

# 111 年度政府科技發展計畫 績效報告書 (D006)

計畫名稱：原子能科技學術合作研究計畫(1/1)

執行期間：

全程：自 111 年 01 月 01 日 至 111 年 12 月 31 日止

本期：自 111 年 01 月 01 日 至 111 年 12 月 31 日止

主管機關：行政院原子能委員會

執行機關：行政院原子能委員會綜合計畫處



## 111年度政府科技發展計畫審查意見辦理情形表(檔案上傳)

| 序號 | 審查意見   | 辦理情形    |
|----|--|---------|
| 1  | 本計畫係由國科會與原能會各出一半經費補助學術機構，從事原子能科技政策規劃與民生應用之研究，並結合國內原子能科技之研發能量，推動原子能科技民生應用，提升安全管制技術及培育原子能科技創新產業跨領域研發人才，111 年度計有四大分項計畫，分別為「N1 核能與除役安全科技」、「N2 放射性物料安全科技」、「N3 輻射防護與放射醫學科技」，及「N4 跨域合作與風險溝通」，計畫之執行均符合原規劃目標及內容，且成果效益良好，符合主管機關政策。 | 謝謝委員肯定。 |
| 2  | 本計畫執行符合原設定之目標及內容，沒有遭遇困難或落後的情形，並依規劃之目標，結合大專院校之專業領域與能力，有效推行有關核能安全、資訊透明宣導、輻射應用、輻射醫學等研究與應用領域、績效卓著。   | 謝謝委員肯定。 |
| 3  | 本計畫最大的特色是同時委託多項分項計畫於不同之領域，使國內相關專業知識領域之學者能發揮專長，創造國家最需要的技術與實務支援，及有效建立原子能與能源科技有效發展的支援體系。  | 謝謝委員支持。 |
| 4  | 計畫之各項研究工作能有效支援核能安全與輻射安全管制等業務需求之專業技術，成效良好，並於溝通宣導以及科普教育方面成果卓著，且相關研究成果可及時支援社會與工業界的應用需求，以專業知識提供業界有效的解決方案與建議。   | 謝謝委員肯定。 |
| 5  | 計畫年度編列經費為 25,000 千元，包含經常支出 24,900 千元(實際執行 24,794 千元)；資本支出 100 千元(實際  | 謝謝委員肯定。 |

|    |  |         |
|----|--|---------|
|    | 執行 206 千元)用以支應國內學術執行專題研究計畫所需筆記型電腦、印表機及多媒體器材等，本計畫人力與經費運用符合原計畫之規劃。   |         |
| 6  | 由於分項計畫達 27 項，管理著實不易，其中 6 項子項計畫，因受疫情影響，依循程序經國科會同意展期至 112 年，保留經費經常門 5,694 千元，資本門 180 千元，總計之支用率能達 98.65%，表現非常優異。  | 謝謝委員肯定。 |
| 7  | 量化關鍵績效指標共計 5 項，包括學術成就 4 項及社會影響 1 項，均完全達成，甚至超越原訂績效指標，達成率 100%。  | 謝謝委員肯定。 |
| 8  | 計畫原規劃之績效指標，包括人才培訓與支援技術項目，於年度計畫執行成果顯示均有效並超量完成，績效十分優異。顯見此計畫之推行在管理面與技術面上，均能針對問題提出有效解決方案，並積極培育相關之專業人才，此外，就原子能相關產業及技術提供建議，符合「發展原子能技術，支援管制工作或改善產業技術問題至少 6 件」之量化績效指標。                   | 謝謝委員肯定。 |
| 9  | 計畫於年度內 27 項子計畫中，共計有 13 項屬科技基礎研究領域，內容除機器人相關研究，亦包括電子元件之設計及輻射驗證有關技術發展，並延展至相關書畫（故宮館藏之清代廣州外銷畫）之分析研究，以及斷層破裂相關模型模擬發展等輻射與原子能應用發展，除有效提升此領域之研究能力外，更積極培訓相關專業人才，確保後續世代國內積極成長發展之專業能力與人才，成效優異。 | 謝謝委員肯定。 |
| 10 | 論文發表計 41 篇(原訂目標 30 篇)、合作團隊養成共 12 隊(原訂目標 12 篇)、   | 謝謝委員肯定。 |

|    |   |                |
|----|---|----------------|
|    | <p>培育及延攬人才 120 人(原訂目標 60 人)、研究報告 27 篇(原訂目標 25 篇), 表現優良; 並就文獻類別及成果歸屬, 業已清楚明列於附件表格當中, 容易掌握。</p>   |                |
| 11 | <p>地下屏蔽環境無人飛船與地面機器人通訊與遠端遙控技術研究(II)的成果特別吸睛, 除得到發明專利(即時避障系統、即時避障方法及具有即時避障功能的無人載具), 主持人團隊並且運用所開發之技術 2022 年 11 月在澳洲參加「2022 Maritime RobotX Challenge 無人駕駛船競賽」, 得到第三名的佳績。顯示研究成果具有產品化價值與市場的可行性。</p>   | <p>謝謝委員肯定。</p> |
| 12 | <p>計畫成果報告中, 專案分類中雖未明確提及技術創新, 惟各項科技基礎研究已為相關之領域建立良好基礎, 相關技術於未來應用時定會發展成為創新的技術。</p>   | <p>謝謝委員肯定。</p> |
| 13 | <p>計畫年度項目於農業領域之四項研究成果, 均有發展潛力, 其中「應用輻射照射於台灣外銷鳳梨之檢疫處理技術開發」的計畫產出-「輻射照射金鑽鳳梨檢疫處理方法」, 可提供相關單位做為檢疫處理之參考, 並為國內農產品外銷提供更佳品質的有效保障, 應用成效十分具有價值。此外, 「輻照對紅龍果果乾品質提升與保鮮之研究」顯示, 照射紅龍果果乾的最適劑量, 可以有效提升口感, 增加保健價值外, 且有效延長果乾的儲藏期限, 維持品質, 有增加栽種意願, 促進農業廢耕地利用, 提升水果價值與增加果農的經濟收入(果乾輻照保鮮技術的商業化應用)</p> | <p>謝謝委員肯定。</p> |

|    |  |         |
|----|--|---------|
|    | 等價值。   |         |
| 14 | <p>計畫內有 6 個分項計畫，科普知識推廣與宣導次數計 82 次(原訂目標 50 篇)，使國人對輻射有進一步瞭解，提供了嶄新的教學與宣導課題，除包括核電的安全議題，輻射防護的科普教育，並以可能遊戲的方式達到教育的效果，使社會之溝通與人才之培育推廣，得到最有效的宣導與發展，計畫執行結果，對社會影響的助益如下：</p> <p>(一) 利用多元媒介，促進在核電廠除役、核廢料選址議題上的溝通及科普知識的傳播。(「原」來可以這樣「教」：後核電議題的跨域教學；原子能輻射防護科普內容製作與社群媒體推播之研究；科展用核能與輻射知識之虛擬實境遊戲)</p> <p>(二) 利用活動載具，進入臺灣各地國中小、高中校園，透過故事講座、化學魔術秀及動手做實驗三個部份，引領學生進入原子能的世界，共舉辦 53 場次，其中約 45%屬(極)偏遠或非山非市學校，共約有 7400 多位師生參與，彌補原子科學、物理、化學教育在國內偏鄉或非山非市地區的資源不足，透過引發興趣，可以培育更多未來從事科技工作及科普教育的人材。(化學遊樂趣-放射永恆)</p> <p>(三) 使用符合社群媒體特性的傳播策略，製作科普書籍(「晨讀 10 分鐘-原子，你要去哪兒?」)、展覽用科普影片、開發適合非理工科系大學生及青少年(國、高中生)適用的「環境輻射」科普教材，科學</p> | 謝謝委員肯定。 |

|    |   |                |
|----|---|----------------|
|    | <p>桌遊、「環境輻射知多少」研習課程、電玩遊戲等各種方式，提升一般民眾對核能與輻射相關知識的興趣和認識。(原子能輻射防護科普內容製作與社群媒體推播之研究；知「輻」習「輻」-環境輻射科普教案研發與活動推廣；科展用核能與輻射知識之互動電玩遊戲)</p> <p>(四) 結合 108 課綱中核能議題學習內容與政府能源轉型政策，編輯數位教材，辦理教師增能研習，培訓種子教師，強化親子教育推廣。<br/>(能源轉型下原子議題之人才培育與教育推廣)</p> |                |
| 15 | <p>本計畫除深入研究核子保安，機器人在設施除役之發展，並探討廢棄物處置的相關議題，以及法制面上相關訴訟案例的研究分析，均是針對有關政策管理、國際合作、以及相關法規制度深入探討的研究計畫，都有很好的成果發展，成效優良。</p>   | <p>謝謝委員肯定。</p> |
| 16 | <p>本計畫形塑原子能科技政策規劃與民生應用研究相關合作團隊，培育產業與實務所需之科技與專業人才，並結合學術界研發支援原子能安全管理技術，提升政府管制效能，強化原子能安全議題之資訊透明、公眾參與及社會溝通，並增進民眾信任。</p>   | <p>謝謝委員肯定。</p> |
| 17 | <p>本計畫透過對德、日二國對於場址選擇與營運最新之立法動態與思維的探討，提出關於我國低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例之修法建議，供相關機關或團體參考；透過分析我國三項原子能相關指標性訴訟案件，提出法律建議供原能會參考。(追尋與地方共存的低放射廢棄物處置之</p>   | <p>謝謝委員肯定。</p> |

|    |  |            |
|----|--|------------|
|    | 道：以德日低放射廢棄物處置管制法制與實踐為考察；當代原子能法重要法律議題及訴訟案例研析)   |            |
| 18 | 本計畫對如何健全台灣核子保安量能，與國際規範同步，並提升台灣核子保安國際評比之成績，提出管制單位可參考採行之建議。(NTI 核子保安國際評比之評估研究)   | 謝謝委員肯定。    |
| 19 | 此科技計畫已推行 10 餘年，均能針對原子能及相關領域發展之課題，由國內各大專院校專業領域人力有效執行，除可及時解決相關核能管制與輻射應用的迫切課題外，並對人才培訓達到最佳運用的效果。計畫規劃之後續工作內容嚴謹完整，在既有之基礎與有效的管理制度下，相信可以持續創造更佳成果與績效。       | 謝謝委員肯定。    |
| 20 | 未來因應核能電廠即將除役及核廢料議題，及原能會組織改造為核能安全委員會後的角色定位，將適時調整計畫研究重點，繼續落實計畫整體目標。研究重點和內容會配合政府政策和機關施政需求滾動調整，依循既定的作業流程，在新年度的專家會議時討論定案。                               | 謝謝委員肯定。    |
| 21 | 本計畫為長期延續性計畫，結合國科會與原能會經費，由學研究單位提出計畫申請及擇優核定、簽約撥款，並作執行管考，後續並就計畫目標、研究領域及預期效益等進行年度滾動修正，亦有計畫推動與擴散相關之成果效益及措施；惟期待未來可以在報告中看到更多關於協助(或主導)推廣或擴散計畫成果效益的創意想法和規劃。 | 謝謝委員肯定及建議。 |
| 22 | 本計畫最大的特色也是其優點，即為分成許多分項計畫，可以在年度內針對最迫切需解決的研究與應用課題，及時由國內專業領域的人才，最專業   | 謝謝委員肯定。    |

|    |   |                   |
|----|---|-------------------|
|    | <p>的方式解決問題獲得實效。其困難處也在於如何有效的安排各專業課題之權重，去取得最大的效益，並在管理上能及時協助各分項計畫達成目標。特別是在預算的使用上要能及時瞭解計畫之需求以及使用的狀況，才能完成整體上最佳的效果。計畫在年度內能有效掌握與管理計畫推行之內容與進度，各分項計畫均符合並超越預期之績效達成狀況，在培育跨領域科研人才方面，成果豐碩，且人力及經費運用妥適，預算執行率優。</p> |                   |
| 23 | <p>本年度計畫研究成果涵蓋原子能科技在材料科學、太空科學、藝術（故宮館藏之清代廣州外銷畫）、機器人、農業（輻射照射金鑽鳳梨檢疫處理方法、農產品與農業資材的消毒、果乾品質提升與保鮮）等非原子能領域的技術探討與可能應用，充分展現跨域合作的特色。</p>   | <p>謝謝委員肯定。</p>    |
| 24 | <p>本計畫具有任務導向之政策支援研發特色，可及時回應最新政策環境及社會需求，再與其他委託研究計畫或科技計畫等現有研發機制結合支援，具有相輔相成之效果。</p>  | <p>謝謝委員肯定。</p>    |
| 25 | <p>本計畫從研究重點和內容之擬訂、細部執行計畫之審查、期中查核與期末績效管考，均依循妥適的運作機制，分工明確，協調順暢，原能會與科技部雙方的合作，已累積豐富的實作經驗，確能發揮資源整合的綜效，結合及運用國內學術單位之研發能量，支援原子能科技任務導向之政策研發，應持續積極推動。</p>   | <p>謝謝委員支持與肯定。</p> |
| 26 | <p>計畫執行單位就研究領域、研究主軸、研究重點及預期效益認真規劃，並經評審委員充分討論後定案，達成包含培育尖端原子能跨域人才及引領學者深入探討，協助政府尋找解決方案之</p>  | <p>謝謝委員肯定。</p>    |

|    |   |  |
|----|---|--|
|    | 計畫年度目標，；此外，預期關鍵成果亦完全達成，有利於主管機關在原子能科技及政策推動與執行。   |  |
| 27 | 未來在報告中可以納入關於協助（或主導）推廣或擴散計畫成果效益的創意想法和規劃。   | 謝謝委員建議，未來在協助推廣及擴散計畫成果效益方面將加強。  |
| 28 | 在辦理國中小及高中原子能知識擴散時，建議可以配合執行參與者的性別統計；此外，並透過一些巧思的設計，鼓勵女性同學更多的參與，引發興趣，以提升女性投入原子能領域學習及服務的比例。   | 謝謝委員建議。在辦理國中校等活動時，本會亦有就性別比例(數量)有統計資料，礙於該報告的既定格式(佐證資料表)中，較無法呈現男女人數等資料。本會亦持續加強鼓勵女性同學投入原子能領域的學習及服務。 |
| 29 | 本計畫培育跨領域人才計 120 位，遠高於年度目標「補助原子能前瞻研究，培育跨領域科研人才至少 10 人」，固然顯示計畫執行的努力與成果，但也讓人擔心設定計畫關鍵成果指標時是否過於保守以致失去挑戰性，建議新年度計畫的量化指標能反映歷年執行成效適度提升挑戰度。 | 謝謝委員的建議，爾後計畫關鍵成果指標的設定將會適度提升。   |

註：請下載格式後，以 word 軟體撰寫編輯，再轉存成未加密之 pdf 檔上傳至系統。格式中灰色字體說明部份，請於完成編輯後自行刪除。



# 目 錄

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 【111 年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表(D003)】 ..... | 1  |
| 第一部分 .....                            | 4  |
| 壹、目標與架構 (系統填寫) .....                  | 5  |
| 一、總目標及其達成情形 .....                     | 5  |
| 二、架構 (系統產出，不另行填寫) .....               | 7  |
| 三、細部計畫與執行摘要 .....                     | 8  |
| 貳、經費執行情形 .....                        | 10 |
| 一、經資門經費表 (E005) .....                 | 10 |
| 二、經費支用說明 .....                        | 11 |
| 三、經費實際支用與原規劃差異說明 .....                | 11 |
| <br>                                  |    |
| 第二部分 .....                            | 12 |
| 壹、成果之價值與貢獻度 .....                     | 13 |
| 貳、檢討與展望 .....                         | 53 |
| 參、其他補充資料 .....                        | 54 |
| 一、跨部會協調或與相關計畫之配合 .....                | 54 |
| 二、大型科學儀器使用效益說明 .....                  | 56 |
| 三、其他補充說明(分段上傳) .....                  | 57 |
| 附表、佐證資料表 .....                        | 59 |



## 【111年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表(D003)】

|                         |  |             |        |                   |         |        |
|-------------------------|--|-------------|--------|-------------------|---------|--------|
| 審議編號                    | 111-2001-02-28-02  |             |        |                   |         |        |
| 計畫名稱                    | 原子能科技學術合作研究計畫(1/1)   |             |        |                   |         |        |
| 主管機關                    | 行政院原子能委員會  |             |        |                   |         |        |
| 執行機關                    | 行政院原子能委員會綜合計畫處   |             |        |                   |         |        |
| 計畫主持人                   | 姓名   | 陳志平         | 職稱     | 副處長               |         |        |
|                         | 服務機關   | 行政院原子能委員會   |        |                   |         |        |
|                         | 電話   | 02-22322041 | 電子郵件   | cpchen@aec.gov.tw |         |        |
| 計畫類別                    | <input type="checkbox"/> 政策計畫 <input checked="" type="checkbox"/> 一般計畫 <input type="checkbox"/> 基礎研究 <input type="checkbox"/> 前瞻計畫   |             |        |                   |         |        |
| 重點政策項目                  | <input type="checkbox"/> 數位經濟與服務業科技創新 <input type="checkbox"/> 亞洲·矽谷 <input type="checkbox"/> 智慧機械<br><input type="checkbox"/> 綠能產業 <input type="checkbox"/> 生醫產業 <input type="checkbox"/> 國防產業<br><input type="checkbox"/> 新農業 <input type="checkbox"/> 循環經濟圈 <input type="checkbox"/> 晶片設計與半導體前瞻科技<br><input type="checkbox"/> 文化創意產業科技創新 <input type="checkbox"/> 其他_____ |             |        |                   |         |        |
| 前瞻項目                    | <input type="checkbox"/> 綠能建設 <input type="checkbox"/> 數位建設 <input type="checkbox"/> 人才培育促進就業之建設   |             |        |                   |         |        |
| 計畫群組及比重                 | 生命科技 <u>20</u> %    環境科技 <u>40</u> %    數位科技 <u>0</u> %<br>工程科技 <u>20</u> %    人文社會 <u>0</u> %    科技創新 <u>20</u> %<br>請依群組比重填寫，需有比重最高之群組，且加總須 100%。  |             |        |                   |         |        |
| 執行期間                    | 111 年 01 月 01 日 至 111 年 12 月 31 日  |             |        |                   |         |        |
| 全程期間                    | 111 年 01 月 01 日 至 111 年 12 月 31 日  |             |        |                   |         |        |
| 資源投入<br>(以前年度<br>請填決算數) | 年度   | 經費(千元)      |        | 人力(人/年)           |         |        |
|                         | 111  | 25000       |        | 3                 |         |        |
|                         |  |             |        |                   |         |        |
|                         |  |             |        |                   |         |        |
|                         | 合計   | 25000       |        | 3                 |         |        |
|                         | 111<br>年度  | 經費項目        |        | 預算數(千元)           | 決算數(千元) | 執行率(%) |
|                         |  | 經常門         | 人事費    | 0                 | 0       | -      |
|                         |  |             | 材料費    | 0                 | 0       | -      |
|                         |  |             | 其他經常支出 | 24,794            | 24,458  | 98.64  |
|                         |  |             | 小計     | 24,794            | 24,458  | 98.64  |
| 資本門                     |  | 土地建築        | 0      | 0                 | -       |        |
|                         |  | 儀器設備        | 0      | 0                 | -       |        |
|                         |  | 其他資本支出      | 206    | 205               | 99.51   |        |
|                         | 小計   | 206         | 205    | 99.51             |         |        |
| 經費合計                    |  | 25,000      | 24,663 | 98.65             |         |        |

|                         |   |
|-------------------------|---|
| <p>政策依據</p>             | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. EYGUID-01110515000000：行政院 111 年度施政方針：十五、嚴密監督核電廠運轉與除役作業及放射性廢棄物管制，持續推動公眾參與及資訊透明，強化輻安管制、環境輻射偵測及災害防救能量。</li> <li>2. STWB-01080504000000：科技發展策略藍圖 108-111 年：(四) 科技發展與法規調適：強化科技法制風險評估與溝通，釐清新興科技發展法律爭議。</li> <li>3. NSTP-20210202020000：國家科學技術發展計畫(民國 110 年至 113 年)：2-2-2.跨域整合挑戰重大課題。</li> <li>4. PRESTSAIP-01090100000000：六大核心戰略產業推動方案：資訊及數位產業。</li> <li>5. PRESTSAIP-01090400000000：六大核心戰略產業推動方案：國防及戰略產業。</li> </ol>   |
| <p>本計畫在機關施政項目之定位及功能</p> | <p>本計畫為落實原子能科技上、中、下游研發之整合，結合及運用國內學術單位參與研發之能量，從事原子能科技之民生應用研究，有效支援任務導向之政策規劃與安全管制，並強化創新產業跨領域研究與公共議題之風險溝通，落實「推廣原子能科技創新，培育跨域人才」科技施政目標。</p>   |
| <p>計畫摘要</p>             | <p>(由管考系統帶入)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本計畫係由國科會及原能會籌編對等經費補助學術機構，從事原子能科技政策規劃與民生應用研究，並結合我國原子能科技之研發能量，以推動原子能科技民生應用、提升安全管制技術以及培育原子能科技與創新產業跨領域研發人才。</li> <li>2. 本計畫分為「核能與除役安全科技(N1)」、「放射性物料安全科技(N2)」、「輻射防護與放射醫學科技(N3)」及「跨域合作與風險溝通(N4)」等 4 領域，每年度由原能會邀請學者專家共同研商擬訂研究重點，透過公告之研究重點所徵求之計畫書經評審後，由國科會統一與通過審查之計畫申請單位進行簽約，原能會負責執行成效的管考。</li> <li>3. 111 年度「核能與除役安全科技」領域研究主軸為核能安全科技、除役管制研究、保安應變計畫、核子保安評比；「放射性物料安全科技」領域研究主軸為：放射性廢棄物處理貯存暨除役廢棄物拆除與除污、用過核子燃料乾式貯存、放射性廢棄物最終處置、國際放射性廢棄物管理與法規；「輻射防護與放射醫學科技」領域研究主軸為：輻射安全管理、輻射偵檢及劑量監測評估、放射診療技術與核醫研發；「跨域合作與風險溝通」領域研究主軸為：政策研析與法制研究、人才培育與風險溝通、民生應用與跨域研究。</li> </ol> |

| 計畫目標與預期關鍵成果之達成情形 |   |                             | 原設定<br>(系統帶入計畫書填寫資料，不可修改)         | 達成情形<br>(系統帶入管考填寫資料，可修改)               |
|------------------|---|-----------------------------|-----------------------------------|--|
|                  | 計畫目標 1  | O1 培育尖端原子能跨領域人才             |                                   | KR1:補助原子能前瞻研究，培育跨領域科研人才至少 10 人         |
| 計畫目標 2           | O2 引領學者深入探討並協助政府尋找解決方案  |                             | KR1:發展原子能技術，支援管制工作或改善產業技術問題至少 6 件 | 本計畫共補助計 27 項計畫，亦就原子能相關產業及技術提供建議。       |
| 計畫效益與重大突破        | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 形塑原子能科技政策規劃與民生應用研究相關的合作團隊，培育產業及實務所需之科技與專業人才。</li> <li>2. 結合學術界研發支援原子能安全管制技術，提升政府管制效能。</li> <li>3. 強化原子能安全議題之資訊透明、公眾參與及社會溝通，增進民眾信任。</li> </ol> |                             |                                   |  |
| 遭遇困難與因應對策        | 無遭遇困難或落後。   |                             |                                   |  |
| 後續精進措施           | 未來仍因應核能電廠即將除役及核廢料議題，將調整依循核能與除役安全、放射性物料安全、輻射防護與放射醫學、跨域合作及風險溝通四大領域擬訂研究重點，與科技部共同合作推動，以持續提升計畫效益。  |                             |                                   |  |
| 計畫連絡人            | 姓名  | 汪若晴/ 蘇健友                    | 職稱                                | 技士/ 技佐                                 |
|                  | 服務機關  | 行政院原子能委員會                   |                                   |  |
|                  | 電話  | 02-22322084/<br>02-22322052 | 電子郵件                              | jocwang@aec.gov.tw/<br>cysu@aec.gov.tw |

## 第一部分

註：第一部分及第二部分（不含佐證資料）合計頁數建議以不超過 200 頁為原則，相關有助審查之詳細資料宜以附件方式呈現。

# 壹、目標與架構 (系統填寫)

## 一、總目標及其達成情形

### 1. 全程總目標：

本計畫係由國家科學及技術委員會（以下簡稱國科會）及行政院原子能委員會（以下簡稱原能會）籌編經費補助學術機構，從事原子能科技政策規劃與民生應用之研究，並結合我國原子能科技之研發能量，以推動原子能科技民生應用、提升安全管制技術以及培育原子能科技與創新產業跨領域研發人才。計畫由原能會依據施政業務需求、科技發展趨勢及應用展望，邀集相關學者、專家召開會議擬訂研究領域及主題，國科會對外徵求計畫書，經原能會及國科會共同審查通過之計畫，統一由國科會與各計畫執行機關進行簽約手續，以政府機關間之補助方式編列，並由原能會統籌各計畫績效之管考。

