

政府科技計畫成果效益報告

計畫名稱：纖維酒精量產技術研發(3/4)

(群組) (領域)

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

目 錄

壹、基本資料.....	1
貳、計畫目的、計畫架構與主要內容.....	1
一、計畫目的.....	1
二、計畫架構(含樹狀圖).....	2
三、計畫主要內容.....	3
四、本年度預期目標及實際達成情形.....	4
參、計畫已獲得之主要成果與重大突破 (含質化與量化成果 outputs).....	14
一、本計畫重要成果及重大突破.....	14
二、績效指標項目初級產出、效益及重大突破.....	26
肆、主要成就及成果所產生之價值與貢獻度(outcomes).....	37
一、學術成就(科技基礎研究)(權重_20_%).....	38
二、技術創新(科技整合創新)(權重_30_%).....	43
三、經濟效益(產業經濟發展)(權重_20_%).....	47
四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續)(權重_5_%).....	48
五、其它效益(科技政策管理及其它)(權重_5_%).....	48
伍、本年度計畫經費與人力執行情形.....	49
一、計畫經費執行情形.....	49
(一)計畫結構與經費.....	49
(二)經資門經費表.....	50
二、計畫人力運用情形.....	52
(一)計畫人力.....	52
(二)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... ..	52
陸、本計畫可能產生專利智財或可移轉之潛力技術(knowhow)說明.....	58
柒、與相關計畫之配合.....	61
捌、後續工作構想之重點.....	61
玖、檢討與展望.....	62
附錄一、佐證資料表.....	64
附錄二、佐證圖表.....	76

第二部分：政府科技計畫成果效益報告

壹、基本資料

計畫名稱：纖維酒精量產技術研發

主持人：黃○○

審議編號：101-2001-02-癸-10

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

本年度期間：101 年 01 月 01 日至 101 年 12 月 31 日

年度經費：45,330 千元 全程經費規劃：194,518 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

註：請依原綱要(細部)計畫書上所列計畫目的、架構、主要內容填寫

一、計畫目的

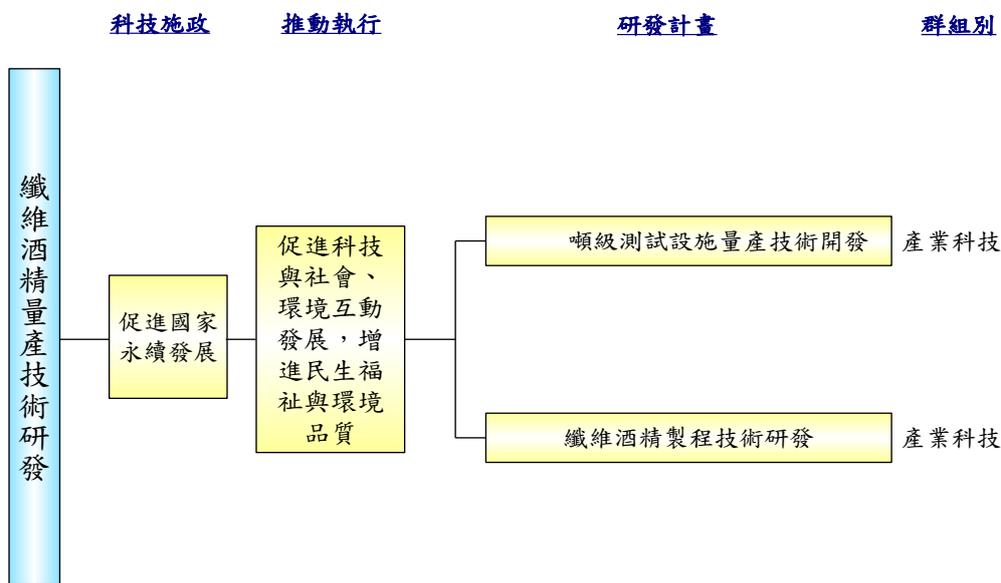
2007 年 9 月台北市試辦 E3 酒精汽油，由 8 家加油站率先販售，每公升之 E3 酒精汽油較 95 無鉛汽油優惠 1 元，台北市內中央與地方單位公務車輛率先添加 E3 酒精汽油。2009 年 7 月高雄市併入實施 E3 酒精汽油，北高都會區共 14 家供應 E3 酒精汽油，每公升優惠提升到 2 元。2009 年 4 月我國為因應能源安全、經濟發展、環境保護等重大議題，召開全國能源會議，會議結論建議推動汽車合理使用國內廢棄物或第二代非糧食作物生產之生質燃料，並研究規劃於 2020 年達到 E10 目標之可行性。經濟部繼於 2009 年 10 月發佈推動綠色能源產業旭升方案行動計畫，在產業化方面，能源局將依據全面供應 E3 酒精汽油時程，協助業界投資設置酒精工廠。此外，2009 年國科會推動能源國家型計畫，在技術發展之規劃則以開發第二代生質燃料為目標。國內原訂於 2011 年全面實施 E3 酒精汽油，因條件尚未成熟，現規劃延至 2018 年執行，屆時國內第一代與第二代生產設施相互搭配，應可提供 30 萬公秉酒精供 E3 使用。

本計畫配合政府發展生質燃料政策，致力於纖維酒精技術之研發，2009 年底完成日進料 1 噸之纖維酒精測試廠之建立，2010 年開始測試運轉。此測試廠為國內發展纖維酒精技術之重要平台，提供量產技術可行性驗證、國內外生物資源測試、人員訓練與教育推廣、產業與國際合作等功能。未來國內建立纖維酒精量產廠，以農、林業剩

餘資材為原料，生產生質燃料作為交通運輸之用，可達到能源多元化及二氧化碳減量之效果。預期成效為:

1. 進行噸級廠處理稻稈、蔗渣等不同生質物轉化纖維酒精之量產技術研究，藉改善生產程序之效能，使每噸乾纖維料源之酒精產量達 200 公升，作為量產技術移轉之基礎。
2. 建立噸級發酵規模之廠內酵素生產技術，其生產之酵素可取代國外酵素，提供給噸級測試廠進行酵素水解程序之測試研究。
3. 建立以具不同單糖共發酵能力之酒精生產發酵菌株及其製程技術，作為後續噸級測試廠發展同步糖化及共發酵量產程序之運作基礎。

二、計畫架構(含樹狀圖)



三、計畫主要內容

核研所於 2009 年底完成日進料量 1 公噸規模之纖維轉化酒精測試設施，據以協助產業界建立生質酒精量產技術，以達生質燃料產業化之目標及國際化佈局之基礎。為配合此發展方向，研擬 99 -102 纖維酒精量產技術研發計畫，101 年計畫的研發主軸為噸級測試設施量產技術開發與纖維酒精製程技術開發。計畫目標與工作內容分述如下：

1.噸級測試設施量產技術開發：

發展纖維酒精量產技術，以同步水解與發酵程序為噸級廠測試主軸，測試整廠運轉之順暢性及改善各單元系統之效能。本年度工作重點除將積極與已接觸產業單位展開先期合作，以促成102-103年起開始進行合作開發與技術移轉外，於101年之技術開發要項包括：

- (1) 噸級測試廠設施性能精進測試: 完成連續長時間(7-14天)各程序驗證測試運轉及穩定性運轉。
- (2) 廠內酵素生產技術: 建立噸級發酵規模之廠內酵素生產技術，其生產之酵素可取代國外酵素，提供給噸級測試廠進行酵素水解程序之測試研究。
- (3) 商轉廠運轉及效益評估技術建立: 進行噸級廠規模之能源投入評估與生產成本分析，同時提出可工程放大之量產製程設計與整廠配置。

2.纖維酒精製程技術開發：

為提升單位纖維原料之酒精產量與降低製程成本，本項工作擬發展較前瞻之纖維酒精技術，研究重點包括以纖維酒精測試平台之設施，評估學研單位開發之生物資源的效能及發展其生化製程，以應用於纖維酒精量產技術之測試運轉。101年之工作重點為：

- (1) 新穎生物資源應用於纖維酒精生產之評估與製程技術開發: 建立以具不同單糖共發酵能力之酒精生產共發酵菌及其製程技術，作為後續噸級測試廠發展同步糖化及共發酵量產程序之運作基礎。

- (2) 纖維原料多樣化之水解及發酵技術研究: 增加蔗渣為測試原料, 並據此提出併同第一代蔗汁生產酒精之程序整合設計。

四、本年度預期目標及實際達成情形

1. 全程目標與達成情形

全程目標	執行成果	差異分析
1.噸級測試設施量產技術開發	本分項計畫著重於纖維酒精量產技術之開發, 99年完成以稻稈為原料之分開水解與發酵(SHF)程序整廠運轉測試。100年完成程序精進, 開發同步水解發酵(SSF)程序建立與測試, 測試過程中以稻稈為原料, 纖維素水解則使用商業化及廠內生產之酵素。101年將持續噸級測試廠各單元設施性能精進、開發多元生質纖維原料處理技術、建立廠內酵素生產技術及效益評估技術, 工作項目分為: 1.1噸級測試廠設施性能精進測試; 1.2廠內酵素生產技術之建立; 1.3商轉廠運轉及效益評估技術建立。	與預定進度無差異
1.1 噸級測試廠設施性能精進測試		
1.1.1 前處理系統測試與功能提升	噸級測試廠前處理設施之設計係以稀酸水解配合蒸汽爆裂技術為基礎, 所設計具有一階段(臥式)及二階段(立式)酸催化蒸汽爆裂程序連續操作模式之前處理系統。 先前執行成果: 1. 99年4月驗收後, 即以稻稈為進料進行測試, 改善前處理系統各單元設備之功能與基本控制程序邏輯與輸送參數, 以提升其操作之順暢度。 2. 100年度以二階段前處理為基礎, 開發前處理新製程, 建立最佳控制程序邏輯及輸送參數與反應操作參數, 以提升稻稈之處理效率及能源使用效率。同時依連續運轉操作時之情形,	與預定進度無差異

	<p>針對部份硬體設備零組件進行檢討及精進，以提升功能；包括 1.完成架橋破壞器之安裝測試，成功提昇稻稈進料之穩定性，減少破壞架橋之人力配置。2.精進泥漿產物固液分離設備，提高前處理固渣之回收率，同時使水解液損失率由 20-40% 降至約 10%。3.改良閃化出料裝置，避免閃化時所造成衝擊及刮損而洩漏，可降低磨耗及節省維修成本，並已成功應用於測試廠之前處理設備。</p> <p>本年度執行成果:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.本年度著重於噸級前處理系統應用纖維原料多樣化之測試，成功完成了蔗渣、孟宗竹及麻竹之酸催化前處理，擴展此前處理系統之多樣性原料處理能力。 2.蒸汽爆裂後產生瞬間脈衝式排放而損失熱能，為了回收閃化時隨閃化之出料及閃化蒸汽熱能。本計畫將現有「高壓蒸汽爆裂廢氣處理設備」之性能提昇，於閃化蒸汽進入廢氣處理設備之輸送管線上，增設高效率粉體分離設備，使用具有內部沾粘性粉體自動刮除設施的旋風分離技術，並增設能源回收設備，目前上述精進設備皆已完成安裝與測試。 	
1.1.2 水解及發酵系統測試與功能提升	<p>先前執行成果:</p> <p>99-100 年度完成 SHF 和 SSF 製程測試，根據不同固液比、酵素劑量、接菌量、操作溫度及進料模式變化下，對纖維素之水解與發酵效率進行測試，以建立最適之操作模式。另針對提升五碳糖發酵效率研究，完成氣液質傳對五碳發酵轉化酒精之效應評估探討，有效提升木糖轉化酒精效益，此結果可作為開發同步水解共發酵(SSCF)程序之參考。</p>	與預定進度無差異

	<p>本年度執行成果:</p> <p>1.101 年測試主要目標在於建立 SSF 程序穩定操作方法，並考量未來商轉廠水解發酵系統之可工程放大的槽體設計評估。另在前處理固定條件下，使稻稈及蔗渣於 110°C、酸量 0.7%(w/w) 的條件時，進行預熱混酸，繼而於 190°C 及 170°C、2min 下進行酸催化蒸汽爆裂反應，以 20% 高固液比條件，分批饋料方式，分別採用直立式及臥式兩種型式之槽體進行等溫 (33°C) SSF 程序操作，另調控纖維水解酵素 (Novozymes Cellic CTec2) 之活性變化 6-15FPU，此兩類型槽體在相同條件下進行同步水解發酵，其發酵效率約在 90~95%，其酒精濃度約 25-28g/L，兩者差異不大，此說明以立式槽體進行 SSF 程序可行，可提供未來放大之參考依據。</p> <p>2. 本年度另測試在連續運轉模式下，稻稈固體渣料採連續饋料模式之 SSF 的酒精生成率，發現 SSF 的酒精生成率會因饋料負荷量有所不同，在特定饋料負荷量下最高酒精濃度可由先前的 25-28g/L 提昇至 33g/L，酒精生成率亦可提升至 60%，達到年度目標</p>	
<p>1.1.3 酒精蒸餾與脫水系統測試與功能提升</p>	<p>1. 酒精純化單元主要針對硬體設備改善，以提升設備使用堪用率及降低能耗。具體執行成果如下:</p> <p>(1) 蒸餾系統增設塔底廢液熱回收裝置，作為進料預熱使用，經實際測試與 100 年相同採用每小時 650L 發酵液進料相比，能有效降低蒸汽使用量 15% 以上，降低單位酒精成品蒸餾所需蒸汽及能耗(圖 c-1)。</p> <p>(2) 修改分子篩吸附系統冰水管路及改用真空產生器等方式進行操作，可</p>	<p>與預定進度無差異</p>

	<p>以延長操作穩定性及減少連續運轉過程故障排除或停機比例。</p> <p>(3)增設分子篩吸附系統酒精蒸汽過熱器，以得到過熱酒精蒸汽，便於調節操作狀態及增進操作效能，測試結果對於再生效能有所提升(圖c-2)。</p> <p>2. 完成中油代處理脫水酒精測試 2 公秉，並經檢驗合乎燃料級酒精標準，已於 6/15 載運至中油摻配場，作為 E3 酒精汽油使用。</p>	
<p>1.2 廠內酵素生產技術之建立</p>	<p>先前執行成果:</p> <p>本計畫係於 98 年起開始著手建立廠內酵素生產技術之研究方法，並依序完成不同前處理稻稈固渣做為酵素生產誘導物之篩選研究、100L 規模之標準纖維素為誘導物的酵素生產發酵技術及酵素液濃縮技術之測試評估等各項工作，99 年完成噸級廠內酵素生產系統之建置與測試，將酵素生產之發酵規模放大至噸級生產規模，且酵素液經濃縮後的活性值可達 2.5FPU/mL 以上；100 年除進一步測試不同發酵策略，並增設酵素液固液分離及濃縮設備後，酵素液經濃縮後的活性已提高至 20 FPU/mL 以上，將可根據纖維酒精製程需求，彈性製備所需之酵素液活性。</p> <p>本年度執行成果:</p> <p>1. 建立噸級規模酵素生產能力：以自行開發之酸催化水解設備，建立以稻稈大量製備酵素誘導渣料之方法，目前已生產 250 公斤之誘導料源，可提供 1000L 規模稻稈固渣誘導之纖維素水解酵素生產運轉，目前利用串聯式酵素生產技術，在 5L 發酵槽可生產酵素粗萃液活性達 17-21 FPU/mL，目前已開始在</p>	<p>與預定進度無差異</p>

	<p>1000L 發酵槽進行運轉驗，藉以測試 scale-up 運轉之參數，初期 1000L 發酵槽生產酵素活性達 10 FPU/mL，許多發酵參數還需進行最適化之調整，藉由下半年 1000L 運轉測試，調整發酵參數，藉由最適化達到 5L 酵素生產之水平。</p> <p>2. 建立酵素液濃縮技術：本年度之計畫目標值酵素活性須達 10-20 FPU/mL，以目前串聯式酵素生產技術，粗萃液活性就已達到今年酵素之目標，目前會根據計畫需求，結合薄膜濃縮技術後，取得活性達到 30-40 FPU/mL 之酵素液。</p> <p>3. 與國內學術單位開發 cocktail 水解酵素：以自行生產之纖維水解酵素測試對酸催化前處理稻稈渣料的水解能力發現，自產酵素會造成纖維雙糖累積的現象，但總糖(葡萄糖+雙糖)的生成效果與國際酵素水解，顯示自產纖維水解酵素有 β-glucosidase 活性不足的問題，由於中研院具有生產 β-glucosidase 酵素之菌株，核能所與中研院的酵素相互搭配使用，可補足自產酵素所缺乏之 β-glucosidase 酵素。本年度第四季已於噸級測試廠運轉測試中，將上述 cocktail 水解酵素應用於 SSF 程序之測試，發現酒精生成率可與國外酵素相當，但酒精生成速率則有改善空間，與實驗室規模之測試結果有所落差，故後續規劃進一步著手改善其 cocktail 酵素組成，同時評估採調整饋料模式的方法改善。</p>	
<p>1.3 商轉廠運轉及效益評估技術建立</p>	<p>此研發工作為 101 年計畫之新增項目。延續 100 年能源與水資源整合及效</p>	<p>與預定進度無差異</p>

	<p>益評估工作項目。本年度已完成噸級廠SSF 操作下整廠水資源及用電之盤查、蒸汽使用量的評估等。同時，亦利用這些蒐集的資料建立整廠部分的質量、能量平衡模式，並完成初步分析、據此做為後續設計與放大的依據。</p> <p>前處理及酒精分離兩個單元的熱整合，據去年的分析規劃，仍舊持續進行。首先酒精蒸餾單元，利用蒸餾塔塔底液的餘熱來預熱進料，由設計到施工已於去年底完成，並於今年年初測試運轉。在前處理單元，除考量爆裂蒸汽餘熱回收再利用外，同時也考慮去年水盤查發現吸收塔的用水量百分比過高問題。因此在爆裂蒸汽處理系統中增加了旋風分離器與熱交換器，利用爆裂蒸汽預熱加入前處理的硫酸液，並因此降低蒸汽潛熱、節省用水。</p>	
2.纖維酒精製程技術開發	<p>本分項計畫之任務係發展具前瞻性之纖維酒精製程技術，以進一步提升單位纖維原料之酒精產量與降低製程成本。99 年規劃重點係以學研合作的模式，發展纖維素水解酵素生產菌株及兼具木糖及葡萄糖共發酵能力的酒精生成菌，期藉由拋磚引玉的方式，鼓勵國內學術單位投入相關生物資源之開發研究；100 年開始利用上述學研合作開發之生物資源，開發其生化製程技術，同時提升菌株於實際製程的穩健性，期能 101 年應用於纖維酒精量產技術之測試運轉。另一方面，本分項計畫亦於 100 年開始擴大纖維酒精製程之測試原料，並選擇蔗渣為測試對象。有鑒於此，本計畫於 101 年的工作內容包括 2.1 新穎生物資源應用於纖維酒精生產之評估與製程技術開發；2.2 纖維原料多樣化之水解及發酵技術研究。</p>	

<p>2.1 新穎生物資源應用於纖維酒精生產之評估與製程技術開發</p>	<p>先前執行成果:</p> <p>本計畫於 97 年起與學術單位合作開發建構一株共發酵菌 <i>Saccharomyces cerevisiae</i> YY5A，99 年經強化其 xyl1 及 xyl2 基因之表現能力後，該共發酵菌的總糖 (木糖及葡萄糖)轉化酒精效率已提升至 80%。100 年經持續改良與馴化共發酵菌株 YY5A 後，測試其木糖轉化酒精能力發現，與國際知名共發酵菌株 Purdue-Ho yeast 424A(LNH-ST)相近的發酵條件下(初始木糖 70 g/L)，共發酵菌 YY5A 於 24 小時內可將木糖完全利用，其木糖利用速率達 2.6 g/L/h，木糖轉化酒精效率達 77%，兩者皆與國際知名共發酵菌株 424A(LNH-ST)相當。另外本計畫亦以 100L 規模發酵槽測試共發酵菌於真實水解液的發酵能力發現，其總糖(木糖+葡萄糖)轉化酒精效率可穩定地維持在 72±4%，此將作為後續共發酵菌應用於同步糖化及共發酵製程(simultaneous saccharification and co-fermentation, SSCF) 程序 scale-up 研究之基礎，同時亦持續改良及篩選具更佳效能之共發酵菌，若取得效能更佳之共發酵菌，將會適時取代目前測試之共發酵菌株 YY5A。</p> <p>本年度執行成果:</p> <p>1.持續改良及篩選具更佳效能之共發酵菌: 目前經由基因工程提升及調控基因表現量，已篩選出具較佳木糖轉化酒精效率的基因改良菌株 Y15，其相較於先前建構之菌株 YY5A，木糖代謝速率較快，且利用抑制性較低之水解液進行測試，最高總糖酒精產率可由 0.38 g/g 提升至 0.41 g/g。目前已開始嘗試再利用分子生物工具調控，降低菌株之木</p>	<p>與預定進度無差異</p>
--------------------------------------	--	-----------------

	<p>糖代謝副產物的比例，以進一步提升菌株之酒精發酵效率，並持續進行馴化培養，增進共發酵菌株對水解液抑制物之穩健性與耐受力。</p> <p>2. 共發酵菌株 Y15 乾燥粉末製備：由於考量酵母菌乾燥製備為粉末，可使纖維酒精廠發酵操作更為簡便而彈性，且不會如添加液態培養酵母菌般，造成發酵糖質濃度略被稀釋的現象，故本年度另建立共發酵菌乾燥粉末製備技術。目前共發酵菌 Y15 已能以自行開發之低溫乾燥技術製備為粉末，其活化後具 50%~60% 的存活率，與現階段國際上知名 DSM 公司市售乾式酵母粉相當，且進一步以蔗渣和稻稈水解液進行發酵可行性評估，其酒精生成率與傳統使用液態培養之酵母菌的發酵結果亦無明顯落差，此證明本計畫開發之共發酵菌低溫乾燥技術已具應用之可行性。</p> <p>3. 建立 SSCF 程序操作條件：為因應後續將以噸級廠設施進行 SSCF 製程之驗證測試，本計畫分別以 5L 及 100L 發酵槽，交互進行 scale-up 及 scale-down 之實驗，發現為克服水解液抑制物造成菌株發酵延遲的影響，接菌量建議維持在 1g 乾重/L，且延遲酵素添加的時間點也對菌株之木糖發酵能力有所助益。目前 SSCF 程序操作條件已有初步結果，進一步以 100L 發酵槽進行 scale-up 驗證，發現於 72 小時後可獲致 40g/L 的酒精濃度，其總糖(葡萄糖+木糖)轉化酒精效率最可達 0.38g/g(約 76%)，已達預定目標。另本研究亦已於噸級廠 9 噸發酵槽驗</p>	
--	--	--

	<p>證共發酵菌 Y15 於木糖水解液之木糖利用效能，發現其木糖利用速率約 0.8g/L/h，推估木糖轉化酒精效率約 70%，皆與實驗室規模及 100L 發酵規模之結果相當，顯示確實具有應用於 102 年噸級廠 SSCF 程序測試之潛力。</p>	
<p>2.2 纖維原料多樣化之水解及發酵技術研究</p>	<p>以噸級蒸氣爆裂系統進行蔗渣前處理，前處理條件在反應溫度 170°C、硫酸濃度 0.9% 和反應時間 2 分鐘的操作下，再以 100L 發酵槽進行同步水解及發酵程序驗證，顯示每噸蔗渣的纖維素可轉化酒精量約為 142 公升，纖維轉化酒精總轉化效率為 64%，達預定目標，若再考量木糖轉化酒精量，則每噸蔗渣轉化的酒精量約 190 公升，與 100 年度於 5L 發酵規模所得之結果相當，顯示蔗渣確實具有應用潛力。</p>	<p>與預定進度無差異</p>

