

行政院原子能委員會  
委託研究計畫研究報告

第一與第二代纖維酒精之推動策略與總體效益影響評估

**The promotion policies and macroeconomic benefit assessment of the  
first generation bioethanol and the second generation cellulosic  
ethanol**

計畫編號：1022001INER040

受委託機關(構)：財團法人台灣經濟研究院

計畫主持人：蘇美惠 主任

聯絡電話：02-2586-5000 分機 808

E-mail address：d11453@tier.org.tw

核研所聯絡人員：張德明 博士

報告日期：102 年 12 月 5 日

## 目錄

中文摘要.....	III
ABSTRACT.....	IV
壹、計畫緣起與目的 .....	1
一、計畫背景.....	1
二、計畫目的.....	10
貳、研究方法與過程 .....	11
一、國內酒精工廠製程與情境假設 .....	11
二、生產成本分析.....	15
三、財務可行性分析.....	23
四、敏感性分析.....	25
參、主要發現與結論 .....	27
一、國內外生質酒精發展趨勢 .....	27
二、生質酒精成本分析.....	33
三、生質酒精建廠財務分析 .....	37
四、生質酒精敏感性分析.....	40
五、生質酒精外部效益分析 .....	46
六、國內發展生質酒精推動策略 .....	47
七、國內發展生質酒精總體效益評估 .....	50

肆、結論.....	51
一、研究結論.....	51
二、研究建議.....	54
伍、參考文獻.....	55

## 中文摘要

本研究蒐集國內外纖維酒精高值化應用與產業動態相關文獻資料、纖維酒精建廠投資動態與投資成本相關資料，進行整理，做為本研究進行第一代與第二代纖維酒精廠設置模式與成本效益評估之研究基礎與參考，分析各情境下酒精工廠生產成本與建廠財務可行性分析，並進行敏感度分析與外部效益，最終完成第一代與第二代纖維酒精之推動策略與總體效益影響評估，並提出國內具潛能之發展規劃、推動目標、時程及總體效益之結論。

研究結果顯示：以甘蔗及廢木材做為料源產製酒精，每公升分別為 29.3、21.95 元，初步評估生產成本已低於目前中油進口無水酒精價格(每公升 36.54 元)，已具備競爭力。由於台灣環境並不適合發展造林與木材加工業，因此，與木材廠共構產製酒精之成本雖然具備競爭力，但該情境較適合技術輸出國外利基產業應用。另外以稻稈做為料源生產成本仍偏高，仍有待產製技術突破，降低操作成本；以目前成本結構分析，酒精售價須達到 46.74(SSCF 製程)~53.87 元/公升(SSF 製程)，建廠投資方可達損益兩平。此外根據財務敏感度分析，酒精售價將是影響纖維酒精建廠最重要之財務參數，應對該項目做適當的控管。

**關鍵詞：**淨現值、內部報酬率、回收期限法、纖維酒精、同時水解與發酵、同時水解與共同發酵

## **ABSTRACT**

This research collected domestic and international assessment of value-added technology and industry dynamics in the cellulosic ethanol industry, cellulosic ethanol production cost and the equipment cost for factory construction. The data would be the basic information of the research to analyze the production cost and the financial feasibility of factory investment in different construction scenarios. After finishing the financial analysis, this research had also proceeded with the sensitivity analysis and external benefits to accomplish the promoting strategies and macroeconomic benefit.

The results showed that : the use sugar cane and wood waste to produce ethanol, respectively 29.3,21.95 yuan per liter, preliminary assessment of the cost of production has been lower than the current price of CNPC imported ethanol (36.54 yuan per liter), has been competitive . Taiwan's environment is not suitable for the development of afforestation and wood processing industry, therefore, although the combination of Wood Factory to produce ethanol cost competitive, but the situation is more suitable technology export abroad niche industry applications. In addition to the use of straw as a source material for ethanol production costs are still high, has yet to be produced technological breakthroughs and reduce operating costs; analysis of the current cost structure, the price of alcohol is required to achieve 46.74 (SSCF process) ~ 53.87 yuan / liter (SSF process ), the investor plans to build ethanol plants can break even. Furthermore according to the financial sensitivity analysis, the price of ethanol will affect the most

important building ethanol plants financial parameters of the project to make the appropriate response to control.