配合行政院 110 年施政方針「拓展原子能技術跨域應用」目標及政府 110 至 113 年「國家科學技術發展計畫」，依原能會 111 年科技施政總體說明書「科技施政佈局」，劃分核能與除役安全科技 (N1)、放射性物料安全科技 (N2)、輻射防護與放射醫學科技 (N3)、跨域合作與風險溝通 (N4) 等 4 大領域，其中，跨域合作與風險溝通領域屬重點型研究項目，主要推動支持政府重要政策，包含產業創新政策、全國科學技術會議結論、六大核心戰略產業等具急迫性、即時性之新興科技研發課題，並強化公共政策之民眾參與及社會溝通。(由管考系統帶入)

### 2. 分年目標與達成情形：請填寫為達成上述計畫總目標，各年度計畫分年目標及其達成情形。

| 年度    | 分年目標*   | 達成情形 <sup>&amp;</sup>                                       |
|-------|---|---|
| 111 年 | KR1:補助原子能前瞻研究，培育跨領域科研人才至少 10 人<br>KR1:發展原子能技術，支援管制工作或改善產業技術問題至少 6 件 | 1. 本計畫共人才培育共計 120 位。<br>2. 本計畫共補助計 27 項計畫，亦就原子能相關產業及技術提供建議。 |

備註：

#年度：請依計畫書期程撰寫，須填寫全程，第一年度請置於最上。單年計畫僅填寫該

年度即可。

\*目標：請依計畫書規劃撰寫，質量化皆可。

Ⓔ達成情形請依目標簡要說明進展或重要成果，未來年度可填「-」。若有未達成、未完全達成或其他需要說明或圖示之處，請於下方填寫。

說明：

達成分年目標，成果豐碩。

## 二、架構 (系統產出，不另行填寫)

| 細部計畫          |                       | 主持人 | 執行機關           | 計畫目標   | 本年度效益、影響、重大突破   |
|---------------|-----------------------|-----|----------------|--|---|
| 名稱            | 預算數/<br>(決算數)<br>(千元) |     |                |  |   |
| 原子能科技學術合作研究計畫 | 25,000<br>(24,663)    | 陳志平 | 行政院原子能委員會綜合計畫處 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 「強化科研成果轉化機制促進產業創新發展」</li> <li>2. 「推動精準醫療科技，維護國民健康」</li> <li>3. 「精進防災科技減少災害衝擊」</li> <li>4. 「發展綠色科技實現低碳永續社會」</li> <li>5. 「強化科技決策支援系統」</li> <li>6. 「完備促進科技創新發展的法制環境」</li> <li>7. 「鼓勵原創科技研發，改革學術研發成果評鑑制度」</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 形塑原子能科技政策規劃與民生應用研究相關的合作團隊，培育產業及實務所需之科技與專業人才。</li> <li>2. 結合學術界研發支援原子能安全管理技術，提升政府管制效能。</li> <li>3. 強化原子能安全議題之資訊透明、公眾參與及社會溝通，增進民眾信任。</li> </ol> |

### 三、細部計畫與執行摘要

本段落資料由系統自動帶入，部分項目請依執行進度更新，完整執行內容請以附件上傳方式提供。

|                             |   |                     |                |
|-----------------------------|---|---------------------|----------------|
| 細部計畫 1                      | 原子能科技學術合作研究計畫   | 計畫性質                | 基礎研究           |
| 主持人                         | 陳志平   | 執行機關                | 行政院原子能委員會綜合計畫處 |
| <b>計畫規劃內容</b>               |   |                     |                |
| 計畫目標                        | 本計畫為落實原子能科技研發資源之整合，結合及運用國內學術單位參與研發之能量，從事原子能科技之基礎研究，以有效支援任務導向之政策規劃與安全管理相關應用研發，並強化跨域創新產業人才培育與原子能安全議題溝通。   |                     |                |
| 重點描述                        | 本計畫為行政院原子能委員會與科技部共同結合國內原子能相關之上游科技研發學術研究機構參與合作計畫，以促進原子能科技在民生應用之基礎研究，並落實原子能科技上、中、下游研發之整合，推廣原子能科技創新，培育產業所需跨域人才。  |                     |                |
| 預期成果                        | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 形塑原子能科技政策規劃與民生應用研究相關的合作團隊，培育產業及實務所需之科技與專業人才。</li> <li>2. 結合學術界研發支援原子能安全管理技術，提升政府管制效能。</li> <li>3. 強化原子能安全議題之資訊透明、公眾參與及社會溝通，增進民眾信任。</li> </ol> |                     |                |
| <b>計畫投入</b>                 |   |                     |                |
| 預算數（千元）／<br>決算數（千元）／<br>執行率 | 21,500 /<br>24,663 /<br>98.65%  | 總人力（人年）<br>實際／（規劃）  | 3.0/3.0        |
| 其他資源投入                      | 無   |                     |                |
| 主要工作項目                      | 本年度重要成果   | 主要成果使用者/服務對象/合作對象   |                |
| 補助學術機構執行<br>學術合作研究          | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 111 年度本會推動委託辦理計畫計 27 項，有 18 所公私立大專院校及機關，共 27 位教授參與，有效提供推廣原子能領域之基礎研究，包括核安及除役、核能資訊溝通與</li> </ol>  | 學術單位/行政院原子能委員會/一般民眾 |                |

|   |   |  |
|---|---|--|
|   | <p>原子能知識推廣、環境保育及放射醫學等方面所需之前瞻研究。</p> <p>2. 110 年「原子能科技學術合作研究計畫」成果發表會於 111 年 9 月 26 日舉辦，該發表會分 6 場次進行 57 項計畫成果發表，並邀請會內外專家學者進行優良計畫評選。</p> |  |
| <b>本年度效益、影響、重大突破</b>  |   |  |
| <p>1.形塑原子能科技政策規劃與民生應用研究相關的合作團隊，培育產業及實務所需之科技與專業人才。</p> <p>2.結合學術界研發支援原子能安全管制技術，提升政府管制效能。</p> <p>3.強化原子能安全議題之資訊透明、公眾參與及社會溝通，增進民眾信任。</p> |   |  |
| <b>遭遇困難與因應對策</b>  |   |  |
| 無   |   |  |

## 貳、經費執行情形

### 一、經資門經費表 (E005)

1. 初編決算數：因績效報告書繳交時，審計機關尚未審定 111 年度決算，故請填列機關編造決算數。
2. 實支數：係指工作實際已執行且實際支付之款項，不包含暫付數。
3. 保留數：係指因發生權責關係經核准保留於以後年度繼續支付之經費。
4. 預算數：原則填寫法定預算數，如立法院尚未通過總預算，則填寫預算案數。
5. 執行率：係指決算數佔預算數之比例。

單位：千元；%

|           | 111 年度     |            |            |               | 執行率<br>(d/a) | 112 年度<br>預算數 | 113 年度<br>申請數 | 備註 |
|-----------|------------|------------|------------|---------------|--------------|---------------|---------------|----|
|           | 預算數<br>(a) | 初編決算數      |            |               |              |               |               |    |
|           |            | 實支數<br>(b) | 保留數<br>(c) | 合計<br>(d=b+c) |              |               |               |    |
| 總計        | 25,000     | 18,789     | 5,874      | 24,663        | 98.65        |               |               |    |
| 一、經常門小計   | 24,794     | 18,764     | 5,694      | 24,458        | 98.64        |               |               |    |
| (1)人事費    | 0          | 0          | 0          | 0             | -            |               |               |    |
| (2)材料費    | 0          | 0          | 0          | 0             | -            |               |               |    |
| (3)其他經常支出 | 24,794     | 18,764     | 5,694      | 24,458        | 98.64        |               |               |    |
| 二、資本門小計   | 206        | 25         | 180        | 205           | 99.51        |               |               |    |
| (1)土地建築   | 0          | 0          | 0          | 0             | -            |               |               |    |
| (2)儀器設備   | 0          | 0          | 0          | 0             | -            |               |               |    |
| (3)其他資本支出 | 206        | 25         | 180        | 205           | 99.51        |               |               |    |

|                   |      | 109 年度<br>決算數 | 110 年度<br>決算數 | 111 年度<br>決算數 (執行率) | 112 年度<br>預算數 | 113 年度<br>申請數 | 備註 |
|-------------------|------|---------------|---------------|---------------------|---------------|---------------|----|
| 科技計畫總計            |      | 19,852        | 20,956        | 24,663(98.65%)      |               |               |    |
| 原子能科技學術合作<br>研究計畫 | 小計   | 19,852        | 20,956        | 24,663(98.65%)      |               |               |    |
|                   | 經常支出 | 19,702        | 20,925        | 24,458(98.64%)      |               |               |    |
|                   | 資本支出 | 150           | 31            | 205(99.51%)         |               |               |    |

## 二、經費支用說明

(請簡扼說明各項經費支用用途，例如有高額其他經費支出，宜說明其用途；或就資本門說明所採購項目及目的等。)

1. 實際支用經常門 18,789 千元，其中辦理計畫研究成果發表及應用推廣等一般事務費 152 千元，配合國科會同補助學術機構進行原子能科技學術合作研究計畫所需費用 18,637 千元。
2. 本計畫有 6 項子項計畫，因疫情影響，業經國科會同意展期至 112 年，故保留經常門 5,694 千元，資本門保留 180 千元(維修更換離心機軸承)。

## 三、經費實際支用與原規劃差異說明

(如有執行率偏低、保留數偏高、經費門流用比例偏高等情形，均請說明。)

無

## 第二部分

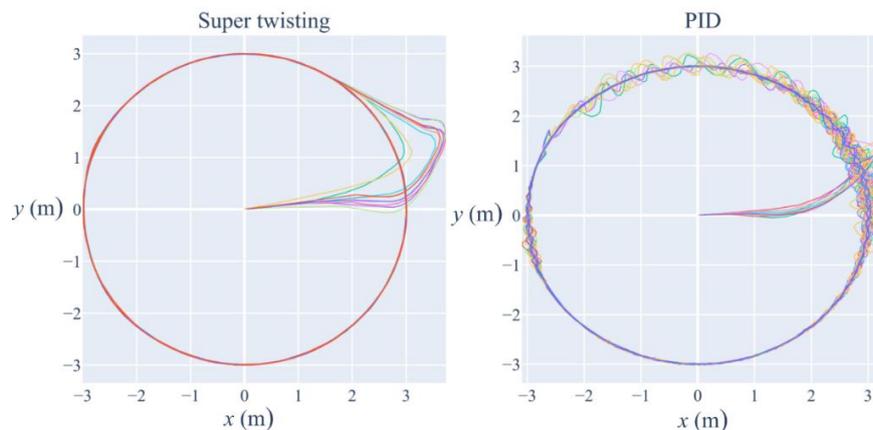
註：第一部分及第二部分（不含佐證資料）合計頁數建議以不超過 200 頁為原則，相關有助審查之詳細資料宜以附件方式呈現。

# 壹、成果之價值與貢獻度

## 一、學術成就(科技基礎研究)

### 1. 開發遠端麥克納姆輪自主機器人與軌跡控制器以輔助核電廠輻射作業

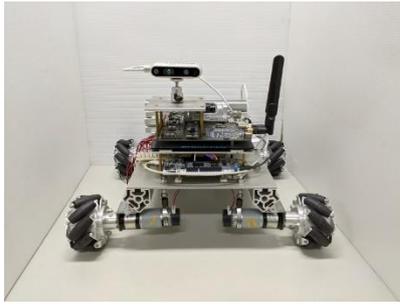
本計畫為第 3 年研究，延續第 1、2 年已開發遠端機器人 3D 地圖建模、最低劑量尋徑規劃等成果，本年度繼續開發機器人自主軌跡控制器，以降低遠端操作人員校正負擔。本研究提出一個簡化的動力學模型，不只修正文獻中已有的動力學模型，提出的模型還可以讓控制器設計更加容易。本研究提出一個中介系統輸入項，作為一個 3 自由度的向量，可視為麥克納姆輪平台在世界座標系的外力，該輸入項能讓控制器的設計更加輕易。也提出一個基於超扭曲(Super twisting)演算法的控制器與觀測器，並用數學分析的方式證明其受控系統的穩定性。為了解本研究提出控制器的有效性，建立了一個基於物理引擎的模擬環境，來模擬麥克納姆輪平台，並實作控制器對其控制。本研究亦實作一個 PID 控制器，來與提出的控制器比較。結果顯示本研究提出的控制器表現顯著優於 PID 控制器。為了解本研究提出的控制器在實際應用場景的表現，打造一台麥克納姆輪平台，該平台搭載視覺同時定位與建圖 (Simultaneously Localization and Mapping, SLAM)。本研究實作提出的控制器在打造的麥克納姆輪平台上，並對其控制進行實驗。結果顯示提出的控制器能有效的控制麥克納姆輪平台，並維持一定的穩態誤差。



(a)基於超扭曲演算法的控制器

(b) PID 控制器

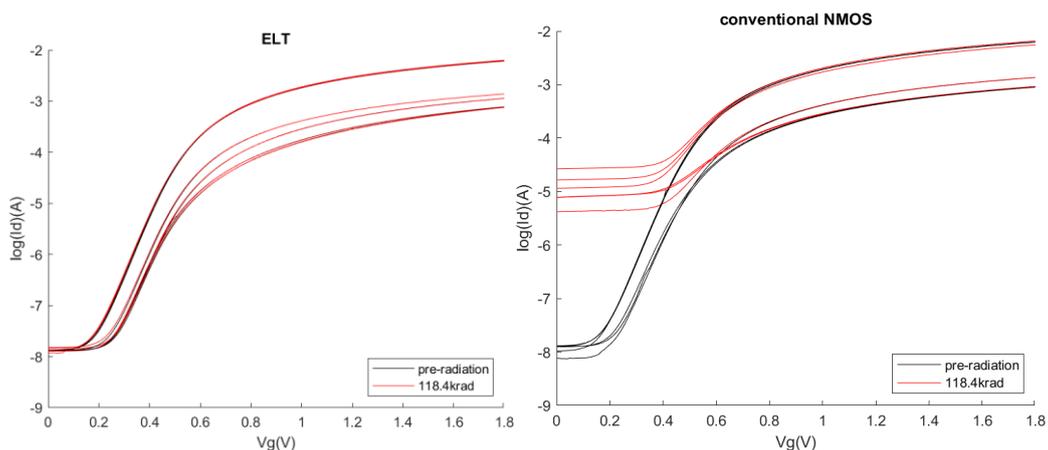
圖一：所提出之控制器與 PID 控制器之比較



圖二：實作之麥克納姆輪機器人

## 2. 應用於低軌道衛星之抗輻射類比/數位混合晶片電子設計自動化開發 III

本計畫已完成商用抗輻射類比/數位轉換器晶片 (Analog to Digital Converter, ADC) 電路與封閉式佈局電晶體設計並完成下線動作，目前已取得 30 顆 ADC 晶片以及封閉式佈局電晶體測試晶片，並且完成 ADC 之性能量測以及封閉式佈局電晶體輻射實驗。以電子設計自動化程式，與台大電子所電子設計自動化專家蔡教授實驗室形成合作團隊，模擬封閉式電晶體佈局電晶體照射前後之電性。除了佈局佈線最佳化程式，也建立封閉式佈局電晶體模型改善抗輻射電路設計。



(a) T18 ELT 照射結果

(b) T18 傳統電晶體照射結果

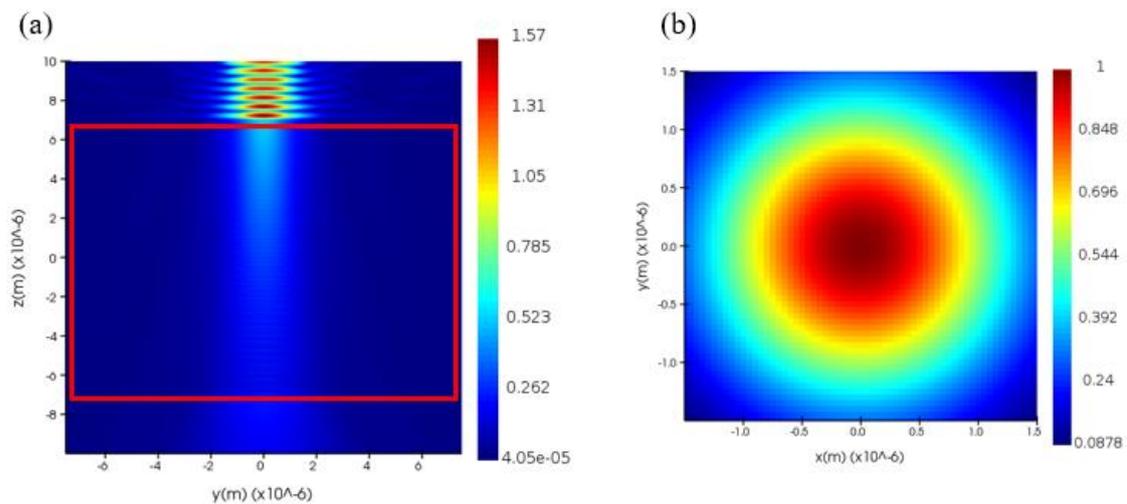
圖 T18 傳統電晶體與 ELT 照射前後電性圖

研究的進行有利於國家未來太空產業相關人員之培訓，強化學生基礎電路設計能力同時精進學生抗輻射電路之相關專業知識，參與的學生

將能了解整個抗輻射系統的架構與設計及抗輻射電路設計的過程與技巧，對抗輻射電路設計有實務上的經驗，將能帶動台灣太空產業之發展與進步。

### 3. 使用太空環境下之半導體元件及相關電路輻射驗證平台培育前瞻原子科學人才

本計畫的目標為透過對 gamma 射線、質子束等高能粒子與高能脈衝雷射進行半導體元件及相關電路之輻射平台之利用，達到利用粒子束設施、理論分析、模擬設計，並對半導體材料物理性質分析及進行相關粒子束相互作用基本原理和科學探索，藉由這樣的研究主題和驗證平台的使用，來達到培育前瞻原子科學人才的效果。



(a) 脈衝雷射打入矽材料之後的電場分布，紅色方框處為半導體材料矽，

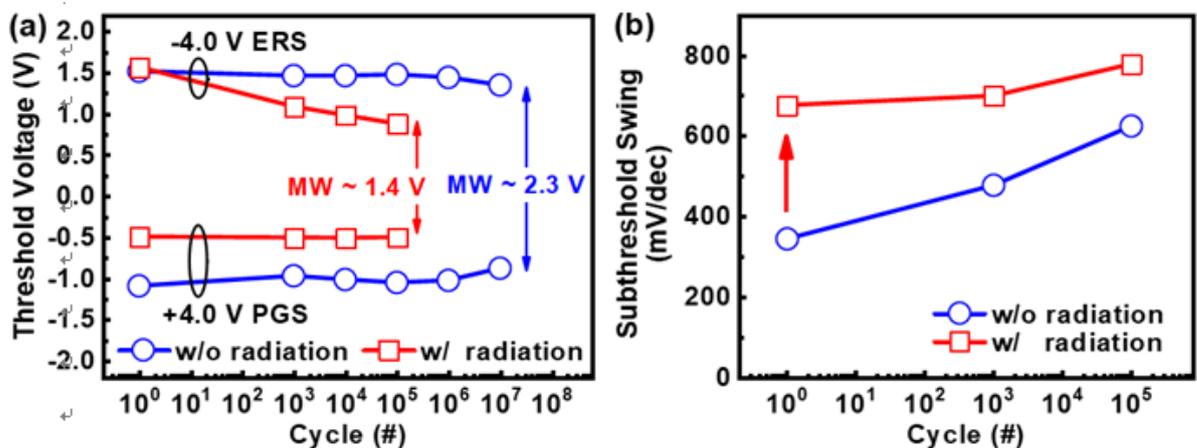
(b) 該脈衝之光點大小以及能量分佈。

本計畫中所執行的項目主要是針對單事件效應所做的研究，此效應在面對發展太空產業時是關鍵因素之一，由於太空中存在許多的宇宙射線，所以對於要進入太空的電子設備來說，高能粒子是無可避免的存在，電子設備一但被這些高能粒子擊中之後則會產生單事件效應，而單事件效應則會遭成電子系統的暫時性功能損壞，嚴重者則會造成電子設備永久性失效，因此本計畫執行項目中的相關研究如使用質子束射備或是高能脈衝雷射等皆可以重現高能粒子對於電子儀器裡

晶片的單事件效應，藉此達到了了解抗輻射晶片設計的效果，而本計畫確實也藉由脈衝雷射單事件效應實驗達到定性上輔助抗輻射電路設計的成果，利用雷射實驗驗證了一項抗輻射電路設計之方法，其抗輻射效果確實比原本的電路來的佳，相關研究成果也有發表在國內外之研討會，亦藉由在執行計畫時所參訪及學習到的高能粒子設施相關知識，將可以培育出前瞻原子科學人才。

#### 4. 以電漿輔助製程與磊晶鍍層提升鐵電記憶體之多位元操作可靠度與抗輻射能力

本計畫採用 Ge 磊晶層取代 Si 作為基板材質製作元件，將進一步用此 Ge FeFET 作為評估輻射效應的平台，根據現有文獻，本次研究亦是首度探討輻射效應對於 p 通道 Ge FeFET 特性影響，從實驗結果發現，輻射對於元件所造成的破壞主要來自於介面處而非鐵電特性本身。如下圖所示，採用混合退火之 Ge FeFET 在經過  $\gamma$ -ray 照射劑量達 1 Mrad 後，記憶視窗從 2.5 V 下降至 2.0 V，寫入後讀取延遲與次臨界擺幅(sub-Vt swing)則受到介面品質而劣化。儘管如此，如下表所示，與過去 FeFET 抗輻射性之相關報導相較之下，本次採用的 Ge FeFET 具有較小的操作電壓 $\pm 4$  V，在 10<sup>5</sup> 次反覆操作後仍有 1.4 V，且資料保存可長達 10 年之久，作為抗輻射記憶體仍具有相當大的競爭優勢。



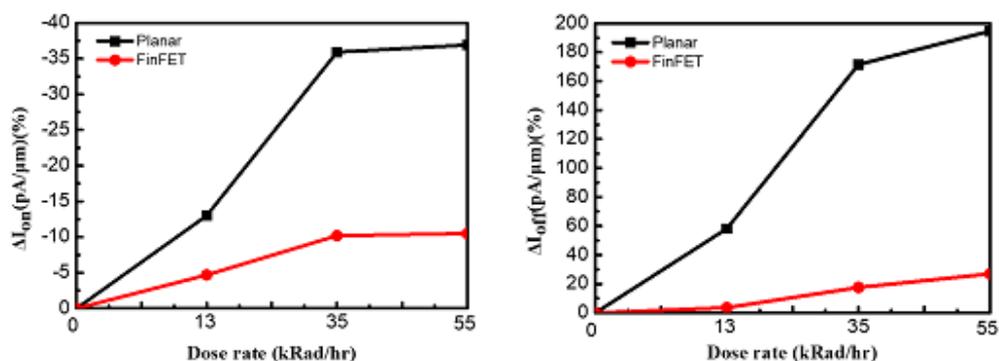
本團隊透過新穎的微波回火製程克服了 Ge 通道與鐵電薄膜間介面品質不佳的困擾，大幅提升了 Ge 通道鐵電記憶體的效能，進一步降低了記憶體的操作電壓並改善可靠度。更進一步地，本計畫首次評估了 Ge

通道鐵電記憶體的抗輻射成效，從初步成果來看，雖然 Ge 材質的能隙 (bandgap) 較低，但在高輻射劑量下仍保有 4 V 的低電壓操作且呈現 105 次的耐久度(endurance)表現，本計畫研究成果的主要價值在於開啟了未來於高輻射環境下使用低功耗記憶體的另一個可能性，同時也確認具有高遷移率的 Ge 材質，即使能隙較低，仍具有高度應用於抗輻射元件的可行性。

本計畫之貢獻在對於 Ge 通道鐵電記憶體進行輻射環境下的完整的電性/物性分析，首次讓微電子領域同儕了解低能隙材質在輻射照射下對於記憶體特性的影響，在優異的電特性與可靠度顯示極具有競爭力之外，同時也觀察到元件的次臨界擺幅有隨輻射劑量而劣化的趨勢。此趨勢也意味著介面品質仍有改善的空間，本計畫除了提出造成此現象可能的機制，同時也提出未來改善的方向，提供同儕在此領域發展重要的參考。