2. 年度查核點達成情形

年度預期目標(查核點)	實際達成情形	差異分析
<p>噸級測試廠設施性能精進 (30%) SSF 程序轉化效率 60% ; 蒸餾脫水產率 85%</p>	<p>1. 完成噸級廠以蔗渣為原料之運轉測試，目前測試廠前處理系統亦適用於蔗渣原料之輸送與進料，建議操作參數包括反應溫度 185°C、持壓時間 120 秒、進酸濃度 0.7% (v/v) 及進酸流量 1.5L/min。另 SSF 程序操作於固液比 20% 下，最高酒精濃度可達 33 g/L，相當於轉化效率 60%。 2. 酒精蒸餾脫水程序經改善硬體設備，增進蒸餾廢液熱回收效益及脫水系統再生操作效能，合計產率達 87%。</p>	<p>與預定進度無差異</p>
<p>商轉廠運轉及效益評估 技術建立 能源效益、減碳效益及經濟效益評估方法建立</p>	<p>1. 配合噸級廠進行節能措施測試。利用前處理及蒸餾單元餘熱實施熱整合，使蒸餾蒸汽用量減少 15%、前處理蒸汽減少 20% 以上。改善 SSF 操作，使水解發酵時程由 60 h 減為 48 h，因此縮短曝氣及攪拌時間、減少能耗。整體而言順利降低總能耗 10% 以上，達成預定目標。 2. 利用噸級廠運轉參數建立整廠質量與</p>	<p>與預定進度無差異</p>

	<p>能量平衡模式。配合未來商轉，於模式中加入汽電共生設計，充分利用製程固渣與廢水的熱值成為廠用動力來源。據此，完成初步能源與減碳效益分析。</p>	
<p>廠內酵素生產技術之建立 酵素液活性 10 -20 FPU/mL</p>	<p>1. 完成以 <i>Trichoderma reesei</i> 加入 <i>Aspergillus niger</i> 進行乳糖饋料之酵素生產實驗，藉由不同菌株串聯式生產酵素程序改進，在 5L 發酵槽其酵素粗萃液之活性可達 17.3-21.7FPU/mL，相對於利用單株生產酵素活性增加 120-170%，在酵素生產之製程上，有了重大之突破。</p> <p>2. 串聯式酵素生產，以 1000L 運轉生產纖維酵素，目前酵素活性可達 10 FPU/mL，雖然已達到今年酵素生產之年度目標，但後續將持續進行發酵條件之測試，藉由最適化之參數，達到與 5L 酵素生產之水平。</p>	與預定進度無差異
<p>新穎生物資源應用於纖維酒精生產之評估與製程技術開發 100L 規模同步糖化及共發酵程序操作之總糖轉化酒精效率 75%</p>	<p>利用自行開發之共發酵菌建立同步糖化及共發酵程序(SSCF)，於 100L 發酵槽進行放大實驗，發現於 72 小時後可獲致 40g/L 的酒精濃度，轉化酒精效率最高 0.38g/g (約 76%)，已達預定目標，據此將可應用於評估續 scale-up 至噸級發酵規模的操作方法。</p>	與預定進度無差異
<p>蔗渣水解及發酵技術研究 纖維原料多樣化之水解及發酵技術研究 提出併同生產酒精之程序整合設計，纖維素/蔗糖轉化酒精效率 70%</p>	<p>以噸級蒸汽爆裂系統進行蔗渣前處理，前處理條件在反應溫度 170°C、硫酸濃度 0.9%和反應時間 2 分鐘的操作下，再以 100L 發酵槽進行同步水解及發酵程序驗證，顯示每噸蔗渣(占每株甘蔗 25%重量)所含葡萄糖與木糖可轉化酒精可達 190 公升，纖維轉化酒精總轉化效率為 60%，蔗汁蔗糖可產生酒精量約 70-80L，蔗糖轉化酒精效率大於 90L，據此推算甘蔗全株利用時，纖維素/蔗糖轉化酒精效率可至 75%以上，達預定目標。</p>	與預定進度無差異
<p>學術成就 A.國外期刊:4 篇 B.專利申請:6 件 C.研究/技術報告:15 篇</p>	<p>A.國外期刊:7 篇 B.專利申請:7 件 C.研究/技術報告:44 篇</p>	與預定進度無差異

參、計畫已獲得之主要成果與重大突破 (含質化與量化成果 outputs)

一、本計畫重要成果及重大突破

經同仁持續的努力，目前本年度計畫已有 5 項具體的重大突破，主要包括

- 與國內外計 3 家產業展開實質合作及技術服務，同時簽訂 5 件合作意願書，使纖維酒精核心技術產業化應用展露曙光。
- 噸級廠整廠運轉測試精進後，目前每噸稻稈乾重轉化酒精產量已可達 200 公升之目標。
- 建立纖維酒精廠能資源整合工具與技術，使纖維酒精製程之能源產出/投入比至少可達 2.0 以上，展現具體能源效益。
- 自行研發之前處理設計與共發酵菌株獲得國際產業肯定，據此可做為後續產業化推廣與合作之重要依據。
- 建立噸級廠整廠之合理化配置，同時確認前處理製程與直立式發酵之程序設計，建立明年度製程設備放大工程與驗證廠基本設計之發展基礎。

茲就重要成果詳細說明如下：

1. 研發成果推廣

本計畫於 100 年度起即根據先前之研發成果，開始就纖維酒精平台測試服務與纖維轉化技術進行推廣工作，目前已有初步的具體成果，顯示國內發展纖維酒精產業已開始進入萌芽階段，未來發展性相當值得期待。鑒於纖維酒精技術尚未發展成熟，且隨原料不同，其製程設計亦略有差異，因此現階段本計畫多以合作開發的方式推廣本計畫之研發成果，期據此達到產研雙贏之目標。另因本計畫開發之前處理技術與共發酵菌的效能已獲產業肯定，將會考慮各別技術授權之可行性。同時因應政府石化高值化政策於新材料領域的技術研發需求，目前亦有產業單位正在與核研所辦理合作意願書之簽署作業，有意借重本計畫開發之纖維轉化技術與相關設施平台，協助其開發生質化學品製程技術，因此本計畫所建立之核心技術與研發設施除了可持續應用於纖維酒精量產製程之驗證外，未來亦可針對產業單位所需之生質物精煉技術進行開發研究，茲就重要的推廣進度說明如下：

- (1) **國內產業：**本計畫接受 OO 公司委託，以該公司提供之稻稈、麥稈、玉米稈及台灣芒等原料，於公斤級研發設施進行熱溶洗及蒸爆前處理，產出之渣料由雙方分別進行酵

素水解及發酵反應測試，以協助探討最適前處理條件，並分析比較酒精產率與發酵菌株之耐受性。另本亦接受 OO 公司委託，協助建置 20 kg/h 蒸爆閃化前處理設備及 200 公升臥式水解發酵槽，以便該公司開始從事生質原料前處理與生物程序之水解發酵相關測試，兩項設備建置計畫預定於 102 年 6 月底前完成。該公司同時正在評估與本研究單位共同開發前處理設施及合作進行噸級廠運轉測試研究之策略。

(2) 國外產業:

- ①本計畫於 100 年度即與國際知名酵素產業諾維信(Novozymes)公司簽署 NDA/MTA，由核研所提供稻稈前處理渣料，合作測試 Novozymes CTec2 酵素對稻稈渣料的糖化能力，並進行電話會議討論雙方平行測試結果。諾維信公司根據稻稈前處理渣料的組成及酵素水解之糖化效率，已表示核研所開發之前處理技術已具工業應用水準。另諾維信公司亦提供自行生產之玉米桿水解液，以本計畫開發之共發酵菌進行測試，根據其酒精生成速率及酒精生成量，諾維信公司亦表示該共發酵菌株之效能雖然仍有提升的空間，但已具產業推廣及合作開發的水準，並主動提出有意與本所合作，與該公司 Novozymes 酵素整合為套裝產品於大陸地區推廣。
- ②目前已有東南亞台商公司有意發展木材酒精及生質化學品產業，並對於本計畫發展之核心技術具有高度興趣，本研究團隊亦已開始協助其評估木材轉化酒精及化學品之潛力。雙方目前正在辦理合作意願書與技術服務案之簽署作業，並開始洽談整廠技術移轉之可行性，期有機會成為本計畫成果之技術輸出的示範案例。
- ③本計畫於 101 年度 5 月派員參加大陸舉辦之『2012 年第二屆國際生物能源大會』，發表及推廣核研所開發之不同規模與程序之生質物前處理系統與技術、共發菌及測試平台。會後有諾維信(Novozymes)公司李冬敏博士及其他單位接洽，就報告內容作進一步交流討論。目前本計畫已於第四季(12/17-12/21)再度前往大陸地區，與諾維信公司北京研發中心、淮北中潤生質能源公司、中興生質能源公司等產研單位洽談合作事宜。

本計畫研發成果推廣現況與策略

推廣策略	合作單位	內容	狀態
技術服務	OO 公司	<ul style="list-style-type: none"> •使用核研所設施進行不同料源生產酒精測試 •委託核研所設計建置 10-20 kg/h 	技服金額 1013 萬元(已簽約)

		前處理設備及 200 L 酵素水解槽	
	台經院	核研所於 6 月底提供 2 公秉酒精供該院於台南仁德推動生質酒精示範鄉鎮，該示範鄉鎮計畫已於 6 月 13 日於台南虎山加油站開始執行	已簽約(6 月底提供)
技術授權	OO 公司	前處理設施與共發酵菌株	OO 公司正進行共發酵菌效能之評估
合作開發	Novozymes 公司	<ul style="list-style-type: none"> •協助 Novozymes 測試新品酵素對稻稈渣料之糖化能力 •協助評估核研所開發之前處理技術/共發酵菌株 •有意與本所合作，與該公司 Novozymes 酵素整合為套裝產品於大陸推廣 	簽署 NDA/MTA 及洽談合作推廣策略
技術服務/ 技術移轉	馬來西亞 OO 公司	<ul style="list-style-type: none"> •木料化學品之製程與潛力評估 •實驗室規模之研究能量建置 •整廠技術輸出及協助驗證廠/商轉廠建置 	合作意願書與技術服務案作業中
合作開發	中油綠能所	合作纖維酒精製程試量產技術驗證及生質化學品技術開發	已簽訂合作意願書，正進行平行測試
合作開發	台糖公司	合作蔗渣酒精製程試量產技術驗證及生質化學品技術開發	已簽訂合作意願書
合作開發	塑膠中心	合作生質化學品技術開發	已簽訂合作意願書
合作開發	中石化公司	合作生質化學品技術開發	已簽訂合作意願書，正共同評估合作開發之化學品目標

2. 能資評估研究

鑒於纖維酒精製程之能資源整合不僅為影響生產成本的關鍵因素，且纖維酒精製程亦需要具有能源效益，方有產業應用之價值。儘管目前國際上許多相關研究皆指出纖維酒精製程確實具有能源效益，但鑒於纖維酒精製程技術尚未發展成熟，許多能源效益研究多

建立在相當的假設基礎，並未根據實際的製程運轉結果推估，可供產業參加的資訊有其限制，因此本計畫根據兩年來噸級廠實際運轉測試的結果，進行整廠能資源評估與整合研究，應對未來纖維酒精產業化及建廠可提供具體且有參考價值的關鍵資訊。茲就重要的成果說明如下：

(1) 單元模擬評估技術與程序之熱整合。

實施前處理及酒精分離兩個單元的熱整合。酒精蒸餾單元由設計到施工已於去年底完成，並於今年年初測試運轉。由實測結果確認，蒸氣用量減少達 15%。至於前處理，我們在爆裂蒸氣處理系統中增加旋風分離器與熱交換器，將爆裂蒸氣導入至前處理的硫酸溶液預熱程序中。使前處理的蒸氣用量減少 20%，同時廢氣之洗滌塔水量也同時減少 80%。利用製程最適化降低部分電力：改變 SSF 操作條件使水解發酵時間由 60 h 減為 48 h。此舉不但使設備容積減量，也使得曝氣、攪拌時間縮短，減少電力消耗。

(2) 商轉廠製程規劃

依照噸級廠運轉經驗，SSF (同時醱化與發酵)程序 在操作時間上較 SHF 縮短很多，因此在未來推廣纖維酒精的製程將採用 SSF 程序作為基準。SSF 製程主要由四個區 (Area) 組合而成：預處理 (A100)、前處理 (A200)、水解發酵 (A400) 與蒸餾 (A500)。除製程外，公用系統 (A800) 與電力系統 (A900) 是工廠動力的來源。未來在商轉廠內設計加入汽電共生設備，以充分利用發酵後固渣的熱值，使廠內蒸汽的製造無須提供額外的燃油。

(3) 建立整廠 SSF 質能平衡模式並參酌 NREL 設計加入汽電共生設施

製程之質量與能量平衡係利用運轉參數所建構。據此，初步效益之分析結果：(1) 稻桿酒精由於製程產生渣料與廢水，若採汽電共生所生成的蒸氣已足夠供程序需要，且尚可發電 662 kW。各種熱整合措施的能源效益 (NER) (表 c-1)經分析後最高為 4.6。若以蔗渣為主要料源，因數量限制僅用稻桿生產條件測試，結果與稻桿十分近似。然蔗渣纖維含量高、酒精產率亦高，NER 更高達 5.2。(2) 利用模式取得稻桿製程的能源與主要物質。由物料單位 CO₂ 排放量計算出製程排放量為每公升酒精 745.9 g CO₂，換算燃料(酒精)單位熱值則 CO₂ 排放量為 33.4 g CO₂/MJ(表 c-2)。

3. 噸級廠整廠測試運轉

101 年度噸級測試運轉主要以同步水解發酵(SSF)程序運作，料原以多元生質纖維作為生產酒精原料。年度目標在於建立以 SSF 程序穩定運轉，並持續精進各單元設備，依

據目前運轉瓶頸及未來整體設施放大需求，開發新的製程，並針對現行運轉及整廠最適化配置之能源效益及成本評估，進而發展商轉廠之設計。另對目前計劃所建立之技術平台進行研發成果推廣與技術服務，其至本年底之重要研究成果分述如下：

(1)纖維酒精噸級廠整廠運轉：

- ① 經由彙整噸級廠以稻稈及蔗渣進行整廠運轉時所獲得之操作經驗及測試效果，並考量未來放大使用立式槽進行水解及發酵反應之運轉模式，本年度已完成水解發酵區管路閥件硬體配置之精進改善，可減少其間物料輸送之損耗與受污染之機率。其次比較原設計基準與現行程序質能平衡之差異，檢討製程設備及管線配置需求，進行系統流程概念性合理化考量，並規劃適當防火防爆區隔，以避免系統操作不當所產生火災與爆炸的風險，初步完成噸級規模測試廠之廠區合理化配置設計與整廠 3D 模型建立(圖 c-3)，後續再配合製程設備設施之優化設計，以精簡整體程序流程及系統設備建置，降低物料損耗及能源投入，並可據此推估廠房土地及設備設施需求、能資源使用量等驗證廠或商轉廠建置所需之設計資訊。
- ② 本年度進行八梯次之整廠運轉測試及若干次之前處理系統單元測試，整廠可一次進行連續 10 天進料每天 1 噸、全程 15 天以上之運轉操作，主要仍採行同步水解及發酵(SSF)程序，第四季開始噸級同步水解及共發酵(SSCF)程序之建立與測試，共使用超過 70 噸稻稈及 10 噸蔗渣，估算每噸乾稻稈最高已可生產約 200 公升酒精，達到預期目標。
- ③ 噸級測試廠除整廠運轉外，另一工作是檢視確認整廠設備管路與公用設施配置之適切性與實用性，並由實際運轉故障排除 (troubles-shooting) (表 c-3) 得到之經驗進行設施精進，以作為未來商轉廠設計之參考。根據噸級廠歷年的運轉測試數據顯示，前處理系統耗用的蒸汽量最多，主要因鍋爐與前處理系統之間蒸汽管路的口徑與長度，會影響前處理系統之操控與蒸汽之損耗量。水解發酵系統之酵素水解槽與發酵槽及種菌槽與發酵槽之間的管路配置，會造成水解液及種菌液輸送時的損失與殘留問題，而管路又無清洗機制，大大提高雜菌污染之可能性，其次，由每次運轉時的用水、用電紀錄顯示，公用設施之空氣壓縮機及冷卻水泵是噸級廠主要的耗電設備來源，因此，未來建廠設計時應慎重考量廠區設備管路與公用設施之配置，能有效降低整廠之操作損失及能耗，進而提升量產製程之產率與整體效益。由表三故障排除記錄可顯示噸級廠各單元系統運轉操作時所發生之問題及頻率，可知前處理系統設備之長期連續運轉穩定性需要改進，其對多元生質料源之適用性還需要加強測試，前處理系統之蒸汽耗用量相較於理論估算量顯著偏

高，水解發酵系統 SSF 程序之操作流程及參數可再作進一步之最適化調控，蒸餾脫水系統長期連續運轉之作業程序及效能應儘速確認。對於噸級廠各項問題計劃也在歷年中逐步進行實體改善精進工程，後續其它問題計畫將會持續進行測試或改善作業，以使噸級測試廠達到實用穩定運轉狀態。另外在熱能效益評估方面，由於噸級測試廠為一座先導規模之研發測試設施，並未裝設廢液產氣及廢渣鍋爐之汽電共生等設施，且其規模及運測模式也不適於作整廠蒸汽熱能及回收用水之整合利用，因此噸級廠產製纖維酒精之經濟及能源效益必然偏低，同時與製程能耗息息相關之蒸汽管路及其它相關配置的精進，因硬體改善工程耗資耗時過鉅無法實施，故只能就可能之最適配置與程序整合進行相關模擬計算評估，其研究結果可作為推動纖維酒精產業及未來設計建置示範廠或商轉廠時之參考。

(2) 前處理系統測試與功能提升

噸級前處理系統係以酸催化蒸汽爆裂為基礎所設計所建造，本年主要工作偏重於設備精進方面，其中考慮蒸汽爆裂後產生瞬間脈衝式排放而損失熱能，為了回收閃化時隨閃化之出料及閃化蒸汽熱能。將現有「高壓蒸汽爆裂廢氣處理設備」之性能提昇，增設高效率粉體分離設備能源回收設備。以達到熱能回收降低能耗之目的。

① 建立噸級前處理之多樣性原料處理能力與技術

A. 先期測試:

- (a) 利用噸級廠打碎機(A100)進行蔗渣打碎測試及觀察其出料型態，結果顯示於控制適當進料速率下，打碎機同樣可處理蔗渣，出料型態與稻稈類似。
- (b) 利用自製模擬噸級之臥式輸送攪拌小型壓克力反應器，進行蔗渣及竹子輸送測試，確認輸送蔗渣及竹子之可行性。結果顯示此輸送設計可應用於蔗渣及竹子之輸送。

B. 運轉測試:

- (a) 蔗渣: 測試目的為測試廠前處理應用於蔗渣之可行性評估及參數探討。操作運轉輸送情形順暢，僅在蔗渣前處理產物會有沾粘現象發生，造成產物輸送至酵素水解槽之螺旋輸送槽內壁結層，導致輸送機振動搖晃，此因蔗渣之特性所致，因此產物之輸送方式可做進一步改進。(圖 c-4)及(圖 c-5) 為不同酸量對蔗渣水解液濃度與總糖回收率之影響，並與公斤級之酸催化蒸汽爆裂結

果，其中測試廠與公斤級之固液比分別為 40% 及 20%。測試廠所得之水解液木單糖濃度介 30-35g/L，而總糖回收率可達 70%。

- (b) 竹子: 測試目的為測試廠前處理應用於孟宗竹與麻竹之可行性評估及參數探討。主要操作條件選擇與稻稈之例行運轉條件相同 (注酸濃度 1.3wt %、185°C、2min)，操作輸送情形順暢，顯示測試廠在不需修改情形下可處理竹子原料。
- (c) 原料比較:(表四)為稻稈、蔗渣、孟宗竹與麻竹之原料組成。(圖 c-6)及(圖 c-7)為上述原料於相同測試條件下之水解液濃度、木聚糖溶出率和酵素水解效率比較圖。除了麻竹外，其木聚糖溶出率皆可達 80%，而木單糖濃度比序為: 孟宗竹(55g/L) > 蔗渣(35g/L) > 麻竹(27g/L) > 稻稈(19g/L)。若考慮木寡糖，則水解液中總木(單+寡)糖濃度則為孟宗竹(79g/L) > 蔗渣(48g/L) > 麻竹(47g/L) > 稻稈(36g/L)。而酵素水解方面，則以稻稈為最佳，接續為蔗渣、孟宗竹及麻竹。

本計畫成功完成了稻稈、蔗渣、孟宗竹與麻竹之測試，擴展此前處理系統之多樣性原料處理能力。

②高壓蒸汽爆裂廢氣處理設備之精進及安裝：

考慮蒸汽爆裂後產生大量閃化蒸汽對廢氣處理設備之衝擊，當閃化蒸汽操作壓力為表壓 17 kg/cm²。蒸汽爆裂後產生瞬間脈衝式排放，因此，為了提升現有設備性能，本計畫於閃化蒸汽進入廢氣處理設備之輸送管線上，增設高效率粉體分離設備，使用具有內部粘性粉體自動刮除設施的旋風分離技術，將蒸汽爆裂產生之衝擊力與予吸收並將大部分粉體分離，以降低廢氣處理設備衝擊；原有減壓緩衝桶修改增設能源回收設備。完成了 (a) 閃化蒸汽的瞬間排放量、瞬間流速推估 (b)高效率粉體分離器設備設計 (c) 爆裂緩衝過濾桶增設熱回收設備。其中，熱回收設備，係將閃化爆裂蒸汽之能量回收，並將硫酸溶液加熱以供系統使用。蒸汽熱能回收效率可達 50%。改良之高壓蒸汽爆裂廢氣處理設備，不但可回收隨蒸汽閃化之產物、同時可將閃化爆裂蒸汽之能量回收，並將硫酸溶液加熱以供系統使用，減少能耗。

(3)水解及發酵系統測試與功能提升

本項工作 100 年度噸級測試廠以二階段 SSF 程序運轉，在二階段 SSF 程序中，以控制溫度方式，得到纖維酵素水解與菌體酵母發酵之最適反應溫度。測試運轉設定纖維酵素水解反應溫度為 50°C，酵母菌之生長發酵溫度為 30°C，將 pH 值控制在 5±0.2 條件下進行，以此非等溫 SSF 同步糖化發酵(NSSF)程序進行，經由熱交換進行能量傳遞，以最快速度達到系統熱平衡控制。然而此程序中前處理物料在纖維酵素最佳反應溫度下進行預水解後，再將溫度降低至酵母菌可發酵條件，再加入酵母菌進行同步糖化發酵，可使水解糖化與發酵過程保持最適溫度操作，但由於前處理進料及預處理時間長為 20-24 小時，易造成發酵誘導期(lag phase)變長，致使發酵反應時間延遲，雖然其產生之酒精濃度可達 3.2% (圖 c-8 (A))，酒精轉化效率可達 55-60%，但整體而言會影響批次操作之效率與運轉成本。

