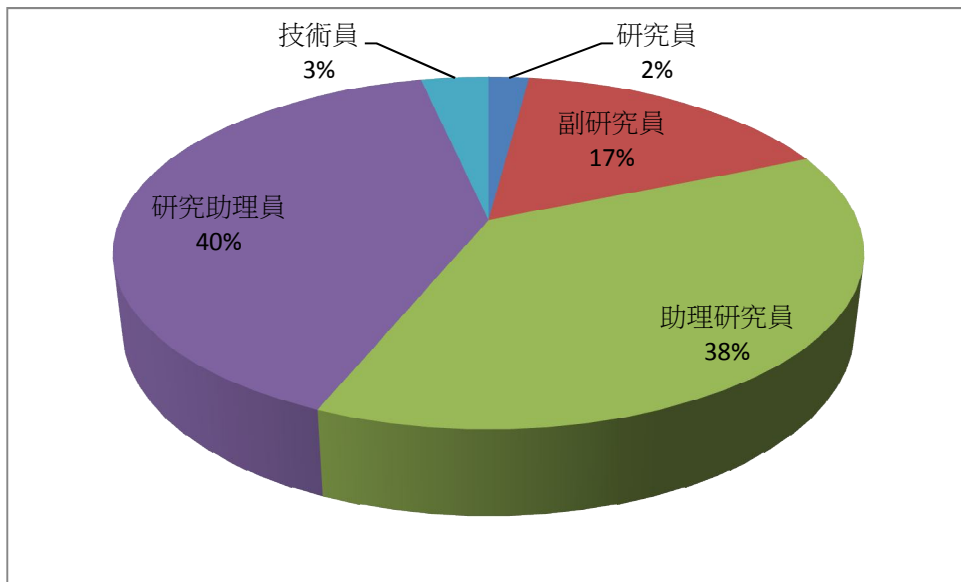
| 分項工作名稱          | 104 年<br>度預算 | 104 年度支用數 |         |         |          |          |          |          |
|-----------------|--------------|-----------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|
|                 | 小計           | 小 計       | 經常支出    |         |          | 資本支出     |          |          |
|                 |              |           | 人事<br>費 | 材料<br>費 | 其它費<br>用 | 土地<br>建築 | 儀器<br>設備 | 其它<br>費用 |
| 1. 量測標準的維持與服務   | 7,781        | 7,159     | 0       | 414     | 5,651    | 0        | 1094     | 0        |
| 2. 量測標準的精進與新建   | 3,232        | 3,232     | 0       | 382     | 1774     | 0        | 1076     | 0        |
| 3. 量測標準技術的推廣與應用 | 958          | 826       | 0       | 159     | 667      | 0        | 0        | 0        |
| 總 計             | 11,971       | 11,217    | 0       | 955     | 8,092    | 0        | 2,170    | 0        |

## 2. 計畫執行人力

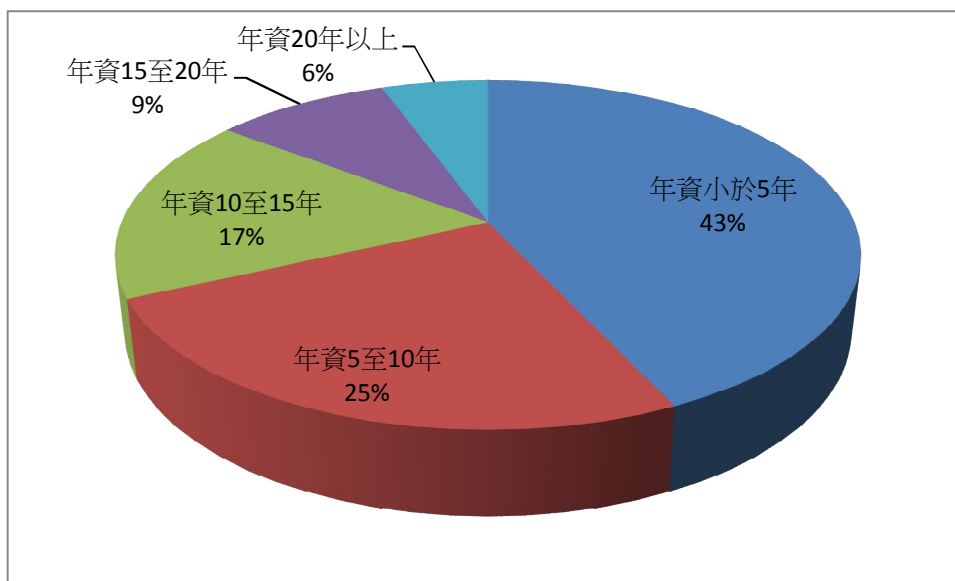
本年度計畫總人力是12.0人年（144人月，至12月底）。人力學歷分佈如圖一，職級分佈如圖二，年資人力分佈如圖三。



圖一、學歷分佈圖



圖二、職級分佈圖



圖三、年資人力分佈圖

### 104 年度各分項工作使用人力

| 各分項工作名稱      | 104 年度 | 104 年度使用人力 |               |           |            |           |          |
|--------------|--------|------------|---------------|-----------|------------|-----------|----------|
|              | 預定人力   | 職 級        |               |           |            |           |          |
|              | 總人力    | 總人力        | 研究員級<br>(含)以上 | 副研究<br>員級 | 助理研<br>究員級 | 研究助<br>理級 | 技術人<br>員 |
| 量測標準的維持與服務   | 7.80   | 7.80       | 0.13          | 0.70      | 3.27       | 3.40      | 0.30     |
| 量測標準的精進與新建   | 3.00   | 3.00       | 0.10          | 1.00      | 1.50       | 0.30      | 0.10     |
| 量測標準技術的推廣與應用 | 1.20   | 1.20       | 0.07          | 0.30      | 0.53       | 0.30      | 0.00     |
| 合計           | 12.00  | 12.00      | 0.30          | 2.00      | 5.30       | 4.00      | 0.40     |

### (三)、計畫已獲得之主要成就與成果(output)

本年度計畫執行之主要成果，依量測標準的維持與服務、精進與新建、推廣與應用三方面分述如下：

#### 1. 量測標準的維持與服務

##### (1)提供 ISO 17025 品質標準的校正服務

為確保實驗室校正標準之品質及各項校正服務作業均能符合 ISO 17025(2005)規範之要求，經由訂定 104 年度實驗室品質稽查計畫、執行稽核作業、品保檢測及顧客滿意度調查，並針對稽核結果及顧客滿意度調查意見進行檢視，提出矯正措施，且依 ISO 17025(2005) 規範之要求，每年檢討品質文件，嚴格品質管理，統計年度例行校正服務至 104 年 12 月底共 310 件收入 3,416,400 元，達成年度計畫目標。另完成年度顧客滿意度調查，其結果如補充附件 1，綜合而言滿意或非常滿意的比例達 99%。

##### (2)國際量測比對

A. 持續主辦中能量 X 射線空氣克馬比對(代號：APMP.RI(I)-K3)，計有日本、韓國、大陸、印度、馬來西亞、印尼、澳洲、紐西蘭、敘利亞、南非、埃及、巴西等 12 個亞太及美洲計量組織會員國參與，本年度完成國際度量衡局(BIPM)的關鍵比對資料庫(KCDB)的比對計劃書登錄、標準傳遞件之穩定性測試等作業，並開始將標準件傳遞至各參與國家，目前已傳遞至澳洲 ARPANSA 實驗室。在標準件傳遞過程中，發生其中一件標準件(NE 2571)異常之情事，而需更換標準件，使原先安排在最先量測的紐西蘭 ESR 實驗室與馬來西亞 Nucl.Malaysia 實驗室需重測並重新安排量測時間。詳如補充附件 2。整體而言目前執行情況皆能符合規畫之時間表，預計 2017 年 5 月完成所有量測作業。

B. 參與由 NIST 主辦的 CCRI(II)-K2.Ge-68 核種放射活度量測比對，



共有西班牙、阿根廷、美國、巴西、法國、斯洛伐克、羅馬尼亞、瑞士、比利時、英國、波蘭、德國、土耳其、澳洲、韓國、南非、日本、台灣等 18 個國家實驗室參與比對活動，量測比對期程為 2014 年 11 月至 2015 年 9 月，本實驗室使用 CIEMAT/NSIT 技術進行量測，量測結果為  $618.3 \text{ kBq/g} \pm 0.32\%$ ，並已將結果提交至主辦實驗室，量測結果詳如補充附件 3。

C. 於 2013-2014 年間參加由日本 NMIJ 主辦的貝他射線組織吸收劑量率比對活動(代號：APMP.RI(I)-S2)，其量測比對結果已於 2015 年的 TCRI/APMP 會議中公布，量測結果詳如補充附件 4，本實驗室結果良好，量測結果與國際平均值之差異皆在量測不確定度範圍內。

D. 2014 年參加由日本 NMIJ 主辦的亞太 Fe(鐵)-59 放射源活度量測比對(代號：APMP.RI(II)-K2.Fe-59)，量測比對結果於 2015 年 TCRI/APMP 會議中公布，本實驗室量測結果與國際參考值之差異小於量測不確定度，結果相當一致。詳如補充附件 5。

E. 2012 年參與韓國 KRISS 主辦的中子周圍等效劑量比對(代號：APMP.RI(III)-S1)，比對結果已登錄於 BIPM KCDB，本實驗室結果良好。詳如補充附件 6。

### (3) 接受 TAF 再評鑑認證

為繼續保持 ISO 17025 認證資格、符合 APMP 對國家實驗室品質系統的要求，與符合 CIPM 相互認可協議對國家實驗室的符合要項，本年度接受 TAF 對本實驗室的再評鑑認證，並依據同儕評鑑的原則，邀請澳洲國家標準實驗室(ARPANSA)專家 Dr. Duncan James Alistair Butler、日本國家標準實驗室(NMIJ)專家 Dr. Norio Saito 與 Dr. Akira Yunoki 三名國外專家擔任技術評審委員，配合 TAF 的主評審員，於 104 年 9 月 14 日至 16 日對實驗室進行 ISO 17025 符合性再評鑑認證。評鑑結

果，本實驗室無論在技術或品質皆無缺失，順利通過認證，並於 11 月 7 日取得認證證書。詳如補充附件 7

## 2. 量測標準的精進與新建

### (1) 石墨熱卡計標準系統整合測試與比對驗證

熱卡計為目前國際上各國游離輻射標準實驗室所新發展的輻射劑量原級標準，主要用於高能粒子吸收劑量之量測。由於以往使用的空氣游離腔，作為量測光子輻射劑量的原級標準，有其能量上限(約 2 MeV)，超過此上限便只能使用各種議定書如美國 AAPM-51 號報告、IAEA-398 號報告，將游離腔量測結果延伸至更高能量之應用，但這些方法均會使標準不確定度增加；如使用熱卡計量測高能量輻射，則可依吸收劑量的定義直接量測物質吸收之熱量，並轉換為該物質之吸收劑量以作為原級標準，可提升國家輻射劑量原級標準之能量上限與降低量測不確定度，無須再依 AAPM-51 號報告或 IAEA-398 號報告做能量上的轉換。本年度計畫完成石墨熱卡計標準系統整合測試與比對驗證，此系統利用加熱器與周邊電橋電路，使石墨卡計核心溫度維持在略高於室溫的特定溫度點上，當 Co-60 加馬射線照射卡計時，系統會降低加熱器之功率，使石墨卡計核心溫度仍舊維持在特定溫度點上，藉由加熱器在加馬射線照射前、後所提供的功率差異，得出加馬射線的吸收劑量率。經調整卡計核心佈局、與更換電源供應器等改善措施後，石墨熱卡計與現有游離腔水吸收劑量標準差異已由上年度的約 4.5% 下降至 0.8%，達成差異需小於 1% 的年度目標，且量測穩定度亦較上年度大幅改善，量測數據資料的跳動約降低 50%，量測組合標準不確定度約 0.49%。詳如補充附件 8。環境溫度對於熱卡計之影響主要可分為兩部分，即維持恆溫的加熱功率改變，以及測溫電橋的電阻改變，分析如

下：

1. 當環境溫度改變後，熱卡計維持恆溫所需的加熱功率也會跟著改變，熱卡計核心維持恆溫之加熱功率約為  $4 \times 10^{-5}$  W，而每度溫度變化造成的核心加熱功率改變量則約有  $3.3 \times 10^{-3}$  W/°C，因此須將核心維持於恆溫於  $10^{-5}$  °C 內，影響量才可忽略而核心的外層有夾克及護套的保溫作用，環境溫度改變所造成的衝擊會大幅減少則可忽略。
2. 石墨卡計測溫電橋目前所使用的電阻為 8000 Ω，溫度係數約為 10 ppm/°C，換算即為 0.08 Ω/°C。本實驗室目前 Co-60 劑量率約為 40 Gy/hr，而每戈雷輻射劑量造成的熱敏電阻改變量約為 0.42 Ω/Gy，照射 1 小時即改變 16.8 Ω，如這一小時內測溫電橋之溫度改變 1°C，則將造成約 0.48% 的量測誤差。

## (2) Ir-192 原級標準系統建置

Ir-192 是目前最普遍應用於高劑量率(HDR)近接治療的射源，核能研究所為能為提供國內後荷式近接治療設備更精準的劑量追溯，建立 Ir-192 原級標準系統。本實驗室參考 2006 年英國國家物理實驗室之設計並加以改進，於上年度完成硬體建置，本年度完成劑量標準建置，先後完成 Ir-192 能譜模擬、游離腔腔壁效應評估及 Ir-192 射源一米處之參考空氣克馬率標準，並與德國 PTB 實驗室之校正射源進行比對驗證，雙方差異小於量測不確定度(0.92%)，結果相當一致，達成量測標準不確定度小於 1% 的計畫目標。詳如補充附件 9。

## (3) Cd-109 射源活度原級標準

Cd-109 射源，常作為加馬能譜儀之校正標準射源或能力試驗用射源，在國內的第一線輻射環境或食品檢測實驗室如核研所、台電核能電廠、中研院、清華大學等皆須此核種進行加馬能譜分析之校正，因此其準確度關係到民眾的環境輻射安全與飲食安全。Cd-109 為純電子捕獲衰

變核種，衰變成處於 88 keV 亞穩態之 Ag-109，並伴隨發射能量在 22 至 25.5 keV 之間的 KX-ray，或發射能量在 18 至 25.5 keV 之間的 Auger electron。處於亞穩態之 Ag-109，在約 39.6 秒之後轉變至 Ag-109 基態，此時，約有 3.6% 機率發射能量為 88 keV 之  $\gamma$ -ray，或有 95% 機率發射能量在 63 至 88 keV 之間的 Conversion Electron，並亦伴隨發射能量在 22 至 25.5 keV 之間的 KX-ray。若使用傳統的  $4\pi$  ce-X 符合計測技術時，需同時偵測 KX-ray 及 Conversion Electron，並對相關的衰變結構參數做修正，經衰變結構分析與計算，當系統對 Conversion Electron 的偵測效率達 100% 時，量測結果需除以 2.877 ( $\pm 0.87\%$ )，才能得到正確活度，由於衰變結構造成的修正量大(達 2.877 倍)且引入的量測不確定度亦太高(0.87%)，因此本實驗室改採能譜計測法與 CIEMAT/NIST 法兩種絕對活度量測技術建立 Cd-109 放射活度原級標準，降低衰變結構對量測結果的影響，並相互驗證量測結果，同時使用經捷克國家標準實驗室校正之 Cd-109 射源進行比對驗證。能譜計測法主要使用液態閃爍計數器量測 Cd-109 釋放的 Conversion Electron，藉由測定其數量得出放射源活度，而 CIEMAT/NIST 技術是由西班牙國家實驗室 CIEMAT 與美國國家實驗室共同發展的量測技術，使用一般商業用液態閃爍計數器發展出的原級標準量測技術。量測結果，能譜計測法 = 61.16 MBq/g  $\pm 0.56\%$ 、CIEMAT/NIST 技術 = 61.07 MBq/g  $\pm 0.61\%$ ，兩者差異小於 1 個標準差結果一致，而捷克國家標準實驗室校正結果 = 60.74 MBq/g  $\pm 4.4\%$ ，亦與本實驗室結果一致，完成 Cd-109 原級標準量測技術之建立。經原級標準校正之射源亦用於校正本實驗室的  $4\pi\gamma$  游離腔系統，校正因子由原來的 0.1651 pA/MBq  $\pm 1.7\%$  修正為 0.17291 pA/MBq  $\pm 0.63\%$ ，量測標準不確定度降低至小於 1% 達成計畫目標。[詳如補充附件 10。](#)

### 3. 量測標準的推廣與應用

#### (1) 輻射劑量標準業務推廣

本年度完成研討會 3 場、開放實驗室參觀共 3 次總計 90 人次，推廣校正技術、服務業務、宣導校正追溯的正確觀念與國際宣傳，同時了解領域內的計量技術及其國內與國際發展現況與應用方向，並與國內其他科專計畫與機構進行分工與合作研究，使量測標準可直接支援或應用於其他計畫與機構，達到技術擴散的目的。詳細說明如下：

5 月 14 日於核能研究所國家游離輻射標準實驗室舉辦「第六次輻射偵檢儀器校正能力試驗研討會」。共計有來自核能電廠、清華大學、輻射偵測中心、核研所等單位共計 36 位技術專家參與。會中進行第六次輻射偵檢儀器校正能力試驗的總結報告，及台電放射試驗室之儀器校正業務及技術報告。第六次輻射偵檢儀器能力試驗共有國內五家實驗室參加，皆通過測試。相關佐證資料如**補充附件 11**。

7 月 3 日於核能研究所國家游離輻射標準實驗室舉辦「低階放射性廢棄物量測比對研討會」，會中討論低階放射性廢棄物量測比對結果及放射性廢棄物管制狀況，共計有來自原能會、各核能電廠、核研所等機構共 53 人與會。相關佐證資料如**補充附件 12**。

10 月 14 日於核能研究所國家游離輻射標準實驗室舉辦「2015 年游離輻射量測能力試驗研討會」，會中討論環境級核種分析與中低強度級核種分析能力試驗結果，共計有來自清華大學、各核能電廠、核研所等機構共 55 人與會。相關佐證資料如**補充附件 13**。

於 10 月 30 日至 11 月 6 日，赴大陸參與 APMP 年會及 TCRI 技術研討會，並於會中報告本實驗室年度工作成果，以及本實驗室主辦亞太中能量 X 射線比對活動之進度。相關佐證資料如**補充附件 14**。

實驗室積極開放外界參觀，介紹游離輻射標準追溯鏈之重要性並推動量測標準追溯之觀念。6月5日，原能會、外交部、科技部共約60人參訪國家游離輻射標準實驗室，瞭解實驗室技術服務能量。9月18日本都市大學「閃源會」師生計18名參觀國家游離輻射標準實驗室，了解實驗室標準系統及國際量測比對成果。10月15日台北市內湖社區大學約12人，參訪國家游離輻射標準實驗室，了解游離輻射標準 SI 單位、國際追溯鏈、國內標準傳遞與標準應用與衍生效益。

### (2)提供游離輻射領域能力試驗標準追溯源

本年度持續提供輻射偵測儀器校正、環境級核種分析、中低強度級核種分析能力試驗所需之標準射源，促進國內二級實驗室量測技術的能力與強化校正追溯鏈，並擴展未來本所與各相關單位的合作契機，達到業務推廣的目的。

### (3)技術合作

人才培育與合作研究方面，本年度實驗室於縱向方面：提供技術諮詢與討論予中央大學物理系陳鎰鋒教授及其研究生(江昆嶸)，進行離子再結合相關研究。提供嘉義大學電機系謝奇文教授及其研究生吳品樺、吳重毅進行游離腔之微小電流量測實驗，開發可量測游離腔信號之電子電路與計讀儀。協助清華大學王竹方教授碩士生黃國通進行生化材料輻射改質相關研究。協助長庚大學碩士生陳妍希進行光子劑量量測相關研究。橫向方面：透過科專計畫、委託計畫、核研所之研究共同基金、實驗室間研討等方式，進行量測標準或技術的傳遞與擴，分述如下：

#### 1.透過原能會委託計畫

A. 與核研所核種分析研究團隊合作，提供標準源並協助製作環境級核

種分析能力試驗、中低強度級核種分析能力試驗、**低階放射性廢棄物量測比對等**標準樣品，完成能力試驗與比對，所有參與實驗室皆通過測試。

B.與核研所輻射安全評估研究團隊合作，發展質子誘發高能中子量測分析技術，進行現有中子劑量偵測器對高能中子量測誤差研究，發現對目前市售的一般中子劑量偵檢器量測高能中子劑量時，依偵檢器的設計約會低估1-3倍。

2.透過與法人機構（如：金工中心、電子檢驗中心、中科院等）或產業界（如：和鑫、友達、台灣騰協等）之委託計畫、合作意向書、座談或技術諮詢，協助其建立放射醫材檢測設施或技術，目前金工中心已建置放射醫材檢測實驗室並通過TAF認證。

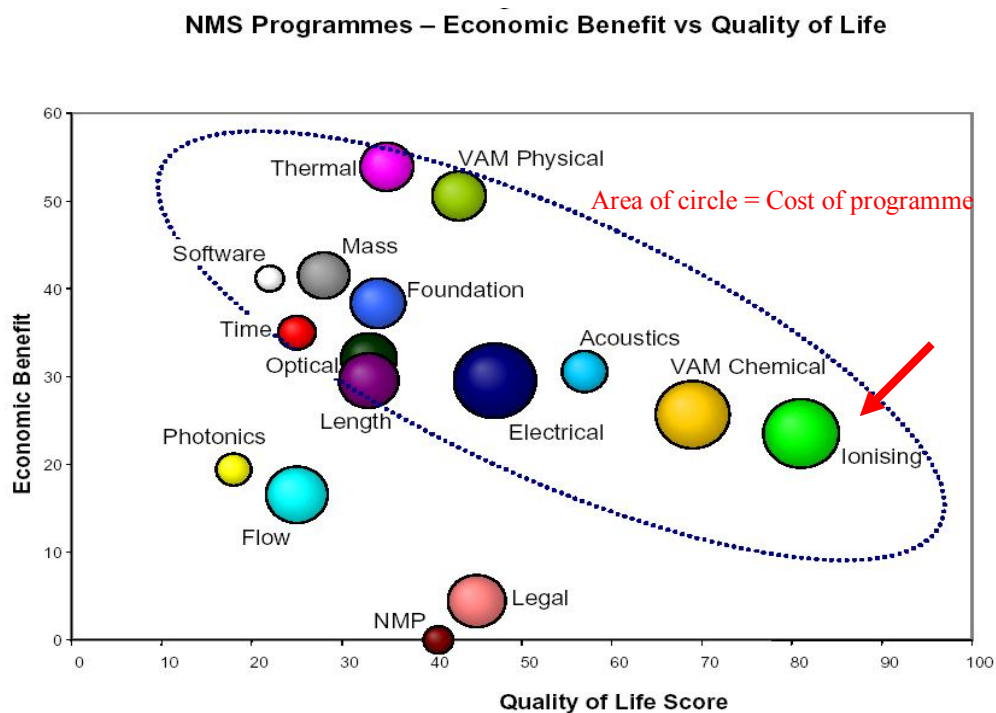
本計畫透過各式管道，期能以國家標準實驗室為中心，結合產、學、研界之力量，融合基礎標準量測能力、法規施行、臨床及產業應用三方面的資源，有效提升學術研究及更積極的將標準擴散至民生用途。

#### 4. 研究成果

本年度已發表SCI期刊2篇、SCI投稿修訂中2篇、國際會議論文3篇、技術報告18篇及出國報告2篇，共計發表27篇，詳如論文報告一覽表(**補充附件 15**)及研究報告摘要(**補充附件 19**)。

#### (四)、評估計畫主要成就及成果之價值與貢獻(outcome)

游離輻射標準的成就與成果之價值與貢獻，多屬社會效益，依據英國國家實驗室於 1999 年對各項標準類別所做的評估結果（如下圖）顯示，



游離輻射標準有最高的社會效益指標(Quality of Life Score)分數，經濟效益指標(Economic Benefit)則相對較低，此雖是英國的調查結果，但其間的相對關係在國內仍極具參考價值。

本計畫所建立標準的衍生效益說明如下：

##### 1. 放射醫學效益

國內接受高能遠距放射治療之民眾，依據 103 年衛生福利部統計處之資料顯示約 127 萬人次。遠隔治療劑量之標準，直接追溯至本



實驗室的 Co-60 劑量標準。健保局對直線加速器遠隔照射治療每一視野的給付額約 1300 元，以此估算，國家健保支出單就輻射劑量的給付約 16 億元。在乳房攝影方面，依據衛生福利部中央健康保險署的統計，103 年度接受乳房攝影檢查的民眾約有 18 萬人，其劑量標準直接追溯至本實驗室，而健保對乳房造影術的給付額約 1200 元，以此估算此項付出約 2.1 億元。在核子醫學方面，其核醫藥物活度標準追溯至本實驗室之活度標準，依據 103 年 103 年衛生福利部統計處之資料顯示，接受核子醫學(含正子)掃描檢查的民眾約 56 萬人次，健保對此項掃描檢查的給付額(以鎇-99m 甲狀腺掃描 Tc-99m thyroid scan 為例)約 1300 元，合計約 7.2 億元。本計畫現有的標準服務，在放射醫學領域，可促使每年數十億的健保支出更具品質，保障民眾獲得正確的輻射治療劑量，降低民眾的輻射診斷劑量。

## 2. 輻防與環保效益

游離輻射量測標準的建立或不能直接解決原子能產業的環境、社會問題，但卻能提供正確的資訊，協助作出正確的判斷與作為，大幅提高原子能相關應用的範圍、效益與安全。如本計畫建立國內輻射防護與環境監測的各項標準，促使輻射防護主管機關(原子能委員會)，得以有效推行各項輻射防護法規，訂定各項量測限值，保障國內 4 萬 8 千名輻射從業人員之輻射安全，控制並確保國人生活環境不受放射性廢棄物之影響，促使核電產業得以安全運轉，同時在日本福島核災事件中，國內各能力試驗合格的第一線核種分析實驗室，皆加入環境、食品等樣品之分析，消除國人對輻射物質入侵台灣的疑慮。

## 3. 經濟效益

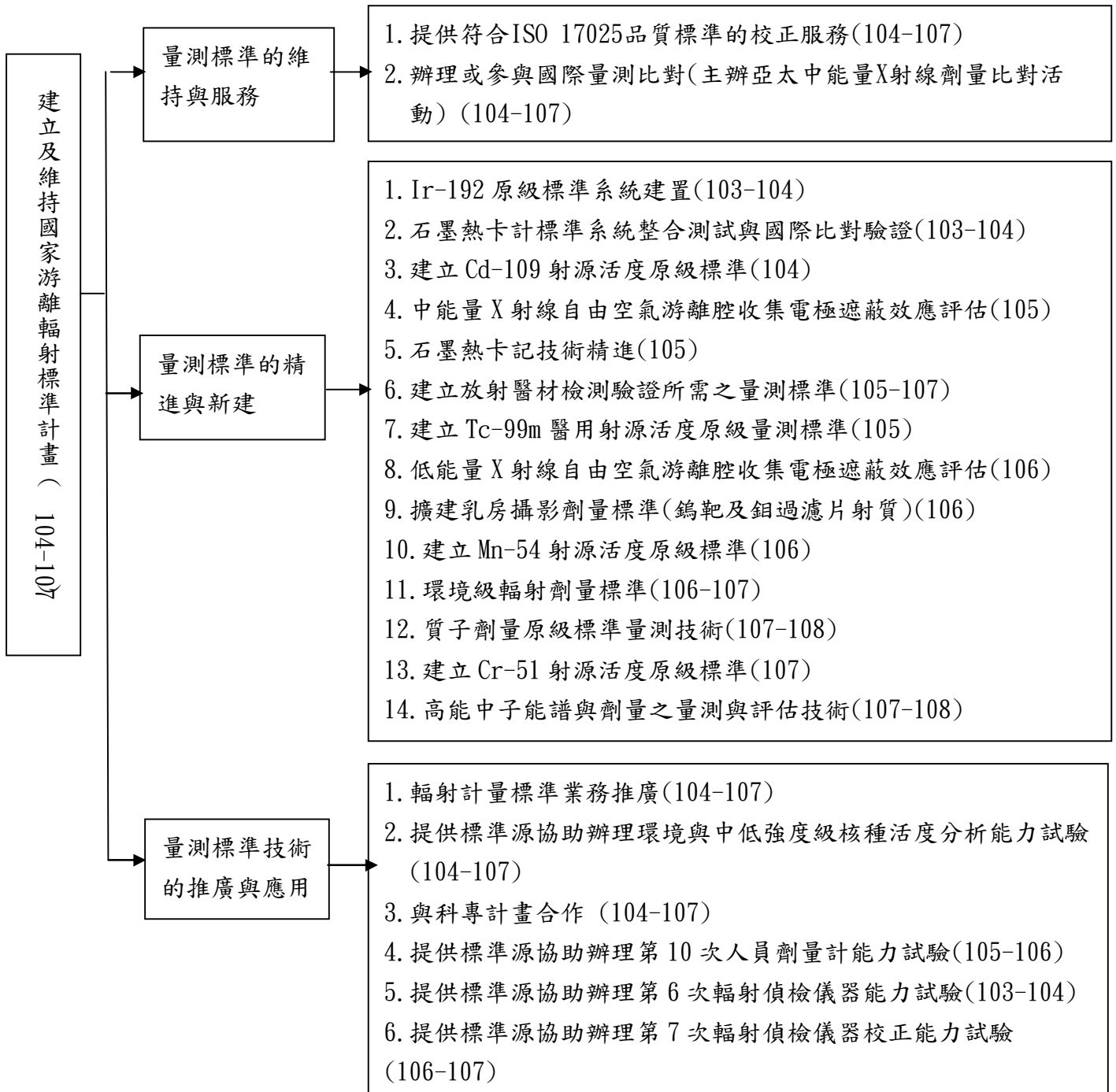
本計畫每年約完成 250 件校正服務，收入約 240 萬元，約佔年度計畫經費的 20%，比例看似無奇，但若將這些量測儀器送至國外校正，

其花費金額約是目前的3倍（約5萬元/件）以上，所花費的時間更是目前的5倍（約2個月/件）以上；因此本計畫之執行，除增加國庫收入外，無疑的亦替國內的標準使用客戶，節省了大量的時間與資金成本，同時提供即時的技術支援，支持標準使用客戶據以有效並即時發展各項產業活動，無形中擴大本計畫衍生之經濟效益。舉例而言，游離輻射領域各二級檢測實驗室，如台電放射試驗室、清華大學輻射儀器校正實驗室等，在近3年之送校金額約佔本實驗室校正收入的30%（約每年70萬），但其校正檢測業務年產值約7千萬元，單就此項，其經濟效益之放大倍率即達100倍。而在放射醫學方面，目前如台大醫院、長庚醫院、榮民總醫院、三軍總醫院、慈濟醫院、國泰醫院等各醫院放射腫瘤部門，皆將其標準件直接送至本實驗室校正，其送校量約佔本實驗室校正量的65%（約每年156萬元）；此標準件先用於校正其放射治療設備之輻射劑量，而後對病患施行照射治療；若無本計畫，此項操作將難以準確有保障的執行。國民健康的維護，不僅對社會安定產生影響，對後續國民經濟活動的產值、國家預算的支出皆有重大之影響。

### (五)、後續工作構想及重點

本計畫的後續工作重點為：1. 持續量測標準的維持與服務，建構完整的量測追溯體系，2. 進行量測標準的精進與新建，滿足國內需求，3. 從事量測標準技術的推廣與應用，發揮技術擴散效益，

104-107 年度工作規劃架構如下：



有關各項工作重點的國內需求與問題評析如下：

## 1. 量測標準的維持與服務

### (1) 校正追溯服務

國內目前有 6 家二級儀器校正實驗室(台電 2 家、學術機構 1 家、政府部門 2 家、軍方 1 家)，每年約提供全國 14,000 部輻射量測儀器的校正服務；人員劑量評估實驗室國內現有 9 家(4 家政府機構、1 家學術機構、2 家法人機構、2 家私人企業)，每年約提供全國 540,000 片人員劑量計的輻射劑量評估服務；核種分析實驗室有 9 家(皆屬政府機構)，負責國內環境、輻射作業場所、食品、商品等樣品之核種分析，基於原能會與實驗室認證規範的要求，此 24 家游離輻射領域的二級校正或測試實驗室的量測標準件，每年須送本實驗室校正，而各類實驗室量測能力試驗之標準源亦皆由本實驗室提供。醫院放射治療部門於原能會醫療曝露品質保證計畫的要求下，所有醫院的放射治療劑量標準，皆每年直接追溯至本實驗室；放射診斷部門所需標準，本實驗室目前已完成乳房攝影掃描之劑量與公稱電壓標準、電腦斷層掃描劑量標準及透視造影劑量標準，原能會於 97 年推動乳房攝影醫療品保、100 年推動電腦斷層掃描醫療品保，故目前醫院的乳房攝影劑量、電腦斷層掃描已陸續追溯至本實驗室；核子醫學部門於原能會定期抽查安檢要求下，其放射核種活度校準儀每年皆須校正，此項校正原由本實驗室執行，但因工作量太大，影響其他重要標準的維持與研發工作，而將此項業務移轉至核研所二級實驗室執行。依據檢校分級的原則及對照國外實驗室的分工，國家標準實驗室主要服務的對象應是二級校正實驗室或測試實驗室，然目前本實驗室服務的大宗卻是直接來自各級醫院(約佔總校正量的 65%)，此對實驗室儀器、人力皆是沈重的負擔與耗損，且相對擠壓標準系統精進與研發資源，在面

對國際同儕皆在大步向前提升技術、深植基礎科學能力的氛圍中，此現象對國家標準實驗室進行國際追溯、國際等同與國際競爭時，是不利的因素之一。在國內二級實驗室作業能量與能力許可情況下，如何將國家實驗室已發展成熟的校正技術逐步移轉至二級實驗室，應是未來可思考的課題。