## 5. 應用於衛星之積體電路與記憶體元件的輻射效應與製程研究

本計畫探討金氧半場效電晶體(MOSFET)、繡式場效電晶體(FinFET)、及快閃記憶體(Flash)元件之輻射效應，進行 MOSFE 與 FinFET 輻射劑量率效應、FinFET 與 Flash 元件抗輻射製程開發等，應用介電層製程技術以增進元件特性及操作效能。從下圖之 MOSFET 與 FinFET 輻射劑量率效應分析結果，可看出劑量率較高時會造成較大的元件特性偏移或衰退，因此抗輻射量測時輻射劑量率須註明，並依據規範選取適當範圍。



由上圖也清楚發現，經過 100 kRad 輻射傷害後，MOSFET 有嚴重的劣化，FinFET 僅些微衰退明顯有較佳的抗輻射能力。所以，FinFET 元件的立體通道結構，具有更好的靜電控制效應，抗輻射傷害的能力也大幅提高。

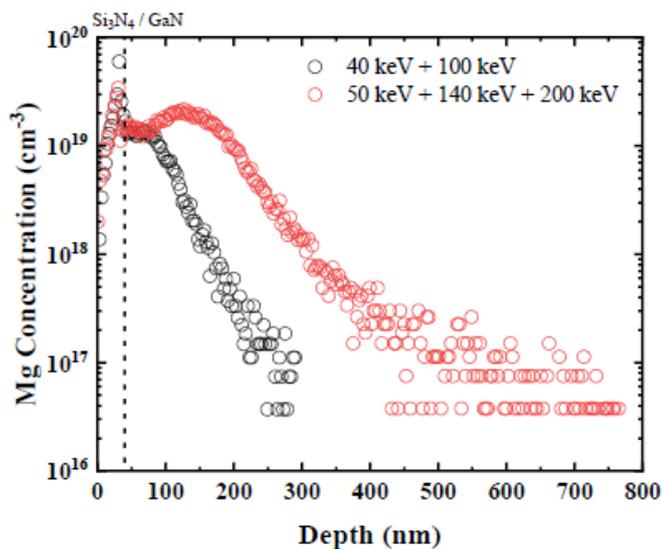
在學術價值上，本研究中探討了 MOSFET 與 FinFET 不同結構的電晶體，經過 Co-60 輻射後會有不同程度的影響，對電晶體造成衰退，衰退的元件為輻射引起氧化層正電荷的堆積，加上邊界和界面的缺陷增加。所有試片電性衰退較文獻所報導少，推測原因為使用了更高品質的界面層與閘極氧化層，有較少的本質缺陷，且較薄的閘極氧化層其輻射穿透的機率會更大，承受到的輻射量幾乎穿透使得因輻射產生的電子-電洞對較少，使元件受到的輻射傷害會更低。在基本電特性上，平面電晶體的抗輻射能力較差，原因是經過輻射造成氧化層電荷增加，也形成界面缺陷，導致元件電特性的劣化。而 FinFET 僅些微衰退，是因為立體通道結構具有更好的通道靜電控制，使氧化層電荷與界面陷阱效應降低。因此如何應用有效的界面處理及先進通道結構以提升抗輻射能力，是值得研究的題目。

在應用價值上，本研究計畫之成果，可作為衛星電子元件抗輻射規格之選擇參考。另外，本計畫開發之抗輻射積體電路製程技術，可以改善邏輯晶片之可靠性，對半導體產業也有經濟效益。

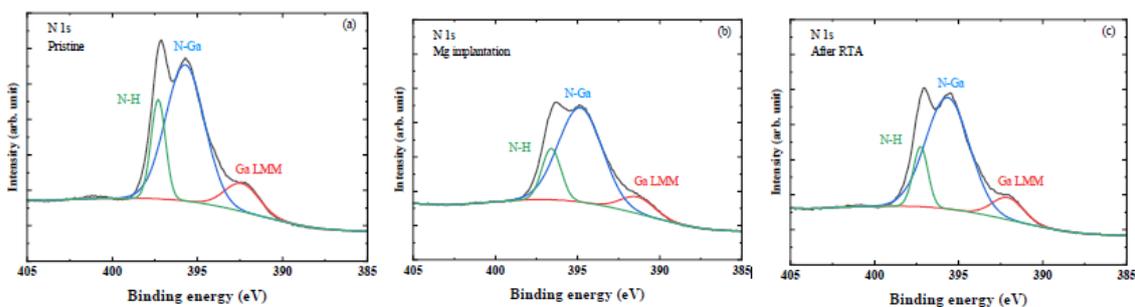
## 6. 高溫離子佈植及氮電漿製程應用於氮化鎵功率元件特性改善研究

本計畫藉由 SRIM 離子佈植模擬程式模擬預測鎂離子佈植縱深分佈，並成功開發出雙重能量及三重能量鎂離子佈植氮化鎵基板，與二次離子質譜儀 (Secondary Ion Mass Spectrometry, SIMS) 分析結果相似，如下圖一所示。此外，本團隊提出新穎的氮電漿表面處理技術，利用在

鎂離子佈植完成後進行氮電漿製程，將氮原子覆蓋於氮化鎵基板表面，再進行保護層沉積製程及快速升熱退火製程，從材料分析中可知已大幅減少基板表面的缺陷及修復 Ga-N 鍵結。如下圖二的 X 射線光電子能譜 N1s 所示，氮化鎵材料表面的 N-Ga 鍵結強度在鎂離子佈植大幅下降，藉由本團隊開發的氮電漿製程處理及快速升溫退火製程後，N-Ga 則回復至趨近於離子佈植前的鍵結強度。



圖一雙重能量及三重能量鎂離子佈植於氮化鎵基板之縱深分佈



圖二 (a)佈植前(b)佈植後(c)快速退火後的氮元素 X 射線光電子能譜

本團隊致力於開發的鎂離子佈植技術輔以氮電漿表面處理應用於氮化鎵功率半導體元件的製程，提高了元件結構設計的自由度及便利性，此外還能減少製程流程的複雜性。此技術適用於所有結構的氮化鎵元件，並與現今主流的半導體製程技術高度相融，可以藉由半導體製程中高度依賴的電漿輔助化學氣相沉積系統(PECVD)或電漿輔助原子層沉積系統(PEALD)進行電漿處理製製程，毋須採購安裝額外的半導體設備，滿足半導體工業中的成本及製程效率考量。此外，該技術的高度可行性在

於台灣積體電路公司已開發應用於 MIS-HEMTs 中改善 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/GaN 介面的氮電漿製程，且已有學者發表使用氮電漿製程修復乾式蝕刻引入的缺陷，提升半導體元件的操作性能並降低漏電流。本團隊具備多年的離子佈植技術開發經驗，並首先提出氮電漿製程結合離子佈植製程，讓兩個技術的優點能夠相輔相成，提升該技術的價值及實際應用工業的潛力。

## 7. 近斷層複合地盤破裂引致振動及速度脈衝的初步物理模型模擬

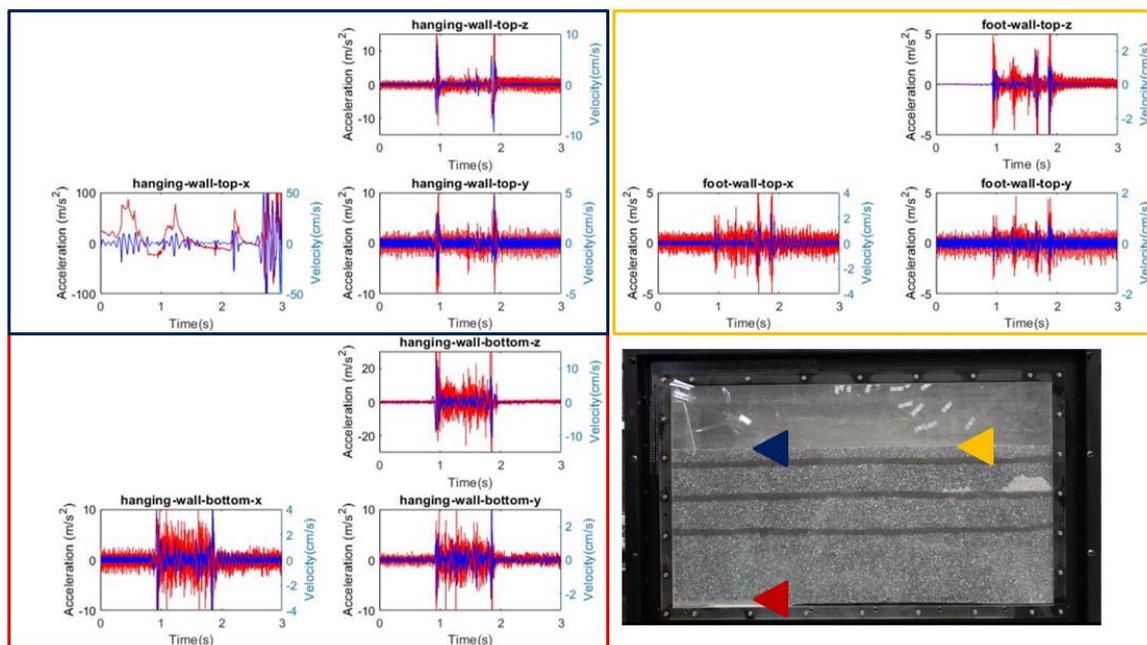
本計畫主要研究成果其一為設計及製作試驗箱，試驗箱長度 1665 mm、寬度 700 mm、高度 1570 mm，試驗箱內放置土壤之空間尺寸為長度 1507 mm、寬度 300 mm、高度 850 mm。箱壁材料為鐵，試驗箱正面採鏤空並嵌入一塊透明壓克力板作為觀測視窗，試驗時可藉由相機記錄土層錯動時剪裂帶發展的過程。此外，試驗箱底部裝載乙支油壓缸，搭配油壓動力組合提供試驗箱模擬斷層錯動的驅動力，油壓缸之行程為 200 mm、最大走速為 110 mm/s、最大出力為 2400 kgf。試驗箱及油壓動力組合之外觀如下圖所示。



圖：試驗箱外觀

本計畫主要研究成果其二為近斷層複合地盤破裂引致振動及速度脈衝的初步物理模型模擬結果。本計畫共進行四組物理模型試驗，分別

為脈衝箱先導試驗、礫石層試驗（一維加速度量測）、礫石層試驗（三維加速度量測）及鐵砂層試驗（三維加速度量測），試驗結果如下圖。



圖：礫石層試驗（三維加速度量測）之土層的加速度歷時

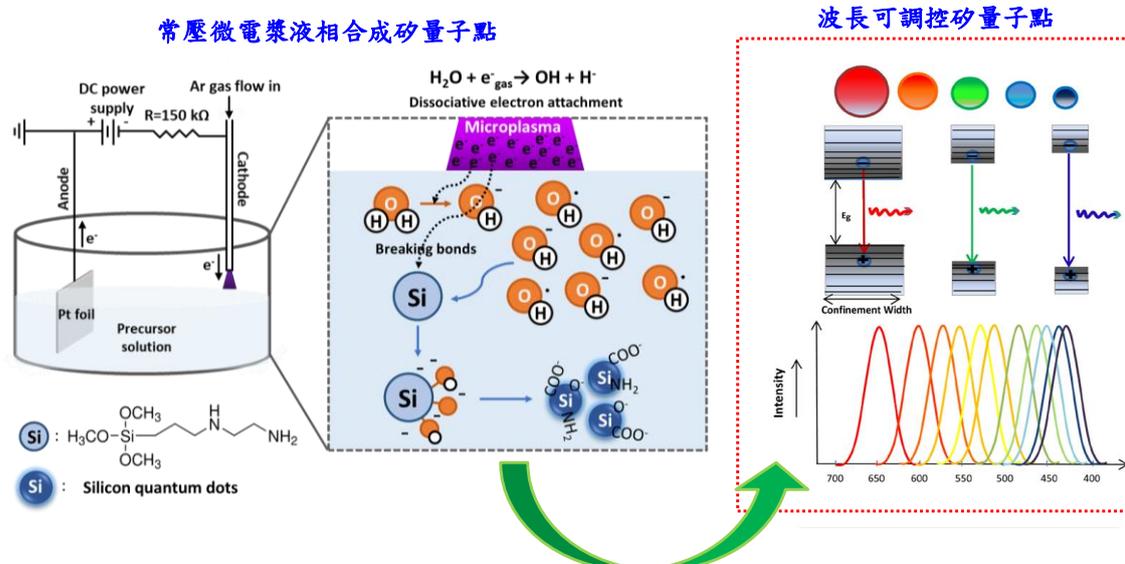
根據試驗結果，本計畫中所設計的斷層脈衝模擬試驗箱可以在一秒內完成 20 公分的垂直錯動，並於斷層上下盤量測到速度脈衝。本計畫中所發展的試驗技術將提供一嶄新的物理模型工具，對近斷層效應能有更進一步的研究。

## 8. 微電漿輔助發光特性可調控量子點合成技術 (1/3)

本計畫以 3-(2-氨基乙基氨基)丙基三甲氧基矽烷(AEAPTMS)作為矽前驅物，利用高能量密度常壓微電漿可成功合成發光波長可調控矽量子點(silicon quantum dot, SiQD)，矽量子點發光波長可調控於 400~700 nm 區間。轉換率經計算後約為 90%，本計畫已完成矽量子點產率>2.5 g/hr 之年度計畫目標。

大氣常壓微電漿與傳統電漿相比更能衍生出高密度的電子與能量，進行液態化學製程時，可使得更多的高能自由基與電荷於電漿-液面界面進行電化學氧化還原反應與非電化學反應，可加速化學反應，有助於量產製程開發。大氣常壓微電漿為非熱平衡反應，具高反應動力學可應

用於合成奈米/量子材料合成。本研究開發利用大氣常壓微電漿合成 SiQD，未來可延伸至與國內半導體產業結合，開發前瞻半導體/量子材料合成製程技術。此外可應用於開發生物醫學快篩及感測器有助於癌症及重大疾病預防偵測，毒品快速偵測降低犯罪率，環境毒化物監控等對社會永續發展有重大影響力。



- 電漿物理參數(電流，電壓，功率)
- 電漿化學參數(氣體類型，氣體流率)
- 前驅液化學參數(濃度，pH，助電解液，etc.)

圖:本計畫以微電漿反應器，在常溫常壓且不需要強酸鹼、還原劑及有毒的化學溶劑的條件下，以獨特的電漿化學合成為具發光波長可調控的矽量子點材料。

## 9. 沃斯田鐵系不銹鋼冷卻飼水密封閥件於核電廠除役過渡階段之間隙腐蝕行為研究

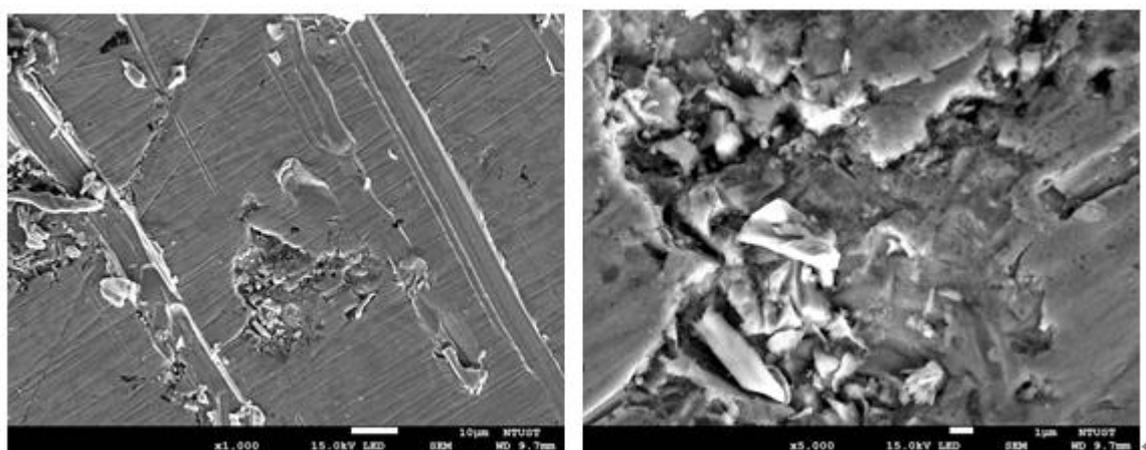
於核能電廠中，沃斯田鐵不銹鋼 304L 被廣泛地應用於結構組件，用以提供長期的運轉服務。在冷卻飼水循環系統中，304L 不銹鋼做為冷卻飼水壓力邊界管路材料，雖其合金成分具有較優良的耐均勻腐蝕能力，然其在特定環境條件下常呈現局部腐蝕現象。在這之中，又以間隙腐蝕現象最為影響不銹鋼的使用壽命。間隙腐蝕顧名思義為兩金屬間存在一微小狹縫，於水溶液環境中，受到氧濃度差的影響，金屬本身會自然產生陰極與陽極，使其狹縫間的金屬持續離子化並溶出。由於腐蝕損傷部位是在縫隙之內，無法經由外觀檢查得知，因此必須規劃更妥善的

方式避免間隙腐蝕的發生。

本計畫使用氧化鋁螺絲件設定 304L 不銹鋼試片之間距離，於低溶氧量、鋅離子、水溶液中進行試驗，模擬核電廠管件之間隙腐蝕。試驗後使用光學顯微鏡及掃描式電子顯微鏡等儀器觀察試片表面腐蝕，並使用 ASTM-G5-14 規範進行電化學恆電位法試驗，評估 304L 不銹鋼核電廠除役冷卻飼水之間隙腐蝕特性。

實驗結果顯示，增加水溶液中溶氧量或是給予攪拌，均能降低間隙腐蝕機會，原因是可以補足狹縫內缺氧問題。若是在腐蝕情況不嚴重的溶液中，10 ppb 醋酸鋅添加抗蝕能力最好；但若水中有類似 Cl<sup>-</sup>離子存在時，加入 1 ppm 醋酸鋅之抗蝕能力會優於去離子水和 10 ppb 醋酸鋅溶液。

在電化學與浸泡試驗的成果比對中，由於電化學的樣品都是屬於短時間表面新鮮的狀態，半年以上的浸泡試驗，則可能有其他的物質沉積。因此在評估上，兩者兩種試驗可能會有落差，如果要用電化學的檢測結果來做評估，仍應考慮水溶液環境中是否有物質沉積導致的其他腐蝕機制。以上成果，可以應用在核能電廠除役期間管路中靜滯水的管理。



圖：0.1 mm 間隙之 304L 於 50 °C 純氮除氧去離子水浸泡 6 個月之間隙腐蝕形貌。  
(左 1000x，右 5000x)

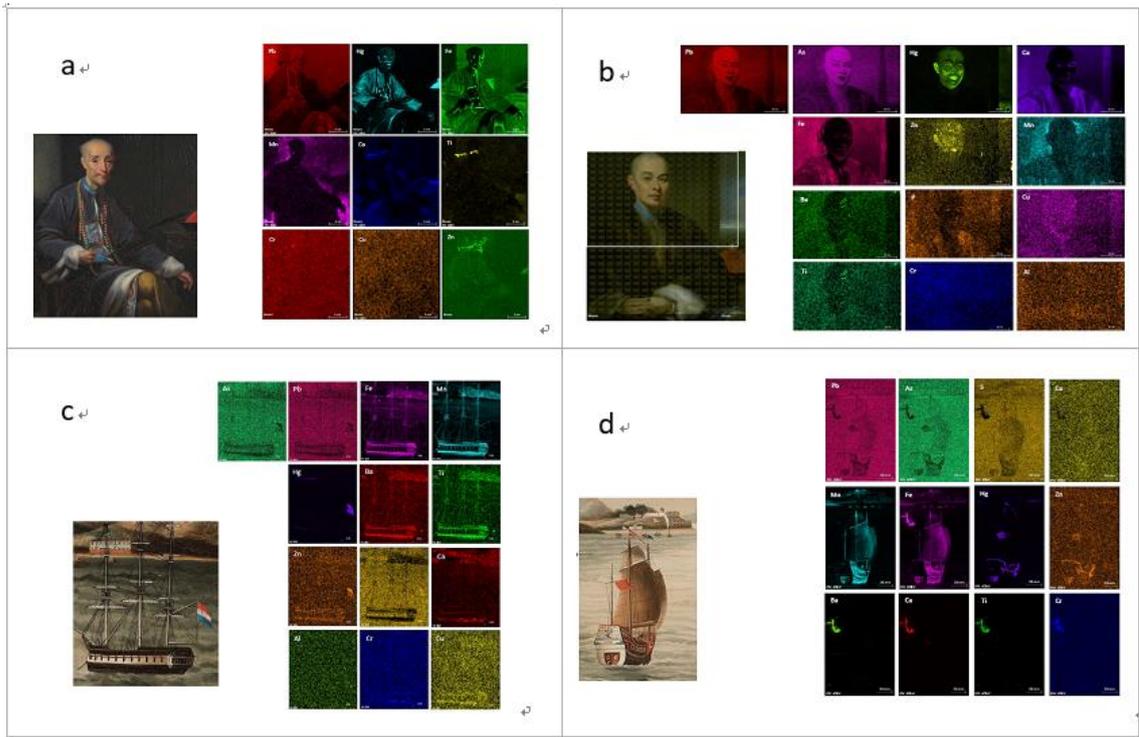
## 10. X 光分析技術應用於東方書畫之研究(II)

本計畫第二年主要研究分析國立故宮博物院所藏之清代廣州外銷

畫。十七世紀下半葉後，隨著東西交流日益頻繁，在西風東漸下，許多傳教士進入中國後，引進了顏料和創作技法，也為清代的藝術風格注入了新的質素。十八世紀後，除了清宮外，廣東為接觸西方外來文化與貨物最直接的地方，各類洋貨主要是透過廣州十三行進口到中國，其中也包括許多的工藝材料。在中西藝術交流的氛圍下，廣州外銷畫約莫於十八世紀中葉興起，並盛行、流通於十九世紀。外銷畫的銷售對象主要為歐美人士，採用西方的畫法與風格，材料上則同時包括了就地取材和使用西方的繪畫材料。就繪畫類別上，有油畫、紙本水彩、玻璃畫、通草片水彩畫、水粉畫、壁紙畫等。外銷畫描繪了十八、十九世紀以廣州為中心的人事景物與貿易交流情形，同時是研究東西貿易與藝術交流的重要材料。

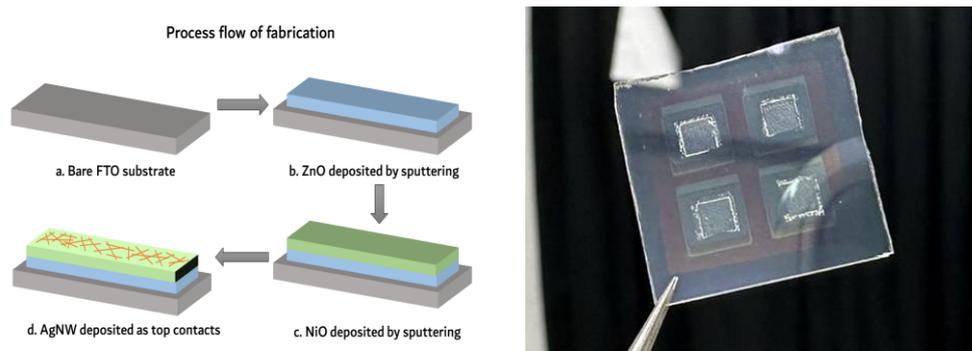
本研究利用大面積元素掃描分析儀 (macro-XRF)、傅立葉轉換紅外線光譜儀 (FT-IR) 及高光譜影像(hyper-imaging)等技術，檢視分析國立故宮博物院近年入藏之多幅外銷畫，包括兩幅人物畫像以及多幅港口風景畫。研究內容主要透過材料檢測技術分析畫作之結果，討論畫作中顏料使用種類與設色狀況。由於現存外銷畫的科學分析研究仍有限，本研究對外銷畫的繪畫顏料與技法之認識有所裨益。此外，也藉由檢視肉眼看不見的隱藏影像與顏料訊息，揭露畫作過去的修復痕跡，提供未來保存修復之參考。

圖 a-圖 d 分別為人物畫像〈浩官〉(圖 a)、〈廣州行商〉(圖 b) 及兩幅港口畫作(圖 c 及圖 d) 局部表面的元素掃描分佈圖，從顏色和其所對應的元素及配合 FT-IR 檢測的結果，大致可判斷使用的顏料包括硃砂 (HgS)、藍銅礦 (azurite,  $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ )、鉛白 (white lead)、赭石、普魯士藍、骨黑、含鐵錳黑色顏料等。依據 FT-IR 分析的結果顯示，普魯士藍的大量使用於外銷畫中，顯見普魯士藍此時廣泛流通於廣州。研究亦顯示，廣州於 1820 年代中期後即能自行製造普魯士藍，此與普魯士藍的大量流通使用有直接關聯。此外，透過元素分佈圖也可明顯看出畫中修復過的痕跡，如〈浩官〉畫像臉部裂痕修復部位明顯含有鈦、鋅、鈣、鋇、鉻等元素；另一幅港口畫(局部，圖 c) 同樣也可從鐵、鋇、鈣、鈦、鉻等元素分佈狀況判定修復位置。



