

生質柴油取代國軍重型機械燃油之可行性探討

作者／黃獻誠 少校

提要

國軍各類型重機械及輪型車輛皆以柴油引擎為主要動力來源，所以對於石化燃油的消耗及依賴程度非常大；國內政府正積極推動發展生質柴油等替代能源，以分散能源供給，並減少對石油的依賴，使用再生能源及替代能源將是未來國家競爭力的重要指標。

國軍目前尚停留在使用柴油階段，對於生質柴油的使用尚未啟動開發；另外，生質柴油具有再生能源性質，且可直接使用，不必變更目前引擎的設計，引擎性能不損失，並可以延長石化能源的使用年限及減少對空氣污染，由此可見，利用廢食用油製成生質柴油來紓解燃料能源的需求，應為相當可行的方式。

關鍵詞：柴油引擎、生質柴油、廢食用油。

一、前言

由於世界各國過度使用石化類能源，導致石油能源枯竭的問題日趨嚴重，同時也造成地球生態環境的惡化，如「溫室效應」引起全球暖化及氣候變遷等，進而嚴重影響生態。因此，全球的環境污染及能源資源短缺的問題，現階段已然成為國際重視的議題，為延長石化能源的使用期限，很多國家都在研究生質燃料等替代能源，以分散能源供給，並減少對石油的依賴。

隨著工業、科技的迅速發展及一般生活需求下，石油對人類佔有不可或缺的地位，而耗油量是衡量經濟繁榮與生活品質的尺度，也就是說，耗油量愈多，其發展與文明程度也愈高。自 18 世紀末(19 世紀初)工業革命後，世界的進步與生活水準的提升均與石油密不可分，然而隨之而來的廢氣污染問題、健康影響問題、地球溫室效應問題日漸嚴重，且隨著工業化的加速而日趨加深。如何開發出能夠替代傳統石化燃料，減少各項污染的環保替代性能源乃當務之急，因此，生質柴油因應而生，以順應目前世界趨勢。

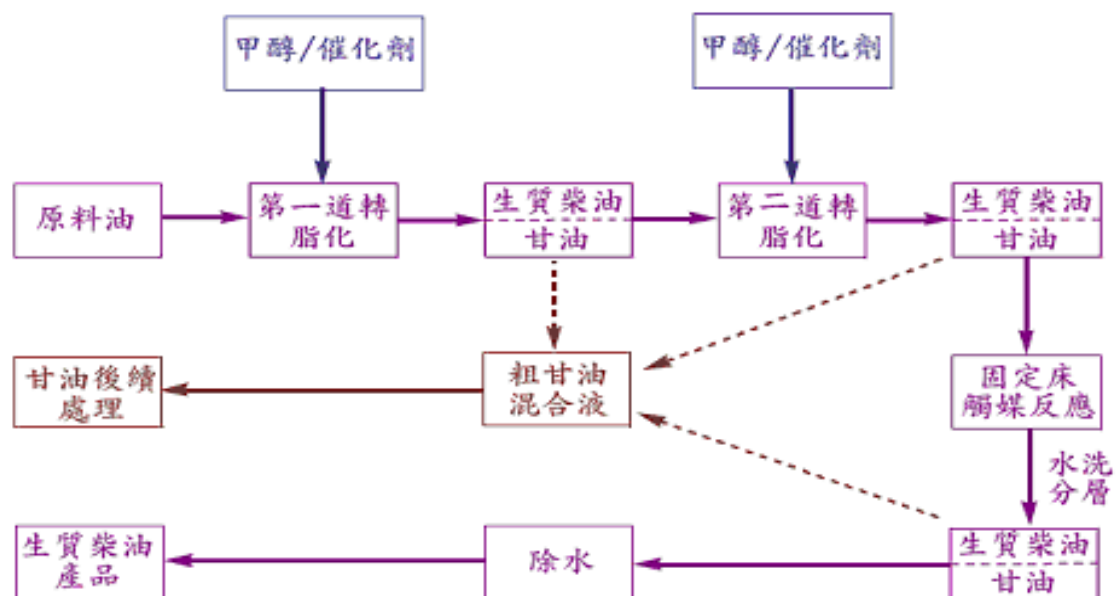
台灣的能源絕大部份仰賴進口，目前政府也積極推動能源多元化政策，尋找開發新能源及使用替代燃料，以減低對石油的依賴，因此，近十年來生

