

113 年度政府科技發展計畫  
績效報告書  
(D006)

計畫名稱：綠能產業應用技術發展計畫(4/4)

執行期間：

全程：自 110 年 1 月 1 日 至 113 年 12 月 31 日止

本期：自 113 年 1 月 1 日 至 113 年 12 月 31 日止

主管機關：核能安全委員會

執行單位：國家原子能科技研究院



## 目 錄

【113 年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表(D003)】 .....	1
壹、總目標(系統填寫).....	3
一、緣起.....	3
二、總目標及其達成情形.....	3
三、主要工作項目推動具體成果(請填寫累積成果).....	19
貳、經費執行情形.....	32
一、全程經費(由系統加總).....	32
二、年度經費(由系統填寫).....	33
1.經費支用說明.....	33
2.經費實際支用與原規劃差異說明.....	34
參、成果之價值與貢獻度(請上傳累積成果) .....	35
肆、檢討與展望(請上傳累積成果) .....	42
一、計畫執行困難與因應對策.....	42
二、計畫執行可改善事項或後續可精進處.....	43
伍、其他補充資料(請上傳累積成果) .....	45
一、跨部會協調或與相關計畫之配合.....	45
二、大型科學儀器使用效益及共用分享機制說明.....	45
三、其他補充說明(分段上傳).....	45
附錄、細部計畫.....	46
一、全程架構及經費.....	46
二、年度執行摘要.....	47
附表、佐證資料表.....	52



**【113年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表(D003)】**

審議編號	113-2001-02-30-02	
計畫名稱	綠能產業應用技術發展計畫(4/4)	
主管機關	核能安全委員會	
執行機關	國家原子能科技研究院	
計畫類別	<input checked="" type="checkbox"/> 政策計畫 <input type="checkbox"/> 一般計畫 <input type="checkbox"/> 基礎研究	
重點政策項目	<input type="checkbox"/> 數位經濟與服務業科技創新 <input type="checkbox"/> 亞洲·矽谷 <input type="checkbox"/> 智慧機械 <input checked="" type="checkbox"/> 綠能產業 <input type="checkbox"/> 生醫產業 <input type="checkbox"/> 國防產業 <input type="checkbox"/> 新農業 <input type="checkbox"/> 循環經濟圈 <input type="checkbox"/> 晶片設計與半導體前瞻科技 <input type="checkbox"/> 文化創意產業科技創新 <input type="checkbox"/> 其他_____	
全程期間	110年1月1日至113年12月31日	
資源投入 (以前年度為決算數，系統自動帶入)	年度	經費(千元)
	110	36,226
	111	32,423
	112	28,349
	113	22,710
	合計	119,708
計畫摘要	<p>本計畫配合國家綠能政策及產業發展需求缺口，篩選國原院之研發成果中最具短期內可產業化的重點發展技術，包含自主技術鈦電池模組、固態氧化物燃料電池、節能除濕潔淨轉輪、PHAs 聚酯類生物可分解塑膠及自主風機葉片檢測等，以既有技術基礎進行強化，提供驗證及測試平台，結合產業建立國產化關鍵技術，進行示範應用驗證，再藉由合作研究或先期參與授權等模式，建立測試系統，共同進行技術整合及工程設計等研究。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 開發自主技術鈦電池多元儲能電池模組，儲能設備產品化安全檢測/效能測試/驗證技術，建立產業/學術鏈結、示範應用技術平台。</li> <li>2. 開發高溫發電/產氫技術之關鍵組件產製技術，進行 10 片裝 MS-SOFC 電池/MS-SOEC 電解堆組裝及測試。</li> <li>3. 從原料到產品，完整研發低成本節能除濕潔淨轉輪關鍵組件，建立</li> </ol>	

	<p>本土化自製能力，進行節能設備系統整合及場域測試驗證。</p> <p>4. 於生質物轉換再生能源之生命週期中導入海洋生物可分解塑膠生產與應用，使生質物運用兼具高值化及低碳化，符合行政院綠色經濟及環境永續之推動方案。</p> <p>5. 在大量風場建置完成後，協助國內風場營運商導入葉片檢測運維項目，建立自主技術並提升風機之可用率、風場穩定性及營運效能。</p>			
計畫連絡人	姓名	鄭涵文	職稱	副研究員
	服務機關	國家原子能科技研究院		
	電話	03-471-1400#5375	電子郵件	hwcheng@nari.org.tw

## 壹、總目標(系統填寫)

(計畫目標之呈現方式應與原科技計畫書一致,如實際執行與原規劃有差異或變更,應予說明;另績效報告著重實際執行與達成效益,請避免重複計畫書內容。)

### 一、緣起

### 二、總目標及其達成情形

1. 全程總目標：請在此依照計畫書簡要敘明計畫總目標，亦即總計畫之在期程內規劃達成的成果。(由系統帶入，不可修改)
  - (1) 開發自主技術鈳電池多元儲能電池模組，儲能設備產品化安全檢測/效能測試/驗證技術，建立產業/學術鏈結、示範應用技術平台。
  - (2) 開發高溫發電/產氫技術之關鍵組件產製技術，進行 10 片裝 MS-SOFC 電池/MS-SOEC 電解堆組裝及測試。
  - (3) 從原料到產品，完整研發低成本節能除濕潔淨轉輪關鍵組件，建立本土化自製能力，進行節能設備系統整合及場域測試驗證。
  - (4) 於生質物轉換再生能源之生命週期中導入海洋生物可分解塑膠生產與應用，使生質物運用兼具高值化及低碳化，符合行政院綠色經濟及環境永續之推動方案。
  - (5) 在大量風場建置完成後，協助國內風場營運商導入葉片檢測運維項目，建立自主技術並提升風機之可用率、風場穩定性及營運效能。
2. 分年目標與達成情形：請填寫為達成上述計畫總目標，各年度計畫分年目標及其達成情形。

年度	目標 (由系統帶入，不可修改)	預期關鍵成果 (當年度由系統帶入，不可修改)	年度計畫目標達成情形(含重大效益)
第一年 (110年)	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 驗證鈳電池自主技術模組系統效能。</li><li>2. 設計首套國產化 5 kW SOFC 發電機原</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 透過鈳電池儲能模組系統性能及組件耐久性測試，完成 200 小時運轉效能測試，併網輸出功率穩態誤差小於 2%。完成高效能電池模組材料產業整合、設計、充電放電調控技術。</li><li>2. 設計首套國產化 5 kW SOFC 發電機原型。開發中低溫電池單元，面積 10*10 cm<sup>2</sup>(反應面積 81 cm<sup>2</sup>)於 650</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 鈳電池儲能模組性能測試，完成組件 100 迴圈測試，平均能量效率可達 71.3%，運轉效能測試累積時間達 200 小時；於併網測試下，以 3 kW 定功率放電，功率穩態誤差小於 2%。</li><li>2. 研製中低溫金屬支撐型電池單元，完成 10×10 cm<sup>2</sup>之電池單元製作。進行於不同溫度下進行效能測試。於 650℃下，</li></ol>

<p>型。</p> <p>3. 開發低成本節能除濕潔淨轉輪關鍵組件，深化產研合作與投資。</p>	<p>°C 輸出大於 30 W。</p> <p>3. 以循環材料開發低耗能除溼輪技術，能耗減少 1/5，成本降低 1/3。空間相對濕度降維持 ≤50%，潔淨乾燥能源因數值 ≥ 0.5 kg/kWh。</p>	<p>OCV 為 1.026 V，電壓 0.819 V 時功率輸出為 45.2 W；於 600 °C 時，OCV 為 1.052 V，電壓 0.80 V 時功率輸出為 34.1 W，皆達成大於 30 W 之目標。完成系統設計報告，於甲烷進料 20.5 LPM 下，陽極回收率 19.5 % 條件下，估算發電量約 5,156 W，系統燃料使用率 56%，發電效率約 46.2 %。</p> <p>3. (1) 完成公斤級晶圓切削料提純碳化矽反應器建置和 5 批次投料試俾，每批次 3 公斤，純化樣品具有 Moissanite 碳化矽晶體結構，與市售碳化矽一致，提純後碳化矽純度為 97.6%，高於 90% 之基本要求，進一步作為節能元件原料。(2). 導入智慧製造，開發積層製造 3D 列印專用印漿料，成型直流通孔，改善冷熱氣流互相干擾，搭配孔洞設計逐層堆疊產生所需要的零組件或直接成為成品，完成製作直徑 15 公分、厚度 5 公分轉輪元件。陶瓷轉輪元件孔隙度介於 85.4%—87.6%，孔洞數目多有助空氣流通和吸附活性點數目。揮發性有機物移除效率 99.7%。設備最大乾燥風量 90 m<sup>3</sup>/h，進行 112 m<sup>2</sup> 實驗室環境場域測試，降低空間相對濕度，可維持 45%，潔淨除濕能源因數值 2.46 L/kWh。(3) 產業技術應用：瑁○環保、桃○區農業改良場及復○科技公司共一件技術</p>
--	---	--

	<p>4. 開發具競爭潛力之 PHAs 可分解塑膠關鍵技術，建立產業投產誘因。</p> <p>5. 完成葉片檢測平台與診斷指標建立。</p>	<p>4. 建立 1 種 PHAs 可分解塑膠之生產技術，生產成本低於進口價格。與 1 家產業建立合作協議，完成 PHAs 生產技術共同開發之規劃。</p> <p>5. 建立自主技術，協助國內風場營運商進行葉片損傷診斷及鑑定，準確率從 70% 提升至 80%。與業者建立合作協議，完成 20 支葉片檢測，擴充數據資料庫。</p>	<p>授權案 100 萬元，兩件技術服務金額 60 萬元。</p> <p>4. 已篩選 30 株具 PHAs 生產潛力之菌株，部分菌株 PHAs 產量佔菌體乾重可達 40% 以上；以倉儲米為料源 (10NTD/kg)，並整合 PHAs 萃取純化技術，推估 PHAs 生產成本約 173NTD/kg，已低於 PHAs 市場均價 7.6 USD/kg (249 NTD/kg)( Alvarez Chavez, Brenda et al. “A comparative analysis of biopolymer production by microbial and bioelectrochemical technologies.” RSC advances vol. 12, 16105-16118. 2022)，另與產業簽約 2 件委託研究案 6,880 千元，且達成技服 2 件共計 236 千元，並促成 1 件技轉案 50 萬元，預期 111 年初完成簽約。</p> <p>5. 完成複合材料測試片製作與損傷指標校正，並與國內廠商組成檢測團隊，同時獲得台○公司同意使用其陸域風機之葉片進行檢測，累計完成 21 支大型風機葉片檢測，並且透過喬○偉斯特公司與丹麥 Force Technology 公司進行檢測分析技術開發之平行驗證，準確率達到 80% 以上。完成技轉或技服 2 件共計 2,050 千元。</p>
第二年 (111 年)	1. 驗證鈮電池自主技術模組系統	1. 完成 5 kW 鈮電池自主技術模組系統整合。自主充電放電調控性能及組件耐久測	1.(1)完成單電池組件耐久性測試，效能驗證 300 迴圈，組件能量效率及庫侖效率並無明

<p>效能。</p> <p>2. 設計首套國產化 5 kW SOFC 發電機原型。</p>	<p>試，能量/功率運轉效能驗證 300 迴圈，模組系統 200 小時效能。</p> <p>2. 完成熱工次系統組裝及測試，甲烷重組率高於 85%。熱工元件整合測試，陰極氣體進入電池堆溫度高於 650°C。</p>	<p>顯下降趨勢，效能相當且穩定，平均能量效率達 73.4%、庫侖效率達 99.4%，相關技術可提供關鍵材料開發時效能比較應用。(2)以 5 kW 液流電池模組行自主充電放電調控技術驗證，累計完成 250 小時之併接電網運轉測試，儲能系統併接電網後電網頻率變動率為 <math>60 \pm 0.5</math> Hz。</p> <p>2. (1)開發低成本過渡金屬甲烷重組 Ni-La-Ce 蜂巢觸媒，操作溫度 800 °C、水碳莫耳比 2.5，連續操作 2000 小時，甲烷重組轉化率達 98%，優於商售觸媒。完成熱工元件整合裝置效能測試，陽極之進料為 <math>\text{CH}_4=9</math> LPM、<math>\text{H}_2\text{O}=17</math> ml/min 及陰極空氣為 220 LPM 時，燃燒器最高溫度介於 950~970 °C 之間，此時電池堆陰陽極之入口溫度分別為 706 °C 及 758 °C，甲烷重組轉化率高於 95%，達到系統對熱工整合元件之要求。(2)以本所自製 MSC 電池單元，完成 5 片裝電池堆測試，於 750°C 轉氫後 OCV 為 5.237 V，拉載至 46 A 電壓為 4.053 V，功率 186 W，發電效率達 37.6%，高於 175 W 及 35%之目標。(3).計畫開發 Ag-Ge-Si 填料對電池片(預先金屬化)與連接板進行封接。以流量計檢測封接後之洩漏情形，設定三組流量條件 (<math>\text{N}_2</math>, 400、800 及 1,200 sccm)量</p>
---	---	--

	<p>3. 開發低成本節能除濕潔淨轉輪關鍵組件，深化產研合作與投資。</p>	<p>3. 放大(公斤級)再利用永續材料高質化技術，提高材料純化率大於 95%，開發轉輪元件直徑<math>\geq 10</math> 公分、厚度<math>\geq 5</math> 公分、孔隙度<math>\geq 50\%</math>，揮發性有機物移除效率大於 99%。設備最大乾燥風量<math>\geq 50 \text{ m}^3/\text{h}</math>，進行<math>\geq 100 \text{ m}^2</math> 住商環境場域測試，降低空間相對濕度，可維持<math>\leq 50\%</math>，潔淨除濕能源因數值<math>\geq 2.4 \text{ L/kWh}</math> (乾燥能源因數值<math>\geq 0.4 \text{ kg/kWh}</math>)。</p>	<p>測進出口流量值，結果顯示單電池封鋸試片出口氣體流量無逸失情形，洩漏率趨近零。該測試結果顯示金屬化可解決陶瓷與金屬介面之接合問題提升未來電池堆組裝可靠度。</p> <p>3. (1) 完成公斤級晶圓切削料提純碳化矽反應器建置和 5 批次投料試俾，每批次 3 公斤，純化樣品具有 Moissanite 碳化矽晶體結構，與市售碳化矽一致，提純後碳化矽純度為 97.6%，高於 90% 之基本要求，進一步作為節能元件原料。(2). 導入智慧製造，開發積層製造 3D 列印專用漿料，成型直流通孔，改善冷熱氣流互相干擾，搭配孔洞設計逐層堆疊產生所需要的零組件或直接成為成品，完成製作直徑 15 公分、厚度 5 公分轉輪元件。陶瓷轉輪元件孔隙度介於 85.4% – 87.6%，孔洞數目多有助空氣流通和吸附活性點數目。揮發性有機物移除效率 99.7%。設備最大乾燥風量 <math>90 \text{ m}^3/\text{h}</math>，進行 <math>112 \text{ m}^2</math> 實驗室環境場域測試，降低空間相對濕度可維持 45%，潔淨除濕能源因數值 <math>2.46 \text{ L/kWh}</math>。(3) 產業技術應用：瑁○環保、桃○區農業改良場及復○科技公司共一件技術授權案 100 萬元，兩件技術服務金額 60 萬元。</p>
	<p>4. 開發具</p>	<p>4. 完成噸級規模放大測試，</p>	<p>4. (1). 已完成三種不同菌株生</p>

<p>競爭潛力之 PHAs 可分解塑膠關鍵技術，建立產業投產誘因。</p>	<p>推估生產成本降低至 160 元/公斤以下。建立 PHAs 生產之操作參數，完成 PHAs 可分解塑膠之試量產運轉驗證準備。並提出 1 件 PHAs 產品化應用成果。</p>	<p>產製程之噸級生產測試，以自有菌株貪銅菌為例，發酵規模至 9 噸發酵槽的 PHAs 蓄積量佔菌體乾重可達 70% 以上。經本計畫建立之 PHAs 無毒萃取純化技術，其萃取回收率及純度可大於 90% 以上。(2).計畫提供自產 PHAs 給塑膠中心，進行 PHAs 材料物性評估。經產品化試作測試，計畫產製的 PHAs 主要組成為 PHB(polyhydroxybutyrate)，據此物理特性搭配其它材料進行改質進行產品試製，可產製托盤、一次性刀叉匙及組合式積木試製產品。(3).計畫整合高通量技術開發之發酵策略及菌株的開發成果，自環境所篩選出的特異菌株，可直接利用蔗糖為碳源，轉換效率為每克蔗糖可產製 0.21 克 PHAs，以工廠進料規模為 300 噸/日及蔗糖原料價格為 8 元/公斤的設定下，配合操作成本及固定成本等相關參數，推估 PHAs 生產成本約 158 元/kg。(4).本計畫利用倉儲米作為原料，建立生命週期評估基礎數據調查。研究結果顯示以年處理 10 萬公噸倉儲糙米為例，回收廢棄再生 PHA 產品經由 RDF 發電，每年約可產出 14,578,461 度生質電力，約可供應 3,451 家庭一年用電所需，且利用 PHA 回收發電取代天然氣發電，每度電減碳效益達 33%；</p>
---------------------------------------	---	--

