

政府科技計畫成果效益報告

計畫名稱：纖維酒精產業推廣平台及加值化生質精煉技術之研發(1/4)

分項/子項

性質：

☒ 研究型

☐ 非研究型(人才培育、國際合作、法規訂定、產業輔導及推動)

主管機關：行政院原子能委員會

執行單位：行政院原子能委員會核能研究所

第二部分：能源國家型科技計畫年度成果效益報告

壹、基本資料：

計畫名稱：纖維酒精產業推廣平台及加值化生質精煉技術之研發(1/4)

主持人：邱○煥

計畫編號：103-2001-02-癸-07

計畫期間(全程)：103 年 01 月 01 日 至 106 年 12 月 31 日

計畫目前執行：103 年 01 月 01 日至 103 年 12 月 25 日

年度經費：33,226 千元 全程經費規劃：165,672 千元

執行單位：行政院原子能委員會核能研究所

貳、計畫目的、計畫架構與主要內容

一、計畫目的：

本計畫之定位與功能係配合國家生質燃料推動政策，以不與人爭糧之木質纖維生質物為料源，在逐步降低對石油之依賴、降低二氧化碳排放及打造新興低碳產業等目標下，推動纖維酒精技術朝產業化發展。

有關本計畫之相關政策方面，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。另外，2007 年 9 月起台北市試辦 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，以鼓勵民眾使用酒精汽油。又 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。2012 年行政院核定之能源發展綱領中，更以推動替代石油之能源技術發展與應用，逐步降低對石油的依賴，作為優化我國能源結構的目標。由上可知，纖維酒精技術確實與我國能源政策之規劃方向相契合。

鑒於纖維酒精在產業化的過程中，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，故核研所負責開發之纖維酒精技術係定位為串連上游生物資源開發之基礎研究及下游產業商轉應用之中游量產製程開發研究，並藉由核研所具有之化工程序研發及系統整合專長，於第一期計畫(2007-2009 年)建置日進料量 1 噸規模之纖維轉化酒精測試廠與研發量產製程之化工製程設備，此廠採用生物轉化方式生產酒精，以每噸稻稈生產 200 公升酒精為設計基準，目前此測試廠亦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。待 2009 年完成測試廠之建置後，2010 年起進行第二期程計畫(2010-2013 年)，係結合學研合

作之生物資源研發成果，開始進行量產製程運轉測試，同時提供測試數據協助相關單位進行纖維酒精效益評估，並以協助國家建立纖維酒精產業為目標。其中，由於該測試廠係屬於研發性質之平台設施，並未有最合理的設計與配置，故於 2010 年開始測試運轉後，運轉過程中主要觀察單元設備之性能、驗證製程放大之參數差異及研擬後續系統改善方案，進而建立量產製程運轉及整廠基本設計的能力，同時測試廠之運轉數據可作為國內未來設計量產廠，評估其生產成本、能源效益、減碳效益等之基礎，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。

鑒於此，本計畫之總目標係推動此測試廠為纖維酒精產業化測試平台，並結合自主之第二代生質燃料的關鍵技術與研發能力，藉由整合燃料、電力及副產品生產的模式，協助國內發展新興纖維酒精相關產業。

本計畫規劃自 2014 年起開始進行連續四年的纖維酒精製程精進及產業化推動，其主要策略包括 1. 提升量產可行性：以先前纖維酒精整廠運轉測試之成果建立商轉廠的整廠基本設計，作為協助產業建置纖維酒精商轉廠之依據；2. 提升經濟競爭力：發展纖維酒精廠之副產品技術或擴大纖維轉化酒精核心技術之應用面，提升纖維酒精競爭力及其核心技術產業化的機會。其中，製程設備工程放大、結合木質素熱化學轉化技術及增加副產物分離純化平台應為推動纖維酒精產業化的重點研發項目，生化製程研發生產之核心技術則可應用於副產品製程之開發及協助國內其他學研單位建立高碳數生質燃料(例如生質丁醇)之生產製程。

(一) 本計畫全程預期成果(全程目標)：

- 1.建立日進料 100 噸商轉廠之整廠配置及製程設備基本設計，能源產出及投入比 >2.5 ，考量料源之製程生產成本 25-30 元/公升。
- 2.推動 1~2 家業界建置纖維酒精驗證廠或商轉廠。
- 3.建立纖維酒精廠之木糖及木質素副產物製程，提昇整廠經濟競爭力。
- 4.開發纖維原料糖化技術應用於非糧高值化副產品或化石能源替代衍生產品，協助產業以纖維原料取代糧食原料。

(二)各年度主要工作項目

本計畫全程規劃藍圖如下圖 E-3 所示，其各年度主要工作項目分別為：

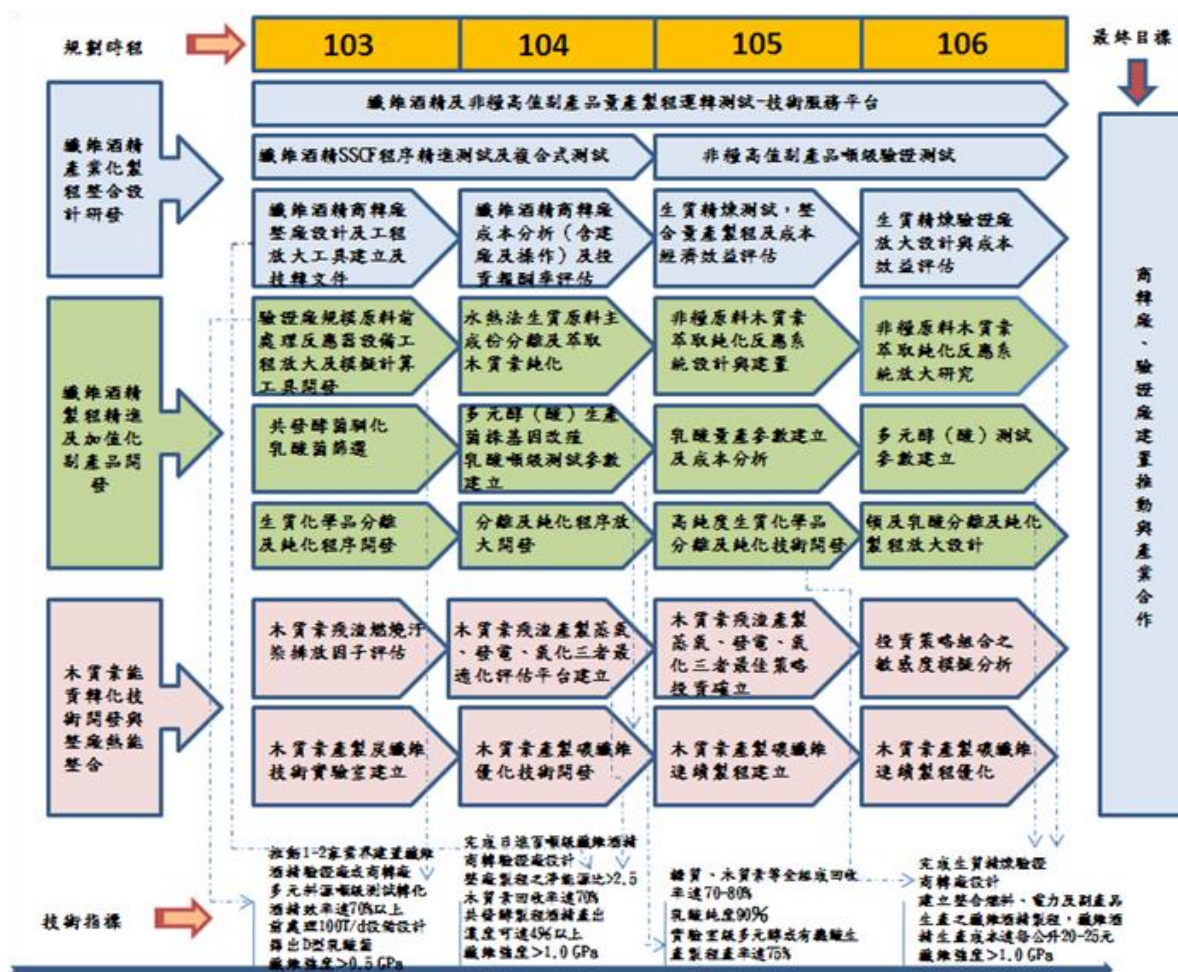


圖 E-3、計畫全程規劃藍圖

二、計畫實際達成度與預期目標之差異

本計畫於103年度(1-12月)纖維酒精產業推廣平台及加值化生質精煉技術之研發等工作項目皆依計畫執行進度執行，研發成果皆已符合預定目標。說明如下：

預期目標(衡量指標)	實際達成情形	差異分析
纖維酒精產業化製程整合設計研發(35%)。 1.建立日進料 100 噸之製程概念設計：多元料源纖維酒精廠放大製程之質能平衡(資料蒐集與結算)。	1.完成稻稈、蔗渣及木材等纖維酒精廠製程之質能平衡結算，並據此提出製程整合之設計建議。以蔗渣酒精為例，質能平衡分析之研究發現當蔗渣酒精採取與蔗汁生質酒精共構的設計，在發酵、蒸餾純化、汽電共生等設備共用情境下，蔗渣與蔗汁生質酒精共構廠設計將可提升甘蔗酒精廠的經濟效益層次，並可降低 50%之纖維酒精廠建廠規模的投入門檻。完成日進料 100 噸多元纖維	無差異

	料源工廠概念設計，從料源處理至糖化完成，內容包含程序流程圖、製程質能平衡、系統設計說明、設備清單及規格、關鍵設備模擬及設計、設施平面配置和製程設備成本初估。	
2.建立整合燃料、電力及副產品生產之整廠設計概念與效益分析：程序流程設計(全廠製程規畫)。	2.完成 Aspen Plus 熱電整合模型，結合廢水厭氧產甲烷與汽電共生，整合纖維殘渣木質素和甲烷，規劃製程整合所需燃料，供應整廠蒸汽與電力。若欲以纖維殘渣作為纖維酒精廠的蒸汽來源，纖維殘渣的含水率至為重要，纖維殘渣含水率須控制在<20%，鍋爐所產製的蒸汽方足夠供應全廠製程所需。若能整合廢水厭氧處理產製甲烷程序，則整廠之電力與蒸汽可有餘裕。並針對纖維殘渣鍋爐燃燒熱利用時，可能產生之空氣污染進行評估，並提出最佳可行的空氣污染防治對策，有助維護人民健康。	無差異
纖維酒精製程精進及 加 值 化 副 產 品 開 發 (35%) 1.非糧原料主成份分離及萃取技術開發：酵素用量由 15FPU/g 降至 10FPU/g (噸級廠 HSSCF 製程驗證)。	1.酵素水解程序酵素劑量由 15FPU/g cellulose 降至 10FPU/g cellulose，其酵素水解轉化率差異小於 5%，取得酵素水解糖液，以共發酵菌 Y600 進行共發酵，發酵時間可由 48 小時縮短至 36 小時，其酒精濃度可達 40g/L(圖一)，轉化率可達 75%，於噸級規模發酵同樣可達發酵時間和轉化率，顯示酵素使用量和發酵時間均可減少或降低 33%。(圖五)	無差異
2.糖化及發酵製程精進開發：每噸纖維原料產製 220kg 乳酸(加 值 化 產 物 製 程-噸級纖維乳酸生產製程驗證)。	2.完成噸級發酵規模之驗證，其產出乳酸濃度 99g/L、葡萄糖轉化乳酸效率 96% 皆達商業應用水準，噸級廠規模驗證可達每噸纖維料源乾重產出 220 kg 乳酸之目標，經 100L 至噸級廠發酵驗證，其 L 型乳酸光學純度可維持 99% 以上。小型(每日進料量 30 噸)和中型(每日進料量 300 噸)規模木片纖維乳酸工廠之料源成本為 4 元/公斤乳酸，操作成本 49 元/公斤乳酸，固定成本分別為 12 和 5 元/公斤乳酸，總生產成本分別為 65 和 58 元/公斤乳酸。小型和中型規模廠經濟效益之內部報酬率分別為 6~11%和 15~20%，折現回收年限分別為 13~20 年和 8~10 年。	無差異

3.產品分離純化與分析技術平台建立：完成日處理量 30L 之分離純化設備(公斤級分離純化設備建立與測試)。	3.完成建立乳酸、木糖醇等檢量線，線性系數大於 0.995，符合定量規範之標準分析方法。針對纖維乳酸發酵液之特性，建立新穎乳酸發酵液分離、酯化及分餾純化技術。目前產品乳酸含量達商業標準 88%，不純物符合規定，整體回收率亦達基本門檻 60%，並依據此技術參數規範建置 30L 分離純化設備，已完成設備建置，同時進行性能測試，並完成測試報告撰寫與驗收。	無差異
木質素能資轉化技術開發與整廠熱能整合(30%) 1.纖維酒精殘渣熱利用之環境衝擊分析：提出最佳可行技術使排放符合環保法規(建立纖維酒精殘渣熱利用之空氣污染排放指紋，並提出工程解決方案)。	1.纖維殘渣鍋爐燃燒熱利用時，主要空氣污染物包括硫氧化物、氮氧化物、氯化氫及粒狀物等，典型排放濃度分別為 174、17~212、17、150~300 ppm，其中前三者未經處理即可符合我國之固定污染源排放標準，粒狀物建議加裝旋風集塵器，為最省錢的投資方案。但我國各縣市根據地方自治精神，已自行訂定更嚴格的排放標準，本計畫提出最佳可行技術：旋風集塵器+半乾式脫硫+袋式集塵器，即可符合環保法規。	無差異
2.建立木質素精煉技術：木質素產製出短纖碳纖維，纖維強度>0.5 GPa(精煉後木質素之揮發份<1%、灰份<1000 ppm、軟化點<250℃)。	2.本年度建立兩種木質素精煉方法，確立鹼溶酸析法為首選技術，可由蔗渣纖維酒精殘渣精煉分離得到純度>95%之木質素，木質素回收率>75%，精煉木質素之軟化點低於 200℃、揮發份<1%。本年度也建立靜電紡絲設備與木質素紡絲技術，在木質素(20%~50%)摻混聚丙烯腈(PAN)為原料下，順利紡出纖維氈層，抗拉強度達 0.5 GPa。	無差異

另研發成果亦皆已符合查核點之預定目標。

預期目標(查核點)	實際達成情形	差異分析
1.完成(稻稈、蔗渣與木片)多元料源模組修定。(I)	1.依稻稈、蔗渣與木片料源組成修訂質能平衡模組。配合組成分析與實驗結果，木片採六碳醣轉酒精製程、稻稈與蔗渣則同時進行五與六碳醣發酵。酵素分解與酒精發酵改段式：前處理渣料先混入纖維酵素、靜置後過鹼才接菌發酵；並以 Aspen 完成以上程序質能平衡模組。	無差異