為提升噸級測試廠操作效率及降低運轉成本，本年度除以二階段 SSF 程序穩定測試運轉外，並同時測試等溫同步糖化發酵程序，分別採用直立式及臥式兩種型式之槽體進行運轉測試，以比較兩種不同槽體特性 (表 c-4) 下進行 SSF 程序之差異。在前處理固定條件下，使稻稈及蔗渣料原於 110°C、0.7%(w/w)酸量，進酸流量: 1.5L/min 下進行預熱混酸，繼而分別設定溫度於 190°C 及 170°C，持壓時間 2min 下進行酸催化蒸汽爆裂反應，以 20%高固液比條件，以分批饋料方式進料，纖維水解酵素 (Novozymes Cellic CTec2) 之劑量 10FPU 下，以此兩類型槽體在相同條件下進行等溫同步水解發酵，其發酵效率約在 90~95%，其酒精濃度約 25-28g/L 間，由此結果可說明兩種型式之體槽進行等溫 SSF 程序差異不大，可提供作為未來放大之參考。另非等溫二階段 SSF 程序與等溫 SSF 程序比較，由(圖 c-8(B))顯示，兩者產生之酒精濃度相差約 0.4%，但在整體水解發酵時程相差 26 小時，因此就成本效益及操作效率來看等溫 SSF 程序優於非等溫 SSF 程序，後續將持續進行等溫 SSF 程序測試與精進及精進生化程序進行 SSCF 程序噸級廠測試，期能有效提升程序操作效率及成本效益。

本年度另測試在連續運轉模式下，稻稈固體渣料採連續饋料模式之 SSF 的酒精生成率，發現 SSF 的酒精生成率會因饋料負荷量有所不同，在特定饋料負荷量下最高酒精濃度可由先前的 25-28g/L 提昇至 33g/L，酒精生成率亦可提升至 60%，達到年度目標

(4)酒精蒸餾與脫水系統測試與功能提升

①蒸餾系統增設塔底廢液熱回收裝置，作為進料預熱使用，經實際測試與 100 年相同採用

每小時 650L 發酵液進料相比，能有效降低蒸汽使用量 15% 以上，降低單位酒精成品蒸餾所需蒸汽及能耗。但由於發酵酒精溶液仍含有一定雜質，因此長時間操作會降低板式熱交換器熱傳效率，後續將評估採用殼管式熱交換器或其他耐顆粒雜質之熱交換器，以提升熱能使用效率同時兼顧系統操作穩定性(表 c-5)。

②完成中油代處理脫水酒精測試 2 公秉，並經檢驗合乎燃料級酒精標準，已於 6 月 15 日載運至中油摻配場，作為 E3 酒精汽油使用。(表 c-6)

4. 技術開發研究

(1)設備精進研究

噸級測試廠設備精進研究主要分兩項工作，分別為現有設備改善精進及新製程設備開發。噸級測試廠各單元設施經兩年多來實料操作運轉，對各單元系統有深入瞭解與操控熟悉，並經由實務操作與故障排除之經驗，發現原設計一些缺失與操作程序盲點，必須透過改善以達到實用性之需求，另外針對目前測試廠設備放大為商轉廠可行性進行評估與設備開發。101 年上半年度完成前處理蒸汽爆裂廢氣處理設備精及發酵系統物料輸送管線系統精進與同步水解共發酵程序之管線增設。由於原設計之前處理蒸汽爆裂廢氣處理設備，在進行酸催化蒸汽爆裂時酸液會瞬間閃化產生大量蒸汽，蒸汽排放中會夾帶稻稈顆粒對廢棄處理設備造成阻塞廢水回沖，影響前處理操作，因此，為了精進現有洗滌塔設備性能，於閃化蒸汽進入廢氣處理設備前，在蒸汽輸送管線上增設高效率粉體分離設備及緩衝槽熱回收設備，高效率粉體分離設備可將閃化之衝擊力降低，而減少洗滌塔維修次數，並可將稻稈顆粒收集回收降低損失，可增加酵素水解產量。蒸汽經過緩衝槽熱回收設備，可將蒸汽中熱量回收約 50%，回收之熱可作為稻稈稀酸水解時酸液預熱之熱源。另水解發酵系統原管線設計為多功製程使用，以減少管線架設成本，部分輸送管線採多重網狀連通設計，管線連通處無控制閥分隔，而且沒有管線清洗設計，因此在連續運轉製程輸送物料過程中極易造成物料殘留於管線，又無法清洗，而受到雜菌污染。因此，進行發酵系統物料輸送管線系統精進，有效解決問題，提升運轉操作效益。

噸級廠前處理蒸汽爆裂設備能用於處理多元生質纖維，在測試用途上非常實用，整體設計非常新穎，相對的操作程序也較為複雜，若要作為商轉廠前處理設備有其困難，主要

受限於混酸反應器及氣壓缸放大，因此計畫考量未來設備放大需求，擬開發新的前處理製程，主要設計概念以處理量大、設備簡單及容易操作為基礎，規劃以料原尺寸、均勻混酸及水熱處理等方向研發。此項工作預定在下半年度開始進行，目前正進行相關設備採購。

(2) 酵素生產研究

本年度此項工作重點係以噸級規模之廠內酵素生產設施，進行酵素生產發酵策略之工程放大驗證研究，並建立例行性酵素生產操作，提供總活性達 10-20 FPU/mL 之酵素液給噸級廠進行運轉測試研究，並據此建立酵素生產成本推估所需之資訊。

- ① 以自行開發之雙軸擠壓機結合酸催化溶洗系統，製備酵素生產所需之稻稈渣料，原則上每次製備量在 200 公斤以上，目前已完成 250 公斤稻稈渣料製備。
- ② 以 *Trichoderma reesei* 加入 *Aspergillus niger* 進行乳糖饋料之酵素生產實驗，藉由不同菌株串聯式生產酵素程序改進，在 5L 發酵槽以 4% 固液比添加稻稈渣料做為誘導物，總體積 2L 培養於 30°C 5L 發酵槽內，植入種菌 *Trichoderma reesei*，並培養 24 小時後進行乳糖饋料，並串聯以 *Aspergillus niger* 種菌於特定時間加入進行酵素之生產，實驗結果(圖 c-9)顯示，利用串聯式酵素生產製程，粗萃液活性為 21.7 FPU/mL(藍線)，相對於利用單株生產酵素活性(紅線)增加了 170%，在酵素生產之製程上，有了重大之突破。
- ③ 根據上述酵素 5L 發酵槽生產測試結果，利用 1000L 發酵槽進行 scale-up 放大研究並加以驗證，以 4% 固液比添加稻稈渣料做為誘導物，總體積 400L 培養於 30°C 發酵槽內，進行 *Trichoderma reesei* 與 *Aspergillus niger* 菌株串聯式酵素生產，實驗結果粗萃液酵素性可達 10 FPU/mL，已達到計畫酵素生產年度目標，但因初次進行放大測試，許多發酵參數如串聯式菌株濃度，乳糖饋料量，溶氧控制等等參數還需進行最適化之調整，後續將藉由 1000L 運轉測試，調整發酵參數，以達到與 5L 發酵槽之酵素生產水平，建立酵素量產最佳化之技術。
- ④ 串聯式酵素生產之纖維水解酵素測試對酸催化前處理稻稈渣料的水解能力(圖 c-10)，結果顯示，自產酵素會造成纖維雙糖累積的現象，但如以總糖(葡萄糖+雙糖)計算的水解效果，要優於商業酵素水解效果，顯示自產纖維水解酵素可能有 β -glucosidase 活性不足的問題，造成纖維雙糖無法分解。

- ⑤ 日前(6/5)參與在中研院與大同大學召開之生質能源會議，針對酵素菌株改良、生產與測試之研究進行討論，中研院在會議中提出已具有生產 β -glucosidase 酵素之菌株，核能所與中研院的酵素如能相互搭配使用，可補足目前自產酵素所缺乏之 β -glucosidase 酵素，並可將現有使用商用酵素水解的時間自 48 小時縮短為 24 小時，具商業競爭力。未來將自產酵素液與中研院開發之酵素混合成 cocktail 酵素進行稻稈渣料之酵素水解能力測試，據此建立 cocktail 酵素之最適混合比例。本年度第四季已於噸級測試廠運轉測試中，將上述 cocktail 水解酵素應用於 SSF 程序之測試，發現酒精生成率可與國外酵素相當，但酒精生成速率則有改善空間，與實驗室規模之測試結果有所落差，故後續規劃進一步著手改善其 cocktail 酵素組配，同時評估採調整饋料模式的方法改善。

(3) 共發酵菌株及 SSCF 程序開發

① 持續改良及篩選具更佳效能之共發酵菌：

經由基因工程提升及調控基因表現量，並以特定組成培養基進行菌株篩選，目前已篩選出具有最佳木糖轉化酒精效率的基因改良菌株 Y15。該菌株相較於先前建構之 YY5A，木糖代謝速率較快，且有較佳之酒精產率(圖 c-11)。經由實際纖維木糖水溶液發酵測試顯示，YY5A 之總糖酒精產率為 0.38 g/g，而 Y15 為 0.41 g/g。目前 Y15 發酵副產物木糖醇含量比例約占總發酵產物之 10%，仍具有改良空間，因此本計畫目前持續利用分子生物工具對其他相關木糖代謝基因及表現量進行選殖及調控，以降低菌株木糖代謝副產物之比例，提升菌株之酒精發酵效率。另目前也已持續進行共發酵菌 Y15 馴化培養，以改善共發酵菌株對水解液抑制物之穩健性與耐受力。

② 所內專利共發酵菌株乾燥化研究

本計畫於 100 年成功建構具有可同時快速代謝葡萄糖和物糖之酒精發酵菌株，由於考量菌株乾燥後對於酒精生產工廠具有操作簡便，增加發酵之效率和彈性，同時也具有易於保存等特性，於是投入菌株乾燥之研究，其中目前以針對維持冷凍後菌株的高發酵活性進

行深入研究(圖 c-12)，所得之結果和國際知名販賣乾式酵母粉之企業 DSM 進行比較，市售乾燥酵母依照酵母菌種類之不同，活化後具有 50 %~60 % 的存活率，但是如果只是單純冷凍乾燥其菌株只可保存約 0.5 % 的存活率，若根據本所研發之冷凍程序，則可得到和市售乾燥酵母菌相當之存活率，於標準糖溶液中進行其活性測試，其發酵活性和一般液態培養之酵母菌並無特別之差別，大大提高酒精工廠使用本所專屬乾燥菌株的可能性。

③乾燥酵母菌株於多種纖維水解液之發酵能力測試

使用本所開發之酒精發酵酵母乾燥程序，分別進行麻竹、孟宗竹、蔗渣和稻桿之多樣性纖維水解液之發酵可行性評估，其個別發酵酒精效率為 0.33, 0.30, 0.32 和 0.36 g/g，其結果和實際使用液態培養之酵母菌之結果相當，證明本所研發之凍乾技術可直接應用於多樣性纖維原料之五碳水解液進行發酵程序，並維持相當之酒精發酵率。

④建立 SSCF 程序操作條件

因應後續將以噸級廠設施進行 SSCF 製程之驗證測試，本計畫分別以 5L 及 100L 發酵槽，交互進行 scale-up 及 scale-down 之實驗。在 5L 發酵槽實驗研究方面，分別針對接菌量、通氣量、酵素添加時間及纖維原料前處理後固液分離之需求等進行評估。實驗結果顯示為克服水解液抑制物造成菌株發酵延遲的影響，接菌量必須在 1g 乾重/L 以上能獲得較佳效果，通氣量約控制在 0.03~0.05 vvm，而纖維原料前處理後固液分離再進行去毒化之酒精發酵效率較固液不分離之高，同時延緩酵素添加時間也對菌株發酵能力有幫助。

本計畫進一步應用共發酵菌 Y15 於 10kg 小型試驗廠之 100L 規模之同步水解及共發酵技術(SSCF)之程序開發研究(圖 c-13)，於 72 小時後可獲致 40g/L 以上的酒精濃度，生質物轉化酒精效率最高可達 38 g/g(76%)，此顯示運用同步糖化及共發酵技術確實有機會產出可降低蒸餾能耗的酒精濃度(一般建議在 40g/L 以上)，相較於 5L 實驗室規模之操作，在共發酵製程技術放大對於酒精產出並無明顯影響，故後續將朝此操作方法進行 SSCF 進一步放大研究。(圖 c-14) 另本研究亦已於噸級廠 9 噸發酵槽驗證共發酵菌 Y15 於木糖水解液之木糖利用效能，發現其木糖利用速率約 0.8g/L/h，推估木糖轉化酒精效率約 70%，皆與實驗

室規模及 100L 發酵規模之結果相當，顯示確實具有應用於 102 年噸級廠 SSCF 程序測試之潛力。

⑤纖維原料多樣化之水解及發酵技術研究

係根據 100 年以小型操作設施所得蔗渣之水解及發酵技術研究之成果，本年度此項工作重點以噸級廠進行蔗渣前處理所得料源，進行發酵槽規模 100L 之蔗渣轉化酒精製程研究，作為後續以噸級廠進行蔗渣酒精製程之運轉測試的操作參考。茲就本年度之重要成果分述如下：

以噸級廠前處理設施進行蔗渣前處理，前處理操作條件為操作溫度 170°C、酸濃度 0.9% 和持壓時間 2 分鐘，所得蔗渣前處理料源於 100L 發酵槽中進行同步水解發酵(SSF)測試，操作條件在固液比 20%、反應溫度 35°C 和酵素劑量 15FPU/g cellulose，所得結果顯示於(圖 c-15)，當發酵反應 72 小時後，可得到 33g/L 酒精，其酒精轉化率為 64%，即每噸乾蔗渣纖維素可轉換酒精約 142 公升，其高於稻稈纖維素轉換酒精 130 公升，結果顯示蔗渣具有轉化酒精之潛力，且可適用於生化製程放大，據此亦可作為未來第一代蔗汁與第二代蔗渣酒精共構生產之設計依據。

二、績效指標項目初級產出、效益及重大突破

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	4 篇	本年投 SCI、EI 期刊 7 篇。 本年 SCI、EI 期刊刊出 4 篇。	投稿 Bioresource Technology 等國外知名期刊，可增加國際能見度	除了增加國際能見度外，國外期刊亦請本計畫人員審查國際論文，已審查 篇論文

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
	B 研究團隊養成	2 件	與中研院、財團法人台灣經濟研究院、中央大學、明治科大等成立研究團隊共 4 件。	建立研發團隊，以分工方式執行研究工作，有助於計畫工作之推展。	
	C 博碩士培育	2 人	培育博、碩士研究生共 5 人。	以合作計畫方式培育碩士生或提供研究設備與資源供碩、博士來所研究，以培育國內生質燃料之人才。	產值(薪資)
	D 研究報告	10 篇	完成研究報告 27 篇。	提供後續參與研發工作之人員的參考，以及未來技轉之用。	
	E 辦理學術活動		協辦學術活動 1 場。	協辦研討會並擔任講員有助於纖維酒精之推廣與增加計畫成果之能見度。	
技術創新(科技整合創新)	G 專利	6 件	<ul style="list-style-type: none"> ● 申請國內發明專利 7 件，美國專利 1 件。 ● 獲得國內發明專利 3 件；美國專利 2 件。 	藉創新觀念與實物運作的成果，建立纖維酒精程序發展與系統建置之專利，逐漸形成專利地圖，擴展技轉業者之能力。	產值(形成產業)
	H 技術報告	15 篇	完成技術報告 17 篇。	提供後續參與研發工作之人員的參考，以及未來技轉之用。	授權金
	I 技術活動	參加 4 場	<ul style="list-style-type: none"> ● 參加國際技術研討會 1 場，發表會議論文 1 篇 ● 參加國內研討會 3 場，發表會議論文 4 篇 ● 受邀擔任再生能源教 	參與國內外知名學會或公司、機構等所舉辦之研討會或推廣會，討論纖維酒精技術現況，促進技術提昇與教育推廣。	

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
			育推廣講員共 6 場次		
	S 技術服務		技術服務金額達 1013 萬元。	促使纖維酒精技術嶄露產業化之機會，並協助產業建立相關研發能量。	已正式與國內外廠商合作，有機會促成技術移轉。
經濟效益 (產業經濟發展)	L 促成廠商或產業團體投資		<ul style="list-style-type: none"> 與國外 1 家產業簽署 NDA/MTA 與國內 2 家產業簽署 NDA/MTA 	簽署 NDA/MTA 為進行相互合作之開端，目前主要合作方向為生物技術推廣與生質精煉技術開發。	本計畫建立噸級廠設施規模、擁有自製前處理設備與技術，以及處理稻稈之經驗，促使 Novozymes 國際酵素公司願與核研所簽署合作協議
	M 創新產業或模式建立		與 1 個研究機構、2 個學校成立研究團隊，進行纖維酒精技術開發之工作。	與學研單位合作進行技術開發，以加速纖維酒精製程之演化，提升競爭力。	
	T 促成與學界或產業團體合作研究	2 件	與 2 所學校及 2 個研究單位，進行技術開發工作	與學研單位合作進行技術開發，以加速纖維酒精製程之演化，提升競爭力。	
社會影響	Q 資訊服務		<ul style="list-style-type: none"> 今年參訪單位達 36 個，人數達 688 人次。 完成纖維酒精測試平台一般技術服務項目及定價表，作為技術服務之依據。 	纖維酒精設施研發設施，除進行量產技術之開發外，亦作為參觀與教育推廣之用，有助於推廣我國再生能源技術，以及提升國人對酒精汽油的認識。	

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
	R 增加就業	2 人數	提供物料給國內 2 所大學及 4 家產業。	降低失業率, 提昇國民生產毛額。	

依上述選定績效指標作如下之敘述：

101 年度			
項目	年度目標	年度衡量指標	實際達成度
總計畫	學術成就	(1)國外期刊:4 篇 (2)專利申請:6 件 (3)研究報告:10 篇 (4)技術報告:15 篇	(1)國外期刊刊出 4 篇。申請國外期刊 7 篇 (2)申請國內專利 6 件及美國專利 1 件，獲得國內專利 3 件，國美國專利 2 件。 (3)完成研究報告 27 篇。 (4)完成技術報告 17 篇。
分項一	噸級測試設施量產技術開發	(1) 噸級測試廠設施性能精進測試:進行噸級廠處理稻稈、蔗渣等不同生質物轉化纖維酒精之量產技術研究,藉由改善生產程序之效能,使每噸稻稈之酒精產量達 200 公升,作為量產技術移轉之基礎。	(1) 基於 99-100 年噸級廠之實料運轉經驗,繼續執行噸級廠之運轉測試與改善措施,本年度完成八梯次整廠運轉測試及若干次之單元系統測試,整廠可一次進行連續 10 天進料每天 1 噸、全程 15 天以上之運轉操作。主要仍採同步水解及發酵(SSF)程序,於臥式及直立式反應槽測試不同操控模式之酒精生產效能,並配合自產酵素之量產研究進行噸級測試,以及配合共發酵菌株之開發建立噸級同步水解及共發酵(SSCF)程序,目前每噸乾稻稈可轉化酒精 200 公升,酒精濃度最高達 3.3 %。(1.1)進料系統測試與功能提升: 101 年度著重於噸級前處理系統應用纖維原料多樣化之測試,成功完成了蔗渣、孟宗竹及麻竹之酸催化前處理,擴展此前處理系統之多樣性原料處理能力;建立前處理系統應用於蔗渣之測試與操作參數,測試結果顯示:測試廠前處理系統可應用於蔗渣原料,可順利完成前處理程序。而所得操作參數設定溫度: 185°C、持壓

			<p>時間: 120 秒、進酸濃度: 0.7% (v/v)、進酸流量: 1.5 L/min 為較佳之操作參數；以相同於稻稈之 SSF 程序操作條件，固液比設定 15%，酒精濃度可達 28 g/L。前處理之蒸汽爆裂後會產生瞬間脈衝式排放而造成損耗，為了回收閃化時隨閃化排放之渣料及蒸汽熱能。本計畫將原有之「高壓蒸汽爆裂廢氣處理設備」進行性能提昇，於閃化蒸汽進入廢氣處理設備之前，增設高效率粉粒體分離設備，使用內部具有將沾粘性粉粒體自動刮除設施的旋風分離技術，並增設能源回收設備，初估蒸汽用量可由每噸稻稈需要 3520kg 降至 2307kg，與理論值比較由原先的 2.5 倍降低至 2.0 倍。(1.2) 水解發酵系統測試與功能提升：今年之測試主要在於建立 SSF 程序穩定操作方法，並完成水解發酵區管路閥件配置之精進改善，可減少其間物料輸送之損耗與受污染之機率，另評估未來商轉廠水解發酵系統之可工程放大的槽體設計。將稻稈於 110°C、進酸濃度 0.7% (v/v)、流量 2.5 L/min 的條件時，進行預熱混酸，繼而於 185°C、持壓 2 min 條件下進行酸催化蒸汽爆裂反應，隨後以 20% 固液比及分批饋料方式，分別於直立式及臥式兩種型式之槽體進行等溫 (33°C) SSF 程序操作，另纖維水解酵素 (Novozymes Cellic CTec2) 之活性劑量調控在 6-15 FPU/g cellulose。研究結果顯示此兩類型槽體在相同條件下進行同步水解及發酵操作，發酵效率約在 90~95%，酒精濃度約 25-33 g/L，兩者差異不大，此結果說明以立式槽體進</p>
--	--	--	--

		<p>行含有高固體含量之 SSF 程序操作亦具可行性，可提供未來放大之參考依據。另纖維水解酵素劑量介於 8-15 FPU/g cellulose，對 SSF 程序之酒精生成率影響不大，因此，未來酵素劑量建議可調控在 10FPU/g cellulose，以降低生產成本。第四季開始進行 SSCF 程序技術放大至噸級規模之水解發酵測試，配合本計畫所開發共發酵菌之特性，嘗試建立適當之 SSCF 程序操控模式與條件，目前仍須將前處理閃化出料進行固液分離，然後接菌予水解液先進行木糖發酵，再加入前處理渣料及酵素進行葡萄糖水解發酵，初步測試結果顯示其發酵效率偏低，推測攪拌均勻度不佳造成菌株生長壓力，在 100L 規模測試未改變攪拌葉情況下具有同等結果，將持續配合共發酵菌株之發展精進調控操作模式以確實驗證 SSCF 量產製程之效能，並進一步與 SSF 製程效能併同評估，作為後續優先產業化推廣的製程技術選項。</p> <p>(1.3) 酒精蒸餾與脫水系統測試與功能提升：本單元主要針對硬體設備改善，以提升設備效能及降低能耗，具體執行成果說明如下：(a)蒸餾系統增設塔底廢液熱回收裝置，作為進料預熱使用，經實際測試發現與 100 年相同採用每小時 650L 發酵液進料相比，能降低蒸汽使用量 15% 以上，降低單位酒精成品蒸餾所需蒸汽及能耗(圖 c-1)；(b) 修改分子篩吸附系統冰水管路及改用真空產生器等方式進行操作，可以延長操作穩定性及減少連續運轉過程故障排除或停機比例；(c) 增設分子</p>
--	--	--

