

ISSN: 1812-3295



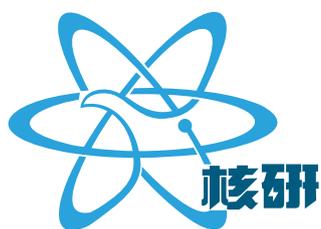
行政院原子能委員會 核能研究所
Institute of Nuclear Energy Research
Atomic Energy Council, Executive Yuan

101年年報



INER

中華民國102年4月出版



行政院原子能委員會

核能研究所 101年年報

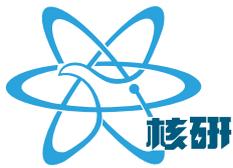
Institute of Nuclear Energy Research
Atomic Energy Council, Executive Yuan

2012 Annual Report

行政院原子能委員會核能研究所 編印

中華民國102年4月出版





行政院原子能委員會

核能研究所 101年年報

2012 Annual Report

目錄 Contents

壹、序言	4
貳、人力與經費	6
參、重要大事報導	8
肆、研發專題報導	27
一、核能安全科技研究	28
1. 核反應器結構與組件行為研究	29
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	31
3. 執行老舊核設施清理作業	38
4. 核能技術產業化平台之建構	42
二、環境與能源科技研究	44
1. 環境電漿技術之發展與應用	44
2. 太陽光發電系統技術發展	49
3. 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用	53
4. 淨碳技術發展	56
5. 分散式電力能源與風能系統工程技術發展	60
6. 纖維酒精量產技術研發	63
7. 我國能源科技及產業政策評估能力建置	66
三、輻射應用科技研究	68
1. 輻射生物醫學研發與推廣應用	68
2. 放射奈米癌症診療及其他應用技術之發展	71
3. 本土好發性疾病輻射應用及分子影像技術平台	75
伍、附錄	77
■ 榮譽報導	78
■ 101年獲得之專利	82

壹、序言 Preface



以「執行力」創新「競爭力」 — 蛻變中的「核能研究所」

核能研究所（以下簡稱本所）成立於民國57年，是我國從事原子能、能源開發與輻射應用的專責機構，我們針對國家能源安全、環境保護及國民健康，提供完整的技術解決方案，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應用研發機構。

我們除致力核能相關技術領域外，多年來亦積極投入新能源研發，包括太陽光電、風力發電、生質纖維酒精等，且都展現相當具體的成效。我們配合政府組織改造，即將改隸「經濟及能源部」，並更名為「能源研究所」，進一步協助落實我國能源政策—「確保核安、穩健減核」、「打造綠能低碳環境」及「逐步邁向非核家園」。

我們相信競爭力來自創意與創新，但我們認為更重要的是執行力，只有踏實的努力與堅實的成果，才是永續發展的基石。在全體同仁共同努力之下，我們在新能源、再生能源、核能與環保科技方面均有實質的進展。

在開發綠能減碳方面：我們開發之高聚光太陽光發電系統技術，已完成1,000倍聚光模組製程技術之開發；在101年，聚光型太陽電池模組已通過優力國際安全認證公司(UL)體系認證；建置之太陽電池模組驗證實驗室，已獲北京鑒衡CGC認證中心授予CGC太陽能光伏產品金太陽認證檢測機構。

在增加無碳能源方面：我們已將核能系統工程技術應用在核一、二廠的中幅度功率提昇，每年可減少排放48萬噸之二氧化碳。



在發展產業經濟方面：我們開發了多樣、綠色且環保的電漿表面工程技術，並已將電漿鍍膜平台技術推廣授權，歷年迄今技轉授權案超過22件，技服亦超過20件以上，已形成以核研所電漿鍍膜技術為核心之產業鏈，兼顧了環保與產業經濟發展。

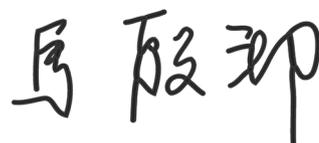
在提高環境效益方面：我們應用自行研發之電漿熔融資源材料化技術，已開發煉鋁爐渣製成高級耐火材料資源化產品，協助產業界建置每日3,000噸處理量的商業化工廠，減少碳排放和廢棄物不當處置對環境造成的衝擊。我們再一次證明，在我們的技術協助下，產業經濟發展與環保是可兼顧的。

在發展綠能減廢技術方面：我們開發太陽熱能應用於蒸發與薄膜蒸餾之整合技術，熱試車已處理1.5噸高導電度無機類含氫廢液，將可減少石化燃料之使用，並達節能減碳效果。

在兼顧能源、環保與經濟方面：我們研發推廣生質纖維酒精及生質精煉技術，積極與國內、外產學研單位建立合作研發之策略聯盟，並提供生物精煉之測試平台與技術服務，以協助國內發展新興綠能產業及石化高值化政策之新材料產業，期能開創國內新的低碳及生物經濟產業。另外將新增之20kW太陽光電系統及100kW儲能系統併入微型電網，以調配風能、太陽能等間歇性分散式再生能源系統，並完成整體微電網電力控制技術測試及併網/孤島平穩切換示範，已具產業經濟效益。

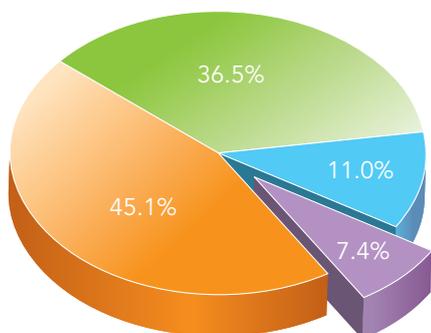
我們全方位考量國家需求與配合政府政策方向，具體落實在堅實的系統整合研發經驗，我們已累積相當之能源技術能力與能源策略研析經驗。蛻變的核能研究所，將以能源經濟之政策研究，導引科技之發展方向，並落實於產業經濟與民生福祉，共同為「針對國家的能源安全、環境保護、國民健康，成為能夠提供完整的策略與技術解決方案之研發機構」的願景而努力。

核能研究所 所長



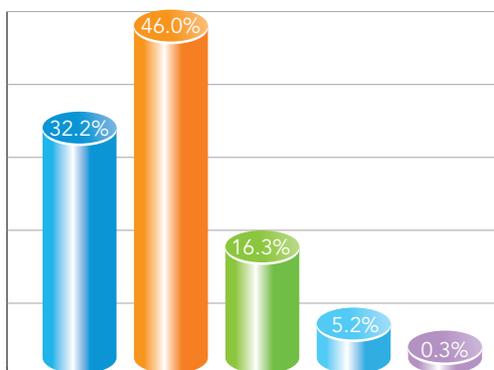
貳、人力與經費 Human Resources and Budgets

(資料時間：101年12月)



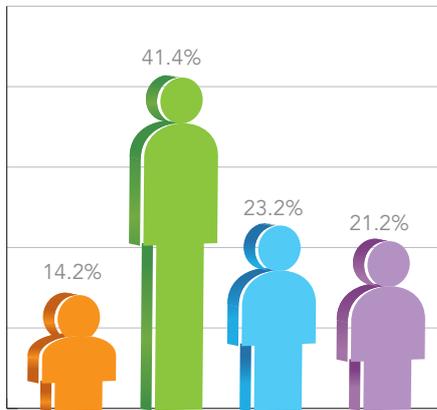
101年度 核研所編制人力分配圖

● 研究人員	367人 (45.1%)
● 技術員	297人 (36.5%)
● 行政人員	89人 (11.0%)
● 技工工友	60人 (7.4%)
全所編制內人員	813人



101年度 研究人員學歷統計圖

● 博士	118人 (32.2%)
● 碩士	169人 (46.0%)
● 學士	60人 (16.3%)
● 專科	19人 (5.2%)
● 高中	1人 (0.3%)
編制內研究人員	367人



101年度 研究人員職稱分類統計圖

● 研究員	52人 (14.2%)
● 副研究員	152人 (41.4%)
● 助理研究員	85人 (23.2%)
● 研究助理	78人 (21.2%)
編制內研究人員	367人

101年度經費支用概況

單位：千元

項次	決算數	百分比
一般行政	1,327,805	55.72%
核能科技計畫管考、設施運轉維護及安全	111,365	4.67%
核能科技研發計畫	805,876	33.82%
推廣核能技術應用	137,905	5.79%
合計	2,382,951	100.00%

參、重要大事報導
Events of the Year



本所以全方位考慮國家需求，各項技術發展朝能創造最大國家利益方向規劃，並扮演中游整合的角色，掌握上游學術創新研究與下游民生產業需求結合，以組成完整價值鏈，並期將研究成果技術產業化，以及轉化為民生福祉、經濟效益、社會影響、科技成就等績效。101年度整體營運重要成果彙摘如下：

一、效益與影響評估

1. 經濟效益：

- (1) 技服收入：本年度技轉技服收入計12.5億元。
- (2) 提升核安增加運轉效益：執行核電廠運轉期間檢測及測試監察作業，防杜核能事故，延長使用壽命，經濟效益達數十億元。
- (3) 降低營運成本：完成龍門電廠進步型沸水式反應器圍阻體熱流分析工作，該工作如委託國外進行，報價超過百萬美金。
- (4) 節省除役成本：開發膠體除污劑製作成本含人工費用約70~90元/kg，價格較美國產製同效能除污劑（5,000元/kg）低廉；未來用於核電廠除役將可節省大量費用，經濟效益可觀。
- (5) 帶動產業升級：配合高階影像醫材產業政策，運用本所特有之輻射偵檢及成像技術經驗與產學研醫跨域合作，帶動國內資通訊、光電等產業技術升級與增值，爭取全球醫學影像市場。

2. 社會影響：

- (1) 培植本土就業機會：發展先進焊接技術，結合國內銲接及相關設備業者，提供國內銲接產業從業人員更多工作機會。
- (2) 資源再生利用，減輕環境衝擊：應用電漿熔融資源材料化技術，持續輔導產業界以煉鋁爐渣製成高級耐火材料資源化產品，減少碳排放和廢棄物不當處置對環境造成衝擊。
- (3) 土地資源保育：發展環境水文地質監測與評估技術，對未來核電廠除役之環境監測與評估提供技術支援。
- (4) 發展綠能減廢：開發太陽熱能應用於蒸發與薄膜蒸餾之整合技術，熱試車已處理1.5噸高導電度無機類含氫廢液，可減少石化燃料之使用，達節能減碳效果。
- (5) 提升潔淨能源產製效率：纖維酒精製程能源整合，能源產出與能源投入比達2.5，展現能源效益。

3. 民生福祉：

- (1) 穩定國內核醫藥物供應需求：持續提供國內51家醫院與8家藥商之心臟、腫瘤、甲狀腺、神經/精神、腦血管等疾病診斷用核醫藥物，穩定提供國人品質優良及供應穩定之藥物，造福民眾，本年度國內病患之核醫藥物診斷服務約15萬人次。
- (2) 緊急供應取代進口藥物：國外產製之ECD、MIBI等藥物因故無法進口，本年度因應需求緊急生產提供國內各醫院1,424劑，解決國內腦中樞神經病患與部份心肌梗塞病患之診斷緊急需求，所供劑量可提供約5,800人次造影服務。
- (3) 自製高階影像醫材邁向臨床試驗：自行研發之高階醫材－乳房正子攝影儀已全系統技術移轉，並已通過衛生署食品藥物管理局與台大醫院人體試驗委員會(IRB)審查，即將進行台灣首例本土自行研發高階影像醫材臨床試驗。
- (4) 發展早期診斷藥物：開發新穎膽道掃描用造影劑及其標誌配方，提供早期鑑別診斷臨床症狀與肝炎十分接近之膽道阻塞，以利掌握病情正確治療。
- (5) 開發自動合成盒系統，抑制國外壟斷：完成適合本所Ga-68核醫藥物所需之合成盒Ga-68-DOTATOC核醫藥物自動合成盒軟體系統，符合國內cGMP相關確效法規，不再需自國外進口高單價之相關系統。
- (6) 開發高效能檢測試劑：開發放射免疫的EBV/鼻咽癌檢測試劑，比傳統免疫檢測偵測極限低百倍以上，有別於一般傳統的ELISA檢驗試劑，具有高靈敏度、高準確度的優勢。

二、指示事項辦理情形

1. **協助分析核二廠支撐群板螺栓斷裂事故**：協助建立螺栓及支撐板有限元速分析模型及參數設定，完成相關分析120組，及協助核二廠反應器壓力槽支撐裙板螺栓斷裂機率風險。
2. **乾貯地震安全研究**：執行乾式貯存設施地震反應的研究，完成模擬試體設計與施工，展開接觸面性質、動態特性、地震反應系列試驗研究，作為後續數值模型比對調整之用。
3. **核電廠除役規劃**：積極參與核一廠除役規劃，並依除役規劃進行資源評估與規劃，隨時可投入相關工作。

三、政策與行政配合

- 支援原能會暨輻防處、核管處、核技處、物管局各項會議、訓練及核電廠視察工作，合計252人次；支援原能會接收輻射異常物輻鋼共49案次及廢棄射源206枚，有效支援原能會執行輻射安全，避免污染擴散工作；協助相關單位進行日本進口食品、飼料、酒類產品及出口俄羅斯魚類產品等放射性分析檢驗；財政部送測酒類等，總計1.5萬件；協助美國能源部國家核子安全局（U.S. DOE/NNSA）輻射事故緊急訓練，整備國內海關、輻傷醫護之應變技術與資源；支援原能會核安第18號演習實兵演練，及北部輻射監測中心，完成技術組運作與劑量評估工作，同時協助演習廠外劇本編撰及劑量評估結

果輸出；支援物管局放射性廢棄物管制系統之維護與更新，及輻射監測中心委託訂製 MERM-PE-HDB機動環境輻射監錄器一套。

四、核心與關鍵貢獻

1. 核能技術平台：

開發自主型核能數位儀控系統平台－與美國HFC公司合作進行SCS-2000高可靠度控制器設計，完成系統平台建置與安裝測試，將申請IEC-61508國際標準認證；完成「核能同級品零組件檢證機構認可證書」換照，執行核能安全等級零組件檢證計畫，落實核能自主產業應用；完成ZPRL除役計畫書，已提出除役許可申請。並拆解及整理部分爐心內部組件，轉贈清華大學繼續使用，達到資源再利用目的；建立國內唯一核電廠電動閥功能評估與驗證測試技術平台；支援核二、三廠與龍門電廠，於大修期間及停機搶修期間之功能驗證測試，累計已完成13次大修與龍門電廠一號機約1,000口電動閥測試與調校；應用風險評估技術降低核電廠檢測成本；結合管路劣化機制因應策略，完成核一、二、三廠風險告知營運期間檢測計畫評估與規劃，降低檢測成本與人員暴露劑量；蘭嶼貯存場廢棄物桶核種濃度評估計算與分類資料庫建立技術；克服環境艱困、資源不足等限制，突破運算巨集資料庫須租用特殊軟體之限制，完成廢棄物分類，符合法規及滿足未來國內廢棄物進行最終處置需求。

2. 核醫藥物研製與開發：

精進體抑素受體造影劑Ga-68-DOTA-NOC製程－有效縮短加熱反應時間，由原先的10分鐘，縮短至5分鐘，放射化學純度在98%以上；發展標靶型金奈米單株抗體製程：利用放射性核種生產與標幟技術，可看到細胞及活體內專一性積聚表現，將能提供人體非侵入性腫瘤體外偵測方法，並藉由金奈米粒子可使用熱治療之特性，提昇腫瘤治療效果；多重癌症療效評估探針開發：經動物腫瘤造影可見xenograft腫瘤大小、位置與腫瘤內死活細胞之多寡，包括乳癌、肺癌與肝癌；開發奈米癌症治療藥物「銻-188微脂體」：於101年獲衛生署核准人體臨床試驗Phase 0，為世界上第一個進入人體臨床試驗的體內放射奈米癌症治療藥物，臨床上可應用於大腸直腸癌轉移性病患之治療；運用碘123-ADAM搭配單光子放射電腦斷層掃描：用於重度憂鬱症治療預後之評估及協助偵測重度憂鬱症，經衛生署食品與藥物管理局與聯合人體試驗委員會核准臨床試驗，完成55人次之臨床試驗及試驗監測。

3. 太陽光電技術：

完成1,000倍聚光模組製程技術之開發：光電轉換效率達31.7%，模組設計與模組製作技術已臻於國際水準，能有效降低模組製作成本；聚光型太陽電池模組通過美國（UL）體系認證：自行設計與製作，於101年10月11日通過UL認證，有助國內聚光型太陽能產業進軍國際；影像式太陽位置感測器及太陽影像追蹤控制器原型製作：可達追蹤精度±0.04度，並建置影像式太陽位置感測器實驗平台，可應用於大型太陽光追蹤器，增加

整體高聚光太陽能發電系統效能；新穎低能隙導電高分子PBDTTT混摻PCBM(C70)太陽電池：能量轉換效率最高為6.42%(國際上同型最高效率為~6%)；高分子太陽電池大面積製作技術：使用超音波噴塗技術進行導電高分子P3HT混摻PC(60)BM大面積高分子太陽電池製作；噴塗能力為面積大於4cm²，製備之太陽電池效率達3.73%(國際上之最高效率為~3%)；建立新型透光電極製程技術：最佳化效率可達2.8%，超越國際上現有同型之ITO free太陽電池效率值。

4. 燃料電池技術：

電漿噴塗金屬支撐MSC電池片性能領先全球－除已獲多項歐美日等專利，並以『固態氧化物燃料電池及其製作方法』專利獲2012台北國際發明暨技術交易展發明競賽鉑金獎，與國內產家簽訂合作意願書；SOFC熱工三元件整合裝置：獨創不以傳統電熱方式，改以天然氣為直接燃料進行SOFC發電系統升溫，天然氣重組率達99%以上；完成單元電池多功能檢測裝置：可量測電池單元整體效能，更可同時檢測陰、陽極層的橫向阻抗及電池片局部區域的特性，以了解單元測試時電池片各局部區域之差異。

5. 分散式電力能源及風能系統工程技術：

完成20kW太陽光電(PV)系統建置及併入微電網系統，並進行整體微電網電力控制技術測試及併網/孤島平穩切換示範；完成100kVA儲能系統每天8小時且連續15天之穩定運轉測試，以及配合微型電網之整合運轉測試；示範微電網孤島運轉及再生能源滲透率>10%，再生能源發電設施裝置容量佔微電網分區發電系統裝置容量20%之電力控制技術，建立電力系統模擬平台。

6. 環保電漿技術：

可撓式薄膜太陽能電池元件與居家生活結合之節能新概念－國內首創完成由90片100×100 mm²可撓式薄膜太陽能電池片組成之1,000×1,000 mm²窗寬之太陽能百葉窗模組展品，於2012台北國際發明展展出，電子媒體現場採訪播出推廣；低成本新穎結構的太陽能電池開發－引入低阻值金屬銅鎂合金之搭配取代現有電子型摻雜層，創新結構製作，於2012台北國際發明展中獲得銅牌獎肯定；可撓式光伏及電致變色等節能薄膜材料：達到節能整合應用基本規範，單接面矽薄膜光伏效率達6.67%、雙接面型薄膜光伏之開路電壓達 1.48V、電致變色薄膜之變色率達60%，開創新的節能應用市場；開發長壽命電漿火炬系統－陰極壽命可比傳統電漿火炬高出2~4倍，12 kW電漿火炬維護周期可大於3,000小時，技術授權國內產家。

7. 纖維酒精技術：

推動纖維酒精及其核心技術產業化－提供國內產業16項相關生質酒精及生質精煉技術服務，同時協助國內產業建立小型前處理及酵素水解實驗設施；完成非糧纖維酒精作為國內生質燃料之創舉－協助國科會執行台南生質酒精示範鄉鎮計畫，完成並提交 2 公秉燃料用稻稈酒精給中油 95 汽油摻配成 E3 酒精汽油，此為國內首次試用第二代非糧生質燃

料之創舉，格外具指標意義；運用纖維酒精技術推動非糧生質化學品之發展，已與3家產研單位簽訂合作意願書，規劃合作發展纖維乳酸及多元醇生產技術，並與1家石化業合作發展石化製程轉換生物法之技術。

五、便民與溝通服務

本年度來賓蒞臨本所相關設施參訪共計90個場次、2,692人次，另本所所外網站點選人次累計超過291,353人次；參加2012台北國際發明暨技術交易展，以「優質生活」為主題館精神，規劃智慧型微電網、綠色能源、太陽能節能百葉窗模組、乳房專用正子攝影儀、核醫藥物之研發與應用等五大主題與衍生產品成果展示，吸引許多國內外貴賓與新聞媒體，增進民眾對於政府施政成果之了解；能源國家型計畫「生質物轉換汽油關鍵技術發展與整合」，經生質能辦公室圈選唯一推薦，參加2012台灣國際綠色產業展(TiGiS)，有助廠商與民眾瞭解本所研發現況，促進技術產業化；核醫製藥中心全天候接受電話與傳真訂單，準時將醫院之需求送達。此外，工作人員全天手機待命，對於緊急接單業務於假日或夜間加班處理電話隨呼隨即辦理，處理業務作業精準確實。

六、 加值與創新措施

1. 學術成就：

- 本年度申請國外期刊136篇，獲得國外期刊刊登87篇；李茂傳博士受國際期刊Electrochemistry communications邀請擔任Paper Reviewer/Referee；接受European Fuel Cell Forum邀請為International Board of Advisors之一員；榮獲American Ceramic Society邀請於第10屆國際SOFC研討會為Invited Talk，顯示本所SOFC-MEA研發學術領域之成效受國際肯定；施清芳博士受邀擔任SCI期刊Journal of Hydrology、Advances in Water Resources與Stochastic Environmental Research and Risk Assessment之Paper Reviewer/Referee。

2. 技術創新：

- 本年度專利申請155件，專利獲得144件；2012台北國際發明暨技術交易展於9月20日至9月23日假台北世貿一館舉行，除「固態氧化物燃料電池及其製作方法」獲頒最高榮譽鉑金獎外，並獲得4金2銀5銅共計12面獎牌；開發濕式基板剝離製程技術：運用化學蝕刻溶液與速度，開發出可大幅縮短元件蝕刻製程的濕式基板剝離製程技術，應用於逆向式變形多接面太陽電池的製作，達到基板重複使用，降低成本目的，極具產業量產應用潛力；發展正子造影醫材用之創新式影像系統模型精進定量精準度：以乳房假體進行效能與定量精確度驗證，視野邊緣腫瘤定量準確度較處理前提昇30%；藥物創新應用：「銻-188微脂體」體內放射治療藥物及「血清素轉運體造影劑碘-123-ADAM 之開發及其憂鬱症之臨床應用」參加財團法人國家生技醫療產業策進會(生策會)舉辦「第九屆國家新創獎一學研組」，經評鑑獲獎。

七、專業與知能成長

1. 國際合作技術交流：

微電網之中小型風機電力轉換器與控制系統關鍵技術：2012年4月與具有電力調控轉換設計經驗及國際領先技術之美國維吉尼亞理工學院暨州立大學(Virginia Tech University)簽訂合作計畫共同研發，拓展國際合作網絡；太陽電池模組戶外長期曝曬測試：與美國UL實驗室合作，規劃於高雄路竹MW HCPV示範場及太陽電池模組驗證實驗室於台東大學日照監測站建置之HCPV測試點，執行太陽電池模組戶外長期曝曬測試研究技術合作；核反應器安全評估技術－與美國橡樹嶺國家實驗室(Oak Ridge National Laboratory, ORNL)合作，薄膜鋰電池製造技術：派員赴日本名古屋大學參與研究，應用於本所捲揚式電漿鍍膜平台開發可撓式薄膜儲能技術，達成整合「節能」、「創能」、「蓄能」等功能之薄膜元件一體化之研發目標；引進最新開發之FAVOR程式，進行國內核能電廠反應器壓力槽機率破裂力學分析；熱室管理技術－與美國愛德荷國家實驗室(Idaho National Laboratory, INL)建立技術交流管道，建立未來合作及夥伴關係，增進本所熱室管理效能；核燃料棒檢測技術：與美國洛斯阿拉莫斯國家實驗室(Los Alamos National Laboratory, LANL)合作進行本所用過核燃料棒中子量測與Pu/U分析；纖維酒精產製技術：與國際知名Novozymes酵素公司合作，針對稻稈前處理渣料之酵素水解效能進行平行測試研究，並同時測試共發酵菌株於玉米桿水解液之發酵效能。

2. 人才培育：

多元培育管道：本所藉由與國內各大專院校之計畫合作，及增進所內職員專業知識技術能力需要，本年度培育相關人才總計培育博士生62名、碩士生118名。另本所本年度共舉辦265場次之教育訓練，總計4,963人次參加，提升本所研發能量；本所已連續9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。



八、未來發展

本所是國家實驗室級的應用研發機構，以「能源安全、環境保護、國民健康」為願景。依循政府組織改造政策自我整備外，更要落實耕耘前瞻的、整合的、大型的、及平台型的計畫；深耕的核心技術，是國內外不易獲得或具有不可取代性的技術。

且因應組織定位調整之新挑戰，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。且在研發策略上支援能源政策之策略規劃；支援規劃國家能源技術發展方案並推動技術發展；發展原子能與新能源系統科技與系統工程，提供創新科技之系統整合平台，促進科技之綜效與產業化。



▲ 數位儀控與人因工程應用研討會



▲ 101年度核能零組件檢證技術研討會



▲ 台灣放射影像高階醫療器材產業技術躍進論壇



▲ 第62屆國際核燃工業研究計畫指導委員會會議



▲ 2012 Taiwan Nano 台灣奈米科技展



▲ 2012台北國際發明暨技術交易展



▲ 2012台灣國際太陽光電展



▲ 2012台北國際光電週

3-1 核研所建立亞洲唯一，技冠全球之覆焊維修技術 — 將使核電廠更安全更可靠！

作者：鄭勝隆

■ 協助本土焊接技術升級，催生本土核電廠維修產業

多年來，國內核電廠遇有緊急覆焊維修需求時，經常面臨無法獲得及時支援及巨額報價等問題，影響核電廠運轉安全及營運成本至鉅。國內廠家雖擁有極佳焊接技術，因不熟悉核能法規、輻射作業及品保規定，無法承攬核電廠反應器冷卻水系統維修工作，相關管路覆焊維修工作長期受國外廠家壟斷。本所秉持「確保核能安全」與「建立自主技術」之理念，致力開發與引進先進焊接技術，協助本土核電廠維修產業升級，確保國內核電廠安全運轉。

本所整合材料、機械、焊接、品保等專業人員，開發不須焊前預熱及焊後熱處理之回火焊珠(Temper bead)焊接技術，協同國外廠家發展自動遙控焊接，建立符合ASME法規之設計分析技術及焊接程序書等核能級品保文件，訓練國內遙控焊接技術人力，建立核電廠管路覆焊團隊，不僅提升核電廠維修效率與運轉安全，亦催生本土化維修產業，促進國家經濟發展。

■ 核三廠反應爐調壓槽預覆焊技術開發與施作

民國97年，本所以最具競爭性價格與技術獲得台電公司「核三廠一、二號機調壓槽管嘴異質焊道預覆焊維修服務」國際標合約，本案合約已於98年4月至100年4月間，於四次大修完成核三廠一號與二號機調壓槽管嘴異質焊道預覆焊工作。本計畫前置準備工作，除了開發回火焊珠焊接技術外，另實地調查勘測管嘴佈置與管路空間，製作實體模型(Mock-up)輔助焊工訓練，令熟悉現場狹窄空間作業，焊接技術更為純熟，縮短高輻射環境曝露時間，降低人員輻射劑量。兩部機組12口調壓槽管嘴覆焊品質良好，均一次通過檢測，無須剷修，工期與人員輻射劑量控制亦達國際水準(圖1、圖2)

■ 核二廠飼水管路焊道覆焊修理

本所於民國98年另獲台電公司「台灣電力公司核能電廠焊道覆焊技術服務(第二期)」合約，此案期程自98年9月至101年4月，屬預備性合約，當反應爐壓力邊界管路焊道檢測出瑕疵且須覆焊修理時，須於規劃時程內完成覆焊。民國99年，本所依合約規定執行核二廠一號機N4B-F1飼水管嘴焊道覆焊，為國內首次異質焊道覆焊修理工作，覆焊現場空間狹小且輻射劑量高。

為此，本所開發可在18公分空間內執行覆焊之焊頭及環形軌道滑行輔助器(申請專利中)，配合實體模型，嚴謹訓練覆焊團隊人力，加強環境監視器應用，降低人員輻射劑量。本覆焊工作通過檢測且無剷修，工期及人員輻射劑量結果均顯示國內技術優良(圖3)。

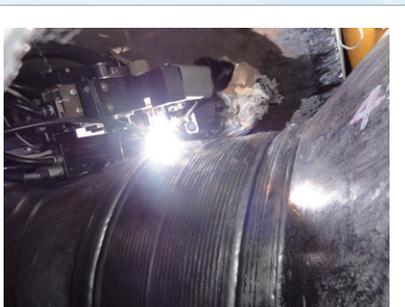
目前，國內覆焊團隊可自主執行核電廠管路同材或異材焊道覆焊，技術領先亞洲各國。未來，將持續開發高難度焊接技術，維護我國核能安全、落實核電廠維修技術自主、朝向創造更多國人就業機會之理想與目標努力。



▲ 圖1 核三廠調壓槽上端管嘴異質焊道預覆焊：(a)覆焊前 (b)覆焊後。



▲ 圖2 核三廠調壓槽調節管嘴異質焊道預覆焊：(a)覆焊前 (b)覆焊後。



▲ 圖3 核二廠一號機N4B-F1飼水管嘴
焊道覆焊

3-2 核研所建置國內第一座乾貯運轉測試中心，成果獲國際肯定—已成功協助核能電廠乾式貯存工作順利執行

作者：劉鎮洋

為了使核能電廠在其運轉年限之中能夠安全地營運，並且在其年限屆滿後能夠順利地除役，世界上已經有越來越多的核電擁有國採取乾式貯存的技術來貯放其使用過的核子燃料。傳統上使用過的核子燃料是貯放在燃料池(Spent Fuel Pool)中，這種貯存方式稱為濕式貯存，需要大量的冷卻水持續來帶走燃料之殘餘熱量。而乾式貯存技術則是將用過核子燃料以惰性氣體封存於密閉容器中(此容器稱之為密封鋼筒)，再利用鋼筒外空氣自然對流之方式移除鋼筒內部燃料的熱量，因此這種方式不似濕式系統需仰賴循環水持續冷卻燃料。

