

生質柴油的認識與發展

作者簡介



理筱龍副教授，陸官校51期、中正理工學院應化所碩士、中正理工學院應化所博士；曾任排長、副連長、講師、系主任，現任職於陸軍官校化學系。

◆ 提 要

生質柴油（Biodiesel）是指以天然動、植物的油脂為原料，經由化學的交酯反應，所得到的主產物——脂肪酸甲酯（Fatty Acid Methyl Ester, FAME），相較於石化柴油，其成分除了多了2個氧原子外，其直鏈結構與石化柴油相似，但不含硫化物，燃燒時除了會產生少許的氮氧化物外，其他的有害污染廢氣都遠較石化柴油為少，生質柴油可直接作為柴油引擎的替代油料，在使用上除了可與石化柴油混合使用外，亦可單獨使用，是目前全世界最看好的綠色替代能源之一，對於不出產石化原油的我國，生質柴油在國防應用的價值亦是值得關注的。

關鍵詞：生質柴油、交酯反應、鹼催化製程

前 言

美國總統布希於2005年5月指出，

生質柴油是未來最具潛力的替代能源之一，因為石化能源雖然對於人類世界的文明及經濟發展扮演重要角色，

但其所衍生的污染問題，同時也威脅地球整體的環境及人類的健康。此外由於大量的開採及濫用，石化油源已逐漸枯竭，據估計，如果人類再不節制開採使用，其埋藏量僅剩約45年使用量而已。基於經濟及環保的考量，研發可再生替代的原料油品，乃為世界的趨勢，世界各國相繼積極投入此項研究，尤其我國並非產油國，臺灣的能源原料主要是依賴進口，整體的經濟發展，受制於國際能源價格的影響甚巨，經濟脈動總是無可避免的隨著油價起伏而波動，近年來更由於油價不斷上揚，對臺灣的經濟造成極大之衝擊，國際競爭力逐漸衰弱。因此對於替代能源開發及能源再生使用的研究是刻不容緩的，目前政府已著手規劃，生質柴油發展的鼓勵配套措施，獎勵能源作物的耕作及保證收購價格等，希望能減少對能源進口的依存性，譬如已有13縣市參加環保署補助之縣市生質柴油實車示範運行計畫，共使用約1,300公秉生質柴油，試行車輛共約780臺，農委會於2006年3月與雲、嘉、南3縣市12鄉鎮農會簽約，輔導農民種植油菜、向日葵、大豆等能源作物800公頃，作為生質柴油的油源作物，農委會補助農民每公頃環境給付4

萬5仟元，管理費用1萬5仟元，種子由民間公司收購，預計每公頃可再收入2萬5仟元，合計農民收益達每公頃8萬5仟元，政府希望於2010年能產出10萬公秉的生質柴油，增加能源的自主性，國軍每年食用油共約2,500,000公斤，若依研究數據估算，可產出20%廢棄食用油約500噸^①，若能有效的將廢棄食用油轉化為生質柴油使用，不僅能為環保作出貢獻，亦有極高的經濟效益，更能為戰備用油建立一個新思維。

生質柴油的製程

目前各國生質柴油的原料主要是以植物油為主，廢棄的食用油為輔。植物油是由植物藉太陽能經由光合作用將碳素固定，所轉換出的綠色能源，同時係為可再生及生物可分解性的替代能源，其性質大致與石化柴油相近^②；植物性脂肪的主要成分為三酸甘油酯，藉由交酯反應可將此三酸甘油酯分解成甘油及脂肪酸甲酯，脂肪酸甲酯即為俗稱的生質柴油，交酯反應是產製生質柴油最常用的方法^{③④}，交酯反應又可歸納為三種方式，分述如下：

一、鹼催化方式

(一)優點：反應速率快，反應溫度

註①：吳榮華，〈國內推動生質柴油面臨之挑戰與對策〉《推動國內生質燃料與能源作物論壇》（臺北），2005年。

註②：Goering, C.E., et al., 1982. "Fuel properties of eleven oil." Trans.ASAE 25, P.1472~1483.