	5. 完成葉片檢測平台與診斷指標建立。	5. 建置自動化檢測平台，加速地面檢測速率至 3 小時完成 50 公尺長度之葉片檢測作業，完成業界地面葉片檢測產業應用技服案 1 件。	<p>取代燃煤發電，每度電減碳效益則高達 62%。(5).與國內石化公司共同合作 PHAs 菌株開發規劃，111 年度執行第一年計畫成效良好，目前規劃持續委託本所二年期的委託研究案，進行作業中；本年另完成技服案及技轉案各 1 件，簽約金額分別為 200 千元及 500 千元。</p> <p>5. (1) 完成葉片檢測自動循跡系統建置，整合 2D LiDAR 感測器與 6 自由度機械手臂，由 LabVIEW 程式接收 LiDAR 訊號，計算葉片表面掃描路徑，並控制機械手臂完成葉片超音波掃描，並整合地面無人搬運載具，建置卸裝葉片地面型自動化檢測平台。藉由台中港風力發電站實地驗證，2 MW 風機 35 公尺葉片檢測時間約 2 小時 10 分鐘，推估 50 公尺葉片檢測時間約 3 小時。(2)整合佳○重機械工程股份有限公司與力○科技，成功申請「新型 30kW 風力發電系統研發建置」能專計畫，投入風機技術研發。累計完成技術授權 1 件，簽約金 2,000 千元，技術服務 2 件，簽約金合計 9,068 千元，落實風能產業應用。</p>
第三年 (112 年)	1. 完成 5 kW 鈮電池自主技術模組系統運轉測試，建立 100% 自主	1. 完成(1)擴散槽測試、(2)單電池與(3)電池組測試等 3 種鈮電池關鍵材料標準驗證程序建立。針對鈮電池關鍵材料(包括電極、膜、電解液)完成驗證測試報告 1 份。	1. (1).完成關鍵材料標準驗證程序建立，使用擴散槽可應用於膜與電解液效能驗證，利用鈮離子擴散速率量測不同隔離膜滲透率數值，或以相同膜來評估不同廠牌電解液的擴

	<p>技術鈳電池產品化所需關鍵材料(包括電極、膜、電解液等)標準驗證程序。</p>	<p>2. 開發高溫發電/產氫技術之關鍵組件產製技術，進行10片裝MS-SOFC電池/MS-SOEC電解堆組裝</p>	<p>散特性，鈳離子愈易擴散則電池的庫倫效率會愈差；及利用本院開發之單電池與kW級電堆，替換不同的關鍵材料，再利用定電流或定功率充放電之標準測試方式進行循環測試，測試電池電壓效率、庫倫效率與能量效率等效能。利用上述標準驗證程序方法完成國際廠商艾○旭公司鈳電池隔離膜效能測試，使用虹○電解液與碳氈電極，比較該公司隔離膜與N212測試性能，完成測試報告1份提供該公司產品開發評估，技服收入金額75萬元。</p> <p>(2).測試等量能可幫助國內鈳電池產業鏈完整建構，提升台灣於儲能產業之競爭力，112年度與中○公司簽定「鈳液流電池電容量回復方法」技術授權案，議價總金額為475萬元，歸屬於本計畫成果金額約為200萬元，後續將協助該公司跨足鈳電池儲能產業鏈。</p> <p>2.(1) MSC電池單元，700°C進行發電效能測試，OCV為1.03V，於0.8V之功率輸出為41.4W，功率密度為510mW/cm<sup>2</sup>。</p> <p>(2) 10片裝MS-SOFC電池堆，於700°C時OCV約1.1V/片，電壓為0.73V/片、效能562mW/cm<sup>2</sup> (45.6W/片)，發電效率40.6%。10片裝MS-SOEC電解堆於700°C電解產氫測</p>
		<p>2. 大面積100cm<sup>2</sup>電池片發電功率達500mW/cm<sup>2</sup>以上(40.5W@700°C、0.8V)。10片裝MS-SOFC電池堆於700°C，最大發電功率達450W，發電效率達40%。10片裝MS-SOEC電池堆於700°C，產氫量達5L/min，產氫效率達75%以上。</p>	

	<p>及測試。</p> <p>3. 建置先導型永續材料高質化平台及大尺寸轉輪關鍵組件，搭起產學研合作系統整合堅實產業，活絡經濟動能。</p>	<p>3. 精進<math>\geq 10</math> 公斤永續材料高質化技術，材料純度大於99%，開發轉輪元件直徑<math>\geq 15</math> 公分、厚度<math>\geq 10</math> 公分，孔隙度<math>\geq 60\%</math>。設備乾燥風量<math>\geq 100 \text{ m}^3/\text{h}</math>，進行<math>\geq 200 \text{ m}^2</math> 場域測試，潔淨除濕能源因數值<math>\geq 2.5 \text{ L/kWh}</math> (乾燥能源因數值<math>\geq 0.5 \text{ kg/kWh}</math>)。</p>	<p>試 (<math>\text{H}_2:\text{H}_2\text{O}=2:8</math> , <math>\text{H}_2\text{O}=5.28 \text{ c.c./min}</math>)，電流密度達 <math>814 \text{ mA/cm}^2</math> (66 A)，平均每片電壓為 1.47 V，產氫量達 <math>5 \text{ L/min}</math>，產氫效率為 75 %。</p> <p>(3) 完成與中○公司簽訂「固態氧化物電解電池技術發展現況分析與委託試驗工作」技服案，金額 321 萬元；中○公司簽訂「高溫電性(ASR)量測技術」技轉案，金額 50 萬元；與中○公司簽訂「金屬連接板大氣電漿噴塗及高溫電性委託量測」及「SOEC 共電解技術開發」委託研究案分別為 35 萬元及 97 萬元。</p> <p>3. (1).完成百公斤級反應器 8 次投料試俾，每次運轉 4 小時，處理量提升至 <math>22 \text{ kg/h}</math>。以系統輕質化、控制面板放大操控簡單化、轉輪元件模具化改善氣密且易更換為目標，最大乾燥風量 <math>180 \text{ m}^3/\text{h}</math>，於 <math>225 \text{ m}^2</math> 試驗場域，進行 100 公斤香草青莖乾燥測試，平均每日耗電度數降低 45%，可縮短 1/2 乾燥時間，換算乾燥能源因數值為 <math>0.52 \text{ kg/kWh}</math>。</p> <p>(2).落實研究開發技術，延伸計畫開發光電半導體產業晶圓切削料循環純化技術及系統整合概念，完成 1 件技術轉移案及 2 件技術服務案簽屬，總簽約金 145 萬，分別為：i. 瑁○環保公司技術轉移電漿熱裂解太陽光電模組材料全循環</p>
--	--	--	--

	<p>4. 建立 PHAs 可分解塑膠生產技術之試量產實績，提出商轉生產及應用之情境。</p>	<p>4. 提升 PHAs 產量佔菌體乾重至 70%，建立 PHA 試量運轉驗證之技術能力，生產成本降低至 120 NTD/kg。提出技術授權推動規劃，並整合生質能運用之 PHAs 綠色生產之製程設計。</p>	<p>技術金額 105 萬元；ii. 豐○實業股份有限公司，木質材料作為吸附材料及相關特性分析技服案，金額 20 萬元；iii. 復○公司，半導體業晶圓承載器具材料之分析，金額 20 萬元。</p> <p>4. (1) 本計畫開發生產 PHAs 技術，建置完備菌株資源、高通量篩選平台，配合菌株培養時間、碳氮比例、溫度、pH 及溶氧量等參數，視菌株生長條件利用批次發酵或饋料批次發酵等發酵策略，已完成貪銅菌、桿菌及嗜鹽菌三種類型菌株之噸級發酵測試。貪銅菌因可採用全無機鹽配方，具降低藥品成本優勢，以饋料批次進行發酵，其 PHAs 蓄積量可佔菌體乾重可達 70% 以上。(2) 貪銅菌其細胞壁之脂質、脂蛋白比例較高，適用於常見的鹼性化學條件破壁，計畫據此建立之二氧化氯破菌、月桂酸銨的無毒萃取的方式，經精進程序修正後，可將月桂酸及氨水試劑減少 75% 及甲醇用量減少 50%，整體破菌萃取的操作成本可減少 70.37%。(3) 計畫在工廠進料規模為 300 噸/日及低成本碳源應用於生產 PHAs 之設定下，配合製程能耗與藥劑成本降低及參數最佳化和萃取純化回收率提升等相關參數，推估 PHAs 生產成本可低於 120 NTD/kg，具產業投資潛力。(4) 落實計畫開發之技術</p>
--	---	---	--

	5. 開發停機中風機葉片線上檢測載具。	5. 開發高空式檢測載具，並將停機中風機葉片線上檢測速率提升至 2 小時完成 50 公尺長度之葉片檢測作業，葉片結構缺陷檢出率達到 90%。建置風力機葉片高空式檢測程序及葉片強度綜合評斷指標，完成至少 1 部機組停機線上葉片檢測。	<p>產業化應用，與國內石化公司共同合作菌株開發規劃，委託二年期的委託研究案，決標金額為 7,899 千元。另分別與明○生物科技和中○公司簽訂技服案，決標金額分別為 20 萬元和 800 萬元。</p> <p>5. (1).完成高空型葉片檢測系統開發，本系統以鋁擠型組成結構框架，小型捲揚機吊掛整體系統於翼展方向移動，升降速度設定為 4 cm/s，採用 3 顆步進馬達進行 3 維空間掃描，速度設定為 45 cm<sup>2</sup>/s，2 顆步進馬達控制於檢測部位固定檢測框架，除去葉片根部圓形部位與翼尖端無法掃描外，整體可檢出部位約 91%，推算 50 公尺葉片約需時 1.9 小時。</p> <p>(2).利用本院 150kW 風力發電機葉片進行實場域驗證，風機高度 50 公尺，葉片長度 10.85 公尺，捲揚機固定於 Hub，吊掛高空型葉片檢測系統，2 名檢測人員站立於吊籠內，由吊車吊掛至高空進行設備連線操作，約耗時 0.38 小時完成檢測工作，推算 50 公尺葉片約需時 1.9 小時。</p>
第四年 (113 年)	1. 完成可擴充式綠能智慧多元儲能，系統整合技術、系統監控技術、系統安	<p>KR1：儲能系統輸出功率穩態運轉，併網測試 200 小時。</p> <p>KR2：建立儲能系統 3 種不同應用情境之標準化驗證程序，並完成至少 1 種儲能系統應用情境示範驗證。</p>	1. (1) 應用溫度偵測監控技術及溫度分布圖增進鈦電池電堆組裝後或運轉中發生異常狀態監控能力，找出電堆中異常電池片或問題位置，加速故障排除及釐清原因，達到儲能系統穩定運維及管理目標(圖

	<p>全技術。</p>	<p>2. 高溫發電/產氫技</p> <p>KR1：大面積 100 cm<sup>2</sup> 電池片發電功率達 50W(@700 °C、0.7 V)</p>	<p>2)；完成儲能電池循環監控系統優化，透過液位控制技術可減緩正負電解液間液位差擴大，提升系統操作穩定性及延緩電容量衰退(圖 3)；進行儲能系統運行測試，儲能系統於 42~60 V 電壓範圍內進行穩態運轉，由市電對儲能系統進行充電，儲能系統充飽電後轉為對市電電網進行定電流放電，累計測試達 468 小時，測試結果如圖 5 所示。(2) 參照國際標準 IEC 62933-2-1 相關電能儲能系統測試方法等標準，進行情境測試流程規劃，依照 PNNL-22010 儲能系統標準驗證程序發佈之測試曲線，完成太陽光電平滑化、頻率調節、再生能源穩定等 3 種應用情境之測試曲線建立於可編輯控制系統中，其中完成太陽光電平滑化與再生能源穩定測試，應答反應時間為 1 秒、頻率調節測試應答反應時間為 4 秒；應用情境示範驗證採用 5 kW 鈮電池儲能系統，模擬測試實際太陽光電功率與設定平滑化功率之差異值(圖 1 黑色曲線)，作為控制鈮電池輸出的設定值，圖 1 紅色線為鈮電池的實測結果，可看出與測試曲線幾乎完全重疊，實證鈮電池可以追隨設定值進行快速充放電。</p> <p>2. KR1: 運用複合電解質結構與高效能陰極材料進行大面</p>
--	-------------	--	---

<p>術之關鍵組件產製技術精進，提升10片裝MS-SOFC電池/MS-SOEC電解堆性能。</p> <p>3. 完成永續材料高質化技術開發及節能設備商業規格組件驗證，成功技術轉移。</p>	<p>KR2：10片裝MS-SOFC電池堆於700℃，最大發電功率達500W，發電效率達45%。10片裝MS-SOEC電池堆於700℃，產氫量達6L/min，產氫效率達80%以上。</p> <p>KR1：百公斤永續材料自動控制連續生產，純度<math>\geq 99\%</math>，開發轉輪元件直徑<math>\geq 25</math>公分、厚度<math>\geq 30</math>公分，孔隙度<math>\geq 60\%</math>。</p> <p>KR2：設備風量<math>\geq 200\text{ m}^3/\text{h}</math>，進行<math>\geq 300\text{ m}^2</math>場域測試，潔淨除濕能源因數值<math>\geq 2.6\text{ L/kWh}</math>（乾燥能源因數值<math>\geq 0.6\text{ kg/kWh}</math>）。</p>	<p>積MSC電池片(10×10cm<sup>2</sup>)之精進，於700℃下，開路電壓達1.04V，0.706V下，發電功率可達64W(790mW/cm<sup>2</sup>)，性能已達商業片之水平(Elcogen, ~60W)。</p> <p>KR2: 10片裝MSC電堆測試，發電模式：700℃、氫氣流量12L/min (1.2 L/min/片)，功率達513 W (51.3 W/片、0.64 W/cm<sup>2</sup>)；氫氣流量4L/min(0.4 L/min/片)，功率達305 W (30.5 W/片、0.376 W/cm<sup>2</sup>)，發電效率46.3%。電解產氫模式：進水量每分鐘5.28 ml、氫氣與水比例為2:8，電流80 A、電壓13.98 V(平均每片電壓1.398V)，產氫量達6.08 LPM，效率81.4%。</p> <p>3. (1) 建立循環材料自動控制連續生產百公斤級碳化矽純化提取反應系統，完成投料試俾8次，平均處理量能為110 kg/h，符合設計需求。8次投料共677公斤晶圓切削料，碳化矽含量79.7%(539公斤)，純化後碳化矽共537公斤，以CNS9439測試方法進行提純後碳化矽純度測試，純度為99.4%，總碳化矽回收率99.0%。</p> <p>(2) 導入智慧製造，精進調製積層製造專用碳化矽漿料黏度，增加漿料工作性，製作直徑25公分厚度15公分為一單</p>
--	--	--

		<p>體，須依除濕量體需求，由數片單體結合焊接封裝成為除濕輪轉輪元件作為後續系統整合機台應用。單體增加補強肋及結構機械強度，成型直流通孔，逐層堆疊成為成品，孔隙度 80%，良率提升至 92%，不須過多製作程序，符合永續製造趨勢。</p> <p>(3) 完成電漿熔融、新材料合成與綠色材料化技術和乾燥、除濕、潔淨及工業與住商環境品質控制技術「電漿熱裂解太陽光電模組材料全循環技術」技術轉移成本計價及簽核，金額 110 萬元，瑀 O 環保公司完成簽約及第一期款 80 萬繳交。</p> <p>(4) 12 月 2 日~12 月 24 日於雲林古坑花卉試驗所，完成 304 m<sup>2</sup>蘭花培植溫室場域的測試驗證，檢驗可靠性並實測能源效能指標。測試過程進行蝴蝶蘭溫室溫濕度及露點溫度等相關關鍵參數調控，除濕輪再生溫度上限 45°C及相對濕度為 60%出風溫度 26~28°C，進行花卉溫室溫濕度調控，可以控制蝴蝶蘭適合催花溫度且成功將蝴蝶蘭花苞催花，驗證設備實際滿足產業應用需求可調控環境濕度。系統運轉最大乾燥風量 2000 m<sup>3</sup>/h，乾燥除濕潔淨轉輪系統之潔淨除濕能源因數值 2.86 L-H<sub>2</sub>O/kWh，除濕輪再生溫度由 70°C降至 45°C更節能。</p>
--	--	--

