

104 年度政府科技發展計畫 績效報告

計畫名稱：碳基能源永續潔淨利用技術發展(2/5)

主管機關：行政院原子能委員會
執行單位：核能研究所

中華民國 105 年 3 月 25 日

【104 年度績效自評意見暨回復說明(D007)】

計畫名稱：碳基能源永續潔淨利用技術發展(2/5)

績效自評審查委員：陳志臣、白曉綾、顧洋、魏聰揚

序號	審查意見	回復說明
壹、執行之內容與原計畫目標符合程度(自評評等：8)		
9-10：超越計畫原訂目標。		
8：達成計畫原訂目標。		
7：大致與原計畫目標相符。		
1-6：未達原訂目標。		
1-1	本年度計畫為五年計畫執行之第二年，本計畫之執行內容大致達成計畫原規劃預期目標。計畫分成碳基燃料中高溫二氧化碳回收技術發展、燃燒前二氧化碳捕獲技術開發等兩子題，基本上，成果均符合預期目標。	謝謝委員
貳、計畫經費及人力運用之妥適度(自評評等：9)		
9-10：與原規劃一致。		
7-8：與原規劃大致相符，差異處經機關說明後可以接受。		
1-6：與原規劃不盡相符，且計畫經費、人力與工作無法匹配。		
2-1	執行之經費、人力與工作匹配，與原計畫之規劃一致。	謝謝委員
參、已獲得之主要成果(重大突破)與成果滿意度(自評評等：9)		
9-10：達成原訂 KPI，且獲得成果績效超越原計畫預期。		
8：達成原訂 KPI，且獲得成果績效與原計畫預期相符。		
7：大致達成計畫原訂 KPI 與預期效益。		
1-6：未達成計畫原訂 KPI 與預期效益。		
3-1	本計畫達成原訂 KPI，且獲得成果績效與原計畫預期大致相符。其中發表論文共計 24 篇，超過原訂目標之 10 篇；申請中	謝謝委員

	之專利一項，已獲得之專利 5 項，超出預期目標。	
3-2	參加 2015 年台北國際發明暨技術交易展，「多段式流動顆粒床過濾裝置」專利獲得競賽區銀牌獎。	謝謝委員
肆、評估主要成就及成果之價值與貢獻度(自評評等：8) 9-10：超越原計畫預期效益。 8：與原計畫預期效益相符。 7：大致與原計畫預期效益相符。 1-6：未達成原計畫預期效益。		
4-1	1. 共發表 24 篇論文，包括國際期刊 6 篇(SCI 1 篇)、國際及國內會議論文 16 篇及國內期刊 2 篇，並有專利技術產出 6 件(含專利獲得 5 件)，超越原規劃目標。 2. 另與國內大學研究團隊之配合良好，對國內相關技術之開發、應用、及產業推動相關學術發展及交流應有助益。 3. 104 年度參加 EPA 2015 「減碳策略之低碳技術實踐國際夥伴會議」，獲得優等榮譽。	謝謝委員
4-2	1. 氣化化工程序設計、高溫脫硫劑、新型碳補獲劑等均有創新發展。 2. 另多段式流動顆粒床過濾裝置」獲得台北國際發明暨技術交易展，專利競賽區銀牌獎。	謝謝委員

4-3	已與國內鋼鐵業積極接觸，針對生質物流體化床氣化多元應用進行技術合作。	謝謝委員
4-4	將中高溫乾式脫硫技術導入電廠中可以減少硫化物污染物的排放，降低酸雨的危害，有助於增加電廠的熱效率、改善能源使用率，提升在綠能產業的競爭力。	謝謝委員
4-5	技術成果可改善煤碳應用所帶來污染環境之社會影響，但須配合能源業者改善之決心與意願。	謝謝委員。 國內由於階段性減碳具體政策與措施仍尚未明確，缺乏國家級大型示範計畫帶動，國內產業參與之決心與意願向來不高。唯目前於國內「溫減法」設定 2050 年的溫室氣體排放量要降為 2005 年的 50%以下之目標以及地方政府推動禁燒生煤之氛圍下，將有助於國內產業加速導入淨碳能源技術。本計畫視其後續發展為一項重要契機，將持續優先與國內鋼鐵業進行洽談，冀望順利推廣相關技術於國內產業應用。
4-6	推動國際合作，與捷克科學院轄下之化學製程原理研究所共同合作執行科技部(國科會)雙邊合作計畫，並培養科技人才。	謝謝委員
伍、跨部會協調或與相關計畫之配合程度(自評評等：9) 10：認同機關所提計畫執行無須跨部會協調，且不須與其他計畫配合。 9-10：跨部會協調或與相關計畫之配合情形良好。 7-8：跨部會協調或與相關計畫之配合情形尚屬良好。 1-6：跨部會協調或與相關計畫之配合情形仍待加強。		

5-1	本計畫跨部會協調或與相關計畫之配合情形大致良好。	謝謝委員
5-2	未來有機會參與CCS 研發聯盟等淨碳聯盟之活動，可拓展與其他單位合作的契機。	謝謝委員
陸、後續工作構想及重點之妥適度(自評評等：9) 9-10：後續工作構想良好；屆期計畫成果之後續推廣措施良好。 7-8：後續工作構想尚屬良好；屆期計畫之後續推廣措施尚屬良好。 1-6：後續工作構想有待加強；未規劃適當之屆期計畫後續推廣措施。		
6-1	本計畫後續工作構想大致完整良好。	謝謝委員
6-2	目前已與中鋼合作進行採用生質物經氣化技術轉換為氣態燃料作為SOFC 發電，並將積極與國內相關產業（鋼鐵業、石化業、造紙業等）洽談，討論推廣流體化床氣化技術應用於減碳領域之開發工作。	謝謝委員。 本計畫經由技術服務案，提供業者淨煤減碳能源系統之可行性評估以及技術現況評析資料；後續將持續與國內業者針對先導系統之建置與技術能量建立進行討論與推廣，加速國內產業投入減碳淨煤技術領域，創造產業投資以及經濟成長。
6-3	宜再深入瞭解計畫成果所觀察到之現象、因果關係，以利後續工作推行。	謝謝委員，目前計畫工作之規劃，主要以符合設定達成相關技術指標。相關工作之成果經分析彙整後將作為後續工作規劃之基礎資料，以符合計畫整體規劃之目標。
柒、總體績效評量暨綜合意見 (自評評等：9) (10:極優 9:優 8:良 7:可 6:尚可 5:普通 4:略差 3:差 2:極差 1:劣)		
7-1	本年度計畫為五年計畫執行之第二年，本計畫於技術開發上	謝謝委員

	符合預期目標。計畫執行之經費、人力使用，與原計畫之規劃大致一致。本年度計畫原列之KPI包括論文與技術報告發表、專利申請與取得、及人才培育等，與預期成效比較，本年度計畫成果大致符合。	
7-2	計畫已著手建立淨碳技術驗證核心設施，應逐年檢討進行之成效及所產生之困難，說明計畫目前做到的程度範圍，並應有產業效益的 KPI。	謝謝委員，淨碳技術研發工作，除了刻正就與國內產業進行產業合作與推動，並已規劃逐年執行項目，其計畫目標及進度將依循TRL 之層級進行。 從整體面向而言，其策略可概分為三階段。短程以計畫執行成果推動百瓩等級技術驗證與開發設施之建立，建構低碳能源使用模式；中程與業者合作籌設 MW 級準商轉系統，示範區域能源供應模式；長程推動 50MW 等級模組之商轉應用與低碳商業模式，提供達成國內減碳目標之技術產業化市場模式。

目 錄

【104 年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表(D003)】	3
第一部分(系統填寫).....	4
壹、 目的、架構與主要內容	5
一、 目的與預期成效	5
(一) 目的	5
(二) 預期成效	8
(三) 實際達成與原預期差異說明	9
二、 架構	11
三、 主要內容	11
(一) 內容	11
(二) 實際執行與原規劃差異說明	12
貳、 經費與人力執行情形	26
一、 經費執行情形	26
(一) 經資門經費表 (E005)	26
(二) 經費支用說明	28
(三) 經費實際支用與原規劃差異說明	28
二、 計畫人力運用情形	29
(一) 計畫人力結構 (E004)	29
(二) 人力實際進用與原規劃差異說明	30
參、 已獲得之主要成果與重大突破(含量化 output) (E003) (系統填寫).....	31
第二部分(自行上傳).....	47
壹、 主要成就及成果之價值與貢獻度(outcome)	48
一、 學術成就(科技基礎研究).....	48
二、 技術創新(科技技術創新).....	56
三、 經濟效益(經濟產業促進).....	60
四、 社會影響(社會福祉提升、環境保護安全).....	61
五、 其他效益(科技政策管理、人才培育、法規制度、國際合作、推動輔導等).....	62

貳、 跨部會協調或與相關計畫之配合	63
參、 檢討與展望.....	64

【104 年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表 (D003)】

審議編號	104-2001-02-癸-04				
計畫名稱	碳基能源永續潔淨利用技術發展(2/5)				
主管機關	行政院原子能委員會核能研究所				
執行單位	行政院原子能委員會核能研究所核能研究所				
計畫主持人	姓名	邱耀平	職稱	研究員	
	服務機關	核能研究所			
	電話	4711400*5050	電子郵件	ypchyou@iner.gov.tw	
計畫類別	能源國家型科技計畫				
計畫群組及比重	環境科技 100 %				
執行期間	104 年 01 月 01 日 至 104 年 12 月 31 日				
全程期間	103 年 01 月 01 日 至 107 年 12 月 31 日				
全程計畫 資源投入 (104 年度以前 請填決算數)	年度	經費(千元)		人力(人/年)	
	103	16,461		12	
	104	17,052		10	
	105	19,759		10	
	106	20,747		10	
	107	21,785		10	
	合計	95,804		52	
當年度 經費投入 明細 (請填決算數)	104 年度	人事費	-	土地建築	
		材料費	1,935	儀器設備	3,465
		其他經常支出	10,449	其他資本支出	1,203
		經常門小計	12,384	資本門小計	4,668
		經費小計(千元)		17,052	
計畫連絡人	姓名	彭曉楓	職稱	行政助理	
	服務機關	核能研究所			
	電話	4711400*5364	電子郵件	Feng0@iner.gov.tw	

第一部分(系統填寫)

壹、目的、架構與主要內容

(填寫說明：計畫目的、架構、內容之呈現方式應與原綱要計畫書一致，如實際執行與原規劃有差異或變更，應予說明)

一、目的與預期成效

(一) 目的

IPCC 報告揭櫫警訊顯示，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。

環保署於 2012 年 5 月 9 日公告將 6 種溫室氣體列為空氣污染物，初期規定國內相關產業皆必須申報其碳排放量。加諸財政部長張盛和於 2012 年 12 月 20 日表示，若 GDP 成長連續兩季破 3.5%，就要開徵能源稅，可能之時間點可能落在明年下半年。行政院於 2013 年已核准調整能源稅規劃期程，預計至 103 年 12 月 31 日以前完成規劃草案，並報院審議，但能源稅應否開徵，要考量「四不」原則，即 1.不會在經濟低迷時實施、2.不會在物價高漲實施、3.實施幅度不大、4.經濟成長率沒有連 2 季達到 3.5%時，不推能源稅，2014 年和各部會研議規劃能源稅時，也會秉持此「四不」原則。有鑑於我國已逐漸針對 CO₂ 排放進行管制，相關措施之實行應僅於確切時間尚未明朗。故我國產業界應當提早佈局相關淨碳技術，以因應此一時代潮流之變動。

我國於 2015 年已正式通過「溫室氣體減量及管理法」，條文中明確規範我國溫室氣體長期減量目標為 2050 年的溫室氣體排放量要降為 2005 年的 50%以下。該行動代表我國已準備正式面對全暖化之議題，此一法案之施行可視為我國對抗氣候變遷的一個重要里程碑。「溫室氣體減量及管理法」目前雖已正式完成立法程序，但其配套措施仍在規劃當中。但可預期我國產業亦將受到一定程度之減碳壓力，未來對於淨碳減碳之能源需求亦將有大量之需求出現。

本研究係一淨碳技術發展之整合型計畫，其為掌握永續社會發展條件，逐步建構出前瞻性的氣化系統工程技術與先進製程研究規劃。本計畫之發展向以跨領域合作為主軸方向。本計畫總目標概述如下：一、建立氣化關鍵技術與系統整合能力，並進行實驗級示範

系統設施之整合工作，及在中高溫(500°C)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目標與推動產業自主化。二、建立氣化整合及先進氣體轉化分離技術，配合國家減碳策略規劃，發展可行之潔淨利用技術，以冀望達到減碳目標與推廣商用化應用。

(二) 預期成效

本計畫為配合政府節能減碳政策，針對國內未來所需之淨碳技術進行開發。並積極推動國內產業使用，以逐步建構國內永續社會發展所需之潔淨生產技術。本計畫長程目標與效益說明如下

- (一) 建立氣化關鍵技術與系統整合能力，並進行實驗級驗證系統設施之整合工作，及在中高溫(500°C)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，冀望達成碳基能源潔淨利用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，並配合國家永續發展策略規劃，以冀望達到減碳目標與推廣商用化應用。

民國 104 年度計畫之預期效益摘要敘述如下：

1. 碳基燃料中高溫二氧化碳回收技術發展

- (1) 完成氣化設施於 700~900°C 間之操作，建立進料與操作條件對合成氣之影響資料。並針對氣化現象與應用進行模型分析。建立國內氣化應用技術資料庫之基礎，以逐步建構國內氣化多元應用之操作資料。
- (2) 完成熱模除塵系統之濾材質量流率對過濾效率的影響分析，以使系統於 500°C 之環境下，達成高效率的過濾效率。

- (3) 進行量產後的吸附劑之 10 cycle 脫硫效能測試，以驗證放大規模生產的材料品質穩定性，其最終硫載量可維持在起始值之 80%。

2. 燃燒前二氧化碳捕獲技術開發

- (1) 研製新型捕碳劑，其在 $N_2+O_2+CO_2$ 環境下進行捕碳反應之穩定性至少達 90%。此外，並提高產量至每批次至少 1 公斤。

建置含模擬氣氛($N_2+O_2+CO_2$)設備之 1-10 kW 反應器，具有後續捕碳劑評估測試與反應程序建立之能力。

(三) 實際達成與原預期差異說明

預期目標	實際達成情形	差異分析
民國 104 年度計畫主要目標為：		
(一)碳基燃料中高溫二氧化碳回收技術發展 1. 完成 700~900°C 間之氣化實驗，分析合成氣之組成以及氣化劑變動對合成氣之影響進行分析。	1-1. 已完成氣化爐周邊設備(氣體採樣系統及整合控制系統)建置作業，使 DAQ 更有效率執行，並完成初步測試作業(圖 1~2)。後續將進行不同溫度、ER 值等操作參數之氣化程序測試。 1-2 進行流體化床氣化程序數值分析工作，進行初始床高對氣化性能影響之分析。分別以高 22、36、50、75、100、125cm 來進行測試。結果顯示初始床砂高度對爐內溫度分布影響不大，僅在床砂 22 公分之案例溫度分佈會有部分差異；其主要原因為床砂高度較煤炭入口低，導致煤料的反應的高度位置會較低，因而造成整體爐內溫度分佈的差異。由於整體之平均溫度差異不大，因此對氣體出口成份影響不大(圖 3)。	符合規劃之進度