註③：Freedman, B., et al., 1984. "Variables affecting the yields of fatty esters from transesterified vegetable oils." JAOCS 61, P.1638~1643.

註④：Ma, F., Hanna, M.A., 1999. "Biodiesel production : a review." Bioresource Technology 70, P.1~15.

低，副料成本低，甲醇用量省，催化劑價格低。

(二)缺點：原料品質要求較高，原料必須是低水分、低脂肪酸，否則易產生皂化作用^⑤。

二、酸催化方式

(一)優點：原料品質要求較低，可用純度較低的油脂原料，不產生皂，無金屬鹽類的問題。

(二)缺點：反應速率慢，催化劑可能

與不飽和鍵生成不易掌握的副產物，且甲醇耗量多。

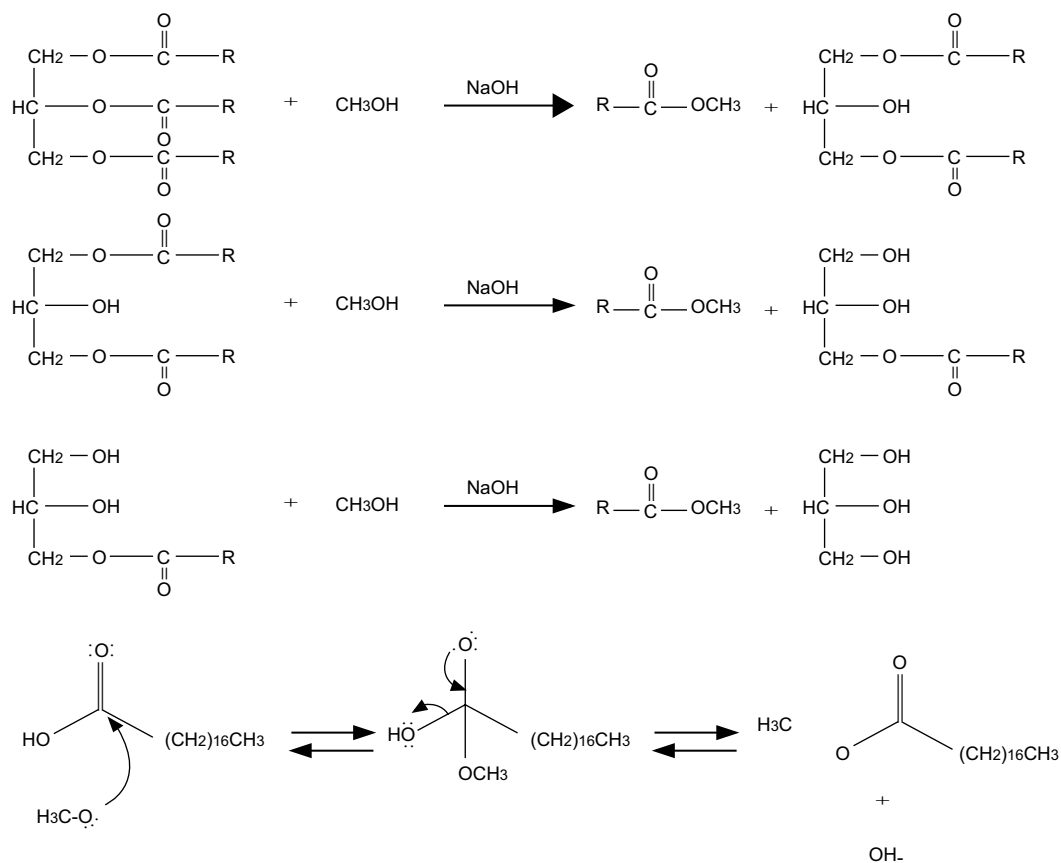
三、酵素催化方式

(一)優點：反應安全性高，副產物甘油純度高，雜質清除較容易。

(二)缺點：反應速率慢，催化劑價格高，需要定期再生^⑥。

上述三種方式又以鹼催化製程較常用，其反應式如圖一。

鹼催化交酯反應的啟動是甲醇藉由



圖一 鹼催化交脂反應式

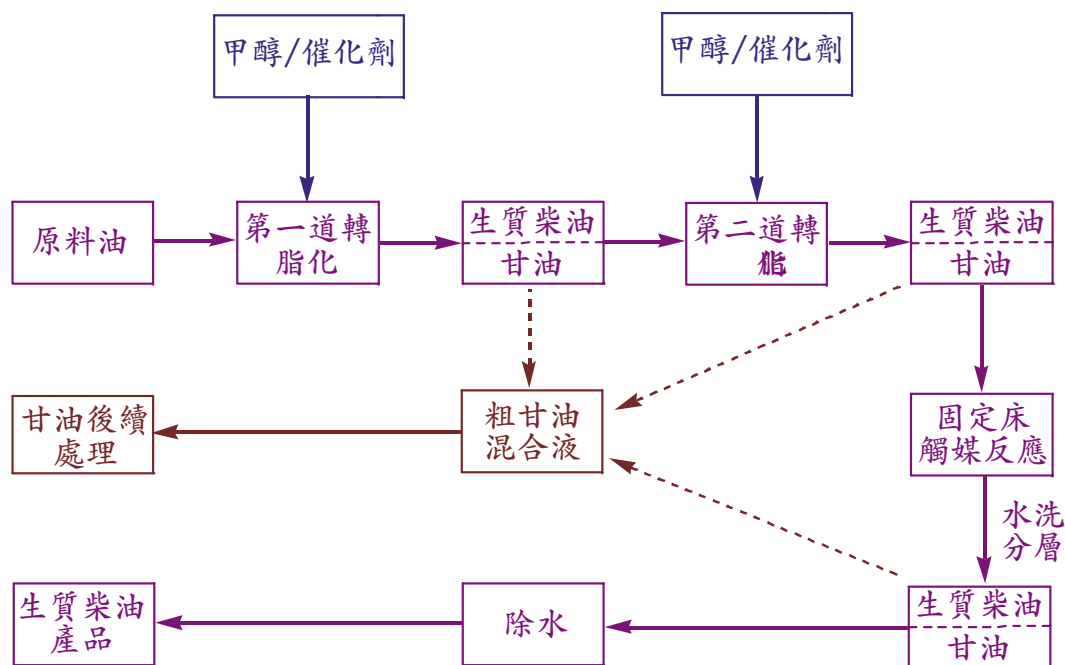
註^⑤：Fukuda H., et al., 2001. "Biodiesel Fuel Production by Transerification of Oils." J. Bioscience Bioengineering, 92 (5), P.405~416.