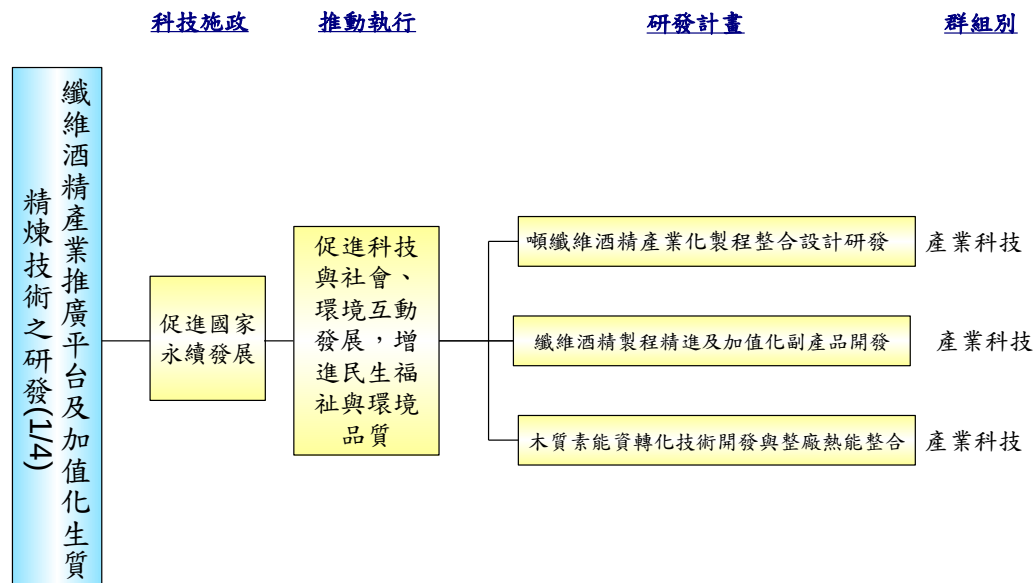
2.HSSCF 達噸級測試規模，製程酵素用量降低 33%(II)	2.(1)完成 5L 及 100L HSSCF 製程驗證(酵素用量由 15 FPU/g cellulose 降至 10 FPU/g cellulose)。100LHSSCF 製程驗證，發酵 36 小時，酒精產量可達 40 g/L。(2)完成噸級規模發酵，酵素劑量可降至 10FPU/g cellulose，酵素用量可降低 33%。(圖一)	無差異
3.建立發酵液中乳酸、琥珀酸、木糖醇等定量分析技術，同時也建立發酵液中主成份分析技術。(II)	3.完成建立乳酸、木糖醇等檢量線，濃度範圍大約介於 50-5000ppm，線性係數大於 0.995，符合定量規範之標準分析方法，同時完成針對真實樣品進行測試及調整之參數，以確保分析方法可靠性。(圖二)	無差異
4.精煉後木質素之軟化點<250°C (III)	4.已建立 2 種木質素精煉方法，木質素軟化點(熱流動性)可低於 200C，可應用於後續碳纖維製程之融熔紡絲單元。	無差異
5.完成程序概念設計(多元料源纖維酒精廠放大製程之質能平衡結算)。(I)	5.完成稻稈、蔗渣及木材等纖維酒精廠製程之質能平衡結算，並據此提出製程整合之設計建議。以蔗渣酒精為例，質能平衡分析之研究發現當蔗渣酒精採取與蔗汁生質酒精共構的設計，在發酵、蒸餾純化、汽電共生等設備共用情境下，蔗渣與蔗汁生質酒精共構廠設計將可提升甘蔗酒精廠的經濟效益層次，並可降低 50%之纖維酒精廠建廠規模的投入門檻。完成日進料 100 噸多元纖維料源工廠概念設計，從料源處理至糖化完成，內容包含程序流程圖、製程質能平衡、系統設計說明、設備清單及規格、關鍵設備模擬及設計、設施平面配置和製程設備成本初估。	無差異
6.噸級廠乳酸生產量可達每噸纖維原料產置 180kg 乳酸(加值化產物製程-噸級纖維乳酸生產製程驗證)。(II)	6.完成公斤級纖維乳酸生產製程驗證，其乳酸轉化率可達 90%，所產出之乳酸光學純度可達 99.9%，亦即於小型驗證廠每噸纖維原料可產出 230kg 乳酸。此外，依據公斤級之纖維轉化乳酸製程參數，進一步進行噸級纖維乳酸運轉測試，每噸纖維原料可產出乳酸生產量可達 180kg，符合預期成果。(圖三、圖六)	無差異

7. 建立纖維乳酸發酵液過濾、離心、萃取、濃縮等相關技術並完成純化脫色之前處理技術標準製程(纖維乳酸發酵液純化脫色之前處理技術)。(II)	7. 完成纖維乳酸發酵液之過濾、絮凝脫色和濃縮等製程對於發酵液內纖維乳酸濃度、色度及乳酸回收率之影響，並進一步探討不同發酵液純化脫色前處理製程對後續酯化產率之影響。並據此建立纖維乳酸發酵液之離心過濾-濃縮之純化脫色前處理技術標準製程，此簡易標準製程之乳酸回收率大於 94%，後續將以此製程所得之發酵液進行乳酸酯化反應之最適操作參數探討。	無差異
8. 精煉後木質素之揮發份<1%、軟化點<250℃。(III)	8. 以蔗渣纖維酒精殘渣為開發標的物，研發成果包括：(1) 多方嘗試後歸納出一套鹼溶酸析精煉程序，可由蔗渣纖維酒精殘渣精煉分離得到純度>95%之木質素。(2) 精煉後之木質素的玻璃轉化溫度介於 104~145℃，軟化點低於 200℃，具熱流動性，精煉後之木質素將可用融熔法進行紡絲。(3) 揮發份在特定熱前處理後<1%，有助紡絲單元之製程穩定性。	無差異
9. 完成整廠程序整合規劃(燃料、電力及副產品程序整合規劃)。(I)	9. 完成 Aspen Plus 熱電整合模型，結合廢水厭氧產甲烷與汽電共生，整合纖維殘渣木質素和甲烷，規劃製程整合所需燃料，供應整廠蒸汽與電力。若欲以纖維殘渣作為纖維酒精廠的蒸汽來源，纖維殘渣的含水率至為重要，纖維殘渣含水率須控制在<20%，鍋爐所產製的蒸汽方足夠供應全廠製程所需。若能整合廢水厭氧處理產製甲烷程序，則整廠之電力與蒸汽可有餘裕。並針對纖維殘渣鍋爐燃燒熱利用時，可能產生之空氣污染進行評估，並提出最佳可行的空氣污染防治對策，有助維護人民健康。(圖四)	無差異
10. HSSCF 製程操作時間縮短 1/4，電力成本降低 25%(噸級廠 HSSCF 製程精進)。(II)	10. 已完成低價發酵營養源篩選，並以 HSSCF 添加營養源實驗驗證，共發酵菌 Y600 發酵時間可由 48 小時縮短至 36 小時，其酒精濃度可達 40g/L，轉化率可達 75%，電力成本可降低 25%，符合預期成果。(圖五)	無差異

11. 建立纖維乳酸發酵液中乳酸酯化分餾技術，產品乳酸光學純度大於 90%，乳酸含量大於 80%，不純物含量符合規範(纖維乳酸發酵液酯化分餾技術開發)。(II)	11. 完成建立纖維乳酸發酵液中乳酸酯化分餾技術，產品乳酸光學純度大於 99%，乳酸含量大於 80%，整體回收率超過 70%，不純物含量經由認證實驗室檢驗符合規範。	無差異
12. 精煉後木質素之揮發份 <1%、灰份 <1000 ppm、軟化點 <250°C(木質素精煉技術開發，使木質素達到碳纖維製程之品質要求)。(III)	12. 建立兩種木質素精煉方法，確立鹼溶酸析法為優選技術，可由蔗渣纖維酒精殘渣精煉分離得到純度>95%之木質素，木質素回收率>75%，精煉木質素之軟化點低於 200°C、揮發份 <1%。同時也建立靜電紡絲設備與木質素紡絲技術，在木質素(20%~50%)摻混聚丙烯腈(PAN)為原料下可紡出纖維氈層，抗拉強度達 0.5 GPa。	無差異
13. 程序流程設計圖(整廠之製程整合與效益分析)。(I)	13. 藉由 Aspen Plus 整合多元料源模組參數與操作條件修訂、整廠質能平衡計算模擬和燃料、電力及副產品規劃分析，100 噸日規模纖維酒精廠模擬計算結果，顯示廠內廢水厭氧產甲烷量 $0.016\text{m}^3\text{-CH}_4/\text{kg}$ 以上，以纖維殘渣與甲烷氣為汽電共生燃料來源產生蒸氣與電力，高壓蒸氣總產生量可達每小時 35 噸，其中前處理蒸氣使用量佔 48%，製程公用系統使用量佔 20%。總產生電力達 1.4MW 以上，供應工廠設備電力需求外，剩餘額外電力約佔 29%以上。	無差異
14. 噸級廠乳酸生產製程穩定，可達每噸纖維原料產置 220kg 乳酸，並分析乳酸生產成本項目(加值化產物製程-噸級纖維乳酸生產製程穩定性測試與成本估算)。(II)	14. 完成噸級發酵規模之驗證，其產出乳酸濃度 99g/L、葡萄糖轉化乳酸效率 96%皆達商業應用水準，噸級廠規模驗證可達每噸纖維料源乾重產出 220 kg 乳酸之目標，經 100L 至噸級廠發酵驗證，其 L 型乳酸光學純度可維持 99%以上。小型(每日進料量 30 噸)和中型(每日進料量 300 噸)規模木片纖維乳酸工廠之料源成本為 4 元/公斤乳酸，操作成本 49 元/公斤乳酸，固定成本分別為 12 和 5 元/公斤乳酸，總生產成本分別為 65 和 58 元/公斤乳酸。小型和中型規模廠經濟效益之內部報酬率分別為 6~11%和 15~20%，折現回收年限分別為 13~20 年和 8~10 年。	無差異

15. 建立日處理量 30L 之分離純化設備，並完成測試報告(公斤級分離純化設備建立與測試)。(II)	15. 完成建立乳酸、木糖醇等檢量線，線性系數大於 0.995，符合定量規範之標準分析方法。針對纖維乳酸發酵液之特性，建立新穎乳酸發酵液分離、酯化及分餾純化技術。目前產品乳酸含量達商業標準 88%，不純物符合規定，整體回收率亦達基本門檻 60%，並依據此技術參數規範建置 30L 分離純化設備，已完成設備建置與性能測試，並完成測試報告撰寫與驗收。	無差異
16. 纖維殘渣燃燒之空氣污染排放符合環保法規(建立纖維酒精殘渣熱利用之空氣污染排放指紋並提出工程解決方案)。(III)	16. 纖維殘渣鍋爐燃燒熱利用時，主要空氣污染物包括硫氧化物、氮氧化物、氯化氫及粒狀物等，典型排放濃度分別為 174、17~212、17、150~300 ppm，其中前三者未經處理即可符合我國之固定污染源排放標準，粒狀物建議加裝旋風集塵器，為最省錢的投資方案。但我國各縣市根據地方自治精神，已自行訂定更嚴格的排放標準，本計畫提出最佳可行技術：旋風集塵器+半乾式脫硫+袋式集塵器，即可符合環保法規。	無差異
17. 木質素產製出短纖維，纖維強度 >0.5 GPa(木質素碳纖維加值生質副產品開發)。(III)	17. 完成靜電紡絲設備之建置，並建立木質素紡絲技術，在木質素(20%~50%)摻混聚丙烯腈(PAN)為原料下可紡出纖維氈層，抗拉強度達 0.5 GPa。	無差異

三、計畫架構(含樹狀圖)：



四、計畫主要內容：

本計畫規劃於 2014-2017 年推動纖維酒精技術朝產業化發展，其主要策略包括 1. 提升量產可行性：以先前纖維酒精整廠運轉測試之成果建立商轉廠的整廠基本設計，作為協助產業建置商轉廠之依據；2. 提升經濟競爭力：發展纖維酒精廠之副產品技術或擴大纖維轉化酒精核心技術之應用面，提升纖維酒精競爭力及其核心技術產業化的機會，主要工作分三個分項分述如下：

1. 纖維酒精產業化製程整合設計研發

本分項計畫重點係精進噸級測試廠之運轉效能外，並推廣此測試廠為纖維酒精產業化測試平台；建立日進料百噸之商轉規模為目標：

1.1 纖維酒精量產製程測試驗證

1.2 纖維酒精廠放大設計與整合評估

2. 纖維酒精製程精進及加值化副產品開發

本分項計畫重點係以纖維酒精製程結合副產品生產的理念，精進纖維酒精之製程關鍵技術提升纖維酒精製程之競爭力：

2.1 非糧原料主成份分離及萃取技術開發。

2.2 糖化及發酵製程精進開發。

2.3 產品分離純化與分析技術平台建立。

3. 木質素能質轉化技術開發與整廠熱能整合

本分項計畫係建立不同情境之木質素氣熱電整合策略與操作方法，作為商轉廠建置木質素氣化設施之依據，並開發木質素加值化副產品，提昇整廠運轉之經濟效益：

3.1 木質素氣熱電之廠整合與能源效率提昇。

3.2 木質素加值生質產品產製技術開發。

(一)計畫全程預期成果：

- 1.建立日進料 100 噸商轉廠之整廠配置及製程設備基本設計，能源產出及投入比 >2.5，考量料源之製程生產成本 25-30 元/公升。
- 2.推動 1~2 家業界建置纖維酒精驗證廠或商轉廠。
- 3.建立纖維酒精廠之木糖及木質素副產物製程，提昇整廠經濟競爭力。
- 4.開發纖維原料糖化技術應用於非糧高值化副產品或化石能源替代衍生產品，協助產業以纖維原料取代糧食原料。

(二) 103 年之預期執行成果包括：

- 1.提出 100 噸商轉廠之概念設計與效益評估，考量以蔗渣及木材為原料之酒精生產，每公升於 25-30 元。
- 2.結合核研所前處理設施，建立高效率之新穎纖維原料解聚成份分離及全糖萃取技術。
- 3.建立噸級規模纖維酒精共發酵製程最適化程序及開發耐高溫(35-40°C)且具高抑制物耐受力之共發酵菌株；其於噸級規模設施之測試驗證，總糖轉化酒精濃度應 >4%，產率達 70%。
- 4.以精煉級之木質素製作碳纖維產品，其纖維強度 >0.5 Gpa。

(三)年度工作項目分月工作進度及摘要(1-12 月目標)

1.1-3 月工作進度及摘要(目標)

- (1)多元(稻稈、蔗渣與木片)料源之組成、運轉參數與質能平衡模組修訂：完成多元料源模組修定。
- (2)噸級廠 HSSCF 製程驗證：HSSCF 達噸級測試規模，製程酵素用量降低 33%。
- (3)纖維原料發酵液中乳酸與其不純物分析技術開發：建立發酵液中乳酸、琥珀酸、木糖醇等定量分析技術，同時也建立發酵液中主成份分析技術。
- (4)木質素精煉技術開發，降低木質素軟化點：精煉後木質素之軟化點 <250°C。

2. 4-6 月工作進度及摘要(目標)

- (1)多元料源纖維酒精廠放大製程之質能平衡結算：完成程序概念設計。
- (2)加值化產物製程-噸級纖維乳酸生產製程驗證：噸級廠乳酸生產量可達每噸纖維原料產置 180kg 乳酸。
- (3)纖維乳酸發酵液純化脫色之前處理技術：建立纖維乳酸發酵液過濾、離心、萃取、濃縮等相關技術並完成純化脫色之前處理技術標準製程。
- (4)木質素精煉技術開發，降低木質素不純物含量：精煉後木質素之揮發份 <1%、軟化點 <250°C

3.7-9 月工作進度及摘要(目標)

- (1)燃料、電力及副產品程序整合規劃：完成整廠程序整合規劃。
- (2)噸級廠 HSSCF 製程精進：HSSCF 製程操作時間縮短 1/4，電力成本降低 25%。
- (3)纖維乳酸發酵液酯化分餾技術開發：建立纖維乳酸發酵液中乳酸酯化分餾技術，產品乳酸光學純度大於 90%，乳酸含量大於 80%，不純物含量符合規範。
- (4)木質素精煉技術開發，使木質素達到碳纖維製程之品質要求：精煉後木質素之揮發份<1%、灰份<1000 ppm、軟化點<250℃

4.10-12 月工作進度及摘要(目標)

- (1)整廠之製程整合與效益分析：程序流程設計圖。
- (2)加值化產物製程-噸級纖維乳酸生產製程穩定性測試與成本估算：噸級廠乳酸生產製程穩定，可達每噸纖維原料產置 220kg 乳酸，並分析乳酸生產成本項目。
- (3)公斤級分離純化設備建立與測試：建立日處理量 30L 之分離純化設備，並完成測試報告。
- (4)建立纖維酒精殘渣熱利用之空氣污染排放指紋並提出工程解決方案：纖維殘渣燃燒之空氣污染排放符合環保法規。
- (5)木質素碳纖維加值生質副產品開發：木質素產製出短纖碳纖維，纖維強度>0.5 Gpa。

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：

預期成果	實際成果	差異分析
(一)經濟效益		
1. 推動 1~2 家業界以建置纖維酒精驗證廠或商轉廠為目標申請技術授權，開啟纖維酒精技術產業化之範型。	1.完成可交易技術授權公告：已於 103 年第一季完成 11 項相關纖維酒精及其加值化製程的技術可移轉項目公告及授權案計價作業，據此開啟技術授權之服務。 2.積極辦理馬來西亞台商木業公司技術授權：本案規劃採用整廠技術授權，將運用本計畫開發之技術，與合板廠共構的模式建立纖維生質精煉廠，近期因重新考量國內境外實施研發成果之相關規定，致使授權作業須有所調整。現已有東南亞木業公司於 8 月 18 日提出技轉投標申請案，並於 11 月 26 日完成審核作業，目前正辦理中文認證資料中，待文件到所即可簽署此授權案，預期 104 年 1 月底前可完成簽約事宜。目前其技術授權內容即規劃最遲在 2018 年於東南亞建置一座纖維生質精煉廠，並規劃採取與合板廠共構且利用其廢棄木片為料源，據此降低料源集運成本，以提昇其	與計畫預定進度相符

