

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(4/4)

生質能源主軸

能源技術分項/生質能子項

性質：

研究型

非研究型(人才培育、國際合作、法規訂定、產業輔導及推動)

主管機關：行政院原子能委員會

執行單位：核能研究所

第二部分：能源家型科技計畫年度成果效益報告

壹、基本資料：

計畫名稱：纖維酒精量產技術研發

主持人：黃○松

審議編號：102-2001-02-癸-08

計畫期間(全程)：99年01月01日至102年12月31日

年度經費：39,328千元 全程經費規劃：188,516千元

執行單位：核能研究所

貳、計畫目的、計畫架構與主要內容

一、計畫目的：(計畫全程以及各年度之具體目標填報)

本計畫之定位與功能係配合國家生質酒精推動政策，開發自主生產纖維酒精之技術與能力，協助國內發展纖維酒精及其衍生相關產品之產業。其中，於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，而同年國科會亦推動能源國家型計畫，在技術發展之規劃亦以開發第二代生質燃料為目標。至2010年經濟部發表能源產業技術白皮書，並公佈國內生質酒精推廣應用之規劃，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。2011年11月3日馬總統在總統府舉行能源記者會提出“確保核安，穩健減核，打造綠能低碳環境、逐步邁向非核家園”的能源發展願景。另外，國內自2007年及2009年起已分別於台北市及高雄市試辦E3酒精汽油，目前共計14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2元，以鼓勵民眾使用酒精汽油。

鑒於纖維酒精技術為新興的生質能源轉換技術，因此在產業化的過程中，有必要建置測試廠規模之大型研究平台，進行量產製程運轉之驗證，以消除技術商轉應

用之風險性，故核研所於 2009 年底首先完成日進料 1 噸之纖維酒精測試廠之建立，並自 2010 年起開始進行連續四年的測試運轉。目前此測試廠已成為國內發展纖維酒精技術之重要平台，亦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。期藉由本計畫之執行，協助未來國內建立可商轉應用之纖維酒精技術，以農、林業剩餘資材為原料，生產纖維酒精為交通運輸之用，據此達到促進低碳產業發展、能源多元化及二氧化碳減量之效果。

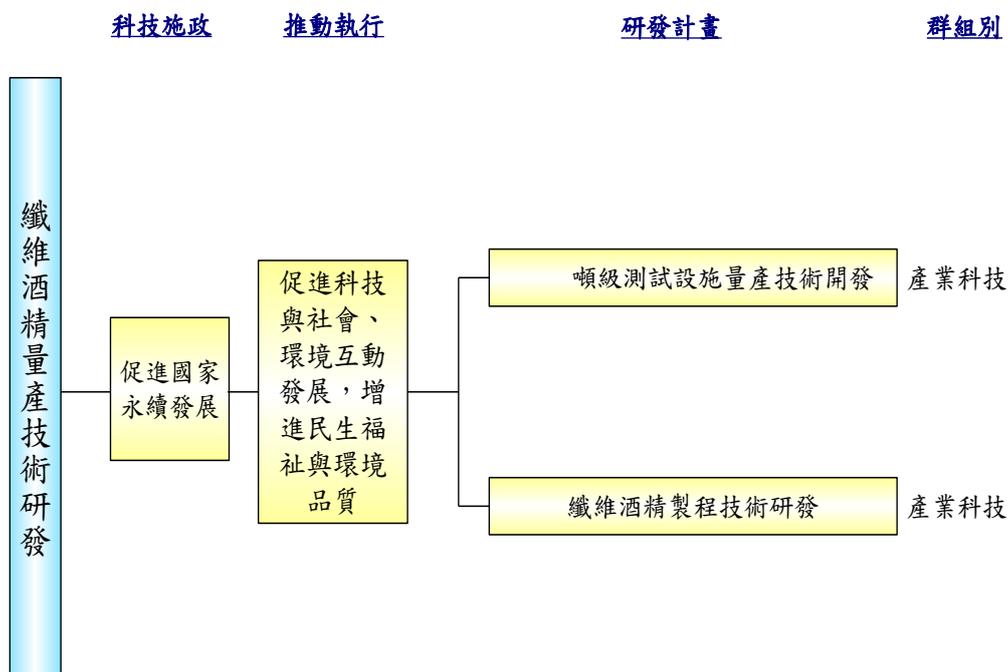
二、計畫實際達成度與預期目標之差異

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

年度預期目標(查核點)	實際達成情形	差異分析
每噸纖維原料生產 200L 酒精; Net energy ratio>2	本計畫持續以稻稈為料源進行纖維酒精量產製程驗證研究，並自 102 年起陸續擴充測試料源至蔗渣及木材剩餘物。目前本計畫噸級廠運轉測試結果顯示每噸稻稈及蔗渣分別可生產 200L 及 220L 的酒精，兩者皆可達預定之纖維酒精產量目標。至於木材剩餘物則正在進行可輸送性及混酸效能測試，期於年底能以噸級廠設施進行其量產製程驗證。至於在能源產出/投入比之評估方面，目前發現若能將製程廢液以厭氧消化轉化為甲烷氣，並與木質素併同作為汽電共生之燃料，則整廠能源產出/投入比將可大於 2.0。	無差異
木糖轉化酒精效率>70%	本計畫已將自行研發之基因重組共發酵菌 Y600(第三代共發酵菌)運用於噸級規模之同步糖化及共發酵(SSCF)製程驗證，其測試結果顯示製程中的木糖轉化酒精效率已可達 70% 以上之年度目標，唯木糖利用速率若能再提升 1.5 倍，應能使 SSCF 製程更具競爭力，此將可做為後續技術精進之目標。	無差異
商轉規模下每公升酒精之製程成本 25-30 元	本計畫於本年度已進行纖維酒精廠整廠基本設計及經濟效益分析研究，其中以先前台糖公司甘蔗(蔗汁)酒精廠投資案之商轉規模(年產量 10-12 萬公秉酒精)推估，若蔗渣酒精廠與蔗汁酒精廠共構生產，其生產成本將可降低至每	無差異

	公升 30 元，預期技術再精進將可降低至每公升 24 元的潛力；另若於合板工廠廠區共構木材酒精廠，以 300 噸/日及 1000 噸/日的商轉規模推估，因其料源成本低具競爭力，生產成本以可達每公升 24 元，並具有再降低至每公 20 元的潛力。至於國內稻稈受限於料源收集成本仍然偏高，近程其纖維酒精生產成本尚無競爭力，若轉進用於生產高價值的生質化學品應能展現其商業利用價值。	
與 1~2 家產業單位簽訂合作協議並進行技術授權	本年度於產業推廣方面已有具體的成果，除了已與 4 家產研單位簽訂合作協議外，其中亦已有 1 家產業單位將透過核研所技術授權的方式在東南亞地區其建置纖維酒精或生質化學品廠，目前該廠商已與核研所辦理「農林廢棄物纖維解聚糖化技術」技術授權案之申請作業，符合本年度預定之目標，但因該廠商屬於境外廠商，上述技術授權案尚需額外另行提交原能會審查，致使辦理所需時程相對較長，預期於 103 年度第 1 季方可完成簽約作業。	無差異
A.國外期刊:4 篇 B.專利申請:6 件 C.研究/技術報告:15 篇	A.國外期刊:4 篇 B.專利申請:9 件 C.研究/技術報告:29 篇	無差異

三、計畫架構(含樹狀圖)：



三、計畫主要內容：(計畫之內容摘要原則 2 頁)

本計畫規劃於 99-102 年結合學研合作之生物資源，進行量產製程運轉及精進製程設備功能，同時進行纖維酒精效益評估，藉以達生質燃料產業化目標。本計畫於 102 年的執行重點包括纖維酒精量產製程研發與纖維酒精產業應用推廣等兩方向，其工作內容分述如下：

1. 纖維酒精量產製程研發

本項研發重點係以測試廠進行運轉驗證，並透過運轉經驗精進製程設備及改善生物資源效能，同時提出纖維酒精製程整廠設計及能源效益評估所需技術資訊：

- (1) 噸級測試廠連續運轉驗證：以建立穩定再現性高之長時間連續運轉製程為執行重點，並據此建立能源效益評估與商轉廠整廠設計所需關鍵資料。
- (2) 製程設備與生物資源精進：除將精進與簡化前處理製程之設計與操作外，亦規劃以同步水解與發酵(SSF)程序為噸級廠製程測試基礎，開發同步水解共發酵(SSCF)程序，建立產業推廣之技術資訊。

2. 纖維酒精產業應用推廣

本項研究重點係根據噸級廠所建立的運轉資訊與設備改善經驗，推展商轉廠規模的基本設計，並據此推估其生產成本與能源效益，方能提供具參考價值的整廠設計給產業界。另亦將進行產業化推廣規劃，落實技術移轉與行銷之目標：

- (1) 建立商轉廠基本設計方案及效益分析：承繼 101 年以原測試廠設計經驗所提出之噸級廠整廠設計成果，進一步提出商轉廠整廠基本設計之方案，並同時提出其能源效益。
- (2) 產業合作與技轉展示：建立技術推廣展示用之纖維酒精生產系統設施，完成可技轉技術之盤點與相關文件整理，並據此開始與產業單位進行合作開發。

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

一、質化成果：

說明：

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

本計畫目標係開發具量產潛力的纖維酒精製程技術，鑒於纖維酒精係為以非糧食纖維物料為料源的第二代生質燃料，歐美先進各國仍視其為創新的再生能源技術，因此本計畫屬性亦以技術創新為執行導向。以下將以質化方式說明本計畫於 99~102 年間的研發成果，至於技術創新所衍生的智材專利成果，則會在後續「肆、主要成就與成果所產生之價值與影響」中提出說明。

1. 技術研發整體成果

(1) 計畫目標與達成情形

本計畫規劃之技術指標係建立每噸纖維原料轉化生質酒精產量可達 200L 為整體技術的研發指標，同時能源產出/投入比(Output/input)須達 1.2 以上。由表 1 可知，纖維酒精產量會依原料種類及纖維含量而有所差異，能源產出/投入比亦會隨纖維酒精廠之能源整合策略而有所不同，但整體而言確實皆已能達到計畫之預期技術指標。

另外，在生產成本方面，雖然並未列入本期計畫之目標，但基於此為影響纖維酒精競爭力之重要指標規格，因此本研發團隊亦於計畫執行過程中逐步建立各項生產成本分析資訊，其結果顯示國內稻稈因欠缺大規模採收及集運的經驗與相關技術開發，目前受限於集運成本仍然偏高，致使稻稈酒精生產成本仍有相當大的突破空間，但若以蔗渣及木材剩餘物為料源，並分別採取與蔗汁酒精廠及合板工廠共構的模式設置纖維酒精廠，則現階段蔗渣酒精及木材酒精生產成本皆已能低於國內進口酒精價格，在國內市場已具有競爭力。目前國內進口酒精在考量關稅、貨物稅、營業稅及利潤等因素後，其市場價格約在每公升 36-37 元左右。

根據上述內容可知，本計畫將纖維酒精製程的技術研發成果結合「與既有工廠共構」的產業化策略後，現階段生產成本已能展現競爭力，達到商業應用的條件。

表 1 本計畫預期目標與實際成果之比較

技術規格 項目	99-102 年 計畫目標	實際成果推估至 進料量 1000 噸/日商轉廠規模指標
酒精產量	>噸級廠設計 值 200L/噸 (蔗渣、稻稈)	245-275L/噸(木片) 220-250L/噸(蔗渣) 200L/噸 (稻稈)
能源產出/ 投入比 (O/I)	>1.2	1.2~5.1(依不同能源整合策略而定)
生產成本 (未列入計 畫目標)	低於進口酒精 售價 36NT\$/L	木片生產成本(與合板工廠共構):17.9-24.3NT\$/L 蔗渣生產成本(與蔗汁酒精廠共構): 30.8 NT\$/L 稻稈生產成本(單獨建置):51.9 NT\$/L

2. 計畫執行策略

本計畫於技術研發之執行策略係同步進行「纖維酒精製程技術開發」及「日進料 1 噸之纖維酒精測試廠運轉測試」，其中製程技術開發重點係以前處理技術搭配同步糖化及發酵製程(Simultaneous Saccharification and Fermentation, SSF)與同步糖化及共發酵製程(Simultaneous Saccharification and Co-Fermentation, SSCF)

等兩種纖維轉化酒精製程為研發目標(如圖 1)，其技術開發之執行策略依序如下：

- A. **程序效能測試與驗證：**本項工作項目之測試規模由實驗室規模延伸至噸級廠研究設施。待上述纖維轉化酒精製程之研發完成實驗室規模及 bench 規模測試，並建立相關操作參數後，即利用噸級廠設施進行 scale-up 程序效能測試之驗證；若噸級廠運轉測試無法驗證預期之製程效能或發現在實務操作有窒礙難行的疑慮，則會在蒐集運轉測試期間所發現之新增問題與技術瓶頸後，則會再利用實驗室及 bench 規模的設備進行製程精進及改善等 scale-down 實驗，期藉由交互地進行製程放大驗證及技術精進改善，據此建立纖維酒精量產製程的最適操作方法。[註：bench 規模的前處理進料量為每批次數公斤；發酵槽容積為 100L]
- B. **系統穩定運轉再現性測試：**當噸級廠效能測試結果可驗證以實驗室及 bench 規模之測試結果所預期的效能後，將會再利用噸級廠進行系統穩定運轉再現性測試，透過長時間多批次的運轉測試，確認所建立之纖維酒精量產製程確實具有穩定性。
- C. **質能平衡相關數據量測：**當完成系統穩定運轉再現性測試後，本計畫即會利用噸級廠整廠運轉測試所建立之各批次數據，開始進行整廠質能平衡之計算與數據分析，並據此作為後續能資源整合、能源效益評估及進行整廠概念設計之依據。

另外在執行期間本計畫亦視實際發展情形調整研發方向，主要包括：

- **測試料源之選取：**本計畫係以多元化料源為發展考量，迄今已針對稻稈、蔗渣、狼尾草、芒草、竹材、甜高粱、癩瘋果殼、地瓜莖葉、南洋木、棕櫚纖維、廢棄紙漿等十多種纖維原料，建立其纖維組成及初步的轉化潛力分析資料。不過，噸級廠運轉測試所使用的纖維原料量至少需要數噸以上，因此在計畫執行過程中，除了考量優先使用亞洲地區大宗纖維原料外，亦須考量是否有取得大量料源的管道。有鑑於此，考量稻稈為亞洲地區及國內產量最豐之農業廢棄物，其原料的強度、柔韌性質、無機物比例及纖維組成結構等特性，亦與歐美之纖維酒精研發的測試原料有所區隔，在技術研發的過程中能展現獨特性與創新性，故本計畫執行初期係以稻稈為主要測試料源，待 101 年稻稈轉化酒精量產製程之研發進入系統穩定運轉再現性測試階段後，再運用稻稈酒精量產製程之研發經驗，並配合產業需求下，逐步將測試料源延伸

至蔗渣及南洋木。

- **木糖利用製程設計:** 在上述執行期間，因考量不同料源的半纖維素(主要為木糖)含量有所差異，在木糖利用製程的設計上，亦在轉化酒精技術之外，增加轉化木糖醇、木寡糖等其他副產品之製程研發方向，據此擴大本計畫於纖維酒精技術研發成果之應用價值與彈性，增加與產業合作之機會。

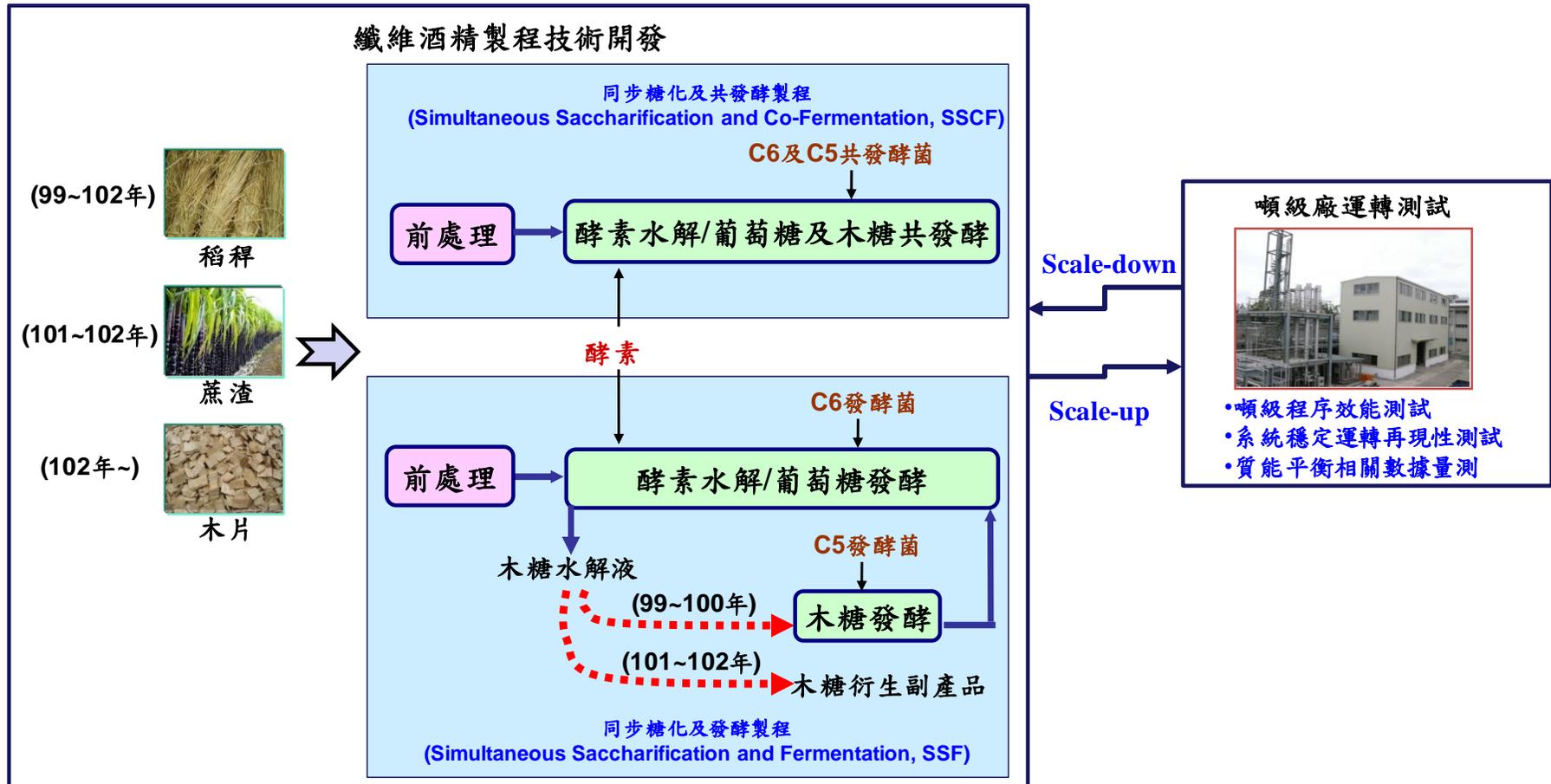


圖 1、本計畫於技術研發之執行策略與歷程示意圖

3.技術特點與發展潛力

圖 2 為近期宣稱已進入或即將進入商轉階段之全球纖維酒精廠分佈情形，可得知自 2013 年起，已有歐美纖維酒精廠陸續宣稱進入商轉階段，儘管其實質商轉成效仍有待觀察，但使用原料多為玉米桿及麥桿，其原料特性與核研所主要以稻稈、蔗渣及南洋木等測試料源有所不同，因此不僅在料源及中間反應物的攪拌、輸送等機具設計的思維有所差異，其纖維結構以酵素進行水解反應的效率、發酵液組成的可發酵性與抑制性亦有所不同，又目前亞洲地區尚未有實質商轉廠建置計畫的情況下，本計畫研發之纖維酒精技術若優先以亞洲地區為推廣目標，應有其特色及發展優勢。



圖 2、近期全球宣稱進入商轉階段之纖維酒精廠分佈

目前本計畫所開發之纖維酒精技術雖已達商轉前驗證階段，具有商業應用之潛力，但後續除了仍需要發展商業規模的工程放大及驗證技術外，相關製程技術若能進一步朝以下要點突破，應有機會進一步提高其競爭優勢，其主要突破點包括：

- (1) **改善前處理製程工程放大後之大量纖維物料的混酸及輸送設計：**由於在前處理設備的規模放大後，相對要處理的纖維物料量會大幅增加，因此如何讓酸劑與輸送過程中的纖維物料的混合更為均勻，促使高壓反應器內各部位可產生相似的酸水解反應強度，將有助於提高木糖的溶出量及減少木寡糖的比例，同時亦可加強對大量料

源纖維結構的破壞程度，進而提高後續酵素水解生成葡萄糖的效率，進而提升整體的纖維酒精產量。

- (2) **再提升基因重組共發酵菌的木糖利用速率**：受限於木糖轉化酒精的速率仍低於葡萄糖轉化酒精的速度，因此同步糖化及共發酵製程(SSCF)中的反應時間會較SSF製程略長，因此若能將現階段木糖利用速率再提升1.5倍，將可提升共發酵製程生產纖維酒精的速率，進一步突顯共發酵製程的競爭力。
- (3) **開發降低國內稻稈集運成本之模式**：由於以蔗渣及木材剩餘物為料源，並未有集運成本偏高的問題，因此後續在料源集運的精進重點應為降低國內稻稈集運成本。基於現有稻稈集運研究多限於小規模收集的評估資訊，在經濟規模有限下，其集運成本勢必難以降低，因此應有需要由農業部門相關單位，發展大規模稻稈之集運模式的評估能力與關鍵技術，才有機會尋求降低其集運成本的方法，預期其集運成本若能再降低至50%，方有機會使稻稈酒精或稻稈轉化化學品技術具有商業應用潛力。

因此，本計畫在考量上述製程精進的技術可行性後，進一步提出纖維酒精技術於二期能源國家型科技計畫可達成的技術指標，並與收集取得之國際指標進行比較，如表2所示。由表中可知，本計畫規劃之技術指標的特色係在與歐美料源有所差異下，可與國際達相同的水準，其中以木材或蔗渣為料源時，其轉化纖維酒精的生產成本將可從“低於國內進口酒精價格”的水準提升至“具有國際市場競爭力”；國內生產稻稈酒精的成本雖仍受限於集運成本的降幅有其限制，但已可與進口酒精競爭，值得注意的是此時若以稻稈為料源轉進生產其他單價較高的生質化學品，將更具有經濟效益。

表2、本計畫後續研發目標與國際指標之比較

技術規格 項目	103-107 NEP2 Target (建置 1,000 噸/日商轉廠)	國際指標
Cost	<ul style="list-style-type: none"> • 海外生產 20NT\$/L(木材酒精;與板材廠共構) • 國內生產 24NT\$/L(蔗渣酒精;與蔗汁酒精廠共構) • 國內生產 30NT\$/L(稻稈酒精:單獨建置無共構) 	<ul style="list-style-type: none"> • ePURE: Euro1~1.5 /L (2013); 0.75~1.2 /L (2017) • BNEF:USD 0.94 /L (2012); 0.67/L (2016) • 歐盟指標廠 InbiconEuro 0.9/L(2012/麥桿) • NREL : USD2.15 /gal (2013 預估值/玉)

		米芯、玉米桿、木片)
GHGs 減量效率	60%(LCA 評估；以化石燃料為比較依據)	美國 RFS、歐盟 RED: GHGs 減量 60%
能源效率 (O/I)	>2.5	IEF: >2.5
酒精產量	<ul style="list-style-type: none"> • 260-300 L/噸(木材) • 260L/噸(蔗渣) • 230L/噸(稻稈) 	<ul style="list-style-type: none"> • NREL70gal/噸(2012/玉米芯、玉米桿、木片) • Inbicon198L/噸(2012/麥桿)

ePURE : European Renewable Ethanol

BNEF: Bloomberg New Energy Finance (彭博新能源財經社)

IEF: International Energy Forum

2. 日進料 1 噸之纖維酒精廠運轉成果

(1) 噸級測試廠建置與運轉目標

核能研究所於民國 96 - 98 年所建置之纖維酒精噸級測試廠，係以自行開發之稻稈轉化酒精程序於每批次 10 公斤設施試驗之結果為其設計依據，因此噸級廠建置目的首在測試噸級規模設備將稻稈轉化酒精之系統效能，驗證放大為每日處理 1 噸木質纖維素原料製程之連續運轉的技術可行程度，其次為依據噸級廠之運轉經驗建立可商業運轉之纖維酒精量產製程，並初步評估其建置為商轉廠營運之能源效益與經濟可行性，再進行纖維酒精量產技術之工程化設計作為技轉推動纖維酒精產業之基礎。