## 11. 以電漿濺鍍製程進行透明氧化物薄膜太陽能電池之研製

本計畫係在使用金屬氧化物半導體薄膜，進行透明薄膜太陽能電池之研製。計畫中規劃使用三種不同的金屬氧化物(NiO、ZnO、TiO<sub>2</sub>)形成兩種 P-N 異質界面，分別為 P-NiO/N-ZnO，以及 P-NiO/N-TiO<sub>2</sub> 元件結構，以形成透明薄膜太陽電池。計畫中藉由磁控濺鍍沉積製備透明導電氧化物薄膜層 (Transparent Conductive Oxide layer, TCO layer)，濺鍍過程中以不同氬氣流量、生長溫度等濺鍍參數調控薄膜結晶品質，優化其微觀結構、表面平坦度、高透光率及高導電之優秀材料特性。透過計畫中研製之高品質 N 型及 P 型透明氧化物半導體薄膜，結合商售銀奈米線 (AgNW) 及 FTO(Fluorine doped Tin Oxide) 導電玻璃組合自訂圖案化太陽能電池元件結構，研發新世代可應用於窗戶玻璃之高透光太陽能元件。



FTO/ZnO/NiO/AgNW 透明太陽能電池元件結構示意圖

然而針對太陽能電池元件操作效率而言，此元件仍然具有改善空間。根據計劃執行團隊研究後，認為在塗佈銀奈米線時，由於 TCO 圖案化不易，因此容易造成銀奈米線塗佈不均之失序散佈，從而造成了元件的漏電路徑。因此我們可以從電壓-電流量測圖上看到太陽能電池的電特性，已不是標準 P-N 界面二極體特性，反而更像是具有漏電行為的薄膜結構元件。因此雖然在計劃執行上已經針對 N 型和 P 型的氧化物半導體薄膜進行薄膜材料最佳化濺鍍製備，也於量測結果上呈現了優異的光電特性；然而在後續的光伏太陽能電池元件製備上，更應仔細考慮銀奈米線的精準圖案化控制，才能減少元件的漏電流路徑，並進一步的優化太陽能電池元件操作特性。

## 12. X 光、電子等量子束於氧化亞銅異質奈米結構光電化學產氫膜層之材料分析研究與人才培育

本研究第一階段目的採用低成本、低毒性和易合成的方式，在銅箔上利用不同製程製備出一維方向成長之高表面積的氧化亞銅( $\text{Cu}_2\text{O}$ )奈米線薄膜型態，根據實驗結果在  $300^\circ\text{C}(1\text{h})$  的電漿與熱氧混合製程之光電流密度在  $0\text{V}(\text{vs. RHE})$  量測出單層最大值為  $-2.92 \text{ mA}/\text{cm}^2$ ，如下圖。

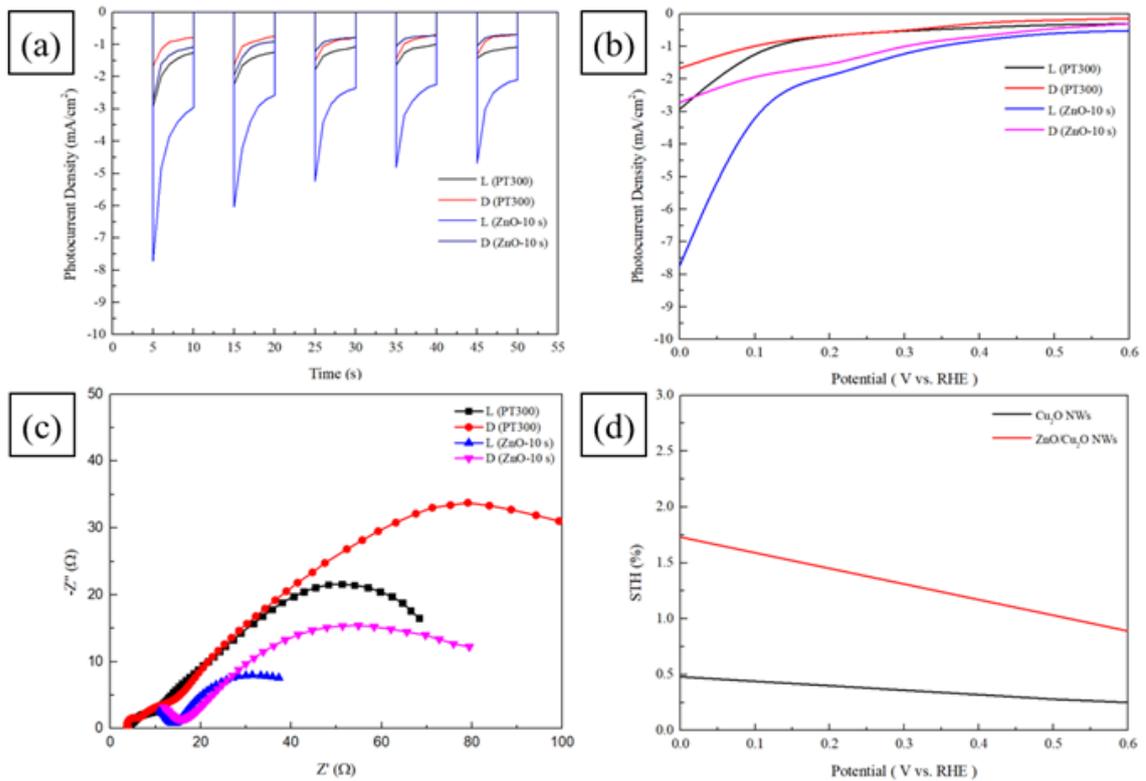


圖 顯示最佳製程條件下  $\text{Cu}_2\text{O}$  NWs 與  $\text{ZnO}/\text{Cu}_2\text{O}$  NWs (a) I-t ; (b) I-V ; (c) EIS ; (d) STH。

本研究第二階段目的採用低成本、低毒性、和易合成的實驗製程，使用自行開發之常壓電漿噴流 (Atmospheric Pressure Plasma Jet) 金屬電極系統之化學氣相沉積法 (APPCVD) 製備高密度、高比表面積的氧化鋅奈米片狀結構 (如下圖) 及氧化鋅/銅氧化物 (如下圖) 異質接面於光電化學 (Photo-electro-chemical, PEC) 產氫之應用。

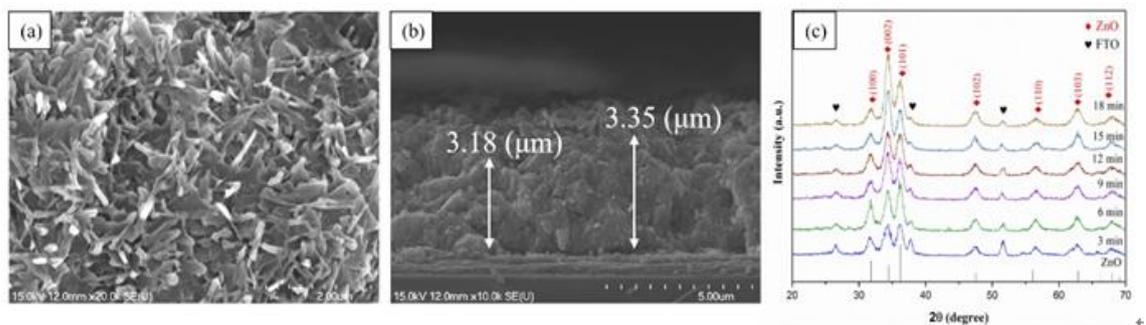


圖 (a) 沉積時間 12min 之 SEM 上視圖；(b) 沉積時間 12min 之橫截面圖；(c) 不同沉積時間 XRD 圖。

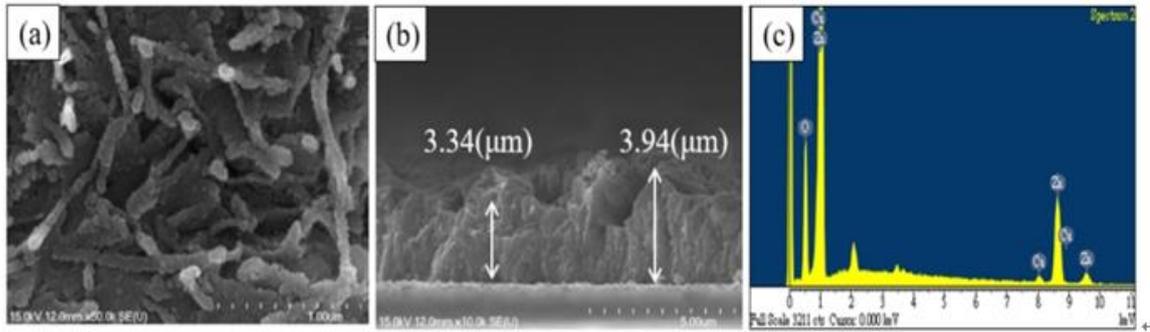
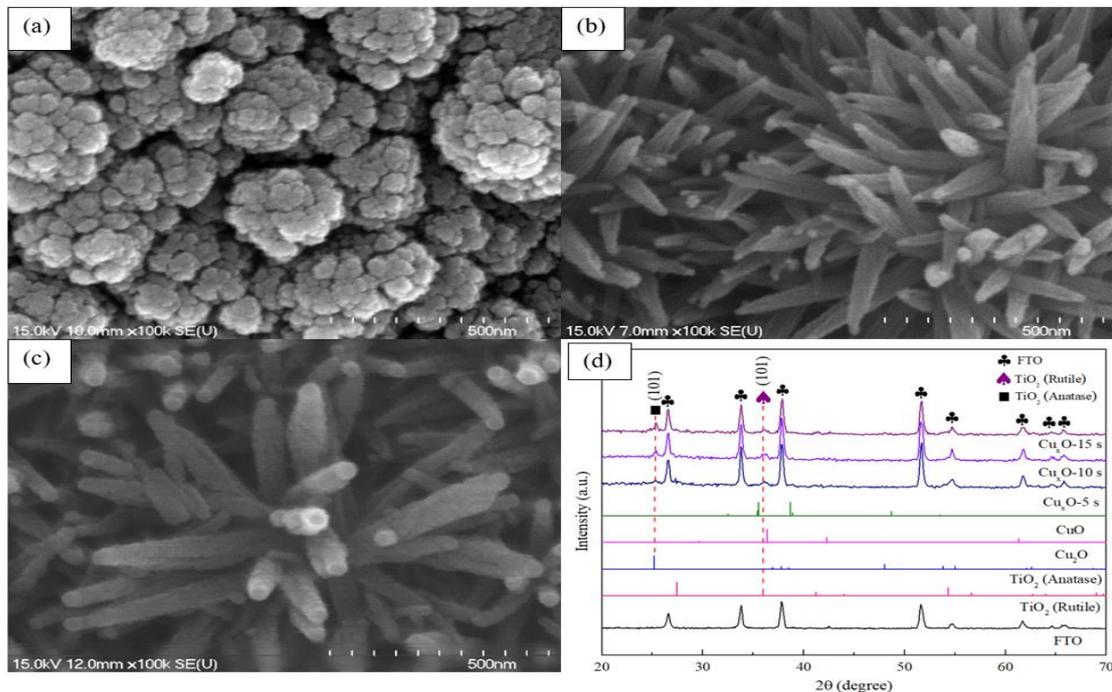


圖 (a) 沉積時間 10s 之 SEM 上視圖；(b) 沉積時間 10s 之橫截面圖；(c) 沉積時間 10s 之 EDS 圖

本研究第三階段目的採用自行開發之常壓電漿噴流金屬電極系統之化學氣相沉積法製備高密度、高比表面積的二氧化鈦/銅氧化物，通過改變基板溫度及沉積時間找出最佳參數作為種晶層，如下圖(a)所示，使二氧化鈦奈米棒牢固生長在基板上方，再使用水熱法生長出高比表面積、高密度的二氧化鈦奈米棒，如下圖(b)所示，為了提升二氧化鈦奈米棒於光電化學產氫的效率，在二氧化鈦奈米棒上鍍覆銅氧化物顆粒，形成 NP 接面，如下圖(c)所示，提升光電化學產氫性能。



圖(a)電漿 400°C 之 SEM 上視圖；(b)水熱法最佳參數之 SEM 上視圖；(c)沉積銅氧化物顆粒時間 10s 之 SEM 上視圖；(d)不同參數之 XRD 圖

本研究第四階段目的採用水熱法製備二氧化鈦奈米棒，作為異質結構的第一層(N型半導體)，並探討其微觀結構與光電性能。在水熱法製

程中，透過改變時間、溫度、鹽酸、前驅物濃度及基板擺放位置等五種參數，訂定出最佳參數後，進行水熱反應時間序列的分析，從中觀察出最佳形貌後，經由高溫熱處理將奈米棒生長成適合鍍覆銅氧化物顆粒的形貌。

本研究利用成長最佳的混和製程(PT300)奈米線來鍍覆氧化鋅奈米結構，在 200°C(20sccm)以不同時間沉積氧化鋅，如代表圖所示。隨著沉積時間拉長，表面部分奈米線和氧化層會被氧化鋅結構覆蓋，導致奈米線平均密度和長度會下降，而直徑會變得更大，沉積過多的氧化鋅會讓光電流下降，造成整個光電化學產氫效能降低，所以在沉積 10 s(符號 ZnO-10 s)顯示出較佳奈米線狀態。

將前述銅氧化物奈米線最佳化參數固定，改變二氧化鈦沉積時間並進行 SEM 觀察。此沉積時間鍍膜實驗再搭配電化學量測，找出具有最佳光電流密度之沉積時間。由下圖觀察到沉積時間 3s(符號 TiO<sub>2</sub>-3 s)時，奈米線上並沒有明顯二氧化鈦顆粒，隨著沉積時間增加到 9s(符號 TiO<sub>2</sub>-9 s)及 18s(符號 TiO<sub>2</sub>-18 s)時，發現原先光滑的奈米線表面已有明顯的二氧化鈦奈米顆粒沉積，沉積時間 9s(符號 TiO<sub>2</sub>-9 s)具有最佳的光電化學量測性能。由於篇幅的關係，僅列出較相近膜層之代表論文的光電流密度進行比較，如表 3.1 所示，顯現本研究之成果優於代表國際期刊發表之

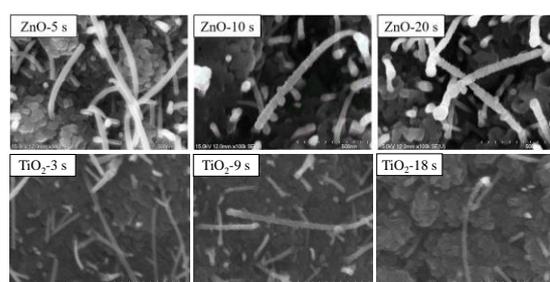


表 3.1 在 0 (V vs. RHE)位置的光電流密度比較

|  | Current Density (mA/cm <sup>2</sup> ) | References |
|--|---------------------------------------|------------|
| Copper oxide                             |                                       |            |
| Cu <sub>2</sub> O NWs                    | -2.21                                 | [1]        |
| Cu <sub>2</sub> O NWs                    | -2.92                                 | This work  |
| Heterostructure                          |                                       |            |
| CuS/CuO/Cu <sub>2</sub> O                | -5.70                                 | [2]        |
| ZnO/Cu <sub>2</sub> O                    | -7.72                                 | This work  |
| Cu <sub>x</sub> O/TiO <sub>2</sub> (NWs) | -2.43                                 | [3]        |
| TiO <sub>2</sub> /Cu <sub>x</sub> O(NWs) | -6.37                                 | This work  |

1. A. Kargar, S. S. Partokia, M. T. Niu, P. Allameh, M. Yang, S. May, J. S. Cheung, K. Sun, K. Xu and D. Wang, Solution-grown 3D Cu<sub>2</sub>O networks for efficient solar water splitting, *Nanotechnology*, 25 (2014) 205401, 1-10.
2. A. A. Dubale, A. G. Tamirat, H. M. Chen, T. A. Berhe, C. J. Pan, W. N. Su and B.J. Hwang, A highly stable CuS and CuS-Pt modified Cu<sub>2</sub>O/CuO heterostructures as an efficient photocathode for the hydrogen evolution reaction, *Journal of Materials Chemistry A*, 4 (2016) 2205-2216.
3. Y. Zeng, J. Xue, M. He, C. Li, W. Zhu and S. Li, Investigation of interfacial charge transfer in Cu<sub>x</sub>O@TiO<sub>2</sub> heterojunction nanowire arrays towards highly efficient solar water splitting, *Electrochimica Acta*, 367 (2021) 137426, 1-8.

### 13. 地下屏蔽环境无人飞船与地面机器人通讯与远端遥控技术研究(II)

本計畫研究開發在地下環境探勘環境開發自主機器人，以及研發先進的技術，包括：自主技術 (Autonomy) 地下環境定位與建模、多機器人避障與導航、在嚴苛隧道內環境開發通訊 (Communication)，克服地底隧道內崎嶇的地形 (Mobility)，以多感測器在昏暗甚至煙霧的地底環境開發關鍵物件感知 (Perception)，以回報些物品在隧道中的精確地圖中位置。

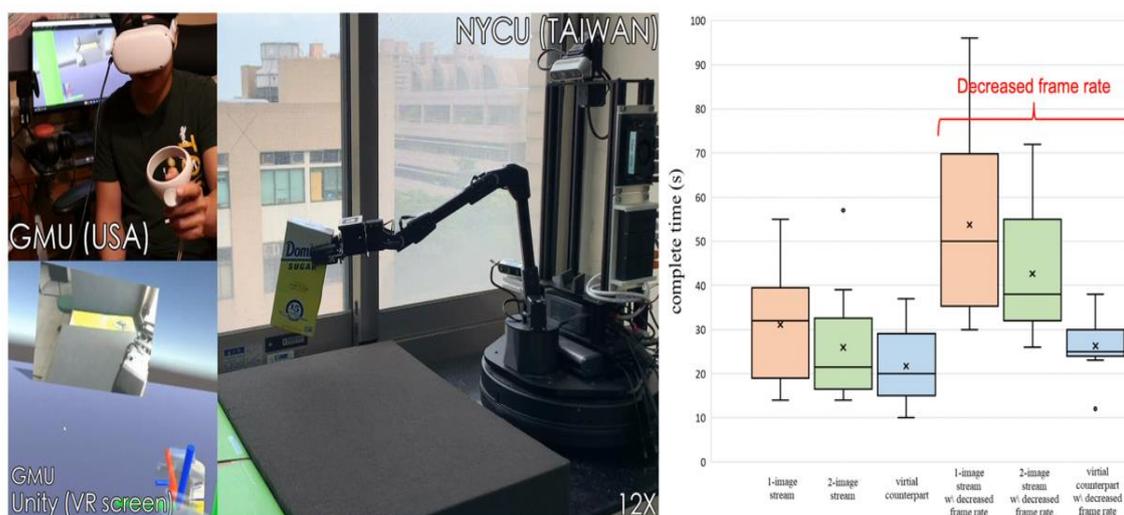


圖:此系統以消費者級的虛擬實境設備 (Oculus Quest 2) 與低成本的移動式機械手臂 (LoCoBot) 所配置。本研究所設計的 VR 介面可克服網路延遲，有限頻寬的跨國環境下，仍有效完成任務。

本研究提出一種藉由虛擬實境技術所建立的遠端操控機械手臂系統。使用者能夠以沉浸式感受與體驗操控遠端真實的機器手臂。通過串流真實環境的感測器之數據並於 VR 環境以虛擬物件重建真實的機器手臂之姿勢與環境中目標物之姿勢等資訊。此系統提供沉浸式操控體驗與豐富的資訊，讓使用者可透過 VR 設備遠端操控機械手臂完成靈巧的操作。本研究並對網絡延遲條件進行測試，進行本研究所提出之方法與影像串流以及傳統鍵盤操控方式比較。

本計畫預期產出可在輻射場域使用之多機器人系統，進行人工智慧機器人於救災任務、智慧運算及實驗場域之研究，對於對於現今熱門之智慧機器人產業，有直接的影響，多項技術均有產品化價值與市場。

本計畫有一發明專利：即時避障系統、即時避障方法及具有即時避

障功能的無人載具：本專利以單晶片毫米波雷達、深度學習與強化學習方法進行進行無人載具避障，可用於夜間與煙霧環境，具備低耗能、重量輕、低價格的優點。(編號 I757999，2022 年 3 月 11 日核准)

本計畫所開發之技術用於主持人團隊於 2022 年 11 月在澳洲參加的「2022 Maritime RobotX Challenge 無人駕駛船競賽」，該競賽由國際無人駕駛系統協會 (RoboNation) 主辦、澳洲國防部協辦的與來自世界各地 20 所大學競逐，主持人團隊勇奪第三名佳績，成果刊登於各大新聞引起回響，不僅侷限於團隊的欣喜，更鼓舞國人勇於追求夢想，並實踐自己的價值。

## 二、技術創新(科技技術創新)

無

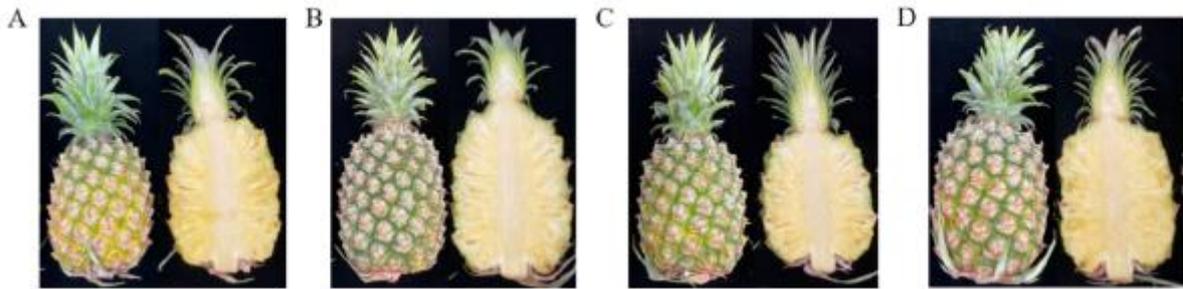
## 三、經濟效益(經濟產業促進)

### 1. 應用輻射照射於台灣外銷鳳梨之檢疫處理技術開發

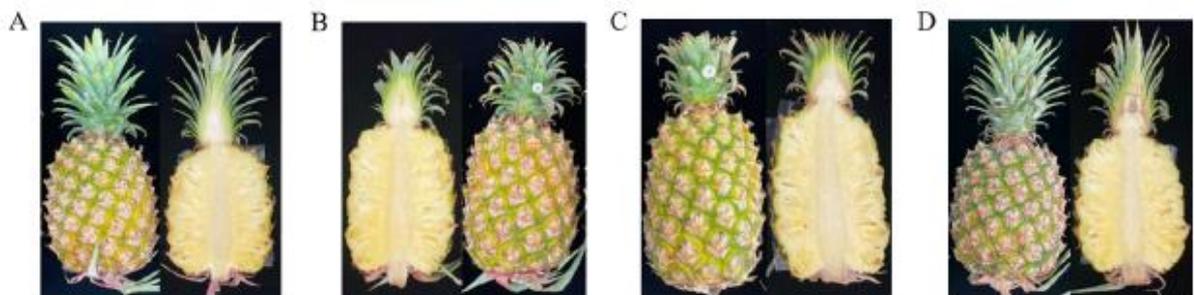
本計畫與原能會核能研究所輻射照射處理廠共同合作，針對台灣主要外銷之金鑽鳳梨 *Ananas comosus* L. Merr. Merr.，台農 17 號為標的進行一系列輻射照射處理滅除粉介殼蟲之試驗，並與本校園藝學系合作，協助處理後之果質變化分析，藉以建立相關數據，據以訂定一套適用之「輻射照射金鑽鳳梨檢疫處理方法」，提供相關單位做為檢疫處理之參考。

本計畫成果顯示，使用低劑量之 100 Gy 輻射照射處理鳳梨上最常發生之害蟲，太平洋臀紋粉介殼蟲 (*Planococcus minor* (Maskell, 1897))，無論是卵、幼蟲或雌成蟲，均可以完全抑制粉介殼蟲之發育，進而死亡，達到防除害蟲之建議目的。至於鳳梨果實之試驗結果顯示，以 250 Gy 之輻射劑量處理鳳梨，再經不同時間與溫度之儲藏，均未見其外觀與果質未發生明顯地影響；然而，當測試劑量提升到 500 與 700 Gy 時，同樣地處理則可見鳳梨果質受到一定程度之影響。根據本研究成果可見 250 Gy 之輻射照射處理適用於防除鳳梨粉介殼蟲。未來此輻射照射

