



行政院原子能委員會

核能研究所

Institute of Nuclear Energy Research
Atomic Energy Council, Executive Yuan

2014 **103年年報**
Annual Report

行政院原子能委員會核能研究所 編印

中華民國104年6月出版



行政院原子能委員會 核能研究所

103年年報

2014 Annual Report



目 錄

一、序言	4
二、人力與經費	6
三、重要大事報導	8
四、研發專題報導	15
4-1 核能安全科技研究引言及展望	16
4-1-1 核電營運安全領域關鍵技術發展綱要計畫	16
4-1-2 核電能源系統生命週期之放射性廢棄物管理技術發展與應用	22
4-1-3 依法執行核設施清理作業	29
4-2 環境與能源科技研究引言及展望	32
4-2-1 電漿在綠色節能環境之開發與應用	34
4-2-2 太陽光電技術發展與應用	38
4-2-3 高效率固態氧化物燃料電池技術開發暨產業化平台建構	43
4-2-4 碳基能源永續潔淨利用技術發展	49
4-2-5 自主式分散型區域電力控管技術發展與應用	53
4-2-6 纖維酒精產業推廣平台及加值化生質精煉技術之研發	57
4-2-7 我國能源科技及產業政策評估能力建置	61
4-2-8 風能系統工程技術開發與研究	65
4-3 輻射應用科技研究引言及展望	67
4-3-1 核子醫藥及醫材與儀器之應用研究	69
4-3-2 放射奈米癌症診療及其他應用技術之發展	77
4-3-3 本土好發性疾病輻射應用及分子影像技術平台	81
4-3-4 銻-188 MN-16ET/ 利比多肝癌治療新藥之開發與應用研究	84
4-3-5 次世代醫用 3D 放射造影儀技術開發及應用	89
五、榮譽報導及 103 年獲得之專利	92

壹、序言

潔能減碳、綠能崛起

—不局限於核能的「核能研究所」

核能研究所成立於民國 57 年，承繼著我國研究核能安全、核設施除役、放射性廢棄物處理與處置等科技應用，以及發展核醫藥物造福民生福祉的歷史任務，至今已屆 46 年，達成了確保國家能源安全、環境保護及國民健康之階段性研發目標。近年來積極配合國家能源政策—「確保核安、穩健減核」、「打造綠能環境」及「逐步邁向非核家園」，我們除了致力於原子能相關技術領域外，亦積極投入新能源、再生能源與節能減碳等領域之綠能研發，並參與能源經濟政策研究，相關成果獲國家及民眾肯定。

我們配合政府組織改造之規劃，即將轉型改隸「經濟及能源部」，並更名為「能源研究所」，持續協助落實我國能源政策。轉型改隸對我們是新的起跑點、新的任務和使命，更要發揮智慧不斷精進專業能力，以創新、務實與熱誠服務的工作態度，精益求精，使我們成為具公信力與競爭力，受民眾肯定，員工引以為傲且水準與世界同步之研發機構。

我們在全體同仁共同努力之下，除致力於核能相關技術研發與應用外，在新能源、再生能源及輻射應用領域之研發成果與產業應用成效大幅提升，茲略舉 103 年之具體成效如下：

在 2014 台北國際發明暨技術交易展成果豐碩，獲得 5 金 6 銀 2 銅共計 13 面獎牌。於參展期間並與 7 家廠商簽訂「技術授權與合作開發」及「合作意願書與共同研究合約書」，充分展現研究機構支撐產業發展之努力。更在美國匹茲堡國際發明展獲得 1 項「金牌獎」，瑞士日內瓦國際發明展獲得 1 項「銀牌獎」，德國紐倫堡 IENA 國際發明展各獲得 1 項「金牌獎」及 1 項「銅牌獎」。

另有二項核醫藥物研發，分別榮獲國家新創獎及卓越貢獻獎：「銻-188 MN-16ET/ 利比多新肝

癌治療用核醫藥物之開發」獲社團法人國家生技醫療產業策進會頒給「第十一屆國家新創獎」。放射奈米癌症診療及其他應用技術之發展，績效卓著，於 2014 台灣奈米科技展獲頒「卓越貢獻獎」。

在核能安全科技研發方面：完成國內核能電廠複合式災害風險分析、地震與海嘯複合式災害情境矩陣分析及地震新事證定量



風險評估等，使得運轉中核能電廠得以確認運轉安全並持續運轉。另完成地震風險模型之重新計算與量化，提升設備之耐震效益評估，做為核電廠安全改善決策制訂的基礎，降低地震與海嘯對核能電廠的威脅，確保民眾安全。

在環境與綠能科技研發方面：我們完成第二代 150 kW 風力機系統組裝、測試與運轉啟用，整體效率可達 38%，與國際間百 kW 級風力機組相當。此系統為自行設計與製造，並且符合國際電工委員會 IEC 61400-1 Class-IA 之規範，已與國內廠商接洽技術移轉，實現國內中小型風機設計與系統整合技術能力，可降低我國二氧化碳排放，並奠定大型離岸風機技術發展之基礎。我們的微電網系統整合試驗場已與台電公司饋線併接，進行先進配電自動化整合控制測試，完成 50 kW 負載調控、虛功率及功因補償等功能展示，為國內首座可接受台電調度之微電網系統，為擴大再生能源應用及產業關鍵組件測試平台奠定基礎。我們開發的彩色節能奈米薄膜，以獨特電弧式電漿鍍膜技術鍍製高階隔熱膜並通過驗證，可在夏日隔熱節省冷氣用電，具有設備結構單純及原料充裕價廉之優點。已有國內廠商先期參與，預期將促成國內節能膜廠商轉型升級。

在輻射應用科技研發方面：本所核醫製藥中心通過衛生福利部 PIC/S GMP 符合性評鑑，以最嚴謹的製藥規範提供國人國際級高品質藥品，促進國人健康。我們開發完成國內首例醫用 Cone-Beam CT (CBCT) 影像重建軟體，利用頭顱 3D 造影數據進行驗證測試，運算時間短，並維持其影像高解析度，為國內第一套達牙科 CT 商用水準之軟體技術。目前市售牙科 CT 軟體全為國外進口，運用此研發成果，國內廠商可免於國外授權費箝制，增加台灣商品之競爭力，並提升民眾口腔醫療品質。

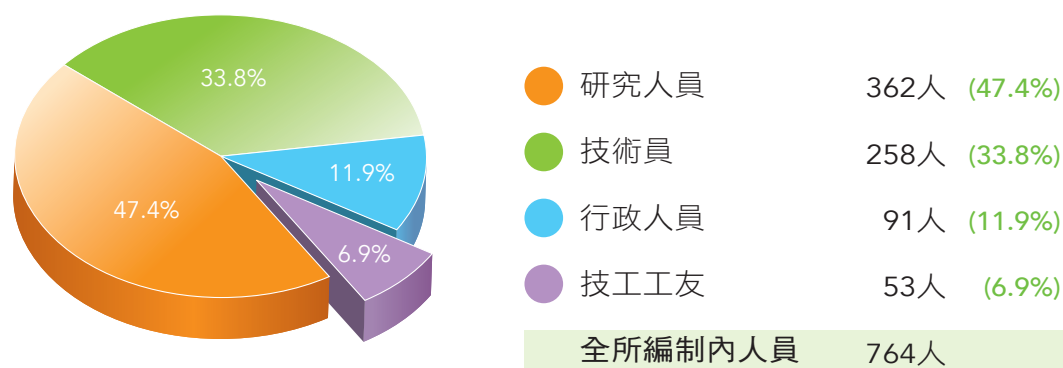
另在國際合作方面：本所與美國阿崗國家實驗室 (Argonne National Laboratory) 簽署科技合作備忘錄，雙方合作的範圍包括環境、永續能源、核醫藥物、放射性廢棄物管理，以及相關之材料研究等領域。又本所與波蘭煤化學處理研究所 (Institute of Chemical Processing of Coal) 簽署科技合作備忘錄，雙方合作的範圍包括石化燃料、生質能源、再生能源及固態廢棄物等能源之熱轉換處理、應用與管理。

我們全方位考量國家需求與配合政府政策方向，具體落實在堅實的系統整合研發經驗，我們已累積相當之能源技術能力與能源策略研析經驗。改隸後之能源研究所，更將以能源經濟之政策研究，導引科技之發展方向，並落實於產業經濟與民生福祉，共同再為「針對國家的能源安全、環境保護、國民健康，成為能夠提供完整的策略與技術解決方案之研發機構」的願景而努力。

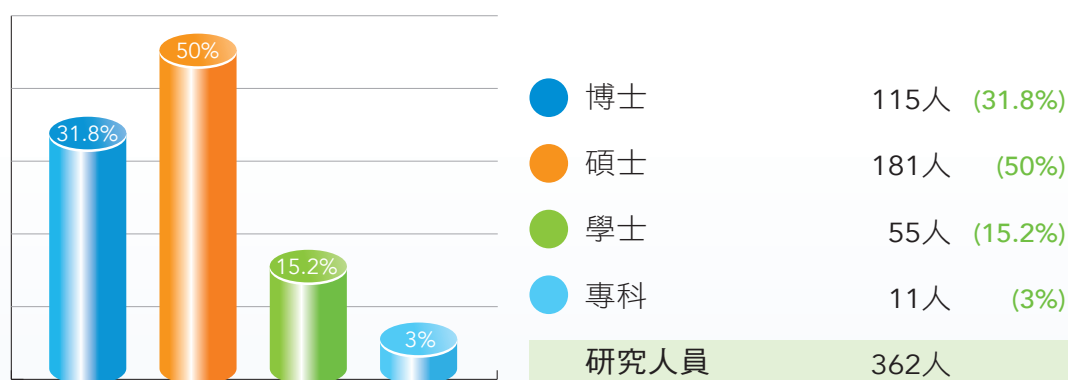
貳、人力與經費

(資料時間：103年12月)

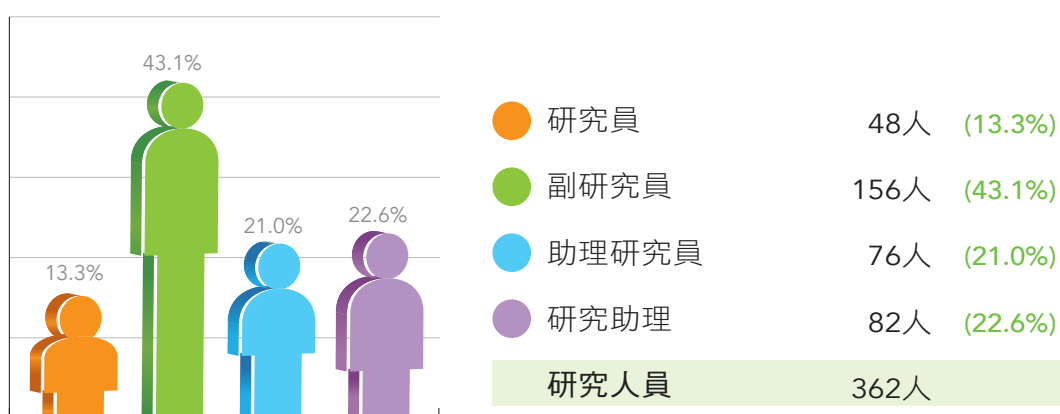
103年度 核研所編制人力分配圖



103年度 研究人員學歷統計圖



103年度 研究人員職稱分類統計圖



103年度 經費支出概況

單位：千元

項次	決算數	百分比
一般行政	1,218,711	56.64%
核能科技計畫管考、設施運轉維護及安全	106,905	4.97%
核能科技研發計畫	688,070	31.98%
推廣核能技術應用	137,970	6.41%
合計	2,151,656	100.00%

參、重要大事報導

Events of the Year



3-1 能源資訊平台之建置

葛復光

一、前言

為因應全球能源議題多元化，且各項新能源及減碳技術蓬勃發展，本所能源經濟及策略研究中心（以下簡稱本中心）於 103 年建立「能源資訊平台」（以下簡稱本平台）；提供能源相關之多面向資訊並彙整本所能源技術、經濟及策略等研究成果，作為能源資訊分享、研發成果宣傳及推廣之重要平台。

二、成果

本平台有別於國內現有之能源領域相關網站，係以能經策略研究為核心，並提供多面向、多技術類型之多型態資訊；內容包含經濟、技術、環境、政策…等多面向資訊，並蒐集彙整國內外相關重要報告及數據，有效降低資訊蒐集之時間成本。本所同時與第二期能源國家型科技計畫 (NEP-II) 合作，預計 104 年將雙方網站相互連結，達成跨團隊、跨領域資訊共享之效益。

本平台內容涵蓋數個面向，分別概述如下。(1) 圖說能源：以圖表代替生硬的統計數據，達成數據可視化之效益；目前整理 18 項能經常用指標，定期更新圖表及探討數據意涵。(2) 能源簡析：針對熱門的能源議題或國際重要能源相關報告進行簡要之評析，可快速瞭解目前能源發展趨勢；目前累計有 45 篇，每月至少更新 1 篇。(3) 研究報告：彙整核研所之能源相關的技術、經濟或策略等研究成果，目前累計約 950 篇，每年至少更新 40 篇。(4) 參考資料：彙整國內外能源研究單位之重要研究報告，做為能源研究與決策之參考；目前累計約 1,600 篇，每季至少更新 120 篇。(5) 常用網站連結：將能源相關之常用數據庫及國內外重要報告連結彙整，並加註說明該網站之常用資訊，以加強使用便利性及提升研究效率。

三、結語

本平台於 103 年完成建置後，並在年底對外開放試營運，目前瀏覽人次持續成長中，並有國內相關網站主動轉貼本平台資訊，預計 104 年 3 月本平台正式營運。此外，為了強化與各界的聯繫並促進多方共識形成的可能，本中心透過能源資訊平台逐步對外釋出相關的研究成果與策略建議；在與一般民眾、產業、非政府組織的溝通過程中（焦點團體會議），各界均肯定其參考價值。目前除積極向專家學者邀稿，使本平台更具多元性、客觀性及中立性；未來將新增能源相關新聞連結、分享至社群網站等功能，使能經訊息傳遞更加快速及便利。其次，將持續追蹤使用者關切的議題，並適時更新，使本平台能成為良好的資訊溝通平台，供國內產、官、學、研及非政府組織各界進行能源相關議題研究參考，達到跨領域、跨團隊資源共享之目的。



能源資訊平台網址：<http://eip.iner.gov.tw/>

▲能源資訊平台

3-2 高效率固態氧化物燃料電池技術開發暨產業化平台建構

李瑞益

103 年 SOFC 計畫之主要成果列示如下：

SOFC 單元電池製造技術移轉：於 103 年一月與九豪精密陶瓷公司簽訂「固態氧化物燃料電池陶瓷基板支撐型單元電池製作技術」授權案。經由雙方密集討論及縝密測試，已將單元電池製造之核心技術成功轉移至本土廠家，並能生產性能優良之 SOFC 電池元件。

連接板鍍膜技術：與漢泰科技公司合作開發以大氣電漿噴塗法披覆 SOFC 連接板 LSM 保護膜製程。藉由此製程，可快速獲致高品質、低電阻之保護膜。

SOFC 系統合作開發案：完成本所與中鋼公司合作開發 kW 級 SOFC 發電系統，於中鋼公司成功

組裝、測試一套熱能自持式發電系統。藉由本合作案，中鋼公司擬再提昇 SOFC 發電系統功率，以做進一步應用。此外，亦與台灣中油公司綠能研究所進行另一 SOFC 發電系統合作案。另於 103 年九月與愛迪生國際能源股份有限公司簽訂 SOFC 發電系統先期參與計畫，預計於 104 年辦理 SOFC 發電系統技術授權事宜。

獲獎：參加 2014 台北國際發明暨技術交易展，獲得獎項包括：(1)【一種粉體收集化學反應器應用於胺基乙酸-硝酸鹽燃燒法製備奈米或次微米級的精密陶瓷粉體程序】獲金牌獎；(2)【一種用於固態氧化物燃料電池之雙層陽極-金屬基板結構及其製作方法】獲銀牌獎；(3)【燃料電池用平板型重組器】獲銅牌獎。

3-3 「銻 -188 微脂體」放射性治療腫瘤藥物獲衛福部通過 Phase I 人體臨床試驗

邱淑珮、張志賢

行政院原子能委員會核能研究所開發放射性治療腫瘤新藥「銻 -188 微脂體」，將應用於治療轉移型和晚期癌症病患，已通過衛福部審查，獲准進行 Phase I 人體臨床試驗，並獲台北榮民總醫院人體試驗委員會核准，開始執行臨床試驗。此臨床試驗目的在於評估藥物在體內安全性、耐受性及初步療效等資訊，以使民眾獲得最佳的治療藥物。

核研所開發放射性治療腫瘤新藥「銻 -188 微脂體」，以微脂體為載體，依據奈米藥物的特性，此藥物可延長在血液之半衰期，且因腫瘤細胞快速生長，靠著血管新生吸收人體養分，使其快速生長；然而在血管新生過程中，因血管發育不全，產生許多漏洞，其大小約微米左右，此放射奈米藥物藉著在體內血液循環過程，就會穿過漏洞，並滯留在腫瘤細胞血管新生附近，使藥物專一性的累積在腫瘤組織內，進而達到治療效果。本藥物是將銻 -188 同位素包埋於其中，銻 -188 可放射出伽馬射線與貝他射線，故同時具備造影診斷功能及做為放射性標靶治療腫瘤之功能。

核研所「銻 -188 微脂體」藥物研發團隊正積極推動 Phase I 臨床試驗，期望此放射性治療腫瘤藥物，能達到滿足社會民眾健康需求，對國人醫療照顧有所貢獻，達成原子能在民生應用目標。



▲放射性治療腫瘤藥物－「核研銻 -188 微脂體注射劑」

3-4 十年磨一劍！纖維酒精技術開啓生物經濟產業的時代

黃文松

生物經濟 (Bio-economy) 是利用生物技術和生物資源，發展成產品所衍生的經濟活動，已被視為繼資訊經濟後全球最重要的經濟產業發展方向；而且，有別於農業領域的綠色生技及醫藥為主的紅色生技，又以工業與能源領域為主的白色生技最為受到矚目。其中，因應能源供給多元化、能源安全、降低溫室氣體排放、活絡農村經濟及增加就業機會等需求，生質燃料已成為現階段開創生物經濟產業的首要推手。

目前全球至少有 64 個國家制定運輸用生質燃料的政策，其中又以生質酒精為使用最為普遍的生質燃料。與玉米酒精、蔗糖酒精相較，生質酒精若以稻稈、蔗渣、廢木片、狼尾草等纖維料源為生產原料，已被證實具有不與人爭糧及低碳足跡的優點，因此被稱為第二代生質酒精。但由於其生產製程中需要纖維解聚、糖化及高效率發酵菌株等關鍵技術，皆為挑戰性高的研究工作，且大規模收集、運輸纖維原料的成本與建廠費用亦有待降低；因此，這幾年來各國一直持續投入研發，期望突破技術瓶頸，使纖維酒精技術能夠展現產業化的效益。

核研所為配合政府發展生質燃料政策，自 94 年起致力於纖維酒精技術的研發；期間除了建立國內首座且唯一的日進料 1 噸纖維酒精測試廠，可驗證製程技術於量產規模的適用性外，並整合國內產學研的研發能量，建立了獨步亞洲的關鍵技術。同時核研所也提出「共構設廠」的營運模式推動產業化發展，於有大量纖維廢棄物產生的既有工廠旁，建構纖維酒精廠；藉此規畫，不但可藉由共用蒸汽、水電等廠務設施降低初期的建廠投資金額，也可以透過此共構的設計理念，使原料供應來源與纖維酒精廠的位置非常接近，進而大幅降低纖維原料的集運成本。有鑒於此，核研所自行開發的纖維酒精技術遂受到馬來西亞合板公司的青睞，促成該公司於 103 年與核研所簽訂技術授權案，簽約金額上看數千萬元，預計 3 到 5 年內建廠，屆時將成為亞洲第一間先進生質燃料商轉廠。此案無疑地證明核研所長期開發的纖維酒精技術確實具有商轉應用的水準，不僅能藉由技術輸出的方式增加經濟產值，未來若能在國內商業化生產，除了能使台灣具備自主生產替代燃料的能力，也同時能夠帶動後續衍生的經濟和社會效益。

由上述可知，核研所纖維酒精技術即將實現產業化的目標，也開啟了能源生技產業的新紀元。然而，纖維酒精關鍵技術的應用範疇不僅僅如此，由纖維解聚產生的糖份，也能利用不同的發酵菌株轉換為生質塑膠、生質化學品的原料；例如，乳酸菌所生產的乳酸，即可聚合生產一種包材常用的聚酯類塑膠 - 聚乳酸 (PLA)。因此，後續纖維酒精相關的核心技術的應用層面可從能源領域進一步拓展至工業領域，其未來潛力相信將大有可為。

3-5 電漿鍍膜在智慧節能生活

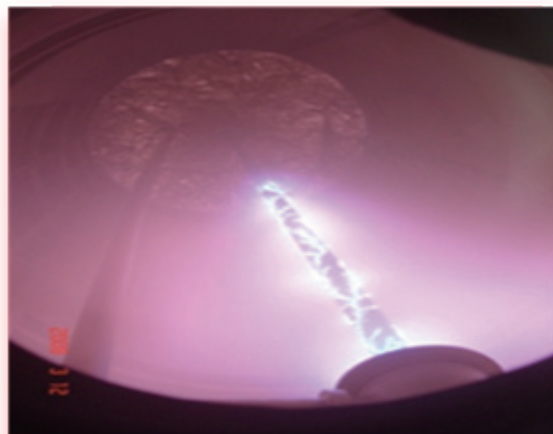
詹德均

核能研究所擁有逾 20 年以上之電漿技術研究開發與應用經驗，已累積有深厚的工業電漿技術與能力，在國內具獨特性，為國家重要資產。現階段核研所以多年累積的電漿核心技術為基本，將已成熟的應用技術搭配市場需求，進行關鍵性節能環保產品及相關可產業化製程系統開發，期望能達成自主創新開發的新典範。研發成果不但符合國家節能減碳訴求，並可幫助我國綠色經濟新興產業及早進軍國際市場，促進產業投資及創造就業機會；同時亦發揮原子能科技民生應用，並回饋社會國家的功效。本 (103) 年重要研發成果如下：

一、創新的節能膜電弧式電漿鍍膜技術

本所採用獨特電弧式電漿鍍膜技術 (圖 1)，創新突破鍍製高階節能膜並通過驗證，在可見光透視大於 70% 情境下，紅外光熱反射大於 90%，且可調變色彩；此成果完全翻轉高門檻、高成本全球主力濺鍍技術，大幅降低成本至 1/10，為世界獨一無二。而且生產製程環保，能夠同時兼顧節能與環保。

本所的電弧式電漿製鍍節能膜技術整體從上游薄膜元件機制設計模擬、中游量產製程及系統設備整合開發、至下游成捲成品產出，一氣呵成，完全本土化，自立自主，突破濺鍍設備瓶頸及國外設備商的長期壟斷。目前已與國內最大隔熱膜生產廠商簽訂可撓式高階節能膜先期參與合作案，對核研所自主的電弧式電漿鍍膜技術推廣至高值化節能膜產業邁出一大步。



▲ 圖 1. 核研所的電弧式電漿技術

二、自主型太陽能電池結合電致變色元件

本所積極以自行開發的捲對捲式電漿製程技術，發展低成本整合型可撓式智慧節能薄膜元件，透過控制光及熱的進出量，減少空調及照明等設備的使用量，進行自動節能減碳，成為未來建築物節能的最佳方式。我們以核心電漿製程技術開發電致變色節能薄膜元件，完成自主型太陽能電池結合電致變色元件驅動驗證，藉由白光 LED 照射面積 100cm² 薄膜太陽能電池 (PV) 所產

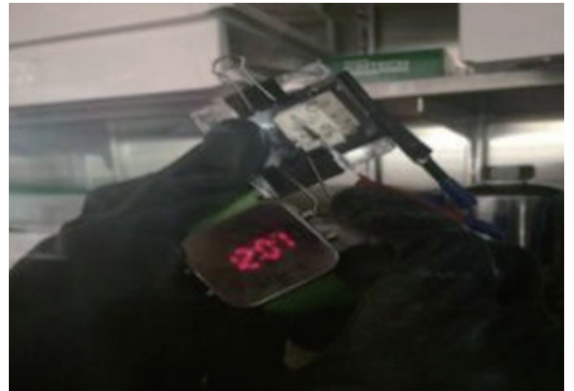


▲ 圖 2. 自主型太陽能電池結合電致變色元件獲得 2014 年台北國際發明展電子報推薦

生的環保電力驅動 25cm×25cm 可撓式電致變色元件，整體薄膜元件光學穿透度變化可達 45%。於 2014 年台北國際發明展獲得展前電子報的推薦（圖 2），提供發電、感測及節能一體化，且無需外加電源的智慧型電致變色節能窗於智慧節能家庭應用之解決方案，並與科技公司簽訂電致變色模組開發合作研究案，及與光電大廠簽訂電致變色模組技術服務案。

三、全固態薄膜鋰離子電池

本所研發出一種高安全性、體積小、輕、薄的全固態鋰離子電池，使用真空電漿濺鍍方法，以薄膜堆疊方式製作，將電池的陰極、固態電解質、陽極連續沉積在基板上，其薄膜總厚度不超過 10 微米，比一根頭髮還細。電容量達 300 μ Ah，經 120 次充放電迴圈後，電容量保持率 (Capacity retention) 為 85.7%。搭配本所開發成功的完整連續式多腔獨立式蒸 / 濺鍍電漿鍍膜設備，每個腔體獨立作業，不會產生相互汙染問題；並且可以使正、負極和固態電解質層都不會曝露在大氣環境下，減少各層間的氧化與變質，有效控制各層界面之間的電阻，增加全固態鋰離子電池製作的良率及其電化學特性，提升全固態鋰離子電池的放電電容量及循環壽命。而且以不鏽鋼片作為基板，具可撓性，容易融入積體電路或與穿戴式電子產品結合，並且具高電壓特性，可直接驅動 LED 燈、電子錶、電子手環等電子產品（圖 3）。該原型於 2014 年台北國際發明暨技術交易展展出。



▲ 圖 6. 核研所研發的全固態薄膜鋰離子電池成功驅動 LED 手錶

未來展望

電漿鍍膜在智慧節能生活應用技術開發已具成效。本 (103) 年接續前一年研發成果，進一步將個別輕薄可撓之節能元件一體化整合，如可撓式薄膜太陽電池與可撓式電致變色整合成一體，使前者電力直接驅動後者，具有智慧調節光穿透的功能；並將其優質性能以應用案例公開展示，尋求產業參與精進，朝實用節能產品開發。未來仍持續將元件作整合開發，使整體元件具有發電、儲電、調光和感測等多重功能，提供下世代可撓式 3C 和物聯網產品的應用利基，這些規畫均是未來綠色能源節能新產業發展的方向。

肆、研發專題報導

Current Major R&D Activities



4-1 核能安全科技研究引言及展望

高梓木

100 年日本發生 311 福島核子事故後，我國政府立即公布的「確保核安、穩健減核」的新能源政策；宣示既有核電廠不延役，核四廠必須確保安全才進行商轉。在本 (103) 年度內政府進一步宣布封存核四廠，以及面對核一廠用過核子燃料乾式貯存設施現階段仍無法啟用的困境；而能源供應存在價格考量及二氧化碳排放的競合問題，核能發電仍是現階段解決能源供應兩難問題的選項。本所為國內擁有完整涵蓋核能安全相關專業技術能力的研究機構，同時自主掌握特定核能技術，將持續配合政府政策，使我國核能發電更安全更有效益。

核能安全科技研究在本年度繼續發展建立核電生命週期應具備的各項專業技術，提供核安與輻安有效可信的技術支援與評估分析，以確保核能安全。本年度內本所並成立核後端中心，以厚植核能除役及處置的相關技術。本年度重要研發成果分為「核安管制技術研究」與「除役與清理」兩個方向分述於後：

- (一) 核安管制技術研究係以「核電營運安全領域關鍵技術發展綱要計畫」為主；包括核電廠安全維護研究、嚴重事故與複合式災難防治、以及核子事故之輻防與緊急處置措施研究。
- (二) 除役與清理包含兩項主要計畫：(1)「核電能源系統生命週期之放射性廢棄物管理技術發展與應用」計畫，係開發相關的關鍵技術與其應用，且藉由技術驗證確保未來在核能電廠除役應用的安全性與本土化技術。包括除役拆除廢棄物減量技術研究、特殊放射性廢液安定化處理技術研究、以及放射性廢棄物最終處置技術研發與應用。(2)「依法執行核設施清理作業」計畫，係以核設施除役與放射性廢棄物管理技術為基礎，執行核子反應器及相關設施清理；完成核子反應器附屬設施清理、放射性廢棄物減量處理及安全貯存等工作。

4-1-1 核電營運安全領域關鍵技術發展綱要計畫

高良書

一、緒言

自日本發生 311 福島核災以後，世界各國紛紛針對核電廠進行壓力測試，並檢討相關的核能政策。「核電營運安全領域關鍵技術發展綱要計畫」即是依據民國 100 年最新能源政策重大宣示與國家永續能源政策綱領所擬定，以期達到：(1) 維護核電廠在設計年限內之營運安全，確保自有能源供應的穩定性；(2) 強化核電廠設施的安全性與自我防禦能力，避免複合式核災的發生；(3) 研究核電廠斷然處置措施以避免核災，及核災之輻防應變措施以降低對環境的衝擊。

二、重要成果：

1. 核電廠安全維護研究

本分項計畫在核一、二、三廠現有設計年限內，藉由軟體分析技術提昇電廠的營運績效，以及硬體維護技術活化廠內重要組件及其功能，達到老化防治與工期縮短的效能，確保核電廠運轉安

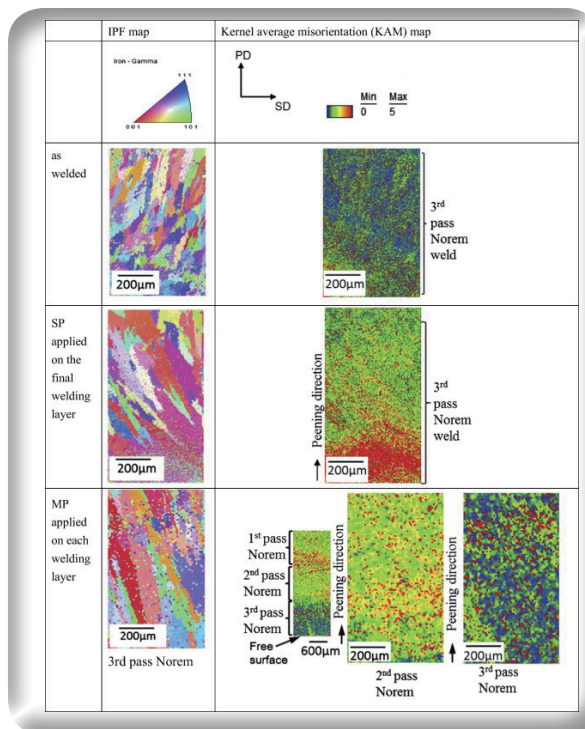
全及其供電之穩定性。核電廠安全維護研究在 103 年度重要研發成果分述如下：

(1) 開發核電廠中子與熱水流安全分析認證技術，累計至 103 年共有 39 本專題報告送原能會審查，其中 36 本已獲得 SER 認證，另 3 本仍在審查中。核電廠中子與熱水流安全分析技術在取得認證後，將更具適法性的應用在核電廠相關安全分析。目前經認證的分析技術大都可適用到核一、二、三廠的功率提昇案，以及正在執行的核電廠控制室適居案，對國內核電廠運轉安全提供進一步的保障。

(2) 開發組件老化防治與焊接修補技術，應用於銲道劣化防治，發現鎚擊可有效降銲接殘留應力，進而抑制裂紋發生。超音波顯微鏡系統具評估 CF8A 鑄造不銹鋼劣化程度之潛力，有助於材料老化程度檢測。

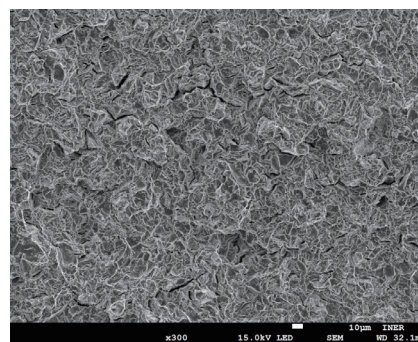
(3) 開發核子燃料貯存分析技術，以充氫銻合金試片模擬高燃耗燃料護套，掌握材料劣化機制與關鍵數據，可應用於用過核子燃料乾式貯存以及運送後續與處理之完整性評估。

氫含量 750 ppm 銻合金試片於 100°C 進行測試所呈現之破斷面 ▶ Tomography of Zr specimen (750 ppm hydrogen content) ruptured under test temperature at 100°C



▲ 材料劣化防治 - 單 / 多道次鎚擊 Norem 銲道之電子背反式繞射分析成果

EBSD IPF and Kernel average misorientation (KAM) maps of Norem welds subjected to SP and MP processes



(4) 開發反應器系統腐蝕抑低與水質控制技術，以流動加速腐蝕實驗，比較碳鋼與低合金鋼的抗腐蝕能力量化數據，並藉由化學模擬軟體，模擬核三廠二次側與核一、二廠之化學環境，幫助人員解讀及評估電廠化學數據。

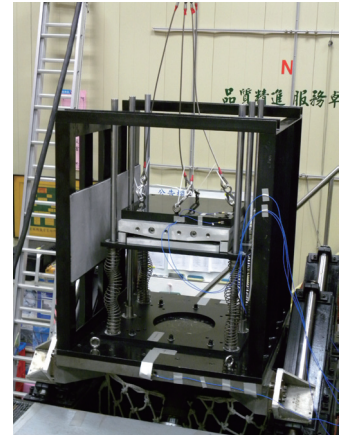
◀ 在原有環路外接高流速環路與循環泵之設備圖
Experiment equipment of bypass loop and circulation pump

2. 嚴重事故與複合式災難防治

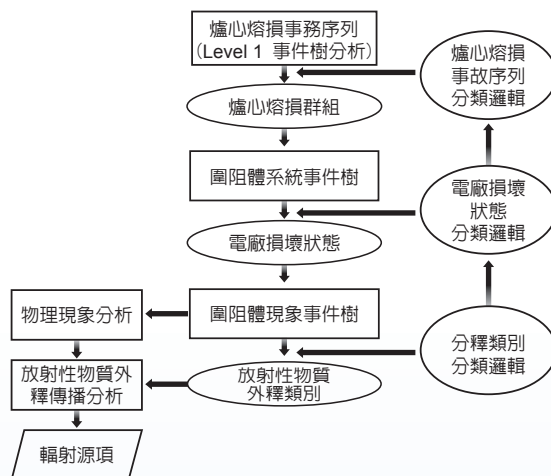
本分項計畫針對地震可能產生的風險，發展二階段安全度評估相關分析技術，同時補強現有核能電廠房硬體設施與配電盤抗震的功能，提昇嚴重事故與複合式災難自我防禦與預警功能，有效降低核災發生的機率。嚴重事故與複合式災難防治在 103 年度重要研發成果分述如下：

- (1) 配合核能級配電盤隔震需求，改良設計市售隔震器，以符合電廠規範要求。配電盤隔震器實際在本所地震測試平台測試結果顯示，加裝隔震平台可大幅降低配電盤在地震時所遭受的水平方向加速度，且隔震效果非常顯著。

隔震平台於地震測試平台模擬測試
Test of multi-roller bearing isolator



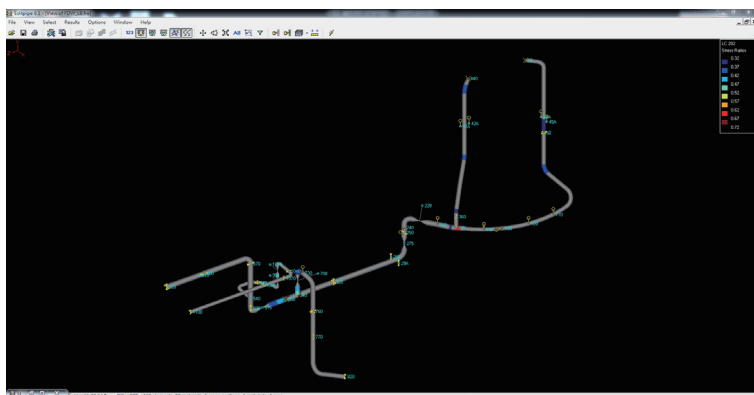
- (2) 福島核災事故顯示核電廠有必要強化廠外事件的安全度評估分析，適當將廠址周邊地理環境特性反映於 PRA 模式，方能掌握可能影響電廠安全的潛在天然或人為災害。二階 PRA 分析方法的精進為延伸一階分析範疇至圍阻體完整性分析與外釋輻射源項的量化評估，可讓電廠的風險圖譜更為完整，進一步深化核能電廠深度防禦的理念，並提供在嚴重事故情境下，更切實可行的安全決策與思維。



二階 PRA 分析內容與流程
The framework for Level-2 PRA

- (3) 為籌建機率式海嘯危害度能力，本計畫區分為地震震源研究、海嘯模擬技術研究、廠區影響及防海嘯設施研究等面向，在地震震源研究方面，完成「琉球海溝地震發生頻率研究及引致海嘯歷史資料彙整」，而海嘯模擬技術則產出「地震引致海嘯之模擬經驗資料彙整與分析案例」研究報告，並由委託成功大學完成「海嘯浪高波傳機率模型之建置研究(第一年)」、「海嘯波浪於廠區效應機率評估方法建置(第一年)」報告，防海嘯設施之研究亦提出「核電廠防海嘯牆設計案例研究」研究報告。

- (4) 核電廠安全相關廠房結構與重要組件耐震及補強技術分別針對廠房結構、反應爐內組件及管路耐震分析執行驗證與確認 (V&V) 之測試。本年度完成核電廠飼水管路評估，安全停機地震值 (SSE) 由 0.3g 提升至 0.4g 的分析，並發現其中有幾個管支撐架必須補強或變更設計，以符合 ASME 設計規範。支撐架經補強後，可確保核電廠日後的安全運轉。

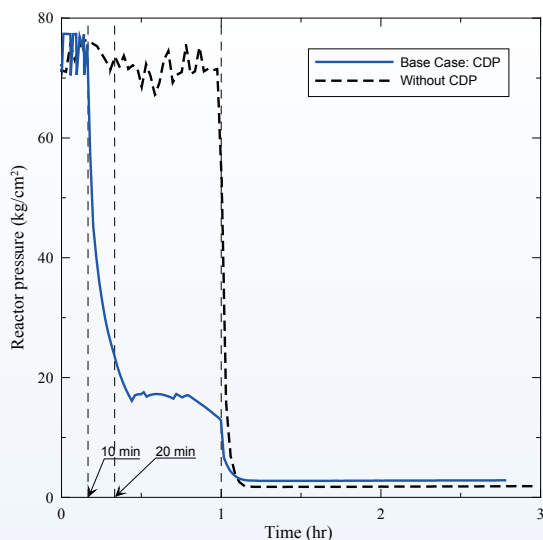


◀ 核能一級飼水管路分析結果
Stress Analysis Result for Class 1
Feedwater Piping

3. 核子事故之輻防與緊急處置措施研究

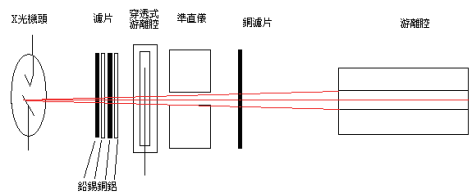
為強化國內可因應類似福島事故發生的應變能力，本分項計畫依據國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案總檢討報告，及廠內、廠外事故應變防護需求，執行嚴重核子事故分析技術、核設施輻射偵測儀器檢校技術精進、核事故應變之輻射防護預防措施與整備技術、輻射緊急事故後環境復育技術等研究。核子事故之輻防與緊急處置措施研究在 103 年度重要研發成果分述如下：