	生產成本競爭力。期藉由此產業化推動成果，能促使本計畫開發之技術於亞洲地區維持領先地位。 3.與國內 OO 工程顧問公司技術授權(洽談中)：根據計畫完成之整廠概念設計，建立廚餘酒精及纖維酒精廠之基本設計與細部設計，作為後續整廠技術輸出(Turnkey)之準備。 4.中油綠能所合作研究：依據合作協議，提供葡萄糖及木糖併同共發酵之基因重組發酵菌 Y600 及 2,3-丁二醇發酵菌等關鍵生物資源給中油進行效能測試與授權評估，並以完成商轉前準備(commercialization ready)為目標，待國內生質酒精政策明朗後即可迅速投入。 5.台糖公司合作研究：協助建立蔗渣與蔗汁酒精製程共構之最佳設計方案，作為商轉前建廠方案準備依據。 6.本年度外國訪客透過網路與媒介至本所參訪計有德國 Merica 能源公司、Forest Solutions 公司、美國 Genoteck 公司、偉格微生物公司及馬來西亞沙巴投顧公司、環能與生技公司至本所訪談參觀纖維酒精測試廠。參訪後對本所之生質精煉技術都表肯定與興趣，目前已與一家公司完成簽署合作意願書，透過外國公司至所參訪顯現本所發展之生質精煉技術已為國際間肯定之技術。 7.透過臺灣經濟研究院媒介與國際知名西班牙 Abengoa 公司進行技術交流，該公司位於美國堪薩斯州 Hugoton 的第二代生質酒精商轉廠已於 103 年 10 月正式開幕，該公司人員表示希望有機會與本所進行合作開發在台灣之商機，目前正考量雙方可能之合作內容。	
(二)技術創新		
以生質精煉觀點建立以纖維原料為料源之加值化製程技術，提昇整廠經濟競爭力	1.建立具商業潛力纖維乳酸發酵技術：目前國際上以纖維料源轉化乳酸則仍在起步發展中，鑒於本計畫纖維乳酸生產製程的效能已達國際領先水準，故該創新技術應能展現商業應用潛力，相關成果已撰寫為「一種利用木質纖維素生產高旋光度乳酸的方法」，並提出中華民國及東南亞專利申請。 2.建立創新纖維乳酸純化分離技術之離型系統：本計畫已完成實驗室規模之纖維乳酸酯化/分餾純化分離系統，與國際 Cargill 等乳酸生產廠所用之高壓 CO₂/有機胺萃取純化分離技術相較，除避免高	與計畫預定進度相符，同時在 C6 發酵菌株之開發研究有所突破

	壓與高有機溶劑需求之限制，其製程設計亦較為簡易，有機會提昇纖維乳酸之競爭力。 3.纖維酒精新穎共發酵製程驗證：本計畫已完成噸級廠 9 噸發酵規模之共發酵製程驗證，對於蔗渣、稻稈等木糖含量較高之料源，尤能顯著提升其酒精產量，與國際間共發酵製程研究相較，本計畫之噸級廠驗證規模亦屬國際領先水準。 4.發現高效能 C6 發酵菌株：本計畫發現之 <i>Pichiakudriavzevii</i> 酵母菌，較傳統釀酒酵母 <i>Saccharomyces cerevisiae</i> 具有更佳之高溫及抑制物耐受力，除適合於熱帶地區纖維酒精生產，且控溫需求程度較低，在設備投資及操作上將更具彈性。相關成果已撰寫為「耐高溫之德里阿茲威氏畢赤酵母菌」，並提出中華民國、美國及東南亞專利申請。 5.本計畫團隊整合國內學界自行研發之基因重組酒精共發酵菌，可迅速同步將木糖及葡萄糖轉化為酒精，已於 103 年同獲中華民國專利 I438274「一種木糖代謝菌之製備方法及該木糖代謝菌」及美國專利 US8,603,776「Method for preparing xylose-utilizing strain」認可並審查通過，並獲 2014 年台北國際發明暨技術交易展「銀牌獎」(唯一獲獎的工業用生物資源專利)，肯定核研所於關鍵技術之研發成果。 6.本年度完成噸級廠 HSSCF 製程驗證：以 Y600 共發酵菌透過突變改良與馴化方法完成耐高溫及高抑制物耐受能力共發酵菌株開發與低劑量酵素進行 HSSCF 製程噸級廠驗證測試，其發酵時間由 48 小時縮短至 36 小時，酒精濃度可達 40g/L，轉化率可達 75%，同時其木糖代謝速率可提升約 25%；時間縮短 1/4，電力成本降低 25%，酵素使用量和發酵時間均可減少或降低 33%，此製程能有效提升整廠經濟效益，可減少製程設備的投資成本，對未來產業推廣有很大的著益。	
(三)運用纖維酒精核心技術與研發設施，推廣生質能教育及多元應用	1.配合台北市環保局設計之都申辦計畫，運用纖維酒精核心技術協助其開發具創新性的廚餘再利用方法，解決國內棘手的環保問題，除協助於內湖焚化廠建置小型廚餘酒精示範系統及長期運轉能力外，並促成台北市環保局規劃於 104 年起開始規劃建置中規模廚餘酒精先導示	符合計畫預期成果

	範廠。 2.示範設施推廣：本計畫於 1-12 月執行期間迄今共計已有 40 個單位 900 人來訪及參觀纖維酒精噸級測試廠及附屬設施，延續前期程計畫中，核研所纖維酒精測試廠開放參訪展現之社會效益及功能。 3.本計畫參與行政院產業科技策略 (SRB) 會議預計 104 年 4 月研擬台灣生物經濟發展方案，其中工業領域以生質精煉工業為發展主軸，並包括食品、化學材料、生質能源及環保應用等四項次領域。目前工業領域擔任幕僚籌備單位為工研院材化所，由於核研所於纖維酒精及纖維生質精煉技術已展現具體的研發成果，並有技術授權實績，故已獲工研院材化所邀請與工研院綠能所共同負責生質能源次領域的幕僚規劃工作，並同時參與工研院材化所負責之化學材料次領域的專家會議與相關規劃，共同協助國家發展具低碳足跡及高值化特徵的生質精煉產業。	
--	--	--

二、量化成果：

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) 甲	1. 論文	投稿 SCI 期刊 3 篇	國際(外)SCI 學術期刊 8 篇 國內學術期刊 3 篇 國際會議(研討會全論文)3 篇。	投稿 Bioresource Technology 等知名期刊並通過審查刊登，可增加國際能見度	論文發表關於計畫菌株篩選實，發現一株較傳統釀酒酵母菌有更佳葡萄糖轉化酒精效能之酵母菌，深具潛力。
	2. 研究團隊養成	成立研究團隊共 2 件。	與中研院、台經院、清華大學、逢甲大學、新鼎公司、大同大學、大同公司、中油公司、台糖公司、力樺公司及美國 Genotec 環保公司等成立研究團隊共 11 件。	建立研發團隊，以分工方式執行研究工作及技術推廣，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。	培育博士生 2 人，碩士研究生 4 人。	以合作計畫方式培育碩博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	
	4. 研究報告	完成會議論文 10 篇。	完成研究報告 17 篇。	有助於技術經驗傳承及掌握後續發展方向	
	5. 技術報告	完成技術報告 10 篇。	完成技術報告 8 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。	提出 2 份技術報告，作為技轉文件

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
	6.技術活動	參加國外及國內舉辦之技術研討會 4 場	- 參加國內外舉辦之技術研討會 6 場(含自辦 2 場),發表會議論文 3 篇 - 來所參訪 共 900 餘人	增加計畫執行成果能見度並建立合作及技術移轉之管道與機會 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。	
技術創新(科技整合創新) 乙	7.專利	專利申請國內或國外之專利 6 件	申請: 6 件 美國 1 件 馬來西亞 1 件 印尼 1 件 國內 3 件 獲得: 6 件 (99-100 年申請案件) 美國 1 件 國內 5 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。	103 年會以技轉為目標提出東南亞及大陸專利布局申請及相關生質化學品專利地圖
	8.技術服務	技術服務 1 件	技術服務 2 件 金額達 389 仟元。	接受力燁公司委託進行牧草轉化酒精技術測試及大同大學纖維雙糖水解酵素放大生產測試之技術服務	
	9.促成廠商或產業團體投資	全程計畫完成時則技轉國內公司量產,初期年產 5 萬公秉纖維酒精。	已有一家簽署合作協議之廠商,有意透過核研所技術授權方式取得纖維酒精技術,並合作進行商轉廠之建置	有機會建立國內纖維酒精產業化之執行範型,提升國內參與之意願,協助國內建立新興能源產業 纖維酒精年產值將達 15 億台幣。(30 元/公升×1000 公升/公秉×5 萬公秉/年) ;每年 CO ₂ 年減量達 10.5 萬噸。(2.1 噸/公秉× 5 萬公秉/年)	

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
經濟效益 (產業經濟發展) 丙	10.促成與學界或產業團體合作研究	與 1 個學校成立研究團隊，進行纖維酒精技術開發之工作	促成與學界或產業團體合作研究 3 件-逢甲大學、清華大學及台灣經濟研究院合作共計 3 件	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，協助進行生質精煉產品菌株開發及建廠經濟效益分析之研究，有助於建立技術授權之計價依據	另與力燁公司、新鼎系統公司及綠科公司簽訂合作意願
	11.增加就業	增加就業 2 人	增加學術單位碩博士級助理及所內支援人力共 8 名就業。	降低失業率，提昇國民生產毛額，並有助於從事生質能研究及設備製作之就業人口提供就業機會，使不同專長之人員投入計畫工作，以落實計畫目標。	103 年本計畫聘雇專業人員 14 人，另相關合作廠提供就業機會約 200 人以上

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
總計畫 纖維酒精產業推廣平台及加值化生質精煉技術之研發(1/4)	推動噸級測試廠為纖維酒精產業化測試平台，並結合自主之第二代生質燃料的關鍵技術與研發能力，藉由整合燃料、電力及副產品生產的模式，協助國內發展新興纖維酒精相關產業	(1)提出 100 噸商轉廠之概念設計與效益評估，考量以蔗渣及木材為原料之酒精生產，每公升於 25-30 元。 (2)噸級廠乳酸生產量可達每噸纖維原料產置 180kg 乳酸。 (3)結合核研所前處理設施，建立高效率之新穎纖維原料解聚成份分離及全糖萃取技術。	(1)藉由多元料源之纖維酒精廠製程質能平衡結算，發現當蔗渣酒精採取與蔗汁酒精廠共構的設計情境時，可降低 50%之纖維酒精廠建廠規模的投入門檻。 (2)依據公斤級之纖維轉化乳酸製程參數，進一步進行噸級纖維乳酸運轉測試，每噸纖維原料可產出乳酸生產量可達 180kg，符合預期成果。 (3)依據新穎解聚糖化製程設計與規劃，完成實驗室級測試數據，總糖產率達 80%以上，總糖產量每公噸乾料可產 500 公斤的發酵糖。

		(4)建立纖維乳酸發酵液過濾、離心、萃取、濃縮等相關技術並完成純化脫色之前處理技術標準製程。 (5)建立噸級規模纖維酒精共發酵製程最適化程序及開發耐高溫(35-40℃)且具高抑制物耐受力之共發酵菌株。其於噸級規模設施之測試驗證，總糖轉化酒精濃度應>4%，產率達70%。 (6)以精煉級之木質素製作碳纖維產品，其纖維強度>0.5 GPa。	(4)完成纖維乳酸發酵液之過濾、絮凝脫色和濃縮等製程對於發酵液內纖維乳酸濃度、色度及乳酸回收率之影響，並進一步探討不同發酵液純化脫色前處理製程對後續酯化產率之影響。並據此建立纖維乳酸發酵液之離心過濾-濃縮之純化脫色前處理技術標準製程，此簡易標準製程之乳酸回收率可達99%。 (5)已完成耐高溫及高抑制物承受能力共發酵菌株馴化及突變改良，新馴化菌株之溫度承受能力可達40℃，同時在高抑制物水解液發酵顯示其木糖代謝速率可提升約25%；此外，其於噸級規模設施驗證，酒精濃度可達40g/L，轉化率可達75%，符合預期目標。 (6)完成靜電紡絲設備之建置，並建立木質素紡絲技術，在木質素(20%~50%)摻混聚丙烯(PAN)為原料下可紡出纖維氈層，抗拉強度達0.5 GPa。
--	--	---	---

分項一 纖維酒精產業化製程整合設計研發 (35%)	(1)多元(稻稈、蔗渣與木片)料源之組成、運轉參數與質能平衡模組修訂 (2)多元料源纖維酒精廠放大製程之質能平衡(資料蒐集與結算)	(1)完成多元料源模組修訂 (2)建立日進料 100 噸之製程概念設計(完成程序概念設計)	(1)依稻稈、蔗渣與木片料源組成修訂質能平衡模組。配合組成分析與實驗結果，木片採六碳醣轉酒精製程、稻稈與蔗渣則同時進行五與六碳醣發酵。酵素分解與酒精發酵改分段式：前處理渣料先混入纖維酵素、靜置後過鹼才接菌發酵；並以 Aspen Plus 完成以上程序質能平衡模組。 (2)完成稻稈、蔗渣及木材等纖維酒精廠製程之質能平衡結算，並據此提出製程整合之設計建議。以蔗渣酒精為例，質能平衡分析之研究發現當蔗渣酒精採取與蔗汁生質酒精共構的設計，在發酵、蒸餾純化、汽電共生等設備共用情境下，蔗渣與蔗汁生質酒精共構廠設計將可提升甘蔗酒精廠的經濟效益層次，並可降低 50%之纖維酒精廠建廠規模的投入門檻。完成日進料 100 噸多元纖維料源工廠概念設計，從料源處理至糖化完成，內容包含程序流程圖、製程質能平衡、系統設計說明、設備清單及規格、關鍵設備模擬及設計、設施平面配置和製程設備成本初估。
--	---	---	--

	(3)燃料、電力及副產品程序整合規劃 (4)整廠之製程整合與效益分析。	(3)完成整廠程序整合規劃 (4)完成整廠之製程整合與效益分析。	(3)完成 Aspen Plus 熱電整合模型，結合廢水厭氧產甲烷與汽電共生，整合纖維殘渣木質素和甲烷，規劃製程整合所需燃料，供應整廠蒸汽與電力。若欲以纖維殘渣作為纖維酒精廠的蒸汽來源，纖維殘渣的含水率至為重要，纖維殘渣含水率須控制在<20%，鍋爐所產製的蒸汽方足夠供應全廠製程所需。若能整合廢水厭氧處理產製甲烷程序，則整廠之電力與蒸汽可有餘裕。並針對纖維殘渣鍋爐燃燒熱利用時，可能產生之空氣污染進行評估，並提出最佳可行的空氣污染防治對策，有助維護人民健康。 (4)藉由 Aspen Plus 整合多元料源模組參數與操作條件修訂、整廠質能平衡計算模擬和燃料、電力及副產品規劃分析，100 噸日規模纖維酒精廠模擬計算結果，顯示廠內廢水厭氧產甲烷量 $0.016\text{m}^3\text{-CH}_4/\text{kg}$ 以上，以纖維殘渣與甲烷氣為汽電共生燃料來源產生蒸汽與電力，高壓蒸汽總產生量可達每小時 35 噸，其中前處理蒸汽使用量佔 48%，製程公用系統使用量佔 20%。總產生電力達 1.4MW 以上，供應工廠設備電力需求外，剩餘額外電力約佔 29%以上。
--	---	--	---

分項二 纖維酒精製 程精進及加 值化副產品 開發(35%)	(1)噸級廠 HSSCF 製 程驗證 (2)纖維原料發酵液 中乳酸與其不純 物分析技術開發 (3)加值化產物製程- 噸級纖維乳酸生 產製程驗證	(1)HSSCF 達噸級測試 規模，製程酵素用量 降低 33% (2)建立發酵液中乳酸、 琥珀酸、木糖醇等定 量分析技術，同時也 建立發酵液中主成份 分析技術 (3)噸級廠乳酸生產量可 達每噸纖維原料產置 180kg 乳酸	(1)酵素水解程序酵素劑 量由 15FPU/g cellulose 降至 10FPU/g cellulose，其 酵素水解轉化率差異 小於 5%，取得酵素水 解糖液，以共發酵菌 Y600 進行共發酵，發 酵時間可由 48 小時縮 短至 36 小時，其酒精 濃度可達 40g/L(圖 一)，轉化率可達 75%，於噸級規模發酵 同樣可達發酵時間和 轉化率，顯示酵素使 用量和發酵時間均可 減少或降低 33%。(圖 五) (2)完成建立乳酸、木糖醇 等檢量線，濃度範圍大 約介於 50-5000ppm， 線性系數大於 0.995， 符合定量規範之標準 分析方法，同時完成針 對真實樣品進行測試 及調整之參數，以確保 分析方法可靠性。(圖 二) (3)完成噸級纖維乳酸生 產製程和菌株驗證，蔗 渣料源經 96 小時水解 後，取得葡萄糖液，經 乳酸生產菌株接種發 酵後，經發酵 40 小時 可得乳酸濃度約 80g/L，其乳酸旋光度 可達 99%、發酵轉化率 95%和 productivity 可 達 1.875g/L/h，與國際 水準相當，經噸級纖維 乳酸運轉測試，每噸纖 維原料可產出乳酸生 產量可達 220kg。(圖 三)
--	--	--	--