質能源的時代因應而生。生質柴油具有再生能源性質，在目前政府提倡『節能減碳』的政策下，國軍部隊更不能置身於外，因此，如何以生質柴油取代高級柴油的課題，更是刻不容緩需解決的課題。本文將以國軍重型機械燃油為例，來探討生質柴油取代目前國軍高級柴油之可行性及其各項優缺點，並評估目前各部隊所產生的廚餘用以生產出生質柴油之效能。

二、生質柴油生產之原理與特性

(一)生質柴油生產之原理

目前生質柴油的生產方式多以鹼催化交酯反應啟動甲醇藉由催化劑的誘導，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^[1]，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，鹼製程連續式生產模式，如圖一所示^[2]。



圖一 鹼製程連續式生產示意圖

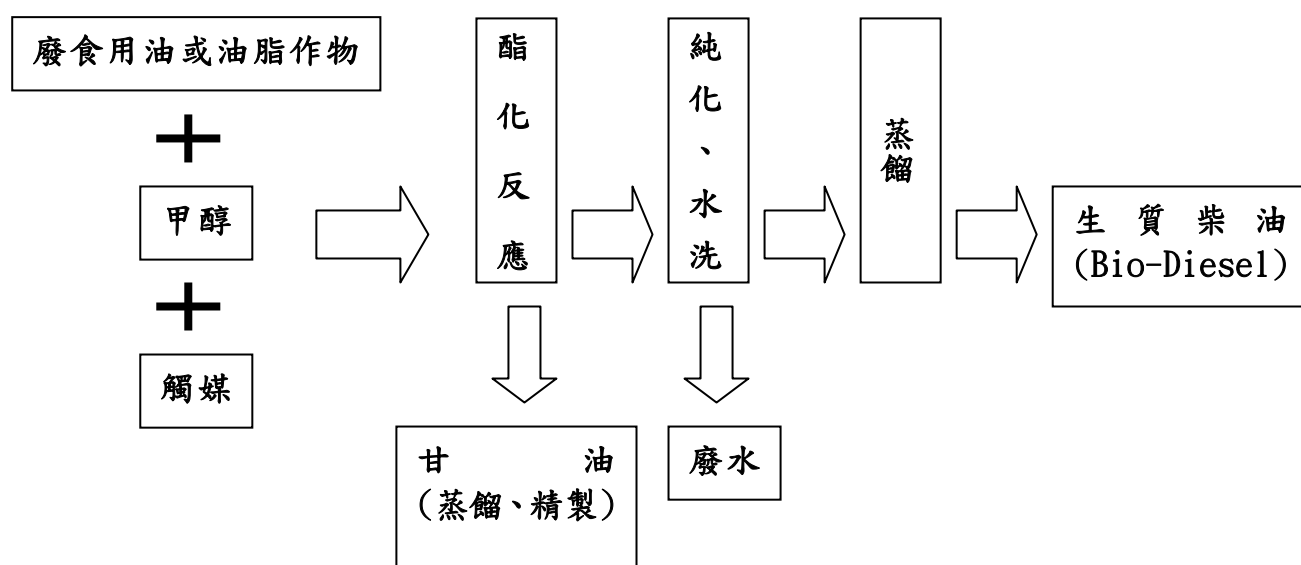
資料來源：理筱龍，2007

註¹：¹Freedman,B.,et al., 1986.“Transesterification kinetics of soybean oil.”JAOCS 63, P.1375~1380.

註²：理筱龍，(2007)，「生質柴油的認識與發展」，第一百二十二頁。

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混合反應，並以氫氧化鈉（NaOH）或甲醇鈉（NaOCH₃）^[3]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。

若在室溫下進行鹼催化交酯反應，經實驗得知其較佳之控制反應條件為：1. 植物油與甲醇比例約為100：25（甲醇純度99%）；2. 植物油與催化劑比例約為100：0.5；3. 反應時間約為3小時^[4]。通常生質柴油之製程可由廢食用油與甲醇為反應物，在甲醇鈉做為觸媒的狀態下來進行酯交換反應而得，因酯交換反應後之生成物為甘油與酯質（生質柴油）的混合物，所以還須經由純化、水洗、蒸餾等階段後才能成為生質柴油。如圖二所示。



圖二 生質柴油製造過程圖

資料來源：承德油脂股份有限公司，2005。

註³：Liu, K. 1994. "Preparation of fatty acid methyl ester for chromatographic analysis of lipids in biological 1187.

