

# 政府科技計畫成果效益報告

## (期末)

計畫名稱：高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用

---

\_\_\_\_\_分項/子項

性質：

☒ 研究型

☐ 非研究型(人才培育、國際合作、法規訂定、產業輔導及推動)

主管機關：原子能委員會

執行單位：核能研究所

## 第二部分：能源國家型科技計畫年度成果效益報告

### 壹、基本資料：

計畫名稱：高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用

主持人：李瑞益

審議編號：102-2001-02-癸-05

計畫期間(全程)：99 年 01 月 01 日至 102 年 12 月 31 日

計畫期間(本年度)：102 年 01 月 01 日至 102 年 10 月 30 日

年度經費：64,696 千元 全程經費規劃：298,959 千元

執行單位：核能研究所

### 貳、計畫目的、計畫架構與主要內容

#### 一、計畫目的：

本所投入環境能源科技研發，致力於高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用之總目標，係在建立固態氧化物燃料電池之關鍵技術；規劃在四年(99~102年)內分別完成：

- (一)建立kW級電池堆及1~10 kW分散式發電系統研製技術。
- (二)發展陶瓷基板支撐型元件製造技術，最大功率密度大於500 mW/cm<sup>2</sup>@750°C。
- (三)發展電漿噴塗金屬支撐型元件製造技術，其功率密度大於500 mW/cm<sup>2</sup>@700°C。
- (四)發展1~5 kW SOFC系統燃料重組器及重組觸媒，其中燃料重組器出口端氣體轉化率達95%以上，觸媒於高溫800°C以下操作具有抗積碳、不粉化及耐久性等特質。

以上計畫之推動，將有助於達成國家科學技術發展計畫總目標之第二、三、四項，即創造產業競爭優勢，增進全民生活品質及促進國家永續發展之目標。並可落實溫室氣體減量、節約能源及推動能源新利用技術研發與應用之策略。

#### 二、計畫實際達成度與預期目標之差異

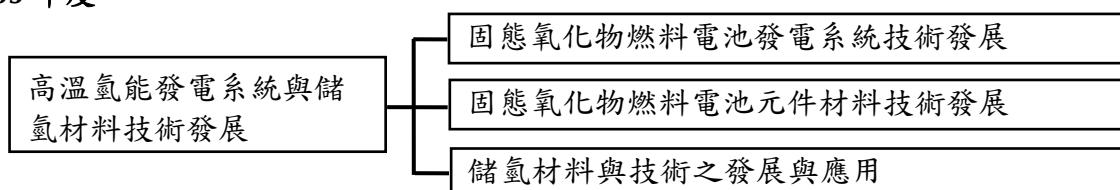
| 年度預期目標(查核點)                              | 實際達成情形                                                                                                                     | 差異分析 |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>一、固態氧化物燃料電池發電系統技術發展</b>               |                                                                                                                            |      |
| 完成不同合金鍍膜試樣之高溫 ASR 量測(1,000 hrs @ 800°C)。 | Crofer22H, ZMG232L, ZMG232G10, ITM 合金鍍覆 LSM 膜試樣，完成高溫(800°C)長時(1171 hr)ASR 量測，其值分別為 12.8、3.6、3.6 及 2.0 mΩ·cm <sup>2</sup> 。 | 符合目標 |
| 完成平板型重組器測試系統建立並進行重組器效能測試。                | 完成平板型重組器與兩片裝電池堆結合之效能測試。於甲烷流率 0.65 L/min 下轉化率達 99%以上。800°C 時 OCV 為 1.95 V；電壓 1.4 V 時功率輸出為 60 W，經過 406 小時未發現性能衰退。            | 符合目標 |

|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                  |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 完成高溫熱循環及長時洩漏率量測(50 cycles 及 1,000 hrs @ 800°C)。                                                                                                                                        | 完成雲母/GC9 玻璃混摻重量比例 1:4 優化之高溫封裝劑研製及與金屬連接板封裝效能量測，其平均洩漏率 $2.1 \times 10^{-4}$ mbar·l/s/cm 低於可容許上限值( $5.2 \times 10^{-4}$ mbar·l/s/cm)。                               | 符合目標 |
| 完成燃燒器、重組器及熱交換器三合一組件設計及測試，燃料轉換率達 95% 以上。                                                                                                                                                | 完成 SOFC 熱工元件整合裝置測試，性能符合預期。在以陰極空氣及陽極為稀釋氣體( $H_2+N_2$ )進行升溫時，只要控制燃燒器在約 930°C 時，陰陽極氣體皆能預熱至 750°C 以上，符合未來不以電熱方式升溫之需求，其天然氣重組率達 99% 以上。                                | 符合目標 |
| <b>二、陶瓷基板支撐型固態氧化物燃料電池元件及材料技術研發</b>                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                  |      |
| HT-SOFC-MEA 單元電池生產 15 pcs ( $10 \times 10 \text{ cm}^2$ ) 供 SOFC-Stack 使用。                                                                                                             | 已生產 SOFC-MEA 共 26 片 ( $10 \times 10 \text{ cm}^2$ ) 供 SOFC-Stack 使用。                                                                                             | 符合目標 |
| HT-SOFC-MEA 單元電池生產 20 pcs ( $10 \times 10 \text{ cm}^2$ ) 供 SOFC-Stack 使用。SOFC-Stack 測試達 500 hrs 在 $i=200 \sim 300 \text{ mA/cm}^2$ ，Power density 約達 $200 \text{ mW/cm}^2$ 以上(800°C)。 | 已生產 SOFC-MEA 共 56 片 ( $10 \times 10 \text{ cm}^2$ ) 供 SOFC-Stack 使用。Power=32 W/unit cell (800°C)。                                                                | 符合目標 |
| HT-SOFC-MEA 單元電池生產 20 pcs ( $10 \times 10 \text{ cm}^2$ ) 供 SOFC-Stack 使用。LT-SOFC-MEA 研製 5 pcs ( $10 \times 10 \text{ cm}^2$ ) 供新世代 SOFC-MEA 測試使用。                                     | HT-SOFC-MEA 單元電池生產 86 pcs ( $10 \times 10 \text{ cm}^2$ ) 供 SOFC-Stack 使用。LT-SOFC-MEA 研製 10 pcs ( $10 \times 10 \text{ cm}^2$ ) 供新世代 SOFC-MEA 測試使用。              | 符合目標 |
| 年度績效報告撰寫及提報。                                                                                                                                                                           | 完成年度績效報告撰寫及提報。                                                                                                                                                   | 符合目標 |
| <b>三、電漿噴塗金屬支撐型固態氧化物燃料電池元件技術研發</b>                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                  |      |
| ICP 奈米級 SSC 及 LSCM 粉末之分析結果。                                                                                                                                                            | 在 16 kW ICP 功率下，經 900°C 2 小時熱處理後，XRD 分析顯示奈米 SSC 粉末已達充份結晶，SSC 雜相/結晶比已低於 6%；在 16 kW ICP 功率下，經 1100°C 2 小時熱處理後之奈米 LSCM 粉末，其 XRD 分析顯示已充份結晶，其雜相/結晶比已低於 6%。            | 符合目標 |
| $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 鎳鉬多孔基板實品。                                                                                                                                                  | 完成 18 片 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 鎳鉬多孔基板製作並提論文題目“Preparation of functional metal porous substrate with GDC for using in a metal supported SOFC”至 TACT2013 研討會。 | 符合目標 |
| ICP 奈米粉末研製報告及投稿。                                                                                                                                                                       | 完成 BPCF ( $Ba_{0.5}Pr_{0.5}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_3$ ) 陰極粉末製作及兩篇論文發表(102 年中國材料年會和亞太電漿 APSPT-8)。                                                                       | 符合目標 |
| 20 片 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ MSC 電池片。                                                                                                                                              | 目前已經完成 31 片全電池(壓燒熱處理完)和 5 片半電池(噴至 LSGM/SDC 電解質層)共 36 片。                                                                                                          | 符合目標 |
| <b>四、燃料重組器開發與重組觸媒研製</b>                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                  |      |
| 完成新製程自製重組觸媒合成                                                                                                                                                                          | 完成新製程自製重組觸媒合成 100 g，正進行                                                                                                                                          | 符合目標 |

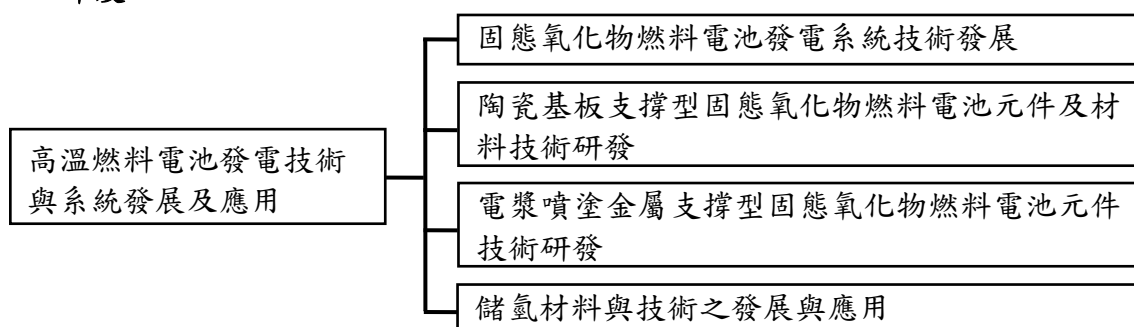
|                    |                                                                                                                                               |      |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 100 g。             | SEM、EDS、TEM 及 XRD 分析與性能測試並開發蜂巢狀觸媒載體前處理製程；完成反應器高溫爐維修校驗；持續進行合成中○公司研究案所需之自製奈米天然氣重組觸媒。                                                            |      |
| 完成自製重組觸合成 500 g。   | 完成自製重組觸媒合成 500 g。完成單管重組器組裝及測漏標準程序，正進行 kW 級 SOFC 系統用觸媒之天然氣重組分析實驗。                                                                              | 符合目標 |
| 完成自製重組觸合成 1,000 g。 | 完成 kW 級 SOFC 系統用觸媒之天然氣單反應管重組分析實驗，截至 9 月底止共完成自製重組觸媒合成 1,500 g 供 SOFC 發電系統使用。                                                                   | 符合目標 |
| 完成自製重組觸合成 1,500 g。 | 配合 SOFC 計畫主要實體指標所需達成與中○公司之技術授權案，年度內共完成自製奈米天然氣重組觸媒 2,000 克，提供遷移至中○公司之 kW 級 SOFC 發電系統使用，並進行 500 hrs 長期測試，運轉過程中，各熱工組件性能正常，重組器之 N.G. 重組率達 98% 以上。 | 符合目標 |

### 三、計畫架構(含樹狀圖)：

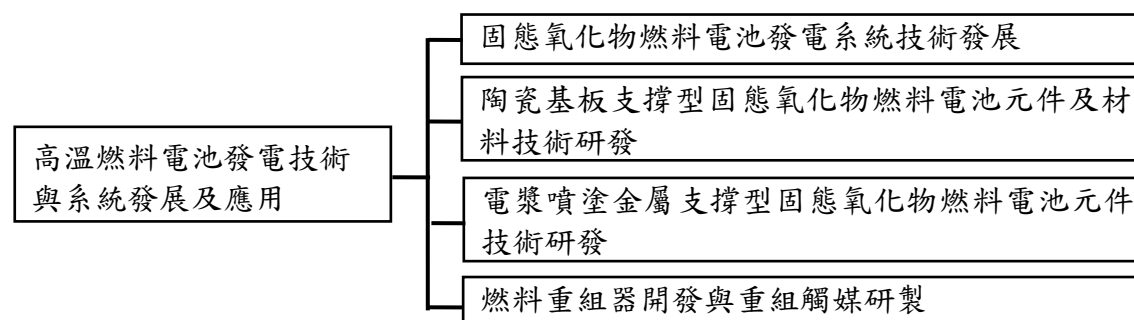
#### 99 年度



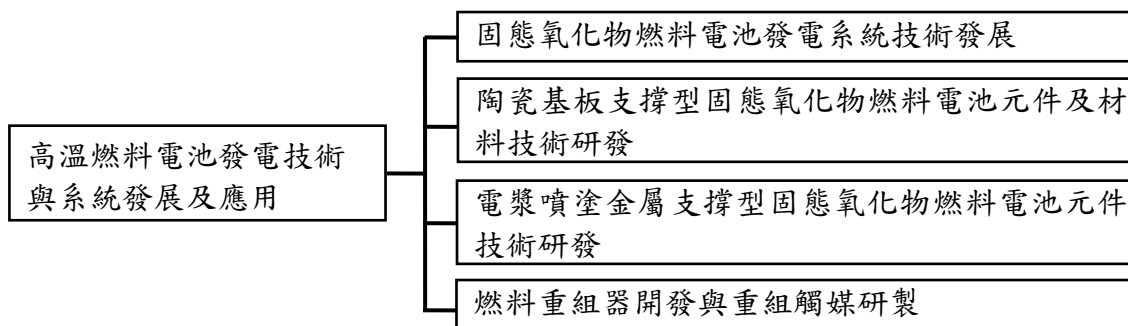
#### 100 年度



#### 101 年度



## 102 年度



## 四、計畫主要內容：

## (99)年度主要工作內容：

## (一) 固態氧化物燃料電池發電系統技術發展

1. 精進 2 kW 電池堆組裝測試技術。
2. SOFC 2 kW 箱型發電系統先期產品長程運轉驗證，產品規格：400 mW/cm<sup>2</sup>@750°C，衰減率<1%/kh。
3. 燃料重組器開發與重組觸媒研製。

## (二) 固態氧化物燃料電池元件材料技術發展

1. 製作 SOFC-MEA(ASC-Type)，尺寸為 10×10~15×15 cm<sup>2</sup>，衰減率<2%/kh，功率密度 400~600 mW/cm<sup>2</sup> (800°C)。
2. 研製 SOFC-MEA(MSC-Type)，尺寸為 10×10~15×15 cm<sup>2</sup>，衰減率<6%/kh，功率密度 300~500 mW/cm<sup>2</sup> (750°C)。
3. 規劃以甲烷(CH<sub>4</sub>)為燃料之測試方法。
4. 針對所內自製不同型態之電池元件進行電熱流及熱應力數值模擬分析。

## (三) 儲氫材料與技術之發展與應用

1. 藉由改善製備系統及流程，以達成每爐次生產 100 g 儲氫材料試樣之目標。
2. 藉由精進製備程序，使量產材料之儲氫重量密度達 6.0~6.5wt%。
3. 藉由研磨及加壓成形方式提昇密度，並使容積密度提昇為 45~50 kg/m<sup>3</sup>。
4. 藉由 100 W 儲氫系統之運作經驗，精進組件及系統之控制參數，展示應用於 100~150 W PEM 燃料電池發電系統。
5. 建立分析模式，說明提昇儲氫值之氫氣移轉(spillover)機制。

## (100)年度主要工作內容：

## (一) 固態氧化物燃料電池發電系統技術發展

1. 研製低熔點之 SOFC 玻璃陶瓷或混成密封材料與製程技術。
2. 設計最佳化 2 kW 之 SOFC 電池堆組合。
3. 進行 1~5 kW SOFC 發電系統之組裝與運轉，產品規格：發電效率 40%，衰減率 1.2%/khr。

4. 開發 1~5 kW SOFC 發電系統熱工元件之自製能量。
  5. 完成 1~5 kW 燃料重組器開發與測試。
  6. 複合金屬重組觸媒開發，1000 小時耐久性測試後之天然氣觸媒轉化率 95%以上。
- (二) 陶瓷基板支撐型固態氧化物燃料電池元件及材料技術研發
1. 製作 SOFC-MEA，衰減率 $<2\%/kh$ ，功率密度  $400\sim600\text{ mW/cm}^2$  ( $800^\circ\text{C}$ )。
  2. 研製 SOFC-MEA 相關材料供研發使用。
  3. 建立以甲烷( $\text{CH}_4$ )為燃料之測試方法。
  4. 針對所內自製之不同型態之電池元件進行電熱流及熱應力數值模擬分析。
- (三) 電漿噴塗金屬支撐型固態氧化物燃料電池元件技術研發
1. 研製 MSC-Type SOFC-MEA，衰減率 $<6\%/kh$ ，功率密度  $300\sim500\text{ mW/cm}^2$  ( $750^\circ\text{C}$ )。
  2. 電漿噴塗電池製程參數之精進及最佳化、電池片設計及量測之精進。
- (四) 儲氫材料與技術之發展與應用
1. 改善製備系統及流程，以達成每爐次生產 100 g 儲氫試樣之目標。
  2. 精進製備程序，使量產材料之儲氫重量密度達  $6.5\sim7.0\text{ wt}\%$  ( $2.16\sim2.33\text{ kWh/kg}$ )。
  3. 藉由研磨及加壓成形方式提昇密度，並使容積密度提昇為  $50\sim55\text{ kg/m}^3$  ( $1.67\sim1.83\text{ kWh/l}$ )。
  4. 提昇儲氫材料吸氫速率至  $30\sim40\text{ }\mu\text{g/min g}$ 。
  5. 提昇約 10 g 裝的儲氫匣，其總氫氣釋放量達  $4\text{ wt}\%$ 。
  6. 藉由  $100\sim150\text{ W}$  儲氫系統之運作經驗，精進組件及系統之控制參數，展示  $150\sim200\text{ W}$  PEM 系統運作 25 分鐘。

**(101)年度主要工作內容：**

- (一) 研製低熔點、耐壓及高機械強度之 SOFC 密封材料；電池堆自動化組裝程序開發；及開發低溫型儲氫材料。
- (二) 製作 SOFC-MEA 單元電池(ASC-Type)，劣化率 $<1.5\%/kh$ ，功率密度  $300\sim600\text{ mW/cm}^2$  ( $750^\circ\text{C}$ )。
- (三) 研製 MSC-Type SOFC-MEA，劣化率 $<3\%/kh$ ，功率密度  $300\sim400\text{ mW/cm}^2$  ( $700^\circ\text{C}$ ,  $\text{H}_2$ )。
- (四) 1~5 kW SOFC 發電系統燃料重組器研究及重組觸媒商品規格化系統製程開發。

**(102)年度主要工作內容：**

- (一) 密封材料高溫長時效耐久性驗證；電池堆量產自動化製程設計；1 kW 熱電結合系統元件測試。
- (二) 製作 SOFC-MEA 單元電池(ASC-Type)，劣化率 $<1\%/kh$ ，功率密度大於  $500\text{ mW/cm}^2$  ( $750^\circ\text{C}$ )。
- (三) 研製 MSC-Type SOFC-MEA，劣化率 $\leq 1\%/kh$ ，功率密度大於  $500\text{ mW/cm}^2$  ( $700^\circ\text{C}$ ,  $\text{H}_2$ )。

- (四) 完成 1~5 kW SOFC 系統燃料重組器及重組觸媒，其中燃料重組器出口端氣體轉化率達 95% 以上，觸媒於高溫 800°C 以下操作具有抗積碳、不粉化及耐久性等特質。

### 參、計畫已獲得之主要成果與重大突破就計畫預期目標及 KPI 來作重點說明 (含質化與量化成果 outputs)

#### 一、質化成果：

##### (一) 學術成就

1. 獲美國/歐盟/日本專利許可/證書達 11 件，INER-SOFC-MEA 之研製能力，更堅實強大，其中“一種二氧化碳使用於固態氧化物燃料電池—二氧化碳能源轉化循環方法及其裝置”--獲歐盟專利 EURO Patent NO: EP 2450994 (2013-07-31)，具特殊指標已將功能由單純發電擴展至解決 CO<sub>2</sub> green-house effect 之重大議題。並獲 2013-台北國際發明暨技術交易展發明競賽金牌一座。
2. 核能研究所與九〇精密陶瓷股份有限公司之「固態氧化物燃料電池之電池單元製作及測試技術合作及開發計畫」保密協議書於 102-04-12 完成簽辦程序，正式生效，已實際進行 SOFC-MEA 之技轉於國內產業作為。
3. 有關 SOFC-MEA 專利公告，共 8 項為本所可交易專利技術內涵。完成核可並正式公告，有利 SOFC-MEA 專利技轉作業程序，加速本項技術之產業化(2013-05-06)。
4. “Evaluation of Protective La<sub>0.67</sub>Sr<sub>0.33</sub>MnO<sub>3-d</sub> Coatings on Various Stainless Steels Used for Solid Oxide Fuel Cell Interconnects”, Journal of Fuel Cell Science and Technology, 10, 021004-1~021004-6, 2013 (impact factor=1.14): 本研究連接板及 LSMO 保護層於 50~800°C 溫度範圍之熱膨脹係數相近，故具較佳之材料高溫匹配性。且 SEM/EDS 截面觀察得知，具 LSMO 覆膜之基板皆能於長時間高溫氧化環境下，阻止 Cr 元素向外擴散，並能有效抑制外界氧進入，而減緩界面氧化層增生，故電性量測結果顯示 ASR 阻值平穩及緩慢之上升。本研究目前已應用於核研所 SOFC 電池堆模組材料技術。
5. “Simulation and Control for Load Change Process on a Solid Oxide Fuel Cell”發表於 Applied Mechanics and Materials, 284-287, 925~929, 2013 (EI)，運用動態模擬技術建立電池堆操作模型，並以模型預測控制技術補償運轉時物理量之響應差異，進行可調式空氣過量比模式下之負載變動模擬，模擬結果顯示具有較佳之溫度波動抑制性。
6. “Hydrogen Storage Performance in Palladium-doped Graphene/Carbon Composites”發表於 International Journal of Hydrogen Energy, 38, 3681~3688, 2012 (impact factor = 4.086)，本研究將 Pd/GS 混摻 AC 並使用體積量測法量測室溫壓力 8MPa 下之氫氣吸脫附行為，實驗結果發現，Pd/GS/AC 試樣於室溫壓力 8 MPa 下，可逆儲氫量 0.82wt.% 高於 0.55wt.% 的 GS/AC 試樣，儲氫量提升 49%。然而，從吸附熱結果得知，Pd/GS/AC 吸附熱 -14~-10 kJ/mol 高於原始 AC 材料 -8 kJ/mol，所增加的儲氫量推測為氫溢出機制效應所致。

7. “Residual stresses in the atmospheric plasma sprayed NiO/LDC anode of the metallic supported solid oxide fuel cells” Surface and Coatings Technology, Vol. 231 (2013), 193-200 (impact factor = 2.102), 本研究利用本所大氣電漿噴塗(Atmospheric plasma spray, APS)技術，在多孔金屬鎳基板上製備具有奈米結構之 NiO/LDC 陽極塗層。探討陽極塗層中不同的殘留應力值對於塗層與基材結合強度的影響，建立了塗層結合強度和殘留應力之間的關係，研究結果對改善電漿噴塗製備 SOFC 元件品質之控制有相當大的貢獻。
8. “Aging effects on high-temperature creep properties of a solid oxide fuel cell glass-ceramic sealant” JOURNAL OF POWER SOURCES, 241 (2013), 12~19 (impact factor = 4.951), 本論文探討了經過不同時效處理之高溫封裝用 GC-9 玻璃陶瓷燒結體，在溫度 800°C 之潛變特性與破壞模式。實驗結果顯示，經過 1,000 小時時效處理後之 GC-9 玻璃陶瓷燒結試樣，於相同的應力負載下，其變形量較未時效及 100 小時時效之試樣低，且具有較長的潛變壽命，其原因為長時效處理後試樣之結晶量較多及粗大化所致。此外，未時效試片之最小應變率明顯高於其時效處理後的試片，由實驗分析得知，試樣之時效時間越長，抵抗潛變變形的能力越高。
9. 固態氧化物燃料電池之電池單元製作及測試技術專利授權與技術轉移/授權」一案，於 2013 台北國際發明暨技術交易展---九〇公司與核研所完成簽署 SOFC Cell 合作意願書。
10. 本計畫成員李茂傳博士榮任“INVITED TALK(邀請講座)” of “10th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cell (SOFC): Materials, Science and Technology” organized during the 37th International Conference & Exposition on Advanced Ceramics and Composites (37th ICACC) of The American Ceramic Society (2013) 。本所之研發成果，深受國際專家與學術界肯定，獲邀為 2014 SOFC 國際研討會的協辦單位之一。
11. Residual stresses in the atmospheric plasma sprayed NiO/LDC anode of the metallic supported solid oxide fuel cells, Surface & Coatings Technology 231 (2013) 193–200–已發表(Impact Factor=2.102)。
12. “The Development of Plasma Sprayed Metal-Supported Solid Oxide Fuel Cells At Institute of Nuclear Energy Research”, 發表於 37th International Conference and Expo on Advanced Ceramics and Composites, 2013-1-27~2-1。
13. “Development of Metal-Supported SOFC Stack at INER”, 發表於 2013 年陶業年會，台北科技大學，2013-05-24。
14. 參加 2013 TACT 國際研討會並發表論文“Plasma Sprayed Metal-supported Solid Oxide Fuel Cell and Stack with Nanostructured Anodes and Diffusion Barrier Layer”一篇，獲壁報論文獎。
15. “Development of Inductively Coupled Plasma Powders Synthesis System for Synthesizing Oxide Powders of Solid Oxide Fuel Cells”, 2013 The 8th Asia-Pacific International Symposium on the Basics and Applications of Plasma Technology,