	<p>4. 完成 PHAs 可分解塑膠生產技術之試量產驗證，推動 PHAs 示範應用及產業化。</p>	<p>KR1: 完成 PHA 試量產之運轉驗證，PHAs 產量佔菌體乾重 70%，純度大於 90%，相關流程及測試條件等總結報告可作為技術移轉文件。</p> <p>KR2: PHAs 生產成本降低至 100 NTD/kg，並推動 PHAs 生產技術之產業化應用，與產業簽署技術授權或技術服務，達成技轉或技服 2 件共計 2,500 千元。</p>	<p>4. KR1: 已完成 PHAs 發酵及萃取技術程序書，貪銅菌發酵製程規模放大至 9 噸發酵槽，PHAs 蓄積量佔菌體乾重可達 70% 以上。PHAs 產製精進流程已於專業之發酵量產製程工廠完成操作測試，本次操作完成噸級發酵和草酸萃取純化純度 99%，顯示不須繁複程序和化學品價格相對便宜的草酸，可應用於實廠操作。</p> <p>KR2: 完成貪銅菌培養基和饋料發酵精進策略，發酵成本約 NT43/kg PHA。開發以低價化學品取代使用量多的高價化學品破菌萃取方法，利用草酸對 PHAs 菌株進行萃取，萃取成本降低至 NT46/kg PHA，操作成本（發酵 + 萃取）為 NT89/kg PHA。配合原本視為廢棄物之下腳料料源情境和工廠日進料 200 噸規模基礎設定進行固定成本（建廠投資額、管銷維護費用和人事成本）估算，固定成本為 NT8/kg PHA，總體生產成本（原料成本、操作成本和固定成本）將可達 NT97/kg PHA。</p> <p>基於本計畫團隊之菌株篩選、發酵條件及後端純化製程等經驗及量能，受到國內業界肯定，國內知名石化業中○公司以委託研究案和技服案與計畫團隊進行合作研究，已完成預定工作項目，本年度收入已</p>
--	---	---	--

	<p>5. 大型風力機葉片檢測技術平台產業應用推廣。</p>	<p>KR1：應用人工智能技術取代人力判讀，將檢出率提升到 95% 以上。</p> <p>KR2：完成大型風機葉片檢測技術應用與推廣，達成技轉或技服 1 件共計 600 千元。</p>	<p>入帳達 5,240 千元。</p> <p>5.(1)應用 Vestas V80 2.0MW 等 21 支大型風機葉片檢測資料，累計 513 張圖片，區分為主損傷類別包括健康、空泡、脫層/脫膠，以及次損傷類別包括空泡含有部份脫層/脫膠，以及脫層/脫膠含有部份空泡，採用 GoogleNet 卷積神經網路進行訓練，並且以台中港風力發電站 Z72 2MW 風機葉片中段 5 公尺區間，新增 10 張檢測圖片進行驗證，人工判讀約 52 處各式損傷，人工智能模型成功判讀約 50 處損傷，檢出率達到 96%。</p> <p>(2) 完成財團法人金○工業研究發展中心委託「超大型離岸風機平行驗證建置及風場專案驗證審查」、俊○公司委託「俊鴻 G30 水平軸風力機氣彈負載設計評估」，以及工○技術研究院委託風力發電「高壓測試環境建置」等技術服務案 3 件，累計金額 1,676 千元。</p>
--	--------------------------------	--	---

註：年度計畫目標達成情形（含重大效益）請依目標簡要說明進展或重要成果。若有未達成、未完全達成或其他需要說明或圖示之處，請於下方填寫。

說明：

### 三、 主要工作項目推動具體成果(請填寫累積成果)

表 1. 儲能技術研發歷年成果

	電池性能測試	系統運維開發	儲能系統驗證	技術服務及技轉
110年	完成關鍵零組件鈦電池隔離膜耐久性測試，能量效率測試可達 75%，充放電測試達 1,450 迴圈，效能運轉時數超過 200 小時。	完成建置多元儲能主動熱管理系統系統，並可以簡訊方式主動通知，以提升系統運轉安全性。	使用鈦電池儲能模組於併網測試下，以 3 kW 定功率放電，功率穩態誤差小於 2%。	完成中○公司委託「液流電池料件一批」技術服務案 1 件，收入金額 50 萬元。
111年	單電池組件耐久測試，效能驗證 300 迴圈，平均能量效率 73.4%、平均庫侖效率 99.4%，均無明顯下降趨勢，效能相當且穩定，並以相同材料放大後組成 5 kW 鈦電池模組，完成定功率放電特性曲線測試。	完成 5 kW 鈦電池定功率放電特性曲線測試，特性曲線使用均一化之座標軸呈現電容量(單位 Wh/L)，用來作為電解液放大評估依據，做為多元儲能系統自主充電放電調控技術優化之參考。	以 5 kW 鈦電池模組進行自主充電放電調控技術驗證，測試不同功率與電流密度下之運轉，累計完成 250 小時之併接電網運轉測試，儲能系統併接電網後電網頻率變動率為 $60 \pm 0.5$ Hz。	艾○旭公司委託「隔離膜效能測試分析」技術服務案 1 件，簽約金額 75 萬元，收入第一期款金額 15 萬元。
112年	完成關鍵材料標準驗證程序建立，使用擴散槽進行擴散速率檢測，可應用於膜與電解液驗證，並利用本院開發之單電池與 kW 級電堆，替換不同的關鍵材料，進行變能測試驗證。	完成多元儲能系統測試架構調整，建立超級電容與鈦電池之複合電池，以「5 kW 鈦電池/167 F 超級電容」測試，可提升液流電池反應速度達 10ms，本研究驗證改善儲能系統反應時間，可擴展可能儲能適用情境。	參照國際標準：PNNL-22010 儲能系統標準驗證程序、IEC 62933-2-1 電能儲能系統測試方法等標準，建立儲能電池標準驗證測試平台，可編輯式充放電控制系統，可導入較複雜之測試配方。使用相同電解液與碳氈電極，測試艾○旭公司隔離膜與 N212 性能比較，完成測試報告 1 份。	完成艾○旭公司委託「隔離膜效能測試分析」技術服務案 1 件，收入第二期款金額 60 萬元。與中○公司簽定「鈦液流電池電容量回復方法」技術轉移契約，授權金額 475 萬元，歸屬本計畫成果金額 209 萬元。

113 年	<p>參照國際標準將不同應用情境之測試曲線建立於可編輯控制系統中，測試曲線採用 PNNL-22010 5 kW PV smoothing profile(最大功率變化率 2.49 kW/s)；以 5 kW 鈮電池測試，模擬測試實際太陽光電功率與設定平滑化功率之差異值，作為控制電池輸出的設定值，實證鈮電池以反應時間為 1 秒為間隔，可追隨設定值進行快速充放電。(圖 1)。</p>	<p>應用溫度偵測監控技術，可藉由溫度分布找出電堆中異常電池片，增進電堆在組裝後或運轉中異常狀態之監控能力(圖 2)；儲能電池循環監控系統優化，透過液位控制技術可減緩正負電解液間液位差擴大，未使用平衡控制約 2 小時即因液位失衡造成電容量降低 29%，啟動自動平衡功能後約 2.7 小時液位可回復 11%，延緩電容量衰退(圖 3)；以 5 kW 鈮電池為能量型電池，搭配功率型超級電容，完成建立多元儲能系統複合電池測試通道(圖 4)。</p>	<p>進行儲能系統運行測試，儲能電池系統於 42~60 V 電壓範圍內進行穩態運轉，由市電對儲能系統電池進行充電，儲能系統電池充飽電後轉為對市電電網進行定電流放電輸出功率，累計測試達 468 小時(圖 5)，電流密度 100 mA/cm<sup>2</sup> 下，平均放電功率 2.9 kW、170 mA/cm<sup>2</sup> 下，平均放電功率 4.8 kW。</p>	<p>完成中○公司「鈮液流電池電容量回復方法」技術轉移所需技術文件及現場教育訓練等，授權金額 475 萬元，歸屬本計畫成果金額 209 萬元，分二期付款，均已完成收入。</p>
----------	--	---	---	--

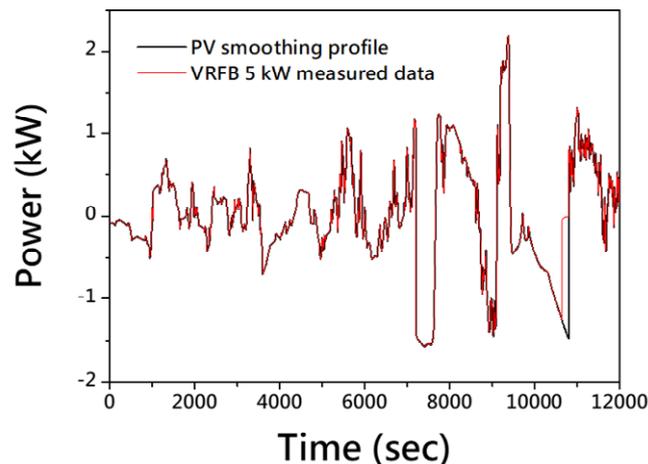


圖 1、模擬再生能源波動控制點測試 5 kW 鈮電池儲能系統應答(黑色現為模擬需達成太陽光電平滑化設定值，紅色線為鈮電池的實測結果)

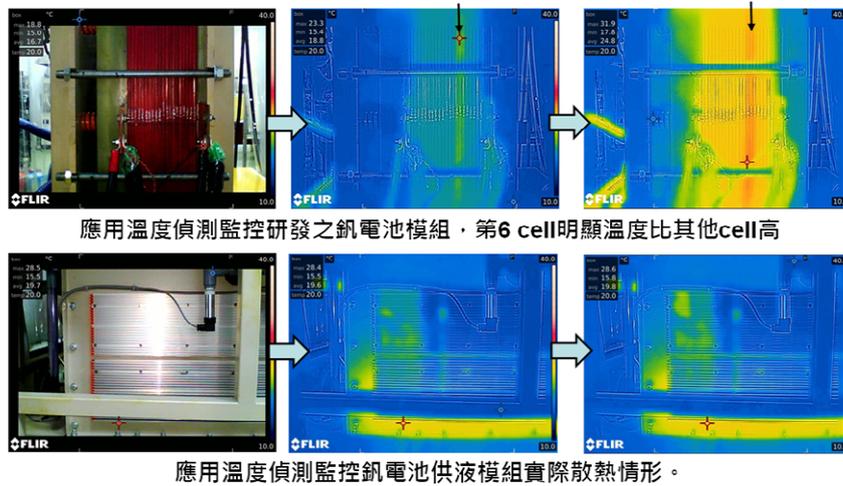


圖 2、應用溫度偵測監控技術及溫度分布，加速電池運轉中故障排除及釐清原因，達到儲能系統穩定運維及管理目標

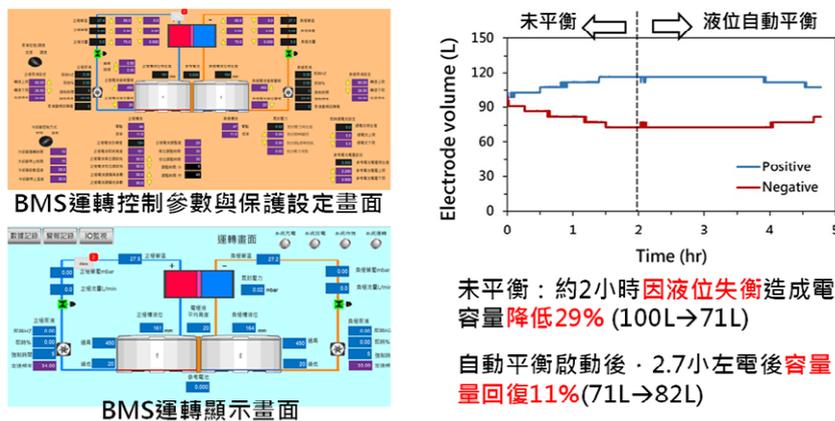


圖 3、儲能電池循環監控系統優化，藉由液位控制減緩正負電解液間液位差擴大，延緩電容量衰退及提升系統操作穩定性

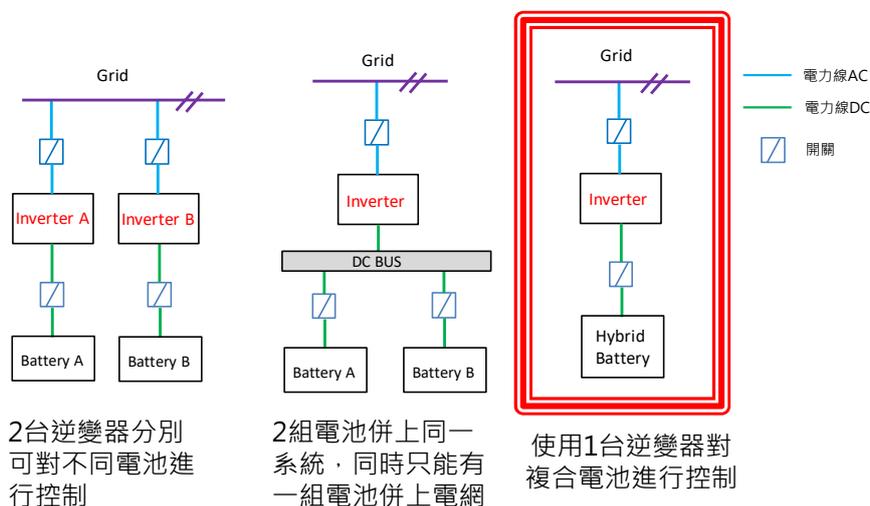


圖 4、三種不同架構之多元儲能系統，本計畫建立多元儲能系統複合電池測試通道(右)。

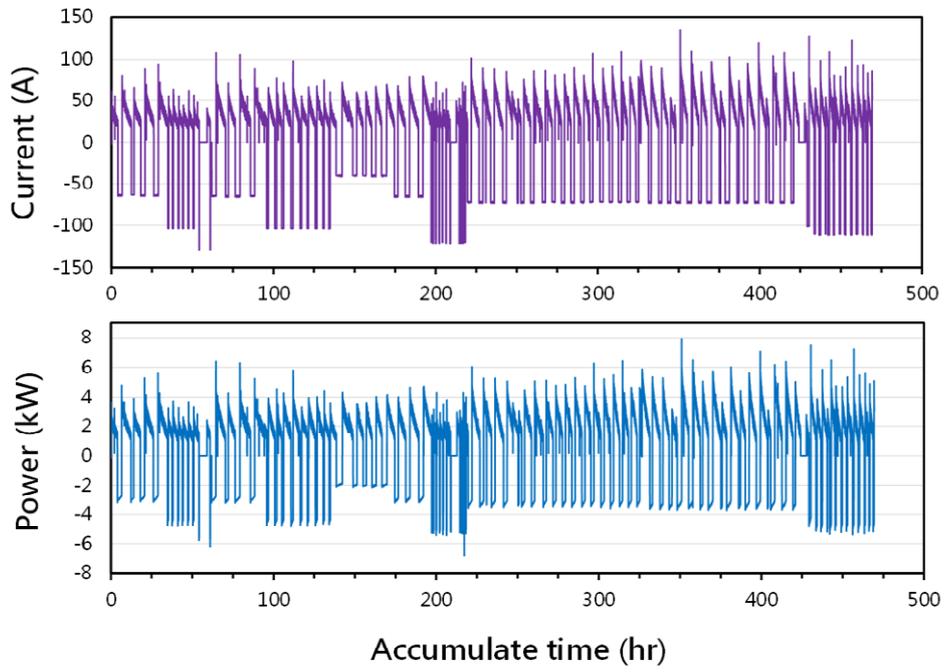


圖 5、儲能系統運行累計測試達 468 小時(其中：利用市電對儲能電池充電(正值)，電池對市電電網放電輸出(負值))

