

因應「京都議定書」台灣產業機會及研發方向- 生質柴油供應鏈面面觀(一)

子議題一：以技術面及環境面探討國內生質柴油供應鏈中產製、銷配
及消費面臨之問題及評估國內推廣生質柴油之經濟可行性

顧洋

中華民國九十五年七月三十一日

一. 前言

近年來由於二氧化碳等會造成溫室效應的氣體排放劇增，引起全球暖化現象，於是如何尋求新且潔淨的能源以供未來使用，乃成為一個重要的議題。當全球環境趨勢朝向更永續的生產方式，以降低污染及保育資源時，再生能源的發展成為重要方向。生質能是利用生質物轉換所獲得的電與熱等可用的能源，是一種兼顧環保並可永續經營的能量來源。根據國際能源總署的統計，目前生質能是全球第四大能源，僅次於石油、煤及天然氣。生質能供應全球約 14% 的初級能源需求，也提供了開發中國家 35% 的能源，是目前最廣泛使用的再生能源。與其他再生能源比較，生質能的優勢包括技術較成熟、有商業化運轉能力、可併用在傳統能源供應的架構、且因可使用廢棄物作為燃料，故還可兼具廢棄物的回收處理與能源生產的雙重效益。由於台灣能源蘊藏貧乏，98% 以上均仰賴於進口，為了提高自主能源比例，再生能源發展成為政府重大考量，且隨著國際石油逐漸耗竭，高油價的來臨以及京都議定書的溫室氣體減量議題，積極推展再生能源已是刻不容緩。

生質能源主要指各種可直接用作燃料的生物質或由生物質加工製備的燃料。前者稱為初級生質能源，如可直接燃燒以提供熱量的樹木和稻桿等，後者稱為次級生質能源(或生物燃料)，如沼氣、酒精、生質柴油、生物產氫等。由於能量密度低、儲運不方便，其受重視的程度遠不如後者。基於全球長期過度依賴石化能源以及近期所面臨的能源短缺和環境污染迅速加劇的問題，在未來幾十年內，生質能源等可再生能源的需求將大幅增加。

生質柴油是利用動、植物油脂為原料，經轉酯化反應、中和、水洗及蒸餾過程成為可供內燃機使用的一種燃料。在世界各地，以脂肪酸甲基酯(Fatty Acid Methyl Esters, FAMES)為柴油摻配成份有相當多的活動與發展，使用 FAME 可支撐農業活動，減少石油的依賴，但需視當地氣候與環境及農產品而定。美國採用黃豆甲基酯(Soybean Methyl Ester, SME)作為柴油替代燃料，

歐洲許多國家則是使用油麻菜籽甲基酯(Rapeseed Methyl Ester, RME)作為乾淨燃料或柴油摻配成份。

發展生質柴油對我國的經濟可持續發展，推進能源替代，減輕環境壓力，控制城市大氣污染等具有重要的貢獻。此外生質柴油具有生物可分解性，使用上可以直接添加於傳統柴油運用，在物性上生質柴油黏度大，可提供較佳的潤滑性，降低引擎金屬的磨損。

二. 國外推動生質柴油回顧與檢視

1 歐盟各國生質柴油發展

過去的數年歐洲地區已商業化利用甲醇和油菜籽反應產生油菜甲基酯，其中德國、法國、義大利和奧地利是主要的生產國家，全世界各國生質柴油產能如表2.1.1所示，義大利每年約42萬噸生產量，在法國計畫每年有50萬噸生產量，而德國年生產量則超過110萬噸，如此積極發展生質柴油，可減少原油進口、支持農業、減少污染排放等，歐盟也提議限制生質柴油的課稅，不再超過標準燃料稅的10%。1991年歐盟對於生質燃料提供了90%的稅金扣除優惠，而歐盟的白皮書中，計畫在2010年時以各國法令規範和課徵能源稅的方式，使替代性能源達到總能源使用的12%。目前歐洲各國對於生質柴油或是其他替代性燃料的政策或獎勵措施，有的是直接針對生質柴油貼補，有的則對傳統污染性較高的能源予以課稅，以誘發使用生質柴油的誘因。

在歐盟共通農業政策(European Union Common Agriculture Policy)提及，要求農民撥出10%的作物作為工業用途，在1992年生質柴油被列為工業用途的名單。為了因應京都議定書抑制溫室氣體排放要求，歐盟也設定了生質燃料市場目標於2010年達到5.75%。