註⁴：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)生質柴油之特性

生質柴油具有較高的含氧量可以幫助燃燒，其燃燒時釋出的污染物質比一般柴油少，引擎潤滑性好且儲存安全，是極佳的替代能源，可直接添加或與石化柴油混合後添加於一般柴油引擎，生質柴油綜合呈現之優缺點與石化柴油比較如下：

1. 優點：

- (1)熱量在1 號與2 號石化柴油之間^[5]。
- (2)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B1是指1%的生質柴油與99%的石化柴油混合；B2是指2%的生質柴油與98%的石化柴油混合。
- (3)十六烷值(Cetane number)較高，介於50~55，此係數表示燃燒效果的指數，此值愈高愈好(1號石化柴油為50，2號石化柴油為42)。
- (4)生質柴油含有約11%的氧，燃燒效果較佳(石化柴油不含氧)。
- (5)閃火點(Flash point)較高，為120℃(石化柴油為52℃)，可確保作業安全性。
- (6)無毒性：石化柴油含有致癌性多環芳香族碳氫化合物(PAH)及硝化多環芳香族碳氫化合物(n-PAH)，然而生質柴油完全不含上述有毒成分。
- (7)純生質柴油不含硫化物，且生質柴油比石化柴油能減少二氧化碳排放量，而有利於抑制地球溫室效應。
- (8)具有生物可分解性，而可降低環境污染(經由28 天其分解率為95%)。
- (9)為無窮盡的可再生(Renewable)新能源，可利於空氣清潔。
- (10)可改善柴油引擎廢氣排放之品質，以一氧化碳為例，使用純生質柴油可減少 48%一氧化碳排放量；使用 B20 混合生質柴油減少 12%一氧化碳排放量，相關廢氣排放比較詳如表一。

註⁵：徐明璋，(2000)，生質柴油的製備及其在柴油引擎上的可行性研究，國立臺灣大學生物產業機電工程學研究所碩士論文，第三十五-三十八頁。

表一 生質柴油與石化柴油廢氣排放比較表

油 品 /廢棄成分	石化柴油	B20 生質柴油	B1生質柴油	B2生質柴油
碳 氫 化 合 物 THC, g/b. hp. hr	0.45	0.38	0.448	0.447
一氧化碳g/b. hp. hr	1.67	1.50	1.67	1.66
一氧化氮g/b. hp. hr	4.46	4.25	4.46	4.45
懸浮微粒g/b. hp. hr	0.261	0.216	0.26	0.26

資料來源：工研院 IEK-IT IS 計畫整理(2004/10)

2. 缺點：

- (1)分子較大，黏度較高，導致噴射效果不佳：生質柴油是由植物油脂所轉化，因此分子較大，約為石化柴油的4倍；黏度也較高，約為石化柴油的12倍，會影響噴射時程，導致噴射霧化效果較差。
- (2)揮發性較低，不易霧化，影響引擎運轉效率：生質柴油的揮發性比石化柴油低，在引擎內不容易霧化，與空氣的混合效果會較差，可能形成燃燒積炭，而使油脂黏在噴射器頭或蓄積在引擎汽缸內，影響其運轉效率。
- (3)冷車發動不易及點火延遲：由於生質柴油黏度、流動點較高，雖然比超級柴油潤滑度佳，卻容易產生冷車不易起動及點火延遲的問題。
- (4)氮氧化合物含量增多：生化柴油雖然能大量減少懸浮粒子、二氧化碳及不含硫成份，卻會使氮氧化物含量稍微上升，不過可以調整引擎噴射時程或添加觸媒改善。
- (5)使用大量的農作物生產生質柴油，容易造成世界食物分配不均。

三、國外與國內生質柴油之發展現況

(一)國外生質柴油之發展史概述

歐洲已成為世界最大的生質柴油製造者，而德國更為世界生質柴油生產的龍頭，其原料以菜籽油為主，也採用葵花籽油，其生產成長甚為快速，而利用生質柴油供作柴油引擎設備燃料亦行之有年。Rudolf Diesel博士於1895年發明柴油引擎(Diesel engine)，首創採用花生油為燃料，並於1900年在法國