## (2) 標準維持與國際比對

簽署全球相互認可協定的資格，除了是米制公約的會員國外，國際度量衡大會(CGPM, General Conference of Weights & Measures)的仲會員亦可簽署全球MRA(Mutual Recognition Arrangement)。本實驗室目前為APMP的正會員及CGPM的仲會員，並於91年6月4日由當時的標檢局林能中局長代表簽署MRA。歷年來已建立14項標準系統，其中有7項為原級標準，所有原級標準與國際比對的結果均能在等同範圍內，至104年止，有17個項目的比對結果進入KCDB，詳如**補充附件16**。另外在量測校正能力(Calibration and Measurement Capabilities, CMC)表的審查上，本實驗室共送出89項，已於95年10月全數通過全球各大計量組織與CIPM(International Committee for Weights and Measures)之審查，正式登錄BIPM附錄C資料庫。在實驗室品質認證上，90年度依據ISO 17025修正實驗室的品質手冊，完成實驗室認證，並於93、96及99、104年度通過TAF再評鑑。在全球相互認可協定的議題上，本實驗室的CMC表雖已進入BIPM的資料庫，但其中自我宣告的量測能力佐證資料仍須由後續的國際量測比對活動加以支持，才能持續為國際社會所接受。因此對既有標準仍須持續精進，提升量測水準，並參與國際或區域組織辦理的國際量測比對活動加以確證完成國際追溯。由於我國非CGPM的正會員，無法

直接參與 BIPM 的量測比對活動完成國際追溯，因此國際量測比對的機會與佐證資料相對較少，所以對 APMP 的技術活動本計畫更應積極參與，期能藉由 APMP 的比對活動達到國際追溯之目的。

## 2. 量測標準的精進與新建

### (1) 放射治療領域

國內接受遠隔放射治療的病人每年平均約達 100 萬人次以上，接受近接治療的病人，每年約 6,500 人次，目前本實驗室 Co(鈷)-60 加馬射線劑量標準，可提供遠隔治療劑量標準的校正，採用的原級標準件是球形空氣游離腔。以球形空氣游離腔作為劑量原級標準件，其量測之光子能量僅能達到 2 MeV，大於 2 MeV 之光子或高能荷電粒子(電子、質子、 $Z < 18$  之重荷電粒子等)劑量則需依靠理論修正加以計算轉換，如 AAPM TG 21(1983)、AAPM TG 51(1999)、IAEA TRS-398(2006)報告即是目前國際廣為使用的轉換準則。時至今日，高能直線加速器(6 MV-15 MV) 已是國內放射治療的主要設備，高能量質子治療設施亦已引進國內，因此發展高能光子(荷電粒子)劑量直接度量技術應是未來實驗室需努力之方向。石墨熱卡計或水熱卡計技術，是目前國際上採用的高能光子(荷電粒子)原級標準劑量量測技術，本計畫於 100 年度開始建置此技術與量測系統，研製石墨熱卡計的核心元件，至 104 年初步建置完成，其對 Co-60 的水吸收劑量標準差異約 0.8%，標準不確定度約 0.5%，已達實用階段，但仍有許多部份需要精進，如提高石墨熱卡計的量測準確度、穩定度、降低對環境溫度的敏感度、縮小卡計的體積與重量，簡化量測電路等工作，並須設置醫用加速器設施與劑量量測標準，方可建立不必透過 Co-60 射源與繁雜之轉換因子的高能量光子劑量量測標準，並能將此技術延伸應用至質子治療劑量、

電子劑量、小照野劑量等領域，符合國際潮流。

近接治療標準方面，於 104 年完成 Ir-192 參考空氣克馬標準之建置，後續需透過國際量測比對，將此標準與國際標準接軌。

質子治療方面，長庚醫院質子治療機已正式運轉，高能質子射束劑量，目前可由 Co-60 水吸收劑量標準，再透過 IAEA TRS-398 號報告進行轉換來量測質子劑量，但量測不確定度較大，因此原級標準量測技術與系統有待建置。高能質子誘發高能中子，是質子治療機的另一問題，目前本實驗室僅能提供 Cf-252 中子源標準劑量（平均中子能量約 2 MeV），如何量測能量超過 100 MeV 的中子，將會是另一議題。

## (2) 放射診斷與核醫領域

游離輻射在放射診斷上的應用極為廣泛，如乳房攝影(103 年約 18 萬人)、電腦斷層掃描(103 年約 195 萬人次)、核子醫學(含正子)掃描(103 年約 56 萬人次)等，目前本實驗室已建立乳房攝影 X 射線劑量原級量測標準(鉬靶及銨靶 X 光機)、公稱電壓標準、電腦斷層標準及血管攝影檢查採用的劑量與面積乘積校正標準，與 F(氟)-18、Tl(鉍)-201、Ga(鎩)-67、Re(銻)-188、I(碘)-131、In(銻)-111 與 I(碘)-123 核醫用射源系列之活度原級標準。醫療曝露品質保證計畫已在放射治療部分正式執行，且分別在 97 年則將乳房攝影，100 年將電腦斷層掃描品質保證納入此計畫中。乳房攝影標準劑量與公稱電壓標準，自 92 年建立至今，已漸不符使用，新的 X 射線乳房攝影儀，開始採用鎢靶 X 光機與鉬過濾片作為光源，而公稱電壓標準現階段只提供到乳房攝影的電壓範圍（50 kVp 以下），而其他的放射醫學影像設備亦有量測公稱電壓之需求(80 至 160 kVp)，本計畫有必要跟上使用者的腳步進行標準擴建。而核子醫學造影的劑量將是較可能列為下一波醫療曝露品質推行的對象。在核子醫學方面，核醫藥物活度的追

溯標準已建立，然為降低其量測不確定度及增進標準自主化，仍須建立其原級標準量測技術。

### (3) 輻射防護與環保領域

在輻射防護與環保領域，目前有 6 家二級儀器校正實驗室、9 個人員劑量評估實驗室與 9 家核種分析實驗室，進行第一線的檢校業務，確保人員、設施與環境之輻射安全。在環境劑量標準方面，目前本實驗室標準輻射場可產生之劑量率約(300mGy/h)，無法直接提供各二級實驗室環境級劑量標準游離腔(大體積>3000 cc)校正，而是校正體積較小 (<1000 cc) 的游離腔，再由二級實驗室自行依據其品保程序將劑量率標準延伸至環境級，其延伸的準確度難以精確認定。此外現有二級實驗室的環境級標準輻射場最低只能到約 10  $\mu$ Sv/h(實際的環境劑量約 0.2 $\mu$ Sv/h)仍不夠低。在 2011 年的福島事件中，國內的各式環境劑量偵測儀器被大量使用，然其讀值差異頗大，容易引起不必要的爭議與疑慮，因此本實驗室擬規劃建置環境級標準輻射場與量測校正技術，以消除此項爭議。在人員劑量標準方面，因應新的人員劑量計能力試驗的推行，本計畫於 100 年完成中能量 X 射線劑量、低能量 X 射線劑量與貝他劑量標準的擴建與能力試驗技術之建立。在核種分析實驗室標準追溯方面，國內目前使用於這方面量測設備校正的標準射源，皆定期自國外進口，國內並無產製校正用標準射源，本實驗室除須持續擴建核種活度標準，使能滿足核種分析實驗室之需求外，亦於 96 年度起提供標準源予能力試驗主辦實驗室，推廣本實驗室標準的使用。

環境輻射的監測與分析，不僅是為輻射從業人員工作環境，更是為全民生活環境把關的重要工作，於 2011 年的日本福島事件可見



一斑。而於福島事故後，2012 年衛生福利部打算放寬食品中的輻射污染容許量，而引起媒體與環保團體反彈，可見國人對進口食品輻射含量極為關注。目前國內 9 個核種分析實驗室，可分析環境或食品的核種與活度，其部分標準追溯至國外，本計畫後續將針對核種分析儀器校正用射源標準、CODEX 規範中指定的放射核種活度量測標準等進行建置，以保障民眾飲食安全。

因應國內核能電廠即將除役，在放射性廢棄物外釋、低階放射性廢棄物量測分析等的校正追溯需求勢必增加，對此類實驗室所須的量測技術、量測標準、標準參考物質、能力試驗與品質保證方案等需求，亦是本計畫需注意的重點。

#### (4) 工業應用領域

輻射加工主要應用於 PE 發泡材料、聚苯乙烯管、半導體材料、光電材料、光纖材料、絕緣耐熱材料、熱敏可復式電阻、絕緣閘雙載子電晶體(IGBT)等特性改善應用及生醫材料、人工合成骨材、創傷敷材之滅菌消毒等，同時，國內醫院在輸給免疫缺乏症病人各種血品之前，必須先施以 15~25 Gy 輻射照射，破壞血品中淋巴球之免疫能力，以避免發生移植物反宿主病(GVHD)，所以輻射照射劑量的評估與管控，將對病人的健康與安全，具有正面的助益。本計畫已於 97 年度建立高劑量的量測標準，並於 100 年技轉相關量測技術予國內輻射加工廠，滿足業界之需求。

在高階放射醫材領域，本計畫於 96-99 年間，陸續建置符合 IEC 規範的 X 射線標準，可提供部分高階放射醫材領域檢測實驗之標準追溯，然國內空有放射醫材的製造商，卻無檢測實驗室與相關檢測技術，國內協助此類輻射產品之特性或安全檢測的技術不足，亟需專業

實驗室提供相關檢測服務，協助其產品符合國內或國際 IEC 規範，以便進軍國內或國際市場。

#### (5) 微劑量學領域

以往實驗室的量測標準技術發展，主要集中在巨觀的輻射劑量的量測技術上，而在輻射品質的量化上鮮少著墨，而輻射品質(Radiation Quality)的量化，主要依靠微劑量或奈米劑量學相關的量測技術，在國際發展的趨勢中，微米或奈米劑量亦是重要課題之一，在國內陸續引進新的放射治療設施與技術的情況下，如質子治療機、重粒子治療機、硼中子捕獲治療技術等，已愈來愈突顯輻射品質量化標準的需求性，藉由輻射品質的量化，可較準確的連結物理劑量與生物劑量，使放射治療的效果更為提升，亦可使工作人員的輻射防護更為落實。本實驗室將參考國際發展的進程，逐步建置相關技術。

#### (6) 實驗室技術提升

本計畫自 82 年度起，採用當時國際間普遍使用的標準方法，著手建立以氣態偵檢器為主的放射源活度絕對量測技術，設立  $4\pi\beta\text{-}\gamma$  符合計測系統，國際量測比對的成效良好。然此技術對純 $\beta$ 粒子發射核種如  $^{89}\text{Sr}$ (銻)、 $^{90}\text{Sr}$ (銻)、 $^3\text{H}$ (氚)等，或 $\gamma$ 粒子延遲發射核種，如  $^{137}\text{Cs}$ (銫)、 $^{85}\text{Sr}$ (銻)、 $^{67}\text{Ga}$ (鎳)等的量測結果有較大的量測不確定度且量測樣品之製作程序複雜，量測時間長，因此國際上已有越來越多的國家建立以液態閃爍偵檢器為主的放射核種活度絕對量測技術(CIEMAT/NIST 或 TDCR)，儼然有標準量測技術世代交替的趨勢，本計畫亦規劃建立此系統，期跟上國際發展的脚步。

根據國際發展的現況與國內對高能光子(荷電粒子)的應用狀況，熱卡計量測技術將是未來研發的重點之一，本計畫於 100 年開始著手建立

此技術，同時配合蒙地卡羅模擬技術，對難以實驗方式獲得的修正參數進行評估，未來熱卡計技術與蒙地卡羅模擬技術，將可延伸至更高能量的質子絕對劑量或重粒子絕對劑量之量測上，使劑量標準的量測，跳脫以往以氣體游離的方式來量測，躋身一流實驗室的行列。

### 3. 量測標準技術的推廣與應用

#### (1) 能力試驗

能力試驗是實驗室認證重要的一環，可確實了解各二級實驗室的技術能力，同時強化整個校正追溯鏈，使標準能真正落實到最終使用者。

人員劑量計能力試驗，在美國是依據 ANSI N13.11 (2001) 之標準執行，在國內，核能安全主管機關原子能委員會，為增進輻射從業人員的劑量安全、符合 ICRP 60 號報告之輻射劑量定義，提升人員劑量評估實驗室之能力，於 95 年亦提出更新人員劑量計校正與能力試驗標準之需求。國家游離輻射標準實驗室限於人力、經費等因素，結合核研所二級實驗室人力、核研所科專計畫與本計畫之資源，歷時 4 年新擴建各項標準，終於 99 年依據新的能力試驗規範，輔導二級實驗室參與人員劑量計能力試驗試運作，並於 100 年完成新能力試驗規範之人員劑量計能力試驗，所有參與者皆通過測試。目前最新的人員劑量計能力試驗規範為 ANSI N13.11 (2009)，國內的測試標準何時跟進仍有待觀察，而環境劑量計、肢端劑量計能力試驗目前尚未納入本實驗室提供的能力試驗範圍內，未來可視二級實驗室的接受程度，配合輻射主管機關的要求，逐步推展此兩項能力試驗。

在環境輻射保護領域的中低強度核種能力試驗、環境試樣放射性核種能力試驗與放射性廢棄物解除管制能力試驗，目前皆由核研所保健物

理組執行，但由於我國並無產製放射源，因此這三項能力試驗之樣品於 96 年之前大多追溯至美國 NIST，使本計畫標準的追溯與推展於此領域不易執行。因此於 96 年起，本計畫與核研所中低強度核種分析實驗室、環境試樣放射性核種分析實驗室、放射性廢棄物解除管制量測實驗室、低階放射性廢棄物分析實驗室合作，逐步建立其能力試驗所需之標準源，推展國家標準至環境輻射保護領域的校正追溯鏈，然目前尚無法完全滿足其需求，本計畫仍須持續擴大核種活度標準範圍，建立標準參考物質製作技術，並提供參考物質予環境輻射保護領域。

## (2) 放射診療的應用

在放射治療領域，醫療曝露品質保證計畫已正式執行，國內亦已有學術機構發展可檢視各醫院之輻射劑量輸出、量測或評估其技術能力的稽核技術，然相關規範與準則尚待建立。在乳房攝影方面，劑量的量測標準已建立，乳房攝影品質保證的整體架構在國健局、原能會、放射醫學會、放射師學會與本實驗室的努力下已形成，然我國婦女體型與歐、美比較有相當之差異，目前以美國的研究結果評估國內婦女接受乳房攝影時的乳腺劑量並不準確，因此建立適用於國人的乳腺劑量評估模式與參數亦是另一重要議題，且隨著儀器的進步，本計畫建立的量測標準已漸不符使用，有必要作進一步的擴建。在核子醫學方面，核醫藥物的活度標準已建立，然放射藥物活度準確度的品質查核技術、規範與機制則尚待建立。

## (3) 輻射防護與環保的應用

各核能設施的事業廢棄物，皆因有解除管制與外釋之需求而成立解除管制量測實驗室，此類實驗室的品質認證技術規範、能力試驗規

範、能力試驗技術與方法等目前已初步建置，然尚不成熟（如測試樣品的複雜度與實際樣品有相當的差異），仍有改善精進的空間。在人員劑量計能力試驗方面，99年起已依 ANSI 13.11(2001)版本執行能力試驗，國內新的人員劑量計能力試驗相關程序已建立，未來仍須注意國際規範的修正動向，適時引進國內，跟上國際腳步。核能電廠除役已是政府施政方向，針對除役產生的放射性廢棄物，有相當的部分屬低階放射性廢棄物，此類放射性廢棄物需被分析、分類及儲存，針對放射性廢棄物分析儀器所須的標準校正源、校正技術等，在未來逐步規劃於計畫中。

#### (4) 業務推廣會或研討會

隨著網際網路資訊的流通與以往推廣成效的展現，國家游離輻射標準實驗室之業務內容，已被大多數游離輻射業者或工作人員所了解，而過去本實驗室人員常受邀至其他游離輻射相關訓練機構擔任講員，宣導游離輻射量測標準、輻射量測技術或輻射防護相關知識與校正追溯之觀念，目前國內已有相當多的合法訓練機構，這些訓練機構已培訓出足夠的講師擔任講員並持續散播游離輻射標準與校正追溯之觀念。未來，屬實驗室一般性內容介紹的業務推廣會或基本輻射防護及量測技術介紹，其宣導功能應可由網站的設立與一般民間訓練機構來滿足，本計畫將朝舉辦較具專業性質的研討會、工作討論會、訓練課程與校園人才培育等方向作規劃。

#### (5) 與其他計畫或機構間的合作

本計畫為使所建立之標準量測技術可快速有效的進行技術擴散，透過其他科專計畫、核研所研究共同基金及本計畫之委外計畫等方式與其

他機構合作（詳如**補充附件 17**），由本計畫建置或提供其他計畫所需之量測標準，發揮計畫間的綜合效益。另外開放實驗室部分設施與技術，與學術機構共同研究，達到人才培育、技術引進及資源有效利用之目的。游離輻射標準是相當專業的學門，在各大學相關學系陸續轉變研究方向的情況下，與學術界合作研究的空間相對狹小。105 年度將續與核研所科專計畫、原能會委託計畫及清華大學、長庚大學、中央大學、東海大學等機構合作，在質子治療機輸出劑量、散射劑量、中子劑量之量測驗證、實驗室技術規範修訂、健康照護產業標準、輻射醫療品保、核安與環保等相關議題上，強化計畫或機構間的合作與分工，發揮綜合效益。

#### (6) 國際合作與宣傳

本實驗室目前是亞太計量組織(Asia Pacific Metrology Programme, APMP)與國際放射核種計量委員會(International Committee for Radionuclide Metrology, ICRM)的會員，皆定期參加其會議，發表技術論文或參與其舉辦的國際性量測比對活動，並視需要與其他實驗室進行雙邊量測比對或互訪，達到國際合作與宣傳之目的。國際活動或國際論文之發表，首重人才之養成，於 98-99 年度本實驗已培訓內部同仁 3 人取得博士學位，並於 99-104 年間，有 4 位曾參與於本實驗室工作之研究生或替代役，通過高考回到本實驗室工作，另聘用碩士級以上人力，彌補人力缺口。而在 98-100 年度亦主辦亞太地區 Co-60 水吸收劑量量測比對活動與擔任亞太計量組織游離輻射技術委員會主席，促進國際間的技術交流與合作，另外，亦參與中國、日本、泰國及馬來西亞等亞太地區游離輻射相關之實驗室的同儕評鑑，藉由互訪與技術研討增加國際合作交流之機會，提升本實驗室人員的國際

視野與技術影響力。

#### 4. 國際發展趨勢

依據 2013 年國際度量衡委員會(CIPM)的游離輻射技術諮詢委員會 (Consultative Committee for Ionizing Radiation ,CCRI)，在其” CCRI Strategic plan for the period 2013 - 2023”的報告中，規劃出至 2023 年，游離輻射標準發展的策略計畫與方向，可重點歸納如下：

輻射劑量(Dosimetry)方面：

近程方向包括：

放射診斷的劑量標準與追溯

高能光子劑量的國際追溯

輻射防護操作量

定義新的物理常數 ( $W_{air}=33.97 \text{ eV}\pm 0.32\%$ 修訂為  $33.72 \text{ eV}\pm 0.08\%$  for Co-60)

公眾安全健康與工業需求

中能量 X 射線吸收劑量

小照野劑量學等

中長程方向包括：

於 BIPM 建置醫用直線加速器設施，以維持與傳遞高能 X 射線吸收劑量國際標準

IMRT 小照野 ( $\psi=5\text{mm}$ ) 劑量

推廣吸收劑量於放射治療領域(如 Ir-192、I-125)

質子、重粒子治療劑量

近接治療劑量 (LDR) 國際比對

針對微劑量學領域，定義新的物理量與量測標準

開發新的劑量量測儀器(如半導體偵測器、液體填充式游離腔、小型卡計等)，發展高階的量測標準技術

引進新的生物醫學相關物理量

抗輻射材料評估

在放射核種活度方面：

近程方向包括：

量測不確定度調和、

核醫診斷的劑量標準需求、

短半化期核種比對

重新評估核種衰變結構資料(如半化期、衰變形式、衰變分支比、各種粒子的發射比例等

純 $\alpha$ 、 $\beta$ 鐳放射核種國際參考系統建置

環境污染所需標準、公眾安全健康與工業需求

核鑑識

中長程方向包括：

放射核種國際參考系統

分子影像量測需求

近接治療劑量（LDR）國際比對

因應環境變遷的低階(low level)量測標準與示蹤劑

單一原子量測技術因應活度與質量之連結

新核種活度標準

非反應器製造核種方法評估

中子標準方面：

近程方向包括：



個人等效劑量比對、輻射防護操作量需求

核融合的標準需求

高能(>20 MeV)中子標準

公眾安全健康與工業需求

中子的輻射生物效應

中長程方向包括：

生物效應相關物理量

質子、重粒子治療劑量

研發新的量測設備

非反應器製造核種方法評估。

抗輻射材料評估

在國際量測比對方面，2011 年游離輻射技術諮詢委員會(CCRI)，針對 CIPM 的相互認可協議有關量測比對的有效性期限有下列規定：

輻射劑量：輻射劑量的量測比對有效期為 10 年

放射活度：考量放射核種為數眾多，其活度量測比對的有效期為 20 年，但在 2020 年後，有效期調整為 10 年。

中子量測：中子量測比對有效期為 10 年。

歐洲計量組織在 2011 年的游離輻射技術委員會報告中，其計量組織正進行近接治療射源劑量標準的相關合作研究，其中對 I-125 低強度射源劑量，德國發展等水腔壁之大型外推式游離腔，法國 LNE-LNHB 實驗室發展等水球形假體與環形空氣游離腔組，義大利 ENEA 實驗室則發展大角度可變體積游離腔並於石墨假體中運作，共同建立對 I-125 低強度射源劑量的量測技術。而對高強度近接治療射源吸收劑量方面，英國 NPL 與義大利 ENEA 皆發展環形石墨卡計系統，德國

則使用水卡計系統，共同來建立距高強度近接治療射源 1 公分處的水吸收劑量標準，另外亦開始規劃包括小照野劑量、標靶治療劑量、放射治療計畫劑量驗證、質子治療劑量、微米及奈米劑量等主題之研究。

在亞太國家中，先後有 4 個國家設置醫用直線加速器，並建立熱卡計劑量量測技術，以建立高能光子的劑量標準，如澳洲於 2008 年、日本於 2009 年、韓國及中國大陸於 2011 年。在放射核種方面韓國、澳洲、日本、中國等在 2005 至 2011 年間已先後完成 TDCR 系統之建置。

本期計畫除持續提供合於 ISO 17025 規範的標準校正服務與參加國際量測比對外，游離輻射量測標準的新建、擴建或精進，可依不同應用領域歸納如下：

| 應用領域   | 需求標準或技術                         | 依據                       | 效益   |
|--------|---------------------------------|--------------------------|--|
| 放射治療領域 | 1. 光子及電子劑量標準擴建至 20 MeV(石墨熱卡計技術) | 國際發展趨勢<br>策略會議結論<br>國內需求 | 將光子劑量標準，延伸至醫用加速器能量等級，提供醫用加速器劑量量測設備的直接校正服務，免除使用 Co-60 標準校正需再配合 AAPM TG21 或 TG51 號報告作運算的繁複程序，降低輻射劑量於轉換運算過程中出錯的風險，同時提高劑量量測的準確度，造福每年超過 100 萬人次接受放射治療的癌症病患。 |
|        | Ir-192 近接治療原級標準                 | 國際發展趨勢<br>國內需求           | Ir-192 近接治療，是將放射源直接送入腫瘤位置進行治療，國內平均每年約 6500 人次病患接受近接治療。目前本實驗室所能提供的校正其量測不確定度約 2.5%，對放射治療而言，總體的不確定度需小於 5%，若標準就佔 2.5% 顯然太高，因此有必要進行技術提升，提升治療劑量的準確度。         |
|        | 質子劑量原級標準量測技術                    | 國際發展趨勢<br>策略會議結論<br>國內需求 | 質子治療機主要用於癌症治療，且近年來在全球放射治療市場有逐漸增多的趨勢，國內長庚醫院的質子治療機，預計在 103 年開始提供服務，短   |

|               |                    |                          |   |
|---------------|--------------------|--------------------------|---|
|               |                    |                          | 期內，其治療劑量的量測儀器，可用現有 Co-60 標準校正後，經 IAEA TRS 398 號報告建議方法作轉換，長期而言，仍須建立直接量測方法，準確量測質子劑量，保障病人權益。由於質子治療的效果優於醫用加速器，因此國內除長庚醫院外、台大、榮總、義大等醫院皆有意引進，其量測標準的建立實有必要。                                   |
|               | 小照野劑量標準量測技術        | 國際發展趨勢<br>國內需求           | 使用醫用加速器治療腫瘤，目前仍是國內放射治療的主力，全國約有 120 部醫用加速器治療機，提供超過 100 萬人次的放射治療服務。目前本實驗室的校正，只能提供射束大小為 10 cm * 10 cm 情況下的劑量校正，但醫院實際執行治療時可能使用較小的射束，其輻射劑量的量測結果則可能失真而影響治療。小照野劑量的原級標準量測技術的建立則可解決此問題，增進醫療品質。 |
|               | 高能醫用加速器劑量標準與校正設施建立 | 國際發展趨勢<br>策略會議結論         | 高能醫用加速器劑量標準與校正設施的建立，主要提供醫用加速器劑量量測設備的校正，同時提供本表項次 1、項次 4 兩項標準技術所須的高能光子場，作為技術建立與標準傳遞的主要設備。   |
| 放射診斷<br>與核醫領域 | 擴建乳房攝影劑量標準         | 國內需求                     | 乳房攝影標準劑量與公稱電壓標準，自 92 年建立至今，已漸不符使用，新的 X 射線乳房攝影儀，開始採用鎢靶 X 光機與鉬過濾片作為光源，而目前公稱電壓的服務能量範圍亦有擴大的必要，才能跟上國內的需求。乳房攝影檢查已列為健保給付項目，在 2011 年約有 54 萬人接受檢查。   |
|               | 核醫藥物系列核種活度原級標準     | 國際發展趨勢<br>策略會議結論<br>國內需求 | 核醫藥物使用頻繁且日新月異，國內各醫院約有 150 部相關的核醫照影設備，提供腫瘤、心臟功能、腦血流等檢查或評估，每年約服務 50 萬人次的病患。核醫藥物活度的準確度關係到病人的輻射安全，準確的藥物劑量給予，才能提供好的醫療品質。   |
| 輻射防護<br>與環保領域 | 環境級輻射劑量標準          | 策略會議結論<br>國內需求           | 目前國內各級輻射偵測儀器校正實驗室，對輻射偵測器的校正，最低只能達到約背景劑量率的 50 倍（背景   |

|         |                                     |                          |   |
|---------|-------------------------------------|--------------------------|---|
|         |                                     |                          | 劑量率約 0.2 $\mu\text{Sv/h}$ )，因此，造成各儀器間對同一時空的輻射背景劑量測差異可達數倍之多，此常成為一般民眾、核能設施業者與政府管制單位間的爭論點，與互不信任的來源。若能將標準劑量向下延伸至約 0.1 $\mu\text{Sv/h}$ ，應可完全解決此爭議。  |
|         | 核種分析儀器校正用射源活度原級標準與參考物質 (共計約 20 個核種) | 策略會議結論<br>國內需求           | 目前國內 9 個核種分析實驗室，可分析環境、食品、放射性廢棄物等樣品的核種與活度，另外因應國內核能電廠即將除役，在放射性廢棄物外釋、低階放射性廢棄物量測分析等皆有放射性核種活度的校正追溯需求，放射核種活度量測標準的建置，關係到民眾飲食安全與環境安全。   |
|         | 高能中子能譜與劑量之量測與評估技術                   | 國際發展趨勢<br>國內需求           | 國內引進質子治療機，提供腫瘤患者新的治療選項，但質子治療機會引出高能中子 (~200 MeV)，造成新的輻射安全議題。目前本實驗室的中子標準乃針對核能電廠設計，最高中子能量約 20 MeV，基於防護與保護質子治療機週邊操作人員、病患與社會大眾的安全，建立高能中子劑量的量測與評估技術實有必要。  |
| 工業應用領域  | 放射醫學造影設備檢測所須標準源                     | 策略會議結論<br>國內需求           | 全球醫學影像市場預估於 2015 年將達 413 億美元，其中放射影像類達 215 億美元。龐大市場吸引加上政策推動，目前國內已有多家業者相繼投入放射影像醫材開發。然國內傳統產業轉型初期，廠商對放射成像、輻射劑量等技術經驗不足，又國內尚缺乏符合國際標準的放射醫材輻射檢測驗證機構與相關技術能力，亟需政府提供協助，打造泛用型放射造影醫材檢測驗證環境，建置符合國際標準檢測能量。 |
| 實驗室技術提升 | 液態偵檢器放射活度原級標準量測系統研製 (TDCR)          | 國際發展趨勢<br>策略會議結論<br>國內需求 | 跟上國際發展腳步，同時拓展放射源活度原級標準量測技術，至純貝他粒子或阿伐粒子發射的核種，以因應未來核能電場除役時，核種活度分析之校正追溯需求。   |
|         | 蒙地卡羅評估技術應用於各量測標準系統                  | 國內需求                     | 跟上國際發展腳步，將蒙地卡羅評估技術應用於各量測標準系統之修正參數分析，克服實驗操作條件上的限   |

|  |         |  |                               |
|--|---------|--|-------------------------------|
|  | 之修正參數分析 |  | 制，使各項標準的精準度與量測不確定度得到良好的提升與評估。 |
|--|---------|--|-------------------------------|

上表各項需求標準或技術，將陸續規劃於後續的計畫中。

## (六)、檢討與建議

1. 本年度計畫之執行，承蒙經濟部標準檢驗局及各評審委員不吝指導以及核研所各級長官暨同仁的協助，各項工作與預算執行皆符合預期目標。
2. 例行校正服務：本年度至 12 月底共完成例行校正為 310 件，超越年度目標(245 件)。在人力調度、系統維持與效能上、皆已做了最大的協調，使能滿足服務量增加與客戶之需求。若與 103 年度(451 件)比較，本年度校正數明顯較低，主要原因在 103 年度辦理人員劑量計能力試驗，受測實驗室有較多的標準件送校，另外 103 年台電放射試驗室中子校正場故障，使該年度核電廠的中子偵測儀器皆送至本實驗室校正所致。
3. 品質認證：本年度邀請國外技術專家擔任 TAF 再評鑑認證之技術評審員，並以無缺失通過評鑑，順利取得認證資格，未來此項國際專家的評鑑認證活動，將每 5 年辦理一次，持續對實驗室技術與品質引入國際專家之改善建議。
3. 技術建立與發展：本年度計畫之技術建立內容主要分為兩部份：一為放射治療劑量原級標準：石墨卡計與 Ir-192 劑量原級標準系統。另一為放射核種活度標準：Cd-109 活度原級標準。在放射治療方面，國內接受放射性治療的民眾，每年超過 120 萬人次，精進劑量標準可有效保障國人健康安全與就醫安全，另因應國內引進高能質子放射治療設備，石墨卡計的研製未來可應用於質子治療臨床劑量追溯之需求。放射核種活度標準的建立，主要應用於國人生活環境、飲食、飲水之安全檢測，確保國人之生活品質。
4. 國際事務上：本年度計畫參與多項國際比對事務，過去在國際度量衡局關鍵比對附錄 B 資料庫(KCDB)的比對結果成效良好；另外，由本

實驗室主辦亞太地區 Co-60 水吸收劑量國際比對及中能量 X 射線國際量測比對；及於 APMP/TCRI 會議中，受邀主持亞太游離輻射技術委員會會員實驗室現況與會來規畫報告與討論，及受邀擔任 2015 年大陸 NIM 實驗室 ISO 17025 評鑑之技術評審員，顯示實驗室的量測技術、比對與主導參與國際事務之能力。

5. 技術推廣與應用上：本年度與其他科專計畫相互配合，辦理多項國內游離輻射領域的能力試驗活動，促進標準與量測技術之傳遞，同時將實驗室之技術觸角伸往放射醫學設備檢測領域，協助國內法人機構建立放射醫材檢測技術並通過 TAF 認證。未來可借助法人的影響力，將標準更有效的傳遞至工業界。

6. 本計畫之後續工作係考量國際發展趨勢、策略會議結論、國內市場與法規需求、國際量測比對的結果等進行規劃，搭配科專計畫、學校與醫院共同進行，期使設備、人力、經費與標準之應用得到最大的綜效，因此，建請計畫審查單位持續支持本計畫規劃的未來工作項目。

本份資料經本人同意授權國科會科資中心提供各界檢索利用

計畫主持人(親筆簽名)：\_\_\_\_\_

聯絡電話：03-4711400 ext.7600

FAX NO：03 471 1171

## 二、104 年度經費一千萬元以上或全程結束之科技計畫成果效益自評表

(請由計畫主持人、執行人填寫，再由主管部會署初核)

領域別： 31

計畫主持人 胡中興

計畫名稱(中文)『建立及維持國家游離輻射標準 (1/4)』

(英文)『Establishment of National Standards for Ionizing Radiation (1/4)』

審議編號 104-1403-05-05-01

計畫期程 104 年 1 月 -- 107 年 12 月

全程經費 57,506 千元 年度經費 11,971 千元

執行機構 原子能委員會核能研究所

### (一) 計畫目標與執行內容是否符合(如有差異，請說明)

實際執行內容與成果符合原計畫設定目標

### (二) 計畫已獲得之主要成就與成果(output)

本年度計畫執行成果自評如下：

- 1.例行校正服務與品質維持：適時將研發成果應用於例行校正服務，使本年度至 11 月底共完成例行校正為 306 件，已超越年度目標(245 件)。另通過 TAF 會同國際專家之實驗室再評鑑認證，本計畫在人力調度、系統維持與效能上、亦皆已做了最大的調和，使能客戶之需求，並維持高技術品質。
- 2.技術建立與發展：完成石墨卡計標準系統、Ir-192 劑量原級標準與 Cd-109 活度原級標準，所有系統皆經驗證無誤，完成各項標準建立。
- 3.國際事務：本年度計畫參與或主導多項國際比對事務，過去在國際度量衡局關鍵比對附錄 B 資料庫(KCDB)的比對結果，成效良好；另外，



本實驗室主辦亞太地區中能量 X 射線空氣克馬比對，並參與多項國際比對，皆成效良好，另外實驗室負責人亦受邀擔任大陸國家實驗室之技術評審員，顯示實驗室的量測比對與主導參與國際事務之能力。