噸級廠主要製程單元為前處理系統及水解發酵系統，其中前處理系統設備係與國內相關專業廠商合作，依據本計畫研訂之酸催化蒸汽爆裂前處理程序及操控條件自行設計製作，包括原料粉碎、氣力輸送進料、低溫蒸煮、高溫反應、閃化廢氣處理及連續固液分離等主要設備，驗證測試重點為確認各開發設備之功能與系統整體運轉之操控性及處理效能。噸級廠水解發酵系統原設計係採分開水解及發酵(SHF)程序之設備配置，包括 5 碳/6 碳糖種菌培養、水解液過鹼化、酵素水解及 5 碳/6 碳糖發酵等主要反應槽組設備，驗證測試重點為配合選用之酵素與所開發馴化之發酵菌株探討對前處理出料之最適水解發酵操控流程及反應條件。

噸級測試廠各單元系統或周邊設施分別建置驗收完成時，計畫團隊即分工接收並熟悉各系統設備設施運轉之操控作業，了解大型噸級機械設備組件與儀表監控設施之運轉

特性，同時特別注意其與實驗室或小型設施操控之差異與因應方式，於噸級廠整廠建置完成後，先進行整廠系統串接空白試車，調校訂定整廠系統串接運轉之操作控制流程，建立各單元系統及設備設施之標準操作程序(SOP)，以規劃進行整廠實料運轉測試。噸級廠主要以稻稈為原料，先依原設計採分開水解及發酵(SHF)程序進行進料一日之單批次測試，並就噸級廠與公斤級設施測試結果比較檢討修訂後續運轉操控程序，再逐步進展至多批次與同步水解及發酵(SSF)程序之連續運轉與測試驗證，期間亦以蔗渣、竹片等其它本土生質物為原料進行運轉測試，獲得噸級測試廠對不同生質原料不同程序之運轉效能。

(2) 運轉策略及歷程

噸級廠自 99 年迄今近四年測試運轉，期間持續對主要單元系統設備與周邊設施進行檢討精進，主要包括改善前處理進料及稀酸溶液調配設施、增設閃化廢氣熱回收處理系統、更換水解槽攪拌驅動裝置及修改相關物料輸送管路配置等等硬體與相應操控程序等軟體，使整體運轉作業更形順暢、降低被污染機會並減少操作損失與能源消耗，同時將水解發酵生化程序由 SHF 程序經二階段非等溫 SSF 程序逐步進展為等溫 SSF 程序，配合程序操控模式及參數之優化，使整體水解發酵反應與作業時間從 96 小時以上縮短至約 48 小時，明顯可減少設備投資成本及生產能耗，且每噸乾重稻稈轉化酒精量也由初期約 150 公升提升達原設計目標 200 公升如圖 3 所示。

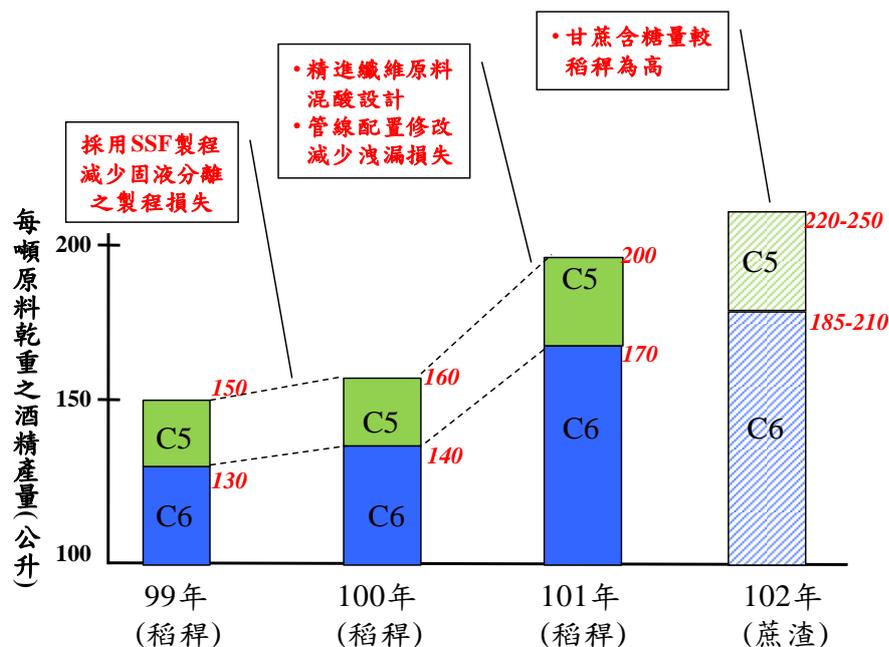


圖 3、計畫各年度之酒精產量提升情形

102 年度於噸級廠除繼續進行等溫 SSF 程序操控流程之優化測試，並配合共發酵菌馴養情形進行同步水解及共發酵(SSCF)程序測試運轉之外，主要工作則為依據噸級廠多年之運轉經驗及測試結果，以等溫 SSF 程序結合木糖生產副產品之製程規劃，訂定每日 30 噸進料纖維酒精驗證廠之概念設計基準，據此進行整廠質能平衡模擬計算，完成驗證廠量產製程前處理及水解發酵系統流程與操控程序設計，並完成前處理單元低溫及高溫反應器、閃化槽、蒸爆廢氣熱回收處理設施、帶式壓濾機、水解發酵單元菌種槽、水解發酵槽等主要設備之規範，以及蒸餾脫水、廢水處理及汽電共生系統與其它公用設施之需求規劃，依此概念設計，驗證廠前處理系統需要設置一套每小時可處理約 1.5 噸進料之低溫低壓反應器及兩個各 3-m³ 之高壓反應器，閃化裝置容積約 35-m³，水解發酵系統則需要 4 座各 150-kL 之立式反應槽及兩組種菌槽；接著與工程顧問公司合作完成整廠基本設計方案，主要項目包括設計繪製程序流程圖(PFD)、管線儀表圖(P&ID)、公用系統流程圖與廠區設備配置圖，建立整廠設備、儀表、馬達泵浦及管線閥件等規範清單與監控、電力設備規格書，以及設計廠房建築與周邊設施，並據以估算整廠之建置與運轉成本，進而確實分析纖維酒精驗證廠之經濟及能源效益，作為後續評估纖維酒精產業投資之基本參考資訊。

至於 99-101 年期間的運轉測試重點分述如下：

- 99 年運轉測試成果：主要進行各單元系統與整體設施之運轉測試，以驗證原設計之程序與工程技術，尋求各個單元或程序的最適操作條件，作為估算纖維酒精測試設施運轉效益之基礎，進而評估提升功能、減少能耗或降低成本之可行性。以稻稈為原料進行運轉測試，首先完成整體設施設備儀表之操控與功能測試，建立各單元系統之標準操作程序(SOP)，其次進行系統運轉性能測試，尋求各個單元或程序的最適操作條件，同時依據運轉情形與測試結果，進行改善措施提升系統效能，完成整廠設備儀表操控測試，進行軟硬體改善措施精進運轉作業模式。測試結果每噸稻稈可產酒精 150 公升以上，酒精濃度符合 CNS 15109 規範之要求。
- 100 年運轉測試成果：100 年繼續執行噸級廠之運轉測試與改善措施，完成十一梯次整廠運轉測試，可一次連續 5 天，每日進料 1 噸之操作目標。酒精製程由分開水解及發酵(SHF)程序提升至同步水解及發酵(SSF)程序，同時降低酵素使用量至 10-15 FPU/g cellulose，為 99 年 SHF 使用量之 50%，並開發分批式饋料操作，使葡萄糖 SSF 程序反應之最終固液比達 20%，另建立二階段溫控 SSF 轉化技術，產生

之酒精濃度可達 3.2%，酒精轉化效率為 55-60%，每噸乾稻稈可產製 160 公升酒精。

- 101 年運轉測試成果:主要仍以同步水解發酵(SSF)程序運作，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，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。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，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。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。測試結果每噸稻稈可產酒精 200 公升以上，

表 3 概要說明噸級廠在 99-102 年期間所進行之運轉測試情形。

表 3、99-102 年噸級廠運轉測試概要

項目	99 年	100 年	101 年	102 年
運轉模式	每月運轉 1-2 批次，每批次 1 噸進料	每月連續進料 5 批次，每批次 1 噸進料，製程能源投入量較 99 年度單一批次操作減少 40% 以上	每月連續進料 5-10 天，每批次大於 1 噸進料，前處理利用廢氣熱回收可減少蒸汽量約 20%	依測試需求不定期進行不定批次之運轉，並增加蔗渣為測試料源
水解發酵程序	分開水解及發酵(SHF)，酵素使用量 30 FPU/g cellulose	同步水解及發酵(SSF)，酵素使用量 10-15FPU/g cellulose，節省 50% 酵素使用量	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 二階段非等溫或等溫同步水解及發酵(SSF)，酵素使用量 10-15FPU/g 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 等溫同步水解及發酵(SSF)，縮短反應與作業時間，酵素使用量 10-15FPU/g

			cellulose，節省 50%酵素使用量 ▪ 同步水解及共 發酵(SSCF)，使 用共發酵菌，簡 化養菌作業並 減少費用	cellulose，節省 50%酵素使用量 ▪ 同步水解及共 發酵(SSCF)，使 用共發酵菌，簡 化養菌作業並 減少費用
	渣料水洗，可提升 水解效率 10 - 15% 但過程不經濟	簡化程序節省操作 費用，渣料不水洗	簡化程序節省操作 費用，渣料不水洗	簡化程序節省操作 費用，渣料不水洗
酒精 產量	每噸乾重稻稈可轉 化 150L 酒精	每噸乾重稻稈轉化 酒精量為 180L	每噸乾重稻稈轉化 酒精量可達 200L	每噸乾重稻稈及蔗 渣轉化酒精量分別 可達 200L 及 220L

(3) 運轉成果

歷經四年來的噸級廠測試運轉，已累積相當之運轉操作經驗與測試數據，其主要成果包括：

- **建立整廠設備穩定運轉能力：**噸級廠目前可進行連續全程 2 週以上之運轉操作，主要採行同步水解及發酵(SSF)生化程序進行運轉測試，亦可採同步水解及共發酵(SSCF)程序，其中前處理系統設備之穩定操作能力為評估重點。
- **建立具國際競爭力及特色之纖維轉化酒精製程：**本計畫為國際上少數專注於全球產量最豐之木質纖維素原料-稻稈轉化纖維酒精量產製程開發，亦同時建立亞熱帶地區(含國內)種植經驗相當豐富的甘蔗，所產出之蔗渣的纖維酒精生產技術，目前估算每噸乾稻稈及蔗渣個別可生產約 200 公升及 220-250 公升酒精(蔗渣酒精產量依存放時間長短有所差異)，每批次反應時間約 3-4 天，其中由於稻稈係纖維素含量略低之原料，故此成果已與國際水準在伯仲之間。
- **完成噸級廠規模之合理化配置研究：**基於先前建置此噸級測試廠時，係以多功能應用及研究用途導向為設計考量，再加上受限於原先廠房尺寸限制，是以若以商轉廠的角度分析，其各單元設備的附屬閥件及廠區配置皆有改善的空間。有鑑於此，本

計畫亦完成以 SSF 程序為依據之噸級規模測試廠的廠區合理化配置設計與整廠 3D 模型建立，並估算噸級廠纖維酒精製程之淨能源比(Net energy ratio)至少可達 2.0 以上，據此可建立具能源效益之纖維酒精量產製程。

- **由噸級廠運轉成果建立驗證廠基本設計:** 102 年根據上述合理化配置之成果，規劃此工廠設備配置與生產排程，建立日進料 30 噸之驗證廠基本設計方案、能源效益及成本分析，並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，期作為纖維酒精量產技術研發成果朝產業化推進之基石。預期本年度年底將可完成國內唯一之日進料 30 噸驗證廠的基本設計，屆時將可作為驗證廠建置之細部設計或放大至日進料 1000 噸商轉廠的基本設計參考依據，其目前規劃之設計基準要項分述如下表 4-表 6。

表 4、30 噸/日驗證廠預處理區設計基準

項目	設計基準
稻稈設計進料, kg /日	30,000
稻稈組成, wt%	
半纖維素 (含 xylan)	25.1%
纖維素	33.1%
木質素	14.3%
進料稻稈含水率, wt%	15%
Ash 及其他	12.5%
稻稈中 xylan, wt%	19.5%

表 5、30 噸/日驗證廠前處理區設計基準

項目	設計基準
酸解蒸爆反應器	
酸解轉化率, wt% (xylan to xylose)	70.0%
第一段酸解稀酸濃度, wt%	1.3%
第一段進料固/液比(不含蒸汽)	40.0%
第一段加熱溫度 (LP 飽和蒸汽加熱)	110 °C
第二段加熱溫度 (HP 飽和蒸汽加熱)	185 °C
第二段進料固/液比	-
熱損失, %	50%
過濾機	
濾餅含水率, wt%	70%
xylan 溶出率, %	80%
glucan 溶出率, %	10%
固渣回收率, %	70%
稀酸預熱後溫度, °C	70 °C

表 6、30 噸/日驗證廠 SSF 水解發酵區設計基準

項目	設計基準
預水解槽酸鹼調整	-
C ₆ 糖水解糖化槽	
纖維素水解糖化率, %	80%
進料 固 /液重量比	20%
活性單位 (FPU) /g 纖維素	15
酵素液比重, g /cc	1.1
木質素過濾機	
濾餅含水率, wt%	55%
C ₆ 糖養菌槽空氣通入量	2vvm
g 酒精產出 /g 己糖	0.48
菌種液添加 /己糖液, v%	10
菌種液比重	1
發酵終端菌體濃度, kg /L 母液	0.0005~0.001
母液比重	1
水解發酵溫度, °C	30~35
水解發酵時間, h	48

3.前處理技術研發

(1)技術開發背景與目標

本計畫致力於纖維酒精技術之研發，特別著重於纖維原料前處理技術開發。就木糖轉化酒精之利用率而言，以酸催化法為最普遍效果較佳之方法，但若於高溫高壓操作下所產生的木糖不但會降解損失，且會產生不利後續發酵程序之抑制物，故稀酸水解需在溫和條件下才能得到較高的產率，但此溫和條件對木質纖維原料結構之破壞是有其限制的，故一般可結合物理方法以補不足。蒸汽爆裂則被認為是能源使用效率高且有效的方法，其原理

為利用蒸汽或其它氣體將纖維生質原料加熱後並保持一定時間，利用高溫和高壓導致木質素的軟化，然後迅速開閥降壓，造成纖維素晶體的爆裂，達到木質素和纖維素分離的目的。此外，稀酸水解和蒸汽爆裂前處理程序為現階段測試廠最普遍使用之方法，也是最有可能商業化之纖維原料前處理程序。因此，本計畫以稻稈為原料、稀酸水解配合蒸汽爆裂為基礎，基於先前所研發設計不同處理量之前處理程序與設備之設計及測試經驗，應用於噸級測試廠前處理製程與系統之開發，其操作方式由批次至連續、由手動操作至全自動控制，設計與建置酸催化蒸汽爆裂前處理系統，設備如圖 4 所示，應用於本計畫建置之日進料 1 噸纖維酒精測試廠。



圖 4、測試廠之酸催化蒸汽爆裂前處理系統

(2) 研發歷程與策略

102 年度著重長期運轉穩定性測試及纖維原料多樣化應用之驗證，完成蔗渣測試廠前處理最適操作參數測試及連續數天之穩定操作測試。測試條件範圍為 0.7-0.9%(v/v) 酸量、175-185°C、持壓 1-5min。結果顯示，於 0.9%(v/v) 酸量、185°C、持壓 1min 之條件下，其水解液木單糖濃度可達 55g/L (5.5%)，酵素水解效率約 68-70% (圖 5)。且於此操作條件下，蔗渣可達與稻稈相同之連續數天運轉操作穩定性 (圖 6)。顯示本計畫所可發之前處理技術與系統已可達到不同原料之連續運轉穩定操作之目標。在纖維原料多樣化應用之驗證方面，係依市場需求，進行纖維原料多樣化測試廠前處理操作參數測試，以驗證測試廠前處理系統之多樣性原料處理能力。

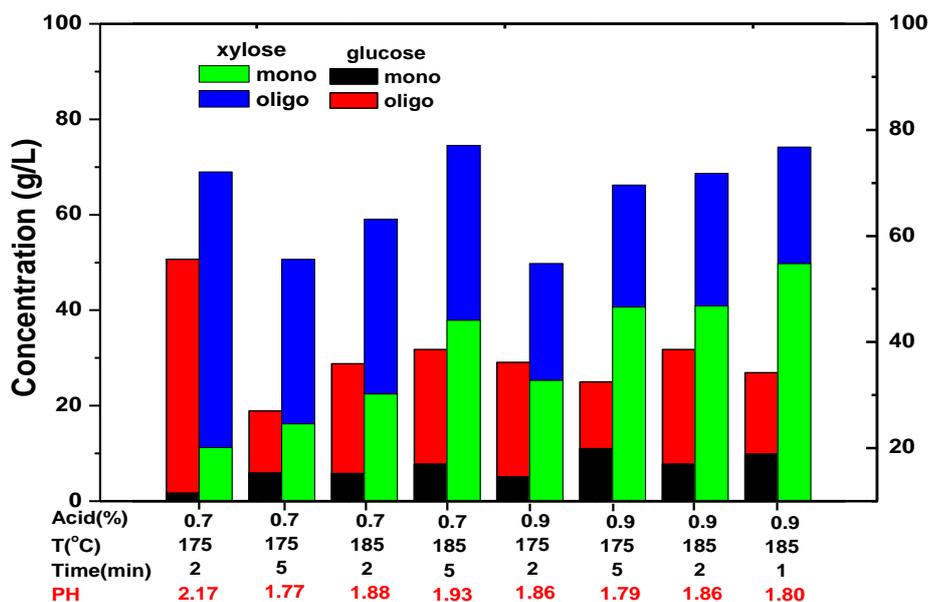


圖 5、蔗渣測試廠前處理水解液濃度隨操作參數變化情形

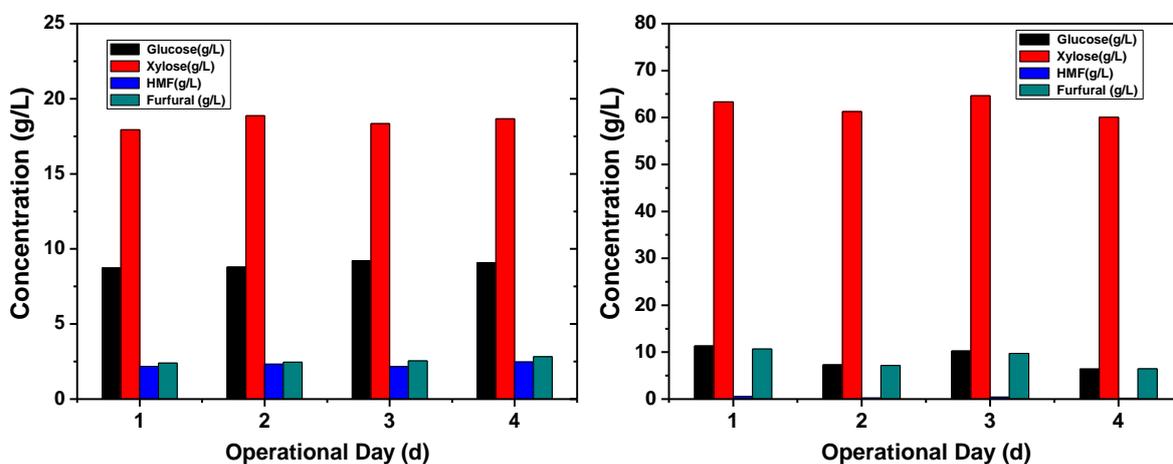


圖 6、(a)稻稈與(b)蔗渣測試廠前處理連續 4 天運轉操作，水解液濃度變化情形

另一方面，本計畫依市場需求，進行測試廠對於木片之處理能力評估。已完成測試廠應用於木片前處理之先期測試，包含(1)噸級廠打碎機測試 (2)以自製模擬噸級之臥式輸送攪拌小型壓克力反應器，進行打碎木片輸送測試，確認輸送木片可行性(3)真空

抽送測試。此外，也進行木片飽和吸水及吸酸能力測試，結果顯示，木片飽和吸水率約 70%，蔗渣約 83%，稻稈約 81% 木片之吸水能力與蔗渣、稻稈為三者中最低，更影響其吸酸能力，因此在設定酸催化條件時，欲達到相同的攜帶酸量，木片所需的酸濃度應比蔗渣、稻稈高。此外，本計畫也進行木片測試廠前處理操作參數測試，測試條件範圍為 0.7-1.2%(v/v)酸量、185-195°C、持壓 1-5min，初步測試結果顯示，測試廠前處理系統可連續處理木片，後續將持續進行最佳操作條件測試。

測試廠之酸催化蒸汽爆裂前處理系統，依以稻稈為原料完成小型元件實料測試後所設計完成的，於 99 年驗收後即陸續進行功能測試與精進、提升其系統功能以建立噸級前處理連續運轉與處理多樣化纖維原料的能力。表 7 係 99 年度至 102 年度本計畫預/前處理技術與測試廠系統開發之年度目標、執行內容與成果效益。於 99 年度已可達到以稻稈為原料連續操作之目的，其處理效能為木(單+寡)糖溶出率可達 80%，水解液之木(單)糖濃度介於 22-30g/L，而稻稈渣料中木聚糖含量由 18% 降低至 3-6%，葡聚糖含量由 32% 提升至 48-53%。此說明此系統可將稻稈中 70-80% 木糖提取出來，但保留大部份之葡聚糖於固渣中，以利進行後續之酵素水解反應。

100 年度則改善前處理系統各單元設備之功能，包括(1) 完成架橋破壞器之安裝，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。此外，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，提高連續運轉穩定性。

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。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，於閃化蒸氣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，用以回收閃化時隨閃化之出料及閃化蒸汽熱能。蒸汽用量已由每噸稻稈需求 3520kg 降至 2307kg，與理論值比較由原先的 2.5 倍降低至 2.0 倍，成功節省前處理能耗。

表 7、99-102 年度預/前處理技術與測試廠系統開發之目標、執行內容與成果效益

年度	99	100	101	102
目標	完成測試廠預/前處理系統建置與功能測試	建立噸級前處理連續運轉能力及提升其系統功能	噸級前處理系統應用纖維原料多樣化之測試及功能提升	長期運轉穩定性測試及纖維原料多樣化應用驗證
執行內容	<ol style="list-style-type: none"> 1. 設計與建置完成稻稈粉碎機系統及稻稈輸送設備。 2. 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。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 依連續運轉操作時之情形，針對部份硬體設備零組件進行檢討及精進，提昇操作穩定性、設備耐用性。 2. 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，建立連續運轉能力。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 噸級前處理系統應用纖維原料多樣化之測試。 2. 高壓蒸氣爆裂廢氣處理設備之精進及安裝。 3. 推廣技服與產業合作。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 利用 101 年度取得之輸送與反應等操作參數及控制邏輯，進行多天連續整廠運轉測試，以達到提升運轉穩定性之目標。 2. 依市場需求，進行纖維原料多樣化之測試，以驗證測試廠前處理系統之多樣性原料處理能力。
成果效益	<ol style="list-style-type: none"> 1. 完成稻稈粉碎機系統及稻稈輸送設備之建置，處理量及輸送量皆符合測試廠需求。 2. 經稻稈粉碎機裁切後之稻稈，再經稻稈輸送設備，可將稻稈輸送至 15 公尺高之前處理進料端，進行酸催化蒸氣爆裂反應。 3. 國內自行研發之稻稈裁切與輸送系統，具備自動化處理能力，亦具有市場競爭力。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 提升稻稈物料之輸送順暢度-完成不同架橋破壞器之測試，安裝最適之設計，成功提昇稻稈進料之穩定性，減少破壞架橋之人力。 2. 降低產物損失-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 10%。 3. 減少設備之損耗-改良閃化出料裝置，避免閃化時所造成衝擊及刮損而洩漏，可降低設 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建立纖維原料纖維原料多樣化之標準測試流程，包括(1)原料尺寸及輸送測試(2)調節輸送之控制參數進行連續操作運轉測試。 2. 完成蔗渣、孟宗竹及麻竹之酸催化蒸氣爆裂前處理連續操作運轉測試，擴展此系統之多樣性原料處理能力。 3. 完成前處理系統閃化蒸氣熱源回收設備，用 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 完成蔗渣測試廠前處理最適操作參數測試。於較佳條件下，其水解液木單糖濃度可達 55g/L，酵素水解效率約 68-70%。 2. 完成蔗渣測試廠前處理於最適操作參數條件下之連續 4 天之運轉測試。所得水解液濃度、酵素水解效率等隨操作時間及天數之變化幅度小，顯示此系統處理蔗渣同樣可達與稻稈相同