- (1) 完成核一廠 URG 與相關程序書 (EOP、SAMG、EDMG) 整合研究、建立核一廠 MAAP5 程式運跑斷然處置參數檔，以及完成利用 MAAP5 程式進行斷然處置案例分析與比較。此項分項計算不但針對目前核能電廠之斷然處置措施進行關鍵性措施量化分析，以及精進本所對於嚴重核子事故的評估能力與技術。

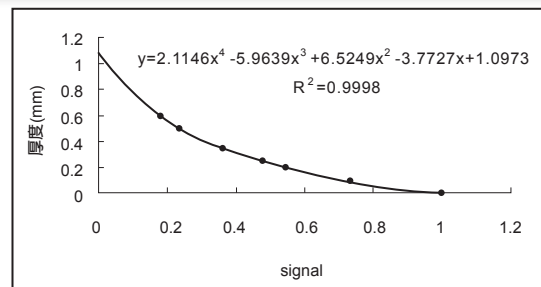


◀ 核一廠斷然處置基礎案例模擬壓力變化圖
RPV pressure-change chart during implementation
of URG for Chinshan NPP

(2) 因應核子事故之緊急應變，建置中能量 (320kV) 的 X 光劑量照射系統，並依據國際標準組織 (ISO) 所建議之 X- 射線射質，建立低能量劑量標準，提供事故現場環境輻射劑量的量測及輻射偵檢器之低能量劑量校正。依據 X- 射線能譜之解析度特性，共分為四種系列 X- 射線射質標準：低空氣克馬率系列射質 (LK)、窄能譜系列射質 (NS)、寬能譜系列射質 (WS)、高空氣克馬率系列射質 (HK)。所建立之 NS 及 WS 的部份射束標準皆符合 ISO4037-1 及美國 ANSI N13.11 規範的要求。

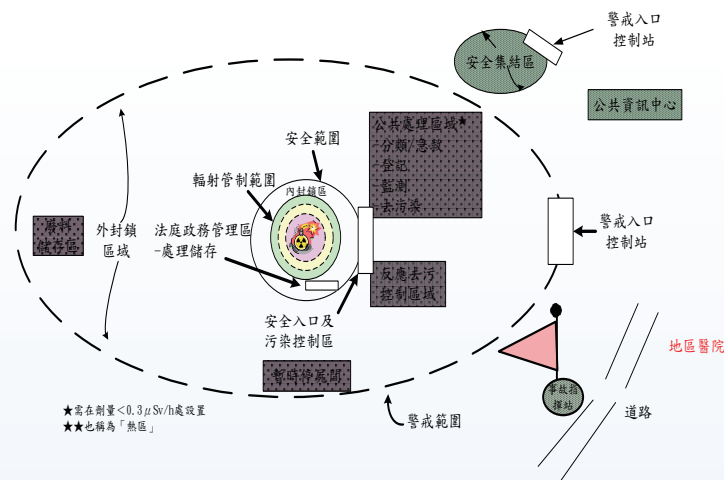


▲ 半值層厚度測定實驗圖
The thickness of HVL measurement



▲ INS 60 半值層厚度實驗
The thickness of HVL measurement
result for INS 60

(3) 以氣象資料庫形式，整合氣象三維風場預報模式 (HOTMAC)、雲團大氣擴散分析 (RAPTAD)、以及環境人員輻射劑量評估等運算系統，進行核子事故發生後未來 5 天之即時輻射劑量率與累積劑量評估，提供給緊急應變決策者之重要決策資訊參考。研擬輻射緊急事件的應變處理基本概念、緊急應變人員之行動指引、應變輻射防護措施與劑量限值等指引，提供中央與地方政府負責第一線救災人員執行任務之指引，以確保人員之輻射安全。



▲ 通常反應引發事件初期的反應組織示意圖
Generic layout of the response facilities and locations
within areas established for a radiological emergency

(4) 參考國際上對於輻射意外事故的處理經驗，研擬民眾溝通的要訣、資訊的需求、長期復原防護行動的溝通等資訊，協助降低民眾在輻射意外事故中對輻射安全的疑慮。在建立受放射性污染土地與農地復育策略與技術研究方面，蒐集日本福島核事故後相關復育技術與經驗，完成「輻射緊急事故後環境復育實務經驗與技術建立」研究報告。

另外，日本福島核事故後，食品中放射性容許量標準之訂定一直是國人關注焦點，透過彙整分析國際主要先進組織或國家食品中放射性含量之標準，完成「各國食品中放射性容許量標準比較研究」報告，以供未來主管機關於制定或修正相關管制法規之參考。

(單位：貝克 / 公斤)

核種	食品種類	我國	CODEX	加拿大 ^b	歐盟	美國 ^a		日本		新加坡	香港
						舊	新	舊	新		
131I	乳品	55	100	100	500	55	170	300			
	嬰兒食品				150					100	100
	其他食品	300	100	1000	2000	300		2000		100	100
134+137Cs	乳品	370			370	370	1200	200	50		
	嬰兒食品							50		1000	1000
	其他食品	370			600	370		500	100	1000	1000
134Cs	乳品		1000	300							
	嬰兒食品			1000							
	其他食品		1000								
137Cs	乳品		1000	300							
	嬰兒食品			1000							
	其他食品		1000								
90Sr	乳品		100	30	125						
	嬰兒食品			100	75		160			100	100
	其他食品		100		750					100	100
89Sr	乳品		1000	300	125						
	嬰兒食品			1000	75					1000	1000
	其他食品		1000		750					1000	1000
106Ru	乳品		100	100	1000						
	嬰兒食品			300	400		450 ^c			100	100
	其他食品		100		1250					100	100
103Ru	乳品		1000	1000	1000						
	嬰兒食品			1000	400		6800 ^c			1000	1000
	其他食品		1000		1250					1000	1000
238Pu	乳品		1	1	20						
	嬰兒食品			1	1					1	1
	其他食品		10	10	80					10	10
239Pu	乳品		1	1	20						
	嬰兒食品			10	1					1	1
	其他食品		10		80					10	10
241Am	乳品		1	1	20						
	嬰兒食品			10	1					1	1
	其他食品		10		80					10	10
Pu+Am	所有食品						2				

a. 美國以總飲量來計算 (其中包含乳品、嬰兒食品與飲用水)
b. 加拿大其他食品中包含嬰兒食品
c. (103Ru 之濃度 / 6800) + (106Ru 之濃度 / 450) 應 < 1

各國食品中放射性容許量標準比較

A comparative study of national standards for allowable amount of radioactivity in foods

三、展望

國內運轉中的三座核能電廠，每年約提供台灣 18% 的電力需求，並符合低排放及低依賴之永續能源系統特性。在不限電、維持合理電價以及達成國際減碳承諾的原則下，台灣的核電是不可輕言廢除的。在此前提下，如何消弭民眾對核電安全的疑慮，即成為核能界急需面對的課題。現階段的措施即是發展關鍵技術以維護核電運轉的安全，防治設備老化與劣化；提昇電廠耐震力，防範複合式災難的發生；並開發核子事故處置措施與分析能力，這些可行方案也正是本計畫未來執行之目標。

4-1-2 核電能源系統生命週期之放射性廢棄物管理與

魏聰揚

核能相關使用者必須有經濟性的放射性廢棄物安定化程序方法，讓產生之廢棄物達到安全貯存或最終處置之目標。因此核能產業良好的廢棄物管理可增進核能使用安全，亦可消除大眾對廢棄物污染生活環境之疑慮。

本計畫之目標為透過管理本所既存核設施經驗，建立放射性廢棄物處理相關技術，以解決廢棄物安定化與安全貯存需求，並將相關技能應用於國內核能電廠運轉與除役時之廢棄物管理。本年度執行「除役拆除廢棄物減量技術研究」、「特殊放射性廢液安定化處理技術研究」及「放射性廢棄物最終處置技術研發與應用」等三個分項計畫。研發工作所獲致的成果已部分應用於本所放射性廢棄物管理，並圓滿達成本計畫之規劃總目標。

4-1-2-1 除役拆除廢棄物減量技術研究

喬凌寰

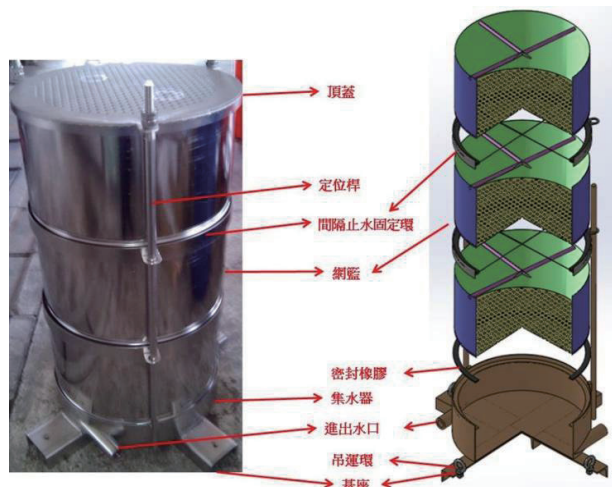
本計畫目標在建立核設施拆解及清理技術，期使因而產生之除役廢棄物減量。技術初期應用聚焦於本所研究用反應器設施清理，未來亦將投入國內核電廠除役作業。103 年完成同步定位與建圖技術於核設施除役工程之擴增實境應用研究，整合室內同步慣性定位定向與建圖技術，完成實作模擬；完成 TRR 燃料池水廠內輸送管路建置，增建 1 組吸附、凝集沉降與過濾單元，完成首批池水處理並輸送至液體廢棄物處理場；完成鈾粉安定化處理處理程序獲得主管機關同意核備及完成鈾粉安定化產物成分取樣進行化學分析；完成符合 ISO 國際品質規範之建物解除管制現場量測系統品質管制執行技術、程序及規範；完成地下庫高活度廢棄物遙控取出、整檢共 9 桶等。所獲各項成果，對後續技術研發與應用均有助益。

4-1-2-1-1 TRR 燃料池浸水式吸附單元淨化處理成效

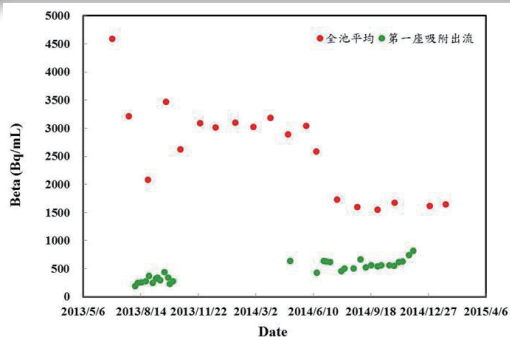
台灣研究用反應器 (TRR) 除役計畫的第一階段目標為燃料池的除役，從民國 100 年起至 103 年陸續建立吸附、凝集沉降與過濾等技術及操作單元。水中大部分的 ^{137}Cs 與 ^{90}Sr 等核種主要利用吸附單元去除。然而在除役技術開發時遭遇廠房空間狹隘的限制及使用後之廢淨化媒輻射强度高導致後續取出及包裝困難。藉由特殊設計的浸水式吸附單元不僅克服上述的詬難，更有效的移除水中大部分的放射性離子，此單元特性係可設置於水下，免除厚重的屏蔽裝備，以防護作業人員安全；裝置可輕易組合與拆裝，並和制式廢棄物盛裝容器尺寸相容，便於水下拆解、取出、包裝及裝桶貯存。

迄 103 年已設置兩座浸水式吸附單元於 TRR 燃料池內池水，第一座吸附單元在熱試車證實可處理 90% 以上的貝他核種後進行池內自主水質淨化，第二座吸附單元分別處理 41m^3 、 79m^3 與 80m^3 累計 200m^3 之池水符合本所放射性廢液處理場之接收標準。在未來水位逐漸降低後，該吸附單元可

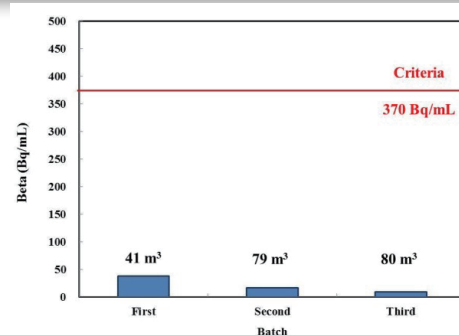
以因應水位高度逐步拆解降低，預計可以處理到水位剩餘 50cm 時，再改用岸上吸附單元來處理。因此，本浸水式吸附單元主要的優勢包含有效的空間利用、優越的 ^{137}Cs 與 ^{90}Sr 吸附移除特性、機構簡單拆裝容易及可因應水位調整等特性。



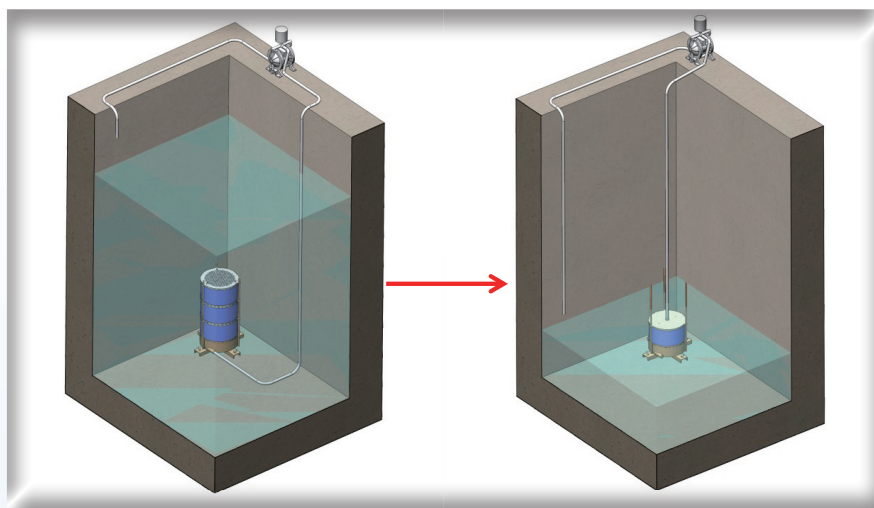
◀ 浸水式吸附單元



▲ 每月水質分析與第一座吸附單元出流水關係圖



▲ 每批次輸送液體場之水質分析



▲ 水下吸附單元改良前後的示意圖

4-1-2-1-3 高活度廢棄物遙控取出裝置建立與應用

本年度本所利用先前計畫已開發及測試之高活度廢棄物遙控取出裝置，繼續執行並完成 015D 地下庫內既存裸裝高活度乏燃料套管廢棄物之清理。總計年度內完成 015D 地下庫內既存裸裝高活度廢棄物之遙控取出整檢、再包裝 9 桶(計畫執行累計 12 桶)，並完成廢棄物包件之核種、活度分析，提高該類廢棄物之貯存安全。



▲ 地下裸裝高活度廢棄物之遙控抓取



▲ 裸裝高活度廢棄物之遙控裝桶

4-1-2-2 特殊放射性廢液安定化處理技術研究

鍾人傑

如何有效解決核設施例行運轉及核能民生用途所產生之放射性廢液，是一項非常重要且民眾所關心的議題，為符合愈來愈嚴格的法規管制要求，核能研究所不斷研發及精進各項技術，且實際應用於本所廢液處理廠，此開發完成的技術未來亦將推廣至國內外相關市場，有效解決不同來源與特性之放射性廢液問題。

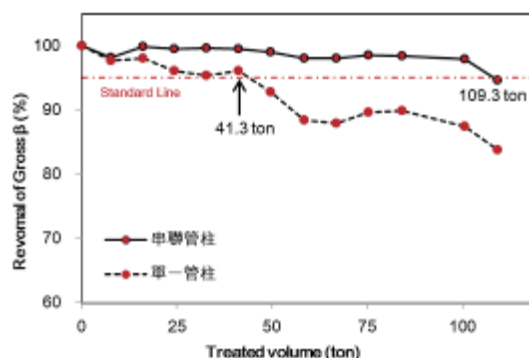
4-1-2-2-1 發展之無機吸附劑應用於本所放射性廢

本研究針對放射性廢水中總 β 活度(Gross β)、銻 90 (Sr-90) 及銇 137 (Cs-137) 核種之去除進行探討。於本所廢水處理廠內，透過無機吸附劑 (AC-Sr) 以試驗規模之吸附管柱系統(串聯式，各管柱皆填充 45 公斤 AC-Sr) 進行連續運轉試驗。原水各監測項目 Gross β 、Sr-90 及 Cs-137 最初活度分別為 0.613、0.279 及 0.178 Bq mL⁻¹，總有機物 (TOC) 濃度約為 110 ppm。

由串聯式管柱取得之放流水樣品，分別代表 12 及 24 分鐘(管柱 1 與管柱 2) 水力停留時間，以 Gross β 之分析結果，並參照含放射性核種之放流水標準可知，單一管柱(管柱 1) 約可承受 41.3 噸之連續運轉，而串聯管柱(管柱 1 串聯管柱 2) 則約可承受 109.3 噸之連續運轉。由此可知，延長水力停留時間及增加系統串聯之管柱數，皆為影響系統效能之重要參數，其可顯著提昇吸附系統於去除放射性核種與活度時之能力。



▲ 處理系統裝置

▲ 處理量與 Gross β 去除率關係圖

4-1-2-2-2 Mo-99 放射性廢液之處理

本計畫針對 Mo-99 放射性廢液之處理發展一套可行的處理程序，使能順利將含 Mo-99 無機硝酸廢液中之核種去除。將廢液從屏蔽桶取出後，先經酸鹼中和將 pH 調整到 10.0 左右，加入天然沸石（Natural Zeolite）吸附劑粉末吸附核種，再經兩道含 Cs-treat 及 Sr-treat 離子交換劑管柱去除 Cs-137 及 Sr-90 核種，將廢液內所含之 Cs-137 及 Sr-90 核種降低至人員無須防護即可接近程度，然後再進行硝酸根離子與汞離子去除，此程序具有安全及高效率之優點，進而可防止貯存桶槽經年累月受腐蝕損壞而造成意外洩漏等危害發生，及消除潛在環境污染威脅。

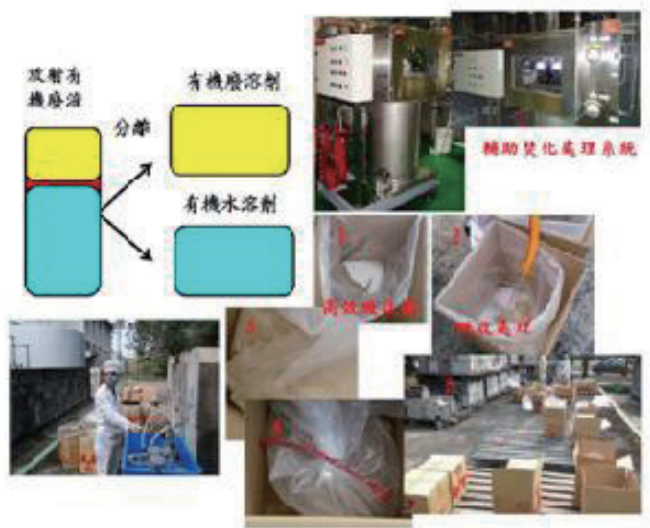


▲ Mo-99 廢液處理程序設備

4-1-2-2-3 放射性有機廢液處理

本所收集存放國內醫院及研究機構產生之低放射性有機廢液。此放射性有機廢液處理經研究擬採預先分離後再依其特質分別處理之策略。廢液經自然沉降分為有機層、水溶液層及底部膠泥層，有機層占總量 23%（未含氯成份），中間水溶液層占總量 75%（氯化鈉含有 0.7%），底部膠泥約占總量 2%（氯離子含有 0.94%）。有機層與底部膠泥層為可燃物擬採高溫氧化處理，水溶液層其總有機碳約 20000 ppm，可採取膠凝化後高溫氧化分解處理或濕式氧化處理法，由於所內有放射性固

體焚化爐，水溶液層廢液擬採膠凝化後高溫氧化分解處理，膠凝化之高分子吸收體每公斤可吸收 45 公斤水溶液，形成固態可燃物質且可高溫氧化分解，經處理測試 150 批次合計 2100 公斤低放射性有機水溶液，處理流程順暢且廢氣排放數值遠低於法規限值，符合法規廢氣排放標準。有機廢溶劑能與柴油互溶且熱值與柴油相近，經過濾後作為放射性固體焚化爐輔助燃料使用，完成 1000 公斤處理測試。



▲ 放射性有機廢液處理

4-1-2-3 放射性廢棄物最終處置技術研發與應用

張福麟

本計畫完成建立一套廢棄物桶整備之作業平台，並依據本所小產源低放射性廢棄物特性，規劃交運資料庫的表單系統，以符合規劃中之處置場廢棄物接收標準；亦建立廢棄物特性鑑定技術與改良現有核種分析技術，並發展防堵核種外釋措施以阻絕污染擴散之技術，以維護環境輻射安全，達到安全管理放射性廢棄物，維護環境生態品質及確保民眾健康，消除社會大眾對核電產生放射性廢棄物管理安全疑慮。

4-1-2-3-1 最終處置前廢棄物整備管理技術研究

本研究在進行小產源廢棄物整備作業平台的改善暨規劃廢棄物交運資料庫系統，以及完成本所小產源廢棄物整備作業平台暨雷射導引搬運車精進，暨送交處置場之交運資料庫系統規劃，以符合規劃中之處置場廢棄物接收標準；年度工作亦進行「放射性廢棄物最終處置民眾關心議題蒐集與分析」研究報告，以及邀請國內相關專家進行座談，提供施政參考依據。



▲ 「放射性廢棄物最終處置場接受度」調查研究座談會



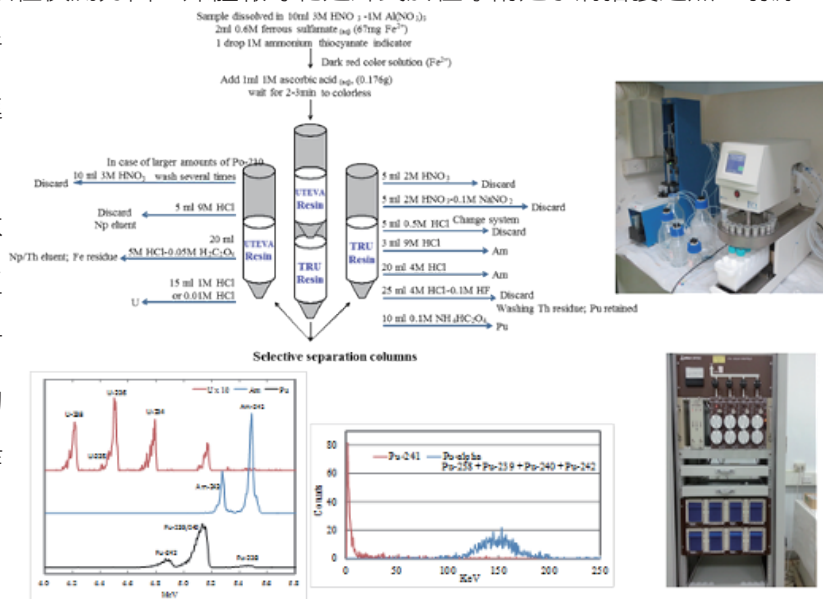
▲ 源項整備自動導引設備之精進

4-1-2-3-2 放射性廢棄物特性鑑定及核種活度分析技術

在廢棄物特性鑑定技術發展方面，完成發展以空氣壓縮機與減壓濃縮儀之樣品前處理技術，及自動化固相萃取 (SPE) 與阿伐能譜分析儀，精進難測核種之分離效果，依法執行 TRR 用過核子燃料池池水與液體處理廠之排放水內的鈾同位素與超鈾 (TRU；含 Pu、Am、Np) 元素分析。

對於接收輻射異常物進行核種偵測方面，媒體報導花蓮鄉民於住家附近水溝拾獲之無主射源，由原能會輻防處送至本所進行鑑定與分析。本年度合計共進行 67 批輻射異常物核種偵測。

此外，本所與日本東北大學量子科學與能源工程學系三村均教授實驗室簽署「高放射性廢棄物核種進行核轉換前的群分離技術開發與交流」合作協議書，雙方自 103 年 9 月 1 日起正式生效。



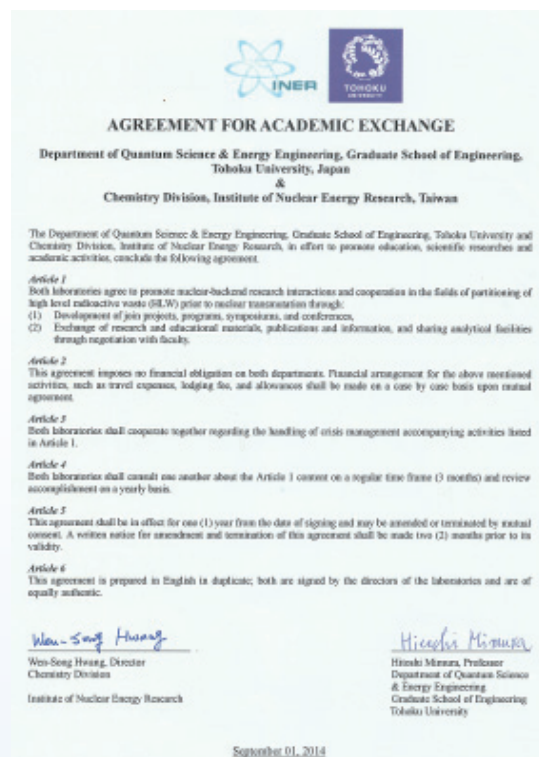
▲ 鈾 / 超鈾元素分離流程圖及 SPE 自動化與阿伐能譜分析儀



▲ 花蓮無主之鈷 -60 射源



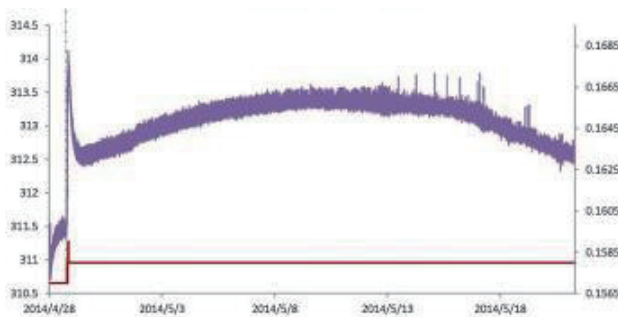
▲ 輻射異常物接收偵測現場



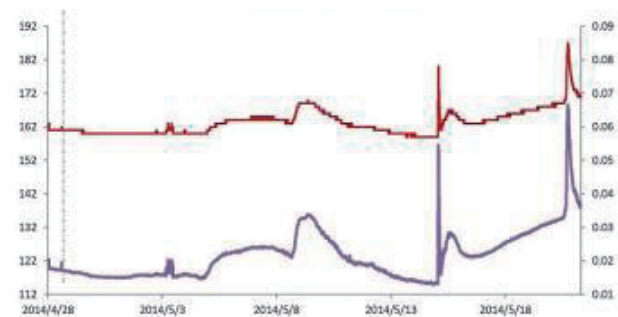
▲ 本所與日本東北大學簽訂合作備忘錄

4-1-2-3-3 場址水文地質環境監測與評估技術研究

本研究為發展場址水文地質環境監測與評估技術，進行鹽水示蹤劑試驗，於注入井灌入導電度為 200,000 μS 的鹽水，共維持 17 天，同時在下游 20 m、180 m 和 250 m 處進行觀測，結果顯示 (1) 20 m 處：在試驗開始後井內導電度隨即上升，但相較注入井的電導度則過於偏低僅約 314 μS ；(2) 180 m 處：試驗開始後出現幾處的峰值，該峰值應受降雨影響；(3) 250 m 處：則未發現任何明顯的變化情形，可能因與注入井距離過遠有關。另外，建立抽 / 處理 / 灌試驗設備以測試去除環境離子的適用性，該設備設計之最大處理量為 50 L/min，處理效能與適用性仍在評估中。



▲ 20 m 處的導電度變化



▲ 180 m 處的導電度變化



▲ 抽 / 處理 / 灌試驗設備

4-1-2-4 展望

高活度廢棄物處理技術先導設備已完成約 200 立方米之池水處理，可逐步解決本所燃料池池水潛在之貯存風險。特殊廢液處理技術，配合廢棄物處理廠實際運作，年度內處理既存之有機廢液約 7 立方米，未來可利用此建立之技術，處理積貯之有機廢液。另完成驗證自行研發選擇性無機吸附劑之實廠應用性，將提供本所廢棄物處理廠自用及技術推廣至核能工業界。相關廢棄物處置整備技術，將利用建立規劃之軟硬體設備，積極進行廢棄物處置前之作業準備。核設施場址地下水文監測技術與相關污染復育技術，已完成相關技術驗證，將應用於未來核能設施場址之監測與必要之復育工作。

4-1-3 依法執行核設施清理作業

喬凌寰

核能研究所致力核能科技發展逾四十年，過去因國家研發任務所需而建構的核設施，多已面臨除役及清理的階段需求。因此，配合政府之核安政策，以科技計畫發展設施清理及廢棄物處理技術，並擬訂計畫逐步進行清理。103 年計畫工作範圍包含 (1) 核子反應器及相關設施清理改善作業，主要目標在使台灣研究用反應器 (TRR) 等設施清理後達到資源再利用，並消除輻射污染擴散疑慮，以確保環境安全；(2) 放射性廢棄物減量處理及安全貯存作業，主要目標為配合清理工作執行減廢減容作業，一方面緩和廢棄物倉儲壓力，同時降低未來廢棄物處理處置之成本。執行成果分述於後。

4-1-3-1 核子反應器附屬設施清理

諸葛志春

為符合「台灣研究用反應器 (TRR) 設施除役計畫書」在執行核子反應器及相關設施清理之現況，103 年完成第四版修訂作業，並經主管機關核定在案。在相關設施清理方面，將燃料池內遭污染之 10 立方米的高活度廢樹脂，裝桶移出燃料池完成了清理作業；完成 TRR 用過燃料安定化產物第一座暫貯護箱，國際原子能總署 (IAEA) 核子保防存量查證與料帳確認，經 IAEA 檢查完成封緘，並運送至本所核子物料集中貯存庫安全貯存。完成 017 館污染金屬熔鑄廠年度定期熱試車作業，做好有效的管理對於設施的運轉安全與熔鑄技術的維護與傳承，以降低放射性廢棄物貯存的空間與成本。各項作業所獲成果，對後續核設施清理工作均有正面助益。

4-1-3-1-1 用過燃料安定化產物運貯技術建立

張國源

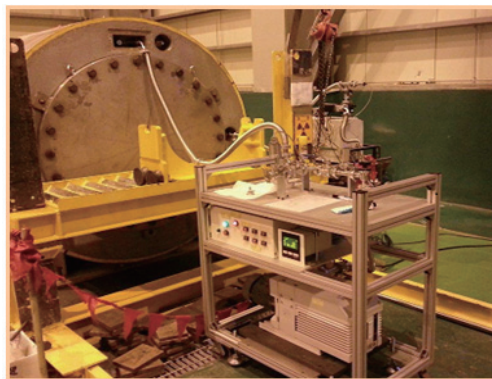
「台灣研究用反應器 (TRR) 除役計畫書」第四版修訂已於 103 年奉原能會核定在案，並依計畫書進度進行除役作業，其中 TRR 燃料池之清理為重要之除役工作項目。燃料池內現有之各種放射性廢棄物均須依規劃時程清理；其中貯存於池內之用過核燃料，將取出予以安定化處理後，置入暫貯護箱中期貯存，為 TRR 設施除役作業主要任務之一。

TRR 用過燃料處理技術主要包含：(1) 將存放於燃料池之用過燃料移出運至熱室；(2) 在熱室內進行安定化處理；(3) 安定化產物自熱室運至暫貯護箱暫貯；(4) 將裝滿安定化產物之暫貯護箱移送至本所核子燃料貯庫中期貯存。TRR 燃料池第一座用過燃料安定化產物暫貯護箱已完成全部 23 組裝填，規劃運送至本所核子物料集中貯存庫，驗證處理技術及程序設計，發展建立最佳化工法，以符合本所運送標準及確保輻射作業安全。

開發之用過燃料安定化產物運貯技術，依據 ALARA 原則，建立存量查證配合設備及程序、密封檢測技術、包裝及運送技術，已完成 TRR 用過燃料安定化產物第一座暫貯護箱國際原子能總署 (IAEA) 核子保防存量查證，經料帳確認，本所執行暫貯護箱抽真空及氬氣測漏等密封檢測，IAEA 檢查完成封緘，並已運送至本所核子物料集中貯存庫安全貯存。



▲ 安定化產物暫貯護箱



▲ 氮氣測漏



▲ IAEA 核子保防存量查證及封緘作業

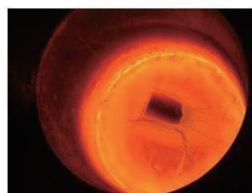


▲ 貯存庫安全貯存

4-1-3-1-2 污染金屬熔鑄技術

胥耀華

污染金屬熔鑄的主要目的是減少放射性廢棄物之體積，以降低放射性廢棄物貯存的空間與成本。核研所 017 館污染金屬熔鑄廠為一重要的放射性廢棄物處理設施，污染金屬熔鑄廠於民國 85 年成立至今，累積多年在輻射作業場所之實務技術與經驗，包含有營運成本分析、耐火爐襯維修實務、熔鑄作業污染防治、熔鑄作業實務等四部份。精確的營運成本分析是技術競爭力重要的指標，並可作為技術精進之導則；良好的耐火爐襯維修實務可延長爐襯壽命，減少二次污染廢棄物的產出；熔鑄時嚴密的通風過濾系統與污染防治控制作為，以防止污染物與輻射核種的釋出；充分的技術累積與良好經驗回饋，可降低危險事故發生的風險，提升熔鑄作業的安全。做好有效的管理對於設施的運轉安全與熔鑄技術的維護與傳承是項重要的課題。



▲ 放射性污染金屬熔鑄減容技術

4-1-3-1-2 放射性廢棄物減量與整檢

張峰榮

本計畫年度(103年)內除完成約24公噸之可燃廢棄物減量焚化處理，有效支援計畫執行核設施清理工作外，亦利用已開發之高活度廢棄物遙控取出再包裝設備，執行遙控取出清理地下既存高活度廢棄物；及建置一套隔離帳篷，以利下年度執行既存 TRU 廢棄物包件整檢；並持續執行金屬廢棄物除污處理和解除管制量測，以提高廢棄物貯存安全及廢棄物減量。

4-1-3-2-1 地下貯存高活度乏燃料套管之清理

周子鑫

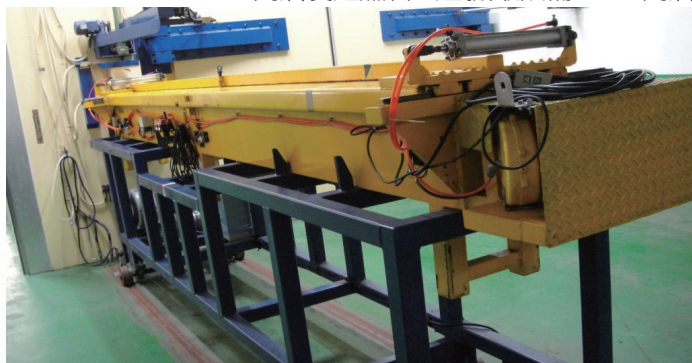
為清理本所乏燃料套管地下庫內既存高活度乏燃料套管，已研發建立地下貯存高活度乏燃料套管遙控抓取及切割設備，主要為利用五節式伸縮套管夾具夾取地下庫外套管，裝入外套管屏蔽體內。之後將此屏蔽體運送至 067 館轉貯間，經由傳送設備輸送至 067 館處理間內進行切割處理。本計畫年度(103年)利用本設備實際執行乏燃料套管清理，完成約44支之高活度乏燃料套管切割作業。未來將持續進行乏燃料套管切割清理作業，以提高該類廢棄物之貯存安全。



▲ 高活度乏燃料套管抓取設備



▲ 高活度乏燃料套管切割現況



▲ 傳送設備與屏蔽體組合輸送高活度之燃料套管

4-1-3-3 展望

喬凌寰

核設施清理多為輻射作業，首重安全。本所依合理抑低原則精進輻射防護措施，有效維護人員及環境輻射安全。隨著工作推進，仍將秉持安全第一的原則，動態檢討持續強化安全防護措施。

配合原子能主管機關「精進放射性廢棄物管理安全與處理技術，提升環境品質。」之施政目標，本所積極執行停用核設施清理作業，並妥善執行放射性廢棄物管理，使核設施在經過清理、除污、復原等作業程序後，其土地廠房及設施等均可規劃再利用，徹底消除潛在對環境的衝擊與負荷。

4-2 環境與能源科技研究引言及展望

邱耀平

聯合國跨政府氣候變遷委員會 (IPCC) 發佈之第五次評估報告 (AR5) 持續警示氣候變遷之相關影響。依據地球能源模型 (RCP2.6) 預測，若欲將全球平均氣溫的上升幅度控制在 2°C 以內（即所謂的 2DS 情境），則本世紀末大氣中二氧化碳濃度必須抑制在 421 ppm 以下，顯見挑戰非常嚴峻。另外，國際能源總署 (IEA) 於 2014 年公布的能源技術展望 (ETP 2014) 報告指出，達成 2DS 情境之貢獻包含再生能源 (34%)、能源效率提升 (33%)、碳捕存 (14%)、終端用戶燃料轉換 (10%)、核能 (7%)、電力效率提升與燃料轉換 (2%) 等；因此，近年來各國莫不積極投入潔淨能源的開發。

行政院於 99 年 5 月公布國家節能減碳總計畫，並定下 114 年國家節能、減碳總目標。能源國家型科技計畫第二期 (NEP-II) 以「安全」、「效率」、「潔淨」作為總體目標，並以科技及產業發展綱領作為執行時之參考準則，並兼顧經濟發展、環境保護及社會正義。本所配合國家政策，多年來積極投入環境與能源科技領域之研究與發展。本 (103) 年度獲得 2014 瑞士日內瓦、匹茲堡國際發明展銀牌獎及金牌獎，另參加 2014 台北國際發明暨技術交易展，獲得金、銀、銅牌獎計 2、4、2 項；重要研發成果說明如下：

(一) 節能環境：完成電漿鍍製高階節能膜、可撓式自主型電致變色元件，整合可撓式矽薄膜光伏元件，應用於智慧節能家庭。研發全固態薄膜鋰電池 (TFB) 元件，於 2014 台北國際發明展中展出成果，受廠商佳評。改善大面積 VHF 電漿源之放電均勻性，符合 HIT 和矽薄膜太陽能電池產業之需求。開發新穎『逆流熱虹吸迴路』(RLT)，可有效應用於各節能領域。電漿鍍膜應用在智慧節能生活技術開發，提供未來綠色能源節能新產業之應用利基與發展方向。

(二) 替代能源：內容包含太陽光電、燃料電池、生質能、風能等。

1. 太陽光電：成功開發砷化鎵 (GaAs) 磊晶薄膜技術，其最佳性能優於國際水準；精進銅鋅錫硫 (CZTS) 薄膜太陽電池共蒸鍍製程，完成中油公司委託研究案。推升微型化聚光模組效率至 35.15%，並達成模組成本、碳足跡排放減量目標；進行高分子太陽電池大面積製程技術開發，其作品獲國際肯定。完成與國內廠家簽訂太陽光照明系統合作開發案，開發水面浮動太陽能發電系統與太陽能預測技術。

2. 燃料電池：開發固態氧化物燃料電池 (SOFC) 發電系統，測試商用型電池片組裝之電池堆，輸出功率達 $1,092\text{ W}$ (449 mW/cm^2)、6,700 小時穩定性衰減率約 0.64%/khr；另應用田口法於操作參數最佳化。精進陶瓷基板元件製程，提升單片功率到 30 W；完成 15,000 小時耐久度測試，衰減率小於 1%/khr。研製金屬支撐型元件，最大功率密度大於 1100 mW/cm^2 ；進行連接板保護膜製備研究，預期可達到耐用性與 ASR 之商業化目標。自製燃料重組奈米觸媒，甲烷轉化率達 79%，且長效測試催化反應性保持良好。建構產業化平台，成功移轉核心組件製造技術至國內廠家，另與多家產業合作開發覆膜製程與 SOFC 發電系統。

