

政府科技計畫成果效益報告

計畫名稱：淨碳技術發展

節能減碳 分項/ 淨煤、捕碳、儲碳 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：行政院原子能委員會

執行單位：核能研究所

第二部分：淨碳技術發展國家型科技計畫年度成果效益報告

壹、基本資料：

計畫名稱：淨碳技術發展

主持人：邱耀平

審議編號：102-2001-02-癸-06

計畫期間(全程)：99年1月1日至102年12月31日

計畫期間(本年度)：102年1月1日至102年12月31日

年度經費：19,083千元 全程經費規劃：102,003千元

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：(計畫全程以及各年度之具體目標填報)

IPCC 2007 AR4 揭櫫警訊顯示，全球暖化現象已昭然若揭，而主要元兇亦呼之欲出。為減緩全球氣候變化，吾人必須儘速投資於科技知識來支持人類活動全方位的必要改變，以確保邁向一個永續之未來。鑑於地球暖化之舉世效應，其因應對策亦須為全球化格局。近年來，各國面臨氣候暖化及石化燃料短缺所帶來的問題，莫不積極投入潔淨能源的開發；例如，如何減少火力電廠、化工廠、煉鋼廠等大量二氧化碳排放的淨碳技術最受各方關注，而先進氣化與二氧化碳捕獲、封存正為其關鍵。有鑑於此，國內權責單位宜務實面對此一問題，及早規劃因應對策。國內團隊經由促進國際交流，提升相關研發技術及開拓研發領域，預期將可加速強化國內在此方面之未來競爭優勢；其次，與國際團隊共同努力分擔風險，將有助於對國際社會宣示台灣對全球暖化議題之重視，可充分表達我國對永續發展議題積極參與之態度。

行政院於2008年6月5日，通過「永續能源政策綱領」，其內容涵蓋下列面向：(1)政策目標為創造跨世代能源、環境、經濟(3E)三方面平衡發展的社會體系；(2)基本原則將建構二高二低的能源消費型態與能源供應系統；(3)推動綱領將由能源供應面的「淨源」與能源需求面的「節流」做起。2008年9月4日，行政院進一步通過「永續能源政策綱領－節能減碳行動方案」，彙集各構面之節能減碳具體措施，輔以完善之法規基礎與相關配套機制之整體規劃，執行主要之具體行動計畫，加速推動台灣邁向節能減碳社會。「節能減碳」為環境倫理典範轉移的一場寧靜社會革命，政府將以政策導引的方式，逐步引領國人調整國民生活習慣與整體產業結構，推動社會消費與生產型態的寧靜革命。

2009年11月20日總統聽取「節能減碳專案報告－我國推動節能減碳政策措施與發展遠景」簡報會議指示：行政院應強化現有跨部會專案小組整合功能，規劃我國「節能減碳總計畫」，訂定國家總目標，並定期提出檢討報告，發表節能減碳白皮書。而後於2010年1月18日行政院召開節能減碳推動會99年度第1次委員會。並於5月公布國家節能減碳總計畫，並定下國家節能減碳總目標為：

1. 節能目標：未來8年每年提高能源效率2%以上，使能源密集度於2015年較2005年下降20%以上；並藉由技術突破及配套措施，2025年下降50%以上。

2. 減碳目標：全國二氧化碳排放減量，於 2020 年回到 2005 年排放量，於 2025 年回到 2000 年排放量。

根據經濟部能源局於 2010 年 7 月出版之「我國燃料燃燒 CO₂ 排放統計與分析」顯示，我國 2009 年二氧化碳總排放量為 239.615 百萬公噸。依國際能源署(IEA)所出版之 Key World Energy Statistics 2009 資料，2007 年我國二氧化碳總排放量為 276.18 百萬公噸，約佔全球總排放量(28,962 百萬公噸)千分之 9.5。當今歐美各國相繼為二氧化碳排放提出的減量策略，尤其歐美各國未來將對碳排放量大的國家進行貿易制裁，我國必須避免因溫室氣體排放問題成為經貿的絆腳石，節能減碳更成為是我國刻不容緩推動的重點。在「永續能源政策綱領」中，推動能源結構改造與效率提升係「淨源」方面之重點；而透過國際共同研發，引進淨煤技術及發展碳捕捉與封存，降低發電系統的碳排放尤其是關鍵。本研究係一整合型計畫，兼顧減碳策略評估與淨煤技術發展，掌握永續社會發展條件，逐步建構出前瞻性的能源政策評估模型、氣化系統工程技術與先進製程研究規畫。

本計畫總目標概述如下：

1. 建立氣化關鍵技術與系統整合能力，並籌建實驗級示範系統設施，及在中高溫(500 度)環境下之高效率淨化(除塵及除硫)系統，以利未來先進氣化系統開發與特性測試，冀望達成潔淨減碳之政策目標與推動產業自主化。
2. 建立二氧化碳捕獲與氣化整合、及先進氣體轉化分離技術，配合國家儲碳策略規劃，發展可行之產氫技術，以冀望達到減碳政策目標與推廣商用化應用。

茲摘要說明全程計畫各主要工作分類與逐年相關目標如下：

全程計畫摘要：

1. 淨煤關鍵次系統開發與小型示範系統設施建立

- (1)完成淨煤技術示範系統規劃、設計分析以及基礎建置工作。
- (2)進行高溫過濾器系統(>500°C)實驗測試與相關驗證，以符合示範系統後續之需求。
- (3)建立中高溫氣體轉化分離材料研製與性能特性資料庫，提供符合示範系統後續需求之材料配方以及反應器形式。
- (4)建立反應器系統與程序迴路，提供示範系統進行初步性能驗證。

2. 中高溫碳捕捉與再利用技術開發：

- (1)建立公斤級捕碳劑研製技術，操作溫度>600°C，轉化率大於 80-90%。
- (2)完成 1-10 kW 級碳捕獲反應器建置，以精進 50-100 小時以上除碳性能

各年度計畫目標：

99 年度：

1. 氣化系統設計與優化技術開發：

- (1) 完成整合型穩態氣化系統(含 ASU, Gasifier, AGR, CC) 基礎模型與複循環發電熱工驗證操作模型(如 GE7F)的建構，探討初步操作參數對系統的影響，以提供後續進行不同燃料組成之研究。
- (2) 建構反應器基本熱流場及化學反應 CFD 模型建置，探討燃料轉換程序分析，進行多相流反應與煤炭氣化程序分析。

2. 中高溫合成氣淨化技術開發：

- (1) 完成顆粒移動床過濾器三維冷性能系統設計及建置，並彙整測試結果（過濾效率需達到 98%）及進行數據分析，以作為熱模設計之基礎參考資料。
- (2) 完成合成氣淨化系統之可行性評估作業與反應機制選定作業，以進行後續系統開發。

3. 化學環路氣體分離程序技術開發：

- (1) 完成化學迴路金屬載氧體(Oxygen carrier)材料製備方法研究，載氧體材料物性(ICP-AES、XRD、BET、SEM 及 TGA)分析數據，以進行後續載氧體化性測試。
- (2) 進行化學迴路程序(CLP)冷模可行性評估與反應系統開發，完成 75 kW 冷模化學迴路流體化床測試裝置建立。

4. 中高溫碳捕捉技術與再利用之研究與應用：

- (1) 建置中高溫二氧化碳捕捉材料(Sorbent)研製與特性評估測試實驗室，完成鹼性金屬氧化物開發與熱重分析測試（600°C 以上捕碳轉化率大於 50%），進行捕碳材料長時間穩定測試（前 50 週期之捕碳效能維持在 90% 以上）。
- (2) 建立碳源迴路及再利用評估 (Carbon cycle and Reutilization)，建立小型碳再利用反應器系統(溫度 30-80°C 及壓力>80 bar)，並進行利用路徑技術規劃並評估其反應性能。

5. 能源技術系統模型：

- (1) 完成 MARKAL 模型住商部門分析及減碳情景設定。
- (2) 完成 CGE 預測理論與初步模型建置，以及 MARKAL-CGE 基本模型整合作業並進行整合模型情境設定與初步政策評估作業。

100 年度：

1. 淨碳系統模擬分析技術開發：

- (1) 完成以 CFD 軟體(Fluent)建立氣化爐模型，進行細部暫態化學反應分析工作與參數化研究。藉由建立數條均相與非均相反應式，進行細部化學反應分析工作，分析特定反應式對於氣化反應之影響。
- (2) 建立 MW 級氣化多聯產系統分析模型，進行 CO₂ 排放評估與程序調整。藉由 Pro/II 軟體進行二氧化碳捕獲性能影響評估工作。探討氣化技術於發電應用結合 CO₂ 捕獲之效能影響，設計與分析目標為：結合 90% 二氧化碳捕獲之損失控制在系統效能下降 7 個百分點以內。
- (3) 完成太陽光電技術經濟之初步評估並繪製我國各區域太陽光電需求曲線，可作為未來政府規劃太陽光電地區配置與產業發展之參考。
- (4) 完成 MARKAL 資料庫更新及 BAU、CCS 等減量情境模型之建置與初步分析。在減量情境中，我國 2050 年時將有 4 成的電力來自於燃煤發電+CCS。該結果可作為未來政府規劃先進燃煤發電技術及 CCS 技術配置量與產業發展之參考。

2. 中高溫氣體淨化與分離技術開發

- (1) 完成複合式流動濾材基礎流動性質量測作業，建立二維冷性能測試平台之設計基礎能力。

- (2) 完成中高溫淨化設備相關次系統(粒子特性分析系統、濾材加熱系統及熱交換器)之製造及組裝作業,並於固定濾材質量流率 600 g/min、粉塵濃度 7500 ppmw(7.276 g/m³)、風速 35 cm/sec(1.189*10⁴ cm³/sec)及溫度 18.5°C、100°C 及 150°C 之操作參數條件下,系統之過濾效率可達 96%。
 - (3) 完成 20FA 脫硫劑吸附測試,硫載量可以達到 6.33g-S/100g sorbent,並在 ASTM 4058-96 的測試標準下得到磨耗率在 10 wt% 以內。
 - (4) 完成 1 kW 雙流體化床反應器之測試驗收,反應器設計採(1)流體化床氧化反應器與(2)泡沫床燃料反應器之設計,達到不同流體化條件載氧體的反應性測試,以獲取最佳參數之探討,並完成耐壓 5.0 kg/cm² 測試,確保測試安全無慮。
3. 中高溫碳捕捉與再利用技術開發
- (1) 完成中高溫捕碳劑研製與公斤級小型量產設備,達成 600°C 以上捕碳轉化率大於 90%,50-100 次回路轉化率 80%。
 - (2) 建立捕碳劑 40 小時以上長期穩定捕碳性能,及小型溫壓控制二氧化碳反應系統建置。

101 年度:

1. 淨碳關鍵次系統開發與小型示範系統設施建立
 - (1) 逐步建置淨碳技術示範系統,並以分析程式進行系統單元設計與改善工作,完成淨碳技術示範系統基礎建置工作。
 - (2) 進行高溫過濾器系統溫度大於 400°C 實驗測試,以利未來應用於示範設施之相關驗證。
 - (3) 完成以不同參數(操作溫度、空間流速、模擬氣體組成等條件)對脫硫劑吸附 H₂S 之影響的探討測試;其目標為活性金屬氧化物負載量>30 wt%的情況下,硫載量>7 wt%。
 - (4) 探討脫硫劑同時去除硫化氫及硫化羰之可行性與脫硫劑再生性能的評估。
 - (5) 進行擔體負載型氣體轉化材料研發,提供未來 50-100 kW 淨煤先導測試裝置之性能驗證。
 - (6) 進行 100 kW 級測試設施建立之前置規劃與系統設計分析作業。
2. 中高溫碳捕捉技術開發
 - (1) 建立捕碳劑性能:操作溫度 600-800°C,50-100 小時達 80-90%捕碳穩定性。
 - (2) 完成公斤級捕碳劑製造實驗系統,提供 50-100 kW 示範設施使用。
 - (3) 建立可溫度控制之公斤級捕碳反應器系統。

102 年度:

1. 淨碳關鍵次系統開發與小型示範系統設施建立
 - (1) 完成百 kW 等級實驗系統氣化設施於操作溫度 900°C 周圍之常壓氣化實驗工作,以及檢測分析設備與周邊設備建置。
 - (2) 完成多聯產系統核心單元與周邊調配最適化研究與二氧化碳排放評估工作(化學品種類評析、合成天然氣與先進氣渦輪機評估)。
 - (3) 進行 500°C 高溫過濾器實驗運轉測試及中高溫二階段熱模系統建置評估。

- (4) 中高溫氣體脫硫劑材料在模擬合成氣條件下之脫硫再生循環測試，及氣固反應器系統性能測試。

2. 中高溫碳捕捉技術開發

- (1) 建立公斤級捕碳劑工程製造技術與性能驗證。
 (2) 建立捕碳反應器系統進行 600-800°C 捕碳單元測試。

二、計畫實際達成度與預期目標之差異

(說明本年度執行的成效，以及實際成效與預期成效之差異說明。若進度落後，請提出彌補方法與措施。)

年度預期目標(查核點)	實際達成情形	差異分析
(一)淨碳關鍵次系統開發與小型示範系統設施建立		
1. 完成百 kW 等級實驗系統氣化設施於操作溫度 900°C 周圍之常壓氣化實驗工作，以及檢測分析設備與周邊設備建置。	完成高溫壓力式粉體循環測試系統氣體分析裝置，並於 900°C、空氣流速: 100 L/min、進料量: 5 kg/hr 條件下測得 CO/CO ₂ /H ₂ /O ₂ 之濃度值。	符合預期目標
2. 完成多聯產系統核心單元與周邊調配最適化研究與二氧化碳排放評估工作 (化學品種類評析、合成天然氣與先進氣渦輪機評估)。	<p>(2-1) 針對氣化爐內數值分析模擬技術之研究。基礎分析模型與美國國家能源技術實驗室(NETL)公開資料相比較，其主要組成中，除水份誤差在 6.52% 外，其餘之差異皆在 3% 以下，其平均誤差已低於 5%。後續並建立揮發份模型進行測試，發現氣化爐之出口操作溫度可降低至 827°C、其最佳之未燃碳回流比為 15%、甲烷含量比率可提升至 5.35%、出口氣體之高熱值(HHV)為 5.37 MJ/kg。</p> <p>(2-2) 進行合成天然氣轉換系統分析，其驗證案例與公開資料之偏差值於 5% 以下。採用 Kaltim Prima Coal(KPC)為進料進行後續測試，發現於特定係數為 2.97 條件下，其轉換效率為 63.8%。</p> <p>(2-3) 針對不同形式燃氣渦輪機結合甲醇多聯產之性能進行測試。於設定相同合成氣流量供應之條件下，採用 MHI M501G 燃氣渦輪機之多聯產系統其用於發電之合成氣比例為 69% (因產出電力較大)，系統效率為 43.5%(HHV)，整廠 CO₂ 排放為 366 t/h; 而採用 GE 7FB 燃氣渦輪機之</p>	符合預期目標

	多聯產系統其用於發電之合成氣比例為50%，其餘則用於產製甲醇。由於多聯產製程須利用 WGS 反應調控氣體組成，亦兼具捕獲 CO ₂ 之效，且效率較佳；因此，多聯產系統效率與整廠 CO ₂ 排放將因合成氣分配比例而異，製程設計可依產品需求而調整。	
3. 進行 500°C 高溫過濾器實驗運轉測試及中高溫二階段熱模系統建置評估。	完成顆粒移動床過濾器熱模系統建置及溫度 500°C 之系統運轉測試；並完成二階段熱模建置之先期冷性能初步測試及評估。	符合預期目標
4. 中高溫氣體脫硫劑材料在模擬合成氣條件下之脫硫再生循環測試，及氣固反應器系統性能測試。	在最佳合成氣條件下(30% CO, 10% H ₂ , 1% H ₂ S 與 N ₂ balance)進行 60%-Fe/SBA 吸附劑脫硫效能驗證，經十次循環後硫載量從起始 7.6 g-S/100 g sorbent 上升到 24.8 g-S/100 g sorbent，捕硫能力維持在起始值 80% 以上。	符合預期目標
(二) 中高溫碳捕捉技術開發		
1. 建立公斤級捕碳劑工程製造技術與性能驗證。	改善公斤級捕碳劑製造系統，縮短製造時間與成本，測試捕碳劑 60 小時穩定性高於 90%。	符合預期目標
2. 建立捕碳反應器系統進行 600-800°C 捕碳單元測試。	建立捕碳反應器並進行性能測試，提升捕碳劑於反應器測試量達數百公克，捕獲濃度 40%CO ₂ ，於 700°C 移除率高於 80%。	符合預期目標

三、計畫架構(含樹狀圖)：

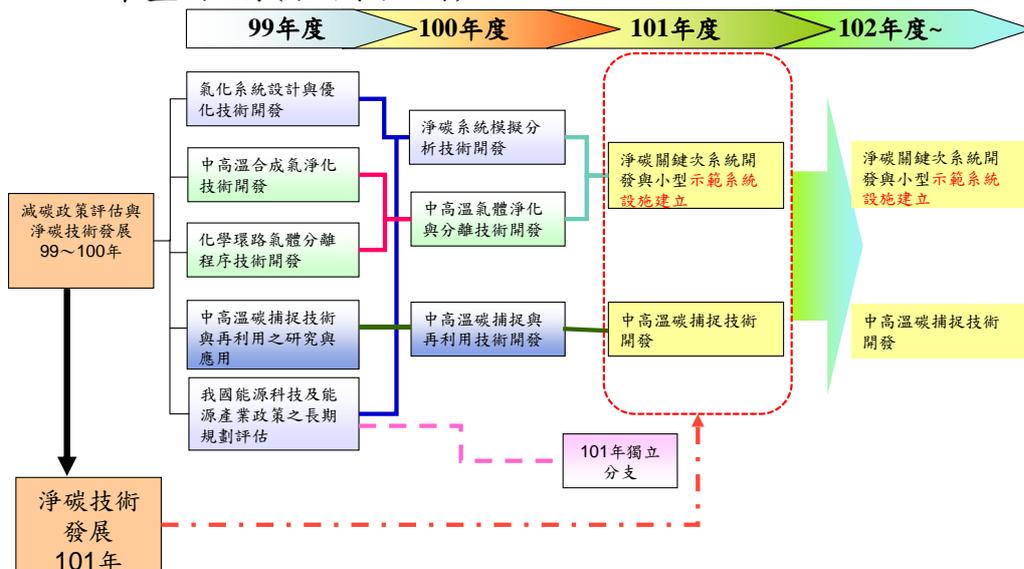


圖 2-1：計畫架構圖

全程計畫各主要工作分類與相關目標如下：

(一) 全程計畫摘要

1. 淨碳關鍵次系統開發與小型示範系統設施建立

- (1) 完成淨碳技術示範系統規劃、設計分析以及基礎建置工作。
- (2) 進行高溫過濾器系統(>500°C)實驗測試與相關驗證，以符合示範系統後續之需求。
- (3) 建立中高溫氣體轉化分離材料研製與性能特性資料庫，提供符合示範系統後續需求之材料配方以及反應器形式。
- (4) 建立反應器系統與程序迴路，提供示範系統進行初步性能驗證。

2. 中高溫碳捕捉與再利用技術開發：

- (1) 建立公斤級捕碳劑研製技術，操作溫度>600°C，轉化率大於 80-90%。
- (2) 完成 1-10 kW 級碳捕獲反應器建置，以精進 50-100 小時以上除碳性能。

四、計畫主要內容：(計畫之內容摘要原則 2 頁)

本計畫之目標係研發促進能源多元化、提高能源效率之先進技術，以積極因應全球暖化議題，建構潔淨環境與永續能源之策略願景。其工作項目包括氣化技術、合成氣淨化技術、先進燃料轉換製程、碳捕捉與再利用技術等，氣化多聯產及發電系統具有燃煤電廠高效率最低污染及最低成本大量減碳之潛力，雖已近商業化階段但仍然有極大發展空間，惟其運轉率仍然比煤粉(Pulverized Coal, PC)燃煤發電系統低約 10%，建廠與發電成本則高約 20%，因此本計畫所選擇之工作項目均在提升其運轉率與降低成本並使其達到最高效率。

圖 2-2 為整合型氣化複循環系統典型程序與改善程序之溫度變化圖，其中實線部分為現有之典型整合型氣化複循環系統程序溫度變化曲線。由現有之程序溫度變化可發現整體程序於氣體淨化程序中 (gas clean system) 有明顯之降溫情形，此乃因現有商業化大型之硫化物以及未來可望加入之 CO₂ 捕獲皆是以化學溶液來進行移除。又熱力學分析指出程序溫度若能維持在相對高溫之情形下將可提升系統之整體效能。故在此一大原則下，本計畫針對整合型氣化複循環系統程序提出幾點改善之處，藉由個別技術之效能增進來完成整合型氣化複循環系統系統整體效能提升之目標。

圖 2-2 中虛線之部分為淨碳系統 (以整合型氣化複循環系統系統為例) 潛在效能提升之部分與本計畫各項工作關連。例如，於「氣化系統設計與優化技術開發」分項工作內藉由氣化系統設計工作建立整體系統設計能量，於本年度則用於進行淨碳技術小型示範平台

前期規劃與設計工作。「中高溫碳捕捉與再利用技術開發」計畫則是以高溫高效能捕碳材料為基礎，之後再依序建立碳捕捉/分離程序以及碳迴路等；「中高溫氣體淨化與分離技術開發」則包含以粉塵移除系統開發為主要目標，之後再藉由此一開發結果搭配碳捕捉材料或其他氣體吸附材料進行複合功能氣體淨化系統開發，以及化學迴路氣體分離程序技術開發。「中高溫氣體淨化與分離技術開發」與「中高溫碳捕捉與再利用技術開發」所建置之先導測試系統最後將規劃於示範系統中之先進(中高溫)氣體處理程序進行整合。

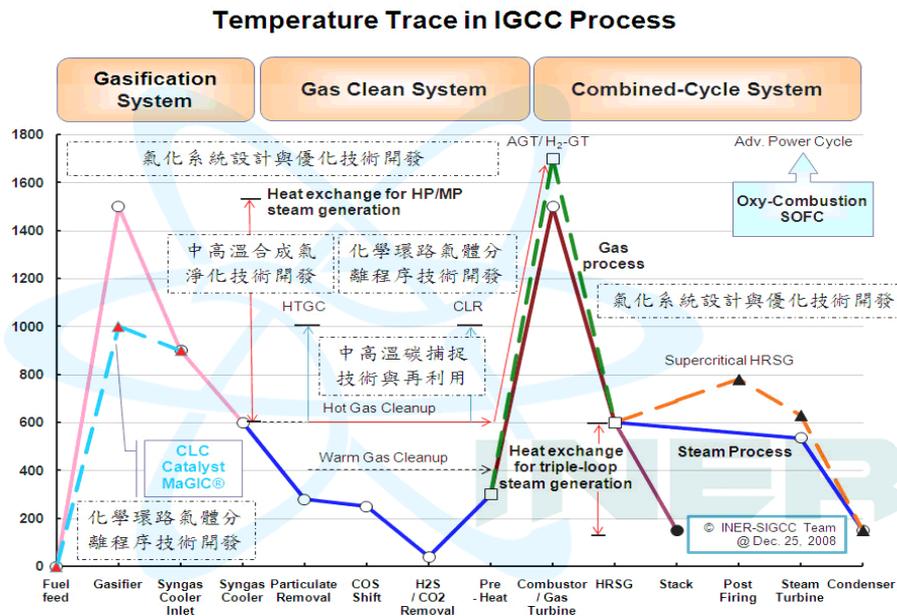


圖 2-2：IGCC 典型程序與改善程序之溫度變化圖

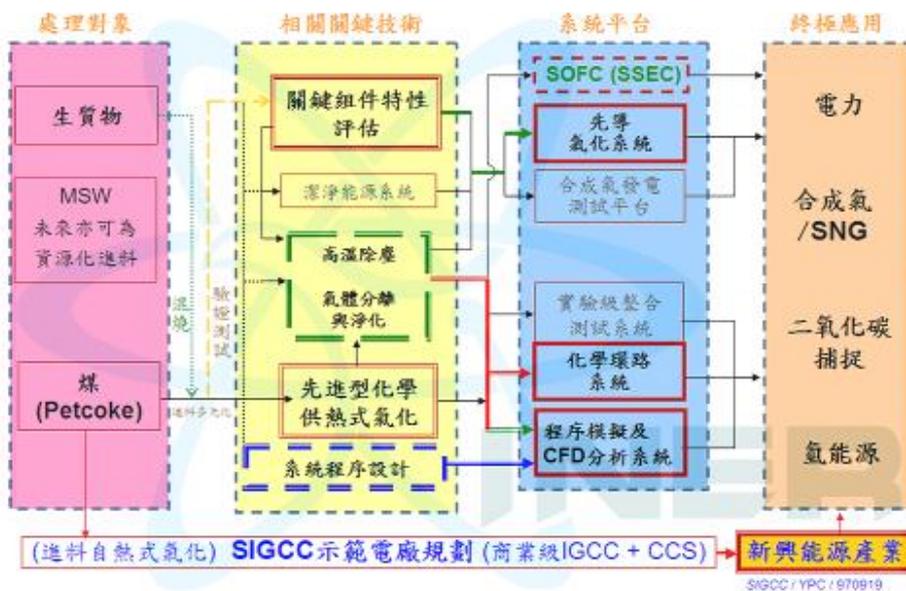


圖 2-3：淨碳能源技術開發關聯圖

圖 2-3 為淨碳能源技術開發關聯圖，分別自處理對象(初級能源)、關鍵技術、系統平台、

終極應用等四個面向闡述之。本計畫之分項計畫整合關係亦可由此關聯圖加以說明之。本計畫除持續推動大型化(商業級)之氣化技術應用廠建立外,並依據國內中小產業之特性需求,逐步建立中小型氣化應用設施設計與建立之能量。本計畫團隊現階段已建立部分關鍵技術之能量,並於本年度工作中規劃推動小型示範系統之前置作業,即圖 3-2 之系統平台階段與終端應用示範平台。

茲摘要說明計畫之長程目標概述如下:

一、建立氣化關鍵技術與系統整合能力,並籌建實驗級示範系統設施,以利未來先進氣化系統開發與特性測試,冀望達成潔淨減碳之政策目標與推動產業自主化。

二、建立二氧化碳捕獲與氣化整合、及先進氣體轉化分離技術,配合國家儲碳策略規劃,發展可行之產氫技術,以冀望達到減碳政策目標與推廣商用化應用。

102 年度之工作內容分為二分項計畫:

一、淨碳關鍵次系統開發與小型示範系統設施建立

1. 完成百 kW 等級實驗系統氣化設施於操作溫度 900°C 周圍之常壓氣化實驗工作,以及檢測分析設備與周邊設備建置。
2. 完成多聯產系統核心單元與周邊調配最適化研究與二氧化碳排放評估工作(化學品種類評析、合成天然氣與先進氣渦輪機評估)。
3. 進行 500°C 高溫過濾器實驗運轉測試及中高溫二階段熱模系統建置評估。
4. 中高溫氣體脫硫劑材料在模擬合成氣條件下之脫硫再生循環測試,及氣固反應器系統性能測試。

二、中高溫碳捕捉技術開發

1. 建立公斤級捕碳劑工程製造技術與性能驗證。
2. 建立捕碳反應器系統進行 600-800°C 捕碳單元測試。

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:

說明:

請就本計畫涉及之 (1)學術成就、 (2)技術創新、 (3)經濟效益、 (4)社會影響、 (5)非研究類成就、 (6)其他效益方面說明重要之成果及重大之突破,凡勾選(可複選)之項目請以文字方式分列說明。

本計畫於 102 年度之質化成果分類說明如下。

1. 學術成就:

- (1) 本計畫完成多篇國內外論文,其中部分 SCI 國際期刊論文發表於名列相關領域排名前端期刊,顯現本計畫成果之品質已獲國際同儕肯定:
 - A. 投稿 International Journal of Heat and Mass Transfer (SCI 期刊, IF:2.407, **Rank 6/122=4.9% in Engineering, Mechanical**) 論文 “Numerical analysis of gasification performance via finite-rate model in a cross-type two-stage gasifier” 已獲刊出。(Vol. 57, 558-566, 2013)
 - B. 投稿 Energy & Fuel (SCI 期刊, IF 2.853, **Rank 16/133=12% in Engineering, Chemical**) 論文 “Investigation of the Gasification Performance of Lignite Feedstock and the Injection Design of a Cross-Type Two-Stage Gasifier” 已獲刊出。(Vol. 27, 3110-3121, 2013)
- (2) 投稿 Powder Technology (SCI 期刊) 論文 “Preparation, characterization of Ca/Al Carbonates pellets with TiO₂ binder and CO₂ sorption at elevated-temperature conditions”, 在中高溫捕捉 CO₂ 的相關研究中,提升捕碳材料的穩定性是一項

重要的工作。本研究中嘗試使用 TiO_2 粉末作為接著劑製作 Ca-Al 碳酸鹽柱狀捕碳材料。結果發現使用 TiO_2 可以有效提升捕碳材料在 TGA 及反應器測試中的穩定性。10 迴路的穩定性高達 80%，而原本的材料只有 35%。

- (3) 投稿 Chemical Engineering and Technology (SCI 論文) "Development of a scalable method for manufacturing high-temperature CO_2 capture sorbents"，為了在大型 CO_2 捕獲反應器上進行測試以及未來與氣化合成氣系統進行銜接， CO_2 捕捉材料的量產為必要的研究方向。目前的量產機台具有每小時 1000 克的生產能力。生產過程包括：原料混合與加熱、固液分離、乾燥、擠壓與煅燒程序。利用此方式所生產出的捕碳材料在 40 迴路的測試下具有 90% 的穩定性。
- (4) 投稿 Energy Procedia (EI 論文) "Synthesis of calcium aluminates granule with TiO_2 binder for high-temperature CO_2 capture"，在 Ca-Al 碳酸鹽中添加 TiO_2 接著劑可以有效提升捕碳材料的穩定性。比較粉狀與柱狀、無添加 TiO_2 與有添加 TiO_2 的捕碳劑在反應器中的迴路穩定性可以發現柱狀的表現優於粉狀，而添加 TiO_2 的表現比沒有添加的要好。含有 Ca-Al-Ti 的柱狀捕碳材料在 TGA 15 迴路測試具有 80-90% 穩定性，固定床反應器的 10 迴路測試具有 70-80% 的穩定性。

2. 技術創新

- (1) 完成高溫壓力式粉體循環測試系統氣體分析裝置，並於 900°C 、空氣流速: 100 L/min、進料量: 5 kg/hr 條件下測得 $\text{CO}/\text{CO}_2/\text{H}_2/\text{O}_2$ 之濃度值。圖 3-1 為氣化系統與量測設備圖。

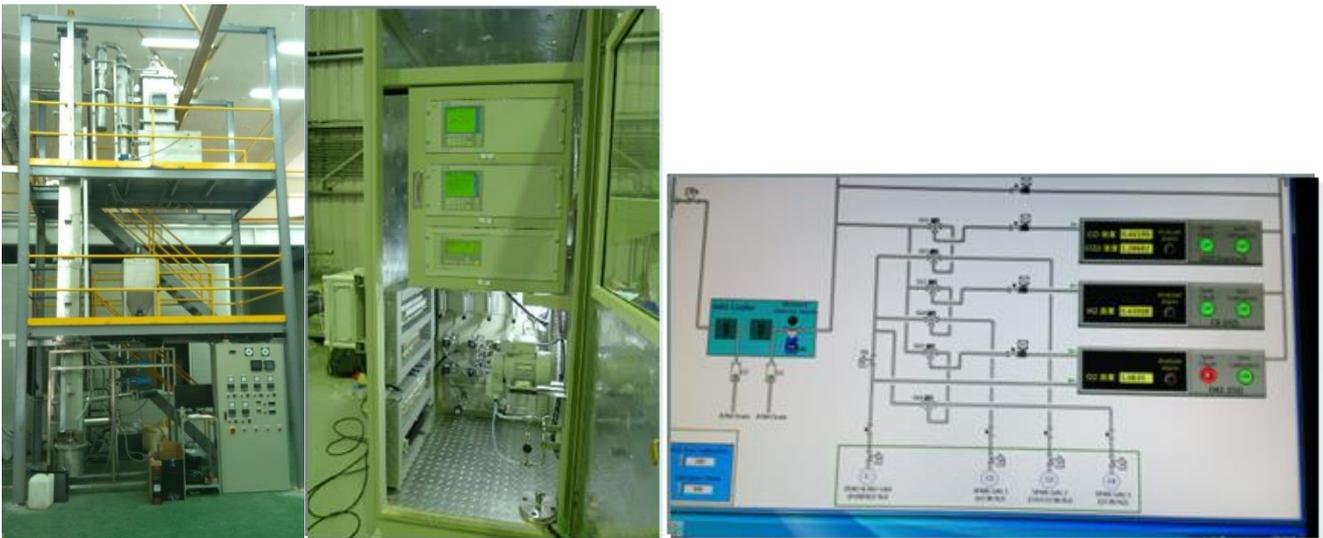


圖 3-1 氣化系統與量測設備圖 (左：氣化系統、中：氣體分析裝置、右：氣體分析裝置操作介面)

- (2) 針對不同形式燃氣渦輪機結合甲醇多聯產之性能進行測試，圖 3-2 為該氣化多聯產程序圖。於相同合成氣流量設定條件下，採用 MHI M501G 燃氣渦輪機之多聯產系統，其用於發電之合成氣比例為 69% (因產出電力較大)，系統效率為 43.5% (HHV)，整廠 CO_2 排放為 366 t/h；採用 GE 7FB 燃氣渦輪機之多聯產系統，其用於發電之合成氣比例為 50%，由於產製甲醇時需捕獲 CO_2 ，因此其整廠 CO_2 排放較 MHI M501G 案例為低，其值為 265 t/h。表 3-1 為其性能表現表。