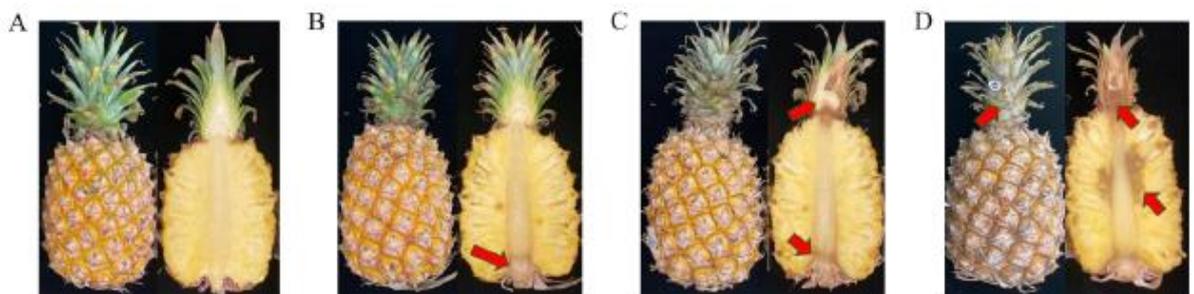
劑量與處理流程，應可應用於鳳梨外銷時之檢疫處理方法。此成果可做為未來在植物檢疫處理上之應用參考。



圖：輻射照射對鳳梨(*A. comosus*)經低溫儲藏 1 天後所受之影響。金鑽鳳梨綠熟果於核能研究所進行輻射照射處理後，於 15°C 儲藏 1 天後其果實外觀(果皮)與剖面(冠芽和果肉)結果。對照組(A)、照射劑量 250Gy (B)、照射劑量 500Gy (C)與照射劑量 750Gy (D)。



圖：輻射照射對鳳梨(*A. comosus*)經低溫儲藏 7 天後所受之影響。金鑽鳳梨綠熟果於核能研究所進行輻射照射處理後，於 15°C 儲藏 7 天後其果實外觀(果皮)與剖面(冠芽和果肉)結果。對照組(A)、照射劑量 250Gy (B)、照射劑量 500Gy (C)與照射劑量 750Gy (D)。



圖：輻射照射對鳳梨(*A. comosus*)經低溫儲藏 7 天及室溫儲藏 5 天後所受之影響。金鑽鳳梨綠熟果於核能研究所進行輻射照射處理後於 15°C 儲藏 7 天後移庫之 25°C 持續儲藏 5 天後其果實外觀(果皮)與剖面(冠芽和果肉)結果。對照組(A)、經 250Gy 照射後基底些微褐化(B 紅色箭頭處)、經 500Gy 照射後基底明顯褐化與冠芽一半呈現乾枯(C 紅色箭頭處)與經 750Gy 照射後果心嚴重褐化並呈現水浸狀且冠芽與

表皮呈現乾枯(D 紅色箭頭處)。

## 2. 輻射照射在農產品與農業資材消毒的應用研究

本計畫研究的主要目的在探討如何將水苔介質透過輻射照射處理之後，達到消毒、除滅介質中有害生物的目標。取立體包裝之乾燥水苔，分別經由 0.5kGy、1kGy、1.5 kGy、3 kGy、6kGy、18kGy 與 25kGy 輻射照射處理，試驗結果顯示水苔介質以 1kGy 以上輻射照射處理，即無活體的有害生物可被分離得到，以 3kGy 以上輻射照射處理，即無真菌菌落生長出。然而輻射照射之後的水苔樣本，甚少有線蟲與細菌族群被分離出，因此無法判定其消毒的效果。但若以不同輻射劑量直接針對不同有害生物存活的影响試驗，3kGy 以上的輻射照射劑量即可造成根瘤線蟲 (*Meloidogyne incognita*) 二齡幼蟲的存活率低於 15% 以下，卵的孵化率低於 16% 以下。3KGy 以上的輻射照射劑量即可造成炭疽病菌 (*Colletotrichum* sp.) 菌絲生長抑制率達 80% 以上，孢子發芽抑制率達 100%。同樣地，3kGy 以上的輻射照射劑量亦可造成鐮胞菌 (*Fusarium* sp.) 菌絲生長抑制率達 48% 以上，孢子發芽抑制率達 100%。針對茄棉粉介殼蟲 (*Phenacoccus solenopsis*) 雌成蟲，以 0.5kGy 以上的輻射劑量處理，即可達 80% 以上的致死率。以 0.5kGy 以上的輻射劑量處理，木瓜秀粉介殼蟲 (*Paracoccus marginatus*) 卵致死率可達為 100%。而木瓜秀粉介殼蟲若蟲的致死率，在 1kGy 以上的輻射照射處理，其致死率可達 60% 以上，木瓜秀粉介殼蟲雌成蟲致死率，則要在 1.5kGy 輻射照射處理，方可達 47% 的致死率。然而，本研究採用 3kGy 以上的輻射照射量，結果皆會造成文心蘭與火鶴花切花的物理性傷害，致這些切花喪失商業價值。

表一、不同輻射照射量處理後水苔介質內線蟲的分離率<sup>↵</sup>

| Sampling sites of sphagnum <sup>↵</sup> | Isolation rate (nematodes/30g sphagnum) at different radiation exposures (kGy) <sup>↵</sup> |                |                |                 |                 |
|---|---|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
|   | 0 <sup>↵</sup>  | 3 <sup>↵</sup> | 6 <sup>↵</sup> | 18 <sup>↵</sup> | 25 <sup>↵</sup> |
| Inner center point <sup>↵</sup>         | 1 <sup>↵</sup>  | 0 <sup>↵</sup> | 0 <sup>↵</sup> | 0 <sup>↵</sup>  | 0 <sup>↵</sup>  |
| Surface of top side <sup>↵</sup>        | 0 <sup>↵</sup>  | 0 <sup>↵</sup> | 0 <sup>↵</sup> | 0 <sup>↵</sup>  | 0 <sup>↵</sup>  |
| Surface of bottom side <sup>↵</sup>     | 0 <sup>↵</sup>  | 0 <sup>↵</sup> | 0 <sup>↵</sup> | 0 <sup>↵</sup>  | 0 <sup>↵</sup>  |
| Surface of left side <sup>↵</sup>       | 0 <sup>↵</sup>  | 0 <sup>↵</sup> | 0 <sup>↵</sup> | 0 <sup>↵</sup>  | 0 <sup>↵</sup>  |
| Surface of right side <sup>↵</sup>      | 0 <sup>↵</sup>  | 0 <sup>↵</sup> | 0 <sup>↵</sup> | 0 <sup>↵</sup>  | 0 <sup>↵</sup>  |
| Surface of front side <sup>↵</sup>      | 0 <sup>↵</sup>  | 0 <sup>↵</sup> | 0 <sup>↵</sup> | 0 <sup>↵</sup>  | 0 <sup>↵</sup>  |
| Surface of back side <sup>↵</sup>       | 0 <sup>↵</sup>  | 0 <sup>↵</sup> | 0 <sup>↵</sup> | 0 <sup>↵</sup>  | 0 <sup>↵</sup>  |

表二、不同輻射照射劑量對水苔介質中細菌存活的影响<sup>↵</sup>

| Radiation exposure (kGy) <sup>↵</sup> | Bacterial colonies at different sampling sites of sphagnum (10 <sup>3</sup> cfu/mL) <sup>↵</sup> |                                     |
|---------------------------------------|--|-------------------------------------|
|                                       | Inner center point <sup>↵</sup>  | Surface of bottom side <sup>↵</sup> |
| 0 (CK) <sup>↵</sup>                   | 7 <sup>↵</sup>   | 2 <sup>↵</sup>                      |
| 3 <sup>↵</sup>                        | 0 <sup>↵</sup>   | 0 <sup>↵</sup>                      |
| 6 <sup>↵</sup>                        | 0 <sup>↵</sup>   | 0 <sup>↵</sup>                      |
| 18 <sup>↵</sup>                       | 0 <sup>↵</sup>   | 0 <sup>↵</sup>                      |
| 25 <sup>↵</sup>                       | 0 <sup>↵</sup>   | 0 <sup>↵</sup>                      |

表三、不同輻射照射劑量對水苔介質中真菌存活的影响<sup>↵</sup>

| Radiation exposure (kGy) <sup>↵</sup> | Average fungal colonies (cfu/g sphagnum) <sup>↵</sup> |
|---------------------------------------|---|
| 0 (CK) <sup>↵</sup>                   | 1.2×10 <sup>7</sup> a <sup>↵</sup>                    |
| 3 <sup>↵</sup>                        | 0.0 b <sup>↵</sup>                                    |
| 6 <sup>↵</sup>                        | 5.6×10 <sup>3</sup> b <sup>↵</sup>                    |
| 18 <sup>↵</sup>                       | 0.0 b <sup>↵</sup>                                    |
| 25 <sup>↵</sup>                       | 0.0 b <sup>↵</sup>                                    |

表四、不同輻射照射劑量對水苔介質中有害生物存活的影响<sup>↵</sup>

| Radiation exposure (kGy) <sup>↵</sup> | No. of pests/30g sphagnum <sup>↵</sup> | Pest classification <sup>↵</sup>                 |
|---------------------------------------|--|--|
| 0 (CK) <sup>↵</sup>                   | 6 <sup>↵</sup>                         | oribatida <sup>↵</sup>                           |
| 0.5 <sup>↵</sup>                      | 3 <sup>↵</sup>                         | thrips, predatory mites and spiders <sup>↵</sup> |
| 1.0 <sup>↵</sup>                      | 0 <sup>↵</sup>                         | <sup>↵</sup>                                     |
| 1.5 <sup>↵</sup>                      | 0 <sup>↵</sup>                         | <sup>↵</sup>                                     |

表五、不同輻射照射量對文心蘭切花品質的影響<sup>4</sup>

| Radiation exposure (kGy) <sup>4</sup> | Petal fall off rate (%) <sup>4</sup> | Bud discoloration (%) <sup>4</sup> | Pedicel scorched rate (%) <sup>4</sup> | Petal scorched rate (%) <sup>4</sup> |
|---------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--|--------------------------------------|
| 0 <sup>4</sup>                        | 0 <sup>4</sup>                       | 0 <sup>4</sup>                     | 0 <sup>4</sup>                         | 0 <sup>4</sup>                       |
| 3 <sup>4</sup>                        | 100 <sup>4</sup>                     | 70 <sup>4</sup>                    | 70 <sup>4</sup>                        | 0 <sup>4</sup>                       |
| 6 <sup>4</sup>                        | 100 <sup>4</sup>                     | 80 <sup>4</sup>                    | 80 <sup>4</sup>                        | 40 <sup>4</sup>                      |
| 18 <sup>4</sup>                       | 100 <sup>4</sup>                     | 100 <sup>4</sup>                   | 100 <sup>4</sup>                       | 100 <sup>4</sup>                     |
| 25 <sup>4</sup>                       | 100 <sup>4</sup>                     | 100 <sup>4</sup>                   | 100 <sup>4</sup>                       | 100 <sup>4</sup>                     |

表六、不同輻射照射量對火鶴花切花品質的影響<sup>4</sup>

| Radiation exposure (kGy) <sup>4</sup> | Spadix discoloration rate (%) <sup>4</sup> | Spathe discoloration rate (%) <sup>4</sup> | Spathe scorched rate (%) <sup>4</sup> |
|---------------------------------------|--|--|---------------------------------------|
| 0 <sup>4</sup>                        | 0 <sup>4</sup>                             | 0 <sup>4</sup>                             | 0 <sup>4</sup>                        |
| 3 <sup>4</sup>                        | 100 <sup>4</sup>                           | 92 <sup>4</sup>                            | 8 <sup>4</sup>                        |
| 6 <sup>4</sup>                        | 100 <sup>4</sup>                           | 100 <sup>4</sup>                           | 100 <sup>4</sup>                      |
| 18 <sup>4</sup>                       | 100 <sup>4</sup>                           | 100 <sup>4</sup>                           | 100 <sup>4</sup>                      |
| 25 <sup>4</sup>                       | 100 <sup>4</sup>                           | 100 <sup>4</sup>                           | 100 <sup>4</sup>                      |

許多的研究證實伽馬輻射會造成活體細胞傷害的機制，包括細胞膜的通透性增加 (AlZahrani and Al-Sewaidan, 2017)、酵素活性的功能障礙 (Rendic and Guengerich, 2012)、放射性毒素的產生 (Ibragimova et al., 2008)，以及造成脫氧核糖核酸 (DNA) 的損傷 (Sage and Shikazono, 2017)。致使本研究在針對不同輻射照射量對文心蘭與火鶴花切花品質的影響試驗中，不管採用輻射照射劑量，皆會造成文心蘭與火鶴花切花的物理性傷害。或許在一些醫療器材與食品的消毒上，使用伽馬輻射照射會存在一些疑慮 (Harrell et al., 2018)，且會造成具保鮮特性之農產品的物理性傷害。但是用在農業資材，例如水苔的消毒，其主要目的是在殺死介質內的有害生物，伽馬輻射會造成活體細胞傷害的機制，或許伽馬輻射是可應用在農業資材的消毒上。

### 3. 輻照對紅龍果果乾品質提升與保鮮之研究

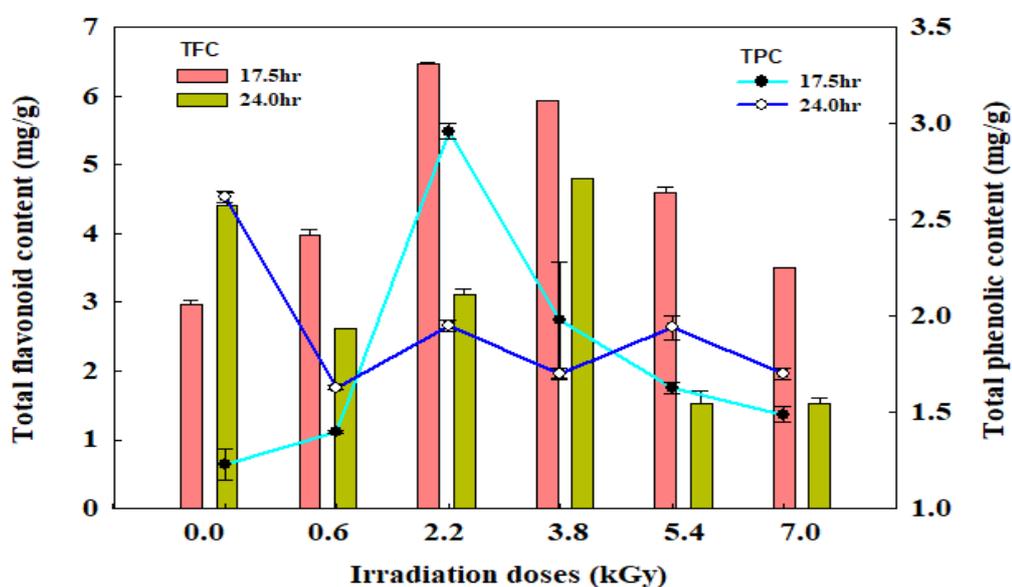
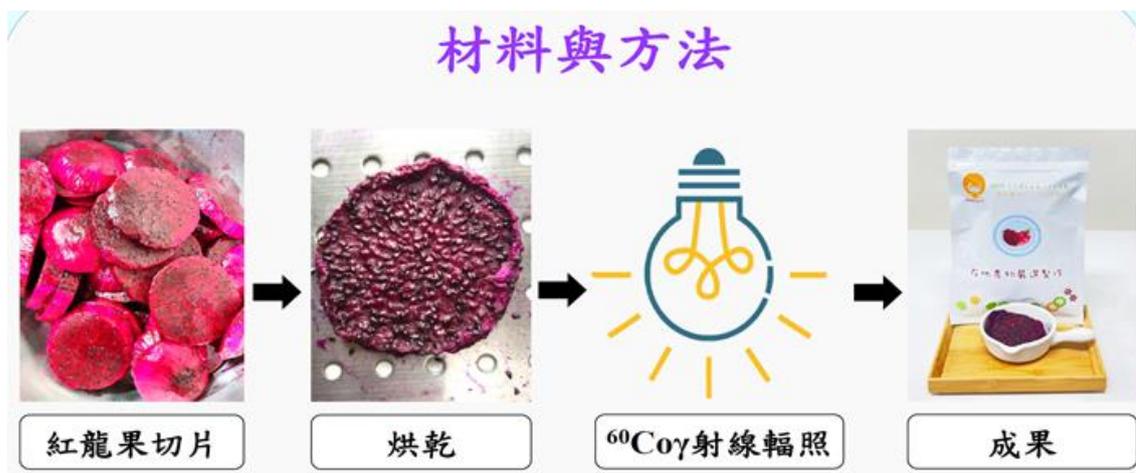
紅龍果果肉富含甜菜紅素、花青素及酚類化合物等機能性成分，有

抗氧化、潤腸通便及清除自由基等功效，為澎湖七美鄉經濟作物之一。本計畫研究採用  $^{60}\text{Co}\gamma$  射線輻照紅龍果果乾，探索經不同乾燥時間及輻照劑量處理後，所含的多酚類物質、抗氧化活性、物性組織和感官品質之變化，以獲得最適宜的輻照劑量及乾燥時間。

研究結果顯示以 2.2 kGy 之  $^{60}\text{Co}\gamma$  照射紅龍果果乾，6.2 mg/ml 萃取物 ABTS 自由基清除率及螯合亞鐵離子能力分別為 70.01% 及 10.31%，由此推斷該果乾經輻照後能釋放出更多的抗氧化成分。輻照可提高果乾的  $a^*$  值(紅色)，可能是由於酚類化合物與甜菜紅素(470.21 mg/g)有較高的提取量，導致有顏色的聚合物增加，進而增添產品的紅色色澤。經輻照處理的紅龍果果乾失水速率較未輻照明顯加快，隨著輻照劑量增加，有助於果乾乾燥時間的減少。當輻照劑量為 0.6~3.8 kGy 時可有效保護果乾中的維生素 C，且感官品質良好，沒有出水或玻璃化現象。乾燥 26 小時的紅龍果果乾，隨著輻照劑量的增加，其硬度會下降，而彈性則有上升的趨勢，唯粘聚性不受影響。此外，適當輻照(0.6~7.0 kGy)不會破壞紅龍果果乾中甜菜紅素的含量；3.8 kGy 劑量輻照處理可顯著降低果乾的總生菌數。

綜合以上結果得知，2.2~5.4 kGy 為  $^{60}\text{Co}\gamma$  照射紅龍果果乾的最適劑量，不僅可以有效提升口感，增加保健價值外，還能有效延長果乾的儲藏期限並達到維持品質的目的。

本計畫結果得知輻照有助於紅龍果果乾的乾燥，不僅縮短乾燥時間，節省生產成本外，亦能保留果乾較多的營養成分。而且研究也發現適當輻照，不僅可以增加紅龍果果乾中總酚和類黃酮含量，還能兼具護色及提高果乾抗氧化功能。不僅能提升紅龍果果樹的經濟效益與用途，也增加澎湖農民的栽種意願，因而促進農業廢耕地的利用，離島農業將永續發展。此外，促進果乾輻照保鮮技術的商業化應用，將可提升水果價值與增加果農的經濟收入。



圖、鈷- $^{60}\gamma$  射線輻照紅龍果果乾在不同劑量下純水萃取物總酚含量及類黃酮含量變化

#### 4. 輻射誘變選育耐逆境高蛋白質及機能性大豆與根圈益生菌與高附加值機能性產品開發(III)

本計畫重點旨在延續 110 年「輻射誘變選育耐逆境高蛋白質及機能性大豆與根圈益生菌與高附加值機能性產品開發」計畫成果，針對第一年篩選之誘變選育優秀本土根瘤菌以及促進抗逆境之根圈益生微生物，進一步針對本團隊持續選育之高產金珠大豆突變株系進行逆境生長之作物特性與產量分析，並針對大豆與選育之益生微生物之作用機轉進行分析，期望解開重要抗逆境以及產量促進機制，深耕臺灣在雜糧作物以及農業微生物之研發基礎。

以前計畫具高異黃酮且高產之大豆株系 S004-A1，在上年度計畫經 200 Gy 照射後，於田間種植 1500 粒種子，經人工淹水處理 3 天後持續觀察，種植期間經歷強降雨並經歷 24 小時淹水。該批突變大豆於大雨後一個月收得 34 優良單株，經第二次種植每單株後代選取最優良 5 株形成株系。本年度進行第三次種植後，收取的株系後代中有 25 個株系的平均單株重>40 g，有 15 個株系的 100 粒種子重>20 g，而這其中有 12 個株系的單株重>40 g 且 100 粒種子重>20 g，此 12 個株系具有較佳生產表現潛力。目前這 25 個株系已進行第四次種植，正在進行採收工作中。

繼前期計畫篩選之 4 株 *Bradyrhizobium yuanmingense* 固氮根瘤菌，經寄主接種試驗，皆能感染黃豆、黑豆、菜豆、敏豆、白仁豇豆等多種之豆科植物，並於根部形成根瘤，但菜豆及敏豆之根瘤缺乏豆血紅素 (leghemoglobin)，屬無效根瘤。經伽瑪射線輻射誘變之 6 株突變株，其表現型與分離株皆無顯著差異，但對菜豆及白仁豇豆的感染能力，突變株之間存在差異性。就乾旱、淹水及高鹽等逆境測試，結果顯示突變株 CyPM1-m1 可提升金珠大豆植株對栽培介質乾旱的耐受性；盆鉢淹水處理 1 週後，金珠大豆植株仍可存活，且分離株 CyPM1 可顯著增加植株之乾物重；突變株 CyPM1-m2 與分離株 CyPM1 皆可提升金珠大豆幼苗對高鹽度的耐受性。此外，針對第一年篩選之具有溶磷活性與產多醣能力之 4 株與 *Priestia megaterium* 有高度親緣性優質菌株，經由伽瑪射線輻射誘變後挑選 10 株穩定生長且分泌生產植物生長促進因子 IAA 能力之候選菌株。建立淹水壓力生長測試平台後，確認 S135-A1-2#10 突變菌株具有提升大豆幼苗之淹水脅迫抗性。

承續前期計畫中伽瑪輻射誘變已選育出具有生物活性轉換酵素功能之乳酸菌種，經由反應曲面實驗設計法，獲得大豆異黃酮醣基去除率達 78%、GABA 濃度 195 mg/L、大豆寡糖分解率達 80% 的豆漿乳酸菌發酵品。

繼續去年在無菌培養基中探討 *B. yuanmingense* SB006-1-2 及 *Rhizobium* sp. S058-A2-3 接種金珠大豆在無菌狀態發芽時其異黃酮種類及含量在不同部位改變。今年，則是探討土壤種子在發芽 5 天、10 天

及 15 天後分析根部及子葉異黃酮含量，大豆異黃酮含量主要分布於根部而非子葉，以含糖基異黃酮為主，daidzin 含量最高；根部 daidzin 第五天最高，子葉含量很低且無改變；根部 glycitin 以第 10 天最高，子葉含量低且無改變；根部 genistin 含量不隨時間改變，子葉含量隨時間增加；低含量之去糖基異黃酮中主要為 glycitein，其在根部及子葉含量都隨時間而增加，genistein 則在 15 天最高。培養基添加不同醣類或感染根瘤菌，亦會影響異黃酮種類及含量。

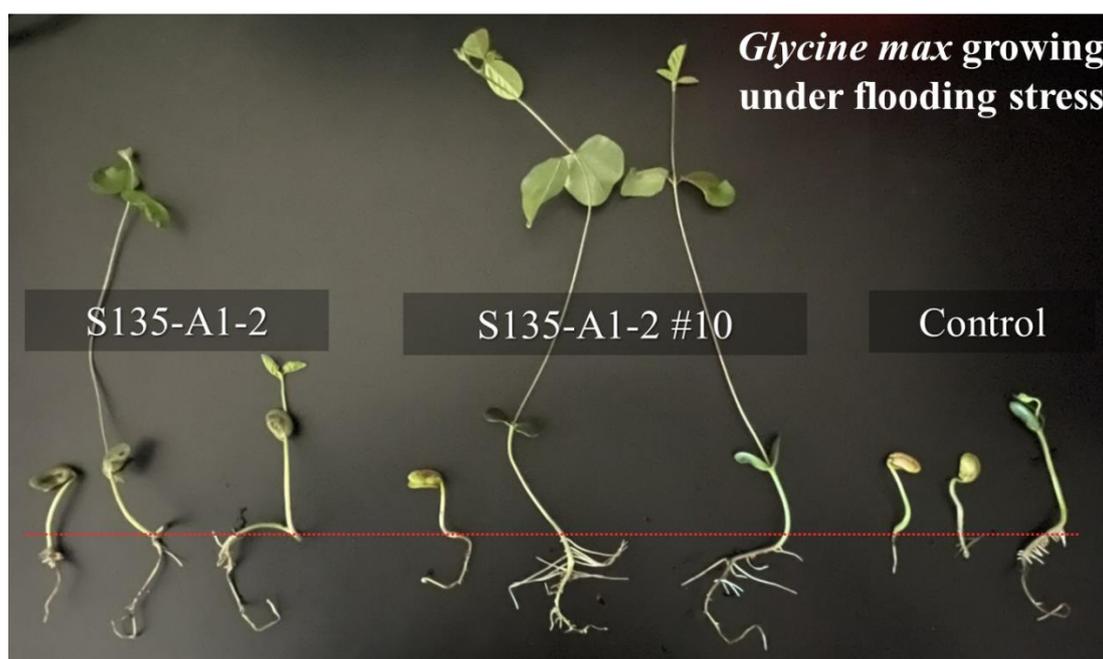


圖:浸泡接種 *Priestia megaterium* 根圈土壤分離菌株 S135-A1-2 與其伽瑪輻射誘變菌株#10 後經泥炭土培養 5 天，再以浸泡淹水 1 週培養後取出分析紀錄。