巴黎世界博覽會展出，迄今已超過100年^[6]。2006年生質柴油世界年產量已超過250萬噸，其中歐洲占80%以上，德國是生質柴油發展最成功的國家，產能超過110萬噸/年^[7]。另亞洲生質柴油使用較普遍的國家為日本，主要是以廢食用油為主，轉製成生質柴油，分別於都會區之公車、計程車或是環境敏感地區(如國家公園)的交通運輸工具上推廣應用。

(二)國內生質柴油之技術與未來發展性

1. 國內生質柴油之技術：

(1)鹼催化方式：

優點：反應速率快，反應溫度低，甲醇用量省，催化劑價格低。

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^[8]。

(2)酸催化方式：

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

缺點：反應速率慢，催化劑可能與不飽合鍵生成不易掌握之副產物，且甲醇使用量較多。

(3)酵素催化方式：

優點：反應安全性高，副產物甘油純度高，雜質清除較為容易。

缺點：反應速率慢，催化劑價格高，需要定期再生^[9]。

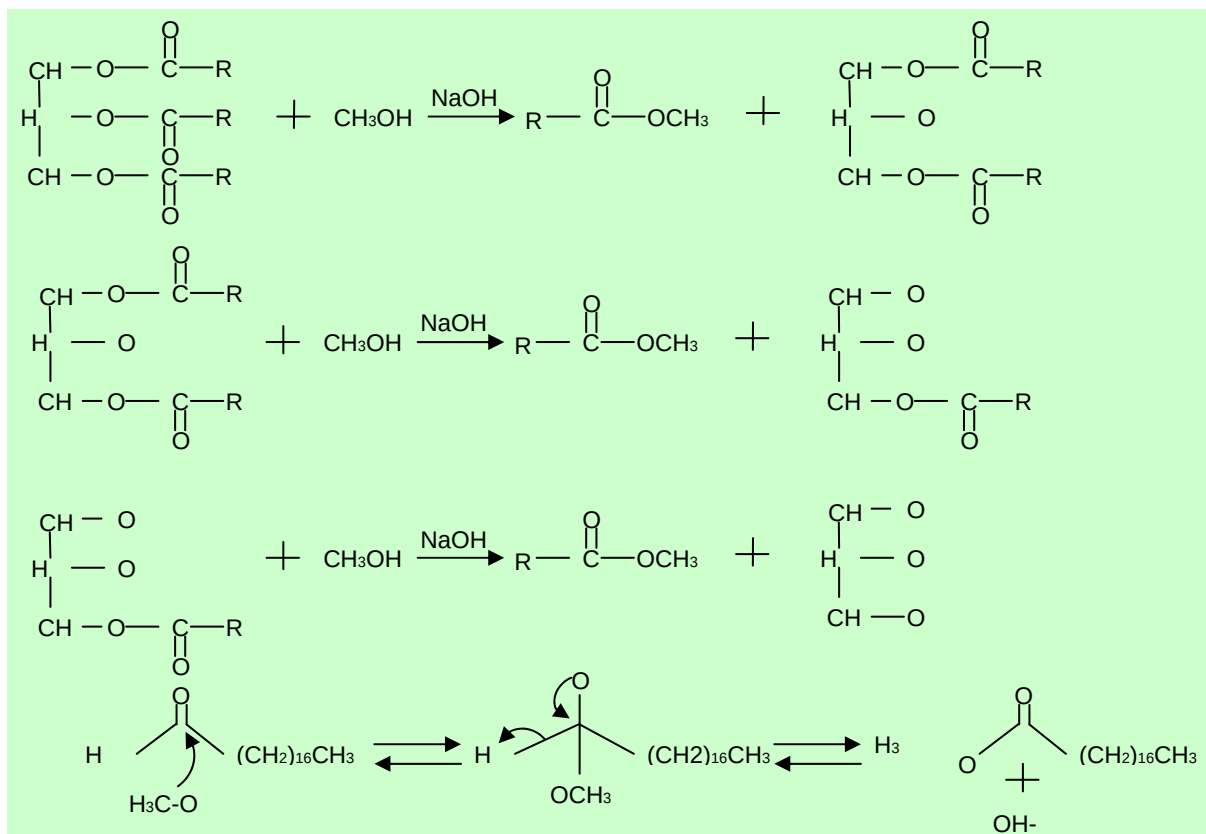
上述三種方式又以鹼催化製程較常用，其反應式如圖三。

註⁶：陳介武，(2006)，「生質柴油焦點-生質柴油，知多少」，第一頁。

註⁷：陳奕宏，(2007)，「台東大學綠色科學與奈米技術研討會-生質柴油」，第三十二頁。

註⁸：Fukuda H., et al., 2001. "Biodiesel Fuel Production by Transesterification of Oils." J. Bioscience Bioengineering, 92 (5), P.405-416

註⁹：Neis L.A., et al., 1996, "Lipase Catalyzed Production of Biodiesel." J. Am Oil Chem Soc. 73, P.1191~1195.