2. 進行濾材之質量流率對過濾效率影響之分析。	2. 完成初步 MGBF 系統性能驗證，溫度、濾材質量流率的操作參數會影響系統的過濾效率(圖 4~5)。後續將進行在 500°C 高溫環境下不同操作參數之系統測試。	符合規劃之進度
3.完成量產機台製備脫硫吸附劑參數測試並進行量產後脫硫吸附劑進行 10 cycle 脫硫再生循環反應，驗證材料品質，最終循環測試的硫載量尚可維持在起始值之 80%。	3. 完成量產機台攪拌速度 30rpm 及液體輸送參數 120 mL/min 合成脫硫劑，進行 10 次脫硫再生循環測試，實驗結果顯示 10 次循環後最終硫載量為 6.52 g-S/100g-sorbents，維持在初始硫載量 (初 始 硫 載 量 為 6.81g-S/100g-sorbents)80% 以上，其測試結果如圖 6~9 及表 1 所示。	符合規劃之進度
(二) 燃燒前二氧化碳捕獲技術開發 1.開發抗劣化捕碳劑量產程序，技術指標為該捕碳劑穩定性大於 90%。	1.完成鈣鎂鋁捕碳劑於 CO ₂ +air 之 TGA 迴路測試，在 750°C 及 40% CO ₂ +air 氣氛下，結果顯示捕獲量為 50.2%，10 迴路穩定性為 95.4%。對照組實驗條件為 750°C 及 40% CO ₂ + N ₂ 氣氛，其捕獲量與 10 迴路穩定性分別為 49.1 與 93.7% (圖 13) 。	符合規劃之進度
2.建置 1-10 kW 捕碳反應器設備，提供後續捕碳劑評估測試與反應程序建立使用。	2.完成以氧化鋁球為載體之鈣鎂鋁捕碳劑量產程序(圖 14)，並於 10 kW 反應器、40% CO ₂ +air 環境下進行捕碳迴路測試，目前已完成 3 cycle，二氧化碳吸附量依序為 6204.5、3898.4 及 3614.1 ml，迴路穩定性為 58.2%；第二 cycle 後，迴路穩定性之變化似有減緩現象趨勢。後續將持續進行捕碳迴路測試 (圖 15) 。	符合規劃之進度

二、架構

細部計畫		子項計畫(本所填分項計畫)		主持人	共同主持人	執行機關	說明
名稱	預算數/ (初編決算數) (千元)	名稱	預算數/ (初編決算數) (千元)				
碳基能源永續潔淨利用技術發展	17,052 (16,928)	碳基燃料中高溫二氧化碳回收技術發展	12,106 (12,079)	邱耀平		核能研究所	
		燃燒前二氧化碳捕獲技術開發	4,946 (4,849)	余慶聰		核能研究所	

註：初編決算數=實支數+保留數=執行數

三、主要內容

(一) 內容

我國於 2015 年已正式通過「溫室氣體減量及管理法」，設定溫室氣體長期減量目標為 2050 年的溫室氣體排放量要降為 2005 年的 50% 以下。此外，我國已規劃並向 COP21 提交溫室氣體減量國家自訂預期貢獻(NDC)，規劃於 2030 年將達成溫室氣體排放量為基本情境(BAU)減量 50%，做為前述目標之階段性貢獻。該行動代表我國已準備正式面對全暖化之議題。我國所需能源極端仰賴進口，因此除了積極發展再生能源外，如何有效使用傳統化石燃料、廢棄物能源與生質能遂成為極為重要的課題。

台灣於 2014 年各燃料之發電量占比包括如下組合：46.94%來自燃煤、28.97%來自燃氣、16.3%來自核能、燃油為 2.79%、抽蓄水力為 1.2%以及再生能源為 3.8%，足見燃煤發電確為今日電力系統 CO₂ 排放最大貢獻者。

本計畫全程自民國 103 年度起至 107 年度，為五年期程之計畫；本研究目的在建立永續淨煤能源系統驗證系統，奠立未來發展條件，逐步建構出前瞻性的淨碳技術系統工程技術與中高溫氣體處理/分離程序。整體研究構想與規劃如下所述：

1. 碳基燃料中高溫二氧化碳回收技術發展

- (1) 氣化系統驗證設施建置、系統流程與關鍵組件優化設計工具建立
- (2) 以「複合過濾模式」為主軸概念，建立中高溫氣體處理系統，以符合示範系統之需求。
- (3) 建置吸附劑自動化製程設施以及 10 kW 級固態脫硫反應器，預計吸附劑產量在 0.5 kg/day 以上，除硫效率在 20-30 次 cycle 之間仍保有起始吸附量 80%以上。

2. 燃燒前二氧化碳捕獲技術開發

本計畫之「燃燒前」二氧化碳捕獲操作基本條件為中高溫 600°C 以上、15-40% CO₂ 及高壓，擬建立 kW 級反應器測試程序，探討溫度、流量等操作參數對發展此項技術之影響，另公斤級捕碳劑生產則提供 kW 級反應器測試捕獲程序之用。

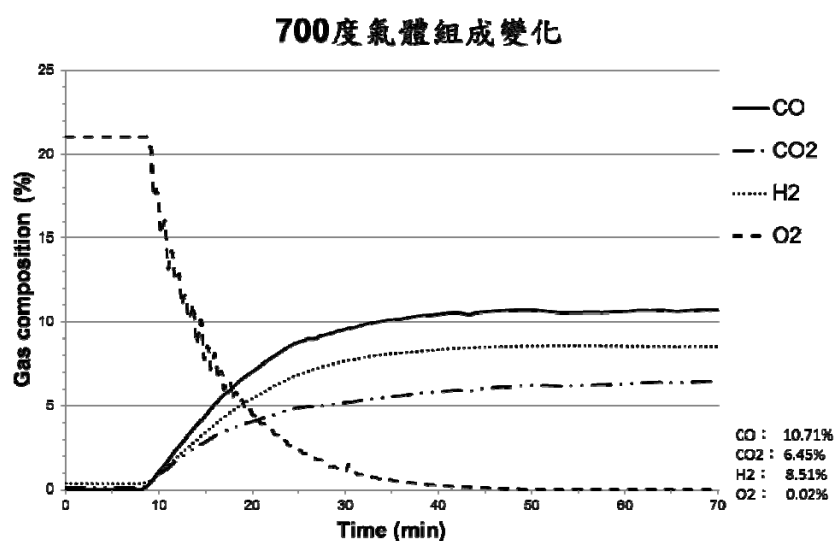
- (1) 建立公斤級捕碳劑製造技術，每批次之產量約 1-2 公斤，並測試中高溫捕碳性能指標。
- (2) 建立 1-10kW 級捕碳反應器操作參數，以結合示範系統之需求。

(二) 實際執行與原規劃差異說明

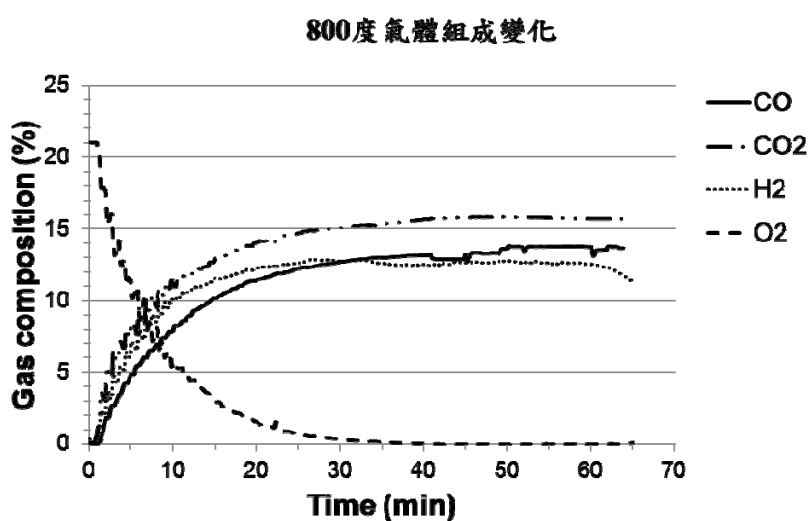
1. 氣化爐性能驗證測試

- (1) 已完成不同溫度 (700~800°C) 的氣化操作參數測試(如圖 1 所

示)，於 800°C 的操作溫度下，其生成氣體可產生較佳的組成，符合後端程序的需求與應用。



(a) 氣化爐設備於 700°C 之性能測試結果



(b) 氣化爐設備於 800°C 之性能測試結果

圖 1 氣化爐測試結果

- (2) 完成蒸汽產生機與氣化設備之連接作業，可藉由蒸汽的注入之操作條件，使系統的所產生的合成氣更能符合後端供應之需求。

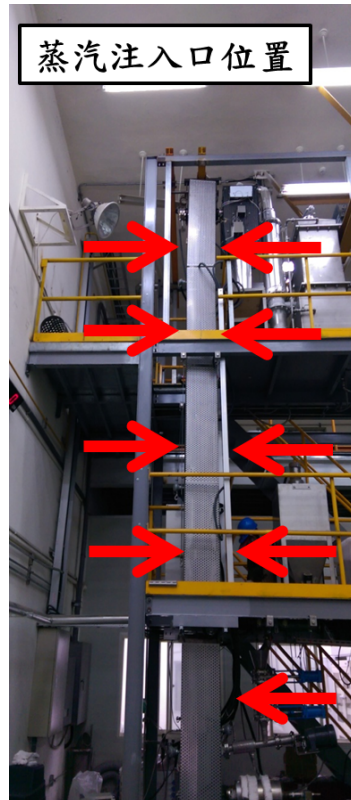


圖 2 氣化系統之蒸汽注入口示意圖

2. 氣化爐分析模型建置與參數測試

進行流體化床氣化程序數值分析工作，進行初始床高對氣化性能影響之分析。分別以高 22、36、50、75、100、125cm 來進行測試。結果顯示初始床砂高度對整體之溫度影響不大，因此對氣體出口成份影響不大。

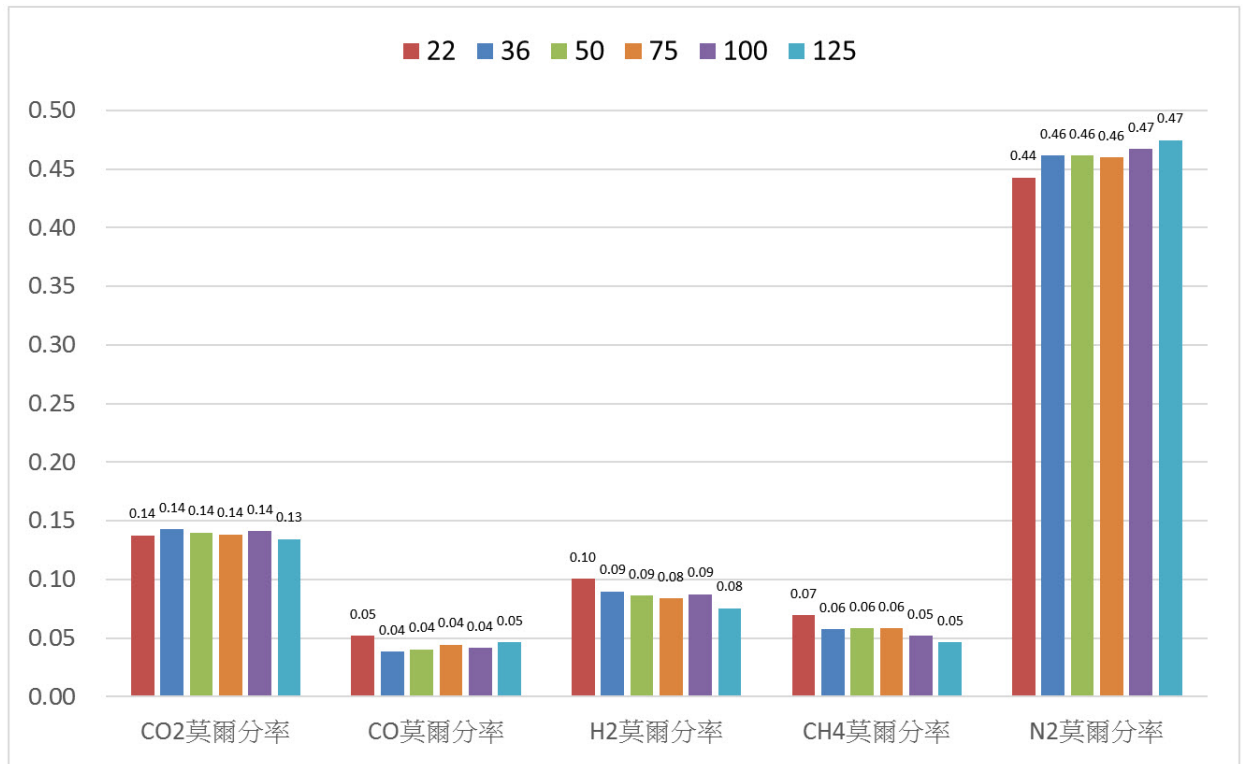
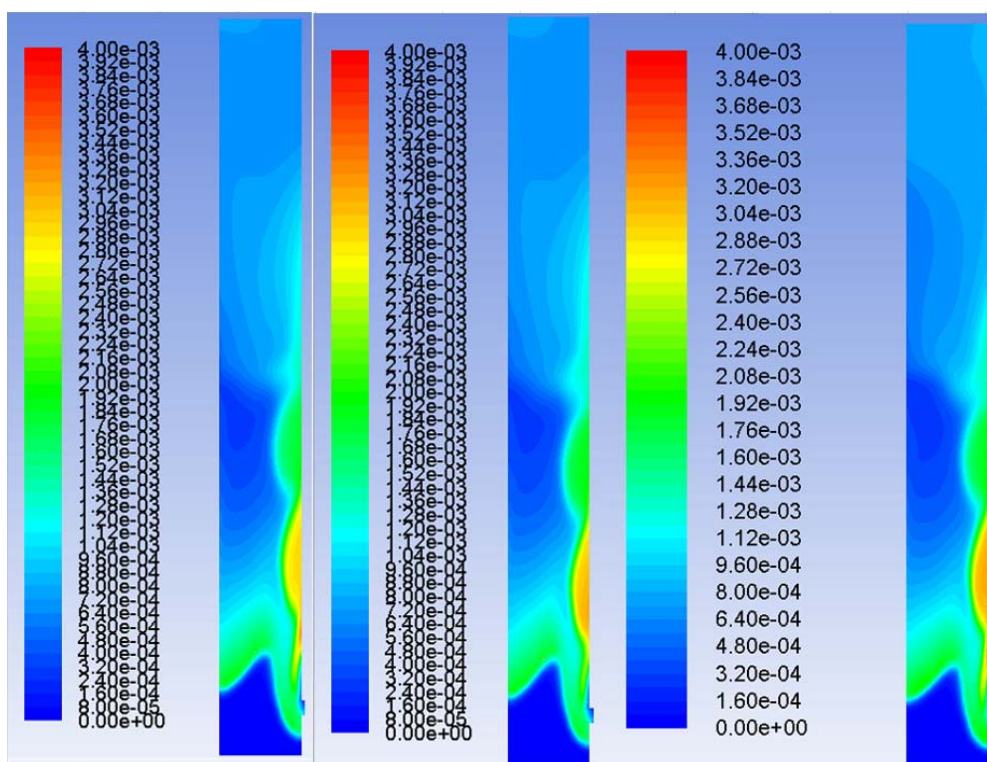