	(4)纖維乳酸發酵液純化脫色之前處理技術 (5)噸級廠 HSSCF 製程精進 (6)纖維乳酸發酵液酯化分餾技術開發	(4)建立纖維乳酸發酵液過濾、離心、萃取、濃縮等相關技術並完成純化脫色之前處理技術標準製程 (5)HSSCF 製程操作時間縮短 1/4，電力成本降低 25%。 (6)建立纖維乳酸發酵液中乳酸酯化分餾技術，產品乳酸光學純度大於 90%，乳酸含量大於 80%，不純物含量符合規範。	(4)完成纖維乳酸發酵液之過濾、絮凝脫色和濃縮等製程對於發酵液內纖維乳酸濃度、色度及乳酸回收率之影響，並進一步探討不同發酵液純化脫色前處理製程對後續酯化產率之影響。並據此建立纖維乳酸發酵液之離心過濾-濃縮之純化脫色前處理技術標準製程，此簡易標準製程之乳酸回收率大於 94%，後續將以此製程所得之發酵液進行乳酸酯化反應之最適操作參數探討 (5)已完成低價發酵營養源篩選，並以 HSSCF 添加營養源實驗驗證，共發酵菌 Y600 發酵時間可由 48 小時縮短至 36 小時，其酒精濃度可達 40g/L，轉化率可達 75%，電力成本可降低 25%，符合預期成果。(圖五) (6)完成建立纖維乳酸發酵液中乳酸酯化分餾技術，產品乳酸光學純度大於 99%，乳酸含量大於 80%，整體回收率超過 70%，不純物含量經由認證實驗室檢驗符合規範。
--	--	---	---

	(7) 加值化產物製程-噸級纖維乳酸生產製程穩定性測試與成本估算 (8) 公斤級分離純化設備建立與測試：建立日處理量 30L 之分離純化設備，並完成測試報告。	(7) 噸級廠乳酸生產製程穩定，可達每噸纖維原料產置 220kg 乳酸，並分析乳酸生產成本項目。 (8) 建立日處理量 30L 之分離純化設備，並完成測試報告。	(7) 完成噸級發酵規模之驗證，其產出乳酸濃度 99g/L、葡萄糖轉化乳酸效率 96% 皆達商業應用水準，噸級廠規模驗證可達每噸纖維料源乾重產出 220 kg 乳酸之目標，經 100L 至噸級廠發酵驗證，其 L 型乳酸光學純度可維持 99% 以上。小型(每日進料量 30 噸)和中型(每日進料量 300 噸)規模木片纖維乳酸工廠之料源成本為 4 元/公斤乳酸，操作成本 49 元/公斤乳酸，固定成本分別為 12 和 5 元/公斤乳酸，總生產成本分別為 65 和 58 元/公斤乳酸。小型和中型規模廠經濟效益之內部報酬率分別為 6~11% 和 15~20%，折現回收年限分別為 13~20 年和 8~10 年。 (8) 完成建立乳酸、木糖醇等檢量線，線性系數大於 0.995，符合定量規範之標準分析方法。針對纖維乳酸發酵液之特性，建立新穎乳酸發酵液分離、酯化及分餾純化技術。目前產品乳酸含量達商業標準 88%，不純物符合規定，整體回收率亦達基本門檻 60%，並依據此技術參數規範建置 30L 分離純化設備，完成設備建置、性能測試、與測試報告撰寫。
分項三 木質素能資 轉化技術開 發與整廠熱 能整合(30%)	(1) 木質素精煉技術開發，降低木質素軟化點。	(1) 精煉後木質素之軟化點 < 250°C。	(1) 建立兩種木質素精煉方法，確立鹼溶酸析法為優選技術，精煉木質素之軟化點低於 200°C。

	(2)木質素精煉技術開發，降低木質素不純物含量。 (3)木質素精煉技術開發，使木質素達到碳纖維製程之品質要求。 (4)建立纖維酒精殘渣熱利用之空氣污染排放指紋並提出工程解決方案。 (5)木質素碳纖維加值生質副產品開發。	(2)精煉後木質素之揮發份<1%、軟化點<250℃。 (3)精煉後木質素之揮發份<1%、灰份<1000 ppm、軟化點<250℃。 (4)纖維殘渣燃燒之空氣污染排放符合環保法規。 (5)木質素產製出短纖碳纖維，纖維強度>0.5 Gpa。	(2)建立熱處理 SOP，在特定升溫步驟與升溫速率控制下，精煉後木質素之揮發份<0.2%，玻璃轉化溫度介於104~145℃，軟化點<200℃。 (3)蔗渣纖維酒精殘渣經本計畫開發之精煉技術，可得純度>95%之木質素，木質素回收率>75%，揮發份、灰份、與軟化點已可符合碳纖維製程之品質要求。精煉後之木質素透過靜電紡絲製程，已可製得短纖原絲。 (4)纖維殘渣鍋爐燃燒熱利用時，主要空氣污染物包括硫氧化物、氮氧化物、氯化氫及粒狀物等，典型排放濃度分別為174、17~212、17、150~300 ppm，其中前三者未經處理即可符合我國之固定污染源排放標準，粒狀物建議加裝旋風集塵器，為最省錢的投資方案。但我國各縣市根據地方自治精神，已自行訂定更嚴格的排放標準，本計畫提出最佳可行技術：旋風集塵器+半乾式脫硫+袋式集塵器，即可符合環保法規。 (5)完成靜電紡絲設備之建置，並建立木質素紡絲技術，在木質素(20%~50%)摻混聚丙烯腈(PAN)為原料下可紡出纖維氈層，抗拉強度達0.5 GPa。
--	---	--	---

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) 20%

本計畫年度內共發表國際學術期刊 8 篇(SCI)、國內學術期刊 3 篇、及國際會議(全論文)3 篇，論文摘要如下：

(一) 國際期刊：

1. “耐高溫之德里阿茲威氏畢赤酵母菌” 1367-5435, JOURNAL OF INDUSTRIAL MICROBIOLOGY & BIOTECHNOLOGY 2014

An ethanol-producing *Pichia kudriavzevii* SI strain that could tolerate high temperatures ranging from 40 to 45 °C was isolated. It displayed high tolerance to lignocellulosic inhibitors: ethanol production and percentage of theoretical yield were 1.7 gp L⁻¹h⁻¹ and 88%, 2 gp L⁻¹h⁻¹ and 81%, and 3.3 gp L⁻¹h⁻¹ and 88% for 3 g L⁻¹ vanillin, 5 g L⁻¹ 5-HMF, and 3 g L⁻¹ furfural, respectively. In comparison, the conventional yeast *Saccharomyces cerevisiae* was inhibited under the same conditions. For feedstocks of acid-impregnated steam-explosion-treated rice straw, plywood chips, and sugarcane bagasse, *P. kudriavzevii* SI produced 35.4 gp L⁻¹ of ethanol with 86.6% theoretical yield, 26.3 gp L⁻¹ with 95.5% theoretical yield, and 22.6 gp L⁻¹ with 91.2% theoretical yield, respectively. To the best of our knowledge, this is the first study reporting ethanol fermentation by *P. kudriavzevii* from various acid-impregnated steam-explosion-treated lignocellulosic feedstocks without detoxification or nutrient addition.

2. “評估三種竹子產糖與生產生質酒精的潛力” 0960-8524, BIORESOURCE TECHNOLOGY 2014

〔 ABSTRACT 〕 : The effect of the acid-catalyzed steam explosion on saccharification and bioethanol production from three different kinds of bamboo, including Moso, Ma and Long-Branch bamboo was investigated. The results suggest that high total saccharification yield was obtained with long residence time for Ma bamboo. On the contrary, low total saccharification yield was obtained with long residence time for Moso, and Long-branch bamboo. With regard to these bamboos, the enhancement of the subsequent enzymatic hydrolysis of cellulose is obvious with extension of residence time, which results in improvement of SSF yield. According to the result of bio-ethanol production from pretreatment residue and hydrolysates, Long-branch bamboo was demonstrated to be a potential feedstock for bio-ethanol production.

3. “Cybernetic Modeling and Optimization of the Simultaneous Saccharification and Fermentation Process for Ethanol Production ” 0888-5885, INDUSTRIAL & ENGINEERING CHEMISTRY RESEARCH 2014 (已刊登)

〔 ABSTRACT 〕 : An appropriate model can be employed to predict influence of fermentation operating parameters on biomass growth rate, biomass concentration, substrate utilization rate, and product productivity. The model is very useful for design, optimization and control of biological processes. In this paper, cybernetic models for the simultaneous saccharification and fermentation process by the *Saccharomyces cerevisiae* YPB-G strain from starch to ethanol are proposed, in particular for model parameters which are independent of initial operating conditions, and for mathematical models with less varying parameters but highly predictive capability that can be used in process optimization and control. Experimental data reported in the literature were used for the estimation of model parameters. To minimize the numbers of model parameters dependent on the initial conditions of the culture process, a two-stage estimation procedure embedded into a genetic algorithm is presented. Computational results proved that the proposed two-stage procedure efficiently and accurately determined sensitive parameters that needed to re-optimize so that fewer numbers of parameters that needed change could be obtained. The proposed model was expanded to fed-batch operation and was used to investigate the process optimization of fed-batch culture. Numerical results verified the versatility of the proposed model.

4. “利用新篩選之凱氏乳酸桿菌與其 D-型乳酸去氫酶失活菌株用以生產高旋光性 L-型乳酸” 0960-8524, BIORESOURCE TECHNOLOGY 2014

〔 ABSTRACT 〕 : Lactobacillus casei 7B was isolated from putrid fruits with excellent lactic acid productivity in nutrient medium. An optical pure and polymer-grade L-lactic acid was achieved by interrupted the ldhD gene of Lactobacillus casei7B, the resulting mutant strain was designated as 7BL. Optimizations the cultures condition were performed and a high L-lactic acid productivity of 6.89 g/l/h was obtained in batch fermentation. In one-plus fed-batch experiment, a concentration of 191.73 g/l was achieved with a yield of 0.99 g/g glucose. To reduce production costs of L-lactic acid, wood lignocellulose hydrolysate was substituted for sugar in lactic acid production by 7BL and this strain could tolerant common inhibitors from pretreated lignocellulosic biomass, which represents a potential way for large-scale industrial application.

5. “利用水解後的纖維原料增加 5 碳生質酒精生成之發酵技術的發展” 0960-8524, BIORESOURCE TECHNOLOGY 2014

〔 ABSTRACT 〕 : Although dilute acid hydrolysis pretreatment is often employed to facilitate the release of monosaccharide in following enzyme hydrolysis for lignocellulosic ethanol production and progressed towards commercialization, some inhibitors were usually generated in hemicellulosic hydrolysate and dramatically influenced the performance of pentose fermentation. Accordingly, a novel technology for enhancing lignocellulosic ethanol production by pentose fermentation was successfully demonstrated at pilot-scale. The rice straw with specific hydrolysis treatment and then added to fermentation broth along with inoculated yeast have been found that it is helpfully to improve ethanol production in this study. . These results showed that the pentose fermentation with hydrolyzed rice straw added is a promising means for improving the economics of xylose utilization.

6. “Dry Reforming of Methane with DBD and Ferroelectrics Packed-bed Reactors” 0887-0624, ENERGY & FUELS 2014

〔 ABSTRACT 〕 : A hybrid plasma catalytic system consisting of a dielectric barrier discharge (DBD) reactor and relaxor ferroelectrics is investigated for producing syngas via the carbon dioxide reforming of methane. The study tests three kinds of packing materials including two relaxor ferroelectrics BaZr_{0.75}Ti_{0.25}O₃ (BZT, $\epsilon_r = 149$) and BaFe_{0.5}Nb_{0.5}O₃ (BFN, $\epsilon_r = 2025$) and glass beads ($\epsilon_r = 3-15$). The BFN and BZT packed

bed DBD reactors achieve higher CO₂ and CH₄ conversions and better energy efficiencies for syngas production than the DBD does. On the contrary, the DBD packed with glass beads achieves lower conversions and energy efficiencies than the DBD does. In terms of packings filled in a DBD reactor, there is a tradeoff between an enhancement of the electric field strength and a reduction of the gas retention time. It is interesting that the conversions are increased with the increase of the dielectric constant of the packings tested in the study. Overall speaking, a relaxor ferroelectric with high dielectric constant is a good candidate for DBDs. The finding is beneficial to further development of a plasma-based technique for the carbon dioxide reforming of methane.

7. “Dimethyl ether (DME) synthesis from syngas using single step process under various operating conditions and bifunctional catalysts ” 0306-2619, APPLIED ENERGY 2014

〔 ABSTRACT 〕 : Dimethyl ester (DME) is a potential and green substitute for diesel and liquefied petroleum gas. In this study, DME synthesis at various operating conditions, including altered temperature, H₂/CO molar ratio, and bifunctional catalyst is investigated to figure out the reaction characteristics of the single step process. With the condition of fixed space velocity of 15,000 mL (gcat h)⁻¹, the optimal reaction for maximizing DME yield is 220 °C where the chemical kinetics and thermodynamics are in a comparable state. When the H₂/CO ratio increases, the CO conversion increases whereas the H₂ conversion decreases. The maximum DME yield is 2.3 g (gcat h)⁻¹ for the H₂/CO ratio of 1. The addition of palladium (Pd) into a Cu-ZnO-Al₂O₃ catalyst can intensify CO conversion and DME yield in a CO₂-rich (10 vol%) syngas environment, as a consequence of hydrogen spillover which is able to increase the stability of active Cu against CO₂ oxidation. The results also suggest that the dehydration catalyst with higher acidity gives lower DME selectivity and yield. As a whole, the higher the CO₂ concentration in syngas, the lower the CO conversion and DME yield, especially for the feed gas without CO.

8. “沸石孔洞之調控工程及其應用於芳香族化合物轉化反應” 1385-2728, CURRENT ORGANIC CHEMISTRY/18 卷/10 期/p.1323-1334/2014 2014 (已刊登)

〔 ABSTRACT 〕 : 許多利用具有可調控孔隙度和擴散速率之沸石催化劑進行芳香族化合物轉化反應之對環境友善的製程已被開發。本文回顧調控沸石孔洞工程技術和其對於芳香族化合物轉化反應之催化性能增強效應，尤其是對-二烷基苯產物之選擇性和穩定性。

(二) 國際研討會論文：

1. “生物乙醇的水足跡” 2015 5th International Conference on Future Environment and Energy (ICFEE 2015) 2015

〔ABSTRACT〕：能源安全和氣候變化的擔憂刺激了可再生能源的發展，各國均積極投入可再生能源的研發計畫以降低對化石燃料的依賴，生物乙醇是運輸上最常用的生物燃料，然而在運輸生物燃料大量增加的趨勢下，大幅增加淡水資源的競爭，水資源問題繼能源問題之後成為另一值得探討的議題。本研究搜索 2005~2013 年間有關水足跡的相關文獻共有 150 篇，其中討論生物乙醇的產品水足跡的文獻只有 4 篇。各項研究中生物乙醇水足跡的範圍從 790 L H₂O / L EtOH 到 11030.4 L H₂O / L EtOH，最小的是法國的甜菜，最大的是泰國 Kanchanaburi 的糖蜜乙醇。生物乙醇會因作物的類型，生長所處的氣候和土壤的特性及產量或消費方式的不同而有不同的水足跡表現。同時，在選擇生物乙醇的原物料時不能僅以總水足跡值做為選擇的標準，應優先考慮綠色水足跡含量相對較高及適合於當地氣候的作物。這個研究結果可以提供後續有關生物乙醇水足跡研究者的方向指引，也可做為生產生物乙醇時原物料選擇的重要參考依據。

2. “利用分開酵素水解與醱酵製程生產纖維 L 型乳酸之菌株 *Enterococcus* spp.” 2014 泛太平洋漿紙技術國際研討會 2014 (已刊登)

〔ABSTRACT〕：本研究從家用蔬果類廚餘樣本進行篩菌試驗，篩選得一株高旋光度 L 型乳酸生產菌株 *Enterococcus* spp.，並利用廢棄木片進行分開酵素水解與醱酵製程以生產乳酸。於 5L 發酵槽 37 °C、pH 7.0 環境下進行乳酸發酵 48 小時，該菌株可從稀酸蒸氣爆裂前處理後且未去毒化的纖維木片生產旋光度>99.9%之 L 型乳酸，其乳酸產率為 0.97 gp gs⁻¹、乳酸生產效率為 1.18 gp L⁻¹ h⁻¹。此外，該菌株可耐纖維抑制物濃度 1.2 g L⁻¹ 之 HMF 與 1.58 g L⁻¹ 之 furfural。實驗結果顯示，以 *Enterococcus* spp. 應用於廢棄木片進行纖維 L 型乳酸之生產為一極具潛力的製程，未來也將規劃噸級放大之相關測試。

3. “Purification of Lignin from Cellulosic Ethanol Residues for Carbon Fiber Production ” Asian Workshop on Polymer Processing 2014 2014 (已刊登)

〔ABSTRACT〕：The study aims to purify lignin to a given level for carbon fiber production. The lignins are from a cellulosic ethanol pilot plant with feedstocks of sugarcane bagasses. The lignin purification method used in the study is a base-dissolving acidification approach. A L9 experimental design comprising 3 variables ([NaOH], [HCl], and washing temperature Tw) and 3 levels is adopted for obtaining the optimum purification parameters. Two quality characteristics “the bigger yield is better” and “the smaller ash content is better” are analyzed. It is surprise that the optimum levels for both

analyses fall in the same condition, i.e., [NaOH]=10%, [HCl]=30%, and $T_w=75^{\circ}\text{C}$. In addition, the purified lignins are analyzed with SEM, FTIR, and ICP-AES. Experimental results, interpretations and optimum parameters are presented in the text.