	<p>4. 完成前處理系統之單元設備之功能與基本控制程序邏輯與輸送參數設定，使製程達自動化操作。</p> <p>5. 完成稻稈前處理操作條件之探討，於適當條件下，可將稻稈中70-80%木糖提取出來，且保留大部份之葡聚糖於固渣中，以利進行後續之酵素水解反應。</p>	<p>備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>4. 結合前處理及酵素水解效率之木糖、葡萄糖及總糖轉化率，取得稻稈前處理最佳操作參數，所得總糖產率可達73%，酵素水解效率可達75%。</p> <p>5. 完成於稻稈前處理最佳操作參數條件下，每天一噸進料連續4天之運轉測試。所得水解液濃度、酵素水解效率等隨操作時間及天數之變化幅度小，顯示此系統之高操作穩定性。</p>	<p>以回收閃化時隨閃化之出料及閃化蒸汽熱能。蒸汽用量已由每噸稻稈需求3520kg降至2307kg，與理論值比較由原先的2.5倍降低至2.0倍，成功節省前處理能耗。</p> <p>4. 測試廠前處理系統所生產之稻稈前處理固渣，經由國際知名酵素生產諾維信公司進行酵素水解效能測試後，表示絕大多數操作條件製備之固渣皆能符合酵素水解效率80%的商業化門檻。</p>	<p>之高操作穩定性。</p> <p>3. 依市場需求，進行測試廠對於木片之處理能力評估，完成木片飽和吸酸量測試已評估其吸酸能力與輸送測試。</p> <p>4. 進行木片測試廠前處理操作參數測試。初步測試結果顯示，測試廠前處理系統可連續處理木片，後續將持續進行最佳操作條件測試。</p> <p>5. 測試廠前處理製程及系統，已成功應用於稻稈、孟宗竹、麻竹及木片等原料，充分顯現其多樣性原料處理之能力。</p>
--	--	--	---	--

(3)技術特色與成果

目前本計畫已建立稻稈及蔗渣前處理製程之穩定操作條件，木片前處理製程的操作條件則正在評估中。稻稈及蔗渣前處理製程之主要操作參數分別為：

- 稻稈前處理: 0.7%(v/v)酸量、185°C、持壓 2 min
- 蔗渣前處理: 0.9%(v/v)酸量、185°C、持壓 1min

本計畫所開發之預處理系統，包括稻稈粉碎機及稻稈輸送設備，係為國內自行研發之稻稈裁切與輸送系統，具備自動化處理能力，且已驗證可應用於不同纖維原料，亦具有市場競爭力。

另外，本計畫酸催化蒸汽爆裂前處理系統所開發主要核心技術主要包括

- 特殊纖維原料連續進出料輸送設計，可阻隔反應器內外壓力，使纖維原料能由常壓送入高溫高壓反應器內並可連續出料，以達到連續操作之目的

- 特殊螺旋葉片設計，可輸送纖維原料並與酸液充分混合
- 可連續進料、預熱、高溫高壓下定量注(酸)液、混合及連續瞬間爆裂洩料與固液分離
- 全自動控制連續操作。

雖然本計畫應用之酸催化蒸汽爆裂的原理與國外相關技術類似，但其輸送系統及連續操作之閥件係以輕、蓬鬆易架橋、柔軟韌性高之稻稈為開發對象，此與國外以玉米桿(如 NREL)、麥稈(如 Inbicon、Süd-Chemie)及蔗渣(如 M&G/Chemtex) 等原料所開發之技術有很大的差異，亦為本計畫開發之前處理技術的重要特色，尤其於稻稈產量最豐之中國大陸及亞洲地區更具應用潛力。且此系統已驗證可連續處理各種纖維原料如蔗渣、孟宗竹、麻竹及木片等原料。此外，由測試廠前處理系統所生產之稻稈前處理固渣經由國際知名酵素生產諾維信 (Novozymes) 公司進行酵素水解效能測試後(101 年成果)，表示絕大多數操作條件製備之固渣皆能符合酵素水解效率 80% 的商業化門檻(圖 7)。

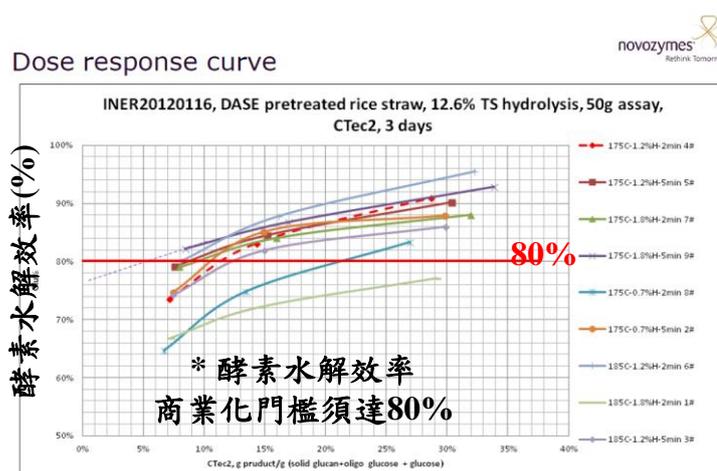


圖 7、Novozymes 評估核研所稻稈前處理固渣結果

本計畫由預/前處理技術開發所衍生之專利，已取得 5 項中華民國專利 (I340192, I346723, I369944, I364427, I392544)及 1 項美國專利(8,080,128B2)，並有 4 項中華民國專利及 9 項東南亞專利申請中。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。前處理設備尚無商品化產品，必須依據實際需求開發製作，本計畫藉由測試廠前處理製程與系統開發與測試經驗，可依原料特性針對部份關鍵元件進行改進與修正，應有機會將本計畫所產出之預/前處理技術輸出至國際市場。

4.生化製程設計研發

(1) 研發背景與目標

在纖維酒精生產製程中，係先利用酸前處理方法分解木質纖維原料中的半纖維素為五碳糖(主要為木糖)，並溶於水溶液中形成所謂的“木糖水解液”，接續再將含有纖維素與木質素的固體渣料進行酵素水解，以外添加之纖維素水解酵素將固體渣料內的纖維素分解為葡萄糖，並溶於水溶液中形成所謂的“葡萄糖水解液”，最後再利用微生物發酵，將這些糖分轉化為酒精。基本上，目前纖維酒精製程中所採用的生化製程主要有以下三種程序整合設計：

- 分批水解及發酵程序(Separate/Sequential Hydrolysis and Fermentation, SHF): 酵素水解、葡萄糖和木糖發酵程序皆在不同的反應槽進行，酵素水解後會先進行固液分離，將葡萄糖水解液與木質素分開，而葡萄糖及木糖各自單獨發酵後，再併同進行酒精脫水純化。
- 同步水解及發酵程序(Simultaneous Saccharification and Fermentation, SSF)，在水解纖維素的過程中，同時進行葡萄糖發酵轉化酒精，將酵素水解及葡萄糖發酵併同於單一反應槽中進行，但木糖仍單獨進行發酵或其他利用。
- 同步水解及共發酵程序(Simultaneous Saccharification and Co-Fermentation, SSCF)，在水解纖維素的過程中，同步進行葡萄糖及木糖發酵，亦即將酵素水解、葡萄糖發酵及木糖發酵併同於單一反應槽中進行，其中，一般多採用單一發酵菌同步將葡萄糖及木糖這兩種糖分轉化為酒精。

基本上，由於單元設備精簡已為生化程序整合設計的發展趨勢，目前纖維酒精廠皆以 SSF 及 SSCF 這兩種製程為發展依據。因此本計畫於生化製程研發目標即是利用噸級廠 7000L 及 9000L 發酵槽，配合前處理設備的研發進程，並採用無環境安全疑慮的酵母菌為發酵菌株，據此建立 SSF 及 SSCF 製程量產運轉的操作方法。

(2)技術研發歷程與策略

鑒於自然界中雖有可同步轉化葡萄糖及木糖為酒精的菌株，但因其效能較不符合工業應用需求，因此有必要先行開發可同步轉化葡萄糖及木糖為酒精的基因重組共發酵菌，方可據此發展 SSCF 製程。因此本計畫在生化製程研發的執行策略，係先發展 SSF 量產製程，待基因重組共發酵菌之開發有具體成果時，再利用 SSF 量產製程之研發經驗，轉進 SSCF 量產製程之驗證，其各年度主要執行成果分述如下：

- 99 年研發成果: 由於建置完成之噸級廠設施係以 SHF 程序為設計基礎，因此本計畫先以 SHF 製程的操作方法，驗證噸級廠各單元設備的效能，由葡萄糖發酵之酒精生成率均值可達 93%，此顯示發酵菌株於各發酵槽的效能均可驗證實驗室規模的結果，不過由於在 SHF 製程的操作下，纖維水解酵素易受到葡萄糖回饋抑制效應降低糖化效率，且固液分離葡萄糖水解液與步驟造成原料損耗，故在此操作模式下，每噸纖維原料可生產的生質酒精約 150 公升。
- 100 年研發成果: 本年度起開始進行同步水解及發酵程序(SSF)之量產製程驗證，其探討重點為 SSF 製程之預水解需求。由 bench 規模饋料式操作 100L 容積之 SSF 程序測試，發現在投入固體渣料乾重與水溶液重量比達 15:100 時(即固液比 15%)，可得到酒精濃度和產率分別為 33g/L 和 71%，其相較於 SHF 程序，具有產程縮短 30%、產率提高 1.5 倍和發酵槽數量減少 1/2 等優勢，因此批次 SSF 程序經噸級廠放大操作可得到驗證。不過由於酒精產出濃度需在 4% 以上，方能有效降低蒸餾之能耗，因此從商轉量產的需求，發展提高 SSF 程序的固液比，將固液比提高至 20-25%，藉以提高酒精產出濃度，應有其必要性。基本上，高固液比操作的關鍵點在於可否均勻地攪拌固體渣料，亦即使酵素和菌株分別有效地與固體渣料接觸轉化酒精，因此，整合預水解的操作於 SSF 程序，形成所謂的 Hybrid SSF (HSSF)製程，亦為可行的策略，其操作概念係整合 SHF 與 SSF 的優點，亦即先將固體渣料預先於 50°C 進行水解，再經降溫至 30-35°C 的操作溫度下，添加酵母菌後改以 SSF 製程發酵，其優點可增加固體渣料的水解速率，當固體的纖維素被水解為可溶於液體中的葡萄糖時，即可增加固體渣料在反應槽中的流動性。測試結果顯示以噸級臥式發酵槽進行固液比 20% 的 HSSF 及 SSF 程序測試時，兩者的生成酒精濃度和轉化率差異並不顯著。值得注意的是若前處理進料及預處理時間增長為 20-24 小時，測試結果易造成發酵誘導期(lag phase)變長，致使發酵反應時間延遲。
- 101 年研發成果: 本年度重點在於建立立式水解發酵槽進行 SSF 製程操作的評估設計。由於臥式發酵槽應用限制在於可工程放大的最大允許容量約 20 公噸，為造成臥式發酵槽應用於商業化生產廠的主要限制，雖然臥式水解發酵槽對於固體渣料的攪拌效果較佳，但對於水解後呈現液態的發酵液，攪拌效率則較差，且其馬達動力需求較高。因此，基於直立式發酵槽經工程放大後的可設置容量，最大可達 500 噸以上，因此後續測試研究改以直立式發酵槽為設計主軸。不過，直立式發酵槽操作困難點在於不適合固體渣料的攪拌操作，因此一般直立式發酵多應用於液態培養。

因此，開發高固液比 SSF 製程所需直立式發酵槽設計為年度評估重點。研究結果顯示，一般直立式發酵槽之攪拌葉片和發酵槽的寬度比值為 0.35，此攪拌設計可允許的固液比僅為 5%，若配合分批饋料操作，固液比亦僅能提高至 10~15%，因此為增加固體攪拌擾動的效能，測試後發現將攪拌葉片和發酵槽的寬度比值增加至 0.45-0.5，可允許的批次操作固液比可增加至 10~15%，若配合分批饋料操作則可提高至 20%。102 年度已據此進行噸級廠發酵槽葉片更換，將發酵槽攪拌葉片和發酵槽的寬度比值為 0.35 增加至 0.45，同時利用 CFD 軟體模擬結果顯示，增加攪拌葉片寬度確實有助於固體渣料於反應桶槽內的均勻混合。

- 102 年研發成果：本年度工作重點在於運用先前 SSF 量產製程的發展經驗，評估 SSCF 與 Hybrid SSCF (HSSCF) 程序的操作方法。實驗室規模測試結果顯示，當 SSCF 和 HSSCF 程序在固液比 20% 操作下，其酒精濃度皆可達 4.6%，酒精生成率、最大酒精生成速率和木糖利用比例分別 68%、0.71g/L/h 和 0.9g/g，兩者並無顯著差異。除稻稈轉化酒精製程開發，蔗渣為另一潛力生質原料，蔗渣的木糖含量高具有相當潛力發展 SSCF 程序，以固液比 25% 之 SSCF 製程驗證，可得酒精濃度達 5.4%，酒精生成率、最大酒精生成速率和木糖利用比例分別 69%、0.85g/L/h 和 0.67g/g。進一步利用噸級廠 9000L 發酵槽進行 HSSCF 製程之驗證測試，發現在固液比 26% 的條件下，先行進行 50°C、72 小時的預水解操作，隨後再添加共發酵菌株 Y600，可得 5.6% 酒精，且酒精生成率、最大酒精生成速率和木糖利用比例分別 75%、0.88 g/L/h 和 0.67 g/g。由上述可知，由實驗室規模工程放大至噸級發酵槽，其酒精濃度、酒精產率和生產效率皆可維持，但木糖利用比例仍需再加強，此結果除了可能因 9000L 發酵槽之曝氣設備的氣傳效率較實驗室規模低之外，後續進一步提升共發酵菌的木糖利用速率亦為值得評估的方向。

(3) 技術特色與成果

根據上述內容，本計畫於生化製程的研發工作，主要有以下成果：

- 可根據原料組成評估生化製程適用性：SSF 程序和 SSCF 程序皆可應用於纖維轉化酒精，可依原料組成特性決定程序應用選擇，如稻稈或蔗渣的木糖含量約為 20~25% 和纖維素含量約 30~40%，依前處理程序可轉出木糖濃度 40~50g/L，其可適用於 SSCF 程序；由於木片的木糖含量約為 10~15%，纖維素含量約 50~60%，其可轉出木糖濃度有限，故建議可選擇 SSF 製程，因此，依原料特性區分建議：

=> 當木質纖維原料纖維素:半纖維素重量比~2:1，可選擇操作程序為 SSCF 製程

=> 當木質纖維原料纖維素:半纖維素重量比>3:1，可選擇操作程序為 SSF 製程，

其中半纖維素分解產生之木糖可轉換為氣、電、肥料或化學品等應用

- 建立 SSF 及 HSSF 量產製程：每噸稻稈的纖維素組成約可轉換 170L 酒精，酒精生成率可維持 65% 以上(亦即酵素水解效率>70%；葡萄糖發酵之酒精生成率>90%)。其中酵素劑量為選擇 Hybrid SSF、SSCF 或是傳統 SSF、SSCF 的主要考量，將可視當時的酵素成本而定，基本上結合預水解後的 Hybrid 程序操作，將可較傳統製程減少 1/3 的酵素用量，但相對上需要較高的發酵菌接菌量，反應時間需要一可能較長(表 8)。

表 8、纖維酒精量產製程之生化程序操作參數建議

酵素劑量	SSF 製程操作條件	SSCF 製程操作條件
10 FPU/g cellulose	採用 Hybrid SSF 1.預水解: 酵素劑量: 10 FPU/ g cellulose 溫度: 50°C 水解時間: 48h 2.發酵: 溫度: 30-35°C 發酵時間:24-36h 接菌量: >0.75 g/L 固液比:25%	採用 Hybrid SSCF 1.預水解: 酵素劑量: 10 FPU/ g cellulose 溫度: 50°C 水解時間: 48h 2.發酵: 溫度: 30-35°C 發酵時間:48h 接菌量: 1.0 g/L 固液比:20%
15 FPU/g cellulose	採用傳統 SSF 溫度: 30-35°C 發酵時間:48-72h 接菌量: 0.4 g/L 固液比:25%	採用傳統 SSCF 溫度: 30-35°C 發酵時間:96-120h 接菌量: 1.0 g/L 固液比:20%

本計畫 SSCF 及 HSSCF 量產製程之運轉結果與國際相關研究比較：如表 9 所示，目前在已公布的資訊中，SSCF 程序和共發酵應用於國際上仍多處於實驗室級研究，工程放大至噸級規模以上發酵槽仍為少數，目前核研所開發 SSCF 程序已可放大至 9000L 發酵槽。此外，本所開發共發酵菌株和 SSCF 程序之操作固液比、最高酒精生成速率和木糖利用比例均在國際領先群中。

表 9、國際有關 SSCF 製程之操作結果比較

	INER	1	2	3	4	5	6	7	8	Ingram	Dupont
規模	9000L	10000L	2L	Flask	1L	flask	flask	flask	2.5L	140L	200L
酒精產率(%)	75	68	55	71	57	89	59	82	69	-	-
固液比(%)	26	10.5	10	23.7	17.6	18	18	20	11	-	-
酒精濃度(%)	5.6	4.7	3.4	5.1	4	4	4	5.7	3.8	2.7	8
生產效率(g/L/h)	0.88	0.63	0.63	0.76	0.63	0.77	0.68	0.63	0.63	-	-
木糖代謝效率(g/g)	0.67	0.55	0.33	0.71	0.508	0.83	0.88	0.68	0.49	-	-

- 2013 Simultaneous saccharification and co-fermentation for bioethanol production using corncobs at lab, PDU and demo scales
- 2013 Simultaneous saccharification and co-fermentation of whole wheat in integrated ethanol production
- 2013 phenotypic selection of a wild saaccharomycesserevisiate strain for simultaneous saccharification and cofermentation of AFEX pretreated corn stover
- 2012 Continuous SSCF of AFEX™ pretreated corn stover for enhanced ethanol productivity using commercial enzymes and Saccharomyces cerevisiae 424A (LNH-ST)
- 2010 Comparing the fermentation performance of Escherichia coli KO11, Saccharomyces cerevisiae424A(LNH-ST) and Zymomonasmobilis AX101 for cellulosic ethanol production
- 2012 Simultaneous saccharification and co-fermentation (SSCF) of AFEX pretreated corn stover for ethanol production using commercial enzymes and Saccharomyces cerevisiae424A(LNH-ST)
- 2011 Corn fiber, cobs and stover Enzyme-aided saccharification and co-fermentation after dilute acid pretreatment
- 2010 Improving simultaneous saccharification and co-fermentation of pretreated wheat straw using both enzyme and substrate feeding

5. 發酵菌株開發

本計畫於發酵菌株之研發工作係依據 SSF 及 SSCF 製程所需而進行實驗規劃，其中 SSF 製程所需菌株為葡萄糖發酵菌株，SSCF 製程則需要以基因重組技術建構可同步代謝木糖及葡萄糖為酒精的共發酵菌，其個別的技术研發成果茲說明如下：

(1)SSF 製程之發酵菌株

基本上，大部分釀酒酵母 *Saccharomyces cerevisiae* 即具有相當高的葡萄糖轉化酒精效率，唯因纖維酒精製程中的葡萄糖水解液會較一般釀酒糖液中，含有較多的發酵抑制物，因此發酵菌株的穩健性是 SSF 製程之發酵菌株的研發重點。如圖 8 可知，本計畫

於 100 年度開始進行 SSF 量產製程測試時，發酵菌株的酒精生成率並不穩定，但隨著發酵技術的精進及發酵菌株逐漸適應纖維料源的葡萄糖水解液，至 101 年起已能維持穩定的酒精生成率，此顯示核研所 SSF 程序之葡萄糖發酵菌株已具商轉廠應用潛力。

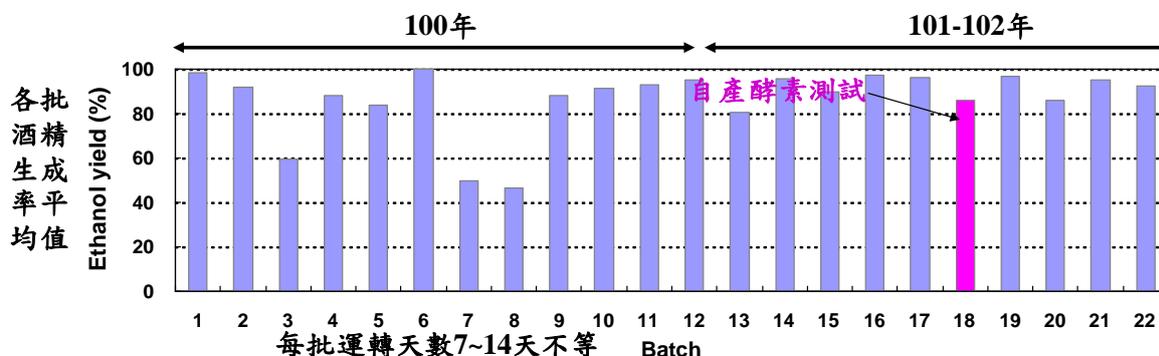


圖 8、近三年噸級廠 SSF 製程菌株酒精生成率均值

(2)SSCF 製程之共發酵菌

A.技術發展背景與目標

本計畫在纖維酒精共發酵菌開發，其目標係建構一株能有效地將葡萄糖及木糖轉化為酒精之發酵菌株；且該菌株須具備環境抑制物耐受能力及放大發酵規模測試，最終目的能直接應用於纖維酒精產業。

B.研發歷程與策略

本計畫所開發之共發酵菌係為學研共同合作的成功案例，其研發歷程如圖 9 所示，首先於 98 年起由學術單位協助先行建構具基礎木糖代謝能力的基因重組菌株及其分生操作工具，隨後本計畫研究團隊再接再續後續研發工作，其主要實驗過程分述如下：



圖 9、共發酵菌開發藍圖

■ 共發酵菌株建構及測試研究

本計畫在 99-101 年，承繼先前藉由學研合作開發具基礎代謝木糖能力之基因改良菌株 YY2KL 進行改良。本計畫共發酵菌之建構流程如圖 10，為提升 YY2KL 之木糖代謝速率及酒精產率，建築了染色體鑲嵌分子生物工具，並利用此工具進行基改菌株之木糖代謝基因最佳化篩選，最終篩選出具高木糖轉化酒精能力之共發酵菌株命名為 Y15。經由葡萄糖及木糖共發酵能力測試結果顯示，該菌株之酒精轉化率可達 94%，木糖消耗速率可達 0.82 g/g 細胞乾重/h，表現均在國際領先水準，相當具有應用潛力。102 年更進一步進行菌株之馴化，以提升基改菌株重組基因之穩定性及菌株在高抑制物濃度水解液之耐受能力。將先前建構之基因重組共發酵菌株 Y15 以人工限制碳源培養基連續批次馴化 40 代，並將 40 代馴化菌株命名為 Y600，與原始菌株 Y15 進行木糖發酵及基因穩定性測試比較。測試結果顯示，Y600 之木糖利用率提升 5%，木糖轉化酒精產率提升 8%；且經由非木糖碳源培養基繼代培養 10 代後，進行木糖發酵測試顯示，穩定性相較 Y15 顯著提升。在提高菌株重組基因穩定性後，以酸催化之未去毒性稻稈纖維水解液進一步提升菌株對抑制物之耐受能力，結果顯示經由 40 代連續批次馴化後，馴化菌株之酒精產率提升 1.3 倍，同時木糖代謝速率提升 3.6 倍，此結果說明菌株經由馴化後，在高抑制物濃度之水解液發酵能力顯著提升。目前本計畫開發之共發酵菌與國際代表性共發酵菌之木糖代謝能力比較分別如圖 11、圖 12 及表 10 所示。

■ 持續改良共發酵菌(102-103)

雖然菌株之抑制物耐受性顯著提升，但是木糖消耗速率仍略顯緩慢，約 0.73 g/l/h，因此未來菌株之馴化工作將持續至 102 年第四季，期能將整體發酵效率及穩定性持續提升，使木糖消耗速率提升至 1.0 g/l/h 以上。同步水解及共發酵程序(SSCF)為未來共發酵菌株應用之發展方向，為配合在高溫狀態酵素水解效率能大幅提升，並能同時減少雜菌之污染；因此 103 年規劃以未去毒性纖維水解液在高溫環境(38-40°C)進行菌株馴化，以進一步提升菌株對水解液抑制物及高溫環境之耐受能力。