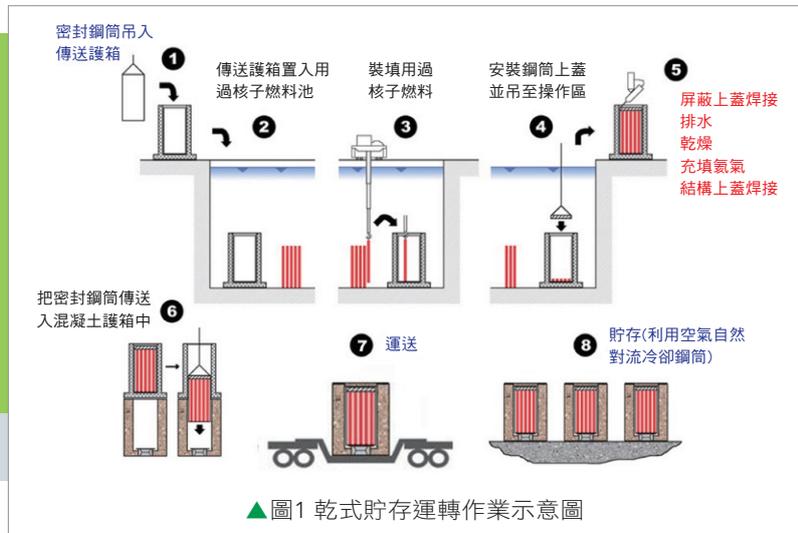
在福島事件之後，國際原子能總署(IAEA)認定乾式貯存因為可以藉由自然對流方式移除燃料殘熱，相對於濕式貯存是一個較安全的貯存技術，建議各國應盡可能地將其貯存在燃料池中的用過核子燃料，移入乾式貯存系統中。

本所於民國94年7月接受台灣電力公司委託，在第一核能發電廠啟動了台灣第一個用過核子燃料乾式貯存設施建置計畫。本計畫採用美國已獲照之系統作為基礎，再依核一廠之特殊條件進行改良而為該廠專用之系統。本所利用引進國外成熟技術之機會，肩負起培植國內產業之責任，建立乾貯運轉測試中心，以訓練國內人才並研發適合我國電廠使用之乾式貯存運轉技術，以因應日後國內乾式貯存設施可能須再建置之需求。經過多年努力不僅完成測試中心建置，透過技術移轉協助國內廠商建立相關能力，並獲得國外廠家肯定受邀參與乾式貯存專案運轉作業規劃。

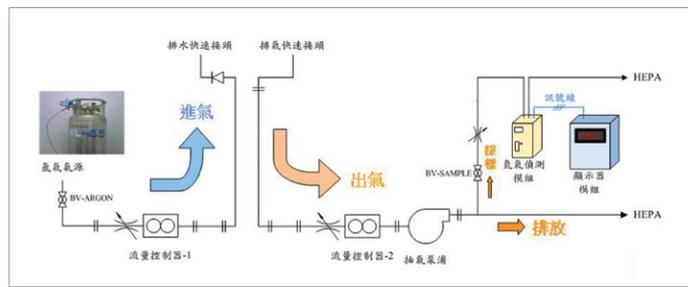
為建立完善之乾貯運轉測試中心，本所除了蒐集國外相關技術文件外，並於96年組織了一個專業團隊，遠赴美國Palo Verde核能電廠，隨同該廠人員作業，全程觀摩乾式貯存運轉過程。經過上述學習過程並經內部多次討論後，本所決定發展乾貯運轉三大核心技术：密封技術、緊急應變時需要的再取出技術以及重件吊運技術。

1. 密封技術

由圖1步驟4密封鋼筒在水下安裝上蓋後，需於步驟5將鋼筒與上蓋封銲好，排出筒內水分，再抽真空使筒內殘水蒸發，灌入高純度惰性氬氣，這些都屬於密封技術。因此密封技術包含：鋼筒封銲、氬氣偵檢、鋼筒排水真空以及氬氣封存等技術。在鋼筒封銲方面，本所利用全尺寸銲道試片來開發銲接最佳參數，並訓練銲接人員利用遙控方式於遠端完成銲接工作。



同時為確保銲接過程不會因氬氣累積而發生爆炸之虞，本所發展出一套可以全程監控氬氣濃度的偵檢系統，當濃度達警戒值的60%左右，系統便會利用惰性的氬氣將空氣與氬氣吹除，確保意外不會發生。本項氬氣偵檢系統已提出專利申請中，圖2左側圖為銲接機與試片，右側圖為氬氣偵檢系統圖。



▲圖2 可遙控自動銲接機與試片(左)，自動氬氣偵檢系統圖(右)。

本所針對排水真空以及氬氣封存研發組合了自動排水真空氬氣回填裝置，並建置了一組全尺寸測試用密封鋼筒，進行操作技術開發以及人員訓練。經過反覆測試，全程作業時間約24小時，需2~3人操作，與國外相當；但操作人員僅需於安裝管線時接近鋼筒，其餘工作皆可於遠端控制完成，可大幅降低工作人員輻射劑量，本項裝置亦已提出專利申請。圖3為排水真空以及氬氣封存之訓練過程。



▲圖3 密封鋼筒真空乾燥演練與人員訓練

2. 再取出技術

在某些極不可能發生的緊急狀況下，可能需對已裝載的用過核燃料進行再取出作業，而上蓋移除是再取出作業之關鍵技術。本所向國外採購了具有環狀軌道、氣壓驅動的切割設備來切割鋼筒上蓋與外殼之間的銲道。經過多次測試後，本所對機構與刀具予以改良，可有效提升切割速率，由40小時之工作時間（國外經驗）縮短為21小時左右，更能符合緊急狀況之需求，圖4為上蓋移除測試驗證過程。



◀ 圖4 再取出上蓋移除測試與驗證

3. 重件吊運技術

乾式貯存相關之重件吊運可以區分為燃料池水下吊運，以及其他區域吊運兩大類。因為水下吊運的位置為用過核子燃料池，其空間受限故不適合用來進行吊運程序發展驗證或是人員訓練，因此本所將所內既有之「池邊檢驗模擬水池」進行修改，使其與電廠之燃料池底相近，藉以驗證吊運程序並訓練核電廠之起重作業人員，當確定程序正確且人員技巧純熟後，再於電廠燃料池進行實際吊運測試。至於其他區域之吊運作業，本所專業團隊運用對核能電廠環境之瞭解，順利完成吊運規劃、設計各式防震裝置、選用適當之搬運設備、訓練起重人員執行相關作業等工作。核一廠水下吊運以及其他區域吊運技術已於101年11月實地驗證完畢，確定所有規劃可有效執行。相關水下吊運測試照片如圖5所示；圖6分別為核一廠反應器廠房內重件吊運演練（物件重量約60公噸），圖7則為使用多軸油壓板車於核一廠道路執行混凝土護箱（重約120公噸）運送測試。



▲ 圖5 核一廠水下吊運測試 (左)，假燃料水下裝載測試(右)。



◀ 圖6 於核一廠反應器廠房內執行重件吊運測試

▼ 圖7 於核一廠執行混凝土護箱運送測試



經多年努力本所已經建立密封技術、緊急應變時需要的再取出技術以及重件吊運技術等三項乾貯運轉核心技術，投入新台幣5,000萬元以上的經費以及20人年的人力，用於技術開發、作業規劃、以及測試中心之建置上。截至101年底本所已訓練超過25位國內乾式貯存作業相關之工作人員，並完成各項功能測試、程序驗證，預計於102年9月執行核一廠乾式貯存護箱裝載熱測試工作。正因為這些能力驗證的成功執行，本所也獲得國際知名廠家之邀請擔任該公司乾式貯存運轉作業之技術支援工作。預估未來將有更多作業人員至本測試中心接受訓練，而受訓合格之人員將為我國未來之乾式貯存運轉作業之主力，也為核能產業本土化奠定良好基礎。

3-3 我國核能電廠壓力測試

作者：廖俐毅

1.前言

在日本發生311海嘯與福島核災之後，世界各國都努力提升核安管制作為，歐洲國家已陸續完成其核能電廠之壓力測試，檢討核能電廠各項設計基準與安全餘裕，尤其針對超過設計基準（beyond design basis）事故，全面檢討電廠的弱點與改善措施。為提升我國核能管制作業能力並加強國內核能電廠的安全性，本所協助原能會蒐集並研究歐盟國家核能電廠壓力測試國家報告，並參考歐盟ENSREG (European Nuclear Safety Regulators Group)壓力測試規範執行我國核能電廠壓力測試並撰寫國家報告。

2.執行情形

本所首先完成研究比利時、法國、芬蘭與德國等國核能電廠壓力測試國家報告，以做為我國執行核能電廠壓力測試工作的參考。其次，協助原能會審查台電公司各核能電廠壓力測試報告，並完成我國核能電廠壓力測試之國家報告初稿。此項工作全面檢討我國核能電廠的設計餘裕與面對超過設計基準事故的瀕危效應 (cliff-edge effect)，並提出改善建議以加強電廠安全性。本年度協助原能會就下述各項重點提出審查結論與建議：(1)壓力測試報告範圍與內容，(2)地震，(3)洪水，(4)極端氣候事件，(5)喪失外部電源與喪失最終熱沉，(6)嚴重事故管理。

3.核能電廠壓力測試國家報告主要結論

基本上，在日本發生311海嘯與福島核災之後，我國已針對超過設計基準事故，全面檢討核能電廠的弱點與改善措施。基於對台電公司業主壓力測試報告和相關證明文件的審查，原能會認為台電公司的安全餘裕評估可以接受，改善之行動方案也稱得上適切，但仍提供一些建議與要求，藉以強化我國核能電廠的耐受性。

■ 表一 我國核能電廠之電源

廠址	備用電源	共用柴油發電機	氣渦輪機	強化緊急4.16kV/480V AC電源	
金山	2EDGs/unit	1	2	1.共用的EDG 可提供電源給兩部機組 2.兩個氣渦輪機的全黑啟動柴油發電機提供電源給安全相關的匯流排	增加移動式柴油發電機 12台 480V 500kW 1台 4.16kV 1500kW
國聖	2EDGs/unit 1EDG/unit (專屬高壓爐心噴灑系統)	1	2		4台 480V 200kW 1台 4.16kV 1500kW
馬鞍山	2EDGs/unit	1	2		11台 480V 370kW 2台 4.16kV 1500kW
龍門	3EDGs/unit	1	2		5台 480V 100kW 2台 4.16kv 500KW

■ 表二 我國核能電廠抵抗超越設計基準事件的能力

項 目	金山	國聖	馬鞍山
電源車-4.16 kV/1500 kW	0/1	0/1	0/2
移動式柴油發電機- 480V	0/12	0/4	1/11
柴油引擎泵-CST的備用泵、加壓消防栓和臨時性注水	0/6	6/15	0/7
消防車	2/2	2/3	1/2
柴油引擎泵 - 臨時性排水泵	5/7	0/8	0/30
ESW泵備用馬達	1/2	1/2	1/5
移動式空壓機	0/5	0/5	0/3
備用硼液(噸)	10/68	0/99	5/55

註：斜線的左邊為改善前，右邊為改善後

3-4 核研所開發成功亞洲第一部乳癌高階醫材進入人體臨床試驗—婦女福音，乳癌無所遁形！

作者：詹美齡

全球每年有超過一百萬的女性被診斷出罹患乳癌，而台灣乳癌發生率已高居亞洲第二，且有年輕化的趨勢。基於「早期發現、早期治療」的防治的理念，核能研究所開發具高靈敏與無痛檢測之乳房專用正子攝影儀(INER BreastPET)，經過臨床前安全與效能的驗證後，近期終於邁入人體臨床試驗的階段。

本所自主開發乳癌早期診斷專用INER BreastPET，此儀器具有不壓擠乳房(舒適)、早期與轉移偵測(靈敏)、解析度為市面醫用正子攝影儀最佳(高影像品質)等特色。99年完成系統開發，100年醫療電氣安規檢驗合格獲證。101年完成INER BreastPET系統風險評估報告、效能理論報告、使用手冊等相關文件備置，並與台大醫院核子醫學部曾凱元主任合作完成臨床試驗計畫書，於5月提出臨床試驗計畫申請，8月獲衛生署食品藥物管理局(TFDA, DOH)與台大醫院人體試驗委員會(IRB)審查通過。11月研發團隊於台大醫院完成系統組裝與功能測試，12月會同台大醫工室進行醫療電性安全複驗合格。預計102年正式進行人體造影試驗。

此次臨床試驗具指標意義，除證明國人自主設計開發之高階影像醫療器材達醫院端臨床實用認同外，藉由臨床試驗可獲得(1)人體使用INER BreastPET檢測乳癌之效果驗證。(2)臨床造影參數最佳化之設定資訊。(3)臨床操作者使用經驗與建議回饋。上述皆是醫療器材上市後是否能確保宣稱功效、臨床醫生、操作者及病患接受高所需之重要數據與資訊。有別於藥物臨床試驗的大量案例需求及繁複程序，醫療器材的臨床試驗可於較少案例即驗證

其有效性，且透過臨床試驗所獲得的資訊可輕易修正於下一版(代)產品中。因此，醫療器材開發團隊與醫院端的溝通與合作實為重要的一環，除培養國內醫院嘗試未知的新式醫療器材的勇氣與包容力，更是推進國內高階醫療器材開發進步的動力。

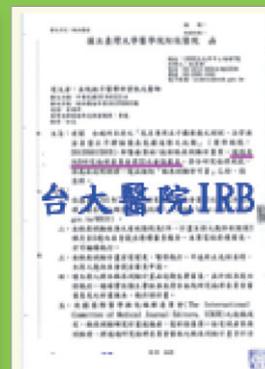
INER BreastPET為國內自主開發大型影像醫療儀器進入臨床試驗階段之首例。本所以累積40餘年的輻射相關研發能量，選擇目前臨床尚未滿足之需求切入(東方女性緻密型乳房比率高，對於X光攝影的靈敏度只有30%~68%)，由基礎技術至系統整合，逐步完成雛型系統並推至臨床。以實際行動證明台灣確實有能力開發大型、高階的影像醫療儀器，對有意跨入相關零組件或全機產品開發的國內業者不啻注入一劑強心針。未來優質平價的醫療影像儀器技轉生產上市，可望提升高科技產品普及率，嘉惠國人婦女健康。



▲ INER BreastPET 於台大造影室



▲ 臨床試驗審查通過證明文件



3-5 創新生醫技術—放射奈米治癌新藥再躍進，人體臨床首例！

作者：邱淑珮、李德偉

依據世界衛生組織的報告指出，近年來全球新增癌症病例逐年上升，在民國99年癌症已取代心臟疾病而成為全球頭號致死疾病，預估在119年時，全球確診患癌人數將有2,700萬人確診為癌症，1,700萬人死於癌症。全球死於癌症的人數比死於肺結核、愛滋病和瘧疾三種疾病的人數總和還多，因此對於抗癌新藥之開發是刻不容緩的。

癌症治療主要以外科手術切除為主，輔以放射治療或化學治療。「核研銻-188微脂體注射劑」作為大腸直腸癌之體內放射奈米癌症治療藥物。其中微脂體的基本組成分子為磷脂質分子(phospholipid)，磷脂質分子疏水端會互相作用而形成脂雙層膜，微脂體具有以下特性：一、生物相容性與生物可分解性，二、可改變藥物之藥物動力學進而改變藥物的治療效果，微脂體是藥物傳輸的良好劑型。銻-188是一個兼具診斷與治療功能的放射性同位素，其半衰期適中（16.9小時），並可發射155千電子伏特（keV）加馬射線適合核醫

造影診斷上的應用，同時，其所放出的貝它能量高達2.12百萬電子伏特（MeV），適合做為核醫藥物癌症治療上的應用。而「銻-188微脂體」已被證實可以經由通透性增強及停滯(Enhance Permeability and Retention, EPR)效應，使其專一性的累積在腫瘤組織內，將放射性奈米藥物傳輸到腫瘤細胞血管新生(angiogenesis)處，除了可以阻斷其供應養分通路外，並放出銻-188的 β 射線，殺死癌細胞，達到治療腫瘤目的。

本項藥物已完成新藥開發所需的化學製造管制資料、體外與動物體內之藥物特性與活性分析、藥物動力學、藥物排除、輻射劑量評估、分子影像與在動物大腸直腸癌的腫瘤模式之藥效分析。並已於101年通過衛生署食品藥物管理局(TFDA)人體臨床試驗(Phase 0)，並於同年6月於台北榮總開始進行的臨床試驗，包括藥物在體內分佈、藥動學、造影(SPECT/CT)及輻射劑量評估等相關試驗。為世界第一個進入人體試驗的體內放射奈米癌症藥物，邁入一個新的里程碑。此放射奈米藥物提供國內癌症治療應用，可維護大眾醫療品質及健康，對國人保健有所助益。



▲「核研銻-188微脂體注射劑」藥物

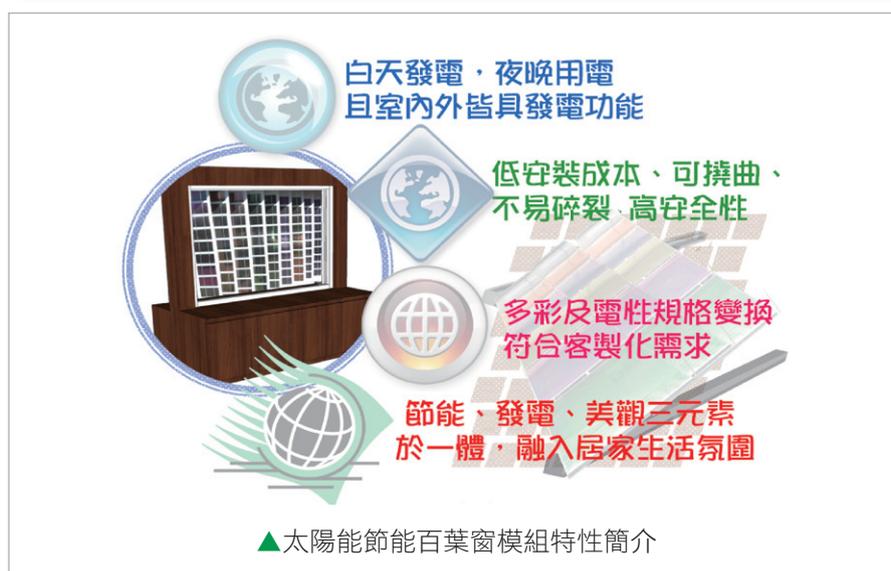
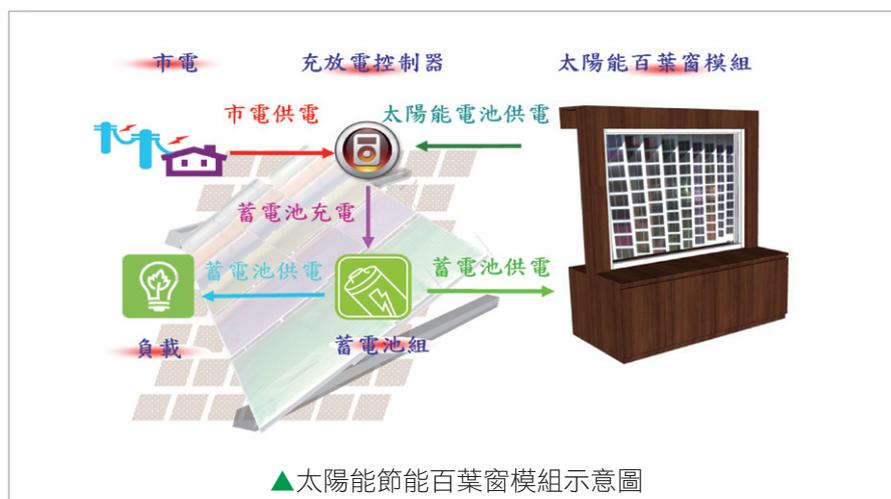
3-6 智慧節能生活，國內首創電漿環境節能 —彩色可撻式薄膜太陽能節能百葉窗

作者：王敏全

隨著地球上的人口增加以及工業與科技不斷進步，人類所需要的能源也隨之快速提高。為了避免自然資源枯竭，各種替代能源的方案與研究也正如火如荼的展開，而太陽能發電乃是目前再生能源中最親近人類也是最可行的乾淨能源之一。目前太陽能電池的使用主要以室外發電為主，每天必須承受戶外風吹日曬雨淋的嚴苛條件，因此，除了需要高品質及高成本的封裝技術外，更需要以硬板及玻璃等封裝材料來保護太陽能電池本身易碎的特性，迫使目前太陽能電池只能擺放在具有空曠大面積的空地上，限縮了與居家生活結合的範圍，而都市土地的成本更是一筆為數可觀的額外費用。目前為了使太陽能電池的使用能夠兼具土地有效利用及建築節能的目的是，大多數建築以大樓式建築搭配輕量化的玻璃帷幕外觀結構，直接將薄膜太陽能電池與玻璃一體成型後再送至建築工地組裝，但是此種組合不但在建築成本上多出玻璃與太陽能元件結合開銷，更需考量到玻璃易碎，在施工時建築工法稍有缺失則會發生元件隨著玻璃破碎而報廢，使得日後太陽能電池的替換工作在技術、花費與危險性上明顯提高。

本所利用矽薄膜型太陽能電池具有於各種基板上大面積製作及連續化製程的優點，以及在可見光的吸收係數也大於其他種類的太陽能電池，更有助於應用在日常生活中不同光源的特性。以自行研發連續型電漿鍍膜技術為基礎所發展之彩色可撓式薄膜太陽能電池節能百葉窗技術，將彩色型可撓式矽薄膜太陽能電池光伏發電與現有百葉窗進行結合，完成適用100cm×100cm窗戶大小之20W太陽能節能百葉窗模組，除了百葉窗本身的遮陽節能應用外，更兼具了發電功用，與傳統結合玻璃帷幕之產品相較更具有成本低廉與高安全性的優點。於功能上可依照使用者需求調整產品的受光照面積大小，以及電性需求具有完全客製化等優勢；於外觀上，可藉由薄膜厚度調整，提供多種外觀顏色選擇，使太陽能電池節能百葉窗在實際的應用上兼具實用與美觀的特性。此外，藉由矽薄膜太陽能電池本身具有的室內外皆可發電特性，使太陽能百葉窗模組亦具有室內外皆可發電的特性。

太陽能百葉窗模組為太陽能電池融入生活極簡化概念的實現，藉由引入兼具輕、薄、及室內發電等特性的可撓式彩色太陽能電池模組，巧妙地結合節能、發電、及美觀等三元素於一體，為一符合居家生活氛圍的節能模組。



肆、研發專題報導

Current Major R&D Activities



一、核能安全科技研究

作者：高梓木

本所歷經逾44年經營，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，提供核電營運與核安管制單位必要的技術評估與支援；同時自主掌握特定核能技術，積極應用推廣，使我國核能發電更安全更有效益。能源供應存在價格考量及二氧化碳排放的競合問題，而核能發電正是現階段解決兩難問題的利器。在100年311日本福島核子事故後，配合我國政府「確保核安、穩健減核」策略，本所將以更務實穩健的態度，持續致力核能安全的科技研發，以奠定國家能源規劃及安全營運的基石，使核能成為我國能源安全供應的重要選項。

本所核能安全科技研究本(101)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。開發必要自主掌握的核能技術，以專業技術服務方式，提昇核能發電安全與效益，建立自主核電生命週期相關技術。本年度重要研發成果係依據核安管制及技術、除役與清理、核能產業三個面向分述於後：

- (一) 核安管制及技術研究包括「核反應器結構與組件行為研究分支計畫」；主要包含執行核反應器結構完整性評估、反應器地震設計與分析的新議題與技術研究、及高燃料燃料護套性質與運轉績效研究。
- (二) 除役與清理包含兩項分支計畫：(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。(2)「執行老舊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，完成將TRR所有用過燃料棒移出燃料池，並開發超鈾廢棄物盛裝容器，以供後續燃料池清理之需；完成兩間鉛室清理與一棟超鈾污染設施拆除，達到零阿伐污染目標；完成微功率反應器(ZPRL)設施除役規劃並提出除役許可申請等年度任務。
- (三) 核能產業則包括「核能技術產業化平台之建構計畫」；協助建立核一廠中幅度功率提昇所需相關技術研發能力；完成三套熱端管路覆鍍設備升級，開發高融填與雙相不銹鋼鍍接程序書，用於熱端管嘴緊急覆鍍之需；發展SCS-2000安全控制系統，作為開發國內自主型儀控技術之重要參考，除可應用於核能級儀控系統外，亦可應用於工業用高可靠度之安全儀控系統；執行大容量乾貯密封鋼筒結構設計，建立本土用過燃料乾式貯存系統之結構設計、分析驗證及量測技術，以協助解決國內用過燃料中期貯存技術問題。

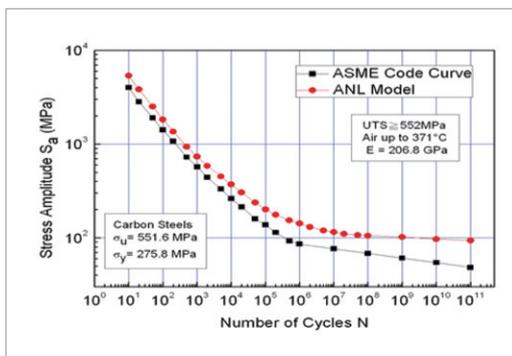
1. 核反應器結構與組件行為研究

作者：廖俐毅

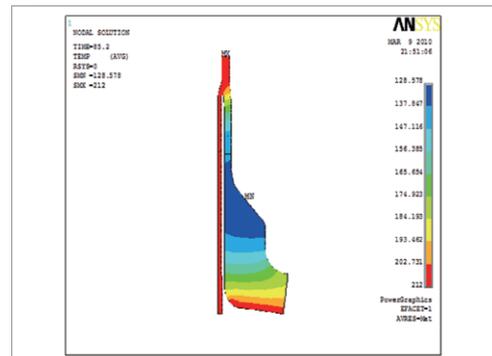
本計畫旨在進行核反應器結構與組件安全相關之前瞻研究，以供我國核安相關單位研擬管制決策之參考，主要包含兩項工作：(1) 核反應器結構與組件完整性評估—執行核反應器結構完整性評估與反應器地震設計/分析之新議題與技術研究，了解反應器設計受台灣特殊地震/地質環境條件之影響，並探討水媒效應對核能組件疲勞壽命的影響；(2) 高燃耗燃料護套性質與運轉績效研究—在爐心運轉與乾式貯存期間，氫脆效應是高燃耗鈾合金燃料護套性質的主要劣化機制之一，其破裂機制與鈾合金材料中氫化鈾濃度、形態及排列方位有關。本計畫利用熱處理對鈾合金護套作材料改質，利用X型樣品量測護套破壞韌性來判斷其氫脆效應，探討鈾合金微結構變化後氫化鈾對護套破壞行為的影響。

本計畫在核反應器結構與組件完整性評估方面，建立結構地震反應譜分析與核能組件環境疲勞評估技術，並以龍門電廠的結構與組件執行案例分析，以評估龍門電廠重要組件的安全性。在高燃耗燃料護套性質研究方面，先著重於氫含量300wppm鈾合金護套，針對應力消除退火(SRA)與再結晶(RXA)等不同熱處理條件，探討氫化鈾析出的劣化效應研究。主要成果分述如下：

- (1) 蒐集並研讀美國ASME規範有關核能電廠金屬組件疲勞設計規定與材料參數，並完成電廠運轉資料整理（圖1），建立材料疲勞資料庫。
- (2) 依照NUREG/CR-6909建立環境疲勞計算程式，執行核四廠飼水管嘴疲勞案例分析（圖2），分析結果顯示累計疲勞使用因子（CUFenv）均小於疲勞限值1.0。



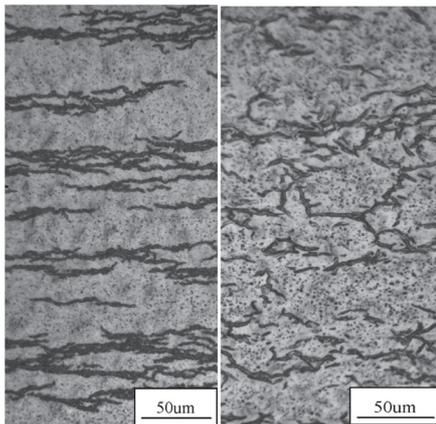
▲ 圖1. ASME材料參數和疲勞設計曲線



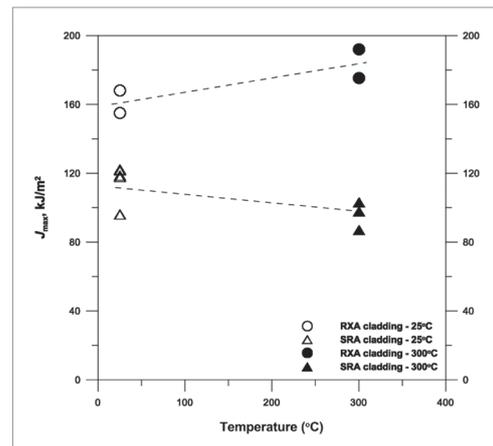
▲ 圖2. 累積疲勞因子評估案例—飼水管嘴應力

- (3) 完成以SASSI套裝軟體進行龍門核電廠反應器廠房結構之設計地震樓板反應譜之計算分析與比對。
- (4) 鈾合金護套經過再結晶熱處理改質後，再利用氫化熱處理充氫至300 wppm，護套內之氫化鈾析出形貌將因微結構改變而有所不同(圖3)。
- (5) 鈾合金護套經過再結晶熱處理後，無論在25°C或300°C測試環境下，護套的破壞韌性皆有所提升，此因再結晶熱處理提升鈾合金的延展性所致(圖4)。

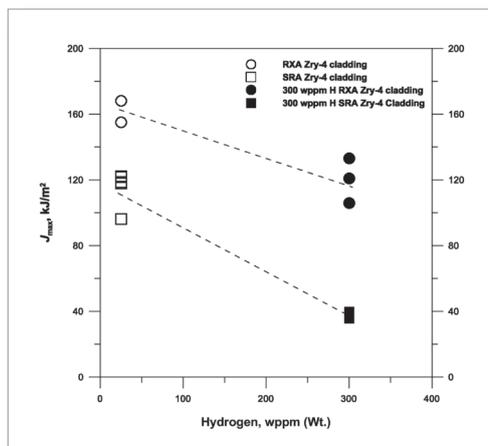
- (6) 在25°C環境下，兩種熱處理條件的鈦合金護套破壞韌性值，皆因有氫化鈦的析出而下降，惟再結晶鈦合金護套破壞韌性仍優於應力消除退火狀態(圖5)。
- (7) 在300°C時，再結晶熱處理條件的鈦合金護套破壞韌性值因氫化鈦析出而下降，應力消除退火護套則略為下降(圖6)。