4.於各項研發成果如期刊、技術報告、專利、技術服務收入等量化績效指標，皆達成預期目標，顯見計畫執行人員之努力與計畫管理之成效。

### (三) 計畫主要成就及成果之價值與貢獻(outcome)

1.本計畫最主要之目的是維持有品質的國家一級量測標準與國際追溯，透過品質系統與國家的追溯校正體系，將量測標準正確無誤的傳遞至全國，因此計畫影響所及，是全體輻射從業人員個人的輻射安全，全民生活環境的輻射安全、全民飲食飲水的輻射安全、全民就醫診療的輻射安全，與政府執行游離輻射相關法規的技術後盾，間接促進各核能設施的運轉安全，因此執行本計畫所帶來的社會效益，實不可忽視。

2.本實驗室自建立以來，多次主導亞太地區的關鍵比對、歷年參與國際比對結果皆與國際標準一致，且實驗室主要技術負責人多次獲邀擔任其他國家的國際技術評審，此實是實驗室技術能力與歷年國際比對成果展現的最佳肯定。

3. 本年度與原能會委託計畫合作，執行多項國內游離輻射領域能力試驗活動，除將國家標準有效傳遞至各二級實驗室外，各參與測試的實驗室，亦獲得技術交流與提升的機會，同時亦讓輻射主管機關了解各二級實驗室之技術能量，必要時可作適度的輔導。

#### **(四) 計畫經費的適足性與人力運用的適善性**

本年度經費 11,971 千元，人力 12 人年，於新技術持續發展，原有校正系統穩定維持，並以無缺失通過 TAF 再評鑑認證，以此人力、經費完成各項計畫目標，對人力與經費的安排實已作了最佳的調配。

## (五) 後續工作構想及重點的妥適性

後續工作研擬的妥適性以下列幾個工作方向加以評估：

### 1. 計量標準的建立、提供與應用

游離輻射領域之計量標準，於前面四期計畫中已建立起良好的基礎，因此後續除持續提供既有標準校正與追溯外，對於既有標準的精進與新標準之建立與提供，本計畫已依國際量測比對結果、國際發展趨勢及國內需求之迫切性、策略會議結論為導向進行規劃，以使設備、人力、經費與標準之應用得到最大的發揮，因此，此部份後續工作之規劃應為適切。

### 2. 實驗室認證、規範研擬與能力試驗

此部份的工作主要考量TAF、原子能委員會及國家標準之政策或法規需求，配合推動實驗室認證、能力試驗、醫療曝露品質保證計畫及協助研擬相關規範，促成國家量測標準的有效傳遞與堅實檢校追溯鏈，對於後續工作之規劃應是適切的。

### 3. 標準量測比對與推廣

此部份工作規劃的重點，主要在確保國家標準與國際標準之一致性，及國內使用標準之追溯性，使標準得以落實至最基層用戶，並以進入 KCDB 為目標，因此，此部份後續工作之規劃應是適切且必須加以執行的。

### 4. 學研合作

本計畫規畫開放實驗室部分設施與技術，與學術機構共同研究，達到人才培育、技術引進及資源有效利用之目的。游離輻射標準是相當專門的課題，在各大學相關學系陸續轉變研究方向的情況下，與學術界合作研究的空間相對狹小，但更顯重要，後續仍將持續與其他計畫與單位合作，發揮計畫間的最大效益。

### 5. 與科專計畫配合

本計畫建立及提供所需之量測標準，科專計畫建立量測與檢證技術，學術

機構研發創新應用，發揮計畫間的加乘效應，協助醫療體系與主管機關提升全民醫療品質。而在輻防與環保議題上，則與核研所科專計畫合作進行各類二級實驗室之能力試驗、廢棄物解除管制量測技術發展、人員劑量計新認證規範、高能中子量測技術等，由科專計畫開發所需之量測儀具等硬體設施，本計畫建立所需之量測標準，而本實驗室人員亦協助建立由科專計畫開發之量測儀具的特性評估技術與校正量測技術，使開發出的產品或技術可實際應用於輻射防護與環境保護。

## (六) 檢討與建議

1. 游離輻射在放射醫學方面的應用廣泛，尤其放射治療領域對量測標準之精準度需求尤高，近年高能光子治療使用量逐年攀升，而國內亦引進高能質子治療機，相關量測標準的建置應投入更多資源，如引進醫用直線加速器、熱卡計的劑量量測技術與實驗室空間、人力的增置等。
2. 國內放射醫材產業有逐漸成形之趨勢，而醫材檢測、驗證相關的量測標準、檢測技術、認證規範等皆不足，需國家標準實驗室投入資源，完善產業發展環境。
3. 104 年預算 11,971 千元，略高於上年度預算，然由於近幾年預算相較於已往的預算減少許多，已顯著降低了本計畫與核研所內其他計畫之競爭力，造成投入人力與其他資源供應之縮減，已影響整個標準計畫之運作。如何因應此局面，需標準業務主管機關與執行實驗室共同面對。
4. 104 年度預算執行率為 93.70%，主要由於遙控後荷式近接治療專用之鈹-192 校正射源採購更新案(622,000 元)，因供貨廠商無法於年度內提供符合本計畫規格之射源，使預算執行率由原預估的 98.96%降低至 93.70%，未來在採購案申請驗收時程應提早作業。
5. 104 年度執行成果，符合計畫目標，參與國際事務與國際比對、建構完整量測追溯體系、精進及新建與產業相關的量測標準、從事量測標準技術的推廣與應用等，強化原子能科技在醫療、環保與工業應用安全與效益之推廣，並落實輻射標準應用於社會民生之福祉。
6. 建請計畫審查單位持續支持本計畫規劃的未來工作項目。

計畫主持人簽名：\_\_\_\_\_

填表人：\_\_\_\_\_ 聯絡電話：(03)4711400-7600

主管部會評估意見：

主管簽名：

## 參、報告內容

### 一、執行績效檢討

#### (一) 與計畫符合情形

##### 1. 進度與計畫符合情形

依計畫三大目標，各個工作項目的進度與計畫符合情形列表說明如下：

工作進度與計畫符合情形說明表

| 計畫工作項目                   | 查核點  | 工作進度  | 符合情形   |
|--------------------------|--|---|--------|
| 一、量測標準的維持與服務             |  |   |        |
| 提供符合 ISO 17025 品質標準的校正服務 | 10406:<br>1-6 月完成例行校正服務累計達 90 件。<br><br>10409:<br>完成 TAF 再評鑑認證<br><br>10412:<br>1-12 月完成例行校正服務累計達 245 件。 | 104 年 6 月：提供校正服務 1~6 月累計達 118 件，收入繳庫 1,222,000 元。<br><br>104 年 9 月 14 日至 16 日接受 TAF 再評鑑認證，並邀請澳洲國家標準實驗室 Dr. Duncan James Alistair Butler、日本國家標準實驗室 Dr. Norio Saito 與 Dr. Akira Yunoki 三名國外專家擔任技術評審委員，配合 TAF 的主評審員對實驗室的品質及技術進行 ISO 17025 符合性再評鑑。評鑑結果，本實驗室無論在技術或品質皆無缺失，順利通過認證<br><br>104 年 12 月：完成校正服務累計達 310 件，收費達 3,416,400 元。 | 超前預定進度 |
| 國際量測比對                   |  |   |        |
| 主辦亞太中能量 X 射線劑量比對活動       | 10403:<br>，完成中能量 X 射線劑量比對標準件穩定性測試。   | 104 年 3 月：利用 60Co 校正系統對中能量 X 射線比對標準件進行長期穩定性測試，其中 PTW TN3001 SN:2340 及 NE2571 SN:3024 變異量約±0.1%，而 NE2571 SN:3025 及 EXRADIN A3 SN:138 則約±0.25%，   | 符合預定進度 |

| 計畫工作項目  | 查核點   | 工作進度  | 符合情形 |
|---|---|---|------|
| <p>參與 NIST 辦理的 Ge-68 量測比對</p> <p>Ir-192 參考空氣克馬原級標準與德國 PTB 實驗室雙邊比對</p> <p>Cd-109 放射活度與捷克 CMI 實驗室雙邊比對</p> <p>中子周圍等效劑量比對 (代號: APMP.RI(III)-S1)</p> | <p>10409:<br/>中能量 X 射線比對完成本實驗室及紐西蘭標準實驗室之量測</p> <p>10406:<br/>完成射源輸入相關申請文件, 並取得 Ge-68 射源</p> <p>10409:<br/>完成 Ge-68 量測</p> <p>10409:<br/>完成 Ir-192 參考空氣克馬原級標準比對驗證</p> <p>10411:<br/>完成 Cd-109 放射活度原級標準比對驗證</p> <p>10405:<br/>比對結果登錄於 BIPM KCDB</p> | <p>後續將使用 PTW TN3001 SN:2340、NE2571 SN:3024 及 EXRADIN A3 SN:138 作為標準傳遞件進行國際比對, 並持續進行穩定性管制作業直至完成國際比對止。</p> <p>104 年 6 月: 完成 BIPM 登錄, 共有 12 個國家參加,</p> <p>104 年 9 月: 本實驗室完成比對件校正量測, 並將比對標準件傳送至紐西蘭。</p> <p>104 年 10 月: 比對標準件傳送至南非。</p> <p>104 年 12 月: 比對標準件傳送至澳洲。</p> <p>104 年 6 月: 參與由美國 NIST 實驗室辦理的 Ge-68 核種放射活度量測比對活動, 活動代號 CCRI(II)-K2. Ge-68, 本實驗室已取得射源, 放射活度約 5 MBq。</p> <p>104 年 9 月: 完成 CUEMAT/NIST 技術完成 Ge-68 射源活度量測, 並將結果傳送至主辦實驗室 NIST。</p> <p>104 年 9 月: 為驗證本年度完成的 Ir-192 參考空氣克馬原級標準, 與德國 PTB 實驗室雙邊比對結果為 INER/PTB=0.998±0.027 結果相當一致</p> <p>104 年 11 月: 為驗證本年度完成的 Cd-109 放射活度原級標準, 與捷克 CMI 實驗室雙邊比對結果為 INER/CMI=1.007 0.044 結果相當一致</p> <p>104 年 5 月: 2012 年參與由韓國 KRISS 主辦的羅中子周圍等效劑量比對, 共有澳洲、印度、台灣、韓國、中國、日本、俄羅斯等 7 個國家實驗室參與, 量測期程由 2011 年 12 月至 2013 年 3 月, 比對結果已於 2015 年 5 月通過審查並登錄於 BIPM</p> |      |



| 計畫工作項目             | 查核點  | 工作進度  | 符合情形   |
|--------------------|--|---|--------|
|                    |  | KCDB。   |        |
| 二、量測標準的精進與新建       |  |   |        |
| 石墨熱卡計標準系統整合測試與比對驗證 | 10406：<br>完成石墨卡計恆溫操作模式測試與比對。<br><br>10412：<br>完成石墨熱卡計標準系統實地查證。               | 104年6月：完成石墨卡計修正因子重新評估、電路板及電磁屏蔽箱重新設計、軟體流程及程式優化、安裝校正級電壓供應器、加裝高精度電阻箱等。經改良過後，目前在恆溫模式操作下，已可透過PID將測溫電橋 VBridge 控制於 10-7V 以下，相當於將卡計核心控制恆溫在 $17\mu^{\circ}\text{C}$ 內，與現有水吸收劑量標準比對結果，差異約 1.6%。<br><br>104年12月：於12月7日辦理石墨熱卡計標準系統實地查證會議，邀請長庚醫院葉建一主任、長庚大學趙自強副教授、陽明大學許世明副教授擔任評審，石墨卡計經持續改善後與現有水吸收劑量標準比對結果差異約 0.79%，量測標準不確定度 0.49%，通過查證，達成計畫目標。 | 符合預定進度 |
| Ir-192 原級標準系統建置    | 10406：<br>完成 Ir-192 原級標準游離腔之腔壁效應修正評估。<br><br>10412：<br>完成 Ir-192 原級標準系統及比對驗證 | 104年6月：依據射源幾何結構完成以 MCNP 模擬 Ir-192 射源一米處(即游離腔量測位置)之光子能譜，再依據本計畫自行研製的石墨空氣游離腔幾何結構以 EGSnrc 進行計算，完成游離腔腔壁效應修正因子之評估，計算結果腔壁效應修正因子 $k_{\text{wall}} = 1.036$ 。<br><br>104年9月：完成 Ir-192 原級標準系統，並與 PTB 校正之 Ir-192 射源進行比對驗證，雙方量測結果的比值 $\text{INER}/\text{PTB}=0.998\pm 0.027$ 結果相當一致，本實驗室的量測標準不確定度為 0.46%(k=1)，達成量測不確定度小於 1 之計畫目標。             | 符合預定進度 |
| 建立 Cd-109 射源活度原級標準 | 10403：<br>完成 Cd-109 衰變結構分析與文獻收集  | 104年3月：完成衰變結構分析。並以 Monographie BIPM-5 - Table of Radionuclides 文獻為主進行衰變結構分析及量測方法分析，Cd-109   | 符合預定進度 |

| 計畫工作項目                | 查核點  | 工作進度  | 符合情形   |
|-----------------------|--|---|--------|
|                       | <p>10409：<br/>取得 Cd-109 射源</p> <p>10412：<br/>Cd-109 完成原級標準</p> | <p>為純電子捕獲衰變核種，衰變成處於 88 keV 亞穩態之 Ag-109，並伴隨發射能量在 22 至 25.5 keV 之間的 KX-ray，或發射能量在 18 至 25.5 keV 之間的 Auger electron。處於亞穩態之 Ag-109，在約 39.6 秒之後轉變至 Ag-109 基態，此時，約有 3.6% 機率發射能量為 88 keV 之 <math>\gamma</math>-ray，或有 95% 機率發射能量在 63 至 88 keV 之間的 Conversion Electron。國際間常用的原級標準技術有：電子能譜法、CIEMAT/NIST 技術、TDCR 技術，而本實驗室慣用的 <math>4\pi\beta</math>-<math>\gamma</math> 符合計測技術則會引入大量核子衰變結構的量測不確定度。</p> <p>104 年 9 月：本實驗室於 8 月 21 日取得由捷克國家標準實驗室(CMI) 校正之 Cd-109 射源，放射活度約 60 MBq，隨即進行樣品製作與量測作業，</p> <p>104 年 11 月：於 104 年 11 月完成以電子能譜法及 CIEMAT/NIST 技術建立 Cd-109 射源之原級標準，並與捷克國家標準實驗室做比對驗證，雙方量測結果比值為 <math>=1.007\pm 0.044</math> 結果相當一致，本實驗室標準量測不確定度為 0.61%，達成量測標準不確定小於 1% 的計畫目標</p> |        |
| (三)量測標準技術的推廣與應用       |  |   |        |
| 輻射計量標準業務推廣及 APMP 相關會議 | <p>10406：<br/>完成說明會一場次。</p> <p>10412<br/>完成說明會累計兩場次。</p>       | <p>於 104 年 5 月 14 日於核能研究所國家游離輻射標準實驗室舉辦「第六次輻射偵檢儀器校正能力試驗研討會」。共計有來自核能電廠、清華大學、輻射偵測中心、核研所等單位共計 36 位技術專家參與。</p> <p>104 年 7 月 3 日於核能研究所國家游離輻射標準實驗室舉辦「低階放射性廢棄物量測比對研討會」，會中討論低階放射性廢棄物量測比對結果及放射性廢棄物管制狀況，共計有</p>  | 符合預定進度 |

| 計畫工作項目             | 查核點                           | 工作進度  | 符合情形   |
|--------------------|-------------------------------|---|--------|
|                    | 10412：<br>完成 SI 單位推廣活動一場。     | <p>來原能會、各核能電廠、核研所等機構共 53 人與會</p> <p>104 年 10 月 14 日於核能研究所國家游離輻射標準實驗室舉辦「2015 年游離輻射量測能力試驗研討會」，會中討論環境級核種分析與中低強度級核種分析能力試驗結果，共計有來自清華大學、各核能電廠、核研所等機構共 55 人與會。</p> <p>達成 12 月前累計 3 場次。</p> <p>104 年 6 月 5 日，原能會、外交部、科技部共約 60 人參訪國家游離輻射標準實驗室，由實驗室人員介紹游離輻射標準 SI 單位、國際追溯鏈、國內標準傳遞與標準應用與衍生效益。</p> <p>104 年 9 月 18 日本都市大學「閃源會」師生計 18 名參觀國家游離輻射標準實驗室，由實驗室人員介紹實驗室標準系統及國際量測比對成果。</p> <p>104 年 10 月 15 日 台北市內湖社區大學約 12 人，參訪國家游離輻射標準實驗室，由實驗室人員介紹游離輻射標準 SI 單位、國際追溯鏈、國內標準傳遞與標準應用與衍生效益。</p> <p>合計 3 場次 90 人參與，達成計畫目標</p> |        |
| 提供游離輻射領域能力試驗標準追溯源。 | 10406：<br>完成中低強度核種分析能力試驗標準測試源 | <p>104 年 6 月：以現有的 Co-57、Co-60、Ba-133、Cs-134、Cs-137、Am-241 及 Eu-152 等液體射源(均曾以原級標準系統或 <math>4\pi\gamma</math> 二級標準系統標定)，以稀釋及秤重方法，製作出 8 組模擬直徑 47mm 濾紙射源之盲樣(混合 Am-241、Co-60、Cs-134 及 Cs-137)與參考標準件(混合 Am-241 及 Eu-152)，其中 7 組分別編號後，已於 6 月初送達各受測實驗室。</p> <p>104 年 10 月 14 日於核能研究所國家游離輻射標準實驗室舉辦「2015 年</p>  | 符合預定進度 |

| 計畫工作項目 | 查核點                          | 工作進度   | 符合情形       |
|--------|------------------------------|--|------------|
|        |                              | 游離輻射量測能力試驗研討會」，會中討論環境級核種分析與中低強度級核種分析能力試驗結果，共計有來自清華大學、各核能電廠、核研所等機構共 55 人與會。所有參與能力試驗實驗室皆通能力試驗測試。   |            |
|        | 10412：<br>完成輻射偵測儀器<br>校正能力試驗 | 於 104 年 5 月 14 日於核能研究所國家游離輻射標準實驗室舉辦「第六次輻射偵檢儀器校正能力試驗研討會」。共計有來自核能電廠、清華大學、輻射偵測中心、核研所等單位共計 36 位技術專家參與。會中進行第六次輻射偵檢儀器校正能力試驗的總結報告，及台電放射試驗室之儀器校正業務及技術報告。第六次輻射偵檢儀器能力試驗共有國內五家實驗室參加，能力試驗執行時程為 103 年 9 月至 104 年 5 月，能力試驗結果，五家實驗室皆通過測試。 | 符合預定<br>進度 |

## 2. 目標達成情形

年度目標達成度說明表

| 計畫目標                | 目標達成度   | 差異檢討  |
|---------------------|---|-------|
| (1) 量化指標            |   |       |
| SCI 期刊 2 篇          | 發表 2 篇。   | 達到目標。 |
| 技術報告或其他論文 19 篇      | 發表 25 篇。  | 達到目標。 |
| 專利 1 項              | 獲得中華民國專利 1 項、美國專利 1 項。  | 達到目標。 |
| 舉辦研討會或業務說明會 2 場     | 完成研討會 3 場次，並開放實驗室參訪 3 場次。   | 達到目標。 |
| 問卷調查 1 次            | 完成 1 次  | 達到目標。 |
| 全年完成標準校正服務累計達 235 件 | 完成例行校正 310 件收入 3,416,400 元。   | 達到目標。 |
| 參與國際量測比對 2 項        | 參與 4 項次。  | 達到目標。 |
| 博碩士培育 1 人           | 中央大學物理系博士研究生江昆嶸<br>嘉義大學電機系碩士研究生吳品樺、吳重毅<br>清華大學醫環系碩士生黃國通<br>長庚大學放射系碩士生陳妍希<br>合計共 5 人 | 達到目標。 |
| 標準精進完成 3 項          | 完成石墨熱卡計標準系統、Ir-192 原級標準系統、Cd-109 射源活度原級標準，共 3 項                                     | 達到目標。 |
| 技術活動 2 項            | 參與亞太計量組織會議、參與亞太計量組織游離輻射技術委員會會議，共 2 項  | 達到目標。 |
| 問卷調查 1 次            | 完成問卷調查 1 次，共計回收 58 份問卷，滿意及非常滿意的比例平均達 99%。   | 達到目標。 |
| (2) 其他計畫工作目標        |   |       |
| 提供游離輻射領域能力試驗標準追溯源   | 輻射偵檢儀器校正能力試驗、環境強度級核種分析能力試驗、中低強度級核種分析能力試驗，由國家游離輻射標準實驗室提供標準源並擔任能力試                    | 無差異。  |

| 計畫目標                             | 目標達成度  | 差異檢討 |
|----------------------------------|--|------|
|                                  | 驗的主辦單位，提供參考值，推廣放射性核種活度標準之使用。   |      |
| 完成石墨熱卡計標準系統整合測試，與現有水吸收劑量標準差異<1%。 | 完成石墨熱卡計軟硬體整合測試，並進行 Co-60 水吸收劑量量測，量測結果與現有之水吸收劑量標準差異約 0.79%。達成計畫目標。                                | 無差異。 |
| 完成 Ir-192 原級標準系統，量測不確定度<1%。      | 完成 Ir-192 原級標準系統建置，並與德國國家標準實驗室 PTB 進行比對驗證，結果一致，本實驗室量測不確定度 0.92%。達成計畫目標。                          | 無差異。 |
| Cd-109 射源活度原級標準，量測不確定度<1%。       | 使用 CIEMAT/NIST 技術與電子能譜技術建立 Cd-109 射源活度原級標準，並與捷克國家標準實驗室的校正值做比對驗證，結果一致，本實驗室量測標準不確定度約為 0.6%。達成計畫目標。 | 無差異。 |

## (二) 資源運用情形

### 1. 人力運用情形

#### (1) 人力配置

| 主持人 | 分項計畫<br>(分項及主持人) | 子計畫<br>(名稱及主持人) | 預計人年 | 實際人年 | 差異(註) |
|-----|------------------|-----------------|------|------|-------|
| 胡中興 |                  |                 | 0.25 | 0.25 | 0 %   |

註：差異若超過 15 %請略說明理由

#### (2) 計畫人力

| 狀況  | 分類         | 職 稱  |       |        |        |          | 學 歷  |      |      |      |    | 合計    |
|-----|------------|------|-------|--------|--------|----------|------|------|------|------|----|-------|
|     |            | 研究員級 | 副研究員級 | 助理研究員級 | 研究助理員級 | 研究助理員級以下 | 博士   | 碩士   | 學士   | 專科   | 其他 |       |
| 104 | 預計<br>(人年) | 0.30 | 2.00  | 5.30   | 4.00   | 0.40     | 1.83 | 6.00 | 3.50 | 0.67 | 0  | 12.00 |
|     | 實際<br>(人年) | 0.30 | 2.00  | 5.30   | 4.00   | 0.40     | 1.83 | 6.00 | 3.50 | 0.67 | 0  | 12.00 |

## 2、設備購置與利用情形

### 104 年度歲出概算申購單價新臺幣 三百萬元以上科學(或醫療)儀器設備彙總表

機關(學校)名稱原子能委員會核能研究所

單位：新臺幣千元

| 編號 | 儀器名稱                   | 使用單位 | 單位 | 數量 | 單價 | 總價 | 優先<br>次序 | 備註 |
|----|------------------------|------|----|----|----|----|----------|----|
|    | 本年度無購<br>置三百萬元<br>以上設備 |      |    |    |    |    |          |    |
|    |                        |      |    |    |    |    |          |    |
|    |                        |      |    |    |    |    |          |    |
|    |                        |      |    |    |    |    |          |    |
|    |                        |      |    |    |    |    |          |    |

### 國家標準實驗室計畫新台幣一百萬元以上儀器設備清單

| 儀器設備名稱             | 主要功能規格 | 單價 | 數量 | 總價 | 備註 |
|--------------------|--------|----|----|----|----|
| 本年度無購置一<br>百萬元以上設備 |        |    |    |    |    |
|                    |        |    |    |    |    |
|                    |        |    |    |    |    |



### 3、經費運用情形

依計畫逐項檢討各會計科目之運用情形。

#### (1) 歲出預算執行情形(至 104 年 12 月 31 日止)

| 會計科目 | 預 算<br>(流用後) |        | 決 算    |        | 差異說明 |
|------|--------------|--------|--------|--------|------|
|      | 金額(千元)       | 佔預算(%) | 金額(千元) | 佔決算(%) |      |
| 人事費  | 0            | 0      | 0      | 0      |      |
| 業務費  | 9,771        | 81.62  | 9,047  | 80.65  |      |
| 設備費  | 2,200        | 18.38  | 2,170  | 19.35  |      |
| 合 計  | 11,971       | 100    | 11,217 | 100    |      |

## (2) 歲入繳庫情形(至 104 年 12 月 31 日止)

| 科 目                     | 本年度預算數 | 本年度實際數      | 差異說明 |
|-------------------------|--------|-------------|------|
| 財產收入                    |        |             |      |
| 不動產租金                   |        |             |      |
| 動產租金                    |        |             |      |
| 廢舊物資售價                  |        |             |      |
| 技術移轉                    |        |             |      |
| 權利金                     |        |             |      |
| 技術授權                    |        |             |      |
| 製程使用                    |        |             |      |
| 其他                      |        |             |      |
| 罰金罰鍰收入                  |        |             |      |
| 罰金罰鍰                    |        |             |      |
| 其他收入                    |        |             |      |
| 供應收入－<br>資料書刊費          |        |             |      |
| 服務收入－<br>教育學術服務<br>技術服務 |        | 3,416,400 元 |      |
| 審查費－                    |        |             |      |
| 業界合作廠商配合                |        |             |      |
| 收回以前年度歲出                |        |             |      |
| 其他雜項                    |        |             |      |
| 合 計                     |        | 3,416,400 元 |      |

(三) 人力培訓情形：

國家標準實驗室計畫國外受訓人員一覽表

長期訓練

類別：

計畫名稱：建立及維持國家游離輻射標準

V 參加會議

| 出差性質 | 主要內容   | 出差機構及國家   | 期 間                 | 參加人員姓名                    | 在本計畫擔任之工作  | 對本計畫之助益(預期)                         |
|------|--|-----------|---------------------|---------------------------|--|-------------------------------------|
| 會議   | 參加第 20 屆國際放射核種計量與應用會議<br>(International Conference on Radionuclide Metrology and its Applications) | 維也納大學/奧地利 | 1040606-1040613     | 葉俊賢<br><br>朱葦翰            | 游校技術服務與放射活度量測<br><br>執行放射源校正及輻射劑量相關工作                                    | 發表技術論文、收集國際發展趨勢、進行技術研討，或參訪歐、美相關實驗室。 |
| 會議   | 赴大陸北京進行大陸計量科學研究院技術評鑑、參加 2015 年亞太計量組織(APMP)會議   | 北京/中國大陸   | 1041027-1041107     | 袁明程<br><br>謝宗佑<br><br>黃增德 | 協同主持人<br><br>中子及加馬射線劑量標準技術之建立、維持與國際比對相關工作<br><br>X 射線及光子劑量標準技術之建立與維持相關工作 | 發表論文、收集國際發展趨勢、討論國際比對結果、規劃國際比對活動。    |
| 會議   | 參加 2015 年海峽兩岸第 6 屆標準計量檢驗驗證認證消費品安全研討會暨相關合作工作組會議   | 成都/中國大陸   | 1041120-1041124     | 朱健豪                       | 實驗室負責人   | 促進兩岸量測標準的一致性與規畫未來技術合作相關議題           |
| 參訪   | 參訪日本 NIM 實驗室   | 筑波/日本     | 104/11/08-104/11/13 | 黃增德                       | X 射線及光子劑量標準技術之建立與維持相關工作  | 了解與學習日本石墨熱卡計技術。                     |

#### (四) 標準維持情形

目前本計畫維持之游離輻射量測標準可分類如下：

加馬射線空氣克馬率標準：使用  $^{241}\text{Am}$ (60 keV)、 $^{137}\text{Cs}$ (662 keV)與  $^{60}\text{Co}$ (1.25 MeV)，提供 3 種核種之加馬射線。

加馬射線水吸收劑量標準：使用  $^{60}\text{Co}$ (1.25 MeV)加馬射線，並提供水下 5cm 之標準吸收劑量。

X 射線空氣克馬率標準：於 50-300 kVp 能量範圍內，提供 BIPM、NIST、ISO 等系列射質之標準劑量。於 10-50 kVp 能量範圍內，提供 BIPM、ISO、乳房攝影等系列射質之標準劑量。

近接治療參考空氣克馬率標準：提供 Ir-192 射源加馬射線標準參考空氣克馬率

貝它劑量標準：提供  $^{90}\text{Sr}/\text{Y}$  核種貝它射線標準劑量

放射源活度標準：提供 55 個核種的比活度(Bq/g)或總活度(Mq)校正，與大面積 $\alpha$ 或 $\beta$ 發射源粒子發射率校正。

中子劑量標準：提供  $^{252}\text{Cf}$ 、 $^{252}\text{Cf}$ +重水球與  $^{241}\text{Am}/\text{Be}$ ，3 種中子能譜的空間等效劑量與人員等校量校正

各類標準所提供的量測範圍與量測不確定度詳如下表：

| Calibration or Measurement Service |          |       | Measurand Level or Range |               | Measurement Conditions / Independent Variable |                | Expanded Uncertainty |       |                 | Reference Standard used in calibration |            |
|------------------------------------|----------|-------|--------------------------|---------------|---|----------------|----------------------|-------|-----------------|--|------------|
| NMI Service Identification         | Quantity | Units | Minimum value            | Maximum value | Parameter                                     | Specifications | Value                | Units | Coverage Factor | Standard / Source of traceability      | 系統驗證(達成年度) |

| Calibration or Measurement Service |                |                     | Measurand Level or Range |          | Measurement Conditions / Independent Variable |                                   | Expanded Uncertainty |   |   | Reference Standard used in calibration     |   |
|------------------------------------|----------------|---------------------|--------------------------|----------|---|-----------------------------------|----------------------|---|---|--|---|
| INER-1001                          | air kerma rate | mGy h <sup>-1</sup> | 1.98E+03                 | 2.30E+04 | <sup>60</sup> Co                              | ISO-4037-1                        | 1                    | % | 2 | primary standard ionization chamber / INER | 與澳洲 ARPANSA 雙邊比對(2003)。<br>最近：APMP.RI(I)-K1.1 國際比對(2010-2011)、通過 TAF 再評鑑(2010)        |
| INER-1002                          | air kerma rate | mGy h <sup>-1</sup> | 6.12E+00                 | 1.58E+03 | <sup>137</sup> Cs                             | ISO-4037-1                        | 1                    | % | 2 | primary standard ionization chamber / INER | 與日本 NMIJ、澳洲 ARPANSA 三邊比對(2002)。<br>最近：APMP.RI(I)-K5 國際比對(2013-2015)、通過 TAF 再評鑑(2010)。 |
| INER-1003                          | air kerma rate | mGy h <sup>-1</sup> | 6.10E+02                 | 1.51E+03 | X-ray, 50 kV to 300 kV                        | BIPM, NIST(M)<br>ISO(N, W)        | 1                    | % | 2 | free air chamber / INER                    | APMP/TCRI 關鍵比對(2003)。<br>最近：APMP.RI( I )-K3 國際比對(2015-2017)、通過 TAF 再評鑑(2010)          |
| INER-1004                          | air kerma rate | mGy h <sup>-1</sup> | 2.30E+01                 | 5.04E+03 | X-ray, 10 kV to 50 kV                         | NIST(M)<br>Mammogram<br>ISO(N, W) | 2                    | % | 2 | free air chamber / INER                    | 追溯至 NIST(2002)。<br>與澳洲或日本雙邊比對(2006)。<br>最近：APMP.RI(I)-K2 國際比對(2008-2010)、通過 TAF       |

| Calibration or Measurement Service |                              |                     | Measurand Level or Range |          | Measurement Conditions / Independent Variable |            | Expanded Uncertainty |   |   | Reference Standard used in calibration                     |   |
|------------------------------------|------------------------------|---------------------|--------------------------|----------|---|------------|----------------------|---|---|--|---|
|                                    |                              |                     |                          |          |   |            |                      |   |   |  | 再評鑑(2010)   |
| INER-1005                          | absorbed dose rate to water  | Gy s <sup>-1</sup>  | 5.50E-04                 | 6.40E-03 | <sup>60</sup> Co                              | AAPM TG-51 | 1                    | % | 2 | primary standard ionization chamber / INER                 | 與澳洲 ARPANSA 雙邊比對(2003)。<br>最近：APMP.RI(I)-K4 國際比對(2009-2011)   |
| INER-1006                          | absorbed dose rate to tissue | mGy h <sup>-1</sup> | 4.28E+00                 | 4.28E+00 | <sup>90</sup> Sr/ <sup>90</sup> Y             | ISO-6980   | 2                    | % | 2 | calibrated source / PTB                                    | 通過 TAF 認證(2004)。<br>最近：APMP.RI(I)-S2 國際比對(2011-2014)、通過 TAF 再評鑑(2010)                                   |
| INER-1007                          | Reference air kerma rate     | mGy h <sup>-1</sup> | 50                       | 0.5      | <sup>192</sup> Ir                             |            | 1.5                  | % | 2 | Calibrated source / PTB                                    | 追溯至 PTB(2005)<br>最近：與 PTB 雙邊比對(2014)、通過 TAF 再評鑑(2010)   |
| INER-1008                          | air kerma rate               | μGy h <sup>-1</sup> | 170                      | 0.55     | Am-241  |            | 1.2 ~2.8             | % | 2 | INER   | 通過 TAF 再評鑑(2010)  |
| INER-2001                          | activity per unit mass       | Bq g <sup>-1</sup>  | 1.00E+05                 | 5.00E+05 | Single nuclide solution source                | NCRP-58    | 1                    | % | 2 | 4πβ-γ absolute measurement, set of standard weights / INER | 與日本 NMIJ 雙邊比對 <sup>134</sup> Cs(2005), APMP/TCRI 比對 <sup>139</sup> Ce(2004)。<br>最近：APMP.RI(II)-K2.Fe-59 |

| Calibration or Measurement Service |   |                     | Measurand Level or Range |          | Measurement Conditions / Independent Variable |   | Expanded Uncertainty |   |   | Reference Standard used in calibration           |   |
|------------------------------------|---|---------------------|--------------------------|----------|---|---|----------------------|---|---|--|---|
|                                    |   |                     |                          |          |   |   |                      |   |   |  | 國際比對(2014)、通過 TAF 再評鑑(2010)   |
| INER-2002                          | activity  | Bq                  | 4.14E+06                 | 8.27E+09 | Single nuclide solution source                | 1 g to 5 g solution in 5 mL glass ampoule | 1                    | % | 2 | high pressure well type ionization chamber / NPL | APMP/TCRI <sup>60</sup> Co 輔助性比對(2004)。<br>最近：APMP.RI(II)-K2.Fe-59 國際比對(2014、通過 TAF 再評鑑(2010) |
| INER-2003                          | emission rate   | s <sup>-1</sup>     | 1.00E+02                 | 1.00E+04 | Large area surface source                     | electroplate, active area>10 cm by 10 cm  | 3                    | % | 2 | proportional counter / INER                      | 中、日、韓、美、德、南非、俄 <sup>36</sup> Cl 多邊國際比對(2002)。<br>最近：通過 TAF 再評鑑(2010)                          |
| INER-3001                          | ambient dose equivalent rate, personal dose equivalent rate | mSv h <sup>-1</sup> | 6.41E-06                 | 1.78E-04 | <sup>252</sup> Cf source                      | ISO-8529-3                                | 5                    | % | 2 | calibrated source / NIST                         | 通過 TAF 認證(2004)。<br>最近：APMP.RI(III)-S1 國際比對(2011-2012)、通過 TAF 再評鑑(2010)                       |

| Calibration or Measurement Service |   |                     | Measurand Level or Range |          | Measurement Conditions / Independent Variable |            | Expanded Uncertainty |   |   | Reference Standard used in calibration |                  |
|------------------------------------|---|---------------------|--------------------------|----------|---|------------|----------------------|---|---|--|------------------|
| INER-3002                          | ambient dose equivalent rate, personal dose equivalent rate | mSv h <sup>-1</sup> | 1.44E-06                 | 5.83E-06 | <sup>241</sup> Am/ <sup>9</sup> Be source     | ISO-8529-3 | 5                    | % | 2 | calibrated source / NPL                | 通過 TAF 認證(2004)。 |