圖三 鹼催化交酯反應式

資料來源：承德油脂股份有限公司，2005。

目前國內生質柴油技術以鹼催化方式為主，主要以廢食用油作為原料，每年約可產生600萬噸消費量，其中多以提供柴油汽車及農機具使用，預期五年內將逐步明顯增加供給量，十年後會逐漸變成重要能源之一。

2. 國內生質柴油未來發展性：

國內目前生質柴油原料大多以有限的回收食用油為主，且生產成本較石化柴油較高，如能有效利用國內生產生質柴油的優勢，將可大幅降低生質柴油的成本，國內具有優勢如下：

- (1) 充分使用休耕土地：台灣每年約有25萬公頃的休耕土地，如能將綠肥變成能源作物(油菜、向日葵、黃豆等)，將可增加生質柴油的原料來源，並可降低原料成本。
- (2) 計畫性的回收廢食用油：國內目前僅針對特定商家(如速食店)回收廢食用油，尚有大部份的廢食用油未能有效回收(如一般住家)，所以還具有廣大的原料來源待開發。
- (3) 政府政策推廣鼓勵使用：現在政府正極力宣導節能減碳，由政府帶

頭作起，亦是國內的優勢之一。

- (4)近期石化柴油價格上漲，生質柴油與石化柴油之成本接近，使用者使用生質柴油的意願會比較高，使用量增加=>產量增加=>生產成本降低。

國內生質柴油的未來發展性可依上列四項優勢，規劃出下列四項特點：

- (1)生質柴油具備供給穩定、生產快速特性：

國內生質柴油的原料來源為動植物油脂或廢食用油，因此只要持續發展回收廢食用油與穩定能源作物(以非糧作物為主)供應來源，便能維持生質柴油的穩定供給；再加上生質柴油的生產速度快，台灣目前的第一座生質柴油示範廠，以每批4噸廢食用油，只需8小時就可以製造4公秉生質柴油，因此若生質柴油生產及道路試行成效良好，未來可繼續興建生質柴油廠增加生質柴油供應量，以逐步取代石化柴油。

- (2)活化農地，提高能源自主：

生質柴油進展從2006年環保署補助23縣市清潔車輛試行開始，總計2006年共使用1300公秉，因施行成效良好，所以農委會開始推動大豆、油菜、向日葵等能源作物之種植；2007年則持續試行及推動示範加油站或車隊，總計使用2500公秉，並宣告green county(綠化縣市)示範計畫，已於2008年全面實施B1(添加1%)，預訂於2010年實施B2(添加2%)；並於2007年開始指定示範區域的green county(綠化縣市)計畫，中油、台塑加油站供應B1，總計使用6500公秉；總計2008年已使用4.5萬公秉；預估2010年達10萬公秉^[10]。

- (3)廢食用油再資源化，降低生質柴油成本：

以糧食性植物油脂製造生質柴油的成本偏高，若能回收一般家庭消費單位、餐廳、速食店、油炸食品業等之廢食用油，投入製造生質柴油，除了可降低生質柴油的製造成本，另一方面，廢食用油的再資源化，可降低廢食用油對環境的污染，因此未來若能建立廢食用油回收系統，將可達到降低生產生質柴油之成本與降低廢食用油污染的雙重效果。

- (4)柴油小客車市場開放：

註¹⁰：王新銘，(2006)，「國內生質柴油發展論壇」，第二頁。

台灣於2004年初開放柴油小客車市場，由於柴油車具備引擎扭力大、省油效率高的好處，一公升柴油可以跑20公里以上，為消費者購車的新選擇。再則，國際油價的持續上漲，一公升約29元(2008年)柴油相對於汽油較便宜，若未來柴油小客車需求提高，將帶動生質柴油的需求，可視為生質柴油發展的一大契機，目前生質柴油B1的生產價格約每公升36元，其與相關石化柴油價格比較如表二。