HsinChu, Taiwan, 2013-12-20~12-22。

16. “ $\text{Sm}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{CoO}_{3-d}$  and  $\text{La}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{Cr}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{O}_{3-d}$  Powders Synthesized by Inductively Coupled Plasma”, 發表於 2013 年中國材料科學學會年會，中央大學，2013-10-18~10-19。
17. 獲美國/歐盟/日本/中華明國專利許可證書達 12 件，INER-MS-SC-Type SOFC-MEA 之研製能力，更堅實強大，其中專利『固態氧化物燃料電池及其製作方法』獲 102 年度國家發明創作獎-發明獎銀牌。
18. 核能研究所與漢○科技股份有限公司的合作案總金額為 105 萬元新台幣，合作期為期一年，共分 3 期進行，其中輔導費用約 70 萬元，上繳國科會研發成果運用收入約 30 萬元。完成以大氣電漿噴塗法製備 SOFC 連接板保護膜(LSM)之技術開發。
19. 開發新穎製程及配方之 INER 自製氧化鋁基低白金含量天然氣重組觸媒，相關技術成果已發表於 2013 年 8 月份「化工技術」期刊及國際會議論文「The effect of preparation procedures on the performances of  $\text{Pt/CeO}_2/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  catalysts in the reforming of natural gas for SOFC」The Sixth Asia-Pacific Congress on Catalysis (APCAT-6)。
20. 本計畫成員林泰男博士發表論文：Performance evaluation of anode-supported solid oxide fuel cell with (GDC-LSM || LSM) composite cathode，獲得 2013 年中國材料科學學會論文佳作獎。

## (二) 技術創新

1. 完成低軟化點( $T_s < 700^\circ\text{C}$ )硼鋁矽酸鹽玻璃組成比例之優化( $\text{B}_2\text{O}_3/\text{BaO}=16.7:30$  (mol%);  $\text{CTE} \geq 8 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ ;  $T_s \leq 690^\circ\text{C}$ )。
2. 完成混成型雲母/GC9 玻璃混摻材料組成比例及特性優化(1:4 in wt.% ;  $\text{CTE}: 11.8 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ ;  $T_s=820^\circ\text{C}$ )，其高溫( $800^\circ\text{C}$ )長時(>2,200 小時)電阻為 280 k $\Omega$ ，其與金屬連接板封裝效能量測之平均洩漏率( $2.1 \times 10^{-4}$  mbar·l/s/cm)低於可容許上限值( $5.2 \times 10^{-4}$  mbar·l/s/cm)。
3. 完成 Crofer22H, ZMG232L, ZMG232G10, ITM 等金屬連接板鍍覆 LSM 保護膜後之高溫( $800^\circ\text{C}$ )長時(>5,000 小時)之面積比電阻(ASR)量測，其值分別為 37.0, 10.5, 11.5 及 3.6 m $\Omega \cdot \text{cm}^2$ 。
4. 完成以檸檬酸法合成新穎陽極材料  $\text{Sr}_2\text{MgMoO}_{6-6}$  之製程最佳化，所合成得之 SMMO 粉末的雜相比可小於 1%。
5. 完成  $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_3/\text{Cu}_2\text{O}$  高溫集電層材料，不同  $\text{Cu}_2\text{O}$  混摻比例 0, 3, 5, 7, 10 wt% 試樣高溫( $800^\circ\text{C}$ )面積比電阻(ASR)之 500 小時量測，其值約為 3.3, 1.9, 2.4, 3.1, 3.9 m $\Omega \cdot \text{cm}^2$ 。
6. 電池堆中為增加填料焊接之電池片與框架介面之氣密性，完成防護遮罩之設計與製作，並已應用於實際製程中。
7. 進行本所自製電池片與框架之非填料雷射焊接製程參數分析與測試，以多孔性基板進行焊接測試，在功率 120 W、頻寬 3 ms 及重複頻率 20 Hz 條件下，可將其焊接於框架上，介面之氣密將由高溫封裝材料補強。

8. 進行平板型重組器與電池堆之結合設計與規劃，已完成兩者之結合設計與加工製造，並進行兩片裝電池堆效能測試。以 0.65 L/min 甲烷通過 100 g 觸媒床，甲烷轉化率達 99% 以上，電池堆經過 406 小時未發現性能衰退。
9. kW 級 SOFC 發電系統運送至中○公司進行系統之組裝、測漏及完成以啞電池堆之系統升溫測試及重組器之性能測試，測試結果皆符合系統需求。
10. 完成熱交換器內嵌式熱能回收儲存裝置建置、性能測試、及熱損分析。本裝置可操作之最高水溫可達 90°C 且無需額外耗能，平均熱能回收效率約為 90%。
11. 已生產陽極粉體約 4.2 kg，電解質粉體約 0.6 kg，供 SOFC-MEA 小型量產使用，並小量生產 SBCF 陰極材料供 SOFC-MEA 研發使用。
12. 本年度已生產 SOFC-MEA 共 86 片 ( $10 \times 10 \text{ cm}^2$ ) 供 SOFC-Stack 使用。5-cell-stack 測試成功，Power density 達 32 W/unit cell，目前 Stack-durability 已經改進加強，進入 System-Test 階段。並提供 30 PCS INER- SOFC-MEA-10 供電池堆 (1 kW 級) 使用。壹式 5-Cell-INER-SOFC- Stack and 壹式 18-Cell-INER-SOFC-Stack 已測試成功正進行系統測試。另壹式 18-Cell-INER-SOFC-Stack 已安裝中。
13. 全尺寸單元電池(YSZ 電解質，尺寸為  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ ) 經過 11,500 小時耐久性測試結果，其 degradation rate 小於 0.5%/khr，目前仍持續進行耐久性測試。目前發展之 SOFC-MEA 元件最大功率密度大量提升且耐久度優良，已達計畫總目標。
14. 感應耦合電漿粉末合成系統裝置建立，包含 6 項次系統，分別為三段分離式反應腔體、旋風分離器、奈米粉體收集器、淬冷裝置、微量樣品取樣收集器與真空及電力機械控制系統。
15. 以感應耦合電漿粉末合成技術，成功完成固態氧化物燃料電池中被廣為使用的陰極與陽極材料， $\text{Sm}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{CoO}_3$  與  $\text{La}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{Cr}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{O}_3$ ，目前所合成得到的鈣鈦礦粉末經 XRD 與 ICP 檢測後，可達到雜相比低於 6% 以及化學成分差異比低於 10% 之目標。
16. 為增強多孔金屬基板之強度，添加金屬 Mo 於鎳鐵基板中，實驗證明基板之三點抗彎強度在相同的厚度條件下，由 61 MPa 上升至 155 MPa，基板強度獲得大幅度的提升。
17. 完成供應 SOFC 發電系統組裝使用之 18 片金屬支撐型固態氧化物燃料電池片之製備，為改善電池片之穩定性，於 MEA 的結構中增加陰極隔離層，初步結果顯示隔離層的添加並未降低電池片的發電功率 ( $570 \text{ mW/cm}^2 @ 750^\circ\text{C}$ )，長時穩定性能之改善有待後續測試證明。
18. 為克服大氣電漿噴塗過程中，基板溫度因為噴塗時間拉長所導致的基板溫度下降過多現象，在噴塗電解質層時，將原本規劃的總噴塗道次一次完成改成多段式完成，可有效穩定噴塗時的基板溫度，有益於電解質層的緻密性，電池片的開路電壓亦可維持，在 750、700 與 600°C 的條件下有 1.11、1.123 與 1.138 V 的表現。
19. 【固態氧化物燃料電池及其製作方法】之中華民國發明專利 I385851 號，係一種固態氧化物燃料電池，包括金屬框架、多孔性金屬基板及電池的多層功能層，功能層特性是第一陽極隔離層為多孔次微米或微米結構，陽極介面層則為多孔奈米

結構，第二陽極隔離層為緻密結構或多孔奈米結構，電解質層具緻密不透氣性，陰極隔離層為緻密結構或多孔奈米結構，陰極介面層為多孔奈米結構或多孔次微米結構，而陰極電流收集層為多孔微米結構。本專利提供兩種不同電池功能層次序的平板型電池結構，應用於多孔性金屬基板側為還原及氧化氣氛的環境。此外，一種前述之固態氧化物燃料電池的製作方法亦被提出。

20. 【多氣式混合器與電漿火炬的混合氣供氣裝置】之國發明專利 US8,362,388B2 及中華民國專利第 I 385042 號，本發明係提供一種多氣式混合器，其係將多種氣體依每一種氣體的質量流率控制以調配所需任意比例的均勻混合氣體。本發明之多氣式混合器包含有一混合器腔體、複數個氣體進氣口、至少一個氣體旋轉混合單元及一混合氣出口。可讓搭配使用之電漿火炬在高電壓(>85 V)中電流(<650 A)穩定工作，提升電漿火炬的使用壽命，且所產生之高溫高速長弧電漿火焰，可應用於電漿噴塗鍍膜、切割金屬、物體表面之清潔及殺菌。
21. 【平板型固態氧化物燃料電池之電池堆流道】之日本特許第 5213014 號及中華民國專利第 I344717 號，係為一種平板型固態氧化物燃料電池之電池堆流道設計，在此設計模式下必須特別注意連接板與發電基板陽極接觸面上之流道區，以迫使燃料流經金屬網並流向發電基板陽極面，增加燃料和發電基板之直接接觸與作用，如此可有效增加電池堆之反應效率。另於框架材料選擇上，選擇結合多項功能之材料，可降低電池堆元件數，簡化電池堆組裝工作。
22. 【易組裝及抽換之平板型固態氧化物燃料電池電池堆結構】：本發明為一種易組裝及抽換之平板型固態氧化物燃料電池(SOFC)電池堆(stack)結構，可使各 SOFC 電池堆單元直接插設於容置機構中，且由第一、二均壓導電彈性機構加以串接導通形成電池堆，並於更換時，可將單一 SOFC 電池堆單元直接由容置機構中取出進行拆換，而達到易於組裝及抽換之功效，具有助於 SOFC 產業化之價值。
23. 【平板型燃料電池之線上高度量測系統】之美國專利 US8,486,576B2 及中華民國專利第 I372486 號，係由一主支架以至少一上座設於一高溫爐上方，並以一位移偵測裝置設於該上座上，且該位移偵測裝置具有一心軸可銜接一延伸桿向下伸入高溫爐內，以接觸設置於該高溫爐內之電池堆頂面，一位移顯示裝置經由訊號傳輸線銜接於該位移偵測裝置，而一資料處理裝置經由訊號傳輸線銜接於該位移顯示裝置，使該位移偵測裝置感知該高溫爐內電池堆於升溫和操作期間之高度變化，而可輸出一訊號，該訊號資訊可直接由位移顯示裝置加以顯示，亦可由一資料處理裝置接收並分析、儲存。此專利有助於電池堆製成之品保程序，利於商業生產之管控。
24. 【易組裝及抽換之平板型固態氧化物燃料電池電池堆結構】之美國發明專利 US8,399,143B2，係為一種易組裝及抽換之平板型固態氧化物燃料電池(SOFC)電池堆(stack)結構，可使各 SOFC 電池堆單元直接插設於容置機構中，且由第一、二均壓導電彈性機構加以串接導通形成電池堆，並於更換時，可將單一 SOFC 電池堆單元直接由容置機構中取出進行拆換，而達到易於組裝及抽換之功效，具有助於 SOFC 產業化之價值。

25. 自行研製之「多氣式混合器與電漿火炬的混合氣供氣裝置」能將多種不同特性的氣體按照任意比例均勻混合，達到提供均勻混合氣體，使得大氣電漿火炬於高電壓中電流穩定工作且產生高速高能電漿火焰。獲美國與中華民國專利許可，並獲得 2013 台北國際發明暨技術交易展發明競賽金牌獎。
  26. 自行研製之 SOFC MSC-TYPE 專利「固態氧化物燃料電池及其製作方法」榮獲 102 年國家發明創作獎-銀牌。
  27. 自行研製之「固態氧化物燃料電池及其製作方法」一種固態氧化物燃料電池，包括：一金屬框架；一多孔性金屬基板，配置於該金屬框架中；一第一陽極隔離層，配置於該多孔性金屬基板上；一陽極介面層，配置於該第一陽極隔離層上，而該陽極介面層為多孔奈米結構；一電解質層，配置於該陽極介面層上；一陰極介面層，配置於該電解質層上；以及一陰極電流收集層，配置於該陰極介面層上，成果獲中華民國專利許可。
  28. 自行研製之「一種用於固態氧化物燃料電池之雙層陽極-金屬基板結構及其製作方法」，將造粒及燒結壓碎後之粉粒團依粉徑大小篩分成複數個群組；對一多孔金屬基板進行酸蝕製程之前置處理以形成一透氣多孔金屬基板，以高電壓高熱焓三氣式大氣電漿噴塗鍍膜技術依序形成一第一陽極多孔膜層及一第二陽極多孔膜層。成果獲中華民國專利許可。
  29. 合成 kW 級 SOFC 系統用之燃料重組奈米觸媒--完成自製重組觸媒合成 500 g；完成單管重組器組裝及測漏標準程序，正進行 kW 級 SOFC 系統用觸媒之天然氣重組分析實驗。
  30. 新製程自製重組觸媒測試--完成自製新製程低白金量觸媒(1%Pt12%CeO<sub>2</sub>/α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)編號「X-9」天然氣重組分析實驗，初步結果顯示天然氣轉化率大於 95%，正進行長時間耐久性測試。
  31. 自行創新研發之技術「Method of Fabricating Fuel Reforming Catalyst for SOFC Power Generating System」(創新)：一種固態氧化物燃料電池發電系統用之燃料重組觸媒製作方法，係以耐高溫且硬度較高之 α-氧化鋁(α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)作為擔體，製備成之 Pt/CeO<sub>2</sub>/α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 觸媒，其產氫氣濃度皆可達 68%左右，顯示對天然氣產氫有不錯之效能，不僅轉化率大於 99%以上，並具有 4,000 小時不粉化之耐久性與抗積碳能力，顯見本發明研製以 α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 擔體及具抗積碳能力之重組觸媒極具長效性之優點。(已獲美國發明專利領證通知，申請案號：13/239,560)。
- (三) 經濟效益
1. 九〇公司與本所就「固態氧化物燃料電池之電池單元製作及測試技術合作與開發計畫」進行合作，簽署保密協議並進行技轉相關事宜。
  2. 近年來由於開採技術的進步，使得原本無法開採的頁岩氣(shale gas)等「非常規型」的天然氣，因為井底挖鑿橫坑前進的技術進步，近年來已經可以進行開採，大幅增加天然氣產量；本計畫研發之具高溫穩定性奈米孔道天然氣重組觸媒，除了可以應用於 SOFC 發電外，亦可延伸應用於天然氣為原料製合成氣(syngas)等高價值化學品的製程鏈中。

3. 完成 kW 級 SOFC 發電系統技術授權中○公司，並協助於該公司廠區建置國內第一套 kW 級 SOFC 發電系統測試運轉，使用天然氣為燃料，並完成 500 小時連續運轉驗證。權利金收入 1,029 萬。
4. 與漢○科技股份有限公司的合作案總金額為 105 萬元新台幣，合作期為期一年，共分 3 期進行，其中輔導費用約 70 萬元，上繳國科會研發成果運用收入約 30 萬元。完成以大氣電漿噴塗法製備 SOFC 連接板保護膜(LSM)之技術開發。本技術若可成功開發則可提供一低成本、可靠的量產技術予民間廠商，加速 SOFC 發電技術之實用化。
5. 行政院原子能委員會核能研究所與九○精密陶瓷股份有限公司之「固態氧化物燃料電池之電池單元製作及測試技術專利授權與技術轉移/授權」一案，2013 台北國際發明暨技術交易展---九○公司在會場與核研所完成簽署 SOFC Cell 合作意願書。

#### (四) 社會影響

1. 目前 B.E.公司 SOFC 系統之 60%組件由國內廠商供應，顯現國內業者於 SOFC 組件生產、製造已具相當之能力。本所正積極與國內業者洽商電池片製程和測試、電池堆組裝自動化等技轉及技術合作相關事宜，並進行與中○公司之技術合作案，加速國內 SOFC 產業鏈之建構。
2. 國內、外學術單位來所參訪 SOFC 實驗室，藉以增進對本所研發現況及學生對研究實務及能源領域之認知及興趣，相關參訪單位、日期及人數概略如下：
  - (1) 1 月 21 日清華大學工業工程學系吳教授，帶領 40 位人學生參訪高溫燃料電池，由吳思翰與羅世坤博士負責介紹。
  - (2) 2 月 27 日國合會成員一行約 30 人參訪本所及相關實驗室，由邱副所長帶領至 SOFC 實驗室，李副組長解說計畫執行進度及成果，使國合會成員對計畫成果留下深刻之印象。
  - (3) 3 月 18 日新加坡共和理工學院師生等 24 人所參訪本所，SOFC 實驗室為參觀點之一，由劉建國博士進行研發現況解說。
  - (4) 3 月 26 日聯合大學陳老師，帶領 40 位人學生參訪高溫燃料電池，由羅世坤博士負責介紹。
  - (5) 4 月 26 日台北商業技術學院教職員約 40 人參訪高溫燃料電池實驗室，由吳思翰博士負責介紹。
  - (6) 5 月 1 日中原大學教官和學生約 130 人分三批參訪高溫燃料電池實驗室，由羅世坤博士負責介紹。
  - (7) 9 月 25 日本廣島大學教授率該校師生約 20 人參訪 SOFC 實驗室，由程永能及羅世坤博士負責介紹。
3. 5 月 14 日李瑞益博士赴國科會簡報『高效率固態氧化物燃料電池技術開發暨產業化平台建構』計畫，委員對 SOFC 產業鏈建立進度至為關切，期盼能為我國建立一新興綠能產業。
4. 5 月 21 日李瑞益博士參加於台北科技大學舉辦之第三次「台灣 SOFC 產業聯盟」籌組會議，於會中簡報：(1)各國燃料電池政策與推廣補助措施及行銷策略，及(2)台灣 SOFC 技術產業化發展策略；會中產學研界建議國內加速 SOFC 技術發展，能

源局官員表示第二期能源國家型計畫中將由經濟部主導，建議將 SOFC 技術納入其中，以加速 SOFC 相關產業及技術之發展。

5. 8 月 23 日李瑞益博士應中華民國粉末冶金協會邀請，於會員大會進行 SOFC 技術發展專題演講，加強該協會會員對 SOFC 技術國內外發展現況之了解與 SOFC 產業聯盟之支持。
6. 10 月 3 日假國立台北科技大學辦理淨煤主軸計畫—SOFC 專家會議，計有 86 人報名。所內李瑞益、李茂傳及黃振興博士等 3 人進行計畫成果簡報。加速 SOFC 相關產業及技術之發展。
7. 10 月 15 日～16 日與 Dr.Minh 赴中鋼、中油，參加中國鑛冶協會。
8. 10 月 19 日李瑞益博士應中國材料學會邀請，於 2013 材料年會之儲能論壇簡報“Applications of SOFC Technology in Power Generation and Energy Storage”。
9. 本所藉由 SOFC 委託計畫培養在校博碩士班學生，畢業後進入本所或國內其他研究單位，如工研院、中鋼公司、中油公司及其他業界繼續進行相關研究。另本所積極協助推動 SOFC 產業聯盟的成立，有助於增加就業人口。
10. 電漿噴塗計畫所申請的『固態氧化物燃料電池及其製作方法』專利，獲經濟部智財局評審為「102 年國家發明創作獎」之發明獎銀牌，據主辦單位表示，本年度之參賽作品數目為歷年之最，本計畫專利能在三百多件的專利中獲得銀牌，感謝計畫同仁的努力，及各方委員的肯定。

#### (五) 其它效益

1. 與學界之學術合作案包括：(1)中央大學：「SOFC 電池堆接合件高溫耐久機械性能分析」計畫，培養碩博士生進行 SOFC 電池堆組件材料高溫機械性質(強度、潛變、破裂/阻抗)測試設備之設計與建構能力，進而規劃並執行相關測試。另累積玻璃陶瓷與電池片或金屬連接板接合件高溫機械試驗的實務經驗與能力，經由金相分析剖析破壞之起始位置及成長方向。培育之人才可於金屬材料、破損分析及新能源等相關領域發展。(2)清華大學：「SOFC 先進金屬連接板材料成份之研究與開發」計畫。培養碩士生進行 SOFC 電池堆連接板鍍膜成份設計及披覆能力，並執行相關特性測試；另涉獵用於金屬連接板之高溫合金材料成份設計開發。培育之人才可於高溫金屬材料開發、鍍膜技術及新能源等相關領域發展。(3)淡江大學：「 $\text{Al}_2\text{O}_3$  摻雜入  $(\text{R},\text{M})_2(\text{Zr},\text{Ti})_2\text{O}_{7-d}$  作為 SOFC 電解質材料的研究開發」計畫。進行研究開發中溫(400~700°C)時具有高離子導電度的固態氧化物燃料電池電解質材料。共培育博士生 1 人、碩士生 4 人。
2. 完成 4 組 18 片裝模組化電池堆之組裝與測試、電池堆與平板式重組器之整合測試、第二代熱能回收系統開發與測試等。應用玻璃膠為電池堆與平板式重組器之密封材料，該密封材料之專利“用於燃料電池之密封材料”獲 2013 年台北國際發明暨技術交易展之銀牌獎。
3. 完成 SOFC 無電熱裝置發電系統之設計開發，該設計為本所獨創，系統不需以電熱進行升溫，而以燃燒器產生之熱能進行系統升溫，而發電系統以天然氣為燃料，其重組率達 97%以上。SOFC 熱工元件整合裝置專利獲 2013 台北國際發明專利競賽

金牌獎。

4. 『固態氧化物燃料電池及其製作方法』專利參加經濟部智財局主辦之「102 年國家發明創作獎」競賽榮獲發明獎銀牌，獲經濟部舉辦公開活動表揚，增進社會大眾對於固態氧化物燃料電池之認識。
5. 張鈞量博士應「中華民國陶業研究學會」之邀請，擔任「2013 年學術論文計陶瓷研究計畫成果發表會」之「能源陶瓷與應用」之論壇主持人(Session Chair)，並發表論文“Development of Metal-Supported SOFC Stack at INER”一篇。(台北科技大學，台北市，May 24, 2013)。
6. 李茂傳博士與張鈞量博士，1 月 27 日～2 月 1 日赴美國參加第 37 屆國際先進陶瓷與複合材料會議及展覽會。並發表二篇邀請論文(Invited Paper)及一篇技術論文(Technical Paper)。藉由參與本次會議，展現本所過去幾年於 SOFC 領域的研發成果，並加強本所與國際間之資訊交流與人脈關係拓展，有益於後續國內 SOFC 研發策略及方向之擬訂及研發工作的推展。
7. 劉建國博士，9 月 25 日～28 日參加上海舉行第五屆世界氫能會議(WHTC 2013)。並發表口頭論文“High-Temperature Electrical and Microstructural Properties of  $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$  Coated Ferritic Stainless Steels Using Pulsed DC Magnetron Sputtering”。
8. 李瑞益博士與余冬帝博士，10 月 6 日～12 日赴日本參加 SOFC XIII 會議。

計畫於年度內針對各項預期目標執行之成果如下表所示：

| 預期成果                                             | 實際成果                                                                                                                                                                 | 差異分析 |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>一、固態氧化物燃料電池發電系統技術發展</b>                       |                                                                                                                                                                      |      |
| 完成不同合金鍍膜試樣之高溫 ASR 量測 (1,000 hrs @ 800°C)。        | Crofer22H, ZMG232L, ZMG232G10, ITM 合金鍍覆 LSM 膜試樣，完成高溫(800°C)長時(1171 hr)ASR 量測，其值分別為 12.8、3.6、3.6 及 2.0 $\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2$ 。                             | 符合目標 |
| 完成平板型重組器測試系統建立並進行重組器效能測試。                        | 完成平板型重組器與兩片裝電池堆結合之效能測試。於甲烷流率 0.65 L/min 下轉化率達 99%以上。800°C 時 OCV 為 1.95 V；電壓 1.4 V 時功率輸出為 60 W，經過 406 小時未發現性能衰退。                                                      | 符合目標 |
| 完成高溫熱循環及長時洩漏率量測 (50 cycles 及 1,000 hrs @ 800°C)。 | 完成雲母/GC9 玻璃混摻重量比例 1:4 優化之高溫封裝劑研製及與金屬連接板封裝效能量測，其平均洩漏率 $2.1\times 10^{-4}\text{mbar}\cdot\text{l/s/cm}$ 低於可容許上限值 ( $5.2\times 10^{-4}\text{mbar}\cdot\text{l/s/cm}$ )。 | 符合目標 |
| 完成燃燒器、重組器及熱交換器三合一組件設計及測試，燃料轉換率達 95%以上。           | 完成 SOFC 熱工元件整合裝置測試，性能符合預期。在以陰極空氣及陽極為稀釋氣體( $\text{H}_2+\text{N}_2$ )進行升溫時，只要控制燃燒器在約 930°C 時，陰陽極氣體皆能預熱至 750°C 以上，符合未來不以電熱方式升溫之需求，其天然氣重組率達 99%以上。                       | 符合目標 |
| <b>二、陶瓷基板支撐型固態氧化物燃料電池元件及材料技術研發</b>               |                                                                                                                                                                      |      |
| HT-SOFC-MEA 單元電池生產 15 pcs (10×10                 | 已生產 SOFC-MEA 共 26 片(10×10 $\text{cm}^2$ )供 SOFC-Stack 使用。                                                                                                            | 符合目標 |

|                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                            |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| cm <sup>2</sup> )供 SOFC-Stack 使用。                                                                                                                                             |                                                                                                                                                            |      |
| HT-SOFC-MEA 單元電池生產 20 pcs (10×10 cm <sup>2</sup> )供 SOFC-Stack 使用。SOFC-Stack 測試達 500 hrs 在 i=200~300 mA/cm <sup>2</sup> , Power density 約達 200 mW/cm <sup>2</sup> 以上 (800°C)。 | 已生產 SOFC-MEA 共 56 片 (10×10 cm <sup>2</sup> )供 SOFC-Stack 使用。Power=32 W/unit cell (800°C)。                                                                  | 符合目標 |
| HT-SOFC-MEA 單元電池生產 20 pcs (10×10 cm <sup>2</sup> )供 SOFC-Stack 使用。LT-SOFC-MEA 研製 5 pcs (10×10 cm <sup>2</sup> )供新世代 SOFC-MEA 測試使用。                                            | HT-SOFC-MEA 單元電池生產 86 pcs (10×10 cm <sup>2</sup> )供 SOFC-Stack 使用。LT-SOFC-MEA 研製 10 pcs (10×10 cm <sup>2</sup> )供新世代 SOFC-MEA 測試使用。                        | 符合目標 |
| 年度績效報告撰寫及提報。                                                                                                                                                                  | 完成年度績效報告撰寫及提報。                                                                                                                                             | 符合目標 |
| <b>三、電漿噴塗金屬支撐型固態氧化物燃料電池元件技術研發</b>                                                                                                                                             |                                                                                                                                                            |      |
| ICP 奈米級 SSC 及 LSCM 粉末之分析結果。                                                                                                                                                   | 在 16 kW ICP 功率下,經 900°C 2 小時熱處理後,XRD 分析顯示奈米 SSC 粉末已達充份結晶,SSC 雜相/結晶比已低於 6%;在 16 kW ICP 功率下,經 1100°C 2 小時熱處理後之奈米 LSCM 粉末,其 XRD 分析顯示已充份結晶,其雜相/結晶比已低於 6%。      | 符合目標 |
| 10×10 cm <sup>2</sup> 鎳鉬多孔基板實品。                                                                                                                                               | 完成 18 片 10×10 cm <sup>2</sup> 鎳鉬多孔基板製作並提論文題目“Preparation of functional metal porous substrate with GDC for using in a metal supported SOFC”至 TACT2013 研討會。 | 符合目標 |
| ICP 奈米粉末研製報告及投稿。                                                                                                                                                              | 完成 BPCF (Ba <sub>0.5</sub> Pr <sub>0.5</sub> Co <sub>0.8</sub> Fe <sub>0.2</sub> O <sub>3</sub> )陰極粉末製作及兩篇論文發表(102 年中國材料年會和亞太電漿 APSPT-8)。                  | 符合目標 |
| 20 片 10×10 cm <sup>2</sup> MSC 電池片。                                                                                                                                           | 目前已經完成 31 片全電池(壓燒熱處理完)和 5 片半電池(噴至 LSGM/SDC 電解質層)共 36 片。                                                                                                    | 符合目標 |
| <b>四、燃料重組器開發與重組觸媒研製</b>                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                            |      |
| 完成新製程自製重組觸合成 100 g。                                                                                                                                                           | 完成新製程自製重組觸媒合成 100 g,正進行 SEM、EDS、TEM 及 XRD 分析與性能測試並開發蜂巢狀觸媒載體前處理製程;完成反應器高溫爐維修校驗;持續進行合成中○公司研究案所需之自製奈米天然氣重組觸媒。                                                 | 符合目標 |
| 完成自製重組觸合成 500 g。                                                                                                                                                              | 完成自製重組觸媒合成 500 g。完成單管重組器組裝及測漏標準程序,正進行 kW 級 SOFC 系統用觸媒之天然氣重組分析實驗。                                                                                           | 符合目標 |
| 完成自製重組觸合成 1,000 g。                                                                                                                                                            | 完成 kW 級 SOFC 系統用觸媒之天然氣單反應管重組分析實驗,截至 9 月底止共完成自製重組觸媒合成                                                                                                       | 符合目標 |



|                    |                                                                                                                                            |      |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
|                    | 1,500 g 供 SOFC 發電系統使用。                                                                                                                     |      |
| 完成自製重組觸合成 1,500 g。 | 配合 SOFC 計畫主要實體指標所需達成與中○公司之技術授權案，年度內共完成自製奈米天然氣重組觸媒 2000 克，提供遷移至中○公司之 kW 級 SOFC 發電系統使用，並進行 500 hrs 長期測試，運轉過程中，各熱工組件性能正常，重組器之 N.G.重組率達 98%以上。 | 符合目標 |