## 二、成果運用檢討

### (一) 主要成果運用檢討表

| 執行項目     | 成果運用   |
|----------|--|
| 國際量測比對   | <p>藉由國際比對達成國際追溯、國際宣傳與全球相互認可，並藉此建立或驗證新的量測技術，或作為人員技術傳承之檢驗，是參與國際量測比對活動的主要目的。然在全球相互認可協定的議題上，本實驗室的CMC表雖已進入BIPM的資料庫，但其中自我宣告的量測能力佐證資料仍須由後續的國際量測比對活動加以支持，才能持續為國際社會所接受。因此對既有標準仍須持續精進，提升量測水準，並參與國際或區域組織辦理的國際量測比對活動加以確證完成國際追溯。由於我國非聯合國會員，無法直接將標準件送BIPM達成國際追溯，因此國際量測比對的機會與佐證資料相對較少，所以對APMP的技術活動本計畫更應積極參與，期能藉由APMP的比對活動達到國際追溯之目的。</p> |
| 協助推動能力試驗 | <p>在環境輻射保護領域的中低強度核種分析能力試驗、環境試樣放射性核種分析能力試驗，以往是由核研所的環境核種分析實驗室與中低強度核種分析實驗室分別執行，但由於我國並無產製放射源，因此這兩項能力試驗之樣品大多追溯至美國NIST，使本計畫標準的追溯與推展於此領域不易執行。因此於96年起，本計畫與核研所中低強度核種分析實驗</p>  |

| 執行項目                  | 成果運用  |
|-----------------------|---|
|                       | <p>室、環境試樣放射性核種分析實驗室合作，逐步建立其能力試驗所需之標準源，另外與科專計畫合作建立放射性廢棄物解除管制實驗室與低階放射性廢棄物檢測實驗室之能力試驗技術，推展國家標準及於環境輻射保護領域的校正追溯鏈，然目前尚無法完全滿足其需求，本計畫仍須持續擴大核種活度標準範圍，建立標準參考物質製作技術，並提供參考物質予環境輻射保護領域。</p> |
| <p>石墨熱卡計標準系統</p>      | <p>本年度已建立石墨熱卡計量測技術與硬體設施，未來若能進一步建置醫用加速器設施，或將石墨卡計縮小及可攜化，則可將高能粒子吸收劑量標準直接傳遞至醫院，無須再使用各種議定書進行修正，可使醫院治療劑量的計算推導過程大幅縮減，降低誤差與失誤的機率。</p>   |
| <p>Ir-192原級標準系統建置</p> | <p>Ir-192是目前最普遍應用於高劑量率(HDR)近接治療的射源，本計畫於今年度完成建立Ir-192原級標準系統，可降低此項標準校正的量測不確定度，對近接治療之劑量準確度與醫療品質有正面之助益。未來除提供國內放射治療醫院標準校正外，亦需參與國際量測比對達成國際追溯。</p>                                   |
| <p>Cd-109射源活度原級標準</p> | <p>Cd-109射源常作為加馬能譜儀之校正標準射源或能力試驗用射源，於標準傳遞後，可提升國內的第一線輻射環境或食品檢測實驗室如核研所、台電核能電廠、清華大學等對加馬核種分析之準確度，對民</p>  |

| 執行項目 | 成果運用                |
|------|---------------------|
|      | 眾的環境輻射安全與飲食安全將有所提升。 |

(二) 研究成果統計

研究成果統計表

| 成果<br>項目<br>分項計<br>畫名稱     | 專利權<br>(項數) | 著作權<br>(項數) | 論文<br>(篇數) |          | 一般研究報告<br>(篇數) |    |    | 技術創新<br>(項數) |    |          |    | 技術引進<br>(項數) | 技術移<br>轉 |    | 技術服務 |    | 研討會 |    |    |  |
|----------------------------|-------------|-------------|------------|----------|----------------|----|----|--------------|----|----------|----|--------------|----------|----|------|----|-----|----|----|--|
|                            |             |             | 國內<br>發表   | 國外<br>發表 | 技術             | 調查 | 訓練 | 產品           | 製程 | 應用<br>軟體 | 技術 |              | 項數       | 廠家 | 項數   | 廠家 | 場次  | 人數 | 日數 |  |
| 游離輻射國<br>家標準之建<br>立計畫(1/4) | 2           |             | 0          | 5        | 22             |    |    |              |    |          |    |              |          |    |      |    |     | 3  |    |  |
| 小 計                        | 2           |             | 0          | 5        | 22             |    |    |              |    |          |    |              |          |    |      |    |     | 3  |    |  |
| 合 計                        | 2           |             | 5          |          | 22             |    |    |              |    |          |    |              |          |    |      |    |     | 3  |    |  |

註：(1)技術創新一欄中所謂產品係指模型機、零組件、新材料等。

(2)專利權及著作權項數以當年度核準項目為主，若為申請案件則於次年度中列報。

(三) 校正服務列表

1. 工服成果統計表

行政院原子能委員會核能研究所

工服成果月報表

中華民國一〇四年一月一日至一〇四年十二月三十一日止

\*\*\*\*\*

計畫名稱：建立及維持國家游離輻射標準（104 年度）

| 校正系<br>統 | 報告編<br>號    | 儀器名稱               | 數量 | 送校單位                  | 填單日期      | 收費日<br>期  | 實收金額 | 等級 | 校正者 |
|----------|-------------|--------------------|----|-----------------------|-----------|-----------|------|----|-----|
| KK1008   | NRSL-103448 | Thermo NRD 校正      | 1  | 奇異亞洲醫療設備股份有限<br>公司    | 103.10.29 | 104.01.08 | 9600 | 一級 | 潘承亞 |
| KK1003   | NRSL-103482 | IBA DCT-10 Lemo 校正 | 1  | 奇異亞洲醫療設備股份有限<br>公司    | 103.11.10 | 104.01.08 | 9600 | 一級 | 黃增德 |
| KK1008   | NRSL-103514 | Thermo FHT751 校正   | 1  | 新光醫療財團法人新光吳火獅紀<br>念醫院 | 103.11.24 | 104.01.08 | 9600 | 一級 | 潘承亞 |
| KK1005   | NRSL-103524 | PTW TW30013 校正     | 1  | 高雄榮民總醫院               | 103.12.17 | 104.01.08 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1001   | NRSL-103525 | PTW TW30013 校正     | 1  | 高雄榮民總醫院               | 103.12.17 | 104.01.08 | 9600 | 一級 | 王思文 |

|        |             |                 |   |             |           |           |       |    |     |
|--------|-------------|-----------------|---|-------------|-----------|-----------|-------|----|-----|
| KK1011 | NRSL-103323 | 放射源粒子發射率校正      | 1 | 台灣電力公司放射實驗室 | 103.12.26 | 104.01.08 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1011 | NRSL-103324 | 放射源粒子發射率校正      | 1 | 台灣電力公司放射實驗室 | 103.12.26 | 104.01.08 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1011 | NRSL-103325 | 放射源粒子發射率校正      | 1 | 台灣電力公司放射實驗室 | 103.12.26 | 104.01.08 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1011 | NRSL-103326 | 放射源粒子發射率校正      | 1 | 台灣電力公司放射實驗室 | 103.12.26 | 104.01.08 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1011 | NRSL-103327 | 放射源粒子發射率校正      | 1 | 台灣電力公司放射實驗室 | 103.12.26 | 104.01.08 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1003 | NRSL-103488 | Unfors Xi CT 校正 | 1 | 友信行股份有限公司   | 103.11.13 | 104.01.08 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1003 | NRSL-103489 | Unfors Xi RF 校正 | 1 | 友信行股份有限公司   | 103.10.28 | 103.12.04 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1011 | NRSL-103316 | 放射源粒子發射率校正      | 1 | 台灣電力公司放射實驗室 | 103.12.26 | 104.01.08 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1011 | NRSL-103317 | 放射源粒子發射率校正      | 1 | 台灣電力公司放射實驗室 | 103.12.26 | 104.01.08 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1011 | NRSL-103318 | 放射源粒子發射率校正      | 1 | 台灣電力公司放射實驗室 | 103.12.26 | 104.01.08 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1011 | NRSL-103319 | 放射源粒子發射率校正      | 1 | 台灣電力公司放射實驗室 | 103.12.26 | 104.01.08 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1011 | NRSL-103320 | 放射源粒子發射率校正      | 1 | 台灣電力公司放射實驗室 | 103.12.26 | 104.01.08 | 12000 | 一級 | 張修亞 |

|        |             |                         |   |                |           |           |       |    |     |
|--------|-------------|-------------------------|---|----------------|-----------|-----------|-------|----|-----|
| KK1011 | NRSL-103321 | 放射源粒子發射率校正              | 1 | 台灣電力公司放射實驗室    | 103.12.26 | 104.01.08 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1011 | NRSL-103322 | 放射源粒子發射率校正              | 1 | 台灣電力公司放射實驗室    | 103.12.26 | 104.01.08 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1011 | NRSL-103353 | 放射源粒子發射率校正              | 1 | 台灣電力公司放射實驗室    | 103.12.26 | 104.01.08 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1011 | NRSL-103354 | 放射源粒子發射率校正              | 1 | 台灣電力公司放射實驗室    | 103.12.26 | 104.01.08 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1011 | NRSL-103355 | 放射源粒子發射率校正              | 1 | 台灣電力公司放射實驗室    | 103.12.26 | 104.01.08 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1011 | NRSL-103356 | 放射源粒子發射率校正              | 1 | 台灣電力公司放射實驗室    | 103.12.26 | 104.01.08 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1011 | NRSL-103357 | 放射源粒子發射率校正              | 1 | 台灣電力公司放射實驗室    | 103.12.26 | 104.01.08 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1004 | NRSL-104003 | Radcal DDx6-M 校正        | 1 | 台灣醫學物理股份有限公司   | 104.01.09 | 104.01.19 | 9600  | 一級 | 黃增德 |
| KK1004 | NRSL-104004 | Radcal 40x9-Mc 校正       | 1 | 台灣醫學物理股份有限公司   | 103.07.24 | 103.12.15 | 9600  | 一級 | 黃增德 |
| KK1001 | NRSL-103511 | Standard Imaging A12 校正 | 1 | 台灣基督教門諾會醫療財團法人 | 103.12.03 | 104.01.19 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-103511 | Standard Imaging A12 校正 | 1 | 台灣基督教門諾會醫療財團法人 | 103.12.03 | 104.01.19 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1003 | NRSL-103528 | PTW T60004 校正           | 1 | 供群科技有限公司       | 103.12.15 | 104.02.10 | 9600  | 一級 | 王思文 |

|        |             |                         |   |                      |           |           |      |    |     |
|--------|-------------|-------------------------|---|----------------------|-----------|-----------|------|----|-----|
| KK1005 | NRSL-103503 | PTW TM30013 校正          | 1 | 華霖股份有限公司             | 103.12.02 | 104.02.05 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-103504 | PTW TM30013 校正          | 1 | 華霖股份有限公司             | 103.12.02 | 104.02.05 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1003 | NRSL-103533 | Fluke 6000-200 校正       | 1 | 醫療財團法人辜公亮基金會和信治癌中心醫院 | 103.12.23 | 104.02.05 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1004 | NRSL-103534 | Nero mAx8000 校正         | 1 | 醫療財團法人辜公亮基金會和信治癌中心醫院 | 103.12.23 | 104.02.05 | 9600 | 一級 | 黃增德 |
| KK1001 | NRSL-103002 | PTW TW30013 校正          | 1 | 華霖股份有限公司             | 103.12.02 | 104.02.05 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-103516 | EXRADIN AISL 校正         | 1 | 多模式股份有限公司            | 103.12.17 | 104.02.05 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-103532 | PTW TW30013 校正          | 1 | 醫療財團法人辜公亮基金會和信治癌中心醫院 | 103.12.29 | 104.02.09 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-103522 | Standard Imaging A12 校正 | 1 | 久和醫療儀器股份有限公司         | 103.12.17 | 104.02.10 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-103530 | PTW TN31010 校正          | 1 | 佛教慈濟醫療財團法人花蓮慈濟醫院     | 103.12.29 | 104.02.17 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1003 | NRSL-104024 | Unfors Xi CT 校正         | 1 | 老達利貿易股份有限公司          | 104.01.29 | 104.02.11 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1008 | NRSL-104009 | BERTHOLD LB6411-Pb 校正   | 1 | 長庚醫療財團法人林口長庚紀念醫院     | 104.01.26 | 104.02.17 | 9600 | 一級 | 潘承亞 |
| KK1008 | NRSL-104010 | BERTHOLD LB6411-Pb 校正   | 1 | 長庚醫療財團法人林口長庚紀念醫院     | 104.01.26 | 104.02.17 | 9600 | 一級 | 潘承亞 |
| KK1008 | NRSL-104011 | BERTHOLD LB6411-Pb 校正   | 1 | 長庚醫療財團法人林口長庚紀念醫院     | 104.01.26 | 104.02.17 | 9600 | 一級 | 潘承亞 |



|        |             |                             |   |                       |           |           |      |    |     |
|--------|-------------|-----------------------------|---|-----------------------|-----------|-----------|------|----|-----|
| KK1008 | NRSL-104012 | BERTHOLD<br>LB6411-Pb 校正    | 1 | 長庚醫療財團法人林口長庚紀念<br>醫院  | 104.01.26 | 104.02.17 | 9600 | 一級 | 潘承亞 |
| KK1008 | NRSL-104034 | BERTHOLD LB6411 校<br>正      | 1 | 長庚醫療財團法人林口長庚紀念<br>醫院  | 104.02.12 | 104.02.17 | 9600 | 一級 | 潘承亞 |
| KK1008 | NRSL-104002 | CARDINAL RPN 校正             | 1 | 義大醫療財團法人義大<br>醫院      | 104.01.20 | 104.03.06 | 9600 | 一級 | 潘承亞 |
| KK1008 | NRSL-104028 | LUDLUM 校正                   | 1 | 詩蘭卜吉有限公司              | 104.01.28 | 104.03.05 | 9600 | 一級 | 潘承亞 |
| KK1001 | NRSL-104035 | IBA FL65-P 校正               | 1 | 衛生福利部南投醫院放<br>射腫瘤科    | 104.02.16 | 104.03.17 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-104016 | PTW TM30013 校正              | 1 | 東霖儀器股份有限公司            | 104.02.16 | 104.03.19 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-104003 | PTW TM31016 校正              | 1 | 久和醫療儀器股份有限<br>公司      | 104.01.29 | 104.04.07 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104006 | PTW TM31016 校正              | 1 | 久和醫療儀器股份有限<br>公司      | 104.01.29 | 104.04.07 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104008 | PTW TM60018 校正              | 1 | 久和醫療儀器股份有限<br>公司      | 104.01.29 | 104.04.07 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-104013 | PTW TM31010 校正              | 1 | 醫世紀健康管理顧問<br>(股)公司    | 104.01.30 | 104.04.10 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104014 | Standard Imaging AISL<br>校正 | 1 | 醫世紀健康管理顧問<br>(股)公司    | 104.01.30 | 104.04.10 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-104018 | PTW TM30013 校正              | 1 | 義大醫療財團法人義大<br>醫院      | 104.01.30 | 104.04.09 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104029 | PTW TM30013 校正              | 1 | 新光醫療財團法人新光<br>吳火獅紀念醫院 | 104.02.16 | 104.04.01 | 9600 | 一級 | 王思文 |

|        |             |                      |   |                 |           |           |       |    |     |
|--------|-------------|----------------------|---|-----------------|-----------|-----------|-------|----|-----|
| KK1003 | NRSL-104071 | Unfors 8202041-B 校正  | 1 | 臺北榮民總醫院         | 104.03.23 | 104.04.09 | 9600  | 一級 | 施成霖 |
| KK1004 | NRSL-104072 | Unfors 8202031-E 校正  | 1 | 臺北榮民總醫院         | 104.03.23 | 104.04.09 | 9600  | 一級 | 施成霖 |
| KK1008 | NRSL-104007 | Thermo FHT752 校正     | 1 | 量子輻射科技有限公司      | 104.03.17 | 104.04.17 | 9600  | 一級 | 謝宗佑 |
| KK1011 | NRSL-104046 | 放射源粒子發射率校正           | 1 | 台灣電力公司放射試驗室     | 104.04.01 | 104.04.15 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1004 | NRSL-104062 | Unfors Xi RF&MAM 校正  | 1 | 友信行股份有限公司       | 104.03.19 | 104.04.17 | 9600  | 一級 | 施成霖 |
| KK1005 | NRSL-104031 | PTW TM30013 校正       | 1 | 臺灣愛可芮股份有限公司     | 104.03.16 | 104.04.17 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104032 | PTW TM30013 校正       | 1 | 臺灣愛可芮股份有限公司     | 104.03.16 | 104.04.17 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1003 | NRSL-104063 | Radcal 10x6-180 校正   | 1 | 老達利貿易股份有限公司     | 104.03.18 | 104.04.21 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1003 | NRSL-104064 | Radcal 10x6-3CT 校正   | 1 | 老達利貿易股份有限公司     | 104.03.18 | 104.04.21 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1008 | NRSL-104130 | ATOMTEX BDKN-01 校正   | 1 | 克馬企業有限公司        | 104.04.13 | 104.04.28 | 9600  | 一級 | 謝宗佑 |
| KK1008 | NRSL-104116 | Thermo FHT762 校正     | 1 | 量子輻射科技有限公司      | 104.01.10 | 104.05.05 | 9600  | 一級 | 謝宗佑 |
| KK1003 | NRSL-104090 | NE 2575C(加 17 個射質)校正 | 1 | 台灣電力(股)公司       | 104.01.15 | 104.05.04 | 43600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1001 | NRSL-104083 | PTW TN30013 校正       | 1 | 臺北市立聯合醫院中興院區放腫科 | 104.04.09 | 104.05.06 | 9600  | 一級 | 林怡君 |
| KK1005 | NRSL-104084 | PTW TN30013 校正       | 1 | 臺北市立聯合醫院中興院區放腫科 | 104.04.09 | 104.05.06 | 9600  | 一級 | 林怡君 |

|        |             |                       |   |                  |           |           |      |    |     |
|--------|-------------|-----------------------|---|------------------|-----------|-----------|------|----|-----|
| KK1001 | NRSL-104085 | PTW TN31010 校正        | 1 | 臺北市立聯合醫院中興院區放腫科  | 104.04.09 | 104.05.06 | 9600 | 一級 | 林怡君 |
| KK1005 | NRSL-104086 | PTW TN31010 校正        | 1 | 臺北市立聯合醫院中興院區放腫科  | 104.04.09 | 104.05.06 | 9600 | 一級 | 林怡君 |
| KK1001 | NRSL-104067 | Wellhofer FC65P 校正    | 1 | 大千綜合總醫院          | 104.04.08 | 104.05.04 | 9600 | 一級 | 林怡君 |
| KK1005 | NRSL-104068 | Wellhofer FC65P 校正    | 1 | 大千綜合總醫院          | 104.04.08 | 104.05.04 | 9600 | 一級 | 林怡君 |
| KK1008 | NRSL-104087 | Thermo RADEYE-NL 校正   | 1 | 輻新企業股份有限公司       | 104.03.31 | 104.05.08 | 9600 | 一級 | 謝宗佑 |
| KK1001 | NRSL-104060 | IBA FC65-P 校正         | 1 | 長庚醫療財團法人嘉義長庚紀念醫院 | 104.04.08 | 104.05.07 | 9600 | 一級 | 林怡君 |
| KK1008 | NRSL-104055 | Thermo FHT751/6010 校正 | 1 | 聯然有限公司           | 104.04.30 | 104.05.12 | 9600 | 一級 | 謝宗佑 |
| KK1001 | NRSL-104088 | PTW TN30013 校正        | 1 | 台中榮民總醫院嘉義分院      | 104.04.09 | 104.05.21 | 9600 | 一級 | 林怡君 |
| KK1004 | NRSL-104147 | Unfors 8202031-G 校正   | 1 | 得豐科技股份有限公司       | 104.04.30 | 104.05.14 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1008 | NRSL-104133 | Thermo/NRD 校正         | 1 | 義大醫療財團法人義大醫院     | 104.04.20 | 104.05.21 | 9600 | 一級 | 謝宗佑 |
| KK1008 | NRSL-104131 | INDUITION RPN 校正      | 1 | 貝克西弗股份有限公司       | 104.04.15 | 104.05.18 | 9600 | 一級 | 謝宗佑 |
| KK1005 | NRSL-104152 | PTW TN30013 校正        | 1 | 三軍總醫院放射腫瘤部       | 104.05.07 | 104.05.20 | 9600 | 一級 | 林怡君 |
| KK1005 | NRSL-104113 | IBA CC01 校正           | 1 | 財團法人羅許基金會羅東博愛醫院  | 104.04.10 | 104.05.28 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-104143 | PTW TM30013 校正        | 1 | 東霖儀器股份有限公司       | 104.04.30 | 104.05.28 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104144 | PTW TM30013 校正        | 1 | 東霖儀器股份有限公司       | 104.04.30 | 104.05.28 | 9600 | 一級 | 王思文 |

|        |             |                    |   |                |           |           |      |    |     |
|--------|-------------|--------------------|---|----------------|-----------|-----------|------|----|-----|
| KK1003 | NRSL-104100 | Radcal 10x5-6 校正   | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司 | 104.04.01 | 104.05.29 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1003 | NRSL-104101 | Radcal 10x5-180 校正 | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司 | 104.04.01 | 104.05.29 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1003 | NRSL-104103 | Radcal 20x6-6 校正   | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司 | 104.04.01 | 104.05.29 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1003 | NRSL-104106 | Radcal 20x6-3 校正   | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司 | 104.04.01 | 104.05.29 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1003 | NRSL-104104 | Radcal 20x6-180 校正 | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司 | 104.04.01 | 104.05.29 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1003 | NRSL-104107 | Radcal 20x6-180 校正 | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司 | 104.04.01 | 104.05.29 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1004 | NRSL-104102 | Radcal 10x5-6M 校正  | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司 | 104.04.01 | 104.05.29 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1004 | NRSL-104105 | Radcal 20x6-6M 校正  | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司 | 104.04.01 | 104.05.29 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1004 | NRSL-104108 | Radcal 20x6-6M 校正  | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司 | 104.04.01 | 104.05.29 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1004 | NRSL-104109 | INOVISION35080B 校正 | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司 | 104.04.01 | 104.05.29 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1004 | NRSL-104110 | INOVISION35080B 校正 | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司 | 104.04.01 | 104.05.29 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1004 | NRSL-104111 | KEITHLEY 35080B 校正 | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司 | 104.04.01 | 104.05.29 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1004 | NRSL-104112 | Fluke 35080B 校正    | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司 | 104.04.01 | 104.05.29 | 9600 | 一級 | 施成霖 |

| 有限公司   |             |                          |   |                    |           |           |       |    |     |
|--------|-------------|--------------------------|---|--------------------|-----------|-----------|-------|----|-----|
| KK1005 | NRSL-104073 | PTW 300-625 校正           | 1 | 台北榮民總醫院            | 104.04.08 | 104.05.28 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104074 | Standard Imaging A19 校正  | 1 | 台北榮民總醫院            | 104.04.08 | 104.05.28 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-104043 | PTW TW30013 校正           | 1 | 久和醫療儀器(股)公司        | 104.04.08 | 104.06.03 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104044 | PTW TW30013 校正           | 1 | 久和醫療儀器(股)公司        | 104.04.08 | 104.06.03 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-104161 | PTW N30001 校正            | 1 | 久和醫療儀器(股)公司        | 104.05.08 | 104.06.03 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1009 | NRSL-104059 | PTW Nucletron 077091 校正  | 1 | 長庚醫療財團法人嘉義長庚紀念醫院   | 104.05.20 | 104.06.02 | 14000 | 一級 | 潘承亞 |
| KK1009 | NRSL-104076 | PTW TW33004 校正           | 1 | 久和醫療儀器(股)公司        | 104.05.20 | 104.06.15 | 14000 | 一級 | 潘承亞 |
| KK1009 | NRSL-104207 | PTW TN33002 校正           | 1 | 高雄醫學大學附設中和紀念醫院     | 104.05.28 | 104.06.11 | 14000 | 一級 | 潘承亞 |
| KK1009 | NRSL-104141 | Nucletron 077094 校正      | 1 | 新和生物科技(股)公司        | 104.05.20 | 104.06.16 | 14000 | 一級 | 潘承亞 |
| KK1005 | NRSL-104150 | Standard Imaging A12S 校正 | 1 | 盛泰和有限公司            | 104.05.21 | 104.06.18 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104135 | Standard AISL 校正         | 1 | 亞東紀念醫院             | 104.04.30 | 104.06.18 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-104137 | Wellhofer IC65-P 校正      | 1 | 亞東紀念醫院             | 104.04.29 | 104.06.18 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1009 | NRSL-104138 | Nucletron 077091 校正      | 1 | 亞東紀念醫院             | 104.05.20 | 104.06.18 | 14000 | 一級 | 潘承亞 |
| KK1009 | NRSL-104173 | PTW TW33002 校正           | 1 | 彰化基督教醫療財團法人彰化基督教醫院 | 104.05.20 | 104.06.24 | 14000 | 一級 | 潘承亞 |
| KK1008 | NRSL-104174 | 中子佩章 Harshaw 8806        | 1 | 國立清華大學             | 104.05.07 | 104.06.16 | 2400  | 一級 | 潘承亞 |
| KK1005 | NRSL-104132 | Wellhofer IC15 校正        | 1 | 澄清綜合醫院中港分院         | 104.04.28 | 104.06.18 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104139 | Standard AISL 校正         | 1 | 阮綜合醫療社團法人阮         | 104.05.06 | 104.06.18 | 9600  | 一級 | 王思文 |

| 綜合醫院   |             |                    |   |                    |           |           |      |    |     |
|--------|-------------|--------------------|---|--------------------|-----------|-----------|------|----|-----|
| KK1001 | NRSL-104162 | PTW TW30013 校正     | 1 | 立達豐股份有限公司          | 104.05.20 | 104.06.18 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104163 | PTW TW30013 校正     | 1 | 立達豐股份有限公司          | 104.05.20 | 104.06.18 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1006 | NRSL-104155 | UD-802 佩章校正        | 1 | 貝克西弗股份有限公司         | 104.05.13 | 104.06.18 | 2400 | 一級 | 施成霖 |
| KK1001 | NRSL-104209 | PTW TM30013 校正     | 1 | 東霖股份有限公司           | 104.05.28 | 104.06.24 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-104178 | PTW TM30013 校正     | 1 | 久和醫療儀器(股)公司        | 104.05.21 | 104.06.30 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104179 | PTW TM30013 校正     | 1 | 久和醫療儀器(股)公司        | 104.05.21 | 104.06.30 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-104176 | PTW TM30013 校正     | 1 | 久和醫療儀器(股)公司        | 104.05.25 | 104.06.30 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-104171 | PTW TM30013 校正     | 1 | 彰化基督教醫療財團法人彰化基督教醫院 | 104.05.20 | 104.07.03 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104172 | PTW TM30013 校正     | 1 | 彰化基督教醫療財團法人彰化基督教醫院 | 104.05.20 | 104.07.03 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1004 | NRSL-104180 | INOVISION35080B 校正 | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司     | 104.05.19 | 104.06.30 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1004 | NRSL-104181 | INOVISION35080B 校正 | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司     | 104.05.19 | 104.06.30 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1004 | NRSL-104182 | INOVISION35080B 校正 | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司     | 104.05.19 | 104.06.30 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1004 | NRSL-104183 | KEITHLEY 35080A 校正 | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司     | 104.05.19 | 104.06.30 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1004 | NRSL-104186 | Radcal 20x6-6M 校正  | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司     | 104.05.19 | 104.06.30 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1004 | NRSL-104187 | Radcal 20x6-6M 校正  | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司     | 104.05.19 | 104.06.30 | 9600 | 一級 | 施成霖 |

|        |             |                    |   |                |           |           |      |    |     |
|--------|-------------|--------------------|---|----------------|-----------|-----------|------|----|-----|
| KK1004 | NRSL-104188 | Radcal 20x6-6M 校正  | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司 | 104.05.19 | 104.06.30 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1004 | NRSL-104189 | Radcal 20x6-6M 校正  | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司 | 104.05.19 | 104.06.30 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1003 | NRSL-104184 | Radcal 20x6-6 校正   | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司 | 104.05.19 | 104.06.30 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1003 | NRSL-104185 | Radcal 20x6-6 校正   | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司 | 104.05.19 | 104.06.30 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1003 | NRSL-104186 | Radcal 20x6-6 校正   | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司 | 104.05.19 | 104.06.30 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1003 | NRSL-104187 | Radcal 20x6-6 校正   | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司 | 104.05.19 | 104.06.30 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1003 | NRSL-104185 | Radcal 20x6-180 校正 | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司 | 104.05.19 | 104.06.30 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1003 | NRSL-104186 | Radcal 20x6-180 校正 | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司 | 104.05.19 | 104.06.30 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1003 | NRSL-104187 | Radcal 20x6-180 校正 | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司 | 104.05.19 | 104.06.30 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1003 | NRSL-104188 | Radcal 20x6-180 校正 | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司 | 104.05.19 | 104.06.30 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1003 | NRSL-104205 | IBA DCT-10 Lemo 校正 | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司 | 104.05.19 | 104.06.30 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1001 | NRSL-104146 | PTW TM30013 校正     | 1 | 臺灣愛可芮股份有限公司    | 104.05.05 | 104.07.02 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-104153 | PTW TW30006 校正     | 1 | 醫世紀健康管理顧問      | 104.05.12 | 104.07.06 | 9600 | 一級 | 王思文 |

|        |             |                      |   |                    |           |           |        |    |     |
|--------|-------------|----------------------|---|--------------------|-----------|-----------|--------|----|-----|
|        |             |                      |   | (股)公司              |           |           |        |    |     |
| KK1001 | NRSL-104154 | PTW TW31010 校正       | 1 | 醫世紀健康管理顧問<br>(股)公司 | 104.05.12 | 104.07.06 | 9600   | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-104203 | PTW TW31010 校正       | 1 | 華霖股份有限公司           | 104.05.28 | 104.07.06 | 9600   | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104204 | PTW TW31010 校正       | 1 | 華霖股份有限公司           | 104.05.28 | 104.07.06 | 9600   | 一級 | 王思文 |
| KK1002 | NRSL-104073 | NE2575 校正            | 1 | 台電放射試驗室核三工<br>作隊   | 104.04.09 | 104.07.08 | 9600   | 一級 | 王思文 |
| KK1002 | NRSL-104072 | NE2530-1C 校正         | 1 | 台電放射試驗室核三工<br>作隊   | 104.04.09 | 104.07.08 | 9600   | 一級 | 王思文 |
| KK1002 | NRSL-104148 | NE2571 校正            | 1 | 台電放射試驗室核三工<br>作隊   | 104.05.19 | 104.07.08 | 9600   | 一級 | 王思文 |
| KK1002 | NRSL-104140 | PTW TM33002 校正       | 1 | 國立清華大學             | 104.05.19 | 104.07.14 | 9600   | 一級 | 王思文 |
|        |             | 第九次人員劑量計能力<br>試驗     | 6 | 財團法人中華民國輻射<br>防護協會 | 103.05.30 | 104.07.15 | 172800 | 一級 |     |
| KK1003 | NRSL-104243 | Untros CT Solo Xi 校正 | 1 | 老達利貿易股份有限公<br>司    | 104.06.29 | 104.07.16 | 9600   | 一級 | 施成霖 |
| KK1011 | NRSL-104094 | 放射源粒子發射率校正           | 1 | 台電放射試驗室核三工<br>作隊   | 104.06.18 | 104.07.16 | 12000  | 一級 | 張修亞 |
| KK1011 | NRSL-104094 | 放射源粒子發射率校正           | 1 | 台電放射試驗室核三工<br>作隊   | 104.06.18 | 104.07.16 | 12000  | 一級 | 張修亞 |
| KK1011 | NRSL-104094 | 放射源粒子發射率校正           | 1 | 台電放射試驗室核三工<br>作隊   | 104.06.18 | 104.07.16 | 12000  | 一級 | 張修亞 |
| KK1011 | NRSL-104094 | 放射源粒子發射率校正           | 1 | 台電放射試驗室核三工<br>作隊   | 104.06.18 | 104.07.16 | 12000  | 一級 | 張修亞 |