表 2. 燃料電池及產氫技術研發歷年成果

	電池片技術精進	電池堆及系統功能	重要成果之量化效益
110 年	完成 10×10 cm <sup>2</sup> 之中低溫金屬支撐型電池單元製作。於 650 °C 下，OCV 為 1.026 V，電壓 0.819 V 時功率輸出為 45.2 W，600 °C、0.80 V 時功率輸出為 34.1 W。	完成系統設計報告，於甲烷進料 20.5 LPM 下，陽極回收率 19.5 % 條件下，估算發電量約 5,156 W，系統燃料使用率 56%，發電效率約 46.2 %。	推動技轉 2 件收入 2,200 千元，並促進廠商投資 1,200 千元。
111 年	本所自製 MSC 電池單元，完成 5 片裝電池堆測試，於 750 °C 轉氫後 OCV 為 5.237 V，拉載至 46 A 時功率為 186 W，發電效率達 37.6%，高於 175 W 及 35% 之目標，驗證該電池單元及電池堆應用於 SOFC 發電之效能。	完成四合一熱工元件整合裝置效能測試，陽極之進料為 CH <sub>4</sub> =9 LPM、H <sub>2</sub> O=17 ml/min 及陰極空氣為 220 LPM 時，燃燒器最高溫度介於 950~970 °C 之間，甲烷轉化率達 98.5%。	推動技轉 1 件，收入 1,000 千元；完成技服案 3 件，收入 3700 千元，並促進兩廠商共投資 1,047 千元。
112 年	MSC 電池單元於 700 °C、0.8 V 之功率輸出 41.4 W，功率密度 510 mW/cm <sup>2</sup> 。	10 片裝 MS-SOFC 電池堆，於 700 °C 時 OCV 約 1.1 V/片，於 0.73 V/片時，效能 562 mW/cm <sup>2</sup> (45.6 W/片)，發電效率 40.6%。10 片裝 MS-SOEC 電解堆於 700 °C，電流密度達 814 mA/cm <sup>2</sup> (66 A)，平均每片電壓為 1.47 V，產氫量達 5 L/min，產氫效率 75 %。	推動技轉 2 件，收入 1,500 千元；完成技服案 4 件，收入 1466 千元，並促進廠商投資 2500 千元。
113 年	MSC 電池片於 700 °C、0.706V 下，發電功率可達 64W(790 mW/cm <sup>2</sup> )。(圖 6)	10 片裝 MSC 電堆測試，於 700°C、氫氣流量 12 L/min (1.2 L/min/片)，功率達 513 W (51.3 W/片、0.64 W/cm <sup>2</sup> )；氫氣流量 4 L/min (0.4 L/min/片)，功率達 305 W (30.5 W/片、0.376 W/cm <sup>2</sup> )，發電效率 46.3 %。(圖 7) 電解產氫模式：進水量每分鐘 5.28 ml、氫氣與水比例為 2:8，	完成技服 4 件，收入 1,502 千元，並促進廠商投資 1500 千元。

		<p>電流 80 A、電壓 13.98 V(平均每片電壓 1.398V)，產氫量達 6.08 LPM，效率 81.4%。(圖 8)</p>	
--	--	---	--

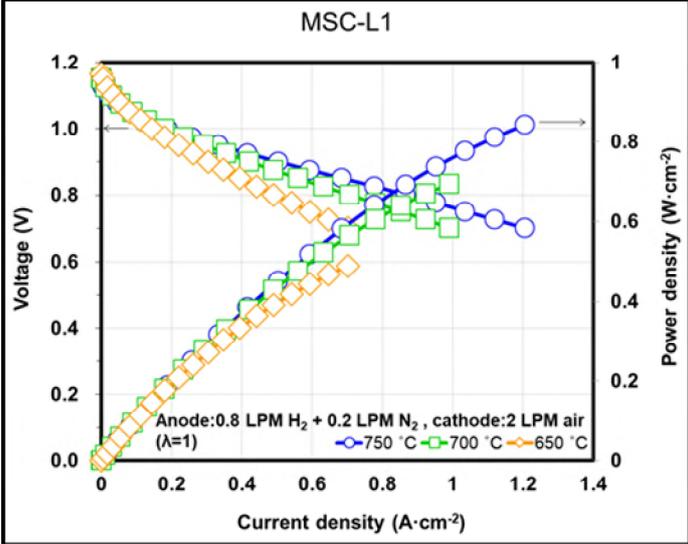


圖 6. 單片裝 MS-SOFC 電池堆效能曲線

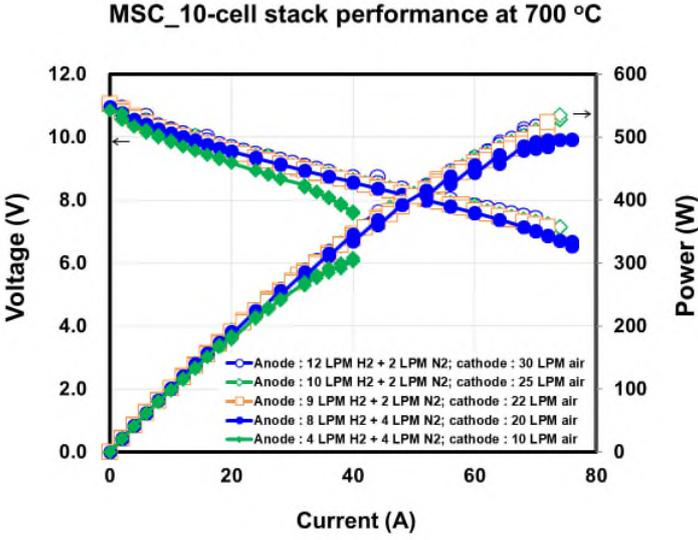


圖 7. 10 片裝 MS-SOFC 電池堆效能曲線

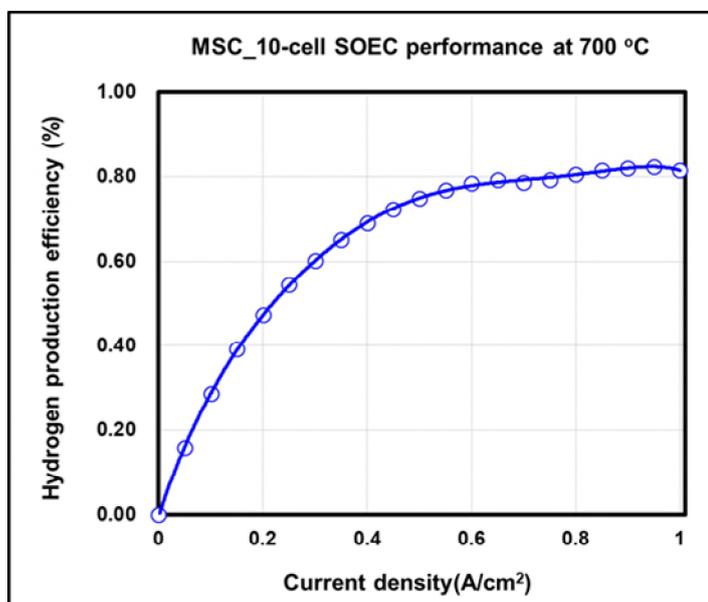


圖 8、10 片裝 MS-SOEC 電堆產氫效率曲線

表 3.低成本節能除濕潔淨轉輪技術歷年成果

	廢棄物循環回收 碳化矽	設備開發	場域驗證	技術服務及技轉
110 年	桌上型純化提取碳化矽設備及碳化矽純化實驗參數調整。測試碳化矽產出量累積 25 公斤，材料純度 92%。	完成晶圓切削料提取碳化矽、除濕元件製作及乾燥除濕潔淨轉輪系統整合建置。系統乾燥風量 60 m <sup>3</sup> /h。	廠商提供陶瓷成型製程場地(面積 73.5 m <sup>2</sup> ，高度為 2.6 m)，進行環境溫濕度控制，空間濕度 50%，減少作業環境水氣干擾，提升生產良率，驗證系統整合機台及量化能源因數值。	廠商委託技術服務案 1 件，金額 40 萬元。澤○歌應用材料股份有限公司技術移轉「乾燥、除濕、潔淨及工業與住商環境品質控制技術，除濕輪製作方法與吸脫附動力量化裝置」，簽約金 120 萬元，總金額 160 萬元。
111 年	每批次 3 公斤級晶圓切削料提純碳化矽反應器建置和投料試俾。純化碳化矽純度為 97.6%。	導入智慧製造，開發積層製造 3D 列印專用印漿料，完成製作直徑 15 公分、厚度 5 公分轉輪元件。完成建置除濕潔淨轉輪系統，最大乾燥風量 90 m <sup>3</sup> /h，	於虎尾科技大學生物毒性測試實驗室 (112 m <sup>2</sup> 、高 3 m) 進行場域測試，維持空間 45% 相對濕度符合需求，連續運轉 1 個月，計算潔淨除濕能源因數值 2.46 L/kWh，揮發性有機物移除效率 99.7%。	瑒○環保有限公司委託本所進行「電漿熱裂解太陽光電模組材料全循環應用模廠建置可行性評估」技術授權案。金額 100 萬元。桃○區農業改良場，委託香草莖調製技術改進試驗，金額 30 萬元。復○科技公司，半導體和光電產業晶圓加工用碳化矽陶瓷透氣吸

				盤製作技術開發技術服務，金額 30 萬元。總計年度一件技術轉移，兩件技術服務，總金額 160 萬元。
112 年	完成百公斤級批次反應器及投料試俾。藉由磁力分選單元去除磁性物質，提高碳化矽粉末純度 99.5% (測試方法 CNS 9439)。	建立直徑 $\geq 15$ 公分轉輪元件及補強肋設計，增加結構強度。 完成乾燥除濕潔淨轉輪系統建置，最大乾燥風量 180 $m^3/h$ 。	於 225 $m^2$ 試驗場域，進行 100 公斤香草青莢乾燥測試，平均每日耗電度數降低 45%，可縮短 1/2 乾燥時間，換算乾燥能源因數值為 0.52 $kg/kWh$ 。	完成 1 件技術轉移案及 2 件技術服務案簽屬，總簽約金 145 萬，分別為：1. 瑀 O 環保公司技術轉移電漿熱裂解太陽光電模組材料全循環技術金額 105 萬元；2. 豐 O 實業股份有限公司，木質材料作為吸附材料及相關特性分析技術服務，金額 20 萬元；3. 復 O 公司，半導體業晶圓承載器具材料之分析，金額 20 萬元。
113 年	建立百公斤級循環材料自動控制連續生產碳化矽純化提取反應系統及試俾提純後碳化矽純度 99.4%，總碳化矽回收率 99.0%。	精進調製積層製造專用碳化矽漿料黏度，增加漿料工作性，製作直徑 25 公分厚度 15 公分轉輪元件。 完成建置乾燥除濕潔淨轉輪系統，乾燥風量 2000 $m^3/h$ 。(圖 9)	完成 304 $m^2$ 蘭花培植溫室場域的測試驗證(圖 10)，連續運轉執行約三週，除濕轉輪再生溫度及相對濕度均符合花卉溫室溫濕度要求，成功將蝴蝶蘭花苞催花。乾燥除濕潔淨轉輪系統之能源因數值 2.86 $L-H_2O/kWh$ (圖 11)。	完成電漿熔融、新材料合成與綠色材料化技術和乾燥、除濕、潔淨及工業與住商環境品質控制技術「電漿熱裂解太陽光電模組材料全循環技術」技術轉移成本計價及簽核，金額 110 萬元，瑀 O 環保公司完成簽約及第一期款 80 萬繳交。

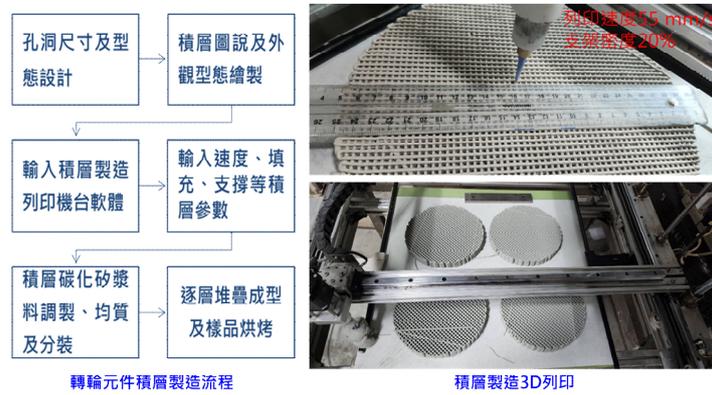


圖 9、積層製造轉輪元件



圖 10、乾燥除濕潔淨轉輪系統蘭花培植溫室場域測試驗證



圖 11、蘭花培植溫室場域測試驗證環境現況

表 4. 生物可分解塑膠技術研發歷年成果

	菌株效能開發	培養策略	萃取技術	技術服務及技轉
110 年	整合染劑法、聚合酶鎖反應及環境耐受性分析等方法，加速菌株研發時程，進行貪銅菌 PHAs 發酵，產量佔菌體乾重可達 40% 以上	在放大驗證過程中，以微型發酵槽獲取到的最佳生產條件為基礎，再據此進行 5 L 規模及後續放大規模驗證之發酵試驗	分別以二氧化氯和月桂酸銨進行破菌和消滅，建立無毒溶劑萃取純化技術，發酵產出之 PHAs 菌體經破菌、萃取及純化等技術處理後，PHAs 純度可達 95% 以上	完成 2 件委託研究案，簽約金 6,880 千元，另外達成技服 2 件共計 236 千元
111 年	已完成 3 株 PHAs 菌株之噸級發酵操作測試，其中貪銅菌其 PHAs 乾重比可達 72%	為同時提升 PHAs 產量佔菌體乾重比及菌量，執行貪銅菌 PHAs 饋料批次發酵培養實驗	為提升細胞壁組成較複雜的 PHAs 革蘭氏陽性菌之萃取純化效率，本計畫使用 0.15M 硫酸於 200L 反應槽中進行放大萃取，反應冷卻並鹼化處理，其 PHAs 樣品純度可達 90% 以上	完成技服案及技轉案各 1 件簽約，金額分別為 200 千元及 500 千元
112 年	本計畫開發之貪銅菌可於 72 小時內以饋料批次發酵完畢，發酵時間的縮短有助於增加操作次數，其 PHAs 可佔菌體乾重維持達 70% 以上	貪銅菌因可採用全無機鹽配方，具降低藥品成本優勢，配合菌株培養時間、碳氮比例、溫度、pH 及溶氧量等參數，據此提高 PHAs 產量	建立之二氧化氯破菌、月桂酸銨的無毒萃取的方式，經精進程序修正後，可將月桂酸及氨水試劑減少 75% 及甲醇用量減少 50%	完成二年期的委託研究案，決標金額為 7,899 千元及 1 件技服案金額 200 千元
113 年	藉由調整微量元素、酸鹼控制和饋料控制操作等策略，提升菌株代謝效率，以公升級進行發酵，菌株利用碳源產製 PHAs 的轉化率(PHAs g/ 碳源 g)約為 26.74%。(圖 12)	為使細胞持續生長並代謝碳源累積產物，將以批次饋料發酵模式，培養 72 小時，於第 24 小時起開始饋料，並調整饋料速率，碳源饋料依照菌量提升程度於後端緩增，據此提升 PHAs 累積量	經有機酸(草酸)及氫氧化鈉的組合萃取下，使溶液鹼化溶解破菌後的脂質及蛋白質等有機物，其 PHAs 累積物就會變成沉澱物被沉澱分離，蒐集乾燥後的固體，可得到純度 99% 之 PHAs 粉體 (圖 13)	完成 1 件技服案簽約，金額為 8,000 千元。完成國內知名石化中○公司委託研究案和技服案預定工作項目，本年度收入達 5,240 千元