(三) 國內期刊論文：

1. “木質纖維原料前處理製程之物性分析” 68; 中華生質能源學會會誌 33 卷, 3-4 期, 頁 79-86 2014 (已刊登)

〔ABSTRACT〕：本研究為提供木質纖維原料前處理系統之工程設計參數，建立木質纖維原料的物理性質分析方法。前處理製程中各階段的物理性質可作為前處理系統中原料儲存設備、產物輸送設備、蒸汽加熱管件及反應程序等設計之基礎。本研究探討台灣常見之農林廢棄物如稻稈、蔗渣及木片等原料於前處理製程，其堆積密度、比熱性質、粒徑分佈以及吸水性的量測方法與數據，作為第二代生質精煉前處理系統開發與放大工程設計之參考。

2. “酸催化前處理稻草木糖水解液生產乳酸之研究” 中華生質能源學會會誌，第三十三卷，第一、二期，第 1-9 頁 2014 (已刊登)

〔ABSTRACT〕：木質纖維素全糖利用轉換為乳酸是具有商業化潛力的方式，其中木糖為一種具吸引力生產乳酸的糖質來源，本研究目的係篩選木糖轉化乳酸生產菌株及建立木糖轉乳酸程序，木糖代謝菌株 *Lactobacillus brevis* RSH2 由本所小型酒精試驗工廠水解發酵液篩選得到，*L. brevis* 以瓶杯規模發酵經毒化木糖水解液可得乳酸轉化率為 84%，當放大至 5L 發酵槽乳酸轉化率可提升至 90%。另外，*L. brevis* 為一種共發酵菌株，於木糖水解液中進行木糖和葡萄糖共發酵，可得到乳酸濃度為 36g/L，其轉化率為 77%。因此，*Lactobacillus brevis* 是可應用於酸水解稻稈木糖水解液產製程之乳酸生產菌株，亦可應用於共發酵程序。

3. “二甲醚脫水產製汽油之技術” 台灣化學科技產業協進會(TCIA)會刊，第 23 期，第 34-38 頁 2014 (已刊登)

〔ABSTRACT〕：本研究利用 ZSM-5 型沸石以固定床反應器催化二甲醚產製汽油。實驗結果顯示，反應壓力 1 atm、反應溫度 300°C 條件下，重量空間流速 (Weight Hourly Space Velocity, WHSV) 由 8.7 h^{-1} 降至 4.4 h^{-1} ，觸媒壽命可由 5 小時提升到 74 小時。在 WHSV 6.5 h^{-1} 的條件下測試觸媒酸度之影響，HZSM-5 觸媒之單程壽命約 10 小時， $\text{NH}_4\text{-ZSM-5}$ 經熱處理之觸媒壽命可提高到 200 小時左右，且經催化-再生循環，前 5 次實驗單程觸媒壽命都可達 200 小時左右，但是，第 6 次再生後，反應生成的液態碳氫化物總體積開始顯著減少，至第 8 次再生，觸媒之壽命僅約新鮮觸媒的 20%。反應生成之油相產物經 PONA (Paraffins, Olefins, Naphthalenes, and Aromatics) 分析，結果顯示以 HZSM-5 為觸媒產出之油品其芳香烴含量遠高於以 $\text{NH}_4\text{-ZSM-5}$ 為

觸媒者，烯烴產率趨勢則與芳香烴相反，本研究針對製程參數優化，已可使二甲醚經 NH4-ZSM-5 脫水產製之汽油組成符合我國現行環保法規。

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 103 年度已再分別取得中華民國專利 5 件及美國專利 1 件，另本年度目前已提出 6 件專利申請案，其具體內容分述如下：

（一）專利獲得

1. 「一種木糖代謝菌之製備方法及該木糖代謝菌」專利：本發明提供一種木糖代謝菌之製備方法及該木糖代謝菌，係利用基因轉殖方法於 *Saccharomyces cerevisiae*(釀酒酵母) 導入木糖代謝基因，使該木糖代謝菌能快速代謝木糖，該木糖代謝菌除了能以人工培養基進行發酵，亦能以高抑制物濃度之纖維木糖水解液進行發酵，可應用在纖維酒精產業及釀酒工業。(美國專利 專利權號碼：US8,603,776B2)。
2. 「併同培養葡萄糖發酵菌株及生產木糖醇之方法」專利：本發明為降低纖維酒精產製程序之種菌培養成本，並同時生產木糖醇以增加纖維酒精製程額外產值之方法。其中，本發明利用基因重組技術，建構具木糖代謝能力之 *Saccharomyces cerevisiae* 基因改良菌株，使菌株可以纖維木糖水解液作為纖維酒精產製程序之種菌培養營養源，減少種菌培養及設備成本；同時木糖水解液不需經過去毒性處理即可用於培養 *S. cerevisiae*，亦能減少去毒性(detoxification)程序設備使用；並能以菌株生產木糖醇增加額外產值。(中華民國專利，專利號碼：發明第 I433935 號)
3. 「無再沸器精餾塔用於蒸餾之設備」專利：一種無再沸器精餾塔用於蒸餾之設備，其包含有兩端分別具有塔頂出料口及塔底出料口之精餾塔，且該精餾塔一側距塔高 1/3 處設有進料口，並於精餾塔一側鄰近塔底出料口處設有進汽口；以及一與進料口連通之氣提塔。藉此，可讓蒸汽由進汽口進入精餾塔中，使蒸汽熱源完全傳遞提供酒精氣化使用，且不會產生結垢，可有效降低維護及操作之成本。(中華民國專利，專利號碼：發明第 I435754 號)
4. 「酒精變壓吸附控制方法」專利：一種酒精變壓吸附控制方法，係採用填充有脫水分子篩並於上、中及下部設有複數溫度感測器之分子篩管柱，以及一與該些溫度感測器連接之分析裝置，而監控該脫水分子篩氣相吸附與再生脫附程序之方法，其特徵在於透過該些溫度感測器所測得之溫度曲線預估該脫水分子篩是否已達吸附飽和，藉以判斷再生脫附之最適時間點，俾利在吸附、再生操作皆於同一管柱中施行由分子篩氣相吸附步驟、及該分子篩脫附再生步驟所構成之一循環變壓吸附程序，供大

幅簡化且更準確地控制脫水分子篩之操作特性，以達脫水分子篩最高操作效率。(中華民國專利，專利號碼：發明第 I435756 號)

5. 「一種木糖代謝菌之製備方法及該木糖代謝菌」專利：本發明提供一種木糖代謝菌之製備方法及該木糖代謝菌，係利用基因轉殖方法於 *Saccharomyces cerevisiae*(釀酒酵母) 導入木糖代謝基因，使該木糖代謝菌能快速代謝木糖，該木糖代謝菌除了能以人工培養基進行發酵，亦能以高抑制物濃度之纖維木糖水解液進行發酵，可應用在纖維酒精產業及釀酒工業。(中華民國專利，專利號碼：發明第 I438274 號)。
6. 「一種未去毒性纖維原料水解液生產木糖醇的方法」專利：本發明係一種未去毒性纖維原料水解液生產木糖醇的方法，以分離篩選的 *Candida sp.* 為木糖醇生產菌，能夠在未去毒性之纖維原料水解液中，有效地將木糖轉化為木糖醇。(中華民國專利，專利號碼：發明第 I439547 號)。

(二) 專利申請

1. 「一種提高纖維分解酵素活性之生產方法」專利申請案：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 2.9 倍。藉此，可達到成本低廉以及且便於饋料之功效。(馬來西亞專利，專利申請號碼：PI2014002457)
2. 「一種提高纖維分解酵素活性之生產方法」專利申請案：同上。(美國專利，專利申請號碼：14/471,080)
3. 「一種提高纖維分解酵素活性之生產方法」專利申請案：同上。(印尼專利，專利申請號碼：P00201405003)
4. 「耐高溫之德里阿茲威氏畢赤酵母菌」專利申請案：一種嗜熱型與耐抑制物的德里阿茲威氏畢赤酵母菌可應用稀酸蒸氣爆裂前處理後且未去毒化之纖維料源以從事纖維酒精之生產，提供一種適用於降低纖維酒精製程之生產成本，且便於製程上的操作之 *Pichia kudriavzevii* SI 菌株。為達以上目的，本發明利用不同高溫培養條件 (40-45°C)、不同濃度之纖維抑制物 (vanillin 濃度 0.5-3 g L⁻¹、5-HMF 濃度 1-5 g L⁻¹ 及 furfural 濃度 1-5 g L⁻¹)，及不同稀酸蒸氣爆裂前處理後且未去毒化的纖維料源 (稻稈、木片及蔗渣) 以檢測新穎性酒精生產酵母菌株 *Pichia kudriavzevii* SI 相較於傳統酒精生產酵母菌株 *Saccharomyces cerevisiae*，其多重壓力耐受度及其多源纖維料源之酒精發酵可行性。*P. kudriavzevii* SI 可耐受高溫 (40-45°C)，具高濃度纖維抑制物耐受性 (vanillin 濃度 3 g L⁻¹、5-HMF 濃度 5 g L⁻¹ 及 furfural 濃度 3 g L⁻¹)，且可進行纖維

酒精醱酵於未去毒化之纖維料源(稻稈、木片及蔗渣)；然而相較之下，低溫(30°C)酒精生產菌 *S. cerevisiae* 之纖維抑制物耐受度明顯劣勢許多(vanillin 濃度 2 g L⁻¹、5-HMF 濃度 3 g L⁻¹ 及 furfural 濃度 2 g L⁻¹)，其纖維木片酒精生成速率於 8 小時內較 *P. kudriavzevii* SI 慢 1.74 倍，且無法於纖維蔗渣料源中順利生產纖維酒精。(中華民國專利，專利申請號碼：103131994)。

5. 「纖維乳酸發酵液之乳酸分離純化方法」專利申請案：本技術選用沉澱法結合酯化分餾方法，選擇乳酸甲酯為目標，以沉澱法產生的乳酸鈣，加酸及甲醇反應後蒸餾的方式，設定酯化、分餾及水解反應之最佳條件，簡化、加速及最佳化此兩方法，提供乳酸純化分離之最佳程序，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。(中華民國專利，專利申請號碼：103137730)
6. 「一種利用高木質素纖維料源生產乳酸的方法」專利申請案：一種利用高木質素纖維料源生產乳酸的方法，其包含有稀酸前處理程序、高木質素料源酵素水解程序、種菌培養程序及纖維乳酸發酵程序等步驟，其發明主要針對自然界中大部分乳酸菌屬如 *Lactobacillus* SPP.、*Streptococcus* SPP.、*Leuconostoc* SPP.、*Enterococcus* SPP.，及自然界合適乳酸發酵生產等菌株，開發合適之纖維乳酸發酵製程，並對於高木質素料源酵素水解程序進行改良，提高高木質素料源酵素糖化水解轉化效率，應用於纖維乳酸發酵製程，經由本發明的開發步驟，目前可進行高木質素木質纖維乳酸生產，乳酸產量達 60~80g/L 以上的效果，糖轉化乳酸效率達 95% 以上，乳酸旋光度達 97% 以上。藉此可達到利用纖維料源進行乳酸之生產，達到節能減碳的效果以及去除與民爭糧進行化學品生產之爭議。(中華民國專利，專利申請號碼：103137729)

三、經濟效益(產業經濟發展) (權重 20%)

1. 本計畫發現一株較傳統釀酒酵母菌 *Saccharomyces cerevisiae* 有更佳葡萄糖轉化酒精效能之 *Pichiakudriavzevii* 酵母菌，具有更佳之高溫(40~45°C)及抑制物耐受力，除適合於熱帶地區纖維酒精生產，且控溫需求程度較低，在設備投資及操作上將更具彈性，將有助於降低建廠投資成本及經濟效益，此對於未來生質酒精推廣應能更具有助益。
2. 本年度計畫之纖維酒精及生質精煉技術已進入技術移轉階段，迄今已有多家產業洽談技術授權與合作研究，其中馬來西亞木業公司已正式進入技術授權申請作業階段，國內亦有工程顧問公司正在洽談技術授權合作；另國營企業中油綠能所與台糖公司糖業研究所皆有意投入纖維酒精產業，目前亦與本計畫執行團隊進行共同合作研究，以完成商轉前準備(commercialization ready)為目標，待國內生質酒精政策明朗後即可迅速投入。目前本計畫相關合作廠商及其合作內容如下表所示。

本計畫潛力技術授權及合作廠商

合作產業單位	合作內容
馬來西亞台商 OO 木業公司(技術授權)	■ 規劃向核研所申請 11 項有關纖維生質精煉技術的技術授權，採取與合板廠共構建置纖維生質精煉廠的模式，於五年內於馬來西亞依序建置 30 ton/d 驗證廠及 300-500 ton/d 商轉廠 ■ 103 年 8 月 OO 木業公司規劃偕同馬來西亞投夥伴之決策全權代表來訪，考察噸級廠纖維生質精煉製程之全程作業實況，並開始辦理技術授權申請。
馬來西亞沙巴州 投顧公司(技術授權)	■ 規劃採取與合板廠共構建置纖維生質精煉廠的模式，於東南亞依序建置驗證廠及商轉廠 ■ 9/15 馬來西亞沙巴州森林部長來訪洽談技術移轉作業與經費需求，同時參觀噸級廠運轉現場，會後並表示利用馬國當地的林業廢棄物結合核研所的纖維生質精煉技術極具有潛力，目前已規劃於 104 年第一季成立新創公司進行技術授權合作
OO 系統工程顧問公司(技術授權)	■ 授權內容:(1)廚餘酒精關鍵技術授權，爭取 104 年北市內湖焚化廠建置日進料 25 噸廚餘酒精驗證廠之設計案；(2)纖維生質精煉廠概念設計授權，以便進行整廠基本設計及細部設計，供未來以 Turnkey 方式合作推廣 ■ 推動現況: OO 公司已規劃利用其對外申請之研發計畫經費向核研所申請技術授權，將以廚餘酒精技術授權為優先合作內容(已簽訂合作協議與保密協議)
中油公司(合作研究)	■ 合作內容:完成國內纖維酒精商轉前所需製程技術，並以發酵菌株等生物資源為主要合作對向 ■ 推動現況: 分別於 103 年將本計畫開發之 2,3-丁二醇發酵菌及專利共發酵菌株 Y600 移交給中油綠能所進行測試以爭取授權機會，同時著手纖維酒精水解酵素專利之共同申請；103 年 9 月中舉辦第二屆雙邊閉門研討會
台糖公司(合作研究)	■ 合作內容:應台糖/糖研所需求，設計蔗渣與蔗汁酒精製程共構之最佳設計方案(待生質酒精政策定案後才有意願投入) ■ 推動現況:102 年 12 月完成第一次討論，目前已完台糖公司製程整合精進之共構方案
美國 OO 科技公司、國內 OO 國際公司	■ 合作內容: 基於大陸因農業廢棄物焚燒已造成嚴重的空氣污染問題及十二五政策之鼓勵，近期對於生質能源及生質化學品之生產技術已有高度需求，因此上述國內產業有意藉由推廣本所之纖維酒精及纖維乳酸技術，尋求與大陸產業合作建廠之機會 ■ 推動現況: 目前正與美國 OO 科技公司及國內 OO 國際公司

	辦理合作協議書。
國內 OO 公司	- 合作內容：台灣每年產出大量農業與事業廢棄物，業界對於其妥善處理技術有高度興趣，特別是有附加價值的處理技術，因此上述國內業者有意技轉本所之熱化學轉化技術，將廢棄物變黃金。 - 推動現況：已於 103 年 3 月 20 日與 OO 科技公司簽訂合作意願書，雙方洽談後續細節中。