圖 3 氣化爐不同床高對於氣體組成結果之影響

在 $ER=0.217$ 的狀態下，以水蒸汽與煤炭比分別為 0.5、0.5875、0.675 進行測試並將模擬結果進行討論。由圖 4 可以發現水氣轉化反應的速率在水蒸汽與煤炭比為 0.675 時，水氣轉化反應具有最快的反應速度；由圖 5 亦可觀察到隨著水蒸汽與煤炭比增加，氫氣的莫爾分率會有些微的增加。

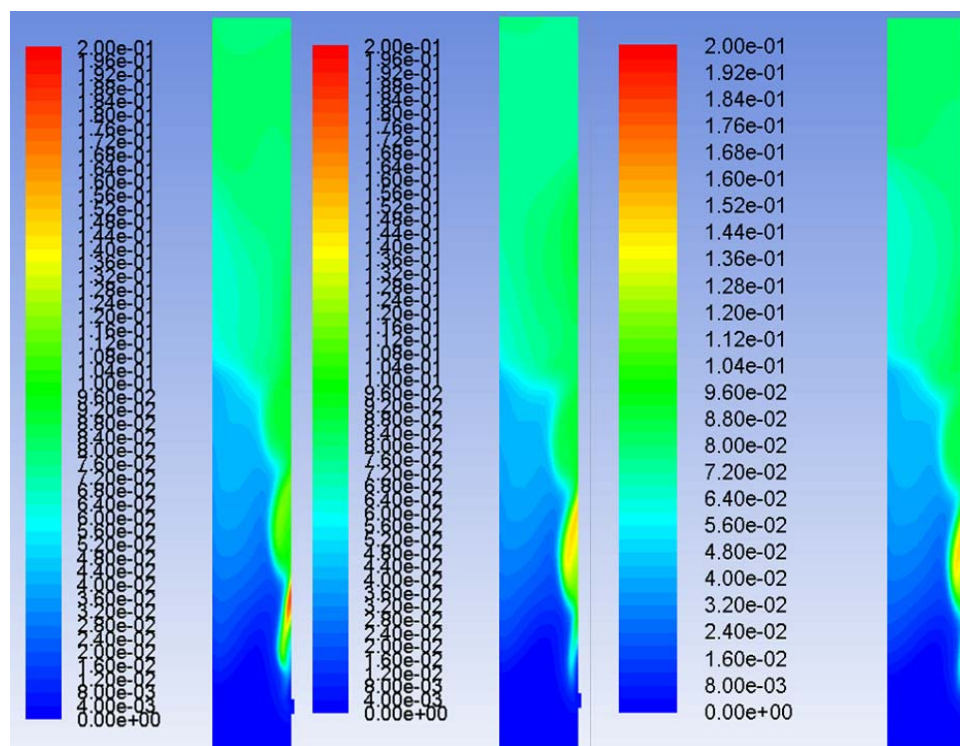


(a)s/c=0.5

(b)s/c=0.5875

(c)s/c=0.675

圖 4 水氣轉化反應速率圖($\frac{\text{kgmol}}{\text{m}^2 \text{s}}$)



(a)s/c=0.5

(b)s/c=0.5875

(c)s/c=0.675

圖 5 氫氣莫爾分率圖

3. 中高溫熱模系統性能驗證

- (1) 完成流動式顆粒床過濾系統於不同溫度(常溫~500°C)及不同質量流率(300 g/min~600 g/min)之驗證測試，基準操作參數之風速為 0.35 m/s 及進口濃度為 7500 ppmw (7.276 g/m^3)；其效率變化如圖 6 所示，常溫系統過濾效率均達 99%以上。由測試結果顯示，其系統過濾效率會隨著濾材質量流率及溫度改變而變化。

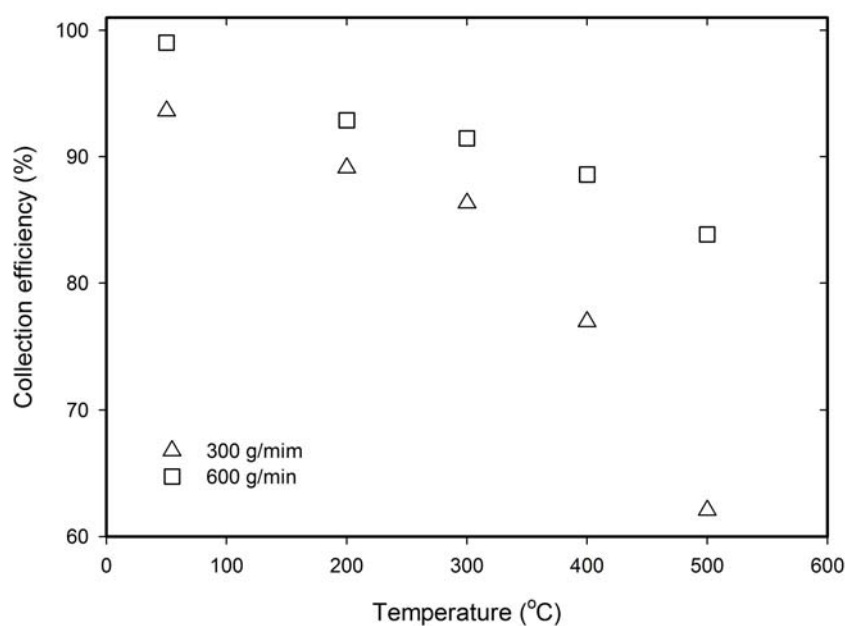


圖 6 MGBF 熱模系統於不同溫度及質量流率之性能驗證

- (2) 於操作參數為 500°C、風速為 0.35 m/s、濾材質量流率 300~600 g/min 及進口濃度為 7500 ppmw 之條件下，其出口粒徑會隨著溫度增加及過濾效率的下降而增加，如圖 7 所示。未來將持續在高溫環境下，尋求最佳化的操作參數之系統測試。

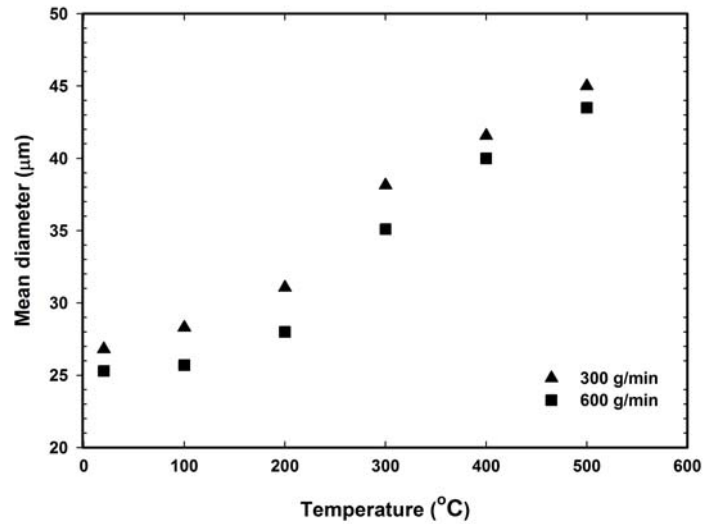


圖 7 MGBF 熱模系統之出口平均粒徑分佈

(3) 進行 MGBF 系統之高溫性能驗證 (操作參數為 500°C、風速為 0.35 m/s、濾材質量流率 300 ~1500 g/min 及進口濃度為 7500 ppmw)，其系統過濾效率會隨著濾材質量流率改變而變化；例如，於濾材質量流率 1200 g/min 之操作參數時，其過濾效率>90%，如圖 8 所示。此系列之初步高溫測試結果顯示，過濾效率顯現一最佳操作區間；換言之，若濾材質量流率過快，易造成廢氣帶著粉塵通過濾材床體，可能導致過濾效率的降低。因此，適當的濾材質量流率應可得到系統最佳過濾效率。後續將持續在 500°C 高溫環境下不同操作參數之系統測試。

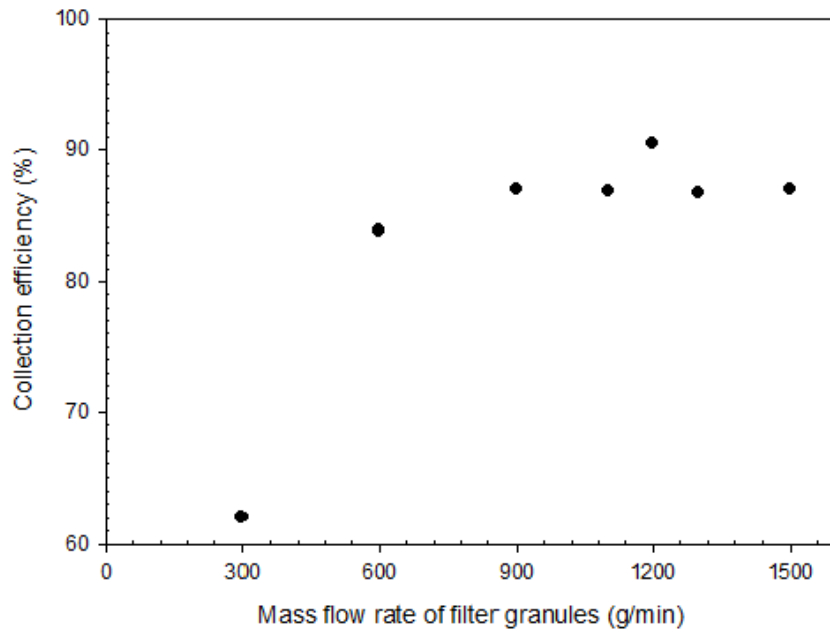


圖 8 MGBF 熱模系統於 500°C 環境下之性能測試結果

4. 中高溫脫硫反應性能測試

- (1) 進行脫硫劑擔體破碎機台轉速 500-3000rpm 操作參數之探討，實驗結果顯示破碎機台於轉速 3000rpm 下，得到所需粒徑 30-50mesh SiO_2 擔體量回收率較高；目前已利用此參數完成 SiO_2 擔體破碎，並過篩至所需粒徑 30-50mesh，得到產量為 0.5 kg/day。

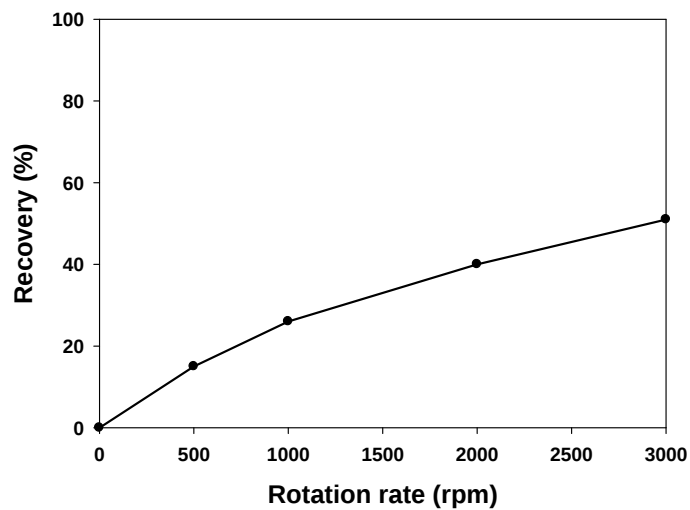


圖 9 脫硫劑擔體破碎機台轉速與回收率關係圖

(2) 完成脫硫劑量產機台操作參數(攪拌速度、液體輸送速度)實驗，攪拌速度及液體輸送速測試範圍分別為 30-120rpm 及 14-120mL/min。由實驗結果得到最佳參數為攪拌速度 30rpm 時，脫硫劑之回收量較高；液體輸送速度為 120mL/min 時，所需合成時間最短。

表 1 脫硫劑量產機台攪拌數度參數實驗結果

Stirring speed (rpm)	30	60	90	120
Recovery amount (g)	522	474	441	375

表 2 脫硫劑量產機台液體輸送速度參數實驗結果

Liquid flow rate (mL/min)	14	50	85	120
Total time (min)	43	12	7	5

(3) 完成 XRD 分析量產機台粉體攪拌速度 30rpm 合成之脫硫劑，實驗結果經與標準圖譜比對得到反應前脫硫劑之晶相皆由 Fe_2O_3 及 SiO_2 晶相所組成，與批次合成之脫硫劑無差異。

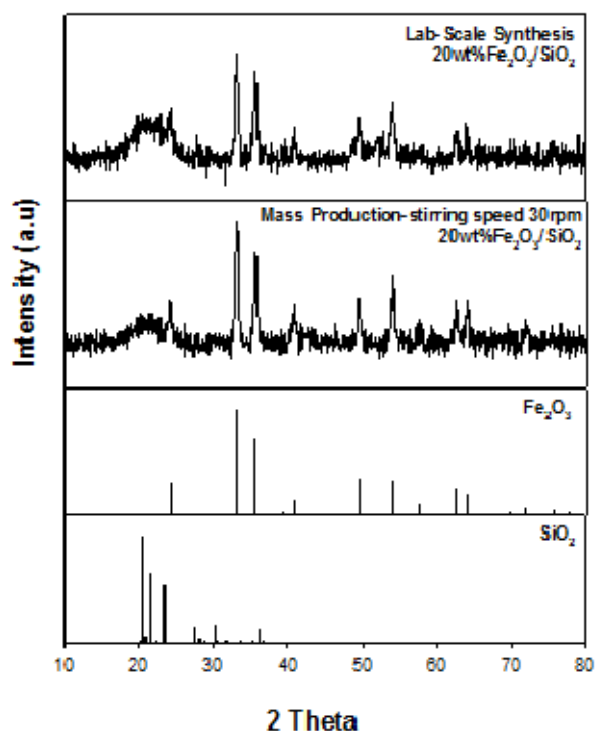


圖 10 量產機台合成脫硫劑 XRD 分析(攪拌速度 30rpm、120rpm)

(4) 完成量產機台最佳參數(攪拌速度 30rpm，液體輸送速度 120mL/min)合成脫硫劑與批次合成脫硫劑之化性分析比較，由硫化氫之貫穿曲線發現量產機台合成之脫硫劑貫穿時間與批次合成之脫硫劑差異不大，貫穿時間皆約為 39 分鐘，經計算得到硫載量 6.81g-S/100g-sorbents。

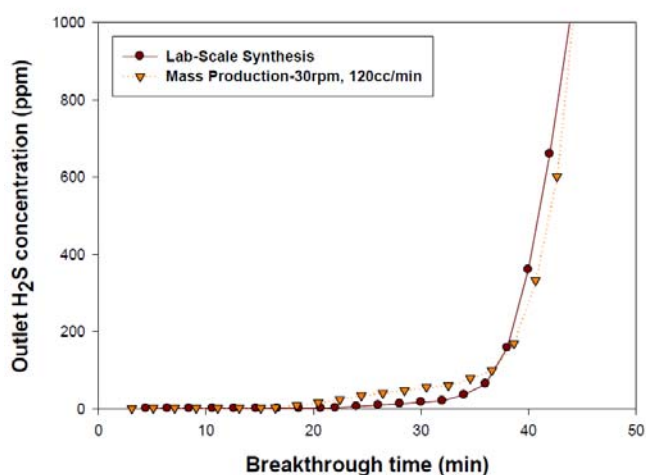


圖 11 量產機台合成脫硫劑與少量合成脫硫劑之硫化氫貫穿曲線

(5) 完成量產機台攪拌速度 30rpm 及液體輸送參數 120 mL/min 合成脫硫劑，進行 10 次脫硫再生循環測試，實驗結果顯示 10 次循環後最終硫載量為 6.52 g-S/100g-sorbents，維持在初始硫載量 (初始硫載量為 6.81g-S/100g-sorbents)80%以上。