		<p>(2)廠內酵素生產技術之建立</p>	<p>篩吸附系統酒精蒸汽過熱器，以得到過熱酒精蒸汽，便於調節操作及增進操作效能，測試結果對於再生效能有所提升(圖 c-2)。另完成中油代處理脫水酒精測試 2 公秉，並經檢驗合乎燃料級酒精標準，已於 6 月中載運至中油摻配場，作為 E3 酒精汽油使用。</p> <p>(2)-1 建立噸級規模酵素生產能力:以自行開發之酸催化水解設備，建立以稻稈大量製備酵素誘導渣料之方法，目前已生產 250 公斤之誘導料源，可提供 1000L 規模稻稈固渣誘導之纖維素水解酵素生產運轉，目前利用串聯式酵素生產技術，在 5L 發酵槽可生產酵素粗萃液活性達 17-21 FPU/mL，目前已開始在 1000L 發酵槽進行運轉驗，藉以測試 scale-up 運轉之參數，初期 1000L 發酵槽生產酵素活性達 10 FPU/mL，許多發酵參數還需進行最適化之調整，藉由下半年 1000L 運轉測試，調整發酵參數，藉由最適化達到 5L 酵素生產之水平。</p> <p>(2)-2 建立酵素液濃縮技術:本年度之計畫目標值酵素活性須達 10-20 FPU/mL，以目前串聯式酵素生產技術，粗萃液活性就已達到今年酵素之目標，目前會根據計畫需求，結合薄膜濃縮技術後，取得活性達到 30-40 FPU/mL 之酵素液。</p> <p>(2)-3 與國內學術單位開發 cocktail 水解酵素:以自行生產之纖維水解酵素測試對酸催化前處理稻稈渣料的水解能力發現，自產酵素會造成纖維雙糖累積的現象，但總糖(葡萄糖+雙糖)的生成效果與國際酵素水解，顯示自產纖維水解酵素有 β-glucosidase 活性不足的問題，</p>
--	--	-----------------------	---

		<p>(3) 商轉廠運轉及效益評估技術建立</p>	<p>由於中研院具有生產 β-glucosidase 酵素之菌株，核能所與中研院的酵素相互搭配使用，可補足自產酵素所缺乏之 β-glucosidase 酵素。本年度第四季已於噸級測試廠運轉測試中，將上述 cocktail 水解酵素應用於 SSF 程序之測試，發現酒精生成率可與國外酵素相當，但酒精生成速率則有改善空間，與實驗室規模之測試結果有所落差，故後續規劃進一步著手改善其 cocktail 酵素組成，同時評估採調整饋料模式的方法改善。</p> <p>(3) 藉噸級試驗工廠運轉經驗，規劃 SSF 標準製程並獲取製程參數，建立全廠質能平衡模式。據此結果不但可以評估目前生產時各項效益指標，包括纖維酒精生產的能耗、環境及經濟效益；同時，此模式亦可做為後續台灣纖維酒精商業化之推廣參考。本研究依此法初步評估的各項結果說明如下：</p> <p>(3)-1 依噸級廠運轉經驗採用 SSF 程序作為未來推廣纖維酒精的製程（圖 c-16）。SSF 製程主要由四個區（Area）組合而成：預處理（A100）、前處理（A200）、水解發酵（A400）與蒸餾脫水（A500）。除製程外，公用系統（A800）與電力系統（A900、含廢水處理）是工廠動力的來源。我們在商轉廠內加入汽電共生設備以充分利用發酵後固渣的熱值，使廠內蒸汽的製造無須提供額外的燃油。</p> <p>(3)-2 用噸級廠運轉參數建立製程的質量與能量平衡：以目前水解效率 0.7 估算，每噸稻稈將產生 147 kg 酒精。又假設前處理爆裂需過量蒸氣 50%，在前處理與蒸餾單元利用熱整合的條件下，兩者的蒸氣用量各為 924 與 600 kg (@~16 atm)。由於每噸稻稈有約 400 公斤的渣料，扣除 105 公斤的灰份後，氣電共生部份所生成</p>
--	--	---------------------------	--

			<p>的蒸氣已可以提供程序完全的使用量，且尚可發電 662 kW。質能結算概要見(圖 c-16)。</p> <p>(3)-3 以蔗渣為料源產製酒精的結果，因受到原料數量不足且儲存造成品質劣化的條件下，僅以運轉稻稈相同之條件進行。經測試，目前之程序設備同樣可應用於處理蔗渣，且水解效率與發酵轉化率分別為 54%、95%，可獲得 159.77kg 約 200L 的酒精，與稻稈相近。因蔗渣纖維素的含量高，在進一步優化操作的條件後預期酒精的產率更將提高。</p> <p>(3)-4 全廠質能平衡同時也可以用來評估能源效益。經由質能平衡模式推算程序實施熱整合（在前處理與蒸餾脫水區以排放的廢熱來預熱進料）與汽電共生（CHP，木質素[發酵液中稻渣]與廢液[前處理+發酵]兩種熱源）與否的電力與蒸氣，統計分析如表 1。在製程中實施熱整合，每噸乾稻草製程的蒸氣將由 2350 公斤降為 1524 公斤（即減少 35%）。若以製程殘留的生質物能量實施廠內汽電共生，更可產生大量蒸汽與電力提供製程所需的能源。由表 1 得知，在大量的節能措施下，能量的淨輸出與輸入比可由 0.43 (<1，產物能量低於製程使用能量) 到 4.61。同樣以蔗渣為原料進行分析，由於酒精產率提高，同時相對提升了 NER。</p> <p>(3)-5 同樣利用全廠平衡模式，統計各單元之電力、蒸氣與用水，並將製程所需重要物資（硫酸與氫氧化鈉）一併計入。將這些原料乘上它們生產製造時每單位所排放的 CO₂，即可得到製程中 CO₂ 的排放量。若除上酒精熱值，則得到酒精單位熱量在製程上所排出的 CO₂。如此推算結果如表 2。目前製程每公升酒精的 CO₂ 排放量為 745.9 g；換算燃料(酒精)單位熱值 CO₂ 排放量為 33.4 g CO₂/MJ，較汽油</p>
--	--	--	--

			低。
分項二	纖維酒精製程技術研發	(1)新穎生物資源應用於纖維酒精生產之評估與製程技術開發	<p>(1)-1 持續改良及篩選具更佳效能之共發酵菌：目前經由基因工程提升及調控基因表現量，已篩選出具較佳木糖轉化酒精效率的基因改良菌株 Y15，其相較於先前建構之菌株 YY5A，木糖代謝速率較快，且利用抑制性較低之水解液進行測試，最高總糖酒精產率可由 0.38 g/g 提升至 0.41 g/g。目前已開始嘗試再利用分子生物工具調控，降低菌株之木糖代謝副產物的比例，以進一步提升菌株之酒精發酵效率，並持續進行馴化培養，增進共發酵菌株對水解液抑制物之穩健性與耐受力。</p> <p>(1)-2 共發酵菌株 Y15 乾燥粉末製備：由於考量酵母菌乾燥製備為粉末，可使纖維酒精廠發酵操作更為簡便而彈性，且不會如添加液態培養酵母菌般，造成發酵糖質濃度略被稀釋的現象，故本年度另建立共發酵菌乾燥粉末製備技術。目前共發酵菌 Y15 已能以自行開發之低溫乾燥技術製備為粉末，其活化後具 50 % ~60 % 的存活率，與現階段國際上知名 DSM 公司市售乾式酵母粉相當，且進一步以蔗渣和稻稈水解液進行發酵可行性評估，其酒精生成率與傳統使用液態培養之酵母菌的發酵結果亦無明顯落差，此證明本計畫開發之共發酵菌低溫乾燥技術已具應用之可行性。</p> <p>(1)-3 建立 SSCF 程序操作條件：為因應後續將以噸級廠設施進行 SSCF 製程之驗證測試，本計畫分別以 5L 及 100L 發酵槽，交互進行 scale-up 及 scale-down 之實驗，發現為克服水解液抑制物造成</p>

		<p>(2)纖維原料多樣化之水解及發酵技術研究</p>	<p>菌株發酵延遲的影響，接菌量建議維持在 1g 乾重/L，且延遲酵素添加的時間點也對菌株之木糖發酵能力有所助益。目前 SSCF 程序操作條件已有初步結果，進一步以 100L 發酵槽進行 scale-up 驗證，發現於 72 小時後可獲致 40g/L 的酒精濃度，其總糖(葡萄糖+木糖)轉化酒精效率最可達 0.38g/g(約 76%)，已達預定目標。另本研究亦已於噸級廠 9 噸發酵槽驗證共發酵菌 Y15 於木糖水解液之木糖利用效能，發現其木糖利用速率約 0.8g/L/h，推估木糖轉化酒精效率約 70%，皆與實驗室規模及 100L 發酵規模之結果相當，顯示確實具有應用於 102 年噸級廠 SSCF 程序測試之潛力。</p> <p>(2)以噸級蒸氣爆裂系統進行蔗渣前處理，前處理條件在反應溫度 170°C、硫酸濃度 0.9%和反應時間 2 分鐘的操作下，再以 100L 發酵槽進行同步水解及發酵程序驗證，顯示每噸蔗渣的纖維素可轉化酒精量約為 142 公升，纖維轉化酒精總轉化效率為 64%，達預定目標，若再考量木糖轉化酒精量，則每噸蔗渣轉化的酒精量約 190 公升，與 100 年度於 5L 發酵規模所得之結果相當，顯示蔗渣確實具有應用潛力。</p>
--	--	-----------------------------	--

肆、主要成就及成果所產生之價值與貢獻度(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)	20%

二、技術創新(科技整合創新)	30%
三、經濟效益(產業經濟發展)	20%
四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續)	20%
五、非研究類成就(人才培育、法規制度、國際合作、推動輔導)	5%
六、其它效益(科技政策管理及其它)	5%
總計	100%

一、學術成就(科技基礎研究)(權重_20_%)

儘管本計畫屬性係發展產業應用技術，並非學術研究，但本計畫仍持續將偏基礎性的研發成果投稿至國際期刊，藉此提高國際能見度。另本計畫人員受邀協助國外期刊進行論文審查，今年共審查 18 篇論文，包括 Applied Bioresource Technology、International Journal of Heat and Mass Transfer、International Journal of Green Energy、African Journal of Biotechnology (AJB) (5 篇)；Bioresource Technology、BioResources、Industrial Crops and Products、Chemical Engineering & Technology (9 篇)；Journal of Process Control (4 篇)等，此顯示本計畫於國際期刊發表論文之成果，已受國際學術單位肯定。本年度投稿國內論文 1 篇、國外投稿 7 篇：

1. 共發酵菌轉殖技術開發，其學術價值在於開發出可同時提高基表現量及具不同表現差異之菌種群 2012. **An improved method of xylose utilization by recombinant *Saccharomyces cerevisiae* (Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology)**

[**ABSTRACT**] : The aim of this study was to develop a method to optimize expression levels of xylose-metabolizing enzymes to improve xylose utilization capacity of *Saccharomyces cerevisiae* . A xylose-utilizing recombinant *S. cerevisiae* strain YY2KL, able to express nicotinamide adenine dinucleotide phosphate, reduced (NADPH)- dependent xylose reductase (XR), nicotinamide adenine dinucleotide (NAD⁺)-dependent xylitol dehydrogenase (XDH), and xylulokinase (XK), showed a low ethanol yield and sugar consumption rate. To optimize xylose utilization by YY2KL, a recombinant expression plasmid containing the XR gene was transformed and integrated into the *aur1* site of YY2KL.

Two recombinant expression plasmids containing an nicotinamide adenine dinucleotide phosphate (NADP⁺)-dependent XDH mutant and XK genes were dually transformed and integrated into the 5S ribosomal DNA (rDNA) sites of YY2KL. This procedure allowed systematic construction of an *S. cerevisiae* library with different ratios of genes for xylose-metabolizing enzymes, and well-grown colonies with different xylose fermentation capacities could be further selected in yeast protein extract (YPX) medium (1 % yeast extract, 2 % peptone, and 2 % xylose). We successfully isolated a recombinant strain with a superior xylose fermentation capacity and designated it as strain YY5A. The xylose consumption rate for strain YY5A was estimated to be 2.32 g/gDCW/h (g xylose/g dry cell weight/h), which was 2.34 times higher than that for the parent strain YY2KL (0.99 g/gDCW/h). The ethanol yield was also enhanced 1.83 times by this novel method. Optimal ratio and expression levels of xylosemetabolizing enzymes are important for efficient conversion of xylose to ethanol. This study provides a novel method that allows rapid and effective selection of ratio-optimized xylose-utilizing yeast strains. This method may be applicable to other multienzyme systems in yeast.

2. 纖維酒精製程整合研究，其學術價值在於國內首篇結合實際測試廠之運轉經驗，就國外纖維酒精製程整合研究加以評析，格外具工程應用價值。2012。纖維酒精製程之程序合成與經濟分析。(台灣化學工程學會會刊，2012, 59(3), 13-30)

[摘要]：開發木質纖維酒精量產程序以因應全球再生能源需求，不但在技術與經濟面有著雙重阻礙，更須視各國的能源需求與全球燃料的供需變化。無論如何，過去數年的努力使得纖維酒精的商業生產漸露曙光，很多為實現商轉的計畫正在進行。以技術-經濟分析考量設計製程、尋求未來的改善方向有其必要。本文先詳述 NREL 對纖維酒精製程的技術-經濟分析過程，同時也對採用該技術以研究製程上各種合成的利弊得失，與影響程序變動的關鍵因素進行討論。其方法與結果可分別提供對程序合成分析或纖維酒精製程有興趣的同好共享。

3. 稻稈酒精水解液之木糖發酵生產酒精研究：其學術價值在於探討木糖發酵菌株於不同

類型水解液發酵時的發酵行為，並探討木糖水解液常用之overliming去毒化處理對木質素衍生之酚類化合物的移除效果, 2012. Ethanol production from ricestrawhydrolysates by *Pichia stipitis* (Energy Procedia, 已刊登)

[**ABSTRACT**] : The objective of this study was aimed to evaluate the fermentability of ricestrawhydrolysates by *P.stipitis* and proposed the fermentation process available. Both of glucose and xylose in mixture of dilute acid hydrolysate and enzymatic hydrolysate were completely utilized with an ethanol yield of 0.47 g/g. This result proved that the hydrolysate mixture was more suitable for ethanol fermentation by *P.stipitis* and this organism has shown great potential for the development of novel co-fermentation processes designed to obtain lignocellulosic ethanolproduction.

4. 台灣硬木生產纖維酒精的潛能評估: 其學術價值在於首次對本土硬木轉化酒精潛力進行評估，亦為學研共同合作的成果範例: Energy 44 (2012) 329-334

[**ABSTRACT**] :Their fast growth and adaptability make hardwoods good candidates for bioethanol production. This study evaluated acacia and eucalypt for bioethanol production in Taiwan. Enzyme formulations with endoglucanase, cellobiohydrolases and xylanase activities were applied for subsequent saccharification. The hydrolysis efficiencies were negatively impacted by the lignin contents of pulps. SSF (Simultaneous saccharification and fermentation) were also conducted using *Saccharomyces cerevisiae* D5A. After 170 h, 70.72 and 65.21 g of ethanol (per kg oven-dried wood) were produced from acidic exploded acacia and eucalypt pulps, respectively. In addition, 44.50 and 42.27 g of ethanol (per kg oven-dried wood) were produced from unbleached acacia and eucalypt kraft pulps, respectively. The overall potential of bioethanol production from the hardwoods in Taiwan was also estimated.

[**ACKNOWLEDGMENT**]: Financial support by National Science Council, ROC (Taiwan), NSC-100-3113-P-301-003, was acknowledged by the authors.

5. 使用木醴發酵菌株 *Pichia stipitis* 進行先導工廠酒精生產研究: 為國際上首次以100L規

模驗證木醣發酵菌株 *Pichia stipitis* 發酵能力之研究成果, BIORESOURCE TECHNOLOGY

[**ABSTRACT**] :The aim of the present study was to identify suitable fermentation conditions for rice straw hydrolysate fermentation based on the conversion of xylose to ethanol using *P. stipitis*, with an objective of integrating these findings into lignocellulosic ethanol production processes. The effect of aeration rate on hydrolysate fermentation for improving ethanol productivity was examined, and the effects of overliming-detoxification and ammonia/NaOH-neutralization on ethanol yield were explored. To the best of our knowledge, this is the first study to investigate hydrolysate fermentation using *P. stipitis* in a 100-L fermenter.

6. Improved operating policy utilizing aerobic operation for fermentation process to produce bio-ethanol SCI 1369-703X, BIOCHEMICAL ENGINEERING JOURNAL 68 (2012) 178-189

[**ABSTRACT**] : To enhance the productivity of the alcohol fermentation process, combined aerobic and anaerobic fed-batch operation could improve the growth of microbes and also achieve better alcohol production because of well-utilizing the characteristics of the microbial metabolism. Using a realistic model fitted from experimental data, result shows that the highest productivity can be achieved using a proposed fed-batch operation with high glucose concentration. The proposed operating policy combines an initial aerobic operation to increase the biomass formation in the early phase of the fed-batch operation and then followed by the anaerobic operation to accelerate the alcohol production in the later phase. The glucose feeding policy for this optimal fed-batch operation should try to maintain a lower optimal glucose concentration in the fermenter during initial aerobic phase and then to maintain another higher optimal glucose concentration during the next anaerobic phase. Toward the ending of the fed-batch, the glucose concentration in the fermenter should be increased further in order to speed up the productivity of ethanol after the feeding stopped.

7. Microbial production of 2,3-butanediol from acid-pretreated rice straw hydrolysate

BIORESOURCE TECHNOLOGY

[**ABSTRACT**] :The present study validated a bioconversion technology for the production of 2,3-butanediol (2,3-BD) using sugars, glycerol, and lignocellulosic material by three newly isolated strains—two *Klebsiella* sp. and one *Serratia* sp. One *Klebsiella* sp. afforded a high diol production yield (0.45 g/g) using the less common sugar arabinose, and *Serratia* sp. was used for the first time to convert glycerol to 2,3-BD and afforded a yield of 0.43g/g. Furthermore, acid-pretreated rice straw hydrolysate was used to determine the feasibility of its conversion to 2,3-BD. Both cellulose and hemicellulose hydrolysate were successfully fermented to 2,3-BD and acetoin by the isolates with yields for the diol between 0.39 and 0.44g/g (equivalent to 78%–88% of the maximum yield). These results demonstrate that 2,3-butanediol can be considered as the main product or a value-added byproduct of biofuel production and then potentially improve the economy of lignocellulosic biorefinery.

8. Production of lactic acid from dilute acid pretreated rice straw by *Lactobacillus plantarum*

SCI 0960-8524, BIORESOURCE TECHNOLOGY

[**ABSTRACT**] :The utilization of all available sugar from raw material is an economically feasible way for lactic acid production. The effective fermentation of lactic acid production from lignocelluloses is a key point for integration process with co-culture, robust strain or native strain. In this study, an isolated lactic acid bacteria, *Lactobacillus plantarum*, showed a tolerance to inhibitors at 2.5g/L furfural, 2.0g/L vanillin, and 2.0g/L syringaldehyde and a capital for lactic acid production from glucose in lignocellulosic hydrolysates. Simultaneous saccharification and fermentation with the lignocellulosic hydrolysates by *Lb. plantarum* produced 58 g/L lactic acid, similar to 63g/L lactic acid from the one with distilled water. Therefore, *Lb. plantarum* could be practical for integration process of lactic acid production.

9. Use of Acid-catalyzed Rice Straw for Production of Cellulolytic Enzymes by *Trichoderma reesei* SCI 0343-8651, CURRENT MICROBIOLOGY

[**ABSTRACT**] :This study was aimed to evaluate the potential of agro-industrial residues as inducible substrate for cellulose production. Rice straw, napier grass ,recovered pulp and Avicel (as a reference inducer) were selected to be treated as the inducible substrate using filamentous fungi, *Trichoderma reesei*. Filter Paper activity assay (FPU/ml) was used to determine the enzyme activity during cellulase production. The results have found that the activities of cellulolytic enzyme induced by pretreated rice straw is similar to that by Avicel, while the cellulose obtained using pretreated napier grass and untreated raw materials showed considerably low activity. The cellulase produced by 1% acid -catalyzed rice straw has exhibited the highest cellulase activity of 2.1 FPU/ml in a 5L fermentor, it is close to that induced by commercial Avicel. Furthermore, we also actively target collaboration with Cellulosic Ethanol Program in Institute of Nuclear Energy Research (INER). It has been funded to establish the pilot-scale platform for cellulosic ethanol production and proving bio-refinery technologies. The collaboration has been performed and intended to provide solutions on significant bottlenecks in the development of “in-house” cellulase production technologies for the second-generation ethanol and accelerate the commercialization of enzyme products.