四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續)（權重 20%）

1. 本計畫已建立淨排碳量約 35g CO₂e/ MJ ethanol 之纖維酒精生產製程，可較汽油生產製程淨排碳量低 60%，展現低減碳投入成本特色。
2. 本計畫開發之乳酸生產技術，可應用於具有低碳特徵之生質塑膠產業，取代化石塑膠市場，藉此增進產業降低國內對於化石能源之依賴度的共識
3. 因應本計畫各工作項目之執行需求，核研所已有聘用 10 名新血投入本計畫之研究，同時藉由噸級廠設備建置與更新之工程需求、產研合作之廠商人員培訓等工作項目，本計畫亦間接增加產業單位約 200 人之就業機會。
4. 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 12 月止本設施參訪之單位共計 40 個，人數超過 900 人，有助於國人對纖維酒精之認識及生質精煉技術之推廣。
5. 延伸纖維酒精核心技術於環保應用，持續協助北市內湖焚化廠進行廚餘酒精小型模廠之長期運轉能力與工具，亦作為北市市民環保教學與參訪平台，並促成北市環保局開始籌備於 104 年建立日進料 25 噸廚餘酒精驗證廠之預算規劃，創造兼具環保與能源效益之實例。
6. 國內產學研單位可利用本計畫建立之纖維酒精/生質精煉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/生質精煉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。
7. 為展現本計畫研發成果，並推廣及宣導社會大眾對於纖維酒精暨生質精煉技術應用效益之了解，本計畫於第三季起亦配合進行成果展示活動，其主要參與展覽內容如下：

展覽名稱	時間	地點
2014 年台北國際發明暨技術交易展	9/18~9/21	台北世貿展覽館
2014 低碳能源博覽會與再生能源週(國科會)	9/12~9/17	高雄綠能生技博覽會

2014 台灣國際綠色產業展(TIGIS)	10/06~11/09	台北南港展覽館
2014 高雄傳產成果展	10/14~10/15	高雄市科工館
2014 南台灣生物技術展	11/21~11/24	高雄巨蛋
2014 傳統產業創新加值研發成果展	11/28-11/30	台北華山文創園區

五、非研究類成就(人才培育、法規制度、國際合作、推動輔導) (權重 5%)

- 1.與逢甲大學及清華大學成立兩個研究團隊，以合作研究計畫方式培育碩博士生提供相關研究設備與資源供碩、博士來所研究，以培育國內生質精煉之人才，加速纖維酒精/生質精煉技術之演化，提升競爭力。
- 2.本計畫派一位同仁至日本京都工藝纖維大學研習生質化學品純化及材料化聚合技術，主要配合計畫發展生質化學品應用，學習環狀低聚乳酸技術，以直接聚合乳酸與萃取製程，可得環狀低聚乳酸成品厚植並拓展纖維酒精核心技術轉進生質化學品生產之研發能量。

六、其它效益(科技政策管理及其它) (權重 5%)

- 1.與塑膠中心新材料開發組合作開發乳酸聚合及加值化產品研發，本計畫提供商業規格乳酸，由塑膠中心進行乳酸產品開發及進行規格檢定，其有助於國內提升乳酸化學品應用及作為後續產業化及商轉推廣之依據。
- 2.協助國內纖維酒精及生質精煉相關研究之進行，本年度計畫已陸續提供木糖水解液、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數個產學研單位，進行纖維料源潛力測試、纖維料原生質精煉生化製程技術開發與廢棄物再利用之研究，期能據此拓展生質精煉製程之副產品開發方向，提升產業之經濟效益。
- 3.協助大同公司、大同大學與中研院之產學研合作計畫進行酵素放大測試量產，由核研所提供噸級規模酵素生產發酵槽設施給大同大學進行酵素量產測試，並據此建立酵素生產成本評估所需資訊，作為大同公司投入酵素生產事業之參考依據。

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：仟元

中綱(細部)計畫		(個別)研究計畫		主持人	執行機關	備註
名稱	經費	名稱	經費			
纖維酒精產業推廣平台及增值化生質精煉技術之研發(1/4)	33,226	纖維酒精產業推廣平台及增值化生質精煉技術之研發(1/4)	33,226		核能研究所	1000 萬元以上計畫
		纖維酒精產業化製程整合設計研發(1/4)	17,805		核能研究所	
		纖維酒精製程精進及增值化副產品開發(1/4)	11,476		核能研究所	
		木質素能資轉化技術開發與整廠熱能整合(1/4)	3,945		核能研究所	

(二) 經資門經費表

以人事費、業務費(研究設備費、材料與雜費)管理費分類

103 年度計畫執行數與預算數差異說明：

預算執行數統計截止日期 103.12.31 單位：仟元

會計科目	預算數 / (執行數)				備註
	主管機關預算 〔委託、補助〕	自籌款	合計		
			金額〔仟元〕	占總經費%	
一、經常支出					
1.人事費					
2.業務費	16,026/(16,010)		16,026/(16,010)	48.23/(48.18)	
3.差旅費					
4.管理費					
5.營業稅					
小計	16,026/(16,010)		16,026/(16,010)	48.23/(48.18)	

二、資本支出		17,200/(17,200)		17,200/(17,200)	51.77/(51.77)	
小計		17,200/(17,200)		17,200/(17,200)	51.77/(51.77)	
合計	金額	33,226/(33,210)		33,226/(33,210)	100/(99.95)	
	占總經費%	100/(99.95)		100/(99.95)		

103 年度計畫執行數與預算數差異說明：

無差異

(三)100 萬以上儀器設備

總期程累計(計畫執行期間累計)：

No.	儀器設備名稱	支出金額(仟元)
1	新穎纖維解聚前處理測試平台製作及安裝	13,900
	總計	13,900

(四)計畫人力

年度	執行情形	總人力 (人月)	研究員級	副研究員級	助理 研究員級	研究助理 技術人員
總期程累計(計畫執行期間累計)	原訂	324	18	50.4	147.6	108
	實際	324	18	50.4	147.6	108
	差異	0	0	0	0	0

與原核定計畫差異說明： 無差異

(五)計畫執行期間累計主要人力(副研究員級以上)投入情形

計畫執行期間累計：

年度	姓名	計畫職稱	投入主要工作及人月數	學、經歷及專長	
103	邱○煥	副研究員兼計畫主持人	6 人月 計畫規劃、執行與督導	學歷	博士
				經歷	助理研究員、副研究員
				專長	【23】【化學工程】
103	黃○松	研究員	1.8 人月 計畫執行與督導	學歷	碩士
				經歷	副研究員、副組長、組長
				專長	【29】【醫學工程】
103	郭○倫	工程師兼分項計畫主持人	3 人月 分項計畫規劃執行、與督導	學歷	博士
				經歷	工程師
				專長	【2H】【環保生物工程】
103	陳○華	工程師兼分項計畫主持人	2.4 人月 分項計畫規劃執行、與督導	學歷	博士
				經歷	副工程師
				專長	【23】【化學工程】
103	李○銘	副工程師兼分項計畫主持人	6 人月 分項計畫規劃執行、與督導	學歷	博士
				經歷	副工程師
				專長	【2H】【環保生物工程】
103	詹○峰	副研發師	3 人月 菌株發酵研究	學歷	博士
				經歷	副研發師
				專長	【23】【化學工程】
103	郭○正	副研發師	3 人月 菌株發酵研究	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

1. 本計畫目前有關纖維酒精技術平台之技轉及技術授權已公告可交易技術共 11 項：

- (1) 利用稀酸處理纖維原料生產纖維水解酵素
- (2) 提升纖維水解液生產五碳糖醇之酵母菌培養方法
- (3) 提升纖維原料水解液木糖濃度之方法
- (4) 纖維生質原料水熱前處理裝置與方法
- (5) 連續處理纖維原料之方法與裝置
- (6) 非糧生質原料解聚糖化關鍵技術研發-可放大之關鍵元件開發
- (7) 非糧生質原料解聚糖化關鍵技術研發-連續式纖維原料固液分離設備
- (8) 非糧生質原料解聚糖化關鍵技術研發-農林廢棄物纖維解聚糖化製程
- (9) 一種提高纖維分解酵素活性之生產方法
- (10) 由氣流中分離粘性物體之旋風分離裝置
- (11) 提高微藻無機碳源固定與生長的方法及其建構。

另正在辦理公告技術 11 項：

- (1) 木質纖維素生質物精煉製程技術-生質料源組成分析技術
- (2) 木質纖維素生質物精煉製程技術-纖維素轉糖之酵素水解技術
- (3) 木質纖維素生質物精煉製程技術-木質纖維素之酒精發酵生產技術
- (4) 木質纖維素生質物精煉製程技術-纖維酒精高效能木糖發酵菌株
- (5) 木質纖維素生質物精煉製程技術-纖維酒精高效能葡萄糖發酵菌株
- (6) 木質纖維素生質物精煉製程技術-木質纖維素轉化乳酸製程
- (7) 木質纖維素生質物精煉製程技術-L 型乳酸生產菌株
- (8) 木質纖維素生質物精煉製程技術-D 型乳酸生產菌株
- (9) 木質纖維素生質物精煉製程技術-纖維乳酸快速酯化法
- (10) 木質纖維素生質物精煉製程技術-生質精煉製程模擬平台與技術工具
- (11) 木質纖維素生質物精煉製程技術-廚餘及蔬果料源轉化生質糖及生質化學品技術。

總計共有 22 項可交易技術。並規劃依據不同生質精煉產品技術需求，整合製程技術作為整廠輸出之準備。

2. 本計畫為應因後續推動技術輸出於境外實施之需求，目前已進行相關技術盤點，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，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，目前正積極對欲推廣區域進行專利布局。

表、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)	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	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)	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)	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置與方法(中華民國專利)	1.一種纖維生質原料水熱前處理裝置與方法，係結合貫流式水熱前處理與減壓/蒸汽爆裂前處理 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。	1.建議中國大陸及亞洲地區優先推廣 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 3.可單項個別技轉
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)	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。 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	1.推廣地區無特別限制。 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。

技術項目	技術特色與優勢	推廣規劃
	模式操作(repeated batch)，達到木糖發酵菌回收的效果。	
同步糖化發酵反應裝置 (中華民國專利，申請中)	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)	1.推廣地區無特別限制 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.本計畫為推動產業化建立商業運轉技術，另有能專計畫「非糧生質原料解聚糖化關鍵技術研發」配合計畫執行，建立 100 噸/日非糧生質原料解聚前處理量產設備之設計，使具商轉潛力之木質纖維解聚前處理量產設備的設計與操作技術能力，以提供產業投入建置商轉廠之設計依據。
- 2.與國營企業中油、台糖等建立合作策略聯盟，藉由簽訂合作協議及保密協議的方式，進行國內纖維酒精商轉前所需製程技術，並以發酵菌株等生物資源為主要合作對象，以因

應國內生質酒精仍在研議階段的環境下，為產業作好商轉前的準備為目標，待國內生質酒精政策明朗後即可迅速投入。

- 3.與台經院合作，針對東南亞國家與國內等地方，進行不同纖維料源產地調查與發展潛力觀點分析評估，建立不同情境之最適設置場址、料源腹地、集運成本及集運方法改善策略等項目之評估，據此提出料源集運端的推動策略和行動方案。並完成建立台灣纖維酒精碳足跡分析，包含料源端、集運端與產製端碳足跡盤查分析。

捌、後續工作構想之重點

- 1.本計畫規劃優先以既有產業共構的策略，推動纖維酒精/生質精煉產業化，後續將會面對不同共構產業與料源，屆時勢必要針對多元料源建構客製化製程設計與規劃，104 年會以已技轉授權之產業料源優先考量，後續將以木材剩餘物轉化纖維酒精/生質化學品進行製程開發測試，建立最適程序操作參數，進而作為產業客製化纖維酒精量產製程整合規劃及整廠概念設計之基礎。並據此建立財務可行性與經濟效益評估，以增加產業投入信心。
- 2.本計畫目前已完成日進料 30 噸稻稈纖維酒精驗證廠基本設計，為因應產業化需求建立商轉廠規模，及考量經濟效益商轉廠規模至少要日進料 300-1000 噸級，因此後續將會以工程放大至商轉規模為前提，持續精進前處理、酵素水解槽等噸級廠重要研究設施為工作重點，以滿足纖維酒精產業化驗證所需之硬體設備。其中 104 年將結合能專計畫之設計成果，優先精進噸級廠前處理設施，並進一步精進酵素水解槽之攪拌設計及進出料控制設備，使測試廠運轉更符合商轉情境。另會導入關鍵設備工程放大模擬技術、流體或熱傳導模式及能資源整合規劃，以增加商轉規模製程設備的設計可靠度，104 年規劃提出日進料 300 噸之產線規模的概念設計報告，據此若擴充至 3~4 條產線，則可進一步建置日進料 1000 噸左右的商轉廠概念設計。
- 3.目前共發菌株精進與加值化乳酸發酵菌株開發均有所突破，後續會持續以化學突變(EMS 或 NTG)及高溫及高抑制物之馴化方法，並以核研所之噸級設備產出之不同生質料源木糖水解液作為基質進行篩選高溫及高抑制物耐受能力之 *S. cerevisiae* 共發酵菌株。另在乳酸菌株精進部份會持續篩選具高抑制物耐受力之乳酸生產菌株及基因重組乳酸生產菌株為主，同時與國內外學研合作取得具有潛力之乳酸生產菌株進行測試評估，以加速研發時程。
- 4.因應產業化需求加速生質產品分離純化與分析技術平台建立，目前已完成乳酸、木糖醇等標準分析方法及開發新穎乳酸發酵液分離、酯化及分餾純化技術，並建置 30L 分離純化設備，但為配合技術授權產業化腳步，後續將開發多種產物及其副產品之分析方法，

同時完成 30L 分離純化設備測試，找出最適程序參數，設計 Bench scale 設備運轉測試，建立穩定之操作製程，技轉至產業界。

玖、檢討與展望

1. 本計畫於產業化推廣方面已有實質的進展，除利用纖維酒精測試廠研發設施平台提供產業單位技術服務外，同時陸續與國內外相關產研單位進行洽談合作開發與授權，並於第四季完成境外技術授權一件，此顯示本計畫已逐步將技術落實於產業，雖然產業推廣進展處於初期階段，但計畫會同步發展生質化學品/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規劃工作，期能夠與產業相互配合，共創雙贏目標。
2. 目前許多產業雖有投入纖維酒精產業之意願與需求，但受限於目前國內纖維酒精發展環境仍有待建構，致使產業仍多處於觀望態度，因此計畫於產業化推動策略上，將優先善用國外農林資材料源，突破初期產業鏈尚未完整建立時，國內料源之限制，先建立「製造端」與「應用端」的鏈結，再導入「國內供應鏈，期藉由海外生產經驗之回饋，同時以具成本競爭力之纖維生質精煉領先技術，促成國內政策之制訂與推動，帶動產業發展。
3. 目前纖維酒精核心技術應用於發展生質精煉產業已具有競爭力，同時國內學研單位在生技領域亦有豐沛的研發能量，可持續提昇技術競爭力，但國內目前缺乏相關推動政策與配套措施，尤其國內雖有相當的生質料源供應潛能，但相關生質料源供應與栽植尚未有具體的共識與推動構想，且生質料源集運之相關產業鏈尚未形成，因此建議可匯集國內相關生質精煉之研發成果，推動建立生質能高值化應用之示範產業聚落，吸引產業聚焦，協助國內發展生質精煉低碳產業。
4. 在國內發展生質燃料產業之環境尚未完成建構及市場發展空間受限的情況下，建議優先發展生質燃料之知識服務模式，推動技術輸出於境外實施，藉由收取技術授權金與權利金的技術服務輸出新模式，展現技術擴散效益，據此亦可在不額外增加國家能源使用量的原則下，增加國家經濟產值。

填表人：邱○煥 聯絡電話： 傳真電話：

E-mail：

主管或主持人簽名：

附件一：量化績效指標表

計畫主要績效指標表

	績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
學術成就(科技基礎研究)	A 論文	投稿 SCI 期刊 3 篇。	投稿國際期刊可增加國際能見度。	會續以 Bioresource Technology 等高衝擊點數之期刊為目標，提高國際能見度
	B 研究團隊養成	成立研究團隊共 2 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。	將根據過去成功地以學研合作開發共發酵母之模式進行研究團隊養成
	C 博碩士培育	碩士研究生數量 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士來所研究，以培育國內生質燃料之人才。	
	D 研究報告	完成會議論文 10 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。	
	H 技術報告	完成技術報告 10 篇。	提供後續參與人員的參考，以及未來技轉之用。	103 年度將會提出 2 份技術報告，可作為技轉文件
	I 技術活動	參加國外及國內舉辦之技術研討會 4 場。	參與國內外知名學會或公司、機構等所舉辦之研討會，討論纖維酒精技術現況，促進技術提昇。	
技術創新(科技整合創新)	G 專利	申請國內或國外之專利 6 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。	103 年會以技轉為目標提出東南亞專利布局申請及相關生質化學品專利地圖

	績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
	L 促成廠商或產業團體投資	全程計畫完成時則技轉國內公司量產，初期年產 5 萬公秉纖維酒精。	纖維酒精年產值將達 15 億台幣。(30 元/公升×1000 公升/公秉×5 萬公秉/年) ；每年 CO ₂ 年減量達 10.5 萬噸。(2.1 噸/公秉× 5 萬公秉/年)	
(產業經濟發展) 經濟效益	R 增加就業	人數 2 人	提供就業機會，使不同專長之人員投入計畫工作，以落實計畫目標。	103 年本計畫聘雇專業人員 14 人，另相關合作廠提供就業機會約 200 人以上
	T 促成與學界或產業團體合作研究	與 1 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。	