3. 生質能：建立纖維酒精整廠設備穩定運轉能力，進行日進料 100 噸之製程概念設計與客製化產業服務平台；精進共發酵與轉化量產製程，每噸乾稻稈可生產約 200 公升纖維酒精，每噸纖維料源乾重產出 220-250 kg 纖維乳酸。精進纖維酒精共發酵菌株與纖維乳酸菌株，完成纖維乳酸分離純化雛形系統，開發商轉應用潛力。落實技術產業化，與一家馬來西亞公司簽訂纖維酒精技術授權案，預計建置亞洲第一座先進生質燃料商轉廠，藉由技術輸出帶動後續衍生的經濟和社會效益。
4. 風能：完成第二代 150 kW 中小型風機系統組裝、地面測試、吊裝、系統調教與測試，舉辦風機測試運轉啟用典禮，並進行初步功率性能測試。引進國際離岸大型風機設計標準 IEC 61400-3，訂定符合規範之設計負載案例，完成 Class IA、IB、與 IC 之極限與疲勞負載計算與比對分析，逐步建立本所離岸風機設計驗證的相關技術能力。
- （三）減碳淨煤：完成氣化爐系統初步實驗，進行合成天然氣 (SNG) 轉化與應用之程序設計，與國內產業合作評估氣化多元應用，預期為國內可行之選項；完成氣體過濾器 (MGBF) 系統於 500°C 效率大於 90% 之測試，建置日產量 0.5 kg 中高溫脫硫劑量產機台，並驗證其物理性質。進行捕碳劑改質，其迴路穩定性良好；於 10 kW 捕碳反應器測試，顯示 INER 捕碳劑具有良好抗燒結之特性，逐步建立中高溫 CO₂ 捕獲關鍵技術。
- （四）智慧電網：完成國內首座可接受台電調度之微電網、資料庫，與充電排程規劃平台建置，建構虛擬電廠場域雛形。完成微電網靜態開關系統電路模擬，初步測試整合系統、整合轉換器與電池系統測試、電力轉換器實體尺寸量測及其三維熱流模擬分析，並提供國內產業進行設計參考。以 IEEE 2030 為分散式能源電力通訊網路與資訊整合設計架構，及智慧電網多代理人概念測試平台，實現微電網自主式電力交易等概念。
- （五）政策評估：成立「能源經濟及策略研究中心」，進行研究並提出策略建言。以 MARKAL 模型進行達成未來工業部門減碳目標分析，綜整我國能源密集度分析結果，另以焦點團體法探索消費者之電力願付價格，結論可作為政府相關政策研擬時的重要參考。建立「能源資訊平台」，提供多面向資訊並彙整本所研究成果，作為資訊分享、成果宣傳及推廣之重要平台。

展望未來，誠如 104 年全國能源會議全體大會「環境低碳永續」核心議題總結報告敘明：「4.8. 儘速制訂國家型再生能源、能源效率提升、碳捕存與利用研究計畫與推動時程，同時推動相關內容的科學教育和資訊傳播。」總結言之，目前國內能源技術開發之重要推動措施應掌握自主性關鍵技術，冀望達成潔淨減碳之政策目標、推廣商業化應用、與推動產業自主化。

4-2-1 電漿在綠色節能環境之開發與應用

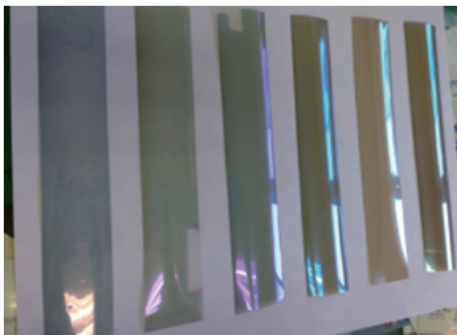
詹德均

運用核心電漿技術及電漿清潔製程環保優勢，發展綠色節能環境應用元件，以既有建築物或社區環境節能效能實證為目標，開發一系列關鍵鍍膜技術和節能元件，包括鍍製高階節能膜技術、自主型電致變色元件、薄膜鋰離子電池、新穎 VHF 電漿源，以及新穎節能熱管，將節能技術落實於日常生活，達到最有效的節能推廣應用。本 (103) 年度重要的成果如下：

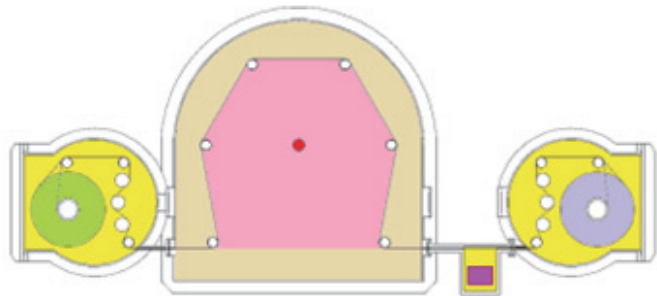
1. 創新的電漿鍍製高階節能膜技術

由於環保節能減碳需求日增，在經濟因素的考量下，發展低成本的節能鍍膜技術及提供多樣化節能應用，以有效推廣節能膜產品，已是不可擋的趨勢。本研究運用本所獨特電漿鍍膜技術，結合卷對卷式電漿鍍膜設備，全新發展規劃一種獨特方案，目前已完成鍍製各式的節能薄膜（包含金屬膜、介電膜、複合多層奈米膜等），經由模擬及測量驗證其光學性能，證實具備各式陽光控制效能。如圖 1 所示為彩色節能膜，其藉助薄膜厚度干涉效應可調變出多樣化的色彩，如藍、紫、黃、綠、銀、褐等。在最佳的薄膜組成，可見光穿透率 70% 時，紅外光反射率可大於 90%。由於相關成品兼具節能與美觀，為符合居家生活的節能建材。

此外，本所亦進行量產設備規劃設計、專利佈局，在生產成本總體評估方面，與濺鍍技術相比，可望大幅降低成本。期望未來這自主開發的技術能儘早進入量產階段，以協助國內節能膜產業技術升級。



▲ 圖 1. 彩色節能膜



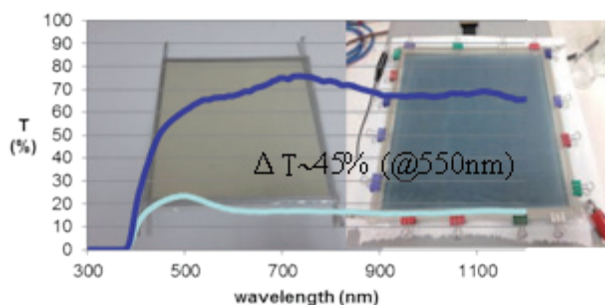
▲ 圖 2. 新創的 R2R 電漿鍍膜系統

2. 自主型太陽能電池驅動電致變色元件

綠色能源與綠色材料為國內推動綠色生活的兩大主軸，智慧型建築環保節能材料已是未來零碳建築之趨勢。本所以可撓式電漿製程技術開展兼具輕、薄、可撓曲的節能薄膜元件，鍍製高附加價值的可撓式電致變色元件，調控可見光穿透度達 45% 以上，且具阻隔紅外線 90% 以上之功能，提供居家應用實質的體驗，使節能技術有效融入日常生活。同時發展以不銹鋼基板為基材並具有能量回收概念的可撓式薄膜太陽能電池技術，藉由其在微弱的光線下可發電、光入射角度低依存性以及輕薄不易損壞等特性提供整合應用的可行性。

基於整合應用的概念，本所更進一步整合可撓式矽薄膜光伏元件及電致變色薄膜元件為智慧型電致變色元件，以矽薄膜光伏元件作為光感測元件提供智慧型電致變色元件發電、感測及節能一體化的可能性，達成無需外加電源的智慧型電致變色窗於智慧節能家庭的應用。在不需外部電源連接

的情況下，藉由可撓式薄膜太陽能電池的導入即可提供一天驅動所需的電力。因此自主型太陽能電池驅動電致變色元件於智慧節能玻璃的實際應用，可提供建築物導入電致變色節能玻璃更自由的空間設計及應用，為兼具實用與美觀的智慧節能玻璃。



▲ 圖 3. 25cm×25cm 可撓式電致變色薄膜元件上退色穿透度變化

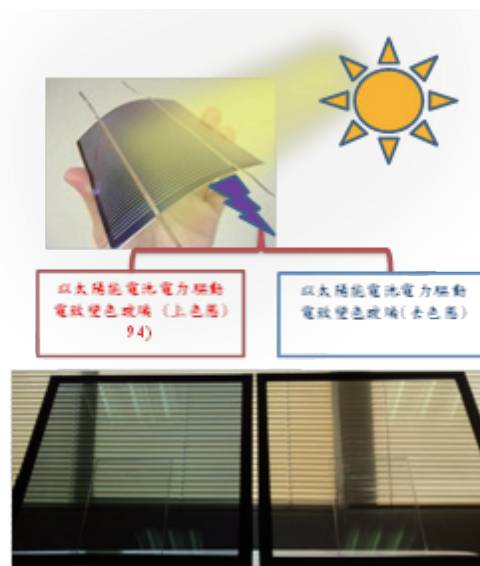
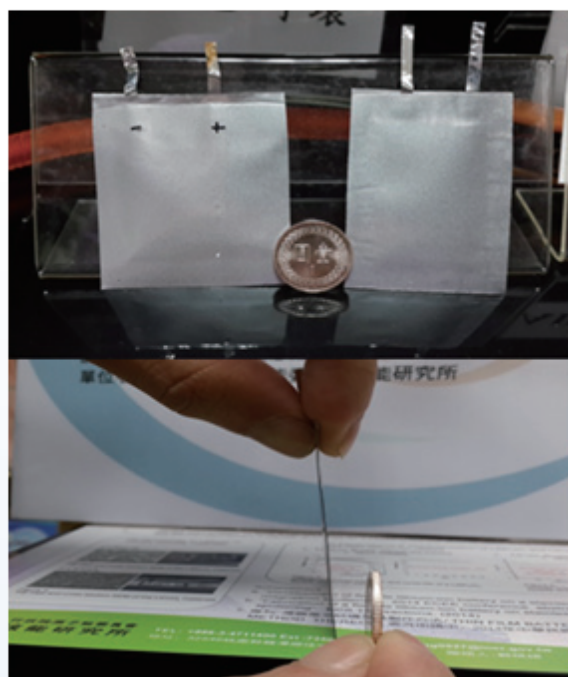


圖 4. 以太陽能電池電力驅動電致變色節能玻璃示意圖

3. 薄膜鋰離子電池驅動穿戴式電子產品

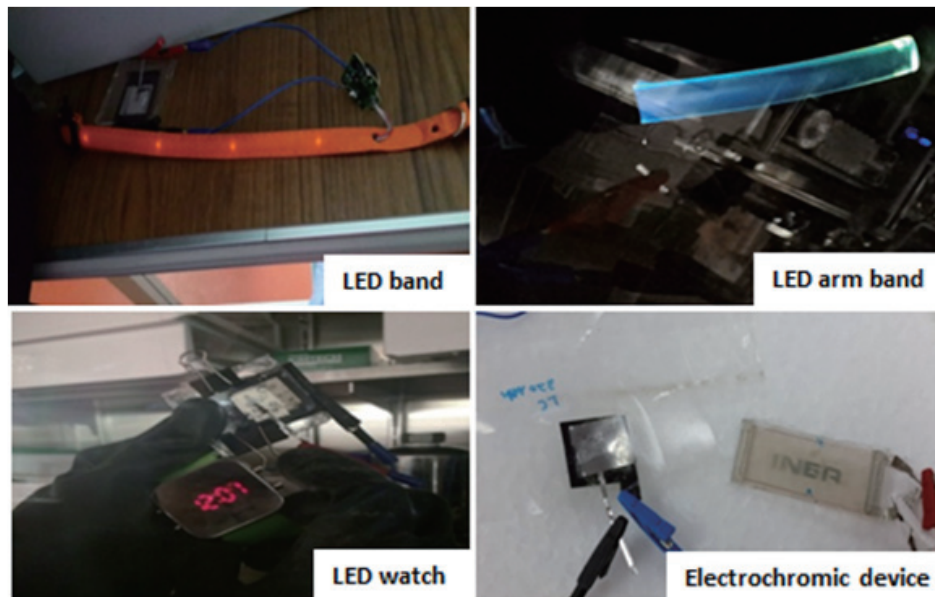
目前穿戴式電子產品蓬勃發展，如智慧手錶、智慧眼鏡、穿戴式醫療照護產品（提供監控與專家建議）、運動和健康管理產品（如記錄運動，生理基本資訊及其生活起居）等，都是現今科技產業最關注的焦點。應用於穿戴式裝置的電池要求很高，不僅要小、輕、薄，還必須擁有強大能量密度。而這些穿戴式電子產品由於頻繁地與人體接觸，因此對於人體的安全性也是非常的重視。然而，傳統的鋰電池在微小化有一定的困難度，且液態有機電解質本身對環境及人體都擁有毒性，在電池短路時或長時間的使用後易產生漏液現象，造成鋰電池燃燒或爆炸的現象發生，大大增加電池的使用不安全性。

全固態薄膜鋰電池可以說是次世代電池中重要的一個發展，在組成的材料與傳統鋰電池並無差異之下改善了傳統鋰電池的缺點。固態電池主要特色在於：(1) 全部是由固態材料組成，包括正極，負極和電解質；(2) 運用電漿技術控制電池的總厚度只有數微米，更容易微小化及和半導體製程結合；(3) 單位能量密度遠大於傳統電池；(4) 高安全性，經由固態薄膜的層層堆疊組成，不會在短路時或長時間的使用後產生漏液現象，造成鋰電池燃燒或爆炸的現象。



▲ 圖 5. 可撓式全固態薄膜鋰電池元件

本所所研發的全固態薄膜鋰電池 (TFB) 元件 ($2\text{cm} \times 2\text{cm}$)，擁有放電電容量 $300\ \mu\text{Ah}$ ($48\ \mu\text{Ah}\ \mu\text{m}^{-1}\ \text{cm}^{-2}$)，50 圈的充放電下還保有 86% 的放電電容量，可以有效驅動一些穿戴式電子產品，如 LED 燈，LED 手環，LED 手錶以及 LED 聲控發光衣服等；並於 2014 台北國際發明展中展出成果，受到許多廠商的詢問與鼓勵，為國內的鋰電池產業再往前邁向一步。



▲ 圖 6. 可撓式全固態薄膜鋰電池元件驅動穿戴式電子產品

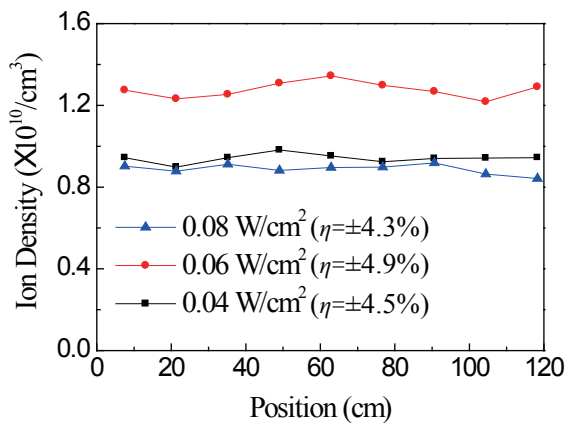
4. 多頻率整合新穎 VHF 電漿源開發

VHF 電漿源由於具備可在不影響 (或甚至增進) 矽薄膜品質的前提下，有效提升薄膜鍍膜速度，對於 HIT 和矽薄膜等太陽能電池產業而言，皆為不可或缺的製程設備。但為同時增進製程產率以降低生產成本，電漿源的大面積化對於工業量產而言亦屬必須，然而高電源頻率和大電極面積的組合將使駐波效應更加顯著，進而造成不均勻鍍膜現象。

為解決上述問題，本所提出同時疊加兩特定駐波以產生行進波的創新概念，改善大面積 VHF 電漿源的放電均勻性，並成功以一工業級長線型 VHF 電漿反應器驗證其技術可行性。該反應器之長度與寬度分別為 $125\ \text{cm}$ 與 $10\ \text{cm}$ ，非接地電極之左、右兩端各有一電源饋入點，駐波的空間分布可藉由改變輸入電極兩端電磁波之間的相位差 (以 $\Delta\theta$ 表示) 加以控制，而兩獨立電源供應器分別用來單獨操控圖 7(a) 和 7(b) 所顯示的駐波 (電源頻率為 $80\ \text{MHz}$)。由圖可知，僅施加單組駐波時，放電極不均勻；然由圖 7(c) 可知，同時疊加兩駐波可有效改善放電均勻度。圖 8 則為 Ar 電漿於壓力 $0.4\ \text{Torr}$ 下，不同功率密度所得的離子密度分布情形；由圖可知，藉由疊加兩駐波以產生行進波的創新法可獲放電非均勻度 $< \pm 5\%$ 之優異結果，符合 HIT 和矽薄膜太陽能電池產業的需求。另外值得一提的是，就長線型反應器而言，疊加兩駐波產生行進波的創新法的最大優點是上述電源饋入點設計可同時應用於不同電源頻率。



▲ 圖 7.(a) 和 (b) 皆為僅施加單組駐波時之放電情形，其中前者和後者之 $\Delta\theta$ 分別為 0° 和 180° ，而 (c) 則為 (a) 和 (b) 兩駐波之疊加結果

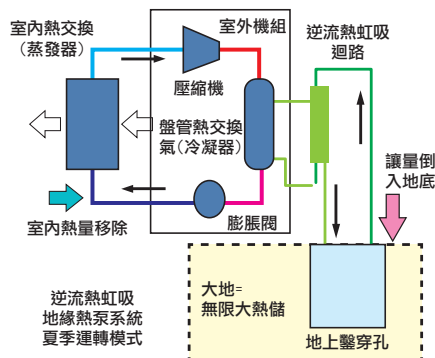


◀ 圖 8. 藉由同時疊加兩駐波之創新法於不同功率密度所得之離子密度分布情形

5. 新穎熱管節能應用開發

目前工業界常用虹吸式熱管大量傳熱的機制，來達成節約能源的目的。傳統的虹吸式熱管透過工作流體相變化吸收大量熱能，流體密度下降成為可快速移動的蒸汽流，以自然對流的方式向上傳熱。但許多太陽能、廢熱回收、鍋爐工業與工業製程的應用有向下傳熱的需求，礙於目前發展的技术，只能配合傳統虹吸傳熱模式，外加機械泵迴路來解決只能大量向上熱傳的瓶頸。

為此本所特別開發『逆流熱虹吸迴路』(Reverse Loop Thermosyphon, RLT)，該技術係透過重力位能、蒸汽蓄壓與冷凝預熱的巧妙安排打破傳統只能向上傳熱的框架，建立可自主向下大量傳熱的機制，並配合產業節能的需求應用開發。逆流熱虹吸迴路是世界少有的設計，目前各國僅處於實驗室發展階段，尚無商品化的產品，本所為全國第一個建立逆流熱虹吸循環研究設備的研究機構。本技術可有效應用於各節能領域，創造綠色經濟效益。本所初步將逆流熱虹吸迴路延伸應用至地源熱泵系統當中，開創一新型態的熱泵系統，利用淺層地源恆溫的特性來達到最高的效益。該系統中的逆流熱虹吸迴路取代地源熱泵中的水泵循環系統，在逆流熱虹吸迴路中以熱來驅動循環，沒有任何動件與閥件，相較於空氣源熱泵可節約 49% 的電力損耗。此系統在夏季時，以熱泵對大地儲熱同時製造冷氣和冰水，到冬季時，地底溫度高於地面，再以熱泵向大地取熱同時製造暖氣和熱水。裝置夏季運轉示意如圖 9 所示，本所實驗測試平台建置如圖 10 所示。假設家庭 1.2RT (490W) 室內冷氣每日運轉 8 小時，連續運轉 30 日共耗電 117.6 kWh，若改用逆流熱虹吸地源熱泵，則可節電 57.6 kWh，減少二氧化碳排放 35.9kg。



▲ 圖 9. RLT 地源熱泵夏季運轉示意圖



▲ 圖 10. RLT 地源熱泵實驗測試平台

本計畫以綠色節能環境概念為主軸，發展節能元件與製程技術，初步已具成效；將開發成功的元件以居家智慧節能的應用情境公開展示，並尋求產業參與精進，朝實用節能產品進一步開發。未來仍持續將電漿清潔製程鍍製薄膜技術升級應用至輕薄可撓的綠色節能元件開發與整合，從電漿清潔綠色製程，開發出節能綠色元件，到運用至社區建物達到節能減碳的綠色環境，開創上、中、下綠色全能之實境節能環境。

4-2-2 太陽光電技術發展與應用

郭成聰

一、緒言

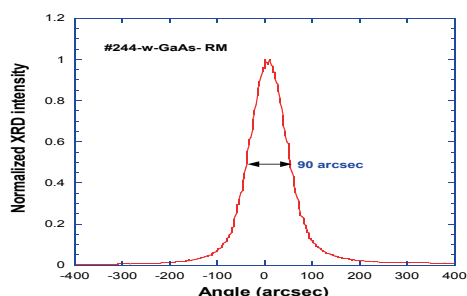
「太陽光電技術發展與應用」計畫致力於太陽光電科技研發，以開發先進的太陽電池及拓展太陽能應用為目標，並協助建立具國際競爭力之產業；包含：(1) 先進太陽電池技術開發，(2) 低碳足跡模組技術開發，及 (3) 太陽能應用系統整合技術開發等三個分項工作。

二、重要成果

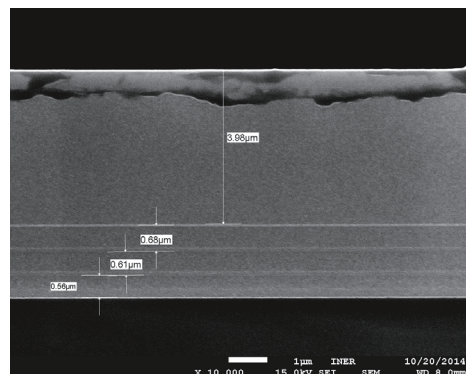
1. 先進太陽電池技術開發分項計畫成果

(1) III-V 族多接面太陽電池技術開發

在 103 年的研究工作中，三五族多接面太陽電池計畫業已完成利用 MOCVD 磊晶成長技術結合「可應力控制型緩衝層」的方法，成功開發在矽 (Si) 基板上成長砷化鎵 (GaAs) 磊晶薄膜的技術；所完成的 GaAs 薄膜經過 X 光雙晶繞射 (XRD) 量測，GaAs 薄膜最佳的 XRD 半高寬可達 90 arcsec，優於一般文獻報導的最佳結果 100 arcsec，顯示 GaAs 磊晶薄膜的品質已達到國際水準。藉由此研發結果可以提供具有高品質的磊晶薄膜，除可做為未來在矽基板上製作三五族太陽電池的重要模板 (template) 外，所開發完成的三五族化合物半導體磊晶成長於矽基板的相關磊晶技術亦可進一步推展應用於其他的光電元件，例如高速電晶體、雷射二極體、發光二極體等，達到厚實研發技術價值與成效，並有助於就業機會的增加。



▲ 在矽基板上磊晶成長完成的砷化鎵薄膜之 XRD 量測結果



▲ 在矽基板上磊晶成長完成的砷化鎵薄膜剖面之 SEM 照片

(2) 銅鋅錫硫 (CZTS) 系薄膜型太陽電池技術開發

本 (103) 年度進行之 CZTS 太陽電池技術開發計畫，重點置於共蒸鍍製程，以及進行中油綠能所委託研究案。至 103 年底具體發展成果如下：

- 本所 CZTS 技術受中油綠能所青睞，繼 102 年 6 月完成「環保概念薄膜系太陽電池」委託案後，旋於該年度 9 月繼續與本所進行「新概念薄膜系太陽電池」新年度委託研究案，提供該公司發展再生能源事業參考之用。本委託案總金額 270 萬元，順利於 103 年 9 月完成。
- 在 CZTS 太陽電池元件部分，已完成高覆蓋性且厚度 100nm 以下之 CdS 緩衝層、電阻率於 $1 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ 以下之 ZnO:Al 透明導電層等技術開發，未來可應用於其他光電元件發展使用。

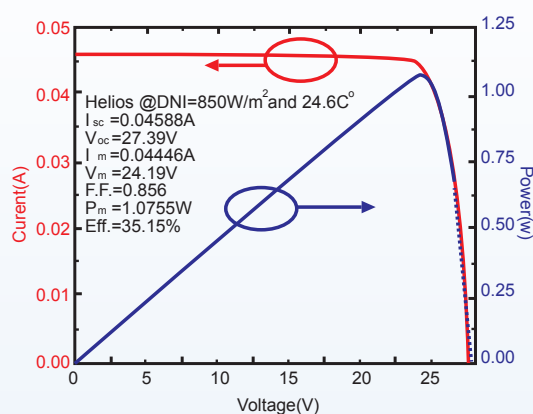
2. 低碳足跡模組技術開發分項計畫成果

(1) 聚光型太陽電池模組技術精進

在 103 年度進行之低碳足跡聚光模組技術開發計畫中，微型化聚光模組成功將效率推升至 35.15%，並導入功率 LED 自動封裝製程技術與設備，大幅降低二次光學元件材料及製作成本，進而達成模組成本 1 USD/W 之目標。在模組碳足跡減量方面，針對排碳熱點減量，優化模組設計，減少模組碳足跡排放，達到減量 7% 之目標。



▲ 傳統模組與微型化模組比較

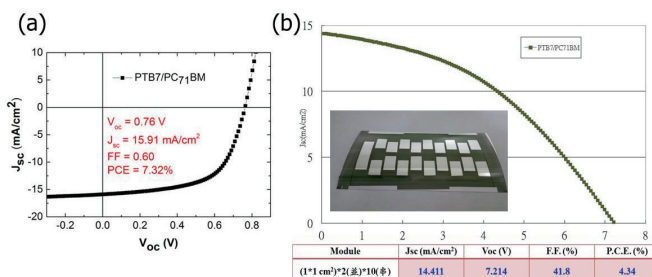


▲ 1100 倍聚光比微型化太陽電池模組室內量測電流 - 電壓曲線

(2) 高分子太陽電池模組技術開發

本項目主要為開發第三代高分子太陽電池，此種太陽電池製作可使用全溶液製程，並利用卷對卷印刷 (roll-to-roll printing) 之快速製程；具有低耗能、低碳環保與低成本的優勢，目前已建立高分子太陽電池之關鍵技術。本 (103) 年度主要的研發成果如下：

- 進行高分子太陽電池大面積製程技術開發，在 ITO/PET 軟板上，於空氣中利用 PTB7/PC₇₁BM 進行主動層卷對卷狹縫印刷製程，目前最佳效率為 7.32% (元件面積為 0.3cm²)，另面積大於 100cm² 之高分子太陽電池模組方面，最佳光電轉換效率為 4.34%。利用此大面積製程技術製作「薄膜太陽能藍芽鍵盤」，此作品獲得 2014 瑞士日內瓦國際發明展銀牌獎及匹茲堡國際發明展金牌獎。
- 開發高分子太陽電池微型化模組技術，創新之特殊堆疊結構，提升高分子太陽電池串聯模組單位面積之發電量。此微型化高分子太陽電池模組可與智慧卡相結合，用以取代原本之鋰電池，以提升使用壽命，降低環境污染。此「智慧卡結合高分子太陽電池」作品參加台北國際發明暨技術交易展，獲發明競賽銅牌獎。
- 進行高分子太陽電池模組碳足跡盤查分析，其等效二氧化碳排放量為 132 公斤，其中低水氧值手套箱之使用及氮氣之供給為整體太陽電池模組的排放熱點，佔整體排放量 39%；開發於大氣中製作之高分子太陽電池，將可有效降低碳排放量。



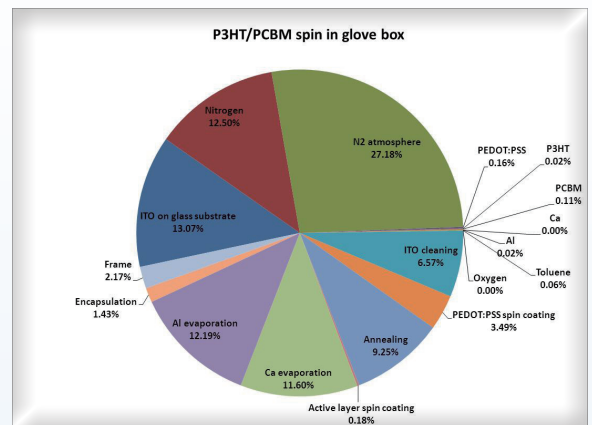
▲ PTB7/PC₇₁BM 製備之高分子太陽電池電流電壓曲線圖，(a) 高分子太陽電池元件 (面積 0.3cm²)，(b) 高分子太陽電池模組 (面積大於 100cm²)



▲ 薄膜太陽能藍芽鍵盤」獲得 2014 瑞士日內瓦國際發明展銀牌獎及匹茲堡國際發明展金牌獎



▲ 智慧卡結合高分子太陽電池獲得台北國際發明暨技術交易展銅牌獎



▲ 高分子太陽電池模組碳排放量 (kg-CO₂e)

3. 太陽能應用系統整合技術開發分項計畫成果

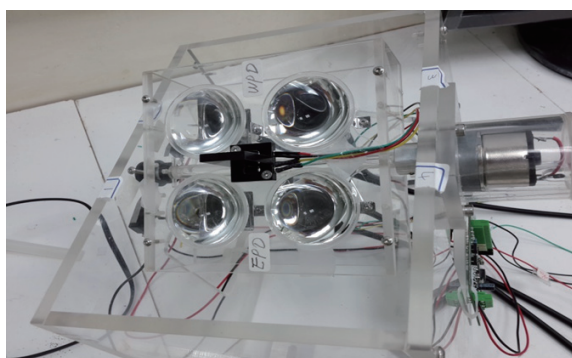
(1) 太陽光照明系統技術開發

本(103)年度具體研發成果如下：

- 建置引光分光模擬分析平台，並完成「太陽光模擬光源平台設計」報告(INER-11158R)。
- 開發太陽光引光原型，並完成「掛壁式追蹤器設計」報告(INER-11156)。
- 完成本所與穎瑋永續服務股份有限公司簽訂之「太陽光型植物箱」合作開發案。
- 參加 2014 年台北國際發明暨技術交易展，「被動式太陽光照明集光裝置」獲得金牌之殊榮。



▲ 引光分光模擬分析平台

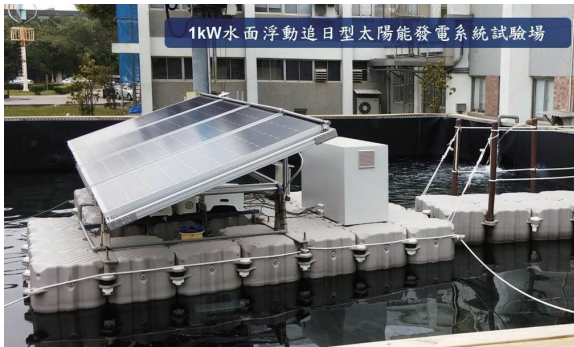


▲ 太陽光引光原型

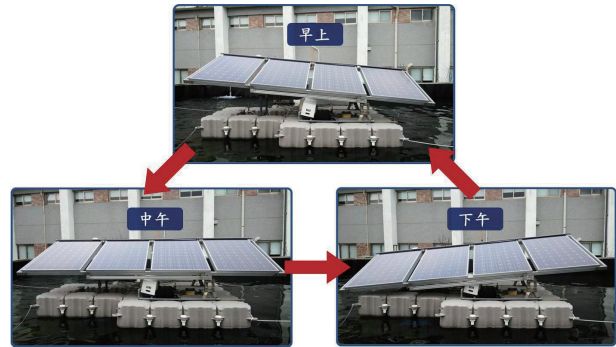
(2) 水面浮動太陽能發電系統技術開發

本項目之主要研發工作包含：水面浮動平台設計、水面浮動追日系統製作，及水面浮動太陽電池模組與系統整合。至 103 年底具體研發成果如下：

- 水面浮動平台之設計，透過水的浮力作為系統之承載機制，以高密度聚乙烯材質作為結構與浮筒材料，以取代地面型所採用的高材料成本之鋼架或鋁合金架等，設計開發同時考量其經濟性、功能性、耐用性、美觀性與系統擴充性。
- 在追日技術開發上，有別於國際現有以複雜電子設備且龐大的機械結構來轉動追日，而係以成本低廉、構造簡單且可有效利用在地水資源來達到追日之功能，其中追日的同時亦可提供太陽能板清污與降溫之功能，來達到更佳的太陽能發電效率。
- 於本所建置一座追日型水面浮動太陽能發電試驗場，提供長期環境驗證與數據監測等資訊之場所，以期帶動與推廣國內水上太陽能產業之發展。
- 模擬與分析水面浮動平台在靜水與受風或水流作用時之動力特性，並實際測試與驗證平台水底錨繫之穩定度特性，而透過平台形狀設計與錨碇系統的整合，在動態環境的模擬分析下，系統將可承受清風(3.3 m/s)、和風(7.9 m/s)、強風(13.8 m/s)環境，及 0.2 m, 1m, 3 m 的波高。



▲ 水面浮動追日型太陽能發電系統試驗場，可提供研究人員進行長期環境驗證與數據監測之場所



▲ 追日裝置配置定時系統，可進行早、中、午三段時程追日，追日之同時可透過太陽能面板上方設置的輸水管與出水孔，進行太陽能面板清洗與降溫之功能

(3) 太陽能預測技術開發

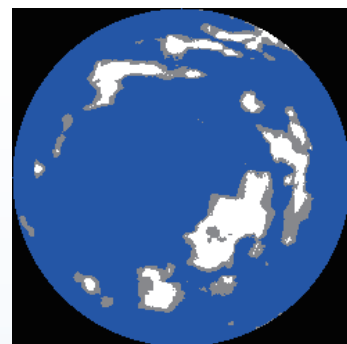
美國 MIT Technology Review 雜誌挑選出 2014 年十大突破科學技術，指出大資料和人工智慧能夠實現精準預測風能及太陽能，可將更多的可再生能源併入智慧電網，突顯出精準的太陽能預測之重要性。國內目前只有天氣預測及預報，欠缺太陽能預測方面的研究，因而本所投入相關技術開發。本 (103) 年完成項目如下：A. 短期 (30min 以內)：利用影像處理技術將天空成像儀 (TSI-880) 雲圖中的支柱及遮罩移除，還原成原始雲圖，再利用固定閾值法辨識厚薄雲；B. 中期 (30min-6hrs)：與學界合作讀取與轉換台灣地區 MTSAT 衛星長時間的可見光輻射資料；C. 長期 (6-48hrs)：完成建置數值氣象預報 WRF 模式平台。此外，採用資料探勘技術，利用羅吉斯迴歸建置可達穩定發電標準之機率預測分類模型來預測水平全天空日射量。綜整上述結果，本計畫之太陽能預測技術有助於太陽能電廠建置評估及電力調度，以穩定供應電力及維護電力品質。



▲ 原始天空雲圖



▲ 去除支架及遮罩



▲ 厚薄雲辨識 (厚雲 (白)9%、薄雲 (灰)10%、晴空 (藍)81%)

三、展望

後續將利用目前所建立的 GaAs on Si 磊晶技術於 GaAs 模板製作，並在其上研發 III-V 族單界面太陽電池與多界面太陽電池製作技術；另結合國內業界，評估在矽晶板上成長三五化合物薄膜磊晶技術，應用在紅光發光二極體與高速電晶體之可行性。聚光模組方面，未來將持續採取模組微型化，大幅降低模組尺寸與原料用量，並開發低碳足跡材料與製程，以達到累積減碳 15%。另進行高分子太陽電池空氣環境下全溶液大面積卷對卷模組製程開發，於試量產模組（一公尺長）完成後，未來與產業共同合作提出先導型量產線規劃及建立，做為開創台灣有機太陽電池產業之先驅。太陽光照明系統未來將積極投入引光及分光、太陽光與主動光源混光等技術發展，除開發掛壁式太陽光照明商品外，亦將加強產業推廣（如應用太陽光於植物箱、生態社區或永續都市之健康照明）。至於水面浮動太陽能發電系統後續之發展重點，將持續研製與開發具市場性之低成本與模組化水面浮動機構，促進推廣應用。最後，未來將利用洪水填充法比對不同時間雲團變化、即時的衛星資料，搭配 NCEP-FNL 氣象初始條件資料，來推估地面全天空輻射量，以進行太陽能預測。希冀藉由本計畫之實施，有助於實現能源國家型計畫所期許節能減碳，及促進技術產業化之目標。

4-2-3 高效率固態氧化物燃料電池技術開發暨產業化平台建構

李瑞益

一、緒言

固態氧化物燃料電池 (SOFC) 技術兼具環境友好、高發電效率及減排效益，配合政府節能減碳之政策，本計畫致力建立固態氧化物燃料電池之關鍵技術，整體目標為開發高效率、高可靠度，及低價格之 SOFC 發電系統。本分支計畫之計畫目標為：(1) 建立 3-5 kW SOFC 發電系統，其電熱效率大於 85%；(2) 精進陶瓷支撐型及金屬支撐型電池單元製作技術，最大功率輸出 600 mW/cm^2 (800°C)；(3) 開發自製燃料重組觸媒，觸媒之燃料轉化率達 98% 以上；(4) 進行產業技轉合作。

二、研發成果效益

1. 固態氧化物燃料電池發電系統開發暨產業化建構

程永能

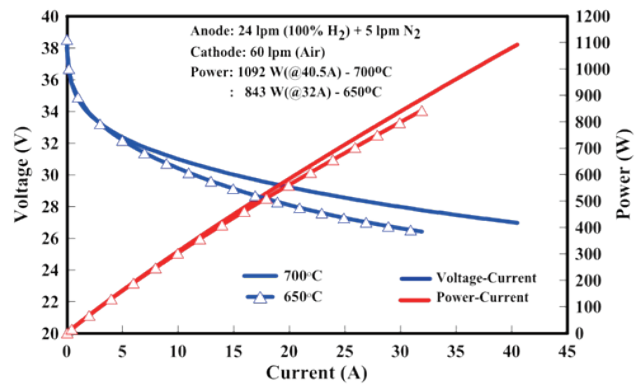
(i) 採用中低溫陶瓷支撐型商用型電池片進行 30 片裝電池堆測試，陽極及陰極分別提供 24 及 60 LPM 之氫氣與空氣，操作在溫度 700°C 與 650°C 下，其開路電壓分別為 38.03 與 38.55 V。該電池堆於 700°C 且電壓為 27 V 時（平均每片 0.9 V），輸出功率可達 $1,092 \text{ W}$ (449 mW/cm^2)，於 650°C 且電壓為 26.3 V 時（平均每片 0.88 V），輸出功率可達 843 W (347 mW/cm^2)（圖 1）。另進行 3 片裝電池堆之長時效穩定性測試，定電流 400 mA/cm^2 下測試累計達 6,700 h，性能衰減率為每千小時約 0.64%（圖 2）

(ii) 應用田口法於陽極支撐型固態氧化物燃料電池單元之操作參數最佳化，最後分析所得之最

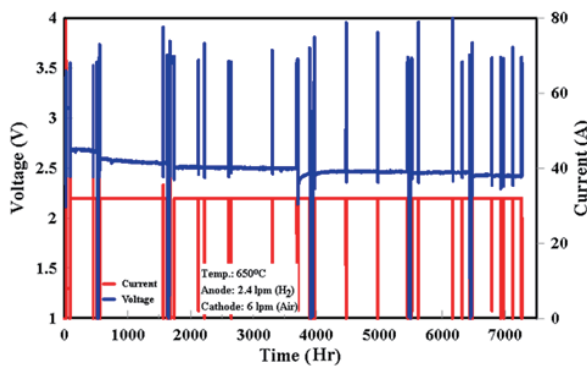
佳操作參數組合為電池溫度 675°C、氫氣流量 500sccm 與空氣流量 1500sccm，最大功率密度可達 480mW/cm²，燃料使用率為 86.1%，電效率 51.9% (圖 3)。