|        |             |                          |   |                   |           |           |       |    |     |
|--------|-------------|--------------------------|---|-------------------|-----------|-----------|-------|----|-----|
| KK1011 | NRSL-104094 | 放射源粒子發射率校正               | 1 | 台電放射試驗室核三工作隊      | 104.06.18 | 104.07.16 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1011 | NRSL-104094 | 放射源粒子發射率校正               | 1 | 台電放射試驗室核三工作隊      | 104.06.18 | 104.07.16 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1003 | NRSL-104229 | PTW TM30009 校正           | 1 | 國泰綜合醫院            | 104.06.10 | 104.07.16 | 9600  | 一級 | 施成霖 |
| KK1005 | NRSL-104159 | Standard Imaging AISL 校正 | 1 | 新光醫療財團法人新光吳火獅紀念醫院 | 104.05.15 | 104.07.16 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1008 | NRSL-104252 | Polimaster Inc.PM1703GN  | 1 | 台塑石化股份有限公司        | 104.07.08 | 104.07.20 | 9600  | 一級 | 潘承亞 |
| KK1003 | NRSL-104250 | PTW T60004 校正            | 1 | 供群科技股份有限公司        | 104.08.08 | 104.08.07 | 9600  | 一級 | 施成霖 |
| KK1001 | NRSL-104197 | PTW TN30013 校正           | 1 | 振興醫療財團法人振興醫院      | 104.05.25 | 104.07.30 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104198 | PTW TN30013 校正           | 1 | 振興醫療財團法人振興醫院      | 104.05.25 | 104.07.30 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-104157 | PTW NE2571 校正            | 1 | 久和醫療儀器(股)公司       | 104.05.15 | 104.07.30 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1011 | NRSL-104210 | 放射源粒子發射率校正               | 1 | 台灣電力股份有限公司        | 104.06.24 | 104.07.31 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1011 | NRSL-104211 | 放射源粒子發射率校正               | 1 | 台灣電力股份有限公司        | 104.06.24 | 104.07.31 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1007 | NRSL-104218 | PTW TN33004 校正           | 1 | 秀傳醫療社團法人秀傳紀念醫院    | 104.06.10 | 104.07.29 | 14000 | 一級 | 謝宗佑 |
| KK1001 | NRSL-104219 | Wellhofer IC69 校正        | 1 | 秀傳醫療社團法人秀傳紀念醫院    | 104.07.13 | 104.07.29 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1008 | NRSL-104264 | Thermo RADEYE N/NL 校正    | 1 | 中國鋼鐵股份有限公司        | 104.07.16 | 104.08.06 | 9600  | 一級 | 謝宗佑 |
| KK1003 | NRSL-104239 | PTW TM30013 校正           | 1 | 華霖股份有限公司          | 104.07.06 | 104.08.05 | 9600  | 一級 | 施成霖 |

|        |             |                             |   |                    |           |           |      |    |     |
|--------|-------------|-----------------------------|---|--------------------|-----------|-----------|------|----|-----|
| KK1005 | NRSL-104247 | Standard Imaging AISL<br>校正 | 1 | 和新生物科技(股)公司        | 104.07.13 | 104.08.06 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-104240 | PTW TM30013 校正              | 1 | 華霖股份有限公司           | 104.07.13 | 104.08.11 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1002 | NRSL-104241 | PTW TM30013 校正              | 1 | 華霖股份有限公司           | 104.07.13 | 104.08.11 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104245 | Standard Imaging AISL<br>校正 | 1 | 華霖股份有限公司           | 104.07.13 | 104.08.11 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1008 | NRSL-104270 | ATMOTEX BDKN-02<br>校正       | 1 | 中央研究院              | 104.07.28 | 104.08.07 | 9600 | 一級 | 謝宗佑 |
| KK1005 | NRSL-104228 | PTW TW23343 校正              | 1 | 國泰綜合醫院             | 104.07.13 | 104.08.13 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104231 | PTW TM31010 校正              | 1 | 國泰綜合醫院             | 104.07.13 | 104.08.13 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104226 | IBA CC01 校正                 | 1 | 國泰綜合醫院             | 104.07.13 | 104.08.13 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104227 | IBA CC01 校正                 | 1 | 國泰綜合醫院             | 104.07.13 | 104.08.13 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104224 | Wellhofer FC65-P 校正         | 1 | 國泰綜合醫院             | 104.07.13 | 104.08.13 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-104225 | Wellhofer FC65-P 校正         | 1 | 國泰綜合醫院             | 104.07.13 | 104.08.13 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1003 | NRSL-104232 | Radcal 20x6-6 校正            | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份<br>有限公司 | 104.06.25 | 104.08.13 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1003 | NRSL-104235 | Radcal 20x6-6 校正            | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份<br>有限公司 | 104.06.25 | 104.08.13 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1003 | NRSL-104233 | Radcal 20x6-180 校正          | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份<br>有限公司 | 104.06.25 | 104.08.13 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1003 | NRSL-104236 | Radcal 20x6-180 校正          | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份<br>有限公司 | 104.06.25 | 104.08.13 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1004 | NRSL-104234 | Radcal 20x6-6M 校正           | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份<br>有限公司 | 104.06.25 | 104.08.13 | 9600 | 一級 | 施成霖 |

|        |             |                            |   |                 |           |           |       |    |     |
|--------|-------------|----------------------------|---|-----------------|-----------|-----------|-------|----|-----|
| KK1004 | NRSL-104237 | Radcal 20x6-6M 校正          | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司  | 104.06.25 | 104.08.13 | 9600  | 一級 | 施成霖 |
| KK1004 | NRSL-104238 | Radcal 20x6-6M 校正          | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司  | 104.06.25 | 104.08.13 | 9600  | 一級 | 施成霖 |
| KK1008 | NRSL-104244 | Eberline E600 校正           | 1 | 奇異亞洲醫療設備股份有限公司  | 104.07.02 | 104.08.13 | 9600  | 一級 | 謝宗佑 |
|        |             | 加馬輻射偵檢儀器能力試驗               | 1 | 台灣電力股份有限公司      | 104.07.17 | 104.08.14 | 36000 | 一級 |     |
|        |             | 貝他輻射偵檢儀器能力試驗               | 1 | 台灣電力股份有限公司      | 104.07.17 | 104.08.14 | 36000 | 一級 |     |
|        |             | 阿伐輻射偵檢儀器能力試驗               | 1 | 台灣電力股份有限公司      | 104.07.17 | 104.08.14 | 36000 | 一級 |     |
|        |             | 加馬輻射偵檢儀器能力試驗               | 1 | 台電放射試驗室核三工作隊    | 104.07.17 | 104.08.14 | 36000 | 一級 |     |
|        |             | 貝他輻射偵檢儀器能力試驗               | 1 | 台電放射試驗室核三工作隊    | 104.07.17 | 104.08.14 | 36000 | 一級 |     |
|        |             | 阿伐輻射偵檢儀器能力試驗               | 1 | 台電放射試驗室核三工作隊    | 104.07.17 | 104.08.14 | 36000 | 一級 |     |
| KK1008 | NRSL-104249 | Thermo Harshaw(TLD600,700) | 7 | 長庚大學醫放系         | 104.07.02 | 104.08.14 | 16800 | 一級 | 謝宗佑 |
|        |             | 加馬輻射偵檢儀器能力試驗               | 1 | 行政院原子能委員會輻射偵測中心 | 104.07.17 | 104.08.25 | 36000 | 一級 |     |
| KK1003 | NRSL-104166 | PTW T60004 校正              | 1 | 西門子(股)公司        | 104.05.08 | 104.08.18 | 9600  | 一級 | 施成霖 |
| KK1004 | NRSL-104167 | PTW T60005 校正              | 1 | 西門子(股)公司        | 104.05.08 | 104.08.18 | 9600  | 一級 | 施成霖 |
| KK1004 | NRSL-104165 | Unfors Xi R/F&Man 校        | 1 | 西門子(股)公司        | 104.05.08 | 104.08.18 | 9600  | 一級 | 施成霖 |

|        |             |                         |   |                      |           |           |       |    |     |
|--------|-------------|-------------------------|---|----------------------|-----------|-----------|-------|----|-----|
|        |             | 正                       |   |                      |           |           |       |    |     |
| KK1003 | NRSL-104212 | Radcal 10x6-3CT 校正      | 1 | 西門子(股)公司             | 104.06.02 | 104.08.18 | 9600  | 一級 | 施成霖 |
| KK1003 | NRSL-104279 | Radcal 20x6-6 校正        | 1 | 和鑫生技開發股份有限公司         | 104.08.06 | 104.08.21 | 9600  | 一級 | 施成霖 |
| KK1003 | NRSL-104280 | Radcal 20x6-6 校正        | 1 | 和鑫生技開發股份有限公司         | 104.08.06 | 104.08.21 | 9600  | 一級 | 施成霖 |
| KK1003 | NRSL-104281 | RTI Solidose R100 校正    | 1 | 和鑫生技開發股份有限公司         | 104.08.06 | 104.08.21 | 9600  | 一級 | 施成霖 |
| KK1001 | NRSL-104221 | PTW TM30013 校正          | 1 | 東霖儀器股份有限公司           | 104.07.13 | 104.08.21 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1003 | NRSL-104273 | Unfors 8202011-E 校正     | 1 | 友信行股份有限公司            | 104.07.29 | 104.08.24 | 9600  | 一級 | 施成霖 |
| KK1007 | NRSL-104265 | Nucletron 077091 校正     | 1 | 醫療財團法人辜公亮基金會和信治癌中心醫院 | 104.08.04 | 104.08.24 | 14000 | 一級 | 謝宗佑 |
| KK1003 | NRSL-104287 | Fluke Victorren 8000 校正 | 1 | 能資國際股份有限公司           | 104.08.06 | 104.08.24 | 9600  | 一級 | 施成霖 |
| KK1001 | NRSL-104222 | PTW N30001 校正           | 1 | 馬偕紀念醫院               | 104.07.13 | 104.08.28 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1003 | NRSL-104168 | Fluke 500-100 校正        | 1 | 馬偕紀念醫院台北院區核醫科        | 104.05.08 | 104.08.28 | 9600  | 一級 | 施成霖 |
| KK1003 | NRSL-104291 | UD-802 校正               | 1 | 貝克西弗股份有限公司           | 104.08.20 | 104.09.21 | 2400  | 一級 | 施成霖 |
| KK1003 | NRSL-104313 | Radcal 20x6-6 校正        | 1 | 醫療財團法人辜公亮基金會和信治癌中心醫院 | 104.08.21 | 104.09.10 | 11600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1003 | NRSL-104314 | Radcal 20x6-180 校正      | 1 | 醫療財團法人辜公亮基金會和信治癌中心醫院 | 104.06.24 | 104.07.31 | 9600  | 一級 | 施成霖 |
| KK1004 | NRSL-104315 | Radcal 20x6-6M 校正       | 1 | 醫療財團法人辜公亮基金會和信治癌中心醫院 | 104.06.24 | 104.07.31 | 9600  | 一級 | 施成霖 |

|        |             |                          |   |                     |           |           |       |    |     |
|--------|-------------|--------------------------|---|---------------------|-----------|-----------|-------|----|-----|
|        |             | 加馬輻射偵檢儀器能力<br>試驗(劑量率偵檢器) | 1 | 國立清華大學              | 104.07.17 | 104.09.16 | 36000 | 一級 |     |
|        |             | 加馬輻射偵檢儀器能力<br>試驗(人員劑量計)  | 1 | 國立清華大學              | 104.07.17 | 104.09.16 | 36000 | 一級 |     |
| KK1008 | NRSL-104283 | BERTHOLD<br>LB6411-Pb 校正 | 1 | 長庚醫療財團法人林口<br>長庚紀念醫 | 104.08.03 | 104.09.10 | 9600  | 一級 | 謝宗佑 |
| KK1008 | NRSL-104284 | BERTHOLD<br>LB6411-Pb 校正 | 1 | 長庚醫療財團法人林口<br>長庚紀念醫 | 104.08.03 | 104.09.10 | 9600  | 一級 | 謝宗佑 |
| KK1008 | NRSL-104285 | BERTHOLD<br>LB6411-Pb 校正 | 1 | 長庚醫療財團法人林口<br>長庚紀念醫 | 104.08.03 | 104.09.10 | 9600  | 一級 | 謝宗佑 |
| KK1008 | NRSL-104286 | BERTHOLD<br>LB6411-Pb 校正 | 1 | 長庚醫療財團法人林口<br>長庚紀念醫 | 104.08.03 | 104.09.10 | 9600  | 一級 | 謝宗佑 |
| KK1008 | NRSL-104288 | BERTHOLD<br>LB6411-Pb 校正 | 1 | 長庚醫療財團法人林口<br>長庚紀念醫 | 104.08.05 | 104.09.10 | 9600  | 一級 | 謝宗佑 |
| KK1008 | NRSL-104289 | BERTHOLD<br>LB6411-Pb 校正 | 1 | 長庚醫療財團法人林口<br>長庚紀念醫 | 104.08.05 | 104.09.10 | 9600  | 一級 | 謝宗佑 |
| KK1008 | NRSL-104290 | BERTHOLD<br>LB6411-Pb 校正 | 1 | 長庚醫療財團法人林口<br>長庚紀念醫 | 104.08.05 | 104.09.10 | 9600  | 一級 | 謝宗佑 |
| KK1008 | NRSL-103254 | 中子 TLD 照射                | 1 | 國立清華大學              | 103.06.04 | 104.09.22 | 2400  | 一級 | 謝宗佑 |
| KK1008 | NRSL-104325 | TLD 8814 校正              | 1 | 財團法人國家同步輻射<br>研究中心  | 104.09.02 | 104.09.30 | 2400  | 一級 | 謝宗佑 |
| KK1006 | NRSL-104326 | TLD 8814 校正              | 1 | 財團法人國家同步輻射<br>研究中心  | 104.09.02 | 104.09.30 | 2400  | 一級 | 施成霖 |
| KK1011 | NRSL-104117 | 放射源粒子發射率校正               | 1 | 台灣電力股份有限公司          | 104.09.14 | 104.10.12 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1011 | NRSL-104118 | 放射源粒子發射率校正               | 1 | 台灣電力股份有限公司          | 104.09.14 | 104.10.12 | 12000 | 一級 | 張修亞 |

|        |             |                            |   |                      |           |           |       |    |     |
|--------|-------------|----------------------------|---|----------------------|-----------|-----------|-------|----|-----|
| KK1011 | NRSL-104119 | 放射源粒子發射率校正                 | 1 | 台灣電力股份有限公司           | 104.09.14 | 104.10.12 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1011 | NRSL-104120 | 放射源粒子發射率校正                 | 1 | 台灣電力股份有限公司           | 104.09.14 | 104.10.12 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1011 | NRSL-104121 | 放射源粒子發射率校正                 | 1 | 台灣電力股份有限公司           | 104.09.14 | 104.10.12 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1011 | NRSL-104122 | 放射源粒子發射率校正                 | 1 | 台灣電力股份有限公司           | 104.09.14 | 104.10.12 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1011 | NRSL-104123 | 放射源粒子發射率校正                 | 1 | 台灣電力股份有限公司           | 104.09.14 | 104.10.12 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1011 | NRSL-104124 | 放射源粒子發射率校正                 | 1 | 台灣電力股份有限公司           | 104.09.14 | 104.10.12 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1011 | NRSL-104125 | 放射源粒子發射率校正                 | 1 | 台灣電力股份有限公司           | 104.09.14 | 104.10.12 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1011 | NRSL-104126 | 放射源粒子發射率校正                 | 1 | 台灣電力股份有限公司           | 104.09.14 | 104.10.12 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1011 | NRSL-104129 | 放射源粒子發射率校正                 | 1 | 台灣電力股份有限公司           | 104.09.14 | 104.10.12 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1011 | NRSL-104128 | 放射源粒子發射率校正                 | 1 | 台灣電力股份有限公司           | 104.09.14 | 104.10.12 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1011 | NRSL-104129 | 放射源粒子發射率校正                 | 1 | 台灣電力股份有限公司           | 104.09.14 | 104.10.12 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1008 | NRSL-104327 | Thermo IHT762 校正           | 1 | 量子輻射科技有限公司           | 104.09.10 | 104.10.19 | 9600  | 一級 | 謝宗佑 |
| KK1008 | NRSL-104328 | Berthold LB6411 校正         | 1 | 量子輻射科技有限公司           | 104.09.16 | 104.10.19 | 9600  | 一級 | 謝宗佑 |
| KK1001 | NRSL-104025 | Standard Imaging A19<br>校正 | 1 | 佛教慈濟醫療財團法人<br>大林慈濟醫院 | 104.02.16 | 104.10.12 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104026 | Standard Imaging A19<br>校正 | 1 | 佛教慈濟醫療財團法人<br>大林慈濟醫院 | 104.02.16 | 104.10.12 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104316 | Standard Imaging A16<br>校正 | 1 | 盛泰和有限公司              | 104.09.03 | 104.10.19 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1003 | NRSL-104342 | Unfors 8202041-D 校正        | 1 | 老達利貿易股份有限公司          | 104.10.06 | 104.10.23 | 9600  | 一級 | 施成霖 |
| KK1011 | NRSL-104202 | 放射源粒子發射率校正                 | 1 | 台灣電力股份有限公司           | 104.09.14 | 104.10.12 | 12000 | 一級 | 張修亞 |
| KK1001 | NRSL-104266 | Capintec PR-06C 校正         | 1 | 醫療財團法人辜公亮基           | 104.09.02 | 104.11.05 | 9600  | 一級 | 王思文 |

| 金會和信治癌中心醫院 |             |                          |   |                  |           |           |       |    |     |
|------------|-------------|--------------------------|---|------------------|-----------|-----------|-------|----|-----|
| KK1001     | NRSL-104292 | PTW TW30013 校正           | 1 | 久和醫療儀器股份有限公司     | 104.09.03 | 104.11.05 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1005     | NRSL-104293 | PTW TW30013 校正           | 1 | 久和醫療儀器股份有限公司     | 104.09.03 | 104.11.05 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1001     | NRSL-104294 | PTW TW30013 校正           | 1 | 久和醫療儀器股份有限公司     | 104.09.03 | 104.11.05 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1005     | NRSL-104295 | PTW TW30013 校正           | 1 | 久和醫療儀器股份有限公司     | 104.09.03 | 104.11.05 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1001     | NRSL-104262 | EXRADIN A12 校正           | 1 | 長庚醫療財團法人基隆長庚紀念醫院 | 104.09.02 | 104.11.06 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1005     | NRSL-104263 | EXRADIN A12 校正           | 1 | 長庚醫療財團法人基隆長庚紀念醫院 | 104.09.02 | 104.11.06 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1005     | NRSL-104216 | 丙胺酸校正                    | 1 | 中國生化科技股份有限公司     | 104.10.05 | 104.11.10 | 30000 | 一級 | 王思文 |
| KK1007     | NRSL-104297 | Standard Imaging 校正      | 1 | 國泰綜合醫院           | 104.08.17 | 104.11.05 | 14000 | 一級 | 謝宗佑 |
| KK1005     | NRSL-104299 | PTW TM31014 校正           | 1 | 國泰綜合醫院           | 104.09.03 | 104.11.05 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1005     | NRSL-104300 | EXRADIN A12 校正           | 1 | 國泰綜合醫院           | 104.09.03 | 104.11.05 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1001     | NRSL-104301 | EXRADIN A12 校正           | 1 | 國泰綜合醫院           | 104.09.03 | 104.11.05 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1005     | NRSL-104302 | IBA FC65-P 校正            | 1 | 國泰綜合醫院           | 104.09.03 | 104.11.05 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1001     | NRSL-104303 | IBA FC65-P 校正            | 1 | 國泰綜合醫院           | 104.09.03 | 104.11.05 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1005     | NRSL-104307 | Standard Imaging AISL 校正 | 1 | 高雄醫學大學附設中和紀念醫院   | 104.09.03 | 104.11.02 | 9600  | 一級 | 王思文 |
| KK1005     | NRSL-104308 | Standard Imaging AISL    | 1 | 高雄醫學大學附設中和       | 104.09.03 | 104.11.02 | 9600  | 一級 | 王思文 |

|        |             |                             |   |                          |           |           |      |    |     |
|--------|-------------|-----------------------------|---|--------------------------|-----------|-----------|------|----|-----|
|        |             | 校正                          |   | 紀念醫院                     |           |           |      |    |     |
| KK1005 | NRSL-104274 | Standard Imaging AISL<br>校正 | 1 | 光田醫療社團法人光田<br>綜合醫院       | 104.10.19 | 104.11.03 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104274 | Standard Imaging AISL<br>校正 | 1 | 光田醫療社團法人光田<br>綜合醫院       | 104.10.19 | 104.11.03 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104274 | Standard Imaging AISL<br>校正 | 1 | 光田醫療社團法人光田<br>綜合醫院       | 104.10.19 | 104.11.03 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-104343 | IBA FC65-G 校正               | 1 | 台南市立安南醫院委託<br>中國醫藥大學興建經營 | 104.10.20 | 104.11.06 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104344 | IBA FC65-G 校正               | 1 | 台南市立安南醫院委託<br>中國醫藥大學興建經營 | 104.10.20 | 104.11.06 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-104346 | IBA FC65-G 校正               | 1 | 台南市立安南醫院委託<br>中國醫藥大學興建經營 | 104.10.20 | 104.11.06 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104345 | IBA FC65-G 校正               | 1 | 台南市立安南醫院委託<br>中國醫藥大學興建經營 | 104.10.20 | 104.11.06 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-104339 | IBA FC65-P 校正               | 1 | 臺大醫院                     | 104.10.20 | 104.11.17 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104340 | IBA FC65-P 校正               | 1 | 臺大醫院                     | 104.10.20 | 104.11.17 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-104364 | IBA FC65-P 校正               | 1 | 鑫華股份有限公司                 | 104.10.20 | 104.11.17 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104365 | IBA FC65-P 校正               | 1 | 鑫華股份有限公司                 | 104.10.20 | 104.11.17 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104337 | PTW TN30013 校正              | 1 | 久和醫療儀器股份有限<br>公司         | 104.10.20 | 104.11.17 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-104317 | PTW TM30013 校正              | 1 | 久和醫療儀器股份有限<br>公司         | 104.10.20 | 104.11.17 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-104318 | PTW TM31010 校正              | 1 | 久和醫療儀器股份有限               | 104.10.20 | 104.11.17 | 9600 | 一級 | 王思文 |



|        |             |                          |   |                                  |           |           |      |    |     |
|--------|-------------|--------------------------|---|----------------------------------|-----------|-----------|------|----|-----|
|        |             |                          |   | 公司                               |           |           |      |    |     |
| KK1001 | NRSL-104319 | PTW TM31016 校正           | 1 | 久和醫療儀器股份有限公司                     | 104.10.20 | 104.11.17 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-104320 | PTW TM23343 校正           | 1 | 久和醫療儀器股份有限公司                     | 104.10.20 | 104.11.17 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-104310 | PTW TW30013 校正           | 1 | 久和醫療儀器股份有限公司                     | 104.09.03 | 104.11.17 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104311 | PTW TW30013 校正           | 1 | 久和醫療儀器股份有限公司                     | 104.09.03 | 104.11.17 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104322 | PTW TM30013 校正           | 1 | 九和生物科技股份有限公司                     | 104.10.19 | 104.11.17 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-104323 | PTW TM30013 校正           | 1 | 九和生物科技股份有限公司                     | 104.10.19 | 104.11.17 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-104257 | PTW TM30013 校正           | 1 | 高雄市立大同醫院委託財團法人私立高雄醫學大學附設中和紀念醫院經營 | 104.09.02 | 104.11.23 | 9600 | 一級 | 王思文 |
| KK1004 | NRSL-104382 | UNFORS8202031-EXi 校正     | 1 | 振興醫療財團法人振興醫院                     | 104.10.15 | 104.11.18 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1004 | NRSL-104383 | UNFORS8202031-EXi 校正     | 1 | 振興醫療財團法人振興醫院                     | 104.10.15 | 104.11.18 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1003 | NRSL-104384 | RTI Electronics AB 校正    | 1 | 振興醫療財團法人振興醫院                     | 104.10.15 | 104.11.18 | 9600 | 一級 | 施成霖 |
| KK1005 | NRSL-104335 | Standard Imaging AISL 校正 | 1 | 醫世紀健康管理顧問股份有限公司                  | 104.10.20 | 104.11.18 | 9600 | 一級 | 王思文 |

|        |             |                       |     |                  |           |           |           |    |     |
|--------|-------------|-----------------------|-----|------------------|-----------|-----------|-----------|----|-----|
| KK1005 | NRSL-104271 | IBA FC65-P 校正         | 1   | 林新醫療社團法人林新醫院     | 104.09.02 | 104.11.23 | 9600      | 一級 | 王思文 |
| KK1003 | NRSL-104385 | Radcal 10x9-6 校正      | 1   | 新醫科技股份有限公司       | 104.10.27 | 104.11.13 | 9600      | 一級 | 施成霖 |
| KK1003 | NRSL-104385 | Radcal 10x9-6(加射質) 校正 | 1   | 新醫科技股份有限公司       | 104.10.27 | 104.11.13 | 2000      | 一級 | 施成霖 |
| KK1003 | NRSL-104385 | Radcal 10x9-6(加射質) 校正 | 1   | 新醫科技股份有限公司       | 104.10.27 | 104.11.13 | 2000      | 一級 | 施成霖 |
| KK1001 | NRSL-104259 | PTW TW30010 校正        | 1   | 戴德森醫療財團法人嘉義基督教醫院 | 104.09.02 | 104.11.23 | 9600      | 一級 | 王思文 |
| KK1005 | NRSL-104260 | PTW TW30010 校正        | 1   | 戴德森醫療財團法人嘉義基督教醫院 | 104.09.02 | 104.11.23 | 9600      | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-104329 | NE2581 校正             | 1   | 台中榮民總醫院          | 104.10.29 | 104.11.17 | 9600      | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-104331 | PTW TM31002 校正        | 1   | 台中榮民總醫院          | 104.10.29 | 104.11.26 | 9600      | 一級 | 王思文 |
| KK1003 | NRSL-104401 | IBA DCTIO-RS Lemo 校正  | 1   | 量子輻射科技股份有限公司     | 104.11.10 | 104.12.04 | 9600      | 一級 | 施成霖 |
| KK1005 | NRSL-104379 | PTW TW30013 校正        | 1   | 仁愛醫療財團法人         | 104.11.19 | 104.12.10 | 9600      | 一級 | 王思文 |
| KK1001 | NRSL-104380 | PTW TW30013 校正        | 1   | 仁愛醫療財團法人         | 104.11.19 | 104.12.10 | 9600      | 一級 | 王思文 |
| KK1007 | NRSL-104422 | PTW TW33004 校正        | 1   | 光田醫療社團法人光田綜合醫院   | 104.12.04 | 104.12.17 | 14000     | 一級 | 謝宗佑 |
| 合計     |             |                       | 310 |                  |           |           | \$        |    |     |
|        |             |                       |     |                  |           |           | 3,416,400 |    |     |



## 2. 國家標準實驗室量測標準系統與校正服務統計表

| 系統名稱                 | 系統代碼   | 量測範圍  | 不確定度              | 主要設備與標準件                  | 系統完成日期   | 管制情形 |   | 可校正之儀器名稱 | 系統服務次數   |           |           |           |           |                  |     | 負責人 | 第三者認證<br>◎ | 改良※<br>比對△ | 變動說明<br>〔可另件提供資料〕 |
|----------------------|--------|---|-------------------|---------------------------|----------|------|---|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------|-----|-----|------------|------------|-------------------|
|                      |        |   |                   |                           |          | 是    | 否 |          | FY9<br>9 | FY10<br>0 | FY10<br>1 | FY10<br>2 | FY10<br>3 | FY104<br>(1-12月) | 小計  |     |            |            |                   |
| 加馬射線<br>空氣克馬<br>校正系統 | kk1001 | air kerma<br>rate<br>1.98E+03 至<br>2.30+04<br>mGy/h   | 1%[p=95%,k<br>=2] | Co-60                     | 85.04.30 | ✓    |   | 游離腔      | 80       | 70        | 80        | 56        | 88        | 58               | 432 | 林怡君 | ◎          |            |                   |
| 加馬射線<br>空氣克馬<br>校正系統 | kk1002 | air kerma<br>rate<br>6.12E+00 至<br>1.58E+03<br>mGy/h  | 1%[p=95%,k<br>=2] | 銻-137                     | 85.04.30 | ✓    |   | 游離腔      | 7        | 12        | 17        | 6         | 20        | 12               | 74  | 林怡君 | ◎          |            |                   |
| X射線空氣<br>克馬校正<br>系統  | kk1003 | air kerma<br>rate<br>6.10E+02 to<br>1.51E+03<br>mGy/h | 1%[p=95%,k<br>=2] | X-ray, 50 kV<br>to 300 kV | 85.06.30 | ✓    |   | 游離腔      | 98       | 21        | 22        | 35        | 73        | 52               | 301 | 黃增德 | ◎          | △          |                   |

|                        |        |  |                   |                       |          |   |                                      |    |    |    |    |    |    |     |     |   |   |
|------------------------|--------|--|-------------------|-----------------------|----------|---|--------------------------------------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|---|---|
| X 射線空氣<br>克馬校正<br>系統   | kk1004 | air kerma<br>rate 10 kV~<br>50 Kv<br>2.3E+01 至<br>5.04E+03<br>mGy/h    | 2%[p=95%,k<br>=2] | X-ray,10 kV<br>~50 Kv | 85.06.30 | ✓ | 游離腔                                  | 25 | 20 | 25 | 30 | 45 | 29 | 174 | 黃增德 | ◎ |   |
| 鈷-60 水吸<br>收劑量校<br>正系統 | kk1005 | absorbed<br>dose rate to<br>water<br>5.5E-04 至<br>6.4E-03 Gy/s         | 1%[p=95%,k<br>=2] | 鈷-60                  | 85.04.30 | ✓ | 游離腔                                  | 39 | 48 | 67 | 68 | 97 | 62 | 381 | 林怡君 | ◎ | ※ |
| 貝他劑量<br>量測系統           | kk1006 | absorbed<br>dose rate to<br>tissue<br>4.28E+00 to<br>4.28E+00<br>mGy/h | 2%[p=95%,k<br>=2] | Sr-90/Y-90            | 86.06.30 | ✓ | Sr-90/Y<br>-90 射源<br>或外推<br>式游離<br>腔 | 76 | 12 | 4  | 0  | 16 | 3  | 111 | 朱健豪 | ◎ |   |

|          |        |   |               |                                   |          |   |                                      |    |    |    |    |    |    |     |     |   |                          |
|----------|--------|---|---------------|-----------------------------------|----------|---|--------------------------------------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|---|--------------------------|
| 中子劑量校正系統 | kk1007 | source ambient dose equivalent rate, personal dose equivalent rate 6.41E-06 mSv/h to 1.78E-04 mSv/h | 5%[p=95%,k=2] | Cf-252 source                     | 88.07.01 | ✓ | 醫用直線加速器                              | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 4  | 4   | 李振弘 | ◎ | 本項服務已有二級實驗室提供服務，擬啟動退場機制。 |
| 中子劑量校正系統 | kk1008 | ambient dose equivalent rate, personal dose equivalent rate 1.44E-06 to 5.83E-06 mSv/h              | 5%[p=95%,k=2] | Am-241/Be-9、Cf-252 source         | 89.12.01 | ✓ | 中子偵檢器、人員劑量計                          | 36 | 26 | 37 | 36 | 71 | 40 | 246 | 朱葦翰 | ◎ |                          |
| 活度計校正系統  | kk1009 | activity per unit mass 1.00E+05 to 5.00E+05 Bq/ g   | 1%[p=95%,k=2] | 銻-241、鈷-57、鋇-133、銻-137、鈷-60、銥-192 | 85.06.30 | ✓ | Single nuclide solution source，井形游離腔 | 16 | 9  | 22 | 14 | 29 | 6  | 96  | 袁明程 | ◎ |                          |

|                       |        |   |               |                                |          |   |                                |     |     |     |     |     |     |      |     |     |   |        |   |
|-----------------------|--------|---|---------------|--------------------------------|----------|---|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|---|--------|---|
| 加馬液體放射源活度校正系統         | kk1010 | activity<br>4.14E+06 to<br>8.27E+09 Bq          | 1%[p=95%,k=2] | Single nuclide solution source | 85.06.30 | ✓ | Single nuclide solution source | 0   | 6   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 6   | 衰明程 | ◎ | ※<br>△ | 主要用於內部標準件之校正，與放射核種相關能力試驗之標準追溯源，上半年度內部校正數 4 件。 |
| 放射源粒子發射率校正系統          | kk1011 | emission rate<br>1.00E+02/s<br>to<br>1.00E+04/s | 3%[p=95%,k=2] | Large area surface source      | 85.07.01 | ✓ | 大面積 α 或 β 射源(醫用活度計)            | 16  | 20  | 29  | 20  | 12  | 44  | 141  | 衰明程 | ◎   |   |        |   |
| 年度合計(註：系統服務次數係以收件數為準) |        |   |               |                                |          |   |                                | 393 | 244 | 303 | 265 | 451 | 310 | 1966 |     |     |   |        |   |

### 三、結論

- 本年度的所有工作項目與量化績效指標皆如期達成。
- 本年度已結報之預算至12月底為93.70%，滿足年度總預算執行率需達80%以上之要求。
- 本年度所有量化績效產出皆達到年度預期目標。
- 本年度例行校正服務至12月底共310件，收入3,416,400元，達到104年度245件的計畫目標。
- 完成石墨熱卡計標準系統整合測試，並進行鈷-60量測實驗，與現有水吸收劑量標準差異約0.79%，達成差異小於1%計畫目標。
- 完成Ir-192參考空氣克馬原級量測標準系統建置，並與德國國家標準實驗室進行比對驗證，結果一致，量測不確定度0.92%達成量測不確定度小於1%的計畫目標。
- 完成Cd-109放射活度原級量測標準系統建置，並與捷克國家標準實驗室進行比對驗證，結果一致，量測不確定度0.63%達成量測不確定度小於1%的計畫目標。
- 本年度實驗室主辦3場輻射計量業務說明會，開放實驗室參觀3梯次，達到人才培育、技術擴散、SI單位推廣與開發創新未來議題的目的。