表二 生質柴油與石化柴油價格比較表

油品種類	高級柴油	超級柴油	B1生質柴油	95無鉛汽油
價格(元/公升)	25.7	25.7	36	29

資料來源：作者整理

四、生質柴油取代重型機械燃油之經濟效益及可行性

(一)生質柴油取代重型機械燃油之經濟效益

生質柴油無庸置疑的會是未來最具潛力的替代能源之一，除了對環境的改善外，它也將牽動新的經濟脈動，亦為國軍高級柴油提供新的能量替代方案，它對國軍工兵機械燃油之經濟效益分述如下：

1. 平衡各項燃料的使用，減少國軍對石化能源的依賴。
2. 減輕造成溫室效應CO₂氣體的排放，抑制地球暖化，並可響應政府提倡節能減碳政策。
3. 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。
4. 國軍現行使用機械柴油引擎不需任何修改，可直接使用生質柴油作為燃料，節省經費。
5. 生質柴油除了可替代燃料外，尚可供為潤滑油、油壓機油、工業溶劑等用途。

(二)生質柴油取代重型機械燃油之可行性

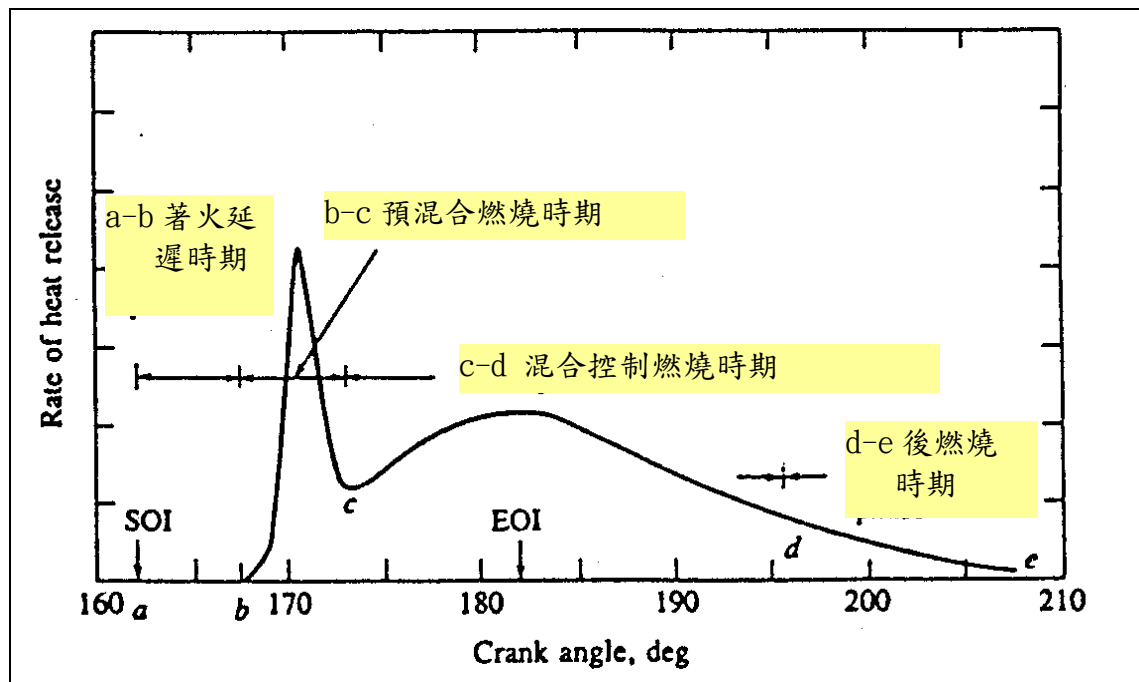
1. 柴油引擎之噴射燃燒過程

一般柴油引擎的燃燒時間極為短暫約 0.003~0.004 秒，而壓縮著火燃燒亦非常複雜，呈現一種不穩定與不均勻的三維燃燒過程(Alan Asmus 1988)。整個的燃燒過程是在活塞到達壓縮行程接近終了時約上死點前(BTDC)10°~15°之間，由噴油嘴將燃料噴入燃燒室內，此時液態的燃料從噴油嘴的噴孔噴出，