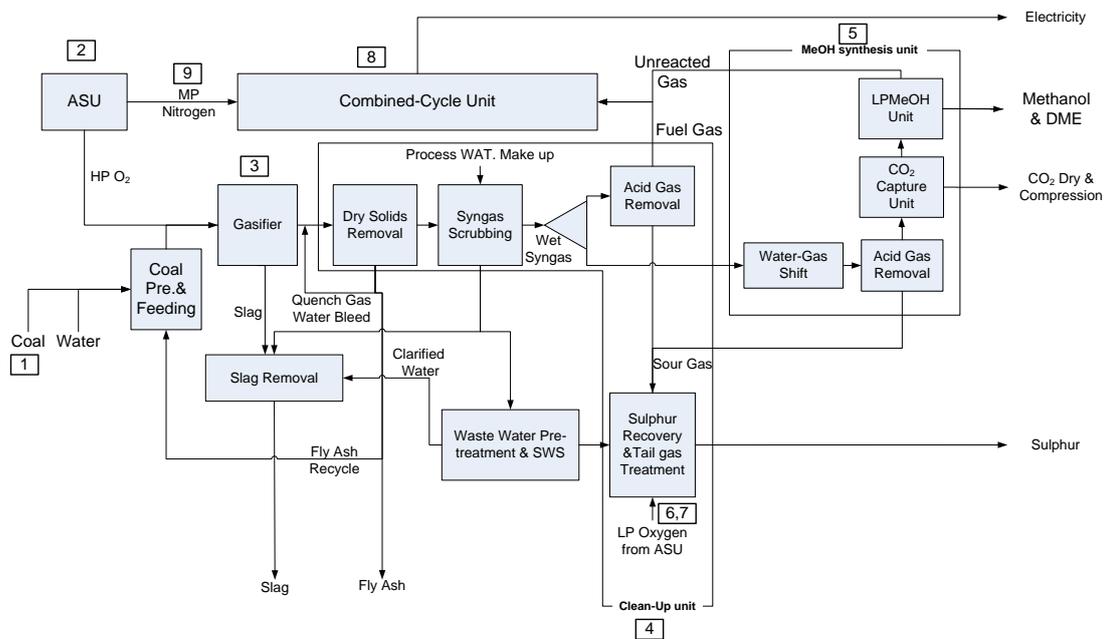


圖 3-2 氣化多聯產程序圖

表 3-1 氣化多聯產（甲醇與發電）之性能表現表

Item	Unit	GE 7FB case	MHI M501G case
Ambient Temperature (Site Condition)	°C		25
Coal Flowrate (Dry Basis)	t/h		182.60
Coal HHV (including Inh. Moisture and Ash)	kJ/kg		31,230
Thermal Energy of Feedstock (Based on Coal HHV) (A)	MWt		1,584.06
Ratio of syngas delivered to power block	%	50	69
Gross Electric Power Output of IGPG Complex (B)	MWe	374.83	509.44
Auxiliary power consumption	MWe	110.3	109.61
Methanol Production	t/h	73.70	45.69
Methanol Heating Value	kJ/kg		22,691.60
Methanol Heating Value Production (C)	MW	464.55	288.02
Net Electric Power Output of IGPG (D)	MWe	262.35	398.83
DME Production	t/h	0.20	0.12
DME Heating Value	kJ/kg		31,681.00
DME Heating Value Production (E)	MW	1.76	1.06
Gross Efficiency ((B+C+E)/A *100) (Based on Coal HHV)	%	53.1	50.4
Net Efficiency ((C+D+E)/A*100) (Based on Coal HHV)	%	46.1	43.5
CO ₂ capture	t/h	92.40	57.29
CO ₂ emission	t/h	265.76	366.75

(3)完成顆粒移動床過濾器熱模系統建置及溫度 500°C 之系統運轉測試(如圖 3-3 所示)，系統可於 40 分鐘加熱至 680°C；並完成二階段熱模建置之先期冷性能初步測試及評估(如圖 3-4 所示)。

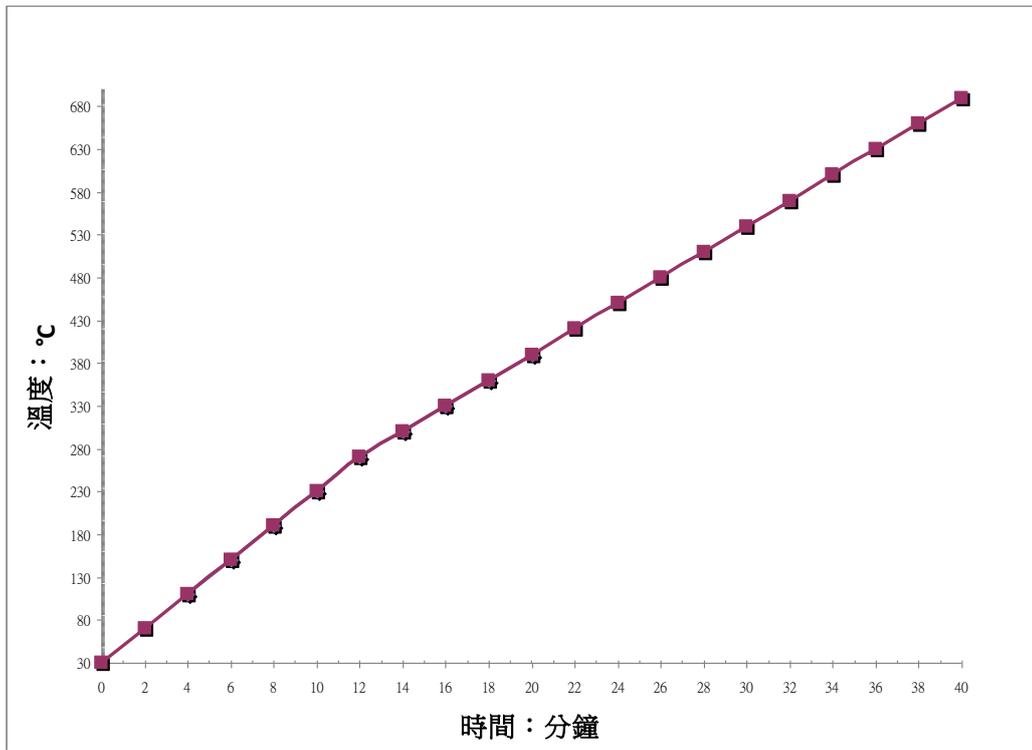
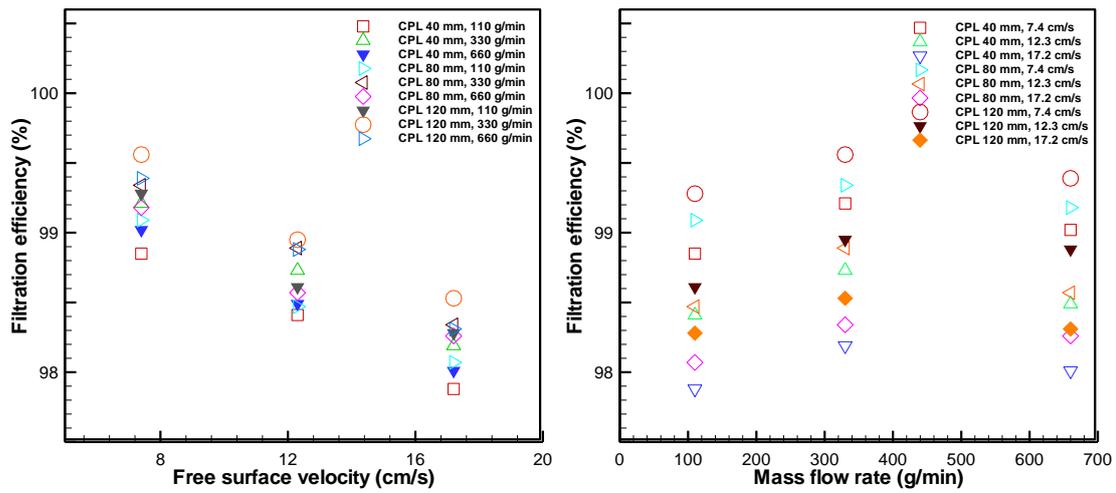


圖 3-3 熱模系統加熱曲線圖



(a)

(b)

圖 3-4 二階段系統之冷性能初步測試(a)不同進口自由面風速下之過濾效率；(b)不同濾材質量流率下之過濾效率

(4)在最佳合成氣條件下(30% CO, 10% H₂, 1% H₂S 與 N₂ balance)進行 60%-Fe/SBA 吸附劑脫硫效能驗證，經十次循環後硫載量從起始 7.6 g-S/100 g sorbent 上升到 24.8 g-S/100 g sorbent，捕硫能力維持在起始值 80% 以上(如圖 3-5 所示)。

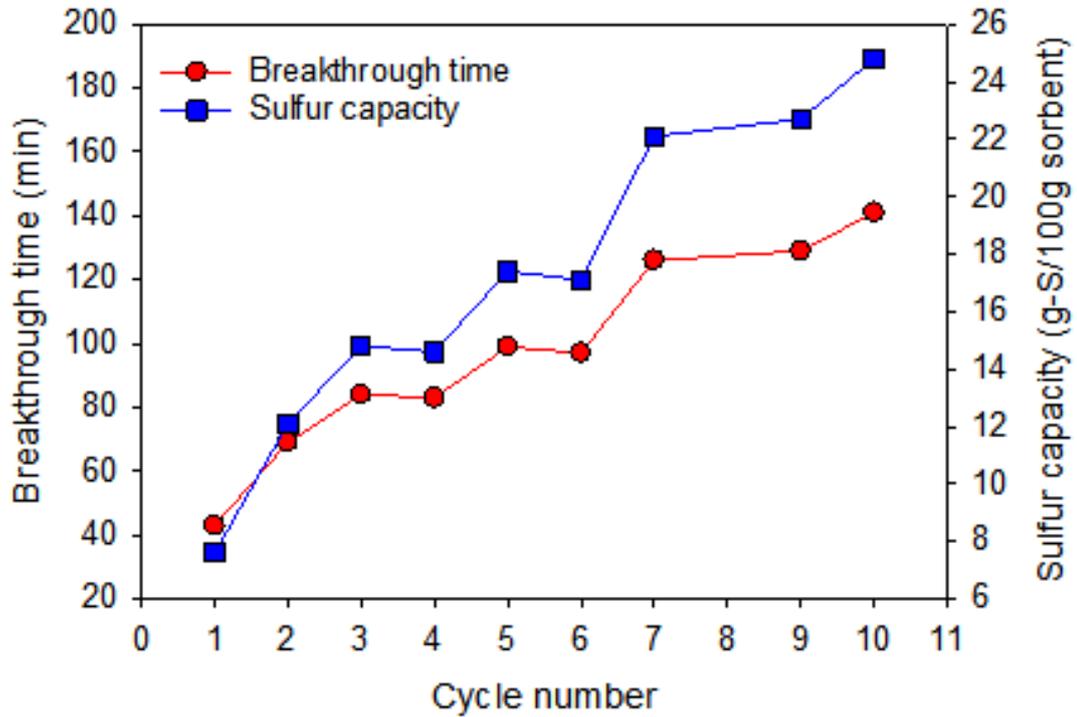


圖 3-5 60%-Fe/SBA 吸附劑十次循環測試的硫載量與貫穿時間變化

(5)改善公斤級捕碳劑製造系統，縮短製造時間與成本，系統改善後所生產之捕碳劑經測試其 60 小時的穩定性高於 90%，如圖 3-6 所示。

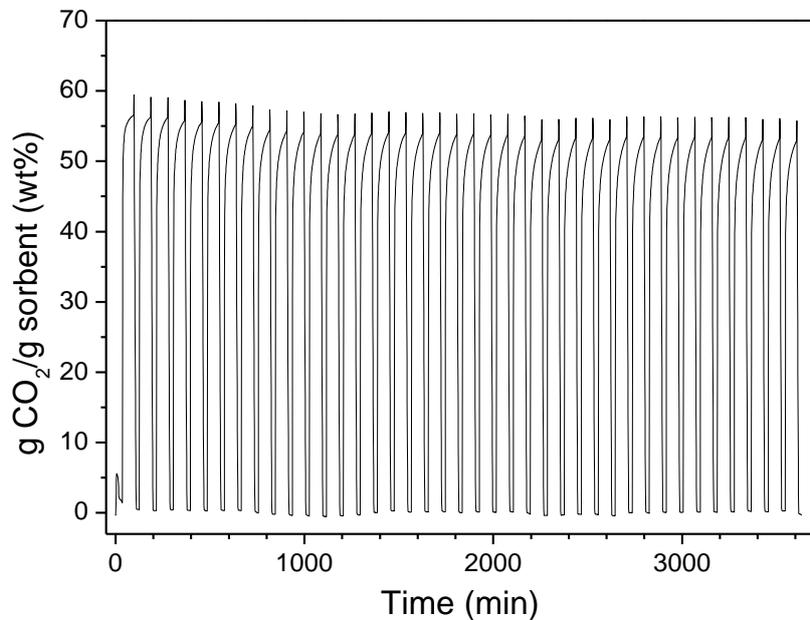


圖 3-6 公斤級捕碳劑之 60 小時穩定性

(6)建立 10 kW 捕碳反應器並進行性能測試，提升捕碳劑於反應器測試量達數百公克，捕獲濃度 40% CO₂，其在 700 °C 下具有最佳捕獲能力，CO₂ 移除率高於 80%，如圖 3-7 所示。

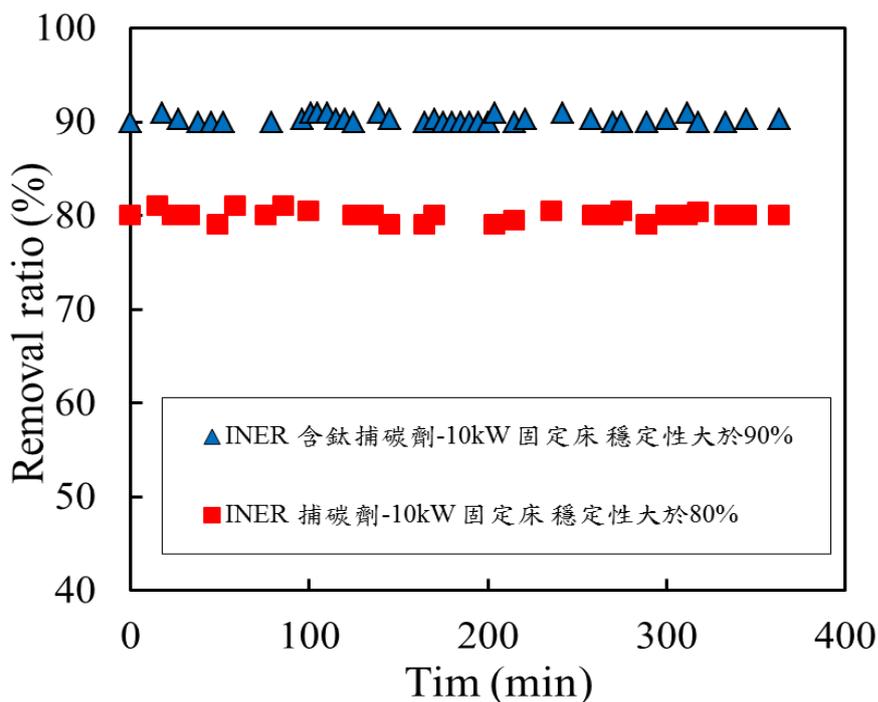


圖 3-7 百公克捕碳劑於 10 kW 反應器在 700 °C 下 CO₂ 移除率高於 80%

3. 經濟效益

2012 年 3 月 27 日，美國環保署提出新電廠之碳排放標準，新電廠的排放量上限為不超過 1,000 lb CO₂/MWh gross。現階段僅 NGCC(天然氣複循環發電)可低於此一標準，亦即新建之燃煤電廠於導入 CCS 技術後可望符合排放標準。這代表後續之減碳需求將有所增長，其後續之經濟效益可期。美國環保署並於五月 24 日分別舉行兩場公聽會(Chicago, Ill、Washington, DC)。且為提供自公聽會後 30 天的公眾評論期，美國環保署將公眾評論期期間延長至 6 月 25 日截止。

現國內已將溫室氣體排放列為空氣污染氣體，預期未來將進一步進行排放量管制。透過本計畫系統設計與關鍵元件(氣化爐等)之數值模型與設計能量的建立，有助於未來氣化爐本體與應用程序的最佳化設計，可避免在設計初期的資源浪費。提供節省燃料的耗用、降低二氧化碳的排放以及二氧化碳捕獲等成本相對低廉之技術。

美國 EIA AEO 2013 Early Release Overview 資料顯示，頁岩氣(Shale gas)之產量會持續增加，但價格亦將逐步上漲。至 2018 年前，其售價可望持續低於 4 USD/MMBtu (2011 年幣值)、並逐步於 2030 年上升至 5.40 USD/MMBtu、以及於 2040 年上升至 7.83 USD/MMBtu。以國內液化天然氣(LNG)進口價格一般與國際原油價格連動之機制，即便於目前原油價格最樂觀之預估於 70~80 美元間穩定，國內天然氣價格獲得大幅下降之機會依舊有限；其次，天然氣液化成本與遠洋運輸費用乃我國進口 LNG 無可避免之固定成本。故我國於發電端採用煤炭作為主要來源之趨勢，短期之內應不致因頁岩氣之大量

使用而受影響。

國外傳統氣體淨化技術已商業化多年，但是高效率、低成本系統之先進技術尚在研發中。藉由中高溫淨化技術的執行，並與國內外研發單位及國內產業界充分整合獲得支援以開發先進技術，以獲得最大經濟效益。

建立自主中高溫脫硫技術—包含脫硫劑製備與化性測試，以利降低成本與國際競爭。

建立中高溫乾式捕碳劑製造技術，有助於提高 CO₂ 捕獲濃度及溫度，降低碳捕獲所需設備及整體能量損耗，為美國 DOE 建議未來 5-10 年內減碳前瞻技術之一。

總期程累計(99~102 年)：

- (1) 透過系統設計與關鍵元件（氣化爐等）之數值模型與設計能量的建立，有助於未來氣化爐本體與應用程序的最佳化設計，可避免在設計初期的資源浪費。98-100 年完成化工業（氣化、氣體淨化、分離...）以及機械業（複循環發電）結合之程序研究。進行同時產製化學產品與電力之程序設計與系統係能評估，並進行數種應用組合以及 CO₂ 減排效益分析。多聯產程序應用之操作效率優於現有典型氣化系統，可以節省燃料的耗用，降低二氧化碳的排放。可作為多功能生產園區之技術選項。
- (2) 中高溫的環境下進行粉塵過濾程序，有助於大幅增加熱效率的能源使用率及降低能源的消耗。
- (3) 建立自主脫硫劑開發與動態分析技術，可有效控制溫室氣體排放。配合國內石化產業相關應用，更能提升其運轉效益與增進利潤空間，無疑對民生經濟有正向發展。
- (4) 捕碳劑研發著重於 100%CO₂ 濃度之抗燒結改善，以相類似 8-15%煙道氣比較將有 10 倍以上之經濟效益，高溫捕獲將可降低能量損耗，因此具有加成效果。
- (5) 建立公斤級捕碳劑製造系統，可提升製造量與品質，縮短時間並降低成本。另建置 kW 級反應器測試設備，有助於國內技術生根及提昇未來產業合作潛力。

4. 社會影響

環境效益方面：於我國尚無法完全去除煤炭依賴之前，若採用以氣化技術為基礎之能源系統之設計，可提供國內產業引入低污染、低二氧化碳排放之淨煤技術，提供對環境最佳之技術選項。能源安全方面：現原油與天然氣之價格依舊維持相對高檔，若採用氣化技術將固態化石燃料（煤炭）與生質燃料轉換為氣態或液態燃料，可替代我國部分天然氣與原油進口；若採用煤炭氣化產製天然氣之程序，可避免國內天然氣供應站建立不及導致供應可能短缺之疑慮。

相關系統及技術研發，並配合台灣相關產業的應用，如此一來將能創造更多商機，也能培養更多相關專業人才，建立台灣在此產業技術的國際競爭力。除此之外，更能降低經濟發展對生活環境所造成的汙染與破壞，達到經濟與優質生活雙贏的局面。

控制 SO_x 的排放量，可減少酸雨形成、臭氧層破壞，太陽光散射等問題。

建立環境友善之乾式碳捕獲技術研究與捕碳性能驗證技術，有助於提升潔淨能源、環境永續等減碳之社會效益。

總期程累計(99~102 年)：

- (1) 環境永續：經由以氣化技術為基礎之能源系統之設計，可以提供我國引入低污染、低二氧化碳排放之淨煤技術。其可作為我國環境永續發展選項之一。且採用多聯產應用模型，對於我國石化業與發電業皆有所助益，且其亦含有 CO₂ 捕

獲之技術。該系統可作為我國未來進行大規模 CO₂ 捕獲、再利用與封存之選項技術。

- (2) 經濟發展：以發電系統為例，氣化技術搭配複循環發電技術，其導入二氧化碳捕獲時，其整體建置成本將低於現有之火力電廠搭配二氧化碳捕獲。若以氣化技術應用面而言，現階段主要應用於化學品之產製，採用原料成本較低之煤炭，除發電外，亦同時產製具經濟價值之化學品。在原油價格不斷波動與長期價格上升之趨勢下，採用氣化技術作為石化產業之替代效益將日益顯著。
- (3) 能源安全：氣化技術可將化石燃料(煤炭)與生質燃料轉換為氣態或液態燃料，其可視為我國替代部分天然氣與原油進口之技術。我國目前已將天然氣視為低碳選項之一，若未來天然氣供應有所短缺，則可採用煤炭氣化產製天然氣作為選項。
- (4) 相關系統及技術研發，並將產品推廣至國內外之相關產業，如此一來將可增強企業在國際上的競爭力，也能培養更多相關專業人才。此外，也可減少溫室氣體與廢氣的排放，更加符合現今環保的規範，創造更美好的生活環境。
- (5) 中高溫脫硫相關技術可取代低溫 MDEA 吸收方式，有效處理二次廢水汙染與低熱效率的問題，並減少 SO_x 排放濃度。在經濟發展的同時，也能兼顧環境永續發展。
- (6) 捕碳技術開發有助於 3E(經濟、能源、環境)之整體效應，未來可擴展至傳統耗能產業如石化、鋼鐵、燃煤等，並建立人才培育與教育社會大眾環境保護之社會影響。

5.非研究類成就

102 年人才培育如下表：

姓名	學歷	機構名稱	指導教授
張 O 學	a	國立交通大學材料系	陳 O 元
盧 O 伶	b	國立交通大學材料系	陳 O 元
張 O 維	a	中央大學機械系	蕭 O 三
王 O 鈞	a	中央大學機械系	蕭 O 三

總期程累計(99~102 年)：

本計畫於碩博士累積培育 42 人次

6.其他效益方面

總期程累計(99~102 年)：

- (1) 以氣化技術為基礎之煤炭轉換與應用程序，其可提供我國邁向低碳社會、增進低碳經濟之選項之一，其相關之技術數據除可提供政府與業界參考外，更可作為我國減碳之技術選項之一。在目前全球原油與天然氣價格不斷波動與長期價格上升之趨勢下，採用氣化技術為基礎之多聯產技術。作為石化產業部分產品之替代效益將日益顯著。
- (2) 利用顆粒床淨化技術，完成顆粒移動床過濾器三維熱模系統建置及相關初步測

試，相關數據將提供國內外相關產業在淨化技術之選項。

- (3) 中高溫脫硫可提供國內對硫化物處理的另一種選擇，不僅能夠為既有電廠或石化相關產業降低操作成本，同時溫室氣體排放量也能夠控制得宜，符合國內相關環保法規，讓經濟與環保同時達到雙贏。
- (4) 碳捕獲技術有助於節能減碳政策，並能獲得國際社會對於本國愛護環境與保護資源之國際形象，因此有助於政府政策面參考價值。

二、量化成果：

說明：

1. 請依本計畫(涉及)設定之成果項目以量化績效指標方式及佐證資料格式填寫主要之量化(如學術成就代表性重要論文、技術移轉經費/項數、技術創新項數、技術服務項數、重大專利及項數、著作權項數等項目，含量化與質化部分)。
2. 下表填報請參考附件一「量化績效指標表」，填寫說明如附件一之表格內容，請選擇合適計畫評估之項目填寫初級產出、效益及重大突破，擇其相關成果填報。
3. 請於附件二中填寫「GRB 佐證資料表」，輔佐說明下表。

102 年度：

績效屬性	績效指標	初級產出量化值	實際產出量化值	效益說明	重大突破
學術成就(科技基礎研究)	1. 論文	論文發表數量、國內外期刊發表數量 4 篇、重要期刊 (SCI、SSCI、EI、AHCI、TSSCI 等) 發表數量 3 篇、國際會議論文 1 篇等	本計畫相關研究成果發表於 SCI 論文 4 篇, EI 1 篇以及國內外會議論文與期刊 12 篇包括： 1. International Journal of Heat and Mass Transfer 2. Energy & Fuels : 1 篇 3. Powder Technology 4. Chemical Engineering & Technology 5. Energy Procedia 6. 國內期刊論文：3 篇 7. 國內外會議論文 9 篇	1. International Journal of Heat and Mass Transfer 期刊為國際知名期刊。IF= 2.315, Rank 9/122 = Top 7.37% @Engineering, Mechanical, 2012 2. Energy & Fuels 期刊為國際知名期刊。IF= 2.853, Rank 16/133=12% @Engineering, Chemical, 2012 3. Powder Technology 期刊為國際知名期刊。IF= 2.024, Rank 34/133=26% @Engineering, Chemical, 2012 4. Chemical Engineering & Technology 期刊為國際知名期刊。IF= 1.366, Rank 55/133=41% @Engineering, Chemical, 2012 5. Energy Procedia 為 EI 等級之知名國際期刊	1. 主要內容以 E-Gas 相似構型之兩階段氣化爐為基礎，進行吹氧壓力之挾帶床氣化爐三維穩態數值解析工作。 2. 主要內容以 E-Gas 相似構型之兩階段氣化爐為基礎，進行第二階段進料形式之影響以及低品位煤為進料之影響分析。 3. 主要內容為探討以 TiO ₂ 作為黏著劑與鈣鋁碳酸鹽粉末混合形成高溫 CO ₂ 捕獲材料的捕獲性能。其結果顯示 TiO ₂ 的奈

					米顆粒可以有效地增加捕獲劑的表面積，以及其在 TGA 和反應器中的穩定性達 80%。 4. 主要內容為提出鈣鋁碳酸鹽 CO ₂ 捕捉材料的工程製造方法，其具有每小時至少 1 公斤的產量。此捕獲劑在 40 迴路的測試下具有 90% 以上的穩定性。
	2. 研究團隊養成	系內、校內跨領域、跨校或跨組織合作團隊數目	與 6 所大學：交大、中央、成大、清大、興大、聯合進行合作	建立國內研究團隊，培養國內未來淨碳技術人才，	
	3. 博碩士培育	參與計畫執行之碩士研究生及博士研究生數量 3 人	參與計畫執行之碩士研究生及博士研究生共 4 人	培育在中高溫除塵系統、中高溫二氧化碳吸附劑合成等領域之人力，有助於未來計畫的推動以及我國未來減碳技術相關人才之養成。	
	4. 研究報告	數量 4 篇	研究報告 10 篇	將成果文件化，以供經驗傳承，並增進本所研發效益。	
乙 技術創新 (科技整合創新)	8 專利	申請、獲得 3 件、有技術移轉國內或國外之專利 (加總件數)	累計專利產出共 9 項，包含獲得 5 項 (美國 2 項，台灣 3 項)，申請 4 項 (美國申請 2 項，國內 2 項)	配合技術創新，申請多項專利，展現應用研發實力。	產值(形成產業)
	8.1 申請	申請之專利(件數)	申請 4 項 (美國申請 2 項，台灣 2 項)	同上	
	8.2 獲得	獲得之專利(3 件)	獲得 5 項 (美國 2 項，台灣 3 項)	同上	
	10 技術活動	發表於國內或國外研討會(場次)	累計共 9 場次	發表於主要之國際研討會 (4 場次) 1.Chen Y.S., Li S.C., Chyou Y.P., Hot clean-up technology of dust particulates with a	

			<p>moving granular bed filter, Sixth International Conference on Clean Coal Technologies, 12-16 May, Thessaloniki, Greece.</p> <p>2. Wang T., Chen M.H., Chyou Y.P., Modeling of Volatiles Condensation and Re-evaporation in Coal Gasification in a Low-Temperature, High-Pressure Entrained-Bed Reactor, International Pittsburgh Coal Conference, 15-18, September, 2013, Beijing, China.</p> <p>3. Huang L.W., Chyou Y.P., Sulfide Capturing Techniques for Advanced Fuel Conversion Process by Silica-Supported Sorbents, International Pittsburgh Coal Conference, 15-18, September, 2013, Beijing, China.</p> <p>4. Huang C. Y., Chyou Y.P., Study of H₂S Removal at High Temperature with 20%Fe₂O₃/Al₂O₃ Sorbent Applying Factorial Experimental Design Method, AIChE Annual Meeting, 3-8, November, 2013, San Francisco, CA</p> <p>國內研討會(5 場次)</p> <p>1. 2013 綠色科技工程與應用研討會，2013.5.24，勤益科技大學</p> <p>2. 第三十一屆台灣觸媒與反應工程研討會，2013.6.27-28，成功大學</p> <p>3. 2013 台灣化學工程學會 60 週年年會暨國科會化工學門成果發表會，2013.11.22~23，台灣科技大學。 2 場次。</p> <p>4. 2013 年中華民國力學學會年會暨第 37 屆全國力學會議及第 1 屆國際力學會議</p>	
J 技 術 移 轉	引進技術 (1 件數)	完成與美國紐奧良大學 Prof. Ting Wang 簽訂委託計畫合約，將由其協助以 Fluent 進行氣化程序分析技術建立工作。	與國外大學合作，引進氣化分析技術，提昇本所設計技術能力，並共同推動未來自主性氣化技術。	<p>成果發表於國際知名期刊</p> <p>1. International Journal of Heat and Mass Transfer, IF= 2.315, Rank 9/122 = Top 7.37% @Engineering, Mechanical, 2012</p>

					2. Energy & Fuels, IF= 2.853, Rank 16/133=12% @Engineering, Chemical, 2012
非 戊 研究 類 成就	人 才 培 育	7.研討會(學術活動)		<p>7 場次邀請專家學者進行專題演講</p> <p>國外專家學者 2 場</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 陳 O 源教授(美國柏克萊加州大學機械工程學系), 淨碳、燃燒、CFD 相關領域之技術交流討論, 14:30-16:30, 2013-05-31 2. 莊 O 祖講座教授(美國佛羅里達大學航太與機械工程學系), 合成氣轉化相關領域之技術交流討論, 11:00~12:00, 2013-7-26 <p>國內專家學者 5 場</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 蕭 O 三 教授兼系主任(國立中央大學機械系), 淨煤氣化系統之高溫除塵技術, 14:00-16:00, 2013-01-17 2. 周 O 堂 教授(國立中央大學化學工程與材料工程學系), 吸附在二氧化碳捕獲之應用, 14:00-16:00, 2013-04-11 3. 楊 O 印(國立虎尾科技大學動力機械工程系), 生質燃料快速裂解系統及應用, 14:00-16:00, 2013-07-4 4. 施 O 洋(國立中央大學機械工程系), High-Intensity Turbulent Premixed Combustion: From Ignition Transition to Flame Global Quench, 14:00-16:00, 2013-08-15 5. 江 O 柳(國立成功大學 航空太空工程學系), Numerical Simulation of Supersonic Combustion Using Liquid Hydrocarbon Fuel, 14:00-16:00, 2013-10-24 	經由邀請其它領域專家進行專題演講, 提升計畫人員跨領域知識

	國際合作	8.人員互動		<ol style="list-style-type: none"> 1. 計畫主持人邱耀平博士於5/11-5/23 前往捷克參訪捷克科學院化學製程原理研究所，就氣化技術以及未來團隊合作進行交流與討論。 2. 計畫主持人邱耀平博士於7/9-7/20 前往美國參訪紐奧良大學以及加州柏克萊大學，就淨碳氣化技術以及潔淨能源技術進行交流；並參訪勞倫斯柏克萊國家實驗室等。 3. 計畫主持人邱耀平博士於10/28-11/10 前往美國參訪俄亥俄州州立大學等單位，就淨碳技術以及潔淨能源使用技術進行交流。 	蒐集歐洲及美國氣化技術及其CO ₂ 分離技術之現況。並與國外機構進行交流互動，洽談合作機制。
--	------	--------	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------

總期程累計(99~101年，102年如上表)：

99年度：

績效屬性	績效指標	預期產出量化值	實際產出量化值	效益說明	重大突破
1 學術成就 (科技基礎研究)	A 論文	國際會議論文：3 國內期刊：1 國外 SSCI/SCI/EI：1	本計畫相關研究成果發表SCI期刊論文4篇 國內期刊2篇、及國內外會議論文21篇，包括： 1. Journal of Nanoscience and Nanotechnology：1篇 2. Powder Technology：1篇 3. Chemical Engineering and Processing：1篇 4. Chemical Engineering Journal：1篇 5. 國內期刊：2篇 6. 國內外會議論文21篇。	<ol style="list-style-type: none"> 1. Journal of Nanoscience and Nanotechnology 期刊之 Impact Factor (2008) 為 1.929，該期刊在 SCI/JCR 之分類 (MATERIALS SCIENCE, MULTIDISCIPLINARY) 排序為 48/192=0.25。 2. Journal of Environmental Engineering and Management 期刊之 Impact Factor (2008) 為 0.24，該期刊已提出 SCI 收錄的申請作業，正在等待公佈。該期刊自 2010 年起改名為 Sustainable Environment Research，以反應永續環境研究議題。 3. Powder Technology 期刊 (Impact Factor (2009) 為 1.745) 雖然在 SCI/JCR 之分類 (Engineering, Chemical) 排序為前 30% (38/128=0.297)，但在高溫過濾技術相關研究領域上，為其重要期刊之一。 4. 將研發成果除發表在國際及國內期刊外，亦同時投稿及發表於國內外學術會議中，使本計劃研發水準 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 初步建立高性能中高溫捕碳劑粉體研製技術，並能改善產能初步已達公斤級水準，所獲得吸附劑 Ca/Al 比例 1~20，CaO 含量 48-77%。(與礦物 Limestone 具有同等含量)。已建立 CO₂/N₂ 氣體控制之熱重分析 TGA 反應器系統，利用自製捕碳劑能於 600°C 以上捕捉 CO₂，具有 90% 以上轉化率(國際上普遍之最高效率為 90%)。 2. 經由國際性期刊及國內外會議論文之投稿，宣示我國減碳政策與減碳技術之規劃