附件二：GRB 佐證資料表

一、學術成就表(1)

國外學術期刊 8 篇、國內學術期刊 3 篇、及國際會議(全論文) 3 篇

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
103	AEE06	生物乙醇的水 足跡	The Water Footprint of Bioethanol			2014	2015 5th International Conference on Future Environment and Energy (ICFEE 2015)	f			Y1	N	
103	AEE0601	利用水解後的 纖維原料增加 5 碳生質酒精生 成之發酵技術 的發展				2014	0960-8524, BIORESOURC TECHNOLOGY	d	SCI				
103	AEE0601	Cybernetic Modeling and Optimization of the Simultaneous Saccharification and	Cybernetic Modeling and Optimization of the Simultaneous Saccharification and Fermentation Process for Ethanol Production			2014	0888-5885, INDUSTRIAL & ENGINEERING CHEMISTRY RESEARCH	d	SCI				

		Fermentation Process for Ethanol Production											
103	AEE0601	利用新篩選之 凱氏乳酸桿菌 與其 D-型乳酸 去氫酶失活菌 株用以生產高 旋光性 L-型乳 酸	Production of optically pure L-lactic acid from wood lignocellulose hydrolysate by using a newly isolated and D-Lactate Dehydrogenase Gene-Deficient Lactobacillus casei strain			2014	0960-8524, BIORESOURCE TECHNOLOGY	d	SCI				
103	AEE0602	耐高溫之德里 阿茲威氏畢赤 酵母菌	Ethanol production from different non-detoxified lignocellulosic feedstocks by a novel multi-stress-tolerant Pichia kudriavzevii strain			2014	1367-5435, JOURNAL OF INDUSTRIAL MICROBIOLOGY & BIOTECHNOLOGY	d	SCI				
103	AEE0602	沸石孔洞之調 控工程及其應 用於芳香族化	Pore Engineering of Zeolites and Their Perspective Applications			2014	1385-2728, CURRENT ORGANIC CHEMISTRY 18 卷 10 期 p.1323-1334	d	SCI				

		合物轉化反應	in Aromatics Conversion										
103	AEE0602	評估三種竹子 產糖與生產生 質酒精的潛力	Evaluation of Bamboo for Production of Fermentable Sugars and Bio-ethanol : A Comparison of Three Bamboo Species			2014	0960-8524, BIORESOURCE TECHNOLOGY	d	SCI				
103	AEE0602	利用分開酵素 水解與醱酵製 程生產纖維 L 型 乳酸之菌株 Enterococcus spp.	L(+)-lactic acid production from waste wood chips by separate hydrolysis and fermentation using newly isolate Enterococcus spp.			2014	2014 泛太平洋漿紙技術 國際研討會	f			Y1	N	
103	AEE0602	酸催化前處理 稻草木糖水解 液生產乳酸之 研究				2014	68; 中華生質能源學會會 誌; 33 卷 1-2 期 p.25-33	b			Y1	N	
103	AEE0602	木質纖維原料 前處理製程之 物性分析	Physical Properties Analysis of Lignocellulosic Biomass during Pretreatment Process			2014	68; 中華生質能源學會會 誌; 33 卷 3-4 期 p.79-86	b			Y1	N	
103	AEE0603	Dry Reforming	Dry Reforming of			2014	0887-0624, ENERGY &	d	SCI				

		of Methane with DBD and Ferroelectrics Packed-bed Reactors	Methane with DBD and Ferroelectrics Packed-bed Reactors				FUELS 28 卷 p.7621-7631						
103	AEE0603	Dimethyl ether (DME) synthesis from syngas using single step process under various operating conditions and bifunctional catalysts	Dimethyl ether (DME) synthesis from syngas using single step process under various operating conditions and bifunctional catalysts			2014	0306-2619, APPLIED ENERGY	d	SCI				
103	AEE0603	二甲醚脫水產製汽油之技術				2014	110; TCIA 會刊; 23 期 p.34-38	b			Y1	N	
103	AEE0603	Purification of Lignin from Cellulosic Ethanol Residues for Carbon Fiber Production	Purification of Lignin from Cellulosic Ethanol Residues for Carbon Fiber Production			2014	Asian Workshop on Polymer Processing 2014	f			Y1	N	

二、培育人才表(3)

培育博士 2 人、碩士 4 人

年度	計畫名稱	姓名	學歷 代碼	屬性	所屬執行計畫名稱(專題研究計畫)	連絡地址	電話	E-MAIL	已畢業博碩士	服務機構名稱	備註
103	纖維酒精產業推廣平台及加值化生質精煉技術之研發		b	a	纖維原料水解液之生物精煉特用菌株篩選精進研究及程序開發				A	逢甲大學/生醫學程	
103	纖維酒精產業推廣平台及加值化生質精煉技術之研發		b	a	纖維原料水解液之生物精煉特用菌株篩選精進研究及程序開發				A	逢甲大學/化學工程系	
103	纖維酒精產業推廣平台及加值化生質精煉技術之研發		a	a					A	成功大學/成大航太所	

103	纖維酒精產業推廣平台及加值化生質精煉技術之研發		a	a					A	中央大學/環工所	
103	纖維酒精產業推廣平台及加值化生質精煉技術之研發		b	a	纖維酒精關鍵技術精進開發及工程放大可行性研究				A	清華大學/化學工程系	
103	纖維酒精產業推廣平台及加值化生質精煉技術之研發		b	a	纖維酒精關鍵技術精進開發及工程放大可行性研究				A	清華大學/化學工程系	

三、智財資料表(8)

專利申請 6 件、獲得 6 件

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
103	AEE0602	一種提高纖維分解酵素活性之生產方法	a	d(馬來西亞)	103.08.22	103.09.03						a				

103	AEE0602	一種提高纖維分解酵素活性之生產方法	a	b	103.08.28	103.09.16						a			
103	AEE0602	耐高溫之德里阿茲威氏畢赤酵母菌	a	a	103.09.16	103.09.17						a			
103	AEE0602	一種提高纖維分解酵素活性之生產方法	a	d(印尼)	103.08.22	103.09.24						a			
103	AEE0602	纖維乳酸發酵液之乳酸分離純化方法	a	a	103.10.31	103.10.31						a			
103	AEE0602	一種利用高木質素纖維料源生產乳酸的方法	a	a	103.10.31	103.10.31						a			
103	AEE0601	一種木糖代謝菌之製備方法及該木糖代謝菌	a	b	100.09.23	102.12.10	US8,603,776B2		核能 研究所	100.09.23	121.01.14				

103	AEE0601	併同培養葡萄糖 發酵菌株及生產 木糖醇之方法	a	a	99.07.01	103.04.11	發明第 I433935 號		核能 研究所	103.04.11	119.06.31				
103	AEE06	無再沸器精餾塔 用於蒸餾之設備	a	a	100.09.16	103.05.01	發明第 I435754 號		核能 研究所	103.05.01	120.09.15				
103	AEE06	酒精變壓吸附控 制方法	a	a	98.10.15	103.05.01	發明第 I435756 號		核能 研究所	103.05.01	118.10.14				
103	AEE0601	一種木糖代謝菌 之製備方法及該 木糖代謝菌	a	a	100.06.03	103.05.21	發明第 I438274 號		核能 研究所	103.05.21	120.06.02				
103	AEE0601	一種未去毒性纖 維原料水解液生 產木糖醇的方法	a	a	98.10.23	103.06.01	發明第 I439547 號		核能 研究所	103.06.01	118.10.22				

四、技術報告表(9)

研究報告 17 篇、出國報告 4 篇、其他技術報告 4 篇，合計 25 篇

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
103	AEE06	赴日參加 2014 年日本智慧社區生質能展與參訪日本生質能源產業機構		2014	51	核能研究所	出國報告
103	AEE06	高固含量酵素水解槽之流變性質探討與 CFD 放大模擬研究		2014	23	核能研究所	研究報告
103	AEE0601	纖維酒精量產技術研發 (4/4) 102 年度成果效益報告		2014	113	核能研究所	科技管理報告
103	AEE0601	纖維酒精驗證廠基本設計		2014	127	核能研究所	研究報告
103	AEE0601	局限空間(缺氧)作業管理辦法		2014	26	核能研究所	作業程序書
103	AEE0601	纖維酒精製程之能源回收與利用		2014	30	核能研究所	研究報告
103	AEE0601	基因重組菌株 <i>Saccharomyces cerevisiae</i> Y15 酒精發酵溫度耐受性研究		2014	31	核能研究所	研究報告
103	AEE0601	酵素水解程序概念設計		2014	28	核能研究所	研究報告
103	AEE0601	木片纖維原料最適化水解條件之分析		2014	23	核能研究所	研究報告
103	AEE0601	降低木糖水解液醱酵成本之策略開發		2014	16	核能研究所	研究報告
103	AEE0601	噸級纖維酵素生產標準操作程序		2014	26	核能研究所	作業程序書
103	AEE0601	纖維原料水解液之生物精煉特用菌株篩選精進研究及程序開發		2014	36	核能研究所	研究報告

103	AEE0601	纖維酒精關鍵技術精進開發及工程放大可行性研究		2014	31	核能研究所	委託計畫報告
103	AEE0602	生質乳酸發酵液之絮凝前處理初步探討		2014	24	核能研究所	研究報告
103	AEE0602	提升乳酸菌的 L-型乳酸光學純度研究		2014	46	核能研究所	研究報告
103	AEE0602	赴日本京都工藝纖維大學生質材料科學系，研習環狀低聚乳酸(cyclic oligo(lactic acid))製備技術		2014	25	核能研究所	出國報告
103	AEE0602	五碳生質化學品之製程介紹與評估		2014	58	核能研究所	研究報告
103	AEE0602	生質乳酸發酵液之脫色與萃取前處理初步探討		2014	21	核能研究所	研究報告
103	AEE0602	氫氧化鈉以及氨水對於酯化生質乳酸發酵液之影響		2014	19	核能研究所	研究報告
103	AEE0602	參加亞洲生物技術聯合會生物能源與生物精煉分會 2014 年會暨生物能源與生物精煉高峰論壇		2014	44	核能研究所	出國報告
103	AEE0602	乳酸標準品中的乳酸寡聚物之解離方法		2014	20	核能研究所	研究報告
103	AEE0603	赴美加機構參訪生質能熱化學轉化技術與洽談國際能源科技合作		2014	15	核能研究所	出國報告
103	AEE0603	木質素精煉技術開發研究及應用		2014	25	核能研究所	研究報告

103	AEE0603	木質素精煉技術開發研究及應用		2014	31	核能研究所	研究報告
103	AEE0603	利用 Aspen Plus 進行乙醇轉乙烯(EtE)製程模擬之探討與研究		2014	46	核能研究所	研究報告

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)			合約有效期間(起)	合約有效期間(迄)	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					
103	纖維酒精產業推廣平台及加值化生質精煉技術之研發	木質廢棄物轉化生質能源及材料技術	c	核能研究所	馬來西亞 OO 木業公司	10,000	50,000	60,000			103	國外	申請作業中

六、廠商投資表(14)

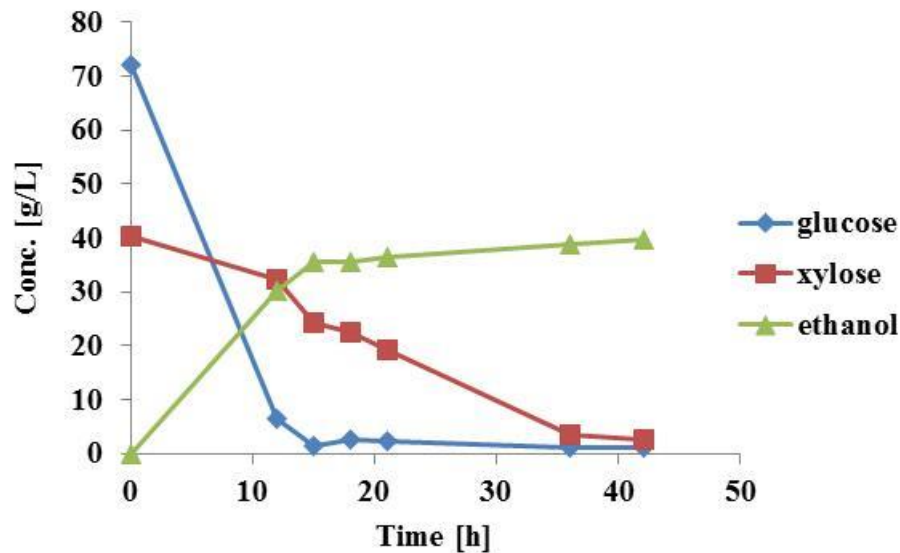
年度	計畫名稱	廠商名稱	廠商統一編號	廠商地址	投資類別代碼	投資金額(千元)	產品名稱	產值(千元)	移轉年度	備註
----	------	------	--------	------	--------	----------	------	--------	------	----