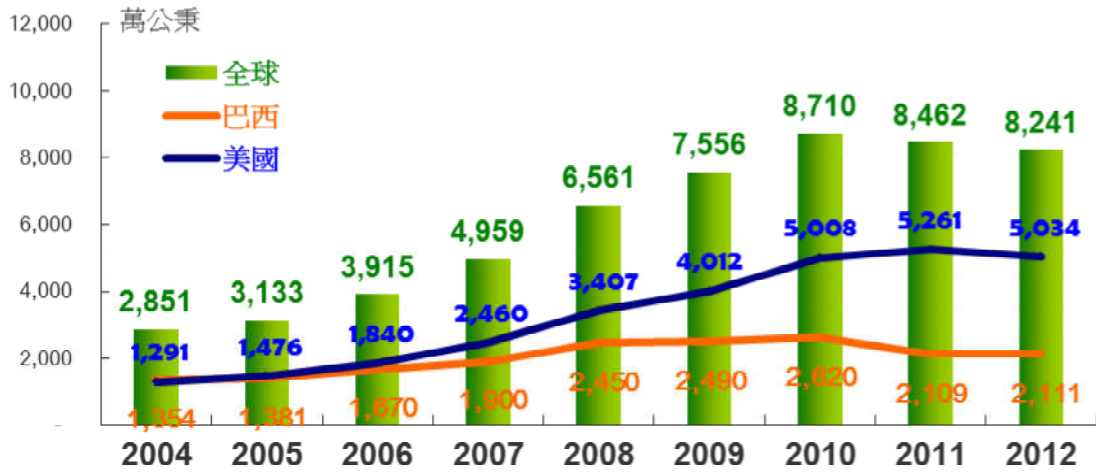
**Keywords:** Net present value 、 Internal Rate of Return 、 Payback Period Method 、 cellulosic ethanol, Simultaneous Saccharification and Fermentation, Simultaneous Saccharification and Co-Fermentation

## 壹、計畫緣起與目的

### 一、計畫背景

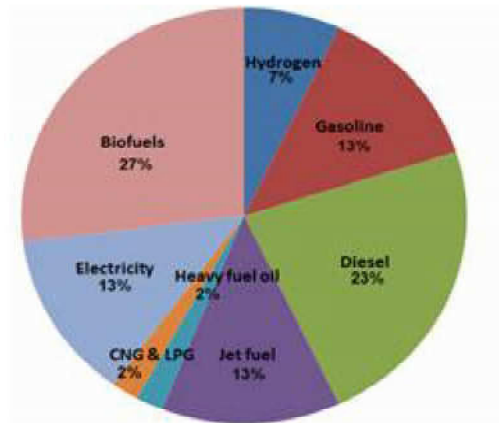
國際上對於生質能利用包含用於車用替代燃料之生質燃料、生質燃燒供熱及生質能發電等。生質燃料依其使用原料及生產程序可以分成第一代及第二代生質燃料，目前第一代生質酒精與生質柴油已商業化應用，第一代生質酒精主要是以糧食作物為原料來生產酒精，主要分為兩類，分別為醴類作物(甘蔗、甜高粱及甜菜等)與澱粉類作物(玉米、小麥、木薯及甘藷等)。根據(RFA, 2013)計算 2012 年全球生質酒精產量已達 8,241 萬公秉(如圖 1) ，佔全球生質燃料 84%，約取代 10%汽油使用量，(IEA , 2011)預估 2050 年生質燃料將佔全球運輸燃料市場 27%(如圖 1)。美國為全球酒精產量最大國家，2012 年受氣候異常、稅務優惠終止等因素，加上 2011 年大量庫存，導致部分廠商減產因應，生質燃料產量減少。2012 年全球使用穀物作為燃料酒精料源已達全球穀物總消費量 8%(如圖 3)，若單就美國境內玉米使用概況進行分析，根據美國農業部資料顯示，2012 年美國玉米用於燃料酒精比重為 44%，其次為飼料比重為 43%(如圖 4)，因所使用之料源與糧食作物重疊性過高，存在著與人爭糧之爭議，因此由全球穀物酒精發展趨勢可知纖維料源角色日益重要。第二代生質燃料雖然技術