				與世界同步，並可提昇本所之國際研發地位。	
	B 研究團隊養成	與 6 所大學研究所與專業機構合作，推展合作研究並期推廣於市場應用	累計養成 8 個研究團隊：4 所大學 7 科系與一研究機構(台灣經濟研究院)之合作	針對減碳政策與減碳技術各自逐步成立兩個整合型研究群	
	C 博士培育	參與計畫執行之博士研究生數量 4 員及碩士研究生數量 5 員	參與計畫執行之碩士研究生及博士研究生共 18 人	培育在氣化技術 CFD 模擬與設計、淨化技術、中高溫除塵系統、載氧體製備與改質、中高溫二氧化碳吸附劑合成、能源與產業模型建置，有助於未來計畫的推動以及我國未來減碳技術相關人才之養成。	
	D 研究報告	3 篇	17 篇	完成 17 篇技術報告，可提供計畫後續研發方向之參考	
	E 辦理學術活動	舉辦 1 場能源模型研討會	辦理國內研討會兩場、一場國際研討會以及技術交流會一場。	<ol style="list-style-type: none"> 1.與中原大學合辦「綠能生命週期評估與產業發展效益研討會」(3月19日)。 2.與中原大學合辦「綠色能源產業經濟模型發展趨勢」。(3月31日)。 3.與中央大學合辦「2010 永續淨碳關鍵技術國際研討會」。(12月17日)。 4.邀請大陸華東理工大學王 O 飛教授赴本所就「多噴嘴對置式氣化技術的研究與發展」進行專題演說以及氣化技術交流。(12月20日) 	
技術創新(科技整合創新)	G 專利	申請國內或國外之專利 3 件	累計專利產出共 5 項，包含獲得美國 1 項，申請 4 項(美國 3 項)	淨碳技術專利地圖佈局中，後續將逐步進行技轉(授權)事宜	淨碳產業逐步成形中
	H 技術報告	7 篇	7 篇	完成實驗室 SOP 技術報告，加強計畫人員工安知識	
	I 技術活動	發表於國內或國外研討會至少 2 場次	發表研討會論文共 10 場	<p>發表於主要之國際研討會(10 場次)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 於 4th International Freiberg Conference on IGCC & XiL Technologies 發表 1 篇論文，5 月 3-6 日，德國 2. 於 9th Annual Conference on Carbon Capture & Sequestration 發表 1 篇論文，5 月 10-13 日，美國 3. 於 ASME 2010 4th International Conference on Energy Sustainability 	

				<p>發表 1 篇論文，5 月 17-22 日，美國</p> <p>4. 於 International Conference on Applied Chemistry and Chemical Engineering 發表 1 篇論文，5 月 26-28 日，日本</p> <p>5. 於 International Conference on Multiphase Flow 2010 發表 1 篇論文，5 月 30 日~6 月 4 日，美國</p> <p>6. 於 8th International Symposium on Gas Cleaning at High Temperatures 發表 2 篇論文，China, 2010-08-23~25.</p> <p>7. 於 International Energy Workshop 發表 1 篇論文，，2010-06-20~24。(瑞典斯德哥爾摩)</p> <p>8. Taiwan Institute of Economy Research, Taipei, Taiwan，發表 1 篇論文，2010-08-27</p>	
				<p>9. 於 2010 IAEE International Conference，Rio de Janeiro, Brazil，發表 1 篇論文，2010-06-06~09。</p> <p>10. 於 2010 International Pittsburgh Coal Conference，發表 2 篇論文，(土耳其)，2010-10-11~14。</p> <p>11. 於 13th Asia Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress, 發表 3 篇論文 2010-10-5~8。</p>	
	J 技術移轉	引進技術 (1 件數)	引進技術 (1 件)	第一季完成與美國紐奧良大學 Prof. Ting Wang 簽訂委託計畫合約，將由其協助本所建置以 Fluent 為基礎之氣化模擬程序模型，建立整合平台之關鍵模擬技術。	產值(形成產業)
	S 技術服務		3 件 2 單位	<p>技服收入共 1,924,060 元</p> <p>潔淨燃料工廠虛擬整合工程模擬平台研發，金額:896,463。(中央大學)</p> <p>燃煤微量有害物定量與去除技術開發，金額:827,597。(中央大學)</p>	

				高溫 CO ₂ 捕捉與轉化--新穎 奈米層狀與複合奈米材料設 計及研發，200,000。(交通大 學)	
--	--	--	--	-------------------------------------------------------------------------	--

100 年度：

績效屬性	績效指標	預期產出量化值	實際產出量化值	效益說明	重大突破
	A 論文	國內外會議論文：9 篇 國際期刊 (SSCI/SCI/EI)：3 篇 國內期刊論文：3 篇	本計畫相關研究成果已發表 SCI 期刊論文 2 篇 (另有 3 篇已接受)、EI 論文 1 篇、國際著名期刊 1 篇、國內期刊 5 篇、及國內外會議論文 16 篇, 包括: (1) International Journal of Hydrogen Energy：1 篇 (2)Energy Procedia：1 篇 (3)Sustainable Environment Research：1 篇 (4)Advanced Powder Technology：1 篇 (5)Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering：1 篇 (6) Natural Hazards：1 篇 (7)工程：中國工程師學會會刊：1 篇 (8)工業安全衛生月刊：1 篇 (9)環境會刊:1 篇 (10)化工技術:2 篇 (11)國內外會議論文 16 篇 (12)SusChemSus：1 篇	<ol style="list-style-type: none"> International Journal of Hydrogen Energy 為國際知名期刊。IF=3.945 @ 2009, 於 Environmental Science 分類排序為 12/181=0.066。 SusChemSus 為國際知名期刊。IF=6.827@ 2010,於 Chemistry Multidisciplinary 分類排序為 15/152=0.099。 Energy Procedia 國際期刊 (EI)。 Sustainable Environment Research、Advanced Powder Technology(IF=0.84)及 Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering(IF=0.583)為國際知名期刊。 中國工程師學會會刊、工業安全衛生月刊、環境會刊及化工技術均為國內知名期刊。 將研發成果除發表在國際及國內期刊外, 亦同時投稿及發表於國內外學術會議中, 使本計劃研發水準與世界同步, 並可提昇本所之國際研發地位。 	<ol style="list-style-type: none"> 闡述氣化產製氫氣之未來應用。 建立鹼性碳酸鹽及具有中孔洞結構之中高溫捕碳劑粉體研製技術, 獲得氧化鈣含量高於 50% 捕碳劑, 以反應器性能驗證獲得 600°C 以上高於 50 wt.% 捕碳量及國際上普遍之最高效率 90% 以上轉化率。 剖析臺灣能源使用之現況與未來情境, 解析可能採用之淨碳技術及其發展。可作為我國後續技術開發之參考依據。並對國際宣達我國對於減碳技術之開發與溫室氣體減量之關注。 開發多種流動校正單元可有效克服濾材靜止區導致氣體堵塞的問題。 針對我國實際採用之煤炭為進料, 進行以氣化為基礎之多聯產程序設計與分析。其結果顯示多聯產模型之系統效能較單純發電增加約 4 個百分點。 經由國際性期刊之投稿, 宣示我國減碳政策與減碳技術之規劃。
	B 研究團隊養成	與 3 所大學研究所與專業機構合作, 推展合作研究並期推廣於市場應用	與 4 所大學 4 科系進行合作	針對減碳政策與減碳技術各自逐步成立兩個整合型研究群。	

	C 博 碩士 培育	參與計畫執行之 博士研究生數量 6 員及碩士研究 生數量 6 員	參與計畫執行之碩士 研究生及博士研究生 共 13 人	培育在氣化技術 CFD 分析與 設計、淨化技術、中高溫除塵 系統、載氧體製備與改質、中 高溫二氧化碳吸附劑合成、能 源與產業模型建置，有助於未 來計畫的推動以及我國未來減 碳技術相關人才之養成。	
	D 研 究報 告	9 篇	10 篇	完成氣化模擬、中高溫脫硫、 經濟模型分析、碳捕捉等相關 研究報告 10 篇，可做為後續經 驗之傳承。	
技術創新(科技整合創新)	G 專 利	申請國內或國際 之專利 3 件	申請 5 件、獲得 3 件國 內或國外之專利 (件 數)	減碳技術專利地圖佈局中，後 續將逐步進行技轉(授權)事 宜。	減碳產業逐步成形 中
	H 技 術報 告	4 篇	7 篇	完成淨碳技術等相關 7 篇報 告，可提供計畫後續研發方向 之參考。	
	I 技 術 活動	發表於國內或國 際研討會至少 5 場次	發表研討會論文共 10 場	發表於主要之國內外研討會 (10 場次) 1. 於 2011 中華民國燃燒學會第 二十一屆學術研討會，發表 2 篇論文，3 月 26 日，雲林， 國立虎尾科技大學。 2. 於 2011 綠色科技工業應用研 討會發表 1 篇論文，2011，5 月 25 日，國立勤益科技大學 3. 於綠色化學與環境研討會 發表 1 篇論文，2011，5 月 28 日，高雄市正修科技大 學。 4. 於 9TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PARTICLE IMAGE VELOCIMETRY – PIV'11 發表 1 篇論文，2011，July， 21-23, 2011, Kobe of Japan 5. 於 18th Computational Fluid Dynamics Conference in Taiwan 發表 1 篇論文，Aug., 3-5, Yilan, Taiwan. 6. 於 2011 International Pittsburgh Coal Conference, 發表 2 篇論文， Sep., 12-15, Pittsburgh, PA, USA.) 7. 於 International Conference on Nanoscience & Technology, 發表 1 篇論文 September 7-9, 2011, Beijing China 2011. 8. 於 Korea/Japan/Taiwan Conference for Chemical Engineering (KJT2011)，發 表 1 篇論文 11.10~12, Busan, Korea。 9. 於中華民國力學學會第三十 五屆全國力學會議發表 3 篇	1-1 以及耦合化學反 應之氣化爐反應 現象探討。已成功 描繪氣化爐氣體 反應機制，並進行 參數影響分析。 1-2 針對挾帶床式氣 化爐進行分析工 作，並採用有限速 率分析法進行分 析工作。其結果顯 示採用此一模 型，可增加系統準 確度。 2. 利用熱重法探討 含 CaO 材料在中 高溫捕碳技術，建 立捕碳劑鑑定與 功能特性，並與國 際同類型技術比 較。 3. 利用 CO ₂ 於超臨 界萃取生質物可 建立碳再利用技 術並獲得高效率 萃取技術。 4. 探討針狀鱗片測 試表面上之沸騰 機制，由於沸騰機 制可呈現熱傳性 能之優劣。已可應 用在大型冰水主 機蒸發器之熱傳 表面，以提升熱交 換器之熱傳效

			<p>論文，11月18-19日，國立成功大學。</p> <p>10. 於2011台灣化學工程學會58週年會發表3篇論文，11月25-26日，國立成功大學。</p>	<p>率，進而降低整體系統之耗能。</p> <p>5. 以非預混反應模型進行粉煤鍋爐之進氣條件影響分析。探討富氧燃燒與空氣燃燒之內部熱流場現象、溫度分佈、停滯時間與熱通量變化情況。</p> <p>6-1 使用 FLUENT 之 Finite-Rate/Eddy-Dissipation 模型進行 E-Gas 二階段挾帶床水煤漿氣化爐數值分析，使用 8 條同相與異相化學反應達成氣化爐內現象之評估，與參考資料比對結果相近並成功已指派之反應速率常數控制爐內之反應機制。</p> <p>6-2 進行以非預混反應模式以及耦合化學反應之氣化爐反應現象探討。已成功描繪氣化爐氣體反應機制，並進行參數影響分析。</p> <p>7. 利用材料合成方法含奈米 CaO 材料製造技術，建立旗鑑定方法並探討高溫捕碳性能測試。</p> <p>8 探討氧化鋁單體型金屬氧化物作為脫硫吸附劑的評估：已完成各種活性金屬種類，溫度以及空間流速的探討。</p> <p>9-1 利用不同導流板設計參數以改善進風口過濾自由面上的氣體均勻性對顆粒床過濾性能的影響，並藉以尋求進風口導</p>
--	--	--	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

					<p>流系統之顆粒床過濾器性能最佳化參數設計及配置。</p> <p>9-2 建立一包含化學動力反應機制之完整多相紊流燃燒數值分析模式。模擬結果與實驗結果一致，並進行參數影響分析。</p> <p>9-3 進行煤炭與生質物混合之進料模式之氣化效能評估。分析氧碳比、混合生質物等參數對於氣化效能之影響。</p> <p>10-1 利用 Pro/II® 進行氣化合成氣之淨化處置與 CO₂ 捕捉之系統程序效能比較。分別以吸收劑 Selexol 與 MDEA 設計系統建置，目標為淨化後合成氣之 H₂S 濃度低於 100 ppm，再生後之 H₂S 濃度為 30 mol%、硫回收率達 99%，碳捕捉 50% 與 CO₂ 濃度達 99 mol%，並與參考文獻進行分析與驗證比較。對於 CO₂ 減量與工廠建置具有參考價值。</p> <p>10-2 進行金屬氧化物脫硫劑篩選，實驗結果發現以鐵系脫硫劑去除硫化氫之效果較佳。</p> <p>10-3 利用熱重分析儀進行載氧體的氧化還原循環測試，計算出載氧體的載氧率以及質量轉化速率；經由對照載氧率以及質量轉化速率發現，機械混合法所製備出的載氧體</p>
--	--	--	--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

					皆優於含浸法所 製備之載氧體。
--	--	--	--	--	--------------------

101 年度：

績效屬性	績效指標	預期產出量化值	實際產出量化值	效益說明	重大突破
學術成就(科技基礎研究)	A 論文	國內外會議論文：11 篇 國際期刊 (SCI/EI)：5 篇 國內期刊論文：4 篇	本計畫相關研究成果發表於 SCI 論文 5 篇, EI 2 篇以及國內外會議論文 19 篇 包括： 1. Fuel：1 篇 2. Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering：1 篇 3. International Journal of Heat and Mass Transfer：1 篇 4. Journal of Power Sources：1 篇 5. Procedia Engineering: 1 篇 6. Natural Hazards：1 篇 7. Engineering Journal of Wuhan University：1 篇 7. 國內外會議論文 19 篇 8. 國內期刊論文：3 篇	1. Fuel 期刊為國際知名期刊。IF=3.248 @2011 之 Impact Factor, 於 Engineering, Chemical 分類排序為 13/133=0.098 2. Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering 為國際知名期刊。IF=0.758 @ 2011, 於 Engineering, Chemical 分類排序為 81/133=0.609 3. International Journal of Heat and Mass Transfer 為國際知名期刊。IF=2.407@ 2011, 6/122 = 0.049 @ ENGINEERING, MECHANICAL 4. Journal of Power Sources 為國際知名期刊。IF=4.951@ 2011, 2/27 = 0.074 @ELECTROCHEMISTRY 5. Procedia Engineering 為 EI 等級之知名國際期刊 6. Natural Hazards 為國際知名期刊。IF=1.529@ 2011, 於 Geosciences, Multidisciplinary, Environmental 分類排序為 74/174=0.425	1. 經由國際性期刊及國內外會議論文之投稿，宣示我國淨碳技術之規劃 2. 建立氣化合成氣多聯產模型，展現其可行性以及較佳之系統效能 3. 建立 E-Gas like 氣化爐分析模型，並針對氧碳比以及水煤漿濃度等影響進行分析工作。 4. 氣化技術導入 CO ₂ 捕獲程序後，其氫氣之含量將大幅上升。該富氫氣體可先經由固態氧化物燃料電池進行發電，其尾氣再行送入複循環發電系統進行發電。 5. 分析以國內慣用之印尼煤 (Kalim Prima Coal) 為進料，經氣化發電結合 CO ₂ 捕獲之效能變化。 6. 利用模型分析能源狀態，以因應未來氣候變化所造成之影響及發展。 7. 發表於 2012 台灣二氧化碳捕獲、封存與再利用國際研討會之論文：“Development of CO ₂ Capture Technique Using Calcium Aluminates Sorbents at Medium-High Temperature” 獲得大會傑出海報論文獎。
	B 研究團隊養成	與 3 所大學研究所與專業機構合作，推展合作研究並期推廣於市場應用	與 6 所大學：交大、中央、成大、清大、興大、聯合進行合作	建立國內研究團隊，培養國內未來淨碳技術人才，針對淨碳技術逐步成立整合型研究群	

績效屬性	績效指標	預期產出量化值	實際產出量化值	效益說明	重大突破
	C 博碩士培育	參與計畫執行之博士研究生數量 1 員及碩士研究生數量 2 員	參與計畫執行之碩士研究生及博士研究生共 7 人	培育在氣化技術 CFD 分析、數值計算與設計、淨化技術、中高溫除塵系統、中高溫二氧化碳吸附劑合成等領域之人力，有助於未來計畫的推動以及我國未來減碳技術相關人才之養成。	
	D 研究報告	7 篇	研究報告 7 篇	將成果文件化，以供經驗傳承，並增進本所研發效益。	
技術創新 (科技整合創新)	G 專利	申請國內或國際之專利 2 件	累計專利產出共 12 項，包含獲得 6 項(美國 5 項，歐盟 1 項)，美國申請 4 項，國內 2 項	配合技術創新，申請多項專利，展現應用研發實力。	Silver Medal Award, Invention Contest, 2012 Taipei Int'l Invention Show & Technomart, Ministry of Economic Affairs, TAIWAN
	H 技術報告	4 篇	3 篇	建立完整技術資料，達成技術保存與人員經驗傳承的功效。	
	I 技術活動	發表於國內或國際研討會至少 6 場次	I. 受邀演講：5 場次 II. 邀請外賓來所演講：4 場次 III. 會議論文發表：13 場次	I. 受邀演講 1. 第 19 屆全國國際算流體力學會議，迷你論壇三【工業應用】，一場次 2. 第三十六屆全國力學會議之「淨煤-捕獲技術」論壇發表專題演講，一場次 3. 2012 台灣二氧化碳捕獲、封存與再利用國際研討會 TMS: Pre-Combustion Capture Technologies 場次進行兩場次專題報告 4. 2012 淨煤與二氧化碳捕獲技術研討會，一場次 5. 應大陸華東理工大學邀請，於參訪該校時進行專題演講。該演講活動亦為該校 60 週年校慶系列活動之一。 II. 邀請外賓來所演講 1. 5 月 11 日，邀請捷克科學院 Institute of Chemical Process Fundamentals of the ASCR, Dr. Karel Svoboda 以 Fluidized bed gasification of coal-oil and coal-water-oil slurries by oxygen-steam and oxygen-CO ₂ mixtures 為題，進行專題演說 2. 7 月 17 日，邀請美國佛羅里達大學機械與航	

績效屬性	績效指標	預期產出量化值	實際產出量化值	效益說明	重大突破
				<p>空工程系莊 O 祖 講座教授以 Pure Hydrogen Production from Biomass Using High Temperature Proton Conducting Ceramic Membrane 為題，進行專題演說</p> <p>3. 11 月 20 日，邀請國立交通大學材料科學與工程學所 陳 O 元 教授，以中高溫二氧化碳捕獲材料之製備與發展概況為題，進行專題演說</p> <p>4. 11 月 21 日，邀請捷克科學院 Institute of Chemical Process Fundamentals of the ASCR , Mr. Michal Jeremiáš 以 CO₂ as moderator for biomass gasification 為題，進行專題演說</p> <p>III. 論文發表</p> <p>1. 於 2012 The 6th Pacific Basin Conference on Adsorption Science and Technology (PBAST-6) 研討會，發表 1 篇論文，5 月 20-23 日，台北台大醫院國際會議中心。</p> <p>2. 於 2012 綠色科技工程與應用研討會(GTEA)暨綠色能源與冷凍空調學術研討會(GERA)，發表 1 篇論文，6 月 2 日，勤益大學</p> <p>3. 2012 台灣二氧化碳捕獲、封存與再利用國際研討會，2012. 11. 25-27，台北</p> <p>4. 2012 海峽兩岸氣候變遷與能源永續發展論壇，2012-10-5~6，湖北省武漢市，中國</p> <p>5. 2012 台灣化學工程學會 59 週年年會 2012.11.23-24 逢甲大學</p> <p>6. 2012 力學年會 2012.11.16-17 中央大學</p> <p>7. 2012 International Symposium on Metastable, Amorphous and Nanostructured Materials (ISMANAM), 18-22 June,</p>	

績效屬性	績效指標	預期產出量化值	實際產出量化值	效益說明	重大突破
				<p>Moscow.</p> <p>8. 19th Regional Symposium on Chemical Engineer (RSCE2012), 2012.11.7-8. Bali</p> <p>9. 2012 清潔生產暨環保技術研討會, 2012-10-26, 台北台大醫院國際會議中心。</p> <p>10. 中國機械工程學會第二十九屆全國學術研討會, 2012.12.7-8, 國立中山大學, 高雄市</p> <p>11. 29th Annual International Pittsburgh Coal Conference, Oct. 15-18, 2012, Pittsburgh, USA</p> <p>12. 11th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies (GHGT11), 2012.11.18, 日本京都</p>	
	J 技術移轉	引進技術 (1 件數)	完成與美國紐奧良大學 Prof. Ting Wang 簽訂委託計畫合約, 將由其協助以 Fluent 進行氣化程序分析技術建立工作。	與國外大學合作, 引進氣化分析技術, 提昇本所設計技術能力, 並共同推動未來自主性氣化技術。	成果發表於國際知名期刊 International Journal of Heat and Mass Transfer; IF=2.407@ 2011, 6/122 = 0.049 @ ENGINEERING, MECHANICAL.

依上述選定績效指標作如下之敘述：

102 年度			
項目	年度目標	年度衡量指標	實際達成度
總計畫	(1) 論文 (2) 專利 (3) 技術活動 (4) 碩博士培育 (5) 研究團隊養成	(1) 論文 國際期刊：3 篇 國內期刊論文：5 篇 國外會議論文：1 篇 國內會議論文：11 篇 (2) 專利：2 件 (3) 技術活動：8 次 (4) 碩博士培育：8 人 博士研究生：4 人 碩士研究生：4 人 (5) 研究團隊養成：3 所	(1) 論文 國際期刊：5 篇 (SCI*4, EI*1) 國內期刊論文：3 篇 國外會議論文：4 篇 國內會議論文：5 篇 (2) 專利：9 件 (4 件申請、5 件獲得) (3) 技術活動：16 次 (含邀請專家學者演講) (4) 碩博士培育：4 人 博士研究生：3 人 碩士研究生：1 人 (5) 研究團隊養成：6 所
分項一 淨碳關鍵次系統 開發與小型示範 系統設施建立	(1) 論文 (2) 專利 (3) 技術活動 (4) 碩博士培育 (5) 研究團隊養成	(1) 論文 國際期刊：2 篇 國內期刊論文：3 篇 國外會議論文：1 篇 國內會議論文：7 篇 (2) 專利：0 件 (3) 技術活動：5 次 (4) 碩博士培育：4 人 博士研究生：2 人 碩士研究生：2 人 (5) 研究團隊養成：2 所	(1) 論文 國際期刊：2 篇 (SCI*2) 國內期刊論文：1 篇 國外會議論文：4 篇 國內會議論文：3 篇 (2) 專利：5 件 (3) 技術活動：12 次 (4) 碩博士培育：2 人 博士研究生：2 人 碩士研究生：0 人 (5) 研究團隊養成：5 所
分項二 中高溫碳捕捉技 術開發	(1) 論文 (2) 專利 (3) 技術活動 (4) 碩博士培育 (5) 研究團隊養成	(1) 論文 國際期刊：1 篇 國內期刊論文：2 篇 國外會議論文：0 篇 國內會議論文：4 篇 (2) 專利：2 件 (3) 技術活動：3 次 (4) 碩博士培育：4 人 博士研究生：2 人 碩士研究生：2 人 (5) 研究團隊養成：1 所	(1) 論文 國際期刊：3 篇 (SCI*2, EI*1) 國內期刊論文：2 篇 國外會議論文：0 篇 國內會議論文：2 篇 (2) 專利：4 件 (3) 技術活動：4 次 (4) 碩博士培育：1 人 博士研究生：1 人 碩士研究生：1 人 (5) 研究團隊養成：1 所

總期程累計(99~101 年，102 年如上表)：

99 年度			
項目	年度目標	年度衡量指標	實際達成度
總計畫： 淨碳技術發展	(1) 論文 (2) 專利 (3) 技術活動 (4) 碩博士培育	(1) 論文 國際期刊：1 篇 國內期刊論文：1 篇 (2) 專利：3 件	(1) 論文 國際期刊：4 篇 (SCI 4 篇) 國內期刊論文：2 篇 (2) 專利：4 件 (申請 4 件)

	(5) 研究團隊養成 (6) 引進技術	(3) 技術活動：2 次 (4) 碩博士培育：9 人 博士研究生：4 人 碩士研究生：5 人 (5) 研究團隊養成：6 所 (6) 引進技術：1 件	(3) 技術活動：10 場次 (4) 碩博士培育：18 人 (5) 研究團隊養成：8 所 (6) 引進技術：1 件 (7) 辦理國內研討會 2 場 A. 與中原大學合辦「綠能生命週期評估與產業發展效益研討會」(3 月 19 日) B. 與中原大學合辦「綠色能源產業經濟模型發展趨勢」。(3 月 31 日) (8)、辦理國際研討會 1 場 與中央大學合辦「2010 永續淨碳關鍵技術國際研討會」。(12 月 17 日)
100 年度			
年度目標	年度衡量指標	實際達成度	
總計畫： 淨碳技術發展	(1) 論文 (2) 專利 (3) 技術活動 (4) 碩博士培育 (5) 研究團隊養成 (6) 引進技術	(1) 論文 國際期刊：3 篇 國內期刊論文：3 篇 (2) 專利：件 (3) 技術活動：5 次 (4) 碩博士培育：12 人 博士研究生：6 人 碩士研究生：6 人 (5) 研究團隊養成：3 所 (6) 引進技術：1 件	(1) 論文 國際期刊：4 篇(SCI 2 篇、EI 1 篇、其它 1 篇) 國內期刊論文：5 篇 (2) 專利：8 件(獲得 3 件、申請 5 件) (3) 技術活動：10 場次 (4) 碩博士培育：13 人 (5) 研究團隊養成：4 所 (6) 引進技術：1 件
101 年度			
項目	年度目標	年度衡量指標	實際達成度
總計畫： 淨碳技術發展	(1) 論文 (2) 專利 (3) 技術活動 (4) 碩博士培育 (5) 研究團隊養成 (6) 引進技術	(1) 論文 國際期刊：4 篇 國內期刊論文：4 篇 (2) 專利：2 件 (3) 技術活動：6 次 (4) 碩博士培育：3 人 博士研究生：1 人 碩士研究生：2 人 (5) 研究團隊養成：2 所 (6) 引進技術：1 件	(1) 論文 國際期刊：7 篇(SCI 5 篇、EI 2 篇) 國內期刊論文：3 篇 (2) 專利：12 件(獲得 6 件、申請 6 件) (3) 技術活動：13 場次 (4) 碩博士培育：7 人 博士研究生：3 人 碩士研究生：4 人

			(5) 研究團隊養成：6 所 (6) 引進技術：1 件
分項一 淨碳關鍵次系統 開發與小型示範 系統設施建立	(1) 論文 (2) 專利 (3) 技術活動 (4) 碩博士培育 (5) 研究團隊養成 (6) 引進技術	(1) 論文 國際期刊：3 篇 國內期刊論文：2 篇 (2) 專利：2 件 (3) 技術活動：3 次 (4) 碩博士培育：2 人 博士研究生：0 人 碩士研究生：2 人 (5) 研究團隊養成：2 所 (6) 引進技術：1 件	(1) 論文 國際期刊：6 篇(SCI 5 篇、 EI 1 篇) 國內期刊論文： (2) 專利：8 件(獲得 4 件、申 請 4 件) (3) 技術活動：8 場次 (4) 碩博士培育：4 人 博士研究生：2 人 碩士研究生：2 人 (5) 研究團隊養成：5 所 (6) 引進技術：1 件
分項二 中高溫碳捕捉技 術開發	(1) 論文 (2) 專利 (3) 技術活動 (4) 碩博士培育 (5) 研究團隊養成	(1) 論文 國際期刊：1 篇 國內期刊論文 2 篇 (2) 專利：2 件 (3) 技術活動：3 次 (4) 碩博士培育：1 人 博士研究生：1 人 碩士研究生：0 人 (5) 研究團隊養成：1 所	(1) 論文 國際期刊：1 篇(1EI 1 篇) 國內期刊論文 3 篇 (2) 專利：4 件(獲得 2 件、申 請 2 件) (3) 技術活動：5 場次 (4) 碩博士培育：3 人 博士研究生：1 人 碩士研究生：2 人 (5) 研究團隊養成：1 所

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)	40
二、技術創新(科技整合創新)	40
三、經濟效益(產業經濟發展)	10
四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續)	5
五、非研究類成就(人才培育、法規制度、國際合作、 推動輔導)	2

六、其它效益(科技政策管理及其它)	3
總計	100%

說明：

- 請填面向之權重，加總共 100%。
- 請依前述重要成果及重大突破所勾選之內容說明其價值與貢獻度：
 - 學術成就(科技基礎研究)
 - 論文.....
 - 研究團隊養成....
 -
 - 技術創新(科技整合創新)
 - 專利.....
 - 技術報告....
 -
 - 等依此類推...
- 例如：有學術成就者(科技基礎研究)請說明 A 論文、B 研究團隊養成、C 碩博士培育、D 研究報告、E 辦理學術活動、F 形成教材、其他等。主要成就之各項權重總和應為 100%..... 其他請以此類推。

一、學術成就(科技基礎研究) (權重 40_%)

(一)論文

102 年度：

本計畫 102 年度共發表國內外會議論文 9 篇（國外 4 篇、國內 5 篇）、國際期刊 5 篇(SCI 4 篇，EI 1 篇)、國內期刊 3 篇，其中部分 **SCI 國際期刊論文**發表於名列相關領域排名前端期刊，顯現本計畫成果之品質已獲國際同儕肯定。以下為本計畫發表於學術期刊之論文摘要：

SCI/EI 論文：5 篇

- Luan Y.T., Chyou Y.P., Wang T., Numerical analysis of gasification performance via finite-rate model in a cross-type two-stage gasifier, International Journal of Heat and Mass Transfer, 57/558-566, 2013, IF:2.407, Rank 6/122=4.9% in Engineering, Mechanical.

論文摘要：

The gasification process of a pressurized, oxygen-blown, entrained-flow E-Gas like gasifier through numerical modeling is investigated by solving the 3-D, steady-state Navier–Stokes equations with the Eulerian–Lagrangian method. Eight chemical reactions are solved via the Finite-Rate/Eddy-Dissipation Model. The preliminary gasification process is successfully modeled and the global chemical reactions are proved to be strongly affected by the finite rates. The results of parametric study show that the increasing O₂/Coal ratio results in a decrease of CO, but an increase of CO₂ and exit temperature. With a modified water–gas-shift reaction rate, a more reasonable trend is obtained that as the coal slurry concentration decreases, the mass flow rate of H₂, CO₂, and H₂O increase while that of CO decreases. As the amount of coal slurry mass flow in the first stage increases, the exit temperature and the mole fraction of H₂ and CO₂ increase, while that of CO decreases. However, different fuel distributions do not provide notable influence on gasification performance due to the large space inside the E-Gas gasifier allowing complete reaction. The overall results show that the present CFD model can adequately capture the gasification behavior and analyze gasification performance inside the gasifier.

Acknowledgement

This research was supported by a Grant from INER (Institute of Nuclear Energy Research) program, Clean Carbon as Sustainable Energy (CaSE), under the frame work of National Energy Program (NEP) at National Science Council of Taiwan, ROC.

2. Chyou Y.P., Chen M.H., Luan Y.T., Wang T., Investigation of the Gasification Performance of Lignite Feedstock and the Injection Design of a Cross-Type Two-Stage Gasifier, *Energy & Fuel*, 27(6), pp.3110-3121, 2013. IF 2.853, Rank 16/133=12% in Engineering, Chemical, 2012)

論文摘要:

In the last three years, the Institute of Nuclear Energy Research (INER) has been developing the E-GAS gasification numerical model and analyzing the gasification performance by conducting several parametric studies. A preliminary numerical model considering coal particles tracking, two-step volatiles thermal cracking, and nine chemical reactions has been established. In last year's results, the single lateral injector design in the second stage of E-GAS gasifier is found nonideal for the gasification process. Therefore, one of the objectives in this study is to modify the second stage injection and investigate its effect on gasification performance. Moreover, because of rising interest in the use of low-rank coals as the feedstock for power plants, the second goal in this paper is to investigate the gasification features by using North Dakota (ND) lignite as the feedstock. The result shows that a dual-injector design (either tangential or opposing jets) in the second stage injection of E-GAS gasifier can minimize the nonideal recirculation zone and improve the gasification performance. Furthermore, a tangential injection design can make the average temperature reach equilibrium more quickly, so the height of the E-GAS gasifier could therefore be shortened. Moreover, by examining the energy needed for the second stage injection, a tangential injection design saves more energy as compared to the opposing-jets design. The result of the assessment of ND lignite shows that under the same condition of O₂/coal and coal/slurry ratios, no matter what the feedstock flow rate or the total input heating value, the gasification performance of ND lignite is always lower than that of Illinois #6 coal. However, the cheaper price of ND lignite makes it more competitive, and if the electricity generating industries can accept a lower gasification performance, the usage of ND lignite can be a choice to be considered.