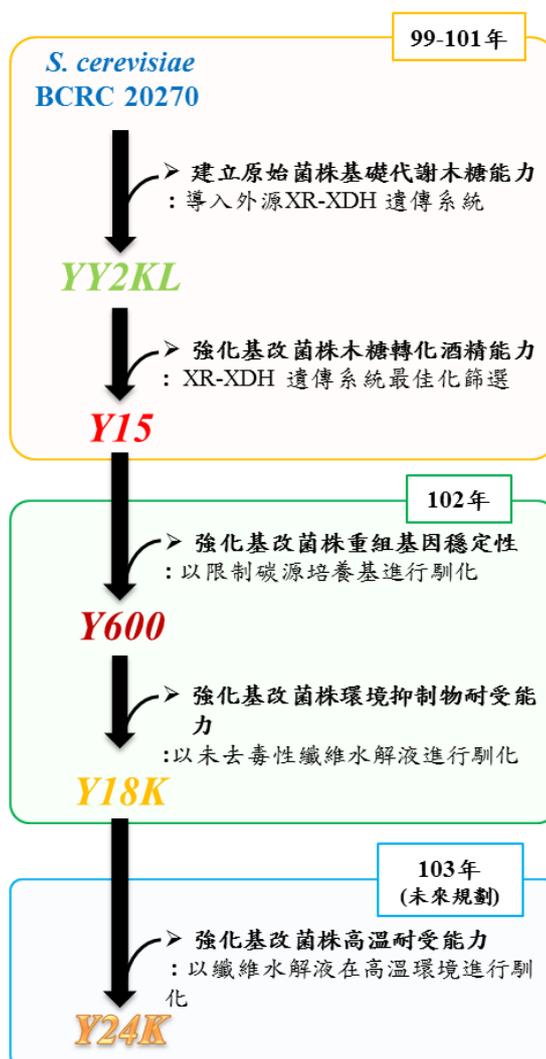


圖 10、共發酵菌建構流程

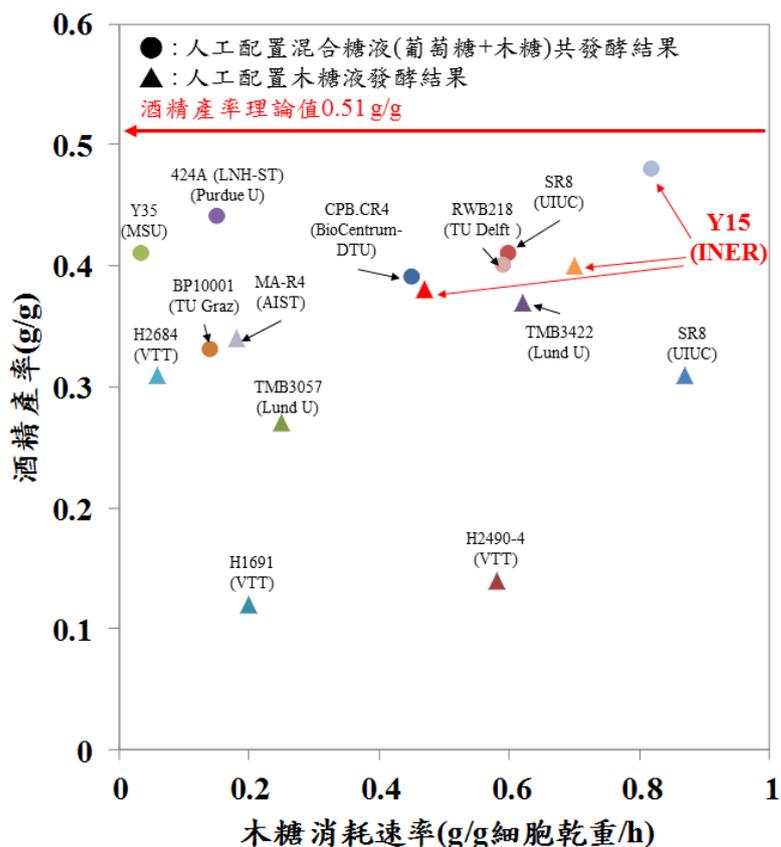


圖 11、本計畫開發之共發酵菌與國際代表性共發酵菌之木糖代謝能力比較

表 10、本計畫開發之共發酵菌與國際代表性共發酵菌之木糖代謝能力比較

菌株	木糖消耗速率 (g/g(DCW)/h)	酒精產率 (g/g)	發酵糖分組成	溫度 (°C)	參考資料
H1691	0.20	0.12	50 g/l xyl	30	MetabEng (2001)3:236
H2684	0.06	0.31	50 g/l xyl	30	Appl Environ Microbiol (2003)69:5892
RWB218	0.59	0.40	20 g/l glu + 20 g/l xyl	30	FEMS Yeast Res (2005)5:925
CPB.CR4 (Δ gdh1GDH2)	0.45	0.39	20 g/l glu + 50 g/l xyl	30	Appl Environ Microbiol(2003) 69:4732
H2490-4	0.58	0.14	45 g/l xyl	30	ApplMicrobiolBiotechnol (2005)67:827
TMB3057	0.25	0.27	20 g/l glu + 50 g/l xyl	30	ApplMicrobiolBiotechnol (2007) 73:1039
TMB 3422	0.62	0.37	60 g/l xyl	30	Appl Environ

					Microbiol. (2010) 76:7796-7802.
BP10001	0.14	0.33	50 g/l xyl	30	Microbial Cell Factories (2010) 9:16
SR8	0.87	0.31	40 g/l xyl	30	PLoS One. (2013) 8(2)
	0.60	0.41	70 g/l glu + 40 g/l xyl	30	
Y35	0.04	0.41	58.2 g/l glu + 29.8 g/l xyl	30	<i>Biotechnol Biofuels</i> 2013 6:108.
424A	0.15	0.44	58.2 g/l glu + 29.8 g/l xyl	30	<i>Biotechnol Biofuels</i> 2013 6:108.
MA-R4	0.18	0.34	45 g/l xyl	30	PLoS One. 2013 Jul 9;8(7):e69005.
Y15	0.70	0.40	45 g/l xyl	38	本計畫研究開發
	0.82	0.48	85 g/l glu + 47 g/l xyl	38	
	0.47	0.38	45 g/l xyl	30	

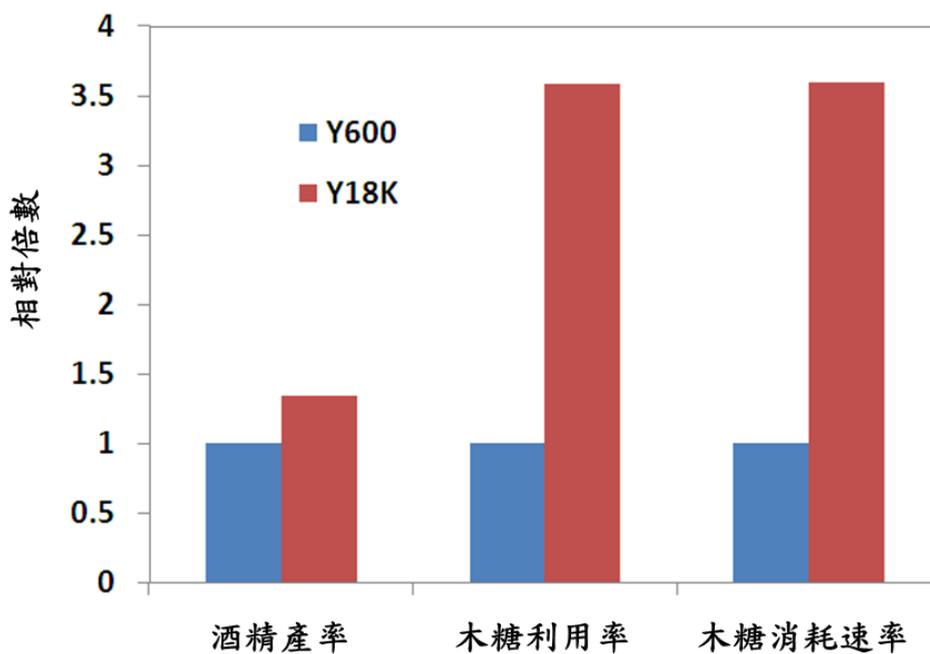


圖 12、共發酵菌 Y600 及 Y18K 之木糖轉化酒精能力比較

C.技術特色與成果

- 共發酵菌株於不同纖維原料前處理水解液之發酵測試

本計畫將開發之共發酵菌於經酸催化前處理之不同纖維原料(稻稈、蔗渣、白楊木、玉米稈、玉米芯、狼尾草等)水解液進行發酵測試，結果顯示木糖利用速率可維持在 1.0g/L/h 以上，木糖轉化酒精產率在 0.33-0.4g/g。此結果說明本計畫開發之共發酵菌株能適用於不同原料來源之水解液，並能維持高酒精發酵效率。

- 本計畫開發之共發酵菌株與國際公司進行合作測試

目前已有國外公司提供前處理水解液給本研究團隊進行合作測試，期能藉此了解共發酵菌 Y15 之發酵能力，測試結果顯示菌株發酵能力達國際領先水準，此顯示本計畫於共發酵菌株之開發研究已受國際認可(圖 13)。

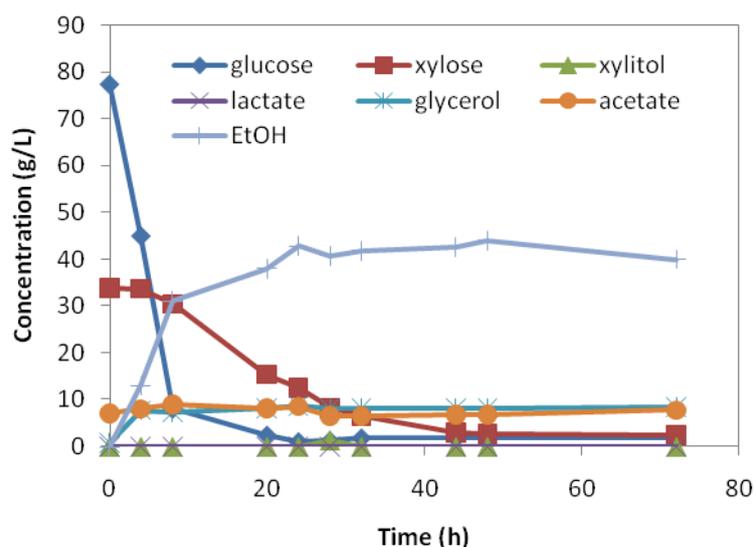


圖 13、玉米稈水解液共發酵測試(國際合作測試)

- 共發酵菌應用於 SSCF 之程序開發及放大研究測試

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 細胞乾重/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。本計畫亦測試三種不同 SSCF 之去毒化操作方式，包括水解液與渣料同步去毒化、分開去毒化以及分開去毒化兩階段發酵策略。結果顯示以 5L 發酵槽測試最適發酵條件是水解液與渣料分開去毒化兩階段發酵方式。此策略以共發酵菌 Y15 先進行半纖維素水解液共發酵，並發現在此發酵階段添加部分酵素能增加木糖發酵效率，並在同一槽體進行同步水解及發酵程序，在固液比 15% 及接種菌量 1g 細胞乾重/L 條件下，96 小時發酵酒精濃度可達約 4%，總糖酒精轉化效率約 87%，相較一般 SSCF 發酵策略可提升酒精產率約 5~10%。

本計畫以 5L、100L 及噸級規模發酵設備進行 scale-up 測試共發酵菌於真實水解液的發酵能力，其結果顯示總糖(木糖+葡萄糖)轉化酒精效率可穩定地維持在 80-90%，總糖利用速率亦能維持在 2.6-2.9 g/l/h，此顯示本計畫開發之共發酵菌在噸級發酵設備亦能維持高發酵能力，同時亦顯示本計畫已成功開發發酵規模放大平台。此結果亦可作為後續共發酵菌應用於 SSCF 程序 scale-up 研究之基礎(表 11)。

表 11、共發酵菌在不同發酵規模之效能

共發酵規模 (稻稈水解液)	總糖酒精轉化率 (%)	總糖利用速率 (g/L/h)
瓶杯	90	2.98
公斤級	92	2.59
噸級	83	2.75

■ 共發酵菌專利佈局

近 13 年專利分析結果顯示(圖 14)，纖維酒精共發酵菌株之專利有持續攀升趨勢，此顯示纖維酒精產業之技術開發愈受重視。菌株開發之專利布局主要在以基因改良或馴化方式提升菌株能力(包括提升木糖代謝速率、酒精產率及增加抑制物耐受能力等)、或新篩選具有特殊能力之菌株(包括耐熱型菌株、耐抑制物型菌株等)及發酵程序開發等。本計畫擬以基因改良最佳化篩選新方法提升共發酵菌株之木糖轉化酒精能力，並以馴化方式提升菌株對纖維水解液高抑制物濃度及高溫狀態下之耐受能力及穩定性。以多功能及穩健性菌株特性與目前專利菌株區隔。本計畫於 100 年度亦已就上述研究成果，分別提出中華民國與美國專利申請案「一種木糖代謝菌之製備方法及該木糖代謝菌」。目前

美國專利已於 102 年 10 月通知審核通過，目前正辦理領證作業，此進一步顯示本計畫規劃之共發酵菌株的研發策略確實具有新穎性及進步性，能夠突破國際上共發酵菌相關的專利屏障。

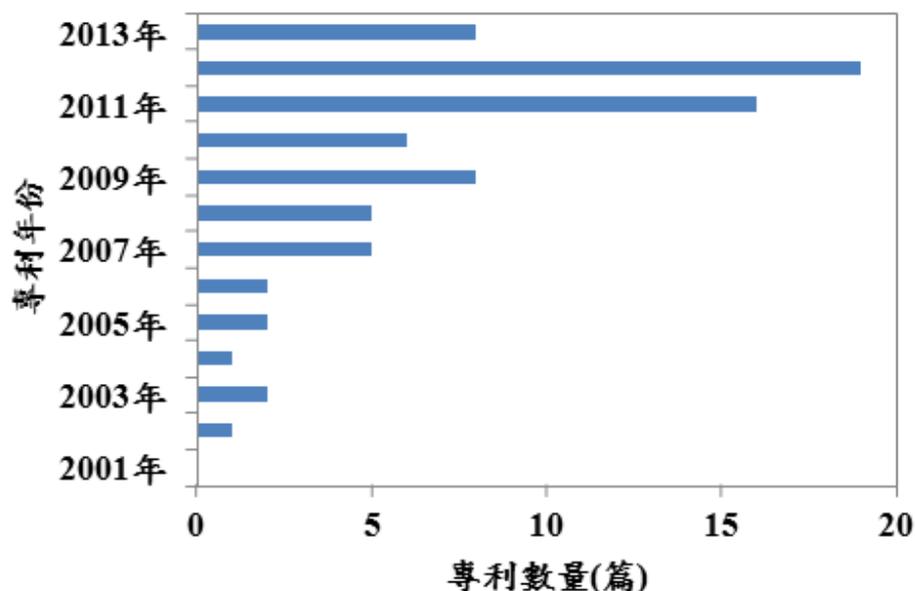


圖 14、共發酵菌專利佈局圖

6. 廠內酵素生產研發

(1) 研發背景與策略

纖維水解酵素可視為纖維酒精技術產業化的關鍵技術。為避免市場壟斷，開發酵素自主生產能力仍有其需求，建議朝 on-site production 之酵素生產技術發展，以力求與國際大型酵素公司建立大型中央酵素生產工廠的發展策略有所區隔(圖 15)，同時可避免酵素液運輸及調理之需求，以降低酵素生產成本，亦即於纖維酒精廠內或鄰近區域設置酵素生產設施，所生產之酵素液直接就近提供給酵素水解程序使用。不過為加速纖維酒精技術朝產業化發展，本計畫近期仍採國外引進及國內研發並行之策略：

- 國外引進：持續與知名酵素公司 Novozymes、DuPont-Genencor 簽署合作協議，營造更為有利談判空間
- 國內研發：導引產業投入酵素生產事業，搭配學術界酵素菌株研發成果及核研所測試平台，健全酵素研究價值鏈

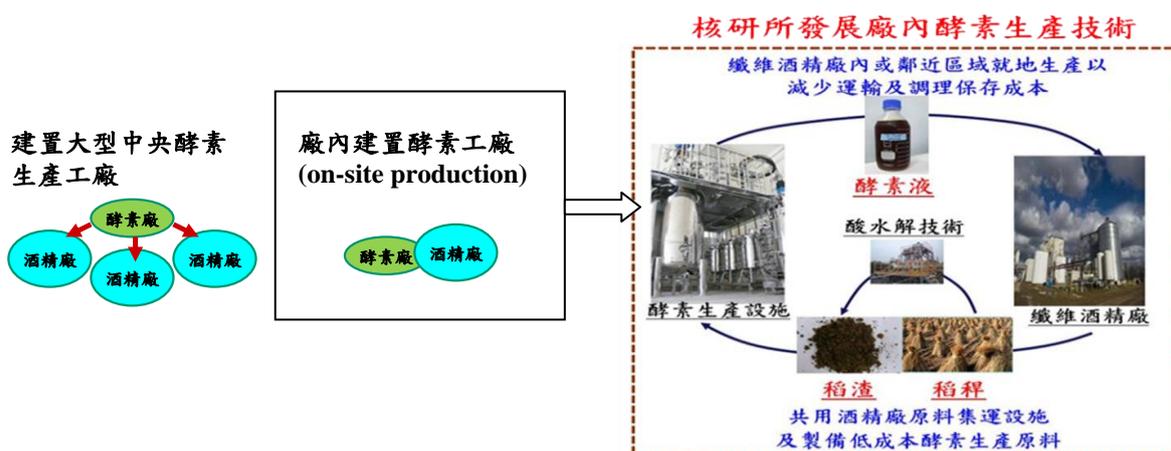


圖 15 不同酵素供給策略及核研所廠內酵素生產技術示意圖

(2) 研發歷程與成果

本計畫於 99-102 年酵素生產技術研究之研發成果如下所示：

- 99 年工作成果：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 年工作成果：本年度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。另外，由於中研院已成功開發具高酵素活性的 β -glucosidase，將可與上述生產之纖維水解酵素相輔相成，將本研究自行生產之纖維水解酵素與中研院開發之 β -glucosidase 混合為 cocktail 水解酵素。目前該 cocktail 酵素已應用於 100L 規模 SSF 程序測試，測試結果顯示此 cocktail 酵素的轉化效果與國外酵素相當，且纖維素轉化酒精的速率可為國外酵素的兩倍。不過該 β -glucosidase 的生產成本則仍有突破的空間。
- 101 年工作成果：計畫目標係規劃噸級酵素生產技術之酵素粗萃液(濃縮前)活性由 3-4FPU/mL 提升至 7-10 FPU/mL，再結合濃縮操作，期能製備活性達 40-50FPU/mL 之酵素液，以與國際商業量產之酵素達相近活性水準，其研究方法除了於稻稈固渣誘導碳源外，另行添加可提高酵素活性之輔助誘導碳源，並據此建立最適添加方法外，亦將建立即時調控之酵素生產發酵策略，可根據發酵狀況之變化，即時調整相

關之發酵參數。另外，本計畫亦將規劃測試酵素液連續生產之發酵操作經驗與能力，以建立例行性酵素生產之運轉能力。

- 102 年工作成果: 除建立具有技轉潛力之公噸級廠內酵素生產技術，使酵素粗萃液活性提升至 10-15 FPU/mL，進而降低纖維酒精量產之酵素成本，同時亦將盤點酵素試產之操作參數及使用物料，建立廠內酵素生產技術之成本推估方法。目前評估結果顯示，核研所自行生產酵素成本約 8.4NT\$/L，成本具誘因，其中主要成本支出仍集中於培養基的成本(圖 16)，但酵素活性組成中的 β -glucosidase 活性仍有待提升，且酵素生產之工程放大技術亦有待精進。

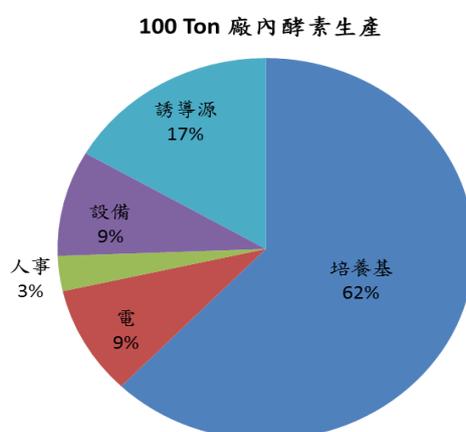


圖 16、核研所廠內酵素生產技術之成本結構推估

(3)技術特色及潛力

目前核研所自行生產之酵素活性可達 20FPU/mL，儘管此活性值已為國內最高值，與相關學術期刊所公佈的資料比較，亦達國際領先水準，且以稻稈為誘導碳源生產酵素亦具有新穎性，其提出之專利申請「稻稈纖維水解質酵素之生產方法」，亦已獲得中華民國發明專利 (第 I408231 號)。不過，由於上述酵素組成中 β -glucosidase 活性不足及酵素生產工程放大技術有待建立，距離實質產業化應用仍有突破的空間。由於國際酵素成本降低至 0.5~1.0\$/gal(4.3~8.6NT\$/L)，已具商業應用潛力，因此為加速纖維酒精技術產業化發展，本計畫近期將會優先以國外酵素與本計畫開發之纖維酒精核心技術搭配，進行技術授權。基於酵素生產菌株之研發並非核研所之專業領域，因此後續將持續扮演導引產業投入酵素生產事業之腳色，並以結合學術界酵素菌株研發成果及

核研所測試平台之交流，據以健全酵素研究價值鏈，為後續國內發展酵素事業營造發展之基礎。

7. 能資源整合探討

(1) 技術研發背景

本項工作重點係藉由噸級測試廠實際運轉的數據與經驗，尋求纖維酒精廠能資源整合的切入點並進行改善，以建立具有能源效益的纖維酒精量產製程，其中，能源產出量必須大於能源投入量為衡量該能源技術是否具備能源效益的基礎評估指標，據此才有機會具備經濟效益與減碳效益的可能性，方可展現纖維酒精技術發展的價值。本計畫於執行初期已參酌國外相關文獻，皆顯示纖維酒精技術應能具有能源產出/投入比大於 1.0 的能源效益，唯仍需視個別技術的效能及整廠能資源整合的結果而定，因此配合噸級廠運轉測試進行整廠能資源整合研究，有其必要性及迫切性。

(2) 研發策略及成果

本項研究工作於計畫初期比較偏重於資訊蒐集及評估能力建置，待噸級廠運轉測試達較穩定之操作效能後，方能逐步建立評估方法及完成相關效益分析，其各年度主要執行策略及成果分述如下：

99 年工作重點：噸級廠運轉結果分析與效益評估能力建置

- 對不同濃度發酵液進行蒸餾濃縮能源效益評估：分析蒸餾塔各種進料濃度下的蒸氣用量，預測的結果與實驗相符。依模擬評估，當進料酒精濃度低於 1% 時單位產物（酒精）所使用的能量將大幅提高。
- 稻稈纖維酒精製程能源投入推估：初步以蒐集國外相關文獻資料並分析各製程所需能源投入之項目，藉以作為後續自行建立國內稻稈酒精能源、環境及經濟效益之評估方法的參考依據。目前已完成纖維酒精產製過程主要單元之能源投入及產出。在能源投入部份，製程端能源投入約 18.1-21.3 MJ/L，其中消耗最多的為前處理及蒸餾所使用之蒸汽，佔總能源投入 60% 以上，其次為電力。由於酒精低位發熱量為 21.2 MJ/L，與製程端能源投入相當，若將木質素之能量考慮後，淨能量產出約 10.9 MJ/L。

100 年工作重點：運轉水電資料分析與製程模式建立

- 噸級廠內能耗與用水盤查：建置水錶以瞭解用水之流向。本案共裝設 12 只水錶，並於 100 年 3 月份完工。3 月起利用所裝設之水錶進行運轉期間之用水盤查，並將結果分為六大類。由統計分析發現，吸收塔為主要用水單元，約達總用水量 42%。
- 效益評估技術建立：建立前處理與蒸餾單元質能平衡模擬軟體。依此估計，預處理與蒸餾系統利用熱整合技術實施進料預熱措施，可分別節省能源 10% 與 8% 左右。

101 年工作重點: 能源效益、減碳效益評估方法建立

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。對未來商轉時能源、減碳效益評估結果如表 12-表 13。

102 年工作重點: 商轉廠運轉及效益評估技術建立

利用噸級廠運轉參數建立出整廠質量與能量平衡模式。配合未來商轉，於模式中加入了汽電共生設計，充分利用製程固渣與廢水的熱值成為廠用動力來源。並據此完成初步驗證廠能量供應系統的規劃(圖 17)。

表 12、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 13、SSF 程序 CO₂ 排放估算

	每公升投入能	單位 CO ₂ 排放量		單位酒精 CO ₂	單位熱量 CO ₂
	源使用量(MJ)	(單位)		排放(g CO ₂ /L)	排放(g CO ₂ /MJ)
預處理					1.474
電力	0.190	0.623	公斤 CO ₂ /度	32.881	1.474
前處理					9.829

電力	1.260	0.623	公斤 CO ₂ /度	218.050	9.778
蒸汽	11.870	0.246	公斤 CO ₂ /公斤	1.137	0.051
濃硫酸	0.130	0.030	公斤 CO ₂ /公噸	0.004	0.000
氫氧化鈉	0.000	0.533	公斤 CO ₂ /公噸	0.000	0.000
糖化與發酵					12.727
電力	1.640	0.623	公斤 CO ₂ /度	283.811	12.727
蒸餾與脫水					0.033
電力	0.000	0.623	公斤 CO ₂ /度	0.000	0.000
蒸汽	7.710	0.246	公斤 CO ₂ /公斤	0.738	0.033
水(程序用水)	0.000	0.200	公斤 CO ₂ /公噸	0.005	0.000
公共設施(電力)	13.140	0.623	公斤 CO ₂ /度	2,273.950	101.971
合計(不計副產品)				2,810.575	126.035
副產品(汽電共生)					
電力	-11.92	0.623	公斤 CO ₂ /度	-2,062.822	-92.503
蒸汽	-19.58	0.246	公斤 CO ₂ /公斤	-1.875	-0.084
總計				745.878	33.447