尚未能成熟應用，但由於可利用糧食作物之農業殘留物作為料源，其能源能量產出與二氧化碳減量效果皆較第一代生質燃料為佳，因此，已成為各國研發投入重點項目。



資料來源：2013 Ethanol Industry Outlook, RFA, 2013。

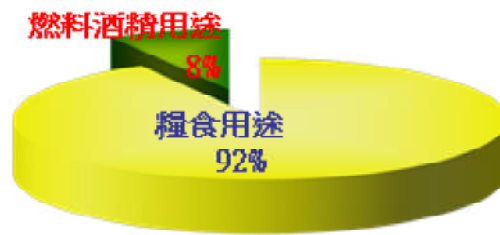
圖 1 全球燃料酒精產量發展趨勢



資料來源：IEA(2011)。

圖 2 2050 年全球運輸燃料預估比重





資料來源：F. O. Lichts(2012)。

圖 3 2012 年全球穀物酒精比重



資料來源：USDA 網站，台經院整理。

圖 4 2012 年美國玉米用途分析

目前推動中國家皆已訂定生質酒精中長程發展目標(如表 1 所示)，目前約有 13 個國家實施強制添加，15 個國家正推動添加生質酒精，主要以推廣第一代生質酒精為主，美國是唯一強制規範第二代纖維酒精使用量國家。(IEA, 2012)評估各國政府對生質燃料補助 2011 年約 240 億美元(年增 9%)，預估至 2020 年每年補助平均將達 460 億美元，2021~2035 年將至 590 億美元。

表 1 重要國家生質燃料發展目標

美國 <sup>a</sup>	2012 年生質酒精在運輸燃料佔 4.6%；生質燃料 2022 年達 360 億加侖，其中纖維酒精佔 160 億，傳統生質燃料 2015 年達到 150 億後不再增加
加拿大 <sup>b</sup>	2010 年汽油須含 5% 可再生內容物(如生質酒精)
巴西 <sup>c</sup>	1993 年起強制使用酒精作為汽油增氧劑，添加比例 E18~E25，生質酒精混合比隨油價、糖價及甘蔗產量調整
歐盟 <sup>d</sup>	2020 年生質燃料在運輸燃料所佔比例為 10%，其中以糧食為料源之生質燃料不可超過 5%；各國生質酒精混合比自行規範
中國 <sup>e</sup>	已有 10 個省份實施 E10，2020 年全國實施 E10；2015 年液態生質燃料產量須達 400 萬公噸
印度 <sup>f</sup>	2017 年將推動 E20 和 B20
泰國 <sup>g</sup>	2012 年使用至少 20% 生質酒精及生質柴油替代運輸燃料，2021 年每日酒精用量需達 900 萬公升 於 2011 年強制 B5，2013 年強制 91E10
日本 <sup>h</sup>	2017 年 50 萬公乘化石運輸燃料須由生質燃料取代，2020 年 180 萬公乘化石運輸燃料須由生質燃料取代
澳洲 <sup>i</sup>	2010 年生質燃料產量達 3.5 億公升；New South Wales 州實施 E6 和 B5

資料來源：a. IEA(2011), EPA(2010)；b. USDA(2013)；c. USDA(2013)；d. USDA(2013)；e. USDA(2012), USDA(2013)；f. USDA(2013)；g. USDA(2013)；h. USDA(2013)；i. USDA(2013).