Acknowledgement

This research is supported by a grant from the INER (Institute of Nuclear Energy Research) program "Clean Carbon as Sustainable Energy (CaSE)" under the framework of National Energy Program (NEP) at National Science Council of Taiwan, R.O.C.

3. Yu, C.T., Chen, W.C., Preparation, Characterization of Ca/Al Carbonates Pellets with TiO₂ Binder and CO₂ Sorption at Elevated-temperature Conditions, *Powder Technology*, 239 /492-498, 2013, IF= 2.024, Rank 34/133=26% in Engineering, Chemical, 2012

論文摘要:

High-temperature CO₂ capture using a Ca/Al carbonate sorbent, made of Ca–Al–CO₃ powder and a TiO₂ binder, was studied. Calcium aluminates were synthesized by the coprecipitation of Ca²⁺, Al³⁺, and CO₃²⁻ under alkaline conditions. The results showed that TiO₂ nanoparticles significantly improved surface area and cyclic stability of sorbents in thermogravimetric analysis (TGA) and reactor. Six types of Ca / Ti pellets were prepared, using a Ca–Al–CO₃/TiO₂ weight ratio of 1–6:1. These granules gave a very stable CO₂ uptake, to 80% of their full capacity, for 10 cycles, compared to only 35% using Ca–Al–CO₃. A possible reaction scheme for stabilizing the CaO microstructure for multi-cycle

experiments is described.

4. Yu, C.T., Chen, W.C., Development of a Scalable Method for Manufacturing High-Temperature CO₂ Capture Sorbents, Chemical Engineering and Technology, 36/766-772, 2013, IF= 1.366, Rank 55/133=41% in Engineering, Chemical, 2012

論文摘要:

An engineered process for scalable manufacture of a calcium aluminum carbonate CO₂ sorbent with production amounts of about 1000 g per hour has been developed. The process includes mixing and heating, solid-liquid separation, drying and extrusion, crushing and conveying, and calcined molding steps. The sorbent preparation involves the coprecipitation of Ca²⁺, Al³⁺, and CO₃²⁻ under alkaline conditions. By adjusting the Ca:Al molar ratio, a series of Ca-rich materials could be synthesized for use as CO₂ sorbents at 750°C. A calcium acetate-derived sorbent exhibited better cyclic stability than sorbents originating from CaCl₂ and Ca(NO₃)₂. The initial sorption capacity increased with CaO concentration. High stability of more than 90 % was maintained by the Ca:Al sorbents after 40 looping tests.

5. Yu C.T., Chen W.C., Chyou Y.P., Chen S.Y., Synthesis of Calcium Aluminates Granule with TiO₂ Binder for High-temperature CO₂ Capture, Energy Procedia, 2013, 37, 1246-1253. (EI)

國內期刊論文：3 篇

1. 黃亮維、邱耀平，2013，煤炭氣化中高溫脫硫程序發展簡介，化工技術，第 240 期，142-157 頁。

因應溫室效應日益嚴重問題，採用整合氣化複循環發電技術(Integrated gasification combined-cycle, IGCC)為目前最有效率的化石能源運用方式，除了可以減少溫室氣體的排放，尚能增進整體的熱效率與後端應用。其中之一的關鍵技術在於中高溫脫硫。該技術可以減少大氣中的硫氧化物排放，並產出適合後端多聯產應用的氣氛。中高溫脫硫技術為採用具再生特性的金屬氧化物作為吸附劑，進行硫化物的吸附與再生程序。相較過去的低溫洗滌方式，除了有更高的熱效率，還具備再生的成本優勢。金屬氧化物過去以氧化鋅研究最多，因為其具有極佳的熱力學特性；但其化學穩定性問題，不適用在 650°C 以上。後來又發展成鋅鈦型吸附劑，氧化鈦具有穩定氧化鋅晶相的能力，但不會參與吸附反應；而主要的缺點就是結構強度脆弱，應用在近期發展的流體床或輸送床反應系統，磨耗問題相當嚴重。作為一支合用的吸附劑應該同時具備低排放濃度、高吸附容量、與抗磨耗等特性。但因為很難同時達到，實際情況必須根據不同的應用對特性做取捨。另外本文也參閱許多文獻來評估與量化吸附劑的特性表現。在中高溫脫硫領域的研究，國際上就屬 Research Triangle Institute (RTI)和美國能源部最積極投入。在過去二十幾年間，已經從 FCC 觸媒材料的經驗開發出可同時抗磨耗與具備高吸附容量的吸附劑。並經過大型反應系統驗證，在三千小時的長期循環操作下，仍可控制出口排放濃度在 5ppmv 以下，足以滿足多聯產環境的需求。但對於此技術未來要商業化的目標，仍有與實體電廠整合的問題要克服。RTI 的規劃是將與美國佛羅里達的 Polk 電廠進行整合測試，後續結果則有待關注。

2. 郭奐廷、余慶聰，2013，合成 Ca-Al-Ti 捕碳材料並應用於中高溫 CO₂ 捕獲程序，化工，第 60 期，第 3 卷，72-78 頁。

論文摘要：

本研究以高表面積 TiO₂ 作為添加劑，利用沉澱沉積法合成 Ca-Al-Ti 捕碳材料。

TiO₂ 粉末可有效的使捕碳材料的表面積增加，並且提升其穩定性。最佳的捕碳材料的組成比例為 Ca/Al/Ti = 30/1/1.55。其在 750°C 下的 CO₂ 捕獲量為 59.54 wt% (g CO₂/g sorbent)，十循環的穩定性為 98.36%。此研究的結果顯示此種組成材料具有後續開發成為中高溫捕碳材料的重要價值。

3. 陳文雄、余慶聰，2013，Ca-Al-CO₃ 捕碳材料造粒技術並應用於中高溫 CO₂ 捕獲程序，化工，第 60 期，第 4 卷，90-95 頁。

論文摘要：

本實驗利用共沉澱法製備 Ca-Al-CO₃ 捕碳劑，並用 XRD、BET、SEM 和 TGA 等儀器進行捕碳劑特性分析。綜合在研究中所得到的實驗成果，最佳造粒參數為添加 5% 膨潤土與 5% 脫模劑，其吸附量可達 47.5% 且穩定性可達 91.6 %。中高溫捕獲二氧化碳為全球研究趨勢，如何將捕碳劑商業化為一重要課題，利用造粒技術可將捕碳劑填充至較大型固定床與流體床反應器，因此後續將持續進行更長時間測試，以增加此產品之競爭優勢。

國際會議論文 4 篇

1. Chen Y.S., Li S.C., Chyou Y.P., Hot clean-up technology of dust particulates with a moving granular bed filter, Sixth International Conference on Clean Coal Technologies, May 12-16, 2013, Thessaloniki, Greece.
2. Wang T., Chen M.H., Chyou Y.P., Modeling of Volatiles Condensation and Re-evaporation in Coal Gasification in a Low-Temperature, High-Pressure Entrained-Bed Reactor, International Pittsburgh Coal Conference, 15-18, September, 2013, Beijing, China.
3. Huang L.W., Chyou Y.P., Sulfide Capturing Techniques for Advanced Fuel Conversion Process by Silica-Supported Sorbents, International Pittsburgh Coal Conference, 15-18, September, 2013, Beijing, China.
4. Huang C. Y., Chyou Y.P., Study of H₂S Removal at High Temperature with 20%Fe₂O₃/Al₂O₃ Sorbent Applying Factorial Experimental Design Method, AIChE Annual Meeting, 3-8, November, 2013, San Francisco, CA

國內會議論文：5 篇

1. 郭煥廷、余慶聰，2013，氧化鈣改質技術與高溫 CO₂ 捕獲材料應用，2013 綠色科技工程與應用研討會，臺中勤益科技大學，2013-5-24。
2. 黃亮維、邱耀平，以氧化矽基吸附劑捕獲先進燃料轉化程序中硫化物的研究，第三十一屆台灣觸媒與反應工程研討會，成功大學，台南，2013-6-27~28
3. 張 O 維、蕭 O 三、邱耀平、陳一順，兩階段移動式顆粒床過濾器中床體高度與濾材質量流率對除塵性能影響之研究，2013 年中華民國力學學會年會暨第 37 屆全國力學會議及第 1 屆國際力學會議，清華大學，新竹，2013-11-8~9。
4. 邱秀玫、陳柏壯、邱耀平，合成氣組成對甲烷化反應之敏感度分析，2013 台灣化學工程學會 60 週年年會暨國科會化工學門成果發表會，台灣科技大學，台北，2013-11-22~23。
5. 余慶聰、郭煥廷，2013，含鈣鋁鈦氧化物合成與中高溫捕捉 CO₂ 之研究，2013 台灣化學工程學會 60 週年年會暨國科會化工學門成果發表會，台灣科技大學，台北，2013-11-22~23。

總期程累計(99~102 年)：

1. 期刊論文 33 篇，包含國際 SCI 期刊 15 篇、EI 期刊 4 篇、國外其它期刊 1 篇、國內期刊 13 篇
2. 會議論文發表 65 篇，包含國際會議 28 篇與國內會議 37 篇

總期程累計(99~101 年，102 年如上表) 之論文摘要：

99 年度：本計畫共完成國內外會議論文 21 篇、國際 SCI 期刊 4 篇、國內期刊 2 篇，以下為本計畫發表於學術期刊之論文摘要：

1. Wu C.H., Chang Y.P., Chen S.Y., Liu D.M., Yu C.T., Pen B.L., 2010, Characterization and Structure Evolution of Ca–Al–CO₃ Hydrotalcite Film for High Temperature CO₂, *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 10 (7), pp. 4716-4720. (IF 1.149, 89/152=58.55% in Chemistry, Multidisciplinary, 2012.)

In this work, monodispersed layered double hydroxide (Ca-Al LDHs) nanoparticles were synthesized by hydrothermal coprecipitation. Uniform thin films of layered double hydroxide on porous anodic aluminum oxide (AAO) substrates were formed by a direct precipitation process in a homogeneous suspension containing monodispersed Ca-Al layered double hydroxide nanoparticles. It was found that the formation of a designed hydrotalcite-like phase is strongly dependent on the [Ca²⁺]/ [Al³⁺] ratios, and that a minor CaCO₃ phase could possibly form simultaneously, which is attributed to the greater insolubility of CaCO₃ and the incompatibility of the ionic size of Al and Ca. The optimal CO₂ adsorption capacity appears in the layered Ca-OH-Al structure with the composition ratio of 3:1. Furthermore, the CO₂ adsorption mechanism varies with treatment temperature. Below 400°C, the CO₂ adsorption is attributed to the LDH structure with a large surface area and pore volume, but above that the adsorption is due to the formation of CaCO₃ and CaO. The permeation behavior and CO₂ absorption can be explained by a preferable chemical and physical absorption of CO₂ on the layered double hydroxide and porous structure of the membrane.

2. Chen Y.S., Hsiao S.S., Lai S.C., Chyou Y.P., Li H.Y., Hsu C.J., 2010, Filtration of dust particulates with a moving granular bed filter, *Journal of Hazardous Materials*, 49, pp. 1214-1221. (IF 3.925, 2/122 = 0.16% in Engineering, Civil, 2012)

The goal of this study was to evaluate the performance of a moving granular bed filter designed for cold test to filter coal particulates. A series of experiments were carried out at room temperature to demonstrate the collection efficiency of this method of filtration technology (i.e., the moving granular bed filter) at different filtration superficial velocities and mass flow rates of filter granules but with a fixed inlet dust concentration. The dynamic characteristics of the filter system were evaluated by measuring variations in the outlet concentration and size distribution of dust particulates. The collection mechanisms of the filter granules in the moving granular bed filter were also studied. Experimental results showed that the collection efficiency could be enhanced by using a filtration superficial velocity of 30 cm/sec and mass flow rate of 450 g/min. The results of this study indicate this type of method could be useful for application in different cross-flow filter systems for gas clean-up. The focus in the current study is essentially the development of a moving granular bed filter that could be applied in a high-temperature environment. The results are expected to serve as the basis for future research.

3. Smid J., Chyou Y.P., Hsiao S.S., 2010, An approximate theory for stresses in dust cake of ceramic candle filters, *Powder Technology*, 203, pp. 288-297. (IF 2.024, 34/133 = 25.56% in Engineering, Chemical, 2012)

A simplified theory is developed that yields the approximate stresses within a dust cake on the outer surface of ceramic candle filter and gives the critical factors which ensure

complete detachment of cake. The radial and tangential stresses in cake during filtration have been derived by consideration of active state of stress in the dust cake. Back pulses of cleaning gas expand dust cake on the condition, that their power is just adequate to properties of cake, such as angle of internal friction and cohesion. Expansion of dust cake induces tension cracks and disintegration of cake. Back pulses of higher values hamper expansion of cake and cause “patchy” cleaning.

4. Huang C.H., Chang K.P., Yu C.T., Chiang P.C., Wang C.F., 2010, Development of high-temperature CO₂ sorbents made of CaO-based mesoporous silica, *Chemical Engineering Journal*, 161, pp. 129–135. (IF 3.473, 10/133=7.52% in Engineering, Chemical, 2012)

This study develops a modified CaO-based mesoporous CO₂ sorbent with high sorption capacity (about 10 mol/kg sorbent) and long-term durability. Highly ordered mesoporous SBA-15 molecular sieves used as carriers were successfully synthesized through direct-synthesis by using non-ionic surfactants as the structure-directing agent under strong acidic conditions. Calcium ions using calcium acetate as the precursor were finely dispersed onto prepared carriers using an impregnation method. Calcium oxide was obtained under calcination at high temperature. Analytical techniques, such as X-ray diffraction patterns, nitrogen physisorption isotherms, scanning electron microscopy/energy dispersive spectrometer, and transmission electron microscopy, were used to characterize the synthesized mesoporous materials. The thermo-gravimetric analysis was used to test the performance of CO₂ capture using prepared CaO modified sorbents. The property and carbon dioxide sorption ability of the substrates and sorbents were examined and discussed. Carbon dioxide was effectively adsorbed, concentrated, and separated using the reasonable reaction paths. Durability tests showed that the CO₂ adsorption ratio remains at 80% after 40 cyclic runs under a carbonation temperature at 700°C and calcination temperature at 910°C, respectively. The results showed that the structural stability of the sorbents was improved sufficiently under high temperature and cyclic sorption–desorption operations.

5. 林○裕、葛復光、謝○宸、曾○傑、林忠漢，「我國 2010-2030 年住宅及服務業部門能源需求推估」，台電工程月刊，住宅及期，99 年 3 月號。
6. 吳○益、葛復光、黃○煌、謝○宸、曾○傑、楊○雯、林忠漢，「工業、運輸、住宅及服務業部門能源服務需求長期預測」，臺灣銀行季刊，第六十一卷第四期。

會議論文：21 篇

1. 余秋霞、陳○仁、邱耀平，2010，合成氣產製清潔能源二甲醚之製程設計，綠色科技工程與應用研討會，國立勤益科技大學，台中，2010-05-26。
2. 黃瀟瑩、曾○科、朱○、邱耀平，2010，以 Fe₂O₃/SiO₂ 為吸收劑進行高溫除硫可行性評估研究，2010 綠色科技工程與應用研討會，台中，國立勤益科技大學，2010-05-26。
3. 王啟鴻、余慶聰、邱耀平，2010，利用鈣鋁吸附劑於中高溫捕捉二氧化碳之研究，國立勤益科技大學，臺中，2010-05-26。
4. 陳銘宏、吳○斌、樂晏昌、江○柳、黃彰斌、邱耀平，2010，挾帶床式氣化爐數值模擬分析，第 17 屆全國計算流體力學研討會，鴻禧大溪別館，2010.07.29~31。
5. Chyou Y.P., Lee W.B., Chen P.C., Ko F.K., 2010, A Case Study of CO₂-Cycle and Energy Systems Analysis for a Coal Gasification-Based Polygeneration Plant, Ninth Annual Conference on Carbon Capture and Sequestration, pittsburgh, PA, USA, 2010-05-10~13.
6. Chen Y.S., Chyou Y.P., Hsiau S.S., Lai S.C., Lee H.Y., Hsu C.J., 2010, Filtration of Fly Ash Using a Moving Granular Bed Filter, International Conference on Multiphase

- FlowICMF-2010, Tampa, USA, 2010-05-30~6-04
7. Chen P.C., Chiu H.M., Chyou Y.P., Yu C.S., 2010, A System-Level Simulation Model of Poly-Generation Plant Based on Gasification Technology with Methanol and Power Generation, ASME 2010 4th International Conference on Energy Sustainability, Phoenix, Arizona, USA, 2010-05-17~22.
 8. Chen P.C., Chiu H.M., Chyou Y.P., Yu C.S., Chen H.J., 2010, Process Simulation Study of Coal Gasification-Based Multi-Product Plant with Electricity and Chemical Products, The 13th Asia Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress, Taipei, Taiwan, 2010.10.05~08.
 9. Yu C.T., Wang C.H., Hsu M.J., Chyou Y.P., 2010, Development of a novel Ca/Al carbonates for medium-high temperature CO₂ capture, 10th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, GHGT10, Amsterdam, Holland, 2010.9.19~23.
 10. 張 O 學、陳 O 元、余慶聰、邱耀平, 2010, 利用電泳批覆法合成 CO₂ 捕捉之含鈣薄膜材料, International Membrane Conference in Taiwan 2010, 中原大學, 桃園, 2010-05-28.
 11. 王啟鴻、余慶聰、邱耀平, 2010, 利用鈣鋁吸附劑於中高溫捕捉二氧化碳之研究, 國立勤益科技大學, 臺中, 2010.05.26.
 12. 王啟鴻、余慶聰、邱耀平, 2010, 利用不同鈣鋁氧化物於中高溫捕捉二氧化碳之研究, 13th Asia Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress, APCCHE 2010, 台灣大學, 臺北, 2010.10.5~8.
 13. 余慶聰、邱耀平、張 O 學、陳 O 元, 2010, 奈米層狀水滑石於中高溫二氧化碳捕集之研究, 中國材料科學學會年會, 義守大學, 高雄, 2010.11.19~20.
 14. 邱耀平、徐毅理, 2010, Cracks Formation in Dust Cake of Ceramic Candle Filter, 中國機械工程學會第二十七屆全國學術研討會, 台北科技大學科技大樓, 台北, 2010-12-10~11。
 15. 張 O 維、邱耀平、徐毅理, 2010, 二維儲槽模型內流動校正單元之流場觀測與分析, 中國機械工程學會第二十七屆全國學術研討會, 台北科技大學科技大樓, 台北, 2010-12-10~11。
 16. 許 O 仁、劉 O 銓、邱耀平、蕭 O 三、陳一順、徐毅理, 2010, 兩階段顆粒床過濾器之二維儲槽濾材流場型態研究, 中華民國力學學會第三十四屆全國力學會議, 國立雲林科技大學, 雲林, 2010-11-19~20。
 17. 黃彰斌、葛復光、鄭柏彥, Sensitivity Study of Energy Prices for CO₂ Abatement Scenarios in Taiwan, International Energy Workshop(瑞典斯德哥爾摩), 2010-06-20~24。
 18. 林忠漢、葛復光、邱秀玫, The Integrated Policy Framework of Accelerating Low-Carbon Transport Technologies in Taiwan, 5th TIER Economy, Energy and Environment Conference 2010-The Global View of Economy, Energy and Environment after COP15, Taiwan Institute of Economy Research, Taipei, Taiwan, 2010-08-27
 19. 陳中舜、葛復光、鄭柏彥, 由容量因子探討台灣風力發電之現況與瓶頸, 2010 IAEE International Conference, Rio de Janeiro, Brazil, 2010-06-06~09。
 20. Chen H.M., Jiang T.J., Huang C.B., Chyou Y.P., 2010, Numerical simulation analyses of an entrained-bed gasification reactor, 2010 International Pittsburgh Coal Conference, Istanbul, Turkey, 2010-10-11~14.
 21. Chyou Y.P., Huang C.B., Luan Y.T., Wang T., 2010, Numerical Simulation of the Gasification Process inside a Cross-Type Two-Stage Gasifier, 2010 International Pittsburgh Coal Conference, Istanbul, Turkey, 2010-10-11~14.

100 年度：

本計畫共完成國內外會議論文 16 篇、國際期刊 4 篇 (SCI 2 篇、EI 1 篇、其它 1 篇)、國內期刊 5 篇，以下為本計畫發表於學術期刊之論文摘要：

1. Chen M. H. Jiang T. L., 2011, The analyses of the heat-up process of a planar, anode-supported solid oxide fuel cell using the dual-channel heating strategy, *International Journal of Hydrogen Energy* 11, pp. 6882-6893. (SCI)

In the present study, a finite-volume (FV) model has been developed to investigate the thermal behavior, the heat-up time and the corresponding temperature gradient for an anode-supported planar SOFC during the heat-up process. A methane burner is employed for the heat-up of the SOFC. Effects of the burner power and the flow configuration on the temperature distribution, the effective maximum-temperature-gradient, the heat-up time and the required energy in the heat-up process are investigated. The numerical results obtained from the present study show that the single-channel mode is impractical for the SOFC heat-up due to the lengthy heat-up time. For a fixed-power burner, the required heat-up time for the counter-flow configuration is about 25% less than that of the co-flow configuration. For the counter-flow configuration, the temperature gradient is averagely about 17% larger than that for the co-flow configuration. The total energy required for the counter-flow configuration is about 20% less than that for the co-flow configuration. The counter-flow configuration is superior to the others as far as the heat-up time and the required energy are concerned, although it yields a relatively higher maximum-temperature-gradient.

2. Chang P. H., Chang Y. P., Chen S. Y., Yu C. T., Chyou Y. P., 2011, Ca-Rich Ca-Al-Oxide, High-Temperature-Stable Sorbents Prepared from Hydrotalcite Precursors: Synthesis, Characterization, and CO₂ Capture Capacity, *ChemSusChem* 2011(4), pp. 1844-1851. (IF 7.475, 17/152=11.18% in Chemisrty, Multidisciplinary, 2012.)

We present the design and synthesis of Ca-rich Ca-Al-O oxides, with Ca²⁺/Al³⁺ ratios of 1:1, 3:1, 5:1, and 7:1, which were prepared by hydrothermal decomposition of coprecipitated hydrotalcite-like Ca-Al-CO₃ precursors, for high-temperature CO₂ adsorption at 500–700°C. In situ X-ray diffraction measurements indicate that the coprecipitated, Ca-rich, hydrotalcite-like powders with Ca²⁺/Al³⁺ ratios of 5:1 and 7:1 contained Ca(OH)₂ and layered double hydroxide (LDH) phases. Upon annealing, LDH was first destroyed at approximately 200°C to form an amorphous matrix, and then at 450–550°C, the Ca(OH)₂ phase was converted into a CaO matrix with incorporated Al³⁺ to form a homogeneous solid solution without a disrupted lattice structure. CaO nanocrystals were grown by thermal treatment of the weakly crystalline Ca-Al-O oxide matrix. Thermogravimetric analysis indicates that a CO₂ adsorption capacity of approximately 51 wt.% can be obtained from Ca-rich Ca-Al-O oxides prepared by calcination of 7:1 Ca-Al-CO₃ LDH phases at 600–700 °C. Furthermore, a relatively high CO₂ capture capability can be achieved, even with gas flows containing very low CO₂ concentrations (CO₂/N₂=10 %). Approximately 95.6% of the initial CO₂ adsorption capacity of the adsorbent is retained after 30 cycles of carbonation–calcination. TEM analysis indicates that carbonation-promoted CaCO₃ formation in the Ca-Al-O oxide matrix at 600°C, but a subsequent desorption in N₂ at 700 °C, caused the formation CaO nanocrystals of approximately 10 nm. The CaO nanocrystals are widely distributed in the weakly crystalline Ca-Al-O oxide matrix and are present during the carbonation–calcinations cycles. This demonstrates that Ca-Al-O sorbents that developed through the synthesis and calcination of Ca-rich Ca-Al LDH phases are suitable for long-term cyclic operation in severe temperature environments.

3. Yu C.T., Wang C.H., Hsu M.J., Chyou Y.P., 2011, Development of a novel Ca/Al carbonates for medium-high temperature CO₂ capture, *Energy Procedia* 4, pp. 787-794.

(E1)

This study describes the synthesis and characterization of a layered material Ca-Al-CO₃ as CO₂ sorbent at medium-high temperature conditions. The Ca-Al mixed oxides were prepared by co-precipitation of binary metal nitrates, i.e., Ca(NO₃)₂ and Al(NO₃)₃ under alkaline pH condition, and the concentration of calcium oxide was increased by varying the molar ratio of Ca/Al at 1, 3, 5, 7, 13 and 20. Sodium carbonate was utilized as a structural template for conducting the layered structure of Ca-Al carbonate. It was a simple way to synthesize Ca-Al-CO₃ composites with at least 45-50 wt% CaO microcrystalline by 100~200°C hydrothermal treatment. The characteristics of Ca-Al-CO₃, such as surface area, morphology/particle size, crystalline and CaO contents, were determined by BET, SEM, PXRD and ICP, respectively. CO₂ multiple-cycle sorption activities on the sorbent were performed by a TGA. The major results showed that a synthesized Ca-Al-CO₃ was predominately mesoporous and its surface area was intensely dependent on precursors. In addition, a crucial result indicated that the microstructure of Ca-Al-CO₃ was improved by using calcium acetate, Ca(Ac)₂, instead of calcium nitrate, and thus further enhanced CO₂ sorption performance. By using this sorbent, a significant breakthrough is achieved for capturing CO₂ from hot gas streams at temperature higher than 600°C, which includes the features of 90% initial carbonation conversion and 90% CO₂ capturing performance after 100th cycling tests. The sintering effect of Ca-Al-CO₃ due to alternative gas adsorption/desorption reactions was obviously retarded by incorporating Al₂O₃ and carbonate ions into microscopic structure of synthesized calcium-alumina oxide.

4. Chyou Y.P., 2011, Perspective on Clean Carbon as Sustainable Energy in Taiwan, Sustainable Environment Research, 21(1), pp. 9-20.

Since the Kyoto Protocol activated on February 16, 2005, the worldwide efforts of environmental protection for the sustainable development of human society have been expected to impose international pressure on global countries and regions; hence, pre-caution measures should be planned in advance. Fossil fuels will remain the mainstay of energy production well into the 21st century; however, increased concentrations of CO₂ in the environment are inevitable unless energy systems reduce the carbon emissions to the atmosphere. In Taiwan, the CO₂ emissions from domestic coal power account for about 34% of the present national total, while the power generation capacity by 2020 will consist of over 46% coal-fired plants. Therefore, it would be necessary to introduce sustainable base-load options for preserving the continuous development of society and the balance among environment, energy, and economy. To comply with the current national policy for technology research and development, a feasibility study on sustainable domestic base-load options has been conducted in the Institute of Nuclear Energy Research, supported by the National Science Council. It is concluded that Integrated Gasification Combined-Cycle with carbon capture option seems to be an ideal candidate to fulfill the requirement for the aforementioned situation.

5. 李 O 庭、李書哲、徐 O 坤、邱耀平，2011，以 Na₂SO₃ 去除 NO₂ 於洗滌塔內之效率研究—以太陽能電池廠為例，工業安全衛生月刊，第 262 卷，54~68 頁。

全球掀起一股「再生能源熱」風潮，造就了台灣在太陽能產業佔有一席之地。在粗糙化製程中，使用了硝酸來蝕刻矽晶片，矽晶片與硝酸反應後生成 NO₂ 氣狀污染物，類黃色的 NO₂ 廢氣經製程酸排氣系統的煙道排放至大氣中，濃度約在 55 ppm，致使煙道出口排放出大量黃色煙霧的氣狀污染物，這是太陽能電池廠設廠前，並未預期到的問題。由於 NO₂ 對人體的危害有一定的影響，且屬於空氣污染防治法中的管制排放物種，另工廠排放出黃色煙霧易造成企業形象不佳及可能影響周遭居民的健康。科學園區的產業造就了台灣有傲人的經濟奇蹟與電子王國之稱號，在追求經濟發展時，亦應注重環境保護，而降低 NO₂ 的排放，可讓企業減少空污費的支出，

讓產業發展與環境保護上達到一平衡點。本研究主要設計壹台處理風量為 $100 \text{ m}^3/\text{hr}$ 的濕式填充洗滌塔，作為 NO_2 去除設備，並導引實際製程中所排放的 NO_2 做為測試氣體，其濃度範圍為 $41\sim 51 \text{ ppm}$ 。濕式填充塔添加 Na_2SO_3 作為去除 NO_2 之洗滌液，探討 Na_2SO_3 洗滌液對於 NO_2 去除效率，並改變液體與氣體之接觸時間、液氣比以及 Na_2SO_3 吸收劑在水中的莫耳濃度。實驗結果顯示， NO_2 去除效率隨著 Na_2SO_3 水溶液濃度與液氣接觸增加而提升。在濕式填充式洗滌塔內，循環水含 Na_2SO_3 濃度達 0.3 M 、液氣比等於 5、以及洗滌液與 NO_2 廢氣接觸時間達 3 秒以上時，其 NO_2 最高去除效率可達 95% 以上。

6. 陳柏壯、邱秀玫、邱耀平，2011，應用於整合型氣化複循環之典型硫化氫處理技術與新興分解製氫程序簡介，工程：中國工程師學會會刊，第 84 卷，第 2 期，71-86 頁。

本文針對整合型氣化複循環 (Integrated Gasification Combined-Cycle, IGCC) 程序內典型硫化氫 (H_2S) 處理技術以及新興分解製氫程序進行簡述。並採用商用化工程序模擬軟體 Pro/II[®] (Invensys) 進行新興硫化氫經高溫熱裂解產製氫氣之程序模擬工作。採用硫化氫經高溫熱裂解產製氫氣程序與 IGCC 系統結合，其目的係將程序所產生之 H_2S 進行有效處理後以提升其整體效率。 H_2S 經熱裂解反應後主要生成物有 H_2S , H_2 , H_2O , N_2 , S , SO_2 ... 等。混合氣體經分離出硫成分後，依序送入兩個薄膜分離器分別進行 H_2S 分離以及 H_2 分離工作。

本研究採用 500 MW 發電量 IGCC 電廠為範例建立基礎模型，其原先需處理的 H_2S 流量約為 118.8 kg-mol/h 。由模擬結果可知，硫化氫高溫熱裂解產製氫氣程序其系統電力淨輸出約為 1,535 kW。且伴隨產出之氫氣約為 47.7 kg-mol/hr ，其潛在能量約有 3,200 kW，若合併氫氣潛在能量，其系統潛在總能量輸出可提升至約 4,735 kW。其可提升 500 MW IGCC 電廠約 0.9 個效率百分點。若再加上替代典型硫回收系統之總耗能 1,920 kW。其最終替代效益為 6,655kW，換算可提升 IGCC 系統效能達 1.3%。然本文僅先就硫化氫部分進行初步效益分析，故其估算之潛在效益可視為所能達到之最大值，後續若以實際脫附完畢之硫化氫氣體進行處理，其值將略微下修。但由初步程序模擬研究可佐證其技術發展的可行性與效益，若符合我國能源技術發展目標，未來可投入相當研究能量進行核心技術開發。

7. 陳威錦、余慶聰、邱耀平，2011，直接合成法研製鈣系奈米材料用於 CO_2 捕捉技術開發，環境會刊，第 22 卷，第 3 期，1-11 頁。

防止全球氣候暖化繼續惡化，世界各國已達成削減溫室效應氣體之共識，並採取相關對策及技術開發。目前，最有效處理以降低二氧化碳濃度的方法為二氧化碳捕捉及封存技術 (CO_2 Capture and Storage, CCS)，即利用捕碳劑將二氧化碳與其他氣體分離，得到較高純度的二氧化碳，以利後續的應用與儲存；此外，捕碳劑之結構及活性與再生性及穩定性有關，其活性越高，越具有商業化之價值。本研究利用直接合成法 (One pot synthesis) 合成出含鈣孔洞捕碳材料 (Ca-OMC-N)，由於其結構與 MCM-41 類似，因此亦利用商品 MCM-41 作為載體，以含浸法所製成 MCM-41-CN 進行高溫 (750°C) TGA 之 CO_2 捕獲試驗，捕獲量分別為 26% 及 21%。在 750°C 捕獲 CO_2 之 10 次循環捕碳測試，Ca-OMC-N 在第 10 次捕碳量為 15%，MCM-41-CN 在第 10 次之捕碳量為 16%，從時間的觀點來看，可發現在 30 小時仍可維持 Ca-OMC-N 之 15% 之 CO_2 捕獲量，換言之 Ca-OMC-N 在高溫下結構仍穩定，材料結構為中孔隙，由 XRD 所得之平均粒徑小於 100nm 可歸為奈米材料，因此本研究已初步成功利用直接合成法合成含鈣物質之奈米級中孔隙捕碳材料。