(iii) 本所自行開發整合式無電熱 SOFC 系統 (INER-II)，配合本所 ASC-18 片電池堆完成 300 小時電池堆測試。測試期間使用稀釋氣體 (氫氮混合氣體) 與天然氣重組氣體進行拉載實驗。測試結果如圖 4 所示：電池功率輸出約 500W，天然氣重組效率約 99 %。

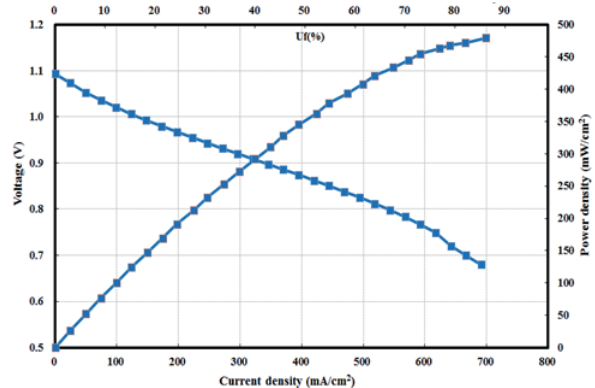
(iv) 於中鋼公司安裝、建置 kW 級 SOFC 發電系統；所完成的系統經效能檢測，功率輸出可達 852W，其燃料使用率及發電效率分別為 50.37 % 及 36.72 %。



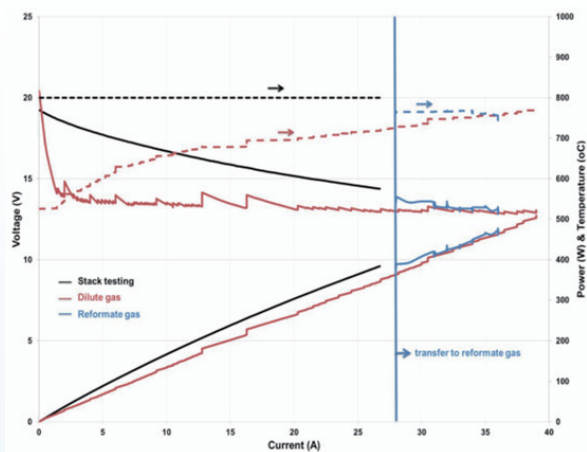
▲ 圖 1 30 片裝電池堆性能曲線



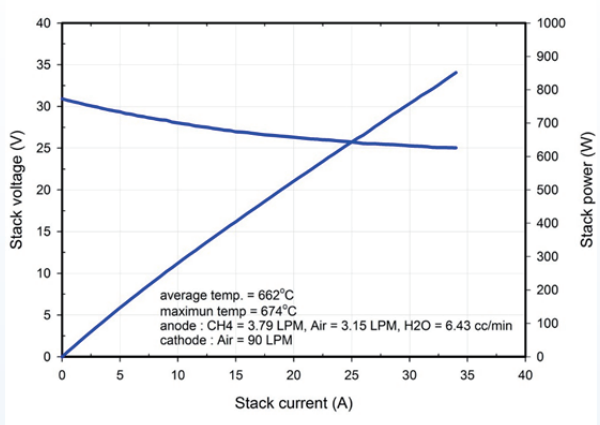
▲ 圖 2 3 片裝電池堆之耐久性測試



▲ 圖 3 操作參數最佳化之電池單元測試結果



▲ 圖 4 整合式無電熱 SOFC 系統性能圖

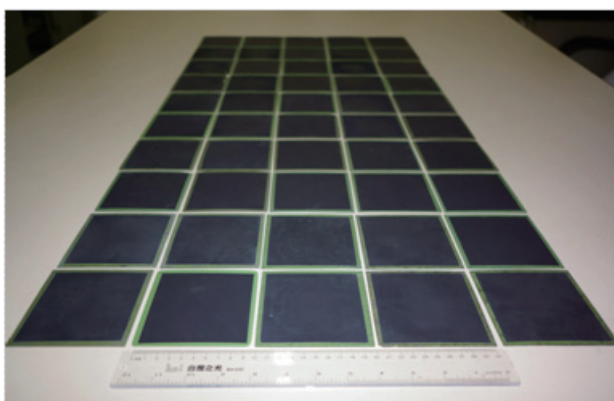


▲ 圖 5 中鋼 SOFC 系統之效能測試圖

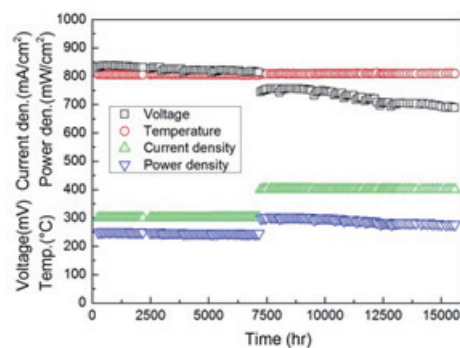
2. 廣溫陶瓷基板支撐型固態氧化物燃料電池元件 (MEA) 及材料技術研發

林泰男

完成 YSZ 系列陶瓷基板支撐型固態氧化物燃料電池單元製程精進，電池單元單片發電功率由 24W 提升到 30W，103 年度小型量產共計 50 片電池產品（面積 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ ）（圖 6），供電池堆組裝測試。完成電池單元電性耐久度測試，總測試時間達 15,000 小時，平均電性衰減率小於 1%/hr（圖 7）。本計畫於 103 年 1 月 16 日完成電池單元製作之專利技術授權國內業界之技術授權合約簽訂，協助九豪精密陶瓷股份有限公司進行陶瓷基板單元電池商品製作技術開發，進入實質專利授權階段，順利協助業者導入電池產品小型量產之計畫目標（圖 8）。在國際合作部份，分項計畫於 103 年度受邀至日本九州大學進行 SOFC 技術開發專題演講，達成技術交流與合作；104 年度 1 月更進一步完成本所與九州大學雙邊於 SOFC 技術研發之合作意向書（MOU），有利本計畫未來之發展（圖 9）。



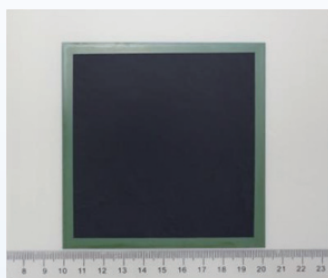
▲ 圖 6 本所 YSZ 系列電池單元小型量產



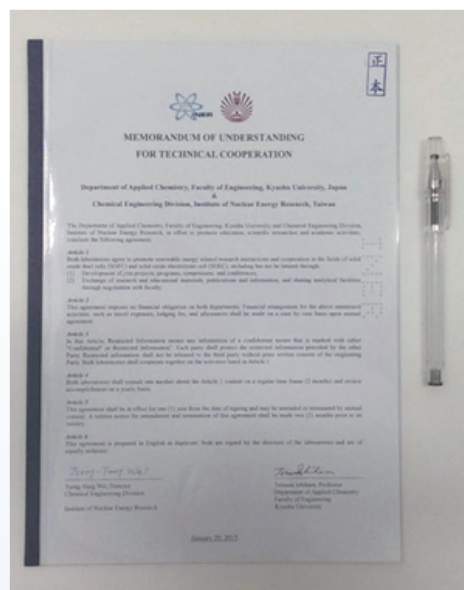
▲ 圖 7 電池單元長期耐久性試驗



▲ 圖 8 (a) 輔導業者進行陽極基板製作



▲ 圖 8 (b) 本所與業者合製之電池單元



▲ 圖 9 核研所與九州大學於 104 年 1 月簽訂燃料電池技術合作意向書 (MOU)

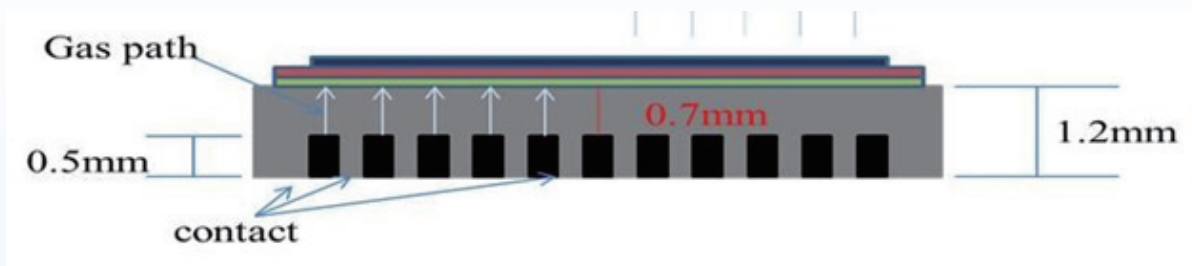
3. 金屬支撐型固態氧化物燃料電池元件研製

黃振興

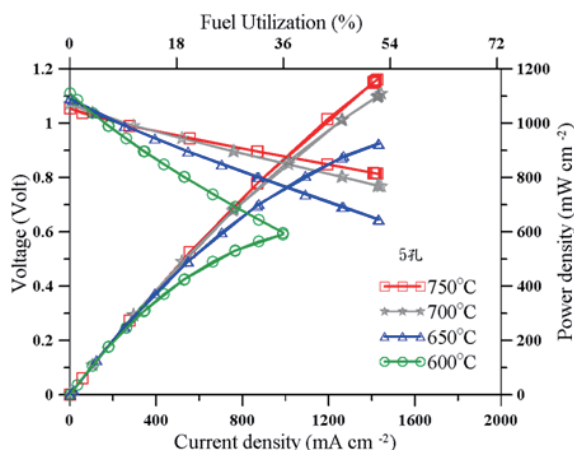
本計畫分別以滾壓與模壓法進行適用於電漿噴塗製程之金屬支撐型固態氧化物燃料電池片多孔金屬基板之製備與開發，目前已可成功地利用滾壓技術完成如圖 10 所示 1.2 mm 厚之高透氣多孔金屬基板製備。該類型基板背面預留有透氣孔道，在不嚴重影響基板強度的前提下，預留透氣孔的直徑與深度分別為 1.8 與 0.5 mm。透氣孔道可做為氫氣與水氣在電池作用過程中之快速通道，有效提升電池片之發電效率；依標準電池片測試程序所得之 I-V-P 測試結果顯示，使用該類型基板之 5x5cm² 電池片，在 0.8、0.77 與 0.65 V 以及 750、700 與 650 °C 測試溫度下，分別有 1161、1013 與 676 mW/cm² 的功率輸出，結果如圖 11 所示。

以模壓法為主之基板製備程序包含噴霧乾燥、模壓與燒結成型，已經可應用於製備含鉬之多孔鎳基超合金基板；使用該類型基板之電池片在 600 至 750°C 之溫度下，其開路電壓皆大於 1.0 V，顯示該類型基板可適用於本技術所使用之大氣電漿噴塗製程中。依標準電池片測試程序測得該電池片在 0.77 V 與 750 °C 測試溫度下，可量測最大發電功率為 1109 mW/cm²，結果如圖 12 所示。

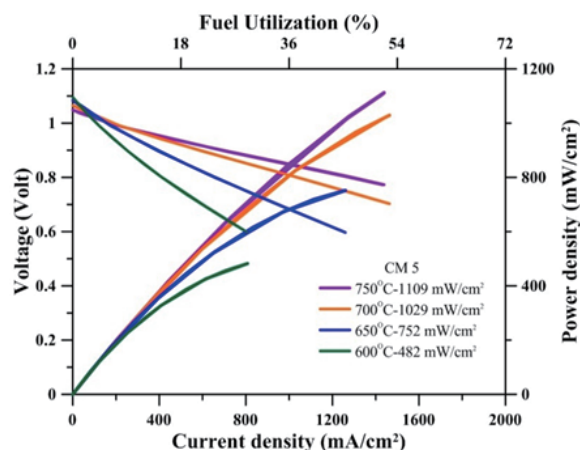
含鉻的肥粒鐵型不鏽鋼已經被廣泛地使用於中溫固態氧化物燃料電池發電系統之連接板，然而含鉻金屬連接板所造成之電池片鉻中毒現象將導致嚴重的電池片性能衰退；因此，本計畫利用大氣電漿噴塗技術進行 LSM 金屬連接板保護膜之製備研究，所使用的金屬連接板材料分別為 Crofer 22H、Crofer 22APU 與 SS441。實驗結果顯示，以大氣電漿噴塗製程所製備的 LSM 保護膜具有高緻密與高純度之特性，在長達 4932 小時的高溫 (800 °C) 長時電性測試中，Crofer 22APU 樣品具有最佳的電性表現，其 ASR 值由 1.91 mΩcm² 上升至 5.13 mΩcm²，平均 ASR 上升率約為 0.65 μΩcm²/hr；而其他樣品之平均 ASR 上升率分別為 Crofer 22H 之 1.28 μΩcm²/hr 與 SS441 之 1.28 μΩcm²/hr，如圖 13 所示。實驗結果顯示，以大氣電漿噴塗製程所製備之 LSM 保護膜樣品具有低於連接板門檻值的 2.5 μΩcm²/hr，預期可達到耐用 40000 小時且 ASR 值低於 100 mΩcm² 之商業化目標。



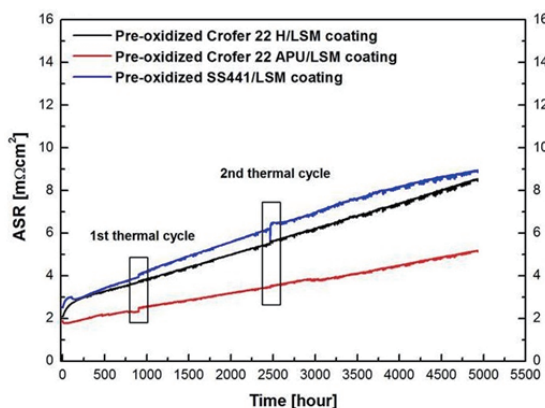
▲ 圖 10 以滾壓法製備之背面預留透氣孔道之多孔金屬基板示意圖



▲ 圖 11 使用背面預留透氣孔道基板所製備之 5X5cm² 金屬支撐型 SOFC 電池片之發電功率測試結果。



▲ 圖 12 以模壓法製備之 5X5cm² 金屬基板之金屬支撐型 SOFC 電池片發電功率測試結果。

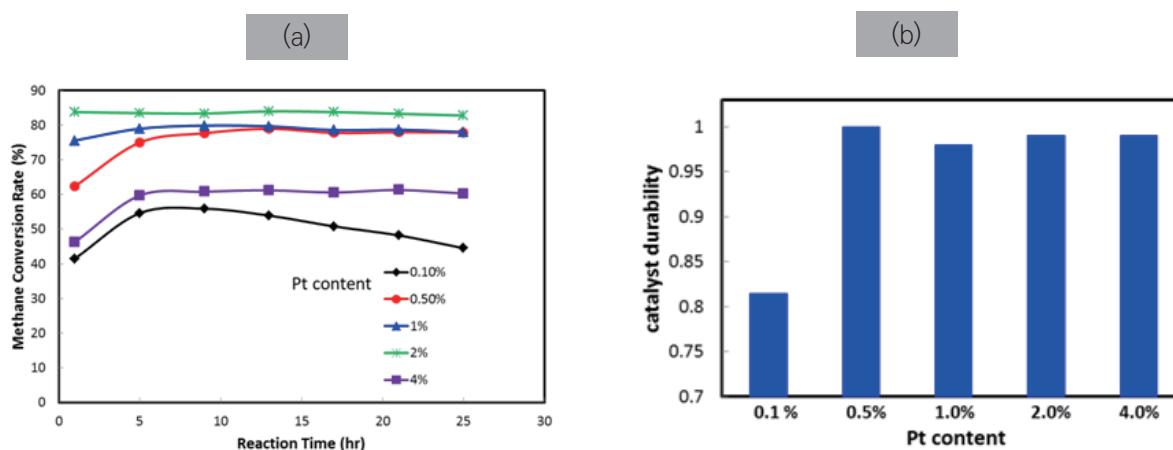


◀ 圖 13 具電漿噴塗 LSM 保護膜之 Crofer 22H、Crofer 22APU 以及 SS441 樣品之高溫長時測試結果。

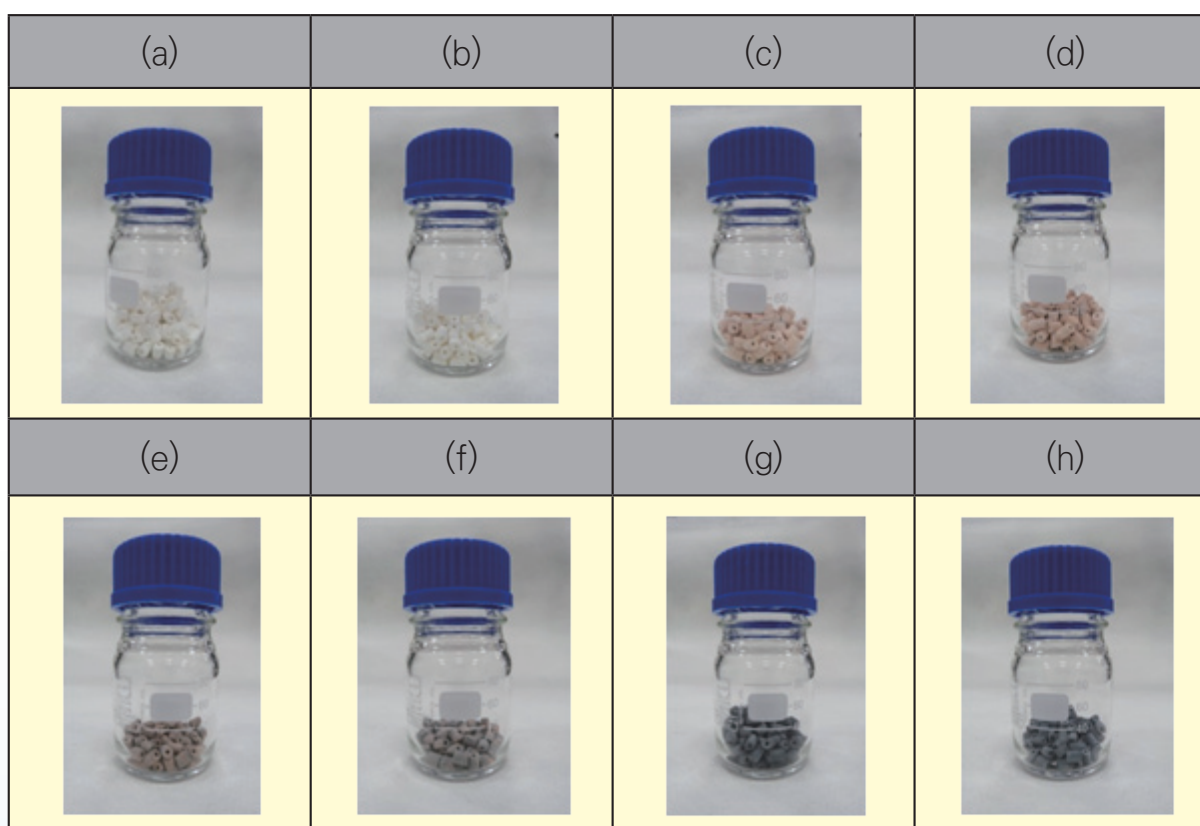
4. 固態氧化物燃料電池熱電共生系統用燃料重組奈米觸媒研發

許寧逸

天然氣重組觸媒為 SOFC 系統之關鍵技術，本計畫創新研發自製新型環狀載體重組觸媒，分析不同組成之觸媒特性與甲烷轉化率，發現使用二氧化鈾 (CeO₂) 促進劑，搭配白金奈米粒子催化劑，塗佈於 α -Al₂O₃ 環狀載體，製成 Pt/CeO₂/ α -Al₂O₃ 環狀載體觸媒，可顯著消除傳統商用觸媒積碳問題。比較重組觸媒白金含量為 0.1%、0.5%、1.0%、2.0% 及 4.0% 之甲烷轉化率，如圖 14(a) 所示。觸媒白金含量低於 1.0% 時，無法使白金粒子完整分佈於載體表面。待甲烷分子有效吸附於白金粒子表面，轉化率因此提升，其後效能保持穩定狀態。白金含量 0.1% 之重組觸媒經甲烷重組反應後，白金粒子位置富含氫氣，將使 Ce(IV) 還原為 Ce(III)，喪失輔媒 (CeO₂) 儲氧排碳功能，致使甲烷轉化率下降。然而白金含量為 4.0% 時，因白金含量過高，白金粒子聚集，粒徑過大，導致催化性能不佳。環狀載體與不同組成的環狀載體觸媒外觀色澤將有明顯差異，如圖 15 所示，純白色 α -Al₂O₃ 添加 12% CeO₂ 後，因 CeO₂ 而呈現米白色。接續添加 0.1 或 0.2% 白金奈米粒子，如圖 15(c)、15(d) 所示，因白金濃度較低，白金奈米粒子單層披覆於載體表面，白金奈米粒子吸收 250-500 nm 的光，而呈現紅色互補光。但若將白金濃度提高至 0.5、1.0、2.0、4.0%，載體表面覆蓋一層以上白金奈米分子，觸媒外觀漸趨深黑色。考量觸媒研製成本與耐久性，可選用含 0.5% 白金奈米粒子之觸媒，其甲烷轉化率可達 79%，且於反應 25 小時之長效測試，仍然能夠保持良好的催化反應性。



▲ 圖 14 環狀載體觸媒白金含量對 (a) 甲烷轉化率與 (b) 觸媒反應耐久性之影響。



▲ 圖 15 環狀載體與不同組成的環狀載體觸媒之表面色澤，(a) α - Al_2O_3 ；(b) 12% CeO_2 / α - Al_2O_3 ；(c) 0.1% Pt/12% CeO_2 / α - Al_2O_3 ；(d) 0.2% Pt/12% CeO_2 / α - Al_2O_3 ；(e) 0.5% Pt/12% CeO_2 / α - Al_2O_3 ；(f) 1.0% Pt/12% CeO_2 / α - Al_2O_3 ；(g) 2.0% Pt/12% CeO_2 / α - Al_2O_3 ；(h) 4.0% Pt/12% CeO_2 / α - Al_2O_3 。

三、展望

計畫成果正陸續技轉國內業者，將有助於國內上、中、下游產業鏈之成型，配合產業界之機動力及系統整合力，將可加速降低 SOFC 製造成本。本計畫未來工作包括進行 3~5 kW 發電系統設計及熱工元件整合裝置開發、技轉電池片技術協助業界進入量產階段、大氣電漿噴塗連接板保護膜層技術開發、研製中溫 (650~750°C) 型重組觸媒等，期望以持續精進之技術，提升我國在全球 SOFC 市場之競爭力。

4-2-4 碳基能源永續潔淨利用技術發展

邱耀平、余慶聰、陳柏壯、陳一順、黃靜瑩、邱秀玫、林國興

一、緒言 (包括總體描述、計畫目標等)

能源國家型科技計畫第二期 (NEP-II) 以「安全」、「效率」、「潔淨」作為總體目標，並以科技及產業發展綱領作為執行時之參考準則，並兼顧經濟發展、環境保護及社會正義。

本研發項目為 NEP-II 減碳淨煤主軸中心項下之工作，主要分為兩大技術方向：(1) 整合包含氣化技術、氣體處置技術、二氧化碳捕獲以及整廠設計與最佳化等核心技術，並據此逐步建置一實驗級淨碳示範系統，以呈現燃燒前二氧化碳捕獲技術之產業化能量。(2) 發展高效能、低成本之高溫二氧化碳捕獲與再利用技術，並藉由再利用途徑創造高價值產品與實現減碳效益。

二、重要成果：(分項研發成果)

分項計畫成果一：碳基燃料中高溫二氧化碳回收技術發展

(1) 氣化技術與合成氣應用程序開發

本項目已完成氣化爐主體與周邊建置，並於操作溫度 700~900°C 之條件下進行系統實驗，該生成氣體中之 CO, CO₂, H₂ 與 O₂ 皆可順利測定，其成分變化趨勢符合預期。目前初步測試採用空氣作為氣化反應媒介以簡化流程，其典型成果如圖 1-1 所示；未來將探討蒸汽、純氧等對生成氣體組成之影響。

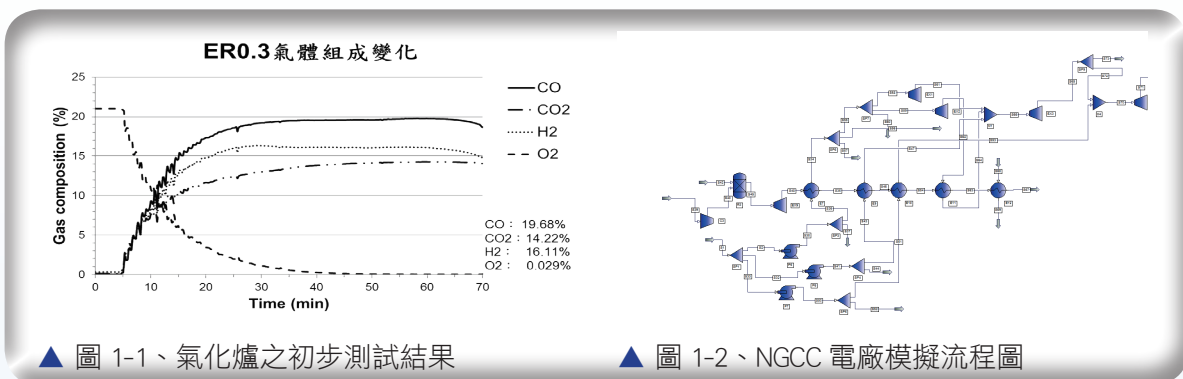
其次，本項目另使用商業用化工程序模擬軟體 Pro/II (Invensys)，軟體版本為 8.1.1，進行氣化合成氣轉化合成天然氣 (SNG) 並導入天然氣複循環 (NGCC) 發電廠之程序設計；經由固態燃料轉化為天然氣，可降低國內液化天然氣 (LNG) 進口之風險，提供國內後續評估固態燃料轉化合成天然氣之用。該案例係以 SNG 與混合氣體 (SNG、合成氣) 作為 NGCC 進料，分析結果顯示效率可達 54%，建立氣化合成氣轉化合成天然氣並導入 NGCC 發電之流程 (圖 1-2 為 NGCC 電廠模擬流程圖)，應為國內可行之選項。

另外，國內產業（如造紙業）亦有將製程廢棄物加以資源化之需求，可經由氣化程序產生合成氣，進而回收其熱能；此一應用部分尤以合成氣（富氫氣體）燃燒技術為關鍵，亦為計畫持續推動之方向。計畫團隊持續與國內產學夥伴洽談相關合成氣應用程序開發進程規畫，而與學術界合作產出之「富氫氣體燃燒器」專利參加 2014 台北國際發明暨技術交易展，獲得發明競賽銀牌獎一項。

(2) 中高溫氣體淨化技術

中高溫淨化程序係將典型低溫氣體處理程序由室溫提升至中高溫層級，藉由氣體處理溫度的增高，可降低因溫度變化所導致之可用能量減損，進而提升系統之整體效能。本項技術主要涵蓋兩大領域，茲分述於後。首先為流動式顆粒床過濾器 (Moving Granular Bed Filter, MGBF) 氣體淨化技術，其原生技術為一可應用於中高溫之粉塵過濾裝置，目標為建置可於 500°C 環境運轉之 MGBF 除塵測試系統。本年度計畫持續進行過濾器熱模周邊系統之增建，已建置完成濾材篩分裝置 (如圖 1-3 所示)，該裝置之篩分效率可達 98% 以上，有利於未來濾材再生流程；而整體系統已可於 500°C 環境下進行運轉，其過濾效率大於 90%。

其次，以多孔性擔體負載金屬氧化物作為固態脫硫劑，進行中高溫脫硫反應，為一具有前瞻性的氣體減排技術。由先前數種金屬氧化物脫硫劑篩選研究及多次循環反應測試中發現，以鐵系脫硫劑展現最佳的捕獲效能及穩定性，因此被選為後續研究之材料。在本年度，計畫已完成脫硫劑量產機台 (如圖 1-4 所示) 建置與功能測試，使脫硫劑製備工作能達到自動化；由實驗結果顯示，脫硫劑每日產量可達 0.5 kg，並驗證量產脫硫劑之 XRD、BET 等物理性質與前期少量合成之樣品一致。





▲ 圖 1-3、濾材篩分裝置



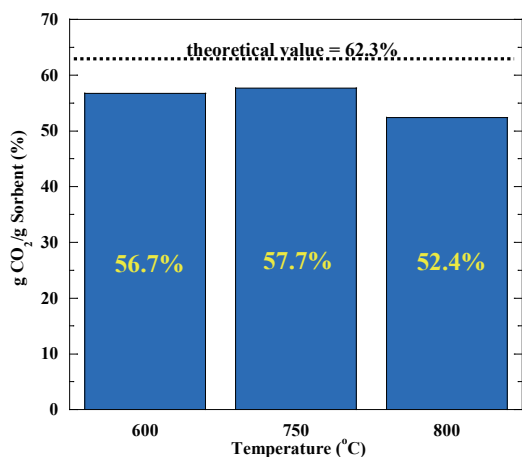
圖 1-4、脫硫劑量產機台主體 ►

分項計畫成果二：燃燒前二氧化碳捕獲技術開發

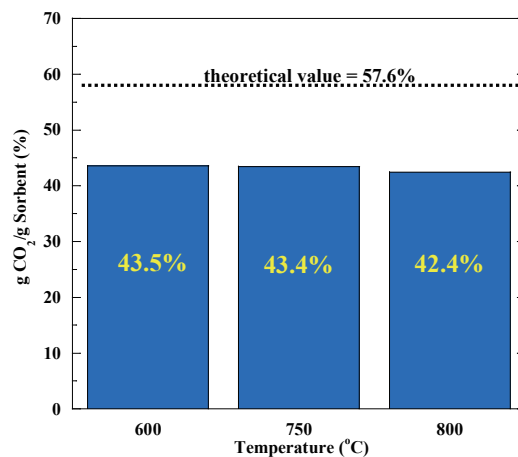
中高溫碳捕捉技術開發

本研究之主要目的為研發適用於燃燒前二氧化碳捕獲之中高溫 (600-800°C) 含鈣捕碳劑，其具有適用溫度高、高捕碳量 (>50 wt%)、環保以及低能耗等優點。過去研究已成功合成出具備高穩定性的層狀結構捕碳劑 Ca/Al LDH (Layered-double hydroxides) (INER-Ca/Al-CO₃ LDH)，其表現明顯優於市售的氧化鈣與石灰石礦物，並且已將每批次產量由實驗室的克級提升至公斤級。本年度研究則著重於捕碳劑改質，與進行 INER 開發之 10 kW 反應器捕碳反應測試。圖 2-1 與圖 2-2 分別為本所自行研發之含鈣捕碳劑在不同溫度測試之捕碳量數據，經添加鎂改質後之捕獲量雖然降低，但其內含物卻更加接近天然礦物之組成；除此之外，其迴路穩定性亦表現良好。

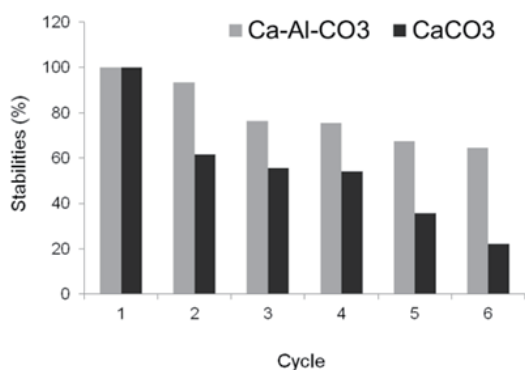
圖 2-3 為 INER 捕碳劑與碳酸鈣於 10 kW 捕碳反應器 (圖 2-4) 測試結果，由圖可明顯得知，INER 捕碳劑之各迴路穩定性明顯優於碳酸鈣，尤其在第 5、第 6 迴路以後差異更加明顯，說明 INER 捕碳劑具有良好抗燒結之特性。圖 2-3 之成果除說明 INER 捕碳劑實測結果外，亦提供 10 kW 反應器之相關參數建立。未來研究將利用此技術所生產的各式捕碳劑應用到固定床或是流體床反應器，測試 INER 捕碳劑在反應器中的捕獲能力與穩定性表現，逐步建立中高溫 CO₂ 捕獲關鍵技術，為未來的技術轉移奠定基礎。



▲ 圖 2-1、INER 鈣鋁 7:1 捕碳劑之捕碳量數據



▲ 圖 2-2、INER 鈣鎂鋁 7:1:1 捕碳劑之捕碳量數據



▲ 圖 2-3、10 kW 捕碳反應器測試結果 (INER 捕碳劑與碳酸鈣)



▲ 圖 2-4、INER 研發 10 kW 固定床反應器

三、展望（包括未來發展趨勢與策略）

近期全國能源會議總結報告指出重要減碳淨煤事項，包括導入淨煤減碳技術，減少煤炭利用之碳排放，儘速制訂碳捕存與利用 (Carbon Capture, Use and Storage, CCUS) 研究計畫與推動時程等。本所投注開發之氣化技術具備彈性進料、低污染、多元應用等特性，為潔淨能源技術領域之關鍵環節。現國內已有產業針對氣化多元應用進行評估工作，本所將與國內產業共同合作，一同為碳潔淨利用以及減緩溫室氣體排放進行努力。

4-2-5 自主式分散型區域電力控管技術發展與應用

羅國原、鄭宗杰、李奕德、張永瑞

一、前言

近年來核研所積極發展太陽能、風能與生質能等新能源，然由於再生能源具有間歇性與不確定性，若區域之再生能源佔比提升，勢必造成區域電網電壓之浮昇或驟降，間接衝擊區域電網系統運轉之穩定性。本計畫發展自主式分散型區域電力控管技術為其解決方案之一，藉此技術發展，將可有效控制微電網之再生能源發電滲透率達 20%，其目標為提昇國家能源安全與節能減碳之效益，同時匯聚產官學研的研發能量，創造綠色就業機會及能源新興產業的契機。

二、重要成果：

分項計畫成果一：分散型電力系統及智慧控制技術發展

完成國內首座可接受台電調度之微電網（圖 1），由桃園區處下達調度命令 4 秒後，經本所裝置之 FTU，相距 20 公里之微電網低壓平台接收並執行調度命令；期間「完成訊號接收」及「完成執行調度命令」等訊息回授台電調度平台（圖 2），建構虛擬電廠場域雛形，並協助台電運轉調度。完成具可監控紀錄高壓資訊，模擬台電 DNP3.0 調度訊號，與低壓工作站進行通訊之微電網高壓平台規劃。完成微電網運轉工作站之「即時 / 歷史資料」資料庫建置，並記錄監視 048 館負載與 20kW PV 連結微電網連續 24hrs 運轉資訊（圖 3）。此外，完成多部電動車充電排程規劃平台及充電樁建置（圖 4）。

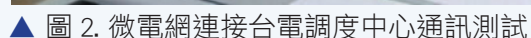
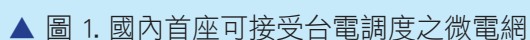
分項計畫成果二：分散型能源電子技術發展

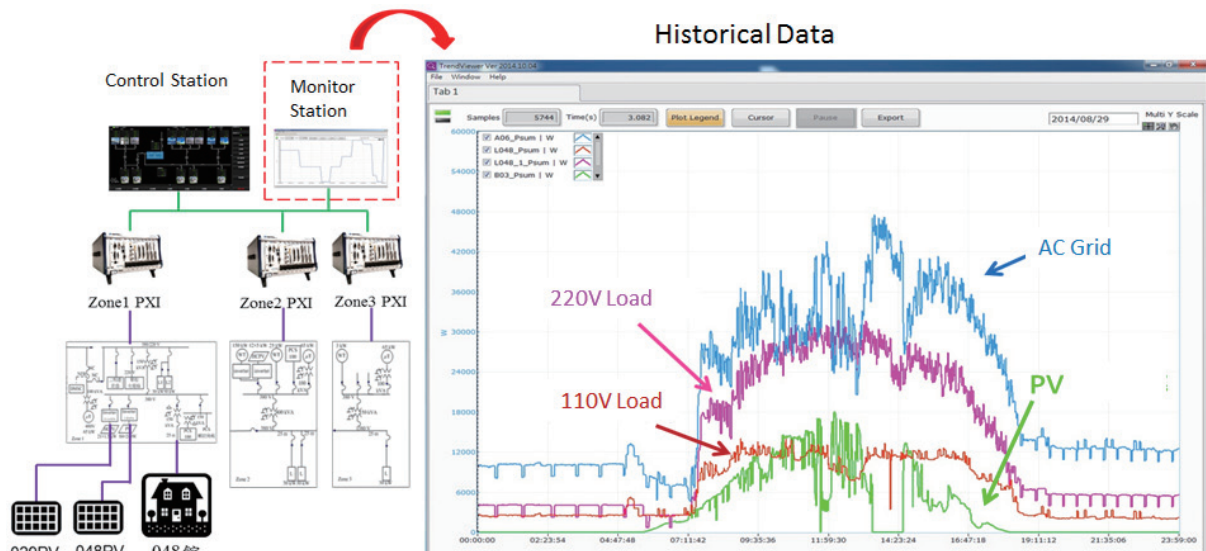
完成以 PSIM 進行微電網靜態開關系統電路模型與電路模擬，模擬結果顯示可在兩週波內切斷 SCR 模組電流。同時初步測試三相換流器與靜態開關整合系統，完成 DSP 控制程式撰寫、驅動電路、感測電路與電力級設計，可驅動 6 組 SCR 模組與感測 6 組電壓訊號。另外，完成靜態開關系統整合轉換器與電池系統測試（圖 5），實測靜態開關電壓電流波形並驗證可與市電快速切離，驗證結果與電路模擬相符。完成 15kW 電力轉換器實體尺寸量測及以 FDS 軟體完成其三維熱流模擬分析（圖 6），並將此分析結果提供國內產業進行設計參考。

分項計畫成果三：分散型能源多代理人整合平台技術發展

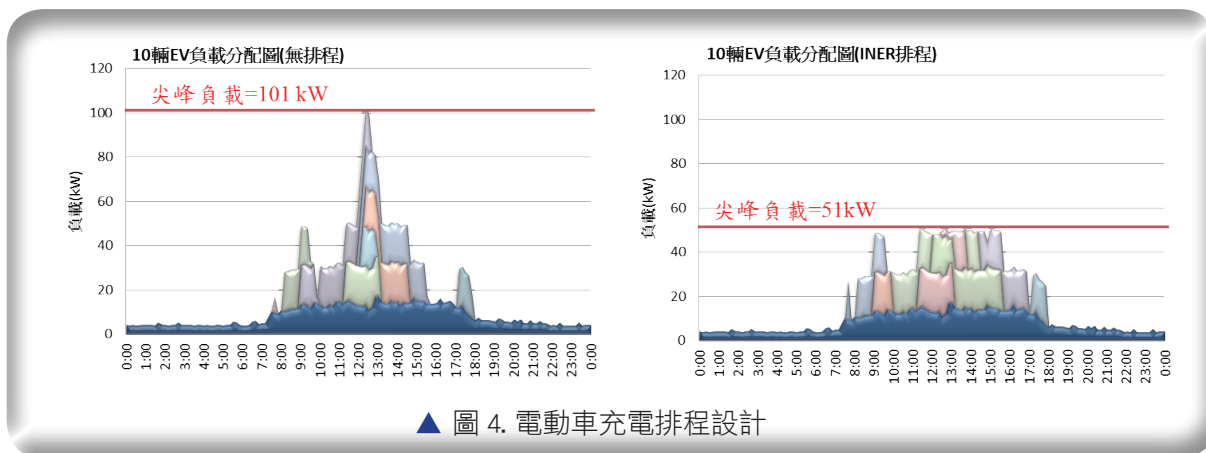
完成分散式能源電力通訊網路與資訊等國際標準發展現況分析與架構研究，以 IEEE 2030 為分散式能源電力通訊網路與資訊整合設計架構（圖 7），發展用戶領域 (Customer Domain) 之多代理人軟體，使用 JADE (Java Agent DEvelopment Framework) 平台架構本所微電網之控制與監視情境；依規劃之電力交易流程完成智慧電網多代理人概念測試平台（圖 8），提供相對應本所微電網控制器 (MGC) 模組應用分析，未來在新的電業法下建立多樣化電力交易情境劇本，實現微電網自主式電力交易等概念。