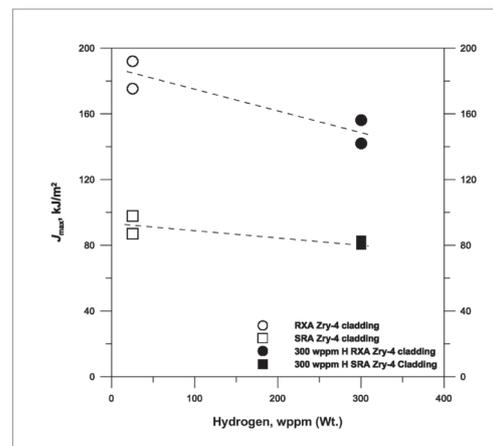
▲ 圖3.應力消除退火(左)；與再結晶熱處理(右)鈦合金護套氫化鈦析出形貌圖。



▲ 圖4. 應力消除退火(左)；與再結晶熱處理(右)鈦合金護套氫化鈦析出形貌圖。



▲ 圖5. 25°C環境下，氫化鈦合金護套破壞韌性比較圖。



▲ 圖6. 300°C環境下，氫化鈦合金護套破壞韌性比較圖。

本計畫在核能組件疲勞壽命評估方面，建立相關評估技術，提供管制單位相關技術的諮詢與支援，已實質應用於支援原能會執行核二廠反應器支撐裙板螺栓斷裂審查，未來將探討3D應力分析技術與傳統方法在核能組件評估的異同。在核能結構的地震反應分析方面，將繼續在SASSI的環境下精進核能結構三維有限元素分析能力，以提供管制單位進行必要的獨立驗證分析能力。在燃料護套性質研究方面，完全退火處理可提昇Zircaloy-4底材的破壞韌性，亦可抑制充氫處理後氫化鈦的彼此串聯，阻止裂縫的形成與成長，其抗氫脆劣化的性能優於應力消除退火材。目前新型核燃料護套開發方向，以降低錫含量及熱處理來改善護套腐蝕行為或機械性質，本研究結果可提供設計者在護套熱處理改質上作為參考。

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

作者：魏聰揚

核能發電的運轉及維修時所產生之放射性廢棄物必須發揮「安全」及「減廢」永續發展特性，減少帶給環境的衝擊與負荷，爭取民眾信賴。有鑑於此，核設施除役及放射性廢棄物處理技術為安全運用核能之基礎。

為開發核電能源系統生命週期所需放射性廢棄物管理相關技術，本所研擬藉由本所現有設施進行相關研究發展及建立核心技術之策略，執行除役拆除廢棄物減量技術、特殊放射性廢液安定化處理技術，及放射性廢棄物最終處置技術等研發計畫，逐一完成停用核設施拆清及積貯難處理放射性廢棄物處理，以解決國內實際問題為目的，並透過實務歷練累積經驗，將所建立技術適時提供國內核能電廠運轉時相關技術支援，以及應用於未來除役之廢棄物管理技術所需。101年度在除役拆除廢棄物減量計畫方面，完成利用影像回授技術進行輔助控制之研究、TRR燃料池中放射性離子吸附測試、台灣研究用反應器用過核子燃料熱室安定化處理與封罐、ISOCART解除管制現場量測驗證及高活度廢棄物遙控取出裝置建立等；在特殊放射性廢液安定化處理計畫方面，完成Mo-99製程放射性有機廢萃取劑之處理研究、放射性有機廢液處理研究及用於鑄鋼系廢水處理之無機吸附劑技術開發等；在放射性廢棄物最終處置計畫方面，完成場址水文地質環境監測與評估技術研究等。101年度研發工作所獲致的成果對後續計畫的推動將顯有助益。

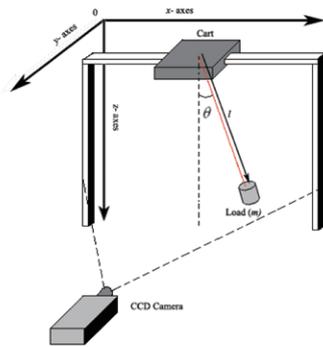
關鍵技術的開發與應用是本計畫之重點，且藉由技術驗證確保未來在核能電廠除役應用之安全性與技術本土化。

2-1 利用影像回授技術進行輔助控制之研究

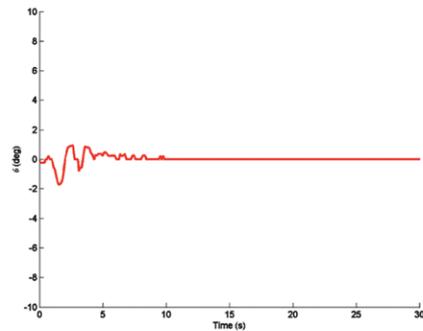
高活度大型核能組件的拆解需要利用遙控吊運的方式來輔助核設施拆除工作，以維護人員安全。本年度執行利用影像回授技術進行輔助控制之研究工作，乃是配合核設施除役工作所進行的技術研究。因此，本計畫以裝置一個影像輔助裝置來進行回授控制，利用操控技術將吊車或機械手臂移至目標點附近時，能切換至影像回授控制，來改善原本的失真誤差問題，以建立更精確的控制技術。

為了增加計算的速度，使用影像處理工作的追蹤方塊來代替現場全部的影像，追蹤方塊至少能包含住追蹤點的矩形，追蹤點是在追蹤補丁片的中心，其尺寸必須小於追蹤方塊。這兩個追蹤方塊是針對負載搖擺的計算來設定，以得到要求的位置。第一個和第二個追蹤方塊間的距離決定搖擺角度的解析度，追蹤方塊也隨著追蹤點移動，當處理的區域越小，計算時間將越快實現攝像機的最大效能。

本計畫參考各類國內外常使用的影像回授技術，並比較各種影像輔助裝置的優缺點，以此控制技術配合未來TRR爐體廢棄物的拆解吊運規劃，以期能在吊運作業時抑制搖擺及精準定位，達到拆解作業安全與確實的要求。



▲ 影像追蹤及吊車模型



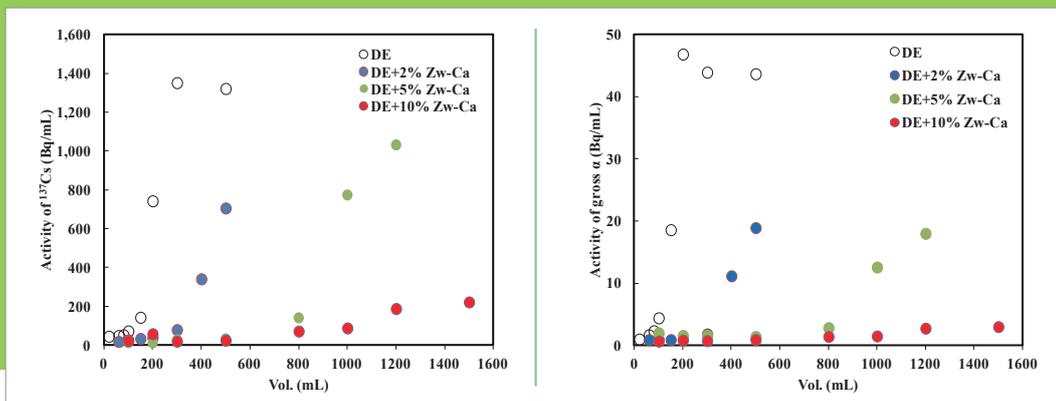
▲ 影像回授控制5公斤負載之結果

2-2 TRR燃料池水中放射性離子吸附測試

在核反應器運轉過程中，燃料池水質的維護極為重要。當核反應器停止運轉並進行除役時，因燃料池池水可提供良好的輻射屏蔽，故在執行核設施除役及清理計畫中是極為重要的緩衝設施。但燃料池水質可能在除役階段遭受污染，使得輻射背景增加與可見度降低，更增加水下作業的難題。過去的研究發現，TRR燃料池池水中放射性離子 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 與阿伐核種等可藉由矽藻土型陶瓷濾芯吸附去除。然而，若可以選擇具有較高吸附容量之吸附劑，將可大幅減少廢棄吸附劑的產生，達到放射性廢棄物減量的目的。

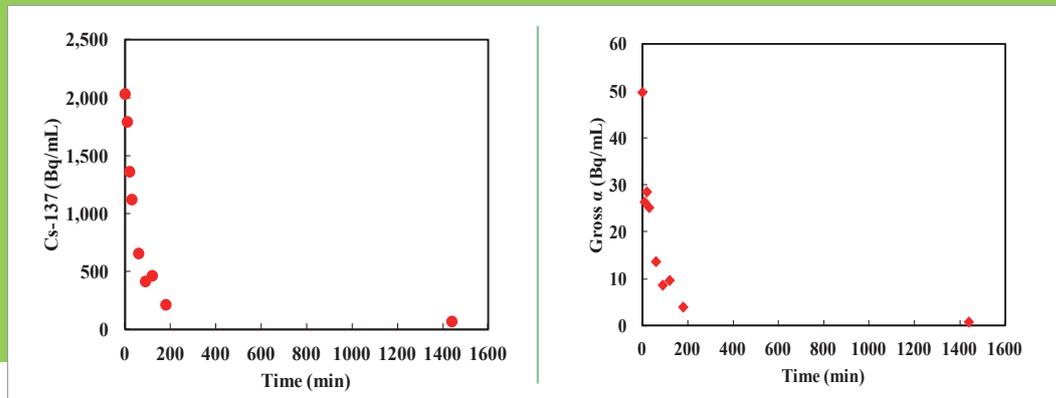
實驗結果顯示矽藻土粉(DE)本身對於水中的放射性離子具有吸附作用，與過去矽藻土型過濾實驗之結果相同；而在矽藻土當中添加少量(2~10 wt.%)的Zw-Ca粉末即可大幅提昇放射性離子的吸附容量，Zw-Ca吸附量估計約為矽藻土的100倍。然而粉末型態在單元操作上難以利用填充管的方式進行，因其壓損極大且容易流失，因此，實務應用上會將粉末加工製成粒狀成品。利用粒狀Zw-Ca進行動力吸附實驗， ^{137}Cs 及總阿伐的吸附動力曲線結果顯示，造粒後的Zw-Ca對於水中放射性核種有相當好的去除效果，但吸附速率確實較粉末型緩慢。

經研究結果顯示，Zw-Ca材料可有效去除水中放射性離子達95%以上，用僅矽藻土百分之一，可大幅減少二次廢棄物量。利用粒狀Zw-Ca去除水中放射性離子更具有再取出容易的優勢。



▲ ^{137}Cs 之吸附貫穿曲線 (x-軸為總處理體積，y-軸為吸附滲出液活度濃度)

▲ 總阿伐吸附貫穿曲線 (x-軸為總處理體積，y-軸為吸附滲出液活度濃度)



▲ 粒狀Zn-Ca吸附¹³⁷Cs動力曲線 (x-吸附時間, y-水中殘餘活度濃度)

▲ 粒狀Zn-Ca吸附總阿伐動力曲線 (x-吸附時間, y-為水中殘餘活度濃度)

2-3 台灣研究用反應器用過核子燃料熱室安化處理與封罐

執行台灣研究用反應器之用過核子燃料熱室處理技術研究計畫，完成改進燃料棒切割方法，增設中型熱處理容器，校正外罐洩漏率偵測系統之漏源標準，更新安定化熱處理作業電腦系統與改善外罐移送作業，有效提升作業品質與效能。

年度計畫如期執行，進度包括：完成11支燃料棒安定化處理，與9組安定化產物外罐之裝罐密封銲接與洩漏測試及運出熱室移至貯存護箱，及完成接收11支燃料棒。

總計已完成34支台灣研究用反應器用過核子燃料棒安化處理如表1顯示，達總待處理量之87%。並協助淨空燃料池內用過核子燃料，降低燃料池背景輻射，俾利於後續燃料池清理工作。

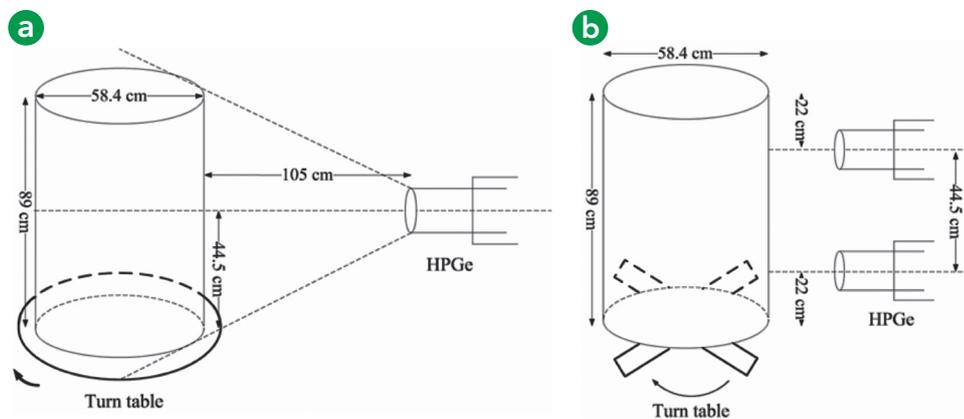
■ 表1: 台灣研究用反應器用過核子燃料棒安化處理

燃料類型	燃料池待處理數量(支)	運至熱室數量(支)	已安定化處理數量(支)	完成銲接封罐數量(組)	完成運送貯存數量(組)
用過燃料(小燃料罐)	12	12	12	16	16
用過燃料(大燃料罐)	23	23	22		
鈾測試棒	2	2	0		
鈾測試棒	2	2	0		

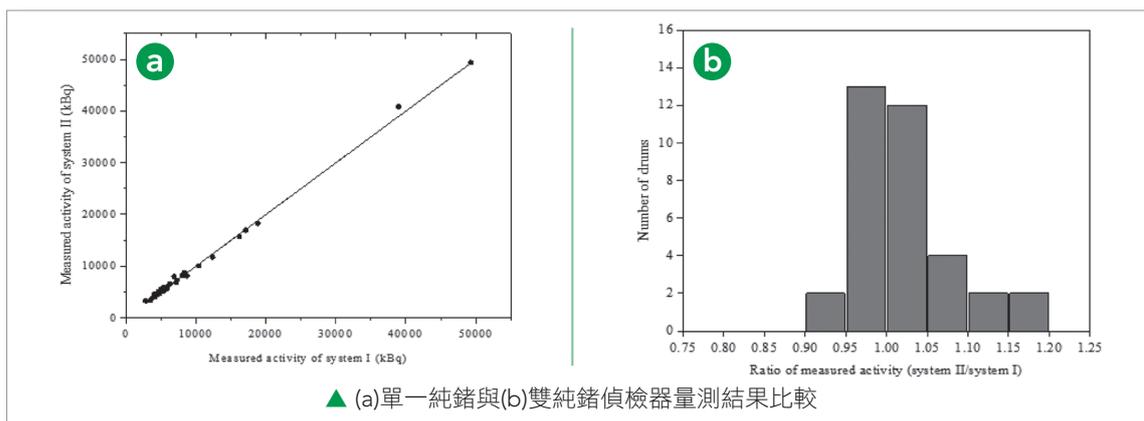
2-4 ISOCART解除管制現場量測驗證

本所為符合行政院原子能委員會放射性物料管理局93年12月29日所發佈「一定活度或比活度以下放射性廢棄物管理辦法」第4條「放射性廢棄物之活度或比活度符合規定限值以下者，得予外釋之規定」，以及落實政府廢棄物減量政策，因應當前及未來核設施清理/除役產生廢棄物的解除管制技術發展之需要，陸續建置了解除管制量測專業實驗室、建立量測儀器之校正與品管技術及整桶廢棄物量測技術等。

解除管制量測實驗室為解決清理/除役所產生許多無法以55加侖桶裝桶量測之大型廢棄物的問題，特別引進移動式加馬活度量測系統(ISOCART)進行大型廢棄物解除管制技術建立研究；首先利用已通過解除管制量測能力試驗之可追溯至國家標準的加馬計測系統－屏蔽式極低活度加馬計測系統(AQ2)及塑膠閃爍偵檢系統(SWAM2)，與移動式加馬活度量測系統共同針對低放射性水泥固化桶進行整桶加馬活度量測比對分析，進而評估移動式加馬活度量測系統之量測效能。經35桶低放射性廢棄物桶的量測比對，其結果顯示所測得的整桶量測活度差異皆小於20%，且其中有30桶低放射性廢棄物桶在兩系統間的量測差異小於10%。由比對結果顯示，移動式加馬活度量測系統的量測結果具有良好的一致性與準確性。此外，實驗室另以水泥固化桶分別排列組成正方體(4桶)、立方體(4桶及8桶)及長方體(6桶及8桶)，用以模擬大型廢棄物的幾何形狀，並進行實際量測，量測結果顯示所測得的整桶量測活度差異皆小於20%。



▲ (a)移動式加馬活度計測系統與(b)雙純銻偵檢器裝置示意圖



▲ (a)單一純銻與(b)雙純銻偵檢器量測結果比較

2-5 高活度廢棄物遙控取出裝置建立

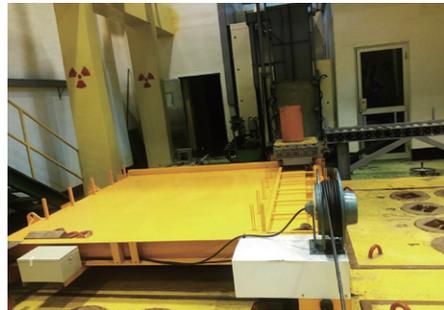
為本所015D地下庫內既存高活度廢棄物之清理，研發建立遙控取出整檢、再包裝技術，以提高此類高活度廢棄物之貯存安全。

101年度針對100年度業已建立之015D庫內既存高活度廢棄物清理用遙控取出裝置及週邊設備進行冷測試及部分功能改善，包括遙控取出裝置、屏蔽傳送容器及傳送方式等，並初步完成作業程序之擬定。未來技術建立後，可應用於遙控取出、整檢地下貯存之高活度廢棄物，以減低作業人員接受之輻射劑量。

102年度本所將接續執行地下貯存高活度廢棄物清理用遙控取出裝置及週邊設備之熱測試，並在確認其功能後，少量進行015D庫內既存高活度廢棄物之整檢、再包裝。



▲ 遙控取出裝置



▲ 傳送台車

2-6 Mo-99製程放射性有機廢萃取劑之處理研究

本所貯存之Mo-99廢液包括12桶強酸無機廢液及6桶有機廢萃取劑，其中強酸無機廢液經由自行開發的流程與設備處理後，將廢液中之活度降低至人員可接近程度，並續研發方法處理廢水中殘留之高濃度硝酸根離子及汞離子；而有機廢萃取劑廢液的 γ 強度低，但總 α 及 β 的數值高，經由鹼液搭配攪拌設備進行溶液萃取處理，將其中的核種，如Cs-137、Sr-90、Pu-238/239及Am-241等，萃取到鹼液中，而清洗後的有機廢萃取劑則可用燃燒法將其灰化，低活度之鹼液則利用骨碳或沸石等將其中之核種吸附後才可排放至本所液體場。此Mo-99廢液處理後，可減少貯存桶因長期貯存而腐蝕造成之輻射外漏之機會，達到環境之輻射安全。



▲ 有機廢萃取劑貯存桶



▲ 攪拌處理設備進行萃取處理



▲ 鹼液處理有機廢萃取劑後之分層情形



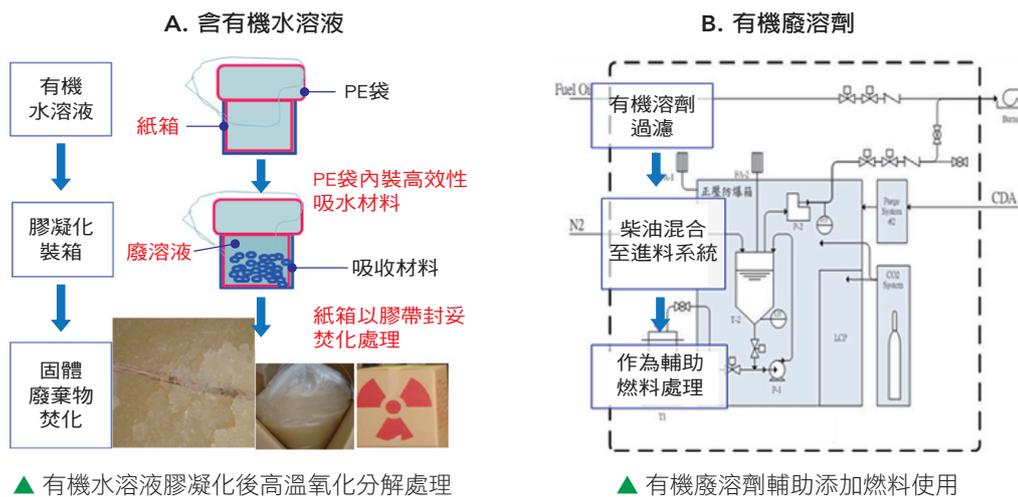
▲ 處理後有機相、第三相及水相之貯存

2-7 放射性有機廢液處理研究

放射性有機廢液處理擬先分離再依特質處理策略。廢液經沉降分為有機層、水溶液層、底部膠泥層，有機層占總量23% (未含氯成分)，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測試評估後擬採取高溫氧化處理，水溶液層其有機碳含量約20,000 ppm。可採取濕式氧化處理法或膠凝化後高溫氧化分解處理。

放射性水溶液層廢液採膠凝化後高溫氧化分解處理，使用所內放射性固體焚化爐，經測試處理100批次合計1,500公升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。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。

有機廢溶劑能與柴油互溶且熱值與柴油相近，擬經過濾後作為放射性固體焚化爐輔助添加燃料使用，將於102年處理測試，預計能節省其燃料柴油消耗並妥善處理該類廢液。



2-8 用於鐳鋼系廢水處理之無機吸附劑技術開發

核能發電產生之乏燃料，後續處理過程中，不可避免會產生許多不同型態之放射性廢棄物，為考慮環境之永續發展，這些核廢料的處理、處置及存放，已成為核電發展所迫切需求解決之課題。其中針對含有鐳鋼系元素，如U、Pu、Am、Np和Cm等之放射性廢液，由於這些元素具有較長的半衰期，且衰變過程中會伴隨著釋放 α 射線，所以必需予以妥善處理。

本所針對難處理之鐳鋼系元素廢液處理，開發了無機吸附劑AC-5B，採用操作簡單之吸附方式處理鐳鋼系元素廢液，取代傳統處理方式之缺點，如化學沉澱法(通常需較大設備與場地，處理費用高)、蒸發法(耗能、設備複雜)、薄膜處理法(設備維護不易且設置成本高)；AC-5B具有良好之抗輻照性能、水力學性能、機械性能，粒徑大小可控制在0.5至2 mm，且吸附容量高，價格比國外市售產品便宜，因完全屬於無機材料，處理廢水後之二

次廢棄物，後續安定化處理容易；AC-5B之生產技術自主，已完成製備程序測試，產品品質良好穩定，除可應用於含鏷鋼系核種之廢水外，對於廢水中一般核種元素如Cs-137、Sr-90、Co-60等亦具有不錯之吸附效果。目前已生產供應本所廢棄物處理廠實際運用，相關專利亦進行申請中，未來將積極推廣至本國核能電廠及國外使用。



▲ AC-5B吸附劑



▲ AC5-MX吸附劑(AC-5B改良版)

2-9 場址水文地質環境監測與評估技術研究

針對環境設施場址，發展全面與長期之環境水文地質監測與評估技術，以適時提供影響環境水文地質不利因子阻絕之評估方法與程序，將針對現有可能污染案例建立評估方法與程序，並實際演練評估防堵與避免輻射物質污染擴散之展示案例。將提供環境設施水文地質監測有效之系統分析技術，達成保護優質地域之目標。本研究完成地下水核種遷移之模擬評估及地下水水位分析水流潛勢之研究。此外完成環境井群之抽、灌與處理整合系統之建置與運作測試與改善，預備未來提供作為環境保護有效控制之可行系統。



▲ 地下水追蹤試驗



▲ 淺地層地表水入滲監測

3. 執行老舊核設施清理作業

作者：喬凌寰

本所為執行政府交付任務，於過去40餘年間建構包括研究用反應器，及核子燃料循環實驗、放射性廢棄物處理、放射性廢棄物貯存、游離輻射等41項核設施。這些核設施在完成階段任務而停用後，本所基於防止輻射污染擴散、確保環境安全之要求，及廠址復原、廠房空間再利用之需要，遂配合政府之核安政策，擬訂計畫逐步進行清理，以符合輻射安全原則，降低社會成本，消除社會大眾對放射性廢棄物管理安全疑慮，達到環境永續使用的目標。

本計畫以核設施除役與放射性廢棄物管理技術為基礎，101年執行核子反應器及相關設施清理，完成開發超C類廢棄物盛裝容器，以供後續清理作業所需；完成TRR爐體廢棄物監測系統建置；完成清理鉛室115與116，更新污染廢金屬鑄廠固定污染源操作使用許可證，並完成21噸污染廢金屬熔鑄處理；完成016館超鈾污染設施拆除，達到零阿伐污染目標；完成微功率反應器(ZPRL)設施除役規劃，提出除役許可申請。在放射性廢棄物減量處理及安全貯存方面，完成空氣間隔式薄膜蒸餾操作效能之研究，及完成可燃廢棄物減量焚化處理約42公噸。本年度各項作業所獲成果，對後續核設施清理工作均有正面助益。

3-1 核研所超C類廢棄物盛裝容器開發

依「低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則(101年07月09日修訂)」規定，超C類廢棄物非經主管機關核准，不得於低放處置設施進行處置。觀察我國低放處置設施進度，推估超C類廢棄物處置策略亦將推遲。本所歷年因執行核能研發及除役清理作業，已產生相當數量之超C類廢棄物，若加計未來陸續之產出量，則本所庫貯空間將有所不足。

為徹底解決本所超C類廢棄物貯存能量不足，遂評估及分析廢棄物種類、核種及數量，並配合廢棄物運送貯存之需求，搜尋目前全球相關使用之放射性廢棄物盛裝容器，規劃符合作業程序及完成國際認證，並實際已應用於國際上除役現場使用之容器。利用容器更佳之氣密過濾性、屏蔽性及可堆疊性，可增加本所超C類廢棄物貯存空間及提高安全性。規劃以此超C類廢棄物盛裝容器換裝廢棄物，搭配貯庫硬體設施改善後，可大幅增加超C類廢棄物貯存庫之空間使用效益，提升超C類廢棄物管理運作之安全。



▲ TRU鉛屏蔽容器



▲ 堆疊貯存



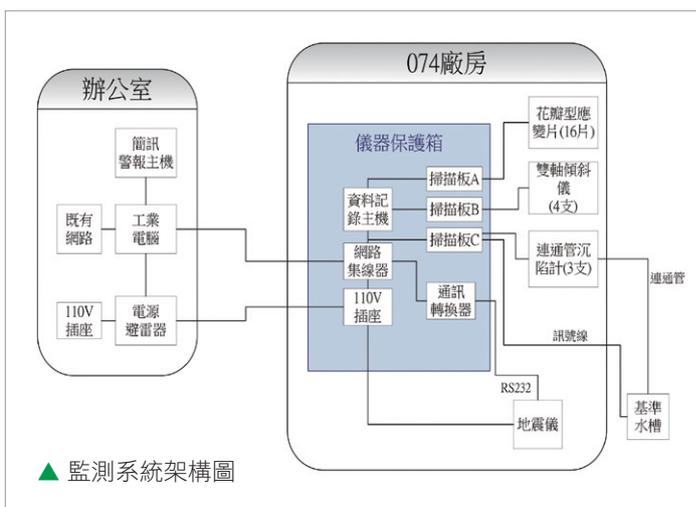
▲ 55加侖不銹鋼桶



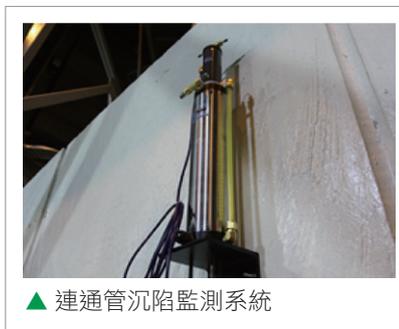
▲ 發函物管局申請

3-2 台灣研究用反應器(TRR)爐體廢棄物監測系統

台灣研究用反應器(TRR)爐體廢棄物於91年完成整體遷移，暫於拆裝廠房內安全貯存。為更強化貯存之安全，於101年裝設TRR爐體廢棄物監測系統，功能包含地面沉陷量監測、鋼架應變監測、地震以及結構傾斜監測。設備包括結構傾斜儀、連通管沉陷監測系統、三軸型鋼支撐應變計、資料蒐集系統及地震監測系統。在爐體廢棄物四個方向裝設四組結構傾斜儀及連通管沉陷監測系統，並在拆裝廠房外西側煙囪裝設一基準水槽，相對於基準水槽的液位獲取四組沉陷計的「相對沉陷量」。16組三軸型鋼支撐應變計裝設於底座八角型鋼架上。地震監測系統裝設於爐體廢棄物東北方地面。以上監測儀器透過網路傳輸自動將偵測數據匯入資料蒐集系統，對於結構異常反應作即時控管並建立長期觀測資料庫。系統整合蒐集的數據資料可監測出TRR爐體廢棄物結構穩定度、地質穩定度及遭受天然災害後爐體廢棄物的影響程度，確保TRR爐體廢棄物安全貯存之目標。



▲ 監測系統架構圖



▲ 連通管沉陷監測系統

3-3 超鈾污染設施拆除

016館核化學實驗室超鈾污染設施拆除，工作目標為將016館清理成為低污染低輻射實驗室。已經成功拆除Unit21及Unit20等大型高 α 污染套手箱，並完成5個大型廢液桶槽、鉛室手套箱、廢液管線、廢液安定化處理及本年度高負壓系統污染風管等超鈾設備拆除作業。進行分置隔離操作空間；即A56室拆除分離、A55室切割檢整減容、A43室包裹、裝桶、處置，隔離作業區之功能測試及輻防偵檢、錄影監控等之效率測試，並進行輻射工作人員教育訓練等。亦在無工安、輻安事件下順利完成年度工作。

現各拆除作業區，經多次追蹤偵檢，本館管制區已達低污染低輻射之標準，「016館超鈾儲存設施廢棄清理整建技術發展計畫」業已圓滿落實。



▲ 地下室整理前相片



▲ 地下室整理後相片

3-4 微功率反應器(ZPRL)設施除役規劃

微功率反應器(Zero Power Reactor at Lungtan, ZPRL)係由本所設計及安裝，型式以輕水為緩速劑，石墨為反射體，功率原為10KW，後提升至30KW，設計目的主要提供核工實驗以及人員訓練教學之用途。