8. 王啟鴻、陳威錦、余慶聰、邱耀平，2011，1kW 反應器於二氧化碳捕捉驗證技術開發，化工技術，第 19 卷，第 9 期，150-162 頁。

本研究建立 1kW 固定床反應器(Fixed Bed Reactor)系統，主要包括 CO₂/N₂ 進氣系統，高溫捕捉反應器，NDIR 分析及數據擷取系統。測試捕碳劑為自製鈣鋁吸附劑(Ca-Al-CO₃)與 CaO 商品，進行中高溫(600 ~ 800°C)環境下之二氧化碳捕捉測試，並比較熱重分析儀(TGA)與固定床反應器捕碳性能。研究結果顯示自製捕碳劑進行 40 次吸附/脫附循環測試具有 93 % 抗劣化性能表現，明顯優於氧化鈣商品。將自製吸附劑以 1kW 固定床反應器進行捕捉驗證測試，在 600 至 850°C 不同溫度下得到最佳溫度捕獲溫度為 700°C，由此溫度條件再進行 10 次吸附/脫附循環測試，初步結果顯示自製吸附劑可達良好之捕捉效率，其二氧化碳總捕獲重量為 8.9 克，驗證用 1kW 固定床反應器捕捉二氧化碳測試方法之可行性。

9. 陳威錦、余慶聰、邱耀平，2011，含氧化鈣孔洞材料於中高溫捕碳之研究，化工技術，第 19 卷，第 10 期，190-201 頁。

由於二氧化碳捕捉及封存技術 (CO₂ Capture and Storage, CCS)過程中捕獲分離成本就佔了 CCS 總成本約 75 %，因此開發可用於中高溫捕捉二氧化碳之捕碳劑材料上佔有日益重要之地位。因此本研究將開發含氧化鈣孔洞材料於中高溫捕碳，即利用自行合成之孔洞材料 Ca-OMC-N 為基材並以硝酸鈣、醋酸鈣及氯化鈣為氧化鈣之前驅物進行含浸得其 Ca-OMC-N-N、Ca-OMC-N-CH 及 Ca-OMC-N-Cl 之材料並與商業 MCM-41 之材料進行比較；利用 Ca-OMC-N-N、Ca-OMC-N-CH、Ca-OMC-N-Cl 及 MCM-41-CH 在高溫(750°C)TGA 之 CO₂ 捕獲試驗之結果為之捕獲量分別為 56%、50%、41%及 21%。另外進行穩定性測試，在第 10 次捕碳量分別為 46%、29%、19%及 16%；由上述結果可得 Ca-OMC-N-N 與 MCM-41-CH 皆有穩定性結構，因此以自行合成材料為基材並以硝酸鈣為鈣源進行含浸所得材料在高溫穩定上與商業之 MCM-41 以醋酸鈣為鈣源所得之材料相仿，材料結構為中孔隙材質且排列規則孔隙亦與 MCM-41 相仿，歸為奈米材料。因此本研究已初步以自行合成之孔洞材料為基材並以含浸法合成出含氧化鈣孔洞材料。

會議論文：共發表 16 篇，包含國際 6 篇、國內 10 篇

1. Chien L.H., Li S.C., Chyou Y.P., 2011, Measurement of Bubble Behaviour on a Pin-finned Surface in FC-72, 9th International Symposium on Particle Image Velocimetry-PIV'11, Kobe, Japan, 2011-07-21~23,
2. Chen, M.H., Chen, P.C., Chyou, Y.P., 2011, Numerical analysis of oxy-combustion characteristics in a pulverized-coal boiler, 18th Computational Fluid Dynamics Conference in Taiwan, Aug., 3-5, Yilan, Taiwan.
3. Luan, Y.T., Chyou, Y.P., Wang, T., 2011, Numerical Analysis of Gasification Performance via Finite-Rate Model in a Cross-Type Two-Stage Gasifier, 2011 International Pittsburgh Coal Conference, Sep., 12-15, Pittsburgh, PA, USA.
4. Jing, T.L., Wu, T.P., Chen, M.H., Chen, P.C., Chyou, Y.P., 2011, Analyses of an entrained-bed coal gasifier using a CFD model coupled with chemical reaction kinetics, 2011 International Pittsburgh Coal Conference, Sep., 12-15, Pittsburgh, PA, USA.
5. Chang P.H., Chen S.Y., Chyou Y.P., Yu C.T., 2011, In situ self-assembly of nano-scale layered double hydroxide particles: synthesis, characterization and CO₂ capture capacity, International Conference on Nanoscience & Technology, September 7-9, 2011, Beijing China 2011.
6. 黃亮維、邱耀平、徐敏容、黃瀟瑩，2011, Evaluation of Desulfurization Performance of Alumina Type Metal Oxide Sorbent, 2011 Korea/Japan/Taiwan ChE Conference, 2011,

- 11/9-11/13, Centum hotel, Busan, Korea.
7. 樂晏昌、陳柏壯、邱耀平、陳銘宏，以非預混反應模式研究粉煤氣化程序與進料參數之探討，2011 中華民國燃燒學會第二十一屆學術研討會，2011，3月26日，雲林，國立虎尾科技大學。
 8. 吳O斌、劉O翰、江O柳、樂晏昌、陳銘宏，用於挾帶床氣化爐分析之計算流體力學耦合反應運模式發展，2011 中華民國燃燒學會第二十一屆學術研討會，2011，3月26日，雲林，國立虎尾科技大學。
 9. 王啟鴻、余慶聰、邱耀平，2011，利用熱重法於含CaO材料捕碳技術之研究，2011 綠色科技工程與應用研討會，國立勤益科技大學，臺中，2011-5-25。
 10. 曾怡玲、余慶聰，2011，利用(SC-CO₂)於高效率脂肪酸萃取技術之研究、綠色化學與環境研討會，正修科技大學，高雄，2011-5-28。
 11. 吳O斌、劉O翰、陳銘宏、邱耀平、江O柳，2011，應用耦合化學反應動力之計算流體力學模式於氣化爐之數值模擬分析，中華民國力學學會第三十五屆全國力學會議，2011，11.18~19，國立成功大學，台南市。
 12. 劉O翰、陳銘宏、江O柳，2011，混合生質物之煤炭氣化程序數值模擬分析研究，中華民國力學學會第三十五屆全國力學會議，2011，11.18~19，國立成功大學，台南市。
 13. 陳一順，移動式顆粒床過濾器進口氣體流場對過濾性能影響之研究，2011，中華民國力學學會第三十五屆全國力學會議，國立成功大學，台南，2011-11-18~19。
 14. 林承澤、邱秀玫、陳柏壯、邱耀平、陳O仁，採用Selexol與MDEA進行氣化合成氣之淨化處置與CO₂捕捉之系統程序效能比較，2011 台灣化學工程學會58週年年會暨國科會化學工程學門成果發表會，2011，11.25~26，國立成功大學，台南市。
 15. 陳慶庭、詹瑞裕、邱耀平，以機械混合法及含浸法製備Fe₂O₃/Al₂O₃載氧體之比較，2011 台灣化學工程學會58週年年會暨國科會化學工程學門成果發表會，2011，11/25-11/26，國立成功大學，台南市。
 16. 黃靜瑩、黃亮維、徐敏容、邱耀平，以MeO/Al₂O₃為高溫脫硫劑之可行性評估研究，2011 台灣化學工程學會58週年年會暨國科會化學工程學門成果發表會，2011，11/25-11/26，國立成功大學，台南市。

101 年度：本計畫共完成國內外會議論文 16 篇、國際期刊 4 篇 (SCI 2 篇、EI 1 篇、其它 1 篇)、國內期刊 5 篇，以下為本計畫發表於學術期刊之論文摘要：

1. Chen P.C., Yu C.S., Chiu H.M., Chyou Y.P., Chen H.J., 2012, Process Simulation Study of Coal Gasification-Based Multi-Product Plant with Electricity and Chemical Products, *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering*, 7, S1, pp. S101-S111.

In this study, the commercial chemical process simulator, Pro/II[®] V8.1.1, is implemented to perform the simulation of a coal gasification-based co-production system, of which the feedstock is kaltim prima coal (KPC) from Indonesia and the products are electricity and dimethyl ether (DME). There are five major blocks in the multi-product plant, i.e. air separation unit (ASU), gasification unit, gas clean-up unit, combined-cycle, and DME synthetic unit. ASU utilizes cryogenic air separation process, which provides oxygen with 95 mol% purity to the gasification unit and nitrogen to the combined-cycle. GE technologies are employed in the study, i.e. quench-type slurry-fed gasifier for the former and 7FB-series turboset for the latter. The clean-up unit includes dry solids removal, syngas scrubbing, sulfur compounds removal and sulfur recovery processes, which are implemented to deliver clean syngas to further processes and elemental sulfur from H₂S. The clean syngas is divided into two equal streams to generate electricity and produce DME, simultaneously. The results show

that the gross and net electrical power outputs are 371.6 MW and 275.1 MW, respectively; furthermore, the yield of DME is 51.78 metric tons per hour. In summary, the net efficiency of the coal gasification-based multi-product plant is 46.1% (HHV), which is higher than the counterpart of typical IGCC plants by over 4 percentage points.

2. Chen Y.S., Hsiao S.S., Lee H.Y., Chyou Y.P., 2012, Filtration of dust particulates using a new filter system with louvers and sublouvers, *Fuel*, 99, pp. 118–128. (IF 3.357, 11/133 = 8.27% in Engineering, Chemical, 2012)

Coal is a very important fuel since the supply of oil is quite limited, whereas coal is much more plentiful. The Pressurized fluidized bed combustion (PFBC) and integrated gasification combined cycle (IGCC) systems are considered the best for advanced coal-fired power plants. However, the high temperature syngas produced by these systems contains many dust particulates which need to be filtered before entering the gas turbine. The moving granular bed is an important apparatus for the filtration of the hot gas and is currently under development.

The goal of this study is to evaluate the performance of a moving granular bed filter designed to filter out coal particulates. We investigate the flow patterns of the filter granules, the collection efficiency, and the pressure drop under different filtration superficial velocities, mass flow rates of filter granules, rotational speeds of the trommel screen system, but with a fixed inlet dust concentration. All filtration system experiments were performed at room temperature. The results showed that using a filtration superficial velocity of 18.01 m/min, mass flow rate of filter granules of 0.46 kg/min, and rotational speed of 63 rpm, the overall porosity of the filter granules decreased and the filter resistance and the collection efficiency increased, with an increase in the amount of smaller-sized filter granules in the bed. The test results apply to moving granular bed filters or other filtration systems functioning in high-temperature environments and are expected to serve as the basis for future research.

3. Lin S.M., Feng J.C., Ko F.K., 2012, Assessing Taiwan's energy security under climate change, *Natural Hazards*, 62, pp. 3-15. (SCI)

This paper intends to assess Taiwan's energy security situation under current and future development of global environment. We construct a static computable general equilibrium model for Taiwan to fulfill our purpose. The model is benchmarked in 2006 and includes detailed specification of power generation technology and renewable energy producing sectors. It also distinguishes sources of imported energy to reflect Taiwan's current policy of diversifying sources of supply for energy. Simulations using the model have been focused on both changes in energy price and quantity of energy supply under specific specifications of the development of renewable energy technologies and CO₂ emission reduction requirements. Our simulation results demonstrate that energy security and climate change mitigation interact each other, and under a specific emission reduction target, the effect of exogenous energy shocks on the economy will be partially absorbed by the internal adjustment mechanism of the economy.

4. Chen M.H., Jiang T.L., 2012, The analyses of the start-up process of a planar, anode-supported solid oxide fuel cell using three different start-up procedures, *Journal of Power Sources*, Vol. 220, pp. 331-341. (SCI)

Three start-up procedures for an anode-supported planar SOFC are proposed and investigated numerically in the present study. The first is to introduce the inlet fuel at the operation temperature after the heat-up process is completed. The second is to incorporate the anode-recycling mechanism into the start-up process. The third is to fix the difference between the inlet-fuel temperature and the cell minimum temperature. The numerical results obtained from the present study show that the effective maximum absolute temperature-gradient is exhibited in the early stage of the start-up process. For the present investigated SOFC configuration, the required start-up time for the case using methane is

3.2-fold longer than that using hydrogen. The effective maximum absolute temperature-gradient for the case using hydrogen is 2.2-fold larger than that utilizing methane. The endothermic internal reforming reaction of methane has a positive effect on the accommodation of the temperature uniformity during the start-up process. The anode-recycling mechanism significantly reduces the start-up time. For the fixed-temperature-difference start-up procedure, a properly selected temperature difference may lead to a smaller effective maximum absolute temperature-gradient in the early stage and a shorter start-up time by accelerating the start-up pace in the later stage.

5. Smid J., Hsiau S.S., Chyou Y.P., Huang T.C., Liu T.C., Flow patterns and velocity fields in two-dimensional thin slice panel with flow-corrective insert, *Advanced Powder Technology*, 23(5), pp. 548-557. (IF 2.024, 34/133 = 25.56% in Engineering, Chemical, 2012)

An experimental two-dimensional (2-D) thin slice panel for studying flow patterns of fine silica sand was designed and manufactured. As supplier of sand was not known at that time, flow properties of the silica sand were assessed without shear tests. A preliminary design of plane-flow hopper of the experimental 2-D panel was assumed to be close to the mass flow conditions. Sand was circulated in the experimental panel to study the steady state flow. Tests of flow patterns suggested typical funnel-flow patterns with stagnant zones in the hopper and in the vertical part of the panel. Stagnant zones near the bottom of the hopper indicated insufficient width of the hopper outlet. Shear tests for estimation of flow properties of silica sand were carried out additionally and two methods of how to transform the funnel flow of sand to the mass flow were followed up; (a) existing 2-D panel was retrofitted with flow-corrective element, and (b) the width of outlet in existing experimental panel was widened into the size, calculated according to mass flow conditions. Both modifications were proven to be successful and the last-in first-out funnel flow was transformed into first-in first-out mass flow of sand. Velocities of individual tracer particles were measured during mass flow and velocity field was evaluated. Velocity profile of particles in the vicinity of flow-corrective insert was studied in detail.

6. Chen P.C., Chiu H.M., Chyou Y.P., 2012, Process analysis study of integrated gasification combined-cycle with CO₂ capture, *Procedia Engineering*, Vol. 42, pp. 1634-1647. EI

The present study adopted commercial chemical process simulator, Pro/II[®] V8.1.1, to analyse the system performance of Integrated Gasification Combined-Cycle (IGCC) with CO₂ capture. There are four major blocks in a reference IGCC plant, i.e. air separation unit (ASU), gasification island, gas clean-up unit, and combined-cycle power block. Additional water gas shift reaction and CO₂ absorption processes are integrated into the gas clean-up system for CO₂ capture. The feedstock is Kaltim Prima Coal (KPC) from Indonesia, which is generally used in Taiwan, to evaluate the data with actual situation in Taiwan. The results show that the efficiency of IGCC is around 42.22% (HHV). When 90% CO₂ capture is employed in the IGCC, the efficiency is decreased to around 36.74% (HHV). It means that the energy penalty of 90% CO₂ capture is about 5.48 percentage points. Furthermore, data of 50% CO₂ capture is evaluated to reach the CO₂ emission condition close to that of Natural Gas Combined-Cycle (NGCC).

7. Chyou Y.P., Chen Y.S., Huang L.W., 2012, Hot/Warm clean-up technology of gaseous pollutants, *Engineering Journal of Wuhan University*, 45, pp. 809-816. (EI)

To comply with the domestic technology R&D strategy, a feasibility study project on sustainable clean coal technologies has been undertaken at the Institute of Nuclear Energy Research (INER) since 2005. This work represents the follow-up efforts for mitigating greenhouse gas emissions from sustainable development viewpoints. It is expected that this

strategic planning will establish the essential foundation for technologies needed to fulfill the policy of energy saving and carbon abatement. This work focuses on the strategic planning of clean carbon-based energy technologies, from the viewpoints of both practical development and advanced research. The exhibited technology consists of two categories. The first one is advanced gas filtration technology in moving granular bed filter, which is associated with the development of multiple-stage granular moving bed apparatus. Using filter granules under different kind or particle size, higher filtration efficiency collected in the dirty gas conditions could be achieved. The other technology is the so-called hot/warm gas desulfurization, which displays potential to control sulfide emission. In the present study, sorbents are prepared by incipient wetness impregnation method, and then introduced into a fixed-bed reactor to perform adsorbing tests with simulated syngas. At different kind of parameters combination, the result shows that the best adsorbing capacity is about 7.4 g-S/100g sorbent.

8. 鄭涵文、余慶聰、邱耀平，2012，含 CaO 高溫 CO₂ 捕獲劑再生技術研究，化工技術月刊，第 237 期，163-169 頁。

二氧化碳捕獲技術約佔 CCS 總成本之 75%，因此降低二氧化碳捕捉材料(捕碳劑)之成本是日益重要之趨勢。本研究目的為建立用過捕碳劑之再生技術，不僅可以達到重複使用二氧化碳捕獲劑的目的，也代表可以降低二氧化碳捕獲之成本。含氧化鈣之 CO₂ 捕獲材料係利用 Ca²⁺、Al³⁺、CO₃²⁻ 做為起始物，合成具有 Ca-Al-CO₃-LDHs 之捕碳劑。利用熱重分析儀進行十次高溫 750°C 吸脫附 CO₂ 之性能測試，並將此用過捕碳劑作為初始材料，在水中劇烈攪拌進行再生，比較不同反應時間、溫度、pH 值之再生效能。捕碳劑再生過程結構變化特性經由 X-ray 繞射分析以及 TGA 熱重分析儀吸脫附測試，藉此判斷捕碳劑最佳再生條件。實驗結果顯示本研究建立之 Ca-Al-CO₃-LDHs 最佳再生條件為常溫、pH 值 11 及反應時間一小時，在此條件下可使捕碳劑回復到起始 CO₂ 捕獲率約 50wt%，並在多次重複吸脫附循環測試中亦能達到相當的穩定性。

9. 陳威錦、余慶聰、邱耀平，2012，高溫捕碳劑合成與反應器測試技術研究，環境工程會刊，第 23 卷，1-12 頁。

防止全球氣候暖化繼續惡化，世界各國已達成削減溫室效應氣體之共識，並採取相關對策及技術開發。目前，二氧化碳捕捉及封存技術 (CO₂ Capture and Storage, CCS) 為降低二氧化碳濃度的方法之一，即利用捕碳劑將二氧化碳與其他氣體分離，得到較高純度的二氧化碳，以利後續的應用與儲存。高溫 CO₂ 捕獲可廣泛用於氣化(Gasification) 相關程序，其性能與捕碳劑活性及穩定性有關，如何在較高溫度維持高捕碳量與其結構有重要關係，可藉由反應器測試以建立基本性能。本研究已成功建置高溫二氧化碳捕獲反應系統含有二氧化碳混合系統、高溫捕捉反應系統、分析及數據擷取系統並針對自製吸附劑進行二氧化碳捕捉測試實驗；由反應器參數測試結果可發現在相同粒徑，經不同溫度測試後得捕獲量隨著溫度增加而有增加之趨勢，在捕獲溫度 > 750°C 時則隨著溫度增加而下降；經不同粒徑測試，最佳捕獲溫度皆在 650~750°C 範圍內；經穩定度測試，Ca-Al-CO₃ 在高溫下結構仍穩定，綜合上述結果可得此材料可應用於高溫二氧化碳捕獲固定床反應系統，期許將來可應用於更大型之反應系統，以符合實際需求。

10. 曾怡玲、余慶聰，2012，利用藻類固碳及(SC-CO₂)萃取技術之研究，化工技術，第 233 期，168-177 頁。

本研究目的為利用超臨界二氧化碳(SC-CO₂)萃取等鞭金藻 *Isochrysis sp.* 所含脂肪酸之可行性研究。近年來發現 ω-3 系列多元不飽和脂肪酸在預防與治療人類心臟血管疾病上有重要功效，目前市面上所銷售之 ω-3 系列不飽和脂肪酸主要由魚油及種子油取得，較少來自於海洋微藻。利用微藻作為標的來研究其超臨界萃取效能有其重要性：(1)含有 DHA、EPA 等重要多元不飽和脂肪酸且含量豐富、(2)具有碳中和(Carbon neutral)概念、(3)微藻養殖與 SC-CO₂ 可獲得 CO₂ 再利用研究之雙重進展。此外，微藻具有體型小、繁

殖快、胞內營養豐富，且缺乏纖維素的細胞壁、容易被水生動物幼體消化吸收，並富含大量的高度不飽和脂肪酸(尤其是 DHA)等特性，以等鞭金藻為例，脂肪酸成份中以 C18:1 成份佔最大量。而超臨界二氧化碳(SC-CO₂)萃取相較於化學溶劑可大幅改善對環境之污染，具有優越流體性質，且無溶劑殘留問題用，未來若能結合固定排放源 CO₂ 捕獲及純化技術，相當適用於生物產業之應用。因此，以海洋微藻作為不飽和脂肪酸之生產源，成為生物技術值得開發之重要方法。實驗將利用美國棕櫚果實標準參考物質(NIST SRM3250 *Serenoa repens* Fruit)及市售等鞭金藻為標的物，以二氧化碳臨界狀態(臨界壓力 72.9 atm、臨界溫度 31.4°C)為基礎，探討壓力、溫度及反應時間等變化對於脂肪酸萃取效率影響，並以氣相層析儀分析脂肪酸回收率，所得結果與不同溶劑強度之索氏萃取(Soexhlet)比較。主要研究結果顯示，在反應時間 1 小時、溫度從 35-70°C 及壓力 150-350 bar 實驗條件，超臨界萃取脂肪酸回收率高達 100%，而利用乙醚、正己烷、二氯甲烷等不同溶劑索氏萃取脂肪酸 8 小時，回收率僅 50%。

國內外會議論文：19 篇

1. Chen W.S., Yu C.T, Chen W.C, 2012, Medium-High Temperature CO₂ Adsorption Using Calcium Aluminates Sorbents, The 6th Pacific Basin Conference on Adsorption Science and Technology, Taipei, Taiwan, 2012-05-20~05-23.
2. Luan Y.T., Chyou Y.P., Wang T., 2012, Investigation of the Gasification Performance of Lignite Feedstock and the Injection Design of an E-Gas like Gasifier, 29th Annual International Pittsburgh Coal Conference, Oct. 15-18, Pittsburgh, PA, USA.
3. Huang J.Y., Chyou Y.P., 2012, Discussion of high-temperature desulfurization reaction parameters, 19th Regional Symposium on Chemical Engineer (RSCE2012), Bali, Indonesia, 11/7-11/8, 2012.
4. Chen W.C, Chen W.S., Yu C.T, Chyou Y.P., 2012, Development of CO₂ Capture Technique Using Calcium Aluminates Sorbents at Medium-High Temperature, 2012 Taiwan Symposium on Carbon Dioxide Capture, Storage and Utilization, 25-27 November, Taipei, Taiwan.
5. Yu C. T., 2012, Synthesis of calcium aluminates granule with TiO₂ binder for high-temperature CO₂ capture , 11th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies , Kyoto, Japan, 2012-11-18.
6. Chang P. H., Yu C. T., 2012, Structure Identification and CO₂ Adsorption Behavior of Hybrid Metal Oxides by Hydrothermal Coprecipitation Route, International Symposium on Metastable, Amorphous and Nanostructured Materials, Moscow, Russia, 2012-06-18~22.
7. Chang P. H., Yu C. T., 2012, Synthesis, Characterization and CO₂ Capture of in situ Self-assembly Nano-scale Layered Double Hydroxide Particles, International Symposium on Metastable, Amorphous and Nanostructured Materials, Moscow, Russia, 2012-06-18~22.
8. Chen M.H., Chen P.C., Chyou Y.P., 2012, Numerical analysis of oxy-combustion characteristics and NO_x formation in a pulverized-coal boiler, The 36th National Conference on Theoretical and Applied Mechanics, Nov. 16-17, 2012, Chung Li, Taiwan.
9. 陳柏壯、邱秀玫、邱耀平，2012，應用氯化合成氣轉化合成天然氣之程序設計，2012 綠色科技工程與應用研討會(GTEA)暨綠色能源與冷凍空調學術研討會(GERA) ，2012-06-02，勤益大學
10. 劉 O 翰、雷 O 融、陳銘宏、陳柏壯、邱耀平、江 O 柳，2012，壓力式粉煤挾帶床氣化爐之紊流反應模式比較及操作條件分析，中華民國力學學會第三十六屆全國力

- 學會議，Nov. 16-17, 2012, 中央大學，台灣
11. 郭奐廷、余慶聰，2012，利用 Ca-Al-CO₃/TiO₂ 材料於中高溫 CO₂ 捕獲技術開發，第 36 屆全國力學會議，國立中央大學，桃園，2012-11-16~17。
 12. 郭奐廷、余慶聰，2012，含氧化鈣層狀材料於中高溫 CO₂ 捕獲程序技術開發，2012 臺灣化學工程學會 59 週年會，逢甲大學，臺中，2012-11-23~24。
 13. 黃亮維、邱耀平，多孔鐵系吸附劑用於中高溫脫硫的研究，2012 臺灣化學工程學會 59 週年會，2012,11/23-11/24, 逢甲大學，台中市。
 14. 林承澤，採用變壓吸附進行合成氣中碳捕捉之程序設計與系統效能比較，2012 臺灣化學工程學會 59 週年會 2012.11.23-24 逢甲大學
 15. 邱耀平、陳一順、黃亮維，2012，氣體污染物之中高溫淨化技術，2012 海峽兩岸氣候變遷與能源永續發展論壇，武漢，中國大陸，2012.12.12。
 16. 郭奐廷、余慶聰、邱耀平，2012，利用含 CaO 礦物於中高溫 CO₂ 捕獲技術開發，海峽兩岸氣候變遷研討會，武漢，中國大陸，2012.10.4~6。
 17. 張 O 維、蕭 O 三、邱耀平、李書哲、許 O 仁、陳柏壯，2012，兩階段移動式顆粒床過濾器除塵效率之研究，2012 機械研討會，國立中山大學，高雄市，2012-12-7~8。
 18. 陳一順、邱耀平、李書哲，2012，氣體除塵系統技術之開發，2012 清潔生產暨環保技術研討會，台大醫院會議中心，台北，2012-10-26。
 19. 曾怡玲、余慶聰，2012，含 Mg-Al-CO₃ / TiO₂ 材料於微量砷元素去除技術開發之研究，2012 力學年會，國立中央大學，桃園，2012-11-16~17。

(二)研究團隊養成

團隊名稱	團隊所屬機構	團隊性質	成立時間 (西元年)
能源及噴射推進實驗室	國立成功大學航太所	e	2010
顆粒流實驗室	國立中央大學機械所	e	2007
捕碳劑材料研發實驗室	國立交通大學	e	2009
燃燒模擬實驗室	國立清華大學	e	2012
熱流實驗室	國立中興大學	e	2012
燃料電池實驗室	國立聯合大學	e	2012
應用經濟模型研究中心	中原大學	d	2006

註：團隊性質分成 a 機構內跨領域合作、b 跨機構合作、c 跨國合作、d 研究中心、e 實驗室

二、技術創新(科技整合創新) (權重 40%)

(一) 專利

102 年度：達成專利共 9 件，專利獲得 5 件 (中華民國專利 3 件、美國專利 2 件)、專利申請 4 件 (中華民國專利 2 件、美國專利 2 件)；技術報告 10 件

專利獲得 5 件

1. 余慶聰等，奈米層狀碳酸鹽之中高溫捕碳劑，取得中華民國專利證書，發明第 I394611. 2013，5 月 1 日。

摘要說明：

一種奈米層狀碳酸鹽之中高溫捕碳劑，係利用醋酸鈣(Ca(Ac)₂)、Al(NO₃)₃ 為起始物引入層狀結構模板(Template)合成 Ca 與 Al 碳酸鹽 Ca(Ac)₂-Al-CO₃ 之奈米層狀雙氫氧化物(nano-LDH)，並且能將此 Ca(Ac)₂-Al-CO₃ 應用在 600°C 以上捕捉二氧化碳(CO₂)。藉此，該 Ca(Ac)₂-Al-CO₃ 材料係具有微孔/中孔特性，且平均孔半徑介於 2-6 奈米(nm) 範圍，表面積係具有高於 90%之起始轉化率，且經過多次捕碳/再生/捕碳循環後仍高達 90%之轉化率者。

2. 余慶聰等，中高溫捕碳劑之奈米微層狀材料 Ca-Al-CO₃ 及其製造與使用方法，取得中華民國專利證書，發明第 I394612. 2013，5 月 1 日。

摘要說明：

一種中高溫捕碳劑之吸碳奈米微層狀材料及其製造與使用方法，係以含有鈣，鋁碳酸鹽層狀物之吸碳奈米微層狀材料(Ca-Al-CO₃)，作為中高溫捕捉二氧化碳用。其係以不同比例之鈣與鋁離子水溶液共沉，藉由煅燒溫度處理而得，係含有金屬氧化物微晶之特殊層狀微結構者，具有製備容易及可調整金屬離子配比之優點。在通入二氧化碳與氮氣之混合熱氣流環境下，此 Ca-Al-CO₃ 材料在 200~800°C 溫度範圍即具有吸收二氧化碳之能力，其中以 Ca:Al=7:1 之材料組成係可獲得 52% g CO₂/g LDH 之捕碳率，即使經過 600°C 與 750°C 之捕碳/除碳迴圈中也能維持有 45% g CO₂/g LDH 之捕碳率，可應用在中高溫大量捕捉或分離二氧化碳。

3. 邱耀平等，Compact Two-stage granular moving-bed apparatus, 取得美國專利證書，US 8,343,430 B2, 2013，1 月 1 日。

摘要說明：

A compact two-stage granular moving-bed apparatus comprises a vessel, a flow-corrective element, and a filter material supplying part. The vessel comprises a hollow interior, a gas outlet, a first media outlet and a second media outlet. The flow-corrective element divides the hollow interior into a first channel and a second channel. The filter material supplying part has a first provider for providing a first granular material flowing through the first channel and a second provider for providing a second granular material flowing through the second channel, wherein a vertical level of each first and second provider is adjustable so that a first flow path that an exhaust gas flows through the first granular material and a second flow path that the exhaust gas flow through the second granular material is respectively capable of being controlled.

4. 邱耀平等，Moving granular bed with gas guiding system, 取得美國專利證書，US 8,491,711 B2, 2013，7 月 23 日。

摘要說明：

A moving granular bed includes a filter granule channel, an inlet unit of gas, an outlet unit of gas, a first detecting unit and a feedback control unit. The inlet unit of gas is disposed at one side of the filter granule channel, and the dirty gas is fed into the filter granule channel through the inlet unit of gas. The inlet unit of gas has a first flow-guiding plate. The outlet unit of gas is disposed at the other side of the filter granule channel. The first detecting unit detects the gas

velocity at the inlet unit of gas site. The feedback control unit is electrically connected with the first detecting unit, and controls the angle of the first flow-guiding plate and flow rate of filter granules according to a detecting result of the first detecting unit. A gas guiding system used in the moving granular bed is also disclosed. The moving granular bed and gas guiding system can make the dirty gas have different velocity or distribution while passing through the filter granule channel so as to improve the usage of the filter granules.

5. 邱耀平等，緊緻型兩段式流動顆粒床過濾裝置，取得中華民國專利證書，發明第 I419732 號，2013，12 月 21 日。

摘要說明：

本發明係一種緊緻型兩段式流動顆粒床過濾裝置，其係包括有一床體、一分流元件以及一濾材供應部。該床體具有一容置空間、一進氣口、一出氣口、一第一顆粒材料出口以及一第二顆粒材料出口。藉由本發明於該進氣部與該出氣部間的通道提供兩種不同的濾材的設計，可以對氣體進行兩階段的過濾，進而改善過濾裝置過濾氣體之效果。本發明亦可藉由兩種不同的濾材過濾氣體，提供一種複合式過濾裝置；其中之一種濾材可以是顆粒較大的濾材以過濾氣體中之灰塵，而另一種濾材可以為顆粒較細的濾材或吸附劑材料，以過濾氣體中的硫化物、二氧化碳或者是其他之污染物質。

專利申請 4 件

1. 余慶聰、陳 O 元、陳威錦、張 O 學，鈣鐵鹽高溫抗劣化捕碳劑製造方法，委託台智識權專利商標事務所申請中華民國專利，申請號為 102133063，8 月 2 日。

摘要說明：

一種鈣鐵鹽中高溫捕碳劑製造方法，其組成包含鐵離子(Ferric ions)與鈣之氧化物形成層面結構，及層間碳酸鹽/硝酸鹽於鹼性條件形成的鹼性碳酸鹽複合材料，可用於中高溫吸收二氧化碳之乾式捕碳劑。其特徵係利用鈣鋁碳酸鹽做為模板，並以 Fe^{3+} 取代 Al^{3+} ，使形成含有鐵之 CaO 系捕碳劑。此捕碳劑可調控 Ca/Fe 摩爾比例為 2-7 倍，並可更換碳酸鹽($Ca-Fe-CO_3$)或是硝酸鹽($Ca-Fe-NO_3$)作為層間陰離子。於 $600^\circ C$ 測試捕獲 CO_2 性能， $Ca-Fe-CO_3$ 碳酸鹽起始捕碳量高達 5.2-10.4 mmol/g，20 次迴圈穩定性 99-100%； $Ca-Fe-NO_3$ 硝酸鹽起始捕碳量 5.1-10.3 mmol/g，20 次迴圈穩定性 97-98%。

2. 邱耀平等，應用於流動式顆粒床之混合式加熱裝置，委託鴻瑞國際智權有限公司申請中華民國專利，申請號為 102135955，2013，10 月 4 日。

摘要說明：

本發明為一種混合式加熱裝置，其係結合了多種形式之熱源，使之能夠同時對容置空間內的物質做加熱，並且能在同時運作之際，確保這些物質所獲得的熱能係屬均勻；另外，熱源的供熱程度也可讓使用者透過簡單變更所插入的內加熱單元之長度、導入氣體之流量而做控制；同時本發明亦可與具高溫之廢熱氣體管路相結合，搭配高溫廢氣而進一步降低系統熱阻，充分再利用這些廢熱而具有節能減碳的優點。

3. 余慶聰、陳三元、陳威錦、張 O 學，Method of fabricating calcium Ferric carbonates used for high temperature CO_2 sorbent with long-term durability，委託台智識權專利商標事務所申請美國專利，申請號為 14/041,528，8 月 2 日。

摘要說明：

The present invention is a method of fabricating a high-temperature anti-sintering CO₂ capture agent, comprising steps of: (a) materials preparation, where a Ca-Fe solution and an alkaline solution are prepared and then the Ca-Fe solution and the alkaline solution are mixed and stirred to obtain a solution containing a Ca/Fe carbonate material after precipitation; (b) hydrothermal reaction, where the solution containing the Ca/Fe carbonate material is heated and kept being pressed to obtain a solution containing a layered material; (c) solid-liquid separation, where the layered material is separated out; (d) desiccation, where the layered material is dried; and (e) calcination, where the layered material is calcined to obtain a carbon capture agent of Ca-Fe-CO₃; and where, at a temperature of 600°C, the carbon capture agent of Ca-Fe-CO₃ has an initial CO₂ capturing capability of 5.2~10.4 milli-mole per gram (mmol/g) and a stability of 99~100 percent (%) after 20 capture loops. Accordingly, a novel method of fabricating a high-temperature anti-sintering CO₂ capture agent is obtained.