藉由微電網技術的發展，可增加再生能源於電力系統中的占比，提升區域電網的供電品質、穩定度與可靠度，未來更可將相關技術實際應用於離島、偏遠社區或中小型鄉鎮區域。在短期效益方面，希冀藉由將微電網與台電饋線連接，完成微電網實證示範場域的建置，開發微電網創新產品與扶植國內相關產業發展。在中長期效益方面，推廣微電網商業運行並應用至離島地區，提升微電網內自主能源、確保穩定能源供應、降低碳排放量等政策目標。

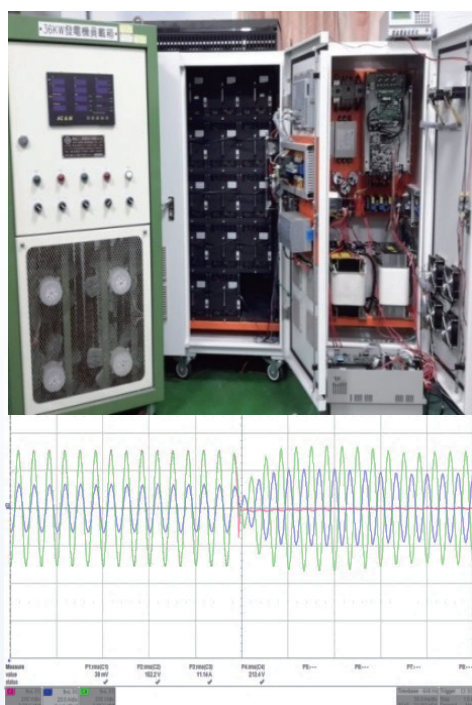




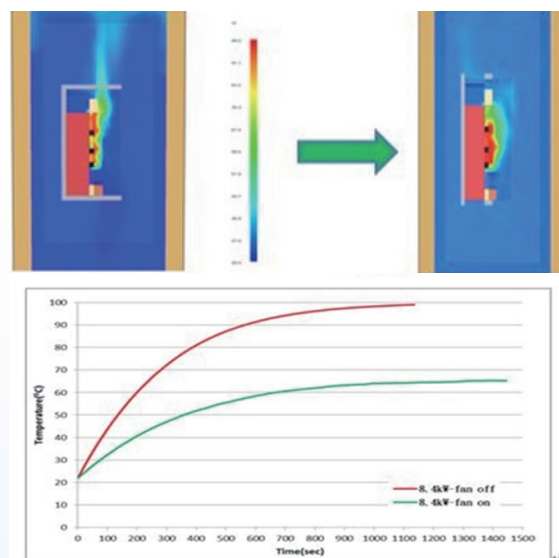
▲ 圖 3. 048 館分散型電力 24 hr 連續穩定運轉建置



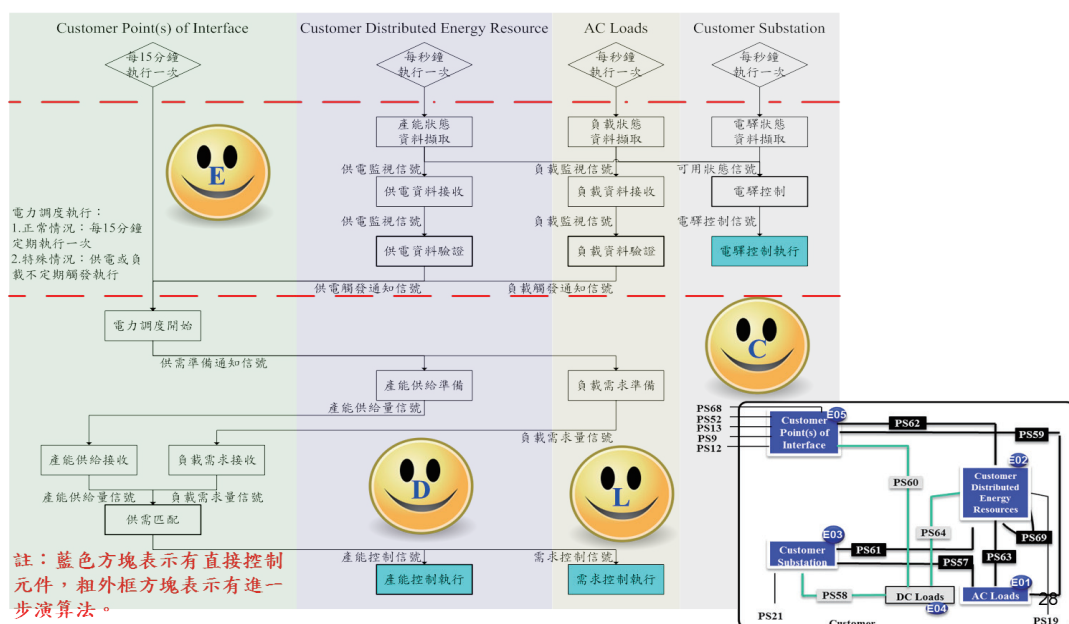
▲ 圖 4. 電動車充電排程設計



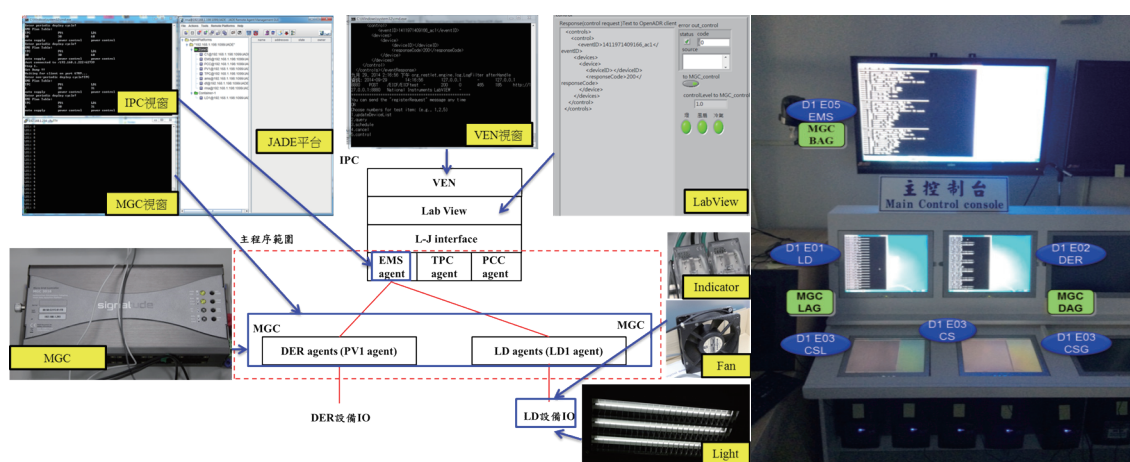
▲ 圖 5. 靜態開關系統與轉換器整合測試



▲ 圖 6 進行能源電子之熱管理分析技術開發



▲ 圖 7. 以 IEEE 1547 與 IEEE 2030 為基礎之分散型能源整合框架設計



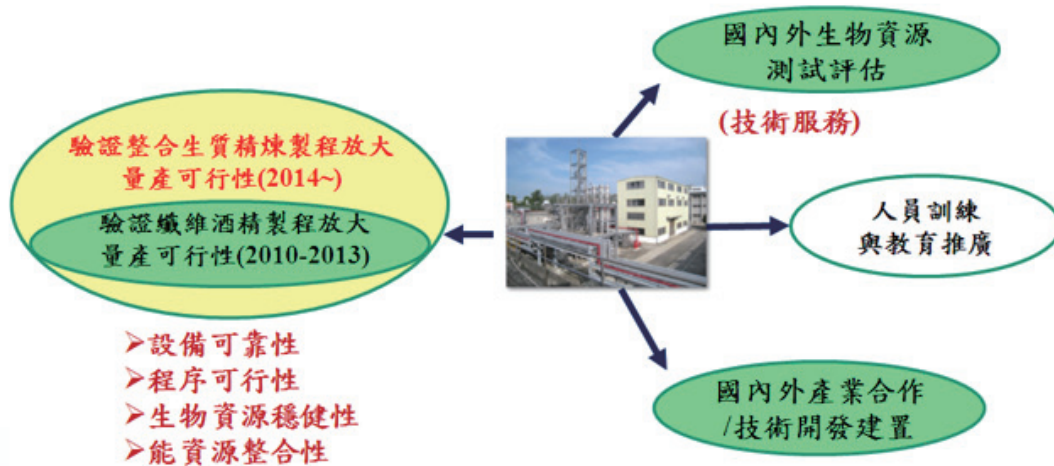
▲ 圖 8. 以 JADE (Java Agent Development Framework) 開發多代理人電力調度程式

4-2-6 纖維酒精產業推廣平台及加值化生質精煉技術之研發

邱垂煥

一、緒言

本計畫之定位與功能係配合國家生質能源及綠能產業政策推動，以不與人爭糧爭地之木質纖維生質物為料源，在逐步降低對石油之依賴、降低二氧化碳排放及打造新興低碳產業等目標下，推動纖維酒精及生質精煉技術朝產業化發展。纖維酒精技術為深具前瞻性及挑戰性的新興生質能源轉換技術，其核心技術並可延伸至生產生質材料及生質化學品之生質精煉技術中。核研所纖維酒精測試廠規模之大型研究平台設施自 2010 年開始測試運轉後，陸續完成單元設備性能、製程穩定性、驗證製程放大之參數差異及系統精進等，進而建立量產製程運轉及整廠概念設計的能力，同時將測試廠之運轉數據作為國內未來設計量產廠，評估其生產成本、能源效益、減碳效益等之基礎，協助國內建立可商轉應用之纖維酒精生質精煉技術，以農、林業剩餘資材為原料，生產生質燃料或具特色化之生物基化學品（材料）作為化工產業中重要的平台化合物，據此達到促進低碳產業發展、能源多元化及二氧化碳減量之效果。自 2014 年起，開始進行連續四年的纖維酒精製程精進與產業化推動暨生質精煉生產生質化學品製程開發，主要發展規劃如下（圖 1）所示：



▲ 圖 1、本計畫產業化發展之規劃策略

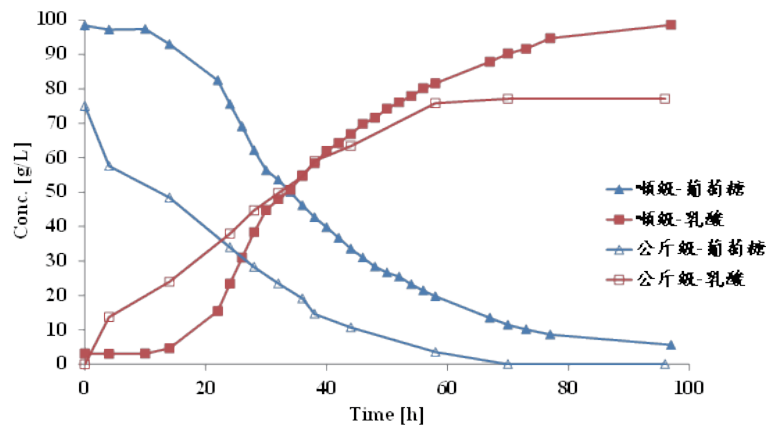
二、重要成果

本計畫係延續前期「纖維酒精量產技術研發之計畫」，將前期計畫研發成果之纖維轉化酒精之驗證測試平台、程序開發設計能力、測試廠整廠基本設計及運轉數據等相關技術與資訊延伸至生質精煉技術平台，發展低碳足跡之非糧生質燃料及高值化生質化學品（材料）的開發。其主要成果包括：

(1) 建立整廠設備穩定運轉能力：噸級廠目前可進行連續全程 2-4 週以上之運轉操作，主要採用同步水解及共發酵 (SSCF) 生化程序進行運轉，亦可採混合同步水解及共發酵 (HSSCF) 程序；

(2) 建立具國際競爭力及特色之纖維轉化酒精製程：本計畫為國際上少數專注於以全球產量最豐之木質纖維素原料－稻稈轉化纖維酒精的量產製程開發，亦同時開發以亞熱帶地區相當豐富的甘蔗所產出之蔗渣及木片轉化纖維酒精的生產技術，採行同步水解及共發酵 (SSCF) 生化程序進行運轉，目前估算每噸乾稻稈最高可生產約 200 公升，蔗渣與木片最高分別可生產 220L 及 240L 之纖維酒精；

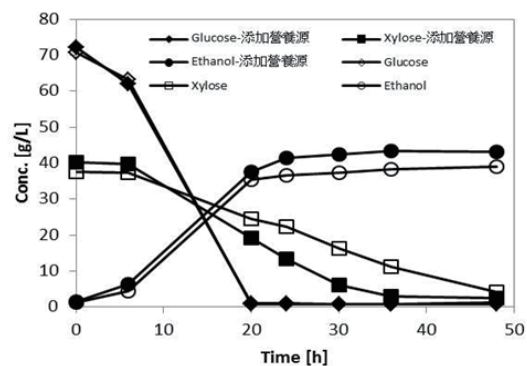
(3) 纖維乳酸量產製程運轉驗證：完成纖維乳酸噸級發酵規模之驗證，其產出乳酸濃度 99g/L、葡萄糖轉化乳酸效率 96% 皆達商業應用水準，每噸纖維料源乾重產出 220-250 kg 纖維乳酸（圖 2）。



▲ 圖 2. 纖維乳酸發酵生產製程公斤級和噸級廠驗證

(4) 纖維酒精產業化製程整合設計：根據上述 SSCF 程序噸級廠運轉成果與合理化配置模式，進行稻稈、蔗渣及木材等纖維酒精廠製程之質能平衡結算，並據此提出製程整合建立日進料 100 噸之製程概念設計，並進行其能源效益及成本分析，據此推估廠房土地及設備設施需求、能資源使用量等建廠所需之設計資訊，將可作為驗證廠建置之細部設計或放大噸商轉廠的基本設計參考依據。

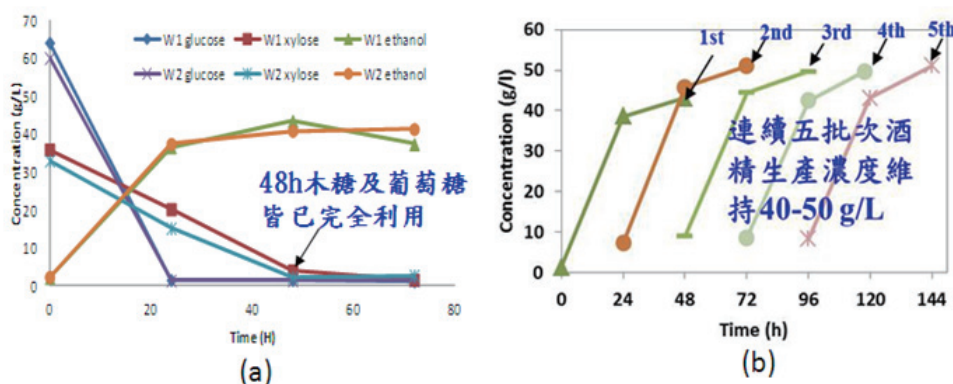
生化程序設計研發之特色與成果包括 (1) 建立客製化產業服務平台，可根據原料組成評估生化程序適用性：SSF 程序和 SSCF、HSSCF 程序皆可應用於纖維轉化酒精，可依原料組成特性決定製程轉化技術與設備進行量產驗證，並依據運轉數據，進行質能平衡及經濟效益評估，以提供產業投入參考。(2) 纖維酒精共發酵製程精進，以多元料源蔗渣、稻稈及木片進行 SSCF 程序運轉測試，降低操作成本藉以提升製程之競爭力，在酵素水解程序中酵素劑量減少 33%，其酵素水解轉化率差異小於 5%，取得酵素水解糖液，以共發酵菌 Y600 進行共發酵，發酵中添加 0.03% 尿素營養源，發酵時間可由 48 小時縮短至 36 小時，其酒精濃度可達 40g/L，轉化率可達 75%，在酵素使用量和發酵時間均可減少或降低 33%(圖 3)，據此可建立具能源效益與競爭力之纖維酒精量產製程。



▲ 圖 3. HSSCF 製程精進驗證之營養源添加測試比較

發酵菌株開發之特色與成果包括 (1) 纖維酒精共發酵菌株精進：以突變篩選與演化工程技術提升共發酵菌對溫度及高抑制物耐受力，於噸級設備產出之不同生質料源木糖水解液進行發酵測試，在未去毒性情況下，其酒精生產濃度仍可大於 40g/L，並在 48 小時木糖及葡萄糖皆已完全利用，木糖利用速率可維持在 1.5 g/L/h 以上。並進行菌株重複連續五批次纖維水解液共發酵測試，其酒精生產濃度維持在 40~50 g/L，此結果說明本計畫開發之共發酵菌株能適用於不同生質料源高抑制物之水解液，並能維持高酒精發酵效率與穩定性 (圖 4)；(2) 纖維乳酸菌株開發：本計畫從 40 餘株乳酸生產菌株中篩選出 3 株具高旋光度和高轉化效率特色之潛力菌株，分別為 L 型、D 型和 L 型共發酵菌株乳酸，其光學純度均大於 99% 以上，葡萄糖轉化乳酸效率皆大於 95%，皆具有商轉應用潛力。

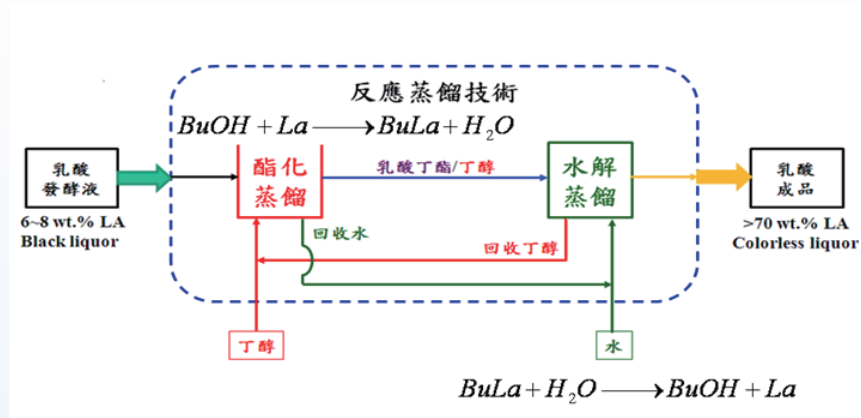
纖維乳酸分離純化與分析技術平台研發成果：由非糧生質物產出纖維乳酸發酵液有別於澱粉與



▲ 圖 4. 共發酵菌株水解液耐受力 (a) 與穩定性 (b) 測試

糖質作物原料之乳酸，纖維乳酸發酵液含有大量雜質與色度，因此在分離純化技術上深具挑戰性，本計畫開發一新穎分離純化方法 (圖 5)，結合酯化反應與蒸餾程序，將纖維乳酸發酵液透過酯化反應轉化及水解蒸餾反應程序純化纖維乳酸，目前已完成纖維乳酸發酵液 30L 處理量之分離純化雛形系統，純化之纖維乳酸含量達 88%，不純物符合規定，整體回收率 70%，已達商業應用門檻。後續將依據測試參數、操作條件與規範等進行設備放大，以符合商轉廠需求。

產業化平台推廣成果包括 (1) 完成國內生質精煉產業煉建構：本計畫透過多年的計畫執行，與



▲ 圖 5. 纖維乳酸酯化反應蒸餾流程圖

國內產業、學界及研究單位建立完整產業供應鏈，包括料源供應、技術建立、設備製作、生物技術、整廠工程設計、效益評估及配銷通路等均已建立完整之合作架構，期能在適當時機協助國內生質精煉產業發展；(2) 落實技術產業化：本計畫成功與馬來西亞台商新茂木業有限公司簽訂一件生質精煉技術授權案，全程授權金約 6000 萬元，涵蓋 6 項可交易之纖維酒精核心技術及 5 件專利應用等，以合板廠木材剩餘物為料源，預期在 1~2 年內將會建置驗證廠，此將會是以本計畫技術落實在亞洲之首座生質精煉廠，期能帶動國內產業萌芽發展。(3) 推動與國內工程公司合作建立本土生質精煉廠設計：由於國內料源及市場有限，生質燃料或生質精煉技術境外推廣為必然之趨勢，但若能將關鍵技術與整廠原型設計掌握在國內，勢必可強化技術深耕國內，因此計畫積極推動與國內工程公司建立合作夥伴，藉由工程公司整廠設計 / 建廠能力與核研所建立之生質精煉量產製程概念設計與運轉實務經驗配合，協助投資設廠建立基本 / 細部設計及工廠建置，核研所則與投資設廠產業簽署技術授權，據此互利合作共同以 TurnKey 的策略推廣至國內外市場，以加速纖維生質精煉技術產業化。

三、展望

纖維酒精技術之研發已進入技術產業推廣階段，目前在產業推廣已有一家完成技術授權，後續將進入實質建廠階段，計畫將會面臨單元設備放大及量產製程驗證問題及未來 300 噸以上商轉廠建置需求。因此，計畫後續將規劃以日進料 300 噸之產線規模的設計，可據此擴充至 3~4 條產線，即可達到建置日進料 1000 噸規模的商轉廠設計，以符合纖維酒精商轉廠之需求。近年來，國際生質燃料製程設計與整合已逐漸導入生質精煉的理念，強調運用多元技術整合，將生質物資源充分利用及提高其產品附加價值。近期國際上大都以完全相容性生質燃料 (Drop-in biofuels) 為發展目標，並以生質航油為優先發展方向，與本計畫規劃相契合。而目前完全相容性生質燃料技術研發尚在起步階段，相信在起跑點相同下，以目前計畫研發的能量，實為計畫發展之利機。

4-2-7 我國能源科技及產業政策評估能力建置

葛復光

一、緒言

本所於 2014 年 1 月正式成立「能源經濟及策略研究中心」(以下簡稱本中心)，其目的為對我國面臨多元且複雜的能源議題，持續培育人才，進行能源經濟研究並提出策略建言。目前組織架構包括能源系統、能源經濟、能源策略及能源資訊統計等四個分組，成員涵蓋理、工、商、社會等職系共 28 位跨領域專才。研究範圍包含：能源政策與策略之研究、能源資料庫平台及國家級 3E (Energy, Economy, Environment) 整合評估模型建置與維護等，並精進能源工程模型、能源經濟模型及其應用分析，同時也積極進行各界(包含民眾)對能源議題的深入了解及溝通。

二、重要成果

■ 達成未來工業部門減碳目標分析

工業部門在台灣為二氧化碳排放量最大之部門，故這些年來一直被視為減碳行動的關鍵要角。因此，2011 年行政院節能減碳推動會秘書處製訂了『2020 年 CO₂ 排放為 125 百萬噸，2025 年時減少至 107 百萬噸』的工業部門排放目標，較 2010 年排放量 129 百萬噸之排放量，分別減少約 3% 及 17%。為探討此減碳目標是否合適，本研究以 MARKAL 模型分析，若要達到此減碳目標下，低碳電力與工業技術搭配的電力成本及工業技術之機會成本。

結果顯示，可達到 2020 年減碳目標的情境組合有：(1) 若工業低碳技術能源效率進步率每年僅 2.5% 以下，則需擴大天然氣與再生能源用量以降低燃煤發電量至占總發電量 13% 以下；(2) 若每年工業部門能源效率進步率 4% 以上，則在目前天然氣與再生能源政策下即可符合。此外，若要達成 2025 年減碳目標，至少需要 (1) 2% 以上進步率搭配抑低燃煤發電至占總發電量約 4%，或 (2) 每年 5% 進步率搭配天然氣與再生能源發電既定政策。

上述須較既定政策更擴大天然氣與再生能源使用的組合中，一年需要額外支出的發電成本介於 734 億元至 2144 億元，若與政府的社會福利支出(2012 年為 5404 億元)相比，金額介於 14% 至 40% 之間。而在既定天然氣與再生能源政策下，可轉嫁於工業進步率投資的機會成本介於 310 億元至 632 億元，相當於全年社會福利支出的 6% 至 12% (參見下圖)。

由此可知，欲達減碳目標所需成本龐大，宜適度調整。若國內未來工業低碳技術能源效率進步率可達到 2%/ 年，在目前規劃之天然氣進口量與再生能源發展目標情況下，台灣工業部門 2020 年較合理的減碳目標可達 138 百萬噸，2025 年為 140 百萬噸，分別較原目標提高 10.4% 與 30.8%。

較既定政策更擴大天然氣與再生能源使用下每年需要額外支出的發電成本				
工業技術能源效率進步率(%)	2020 年電力額外支出(億元)	2020 年電力額外支出(相對於 2012 年社會福利支出比例*)(%)	2025 年電力額外支出(億元)	2025 年電力額外支出相對於 2012 年社會福利支出比例*)(%)
0.5	1758	33	-	-
1	1497	28	-	-
2	831	15	2144	40
2.5	734	14	1861	34
既定天然氣與再生能源政策下工業進步率投資的機會成本				
工業技術能源效率進步率(%)	2020 年機會成本(億元)	2020 年機會成本相對於 2012 年社會福利支出比例*)(%)	2025 年機會成本(億元)	2025 年機會成本相對於 2012 年社會福利支出比例*)(%)
4	310	6	-	-
5	459	8	632	12

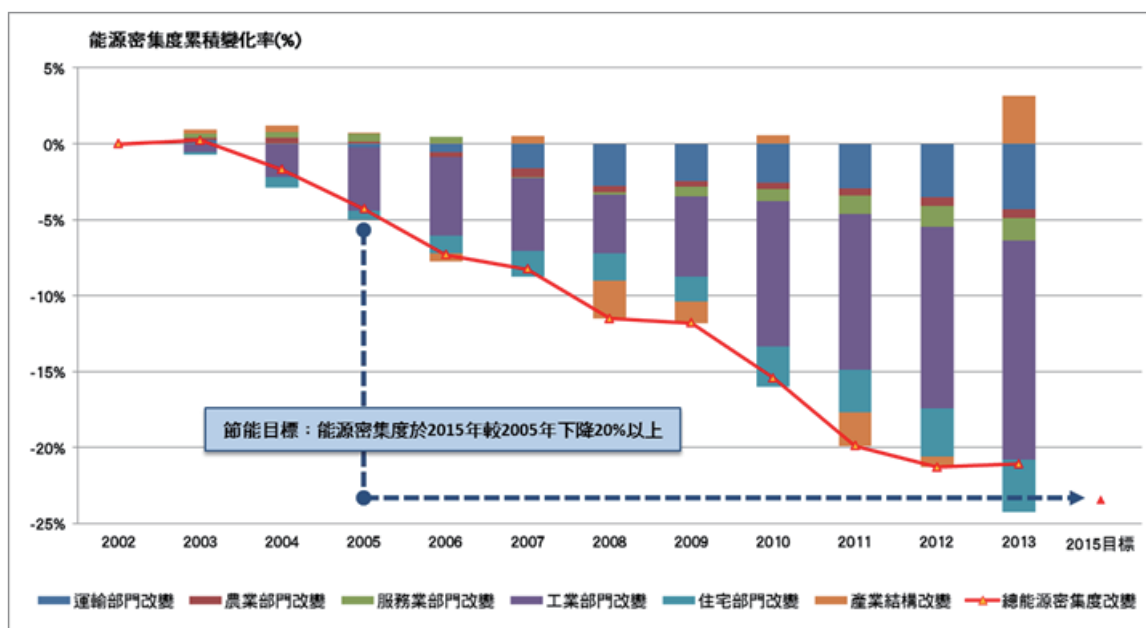
*:與 2012 年社會福利支出:5404 億元比較

▲ 每年需要額外支出的發電成本與工業進步率投資的機會成本

■ 我國能源密集度分析

我國於 2008 年時，通過「永續能源政策綱領」，明定：「未來 8 年每年提高能源效率 2% 以上，使能源密集度於 2015 年較 2005 年下降 20% 以上」。由下圖可看出，我國過去 11 年，總能源密集度下降 21.1%，以趨勢來看，2015 年應有可能達成目標。若以因素分解分析方法(index decomposition analysis) 進行重要因素探討，將能源密集度總變化歸因為各產業能源密集度改變再加上產業結構改變，可得到以下結論：

- (1) 產業結構變化：2002~2013 年間，產業結構轉型使能源密集度惡化 3.15%，肇因於工業內部產業結構轉為以電子零組件業等低能源密集產業，但產業結構之工業占比增加，服務業減少導致密集度惡化。另研究發現，若產業往高能源密集產業轉型，對密集度影響將遠大於其他產業；以化材業為例，若 GDP 占比增加 1%，總體密集度將惡化 17.4%，遠大於政府每年的改善目標，及歷年來整體工業部門努力的成果。
- (2) 產業自身密集度變化：代表產業能源使用效率的變化，是我國近年總能源密集度改善的主因，下降幅度共達 24.2%，其中以工業 (-14.4%)、運輸 (-4.3%) 與住宅部門 (-3.4%) 的改善為主。另假設產業結構不變下，發現改善高耗能及高能源密集度產業能源效率對我國未來總體能源密集度改善的貢獻度最大。綜結以上，我國除了高能源密集度產業外，也能將高耗能產業列為未來能源效率改善重點，且產業仍需轉型至以服務業、工業服務化或高附加價值為主之低密集度產業。



▲ 我國能源密度變動原因分析（以 2002 年為基期）

資料來源：主計總處國民所得 (SNA93)、能源局能源平衡表。核能研究所研究繪製

■ 以焦點團體法探索消費者之電力願付價格

本研究目的為探索社會不同族群對於電力價格與核電爭議的連結與觀點。期間透過焦點團體之質性研究方法，回歸以電力需求端的最終消費者為研究對象，包括一般民眾（台北、台中、高雄）、環保人士、專家學者及產業代表 4 大族群，7 場的焦點座談。並於現場提供一套電價計算器為研究工具，評估民眾對發電配比及電力願付價格的敏感度。此計算器讓受訪者可清楚掌握各類發電成本後，將其心目中最理想的發電配比，以量化方式呈現，再請其說明對此理想方案所願意付出的電價及原因。藉由上述方法，蒐集並分析不同族群對電力使用行為，如動機、決策歷程、訊息來源、影響因素及對發電方式的想像等面向。

研究結果顯示：(1) 一般民眾及環保人士在核電議題中展現出明顯的區域差異，尤其是核能電廠與燃煤電廠分布範圍的關係，而此因素也同時影響到受訪者如何選擇電力配比及電價的理想方案，台北民眾偏好減核，對於再生能源願付價格認知較高；台中民眾普遍希望降低燃煤比例；高雄民眾則期待維持現階段電價區間。（參見下圖）(2) 至於採購綠電與電力資訊的來源，民眾對各方資訊皆持保留態度，有明顯的集體焦慮感。(3) 中小企業與大型企業在因應電價調漲的措施及彈性上存有極大差異。(4) 受訪者皆可接受所謂合理電價調整，但價格差異幅度甚大。以上結論可作為政府後續在電力系統規劃與相關政策研擬時的重要參考。



▲ 電廠分布及民眾區域特性

三、展望 (未來發展趨勢與策略)

本中心發展之能源模型將配合國家發展需求，持續深入分析長期趨勢，並利用統計分析及敏感度分析等方式，探討量化之不確定性。另有鑑於社會各界對於簡易能源資訊的需求及參與能源策略的渴望，本中心亦透過能源資訊平台提供能源資訊，並搭配民眾意向回饋功能，以促使能源策略更符合社會民意期望，強化政策執行的合理性。

4-2-8 風能系統工程技術開發研究

黃金城、蘇煒年、賴文政、林彥廷

1. 緒言

相較於大型風機，目前國內中小型風機產業在國際上具有較佳的競爭力，不過仍需積極提升國內中小型風機的系統整合及驗證技術能力。本所經歷 25 kW 及 150 kW 的中小型風機研製，並且積極開發第二代 150 kW 風機系統，是目前國內唯一具有中小型風機設計及系統整合技術能力的國家級研究實驗室。藉由精進中小型風機系統設計、分析、測試及運轉之機械系統整合工程技術能力，本所將逐步建立自主化大型陸域及離岸風機工程技術能力。

2. 重要成果

2.1 中小型風機工程技術研發分項計畫成果：150 kW 二代風機系統組裝、架設、以及測試運轉。

本所自民國 100 年啟動第二代 150 kW 風機系統研發，依據 IEC 61400-1 Class IA 之安全需求規範進行設計，於 102 年間完成細部設計，並且逐步發包製造。於 103 年完成系統組裝（圖 1），並且應用本所 200 kW 動力平台進行地面測試（圖 2），緊接著於 7 月完成吊裝（圖 3）。最後經過系統調教與測試成功，於 103 年 10 月舉辦第二代 150 kW 風機測試運轉啟用典禮暨技術研討會，初步功率性能測試結果如圖 4 所示。



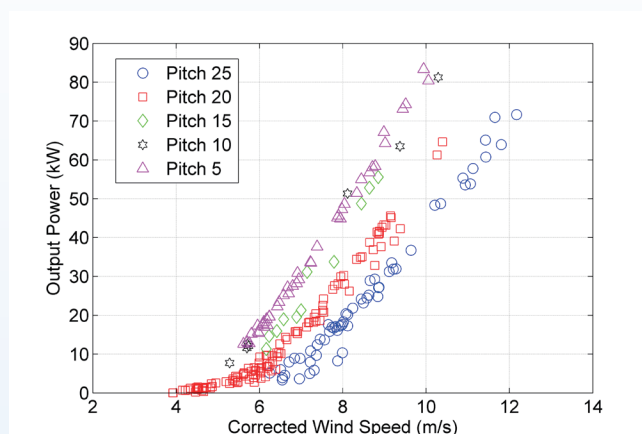
▲ 圖 1：150 kW 風機組裝



▲ 圖 2：150 kW 風機地面測試



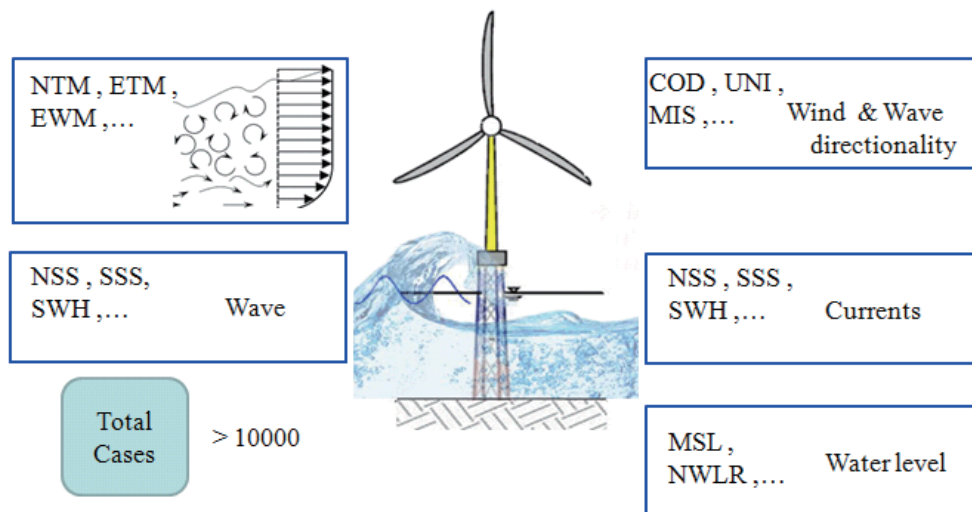
▲ 圖 3：150 kW 風機吊裝



▲ 圖 4：150 kW 風機功率性能測試

2.2 大型風機工程技術研發分項計畫成果：引進符合 IEC 離岸風機國際標準及設計負載初步分析

引進離岸風機國際設計標準 IEC 61400-3，並且應用國際能源署 (IEA) 之 OC4 國際合作計畫所使用的 NREL 5 MW 及桁架式支撐結構離岸風機為參考風機系統，訂定符合規範之設計負載案例(圖 5)。結合風力、海波浪、海流等負載條件，完成 Class 1A、1B、與 1C 之極限與疲勞負載計算與比對分析(表 1)，逐步建立本所離岸風機設計驗證的相關技術能力。



▲ 圖 5：IEC 設計負載案例

▼ 表 1：NREL 5 MW 風機極限與疲勞負載分析結果

	Extreme Load: ETM				Fatigue Load		
	1A	1B	1C		1A	1B	1C
Blade falpwise moment (kN-m)	18350	17210	15970	Blade falpwise moment (kN-m)	5065	4577	4094
Shaft thrust (kN)	1144	1108	1041	Shaft thrust (kN)	221	197	174
Shaft torque (kN-m)	6133	5922	5620	Shaft torque (kN-m)	842	751	653
Shaft bending (kN-m)	13730	12650	11410	Shaft bending (kN-m)	6168	5566	4954
Tower thrust (kN)	1205	1121	1015	Tower thrust (kN)	274	246	219
Tower bending (kN-m)	14170	12960	11670	Tower bending (kN-m)	4459	3936	3405
Base thrust (kN)	3728	3750	3702	Base thrust (kN)	1695	1676	1665
Base moment (kN-m)	141900	132900	13050	Base moment (kN-m)	36358	33827	31401

3. 展望

於中小型風機方面，藉由 150 kW 風機平台，逐步開發故障偵測與警示系統，並研究應用於中大型風機系統，提升國內產業技術能量與競爭力。而在大型及離岸風機技術方面，除了分析模擬技術與世界同步，國際上普遍採用之大型及離岸風機設計標準皆是針對歐洲風場特性所制訂；因此，國內離岸風機安全評估應加入颱風與地震環境等地域性條件，方能確認設計標準之本土適用性，提高國內離岸風場之可靠與安全性。

4-3 輻射應用科技研究

林武智、樊修秀、陳冠因

103 年本所輻射應用於核醫藥物與高階醫材之研發的重點在於：

一、診斷用核醫藥物：

(1) 核種發生器之研製與應用：將研發出的銻 -68/ 鎵 -68 核種發生器的加速器產製製程參數模型，應用於母核種產製之製程，具有環保和產率高的優點，裝置結構簡單、操作簡便，易於配置在各式醫療院所或研究機構，從而提供民眾更佳的核醫臨床診療，增加社會福祉。(2) 加速器研製新核種發生器同位素及應用：開發靶物質鉕 -89 穩定同位素的溶解方法，並且成功完成具腦部 TAU 蛋白造影潛力的新正子放射分子 TAU-F1 之開發。(3) 大腸癌造影劑： ^{111}In -sulfonamide 在大腸癌動模式測試結果發現放射性訊號在腫瘤的組織部位有顯著的增加，顯示磺胺類藥物俱有應用在臨床核醫造影診斷腫瘤缺氧之潛力，未來可應用於作為放療的輔助工具之一。(4) 建立 PLGA- microsphere 之研製技術與分析方法，初步動物實驗顯示對於肝癌治療有潛力。(5) 建立電腦虛擬藥物篩選技術 (in silico virtual screening)，並應用於阿茲海默氏症藥物之開發。

二、標靶治療用核醫藥物：

(1) 被動標靶治療藥物：「銻 -188 微脂體」將應用於治療轉移型和晚期癌症病患，為全世界第一個進入臨床試驗的放射奈米標靶藥物，已通過衛福部審查，獲准進行 Phase I 人體臨床試驗，並獲台北榮民總醫院人體試驗委員會核准執行臨床試驗，評估藥物在體內安全性、耐受性及初步療效等資訊，檢驗受試者之生理狀況與生化檢驗，證明其安全性。(2) 主動標靶治療藥物：證實結合放化療物 ^{188}Re -liposome-Fcy-hEGF/5-FC 更具治療 EGFR 過度表現的腫瘤細胞之潛力。(3) 栓塞治療藥物： ^{90}Y -PGLA microsphere 治療新藥可穩定滯留於肝腫瘤部位，具有肝癌治療之應用潛力。