## 肆、補充附件

補充附件 1、顧客滿意度問卷調查統計表

| 題號 | 問題                          | 非常滿意 | 滿意    | 尚可   | 不滿意  |
|----|-----------------------------|------|-------|------|------|
|    |                             | (%)  | (%)   | (%)  | (%)  |
| 1  | 貴機構對實驗室儀器接收服務，滿意度為何？        | 70.7 | 29.3  | 0    | 0    |
| 2  | 貴機構至本實驗室取回儀器，對儀器取回服務，滿意度為何？ | 70.7 | 29.3  | 0    | 0    |
| 3  | 貴機構對收到校正報告的時間，滿意度為何？        | 62.1 | 34.5  | 1.7  | 1.7  |
| 4  | 貴機構對實驗室人員提供的電話答覆，滿意度為何？     | 69   | 31    | 0    | 0    |
| 5  | 貴機構對實驗室提供的遊校服務滿意度為何？        | 66   | 34    | 0    | 0    |
|    |                             |      |       |      |      |
| 平均 |                             | 67.7 | 31.62 | 0.34 | 0.34 |

對於題號 3，在回收的 58 份問卷中，有一份勾選尚可、一份勾選不滿意，勾選不滿意的戶主要是期望能在取回儀器的同時亦能取得校正報告，經實驗室品質人員與該客戶說明作業流程後，該客戶滿意本實驗室之服務。

補充附件 2、本實驗室主辦之 APMP RI(I)-K3 比對傳遞件及參與實驗室

標準傳遞件特性

| Chamber type | Geometry    | External diameter (mm)     |
|--------------|-------------|----------------------------|
| NE 2571      | Thimble     | 6.96 (0.7 cm) <sup>3</sup> |
| Exradin A3   | Spherical   | 19.29                      |
| PTW 30001    | Cylindrical | 6.88 (0.6 cm) <sup>3</sup> |

參與國家及預定量測時程

| Participant             | Date of calibration at the laboratory | Date of chambers leaving for next laboratory |
|-------------------------|---------------------------------------|--|
| Pilot(INER)             |                                       | 1-Jul-2015(START)                            |
| <b>ESR</b>              | 18-Jul-2015                           | 8-Aug-2015                                   |
| <b>Nuclear Malaysia</b> | 26-Aug-2015                           | 16-Sep-2015                                  |
| Pilot(INER)             | 3-Oct-2015                            | 24-Oct-2015                                  |
| <b>NMISA</b>            | 11-Nov-2015                           | 25-Nov-2015                                  |
| <b>ARPANSA</b>          | 12-Dec-2015                           | 2-Jan-2016                                   |
| <b>BATAN</b>            | 20-Jan-2016                           | 10-Feb-2016                                  |
| <b>NMIJ</b>             | 27-Feb-2016                           | 20-Mar-2016                                  |
| Pilot(INER)             | 7-Apr-2016                            | 21-Apr-2016                                  |
| <b>AEC</b>              | 8-May-2016                            | 29-May-2016                                  |
| <b>NIM</b>              | 16-Jun-2016                           | 7-Jul-2016                                   |
| <b>KRISS</b>            | 24-Jul-2016                           | 14-Aug-2016                                  |
| Pilot(INER)             | 1-Sep-2016                            | 22-Sep-2016                                  |
| <b>NIS</b>              | 9-Oct-2016                            | 30-Oct-2016                                  |
| <b>LNMRI-IRD</b>        | 17-Nov-2016                           | 9-Dec-2016                                   |
| Pilot(INER)             | 27-Dec-2016                           | 17-Jan-2017                                  |
| <b>ESR</b>              | 7-Feb-2017                            | 28-Feb-2017                                  |
| <b>Nuclear Malaysia</b> | 20-Mar-2017                           | 10-Apr-2017                                  |
| Pilot(INER)             | May-2017 (END)                        |  |

補充附件 3、本實驗室 CCRI(II)-K2.Ge-68 核種放射活度量測結果

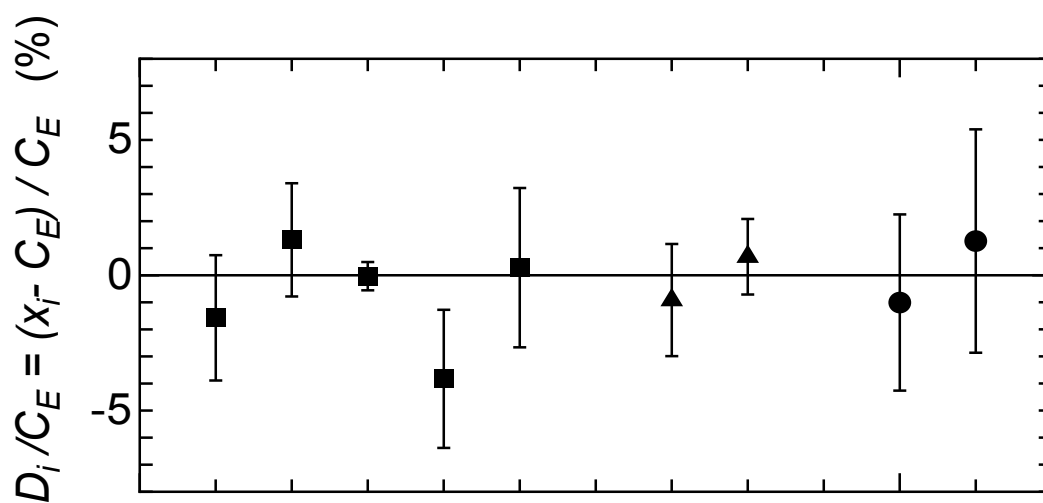
Ge-68 活度量測不確定度分析表

| QUANTITY Q                                | Relative uncert.(%) | Type (A/B) |
|---|---------------------|------------|
| counting statistics                       | 0.06                | A          |
| weighing                                  | 0.05                | B          |
| background                                | 0.01                | A          |
| decay data                                | 0.27                | B          |
| quenching                                 | 0.07                | A          |
| extra-/inter-polation of efficiency curve | 0.1                 | A          |
| decay correction                          | 0.03                | B          |
| dilute                                    | 0.01                | B          |
|   |                     |            |
| Combined standard uncertainty             | 0.32                |            |

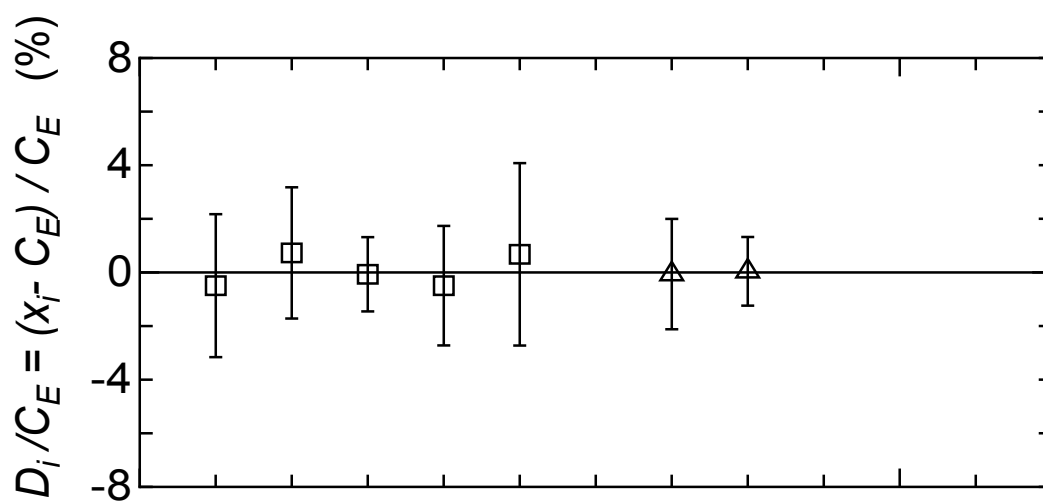
量測結果為 618.3 kBq/g

補充附件 4、APMP.RI(I)-S2 貝他組織吸收劑量比對結果

使用 Magna 游離腔作為標準件之比對結果

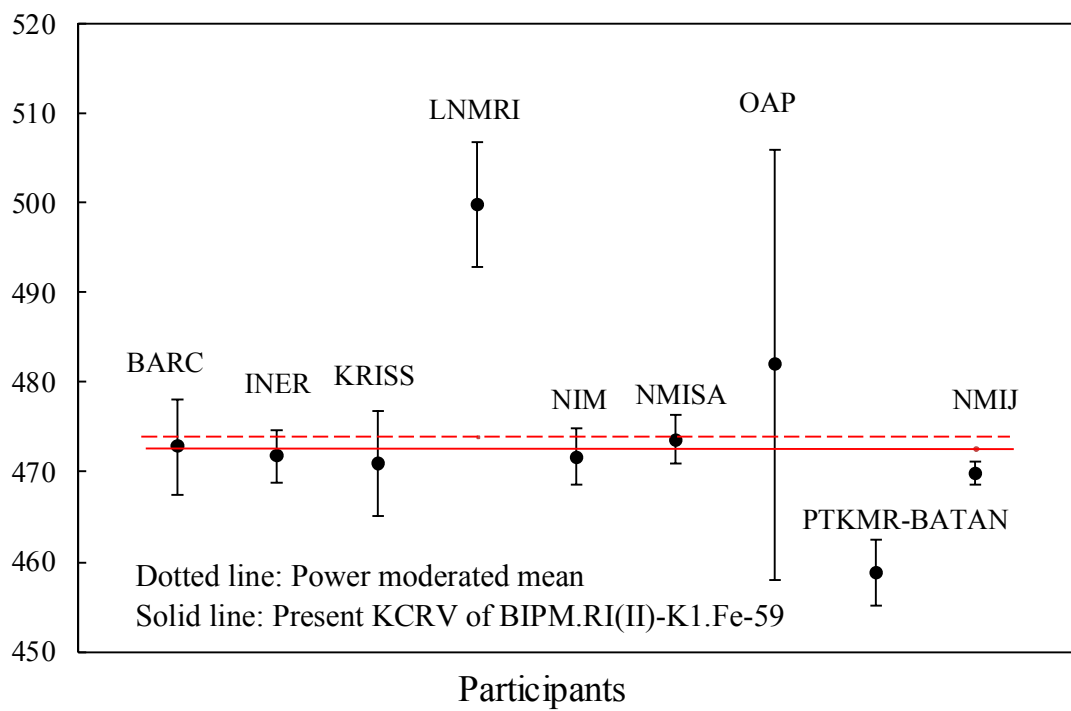


使用 CE-I 游離腔作為標準件之比對結果



補充附件 5、APMP.RI(II)-K2.Fe-59 比對結果

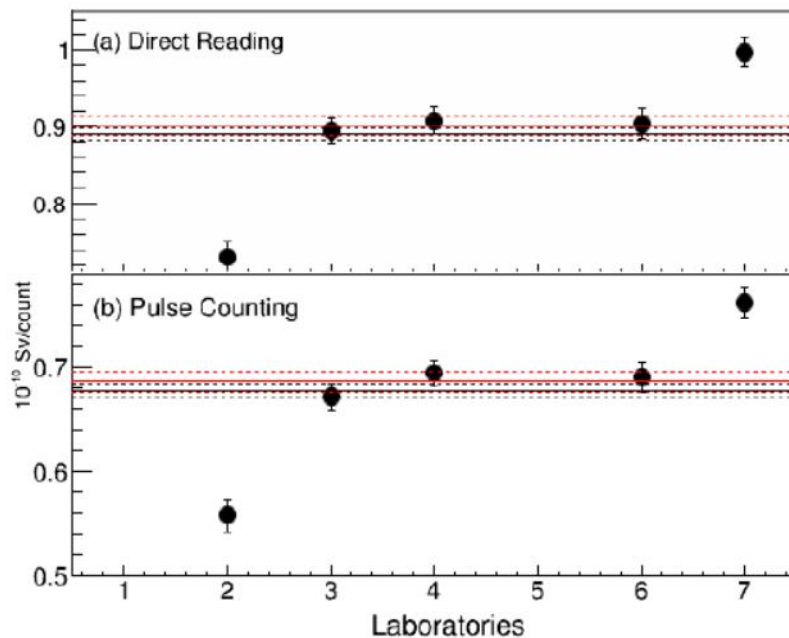
圖中虛線是本次量測比對之平均值，實線是國際參考值，本實驗室 (INER) 結果與比對平均值或國際參考值之差異，皆在量測不確定度範圍內。



補充附件 6、中子周圍等效劑量比對(代號：APMP.RI(III)-S1)BIPM-KCDB 登錄結果

**Table 6.2.1 Calibration factors and their uncertainties ( $k=1$ ) from each laboratories for  $^{252}\text{Cf}$  source. The weighted mean and the median are also shown in the table. The number at the left side of the laboratory name is the ID of the laboratory in the plots.**

|               |         | Studsvik 2222A |       |                     |       | NSN2   |       |                     |       |
|---------------|---------|----------------|-------|---------------------|-------|--------|-------|---------------------|-------|
|               |         | DR             | u(DR) | PC<br>( $10^{10}$ ) | u(PC) | DR     | u(DR) | PC<br>( $10^{10}$ ) | u(PC) |
| 1             | ARPANSA |                |       |                     |       |        |       |                     |       |
| 2             | BARC    | 0.840          | 0.030 | 5.907*              | 0.213 | 0.730  | 0.020 | 0.559*              | 0.015 |
| 3             | INER    | 1.063          | 0.038 | 7.711               | 0.139 | 0.895  | 0.017 | 0.672               | 0.012 |
| 4             | KRISS   | 1.058          | 0.025 | 7.468               | 0.149 | 0.908  | 0.017 | 0.694               | 0.013 |
| 5             | NIM     |                |       |                     |       |        |       |                     |       |
| 6             | NMIJ    | 1.068          | 0.023 | 7.489               | 0.158 | 0.904  | 0.020 | 0.691               | 0.015 |
| 7             | VNIM    | 1.079*         | 0.021 | 7.570               | 0.144 | 0.997* | 0.019 | 0.763               | 0.014 |
| Weighted mean |         | 1.034          | 0.012 | 7.391               | 0.069 | 0.891  | 0.008 | 0.678               | 0.006 |
| Median        |         | 1.059          | 0.016 | 7.500               | 0.097 | 0.902  | 0.012 | 0.687               | 0.010 |



本實驗室代碼是” 3” ，本實驗室結果與國際平均值一致

## 補充附件 7、接受 TAF 再評鑑認證結果



評鑑團成員(左起)：楊植雄經理(TAF)、呂錦華 (TAF 主評審員)、  
Dr. Duncan J. A. Butler(澳洲 ARPANSA 實驗室)、  
Dr. Norio Saito(日本 NMIJ 實驗室)、  
Dr. Akira Yunoki (日本 NMIJ 實驗室)

財團法人全國認證基金會

TAF-CNLA-FG30(4)



### 實驗室認證 現場評鑑報告

|       |                     |
|-------|---------------------|
| 機構名稱  | 國家游離輻射標準實驗室         |
| 實驗室名稱 | 國家游離輻射標準實驗室         |
| 實驗室地址 | 桃園縣龍潭鄉佳安村文化路 1000 號 |
| 實驗室主管 | 朱健豪                 |
| 實驗室編號 | N0842               |
| 評鑑地址  | 同實驗室地址              |

評鑑類別：延展認證

評鑑日期：2015/9/14 ~ 2015/9/16

評鑑領域：校正領域

特定服務計畫：

評鑑小組：主評審員：呂錦華

評審員：

技術專家：Duncan James Alistair Butler, Norio Saito, Akira Yunoki

觀察員：楊植雄、林宜臻、陳瑞珠

本報告為評鑑小組執行現場評鑑之結果，已由主評審員向受評機構口頭報告。

本報告於現場評鑑結束當日完成，請實驗室影印乙份留存，正本由主評審員寄回全國認證基金會。

受評機構對此報告的結論有異議時，請於現場評鑑日後的 30 天內向本基金會提出申訴，申訴案請寄至 25170 新北市淡水區中正東路二段 27 號 23 樓，財團法人全國認證基金會管理處收。

主評審員(簽名)：  日期： 2015/9/16

註：請主評審員完整地編列整份報告的頁碼(右下角)

|                 |
|-----------------|
| 基金會審查欄(評審員請勿填寫) |
|-----------------|

財團法人全國認證基金會

評鑑結果無缺失

財團法人全國認證基金會

TAF-CNLA-FG30(4)

貳、致謝

1. 謝謝實驗室人員對本次評鑑案的配合與協助。
2. 本評鑑小組對實驗室有深刻的印象，特別是感謝各位的配合，能使本次評鑑作業順利完成。

參、評鑑結果摘要

1. 本評鑑案共有 0 項 a 類不符合事項 (NCR)，0 項 b 類不符合事項 (NCR)，0 項 c 類不符合事項，不符合事項的編號為\_\_\_\_\_。

2. 認可建議(請勾選)

- 本評鑑案有 a 類與/或 b 類不符合事項，需待改善措施確認後，方能建議。  
 本評鑑案無 a 類與 b 類不符合事項，故作成認可建議如所附之評鑑小組認可建議表。

肆、對回報改善措施的約定事項：無(若無 a 類或 b 類 NCR，請打勾，本節略過)

1. 受評機構將於\_\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日前將改善措施等相關資料回贈對應之評審員/技術專家。實驗室認證處地址：新竹市 30044 北大路 95 號 2 樓，連絡電話：03 5336333。

重要說明：

- (a) 此日期不得超過現場評鑑日期之後的兩個月，超過此期限未收到實驗室相關資料，本案將依據本報告逕送評鑑審查小組審議與認證決定。
- (b) 若有評審員/技術專家不便直接收件者，可約定由實驗室認證處代轉。
- (c) 實驗室回贈改善應依本會認證通報之「實驗室回報改善情形/矯正措施之補充要求」(TAF-CNLA-J08) 回報辦理。

2. 現場複查日期約定：無(若無需現場複查，請打勾，本節略過)

現場複查約定日期為(年/月/日)\_\_\_\_\_ (以前項日期之後的 1 個月內完成現場複查為限)

執行現場複查的評審員/技術專家為(姓名)\_\_\_\_\_ (若每個人的日期不同，請於姓名後加註日期)

重要說明：現場複查以一次為限。本會保有更改書面審查為現場複查的權利。

伍、其它事項

因應桃園縣升格為桃園市，原實驗室地址「桃園縣龍潭鄉佳安村文化路 1000 號」須變更為「桃園市龍潭區佳安里文化路 1000 號」。

附件(請勾選所附的文件/表單，並請依序號排列)

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> 1. 不符合事項紀錄表                           | <input checked="" type="checkbox"/> 2. 評鑑小組認可建議表      |
| <input checked="" type="checkbox"/> 3. 現場評鑑查檢表 (管理要求)          | <input checked="" type="checkbox"/> 4. 現場評鑑查檢表 (技術要求) |
| <input checked="" type="checkbox"/> 5. 報告簽署人資格查檢表              | <input type="checkbox"/> 6. 現場實作紀錄表                   |
| <input checked="" type="checkbox"/> 7. 其他 (國外技術專家評鑑報告 & CMC 表) |   |



證書編號：LN0842-151107

財團法人全國認證基金會  
Taiwan Accreditation Foundation

## 認 證 證 書

茲證明

**國家游離輻射標準實驗室**

桃園市龍潭區佳安村文化路 1000 號

**為本會認證之實驗室**

認 證 依 據：ISO/IEC 17025：2005

認 證 編 號：N0842

初 次 認 證 日 期：九十年十二月十五日

認 證 有 效 期 間：一百零四年十二月十五日至一百零九年十二月十四日止

認 證 範 圍：校正領域，如續頁

特 定 服 務 計 畫：國家標準實驗室認證服務計畫

董事長

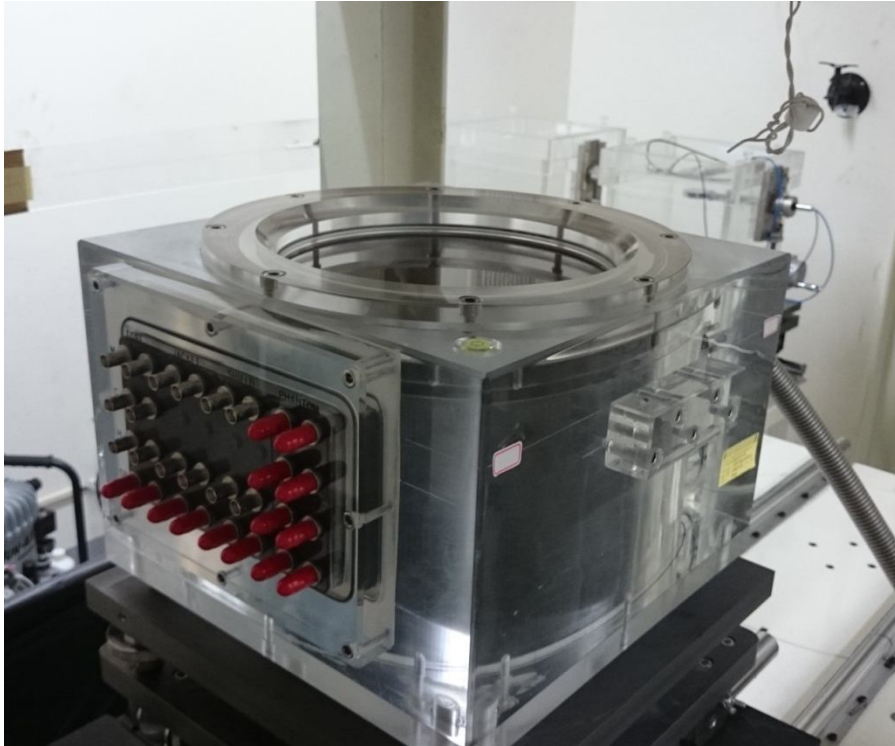
**陳 介 山**

中華民國一百零四年十一月七日



補充附件 8、石墨熱卡計進行鈷-60 量測實驗之照片及量測結果

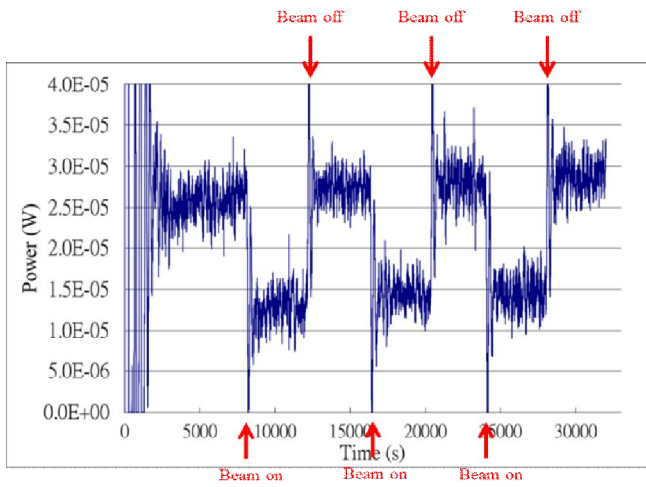
石墨熱卡計本體



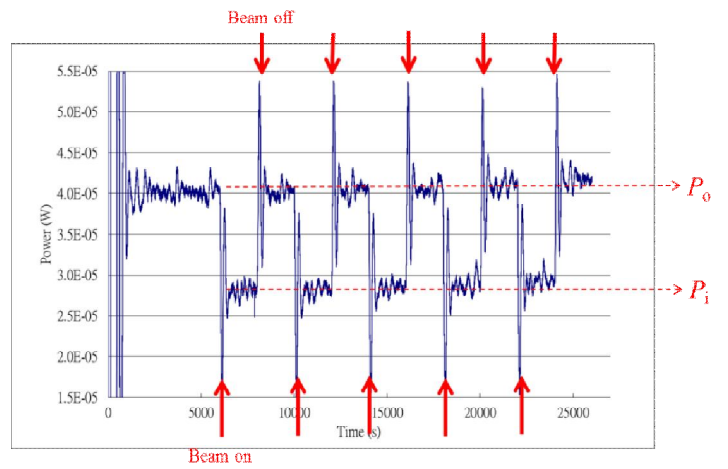
石墨熱卡計各項修正參數及其不確定度

| 項目  | 修正因子   | 標準不確定度 |
|---|--------|--------|
| 真空間隙 $k_{\text{gap}} \times k_{\text{depth}}$ | 1.0076 | 0.20%  |
| 核心雜質 $k_{\text{imp}}$                         | 0.9997 | 0.10%  |
| 熱缺損 $k_{\text{def}}$                          | 1.0000 | 0.10%  |
| 軸向不均勻 $k_{\text{axial}}$                      | 1.0002 | 0.10%  |
| 徑向不均勻 $k_{\text{radial}}$                     | 0.9997 | 0.10%  |
| 水吸收劑量與石墨劑量比值<br>$k_{\text{w/c}}$              | 1.0565 | 0.22%  |
| 總修正   | 1.0642 | 0.36%  |

103 年度卡計量測資料狀況



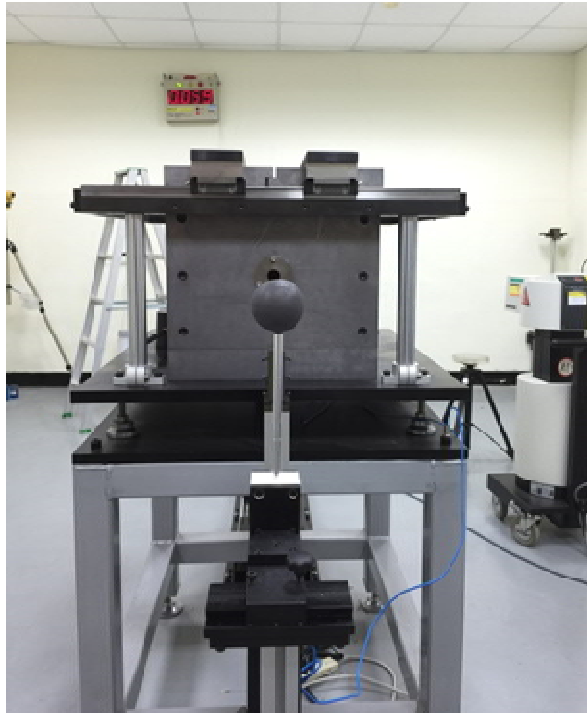
104 年度卡計量測資料狀況



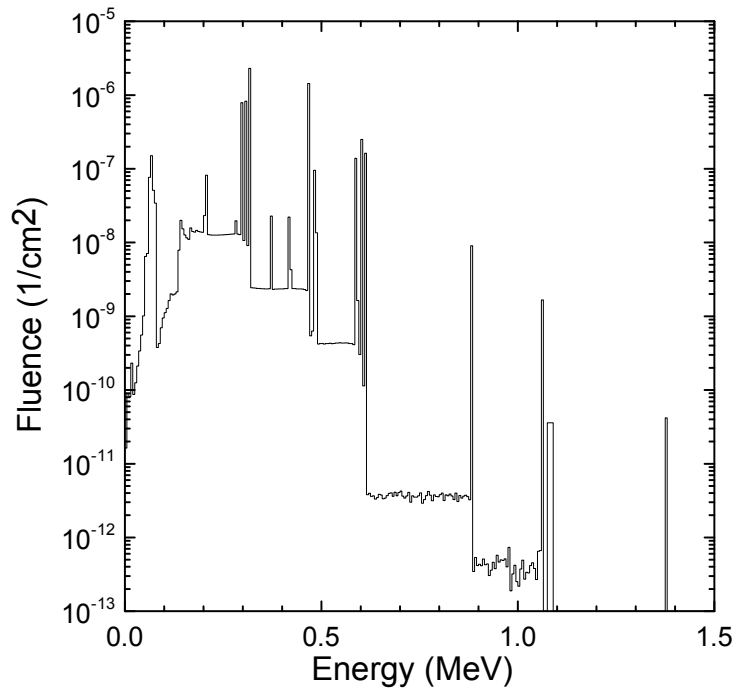
石墨熱卡計量測不確定度分析表

| 項目       | 符號                         | 相對不確定度(%) |
|----------|----------------------------|-----------|
| 功率差      | $\Delta P$                 | 0.34      |
| 核心質量     | m                          | 0.0011    |
| 修正因子     | $k_{gap} \times k_{depth}$ | 0.20      |
|          | $k_{imp}$                  | 0.10      |
|          | $k_{def}$                  | 0.10      |
|          | $k_{axial}$                | 0.10      |
|          | $k_{radial}$               | 0.10      |
|          | $k_{w/c}$                  | 0.22      |
| 組合標準不確定度 |                            | 0.49      |
| 擴充不確定度   |                            | 0.98      |

補充附件 9、Ir-192 參考空氣克馬率原級標準建置



I-192 原級標準校正系統



Ir-192 射源於 1m 處加馬能譜

Ir-192 原級標準游離腔之腔壁效應修正因子計算結果

| Correction factors | $k_{sc}$ | $k_{att}$ | $k_{wall}$ |
|--------------------|----------|-----------|------------|
| Calculation values | 0.9402   | 1.1021    | 1.0362     |
| Simulation errors  | 0.015%   | 0.005%    | 0.015%     |

Ir-192 參考空氣克馬率量測不確定度分析表

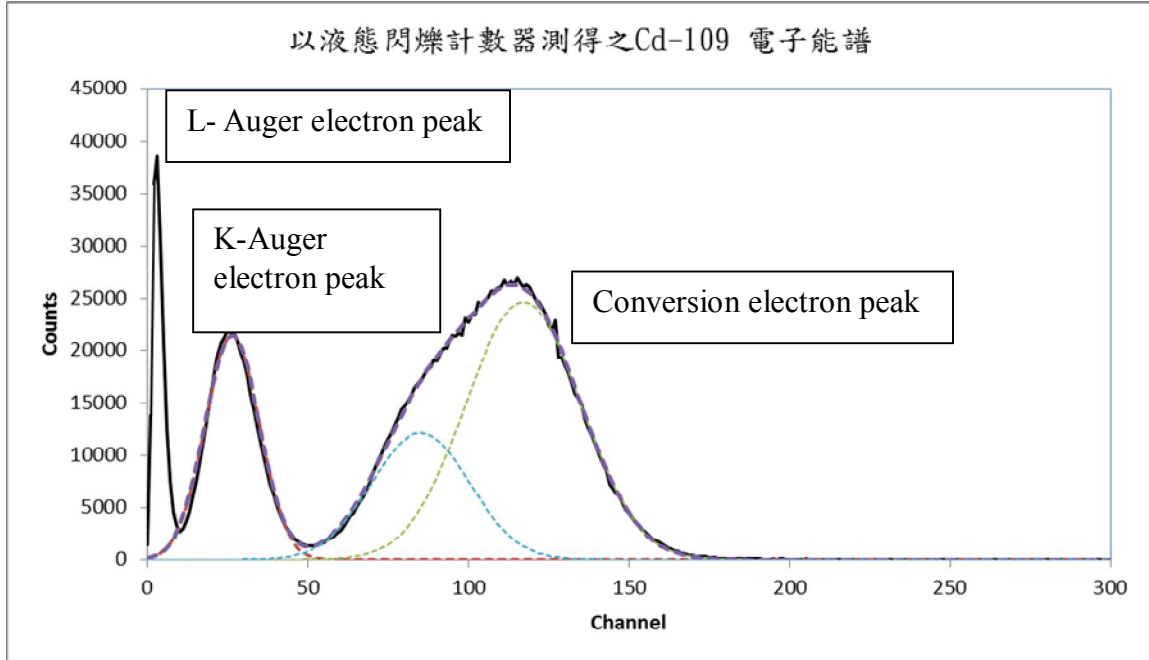
| 不確定度來源                   | 相對標準不確定度分量 |
|--------------------------|------------|
| 已修正漏電流之電流值               | 0.1000%    |
| 電量計校正                    | 0.0054%    |
| 標準游離腔之空腔體積               | 0.0031%    |
| 標準狀態下空氣密度                | 0.0100%    |
| 量測時間                     | 0.0208%    |
| 量測時氣壓修正因子                | 0.0289%    |
| 量測時溫度修正因子                | 0.0139%    |
| 空氣中產生每單位電荷所需能量           | N. A.      |
| 中心電極修正                   | 0.0550%    |
| 極性修正                     | 0.1800%    |
| 游離腔收集電荷再結合修正因子           | 0.1450%    |
| 軸向不均勻度修正因子               | 0.1100%    |
| 衰變修正因子                   | 0.0180%    |
| 徑向不均勻度修正因子               | 0.0200%    |
| 散射修正因子                   | 0.2670%    |
| 腔壁修正因子                   | 0.0150%    |
| 游離腔柄部效應修正因子              | 0.1690%    |
| 空氣衰減修正因子                 | 0.0020%    |
| 溼度修正因子                   | 0.0500%    |
| 距離定位                     | 0.0346%    |
| 石墨對空氣之平均阻擋本領比和電子通量干擾修正因子 | 0.1300%    |
| 空氣對石墨之平均質能吸收係數比          | 0.1100%    |
| 二次電子產生制動輻射的能量損失分率        | 0.0150%    |
| 相對組合不確定度                 | 0.46%      |
| 相對擴充不確定度                 | 0.92%      |

Ir-192 參考空氣克馬率與 PTB 比對結果一致

|                             |                      |
|-----------------------------|----------------------|
| <b>RAKR by INER (mGy/h)</b> | 49.35±0.92%<br>(k=2) |
| <b>RAKR by PTB (mGy/h)</b>  | 49.45±2.5%<br>(k=2)  |
| <b>INER/PTB</b>             | 0.998±0.027 (k=2)    |