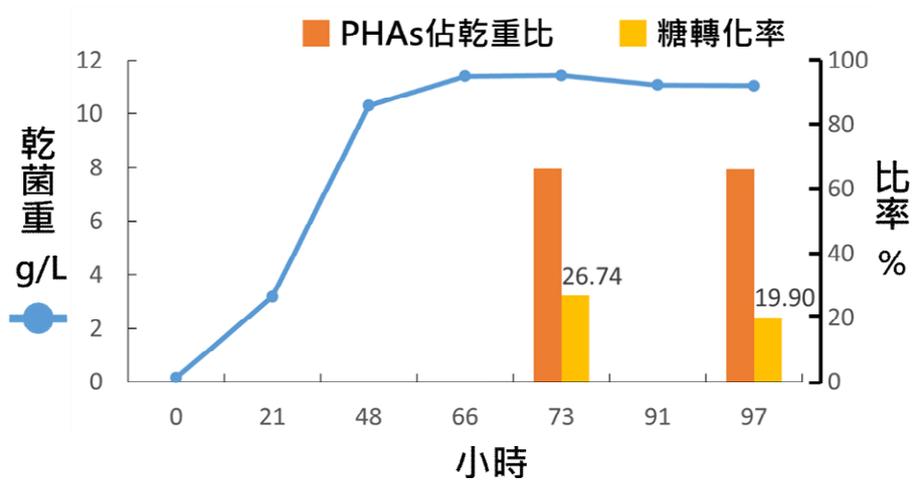


圖 12、綜合培養策略提升糖轉化代謝效率

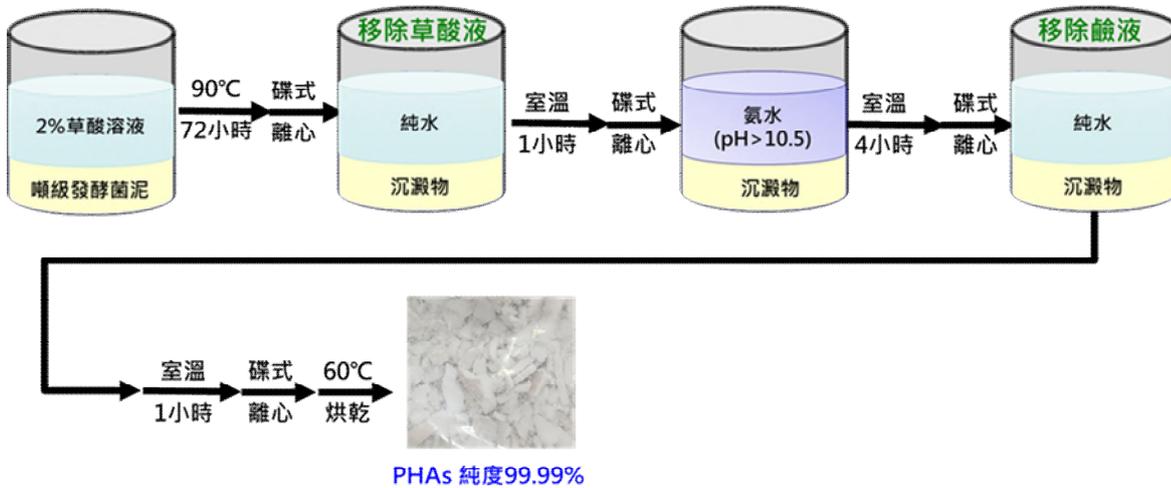


圖 13、有機二元酸萃取 PHAs 技術噸級操作程序

表 5. 本土化大型風力機葉片檢測技歷年成果

	葉片檢測技術開發	實場域驗證	技術服務及技轉
110年	藉由台電陸域風場葉片，累計 21 支大型風機葉片檢測，建置葉片損傷資料庫。	手持式超音波探傷儀實地校驗，確認回波增益值設定，完成 Vestas V80 2MW、GE 1.5MW、Z72 2MW 等共計 21 支大型風機葉片檢測。	
111年	結合 6 自由度機械手臂與無人載具，完成地面型葉片檢測系統建置，3 小時完成 50 公尺葉片檢測工作。	地面型葉片檢測系統於台中港風力發電站進行實場域驗證，藉由 2 MW 風機 35 公尺葉片檢測時間約 2 小時 10 分鐘，推估 50 公尺葉片檢測可於 3 小時完成。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 「25kW 風力發電原型機設計」技術授權佳○重機，金額 2,000 千元。</li> <li>2. 台○電力公司委託「彰工風場小型風力發電機評估及試驗案」，金額 8,658 千元。</li> <li>3. 佳○重機委託「新型 30 kW 風力機設計評估」，金額 500 千元。</li> </ol>
112年	採用 3 顆步進馬達機構與螺紋推桿夾具，透過捲揚機吊掛，完成高空型葉片檢測系統建置，2 小時完成 50 公尺葉片檢測工作。	應用本院 150 kW 風力機進行高空型葉片檢測系統實場域驗證，風機高度 50 公尺，0.38 小時完成長度 10.85 公尺葉片檢測工作，推估 50 公尺葉片檢測可於 2 小時完成。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 中○科學研究院委託「水下載具水櫃運用高壓空氣排水之閥門關閉模擬與出口壓力時變分析」，金額 2,500 千元。</li> <li>2. 新○能源委託「新高 CH25K 垂直軸風力機設計評估報告審查」，金額 100 千元。</li> <li>3. 船○中心委託「風力發電機塔架疲勞分析與剩餘壽命評估」，金額 665 千元。</li> </ol>
113年	應用 GoogleNet 卷積神經網路模型取代人工損傷判讀，檢出率提升至 96%。(圖 14)	GoogleNet 卷積神經網路模型實場域驗證，成功判讀空泡、脫膠、脫層等損傷型態，檢出率達到 96%。(圖 15)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 金○工業研究發展中心委託「超大型離岸風機平行驗證建置及風場專案驗證審查」，金額 920 千元。</li> <li>2. 俊○公司委託「俊鴻 G30 水平軸風力機氣彈負載設計評估」，金額 200</li> </ol>

			千元。 3. 工○技術研究院委託「高壓測試環境建置」，金額 556 千元。
--	--	--	--

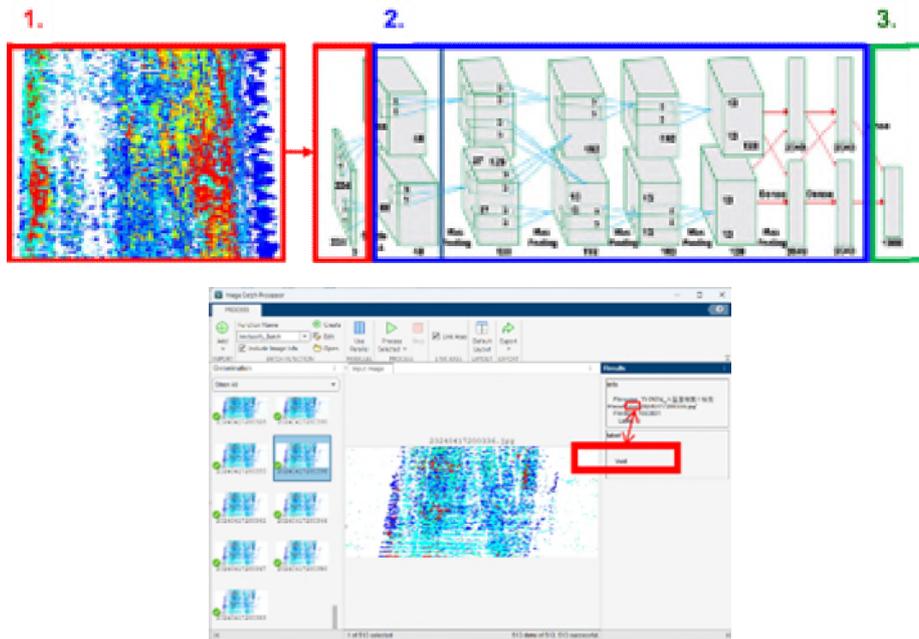


圖 14. 應用 GoogleNet 卷積神經網路模型及訓練，取代人工損傷判讀提升檢出率

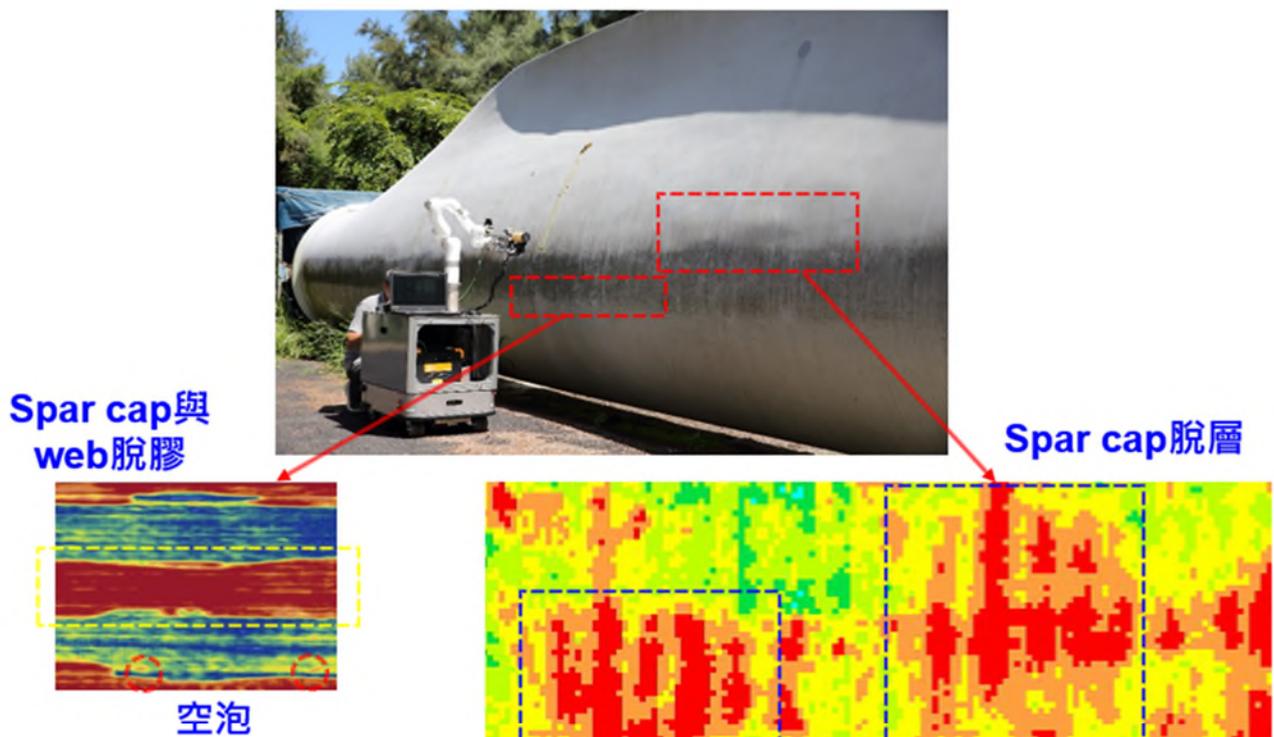


圖 15. 台電 Zephyros Z72 2MW 風機葉片現場檢測

## 貳、經費執行情形

### 一、 全程經費(由系統加總)

單位：千元；%

總預算數 (A)		總實支數 (B)	總節餘數 (C)	總執行數 (D=B+C)	達成率(% (E=D/A)		
120,301		119,708	593	120,301	100		
各年度	預算數 (F)	實支數 (G)	節餘數 (H)	保留數 (I)	年度執行數 (J=G+H)	年度達成率(% (K=J/F)	決算數 (G+I)
110	36,726	36,226	500	0	36,726	100	36,226
111	32,477	32,423	54	0	32,477	100	32,423
112	28,388	28,349	39	0	28,388	100	28,349
113	22,710	22,710	0	0	22,710	100	22,710

二、 年度經費(由系統填寫)

單位：千元；%

	113 年度						備註
	預算數 (a)	初編決算數			節餘數(e)	執行率 (d/a)	
		實支數 (b)	保留數 (c)	合計 (d=b+c)			
總計	22,710	22,710	0	22,710	0	100	
一、經常門小計	11,035	11,015	0	11,015	0	100	
(1)人事費							
(2)材料費							
(3)其他經常支出							
二、資本門小計	11,675	11,695	0	11,695	0	100	
(1)土地建築							
(2)儀器設備							
(3)其他資本支出							

註：

1. 初編決算數：因績效報告書繳交時，審計機關尚未審定 113 年度決算，故請填列機關初編決算數。
2. 實支數：係指工作實際已執行且實際支付之款項，不包含暫付數。
3. 保留數：係指因發生權責關係經核准保留於以後年度繼續支付之經費。
4. 預算數：原則填寫法定預算數，如立法院尚未通過總預算，則填寫預算案數。
5. 執行率：係指決算數佔預算數之比例
6. 節餘數：係指執行政府節約措施、辦理招標、匯率變動或工程完工，致經費節餘未辦理保留者。

1. 經費支用說明

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

1. 本年度編列經常門經費 11,035 千元，主要用途為支應計畫執行所需之實驗物品材料、設備設施維護、水電清潔、國內外公差、委託學術單位研究等費用。編列資本門經費 11,675 千元，主要用途為購置計畫執行所需之機器設備，資訊軟體設備、系統開發費等雜項設備費用。累計至 113 年 12 月 31 日分配經費執行率皆為 100%。
2. 其中部分設備費應用簡述：(1).為配合計畫規劃之技術開發工作，藉由設定設計參數、進風空氣熱交換負荷及所需再生加熱計算，可定義風機、熱交換器、冰水機、除濕輪尺寸、除濕輪吸附量及加熱器規格選擇與訂定，建置乾燥除濕潔淨轉輪系統，於雲林古坑花卉試驗所，進行 304 m<sup>2</sup>蘭花培植溫室場域的測試驗證，檢驗可靠性並實測能源效能指標，加速了解後續設備實際應用於產業界及其可行性評估。金額 1,360 千元。(2).為執行計噸級發酵生產製程，符合製程之輸送及操作安全需求，需採購發酵槽專用輸送系統相關設備和水解槽攪拌變頻器系統，以確保程序穩定性、安全性與效率；金額 434 千元。為進行菌株篩選觀察，以目前既有顯微鏡儀器設備為基礎，進行擴充增加專屬之影像擷取設備及其儀器控制電腦，以進行形態特徵分析，金額 219 千元。(3).為加強風力機葉片檢測效率，以及損傷數據判讀之便利性，採購大型風力機葉片檢測用陣列式超音波檢測設備，金額 1,407 千元。

## 2. 經費實際支用與原規劃差異說明

(如有執行率偏低、保留數偏高、經資門流用比例偏高等情形，均請說明。)

相關經費均依規劃執行，執行率達 100%。

## 參、成果之價值與貢獻度 (請上傳累積成果)

(請說明計畫執行至今所達成之主要成果之價值與貢獻，亦即請填寫起始年累積至今之主要成就及成果之價值與貢獻度。)

### 一、學術成就(科技基礎研究)

1. 本計畫團院針對再生能源與複合儲能技術，完成國內太陽能及新能源學刊「再生能源與複合型儲能電池場域實驗驗證」論文發表，探討不同儲能電池特性及應答及於場域應用之特性，展現計畫研發成果。
2. 第十九屆氫能與燃料電池研討會，完成「儲能電池於太陽光電平滑化應用之性能測試方法」論文發表，探討再生能源擾動時之設定點與液流電池應答反應速率，透過與專家討論交流會議增進研究深度，展現研發成果。
3. 13 屆工程與技術創新國際研討會，完成「全釩液流電池流道設計及性能測試」論文，探討流道設計對於液流電池模組整體效能影響，透過專家討論交流會議拓展研究深度，提升計畫技術能力，使計畫之研究發展能與國際之發展及未來趨勢接軌。
4. 期刊論文”Effect of Electric Current on Cathode-Side Contact Resistance in SOFC stacks”已被”INTERNATIONAL JOURNAL OF HYDROGEN ENERGY”接受。該論文探討 SOFC 電池堆實際運轉時，因電流持續流通產生電阻加熱效應，使電池片陰極側之陰極/連接板接觸界面產生間隙，造成接觸電阻快速增加，降低發電功率。
5. 參加國內會議，論文「高溫共電解對 MSC 單電解堆效能之影響」及「製備具對稱電極結構之固態氧化物電解電池及其電解特性」分別獲得第十九屆氫能與燃料電池研討會一般論文獎第三名及海報論文獎優等。
6. 參加 2024 第 13 屆國際材料科學與工程科技研討會及參訪名古屋大學低溫電漿科學中心，發表論文”Activation Process Development of Sustainable Adsorbent Materials from Alumina Dross”。本國際會議包含複合性材料、可再生材料、功能性材料、化學材料、3D 材料、材料特性、材料製程、材料工程、材料永續性等議題，為國際資訊交流重要平台。透過專家討論交流會議拓展研究深度，提升計畫技術能力，使計畫之研究發展能與國際之發展及未來趨勢接軌。
7. 撰寫期刊論文” Polyhydroxyalkanoates production with fruit waste using Bacillus strain from wastewater sludge”投稿至”BioResources”國際期刊。本研究從工業廢水中篩選出 PHAs 產製菌株，該菌株培養在水果廢棄物廉價基質，具快速生長特性，使其能在無需滅菌或高成本前處理的條件下，進行發酵產製 PHAs。
8. 計畫同仁受邀為國際 SCI 期刊”BioResources”進行論文審稿，論文領域為 PHAs 領域相關，顯示計畫團隊在專業技術領域內已獲得國際期刊肯定，並且透過審稿機會，可促進與相關領域專家交流並瞭解研發動態與發展現況，有助於後續計畫之研發規劃。
9. 計畫團隊以「風力機控制系統與嵌入式電腦控制器之異質整合技術」論文發表，並刊登於機械新刊 2 月號 2024 第 87 期，p.72-80。

10. 參加 5 月 31 日 2024 GTEA 綠色科技工程與應用研討會，並且與綠色能源與節能議程專家討論離岸風電技術應用，針對浮動式離岸風電議題進行技術交流。
11. 參加 11 月 15 至 17 日 2024 IEEE 6th Eurasia Conference on IoT, Communication and Engineering 國際研討會，並與專家學者進行風力發電延伸應用技術交流與掌握最新相關技術。
12. 本期 110-113 年投稿國外期刊 17 篇、國際會議 6 篇、國內會議 10 篇以上，另同仁擔任國際會議籌委會委員、國際會議諮詢委員、及國際期刊審稿委員，可充分與國際學者交流相關經驗。