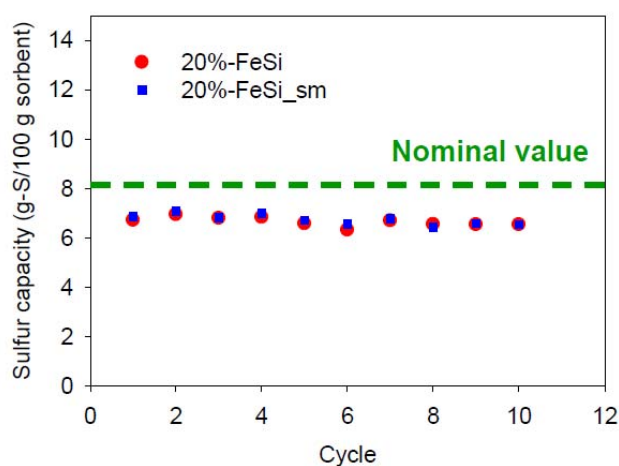
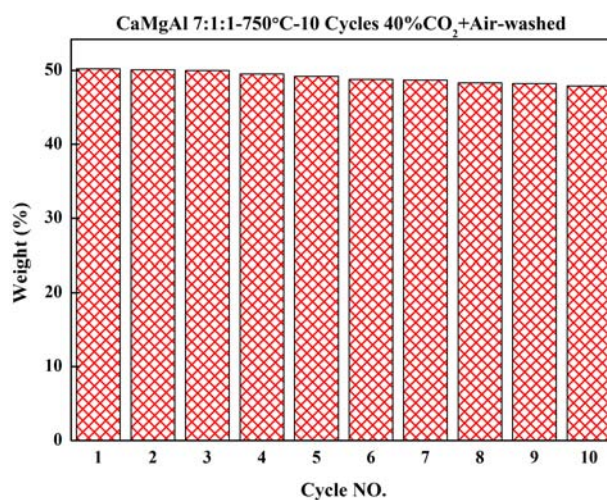


圖 12 量產機台合成脫硫劑 10 次脫硫再生循環硫載量變化曲線

5. 燃燒前二氧化碳捕獲技術開發

(1) 完成鈣鎂鋁捕碳劑於 CO_2 +air 之 TGA 迴路測試，在 750°C 及 40% CO_2 +air 氣氛下，結果顯示捕獲量為 50.2%，10 迴路穩定性為 95.4%。對照組實驗條件為 750°C 及 40% CO_2 + N_2 氣氛，其捕獲量與 10 迴路穩定性分別為 49.1 與 93.7%。



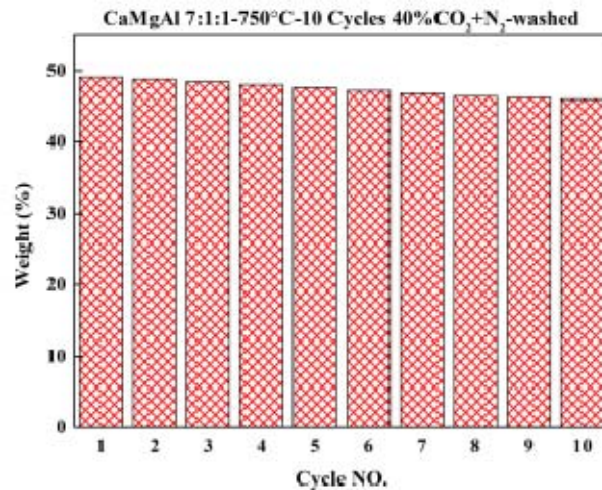
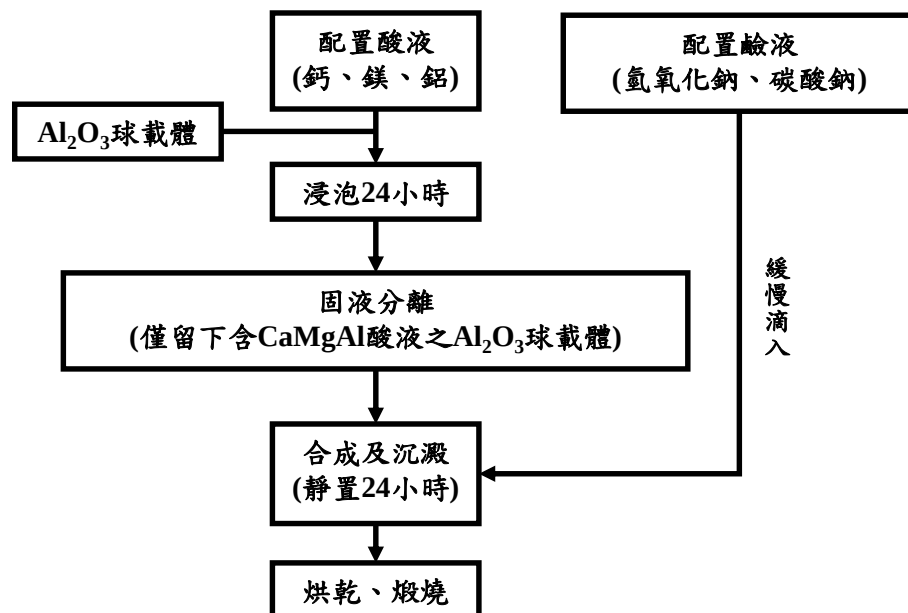


圖 13 鈣鎂鋁 7:1:1 捕碳劑在 750°C、40% CO₂+air 及 40% CO₂+N₂ 環境下，TGA 10 迴路捕獲測試

- (2) 完成以氧化鋁球為載體，經浸泡 CaMgAl 前驅物、鹼沉、過濾、烘乾、鍛燒等程序，產製 CaMgAl7:1:1，捕碳劑批次產量可達 1077g。後續將持續測試不同參數以達良好產率。



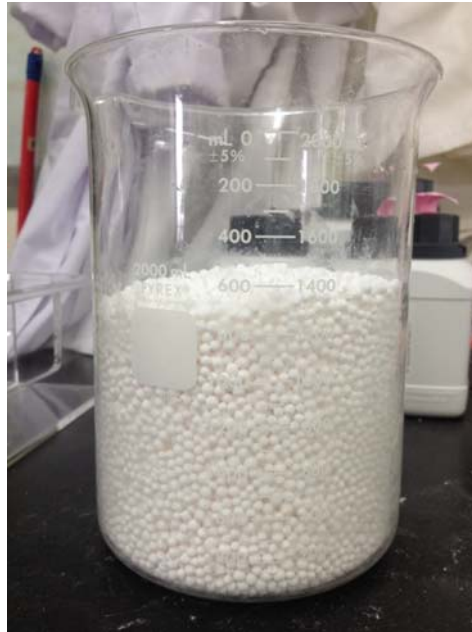


圖 14 捕碳劑量產流程及成品

(3) 完成以氧化鋁球為載體之鈣鎂鋁捕碳劑於 10 kW 反應器、40% CO_2 +air 環境下之捕碳迴路測試，目前已完成 3 cycle，二氧化碳吸附量依序為 6204.5、3898.4 及 3614.1 ml，迴路穩定性為 58.2%；第二 cycle 後，迴路穩定性之變化似有減緩現象趨勢。後續將持續進行捕碳迴路測試。

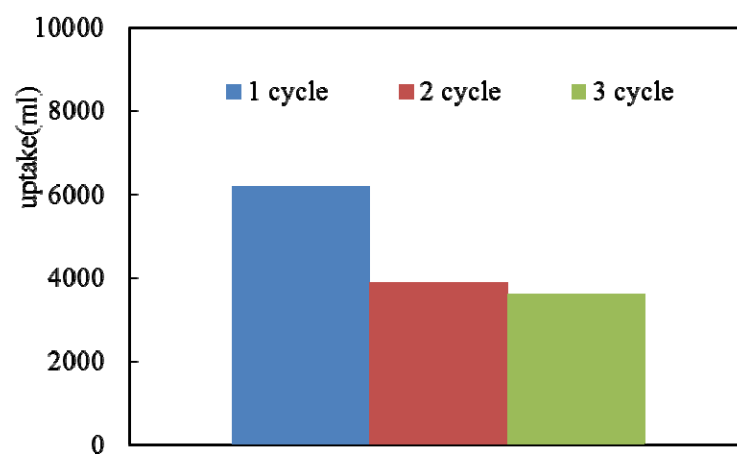


圖 15 以氧化鋁球為載體之鈣鎂鋁捕碳劑於 10kW 反應器、40% CO_2 +air 環

境下之碳捕獲測試結果

貳、經費與人力執行情形

一、經費執行情形

(一) 經資門經費表 (E005)

1. 線上填寫經資門經費時，須依細部計畫、子項計畫逐項填寫預算數與初編決算數，本表則由細部計畫、子項計畫經費加總產生。
2. 初編決算數：因績效報告書繳交時，審計機關尚未審定 104 年度決算，故請填列機關編造決算數。
3. 實支數：係指工作實際已執行且實際支付之款項，不包含暫付數。
4. 保留數：係指因發生權責關係經核准保留於以後年度繼續支付之經費。
5. 105 年度預算數：如績效報告書繳交時，立法院已審定 105 年度法定預算，則本欄位資料為法定預算數，其金額應與「105 年度綱要計畫申請書(法定版)」一致，如立法院尚未審定 105 年度法定預算，則本欄位資料為預算案數，其金額應與「105 年度綱要計畫申請書(行政院核定版)」一致。
6. 106 年度申請數：本欄位資料係自動產生，資料來源為 106 年度綱要計畫申請書(機關送審版)。

單位：千元；%

	104 年度					105 年度 預算數	106 年度 申請數	備註
	預算數 (a)	初編決算數			執行率 (d/a)			
		實支數 (b)	保留數 (c)	合計 (d=b+c)				
總計	17,052	16,928						
一、經常門小計	12,384	12,260			99%			
(1)人事費								
(2)材料費								
(3)其他經常支出								
二、資本門小計	4,668	4,668			100%			
(1)土地建築								
(2)儀器設備								
(3)其他資本支出								

(二) 經費支用說明

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

1. 本年度編列經常門業務費 13,351 千元，佔 81.1%。主要用途為支應碳基能源永續潔淨利用技術發展業務費。
2. 本年度編列資本門設備費 3,110 千元，佔 18.9%。主要用途為支應碳基能源永續潔淨利用技術發展設備費。

(三) 經費實際支用與原規劃差異說明

(填寫說明：如有執行率偏低、保留數偏高、經資門流用比例偏高等情形，均請說明。)

無差異

二、計畫人力運用情形

(一) 計畫人力結構 (E004)

(填寫說明：線上填寫計畫人力結構時，須依細部計畫、子項計畫逐項填寫原訂人力、實際人力，差異值則由系統自動計算產生。)

計畫名稱	執行情形	104 年度							105 年度 總人力 (預算數)	106 年度 總人力 (申請數)
		研究員 級	副研究 員級	助理研究員 級	助理級	技術 人員	其他	總人力 (人年)		
碳基燃料中 高溫二氧化 碳回收技術 發展	原訂	0.3	1.5	3.7	1	0	0	6.5	6.5	6.5
	實際	0.3	1.5	3.7	1	0	0	6.5	—	—
	差異	0	0	0	0	0	0	0	—	—
燃燒前二氧 化碳捕獲技 術開發	原訂	0.8	1.0	0.8	0.7	0.2	0	3.5	3.5	3.5
	實際	0.8	1.0	0.8	0.7	0.2	0	3.5	—	—
	差異	0	0	0	0	0	0	0	—	—

- 研究員級：研究員、教授、主治醫師、簡任技正等，若非以上職稱則相當於博士滿 3 年、或碩士滿 6 年、或學士滿 9 年以上之研究經驗者。
- 副研究員級：副研究員、副教授、助理教授、總醫師、薦任技正，若非以上職稱則相當於博士、或碩士滿 3 年、或學士滿 6 年以上之研究經驗者。
- 助理研究員：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 3 年以上之研究經驗者。
- 助理級：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 3 年以上之研究經驗者。
- 技術人員：指目前在研究人員之監督下從事與研究發展有關之技術性工作。
- 其他：指在研究發展執行部門參與研究發展有關之事務性及雜項工作者，如人事、會計、秘書、事務人員及維修、機電人員等。

(二) 人力實際進用與原規劃差異說明

無差異

參、已獲得之主要成果與重大突破(含量化 output) (E003) (系統填寫)

填寫說明：

1. 績效指標之「原訂目標值」應與原綱要計畫書一致，惟因 104 年度績效指標項目修正，部分績效項目整併或分列，機關得依績效項目之調整配合修正原訂指標項目與原訂目標值，惟整體而言，不得調降原訂目標值。
2. 項目 A.論文、G.智慧財產、H.技術報告及檢驗方法、J1.技轉與智財授權、S1.技術服務、L.促成投資等 6 項目指標，因統計需要請務必填寫，無則填「0」即可。
3. 得因計畫實際執行增列指標項目以呈現計畫成果。

屬性	績效指標類別	績效指標項目		104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
				原訂目標值	實際達成值				
學術成就 (科技基礎研究)	A.論文	期刊論文	國內(篇)	10	2	2	2	1. Applied Thermal Engineering 期刊之 Impact Factor (2013)為 2.624, 該期刊在 SCI/JCR 之分類 (Mechanics)排序為 8/139=5.75%。 2. Chemical Engineering Transactions 與 Key Engineering Materials 為 EI 等級之知名期刊。 3. 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。	經由國際性期刊及國內、外會議發表論文，宣示我國淨碳技術之規劃
			國外(篇)		6	3	2		
		研討會論文	國內(篇)		4	3	3		
			國外(篇)		12	5	5		
		專書論文	國內(篇)						
			國外(篇)						

屬性	績效指標類別	績效指標項目	104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂目標值	實際達成值				
學術成就 (科技基礎研究)	B. 合作團隊 (計畫)養成	機構內跨領域合作團隊(計畫)數					1. 建立國內研究團隊，培養國內未來淨碳技術人才 2. 針對淨碳技術逐步成立整合型研究群	與交大、中央、成大、興大、台科大進行合作
		跨機構合作團隊(計畫)數	3	3	1	1		
		跨國合作團隊(計畫)數						
		簽訂合作協議數						
		形成研究中心數						
		形成實驗室數	3	3	1	1		
	C. 培育及延攬人才	博士培育/訓人數	2	2	0	0	培育在合成氣淨化技術、中高溫除塵系統、中高溫二氧化碳吸附劑合成，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。	
		碩士培育/訓人數	2	4	2	1		
		學士培育/訓人數						
		學程或課程培訓人數						
		延攬科研人才數						
		國際學生/學者交換人數						
		培育/訓後取得證照人數						
	D1. 研究報告	研究報告篇數	7	8	7	7	完成 8 篇技術報告，可提供計畫後續研發方向以及國際合作之參考	逐步建立內部知識與技術傳承之管道
	D2. 臨床試驗	新藥臨床試驗件數					效益說明可包含新藥、醫療器材於國內外臨床試驗通過情形等。	
		醫療器材臨床試驗件數						
	E. 辦理學術活動	<u>國內</u> 學術會議、研討會、論壇次數					學術活動包含研討會(workshop)、學術會議(symposium)、學術研討會(conference)、論壇(forum)等；	
		<u>國際</u> 學術會議、研討會、論壇次數						
		<u>雙邊</u> 學術會議、研討會、論壇次數						