4. 邱耀平等，Hybrid heating apparatus applicable to the moving granular bed filter 專利，委託鴻瑞國際智權有限公司申請美國專利，申請號為 14/066,880，2013 年 10 月 30 日。

摘要說明：

A structure of hybrid heating equipment according to the present invention is disclosed. The present invention combines a multiple of the thermal sources for heating the interior materials of the container simultaneously, and assures the materials could gain the thermal energy uniformity. Furthermore, the present invention allows users to control the level of the heating simply through adjusting the length of interior heating elements or the flow rate of the incoming gas. In addition, the present invention connect with the tubes of the hot exhaust gas to further lower the influence of the thermal resistance by coordinating the flow of the hot exhaust gas, therefore fully reflect the advantages of the conserving energy and reducing the carbon emissions by reusing the waste heat as the principal source while the electric heating devices as supplement.

總期程累計(99~101 年，102 年如上表)：

99 年度：完成專利共 4 件，專利申請 4 件（中華民國專利 1 件、美國專利 3 件）
專利申請 4 件

1. 余慶聰、王啟鴻、邱耀平，奈米層狀碳酸鹽之中高溫捕碳劑，中華民國專利(申請案號：099106264)。(該案已於 2013-5-1 取得專利，發明第 I 394611)
2. 邱耀平、徐毅理、蕭述三，Multiple-Stage Granular Moving Bed Apparatus，美國專利(申請案號：12/688,010)。(該案已於 2012-4-27 取得專利，US8,163,249 B2)
3. 陳一順、邱耀平、陳柏壯、蕭 O 三、許 O 仁，移動式顆粒床及其氣體導引系統，美國專利(申請案號：12/909,426)。(該案已於 2013-7-23 取得專利，US 8,491,711 B2)
4. 余慶聰、王啟鴻、邱耀平，Method of Fabricating Layered Nano-Carbonate used for Medium-High Temperature CO₂ Sorbent，美國專利(申請案號：12/756,062)。(該案已於 2012-6-26 取得專利，US8,207,086 B2)

100 年度：完成專利共 8 件，專利獲得 3 件（中華民國專利 3 件）、專利申請 5 件（中華民國專利 3 件、美國專利 2 件）

專利獲得 3 件

1. 徐毅理、邱耀平等，「兩段式流動顆粒床過濾裝置」取得中華民國專利證書，發明第 I337889 號，2011，3 月 1 日。

摘要說明：

本發明提供一種兩段式流動顆粒床過濾裝置，其係具有一進氣部、一出氣部以及複數個分流元件。該進氣部係與該出氣部相互對應，且該複數個分流元件係設置於該進氣部與該出氣部間所形成的通道。然後，提供一第一顆粒材料以質量流動的狀態通過該出氣部與該分流元件間所形成的通道，並且提供一第二顆粒材料以質量流動的狀態通過該分流元件與該出氣部間所形成的通道。藉由本發明於該進氣部與該出氣部間的通道提供兩種不同的濾材的設計，可以對氣體進行兩階段的過濾，進而改善過濾裝置過濾氣體之效果。

2. 蕭 O 三、李 O 億、邱耀平、陳一順、徐毅理、陳柏壯、曾錦清、許 O 仁，「即時調控之粉粒體旋轉篩分裝置」取得中華民國專利證書，發明第 I350197 號，2011，10 月 11 日。

摘要說明：

本發明即時調控之粉粒體旋轉篩分裝置包含一固定座；一滾筒篩分裝置設於固定座用於篩分一混合體為一再生濾材顆粒與一篩除物；一再生濾材顆粒輸送結構與一篩除物輸送結構輸送再生濾材顆粒與篩除物；一傾角控制結構設於固定座並調整滾筒篩分裝置之傾角；一回饋控制裝置用於在滾筒篩分裝置之運作過程，依據篩除物之一質量流率控制傾角控制結構，以即時動態調整滾筒篩分裝置之傾角。本發明藉由回饋控制裝置與傾角控制結構即時動態調整滾筒篩分裝置之傾斜角度，以提高篩分效率，並藉由回饋控制裝置得知，在過濾後破碎濾材顆粒之情形，以適量補充新鮮濾材顆粒至過濾系統，以提高過濾效率。

3. 邱耀平、徐毅理、等，「多段式流動顆粒床過濾裝置」，取得中華民國專利證書，發明第 I353874 號，2011，12 月 20 日。

摘要說明：

本發明提供一種多段式流動顆粒床過濾裝置，包括有一第一、第二流動顆粒床單元以及至少一種顆粒材料。該第一流動顆粒床單元，其係具有一第一進氣部以提供一廢氣流進入、一第一出氣部以提供一部份過濾氣流流出以及複數個設置在該第一流動顆粒床單元內之第一分流元件。該第二流動顆粒床單元，其係具有一第二進氣部以提供該部分過濾氣流進入、一第二出氣部以提供一過濾氣流流出以及複數個設置在該第二流動顆粒床單元內之第二分流元件。該顆粒材料，其係分別通過該第一進氣部與第一出氣部之間以及該第二進氣部與第二出氣部之間的顆粒材料流道。

專利申請 5 件

1. 邱耀平、徐毅理等，「Compact two-stage granular moving-bed apparatus」專利，委託宇州國際專利商標事務所申請美國專利，申請號為 13/087,066，2011，4 月 14 日。（該案已於 2013-1-1 取得專利，US 8,343,430 B2）
2. 邱耀平、徐毅理等，「緊緻型兩段式流動顆粒床過濾裝置」專利，委託宇州

國際專利商標事務所申請中華民國專利，申請號為 100105714，2011，2 月 22 日。

摘要說明：

本發明係一種緊緻型兩段式流動顆粒床過濾裝置，其係包括有一床體、一分流元件以及一濾材供應部。該床體具有一容置空間、一進氣口、一出氣口、一第一顆粒材料出口以及一第二顆粒材料出口。藉由本發明於該進氣部與該出氣部間的通道提供兩種不同的濾材的設計，可以對氣體進行兩階段的過濾，進而改善過濾裝置過濾氣體之效果。本發明亦可藉由兩種不同的濾材過濾氣體，提供一種複合式過濾裝置；其中之一種濾材可以是顆粒較大的濾材以過濾氣體中之灰塵，而另一種濾材可以為顆粒較細的濾材或吸附劑材料，以過濾氣體中的硫化物、二氧化碳或者是其他之污染物質。

3. 李書哲、邱耀平、徐毅理、陳柏壯、陳一順、蕭 O 三，「用於移動式顆粒床過濾器之氣體分佈裝置」申請中華民國專利，申請代號 100138300，2011，10.21

摘要說明：

本發明係一種用於移動式顆粒床過濾器之氣體分佈裝置，其係提供一種能使不均勻分佈且具有粉塵之氣流於流入移動式顆粒床過濾器前，使該氣流形成為一均勻分佈之氣流，並過濾粉塵。

4. 余慶聰、王啟鴻、邱耀平，「以鹼金屬改質之鈣鋁碳酸鹽中高溫捕碳劑」專利，台智識權科技開發有限公司申請中華民國專利，申請號為 100121040，2011，6 月 16 日。

摘要說明：

一種乾式吸收二氧化碳之中高溫捕碳劑製造方法，其組成包含鹼金屬 (Alkali, IA) 與鹼土金屬 (Alkaline, IIA) 之氧化物及氧化鋁、碳酸鹽形成的鹼性碳酸鹽複合材料之中高溫捕碳劑。其係利用不同鈣離子來源如 $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 或 CaCl_2 或 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 與 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ，利用 NaOH 及不同碳酸鹽如 Li_2CO_3 、 Na_2CO_3 、 K_2CO_3 混合製成之複合材料。該複合材料主要分為 Li、Na、K 等三種系列，所含有之 CaO 平均含量 52~69% 範圍，可於中高溫 (400~800°C 以上) 捕捉 CO_2 。其起始捕碳量達 50 wt.% 以上，此捕碳量能維持 40~60 小時以上，獲得比捕碳劑用量 20 倍重 CO_2 捕獲量。含有 Li、K 材料可促進捕碳速度，單次迴路可縮短為 1.0 小時，在 40 次捕碳迴路只需 40 小時。

5. 余慶聰、王啟鴻、邱耀平，「Method of Fabricating Medium-High Temperature CO_2 Sorbents Made of Alkali Metal Promoted Calcium Aluminate Carbonates」，專利，台智識權科技開發有限公司申請美國專利，申請號為 13/179,699，中華民國 100 年 7 月 11 日。

摘要說明：

The present disclosure relates to fabricating CO_2 sorbents; more particularly, relates to fabricating CO_2 sorbents with calcium aluminate carbonates promoted with alkali metals for capturing CO_2 at a medium-high temperature. The main purpose of the present disclosure is to fabricating CO_2 sorbents with calcium aluminate carbonates promoted with alkali metal, like Li, Na, K, etc., for capturing CO_2 at a medium-high temperature of 400~800°C with a fast capture velocity, a good stability and a high amount ratio of CO_2 captured.

101 年度：達成專利共 12 件，專利獲得 6 件（美國專利 5 件、歐盟專利 1 件）、專利申請 6 件（中華民國專利 2 件、美國專利 4 件）

專利獲得 6 件

1. 邱耀平等，A Dynamically adaptive trommel screen system，取得美國專利證書，US 8,091,711 B2，2012，1 月 10 日。

摘要說明：

A dynamically real-time adaptive trommel screen system is revealed. The dynamically adaptive trommel screen system includes a fixture, a trommel screen disposed on the fixture for screening a mixture into regenerated filter granules and screened residues, a structured duct for transporting the regenerated filter granules and an enclosure for collecting the screened residues, a tilt control member arranged on the fixture for adjusting the tilt angle of the trommel screen, and a feedback controller that controls the tilt control member according to the mass flow rate of the screened residues when the trommel screen operates so as to adjust the tilt angle of the trommel screen instantly and dynamically. By the feedback controller and the tilt control member, the tilt angle of the trommel screen is adjusted in a real-time and dynamic way so as to increase the screening efficiency. Moreover, the state of fractured filter granules is acquired from the feedback controller so that a certain amount of fresh filter granules can be refilled into the filter system for improving the filtration efficiency.

2. 邱耀平、徐毅理、蕭 O 三，Multiple-Stage Granular Moving Bed Apparatus，取得美國專利證書，US8,163,249B2，2012，4 月 27 日。

摘要說明：

A multiple-stage granular moving bed apparatus comprises a first integrated moving bed unit, a second integrated moving bed unit and at least one granular material. The first integrated moving bed unit, having a first inlet part for providing a raw gas flowing therein, a first outlet part for providing a partially cleaned gas flowing thereout, and a plurality of first flow-corrective elements disposed therebetween for defining two channels. The second integrated moving bed unit, coupled to the first integrated moving bed unit, having a second inlet part for providing the partially cleaned gas flowing therein, a second outlet part for providing a completely cleaned gas flowing there out, and a plurality of second flow-corrective elements disposed therebetween for defining two channels. The at least one granular material flows through the two channels respectively and then passes through the two channels respectively.

3. 徐毅理、邱耀平等，Two-stage granular moving-bed apparatus，取得美國專利證書，US 8,142,730B2，2012，3 月 27 日。

摘要說明：

A two-stage granular moving-bed filter includes a gas inlet part, a gas outlet part, and a plurality of flow-corrective elements. The gas outlet part is disposed opposite to the gas inlet part, and the plurality of flow-corrective elements is disposed in a channel formed between the gas inlet part and gas outlet part. Meanwhile, a first granular material is provided to flow through a channel formed between the gas inlet part and the flow-corrective elements in a state of mass flow, and a second granular material is provided to flow through a channel formed between the flow-corrective elements and the gas outlet part. By means of having two different kinds of filter media moving through the channels between the gas inlet and outlet part, it is capable of performing two-stage

filtering process after the raw gas flows therethrough, so as to improve the filtering effect of the gas.

4. 余慶聰、邱耀平、陳 O 元、吳 O 祥，Method of Fabricating Layered Nanomaterial Used for Mid-High Temperature CO₂ Capture，取得美國專利證書，US8,168,156 B2，May 1, 2012.

摘要說明：

A material is fabricated for capturing CO₂ at mid-high temperature. The material is a layered material containing Ca, Al carbonates. A higher ratio of Ca to Al helps capturing CO₂. The temperature for capturing CO₂ is around 600°C. The material can even release CO₂ at a high temperature. Thus, the material can process looping cycles of carbonation and decarbonization at a CO₂ carbonation scale of 45% g CO₂/g sorbent.

5. 余慶聰、王啟鴻、邱耀平，Method of Fabricating Layered Nano-Carbonate used for Medium-High Temperature CO₂ Sorbent 專利，取得美國專利證書 US8,207,086B2，Jun. 26, 2012.

摘要說明：

A CO₂ sorbent is fabricated. The sorbent captures CO₂ at a medium-high temperature above 600°C. Calcium acetate is introduced for making a nano-scale layered double hydroxide (LDH). The layered structure is used for templated synthesis. The sorbent has an initial conversion rate above 90%; and the conversion rate remains the same even after 100 times of carbonation/de-carbonation cycles.

6. 蔡禹擎、邱耀平，燃料電池熱工模擬裝置，取得歐盟專利證書 EP1,791.205B1，101.09.12

摘要說明：

The present invention is a simulator used in initial system integration tests of a SOFC to test peripheral components with saved costs by replacing the costly SOFC with simulator.

專利申請 6 件

1. 李書哲、陳一順、邱耀平、陳柏壯，熱傳導結構及使用該結構之熱交換裝置及熱交換系統，委託宇州國際專利商標事務所申請中華民國專利，申請號為 101135109，101.09.25

摘要說明：

一種熱傳導結構，包括有一熱傳導金屬層、一熱傳導支撐層以及一熱傳導保護層。該熱傳導支撐層包覆於該熱傳導金屬層的表面。該熱傳導保護層包覆於該熱傳導支撐層之表面。利用該熱傳導結構可以製作成熱交換裝置與系統，其係具有一吸熱區以及一放熱區，利用高溫流體於該吸熱區以熱對流 (Heat convection) 方式將熱導入給該熱傳導結構，進而再藉由熱傳導 (Heat conduction) 方式由高能量往低能量方向傳遞將熱能傳導給通過該放熱區之一低溫流體，使該低溫流體吸熱而將該熱傳出。

2. 余慶聰、邱耀平、陳威錦、陳文雄，中高溫捕碳劑鈣鋁碳酸鹽 Ca-Al-CO₃ 工程製造方法，委託台智識權專利商標事務所申請中華民國專利，申請號為 101130731，101.08.23

摘要說明：

一種中高溫捕碳劑鈣鋁碳酸鹽 Ca-Al-CO₃ 工程製造方法，其包含有混和、

固液分離、乾燥與擠壓、粉碎與輸送及煅燒成型等步驟；係以鈣離子源與硝酸鋁 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 之溶液配製出酸液，且以碳酸鈉 (Na_2CO_3) 及氫氧化鈉 (NaOH) 之溶液配製出鹼液，且將酸液與鹼液混合攪拌再經固液分離形成濾餅，並將濾餅藉由乾燥與擠壓裝置獲得顆粒狀材料，之後將顆粒狀材料藉由輸送與粉碎裝置獲得粉末材料，最後將粉末材料進行高溫爐煅燒，使其於煅燒過程中移除層間陰離子與醋酸根，而形成具有高孔隙鈣鋁碳酸鹽奈米層狀複合材料 (Ca-Al-CO_3) 之捕碳劑。藉此，可調控系統性實驗參數，並配合材料於中高溫 ($400\sim 800^\circ\text{C}$) 時捕捉二氧化碳，而達到製造批次公斤級產量之乾式捕碳劑之功效。

3. 李書哲、陳一順、邱耀平、陳柏壯，熱傳導結構及使用該結構之熱交換裝置及熱交換系統，委託宇州國際專利商標事務所申請美國專利，申請號為 13/660,058，101.10.25

摘要說明：

A heat-conducting structure comprises a heat-conducting metal layer, a heat-conducting support layer, and a heat-conducting protection layer. The heat-conducting support layer is formed to enclose the heat-conducting metal layer thereby preventing the heat-conducting metal layer from thermal deformation, while the heat-conducting protection layer is formed to enclose the heat-conducting support layer. In another embodiment, the heat-conducting structures are utilized to form a heat exchanger or a heat-exchanging system comprising a heat-absorbing zone and a heat-dissipating zone, whereby a high-temperature fluid is guided to flow through the heat-absorbing zone for transmitting the heat to the heat-conducting structures within the heat-absorbing zone through heat convection and the heat-exchanging structures conducting the heat to the heat-dissipating zone such that a low-temperature fluid passing therethrough can absorb the heat dissipated from the heat-exchanging structures within the heat-dissipating zone and transmit the heat energy out of the heat exchanger or the heat-exchanging system.

4. 邱耀平、徐毅理等，Gas Distributor for granular moving bed filter 專利，委託宇州國際專利商標事務所申請美國專利，申請號為 13/446,062，2012，4 月 13 日。

摘要說明：

A gas distributor for a granular moving-bed filter comprises a distribution module, arranged inside a granular moving-bed filter. The distribution module comprises at least one flow-distributing curtain to be used for allowing a turbulent gas flow with dust mixed therein to flow therethrough, resulting that before the turbulent gas flow enters the granular moving-bed filter, the turbulent gas flow is transformed into a more uniformly distributed gas flow and the dust contained therein are partially filtered out.

5. 邱耀平等，Hydrogen-Rich Gas Combustion Device 專利，委託台智識權專利商標事務所申請美國專利，申請號為 13/453,339，2012，4 月 23 日。

摘要說明：

A combustion device for hydrogen-rich gas is provided. Before entering a chamber, fuel and air are non-premixed for avoiding flashback. A vortex generator and a fuel sprayer are combined to mix fuel and air for enhancing burning effect. Vortex flame is generated with stabilizing aerodynamics of flow provided through vortex breakdown. A flameholder is formed downstream an

injector to maintain stable combustion. Cooling air is introduced from a sheath to cool down a high-temperature gas, which leaves the combustion chamber and drives a turbine for turning a power generator. Thus, the present invention effectively mixes fuel and air, avoids flashback and prevents combustor damage.

6. 余慶聰、邱耀平、陳威錦、陳文雄，中高溫捕碳劑鈣鋁碳酸鹽 Ca-Al-CO_3 工程製造方法，委託台智識權專利商標事務所申請美國專利，申請號為 13/613,224，101.09.13

摘要說明：

An engineered process of manufacturing a carbon capturing agent calcium aluminum carbonate Ca-Al-CO_3 includes steps of mixing, solid-liquid separation, drying and extrusion, crushing and conveying, and calcined molding. The acid bath of Ca^{+2} and Al^{+3} is mixed with the alkaline bath of Na_2CO_3 and NaOH while stirring to form slurry which are then subject to solid-liquid separation to obtain a filtrated cake. The filtrated cake is place into a drying and extrusion device to obtain granular material. The granular material is placed in a conveying and crushing equipment to obtain a powder material. The powder material is calcined at furnace for forming a Ca-Al-CO_3 , which is nano-layered composite with high porosity. Thereby, the preparation of a solid sorbent can be scale up under systematically controlled with yield of at least batches of kilograms used in medium-high temperature (400 ~ 800°C) CO_2 capture.

(二) 技術報告

102 年技術報告 11 件：

1. 詹世基等，2013，熱像液晶於多重噴流管道內之量測應用，INER-10040H。
2. 陳以銘等，2013，中高溫捕碳劑再生技術開發研究，INER-9941。
3. 陳文雄等，2013，中高溫捕碳劑造粒技術開發，INER-9940H。
4. 黃瀟瑩等，2013，將因子實驗設計應用於 20 wt% $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ 吸附劑高溫去除硫化氫之研究，INER-10016R。
5. 邱秀玫等，2013，赴印尼峇里參加 2012RSCE 國際研討會出國公差報告，INER-F0665。
6. 張 O 學等，2013，中高溫捕碳劑再生與驗證技術開發研究，INER-A2735R。
7. 張 O 維等，2013，高溫燃氣淨化技術應用與發展，INER-A2724R。
8. 雷 O 融等，2013，氣化程序反應器分析模型建置與運轉參數研究，INER-A2728R。
9. 邱耀平，2013，赴希臘參加 2013 淨煤技術國際研討會及參訪捷克科學院國外公差報告，INER-F0698。
10. 邱耀平，2013，赴美國參訪研究機構進行潔淨能源技術交流公差報告，INER-F0717。
11. 黃亮維，2013，赴大陸北京參加 IPCC-30 國際研討會公差報告，INER-F0742

總期程累計(99~102 年)：

1. 專利共 32 件，包含專利獲得 13 件（中華民國專利 5 件、美國專利 7 件、歐盟專利 1 件）、專利申請 19 件（中華民國專利 8 件、美國專利 11 件）
2. 技術報告 62 件。

總期程累計(99~101年，102年如上表)之清單：

99年技術報告 24件

1. 邱耀平、李文伯、陳柏壯，2010，商用氣化發電系統技術應用現況解析，INER-7115R。
2. 陳柏壯，2010，先進中/高溫除塵系統設計與開發 - 兩段過濾器系統設計與速度場分析，NER-A2017H。
3. 黃彰斌，2010，先進燃料轉換系統模擬整合平台開發研究，INER-A2067H。
4. 陳柏壯，2010，赴美佛羅里達大學參訪與參加第四屆國際能源永續研討會，INER-F0361。
5. 陳一順，2010，參加2010年多相流(ICMF)國際研討會，INER-F0367。
6. 邱耀平，2010，赴美參加CCS-9研討會發表研究論文，並參訪大學進行技術交流，INER-F0378。
7. 邱耀平，2010，參加IPCC-27研討會發表研究論文，並參訪歐洲大學進行技術交流，INER-F0420。
8. 詹瑞裕，2010，赴法參加第一屆IFP化學環路國際研討會出國報告，INER-F0349。
9. 詹瑞裕，2010，化學迴路程序研究發展與應用，INER-7772。
10. 詹瑞裕，2010，流體化床化學迴路燃燒之特性與基本設計，INER-7783。
11. 徐敏容，2010，建立中高溫除碳反應系統之研究與應用，核能研究所研究報告，INER-7207H。
12. 黃靜瑩，2010，高溫脫硫吸附劑製備研究，INER-7749R。
13. 黃靜瑩，2010，淨碳技術實驗室技術手冊----中央氣體供應系統操作手冊，INER-OM-1610R。
14. 黃亮維，2010，023館AFCP實驗室技術手冊---抽風系統與氣體偵測器之標準操作程序，INER-SOP-0276。
15. 黃亮維，2010，以含浸法製備氧化矽擔體型脫硫劑:研究煅燒溫度對結構的影響，INER-7778。
16. 黃靜瑩、邱耀平，2010，淨碳技術實驗室技術手冊----中央氣體供應系統操作手冊，核能研究所研究報告，INER-OM-1610R。
17. 黃靜瑩、詹瑞裕、邱耀平，2010，高溫脫硫吸附劑製備研究，核能研究所研究報告，INER-7749R。
18. 樂晏昌、邱耀平，2010，以非預混反應模式研究粉煤氣化程序設定 INER-7713H。
19. 余慶聰，2010，中高溫氣體淨化與分離材料及製程開發，委託計畫報告 INER-A2027H。
20. 余慶聰，2010，赴荷蘭參加2010年溫室氣體控制技術(GHGT10)研討會國外公差報告，INER-F0406。
21. 曾嫻茵，2010，我國新舊版能源平衡表差異分析與二氧化碳燃燒排放法計算，INER-7064R。
22. 葛復光，2010，參加第33屆能源經濟(IAEE)國際研討會，INER-F0371。
23. 黃彰斌，2010，參加IEW2010學術研討會報告，INER-F0385。
24. 徐敏容、邱耀平、余慶聰，2010，建立中高溫除碳反應系統之研究與應用，核能研究所研究報告，INER-7207H。

100 年技術報告 17 件

1. 林 O 模、林 O 勗、馮 O 強，2011，整合新能源生命週期之 3E 評估模型建置與模擬分析。
2. 陳銘宏、樂晏昌、邱耀平、吳 O 斌、江 O 柳，2011，應用於挾帶床氣化爐分析之計算流體力學耦合化學反應運算模式發展。
3. 王啟鴻、余慶聰、邱耀平，2011，Ca-Al-CO₃ 製備與二氧化碳捕捉之研究，核能研究所研究報告，INER-8087H。
4. 林忠漢、葛復光、邱秀玫、曾嫻茵、黃彰斌、鄭柏彥、陳中舜，2011，MARKAL-MACRO 模型能力之建立-我國 BAU 情景之能源分析及運輸部門模型之驗證分析。
5. 林忠漢、葛復光、邱秀玫、曾嫻茵、黃彰斌、鄭柏彥、陳中舜，2011，MARKAL-MACRO 模型資料庫(第四次專家審查)。
6. 黃亮維，2011，以含浸法製備氧化鋁擔體型脫硫劑:研究煅燒溫度對物性的影響，核能研究所研究報告，INER-8220。
7. 黃靜瑩、邱耀平，2011，建立中高溫脫硫反應系統之研究與應用，核能研究所研究報告，INER-8355。
8. 陳慶庭、邱耀平，2011，不同氧化鐵載氧體之多次氧化還原循環測試，核能研究所研究報告，INER-8357。
9. 徐敏容、邱耀平，2011，以機械混合法製備高溫脫硫劑之研究，核能研究所研究報告，INER-8329R。
10. 鄭涵文、余慶聰，2011，中高溫捕碳劑特徵元素含量定量技術開發，核能研究所研究報告，INER-8366H。
11. 陳威錦、余慶聰、邱耀平，2011，利用鹼性氧化物於中高溫捕碳劑開發研究，核能研究所研究報告，INER-8368H。
12. 陳一順、陳柏壯，2011，赴捷克執行國科會以計劃為基礎之人員交流計劃，INER-F0486。
13. 陳一順，2011，二維顆粒床過濾器內濾材動態流場之探討，INER-8621。
14. 陳銘宏，2011，參加 IPCC-28 研討會發表研究論文出國報告。
15. 王啟鴻、余慶聰、邱耀平，2011，Ca-Al-CO₃ 製備與二氧化碳捕捉之研究，核能研究所研究報告，INER-8087H。
16. 鄭涵文、余慶聰，2011，中高溫捕碳劑特徵元素含量定量技術開發，核能研究所研究報告，INER-8366H。
17. 陳威錦、余慶聰、邱耀平，2011，利用鹼性氧化物於中高溫捕碳劑開發研究，核能研究所研究報告，INER-8368H。

101 年技術報告 10 件

1. Chen M.H., Chen P.C., .Chyou Y.P., 2012.07, Numerical analysis of oxy-combustion characteristics and NO_x formation in a pulverized-coal boiler, INER report, INER-9176
2. 陳銘宏、陳柏壯、邱耀平、劉 O 翰、江 O 柳，2012.08，氣化程序反應器分析模型建置與運轉參數研究，核能研究所研究報告，INER-9333
3. 鄭涵文，奈米級 Ca-Al 碳酸鹽捕碳劑合成與鑑定技術開發，核能研究所研究報告，INER-9279H
4. 陳威錦，中高溫捕碳劑再生與驗證技術開發研究，核能研究所研究報告，INER-A2591R

5. 陳威錦，中高溫碳分離材料與固定技術開發研究，核能研究所研究報告，INER-A2516R
6. 詹世基，熱像液晶於單噴流旋轉管道內之量測應用，核能研究所研究報告，INER-9676H
7. 詹世基，微幫浦於微型衛星冷卻技術之關鍵技術開發，核能研究所研究報告，INER-9675H
8. 黃瀨瑩，2012，以 20 wt% $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ 在高溫下去除硫化氫之研究，核能研究所研究報告，INER-9636R
9. 陳柏壯，粉煤鍋爐內富氧燃燒特性與氮氧化物生成之數值分析，核能研究所研究報告，INER-9176
10. 黃亮維、樂晏昌，2012，參加 KJT-2011 研討會發表研究論文出國報告，核能研究所研究報告，INER-F0551

三、經濟效益(產業經濟發展)(權重_10_%)

99 年度：

1. 氣化系統設計與優化技術開發

氣化系統設計與優化技術開發有助於在氣化爐的最佳化設計，避免在設計初期的資源浪費，其操作效率預期將優於傳統氣化系統，可以節省燃料的耗用。此外，經由設計分析技術的建立，可作為我國發展先進氣化技術建立先期技術能量，未來並具有自主技術專利化之潛力。

2. 中高溫合成氣淨化技術開發

- (1) 在中高溫的環境下進行粉塵過濾以及除硫程序，有助於大幅增加熱效率的能源使用率及降低能源的消耗。
- (2) 以乾式脫硫控制技術，開發高性能與價格低廉之金屬氧化物脫硫劑，未來可應用於整合式複循環發電系統當中，可降低氣化後含硫污染物的排放濃度及降低設備管件的腐蝕。

3. 化學迴路氣體分離程序技術開發

目前載氧體材料之研發技術，在原型反應器實際測試可達 98% 以上二氧化碳之轉化率，唯商業化運轉必須考慮載氧體材料之機械強度與化性反應性評估。規劃未來將國內電鍍工業廢水開發載氧體材料合成，作為固體燃料化學迴路燃燒器之載氧體應用，除提供工業廢棄物之再利用，並可大幅降低載氧體材料成本。

4. 中高溫碳捕捉技術與再利用之研究與應用

本計畫研究重點在固體捕碳劑研製，具有低能耗、低成本、高反應性及環境永續之優點，為美國 DOE 建議未來 5-10 年內減碳前瞻技術之一，國內研發此一技術具有經濟發展之利基並能符合政府減碳政策目標。本計畫將建立專業實驗室並與國內交通大學合作，培養國內溫室氣體捕捉研究相關人才。

5. 我國能源科技及能源產業政策之長期規劃評估

採用 INER MARKAL 模型研究能源價格，可瞭解倘若未來能源價格之上漲幅度遠超過預期，對於國內經濟之衝擊、能源之配置以及未來可能出現的新技術，並可由此擬定我國能源之強健策略(Robust Strategy)，降低能源價格變化之經濟衝擊。此外，並由風力發電觀點分析我國再生能源條例之躉購制度，有限的再生能源資源可被最有效利用，以提高相關產業競爭力並減少政府財政上的負擔。

另本計畫完成產業合作委託〈5 案，4,350 千元〉

1. 「應用於挾帶床氣化爐分析之計算流體力學耦合化學反應運算模式發展」，420 千元。

2. 「粉煤氣化爐之氣固反應數值模型建立」，650 千元。
3. 「進階兩段過濾器除塵系統分析與設計」，600 千元。
4. 「先進中高溫碳管理技術研究與應用」，480 千元。
5. 「整合新能源生命週期之 3E 評估模型建置與模擬分析」，2,200 千元。

100 年度：

1. 透過系統設計與關鍵元件（氣化爐等）之數值模型與設計能量的建立，有助於未來氣化爐本體與應用程序的最佳化設計，可避免在設計初期的資源浪費。且其操作效率預期將優於現有典型氣化系統，可以節省燃料的耗用，降低二氧化碳的排放。
2. 完成以氣化技術為基礎之產品應用之系統效能分析，分別以單純發電、多聯產（發電與化學品）以及發電結合 CO₂ 捕獲等程序進行比較。其結果顯示採用多聯產技術可獲得較佳之系統效能，該模式可同時提供我國石化產業以及潔淨發電之技術選項。
3. 透過太陽光電技術經濟分析模式之建立，有助於分析探討國內躉購電價之制訂，另外，建立太陽光電 CGE 分析模型有助於太陽光電產業之發展。
4. 中高溫氣體淨化與分離技術開發可提升氣體淨化與過濾技術，並推廣應用於電力產業、鋼鐵產業、造紙產業、環保產業、半導體產業與其他周邊產業。
5. 脫硫-建立自主中高溫脫硫技術—包含脫硫劑製備與化性測試，以利降低成本與國際競爭。
6. 建立中高溫乾式捕碳劑量產技術，有助於提高 CO₂ 捕獲濃度及溫度，降低碳捕獲所需設備及整體能量損耗。

101 年度：

2012 年 3 月 27 日，美國環保署提出新電廠之碳排放標準，新電廠的排放量上限為不超過 1,000 lb CO₂/MWh gross。現階段僅 NGCC（天然氣複循環發電）可低於此一標準，亦即新建之燃煤電廠於導入 CCS 技術後可望符合排放標準。這代表後續之減碳需求將有所增長，其後續之經濟效益可期。美國環保署並於五月 24 日分別舉行兩場公聽會（Chicago, Ill、Washington, DC）。且為提供自公聽會後 30 天的公眾評論期，美國環保署將公眾評論期期間延長至 6 月 25 日截止。