表2.1.1 世界各國生質柴油產量

國家	Capacity(10 ³ ton/year)
德國	2000
法國	500
義大利	420
奧地利	120
西班牙	70
英國	250
葡萄牙	100
美國	265
日本	200
台灣	3

(資料來源 UFOP report,2005)

2 德國生質柴油發展與推廣

德國是目前全世界發展生質柴油最積極與產量最多的國家，早在1982年就開始測試生質柴油，主要發展年代紀如下表2.1.2所示

表2.1.2 德國生質柴油發展年代

1994	福斯汽車公開個人車輛使用生質柴油試驗
1995	Olemuhle Leer Connemann GmbH & Co. 開始商業化生產生質柴油
1996	法律停止leaded petrol的販售，600個加油站選擇生質柴油販售，同年政府增加4830個工作機會生產non-food rapeseed以提供生質柴油原料。
1997	公佈DIN E 51.606由甲基脂肪酸製造生質柴油之標準規範
1999	針對環境保護採用新稅政策，四年內逐步提高石化燃料稅率而生質柴油維持免稅，同年生質柴油生產原料物價大幅降低
2000~2004	業者大幅擴充生質柴油產能，全國約有1800座加油站販賣生質柴油

除了積極推動外，可歸納得知德國發展生質柴油成功的原因，以期作我國發展生質柴油本土化的參考。

(1) 原料供應

1991年成立之德國UFOP組織(Union for Promotion of Oilseed and Protein plants)結合產、官、學界之力量，致力於油菜籽之品種改良與提供農夫及生質柴油製造商最佳資訊平台。而為了達成歐盟生質燃料替代目標於2010年的5.75%，德國政府利用休耕之農地輔導種植能源作物油菜籽。德國於2000年種植油菜籽提供生質柴油製造土地面積達36.6萬公頃，使得油菜籽原料之價格大幅降低，生質柴油製造商可以較低之料源成本生產生質柴油，生質柴油產能也逐年擴充。

(2) 汽車製造商的保證及投入研究

自1987年賓士車廠首次以巴士車輛使用生質柴油試驗，德國主要車廠在政府的鼓勵下，投入生質柴油的引擎測試與相關改良，在主要車廠的對於車輛引擎於使用生質柴油提供完整的資訊與保固下，消費者更有信心使用環保燃料生質柴油。

(3) 政策輔助與獎勵

德國政府對於再生能源生質柴油之獎勵措施主要有兩階段，第一階段(1993年至1999年)為針對生質柴油製造業者採取免稅政策。德國政府對於石化業者收取高額之礦油稅(Mineral-oil tax)，而生質柴油完全免稅。第二階段始於1999年，德國新政府針對柴油製造商加稅到2003年。自2004年1月起持續對生質柴油採取完全免稅政策至2009年。由於對傳統石化柴油採取高稅率政策，使得生質柴油之售價得便宜於傳統石化柴油。促使生質柴油業者積極投資，德國目前有超過20家之業者投入生質柴油之製造生產。

(4) 生質柴油規範的建立

德國於1994年6月公佈之生質柴油標準規範(EDIN 51.606)成為2001年9月歐盟訂定生質柴油規範(DIN EN 14214)之重要參考。由於標準規範之制定，加上德國政府將高品質之生質柴油註冊品質標章(Quality Seal)，民眾在使用生質柴油將較有信心。

3 法國生質柴油推廣與發展

法國為歐洲發展生質柴油相當成功之國家之一，法國農業科技集團SOFIPROTEOL、ONIDOL等結合石油業者如ELF、TOTAL，汽車製造商如PEUGEOT、RENAULT及環保暨能源部門等相關上、中、下游廠商及政府部門，直接或間接參與生質柴油製造與推廣。在法國農業政策主導下，150萬公頃食用油菜籽耕地改為工業油菜籽油生產用地，並規定不得作為飲食用途。法國政府於1994年的「Biofuel Production Program 1994-2000」計畫鼓勵業者投入生質柴油之生產。目前法國至少有五座大型生產工廠，主要原料為油菜籽油及葵花油，法國擁有世界上單一最大規模生質柴油工廠，其產能於2003年可達25萬噸。此外政府以法律規定，使用在運輸部門中的柴油必須混合5%生質柴油，而政府單位的公務用車則達30%，並在一般加油站供應生質柴油以減低運輸部門所產生的污染。法國政府對於生質柴油採取低稅率政策，以及財政上補貼生質柴油，並於1998年調整提高對柴油之課稅使得生質柴油更具競爭力。