屬性	績效指標類別	績效指標項目			104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
					原訂目標值	實際達成值				
	F. 形成課程/ 教材/手冊/軟體	出版論文集數量							效益說明可包含主辦國際重要研討會情形等。	
		形成課程件數							效益說明可包含課程、教材、手冊、軟體被引用情形，或其他個人或團體之加值利用情形等。	
		製作教材件數								
		製作手冊件數								
		自由軟體授權釋出教材件數								
技術創新 (科技技術創新)	G. 智慧財產	其他								
		申請中	國內	發明專利(件)				1	淨碳技術專利地圖佈局中，後續將逐步進行技轉(授權)事宜	淨碳產業逐步形成中
				新型/新式樣(件)						
				商標(件)						
				品種(件)						
			國外	發明專利(件)	1	1	1	1		
				新型/新式樣(件)						
				商標(件)						
				品種(件)						
		已獲准	國內	發明專利(件)	1	2	1			
				新型/新式樣(件)						
				商標(件)						
				品種(件)						
			國外	發明專利(件)	1	3	1			
				新型/新式樣(件)						

屬性	績效指標類別	績效指標項目		104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
				原訂目標值	實際達成值				
			商標(件)						
			品種(件)						
		著作/出版品	國內(件)						
			國外(件)						
		與其他機構或廠商合作智財件數							
技術創新 (科)	H.技術報告及檢驗方法	新技術開發或技術升級開發之技術報告篇數							
		新檢驗方法數							
	I1. 辦理技術活動	辦理技術研討會場次		0	1			協同中央大學於 12 月 15 日假中鋼公司舉辦「2015 氣化技術產	經由淨碳及其它領域專家進
		辦理技術說明會或推廣活動場次							

屬性	績效指標類別	績效指標項目	104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂目標值	實際達成值				
技 術 創 新		辦理競賽活動場次					業應用研討會」國際研討會。會議主題有氣化與環境相關議題,其中包含策略方面議題(能源局)、區域能源與資源整合議題(中鋼及工業局七組)、在行政以及法規與投資方面的障礙議題(中華經濟研究院)、技術面議題等。產業界部份擬將邀請工業區發展中心,包含造紙、鋼鐵、石化、發電、水泥等產業;國際專家學者方面將邀請美國紐奧良大學講座教授王亭老師與芬蘭 Foster Wheeler 公司毛健雄資深技術顧問出席。該會議將有助於中鋼公司就氣化技術之投資進行決定。	行專題演講,提升計畫人員跨領域知識
	12. 參與技術活動	發表於國內外技術活動(包含技術研討會、技術說明會、競賽活動等)場次	8	15	8	8	發表於國外研討會(場次) 1. Seventh International Conference on Clean Coal Technologies, 17-21 May, Kraków, Poland 2. 4th International Renewable Energy and Environment Conference (IREEC-2015), 4-6 Jun, Prague, Czech Republic.	1. 參與相關會議,藉此擴大與學術界之交流。並藉此開啟與國外廠商合作之契機。 2. 發表論文「Effect of operation parameters on the performance of hot gas

屬性	績效指標類別	績效指標項目	104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂目標值	實際達成值				
							3. 2015 International Pittsburgh Coal Conference, Oct. 5-8, Pittsburgh, PA, USA. 4. Twelfth International Conference on Flow Dynamics, Oct. 27-29, Sendai, Japan. 5. International Conference on Chemical and Biochemical Engineering, July 20-22, Paris, France. 6. 42nd International Conference of SSCHE, 25-29, May, Tatranské Matliare, Slovak Republic. 7. Yau-Pin Chyou, Yi-Shun Chen, Po-Chuang Chen, Ching-Ying Huang, Hsiu-Mei Chiu, Technology Development of Clean Carbon as Sustainable Energy, 23 June, 2015, Taipei, Taiwan. 8. 2015 Taiwan/Korea/Japan Joint Meeting on Chemical Engineering. Nov. 5-7, Taiwan, Kaohsiung.	clean-up technology with a moving granular bed filter」於相關會議，與國外學術界交流並增加能見度。 3. 發表論文「Application of Commercial Sorbent into Coal-derived Syngas Desulfurization Field for Clean Coal Technologies Development」於相關會議，與國外學術界交流並增加能見度。 4. 發表論文「A Performance Analysis of Power Generation and Synthetic Natural Gas (SNG)

屬性	績效指標 類別	績效指標 項目	104 年度		105 年度 目標值	106 年度 目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂 目標值	實際 達成值				
							9. 2015 Global Engineering & Applied Science Conference (2015 GEASC) Production from Coal Gasification with Integrated versus Non-Integrated Configuration」於相關會議，與國外學術界交流並增加能見度。 5. 發表論文「Numerical Simulation of a Biomass Fluidized-bed Gasifier, Twelfth International Conference on Flow Dynamics」於相關會議，與國外學術界交流並增加能見度。 6. 發表論文「Thermodynamics of HCl and HF interferences in	

屬性	績效指標 類別	績效指標 項目	104 年度		105 年度 目標值	106 年度 目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂 目標值	實際 達成值				
								hot producer gas desulfurization by zinc, cerium and lanthanum oxide based sorbents」於相關會議，與國外學術界交流並增加能見度。 7. 發表論文「Interferences and thermodynamic limits for producer gas desulfurization, de-HCl and de-HF by Ba, Ce and La-based sorbents」於相關會議，與國外學術界交流並增加能見度。 4. 發表論文「Preparation of silica-supported desulfurization sorbents for the development of

屬性	績效指標 類別	績效指標 項目	104 年度		105 年度 目標值	106 年度 目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂 目標值	實際 達成值				
								clean coal technologies by incipient wetness impregnation method」, 「Sulfidation/Regeneration multi-cycle testing of zinc ferrite sorbents in the high-temperature removal of hydrogen sulfide」於相關會議,與國內外學術界交流並增加能見度。 5 發表論文「Regenerable zinc ferrite sorbents for the removal of hydrogen sulfide at moderate temperatures」於相關會議,與國內外學術界交流並增加能

屬性	績效指標類別	績效指標項目		104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
				原訂目標值	實際達成值				
									見度。
J1. 技轉與智財授權		技轉(含先期技術) <u>國內</u> 廠商或機構	件數					效益說明可包含技轉與智財授權情形、商品化情形等。	
			金額(千元)						
		技轉(含先期技術) <u>國外</u> 廠商或機構	件數						
			金額(千元)						
		專利授權 <u>國內</u> 廠商或機構	件數						
			金額(千元)						
		專利授權 <u>國外</u> 廠商或機構	件數						
			金額(千元)						
		自由軟體授權件數							
		其他(不含專利)授權	件數						
			金額(千元)						
技術創新 (科技技術)	J2.技術輸入	引進技術件數						效益說明可包含引進技術之應用情形。	
		引進技術經費(千元)							
	S1.技術服務 (含委託案及工業服務)	技術服務件數						效益說明可包含技術服務收入等。	
		技術服務家數							
		技術服務金額(千元)							
	S2. 科研設施	設施建置項數						效益說明可科研設施服務收	

屬性	績效指標類別	績效指標項目	104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂目標值	實際達成值				
創新 ()	建置及服務	設施運轉穩定度(%)					入、服務滿意度等。	
		設施運轉運轉效率(%)						
		設施服務項目數						
		設施使用人次						
		設施服務件數						
		設施服務時數						
		設施服務收入						
	其他							
經濟效益 (經濟產業促進)	L.促成投資	促成廠商投資件數					效益說明可包含廠商或產業團體投資或成立新創事業所推出之新產品上市項數、產量、產值等情形。	
		促成生產投資金額(千元)						
		促成研發投資金額(千元)						
		促成新創事業投資金額(千元)						
		促成產值提升或新創事業所推出新產品產值(千元)						
	M.創新產業或模式建立	成立營運總部數					效益說明可包含增加台灣產業運籌電子化擴散面積、衍生公司	
		衍生公司家數						

屬性	績效指標類別	104 年度		105 年度 目標值	106 年度 目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
		績效指標 項目	原訂 目標值	實際 達成值			
)		建立產業發展環境、體系或營運模式件數				投資金額、創新模式衍生新產品產值、環境改善或體系建立等提高產品競爭力、促進產業發展效益。	
		參與產業發展環境、體系或營運模式之產業團體數					
		促成企業聯盟家數					
		創新模式衍生新產品上市項數					
		促成產值提升或創新模式衍生新產品產值(千元)					
	N.協助提升我國產業全球地位	建立國際品牌或排名提升				效益說明可包含相關產業（品）產值國際排名提升情形等。	
		相關產業產品產值世界排名提升					
		促成國際互惠合作件數					
		促進國際廠商在台採購(千元)					
經濟效益（經濟產業促進）	O.共通/檢測技術服務及輔導	輔導廠商或產業團體技術或品質提升、技術標準認證、實驗室認證、申請與執行主導性新產品及關鍵性零組件等	件數			效益說明可包含輔導廠商或產業團體獲得國家/國際證照、通過實驗室認證、申請或獲得專利情形、輔導對象相對投入情形、輔導個人獲得相關專業證照情形、國內二級校正衍生數等。	
			廠商家數				
			廠商配合款(千元)				
		技術、作業準則等教育訓練人次					
		提供國家級校正服務件數					
	P.創業育成	新公司或衍生公司家數				效益說明可包含新公司或衍生公司投資金額、年營業額等。	

屬性	績效指標類別		績效指標項目	104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
				原訂目標值	實際達成值				
	T.促成與學界或產業團體合作研究		媒合與推廣活動辦理次數					效益說明可包含合作研究產品上市項數、產量、銷售金額、降低產品成本、提升產品附加價值等	
			促成合作研究件數						
			廠商研究配合款金額(千元)						
			合作研究產品上市項數						
	U.促成智財權資金融通		輔導診斷家數					效益說明可包含協助中小企業取得融資及保證情形等	
			案源媒合家數						
			協助廠商取得融資家數						
			協助廠商取得融資金額(千元)						
	AC.減少災害損失		開發災害防治技術與產品數					效益說明可包含預估降低環境危害風險或成本等。	
			建立示範區域或環境觀測平台數						
			建築或橋梁補強數						
			輔導廠商建立安全相關生產或驗證機制之件數						
			預估降低環境危害風險或成本(千元)						
	其他								
社會影響	社會福祉	AB. 科技知識普及	科普知識推廣與宣導次數					效益說明可包含於國際重要報章媒體刊登或宣傳情形。	
			科普知識推廣與宣導觸達人數						
			新聞刊登或媒體宣傳數量						

屬性	績效指標類別	績效指標項目	104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂目標值	實際達成值				
提升	Q. 資訊服務	設立網站數					效益說明可包含網站訪客人數或人次、縮短行政作業時間比率、服務使用提升率、服務滿意度、外部評鑑或查核機制獲獎情形等。	
		提供客服件數						
		知識或資訊擴散(觸達)人次						
		開放資料(Open Data)項數						
		提供共用服務或應用服務項目數						
		線上申辦服務數						
		服務使用提升率						
	R. 增加就業	廠商增聘人數					效益說明可包含降低失業率、提升國民生產毛額等。	
社會影響	W. 提升公共服務	旅行時間節省(換算為貨幣價值，千元)					效益說明可包含運輸耗能節省金額、減少二氧化碳排放量等。	
		運輸耗能節省金額(千元)						
		減少二氧化碳排放量(公噸)						
	X. 提高人民或業者收入	受益人數					效益說明可包含受益人數、受益者每人年平均增加收入等。	
		增加收入(千元)						
	XY. 人權及性	人權、弱勢族群或性別平等促進活動場次					效益說明可包含性別或弱勢族群之受益比例等。	

屬性	績效指標類別	績效指標項目	104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂目標值	實際達成值				
其他效益（科技政策）	平等促進	活動參與人數						
		其他						
	環境安全永續	V. 提高能源利用率及綠能開發	技術或產品之能源效率提升百分比(%)				效益說明可包含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、提升新能源及再生能源占比等。	
			技術/產品達成綠色設計件數					
			減少二氧化碳排放量(公噸)					
			提升新能源及再生能源產出量					
	Z. 調查成果		調查筆數				效益說明可包含國土、環境、健康等各式調查之調查重要發現，以及調查結果可輔助決策之準確度等。	
			調查圖幅數					
			調查面積					
			影像資料筆數					
			調查物種數					
	其他							
	K. 規範/標準或政策/法規草案制訂	參與制訂政府或產業技術規範/標準件數					效益說明可包含採用技術規範/標準之廠商家數、產品種類等，以及政策建議被採納、法規草案公告實施件數等	
		參與制訂之政策或法規草案件數						
		草案被採納或認可通過件數						
		草案公告實施或發表件數						
	Y. 資訊平台與資料庫	新建資訊平台或資料庫數					效益說明可包含資訊平台或資料庫整合服務加速行政作業時	
		更新資訊平台功能項目						

屬性	績效指標類別	績效指標項目	104 年度		105 年度目標值	106 年度目標值	效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂目標值	實際達成值				
管理及其他)		更新或新增資料庫資料筆數					間、使用人次提升率、滿意度等。	
		資訊平台或資料庫使用人次						
	AA.決策依據	新建或整合流程數					效益說明可包含政策建議被採納數、節省公帑(千元)等。	
		提供政策建議或重大統計訊息數						
		政策建議被採納數						
		決策支援系統及其反應加速時間(%)						
	其他							

104 年度計畫績效指標實際達成與原訂目標差異說明：

無差異

第二部分(自行上傳)

壹、主要成就及成果之價值與貢獻度 (outcome)

(填寫說明：請說明計畫所達成之主要成就與成果，以及其價值與貢獻度；若綱要計畫為多年期計畫，請填寫起始年累積至今之主要成就及成果之價值與貢獻度。)

一、學術成就(科技基礎研究)

(一) 本計畫 104 年度 1-12 月共發表 24 篇論文，包括國際期刊 6 篇(SCI 1 篇)、國際及國內會議論文 16 篇、國內期刊 2 篇。計畫所達成之主要成果獲得外界之肯定：

1. 104 年度 6 月參加 EPA 2015 「減碳策略之低碳技術實踐國際夥伴會議」，「Development of Clean Carbon as Sustainable Energy」獲得優等榮譽，環保署頒發獎座及獎狀各乙只(請參閱附件，圖 A-1 & A-2)；「Development of Chemical Looping Combustion Technology」獲得優良作品獎(請參閱附件，圖 A-3)。
2. 104 年度 3 月參加第二期能源國家型科技計畫—「減碳淨煤主軸中心成果發表會」，「流動式顆粒床過濾技術」獲得佳作獎(請參閱附件，圖 A-4)。

(二) 本計畫專業技術領域之主要價值與貢獻度分類說明如下：

1. 系統程序設計：

本項工作以化工程序模擬工具建立以氣化技術為基礎之應用模型，於氣化程序中，採用能量平衡、熱損失比例以及碳轉化率等設定，成功模擬合成氣之組成。氣體淨化則分別建構 COS 水解、H₂S 移除、硫回收以及二氧化碳移除等程序。此外，並建立合成氣甲烷化之程序，獲得適當之合成天然氣(SNG)組成。為進一步評估其應用效益，本項工作並建置複循環發電系統模型。由於化工程序模擬工具在發電部分並非其擅長之處，故本項工作經由多項基本單元之組合，配合經驗公式建置可模擬複循環發電機組之模型，該發電機組之性能與參考資料相比在可接受之範圍。此一部分強化了該程序模擬工具在發電應用之效益。

為進一步了解減碳之效益，本項工作今年度將生質物（木屑）參雜於煤炭中進行共氣化之性能分析，結果顯示由於生質物之熱值以及組成與煤炭有異，亦影響合成氣組成，對於後端應用之性能略為下降。但由於生質物具有碳中和之效應，因此在減碳效益考量下，生質物與煤炭共氣化仍為一可行之選項。