二、技術創新(科技整合創新)(權重_30_%)

本計畫於技術創新方面仍偏重於前處理技術及相關機械設計，於 101 年度已再分別取得中華民國專利 3 件及美國專利 2 件，另本年度目前已提出 7 件專利申請案，其中一件有關水解酵素基因之美國專利申請案，係為本計畫與學術單位合作之成果，該基因具有特殊之功能，另一件申請案為發酵槽連續饋料之機械設計，將有助於酵素生產技術之操作，其具體內容分述如下：

1. 獲得「CELLULOSE HYDROLASE AND GENE THEREOF」美國專利申請案：Provided are a cellulose hydrolase and a gene thereof obtained by screening a cDNA genomic library constructed with *Orpinomyces* sp. Y102. The gene is 1071 base pairs long and comprises an open reading frame (ORF) for producing the cellulose hydrolase comprising 357 amino acids by translation. A transformed cell and a carrier carrying the gene are provided. The gene is transferred to *E. coli* by transformation, such that *E. coli* can acquire activity of decomposing CMC, beta-glucan, and xylan. The cellulose hydrolase is multifunctional and is capable of decomposing cellulose and directly decomposing fiber into glucose. (美國發明專利，申請號 13/424,501)
2. 獲得「稻稈捆解包裝及粗切裝置」專利：一種稻稈捆解包裝及粗切裝置，係用於處理圓筒形稻稈捆，其包括一設於裝置上方並具有一軌道之圓盤鋸、兩組設置於裝置側邊開口下方之摩擦滾輪、兩組設置於上述兩組摩擦滾輪間下方之扒料輪、以及數支設置於上述兩組扒料輪下方之切刀滾輪所構成，可利用移動該圓盤鋸切斷捆綁該稻稈捆之麻繩，並以該摩擦滾輪帶動旋轉該稻稈捆，使該稻稈捆下方之扒料輪可旋轉剝離該稻稈捆表層之稻稈，而被剝除之稻稈則掉落在該切刀滾輪上，由高速旋轉之切刀切斷，且被切斷之稻稈將由各刀片間掉落，俾利送往後續裝置進行細切。藉此，係可將稻稈捆進行自動化之拆解，並進行切斷作業，使稻稈原料之長度低於 30 公分，以節省操作人力需求並加速稻稈拆解速度，俾使完成粗切之稻稈得以符合後續細切處理裝置之需求。(中華民國發明專利，專利權號碼：發明第 I369944 號)
3. 獲得「提升纖維原料水解液木糖濃度之方法」專利：一種提升纖維原料水解液木糖濃度之方法，係藉由擠壓混酸配合熱水溶洗纖維原料前處理程序，提升纖維生質原料經稀酸水解所產生水解液中木糖之濃度及產率，以降低後續發酵反應槽尺寸及蒸餾能耗。施行方法為藉由雙軸擠壓機進行研磨、注(酸)液，達到均勻混酸及碎裂纖維原料之目的，後續再利用高溫高壓熱水提取已擠壓混酸碎裂纖維原料中之木糖。藉此可提升水解液中木糖之濃度至 60g/L，同時木糖之產率亦可達 90%，同時可得富含纖維素小尺寸固體渣料。(美國發明專利，專利權號碼：US 8,080,128B2)
4. 獲得「纖維生質原料水熱前處理裝置與方法」專利：一種纖維生質原料水熱前處理裝置與方法，係結合貫流式水熱前處理與減壓/蒸汽爆裂前處理，藉該貫流式

水熱前處理可由高溫高壓水熱反應器中即時將半纖維素及纖維素中之木寡糖或單糖提取出，於避免其降解損失從而提高木寡糖回收率至 70% 同時，配合該減壓/蒸汽爆裂前處理以減壓或蒸汽爆裂破壞纖維生質原料結構，亦能維持後續酵素水解之木糖及葡萄糖轉化效率至 90%，以達提高纖維生質原料中之纖維素與半纖維素之利用率，進而降低成本並提升纖維酒精之產業競爭力者。(中華民國發明專利，專利權號碼：發明第 I364427 號)

5. 獲得「可液相及可氣相進料之酒精脫水裝置」專利:可液相及可氣相進料之酒精脫水裝置，其主要特徵係在改良及放大實驗室級酒精脫水裝置，利用高選擇性薄膜，分離高濃度酒精與水，使其可連續自動運轉。其中酒精進料方式，可選擇以液相或汽相方式進料，作為薄膜模組測試之平台。經過操作參數調整，產品為 >99.5% 之無水酒精;透過端蒐集之低濃度酒精(~1%)，可自動排液，達成連續自動運轉之目的。(中華民國新型，專利權號碼：新型第 M 425125 號)
6. 提出「一種纖維素水解酵素及其基因」專利申請案:。本發明係一種自瘤胃真菌分解所得之纖維水解酵素及其基因，其為一多功能的纖維分解酵素，且同時具有分解纖維二糖的能力，可直接將纖維質分解成葡萄糖。(美國專利，專利申請號碼:申請號 13/424,501)
7. 提出「定量連續進料裝置」專利申請案: 本創作係關於一種可同步於發酵時進行固態定量連續壓差進料輸送裝置，屬螺旋輸送訂定量壓差設計系統，進料斗之內部設有一由攪拌器避免物料源架橋，架台配置電子定量控制秤，讓不同纖維物可根據重量進行批測進料之控制，由螺旋輸送至進料桶，進料桶藉由壓差控制，在不改變發酵壓力下，送入發酵槽進行餵料，藉由本發明在發酵程序中，藉由定量控制固體原料餵料，提升整體發酵程序產物生成量。(中華民國專利，專利申請號碼: 101140092)。
8. 提出「一種提高微藻生長效能之方法」專利申請案: 微藻為生產生質燃料如生質柴油、酒精、丁醇等之良好材料，而如何提高微藻大量培養之效率及增加其生質量是以微藻生產生質燃料的開發關鍵。本研究方法主要是以基因轉殖方式增加微藻的光合作用效率，使微藻之生長與生質量提高。增加光合作用效率是以增強調

控 CCM (CO₂-concentration mechanism) 機轉之 HCO₃⁻ transporter (藍綠菌 *Synechococcus* PCC7942 *ictB* 與 *Synechococcus* PCC7002 *BicA*)，及 carbonic anhydrase (藍綠菌 *Synechococcus* PCC7942 *ecaA*) 基因表現方法進行，提高其無機碳源的固定，以獲得具高光合作用能力與生長力的微藻用於生質燃料之生產。(中華民國專利，專利申請號碼: 101140254)。

9. 提出「由氣流中分離粘性物體之旋風分離裝置」專利申請案：一種由氣流中分離粘性物體的方法及應用該方法之旋風分離裝置，是使用一種旋風分離器，其內部具有利用氣體流動的動能即能推動旋轉的圓筒狀粘性物體刮除機構，當氣流通過時，該粘性物體刮除機構能被推動而作旋轉運動，並利用該粘性物體刮除機構交錯排列的刮除爪，將附著在旋風分離器內壁的粘性物體刮除。(中華民國專利，專利申請號碼: 101140216)。
10. 提出「微細粉體氣力輸送裝置」專利申請案：本創作為一種粉體氣力輸送方法，使用誘引排風機提供系統負壓，將粉體吸入輸送管，經多向閥切換，交替使用多數個袋式集塵器，將粉體分離，進入粉體貯倉；其中袋式集塵器具有遮斷閥、反洗裝置及底蓋；袋式集塵器使用時，遮斷閥開啟、底蓋封閉；袋式集塵器非使用狀態時，遮斷閥關閉、底蓋開啟，並利用反洗裝置進行沖洗；使得粉體的氣力輸送能持續進行。多向閥具有一氣體入口、多數個氣體出口，其中每一個氣體出口是利用蓋板作為閥門切換，使得帶有粉體的氣流可以藉多向閥控制進入操作的袋式集塵器。(中華民國專利，專利申請號碼: 101139378)。
11. 提出「連續處理纖維原料之方法與裝置」專利申請案：。本發明係一種連續處理纖維原料之方法與裝置，係結合稀酸水解與蒸汽爆裂之酸催化蒸汽爆裂前處理製程，藉由一段式或二段式前處理製程及裝置連續處理纖維原料，調整操作參數，以達到纖維原料之進料、混酸預熱及稀酸水解反應及蒸汽爆裂閃化出料至固液分離機皆同時且持續進行之目的，無需先進料完成後再加壓加熱進行反應，可有效改善習用之種種缺點，簡化設備，甚至完全取代既有技術，以達到水解半纖維素

提取木糖水解液及破壞纖維原料結構、增加表面積與孔隙度之效果。(中華民國專利，專利申請號碼: 101139381)。

12. 提出「稻稈水解物對纖維水解酵素的誘導方法」專利申請案:。第二代纖維酒精的製程上，纖維素水解酵素的使用為主要的速率限制步驟與成本支出。為了減少生產成本與增加生產便利性，以稀酸前處理稻稈為原料，生合成具有誘導酵素能力的誘導物。此產物為液態的方式進行饋料，增加操作的便利性；使用低成本的稻稈為原物料，可降低成本，在纖維素水解酵素的生產上有著兩方面的進步性。(中華民國專利，專利申請號碼: 101140010)。

三、經濟效益(產業經濟發展)(權重 20%)

目前纖維酒精技術尚未發展成熟，在未有實質產業的情況下，纖維酒精尚無法展現其經濟效益，但分析國內外發展趨勢可知，國內若能先由內需市場扶植纖維酒精或生物精煉產業於國內生根發展，待建廠能力與相關技術趨於成熟下，再進一步藉由技術輸出及海外布局，發展海外市場，其未來性確值得期待與持續投入量產技術之研發，主要因:

1. OECD、WWF 及 WEF 等國際組織研究報告均指出，生質物精煉產業帶動之生物經濟將成為繼資訊經濟後，於 2030 年成為全球最重要的經濟產業，以生質原料生產燃料、化學品、電力與熱能之產業產值預估達 2950 億美元以上，我國若能爭取其市場先機，將有機會協助國內打造另一個兆元產值之低碳產業。
2. 國際上有關纖維酒精製程之發展已從單獨生產燃料酒精，延伸至整合生產化學品、燃料與電力的生質精煉產業，主要因所仰賴的核心技術是相同的，因此，若能將纖維酒精技術進一步延伸至生質化學品生產，應可同步於協助國內發展石化產業高值化之新材料領域的研發價值鏈，有助於國家達成 2020 年石化業研發投入比例大於 2% 及整體石化業附加價值率大於 20% 之階段性目標

另根據本計畫與台經院之合作評估，若以稻稈為原料在國內設立年產量 15 萬公秉原料腹地 50 公里以內之纖維酒精生產工廠，每年可新增 85.5 億元產值。其中農業產值為 28 億，工業產值為 54 億，碳交易產值為 3.8 億。除整廠製程技術輸出外，另有以下兩項技術可單獨技術授權，亦具有經濟效益之潛力:

1. 噸級測試廠之前處理設備，為纖維酒精程序設備開發投入最多心力之重點項目，並結合國內廠商建立系統開發之能力。前處理設備並無商品化產品，必須依據實際需求開發製作，此設備測試成功，將可放大至量產廠使用，亦有機會輸出至國際市場。國內有家產業擬以酒精生產乙烯產品，與本計畫洽商簽署 NDA/MTA 之中，雙方將進一步討論可合作的地方。
2. 本計畫開發之共發酵菌株的木糖轉化酒精能力已與國外知名共發酵菌株相當，若再經由適當的馴化培養及放大發酵驗證，將具有工業應用之潛力，屆時將可透過共同合作及技術授權的模式，推廣至國內產業及國際市場。以先前國外共發酵菌之技術授權經驗為例，其授權原則為具有使用權，但無基因改良權，除需支付一定金額的技轉權利金外，未來量產尚需要抽取佣金為\$0.1/gallon(酒精)，因此未來本計畫開發之共發酵菌株將可循上述授權模式爭取技術授權金。

四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續)(權重_5_%)

1. 國內產學研單位可利用本計畫建立之纖維酒精測試平台進行新料源、新開發酵素、新研發菌株等性能之放大測試，核研所已訂定纖維酒精測試平台技術服務收費辦法，目前已有國內產業及研究單位委託本計畫執行相關技術服務。
2. 為協助國內纖維酒精相關研究之進行，本年度計畫提供木糖水解液、前處理渣料、酵素水解後濾餅、蒸餾塔底廢液、廢水處理後污泥等運轉測試產物予國內 5 個產學研單位，進行纖維酒精技術與廢棄物再利用之研究。
3. 核研所目前建立之纖維酒研發設施與噸級測試廠，除為開發量產技術外，亦作為教學參觀推廣。本年度參訪本設施之單位共 36 個，人數達 688 人，有助於國人對生質酒精之認識與推廣。
4. 本計畫將提供符合 CNS15109 規範之燃料級纖維酒精 2 公秉予中油公司摻配成 E3 酒精汽油於台糖公司虎山加油站出售，以協助台灣經濟研究院推動「台南市仁德生質酒精示範鄉鎮計畫」，促進國人對生質酒精的使用。

五、其它效益(科技政策管理及其它)(權重_5_%)

1. 本研究團隊持續與台經院執行之能源國家型科技計畫合作，協助執行其分項計畫：稻稈/蔗渣酒精製程參數建立與效益分析，已建立本土燃料酒精生產模式之能源投入分析，並研製稻稈纖維酒精提供給台經院，以推動生質酒精示範鄉鎮推廣計畫。藉由兩研究團隊之合作，除可協助台經院制訂國內生質酒精推動政策外，於 102 年亦可與本計畫之能資源整合研究相互彙整，提出國內纖維酒精製程之整體能源效益與經濟效益評估。

註：若綱要計畫期程為 4 年期第 1 年執行者，請明確寫出本綱要計畫為第 1 年執行，固無主要成就及成果之價值與貢獻度；其他非第 1 年執行者請填寫起始年累積至今主要成就及成果之價值與貢獻度(例如：執行期程為第 3 年之綱要計畫即寫第 1 年到現在所有成果之 outcome)。

伍、本年度計畫經費與人力執行情形

一、計畫經費執行情形

(一)計畫結構與經費

中綱/(細部)計畫		研究計畫		主持人	執行機關	備註
名稱	經費	名稱	經費			
纖維酒精量產技術研發	45,330				核能研究所	1000 萬元以上計畫
		1.噸級測試設施量產技術開發	29,085		核能研究所	
		2.纖維酒精製程技術研發	16,245		核能研究所	

(註 1)計畫請依國家型、由院列管、1000 萬元以上及 1000 萬元以下分類標示。

(二)經資門經費表

預算執行數統計截止日期：101.12.20

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		33,966,000 (29,066,940)		29,066,940 (28,989,414)	64% (99.73 %)	
3.差旅費						
4.管理費						
5.營業稅						
小計		33,966,000 (29,066,940)		29,066,940 (28,989,414)	64% (99.73 %)	
二、資本支出						
1.設備費						
小計		11,364,000 (16,263,060)		16,263,060 (16,263,060)	36 % (100 %)	
金額		45,330,000 (45,330,000)		45,330,000 (45,252,474)	100.00 % (99.83 %)	
合計	占總經費% =分配數÷預算數 (執行率=執行數 ÷分配數)	100%		(99.83%)		

請將預算數及執行數並列，以括弧表示執行數。

與原計畫規劃差異說明：

無

(三)100 萬以上儀器設備

總期程累計(中綱計畫執行期間累計)：

No.	年度	儀器設備名稱	支出金額
1	101	酵母菌用之冷凍乾燥機	1,056,000
2	101	前處理高壓蒸汽爆裂廢氣處理設備增建與安裝	1,750,000
3	101	纖維酒精噸級測試廠水解發酵區系統改善精進採購	1,243,620
	合計		4,049,620
	100 年	購案名稱	

1		地下水自動抽水裝置	1,873,000
2		全自動清洗板式酵素固液分離設備	2,250,000
3		100L 臥式同步水解發酵槽	1,674,250
	合計		5,797,250
	99 年	購案名稱	
1		稻稈螺旋輸送及過濾設備製作及安裝	2,590,000
2		100L 臥式同步水解發酵槽	1,580,000
3		高壓蒸汽爆裂廢氣處理設備製作	1,550,000
4		55 加侖熱浸鍍鋅鋼桶	1,998,575
5		生物反應器分離系統及其原料反應物分析儀控設備組件	10,300,000
6		1000L 全自動滅菌酵素生產系統	5,787,000
	合計		23,805,575

二、計畫人力運用情形

(一)計畫人力

人力統計截止日期 101.12.31

說明：

年度 101	執行情形	總人力 (人月)	研究員級	副研究員級	助理研究員級	助理
總期程累計 (中綱計畫執行期間累計)	原訂	30	2.1	6.4	12.5	9
	實際	29.6	2.1	6.4	12.5	8.6
	差異	0.4	0	0	0	0.4
年度 100	執行情形	總人力 (人月)	研究員級	副研究員級	助理研究員級	助理
總期程累計 (中綱計畫執行期間累計)	原訂	40	1.5	12.5	9.5	16.5
	實際	37	1.5	11	8	16.5
	差異	-3	0	-1.5	-1.5	0
年度 99	執行情形	總人力 (人月)	研究員級	副研究員級	助理研究員級	助理
總期程累計 (中綱計畫執行期間累計)	原訂	40	1.5	12.5	9.5	16.5
	實際	39	1.5	12	9	16.5
	差異	-1	0	-0.5	-0.5	0

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。

副研究員級：副研究員、副教授、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。

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。

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。

與原計畫規劃差異說明：

101 度預定投入 30 人年，實際投入 29.6 人年，與原規劃人力差異 0.4 人年。其原因與因應方式為：

1. 本年度因 5 位研究人員離職，補進 6 位研究人員。
2. 本計畫人力約 65% 配置於分項 1，35% 配置於分項 2；下半年人力逐漸減少，主要影響測試廠運轉時之輪班人力，因應方式為運轉時只輪 2 班並緊縮每班人力，仍有不足則由分項 2 支援或以加班方式處理。

(二)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

(列出主要人員清單，如副研究員以上、計畫主持人等)

101 年度：

年度	姓名	計畫職稱	投入主要工作及人月數	學、經歷及專長	
				學歷	專長
101	王○寶	主持人	7人月 總計畫督導與執行	學歷	碩士
				經歷	研究員
				專長	【23】【化學工程】
101	黃○松	分項 主持人	12人月 分項計畫督導與執行	學歷	碩士
				經歷	研究員
				專長	【29】【醫學工程】
101	郭○倫	分項 主持人	12人月 分項計畫督導與執行	學歷	博士
				經歷	工程師
				專長	【2H】【環保生物工程】
101	李○生	研究員	10人月 計畫管理顧問及資訊收集	學歷	博士
				經歷	研究員
				專長	【2H】【礦冶類工程】
101	邱○煥	副研究員	12人月 生化技術開發	學歷	博士
				經歷	副研究員
				專長	【23】【化學工程】
101	王○輝	副工程師	12人月 測試廠運轉督導	學歷	博士
				經歷	副工程師
				專長	【23】【化學工程】
101	魏○洲	副研究員	8人月 酒精蒸餾與脫水	學歷	碩士
				經歷	副研究員
				專長	【23】【化學工程】

年度	姓名	計畫職稱	投入主要工作及人月數	學、經歷及專長	
101	張○明	工程師	12人月 程序整合研究	學歷	博士
				經歷	工程師
				專長	【23】【化學工程】
101	陳○華	副工程師	12人月 前處理技術開發	學歷	博士
				經歷	副工程師
				專長	【23】【化學工程】
101	林○翔	副工程師	12人月 菌株發酵研究	學歷	碩士
				經歷	副工程師
				專長	【6L】【生物技術】

100年度：

姓名	計畫職稱	投入主要工作及人月數	學、經歷及專長	
王○寶	主持人	12人月 總計畫督導與執行	學歷	碩士
			經歷	研究員
			專長	【23】【化學工程】
黃○松	分項主持人	12人月 分項計畫督導與執行	學歷	碩士
			經歷	研究員
			專長	【29】【醫學工程】
郭○倫	分項主持人	12人月 分項計畫督導與執行	學歷	博士
			經歷	工程師
			專長	【2H】【環保生物工程】
蔡○諺	副工程師	12人月 酒精純化及系統工程開發	學歷	碩士
			經歷	副工程師
			專長	【23】【化學工程】
林○翔	副工程師	12人月 菌株發酵研究	學歷	碩士
			經歷	副工程師
			專長	【6L】【生物技術】
陳○泉	副研究員	6人月	學歷	碩士

		計畫管理	經歷	副研究員
			專長	【12】【化學】
魏○洲	副研究員	8人月 酒精蒸餾與脫水	學歷	碩士
			經歷	副研究員
			專長	【23】【化學工程】
蔡○晉	副工程師	12人月 前處理及系統工程	學歷	碩士
			經歷	副工程師
			專長	【21】【機械工程】
王○輝	副工程師	12人月 系統工程開發	學歷	博士
			經歷	副工程師
			專長	【23】【化學工程】
邱○煥	副研究員	12人月 生化技術開發	學歷	博士
			經歷	副研究員
			專長	【23】【化學工程】
陳○華	副工程師	12人月 前處理技術開發	學歷	博士
			經歷	副工程師
			專長	【23】【化學工程】
翁○翔	副工程師	7人月 酒精純化與系統工程	學歷	博士
			經歷	副工程師
			專長	【2H】【環境工程】
張○明	工程師	12人月 程序整合研究	學歷	博士
			經歷	工程師
			專長	【23】【化學工程】
黃○彰	副研發師	6人月 生化工程程序研究	學歷	博士
			經歷	副研發師
			專長	【23】【化學工程】

99 年 度 :

姓名	計畫職稱	投入主要工作及人月數	學、經歷及專長	
王○寶	主持人	12人月 總計畫督導與執行	學歷	碩士
			經歷	研究員
			專長	【23】【化學工程】

黃○松	分項 主持人	12人月 分項計畫督導與 執行	學歷	碩士
			經歷	副研究員
			專長	【29】【醫學工程】
郭○倫	分項 主持人	12人月 分項計畫督導與 執行	學歷	博士
			經歷	工程師
			專長	【2H】【環保生物工程】
蔡○諺	副工程師	12人月 酒精純化及 系統工程開發	學歷	碩士
			經歷	副工程師
			專長	【23】【化學工程】
林○翔	副工程師	12人月 菌株發酵研究	學歷	碩士
			經歷	副工程師
			專長	【6L】【生物技術】
陳○泉	副研究員	12人月 計畫管理	學歷	碩士
			經歷	副研究員
			專長	【12】【化學】
魏○洲	副研究員	8人月 酒精蒸餾與脫水	學歷	碩士
			經歷	副研究員
			專長	【23】【化學工程】
蔡○晉	副工程師	12人月 前處理及系統工程	學歷	碩士
			經歷	副工程師
			專長	【21】【機械工程】
王○輝	副工程師	12人月 系統工程開發	學歷	博士
			經歷	副工程師
			專長	【23】【化學工程】
陳○華	副工程師	12人月 前處理技術開發	學歷	博士
			經歷	副工程師
			專長	【23】【化學工程】
翁○翔	副工程師	12人月 酒精純化與系統 工程	學歷	博士
			經歷	副工程師
			專長	【2H】【環境工程】
張○明	工程師	12人月 程序整合研究	學歷	博士
			經歷	工程師

			專長	【23】【化學工程】
黃○彰	副研發師	12人月 生化工程程序研究	學歷	博士
			經歷	副研發師
			專長	【23】【化學工程】

陸、本計畫可能產生專利智財或可移轉之潛力技術(knowhow)說明

目前本計畫之相關技術盤點仍在進行中，現階段初步已彙整之可技轉技術的特色、優勢與推廣規劃如(表七)，基本上這些技術的水準大致皆與國際水準相當或更佳，且大多具有可單項技轉之特色，同時因部分技術係以稻稈為技術開發對象，故中國大陸及亞洲地區建議可優先推廣。

現階段可技轉技術之特色、優勢與推廣規劃

技術項目	技術特色與優勢	推廣規劃
提昇纖維原料水解液木糖濃度之方法(中華民國、美國專利)	<ol style="list-style-type: none"> 1.輸送設計特別適用於蓬鬆、易架橋之稻稈等柔韌纖維原料(國外多為玉米桿、麥桿) 2.可產生 60g/L 高木糖溶液達國際領先水準(一般 30-40g/L) 3.有效降低纖維原料固渣尺寸，操作固含量可提高至 30% 以上 	<ol style="list-style-type: none"> 1.建議中國大陸及亞洲地區優先推廣 2.潛在應用另有木糖醇或木糖衍生物生產 3.可單項個別技轉
連續式前處理程序與設備(中華民國專利)	<ol style="list-style-type: none"> 1.連續操作及輸送設計特別適用於蓬鬆、易架橋之稻稈等柔韌纖維原料(國外多為玉米桿、麥桿) 2.可提高纖維原料固渣水解效率至 75% 以上(與國際水準相當) 	<ol style="list-style-type: none"> 1.建議中國大陸及亞洲地區優先推廣 2.可單項個別技轉或隨整廠技轉，特別適用於總糖(葡萄糖+木糖)欲同時利用之應用
纖維生質原料水熱前處理裝	<ol style="list-style-type: none"> 1.一種纖維生質原料水熱前處理裝置與方法，係結合貫流式水熱 	<ol style="list-style-type: none"> 1.建議中國大陸及亞洲地區優先推廣

技術項目	技術特色與優勢	推廣規劃
置與方法 (中華民國專利)	<p>前處理與減壓/蒸汽爆裂前處理</p> <p>2. 可將半纖維素及纖維素中之木寡糖或單糖提取出，於避免其降解損失從而提高木寡糖回收率至 70% 同時，亦能維持後續酵素水解之木糖及葡萄糖轉化效率至 90%，以達提高纖維生質原料中之纖維素與半纖維素之利用率。</p>	<p>2. 後端酵素水解須另行增加可分解木寡糖為木單糖之酵素</p> <p>3. 可單項個別技轉</p>
提升纖維水解液木糖發酵轉化率之方法 (中華民國專利，美國專利申請中)	<p>1. 本發明係一種可以提高纖維水解液木糖發酵之轉化效率的方法，將木質纖維原料予以適當的處理後，再添加於木糖發酵反應器中，可提高 10% 的木糖轉化酒精效率。</p> <p>2. 本發明又一特點是在發酵槽溶液靜止未攪拌的情況下，發酵菌株可以伴隨加入的木質纖維素物料共同沉降，使菌株沉降的速度加快，在此特性下，將可使發酵反應器以饋料批次模式操作 (repeated batch)，達到木糖發酵菌回收的效果。</p>	<p>1. 推廣地區無特別限制。</p> <p>2. 含有抑制物之水解液進行發酵反應和生質精煉等以生物化學方式生產之產業。</p>
同步糖化發酵	1. 操作固含量提高至 30% 以上，	1. 推廣地區無特別限