#### 四、社會影響(社會福祉提升、環境保護安全)

##### 1. 「原」來可以這樣「教」:後核電議題的跨域教學

本計畫以擴增原子能相關議題之學科範疇與研究教學主題之素材、建構議題溝通的關鍵場域及協作網絡，以及教材協作研擬與教學場域實驗並進行系統性整理等三大目標進行年度成果規劃與執行，主要以青年世代為溝通對象，並以核電廠除役、核廢料選址兩大主題持續擴散原子能議題的教學課程。

其中在數場線上及實體教學實作之中，最具特色為本計畫成功於

8月底疫情趨緩之際，擴大辦理2場次以「核」為主題的青年營隊，本次活動以網路報名的方式鼓勵青年參與，報名者不限地區、學經歷皆可參與，規劃的行程以實地走訪為核心，因此兩天一夜的活動，以元老級兩座核電廠座落的場域「北海岸」為主，不僅是到核二廠北部展示館理解核電及原子能相關知識的原理原則，更透過議題座談的方式，進到核二廠模擬中心，由台電員工分享親身見聞，再進到核一廠周邊社區，理解核電廠與地方居民之間的關係，最後進行核廢討論工作坊的演練。

本次行程規劃涵蓋原子能相關議題的學科範疇，並透過親自走訪有核電廠所在地區，連結在地網絡，包含核電廠教育展示場館、核電廠執行人員、周邊社區及在地文史導覽人員等，讓核電廠除役及核廢料選址這類型生硬的知識內容，可以透過親身感受的方式，讓參與者有意願進一步理解跟思辨，再透過由本計畫規劃及設計的教學工作坊，引導參與者將議題帶入政策利害關係人的視角，進一步同理個人在議題上的利害關係，以促進參與者在活動之後，可以將感受帶回到生活中，繼續關心核電廠除役及核廢料選址等相關議題進程。



圖：核我們走一趟北海岸青年營隊，拍攝於核二廠北部展示館門口

## 2. 化學遊樂趣 — 放射永恆

本計畫由淡江大學化學系及科學教育中心所辦理之化學遊樂趣活動是以兩台貨車改裝的化學車(活動安排上包含觀賞、聆聽、動手做三種方式)與分析車(設計成操作與探究實驗，強調探究、合作與討論等方式)作為表演舞台及實驗載具，帶著各式化學教學資源進入全臺各地國中小、高中校園舉辦化學教育推廣活動，每次活動包含故事講座、化學魔術秀及動手做實驗三個部份，在故事講座及動手做實驗的內容中帶入原子科學的故事及知識，活動透過數種體驗方式引領學生進入原子能的世界。

化學遊樂趣的活動舉辦地點於 2022 年分佈全臺數個縣市，計畫執行期間共舉辦 53 場次活動，其中約 45%屬(極)偏遠或非山非市學校，共約有七仟四百多位師生參與化學遊樂趣活動。這些活動又以國中生做為我們主要的教授對象，部份活動則是提供專業的化學實驗課程給高中生。化學遊樂趣團隊本年度獲得數次平面媒體報導及廣播訪問宣傳的機會，藉此將推廣原子科普教育的機會讓更多產官學界人士知曉。

臺灣中等科學教師中，具備原子能科學專長的老師極少，在偏遠地區或非山非市學校裡，甚至因師資不足而導致理化老師並非相關學系畢業，而原子能科學教案的準備與教學其實需要具有一定的認知：儀器的選擇、放射源的取得、偵測的方式等教學方式，皆是國高中端理化課程難以進行的原因。另外，保存與處理實驗廢棄物、維護班級實驗安全等條件，在正常教學與考試安排後，難以有更多時間讓學生充份體驗實驗課程。因此，化學遊樂趣活動招集由物理、化學系畢業的理工人才，組成工作團隊，將活動內容設計成引起學生興趣、願意自行探索與學習，將課本中基本科學概念以及國內外產業發展現況，以簡單易懂、方便操作的方式傳播於全國數個縣市，彌補原子科學、物理、化學教育在國內偏鄉或非山非市地區的資源不足。

本計畫對於拓展學生知識範圍、提高校內求學興趣、介紹國內理工產業與研究機構具有極佳的效果，在配合淡江大學校內科普相關課程與大量的活動參與經驗下，可望在未來培育更多從事科技工作及科普教育的人材。



化學遊樂趣-跑跑分析車活動於苗栗國立苑裡高中校門前廣場師生合影

### 3. 原子能輻射防護科普內容製作與社群媒體推播之研究

本計畫研究依據科學傳播研究基礎，嘗試將 111 年原子能委員會重點的輻射防護應用科普知識、或是原子能科普展覽等活動結合影像，製作成符合社群媒體特性的傳播作品，類型多元，例如活動紀錄短片、展覽預告片、以及因應疫情，將展覽(攤位)活動製作成節目類型內容，藉由主持人與研究員的有趣解說，不僅增加瀏覽群眾，也擴大的科普活動傳播效益。

綜上所述，本計畫 111 年製作內容與內容簡述如下：

- (1) 完成以國、高中生為對象的科普書籍採訪與編輯，書名為「晨讀 10 分鐘-原子，你要去哪裡？」共製作包括認識輻射、核電廠除役、輻射應用以及原子能女科學家等 14 篇文章，並且完成書籍封面設計、與動畫製作。



- (2) 製作 2 月華山展覽現場展覽活動 4 部影片(除役向前行-安全停機篇、輻災防救小英雄、阿輻電眼好犀利、前進大海-離岸風機知多少)以及 FB 科普影片 7 部，共拍攝與製作完成 11 部影片。



- (3) 7 月份科普展覽完成 4 部科普影片(每部 4 到 5 分鐘)，4 篇主題：氚貞瑩現、毛小孩動物 X 室、微電網、放射性廢棄物的分類及處置。



- (4) 倡議科學傳播性別平等，111 年 6 月邀請現任 WIN TAIWAN 黃茹絹會長線上演講，演講主題「原子能領域的女科技人」



- (5) 倡議原子能領域的性別平等，拍攝訪問 4 位新住民種子老師投入原子能科普傳播「用新(心)表達：新住民老師說科普」



#### 4. 知「輻」習「輻」－ 環境輻射科普教案研發與活動推廣

本計畫研究目的主要在開發且推廣適合非理工科系大學生及青少年（國、高中生）適用的「環境輻射」科普教材。透過化學、物理、環境、生物醫學、教育與教材開發等專家提供意見，共同規畫出兩套科學桌上遊戲及進階學習教材。

本計畫同時針對大學生、高中生、國中生及小學生，辦理近 20 場次，每場 2 小時的「環境輻射知多少」研習課程（包括桌遊競賽與輻射儀器環境實務檢測），共有 620 位（女性：353 人，56.9%，男性：267 人，43.1%）師生共同參與，科普推廣活動辦理總時數累積計有 40 小時；活動結束後對學習者進行科學桌遊學習成效評量，成效均達 4.25 分以上（滿級分 5 分），輻射知識的正確率達 95% 以上；同時編寫完成「環境輻射知多少」1 小時課程 ppt 教材（大學生版及青少年版）與「環境輻射大學堂」（大學生適用）及「拯救猴子大作戰」（青少年適用）兩套桌上遊戲，可提供給大學生或國、高中學生，在非制式教學管道外，自學環境輻射知能之科普教材。



本教材科學桌遊模式呈現，以環境輻射為主，導入輻射相關議題(如核能發電、核廢料鄰避設施、醫療輻射、核災區食品等)，傳達政府原子能事務所涉科學論證、社會需求、公民權利與法治等正確的資訊，除可應用至國中、高中、大學教學或課外活動外，藉由桌遊這種非傳統紙張文宣或影片宣達的活動型式，亦可推廣至一般民眾作為日常基本的環境輻射知識，讓民眾透過桌遊活動進一步了解更多的環境輻射議題，引導一般民眾願意跨域思考及接受多元管道之溝通。

## 5. 科展用核能與輻射知識之互動電玩遊戲

本計畫以核醫藥物為主題，製作電玩遊戲，如下圖。讓民眾知道核醫藥物的相關知識，並且瞭解迴旋加速器（核醫藥物製造）、輻射屏蔽（核醫藥物保存）、半衰期（核醫藥物使用期限）等知識。相關成果，授權給原能會使用，在科展活動中展示，給參觀民眾體驗。藉此，學習核能與輻射的相關知識。



針對原能會科展用途，持續開發各種不同的電玩遊戲。藉此，吸引參加科展的民眾和中小學生，前來原能會的攤位，學習核能和輻射的相關知識。

為了因應後疫情時代，實體科展活動可能會減少。本團隊也將電玩遊戲，轉製成網頁版。可以將其放置在伺服器上，讓民眾透過網路瀏覽器來執行，以利於未來在線上科展活動中使用。

## 6. 能源轉型下原子議題之人才培育與教育推廣

本計畫透過分析 108 課綱中核能議題學習內容與政府能源轉型政策關聯性，包括「鄰避效應」、「核能電廠除役」、「核廢料處理」等核安資訊與國際能源知識，訂定學習指標，做為教材編輯依據，編輯數位教材，再辦理教師增能研習，培訓種子教師進行多元族群教學，將強化於原子能教育的推廣。

透過闖關了解學生對教材內容反應，作為指標與教材修正；在辦理能源轉型中原子議題師資培訓部分，已培訓四位學校老師作為因應疫情的種子老師，加上原有六位種子老師，於 2023 年二月開學後進行親子與學生學習活動老師，最後分析活動學習成效。



根據本計畫執行經驗，利用各縣市辦理科學園遊會機會，可以向民眾推廣核能議題學習內容與政府能源轉型政策等資訊，特別是參與民眾

不受疫情影響下，每一場幾乎都有數千人到上萬人參與，若各縣市皆能設有闖關活動，對於提供原子議題正確概念與資訊幫助甚多。本計畫是利用小學生熟悉的 Scratch 軟體設計小遊戲，或是中學生以上程式課程利用 Microbit 設計裝置，進行闖關門檻，大人在陪伴小孩進行闖關之際，閱讀我們提供的內容說明，已了解遊戲傳達的知識。

辦理親子活動部分，透過參訪與實際偵測體驗，有效釐清對於原子議題的誤解與不清楚概念，進而能夠對於議題產生興趣。也因為親子共學經驗，達到知識普及與縮短學習差異。作為日後戶外活動的範例，同時參與老師或是教育工作者熟習戶外學習教學流程，未來可以設計與辦理戶外學習活動。

學生課程學習部分，透過老師教學回饋所修正後的教材，除了增加未來實用性之外，吞廣時候也容易掌握老師教學困境，有利於老師應用於課堂中作為補充教材之用。

數位教材應用方面，配合未來學生教學使用電腦或平板，或是成人所使用手機或平板等資訊設備，我們將教材加入超連結網址，作為老師或是學習者延伸學習之用。另外避免授課內容造成學習負擔，我們教材中加入遊戲闖關，以提升學習者學習動機。

## 五、其他效益(科技政策管理、人才培育、法規制度、國際合作、推動輔導等)

### 1. 追尋與地方共存的低放射廢棄物處置之道：以德日低放射廢棄物處置管制法制與實踐為考察

本計畫在德國法制方面，已完成與本研究計畫有關之德國原子能法，以及簡稱為「場址選擇法 (Standortauswahlgesetz)」之「高放射性廢棄物最終處置場場址探尋及選擇法 (Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle)」重要規範內容之翻譯，並說明其立法或修法理由。此外，並已依據德國相關官方文獻與學術專書等資料，說明由該國原子能法及場址選擇法等法律所形構而成之選址機制 (包括組織) 與各程序階段之運作模式。同時說明並分析德

國學理就該等選址機制在組織與程序法方面所彰顯之意義與功能。

而在日本法制部分，已分析日本「令和 2 年度版原子力白書」與「令和 3 年度版原子力白書」與本研究計畫有關之內容。並由靜態之法令規範與動態之實例二面向觀察日本低放射性廢棄物最終處置現況。前者主要係以「關於核原料物質、核燃料物質及原子爐規制之法律」（核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律）第 51 條之 2 與第 51 條之 3 等規定，以及電源開發促進稅法、電源開發促進對策特別會計法（新名稱為：特別會計に関する法律）、發電用設施周邊地域整備法等電源三法，與「電源立地地域對策交付金の交付規則」等法規範之規範內容為核心；後者則是以日本唯一低放射性廢棄物處置場，即日本青森縣六所村（Rokkaishomura）處置場為中心進行探討，包括就青森縣於 2022 年 2 月發行的《青森県の原子力行政》一書之重要內容、六所村官民網站所揭露之資訊、六所村公所就能源與財政收支所揭露之相關資訊，以及日本原燃公司與在地共生之情形等進行說明。

藉由對前述德國原子能法與場址選擇法重要之規範內容、德國立法者欲藉由組織與參與程序之形構與運作，進而凝聚共識並提升接受度之立法思維與嘗試、目前該等組織與參與程序之實際運作情況，以及針對日本官方資料、相關立法規範內容與思維、日本青森縣六所村與低放射線廢棄物處置場共生之相關資訊之說明與分析，乃能掌握並瞭解德、日二國對於場址選擇與營運最新之立法動態與思維，以及實際之運作情形。因此由借鏡德、日二國，反思我國低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例規範不足之處，並提出修法建議以供相關機關或團體參考。

## 2. 當代原子能法重要法律議題及訴訟案例研析

### 原能爭訟案件類型分析

- 依原能會職掌法規，所涉及相關爭訟案件初步統計：

| 案件類型          |       | 爭訟類型 | 件數 |
|---------------|-------|------|----|
| 台電核電廠相關爭議     | 既有核電廠 | 訴願   | 1件 |
|               |       | 行政訴訟 | 5件 |
|               | 核四廠   | 行政訴訟 | 2件 |
| 台電放射性廢棄物處置    | 中期貯存  | 訴願   | 1件 |
|               |       | 行政訴訟 | 5件 |
|               | 最終處置  | 訴願   | 7件 |
|               |       | 行政訴訟 | 7件 |
| 輻射屋、輻射鋼筋、游離輻射 |       | 民事訴訟 | 5件 |
|               |       | 行政訴訟 | 4件 |
| 環境影響評估爭議      |       | 行政訴訟 | 2件 |
| 公民投票法相關爭議     |       | 行政訴訟 | 7件 |

本計畫搜尋司法院裁判書系統結果後顯示，至今累積與原子能相關法律的行政訴訟案件數量不多，約莫 30~40 件，案件類型大多是涉及「核子反應器設施管制法」和「放射性物料管理法」之訴訟案件，僅見少數一兩件「游離輻射防護法」和「核子損害法」之訴訟案件，以及幾件間接與核電有關的環境影響評估法和涉及公民投票法之案件案件。

歸納前二大類訴訟案件，主要涉及幾項法律爭點，包括(1)訴訟當事人適格問題，例如環團或位處核災應變區範圍內外之居民得否提起訴訟；(2)原能會所為處分適法與否、有無判斷餘地的問題，例如同意核電廠大修後重新啟動之審查處分有無違法判斷；(3)原能會裁罰核電廠未依規定辦理變更設計作業之處分是否適法；(4)低放射性廢棄物最終處置設施之選址爭議；(5)興建核廢料貯存設施等。

每件訴訟爭議雖不相同，但其實均與主管機關(原能會)行政作為之適法性與適當性有關，有些還涉及係爭法律規定之解釋與案件事實認定之問題。基此，本計畫通盤檢視所有訴訟案件，分析訴訟爭點與判決理由，再參酌國內外核能法學和行政法學研究文獻，研擬作成處分之法律注意事項和修法建議，供主管機關參考之。

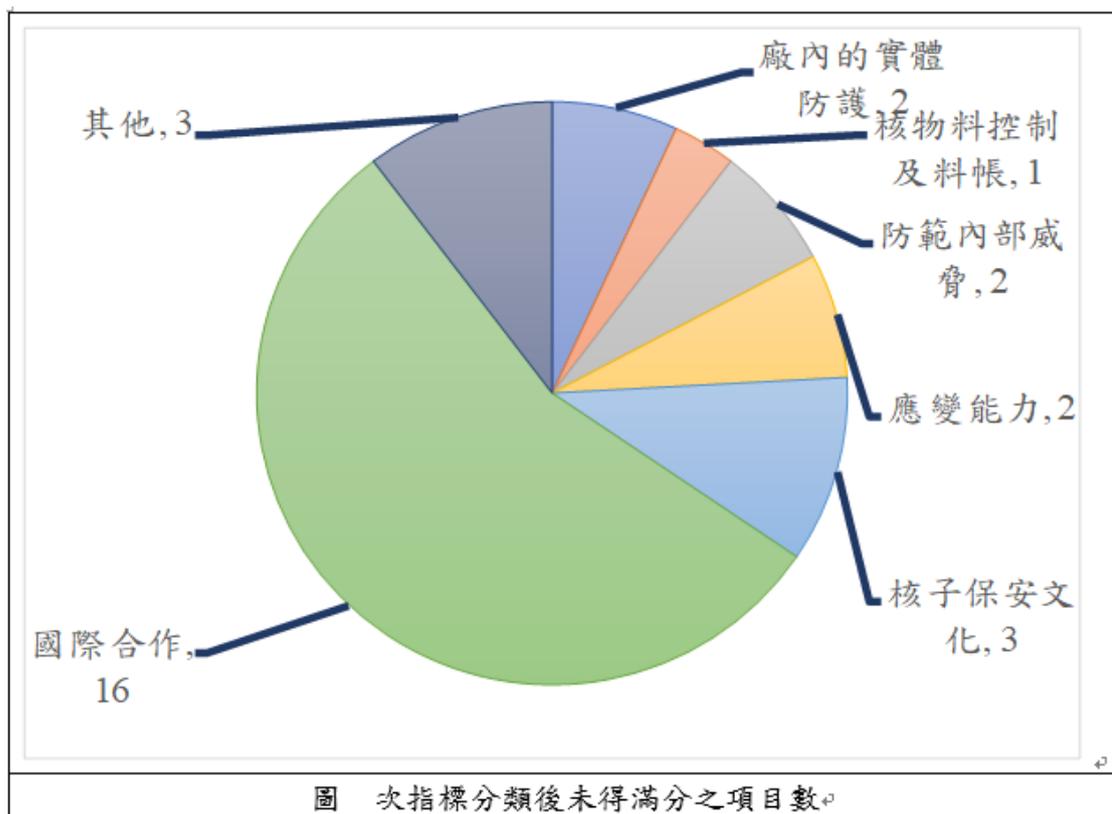
本計畫目前分析三項指標性訴訟案件(A.針對台電核二廠一號機大修計畫聲請撤銷同意准予備查案件之行政訴訟分析、B. 針對台電低放

射性廢棄物最終處置場址計畫書修正案之行政訴訟分析、C. 針對低放射性廢棄物最終處置計畫書時程規劃裁罰案(一千萬、三千萬、五千萬)),就原能會敗訴原因和法院判決理由進行研析後,提出法律建議供原能會參考。

### 3. NTI 核子保安國際評比之評估研究

本計畫係研究分析台灣 NTI 的指數分數,除了解台灣的努力及進步的情形,自我省思台灣是否有其他可以精進之處。本研究分析,將 NTI 指數的第一類(數量及廠址)及第五類(風險環境)與核能電廠保安的管制範疇無關項目移除討論範圍,並重新將台灣未能得到滿分的次指標 29 個分類成 7 類別:(1)廠內的實體防護(2)核物料控制及料帳(3)防範內部威脅(4)應變能力(5)核子保安文化(6)國際合作及(7)其他,各項未達滿分的次指標數量如下圖行討論。

研究發現:除國際合作,必須藉由簽署國際協議、財務支援國際組織及參與國際活動才能達成,對於不是會員國的台灣,要達成其要求誠屬不易;但可持續努力,自我完成各項協議的內容及儘可能參與國際活動,相關的努力及國際活動之成果公開於網站,來獲得國際的支持與 NTI 的認同。部分與 NTI 在認知上不同的項目,台灣如果有相關的作業辦法,可以在不洩漏機敏資料的前提下,於網站或公開資料上說明,即使 NTI 不認同,但台灣實質的核子保安成果的意義重於 NTI 指數分數的取得,實質完成即可。最後主管機關對核能電廠核子保安的管制範疇內,可針對(1)建立核子保安文化(可涵蓋防範內部威脅)、(2)籌辦核子保安卓越中心負責相關的保安教育訓練,及(3)管制單位的獨立性,三項的內容可以進行探討,以健全台灣核子保安量能,與國際規範同步,並提升台灣核子保安國際評比之成績。

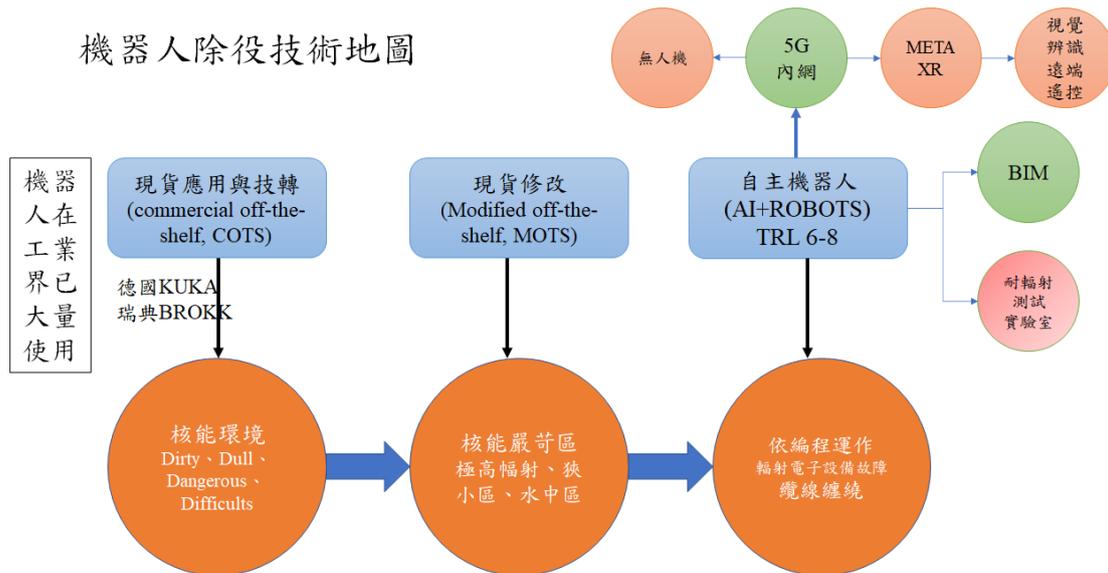


#### 4. 智慧機器人技術在核能除役產業發展之技術地圖研擬

本計畫建立機器人技術應用於台灣核能除役之技術地圖，可與台灣發展中小企業智慧製造技術：5G 智慧工廠之技術移轉至核能除役，以及台灣智慧物流技術應用於拆除之搬運規劃。迎合世界核能先進國家積極推動機器人除役技術之發展，如歐盟、俄羅斯積極開發 AI 智慧機器人技術於核能除役；英國積極開發智慧機器人於除役上的應用；英國與日本合作開發機器人進行福島電廠除役；美國似乎比較保守，但 2021 年年底開始推動數位雙生於管制上的研擬；KUKA 機器人積極投入除役市場；法國達梭積極投入除役數位市場等。

在部署機器人自主系統時，除考慮安全(safety)和安保(security)風險外，針對自主系統軟體，必須要考慮倫理風險，避免因隱藏的偏差(bias)，讓整個系統作出有偏見的決策。英國標準 BS 8611「機器人和機器人技術系統的倫理設計和應用」提供了一個基本標準的架構，用於在引入自主機器人系統時理解和考慮倫理的影響。驗證設計(1)自主性系統元件應盡可能透明和可驗證，因為可能在未經人的批准下就做出決定。透明

度能檢查出所做的決策，驗證涉及一系列技術來確保系統行為的正確性。一個自主系統不符合檢查和驗證，保證和管制就具有挑戰性。(2)在設計驗證系統時要考慮如何描述系統的要求，應明確定義系統將執行的任務和目標，以便能夠準確驗證系統行為。(3)在危險環境中部署機器人系統，通常需要向管制機構說明系統是安全可接受的，因此這些要求應該透過設計、開發過程和進入部署的系統，能清楚地可追蹤。