三、輻射應用及分子影像技術平台服務：

提供國內唯一之輻射分子造影平台，主要為建構與提供輻射技術與分子影像技術服務，協同生技醫藥國家型計畫，共同開發早期診療或輔助診療之藥物，有助加速進入臨床試驗，並期促成研發成果產業化與商品化。

四、核醫藥物造影劑配位子 Linker 合成及藥物分析技術發展與應用：

(1) 雙功能螯合劑 di-Boc-NOTA-Bz 之合成有助於進行體內的生物分子分布及造影研究。(2) 分析生物檢體中藥物含量及其代謝物身份是藥物研究的基礎，以液相層析串聯質譜分析方法探討 flumazenil 代謝物之身分，據以研判藥物生體作用機制，有助於將 Flumazenil 以輻射正子核種 F-18 標誌用於中樞神經功能評估與診斷病症。

五、體外奈米檢驗試劑：

利用 Co-60 照射改質之 EB 病毒臨床體外奈米免疫診斷試劑，具有方便使用、迅速以及低偵測極限的特性。與馬偕醫院合作完成 50 個健康受試者和 50 個確診病患檢體分析，已測試出的靈敏度為 0.88、專一性為 0.84，可用於偵測 EB 病毒抗體之力價，評估罹癌風險。

六、高階醫療器材與次世代醫用 3D 放射造影儀技術開發：

高效能醫用影像處理技術開發、先進固態薄型成像偵檢技術開發、低劑量有限角度 3D 影像重建技術、造影儀機電系統設計與儀控技術、放射診斷醫療器材之檢測技術與輻射劑量評估技術開發，建立分子影像醫材與 3D 放射造影儀所需之關鍵技術以及建立系統關鍵技術、劑量評估與檢測驗證技術，結合所內外資源開發具輕薄、低耗能、抗強干擾之核醫成像裝置、醫學影像與劑量最佳化，協助本土產業建立具競爭力之關鍵組件。

103 年研發成果包括專利申請 28 件 / 獲得 19 件，國外期刊 31 篇，國際會議及研究報告 92 篇，成果豐碩。本領域致力於我國核醫產業技術之建立，核醫藥物本土化，降低社會成本並維護國人健康為目標。

本所輻射應用於醫療領域之新藥研發團隊於新藥研發策略，配合政府政策朝向以民間企業、學術研究機構與醫學中心間之互利合作，擴大研發綜合效果，並進行專業整合，共同開發具商業潛力與價值的藥物，加速醫療的發展。本年度主要在肝臟、肺臟、腫瘤與中樞神經疾病診斷藥物開發為主軸，未來研發方向積極推動各項藥物臨床應用外，更延伸觸角朝向獨步全球創新藥物開發邁進。

醫療領域之高階醫療器材研發團隊以國內發展高階放射診斷醫療器材設計之核心技術，著重於半導體光電元件成像偵檢器、影像系統物理模型演算法、生醫材料輻射改質…等，具產業價值、商品化利基及輻射應用技術開發。建立有專利潛力之技術與建置自主核心技術之高階醫材開發平台，未來可結合國內已有或發展中之產業鏈，落實研發成果商品化。

無論是新藥研發或醫療器材研究，輻射領域各項研發最終目標在於提升我國生技醫藥與核醫產業之技術水準，並整合生技醫藥領域之研發體系與能量，與潛力廠商交流切磋、研發技術參展、醫材相關聯盟平台鏈結等，與國內廠商、法人團體完成數件技術移轉、合作開發與技術服務等簽約，逐步落實研發成果產業化與商品化的目標，以維護國人安全與健康為宗旨，並期望與國際接軌，達到國際化目標，以實踐提升原子能應用於民生用途。更重要的是將核醫藥物與醫材躍上國際平台，使台灣本土之生技醫藥研製水準躋身國際之列。

4-3-1

核子醫藥及醫材與儀器之應用研究

4-3-1-1

加速器研製新核種發生器同位素及應用

陳振宗

核子醫藥及醫材與儀器之應用研究分支計畫之第一分項計畫「加速器研製新核種發生器同位素及應用分項計畫」，成功將研發出的鍺 -68/ 鎵 -68 核種發生器的加速器產製製程參數模型，應用於母核種產製之製程。鍺 -68/ 鎵 -68 核種發生器是運用加速器所產生的高能質子束，經過撞擊固體靶再製作而產生。鎵 -68 是下一代的正子造影診斷藥物的利器，由迴旋加速器生成其母核種鍺 -68，製作成核種發生器，可應用於無迴旋加速器醫院使用。此為鎵 -68 放射性同位素產生裝置，包含一產生管柱及一檸檬酸鹽流洗液。產生管柱至少部分填充一含有葡糖胺基團的離子交換樹脂，以吸附鍺 -68 放射性同位素及鎵 -68 放射性同位素。檸檬酸鹽流洗液注入產生管柱，以脫附鎵 -68 放射性同位素，得到含有檸檬酸鹽形式之鎵 -68 放射性同位素的洗出液，本項發明的製程最佳化模型獲得 2014 年德國紐倫堡發明展金牌獎。

在非發生器的放射性同位素研究方面，計畫中成功開發出放射性同位素鍺 -89 之靶物質鉕 -89 穩定同位素的溶解方法，將鉕 -89 藉由化學方法由金屬態轉換成溶液態。本同位素製備方法建立，可做為以電沉積或電鍍單元程序製作成靶物質的技術基礎。鉕 -89 穩定同位素是新一代的正子放射核種，半衰期長達三天，適用於與抗體類結合，由醫學影像的技術，來探討免疫正子造影在腫瘤部位的放射積聚情形與分布現象。鉕 -89 是鉕的同位素中唯一不具放射出輻射特性的穩定同位素，研究發現鍺 -89 的平均正子放射能量是 396.9keV，相較之下低於氟 -18 核種的轉譯能量，具備獲得較高解析力的放射影像，是應用於單株抗體之免疫正子造影的理想核種之一。

在放射性同位素之應用層面，由液體靶系統產製之放射性同位素氟 -18，成功完成具腦部 TAU 蛋白造影潛力的新正子放射分子 TAU-F18 之開發，發現此新分子可順利通過血腦障蔽，並應用於腦癌鼠的造影，發現其影像的放射積聚量大於正常鼠，同時與核苷類的氟 -18FLT，以及胺基酸類的氟 -18FET 比較，也具有較高的攝取量。後續將進行此氟 -18TAU-F18 新分子的 TAU 蛋白與阿茲海默症基因轉殖鼠的造影之研究與探討。

加速器研製新核種發生器同位素及應用分項計畫，103 年的研究重點是新核種發生器的應用，研究成果獲國際肯定，成效斐然；而在非核種發生器的同位素研製，則成功的發展應用於免疫正子造影核種的靶物質穩定同位素製備方法，為免疫正子核種的研發工作做準備；在同位素的應用面，則成功開發出具腦造影力的新分子，動物模式證實其腦造影效果。這些研究成果，在國內正子造影核種發生器與放射性同位素以及放射分子三個層面，分別於腦、腫瘤與免疫系統造影應用建立基礎。

1. 核種發生器之研製與應用

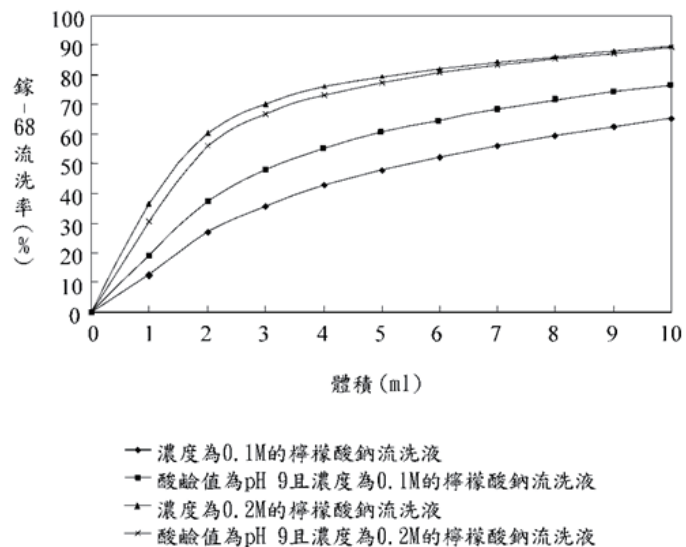
李銘忻

近年來鎳-68 發生器在國際市場上蓬勃發展，且受到藥物研究人員及臨床人員注目，尤其是使用在生化分子的放射性標誌（radiolabelling）上。由於小型胜肽分子的出現，提高對此鎳-68 核種的需求，因其半衰期（68 分鐘）較短，適合上述胜肽藥物代謝動力學，及降低病人輻射困擾。此外，以三價金屬離子鎳-68 容易和 DOTA 的衍生胜耦合物作直接放射標誌反應。

本計畫鎳-68 放射性同位素產生裝置及其方法是利用有機樹脂（含有葡萄糖胺基團的離子交換樹脂）及其對鎳-68 與鎳-68 的選擇吸附性能力，以產生鎳-68 核種，同時配合使用檸檬酸鹽流洗液，使得反應的過程中不會產生金屬離子廢液，有效降低環境污染的潛在威脅。與習知技術相較，鎳-68 放射性同位素產生裝置及其方法是以有機離子交換樹脂取代氧化鋁或氧化錫等無機吸附材料，因而得以產生檸檬酸鹽形式的鎳-68 放射性同位素，不僅符合環保概念及法規，更重要的是得到的鎳-68/鎳-68 純度比率極高，可直接與標誌溶液混合後使用。另外，再與其他構件配合後，可接續將檸檬酸鹽形式的鎳-68 放射性同位素轉變為通用的氯化鹽形式，避免因為產物與慣用標準不合，造成使用者的困擾。再者，本裝置結構簡單、操作簡便，易於配置在各式醫療院所或研究機構，從而提供民眾更佳的核醫臨床診療，增加社會福祉。



▲ 鎳-68 發生器



▲ 鎳-68 發生器淘洗率

4-3-1-2 診斷用分子影像核醫藥物研發與應用研究

羅彩月

核醫藥物可區分為診斷用與治療用兩大類，診斷用核醫藥物主要應用放射性核種釋出加馬射線之穿透特性，配合單光子放射電腦斷層掃描或正子放射電腦斷層掃描之使用獲取藥物在體內之分佈影像，用以做疾病之診斷。為擴展我國核醫藥物研發領域，提升國人醫療品質，核研所積極開發具競爭性及應用潛力之先進核醫藥物，提供臨床疾病診斷之利器。

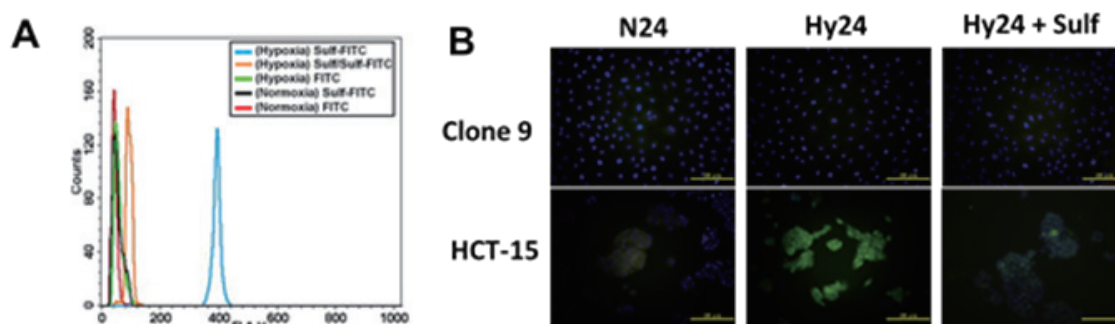
大腸癌是全世界常見的惡性腫瘤，也是國人十大死因之首，早期和精確診斷可以增加治療效果與存活率。Carbonic anhydrase IX (CA9) 參與腫瘤各種生理過程，被認為是一項細胞缺氧的可靠生物標誌之一，我們使用 CA9 抑制劑 sulfonamide 進行同位素標誌，研製成 ^{111}In -sulfonamide 並評估其應用潛力。在大腸癌動物模式測試，實驗結果顯示放射性訊號在腫瘤的組織部位有顯著的增加，其結果與螢光造影結果一致，顯示磺胺類藥物具有應用在臨床核醫造影診斷腫瘤缺氧之潛力，未來可應用於作為放療的輔助工具之一。生物可分解性多功能微粒 (Microspheres) 標誌放射性同位素之研究，我們已建立 PLGA-microsphere 之研製技術與分析方法，初步動物實驗也顯示對於肝癌治療有潛力，值得進一步開發。

1. 胜肽標的診療用核醫藥物之研製：大腸癌缺氧造影劑 ^{111}In -sulfonamide 偵測大腸癌腫瘤組織之藥物開發現況

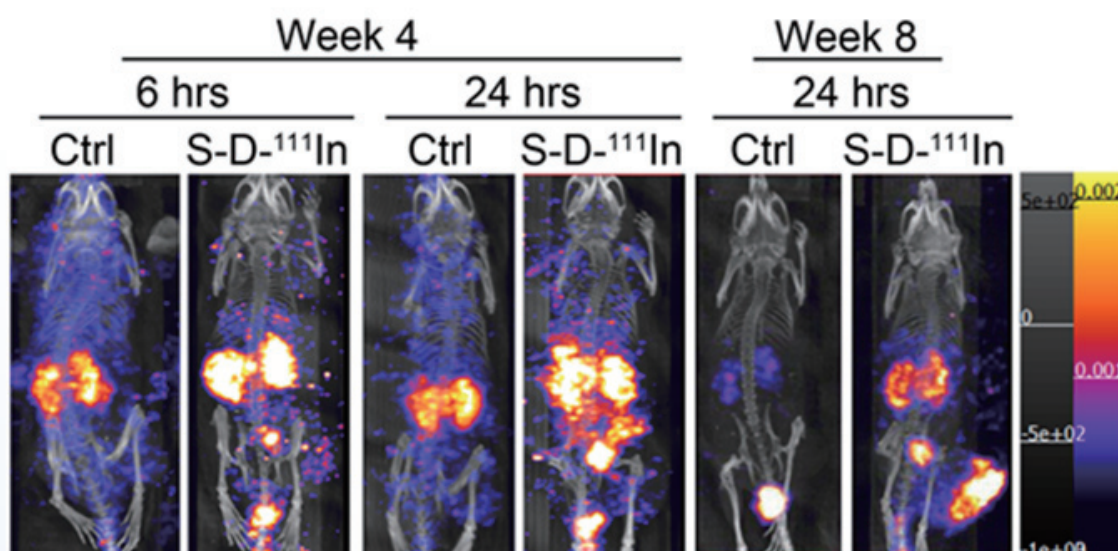
官孝勳、程俊嘉

大腸癌是全世界常見的惡性腫瘤。流行病學研究顯示，大腸癌的發生率在過去 10 年期間逐年增加。因此，早期和精確的大腸癌診斷可以增加治療效果與存活率。缺氧微環境是固體腫瘤常見的現象之一，包括發生於大腸癌。大腸癌組織中，Carbonic anhydrase IX (CA9) 蛋白受到 HIF-1 α 調控而大量表現，參與腫瘤各種生理過程，包括調節腫瘤環境 pH 值、腫瘤細胞貼附、增生、及轉移，被認為是細胞缺氧的可靠生物標誌之一。過去研究指出，CA9 抑制劑例如 sulfonamide 磺胺類藥物，專一性結合 CA9 分子，可以阻斷 CA9 的活性，降低腫瘤生長。因此，此篇研究目的首先去偵測不同時期大腸癌患者的血清與腫瘤中 CA9 的表現差異，評估 CA9 作為大腸癌腫瘤缺氧之生物標記，再者利用 sulfonamide 磺胺藥物標誌 In-^{111} 作為核醫造影劑去進行大腸癌動物腫瘤造影實驗。為了偵測大腸癌患者的血清與腫瘤組織中 CA9 表現，並且評估 CA9 作為生物標記的可行性，我們收集臨床大腸癌血清檢體並分析其 CA9 表現量，結果顯示血清 CA9 與腫瘤組織中的 CA9 都有大量表現，且彼此呈現正相關，我們更進一步發現 CA9 的表現程度與腫瘤的期別有正相關，晚期腫瘤 CA9 表現量較多。此外，細胞試驗顯示，在缺氧的環境下 (24 及 48 小時)，大腸癌細胞 (HCT-15) 的細胞存活率增加，接著，在缺氧的環境下，透過流式細胞儀以及螢光染色觀察，證實 sulfonamide 磺胺藥物

與 CA9 之間具有交互作用，為了去偵測大腸癌動物缺氧 CA9 的分布，缺氧造影劑尾靜脈注射入大腸癌裸鼠動物血液中，並且利用活體動物螢光分析進行觀察，結果顯示腫瘤位置有明顯的缺氧 CA9 訊號產生，各種組織器官的 CA9 分布也被觀察，結果顯示腫瘤組織有較高的螢光訊號。最後，我們將 In-111 標誌的磺胺藥物用來進行大腸癌動物核醫造影，放射性訊號在腫瘤的組織部位有顯著的增加，其結果與螢光造影結果一致。總結上述，我們認為 CA9 可以作為大腸癌缺氧的生物標記，並且認為血清的 CA9 偵測可以作為臨床上推測腫瘤中的 CA9 表現程度的診斷工具，此外，我們所發展的腫瘤缺氧藥物：放射性 In-111 標誌 sulfonamide 磺胺藥物，可以應用在臨床核醫造影診斷腫瘤缺氧，未來可應用於作為放療的輔助工具之一，協助放療之放射劑量及治療部位調整，以提升放療效果並降低其副作用。



▲ Sulfonamide 磺胺藥物與缺氧大腸癌細胞 (HCT-15) 中 CA9 之結合試驗。(A) 流式細胞儀偵測 sulfonamide (sulf) 磺胺藥物 -FITC 與細胞結合性分析，顯示 sulfonamide 結合缺氧培養之 HCT-15 細胞。(B) 螢光顯微鏡觀察 HCT-15 大腸癌細胞與 Clone9 正常肝細胞與 sulfonamide-FITC 結合，結果顯示 sulfonamide 可結合於缺氧處理過之 HCT-15 細胞。N24, normoxia for 24h. Hy24, hypoxia for 24h. Hy24+sulf, cells in hypoxia for 24h treated with both sulfonamide-FITC and sulfonamide.



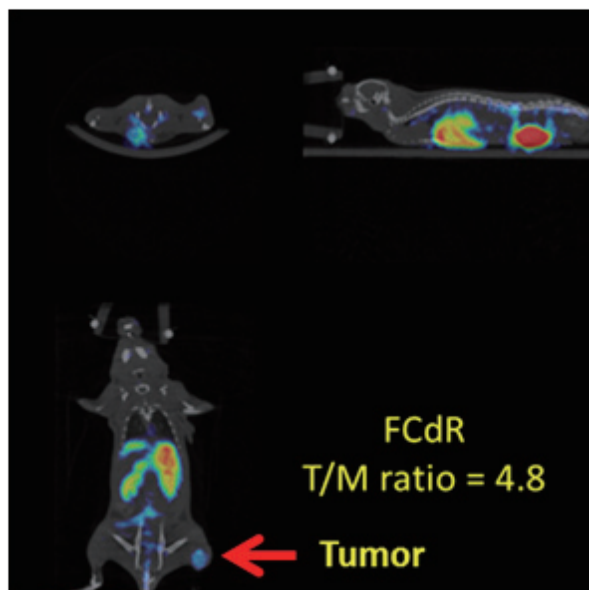
▲ 大腸癌裸鼠動物之 sulfonamide-DTPA-In-111 核醫造影。HCT-15 細胞 (2×10^6) 皮下注射到裸鼠右後腿，使細胞生長 4 週及 8 週。磺胺藥物標誌 111In (S-D-111In) 注射到裸鼠體內 6 及 24 小時候利用 nanoSPECT/CT 進行偵測，試驗中以 DTPA-111In 作為對照組。結果顯示 CA9 大量表現於晚期較大腫瘤，S-D-111In 可用以診斷大腸癌異植性腫瘤缺氧。

4-3-1-3 放射性腫瘤藥物開發

于鴻文

1. 放射性肺癌診斷藥物之研製：放射性氟化核苷類似物 ^{18}F -FCdR 在肺癌小鼠模式中作為細胞增生探針之評估

本研究目的在於評估一新型放射性氟化核苷類似物— ^{18}F -FCdR 於肺癌小鼠動物模式中作為腫瘤造影探針的潛力。我們進行了 ^{18}F -FCdR 的標記前驅物 FCdR-(OAc)₃ 的合成， ^{18}F -FCdR 放射標記研究，以及 LL/2 肺癌小鼠的正子放射斷層掃描造影 (PET/CT)。 ^{18}F -FCdR 氟-18 標記研究結果顯示具有放射化學純度 > 95%。正子放射斷層掃描造影影像顯示 ^{18}F -FCdR 明顯積聚於腫瘤，藥物注射後 1.5 小時的腫瘤-肌肉比 (T/M ratio) 為 4.8。在本研究中， ^{18}F -FCdR 的製備能夠具高放射化學純度，並且明顯積聚於腫瘤，顯示 ^{18}F -FCdR 是一個有潛力的臨床腫瘤造影劑。



▲ LL/2 肺癌小鼠動物在注射 ^{18}F -FCdR 後之正子放射斷層掃描造影影像。

4-3-1-4 核醫藥物造影劑配位子 Linker 合成及藥物分析技術發展與應用

陳威希

由於社會步調日益快速，國人生活緊張而壓力增大、人口的高齡化發展等趨勢，致國人精神及神經功能異常等病例快速成長。利用正子電腦斷層掃描 (PET) 以正確診斷中樞神經等疾病，學者估計在 2016 年將以年成長率 (AGR) 3.74% 的速度成長。研發有效的正子斷層顯影劑以因應國人醫療市場需求為重要課題。本年度我們設計新型大環胺三羧酸配位架橋劑 (macroyclic aminotricarboxylic acid linker)：NOTA，能與 Al 配位後，標記正子輻射核種 F-18，羧基基團則結合檢測標的胜肽，應用於 PET 造影劑。與舊有同類造影劑比較，其重要的突破，本研究將特定二個羧基基團保護，僅留一個羧基具選擇性與檢測標的生物分子中胺或醇基結合。已完成 NOTA 配位架橋劑的合成程序研究及結構確認。此外，中樞神經 GABA 受體 PET 造影劑 F-18-Flumazenil (^{18}F -FMZ) 的代謝路徑研究，分別以大鼠肝微粒 (liver microsome) 及大鼠肝臟均質液的肝酵素代謝系統對 FMZ 反應後，液相層析串聯質譜分析代謝物身分，發現大鼠肝微粒有 2 個水解代謝物，而大鼠肝臟均質液有 1 個甲基轉酯化代謝物。

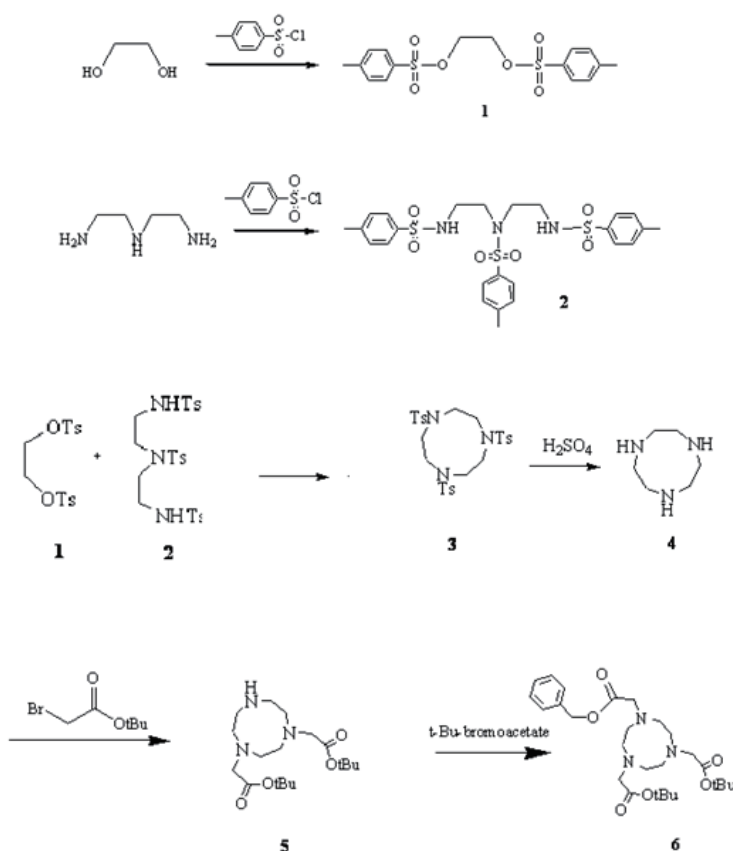
1. 核醫藥物造影劑配位子 Linker 之合成：雙功能螯合劑 di-Boc-NOTA-Bz 之合成研究 林聖倫、張瑜

近年來鋁 - 氟鍵之非碳 - 氟鍵標誌核醫藥物吸引核醫界的注意，其中 1,4,7- triazacyclononane-1,4,7-triacetic acid (NOTA) 與 Al-18F 的結合有諸多研究。將 NOTA 與生化分子如胜肽 (peptide) 結合，再以 Al-18F 標誌後進行體內的生物分子分布及造影研究，亦有不同取代基之 NOTA 配位子衍生物與 Al-18F 的標誌效率比較等研究。

利用 NOTA 與 Al-18F 的結合特性，我們可以設計一端具生物活性的分子與 NOTA 衍生物結合，做成具潛力的活性分子後，再接上 Al-18F 做進一步的造影測試。但由於 NOTA 的三個羧酸沒有選擇性的保護，使其與生物分子結合時會得到許多副產物，導致產率偏低、實驗複雜性及成本增加。若先將其中兩個羧酸保護起來，裸露出其中的一個羧酸將可容易的與胺基或醇類進行結合。

關於雙功能螯合劑 di-Boc-NOTA-Bz 之合成及鑑定方法，首先將起始物 diethylenetriamine 先以 tosyl chloride 進行 Ts 保護形成 N,N',N'' -tris(p- toluene- sulfonyl)-diethylenetriamine 2，再與同樣含 Ts 保護之 1,2-bis- (p-toluene- sulfonyl)-1,2-ethanediol 1，以碳酸鉀當作鹼的條件下進行反應生成 1,4,7-tris(p-toluenesulfonyl)-1,4,7- triazacyclononane 3，然後化合物 3 再以濃硫酸去除 Ts 保護基，可得 NOTA 大環架構產物 1,4,7-triazacyclononane 4，隨後將 1,4,7-Triazacyclononane 與 tert-butyl bromoacetate 進行結合，生成 Bis-t-butyl- NOTA

5，再將化合物 5 以 benzyl-2-bromoacetate 進行取代反應生成最終產物 di-Boc-NOTA-Bz 6。所有上述化合物皆以核磁共振光譜及質譜等數據確認其構造。



雙功能螯合劑 di-Boc-NOTA-Bz 6 之合成途徑

4-3-1-5 前瞻分子影像診斷醫療器材技術開發

梁鑫京

本計畫包含「高效能醫用影像處理技術開發」與「先進固態薄型成像偵檢技術開發」二子項計畫，目標是以本所放 / 輻射成像技術為基礎，配合國家生技政策與我國電子資通訊產業發展需求，建立前瞻分子影像醫材所需之關鍵技術，發揮核能技術應用於醫療之民生用途。計畫發展具產業價值之輻射應用技術，例如高速影像演算處理、固態光電成像偵檢探頭等，建立之可專利技術與自主核心技術經整合形成一高階影像醫材開發平台，可望結合國內已有或發展中之產業鏈，落實研發成果商品化。103 年重要執行成果「高效能醫用影像處理技術開發—斜角式正子系統影像重建加速」與「具產業實用性之固態薄型成像探頭技術關鍵掌握」說明如下：

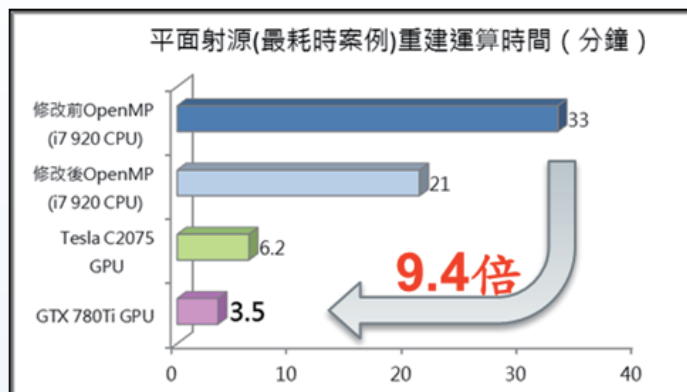
1. 高效能醫用影像處理技術開發—斜角式正子系統影像重建加速

倪于晴

近年核醫影像品質精進大多仰賴影像重建技術之提升，結合校正（attenuation、scatter、collimator 等）及精確系統模型已是趨勢，且依不同造影儀及臨床應用而處理技術不同。然而，因應醫學影像處理技術複雜度及運算量激增的現況，高效能運算之軟硬體技術已儼然是提供快速且高品質核醫影像之重要解決方案。

本研究團隊為解決斜角式正子造影系統因其探頭幾何特殊（傾斜角可調變）與影像重建疊代運算所造成的運算耗時問題，開發一套針對該系統影像重建的加速演算法，並完成實作。透過分析原有影像重建方法運算瓶頸及不同演算方式適用性與幾何相關特性後，將影像重建演算法修改以適應大量平行化運算，以克服運算複雜度提昇所導致的耗時問題。經過不同案例數據的實測已證實可有效提升斜角式正子系統影像重建的運算速度，使其達到臨床應用可接受的範圍。

結果顯示以運算最耗時的平面射源而言（LOR 涵蓋率 100%），影像重建疊代五次的運算時間由 33 分鐘縮短為 3.5 分鐘，運算時間大幅縮減，加速效果達到約 9.4 倍。此研究僅是本研究團隊致力於高效能醫用影像處理技術開發的一項例子，未來將持續追求於放射成像與影像處理技術之精確度及高效能運算的提升，以達高影像品質與符合實用性之臨床需求。



▲ 以運算最耗時的平面射源進行於不同硬體上進行測試，重建疊代五次的運算時間由修改前的 33 分鐘，修改後可縮短至 3.5 分鐘，可大幅地縮短影像重建疊代運算時間。

2. 具產業實用性之固態薄型成像探頭技術關鍵掌握

梁鑫京

一、前言

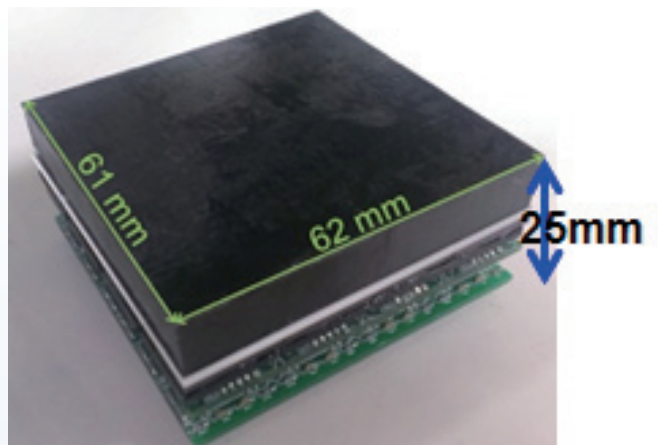
核醫分子影像醫材具有市場發展潛力，欲切入新一代產品之需求市場，需倚賴具產業實用性 / 競爭力的成像偵檢核心，以固態光電元件為基礎的成像探頭技術，具有輕薄、低耗能、抗強磁干擾的優點，是影像醫材系統具備競爭力的關鍵。本計畫整合已成熟技術與新元件之研究基礎，建立固態薄型成像探頭技術，並掌握性能規格提升之技術關鍵點，為實用化影像醫材裝置 / 產品的成功開發奠定基礎。

二、重要成果：

本計畫於本年度（103）主要成果為掌握連續擴展成像區域技術、有效提升前級信號處理速度之技巧，並完成二者的整合，成功建立一 192 通道之 2 英吋級（有效偵測面積為 38 平方公分，每一維度皆大於 2 英吋，已達業界通規）固態光電成像偵檢頭，解析能力可精細至 1.6mm，性能 / 規格具備應用於成熟商品開發之競爭力。本年度的成果，包括成像探頭製作與微電流脈衝信號操作等技術能力，已確保本團隊在固態光電基礎的新一代成像裝置開發目標上，具備了初步的關鍵技術能力。

三、展望

本年度的成果展現了本團隊於固態光電元件的操作與信號處理上，掌握了成熟應用的基礎技術與能力；為達商品應用的技術成熟化，後續仍需進一步精進探頭的光學製作技術，並建立高密度平行處理之成像電子技術，以期達到產業化應用的工程要件，包括無縫拼接與微型化 / 高效成像電子，以本團隊之技術產出為核心，將有能力聯合業者開發具市場競爭力的新式核醫分子影像醫材，實質促進高階影像醫材產業發展。



▲ 整合成像區域擴展與初級信號處理升速技術，建立 2 英吋級固態薄型成像偵檢頭單體（有效偵測面積為 38 cm²，解析力達 1.6 mm），已具產業應用競爭力

4-3-2 放射奈米癌症診療及其他應用技術之發展

李德偉、邱淑珮、徐維荃、張志賢、劉柏言、陳冠因

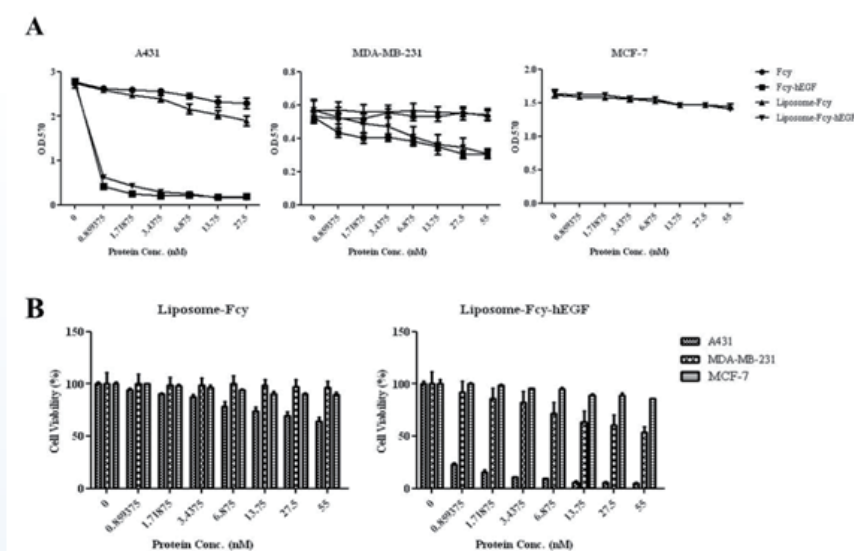
一、前言

放射奈米癌症診療及其他應用技術之發展計畫研發內容含括診斷用奈米核醫藥物研製與應用研究、治療用奈米核醫藥物研製與應用研究、奈米生物碳珠診斷技術之前瞻與應用研究等三個分項工作，並以開發治療或診斷用新的奈米核醫藥物為主軸，並達成藥物臨床試驗，以達到滿足社會民眾健康需求，對國人醫療照顧有所貢獻，達成原子能在民生應用目標。

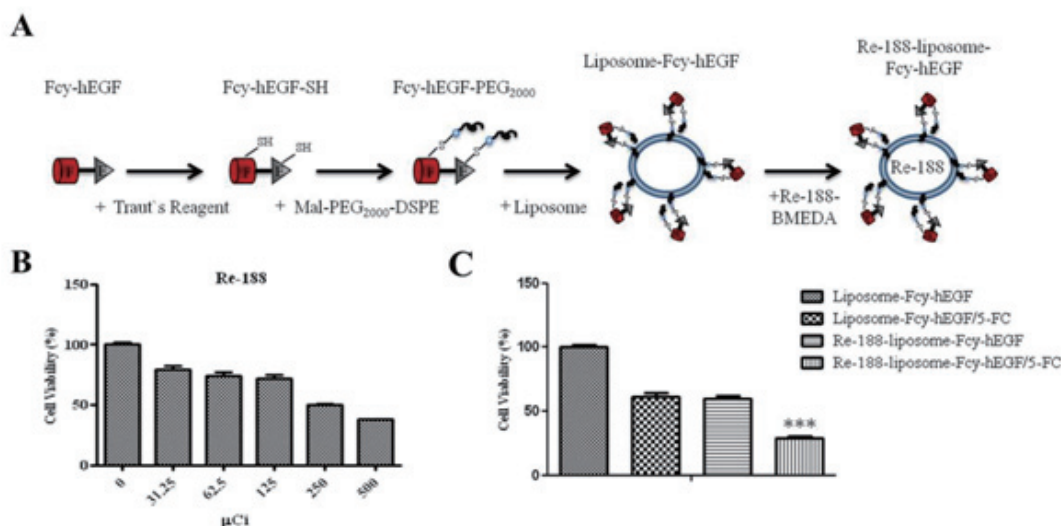
二、重要成果

分項計畫成果一：新型態癌症診療用之標靶放射奈米微脂體之開發

微脂體表面接合表皮生長因子及酵母菌胞嘧啶脫氨酶之融合蛋白質 (liposome-Fcy-hEGF)，是一種新型研發之主動雙功能奈米放射微脂體藥物，表皮生長因子及酵母菌胞嘧啶脫氨酶之融合蛋白質 (Fcy-hEGF) 是靠著表皮生長因子將酵母菌胞嘧啶脫氨酶結合至腫瘤細胞上，進而酵母菌胞嘧啶脫氨酶轉變 5- 氟胞嘧啶 (5-FC) 前驅藥物成為具 1000 倍毒性之 5- 氟尿嘧啶 (5-FU) 而毒殺腫瘤細胞。此研究之目的在於針對 EGFR 過度表現腫瘤開發具有放射療法 (Re-188) 及化學療法 (Fcy-hEGF/5-FC) 之放射奈米靶標微脂體藥物 ^{188}Re -liposome-Fcy-hEGF。已成功證明 liposome-Fcy-hEGF/5-FC 可以專一及有效地毒殺 EGFR 過度表現的腫瘤細胞。而且，結合化療及放療 (^{188}Re -liposome-Fcy-hEGF/5-FC) 之藥物對 EGFR 過度表現腫瘤細胞的毒殺更具有顯著效果。因此，本計畫已成功地篩選出有潛力能治療或診斷 EGFR 過度表現之腫瘤細胞的新藥。



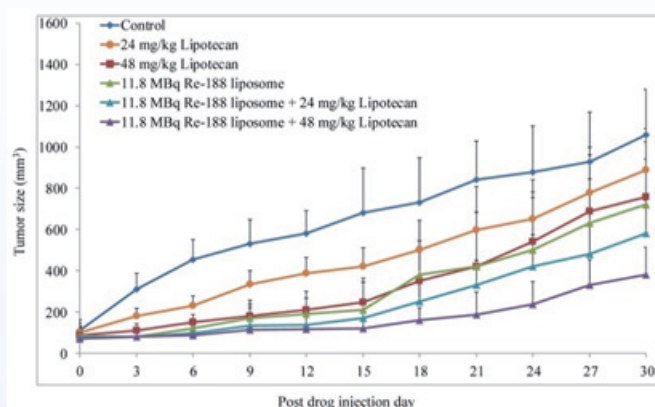
▲ Liposome-Fcy-hEGF/5-FC 之細胞毒殺試驗：利用 EGFR 表現高至低之細胞株 (A431>MDA-MB-231>MCF-7)，進行 Liposome-Fcy-hEGF/5-FC 之細胞毒殺試驗，可觀察到 liposome-Fcy-hEGF/5-FC 毒殺 A431 的強度遠高於 MDA-MB-231 及 MCF-7 (A, B)。