技術項目	技術特色與優勢	推廣規劃
反應裝置 (中華民國專利，申請中)	轉化效率不會顯著改變(與國際水準相當) 2.可提高纖維原料固渣水解效率至 75% 以上(與國際水準相當) 3.亦可應用於固態發酵、水處理污泥消化等需求(環境工程應用)	制 2.前在應用另有固態發酵生產、污泥消化 3.可單項個別技轉或隨整廠技轉
稻稈纖維水解質酵素之生產方法(中華民國專利，申請中)	1.酵素誘導成本降低，但粗酵素活性可達 10FPU/mL(國際文獻最高達 12FPU/mL，但誘導成本昂貴) 2.因誘導渣料製備會產生木糖液，故可併同利用木糖生產化學品，提升酵素生產之附加價值 3.誘導原料來源可以與纖維酒精廠之料源供給整合	1.建議中國大陸及亞洲地區優先推廣 2.建立隨整廠技轉(主要用途仍為纖維酒精生產)
基因重組共發酵菌株(中華民國及美國專利，申請中)	1.木糖利用速率達 1g/L/h 以上，達國際領先水準；木糖轉化酒精效率約 60-70%，與國際水準相當 2.於稻稈、狼尾草、蔗渣、玉米桿、玉米穗軸及白楊木等纖維原料水解液皆有相似發酵能力 3.發酵使用菌量可維持在 1g(菌體乾重)/L 以下，較一般發酵菌量低(文獻中共發酵菌使用量多在 2-5g/L)	1.推廣地區無特別限制 2.建議單獨技術授權及抽取生產佣金 3.考量另申請東南亞地區之專利進行佈局

柒、與相關計畫之配合

1. 委託台經院由本土料源可供應性、料源生產與集運成本、酒精產製成本、設備成本與酒精生產技術等構面，完成國內纖維酒精量產廠成本、能源效益分析以及推動策略。研究建議，國內可立即推動年產 10 萬公秉之蔗汁酒精工廠一座及相關供應鏈建置，達到自產自銷；待纖維酒精技術更成熟，該廠可直接擴充為年產 20 萬公秉之一二代共構廠（較直接建置二代廠成本低）。終期 2030 則可推動「強制添加 E5」，全國產量約需 50 萬公秉，可完全由國內提供料源（包括甘蔗、稻稈）。
2. 本研究團隊已陸續與能源國家型科技計畫之其他生質能相關研究計畫聯繫，希望能提供稻稈渣料及製程廢液供學術單位進行研究，同時期能測試期開發之酵素或其他生物資源，此項合作工作預定於第三季起陸續接洽及執行。
3. 目前大同公司正在評估與中研院合作提出科專計畫之可行性與方式，若該計畫能夠順利申請並通過，本研究團隊將會協助其酵素效能之測試。

捌、後續工作構想之重點

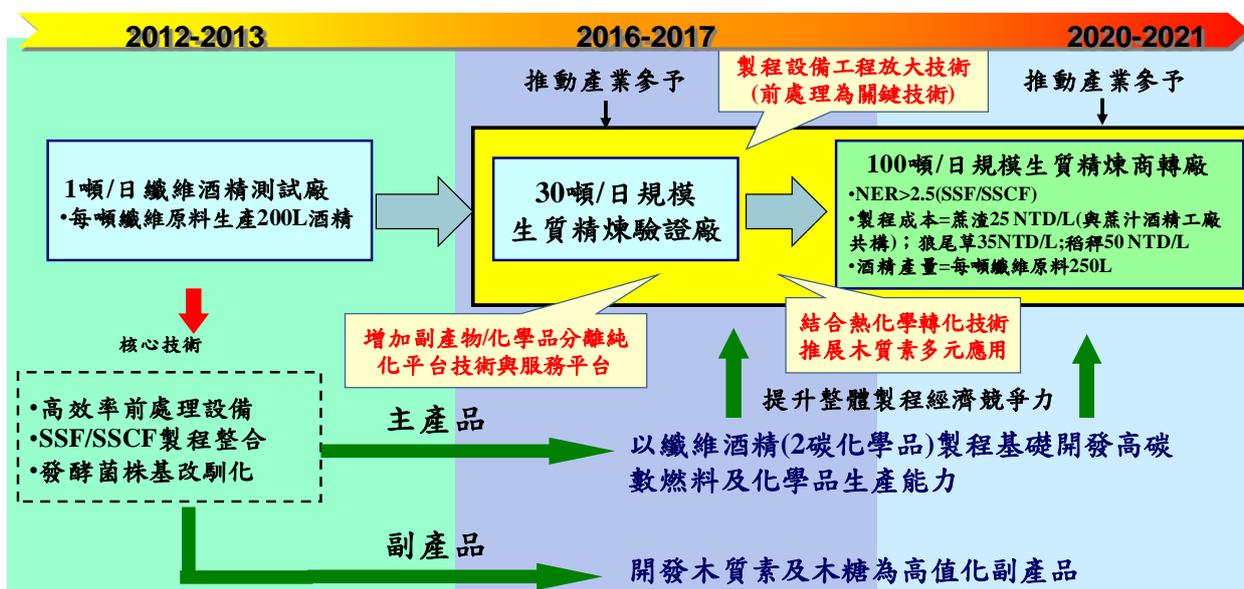
鑒於 102 年將為本計畫期程之最後一年，因此 101 年計畫完成後之後續工作重點，將以噸級測試廠運轉測試研究所建立之各項資訊，建立具有競爭力之纖維酒精量產製程所需之核心技術與 20-30 噸/日驗證廠建廠所需之整廠基本設計，同時進行產業化推廣，並將以完成以下目標為主要工作重點：

1. 建立噸級廠纖維酒精量產程序，預期技術目標為每噸纖維原料(稻稈或蔗渣)平均可生產 200 公升酒精，生產成本低於國外進口酒精價格，能源產出/投入比 >1.2 。
2. 完成纖維酒精製程技術授權與商業推廣展示規劃，包括不同原料輸送設計、前處理系統、SSF 或 SSCF 製程設備及對應之酵素、共發酵菌等生物資源之培養生產系統，提供對外展示、產業快速測試與後續商轉製程工程放大之設計依據。
3. 建立纖維酒精量產製程之技術參數，完成製程設備工程放大之設計評估，並提出以商

轉為前提之驗證廠的工程基本設計規劃，作為纖維酒精廠整廠輸出及技術移轉之文件資訊，同時提出纖維酒精量產之生產成本、能源效益與減碳效益分析。

- 與 1-2 家產業單位展開合作研究及先期測試，並於 102-103 年起開始推動及進行技術移轉。

至於 102 年後之工作重點，將以纖維酒精整廠運轉測試之成果，推動產業投入驗證廠規模之建置，作為發展小型商轉廠基本設計之基礎(量產可行性的提升)；以纖維酒精核心技術擴大生產目標至生質化學品，使纖維酒精廠精進為整合燃料、電力及化學品生產之生質精煉廠(經濟競爭力的提升)，其工作規劃如下圖所示。



玖、檢討與展望

- 近期本計畫於研究成果推廣方面，已有實質的進展，除已開始利用纖維酒精測試廠研發設施提供產業單位技術服務外，亦開始陸續與國內外相關產研單位進行合作開發，此顯示本計畫於產業化的成果已逐步展現，雖然推廣進展仍在萌芽階段，但因可同步協助政府石化高值化政策之新材料領域的研發工作，其未來性應值得期待，因此本計畫將會盡全力如期完成計畫之各項預定工作，期能夠與產業相互配合，共創雙贏目標。
- 噸級測試廠自 99 年開始進行運轉測試，由批次運轉，至今年已能夠 8 天連續進料，整廠持續運轉 14 天，同時藉由運轉期間進行故障排除 (trouble-shooting) 與設備持續精進的經驗，目前已掌握整廠製程基本設計的關鍵，因此除將於本年度下半年完

成噸級規模之製程最適配置及質能評估外，鑒於國際上纖維酒精驗證廠(demonstration plant)的規模多在日進料 10 噸以上，因此本計畫亦將據此針對各單元設備進行工程 scale-up 之方法開發，期能於 102 年能由此噸級廠之設計基礎，建立工程放大至 20-30 噸/日的方法及其基本設計能力，供國內有意投入纖維轉化酒精或化學品產業之建廠參考，同時本計畫亦期可根據與產業之合作經驗，進一步再由 20-30 噸/日驗證廠規模，建立日進料達百噸之商轉廠的基本設計能力，進而協助建立自主建廠之技術。

3. 儘管纖維水解酵素開發的困難度很高，但因無論生產燃料酒精或是化學品，纖維水解酵素仍將是影響製程經濟性的關鍵因素，未來市場相當具有潛力，故仍值得投資研究。目前國內自行開發之廠內酵素生產技術，其酵素粗萃液活性值已可達商業應用的門檻值 10FPU/mL 以上，將可彈性應用於各項酵素水解製程之操作，但由於其酵素活性組成中 beta-glucosidase 活性仍然偏低，因此希望能與國內產學單位持續合作，建構及精進更具潛力及經濟性的酵素生產菌株或開發酵素活性組成完整的 cocktail 酵素。近期本計畫仍會以引進國外酵素為主要酵素應用策略，藉以加速國內相關產業之發展，但長期而言仍將以應用自產酵素為主要研發策略。
4. 目前本計畫於前處理設備與共發酵菌研發已有具體的研究成果，且亦受國內外相關產業的肯定，已具有技術授權或合作開發之潛力。尤其因大陸地區未來將積極發展纖維酒精，其內需市場之商機龐大。儘管國內外已有產業有意與核研所合作，透過技術輸出方式行銷本計畫建立之研發成果，但由於現階段相關技術輸出大陸之法令尚未完備，因此相關技術推廣工作仍須審慎評估，並尋求適切的推廣方式。

填表人： 黃○松 聯絡電話： _____ 傳真電話： _____

E-mail： _____

主管或主持人簽名： _____

附錄一、佐證資料表

(就下述指標填報佐證資料，若該指標無成果請刪除該表，標題粗體為必填欄位)

一、學術成就表

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	
2012	AEE06 纖維酒精量產技術研發	氣相層析質譜儀應用於微波萃取尤加利葉精油之研究	The application of GC/MS in microwave extraction of essential oils from Eucalyptus leaves			2012	第四屆世界華人質譜研討會暨 2012 年台灣質譜年會	e 表國內研討會			N	N	
2012	AEE06 纖維酒精量產技術研發	纖維酒精製程之程序合成與經濟分析	纖維酒精製程之程序合成與經濟分析			2012	台灣化學工程學會會刊，2012, 59(3), 13-30	a 表國內一般期刊			N	N	
2012	AEE06 纖維酒精	利用改進之曝氣操作進行生質酒精發	利用改進之曝氣操作進行生質酒精發酵程序			2011	SCI 1369-703X, BIOCHEMICAL ENGINEERING	d 表國外重要	SCI		N	N	

	精量產 技術研 發	醱程序				JOURNAL 68 (2012) 178-189	期刊					
2012	AEE06 纖維酒 精量產 技術研 發	Pichia stipitis 發酵稻 稈水解液生產酒精 之研究	Pichia stipitis 發酵稻稈水 解液生產酒精之研究			2012 Energy Procedia	d 表國 外重要 期刊	EI		N	N	
2012	AEE06 纖維酒 精量產 技術研 發	使用木醱發酵菌株 Pichia stipitis 進行 先導工廠酒精生產 研究	使用木醱發酵菌株 Pichia stipitis 進行先導工廠酒精 生產研究			2012 0960-8524, BIORESOURC E TECHNOLOGY	d 表國 外重要 期刊	SCI		N	N	
2012	AEE06 纖維酒 精量產 技術研 發	An improved method of xylose utilization by recombinant Saccharomyces cerevisiae	An improved method of xylose utilization by recombinant Saccharomyces cerevisiae			2012 JOURNAL OF INDUSTRIAL MICROBIOLOGY & BIOTECHNOLOGY	d 表國 外重要 期刊	SCI		N	N	
2012	AEE06 纖維酒 精量產 技術研 發	台灣硬木生產纖維 酒精的潛能評估 Potentials of lignocellulosic bioethanols produced from hardwood in Taiwan	台灣硬木生產纖維酒精的 潛能評估 Potentials of lignocellulosic bioethanols produced from hardwood in Taiwan			2012 Energy 44 (2012) 329-334	d 表國 外重要 期刊	SCI		N	N	
2012	AEE06 纖維酒 精量產 技術研 發	Ethanol Production Efficiency of an Anaerobic Hemicellulolytic Thermophilic Bacterium, Strain NTOU1, Isolated from a Marine Shallow Hydrothermal Vent in Taiwan	Ethanol Production Efficiency of an Anaerobic Hemicellulolytic Thermophilic Bacterium, Strain NTOU1, Isolated from a Marine Shallow Hydrothermal Vent in Taiwan			2010 MICROBES AND ENVIRONMENTS	d 表國 外重要 期刊	SCI		N	N	
2012	AEE06 纖維酒	Technology and production of	Technology and production of			2011 Journal of Energy and Power	c 表國 外一般			N	N	

	精量產 技術研 發	cellulosic ethanol in a pilot plant in Taiwan	cellulosic ethanol in a pilot plant in Taiwan				Engineering 5 (2011) 928-933	期刊					
2012	AEE06 纖維酒 精量產 技術研 發	Photocatalytic degradation of phenol on different phases of TiO2 particles in aqueous suspensions under UV irradiation	Photocatalytic degradation of phenol on different phases of TiO2 particles in aqueous suspensions under UV irradiation			2011	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT	d 表國 外重要 期刊	SCI		N	N	
2012	AEE06 纖維酒 精量產 技術研 發	Method of 2,3-butanediol production from glycerol and acid-pretreated rice straw hydrolysate by newly isolated strains: pre-evaluation as an integrated biorefinery process	Method of 2,3-butanediol production from glycerol and acid-pretreated rice straw hydrolysate by newly isolated strains: pre-evaluation as an integrated biorefinery process			2012	BIORESOURCE TECHNOLOGY	d 表國 外重要 期刊	SCI		N	N	
2012	AEE06 纖維酒 精量產 技術研 發	Production of lactic acid from dilute acid pretreated rice straw by Lactobacillus plantarum	Production of lactic acid from dilute acid pretreated rice straw by Lactobacillus plantarum			2012	SCI 0960-8524, BIORESOURCE TECHNOLOGY	d 表國 外重要 期刊	SCI		N	N	
2012	AEE06 纖維酒 精量產 技術研 發	Use of Acid-catalyzed Rice Straw for Produciton of Cellulolytic Enzymes by Trichoderma reesei	Use of Acid-catalyzed Rice Straw for Produciton of Cellulolytic Enzymes by Trichoderma reesei			2012	SCI 0343-8651, CURRENT MICROBIOLOGY	d 表國 外重要 期刊	SCI		N	N	
		共計 12 篇											

二、培育人才表 (參與本計畫博碩士研究生基本資料)

年度	計畫名稱	姓名	學歷代碼 a 博士 b 碩士	屬性 a 培育 b 培訓	連絡地址	電話	E-MAIL	備註
101	纖維酒精量產技術研發	陳 O 誠	b 碩士	b 培訓				
101	纖維酒精量產技術研發	林 O 緯	b 碩士	b 培訓				
101	纖維酒精量產技術研發	陳 O	a 博士	b 培訓				
101	纖維酒精量產技術研發	林 O 雯	a 博士	b 培訓				
101	纖維酒精量產技術研發	張 O 嘉	a 博士	b 培訓				
	共計 5 員							

三、智財資料表

			a 發明 b 專利 c 新穎	a 中華民國 b 美國 c					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 d				

年度	計畫名稱	專利名稱	專利類別代碼	授予國家代碼	申請日期	獲准日期	證書號碼	發明人	專利權人	有效期間(起)	有效期間(迄)	移轉 屬性	申請人	應用對象	移轉權利金 (仟元)	備註
101	纖維酒精量產技術研發	提升纖維原料水解木糖濃度之方法	發明	美國	98.12.31	100.12.20	US8,080,128B2		核能研究所	98.12.31-	118.12.30	b 獲證				
101	纖維酒精量產技術研發	可液及可氣進之酒精脫水裝置	新型	中華民國	100.10.14	101.03.21	新型第 M425125 號		核能研究所	101.03.21-	110.10.13	b 獲證				
101	纖維酒精量產技術研發	纖維質原料熱處裝與方法	發明	中華民國	98.10.30	101.05.21	發明第 I364427 號		核能研究所	101.05.21-	118.10.29	b 獲證				

101	纖維酒精量產技術研發	稻稈解捆包裝粗裝置	發明	中華民國	98.11.30	101.08.11	發明第 I36944 號	核能研究所	101.08.11-	118.11.29	b 獲證				
101	纖維酒精量產技術研發	提升纖維水解液產五碳醇之酵母菌培養方法	發明	美國	98.10.5	1011002	US8,278,078B2	核能研究所	101.08.11-	118.11.29	b 獲證				
101	纖維酒精量產技術研發	一種纖維水解素及其基因	發明	美國	101.03.20	101.04.23	13/424,501	核能研究所	申請中	申請中	a 申請				
101	纖維酒精量產技術研發	稻稈水解物對纖維水解素的誘導方法	發明	中華民國	101.08.	1011031	101140010	核能研究所	申請中	申請中	a 申請				
101	纖維酒精量產技術	一種提高藻生長效能之方	發明	中華民國	101.6.	1011031	101140254	核能研究所	申請中	申請中	a 申請				

	術研發	法														
101	纖維酒精量產技術研發	定連續進料裝置	發明	中華民國	101.8.	1011031	101140092	核能研究所	申請中	申請中	a 申請					
101	纖維酒精量產技術研發	由氣中離性粘物體旋分裝置	發明	中華民國	101.07.31	1011031	101140216	核能研究所	申請中	申請中	a 申請					
101	纖維酒精量產技術研發	微粉體氣力輸送裝置	發明	中華民國	101.07.31	1011031	101139378	核能研究所	申請中	申請中	a 申請					
101	纖維酒精量產技術研發	連續處理纖維料裝之置	發明	中華民國	101.09.30	1011031	101139381	核能研究所	申請中	申請中	a 申請					
	合計 12 篇															

四、技術報告表

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
			作者姓名間以半型分號「;」隔開	採西元年 如：2005			
101	纖維酒精量產技術研發	以氣相層析質譜法應用於玫瑰精油微波萃取效率之研究		2012	1	核能研究所	INER-PT-004617
101	纖維酒精量產技術研發	氣相層析質譜儀應用於微波萃取尤加利葉精油之研究		2012	1	核能研究所	INER-PT-004518
101	纖維酒精量產技術研發	纖維酒精噸級測試廠同步水解醱酵 SSF 操作程序書		2012	39	核能研究所	INER-SOP-0364R2
101	纖維酒精量產技術研發	高固液比同步水解及發酵程序應用於纖維酒精生產之研究		2012	12	核能研究所	INER-8856R3
101	纖維酒精量產技術研發	參訪日本 BTRC、MHI、RITE 纖維酒精技術		2012	63	核能研究所	INER-F05194
101	纖維酒精量產技術研發	第一代及第二代酒精工廠共構生產效益評估計畫		2012	52	核能研究所	INER-A2515R5
101	纖維酒精量產技術研發	藍綠菌生產糖或纖維素之研究		2012	44	核能研究所	INER-A2492R6
101	纖維酒精量產技術研發	酵素生產系統單元設備之標準操作程		2012	37	核能研究所	INER-SOP-0361H1
101	纖維酒精量產技術研發	纖維酒精噸級設施 99 與 100 年度運轉能耗及用水比較		2012	30	核能研究所	INER-9306R13
101	纖維酒精量產技術研發	參加 2012 年第二屆國際生物能源研討會		2012	55	核能研究所	INER-F05727

101	纖維酒精量產技術研發	纖維酒精噸級測試廠水解發酵單元 2011 年運轉測試報告		2012	119	核能研究所	INER-9323R12
101	纖維酒精量產技術研發	纖維酒精製程之程序合成與經濟分析		2012	30	核能研究所	INER-92669
101	纖維酒精量產技術研發	纖維酒精測試廠前處理單元測試結果與改善		2012	66	核能研究所	INER-8969H10
101	纖維酒精量產技術研發	纖維酒精量產技術研發 (2/4) 100 年度科技計畫期末成果效益報告		2012	109	核能研究所	INER-P0240R8
101	纖維酒精量產技術研發	纖維酒精噸級測試廠五碳發酵槽系統操作程序書		2012	37	核能研究所	INER-OM-1782R16
101	纖維酒精量產技術研發	纖維酒精噸級測試廠水解發酵區精進改善規劃		2012	26	核能研究所	INER-9348R14
101	纖維酒精量產技術研發	纖維酒精噸級測試廠六碳發酵槽系統操作程序書		2012	41	核能研究所	INER-OM-1783R15
101	纖維酒精量產技術研發	水在 NaA LTA 沸石中吸附及擴散之分子模擬研究		2012	42	核能研究所	INER-9117R11
101	纖維酒精量產技術研發	Pichia stipitis 發酵稻稈水解液生產酒精之研究		2012	5	核能研究所	INER-9318
101	纖維酒精量產技術研發	生質酒精之發展現況與未來趨勢		2012	15	核能研究所	INER-9508
101	纖維酒精量產技術研發	纖維酒精噸級測試廠 100 年度運轉測試報告		2012	87	核能研究所	INER-9468H
101	纖維酒精量產技術研發	噸級廠操作流程、質能平衡與能耗模式之建立與分析		2012	58	核能研究所	INER-9567R
101	纖維酒精量產技術研發	生質能推動策略規劃之芻議		2012	65	核能研究所	INER-9565R
101	纖維酒精量產技術研發	稻稈纖維粉體旋風分離設備設計及製作		2012	45	核能研究所	INER-9566
101	纖維酒精量產技術研發	纖維酒精多樣化原料前處理程序組成分析報告		2012	47	核能研究所	INER-P0249

101	纖維酒精量產技術研發	纖維酒精噸級測試廠100年廢水處理設備運轉報告		2012	15	核能研究所	INER-P0250
101	纖維酒精量產技術研發	纖維酒精噸級測試廠101年期中進展及評估		2012	23	核能研究所	INER-9594H
101	纖維酒精量產技術研發	生態資源的新觀點--水足跡		2012	26	核能研究所	INER-9591
101	纖維酒精量產技術研發	纖維酒精測試廠前處理設備例行維修與改善		2012	35	核能研究所	INER-S0576R
101	纖維酒精量產技術研發	不同型態之蒸汽管線對酸催化蒸汽爆裂前處理效率之探討		2012	30	核能研究所	INER-9626R
101	纖維酒精量產技術研發	蔗渣生產酒精之可行性評估		2012	21	核能研究所	INER-9590H
101	纖維酒精量產技術研發	創新串聯式纖維素水解程序之應用		2012	23	核能研究所	INER-9532H
101	纖維酒精量產技術研發	高效液相層析對乳酸的掌性分離和測定		2012	12	核能研究所	INER-9598
101	纖維酒精量產技術研發	微生物法生產丙烯醯胺之回顧		2012	27	核能研究所	INER-9623H
101	纖維酒精量產技術研發	甘油轉化1,3-丙二醇研發策略之芻議		2012	20	核能研究所	INER-9637H
101	纖維酒精量產技術研發	生物法合成1,3-丁二烯之回顧與評估		2012	23	核能研究所	INER-9644H
101	纖維酒精量產技術研發	不同微波萃取條件對尤加利葉精油組成份之影響		2012	12	核能研究所	INER-9575
101	纖維酒精量產技術研發	木糖生產乳酸之研究		2012	21	核能研究所	INER-9589H
101	纖維酒精量產技術研發	生質精煉產業發展現況及趨勢評析-六碳(C6)起始化合物		2012	19	核能研究所	INER-9635H
101	纖維酒精量產技術研發	基因重組菌株 Saccharomyces cerevisiae 木糖轉化能力改良之研究		2012	29	核能研究所	INER-9624H