第二代生質酒精主要是以非糧食作物為原料來生產酒精，也就是以木質纖維素或纖維質做為生質酒精的原料，包括穀類農作物廢棄物如麥稈、稻稈、玉米稈等，以及農業、都市和建築廢棄物，如蔗渣、舊報紙、木屑、廢木材等，或者成長快速的纖維質作物，如芒草、狼尾草、柳枝稷等。雖然以農林廢棄物做為原料生產第二代生質酒精，更符合經濟效益和環保要求。但目前纖維酒精的發展仍有不少障礙，

成本上仍無法和糖質或澱粉質為原料的匹敵。目前纖維酒精運轉及建置中產能以生化製程為主，運轉中產能僅為示範廠，雖有工廠已達商業量產規模但尚未達商轉廠階段，國外已運轉或建置中纖維酒精工廠如表 2 所示，其中美國 Abengoa、Enerken、Mascoma、POET-DSM、ZeaChem、丹麥 Inbicon 等廠商將會在 2013 年陸續投產，進而進入到量產的驗證導入階段。IEA 與歐盟評估進入實質商轉量產須待 2020 年以後，美國原來樂觀估計 2012 年，但受到金融風暴與技術發展尚未突破影響，量產進程不如預期。

表 2 全球纖維酒精發展概況

公司	廠址	原料	產能 (加侖/年)	運轉日期
Abengoa	西班牙 Salamanca	小麥秸稈、大麥結梗	130 萬	2009 年 09 月
	美國 Hugoton, KS	農業廢棄物、能源作物	2,500 萬	2013 年 12 月完工
American Process	美國 Alpena, Mi	硬木	70 萬	2012 年
Beta Renewables	義大利 Rivalta	非糧食纖維生質物	335 加侖/日	2009 年
	義大利 Crescentino	蘆竹、麥稈、玉米稈、稻稈、白楊	2,000 萬	2012 年第四季
BP Biofuels	美國 Jennings, Louisiana	蔗渣、廢木材	140 萬	2008 年 05 月
Clariant	德國 Straubing	農業廢棄物	33 萬	2012 年
Coskata	Madison, Pennsylvania	木質纖維、城市垃圾	4 萬	2009 年 10 月
Dong 能源公司	丹麥 Kalundborg	秸稈與飼料小麥	143 萬	2009 年 11 月
Du Pont Danisco	Vonore Tennessee	玉米穗軸、柳枝稈	25 萬	2010 年 1 月
Dupont	美國 Nevada, Iowa	玉米稈	3,000 萬	2014
Enerkem	加拿大 Westbury	廢電線桿、都市垃圾	130 萬	2012 年初

公司	廠址	原料	產能 (加侖/年)	運轉日期
	加拿大 Edmonton	工商業廢棄物	1,000 萬	2013 年第四季完工
Fiberight	美國 Blairstown, Iowa	都市垃圾、工業廢棄物	600 萬	2013 年第四季完工
Inbicon	丹麥 Kalundborg	麥稈	150 萬	2009 年
	丹麥 Maabjerg	麥稈	2,000 萬	2016 年第一季度完工
	美國 Spiritwood, ND	麥稈	1,000 萬	2015 年第三季完工
Ineos Bio	美國 Vero Beach, Florida	農業廢棄物、都市垃圾	800 萬	2013 年
Iogen	加拿大 Ottawa	麥稈、玉米稈、草	100 萬	2005 年
	巴西 Sau Paulo	蔗渣	評估中	-
KL Energy	美國 Upton, Wyoming	木片、蔗渣	150 萬	2008 年 01 月
Mascoma	美國 Rome, New York	木片	20 萬	2008 年 6 月
	美國 Kinross, MI	木片	2,000 萬	2014/15 完工
Poet-DSM	Scotland, South Dakota	玉米纖維	2 萬	2008 年底
	美國 Emmetsburg, Iowa	玉米稈	2,000 萬	2014 年
ZeaChem	美國 Boardman, Oregon	白楊樹、麥稈	25 萬	2015 年第四季完工
中國河南 天冠集團	中國河南省鎮平縣工業 園區	玉米結稈	167 萬	2009 年 08 月