註^⑥：Neis L.A, et al., 1996, "Lipase Catalyzed Production of Biodiesel." J. Am Oil Chem Soc. 73, P.1191~1195.

催化劑的誘導，先形成甲氧基陰離子，它能與植物油中的三酸甘油酯上的羰基反應，形成短暫的四面體結構，甘油上的氧與羰基間的鍵會斷裂，轉化出脂肪酸甲酯及二酸甘油酯，此二酸甘油酯可再與另一個甲氧基陰離子反應，轉化出脂肪酸甲酯及單酸甘油酯，此單酸甘油酯又再與另一個甲氧基陰離子反應，最終轉化出脂肪酸甲酯及甘油^⑦，整個交酯反應的進行與植物油的種類，甲醇的純度、比例，催化劑的種類、劑量及反應溫度均有相對關係，我們設計的鹼製程連續式生產模式，如圖二所

示。

目前各國所使用的鹼催化製程，是以甲醇與植物油或廢棄的食用油於特定的比例下互混、反應，並以氫氧化鈉（NaOH）或甲醇鈉（NaOCH₃）^⑧為催化劑反應完成，交酯反應可於室溫下完成，亦可提高溫度加速反應的進行，交酯反應的主產物為生質柴油，副產物為甘油，也因為生質柴油工廠的興起，傳統甘油生產工廠已面臨嚴重衝擊，故甘油的精緻化及新應用，也成為因應的新研究課題，交酯反應過程中可用氣相層析儀檢測產物純度，



圖二 鹼製程連續式生產示意圖

資料來源：作者自製

註^⑦：Freedman, B., et al., 1986. "Transesterification kinetics of soybean oil." JAOCS 63, P.1375~1380.