2. 流體化床氣化模型建置與分析：

本項工作以計算流體力學軟體 FLUENT 做為模擬之計算工具，利用歐拉-歐拉方法針對流體化床之多相流建立分析模式，在歐拉模型中，氣-固兩相將被視為互相滲透的連續流體來處理。此模擬分析模式之物理模式包括： $k-\epsilon$ 紊流模式、紊流反應模式、熱輻射模型以及顆粒流分子運動論。本項工作先以三維流體化床進行冷流場分析，研究氣泡之成因並確立流體化床速度之操作範圍，之後才將化學反應加入於計算模型。煤炭氣化之計算結果顯示，出口氣體組成與實驗進行比對得到相似之趨勢，同時探討氣化過程中各反應之影響。在參數分析部分，則進行不同 ER 值對氣化之影響，結果發現 ER 值對於流體化床之沙床溫度影響不大，但會影響出口成份之組成；隨著 ER 值之升高，在出口處一氧化碳濃度將會增加，而氫氣之濃度則會隨 ER 值提升而降低。並進行初始床高對氣化性能影響之分析，分別以高 22、36、50、75、100、125cm 來進行測試；結果顯示，初始床砂高度對整體之溫度影響不大，因此對氣體出口成份影響不大。

本項工作成功將異相反應與同相反應納入反應模型中，並成功將反應速率納入計算模型中，並獲得與實驗結果契合之結果。未來可作為氣化爐性能評估、設計以及操作條件變更之評估工具，節省硬體建置與實驗操作之時間與物力。

3. 中高溫淨化技術

在 MGBF 的相關研究中，可於中高溫環境中進行系統過濾效率測試是一項重要的工作。本研究利用所建置的國內產官學界唯一運轉中的 MGBF 熱模設備，進行操作溫度從常溫至 500°C 之過濾效率測試。結果發現，在

不同的操作參數中，隨著溫度的增加會造成過濾效率的降低(每升高 100°C 的操作溫度，造成平均 1.74% 的系統過濾效率降低)；另外，進口風速的操作參數也會影響系統的過濾效率。

4. 酸性氣體移除技術

(1) 本計畫中高溫脫硫技術項目已建置脫硫劑量產機台，並尋找出最佳製程參數，能有效降低時間成本。量產製備與實驗室少量合成之脫硫劑於物性及化性分析上無明顯差異，測試數據顯示其貫穿時間皆為 39 分鐘貫穿，硫載量約為 6.81g-S/100g sorbent。此相關成果已發表於 2015 Taiwan/Korea/Japan Joint Meeting on Chemical Engineering。

(2) 本計畫中高溫脫硫技術項目已利用固態反應法合成雙金屬材料之脫硫劑，並經由固定床反應器測試其脫硫效能。實驗結果顯示，此脫硫劑能增加硫化氫吸附效能時間，有效提升硫載量，並能成功地進行多次脫硫再生循環測試。此相關成果已發表於 2015 Taiwan/Korea/Japan Joint Meeting on Chemical Engineering 及 2015 Global Engineering & Applied Science Conference (2015 GEASC)。

(三) 本計畫之主要學術成就與成果摘要分類說明如下：

1. 發表於國際學術期刊之論文摘要：

(1) 發表於 Chemical Engineering Transactions 期刊論文 (EI) “Synthetic Natural Gas (SNG) Production via Gasification Process with Blend of Coal and Wood Chip as Feedstock,” 2015, vol. 45, pp. 601-606.

論文摘要：The price of natural gas is relatively higher than that of coal and the capacity factor of NGCC (natural gas combined-cycle) unit is low in Taiwan. Synthetic natural gas (SNG) from solid fuel via gasification is possible to provide a relative lower price than that of natural gas to NGCC units and to decrease the cost of electricity. The commercial chemical process simulator, Pro/II® V8.1.1, is implemented to build the analysis model in the study. The four major blocks, consisted of air separation unit (ASU), gasification island, gas

clean-up unit, and methanation processes, were built in the SNG production system model.

The biomass, wood chip, is introduced to blend with kaltim prima coal (KPC) from Indonesia to investigate the effect of system efficiency and CO₂ emission. The flow rate of feedstock is set as 2,000 t/d for a typical commercial gasifier with pure KPC feed. It is assumed that the total energy in feedstock is set as the same and 10 % flow rate increase is acceptable for the gasifier. The percentages of wood chip in blended cases are introduced as 5 % and 10 %. Simulation results show that the cold gas efficiency of pure KPC, 5 % wood chip blend and 10 % wood chip blend are 77.64 %, 76.10 % and 74.35 %, respectively. It means the gasification performance is slightly decreased due to the blend of wood chip. The system efficiency for SNG production of KPC, 5 % blend and 10 % blend are 61.02 %, 60.10 % and 58.86 %, respectively. In order to adjust the syngas content with a specific ratio of CO to H₂, the amount of 63.51 %, 64.28 % and 64.97 % CO₂, respectively, is captured in the clean-up unit before entering the methanation processes. It means the CO₂ emission could be lower than 450 g/kWh, based on the situation that CO₂ is captured in the coal to SNG process. The biomass could further reduce the CO₂ emission due to the advantage of carbon neutral.

- (2) 發表於 Key Engineering Materials 期刊論文 (EI) “Efficiency Analysis of Gas Turbine Combined-Cycle Fed with Synthetic Natural Gas (SNG) and Mixture of Syngas and SNG,” 2015, Vol. 656-657, pp. 113-118 .

論文摘要： The effect of synthetic natural gas (SNG) and mixture of syngas and SNG fed to Natural Gas Combined-Cycle (NGCC) plants is presented in this study via a system-level simulation model.

The commercial chemical process simulator, Pro/II® V8.1.1, was used in the study to build the analysis model. The NGCC plant consists of gas turbine (GT), heat recovery steam generator (HRSG) and steam turbine (ST). The study envisages two analyses as the basic and feasibility cases. The former is the benchmark case which is verified by the reference data with the GE 7FB gas turbine. According to vendor's

specification, the typical net plant efficiency of GE 7FB NGCC with two gas turbines to one steam turbine is 57.5% (LHV), and the efficiency is the benchmark in the simulation model built in the study. The latter introduces a feasibility study with actual parameters in Taiwan.

The SNG-fed GE 7FB based combined-cycle is evaluated, and the mixture of SNG and syngas is also evaluated to compare the difference of overall performance between the two cases. The maximum ratio of syngas to SNG is 0.14 due to the constraint for keeping the composition of methane at a value of 80 mol%, to meet the minimum requirement of NG in Taiwan. The results show that the efficiency in either case of SNG or mixture of SNG and syngas is slightly lower than the counterpart in the benchmark one. Because the price of natural gas is much higher than that of coal, it results in higher idle capacity of NGCC. The advantage of adopting SNG in Taiwan is that it could increase the capacity factor of combined-cycles in Taiwan. The study shows a possible way to use coal and reduce the CO₂ emission, since coal provides nearly half of the electricity generation in Taiwan in recent years.

- (3) 發表於 Key Engineering Materials 期刊論文(EI)“Acidic Treatment of CaO-Based Materials for Medium-High Temperature CO₂ Capture,” 656-657, pp. 18-22, 2015。

論文摘要： In this work, a series of CaO-based materials for medium-high temperature (500-800 °C) CO₂ capture were synthesized from limestone by acidic treatment. In order to enhance its thermal stability, CaO-based materials were modified with Al(NO₃)₃. With various stirring time of 24, 48 and 72 hours, three types of CO₂ capture sorbent were synthesized, named LA24, LA48 and LA72, respectively. TGA results showed the CaO-based materials were activated in the CO₂ capture reaction of temperature range of 500-800 °C. LA24 exhibited the best CO₂ capture capacity of 53.8 wt % as well as stability of 93.2 % after 10 cycles test. Furthermore, all of the modified CaO-based materials showed good thermal resistance upon 900 °C. It

was consistent with expectation by the contributions of alumina coexistence with calcium oxide. XRD results indicated that CaO dominated in the diffraction spectrum before capturing CO₂, and a side diffraction peak of Al₂O₃ was also observed. The characterization of CaO-based materials was also investigated by BET and SEM, respectively.

- (4) 發表於 Applied Thermal Engineering(SCI) “Hot gas clean-up technology of dust particulates with a moving granular bed filter,” 74(5), pp. 146-155, 2015, IF:2.624。

論文摘要：The purpose of this study is to investigate the efficiency and stability of moving granular bed filter (MGBF) in high-temperature environment with various operation conditions. Experiments were carried out to study the influence of various parameters, such as test temperature, mass flow rate of filter granules and filtration superficial velocity. The experimental facilities include an air fan, flow ducts, heaters of gas and filter granules, a screw feeder of dust particulates, a measurement system for size distribution of dust particulates, a filter granules supply device, a rotary valve, and a granular bed filter filled with filter granules. The results of this study indicate that this type of method can be useful to applications in different cross-flow filter systems for gas clean-up. From the results, with the conditions of filtration superficial velocities at 0.2 and 0.35 m/sec, and the mass flow rate of filter granules at 0.01 kg/sec, the better collection efficiency and the smaller-sized distribution of dust particulates were obtained for the case with operating temperature of 20 °C. The focus in the current study is essentially the development of an MGBF that can be applied in the industrial environment. The results are expected to serve as the basis for future research.

2. 國內期刊論文：2 篇

- (1) 林士強、楊授印、吳敏聖、徐德利，貧油預混火焰於陶瓷顆粒床燃燒特性，燃燒季刊，已投稿。

論文摘要：化石能源大量使用，導致面臨能源短缺問題，因此本研

究介紹一種高效能燃燒器，提升燃料的燃燒效率，達到節能目標。貧油預混 CH_4/air 、 $\text{H}_2/\text{C}_3\text{H}_8/\text{air}$ 、 $\text{C}_3\text{H}_8/\text{air}$ 燃氣於陶瓷顆粒床(Ceramic Granular Bed, CGB)燃燒，具有不同燃燒現象，因此本研究探討混物流速(mixture velocity, u_g)、當量比(equivalent ratio, ϕ)改變對火焰之影響。實驗選用 5 只熱電偶擷取的方式，從而觀察火焰溫度及絕對傳播速度(Absolute propagation speed, S_{ab})。結果顯示在 CGB 燃燒時， u_g 和發熱率通量(firing rate flux, Γ)的提升，導致火焰溫度及 S_{ab} 增加；而 S_{ab} 也隨 ϕ 提升而加速。在 H_2 取代 C_3H_8 燃料條件中， H_2 濃度提升使 Γ 略微減少，並且 CGB 熱傳現象的影響，導致溫度下降，同時擴大可燃極限。預混燃氣於陶瓷顆粒床燃燒，具有擴大可燃極限及提升燃燒效率的優點，有助於低熱值燃氣的應用。

- (2) 李季桓，林國興，魏至洵，余慶聰，合成含 Ca-Mg-Al 捕碳材料並應用於中高溫 CO_2 捕獲程序，台灣化學工程學會會刊，第 62 卷第 4 期, pp. 79-84, 2015。

論文摘要：近年來全球溫室效應的議題備受注目，本研究合成含 Ca/Mg/Al 捕碳劑應用於高溫二氧化碳捕獲技術，以不同添加比的 Mg 元素進行合成，Ca:Mg:Al 比例介於 7:0~2:1，實驗結果顯示，Ca/Al = 7:1 捕碳劑的二氧化碳捕獲效率可達 58wt%，Ca/Mg/Al = 7:1:1 捕碳劑則可達 43wt%，兩者皆具有 97-98% 的捕碳穩定性，XRD 的分析結果顯示，在進行碳捕獲前肢捕碳劑，以 CaO 和 CaCO_3 為主要的特徵峰，本研究亦進行 BET 及 SEM 等物理特性分析。

3. 發表國內會議論文 4 篇

- (1) 邱耀平、黃靜瑩、簡綉雲、簡郁展、蘇昱銘、陳柏壯、邱秀玫、陳一順，煤炭/生質物於流體化床反應器氣化程序之氣體淨化技術，2015 科技部機械固力、熱流及能源學門聯合成果發表會，2015 年 12 月 11 日，高雄蓮潭國際會館。
- (2) 林祐德、江滄柳、陳柏壯、邱耀平，流體化床氣化爐內煤炭氣化之多相流數值模擬分析，中國機械工程學會第三十二屆全國學術研討會，2015 年 12 月 11-12 日，國立高雄應用科技大學，高雄市。
- (3) 張家維、蕭述三、邱耀平、陳一順，兩階段顆粒床過濾器中循環再生系統對粉塵分離效率之研究，第三十九屆全國力學會議，2015

年 11 月 20-21 日，國立台灣科技大學，台北市。

- (4) 魏至洵、李季桓、余慶聰，製備含鈣鎂吸附劑於 CO₂ 捕獲之研究，中華民國環境工程年會暨各專門學術研討會，2015 年 11 月 13-14 日，中原大學，桃園市。

4. 發表國際會議論文 12 篇

- (1) K. Svoboda, M. Hartman, J. Havlica, J. Leitner, M. Pohořelý, M. Šyc, P.C. Chen, Thermodynamics of HCl and HF interferences in hot producer gas desulfurization by zinc, cerium and lanthanum oxide based sorbents, 20-22 July, 2015, Paris, France.
- (2) Hsiu-Mei Chiu, Po-Chuang Chen, Yau-Pin Chyou, Ting Wang, 2015, Performance Analysis of Power Generation and Synthetic Natural Gas (SNG) Production from Coal Gasification with Integrated versus Non-Integrated Configuration, 2015 International Pittsburgh Coal Conference, Oct. 5-8, Pittsburgh, PA, USA.
- (3) Yu-Der Lin, Yau-Pin Chyou, Po-Chuang Chen, Tsung Leo Jiang, 2015, Numerical Simulation of a Biomass Fluidized-bed Gasifier, Twelfth International Conference on Flow Dynamics, Oct. 27-29, Sendai, Japan.
- (4) Yi-Shun Chen, Shu-Che Li, Yau-Pin Chyou, Jhe-Yu Lin and Hung-Te Hsu Effect of operation parameters on the performance of hot gas clean-up technology with a moving granular bed filter, Seventh International Conference on Clean Coal Technologies, 17–21 May, Krakow, Poland.
- (5) Yau-Pin Chyou, Yi-Shun Chen, Po-Chuang Chen, Ching-Ying Huang, Hsiu-Mei Chiu, Technology Development of Clean Carbon as Sustainable Energy, 23 June, 2015, Taipei, Taiwan.
- (6) 林哲宇、陳一順、邱耀平，An experimental investigation on the performance of hot gas clean-up technology with a moving granular bed filter, 2015 台韓日三國化工聯合會議，2015 年 11 月 5 日至 11 月 7 日，高雄市義大皇家酒店。
- (7) Karel Svoboda, Miloslav Hartman, Havlica Jaromír, Leitner Jindrich, Michael Pohořelý, Michal Šyc, Po-Chuang Chen, Thermodynamics of HCl and HF interferences in hot producer gas desulfurization by zinc, cerium and lanthanum oxide based sorbents, International Conference on Chemical and Biochemical Engineering, July 20-22, Paris, France.
- (8) Karel Svoboda¹, Jiří Brynda, Miloslav Hartman, Yau-Pin Chyou, Michael Pohořelý, Siarhei Skoblia, Michal Šyc, Petra Kameníková¹, Interferences and thermodynamic limits for producer gas desulfurization, de-HCl and

de-HF by Ba, Ce and La-based sorbents, 42nd International Conference of SSCHE, 25-29, May, Tatranské Matliare, Slovak Republic..