## 二、量化成果：

| 績效屬性         | 績效指標     | 預期產出<br>量化值                                        | 實際產出<br>量化值                             | 效益說明                                                                                                                                                            | 重大突破                                             |
|--------------|----------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 學術成就(科技基礎研究) | A 論文     | 20 篇<br>(含獲得及申請國外期刊 6 篇、獲得國內期刊 4 篇、國內外會議論文發表 10 篇) | 國內期刊 2 篇；國外期刊發表 9 篇；會議論文：國內 18 篇、國外 8 篇 | 刊登於 Nano Letters、Applied Mechanics and Materials、International Journal of Hydrogen Energy、Journal of Fuel Cell Science and Technology 等國際知名期刊，提高國際能見度。          | 在國際知名期刊刊登研究報告，並於重要會議發表。可與該領域之專家做交流，促進學術及技術水平之提昇。 |
|              | B 研究團隊養成 | 5 隊                                                | 5 隊                                     | 各分項計畫均將建置專業實驗室，包括： <u>SOFC 電池堆設計及組裝技術開發實驗室</u> ； <u>SOFC 發電系統設計及驗證實驗室</u> ； <u>SOFC 材料與元件研製與測試團隊與製作實驗室</u> ； <u>電漿噴塗鍍膜專業實驗室</u> ； <u>建置重組觸媒合成、分析與測試專業實驗室</u> 等。 | 建立專業開發及標準驗證平台。                                   |
|              | C 博碩士培育  | 6 人                                                | 博士 1 人、碩士 4 人                           | 藉由與國內學界之合作計畫，有效整合國內的研發能量；從基礎研究突破研發瓶頸，並培育及培訓人才，做為研發後盾。                                                                                                           |                                                  |
|              | D 研究報告   | 28 篇                                               | 24 篇                                    | 呈現研發之成果及後續研發的重點及方向，使研發成果可交流、傳承。<br>記載研發的歷程及標準作業程序，以利技術傳承；後續的研發可在既有的基礎上，繼續發揚光大。                                                                                  |                                                  |
|              | E 學術活動   |                                                    | 10 月 3 日假國立台北科技大學辦理                     | 邀請國內產業界相關人士，計有 86 人參加。所內                                                                                                                                        |                                                  |

| 績效屬性         | 績效指標   | 預期產出<br>量化值                      | 實際產出<br>量化值                                                                                                                                                                                                                                                                   | 效益說明                                                                                                                                                                                                                        | 重大突破                              |
|--------------|--------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
|              |        |                                  | SOFC 專家會議                                                                                                                                                                                                                                                                     | 李瑞益、李茂傳及黃振興博士等 3 人進行計畫成果簡報。加速 SOFC 相關產業及技術之發展。                                                                                                                                                                              |                                   |
|              | F 形成教材 | 2 件                              | 1. kW 級 SOFC 系統測試及控制邏輯。<br>2. SOFC 熱工元件及系統開發。<br>3. SOFC 工作原理及 BOP 規劃設計。                                                                                                                                                                                                      | 撰寫相關作業程序書，提供相關領域學習及從業人員技術指引。                                                                                                                                                                                                |                                   |
| 技術創新(科技整合創新) | G 專利   | 申請 16 件<br>(含獲得及申請國內 8 件、國外 8 件) | 共申請 38 件<br>(含獲得本國 14 件、國外 15 件。申請中本國 3 件、國外 6 件)                                                                                                                                                                                                                             | 相關研究於國外投入的時間遠早於國內，並多以專利權保護、壟斷。國內欲在該等領域有所突破，需充分掌握專利佈局，以突破國外專利權之壟斷，使計畫之研發成果可推展至產業界。                                                                                                                                           | 建立自主的專利技術，後續可供國內業界參考、擴充，促進國內產業升級。 |
|              | H 技術報告 | 8 篇                              | 6 篇                                                                                                                                                                                                                                                                           | 記載研發的歷程及標準作業程序，以利技術傳承；後續的研發可在既有的基礎上，繼續發揚光大。                                                                                                                                                                                 |                                   |
|              | I 技術活動 | 3 場次                             | 參加國內技術活動，共 11 場次。摘要如下：<br>1. 5 月 24 日赴台北科技大學，參加 2013 年陶業年會。(3 場次)<br>2. 8 月 22~23 日赴逢甲大學，參加第十七屆奈米工程暨微系統技術研討會。<br>3. 10 月 4~5 日赴聯合大學，參加第八屆全國氫能與燃料電池研討會。(3 場次)<br>4. 10 月 13~17 日赴臺北國際會議中心，參加第六屆亞太催化會議(APCAT-6)。<br>5. 10 月 18~19 日赴中央大學，參加 2013 中國材料科學學會年會。<br>6. 11 月 10~13 日 | 參加國際研討會，共 4 場次。摘要如下：<br>1. 1 月 27~2 月 1 日赴美國佛羅里達州代托納比奇市，參加第 37 屆國際先進陶瓷與複合材料會議及展覽會 (37th International Conference and Exposition)。(2 場次)<br>2. 9 月 25~28 日，參加上海舉行第五屆世界氫能會議(WHTC 2013)。<br>3. 10 月 6~12 日，赴日本參加 SOFC XIII 會議。 |                                   |

| 績效屬性             | 績效指標             | 預期產出<br>量化值 | 實際產出<br>量化值                                                                                                                                                                         | 效益說明                                                                                                                                                                                                                     | 重大突破 |
|------------------|------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
|                  |                  |             | 赴台北，參加 4th International Symposium on Advanced Ceramics and Technology for Sustainable Energy Applications toward a Low Carbon Society。<br>7. 11 月 22~23 日赴台灣科技大學，參加 2013 台灣化學工程學會。 |                                                                                                                                                                                                                          |      |
| 經濟效益<br>(產業經濟發展) | T 促成與學界或產業團體合作研究 | 5 件         | 與國內 3 所學界簽訂合作研究計畫 3 件，研究金額 1,900 千元。                                                                                                                                                | 與學界之合作案包括 <u>清華大學</u> ：(SOFC 先進金屬連接板材料成份之研究與開發)； <u>中央大學</u> ：(SOFC 電池堆接合件高溫耐久機械性能分析(III))； <u>淡江大學</u> ：(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 摻雜入(R,M) <sub>2</sub> (Zr,Ti) <sub>2</sub> O <sub>7-d</sub> 作為 SOFC 電解質材料的研究開發。 |      |
| 社會影響<br>(民生社會發展) | R 增加就業           | 4 人以上       | 31 人                                                                                                                                                                                | 本年度因計畫的執行，聘用所聘、替代役、專支人員等計畫相關研發人力，以創造就業機會。                                                                                                                                                                                |      |

依上述選定績效指標作如下之敘述：

| 項目                       | 年度目標                                                                                                                                                                         | 年度衡量指標                                                               | 實際達成度                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用       |                                                                                                                                                                              |                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 分項一<br>固態氧化物燃料電池發電系統技術發展 | (1) 熱膨脹係數介於 $9\sim 15\times 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ，玻璃轉換溫度約 600 $^{\circ}\text{C}$<br>(2) 完成高溫(800 $^{\circ}\text{C}$ )密封熱循環(50 cycles)及長時間(1,000 hrs)洩漏率量測驗證 | (1) SOFC 封裝用玻璃基無機混成密封材料研製完成<br>(2) 進行玻璃基無機混成密封材料封接檢測並完成高溫穩定性及耐久性效能驗證 | (1) 完成混成型雲母/GC9 玻璃混摻材料組成比例及特性優化(1:4 in wt.%；CTE: $11.8\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ； $T_s=820^{\circ}\text{C}$ )，其高溫(800 $^{\circ}\text{C}$ )長時(>2,200 小時)電阻為 280 k $\Omega$ 。<br>(2) 雲母/GC9(1:4 in wt.%)與金屬連接板封裝效能量測(He, 2 psi, 50 cycles and 1,000 hours at 800 $^{\circ}\text{C}$ )之平均洩漏率( $2.1\times 10^{-4}$ mbar·l/s/cm)低於可容許上限值( $5.2\times 10^{-4}$ mbar·l/s/cm)。 |
|                          | (1) 平板型重組器之 CH <sub>4</sub> 轉化效率達 95%以上<br>(2) 平均電壓 0.7 V 時之平均電功率密                                                                                                           | (1) 平板型重組器之開發與測試<br>(2) 以 NIMTE 電池片進行重組器與電池堆組合測試                     | (1) 完成進行平板型重組器之開發與測試，試以 0.65 L/min 甲烷通過 100 g 觸媒床，甲烷轉化率達 99%以上。<br>(2) 完成平板型重組器與電池堆之結測試，以寧波電池片進行兩片裝電                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|                                                          |                                                                                                    |                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                          | 度大於 130 mW/cm <sup>2</sup> 以上                                                                      |                                                                                                      | 池堆測試，在溫度 800℃ 時電池堆 OCV 約為 1.95 V，電壓 1.4 V 時，功率輸出約為 60 W，經過 406 小時未發現明顯性能衰退。                                                                                                                                                                                                                                        |
|                                                          | (1) 完成熱能回收系統建立，熱能回收效率達 80% 以上。<br>(2) 完成熱能回收系統與 SOFC 發電系統之整合測試，水溫達 70℃ 以上。                         | (1) 建立熱能回收系統<br>(2) 完成熱能回收系統與 SOFC 發電系統之整合測試                                                         | (1) 完成熱交換器內嵌式熱能回收儲存裝置建置與測試，本裝置儲熱之最高水溫可達 90℃，採自然循環式熱交換，無需額外耗能，平均熱能回收效率可達 90%。<br>(2) 正規劃將該系統結合三合一熱工元件進行測試，以便執行必要之修正，有效提升 SOFC 合併熱電系統 (CHP) 之整體效率。                                                                                                                                                                   |
|                                                          | (1) 於中○公司運轉達 500 小時<br>(2) 燃料轉化率達 90%、無電熱裝置                                                        | (1) kW 級 SOFC 發電系統長期運轉驗證<br>(2) 無電熱裝置 kW 級 SOFC 發電系統整合及測試                                            | (1) 與中○公司合作之 kW 級 SOFC 發電系統，達成持續運轉 500 hrs，運轉過程中，功率輸出約 730 W，各熱工組件性能正常，重組器之 N.G. 重組效率達 98% 以上。<br>(2) 完成緻密型 kW 級 SOFC (無電熱) 發電系統之組裝並進行系之升溫測試。測試結果：燃燒器在約 960℃ 時，陰極空氣為 40 LPM 及陽極稀釋氣體為 H <sub>2</sub> : 2 LPM+N <sub>2</sub> :8 LPM 時，陰極之出口溫度預熱至 775℃，陽極之出口溫度預熱至 765℃，且其溫度差僅在 10℃，印證 SOFC 無電熱裝置發電系統滿足 SOFC 電池堆升溫之需求。 |
|                                                          | 燃料轉化率達 90%、系統整體效率>65%                                                                              | kW 級 SOFC 發電系統熱電結合之元件整合及測試                                                                           | 完成循環式水冷低溫排氣測試，在排氣溫度 400℃、流量為 90 LPM 條件下，可使排氣溫度降至 40℃，後續將採溫差發電供給，無需額外供電。                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                                          | 學術成就                                                                                               | 預期產出<br>A. 國外期刊 2 篇。<br>B. 國內期刊 4 篇。<br>C. 會議論文 4 篇。<br>D. 研究/技術報告 26 篇。<br>E. 獲得及申請國外專利 4 件、國內 4 件。 | 實際達成<br>A. 國外期刊 8 篇。<br>B. 國內期刊 0 篇。<br>C. 會議論文 12 篇。<br>D. 研究/技術報告 21 篇。<br>E. 獲得國外專利 6 件、國內 5 件。申請中國外專利 3 件、國內 2 件。                                                                                                                                                                                              |
| 分項二<br>陶瓷基板<br>支撐型固<br>態氧化物<br>燃料電池<br>元件及材<br>料技術研<br>發 | 製作 SOFC-MEA，Durability：2,000hrs，衰減率<1.0%/kh，功率密度 P <sub>max</sub> 大於 500 mW/cm <sup>2</sup> (750℃) | SOFC-MEA 製作/測試/驗證報告                                                                                  | 全尺寸單元電池(YSZ 電解質，尺寸為 10×10 cm <sup>2</sup> )經過 11,643 小時耐久性測試結果，其 degradation rate 小於 0.5%/khr，目前仍持續進行耐久性測試。目前發展之 SOFC-MEA 元件最大功率密度大量提升 (P <sub>max</sub> 大於 500 mW/cm <sup>2</sup> (750℃)) 且耐久度優良，已達計畫總目標。                                                                                                         |

|                                                     |                                                                                                                                                          |                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                     | NiO+YSZ/YSZ/SDC/<br>GDC/BCYZ/LSCF/<br>NiO+SDC/SSC/BSSC<br>製造產品與應用                                                                                        | SOFC-MEA 相關新材料製<br>作                                                                   | 以甘胺酸-硝酸鹽燃燒法(GNCP)成功<br>研製 SOFC-MEA 相關之陰極與電解質<br>材料，包含 SSC、BSAF、SBSC 等陰<br>極材料與 SDC、GDC、BYCZ、SBCF、<br>LSGM 等電解質材料。                                                                                                            |
|                                                     | (1) Cell test 硬體精進<br>(2) CH <sub>4</sub> 為 fuel 測試分<br>析                                                                                                | 測試系統精進                                                                                 | 測試系統精進如期完成。                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                     | 學術成就                                                                                                                                                     | 預期產出<br>A. 國外期刊 2 篇。<br>B. 會議論文 4 篇。<br>C. 研究/技術報告 5 篇。<br>D. 獲得及申請國外專利 2<br>件、國內 1 件。 | 實際達成<br>A. 國外期刊 0 篇。<br>B. 會議論文 6 篇。<br>C. 研究/技術報告 6 篇。<br>D. 獲得國外專利 7 件、國內 4 件。                                                                                                                                             |
| 分項三<br>電漿噴塗<br>金屬支撐<br>型固態氧<br>化物燃料<br>電池元件<br>技術研發 | 製作 LSCM/LDC-Ni/<br>LDC/LSGM/50%<br>SDC-50%SSC/25%<br>SDC+75%SSC SOFC-<br>MEA，衰減率 ≤<br>1%/kh，功率密度大於<br>500 mW/cm <sup>2</sup> (700°C,<br>H <sub>2</sub> ) | SOFC-MEA 製作/測試/驗<br>證報告                                                                | 達成年度目標及完成電池片製作、測<br>試與年度期末成果報告撰寫。                                                                                                                                                                                            |
|                                                     | 奈米級 SSC 粉末之<br>XRD 與 SEM 分析結<br>果，及不會造成 ICP<br>電漿熄火之液料進料<br>裝置壹套                                                                                         | 奈米級 SSC 粉末之分析結<br>果                                                                    | 完成奈米級 SSC 粉末之 XRD、SEM 及<br>TEM 分析，粉末小於 100 nm，XRD<br>結果顯示其雜相比低於 3%。同時完成<br>改進型液料進料裝置壹套，不會造成<br>ICP 電漿熄火。                                                                                                                     |
|                                                     | 學術成就                                                                                                                                                     | 預期產出<br>A. 國外期刊 1 篇。<br>B. 會議論文 2 篇。<br>C. 研究/技術報告 4 篇。<br>D. 獲得及申請國外專利 1<br>件、國內 2 件。 | 實際達成<br>A. 國外期刊 1 篇。<br>B. 會議論文 6 篇。<br>C. 研究/技術報告 2 篇。<br>D. 獲得國外專利 1 件、國內 4 件。申<br>請中國外專利 2 件。                                                                                                                             |
| 分項四<br>燃料重組<br>器開發與<br>重組觸媒<br>研製                   | 完成 1,500 g 自製天然<br>氣重組奈米觸媒                                                                                                                               | (1) 完成自製觸媒載體微<br>結構改質<br>(2) 完成自製 kW 級 SOFC<br>系統用之燃料重組奈<br>米觸媒                        | 配合 SOFC 計畫主要實體指標所需達<br>成與中○公司之技術授權案，年度內<br>共完成自製奈米天然氣重組觸媒 2000<br>g，提供 kW 級 SOFC 發電系統使用，<br>並進行 500 hrs 長期測試，運轉過程<br>中，各熱工組件性能正常，重組器之<br>N.G.重組率達 98%以上。                                                                     |
|                                                     | 複合金屬觸媒顆粒小<br>於 10 奈米，Pt 用量降<br>低至 1 wt%                                                                                                                  | 完成新製程自製重組觸媒<br>微結構分析                                                                   | 完成 INER 自製重組觸媒微結構分<br>析，X 光繞射分析結果顯示，可看到<br>明顯 α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 晶相波峰，CeO <sub>2</sub> 有 (111)、<br>(200)、(220)、(311)等結晶面，Pt 有<br>(111)、(200)、(220)等結晶面。TEM 分<br>析結果顯示，INER 自製天然氣重組觸<br>媒 Pt 顆粒大小介於 5~20 nm，均勻分 |

|  |                                                                |                                                                     |                                                                                                                                               |
|--|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |                                                                |                                                                     | 布於層狀 $\text{CeO}_2$ 上。                                                                                                                        |
|  | 新製程自製重組觸媒<br>測試出口端氣體轉化<br>率達 95%以上，耐久<br>性測試達 4,000 hrs 以<br>上 | 完成新製程自製重組觸耐<br>久性測試                                                 | 開發新穎製程及配方之自製氧化鋁基<br>低白金含量天然氣重組觸媒，天然氣<br>轉化率大於 95%，高溫熱穩定性大於<br>1,000°C，耐久性測試大於 4,000 小時，<br>且具高抗積碳能力；成本較一般商用<br>同等級觸媒大幅降低，克服商業化觸<br>媒積碳及粉化等問題。 |
|  | 學術成就                                                           | 預期產出<br>A. 國外期刊 1 篇。<br>B. 研究報告 1 篇。<br>C. 獲得及申請國外專利 1<br>件、國內 1 件。 | 實際達成<br>A. 國外期刊 0 篇。<br>B. 研究報告 1 篇。<br>C. 獲得國外專利 1 件、國內 1 件。申<br>請中國外專利 1 件、國內 1 件。<br>D. 國內期刊 2 篇。<br>E. 會議論文 2 篇。                          |

#### 肆、主要成就與成果所產生之價值與影響 (outcomes)

| 重要成就與重大突破項目           | 權重(%) |
|-----------------------|-------|
|                       | 原計畫設定 |
| 一、學術成就(科技基礎研究)        | 30%   |
| 二、技術創新(科技整合創新)        | 30%   |
| 三、經濟效益(產業經濟發展)        | 20%   |
| 四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續) | 10%   |
| 五、其它效益(科技政策管理及其它)     | 10%   |
| 總計                    | 100%  |

##### 一、學術成就(科技基礎研究)(權重 30%)

- (一) 本計畫成員 Dr.李茂傳接獲邀請擔任 4 項 SCI J 之 Paper Reviewer/Referee (Electrochemistry Communications (2010-2013) & Journal of The Electrochemical Society (2011-2013) & the Journal of Solid State Electrochemistry (2011) & Journal of Materials Science (2013))，顯見本所 SOFC 研發能力受國際肯定。
- (二) SOFC 實驗室使用本所自製的電池單元進行 5 片裝的電池堆測試，OCV 5.5 V，電壓 3.5 V (0.7 V/cell)時，功率輸出 170 W，後續需持續進行長時效之驗證測試；顯現國內 SOFC 電池單元技術已到位，對於國內 SOFC 產業的發展為一大利基。
- (三) 完成 “The Effect of Plasma Spraying Power on  $\text{La}_{0.58}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_{3-\delta}$ - $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{Mg}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$  Composite Cathode Interlayer Microstructure and Cell Performance” 英文版論文撰寫，並投 Fuel Cells 期刊。

- (四) 本計畫成員李茂傳博士榮任 An “INVITED TALK(邀請講座)” of “10th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cell (SOFC) : Materials, Science and Technology” organized during the 37th International Conference & Exposition on Advanced Ceramics and Composites (37th ICACC) of The American Ceramic Society (2013)。本所之研發成果，深受國際專家與學術界肯定。獲得該大會籌備處委員邀請，擔任第十一屆國際 SOFC 研討會的 symposium organizers 之一。獲美國陶瓷學會邀請，本所為第 38 屆 ICACC 主之第十一屆 SOFC 國際研討會的委員會之一，將 Institute of Nuclear Energy Research, Taiwan 招牌，推進國際舞台，巨大提昇本所及台灣之聲譽。
- (五) 完成新製程自製重組觸媒合成及 SEM、EDS、TEM 及 XRD 等觸媒微結構分析，結果顯示奈米 Pt 可均勻分布於載體之奈米孔道中且使用量減半，此技術可大幅降低自製重組觸媒成本。
- (六) 102 年度預定目標值：國外期刊申請及發表 6 篇；國內期刊 4 篇；國內外會議論文 10 篇；研究報告 28 篇。實際產出：完成國外期刊發表 9 篇；國內期刊 2 篇；國內外會議論文 26 篇；研究報告 24 篇。

主要摘要內容如下：

1. **【In-Situ Micro Raman Detection of Reversible Basal Plane Hy-drogenation in Pt-doped Activated Carbon】** : Atomic hydrogen spillover was investigated by in-situ Raman spectroscopy and density functional theory. In the presence of Pt nanoparticles, modes at 1180 or 1160  $\text{cm}^{-1}$  were observed for activated carbon and graphene, respectively, during in situ Raman measurements in 100 bar  $\text{H}_2$ . The modes were absent when Pt, carbon, or  $\text{H}_2$  were omitted from the experiment. Substituting  $\text{H}_2$  with  $\text{D}_2$  led to the expected isotopic shift for a hydrogen-dominated vibrational mode. Density functional calculations of hydrogenated graphene suggest that the 1160–1180  $\text{cm}^{-1}$  feature arises from a C-H chemical bond wagging parallel to the basal plane. The mode for Pt-doped activated carbon disappeared when  $\text{H}_2$  was replaced by He at room temperature, and this was repeatable for multiple cycles, demonstrating room temperature reversibility of H chemisorbed to the activated carbon. Reversibility apparently arises from a facilitated transition of bonded H from a chemisorbed state to a more mobile physisorbed state, followed rapidly by recombination and release. The reversibility for Pt/graphene was much less pronounced, suggesting carbon structure, curvature, heterogeneities, and/or catalyst-carbon contact contribute to reversibility. 1530-6984, Nano Letters, 13, 1, 131~141, 2011. (SCI)
2. **【Simulation and Control for Load Change Process on a Solid Oxide Fuel Cell】** : This paper addresses the dynamic characteristics of SOFC with an emphasis on control strategy development for optimized temperature control during load change. A methodology on regulating fuel utilization ( $U_f$ ) and air excess ratio ( $\lambda$ ) is investigated to validate alleviation of temperature fluctuation. An integrated dynamic model of