ZPRL設施於59年開始建造，60年2月2日達成臨界開始運轉。運轉期間未曾發生任何事故，維持良好的安全運轉記錄。ZPRL階段任務完成後，用過核子燃料已運回美國，目前屬永久停止運轉狀態。

依據核子反應器設施管制法及其施行細則，101年完成「微功率反應器(ZPRL)設施除役計畫書」，向主管機關原子能委員會提出除役許可申請，進入審查階段。未來ZPRL除役工作規劃分為三個階段進行，第一階段為設施拆除規劃，第二階段為設施拆除，第三階段為廠房清理復原。除役作業採拆除之方式進行，以放射性污染之設備、結構及物質為範圍，最後達到廠房再利用目標，符合法規要求及永續經營的理念。



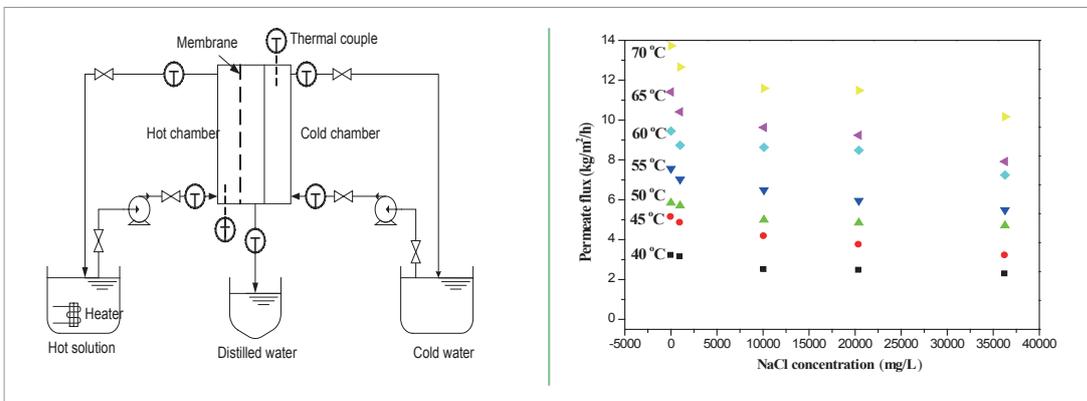
▲ ZPRL反應器爐內組件水中取樣作業



▲ 物管局人員與審查委員執行「ZPRL設施除役計畫書審查作業」現場視察

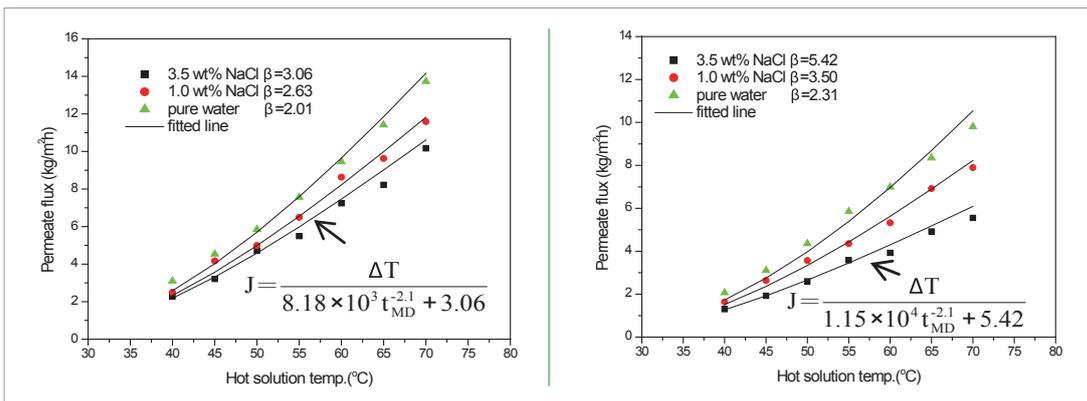
3-5 空氣間隔式薄膜蒸餾操作效能之研究

薄膜蒸餾為極具節能的海水淡化及無機廢水處理技術，可利用太陽熱能或回收廢熱以加熱待處理無機廢水或海水(熱流體)。本研究以 0.1 m^2 聚四氟乙烯膜之平板空氣間隔式薄膜蒸餾設備處理最大濃度達 $3.5 \text{ wt}\%$ 之氯化鈉溶液，研究結果顯示，冷流體溫度固定為 25°C ，當熱流體溫度由 40°C 增加至 70°C ，滲透通量可由 3.2 增加至 $13.8 \text{ kg/m}^2\text{h}$ ；熱流體與冷流體流動方向對滲透通量影響不明顯； $0.45 \mu\text{m}$ 膜孔徑之滲透通量較 $0.25 \mu\text{m}$ 膜孔徑增加約 30% ，薄膜孔徑對於氯化鈉去除率影響不大； $3.5 \text{ wt}\%$ 氯化鈉溶液濃度較純水之滲透通量減少約 25% ；氯化鈉溶液去除率範圍 $98.3\sim 99.9\%$ 。此外，以半經驗薄膜蒸餾熱質傳方程式可量化說明各操作參數對滲透通量的影響。



▲ 空氣間隔式薄膜蒸餾處理流程圖

▲ 孔徑 $0.45 \mu\text{m}$ PTFE膜，不同氯化鈉濃度與滲透通量關係圖



▲ 滲透通量之實驗值及計算值比較圖

▲ 通量之實驗值及計算值比較圖

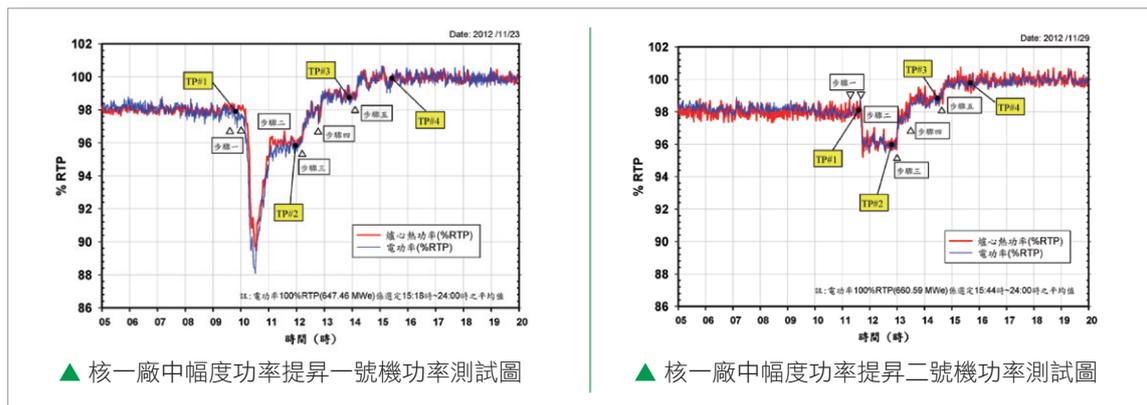
植基於本所持續發展建立的核設施除役與放射性廢棄物管理技術，本所逐步推動核設施清理改善及放射性廢棄物處理，執行核子反應器及相關設施清理改善，及放射性廢棄物減量處理及安全貯存等研發計畫；一方面以解決國內實際問題為目標，並透過實務歷練累積經驗，儲備未來應用於國內核能電廠除役及廢棄物管理之技術能量。

4. 核能技術產業化平台之建構

作者：高良書

有鑑於國內電力需求持續的成長，以及國際間對二氧化碳排放量逐年遞減之要求，核能發電產業對我國在能源供應之穩定性、二氧化碳的減量以及永續經濟的發展日趨重要。因此，建立國內自主性之安全分析技術，增進核電廠營運的安全與績效；開發核電廠大型組件維修技術，建立本土化核電廠維修能力；開發核能級儀控及零組件技術規範，建立完整的產業認證技術；以及開發核子燃料乾式貯存系統與運轉測試中心的建置等均是現階段必要之課題。核能技術產業化建立之目標，即在精進本土化之運轉維修與安全評估技術，除藉以提升國內核電廠安全與營運績效外，並能避免國外技術在商業上的壟斷。

- (1) 本計畫協助建立台灣電力公司完成核一廠中幅度功率提昇所需相關研發技術能力。核一廠每年可增加約2.0億度的電力輸出，同時減少替代燃料產生之二氧化碳約12.6萬噸年排放量，達成節能減碳之效益十分顯著。



- (2) 本計畫於年度內完成三套熱端管路覆鋸設備升級，一套熱端管路空間全尺寸模型製作，開發高融填與雙相不銹鋼銲接程序書，用於熱端管嘴緊急覆鋸之需。此外，本計畫設計一套自動掃描機構，供Phased Array超音波探頭在18mm環形空間限制下，執行ABWR爐內泵殼鋸道檢測。



▲ 熱端管路覆鋸設備



▲ RIP模擬器搭載Phased Array自動化載具

- (3) 本計畫發展SCS-2000安全控制系統，作為開發國內自主型儀控技術之重要參考，除可應用於核能級儀控系統外，亦可應用於工業用高可靠度之安全儀控系統。本計畫亦建立當核能電廠事故發生時核能級控制閥定位器在嚴酷環境下仍能維持組件正常運作之測試驗證，除應用於核能電廠控制系統外，並可協助國內產業技術升級開發核能級控制閥使用於核能電廠。

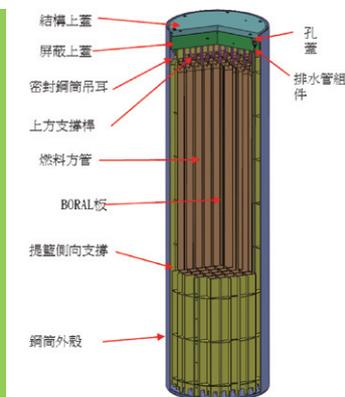


▲ SCS-2000安全控制系統

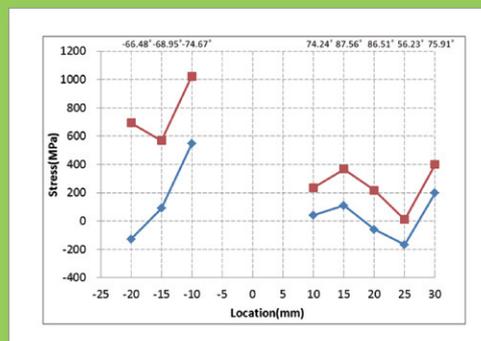


▲ 控制閥定位器在嚴酷環境模擬測試

- (4) 本計畫進行大容量乾貯密封鋼筒結構設計，可裝載61至69束BWR用過燃料，建立本土用過燃料乾式貯存系統之結構設計、分析驗證及量測技術，協助解決國內用過燃料中期貯存技術問題。



▲ 69束大容量乾貯密封鋼筒結構



▲ S封鋼筒焊道殘留應力

本計畫配合國內建立產業之需求，由法規、審查、分析、評估、設計更新等方面整合，以涵蓋短期技術建立、中期技術驗證、長期技術移轉與技術服務。整合聚焦國內具有獨特性、領先性、與需求性之核心技術，加以產業應用，並扶植核電技服相關產業，確保民眾安全與提升核電營運的績效。本計畫將建立一個具公信力與競爭力之研發團隊，完整涵蓋核能相關專業技術，同時掌握自主性特定核能技術，積極應用推廣，使我國核能發電更安全更有效益。配合全球CO₂減排的目標，增進本土核能產業的發展及國際化，使核能成為我國永續能源的重要選項。經由推動核能技術的產業化，並將核能技術生根於國內產業界，建立我國核能產業公正客觀之形象為本計畫之願景。

二、環境與能源科技研究

作者：李瀛生

因應全球暖化危機，本所發展新能源與再生能源技術，以能兼顧能源與環境之永續發展，同時創造綠色就業機會及新興產業。研發項目包括：環境電漿、太陽光發電系統、高溫燃料電池、淨碳、微型電網、風能、纖維酒精量產以及能源科技產業等技術發展。

在環境電漿技術之發展與應用方面，主要聚焦於熱電漿火炬精進及電漿輔助廢氣環保處理與氣化生質能源，以及運用低溫電漿鍍膜技術於薄膜型太陽能及節能應用。太陽光發電科技研發包含高聚光太陽光發電(HCPV)系統、高分子太陽電池、提純冶金級矽太陽電池及銅鋅錫硫(CZTS)薄膜型太陽電池等技術開發。本所獨特之高溫固態氧化物燃料電池(SOFC)技術，開發之陶瓷基板支撐型單電池，電性測試達5,047小時($V=0.837\text{ V}$ ， $I=300\text{ mA/cm}^2$ ， $P=251\text{ mW/cm}^2$)，衰減率 $0.38\%/khr$ ，達國際標準並可量產，kW級電池堆及分散式發電系統技術已與國內業者推廣合作。淨碳技術發展正建立驗證系統，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，以及高效能之二氧化碳吸附劑。分散式能源電力控制與管理技術建置國內首座提供研究用之微電網試驗場，微電網經由靜態開關與市電併聯，家庭微電網監控系統結合儲能與未來時間電價機制，可調控市電、負載、儲能系統與再生能源之電力調度，以滿足用電用戶之經濟需求。風能技術針對風機的葉片進行結構精進，使150 kW第二代風機適用於國際規範IEC 61400-1平均風速更高的Class- I A風況。利用日進料1噸之纖維酒精測試廠，推廣纖維酒精平台測試服務與纖維轉化技術，所開發之纖維原料前處理量產技術與基改共發酵菌株等兩項製程關鍵技術，具商業推廣之潛力。在能源、經濟與減碳分析方面，已建構MARKAL-Elastic Demand (MED)模型，藉由國內能源消費量統計資料、計量方法推估能源服務需求之價格彈性；在穩健減核政策下，我國減碳缺口龐大，無法僅靠再生能源發展與抑低需求，中長期減量目標需仰賴碳捕獲與封存(carbon capture and storage, CCS)技術發展。

1.環境電漿技術之發展與應用

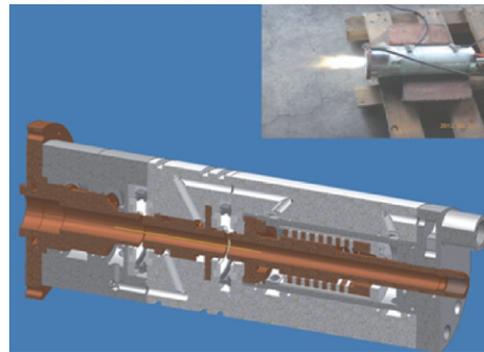
作者：艾啟峰

基於國家環保能源政策，充分通用本所長年累積的電漿技術優勢，致力開發環保能源及綠色環境節能技術，101年「環境電漿」計畫即以此目標分別由兩分項計畫「電漿環保能源技術研發與應用」及「電漿在綠色表面工程技術開發與推展」來執行。第一分項主要聚焦於熱電漿火炬精進及電漿輔助廢氣環保處理與氣化生質能源；第二分項則運用低溫電漿鍍膜技術於薄膜型太陽能及節能應用，重要的成果如下：

1-1 電漿環保能源技術研發與應用

■ 新型低電流三節式火炬技術開發及廢氣處理應用

發揚本所獨特之高溫電漿技術，有效運用應用於環保與能源領域。本年度精進熱電漿核心技術之直流電漿火炬技術，成功開發出新式的三節式電漿火炬，相較於上一代的兩節式電漿火炬，降低電流負載，因火炬電極熔蝕率與電流平方成正比，預期火炬壽命可以高出2~4倍（12KW功率運作，維護周期大於2,000小時）；是項技術已技轉給台禹科機公司，用於半導體業製程尾氣的全氟化物（Perfluorinated Compound, PFC）溫室效應氣體之破壞削減，有助空氣品質提昇與溫室效應氣體減排，同時協助國內廠商達成技術本土化，降低國外設備壟斷之威脅，提高我國重要之半導體業技術的技術本土化與國際競爭力。



▲ 低電流、長壽命之三節式電漿火炬。

■ 電漿輔助氣化生質能源技術開發

在生質能再生能源開發方面，在電漿火炬之高熱焓氣體（高溫）有利生質物氣化之基礎下，本所建置一套500 kWth的先導型生質物電漿輔助氣化發電系統；為提升技術之經濟性，本年度朝向降低電漿能耗進行研發。測試證實木屑粉生質原料經電漿輔助氣化系統，在氧氣電漿功率10 kWe、氣化壓力5 kg/cm²條件下，合成氣最大熱功率達520 kWth，氣化速率達104 kg/h；換言之電漿輔助氣化系統可在低電漿功率（合成氣熱值的2%）下操作，大幅提升系統之熱能轉換效率。此外，為增加合成氣的應用面與電漿輔助氣化技術的經濟效益，研發合成氣轉製液態燃料或化學品技術，成功開發與改質多款觸媒，成功產出甲醇、二甲醚與汽油等生質燃料。本年完成建置完成一套日產公斤級、具循環功能的汽油產製示範系統，可將甲醇或二甲醚轉製成汽油，產品之辛烷值 ≥ 98 ，高於市售汽油，屬於高抗爆震油品，有助我國之生質能源本土化與能源自主率。



▲ 本所研發與改質之觸媒(左)及產製之生質汽油與市售95汽油照片(右)

■ 電漿熔融資源化技術推展

熱電漿資源化技術，可增加資源之生命週期、降低對原物料進口的依賴、避免天然資源開採、能源消耗、減少碳排放和工業部門廢棄物不當處置對環境造成衝擊，促進國內產業創新與永續發展，如協助電子陶瓷產業和節能產業，開發關鍵材料與關鍵零組件。本所在廢棄物電漿熔融資源化及運用研製成綠色材料化技術累積相當豐富之技術能量與經驗，建立材料基本物性、機械強度、熱特性與電性等測試平台，可協助工業部門和產業界解決廢棄物相關處理問題。嘉碩金屬股份有限公司於99年起至101年持續委託本所，開發純化煉鋁爐渣，替代氧化鋁原物料製作高級耐火材料的技術，本年度獲得經濟部核發煉鋁爐渣再利用許可，得進行4種資源化產品之生產和販售，已成為國內第1家合法之煉鋁爐渣再利用公司。另外亦接受磁技興業有限公司的委託，開發量產型（12.5 kg/h）碳化矽純化設備，純化提取光電半導體產業晶圓游離切削磨料中的碳化矽（純度達99.6%以上），再以此碳化矽為原料來製作LED陶瓷電路基板和陶瓷散熱片。



▲ 煉鋁爐渣材料化後之產品

1-2 電漿在綠色表面工程技術開發與推展

■ 捲對捲式電漿鍍膜平台成功鍍製驗證可撓式矽薄膜光伏元件

捲揚式電漿鍍膜設備是一種捲對捲連續性高真空環境下高精密多層鍍膜之重要工業生產技術，以可繞曲之不銹鋼、塑膠及玻璃薄捲材為基板，可用於生產可撓式矽薄膜太陽能電池、節能變色窗、顯示器、觸控螢幕等元件。目前由於電漿輔助鍍製特定薄膜功能元件之捲揚式機組門檻極高，且客製化設計技術完全掌控在美、德、日等外商大廠，國內發展難以突破。本所為突破困境，本年度成功整合可撓式不銹鋼基材之前處理、電漿輔助物理沉積(Plasma Enhanced Physical Vapor Deposition PEPVD)及電漿輔助化學氣相沉積(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition PECVD)等三種捲對捲製程技術，構成一個完整捲揚式電漿鍍膜平台，用於開發可撓式矽薄膜太陽能電池與電致變色節能元件，使高門檻之捲揚式電漿鍍膜技術自立自主，無需仰賴國外技術引進。



▲ 捲對捲PECVD系統

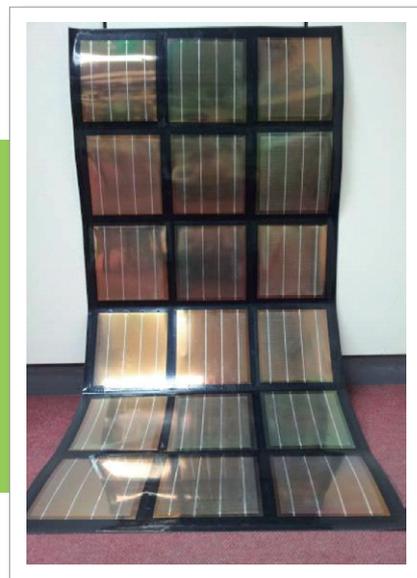
整合後之捲揚式電漿鍍膜平台包含捲揚式連線基板表面清潔裝置，搭配介電質阻障放電式(Dielectric Barrier Discharge, DBD)大氣電漿反應器來強化清潔效能，在電漿功率3.0 kW，捲動速度1公尺/分條件下，不鏽鋼基材表面處理後接觸角小於20度，已達矽薄膜光伏元件基材潔淨度要求；其次為捲揚式PECVD系統其相鄰腔體間之氣體隔離閥可有效阻隔製程氣體相互污染，具連續鍍製矽薄膜光伏nip層之能力；最後再搭配連線式PEPVD系統於nip矽薄膜上鍍製透明導電膜(TCO)電極。經由此典型之平台製程，僅單接之nip矽薄膜光伏效率達5.8%，符合預期，驗證本所開發之先導型捲揚式電漿鍍膜平台之整合能力具有商業化量產各式高階可撓式薄膜元件之潛力。

未來持續強化此平台功能，技轉輔導國內廠商，建立完全技術自主的可撓式薄膜太陽能電池與節能產業。

■ 電漿鍍製薄膜元件於居家節能之應用

綠色能源與綠色材料為國內推動綠色內涵的兩大主軸，由於全球暖化日趨嚴重，全球環保節能意識高漲，在建築方面開始興起節能材應用的風潮。針對此，以本所核心電漿製程技術開展兼具輕、薄、可撓曲之節能薄膜元件，可鍍製高附加價值之薄膜型節能元件，並尋求居家應用搭配提供實質的體驗，使節能技術有效融入日常生活。

已發展之關鍵技術包含具有產能功用之可撓式薄膜太陽能電池以及節能功用之可撓式電致變色元件。藉由「捲對捲」式電漿鍍膜製程技術，已完成1,500mm x 900mm可撓式太陽能電池建材模組，具有輕、薄、可撓曲等特性，與居家建築所使用的建材進行結合，進一步擴展為兼具節能、發電、及美觀等三元素於一體且符合居家生活氛圍的節能建材；另一方面，可撓式電漿製程已建立電致變色節能元件技術，可調控光穿透度達40%以上且具阻隔紅外線95%以上之功能，未來將開發100mmX100mm圖形化可撓式電致變色節能窗薄膜模組雛形，提供多樣化居家節能之應用。



▲ 1,500mm x 900mm 可撓式太陽能電池建材模組(右)及100mmx100mm可撓式圖形化節能窗產品雛形(左)。

■ 可撓式電漿節能薄膜產業應用推展

捲對捲式電漿鍍膜製程技術，所發展之各式薄膜能源及節能元件，初期規畫先個別朝單一節能應用市場推展，再逐步整合朝低碳智慧節能生活市場推展。現階段已與企業或廠商合作進行產業化先期評估，開發雛形產品，實質驗證，已有若干實績。如在高階低輻射節能膜研發方面，以捲對捲式電漿鍍膜系統在PET膜上鍍製多層交錯膜，當紅外光反射率高達80%，可見光穿透率仍高達70%以上，為一高透光高隔熱之成品，將提供業界合作於中空節能窗作驗證評估。其次為有效推廣可撓式薄膜太陽能電池模組之應用市場，完成由90片 $100 \times 100\text{mm}^2$ 輕薄可撓之電池片組成之 $1,000 \times 1,000\text{mm}^2$ 尺寸之太陽能百葉窗模組，日照時間鑲有電池葉片朝外(日光)強發電，無日照(陰天)或夜間朝內(燈光)亦可弱發電，長時間累積發電量，展現實質節能成效。此種節能新概念，國內首創，雛形品於2012年台北國際發明交易展展出，電視採訪報導外，已引起業界興趣，未來仍將持續提昇至更高之發電效率。另一方面亦與國內光電大廠合作整合輕薄可撓式薄膜太陽能電池於節能筆電、觸控面板及電子書上，實際評估檢驗節能效能及市場接受性中。



▲ 2012年台北國際發明展展出可撓式太陽能百葉窗模組(左)及與光電廠合作開發多項節能應用產品(右)。

低溫電漿技術配合本所轉型為能源研究所，已漸次從傳統表面工程，移轉至技術密集價值更高之薄膜型元件節能應用，已有初步成效，未來將著力於開發輕、薄及可撓曲之全固態薄膜光伏、薄膜調光及薄膜儲能及薄膜聚光光熱等關鍵節能元件之整合系統，有效運用於節能民生產品及零碳排放環境設施，開創下世代綠色能源節能新產業。

熱電漿技術研發經歷多年累積，已陸續推廣與應用至產業，未來會更聚焦在熱電漿高熱焔優點，以此立基點擴展應用層面，促進國內環保與能源產業之創新與永續發展。

2. 太陽光發電系統技術發展

作者：郭成聰

本計畫致力於太陽光發電科技研發，包含高聚光太陽光發電(HCPV)系統、高分子太陽電池、提純冶金級矽太陽電池及銅鋅錫硫(CZTS)薄膜型太陽電池等技術開發。高聚光太陽光發電技術係採用聚光透鏡以減少太陽電池使用量，並且使用高效率多接面太陽電池，具有高能量轉換效率及低溫度係數之優點。依據GTM (Greentech Media) Research報導，在直射日照(Direct Normal Irradiance, DNI)大於 $6 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{day}$ 的地區，相較於晶矽及薄膜太陽電池，HCPV具有最低之平均化電力成本(LCOE)。高分子太陽電池製作可使用全溶液製程，並應用於捲對捲印刷(roll-to-roll printing)之快速製程；其大面積製程、可撓性及成本低廉等優點，使其成為具商業潛力之太陽電池。提純冶金級矽太陽電池技術發展，主要為研究開發具有低成本優勢，且能與業界矽晶太陽電池製程技術互相整合之薄膜磊晶矽太陽電池，它也是實現多晶矽太陽電池效率與薄膜太陽電池成本的一種選擇。銅鋅錫硫化合物薄膜太陽電池，有多種真空及非真空製程，具銅銻鎵硒(CIGS)太陽電池之優點，但以蘊藏豐富之元素取代稀有金屬，有進一步降低成本之可能；未來提高轉換效率後，可望成為新型薄膜太陽電池之主要材料。本計畫目標為開發高效率、低成本的太陽電池/太陽光發電系統，並協助國內業界建立具國際競爭力之產業。

2-1 高聚光太陽光發電系統技術發展

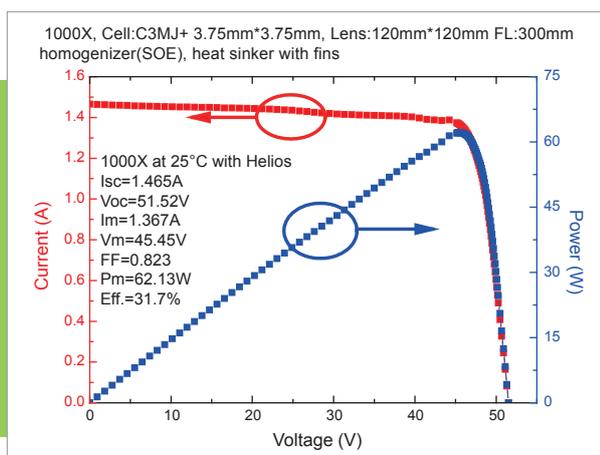
本所自92年起積極開發HCPV系統技術，建立III-V族太陽電池磊晶與製程、聚光型模組製程、太陽光追蹤器製作、系統監控整合建置、市電併聯，及模組驗證等技術。至101年底已獲得76件專利，完成14件技術移轉案、47件技術服務案，結合HCPV產業界上中下游能量，降低系統建置成本，及促進HCPV產業化。至101年底，HCPV技術研發情形如下：

- (1) 完成1000倍聚光型太陽電池模組之設計與製作，於戶外實地測試，能量轉換效率達30.78%，以太陽光模擬器測試結果，在 $\text{DNI}=850\text{W/m}^2$ 下，能量轉換效率達31.70%。另外，本所開發之聚光模組於101年10月11日獲得IEC 62108：2007產品合格證書(證書號碼：20121011-E332984)，為亞洲第一個經UL體系認證合格符合IEC62108品質標準之模組，有助於相關產業廠商進軍國際市場。
- (2) 完成影像式太陽位置感測器及太陽影像追蹤控制器原型製作，並建置影像式太陽位置感測器實驗平台。以此實驗平台測試其影像式太陽位置感測器及太陽影像追蹤控制器，可達追蹤精度 ± 0.04 度。
- (3) 配合本所現有之中央監測與控制系統，透過網路擷取相關發電、氣象、追蹤器等相關資訊，綜合分析研判，建置完成路竹示範場線上診斷偵錯雛型系統。藉由此線上診斷偵錯系統之輔助，維護人員可以迅速發現異常狀況，避免浪費時間逐一檢查裝置及零件。
- (4) 本所太陽電池模組驗證實驗室完成TAF實驗室認可展延稽核作業，並於5月份取得實驗室展延認可證書(證書編號L2060-120514)。此外完成CGC金太陽實驗室品質文件與

技術領域稽核程序，並取得實驗室認可證書(證書編號CGC/SYS-95-SQS)。可提供國內廠商模組驗證服務，裨益拓展國際市場。

(5) 2012年台北國際發明暨技術交易展，本分項計畫獲獎明細如下：

- a. 「聚光型太陽電池模組」創新技術已獲得中華民國、美國及日本發明專利，並獲得2012年台北國際發明暨技術交易展金牌獎。
- b. 「用於光電元件基板的剝離結構」創新技術已申請中華民國、美國及歐盟發明專利，並獲得2012年台北國際發明暨技術交易展銅牌獎。



▲ 1,000倍聚光型太陽電池模組使用太陽光模擬器測試結果，能量轉換效率達31.70%



▲ 聚光模組 IEC 62108:2007 產品合格證書

2-2 高分子太陽電池技術發展

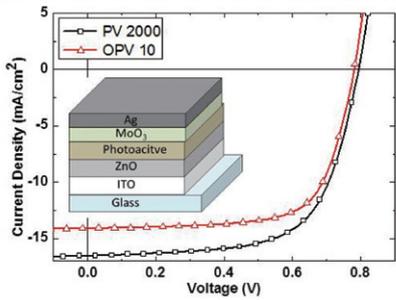
本計畫之研發成果主要分為兩項：(1)高效率高分子太陽電池元件研究，與(2)高分子太陽電池商用大面積製程技術開發。