	無									
--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--

附件：圖片說明

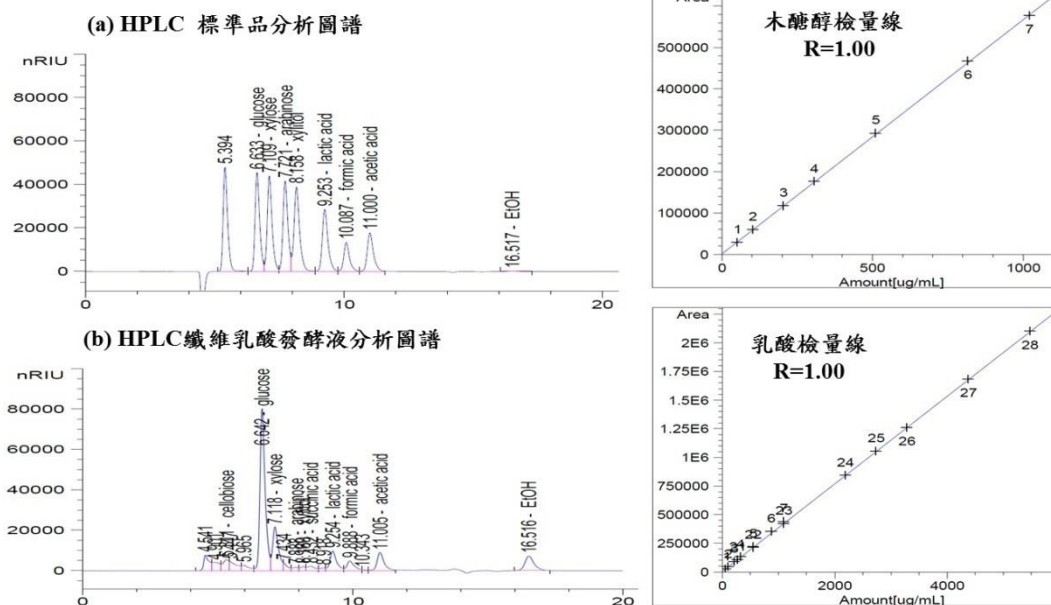
1. 圖片名稱：圖一、噸級 HSSCF 製程驗證之濃度變化.jpg

說明：圖一、噸級 HSSCF 製程驗證之濃度變化



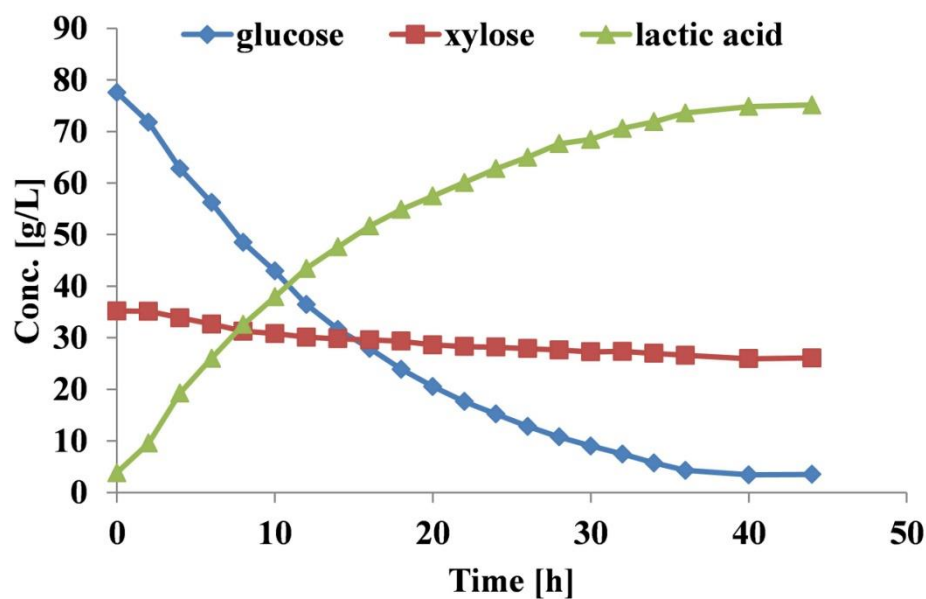
2. 圖片名稱：圖二、乳酸、木糖醇之檢量線及纖維乳酸發酵液之分析圖譜.jpg

說明：圖二、乳酸、木糖醇之檢量線及纖維乳酸發酵液之分析圖譜



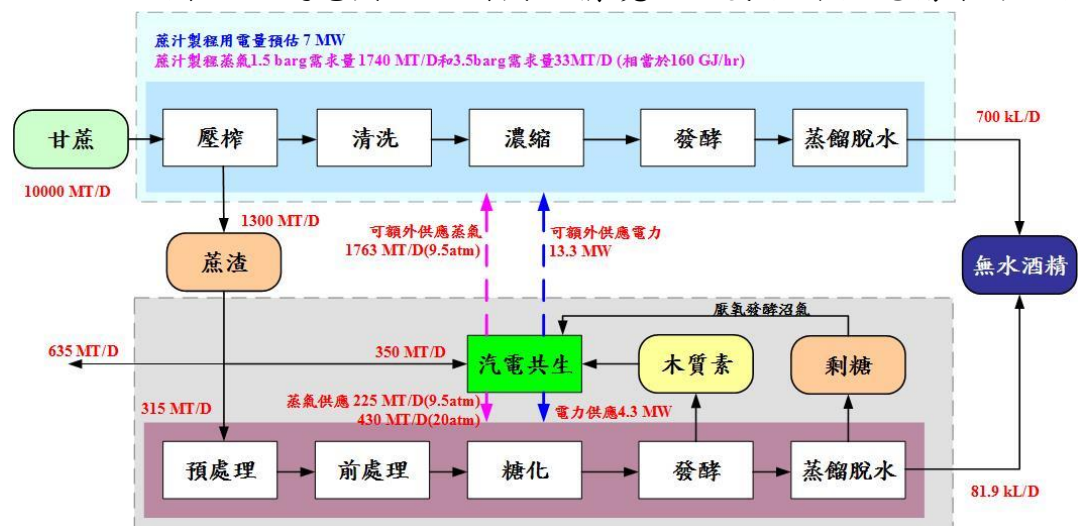
3. 圖片名稱：圖三、纖維乳酸發酵生產製程驗證.jpg

說明：圖三、纖維乳酸發酵生產製程驗證



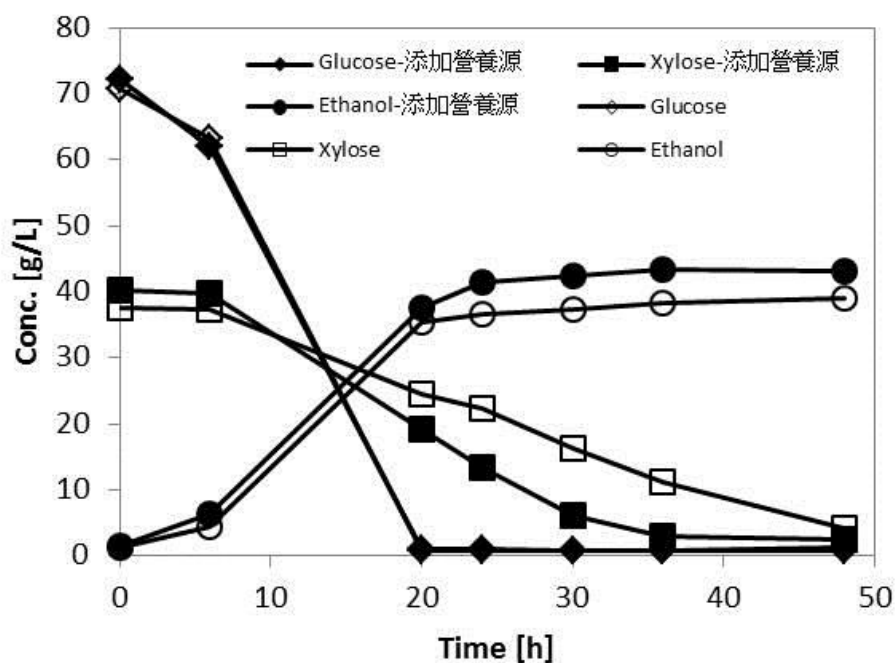
4. 圖片名稱：圖四、汽電共生設備共用情境之主要能源供應需求分配圖.jpg

說明：圖四、汽電共生設備共用情境之主要能源供應需求分配圖



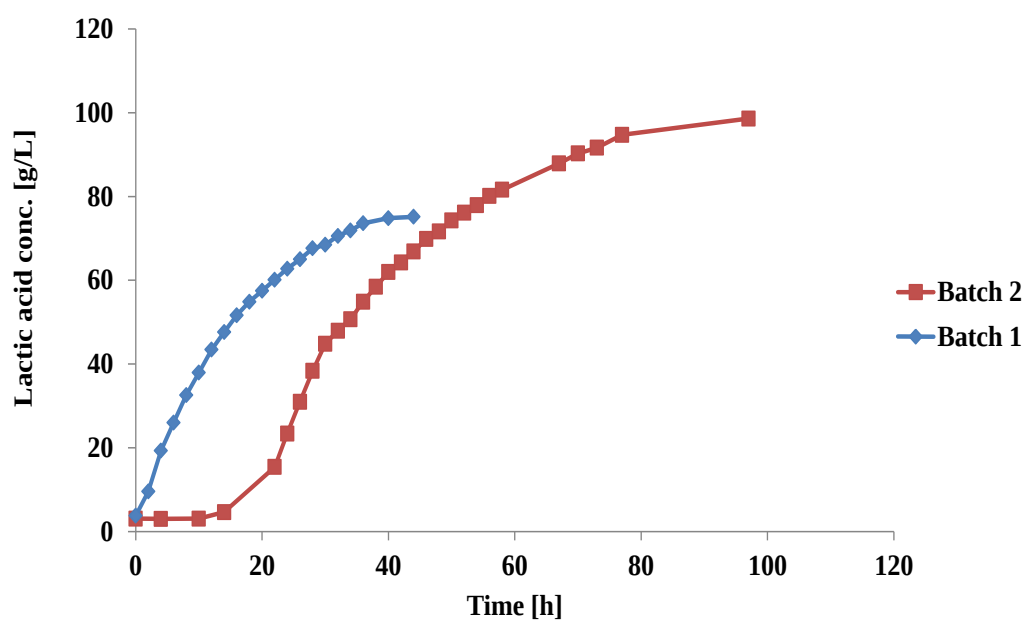
5. 圖片名稱：圖五、HSSCF 製程精進驗證之營養源添加測試比較.jpg

說明：圖五、HSSCF 製程精進驗證之營養源添加測試比較



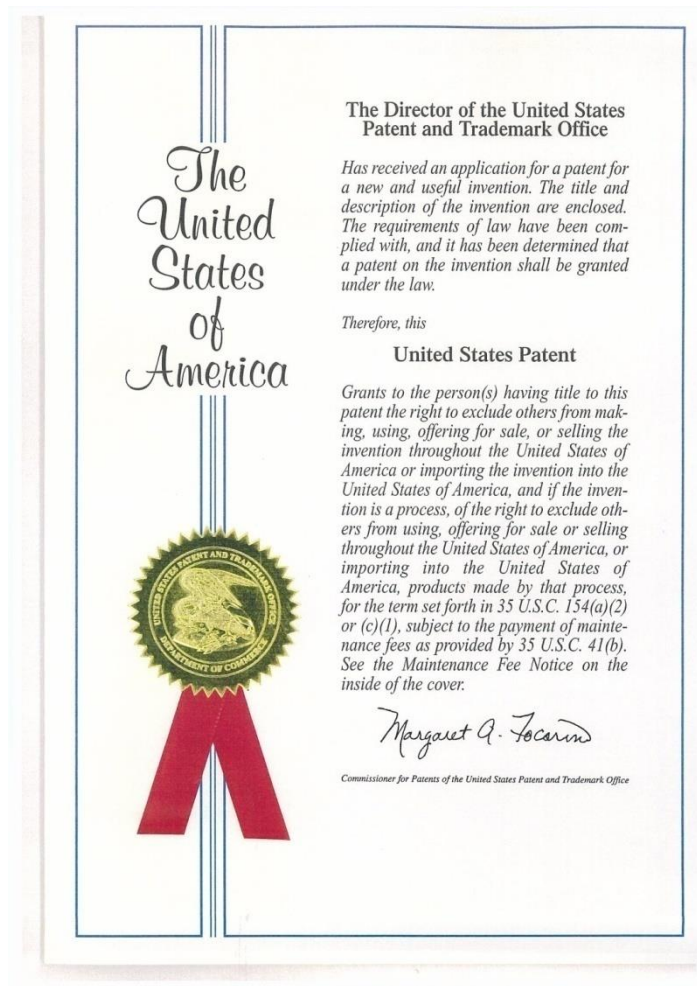
6. 圖片名稱：圖六、噸級乳酸驗證之批次測試比較.jpg

說明：圖六、噸級乳酸驗證之批次測試比較



專利證書，請自行增、減所需表格數

1	專利名稱：一種木糖代謝菌之製備方法及該木糖代謝菌 請掃描證書彩色圖檔，解析度 300dpi，圖檔寬度請設定 7cm (鎖定長寬比) (美國)專利申請號 13/242,547；發明 US8,603,776B2 號 本發明為建構 <i>Saccharomyces cerevisiae</i> 基因重組菌株之方法，使菌株具有快速代謝木糖之能力，且菌株能同時利用葡萄糖及木糖並轉化成酒精。本發明以基因重組技術將 xylose reductase (XR)、xylitol dehydrogenase (XDH)、xylulose kinase (XK) 等酵素之基因鑲嵌入 <i>Saccharomyces cerevisiae</i> 染色體，同時利用具篩選壓力之培養基進行菌株篩選，得到具快速代謝木糖能力之酒精共發酵菌株。
---	---




US008603776B2

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

(54) **METHOD FOR PREPARING
XYLOSE-UTILIZING STRAIN**

(75) Inventors: **Tien-Yang Ma**, Longtan Township
(TW); **Ting-Hsiang Lin**, Longtan
Township (TW); **Teng-Chieh Hsu**,
Taitung (TW); **Chiung-Fang Huang**,
Longtan Township (TW); **Gia-Leun
Gao**, New Taipei (TW); **Wen-Song
Hwang**, Longtan Township (TW);
Jia-Bau Wang, Taipei (TW); **Yun-Peng
Chao**, Taichung (TW); **Guun-Lin Yeh**,
Longtan Township (TW)

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

(*) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this
patent is extended or adjusted under 35
U.S.C. 154(b) by 113 days.

(21) Appl. No.: **13/242,547**

(22) Filed: **Sep. 23, 2011**

(65) **Prior Publication Data**
US 2012/0309093 A1 Dec. 6, 2012

(30) **Foreign Application Priority Data**
Jun. 3, 2011 (TW) 100119583

(51) **Int. Cl.**
C12P 21/06 (2006.01)

(10) Patent No.: **US 8,603,776 B2**
(45) Date of Patent: **Dec. 10, 2013**

(52) **U.S. CL**
USPC .. **435/69.1**; 435/69.7; 435/320.1; 435/254.21

(58) **Field of Classification Search**
None
See application file for complete search history.

(56) **References Cited**
U.S. PATENT DOCUMENTS
5,789,210 A * 8/1998 Ho et al. 435/163
6,333,181 B1 * 12/2001 Ingram et al. 435/165
7,226,735 B2 * 6/2007 Jeffries et al. 435/6.18
7,527,927 B1 * 5/2009 Ho et al. 435/6.18
2003/0235881 A1 * 12/2003 Heikkila et al. 435/69.1

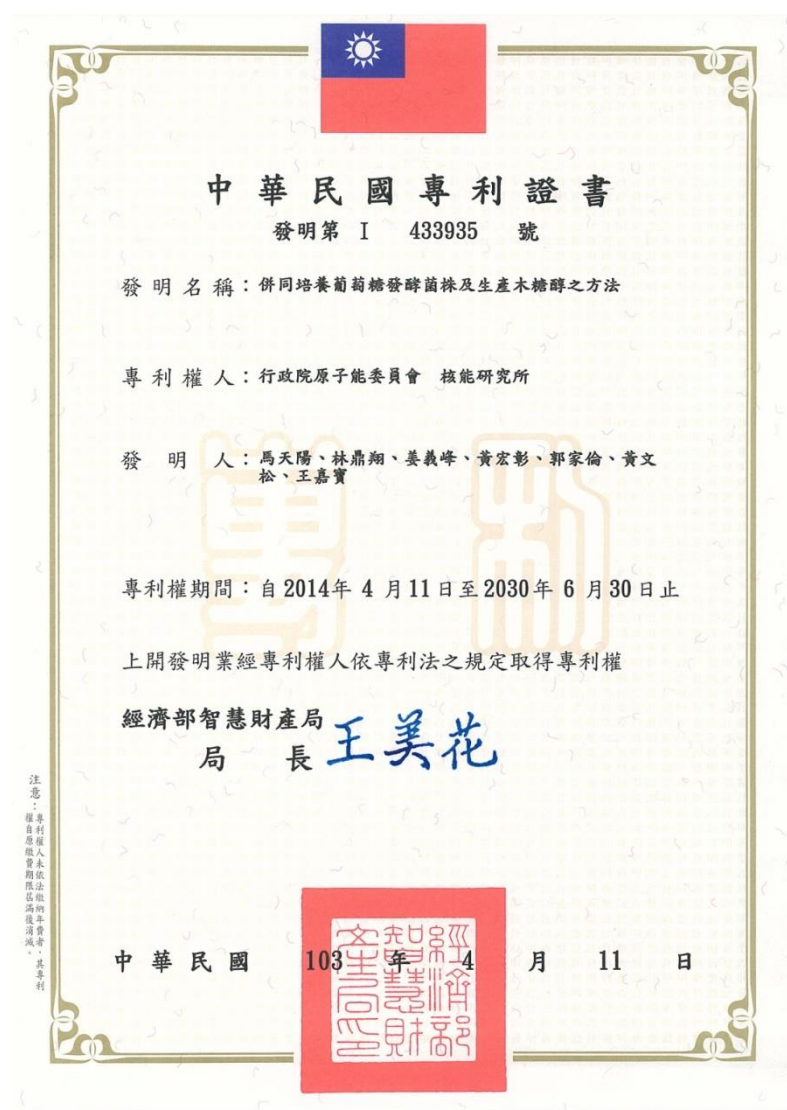
FOREIGN PATENT DOCUMENTS
WO WO 91/15588 * 10/1991
* cited by examiner

Primary Examiner — Jennifer Graser
(74) *Attorney, Agent, or Firm* — Hoffmann & Baron, LLP

(57) **ABSTRACT**
A method for preparing a xylose-utilizing strain of *Saccha-
romyces cerevisiae* and the *Saccharomyces cerevisiae* are
introduced. The preferred recombinant strain contains mul-
tiple copies of integrated xylose metabolic genes, and can
rapidly ferment xylose to produce ethanol from synthetic
medium and lignocellulosic raw materials. The xylose-utiliz-
ing strain is applicable for the cellulosic ethanol production
industry and brewing industry.

4 Claims, 5 Drawing Sheets

2	專利名稱：併同培養葡萄糖發酵菌株及生產木糖醇之方法 請掃描證書彩色圖檔，解析度 300dpi，圖檔寬度請設定 7cm (鎖定長寬比) (中華民國)專利申請號 099121618；發明第 I433935 號 本發明為降低纖維酒精產製程序之種菌培養成本，並同時生產木糖醇以增加纖維酒精製程額外產值之方法。其中，本發明利用基因重組技術，建構具木糖代謝能力之 <i>Saccharomyces cerevisiae</i> 基因改良菌株，使菌株可以纖維木糖水解液作為纖維酒精產製程序之種菌培養營養源，減少種菌培養及設備成本；同時木糖水解液不需經過去毒性處理即可用於培養 <i>S. cerevisiae</i>，亦能減少去毒性 (detoxification) 程序設備使用；並能以菌株生產木糖醇增加額外產值。
---	---



3.專利名稱：無再沸器精餾塔用於蒸餾之設備
(中華民國)專利申請號 100133299；發明第 I435754 號



4. 專利名稱：酒精變壓吸附控制方法-中華民國

(中華民國)專利申請號 098134881；發明第 I435756 號



5.專利名稱：一種木糖代謝菌之製備方法及該木糖代謝菌-中華民國

(中華民國)專利申請號 100119583；發明第 I438274 號



6. 專利名稱：一種未去毒性纖維原料水解液生產木糖醇的方法

(中華民國)專利申請號 098135912；發明第 I439547 號