## 二、技術創新(科技技術創新)

1. 提升儲能系統運營安全性及穩定性：(1)傳統電池模組藉由監控每 cell 電池片之電壓，需進行電池片電壓導出與配線，利用儲能系統熱管理技術，可由溫度影像找出電堆異常之電池片，增進鈦電池電堆監控能力，加速故障排除。此外熱管理技術尚可用來測試鈦電池供液模組實際散熱情形，可應用於評估設計大型儲能系統運轉散熱效能，加速驗證散熱設計等成果。(2). 儲能電池循環監控系統優化，藉由自動調控幫浦運轉頻率及流速可控制電解液液位，減緩正負電解液間液位差擴大並解決降低電容量問題，未使用平衡控約 2 小時即因液位失衡造成電容量降低 29%，啟動自動平衡功能後約 2.7 小時液位可回復 11%，可提升系統操作穩定性及延緩電容量衰退。(3).參照美國國家實驗室之 PNNL-22010 提出之太陽光電平滑化、頻率調節、再生能源穩定等不同儲能應用的測試曲線，並利用本所測試平台建立測試配方流程，建立不同應用情境標準驗證程序，有利於後續進行產業推廣與合作，本技術 114 年將與中○公司延續合作關係，目前已與中○公司進行技術服務合作洽談，預期收入 200 萬元。
2. 擴展固態氧化物電池應用領域：年度進行「燃料電池堆暨蒸氣/二氧化碳共電解堆兩用型性能測試系統」美國專利申請(編號:18/976,366)，該專利可於高溫下，進行電堆 SOFC 模式發電或 SOEC 模式之電解蒸氣產氫(包含蒸氣與二氧化碳共電解產生氫氣與一氧化碳之混合氣)兩模式之切換，將利於 rSOC 技術之發展。其他 110-112 年分別申請“燃料電池 SOFC 發電併聯電網整合裝置”、“燃料重組觸媒及其製備方法”、“一種金屬保護膜之組成及製備方法”專利。另外，MSC 電池單元晶材料及製程參數之調整，113 年於 700°C 下，0.7 V 下，發電功率可達 64.68W(798 mW/cm<sup>2</sup>)；110 年於 700 及 750°C、0.7 V 條件下，發電功率可達 36.9 及 43.5 W(478 及 543 mW/cm<sup>2</sup>)，效能有顯著之進展。
3. 精進循環經濟技術擴大節能效益：放大至量產型永續材料自動控制生產系統，完成每批次 100 公斤材料純化反應器投料試俾 8 次，平均處理量能為 110 kg/h，符合設計需求。8 次投料共 677 公斤晶圓切削料，碳化矽含量 79.7%(539 公斤)，純化後碳化矽共 537 公斤，以 CNS9439 測試方法進行提純後碳化矽純度測試，純度為 99.4%，總碳化矽回收率 99.0%。克服純化反應過程及後續淨化程序製程穩定性，獲得穩定碳化矽純

度及總碳化矽回收率。有效處理工業廢棄物，增加材料生命週期減少礦物開採與二氧化碳排放，經濟與環境永續雙贏。

4. 創新生物可分解塑膠生產技術降低成本：(1).提出專利「產酯粒細菌之菌體崩裂方法」已完成中華民國專利申請(申請編號: 113139203)。該專利使用電穿孔技術，配合脈衝電壓進而使微生物細胞壁產生破孔，使胞內物質釋出，透過蛋白質釋出量監測可評估崩裂效果，崩裂後可提高後續化學萃取效益，可透過工廠化的電場域設置，達到連續性的有效破菌，減少化學萃取 PHAs 的工時及成本。(2).以有機酸(草酸)及氫氧化鈉的組合萃取下，於實驗室條件中可以得到純度 92% 的 PHAs，於該條件下，毋須使用強氧化物(二氧化氯)和高價的月桂酸銨之試劑，即可對菌體的結構進行酸化破壞；而噸級萃取過程中將氫氧化鈉改為通入氨氣，使溶液鹼化溶解破菌後的脂質及蛋白質等有機物，其 PHAs 累積物就會變成沉澱物被沉澱分離，蒐集乾燥後的固體，可得到純度 99% 之 PHAs 產品。
5. 本土葉片自動檢測及人工智能判讀技術：應用 Vestas V80 2.0MW 風機等 21 支大型風機葉片檢測資料，累計 513 張圖片，區分為主損傷類別包括健康、空泡、脫層/脫膠等，以及次損傷類別包括空泡含有部份脫層/脫膠，以及脫層/脫膠含有部份空泡，主損傷與次損傷以 60% 占比區分。本計畫選用五種卷積神經網路模型進行複合式損傷模型訓練，亦即能同時辨識及區分主損傷與次損傷型式，更符合實際葉片檢測應用，其中以 GoogleNet 卷積神經網路模型對於損傷辨識成功率最高。計畫團隊以台中港風力發電站 Z72 2MW 風機葉片中段 5 公尺區間檢測數據，新增 10 張檢測圖片進行驗證，人工判讀約 52 處各式損傷，人工智能模型成功判讀約 50 處損傷，檢出率達到 96%。

### 三、經濟效益(經濟產業促進)

1. 技術團隊爭取產業合作及技術轉移技術服務等以協助產業擴展產品量能或提升產品效能等，實際累計收入約為計畫執行經費 14% 以上，顯示計畫落實產業技術研發獲得業界肯定，為本計畫重要亮點。本期 110-113 年累積技術服務 39 件、收入金額約 22,785 千元；技術轉移共計 15 件，收入金額約 17,245 千元；促進投資 22 件、金額 81,310 千元。
2. 12 月 19 日假桃園市政府辦理「國家原子能科技研究院研發媒合暨專利技術推廣說明會」，計畫團隊簡報「國原院 SOC 技術」、「電漿高效率熔融技術及節能吸附乾燥技術」、「電容量可回復之新型液流電池模組技術」，主動推廣及行銷計畫成果，會後與相關產業代表進行討論，爭取可能合作機會及創造產業價值。
3. 目前國內液流電池儲能技術處於研發示範階段，計畫團隊建立鈮電池測試平台，可協同國內外廠商進行鈮電池關鍵材料與電池模組之性能測試，幫助國內儲能電池產業鏈完整建構，提升台灣於儲能產業之競爭力。以 113 年為例，執行中○公司「鈮液流電池電容量回復方法」技術移轉案，技轉授權金額 475 萬，歸屬本計畫金額 209 萬，此技

術將利於該公司建立後續產業轉型之技術基礎，可協助廠商跨足鈦電池儲能產業鏈，共同提升台灣於儲能產業之競爭力。

4. 本期執行「固態氧化物燃料電池陶瓷基板支撐型單元電池製作技術」技術授權、及「高溫電性(ASR)量測」技術移轉案，協助廠商建立相關技術能力，將利於產業鏈建立；並以製作金屬支撐型電池單元之大氣電漿噴塗技術，將其應用於新型固態電池芯與全固態鋰電池含電解質層極片之製作，有效擴展技術應用面向，協助國內業者佔得市場先機，取得經濟利益。另外，執行「鍍膜金屬連接板應用於 SOFC 之研究」、「固態氧化物電解電池技術發展現況分析與委託試驗工作」、「SOEC 共電解技術開發」等技服案，扶植本土業者或廠商進行關鍵技術開發測試，將利於降低國內電池堆生產成本，對產業發展有所助益。並與國內民營企業合作進行“燃料電池與流體化床應用於民生污泥資源化及農畜業製氫、饋電”計畫，擬開發水務機關及畜牧場之污泥及畜牧污水處理應用技術，將有利於國內相關單位之污泥及污水處理，將其轉換為有實質應用效益之能源。
5. 落實本土化自製節能乾燥除濕潔淨轉輪元件，提升節能技術指標，完整場域測試，作為節能實證和示範，提升設備能源效率 20%減少產業用電支出。有效處理工業廢棄物，減少 480 萬元/年掩埋處置費用，節省產業支出。計畫 4 年期程落實研究開發技術，完成 4 件技術轉移總收入 475 萬元，執行 5 件技術服務案總收入 140 萬元，厚實產業推廣。
6. 減碳和限塑領域的政策推動下，具生物可分解特性的 PHAs 因其多元的材料性能組合，使 PHAs 成為生質塑膠中最具有替代傳統塑膠應用的潛力。計畫團隊已佈局取得 8 項 PHAs 相關菌株開發、發酵培養和後端萃取純化技術等多項專利，其衍生之應用，已與國內知名石化中○公司以委託研究案和技服案進行合作研究，已完成預定工作項目，本年度收入已入帳達 5,240 千元。藉由此合作案所建立的技術，可加速落實計畫研發成果於產業化應用之目標，協助產業提升其經濟效益與競爭力。
7. 「25kW 風力發電原型機設計」於 111 年技術授權予葉片檢測合作業者佳○重機械工程股份有限公司，112 年成功升級新型 30kW 風力發電系統，113 年於台中港風力發電站正式運轉測試(12 m/s 至 13 m/s 額定功率)，今年 113 年 5 月中至 9 月中累計發電量已達 3,531 度，歷經凱米等數個颱風侵襲，妥善率 100%，經由實場域驗證，朝向商用型機種邁進，落實技術產業應用。113 年 12 月協助業者完成新型 30kW 風力發電系統符合 CNS 15176-2 Class I 設計評估，促成合作業者籌備成立新事業單位—巨大能源公司，並逐步完善葉片、機艙加工件、發電機、塔架、電力管理系統等零組件供應鏈，預定 114 年進行符合 CNS 15176-12 型式測試及爭取通過標準檢驗局小型風力機產品驗證，增進國產小風機競爭力。

#### 四、社會影響(社會福祉提升、環境保護安全)

1. 4 月及 10 月分別參與核安會於雲林及新竹兩地辦理之「核安總動員 科技樂無限」科普展，以“不會產生 PM2.5 的發電系統”為題，並開發來電疊疊樂道具，藉由遊戲方式

說明 SOFC 之應用情境及電池堆之組裝與原理，讓民眾及學生瞭解本院研發技術與後續技術應用對於社會環境之助益。國原院於影音平台 Youtube 上傳儲能、SOFC、除溼輪、生質精煉等綠能技術，簡介相關原理及進展等，使民眾熟悉相關技術及了解研發經費產出成果，增進民眾了解政府科研計畫成果。

2. 積極擴展技術能見度及參加展覽，例如台灣創新技術博覽會永續館展出「新型液流電池模組技術與可擴充式液流儲能模組機櫃」、「節能綠色吸附材料關鍵元件及揮發性有機物處理設備系統整合」、2024 年台北國際汽機車零配件展「智慧財產局優良專利館展示「燃料電池發電併聯電網整合裝置」、2024 國際青商會國家永續區展示「可創造碳捕捉再利用永續新價值之特色菌株與發酵技術」等，展示計畫團隊相關技術成果，增進業界及民眾對於計畫研發之綠能技術了解，擴大可能合作機會。
3. SOFC 有高能源轉換效率與燃料多元化之優點，可降低碳排，生質能則具有的碳中和特性，結合兩者以生質物作為 SOFC 之料源，輔以碳捕捉，將有負碳排或減排之效益。經捕捉之二氧化碳利用 SOEC 以離峰之綠電進行二氧化碳與水之共電解，生產綠色一氧化碳及氫氣之混合氣，於尖峰時提供 SOFC 進行發電。結合 SOFC 及 SOEC 可形成碳應用之循環，將有助於國家 2050 年淨零排放目標之達成。
4. 純化碳化矽永續材料替代原物料，製作節能轉輪元件=整合兼具節能、乾燥除濕、潔淨三合一節能系統，減少礦物等原物料開採，每年減少二氧化碳排放 500 噸以上，建立永續發展生活環境。
5. 以「聚羥基烷酸酯生產菌及使用其生產聚羥基烷酸酯的方法」參加 2024 台灣創新博覽會發明競賽(TIE)獲得金牌獎。本技術以水果廢棄物作為低成本生質精煉料源，無須經過繁複的前處理程序與高溫高壓滅菌流程，大幅減少發酵製程成本與時間，將經濟價值低的廢棄物轉化為高值化生物可分解材料，達到綠色經濟與減廢加值之目標。藉由參與 TIE 發明競賽，可展現研發技術價值並拓展本計畫之技術能見度。呼應 2024 年 11 月釜山舉行之全球塑膠公約，其 4 大戰略目標包含減少一次用塑膠尋求替代品、訂定塑膠產品設計目標及增加可回收性，再利用塑膠轉型循環經濟，以及管理現有塑膠污染等目標。國內政策目前將朝 2030 年禁塑方向前進，本計畫開發之 PHAs 為具生物相容性和可生物分解特性的生質材料，一方面具有替代石化塑膠之應用降低碳排放量，另一方面可降低塑膠微粒於環境危害，有助於提升大眾生活品質及降低塑膠造成對環境的衝擊，可配合未來政府減塑目標措施，成為未來綠色塑料的重要選擇。
6. 本計畫技術應用於台○再生能源處委託「彰工風場小型風力發電機評估及試驗案」，採用計畫團隊過去自行研發之 25 kW 風力發電系統，自 112 年 9 月於彰工 III 期風場完成系統架設，113 年 3 月至 12 月累計 8 個半月測試，歷經 4 個颱風，除維持正常運轉發電，容量因子達 20% 以上，且不干擾現場大型風力機效能，驗證大型陸域風機間安裝小型風力機之可行性，最大化利用現有大型陸域風場之可用風能與空間，有助於提升再生能源發電佔比及協助擴大再生能源貢獻。

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

1. 薦送本院同仁於台灣科技大學進行進修，共 1 名碩士生與 1 名博士生，進行鈦電池關鍵材料改質研究。與海洋大學合作，將本所開發的鈦電池儲能系統併入海洋大學原規劃的示範場域，該場域結合太陽能、風力發電及儲能型鉛酸電池，進一步提升系統多樣性。此合作不僅為學生提供實習機會與相關技術培訓，還有助於培育國內液流電池產業的人才。透過建立完整的示範場域，提供學術界與業界參考，促進未來液流電池技術的發展與應用機會。
2. 透過與國內民營企業合作進行“燃料電池與流體化床應用於民生污泥資源化及農畜業製氫、饋電”計畫，進行院內跨所及國內民營企合作，擴展技術應用冷率及參與人員之技術專長，有助於廠商員工及本院同仁專業之增長。
3. 農業部桃園區農改場委託研究團隊進行香草莢節能低溫吸附乾燥製程驗證及氣流場模擬分析，持續就香草莢開發低溫吸附乾燥設備和生產製程精進，驗證標的乾燥物至商業化規模，培養香草莢節能低溫乾燥設備設計規劃及操作維護專業人員。
4. 計畫團隊與陽明交大、清華大學共同申請國科會計畫，針對新穎性單碳資源菌株開發、代謝工程設計及發酵規模放大等合作工作項目，與學界進行專業合作與分工，期藉由碩博士生與研究助理的先期參與和實作結合進行跨領域訓練，為國內培養低碳製程應用技術人才。共同申請『建構高效率固碳合成代謝系統以發展低碳製程』國科會淨零碳排計畫，目前計畫核定 3 年，第一年核定總金額為 750 萬元。計畫團隊將以建置的工業生技研發平台，高通量篩選技術、微型試驗廠及噸級發酵測試廠，協助執行菌株發酵培養及放大驗證工作項目。
5. 參加 2024 第 13 屆國際材料科學與工程科技研討會及參訪名古屋大學低溫電漿科學中心，名古屋大學低溫電漿科研究中心在奈米科技、環境技術、農水技術、醫學技術皆由涉獵，特別在半導體製程與日本企業有深厚的連結，解決製程上的困難、節省製程能源與物料成本，是推動日半導體技術發展的重要推手。與該單位 Kenji Ishikawa (石川健治)教授、 Shih Nan Hsiao (蕭世男) 教授接觸並建立友好關係，持續強化本院與國際間之人脈及合作交流關係，拓展研究深度與提升國際同業審查應對能力，使計畫之研究發展能與國際之發展及未來趨勢接軌。
6. 美國愛達荷國家實驗室(Idaho National Lab, INL)科技領域 Todd E. Combs 副院長與國際處 Marsha McDaniel 處長等貴賓，於 113 年 11 月 4 日蒞臨參訪，計畫團隊簡介「生質能研發應用設施」及研發應用、除溼輪等技術並進行討論交流，後續將安排議題進行線上會議，促進技術交流。
7. 計畫致力於關鍵組件開發，113 年 10 月 23 日同仁受邀參加保來得公司在苗栗竹南總公司廠區隆重舉行之「智慧綠能永續發展一定置型氫能燃料發電系統啟動儀式」，該設施為 650kW 定置型氫能燃料發電系統，來自美商 Bloom Energy 公司；保來得規劃 2025 年繼續擴充建置 550kW SOFC 氫能燃料發電系統。該系統之引進將加速國內相