在高效率高分子太陽電池元件研究方面，目前已建立低能隙導電高分子PBDTTT混摻PCBM(C70)太陽電池製備技術，使用DIO為添加劑，其能量轉換效率最高為6.42%(國際上同型最高效率為~6%)。另開發使用OPV 10主動層溶液製作之高分子太陽電池，效率最高為7.73%；使用PV2000主動層溶液製作之高分子太陽電池，效率最高為8.51%。

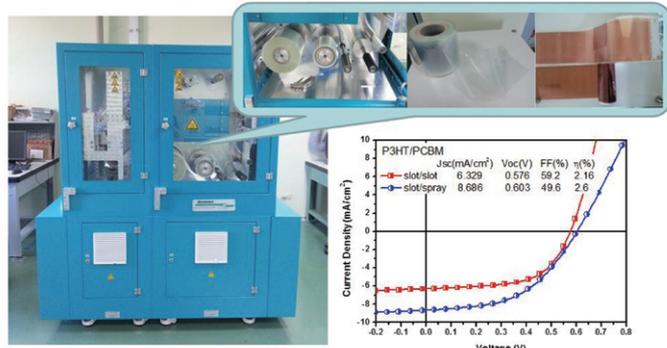
在商用製程技術開發方面，分為三大部分；包括超音波噴塗技術、噴墨印刷技術及捲對捲印刷技術之開發。首先持續開發超音波噴塗技術，噴塗製備導電高分子P3HT混摻PC(60)BM之太陽電池，此技術利用超音波震盪之方式來霧化主動層溶液，使其均勻的散佈至基材表面；目前噴塗面積可達100cm²，嘗試以CB對主動層進行修飾，製備之太陽電池效率達3.7%(國際上之最高平均效率為~3%)。第二部分為開發噴墨印刷技術，製作ITO free之高分子太陽電池，以降低成本；利用噴墨印刷設備噴印銀網輔助電極，配合高導電度PEDOT:PSS取代ITO作為透光電極，使用大面積噴塗技術製作P3HT混摻PCBM(C60)之ITO free太陽電池，最佳化效率可達2.8%。最後，建立商用捲對捲(roll to roll)量產連續式製程技術，並應用於軟性基材上；開發使用捲對捲連續式製程及軟性基材將可大幅降低製

程及材料之成本。目前利用此機台之狹縫塗佈製程(slot die)方式進行電洞傳輸層之塗佈，配合超音波噴塗技術塗佈主動層，P3HT/PC(60)BM之太陽電池效率達2.6%。另使用slot die技術進行電洞傳輸層及主動層共兩層塗佈，P3HT/PC(60)BM之太陽電池效率達2.16%。

Sample	J_{sc} (mA/cm ²)	V_{oc} (V)	FF (%)	η (%)
PV 2000	16.539	0.794	65.1	8.51
OPV 10	14.098	0.781	69.5	7.7



▲ OPV10與PV2000製備之高分子太陽電池電流電壓曲線圖

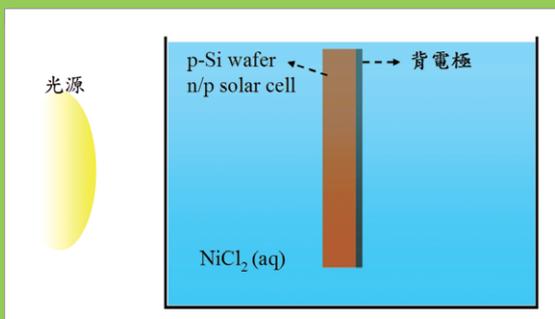


▲ 捲對捲狹縫塗佈方式製備P3HT/PCBM太陽電池元件

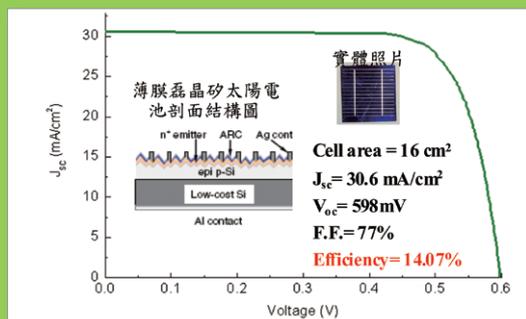
2-3 提純冶金級矽太陽電池技術開發

開發矽晶太陽電池電極之照光鍍鎳技術，有別於電鍍及無極電鍍之兩種傳統方式，提出集合兩者優勢之新式鍍鎳技術，使用無添加還原劑之化學鍍鎳溶液，並利用照光方式及背電極-鍍液間之化學界面電位差來進行電鍍鎳金屬製程，解決了電鍍製程之被鍍面必須為導體的問題，同時具有使用電鍍方式之簡易且快速之優點。此技術除已提出國內外之專利申請外，其研發成果亦獲刊登於「International Journal of Electrochemical Science」SCI期刊。

在薄膜磊晶矽元件開發方面，利用無需真空設備之常壓式化學氣相沉積(APCVD)系統，以及在場(in-situ)的HCl去疵法，先將基板表面及內部之雜質去除，然後在1,150°C下，沉積一厚度約20 μ m之高品質磊晶矽薄膜，接著置入電漿蝕刻設備，先進行in-situ氫氣預處理，再進行電漿蝕刻表面結構化製程。最後利用傳統的矽晶太陽電池的擴散及網印製程，製作成薄膜磊晶矽太陽電池，目前最高轉換效率為14.07% (國際最佳值為14.7%，由IMEC研發單位所創)。



▲ 光致鍍鎳技術裝置圖

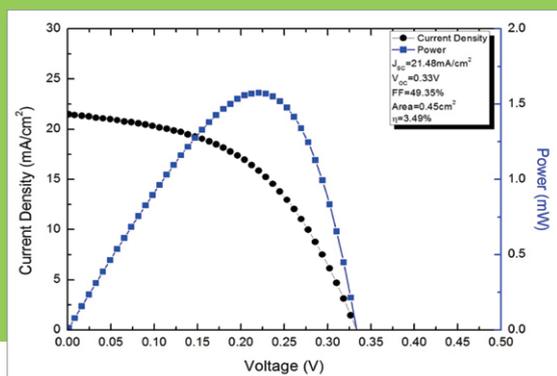


▲ 薄膜磊晶矽太陽電池元件之I-V曲線圖

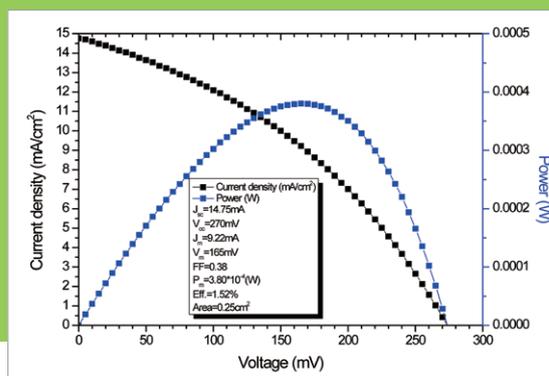
2-4 銅鋅錫硫系薄膜太陽電池技術開發

101年開始進行CZTS太陽電池技術開發計畫，上半年度著力於實驗室及設備建置，並於下半年開始針對真空及非真空製程進行吸收層開發。其中真空製程分為濺鍍及蒸鍍，非真空製程為溶膠凝膠法，至101年底具體發展成果如下：

- (1) 真空製程方面，利用電子束蒸鍍製作前驅物，再進行硒化，完成元件後續製程，能量轉換效率達3.49%；而前驅物以濺鍍方法製備之元件，能量轉換效率達2.63%。
- (2) 非真空製程係以溶膠凝膠法製作前驅物再硒化，完成元件後續製程，能量轉換效率達1.52%。
- (3) 在專利布局方面，完成利用有機金屬化學沈積(MOCVD)作為CZTS吸收層製程之專利申請。
- (4) 在技術推廣與促進產業方面，接受中油公司煉製研究所委託，開發非真空CZTS製備技術，如期、如質達成該案之效率目標。



▲ 以電子束蒸鍍製作CZTS前驅物之元件I-V特性圖



▲ 以溶膠凝膠法製作CZTS前驅物之元件I-V特性圖

根據2012年11月29日「CPV (Concentrated Photovoltaics) Technology and Market Forecast (2009~2020)」報告顯示，儘管全球經濟不景氣，聚光型太陽能發電市場依然維持穩定成長，101年之裝置容量約為 505MW，至109年預計將可達到3.9GW。本所在聚光倍率476及1,000倍下，聚光模組效率分別已達32.5%及31.7%，未來將更精進聚光模組之效能，以降低聚光型太陽光發電系統之單位成本。另外，在製程自動化方面，將以協助國內廠商建立太陽電池及模組組件自動化製程為工作目標，促使關鍵元件得以在自動化生產狀況下，達到降低成本並保持品質的目的，增進產品競爭力。

本所研究之高分子太陽電池技術，目前轉換效率不管在小面積元件製作或是使用大面積商用製程方面，皆已達國際上之水準。今後將持續開發各式高分子太陽電池結構(反式與疊加)及ITO free之透光電極，朝低成本、低污染且低耗能之大面積太陽電池製程技術開發，建立獨立之專利布局。

矽晶太陽電池技術開發方面，未來除了研發創新之外，將加強在產出專利與市場間的需求性。由於未來的太陽能產業，成本仍為優先之考量，因此我們的策略將朝在目前傳統

製程下，如何進一步整合並簡化製程，進而優化電池性能等方向來進行專利布局，例如，鈍化製程與電極製程之整合，或in-situ製程等。

銅鋅錫硫太陽電池目前轉換效率在半年內已有初步成果，今後將持續提升轉換效率，預計於102年底達到5%~6%，最終目標達17%~20%；另將開發無鎘緩衝層技術，建立無毒、低成本之薄膜太陽電池製作技術。

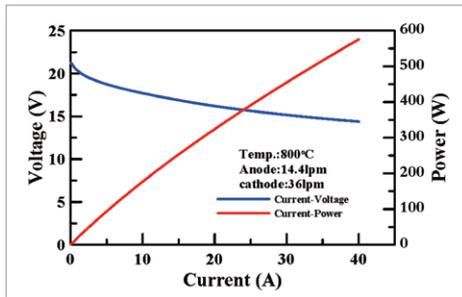
3. 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用

作者：李瑞益

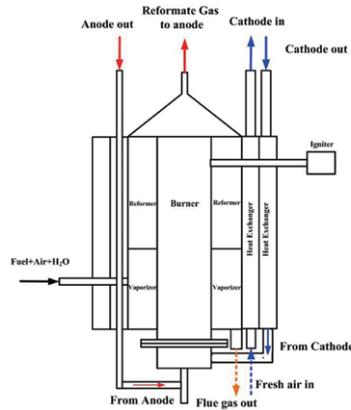
本計畫配合政府能源政策，延續已開發之新能源技術，將工作重點聚焦在氫能應用相關之系統與材料，致力於本所獨特之固態氧化物燃料電池(SOFC)技術。計畫之整體目標為開發高效率、高可靠度，及低價格之SOFC系統，其執行將有助於我國能源政策目標之達成。101年度為本分支計畫之第三年，計畫目標為(1)建立kW級電池堆及分散式發電系統技術；(2)開發陶瓷基板支撐型電池單元研製技術；(3)開發電漿噴塗金屬支撐型電池元件研製技術；(4)開發SOFC發電系統之燃料重組器與重組觸媒技術。

3-1 kW級電池堆及分散式發電系統技術

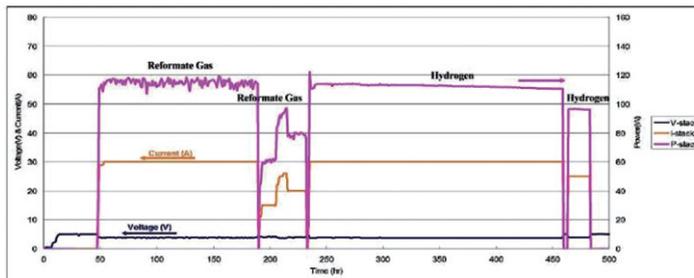
- (1) 完成18片裝電池堆測試，陰陽極空氣及氫氣之流量分別為36.0及14.4 lpm，經100小時定電流測試(32A, 400 mA/cm²)，效能穩定；在電池電壓14.4 V (平均0.8 V)時，功率輸出可達575 W (圖1)，驗證本所電池堆組裝技術已達國際水準。
- (2) 完成SOFC熱工元件整合裝置之設計(圖2)、製造及測試，測試結果其性能符合預期。熱工元件整合裝置在升溫過程中，在陽極流量氮氣：17 LPM、氫氣：4 LPM及陰極空氣流量為63 LPM時，控制燃燒器內最高溫度約為930°C時，可使陰陽極出口溫度分別達750°C及766.6°C，其溫度差僅約17°C，符合未來系統無電熱裝置升溫之需求。
- (3) 以本所開發之金屬基板支撐型電池片組裝成5片裝之短電池堆於發電系統平台進行長期測試。分別以重組氣體及氫氣進行測試，歷經約500小時測試，各熱工組件性能皆維持穩定，圖3為短電池堆於SOFC發電系統平台測試之P-I-V歷程圖，其功率輸出在電流30 A時約116 W；此一測試驗證了本所開發金屬基板支撐型電池堆及熱工組件在高溫下之長期效能。
- (4) 完成SOFC合併熱電系統(CHP)之自然循環式熱能回收裝置開發與建置(圖4)，其熱能回收率達80%以上，且不需消耗電能，最高水溫可達80°C，本裝置可提升SOFC整體效率約30~40%。



▲ 圖1 18片裝電池堆之性能曲線



◀ 圖2 SOFC熱工元件整合裝置設計示意圖



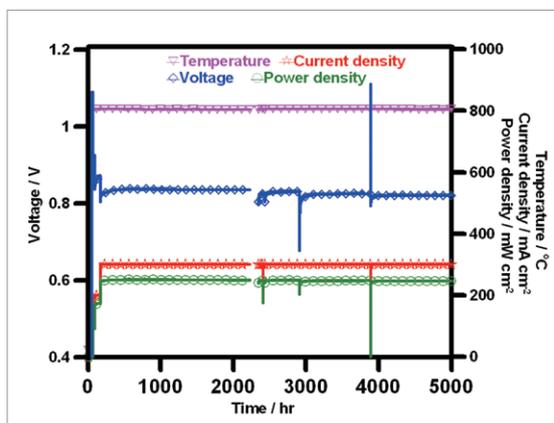
▲ 圖3 SOFC發電系統之長期測試P-I-V歷程圖



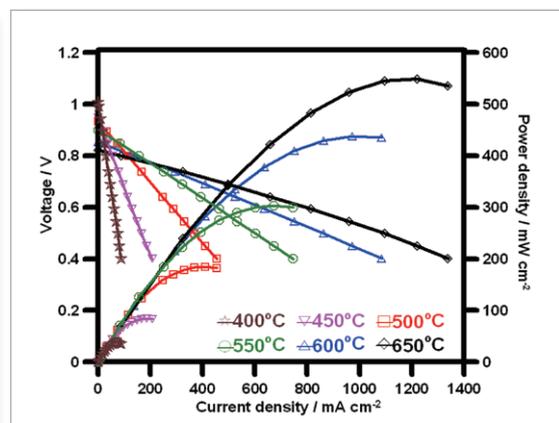
▲ 圖4 熱能回收裝置

3-2 陶瓷基板支撐型電池單元研製

- (1) 完成高溫型陶瓷基板支撐型電池片製程精進，良率近達100%，並小型量產約計50片(面積 $10 \times 10 \text{ cm}^2$)，可供電池堆組裝測試。電池片電性測試達5,047小時($V=0.837 \text{ V}$ ， $i=300 \text{ mA/cm}^2$ ， $P=251 \text{ mW/cm}^2$)，衰減率 $0.38\%/ \text{hr}$ ，優於目前國際標準設定之 $1.0\%/ \text{hr}$ (圖5)。
- (2) 完成 $\text{NiO}+\text{YSZ}/\text{YSZ}/\text{SDC}/\text{GDC}/\text{BCYZ}/\text{LSCF}/\text{NiO}+\text{SDC}/\text{SSC}/\text{BSSC}$ 粉體製備，成功使用於中溫型陶瓷基板支撐型電池片之氣密 GDC/SDC 電解質層，並用於製作低溫型與中溫型電池片，已完成輸出功率測試，顯示功能良好(圖6)。



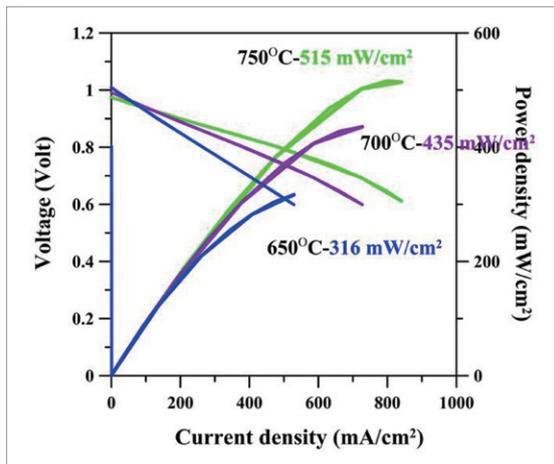
▲ 圖5 電池單元長期耐久性試驗



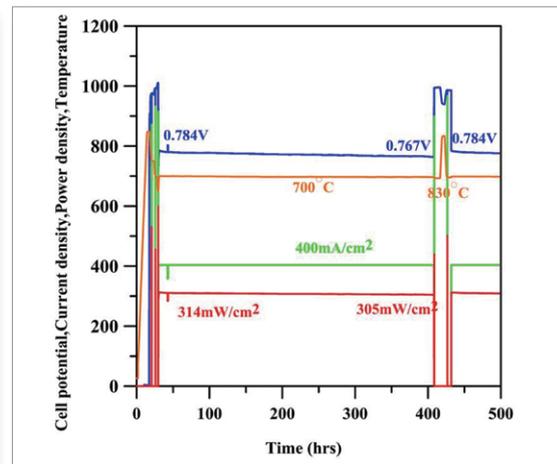
▲ 圖6 低溫型電池單元之效能測試

3-3 電漿噴塗金屬支撐型電池元件研製

完成以大氣電漿噴塗方法改良製作金屬基板支撐型電池片(面積 $10 \times 10 \text{ cm}^2$)，測試結果在 750°C 0.6V 條件下發電功率可達 515 mW/cm^2 (圖7)，長時穩定性測試結果顯示電池片在 700°C 、 400 mA/cm^2 的條件下，經過近500小時測試後，其衰退率 $<3\%/ \text{kh}$ (圖8)，其電池片性能居於國際領先地位。



▲ 圖7 金屬基板支撐型電池片發電功率



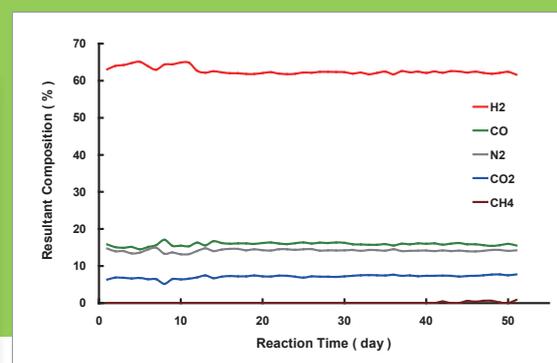
▲ 圖8 金屬基板支撐型電池片長時穩定性測試結果

3-4 SOFC發電系統之燃料重組器與重組觸媒

研製以 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 作為擔體之 $\text{Pt/CeO}_2/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 觸媒(圖9)，以自製之天然氣重組觸媒取樣做耐久性測試，結果顯示自製天然氣重組觸媒可承受100天(約2,000小時)以上之耐久性測試 (圖10)，能使用2,000小時不粉化，除了顯示不積碳之外，其活性亦不減，顯見研製以 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 擔體研發出之觸媒，真正具有抗積碳能力及長效性之優點。將原先以 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 為擔體所使用之鎳基觸媒產生之積碳與粉化現象加以改善。開發出以耐高溫且硬度較高之 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 作為觸媒載體之製程，製備成之 $\text{Pt/CeO}_2/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 觸媒，天然氣重組產氫濃度可達68%左右，且轉化率係大於99%以上，而其耐久性更可高達2,000小時以上。



▲ 圖9 自製觸媒製作流程及各步驟半成品及成品



▲ 圖10 天然氣重組觸媒耐久性測試

本年度已就系統發電效率及熱能回收做改進，未來除繼續對系統進行實地驗證測試，並規劃在系統符合功能需求後，發電系統採取模組化方式進行實體設施建置及進行驗證測試。另一工作重點在於元件劣化率的持續降低，以小於0.5%/khr的劣化率為努力方向。此外配合低溫型電池單元之研發，將開發不同熔點溫度之密封材料，應用於較低操作溫度（ $<700^{\circ}\text{C}$ ）之電池堆使用。目前本所與國內業者已有SOFC技術推廣案簽約執行中，國內業者對於SOFC技術的發展，也正積極的投入並預期可有顯著的產業效益。後續本所將就已掌握之SOFC關鍵核心技術持續精進，並進一步結合國內業界的量能，以拓展SOFC新興能源產業，達成商業化目標。

4. 淨碳技術發展

作者：邱耀平、陳柏壯、陳銘宏、陳一順、黃亮維、余慶聰、陳威錦

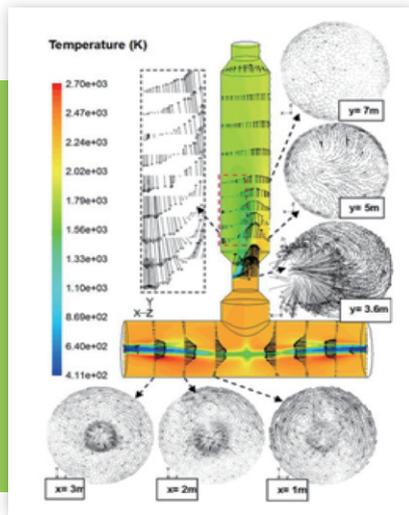
本研究係一整合型計畫，旨在進行淨碳技術發展，掌握永續社會發展條件，逐步建構出前瞻性的淨碳系統工程技術與先進製程研究規畫。目前本項工作主要區分為兩大方向：(1)籌建一淨碳技術驗證系統，包含氣化技術、氣體處置技術、二氧化碳捕獲以及整廠設計與最佳化等核心技術。(2)發展二氧化碳捕獲之技術，持續發展高效能之二氧化碳吸附劑，藉以展現燃燒前二氧化碳捕獲技術之實務化能量。

4-1 分項計畫成果一

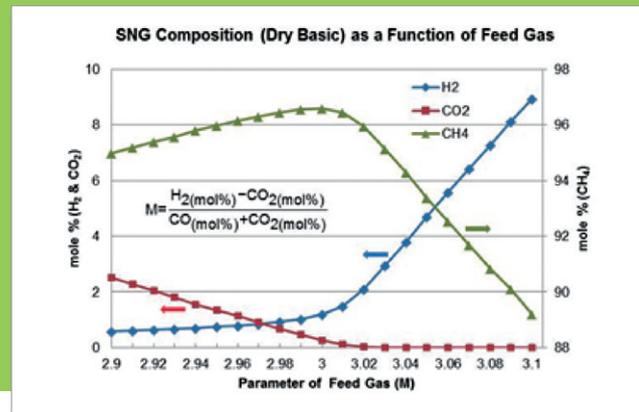
完成以E-Gas 相似構型之兩階段氣化爐為基礎，進行吹氧壓力之挾帶床氣化爐三維穩態數值解析工作。圖1為氣化爐內溫度與速度分佈圖。分析結果顯示，除已可解析出主要之氣化反應現象，且有限速率之化學反應亦顯著影響氣化之結果。參數影響分析顯示，當氧與煤炭之比例上升時，出口之一氧化碳之比例會下降，但二氧化碳之比例會增加；於適宜之水煤氣轉換方程式之有限反應速率設定下，當水煤漿濃度下降時，其出口之氫氣、二氧化碳以及水份之質量流率皆隨之增加；當第一階段之水煤漿注入比重增加時，其出口之氫氣、二氧化碳以及溫度皆隨之增加，但一氧化碳之比例會下降。第一階段與第二階段之注入燃料配比調整對於氣化結果並未有顯著之影響，其原因應為氣化爐內提供充裕之空間，使其反應皆可達到完全反應。本計畫之分析結果顯示，所建構之計算流體力學分析模型已可適切解析氣化爐內之氣化反應現象，並可估算出其氣化性能。後續將延續此模型之開發成果，進行模型精進與參數分析工作。

於氣化應用之系統分析方面，本項工作完成合成氣轉換合成天然氣以及所需之前端淨化程序模型建置與分析工作。圖2為合成天然氣之組成與輸入氣體組成之關係圖。該分析結果顯示，其一氧化碳之轉化率可超越99.99%，其組成與參考資料相較，誤差在5%以下。

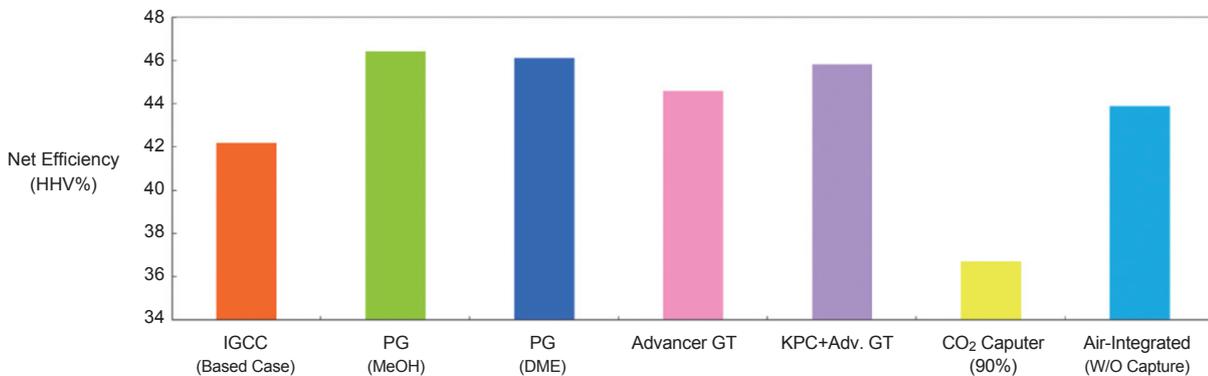
並與吉興工程公司合作，進行國內產製合成天然氣之成本分析工作。初步分析結果顯示，國內若導入煤炭轉製合成天然氣之程序，每立方公尺之合成天然氣產製成本約為13.2元新台幣左右。此外，本計畫亦持續針對氣化多聯產之系統性能表現進行分析與比較，如圖3所示，其結果顯示多聯產系統之系統性能較為優越。



▲ 圖1 氣化爐內溫度與速度分佈圖



▲ 圖2 合成天然氣之組成與輸入氣體組成之關係圖



*PG: Polygeneration

▲ 圖3 氣化應用系統之效率比較分析

4-2 分項計畫成果二

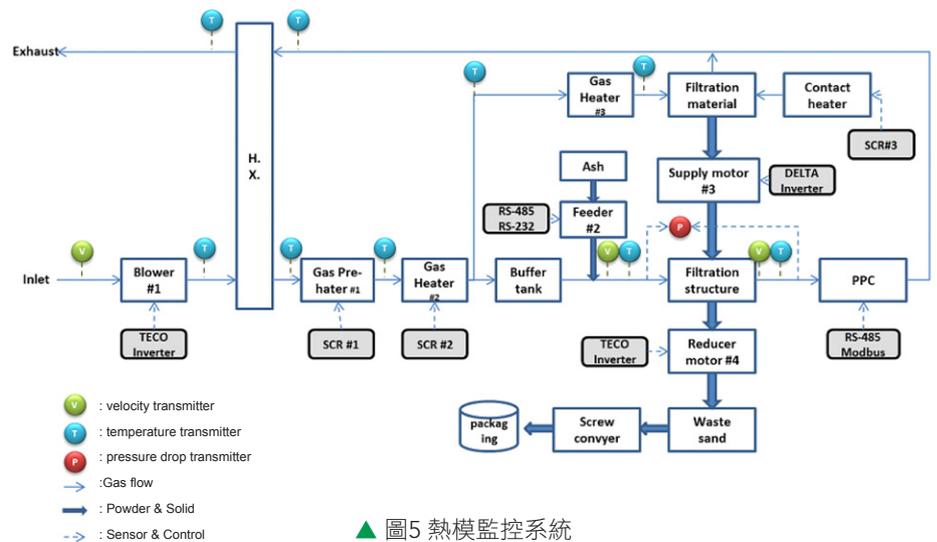
中高溫淨化程序係將典型低溫氣體處理程序由室溫提升至中高溫層級，藉由氣體處理溫度的增高，可降低因溫度變化所導致之可用能量減損，進而提升系統整體效能。本項技術主要涵蓋兩大領域，茲分述於後。首先為流動式顆粒床過濾器GMBF氣體淨化技術，其原生技術為一可應用於中高溫之粉塵過濾裝置，目標將建置可於500°C環境運轉之GMBF除塵測試系統。本年度，計畫完成之工作為過濾器熱模周邊系統之建置，如圖4與圖5所示，該系統已可於400°C以下進行運轉。其次，中高溫脫硫為具有前瞻性的氣體減排技術之一，基於成本考量，本計畫以鐵系吸附劑進行硫化氫與硫化碳去除。吸附劑製備程序以乾式含

浸法為主，將前驅硝酸鐵溶液澆淋在多孔擔體上，經過高溫煅燒而成。配合中高溫淨化程序規劃，目前操作溫度介於300-700°C之間，脫硫系統如圖6所示。研究顯示鐵系吸附劑長時間將出口硫化物濃度控制在0 ppm左右，可確保合成氣應用在發電渦輪機、化學品合成與燃料電池等方面品質無虞。此外在各種反應參數探討後，如溫度、空間流速與合成氣氬，吸附劑的硫載量可達到7 g-S/100g sorbent以上，經再生循環測試後，仍展現相當優異的化學活性，硫載量仍可保持在起始值的90%以上，脫硫再生貫穿曲線如圖7所示。

未來在中高溫淨化技術將進行整合測試，透過兩段式過濾顆粒床技術，可於第一段過濾層中放置除塵之顆粒濾材，而第二段過濾層則置入去除硫化物之吸附劑，當含有粉塵微粒及硫化物之氣體進入過濾程序時，先被除塵之顆粒濾材阻擋，而含有硫化物之氣體則會通過第一段過濾層持續往第二段過濾層移動，此時合成氣中硫化物成份會被該層吸附劑所形成的過濾層所吸附。藉由發展兩段過濾的模式可衍伸到去除多項污染物，將可提升我國淨化技術之國產研發能力。除此之外，相關技術可應用於觸媒/貴金屬回收、廢棄物燃燒系統、流體化床燃燒系統、氯化系統、高溫融熔、觸媒裂解/精煉工廠、空氣污染防治控制、半導體產業、化學製程工業等相關產業上。