## 貳、檢討與展望

(請檢討計畫執行可改善事項或後續可精進處，並說明後續工作構想重點與未來展望等；屆期計畫請強化說明後續是否有下期計畫、計畫轉型或整併、納入機關例行性業務、或其他推廣計畫成果效益之作為等。)

未來因應核能電廠即將除役及核廢料議題，將調整依循核能與除役安全、放射性物料安全、輻射防護與放射醫學、原子能跨域合作及風險溝通四大領域擬訂研究重點，與國科會共同合作推動，並配合後續原能會組織改造（組改後為核能安全委員會）支援任務導向之政策規劃與安全管制相關應用研發，以落實原子能科技研發資源之整合，結合及運用國內學術單位參與研發之能量，從事原子能科技在民生應用之基礎研究，促進技術生根及契合產業發展，並強化相關領域人才培訓。

本研究機制實施迄今已歷 10 餘年，對整合原子能科技研發資源及應用發展、支援政策性研究及人才培育等構面，已發揮彈性及務實功效，特別是可適時連結國內各研發機構支持未來核能安全委員會所需管制技術及能量。

為落實各補助計畫研究成果符合原任務導向規劃，原能會已訂定「原子能科技學術合作研究計畫管考作業規定」，規範各計畫需求單位於期中進度查核，並於期末提出可供民生應用或政策參考之具體成果，俾有效掌握計畫成效及其對施政之助益，並依需要進行實地訪談，除瞭解各計畫執行之困難以適時解決外，並針對本機制不足部分逐年檢討修正。

近 3 年原能會與國科會補助計畫數及經費支出詳如表 1，為因應經費縮減對於原子能管制及民生應用等相關研究之衝擊，原能會已調高其他多年期計畫之比率，期藉由中長期之研究規劃減輕各年度因政府預算波動造成之影響，並逐年依執行情形滾動式檢討改善。

| 年度  | 補助計畫 | 補助院校 | 補助經費<br>(千元) |
|-----|------|------|--------------|
| 111 | 57   | 27   | 45,015       |
| 110 | 53   | 27   | 42,232       |
| 109 | 55   | 30   | 41,470       |

表 1 近 3 年計畫投入數及經費支出

## 參、其他補充資料

### 一、跨部會協調或與相關計畫之配合

(請說明本計畫是否與其他科技計畫相關連，其分工與合作之配合情形為何，若有共同之成果，亦請說明分工與貢獻；如相關連計畫為其他機關所執行，請說明協調機制及運作情形是否良好；計畫審議階段如委員特別提出須區隔計畫差異性並強化分工合作、強化與其他機關合作者，請強化說明配合情形；如計畫與其他計畫、其他機關無相關連，亦請簡扼說明該計畫業務屬性可獨立執行。)

本計畫合作研究機制在(1)核能與除役安全科技、(2)放射性物料安全科技、(3)輻射防護與放射醫學科技、(4)跨域合作與風險溝通等領域，本會與國科會 111 年共計推動 57 項計畫（本會 27 項、科技部 30 項），由國科會統籌計畫之簽約執行，原能會負責計畫之績效管考，國內計有 27 所公私立大專院校、醫院及機他研究機構共同參與，堪稱國內整合型補助計畫之執行模式。

為促成各項研究計畫成果之經驗分享與交流，本年度賡續以往的作法於 111 年 9 月 26 日與科技部共同辦理 110 年度原子能科技學術合作研究計畫成果發表會，並邀請各界參與研究成果之發表暨討論（如圖 1～圖 4），共計約 120 人參加，是日計畫成果論文集已於原能會網站公開（<http://www.aec.gov.tw/施政與法規/施政績效/原子能科技學術合作研究計畫.html>），提供各界檢閱。

本計畫係屬任務導向之政策支援研發機制，可及時回應最新政策環境及社會需求，再與其他委託研究計畫或科技計畫等現有研發機制結合支援，具有相輔相成之效果。



圖 1 核能與除役安全科技成果發表



圖 2 放射性物料安全科技成果發表



圖 3 輻射防護與放射醫學成果發表



圖 4 跨域合作與風險溝通成果發表

## 二、 大型科學儀器使用效益說明

本計畫無購置大型科學儀器。

### 三、 其他補充說明(分段上傳)

本會補助計畫項目，如下：

| 序號 | 執行單位                  | 計畫名稱                                     |
|----|-----------------------|--|
| 1  | 國立臺灣大學機械工程學系暨研究所      | 開發遠端麥卡納姆輪自主機器人與軌跡控制器以輔助核電廠輻射作業           |
| 2  | 國立臺灣大學電子工程學研究所        | 應用於低軌道衛星之抗輻射類比/數位混合晶片電子設計自動化開發 (III)     |
| 3  | 國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系暨研究所 | 使用太空環境下之半導體元件及相關電路輻射驗證平台培育前瞻原子科學人才       |
| 4  | 國立政治大學創新國際學院          | 「原」來可以這樣「教」：後核電議題的跨域教學                   |
| 5  | 國立中興大學昆蟲學系(所)         | 應用輻射照射於台灣外銷鳳梨之檢疫處理技術開發                   |
| 6  | 國立中興大學法律學系            | 追尋與地方共存的低放射廢棄物處置之道：以德日低放射廢棄物處置管制法制與實踐為考察 |
| 7  | 國立清華大學工程與系統科學系        | 以電漿輔助製程與磊晶鍍層提升鐵電記憶體之多位元操作可靠度與抗輻射能力       |
| 8  | 國立清華大學通識教育中心          | 當代原子能法重要法律議題及訴訟案例研析                      |
| 9  | 國立清華大學工程與系統科學系        | 應用於衛星之積體電路與記憶體元件的輻射效應與製程研究               |
| 10 | 國立清華大學核子工程與科學研究所      | 高溫離子佈植及氮電漿製程應用於氮化鎵功率元件特性改善研究             |
| 11 | 國立中央大學土木工程學系          | 近斷層複合地盤破裂引致振動及速度脈衝的初步物理模型模擬              |
| 12 | 國立臺灣科技大學化學工程學系        | 微電漿輔助發光特性可調控量子點合成技術 (1/3)                |
| 13 | 國立臺灣科技大學機械工程系         | 沃斯田鐵系不銹鋼冷卻飼水密封閥件於核電廠除役過渡階段之間隙腐蝕行為研究      |

|    |                     |   |
|----|---------------------|---|
| 14 | 淡江大學學校財團法人淡江大學化學系   | 化學遊樂趣 – 放射永恆                              |
| 15 | 行政院農業委員會農業試驗所植物病理組  | 輻射照射在農產品與農業資材消毒的應用研究                      |
| 16 | 國立故宮博物院登錄保存處        | X 光分析技術應用於東方書畫之研究(II)                     |
| 17 | 國立臺灣藝術大學廣播電視學系(所)   | 原子能輻射防護科普內容製作與社群媒體推播之研究                   |
| 18 | 元智大學電機工程學系(所)       | 以電漿濺鍍製程進行透明氧化物薄膜太陽能電池之研製                  |
| 19 | 義守大學材料科學與工程學系       | X 光、電子等量子束於氧化亞銅異質奈米結構光電化學產氫膜層之材料分析研究與人才培育 |
| 20 | 國立臺北護理健康大學嬰幼兒保育系(所) | 知「輻」習「輻」- 環境輻射科普教案研發與活動推廣                 |
| 21 | 龍華科技大學多媒體與遊戲發展科學系   | 科展用核能與輻射知識之互動電玩遊戲                         |
| 22 | 龍華科技大學化工與材料工程系      | NTI 核子保安國際評比之評估研究                         |
| 23 | 龍華科技大學化工與材料工程系      | 智慧機器人技術在核能除役產業發展之技術地圖研擬                   |
| 24 | 國立澎湖科技大學食品科學學系      | 輻照對紅龍果果乾品質提升與保鮮之研究                        |
| 25 | 國立嘉義大學微生物免疫與生物藥學系   | 輻射誘變選育耐逆境高蛋白質及機能性大豆與根圈益生菌與高附加值機能性產品開發(II) |
| 26 | 臺北市立大學應用物理暨化學系      | 能源轉型下原子議題之人才培育與教育推廣                       |
| 27 | 國立陽明交通大學電機工程學系      | 地下屏蔽環境無人飛船與地面機器人通訊與遠端遙控技術研究(II)           |

## 附表、佐證資料表

(請選擇合適之佐證資料表填寫，超過 1 筆請自行插入列繼續填寫，未使用之指標資料表請刪除。)

### 【A 論文表】

| 題 名   | 第一作者               | 發表年<br>(西元年) | 文獻<br>類別 | 成果歸屬          |
|---|--------------------|--------------|----------|---------------|
| 開發遠端麥卡納姆輪自主機器人與軌跡控制器以輔助核電廠輻射作業  | 石耘碩                | 投稿中          | A        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| A PVT-Invariant Front-End Ring Amplifier using Self-Stabilization Technique for SAR ADC   | Chi-Wei Chen       | 2022         | F        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| A Radiation-Hardened Triple-Module-Redundancy (TMR) Comparator Circuit Using a Short-Pulse Laser for Radiation Testing  | Chun-Hao Liang     | 2022         | F        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| Single Event Upset Induced by Femtosecond Pulse Laser on Digital Circuits   | Pei-Kai Liao       | 2022         | F        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| A radiation hardened triple-module-redundancy comparator circuit using a short-pulse laser for radiation testing  | Chun-Hao Liang     | 2022         | E        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| Single Event Effects in Double Latch Comparator and Triple Modular Redundancy Comparator with and without Resistors Decoupling Techniques under Femtosecond Pulse Laser Irradiation | Yu-Lin Chen        | 投稿中          | D        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 程序法觀點下之放射性廢棄物處置場選址爭議—以德國場址選擇法為中心  | 陳信安                | 投稿中          | A        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| Investigation of Radiation Effect on Ge P-Channel Ferroelectric FET Memory  | 彭皓楷                | 投稿中          | D        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| An unjust and failed energy transition strategy? Taiwan's goal of becoming nuclear-free by 2025   | Anton Ming-Zhi Gao | 2022         | D        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 臺灣因應 2050 淨零排放之挑戰——淺評政院版氣候變遷因應法草案 (Challenges of Taiwan in Responding to 2050 Net Zero Ambition: Whether the Draft Climate Change Bill of 2022 is Sufficed?)                        | 高銘志                | 2022         | A        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 非核家園推動政策及法制二十年回顧與展望   | 高銘志                | 2022         | A        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| Radiation hardness of InWZnO thin film as resistive switching layer   | Chih-Chieh Hsu     | 2022         | D        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| Reverse fault slip through soft rock and sand strata by centrifuge modeling tests   | Wen-Yi Hung        | 2022         | D        | 原子能科技學術合作研究計畫 |

| 題 名  | 第一作者             | 發表年<br>(西元年) | 文獻<br>類別 | 成果歸屬          |
|--|------------------|--------------|----------|---------------|
| Centrifuge Modeling on Normal Fault Slip through Soft Rock and Sand Strata   | Wen-Yi Hunh      | 投稿中          | D        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| Bioresource-Derived Colloidal Nitrogen-Doped Graphene Quantum Dots as Ultrasensitive and Stable Nanosensors for Cancer and Neurotransmitter Biomarkers   | Yan-Yi Chen      | 2022         | D        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| Plasma Nanoengineering of Bioresource-Derived Graphene Quantum Dots as Ultrasensitive Environmental Nanoprobes   | Darwin Kurniawan | 2022         | D        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| Recent Advances in the Graphene Quantum Dot-Based Biological and Environmental Sensors   | Darwin Kurniawan | 2022         | D        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| Graphene Quantum Dot-Enabled Nanocomposites as Luminescence and Surface-Enhanced Raman Scattering Biosensors”,   | Darwin Kurniawan | 2022         | D        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 304L 不銹鋼於不同溶氧量水溶液之間隙腐蝕   | 林宏任              | 2022         | E        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 輻射照射在農業用水苔介質消毒與除滅有害生物的應用   | 蘇俊峯              | 投稿中          | A        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| X 光分析技術應用於東方書畫之研究  | 陳東和              | 2022         | E        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 〈兩幅十九世紀廣州外銷畫像的檢視分析〉  | 陳東和              | 2022         | E        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| Optimal growth conditions for forming c-axis (002) aluminum nitride thin films as a buffer layer for hexagonal gallium nitride thin films produced with in situ continual radio frequency sputtering | 劉維昇              | 2022         | D        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| Si-Sn codoped n-GaN film sputtering grown on an amorphous glass substrate  | 劉維昇              | 投稿中          |          | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| Study on CdS and ZnO as Buffer Layers for Solar Cells  | 余詩辰              | 2022         | F        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| Effects of VIII ratios on Size Distribution and Density of InAs/InGaAs Quantum Dots on GaAs  | 徐愷揚              | 2022         | F        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| Optimization of the growth temperature and periods for improving the optical properties of SWIR Type-II super lattice for Infrared Photodetectors  | 廖永濬              | 2022         | F        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 常壓電漿沉積氧化鋅與銅氧化物異質奈米結構於光電化學產氫之應用研究   | 張弘霖              | 2022         | E        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 銅片成長銅氧化物與常壓電漿沉積氧化鋅異質奈米結構於光電化學產氫之應用研究   | 呂國榮              | 2022         | E        | 原子能科技學術合作研究計畫 |

| 題 名  | 第一作者           | 發表年<br>(西元年) | 文獻<br>類別 | 成果歸屬          |
|--|----------------|--------------|----------|---------------|
| Hetero-nanostructures of ZnO and Copper Oxide Deposited by Atmospheric Pressure Plasma System for Photo-electro-chemical Hydrogen Generation Application   | Hong-Lin Zhang | 2022         | F        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| Hetero-nanostructures of Copper Sheet Grown Copper Oxides and Zinc Oxides Deposited by Atmospheric Pressure Plasma System for Photo-electro-chemical Hydrogen Generation Application   | Guo-Rong Lu    | 2022         | F        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| The proposed technology roadmap of robotics in Taiwan nuclear decommissioning  | Ting Kuen      | 2023         | F        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 智慧機器人技術在核能除役產業之技術地圖研擬  | 林欣穎            | 2023         | E        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 利用輻照技術優化紅龍果果乾品質之研究   | 洪瑄璟            | 2022         | E        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| Evaluation of nitrogen-fixing bacteria Bradyrhizobium yuanmingense SB006-1-2 and Rhizobium sp. S058-A2-3 inoculation and growth conditions on the changes in isoflavone-like compound during soybean (Glycine max L.) germination. | Lih-Geeng Chen | 投稿中          | C        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 伽瑪輻射誘變根黴菌合併乳酸菌共發酵大豆產物異黃酮成分分析   | 陳星妤            | 2022         | A        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 固氮根瘤菌之分離與鑑定及其對大豆植物生長之影響  | 楊修銘            | 2022         | E        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 篩選伽瑪輻射誘變大豆根圍分離菌株之抗逆境潛力   | 呂世姻            | 2022         | E        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 促進 Akkermansia muciniphila 生長以及腸胃道微生物菌群變化的植物性凝態優格及其應用  | 謝佳雯            | 2022         | E        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| A Heterogeneous Unmanned Ground Vehicle and Blimp Robot Team for Search and Rescue using Data-driven Autonomy and Communication-aware Navigation   | Lu, C.-L.      | 2022         | C        | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| WFH-VR: Teleoperating a Robot Arm to set a Dining Table across the Globe via Virtual Reality   | Yim, L.-S.     | 2022         | D        | 原子能科技學術合作研究計畫 |

註：文獻類別分成 A 國內一般期刊、B 國內重要期刊、C 國外一般期刊、D 國外重要期刊、E 國內研討會、F 國際研討會、G 國內專書論文、H 國際專書論文；成果歸屬請填細部計畫名稱。

**【AA 決策依據表】**

| 名稱                           | 內容                | 類別 | 是否被採納 | 成果歸屬          |
|------------------------------|-------------------|----|-------|---------------|
| 除役流程                         | 軌跡規劃              | A  | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 輻射照射處理鳳梨檢疫流程                 | 提供防檢局作為檢疫處理之參考    | A  | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 核子保安 NTI 指數                  | 核子保安              | C  | C     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 自主機器人系統管制白皮書建議               | 核能除役管制            | A  | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 科技施政目標 — 「推廣原子能科技創新，培育跨域人才」。 | 輻射照射於食品(物)科技之應用研究 | A  | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |

註：類別分成 A 新建或整合流程、B 重大統計訊息或政策建議報告；是否被採納分成 A 院級採納、B 部會署級採納、C 單位內採納、D 存參；成果歸屬請填細部計畫名稱。

**【B 合作團隊(計畫)養成表】**

| 團隊(計畫)名稱                                 | 合作對象                 | 合作模式 | 團隊(計畫)性質 | 成立時間(西元年) | 成果歸屬          |
|--|----------------------|------|----------|-----------|---------------|
| 先進產品實現與互動實驗室                             | 國立台灣大學               | A    | A        | 2022      | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 蔡坤諭教授實驗室、蔡佳勳技術專員                         | 台大電子所                | A    | A        | 2005      | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 追尋與地方共存的低放射廢棄物處置之道:以德日低放射廢棄物處置管制法制與實踐為考察 | 國立中興大學               | B    | A        | 2022      | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 輻射照射檢疫處理團隊                               | 國立中興大學               | B    | A        | 2021      | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 材料性質分析團隊                                 | 國家同步輻射中心             | B    | C        | 2020      | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 淡江大學科學教育中心                               | 國立清華大學原子科學技術發展中心     | B    | A        | 2016      | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 淡江大學科學教育中心                               | 中華民國輻射防護協會           | B    | A        | 2016      | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 農業試驗所研發團隊                                | 農委會試驗所植病組、應動組、花卉研究中心 | A    | A        | 2020      | 原子能科技學術合作研究計畫 |

| 團隊(計畫)名稱           | 合作對象                                      | 合作模式 | 團隊(計畫)性質 | 成立時間(西元年) | 成果歸屬          |
|--------------------|---|------|----------|-----------|---------------|
| 書畫材料研究分析小組         | 行政院故宮博物院                                  | A    | A        | 2021      | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 核子保安研究團隊           | 龍華科技大學                                    | A    | A        | 2021      | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 紅龍果產品研發團隊          | 國立澎湖科技大學                                  | A    | A        | 2022      | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 輻射照射處理於農業之應用團隊     | 國立嘉義大學微生物免疫與生物藥學系、植物醫學系、食品科學系、核能研究所同位素應用組 | B    | A        | 2018      | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 成立生醫發酵保健產品開發創新創業基地 | 國立嘉義大學生應科學院食品科學系、生化科技學系及微生物免疫與生物藥學系       | B    | C        | 2022      | 原子能科技學術合作研究計畫 |

註：合作模式分成 A 機構內跨領域合作、B 跨機構合作、C 跨國合作；團隊(計畫)性質分成 A 形成合作團隊或合作計畫、B 形成研究中心、C 形成實驗室、D 簽訂協議；成果歸屬請填細部計畫名稱。

### 【C 培育及延攬人才表】

| 姓名  | 機構名稱   | 學歷 | 性質 | 成果歸屬          |
|-----|--------|----|----|---------------|
| 石耘碩 | 國立臺灣大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 蔡孟智 | 國立臺灣大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 梁淳皓 | 國立臺灣大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 廖培凱 | 國立臺灣大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 陳昱霖 | 國立臺灣大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 余世博 | 國立臺灣大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 洪建平 | 國立臺灣大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |

| 姓名  | 機構名稱   | 學歷 | 性質 | 成果歸屬          |
|-----|--------|----|----|---------------|
| 吳彥廷 | 國立臺灣大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 吳柏翰 | 國立政治大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 王渝安 | 國立政治大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 林靖芸 | 國立政治大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 楊聲輝 | 國立政治大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 陳熾后 | 國立中興大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 彭皓楷 | 國立清華大學 | A  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 李凱旋 | 國立清華大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 陳亭潔 | 國立清華大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 黃凱揚 | 國立清華大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 謝友仁 | 國立清華大學 | A  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 張藝蓀 | 國立清華大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 許馥帆 | 國立清華大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 阮敦寶 | 國立清華大學 | A  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 林亞勳 | 國立清華大學 | A  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 余岳倫 | 國立清華大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 陳孟渝 | 國立清華大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 江富誠 | 國立中央大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |

| 姓名          | 機構名稱     | 學歷 | 性質 | 成果歸屬          |
|-------------|----------|----|----|---------------|
| 黃俊學         | 國立中央大學   | A  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 王怡琇         | 國立中央大學   | A  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 陳明景         | 國立中央大學   | A  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 羅伊妲         | 國立中央大學   | A  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 江天璽         | 國立中央大學   | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 陳子文         | 國立中央大學   | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 鮑曄文         | 國立中央大學   | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 古明正         | 國立中央大學   | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 王昱升         | 國立中央大學   | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 游文德         | 國立臺灣科技大學 | A  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| Neha Sharma | 國立臺灣科技大學 | A  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 葉昱宏         | 國立臺灣科技大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 江品萱         | 國立臺灣科技大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 翁人杰         | 國立臺灣科技大學 | A  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 林宏任         | 國立臺灣科技大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 陳彥愷         | 國立臺灣科技大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 王婕齡         | 國立臺灣師範大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 施子涵         | 國立台灣藝術大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |

| 姓名               | 機構名稱 | 學歷 | 性質 | 成果歸屬          |
|------------------|------|----|----|---------------|
| 徐愷揚              | 元智大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 廖永濬              | 元智大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 陳後益              | 元智大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 劉品志              | 元智大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| Balaji Gururajan | 元智大學 | A  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 張弘霖              | 義守大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 呂國榮              | 義守大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 陳冠銓              | 義守大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 胡冠毅              | 義守大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 張育弘              | 義守大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 張力文              | 義守大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 鄭博仁              | 義守大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 吳昇晃              | 義守大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 柯昱丞              | 義守大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 洪端謙              | 義守大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 黃琪瑞              | 義守大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 許軒樞              | 義守大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 許芳瑜              | 義守大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |

| 姓名  | 機構名稱 | 學歷 | 性質 | 成果歸屬          |
|-----|------|----|----|---------------|
| 秦尚宏 | 義守大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 江易承 | 義守大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 林昶佑 | 義守大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 陳弘德 | 義守大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 林奕丞 | 義守大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 葉承翰 | 義守大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 練柏平 | 義守大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 蘇信彰 | 義守大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 陳宇賢 | 義守大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 朱立淵 | 義守大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 胡祐瑄 | 義守大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 王政翔 | 義守大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 李昀翰 | 義守大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 吳芷寧 | 義守大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 王嘉穗 | 義守大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 林冠妤 | 義守大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 林正淳 | 義守大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 林巧頻 | 義守大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |

| 姓名  | 機構名稱   | 學歷 | 性質 | 成果歸屬          |
|-----|--------|----|----|---------------|
| 張愷恩 | 義守大學   | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 鄭凱  | 義守大學   | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 張堃穎 | 義守大學   | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 夏霆易 | 義守大學   | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 蔡承叡 | 義守大學   | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 朱玉麟 | 義守大學   | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 李珈珍 | 義守大學   | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 李曜廷 | 義守大學   | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 陳仕哲 | 義守大學   | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 李皓宇 | 義守大學   | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 王柏霖 | 義守大學   | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 林中正 | 龍華科技大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 王信宗 | 龍華科技大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 蘇展弘 | 龍華科技大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 謝昀達 | 龍華科技大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 林欣穎 | 龍華科技大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 曾浩軒 | 龍華科技大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 張宸愷 | 龍華科技大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |

| 姓名  | 機構名稱     | 學歷 | 性質 | 成果歸屬          |
|-----|----------|----|----|---------------|
| 周禹廷 | 龍華科技大學   | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 魯孟廉 | 龍華科技大學   | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 洪瑄璟 | 國立澎湖科技大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 陳沛渝 | 國立澎湖科技大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 林文慧 | 國立澎湖科技大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 黃國南 | 國立澎湖科技大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 唐恩丰 | 嘉義大學     | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 張心怡 | 嘉義大學     | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 尤迦儀 | 嘉義大學     | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 簡筱恩 | 嘉義大學     | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 楊修銘 | 嘉義大學     | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 劉冠妤 | 嘉義大學     | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 張亨鼎 | 嘉義大學     | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 呂世姻 | 嘉義大學     | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 簡嘉慧 | 嘉義大學     | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 楊博翔 | 嘉義大學     | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 吳建緯 | 嘉義大學     | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 羅彥晟 | 台北市立大學   | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |

| 姓名  | 機構名稱   | 學歷 | 性質 | 成果歸屬          |
|-----|--------|----|----|---------------|
| 嚴融怡 | 台北市立大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 周涵恩 | 台北市立大學 | B  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 陳昶輝 | 台北市立大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 陳駿東 | 台北市立大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 張庭瑄 | 台北市立大學 | C  | A  | 原子能科技學術合作研究計畫 |