▲ 微脂體接合 Fcy-hEGF 及 ^{188}Re 之方法 (A)。 ^{188}Re 活度愈高對 A431 細胞株之毒殺試驗效果愈強 (B)。 ^{188}Re -liposome-Fcy-hEGF 之細胞毒殺試驗，可觀察到結合化療及放療 (^{188}Re -liposome-Fcy-hEGF/5-FC) 比起單獨只有放療 (^{188}Re -liposome-Fcy-hEGF) 或單獨只有化療 (Liposome-Fcy-hEGF/5-FC) 有更佳的細胞毒殺效果 (C)。***, $P < 0.005$ 。

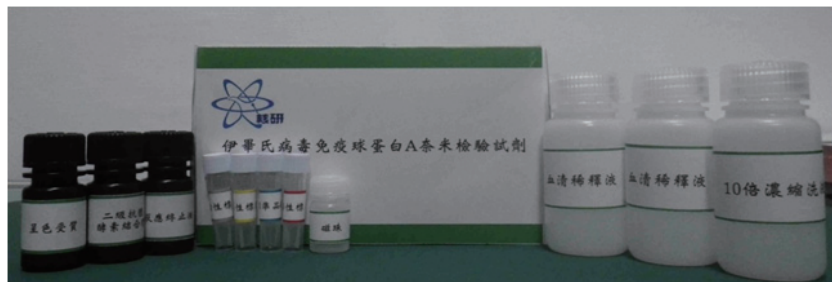
分項計畫成果二：銻 -188- 微脂體與 Lipotecan 應用於組合性癌症治療之臨床前現況

Lipotecan 又名，TLC388，屬於拓模異構酶抑制劑，是一種具化學治療與放射線治療之雙效喜樹鹼衍生物。由於 Lipotecan 在過去研究除了被視為抗腫瘤的藥物之外，也有輻射增敏劑之應用。因此本試驗將探討「銻 -188- 微脂體」搭配 Lipotecan 進行組合性治療，推測在人類肝癌小鼠皮下模式下將會增進治療的效果。以 Huh-7 人類肝癌細胞株之皮下動物模式來研究銻 -188 微脂體及 Lipotecan 在單獨治療或合併治療下與控制組的療效差異。小鼠分別及合併投與尾靜脈注射銻 -188 微脂體 (11.8 MBq, 2/5 最大耐受劑量) 及 Lipotecan (48 mg/kg, 2/5 最大耐受劑量) 和生理食鹽水 (控制組)。以生物分布及 NanoSPECT/CT 追蹤銻 -188 微脂體在體內分布，並量測腫瘤的大小及動物體重評估治療效果。根據生物分布的結果，注射銻 -188 微脂體 24 小時後在腫瘤為 5.03 ± 0.21 %ID/g，腫瘤 / 肌肉比值為 15.71 ± 0.56 。療效評估方面，合併治療組的腫瘤平均生長抑制率 (MGI) 是 0.36；銻 -188 微脂體為 0.681；Lipotecan 為 0.717。根據藥物組合指數 (CI) = 1.36 的結果得知，銻 -188 微脂體與 Lipotecan 的組合性治療具有協同療效 ($CI > 1$)。由以上數據顯示，此組合性療法能有效增加 Huh-7 腫瘤的輻射敏感性及療效。



分項計畫成果三：EB 病毒臨床體外免疫診斷試劑之開發成果

體外檢驗試劑（In Vitro Diagnostics；IVD）的開發隨著現代醫學的進步而突飛猛進，藉由非侵入性的方式獲得檢測數據，縮短檢驗時間與相關風險。伊畢氏病毒（Epstein-Barr Virus, EBV）是較大型的人類疱疹病毒，尤其與鼻咽癌具有高度相關性。核能研究所利用奈米碳管作為體外檢驗試劑平台的基礎材料，以 Co-60 輻射照射技術進行基材改質，使用 EB 病毒抗原被覆在奈米碳管上可與血清樣本中的 EB 病毒抗體 IgA 進行反應，再搭配酵素免疫分析法、放射免疫分析法或化學冷光免疫分析法等免疫分析法，藉由提升反應表面積，降低偵測極限，有助於判斷出更低之抗體力價（titer），偵測到較微量的 EB 病毒抗體，此顯著檢測能力對於早期鼻咽癌的檢驗以及治癒後的追蹤是個有效的參考依據。本研發相關技術皆提出專利申請，其中「以游離輻射製備磁性奈米碳材之方法」已獲得中華民國專利，「固體材料表面官能基定量方法」已獲得美國專利及中華民國專利。本計畫也與台北馬偕醫院耳鼻喉科、病理科和血液腫瘤科共同合作，通過馬偕醫院人體試驗委員會（IRB）同意於民國 100 ～ 103 年進行人體試驗。由馬偕醫院收集確診病患 50 例與 50 位健康受試者檢體進行試驗，測試出的靈敏度為 0.88、專一性為 0.84，相關技術與臨床數據有助於業界做為參考及應用。本計畫並與業界簽立合作備忘錄（MOU），與產業界共同合作開發奈米生物碳管放射免疫檢測法，依廠商提出市場需求協助改善相關開發問題，有利於協助產業界增加產品效能或提升研發效果。預期此檢驗方法可作為一檢測平台，以開發出更多樣化及更全面性的檢驗試劑，順利推出產品後能及早篩檢及早治療，有效降低社會成本提升國民健康。



▲ 核研所 EB 病毒臨床體外免疫診斷試劑。



▲ 「以游離輻射製備磁性奈米碳材之方法」中華民國專利與「固體材料表面官能基定量方法」中華民國專利及美國專利

	INER	市售產品 1	市售產品 2
AUC	0.92	0.91	0.92
Sensitivity	0.88	0.88	0.96
Specificity	0.84	0.8	0.8

▲ 臨床樣本分別以奈米生物碳管檢驗試劑與市售試劑進行臨床血液樣品檢測統計分析比較

三、展望

本計畫開發放射奈米藥物是從實驗室到臨床為目標，目前體內放射治療癌症藥物「銻 -188-微脂體」已進行至臨床試驗階段，其為全世界第一個進入臨床試驗的放射奈米標靶藥物，在臨床上可應用於末期或轉移型癌症病患，目前已完成 Phase 0 進行人體臨床試驗以及持續進行 Phase I 人體臨床試驗。而「EB 病毒臨床體外免疫診斷試劑」則依據體外臨床試驗結果與市售產品進行比較與進行相關製程精進。後續將持續進行體內放射治療藥物「銻 -188-微脂體」、「EB 病毒臨床體外免疫診斷試劑」的臨床研究與技術商品化的推動，除可維護大眾醫療健康，對國人醫療照顧貢獻乙份力量外，期能使我國的新藥研發能量可以達成產業化的目標與創造市場價值。

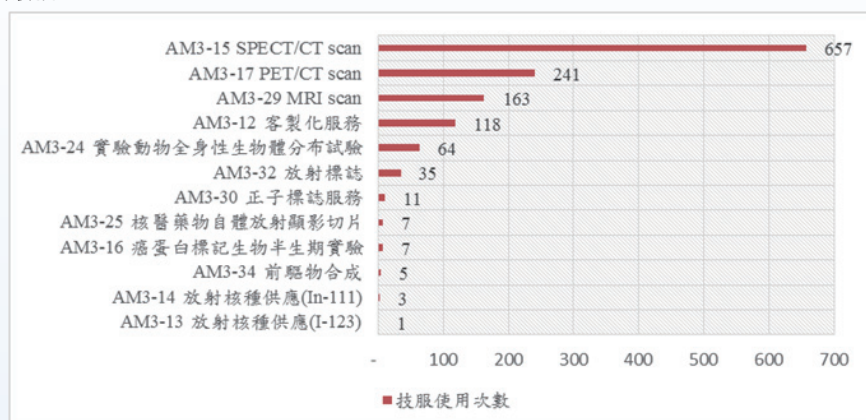
4-3-3 本土好發性疾病輻射應用及分子影像技術平台

王美惠

103 年射應用與分子影像技術平台因為已是五年計畫的第三年，我們特地藉由價值鏈的產業分析，來看生技製藥發展的驅動力。根據我們對美國生技製藥發展趨勢分析，生技製藥的希望在新藥與新適應症，將以結合學研研發能量與核研所既有核心技術之優勢，開發新藥。在核心服務平台方面，盡可能以高效率服務創新作法釋出人力，使能從事新市場創新。

今年度我們完成的亮點工作有 nanoSPECT/PET/CT/MRI 融合定量系統於肺癌與肝癌之應用，與國衛院合作完成類大麻素氟化放射標誌、純化與純度分析，並以 PET/MR 融合影像系統，完成活體分子造影與生物體分布定量及藥動試驗；與台北醫學大學等學界合作完成類固醇類藥物氟化放射標誌、純化與純度分析，並以 PET/MR 融合影像系統，預期完成活體分子造影與生物體分布定量及藥動試驗；由於有關類固醇類氟化技術尚未見於國際期刊發表，本技術之開發將具有特殊學術地位與研發創新性。建立正常鼠腦神經 MR 造影最佳化脈衝序列，與彰化基督教醫院合作完成長期光照與黑暗或光週期對血清素轉運體與血清素受體表現之造影研究，榮獲中華民國核醫學年會 102 年口頭與 103 年壁報論文獎；與工研院及台大合作進行生醫骨材與鼻咽癌標靶特性之研究等完成影像生物體分布與藥動試驗，其中腫瘤勝肽於鼻咽癌之研究榮獲 103 年中華民國核醫學年會壁報論文第一名。

本計畫鎖定亞洲區域性好發之重大疾病為目標，將積極透過上中下游合作與整合力強化國際競爭力，善用生技醫藥國家型計畫“all Taiwan brain”優勢與機會，尋找可開發之具潛力新藥，並協助可能進入臨床的計畫以最短的時間，將利基化合物開發成藥物，通過 TFDA 的查核，進入臨床，同時成為全球分子影像技術與藥物開發的領導者。並配合 NRPB 腫瘤分子標靶需求急速增加，建立腫瘤標靶放射標誌前驅物與放射標誌核心技術。並致力於協助研發藥物進入人體臨床試驗。本平台將以核研所建立的相關輻射應用平台軟硬體設施及養成的專業團隊，發揮最大功能及效益，針對各「研究群組」、「臨床前群組」與「臨床群組」，補足目前國內仍缺乏之生技醫藥研發所需的輻射應用平台技術服務。



▲歷年技術服務項目使用量分布

4-3-3-1

F-18-ADAM 於腦中生物體分布

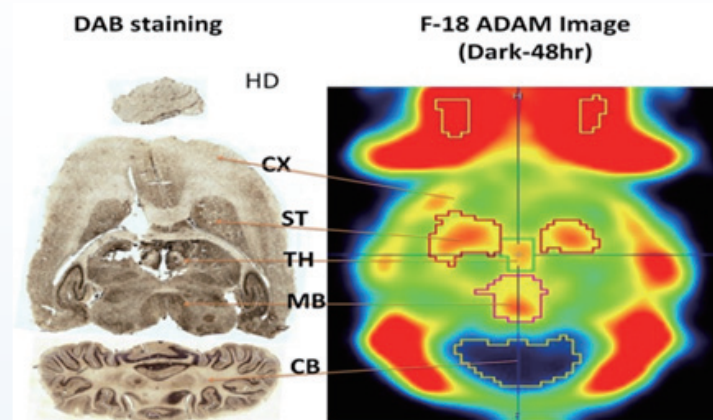
簡傳益

血清素轉運體 (Serotonin transporter, SERT) 在抑鬱症 (major depression) 病患中扮演了關鍵的角色，同時也有報告指出其與光暗週期有關，在暗周期時其攝取血清素的能力要較光週期時來得高。N, N-dimethyl-2-(2-amino-4-[18F] fluorophenylthio) benzylamine (4-[18F]-ADAM) 作為血清素轉運體的放射性配體被運用在 PET 影像中，本研究係利用 4-[18F]-ADAM 在 PET 的造影結果以及其他相關實驗，探討在一段時間的光、暗週期後，血清素轉運體在不同腦區以及哈氏腺 (Harderian gland) 的活性變化。

將 12 隻 SD (Sprague-Dawley) 大鼠 (6-8 周，體重 200-250 克) 飼養於連續 48 小時光照或黑暗環境中 (每個環境各 6 隻)，接著以 5% isoflurane 吸入性麻醉劑麻醉大鼠，以尾靜脈注射 1mCi 的 4-[18F]-ADAM，分布一小時後，以 nanoPET/CT 掃描 30 分鐘。所得的影像資料經 InVivo Scope 以及 PMOD 軟體進行重組及分析，並以特定區域對小腦的吸收比例 (specific region-to-cerebellar uptake ratios, SURs) 呈現其相對的吸收值。此外，也使用免疫組織化學染色法 (Immunohistochemical stain, IHS) 及西方墨點法 (Western blot assay, WBA) 來驗證血清素轉運體在大腦區域及哈氏腺的存在與否及其表現量之高低。

我們的初步數據顯示，雖未有顯著的統計學差異，但黑暗組的 4-[18F]-ADAM 在腦部紋狀體 (striatum)、視丘 (thalamus) 及中腦 (midbrain) 的吸收有比光照組來得高的趨勢。哈氏腺的平均 SURs 分別為光照組 5.23 ± 0.45 、黑暗組 5.14 ± 0.93 。IHS 及 WBA 所得到結果則於影像學上的發現一致。然而，在 IHS 及 WBA 的染色結果都未能看到在哈氏腺上有血清素轉運體的顯著表現。

依照 4-[18F]-ADAM 的 PET 造影結果，大部分的血清素轉運體並未明顯受光暗週期的影響而產生變化，常見於哈氏腺中的高攝取量更有可能是來自於非特異性的累積，而與光照 / 黑暗週期無關。



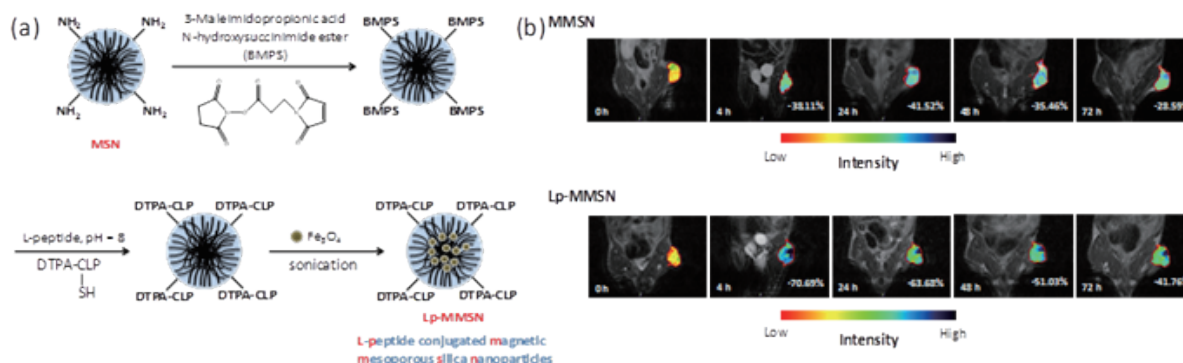
▲ SERT 於組織免疫染色及 F-18 ADAM 在各腦區中之分布情形

4-3-3-2

多功能磁性孔洞二氧化矽奈米粒子架接 L 胜肽分子應用於標靶鼻咽癌腫瘤模型之核磁共振顯影劑

陳柏溶

在這個研究中，我們合成製備出一種具有高效率標靶特性與核磁共振顯影的奈米載體，其孔洞內攜帶奈米氧化鐵，並且表面經由共價鍵鍵結 L-胜肽標靶分子所組成的新型標靶磁性孔洞二氧化矽奈米載體。在材料分析中，奈米載體於 X 光繞射儀中測量出六個繞射波峰吻合奈米氧化鐵的繞射峰，於超導量子干涉儀分析中，可以確認並證明奈米載體具有良好的磁特性。在動物的研究方面，具有標靶分子的磁性孔洞二氧化矽奈米載體在腫瘤處的核磁共振造影影像比不具有標靶分子的磁性孔洞二氧化矽奈米載體增加許多。在細胞存活率方面，在高濃度磁性孔洞二氧化矽奈米載體與鼻咽癌細胞共同培養之下，仍然具有 80% 以上的生物存活率，代表此奈米載體具有高生物相容性與低毒性的特色，並且可以提供做為特殊標靶載體與奈米級造影劑之生物技術平台的應用。



▲ (a) 製備 L-peptide 胜肽分子架接於磁性孔洞二氧化矽奈米球 (Lp-MMSN) 實驗流程圖。(b) 磁性孔洞二氧化矽奈米球 (MMSN) 與 L-peptide 架接磁性孔洞二氧化矽奈米球 (Lp-MMSN) 經由尾靜脈注射於 NPC 腫瘤鼠中之核磁共振造影圖。

4-3-4 銻 -188-MN-16ET/ 利比多肝癌治療新藥之開發與應用研究

羅彩月、郭裕民

本計畫主要目的即為發展肝癌治療用核醫藥物銻 -188 MN-16ET/ 利比多，並推廣至臨床驗證其療效。銻 -188 為一兼具診斷與治療雙功能之放射性同位素，配合所內自製鎢 -188/ 銻 -188 發生器，結合具有國內外專利之銻 -188 MN-16ET/Lipiodol 核醫藥物配方，開發易於調劑之高品質核醫藥物。

103 年我們完成成品製程與品管分析標準程序書之建立納入藥產中心管制，執行至少三批次之試製與品管分析試驗，並進行臨床試驗之設計與規劃。我們亦應用 LC-MS/MS 藥物鑑定及分析技術於銻 -188MN-16ET/Lipiodol（預訂商品名核研銻必妥「銻－188」注射劑）在大鼠模式之代謝研究，完成代謝產物結構 M1 與 M2 結構鑑定，評析其代謝路徑及藥物代謝動力學。有關於 MN 系列配位子原料藥物方面，積極建立各項作業程序書，本年度已建立克級量產以及銻 -185 MN-16 ET 標準品之研製技術。

核研銻必妥「銻－188」注射劑之研發在 2014 年台北國際發明暨交易技術展展覽競賽奪得銀牌獎，並且在第十一屆國家新創獎得到評審團肯定，榮獲學研新創組獎項。103 年度，我們已完成彙整銻 -188 核醫藥物申請臨床試驗所需臨床前安全性數據及輻射安全評估與製程等資料，提送醫藥品查驗中心諮詢，並獲得專業建議並積極補充資料中，預計 2015 下半年向醫院及衛福部提出臨床試驗申請。期許整合核能研究所之輻射應用與生物科技人力，開發並提供肝癌治療之新利器。



▲ Re-188 MN-16ET/Lipiodol 研究計畫獲得 2014 年台北交易發明展及第 1 屆國家新創獎之殊榮

4-3-4-1

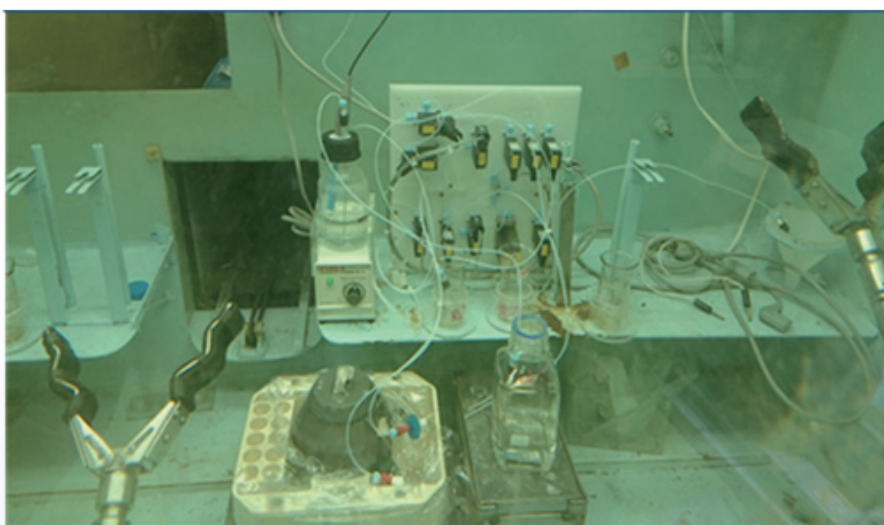
銻 -188 肝癌治療用核醫藥物之研究：新型半自動化核研鎢 -188/ 銻 -188 發生器製作技術之開發

唐一中

核研所每年皆會自俄羅斯或美國進口 -188 射源，再於 020 館鉛室完成 -188/ 銻 -188 發生器之製作，本年度我們設計完成半自動化鉛室作業系統，將鉛室內作業改成電腦控制之半自動化作業流程

本項半自動化合製技術已於 103 年度在 020 館同位素管制區之鉛室內建立，同年 6 月與 10 月，我們分別自俄羅斯進口二批次居里級 -188 射源，進行 -188/ 銻 -188 發生器之試製。新製程所得之發生器，淘洗出銻 -188 放射液成品，經多頻道脈高頻譜分析儀（MCA）之核種分析，鑑定銻 -188 核種純度為 100%，Al 金屬離子在 10ppm 以下，產品品質符合本所核醫製藥中心之原料藥規格。

此技術研製的發生器可提供所內相關標誌與動物實驗需求，降低成本與製程風險，並有效降低製程中的風險及人員之輻射暴露劑量。



▲ 新型 -188/ 銻 -188 發生器研製平台

4

研發專題報導

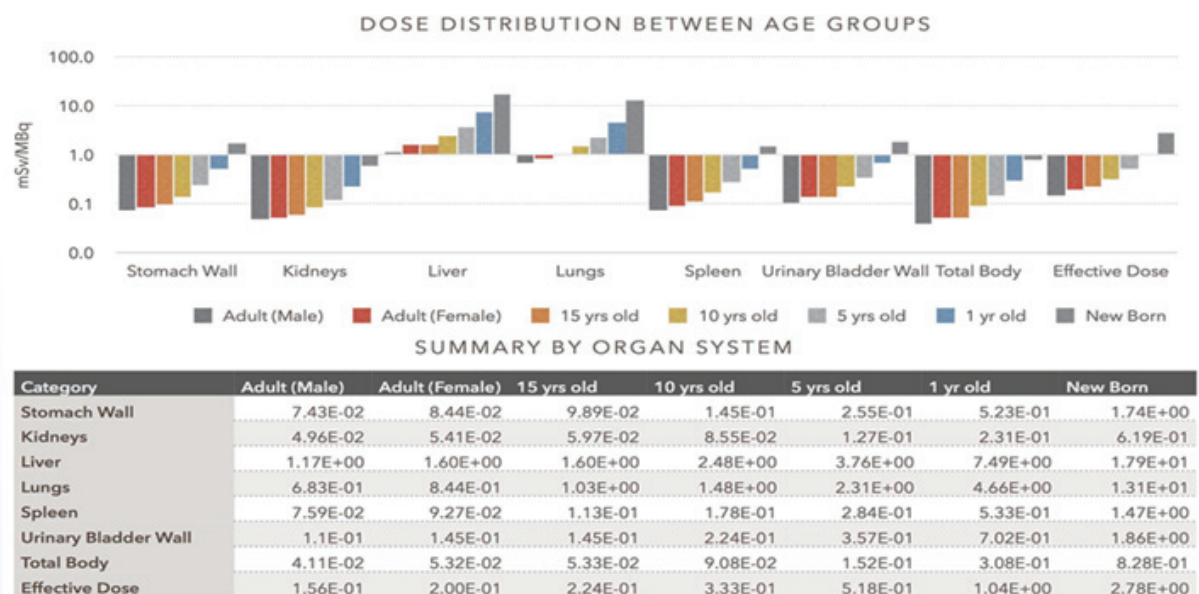
4-3-4-2 銻 -188 核醫藥物體內輻射劑量評估技術開發與應用與應用研究

張淑君

為了解輻射線對於對周圍環境之影響，可直接由度量儀器所測得之數據評估其造成之影響，但在難以或無法直接量測的情況下，則可透過相關資訊，配合各類模式進行劑量推估，做為安全評估之依據。

在核醫藥物之發展方面，本研究之體內劑量主要以 OLINDA/EXM (FDA 510(k) - K03396) 配合實驗進行條件，並且以美國核醫學會之醫學體內劑量委員會 (MIRD) 所建議之擬人化數學假體，完成 S-value 之驗證，以進行體內劑量之評估。相關實驗資料以等比例修正單位質量器官注射百分比後，計算出個別器官之平均滯留時間以及藥物活度衰變曲線等相關資訊，配合經驗證之 S-value 計算各器官之體內劑量。針對各年齡層不同器官劑量分布如下圖所示。

此外，為提出更為詳細之劑量資訊，未來輔以蒙地卡羅方法，由參考人架構模擬，該計算結果較數學假體接近人體之劑量分布。由於國內尚無參考人之標準，因此目前可參考韓國標準人假體 (Korean Typical Man, KTMAN) 或者佛羅里達大學所發表之不同年齡群之體素假體，配合各腫瘤條件，可更貼近實際劑量情況。



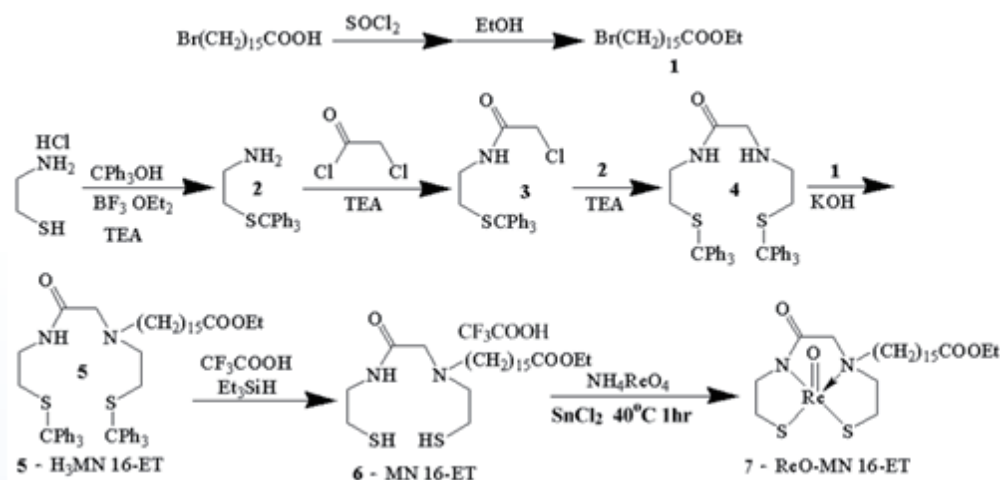
▲ 銻 -188 MN-16ET/ 利比多於各年齡層之器官劑量分布

4-3-4-3

MN 診療配位子之開發與應用研究： ¹⁸⁵ReO-MN-16ET 無放射性標準品新製程方法

盧桂林、張瑜

H₃MN-16ET (6) 能與銨-185 形成穩定錯合物，可應用於肝癌放射治療之放化純度比對研究。製程簡述如下：16-bromohexadecanoic acid 酯化後生成新取代基 Ethyl 16-bromohexadecanate (1)；另一方面以 triphenylmethanol 將 2-mercaptoethyl hydrochloride 接上保護基後，可得 2-[(Triphenylmethyl)thio]ethylamine (2)。化合物 2 與 chloroacetylchloride 反應後得到 N-[2-((Triphenylmethyl)thio)ethyl]chloroacetamide (3)。可將化合物 2 與 3 偶合得到 N-[2-((Triphenylmethyl)thio)ethyl] [2-((triphenylmethyl)thio)ethylamino] acetamide (4)，再將化合物 1 與 4 偶合後可生成 N-[2-((Triphenylmethyl)thio)ethyl]-3-aza-18-ethyloxycarbonyl-3- [2-((triphenylmethyl)thio)ethyl]octadecanamide (H₃-MN-16ET, 5)。將化合物 5 去除保護基後可得化合物 MN-16ET (6)。最後，將 NH₄ReO₄ 與 6 反應得最終產物 7 ¹⁸⁵ReO-MN-16ET。化合物 1 至 7 皆以核磁共振光譜確認其構造。



▲ 無放射性標準品 ¹⁸⁵ReO-MN-16ET 的合成途徑

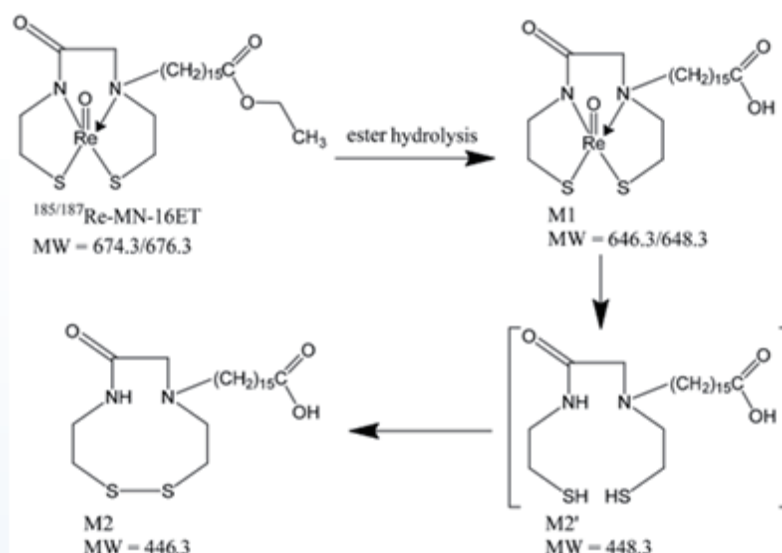
4-3-4-4

建立貝他核種標誌藥物分析及結構鑑定技術平台：核醫藥物銻 -188 MN-16ET 之代謝研究

陳威希

銻 -188-MN-16ET/ 利比多核醫藥物已用於肝動脈栓塞放射治療肝癌動物試驗，未來將申請臨床試驗許可必需掌握活性成分銻 -MN-16ET 在肝臟系統之代謝機制，本研究以高效液相層析串聯質譜分析方法進行代謝物之鑑定。藥物代謝反應溶液經前處理後以逆相管柱 C-18、醋酸銨緩衝液 / 乙腈程式梯度流動相分離代謝溶液檢體，銻 -MN-16ET 含量在大鼠肝臟均質代謝系統約 8-9 分鐘達原濃度之 1/2，90 分鐘時幾乎反應完成 (>99%)。反觀大鼠肝微粒代謝系統約需 45 分鐘反應達 1/2，120 分鐘時反應完成約 80%。串聯質譜分析大鼠肝臟均質液代謝產物身分，發現代謝物 (M1 及 M2)。由 M1 質子化分子質量 ($[M+H]^+$ $m/z=649$)、同位素質量分佈及分子碎裂質量數據研判，此產物為 Re-MN-16ET 的乙酯水解成為羧酸。另一代謝物 M2，其 $[M+H]^+$ $m/z=447$ 及分子碎裂質量數據研判此為 M1 的去銻 (-ReO)、生成雙硫鍵產物。實驗結果顯示，銻 -MN-16ET/ 利比多溶液與大鼠肝臟均質液反應 90 分鐘，僅消耗約 2%，顯示放射性 Re-188 自 MN-16ET 釋出的機率有限，可安全使用。

由本實驗之結果清楚顯示銻 -MN-16ET 可以穩定滯留於 Lipiodol，且 Lipiodol 可以保護銻 -MN-16ET 免於受肝酵素代謝反應之機會。



▲ Re-MN-16ET 肝酵素代謝物結構及路徑

4-3-5 次世代醫用 3D 放射造影儀技術開發及應用

本計畫配合高階醫材政策推動，應用本所輻射技能與經驗，搭配產學研醫合作，開發市場導向之 3D X 光機與放射醫材檢測技術，以健全放射醫材產品開發環境，彌補我國 ICT 產業轉型之技術缺口。已陸續建立系統關鍵技術、劑量評估與檢測驗證技術，103 年執行成果如下：

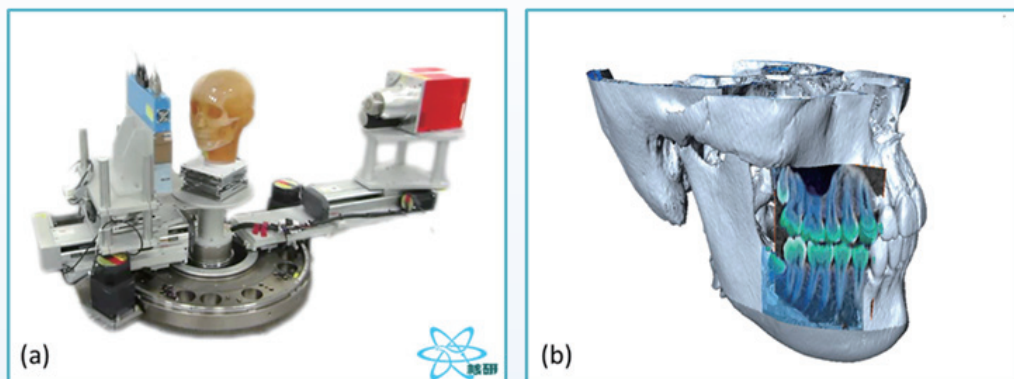
4-3-5-1 開發 X 光醫療器材利器—多用途 X 光 2D/3D 造影模擬機技術平台

曾聖彬

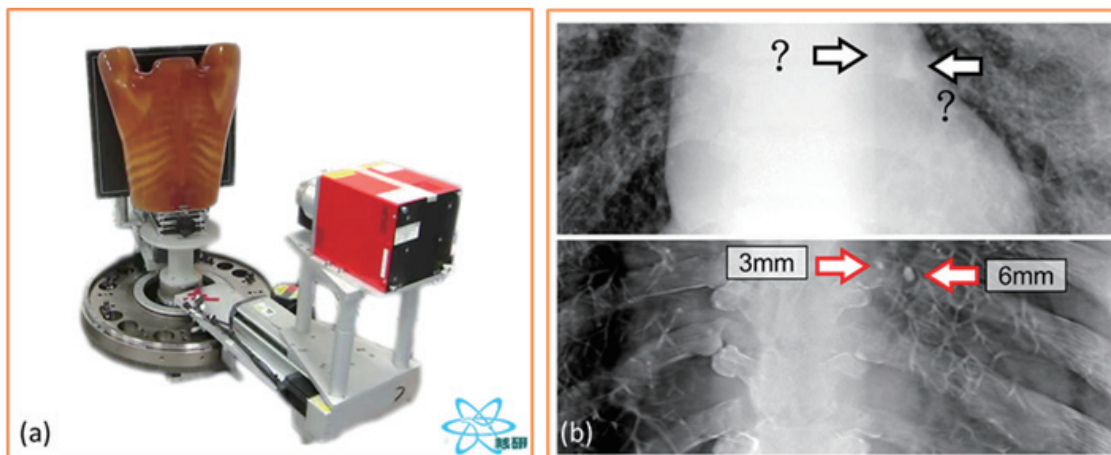
本所研發團隊因應臺灣 X 光影像產業需求缺口，設計建構多用途 X 光 2D/3D 造影模擬機技術平台，將可協助國內業者掌握新產品開發過程之關鍵技術，對於 X 光相關醫療器材之開發，可大幅縮短業者的產品開發時間與成本，並增加業者研發自主性。為 X 光造影系統 / 組件產品開發之最佳利器。

本所多用途 X 光 2D/3D 造影模擬機技術平台具有多軸多軌獨立作動之高自由度與醫療級高精度設計，可真實地模擬多種 2D、3D 或不規則軌跡掃描模式，如牙科、乳房、胸腔、骨科與介入性手術透視等造影應用，可滿足實際臨床應用上多種不同的 X 光造影需求。該模擬機技術平台具有兩種主要用途，一為進行 X 光機系統開發的概念性驗證（Proof of Concept；POC），此用途是在產品原型機完成前，就利用此模擬機進行先期實測，取得初步影像結果，及早徵詢醫師看法進行設計修正。另一種用途是組件與系統之連結測試，使組件開發者對其產品於全機系統可發揮的效能有預先認知，若不如預期則實測數據可作為設計修改回饋。

目前此模擬機技術平台已可提供至少 6 種以上 X 光造影功能，可服務 X 光醫材組件業者進行設計 / 製程最佳化及系統應用性能展示等，在產品設計階段即有全貌性架構並進行影像效能預測，可節省業者原型機製造、反覆測試修改的產品開發時間與成本。截至 103 年底，已陸續協助國內 7 家廠商與 1 家法人進行技術驗證或產品開發，成效卓著，可望加快台灣數位 X 光產業之技術升級，並強化 MIT 產品國際競爭力。



▲ (a) 以核研所 X 光多用途造影模擬機進行牙科 CT 造影，(b) 頭顱假體造影結果。



▲ (a) 以核研所 X 光多用途造影模擬機進行新數位斷層合成胸腔造影掃描。(b) 上圖為傳統 2D 造影 X 光影像，因心臟、肋骨與腫瘤組織重疊，兩顆腫瘤不易被偵測出來；下圖為新數位斷層合成造影成像處理後結果，可清楚分辨兩腫瘤。

4-3-5-2 放射診斷醫療器材之檢測技術開發

袁明程

開發泛用型 3D 放射造影儀所需要之輻射類相關檢測技術，依據國際標準規範建置檢測技術，協助產品在製程中即符合 ISO13485 規範要求的設計控制概念，品質是開發醫療器材產品的生命，有品質才有競爭力，故本分項為建立放射診斷醫療器材在輻射相關的基本安全與必要相關的效能檢測能量，並協助連結國內檢測能量強化輻射安全環境，使其具備檢測放射性醫療器材之能量。

本年度主要完成國內放射醫材之安規檢測環境建置，與國內法人合作開發量測醫電安規輻射檢測技術與屏蔽環境，包括電磁相容實驗室以及電性安規實驗室的輻射防護測試，實驗評估結果可作為本計畫後續檢測需求，協助改進國內在放射醫材的檢測環境；並完成於本所的實驗室建置符合 IEC 60601-2-54 之輻射劑量與射質輸出特性量測環境建構，主要針對本計畫的原型機未來需要在輻射類的檢測項目進行環境建構 X 光能譜，作為後續測試標準環境。另外，依據 IEC 62494-1 及 AAPM TG-116 報告的建議，利用實驗室醫用 X 光機，其建立劑量與偵檢器像素值之對應關係以提供標準化的回饋指標作為操作數位放射攝影系統的參考，以達到醫學影像與劑量最佳化之目的。

目前國內放射性醫療器材產業在政府推動下已全面的發展，惟檢測能力與驗證方式缺乏經驗並仰賴國外資源，耗時費力且成本極高，可能會對政府推動放射性醫療器材產業發展造成障礙。故本計畫建立在輻射相關的基本安全與必要相關的效能檢測能量，可協助連結國內檢測能量強化輻射安全環境，使其具備檢測放射醫材之能量。



▲ 輻射防護屏蔽測試與評估



▲ 醫療器材測試軌道設備

伍、附錄 Appendices



■ 榮譽報導

本所組織發展為避免受制於自我主觀認定而故步自封，故鼓勵本所各單位勇於接受外界評鑑，以建立追求進步的組織文化。茲就本年度本所參與上級機關或外部之組織或設施評鑑與獲獎等事蹟，舉其要者簡述如下：

一、組織績效再獲肯定：

本所已連續十一年獲得國防部國防工業訓儲制度與內政部研發替代役「績優」用人單位殊榮，是唯一公務機關。



二、研發技術獲獎與積極推廣

(一) 匹茲堡國際發明展「金牌獎」、瑞士日內瓦國際發明展「銀牌獎」：

利用高分子太陽電池大面積製程技術製作高分子太陽電池，與南臺科技大學陳瑞堂教授共同開發「薄膜太陽能藍芽鍵盤」，於匹茲堡國際發明展及瑞士日內瓦國際發明展中二度榮獲獎項肯定。