現國內已將溫室氣體排放列為空氣污染氣體，預期未來將進一步進行排放量管制。透過本計畫系統設計與關鍵元件（氣化爐等）之數值模型與設計能量的建立，有助於未來氣化爐本體與應用程序的最佳化設計，可避免在設計初期的資源浪費。提供節省燃料的耗用、降低二氧化碳的排放以及二氧化碳捕獲等成本相對低廉之技術。

美國 EIA AEO 2013 Early Release Overview 資料顯示，頁岩氣(Shale gas) 之產量會持續增加，但價格亦將逐步上漲。至 2018 年前，其售價可望持續低於 4 USD/MMBtu (2011 年幣值)、並逐步於 2030 年上升至 5.40 USD/MMBtu、以及於 2040 年上升至 7.83 USD/MMBtu。以國內天然氣進口價格一般與國際原油價格連動之機制。即便於目前原油價格最樂觀之預估於 70~80 美元間穩定，國內天然氣價格獲得大幅下降之機會依舊有限。故我國於發電端採用煤炭作為主要來源之趨勢，短期之內應不致因頁岩氣之大量使用而受影響。

國外傳統氣體淨化技術已商業化多年，但是高效率、低成本系統之先進技術均在研發中。藉由中高溫淨化技術的執行，並與國內外研發單位及國內產業界充分整合獲得支援以開發先進技術，以獲得最大經濟效益。

建立自主中高溫脫硫技術—包含脫硫劑製備與化性測試，以利降低成本與國際競爭。建立中高溫乾式捕碳劑製造技術，有助於提高 CO₂ 捕獲濃度及溫度，降低碳捕獲所需設備及整體能量損耗。

102 年度：

1. 現國內已將溫室氣體排放列為空氣污染氣體，預期未來將進一步進行排放量管制。透過本計畫系統設計與關鍵元件（氣化爐等）之數值模型與設計能量的建立，有助於未來氣化爐本體與應用程序的最佳化設計，可避免在設計初期的資源浪費。提供節省燃料的耗用、降低二氧化碳的排放以及二氧化碳捕獲等成本相對低廉之技術。
2. 二氧化碳減量已成為國際減緩全球暖化現象之共識，能掌握關鍵技術者將可主導永續發展議題，並獲得可觀之經濟效益。2012 年 3 月 27 日，美國環保署提出新電廠之碳排放標準，主要規定新電廠的排放量上限為不超過 1,000 lb CO₂/MWh gross，我國環保署正式公告包含 CO₂ 等 6 種溫室氣體列為空氣污染物(經濟日報 2012.5.9)，未來國內相關產業，如第 1 類固定污染源水泥、鋼鐵業..，第 2 類年排放量 2.5 萬公噸以上如石油、石化..等產業皆必須申報其碳排放量。國內相關產業在減碳技術研發應逐漸具有需求性亦更增本計畫之效益。
3. 氣化系統設計與優化技術開發：其系統最佳化設計，可避免設計初期資源浪費，其操作效率預期將優於傳統氣化系統，可節省燃料耗用，並可提供不同操作情境下之系統性能分析 (Ex. CO₂ capture, Polygen,...)。
4. 中高溫合成氣淨化技術開發：因應兩階段濾材不同質量流率實驗所需，而所規劃的分離運輸裝置可供分離濾材使用，未來更可將其應用於先進氣化發電與多聯產系統，同時輸送介質(或吸附物)且不同流率之過濾器使用，中高溫脫硫劑具有高反應性、再生循環特性與熱效率佳等優點，可結合既有的發電廠、化工廠或煉鋼廠等產業使用。
5. 中高溫碳捕捉技術與再利用之研究與應用：本計畫研究重點在固體捕碳劑研製，具有低能耗、低成本、高反應性及環境永續之優點，為美國 DOE 建議未來 5-10 年內減碳前瞻技術之一。
建立中高溫乾式捕碳劑製造技術，有助於提高 CO₂ 捕獲濃度及溫度，降低碳捕獲所需設備及整體能量損耗。
6. 國外傳統氣體淨化技術已商業化多年，但是高效率、低成本系統之先進技術尚在研發中。藉由中高溫淨化技術的執行，並與國內外研發單位及國內產業界充分整合獲得支援以開發先進技術，以獲得最大經濟效益。
7. 建立自主中高溫脫硫技術—包含脫硫劑製備與化性測試，以利降低成本與國際競爭。導入中高溫除硫技術除了可減少設備與材料成本，在效能上所具備之高處理能力已具競爭優勢。
8. 建立公斤級捕碳劑製造技術，有助於增加捕碳劑產能，提高 CO₂ 捕獲濃度/溫度與單位時間捕碳量，為商業運轉提高可行性與降低成本。

總期程累計(99~102 年)：

1. 本計畫已建立kW等級氣化爐測試設施，並建構模擬分析程序。未來可以此為基礎，針對氣化技術於國內之發展進行推廣，加速其產業化。此外，模擬分析技術亦可與國內產業結合，針對其需求進行分析，藉此提升系統效能，減少能源損耗，達成節能減碳之目標。
2. 透過系統設計與關鍵元件（氣化爐等）之數值模型與設計能量的建立，有助於未來氣化爐本體與應用程序的最佳化設計，可避免在設計初期的資源浪費。98-100年完成化工業（氣化、氣體淨化、分離...）以及機械業（複循環發電）結合之程序研究。進行同時產製化學產品與電力之程序設計與系統係能評估，並進行數種應用組合以及CO₂減排效益分析。多聯產程序應用之操作效率優於現有典型氣化系統，可以節省燃料的耗用，降低二氧化碳的排放。可作為多功能生產園區之技術選項。
3. 中高溫的環境下進行過濾程序，可增加顯熱利用率，提高能源效率，並可簡化程序設備，設備成本也低。
4. 建立擔體型金屬氧化物吸附劑研製技術與反應器等級效能測試作業，結果顯示吸附劑具有良好的硫捕獲量與反應循環能力，可供未來量產與kW等級平台驗證之用。
5. 建立公斤級捕碳劑製造系統，可提升製造量與品質，縮短時間並降低成本。另建置kW級反應器測試設備，有助於國內技術生根及提昇未來產業合作潛力。

四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續)(權重_5_%)

99年度：

1. 氣化系統設計與優化技術開發
 - (1) 環境永續：經由以氣化技術為基礎之能源系統之設計，可以提供我國引入低污染、低二氧化碳排放之淨煤技術。其可作為我國環境永續發展選項之一。
 - (2) 經濟發展：以發電系統為例，氣化技術搭配複循環發電技術，其導入二氧化碳捕獲時，其整體建置成本將低於現有之火力電廠搭配二氧化碳捕獲。若以氣化技術應用面而言，現階段主要應用於化學品之產製，採用原料成本較低之煤炭，除發電外，亦同時產製具經濟價值之化學品。在原油價格不斷波動與長期價格上升之趨勢下，採用氣化技術作為石化產業之替代效益將日益顯著。
 - (3) 能源安全：氣化技術可將化石燃料（煤炭）與生質燃料轉換為氣態或液態燃料，其可視為我國替代部分天然氣與原油進口之技術。我國目前已將天然氣視為低碳選項之一，若未來天然氣供應有所短缺，則可採用煤炭氣化產製天然氣作為選項。
2. 中高溫合成氣淨化技術開發
 - (1) 相關系統及技術研發，並將產品推廣至國內外之鋼鐵業、造紙業、環保業與半導體產業。如此一來將可增強企業在國際上的競爭力，二來也可減少溫室氣體與廢氣的排放，更加符合現今環保的規範，創造更美好的生活環境。
 - (2) 經由本計畫的執行規劃，利用高溫乾式脫硫技術取代商轉的除硫技術，以解決用水量及系統熱效率降低的缺點，為未來發展主要的趨勢。
 - (3) 將淨化技術導入電廠中可以減少微塵、氮、硫化物的排放，降低黑煙以及酸雨的危害；並可為本國提升在綠能產業的競爭力。
3. 化學迴路氣體分離程序技術開發

結合化學迴路與高溫氣體陶瓷分離薄膜之技術開發，降低燃煤電廠產生之二氧化碳直接排放於大氣中，規劃化學迴路重組反應器產生潔淨能源之氫氣，符合能源國家型計畫之規劃，達成淨碳技術發展與新能源開發之目標。
4. 中高溫碳捕捉技術與再利用之研究與應用

經由本計畫的執行，加強與國內大學及研究機構的交流，並且透過參加重要相關研討會，展示研究成果。宣導節能減碳的新能源概念，加強一般大眾對潔淨能源的認知，藉以達到教育民眾節能減碳與愛護地球環境的目的。

5. 我國能源科技及能源產業政策之長期規劃評
 - (1) 探討能源價格之變化，並擬定強健策略，避免國內能源使用種類過度集中，因此可提高我國之能源安全。
 - (2) 透過對我國風力發電容量因數之研究，建議發展合宜的風電技術，可提高風電之發電量，而可降低我國之 CO₂ 排放及提高能源安全度。
 - (3) 完成 INER MARKAL 模型交通部門資料庫之專家審查會議，有助於未來交通部門節能減碳政策之擬定。

100 年度：

1. 環境效益：經由以氣化技術為基礎之能源系統之設計，可以提供我國引入低污染、低二氧化碳排放之淨煤技術，於無法完全去除煤炭依賴之前，提供對環境最佳之技術選項。
2. 能源安全：氣化技術可將化石燃料（煤炭）與生質燃料轉換為氣態或液態燃料，其可視為我國替代部分天然氣與原油進口之技術。若採用煤炭氣化產製天然氣之程序，可降低現有天然氣供應可能短缺之疑慮，並提供我國政府採取增加天然氣使用達成減排之技術選項。
3. 釐清 BAU 情景之設定，並整理相關假設，有助於相關專家學者討論 BAU 情景假設之合理性，以利後續政府制訂節能及二氧化碳減量政策，讓我國在成本極小化的情況下，達到節能減碳目標，善盡國際社會成員之責任。
4. 相關系統及技術研發，並配合台灣相關產業的應用，如此一來將能創造更多商機，也能培養更多相關專業人才，建立台灣在此產業技術領先世界的地位。除此之外，更能降低經濟發展對生活環境所造成的汙染與破壞，達到經濟與優質生活雙贏的局面。
5. 淨化技術的研發，可結合國內相關研究領域之產業，並建立其密切合作關係，以提升國內相關產業在高溫氣體淨化之效率，另也可減少溫室氣體與廢氣的排放，更加符合現今環保的規範，創造更美好的生活環境。
6. 化學迴路程序可結合燃煤電廠富氧燃燒捕碳技術，應用於現有燃煤電廠提高二氧化碳捕捉與封存，達到零排放的目標。
7. 脫硫-控制 SO_x 的排放量，可減少酸雨形成、臭氧層破壞，太陽光散射等問題。
8. 建立環境友善之乾式碳捕獲技術研究與捕碳性能驗證技術，有助於提升潔淨能源、環境永續等減碳之社會效益。

101 年度：

環境效益方面：於我國尚無法完全去除煤炭依賴之前，若採用以氣化技術為基礎之能源系統之設計，可提供國內產業引入低污染、低二氧化碳排放之淨煤技術，提供對環境最佳之技術選項。能源安全方面：現原油與天然氣之價格依舊維持相對高檔，若採用氣化技術將化石燃料（煤炭）與生質燃料轉換為氣態或液態燃料。可替代我國部分天然氣與原油進口，若採用煤炭氣化產製天然氣之程序，可避免國內天然氣供應站建立不及導致供應可能短缺之疑慮。

相關系統及技術研發，並配合台灣相關產業的應用，如此一來將能創造更多商機，也能培養更多相關專業人才，建立台灣在此產業技術領先世界的地位。除此之外，更能降低經濟發展對生活環境所造成的汙染與破壞，達到經濟與優質生活雙贏的局面。

控制 SO_x 的排放量，可減少酸雨形成、臭氧層破壞，太陽光散射等問題。

建立環境友善之乾式碳捕獲技術研究與捕碳性能驗證技術，有助於提升潔淨能源、環境永續等減碳之社會效益。

102 年度：

1. 我國引入低污染、低二氧化碳排放之淨煤技術，可以提供環境效益並提升能源安全
2. 氣化技術可將化石燃料（煤炭）與生質燃料轉換為氣態或液態燃料，其可視為我國替代部分天然氣與原油進口之技術。
3. 與國內大學及研究機構交流，共同開發淨化技術，並對於顆粒體淨化生質廢棄物氣化燃燒產生高溫氣體系統設計上提出商業化建議，為國內設計顆粒床淨化高溫氣體系統之重要基石。
4. 將淨化技術導入電廠中可以減少污染物的排放，降低黑煙以及酸雨的危害；並可為本國提升在綠能產業的競爭力。
5. 可利用高溫乾式脫硫技術取代目前商轉之低溫濕式除硫技術，以解決用水量大及系統熱效率降低的缺點，為未來發展主要的趨勢。
6. 碳捕捉技術與氣體分離程序技術可降低二氧化碳直接排放於大氣中；若開發化學環路重組反應器，則可產生乾淨能源之氫氣。
7. 加強與國內大學及研究機構的交流，並且透過參加重要相關研討會，宣導節能減碳的新能源概念，加強一般大眾對潔淨能源的認知，藉以達到教育民眾節能減碳與愛護地球環境的目的。
8. 探討能源價格之變化，並擬定強健策略，避免國內能源使用種類過度集中，因此可提高我國之能源安全。
9. 進行相關系統及技術研發，並配合台灣相關產業的應用，如此一來將能創造更多商機，也能培養更多相關專業人才，建立台灣在此產業技術的國際競爭力。除此之外，更能降低經濟發展對生活環境所造成的汙染與破壞，達到經濟與優質生活雙贏的局面。
10. 中高溫除硫技術可減少硫化物排放，減少酸雨對生態或作物的危害。相較傳統方法，可減少廢水汙染與提升熱效率等優勢。
11. 我國碳捕獲技術研究與捕碳性能驗證技術研究仍處於初期研究階段，結合煤炭氣化技術，有助於台灣於國際能源趨勢發展占有一席之地。同時有助於提升潔淨能源、環境永續等減碳之社會效益。

總期程累計(99~102 年)：

1. 淨碳技術之開發可與國內相關產業結合，提升國內產業降低污染排放，另也可減少溫室氣體與廢氣的排放。除符合環保的規範外，創造更美好的生活環境。
2. 相關系統及技術研發，可降低經濟發展對生活環境所造成的汙染與破壞，達到經濟與優質生活雙贏的局面。
3. 建立高效能硫捕獲技術，以減少大氣中 SO_x 汙染源排放，符合國內外法規對硫排放的限制。
4. 建立碳捕獲技術研究與捕碳性能驗證技術，有助於提升潔淨能源、環境永續等減碳之社會效益。
5. 環境永續：經由以氣化技術為基礎之能源系統之設計，可以提供我國引入低污染、低二氧化碳排放之淨煤技術。其可作為我國環境永續發展選項之一。且採用多聯產應用模型，對於我國石化業與發電業皆有所助益，且其亦含有 CO_2 捕獲之技術。該系統可作為我國未來進行大規模 CO_2 捕獲、再利用與封存之選項技術。

6. 經濟發展：以發電系統為例，氣化技術搭配複循環發電技術，其導入二氧化碳捕獲時，其整體建置成本將低於現有之火力電廠搭配二氧化碳捕獲。若以氣化技術應用面而言，現階段主要應用於化學品之產製，採用原料成本較低之煤炭，除發電外，亦同時產製具經濟價值之化學品。在原油價格不斷波動與長期價格上升之趨勢下，採用氣化技術作為石化產業之替代效益將日益顯著。
7. 能源安全：氣化技術可將固態化石燃料(煤炭)與生質燃料轉換為氣態或液態燃料，其可視為我國替代部分天然氣與原油進口之技術。我國目前已將天然氣視為低碳選項之一，若未來天然氣供應有所短缺，則可採用煤炭氣化產製天然氣作為選項。

五、其它效益(科技政策管理及其它)(權重 3%)

99 年度：

1. 氣化系統設計與優化技術開發：
以氣化技術為基礎之煤炭轉換與應用程序，其可提供我國邁向低碳社會、增進低碳經濟之選項之一，其相關之技術數據除可提供政府與業界參考外，更將回饋至本計畫之分項工作五建置能源科技與產業政策評估之用。在原油價格不斷波動與長期價格上升之趨勢下，採用氣化技術作為石化產業之替代效益將日益顯著。
2. 中高溫合成氣淨化技術開發
以本項目所開發出具有領先地位之相關技術，配合台灣相關產業的應用，如此一來將能創造更多商機，也能培養更多相關人才，建立台灣在此產業技術領先世界的地位。
3. 化學環路氣體分離程序技術開發
以化學迴路程序為基礎，建立多元化(氣固液)燃料化學迴路燃燒器之應用領域，同時結合重組轉移反應及高溫氣體分離技術，開發產氫及降低二氧化碳排放之創新研究，提供國內相關產業在節能減碳另一選項。
4. 中高溫碳捕捉技術與再利用之研究與應用
開發 CO₂ 捕捉關鍵技術有助於永續淨煤或是淨碳等國家政策，並能形成未來支持國際二氧化碳監測、調查及驗證(Monitoring, reporting & Verification, MRV)活動之重要關鍵，因此具有 21 世紀同時兼顧能源安全與環境永續之目標。
5. 我國能源科技及能源產業政策之長期規劃評估
以 MARKAL 及 CGE 為基礎，探討各種不同節能減碳技術可產生之效益，可協助訂定我國長期能源政策。另外，分析我國再生能源條例之躉購制度的特性，並提出建議，有助於提高使用再生能源之效率。

100 年度：

1. 淨碳系統模擬分析技術開發：
 - (1) 以氣化技術為基礎之煤炭轉換與應用程序，其可提供我國邁向低碳社會、增進低碳經濟之選項之一，其相關之技術數據除可提供政府與業界參考外，更將回饋至本計畫之分項工作五建置能源科技與產業政策評估之用。以 MARKAL 及 CGE 為基礎，探討各種不同節能減碳技術可產生之效益，可協助訂定我國長期能源政策。
 - (2) 經由本計畫之系統分析結果顯示，採用氣化技術進行多聯產(化學品與電力)具有較高之系統效能，並兼具程序固碳之效應。此類模式適合國內產業界(石化)採行，可同時減低原油進口以及未來電力供應可能短缺之隱憂。
 - (3) 配合國科會之需求，協助籌辦「我國氣化技術發展策略專題研討會」，並於 2011 年 10 月 21 日舉辦。本計畫於該會議中提出「區域性氣化中心」之構想，擬藉由氣化爐之設立，作為產業供應鏈之上游；藉以提供初級原料(CO, H₂)、電力

與蒸汽等產業需求之產品，並於周邊建立中下游之產業（或設立於目前已有需求之廠址）。此「區域性氣化中心」之構想獲得當天與會國內相關產業界正面之迴響。由於氣化中心之氣化爐數量可應需求增減，若經大量設立，此時備用整體設立成本（備用氣化爐）將可下降，且由於數量之優勢，其整體可用率(Availability)亦可提升。

- (4) 此氣化中心若能設立於煤港或 LNG 接收站周邊，將有利於進料之運輸，可降低成本；並能與 LNG 管線進行結合，或利用 LNG 接收站之冷能，進一步整合相關資源。此氣化中心亦可進行產製合成天然氣，作為我國天然氣供應之備源。
- (5) 現計畫團隊亦籌劃與國內企業進行意見交流討論，評估於台中港推動設立氣化中心之可行性。並將與中油公司就進行氣化技術進行交流，推動氣化技術作為其「特用化學品」產製廠區選用技術之一。

2. 中高溫氣體淨化與分離技術開發

利用顆粒床淨化技術，完成顆粒移動床過濾器熱模系統初步建置及相關初期測試，相關數據將作為熱模商業化設計之基礎參考資料。以化學環路程序為基礎，建立多元化(氣固液)燃料化學環路燃燒器之應用領域，同時結合重組轉移反應及高溫氣體分離，開發產氫及降低二氧化碳排放之創新研究，提供國內相關產業在節能減碳選項。

3. 中高溫碳捕捉與再利用技術開發

開發 CO₂ 捕捉與再利用關鍵技術，有助於永續淨煤或是淨碳等國家節能減碳政策執行，並能擴大減碳效應並增進二氧化碳回收效益及能源永續利用目標。

101 年度：

1. 以氣化技術為基礎之煤炭轉換與應用程序，其可提供我國邁向低碳社會、增進低碳經濟之選項之一，其相關之技術數據除可提供政府與業界參考外，更可作為我國減碳之技術選項之一。在目前全球原油與天然氣價格不斷波動與長期價格上升之趨勢下，採用氣化技術為基礎之多聯產技術。作為石化產業部分產品之替代效益將日益顯著。
2. 利用顆粒床淨化技術，完成顆粒移動床過濾器三維熱模系統建置及相關初步測試，相關數據將提供國內外相關產業在淨化技術之選項。
3. 中高溫脫硫可提供國內對硫化物處理的另一種選擇，不僅能夠為既有電廠或石化相關產業降低操作成本，同時溫室氣體排放量也能夠控制得宜，符合國內相關環保法規，讓經濟與環保同時達到雙贏。
4. 碳捕獲技術有助於節能減碳政策，並能獲得國際社會對於本國愛護環境與保護資源之國際形象，因此有助於政府政策面參考價值。

102 年度：

1. 以氣化技術為基礎之煤炭轉換與應用程序，可為我國邁向低碳社會、增進低碳經濟之選項之一。其相關之技術數據以及國內外現況除可提供計畫成員、學界、政府機關與業界參考外，並可提供國內進行能源經濟與能源政策評估等計畫使用。
2. 對於目前面臨氣候暖化及石化燃料短缺所帶來的問題，潔淨能源的開發已列入國家研究的重大政策，因此透過中高溫氣體淨化技術的開發，增加國內、外等相關研究單位交流，並提高其研究水準，同時也進而提升相關氣體淨化技術。
3. 開發 CO₂ 捕捉與再利用關鍵技術，有助於永續淨煤或是淨碳等國家節能減碳政策執行，並能擴大減碳效應並增進二氧化碳回收效益及能源永續利用目標。

本計畫為國家型計畫，在計畫管考上除配合能源辦公室之管考作業外，並另行提報週報、月報、進度簡報、甘特圖等作業，以期圓滿達成計畫之目標。其一般作業期程說明如下：

1. 每月一次例會：各工作群組負責人，針對各工作群組執行現況以及需協商處理事務進行討論
2. 每月一次全員會議：
 - (1) 指定一位計畫成員以英文進行工作現況簡報，砥礪英文交流能力
 - (2) 各成員針對工作進度以及需計畫協調處理之事務進行討論
3. 每月一次分組工作討論會議，針對各工作群組之工作細節以及解決方案討論

總期程累計(99~102年)：

1. 以顆粒床淨化技術，完成系統初步淨化測試，相關數據將提供國內外相關產業在淨化設備及技術之選項。
2. 建立中高溫脫硫技術，已具備吸附劑研製與效能測試能力，相關技術可助國內相關產業達到產品對低硫濃度的要求，並兼顧環境永續發展目的。
3. 建立中高溫 CO₂ 捕獲關鍵技術，包含捕碳劑研製、量產以及中型反應器建立與反應程序驗證等，有助於降低國內相關產業之碳排放並達成永續淨煤與淨碳之國家節能減碳永續發展目標。
4. 以氣化技術為基礎之煤炭轉換與應用程序，其可提供我國邁向低碳社會、增進低碳經濟之選項之一，其相關之技術數據除可提供政府與業界參考外，更可作為我國減碳之技術選項之一。在目前全球原油與天然氣價格不斷波動與長期價格上升之趨勢下，採用氣化技術為基礎之多聯產技術。作為石化產業部分產品之替代效益將日益顯著。
5. 碳捕獲技術有助於節能減碳政策，並能獲得國際社會對於本國愛護環境與保護資源之國際形象，因此有助於政府政策面參考價值。

伍、本年計畫經費與人力執行情形

一、計畫經費執行情形：(以下列表格表達)

(一)計畫結構與經費

細部計畫 (分支計畫)		研究計畫 (分項計畫)		主持人	執行機關	備註
名稱	經費(千元)	名稱	經費(千元)			
淨碳技術發展	19,083	淨碳關鍵次系統開發與小型示範系統設施建立	13,699	邱耀平	核能研究所	
		中高溫碳捕捉技術開發	5,384	余慶聰	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

請將預算數及執行數並列，以括弧表示執行數。

會計科目 項目	預算數(執行數)/元				備註
	主管機關預算 (累計分配數)	自籌款	合計		
			流用後預算數 (實際執行數)	占總預算數% (執行率%)	
一、經常支出					
1.人事費					
2.業務費	13,568,000 (13,568,000)		13,568,000 (13,180,800)	71.1% (97.15%)	業務費流出：
3.差旅費					
4.管理費					
5.營業稅					
小計	13,568,000 (13,568,000)		13,568,000 (13,180,800)	71.1% (97.15%)	
二、資本支出					
1.設備費	5,515,000 (5,515,000)		5,515,000 (5,515,000)	28.9% (100%)	業務費流入：
小計	5,515,000 (5,515,000)		5,515,000 (5,515,000)	28.9% (100%)	
合計金額	100%		19,083,000 (18,695,800)	97.97%	

102 年度計畫執行數與預算數差異說明：

本計畫節餘款 387,200 元，惟其中含控留款 387,200 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，則年累計支出比為 100%。」

(三)100 萬以上儀器設備

總期程累計(99~102 年)：

No.	年度	儀器設備名稱	支出金額
1	99	過濾模型主系統的設計開發與建構	2,600
2	99	載氧體材料性能測試與驗證裝置	2,500
3	99	載氧體材料特性分析裝置	1,450
4	99	載氧體材料粉碎塞選連續製備設備	1,800
5	99	CO ₂ 捕獲反應系統	1,500
6	99	溫壓程控碳再利用反應	1,200
7	99	微量有害元素分析儀	1,500
8	99	氣體捕獲與儲存系統	1,498
9	99	冷模實驗裝置	2,696

10	99	高溫觸媒流體反應器測試裝置	1,600
11	99	觸媒材料粉碎研磨設備及自動滴定	2,425
13	100	粒子特性分析系統	2,404
14	100	高溫流體化床反應器系統	2,100
15	100	原物料合成與微量特性鑑定設備	1,100
16	100	材料量產製造反應系統	1,080
17	100	粒子特性分析系統	2,404
18	101	高溫粉體輸送測試裝置	2,550
19	101	材料再生與控制系統	1,310
20	102	高溫壓力式粉體循環測試裝置及周邊設備	1,226
	合計		34,943

(四)計畫人力

職級說明：

1. **研究員級**：研究員、教授、主治醫師、簡任技正、若非以上職稱則相當於博士滿三年、或碩士滿六年、或學士滿九年之研究經驗者。
2. **副研究員級**：副研究員、副教授、助研究員、助教授、總醫師、薦任技正、若非以上職稱則相當於博士、碩士滿三年、學士滿六年以上之研究經驗者。
3. **助理研究員級**：助理研究員、講師、住院醫師、技士、若非以上職稱則相當於碩士、或學士滿三年以上之研究經驗者。
4. **助理**：研究助理、助教、實習醫師、若非以上職稱則相當於學士、或專科滿三年以上之研究經驗者，含碩博士研究生。

人力統計截止日期 12.12.31

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
102 年度	原訂	204	15.6	79.2	62.4	46.8
	實際	204	15.6	79.2	62.4	46.8
	差異	0	0	0	0	0

與原核定計畫差異說明：

(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(99~102 年)：

年度	姓名	計畫職稱	投入主要工作及人月數	學、經歷及專長	
99	邱耀平	副研究員	7.5 人月 計畫主持人	學歷	博士
				經歷	副研究員

年度	姓名	計畫職稱	投入主要工作及人月數	學、經歷及專長	
				專長	學、經歷
				專長	機械工程、能源技術
99	陳柏壯	副工程師 (副研究員級)	7 人月 協同主持人	學歷	博士
				經歷	核能研究所國防訓儲工程師
				專長	機械工程、能源技術
99	余慶聰	副研究員	10 人月 協同主持人	學歷	博士
				經歷	副研究員
				專長	奈米化學與材料分析
99	陳一順	副工程師 (副研究員級)	8 人月 中高溫除塵技術開發	學歷	博士
				經歷	副工程師
				專長	機械工程
99	黃彰斌	工程師 (副研究員級)	8 人月 氣化程序計算模擬模型建置、MARKAL 模型建置與分析	學歷	博士
				經歷	核能研究所國防訓儲工程師
				專長	機械工程、能源技術、能源模型
99	葛復光	副研究員	7 人月 協同主持人	學歷	碩士
				經歷	核能研究所助理研究員
				專長	核能工程、能源模型
99	陳中舜	副工程師 (副研究員級)	6 人月 MARKAL 模型建置與分析	學歷	博士
				經歷	核能研究所助理工程師
				專長	機械工程、能源模型
99	李瀛生	研究員	1 人月	學歷	博士
				經歷	核能研究所副研究員
				專長	材料
100	邱耀平	副研究員	6 人月 計畫主持人	學歷	博士
				經歷	副研究員
				專長	機械工程、能源技術
100	陳柏壯	副工程師 (副研究員級)	8 人月 氣化與應用程序	學歷	博士
				經歷	核能研究所國防訓儲工程師

年度	姓名	計畫職稱	投入主要工作及人月數	學、經歷及專長	
				專長	經歷
		級)	分析	專長	機械工程、能源技術
100	余慶聰	副研究員	9 人月 協同主持人	學歷	博士
				經歷	副研究員
				專長	奈米化學與材料分析
100	陳一順	副工程師 (副研究員 級)	12 人月 中高溫除塵技術 開發	學歷	博士
				經歷	副工程師
				專長	機械工程
100	黃彰斌	副工程師 (副研究員 級)	4 人月 氣化程序計算模 擬模型建置、 MARKAL 模型 建置與分析	學歷	博士
				經歷	核能研究所國防訓儲工程師
				專長	機械工程、能源技術、能源模型
100	葛復光	副研究員	3.4 人月 MARKAL 模型 建置與分析	學歷	碩士
				經歷	核能研究所助理研究員
				專長	核能工程、能源模型
100	陳中舜	副工程師 (副研究員 級)	3.4 人 月 MARKAL 模型 建置與分析	學歷	博士
				經歷	核能研究所助理工程師
				專長	機械工程、能源模型
100	陳銘宏	副研發師	3.6 人月 氣化技術數值分 析	學歷	博士
				經歷	核能研究所副研發師
				專長	航太工程、能源技術
100	李書哲	副研發師	6 人月 中高溫除塵技術 開發	學歷	博士
				經歷	核能研究所副研發師
				專長	機械工程、能源技術
100	陳威錦	副研發師	9.6 人月 二氧化碳捕獲技 術開發	學歷	博士
				經歷	副研發師
				專長	環境工程
101	邱耀平	副研究員	6 人月	學 歷	博士

年度	姓名	計畫職稱	投入主要工作及人月數	學、經歷及專長	
			計畫主持人	經歷	副研究員、 瑞士 ABB 公司 Project Manager、 美國 Thermal Plasma Engineering, Inc. 公司 Contracted Consultant
				專長	機械工程、能源技術
101	陳柏壯	副工程師 (副研究員級)	8.4 人月 氣化與應用程序 分析	學歷	博士
				經歷	核能研究所國防訓儲工程師
				專長	機械工程、能源技術
101	余慶聰	副研究員	9.6 人月 協同主持人	學歷	博士
				經歷	副研究員
				專長	奈米化學與材料分析
101	陳一順	副工程師 (副研究員級)	12 人月 中高溫除塵技術 開發	學歷	博士
				經歷	副工程師
				專長	機械工程
101	陳銘宏	副研發師 (副研究員級)	9.6 人月 氣化技術數值分 析	學歷	博士
				經歷	核能研究所副研發師
				專長	航太工程、能源技術
101	李書哲	副研發師 (副研究員級)	6 人月 中高溫除塵技術 開發	學歷	博士
				經歷	核能研究所副研發師
				專長	機械工程、能源技術
101	陳威錦	副研發師 (副研究員級)	9.6 人月 二氧化碳捕獲技 術開發	學歷	博士
				經歷	副工程師
				專長	環境工程
101	陳文雄	副研發師 (副研究員級)	9.6 人月 二氧化碳捕獲技 術開發	學歷	博士
				經歷	核能研究所副研發師
				專長	化學工程
101	詹世基	副研發師 (副研究員級)	12 人月 中高溫除塵技術	學歷	博士
				經歷	核能研究所副研發師

年度	姓名	計畫職稱	投入主要工作及人月數	學、經歷及專長	
				專長	學 歷
		級)	開發	專 長	機械工程
102	邱耀平	研究員	6 人月 計畫主持人	學 歷	博士
				經 歷	副研究員
				專 長	機械工程、能源技術
102	陳柏壯	副工程師 (副研究員 級)	4.2 人月 氣化與應用程序 分析	學 歷	博士
				經 歷	核能研究所國防訓儲工程師
				專 長	機械工程、能源技術
102	余慶聰	副研究員	4.8 人月 協同主持人	學 歷	博士
				經 歷	副研究員
				專 長	奈米化學與材料分析
102	陳一順	副工程師 (副研究員 級)	6 人月 中高溫除塵技術 開發	學 歷	博士
				經 歷	副工程師
				專 長	機械工程
102	陳銘宏	副研發師 (副研究員 級)	4.8 人月 氣化技術數值分 析	學 歷	博士
				經 歷	核能研究所副研發師
				專 長	航太工程、能源技術
102	李書哲	副研發師 (副研究員 級)	3 人月 中高溫除塵技術 開發	學 歷	博士
				經 歷	核能研究所副研發師
				專 長	機械工程、能源技術
102	陳威錦	副研發師 (副研究員 級)	4.8 人月 二氧化碳捕獲技 術開發	學 歷	博士
				經 歷	核能研究所副研發師
				專 長	環境工程
102	陳文雄	副研發師 (副研究員 級)	4.8 人月 二氧化碳捕獲技 術開發	學 歷	博士
				經 歷	核能研究所副研發師
				專 長	化學工程
102	詹世基	副研發師 (副研究員	6 人月 中高溫除塵技術	學 歷	博士
				經 歷	核能研究所副研發師

年度	姓名	計畫職稱	投入主要工作及人月數	學、經歷及專長	
		級)	開發	專長	機械工程

陸、本計畫可能產生專利智財或可移轉之潛力技術(knowhow)說明

1. 根據二維系統相關研究結果及分析，進行冷性能初步測試，並已完成中高溫過濾器系統及周邊裝置初期之建置工作，其相關成果已獲得專利 3 件及申請專利 2 件，內容詳述如下：

- (1) 邱耀平、徐毅理等，「Compact two-stage granular moving-bed apparatus」專利，取得美國專利證書，US8,343,430B2，2013，1 月 1 日。

摘要說明：

A compact two-stage granular moving-bed apparatus comprises a vessel, a flow-corrective element, and a filter material supplying part. The vessel comprises a hollow interior, a gas outlet, a first media outlet and a second media outlet. The flow-corrective element divides the hollow interior into a first channel and a second channel. The filter material supplying part has a first provider for providing a first granular material flowing through the first channel and a second provider for providing a second granular material flowing through the second channel, wherein a vertical level of each first and second provider is adjustable so that a first flow path that an exhaust gas flows through the first granular material and a second flow path that the exhaust gas flow through the second granular material is respectively capable of being controlled

- (2) 邱耀平等，Moving granular bed with gas guiding system，取得美國專利證書，US 8,491,711 B2，2013，7 月 23 日。

摘要說明：

A moving granular bed includes a filter granule channel, an inlet unit of gas, an outlet unit of gas, a first detecting unit and a feedback control unit. The inlet unit of gas is disposed at one side of the filter granule channel, and the dirty gas is fed into the filter granule channel through the inlet unit of gas. The inlet unit of gas has a first flow-guiding plate. The outlet unit of gas is disposed at the other side of the filter granule channel. The first detecting unit detects the gas velocity at the inlet unit of gas site. The feedback control unit is electrically connected with the first detecting unit, and controls the angle of the first flow-guiding plate and flow rate of filter granules according to a detecting result of the first detecting unit. A gas guiding system used in the moving granular bed is also disclosed. The moving granular bed and gas guiding system can make the dirty gas have different velocity or distribution while passing through the filter granule channel so as to improve the usage of the filter granules.