- (9) Yu-Jhan Jian, Hsiu-Yun Chien, Yu-Ming Su, Yau-Pin Chyou, Preparation of silica-supported desulfurization sorbents for the development of clean coal technologies by incipient wetness impregnation method, 2015 Taiwan/Korea/Japan Joint Meeting on Chemical Engineering. Nov. 5-7.
- (10) Yu-Ming Su, Ching-Ying Huang, Yau-Pin Chyou, Sulfidation/Regeneration multi-cycle testing of zinc ferrite sorbents in the high-temperature removal of hydrogen sulfide, 2015 Taiwan/Korea/Japan Joint Meeting on Chemical Engineering. Nov. 5-7.
- (11) Hsiu-Yun Chien, Yau-Pin Chyou, Karel Svoboda, Application of Commercial Sorbent into Coal-derived Syngas Desulfurization Field for Clean Coal Technologies Development, 4th International Renewable Energy and Environment Conference (IREEC-2015), 2015, 6/4-6/6, Prague, Czech Republic.
- (12) Yu-Ming Su, Ching-Ying Huang, Yau-Pin Chyou, Karel Svoboda, Regenerable zinc ferrite sorbents for the removal of hydrogen sulfide at moderate temperatures, 2015 Global Engineering & Applied Science Conference (2015 GEASC), December 2-4, 2015, Tokyo, Japan.

二、技術創新(科技技術創新)

- (一) 本計畫 104 年度累計專利產出共 6 件，含專利獲得 5 件(美國 3 件)，專利申請 1 件(美國 1 件)，與技術報告 8 篇。計畫所達成之技術創新成就獲得外界之肯定，後續將強化推廣，以促進技術產業化之應用價值。

1. 104 年度 10 月參加 2015 年台北國際發明暨技術交易展，「多段式流動顆粒床過濾裝置」專利獲得競賽區銀牌獎(請參閱附件，圖 A-5)。

2. 104 年度 9 月參加第十二屆國家新創獎，參展專利作品「富氫氣體燃燒器」入圍複選。

- (二) 本計畫技術創新之主要價值與貢獻度分類說明如下：

1. 薄膜反應器技術開發：

本項技術將水煤氣轉換(WGS)反應的觸媒反應器與氫選擇性通透或吸附薄膜結合，將之作為催化水煤氣轉換反應的薄膜反應器，可應用於獲得

高純度二氧化碳可供封存與再利用。其副產品為高純度之氫氣，除了作為其他化學反應的原料之外，亦為可應用之燃料。此一技術主要利用薄膜催化技術促進反應器之效率，薄膜催化技術結合了觸媒催化與薄膜分離的技術，而兼具催化反應與分離產物的功能，相較於傳統的固定床反應器，薄膜反應器的產率與純度皆大幅提升。此外，本項技術調整吹掃管路之截面積，由其前端向末端遞減。使吹掃氣體於該吹掃管路之流速由前端向末端遞增，加速移出該原料氣體經該反應產生後通過該薄膜進入該吹掃管路之一生成氣體，提升該反應管路內之該反應之效率。

2. 中高溫除塵技術開發：

火力電廠或垃圾焚化廠於進行燃燒的動作時，大量具有粉塵的氣流會因該動作而產生，該粉塵中含有大量的微塵物質、硫化物、氮化物或其他汙染物，若將未經處理的氣流直接排放至外在環境中，該氣流所含有的汙染物係直接對環境造成重大影響。有鑑於此，各工業國家應制定嚴格的排放標準，而且各工業國家為了符合其所制定的排放標準，亦投入了許多的研發資源，以研究如何去除氣流中所含有的粉塵（汙染物）。

顆粒移動床(MGBF)之除塵率頗佳，可達 99.5%以上；系統所採用的過濾介質價格低廉、耐高溫、耐酸鹼、不易毀壞、容易更換、除塵力佳，而且壽命長。在除塵技術上，其具有較低壓力損失、高氣體流量等特性；其次，其成本較低，且過濾器本體之耐久性佳。因此，此種技術為發展重點之一。

(三) 本計畫之主要專利與摘要說明如下：

1. 專利獲得(證書號 5 件請參閱附件，圖 A-6 ~ A-10)

- (1) 邱耀平等，Gas distributor for granular moving bed filter，取得美國專利，US8,894,736B2，2015 年 1 月 19 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 5 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.

- (2) 余慶聰、邱耀平、陳威錦、陳文雄，Process of Manufacturing Carbon Capturing Agent at Moderate/High Temperature，取得美國專利，US9,108,859B2，2015 年 8 月 18 日。

摘要說明：一種中高溫捕碳劑鈣鋁碳酸鹽 Ca-Al-CO_3 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功效。

- (3) 邱耀平等，熱傳導結構及使用該結構之熱交換裝置及熱交換系統，取得中華民國專利，發明第 I494532 號，2015 年 8 月 1 日。

摘要說明：本發明為一種熱傳導結構，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外表面。該熱傳導保護層包覆於該熱傳導支撐層之外表面。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。

- (4) 邱耀平等，Hydrogen-Rich Gas Combustion Device，取得美國專利，US9,121,348B2，2015 年 9 月 1 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.

- (5) 邱耀平等，漸擴式薄膜反應裝置，取得中華民國專利，發明第 I495510 號，2015 年 6 月 11 日。

摘要說明：本發明係提供一種漸擴式薄膜反應裝置，其包含一反應管路、一薄膜及一吹掃管路，該反應管路、該薄膜及該吹掃管路可由內而外或由外而內依序設置，其特徵在於該反應管路之截面積由其前端向末端遞增，而使一原料氣體於該反應管路中之流速由前端向末端遞減，延長該原料氣體之滯留時間而提高該原料氣體進行反應之比率。本發明可進一步使該吹掃管路之截面積由其前端向末端遞減，而使一吹掃氣體於該吹掃管路之流速由前端向末端遞增，加

速移出該原料氣體經該反應產生後通過該薄膜進入該吹掃管路之一生成氣體，提升該反應管路內之該反應之效率。

三、經濟效益(經濟產業促進)

- (一)我國已於 2015 年正式通過「溫室氣體減量及管理法」，且已規劃並向 COP21 提交溫室氣體減量國家自訂預期貢獻 (NDC)。該行動代表我國已準備正式面對全暖化之議題。我國所需能源極端仰賴進口，因此除了積極發展再生能源外，如何有效使用傳統化石燃料、廢棄物能源與生質能遂成為極為重要的課題。
- (二)將燃料經氣化技術轉換後，其可作為化學品、替代燃料以及發電使用，除其綜合效益較傳統燃燒發電高之外，其多元應用之特性亦適合國內區域能源供應。現國內已有產業針對 MW 級系統之技術進行導入規劃，若以 MW 級廠之造價為億元估計，國內後續經濟開發效益可期。
- (三)燃燒前二氧化碳捕獲技術具有低能耗、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 年內具前瞻性減碳技術之一。技術開發的重點在於突破現有技術瓶頸，研製具有高溫抗劣化能力的固體氧化鈣系捕碳劑，並研擬將天然礦物導入捕碳劑製造系統中，藉以降低捕碳劑製造成本，提升經濟效益；同時建立中大型反應器之反應程序，提升產業跨足二氧化碳捕獲技術意願。
- (四)本計畫團隊已持續與國內產業接觸中，藉由氣化技術結合煤炭與生質物之混合氣化技術之導入，除可降低碳排放外，更可進一步降低污染排放。目前已與國內鋼鐵業積極接觸中，針對生質物流體化床氣化多元應用進行技術合作。
- (五)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式的最佳化設計，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。

- (六)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。本計畫藉由中高溫淨化技術的執行，建立氣體淨化材料量產示範技術，可協助國內產業開發自有的脫硫劑，以減少環境汙染與兼顧系統熱效率。

四、社會影響(社會福祉提升、環境保護安全)

- (一)氣化技術相較於傳統燃燒技術，其污染排放較少，為對環境友善之技術；有助提升國內環境保護，降低空氣污染。本計畫所推動之淨碳多元應用，其可將碳基燃料轉換為化學品、氣態燃料、液態燃料等。該技術除適合國內多元產業需求外、亦可增進國內能源自主度，未來亦可展望於低品位煤之應用，配合發展中之潔淨技術，其污染度可較現有水準為低。
- (二)目前國內仍未發展出可商業化且低成本的燃燒前二氧化碳捕獲技術，藉由此項技術的發展並搭配燃煤氣化技術，未來將可發展出高效能且低二氧化碳排放之發電與合成氣生產技術，協助國內相關廠商進行產業升級。
- (三)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。
- (四)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。
- (五)建立開發鈣系捕碳劑製造技術，其具有材料取得容易、成本低廉與製作方法簡單等優點，並可衍伸至天然礦物之應用，亦可於我國建立淨碳示範系統時，提供相關硬體設計與操作參數。。
- (六)將中高溫乾式脫硫技術導入電廠中可以減少硫化物污染物的排放，降低酸雨的危害，有助於增加電廠的熱效率、改善能源使用率，提升在綠能產業的競爭力。

五、其他效益(科技政策管理、人才培育、法規制度、國際合作、推動輔導等)

- (一)本年度另與捷克科學院轄下之化學製程原理研究所共同合作執行科技部(國科會)雙邊合作計畫，與本計畫之中高溫氣體淨化技術研發項目具有相輔相成之正面效益；後續將努力達到與國際相當的研發水準，以評估與國際產業面合作的可能性。
- (二)藉由本計畫之執行，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(材料鑑定、儀器分析及氣化爐操作)人才進行相關系統及技術研發，以建立台灣在此產業技術的國際競爭力。

貳、跨部會協調或與相關計畫之配合

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

- (一)計畫主持人奉派代表本所赴澳洲參加第 20 屆台澳能礦會議，負責於大會發表台灣 CCSU 計畫現況簡報；並配合能源局安排參訪澳洲研究機構 CSIRO，簡報本所能源計畫現況進行交流工作。未來在雙邊能源合作計畫架構下，可推動國際技術交流活動。
- (二)本年度計畫團隊另案執行申請能源局「流體化床技術平台之產業應用開發與推廣」能源科技專案計畫；另透過能源局科長的邀請，未來有機會參與 CCS 研發聯盟等淨碳聯盟之活動，可拓展與其他單位合作的契機。
- (三)本年度本計畫與捷克科學院轄下之化學製程原理研究所共同合作執行科技部(國科會)雙邊合作計畫，其內容主要為氣體淨化技術。另在本所之中高溫氣體淨化技術研發項目正進行脫硫劑量產製程與 10 kW 先導反應平台建立與測試，後續將努力達到與國際相當的研發水平，方可有與國際產業面合作的可能性。
- (四)本計畫團隊現正協助推動工業區能源整合供應示範案例，該案例整合產(中鋼)、學(中央、虎科、元智等)、研(工研院、核研所)團隊。預定於 5 年時間、完成工業區氣化技術多元應用示範 (~ 50 MW)。本計畫團隊現另參與淨煤主軸中心兩案計畫執行(中央、核研所各主導一案計畫執行)，希望藉此落實淨煤氣化、淨化、轉化技術之多元應用，並以實廠驗證方式奠基技術產業化進程。
- (五)因應國際合作與國內產業化需求，燃燒前二氧化碳捕獲技術開發計畫協助提供相關技術資料，以促進整體計畫未來合作案發展。此外，此二氧化碳捕獲技術亦可與氣化技術銜接，降低後端二氧化碳排放。

- (六)本年度本計畫衍生之與交通大學委外計畫，將探討「鈣沸石咪唑骨架孔洞粉體用於中高溫 CO₂ 捕獲技術」開發，主要探討高溫環境下之高捕獲效能及兼具效能再活化之奈米孔洞粉體製備技術為核心研究。過去與該校之合作亦成功開發層狀結構捕碳劑 (Layered-double hydroxides, LDH)，並且共同發表數篇國內外會議、期刊。

參、檢討與展望

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

- (一)現已著手建立淨碳技術驗證核心設施，目前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。
- (二)目前已與中鋼合作進行採用生質物經氣化技術轉換為氣態燃料作為 SOFC 發電，藉此將本計畫所發展的基礎技術實際應用於相關產業上。
- (三)由於國內對於中高溫過濾技術發展尚未整合，另其相關基礎工業技術不足，而國外在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，並可使熱模系統更具實務價值。
- (四)目前國內尚未有高溫脫硫劑之量產技術，藉由本計畫之執行，便可評估其吸附劑應用至產業之可行性。目前完成量產脫硫劑與批次實驗製備脫硫劑化性實驗之比較，確認量產後脫硫劑之品質與批次實驗相符合；未來將建置 kW 級反應系統模擬多元應用所需之合成氣氣氛條件，以利後續作為評估應用於產業之可行性。
- (五)目前國內尚未具有低成本且高效能的燃燒前二氧化碳捕獲技術，藉由本計畫的執行將可逐步提升國內的技術水準，突破此一困境。
- (六)本計畫近期積極與國內相關產業（鋼鐵業、石化業、造紙業等）洽談，討論推廣流體化床氣化技術應用於減碳領域之開發工作。前兩類業者

表示，目前其本業之獲利狀況欠佳，故短期內對研發之投資較為保守；唯開創潔淨高效減碳技術之新事業部門仍為彼等之長程規劃目標，預期未來景氣轉好後，相關研發之投資將加速進行。另外，後者表示目前優先以熱裂解技術處理其廢棄物，以轉化成液態燃料提供廠用；唯彼等認為，氣化技術具備產物多元應用之優勢，前景可期。

(七)依減碳淨煤主軸中心之建議，本計畫執行之二氧化碳捕獲技術內容自105年度起將與另案計畫合併執行。

附件：圖片說明

1. 圖片名稱：環保署減碳技術論文成果展發表「Technology Development of Clean Carbon as Sustainable Energy」論文之優等作品獎狀、獎座各一只
說明：參加 2015 減碳策略之低碳技術實踐國際夥伴會議，發表減碳技術論文，獲致優等作品。



A-1 優等作品獎座



2015減碳策略之低碳技術實踐
國際夥伴會議
減碳技術論文成果展

優 等



中華民國 104 年 6 月 23 日

A-2 優等作品獎狀

2. 圖片名稱：環保署減碳技術論文成果展發表「Development of Chemical Looping Combustion Technology」論文之優良作品獎狀一只

說明：參加 2015 減碳策略之低碳技術實踐國際夥伴會議，發表減碳技術論文，獲致優良作品。



A-3 優良作品獎狀

3. 圖片名稱:第二期能源國家型科技計畫－減碳淨煤主軸中心成果發表會
發表「流動式顆粒床過濾技術」論文之佳作獎作品獎狀一只

說明：參加 NEP-II 減碳淨煤主軸中心之成果發表會，發表中高溫淨化技術論文，獲致佳作作品。



A-4 佳作作品獎狀

4. 圖片名稱：2015 台北國際發明暨技術交流展「多段式流動顆粒床過濾裝置」作品之銀牌獎牌一只

說明：參加 2015 台北國際發明暨技術交流展，獲致銀牌作品。



A-5 銀牌獎牌

5 專利名稱：Gas distributor for granular moving bed filter



US008894736B2

(12) **United States Patent**
Chyou et al.