資料來源：RFA (2012)， F.O.Licht (2013)，各公司網站；台經院整理。

纖維酒精廠目前可能的共構運轉模式仍處於探索階段，除了分別與燃煤電廠、生質甲烷廠、糖廠或生質柴油廠共構外，最可能與第一代酒精工廠整合，Abengoa 公司與 Poet 公司之纖維酒精示範廠即採用此發展策。纖維酒精廠與第一代酒精廠共構的優點包括(Black & Veatch, 2008)：透過製程整合可降低能源需求、纖維酒精之部分製程設備可使用既有第一代酒精之設備（如蒸餾設備）、擴大料源來源、如利用農作物或穀物之殘留物（稻稈或乾草）、共用相同的料源集運網絡、纖維酒精廠共構後，對於部分的投資費用與人力資源運用可產

生規模經濟之效益。

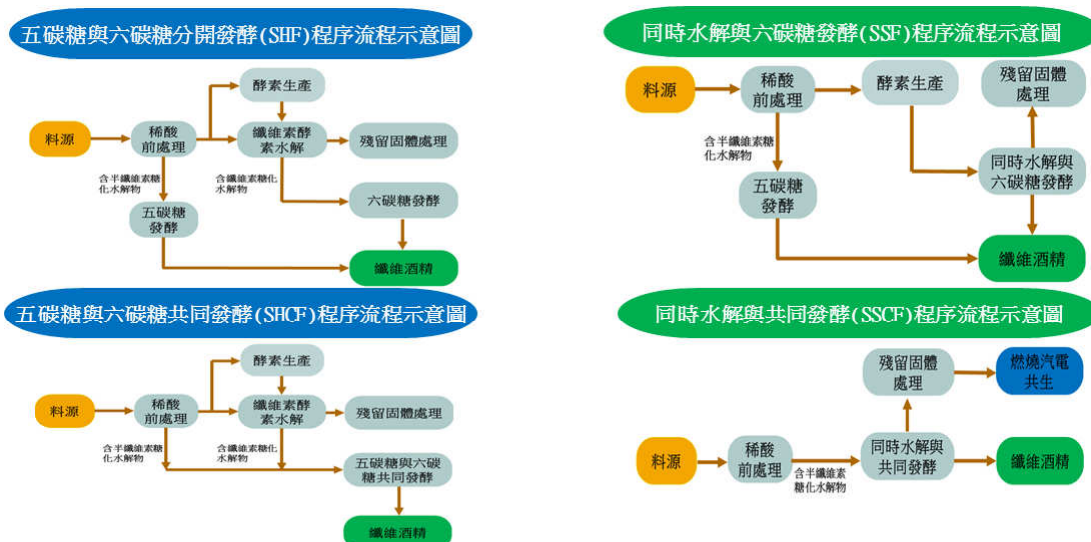
關於國外纖維酒精生產設施與其他設施結合之實例整理如表 1，目前各種形式之共構案例，計有美國 AE Biofuels 公司纖維酒精示範廠、POET 公司商業化生產工廠與玉米酒精工廠結合，丹麥 Inbicon 纖維酒精示範廠與燃煤電廠結合，泰國 Thai Roong Ruang 公司 Saraburi 先導試驗工廠與糖廠結合，日本三井工程與馬來西亞 Sime Darby 合作與生質柴油廠結合，其油料作物經萃取油後殘留大量生質物殘留物，利用棕櫚油空果串來生產纖維酒精。第一代酒精與纖維酒精技術之共構與整合，最顯著的效益是節約能源之潛力。第一代酒精設備需要顯著的製程水蒸汽與熱需求，而纖維酒精之生物化學程序則可利用水解後，生質物產生之副產物進一步燃燒、進行汽電共生之操作，故第一代酒精與纖維酒精若可適當地整合製程，其衍生之動力與水蒸氣將可運用於整座共構廠。