101	纖維酒精量產技術研發	全球生質精煉產業簡析彙集		2012	61	核能研究所	INER-9643H
101	纖維酒精量產技術研發	同步水解發酵(SSF)最適流程與設備評估之研究		2012	42	核能研究所	INER-9634R
101	纖維酒精量產技術研發	槐糖對 <i>Trichoderma reesei</i> 纖維素水解酵素之誘導		2012	21	核能研究所	INER-9677
101	纖維酒精量產技術研發	稻稈誘導 <i>Aspergillus niger</i> 31494 及 <i>Trichoderma reesei</i> RUT C30 共培養纖維素水解酵素之發酵研究		2012	27	核能研究所	INER-9641H
	共計 44 篇						

五、技術活動表

技術論文名稱	研討會名稱	性質	舉辦日期
核能所生質精煉技術發展現況	生質材料產業交流會	國內研討會	2012/08/28
以氣相層析質譜法應用於玫瑰精油微波萃取效率之研究	第四屆世界華人質譜研討會暨 2012 年台灣質譜年會	國內研討會	2012/06/28
氣相層析質譜儀應用於微波萃取尤加利葉精油之研究	第四屆世界華人質譜研討會暨 2012 年台灣質譜年會	國內研討會	2012/06/28
Different Scale Pretreatment System in Terms of Diluted-Acid Hydrolysis for Rice Straw	2012 年第二屆國際生物能源研討會(The 2nd World Congress of Bioenergy; WCBE-2012)	國際研討會	2012/04/14

附錄二、佐證圖表



圖 c-1、增設蒸餾塔底熱回收裝置(圖左)及分子篩吸附系統
酒精蒸氣過熱器(圖右)

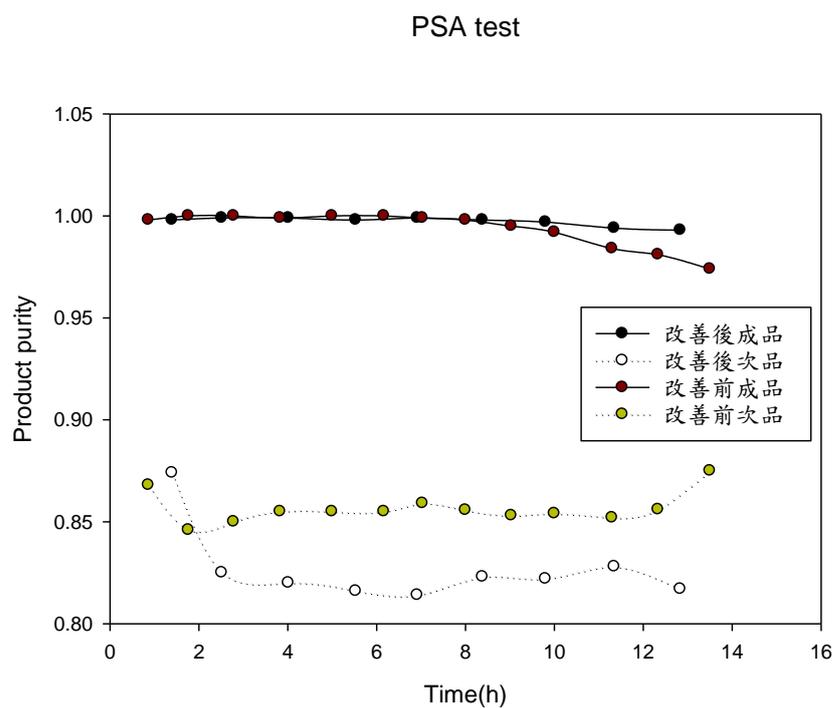


圖 c-2、分子篩吸附系統過熱器效能比較(酒精進料: 89%, 流速: 21.3kg/h)

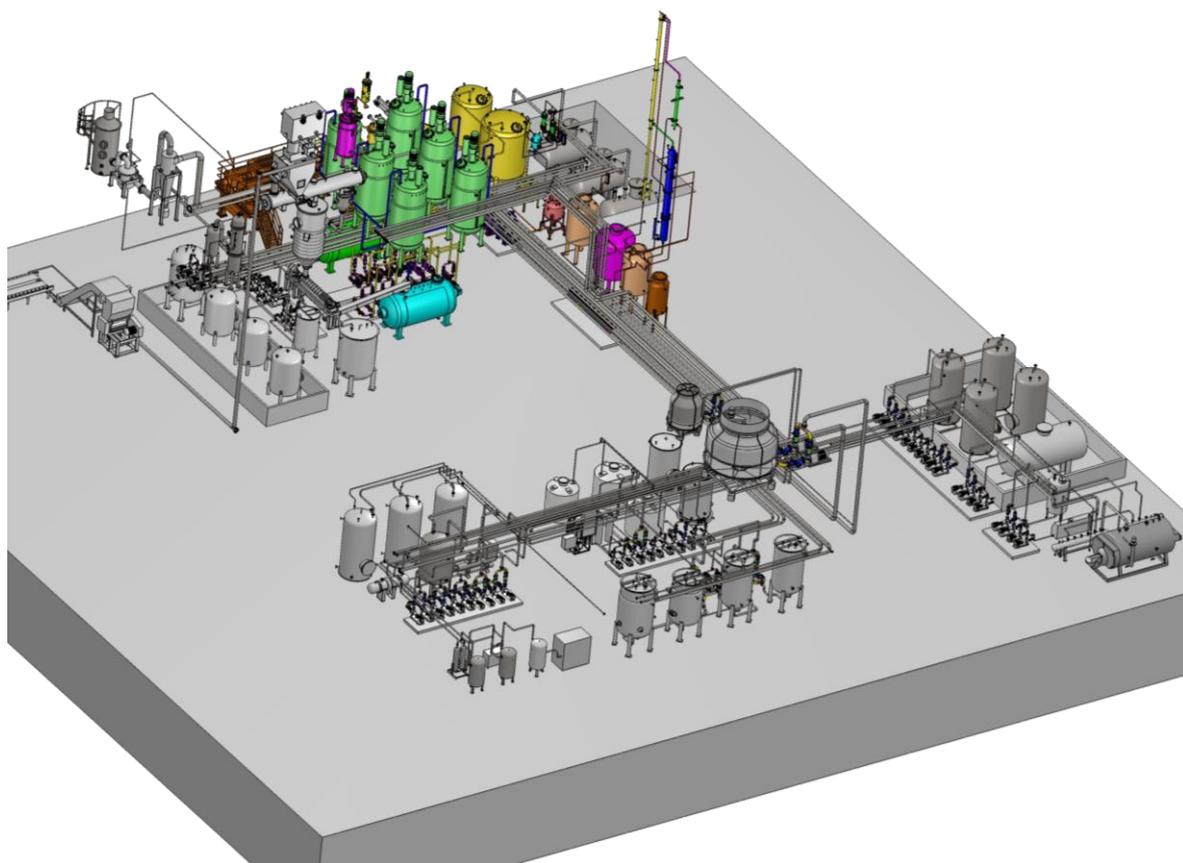


圖 c-3、噸級規模纖維酒精測試廠 3D 配置設計圖

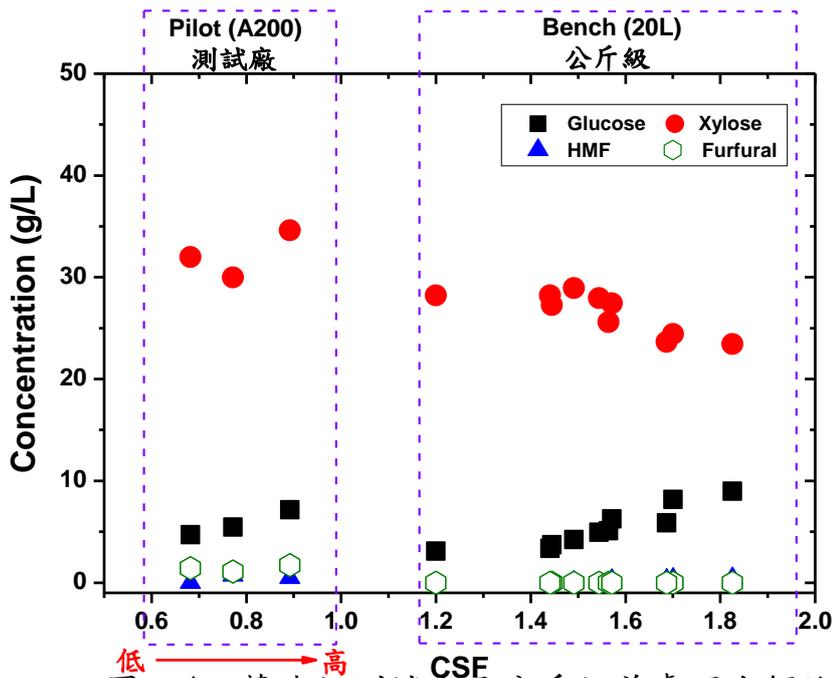


圖 c-4 酸蘆渣經測試廠及公斤級前處理水解液濃度

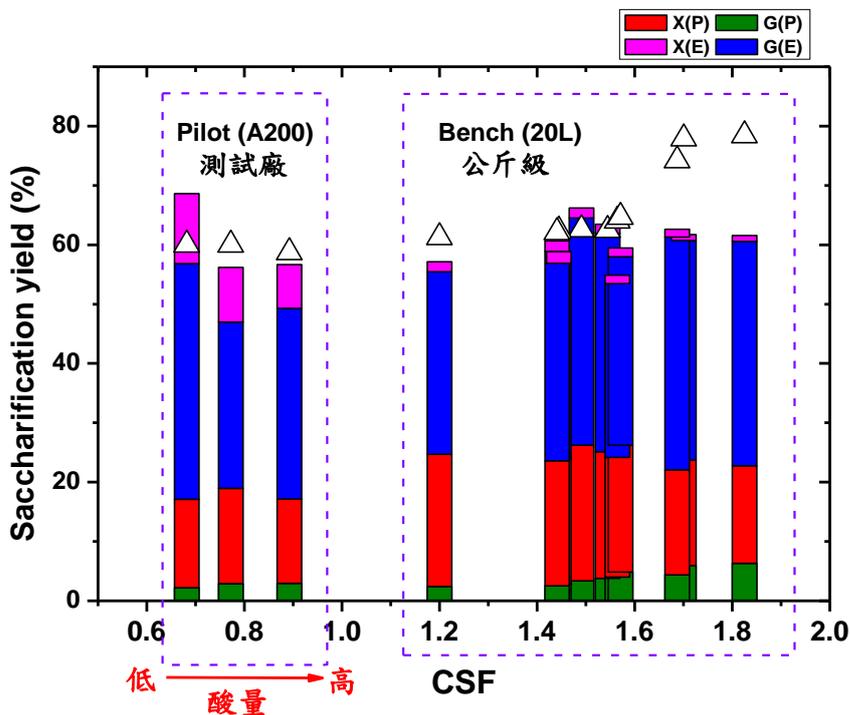


圖 c-5、蔗渣經測試廠及公斤級前處理之總糖回收率

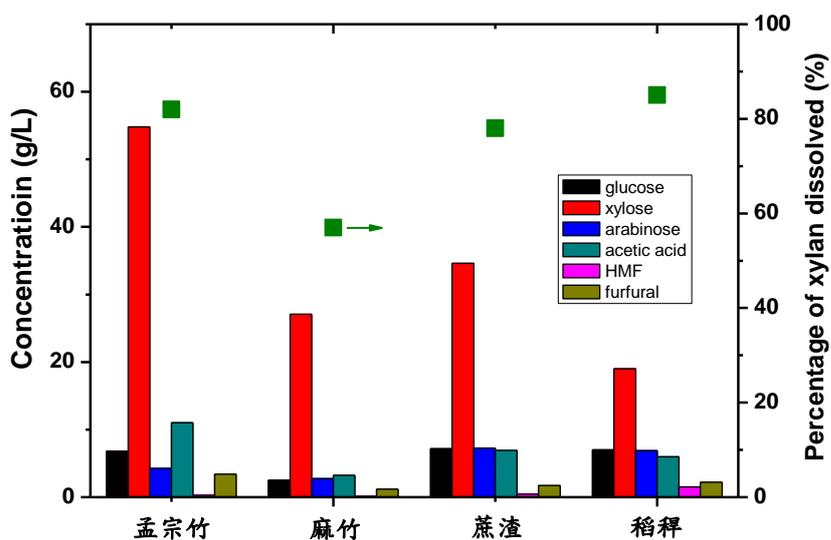


圖 c-6、稻稈、蔗渣、孟宗竹與麻竹於相同測試條件下之水解液濃度、木聚糖溶出率

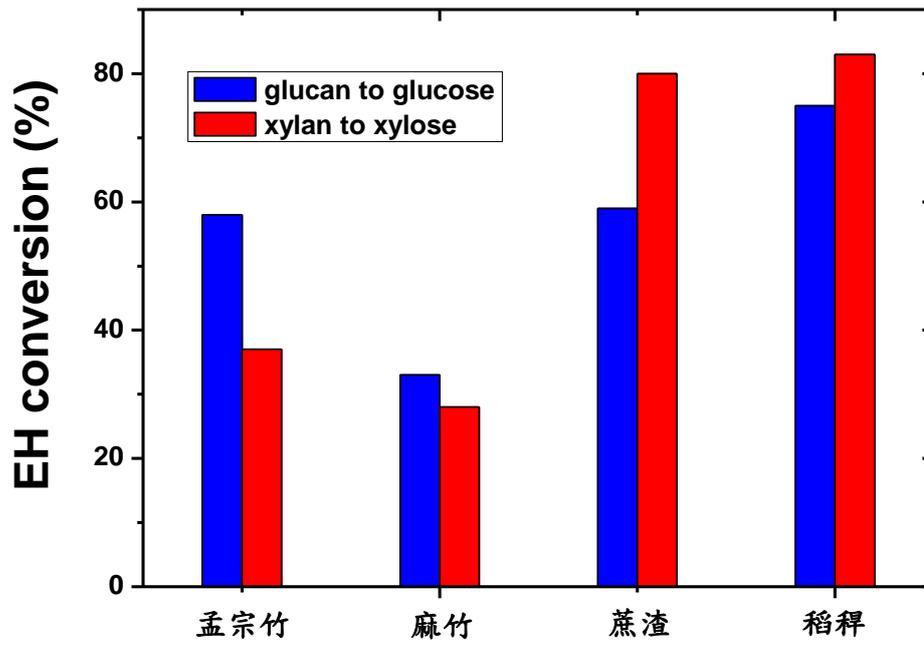


圖 c-7、稻稈、蔗渣、孟宗竹與麻竹於相同測試條件下之酵素水解效率

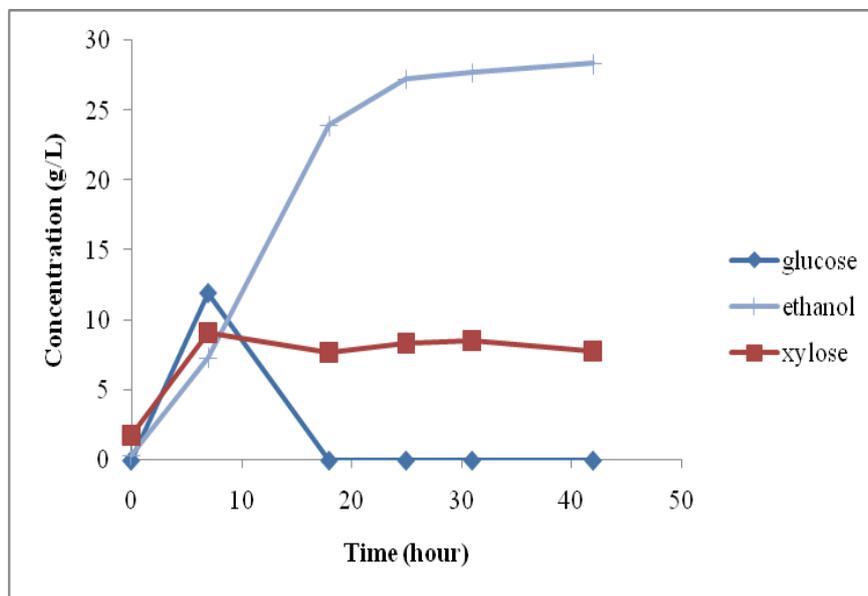


圖 c-8、(A) 二階段 SSF 程序酒精濃度變化

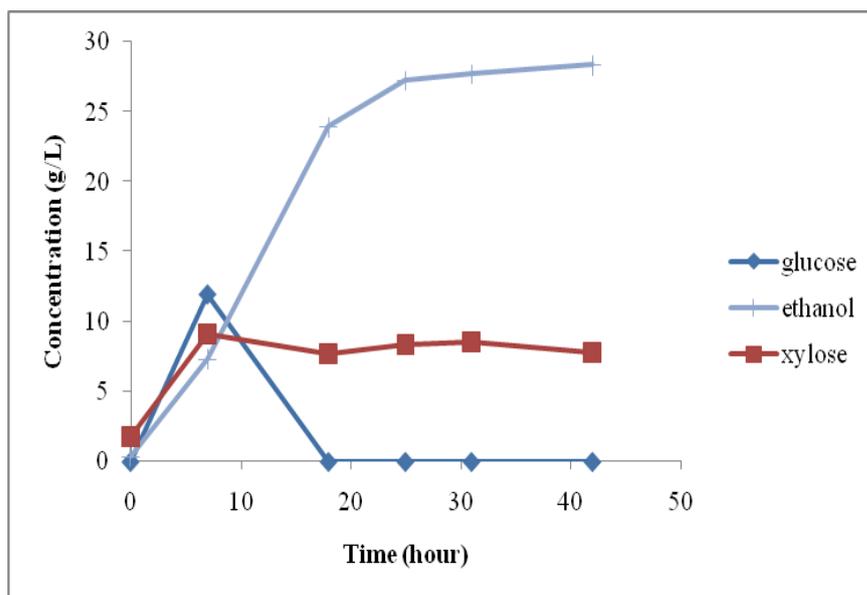
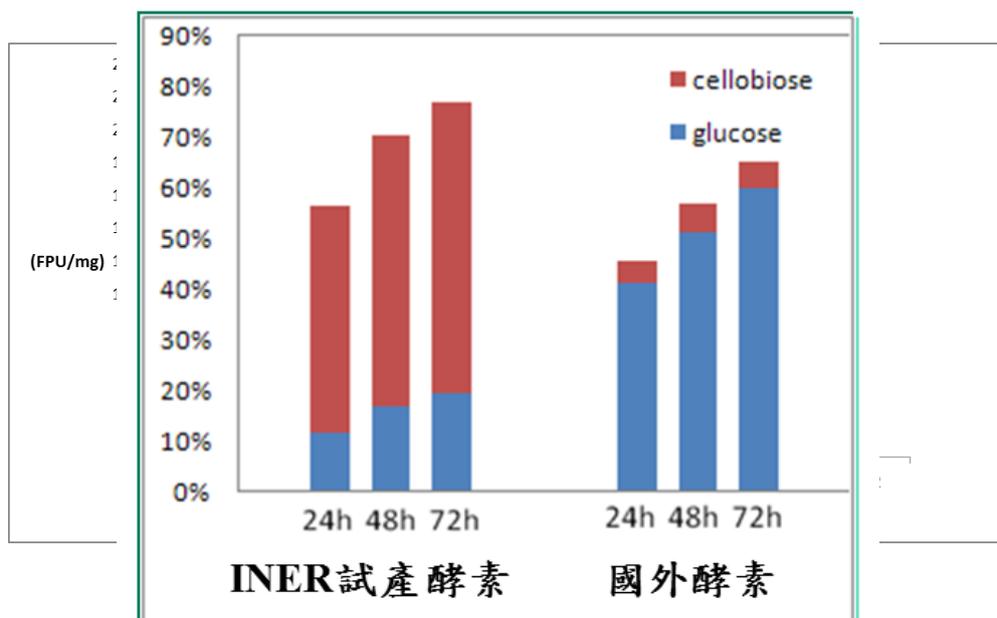