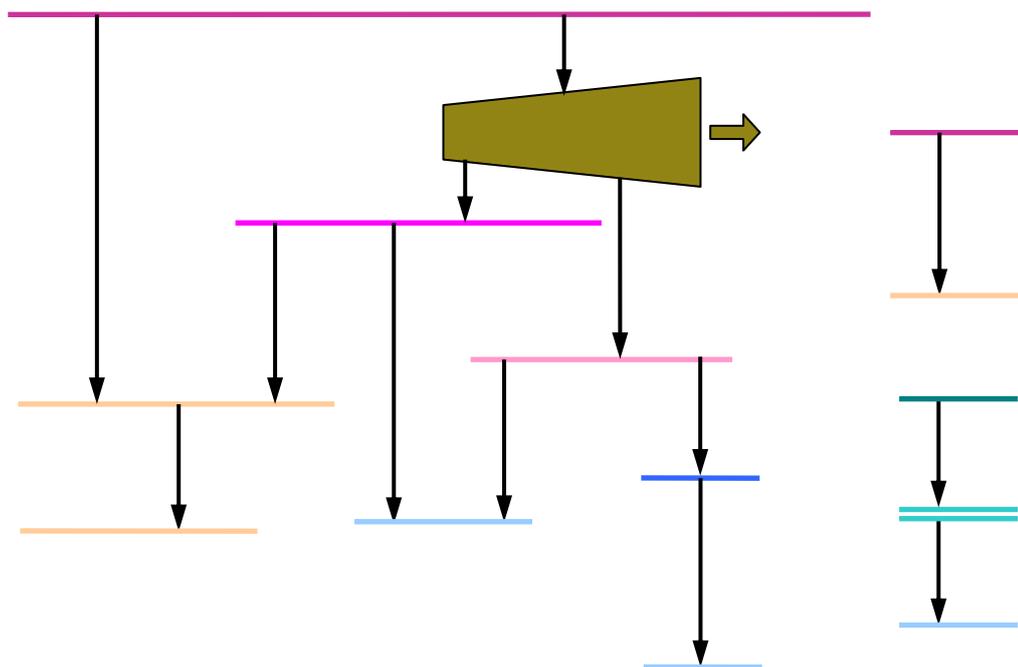


圖 17、30 噸驗證廠熱整合 (含汽電共生) 規劃示意圖

(3)技術特色與成果:

本項研發工作為國內唯一配合測試廠實際運轉結果，再輔以模擬與分析技術，所建立之能資源整合基礎資料，因此其研發結果格外具有代表性與指標性，其主要成果包括:

- 纖維酒精製程之質能平衡計算平台建立：質量與能量平衡雖是簡單的計算，然

而卻非常繁瑣，且為工廠規劃設計的重要依據。四年來本計畫持續對此項目進行改進，使之完善。其中 100 年起相關研究著重於噸級廠運轉資料的蒐集，包括各個程序單元在運轉時的條件、反應參數與使用能耗等，並為這些資料建立資料庫。而後，利用運轉資料，系統化地找到質能平衡參數，進而建模。因為開發模式的參數來自噸級廠運轉資料，所以模式易於比對，同時也更接近實際運轉結果。配合計畫的研究開發，SSF 與 SSCF 兩種酒精製程的質能平衡已一併完成。101~102 年則開始建構完整酒精廠的質能平衡計算模式：採用文獻上的數據，將酒精製程產生的廢水進行厭氣處理、同時結合渣料(木質素)進行汽電共生、回收能量，並合併前兩年的製程模式。現今已將整個模式移植到商業軟體上建置，並在不影響準確性的前提下移除微量物質，增加運算效能。此平台現正用於商轉驗證廠基本設計的質能平衡計算(圖 18)。爾後，也可以依照新製程的研究開發或是產業需要而修改，即時地做為比較評估或設計使用。

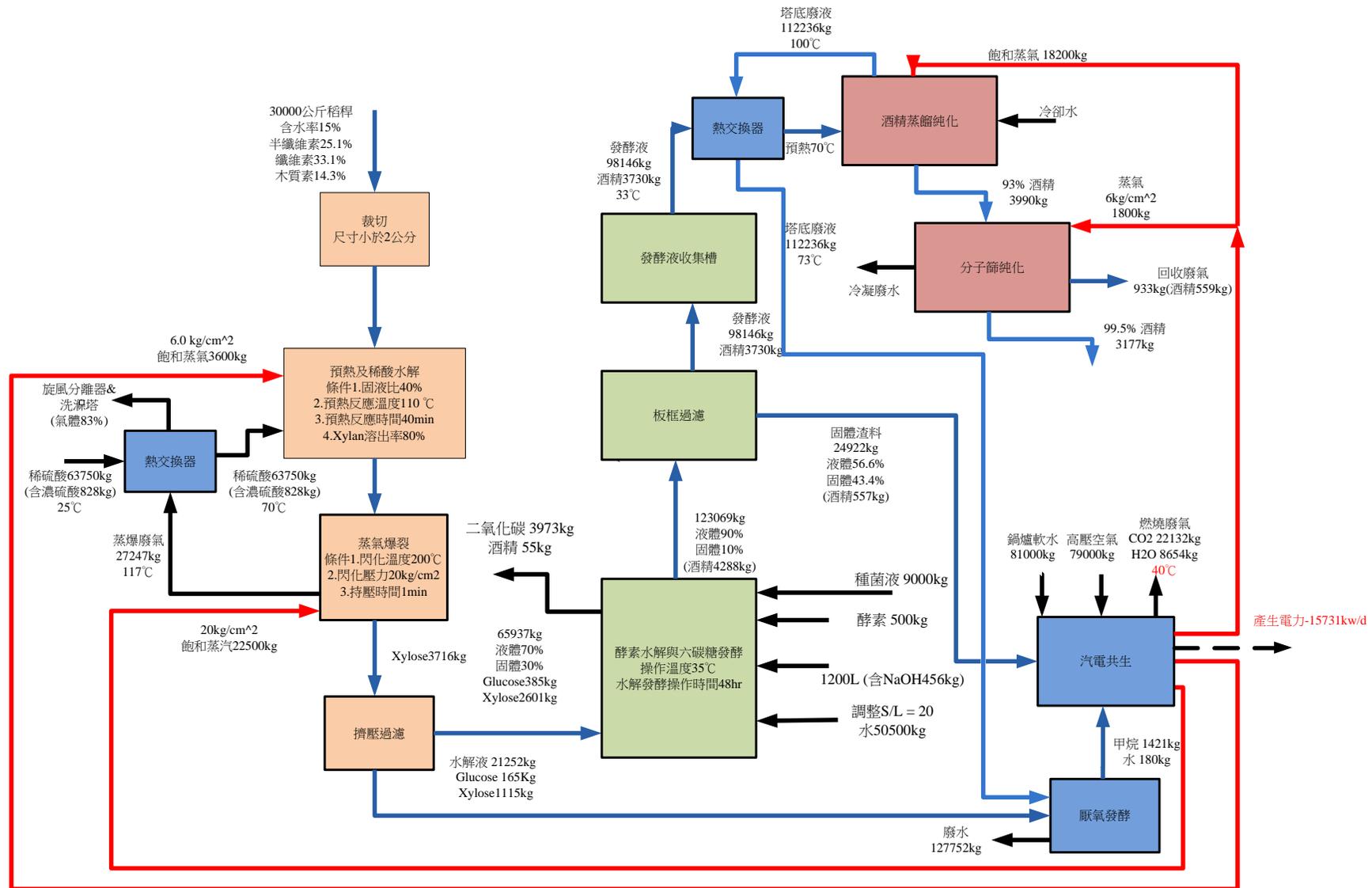


圖 18、每 30 噸稻稈在本所 SSF 製程下產製酒精之質能平衡

- 節能措施與驗證廠熱整合規劃：纖維酒精製程在能耗上必須符合經濟效益，得到的產品能量必需大於製程運轉的能量(即 $NER(\text{能量輸出與輸入比}) > 1$)。除單元的操作條件自設計開始必須有節約能量的考量外，程序實施熱整合回收也可以節省許多能量。自噸級廠運轉測試開始，節能就列為重要的研究項目之一。99-100 年配合質能平衡的分析與運轉資訊蒐集，進行單元內熱整合工程的規劃與施工。包括蒸氣用量最大的預處理與蒸餾系統，在實施以廢熱來預熱進料的熱整合工程後，實際已能各自節省 10% 與 8% 的蒸氣。101 年起開發饋料 SSF 製程，操作的改變已使水解發酵時間由 60 h 縮減為 48 h。此不但減少設備容積，同時減少水解發酵的電力消耗達 20%。
- 102 年度綜合先前運轉經驗，以質能平衡平台、依熱整合狹點分析技術進行驗證/商轉廠整廠的節能設計。其節能措施包括：(1)前處理蒸氣爆裂和蒸餾再沸器等耗能設備的熱回收，預計可減少總蒸汽用量約 20%；(2)程序中生質廢棄物汽電共生；(3)發酵槽曝氣改採鼓風機，使壓縮機減量省電 15%；(4)採吸收式冰水機，免除冰水機所需的電力等。以稻稈為例對製程的 NER 概算，在未實施節能措施時為 0.43，實施蒸氣熱回收僅提高為 0.56，木質素(固體廢棄物)汽電共生則 NER 可大於 1、高至 1.24，進一步結合蒸餾塔底液、木糖液等液體廢棄物一同汽電共生則 NER 一舉提高為 4.61 (參見表 1)。若考慮驗證廠公共設施電力需求的降低(節能措施(3)與(4))，本次設計預計 NER 將提高到 5 以上。(以蔗渣為原料估計 NER 將達 5.5 以上)

二、量化成果：

說明：

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

102 年度：

績效屬性	績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
就學甲 (科技基礎研究)	1. 論文 投稿 SCI 期刊 4 篇。	<ul style="list-style-type: none"> ● 國外 SCI、EI 期刊:，接受 4 篇，合計 4 篇。 ● 國外會議:2 篇。 	<ul style="list-style-type: none"> • 投稿 Bioresource Technology 等知名期刊並通過審查刊登，可增加國際能見度 • 國外期刊亦請本計畫人員審查國際論文，顯示本計畫相關研究成果值得肯定 	論文發表內容係關於 2,3-丁二醇生產菌株研究，國外相關研究較少，具指標意義
	2. 研究團隊養成 成立研究團隊共 2 件。	與中研院、台經院、輔英科大、遠東新世紀公司、中油公司、台糖公司、林試所等成立研究團隊共 7 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及建立未來技術移轉管道	與中油簽訂合作協議，建立雙方交流機制
	3. 博碩士培育 培育碩士研究生數量 2 人。	培育碩士研究生 2 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)
	4. 研究報告 完成會議論文 10 篇。	完成研究報告 13 篇。	有助於技術經驗傳承及掌握後續發展方向	

乙 技術創新 (科技整合創新)	8 專利 申請國內或國外之專利 6 件	<ul style="list-style-type: none"> 獲得國內專利 6 件。 獲得國外專利 3 件。共計獲得 9 篇 申請國內 2 篇國外 7 篇。共計申請 9 篇 	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)
	8.1 申請	申請之專利(件數) 國內 2 件 國外 7 件	同上	
	8.2 獲得	獲得之專利(件數)9 國內 7 件 國外 2 件	同上	
	9 技術報告 完成技術報告 15 篇。	完成技術報告 16 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
	10 技術活動舉辦之技術研討會或展示會 4 場。	<ul style="list-style-type: none"> 舉辦國內技術研討會 1 場,發表會議論文 2 篇 參加所內技術研討會 2 場 來所參訪共 42 個單位計 1338 人 	參與國內外知名單位及所內舉辦之研討會或推廣會,討論纖維酒精技術現況,促進技術提昇與增加能見度;另開發噸級廠參訪,有助於生質能源教育推廣。	
	12 技術服務 1 件	技術服務 金額達 680 萬元。	接受北市環保局內湖焚化廠委託,提供有關廚餘酒精技術測試之技術服務	
	18 促成與學界或產業團體合作研究 2 件	逢甲大學及台灣經濟研究院合作共計 2 件	協助進行發酵菌株精進及建場經濟效益分析之研究,有助於建立技術授權之計價依據	
	19 增加就業	2 人數	提供物料給國內 2 所大學及 4 家產業。	

依上述選定績效指標作如下之敘述：

項目	年度目標	年度衡量指標	實際達成度
纖維酒精量產 技術研發(4/4)	(1) 論文4 (2) 研究團隊養成2 (3) 培育碩士2 (4) 研究報告10 (5) 專利6 (6) 技術報告15 (7) 技術活動4 (8) 技術服務1 (9) 增加就業人口2 (10) 促成與學界或產業團體合作研究2	(1) 論文: 國際期刊 4篇 (2) 研究團隊養成7 件 (3) 培育碩士 2 人 (4) 研究報告: 13 篇 (5) 專利: 申請國內2篇申請國外7件共9篇 (6) 技術報告: 16 篇 (7) 技術活動5場 (8) 技術服務: 1件 (9) 增加就業2人 (10) 促成與學界合作研究 2件	(1) 論文: 國際期刊 4篇已接受、國際會議2篇。 (2) 與中研院、台經院、輔英科大、遠東新世紀公司、中油公司、台糖公司、林試所等成立研究團隊共 7 件。 (3) 培育碩士2人。 (4) 研究報告: 完成15篇。 (5) 專利: 獲得國內7篇國外2篇申請國內2篇申請國外7件 (6) 技術報告完成16 篇。 (7) 技術活動: 協助辦理5場, 博覽會參加人員超過1萬人、來所參訪共 42 個單位計 1323人。 (8) 技術服務: 1件、1項、金額 6,800,000元。 (9) 增加就業 2 人。 (10) 促成與學界合作研究 2 件, 逢甲大學及台灣經濟研究院合作共計 2 件。
一、纖維酒精量 產製程研發	(1) 論文4 (2) 研究團隊養成2 (3) 培育碩士2 (4) 研究報告10 (5) 專利6 (6) 技術報告15 (7) 技術活動4 (8) 技術服務1 (9) 增加就業人口2 (10) 促成與學界或產業團體合作研究2	(1) 論文: 國際期刊 2篇 (2) 研究團隊養成3 件 (3) 培育碩士 1 人 (4) 研究報告: 6 篇 (5) 專利: 申請國內1篇申請國外3件 (6) 技術報告: 8 篇 (7) 技術活動2場 (8) 技術服務 (9) 增加就業1人 (10) 促成與學界合作研究 1件	(1) 論文: 國際期刊 4篇已接受、國際會議2篇。 (2) 與中研院、台經院、輔英科大、遠東新世紀公司、中油公司、台糖公司、林試所等成立研究團隊共 7 件。 (3) 培育碩士2人。 (4) 研究報告: 完成13篇。 (5) 專利: 獲得國內7篇國外2篇申請國內2篇申請國外7件 (6) 技術報告完成16 篇。 (7) 技術活動: 協助辦理5場, 博覽會參加人員超過1萬人、來所參訪共 42 個單位計 1338人。 (8) 技術服務: 1件、1項、金額 6,800,000元。 (9) 增加就業 2 人。 (10) 促成與學界合作研究 2 件, 逢甲大學及台灣經濟研究院合作共計 2 件。

二、纖維酒精產業應用推廣	(1) 論文4 (2) 研究團隊養成2 (3) 培育碩士2 (4) 研究報告10 (5) 專利6 (6) 技術報告15 (7) 技術活動4 (8) 技術服務1 (9) 增加就業人口2 (10) 促成與學界或產業團體合作研究2	(1) 論文: 國際期刊 2篇 (2) 研究團隊養成4 件 (3) 培育碩士 1 人 (4) 研究報告: 7 篇 (5) 專利: 申請國內1篇申請國外4件 (6) 技術報告: 8 篇 (7) 技術活動3場 (8) 技術服務: 1件 (9) 增加就業1人 (10) 促成與學界合作研究 1件	(1) 論文: 國際期刊 4篇已接受、國際會議2篇。 (2) 與中研院、台經院、輔英科大、遠東新世紀公司、中油公司、台糖公司、林試所等成立研究團隊共 7 件。 (3) 培育碩士2人。 (4) 研究報告: 完成13篇。 (5) 專利: 獲得國內7篇國外2篇申請國內2篇申請國外7件 (6) 技術報告完成16 篇。 (7) 技術活動: 協助辦理5場, 博覽會參加人員超過1萬人、來所參訪共 42 個單位計 1338人。 (8) 技術服務: 1件、1項、金額 6,800,000元。 (9) 增加就業 2 人。 (10) 促成與學界合作研究 2 件, 逢甲大學及台灣經濟研究院合作共計 2 件。
--------------	---	---	---

纖維酒精量產技術研發	2013 南台灣生物技術展	國內研 2013/11/ 討會 29
纖維酒精量產技術研發	2013 台灣國際智慧綠色城市展	國內研 2013/10/ 討會 30
化工製程基本設計訓練課程	化工製程基本設計訓練課程	國內研 2013/09/ 討會 25
纖維酒精量產技術研發	2013 臺南生技綠能博覽會	國內研 2013/09/ 討會 13
Preliminary recommendations on the development of bioenergy in Taiwan	2013 International Conference on Earth Observations and Societal Impacts	國際研 2013/06/ 討會 24
二代生質酒精廠的水足跡探討	二代生質酒精廠的水足跡探討	國內研 2013/04/ 討會 11
Improvement of the genetic stability of the recombinant xylose-fermenting yeast by adaptation	35th Symposium on Biotechnology for Fuels and Chemicals	國際研 2013/04/ 討會 01
國內纖維酒精廠推動策略與效益分析	2013 核研所與中油綠能所生質	國內研 2013/01/

	能技術研討會	討會	30
噸級測試廠處理程序及管線介紹	噸級測試廠處理程序及管線介紹	國內研討會	2013/01/17

肆、主要成就與成果所產生之價值與影響 (outcomes)

重要成就與重大突破項目	權重(%)
	原計畫設定
一、學術成就(科技基礎研究)	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%)

本計畫之學術成就擬分別 99-102 年學術論文發表成果、99-102 年學術論文影響力及 102 年期刊論著列表說明，茲分述如下：

1.99-102 年學術論文發表成果

儘管本計畫屬性係發展產業應用技術，並非學術研究，但本計畫仍持續將相關研發成果發表於國內外期刊及研討會，藉由此方式提高國際能見度，持續拓展國際合作之機會，並同時彰顯計畫之學術成就。由下表可知，99 年至 102 年 10 月期間獲得刊登的期刊論文共計國內 5 篇、國外 21 篇。其中，由於 101 年以後，計畫執行重點逐漸偏重於產業化推廣，因此在學術研究的投入比重有所調整，此為被刊登之學術論文篇數略有減少的原因。

年份	99 年	100 年	101 年	102 年 (至 10 月止)	總計
國內研討會	4	3	1	5	13
國外研討會	12	5	2	4	23

國內期刊	2	1	2	-	5
國外期刊	6	6	7	2	21
總計	24	15	12	11	62

本計畫期間發表刊登在國際期刊中之相關核心技術研發成果相當多元，涵蓋大部分的纖維酒精製程技術，主要包括纖維原料前處理、酵素糖化水解、木糖發酵暨菌株研發成果、抑制物分離技術、發酵製程程序模擬精進、本土料源評估及新穎菌株開發等。其中，以纖維原料前處理及木糖發酵(含木糖利用或副產品評估)所發表的論文篇數比例最多，分別為 3 篇及 5 篇，兩者占全部刊登比例共計 38%，可視為本計畫於纖維酒精技術之相關學術研究領域的突破重點。

另一方面，本計畫研發成果投稿的原則是以能刊登在高影響指數(impact factor)的 SCI 期刊為目標，藉以提高研究成果的能見度。進一步統計 99 年-102 年 10 年計畫期間內已刊登之 21 篇期刊論文可知，其中 20 篇 SCI 期刊論文中，計有 13 篇論文獲刊登於期刊在該領域中排名前 10% 的期刊，占全部 SCI 論文篇數的 65%。又這些論文中，有 8 篇發表在生質能源領域中知名的 *Bioresource Technology* 期刊(其 2012 年的影響指數為 4.75；五年平均影響指數為 5.17)，該期刊目前於能源領域(Energy & Fuel) 的排名為總 81 份期刊中的第 7 位(7/81)，其於農業工程領域(Agricultural Engineering)則是排名第 1 的期刊。值得一提的是 *Bioresource Technology* 期刊曾於 2010 年間出版主題為纖維酒精的特刊(Cellulosic ethanol special issue)，特刊中本計畫共獲發表 2 篇論文，對一國際性期刊專刊而言，相同機構計畫能夠刊登 1 篇以上的機率實屬不易，顯見本計畫的研發成果確實在國際間受到肯定。又鑒於現今國際潮流已逐步往生質精煉技術發展，因此該期刊於 2013 年另推出生物精煉特刊(Biorefinery special issue)，本計畫亦獲得一篇論文刊登，此彰顯出本計畫亦致力於整合纖維酒精製程暨生物精煉技術的發展成果。

2.99-102 年學術論文影響力

本計畫於學術論文發表所產生之影響與價值係提升國內纖維酒精及生質燃料技術開發之國際能見度，藉以建立國際合作之管道。例如國際知名酵素公司 Novozymes 即是因從國際知名期刊獲悉本所先前陸續發表有關稻稈酒精技術開發之成果，進而促成雙方 101 年召開電話會議及參訪，並進行平行測試研究。有鑒於此，儘管本計畫屬性並非為學術基礎研究，

但仍會持續將相關研發成果發表於國際期刊，以持續拓展國際合作之機會。

另外，評價發表論文的學術貢獻，論文被引用次數的多寡無疑是一重要指標。分析本計畫所發表的全部論文，統計至 2013 年 9 月止之論文引用情形，除 2013 年所發表的 2 篇論文目前尚未被引用之外，其餘全部的論文均曾在國際間被廣泛引用，其中有發表於 2010 *Bioresource Technology* 纖維酒精特刊中之一篇論文至今更被引用高達 90 次以上，在 2011 年時所發表關於前處理技術的其中之一論文至今亦被引用達 53 次，此外還有木糖發酵、分離技術等相關論文被引用 18 次、28 次等等。論文被引用除了能夠提高本計畫暨機構在國際間的能見度外，爭取國際合作機會外，亦是國際間對本計畫技術研發成果的高度支持與肯定。彙整列舉已發表之論文如下：

No	論文名稱	第一作者	發表年(西元年)	論文出處	期刊影響指數(IF)	引用情形(次數)至 102 年 9 月止
1	Pilot-scale study on the acid-catalyzed steam explosion of rice straw using a continuous pretreatment system	陳○華	2013	<i>Bioresource Technology</i> , 128, 297-304	4.75 (2012) 5.17 (5 year)	N/A
2	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	黃○芳	2013	<i>Bioresource Technology</i> , 135, 446-453 生物精鍊特刊	4.75 (2012) 5.17 (5 year)	N/A
3	An improved method of xylose utilization by recombinant <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	馬○陽	2012	<i>Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology</i> 39, 1477-1486	2.74 (2011) 2.79 (5 year)	4
4	Ethanol production from rice straw	郭○倫 陳○恆	2012	<i>Energy Procedia</i> , 14, 1261-1266	EI	2

	hydrolysates by <i>Pichia stipitis</i>					
5	Pilot-scale ethanol production from rice straw hydrolysates using xylose-fermenting <i>Pichia stipitis</i>	林○翔	2012	Bioresource Technology, 116, 314-319	4.37 (2010) 4.90 (5 year)	8
6	Improved Operating Policy Utilizing Aerobic Operation for Fermentation Process to Produce Bio-ethanol	張○明	2012	Biochemical Engineering Journal, 68, 178-189	2.65 (2011) 2.77 (5 year)	1
7	Effect of hydrophobicity of humic substances on electro-ultrafiltration	翁○翔	2012	Desalination, 284, 128-134	1.85 (2010) 1.90 (5 year)	1
8	Potentials of lignocellulosic bioethanols produced from hardwood in Taiwan	柯○涵 (陳○華)	2012	Energy, 44, 329-334	3.49 (2011) 3.86 (5 year)	2
9	Technology and production of cellulosic ethanol in a pilot plant in Taiwan	翁○翔	2011	Journal of Energy and Power Engineering, 5, 928-933		1
10	Pretreatment of rice straw using an extrusion/ extraction process at bench-scale for producing cellulosic ethanol	陳○華	2011	Bioresources Technology, 102, 10451-10458	4.37 (2010) 4.90 (5 year)	14
11	Photocatalytic degradation of phenol on different phases of TiO ₂ particles in aqueous suspensions under UV irradiation	林○霞 (邱○煥)	2011	Journal of Environmental Management, 92, 3098-31304	2.60 (2010) 2.76 (5 year)	5

12	Molecular Dynamics Simulations of Polymeric Structure and Alcohol-membrane Surface Affinity of Aromatic Polyamide Membranes	張○熹 (魏○洲)	2011	Journal of Membrane Science, 382, 30-40	3.67 (2010) 4.05 (5 year)	3
13	Ethanol Production Efficiency of an Anaerobic Hemicellulolytic Thermophilic Bacterium, Strain NTOU1, Isolated from a Marine Shallow Hydrothermal Vent in Taiwan	劉○美 (周○焮)	2011	Microbes and Environments, 4, 317-324	2.30 (2010)	3
14	Pretreatment efficiency and structural characterization of rice straw by an integrated process of dilute-acid and steam explosion for bioethanol production	陳○華	2011	Bioresource Technology, 102, 2916-2924	4.37 (2010) 4.90 (5 year)	53
15	Development of a yeast strain for xylitol production without hydrolysate detoxification as part of the integration of co-product generation within the lignocellulosic ethanol process	黃○芳	2011	Bioresource Technology, 102, 3322-3329	4.37 (2010) 4.90 (5 year)	18
16	Treatment of Perfluorinated Chemicals by	蔡○庭 (翁○翔)	2010	Environmental Science & Technology, 44, 7914-7920	4.63 (2009) 5.44 (5 year)	7

	Electro-Microfiltration					
17	Electro-microfiltration treatment of water containing natural organic matter and inorganic particles	蔡○庭 (翁○ 翔)	2011	Desalinationm, 267, 133-138	1.85 (2010) 1.90 (5 year)	3
18	Increased Cellulose Production by Heterologous Expression of Cellulose Synthase Genes in a Filamentous Heterocystous Cyanobacterium with a Modification in Photosynthesis Performance and Growth Ability	周○珍 (周○ 炘)	2011	Botanical Studies, 52, 265-275	0.84 (2010) 0.99 (5 year)	1
19	Effect of dilute acid pretreatment of rice straw on structural properties and enzymatic hydrolysis	許○傑	2010	Bioresource Technology, 101, 4907-4913 纖維酒精特刊	4.25 (2009) 4.74 (5 year)	90
20	Separation of furans and carboxylic acids from sugars in dilute acid rice straw hydrolyzates by nanofiltration	翁○翔	2010	Bioresource Technology, 101, 4889-4894 纖維酒精特刊	4.25 (2009) 4.74 (5 year)	28
21	Dynamic modeling and analyses of simultaneous saccharification and fermentation process to produce bio-ethanol from rice straw	Ko, Jordan (周○ 炘 張 ○明)	2010	Bioprocess and Biosystems Engineering, 33, 195-205	1.82 (2009) 1.78 (5 year)	12
22	Method for obtaining an empirical microbial	賴○興 (張○	2010	Journal of the Taiwan Institute of Chemical	1.11 (2008) 0.65 (5 year)	1

	growth model via chemostat operation	明)		Engineers, 41, 421-433		
--	--------------------------------------	----	--	------------------------	--	--

3.102 年期刊論著列表

本年度重要期刊論著如下，除了偏重於技術精進、環保效益之成果展現外，最重要的發表成果係運用纖維酒精核心技術轉進纖維化學品生產之研發成果：

- (1) **噸級測試廠前處理運轉成果:** Pilot-scale study on the acid-catalyzed steam explosion of rice straw using a continuous pretreatment system. *Bioresource Technology* **128** (2013) **297-304**

[ABSTRACT]: A continuous acid-catalyzed steam explosion pretreatment process and system to produce cellulosic ethanol was developed at the pilot-scale. The effects of the following parameters on the pretreatment efficiency of rice straw feedstocks were investigated: the acid concentration, the reaction temperature, the residence time, the feedstock size, the explosion pressure and the screw speed. The optimal presteaming horizontal reactor conditions for the pretreatment process are as follows: 1.7 rpm and 100–110°C with an acid concentration of 1.3% (w/w). An acid-catalyzed steam explosion is then performed in the vertical reactor at 185 °C for 2 min. Approximately 73% of the total saccharification yield was obtained after the rice straw was pretreated under optimal conditions and subsequent enzymatic hydrolysis at a combined severity factor of 0.4–0.7. Moreover, good long-term stability and durability of the pretreatment system under continuous operation was observed.