- SOFC, composed of mass balance, temperature balance, and electrochemistry, collaborates with Model Predictive Controller (MPC) in MATLAB/Simulink to verify the dynamic characteristic during load change process in the paper. A variable  $\lambda$  strategy is proposed and compared with traditional fixed  $\lambda$  strategy. Simulation results show the variable  $\lambda$  strategy can reduce the temperature variation for a safe operation, in comparison with that by the fixed  $\lambda$  strategy. *Applied Mechanics and Materials*, 284-287, 925~929, 2013. (EI)
3. **【 Hydrogen Storage Performance in Palladium-doped Graphene/Carbon Composites】** : Two dimensional graphene sheet (GS) was used to be a palladium (Pd) catalyst support that was physically mixed with superactivated carbon (AC) receptor in this study. The hydrogen adsorption/desorption isotherm of Pd-doped GS catalyst/AC composite (Pd-GS/AC) was determined using a static volumetric measurement at room temperature (RT) and pressure up to 8MPa. The experiments show that H<sub>2</sub> uptake capacity of 0.82wt.% for Pd-GS/AC was obviously enhanced as 49% more than that of 0.55wt.% for Pd-free GS/AC, at RT and 8MPa. Highly reversible behavior of Pd-GS/AC was also observed. Moreover, the isosteric heat of adsorption for Pd-GS/AC (-14 to -10 kJ/mol) was higher than that for pristine AC (-8 kJ/mol). An increase of H<sub>2</sub> uptake in the Pd-GS/AC was suggested that relative strong interaction occurred between spilt-over H and receptor sites, due to spillover effect. 0360-3199, *International Journal of Hydrogen Energy* , 38 , 3681~3688, 2012. (SCI)
  4. **【Evaluation of ProtectiveLa<sub>0.67</sub>Sr<sub>0.33</sub>MnO<sub>3-d</sub> Coatings on Various Stainless Steels Used for Solid Oxide Fuel Cell Interconnects】** : Four metallic alloys, namely 2205 duplex stainless steel (2205DSS), ZMG232, and stainless steels SS430 and SS304 are investigated for use as interconnects in solid oxide fuel cells (SOFCs). A La<sub>0.67</sub>Sr<sub>0.33</sub>MnO<sub>3-d</sub> (LSMO) film is deposited on these metallicalloy substrates using a pulsed-DC magnetron sputtering system in the reactive mode, leading to the formation of a cubic perovskite structure. The coated alloys are then subjected to oxidizing heat treatments in air at 600°C, 700°C, 800°C, and 900°C, and their microstructures as well as electrical resistances are evaluated. The electrical resistance measurements are performed at 800°C, and the area-specific resistance (ASR) of the film-coated 2205DSS alloy is found to be less than that of the uncoated alloy. This is because a thick layer of Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and a (Mn, Fe) Cr<sub>2</sub>O<sub>4</sub> spinel phase layer are formed, and some divalent metallic ions migrate into the Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> layer. It is found that alloys coated with a thin film of LSMO are more suitable for use as metallic interconnects in SOFCs with intermediate-temperature operating ranges. 1550-624X, *Journal of Fuel Cell Science and Technology*, 10, 021004-1~021004-6, 2013. (SCI)
  5. **【Residual stresses in the atmospheric plasma sprayed NiO/LDC anode of the metallic supported solid oxide fuel cells】**: In the spraying process, residual stresses are



unavoidably developed in coatings due to the differences in thermal expansion coefficients, and cooling conditions between the coating and the substrate. A significant residual stress may lead to micro-cracks in the film or cause the film to peel off the substrate. Therefore, in this work, the biaxial residual stress states of SOFC anode with various spraying conditions by using the “ $\sin 2\psi$ ” technique of the XRD method were studied. The results show that the NiO/LDC coating on the porous Ni substrate with high temperature displayed the lowest compressive residual strain. The compressive residual strain in the NiO/LDC anode decreases with the increase of Ni substrate temperature during the plasma spraying. Besides this, the coating thickness didn't show the obvious effect on the residual strain. Moreover, the compressive strain will promote the tendency of coatings to debond or curve the all cell components. Surface & Coatings Technology 231 (2013) 193–200. (SCI)

6. 【Aging effects on high-temperature creep properties of a solid oxide fuel cell glass-ceramic sealant】 : Creep properties at 800°C are investigated for a newly developed solid oxide fuel cell BaO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> glass-ceramic sealant (GC-9) in variously aged conditions using a ring-on-ring test technique. GC-9 specimens are thermally aged at 750°C for 4 h (designated as non-aged), 100 h, or 1000 h after sintering at 850°C. Results show a longer thermal aging treatment leads to a higher crystallinity and greater creep resistance for the given glass-ceramic sealant. When subjected to an applied constant load at 800°C, the 1000 h-aged GC-9 lasts much longer than the non-aged and 100 h-aged ones before rupture. The 1000 h-aged GC-9 also exhibits a creep strain rate much smaller than that in the non-aged and 100 h-aged samples. The value of creep stress exponent increases from 6 to 29 as the aging treatment time is increased from 4 h to 1000 h. The creep strength at a rupture time of 1000 h for the non-aged, 100 h-aged, and 1000 h-aged GC-9 is about 21%, 28%, and 39%, respectively, of the corresponding Weibull characteristic strength at 800°C. Creep properties at 800°C are investigated for a newly developed solid oxide fuel cell BaO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> glass-ceramic sealant (GC-9) in variously aged conditions using a ring-on-ring test technique. GC-9 specimens are thermally aged at 750°C for 4 h (designated as non-aged), 100 h, or 1000 h after sintering at 850°C. Results show a longer thermal aging treatment leads to a higher crystallinity and greater creep resistance for the given glass-ceramic sealant. When subjected to an applied constant load at 800°C, the 1000 h-aged GC-9 lasts much longer than the non-aged and 100 h-aged ones before rupture. The 1000 h-aged GC-9 also exhibits a creep strain rate much smaller than that in the non-aged and 100 h-aged samples. The value of creep stress exponent increases from 6 to 29 as the aging treatment time is increased from 4 h to 1000 h. The creep strength at a rupture time of 1000 h for the non-aged, 100 h-aged, and 1000 h-aged GC-9 is about 21%, 28%, and 39%, respectively, of the

- corresponding Weibull characteristic strength at 800°C. 0378-7753, JOURNAL OF POWER SOURCES, 241, 1, 12~19. (SCI)
7. **【Simulation of Glass Molding Process for Planar Type SOFC Sealing Devices】**: The glass sealant with pre-forming frame structure, used for joining dissimilar materials of planar type SOFC devices, was fabricated by molding process. The flow phenomena during glass molding were investigated by computational modeling. The physical properties of glass sealant fluid were constructed in numerical models. The process parameters, such as mold pressing velocity, initial glass fluid temperature (or viscosity of glass sealant), and initial mold temperature, were examined. As results, the sealant's formability could be characterized by molten glass temperature, near the gap between upper and lower molds. If the temperature is greater than its glass transformation temperature  $T_g$ , the formability become better, and vice versa. Key Engineering Materials, 573, 131~136. (EI)
8. **【Development of Solid Oxide Fuel Cell Technology at the Institute of Nuclear Energy Research】**: This paper shows the development of SOFC technology at the Institute of Nuclear Energy Research. Fabrication processes for planar anode-supported-cell (ASC) by conventional methods and metal-supported-cell (MSC) by atmospheric plasma spraying are well established. Procedures and techniques for stacking and cell/stack performance tests are continuously improved to enhance the quality and reliability. Innovative nano-structured catalysts, in which reduced Pt and  $\text{CeO}_2$  particles dispersed onto the  $\text{Al}_2\text{O}_3$  carriers can effectively prevent the migration and coalescence of the metal crystallites, are thermal stable and possess a conversion ratio higher than 95% for reforming of natural gas. A non-premixed after-burner/reformer is designed and fabricated, and it has passed the prerequisite functional tests. Layouts including stacks, components of BOP, power conditioning and control as well as gases and water supply, are designated for a 1-kW SOFC power system. In compliance with system requirements, operating modes, data acquisition, power conditioning, instrumentations, and control logics have been identified and settled. After successive system validation tests, two modules of 18-cell stacks are allocated into the SOFC system. Test results indicate a thermal self-sustaining system on natural gas is achieved with a power output of around 760 watts. Journal of Physical Science and Application, 3, 3, 175~183.
9. **【Design and development of major balance of plant components in solid oxide fuel cell system】**: The balance of plant (BOP) of a Solid Oxide Fuel Cell (SOFC) system with a 2 kW stack and an electric efficiency of 40% is optimized using commercial GCTool software. The simulation results provide a detailed understanding of the optimal operating temperature, pressure and mass flow rate in all of the major BOP components, i.e., the gas distributor, the afterburner, the reformer and the heat

exchanger. A series of experimental trials are performed to validate the simulation results. Overall, the results presented in this study not only indicate an appropriate set of operating conditions for the SOFC power system, but also suggest potential design improvements for several of the BOP components. International Journal of Energy and Environment, Volume 4, Issue 1, 2013, 73~84.

(七) 研究團隊養成：

建置專業實驗室，包括：SOFC 電池堆設計及組裝技術開發實驗室；SOFC 發電系統設計及驗證實驗室；SOFC 材料與元件研製與測試團隊與製作實驗室；建置重組觸媒合成、分析與測試專業實驗室等。

## 二、技術創新(科技整合創新)(權重 30%)

- (一) 電池堆陰極接觸層材料，經測試去除貴金屬 Ag 已證實可行，因此進行同時去除陰極及陽極接觸網之電池堆設計，以簡化電池堆組件及組裝製程，後續將整合新材料開發進行相關測試。
- (二) 完成熱交換器內嵌式熱能回收儲存裝置建置與測試，其最高水溫可達 90℃，平均熱能回收效率可達 90%以上，較前期之設計，可有效提升最高水溫(約 10℃)、旁通最高溫度(約 15℃)、及回收效率，俾利於 SOFC 合併熱電系統(CHP)之整體效率提升。
- (三) 一種二氧化碳使用於固態氧化物燃料電池—二氧化碳能源轉化循環方法及其裝置--獲歐盟專利核准，領證中(102-03-21)。已將 SOFC 功能由單純發電擴展至解決 CO<sub>2</sub> green-house effect 之重大議題。
- (四) 利用大氣電漿噴塗技術進行 SOFC 電解質層的噴塗製程中，因為所需要的噴塗時間長，基板在空氣中裸露的時間增加，導致基板表面溫度大幅下降，造成噴塗得到的電解質膜層品質不佳，為提升電池片的製作品質，將噴塗電解質層的程序分段完成，確保電解質膜層的高品質。
- (五) 本計畫研發之具高溫穩定性奈米孔道天然氣重組觸媒，除了可以應用於 SOFC 發電外，亦可延伸應用於天然氣或頁岩氣(shale gas)為原料製合成氣(syngas)等高價值化學品的製程鏈中。
- (六) 102 年度預定目標值：專利獲得及申請 16 件(含國外 8 件、國內 8 件)。實際產出：共申請 38 件 (含獲得 29 件：國內 14 件、國外 15 件；申請中 9 件：國內 3 件、國外 6 件)。摘要內容如下：

### 專利獲得：29 件

1. 【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】：本項發明技術是研製一種奈米級電解質懸浮體之漿液配方與製程，並藉由旋轉鍍膜技術將其創新的用於製備具氣密/全緻密之電解質層於固態氧化物燃料電池之膜電極組合元件(SOFC-MEA)中。其具備高電化學性能與耐久抗劣化之特性。此漿液配方可延伸運用於不同奈米級材料之懸浮體製備，供研製各種全緻密之薄膜電解質陶瓷層使

- 用。而旋轉鍍膜技術為一簡易、快速且穩定之製備程序，具備低成本與大量化生產之特性。(已獲歐洲發明專利 EP2166602A1)
2. **【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】**：本發明為以創新(Novel)程序製作具「高導電率/低阻抗的平板型固態氧化物燃料電池」。主要藉由刮刀成型製程，製作陽極基板，之後將陽極基板表面一側以研磨鉋光程序處理，此平面可提供製作薄膜電解質時使用，而此程序結果將會有良好的電極/電解質界面貼合結果。當 MEA 製作完成後，再對另一陽極面實施精準的研磨 10-30  $\mu\text{m}$ ，經過此處理的 SOFC 全電池可具有高導電性/低阻抗的性質，且能有效提昇 SOFC 單元電池性能。(已獲日本發明專利特許第 5166080)
3. **【低污染節能型燃料電池堆測試裝置】**：一種低污染節能型燃料電池堆測試裝置，係由一系統控制部、一溫度控制部、一氣/液體供應部、一可選擇配置與否與配置型態之餘熱回收部、一氣體預熱與重組單元、一高溫爐與壓縮負載部、一燃料電池、一負載控制暨特性量測部、一氣體成分/壓力分析部、一排氣冷卻與水源回收部、一安全性監控部以及一人機監控介面所構成。可測試高溫型燃料電池之固態氧化物燃料電池(SOFC)之性能，並於測試過程中，可大幅降低電能之消耗及污染之排放。(已獲美國發明專利 US8,333,125B2)
4. **【多氣式混合器與電漿火炬的混合氣供氣裝置】**：本發明係提供一種多氣式混合器，其係將多種氣體依每一種氣體的質量流率控制以調配所需比例的均勻混合氣體。本發明之多氣式混合器包含有一混合器腔體、複數個氣體進氣口、至少一個氣體旋轉混合單元及一混合氣出口。本發明亦提供對氣體混合比例的控制技術，其係利用複數個質量流量控制器來控制每一種氣體流量，藉以產生所需混合比例的混合氣體。當本發明之多氣式混合器與高速電漿火炬搭配使用時，電漿火炬可在高電壓(>85V)中電流(<650A)穩定工作，且所產生之高溫高速長弧電漿火焰，可應用於電漿噴塗鍍膜、切割金屬、物體表面之清潔及殺菌。(已獲中華民國發明專利 I385042)
5. **【固態氧化物燃料電池及其製作方法】**：一種固態氧化物燃料電池，包括一金屬框架、一多孔性金屬基板、一第一陽極隔離層、一陽極介面層、一第二陽極隔離層、一電解質層、一陰極隔離層、一陰極介面層以及一陰極電流收集層。其中依序將第一陽極隔離層、陽極介面層、第二陽極隔離層、電解質層、陰極隔離層、陰極介面層及陰極電流收集層鍍在多孔性金屬基板之上，然後將多孔性金屬基板焊接於金屬框架中。第一陽極隔離層為多孔次微米或微米結構，陽極介面層則為多孔奈米結構，第二陽極隔離層為緻密結構或多孔奈米結構，電解質層具緻密不透氣性，陰極隔離層為緻密結構或多孔奈米結構，陰極介面層為多孔奈米結構或多孔次微米結構，而陰極電流收集層為多孔微米結構。此外，一種前述之固態氧化物燃料電池的製作方法亦被提出。(已獲中華民國發明專利 I385851)
6. **【多氣式混合器與電漿火炬的混合氣供氣裝置】**：本發明係提供一種多氣式混合器，其係將多種氣體依每一種氣體的質量流率控制以調配所需比例的均勻混合氣體。本發明之多氣式混合器包含有一混合器腔體、複數個氣體進氣口、至少一個

氣體旋轉混合單元及一混合氣出口。本發明亦提供對氣體混合比例的控制技術，其係利用複數個質量流量控制器來控制每一種氣體流量，藉以產生所需混合比例的混合氣體。當本發明之多氣式混合器與高速電漿火炬搭配使用時，電漿火炬可在高電壓(>85V)中電流(<650A)穩定工作，且所產生之高溫高速長弧電漿火焰，可應用於電漿噴塗鍍膜、切割金屬、物體表面之清潔及殺菌。(已獲美國發明專利 US8,362,388B2)

7. **【高溫燃料電池熱能管理系統】**：一種高溫燃料電池熱能管理系統，主要係以一第一混合器導入外部之燃料至一重組器，由該重組器將該氣態之燃料調整至適當之濃度比例，再輸出至該燃料電池之陽極輸入端，另以一第二混合器導入外部之常溫空氣至一燃料電池之陰極輸入端，一陰極熱循環管路可將燃料電池之陰極輸出端流出之高溫空氣分別導引通過第二混合器與重組器，以加熱該第二混合器與重組器回收其熱量，另以一陽極熱循環管路將燃料電池之陽極輸出端所產生之水氣、剩餘燃料及熱能導入第一混合器與流入之燃料混合，以提供充足之水碳比，以及該重組器所需之入口溫度。(已獲中華民國發明專利 I388083)
8. **【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】**：本發明係一種製作具全緻密/氣密電解質(8YSZ/GDC/LSGM)層之固態氧化物燃料電池組合元件(SOFC-MEA)單元電池(Unit Cell)之程序。藉由刮刀成型程序，配合其他輔助薄膜製作程序(如濺鍍(Sputtering coating)，網板印刷(Screen printing)，旋轉鍍膜(Spin coating)或電漿噴塗(Plasma spray/Coating)等)與燒結條件之設計控制，製備全緻密/氣密電解質(8YSZ/GDC/LSGM)層。電解質層之氣體滲透率為  $1 \times 10^{-6}$  L/cm<sup>2</sup>/sec 以下。(已獲日本發明專利特許第 5198908)
9. **【平板型固態氧化物燃料電池之電池堆流道】**：本發明為一種平板型固態氧化物燃料電池之電池堆流道，在此設計模式下必須特別注意連接板與發電基板陽極接觸面上之流道區設計，以迫使燃料流經金屬網並流向發電基板陽極面，增加燃料和發電基板之直接接觸與作用，如此可有效增加電池堆之反應效率。另於框架材料選擇上，選擇結合多項功能之材料，可降低電池堆元件數，簡化電池堆組裝工作。(已獲日本發明專利特許第 5213014)
10. **【高性能固態氧化物燃料電池膜電極組合元件(單元電池)中全緻密之濺鍍電解質層之創新製作程序】**：本發明係一種製作具全緻密/氣密電解質(8YSZ/GDC/LSGM)層之固態氧化物燃料電池膜電極組合元件(單元電池)(SOFC-MEA(Unit Cell))之程序。藉由薄膜製程之磁控濺鍍法(Magnetron Sputter)製備電解質層，並結合燃料電池膜電極組(Membrane Electrode Assembly, MEA)製作程序，如刮刀成型(Tape casting)、薄帶層合(Lamination)、真空熱壓(Vacuum Hot Pressing)、網板印刷(Screen printing)、旋轉鍍膜(Spin coating)或電漿噴塗(Plasma spray coating)等，與燒結技術最佳化之控制，製備全緻密/氣密電解質(8YSZ/GDC/LSGM)層。電解質層之氣體滲透率為  $1 \times 10^{-6}$  L/cm<sup>2</sup>/sec 以下，全電池之開路電壓達 1.0 V 以上，發電測試功率密度達 500 mW/cm<sup>2</sup> 以上。(已獲日本發明專利特許第 5231080)
11. **【易組裝及抽換之平板型固態氧化物燃料電池電池堆結構】**：本發明為一種易組

- 裝及抽換之平板型固態氧化物燃料電池(SOFC)電池堆(stack)結構，可使各 SOFC 電池堆單元直接插設於容置機構中，且由第一、二均壓導電彈性機構加以串接導通形成電池堆，並於更換時，可將單一 SOFC 電池堆單元直接由容置機構中取出進行拆換，而達到易於組裝及抽換之功效，具有助於 SOFC 產業化之價值。(已獲美國發明專利 US8,399,143B2)
12. 【固態氧化物燃料電池堆在封裝製程中元件間最佳接觸壓力量測方法及其量測裝置】：本發明提供一種固態氧化物燃料電池堆在封裝製程中元件間最佳接觸壓力之量測方法，藉以減少固態氧化物燃料電池堆因組裝所造成之效能損失。本發明亦提供一種可以執行該量測方法之量測裝置。(已獲中華民國發明專利 I395366)
13. 【具滾動轉子之連續塗敷方法及其裝置】：一種可以將塗敷料垂直地塗敷在被塗敷物表面的塗敷方法與裝置，使得塗敷料的組成單元(如感光致電導電高分子之 PN 異質結)在被塗敷物表面主要呈現為垂直的方向性。如此垂直方向排列的塗敷方法，尤其在需求垂直方向排列的有機太陽能電池、有機半導體、有機二極體、與有機光電元件之製作方面具有提高 PN 介面效能之特別價值。這種包含滾動轉子的連續塗敷方法，其中塗敷料在滾動轉子內的流動方向為由中心向四周呈徑向方向流動，且被塗敷物相對於滾動轉子中心的移動速度，相當於滾動轉子的切線速度，使敷料落入被敷物表面主要為承受自滾動轉子流出的垂直於被塗敷面方向，而非平行被敷物移動或滾輪切線之方向，使敷料在被敷物上主要呈現為垂直之方向性。如此垂直方向排列的塗敷方法，尤其在需求垂直方向排列的有機半導體、有機二極體、有機光電元件方面具有價值。(已獲美國發明專利 US8,414,975B2)
14. 【氣體反應裝置】：一種氣體反應裝置，其氣體反應係連續在一固定床及/或一漿床上進行，並可以四種運作狀態引導反應氣體至少流過一反應床之反應器為其特徵者，其至少包括複數條氣體傳送導管、一與該氣體傳送導管連接之固定床反應器(Fixed Bed Reactor)、一與該氣體傳送導管連接之漿床反應器(Slurry Bed Reactor)及一與該固定床反應器及該漿床反應器連接之氣體分析儀所構成。藉此，俾利沿著四種運作狀態，供使用相同觸媒反應以讓反應更完全，或供使用不同觸媒反應以因應不同需求為其目的者。(已獲中華民國發明專利 I396590)
15. 【固態氧化物燃料電池堆在封裝製程中元件間最佳接觸壓力量測方法及其量測裝置】：本發明提供一種固態氧化物燃料電池堆在封裝製程中元件間最佳接觸壓力之量測方法，藉以減少固態氧化物燃料電池堆因組裝所造成之效能損失。本發明亦提供一種可以執行該量測方法之量測裝置。(已獲美國發明專利 US8,427,174B2)
16. 【具特定孔隙率與氣體透過率之固態氧化物燃料電池之電極層製備方法】：結合燒結與造孔劑策略與技術之創新控制程序，以研製一項具有調控固態氧化物燃料電池膜電極組合元件(SOFC-MEA)之電極層之孔隙率與氣體透過率之創新技術與策略，藉由結合造孔劑與燒結技術之控制，電極層孔隙率之體積百分比為 0 - 35 %，電極層之氣體透過率為  $1 \times 10^{-3}$ - $1 \times 10^{-6}$  L/cm<sup>2</sup>/sec。(已獲日本發明專利特許第 5275679)
17. 【儲氫結構形成方法】：本發明提供一種儲氫結構之形成方法包括有下列步驟：

首先，提供一多孔隙基材，其微孔隙洞體積比係大於 0.2 且該微孔隙洞(micropore)之直徑係小於 2 nm，該多孔隙基材更有具碎形(fractal)之奈米孔隙通道網路，其通道之寬度係小於 2.1 nm。然後，酸氧化該多孔隙基材以形成一被氧化多孔隙基材。最後，使複數個金屬粒子分別形成於該氧化多孔隙基材的內部孔隙中。利用本發明提供一種儲氫結構形成方法，可使得該儲氫結構係可在室溫下儲存將近 5.9wt% 的氫氣，大幅增加儲氫結構之室溫儲存效率。(已獲中華民國發明專利 I400195)

18. 【應用於高溫燃料電池之多孔性介質燃燒器】：一種應用於高溫燃料電池之多孔性介質燃燒器，係可配置於燃料電池系統中，作為系統啟動暖機時之熱量來源，或燃燒燃料電池堆尾氣中之殘餘燃料。該多孔性介質燃燒器係至少包括一氧化劑入口、一燃料噴注機構、一緩衝區腔體、一氣流整流盤、一燃燒區腔體、一尾氣排放口及一點火裝置口所構成，可適應該燃料電池系統在不同運轉條件下，包含系統啟動、穩態運轉、動態負載變化以及停機時所衍生之不同氣流條件，藉由提升系統熱回收量以增進系統效率，並減少廢氣中之污染排放，構成具有寬廣之操作區域及低污染排放之燃燒裝置。(已獲美國發明專利 US8,454,355B2)
19. 【動態儲氫的裝置及其方法】：本發明揭示一種動態儲氫的方法及其裝置，其包含：提供一多孔性儲氫材料，該多孔性儲氫材料擔持或摻雜一觸媒；設定氫氣的一操作壓力值及一壓力降幅值；供應一氫氣予該多孔性儲氫材料；增加該氫氣的壓力直到該操作壓力值；降低該氫氣的壓力直到壓力降幅為該壓力降幅值；及重覆上述之氫氣壓力增加及降低的步驟。(已獲中華民國發明專利 I401208)
20. 【燃料電池自動化測試程序之監控裝置】：一種燃料電池自動化測試程序之監控裝置，係應用於一包含低溫型與高溫型電池堆測試站並兼容手動控制模式及全系統自動控制模式之彈性者，該電池堆測試站分為一人機監控介面端(IPC)與一系統中控端控制器，該監控裝置包括有一排程程式編輯器(Schedule Editor)、一電流—電壓(I—V)曲線測試編輯器、一資料儲存單元、一排程程式執行器(Schedule Executor)及一儀器驅動程式(Instrument Driver)所構成，係為用以顯示該電池堆測試站之人機監控介面端現有硬體設定值且即時編輯並由該系統中控端執行硬體設定值之監控裝置。在全系統自動控制模式方面，本監控裝置亦提供末端使用者即時編輯系統程序之操作彈性，同時末端使用者亦不需具備複雜之程式撰寫基礎與技術，即可依研發需求更改系統之操作程序，使本發明可達節省人力之功效。(已獲中華民國發明專利 I401456)
21. 【平板型燃料電池之線上高度量測系統】：一種平板型燃料電池之線上高度量測系統，主要係由一主支架以至少一上座設於一高溫爐上方，並以一位移偵測裝置設於該上座上，且該位移偵測裝置具有一心軸可銜接一延伸桿向下伸入高溫爐內，以接觸設置於該高溫爐內之電池堆頂面，一位移顯示裝置經由訊號傳輸線銜接於該位移偵測裝置，而一資料處理裝置經由訊號傳輸線銜接於該位移顯示裝置，使該位移偵測裝置感知該高溫爐內電池堆於升溫和操作期間之高度變化，而可輸出一訊號，該訊號資訊可直接由位移顯示裝置加以顯示，亦可由一資料處理裝置接收並分析、儲存。(已獲美國發明專利 US8,486,576B2)