圖 c-8、(B) 等溫 (33°C) SSF 程序酒精濃度變化

圖 c-9、5L 發酵槽串聯式纖維酵素誘導實驗

圖 c-10、串聯式纖維酵素與商業酵素水解效率之比較



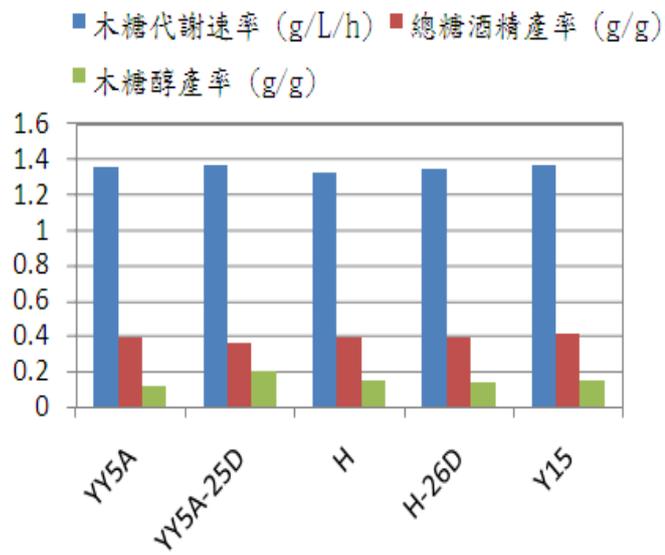


圖 c-11、持續改良及篩選具更佳效能之共發酵菌

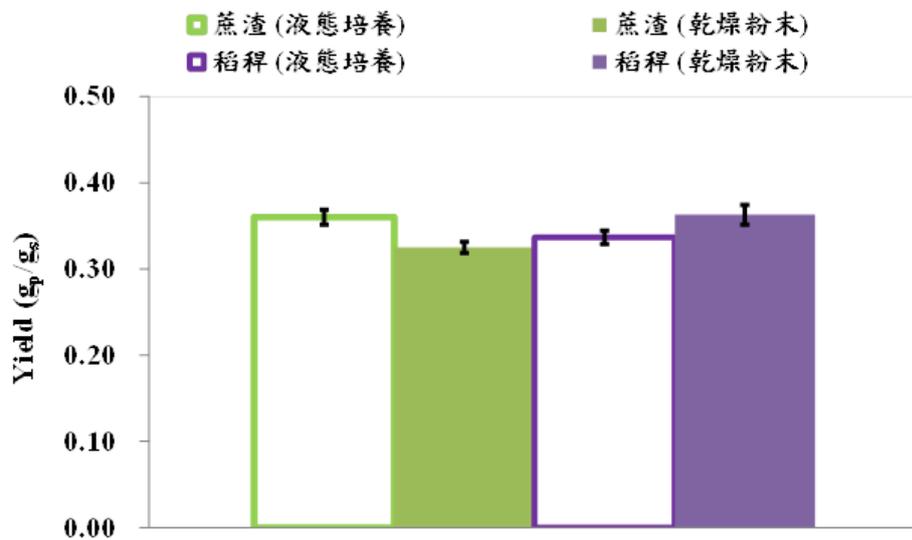


圖 c-12、共發酵菌株乾燥化研究

SSCF程序操作條件測試結果

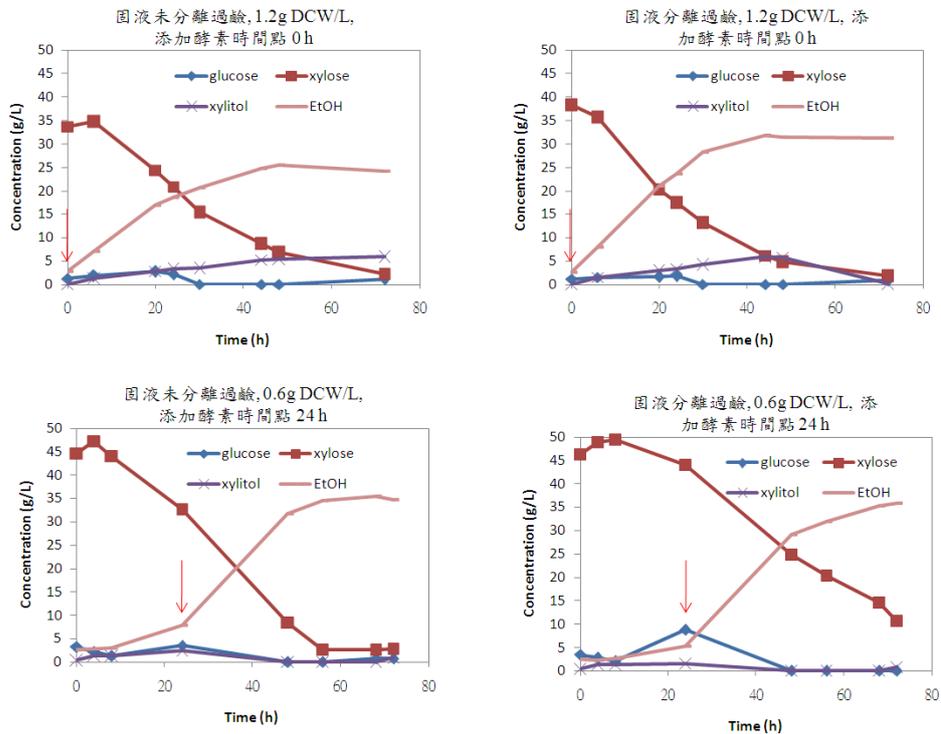


圖 c-13、100L 規模發酵槽測試同步水解及共發酵程序之酒精生成情形

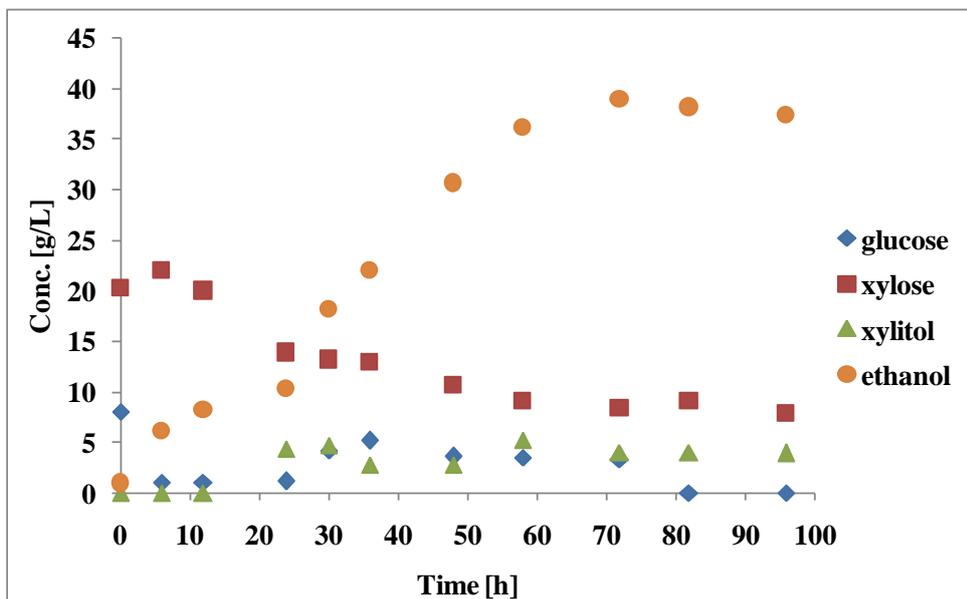


圖 c-14、100L 規模發酵槽測試同步水解及共發酵程序之酒精生成情形

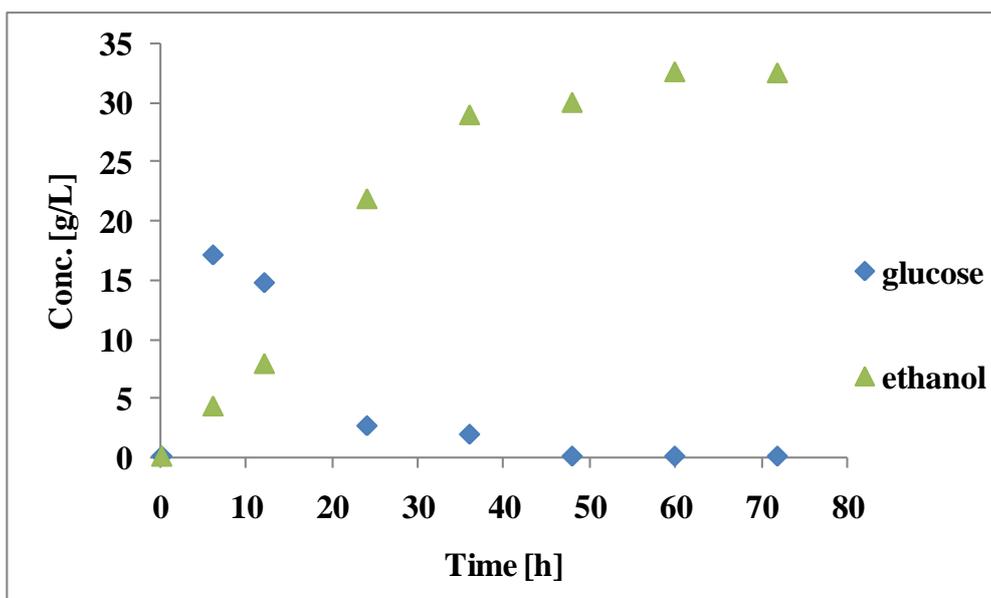


圖 c-15、蔗渣固渣之同步水解發酵酒精濃度和葡萄糖變化圖

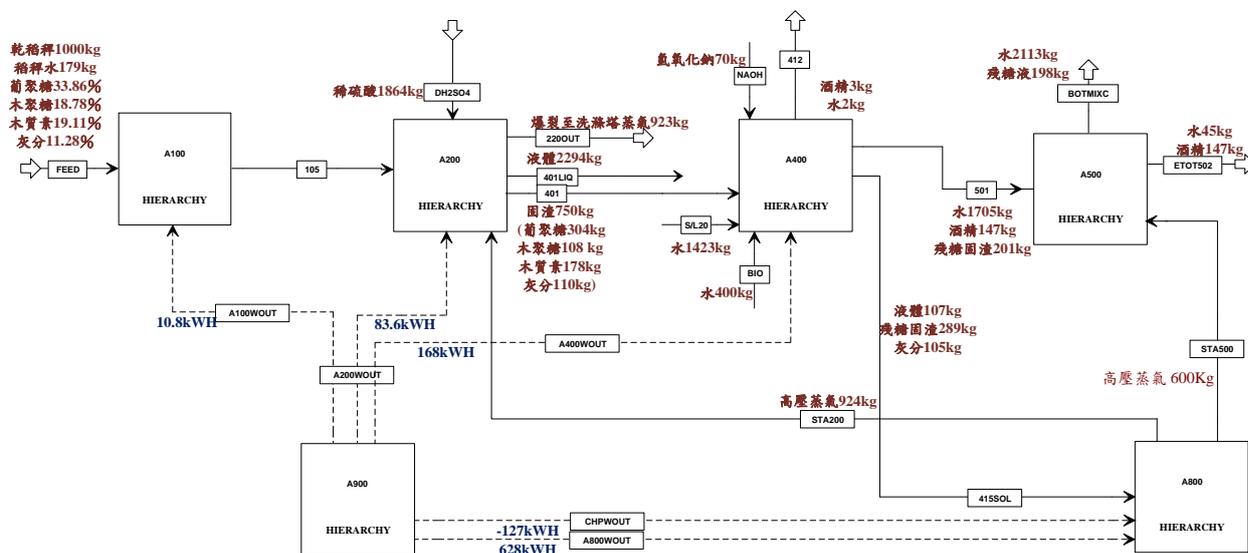


圖 c-16、SSF 流程示意圖與各單元之質能平衡

表 c-1 SSF 程序實施各種節能措施下之淨能源率 (NER)

原料	熱整合與 CHP 措施	程序消耗		CHP 產生		淨輸入 (MJ)	輸出(酒精) (MJ)	NER
		電力(kWh)	蒸氣(kg)	電力(kWh)	蒸氣(kg)			
稻稈	無措施	902.0	2350.8	0	0	9288.9	3986.1	0.43
	程序整合	902.0	1524	0	0	7164.0	3986.1	0.56
	以木質素 CHP	902.0	1524	-127	-1358	3216.8	3986.1	1.24
	廢液加木質素 CHP	902.0	1524	-662	-1524	864.2	3986.1	4.61
蔗渣	無措施	902.0	2350.8	0	0	9288.9	4453.3	0.48
	程序整合	902.0	1524	0	0	7164.0	4453.3	0.62
	以木質素 CHP	902.0	1524	-127	-1358	3216.8	4453.3	1.38
	廢液加木質素 CHP	902.0	1524	-662	-1524	864.2	4453.3	5.15

- 1.以目前噸級廠運轉數值推估每噸乾稻草所評估
- 2.酒精熱值為 22.3 MJ/L

表 c-2 SSF 程序 CO₂ 排放估算

	每公升投入能源使用量(MJ)	單位 CO ₂ 排放量 (單位)	單位酒精 CO ₂ 排放(g CO ₂ /L)	單位熱量 CO ₂ 排放(g CO ₂ /MJ)
預處理				1.474
電力	0.190	0.623 kg CO ₂ /度	32.881	1.474
前處理				9.809
電力	1.260	0.623 kg CO ₂ /度	218.050	9.778
蒸汽	11.870	0.149 kg CO ₂ /t	0.688	0.031
濃硫酸	0.130	0.030 kg CO ₂ /t	0.004	0.000
氫氧化鈉	0.000	0.533 kg CO ₂ /t	0.000	0.000
糖化與發酵				12.727
電力	1.640	0.623 kg CO ₂ /度	283.811	12.727
蒸餾與脫水				0.020
電力	0.000	0.623 kg CO ₂ /度	0.000	0.000
蒸汽	7.710	0.149 kg CO ₂ /t	0.447	0.020
水(程序用水)	0.000	0.200 kg CO ₂ /t	0.005	0.000
公共設施(電力)	13.140	0.623 kg CO ₂ /度	2,273.950	101.971
合計(不計副產品)			2,809.836	126.002
副產品(汽電共生)				
電力	-11.92	0.623 kg CO ₂ /度	-2,062.822	-92.503
蒸汽	-19.58	0.149 kg CO ₂ /t	-1.135	-0.051
總計			745.878	33.447

表 c-3、噸級測試廠故障排除記錄表 (troubles-shooting)

操作單元	故障原因	故障排除
前處理	2. S-251 固液分離機出口及進料輸送螺桿，下雨時會有雨水進入輸送系統，影響操作及出料固液比。 3. 進料輸送 (S-204) 因球筏異常蒸氣反沖，造成料原含水過高附著在進料口，累積後會卡螺桿，以致無法進料，影響運轉操作。	1. 在固液分離機出口 (S-251) 上方加設遮雨棚。 2. 備用一組氣壓缸 (含球筏組) 替換。
前處理	因球筏異常蒸氣反沖，造成料原含水過高附著在進料口，累積將輸送螺桿卡死，以致料原槽堵死無法攪動出進料。	將料原槽視窗打開，以人工方式清槽，下方用大袋子接收。
前處理	送料螺桿故障無法送料	1. 調整球閥開度 2. 清理送料螺桿
前處理	CV-203 球閥無法正常開關電，腦控制端又顯現 C-201 無法正常下壓	控制設備本體之電磁閥損壞，檢視控制室之「酸解前處理反應器及固液分離儀控系統錯線盤」顯示 CV-201 迴路之保險絲已經燒斷，更換新品後即正常運作。
預處理	料原輸送帶超負載蕩機	電源關閉，停 30 秒後重開機。
前處理	C-201 油壓缸馬達損壞，油壓缸皆可順利升降	1. 更換油壓缸馬達 2. 建議增購一組油壓缸馬達備用
前處理	C-201 油壓缸無法正常升降	1. 更換之油壓缸缸頭活塞環 2. 油壓缸圓真度研磨整修
前處理	細切料源輸送管路至儲槽之管路中間堵塞	在管路間增設清理孔
前處理	料槽架橋無法出料	增設架橋破壞器
發酵單元	一般 SSF 程序可縮短發酵時間，但仍有延滯時間之現象，與 100L 操作 SSF 有所差異，推測由養菌槽至發酵槽間，管路滯留菌液和進料溫度高造成部份菌體死亡	將接菌量提高至 20% 以上，仍而考慮管路滯留體積，進一步建議培養菌量為 25%，由於未來同步水解共發酵程序需高菌量，可進一步預先測試其結果。
發酵單元	預水解時間過久，造成延滯時間過長，進而影響發酵效益和污染風險之提高	將預水解和降溫時間總共縮短至 6 小時內。
發酵單元	氣動隔膜泵浦故障	1. 檢視確認廠用空氣壓力 2. 確認泵浦進口端與出口端管路 3. 更換隔膜片

發酵單元	S451 板框過濾機阻塞	<ol style="list-style-type: none"> 1. 清理 F402 桶底閥與出口管線是否阻塞 2. 將板框跳至水壓空吹步驟後開板洩料 3. 清理各板進料口
發酵單元	敗槽問題。運轉第三天幾乎都是不發酵或污染，查知結果 401 輸送到 406，中間過程中造成的污染。此外，由於接菌管路中，會滯留有菌體無法排出，造成污染。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 運轉前後需將所有管路和槽體進行空殺的動作，以降低污染機率。接菌管路需進行修改，將置 bypass，可在運轉過程中進行清洗，降低污染。 2. 規劃辦理管路精進工程
發酵單元	水解槽進料有異物進入水解槽 (F401) 卡住攪拌葉片，造成馬達過負載，馬達過熱將線圈絕緣膜融毀，以致馬達損壞。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 加強中控試監控人員注意。 2. 更換替代馬達。 3. 裝設過載保護裝置以確保設備之安全。
酵素生產單元	1000L 發酵槽原來加溫系統採以蒸汽加熱，但因蒸氣管過長(鍋爐與設備位置)導致能耗增加，並在操作期間需專人操作鍋爐，增加人力成本。	發酵槽改以電熱系統加熱
酵素生產單元	公用系統之蒸汽供應壓力為 15KG，原發酵槽管線上之壓力表最大只有 10kg 上限，造成壓力無法顯示。	修改壓力表，採用上限顯示 20Kg 之表頭，修改後可正確知道蒸汽壓力。
酵素生產單元	1000L 發酵槽在加入程序水時，無法進行定量	在程序水管上，加裝水表以進行定量計算。
廢水處理單元	排放水懸浮固體過高	<ol style="list-style-type: none"> 1. 檢視混凝槽混凝劑不足 2. 請操作人員定期檢視混凝槽混凝劑存量
廢水處理單元	汙泥擠壓機無法回流	<ol style="list-style-type: none"> 1. 檢視汙泥進出口，清除阻塞 2. 清除馬達入口過濾裝置
廢水處理單元	酸液及鹼液槽液體外流	<ol style="list-style-type: none"> 3. 確認發生原因 4. 增設液體收集盤
廢水處理單元	排放水 DOC 及濁度過高	<ol style="list-style-type: none"> 1. 檢視確認處理系統 2. 更換活性碳
廢水處理單元	調勻池低水位，連通孔阻塞，造成液位誤判	<ol style="list-style-type: none"> 3. 清除阻塞 4. 加裝篩除裝置
廢水處理單元	鼓風機故障	<ol style="list-style-type: none"> 1. 檢視鼓風機損壞狀態 2. 更換鼓風機
廢水處理單元	系統發出警鳴(alarm)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 關畢警鳴器 2. 檢視確認處理系統，系統過負載造成

公用設備 鍋爐	油管漏油	5. 加強操作人員每日例行檢查。 6. 立即維修更換管線。
公用設備 鍋爐	低燃燒無法自動調至高燃燒	1. 停機後檢查結線。 2. 淨化Balancing接頭。 3. 檢查控制器，擦拭或換新。 4. 檢查壓力調節器配線及可變動電阻器的接觸點。
公用設備 鍋爐	雖應達遮斷的低水位，警報鳴機器亦不停止	1. 立即停機做排水試驗，測試遮斷器低水位時與警報鳴機器是否正常。 2. 每天做排水試驗，保持機能。 3. 檢查結線。 4. 重新設定合適位置。
公用設備 空壓機	設計空氣量供應不足	1. 確認空壓機是否為全負載運轉，若是及判定設計空氣供應量不足。 2. 增建一組 30 HP 空壓機。 3. 配管連線並連於原廠區主管線上，配置手動閥進行切換。
公用設備 空壓機	潤滑水壓力過低	1. 檢查純水槽(TK-848)液位是否正常，若水位低於 50%，則需進行純水製造。 2. 檢查純水輸送泵(P-848A/B)開關是否置於「自動」位置。 3. 拆下離子交換床檢查是否堵塞，進行清洗或更換樹脂。 4. 檢查所有管線是否洩漏。
公用設備 冷凍機	高壓過高跳機： 1.冷卻水溫過高 2.冷凝器積垢太多	1.檢查冷卻水塔散熱情況及循環水泵浦是否正常並修復之。 2.清洗冷卻水塔污垢及清除藻類。 3.停機後清洗冷凝器。
公用設備 冷卻水塔	藻類增生以致冷卻水量過少或水溫過高	1. 清除污垢及藻類。 2. 增建一組加藥設備，抑制藻類增生。 3. 清洗濾水網。 4. 調整浮球閥。 5. 更換與設計水量相符之水泵。
公用設備 純水製造	純水槽低水位 NF 無法啟動	1. 將 NF 高壓泵浦選擇開關轉至自動位置。 2. 將進水電動(磁)閥，選擇開關轉至自動位置。 3. 確認低水訊號無誤；調整最佳

		<p>啟動壓力範圍。</p>
<p>公用設備 純水製造</p>	<p>純水水質低於設定值</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 確認導電度計是否正常。 2. 確認NF高壓泵浦及NF膜組操作壓力是否正常。 3. 上述原因均正常，進行NF薄膜清洗，清洗後水質仍無法達到標準，則需更換NF薄膜。
<p>公用設備 純水製造</p>	<p>純水低水位訊號燈亮(警報響)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 若NF高壓泵浦無啟動可先將其轉至手動位置，並押下紅色按鈕強制啟動，若電磁閥無法開啟，可將其上方球閥先打開使其進水。 2. 檢查純水儲槽上方電磁閥是否損壞。
<p>公用設備 廢水收集 設備</p>	<p>污水坑(Sump)廢水收集槽(TK-731)浮衝</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 收集槽(TK-731)進行三部份改善：(a)浮球式液位計更換為電極式液位計；(b)P-731B入口前增建一組自吸槽；(c)桶槽及管線復原—TK-731基座加強、管嘴、汗水坑蓋板及所有管線修復。 2. 設備運轉操作控制將faceplat模式修改為cascade模式進行，即於廠區停電復歸後，強迫回覆「cascade」自動操作模式。

表 c-4、稻稈、蔗渣、孟宗竹與麻竹之原料組成

原料	Cellulose	Hemicellulose			Lignin (%)
	Glucan (%)	Xylan (%)	Arabinan (%)	Acetate (%)	
稻稈	33.9	18.3	3.70	1.70	19.2
蔗渣	38.4	28.2	3.93	3.19	23.2
孟宗竹	37.4	20.5	2.26	4.49	30.4
麻竹	42.7	16.9	2.28	2.07	20.6

表 c-5、直立式與臥式槽體特性比較

	直立式槽 (F405、F406、F303)	臥式槽 (F401、F402)
桶槽體積	7~9 噸	9 噸
攪拌葉片形式	平板	雙螺旋帶 + 平板
攪拌能耗	小	大
攪拌扭力	小	大
攪拌速率範圍	15 ~ 50 rpm	20 ~ 30 rpm
操作溫度範圍	30 °C	30 ~ 50 °C
操作固液比	15 ~ 20 %	可達 25 %
未水解前可承受固液比	約 5%	約 15%
通氣能力	有	無
適用程序	分批進料低溫SSF	高溫預水解SSF
特色	操作成本低	適用高固液比濃度
缺點	受溫度限制，無法進行高溫預水解，水解效果較差	攪拌能耗大，馬達、轉軸、葉片易損壞
等溫SSF程序	可	可

表 c-6、中油煉製所檢驗報告

台灣中油股份有限公司
煉製研究所產品研究組
檢驗報告匯整

報告日期： 2012年6月12日 委託單位： 1100_產品研究組
收樣日期： 2012年6月7日 委託人： 陳政廷
樣品編號： E100代煉-/21F-核能所 樣品來源： 核能所
檢驗日期： 2012年6月8日 至 2012年6月12日 第 1 頁 共 1 頁

檢驗項目	檢驗結果	單位	檢驗方法	備 註
pHe	7.06		ASTM D6423	
密度, @20 °C	0.7906	g/ml	ASTM D4052 & CNS 14474 & NIEA A204.72C	
密度, @60 °F		g/ml	ASTM D4052 & CNS 14474 & NIEA A204.72C	
總硫量(乙硫含量)	29	mg/kg	ASTM D1613 & CNS15089	
總硫量(乙硫含量)	23	mg/L	ASTM D1613 & CNS15089	
懸浮沉澱物	clear		Appearance	
導電度	417	μS/m	CNS12616/ASTM D1125	
含水量	3520	ppmw	ASTM E1064	
含水量	0.279	%(v/v)	ASTM E1064	
硫含量	<1	ppm(m/m)	ASTM D5453 & NIEA A446.71C	
銅含量	<0.05	ppm(m/m)	ASTM D1688	
甲醇含量	0.0343	%(v/v)	ASTM D5501	
乙醇含量	99.8984	%(v/v)	ASTM D5501	
以下空白				

✓ 完全合格

同意接收

儲運室
陳章楨

1010613
(1-3)

行政室
陳瑞峰

1010613
U=40

附註：

1. 本報告之各項檢測數據來源請參考附件。
2. 總硫量單位換算：mg/L = mg/kg X 酒精@20°C 密度
3. 含水量單位換算：%(v/v) = (ppmw X 酒精@20°C 密度 ÷ 水@20°C 密度(0.998203)) X 10,000

製表：  報告審核：  報告簽署人： 

代處理中油公司酒精脫水成品檢測結果