- (2) **共發酵菌精進研究成果:** Hybrid hydrolysis and co-fermentation of rice straw by xylose-fermenting *Saccharomyces cerevisiae* YY5A at elevated temperature. *Submitted to Biotechnology for Biofuels*

[ABSTRACT] An efficient conversion of pretreated lignocellulosic biomass into ethanol requires a microbial strain that could tolerate both high temperature and multiple inhibition products generated from biomass pretreatment. In this study, glucose and xylose fermentation from synthetic rich medium by xylose-utilizing *S. cerevisiae* strain YY5A, which has been constructed by introducing heterologous XR-XDH system was evaluated at elevated temperatures. The YY5A strain could effectively metabolize glucose and xylose in synthetic rich medium at elevated temperature from 30°C up to 40°C. However, the lower concentration of xylose substrate (30 g/l) and product concentration of ethanol (40 g/l) was preferred for YY5A to assimilate xylose at high temperature of 40°C. The hybrid hydrolysis and co-fermentation (HHCF) of non-detoxified rice straw hydrolysates was also performed at elevated temperature. After 72 h enzymatic hydrolysis (50°C), and following 48h SSF (simultaneous hydrolysis and co-fermentation) process (30°C or 38°C), YY5A consumed xylose 33.0 g/l (74% of the initial xylose) at 30°C, and 20.7 g/l (48%) at 38°C. The volumetric xylose consumption rate was estimated to be 0.65 g/l/h at 30°C, and 0.76 g/l/h at 38°C during the first 24-h fermentation, which was 0.55 times and 0.57 times less than in the synthetic

sugar mixture medium, respectively. The ethanol was produced 66.1 g/l at 30°C, and 56.0 g/l at 38°C, with an ethanol yield of 71% and 63% of total fermentable sugars in the hydrolysate slurry (20% WIS), respectively. In addition, there was no more ethanol produced at 38°C after 24 h fermentation, and the xylose consumption was also dramatically dropped, which was not observed at 30°C. This study indicated that the high ethanol concentration, and multiple inhibitors liberated from the degradation of lignocellulose were the main crucial limited factors for xylose fermentation at elevated temperature, and provided more information about the correlation between xylose fermentation and inhibition factors.

- (3) **纖維酒精核心技術轉進纖維乳酸生產先期研究成果:** Evaluation of lactic acid production in the simultaneous saccharification and fermentation with whole slurry from rice straw with dilute sulphuric acid pretreatment by *Lactobacillus plantarum*. ***Submitted to Journal of Biotechnology***

[ABSTRACT] An isolated lactic acid bacterium, *Lactobacillus plantarum*, showed an ability of high tolerance of the lignocellulose derived inhibitory compounds and could produce lactic acid at 8g/L of furfural, 6 g/L of HMF, 4.0g/L of vanillin, and 4.0g/L of syringaldehyde. The bacterium was used in the simultaneous saccharification and fermentation (SSF) for lactic acid production from rice straw with dilute sulphuric acid pretreatment. The strain give a capacity for lactic acid production from glucose in hydrolysates without detoxification and a promising volumetric productivity of 0.88 g/L h corresponding to lactic acid concentration 63g/L and yield 64% at solid content 17% in conventional SSF process. Furthermore, lactic acid bacterium was examined to be a practicable option to produce lactic acid by the SSF process with whole slurry without detoxification. The results show lactic acid concentration and yield reached the same level as a conventional SSF. Therefore, non-deoxification step of the SSF process with whole slurry further verified possibility of the isolated lactic acid bacterium for lactic acid production and enhance lignocellulosic lactic acid production more economical.

- (4) **創新木糖發酵製程先期研究成果:** Recycling lignocellulosic material from enzymatic hydrolysis as biomaterial for bioethanol production. ***Submitted to Bioresource Technology***

[ABSTRACT] A technology for enhancing ethanol production by xylose fermentation was successfully demonstrated at pilot-scale. Generally, the severe conditions of acid hydrolysis pretreatment are often employed to facilitate the release of monosaccharide in enzyme hydrolysis. This would lead more inhibitors into hemicellulosic hydrolysate and dramatically influenced the performance of fermentation. We have explored a way to improve ethanol production from xylose by extra adding a lignocellulosic material, which is made from rice straw with the chemical and biological treatment. This technology has been successful used for fermentation of rice straw hydrolysate, which was prepared from 200°C steam explosion pretreatment. The ethanol yield was only 0.40 gp/gs for fermentation of this hemicellulose hydrolysate by an enhanced inhibitor-tolerant strain of *Pichia stipitis*. Interestingly, when a

5%(w/w) biomaterials were added during the fermentation of hydrolysate, the ethanol yield increased to 0.45 gp/gs, which corresponds to a 88% of conversion efficiency. This indicated the technology indeed increased the conversion efficiency up to 10 % for xylose fermentation. Moreover, the ethanol productivity increased 24 % after lignocellulosic materials added. These results showed this technology is considered as an attractive way to improve the economics and conversion efficiency of xylose fermentation for cellulosic ethanol production.

- (5) **纖維酒精生產製程之水足跡先期研究成果**: Study on the water footprint of second-generation bioethanol. *Submitted to Journal of Cleaner Production*

[ABSTRACT] This study is to assess the water footprint of second-generation bioethanol, and to investigate the effect of its operational water footprint on the overall water footprint. The science and technology development in 20th century had improved world's economy and human living, but also resulted in deteriorated environment due to over-consumed petroleum and freshwater resources. A lot of countries had put in research and application of renewable energy. Since first-generation bioethanol has caused food shortage and environmental problems, second-generation bioethanol uses lignocelluloses the most abundant materials in earth as the feedstocks to ease off the impact on food supply and the problem of lands over-cultivated. Because the second-generation bioethanol mass production technology is still under developing at present, there is not any published report on the assessment of its water footprint yet. This research has targeted on the second-generation bioethanol pilot plant in Taiwan. The assessed water footprint is 86.2 ~ 1237.1 L/L EtOH, among which 86 ~ 96.5% is supply chain water footprint and operational water footprint is 29 ~ 42 L/L EtOH. All of them are blue water. In reviewing the operational water footprint, it is thought a decrease of 20% could be achieved after improving plant lay-out and the practice of water-usage. Results of this research may help national energy and environment policy makers choose proper biofuel feedstocks to adapt to the characteristics of domestic water resources. They would provide important information for technology development and factory design of second-generation bioethanol.

二、技術創新(科技整合創新) (權重 30%)

1.99-102 年專利申請及獲得說明

本計畫於技術創新所衍生之價值主要為有關纖維酒精技術之智財專利。

承繼本計畫前期計畫中之研發成果，在計畫初期時因分析競爭者之木糖利用的專利強度較低，故初期以木糖利用技術結合前處理應用及其關鍵元件設計為主要專利申請內容，並採用組合式專利佈局以提高專利強度之優勢；隨後開始增加前處理製程以外之程序元件及生化製程方法開發的專利申請案，此兩部份之專利申請則採用迴避式專利佈局。而自 99 年以後

即本計畫前期之專利佈局重點則開始提出有關纖維水解酵素、共發酵菌株等生物資源之專利申請案，同時並持續將先前有關前處理及其他製程元件之專利申請案所陳述之技術積極落實於量產製程開發中，以因應技轉之需求。本計畫執行後期(101~102 年)主要研發成果且同時兼具有可移轉潛力之技術主要包括酸催化前處理製程及兼具葡萄糖、木糖轉化酒精能力之共發酵菌株。其中，由於酸催化前處理製程與原料特性有高的關聯性，因此專利佈局以開發及關鍵元件設計的方法進行專利申請，102 年起本計畫考量纖維料源供應問題，擬尋求拓展東南亞市場的合作機會，因此佈局東南亞地區國家之專利申請。

下表統計 99 年至 102 年間本計畫研發成果相關之國內外專利申請及獲得的情形：

年份	99 年	100 年	101 年	102 年	總計
國內獲證	1	2	4	6	13
國內申請中	6	8	6	2	22
國外獲證	1	0	2	3	6
國外申請中	4	1	1	11	17
總計	12	11	13	21	57

總計 99-102 年共申請國內外專利 39 件，其中國內專利申請 22 件，國外專利申請 17 件(含 6 件東南亞地區國家專利申請)。由於專利審查至核准獲證期間往往長達 3、4 年以上，因此 99-102 年間所獲得核准通過之 18 件專利中有三分之二是來自於前期計畫中所申請獲得的成果；18 件已核准通過之專利中國內獲證有 13 件，國外獲證 6 件。分析已核准之專利其所屬技術領域以前處理獲得 6 件(國內 5 件，國外 1 件)，及木糖發酵獲得 6 件(國內 4 件，國外 2 件)為最多，其他如纖維酵素生產及相關技術獲得 2 件(國內外各 1 件)，蒸餾脫水獲得國內專利 2 件、發酵製程獲國內專利 1 件。

發酵菌株與前處理設備機構元件之研發成果為計畫期程間專利申請的重點，本計畫亦多次藉由參訪活動與研討會議，推廣行銷本計畫於菌株與前處理設施之研發成果，目前亦有產業界有興趣測試或洽談合作研究之規劃執行，未來期藉此機會逐步展現專利申請之商業應用價值。

下表彙整列舉已獲得之專利：

	專利名稱	國別	創作人	專利證號
1	纖維原料活塞式壓差進料裝置	中華民國	陳○華 等	發明第 I392544 號
2	一種提升酒精溶液脫水效率之方法	中華民國	蔡○諺 等	發明第 I397519 號
3	一種未去毒性纖維原料水解液之木糖醇生產方法	美國	黃○芳 等	US8,409,835B2
4	可液相及可氣相進料之酒精脫水裝置	中華民國	翁○翔 等	新型第 M425125 號
5	一種纖維素水解酵素及其基因	美國	許○傑 等	US8,518,687B2
6	提升纖維素轉化酒精效率之方法	中華民國	黃○彰 等	發明第 I384074 號
7	提升纖維水解液生產五碳糖醇之酵母菌培養方法	美國	黃○芳 等	US8,278,078B2
8	提升纖維水解液生產五碳糖醇之酵母菌培養方法	中華民國	黃○芳 等	發明第 I382092 號
9	稻稈捆解包裝及粗切裝置	中華民國	任○熹 等	發明第 I36944 號
10	纖維生質原料水熱前處理裝置與方法	中華民國	陳○華 等	發明第 I364427 號
11	稻稈纖維水解質酵素之生產方法	中華民國	周○炘 等	發明第 I408231 號
12	提升纖維水解液木糖發酵轉化率之方法	中華民國	林○翔 等	發明第 I376419 號
13	提昇纖維原料水解液木糖濃度之方法	美國	陳○華 等	US8,080,128B2
14	未去毒性纖維原料水解液之木糖發酵方法	中華民國	黃○芳 等	發明第 I405852 號
15	用於含水纖維物料之固液分離機	中華民國	蔡○晉 等	發明第 I340192 號
16	纖維物料之壓力隔離進出料裝置	中華民國	任○熹 等	發明第 I346723 號
17	以游離輻射照射之海藻量產裝置	中華民國	黃○松 等	發明第 I314437 號
18	以游離輻射照射之海藻量產裝置	日本	黃○松 等	特許第 4314437 號
19	一種木糖代謝菌之製備方法及該木糖代謝菌	美國	馬○陽 等	領證作業中

2.102 年度專利申請案列表

本年度重要專利摘要分述如下，除了新增加有關酵素生產與化學品乳酸純化等領域之專利申請案外，亦開始於東南亞地區申請有關前處理技術的專利申請，據此開始進行纖維酒精技術智財權之區域布局。

(1) 利用饋料及共培養對纖維酵素的誘導方法（中華民國專利申請案）

【發明摘要】

利用饋料及共培養對纖維酵素的誘導方法，其包含有稀酸處理程序、前培養菌絲程序、共培養纖維素水解酵素生產程序、饋料程序、酵素粗萃液活性分析等步驟。其發明主要以木黴菌（*Trichoderma Species*）及黑麴菌（*Aspergillus Species*）為生產菌株，並以稀酸前處理稻稈為原

料，經由共培養及乳糖誘導，做為酵素誘導的饋料，可提升纖維酵素水解活性達 3.6 倍。藉此，可達到成本低廉以及且便於饋料之功效。

(2) 一種纖維乳酸發酵液快速酯化之分離純化方法(中華民國專利申請案)

【發明摘要】

本發明涉及以纖維乳酸發酵液進行乳酸純化分離，最終獲得乳酸。技術內容是以纖維乳酸發酵液蒸發濃縮至原體積 0-1 倍再加鈣鹽產生沉澱，乾燥除水後，加入甲醇及硫酸，混合後室溫攪拌 1-24 小時產生沉澱。過濾後收集濾液，加熱至 70-80°C，攪拌 1-24 小時，冷卻後進行鹼中和，再過濾除去不溶物。濾液在常壓 (60-70°C) 及減壓 (30-90°C) 下進行蒸餾。將收集之蒸餾液加入酸性樹脂後加熱迴流 (90-110°C)，進行水解反應，過濾除去樹脂，即可得乳酸。此發明提供乳酸快速分離純化之最佳程序，可銜接傳統的乳酸鈣製程，容易進行及商業化，且可有效降低成本。未來如果其他乳酸前處理技術也發展成熟，也可以此技術進行銜接放大。

(3) 連續處理纖維原料之裝置 (美國專利申請號 13/889,662、泰國專利申請號 1301005444、印尼專利申請號 P00201300721、馬來西亞專利申請號 PI 2013003490)

【發明摘要】

一種連續處理纖維原料之裝置，係於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皆同時且持續操作之目的，而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。

(4) 由氣流中分離粘性物體之旋風分離裝置(泰國專利申請號 1301005445、印尼專利申請號 P00201300722、馬來西亞專利申請號 PI 2013003489)

【發明摘要】

一種由氣流中分離粘性物體之旋風分離裝置，其包含有一筒體；一連通設於筒體一側之導入管；一設於筒體內部且位於頂端位置處之中央排氣管；一端與筒體底部連通另端設有塵粒排出口之錐形筒；一設於筒體內部且鄰近錐形筒一端之支撐輪組；以及一活動設於支撐輪組上之刮除機構。藉此，當含粘滯性粒子之氣體由導入管沿切線方向進入筒體時，使該刮除

機構能被氣流推動而作旋轉運動，讓氣流撞擊旋圓體及錐形筒之內壁面，將部分粘滯性粒子下降由塵粒排出口排出，而部分附著於圓體及錐形筒內壁面之粘性物體，則由產生旋轉運動之刮除機構加以刮除，使得粘性物體由塵粒排出口排出，而乾淨氣體由氣流中央排氣管排出，而達到克服粘性物體沾粘之困擾、有效分離粘性物體與氣流之功效。

(5)微細粉體氣力輸送裝置(泰國專利申請號 1301005446、印尼專利申請號 P00201300773、馬來西亞專利申請號 PI 2013003669)

【發明摘要】

一種微細粉體氣力輸送裝置，其包含有一多向分流閥；多數以分流入氣管線與多向分流閥連接之旋風分離裝置，而其底部係分別設有底蓋閥門；多數設於各旋風分離裝置上之袋室分離器袋室分離器，其出口係分別設有氣體閥門；以及多數與各袋室分離器袋室分離器結合之濾袋，其上係設有高壓空氣噴嘴；藉此，可利用負壓抽送方式將粉體以流體氣力輸送方式抽吸，使得氣體及粉體經由入氣管線經過多向分流閥與分流入氣管線相連通，再與旋風分離裝置入口連接輸送至多數組具有旋風分離裝置的袋室分離器加以分離，並以氣體閥門、多向分流閥及旋風分離裝置底部的底蓋閥門控制，使袋室分離器可以控制作為分離使用或進行清理排料，以達成粉體連續氣力輸送的目的。

三、經濟效益(產業經濟發展) (權重 20%)

目前纖維酒精技術正進入產業化階段，尚無法展現實質的經濟效益，但已具有經濟競爭力及產業化發展的潛力，茲分別說明如下。

1. 技術經濟競爭力評估策略

本計畫於 102 年已建立纖維酒精經濟效益之評估方法，其評估策略如圖 19 所示，首先須先計算總生產成本，在根據產品售價及其他設定參數，計算不同規模之纖維酒精廠的經濟效益評估，並以投資報酬率及回收年限為評估指標。

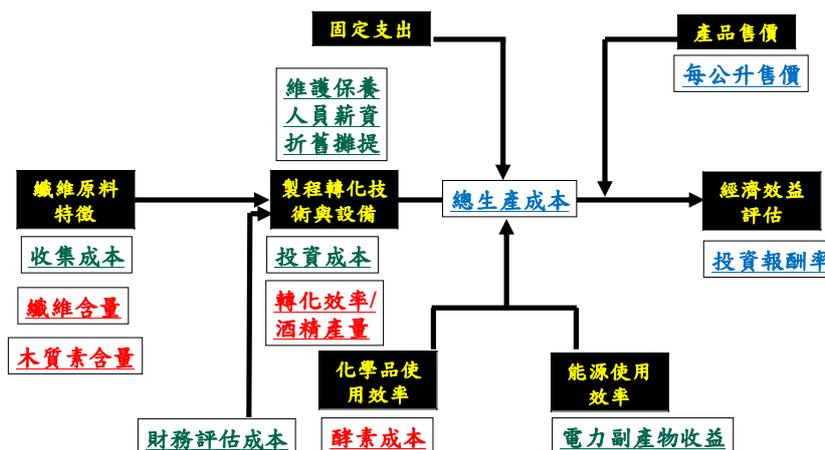


圖 19、纖維酒精經濟效益之評估策略

2.纖維酒精建廠財務可行性評估

產業本身的生產成本，會因原物料、製程與產量不同而有所差異。以自行開發之製程，加上稻稈、蔗渣與木片等三種經測試的料源，我們可推算酒精的操作成本。如圖 20 所示，本計畫針對 102 年及第二期能源國家型科技計畫的生產成本推估結果，其中酵素成本已涵蓋於操作成本中，而 NEP1 中料源成本依源料種類及是否採共構模式，佔生產成本比例由 10% 至 50% 不等。基本上，就這三種原料於 NEP1 的生產成本推估值，對不同生產規模與是否共構等假設情境，進行建廠財務分析之結果如表 14。根據分析結果，依 2012 年中油酒精購入價格，部分纖維酒精已具有經濟價值。這些具有效益的投資都有(1)料源取得價格低與(2)經濟以上生產規模等特性，大致上其纖維酒精商轉廠將可展現投資報酬率<18%及回收年限<8 年之經濟效益，此正面評估結果應有助於纖維酒精技術邁向實質產業化階段。

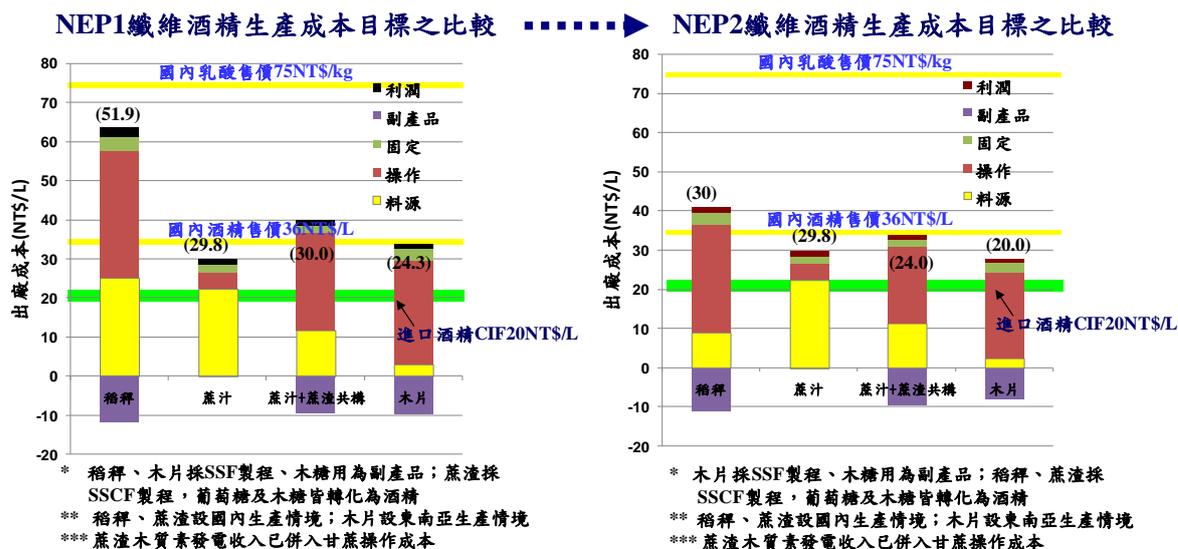


圖 20、稻稈、蔗渣與木片生產成本推估值

表 14、不同料源、規模與產業共構情境之財務分析(a)SSCF 製程，(b)SSF 製程。

(a)

財務指標	稻稈酒精 (規模廠)	甘蔗酒精廠 (商業化)	與甘蔗酒精廠共構 (商業化)	與木材廠共構 (示範廠)	與木材廠共構 (經濟廠)	與木材廠共構 (規模廠)
售價 ¹	酒精：37.20元					
期初投資 成本 ²	43億	31億	48億	7.5億	23億	48億
NPV	-73億	20億	165億	-5.6億	15億	98億
IRR	<0%	10.70%	33.41%	<0%	10.87%	22.76%
DPP	無法回本	14年	5年	無法回本	13年	8年