22. 【具特定孔隙率與氣體透過率之固態氧化物燃料電池之電極層製備方法】：結合燒結與造孔劑策略與技術之創新控制程序，以研製一項具有調控固態氧化物燃料電池膜電極組合元件(SOFC-MEA)之電極層之孔隙率與氣體透過率之創新技術與策略，藉由結合造孔劑與燒結技術之控制，電極層孔隙率之體積百分比為 0—35%，電極層之氣體透過率為  $1 \times 10^{-3}$ — $1 \times 10^{-6}$  L/cm<sup>2</sup>/sec。(已獲中華民國發明專利 I405363)
23. 【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】：本發明係一種關於製作創新(Novel)粉體收集化學反應器，其係應用於胺基乙酸-硝酸鹽燃燒程序法(簡稱 GNC-P)”製備與生產奈米或次微米級具特定成分組成之精密陶瓷粉體，其特徵在於利用一套簡易操作程序，大量生產奈米或次微米級的精密陶瓷粉體，特別是含特定化學成分組成之多種金屬元素氧化物陶瓷粉體材料(ceramic oxide powder with multiple metal components)，不僅具有特高的粉體收集率及產率、良率及安全性，亦可同時滿足工安、環安之特定要求，並且降低生產成本。(已獲中華民國發明專利 I405609)
24. 【一種用於固態氧化物燃料電池之雙層陽極-金屬基板結構及其製作方法】：將造粒及燒結壓碎後之粉粒團依粉徑大小篩分成複數個群組；對一多孔金屬基板進行酸蝕製程之前置處理以形成一透氣多孔金屬基板，以高電壓高熱焓三氣式大氣電漿噴塗鍍膜技術依序形成一第一陽極多孔膜層及一第二陽極多孔膜層。(已獲中華民國發明專利 I411154)
25. 【一種固態氧化物燃料電池之高溫爐】：一種固態氧化物燃料電池之高溫爐，其中，該負載底部除了能因應不同數量的電池，而改變爐體內部之空間大小之外，亦可經由該負載底部量測加熱前後之固態氧化物燃料電池之高度變化，並且，爐體內部的複數個加熱層，係為可個別加熱之加熱層，故可視固態氧化物燃料電池的數量來選擇是否僅使用部分之加熱層，以達到節省能源之功效；另外，該固態氧化物燃料電池之高溫爐之滑軌組可使基座方便裝入或抽出該固態氧化物燃料電池之高溫爐，故基座可透過一推車移動至非測試區，進行組裝固態氧化物燃料電池以及熱平衡系統的動作，以達到方便安裝之功效。(已獲中華民國發明專利 I412714 號)
26. 【應用於燃料電池發電系統之燃燒重組器】：一種應用於燃料電池發電系統之燃燒重組器，其係由一天然氣入口、一燃料電池陽極殘餘燃料入口、一氧化劑入口、一燃料噴注機構、一多孔性介質燃燒器、一高溫尾氣排放口、數個高溫尾氣導流板、一高溫尾氣導引通道、一高溫尾氣導流葉片、一高溫尾氣出口、一點火裝置、一燃料入口、一燃料預熱管、一燃料分配環、一燃料分配擴散板、數個燃料重組器、數個燃料重組器出口及一重組氣體出口所構成。本發明之特點為重組器將燃燒器包覆其內，同時吸收燃燒器燃燒後產生之高溫氣流、及燃燒器之傳導與輻射之熱能，不僅可降低表面溫度且重組器與燃燒器之間無管線連接，因此能有效降低熱散失，同時可降低燃燒器之操作溫度以降低系統運作時之風險。而本發明之燃燒器為一非預混型設計之多孔性介質燃燒器，不僅能避免氫氣回火，且當燃料



處於貧油區時，火焰亦不易熄火，使系統能穩定地運作。(已獲日本發明專利特許第 5376384)

27. 【一種二氧化碳使用於固態氧化物燃料電池—二氧化碳能源轉化循環方法及其裝置】：一種二氧化碳使用於固態氧化物燃料電池—二氧化碳能源轉化循環方法及其裝置，特別用於將廢氣之二氧化碳轉化為可供利用之能源材料或化學原料，其係藉由固態氧化物燃料電池之電化學方法配合催化劑產生化學反應，進行 CO<sub>2</sub> 裂解成 CO 及 O<sub>2</sub>，以成為能源材料或化學原料，進而達到環保及解決 CO<sub>2</sub> Greenhouse 效應之功效，掌握碳排放貿易權利議題。(已獲歐洲發明專利 EP2450994B1、中華民國發明專利 I414101)
28. 【固態氧化物燃料電池之多孔金屬基板結構及其之製作方法】：本發明為一種固態氧化物燃料電池之多孔金屬基板結構及其之製作方法，尤指一種採用於金屬基板內氣體通道壁上形成一層可吸收氧氣之多孔膜層之技術，可製作具高效率、高機械強度、低損失及抗氧化之固態氧化物燃料電池之多孔金屬基板結構及其之方法。本發明可改善燃料電池因空氣跑入陽極時，造成陽極氧化而斷裂，進而使燃料電池無法運轉之問題。(已獲中華民國發明專利 I416787)

申請中專利：9 件

1. 【固態氧化物燃料電池熱工元件整合裝置】：美國發明專利，申請案號 13/833,314。
2. 【固態氧化物燃料電池熱工元件整合裝置】：歐盟發明專利，申請案號 EP13160952.1。
3. 【金屬支撐型之固態氧化物燃料電池之結構及其製造方法】：美國發明專利，申請案號 13/886,854。
4. 【固態氧化物燃料電池之處理方法及其裝置】：美國發明專利，申請案號 13/845,647。
5. 【熱能回收儲存裝置】：中華民國發明專利，申請案號 102122082。
6. 【模組化平板型固態氧化物燃料電池堆】：中華民國新型專利，申請案號 102218651。
7. 【熱回收儲存裝置】：美國發明專利，申請案號 14/051,465。
8. 【蜂巢狀奈米金屬氧化物天然氣重組觸媒製程】：中華民國發明專利，申請案號 102135705。
9. 【蜂巢狀奈米金屬氧化物天然氣重組觸媒製程】：美國發明專利，申請案號 14/058,362。

(七) 技術報告

本年度技術報告目標：8 篇。達成目標：6 篇，促進所內同仁提升專業知識；記載研發的歷程及標準作業程序，並有利技術傳承。

### 三、經濟效益(產業經濟發展)(權重 20%)

- (一) 漢○科技股份有限公司與電漿噴塗小組進行「電漿噴塗連接板保護膜研究」合作開發工作，正式啟動 SOFC-MEA 之技轉程序。
- (二) 近年來由於開採技術的進步，使得原本無法開採的頁岩氣(shale gas)等「非常規型」的天然氣，因為井底挖鑿橫坑前進的技術進步，近年來已經可以進行開採，大幅增

加天然氣產量；本計畫研發之具高溫穩定性奈米孔道天然氣重組觸媒，除了可以應用於 SOFC 發電外，亦可延伸應用於天然氣為原料製合成氣(syngas)等高價值化學品的製程鏈中。

- (三) 核能研究所與九○精密陶瓷股份有限公司之「固態氧化物燃料電池之電池單元製作及測試技術合作及開發計畫」保密協議書於 102-04-12 完成簽辦程序，正式生效，將實際進行 SOFC-MEA 之技轉於國內產業作為。
- (四) 有關 SOFC-MEA 專利公告共 8 項為本所可交易專利技術內涵。完成核可並正式公告，有利 SOFC-MEA 專利技轉作業程序，加速本技術之產業化(2013-05-06)。
- (五) 積極爭取「行政院科學發展基金」的經費補助，利用本計畫累積多年的電漿技術進行多元素化合的鈣鈦礦氧化物粉末合成技術開發，該計畫所開發的粉末可以投入 SOFC 電池片的製備，對於掌握技術自有度與降低材料成本有實質助益，亦成功獲得 3,827,000 元之經費補助，委託民間公司「宏○科技股份有限公司」完成系統製作。
- (六) 完成 kW 級 SOFC 發電系統技術授權中○公司，並協助於該公司廠區建置國內第一套 kW 級 SOFC 發電系統測試運轉，使用天然氣為燃料，並完成 500 小時連續運轉驗證。
- (七) 2013 台北國際發明暨技術交易展 --九○公司在會場與核研所完成簽署 SOFC Cell 合作意願書。

#### 四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續)(權重 10%)

- (一) 目前 Bloom Energy 公司 SOFC 系統之 60%組件由國內廠商供應，顯現國內業者於 SOFC 組件、生產、製作已具相當之能力。本所正積極與國內業者洽商電池片製程和測試、電池堆組裝自動化等技術合作及技轉相關事宜，並進行與中○公司之技術授權案，加速國內 SOFC 產業鏈之建構。
- (二) 本所已與中○公司簽署就 kW 級 SOFC 發電系統之技術推廣合作，經系統實地驗證工作，達成預期目標，各界對於由國內自主創新 SOFC 產業的信心提昇。
- (三) 本所協助「台灣 SOFC 產業聯盟」之籌組，於 1 月 21 日、3 月 14 日及 5 月 21 日、7 月 18 日及 10 月 17 日分別於台灣保○得公司、中○公司、及北○大辦理籌組會議，於會議中就 SOFC 技術之產業化提供建言，促進國內 SOFC 產業技術之發展。
- (四) 多所國內學術單位及外賓參訪 SOFC 實驗室，藉以了解本所 SOFC 之發展現況，並增進在校學生對研究實務及能源領域之認知及興趣。明細如下：
  - 1. 1 月 21 日清華大學吳教授，帶領 40 位人學生參訪高溫燃料電池實驗室。
  - 2. 2 月 27 日國合會成員一行約 30 人參訪本所及相關實驗室，國合會成員對計畫成果留下深刻之印象。
  - 3. 3 月 18 日新加坡共和理工學院師生等 24 人來訪，並參觀 SOFC 實驗室。
  - 4. 3 月 26 日聯合大學陳○○老師帶領 40 位人學生參訪高溫燃料電池實驗室。
  - 5. 4 月 26 日台北商業技術學院教職員約 40 人參訪高溫燃料電池實驗室。
  - 6. 5 月 1 日中原大學教官和學生約 130 人分三批參訪高溫燃料電池實驗室。

7. 5月8日電○運通執行長及斯○○克(天然氣公司代表)拜訪，就我國 SOFC 技術發展現況及 SOFC 合資公司等相關議題進行討論。
8. 5月24日韓國萬物行負責人來所拜訪，萬物行目前可提供 SOFC 粉末及電池單元，期待與本所建立雙方之合作管道。
9. 5月31日蔡委員、泰○電子公司董事長、電○運通執行長、兆○公司董事長等4人，來所了解 SOFC 技術之發展及未來趨勢。
10. 7月23日美國佛羅里達大學莊教授參訪 SOFC 實驗室，莊教授對本所 SOFC 技術之發展留下深刻印象。
11. 8月13日第二期能源國家型計畫執行長參訪本所實驗室。
12. 8月23日李瑞益副組長應中華民國粉末冶金協會邀請，於會員大會進行 SOFC 技術發展專題演講，加強該協會會員對 SOFC 技術國內外發展現況之了解與 SOFC 產業聯盟之支持。
13. 9月25日中央大學教授及日本廣島大學教授率兩校師生約50人參訪 SOFC 實驗室，藉以增進在校學生對研究實務及能源領域之認知及興趣。
14. 本所藉由 SOFC 委託計畫培養在校博碩士班學生，畢業後進入本所或國內其他研究單位，如工研院、中鋼公司、中油公司及業界繼續進行相關研究。另本所積極協助推動 SOFC 產業聯盟的成立，有助於增加就業人口。

## 五、其它效益(科技政策管理及其它)(權重 10%)

- (一) 中央大學委託計畫培育之碩士生已獲選至「高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用」計畫服替代役。
- (二) 以本所之使用經驗協助國內知名的大氣電漿噴塗業者「漢○科技股份有限公司」解決噴塗用粉末送粉率不佳的問題，其內容包含粉末造粒技術、送粉設備保養與定期檢驗。
- (三) 本計畫本年度執行期間共投入自聘9人、替代役11人、專支人員11人，共創了31個就業機會。
- (四) 中央大學：「SOFC 電池堆接合件高溫耐久機械性能分析」計畫，培養碩博士生進行 SOFC 電池堆組件材料高溫機械性質(強度、潛變、破裂/阻抗)測試設備之設計與建構能力，進而規劃並執行相關測試。另累積玻璃陶瓷與電池片或金屬連接板接合件高溫機械試驗的實務經驗與能力，經由金相分析剖析破壞之起始位置及成長方向。培育之人才可於金屬材料、破損分析及新能源等相關領域發展。
- (五) 清華大學：「SOFC 先進金屬連接板材料成份之研究與開發」委託計畫。培養碩士生進行 SOFC 電池堆連接板鍍膜成份設計及披覆能力，並執行相關特性測試；另涉獵用於金屬連接板之高溫合金材料成份設計開發。培育之人才可於高溫金屬材料開發、鍍膜技術及新能源等相關領域發展。
- (六) 淡江大學：「 $\text{Al}_2\text{O}_3$  摻雜入  $(\text{R},\text{M})_2(\text{Zr},\text{Ti})_2\text{O}_{7-d}$  作為 SOFC 電解質材料的研究開發」計畫。進行研究開發中溫 (400~700°C) 時具有高離子導電度的固態氧化物燃料電池電解質材料。

(七) 本所藉由 SOFC 委託計畫培養在校博碩士班學生，畢業後進入本所或國內其他研究單位，如工研院、中鋼公司、中油公司繼續進行相關研究。另本所積極協助推動 SOFC 產業聯盟的成立，有助於增加就業人口。

## 伍、本年計畫經費與人力執行情形

### 一、計畫經費執行情形：

#### (一)計畫結構與經費

| 細部計畫<br>(分支計畫)     |            | 研究計畫<br>(分項計畫)               |            | 主持人 | 執行機關  | 備註               |
|--------------------|------------|------------------------------|------------|-----|-------|------------------|
| 名稱                 | 經費<br>(千元) | 名稱                           | 經費<br>(千元) |     |       |                  |
| 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 64,696     |                              |            | 李瑞益 | 核能研究所 | 國家型<br>1000 萬元以上 |
|                    |            | (1)固態氧化物燃料電池發電系統技術發展         | 35,074     | 程永能 | 核能研究所 |                  |
|                    |            | (2)陶瓷基板支撐型固態氧化物燃料電池元件及材料技術研發 | 16,290     | 李茂傳 | 核能研究所 |                  |
|                    |            | (3)電漿噴塗金屬支撐型固態氧化物燃料電池元件技術研發  | 9,539      | 黃振興 | 核能研究所 |                  |
|                    |            | (4)燃料重組器開發與重組觸媒研製            | 3,793      | 許寧逸 | 核能研究所 |                  |

#### (二)經資門經費表

預算執行數統計截止日期 102.12.31

| 會計科目   | 項目                         | 預算數(執行數)/元        |                             |                     | 備註                    |
|--------|----------------------------|-------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------|
|        |                            | 主管機關預算<br>(累計分配數) | 自籌款                         | 合計                  |                       |
|        |                            |                   |                             | 流用後預算數<br>(實際執行數)   |                       |
| 一、經常支出 |                            |                   |                             |                     |                       |
| 業務費    | 37,979,000<br>(35,084,458) |                   | 35,084,458/<br>(34,394,658) | 54.23%/<br>(98.03%) | 業務費流出：<br>3,020,000 元 |

|        |                            |  |                             |                     |                       |
|--------|----------------------------|--|-----------------------------|---------------------|-----------------------|
| 小計     | 37,979,000<br>(35,084,458) |  | 35,084,458/<br>(34,394,658) | 54.23%/<br>(98.03%) |                       |
| 二、資本支出 |                            |  |                             |                     |                       |
| 設備費    | 26,717,000<br>(29,611,542) |  | 29,611,542/<br>(29,611,542) | 45.77%/<br>(100%)   | 業務費流入：<br>3,020,000 元 |
| 小計     | 26,717,000<br>(29,611,542) |  | 29,611,542/<br>(29,611,542) | 45.77%/<br>(100%)   |                       |
| 合計金額   | 64,696,000<br>(64,696,000) |  | 64,696,000<br>(64,006,200)  | 100%<br>(98.93%)    |                       |

### 102 年度計畫執行數與預算數差異說明：

「本計畫節餘款 689,800 元，係統一依據行政院主計總處 102.9.5 院授主會公字第 1020500631 號函要求辦理控留。若控留款不納入計算，則年累計支用比為 100%。」

### (三)100 萬以上儀器設備

#### 總期程累計(中綱計畫執行期間累計)：

| No. | 年度  | 儀器設備名稱                                                                                                                      | 支出金額      |
|-----|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1   | 99  | 046 館供氣設備改善                                                                                                                 | 4,400,000 |
| 2   | 99  | 即時氣體分析儀(GC)                                                                                                                 | 1,400,000 |
| 3   | 99  | 重組器測試氣體分析系統                                                                                                                 | 1,400,000 |
| 4   | 99  | X 光元素分析儀                                                                                                                    | 1,750,000 |
| 5   | 99  | 嵌入式資料擷取系統                                                                                                                   | 1,000,000 |
| 6   | 99  | 高溫爐、預熱器及氣流控制迴路                                                                                                              | 2,200,000 |
| 7   | 99  | 電池堆元件自動化製程設備                                                                                                                | 2,000,000 |
| 8   | 99  | 電池堆效能監控系統                                                                                                                   | 2,000,000 |
| 9   | 99  | 排氣管路、實驗桌椅、櫥櫃、防潮箱、真空泵浦、白金坩堝、模具、氣體管線、空調設備、調壓閥、流體幫浦、電動閥、高溫加熱元件、流量閥、五金零組件、電子零組件等及其他廠房雜項設備                                       | 4,999,000 |
| 10  | 99  | 高溫燒結爐                                                                                                                       | 3,000,000 |
| 11  | 99  | 粒徑與電位量測儀                                                                                                                    | 2,000,000 |
| 12  | 99  | 真空及粉末處理系統                                                                                                                   | 2,800,000 |
| 13  | 99  | 排氣管路、實驗桌椅、櫥櫃、防潮箱、真空泵浦、白金坩堝、模具、氣體管線、空調設備、調壓閥、流體幫浦、電動閥、高溫加熱元件、流量閥、五金零組件、電子零組件等雜項設備                                            | 2,153,000 |
| 14  | 99  | 高壓 TGA                                                                                                                      | 3,500,000 |
| 15  | 100 | 電池堆測試平台及高溫爐                                                                                                                 | 2,800,000 |
| 16  | 100 | 金屬板微細熔合系統                                                                                                                   | 4,500,000 |
| 17  | 100 | 熱工元件功能驗證平台                                                                                                                  | 2,000,000 |
| 18  | 100 | 高溫爐、預熱器及氣流控制迴路                                                                                                              | 2,200,000 |
| 19  | 100 | 冷氣、熱分析儀陶瓷坩堝、石英組件、電化學分析儀電極組件、熱傳導係數量測儀感測器、排氣管路、實驗桌椅、櫥櫃、防潮箱、真空泵浦、白金坩堝、模具、機械泵、儲氣罐、調壓閥、流速控制器及 VCR 接頭、系統邏輯控制儀器、感測元件、熱交換器、加熱器等雜項設備 | 3,997,000 |

|    |     |                                                                                                                                                                                                       |             |
|----|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 20 | 100 | 高壓層合機                                                                                                                                                                                                 | 6,900,000   |
| 21 | 100 | Three Roll-Mill 設備                                                                                                                                                                                    | 2,000,000   |
| 22 | 100 | 精密送粉系統及週邊                                                                                                                                                                                             | 1,826,000   |
| 23 | 100 | 孔鑽鑿及地下水自動抽水裝置                                                                                                                                                                                         | 1,137,000   |
| 24 | 100 | 送粉處理系統及週邊                                                                                                                                                                                             | 2,500,000   |
| 25 | 100 | 150~200 W 展示系統及氫純度測試系統                                                                                                                                                                                | 1,700,000   |
| 26 | 101 | 大尺寸高溫測試爐                                                                                                                                                                                              | 1,000,000   |
| 27 | 101 | AC 高電流測試平台                                                                                                                                                                                            | 1,500,000   |
| 28 | 101 | 供氣系統                                                                                                                                                                                                  | 1,000,000   |
| 29 | 101 | 氣體成份分析儀                                                                                                                                                                                               | 1,200,000   |
| 30 | 101 | 發電系統測試平台                                                                                                                                                                                              | 1,500,000   |
| 31 | 101 | 氫氣產生機                                                                                                                                                                                                 | 1,500,000   |
| 32 | 101 | 1 kW 發電系統裝置                                                                                                                                                                                           | 1,500,000   |
| 33 | 101 | 儲氫罐與展示系統                                                                                                                                                                                              | 1,000,000   |
| 34 | 101 | 冷氣、熱分析儀陶瓷坩堝、石英組件、電化學分析儀電極組件、熱傳導係數量測儀感測器、排氣管路、實驗桌椅、櫥櫃、防潮箱、真空泵浦、白金坩堝、模具、工安衛生設備費、冷氣、機械泵、儲氫罐、調壓閥、逆止閥、電磁閥、流量速控制器及 VCR 接頭、系統邏輯控制儀器、感測元件、熱交換器、加熱器、壓力傳訊器、脫硫器、點火器、鼓風機等雜項設備。                                    | 4,480,000   |
| 35 | 101 | 寬厚型刮刀成型機                                                                                                                                                                                              | 11,519,000  |
| 36 | 101 | 粉末處理系統及週邊                                                                                                                                                                                             | 4,390,000   |
| 37 | 101 | 粉末成型燒結系統及週邊                                                                                                                                                                                           | 1,794,000   |
| 38 | 101 | 可程式高溫氣氛煅燒爐                                                                                                                                                                                            | 1,000,000   |
| 39 | 102 | 發電系統測試平台                                                                                                                                                                                              | 1,000,000   |
| 40 | 102 | 熱場發射掃描式電子顯微鏡                                                                                                                                                                                          | 7,000,000   |
| 41 | 102 | 冷氣、熱分析儀陶瓷坩堝、石英組件、電化學分析儀電極組件、熱傳導係數量測儀感測器及標準試樣、量測治具、真空泵浦、白金坩堝、模具、工安衛生設備費、調壓閥、逆止閥、電磁閥、流量控制器、VCR 接頭、系統邏輯控制儀器、感測元件、熱交換器、加熱器、壓力傳訊器、脫硫器、點火器、鼓風機、高溫燒結氣氛爐、Off-gas treatment Unit、真空計、泵、流量器等雜項設備及化學分析與溫度控制雜項設備等 | 2,554,000   |
| 42 | 102 | Laser Cutter [MEA 雷射切割機]—購案因 Budget Cut 變更為陶瓷管擠出成型機 ( Ceramic Tube Extruder )                                                                                                                         | 7,930,000   |
| 43 | 102 | 小型流延成形系統及週邊                                                                                                                                                                                           | 4,900,000   |
|    | 合計  |                                                                                                                                                                                                       | 122,929,000 |

#### (四)計畫人力

人力統計截止日期 102.12.31

| 年度    | 執行情形 | 總人力(人月) | 研究員級 | 副研究員級 | 助理研究員級 | 助理    |
|-------|------|---------|------|-------|--------|-------|
| 總期程累計 | 原訂   | 2,840   | 175  | 529   | 961    | 1,175 |

|  |    |       |     |     |      |       |
|--|----|-------|-----|-----|------|-------|
|  | 實際 | 2,643 | 176 | 467 | 845  | 1,155 |
|  | 差異 | -197  | 1   | -62 | -116 | -20   |

### 與原核定計畫差異說明：

總期程累計(99~102 年) 原規劃人力為 2,840 人月，實際人力為 2,643 人月，差異-197 人月。本計畫因歷經本所組織改造，單位人員歸屬的異動及退休、離職、替代役役期屆滿不留任等，造成人力與原訂有所差異。人力嚴重不足，造成計畫工作推行較困難，在充份發揮人力配置下，尚能完成計畫階段性目標。本計畫將持續爭取徵聘人才以補人力之不足。