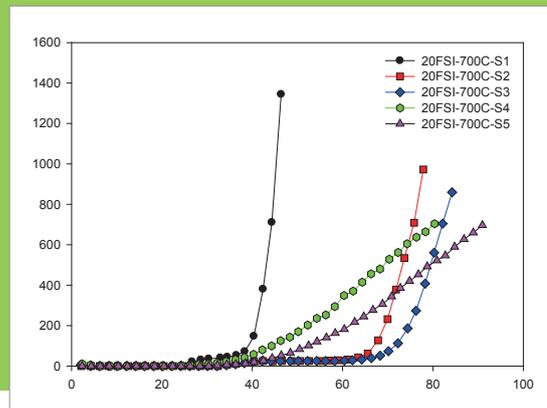
▲ 圖4 流動式顆粒床過濾器熱模系統



▲ 圖5 熱模監控系統



▲ 圖6 中高溫脫硫系統



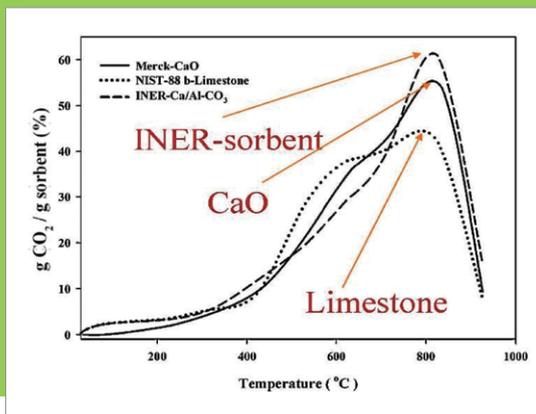
▲ 圖7 多次循環脫硫貫穿曲線

4-3 分項計畫成果三

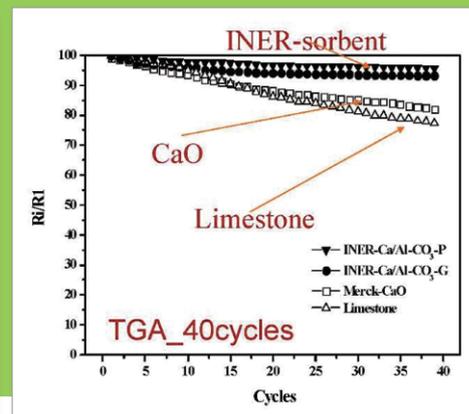
將氧化鈣，礦物(Limestone)及自行合成Ca/Al LDH(INER-Ca/Al-CO₃ LDH)等三種捕碳劑進行溫度由30-900°C之溫度、升溫速率20°C /min及二氧化碳50 mL/min進氣量，所得結果如圖8所示，由圖中可獲得氧化鈣，礦物(Limestone)及自行合成Ca/Al LDH(INER-Ca/Al-CO₃)等三種捕碳劑皆在溫度大於400°C時開始捕獲二氧化碳，溫度在700-800°C時有快速之捕獲反應，從重量改變率而言，三種吸附劑皆在750°C亦有最大改變率換言之其最佳操作溫度為750°C意即自行合成Ca/Al LDH(INER-Ca/Al-CO₃)之捕碳溫度與氧化鈣及礦物(Limestone)相同，但從圖8可得自行合成Ca/Al LDH(INER-Ca/Al-CO₃)之捕碳量 > 氧化鈣 > 礦物(Limestone)。

將Ca/Al LDH(包含柱狀及粉狀)、氧化鈣及礦物(Limestone)進行捕碳穩定度測試其結果如圖9所示，其中第40次剩餘捕獲量為第40次捕獲量與第1次初始捕獲量之比例，用來顯示材料捕獲CO₂之穩定性。結果顯示經過40次循環後整體捕獲量皆呈現下滑之趨勢，剩餘捕獲量依序為Ca/Al LDH(94-97%)>CaO(82%)>limestone(77%)。依此結果可得Ca/Al LDH在長時間捕碳下仍可維持最佳之捕碳率意即穩定性最佳，因此未來可用於多次cycle捕碳使用。

本研究已成功自行合成Ca/Al LDH (INER-Ca/Al-CO₃ LDH)並且已成功合成柱狀及粉狀兩種不同形狀之捕碳劑，經測試其穩定度及捕獲量皆有不錯之效果，因此，期許將來更可放大設備進行生產，以符合實際需求及應用。



▲ 圖8 吸附劑捕獲溫度測試



▲ 圖9 捕碳劑40次吸附/脫附循環TGA比較圖

本計畫除將持續進行技術研發工作外，並將兼顧國際趨勢之發展。諸如世界各國之淨碳技術導入策略以及技術配套、頁岩氣與頁岩油之開發進展等。藉由充分掌握技術之開發趨勢，檢視自身技術開發之優劣以及後續佈局之方向。並將持續進行技術推廣工作，將開發之技術逐步導入產業界。除進一步提升國內產業之競爭力，並提升其產值。

5. 分散式電力能源與風能系統工程技術發展

作者：李奕德、楓祥儀、李榮茂、蘇煒年、張永瑞

傳統電力系統為集中發電模式，而新世代的電力系統為小型且分散式再生能源發電之供電方式，由於再生能源為間歇性能源，若大量的併入區域電網，將造成電壓浮動的現象，對電力系統運轉產生衝擊。本計畫發展分散式發電及自主式微型電網控制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%，提昇國家能源安全、開發新興國家市場與加入先進國家市場供應鏈，同時創造綠色就業機會及能源新興產業的契機。

■本所進行分散式能源電力控制與管理技術發展，目前已完成：

5-1 電力系統工程整合技術

建置國內首座「百瓩級微型電網試驗場」及開發相關電力控制技術，包含三個區域 (Zone 1~Zone 3)之175kW風力發電、100kW太陽能發電系統、65 kW微氣渦輪機、可控制負載、保護系統及100 kVA儲能系統等硬體設施(圖1與圖2)。本所開發之微電網監控界面與即時量測系統(圖3)，能確保微電網各區域系統訊號的同步性、正確性與精確度，並且可於系統介面上設定與執行情境測試步驟，以及截取即時量測波形資料，目前已成功進行微型電網單獨與市電併網平穩切換展示及波形量測，未來更可作為故障偵測演算法開發、諧波頻譜分析與卸載策略之用，為國內首座提供研究用之微電網試驗場。



▲ 圖1 百瓩級微型電網試驗場及其週邊設施



▲ 圖2 備載控制技術建置



▲ 圖3 微電網單獨/併網平穩切換展示功能測試

5-2 能源電力電子技術

微電網經由靜態開關與市電併聯，目前已完成三相15 kW具實/虛功與充/放電控制之電力轉換器開發(圖4)，可用來調整再生能源輸出功率，以及補償微電網之功率因數；當外部市電發生斷電時，運用主動式孤島偵測技術建置(圖5)，快速動作靜態開關，完成微電網與市電隔離；而所開發之5 kW儲能系統藉由高效率双向功率轉換器連結於微電網(圖6)，於靜態開關打開的一個週期內，由電流源快速轉換為一穩定電壓源，可確保再生能源發電，使

得微電網內部可持續供電給予負載使用；當靜態開關判斷外部市電恢復正常，則利用双向功率轉換器調整微電網之電壓、頻率及相位與市電進行同步，再將靜態開關閉合，達成微電網市電併聯與孤島運轉模式間之平穩切換功能。



▲ 圖4 具實/虛功與充/放電控制技術之三相 15 kW電力轉換器



▲ 圖5 靜態開關與主動孤島偵測技術建置換器

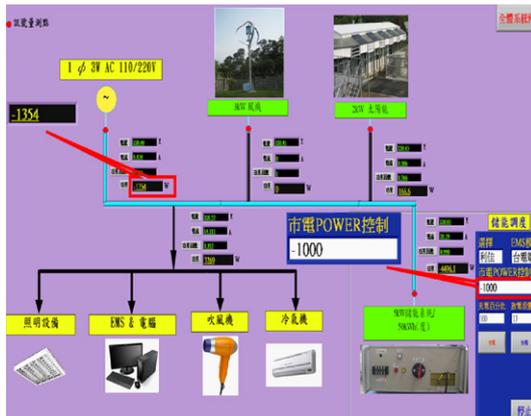


▲ 圖6 具高效率及併網/孤島平穩切換之單相5 kW電力轉換器

5-3 智慧控制與能源管理技術

為實現微電網生活化應用，本所建置家庭微電網監控界面與即時量測系統(圖7)，開發負載用電與再生能源發電量預測演算法(圖8)，結合儲能系統與未來時間電價機制，可調控市電、負載、儲能系統與再生能源之電力調度，以滿足用電用戶之經濟需求。未來，微電網將結合IEC-61850、電力線通訊(Power-Line Communication, PLC)、Zigbee及Wi-Fi，與多區域微電網或台電配電自動化平臺做連結，建立混合式通訊介面於微電網監控界面與即時量測系統，以達成多區域併網及供電調度之功能。

微電網技術之推展，可擴大再生能源應用，增強區域電網供電穩定及可靠度，未來更可應用於離島、偏遠地區、農莊及中小型社區等。在短期效益方面，可提高台灣電力網路對分散式再生能源電力承載容量。中長期藉由產、官、學、研的加入，結合電動車、儲能產業，期望在中小型社區規模廣泛運用，藉此確保穩定的能源供應，促進再生能源擴大應用與節能減碳之政策目標。



▲ 圖7 家庭微電網監控界面與即時量測系統



▲ 圖8 再生能源發電量預測結果

5-4 第二代150 kW風力機葉片研發

風力發電是藉由風能帶動葉片旋轉產生機械能，再經由發電機轉換為電能之發電裝置。本所於94年自行研製中小型風機，目前已成功研發中小型風機25 kW及150 kW機型，具有中小型風機整體系統設計與整合能力，研發目的為引導產業投入於具有早期市場潛能的中小型風機市場，為配合台灣充沛的風能資源與提高風機使用之安全性，因而針對前期所開發150kW第一代風機的葉片進行結構上精進，使150 kW第二代風機適用於國際規範IEC 61400-1平均風速更高的Class- I A風況。

150 kW二代葉片於主要結構體採用上下箱型樑之設計，並經由最佳化設計後，複合材料疊層採用玻璃纖維搭配碳纖維之設計，加入碳纖維不僅於單支葉片重量上大幅減輕，而強度上更能符合IEC 61400-1各DLC(Design Load Case)之安全需求(圖9)。二代葉片設計分析完成後委託先進複材科技公司進行製造與葉片強度測試，二代葉片可分為四個部份：上蒙皮、下蒙皮及上箱型樑、下箱型樑，而製作過程可區分為模具的製作及組合、上下箱型樑與上下蒙皮的製作、葉片(上下蒙皮與上下箱型樑)組合等三大部分。葉片實品的製作主要以真空注膠法為主(VARTM)，即利用抽真空方式將聚酯膠注入複合材料疊層再加溫硬化成型(圖10)，並且通過135%設計負載葉片靜態強度測試，以確保葉片強度與安全性。

本所150 kW風力發電機的建立，目的即在於整合國內業界，從設計、製造、安裝等完全國內自製的理念，建立一個高效率中型風力示範系統，並希望藉由中小型風機研發經驗，更進一步向上厚植台灣發展大型陸域或離岸風機產業的研發能力，與國際接軌。



▲ 圖9 二代葉片結構設計與分析流程



▲ 圖10 二代葉片製造與測試過程

6. 纖維酒精量產技術研發

作者：黃瓊芳

本計畫之定位與功能係配合國家生質酒精推動政策，開發自主生產纖維酒精之技術能力，協助國內發展纖維酒精及其衍生相關產業。鑒於纖維酒精技術為新興的生質能源轉換技術，因此在產業化的過程中，有必要建置測試廠規模之大型研究平台，進行量產製程運轉之驗證，以消除技術商轉應用之風險性。本所於98年底完成設置日進料1噸之纖維酒精測試廠，並自99年起開始測試運轉。目前此測試廠已成為國內發展纖維酒精技術之重要平台，提供量產技術可行性驗證、國內外生物資源測試、人員訓練與教育推廣、及產業與國際合作等功能。期藉由本計畫之執行，協助未來國內建立可商轉應用之纖維酒精技術，以農、林業剩餘物為原料，生產纖維酒精為交通運輸之用，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。



▲ 核研所日進料一噸之纖維酒精測試廠設施

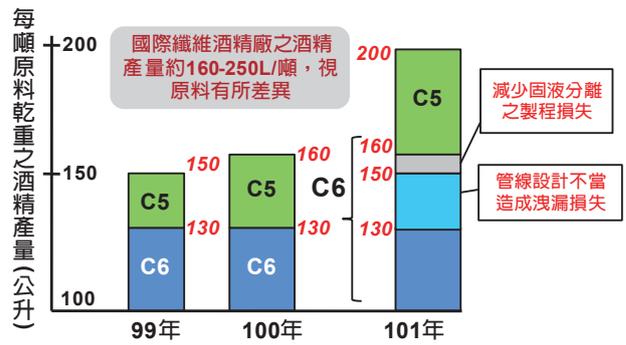
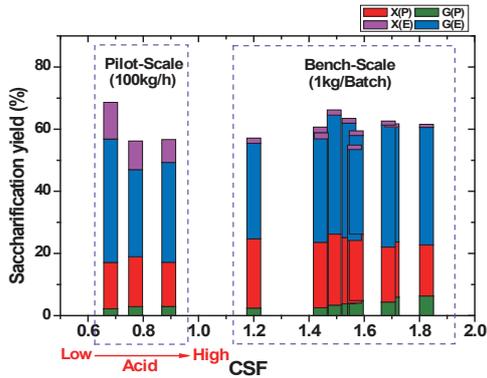
■ 經持續的努力，目前本年度已有幾項具體的重大突破，主要為：

6-1 纖維酒精噸級廠整廠測試運轉

本年度噸級測試運轉主要以同步水解發酵(SSF)程序運作，並以多元生質纖維原料作為生產酒精料源。年度目標在於建立以SSF程序穩定運轉，並持續精進各單元設備，依據運轉現況瓶頸及未來設施放大需求，開發新的製程，並針對現行運轉及整廠最適化配置之能源效益及成本評估，進而發展商轉廠之設計。

噸級前處理系統係以酸催化蒸汽爆裂為基礎所設計建造，除持續精進設備功能外，同時亦建立噸級前處理之多樣性原料處理能力與技術。目前已完成應用於除稻稈之外，如蔗渣、孟宗竹及麻竹等不同性質之纖維原料酸催化前處理，擴展前處理系統之多樣性原料處理能力，以因應國內外原料之市場需求。同時因前處理後之醱化水解效率可穩定地維持80%以上，已達到商業應用與工程放大之技術門檻，與國際間纖維酒精測試廠前處理渣料的水解效率70-80%相當。

另外，本年度共進行八梯次之整廠運轉測試及若干次之前處理系統單元測試，整廠可一次進行每日1噸之連續10天進料、全程15天以上之運轉操作，製程主要仍採行同步水解及發酵(SSF)程序，第四季開始噸級同步水解及共發酵(SSCF)程序之建立與測試，共使用超過70噸稻稈及10噸蔗渣，經估算每噸乾稻稈可生產200公升酒精。

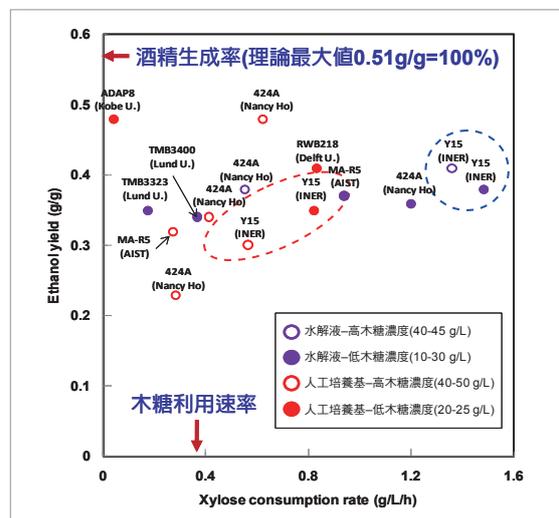


▲ (左) 蔗渣經噸級前處理所得知總糖產率可達70%。(右) 噸級廠之稻稈轉化酒精量逐年提升至200公升/噸。

6-2 纖維酒精製程核心技術開發

應用成本效益高的水解酵素於纖維原料糖化過程是產製具競爭力的纖維酒精關鍵之一，本計畫以自行開發之稀酸水解技術及其特定操作條件，成功製備具有誘導酵素分泌效果之稻稈水解固渣，再結合本所自行發展之即時饋料及操作參數調控技術，同時測試酵素液連續生產之發酵操作經驗與能力，建立噸級規模之廠內酵素發酵生產技術，其生產之酵素可取代國外酵素，提供給噸級測試廠進行酵素水解程序之測試研究。利用目前酵素生產方式其酵素粗萃液活性可達15 FPU/mL以上，已達到商業量產之酵素粗萃液活性門檻10 FPU/mL。

此外，先前建構可同時轉化木糖及葡萄糖為纖維酒精之發酵菌株，經基因工程技術提升、調控轉殖基因表現量及持續改良篩選具更佳效能下，已篩選出較佳木糖轉化酒精效率的基因改良菌株*Saccharomyces cerevisiae* Y15，其木糖利用速率1.5g/L/h優於國際相關共發酵菌，且利用低抑制性水解液發酵測試，其最高總糖酒精產率可由0.38 g/g提升至0.41 g/g，與國際水準相當。運用此一共發酵菌株，可望將酵素水解、葡萄糖及木糖發酵整合於單一發酵槽操作，作為後續噸級廠發展同步糖化及共發酵(SSCF)量產程序之運作基礎。



► 核研所纖維酒精共發酵菌株與國際知名菌株之比較

6-3 纖維酒精製程能資源評估研究

鑒於纖維酒精製程之能資源整合不僅為影響生產成本的關鍵因素，且纖維酒精製程亦需要具有能源效益，方有產業應用之價值。儘管目前國際上許多相關研究皆指出纖維酒精製程確實具有能源效益，但鑒於纖維酒精製程技術尚未發展成熟，許多能源效益研究多建立在相當的假設基礎，並未根據實際的製程運轉結果推估，可供產業參加的資訊有其限制，因此本計畫根據噸級廠實際運轉測試結果，進行整廠能資源評估與整合研究，對未來纖維酒精產業化及建廠提供具體且參考價值的關鍵資訊。

本研究以噸級廠運轉結果為藍本。除基本程序外，另評估增加節能措施：一為熱整合(含酸液預熱與蒸餾預熱，以本所噸級廠運轉測試結果為基礎)，另一是CHP(含固渣、發酵及水解廢液利用，參考NREL的規劃)。全部模式係基於處理一噸稻草(乾重)，並以ASPEN平台計算質量與能量平衡。無節能措施噸級廠的NER雖然不足0.5。但實施各種節能方式後，NER皆能大於1，甚至達到4以上。透過能資源整合降低蒸汽及電力需求、精進酵素水解效率、減少製程損失等，或利用廠內剩餘物為料源，均可望提升纖維酒精經濟競爭力。

■表一：不同節能措施酒精製程之淨能源比(NER)¹

製程	整合+CHP 節能措施	程序消耗		CHP產生		淨輸入 (MJ)	輸出 ² (MJ)	NER
		電力 (kWh)	蒸汽 (kg)	電力 (kWh)	蒸汽 (kg)			
稻桿 SSF	無節能措施	902.0	2350.8	0	0	9288.9	3986.1	0.43
	僅用固渣	902.0	1524	-127	-1358	3216.8	3986.1	1.24
	使用固渣及廢液沼氣	902.0	1524	-662	-1524	864.2	3986.1	4.61
蔗渣 SSF	無節能措施	902.0	2350.8	0	0	9288.9	4453.3	0.48
	僅用固渣	902.0	1524	-127	-1358	3216.8	4453.3	1.38
	使用固渣及廢液沼氣	902.0	1524	-662	-1524	864.2	4453.3	5.15

1. 以目前噸級廠運轉數值推估每噸乾稻草所評估

2. 酒精熱值為 23.4 MJ/L

6-4 纖維酒精製程技術之研發成果產業推廣

本計畫於100年度起即根據先前之研發成果，開始推廣纖維酒精平台測試服務與纖維轉化技術，近期更因在纖維酒精製程技術研發上有具體的突破，連帶使得在產業化推廣方面有實質的進展。雖然推廣進展仍在萌芽階段，但因可同步協助政府石化高值化政策之生質材料領域的研發工作，在推動國內發展生物經濟(bioeconomy)產業的未來性，應值得期待。近期主要產業化推動成果包括：

- (1) 開啟國內產業技術服務，於101年度起運用本計畫建置之噸級纖維酒精測試廠及其附屬研發平台提供16項技術服務項目及合作測試，後續將與國外產業建立策略聯盟，推廣本所纖維酒精量產技術，進一步展現技術推廣成果。

- (2) 生產 2公秉符合CNS15109燃料酒精規範之無水稻稈纖維酒精，提供國科會「台南市仁德生質酒精示範鄉鎮」示範計畫，作為國內E3酒精汽油示範使用，為國內使用非糧食來源之纖維酒精作為汽車燃料邁出一大步。
- (3) 與中油、台糖、遠東等國營事業或產業機構簽署合作意願書，進行纖維酒精產業化之合作，目前亦開始協助遠東公司建置小型纖維酒精製程之前處理及水解發酵研發設備，期能加速其推動纖維酒精產業化，發展纖維酒精轉化為平台化合物生質乙二醇(環保寶特瓶原料)之產程。
- (4) 本計畫開發之纖維原料前處理量產技術與基改共發酵菌株等兩項纖維酒精製程關鍵技術，已獲國際知名生技工業產業Novozymes認可具商業推廣之潛力，有意與核能研究所合作共同推廣行銷，此舉將可開啟本所纖維酒精技術行銷亞洲地區之管道。

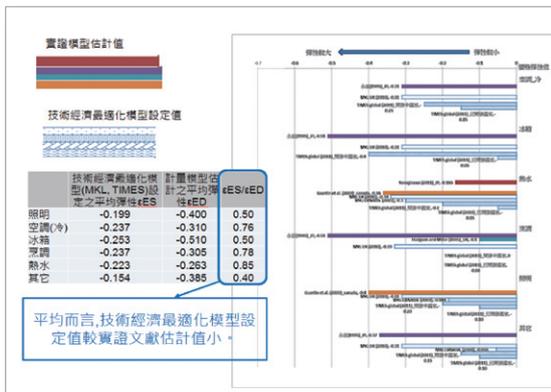
本所長期投入非糧生質燃料的研發，且在能源國家型計畫支持下已建置全國唯一纖維原料轉化生產燃料酒精的噸級測試廠，可做為銜接上游學術單位研發成果與下游產業商轉量產需求之大型研究平台，奠立國內開發次世代生質燃料技術之基礎。未來此設施可進一步轉型為生質化學品研發平台，協助國內打造深具未來性的生質物精煉(biorefinery)產業，此不僅可配合政府推動石化高值化政策，健全低碳高值化之生質材料產業價值鏈，若能進一步落實在國內深耕技術，再藉由技術輸出於海外設置量產基地，亦可與國際同步發展生物經濟產業，協助國內降低對進口石油及其衍生產品之依賴度，進而在生質精煉領域創造兆元以上之產值。

7. MARKAL-ED能源模型彈性推估與 CCS技術趨勢分析

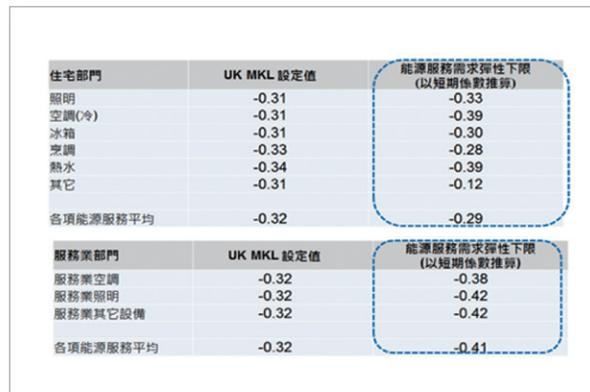
作者：劉家豪

本所自民國94年開始建置MARKAL能源模型，已陸續完成基礎情境(BAU)、電力部門、工業部門、運輸部門之專家書面審查及專家座談會。有感於各種能源服務需求對於外在環境變化與能源政策推行的相對變化頗大，故自民國100年開始建構MARKAL-Elastic Demand (MED)模型，可針對個別能源服務需求設定彈性，以評估能源價格變動對於不同部門服務需求的影響，除可進一步規劃出各部門之最適減量方案，對於未來檢驗相關政策推動的成本效益分析亦甚為重要。有別於過去國內應用MED時，多直接套用英國MED模型之價格彈性參數，未能根據我國國內對能源服務需求之實際情況作較適當設定，因此101年度本團隊藉由國內能源消費量統計資料、計量方法推估能源服務需求價格彈性，結果顯示以國內本土資料推估之彈性值與英國MED模型之設定值存在差異，採用本土資料推估之彈性值更能符合國內實際情況。

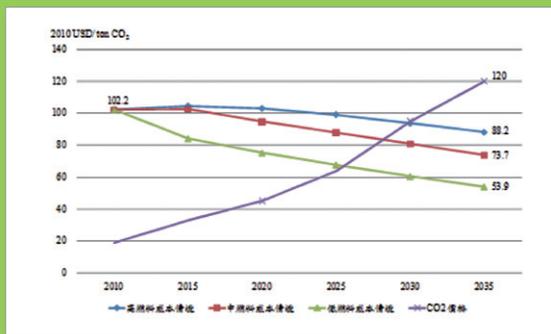
此外，101年度本團隊以MED模型探討國內碳捕獲與封存（Carbon capture and storage, CCS）技術未來發展趨勢與經濟分析。在符合國家中長期二氧化碳減量目標及總統競選承諾的前提下，針對CCS電廠部署規劃設計了樂觀、穩健、保守等三種技術發展情境，並假設我國首座的燃煤+CCS電廠最快可於民國114年開始商轉，燃氣+CCS電廠則於民國119年起可進入發電序列。結果顯示在民國124年，CCS成本將降低為53.9~88.2美元/噸CO₂，同時期國際CO₂價格將達到120 美元/噸CO₂。CCS技術在民國114-119年有價格競爭優勢，其減碳成本將低於國際碳交易成本。在穩健減核政策下，我國減碳缺口龐大，無法僅靠再生能源發展與抑低需求，中長期減量目標需仰賴CCS技術發展。



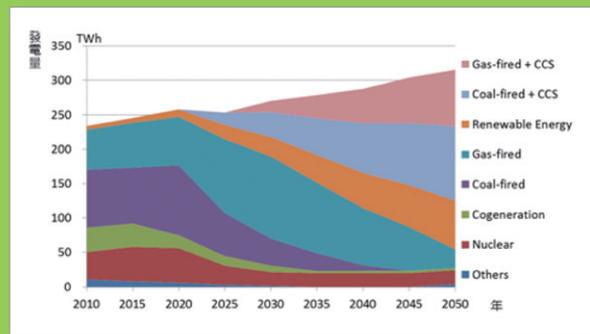
▲ 技術經濟模型彈性設定值與實證估計值比較



▲ 模型彈性設定比較



▲ 技CCS減量成本與CO₂交易價格趨勢



▲ 2010-2050年台灣電力部門發電量 (穩健CCS技術發展情境)

三、輻射應用科技研究

作者：林武智

■本所輻射應用於醫療領域之研發，101年聚焦於：

- (一) 診斷用核醫藥物：(1)腫瘤診斷藥物：利用胸腺核苷代謝來診斷癌細胞之F-18 FLT已成功的開發出自動化製程，產率平均在3-4成。(2)神經母細胞瘤診斷藥物「碘-123 MIBG」，供應台大醫進行臨床試驗，診準確度高達100%。(3)新穎糖調控蛋白GRP78之開發，將作為胃癌之生物標記藥物。(4)神經診斷核醫藥物：碘-123 ADAM血清素轉運體，用於憂鬱症之診斷，正在進行查驗登記人體臨床試驗第二期。
- (二) 治療用核醫藥物：「銻-188微脂體」已在台北榮總進行第零期臨床試驗，評估轉移性癌症病人使用微劑量治療之安全性，完成8例試驗，檢驗受試者之生理狀況與生化檢驗，證明其安全性。
- (三) 分子造影平台服務：本平台供分子影像技術，包括同位素、癌症標靶藥物、腦神經藥物，幫助國內藥物之開發，協助加速進入臨床試驗。
- (四) 輻射診斷儀器：開發具輕薄、低耗能、抗強干擾之核醫成像裝置，協助本土產業建立具競爭力之關鍵組件。

101年研發成果包括專利17件，國外期刊37篇，國際會議9篇，研究報告137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，維護國人健康為目標。

1.輻射生物醫學研發與應用推廣

作者：陳振宗、羅彩月、程俊嘉、梁鑫京、樊修秀

本計畫以發展與輻射生物相關之放射性同位素研發與應用研究、核醫藥物研發與應用推廣以及正子造影儀器之軟硬體技術開發為發展目標，以達到將輻射應用在生物醫學上之目的。

近年來，聚合奈米粒子例如微脂粒(liposomes)、奈米金(nanogold particles)、樹狀聚合物(dendrimers)、及微粒(micelles)可透過奈米高穿透與聚集效應(high permeability and retention effect)作為藥物載體用於癌症診斷或治療以促進藥物進入癌組織效果，並且研究指出具生物相容性之奈米粒子可延長藥物於動物體內之停留半衰期，減緩注射藥物被網狀內皮細胞(reticuloendothelial system)清除影響，所以診斷用造影劑或治療藥物鍵結奈米粒子將可提高其聚集腫瘤效果並提高診斷正確率或治療療效。

而以半導體光電元件為基礎開發的核醫成像裝置，具有輕薄、低耗能、抗強磁干擾的優點，是新一代分子影像儀器醫材具備產業競爭力的關鍵核心。本計畫規劃由基礎研究做起，建立應用此種半導體元件，取代傳統的光電管，成功開發實用化成像偵檢裝置的自主關鍵技術/能力。

1-1 建立氟-18 FLT前驅物之合成能力

本研究主在發展氟-18 FLT之前驅物合成技術，與計畫中建立之氟-18靶技術結合，自有機合成、放射氟化製程方法與分離純化單元進行了整合性的研究，成功的將自製之氟-18 FLT前驅物應用在放射氟化製程上，並在腦與內臟之動物模式上證實其效果。