(b)

財務指標	稻稈酒精 (規模廠)	與木材廠共構 (示範廠)	與木材廠共構 (經濟廠)	與木材廠共構 (規模廠)
售價 ¹	酒精：37.20(元/公升) 飼料用木寡糖：5(元/公斤)			
副產品為飼料用木寡糖				
期初投資 成本 ²	30億	2.9億	16億	36億
NPV	-91億	-6.2億	15億	95億
IRR	<0%	<0%	11.15%	23.65%
PP	無法回本	無法回本	13年	8年
沼氣發電				
NPV	-100億	-6.9億	12億	89億
IRR	<0%	<0%	8.92%	18.98%
DPP	無法回本	無法回本	15年	9年

註:甘蔗商業化廠規模為日壓榨 6000 噸甘蔗/日；木材示範廠、經濟廠及規模廠之日進料量分別為 30 噸/日、300 噸/日及 1000 噸/日

3.減碳效益評估

環境與經濟效益將影響產業的推動，質能平衡可以獲得效益分析所需要的部分重要參數。製程的排碳量對環境衝擊極巨，製程的本身、原物料與能源的使用將影響其排碳程度。由於施行汽電共生，製程所需要的能源極大部分來自於生質原料本身，計算後估計製程 CO₂ 排放量為每公升酒精 745.9 g；換算燃料(酒精)單位的熱值，則 CO₂ 排放量為 33.4 g CO₂/MJ。因為燃料酒精的原料為生質物，燃燒後的 CO₂ 不用計入，因此每公升酒精約達 1 公斤 CO₂ 的減碳效益。依台經院分析，以碳交易價格來看，一座年產 10 萬公秉燃料酒精的工廠，減碳效益約 3400~4300 萬元。此效益為產業的外部效益，社會將間接受惠。

4.產業化潛力

目前本計畫衍生之產業化潛力可分為技術服務收入及推動技術授權等兩方面：

(1) 技術服務收入

本計畫自 101 年起開始以噸級測試廠及其附屬設施提供技術服務，目前至 102 年 10 月已累計有 2000 萬餘元的技術服務收入，主要服務對象計有國內知名化工業、東南亞木業公司、塑膠中心、北投焚化廠等單位。另本年度台北市內湖焚化廠亦委託本計畫之研究團隊辦理「102 年度「全回收城市計畫-回收堆肥廚餘轉化生質酒精再利用先期試辦作業」，委託金額 680 萬元，主要工作係協助其建立廚餘轉化酒精技術及多元再利用展示平台。

(2) 推動技術授權

本年度積極以既有工廠共構纖維酒精廠的模式進行產業推廣，陸續與化工業、合板業、造紙業、油品業等不同類型產業洽談合作及技術授權，目前已有具體的成果，此顯示推動纖維酒精產業化展露曙光，期據此落實本計畫推動纖維酒精產業化之目標。現階段主要合作單位與合作狀態彙整如下。

- A 木業公司: 以該公司合板工廠之木材剩餘物為料源,共構建置日進料 300 噸以上之木材轉化酒精或化學品商轉廠。目前狀態為 a)廠商正提出「農林廢棄物纖維解聚糖化技術」技術授權案之申請作業,預期年底可完成授權簽署作業;b)目前已完成「木質廢棄物轉化生質能源及材料技術(暫定)」技術授權案之洽談,規劃以本所開發之纖維酒精核心技術,於五年內建立木材轉化酒精或化學品之商轉廠,預定明年初完成簽署。
- B 機械設備公司: 於大陸山東既有農場、生質造粒廠共構建置日進料 500 噸之玉米桿酒

- 精。目前狀態為 a) 廠商正辦理合作協議書及保密協議書簽署作業，並同時洽談技術授權內容; b) 規劃先進行原料轉化酒精之潛力測試廠
- C 化工業: 年產量 8 萬噸纖維酒精廠(合成 Bio-PET 塑料)。目前狀態為 a) 委託核研所協助設計及建置 10-20kg/h 前處理設備及酵素水解槽等公斤級進料設備已於 102 年 6 月完成; b) 協助該公司評估可商轉應用之原料、技術及建廠地點; 102 年已提供前處理設備技術之先期參予授權
 - 台糖公司: 年產量 12 萬公秉酒精之甘蔗酒精廠。目前狀態為 a) 核研所提出蔗渣+蔗汁共構生產酒精廠之財務可行性評估, 內部報酬率可據此提高 3 倍、回收年限縮短 2/3; b) 台糖公司技術評估單位糖研所已表示有興趣與核研所討論此共構設計的想法
 - 中油公司: 纖維酒精需求規模仍在評估階段。目前狀態為已於 102 年 4 月協助中油綠能所建立每批次進料 200 之纖維醇類研發設施之工程規劃

四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續)(權重 20%)

1. 運用研究平台設施進行生質能源技術之推廣教育: 目前建立之纖維酒精研發設施與噸級測試廠, 除為開發量產技術外, 亦作為教學訓練應用及推廣永續能源之宣導。至 102 年 10 月止本設施參訪之單位團體共計 138 個, 參訪人數達 2230 人, 有助於國人對纖維酒精之認識及生質能源技術綠色能源之推廣。



2. 充分運用纖維酒精核心技術研發經驗, 協助北市開拓廚餘多元再利用技術與契機: 鑒於國內現階段缺乏可大量處理的廚餘再利用方法, 因此北市環保局內湖焚化廠於 102 年 4 月委託本所進行廚餘酒精試辦作業研究, 協助其建立廚餘轉化酒精技術及工程規劃設計,

以尋求具創新性及加值化的方法，協助國內解決環保問題。目前除已建立廚餘轉化酒精處理流程及潛力分析外，並將協助其建立廚餘酒精多元化再利用展示平台，推廣廚餘轉化酒精之新環保政策，同時本計畫於社會影響面亦可衍生增進社會大眾對於生質能源應用之了解的價值。相關研究成果亦促使台北市環保局規劃於 103 年起建置中規模廚餘酒精廠。目前此研究已獲得媒體重視，天下雜誌並於 102 年 10 月 533 期刊載介紹有關北市自核研所取得廚餘酒精技術外，亦同時簡介核研所持續發展廚餘酒精及纖維酒精技術，並不遺餘力測試各種料源，致力於推動生質酒精產業化，此將可間接彰顯本計畫執行之價值與應用潛力。



內湖焚化廠廚餘酒精多元再利用展示平台暨小型測試系統

由於本計畫之研究團隊於 102 年運用纖維酒精核心技術，已協助北市建立廚餘轉化酒精技術，將可供後續規劃廚餘再利用的技術選項，



▲核研所發展的原能會核研所，嘗試各種廢棄物製生質酒精，尋找可商業化的方法。

無用廚餘有大用
挖掘餐桌下的黃金
 一公噸廚餘，能製造出十五公升「台灣第一」
 台北核能發展所研發的酒精，可製成多種生質酒精
 酒精、纖維、有機酸等，是未來生質能源的重要原料

核研所發展廚餘酒精及纖維酒精技術之訪問內容已刊載於天下雜誌 533 期

除上述本年度中主要有關社會影響之衍生價值的說明外，先前各年度執行本計畫時所衍生之重要成果包括：

1. 100-101 年本計畫受能源局委託將國內產製澱粉酒精，純化至燃料酒精。此任務發揮噸級廠設施平台之功能，已將中油公司管理之生質酒精進行脫水至燃料酒精標準，經中油煉研所檢驗合格後，已交給中油 4000 公升(4 公秉)作為車用燃料之用。
2. 101 年 12 月 14 日核研所受邀參加經濟部石化產業高值化推動小組委員會籌備會議，該局亦請本所參與推動小組之運作，此表示本計畫建立之技術已奠定其應用基礎，後續也將充分利用已建立之平台，參與石化產業高值化之相關研究。
3. 101 年本計畫提供符合 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。本計畫持續提供符合 CNS15109 規範之燃料級纖維酒精給核研所內公務車摻配 E3 酒精汽油使用，目前在長期使用下，使用酒精汽油車輛之性能皆保持正常，對於國內推動酒精汽油應具有相當正面的指標意義。

五、非研究效益(科技政策管理及其它)(權重 5%)

1. 目前本計畫所建立之核研所纖維酒精測試平台及其附屬研究設施，自 101 年起開始根據訂定之纖維酒精測試平台技術服務收費辦法，提供國內產學研單位進行組成分析、料源潛力、酵素效能測試、前處理條件篩選、水解及發酵程序等項目之放大規模測試，目前已有國內多家產業及研究單位委託運用上述平台設施執行相關技術服務，此顯示該平台設施之功能對國內產學單位發展纖維酒精及其相關技術確實可展現相當具體的效益，對於國內培育生質能源研究之專才與推動國際合作亦能多有貢獻，值得繼續經營與維持。

核研所纖維酒精測試平台一般技術服務項目及計價表

項次	項目	說明	定價一 一般民營 企業單位	定價二 學研單位	定價三能源國家型 科技計畫執行單位

1	公斤級蒸汽爆裂稻稈前處理條件測試	稻稈為原料以 20L 蒸汽爆裂設備測試一組前處理條件，處理後產物約 1kg 濕重渣料及 5 公升水解液	\$10,080	\$9,600	\$8,100
2	噸級廠前處理生產之渣料及水解液提供	提供稻稈以噸級前處理系統生產之物料，以 10kg 濕重渣料及 10 公升水解液為一計價單位	\$13,440	\$12,800	\$10,800
3	擠壓溶洗稻稈前處理條件測試	稻稈為原料以雙軸擠壓機及熱水溶洗反應器測試一組前處理條件，處理後產物約 20 kg 濕重渣料及 30 公升木糖水解液	\$16,800	\$16,000	\$13,500
4	生質原料組成成份分析	生質原料樣品 1 個 3 重複組成成份分析	\$23,520	\$22,400	\$18,900
5	公斤級蒸汽爆裂前處理條件測試	3kg 乾重生質原料以 20L 蒸汽爆裂設備測試一組條件	\$16,800	\$16,000	\$13,500
6	噸級前處理條件測試	500kg 乾重生質原料以噸級前處理系統測試一組條件	\$33,600	\$32,000	\$27,000
7	公斤級纖維素水解酵素測試	以公斤級水解槽測試纖維酵素之水解效能	\$77,280	\$73,600	\$62,100
8	噸級纖維素水解酵素測試	以噸級水解槽測試纖維酵素之水解效能	\$114,240	\$108,800	\$91,800
9	公斤級共發酵菌測試	以公斤級發酵槽測試五碳六碳共發酵菌效能	\$84,000	\$80,000	\$67,500
10	噸級共發酵菌測試	以噸級發酵槽測試五碳六碳共發酵菌效能	\$114,240	\$108,800	\$91,800
11	噸級渣料水解及發酵測試	以噸級水解發酵槽測試前處理渣料之反應性	\$134,400	\$128,000	\$108,000
12	5L 水解液可發酵性測試	以 5L 發酵槽測試水解液之發酵性	\$84,000	\$80,000	\$67,500
13	噸級水解液可發酵性測試	以噸級發酵槽測試水解液之發酵性	\$104,160	\$99,200	\$83,700
14	5L 纖維素水解酵素生產測試	以 5L 發酵槽進行纖維酵素之生產測試	\$60,480	\$57,600	\$48,600
15	1kL 纖維素水	以 1kL 發酵槽進行纖維酵素之生產	\$94,080	\$89,600	\$75,600

	解酵素生產測試	測試			
16	酵素活性分析	分析纖維酵素之活性	\$10,080	\$9,600	\$8,100

- 為協助國內纖維酒精相關研究之進行，本計畫至 102 年度 10 月為止，已陸續提供 3000 公升以上的木糖水解液及蒸餾塔底廢液、15 噸的前處理渣料、酵素水解後濾餅及廢水處理後污泥、15 公升酒精成品等運轉測試產物予國內 33 個產學研單位，進行纖維料源潛力測試、纖維酒精生化製程技術開發與廢棄物再利用之研究，期能據此拓展纖維酒精製程之副產品開發方向，提升纖維酒精整廠經營之競爭力。
- 本計畫於 102 年度持續提供符合 CNS15109 規範之燃料級纖維酒精給核研所內公務車摻配 E3 酒精汽油使用，目前在長期使用下，使用酒精汽油車輛之性能皆保持正常，對於國內推動酒精汽油應具有相當正面的指標意義。

六、其它效益(科技政策管理及其它)(權重 5%)

- 運用研究成果之影響力，與國內生質能相關單位合作舉辦研討會議

- (1) 2013 核研所及中油綠能所生質能源研討會，核研所及中油綠能所共同舉辦（中華民國 102 年 1 月）

本研討會係核研所與中油綠能所相互交流近期於生質能源技術之研發成果的研討會議，此不僅有助於中油公司綠能所更進一步了解核研所於纖維酒精之研發成果，亦為後續雙方共同合作及建立相互交流機制奠定重要的基礎，期能據此共同協助國內扶植生質能源產業之發展。

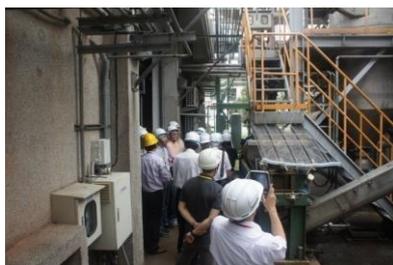


2013 核研所及中油綠能所生質能源研討會論文集

- (2) 生質塑膠之發展與應用研討會，核研所與生質材料產業化聯誼會、工研院材化所共同舉辦

(中華民國 102 年 5 月)。

本研討會係核研所與國內具代表性之生質材料產業單位共同舉辦之研討會議，此不僅串聯上游料源生產、中游製程研發及下游材料開發等生質材料產業鏈及技術研發鏈的相關單位，共同研討國內生質塑膠之發展方向外，本次亦特別導入纖維料源應用於生質燃料及生質化學品生產之發展趨勢與重要性，同時推廣核研所纖維酒精測試廠作為國內產業測試及驗證生質精煉技術之大型測試平台，藉以建立產研合作之管道與契機。



2. 受邀參加 2012 年能源局召開適合台灣栽培之建議能源作物討論會議，並受委託根據長期投入纖維酒精研究經驗，提供國內種植能源作物種類之建議。本次會議中本計畫出席人員已與參與單位達成共識，國內最適宜種植之能源作物為可用於生產生質乙醇的甘蔗，後續並擬委由農委會評估示範種植及應用計畫推動的可能性，若能順利進行，相信對於國內推動纖維酒精產業及擬定其政策應有重要啟發
3. 配合塑膠中心產品驗證組接受標檢局委託之纖維酒精產品規格制定計畫，本計畫除提供技術服務，製備塑膠中心所需之纖維酒精製程半成品及成品，以便進行規格制定研究外，亦將委託核研所提供相關製程簡介之短片，作為其進行產業化推廣的輔助材料，其有助於國內制定纖維酒精半成品及成品之規範，作為後續產業化及商轉推廣之依據。
4. 透過台澳合作協定，與澳洲 Microbiogen 公司針對纖維酒精技術進行國際合作，其中先期合作項目係由核研所提供前處理稻渣，澳洲 Microbiogen 公司再以其專利菌株進行酵素水解及發酵測試。目前該公司已完成測試，其結果顯示每克葡萄糖可產出酒精 0.47 克，生產率為 2.03 克酒精/L-h，略低於本計畫自行開發之酵母菌株的效能，後續將再評估下一步合作之方向。

伍、本年計畫經費與人力執行情形

一、計畫經費執行情形：(以下列表格表達)

(一)計畫結構與經費

單位：千元

細部計畫 (分支計畫)		研究計畫 (分項計畫)		主持人	執行機關	備註
名稱	經費(千元)	名稱	經費(千元)			
纖維酒精量 產技術研發	39,328			黃文松	核能研究所	
		1.噸級測試 設施量產 技術開發	23,997	邱垂煥	核能研究所	
		2.纖維酒精 製程技術 研發	15,331	郭家倫	核能研究所	

(二)經資門經費表

102 年度：

單位：千元

項目 會計科目	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					業務費流出 2,224 千元至設 備費
1.人事費					
2.業務費	28,206,000 (26,106,696)		26,106,696 (25,328,236)	65.4% 97.02%	
3.差旅費					
4.管理費					
5.營業稅					
小計	28,206,000 (26,106,696)		26,106,696 (25,328,236)	65.4% 97.02%	

二、資本支出					由業務費流入 2,224 千元
1.設備費		11,122,000 (13,221,304)		13,221,304 (11,331,304)	34.6% (85.70%)
小計		11,122,000 (13,221,304)		13,221,304 (11,331,304)	34.6% (85.70%)
合 計	金額	39,328,000 (39,328,000)		39,328,000 (36,659,540)	100 % (93.21%)
	占總經費% =分配數÷預算數 (執行率=執行數 ÷分配數)	100 %		93.21%	差額 778,460 (主計總處收回) 本年度留用 1,980,000 元 實際占總經費 100%

102 年度計畫執行數與預算數差異說明：

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)：

總期程累計(99~102 年)：

No.	年度	儀器設備名稱	支出金額
1	102	全自動滅菌 250L 饋料槽及入料控制系統	1,520,000
2		100L 全自動原位滅菌發酵槽	2,700,000
3		酸解前處理進料系統精進及可放大之關鍵設備製作安裝	5,150,000
		總計	9,370,000
1	101	酵母菌用之冷凍乾燥機	1,056,000
2		前處理高壓蒸汽爆裂廢氣處理設備增建與安裝	1,750,000
3		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
			4,049,620
	100	無	
	99	無	
	合計		13,419,620

(四)計畫人力

職級說明：

1. **研究員級**：研究員、教授、主治醫師、簡任技正、若非以上職稱則相當於博士滿三年、或碩士滿六年、或學士滿九年之研究經驗者。

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

年度	執行情形	總人力 (人年)	研究員級	副研究員級	助理研究員級	助理
99 年度	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
100 年度	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
101 年度	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
102 年度	原訂	30	4.1	3.6	14.3	8
	實際	30	4.1	3.6	14.3	8
	差異	0	0	0	0	0
總 期 程 累 計 (99~102 年)	原訂	140	9.2	35	45.8	50
	實際	135.6	9.2	33	43.8	49.6
	差異	4.4	0	2	2	0.4

與原核定計畫差異說明：

無

(五)中綱計畫執行期間累計主要人力(副研究員級以上)投入情形

說明：請填副研究員級以上人力。

中綱計畫執行期間累計：

總期程累計(99~102 年)：

99 年

年度	姓名	計畫職稱	投入主要工作 及人月數	學、經歷及專長	
99	王○寶	主持人	12 人月	學 歷	碩士

			總計畫督導與執行	經歷	研究員
				專長	【23】【化學工程】
99	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】
99	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】
99	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】
99	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】
99	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】
99	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】
99	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】
99	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】
99	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】
99	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】
99	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】
99	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】
--	--	--	--	----	------------

與原計畫規劃差異說明：

本計畫規劃全年應投入 40 人年，實際投入 39 人年，與原規劃之人力相當，人力差異 1 人年為配合核研所相關計畫人力調整之故。

100 人力

年度	姓名	計畫職稱	投入主要工作及人月數	學、經歷及專長	
100	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】
100	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】
100	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】
100	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】
100	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	陳○泉	副研究員	6 人月 計畫管理	學歷	碩士
				經歷	副研究員
				專長	【12】【化學】
100	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】
100	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】
100	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】
100	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】
100	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】

100	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】
100	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】
100	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】

與原計畫規劃差異說明：

本年度預定投入 40 人年，實際投入 37 人年，與原規劃人力差異 3 人年。其原因與因應方式為：

1. 本年度 5 位研究人員離職，10 月補進 1 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。

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	
101	黃○松	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	【29】【醫學工程】
101	邱○煥	分項主持人	12 人月 分項計畫督導與執行	學歷	博士
				經歷	研究員
				專長	【23】【化學工程】
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	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

年度	姓名	計畫職稱	投入主要工作及人月數	學、經歷及專長	
				專長	學、經歷
				專長	【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】
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	王○民	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】

與原計畫規劃差異說明：

無

102 年度主要人力

年度	姓名	計畫職稱	投入主要工作及人月數	學、經歷及專長	
				專長	學、經歷
102	黃○松	主持人	6人月 子項計畫督導與執行	學歷	碩士
				經歷	研究員
				專長	【29】【醫學工程】
102	邱○煥	分項主持人	6人月 分項計畫督導與執行	學歷	博士
				經歷	副研究員
				專長	【23】【化學工程】
102	郭○倫	分項主持人	10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】
102	李○生	研究員	11人月	學歷	博士

			計畫管理顧問及資訊收集	經歷	研究員
				專長	【2H】【礦冶類工程】
102	門○中	研究員	2人月 整廠整合研究督導 與執行	學歷	博士
				經歷	研究員
				專長	【12】【化學】
102	王○輝	副工程師	6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】
102	王○民	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】
102	魏○洲	副研究員	6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】
102	陳○華	副工程師	6人月 前處理技術開發	學歷	博士
				經歷	工程師
				專長	【23】【化學工程】
102	郭○正	副研發師	5人月 菌株發酵研究	學歷	博士
				經歷	助理工程師
				專長	【6L】【生物技術】
102	詹○峰	副研發師	5人月 菌株發酵研究	學歷	博士
				經歷	助理工程師
				專長	【23】【化學工程】
102	張○明	工程師	9人月 程序整合研究	學歷	博士
				經歷	工程師
				專長	【23】【化學工程】

與原計畫規劃差異說明：

無

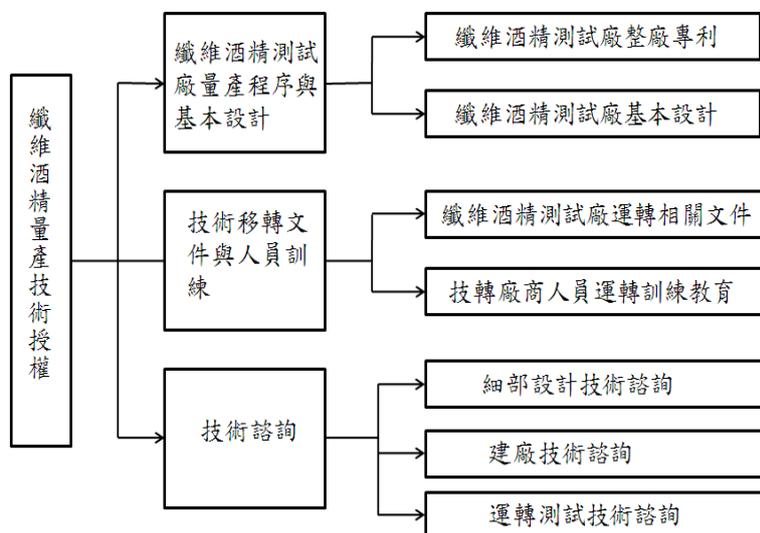
陸、本計畫可能產生專利智財或可移轉之潛力技術 (knowhow) 說明

目前本計畫可移轉之潛力技術主要有纖維酒精量產技術及個別技術等兩類，茲分別說明如下：

一、纖維酒精量產技術授權

本計畫規劃之纖維酒精量產技術授權內容如下圖，除了有技轉文件、人員訓練及建廠/運轉測試之技術諮詢外，其主要授權內容包括：

1. 前處理技術 (含相關前處理技術之專利)
2. 酵素水解及發酵技術(含相關水解及發酵技術之專利)
3. 發酵菌株 (含相關 SSF 製程菌株或 SSCF 共發酵菌株之專利)
4. 纖維酒精驗證廠整廠基本設計(技術授權內容選項，驗證廠規模依廠商需求而定)
5. 其他可提供之技術文件，預定 102 年 12 月底可提供 (主要包括稻稈酒精量產製程驗證測試報告、蔗渣酒精量產製程驗證測試報告、木片酒精量產製程驗證測試報告、纖維酒精製程概念設計說明書、纖維酒精廠經濟效益評估研究報告及技術授權合約書及服務計畫書)



本計畫纖維酒精量產技術授權規劃

另一方面，現階段除了蔗渣及稻稈係定義為已測試料源外，本計畫規劃對於非已測試範圍料之源，在進行上述技術授權時，需在技術授權內容中需額外增加非已測試料源之程序開

發及最佳參數評估的技術服務，其整體測試範疇將從原料組成分析延伸至噸級廠量產製程建立，其主要技術服務項目明細如下表所示。

測試規模	非已測試料源增加技服項目
實驗室級測試	料源組成分析
	公斤級蒸氣爆裂前處理條件最適化設計
	水解發酵測試（操作條件最適化）
公斤級批次進料	噸級蒸氣爆裂前處理條件測試
	5L及100L纖維素水解發酵測試（操作條件最適化）
噸級廠運轉	噸級蒸氣爆裂前處理條件最適化設計
	噸級渣料水解及發酵測試
	噸級共發酵菌測試
	噸級整廠程序效能測試及質能平衡相關數據量測
	系統穩定運轉再現性測試

二、個別技術移轉

為因應後續技術移轉之需求，目前已進行可技轉技術之盤點，初步彙整之可技轉技術的特色、優勢與推廣規劃如下表，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。102 年度已針對以下五項技術類別，再另行提出東南亞國家之專利申請案，以擴大其推廣範圍。