(10) Patent No.: **US 8,894,736 B2**
(45) Date of Patent: **Nov. 25, 2014**

(54) **GAS DISTRIBUTOR FOR GRANULAR MOVING-BED FILTER**

(75) Inventors: **Yau-Pin Chyou**, Taipei (TW); **Jiri Smid**, Prague (CZ); **Po-Chuang Chen**, Taoyuan County (TW); **Yi-Shun Chen**, Taoyuan County (TW); **Shu-Che Li**, Taoyuan County (TW); **Shu-San Hsiau**, Taoyuan County (TW)

(73) Assignee: **Institute of Nuclear Energy Research Atomic Energy Council, Executive Yuan**, Taoyuan County (TW)

(*) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 328 days.

(21) Appl. No.: **13/446,062**
(22) Filed: **Apr. 13, 2012**

(65) **Prior Publication Data**
US 2013/0098480 A1 Apr. 25, 2013

(30) **Foreign Application Priority Data**
Oct. 21, 2011 (TW) 100138300 A

(51) **Int. Cl.**
B01D 46/00 (2006.01)
F23J 15/02 (2006.01)
B01D 45/08 (2006.01)
B01D 46/34 (2006.01)
B01D 46/32 (2006.01)

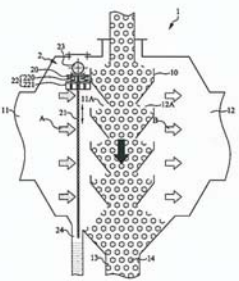
(52) **U.S. Cl.**
CPC **F23J 15/025** (2013.01); **B01D 45/08** (2013.01); **B01D 46/34** (2013.01); **B01D 46/0075** (2013.01); **B01D 46/32** (2013.01); **B01D 46/0053** (2013.01); **F23J 2217/105** (2013.01); **F23J 2217/20** (2013.01); **F23J 2217/30** (2013.01)

(58) **Field of Classification Search**
CPC B01D 46/0053; B01D 46/0075; B01D 46/32; B01D 46/34; B01D 46/38; B01D 45/08; B01D 53/08
USPC 55/300, 351, 462, 474, 495, 400, 428; 95/109; 96/150
See application file for complete search history.

(56) **References Cited**
U.S. PATENT DOCUMENTS
2,181,232 A * 11/1939 Haag 266/157
4,221,573 A * 9/1980 Hankins 96/35
5,722,113 A * 3/1998 Bazilik 15/352
7,708,803 B2 * 5/2010 Berry et al. 95/59
8,052,766 B2 * 11/2011 Varner et al. 55/300
8,491,711 B3 * 7/2013 Hsiau et al. 96/150
2010/0104487 A1 * 4/2010 Smid et al. 422/213
FOREIGN PATENT DOCUMENTS
TW 1337889 3/2011
* cited by examiner
Primary Examiner — Robert Clemente
(74) **Attorney, Agent, or Firm** — WPAT, PC; Justin King

(57) **ABSTRACT**
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.

16 Claims, 14 Drawing Sheets



A-6 美國專利證書

6.專利名稱：熱傳導結構及使用該結構之熱交換裝置及熱交換系統



A-7 中華民國專利證書

7.專利名稱：漸擴式薄膜反應裝置

	
中 華 民 國 專 利 證 書	
發明第 I 495510 號	
發 明 名 稱：漸擴式薄膜反應裝置	
專 利 權 人：行政院原子能委員會核能研究所	
發 明 人：邱耀平、林昱劭、陳柏壯、許文震、陳炎洲、陳建仲	
專利權期間：自 2015 年 8 月 11 日至 2033 年 10 月 28 日止	
上開發明業經專利權人依專利法之規定取得專利權	
經濟部智慧財產局	
局 長 王美花	
中華民國	104 年 11 月 11 日
	

注意：專利權人未依法繳納年費者，其專利權自原繳費期限屆滿後消滅。

A-8 中華民國專利證書

8.專利名稱： Hydrogen-Rich Gas Combustion Device



US009121348B2

(12) **United States Patent**
Chyou et al.

(10) **Patent No.:** **US 9,121,348 B2**
(45) **Date of Patent:** **Sep. 1, 2015**

(54) **HYDROGEN-RICH GAS COMBUSTION DEVICE**

(75) **Inventors:** Yau-Pin Chyou, Taipei (TW);
Shengyang Shy, Taoyuan County (TW);
Chien-Chia Liu, Taoyuan County (TW);
Chih-Yang Wu, Taoyuan County (TW)

(73) **Assignee:** INSTITUTE OF NUCLEAR
ENERGY RESEARCH, ATOMIC
ENERGY COUNCIL, Executive Yuan,
R.O.C., Lungtan, Taoyuan (TW)

(*) **Notice:** Subject to any disclaimer, the term of this
patent is extended or adjusted under 35
U.S.C. 154(b) by 675 days.

(21) **Appl. No.:** 13/453,339

(22) **Filed:** Apr. 23, 2012

(65) **Prior Publication Data**
US 2013/0104520 A1 May 2, 2013

(30) **Foreign Application Priority Data**
Oct. 31, 2011 (TW) 100139646 A

(51) **Int. Cl.**
F23D 14/48 (2006.01)
F02C 3/22 (2006.01)
F23R 3/14 (2006.01)
F23R 3/28 (2006.01)
F23D 14/24 (2006.01)
F23D 14/82 (2006.01)

(52) **U.S. Cl.**
CPC . F02C 3/22 (2013.01); F23D 14/24 (2013.01);
F23D 14/82 (2013.01); F23R 3/14 (2013.01);
F23R 3/283 (2013.01); F23D 2214/00
(2013.01); F23R 2900/00002 (2013.01); F23R
2900/03042 (2013.01)

(58) **Field of Classification Search**

CPC F02C 3/22; F23R 3/14; F23R 3/283;
F23R 2900/00002; F23R 2900/03042; F23D
14/24; F23D 14/82; F23D 2214/00
USPC 60/722, 734, 737, 738, 739, 740, 748,
60/752, 754, 755, 757, 796, 797
See application file for complete search history.

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

2,595,999	A *	5/1952	Boyd et al.	60/752
3,853,273	A *	12/1974	Bahr et al.	239/402
4,244,178	A *	1/1981	Herman et al.	60/754
4,653,278	A *	3/1987	Vinson et al.	60/737
5,345,768	A *	9/1994	Washam et al.	60/737
5,622,054	A *	4/1997	Tingle	60/737
5,673,551	A *	10/1997	Dobbeling	60/776
6,094,916	A *	8/2000	Puri et al.	60/737
6,151,899	A *	11/2000	Park	60/748
6,684,640	B2 *	2/2004	McMillan et al.	60/737
6,820,411	B2 *	11/2004	Pederson et al.	60/229
6,832,482	B2 *	12/2004	Martling et al.	60/737

* cited by examiner

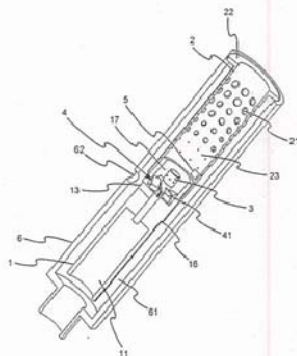
Primary Examiner — Steven Sutherland

(74) *Attorney, Agent, or Firm* — Jackson IPG PLLC;
Demian K. Jackson

(57) **ABSTRACT**

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.

14 Claims, 12 Drawing Sheets



10. 專利名稱：Process of Manufacturing Carbon Capturing Agent at Moderate/High Temperature



US009108859B2

(12) **United States Patent**
Yu et al.

(10) **Patent No.:** **US 9,108,859 B2**
(45) **Date of Patent:** ***Aug. 18, 2015**

(54) **ENGINEERED PROCESS OF MANUFACTURING CALCIUM ALUMINATE CARBONATES FOR MEDIUM-HIGH TEMPERATURE CO₂ CAPTURE**

(75) **Inventors:** Ching-Tsung Yu, Taoyuan County (TW); Yau-Pin Chyau, Taipei (TW); Wei-Chin Chen, Miaoli County (TW); Wun-Syong Chen, Taoyuan County (TW)

(73) **Assignee:** INSTITUTE OF NUCLEAR ENERGY RESEARCH, ATOMIC ENERGY COUNCIL, Lungtan, Taoyuan (TW)

(*) **Notice:** Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 275 days.
This patent is subject to a terminal disclaimer.

(21) **Appl. No.:** 13/613,224

(22) **Filed:** Sep. 13, 2012

(65) **Prior Publication Data**
US 2014/0072501 A1 Mar. 13, 2014

(51) **Int. Cl.**
C01F 11/00 (2006.01)
B01J 20/04 (2006.01)
B01D 53/14 (2006.01)
C01F 7/00 (2006.01)

(52) **U.S. Cl.**
CPC C01F 11/00 (2013.01); B01D 53/1475 (2013.01); B01J 20/041 (2013.01); C01F 7/002 (2013.01); C01P 2002/22 (2013.01); C01P 2002/72 (2013.01); C01P 2002/88 (2013.01); C01P 2004/03 (2013.01); C01P 2004/04 (2013.01); C01P 2004/60 (2013.01); C01P

2004/61 (2013.01); C01P 2006/12 (2013.01); C01P 2006/14 (2013.01); C01P 2006/16 (2013.01); C01P 2006/37 (2013.01)

(58) **Field of Classification Search**
CPC B01D 53/02; B01D 2251/404; B01D 2253/304; B01D 2253/34; B01D 2257/04; C01B 31/24; B01J 20/042; Y02C 10/08
USPC 423/419.1, 430, 431, 420.2; 502/401
See application file for complete search history.

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

4,133,755 A * 1/1979 Tarao et al. 210/679
5,462,813 A * 10/1995 Nagano et al. 428/698
2010/0248956 A1 * 9/2010 Yu et al. 502/414
2013/0015399 A1 * 1/2013 Yu et al. 252/184

* cited by examiner

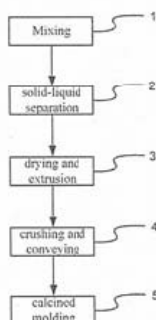
Primary Examiner—Richard M Rump

(74) *Attorney, Agent, or Firm*—Jackson IPG PLLC; Demian K. Jackson

(57) **ABSTRACT**

An engineered process of manufacturing a carbon capturing agent calcium aluminum carbonate Ca—Al—CO₃ 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 Na₂CO₃ 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—CO₃, 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.) CO₂ capture.

9 Claims, 11 Drawing Sheets



綱要計畫績效佐證資料總表

系統編號：MD10401-0347

計畫中文名稱：能源國家型科技計畫-碳基能源永續潔淨利用技術發展(2/5)

各機關計畫編號：A-EE-04

計畫性質：

備註：A代表綱要計畫層外加資料；B：代表細部計畫層外加資料；C代表GRB個別研究計畫所填資料

【學術成就表】

中文題名	第一作者	發表年度	文獻類別	備註
貧油預混火焰於陶瓷顆粒床燃燒特性	林士強	2016	國內重要期刊	
Regenerable zinc ferrite sorbents for the removal of hydrogen sulfide at moderate temperatures	Yu-Ming Su	2015	國際研討會	
煤炭/生質物於流體化床反應器氣化程序之氣體淨化技術	邱耀平	2015	國內研討會	
Petra Kamenikova ¹ , Interferences and thermodynamic limits for producer gas desulfurization, de-HCl and de-HF by Ba, Ce and La-based sorbents	Karel Svoboda ¹	2015	國際研討會	
An experimental investigation on the performance of hot gas clean-up technology with a moving granular bed filter	林哲宇	2015	國際研討會	
化學迴路燃燒技術開發	邱耀平	2015	國際研討會	
Low temperature combustion of H ₂ air in ceramic granular bed	Shou-Ian Yang	2015	國外重要期刊	
Application of Commercial Sorbent into Coal-derived Syngas Desulfurization Field for Clean Coal Technologies Development	Hsiu-Yun Chien	2015	國外重要期刊	
Sulfidation/Regeneration multi-cycle testing of zinc ferrite sorbents in the high-temperature removal of hydrogen sulfide	Yu-Ming Su, Ching-Ying Huang, Yau-Pin Chyou	2015	國際研討會	
Preparation of silica-supported desulfurization sorbents for the development of clean coal technologies by incipient wetness impregnation method	Yu-Jhan Jian, Hsiu-Yun Chien, Yu-Ming Su, Yau-Pin Chyou	2015	國際研討會	
兩階段顆粒床過濾器中循環再生系統對粉塵分離效率之研究	張家維、蕭述三、邱耀平、陳一順	2015	國內研討會	
流體化床氣化爐內煤炭氣化之多相流數值模擬分析	林祐德、江滄柳、陳柏壯、邱耀平	2015	國內研討會	
Numerical simulation of a biomass fluidized-bed gasifier	Yu-Der Lin, Yau-Pin Chyou, Po-Chuang Chen, Tsung Leo Jiang	2015	國際研討會	
Performance Analysis of Power Generation and Synthetic Natural Gas (SNG) Production from Coal Gasification with Integrated versus Non-Integrated Configuration	邱秀玫、陳柏壯、邱耀平、王亭	2015	國際研討會	
Synthetic Natural Gas (SNG) Production via	陳柏壯、邱秀玫、邱		國外重要	

Gasification Process with Blend of Coal and Wood Chip as Feedstock	耀平	2015	期刊	
製備含鈣鎂吸附劑於CO ₂ 捕獲之研究	魏至洵、李季桓、余慶聰	2015	國內研討會	
Hot gas clean-up technology of dust particulates with a moving granular bed filter	Yi-Shun Chen	2015	國外重要期刊	
Technology Development of Clean Carbon as Sustainable Energy,	Yau-Pin Chyou	2015	國際研討會	
合成含Ca-Mg-Al 捕碳材料並應用於中高溫CO ₂ 捕獲程序	李季桓	2015	國內重要期刊	
THERMODYNAMICS OF HCL AND HF INTERFERENCES IN HOT PRODUCER GAS DESULFURIZATION BY ZINC, CERIUM AND LANTHANUM OXIDE BASED SORBENTS	K. Svoboda,	2015	國際研討會	
Application of Commercial Sorbent into Coal-derived Syngas Desulfurization Field for Clean Coal Technologies Development	Hsiu-Yun Chien	2015	國際研討會	
Effect of operation parameters on the performance of hot gas clean-up technology with a moving granular bed filter	Yi-Shun Chen	2015	國際研討會	
Acidic Treatment of CaO-Based Materials for Medium-High Temperature CO ₂ Capture	Kuo-Hsin Lin	2015	國外重要期刊	
Efficiency Analysis of Gas Turbine Combined-Cycle Fed with Synthetic Natural Gas (SNG) and Mixture of Syngas and SNG	Hsiu-Mei Chiu	2015	國外重要期刊	

【培育人才表】

姓名	學歷	機構名稱	指導教授	備註
張家維	博士	中央大學機械系	蕭述三	
王柏鈞	博士	中央大學機械系	蕭述三	
崔先棋	碩士	成功大學航空太空工程研究所	江滄柳	
林佑德	碩士	成功大學航空太空工程研究所	江滄柳	
林杰燕	碩士	交通大學	陳三元	
楊翊筠	碩士	交通大學	陳三元	

【智財資料表】

專利名稱	專利類別	授予國家	有效日期	備註
Hydrogen-Rich Gas Combustion Device	發明專利	美國	2015/09/01	
熱傳導結構及使用該結構之熱交換裝置及熱交換系統	發明專利	中華民國	2015/08/01	
漸擴式薄膜反應裝置	發明專利	中華民國	2015/08/01	
Process of Manufacturing Carbon Capturing Agent at Moderate/High Temperature	發明專利	美國	2015/06/04	
Gas distributor for granular moving bed filter	發明專利	美國	2015/01/19	
Waste heat recycling apparatus and method for the same	發明專利	美國		