表 3 纖維酒精生產設施與其它設施共構實例

程序整合	採用的公司
與玉米酒精工廠結合	美國 AE Biofuels 公司示範廠、POET 公司商業化生產工廠
與燃煤電廠結合	丹麥 Inbicon 示範廠
與生質甲烷結合	丹麥 Maxifuel 先導型試驗工場
與糖廠結合	泰國 Thai Roong Ruang 公司 Saraburi 先導型試驗工場、英國 TMO 公司與巴西 Usina Santa Maria 合作，在位於 São Paulo 州的糖廠建置一座年產 1 萬公秉蔗渣纖維酒精工廠
與生質柴油廠結合	日本三井工程與馬來西亞 Sime Darby 合作，利用棕櫚油空果串生產纖維酒精

資料來源：邱太銘(2012)。

現階段纖維酒精產製技術的發展方向是生物化學法將植物所擁有的纖維素以及半纖維素轉化成葡萄糖及木糖，再利用發酵技術，以特定的酵母菌 (yeast) 將葡萄糖和木糖轉變成酒精。目前的纖維酒精工廠，大都是以葡萄糖做為主要原料。另外在纖維酒精發酵程序構型可分為分開水解與發酵(SHF)、分開水解與共同發酵(SHCF)、同時水解與發酵(SSF)、同時水解與共同發酵(SSCF)四種(如圖 5 所示)。同時水解可簡化酒精生產程序、降低操作成本，因此本研究後續情境分析，水解的部分採 SSCF 與 SSF 兩種製程。



資料來源：邱太銘(2007)。

圖 5 纖維酒精發酵程序構型

在新穎性纖維酒精高值化應用部分，木寡糖是五碳糖的單糖結構，不會被人體消化酶分解轉化成葡萄糖，無法轉化成能量來源；可作為體內腸道有益菌滋長繁殖的養料，卻不會被其他壞菌利用。經動物實驗證明亦不會因大量食用而影響健康，所以，木寡糖是近年來新發現具有益生性的一種低消化性寡糖，可作為體內益生菌滋長繁殖的養料，可改變腸道菌叢的健全生態，促進腸道自然蠕動，加速糞便排出。此外，因具有超低熱量、不蛀牙的優勢，是最健康的寡糖。木寡糖作飼料添加劑，具有增強動物免疫力、提高動物生產性能的功效，並且用量少、無污染、無殘留等特點。而無論木糖或分解不完全的木寡糖都是具有高度的機能性，成為健康食品之一。因此，如果能利用酒精

產業中半纖維素水解液開發木寡糖製品，將是極度具有經濟效益的一項副產品，從而提升纖維酒精的市場競爭力。

## 二、計畫目的

本研究將就國內外最新第一代生質酒精與第二代纖維酒精生產概況，分析全球生質酒精在產量、產業政策面、技術應用面與未來發展趨勢，蒐集發展纖維酒精副產品高值化應用市場，與相關產製操作成本和建廠投資成本，作為本研究分析纖維酒精生產成本之基礎資料。其次，就纖維酒精料源成本搭配建廠成本與操作成本，計算纖維酒精高質化生產成本，並進而分析纖維酒精建廠經濟可行性效益。本計畫之工作內容分為二大項，第一項為整理國內外生質酒精發展概況，並協助蒐集纖維酒精高值化趨勢與產業方向；第二項為纖維酒精建廠經濟可行性評估，提出纖維酒精建廠經濟效益與外部效益，並進行風險敏感度分析。