氟-18 FLT是繼世紀分子氟-18 FDG之後，第二個最具腫瘤造影效果之正子造影分子。氟-18 FDG與氟-18 FLT在腫瘤之造影上呈互補狀態，前者靈敏度高，後者特異性高。兩個分子均沒有專利保護，完全符合諾貝爾獎造福人群、不為名利之頒發標準。本計畫發展此正子造影分子，目的在藉由發展放射氟化學之高手藝與技術門檻，提升國內學術界與研究機構之水平，並將全球放射化學界於全人類之貢獻，宣揚於世，同時期望國人前輩學者的重要成果，能藉由這個計畫之執行，獲得普世之肯定。

本計畫今年所發展之氟-18 FLT前驅物是以胸腺嘧啶核苷(T核苷)為起始物，經過三個步驟之反應而得，產率約2成，純度95%以上，與國際同步(如圖1)。前驅物之製備是先將T核苷之五碳糖上之第五個碳上之羥基以DMTr保護基保護住，然後將五碳糖之第三個碳以Nosyl離去基取代，最後再將鹼基上的第三個胺基以BOC保護基保護住而獲得成品。成品以冷凍乾燥的型態保存，經過放射氟化反應後生成帶有保護基的氟-18取代的五碳糖上第三個碳的離去基FLT，然後再以去保護反應將五碳糖上第五個碳與鹼基上的保護基去除，即獲得成品氟-18 FLT，成品之純化方式是採用計畫所開發之專利申請中的方法，並以自動合成盒完成全部的製程。最終成品之放射化學純度90%以上，產率平均約在3-4成，最高可達6成。動物造影結果顯示腦部腫瘤部位的攝取量是正常動物的兩倍以上(如圖2)，證明本計畫所開發出之氟-18 FLT前驅物的品質與應用性均達國際水平。

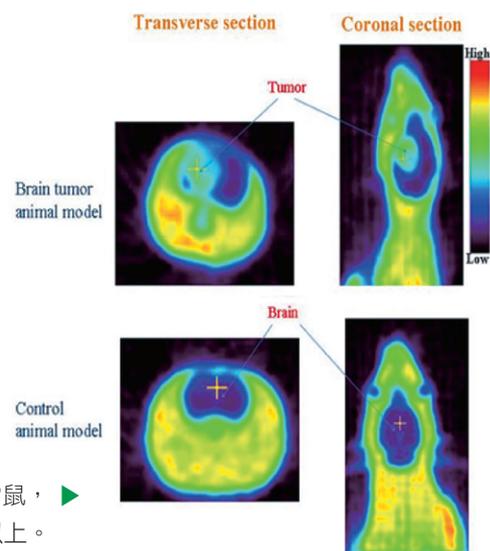
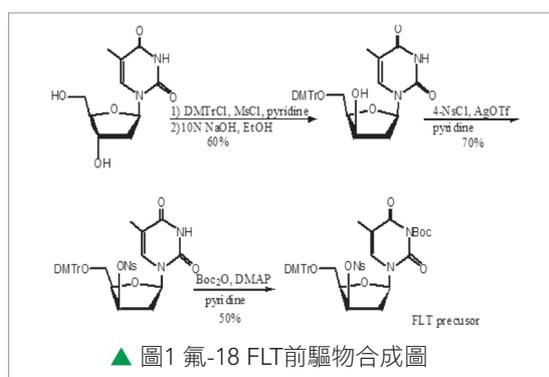


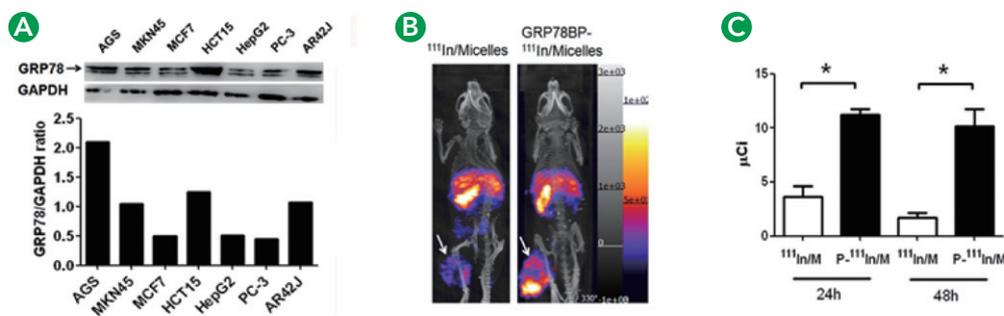
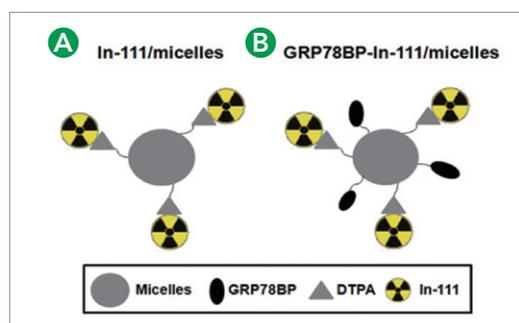
圖2 氟-18 FLT腦腫瘤造影圖，上圖是腫瘤鼠，下圖是正常鼠，由腦造影圖結果顯示，腦腫瘤的攝取量是正常腦的兩倍以上。

1-2 診療用核醫藥物研發與應用研究

本分項計畫主要在開發具有臨床應用價值之診斷及治療用核醫藥物，本年度我們持續推動碘-123 MIBG臨床試驗，並獲得良好成效，核研所提供高品質之碘-123 MIBG核醫藥物給予台大醫院進行兒童神經母細胞之臨床試驗，結果顯示，碘-123 MIBG之診斷準確度高達100%，遠高於F-18 FDOPA(88%)，將繼續推動心臟疾病之應用研究，並著手準備藥品查驗登記之相關文件。

在新穎靶向性癌核醫造影劑之開發，醣調控蛋白78結合胜肽導引之奈米微粒-銾-111 之重要成果力簡述如下。醣調控蛋白78 (glucose regulated protein 78)大量表現於細胞膜上可作為胃癌的生物標記之一，所以醣調控蛋白78之專一性結合胜肽鍵結於藥物後可作為引導物去增加藥物聚集到腫瘤組織，依據此原理，我們設計並合成醣調控蛋白78結合胜肽導引之奈米微粒-銾-111新穎核醫造影劑用於胃癌診斷，根據文獻，醣調控蛋白78原本為正常細胞內質網蛋白，負責新生蛋白之結構摺疊，但於癌細胞中，醣調控蛋白78轉位表現於細胞膜上可作為腫瘤標靶，故，針對醣調控蛋白78增加藥物靶向性可應用於核醫造影劑之開發以提高癌症診斷正確性，本研究中，我們設計並合成聚合微粒並鍵結醣調控蛋白78結合胜肽與放射性同位素銾-111以開發新穎靶向性胃癌核醫造影劑，醣調控蛋白78結合胜肽與放射性同位素銾-111分別鍵結微粒，其鍵結效率皆超過90%，於胃癌動物造影實驗中，我們發現 醣調控蛋白78結合胜肽提高微粒造影訊號，結果顯示醣調控蛋白78結合胜肽可增加微粒聚集於腫瘤效率，於癌症診斷時提供更好造影解析度與診斷正確性。

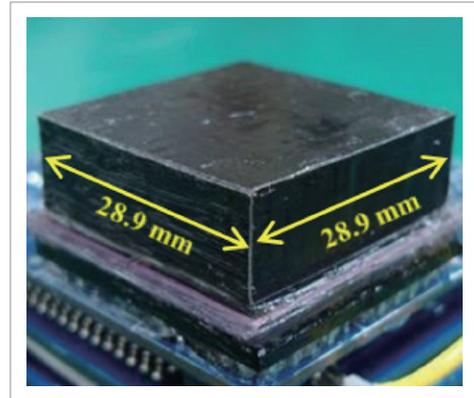
► 圖3 胃癌核醫造影劑之示意圖。(A) 聚合微粒透過螯合物diethylenetriamine penta-acetate (DTPA)標幟放射性同位素銾-111；(B)且進一步鍵結醣調控蛋白78結合胜肽(glucose regulated protein 78 binding peptide, 序列RGDKGGWIFPWQL)。



▲ 圖4 醣調控蛋白78專一性大量表現於胃癌細胞及其結合胜肽提升微粒腫瘤聚集效果。(A) 利用西方墨點技術偵測醣調控蛋白78於各種不同癌細胞中之表現情形，結果顯示醣調控蛋白78於胃癌(AGS and MKN45)、大腸癌(HCT-15)及胰臟癌(AR42J)具較高蛋白表現，然而其於乳癌(MCF-7)、肝癌(HepG2)及前列腺癌(PC-3)表現量較低。(B)核醫造影實驗證實醣調控蛋白78結合胜肽導引之奈米微粒-銾-111具有較高之放射造影訊號，顯示醣調控蛋白78結合胜肽提高微粒聚集於腫瘤並可提供較高之診斷正確性。(C)定性實驗顯示藥物注射胃癌動物24小時及48小時醣調控蛋白78結合胜肽約增加2倍微粒聚集效果。*p<0.05。

1-3 半導體光電成像偵檢器

本計畫於本年度(101)主要成果為完成以商用印刷電路板為骨架、建立平整化半導體光電矩陣，以及半導體光電元件專用之驅動/讀取整合式讀出電子二項技術的研發建立，並整合二項技術，完成一64通道之英吋級(有效偵測面積為8.35平方公分，大於一平方英吋)半導體光電成像偵檢器，追齊國際水準[H-S Yoon et. al., 2012]。本年度的成果，包括光電矩陣研製與操作等技術能力，已確保本團隊在半導體光電基礎的新一代成像探頭開發目標上，具備了成功的基礎。



▲ 圖5 整合自主技術，完成英吋級半導體光電成像偵檢器，達國際水準。有效偵測面積為8.35cm²，解析能力達1.9mm。

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，採取自主建立前驅物合成技術到臨床試驗應用，掌握各階段之關鍵技術，以benchtop to bedside思維整合各領域專才，共同開發具潛力與價值的診斷性核醫藥物新藥。本年度聚焦在腫瘤、神經母細胞瘤與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，更延伸觸角朝向肝與肺臟藥物開發。

醫療器材研發團隊於半導體光電元件的應用與操作上，成功建立了基礎的技術能力；後續仍需進一步研發精進讀取電子與晶陣光學組裝之技術，以達到實用化的工程要件，包括高解析能力、大單體面積、與無縫拼接可行性，並建立具產業化價值的成像偵檢器開發能力，此成果將確保本團隊有能力開發輕量、節能、具產業競爭力的新世代影像醫材。

無論是新藥開發或醫療器材開發，本計畫最終目標在於提升我國核醫產業技術之建立，以維護國人健康為宗旨，更重要的是將核醫藥物本土化與躍上國際競爭平台。

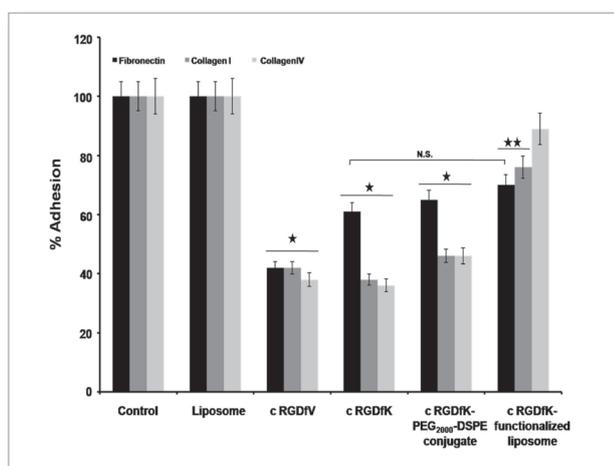
2.放射奈米癌症診療及其他應用技術之發展

作者：李德偉、邱淑珮、徐維荃、張志賢、陳冠因

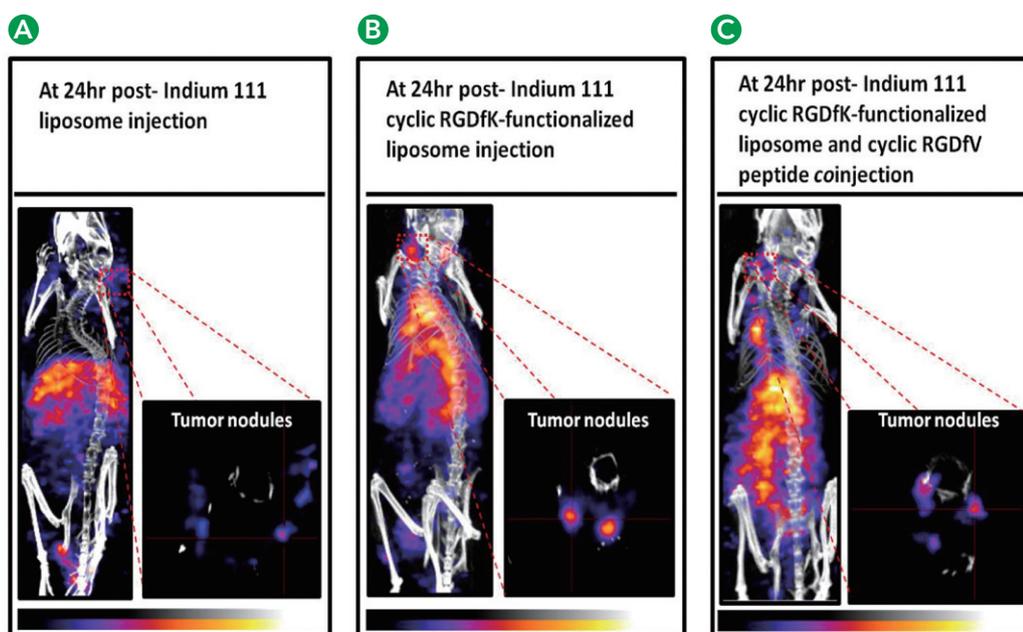
放射奈米癌症診療及其他應用技術之發展計畫之研發內容涵括診斷用奈米核醫藥物研製與應用研究、治療用奈米核醫藥物研製與應用研究、奈米生物碳珠診斷技術之前瞻與應用研究等三個分項工作。計畫目標旨在利用核能研究所之核醫造影設備(microPET/CT、microSPECT/CT、Autoradiography)專業人才與經驗，並與國內生醫產業結合，發展放射奈米癌症診斷醫學。

2-1 以銻-111標誌奈米級靶向型微脂體在人類黑色素瘤小鼠異種移植模式中具有腫瘤成像之能力評估

本研究主在於發展一奈米級靶向型之藥物，選用一具有接受器專一性與結構特異性之環狀胜肽接合子作為標靶導向媒介分子，並利用嵌入法的方式與奈米微脂體結合形成實驗所需的奈米級靶向型微脂體。並於荷人類黑色素瘤實驗小鼠模式下，藉由標誌銻-111的奈米級靶向型微脂體，進行生物體內靶向活性與特異性評估。與非靶向型之奈米微脂體相較下，實驗動物造影結果顯示此靶向型奈米微脂體能清晰的聚集於腫瘤團塊處(如圖7)。



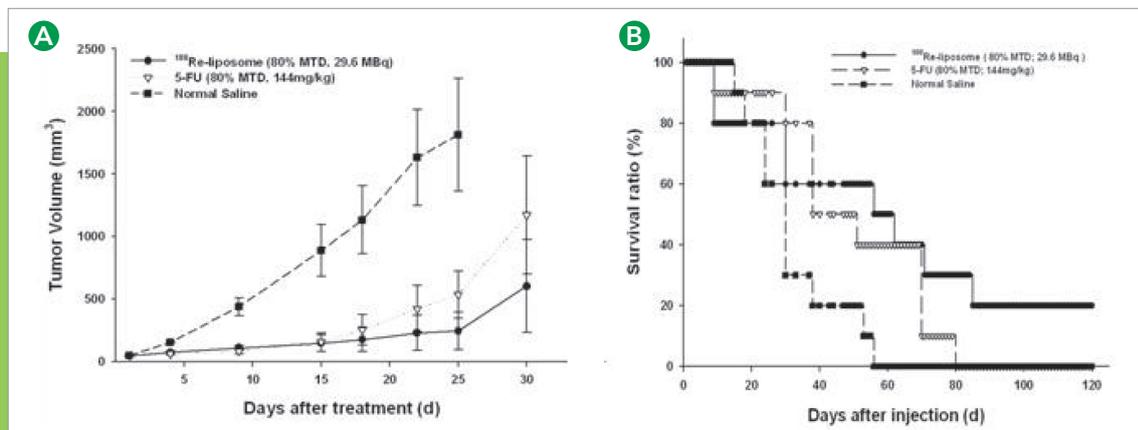
◀ 圖6 靶向性奈米微脂體(cRGDFK-functionalized liposome)具有抑制由特定細胞接受器所媒介之人類黑色素瘤細胞黏著附作用。



▲ 圖7 In-111-Liposome (A)及In-111-Liposome-RGD (B)在人類黑色素瘤細胞皮下接種之裸鼠腫瘤模式之nanoSPECT/CT分子影像分析，結果顯示靶向型奈米微脂體於腫瘤團塊處具有專一性的累積，且能清晰的呈現腫瘤之相對位置 (C)。

2-2 「銻-188微脂體」在C26大腸直腸癌BALB/c小鼠的療效應用

奈米微脂體是一個很好的藥物載體，以放射線標記的奈米微脂體於放射治療及診斷影像上的應用非常俱有潛力。本研究乃探討「銻-188微脂體」在C26大腸直腸癌BALB/c小鼠的療效應用。腫瘤鼠放射治療之前需先進行安全性的評估試驗，並以腫瘤生長抑制成果、存活率及腫瘤超音波造影當作「銻-188微脂體」療效評估的指標。腫瘤細胞凋亡於「銻-188微脂體」注射後以TUNEL法進行檢測評估。安全性實驗結果顯示，授予「銻-188微脂體」組別實驗鼠，於藥物注射投與後7-14天體重及白血球數量稍許減輕。療效試驗結果顯示，給予「銻-188微脂體」治療的組別具有較好的腫瘤生長抑制速率(Mean tumor Growth Inhibition rate, MGI)及較長的生存時間(MGI = 0.140; 80 d)，其結果優於抗癌化療藥物5-FU治療組(MGI = 0.195; 69 d)及控制組(MGI = 0.413; 48 d)。腫瘤超音波影像顯示，給予「銻-188微脂體」治療可縮小腫瘤體積及減少腫瘤的血管數。授予「銻-188微脂體」後8小時腫瘤細胞凋亡數目顯著增加，其結果優於控制組老鼠。這些結果顯示「銻-188微脂體」具有癌症輔助性治療應用上的潛力。



▲ 圖8 腫瘤療效評估試驗。C26大腸直腸癌腫瘤模式BALB/c小鼠尾靜脈授予「銻-188微脂體」(29.6 MBq; 80% MTD) 或 5-FU (144 mg/kg; 80% MTD)治療後腫瘤體積天數圖(A)及存活率曲線圖(B)，結果顯示，「銻-188微脂體」具有較好的腫瘤生長抑制效果及較長的存活率。

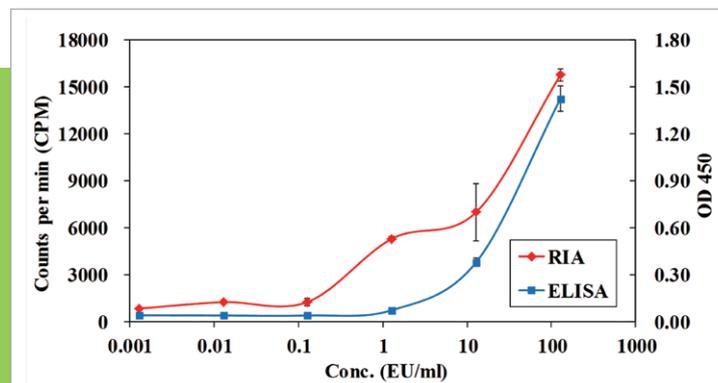
2-3 「銻-188微脂體」第零期臨床試驗研究

101年度於台北榮民總醫院進行「銻-188微脂體」第零期臨床試驗研究，主要目的在於評估罹患轉移性癌症卻對現行可用治療成效不佳之患者身上使用微劑量「銻-188微脂體」治療之安全性。每位受試者將接受微劑量低於3毫居里之「銻-188微脂體」靜脈滴注。注射藥物1、4、8、24以及48小時後分別進行單光子放射電腦斷層掃描，提供「銻-188微脂體」之人體內分佈狀況以及劑量測定資訊。同樣地，於每次進行單光子放射電腦斷層掃描前將採集血液和尿液檢體進行放射性分析。給予單一劑量之「銻-188微脂體」，於給藥後1、

4、8、24、48、72小時進行planar和SPECT造影。101年度已完成8例受試者生理狀況及血液生化檢驗等結果皆正常，顯示在進行臨床試驗之後並無不良反應的情形發生；「銻-188微脂體」第零期臨床試驗研究亦證明在癌症病人之安全性。

2-4 奈米放射免疫檢驗試劑--伊畢氏病毒免疫球蛋白A試劑的開發

伊畢氏病毒(Epstein-Barr Virus, EBV)病毒是較大型的人類疱疹病毒，和許多疾病相關，鼻咽癌病人的 EBV IgA 力價較一般人高。鼻咽癌好發於華人地區，包含：台灣、香港、新加坡和中國大陸東南部，而奈米碳管自從被開發出來後被應用在許多領域上。在本研究中，進行全球第一個應用放射免疫分析法偵測EBV IgA抗體力價檢驗試劑之開發，利用鈷-60照射改質的奈米碳管並使其磁性化後做為基材，開發體外放射免疫鼻咽癌檢驗試劑，用來偵測人體血液中的EBV IgA 力價，以診斷是否罹患鼻咽癌。目前開發的情況，以125I標誌人類二級抗體的放射化學純度達95%以上，另外使用傳統96孔盤ELISA偵測方式(1.28 EU/ml)與本計畫所開發的放射免疫方式(0.128 EU/ml)進行續列稀釋的比較(如圖9)，所得的偵測低限期能比傳統方式稀100倍，由於偵測低限之可測得濃度更低，此部份未來將有利於作為早期檢測鼻咽癌之用。



▲ 圖9 RIA和ELISA方法檢測EBV IgA抗體的偵測極限。標準樣品 A: 128 EU/ ml 稀釋 10X, 100X, 1,000X, 10,000X 和 100,000X。RIA 測得抗體力價濃度(偵測極限)為0.128 EU/ml，較ELISA(1.28 EU/ml)低。

本計畫開發放射奈米藥物是從實驗室到臨床為目標，目前體內放射治療藥物「銻-188-微脂體」與「伊畢氏病毒免疫球蛋白A試劑」皆已進行至臨床試驗階段，其中「銻-188-微脂體」為全世界第一個進入臨床試驗的放射奈米標靶藥物，在临床上可應用於體內放射治療大腸直腸癌轉移性病患，目前正持續進行人體臨床試驗。本計畫開發的藥物未來可提供此放射奈米藥物於癌症放射診療應用，維護大眾醫療健康，對國人醫療照顧貢獻乙份力量。同時，持續進行體內放射治療藥物「銻-188-微脂體」、「伊畢氏病毒免疫球蛋白A試劑」的臨床研究與技術商品化的推動，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。

3.本土好發性疾病輻射應用與分子影像技術平台

作者：王美惠

本計畫總目標在建構與提供輻射技術與分子影像技術平台，協同生技醫藥國家型計畫，共同開發本土好發性疾病早期診療或輔助診療之藥物，包括同位素、輻射照射與藥物生產、肝標靶傳輸與癌分子標靶輻射技術與分子影像平台、腦神經功能評估技術平台、cGMP/GLP藥物品管分析與小分子與螯合劑技術平台。

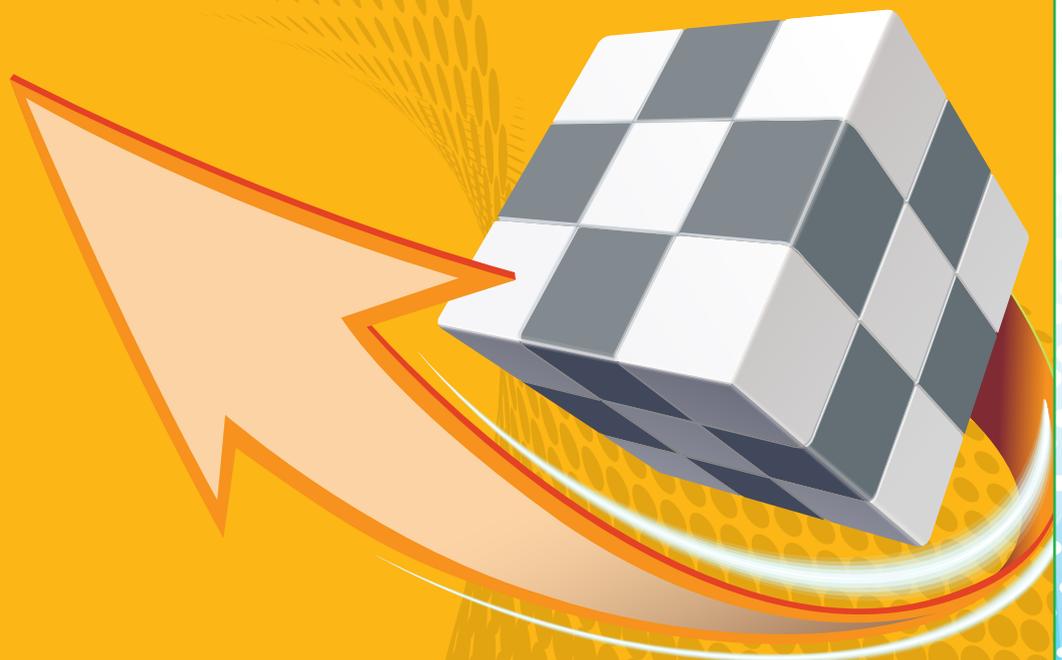
重要成果如：接受委託同位素生產供應5件、肝與癌標靶平台服務22件(NRPB user 占13件)，服務capacity佔95%，分子影像部分之服務金額有 1,053,100元。完成國家奈米元件實驗室CB1a抗癌胜肽藥物動力學研究報告一件(INER-9364R)。完成nanoPET/CT主機採購與整合系統建立，增加F-18標誌藥物的3D立體影像，替代現有市面2D平面影像，完成nanoPET與CT品質管制文件3份(INER-OM-1748R, INER-OM-1745R, INER-OM-1766R)，例行年使用率約7成；進行多重癌症療效評估探針之開發，並以癌症療效評估輻射應用及分子影像技術平台服務NRPB計畫。本年度增加F-18 InerTA2造影平台並完成InerTA2連續三批次造影確定其穩定性；經動物腫瘤造影可見xenograft腫瘤大小、位置與腫瘤內死活細胞之多寡，包括乳癌、肺癌與肝癌，共服務9件，NRPB user佔75%。與中興大學合作開發Her2抗體乳癌造影劑，I-123造影結果於生物體分布4小時時tumor/muscle ratio為4；與學界合作開發乳癌標靶胜肽造影劑，克服乳癌細胞標靶胜肽于活體實驗無法聚積腫瘤，經過pegylation接上PEG-DSPE，4小時tumor /muscle=4；24hr tumor/muscle=12；結果顯示其具有癌症靶向性；採鍵結PEG策略，有效改善每批次品管。進行F-18-ADAM腦神經委託案一件，長期光照與黑暗對血清素轉運體的生成有減少，但光照組與黑暗組沒有顯著差異。台灣肝膽造影劑-DISIDA嚴重缺貨，因應衛生署與核醫學會要求，完成DISIDA之試製，以正常鼠做測試，結果15-60min皆可見其聚積於膽囊。完成開發一種新穎膽道掃描用造影劑及其標誌配方，建立Tc-99m標誌3鏈半乳糖之標誌技術，並完成30min, 60min, 90min與120min的生物體分布，實驗結果顯示膽道造影之潛力。傳統用的Tc-99m DISIDA是膽紅素的類似物，在人體內代謝途徑相近，可以在膽囊聚積，國外常用於評估膽囊管是否暢通，以早期診斷出小兒膽道閉鎖不全；但不適用於肝功能差的病患，對於肝功能差的病患，可以使用Tc-99m TriGalNAc，係使用肝臟特有的去唾液酸糖蛋白受體，在體內代謝很快，膽道是否閉鎖很容易可於15分鐘內觀察。到完成中華民國專利申請(TW101150985，2012/12/28)。提供腦神經造影劑做競爭抑制實驗來驗證使用者腦神經藥物之功效，其中有很多使用者是買進 C-14放射藥劑委託我們進行腦部自體放射顯影術，迄今我們至少服務4件以上。參加2012中華民國核醫學年會，發表”新型銻-111 標誌聚乳糖衍生物之放射化學及生物特性評估:Radiochemistry and biological evaluation of novel Indium-111-labeled multivalent lactoside derivatives”研究成果，榮獲中華民國核醫學會頒發口頭論文基礎組第三名。年度獲得 “胃內灌注小鼠動物模式” SCI期刊1篇，係藉由手術埋管入胃，在通過此埋管準確地控制藥物經由消化道攝取的量，減少藥物投予量的誤差，如此可避免動物對化合物本身之厭惡感，達到投予化合物的有效劑量，並可配合幫浦

控制給予的速度，以此給予的方式可使脂肪肝動物模式達到肝纖維化之嚴重程度。有越來越多證據顯示，肥胖與脂肪肝也是肝纖維化與肝癌的危險因子，建立脂肪肝動物模式，未來可以提供相關服務來加速肝臟病理之研究。年度獲得美國發明專利1篇，一種適用於檢測肝殘餘功能之方法及其肝標靶醣質分子造影劑(US 8142759B2)。該造影劑配合肝標靶醣質醫學影像分子造影方法，可用以評估肝殘餘功能，以及癒後肝纖維化是否好轉之療效評估。將繼續朝臨床試驗方向努力，朝殘餘肝功能檢測藥劑之應用方向努力，用以篩檢急需換肝的急性肝衰竭病患，以避免可以不換肝卻換肝後長期需服用抗排斥藥之痛苦。本年度與臨床前群組及經濟部所屬機構(工研院與生技開發中心)有較多合作與配合，協助醫材生長因子與微脂體放射標誌、手術與腫瘤動物模式建立、以及生物體分布造影試驗；有助推動新穎藥物進入臨床試驗申請之審查。年度增加原位癌與轉移腫瘤動物模式，包括氣管接種肺癌腫瘤模式、Her2乳癌原位腫瘤模式等，對於某些學研單位我們亦提供肺癌A549與LL2腫瘤模式。