補充附件 10、Cd-109 原級標準量測結果

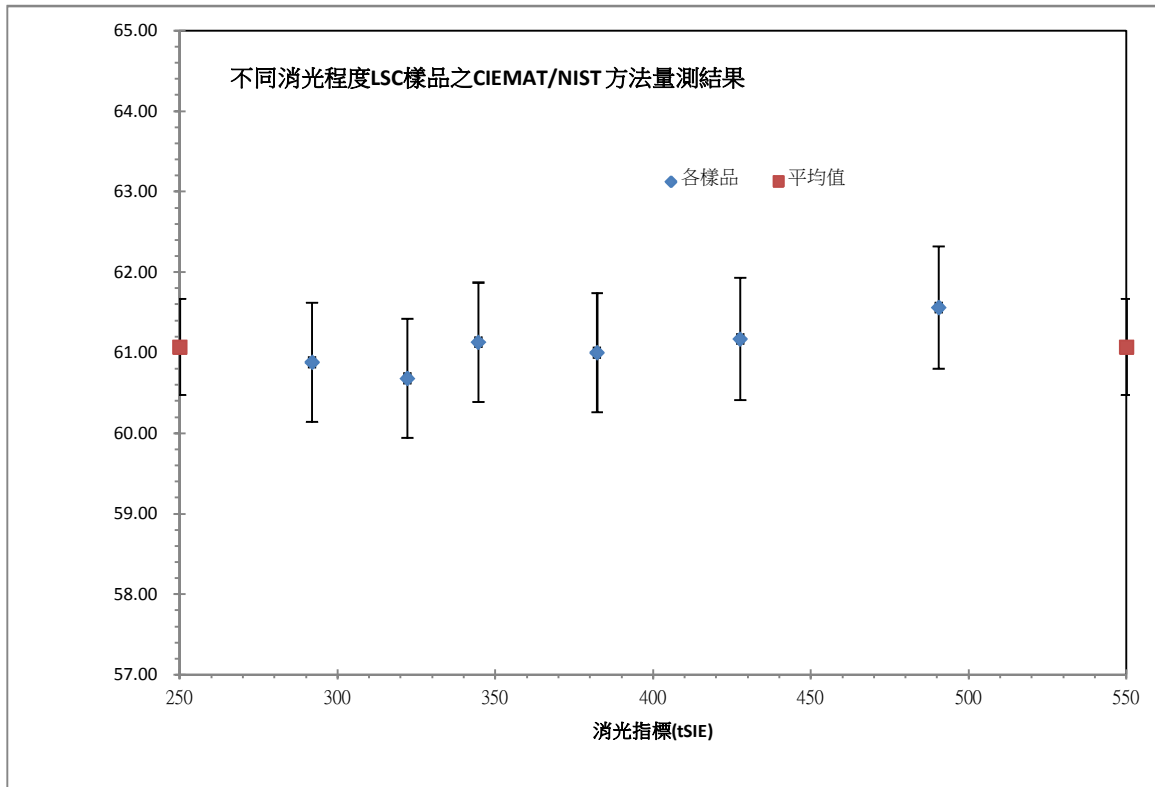
電子能譜法量測結果



能譜計測法不定確定度分析表

|               | 標準不確定度% |
|---------------|---------|
| 稱重            | 0.013   |
| 衰變            | 0.004   |
| 稀釋            | 0.011   |
| 淨能峰面積         | 0.08    |
| 加馬射線貢獻修正      | 0.30    |
| 轉換電子低能量尾修正    | 0.42    |
| K 層惡惹電子高能量尾修正 | 0.04    |
| 樣品間差異         | 0.18    |
|               |         |
| 組合標準不確定度      | 0.56    |

## CIEMAT/NIST 技術量測結果



## CIEMAT/NIST 技術不確定度分析表

| 符號<br>$x_i$   | 不確定度來源  | 不確定度                                  | 標準不確定度<br>$u(x_i)$ | 靈敏度<br>$c_i$       | $ c_i u(x_i)$<br>(Bq) |
|---|---|---------------------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|
| $N$   | Counting statistics ( $cpm$ )<br>215851       | 140                                   | 140                | 282.7              | 39516                 |
| $B$   | Background ( $cpm$ )<br>36.60                 | 0.24                                  | 0.24               | -282.7             | 68                    |
| $\epsilon_{nuc}$  | inter-polation of efficiency curve<br>1.30117 | $dEff$<br>0.031%<br>fitting<br>0.009% | 0.00042            | -46934644          | 19837                 |
| $m$   | weighing<br>0.10089                           |                                       | 0.000017           | -605294718         | 10290                 |
| $D$   | Dilute factor<br>0.000520538                  | 0.011%                                | 0.000000057        | #####              | 6718                  |
| $D_f$   | Decay correction factor<br>1.15899            |                                       | 0.00044            | 52692320           | 23435                 |
|   | 原子核和原子資料                                      | 0.36%                                 | 0.003600           | 61070000           | 219852                |
|   | 樣品之間比活度結果差異                                   | 0.49%                                 | 0.004900           | 61070000           | 299243                |
| Specific Activity at the reference time ( $Bq \cdot g^{-1}$ ) |   |                                       |                    |                    |                       |
|   | 61070000                                      | combined                              | uncertainty        | $u_c = 370000$     |                       |
|   |   |                                       |                    | $u_c(\%) = 0.61\%$ |                       |

補充附件 11、第六次輻射偵檢儀器校正能力試驗研討會

「第六次輻射偵檢儀器校正能力試驗研討會」

| 時間          | 講題                      | 講員/單位                |
|-------------|-------------------------|----------------------|
| 09：00—09：30 | 報 到                     |                      |
| 09：30—09：40 | 開幕致詞                    | 胡中興組長<br>核能研究所保健物理組  |
| 09：40—10：40 | 第六次輻射偵檢儀器校正能力試驗<br>總結報告 | 葉俊賢<br>核能研究所保健物理組    |
| 10：40—11：00 | 休 息                     |                      |
| 11：00—12：30 | 放射試驗室儀器校正業務介紹           | 蔡昱中課長<br>台灣電力公司      |
| 12：30—13：30 | 午 餐                     |                      |
| 13：30—15：00 | 綜合討論                    | 袁明程分組長<br>核能研究所保健物理組 |

1

第六次輻射偵檢儀器校正能力試驗研討會現場照片





## 補充附件 12、104 年度低階放射性廢棄物量測比對研討會

### 「低階放射性廢棄物量測比對研討會」

#### 議程

日期：104 年 07 月 3 日

地點：核能研究所 國家游離輻射標準實驗室（035 館）二樓

| 時間          | 講題                   | 講員/單位                 |
|-------------|----------------------|-----------------------|
| 09:00—09:30 | 報 到                  |                       |
| 09:30—09:40 | 開幕致詞                 | 胡中興 組長<br>核能研究所保健物理組  |
| 09:40—10:40 | 低階放射性廢棄物量測比對<br>總結報告 | 葉俊賢<br>核能研究所保健物理組     |
| 10:40—11:00 | 休 息                  |                       |
| 11:00—13:00 | 核電廠除役之放射性廢棄物管制       | 王錫勳 技正<br>原子能委員會物管局   |
| 13:00—15:00 | 綜合討論                 | 袁明程 分組長<br>核能研究所保健物理組 |

### 104 年度低階放射性廢棄物量測比對研討會現場照片



## 補充附件 13、104 年度放射核種分析領域能力試驗研討會

### 「2015 年游離輻射量測能力試驗總結研討會」

#### 議程

日期：104 年 10 月 14 日

地點：核能研究所 國家游離輻射標準實驗室（035 館）二樓

| 時間          | 講題                            | 講員/單位                 |
|-------------|-------------------------------|-----------------------|
| 10：00—10：30 | 報 到                           |                       |
| 10：30—10：40 | 開幕致詞                          | 胡中興 組長<br>核能研究所保健物理組  |
| 10：40—11：30 | 104 年度環境試樣放射性核種<br>分析能力試驗結果報告 | 林憶薰<br>核能研究所保健物理組     |
| 11：30—12：30 | 104 年度中低活度核種分析能<br>力試驗比對結果報告  | 葉堅勇<br>核能研究所保健物理組     |
| 12：30—14：00 | 綜合討論                          | 袁明程 分組長<br>核能研究所保健物理組 |

#### 104 年度 2015 年游離輻射量測能力試驗研討會現場照片



補充附件 14、APMP 2015 會議議程表及照片

| Date               | Time       | Program  | Venue                                   |
|--------------------|------------|--|---|
| Oct. 29 (Thu)      | 9:00-17:00 | APEC Workshop on Metrology Challenges in Renewable Energy and Climate Science                | NIM Changping Campus                    |
| Oct. 30 (Fri)      | 9:00-17:00 | TC Workshops   |   |
| Oct. 31 (Sat)      |            |  |   |
| Nov. 1 (Sun)       | 9:00       | EC Meeting (1) / TCC Meeting / Medical Focus Group Meeting / Food Safety Focus Group Meeting | NIM Changping Campus                    |
|                    | 12:30      | Lunch  |   |
|                    | 13:30      | DEC Meeting (1) / APMP-APLAC PT WG Meeting /   |   |
|                    | 18:30      | Welcome Reception  | Crowne Palaza Sun Palace                |
| Nov. 2 (Mon)       | 9:00       | TC Meetings  | NIM Changping Campus                    |
|                    | 12:30      | Lunch  |   |
|                    | 13:30      | TC Meetings  | Separate Venues                         |
|                    | 18:30      | EC/TC/DEC Dinner   |   |
| Nov. 3 (Tue)       | 9:00       | TC Meetings / DEC Meeting (2)  | NIM Changping Campus                    |
|                    | 12:30      | Lunch  |   |
|                    | 13:30      | EC/TCC Meeting   |   |
| Nov. 4 (Wed)       | 9:00       | Symposium  | Beijing International Convention Center |
|                    | 12:30      | Lunch  |   |
|                    | 13:45      | NMI Directors' Workshop  | Jintai Hotel                            |
|                    | 14:30      | NIM Lab Tour (for TC reps)   | NIM Changping Campus                    |
|                    | 18:30      | APMP Dinner  | Beijing Laffitte Hotel                  |
| Nov. 2-4 (Mon-Wed) | 9:00-17:00 | Measuring Instrument Exhibition  | NIM Changping Campus                    |
| Nov. 5 (Thu)       | 9:00       | General Assembly   | NIM Changping Campus                    |
|                    | 12:30      | Lunch  |   |
|                    | 13:30      | General Assembly   |   |
|                    | 17:30      | GA Dinner  |   |
| Nov. 6 (Fri)       | 9:00       | General Assembly   | NIM Changping Campus                    |
|                    | 12:30      | Lunch  |   |
|                    | 13:30      | General Assembly   |   |
|                    | 15:30      | EC Meeting (2)   |   |
| Nov. 7 (Sat)       | 09:00      | NIM Lab Tour (for GA Reps)   | NIM Changping Campus                    |



補充附件 15、論文報告一覽表(摘要如附件 19)

1. 期刊論文(2)

| 項次        | 作者  | 出版年月  | 題目  | 期刊名稱                           | 卷期頁數                                |
|-----------|---|-------|---|--------------------------------|-------------------------------------|
| SCI 期刊(2) |   |       |   |                                |                                     |
| 1         | 朱葦翰;葉俊賢;袁明程   | 104   | Comparison exercise on activity determination of radioactive waste drums in Taiwan  | Applied Radiation and Isotopes | 已接受                                 |
| 2         | H. Park; J.H. Kim; D.Webb; V. Sathian; J.H. Lee; Hui Zhang; H. Harano, A. Masuda and T. Matsumoto; N.N. Moisseev and A.V. Didyk | 10406 | APMP Comparison for the calibration of ambient dose equivalent meters in ISO neutron reference fields-APMP.RI(III)S1  | <i>Metrologia</i>              | 52 (2015) <i>Tech. Suppl.</i> 06019 |
| 4         | 李國威 許榮鈞   |       | Measurement of the energy spectra and effective dose rates of cosmic-ray induced neutrons with standard bonner spheres and high-sensitivity bonner cylinders at sea level in Taiwan       | RADIATION PROTECTION DOSIMETRY | 已投稿                                 |
| 5         | 蔡宜璇 李國威 許榮鈞   |       | Spectral Correction Factors for Conventional Neutron Dosimeters Used in High-energy Neutron Environments – Revised results after a Complete Survey of All Neutron Spectra in IAEA-TRS-403 | RADIATION MEASUREMENTS         | 已投稿                                 |
| 國內期刊(0)   |   |       |   |                                |                                     |
|           |   |       |   |                                |                                     |

2. 會議論文(3)

| 項次 | 作者 | 時間地點 | 題目 | 會議名稱 |
|----|----|------|----|------|
|----|----|------|----|------|

| 國際會議(3) |                 |   |  |   |
|---------|-----------------|---|--|---|
| 1       | 朱健豪;黃增德         | 104 年 9 月<br>21-23 日中華<br>民國/台北         | Spectra implementation of<br>medical diagnostic<br>X-radiation standard beams  | IMWS-Bio 2015   |
| 2       | 朱健豪;林怡君;<br>黃增德 | 104 年 9 月<br>21-23 日中華<br>民國/台北         | Evaluation method for<br>modulation transfer function<br>determination of digital<br>image detector  | IMWS-Bio 2015   |
| 3       | 袁明程 黃增德<br>謝宗佑  | 5-6 November<br>2015, Beijing,<br>China | Laboratory Report for<br>National Radiation Standard<br>Laboratory, Institute of<br>Nuclear Energy Research<br>(NRSL/INER), Chinese<br>Taipei. | 31st Asia Pacific<br>Metrology<br>Programme General<br>Assembly |
| 國內會議(0) |                 |   |  |   |
|         |                 |   |  |   |

### 3. 技術報告(18)

| 項次 | 作者  | 出版<br>年月 | 題目  | 報告編號                        | 頁數 |
|----|---|----------|---|-----------------------------|----|
| 1  | 林怡君;蘇水<br>華;黃增德;袁<br>明程;李振弘;<br>杜定賢;陳鎰<br>鋒   | 10403    | 多層游離腔校正與相對<br>劑量分布測試報告  | BSMI-INER-001-T001(104<br>) | 35 |
| 2  | 袁明程   | 10406    | 國家游離輻射標準實驗<br>室 4pb-g 絕對活度量測系<br>統評估報告  | BSMI-INER-001-T002(104<br>) | 78 |
| 3  | H.<br>Mungpayaban,<br>S. Ninlaphruk,<br>C.L. Chen,<br>M.C. Yuan,<br>Y.L. Zhang,<br>Y.Yuandi,<br>G.M. Hassan,<br>N. Rabie<br>T.B.Kadni | 10405    | Comparison of high-dose<br>dosimetry from facilities<br>in the Asia Pacific<br>Metrology Programme<br>(APMP) using alanine<br>dosimeters<br>(APMP.RI(I)-S1) | BSMI-INER-001-T003(104<br>) | 17 |
| 4  | 李國威 許榮<br>鈞   | 10404    | 以 Cf-252 中子源校正之<br>波那球系統於不同能量<br>中子場之儀器響應分析   | BSMI-INER-001-T004(104<br>) | 78 |
| 5  | 朱葦翰 黃尚<br>峯 袁明程   | 10407    | 核三廠二號機照射樣品<br>罐 Y 之中子劑量學  | BSMI-INER-001-T005(104<br>) | 85 |
| 6  | 李國威 許榮  | 10409    | 台灣地區地表宇宙射線  | BSMI-INER-001-T006(104<br>) | 74 |

|    |                 |       |  |                         |    |
|----|-----------------|-------|--|-------------------------|----|
|    | 鈞               |       | 中子能譜量測   | )                       |    |
| 7  | 謝宗佑 潘承亞 朱葦翰 袁明程 | 10410 | 中子校正系統性能評估報告                                     | BSMI-INER-001-T008(104) | 66 |
| 8  | 施成霖 黃增德         | 10410 | 乳房攝影 X 光機系統校正件工作程序書                              | BSMI-INER-001-T009(104) | 54 |
| 9  | 朱葦翰 袁明程         | 10410 | 高劑量率之近接治療 192Ir 射源原級標準建置                         | BSMI-INER-001-T010(104) | 43 |
| 10 | 王思文 林怡君         | 10410 | 035 館 137Cs 空氣克馬率校正系統評估報告                        | BSMI-INER-001-T011(104) | 35 |
| 11 | 王思文 林怡君         | 10410 | 035 館 137Cs 空氣克馬率量測與游離腔校正工作程序書                   | BSMI-INER-001-T012(104) | 27 |
| 12 | 鄒騰泓             | 10410 | 國家游離輻射標準實驗室 104 年度品質稽核計畫書                        | BSMI-INER-001-T013(104) | 40 |
| 13 | 林怡君 黃增德 王思文     | 10410 | 鈷-60 空氣克馬量測與校正系統評估報告                             | BSMI-INER-001-T014(104) | 58 |
| 14 | 袁明程             | 10410 | 4pi 貝它-加馬絕對活度量測系統建置與量測不確定度評估                     | BSMI-INER-001-T015(104) | 72 |
| 15 | 林怡君 王思文         | 10410 | 鈷-60 空氣克馬量測與校正作業程序書                              | BSMI-INER-001-T016(104) | 30 |
| 16 | 王思文 林怡君         | 10410 | 銻-241 空氣克馬量測與校正系統評估報告                            | BSMI-INER-001-T017(104) | 37 |
| 17 | 葉堅勇 袁明程         | 10410 | 以 CIEMAT/NIST LSC 方法校正 CCRI(II)-K2.Ge-68 比對射源之活度 | BSMI-INER-001-T018(104) | 29 |
| 18 | 朱健豪             | 10410 | 貝他射線組織吸收劑量率校正系統                                  | BSMI-INER-001-T019(104) | 36 |

#### 4. 出國報告(2)

| 項次 | 作者          | 出版年月  | 題目   | 報告編號                    | 頁數 |
|----|-------------|-------|--|-------------------------|----|
| 1  | 朱葦翰 葉俊賢     | 10409 | 赴維也納科技大學發參加第 20 屆國際放射核種計量與應用會議及參訪國際原子能總署     | BSMI-INER-001-T007(104) | 63 |
| 2  | 袁明程 黃增德 謝宗佑 | 10412 | 赴大陸北京進行大陸計量科學研究院技術評鑑與參加 2015 年亞太計量組織(APMP)會議 | BSMI-INER-001-T020(104) | 51 |

5. 專利(2)

| 項次 | 名稱              | 申請國家/類型 | 編號               | 獲得日期        |
|----|-----------------|---------|------------------|-------------|
| 1  | 內建溫度感應器之空氣游離腔裝置 | 美國/發明   | US2014/0117835A1 | 104. 03. 03 |
| 2  | 內建溫度感應器之空氣游離腔裝置 | 中華民國/發明 | I497102          | 104. 05. 21 |

補充附件 16、1999-2015 年 NRSL 參加國際比對之現況

| 比對代碼(執行年度)                    | 名稱                  | 進度                           |
|-------------------------------|---------------------|------------------------------|
| APMP.RI( I )-K4(1999)         | 60Co(鈷)水吸收劑量        | 印度主辦比對報告無法完成                 |
| APMP.RI( II )-S2 166mHo(1999) | 166mHo(釷)游離腔反應度     | 日本 NMIJ 主辦，比對報告撰寫中           |
| APMP.RI( II )-K2 166mHo(1999) | 166mHo(釷)放射源比活度     | 已進入 KCDB(2003 年 5 月)         |
| APMP.RI( II )-K2 58Co(2000)   | 58Co(鈷)放射源比活度       | 已進入 KCDB(2003 年 2 月)         |
| APMP.RI( II )-K2 88Y(2000)    | 88Y(釷)放射源比活度        | 已進入 KCDB(2004 年 8 月)         |
| CCRI( II )-K3 18F(2001)       | 18F(氟)放射源比活度        | 已進入 KCDB(2005 年 6 月)         |
| CCRI(II)-S1 (2002-2005)       | 海草參考物質量測            | 已進入 KCDB(2008 年 10 月)        |
| CCRI(II)-S3 (2002-2008)       | 貝類參考物質量測            | 已進入 KCDB(2012 年 6 月)         |
| APMP.RI( I )-K3(2003)         | 100-250 kV X 射線空氣克馬 | INER 主辦，已進入 KCDB(2008 年 9 月) |
| APMP.RI( II )-S1 36Cl(2003)   | 36Cl(氯)粒子發射率        | 已進入 KCDB(2012 年 9 月)         |
| APMP.RI( II )-K2 139Ce (2004) | 139Ce(鈾)放射源比活度      | 已進入 KCDB(2005 年 9 月)         |
| APMP.RI( II )-K2 134Cs (2005) | 134Cs(銫)放射源比活度      | 已進入 KCDB(2007 年 9 月)         |
| EUROMET.RI(I)-S3(2005)        | 30-300 kV X 射線空氣克馬  | 已進入 KCDB(2008 年 9 月)         |
| APMP.RI(II)-K2 133Ba (2006)   | 133Ba(鋇)放射源比活度      | 已進入 KCDB(2009 年 10 月)        |
| APMP.RI( I )-K1(2004-2006)    | 60Co(鈷)空氣克馬         | 已進入 KCDB(2013 年 6 月)         |



|  |   |                              |
|--|---|------------------------------|
| APMP.RI(I)-K2.B(2007)                    | 10-50 kV X 射線空氣克馬   | 日本雙邊比對，報告於 BIPM 審查中          |
| APMP.RI(II)-K2 131I (2009)               | 131I(碘)放射源比活度   | 已進入 KCDB(2014 年 2 月)         |
| APMP.RI(I)-K2(2008-2010)                 | 10-50 kV X 射線空氣克馬   | 已進入 KCDB(2014 年 9 月)         |
| CCRI(II)-S7(2009)                        | Co-60 活度不確定度分析  | 已進入 KCDB(2014 年 9 月)         |
| APMP.RI(I)-K4(2009-2011)                 | 60Co(鈷)水吸收劑量  | INER 主辦(12 國參與)，報告於 BIPM 審查中 |
| APMP.RI(I)-S1 (2010-2011)                | 60Co high-dose dosimetry using alanine dosimeters           | 泰國主辦，報告於 BIPM 審查中            |
| APMP.RI(I)-K1.1 (2010-2011)              | 60Co(鈷)空氣克馬   | 澳洲主辦，報告於 BIPM 審查中            |
| APMP.RI(III)-S1(2011-2012)               | 中子周圍等效劑量率   | 已進入 KCDB(2015 年 6 月)         |
| APMP.RI(I)-S2(2011-2013)                 | 貝他吸收劑量  | 日本 NMIJ 主辦，報告於 BIPM 審查中      |
| APMP.RI(I)-S3(2012-2013)                 | ISO4037 窄能譜空氣克馬   | 澳洲 ARPANSA 主辦，量測進行中          |
| APMP.RI(II)-S3.Cs-134.Cs-137 (2013-2014) | activity measurement of Cs - 134 and Cs - 137 in brown rice | 日本 NMIJ 主辦，報告於 BIPM 審查中      |
| APMP.RI(II)-K2.Fe-59 (2014)              | Activity of radionuclide Fe-59                              | 日本 NMIJ 主辦，量測進行中             |
| APMP.RI(II)-K5 (2014-2015)               | Cs-137 空氣克馬比對   | 韓國 KRISS 主辦，量測進行中            |
| APMP.RI( I )-K3(2015)                    | 100-250 kV X 射線空氣克馬   | INER 主辦，量測進行中                |

補充附件 17、95-105 年本計畫與其他計畫之合作列表

| 年度      | 與本計畫合作內容  | 合作計畫性質與名稱                               | 合作單位    |
|---------|---|---|---------|
| 95      | 核醫藥物放射活度標準校正<br>乳房攝影劑量標準校正                                  | 科專計畫：輻射防護品保制度研究                         | 核研所科專計畫 |
| 95-96   | Co-60 及中子劑量標準照射   | 核研所研究共同基金：以雙游離腔系統分辨光子與中子之混合輻射場之標準量測技術研究 | 清華大學    |
| 96      | 電腦斷層劑量標準校正<br>乳房攝影劑量標準校正<br>kVp 儀量測標準校正<br>ISO 窄能譜劑量標準校正    | 科專計畫：輻射防護品保制度研究                         | 核研所科專計畫 |
| 97      | 乳房攝影 X 射線品保驗證技術<br>建立血管攝影 X 射線劑量評估技術<br>血管攝影 X 射線劑量評估檢測作業準則 | 科專計畫：輻射防護品保制度研究                         | 核研所科專計畫 |
| 98      | ISO 寬能譜劑量標準校正<br>數位式造影 X 射線劑量評估                             | 科專計畫：輻射防護品保制度研究                         | 核研所科專計畫 |
| 99      | ISO/IEC 電腦斷層掃描 X 射線射質建立                                     | 科專計畫：輻射防護品保制度研究                         | 核研所科專計畫 |
| 100     | 建立核能設施輻射偵檢儀器校正與驗證技術及檢測規範                                    | 科專計畫：輻射防護品保制度研究                         | 核研所科專計畫 |
| 100     | 解除管制量測實驗室能力試驗技術   | 科專計畫：解除管制量測驗證技術與儀器研發推廣計畫                | 核研所科專計畫 |
| 100-103 | 石墨卡計原級標準系統之量測電路開發   | 本計畫委辦專題研究                               | 東海大學    |
| 100-103 | 質子治療之相關探測器校正與測試   | 中央大學委託計畫：質子治療之相關探測器校正與測試技術研究計畫          | 中央大學    |
| 102-105 | 高能中子能譜量測技術  | 原子能委員會委託計畫：粒子治療設施之輻射量測評估技術建立            | 原子能委員會  |
| 102-105 | 建立執行能力試驗之設備及技術與符合國際標準之輻射偵測儀器檢測技術                            | 原子能委員會委託計畫：輻射防護品保與偵測儀器驗證技術建立            | 原子能委員會  |

| 年度      | 與本計畫合作內容        | 合作計畫性質與名稱            | 合作單位    |
|---------|-----------------|----------------------|---------|
| 103-106 | 建立放射診斷醫療器材之檢測技術 | 科專計畫：放射診斷醫療器材之檢測技術開發 | 核研所科專計畫 |
|         |                 |                      |         |

補充附件18、最近五年研究成果統計表

| 年度                       |                    | 100    | 101   | 102    | 103    | 104    |
|--------------------------|--------------------|--------|-------|--------|--------|--------|
| 項目                       |                    |        |       |        |        |        |
| 年度預算(千元)                 |                    | 10,302 | 9,227 | 11,007 | 11,680 | 11,971 |
| 專利                       |                    | 1      | 1     | 1      | 1      | 2      |
| 論文<br>(發表)               | 國際期刊               | 1      | 1     | 2      | 2      | 2      |
|                          | 其他                 | 34     | 20    | 28     | 24     | 25     |
| 說明會/研討會(場次)              |                    | 4      | 3     | 2      | 2      | 2      |
| 校正服務(件)                  |                    | 244    | 303   | 265    | 451    | 310    |
| 工服                       | 收入(千元)             | 3,470  | 3,337 | 2,554  | 5,311  | 3,416  |
|                          | 較上年成長率             | 53%    | -4%   | -23%   | 108%   | -36%   |
| 國際標<br>竿                 | 比對(項)              | 4      | 4     | 4      | 4      | 4      |
|                          | 進入BIPM關鍵比<br>對資料庫數 | 0      | 2     | 1      | 2      | 1      |
| 標準新<br>擴建及<br>技術發<br>展項數 | 技術發展(精進)           | 1      | 2     | 1      | 2      | 2      |
|                          | 標準新擴建              | 1      | 1     | 1      | 0      | 1      |
| 培養在<br>校研究<br>生(人)       | 博士                 | 0      | 0     | 0      | 1      | 1      |
|                          | 碩士                 | 0      | 1     | 2      | 2      | 4      |



## Comparison exercise on activity determination of radioactive waste drums in Taiwan

Wei-Han Chu\*, Chin-Hsien Yeh, Ming-Chen Yuan

Health Physics Division, Institute of Nuclear Energy Research, 1000 Wenhua Road, Jiaan Village, Longtan District, Taoyuan City 32546, Taiwan ROC

### HIGHLIGHTS

- Comparison exercise on activity determination of radioactive waste drums in Taiwan was performed.
- Radioactive waste drums with uniform and non-uniform radioactivity distribution were prepared at NRSL.
- Testing drums were measured by 7 laboratories using high resolution gamma-ray spectrometry.
- $E_n$  and  $B_1$  values were used as parameters to evaluate the comparison results.
- Highest discrepancies were found for drums with the rod-shaped source located in the center of the drum.

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 10 April 2015

Accepted 25 November 2015

#### Keywords:

HPGe detector  
Comparison exercise  
Radioactive waste  
Testing drums

### ABSTRACT

The National Radiation Standard Laboratory of Taiwan organized in 2014 a comparison exercise by distributing 210 L drum-typed samples to seven radioactive waste analysis laboratories in Taiwan. Four drums were filled with uniformly distributed active carbon, water, resin and concrete, respectively and five drums were filled with cracked metals and heterogeneously distributed radioactive sources. Measurement uncertainties of participants results are in the range 3–40% ( $k=2$ ) and about 96% of the reported results produced  $E_n$  values (ISO, 1997) smaller than one for drums with activity uniformly distributed. The minimum discrepancies, expressed as  $B_1$  values (ISO, 1997), of drums with heterogeneously distributed  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{60}\text{Co}$  were 0.34 and 0.17, respectively.

© 2015 Elsevier Ltd. All rights reserved.

## **APMP comparison for the calibration of ambient dose equivalent meters in ISO neutron reference fields -APMP.RI(III)-S1**

H. Park<sup>1</sup> and J.H. Kim *Korea Research Institute of Standards and Science (KRISS), Daejeon, Korea*

D.Webb *Australian Radiation Protection and Nuclear safety Agency (ARPANSA), Victoria, Australia*

V. Sathian *Bhabha Atomic Research Centre(BARC), Mumbai, India*

J.H. Lee *Institute of Nuclear Energy Research (INER), Taipei, Taiwan*

Hui Zhang *National Institute of Metrology (NIM), Beijing, China*

H. Harano, A. Masuda and T. Matsumoto *National Metrology Institute of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (NMIJ/AIST), Tsukuba, Japan*

N.N. Moisseev and A.V. Didyk *D.I. Mendeleev Institute for Metrology(VNIIM), St. Petersburg, Russia*

### **Abstract**

The comparison for the calibration of ambient dose equivalent meter was organized by TCRI of APMP. Seven laboratories(ARPANSA, BARC, INER, KRISS, NIM, NMIJ, and VNIIM) were participated in the comparison exercise. Two moderator-type neutron ambient dose equivalent meters(one is cylindrical and the other is spherical) were circulated and calibrated in ISO standard neutron fields of  $^{252}\text{Cf}$ ,  $^{241}\text{Am-Be}$ , and  $\text{D}_2\text{O}$  moderated  $^{252}\text{Cf}$  sources. The stability of the transfer instrument was checked by the pilot lab (KRISS) between the measurements of two successive participants.

## MEASUREMENT OF THE ENERGY SPECTRA AND EFFECTIVE DOSE RATES OF COSMIC-RAY INDUCED NEUTRONS WITH STANDARD BONNER SPHERES AND HIGH-SENSITIVITY BONNER CYLINDERS AT SEA LEVEL IN TAIWAN

Kuo-Wei Lee<sup>1,2</sup>, Rong-Jiun Sheu<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>Institute of Nuclear Engineering and Science, National Tsing-Hua University, 101, Sec. 2, Kuang-Fu Road, Hsinchu, Taiwan.

<sup>2</sup>Institute of Nuclear Energy Research, 1000, Wen-hua Road, Longtan, Taoyuan, Taiwan.

<sup>3</sup>Department of Engineering and System Science, National Tsing-Hua University, 101, Sec. 2, Kuang-Fu Road, Hsinchu, Taiwan.

### **Abstract**

The cosmic-ray neutron spectra in Taiwan were measured by using two neutron spectrometer systems, standard Bonner spheres and homemade high-sensitivity Bonner cylinders. The Bonner sphere system consists of 12 polyethylene (PE) spheres of various diameters and four extended spheres that comprise embedded metal shells. Similar to the design of Bonner spheres, a set of 16 Bonner cylinders was assembled using a large cylindrical <sup>3</sup>He tube as the central probe, which was wrapped using various thicknesses of PE and metals. The central neutron probe used in the Bonner cylinders exhibited an efficiency approximately 18 times higher than that of the Bonner spheres. In contrast to Bonner spheres, these Bonner cylinders are not fully symmetric in their geometry, exhibiting angular dependence in their responses to incoming neutrons. Focusing on the low-intensity neutron background, this study presents a systematic comparison between Bonner spheres and cylinders in terms of their characteristics, counting statistics during measurements, and the unfolded neutron spectra. The central probe of the Bonner spheres shows a small but non-negligible counting noise that has to be subtracted before unfolding. Based on the response functions calculated under isotropic neutron incidence, the neutron spectrum determined by the high-sensitivity Bonner cylinders agrees well with that measured by Bonner spheres. The annual sea-level effective dose from cosmic-ray neutrons at ground level in Taiwan was determined to be 38 μSv, which corresponds to a total neutron flux of  $5.4 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

Keywords: Cosmic rays; neutron flux; neutron spectrometer; Bonner Sphere Spectrometer; Bonner Cylinder Spectrometer.

## Spectral Correction Factors for Conventional Neutron Dosimeters Used in High-energy Neutron Environments – Revised results after a Complete Survey of All Neutron Spectra in IAEA-TRS-403

Y.S. Tsai<sup>1</sup>, K.W. Lee<sup>1,2</sup> and R.J. Sheu<sup>1,3,\*</sup>

<sup>1</sup> Institute of Nuclear Engineering and Science, National Tsing Hua University, 101 Sec. 2, Kung Fu Road, Hsinchu 300, Taiwan, R.O.C.

<sup>2</sup> Institute of Nuclear Energy Research, Lungtan, Taoyuan, Taiwan, R.O.C.

<sup>3</sup> Department of Engineering and System Science, National Tsing Hua University, 101 Sec. 2, Kung Fu Road, Hsinchu 300, Taiwan, R.O.C.

### Abstract

High-energy neutrons ( $> 10$  MeV) contribute substantially to the dose fraction but result in only a small or negligible response in most conventional moderated-type neutron detectors. Neutron dose meters are commonly calibrated with  $^{252}\text{Cf}$  and then used in various workplaces. A workplace-specific correction factor is suggested, especially for high-energy neutrons. A workplace-specific correction factor is suggested. In this study, Hundreds of neutron spectra in IAEA-TRS-403 representing various neutron environments was used to study the effect of the neutron spectrum on the accuracy of dose measurements. The extended-range neutron detectors perform well in dose measurements in high-energy neutron environments, while appropriate spectral correction factors ( $\sim 1$  to 4) are necessary for conventional neutron dose meters, depending on the extent to which high-energy neutrons are present in radiation fields. Fitting curves of the spectral correction factors as a function of the percentage of high-energy neutrons or as a function of the ratio between the measured responses of two Bonner spheres (4P6\_8 versus 6”) were given. These results provide useful information to improve the accuracy of dosimetric evaluations for conventional neutron dose meters used in environments with high-energy neutrons.

*Keywords:* High-energy neutrons; Radiation detectors; Response functions; Detector calibration; Correction factors.