(二) 2014 年 IENA 德國紐倫堡國際發明展「金牌獎」及「銅牌獎」：

金牌獎：銻 (Ga)-68/ 鍺 (Ge)-68 發生器固體靶製程參數評估方法。

銅牌獎：一種定量肝殘餘功能的檢驗方法與其新穎肝受體造影檢驗藥

(三) 2014 台北國際發明暨技術交易展獲發明獎與簽訂技轉合約：

獲得 5 金 6 銀 2 銅共計 13 面獎牌。於參展期間並與 7 家廠商簽訂「技術授權與合作開發」及「合作意願書與共同研究合約書」，充分展現研究機構支撐產業發展之努力。

1. 近三年 (101-103) 發明暨技術交易展獲獎數

年度	總計	鉑金	金	銀	銅
101 年	12	1	4	2	5
102 年	12	0	7	1	4
103 年	13	0	5	6	2

2. 「2014 年台北國際發明暨交易展」獲獎明細表

獲獎類別	專利名稱
金牌獎	1. 一種粉體收集化學反應器應用於胺基乙酸 - 硝酸鹽燃燒法製備奈米或次微米級的精密陶瓷粉體程序
	2. 碘化鈉偵檢器量測所得能譜之活度計算方法
	3. 被動式太陽光照明集光裝置
	4. 肝受體造影用注射劑、其調劑方法及其醫藥組合物
	5. 製作放射藥物與化學治療藥物組合式奈米標靶套組之醫藥用途
銀牌獎	1. 一種木糖代謝菌之製備方法及該木糖代謝菌
	2. 富氫氣體燃燒器
	3. 一種用於固態氧化物燃料電池之雙層陽極 - 金屬基板結構及其製作方法
	4. 高聚光太陽電池模組框架組裝改良
	5. 放射性混合物及其製造方法
	6. 一種利用一鍋法合成可應用於癌症診斷造影與標靶治療的多功能微脂體之方法
銅牌獎	1. 有機薄膜太陽電池之串聯模組及其製作方式
	2. 燃料電池用平板型重組器



▲ 2014 技術交易展馬所長與吳副總統合影



3. 「2014 年台北國際發明暨交易展」簽約廠家明細表

項次	公司	簽約名稱	種類
1	裕隆電能股份有限公司	自主式分散型區域電力控管技術發展與應用	技術授權
2	聯曜實業有限公司	低放射性廢棄物混凝土盛裝容器	技術授權
3	大同股份有限公司	具平滑微電網功率之能源管理控制策略技術	技術授權
4	億芳能源科技股份有限公司	微型化太陽能電池接收器封裝技術	技術授權
5	嘉碩金屬股份有限公司	化煉鋁爐渣為高鋁耐火磚商業化生產技術	技術授權 專利授權
6	穎瑋永續服務股份有限公司	太陽光應用於植物室內照明裝置	專利授權 合作開發
7	愛迪生國際能源股份有限公司	固態氧化物燃料電池發電系統技術	先期參與



▲ 2014 技術交易展馬所長與合作廠商合影

(四) 第十一屆國家新創獎：「銻 -188 MN-16ET/ 利比多新肝癌治療用核醫藥物之開發」獲社團法人國家生技醫療產業策進會(生策會)頒給「第十一屆國家新創獎」。

(五) 奈米國家型科技計畫「卓越貢獻獎」：執行奈米國家型科技計畫-放射奈米癌症診療及其他應用技術之發展，績效卓著，於2014台灣奈米科技展獲頒「卓越貢獻獎」。

(六) 績優研考人員：本所楊曉義科長辦理研考工作，績效卓著，榮獲行政院國家發展委員會核定績優研考人員，並予公開表揚。

三、協助產業拓展市場：

(一) 核醫藥物行銷國際：核醫藥物成功銷售至巴西、印度、智利、黎巴嫩等國，其中本年迄10月底國外 TRODAT-1 銷售已達 1,571 劑，大幅超越去(102)年全年總銷售數量(474劑)。

- (二) **搶佔綠能經濟市場的關鍵技術**：執行「固態氧化物燃料電池陶瓷基板支撐型單元電池製作技術」、與推動「木質纖維素之酒精發酵生產技術」等多項核心技術授權，為廠商立足綠色能源全球經濟市場重要的關鍵技術提供者。
- (三) **擴展產業應用的新契機**：三五族化合物半導體磊晶相關製作技術可推展應用於其他光電元件，並且可藉以開發光電積體電路之應用，實現半導體元件縮裝的效益，創造新的產業應用領域。
- (四) **減少燃料消耗**：開發放射性有機廢溶劑之輔助焚化處理技術，可將廢溶劑作為輔助燃料，減少放射性固體焚化爐運作處理廢棄物時柴油消耗。
- (五) **節能環保高分子太陽能電池**：使用全溶液非真空之連續製程，為低耗能、低污染、低成本之新一代產品，可應用於 3C 或汽車上，與生活環境相結合，達到節能發電功能，兼具環保效益。
- (六) **纖維酒精低碳製程**：建立淨排碳量約 35g CO₂ e/ MJ ethanol 之纖維酒精生產製程，可較汽油生產製程淨排碳量降低 60%，展現低碳能源特色。
- (七) **國際級製藥品質**：本所核醫製藥中心通過衛生福利部 TFDA 之 PIC/S GMP 符合性評鑑，以國際級嚴謹的管理制度提供高品質藥物。
- (八) **癌症診療核醫藥物進入 PHASE I 臨床試驗**：「銻 -188 微脂體」之 Phase I 臨床試驗申請案，於 103 年 9 月 29 日獲台北榮民總醫院 IRB 核准。
- (九) **持續供應核醫藥物**：提供國內短半衰期放射性製劑與凍晶製劑，提供北、中、南、東部等區域醫院使用，服務網遍及全台。
- (十) **新氟化創新標誌技術開發**：放化純度 >99% F-18-CB1 antagonist，實驗佐證 CB1 antagonist 藥物，有效集中藥物到肝臟，腦部分佈直到 4 小時聚積量不高於 3 倍背景值，改良上市藥物多有憂鬱副作用之缺點。
- (十一) **確保治療劑量準確度**：完成國內唯一的石墨熱卡計原型機，可直接提供國內 120 部醫用加速器治療劑量標準，確保每年 120 萬人次病患治療劑量準確度。

專利

1. 裘尚立、龍宜島、楊琇如，高聚光太陽光發電系統之具診斷集中監控裝置，中華民國，發明第 I422050 號，103.01.01-117.12.24。
2. 林弘翔、李瑞益、程永能，易組裝及抽換之平板型固態氧化物燃料電池電池堆結構，中華民國，發明第 I422096 號，103.01.01-119.10.20。
3. 方新發，空氣污染取樣系統及其方法，美國，US8,626,467B2，99.04.16-121.11.07。
4. 詹德均、艾啟峰，利用脈衝電漿沉積二氧化鈦薄膜之方法，中華民國，發明第 I422706 號，103.01.11-117.08.10。
5. 洪毓翔、楊慶威、彭正球，六爪連動夾爪結構，中華民國，發明第 I423266 號，103.01.11-120.10.12。
6. 曾士誠、謝政昌、詹德均、艾啟峰，微晶矽薄膜鍍膜之生成方法及其生成裝置，中華民國，發明第 I423461 號，103.01.11-117.09.17。
7. 黃正男、蔡禹擎、洪文堂、譚學怡、林明達、賴振坡、李堅雄，氣流分配盤，中華民國，發明第 I423513 號，103.01.11-119.10.13。
8. 詹振旻、李奕德，智慧型電力系統操作模式切換器，中華民國，發明第 I423551 號，103.01.11-120.09.07。
9. 歐庭嘉、吳榮慶，以時變參數求解感應機參數的方法，中華民國，發明第 I423047 號，103.01.11-119.03.04。
10. 張永瑞、何元祥、鄭志銘、張欽然，具微風啟動之風力發電裝置，中華民國，發明第 I424120 號，103.01.21-116.10.10。
11. 官孝勳、李瑞成、程俊嘉、吳憲明，以放射性標誌之 anti-GRP78peptide 偵測大腸癌方法，中華民國，發明第 I424853 號，103.02.01-119.11.24。
12. 陳文華、陳盛燮、黃文松、門立中、王嘉寶，提升纖維原料水解液木糖濃度之方法，中華民國，發明第 I425097 號，103.02.01-117.08.28。
13. 黃彥璋、葉宏易、李政達，提高太陽能追蹤器精度之結構，中華民國，發明第 I425175 號，103.02.01-119.10.20。
14. 許婉莉、裘尚立、龍宜島，高聚光型太陽光發電系統部署方法，中華民國，發明第 I425378 號，103.02.01-120.04.13。
15. 張國源，高活度廢棄物盛裝屏蔽桶之驗證方法及其裝置，中華民國，發明第 I425525 號，103.02.01-120.06.08。
16. 林弘翔、吳思翰、程永能、李瑞益，平板型固態氧化物燃料電池之電池堆，中華民國，新型第 M471680 號，103.02.01-112.10.03。
17. 曾宜雄、董成祥、余明昇，一種儲氫材料之載流氣體輔助放氫裝置，美國，US8,641,803B2，100.08.09-121.04.06。
18. 薛天翔、吳敏文、艾啟峰，高分子材料之大氣電漿撥水與撥油改質結構及其改質方法，美國，US8,642,133B2，103.03.06-123.03.05。

19. 李茂傳、王俊修、張揚狀、高維欣、林泰男、張仁禎、楊榮澤、李凌嵩，一種二氧化碳使用於固態氧化物燃料電池－二氧化碳能源轉化循環方法及其裝置，日本，特許第 5468533 號，99.12.15-119.12.14。
20. 張國源、喬凌寰、徐金登、諸葛志春、吳秉榮，廢樹脂高放射性鈾粉之過濾分離方法及其裝置，中華民國，發明第 I425526 號，103.02.01-118.06.25。
21. 呂建興、黃森榮、王英傑、陳振宗、林武智，銦 -111 放射性同位素之製法，中華民國，發明第 I426051 號，103.02.11-120.10.26。
22. 蔡弘毅、門立中、劉公典、蔡翠玲、魏華洲、吳欣潔、鍾相彬、田育彰，一種鎔 -99 的自動分析方法，中華民國，發明第 I426265 號，103.02.11-119.09.28。
23. 王文樺，用過核子燃料乾式貯存系統密封鋼筒之表面附著輻射污染擦拭取樣裝置，中華民國，發明第 I426529 號，103.02.11-117.10.27。
24. 呂建興、黃森榮、王英傑、陳振宗、林武智，銦 -111 放射性同位素之製法，美國，US8,647,407B2，101.01.18-121.01.17。
25. 楊村農，結晶矽太陽電池製程方法，美國，US8,647,895B1，101.08.06-121.08.05。
26. 楊村農，三氧化二鋁薄膜製備方法，中華民國，發明第 I427180 號，103.02.21-120.08.25。
27. 程世偉、胥耀華、程永能、李瑞益，多功能固態氧化物燃料電池檢測裝置，中華民國，發明第 I427308 號，103.02.21-120.10.17。
28. 黃志中、彭正球、楊慶威，核反應器啟動中子源抓取裝置，中華民國，發明第 I384558 號，102.02.01-118.04.15。
29. 蔡雨利、吳志宏，能增加光電流收集效率的太陽能電池結構，中華民國，發明第 I427807 號，103.02.21-119.10.27。
30. 吳景輝，可供核能電廠快速風險量化分析之頂端邏輯評估方法，日本，特許第 5480033 號，99.06.23-119.06.22。
31. 李恆毅、楊峻瑋、張世澤、黃財富、李灝銘、曾錦清，同時散熱及發電之快速熱傳裝置，美國，US8,658,918B1，101.09.07-121.09.06。
32. 梁國超、李灝銘、曾錦清，提升漿態床反應器產率之方法，中華民國，發明第 I428184 號，103.03.01-119.08.25。
33. 朱信旗、諸葛志春、任天熹、馮上燭，一種可沉澱粉末物質收集罐及其使用方法，中華民國，發明第 I428934 號，103.03.01-118.10.13。
34. 蔡典修、詹美齡、倪于晴，決定晶體穿透效應與偵檢效率以及偵檢效率校正之方法，美國，US8,666,710B2，99.07.21-121.12.28。
35. 歐庭嘉，一種電力系統故障分析與鑑別演算法，日本，特許第 5490166 號，101.03.22-121.03.21。
36. 林彥廷、邱柏雄，史特靈循環式乾式貯存容器之冷卻裝置，中華民國，發明第 I430287 號，103.03.11-120.10.24。

37. 李岳穆、施圳豪、洪慧芬，組合式高熱傳導載板，中華民國，發明第 I430463 號，103.03.11-120.10.11。
38. 吳志宏、楊敏德、葉展璋，模擬太陽光產生裝置，美國，US8,668,346B2，100.11.29-121.03.22。
39. 黃彥璋、葉宏易、李政達，提高太陽能追蹤器精度之結構，美國，US8,669,508B2，100.09.06-120.09.05。
40. 李佳欣、曹正熙、陳長盈、莊智閔、黃裕清、查厚錦、徐凡軒、林唯芳、廖學中、何宜臻，衍生聚合物及其製備方法，中華民國，發明第 I431035 號，103.03.21-120.08.02。
41. 許寧逸、方傑、曾華源、蔡振鐸、溫冬珍，核電廠管路鈍化注鹼裝置，美國，US8,678,031B2，100.06.01-120.05.31。
42. 李茂傳、王俊修、張揚狀、高維欣、林泰男、張仁禎、楊榮澤、李凌嵩，一種二氧化碳使用於固態氧化物燃料電池—二氧化碳能源轉化循環方法及其裝置，美國，US8,679,700B2，99.12.20-121.08.01。
43. 詹德均、劉國辰、江毅霖，有機電激發光元件之封裝方法及其結構，美國，US8,680,512B2，100.09.22-120.09.21。
44. 鄭金展、楊村農、江金鎮，去除提純冶金級矽晶圓表面與內部金屬雜質之製備方法，美國，US8,685,840B2，100.12.07-120.12.16。
45. 吳思翰、林金福、李瑞益、劉建國、雍敦元、李鑽生、程麗君，用於燃料電池之密封材料，歐盟，EP2053026A1，96.10.26-116.10.25。
46. 官孝勳、李瑞成、程俊嘉、吳憲明，以放射性標誌之 anti-GRP78 peptide 偵測大腸癌方法，美國，US8,691,189B2，100.02.14-120.02.13。
47. 黃鶴聯、俞鐘山、林武智、陳振宗、楊慶鉉、蘇文欽、陳珈融，碘-123 標誌胸腺嘧啶 (FLT) 類似物 [123I]-IaraU 之探針，美國，US8,691,789B2，101.12.10-121.12.09。
48. 方新發，氙水蒸餾裝置及其蒸餾方法，中華民國，發明第 I433714 號，103.04.11-116.05.23。
49. 邱鎧盛、李綉偉、林琦峰，輔助進料機構，中華民國，發明第 I433803 號，103.04.11-119.09.27。
50. 馬天陽、林鼎翔、姜義峰、黃宏彰、郭家倫、黃文松、王家寶，併同培養葡萄糖發酵菌株及生產木糖醇之方法，中華民國，發明第 I433935 號，103.04.11-119.06.31。
51. 陳文福、陳可涵、徐國峻、李政達，聚光型太陽能模組水平調整裝置，中華民國，發明第 I434015 號，103.04.11-120.08.17。
52. 顧博文、劉鎮洋，用於狹長間隙中鬆散汙染劑量檢查之擦拭裝置，中華民國，發明第 I434061 號，103.04.11-120.09.21。
53. 黃志中、彭正球、楊慶威，核反應器啟動中子源貯存裝置，中華民國，發明第 I434292 號，103.04.11-119.09.15。
54. 鄭世中、張南昌、李定一、楊玉堂，用過核子燃料運送密封鋼筒容器裝置，中華民國，發明第 I434293 號，103.04.11-119.10.13。

55. 李振弘、蘇水華，球形電極空氣游離腔，中華民國，發明第 I434313 號，103.04.11-119.10.27。
56. 王多美、楊昇府、李文成、孫金星、曾錦清、葛明德、陳文丁、陳彥政，不織布熔岩纖維紙基材製作 RFID 天線之方法，中華民國，發明第 I434456 號，103.04.11-119.08.25。
57. 辛華煜、洪慧芬、邱烘盛、郭弘仁、郭成聰，具肋條結構之菲涅爾波帶透鏡，中華民國，新型第 M476275 號，103.04.11-106.07.04。
58. 許寧逸、簡俊清、趙裕，觸媒檢測裝置，美國，US8,703,060B2，100.07.04-120.07.03。
59. 張鍾鴻、曾聖彬、詹美齡，輻射偵測信號處理方法與系統，美國，US8,704,190B2，101.07.12-121.10.19。
60. 游原昌、鄭宗杰、陳明輝，軟體驗證系統、方法及其電腦可讀取媒體，中華民國，發明第 I4736277 號，103.05.01-120.01.06。
61. 高志達、魏華洲、張德明、黃文松、王嘉寶，無再沸器精餾塔用於蒸餾之設備，中華民國，發明第 I435754 號，103.05.01-120.09.15。
62. 蔡宗諺、魏華洲，酒精變壓吸附控制方法，中華民國，發明第 I435756 號，103.05.01-118.10.14。
63. 邱耀平、施聖洋、劉建嘉、吳志陽，富氫氣體燃燒器，中華民國，發明第 I435978 號，103.05.01-120.10.30。
64. 葉宏易、黃彥璋、李政達，全向式太陽位置感測器與控制器及其追日之方法，中華民國，發明第 I436015 號，103.05.01-120.06.01。
65. 歐庭嘉，直流微電網最佳化線損分析方法，中華民國，發明第 I436230 號，103.05.01-118.09.23。
66. 施圳豪、洪慧芬、辛華煜、郭成聰，高聚光太陽電池模組框架組裝改良，美國，US8,720,707B2，101.08.04-121.08.13。
67. 李恆毅、李堅雄，多功能太陽能熱電共生系統，日本，特許第 5541603 號，102.03.22-112.03.21。
68. 林國楨、林崇智、劉懋、吳進益，碘化鈉偵檢器量測所得能譜之活度計算方法，美國，US8,729,490B2，100.07.28-121.09.18。
69. 邱耀平、李書哲、徐毅理、陳柏壯、陳一順、蕭述三，用於流動式顆粒床過濾器之氣體分佈裝置，中華民國，發明第 I438030 號，103.05.21-121.10.20。
70. 馬天陽、林鼎翔、許登傑、黃瓊芳、郭家倫、黃文松、王嘉寶、趙雲鵬、葉冠麟，一種木糖代謝菌之製備方法及該木糖代謝菌，中華民國，發明第 I438274 號，103.05.21-120.06.02。
71. 官孝勳、李瑞成、程俊嘉，用於檢測阿茲海默氏症之蛋白生物標記，中華民國，發明第 I438430 號，103.05.21-118.09.09。
72. 蒙天德、陳志豪、劉鎮洋、張南昌、吳政達、顧博文，可快速進行用過核子燃料密封鋼筒封存之裝置，中華民國，發明第 I438782 號，103.05.21-120.10.30。

73. 黎禹辰、吳錦裕、蔡文發，一種金屬電漿離子佈植之設備及其方法，中華民國，發明第 I438817 號，103.05.21-119.10.05。
74. 劉玉章、呂永方、曾育貞、鍾人傑，具自變色及發電之裝置，中華民國，發明第 I438912 號，103.05.21-121.04.28。
75. 劉建國、林金福、蔡坤釗，燃料電池接合結構及其製造方法，中華民國，發明第 I438956 號，103.05.21-120.02.17。
76. 洪文堂、黃正男、蔡禹擎、譚學怡、羅世坤、林明達、賴振坡、程永能、李瑞益，應用於燃料電池發電系統之燃燒重組器，中華民國，發明第 I438957 號，103.05.21-120.09.21。
77. 張慧良、張榕修，具滾動轉子之連續塗敷方法及其裝置，美國，US8,733,271B2，102.03.08-123.03.07。
78. 黃瓊芳、姜義峰、林鼎翔、郭家倫、黃文松、王嘉寶，一種未去毒性纖維原料水液生產木糖醇的方法，中華民國，發明第 I439547 號，103.06.01-118.10.22。
79. 陳文華、蔡嘉晉、蔡培元、許仲志、王嘉寶，改良式纖維物料高溫壓差閃化出料機構，中華民國，發明第 I439590 號，103.06.01-120.10.26。
80. 廖偉辰、楊明宗、陳俊傑、李豪勳、黃振豪，環型軌道滑行輔助器，中華民國，發明第 I440046 號，103.06.01-120.10.26。
81. 張國源、鄭祖漢，水下放射性溶液之取樣裝置與方法，中華民國，發明第 I440047 號，103.06.01-119.06.07。
82. 李恆毅、曾錦清、張烈誌，水汽型電漿火炬裝置，美國，US8,742,284B2，96.11.06-116.11.05。
83. 劉公典、夏儀芝、蘇昌勇、黃瓊芳、傅應凱，一種分析 TRODAT-1 原料中不純物的方法，巴西，PI0505141-0，94.11.17-114.11.16。
84. 黃君平、張國源，水中微粒固體收集裝置及其方法，中華民國，發明第 I441196 號，103.06.11-119.09.02。
85. 許寧逸、簡俊清、趙裕，觸媒檢測裝置，中華民國，發明第 I441379 號，103.06.11-120.06.23。
86. 許寧逸、簡俊清，固態氧化物燃料電池發電系統用之燃料重組觸媒製作方法，中華民國，發明第 I441382 號，103.06.11-120.09.07。
87. 林泰男、李茂傳、高維欣、張揚狀、王俊修、林立夫，高性能固態氧化物燃料電池膜電極組合元件（單元電池）中全緻密之濺鍍電解質層之創新製作程序，中華民國，發明第 I441384 號，103.06.11-116.11.20。
88. 高維欣、李茂傳、林泰男、王俊修、張揚狀、林立夫，高性能固態氧化物燃料電池組合元件（單元電池）中全緻密電解質層之創新製作程序，中華民國，發明第 I441385 號，103.06.11-116.11.06。
89. 余慶聰、王啟鴻、邱耀平，含鹼金屬改質之鈣鋁碳酸鹽中高溫捕碳劑製造方法，美國，US8,754,002B2，100.07.11-120.07.10。

90. 余明昇、吳秀珠、莊浩宇、曾宦雄、董成祥，提升活性碳擔持白金試樣 (Pt/AC) 體積儲氫量之創新方法，美國，US8,754,003B2，100.12.23-122.03.04。
91. 辛華煜、邱烘盛、鄭傑、洪慧芬、郭成聰，聚光座體結構，歐盟，EP2006612B1，96.06.18-116.06.17。
92. 歐庭嘉，一種整合自動電壓調整器之控制系統和方法，日本，特許第 5562366 號，101.02.24-121.02.24。
93. 楊昌翰、王敏全、詹德均、陳信良、艾啟峰，電致變色薄膜之製造方法，中華民國，發明第 I441938 號，103.06.21-121.06.25。
94. 余明昇、吳秀珠、莊浩宇、曾宦雄、董成祥，提升活性碳擔持白金試樣 (Pt/AC) 體積儲氫量之創新方法，中華民國，發明第 I443064 號，103.07.01-120.09.19。
95. 黃君平、廖浩然，水下渣泥淨化裝置及其操作方法，美國，US8,771,509B2，101.04.03-121.04.02。
96. 甘金相、李文成、魏聰揚，放射性廢酸液之回收方法，美國，US8,772,565B1，102.07.03-122.07.02。
97. 葉宏易、黃彥瑋、李政達，全向式太陽位置感測器與控制器及其追日之方法，美國，US8,772,689B2，101.04.24-121.04.23。
98. 歐庭嘉，一種整合自動電壓調整器之控制系統和方法，美國，US8,774,949B2，100.10.13-121.12.06。
99. 張家榮、廖美秀、沈立漢，應用於放射性藥物自動化成系統之改善放射化學純度及產量方法，中華民國，發明第 I444183 號，103.07.11-120.08.17。
100. 楊景安、朱健豪、蘇水華、張栢菁、袁明程，放射診斷儀器遠端校正方法及其裝置，中華民國，發明第 I445014 號，103.07.11-120.10.20。
101. 莊智閔、林唯芳、廖學中、林聰翰，以奈米粒子為添加劑之高分子太陽能電池，中華民國，發明第 I445188 號，103.07.11-120.01.03。
102. 蔡雨利、吳志宏、侯杰利、黃兆輝、楊敏德，光電元件之基板剝離的結構及其方法，中華民國，發明第 I445189 號，103.07.11-120.04.28。
103. 歐庭嘉，一種整合自動電壓調整器之控制系統和方法，中華民國，發明第 I445276 號，103.07.11-120.10.03。
104. 廖信凱、陳昌國、歐庭嘉，一種 Modbus CRC 檢驗碼產生方法，中華民國，發明第 I445320 號，103.07.11-120.04.06。
105. 吳敏文、薛天翔、謝政昌、艾啟峰，高分子材料之大氣電漿雙重接枝聚合裝置及其方法，美國，US8,778,080B2，97.05.21-117.05.20。
106. 溫冬珍、許寧逸，核電廠鋼材檢測裝置，美國，US8,781,058B1，99.10.01-119.09.30。
107. 陳昌國、廖信凱、李春林、徐獻星，一種具安全性之電腦控制器通訊格式的設計方法，中華民國，發明第 I446745 號，103.07.21-121.07.09。
108. 王美惠、林武智、李瑞成、沈立漢、陳浩然，檢測肝殘餘功能之醣質醫學影像分子造影劑，歐盟，EP2067489B1，96.12.04-116.12.04。

109. 張仁禎、李茂傳、楊榮澤、林泰男、張揚狀、高維欣、李凌嵩，固態氧化物燃料電池之電流收集裝置及其加工方法，美國，US8,790,850B2，101.03.01-121.03.01。
110. 余慶聰、王啟鴻、邱耀平，含鹼金屬改質之鈣鋁碳酸鹽中高溫捕碳劑製造方法，中華民國，發明第 I446954 號，103.08.01-120.06.15。
111. 許寧逸、邱顯都、林素賢、曾華源、黃婉敏、張原銘、李瑞益、鄭俊才，具高溫穩定性之奈米孔道天然氣重組觸媒擔體改質方法，中華民國，發明第 I446961 號，103.08.01-121.10.18。
112. 吳志宏、楊敏德、葉展璋，模擬太陽光產生裝置，中華民國，發明第 I449464 號，103.08.11-10.05.09。
113. 李銘忻、林金陣、丁澤鈺、戴以禮，銻 -68/ 鎵 -68 放射性核種發生器之構造裝置，美國，US8,802,014B2，100.10.03-120.10.02。
114. 李茂傳、張揚狀、林泰男、高維欣、王俊修、林立夫，具具特定孔隙率與氣體透過率之固態氧化物燃料電池之電極層製備方法，歐盟，EP2117167A1，97.05.09-117.05.09。
115. 徐湘綾、倪于晴、詹美齡，病灶假體，中華民國，發明第 I449516 號，103.08.21-120.10.13。
116. 郭柏修、倪于晴、詹美齡，醫用偵檢裝置，中華民國，發明第 I449517 號，103.08.21-119.07.26。
117. 辛華煜、洪慧芬、郭弘仁、邱烘盛、陳俊亦，聚光型太陽能發電模組光學透鏡結構改良，中華民國，發明第 I449961 號，103.08.21-118.04.01。
118. 蔡禹擎、顏子翔、洪文堂、黃正男、王宏瑜、黃維屏、李堅雄，應用於高溫燃料電池之多孔性介質燃燒器，中華民國，發明第 I450439 號，103.08.21-118.10.21。
119. 謝政廷、李灝銘、梁國超、曾錦清，以反應蒸餾產製二甲醚之方法，美國，US8,816,134B2，100.03.09-120.03.08。
120. 李銘忻、謝昕翰，一種製作核子醫學腫瘤造影劑鎵 -68-DOTATATE 的自動化合成裝置及其方法，中華民國，發明第 I450874 號，103.09.01-122.04.01。
121. 林書睿、張明儒、蔡柏軍，含裂紋管路之彈塑性應變能釋放效率評估方法，中華民國，發明第 I451443 號，103.09.01-120.10.20。
122. 李銘忻、林金陣、丁澤鈺、戴以禮，銻 -68/ 鎵 -68 放射性核種發生器之構造裝置，中華民國，發明第 I451444 號，103.09.01-120.08.31。
123. 張仁禎、李茂傳、楊榮澤、林泰男、張揚狀、高維欣、李凌嵩，固態氧化物燃料電池之電流收集裝置及其加工方法，中華民國，發明第 I451619 號，103.09.01-121.02.02。
124. 劉公典、趙明煜、夏儀芝、葉士緯、廖美秀、門立中、沈立漢，一種測定對鎔 (Tc-99m) 與銻 (Re-186、Re-188) 具有穩定錯合力之含硫螯合劑在凍晶劑中之含量與均一性的固態樣品分析技術，美國，US8,831,891B2，100.10.14-121.12.19。
125. 辛華煜、邱烘盛、徐燕謀、黃憶雅、陳盈汝，聚光型太陽電池對位治具，美國，US8,835,746B2，100.05.27-120.05.26。

126. 倪于晴、徐湘綾、詹美齡，醫學造影系統用之擬人假體，中華民國，發明第 I452999 號，103.09.21-120.10.30。
127. 劉秀雯、張瑜、徐成芳、蔡銘哲、江宗憲、鄧月鳳、盧桂林、王大明、林智遠、李青雲，含三醣與二氮二硫配位子之肝細胞受體標幟前驅物、其製備方法、其造影劑以及其醫藥組合物，中華民國，發明第 I453033 號，103.09.21-121.05.14。
128. 劉秀雯、張瑜、徐成芳、蔡銘哲、江宗憲、鄧月鳳、盧桂林、林智遠、王大明、李青雲，造影劑之標幟前驅物及其製備方法，中華民國，發明第 I453213 號，103.09.21-121.07.31。
129. 謝政昌、林登連、曾慶沛、吳錦裕、陳駿昇、艾啟峰，氣體隔離腔及其電漿鍍膜裝置，中華民國，發明第 I453295 號，103.09.21-121.10.11。
130. 葉展璋、吳志宏、楊敏德、曾云亨，反向變質 (IMM) 太陽能電池半導體結構及雷射剝離的方法，中華民國，發明第 I453920 號，103.09.21-120.06.20。
131. 陳泳智、王敏全、許子衿、詹德均、艾啟峰，可撓式太陽能電池結構之安裝處理方法，中華民國，發明第 I455339 號，103.10.01-120.12.21。
132. 何元祥，微電網獨立運轉下之負載管理裝置，中華民國，發明第 I455440 號，103.10.01-120.10.26。
133. 蘇郁涵、趙建昌、馬維揚、楊村農、藍山明，矽晶太陽能電池之金屬電極圖案化之製備方法，美國，US8,852,995B1，102.08.06-122.08.06。
134. 歐庭嘉，一種整合自動電壓調整器之控制系統和方法，加拿大，2755024，100.10.13-120.10.13。
135. 張家榮、周瑋綱、楊安水、廖美秀、沈立漢，碘-123-IBZM 核醫藥物自動化合成系統，中華民國，發明第 I455907 號，103.10.11-121.08.22。
136. 盧桂林、張瑜、徐成芳、王美惠、林武智，醣質藥物造影劑前驅物之合成方法，中華民國，發明第 I455943 號，103.10.11-121.05.22。
137. 林南雄，一種控制遠距液壓缸行程之設備，中華民國，發明第 I456117 號，103.10.11-119.09.29。
138. 程世偉、胥耀華、彭成昌，開放式平板型固態氧化物燃料電池單元檢測裝置，中華民國，發明第 I456230 號，103.10.11-119.10.20。
139. 歐庭嘉，一種具相對權重節能控制方法及裝置，中華民國，發明第 I456386 號，103.10.11-120.10.30。
140. 趙裕、蕭憲明、張彥華、孫金星，珍珠岩保溫材表面核種除污方法，中華民國，發明第 I456591 號，103.10.11-120.10.26。
141. 鄭金展、楊村農、江金鎮，去除提純冶金級矽晶圓表面與內部金屬雜質之製備方法，中華民國，發明第 I456649 號，103.10.11-120.10.26。
142. 詹振旻，具備智慧型調度管理之電網系統，中華民國，發明第 I456857 號，103.10.11-119.10.13。

143. 柯學超、歐陽啟能、彭武豪、徐耀東，肝癌治療劑標幟前驅物 H3LMN 系列及其製造方法，美國，US8,862,413B2，100.05.26-122.03.09。
144. 劉秀雯、林正憲、林次郎、徐成芳，肝癌治療劑標幟前驅物 H3LMN 系列及其製造方，中華民國，發明第 I457138 號，103.10.21-118.08.05。
145. 江勝偉、簡光勳、鍾人傑、黃士哲、廖啟宏、林國明，吸附劑之造粒方法及該方法所製得之吸附劑顆粒，中華民國，發明第 I457173 號，103.10.21-123.02.24。
146. 吳錦裕、魏新武，太陽能電池氧化亞銅(Cu₂O)薄膜鍍膜方法，中華民國，發明第 I457452 號，103.10.21-121.10.25。
147. 林國明、甘金相、吳明興、魏聰揚、鍾人傑，化學及電化學除污裝置及其方法，中華民國，發明第 I457948 號，103.10.21-120.09.28。
148. 張揚狀、李茂傳、王俊修、林泰男、高維欣，一種奈米級電解質懸浮體之漿液配方與製程與其應用於製備具氣密 / 全緻密電解質層之高性能固態氧化物燃料電池之膜電極組合元件(SOFC-MEA)之製作程序，中華民國，發明第 I458173 號，103.10.21-117.04.30。
149. 李玲子、李遠川、王美惠、林武智，新穎肝標靶藥劑與合成方法，中華民國，發明第 I458493 號，103.11.01-119.09.26。
150. 陳昭睿、陳又平、許銀茂，用於濕式降解有機廢棄物之磁性觸媒及其製備方法，中華民國，發明第 I458550 號，103.11.01-122.07.04。
151. 施宇鴻、溫冬珍、高大宇、蔡郁德，核電廠放射性鐵氧化物非結晶結構分離方法，中華民國，發明第 I458957 號，103.11.01-121.09.05。
152. 陳昌國、李春林、歐庭嘉，數位安全系統硬體化之方法，中華民國，發明第 I459216 號，103.11.01-120.09.08。
153. 張國源，高輻射強度廢棄物之分裝方法及其裝置，中華民國，發明第 I459404 號，103.11.01-121.05.30。
154. 鄭俊才、黃婉敏，以低電壓電泳電鍍法製作使用奈米碳材承載觸媒之薄膜燃料電池電極，中華民國，發明第 I459622 號，103.11.01-116.11.14。
155. 歐庭嘉，高效能微電網孤島運轉接地故障分析方法，中華民國，發明第 I459677 號，103.11.01-121.10.04。
156. 劉秀雯、張瑜、徐成芳、蔡銘哲、江宗憲、鄧月鳳、盧桂林、林智遠、王大明、李青雲，造影劑之標幟前驅物及其製備方法，美國，US8,877,943B2，101.09.11-122.01.24。
157. 徐國峻、葉宏易、陳文福，大型太陽能電池模組結構，美國，US8,878,052B2，102.04.24-122.04.23。
158. 曾聖彬、朱明禮、詹美齡，一種放射偵檢信號之處理方法，中華民國，發明第 I460459 號，103.11.11-122.10.27。
159. 李學源，用過核子燃料貯存桶頂部輻射偵檢裝置，中華民國，發明第 I460460 號，103.11.11-122.03.17。
160. 楊昌翰、王敏全、詹德均、艾啟峰，氫化薄膜應用於全固態電致變色(EC)元件結構及其製程方式，中華民國，發明第 I460519 號，103.11.11-120.11.07。

161. 歐庭嘉，整合型發電控制系統，中華民國，發明第 I460958 號，103.11.11-121.03.21。
162. 洪文堂、黃正男、蔡禹擎、譚學怡、羅世坤、林明達、賴振坡、程永能、李瑞益，應用於燃料電池發電系統之燃燒重組器，美國，US8,883,360B2，100.10.15-120.10.21。
163. 黃振興、張鈞量、蔡俊煌、程世偉、粘勝輝、莊誌銘，高穩定高效率固態氧化物燃料電池陽極結構及其製造方法，中華民國，發明第 I462384 號，103.11.21-121.05.03。
164. 邱耀平、李書哲、徐毅理、陳柏壯、陳一順、蕭述三，用於流動式顆粒床過濾器之氣體分佈裝置，美國，US8,894,736B2，104.04.13-122.03.07。
165. 李銘忻、林金陣、丁澤錚、戴以禮，鎔 -68 放射性同位素產生裝置及其方法，美國，US8,894,860B2，99.12.08-122.07.16。
166. 簡俊清、許寧逸、邱顯都、林素賢、黃婉敏，合成甲醇及二甲醚之 Cu-Zn-Al 觸媒製備方法，中華民國，發明第 I462777 號，103.12.01-118.10.29。
167. 林增輝、李春林、陳昌國，三重容錯類比輸入模組自動偵查故障裝置，中華民國，發明第 I463153 號，103.12.01-121.03.29。
168. 李茂傳、高維欣、林泰男、吳思翰、程永能、張揚狀、李瑞益、王俊修，固態氧化物燃料電池堆在封裝製程中元件間最佳接觸壓力量測方法及其量測裝置，歐盟，EP2365570B1，99.09.03-119.09.03。
169. 許子衿、王敏全、陳泳智、詹德均、艾啟峰，一種製作微晶矽薄膜的方法，中華民國，發明第 I464784 號，103.12.01-120.10.27。
170. 辛華煜、邱烘盛、徐燕謀、黃憶雅、陳盈汝，聚光型太陽電池對位治具，中華民國，發明第 I464896 號，103.12.11-120.05.12。
171. 李岳穆、梁逸平、洪慧芬、辛華煜，具固定結構的均光器之聚光型太陽能接收器，中華民國，發明第 I466308 號，103.12.21-121.05.28。
172. 林泰男、李茂傳、高維欣、張揚狀、王俊修、林立夫，高性能固態氧化物燃料電池膜電極組合元件（單元電池）中全緻密之濺鍍電解質層之製作程序，美國，US8,920,612B2，96.12.27-116.12.27。
173. 張家榮、廖美秀、沈立漢，應用於放射性藥物自動化合成系統之改善放射化學純度及產量方法，美國，US8,920,573B2，100.09.14-120.09.13。
174. 黃瓊芳、姜義峰、林鼎翔、郭家倫、黃文松、王嘉寶，一種未去毒性纖維原料水解液生產木糖醇的方法，美國，US8,921,082B2，102.03.01-122.06.04。
175. 楊希弘、馬維揚、楊村農，漂浮於水面上追蹤太陽光伏發電系統，美國，US8,921,682B2，101.08.06-121.08.05。

[illegible]



書 名：行政院原子能委員會核能研究所 103 年年報

編 著 者：行政院原子能委員會核能研究所

出版機關：行政院原子能委員會核能研究所

電 話：(02) 8231-7717 (03) 471-1400

地 址：32546 桃園市龍潭區佳安里文化路 1000 號

傳 真：(03) 471-1064

網 址：<http://www.iner.gov.tw/>

出版年月：中華民國 104 年 6 月

創刊年月：中華民國 82 年 6 月

定 價：NT\$ 600 元

GPN：2008200098

ISSN：1812-3295 (平裝)

刊期頻率：年報

展售門市：■ 國家書店松江門市 10485 台北市中山區松江路 209 號 1 樓

TEL: 02-25180207

■ 五 南 文 化 廣 場 40642 台中市北屯區軍福七路 600 號

TEL: 04-24378010

◎ 本書同時登載於核能研究所網站之「出版品\年報」，網址為：<http://www.iner.gov.tw/>

◎ 本書保留所有權利。欲利用本書全部或部分內容者，須徵求著作財產權人行政院原子能委員會核能研究所同意或書面授權。請洽行政院原子能委員會核能研究所，電話：03-4711400 分機：3209。