註^⑧：Liu, K. 1994. "Preparation of fatty acid methyl ester for chromatographic analysis of lipids in biological materials." JAOCS 71, P.1179~1187.

控制反應條件，若在室溫下進行鹼催化交酯反應，經實驗得知其較佳條件為：一、植物油與甲醇比例約為100：25（甲醇純度99%）；二、植物油與催化劑比例約為100：0.5；三、反應時間約為3小時^⑨。

生質柴油的特性

生質柴油由於氧含量高，其燃燒滯延時間短且黑煙排放低，潤滑度好且儲存安全，是極佳的替代能源，至於如何降低氮氧化物的排放，是目前各國仍在努力研究的重點，生質柴油綜合呈現的特性，可整理如下：

一、熱量在1號與2號石化柴油之間。

二、生質柴油可單獨使用作為燃料，亦可以不同比例與石化柴油混用，如B2是指2%的生質柴油與98%的石化柴油混用，B5是指5%的生質柴油與95%的石化柴油混用。

三、十六烷值為50~55，此係表示生質柴油燃燒效果指數，此值愈高愈好（1號石化柴油為50，2號石化柴油為42）。

四、生質柴油含有11%的氧，燃燒佳（石化柴油不含氧）。

五、閃火點為120℃，石化柴油為52℃，運送、儲存及作業安全性高。

六、無毒性：石化柴油含多環芳香族碳氫化合物等致癌性化合物，然而生

質柴油完全不含上述有毒成分。

七、生質柴油比石化柴油減少78%的二氧化碳排放，有利於抑制地球溫室效應。

八、生質柴油具生物可分解性，不含硫化物，可避免污染環境。

九、生質柴油為可再生的新綠色能源，利於環境保育。

十、可改善柴油引擎排放廢氣品質，利於空氣清潔。

生質柴油的燃料消耗量、運轉效率、最大扭矩曲線皆與石化柴油略同，一般柴油車可直接改用生質柴油，不需修改柴油引擎；另外，由於生物柴油的潤滑性高，且與石化柴油的混合性良好，因此生質柴油作為添加劑，可促進燃燒效果，如歐洲係添加5%在石化柴油以提升引擎潤滑性，在美國則採用20%生質柴油與80%石化柴油的混合油（稱為B20）供公車或卡車使用。

生質柴油的經濟效益

生質柴油無庸置疑的會是未來最具潛力的替代能源之一，除了對地球村環境的改善外，它也將牽動全球一個新的經濟脈動，它對全球造成的經濟效益分述如下：

一、成就許多新的綠色產油國，可以平衡各項燃料的使用，減少石化能源的依賴。

註⑨：Kuan-Jiunn Shieh, Sheau-Long Lee, H.C. Teng, S.Cherng, Abel Sun, 2006. "The optimized fabrication of biodiesel from fatty oil to diesel.," The Chinese Military Academy Conference, P.181~183.

二、減輕造成溫室效應CO₂氣體的排放，抑制地球暖化，減少環保費用的支出。

三、降低全球空氣污染，減輕罹患公眾疾病的比例，減少醫療費用的支出。

四、生質柴油具生物可分解性及可再生的天然能源，可避免資源的浪費。

五、鼓勵全球環保新能源的開發，並增加新就業機會而利於整體經濟發展。

六、柴油引擎不需任何修改，可直接使用生質柴油作為燃料，節省投資。

七、生質柴油除了可替代燃料外，尚可供為潤滑油、油壓機油、工業溶劑等各種工業用途。

生質柴油的規範

目前世界各國生質柴油的規範，是以歐洲規格（EN14214）及美國規格（ASTM 6751-03）為參考，再根據各國地理環境及產油原料的差異，訂定適合自己的規範，當初歐洲生質柴油的規格，是根據菜籽油的特性而訂定的，美國生質柴油的規格則是根據大豆油的特性而訂定的。