---

\* Corresponding author: Rong-Jiun Sheu ([rjsheu@mx.nthu.edu.tw](mailto:rjsheu@mx.nthu.edu.tw))



IMWS-Bio 2015

104 年 9 月 21-23 日中華民國/台北

## Spectra implementation of medical diagnostic X-radiation standards beams

Chien-Hau Chu\*, and Tzeng-Te Huang

Health Physics Division, Institute of Nuclear Energy Research, P.O. Box 3-10, Longtan  
325, Taiwan (R.O.C.)

### ABSTRACT

Characteristics and available well-defined radiation conditions were set up for medical testing environment is essential. The establishment of x-ray beam quality in radiology recommended by IEC 61267. Free air ion chamber used to measure the half value layer (HVL) of RQR and RQA series beam qualities for use dictated by IEC standard. Through the results we can obtain the homogeneity coefficients. We also used HPGe detector to measure spectra of x-rays and compared by XCOMP5 program. The Compliance with IEC 61267 specification of X-ray emission standards have been build quality and dose completed, this X-ray spectrum conditions for standard diagnostic radiology medical sources identified the mining equipment, this standard provides domestic radiation dose associated diagnostic test dose calibration laboratory instruments traceability.

IMWS-Bio 2015

104 年 9 月 21-23 日中華民國/台北

## Evaluation method for modulation transfer function determination of digital image detector

Chien-Hau Chu, and Yen-Chun Chen

Health Physics Division, Institute of Nuclear Energy Research, P.O. Box 3-10, Longtan  
325, Taiwan (R.O.C.)

### ABSTRACT

This study aimed to establish technology methods to evaluate MTF (modulation transfer function) for digital image system recommended by IEC 62220-1 and the use of a slit. The results showed that the difference was small between the knife edge and slit methods in the image analysis. However, the knife-edge method based on the slit technology is simple, easy to operate, and widely used. This method is used as a fundamental of the next research which calculates noise power spectrum (noise power spectra, NPS), and quantum efficiency (detective quantum efficiency, DQE).

31st Asia Pacific Metrology Programme General Assembly

5-6 November 2015, Beijing, China

Laboratory Report

National Radiation Standard Laboratory

Institute of Nuclear Energy Research (NRSL/INER), Chinese Taipei.

Ming-Chen Yuan, Tzeng-Te Huang and Tsung-Yu, Hsieh

The Institute of Nuclear Energy Research (INER) was entrusted by the Bureau of Standards, Metrology and Inspection (BSMI) Ministry of Economic Affairs (MOEA) of Taiwan to establish the National Radiation Standard Laboratory (NRSL) to maintain national standards in the area of ionizing radiation. NRSL/INER has developed 15 measurement standard systems covering the areas of photon, beta, neutron and radioactivity and all of them successfully passed accreditation of the TAF (Taiwan Accreditation Foundation).

## 多層游離腔校正與相對劑量分布測試報告

林怡君<sup>1</sup> 蘇水華<sup>1</sup> 黃增德<sup>1</sup> 袁明程<sup>1</sup> 李振弘<sup>1</sup> 杜定賢<sup>1</sup> 陳鎰鋒<sup>2</sup>

<sup>1</sup>核能研究所保健物理組

<sup>2</sup>國立中央大學物理系

為因應近年來質子治療迅速增加的趨勢，中央大學發展自製多層平板型游離腔，以即時量測射束的深度劑量分布，設計分為兩類型：雙通道和大深度游離腔。第一型為中央和周圍通道數共 32 之游離腔，可同時偵檢中央直徑 1 cm 和周圍 10 cm 範圍內深度 5.4 cm 劑量分布；第二型可偵檢中央直徑 2 cm 範圍內深度 54 cm 劑量分布。

本研究旨在評估 Co-60 和質子輻射場相對劑量分布，以進行多層游離腔靈敏度測試與劑量率依持測試，並建立多層游離腔校正方法。

關鍵字：多層游離腔、質子治療、鈷六十、校正。

# 國家游離輻射標準實驗室 $4\pi\beta\text{-}\gamma$ 絕對活度量測系統評估報告

袁明程

## 摘 要

建立放射源活度的原級標準，是國家游離輻射標準實驗室的任務之一。本文的目的即是將放射活度原級標準， $4\pi\beta\text{-}\gamma$ 符合計測系統之量測原理、相關特性與量測方法做一詳細介紹。同時對本系統各項不確定度的來源加以評估計算，並分析其有效自由度，最後以國際量測比對驗證本系統之量測能力，證實本系統與其他國家實驗室的一致性。

本報告中所使用的各項分析評估方法，除用於  $4\pi\beta\text{-}\gamma$  符合計測系統外，亦可供其他放射源活度量測系統參考。

關鍵字：原級標準，符合計測，不確定度，自由度，國際比對

# **Comparison of high-dose dosimetry from facilities in the Asia Pacific Metrology Programme (APMP) using alanine dosimeters (APMP.RI(I)-S1)**

H. Mungpayaban<sup>1)</sup>, S. Ninlaphruk<sup>1)</sup>, C.L. Chen<sup>2)</sup>, M.C. Yuan<sup>2)</sup>,  
Y.L. Zhang<sup>3)</sup>, Y.Yuandi<sup>3)</sup>, G.M. Hassan<sup>4)</sup>, N. Rabie<sup>4)</sup> T.B.Kadni<sup>5)</sup>

<sup>1)</sup> *Office of Atoms for Peace, 16 Vibhavadi Rangsit Road, Ladyao, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand*

<sup>2)</sup> *Institute of Nuclear Energy Research, No.1000, Wenhua Rd., Jiaan Village, Longtan Township,  
Taoyuan Country, 32546, Taiwan (R.O.C.),*

<sup>3)</sup> *Division of Ionizing Radiation National Institute of Metrology, No.18, Bei San Huan Dong Lu,  
Beijing 100013, P.R.China*

<sup>4)</sup> *National Institute for Standards, Department of Ionizing Radiation Metrology, Quality manager  
Tersa Street El-Haram El-Giza, P.O. Box: 136 Giza, El-Giza Egypt*

<sup>5)</sup> *Malaysian Nuclear Agency (Nuclear Malaysia), Bangi, 4300 Kajang, Selangor Darul Ehsan, Malaysia*

## **Abstract**

A comparison of the results from four institutes in the Asia Pacific Metrology Programme (APMP) was conducted using alanine transfer dosimeters in the dose range of 0.1 kGy to 50 kGy by employing cobalt-60 as gamma radiation source. All analyses of these dosimeters were then performed using electron paramagnetic resonance (EPR) spectroscopy at the Office of Atoms for Peace (OAP), Thailand. Although these measurements were conducted independently of those of the CCRI(I)-S2 comparison, which were performed at the same time, they were linked to it through doses of 30 kGy by the participation of the National Institute of Metrology (NIM, China). Within the combined standard uncertainties there was reasonable agreement between the laboratories' own dosimetry systems and the alanine measurements.

# 以 Cf-252 中子源校正之波那球系統於不同能量中子場儀器響應分析

李國威、\*許榮鈞

## 摘 要

對中子劑量量測來說，10 MeV 以上之高能中子對劑量貢獻比例很高；但由於偵檢器對高能中子之反應不靈敏，往往造成劑量量測結果的低估。

為此，本研究完成建立一快速且具高度信賴度之評估方式。此方法將針對不同輻射場特性，提出相對應之校正因子修正係數，據此修正利用 Cf-252 射源進行校正可能造成的劑量低估情形。本方法除利用核研所標準中子輻射場完成驗證，並進行國內、外一系列重要中子輻射場之評估，探討能量分布由 keV 等級的核反應器圍阻體外部中子能譜，至接近 10 GeV 之高能中子場；針對待測輻射場與校正室中子能譜之明顯差異，提出相對應之劑量修正因子。

期能藉由本研究所提出的修正方法，彌補利用放射性核種進行儀器校正所可能造成的劑量低估情形，提供相關結果與結論給國內醫療院所、主管機關參考，並提升國內在高能中子輻射場劑量量測之技術水平。

關鍵字：高能中子響應、校正因子、延伸能量波那球。

# 核三廠二號機照射樣品罐 Y 之中子劑量學

朱葦翰 黃尚峰 袁明程

## 摘 要

本研究乃根據不同監測樣品對於快中子的平均反應截面、核三廠二號機運轉歷史、活度量測及 SAND II 程式，計算能量大於 1 MeV 快中子通量與樣品罐之中子能譜，並與理論演算的數值進行比對及不確定度的評估。

關鍵字：核三廠二號機、SAND II 程式、中子通量



# 台灣地區地表宇宙射線中子能譜量測

李國威、\*許榮鈞

## 摘要

本研究利用標準波那球與高靈敏度波那圓柱系統進行台灣地區地表中子能譜量測；除完成兩系統能譜展開結果、地表中子通量率與年等效劑量等結果比較，並探討波那圓柱系統之角度依存性與能譜量測可靠度。

標準波那球系統之偵檢器有效體積限制了其偵檢效率。本研究自行開發之波那圓柱系統，理論效率為波那球系統 17.9 倍；於本研究中，兩套系統同時、同地量測宇宙射線中子能譜，並以 FLUKA 蒙地卡羅程式計算結果作為初始猜測值。

經比較後發現，兩套系統之能譜展開結果十分一致，證實在搭配均向入射響應函數時，波那圓柱系統可作為可靠之宇宙射線中子能譜量測工具；而波那球與波那圓柱系統之地表中子通率結果分別為 0.00539 與 0.00543  $\text{n}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ；年等效劑量分別為 37.7 與 37.9 微西弗，與近期發表計算結果極為吻合。經比對後發現，波那球系統之偵檢器固有雜訊在單位中子通量造成的計數率為每秒 0.85 個計數，須透過計算方法予以量化修正。

本研究證實高靈敏度波那球系統在搭配恰當的響應函數時，具備良好的能譜量測能力；偵檢器固有雜訊問題在低劑量率場域中須審慎考慮，以避免量測結果謬誤；相關地表宇宙射線中子能譜、通量與劑量率量測結果提供國內學、研機構與主管機關參考。

關鍵字：波那球、波那圓柱、地表宇宙射線中子。

# 中子校正系統性能評估報告

謝 宗 佑  
潘 承 亞  
朱 葦 翰  
袁 明 程

## 摘 要

本文敘述中子校正實驗室依據 ISO 8529-1(2001)、ISO 8529-2(2000) ISO 8529-3(1998)與 ANSI/HPS N13.11(2004)規範，評估中子實驗室之中子照射器的性能，項目包括實驗室的背景輻射、有效照射時間、射源非均向性因子、中子散射、穩定度測試與量測不確定度等，評估結果均可滿足各項國際規範之要求。

關鍵字：有效照射時間、室散射、穩定度測試、量測不確定度。

# 乳房攝影 X 光機系統校正件工作程序書

施成霖, 黃增德

## 摘 要

國家游離輻射標準實驗室之乳房攝影 X 光系統校正件校正，利用 X 光機鉬靶及鉬過濾片產生 23~35 kV 之 X 射線，產生之校正射質為 NIST 建議之 Mo/Mo 系列 23~35 kV 之 X 射線設質。且皆可選擇獨立校正或與測讀儀合併校正。

本文章詳細介紹國家游離輻射標準實驗室之乳房攝影 X 光系統之配備，以及各校正件校正時之流程與注意事項，提供操作人員執行校正服務時之參考。

關鍵字：校正、乳房攝影、公稱電壓。

# 高劑量率之近接治療 $^{192}\text{Ir}$ 射源原級標準建置

朱葦翰 袁明程

## 摘 要

$^{192}\text{Ir}$  是目前最普遍應用於高劑量率(HDR)近接治療的射源，核能研究所目前建立的  $^{192}\text{Ir}$  射源校正方法係採用能量內插的方式，校正不確定度較大，為提供國內後荷式近接治療設備更精準的劑量追溯，故而建立  $^{192}\text{Ir}$  原級標準系統，本研究係運用自製的雙球型電極游離腔作為量測標準，以下各小節將針對各個儀器簡介與量測方法介紹。

關鍵字：近接治療、石墨球型電極游離腔、射源強度

# 035 館 $^{137}\text{Cs}$ 空氣克馬率校正系統評估報告

王思文、林怡君

## 摘 要

核研所國家游離輻射標準實驗室的銫-137 加馬空氣克馬率規劃於核研所 035 館。本次實驗進行銫-137 之輻射場重新標定評估，確保採用系統能符合量測與校正之需求。

銫-137 加馬空氣克馬率校正系統均能符合 ISO 4037-1 規範要求，標準空氣游離腔符合 IEC 60731 規範要求。以 ISO GUM 評估空氣克馬率量測之擴充不確定度為 0.66% (k=2)；游離腔空氣克馬校正因子之擴充不確定度為 0.76% (k=2)。

關鍵字：游離輻射標準、空氣克馬、不確定度。

# 035 館 $^{137}\text{Cs}$ 空氣克馬率量測與游離腔校正工作程序書

王思文、林怡君

## 摘 要

核研所國家游離輻射標準實驗室因應量測與校正之需求，於 2002 年規劃在核研所 035 館建立  $^{137}\text{Cs}$  加馬空氣克馬率校正系統，已於 2003 年 6 月製作完成。本校正系統評估採用 ISO 4037-1 與 IEC 60731 規範，不確定度評估採用 ISO GUM 規範，系統經由評估與比對，驗證系統能符合量測與校正之需求。

本文敘述核能研究所  $^{137}\text{Cs}$  加馬空氣克馬率校正系統之操作程序，內容包括第 1 章的目的、第 2 章的範圍、第 3 章的參考文件、第 4 章的量測與校正裝備及第 5 章的準備工作等章節。

關鍵字：游離輻射標準、空氣克馬、不確定度。

# 國家游離輻射標準實驗室 104 年度品質稽核計畫書

鄒騰泓

## 摘 要

國家游離輻射標準實驗室(以下簡稱實驗室),為了符合「ISO/IEC 17025 : 2005 測試與校正實驗室能力一般要求」認證規範:實驗室應有預定的品質稽核計畫並依此計畫定期地對實驗室品質活動進行內部稽核。準此,乃針對品質手冊內管理系統的全部要項,訂定 104 年度品質稽核計畫書,另外,針對實驗室的標準件亦建立送至 TAF 認可之實驗室校正的品質方案,以建立量測儀器對國際單位的追溯性。並依標準件校正結果,進行實驗室輻射場標定、游離腔及工作件的校正,以查證實驗室作業持續符合品質手冊要求。

關鍵字:稽核計畫、品質方案、追溯性

# 鈷-60 空氣克馬量測與校正系統評估報告

林怡君 黃增德 王思文

## 摘要

國家游離輻射標準實驗室利用醫院轉讓之 Theratronics 公司製造之 T-780-C 型  $^{60}\text{Co}$  放射治療機改裝，以及本實驗室自製兩套之球形原級標準空氣游離腔，於核能研究所 035 館建立了二套  $^{60}\text{Co}$  空氣克馬校正系統 (035-Co60-1 和 035-Co60-2)。為符合國內及國際規範，引用 ISO4037-1、IEC60731、ISO GUM 以及 TAF-CNLA-T06 校正領域輻射偵測儀器校正技術規範，進行系統功能測試與量測不確定度之評估。此報告整合了現有系統、擴大了劑量範圍、重新評估了系統之不確定度，同時，該內容通過 2015 年國家游離輻射標準實驗室之延展認證。

空氣克馬率量測與校正系統包括輻射源、標準件、量測儀器與輔助量測設備等，所建立的量測標準為原級標準和工作標準。照射系統經評估後，各項功能符合 ISO 4037-的要求，球形原級標準空氣游離腔特性也符合 IEC 的要求。以 ISO GUM 評估 035-Co60-1 和 035-Co60-2(無衰減)空氣克馬標準之擴充不確定(k=2)分別為 0.48%和 0.70%，而利用此標準提供游離腔的校正服務，游離腔校正因子之擴充不確定度(k=2)為 0.61%和 0.79%。

關鍵字：空氣克馬率、擴充不確定度、原級標準、系統評估報告



# 4pi 貝它-加馬絕對活度量測系統建置與量測不確定度評估

袁明程

## 摘 要

放射絕對活度的原級標準量計測技術有數種，其中 4pi 貝它-加馬符合計測法是各國的國家標準實驗室最為常用的方法，本所於 93 年即在國家游離輻射標準實驗室建立此方法（請參考 INER-3063 報告），但隨硬體設施的更新、技術知識的累積及 TAF 對量測不確定度評估的新要求，有必要對此系統與技術重新做評估，展現實驗室知識累積的成果。本文可視為對 INER-3063 號報告的更新，其中第三、四、五章做了大幅度的調整，並將對現行硬體系統相關特性與量測方法做一詳細介紹，同時對本系統各項不確定度的來源、分析方法、分析結果、有效自由度、信賴區間等做清楚的介紹，最後以國際量測比對驗證本系統之量測能力，證實本系統與國際標準的一致性。

關鍵字：原級標準、符合計測、不確定度評估

# 鈷-60 空氣克馬量測與校正作業程序書

林怡君 王思文

## 摘 要

國家游離輻射標準實驗室之游離腔 Co-60 空氣克馬校正，使用核能研究所 035 館建立之二套  $^{60}\text{Co}$  空氣克馬校正系統(035-Co60-1 和 035-Co60-2)，對外主要服務對象為醫院放射治療相關單位。本文詳細介紹 Co-60 空氣克馬校正系統之配備，品質保證作業以及游離腔校正時的流程與注意事項，以提供操作人員執行校正服務時參考。

關鍵字：空氣克馬率、校正

# 銻-241 空氣克馬量測與校正系統評估報告

王思文 林怡君

## 摘要

國家游離輻射標準實驗室利用 Am-241 射源與自行研發機頭，以及本實驗室自製之球形原級標準空氣游離腔，於核能研究所 035 館建立了 Am-241 空氣克馬校正系統。為符合國內及國際規範，引用 ISO4037-1、IEC60731、ISO GUM 以及 TAF-CNLA-T06 校正領域輻射偵測儀器校正技術規範，進行系統功能測試與量測不確定度之評估。該內容通過 2015 年國家游離輻射標準實驗室之延展認證。

空氣克馬率量測與校正系統包括輻射源、標準件、量測儀器與輔助量測設備等，所建立的量測標準為原級標準和工作標準。照射系統經評估後，各項功能符合 ISO 4037-的要求，球形原級標準空氣游離腔特性也符合 IEC 的要求。以 ISO GUM 評估空氣克馬標準(無衰減)之擴充不確定(k=2)為 1.67%，而利用此標準提供游離腔的校正服務，游離腔校正因子之擴充不確定度(k=2)為 1.75%。

關鍵字：空氣克馬率、擴充不確定度、原級標準、系統評估報告

# 以 CIEMAT/NIST LSC 方法校正 CCRI(II)-K2.Ge-68 比對射源之活度

葉堅勇、袁明程

## 摘 要

本報告為國家游離輻射標準實驗室，對於 CCRI(II)-K2.Ge-68 核種之活度量測比對活動樣品，以 CIEMAT/NIST 液體閃爍計數方法之量測結果，文中並詳細說明了實驗方法、數據處理與不確定分析。CIEMAT/NIST 液體閃爍計數方法方法量測之結果為  $618.3 (0.31\%) \text{ kBq} \cdot \text{g}^{-1}$ ，高於  $4\pi \gamma$  高壓游離腔的量測結果  $605.9 (0.41\%) \text{ kBq} \cdot \text{g}^{-1}$  約 2.0 %。

關鍵字：液體閃爍計數、CIEMAT/NIST 方法、Ge-68

# 貝他射線組織吸收劑量率校正系統

朱 健 豪

## 摘 要

本文旨在敘述核能研究所國家游離標準實驗室建立的 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$  貝他射線組織吸收劑量校正系統。文中除了介紹系統設備與量測標準外，也描述貝他射源及人員劑量計校正之方法，同時，對於 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$  貝他射線校正系統之輻射場標定及不確定度評估也有詳細的探討。

關鍵字：組織吸收劑量、貝他射線、人員劑量計

## 赴維也納科技大學發參加第 20 屆國際放射核種計量與應用會議及 參訪國際原子能總署

朱葦翰 葉俊賢

### 摘要

本次公差目的為參加第 20 屆 ICRM (International Conference on Radionuclide Metrology and its Applications) 會議及其會員大會 (General Meeting)，並由大會安排下參訪國際原子能總署 (International Atomic Energy Agency, IAEA)，收集最新的國際核種活度計量發展資訊，提供我國國家游離輻射標準實驗室（本實驗室）未來發展之參考與方向。本次 ICRM 會議，由聯邦計量和測量局 (BEV, Federal Office of Metrology and Surveying)、維也納自然資源與生命科學大學 (BOKU, University of Natural Resources and Life Sciences) 及維也納科技大學 (TU, Vienna University of Technology) 主辦，會議地點設於維也納科技大學，會議期程為 6 月 8 日至 11 日，共有 44 個國家 212 人與會，另有 13 家輻射偵檢儀器製造商參展。會議總共進行 5 天，前 4 天為技術論文發表與工作小組會議，最後一天為會員大會與參觀國際原子能總署實驗室，會議共計發表 149 篇論文，共分為：ICRM 40 週年：放射性核種計量學對於全球發展之優點、國際計量概況、量測比對、標準與參考物質量測、核種計量技術、阿伐粒子與貝他粒子能譜、加馬能譜、液體閃爍量測技術、核子衰變數據、低階放射性活度量測技術、生命科學之放射核種計量技術、射源準備技術及放射性活度量測之品質保證與不確定度評估等 13 個主題進行，其間穿插壁報論文概述與簡介、各技術工作組的報告與討論，本實驗室，於標準與參考物質量測主題下發表壁報論文一篇 (Reference drums used in calibration of  $4\pi$  counting geometry plastic scintillation counter) 及放射性活度量測之品質保證與不確定度評估主題下發表壁報論文一篇 (Comparison exercise on activity determination of radioactive waste drums in Taiwan)，共計二篇，會議後，也將轉成期刊論文。

## 評鑑 NIM 游離輻射量測標準技術與參加 2015 年亞太計量組織 (APMP) 年會暨相關游離輻射技術研討會 (TCRI Workshop)

謝宗佑 黃增德 袁明程

### 摘要

本次國外公差之主要工作有二，一是接受大陸中國合格評定國家認可委員會邀請，於 10 月 28 日及 29 日，派員擔任其技術評鑑員，並與來自韓國國家標準實驗室技術專家共同組成國際評審團，評鑑大陸計量科學研究院游離輻射量測標準校正相關作業是否符合 ISO 17025 國際規範要求。二是參加於 10 月 30 日至 11 月 6 日於大陸北京舉辦之 2015 年亞太計量組織年會及其相關會議，並於會中報告核能研究所(以下簡稱本所)國家游離輻射標準實驗室於 2015 年之研發成果與辦理國際量測比對活動之現況。亞太計量組織為亞太地區之國際性組織，本所現為其正會員，透過此組織，我國的游離輻射量測標準才能與其他國家達成相互認可。本次公差藉由擔任評審員與參加亞太計量組織年會，了解大陸計量科學研究院游離輻射量測標準技術現況、亞太計量組織未來發展方向與了解全球最新的量測技術發展趨勢，可提供本所國家游離輻射標準實驗室做為相關改善及研發方向之參考。

## 伍、審查意見與回覆彙整表

(含期末報告審查暨驗收會議紀錄決議事項)

計畫名稱：建立及維持國家游離輻射標準計畫 (1/4)

104 年度  細部計畫審查  期中報告  期末報告

| 建議事項   | 說明  |
|--|---|
| <b>A 委員</b>  |   |
| <p>1. 本年度的所有工作項目皆如期達成計畫目標。</p> <p>說明：本計畫旨於建立及維持國家游離輻射標準，所列工作項目、量化指標、預算(含執行中但尚未完成驗收結報之購案)皆如期達成計畫目標。</p>                               | <p>謝謝委員支持。</p>  |
| <p>2. 計畫總人力過於資淺，宜注重人才之長期培養。</p> <p>說明：本計畫負責建立及維持國家游離輻射標準，擔負任務對國家十分重要，但人力學歷分佈僅占 15%，正研究員僅占 2%，相較於其他國家研究室，計畫總人力過於資淺，宜注重人才之長期培養。</p>    | <p>謝謝委員指導，本計畫負責執行建立及維持國家游離輻射標準，其博士學歷占 15%，以及正研究員占 2%，主要由於受限於公務體系用人限制以及體制升遷管道，使博士級及研究原級人力比例略低，然目前執行團隊已逐年年輕化，日後將逐年規畫內部進修及培訓。</p>                          |
| <p>3. 宜加強直線加速器之驗證能量。</p> <p>說明：主要執行內容述及游離輻射研發領域擴展至醫學，而直線加速器為放射治療領域之大宗，宜加強直線加速器之校正服務，增加驗證能量。</p>                                      | <p>謝謝委員指導，本年度已完成石墨卡計製作與驗證，並通過標檢局實地查證，目前可透過游離腔或石墨卡 Co-60 水吸收劑量標準至各醫院，並在未來規劃配合實驗室安裝直線加速器或將石墨熱卡計攜至醫院端，直接進行醫用加速器光子吸收劑量之校正服務，有效降低游離腔的校正不確定度，提高醫院劑量驗證準確度。</p> |
| <p>4. 宜加強高能荷電粒子劑量直接度量技術。</p> <p>說明：高能量粒子治療設施已引進國內，未來將有四間以上的質子中心和一間重離子中心成立，產值數千億台幣，發展高能粒子劑量直接度量技術應是未來努力之方向。建議多參考世界各國經驗，如 NPL...等。</p> | <p>目前國際上包括亞洲多家實驗室以及國際如 BIPM、NPL 等實驗室皆已採購加速器並配合卡計的研製以及可攜式的設計，確實能有效解決高能荷電粒子輻射劑量的直接度量，本實驗室擬規劃石墨卡計設計成可攜式，並採購直線加速器進行劑量驗證，期建置校正能量能滿足國內需求，與世界同步。</p>           |



| B 委員  |   |
|---|---|
| <p>1. 請說明目前石墨熱卡計可達到之量測準確精度、穩定度及對環境之敏感度為何？</p>   | <p>目前石墨熱卡計之量測不確定度為 0.49%，其中由量測穩定性所造成的不確定度約佔 0.3%。</p> <p>環境溫度對於熱卡計之影響主要可分為兩部分，即維持恆溫的加熱功率改變，以及測溫電橋的電阻改變，分析如下：</p> <p>1. 當環境溫度改變後，熱卡計維持恆溫所需的加熱功率也會跟著改變，熱卡計核心維持恆溫之加熱功率約為 <math>4 \times 10^{-5}</math> W，而每度溫度變化造成的核心加熱功率改變量則約有 <math>3.3 \times 10^{-3}</math> W/°C，因此須將核心維持於恆溫於 10<sup>-5</sup> °C 內，影響量才可忽略。核心的外層有夾克及護套的保溫作用，因此環境溫度改變所造成的衝擊會大幅減少，此部份較難以量化其具體的數值，但受到些微影響則是難免的。</p> <p>2. 石墨熱卡計測溫電橋目前所使用的電阻為 8000Ω，溫度係數約為 10 ppm/°C，換算即為 0.08Ω/°C。本實驗室目前 Co-60 劑量率約為 40 Gy/hr，而每戈雷輻射劑量造成的熱敏電阻改變量約為 0.42Ω/Gy，照射 1 小時即改變 16.8Ω，如這一小時內測溫電橋之溫度改變 1°C，則將造成約 0.48% 的量測誤差。</p> |
| <p>2. 本年度完成石墨卡計標準系統整合測試與國際比對驗證、Ir-192 原級標準系統建置及 Cd-109 射源活度原級標準，請分別說明該三套系統預期之量化效益為何？</p>              | <p>現階段石墨熱卡計標準系統，主要提供 Co-60 水吸收劑量標準校正，此項服務原已使用空氣游離腔提供校正標準，目前此項校正服務約每年 100 件。Ir-192 參考空氣克馬標準，只要提供近接治療井形游離腔之校正服務，每年約 25 件。Cd-109 射源活度標準主要提供內部加馬能譜分析儀器校正或製作能力試驗用標準樣品，每年校正量約 6 件。</p>  |
| <p>3. 本年度完成技術報發表 22 篇(含 SCI 投稿論文 2 篇、技術報告 18 篇、出國報告 2 篇)，請說明該 2 篇 SCI 投稿論文在接收刊登後，是否會列為下年度之論文發表成果？</p> | <p>2 篇 SCI 投稿論文目前暫列為技術報告，若在下年度可順利刊登，則在下年度列為 SCI 成果。</p>   |
| C 委員  |   |

|  |   |
|--|---|
| <p>1. 本年度研發成果，在石墨卡計部分：量測結果與目前現有的游離腔水吸收劑量標準其差異小於1%，顯示若以石墨卡計作為光子輻射劑量的原級標準，在技術精進上已有突破，且量測不確定度為0.49%(k=1)，亦顯示量測精準度良好，目前在應用上是否仍是採用原實驗室的Co-60照射器，如果以此種照射條件是否需要更高能量的光子發射源(如直線加速器)以作為該原級標準的實際校正應用？</p>     | <p>謝謝委員指導，本年度實驗室建置完成石墨卡計作為光子劑量的原計標準，確實在量測技術上有所突破，目前由於設備的限制的確僅能採用固有的照射源 Co-60 為光子發射源。如在未來採購直線加速器確實可擴大標準應用，使光子吸收劑量標準之能量推升至10MeV 以上，而本項技術未來亦可在高能粒子加速器的劑量量測上有效應用。</p> |
| <p>2. 為因應石墨卡計標準，是否有規劃放置加速器的輻射防護空間條件以及相關經費配套措施？</p>   | <p>謝謝委員指導，本實驗室正在規劃對實驗室做部分的空檢調整與整建，期能滿足放置直線加速器之需求，目前正尋求所內及標檢局支持，建置空間及採購加速器。</p>  |
| <p>3. 國家游離輻射標準實驗室為我國最高等級的輻射計量實驗室，負責國內輻射計量的校正推溯，今年度也通過全國認證基金會(TAF)再評鑑認證，並外請三位國外專家擔任技術評審委員，而實驗室負責人也受邀擔任大陸國家實驗室之技術評審員，是否需要加強國際間實驗室的實質技術交流，或是定期邀請國外專家對實驗室進行同儕評鑑，甚至邀請歐美等大國實驗室技術專家，以提升實驗室的國際視野與標準建立？</p> | <p>謝謝委員指導，目前依據 TAF 要求，國家實驗室每五年需通過實驗室再評鑑，並邀請技術能力高（等）於我國的技術專家擔任評審員進行同儕評鑑與技術交流，實驗室亦會視實際研發需求，不定期赴國外實驗室參訪學習。</p>   |
| <p>4. 為因應校正儀器數量的增加，是否有規劃增聘技術人員？而不使其影響整體計畫在研發與精進項目的成果</p>   | <p>謝謝委員支持，本實驗室受限於公務體制的用人限制，技術人員晉用仍需要符合國家考試通過始能晉用，目前全所也正規畫及檢討各實驗室需求提供員額，晉用相關技術或研究人力。</p>   |
| <p><b>D 委員</b></p>   |   |
| <p>1. 計畫整體表現優良，量化績效皆達預期目標。</p>   | <p>謝謝委員。</p>  |
| <p>2. 維持國家游離輻射標準非常重要，一流實驗室最重要的資源是有一流的研究與技術人員，在目前國內反核氣氛下，勢必多少影響優秀新人投入相關科系與行業。考慮資深人員的退休問題，建議有系統規劃實驗室人才培育計畫，除實務訓練，特別應加強輻射度量與劑量學理論基礎，才能精益求精。</p>   | <p>謝謝委員指導，目前積極與國內實驗室進行研究合作，包括中央大學、嘉義大學、東海大學、陽明大學等都有合作計畫在進行，透過實際計畫合作彼此技術交流，達到理論與實務訓練，並定期舉辦所內書報討論及讀書會進行理論基礎的訓練，並透過送實驗室人員赴國外實習，強化計量研發能力。</p>                         |

|   |  |
|---|--|
| 3. 國家標準實驗室主要服務的對象應是二級實驗室(標準傳遞)，建議減少業界直接校正服務，有效利用資源加強標準系統精進與項目增建。                    | 謝謝委員指導，由於國內受限於市場規模不足，二級實驗室在校正量能量上不足以滿足市場需求，故在現行條件下本實驗室仍需直接對終端客戶提供校正服務。                   |
| 4. 未來國內陸續將有核電廠或高強度加速器除役問題，建議儘速加強有關放射性廢棄物檢測技術標準的研究，以利嚴謹分類或解除管制，建立方便可行的規範以供管制單位與業者參考。 | 對於放射性廢棄物或解除管制，原能會已有相關的法規規定去做分類，而量測技術的研發，目前核研所已有相關的科專計畫在執行，本計畫主要提供放射性廢棄物或解除管制量測時所需的校正標準源。 |
| 5. P. 27 第 7 行：…每年提供全國 540,000 片人員劑量計的輻射劑量評估服務…，請問是 540,000 片或是 540,000 人次？         | 國內現有輻射從業人員約 4 萬 8 千人，執行報告中的每年提供全國 540,000 片人員劑量計的輻射劑量評估服務，應為 540,000 片的人員劑量計。            |
| 6. P. 33 第 5 行：…而在輻射品質的量化上鮮少著墨…，輻射品質建議加註原文(Quality factor?)以利讀者了解。                  | 謝謝委員指導，有關輻射品質的量化，將於執行報告修改版本中將輻射品質建議加註原文(Radiation quality)                               |

| 期末報告審查暨驗收會議紀錄決議事項   |  |
|---|--|
| 1. 本年度成果豐碩，年度預定工作進度查核如期完成，各項績效指標均達到目標，學術研究之論文產出亦超過預期指標，執行成果良好。  |  |
| 2. 11 月底預算執行率僅達 68.5%，建議未來採購案件能提前辦理，以免影響預算執行率之達成。   |  |
| 3. 有關業務宣導及推廣可透過網站方式，建請完整規劃行銷推廣。並加強科普知識，以利民眾了解。  |  |
| 4. 經與會委員審核後，上述委辦計畫之成果符合契約書要求，同意驗收，惟須依以上意見及委員書面意見確實注意改正，於 105 年 1 月 11 日前將修正後之 104 年度計畫執行報告提送本局，並經本局審核無誤後，再辦理結案事宜。 |  |