4 美國生質柴油發展

美國於1992年的能源政策法案(Energy Policy Act)設定到2010年以非石油的替代燃料替代總進口石油燃料的10%。在美國大部分政府部門的汽車都必須有一定比例的車輛使用替代燃料。依據1998年能源政策法案修訂案，

能源部(Department of Energy, DOE)在2000年時必須將10%使用石油燃料的車輛，更換成使用替代性燃料的車輛，在2010年時則必須達到30%。

美國能源署訂定2010年生質柴油產能目標自現在之100萬噸擴增至1200萬噸。美國生質柴油產能分布主要分布於中西部與加州地區，但美國的生質柴油之價格高於傳統石化柴油，使得生質柴油之推廣與應用並未能普及。2004年美國國會通過生質柴油稅率優惠H.R.4520法案，在此法案中補助依生質柴油添加的百分比，補助生質柴油生產廠商。

5 日本生質柴油發展

日本對廢食用油的再生利用十分重視。日本每年的食用油脂消耗約為200萬噸，而廢棄的食用油達40萬噸。以1993年起日本使用生質柴油的措施有：(1)使用生質柴油為燃料的社區公車；(2)一部分的食品配送車使用生質柴油為燃料(3)麥當勞、肯德基快餐店利用廢食用油製造生質柴油等。目前日本對廢食用油作為原料的純生質柴油實行免稅政策。日本所製的生質柴油售價約與一般柴油相當，但是使用範圍不普及。

三. 國內生質柴油之推動

台灣為促進再生能源開發利用及鼓勵使用再生能源，落實再生能源發展目標，加強各項再生能源技術之開發與應用，建立自有之技術，並著手推動各項獎勵措施，以促進示範推廣效果，經濟部能源局擬定「再生能源發展方案」提送行政院，已於2002年1月經行政院核定通過：(1)研訂生質汽、柴油之品質規範與使用安全之國家標準，以及許可生產、製造及銷售之規範。(2)推動都會區大眾運輸車輛使用生質汽、柴油之示範計畫，並研議獎勵補助及租稅優惠(如減免貨物稅、空污費等)之可行性作法。2001年9月「石油管理法」經過立法院審議通過，將酒精汽油、生質柴油及廢棄物回收產生之油品納入管理。台灣第一座生質柴油示範系統於2004年10月於嘉義成

立，以廢食用油為原料製造，年產能可達3000公噸。

環保署於民國93年開始推廣生質柴油試行計畫，補助縣市於所屬清潔車輛使用生質柴油試行。在2006年6月也對生質柴油推廣目標做最新的規劃，在2008年全面施行B1，2010年全面施行B2以及全面供給E3，估計生質柴油與生質酒精將會使用將近10萬公秉。政府推動生質柴油作法上也以循序漸進的推動。如下所示：

(a) 2006年--2,500公秉

- 1.政策宣告2008年全面實施B1
- 2.收廢食用油1,870公秉，轉化製造生質柴油1,700公秉
- 3.試種能源作物兩期共2,000公頃（800公秉）
- 4.進行生質柴油示範車隊
- 5.選擇或培育生質作物，提高能源作物產率；改進副產品利用

(b) 2007年--6,500公秉Green County 示範計畫

- 1.建立供油體系及使用習慣，區內加油站販售B1生質柴油
- 2.收廢食用油3,630公秉，轉製生質柴油3,300公秉
- 3.建置廢食用油回收體系
- 4.種植能源作物兩期共8,000公頃(3,200公秉)，建置能源作物收購機制
- 5.持續進行育種及副產品運用開發
- 6.建立國家標準與強制B1法源依據

(c) 2008年--45,000公秉

- 1.以B1方式在國內加油站銷售，增加之成本反映在油價(每公升增加約0.06元)
- 2.政策宣告2010年全面實施B2
- 3.收廢食用油38,500公秉，轉製生質柴油35,000公秉
- 4.種植能源作物兩期共20,000公頃(10,000公秉) 持續進行育種及副產品運用開發

(d) 2010年--100,000公秉

- 1.以B2方式在國內加油站銷售，增加之成本反映在油價(每公升增加約0.13元)
- 2.收廢食用油66,000公秉，轉製生質柴油60,000公秉
- 3.種植能源作物兩期共80,000公頃(40,000公秉)
- 4.持續進行育種及副產品運用開發