關應用之示範驗證，並促進相關零組件廠商投資與技術發展。本期執行期間計畫同仁參加歐盟燃料電池論壇(European Fuel Cell Forum, EFCF)舉辦之第十六屆 SOFC/SOEC 研討會及燃料電池展，該員自 2011 年受邀擔任該論壇之國際諮議委員(International Board of Advisors, IBA)，在 2022 年論壇的國際諮議委員會議上，獲邀續任為 6 年一聘的 IBA 成員。藉由參加 IBA 委員會及論壇會議，以掌握國際 SOFC 燃料電池之發展趨勢，並拓展與國際主要發展機構成員之關係，強化國際人脈關係及促進資訊交流。此外，藉由與國內業者及學界之合作，促進多方交流，對參與人員之專業知識及技能之成長有所助益，並培育碩博士生從事相關工作之研究及分析，以期畢業後可投入 SOFC/SOEC 相關產業。

8. 計畫團隊從產業廢棄物建立純化回收技術及放大技術，並應用於除溼輪元件等製造，積極連結產業進行技術服務及技術轉移，由產業投入金額、人力和建置或擴充相關機具設備，促進投資，連結相關供應鏈與上下游協力廠商。解決事業廢棄物處理難題，提升設備能源效率，碳化矽及其衍生性產品、設備和系統販售，再創新商機。
9. 計畫團隊於 113 年協助業者完成新型 30 kW 風力發電系統符合 CNS 15176-2 Class I 設計評估，促成合作業者籌備成立新事業單位—巨大能源公司，並逐步完善葉片、機艙加工件、發電機、塔架、電力管理系統等零組件供應鏈，預定 114 年第二季進行符合 CNS 15176-12 型式測試，爭取 114 年底前通過標準檢驗局小型風力機產品驗證。

## 肆、檢討與展望（請上傳累積成果）

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

### 一、計畫執行困難與因應對策

1. 計畫執行期間多家大廠主動聯繫討論儲能合作，例如台○、達○、國○等公司，目前電池模組與原型系統之研發成果，若要產品化及降低製造成本，仍需產業投資量產，目前國內表前儲能市場投入廠商已超過原規劃數量，而具有發展性之表後市場目前因尚無明顯政策誘因及適當電費結構設計，因此導致使用端及廠商投入及以量產製造設備等降低電池生產成本多屬於觀望。因應對策：擴大國原院鈦電池技術及測試驗證平台對外合作效應，並積極與中○綠能所、台○電綜所及儲能產業建立合作關係，共同開發國產儲能系統及示範應用，藉由應用實績及經驗，增進擴展技術應用機會。
2. 完成  $10 \times 10 \text{cm}^2$  金屬支撐型固態氧化物電池片之性能精進與 10 片裝金屬支撐型固態氧化物電堆之組裝與測試，電池片開發方面達成單片電池可發電 50W 及產氫效率 83% 成果，3 片裝與 10 片裝電堆之發電功率分別達到 150W 與 500W 以上，產氫效率分別達成 81.7% 與 81.4%，性能符合原規劃目標，電池片效能與國際商用產品相當。
3. 本期研究開發計畫至 113 年結束，自製高效節能除濕潔淨轉輪系統後續性能精進、場域驗證及推廣將受限。因應對策：本計畫從 110 年開始執行至今，每年度皆藉由技術轉移和技術服務方式，與國內企業進行產研合作開發，迄今從未間斷，由產業投入金額、人力和建置或擴充相關機具設備（促進投資），包括除濕輪原料工廠，除濕輪核心元件生產工廠，乾燥設備機械結構、電控系統、智慧控制、機電整合供應商等，相關供應鏈與上下游協力廠商的連結已具雛型，計畫每年皆產出雛型機台，已累積相當的技術能量，與業界共同承擔應用場域之測試改良。後續可以現有技術轉移和技術服務的合作廠商為基礎，尋求農業乾燥機烘乾設備及其它應用除濕乾燥設備廠商合作，進行市場推廣與促進國內乾燥產業鏈升級。
4. 研究發酵條件、營養源配方及饋料模式等因素影響，已於 5 公升級發酵槽取得最適化操作模式以提升碳源利用率及 PHAs 含量，但放大到噸級規模發酵驗證時，其中發酵操作 PHAs 產率較實驗室為低，推測原因可能為實驗室設備其溫度、酸鹼值、攪拌速率和溶氧量可以得到較精確的控制，但現有噸級發酵槽因其規模增大，葉片攪拌不均勻和通氣量不足，環境均勻性較差，影響氧氣傳輸效率和營養基質利用率。為優化攪拌和傳質條件，後續將對攪拌速率進行調整，改善混合均勻性，並進行動態饋料調控，逐步優化參數，提高規模化操作生產的穩定性和效率。
5. 大型風力機葉片檢測數據取得不易，且運轉中風力發電機計畫性停機時間有限，但計畫團隊仍積極聯繫並完成完成 21 支葉片檢測，及數百張之葉片損傷資料庫圖片，相關技術也驗證自動檢測可行性。目前國內風力發電發展迄今累計裝置 408 座大型陸域風機，其中 50% 已運轉超過 15 年，亦即 5 年內將有超過 200 座風機(600 支葉片)面臨汰換評估，預估屆時將有大量檢測需求，一方面可大幅擴充葉片損傷資料庫，更加完善

GoogleNet 損傷判讀人工智能模型，另一方面將積極爭取相關技術應用機會，以儘早發現相關損傷並降低非預期停機或損壞等問題。

## 二、計畫執行可改善事項或後續可精進處

1. 儲能技術研發成果包含：(1)應用溫度偵測監控技術及溫度分布圖增進鈳電池電堆組裝後或運轉中發生異常狀態監控能力，找出電堆中異常電池片或問題位置，加速故障排除及釐清原因，達到儲能系統穩定運維及管理目標；完成儲能電池循環監控系統優化，透過液位控制技術可減緩正負電解液間液位差擴大，提升系統操作穩定性及延緩電容量衰退進行儲能系統運行測試；儲能系統運行測試，儲能系統於 42~60 V 電壓範圍內進行穩態運轉，由市電對儲能系統進行充電，儲能系統電池充飽電後轉為對市電電網進行定電流輸出功率，目前累計測試達 468 小時，後續持續增加運行數據，可用以評估驗證電池與電解液衰退情形。(2)參照國際標準：PNNL-22010 儲能系統標準驗證程序、IEC 62933-2-1 電能儲能系統測試方法等標準，進行情境測試流程規劃，完成太陽光電平滑化、頻率調節、再生能源穩定等 3 種應用情境之測試曲線建立於可編輯控制系統中；應用情境示範驗證採用 5 kW 鈳電池儲能系統，模擬測試實際太陽光電功率與設定平滑化功率之差異值，作為控制鈳電池輸出的設定值，測試結果可看出與測試波形幾乎完全重疊，實證鈳電池可以追隨設定值進行快速充放電，後續可再以多元儲能系統複合電池組加入測試與比較。(3)儲能系統與海洋大學進行合作，藉由海洋大學現有小型風電測試案場，包含太陽能、風力發電及儲能型鉛酸電池等系統，並將輸出電力以固定負載作測試，本年度完成本院開發鈳電池儲能系統併入海洋大學測試案場，後續將藉由實際場域等太陽光電發電系統平滑化輸出設定測試，評估鈳電池實際對於穩定功率輸出之表現。
2. 目前電池片效能已與國際水準相當，目前電堆下端板與測試機台採用平面對接方式進行接合，然該接合面處於高溫環境下，使用玻璃陶瓷脆性材料進行介面密封易因金屬熱膨脹係數差異或溫度分布不均形成熱應力，進一步造成介面密封失效。因應對策為修改下端板設計，將平面對接改為管接，評估可避開此一問題，惟電堆測試設施亦須隨之修正。後續可朝向無框架電堆設計發展，減少電堆成本與體積，惟電池片之製備技術須於目前基礎進行開發。此外，高溫電解產氫之需求強烈，應加強電池片與電解堆之產氫技術開發，提升相關組件之壽命，並完成產氫系統之技術驗證，相關成果可應用於輔導國內廠商進行技術升級。
3. 除溼輪技術研發完成(1)純化提取碳化矽反應系統進料量、反應時間、鹼液濃度及添加量、攪拌轉數操作參數優化，去除磁性物質，提高碳化矽粉末純度 $\geq 99\%$ ；(2)完成乾燥除濕潔淨轉輪元件積層製作包括漿料調製與 3D 列印參數優化及大尺寸元件製作提供節能除濕乾燥系統性能場域測試使用；(3)累積技術能量完成商業化節能乾燥除濕機台驗證穩定性及可靠度，符合年度工作規劃。本計畫從 110 年開始執行至今，每年度皆藉由技術轉移和技術服務方式，與國內企業進行產研合作開發，迄今從未間斷，由產業投入金額、人力和建置或擴充相關機具設備(促進投資)，包括除濕輪原料工廠，除濕輪核心元件生產工廠，乾燥設備機械結構、電控系統、智慧控制、機電整合供應商等，相關供應鏈與上下游協力廠商的連結已具雛型，計畫每年皆產出雛型機台，已累

積相當的技術能量，與業界共同承擔應用場域之測試改良。後續可以現有技術轉移和技術服務的合作廠商為基礎，尋求農業乾燥機烘乾設備及其它應用除濕乾燥設備廠商合作，進行市場推廣與促進國內乾燥產業鏈升級。研究開發計畫於 113 年結束後無編列經費研發，自製高效節能除濕潔淨轉輪系統後續性能精進、場域驗證及推廣將受限。

4. 生物可分解塑膠研發成果：(1)經有機酸(草酸)及氫氧化鈉的組合萃取下，於實驗室條件中可以得到純度 92% 的 PHAs，於該條件下，毋須使用強氧化物(二氧化氯)和高價的月桂酸銨之試劑，即可對菌體的結構進行酸化破壞；而噸級萃取過程中將氫氧化鈉改為通入氨氣，使溶液鹼化溶解破菌後的脂質及蛋白質等有機物，其 PHAs 累積物就會變成沉澱物被沉澱分離，蒐集乾燥後的固體，可得到純度 99% 之 PHAs 產品(2)計畫使用自然環境篩選的 PHAs 產製菌，其受限於基因表現和代謝路徑的競爭，影響 PHAs 的產率，若能提供外源基因表現與內源基因剔除之基因工程方法與工具，建立 PHAs 基改菌株，進而使合成 PHAs 的酵素活性提高，並有效抑制競爭性代謝途徑，減少副產物生成，將可提升 PHAs 產率。(3)計畫已與學研單位合作開發 PHAs 基改菌株，菌株經基因建構與優化後，期可提高合成 PHAs 路徑的碳通量，增加 PHAs 產率。
5. 葉片損傷人工判讀仰賴檢測人員專業技能與經驗，應用自動化檢測系統與人工智能演算法取代人工判讀，將能有效提升檢測與判讀效率，同時降低檢測人員之專業門檻，並且藉由系統示範與技術推廣應用，協助風場運維商導入葉片檢測例行工作項目，有助於提升整體風場營運效能。
6. 賴總統於 113 年就職演說提出第二次能源轉型，發展多元綠能、智慧電網，強化電力系統的韌性。行政院施政計畫對應規劃「綠色成長與 2050 淨零轉型」包含建構智慧共享的多元綠能、深度節能，促進節能產業發展，鼓勵企業進行科技儲能，並強化電網韌性。本計畫基於綠能產業發展重點，規劃相關技術研發，涵蓋節能、創能、儲能、循環經濟等領域，且經由測試及藉由原型系統等設計來驗證整體概念或效能，並針對相關機制及原理進行研析，以建立過程中關鍵技術或智慧財產保護，可以作為國內產業重要支持，協助相關業界在技術升級或產品材料等驗證，擴大對綠能產業發展之貢獻。為擴大計畫成果及影響力，除主動出擊於 10 月台灣創新技術博覽會辦理技術媒合說明會外，也受到桃園市經發局邀請，於市政府辦理技術說明，以爭取產業應用及合作機會，協助國內產業提升技術及產業競爭力，在相關綠能產業供應鏈或系統中佔有一席之地。

## 伍、其他補充資料（請上傳累積成果）

### 一、跨部會協調或與相關計畫之配合

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

無

### 二、大型科學儀器使用效益及共用分享機制說明

本計畫若有編列經費購買、維運之大型科學儀器，請簡述經常性作業名稱、儀器用途、實際使用情形、使用效益...等。

### 三、其他補充說明(分段上傳)

如有其他利於審查之相關資料，如：計畫成果完整說明、績效自評意見暨回復說明...等。

附錄、細部計畫

一、全程架構及經費

年度		110 年度 決算數	111 年度 決算數	112 年度 決算數	113 年度 決算數 (執行率)	114 年度 申請數	備註
項目							
科技計畫總計		36,226 (98.64%)	32,423 (99.83%)	28,349 (99.86%)	22,710 (100%)		
一、細部計畫 1	小計	36,226 (98.64%)	32,423 (99.83%)	28,349 (99.86%)	22,710 (100%)		
	(一)經常支出	18,843	17,960	14,452	11,015		
	1.人事費						
	2.材料費						
	3.其他經常支出						
	(二)資本支出	17,383	14,463	13,897	11,695		
	1.土地建築						
	2.儀器設備						
	3.其他資本支出						
一、細部計畫 2	小計						
	(一)經常支出						
	1.人事費						
	2.材料費						
	3.其他經常支出						
	(二)資本支出						
	1.土地建築						
	2.儀器設備						
	3.其他資本支出						

細部計畫 1	綠能產業 應用技術 發展計畫	計畫屬性	能源國家型科技計畫	執行機關	國家原子能科技研究院
重點描述	1. 建立 100% 自主技術鈳電池產品化所需關鍵材料標準驗證程序。 2. 進行 10 片裝 MS-SOFC/SOEC 電池堆組裝與測試。 3. 建置先導型永續材料高質化平台及大尺寸轉輪關鍵組件，並進行場域面積 $\geq 200$ m <sup>2</sup> 之系統測試。 4. 建立 PHAs 可分解塑膠生產技術之試量產實績，提出商轉生產及應用之情境。 5. 開發高空式檢測載具，提升停機中風機葉片線上檢測速率，完成至少 1 部機組停機線上葉片檢測。				
預算數 (千元)	決算數 (千元)	執行率 (%)	節餘數 (千元)	總人力 (人年) 實際/規劃	
27,100	27,100	100%	0	23	
其他資源投入	無				
預期關鍵成果 (由系統帶入，不可修改)	關鍵成果達成情形			主要成果使用者/服務對象/合作對象	
請分列填報下一層計畫 (工作) 子項一：可擴充式綠能智慧多元 儲能關鍵技術	1. 應用溫度偵測監控技術，可藉由溫度分布找出電堆中異常電池片，增進鈳電池電堆在組裝後或運轉中異常狀態之監控能力，加速故障排除及釐清原因，達到儲能系統穩定運維及管理目標(圖 1)；完成儲能電池循環監控系統優化，透過液位控制技術可減緩正負電解液間液位差擴大，提升系統操作穩定性及延緩電容量衰退(圖 2)；進行儲能系統運行測試，儲能			中○公司、盛○公司	

	<p>電池於 42~60 V 電壓範圍內進行穩態運轉，由市電對儲能電池進行充電，電池充飽電後轉為對市電電網進行定電流輸出功率，累計測試達 468 小時，測試結果如圖 3 所示。</p> <p>2. 參照國際標準：PNNL-22010 儲能系統標準驗證程序、IEC 62933-2-1 電能儲能系統測試方法等標準，進行情境測試流程規劃，完成太陽光電平滑化、頻率調節、再生能源穩定等 3 種應用情境之測試曲線建立於可編輯控制系統中；應用情境示範驗證採用 5 kW 鈮電池儲能系統，模擬測試實際太陽光電功率與設定平滑化功率之差異值，作為控制鈮電池輸出的設定值，紅色線為鈮電池的實測結果，可看出與測試曲線幾乎完全重疊，實證鈮電池具備快速充放電的能力。</p>	
<p>子項二：SOFC 關鍵元件研製及技術開發</p>	<p>1. 運用複合電解質結構與高效能陰極材料進行大面積 MSC 電池片(10×10cm<sup>2</sup>)之精進，於 700°C 下，開路電壓達 1.04V，0.706V 下，發電功率可達 64W(790 mW/cm<sup>2</sup>)。</p> <p>2. 10 片裝 MSC 電堆測試，700°C、氫氣流量 12 L/min (1.2 L/min/片)，功率達 513 W (51.3 W/片、0.64 W/cm<sup>2</sup>)；氫氣流量 4 L/min (0.4 L/min/片)，功率達 305 W (30.5 W/片、0.376 W/cm<sup>2</sup>)，發電效率 46.3%。進水量每分鐘 5.28 ml、氫氣與水比例為 2:8，電流 80 A、電壓 13.98 V(平均每片電壓 1.398V)，產氫量達 6.08 LPM，效率 81.4%。</p>	<p>中○</p>
<p>子項三：住商節能關鍵組件技術開發及示範系統</p>	<p>1. 建立循環材料自動控制連續生產百公斤級碳化矽純化提取反應系統，完成投料試俾 8 次，平均處理量能為 110 kg/h，符合設計需求。8 次投料共 677 公斤晶圓切削料，碳化矽含量</p>	<p>財團法人農業科技研究院、桃園農改場、台灣香○蘭公司、瑯○環保公司</p>