### (五)中綱計畫執行期間累計主要人力(副研究員級以上)投入情形

#### 中綱計畫執行期間累計：

| 姓名  | 計畫職稱  | 投入主要工作及人月數                                 | 學、經歷及專長 |         |
|-----|-------|--------------------------------------------|---------|---------|
| 林○福 | 分支主持人 | (4.8+2.4+0+0=7.2)<br>分支計畫主持人               | 學 歷     |         |
|     |       |                                            | 經 歷     | 研究員     |
|     |       |                                            | 專 長     |         |
| 李○益 | 分支主持人 | (9.6+8.4+9.6+9.6=37.2)<br>計畫管理、電池堆組裝、模擬、測試 | 學 歷     |         |
|     |       |                                            | 經 歷     | 研究員     |
|     |       |                                            | 專 長     |         |
| 李○雄 | 分項主持人 | (7.2+0+0+0=7.2)<br>計畫規劃、推動與技術現況評估          | 學 歷     |         |
|     |       |                                            | 經 歷     | 研究員     |
|     |       |                                            | 專 長     |         |
| 劉○國 | 子項主持人 | (12+12+12+12=48)<br>連接板及封裝材料               | 學 歷     |         |
|     |       |                                            | 經 歷     | 所聘副工程師  |
|     |       |                                            | 專 長     |         |
| 雍○元 | 研究人員  | (12+12+0+0=24)<br>連接板及封裝材料                 | 學 歷     |         |
|     |       |                                            | 經 歷     | 所聘助理工程師 |
|     |       |                                            | 專 長     |         |
| 蔡○釗 | 研究人員  | (12+4.8+0+0=16.8)<br>連接板及封裝材料              | 學 歷     |         |
|     |       |                                            | 經 歷     | 專支副工程師  |
|     |       |                                            | 專 長     |         |
| 江○光 | 研究人員  | (12+7.2+6.4+0=25.6)<br>電池堆組裝、模擬、測試         | 學 歷     |         |
|     |       |                                            | 經 歷     | 專支副工程師  |
|     |       |                                            | 專 長     |         |
| 柳○忠 | 研究人員  | (12+12+0+0=24)<br>電池堆模擬分析                  | 學 歷     |         |
|     |       |                                            | 經 歷     | 國防役工程師  |
|     |       |                                            | 專 長     |         |
| 林○翔 | 研究人員  | (12+12+12+10.8=46.8)<br>電池堆組裝測試            | 學 歷     |         |
|     |       |                                            | 經 歷     | 專支工程師   |
|     |       |                                            | 專 長     |         |
| 程○偉 | 研究人員  | (12+12+6+12=42)<br>電池片電性量測                 | 學 歷     |         |
|     |       |                                            | 經 歷     | 國防役副工程師 |
|     |       |                                            | 專 長     |         |
| 吳○翰 | 研究人員  | (12+12+12+12=48)<br>電池堆組裝測試                | 學 歷     |         |
|     |       |                                            | 經 歷     | 所聘助理工程師 |

| 姓名  | 計畫職稱  | 投入主要工作及人月數                                | 學、經歷及專長 |         |
|-----|-------|-------------------------------------------|---------|---------|
|     |       |                                           | 專 長     |         |
| 楊 ○ | 研究人員  | (12+12+12+10.8=46.8)<br>電池堆組裝、模擬、測試       | 學 歷     |         |
|     |       |                                           | 經 歷     | 專支助理工程師 |
|     |       |                                           | 專 長     |         |
| 洪○堂 | 子項主持人 | (12+12+12+10.8=46.8)<br>SOFC 發電系統         | 學 歷     |         |
|     |       |                                           | 經 歷     | 所聘工程師   |
|     |       |                                           | 專 長     |         |
| 王○瑜 | 研究人員  | (12+0+0+0=12)<br>SOFC 發電系統                | 學 歷     |         |
|     |       |                                           | 經 歷     | 國防役副工程師 |
|     |       |                                           | 專 長     |         |
| 黃○男 | 研究人員  | (12+12+4.8+10.8=39.6)<br>SOFC 發電系統        | 學 歷     |         |
|     |       |                                           | 經 歷     | 專支助理工程師 |
|     |       |                                           | 專 長     |         |
| 譚○怡 | 研究人員  | (12+12+12+12=48)<br>SOFC 發電系統             | 學 歷     |         |
|     |       |                                           | 經 歷     | 專支助理工程師 |
|     |       |                                           | 專 長     |         |
| 羅○坤 | 研究人員  | (0+12+12+12=36)<br>SOFC 發電系統              | 學 歷     |         |
|     |       |                                           | 經 歷     | 替代役副研發師 |
|     |       |                                           | 專 長     |         |
| 丁○展 | 研究人員  | (0+0+12+7.2=19.2)<br>SOFC 發電系統            | 學 歷     |         |
|     |       |                                           | 經 歷     | 替代役副研發師 |
|     |       |                                           | 專 長     |         |
| 許○逸 | 研究人員  | (0+12+10.8+6=28.8)<br>重組器產氫研究             | 學 歷     |         |
|     |       |                                           | 經 歷     | 所聘副工程師  |
|     |       |                                           | 專 長     |         |
| 胥○華 | 研究人員  | (8.4+1.2+0+0=9.6)<br>電池片及電性量測、SOFC-MEA 研發 | 學 歷     |         |
|     |       |                                           | 經 歷     | 副研究員    |
|     |       |                                           | 專 長     |         |
| 程○能 | 研究人員  | (12+12+12+12=48)<br>電池堆組裝、模擬、測試           | 學 歷     |         |
|     |       |                                           | 經 歷     | 研究員     |
|     |       |                                           | 專 長     |         |
| 余○帝 | 研究人員  | (7.2+0+12+12=31.2)<br>電池堆組裝、模擬、測試         | 學 歷     |         |
|     |       |                                           | 經 歷     | 助理研究員   |
|     |       |                                           | 專 長     |         |
| 李○正 | 研究人員  | (12+12+12+12=48)<br>電池堆組裝、模擬、測試           | 學 歷     |         |
|     |       |                                           | 經 歷     | 助理研究員   |
|     |       |                                           | 專 長     |         |
| 黃○屏 | 子項主持人 | (12+0+0+0=12)<br>SOFC 發電系統                | 學 歷     |         |
|     |       |                                           | 經 歷     | 副研究員    |
|     |       |                                           | 專 長     |         |
| 簡○清 | 研究人員  | (6+0+0+0=6)<br>重組器產氫研究                    | 學 歷     |         |
|     |       |                                           | 經 歷     | 簡任副研究員  |
|     |       |                                           | 專 長     |         |
| 熊○甲 | 研究人員  | (12+12+12+12=48)<br>連接板電阻量測、              | 學 歷     |         |
|     |       |                                           | 經 歷     | 副研究員    |



| 姓名  | 計畫職稱      | 投入主要工作及人月數                                                | 學、經歷及專長 |          |
|-----|-----------|-----------------------------------------------------------|---------|----------|
|     |           | SOFC-MEA 研發                                               | 專 長     |          |
| 趙 ○ | 研究人員      | (0+1.2+0+0=1.2)<br>重組器產氫研究                                | 學 歷     |          |
|     |           |                                                           | 經 歷     | 副研究員     |
|     |           |                                                           | 專 長     |          |
| 張○瑞 | 研究人員      | (2.4+0+0+0=2.4)<br>電力控管技術開發                               | 學 歷     |          |
|     |           |                                                           | 經 歷     | 副研究員     |
|     |           |                                                           | 專 長     |          |
| 李○傳 | 分項<br>主持人 | (10.8+12+12+12=46.8)<br>SOFC-MEA 研發                       | 學 歷     |          |
|     |           |                                                           | 經 歷     | 研究員      |
|     |           |                                                           | 專 長     |          |
| 王○修 | 研究人員      | (12+0+0+0=12)<br>SOFC—MEA 研發                              | 學 歷     |          |
|     |           |                                                           | 經 歷     | 副工程師     |
|     |           |                                                           | 專 長     |          |
| 林○男 | 研究人員      | (12+12+12+12=48)<br>SOFC-MEA 研發                           | 學 歷     |          |
|     |           |                                                           | 經 歷     | 所聘副工程師   |
|     |           |                                                           | 專 長     |          |
| 張○狀 | 研究人員      | (9.6+12+0+0=21.6)<br>SOFC—MEA 研發                          | 學 歷     |          |
|     |           |                                                           | 經 歷     | 專支副工程師   |
|     |           |                                                           | 專 長     |          |
| 高○欣 | 研究人員      | (12+10.8+12+12=46.8)<br>SOFC-MEA 研發                       | 學 歷     |          |
|     |           |                                                           | 經 歷     | 所聘助理工程師  |
|     |           |                                                           | 專 長     |          |
| 楊○澤 | 研究人員      | (12+12+9+0=33)<br>SOFC-MEA 研發                             | 學 歷     |          |
|     |           |                                                           | 經 歷     | 替代役副研發師  |
|     |           |                                                           | 專 長     |          |
| 張○禎 | 研究人員      | (12+12+6+0=30)<br>SOFC-MEA 研發                             | 學 歷     |          |
|     |           |                                                           | 經 歷     | 替代役助理研發師 |
|     |           |                                                           | 專 長     |          |
| 李○嵩 | 研究人員      | (12+12+12+7=43)<br>SOFC-MEA 研發                            | 學 歷     |          |
|     |           |                                                           | 經 歷     | 助理研發師    |
|     |           |                                                           | 專 長     |          |
| 黃○興 | 分項<br>主持人 | (12+12+12+12=48)<br>電漿噴塗計畫規劃、執行及督導                        | 學 歷     |          |
|     |           |                                                           | 經 歷     | 研究員      |
|     |           |                                                           | 專 長     |          |
| 林○孟 | 研究人員      | (12+0+0+0=12)<br>電池基板材料設計、製作、分析與報告撰寫                      | 學 歷     |          |
|     |           |                                                           | 經 歷     | 助理工程師    |
|     |           |                                                           | 專 長     |          |
| 張○量 | 研究人員      | (12+12+12+12=48)<br>金屬基板改質與強化；電池材料及陶瓷粉末合成；電感電漿粉末合成系統建立及實驗 | 學 歷     |          |
|     |           |                                                           | 經 歷     | 替代役副研發師  |
|     |           |                                                           | 專 長     |          |
| 蔡○煌 | 研究人員      | (12+12+12+12=48)<br>電池電漿噴塗製作、研發及電池電性量測；委託                 | 學 歷     |          |
|     |           |                                                           | 經 歷     | 專支助理工程師  |
|     |           |                                                           | 專 長     |          |

| 姓名  | 計畫職稱  | 投入主要工作及人月數                                            | 學、經歷及專長 |          |
|-----|-------|-------------------------------------------------------|---------|----------|
|     |       | 計畫協調                                                  |         |          |
| 余○豐 | 研究人員  | (12+12+0+0=24)<br>電池電性量測、金屬基板製作及分析；電漿噴塗實驗             | 學 歷     |          |
|     |       |                                                       | 經 歷     | 替代役助理研發師 |
|     |       |                                                       | 專 長     |          |
| 粘○輝 | 研究人員  | (0+12+12+6=30)<br>電池性能量測；金屬基板製作；組件熱處理。電感電漿粉末合成系統建立及實驗 | 學 歷     |          |
|     |       |                                                       | 經 歷     | 替代役助理研發師 |
|     |       |                                                       | 專 長     |          |
| 莊○銘 | 研究人員  | (0+0+12+12=24)<br>電池電性量測、金屬基板製作及分析；電漿噴塗實驗             | 學 歷     |          |
|     |       |                                                       | 經 歷     | 替代役副研發師  |
|     |       |                                                       | 專 長     |          |
| 陳○生 | 研究人員  | (7.2+0+0+0=7.2)<br>電漿噴塗粉末受熱固化模擬                       | 學 歷     |          |
|     |       |                                                       | 經 歷     | 研究員      |
|     |       |                                                       | 專 長     |          |
| 余○昇 | 分項主持人 | (12+12+12+0=36)<br>計畫規劃、分工、協調                         | 學 歷     |          |
|     |       |                                                       | 經 歷     | 研究員      |
|     |       |                                                       | 專 長     |          |
| 曹○熙 | 研究人員  | (4.8+4.8+4.8+1.2=15.6)<br>中子繞射之試樣儲氫測試分析               | 學 歷     |          |
|     |       |                                                       | 經 歷     | 副研究員     |
|     |       |                                                       | 專 長     |          |
| 曾○仁 | 研究人員  | (12+1.2+0+0=13.2)<br>負責接洽 3D HRTEM 的測試事宜              | 學 歷     |          |
|     |       |                                                       | 經 歷     | 所聘工程師    |
|     |       |                                                       | 專 長     |          |
| 曾○雄 | 研究人員  | (12+9.6+0+0=21.6)<br>負責建立標準量化試樣之製作程序，並使吸放氫速率滿足目標值     | 學 歷     |          |
|     |       |                                                       | 經 歷     | 國防役工程師   |
|     |       |                                                       | 專 長     |          |
| 陳○宏 | 研究人員  | (12+12+7.6+0=31.6)<br>建立標準酸洗條件，並改善量化製程，或以滿足目標值        | 學 歷     |          |
|     |       |                                                       | 經 歷     | 專支副工程師   |
|     |       |                                                       | 專 長     |          |
| 莊○宇 | 研究人員  | (12+12+6+0=30)<br>提升 Pt/AC 試樣之吸放氫速率，包括孔洞結構與擔持 Pt 方法開發 | 學 歷     |          |
|     |       |                                                       | 經 歷     | 替代役研發師   |
|     |       |                                                       | 專 長     |          |
| 鍾○芸 | 研究人員  | (12+12+12+9.6=45.6)<br>MOF 材料開發以及試樣特性分析與保存            | 學 歷     |          |
|     |       |                                                       | 經 歷     | 專支助理工程師  |
|     |       |                                                       | 專 長     |          |
| 吳○珠 | 研究人員  | (12+12+0+0=24)<br>連接板及封裝材料                            | 學 歷     |          |
|     |       |                                                       | 經 歷     | 專支助理工程師  |
|     |       |                                                       | 專 長     |          |
| 張○紋 | 研究人員  | (12+12+0+0=24)<br>建立標準每爐次 100 g 試樣製程，並改善量化製           | 學 歷     |          |
|     |       |                                                       | 經 歷     | 國防役副工程師  |
|     |       |                                                       | 專 長     |          |

| 姓名   | 計畫職稱 | 投入主要工作及人月數                                             | 學、經歷及專長 |          |
|------|------|--------------------------------------------------------|---------|----------|
|      |      | 程，或以滿足目標值                                              |         |          |
| 董○祥  | 研究人員 | (12+7.2+0+0=19.2)<br>儲氫匣最佳除氣、活化與儲氫條件，並提昇儲氫匣氫氣釋放量       | 學 歷     |          |
|      |      |                                                        | 經 歷     | 替代役副工程師  |
|      |      |                                                        | 專 長     |          |
| 李○寧  | 研究人員 | (12+6+0+0=18)<br>建立最佳容積量測法並確定最佳除氣條件                    | 學 歷     |          |
|      |      |                                                        | 經 歷     | 替代役副工程師  |
|      |      |                                                        | 專 長     |          |
| 曾○萍  | 研究人員 | (12+12+12+9.6=45.6)<br>標準擔持 Pt 試樣製作條件、改善吸放氫速率及確立最佳活化條件 | 學 歷     |          |
|      |      |                                                        | 經 歷     | 所聘助理工程師  |
|      |      |                                                        | 專 長     |          |
| 盧○瑋  | 研究人員 | (0+0+0+12=12)<br>電池堆組裝、模擬、測試                           | 學 歷     |          |
|      |      |                                                        | 經 歷     | 替代役助理研發師 |
|      |      |                                                        | 專 長     |          |
| 鍾○修  | 研究人員 | (0+0+0+12=12)<br>電池堆組裝、模擬、測試                           | 學 歷     |          |
|      |      |                                                        | 經 歷     | 替代役助理研發師 |
|      |      |                                                        | 專 長     |          |
| 林○翰  | 研究人員 | (0+0+0+12=12)<br>SOFC 發電系統                             | 學 歷     |          |
|      |      |                                                        | 經 歷     | 替代役助理研發師 |
|      |      |                                                        | 專 長     |          |
| 施○全  | 研究人員 | (0+0+0+12=12)<br>SOFC 發電系統                             | 學 歷     |          |
|      |      |                                                        | 經 歷     | 替代役助理研發師 |
|      |      |                                                        | 專 長     |          |
| 莊○宗揚 | 研究人員 | (0+0+0+12=12)<br>SOFC 粉末合成、MSC 電池片製作，電漿噴塗實驗及報告撰寫       | 學 歷     |          |
|      |      |                                                        | 經 歷     | 替代役助理研發師 |
|      |      |                                                        | 專 長     |          |
| 楊○府  | 研究人員 | (0+0+0+8.4=8.4)<br>粉末合成研究及系統運轉和維護，MSC 電池片製作            | 學 歷     |          |
|      |      |                                                        | 經 歷     | 所聘助理工程師  |
|      |      |                                                        | 專 長     |          |
| 林○連  | 研究人員 | (0+0+0+3.6=3.6)<br>電漿噴塗基板加熱系統設計                        | 學 歷     |          |
|      |      |                                                        | 經 歷     | 研究助理     |
|      |      |                                                        | 專 長     |          |
| 張○銘  | 研究人員 | (0+0+0+2.4=2.4)<br>觸媒合成、觸媒測試及報告撰寫                      | 學 歷     |          |
|      |      |                                                        | 經 歷     | 替代役助理研發師 |
|      |      |                                                        | 專 長     |          |
| 陳○翔  | 研究人員 | (0+0+0+2.4=2.4)<br>重組器開發、觸媒測試及報告撰寫                     | 學 歷     |          |
|      |      |                                                        | 經 歷     | 替代役助理研發師 |
|      |      |                                                        | 專 長     |          |

## 陸、本計畫可能產生專利智財或可移轉之潛力技術(knowhow)說明

- 一、「平板型固態氧化物燃料電池之電池堆流道」(日本特許第 5213014 號)：配合電池堆元件設計連接板與發電基板陽極接觸面上之流道區，迫使燃料流經金屬網並流向反應面，增加燃料和發電基板陽極之直接接觸與作用，以增進電池堆之整體反應效率。
- 二、「易組裝及抽換之平板型固態氧化物燃料電池電池堆結構」(美國專利 US8,399,143B2)：配合 SOFC 電池堆瓦數方可直接抽換模組，且由各模組之電池組件亦可直接取出進行拆換，而達到組裝及抽換之功效。
- 三、「固態氧化物燃料電池熱工元件整合裝置」(美國專利申請案號 13/833,314)：本發明之特點為將燃燒器、重組器、蒸汽產生器及熱交換器整合為一單一元件，能使系統更為緻密簡潔，有效減少系統體積進而降低系統熱散失以提升系統之整體效率。
- 四、有關公告新增 8 項本所可交易專利技術事宜。完成簽辦與核可並正式公告(2013-05-06)。含：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製作程序。高性能固態氧化物燃料電池膜電極組合元件(單元電池)中全緻密之濺鍍電解質層之創新製作程序。陽極創新處理程序以提升固態氧化燃料電池之膜電極組輸出電功率密度。一種創新奈米電解質懸浮液配方與製程製備氣密/全緻密電解質層而組成高性能固態氧化物燃料電池。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。固態氧化物燃料電池堆在封裝製程中元件間最佳接觸壓力量測方法及其量測裝置。一種二氧化碳使用於固態氧化物燃料電池—二氧化碳能源轉化循環方法及其裝置。高整合固態氧化物燃料電池膜電極組合元件(單元電池)之創新複合增效製作程序與配方。
- 五、本計畫所發展之大氣電漿噴塗技術可應用於金屬連接板的保護層製備，規劃在今年度與漢○科技股份有限公司合作開發應用大氣電漿噴塗進行 LSM 保護膜之研究。
- 六、專利智財方面：年度內有『具滾動轉子之連續塗敷方法及其裝置』已獲得美國專利証書、另『氣體反應裝置細管』獲得中華民國專利。同時也有新發明專利『固態氧化物燃料電池發電系統用之燃料重組觸媒製作方法』及『觸媒檢測裝置』2 項 4 件正在申請中。

## 柒、與相關計畫之配合

- 一、與中央大學合作「SOFC 電池堆接合件高溫耐久機械性能分析」計畫；與清華大學合作「SOFC 先進金屬連接板材料成份之研究與開發」計畫。
- 二、SOFC-MEA 製作/Cell Test 至 SOFC-Stack 製作/Stack Test 合作關係緊密無間。
- 三、本所配合行政院科學發展基金補助計畫「感應耦合電漿合成鈣鈦礦奈米/微米氧化物粉末合成技術開發」已經獲得相關研究成果，取得粉末合成的關鍵參數，並建立相關設備與技術團隊，對於後續之電漿噴塗研究工作有實質助益。
- 四、配合核研所與中○公司簽署之 kW 級 SOFC 發電系統之技術推廣合作計畫，於上半年度內完成 1 kg 的 INER 自製觸媒供燃燒重組器之組裝及 component 測試。
- 五、李瑞益副組長於 102 年 6 月 28 日奉派參加台日綠色能源發展與合作展望研討會，會中與

日本專家代表就 SOFC 及其他綠色能源相關議題交換意見，促進兩國相關資訊之交流。

- 六、美國佛羅里達大學莊教授於 102 年 7 月 23 日參訪 SOFC 實驗室，由李副組長解說計畫執行成果。莊教授為國際上著名之觸媒專家，對本所相關技術之研發將有所助益。
- 七、與美國州立大學化學及生物工程學系 Prof. Paul E. Gannon 團隊合作研究，並撰寫學術論文“Dual atmosphere corrosion of electroless Ni-plated 441 stainless steel for SOFC interconnect applications”。
- 八、分別與化工組及化學組進行觸媒及 ASC 電池片相關研發。觸媒方面將低白金之比例並進行場時效測試，進而應用於 SOFC 系統；ASC 電池片方面，除了各別電池片效能測試外，首次完成本所 ASC 電池片之 18 片裝電池堆測試。與該兩組之合作皆獲實質之進展。

### 捌、後續工作構想之重點

- 一、完成本所自製 MSC 電池片之 36 片電池堆組裝與測試，此為本所自製電池片最多片裝之測試，除了電池片之穩定性外，每一電池單元之材料、玻璃塗佈、密封機接觸條件之可靠性等皆為重要之因素，為本所 MSC 電池片測試之指標性任務。其後可供系統測試之用，以完成全自製之目標。
- 二、進行 SOFC 電池片及電池堆於不同燃料使用率條件下之測試，探討性能衰退率與燃料使用率及不同流場形式之關係。另規劃不同燃料使用率條件下之多功能測試，以釐清其與局部效能分布、橫向阻抗或局部電化學阻抗分布間之關係，以便掌握電池片之局部效能行為。
- 三、SOFC 無電熱裝置發電系統以本所自製之 kW 級電池堆進行性能測試。
- 四、進行新一代開放式電池單元測試裝置之設計，除大幅減少測試裝置的體積進而縮小高溫爐的體積外，可藉由殘餘的燃料在電池外圍的燃燒熱，預熱進氣的盤管，以達到節能與小型化的功效。
- 五、完成 103 年 Project：高效率固態氧化物燃料電池技術開發暨產業化平台建構(1/4)-廣溫陶瓷基板支撐型固態氧化物燃料電池元件及材料技術研發(103-106)。
- 六、規劃 103-106 年 Project：高效率固態氧化物燃料電池技術開發暨產業化平台建構(1/4)-廣溫陶瓷基板支撐型固態氧化物燃料電池元件及材料技術研發與製造(主要提供 SOFC-MEA 供 3-5 kW SOFC 系統使用，研製 15×15 cm<sup>2</sup> ◇ 20×20 cm<sup>2</sup> 之 MEA，測試 SOFC-CO<sub>2</sub>-ECC 系統)。
- 七、執行[固態氧化物燃料電池(Solid Oxide Fuel Cell (簡稱 SOFC))陶瓷陽極基板支撐型單元電池(Ceramic Anode Substrate Supported - Membrane Electrode Assembly (Unit Cell))(簡稱 CASS-MEA))製作技術]之專利授權與技術轉移/授權案]。
- 八、(1)持續提升金屬基板之製作穩定度以及基板與 MEA 之搭配性改善。(2)持續優化 APS 噴塗參數，並配合計畫需求進行 MSC 電池片製備與技術升級。(3)繼續進行 MSC 電池片製作，年底完成 36 片 MSC 電池片。(4)APS 技術於金屬連接板保護層製備之改善。
- 九、開發自製燃料重組觸媒合成、分析及測試，觸媒之燃料轉化率達 98%以上；配合 SOFC 系統溫度及不同進料需求，開發不同溫度區間(450~550℃、550~650℃ 及 650~750℃)

等自製重組觸媒，降低自製觸媒成本，以因應產業化平台建構之需求。

- 十、SOFC 系統為一與環境友好、具節能減碳效益之新興能源產業，為當前已知在各種化石能源轉換為電力的能源系統中，具有最高能源轉換效率者，為橋接石化能源至次世代能源的關鍵能源技術。SOFC 產業化的主要瓶頸為其技術層次高、成本單價仍屬偏高及系統長期可靠度仍待驗證。以國內業界的專業量能，擁有「系統整合、成本降低」的特長，值此國際 SOFC 蓬勃發展之際，正是國內與國際齊頭並進發展的重要契機。
- 十一、計畫的目標在建構及厚植我國 SOFC 產業長期競爭力，目前計畫於 SOFC 之技術發展已擬定中長期發展的技術藍圖。後續在計畫執行上，相關的技術能量必須持續的精進，以維持創新性、進步性及競爭力，其中 SOFC 產業平台的建構為計畫施行的必要作為。此外，就技術及產業的中長期發展，國內需布局次世代及前瞻性的技術(如 IGFC)，掌握關鍵核心技術，以建立自我品牌及維持產業的長期競爭力。