- (3) 邱耀平等，緊緻型兩段式流動顆粒床過濾裝置，取得中華民國專利證書，發明第 I419732 號，2013，12 月 21 日。

摘要說明：

本發明係一種緊緻型兩段式流動顆粒床過濾裝置，其係包括有一床體、一分流元件以及一濾材供應部。該床體具有一容置空間、一進氣口、一出氣口、一

第一顆粒材料出口以及一第二顆粒材料出口。藉由本發明於該進氣部與該出氣部間的通道提供兩種不同的濾材的設計，可以對氣體進行兩階段的過濾，進而改善過濾裝置過濾氣體之效果。本發明亦可藉由兩種不同的濾材過濾氣體，提供一種複合式過濾裝置；其中之一種濾材可以是顆粒較大的濾材以過濾氣體中之灰塵，而另一種濾材可以為顆粒較細的濾材或吸附劑材料，以過濾氣體中的硫化物、二氧化碳或者是其他之污染物質。

- (4) 邱耀平等，應用於流動式顆粒床之混合式加熱裝置，委託鴻瑞國際智權有限公司申請中華民國專利，申請號為 102135955，2013，10 月 4 日。

摘要說明：

本發明為一種混合式加熱裝置，其係結合了多種形式之熱源，使之能夠同時對容置空間內的物質做加熱，並且能在同時運作之際，確保這些物質所獲得的熱能係屬均勻；另外，熱源的供熱程度也可讓使用者透過簡單變更所插入的內加熱單元之長度、導入氣體之流量而做控制；同時本發明亦可與具高溫之廢熱氣體管路相結合，搭配高溫廢氣而進一步降低系統熱阻，充分再利用這些廢熱而具有節能減碳的優點。

- (5) 邱耀平等，Hybrid heating apparatus applicable to the moving granular bed filter 專利，委託鴻瑞國際智權有限公司申請美國專利，申請號為 14/066,880，2013，10 月 30 日。

摘要說明：

A structure of hybrid heating equipment according to the present invention is disclosed. The present invention combines a multiple of the thermal sources for heating the interior materials of the container simultaneously, and assures the materials could gain the thermal energy uniformity. Furthermore, the present invention allows users to control the level of the heating simply through adjusting the length of interior heating elements or the flow rate of the incoming gas. In addition, the present invention connect with the tubes of the hot exhaust gas to further lower the influence of the thermal resistance by coordinating the flow of the hot exhaust gas, therefore fully reflect the advantages of the conserving energy and reducing the carbon emissions by reusing the waste heat as the principal source while the electric heating devices as supplement.

2. 中高溫碳捕捉技術開發計畫已建立公斤級捕碳劑製造方法與設備，並獲得與碳捕獲有關性質如 CaO 含量、表面積等特性，對於捕碳劑生產具有穩定之基礎。其相關成果已獲得專利 2 件並申請 2 件，內容詳述如下：

- (1) 余慶聰等，「奈米層狀碳酸鹽之中高溫捕碳劑」專利，取得中華民國專利證書，發明第 I 394611. 2013，5 月 1 日。

摘要說明：

一種奈米層狀碳酸鹽之中高溫捕碳劑，係利用醋酸鈣(Ca(Ac)₂)、Al(NO₃)₃ 為起始物引入層狀結構模板(Template)合成 Ca 與 Al 碳酸鹽 Ca(Ac)₂-Al-CO₃ 之奈米層狀雙氫氧化物(nano-LDH)，並且能將此 Ca(Ac)₂-Al-CO₃ 應用在 600°C 以上捕捉二氧化碳(CO₂)。藉此，該 Ca(Ac)₂-Al-CO₃ 材料係具有微孔/中孔特性，且平均孔半徑介於 2-6 奈米(nm)範圍，表面積係具有高於 90%之起始轉化率，且經過多次捕碳/再生/捕碳循環後仍高達 90%之轉化率者。

- (2) 余慶聰等，「中高溫捕碳劑之奈米微層狀材料 Ca-Al-CO₃ 及其製造與使用方法」專利，取得中華民國專利證書，發明第 I 394612. 2013，5 月 1 日。

摘要說明：

一種中高溫捕碳劑之吸碳奈米微層狀材料及其製造與使用方法，係以含有鈣，鋁碳酸鹽層狀物之吸碳奈米微層狀材料(Ca-Al-CO₃)，作為中高溫捕捉二氧化碳用。其係以不同比例之鈣與鋁離子水溶液共沉，藉由煅燒溫度處理而得，係含有金屬氧化物微晶之特殊層狀微結構者，具有製備容易及可調整金屬離子配比之優點。在通入二氧化碳與氮氣之混合熱氣流環境下，此 Ca-Al-CO₃ 材料在 200~800°C 溫度範圍即具有吸收二氧化碳之能力，其中以 Ca:Al=7:1 之材料組成係可獲得 52% g CO₂/g LDH 之捕碳率，即使經過 600°C 與 750°C 之捕碳/除碳迴圈中也能維持有 45% g CO₂/g LDH 之捕碳率，可應用在中高溫大量捕捉或分離二氧化碳。

- (3) 余慶聰等，鈣鐵鹽高溫抗劣化捕碳劑製造方法，委託台智識權科技開發有限公司申請中華民國專利，申請號為 102133063，2013，8 月 2 日。

摘要說明：

一種鈣鐵鹽中高溫捕碳劑製造方法，其組成包含鐵離子(Ferric ions)與鈣之氧化物形成層面結構，及層間碳酸鹽/硝酸鹽於鹼性條件形成的鹼性碳酸鹽複合材料，可用於中高溫吸收二氧化碳之乾式捕碳劑。其特徵係利用鈣鋁碳酸鹽做為模板，並以 Fe³⁺ 取代 Al³⁺，使形成含有鐵之 CaO 系捕碳劑。此捕碳劑可調控 Ca/Fe 摩爾比例為 2-7 倍，並可更換碳酸鹽(Ca-Fe-CO₃)或是硝酸鹽(Ca-Fe-NO₃)作為層間陰離子。於 600°C 測試捕獲 CO₂ 性能，Ca-Fe-CO₃ 碳酸鹽起始捕碳量高達 5.2-10.4 mmol/g，20 次迴圈穩定性 99-100%；Ca-Fe-NO₃ 硝酸鹽起始捕碳量 5.1-10.3 mmol/g，20 次迴圈穩定性 97-98%。

- (4) 余慶聰等，Method of fabricating calcium ferric carbonates used for high temperature CO₂ sorbent with long-term durability，委託台智識權科技開發有限公司申請美國專利，申請號為 14/041,528，2013，8 月 2 日。

摘要說明：

The present invention is a method of fabricating a high-temperature anti-sintering CO₂ capture agent, comprising steps of: (a) materials preparation, where a Ca-Fe solution and an alkaline solution are prepared and then the Ca-Fe solution and the alkaline solution are mixed and stirred to obtain a solution containing a Ca/Fe carbonate material after precipitation; (b) hydrothermal reaction, where the solution containing the Ca/Fe carbonate material is heated and kept being pressed to obtain a solution containing a layered material; (c) solid-liquid separation, where the layered material is separated out; (d) desiccation, where the layered material is dried; and (e) calcination, where the layered material is calcined to obtain a carbon capture agent of Ca-Fe-CO₃; and where, at a temperature of 600°C, the carbon capture agent of Ca-Fe-CO₃ has an initial CO₂ capturing capability of 5.2~10.4 milli-mole per gram (mmol/g) and a stability of 99~100 percent (%) after 20 capture loops. Accordingly, a novel method of fabricating a high-temperature anti-sintering CO₂ capture agent is obtained.

柒、與相關計畫之配合

1. 本計畫已於 2011 年起，與捷克科學院化學製程原理研究所(Institute of Chemical Process Fundamentals, ICPF)合作共同執行國科會 PPP 計畫「氣化與氣體淨化以及產氫技術之先進技術研究」(2011-2012)。於人員互訪交流後，針對雙方經驗以及研究方向，討論出適宜共同合作之方向，並於 2013 年申請國科會共同合作計畫「煤炭/生質物於流體化床反應器氣化程序之氣

- 體淨化技術」，獲 NSC 核准執行(2014~2016)。
2. 計畫主持人邱耀平博士，於 5 月間前往捷克參訪捷克科學院化學製程原理研究所，就技術現況與後續合作進行討論。
 3. 本計畫執行團隊，本年度計畫成員已前往美國紐奧良大學、加州大學柏克萊分校、勞倫斯柏克萊國家實驗室以及德國達姆司塔特工業大學等單位進行技術交流訪問，並探詢可能之技術合作機會與模式。
 4. 本計畫所開發的相關技術如淨碳技術驗證系統以及氣化系統設計其中一項工作即為建置一驗證平台，待基礎平台建立後，即可在基礎模型上逐步建構各分項工作之先進程序，評估該程序對於系統效能之提升；並提供與國內學界與產業交流使用，以發揮最大效益。
 5. 中高溫合成氣淨化技術所開發之顆粒床淨化技術，對於顆粒體淨化高溫氣體粉塵系統設計上提出商業化建議，並經由技術移轉管道落實於國內外之業界，以達到技術商業化的目標；在中高溫捕捉/分離與再利用技術上，其所開發技術可與淨煤技術結合，配合氣化系統加強後端 CO₂ 減量與回收再利用。
 6. 碳捕獲技術開發研究重點除捕碳劑研製與性能鑑定，捕碳迴路為測試重點；本計畫團隊為有效引入學界之研發能量，本年度另案申請執行「氣化合成氣之高效能水氣轉化及其二氧化碳捕獲技術開發」計畫，結合國內中興大學、聯合大學、交通大學以及成功大學之研發能量，針對中長程淨碳技術進行開發工作。
 7. 本計畫團隊並參與中央大學「Pre-combustion 二氧化碳捕獲-低排放之淨煤利用」淨煤計畫，就氣化技術應用於發電所需之程序模型，進行技術討論與分析模型建置作業。
 8. 本計畫團隊規劃於 103 年執行經濟部能源局能專計畫「潔淨低碳化學迴路技術發展」計畫（編號：103-E0203），並規劃與歐洲單位進行技術引進/合作研究。

表 7-1 國際合作規劃與現況概要

國際合作對象或專案計畫*	現況
➤ Academy of Sciences of the Czech Republic	➤ 執行 PPP 計畫 (2011~2012) ➤ 雙邊合作計畫獲 NSC 核准(2014~2016)
➤ Department of Mechanical & Aerospace Engineering, Univ. of Florida (US)	➤ 整合國內學術團隊，參與推動淨煤主軸計畫之整合型研究計畫。
➤ Energy Conversion and Conservation Center, University of New Orleans (US)	➤ 已建立合作關係（顧問類型）
➤ Technische Universität Bergakademie Freiberg (Germany)	➤ 初步接觸，對方具合作意願，並提供可合作之項目

<ul style="list-style-type: none"> ➤ East China University of Science and Technology (China) ➤ Tsing Hua University (China) ➤ Huazhong University of Science and Technology, Southeast University (China) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 再度接觸，應邀請參加該校 60 週年校慶系列活動，進行講座報告。 ➤ 初步接觸，於 102.12 再度前往參訪 ➤ 初步接觸
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Vienna University of Technology (Austria) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 初步接觸，並提供可合作之項目
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Western Kentucky University (US) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 初步接觸
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Heriot-Watt University (UK) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 初步接觸，具合作意願，提供可研究項目進行中
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Technische Universitaet Darmstadt (Germany) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 初步接觸

捌、 後續工作構想之重點

1. 淨碳關鍵次系統開發與小型示範系統設施建立：
 - (1) 完成百 kW 等級實驗系統氣化設施於不同操作條件下之性能資料。
 - (2) 完成多聯產系統核心單元與周邊調配最適化研究、二氧化碳排放評估工作以及應用情境分析。
 - (3) 進行系統操作參數(氣體進口風速及濾材質量流率)之研究，以得到系統之高效率的過濾效率。
 - (4) 吸附劑高溫高壓測試
 - (5) 合成氣中的水汽濃度對脫硫效能影響分析
2. 中高溫碳捕捉技術開發：
 - (1) 建立含 Ca、Mg、Al、Ti 等公斤級捕碳劑製造技術並提升產能，進行 600-800°C 中高溫捕碳迴路測試。
 - (2) 持續完成 kW 級可流動式捕碳測試系統建置，包含氣體混合、加熱單元、反應器、分析設備等單元，可用於 600-800°C 中高溫 CO₂ 捕獲性能驗證，有助於建立中高溫碳捕獲技術反應器測試參數。

玖、 檢討與展望

1. 淨碳關鍵次系統開發與小型示範系統設施建立：
 - (1) 現已著手建立淨碳技術驗證設施，進行氣化爐常壓操作工作。該量測數據將可配合關鍵元件數值計算與模型建置工作。提供相關實驗之數據進行驗證工作，藉此使模型之準確度得以提升。
 - (2) 進程序設計與規劃時，部分資料為現有實廠之程序設計。後續若能與擁有實廠之廠家或是工程公司一同合作。除可進行驗證工作外，更可使設計之流程更符合市場之需求。如此可加速技術產業化之目標。此一部份亦可能具備技術服務之潛能。
 - (3) 由於國內對於中高溫過濾技術發展尚未整合及相關基礎工業技術不足，而國外相關氣體淨化技術已發展多年並具有一定之實際經驗；藉由本項目的執行，可獲得相關設計與開發之實務經驗，除了可降低相關經驗不足之衝擊，並可使熱模系

附件一：量化績效指標表(含填寫說明本表僅為填報成果績效選項參考用，請勿放在成效報告中)

績效屬性	績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
就(科技基礎研究) 學術成 甲	1. 論文	論文發表數量、國內外期刊發表數量、重要期刊 (SCI、SSCI、EI、AHCI、TSSCI 等) 發表數量等	論文發表在國際上重要研討會或期刊 (篇數)、被引用次數及影響係數、論文獲獎(次數)	
	2. 研究團隊養成	系內、校內跨領域、跨校或跨組織合作團隊數目	形成研究中心或實驗室數目	
	3. 博碩士培育	參與計畫執行之碩士研究生及博士研究生數量	研究生畢業後從事之相關行業人數	產值(薪資)
	4. 研究報告	數量	引用	
	5. 辦理學術活動	辦理國內、雙邊或國際之研討會 workshop、學術會議 symposium、學術研討會 conference、論壇 forum 次數。出版論文集數目	辦理主要之國際研討會場次	
	6. 形成教材	製作教材或自由軟體授權釋出教材 (件數)	引用次數、其他個人或團體之加值利用次數	
	7. 其他			
(科技整合創新) 技術創新 乙	8 專利	申請、獲得國內或國外之專利 (件數)	應用、引用、移轉 (授權金、權利金)	產值(形成產業)
	9 技術報告	數量	授權使用 (授權金)	授權金
	10 技術活動	發表於國內或國外研討會 (場次)	發表於主要之國際研討會 (場次)	
	11 技術移轉	可移轉技術 (件數)、先期技轉 (項數、家數、金額)、釋出軟體執行檔、自由軟體授權 (項數、家數)、引進技術 (件數)	技術移轉 (移轉金、授權金、權利金) 金額、應用、引用、技術獲得國際認證數	產值(形成產業)
	12 技術服務	技術服務 (項數、家數、金額)、委託案及工業服務次數	金額	
	13 其他			

績效屬性		績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
(產業經濟發展) 經濟效益 丙		14 促成廠商或產業團體投資	研發投資(件數、金額);生產投資(件數、金額);新創事業(家數、金額)	產品上市(項數、產量、金額)、量產(產量、產值)、智財權授權(件數金額)	
		15 創新產業或模式建立	成立營運總部(家數);衍生公司家數、或參與產業團體數;創新模式衍生產品(品項數、產量、產值);建立產業發展之環境或體系、營運模式件數	增加台灣產業運籌電子化擴散面積;衍生公司(生產投資金額、研發投資金額、產值);衍生產品(品項數、產量、產值);環境改善或體系建立;提高產品競爭力,促進產業發展	
		16 協助提升我國產業全球地位或產業競爭力	建立國際品牌排名、相關產業產品世界排名	相關產業(品)產值國際排名前三名	
		17 共通/檢測技術服務	輔導廠商或產業團體(品質保證、技術標準認證、實驗室獲得認證數、申請與執行主導性新產品及關鍵性零組件等件數、家數、配合款);技術操作教育訓練(次數、人次)作業準則之技術服務、輔導、講習(次數、人數);提供國家級校正服務(件數)	個人獲得相關專業證照(人次)、衍生之國家/國際證照(項數)、提升專業能力、產業競爭力國內二級校正衍生數 產品上市(項數、產量、金額)、降低成本金額(件數、金額)、提升產品附加價值(件數、金額)	
		18 促成與學界或產業團體合作研究	合作研究件數、研究金額		
		19 促成智財權資金融通	輔導診斷、案源媒合(家數)	協助中小企業取得融資及保證(家數、金額)	
		20 其他			
社會影響 丁	民生社會 發展	21 創業育成	家數	廠商研發投資、生產投資	
		22 資訊服務	設立網站、提供客服	訪客人數、人次	

績效屬性		績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破	
環境安全永續		23 增加就業	人數	降低失業率，提昇國民生產毛額		
		24 提升公共服務	旅行時間節省(換算為貨幣價值)	運輸耗能節省金額；減少二氧化碳排放量		
		25 提高人民或業者收入	受益人數、金額	受益人數、增加收入(金額)		
		26 其他				
		27 共通/檢測技術服務	輔導廠商或產業團體(品質保證、技術標準認證、實驗室獲得認證數、申請與執行主導性新產品及關鍵性零組件等件數、家數、配合款)；技術操作教育訓練(次數、人次)作業準則之技術服務、輔導、講習(次數、人數)；提供國家級校正服務(件數)	個人獲得相關專業證照(人次)、衍生之國家/國際證照(項數)、提升專業能力、產業競爭力國內二級校正衍生數		
		28 提高能源利用率	技術應用或產品開發之能源效率提升百分比	技術或產品上市銷售帶動節約能源量；減少二氧化碳排放量		
		29 調查成果	調查結果圖幅數、面積、調查點筆數、資料量、影像資料量	1. 調查面積與精密度 2. 即時映像環境可輔助決之準確度		
		30 其他				
		其他效益(科技政策管理及其它)	53. 規範/標準制訂	參與制訂政府或產業技術規範/標準(件數)、共同發表政府或產業技術規範/標準(件數)、參與政策或法規草案之訂定(件數)	採用標準之廠商家數、產品種類等；制定或建立政府或產業技術、標準；訂定或完成政策或法規標準之規定	國人使用相關產品數量估計；撰寫之規範/標準被採納為國際標準
			54. 資料庫	新建資料庫(資料庫數目、資料筆數、資料量)；新建資料庫關聯數量、使用人數與好評數	1. 資料庫整合服務加速(分鐘) 2. 資料庫之資料量與查詢介面方便度	
55. 性別平等促進	性別或弱勢族群的受益情形		性別或弱勢族群的受益比例			

績效屬性	績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
	56. 決策依據	新建或整合流程、重大統計訊息與政策建議、決策支援系統及其反應加速時間、節省經費	1. 流程整合之效益數目 2. 重大統計訊息 3. 節省公帑數目	
	57. 其他			

附件二：GRB 佐證資料表

(就指標 1、3、8、9、11、14 填報佐證資料，若該指標無成果請刪除該表，標題粗體為必填欄位)

附錄一、佐證資料表

一、學術成就表(1)

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
						採西元年 如： 2005	期刊名稱，卷期，頁 如：科學發展月刊，409期，頁6-15	a 表國內一般期刊 b 表國內重要期刊 c 表國外一般期刊 d 表國外重要期刊 e 表國內研討會 f 表國際研討會 g 著作專書	例如： SCI、 SSCI、 EI、AHCI、 TSSCI		Y1:被 論文 引用 Y2:被 專利 引用 N:否	Y:有獲 獎 N:否	
102	淨碳技術發展	以有限速率法進行兩階段氣化爐內氣化性能之數值分析	Numerical analysis of gasification performance via finite-rate model in a cross-type two-stage gasifier	樂晏昌 邱耀平 王 O		2013	International Journal of Heat and Mass Transfer 57/558-566	d	SCI	2.315	Y1	N	
102	淨碳技術發展	兩階段氣化爐使用低品位煤以及不同注入形式之性能影響分析	Investigation of the Gasification Performance of Lignite Feedstock and the Injection Design of a Cross-Type	邱耀平 陳銘宏 樂晏昌 王 O		2013	Energy & Fuels 27/6/3110-3121	d	SCI	2.853	N	N	

			Two-Stage Gasifier										
102	中高 溫碳 捕捉 技術 開發	合成含二氧化 鈦 Ca/Al 捕碳劑 之特性與捕碳 溫度之可行性 研究	Preparation, Characterization of Ca/Al Carbonates Pellets with TiO ₂ Binder and CO ₂ Sorption at Elevated-temperature Conditions	Ching-Tsung Yu Wei-Chin Chen		2013	Powder Technology 239/492-498	d	SCI	2.024	N	N	
102	中高 溫碳 捕捉 技術 開發	放大規格生產 高溫捕碳劑之 技術開發	Development of a Scalable Method for Manufacturing High-Temperature CO ₂ Capture Sorbents	Ching-Tsung Yu Wei-Chin Che		2013	Chemical Engineering and Technology 36/766-772	d	SCI	1.366	N	N	
102	中高 溫碳 捕捉 技術 開發	以 TiO ₂ 為黏著 劑合成鈣鋁氧 化物柱狀材料 並測試其高溫 CO ₂ 捕獲能力	Synthesis of Calcium Aluminates Granule with TiO ₂ Binder for High-temperature CO ₂ Capture	余慶聰 陳威錦 邱耀平 陳 O 元		2013	Energy Procedia 37/1246-1253	d	EI		N	N	
102	淨碳 關鍵 次系 統開 發與 小型 示範 系統 設施 建立	煤炭氣化中高 溫脫硫程序發 展簡介		黃亮維 邱耀平		2013	化工技術 240/142-157	a			N	N	
102	中高 溫碳 捕捉 技術 開發	合成 Ca-Al-Ti 捕碳材料並應 用於中高溫 CO ₂ 捕獲程序		郭煥廷 余慶聰		2013	化工 60/3/72-78	a			N	N	

102	中高 溫碳 捕捉 技術 開發	Ca-Al-CO ₃ 捕碳 材料造粒技術 並應用於中高 溫 CO ₂ 捕獲程 序		陳文雄 余慶聰		2013	化工 60/4/90-95	a				N	N	
102	淨碳 關鍵 次系 統開 發與 小型 示範 系統 設施 建立	探討流動式顆 粒床過濾器熱 模系統之過濾 技術	Hot clean-up technology of dust particulates with a moving granular bed filter	陳一順 李書哲 邱耀平		2013								
102	淨碳 關鍵 次系 統開 發與 小型 示範 系統 設施 建立	煤炭挾帶床氣 化爐於低溫高 壓環境下之分 析模型建置	Modeling of Coal Gasification in a Low-Temperature, High-Pressure Entrained-Bed Reactor	王 O 陳銘宏 邱耀平		2013		f				N	N	
102	淨碳 關鍵 次系 統開 發與 小型 示範 系統	以氧化矽擔體 型吸附劑進行 先進燃料轉化 程序之硫捕獲 技術	Sulfide Capturing Techniques for Advanced Fuel Conversion Process by Silica-Supported Sorbents	黃亮維 邱耀平		2013		f				N	N	

	設施建立												
102	淨碳關鍵次系統開發與小型示範系統設施建立	以因子實驗設計法研究 20% Fe ₂ O ₃ /Al ₂ O ₃ 脫硫劑高溫去除硫化氫	Study of H ₂ S Removal at High Temperature with 20% Fe ₂ O ₃ /Al ₂ O ₃ Sorbent Applying Factorial Experimental Design Method	黃靜瑩 邱耀平		2013		f				N	N
102	中高溫碳捕捉技術開發	氧化鈣改質技術與高溫 CO ₂ 捕獲材料應用		郭煥廷 余慶聰		2013		e				N	N
102	淨碳關鍵次系統開發與小型示範系統設施建立	以氧化矽基吸附劑捕獲先進燃料轉化程序中硫化物的研究		黃亮維 邱耀平		2013		e				N	N
102	淨碳關鍵次系統開發與小型	兩階段移動式顆粒床過濾器中床體高度與濾材質量流率對除塵性能影響之研究		張○維 蕭○三 邱耀平 陳一順		2013							

	示範系統設施建立												
102	淨碳關鍵次系統開發與小型示範系統設施建立	合成氣組成對甲烷化反應之敏感度分析		邱秀玫 陳柏壯 邱耀平		2013		e				N	N
102	中高溫碳捕捉技術開發	含鈣鋁鈦氧化物合成與中高溫捕捉 CO ₂ 之研究		郭奐廷 余慶聰		2013		e				N	N

二、培育人才表(3) (參與本計畫博碩士研究生基本資料)

			a 博士 b 碩士	a 培 育 b 培 訓					升學(A) 服役(B) 待業(C) 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 (專題研究計畫)	連絡地址	電話	E-MAIL	已畢業博碩士	服務機構名稱	備註
102	淨碳技術發展	張O維	a	a					就學中		
102	淨碳技術發展	王O鈞	a	a					就學中		
102	淨碳技術發展	張O學	a	a					已畢業博士		未經同意，無法提供
102	淨碳技術發展	盧O伶	b	a					就學中		

三、智財資料表(8)

			a 發 明 專 利 b 新 型	a 中 華 民 國 b 美 國					採西元年月 如：2005/01	採西元年月 如：2005/01	a 申 請 b 獲 證 c 應 用					
--	--	--	------------------------------------------	--------------------------------------	--	--	--	--	--------------------	--------------------	-------------------------------------------	--	--	--	--	--

年度	計畫名稱	專利名稱	新式樣 c 商標 d 著作 智財	c 歐洲 d 其他 (填 國家 名稱)	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)	d 移轉	申請人	應用對象	移轉權利金 (仟元)	備註
102	淨破技術發展	"Compact Two-stage granular moving-bed apparatus"	a	b	2011/4/14	2013/1/1	US 8,343,430 B2	邱耀平、徐毅理、蕭O三、張O	核能研究所	2013/1/1	2031/8/25	b				

								維、黃 O慶								
102	淨 碳 技 術 發 展	緊緻型兩段 式流動顆粒 床過濾裝置	a	a	2011/2/12	2013/12/21	發明第 I419732 號	邱耀 平、 徐毅 理、蕭 O三、 張O 維、黃 O慶	核能研 究所	2013/12/21	2031/2/21	b				
102	淨 碳 技 術 發 展	奈米層狀碳 酸鹽之中高 溫捕碳劑	a	a	2010/1/29	2013/5/1	發明第 I 394611 號	余慶 聰、王 啟鴻、 邱耀 平	核能研 究所	2013/5/1	2030/3/3	b				
102	淨 碳 技 術 發 展	中高溫捕碳 劑之吸碳奈 米微層狀材 料 Ca-Al-CO ₃ 及其製造與 使用方法	a	a	2009/8/3	2013/5/1	發明第 I 394612 號	余慶 聰、邱 耀平、 陳O 元、吳 O祥	核能研 究所	2013/5/1	2029/3/26	b				
102	淨 碳 技 術 發 展	Moving granular bed with gas guiding system	a	b	2010/10/21	2013/7/23	US 8,491,711 B2	蕭O 三、邱 耀平、 許O 仁、陳 一順、 陳柏壯	核能研 究所	2013/07/23	2031/10/05	b				
102	淨 碳	應用於流動 式顆粒床之	a	a	2013/10/4			邱耀 平、陳	核能研 究所			a				

	技術發展	混合式加熱裝置						一順、李書哲、陳柏壯							
102	淨碳技術發展	Hybrid heating apparatus applicable to the moving granular bed filter	a	b	2013/10/30			邱耀平、陳一順、李書哲、陳柏壯	核能研究所			a			
102	淨碳技術發展	鈣鐵鹽高溫抗劣化捕碳劑製造方法	a	a	2013/8/2			余慶聰、陳三元、陳威錦、張O學	核能研究所			a			
102	淨碳技術發展	Method of fabricating calcium Ferric carbonates used for high temperature CO ₂ sorbent with long-term durability	a	b	2013/8/2			余慶聰、陳O元、陳威錦、張O學	核能研究所			a			

四、技術報告表(9)

					作者姓名間以半型分號「;」隔開	採西元年 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	淨碳技術發展	熱像液晶於多重噴流管道內之量測應用	詹世基等	2013	31	核能研究所	
102	淨碳技術發展	中高溫捕碳劑再生技術開發研究	陳以銘等	2013	43	核能研究所	
102	淨碳技術發展	中高溫捕碳劑造粒技術開發	陳文雄等	2013	41	核能研究所	
102	淨碳技術發展	將因子實驗設計應用於 20 wt% Fe ₂ O ₃ /Al ₂ O ₃ 吸附劑 高溫去除硫化氫之研究	黃滄瑩等	2013	62	核能研究所	
102	淨碳技術發展	赴印尼峇里參加 2012RSCE 國際研討會出國公差報告	邱秀玫等	2013	99	核能研究所	
102	淨碳技術發展	中高溫捕碳劑再生與驗證技術開發研究	張 O 學等	2013	39	核能研究所	
102	淨碳技術發展	高溫燃氣淨化技術應用與發展	張 O 維等	2013	87	核能研究所	
102	淨碳技術發展	氣化程序反應器分析模型建置與運轉參數研究	雷 O 融等	2013	89	核能研究所	
102	淨碳技術發展	赴希臘參加 2013 淨煤技術國際研討會及參訪捷克 科學院國外公差報告	邱耀平	2013	66	核能研究所	
102	淨碳技術發展	赴美國參訪研究機構進行潔淨能源技術交流公差 報告	邱耀平	2013	53	核能研究所	
102	淨碳技術發展	赴大陸北京參加 IPCC-30 國際研討會公差報告	黃亮維	2013	49	核能研究所	

附件三：102 年度期中審查意見回覆

102 年度科技計畫期中審查意見回覆表

計畫名稱			
主管機關	原子能委員會	執行單位	核能研究所
審查意見		回覆說明	

附件四：102 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：淨碳技術發展	
審查單位：核能研究所	
審查委員意見	回覆說明
1. P. 12~13, 摘要說明圖 3-2 及表 3.1 之技術創新為何? 及圖 3-2 及表 3.1 之來源(參考文獻)為何?	<p>謝謝委員</p> <p>1. 圖 3-2 及表 3.1 為針對尚未有以合成氣為進料之三菱(MHI) M501G 燃氣渦輪機為基礎之複循環系統結合氣化多聯產之效益分析。並與 GE 7FB 為基礎之複循環系統之氣化多聯產系統進行比較。</p> <p>2. 本項技術創新之處在於修正 MHI M501G 於合成氣進料之性能以及分析多聯產中，不同合成氣使用比例對於整體性能之影響。</p>
2. 本報告有多處文字誤植，例如：P. 5、P. 6、P. 28、P. 30、P. 41、P. 42、P. 44、P. 45、P. 46、P. 51、P. 64、P. 66、P. 70，全文再檢查並更正之。	謝謝委員，全文已檢查並修正。
3. 本報告之編排再檢查，例如 P. 8 及 P. 9 圖與圖之說明不同頁。	謝謝委員，全文已檢查並修正。