四. 國內推廣生質柴油可行性評估

1.料源評估

生質柴油產製流程為一貫作業，業者除投資成本效益考量外，確保料源供應無缺為另一重要因素。國內目前每年柴油使用量約達600萬公秉以上(中油2003年柴油產量資料為687萬公秉)，如未來政府推動規劃上全面推動B1，添加生質柴油量上則需約為6萬公秉，與2008年所作之規劃4萬五千公秉仍有些差距。未來作物技術的提升，可從生質作物品種選擇與培養技術為主(含油率有效提升)，以目前我國農試所對生質作物所做的測試大豆方面大約含油率18%、油菜含油率38%左右。其相關資源之需求與柴油產量評估如下表4.1.1所示：

表4.1.1 能源作物所需相關資源

作物	用水量(公噸/公頃) ¹	肥料使用 N:P ₂ O ₅ :K ₂ O(公斤/公頃) ¹	含油量(%) ²	產量(公噸/公頃) ¹	生質柴油產量(公秉/公頃)	其他油用量(公秉/公頃) ³
大豆	800	40:120:80	18%	2	0.36	0.27
油菜	200	180:100:100	38%	4	1.44	0.14*

資料來源:¹93年農業統計年報、²農試所、³經濟部能源局

³其他油用量方面:包含整地、播種、噴藥、收割之燃料量。

*油菜由於目前為綠肥作物，國內尚無油菜收割機使用所以評估上其他油用量較少。

農委會目前採用農地輪作能源作物方式，推動能源作物之發展，除了考

量經濟合理性外，亦應考量環境保護要求，如水資源耗損量、以及農藥使用、副產品油渣對環境生態影響。我國推廣生質作物耕作階段評估用油量、用水量、肥料使用量推估分析，如表4.1.2至表4.1.4所示：

表4.1.2 整地、播種、收割、噴藥用油量推估分析

	2006(2千公頃)	2007(8千公頃)	2008(2萬公頃)	2009(3萬公頃)	2010(8萬公頃)
大豆	540公秉	2,160公秉	5,400公秉	8,100公秉	21,600公秉
油菜	280公秉	1,120公秉	2,800公秉	4,200公秉	11,200公秉

表4.1.3 能源作物用水量推估

	2006(2千公頃)	2007(8千公頃)	2008(2萬公頃)	2009(3萬公頃)	2010(8萬公頃)
大豆	160萬公噸	640萬公噸	1,600萬公噸	2,400萬公噸	6,400萬公噸
油菜	40萬公噸	160萬公噸	400萬公噸	600萬公噸	1,600萬公噸

表4.1.4 能源作物肥料用量推估

	2006(2千公頃)	2007(8千公頃)	2008(2萬公頃)	2009(3萬公頃)	2010(8萬公頃)
大豆	480公噸	1,920公噸	4,800公噸	7,200公噸	19,200公噸
油菜	760公噸	3,040公噸	7,600公噸	11,400公噸	30,400公噸

種植能源作物上亦要考慮是否造成土壤貧瘠、地下水污染或優養化等問題，但若能與稻米輪作反而能夠滋養土地。

目前我國以植物油脂為原料製造的生質柴油價格偏高，為其推廣的最大困難點。若將一般家庭、消費單位以及油脂加工廠等的廢食用油脂回收利用來製造生質柴油，以降低生質柴油的製造成本，確為提昇廢油的附加價值並兼顧環保的一個好方案，目前我國廢食用油料源回收潛力評估如下：

a. 國內消耗動植物食用油脂約75~85萬噸/年(黃豆協會估算)

b.國內產生之廢食用油脂約為15~17.5萬噸/年(以食用油脂乘20%推估廢食用油脂量)

c.轉製(90%)生質柴油約為15萬噸/年

d.廢食用油2006年估算回收1,870公秉，轉製生質柴油約為1,700公秉

我國廢食用油量十分的大，對發展生質柴油料原來說是一種利多但廢食用油的來源複雜，工廠收購前必須先針對碘價、含水率等作先處理再轉製為生質柴油，這也間接增加了些許生產成本。

2.生質柴油產銷配製體系分析

一般而言，生質柴油的產製方式有三種，分別為鹼製程、酸製程與酵素催化。

鹼製程：目前商業化生產生質柴油的方式是將動、植物油與甲醇混合經鹼(如NaOH或KOH)催化而得脂肪酸甲基酯(即生質柴油)。利用鹼催化生產生質柴油優點為反應速率快、鹼價格便宜，在短時間內即可達相當高的產率。此方式生產生質柴油的缺點則是產物中所含廢鹼及反應過程生成的廢水不易處理、副產物甘油不易分離等。若以鹼催化方式進行反應，油脂料源的品質要求較嚴苛，多半以新鮮植物油為主要原料，國外學者亦有研究原料油中脂肪酸含量須低於0.5wt%，水含量須低於0.006 wt%。我國若以廢食用油為料源，鹼催化前須先精製。