## 玖、檢討與展望

- 一、開發低真空及低成本之金屬連接板保護膜披覆製程，以及 SOFC 封裝之非破壞檢驗程序等，將列為未來技術開發及精進重要方向。
- 二、SOFC 計畫於今年順利完成中○公司 500 小時測試，為本所 kW 系統發展之重要旅程碑。現本所電池片相關技術已於今年九月底與九○公司簽約，此亦為電池片發展之重要旅程碑，希望藉由本技轉合作盡速輔導進入商業生產階段，以建立我國 SOFC 之上游產業，充分提供國內相關單位測試使用，加速產業化之腳步。
- 三、將進行 SOFC 之熱工元件整合裝置之精進，並使 SOFC 無電熱發電系統之體積能再縮減 20%。
- 四、積極小型量產 INER-SOFC-MEA 供 INER-SOFC-Stack 組裝測試使用早日技轉以達商業化產品目標，本(2013)年度 SOFC-MEA 已量產約 86 pcs ( $10 \times 10 \text{ cm}^2$ ) 其良率近達 100%，產品品質可達國際水準(Durability>11684 hrs, degradation rate<0.4 %/ khr, Power output=25 W/pcs at  $800^\circ\text{C}$  &  $I=400 \text{ mA/cm}^2$ )。
- 五、由於組織改造，專支與國防替代役人才無法穩定留用與深植根基，使本所形成人員訓練機構，計畫長期成員，無法有效掌握，將導致技術無法持續精進，引發經驗傳承之盲點，近期雖有改善，但離需求仍有相當差距。
- 六、大氣電漿噴塗雖具大氣下工作的方便性，但也使得噴塗中電池片的溫度不易精準控制，常因電池片溫度降溫過快而導致電解質不夠緻密，不易提升電漿噴塗的電池片數量；目前採改進現有平板預熱爐，以增加外圍熱源及散熱阻力為主要對象，其成效待進一步驗證。
- 七、現階段由於引用技術與觸媒成本原因，燃料電池發電成本偏高，不利市場推廣，但燃料電池裝置較不受地域及氣候之影響，能穩定提供電力來源，相較之下，SOFC 燃料電池裝置發電優於其他發電方式。目前 SOFC 的研究以降低工作溫度、製造成本、提高功率密度與效能及降低劣化速率為目標，配合實務上之需求，天然氣重組器及觸媒之研發為 SOFC 系統之重要工作項目之一。

填表人：李瑞益 聯絡電話：(03)4711400 轉 7356 傳真電話：(03)471-3980

E-mail：rylee@iner.gov.tw

主管或主持人簽名：\_\_\_\_\_

## 附件一：GRB 佐證資料表

## 一、學術成就表(1)

|     |                    |                     |                                                                                                     |            |                                                                                                                             |      |                                                                                                                                       | a 表國內一般期刊<br>b 表國內重要期刊<br>c 表國外一般期刊<br>d 表國外重要期刊<br>e 表國內研討會<br>f 表國際研討會<br>g 著作專書 |           |                   |        |        |      |
|-----|--------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------|--------|--------|------|
| 年度  | 計畫名稱               | 中文題名                | 英文題名                                                                                                | 第一作者       | 其他作者                                                                                                                        | 發表年度 | 論文出處                                                                                                                                  | 文獻類別代碼                                                                             | 重要期刊資料庫簡稱 | SCI impact factor | 引用情形代碼 | 獲獎情形代碼 | 獎項名稱 |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 液流電池研究發展近況          | Recent research and development of redox flow battery                                               | 許寧逸        | 蔡○德;張原銘;陳冠翔;鄭○才                                                                                                             | 2012 | 40；電子月刊；十九卷，一期，140~153                                                                                                                | 國內期刊                                                                               |           |                   | N      | N      |      |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 白金擔持碳之常溫可逆觸媒氫化研究    | In-Situ Micro Raman Detection of Reversible Basal Plane Hy-drogenation in Pt-doped Activated Carbon | Xiao ○ Liu | Youjian ○; En ○ Xu; Thomas ○ Fitzgibbon; Humberto ○ Gutierre;曾宦雄;余明昇;曹正熙;John ○ Badding; Vincent ○ Crespi; Angela ○ Lueking | 2011 | 1530-6984, Nano Letters, 13, 1, 137~141                                                                                               | 國外期刊                                                                               | SCI       | 13.2              | Y1     | N      |      |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 固態氧化物燃料電池之負載變動模擬與控制 | Simulation and Control for Load Change Process on a Solid Oxide Fuel Cell                           | 余冬帝        | 江○雄                                                                                                                         | 2013 | Applied Mechanics and Materials, 284-287, 925~929                                                                                     | 國外期刊                                                                               | EI        |                   | N      | N      |      |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 白金擔持石墨烯之儲氫能力研究      | Hydrogen Storage Performance in Palladium-doped Graphene/Carbon Composites                          | 陳建宏        | 鍾翠芸;曹正熙;沈○昌;余明昇;施○男;黃○家;葛○德;李○龍                                                                                             | 2012 | 0360-3199, International Journal of Hydrogen Energy, 38, 3681~3688                                                                    | 國外期刊                                                                               | SCI       | 4.05              | N      | N      |      |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | (Ti, Ta)N 鍍膜之熱穩定性研究 | Investigations on thermal stability of (Ti, Ta)N coatings                                           | 林○娟        | 許○雄;廖○勳;許○淵;劉建國                                                                                                             | 2012 | The 6th International Conference on Technological Advances of Thin Films & Surface Coatings (ThinFilms2012), Singapore, 2012-07-14~17 | 國際會議海報                                                                             |           |                   | N      | N      |      |



|     |                    |                                  |                                                                                                                      |     |                              |      |                                                                                                                                                                                                                     |        |  |  |   |   |  |
|-----|--------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--|--|---|---|--|
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 核研所之 SOFC 電池堆技術發展                | SOFC Stack Technology Development at INER                                                                            | 程永能 | 李瑞益;吳思翰;劉建國                  | 2012 | 2012 台灣二氧化碳捕獲、封存與再利用國際研討會，台北市台大醫院國際會議中心，2012-11-26~27                                                                                                                                                               | 國際會議   |  |  | N | N |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 陽極支撐型固態氧化物燃料電池經常時間運轉後之電池性能與耐久度評估 | Performance and durability evaluation of the Anode-supported Solid Oxide                                             | 李茂傳 | 林泰男;高維欣;楊○澤;李凌嵩              | 2012 | 2012 台灣二氧化碳捕獲、封存與再利用國際研討會，台北市，2012-11-25~27                                                                                                                                                                         | 國際會議   |  |  | N | N |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | INER-TAIWAN-固態氧化物燃料電池元件技術研發與應用   | Development and Application of SOFC-MEA Technology at INER                                                           | 李茂傳 | 林泰男;李瑞益                      | 2013 | 37th Int'l Conf & Expo on Advanced Ceramics & Composites (ICACC 2013)-10th International -Symposium -on -Solid-Oxide -Fuel Cells-Materials- Science -and-Technology, Daytona Beach, FL, USA, 2013-01-27, 2013-02-01 | 國際會議   |  |  | N | N |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 電漿噴塗金屬支撐型固態氧化物燃料電池研發現況           | Recent Results in Development of Plasma Sprayed Metal-supported Solid Oxide Fuel Cells                               | 張鈞量 | 黃振興;蔡俊煌;粘勝輝;莊誌銘;莊謝宗揚;吳思翰;洪文堂 | 2012 | 2012 台灣二氧化碳捕獲、封存與再利用國際研討會，台北市，2012-11-25~27                                                                                                                                                                         | 國際會議   |  |  | N | N |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 一種新型重組催化劑應用於固體氧化物燃料電池熱電聯產系統      | A Novel Reforming Catalyst for SOFC CHP System Applications                                                          | 許寧逸 | 陳冠翔;張原銘;李瑞益;鄭○才              | 2012 | 2012 Taiwan Symposium on Carbon Dioxide Capture, Storage and Utilization, Taipei Taiwan, 2012-11-25~27                                                                                                              | 國際會議   |  |  | N | N |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 製程條件對 TiN 鍍膜熱穩定性質之影響             | The Effects of Processing Parameters on the Thermal Stability of TiN Coatings                                        | 林○娟 | 廖○勳;邱○郁;劉建國                  | 2012 | 2012TACT 台灣鍍膜科技協會年會暨國科會專題計畫研究成果發表會，明志科技大學，2012-11-09~10                                                                                                                                                             | 國內會議海報 |  |  | N | N |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 無電鍍鍍之固態氧化物燃料電池堆連接板氧化行為研究         | Oxidation Behavior of Electrolessly Nickel Plated Interconnect in SOFC Stacks                                        | 熊惟甲 | 劉建國;吳思翰;楊朋                   | 2012 | 2012 第七屆全國氫能與燃料電池研討會，台中市，2012-10-26~27                                                                                                                                                                              | 國內會議   |  |  | N | N |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 固態氧化物燃料電池系統之發電模組設計               | Electrical Power Generation Module Designs for Solid Oxide Fuel Cell Systems                                         | 丁桓展 | 洪文堂;程永能;李瑞益                  | 2012 | 2012 第七屆氫能與燃料電池學術研討會，國立勤益科技大學，2012-10-26~27                                                                                                                                                                         | 國內會議   |  |  | N | N |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 由甘胺酸-硝酸鹽法製作可供質子型固態氧化物燃料電池使用之銅鈮鋇鈣 | Preparation and Characterization of $\text{BaY}_{0.2}\text{Ce}_{0.7}\text{Zr}_{0.1}\text{O}_{3-d}$ Ceramic Powder by | 高維欣 | 李茂傳;林泰男;李凌嵩;張仁禎;楊榮澤          | 2012 | 2012 材料年會，國立虎尾科技大學，2012-11-23~24                                                                                                                                                                                    | 國內會議   |  |  | N | N |  |

|     |                    |                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |     |                         |      |                                                                               |        |     |      |  |   |   |
|-----|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------------|--------|-----|------|--|---|---|
|     |                    | 氧化物陶瓷粉體                                                                                                                                                                                                                                                    | Glycine Nitrate Process for Proton Solid Oxide Fuel Cell                                                                                                                                                                                                                                         |     |                         |      |                                                                               |        |     |      |  |   |   |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 添加氧化鋁於陽極中之陽極支撐型固態氧化物燃料電池之製備與性質分析                                                                                                                                                                                                                           | Fabrication and Performance Test of an anode-supported solid oxide fuel cell with Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Additive in anode                                                                                                                                                               | 李凌嵩 | 李茂傳;林泰男;高維欣;楊榮澤;張仁禎;程世偉 | 2012 | 2012 材料年會,國立虎尾科技大學, 2012-11-23~24                                             | 國內會議   |     |      |  | N | N |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 鐳鋁鎂鈣氧化物以檸檬酸法合成粉末之製備與特性分析                                                                                                                                                                                                                                   | Preparation and characterization of La <sub>0.8</sub> Sr <sub>0.2</sub> Ga <sub>0.8</sub> Mg <sub>0.15</sub> Co <sub>0.05</sub> O <sub>3</sub> powders made by citrate method                                                                                                                    | 張鈞量 | 黃振興;粘勝輝;蔡俊煌;莊誌銘;劉建國     | 2012 | 2012 材料年會,國立虎尾科技大學, 2012-11-23~24                                             | 國內會議   |     |      |  | N | N |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 以大氣電漿噴塗技術製備中溫型固態氧化物燃料電池之 Ce <sub>0.8</sub> Sm <sub>0.2</sub> O <sub>2-δ</sub> -Sm <sub>0.5</sub> Sr <sub>0.5</sub> CoO <sub>3-δ</sub> -Ba <sub>0.5</sub> Sr <sub>0.5</sub> CoO <sub>3-δ</sub> -Ba <sub>0.5</sub> Sr <sub>0.5</sub> CoO <sub>3-δ</sub> 複合陰極 | Ce <sub>0.8</sub> Sm <sub>0.2</sub> O <sub>2-δ</sub> -Sm <sub>0.5</sub> Sr <sub>0.5</sub> CoO <sub>3-δ</sub> -Ba <sub>0.5</sub> Sr <sub>0.5</sub> CoO <sub>3-δ</sub> Composite Cathodes for Intermediate Temperature Solid Oxide Fuel Cells Fabricated by Atmospheric Plasma Spraying Technology | 粘勝輝 | 張鈞量;莊誌銘;蔡俊煌;黃振興         | 2012 | 2012 台灣化學工程學會 59 週年會暨國科會化學工程學門成果發表會,逢甲大學, 2012-11-23~24                       | 國內會議   |     |      |  | N | Y |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 具奈米結構陽極及擴散抑制層金屬支撐固態氧化物燃料電池之氧化還原穩定性及耐久性                                                                                                                                                                                                                     | Redox Stability and Durability of Metal-supported Solid Oxide Fuel Cells with Nanostructured Anodes and Diffusion Barrier Layer                                                                                                                                                                  | 黃振興 | 蔡俊煌;張鈞量;粘勝輝;莊誌銘;程世偉;吳思翰 | 2013 | 2012 年中國材料科學年會,國立虎尾科技大學, 2012-11-23~24                                        | 國內會議   |     |      |  | N | N |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 時效處理對固態氧化物燃料電池封裝玻璃潛變性質之影響                                                                                                                                                                                                                                  | Aging Effects on the Creep Properties of a Glass Ceramic Sealant for Solid Oxide Fuel Cell                                                                                                                                                                                                       | 林○亮 | 林○光;江烈光;劉建國             | 2012 | 中國機械工程學會第二十九屆全國學術研討會,高雄, 2012-12-7~8                                          | 國內會議   |     |      |  | N | N |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | SOFC 電池單元多功能檢測裝置建立與實驗驗證                                                                                                                                                                                                                                    | Establishment and validation of a device for lateral impedance and local characteristics measurements of solid oxide fuel cells                                                                                                                                                                  | 程世偉 | 程永能;李瑞益                 | 2013 | 中國機械工程學會第二十九屆全國學術研討會,國立中山大學, 2012-12-7~8                                      | 國內會議   |     |      |  | N | N |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 摻鋁錳酸鋁陶瓷保護膜被覆於不同固態氧化物燃料電池不鏽鋼連接板之探討                                                                                                                                                                                                                          | Evaluation of Protective La <sub>0.67</sub> Sr <sub>0.33</sub> MnO <sub>3-d</sub> Coatings on Various Stainless Steels Used for Solid Oxide Fuel Cell Interconnects                                                                                                                              | 黃○嘉 | 朱○霖;楊朋;張添昌;李○;楊○原       | 2013 | 1550-624X, Journal of Fuel Cell Science and Technology, 10, 021004-1~021004-6 | 國外學術期刊 | SCI | 1.14 |  | N | N |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術         | 核研所電漿噴塗金屬支撐型固態氧化                                                                                                                                                                                                                                           | The Development of Plasma Sprayed                                                                                                                                                                                                                                                                | 張鈞量 | 黃振興;蔡俊煌;粘勝輝;莊誌銘;        | 2013 | 第 37 屆國際先進陶瓷與複合材料會議及展覽會 37th                                                  | 國際會議   |     |      |  | N | N |

|     |                    |                                 |                                                                                                                                   |     |                              |      |                                                                           |        |     |       |   |   |  |
|-----|--------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------|--------|-----|-------|---|---|--|
|     | 與系統發展及應用           | 物燃料電池發展                         | Metal-Supported Solid Oxide Fuel Cells At Institute of Nuclear Energy Research                                                    |     | 程世偉;吳思翰                      |      | International Conference and Exposition, 美國佛羅里達州代托納比奇市<br>2013-1-27~2-1   |        |     |       |   |   |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 核能研究所發展之金屬支撐型固態氧化物燃料電池電池堆       | Development of Metal-Supported SOFC Stack at INER                                                                                 | 蔡俊煌 | 黃振興;張鈞量;莊誌銘;粘勝輝;吳思翰;程世偉;莊謝宗揚 | 2013 | ，2013 年陶業年會，台北科技大學，2013-05-24                                             | 國內會議   |     |       | N | N |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 脈衝直流磁控濺鍍陶瓷保護膜於不銹鋼表面之電性與微結構研究    | Electrical and Microstructural Properties of Ceramic Protective Film Coated Stainless Steels Using Pulsed DC Magnetron Sputtering | 楊朋  | 劉建國;吳錦裕;熊惟甲;李瑞益，             | 2013 | 中華民國陶業研究學會 102 年年會，台北科技大學，2013-05-24                                      | 國內會議   |     |       | N | N |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 低溫型固態氧化物燃料電池之製備與性質分析            | Fabrication and performance test of a low-temperature solid oxide fuel cell                                                       | 林泰男 | 李茂傳;楊榮澤;高維欣;李凌嵩;郭○毅          | 2013 | 2013 陶業學會年會，國立台北科技大學，2013-05-24                                           | 國內會議   |     |       | N | N |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 金屬支撐固態氧化物燃料電池 NiO/LDC 陽極之殘留應力   | Residual stresses in the atmospheric plasma sprayed NiO/LDC anode of the metallic supported solid oxide fuel cells                | 楊○欽 | 盧○宇;黃振興;蔡俊煌                  | 2009 | 0257-8972, Surface & Coatings Technology                                  | 國外學術期刊 | SCI | 1.941 | N | N |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 時效處理對於固態氧化物燃料電池玻璃陶瓷封裝劑高溫潛變特性之影響 | Aging effects on high-temperature creep properties of a solid oxide fuel cell glass-ceramic sealant                               | 林○光 | 林○亮;葉○宏;徐○鴻;劉建國;李瑞益          | 2013 | 0378-7753, Journal of Power Sources, 241, 1, 12~19                        | 國外學術期刊 | SCI | 4.675 | N | N |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 天然氣作為高溫燃料電池進料所需之重組觸媒研究現況        | The Development of Nature Gas Reforming Nano-catalysts with High Temperature Stability                                            | 許寧遠 | 張原銘;陳冠翔;鄭○才;李瑞益              | 2013 | 22；化工技術；21，8，124~137                                                      | 國內學術期刊 |     |       | N | N |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 平板式固態氧化物燃料電池玻璃封裝元件之模鑄製程模擬       | Simulation of Glass Molding Process for Planar Type SOFC Sealing Devices                                                          | 林○娟 | 許○淵;邱○郁;劉建國;李瑞益              | 2013 | Key Engineering Materials, 573, 131~136                                   | 國外學術期刊 | EI  |       | N | N |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 本所 SOFC 技術發展現況                  | Development of Solid Oxide Fuel Cell Technology at the Institute of Nuclear Energy Research                                       | 李瑞益 | 程永能;黃振興;李茂傳;許寧遠;洪文堂          | 2013 | Journal of Physical Science and Application, 3, 3, 175~183                | 國外學術期刊 | 其他  |       | N | N |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術         | SOFC BOP 規劃及熱工元件之開發             | Design and development of major balance of plant components in solid                                                              | 洪文堂 | 顏子翔;黃正男;譚學怡;趙裕               | 2012 | International Journal of Energy and Environment, Volume 4, Issue 1, 2013, | 國外學術期刊 | 其他  |       | N | N |  |

|                                            |                    |                                                                                        |                                                                                                                                                                      |     |                                    |      |                                            |           |  |     |   |   |  |
|--------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------------------------------------|------|--------------------------------------------|-----------|--|-----|---|---|--|
|                                            | 與系統發展及應用           | 測試                                                                                     | oxide fuel cell system                                                                                                                                               |     |                                    |      | 73~84                                      |           |  |     |   |   |  |
| 102                                        | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | $\mu$ DMFC 的電極結構與燃料改質對電池性能之影響                                                          | Effects of Electrode Structures and Methanol Modification on $\mu$ DMFC Performance                                                                                  | 楊○榮 | 盧昶璋;邱○成;李○宗                        | 2013 | 第十七屆奈米工程暨微系統技術研討會，逢甲大學，2013-08-22~23       | 國內會議(全論文) |  |     | N | N |  |
| 102                                        | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | Sol-gel 法合成 $\text{Sr}_2\text{MgMoO}_{6-\delta}$ 粉末及煅燒條件對不純相影響之研究                      | Study of $\text{Sr}_2\text{MgMoO}_{6-\delta}$ powders synthesis by sol-gel method and effect of calcination condition on its impurity phase.                         | 鍾翠芸 | 劉建國;黃○清;曾惠萍;楊朋;李瑞益                 | 2013 | 第八屆全國氫能與燃料電池研討會，聯合大學，2013-10-04~05         | 國內會議(全論文) |  | (無) | N | N |  |
| 102                                        | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 具 (GDC-LSM    LSM) 複合陰極層之固態氧化物燃料電池之製備與電效能分析                                            | Performance evaluation of anode-supported solid oxide fuel cell with (GDC-LSM    LSM) composite cathode                                                              | 林泰男 | 李茂傳;張揚狀;高維欣;楊榮澤;李凌嵩;郭○毅            | 2013 | 2013 中國材料科學學會年會，中央大學，2013-10-18~19         | 國內會議(全論文) |  |     | N | N |  |
| 102                                        | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 金屬雙極連接板預氧化層組成與電化學阻抗頻譜之研究                                                               | Microstructural characterization and electrochemical impedance spectroscopic analysis of the pre-oxides on the surface of metallic interconnect                      | 曾惠萍 | 楊朋;劉建國;鍾翠芸;李瑞益                     | 2013 | 2013 第八屆氫能與燃料電池研討會，聯合大學，2013-10-04~05      | 國內會議(全論文) |  | (無) | N | N |  |
| 102                                        | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 固態氧化物燃料電池用之天然氣重組觸媒 (Pt/CeO <sub>2</sub> /α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) 製作程序對性能的影響 | The effect of preparation procedures on the performances of Pt/CeO <sub>2</sub> /α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> catalysts in the reforming of natural gas for SOFC | 許寧逸 | 陳冠翔;張原銘;李瑞益;鄭○才                    | 2013 | 第六屆亞太催化會議 (APCAT-6)，臺北國際會議中心，2013-10-13~17 | 國際會議海報    |  |     | N | N |  |
| 102                                        | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | SOFC 發電系統與熱工元件長時間運轉性能測試                                                                | The long-term operation stability test of SOFC system with natural gas                                                                                               | 羅世坤 | 羅世坤;黃正男;譚學怡;林京翰;洪文堂;陳○達;鄒○;王俊修;林○佑 | 2013 | 第八屆氫能與燃料電池研討會，苗栗聯合大學，2013-10-04~05         | 國內會議(全論文) |  |     |   |   |  |
| 學術論著：37 篇 (國內期刊 2 篇、國外期刊 9 篇、國內外會議論著 26 篇) |                    |                                                                                        |                                                                                                                                                                      |     |                                    |      |                                            |           |  |     |   |   |  |

## 二、培育人才表(3)

|  |  |  |              |              |  |  |  |  |                                        |  |  |
|--|--|--|--------------|--------------|--|--|--|--|----------------------------------------|--|--|
|  |  |  | a 博士<br>b 碩士 | a 培育<br>b 培訓 |  |  |  |  | 升學(A)<br>服役(B)<br>待業(C)<br>其他(D)服務機構名稱 |  |  |
|--|--|--|--------------|--------------|--|--|--|--|----------------------------------------|--|--|

| 年度                 | 計畫名稱               | 姓名  | 學歷代碼 | 屬性 | 所屬執行計畫名稱                                                                                                       | 連絡地址 | 電話 | E-MAIL | 已畢業博碩士 | 服務機構名稱 | 備註 |
|--------------------|--------------------|-----|------|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----|--------|--------|--------|----|
| 102                | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 陳○明 | b    | a  | SOFC 先進金屬連接板材料成份之研究與開發                                                                                         |      |    |        |        | 清華大學   |    |
| 102                | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 徐○鴻 | b    | a  | SOFC 電池堆接合件高溫耐久機械性能分析(III)                                                                                     |      |    |        | 核研所替代役 | 中央大學   |    |
| 102                | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 溫○成 | a    | a  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 摻雜入 (R,M) <sub>2</sub> (Zr,Ti) <sub>2</sub> O <sub>7-d</sub> 作為 SOFC 電解質材料的研究開發 |      |    |        | 核研所替代役 | 淡江大學   |    |
| 102                | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 張○碩 | b    | a  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 摻雜入 (R,M) <sub>2</sub> (Zr,Ti) <sub>2</sub> O <sub>7-d</sub> 作為 SOFC 電解質材料的研究開發 |      |    |        |        | 淡江大學   |    |
| 102                | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 張○新 | b    | a  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 摻雜入 (R,M) <sub>2</sub> (Zr,Ti) <sub>2</sub> O <sub>7-d</sub> 作為 SOFC 電解質材料的研究開發 |      |    |        |        | 淡江大學   |    |
| 培育人才：博士 1 人、碩士 4 人 |                    |     |      |    |                                                                                                                |      |    |        |        |        |    |