註：學歷分成 A 博士(含博士生)、B 碩士(含碩士生)、C 學士(含大學生)；性質分成 B 學程通過、C 培訓課程通過、D 國際學生/學者交換、E 延攬人才；成果歸屬請填細部計畫名稱。

#### 【D1 研究報告表】

| 報告名稱                                      | 作者姓名 | 出版年(西元年) | 是否被採納 | 成果歸屬          |
|---|------|----------|-------|---------------|
| 用三自由度的力對麥克納姆輪平台進行控制                       | 石耘碩  | 2022     | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 常壓電漿沉積氧化鋅與銅氧化物異質奈米結構於光電化學產氫之應用研究          | 張弘霖  | 2022     | C     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 銅片成長銅氧化物與常壓電漿沉積氧化鋅異質奈米結構於光電化學產氫之應用研究      | 呂國榮  | 2022     | C     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 銅片成長銅氧化物與常壓電漿沉積二氧化鈦異質奈米結構於光電化學產氫之應用研究     | 陳冠銓  | 2023     | C     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 常壓電漿及水熱鍍製二氧化鈦與常壓電漿沉積銅氧化物異質結構於光電化學產氫之應用研究  | 胡冠毅  | 2023     | C     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 鈦板之水熱法生長二氧化鈦與常壓電漿沉積銅氧化物異質奈米結構於光電化學產氫之應用研究 | 張育弘  | 2023     | C     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 開發遠端麥克納姆輪自主機器人與軌跡控制器以輔助核電廠輻射作業            | 陳湘鳳  | 2022     | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 應用於低軌道衛星之抗輻射類比/數位混合晶片電子設計自動化開發 (III)      | 陳信樹  | 2022     | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 使用太空環境下之半導體元件及相關電路輻射驗證平台培育前瞻原子科學人才        | 李佳翰  | 2022     | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |

| 報告名稱                                      | 作者姓名 | 出版年(西元年) | 是否被採納 | 成果歸屬          |
|---|------|----------|-------|---------------|
| 「原」來可以這樣「教」：後核電議題的跨域教學                    | 杜文苓  | 2022     | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 應用輻射照射於台灣外銷鳳梨之檢疫處理技術開發                    | 杜武俊  | 2022     | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 追尋與地方共存的低放射廢棄物處置之道：以德日低放射廢棄物處置管制法制與實踐為考察  | 陳信安  | 2022     | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 以電漿輔助製程與磊晶鍍層提升鐵電記憶體之多位元操作可靠度與抗輻射能力        | 巫勇賢  | 2023     | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 當代原子能法重要法律議題及訴訟案例研析                       | 翁曉玲  | 2023     | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 應用於衛星之積體電路與記憶體元件的輻射效應與製程研究                | 張廖貴術 | 2022     | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 高溫離子佈植及氮電漿製程應用於氮化鎵功率元件特性改善研究              | 梁正宏  | 2022     | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 微電漿輔助發光特性可調控量子點合成技術 (1/3)                 | 江偉宏  | 2022     | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 沃斯田鐵系不銹鋼冷卻飼水密封閥件於核電廠除役過渡階段之間隙腐蝕行為研究       | 王朝正  | 2022     | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 化學遊樂趣 – 放射永恆                              | 陳曜鴻  | 2023     | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 輻射照射在農產品與農業資材消毒的應用研究                      | 謝廷芳  | 2022     | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| X 光分析技術應用於東方書畫之研究 (II)                    | 陳東和  | 2023     | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 原子能輻射防護科普內容製作與社群媒體推播之研究                   | 單文婷  | 2022     | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 以電漿濺鍍製程進行透明氧化物薄膜太陽能電池之研製                  | 劉維昇  | 2022     | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| X 光、電子等量子束於氧化亞銅異質奈米結構光電化學產氫膜層之材料分析研究與人才培育 | 劉文仁  | 2022     | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 知「輻」習「輻」－環境輻射科普教案研發與活動推廣                  | 潘愷   | 2022     | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 科展用核能與輻射知識之互動電玩遊戲                         | 陳彥均  | 2022     | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |

| 報告名稱                                      | 作者姓名 | 出版年(西元年) | 是否被採納 | 成果歸屬          |
|---|------|----------|-------|---------------|
| NTI 核子保安國際評比之評估研究                         | 宋大崙  | 2022     | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 智慧機器人技術在核能除役產業發展之技術地圖研擬                   | 丁鯤   | 2022     | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 輻照對紅龍果乾品質提升與保鮮之研究                         | 劉冠汝  | 2023     | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 輻射誘變選育耐逆境高蛋白質及機能性大豆與根圈益生菌與高附加值機能性產品開發(II) | 王紹鴻  | 2022     | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 能源轉型下原子議題之人才培育與教育推廣                       | 古建國  | 2023     | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 地下屏蔽環境無人飛船與地面機器人通訊與遠端遙控技術研究(II)           | 王學誠  | 2022     | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 近斷層複合地盤破裂引致振動及速度脈衝的初步物理模型模擬               | 洪汶宜  | 2022     | D     | 原子能科技學術合作研究計畫 |

：是否被採納分成 A 院級採納、B 部會署級採納、C 單位內採納、D 存參；成果歸屬請填細部計畫名稱。

#### 【E 學術活動表】

| 研討會名稱                   | 性質 | 舉辦日期 (YYYYMMDD)       | 主/協辦單位            | 成果歸屬          |
|-------------------------|----|-----------------------|-------------------|---------------|
| 110 年原子能科技學術合作研究計畫成果發表會 | A  | 2022/09/26            | 原能會/國科會/逢甲大學      | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 111 年中華民國防蝕工程年會論文發表會    | A  | 2022/08/26-2022/08/27 | 中華民國防蝕工程學會/中國鋼鐵公司 | 原子能科技學術合作研究計畫 |

註：性質分成 A 國內研討會、B 國際研討會、C 兩岸研討會；成果歸屬請填細部計畫名稱。

#### 【F 形成課程教材手冊軟體表】

| 名稱       | 性質  | 類別    | 發表年度(西元年) | 出版單位 | 是否為自由軟體 | 成果歸屬          |
|----------|-----|-------|-----------|------|---------|---------------|
| 知輻習輻實驗課程 | A、B | D(實驗) | 2022      | 淡江大學 | N       | 原子能科技學術合作研究計畫 |

| 名稱            | 性質  | 類別    | 發表年度<br>(西元年) | 出版單位     | 是否為自由軟體 | 成果歸屬          |
|---------------|-----|-------|---------------|----------|---------|---------------|
| 三碘一課實驗課程      | A、B | D(實驗) | 2022          | 淡江大學     | N       | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 「救命輻務—核醫藥物」教材 | B   | C     | 2022          | 龍華科技大學   | N       | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 食品輻照在果乾製作之應用  | B   | A     | 2022          | 國立澎湖科技大學 | N       | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 能源話題嬉遊計/教材    | B   | A     | 2023          | 台北市立大學   | N       | 原子能科技學術合作研究計畫 |

註：性質分成 A 課程、B 教材、C 手冊；類別分成 A 文件式、B 多媒體、C 軟體(含 APP)、D 其他(請序明)；成果歸屬請填細部計畫名稱。

#### [11 辦理技術活動表]

| 技術活動名稱   | 活動性質 | 活動屬性 | 舉辦日期<br>(YYYYMMDD)        | 成果歸屬          |
|--|------|------|---------------------------|---------------|
| Short-Term Program for Laboratory in NCU           | B    | B    | 2022/07/04-<br>2022/07/17 | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 2022 International Student Exchange Program at NCU | B    | B    | 2022/11/21-<br>2022/11/25 | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 文化平權-原子能領域的女科技人                                    | D    | A    | 2022/06/11                | 原子能科技學術合作研究計畫 |

註：性質分成 A 技術研討會、B 競賽活動、C 技術說明會或推廣活動、D 其他；屬性分成 A 國內技術活動、B 國際技術活動；成果歸屬請填細部計畫名稱。

#### [12 參加技術活動表]

| 成果名稱               | 技術活動名稱                  | 活動性質 | 活動屬性 | 活動日期<br>(YYYYMMDD) | 主辦單位       | 是否獲獎<br>(Y/N) | 成果歸屬          |
|--------------------|-------------------------|------|------|--------------------|------------|---------------|---------------|
| 利用輻照技術優化紅龍果果乾品質之研究 | 台灣食品科學技術學會第五十二次會員大會暨研討會 | A    | A    | 2022/12/09         | 台灣食品科學技術學會 | N             | 原子能科技學術合作研究計畫 |

| 成果名稱                                   | 技術活動名稱                                 | 活動性質 | 活動屬性 | 活動日期<br>(YYYYMMDD)    | 主辦單位                    | 是否獲獎<br>(Y/N) | 成果歸屬          |
|--|--|------|------|-----------------------|-------------------------|---------------|---------------|
| 2022 Maritime RobotX Challenge 無人駕駛船競賽 | 2022 Maritime RobotX Challenge 無人駕駛船競賽 | B    | B    | 2022/11/11-2022/11/17 | 國際無人駕駛系統協會 (RoboNation) | Y             | 原子能科技學術合作研究計畫 |

註：性質分成 A 技術研討會、B 競賽活動、C 技術說明會或推廣活動、D 其他；屬性分成 A 國內技術活動、B 國際技術活動；成果歸屬請填細部計畫名稱。

### 【AB 科技知識普及】

| 活動名稱  | 利用方式 | 舉辦日期<br>(起)(迄)        | 主/協辦單位             | 舉辦地點          | 舉辦區域 | 參與人數 | 成果歸屬          |
|---|------|-----------------------|--------------------|---------------|------|------|---------------|
| 政治大學行政管理學系在職專班  | A    | 2022/04/26            | 創新民主中心             | 國立政治大學        | A    | 120  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 政治大學公共行政學系二年級   | A    | 2022/05/01            | 創新民主中心             | 國立政治大學        | A    | 42   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 台中教育大學區域與社會發展學系二及三年級  | A    | 2022/05/26            | 創新民主中心             | 國立台中教育大學      | B    | 36   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 北海跨域專家會議  | A    | 2022/07/17-2022/07/18 | 創新民主中心             | 萬里、金山一帶       | A    | 35   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 核我們走一趟北海岸青年營隊   | A    | 2022/08/28-2022/08/29 | 監察院 國家人權委員會/創新民主中心 | 萬里、金山、石門及淡水一帶 | A    | 40   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| Experimental and Innovative Participatory Mechanism in the Post-Nuclear Power Era | A    | 2022/10/17            | 創新民主中心             | 國立政治大學        | A    | 20   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 科技風險與環境政策 - CID 知識共構實作分享  | A    | 2022/10/21            | 創新民主中心             | 國立政治大學        | A    | 5    | 原子能科技學術合作研究計畫 |

| 活動名稱                     | 利用方式 | 舉辦日期(起)(迄)            | 主/協辦單位        | 舉辦地點     | 舉辦區域 | 參與人數 | 成果歸屬          |
|--------------------------|------|-----------------------|---------------|----------|------|------|---------------|
| 核廢料政策，如何開啟討論？從北到南的田野經驗分享 | A    | 2022/10/25            | 創新民主中心        | 國立政治大學   | A    | 46   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 核廢的未知數                   | A    | 2022/10/25            | 創新民主中心        | 國立高雄科技大學 | C    | 58   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 新聞中的科學-能源議題與公民審議         | A    | 2022/10/27            | 創新民主中心        | 國立中正大學   | C    | 60   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 能源議題與公民審議：核廢料爭議，你會怎麼看？！  | A    | 2022/10/27            | 創新民主中心        | 國立中正大學   | C    | 60   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 「核」我們走一趟北海岸-從模擬協商劇場談核廢處置 | A    | 2022/12/1、2022/12/15  | 創新民主中心        | 中國文化大學   | A    | 20   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 培養你的素養力-從能源政策的參與式治理談起    | A    | 2022/12/24            | 創新民主中心        | 國立台中教育大學 | B    | 19   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 「核」處是我家：選址工作坊            | A    | 2022/12/29            | 創新民主中心        | 國立政治大學   | A    | 82   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 綠能電路實作工作坊                | A    | 2033/11/26            | 國立清華大學        | 新竹高中     | A    | 62   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 行動化學車                    | A、C  | 2022/01/19-2022/01/19 | 淡江科教中心/高雄一甲國中 | 一甲國中     | C    | 96   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 行動化學車                    | A、C  | 2022/01/20-2022/01/20 | 淡江科教中心/高雄甲仙國中 | 甲仙國中     | C    | 46   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 跑跑分析車                    | A、C  | 2022/02/25-2022/02/25 | 淡江科教中心/桃園大園高中 | 大園高中     | A    | 40   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 跑跑分析車                    | A、C  | 2022/03/11-2022/03/11 | 淡江科教中心/桃園陽明高中 | 陽明高中     | A    | 32   | 原子能科技學術合作研究計畫 |

| 活動名稱           | 利用方式  | 舉辦日期(起)(迄)            | 主/協辦單位        | 舉辦地點          | 舉辦區域 | 參與人數 | 成果歸屬          |
|----------------|-------|-----------------------|---------------|---------------|------|------|---------------|
| 跑跑分析車          | A、C   | 2022/03/17-2022/03/17 | 淡江科教中心/新北秀峰高中 | 秀峰高中          | A    | 30   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 跑跑分析車          | A、C   | 2022/03/18-2022/03/18 | 淡江科教中心/新北大觀國中 | 大觀國中          | A    | 30   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 淡江春之饗宴         | A、B、C | 2022/03/19-2022/03/19 | 淡江大學/淡江科教中心   | 淡江同舟廣場        | A    | 100  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 跑跑分析車          | A、C   | 2022/03/25-2022/03/25 | 淡江科教中心/新北新莊國中 | 新莊國中          | A    | 30   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 跑跑分析車          | A、C   | 2022/03/28-2022/03/28 | 淡江科教中心/新北平溪國中 | 平溪國中          | A    | 25   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 行動化學車          | A、C   | 2022/03/31-2022/03/31 | 淡江科教中心/桃園福源國小 | 福源國小          | A    | 41   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 跑跑分析車          | A、C   | 2022/04/19-2022/04/19 | 淡江科教中心/新北安康高中 | 安康高中          | A    | 36   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 行動化學車+跑跑分析車    | A、C   | 2022/04/26-2022/04/26 | 淡江科教中心/桃園新屋高中 | 新屋高中          | A    | 283  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 跑跑分析車          | A、C   | 2022/05/10-2022/05/10 | 淡江科教中心/新北安溪國中 | 安溪國中          | A    | 20   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 跑跑分析車          | A、C   | 2022/05/13-2022/05/13 | 淡江科教中心/新北竹圍高中 | 竹圍高中          | A    | 30   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 跑跑分析車          | A、C   | 2022/05/20-2022/05/20 | 淡江科教中心/新北中正國中 | 中正國中          | A    | 38   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 跑跑分析車          | A、C   | 2022/06/09-2022/06/09 | 淡江科教中心/新北八里國中 | 八里國中          | A    | 25   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 嘉義科學 168 教育博覽會 | A、B、C | 2022/07/20-2022/07/25 | 嘉義市教育處/淡江科教中心 | 嘉義市立港坪運動公園體育館 | C    | 600  | 原子能科技學術合作研究計畫 |

| 活動名稱               | 利用方式  | 舉辦日期(起)(迄)            | 主/協辦單位            | 舉辦地點     | 舉辦區域 | 參與人數 | 成果歸屬          |
|--------------------|-------|-----------------------|-------------------|----------|------|------|---------------|
| 行動化學車              | A、C   | 2022/08/02-2022/08/02 | 淡江科教中心/高雄南隆國中     | 南隆國中     | C    | 137  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 行動化學車              | A、C   | 2022/08/03-2022/08/03 | 淡江科教中心/高雄內門國中     | 內門國中     | C    | 85   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 行動化學車              | A、C   | 2022/08/04-2022/08/04 | 淡江科教中心/高雄圓富國中     | 圓富國中     | C    | 23   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 第 62 屆中小學科學博覽會     | A、B、C | 2022/08/11-2022/08/14 | 新北市教育局/臺灣科學教育館    | 臺灣科學教育館  | A    | 700  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 行動化學車              | A、C   | 2022/08/23-2022/08/23 | 淡江科教中心/花蓮鳳林國中     | 鳳林國中     | D    | 160  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 行動化學車              | A、C   | 2022/08/24-2022/08/24 | 淡江科教中心/花蓮光復國中     | 光復國中     | D    | 15   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 行動化學車              | A、C   | 2022/08/25-2022/08/25 | 淡江科教中心/花蓮瑞穗國中     | 瑞穗國中     | D    | 70   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 化學車+相揪虎趣校園職安扎根活動   | A、B、C | 2022/09/14-2022/09/14 | 桃園市勞檢處/淡江科教中心     | 治平高中     | A    | 260  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 化學車+相揪虎趣校園職安扎根活動   | A、B、C | 2022/09/21-2022/09/21 | 桃園市勞檢處/淡江科教中心     | 大溪國中     | A    | 270  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 新北市 111 學年度科普教育遊樂趣 | A、C   | 2022/09/24-2022/09/24 | 新北市教育局/石尚企業       | 新莊國小     | A    | 200  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 行動化學車              | A、C   | 2022/09/26-2022/09/26 | 淡江科教中心/新北烏來國中小    | 烏來國中小    | A    | 28   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 台灣光子源 Open House   | A、B、C | 2022/10/01-2022/10/01 | 國家同步輻射研究中心/淡江科教中心 | 同步輻射研究中心 | A    | 450  | 原子能科技學術合作研究計畫 |

| 活動名稱             | 利用方式  | 舉辦日期(起)(迄)            | 主/協辦單位          | 舉辦地點   | 舉辦區域 | 參與人數 | 成果歸屬          |
|------------------|-------|-----------------------|-----------------|--------|------|------|---------------|
| 行動化學車            | A、C   | 2022/10/12-2022/10/12 | 淡江科教中心/南投水里國小   | 水里國小   | B    | 37   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 行動化學車            | A、C   | 2022/10/13-2022/10/13 | 淡江科教中心/南投信義國中   | 信義國中   | B    | 67   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 跑跑分析車            | A、C   | 2022/10/14-2022/10/14 | 淡江科教中心/苗栗國立苑裡高中 | 國立苑裡高中 | B    | 35   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 化學車+相揪虎趣校園職安扎根活動 | A、B、C | 2022/10/18-2022/10/18 | 桃園市勞檢處/淡江科教中心   | 龍潭國中   | A    | 505  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 化學車+相揪虎趣校園職安扎根活動 | A、B、C | 2022/10/19-2022/10/19 | 桃園市勞檢處/淡江科教中心   | 桃園國中   | A    | 370  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 臺灣科普環島列車活動       | A、B、C | 2022/10/24-2022/10/24 | 國科會/淡江科教中心      | 板橋車站   | A    | 500  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 行動化學車            | A、C   | 2022/10/27-2022/10/27 | 淡江科教中心/彰化草湖國中   | 草湖國中   | B    | 160  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 行動化學車            | A、C   | 2022/10/28-2022/10/28 | 淡江科教中心/彰化芳苑國中   | 芳苑國中   | B    | 136  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 跑跑分析車            | A、C   | 2022/11/03-2022/11/03 | 淡江科教中心/新竹香山高中   | 香山高中   | A    | 40   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 臺灣科學節            | A、B、C | 2022/11/05-2022/11/06 | 教育部+國科會/科工館     | 科工館    | C    | 400  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 臺灣科學節            | A、B、C | 2022/11/12-2022/11/13 | 教育部+國科會/科工館     | 科工館    | C    | 300  | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 行動化學車            | A、C   | 2022/11/16-2022/11/16 | 淡江科教中心/高雄大洲國中   | 大洲國中   | C    | 38   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 行動化學車            | A、C   | 2022/11/17-2022/11/17 | 淡江科教中心/高雄溪埔國中   | 溪埔國中   | C    | 52   | 原子能科技學術合作研究計畫 |

| 活動名稱           | 利用方式 | 舉辦日期(起)(迄)            | 主/協辦單位               | 舉辦地點      | 舉辦區域 | 參與人數   | 成果歸屬          |
|----------------|------|-----------------------|----------------------|-----------|------|--------|---------------|
| 行動化學車          | A、C  | 2022/11/18-2022/11/18 | 淡江科教中心/高雄大社國中        | 大社國中      | C    | 138    | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 行動化學車          | A、C  | 2022/11/22-2022/11/22 | 淡江科教中心/新北石門實驗中學      | 石門實驗中學    | A    | 108    | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 跑跑分析車          | A、C  | 2022/11/25-2022/11/25 | 淡江科教中心/新北三重高中        | 三重高中      | A    | 32     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 行動化學車          | A、C  | 2022/12/06-2022/12/06 | 淡江科教中心/雲林口湖國中        | 口湖國中      | C    | 42     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 行動化學車          | A、C  | 2022/12/07-2022/12/07 | 淡江科教中心/雲林宜梧國中        | 宜梧國中      | C    | 74     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 行動化學車          | A、C  | 2022/12/08-2022/12/08 | 淡江科教中心/雲林虎尾國中        | 虎尾國中      | C    | 85     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 行動化學車          | A、C  | 2022/12/13-2022/12/13 | 淡江科教中心/臺南學甲國中        | 學甲國中      | C    | 150    | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 行動化學車          | A、C  | 2022/12/14-2022/12/14 | 淡江科教中心/臺南麻豆國中        | 麻豆國中      | C    | 102    | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 行動化學車          | A、C  | 2022/12/15-2022/12/15 | 淡江科教中心/臺南佳興國中        | 佳興國中      | C    | 65     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 行動化學車          | A、C  | 2022/12/20-2022/12/20 | 淡江科教中心/臺南楠西國中        | 楠西國中      | C    | 60     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 跑跑分析車          | A、C  | 2022/12/21-2022/12/21 | 淡江科教中心/臺南建興國中        | 建興國中      | C    | 31     | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 古物揭密—文物科學鑑識在故宮 | A    | 2022/07/01-2023/01/01 | 國立故宮博物院、文化部文化資產局共同主辦 | 文化部文化資產園區 | B    | 15,000 | 原子能科技學術合作研究計畫 |

| 活動名稱                | 利用方式 | 舉辦日期(起)(迄)            | 主/協辦單位     | 舉辦地點                      | 舉辦區域 | 參與人數  | 成果歸屬          |
|---------------------|------|-----------------------|------------|---------------------------|------|-------|---------------|
| 環境輻射知多少             | A    | 2022/09/23            | 國立臺北護理健康大學 | 天主教道明高級中學                 | C    | 108   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 環境輻射知多少             | A    | 2022/10/14            | 國立臺北護理健康大學 | 國立臺南高級商業職業學校              | C    | 36    | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 環境輻射知多少             | A    | 2022/10/21            | 國立臺北護理健康大學 | 臺北市私立育達高級中等學校             | A    | 60    | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 環境輻射知多少             | A    | 2022/11/01            | 國立臺北護理健康大學 | 新北市立新莊高級中學                | A    | 38    | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 環境輻射知多少             | A    | 2022/11/03            | 國立臺北護理健康大學 | 高雄市立左營國民中學                | C    | 104   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 環境輻射知多少             | A    | 2022/11/18            | 國立臺北護理健康大學 | 臺北市立復興高級中學                | A    | 35    | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 環境輻射知多少             | A    | 2022/12/03            | 國立臺北護理健康大學 | 桃園城市科學園遊會<br>科學教育暨資優教育嘉年華 | A    | 150   | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 環境輻射知多少             | A    | 2022/10/01-2022/12/20 | 國立臺北護理健康大學 | 國立臺北護理健康大學                | A    | 80    | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 環境輻射知多少             | A    | 2022/10/01-2022/12/20 | 國立臺北護理健康大學 | 康寧大學                      | A    | 20    | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 環境輻射知多少             | A    | 2022/10/01-2022/12/20 | 國立臺北護理健康大學 | 長庚大學                      | A    | 35    | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 「原子總動員 科技樂無限」       | A    | 2022/02/25-2022/02/28 | 原能會        | 台北華山文創園區                  | B    | 6,162 | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 「原子 GO 探險趣」         | A    | 2022/07/15-2022/07/18 | 原能會        | 台北華山文創園區                  | A    | 7,199 | 原子能科技學術合作研究計畫 |
| 「原子 GO 探險趣 量子就在生活中」 | A    | 2022/12/10-2022/12/11 | 原能會、中山大學   | 高雄文化中心                    | C    | 4,166 | 原子能科技學術合作研究計畫 |

註：利用型式分成 A 展覽、會議活動、說明會；B 新聞、廣告、廣播、電影、電視、網路；C 手冊、傳單、文章；舉辦區域分成 A 北部、B 中部、C 南部、D 東部