	<p>79.7%(539 公斤)，純化後碳化矽共 537 公斤，以 CNS9439 測試方法進行提純後碳化矽純度測試，純度為 99.4%，總碳化矽回收率 99%。</p> <p>2. 導入智慧製造，精進調製積層製造專用碳化矽漿料黏度，增加漿料工作性，製作直徑 25 公分厚度 15 公分轉輪元件，增加補強肋及結構機械強度，成型直流通孔，逐層堆疊成為成品，孔隙度 80%，良率提升至 92%，不須過多製作程序，符合永續製造趨勢。</p> <p>3. 完成電漿熔融、新材料合成與綠色材料化技術和乾燥、除濕、潔淨及工業與住商環境品質控制技術「電漿熱裂解太陽光電模組材料全循環技術」技術轉移成本計價及簽核，金額 110 萬元，瑀 O 環保公司完成簽約及第一期款 80 萬繳交。</p> <p>4. 12 月 2 日~12 月 24 日於雲林古坑花卉試驗所，完成 304 m<sup>2</sup>蘭花培植溫室場域的測試驗證，檢驗可靠性並實測能源效能指標。進行蝴蝶蘭溫室溫濕度及露點溫度等相關關鍵參數調控。機器設備連續運轉執行約三週，除濕輪再生溫度上限 45°C 及相對濕度為 60% 出風溫度 26~28°C，進行花卉溫室溫濕度調控。經過三週實驗，可以控制蝴蝶蘭適合催花溫度且成功將蝴蝶蘭花苞催花，能加速了解後續設備實際應用於產業界及其可行性評估。乾燥除濕潔淨轉輪系統之能源因數值 2.86 L-H<sub>2</sub>O/kWh，除濕輪再生溫度由 70°C 降至 45°C 更節能。</p>	
<p>子項四：海洋可分解塑膠 PHAs 綠色生產技術開發與應用研究</p>	<p>1. 已完成 PHAs 發酵及萃取技術程序書，貪銅菌發酵製程規模放大至 9 噸發酵槽，PHAs 蓄積量佔菌體乾重可達 70% 以</p>	<p>中○公司</p>

	<p>上。PHAs 產製精進流程已於專業之發酵量產製程工廠完成操作測試，本次操作完成噸級發酵和草酸萃取純化，經氣相層析儀分析後，純度可達 99%，顯示不須繁複程序和化學品價格相對便宜的草酸，可應用於實廠操作。</p> <p>2. 完成貪銅菌培養基和饋料發酵精進策略，發酵成本約 NT43/kg PHA。開發以低價化學品取代使用量多的高價化學品破菌萃取方法，利用草酸對 PHAs 菌株進行萃取，萃取成本降低至 NT46/kg PHA，操作成本(發酵+萃取)為 NT89/kg PHA。配合原本視為廢棄物之下腳料料源情境和工廠日進料 200 噸規模基礎設定進行固定成本(建廠投資額、管銷維護費用和人事成本)估算，固定成本為 NT8/kg PHA，總體生產成本(原料成本、操作成本和固定成本)將可達 NT97/kg PHA。奠基於計畫所建立之製程，其衍生之應用，受到國內業界肯定。國內知名石化中○公司以委託研究案和技服案與計畫團隊進行合作研究，已完成預定工作項目，本年度收入已入帳達 5,240 千元。</p>	
<p>子項五：大型風力機葉片檢測技術開發</p>	<p>1. 應用 Vestas V80 2.0MW 等 21 支大型風機葉片檢測資料，累計 513 張圖片，區分為主損傷類別包括健康、空泡、脫層/脫膠，以及次損傷類別包括空泡含有部份脫層/脫膠，以及脫層/脫膠含有部份空泡，採用 GoogleNet 卷積神經網路進行訓練，並且以台中港風力發電站 Z72 2MW 風機葉片中段 5 公尺區間，新增 10 張檢測圖片進行驗證，人工判讀約 52 處各式損傷，人工智能模型成功判讀約 50 處損傷，檢出率達到 96%。</p>	<p>喬○、益○、佳○、台灣○力公司等</p>

	<p>2. 完成財團法人金○工業研究發展中心委託「超大型離岸風機平行驗證建置及風場專案驗證審查」、俊○公司委託「俊鴻 G30 水平軸風力機氣彈負載設計評估」，以及工○技術研究院委託風力發電「高壓測試環境建置」等技術服務案 3 件，累計金額 1,676 千元。</p>	
<p>遭遇困難與因應對策</p>	<p>無</p>	

附表、佐證資料表

【A 論文表】

題 名	第一作者	發表年(西元年)	文獻類別	成果歸屬
再生能源與複合型儲能電池場域實驗驗證	古○賢	2023	A	綠能產業應用技術發展計畫(子項一)
Vanadium Redox Flow Battery Flow Channel Design and Performance Test	胡○心	2024	F	綠能產業應用技術發展計畫(子項一)
Effect of Electric Current on Cathode-Side Contact Resistance in SOFC stacks	熊○甲	2024	C	綠能產業應用技術發展計畫(子項二)
Study of the metal ion adsorption capacity of palygorskite by computer simulation	王○美	2024	C	綠能產業應用技術發展計畫(子項三)
Polyhydroxyalkanoates production with fruit waste using Bacillus strain from wastewater sludge	歐○茂	2024(審查中)	C	綠能產業應用技術發展計畫(子項四)
風力機控制系統與嵌入式電腦控制器之異質整合技術	陳○維	2024	A	綠能產業應用技術發展計畫(子項五)

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

【B 合作團隊(計畫)養成表】

團隊(計畫)名稱	合作對象	合作模式	團隊(計畫)性質	成立時間(西元年)	成果歸屬
鈦液流電池關鍵技術	中○公司	B	A, D	2024	綠能產業應用技術發展計畫(子項一)
燃料電池與流體化床應用於民生污泥資源化	化工所 地○公司	A B	A	2024	綠能產業應用技術發展計畫(子項二)

培養具開發住商 節能關鍵組件系 統整合技術與光 電半導體晶圓切 削料循環應用核 心技術團隊	瑀○環保公 司	B	D	2024	綠能產業應用技 術發展計畫(子 項三)
菌株開發與應用	中○公司	B	A	2023	綠能產業應用技 術發展計畫(子 項四)
建構高效率固碳 合成代謝系統以 發展低碳製程	國立陽明交 通大學	B	A	2024	綠能產業應用技 術發展計畫(子 項四)
組成葉片檢測團 隊	佳○重機、 喬○偉斯特 公司、益○ 實業有限公 司	B	A	2021	綠能產業應用技 術發展計畫(子 項五)

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

### 【C 培育及延攬人才表】

姓名	機構名稱	學歷	性質	成果歸屬
古○賢	國立台灣科技大學	A	A	綠能產業應用技 術發展計畫(子 項一)
陳○芝	國立台灣科技大學	B	A	綠能產業應用技 術發展計畫(子 項一)
陳○安	國立陽明交通大學	A	B	綠能產業應用技 術發展計畫(子 項四)
洪○彥	國立陽明交通大學	A	B	綠能產業應用技 術發展計畫(子 項四)

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

**【D1 研究報告表】**

報告名稱	作者姓名	出版年(西元年)	是否被採納	成果歸屬
液流電池雙極板組件洩漏檢測探討	胡○心	2024	C	綠能產業應用技術發展計畫(子項一)
鈦液流電池技術經濟評估模型	林○洲	2024	C	綠能產業應用技術發展計畫(子項一)
赴瑞士琉森參加歐盟第十六屆燃料電池及電解論壇出國報告	李○益	2024	C	綠能產業應用技術發展計畫(子項二)
自製 ASC 電解片電解及共電解之效能測試	吳○靜	2024	C	綠能產業應用技術發展計畫(子項二)
乾燥潔淨轉輪系統運作對皮膚及眼睛危害風險評估	梁○超	2024	D	綠能產業應用技術發展計畫(子項三)
RFCC 使用後觸媒再製吸水材料分析測試技術報告	梁○超	2024	D	綠能產業應用技術發展計畫(子項三)
半導體業晶圓機械手臂及光阻塗佈機之邊緣陶瓷蓋材料相關分析	卓○和	2024	D	綠能產業應用技術發展計畫(子項三)
廢棄或除役太陽光電模組熱裂解過程氣體分析	林○廷	2024	D	綠能產業應用技術發展計畫(子項三)
赴日本參加 2024 先進電漿科學及電漿科技應用國際研討會出國報告	楊○府	2024	D	綠能產業應用技術發展計畫(子項三)
第一代生質乳酸水解製程參數探討	林○村	2024	C	綠能產業應用技術發展計畫(子項四)
生質物創新運用之轉換技術及其效益研究	梁○顯	2024	C	綠能產業應用技術發展計畫(子項四)

嗜甲醇菌 <i>Pichia pastoris</i> 生產乳酸研究	王○君	2024	C	綠能產業應用技術發展計畫(子項四)
利用芽孢桿菌以甲醇生產乳酸之研究	涂○霖	2024	C	綠能產業應用技術發展計畫(子項四)
丙交酯組成對聚乳酸性質的影響	邱○玫	2024	C	綠能產業應用技術發展計畫(子項四)
使用微型發酵系統分析 <i>Bacillus</i> spp. 生產 PHAs 最適化條件	周○哲	2024	C	綠能產業應用技術發展計畫(子項四)
Analysis and Design of a Small Wind Turbine with Passive Pitch Control	蘇○年	2024	C	綠能產業應用技術發展計畫(子項五)
新型 30kW 風力發電系統設計評估報告	蘇○年	2024	C	綠能產業應用技術發展計畫(子項五)
風力發電機併網虛擬測試與分析	鄭○凱	2024	C	綠能產業應用技術發展計畫(子項五)

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

### 【E 學術活動表】

研討會名稱	性質	舉辦日期 (YYYYMMDD)	主/協辦單位	成果歸屬
The 13th International Multi-Conference on Engineering and Technology Innovation 2024	B	20241027 –20241028	台灣工程與科技創新學會	綠能產業應用技術發展計畫(子項一)
第十九屆全國氫能與燃料電池學術研討會	A	20240920 –20240921	台灣工程與科技創新學會	綠能產業應用技術發展計畫(子項一)
第八屆前瞻陶瓷材料與永續工程應用科技國際研討會	B	20240509 – 20240511	國立台北科技大學集思會議中心	綠能產業應用技術發展計畫(子項二)

第 19 屆全國氫能與燃料電池學術研討會	A	20240920 – 20240921	國立勤益大學	綠能產業應用技術發展計畫(子項二)
化學品 CBAM 影響產業暨生質永續法規標章交流研討會	A	20240621	經濟部產發署	綠能產業應用技術發展計畫(子項四)
材料國際學院-生質永續藻經濟材料創新講座	A	20240620 20240627 20240704	經濟部產發署	綠能產業應用技術發展計畫(子項四)
國際生質能發展現況與展望研討會	A	20241120	經濟部產發署	綠能產業應用技術發展計畫(子項四)
綠色科技工程與應用研討會	A	20240531	國立勤益科技大學	綠能產業應用技術發展計畫(子項五)
IEEE 6th Eurasia Conference on IoT, Communication and Engineering	B	20241115	國立虎尾科技大學	綠能產業應用技術發展計畫(子項五)

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

### 【G 智慧財產資料表】

智財名稱	智財類別	授予國家	有效日期 (YYYYMM)	成果歸屬
一種可撓柔性石墨塑料複合極板製程	A	中華民國	202408	綠能產業應用技術發展計畫(子項一)
燃料電池堆暨蒸氣/二氧化碳共電解堆單體兩用型性能測試系統	A	美國	申請案號 18/976,366	綠能產業應用技術發展計畫(子項二)
芽孢桿菌及使用其生產聚羥基烷酸酯的方法	A (發明第 856554 號)	中華民國	204303	綠能產業應用技術發展計畫(子項四)
芽孢桿菌及使用其生產聚羥	A (發明第	中華民國	204303	綠能產業應用技術發展計畫(子項四)

基烷酸酯的方法	856592 號)			
分離細菌中聚羥基烷酸酯之方法	A (領證中)	中華民國	申請案號 112140014	綠能產業應用技術發展計畫(子項四)
產酯粒細菌之菌體崩裂方法	A	中華民國	申請案號 113139203	綠能產業應用技術發展計畫(子項四)

註：智財類別分成 A 發明專利、B 新型/設計專利、C 商標、D 專書著作、E 品種；成果歸屬請填細部計畫名稱。

### 【H 技術報告檢驗方法表】

技術或檢驗方法名稱	性質	作者姓名	出版年(西元年)	出版單位	成果歸屬
KE19400WT 風力機強度評估報告	A	林○楚	2024	國原院	綠能產業應用技術發展計畫(子項五)

註：性質分成 A 技術報告、B 檢驗方法；成果歸屬請填細部計畫名稱。

### 【I2 參加技術活動表】

成果名稱	技術活動名稱	活動性質	活動屬性	活動日期 (YYYYMMDD)	主辦單位	是否獲獎 (Y/N)	成果歸屬
聚羥基烷酸酯生產菌及使用其生產聚羥基烷酸酯的方法	2024 台灣創新博覽會發明競賽 (TIE)	B	A	20241017~20241019	經濟部	Y (金牌獎)	綠能產業應用技術發展計畫(子項四)

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

### 【J1 技術移轉及智財授權表】

技術或智財名稱	類別	授權單位	被授權廠商或機構	授權金 (千元)	成果歸屬
---------	----	------	----------	-------------	------

鈦液流電池電容量回復方法	D	國原院	中○公司	4,750	綠能產業應用技術發展計畫(2,090千元)(子項一)
電漿熱裂解太陽光電模組材料全循環技術	D	國原院	瑒○環保公司	1,100	綠能產業應用技術發展計畫(子項三)

註：類別分成 A 先期技術移轉、B 軟體/自由軟體授權、C 技術移轉、D 專利授權、E 商標授權、F 品種權授權、G 著作/出版品授權、H 其他項目授權(請述明)；成果歸屬請填細部計畫名稱。

### 【L 促成投資表】

廠商名稱	投資類別	投資金額(千元)	產品名稱	成果歸屬
中○公司	A	3,500	液流電池試驗平台	綠能產業應用技術發展計畫(子項一)
地○公司	A	1,500	電性量測設備	綠能產業應用技術發展計畫(子項二)
中○公司	A	8,000	購置微型發酵槽設備	綠能產業應用技術發展計畫(子項四)

註：投資類別分成 A 研發投資、B 生產投資、C 新創事業投資；成果歸屬請填細部計畫名稱。

### 【S1 技術服務表】

技術服務名稱	服務對象類別	服務對象名稱	服務收入(千元)	成果歸屬
固態氧化物電解電池技術發展現況分析與委託試驗工作	A	中○公司	963	綠能產業應用技術發展計畫(子項二)
多元合金金屬薄膜製作分析	A	國立台灣海○大學	48	綠能產業應用技術發展計畫(子項二)
銀膠調配	A	中○公司	11.2	綠能產業應用技術發展計畫
固體再生料作為吸附材料及光電模組電漿熱裂解相關特性分析及製程評估	A	豐鴻實業股份有限公司	500	綠能產業應用技術發展計畫(子項三)

乳酸發酵規模放大試驗	A	中○公司	1,296	綠能產業應用技術發展計畫(子項四)
非糧食型進料乳酸生產技術開發(第2至3年)	A	中○公司	3,950	綠能產業應用技術發展計畫(子項四)
超大型離岸風機平行驗證建置及風場專案驗證審查	A	金○工業研究發展中心	920	綠能產業應用技術發展計畫(子項五)
俊鴻 G30 水平軸風力機氣彈負載設計評估	A	俊○公司	200	綠能產業應用技術發展計畫(子項五)
高壓測試環境建置	A	工○技術研究院	556	綠能產業應用技術發展計畫(子項五)

註：服務對象類別分成 A 國內廠商、B 國外廠商、C 其他(請序明)；成果歸屬請填細部計畫名稱。

#### 【T 促成產學合作表】

合作廠商名稱	合作計畫或合約名稱	廠商配合款(千元)	合作參與人數	成果歸屬
國立陽明交通大學	扭脫甲基桿菌及嗜甲醇酵母菌基因編輯及發酵分析		4	綠能產業應用技術發展計畫(子項四)

註：成果歸屬請填細部計畫名稱。