## 三、智財資料表(8)

|     |              |                              | a 發明<br>b 專利<br>c 新式樣<br>d 商標<br>e 著作<br>f 智財 | a 中華民國<br>b 美國<br>c 歐洲<br>d 其他<br>e 填國家<br>f 名稱 |            |            |             |                      | 採西元年<br>月 如：<br>2005/01 | 採西元年<br>月 如：<br>2005/01 | a 申請<br>b 獲證<br>c 應用<br>d 移轉 |    |     |      |           |    |
|-----|--------------|------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------|------------|-------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|----|-----|------|-----------|----|
| 年度  | 計畫名稱         | 專利名稱                         | 專利類別代碼                                        | 授予國家代碼                                          | 申請日期       | 獲准日期       | 證書號碼        | 發明人                  | 專利權人                    | 有效期間(起)                 | 有效期間(迄)                      | 屬性 | 申請人 | 應用對象 | 移轉權利金(仟元) | 備註 |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系 | 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 | a                                             | c                                               | 2008/09/11 | 2012/11/14 | EP2166602A1 | 張揚狀;<br>李茂傳;<br>王俊修; | 核研所                     | 2008/09/11              | 2028/09/10                   | b  |     |      |           |    |

|     |                    |                                          |   |           |            |            |               |                                             |     |            |            |   |  |  |  |  |
|-----|--------------------|------------------------------------------|---|-----------|------------|------------|---------------|---------------------------------------------|-----|------------|------------|---|--|--|--|--|
|     | 統發展及應用             | 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 |   |           |            |            |               | 林泰男;<br>高維欣                                 |     |            |            |   |  |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 低污染節能型燃料電池堆測試裝置                          | a | b         | 2010/01/19 | 2012/12/18 | US8,333,125B2 | 蔡禹擎;<br>洪文堂;<br>王宏瑜;<br>李瑞益;<br>黃維屏         | 核研所 | 2010/01/19 | 2030/01/18 | b |  |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 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           | a | d<br>(日本) | 2008/03/12 | 2012/12/28 | 特許第 5166080   | 王俊修;<br>李茂傳;<br>林泰男;<br>張揚狀;<br>高維欣;<br>林立夫 | 核研所 | 2008/03/12 | 2028/03/11 | b |  |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 多氣式混合器與電漿火炬的混合氣供氣裝置                      | a | b         | 2009/10/29 | 2013/01/29 | US8,362,388B2 | 黃振興;<br>蔡俊煌;<br>孫○祖;<br>余任豐                 | 核研所 | 2013/01/29 | 2031/06/26 | b |  |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 多氣式混合器與電漿火炬的混合氣供氣裝置                      | a | a         | 2009/06/26 | 2013/02/11 | I385042       | 黃振興;<br>蔡俊煌;<br>孫○祖;<br>余任豐                 | 核研所 | 2013/02/11 | 2029/06/25 | b |  |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 固態氧化物燃料電池及其製作方法                          | a | a         | 2009/07/03 | 2013/02/11 | I385851       | 黃振興;<br>蔡俊煌;<br>孫○祖;<br>余任豐                 | 核研所 | 2013/02/11 | 2029/07/02 | b |  |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 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    | a | d<br>(日本) | 2008/03/11 | 2013/02/15 | 特許第 5198908   | 高維欣;<br>李茂傳;<br>林泰男;<br>王俊修;<br>張揚狀;<br>林立夫 | 核研所 | 2008/03/11 | 2028/03/11 | b |  |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 高溫燃料電池熱能管理系統                             | a | a         | 2009/10/23 | 2013/03/01 | I388083       | 余冬帝;<br>程永能;<br>李瑞益                         | 核研所 | 2013/03/01 | 2029/10/22 | b |  |  |  |  |

|     |                    |                                             |   |           |            |            |               |                                                             |     |            |            |   |  |  |  |  |
|-----|--------------------|---------------------------------------------|---|-----------|------------|------------|---------------|-------------------------------------------------------------|-----|------------|------------|---|--|--|--|--|
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 平板型固態氧化物燃料電池之電池堆流道                          | a | d<br>(日本) | 2007/08/02 | 2013/03/08 | 特許第 5213014   | 程永能;<br>李瑞益;<br>邱耀平;<br>林金福                                 | 核研所 | 2007/08/02 | 2027/08/01 | b |  |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 易組裝及抽換之平板型固態氧化物燃料電池電池堆結構                    | a | b         | 2011/06/27 | 2013/03/19 | US8,399,143B2 | 林弘翔;<br>李瑞益;<br>程永能                                         | 核研所 | 2011/06/27 | 2031/06/26 | b |  |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 高性能固態氧化物燃料電池膜電極組合元件(單元電池)中全緻密之濺鍍電解質層之創新製作程序 | a | d<br>(日本) | 2008/04/30 | 2013/03/29 | 特許第 5231080   | 林泰男;<br>李茂傳;<br>高維欣;<br>張揚狀;<br>王俊修;<br>林立夫                 | 核研所 | 2008/04/30 | 2028/04/29 | b |  |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 具滾動轉子之連續塗敷方法及其裝置                            | a | b         | 2009/12/14 | 2013/04/09 | US8,414,975B2 | 張慧良;<br>張榕修                                                 | 核研所 | 2009/12/14 | 2029/12/13 | b |  |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 固態氧化物燃料電池堆在封裝製程中元件間最佳接觸壓力量測方法及其量測裝置         | a | b         | 2010/09/02 | 2013/04/23 | US8,427,174B2 | 李茂傳;<br>高維欣;<br>林泰男;<br>吳思翰;<br>程永能;<br>張揚狀;<br>李瑞益;<br>王俊修 | 核研所 | 2013/04/23 | 2031/08/23 | b |  |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 固態氧化物燃料電池堆在封裝製程中元件間最佳接觸壓力量測方法及其量測裝置         | a | a         | 2010/03/12 | 2013/05/01 | I395366       | 李茂傳;<br>高維欣;<br>林泰男;<br>吳思翰;<br>程永能;<br>張揚狀;<br>李瑞益;<br>王俊修 | 核研所 | 2013/05/01 | 2030/03/11 | b |  |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 氣體反應裝置                                      | a | a         | 2009/10/30 | 2013/05/21 | I396590       | 簡俊清;<br>邱顯都;<br>林素賢;<br>黃婉敏;<br>許寧逸                         | 核研所 | 2013/05/21 | 2029/10/29 | b |  |  |  |  |

|     |                    |                                |   |           |            |            |               |                                                             |     |            |            |   |  |  |  |  |
|-----|--------------------|--------------------------------|---|-----------|------------|------------|---------------|-------------------------------------------------------------|-----|------------|------------|---|--|--|--|--|
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 具特定孔隙率與氣體透過率之固態氧化物燃料電池之電極層製備方法 | a | d<br>(日本) | 2008/05/14 | 2013/05/24 | 特許第 5275679   | 李茂傳;<br>張揚狀;<br>林泰男;<br>高維欣;<br>王俊修;<br>林立夫                 | 核研所 | 2008/05/14 | 2028/05/14 | b |  |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 儲氫結構形成方法                       | a | a         | 2010/01/08 | 2013/07/01 | I400195       | 曹正熙;<br>余明昇;<br>曾怡仁;<br>吳秀珠;<br>鍾翠芸;<br>張華紋;<br>曾宦雄;<br>簡俊清 | 核研所 | 2013/07/01 | 2030/01/07 | b |  |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 應用於高溫燃料電池之多孔性介質燃燒器             | a | b         | 2010/03/09 | 2013/06/04 | US8,454,355B2 | 蔡禹擎;<br>顏子翔;<br>洪文堂;<br>黃正男;<br>王宏瑜;<br>黃維屏;<br>李堅雄         | 核研所 | 2010/03/09 | 2030/03/08 | b |  |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 動態儲氫的裝置及其方法                    | a | a         | 2010/10/26 | 2013/07/11 | I401208       | 董成祥;<br>余明昇;<br>吳秀珠;<br>曾宦雄                                 | 核研所 | 2013/07/11 | 2030/10/25 | b |  |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 燃料電池自動化測試程序之監控裝置               | a | a         | 2008/10/30 | 2013/07/11 | I401456       | 王宏瑜;<br>蔡禹擎;<br>洪文堂;<br>顏子翔;<br>黃正男;<br>黃維屏                 | 核研所 | 2013/07/11 | 2028/10/29 | b |  |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 具特定孔隙率與氣體透過率之固態氧化物燃料電池之電極層製備方法 | a | a         | 2007/11/30 | 2013/08/11 | I405363       | 李茂傳;<br>張揚狀;<br>林泰男;<br>高維欣;<br>王俊修;<br>林立夫                 | 核研所 | 2013/08/11 | 2027/11/29 | b |  |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 平板型燃料電池之線上高度量測系統               | a | b         | 2008/12/02 | 2013/07/16 | US8,486,576B2 | 程永能;<br>李瑞益;<br>林弘翔                                         | 核研所 | 2008/12/02 | 2028/12/01 | b |  |  |  |  |



|     |                    |                                             |   |           |            |            |             |                                                                     |     |            |            |   |  |  |  |  |
|-----|--------------------|---------------------------------------------|---|-----------|------------|------------|-------------|---------------------------------------------------------------------|-----|------------|------------|---|--|--|--|--|
|     | 應用                 |                                             |   |           |            |            |             |                                                                     |     |            |            |   |  |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 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 | a | a         | 2009/08/12 | 2013/08/21 | I405609     | 王俊修;<br>李茂傳;<br>林泰男;<br>張揚狀;<br>高維欣                                 | 核研所 | 2013/08/21 | 2029/08/11 | b |  |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 一種用於固態氧化物燃料電池之雙層陽極-金屬基板結構及其製作方法             | a | a         | 2010/7/23  | 2013/10/1  | I411154     | 黃振興;<br>蔡俊煌;<br>余任豐;<br>張鈞量;<br>林君孟;<br>程世偉                         | 核研所 | 2013/10/1  | 2030/7/22  | b |  |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 一種固態氧化物燃料電池之高溫爐                             | a | a         | 2011/1/14  | 2013/10/21 | I412714     | 李大正;<br>程永能;<br>吳思翰;<br>林弘翔                                         | 核研所 | 2013/10/21 | 2031/1/13  | b |  |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 一種二氧化碳使用於固態氧化物燃料電池—二氧化碳能源轉化循環方法及其裝置         | a | a         | 2010/11/09 | 2013/11/01 | I414101     | 李茂傳;<br>王俊修;<br>張揚狀;<br>高維欣;<br>林泰男;<br>張仁禎;<br>楊榮澤;<br>李凌嵩         | 核研所 | 2013/11/01 | 2030/11/08 | b |  |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 固態氧化物燃料電池之多孔金屬基板結構及其之製作方法                   | a | a         | 2010/07/23 | 2013/11/21 | I416787     | 黃振興;<br>蔡俊煌;<br>余任豐;<br>張鈞量;<br>林君孟;<br>程世偉                         | 核研所 | 2013/11/21 | 2030/07/22 | b |  |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 應用於燃料電池發電系統之燃燒重組器                           | a | d<br>(日本) | 2012/03/13 | 2013/10/04 | 特許第 5376384 | 洪文堂;<br>黃正男;<br>蔡禹擎;<br>譚學怡;<br>羅世坤;<br>林明達;<br>賴振坡;<br>程永能;<br>李瑞益 | 核研所 | 2012/03/13 | 2032/03/12 | b |  |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電           | 一種二氧化碳使用於固態氧化物燃料電池                          | a | c         | 2010/12/20 | 2013/07/31 | EP2450994B1 | 李茂傳;<br>王俊修;                                                        | 核研所 | 2010/12/20 | 2030/12/20 | b |  |  |  |  |

|     |                    |                          |   |   |            |  |  |                                             |     |  |  |   |  |  |  |
|-----|--------------------|--------------------------|---|---|------------|--|--|---------------------------------------------|-----|--|--|---|--|--|--|
|     | 技術與系統發展及應用         | 一二氧化碳能源轉化循環方法及其裝置        |   |   |            |  |  | 張揚狀;<br>高維欣;<br>林泰男;<br>張仁禎;<br>楊榮澤;<br>李凌嵩 |     |  |  |   |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 固態氧化物燃料電池熱工元件整合裝置        | a | b | 2013/03/15 |  |  | 洪文堂;<br>黃正男;<br>羅世坤;<br>譚學怡;<br>丁桓展;<br>賴振坡 | 核研所 |  |  | a |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 固態氧化物燃料電池熱工元件整合裝置        | a | c | 2013/03/15 |  |  | 洪文堂;<br>黃正男;<br>羅世坤;<br>譚學怡;<br>丁桓展;<br>賴振坡 | 核研所 |  |  | a |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 固態氧化物燃料電池之處理方法及其裝置       | a | b | 2013/03/18 |  |  | 黃振興;<br>張鈞量;<br>蔡俊煌;<br>粘勝輝;<br>莊誌銘;<br>程世偉 | 核研所 |  |  | a |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 金屬支撐型之固態氧化物燃料電池之結構及其製造方法 | a | b | 2013/05/03 |  |  | 黃振興;<br>蔡俊煌;<br>張鈞量;<br>粘勝輝;<br>莊誌銘;<br>程世偉 | 核研所 |  |  | a |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 熱能回收儲存裝置                 | a | a | 2013/06/21 |  |  | 余冬帝;<br>程永能;<br>楊○智                         | 核研所 |  |  | a |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 模組化平板型固態氧化物燃料電池堆         | b | a | 2013/10/4  |  |  | 林弘翔;<br>吳思翰;<br>程永能;<br>李瑞益                 | 核研所 |  |  | a |  |  |  |
| 102 | 高溫燃料電池發電           | 熱回收儲存裝置                  | a | b | 2013/10/11 |  |  | 余冬帝;<br>程永能;                                | 核研所 |  |  | a |  |  |  |

|                     |                    |                     |   |   |            |  |  |                             |     |  |  |   |  |  |  |  |
|---------------------|--------------------|---------------------|---|---|------------|--|--|-----------------------------|-----|--|--|---|--|--|--|--|
|                     | 技術與系統發展及應用         |                     |   |   |            |  |  | 楊○智                         |     |  |  |   |  |  |  |  |
| 102                 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 蜂巢狀奈米金屬氧化物天然氣重組觸媒製程 | a | a | 2013/10/2  |  |  | 許寧逸;<br>張原銘;<br>陳冠翔;<br>李瑞益 | 核研所 |  |  | a |  |  |  |  |
| 102                 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 蜂巢狀奈米金屬氧化物天然氣重組觸媒製程 | a | b | 2013/10/21 |  |  | 許寧逸;<br>張原銘;<br>陳冠翔;<br>李瑞益 | 核研所 |  |  | a |  |  |  |  |
| 專利：已獲取 29 件、申請中 9 件 |                    |                     |   |   |            |  |  |                             |     |  |  |   |  |  |  |  |

## 四、技術報告表(9)

|     |                    |                                              |                             |                |    |      |        |
|-----|--------------------|----------------------------------------------|-----------------------------|----------------|----|------|--------|
|     |                    |                                              | 作者姓名間以半型分號「;」隔開             | 採西元年<br>如：2005 |    |      |        |
| 年度  | 計畫名稱               | 報告名稱                                         | 作者姓名                        | 出版年            | 頁數 | 出版單位 | 備註     |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 固態氧化物燃料電池(SOFC)封裝用玻璃材料製配標準作業程序書(第3版)         | 劉建國;李鑽生;郭清輝;姜紀光             | 2012           |    | 核研所  | 作業程序書  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 1-kW 固態氧化物燃料電池之儀控程式操作手冊 2012 版               | 羅世坤;黃正男;譚學怡;丁桓展;洪文堂;<br>賴振坡 | 2012           |    | 核研所  | 作業程序書  |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 旋轉電極粉末陽極支撐材之研究                               | 姜○文;程○穆;連○喜                 | 2012           |    | 核研所  | 委託計畫報告 |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 國際 SOFC 應用市場與標準之研析與策略規劃                      | 鄭○宗;汪○宜;林○民;左○德;張○直         | 2012           |    | 核研所  | 委託計畫報告 |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 固態氧化物燃料電池封裝材料一體成型壓鑄製程設計                      | 林○娟;許○淵;廖○勳                 | 2012           |    | 核研所  | 委託計畫報告 |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | SOFC 電池堆接合件高溫耐久機械性能分析(II)                    | 林○光                         | 2012           |    | 核研所  | 委託計畫報告 |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | ZnO 摻雜入(R,M)2(Zr,Ti)2O7-d 作為 SOFC 電解質材料的研究開發 | 高○春                         | 2012           |    | 核研所  | 委託計畫報告 |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 用於固態氧化物燃料電池堆疊之鍍銀膠接觸層特性研究報告                   | 熊惟甲;劉建國;楊 朋;吳思翰             | 2012           |    | 核研所  | 研究報告   |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 外部歧管應用於 kW 級固態氧化物系統之數值分析實驗討論                 | 羅世坤;黃正男;譚學怡;丁桓展;洪文堂;<br>賴振坡 | 2012           |    | 核研所  | 研究報告   |
| 102 | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | KW 級固態氧化物燃料電池系統熱工元件與電池堆性能分析                  | 羅世坤;黃正男;譚學怡;丁桓展;洪文堂;<br>賴振坡 | 2012           |    | 核研所  | 研究報告   |

|              |                    |                                                 |                                         |      |  |     |            |
|--------------|--------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------|------|--|-----|------------|
| 102          | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 儲氫材料與技術研發與應用計畫總結報告                              | 余明昇;曹正熙;鍾翠芸;曾惠萍;曾怡仁                     | 2012 |  | 核研所 | 研究報告       |
| 102          | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 藉由甘胺酸-硝酸鹽程序製備可應用於質子型固態氧化物燃料電池之鋁鉍鋁鎢氧化物陶瓷粉體及其特性分析 | 高維欣;李茂傳;林泰男;李凌嵩;楊榮澤                     | 2012 |  | 核研所 | 研究報告       |
| 102          | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 參加 2013 美國第 37 屆國際先進陶瓷與複合材料會議及展覽會公差報告           | 李茂傳                                     | 2013 |  | 核研所 | 出國報告       |
| 102          | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 赴美國參加 ICACC-2013 出國公差報告                         | 張鈞量                                     | 2013 |  | 核研所 | 出國報告       |
| 102          | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 多孔介質燃燒器利用擴散火焰進行逆水氣轉移之可行性研究                      | 林京翰;蘇○聖;賴○彬;蔡○呈;賴○祥                     | 2012 |  | 核研所 | 研究報告       |
| 102          | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 儲氫匣存放模擬設備標準操作程序手冊                               | 鍾翠芸;曾惠萍;陳建宏;余明昇                         | 2012 |  | 核研所 | 技術手冊及技術程序書 |
| 102          | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 以陽極添加氧化鋁製備陽極支撐型固態氧化物燃料電池                        | 李凌嵩;李茂傳;林泰男;高維欣;楊榮澤;郭弘毅;程世偉             | 2012 |  | 核研所 | 研究報告       |
| 102          | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 感應耦合電漿合成法進行鈣鈦礦氧化物粉末之製備與特性分析                     | 張鈞量;黃振興;蔡俊煌;莊謝宗揚;粘勝輝;莊誌銘;楊昇府            | 2013 |  | 核研所 | 研究報告       |
| 102          | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | YSZ 型陽極支撐型固態氧化物燃料電池之例行性電性測試                     | 李凌嵩;李茂傳;林泰男;高維欣;楊榮澤;郭弘毅                 | 2013 |  | 核研所 | 研究報告       |
| 102          | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 以高壓熱重分析儀(HPTGA)量測鎳粉的氫氣吸附量之探討                    | 曾惠萍;余明昇;鍾翠芸                             | 2013 |  | 核研所 | 研究報告       |
| 102          | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | SOFC 開放式與陰陽極封閉式電池測試與分析                          | 程世偉;吳思翰;林弘翔;程永能;李瑞益                     | 2012 |  | 核研所 | 研究報告       |
| 102          | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 以鋁及鎂摻雜鎳酸鋁氧化物作為固態氧化物燃料電池電解質之文獻回顧                 | 楊榮澤;李茂傳;林泰男;高維欣;李凌嵩;郭弘毅                 | 2013 |  | 核研所 | 研究報告       |
| 102          | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 天然氣進料之具高溫穩定性奈米重組觸媒研製                            | 張原銘;許寧逸;陳冠翔;鍾翠芸;曾惠萍                     | 2013 |  | 核研所 | 研究報告       |
| 102          | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 高壓熱重分析儀 TherMax500 標準操作程序書(第 2 版)               | 曾惠萍;王誠佑;余明昇;鍾翠芸                         | 2013 |  | 核研所 | 作業程序書      |
| 102          | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 以定壓儲氫系統進行低能核反應實驗標準操作程序手冊                        | 鍾翠芸;余明昇;曾惠萍;陳建宏                         | 2013 |  | 核研所 | 技術手冊及技術程序書 |
| 102          | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | MSC SOFC 電池堆測試標準操作程序                            | 盧昶璋;吳思翰;林弘翔;李大正;程永能;李瑞益                 | 2013 |  | 核研所 | 技術手冊及技術程序書 |
| 102          | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 陽極回收噴嘴幾何參數分析                                    | 鍾汶修;林弘翔;程永能;李瑞益                         | 2013 |  | 核研所 | 研究報告       |
| 102          | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 1-kW SOFC 發電系統整合設計與組裝流程                         | 黃正男;洪文堂;羅世坤;譚學怡;丁桓展;林京翰;施勇全;賴振坡;鍾增光;李瑞益 | 2013 |  | 核研所 | 研究報告       |
| 102          | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 赴大陸參加「第五屆世界氫能技術大會」出國報告                          | 劉建國                                     | 2013 |  | 核研所 | 出國報告       |
| 102          | 高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用 | 赴日本沖繩參加 SOFC XIII 研討會出國報告                       | 余冬帝;李瑞益                                 | 2013 |  | 核研所 | 出國報告       |
| 研究/技術報告：30 篇 |                    |                                                 |                                         |      |  |     |            |

## 附件二：102 年度期中審查意見回覆

## 核能研究所 102 年度科技計畫(期中)成果效益報告審查委員意見及回復表

| 計畫名稱：高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 審查單位：核能研究所                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                             |
| 審查委員意見                                                                                                                                                                                     | 回復說明                                                                                                                                                        |
| 1. 自 2011 年起，全球燃料電池產業的主要動向：(1)日本家用燃料電池市場蓬勃發展；(2)南韓推動燃料電池發電廠示範計畫；(3)多家車廠宣示 2015 年燃料電池車輛商用化；(4)SOFC 技術成為分散式電廠應用趨勢；(5)車用燃料電池將帶動燃料電池需求量大幅成長。其中高溫燃料電池 SOFC 已愈重要，包括高溫熱氣之利用。本計畫應發展 CHP 系統以提高整體效率。 | 國際 SOFC 的產業技術發展，已進入萌芽及加速發展的階段；國內業界並已為國際燃料電池大廠的主要零組件加工者，故本所在相關技術的發展上必須加速並強化，以連結國內產業界的能量，創造國內 SOFC 新興產業的發展。目前計畫正進行熱能回收系統之建置，將與無電熱裝置之 SOFC 發電系統進行整合測試，以提高整體效率。 |
| 2. 各項量化績效指標，皆已如期達成，包括論文、研究報告、技術報告、專利申請與獲得等，並發展各項創新技術。主持人與計畫成員於「台灣 SOFC 產業聯盟」籌組會議中推動國內加速 SOFC 技術發展，顯見本所 SOFC 研發能力受國際及國內肯定。                                                                  | 謝謝委員肯定。除繼續努力達成各項年度指標外，對於「台灣 SOFC 產業聯盟」之籌組，將積極協助業界促其早日成立。<br>本所於國內及國際平台上，SOFC 技術的發展已具相當的能量。於國際數項 SOFC 的主要論壇上，宜派員與會，以促進國際之交流合作及彰顯國內之研發成效。                     |
| 3. 應積極與國內業者洽商電池片製程和測試、電池堆組裝自動化等技轉及技術合作相關事宜，並完成與中○公司之技術授權案，加速國內 SOFC 產業鏈之建構。使用自產之電池片組裝 SOFC。                                                                                                | 已與九○公司簽署保密協定，準備進行陶瓷基板支撐型電池片製程之技轉；另與漢○科技股份有限公司合作開發電漿噴塗連接板保護膜，啟動金屬基板支撐型電池片技轉程序。正洽詢國內業者合作進行電池堆自動化組裝程序之開發。<br>本年度以自產之電池片組裝電池堆做為發電系統之核心組件。                       |
| 4. 國內對於發展燃料電池應用產品尚未定位，建議可以本身核心技術與國際知名燃料電池公司合作，成為其關鍵組件重要供應鏈。此外，爭取燃料電池應用示範、政府補助、基礎建設皆有助於建立國內產業地位。                                                                                            | 目前國內數家業者現為美國某燃料電池大廠之主要組件供應者，後續並仍有擴大的趨勢，以提昇國內於全球產業鏈上的占比。<br>本計畫於整體技術開發上，已掌握相關之關鍵核心技術，並以做相關的專利佈局，俾利於技術本土化目標之落實。<br>計畫後續施行的策略:協助業者擴大台灣在全                       |

|  |                                                                                         |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------|
|  | 球 SOFC 產業鏈上的占比、透過國際合作引進先進技術、維持自主創新的研發能量以建立自有品牌，以形成台灣 SOFC 產業聚落，維持國家的長期競爭力，完整建構此一新興能源產業。 |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------|

## 附件三：102 年度期末審查意見回覆

## 102 年度科技計畫(期末)成果效益報告審查委員意見及回覆表

| 計畫名稱：高溫燃料電池發電技術與系統發展及應用                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 審查單位：核能研究所                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                   |
| 審查委員意見                                                                                                                | 回覆說明                                                                                                                                                                                                              |
| 1. 量化績效指標，皆已如期達成，包括論文、研究報告、技術報告、專利申請與獲得等，並發展各項創新技術。發表國外期刊 9 篇於國際知名期刊；會議論文國外 8 篇，提高國際能見度。與該領域之專家做交流，促進學術及技術水平之提昇。      | 敬悉。                                                                                                                                                                                                               |
| 2. 主持人與計畫成員假國立台北科技大學辦理 SOFC 專家會議，邀請國內產業界相關人士，計有 86 人參加。所內計畫成員等 3 人進行計畫成果簡報，加速 SOFC 相關產業及技術之發展，顯見本所 SOFC 研發能力受國際及國內肯定。 | 謝謝委員肯定。                                                                                                                                                                                                           |
| 3. 與中○公司合作之 kW 級 SOFC 發電系統，圓滿達成持續運轉 500 hrs，運轉過程中，功率輸出約 730 W，各熱工組件性能正常，重組器之 N.G.重組效率達 98%以上，績效良好，可考量後續工作。            | 經由與中○公司之合作，計畫將就品質及性能持續進行精進及改善，以期落實技術產業本土化的目標。                                                                                                                                                                     |
| 4. 技術移轉，技轉授權金及簽約金等金額，應列為未來評核主要重點。此外是否採用本所自製之 MEA 組裝系統，其特性為何，應列為重要效益項目。                                                | <p>1. 謝謝委員指示，技術移轉，技轉授權金及簽約金等項目已列為本所未來評核主要重點，本計畫當努力以赴。於 103 年度本所將與中○○能科技研究所進行技轉合作案。</p> <p>2. 計畫於 103 年 1 月與國內九○公司簽約技轉、技術授權 MEA 生產技術，以利於國內 SOFC 產業鏈之建構。</p> <p>3. 本所自製之電池單元(ASC 及 MSC)都將組成電池堆供系統測試，已呈現計畫之整體成效。</p> |
| 5. 國際及大陸 SOFC 研發及產業發展迅速，大陸機構包括上海珪酸鹽所與寧波材料所等，其中寧波材料所已經開始銷售，核研所可考慮研究是否有與外界合作的可行性。                                       | <p>1. 當前國際於 SOFC 技術及產業有顯著的進展，對於計畫的推展應有正面效益。</p> <p>2. 計畫與國內外主要研究團隊均有直接或間接的接觸，以掌握國際的發展狀況及趨勢；在下一期的計畫中，除持續技術上的精進外，並朝向建構產業平台，俾利於國內 SOFC 產業化的發展。</p>                                                                   |