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	<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 60 g/L 高木糖溶液達國際領先水準(一般 30-40 g/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

技術項目	技術特色與優勢	推廣規劃
連續式前處理程序與設備	<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
同步糖化發酵反應裝置	<ol style="list-style-type: none"> 1.操作固含量提高至 30% 以上，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) 	<ol style="list-style-type: none"> 1.推廣地區無特別限制 2.潛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	<ol style="list-style-type: none"> 1.酵素誘導成本降低，但粗酵素活性可達 10 FPU/mL(國際文獻最高達 12 FPU/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.誘導原料來源可與纖維酒精廠之料源供給整合 	<ol style="list-style-type: none"> 1.建議中國大陸及亞洲地區優先推廣 2.建議隨整廠技轉(主要用途為生產纖維酒精)
基因重組共發酵菌株	<ol style="list-style-type: none"> 1.木糖利用速率達 1 g/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 2-5 g/L) 	<ol style="list-style-type: none"> 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

(執行中的合作情形以及未來之合作計畫，若有國際合作關係也請說明。)

本年度配合之相關計畫主要包括：

- 一、配合台北市正在執行之 2016 年世界設計之都申辦計畫中的 17 個重點計畫之一-102 年度「全回收城市計畫-回收堆肥廚餘轉化生質酒精再利用先期試辦作業」需求，目前北市環保局內湖焚化廠委託本所運用既有之纖維酒精核心技術，協助其建立廚餘轉化

- 酒精製程及在內湖焚化廠區內建立公斤級廚餘轉化酒精製程平台進行試運轉，作為後續建置廚餘酒精廠之評估基礎。
- 二、目前已根據噸級廠測試運轉結果，提出纖維酒精商轉概念廠之初步的設計資料，委由台經院依與木材廠共構或於蔗糖廠內一、二代酒精廠共構等情境，就纖維酒精建廠成本、操作成本及酒精出廠價格等因素，分析建廠經濟之可行性效益。同時提出成本效益、外部效益，並進行風險敏感度分析。這些研究將做為纖維酒精產業應用與推廣的資訊。
 - 三、配合塑膠中心產品驗證組執行經濟部標檢局之生質酒精產製過程及檢驗方法研究，本計畫已提供纖維酒精製程之半成品及成品，供塑膠中心進行檢驗分析，做為訂定有關纖維酒精製程之半成品及成品的檢驗規格，後續亦將於塑膠中心舉辦之纖維酒精技術推廣會發表成果報告。

捌、 後續工作構想之重點

- 一、因應後續與產業單位合作建廠之需求，本計畫已針對東南亞地區之木材剩餘物轉化酒精潛力進行先期評估研究，並規劃於噸級測試廠應用前，先進行木片前處理可行性之測試，分為先期測試及運轉測試。其中，先期測試係(1)噸級廠打碎機測試 (2)以自製模擬噸級之臥式輸送攪拌小型壓克力反應器，進行打碎木片輸送測試，確認輸送木片可行性 (3) 真空抽送測試。目前本計畫已完成先期測試評估，顯示噸級測試廠前處理設施確實可應用於木片料源之輸送，後續將開始以前處理設施進行效能測試研究。
- 二、本計畫將持續改良及篩選效能更佳之共發酵菌株，後續將以高抑制物濃度水解液(大於 3g/L furfural)進行連續批次菌株馴化，以提高菌株對高濃度抑制物之耐受力。另將持續以馴化方式提高菌株在高抑制物濃度水解液之發酵溫度，增強菌株在高溫狀態之耐受能力，如此可提高在後續同步水解及共發酵(SSCF)程序之酵素水解溫度，增加酵素水解效率，以提升酒精產率。
- 三、目前完成每日 30 噸稻稈進料之纖維酒精驗證廠製程概念設計，目前亦正與徵選之工程顧問公司合作建立整廠基本設計方案及效益分析，主要工作包括設計繪製程序流程圖(PFD)、管線儀控圖(P&ID)、公用系統流程圖與廠區設備配置圖，建立整廠設備、儀表、管線及閥件等規範清單與監控、電力設備規格書，以及設計廠房建築與週邊設施，並據以估算整廠之建置與運轉成本，進而可評估此驗證廠生產稻稈纖維酒精之經濟及能源效

益，預期年底將可順利完成。

- 四、有關產業合作與技轉展示部份，除了繼續執行台北市環保局委託之廚餘轉化酒精計畫，主要將依據與產業單位之合作協議，安排於噸級廠進行木材剩餘物轉化酒精之運轉測試，以確認該木材剩餘物轉化酒精之量產最適操作參數，同時讓該公司人員實地了解其運轉操作情形，搭配前述進行之驗證廠基本設計及效益分析資訊，並同步進行技術授權之簽署作業。

玖、 檢討與展望

- 一、以推動纖維酒精產業發展及建立具成本競爭力之纖維酒精量產能力為優先:由於國內已有業界有意願投資設廠，在生質酒精汽油政策研議期間，生質酒精亦可先行轉作生質化學品之應用，無去化市場問題且同樣可展現減碳效益。因此應可先建立「製造端」與「應用端」的鏈結，再導入「國內料源供應鏈」，亦即藉由海外料源輸入或技術輸出海外設廠的策略，先行扶植纖維酒精產業建立，以擺脫國內料源優先的限制，再進一步促成相關政策之制訂與推動利基，帶動週邊產業發展
- 二、纖維酒精技術之研發已進入商轉前階段:現階段纖維酒精產業化關鍵議題與因應對策彙整如下表所示，顯示其關鍵技術與瓶頸皆已能克服，並有因應策略，其中，推動與既有產業共構模式建立纖維酒精廠，為優先建議推動產業化發展之策略。
- 三、後續工程化放大技術為技術產業化之發展瓶頸: 纖維酒精技術產業化歷程與對應之技術瓶頸如下圖，目前日進料規模可達 100 噸以上之前處理技術方能符合纖維酒精商轉廠之需求，而大型水解槽之工程設計、發酵菌株於發酵規模放大後之穩健性亦為後續重要的研發項目，因此建議後續應朝纖維酒精工程放大技術積極研發，協助產業跨越技術產業化之死亡之谷，建立具指標性之纖維酒精商轉廠。
- 四、後續纖維酒精產業化之技術指標: 展望後續纖維酒精技術若能持續精進及建立其工程放大技術，纖維酒精於海外地區之生產成本可望達 20NT\$/L，國內採蔗渣及蔗汁共構之生產成本可達 24NT\$/L，兩者推廣於國內市場皆已具有市場競爭力。

纖維酒精產業化關鍵議題與因應對策

項目	評估分析	因應策略
料源	<ul style="list-style-type: none"> 料源成本建議在<u>2500NT\$/ton以下</u> 目前料源成本<u>1000NT\$/ton以下</u>已具競爭力 	<ul style="list-style-type: none"> 推動與既有<u>產業共構方式</u>(如合板廠、第一代生質醇類廠、造紙廠等)設置生質纖維醇類商轉廠 於料源低廉海外地區設置生產基地，<u>先建立「製造端」與「應用端」的鏈結，再導入「國內供應鏈」</u>，以具成本競爭力之纖維酒精技術，促成國內政策之制訂與推動，帶動產業發展
前處理	<ul style="list-style-type: none"> 現階段僅<u>酸水解法及氣水法</u>進入商轉前規模，設備工程放大為關鍵議題 核研所已建立可工程放大至<u>進料量30ton/d</u>的前處理技術 	<ul style="list-style-type: none"> 進料量<u>100ton/d以上</u>之前處理設備為後續工程放大研發重點(商轉廠需求) 透過產研合作模式，尋求<u>機械設備廠商</u>共同合作開發(研發工作移至能專計畫)
酵素	<ul style="list-style-type: none"> 國際酵素成本降低至<u>0.5~1.0\$/gal(4.3~8.6NT\$/L)</u>，已具商業應用潛力 核研所自行生產酵素成本達<u>8.4NT\$/L</u>，成本具誘因，但<u>酵素活性組成及工程放大</u>生產技術待精進 	<ul style="list-style-type: none"> 為避免市場壟斷，開發酵素自主生產能力仍有其需求，建議朝<u>on-site production之酵素生產</u>技術發展，以力求與國際大型酵素公司發展策略有所區隔 近期採<u>國外引進及國內研發</u>並行之策略： <ul style="list-style-type: none"> =>國外引進:核研所持續與知名酵素公司Novozymes、DuPont-Genencor簽署合作協議，營造更為有利談判空間 =>國內研發:<u>導引產業投入酵素生產事業</u>，搭配學術界酵素菌株研發成果及核研所測試平台，健全酵素研究價值鏈
菌株	<ul style="list-style-type: none"> 核研所<u>SSF程序之C6發酵菌株</u>已具商轉廠應用潛力，發酵菌株穩健性為商轉廠應用之關鍵議題 前瞻<u>SSCF程序</u>之共發酵菌仍為國際中程研發趨勢，核研所<u>第三代共發酵菌Y600</u>亦具商轉應用潛力，但仍有精進空間 	<ul style="list-style-type: none"> 開始推廣技術授權，因應商轉廠環境馴化篩選具特定耐受力菌株 共發酵菌之木糖轉化酒精速率再提升1.5倍，<u>縮短SSCF製程發酵時間</u>



纖維酒精技術產業化歷程與對應之技術瓶頸

填表人： 黃文松 聯絡電話： 03-4711400 轉 5002 傳真電話： 03-4713490

E-mail： wshwang @iner.gov.tw

主管或主持人簽名：

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

績效屬性	績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
就學甲 (科技基礎研究)	1. 論文 投稿 SCI 期刊 4 篇。	<ul style="list-style-type: none"> 國外 SCI、EI 期刊：，接受 4 篇，合計 4 篇。 國外會議:2 篇。 	<ul style="list-style-type: none"> 投稿 Bioresource Technology 等知名期刊並通過審查刊登，可增加國際能見度 國外期刊亦請本計畫人員審查國際論文，顯示本計畫相關研究成果值得肯定 	論文發表內容係關於 2,3-丁二醇生產菌株研究，國外相關研究較少，具指標意義
	2. 研究團隊養成 成立研究團隊共 2 件。	與中研院、台經院、輔英科大、遠東新世紀公司、中油公司、台糖公司、林試所等成立研究團隊共 7 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及建立未來技術移轉管道	與中油簽訂合作協議，建立雙方交流機制
	3. 博碩士培育 培育碩士研究生數量 2 人。	培育碩士研究生 2 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)
	4. 研究報告 完成會議論文 10 篇。	完成研究報告 15 篇。	有助於技術經驗傳承及掌握後續發展方向	

乙 技術創新 (科技整合創新)	8 專利 申請國內或國外之專利 6 件	<ul style="list-style-type: none"> 獲得國內專利 6 件。 獲得國外專利 3 件。 共計獲得 9 篇 <ul style="list-style-type: none"> 申請國內 2 篇國外 11 篇。 共計申請 13 篇	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)
	8.1 申請	申請之專利(件數) 國內 2 件 國外 11 件	同上	
	8.2 獲得	獲得之專利(件數)9 國內 6 件 國外 3 件	同上	
	9 技術報告 完成技術報告 15 篇。	完成技術報告 16 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
	10 技術活動舉辦之技術研討會或展示會 4 場。	<ul style="list-style-type: none"> 舉辦國內技術研討會 1 場,發表會議論文 2 篇 參加所內技術研討會 2 場 來所參訪共 42 個單位計 1338 人 	參與國內外知名單位及所內舉辦之研討會或推廣會,討論纖維酒精技術現況,促進技術提昇與增加能見度;另開發噸級廠參訪,有助於生質能源教育推廣。	
	12 技術服務 1 件	技術服務 金額達 680 萬元。	接受北市環保局內湖焚化廠委託,提供有關廚餘酒精技術測試之技術服務	
	18 促成與學界或產業團體合作研究 2 件	逢甲大學及台灣經濟研究院合作共計 2 件	協助進行發酵菌株精進及建場經濟效益分析之研究,有助於建立技術授權之計價依據	
	19 增加就業	2 人數	提供物料給國內 2 所大學及 4 家產業。	

附件二：GRB 佐證資料表

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

一、學術成就表(1)

年度	計畫名稱	中文題名	英文題名	第一作者	其他作者	發表年度	論文出處	文獻類別代碼	重要期刊資料庫簡稱	SCI impact factor	引用情形代碼	獲獎情形代碼	獎項名稱
						採西元年 如： 2005	期刊名稱，卷期，頁 如：科學發展月刊，409 期，頁 6-15	a 表國內一般期刊 b 表國內重要期刊 c 表國外一般期刊 d 表國外重要期刊 e 表國內研討會 f 表國際研討會 g 著作專書	例如： SCI、 SSCI、 EI、AHCI、 TSSCI		Y1:被 論文 引用 Y2:被 專利 引用 N:否	Y:有獲 獎 N:否	
102	纖維酒精量產		Evolutionary adaptation of recombinant yeast for improved			2013	1754-6834, Biotechnology for	d 表國外重要	SCI	5.55	否	否	

	技術研發		xylose utilization.				Biofuels	期刊					
102	纖維酒精量產技術研發		Evaluation of lactic acid production in the simultaneous saccharification and fermentation with whole slurry from rice straw with dilute sulphuric acid pretreatment by Lactobacillus plantarum			2013	0168-1656, JOURNAL OF BIOTECHNOLOGY	d 表國外重要期刊	SCI	3.18	否	否	
102	纖維酒精量產技術研發		Recycling lignocellulosic material from enzymatic hydrolysis as biomaterial for bioethanol production			2013	Recycling lignocellulosic material from enzymatic hydrolysis as biomaterial for bioethanol production	d 表國外重要期刊	SCI	4.98	否	否	
102	纖維酒精量產技術研發		The assessment of water footprint for second-generation bio-ethanol 第二代生質酒精的水足跡評估			2013	0097-8078, Water Resources	d 表國外重要期刊	SCI	3.5	否	否	
102	纖維酒精		Improvement of			2013	35th Symposium	表國際					

	精量產 技術研 發		the genetic stability of the recombinant xylose-fermenting yeast by adaptation				on Biotechnology for Fuels and Chemicals, Portland, USA (April 29 – May 2, 2013)	研討會					
102	纖維酒 精量產 技術研 發		Preliminary recommendations on the development of bioenergy in Taiwan, 2013 International Conference on Earth Observations and Societal Impacts			2013	3 rd International Conference on Earth Observations and Societal Impacts (ICEO&SI 2013), Tainan, Taiwan (June 23-25)	表國際 研討會					
	共 6 篇												

註 1：請填國內或國外期刊論文、國內或國外研討會論文

二、培育人才表(3) (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	所屬執行計畫名稱 (專題研究計畫)	連絡地址	電話	E-MAIL	已畢業博碩士	服務機構名稱	備註
102	纖維酒精量產技術研發	卓○達	b 碩士	b 培訓	逢甲大學/化學工程系				碩士班一年級	碩士班一年級	
102	纖維酒精量產技術研發	卓○達	b 碩士	b 培訓	逢甲大學/化學工程系				碩士班一年級	碩士班一年級	

三、智財資料表(8)

			a 發 明 專 利 b 新 型 新 式 樣 c 商 標 d 著 作 智 財	a 中華 民 國 b 美國 c 歐洲 d 其他 b (填國家 名稱)					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 移 轉				
--	--	--	---	---	--	--	--	--	----------------------------	--------------------	--	--	--	--	--

年 度	計畫名稱	專利名稱	專 利 類 別 代 碼	授 予 國 家 代 碼	申 請 日 期	獲 准 日 期	證 書 號 碼	發 明 人	專 利 權 人	有 效 期 間 (起)	有 效 期 間 (迄)	屬 性	申 請 人	應 用 對 象	移 轉 權 利 金 (仟 元)	備 註
102	纖維酒精 量產技術 研發	一種提高微藻生長效 能之方法	a 發 明	B 美國	102.07.2 2	B 申請中	13/868,639		核能研究所			a 申 請	周 ○ 烜			
102	纖維酒精 量產技術 研發	一種未去毒性纖維原 料水解液生產木糖醇 的方法	a 發 明	B 美國	102.03.0 1	B 申請中	13/782,152		核能研究所			a 申 請	黃 ○ 芳			
102	纖維酒精 量產技術 研發	一種纖維乳酸發酵液 快速酯化之分離純化 方法	a 發 明	a 中華民國	102.10.3 1	B 申請中	102139477		核能研究所			a 申 請	王 ○ 民			
102	纖維酒精 量產技術 研發	利用饋料及共培養對 纖維酵素的誘導方法	a 發 明	a 中華民國	102.10.3 1	B 申請中	102139476		核能研究所			a 申 請	王 ○ 安			
102	纖維酒精 量產技術 研發	連續處理纖維原料之 裝置 泰國發明 (陳文 華)	a 發 明	D 其他 (泰國)	2013/9/ 26	B 申請中	130100544 4		核能研究所			a 申 請	陳 ○ 華			
102	纖維酒精 量產技術 研發	由氣流中分離粘性物 體之旋風分離裝 置 泰國發明 (陳文 華)	a 發 明	D 其他 (泰國)	2013/9/ 26	B 申請中	130100544 5		核能研究所			a 申 請	陳 ○ 華			
102	纖維酒精 量產技術 研發	微細粉體氣力輸送裝 置 泰國發明 (陳文 華)	a 發 明	D 其他 (泰國)	2013/9/ 26	B 申請中	130100544 6		核能研究所			a 申 請	陳 ○ 華			
102	纖維酒精 量產技術 研發	微細粉體氣力輸送裝 置 印尼發明 (陳文 華)	a 發 明	D 其他 (印尼)	2013/9/ 17	B 申請中	P00201300 773		核能研究所			a 申 請	陳 ○ 華			
102	纖維酒精 量產技術	微細粉體氣力輸送裝 置 馬來西亞發明	a 發 明	D 其他 (馬來西)	2013/10 /7	B 申請中	PI 201300366		核能研究所			a 申 請	陳 ○			

	研發	(陳文華)	明	亞)			9					請	華			
102	纖維酒精 量產技術 研發	提升纖維水解液木糖 發酵轉化率之方法	A 發明	a 中華民國	98.10.2 2	101.11.11	發明第 I376419 號		核能研究所	2012/11/ 11	2029/10/21	b 獲 證	林 ○ 翔			
102	纖維酒精 量產技術 研發	提升纖維素轉化酒精 效率之方法	A 發明	a 中華民國	98.10.1 2	102-02-01	發明第 I384074 號		核能研究所	2013-02- 01	2029-10-29	b 獲 證	黃 ○ 彰			
102	纖維酒精 量產技術 研發	纖維原料活塞式壓差 進料裝置	A 發明	a 中華民國	99.06.1 7	102.04.11	發明第 I392544 號		核能研究所	102.04.1 1	119.06.16	b 獲 證	陳 ○ 華			
102	纖維酒精 量產技術 研發	一種未去毒性纖維原 料水解液生產木糖醇 的方法	A 發明	B 美國	99.05.0 7	102.04.02	US8,409,8 35B2		核能研究所	102.04.0 2	119.05.07	b 獲 證	黃 ○ 芳			
102	纖維酒精 量產技術 研發	提升纖維水解液生產 五碳糖醇之酵母菌培 養方法	A 發明 專利	a 中華民國	98.10.2 0	102.01.28	發明第 I382092 號		核能研究所	2013-01- 11	2029-10-29	b 獲 證	黃 ○ 芳			
102	纖維酒精 量產技術 研發	一種提升酒精溶液脫 水效率之方法	A 發明	a 中華民國	99.09.3 0	102.07.15	發明第 I397519 號		核能研究所	102.06.0 1	119.09.29	b 獲 證	蔡 ○ 諺			
102	纖維酒精 量產技術 研發	未去毒性纖維原料水 解液之木糖發酵方法	A 發明	a 中華民國	97.06.0 5	102.08.21	發明第 I405852 號		核能研究所	102.08.2 1	117.08.20	b 獲 證	黃 ○ 芳			
102	纖維酒精 量產技術 研發	一種纖維素水解酵素 及其基因	A 發明	B 美國	99.10.0 6	102.08.27	US8,518,68 7B2		核能研究所	102.08.27	121.03.20	b 獲 證	許 ○ 傑			
102	纖維酒精 量產技術 研發	稻稈纖維水解質酵素 之生產方法	A 發明	a 中華民國	98.10.3 0	102.09.11	發明第 I408231 號		核能研究所	102.09.11	118.10.29	b 獲 證	周 ○ 忻			

四、技術報告表(9)

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			
102	纖維酒精量產技術研發	纖維原料水解液高效率發酵 菌株之研究		2013	56	核能研究所	1
102	纖維酒精量產技術研發	新穎性纖維酒精技術及其量 產廠成本效益評估		2013	45	核能研究所	2
102	纖維酒精量產技術研發	赴大陸及日本參訪纖維酒精 研發機構與產業實驗室		2013	48	核能研究所	3
102	纖維酒精量產技術研發	酵母菌乾燥條件最適化之探 討		2013	22	核能研究所	4
102	纖維酒精量產技術研發	農畜廢棄物生質沼氣技術之 回顧與研究策略芻議		2013	51	核能研究所	5
102	纖維酒精量產技術研發	纖維酒精量產技術研發 (3/4) 101 年度成果效益報告		2013	107	核能研究所	6
102	纖維酒精量產技術研發	2013 核研所與中油綠能所生 質能技術研討會		2013	119	核能研究所	7
102	纖維酒精量產技術研發	瓶杯規模之廚餘轉化酒精潛 力測試成果報告		2013	49	核能研究所	8
102	纖維酒精量產技術研發	潛力菌株篩選之標準作業程 序書		2013	28	核能研究所	9

102	纖維酒精量產技術研發	纖維酒精驗證廠之質量平衡模式與設計基準		2013	20	核能研究所	10
102	纖維酒精量產技術研發	共醱酵母菌株之培養基質最適化篩選		2013	24	核能研究所	11
102	纖維酒精量產技術研發	參加第七屆「2012 生質聚合物研討會」(Biopolymer 2012 Symposium)及生質塑膠添加物專題研討會(Workshop of Additives for Bioplastics)公差報告		2013	65	核能研究所	12
102	纖維酒精量產技術研發	乳酸製程成本最適化及建構 D 型-乳酸重組菌株		2013	17	核能研究所	13
102	纖維酒精量產技術研發	乳酸甲酯分析方法建立及其應用於模擬發酵液蒸餾之研究		2013	18	核能研究所	14
102	纖維酒精量產技術研發	纖維酒精驗證廠製程規劃設計說明		2013	66	核能研究所	15
102	纖維酒精量產技術研發	纖維酒精驗證廠儀錶及管線設計簡介		2013	40	核能研究所	16
102	纖維酒精量產技術研發	生質乳酸發酵液之沉澱分離純化方法		2013	13	核能研究所	17
102	纖維酒精量產技術研發	參加第 35 屆 SBFC (Symposium on Biotechnology for Fuels and		2013	31	核能研究所	18

		Chemicals) 研討會公出報告					
102	纖維酒精量產技術研發	乳酸酯化蒸餾之研究		2013	20	核能研究所	19
102	纖維酒精量產技術研發	水解發酵槽模擬研究		2013	37	核能研究所	20
102	纖維酒精量產技術研發	生質化學品中糖分濃縮之薄膜技術		2013	20	核能研究所	21
102	纖維酒精量產技術研發	纖維酒精產製成本分析		2013	39	核能研究所	22
102	纖維酒精量產技術研發	生物法產製 2,3-丁二醇技術 文獻回顧與評析		2013	22	核能研究所	23
102	纖維酒精量產技術研發	利用菌株轉化琥珀酸之研發 策略		2013	17	核能研究所	24
102	纖維酒精量產技術研發	廚餘蒸餾酒精中共存雜質分 析方法建立		2013	17	核能研究所	25
102	纖維酒精量產技術研發	纖維原料水解液高效率發酵 菌株之研究及程序開發		2013	58	核能研究所	26
102	纖維酒精量產技術研發	第一與第二代纖維酒精之推 動策略與總體效益影響評估		2013	33	核能研究所	27
102	纖維酒精量產技術研發	赴日本東北大學量子科學及 能源工程系研習微膠囊分離 貴重金屬技術		2013	45	核能研究所	28
102	纖維酒精量產技術研發	參加第 3 屆 Bio Convention in China(2013 Bio 中國生物產		2013	55	核能研究所	29

		業大會)								
	共 29 篇									

五、技術移轉表(11)

年度	計畫名稱	技術名稱	類別代碼	授權單位	被授權廠商或機構	權利金(千元)			採西元年月 如：2005/01	採西元年月 如：2005/01	移轉年度	國內/國外	備註
						先期技術授權金	技術移轉授權金	合計					
			a 先期技術移轉 b 軟體授權 c 技術移轉 d 新技術/新品種 引進數										

六、廠商投資表(14)

					a 研發投資 b 生產投資						
--	--	--	--	--	------------------	--	--	--	--	--	--

年度	計畫名稱	廠商名稱	廠商統一編號	廠商地址	投資類別代碼	投資金額 (千元)	產品名稱	產值(千元)	移轉年度	備註