酸製程：對於含高脂肪酸含量的原料油，大部分文獻都是利用酸(H_2SO_4 或HCl)催化的方式進行酯化反應。國外研究顯示脂肪酸含量越高的原料油，越有利於利用酸進行催化酯化反應得到脂肪酸甲基酯，但要達到同樣高的轉化率，酸催化所需時間遠較鹼催化所需時間為長。

酵素催化：利用酵素催化進行酯化反應，因其優點為反應條件溫和、產物組成單純、副產物甘油容易分離等因素，為近幾年世界各國競相研究開發

的方法。但酵素容易因甲醇過量導致活性降低，有學者以加入10%矽膠吸附過量的甲醇，避免酵素遭甲醇毒化的方式解決此問題。

生質柴油產製過程較一般石化煉製為安全與簡單，但在設置生質柴油廠仍須注意許多限制，由於產製過程使用甲醇，工廠周圍應當設施防爆區，業者也需依工業安全衛生及公共危險品管理、工廠環境保護等相關規定處理廢棄物，廢水。在美國生質柴油廠的壓力裝置方面，必須符合ASME之規範，所有馬達、控制管線、開關閥等也需要有抗爆功能，橡膠軟管零件也必須定時更換。在生質柴油廠的員工健康與環境安全，必須遵照美國職業安全與健康管理局(OSHA)之製造過程安全性管理以及美國資源保護回收法案 RCRA等之要求。

我國目前尚未訂定生質柴油國家標準，一般而言歐規在碘價及腐蝕性等部分條件設置比美規嚴謹，未來若開放進口，料源更多元化，國家標準應及早規範。由於我國「石油管理法」相關規定，未來國產生質柴油限售於石油煉製業，我國石油煉製業為中油與台塑兩大公司，且各自有其加油站，銷售通路上仍舊以石化柴油販賣B1或B2，但運輸與儲存設備上需考量生質柴油有較多的雜質，無論管線的運輸、產品的保固期限、儲槽的清理也都必須面臨解決，以國外經驗添加較高的純生質柴油於石化柴油中，由於生質柴油具有較高的溶解性，將會助於生質柴油溶解管線中的雜質導致引擎阻塞。

五. 結論與建議

1. 國家標準規範

設立生質柴油的國家標準是為了保護消費者，保證使用標準規格燃油就不會有操作問題。使用優良品質的燃油可以改善環保空氣品質，使引擎操作順利，讓消費者有信心從有執照的供油商購買燃油。以美國為例：美

國BQ-9000品質保證計畫包括：燃料儲存作業、加工管理、確保符合ASTM規範，使生質柴油廠能獲得其認證與銷售市場保證。

2.使用生質柴油引擎的保固

純的生質柴油或高摻配生質混合柴油都有很好的溶解性。使用石化柴油一段時間後，常常會有沈澱物殘留在輸油管、油箱和輸油系統內。使用生質柴油後，這些沈澱物會慢慢被溶解，造成過濾器阻塞。根據德國福斯公司的經驗，B5以下的車輛保固均無問題，此外對橡膠易於溶解，材質選擇上需找耐溶材質為要。

3.減廢措施

轉製生質柴油的製程常有廢渣與廢酸廢鹼及其餘溶劑對環境造成衝擊，排放物需合乎工廠環保規範，避免二次污染。豆渣、菜籽渣仍具有高蛋白質營養，可以提供牲畜當飼料亦可作為綠肥。

4.生質柴油廠規範

生質柴油為新興產業，其當以符合標準規範為第一要件，其次則是產率，高產率有利於降低成本，我國轉酯化煉製技術已十分成熟，國內亦有許多技術成果轉移，與國外生質柴油廠相比，我國煉製規模仍小，未來生質柴油廠的建廠規模評估仍需符合國內推廣目標與經濟生產規模為宜。

參考文獻

The Biodiesel Handbook, AOCS, Press, 2005

INFORM(AOCS), Special supplement, May 2006

Government Biobased Procurement, USB Issues, ASA, USA, May 2006

Biodiesel initiatives in Germany, Heidelberg, May 2005

Defense Energy Support Center, Alternative Fuel Logistics Tutorial ,2005

陳志威，“油酯轉酯化反應脂製程開發及應用”，清華大學化學工程研究所博士論文(2003)

陳介武，拯救地球環保系列報導—生化柴油的發展與趨勢，美國黃豆學會(2000)

生質柴油推廣目標簡報, 2006年6月

93年農業統計年報