我國於2006年9月15日訂定臺灣生質柴油國家標準，其規範近似歐洲規格（EN14214），但因為臺灣地處亞熱帶，因此在項目Cold Test CFPP（冷濾點測試）並不如歐洲規格如此嚴格，不同的植物油料其脂肪酸組成不同，故製成之生質柴油特性亦不同（如附表）。

我國生質柴油的生產發展現況

生質柴油的料源是我國發展生質柴油最大的問題，若以臺灣休耕的農地，栽種供油作物為主，因耕地不大，人力費用貴，造成栽種成本過高，若以進口原料為主，又無法建立本土自主能源，若是以廢棄食用油為主，其回收方法及前處理程序複雜，各有其限制，因此料源的取得，尚有相當討論空間，至於生質柴油的生產工廠方面，雖然政府已針對投資替代能源設備者，給予補貼及貸款，購買使用替代能源者，給予減稅及補貼，但目前臺灣已註冊登記的生質柴油工廠仍不足5家，其中以2004年成立的嘉義新日化公司較具規模，該公司是由工研院能資所輔導的臺灣第一家示範工廠，每年產量僅10,000公噸，目前是以廢棄食用油為主原料，政府以每公升36元向其購買生質柴油，優先提供給各縣市環保局垃圾車試用，若要達到農委會預定全臺生質柴油產量2010年達10萬公秉，2020年達15萬公秉的規劃，還是必須解決生質柴油的料源問題，同時提高獎勵政策，鼓勵業界投入意願，共同推動臺灣生質柴油的發展。

我國生質柴油的使用政策規劃

生質柴油在1998年臺灣第一次全國能源會議中，被列為積極尋求的新潔淨能源之一，從此啟動了生質柴油在臺灣的發展史，並於2001年將生質柴油納入石油管理法中管理，但排除一些管

附表 我國生質柴油規範

樣品	特性	原液	B2	B5	B20
石化柴油	霧點	-6℃			
	凝固點	-10℃			
黃豆油	霧點	1.5℃	-5℃	-5℃	-4℃
	凝固點	1℃	-10℃	-10℃	-10℃
花生油	霧點	2℃	-4.5℃	-4℃	-4℃
	凝固點	-1℃	-10℃	-10℃	-10℃
菜籽油	霧點	-4.5℃	-6℃	-6℃	-5℃
	凝固點	-9℃	-10℃	-10℃	-10℃
回收油	霧點	6℃	-6℃	-6℃	0℃
	凝固點	3℃	-10℃	-10℃	-10℃

資料來源：臺灣新日化股份有限公司 李唐博士製作

理法中的限制與不利條件，亦同時訂定了一些獎勵使用投資條例，以促進生質柴油的發展，在生質柴油的推廣使用方面，目前政府的推行使用政策如下：

一、2006年以前——縣市環保局垃圾車申請使用：3,000公秉。

二、2007年——部分縣市試用B2：9,000公秉。

三、2008年——全面實施柴油採用B1：4,500公秉。

四、2010年——全國施行B2：100,000公秉。

結 論

近年來由於科技的發展及環保意識的高漲，諸如生質柴油、酒精汽油及太陽能源等替代能源，已成為各國最重視的科技發展項目，臺灣長久以來都是原油進口國，能源需求對於我國整體經濟

的發展，始終是擺脫不掉的魔咒，在經濟發展及環保改善的雙重訴求下，替代能源的發展，已是我們未來能否為後代子孫，營造一個富裕及良好的生活環境的重要一戰，在各國的強勢競爭下，我們能否站穩腳跟、立足世界，已沒有多少可以讓我們徬徨猶豫的時間了，政府當局尤須特別重視及持續宣導與推行，與產業界合作找出最佳的執行方案，有效的推動能源科技的發展；而國軍為國家社會的一份子，對於政府經濟與環保的重要規劃，自不能置身於事外，對於廢棄食用油的有效處理及未來柴油發動機的燃油配比，應長期規劃，早作準備。

收件：95年11月24日

修正：95年12月7日

接受：95年12月27日