本平台與NRPB計畫合作，將積極透過上中下游合作與整合來強化國際競爭力，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，同時鎖定亞洲區域性好發之重大疾病為目標，成為全球分子影像技術與藥物開發的領導者。

伍、附錄 Appendices

- 榮譽報導
- 101年獲得之專利



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：

「2012台北國際發明暨技術交易展」獲發明獎與簽訂技轉合約：

本所「固態氧化物燃料電池及其製作方法」獲頒最高榮譽鉑金獎，另獲得4金2銀5銅共計12面獎牌。於參展期間並與8家廠商簽訂合計12份「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。

「2012年台北國際發明暨技術交易展」獲獎明細表

獲獎類別	專利名稱
1鉑金獎	<ul style="list-style-type: none"> ■ 固態氧化物燃料電池及其製作方法
4金牌獎	<ul style="list-style-type: none"> ■ 高整合固態氧化物燃料電池膜電極組合元件之創新複合增效製作程序與配方 ■ 放射性同位素銇-201之分離裝置 ■ 聚光座體結構 ■ 應用於燃料電池發電系統之燃燒重組器
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 陽極處理程序以提升固態氧化物燃料電池之膜電極組輸出電功率密度 ■ 奈米層狀碳酸鹽之中高溫捕碳劑
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 缺氧造影劑HL91-NI結構衍生物 ■ 以游離輻射照射之促進海藻生長裝置
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 一種薄膜光伏裝置及其製造方法 ■ 玻璃-陶瓷組成物之封接材料 ■ 用於光電元件之基板的剝離結構





● 2012年台北國際發明展頒獎實況



● 鉑金獎座

■ 第九屆國家新創獎：

「銻-188微脂體」體內放射治療藥物及「血清素轉運體造影劑碘-123-ADAM 之開發及其憂鬱症之臨床應用」參加財團法人國家生技醫療產業策進會（生策會）舉辦「第九屆國家新創獎一學研組」，經評審團評鑑獲頒國家新創獎。



■ 經濟部科專計畫最佳推手獎：

執行經濟部科專計畫「放射藥理技術應用於新藥之開發四年計畫(1/4)」，榮獲經濟部技術處科專優良成果肯定，獲頒法人科技專案計畫—最佳推手獎。



■ 2012 TGIS 金圖獎「最佳推動服務獎」：

「核與輻射事故緊急應變資訊整合管理系統」包括救災緊急應變流程 E 化、3D 建模、GIS圖台、空間即時輻射擴散模式、行動智慧型手機及虛擬實境等行動裝置整合，獲頒 2012台灣地理資訊學會(TGIS)之金圖獎「最佳推動服務獎」。



■ 核能同級品零組件檢證機構：

通過稽核，完成定期換照。年度執行檢證/驗證技術服務案13件，檢證零組件包括：機械類：不鏽鋼管件、定位器、碟閥、電纜托網…等；電子類：電子卡片、中壓電力電纜、K2磁場接觸器…等。使本土廠商有機會且合法的參與核電廠安全相關設備組件更換服務，落實核能自主產業應用。



■ 財團法人全國認證基金會認證：

地震平台實驗室、放射化學分析實驗室及太陽電池模組驗證實驗室通過財團法人全國認證基金會TAF認證。



地震平台實驗室



放射化學分析實驗室



太陽電池模組驗證實驗室

■ CGC金太陽實驗室認可：

太陽電池模組驗證實驗室再於7月通過大陸鑒衡CGC認證中心認證取得CGC金太陽實驗室認可證書，將可協助國內業者克服進入大陸市場門檻條件。



■ 組織績效再獲肯定：

本所已連續9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。莊俊博士推行兵役行政事務績效卓著獲內政部頒給「二等役政專業獎章」。研發替代役張鈞量本年度於現役近10,000名役男中，獲評選為前25名年度績優役男之一，張員已連續2年獲得績優役男獎項殊榮。



■ 放射性物料安全營運績優暨研究發展傑出貢獻獎：

放射性物料研究發展傑出貢獻獎(團體獎)－本所化工組難處理放射性廢液研發團隊；放射性物料安全營運績優獎(團體獎)－台灣研究用反應器(TRR)爐體廢棄物安全貯存管理團隊；放射性物料安全營運績優獎(個人獎)－核燃料及材料組胥耀華博士。

■ 參與建議制度優等獎：

「“輻”合標準，“食”在安心」優等獎暨「私有雲端儲存系統在協同合作上的應用」行政院榮譽獎。



■ 燃材組朱厚瑾博士獲選為行政院101年模範公務員。

101年度獲得之專利

1. 楊嘉喜、何彥昇、盧麗慧、陳淑玲、李德偉，”二乙烯基三胺基五醋酸衍生物製備方法”，日本，特許第5004438號，94.06.09-114.06.08。
2. 唐松筠、林武智，”從鈾-201放射性同位素殘剩液中回收鈾-203同位素之回收方法”，日本，特許第4936304號，94.11.28-114.11.27。
3. 鍾人傑，”油性磁流體之製備方法”，歐盟，EP1821323B1，95.02.15-115.02.14。
4. 鍾人傑、陳敏男、黃慶村，”利比多磁流體及其製備方法”，歐盟，EP1855295B1，95.05.08-115.05.07。
5. 吳志宏、張凱勝、辛華煜、曾衍彰，”光開關結構改良”，日本，特許第4947572號，95.05.22-115.05.21。
6. 郭文生、梁正宏、胡中興、方集禾、童武雄，”沸水式反應器燃料錯置事故分析方法”，日本，特許第5057426號，95.07.24-115.07.23。
7. 張茂雄、陳道祺、褚國源、黃炳焰、陳振宗、杜定賢、林武智，”高壓環繞冷卻靶腔”，歐盟，EP1892314B1，95.08.24-115.08.23。
8. 黃振興，”奈米通道複合薄膜之陽極結構及其大氣電漿噴塗之製造方法”，日本，特許第5028063號，95.10.16-115.10.15。
9. 李德偉、邱淑珮、游佳瑜、張翠容、張志賢，”製備脂質-間隔基-反應官能基-胜肽之方法”，中華民國，發明第I362270號，101.04.21-115.10.30。
10. 張慧良、曹正熙、張亨榮、謝國龍、鄭必信，”具甲醇阻抑性及高選擇係數之質子交換膜製造方法”，中華民國，發明第I357914號，101.02.11-116.01.03。
11. 張慧良、曹正熙、張亨榮、謝國龍、鄭必信，”具甲醇阻抑性及高選擇係數之質子交換膜製造方法”，日本，特許第5057364號，96.03.09-116.03.08。
12. 張慧良、張亨榮、謝國龍、鄭必信，”薄膜電極組合之製作方法”，日本，特許第4919166號，96.06.28-116.06.27。
13. 簡俊清、許寧逸、邱顯都、林素賢，”觸媒成分之氧化態調控裝置與方法”，中華民國，發明第I375593號，101.11.01-116.07.18。
14. 唐一中、羅彩月、吳裕隆、鄭善云、葉雲漢、盛昌茂、劉秀雯、林武智，”抑制及診斷癌症之放射性物質及其製備方法”，中華民國，發明第I378801號，101.12.11-117.07.25。
15. 洪慧芬、林國新、施圳豪、辛華煜、郭成聰，”太陽能電池散熱封裝裝置”，中華民國，新型第M428501號，101.05.01-106.07.26。
16. 洪慧芬、施圳豪、陳盈汝、辛華煜、郭成聰，”太陽能電池散熱結構改良”，中華民國，新型第M428502號，101.05.01-106.07.26。
17. 謝政昌、吳敏文、艾啟峰，”大氣電漿反應裝置”，中華民國，發明第I355866號，101.01.01-116.08.15。

18. 王多美、楊昇府、邱文通、李文成、陳靖良、曾錦清，”輕質熔岩板材之製造方法”，中華民國，發明第I368631號，101.07.21-116.08.15。
19. 張慧良、張享榮、謝國龍、鄭必信，”細管型薄膜電極組合的製作方法”，中華民國，發明第I3556523號，101.01.11-116.08.15。
20. 梁仲賢、趙裕、陳清奎、邱進立、李綉偉，”富氫氣體燃料生產系統及富氫氣體燃料生產程序”，中華民國，發明第I359107號，101.03.01-116.08.20。
21. 陳朝鈺、廖啟宏、黃慶村、張清土，”以蛭石為載體之一氧化碳選擇性氧化觸媒”，中華民國，發明第I357355號，101.02.01-116.08.22。
22. 林登連、曾錦清，”直流蒸氣電漿火炬裝置及其電極熔損抑低方法”，中華民國，發明第I357781號，101.02.01-116.08.30。
23. 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”，中華民國，發明第I378592號，101.12.01-116.09.03。
24. 陳長盈、章俊隆、劉得杏、許智淵、查厚錦，”燃料電池之燃料供應方法”，日本，特許第4938600號，96.09.10-101116.09.10。
25. 謝政昌、吳敏文、艾啟峰，”大氣電漿反應裝置”，美國，US8,142,608B2，96.09.11-116.09.10。
26. 李文成、葉輔仁、陳靖良、李清華、陳慧憶、陳筠樺，”以電漿焙燒方式回收廢印刷電路板中有價金屬之方法”，中華民國，發明第I365225號，101.06.01-116.09.12。
27. 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”，日本，特許第5069989號，101.08.24-116.09.24。
28. 黃慶村、張清土，”廢酸液之固化與安定之方法”，歐盟，EP2043109B1，96.09.26-116.09.25。
29. 王多美、楊昇府、邱文通、李文成、陳靖良、曾錦清，”輕質熔岩板材之製造方法”，日本，特許第4901671號，96.09.28-116.09.27。
30. 洪慧芬、林國新、施圳豪、辛華煜、郭成聰，”太陽能電池散熱封裝裝置”，日本，特許第5057379號，96.09.28-116.09.27。
31. 李茂傳、高維欣、林泰男、張揚狀、王俊修，”高整合固態氧化物燃料電池膜電極組合元件之創新複合增效製作程序與配方”，日本，特許第5099892號，96.10.01-116.09.30。
32. 劉建國、雍敦元、林金福、吳思翰，”玻璃或玻璃-陶瓷組成物之封接方法”，中華民國，發明第I356046號，101.01.11-116.10.03。
33. 朱厚瑾，”研磨薄化試片的方法”，中華民國，發明第I361888號，101.04.11-116.10.04。
34. 李銘忻、任天熹、林武智，”核醫藥物自動分裝機”，美國，US8,181,677B2，96.10.08-116.10.07。

35. 劉建國、雍敦元、林金福、李瑞益、李鑽生，”玻璃-陶瓷組成物之封裝材料”，中華民國，發明第I365860號，101.06.11-116.10.10。
36. 陳孝輝、陳永枝、顏志明、黃孟涵、楊明松，”一種具雙重放電結構之大氣電漿反應器裝置”，中華民國，發明第I357090號，101.01.21-116.10.10。
37. 張家榮、黃立宗、高弘俊、張剛璋、李世瑛、吳國宏、陳家杰，”核醫分子影像檢測中草藥裝置”，中華民國，發明第I374729號，101.10.21-116.10.17。
38. 鍾人傑、曾育貞、劉玉章，”多層薄膜電極結構之形成方法”，中華民國，發明第I370549號，101.08.11-116.10.18。
39. 林東威、徐鴻發、胡宏昌，”非破壞性檢測輔助裝置”，中華民國，發明第I357606號，101.02.01-116.10.18。
40. 陳朝鈺、廖啟宏、黃慶村、張清土，”以蛭石為載體之一氧化碳選擇性氧化觸媒”，日本，特許第5154887號，96.10.19-101.11.14。
41. 游適帆、吳宗達、詹美齡，”光電倍增管連接介面裝置”，中華民國，發明第I365475號，101.06.01-116.10.24。
42. 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”，中華民國，發明第I358414號，101.02.21-116.10.25。
43. 王美惠、林武智、李瑞成、沈立漢、陳浩然，”檢測肝殘餘功能之方法及其醣質醫學影像分子造影劑”，美國，US8,142,759B2，96.12.12-116.12.11。
44. 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”，歐盟，EP2083465A1，97.01.23-117.01.22。
45. 張慧良、張享榮、謝國龍、鄭必信，”細管型薄膜電極組合的製作方法”，日本，特許第4961596號，97.01.28-117.01.27。
46. 鄭宗杰、紀毓駁、陳明輝，”典型控制環路裝置”，日本，特許第5048533號，97.01.28-117.01.27。
47. 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”，美國，US8,273,230B2，97.02.15-117.02.14。
48. 游原昌、葉宏易、黃揮文、陳明輝，”安全網路通訊資料驗證模擬裝置”，中華民國，發明第I363526號，101.05.01-117.03.05。
49. 王俊修、李茂傳、林泰男、張揚狀、高維欣、林立夫，”陽極處理程序以提升固態氧化物燃料電池之膜電極組輸出電功率密度”，日本，特許第5166080號，97.03.12-117.03.11。
50. 黃柏勳、歐陽啟能、許怡儒、徐耀東、林聰得，”太陽能電池機械負荷測試機台”，中華民國，發明第I367320號，101.07.01-117.04.02。
51. 鍾人傑、石淑敏、陳育生，”廢水處理觸媒物質之製造方法”，中華民國，發明第I359698號，101.03.11-117.04.21。

52. 林登連、曾錦清，” 直流蒸氣電漿火炬裝置及其電極熔損抑低方法” ，美國，US8,269,134B2，97.04.25-117.04.24。
53. 簡俊清、許寧逸、邱顯都、林素賢，” 奈米Ru-Se觸媒之製備” ，中華民國，發明第I365565號，101.06.01-117.06.05。
54. 施圳豪、洪慧芬、林國新，” 太陽能電池散熱板絕緣結構” ，美國，US8,263,852B2，97.06.23-117.06.22。
55. 任天熹、莊適祊、馮上燦，” 水下檢測掃描裝置” ，中華民國，發明第I358070號，101.02.11-117.06.25。
56. 李銘忻、林武智，” 一種核醫藥物注射劑自動化製程及其評估方法” ，中華民國，發明第I362928號，101.05.01-117.07.06。
57. 林書睿、洪賢豪、康龍全，” 核能一級管路破裂安全評估方法” ，中華民國，發明第I368920號，101.07.21-117.07.09。
58. 陳長盈、章俊隆、劉得杏、許智淵、王瑞翔，” 燃料電池之燃料供應方法” ，中華民國，發明第I371887號，101.09.01-117.07.10。
59. 張剛璋、杜衍宏、李世瑛、陳振宗、陳家杰、林武智，” 氟-18-FDDNP自動合成盒方法” ，中華民國，發明第I359673號，101.03.11-117.07.16。
60. 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)之程序” ，美國，US8,158,304B2，97.07.22-117.07.21。
61. 葉俊賢、袁明程，” 棒狀射源及其校正假體結構” ，中華民國，發明第I374289號，101.10.11-117.07.24。
62. 曹正熙、余明昇、曾怡仁、王誠佑、吳秀珠、鍾翠芸、簡俊清、林立夫，” 高儲氫材料及其形成方法” ，中華民國，發明第I369246號，101.08.01-117.07.24。
63. 高弘俊、羅靄人、陳家杰、林武智、沈立漢，” 改進I-123-ADAM自動化合成系統之方法” ，中華民國，發明第I359672號，101.03.11-117.08.06。
64. 蔡俊煌、黃振興，” 燃料電池量測裝置” ，中華民國，發明第I364127號，101.05.11-117.08.14。
65. 余冬帝、程永能、李瑞益、李堅雄，” 模組式燃料電池之結構與封裝設計裝置” ，中華民國，發明第I369023號，101.07.21-117.08.28。
66. 彭正球，” 限制控制棒葉片擠壓後回彈之裝置” ，中華民國，發明第I373052號，101.09.21-117.09.03。
67. 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)之程序” ，歐盟，EP2166602A1，97.09.11-117.09.10。
68. 羅彩月、陳建文、唐一中、許桂綸、吳裕隆、劉清楨、梁德生、林金陣、盛昌茂、許志道，” 幾丁聚醣之抑癌放射性物質及其製備方法” ，中華民國，發明第I375569號，101.11.01-117.09.15。

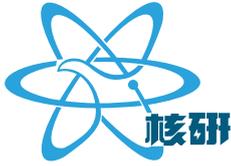
69. 洪文堂、蔡禹擎、王宏瑜、顏子翔、李堅雄、黃維屏、林明達、賴振坡、黃正男，”固態氧化物燃料電池熱能回收系統”，中華民國，發明第I366300號，101.06.11-117.09.24。
70. 廖本錦、游原昌、黃揮文、鄭宗杰、陳明輝，”特殊安全設施儀控系統自動測試裝置”，中華民國，發明第I365457號，101.06.01-117.09.24。
71. 唐一中、羅彩月、吳裕隆、許桂綸、林正憲、林金陣、盛昌茂、梁德生，許志道、劉清楨，”放射性混合物及其製造方法”，中華民國，發明第I355277號，101.01.01-117.10.07。
72. 黃振興、蔡俊煌，”固態氧化物燃料電池及其製作方法”，中華民國，發明第I373880號，101.10.01-117.10.15。
73. 趙椿長、陳孟琪，”進步型沸水式核能電廠儀控流程之故障樹分析系統方法”，中華民國，發明第I380322號，101.12.21-117.10.16。
74. 林弘翔、李瑞益、程永能，”固態氧化物燃料電池堆負載裝置及具有負載裝置之高溫爐”，中華民國，發明第I369809號，101.08.01-117.10.21。
75. 吳敏文、薛天翔、謝政昌、艾啟峰，”紡織品之大氣電漿加強天然抗菌與吸濕快乾雙重功能改質方法”，中華民國，發明第I361238號，101.04.01-117.10.21。
76. 林唯芳、劉翼碩、黃國棟、吳明忠、楊村農、曹正熙，”太陽能電池塗料及其形成方法”，中華民國，發明第I369789號，101.08.01-117.10.23。
77. 梁鑫京，”可提供三維事件位置資訊之加馬平面成像探頭裝置及其成像單元之事件位置辨識方法”，中華民國，發明第I356689號，101.01.21-117.10.28。
78. 趙椿長、林家德，”進步型沸水式核能電廠全方位營運缺失風險等級量化系統方法”，中華民國，發明第I378470號，101.12.01-117.10.29。
79. 程永能、李瑞益、林弘翔，”平板型燃料電池之線上高度量測系統”，中華民國，發明第I372486號，101.09.11-117.10.29。
80. 蔡禹擎、洪文堂、王宏瑜、李瑞益、黃維屏，”低污染節能型燃料電池堆測試裝置”，中華民國，發明第I372953號，101.09.21-117.10.29。
81. 顏子翔、洪文堂、蔡禹擎、王宏瑜、黃維屏、林明達、賴振坡、黃正男，”應用高溫熱管於高溫燃料電池之熱能回收系統”，中華民國，發明第I364131號，101.05.11-117.10.29。
82. 周光暉、李國華(詹益光)，”核電廠熱功性能診斷分析裝置”，中華民國，發明第I372323號，101.09.11-117.10.29。
83. 王宏瑜、蔡禹擎、洪文堂、顏子翔、黃正男、黃維屏，”燃料電池自動化測試程序之監控裝置”，美國，US8,244,382B2，99.01.11-119.01.10。
84. 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”，美國，US8,297,273B2，98.02.08-118.02.07。

85. 梁逸平、林國新、洪慧芬、辛華煜、郭成聰，”聚光型太陽能電池模組之線材結構改良”，美國，US8,145,021B2，99.01.13-119.01.12。
86. 顏子翔、洪文堂、蔡禹擎、王宏瑜、黃維屏、林明達、賴振坡、黃正男，”應用高溫熱管於高溫燃料電池之熱能回收系統”，美國，US8,197,975B2，99.01.19-119.01.18。
87. 李文成、陳靖良、李清華、劉冠廷、伍紹文、顏辰有，”含有價金屬電漿熔渣中金、銀、銅之回收方法”，中華民國，發明第I372662號，101.09.21-118.04.02。
88. 楊村農，”具高品質氧化鋅薄膜材料之製備方法”，中華民國，發明第I379345號，101.12.11-119.04.15。
89. 楊村農，”兼具內部光反射與雜質阻隔之薄膜介面層結構之製備方法”，中華民國，發明第I379430號，101.12.11-118.04.15。
90. 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”，美國，US8,194,331B2，98.12.15-119.08.08。
91. 彭正球，”限制控制棒葉片擠壓後回彈之裝置”，美國，US8,091,185B2，98.12.15-118.12.14。
92. 張慧良、張榕修，”具滾動轉子之連續塗敷方法及其裝置”，中華民國，發明第I372660號，101.09.21-118.05.06。
93. 吳志宏，”含銀金屬歐姆接觸電極”，中華民國，發明第I377645號，101.11.21-118.05.06。
94. 余慶聰、邱耀平、陳三元、吳智祥，”中高溫捕碳劑之吸碳奈米微層狀材料Ca-Al-CO₃及其製造與使用方法”，美國，US8,168,156B2，99.02.09-119.02.08。
95. 林弘翔、李瑞益、程永能，”平板型固態氧化物燃料電池(SOFC)電池堆(stack)移送裝置”，美國，US8,146,890B2，101.04.03-119.08.11。
96. 林弘翔、李瑞益、程永能，”固態氧化物燃料電池堆負載裝置及具有負載裝置之高溫爐”，美國，US8,250,929B2，101.08.28-120.04.18。
97. 楊村農，”兼具內部光反射與雜質阻隔之薄膜介面層結構之製備方法”，美國，US8,273,650B2，98.11.16-118.11.16。
98. 黃振興、蔡俊煌，”固態氧化物燃料電池及其製作方法”，美國，US8,241,812B2，98.06.12-118.06.11。
99. 胡鴻才、陳朝鈺、趙裕、陳孝輝，”電漿輔助觸媒重組裝置與方法”，中華民國，發明第I379710號，101.12.21-118.06.22。
100. 蕭述三、李宣億、邱耀平、陳一順、徐毅理、陳柏壯、曾錦清、許嘉仁，”即時調控之粉粒體旋轉篩分裝置”，美國，US8,091,711B2，98.06.24-118.06.23。
101. 楊昇府、王多美、葉俊彥、李文成、孫金星、曾錦清，”多孔性防音板材之製備方法”，中華民國，發明第I374963號，101.10.21-118.06.24。

102. 黃其文、朱信旗、吳秉榮，”高輻射高活度密閉空間之照明維修機構”，中華民國，發明第I379968號，101.12.21-118.06.25。
103. 徐毅理、邱耀平、蕭述三、曾錦清、許嘉仁，”兩段式流動顆粒床過濾裝置”，美國，US8,142,730B2，101.03.27-119.01.17。
104. 王多美、葛明德、侯光煦、孫金星、李文成、楊昇府、曾錦清，”製備熔岩纖維摩擦材料之方法”，美國，US8,158,049B2，98.12.22-118.12.21。
105. 劉秀雯、林正憲、林次郎、徐成芳，”製備放射性3-碘苯甲胍之標幟前驅物之方法”，中華民國，發明第I364296號，101.05.21-118.07.13。
106. 徐國峻、彭俊華、葉宏易、李政達，”臥式太陽光追蹤器”，中華民國，發明第I363171號，101.05.01-118.07.15。
107. 許怡儒、歐陽啟能、林聰得、徐耀東，”太陽電池模組端子強度測試機台”，美國，US8,186,203B2，98.12.15-118.12.14。
108. 黃森榮、呂建興、陳振宗、林武智、蔡英敏，”放射性同位素鈾-201之分離裝置”，美國，US8,157,998B2，98.11.19-118.11.18。
109. 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”，美國，US8,333,893B2，98.07.31-118.07.30。
110. 黃其文、朱信旗、吳秉榮，”高輻射高活度密閉空間之照明維修機構”，美國，US8,100,590B2，98.07.31-118.07.30。
111. 游原昌、曾嶽升、黃揮文、鄭宗杰，”多樣性與深度防禦分析模擬裝置”，美國，US8,249,840B2，98.09.09-118.09.08。
112. 彭康能、劉清士、黃康琳，”磁隙式渦電流探頭”，美國，US8,203,336B2，98.09.13-118.09.12。
113. 李銘忻、杜定賢、林武智，”鎵(Ga)-68/鍅(Ge)-68發生器固體靶製程參數評估方法”，美國，US8,239,159B2，98.09.30-118.09.29。
114. 鍾人傑、曾育貞、劉玉章、呂永方，”金屬/二氧化鈦漿料以及光觸媒物質之製造方法”，美國，US8,241,604B2，98.09.30-118.09.29。
115. 林鼎翔、黃瓊芳、郭家倫、黃文松，”提升纖維水解液木糖發酵轉化率之方法”，中華民國，發明第I376419號，101.11.11-118.10.21。
116. 鍾人傑、吳明興、劉玉章，”具有階梯式加熱破壞槽之廢水處理裝置及方法”，美國，US8,187,429B2，98.10.22-118.10.21。
117. 劉公典、楊漢興、夏儀芝、蘇昌勇、林台生、陳家杰、沈立漢，”血清素轉運體造影劑¹²³I]ADAM及其前驅物SnADAM之結構體與純度分析方法”，美國，US8,153,441B2，98.10.23-118.10.22。
118. 許怡儒、林聰得、歐陽啟能、鍾正邦、徐耀東，”聚光型太陽能電池模組溫度係數量測裝置”，中華民國，發明第I379424號，101.12.11-118.10.29。

119. 陳文華、伍安義、黃文松、王嘉寶，”纖維生質原料水熱前處理裝置與方法”，中華民國，發明第I364427號，101.05.21-118.10.29。
120. 林弘翔、李瑞益、程永能，”平板型固態氧化物燃料電池(SOFC)電池堆(stack)移送系統”，中華民國，發明第I373872號，101.10.01-118.11.05。
121. 任天熹、蔡嘉晉、陳文華、魏聰揚，”稻稈捆解包裝及粗切裝置”，中華民國，發明第I36944號，101.08.11-118.11.29。
122. 王俊修、李茂傳、林泰男、張揚狀、高維欣，”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”，美國，US8,287,813B2，98.12.01-118.11.30。
123. 余冬帝、程永能、李瑞益，”高溫燃料電池熱能管理系統”，美國，US8,216,735B2，98.12.01-118.11.30。
124. 陳俊亦、辛華煜、邱烘盛，”聚光型太陽能模組之排水外框結構”，中華民國，發明第I368470號，101.07.11-118.12.03。
125. 朱信旗、諸葛志春、任天熹、馮上燦、鄭祖漢、黃其文，”一種可沉澱粉末物質收集罐及其使用方法”，美國，US8,123,939B2，98.10.14-118.10.13。
126. 林弘翔、李瑞益、程永能，”平板型固態氧化物燃料電池(SOFC)電池堆(stack)移送系統”，美國，US8,251,632B2，101.08.28-119.11.25。
127. 邱耀平、徐毅理、蕭述三，”多段式流動顆粒床過濾裝置”，美國，US8,163,249B2，99.01.15-119.01.14。
128. 歐庭嘉，”HCPV演算法結合BIPV於直流電力系統之應用裝置”，美國，US8,314,512B2，99.01.20-119.01.19。
129. 許怡儒、林聰得、歐陽啟能、鍾正邦、徐耀東，”聚光型太陽能電池模組溫度係數量測裝置”，美國，US8,308,351B2，101.11.13-119.02.11。
130. 簡俊清、邱顯都、林素賢、黃婉敏、許寧逸，”氣體反應裝置”，美國，US8,128,894B2，99.03.15-119.03.14。
131. 余慶聰、王啟鴻、邱耀平，”奈米層狀碳酸鹽之中高溫捕破劑”，美國，US8,207,086B2，99.04.07-119.04.06。
132. 辛華煜、徐燕謀、陳俊亦、郭弘仁、黃憶雅，”矽膠玻璃聚光透鏡製程改良”，美國，US8,128,852B2，99.05.07-119.05.06。
133. 簡俊清、許寧逸，”在奈米二氧化矽上製作奈米鉑觸媒之方法”，美國，US8,168,558B2，99.05.19-119.05.18。
134. 黃瓊芳、陳威希、林鼎翔、陳文恆、郭家倫、黃文松，”提升纖維水解液生產五碳糖醇之酵母菌培養方法”，美國，US8,278,078B2，99.05.28-119.05.27。
135. 劉懋鑫、林崇智、林國楨，”具旋轉台設計之桶輻射活度檢測裝置”，美國，US8,304,741B2，101.11.06-120.05.30。

136. 劉秀雯、林正憲、林次郎、徐成芳、張瑜，”含單醣與二氮二硫(N_2S_2)配位子之雙官能基化合物製備方法及其用途”，中華民國，發明第I378939號，101.12.11-119.07.08。
137. 楊村農，”提純冶金級矽基板矽奈米線太陽電池元件之製備方法”，美國，US8,207,013B2，99.09.17-119.09.16。
138. 陳雅頌、郭鴻達，”接線端子螺母起子及其使用方法”，中華民國，發明第I373396號，101.10.01-119.10.05。
139. 劉秀雯、林正憲、林次郎、徐成芳、張瑜，”N-甲基-3-(2-三丁基錫苯氧基)-3-苯丙胺之製備方法及其用途”，美國，US8,258,331B2，101.09.04-120.04.15。
140. 魏華洲、翁培翔、蔡宗諺，”可液相及可氣相進料之酒精脫水裝置”，中華民國，新型第M425125號，101.03.21-110.10.13。
141. 仲金生、王士珍、苑穎瑞，”沸水式反應爐安全釋壓閥的排放系統”，中華民國，新型第M425370號，101.03.21-110.10.17。
142. 黃慶村、張清土，”廢酸液之固化與安定之方法”，美國，US8,227,655B2，100.10.20-120.10.19。
143. 仲金生、王士珍、苑穎瑞，”沸水式反應爐安全釋壓閥的排放系統”，日本，登錄第3173276號，100.11.14-110.11.14。
144. 李岳穆、施圳豪、洪慧芬、辛華煜，”太陽能聚光型用基板之防漏電結構”，中華民國，新型第M429997號，101.05.21-110.12.25。



書名：行政院原子能委員會核能研究所101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 桃園縣龍潭鄉佳安村文化路1000號

傳真：(03) 471-1064

網址：<http://www.iner.gov.tw/>

出版年月：中華民國102年4月

創刊年月：中華民國82年6月

定價：NT\$ 610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。

INER 20



行政院原子能委員會
核能研究所

地址：桃園縣龍潭鄉佳安村文化路1000號

電話：(02)8231-7717 • (03)471-1400

傳真：(03)471-1064

網址：<http://www.iner.gov.tw>

E-mail: iner@iner.gov.tw

ISSN 1812-329-5



9 771812 329009

GPN:2008200098

定價：NT\$ 610元