而噴入燃燒室中的燃料呈液態、液/氣態和完全霧化之氣態油粒，此油粒同時吸收汽缸內的壓縮熱而汽化並與燃燒室內流動的空氣如渦流和擠流等混合而形成混合氣，但不能立即燃燒，因每一柴油粒子必須在高溫的空氣中吸熱，使溫度急速增高。當混合氣溫度達到柴油著火點($250^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ ，理論空燃比 14.3:1)時，即自行著火燃燒，故自燃料噴射至著火燃燒之間的一段壓縮著火延遲即前述的著火遲延時期。又混合氣開始燃燒時，汽缸內的壓力急速上升，未燃燒的混合氣被壓縮及加熱，很快達到可燃極限後迅速燃燒。當活塞下行時噴油嘴仍持續噴油，一直到燃料全部噴入燃燒室內，這些燃料並持續重複著進行霧化、汽化、至與空氣混合形成混合氣達到著火而燃燒。另噴油嘴噴油結束後，燃燒室內剩下的空氣和燃燒中及已燃燒過的氣體混合也一直持續到整個燃燒與膨脹過程。

至於柴油的燃燒過程則決定於燃料的特性、引擎燃燒室的形狀、空氣及燃料的擾動與分佈、燃料噴射系統的設計、噴油嘴的噴射壓力及引擎運轉和負載等情況。對其燃燒過程，我們可藉由熱釋放率(heat release rate)的觀念來分析探討整個燃燒室內燃燒過程的情況。而熱釋放率的定義為燃料化學能以燃燒過程釋放出的速率，此熱釋放率可藉由汽缸壓力隨曲軸角度的變化數據計算出來，即造成量測的壓力所必須釋放出來的能量。燃燒模型定義出柴油燃燒的四個不同階段，每一階段各由不同的物理或化學過程控制著。

圖四所示為直接噴射式柴油引擎的熱釋放率曲線，由圖中可知在壓縮行程即將結束之前，熱釋放率極小，通常可以忽略不計，但在著火遲延時期則會有少量的熱損失，其主要原因乃是因燃料的汽化吸熱及部份的熱傳到汽缸壁所致。在燃燒過程中，燃燒是以三個階段進行，在第一階段中，燃燒速率非常高，且只維持數度的曲軸轉角，對應於汽缸壓力迅速上升期。第二階段對應於熱釋放率逐漸減小的主熱釋放時期，只維持大約 40° 的曲軸轉角，燃料的總能量一般大約有80%在前兩個時期放出。第三階段對應熱釋放率圖的尾段部份，可以看出熱釋放率延緩到膨脹行程的一大部份，此時間的熱釋放率約佔燃料總能量的20%。



圖四 直接噴射式柴油引擎的熱釋放率圖(John B,1988)

柴油燃料在引擎內的燃燒過程，依熱釋放率可分為四個燃燒時期：即著火遲延時期、預混合燃燒時期、混合控制燃燒時期和後燃燒時期(John B Heywood 1988)^[11]，其燃燒情形可以由熱釋放率及曲軸轉角之關係曲線來表之。

(1) 著火遲延時期 (Ignition delay period)

圖四之 a-b 段為著火遲延時期，即柴油開始噴入燃燒室內至開始著火燃燒前的第一段時期，燃料初噴入燃燒室時，係冷的高壓液態，進入燃燒室後吸收被壓縮空氣的熱，使溫度升高而汽化，形成可燃的混合氣而開始燃燒，故在此時期有少量的熱能損失，此時期的長短因燃料著火點、噴射狀態、壓縮溫度和空氣的擾動等而有極大的影響。

(2) 預混合燃燒時期(Premixed combustion phase)

如圖四的 b-c 段所示，此時期稱之為預混合燃燒時期，在著火遲延時期結束，完成準備燃燒，柴油與空氣混合到可燃極限內的混合氣在數度曲軸轉角內迅速燃燒。在燃燒時因壓力與溫度的升高使被加熱到可燃的其他混合氣也一起燃燒，形成此時期的高熱釋放率特性，燃燒速率的最初尖峰值的大小決定於著火遲延時期的長短，當著火遲延時期長則尖峰值高。此時期與引擎熱效率、振動、燃燒噪音及 NO_x 濃度的多寡有密切的關係。

註¹¹：John B. Heywood. , (1988), “ Internal Combustion Engine Fundamentals ”Mcgraw-Hill Book Company, P. 491-P. 510。

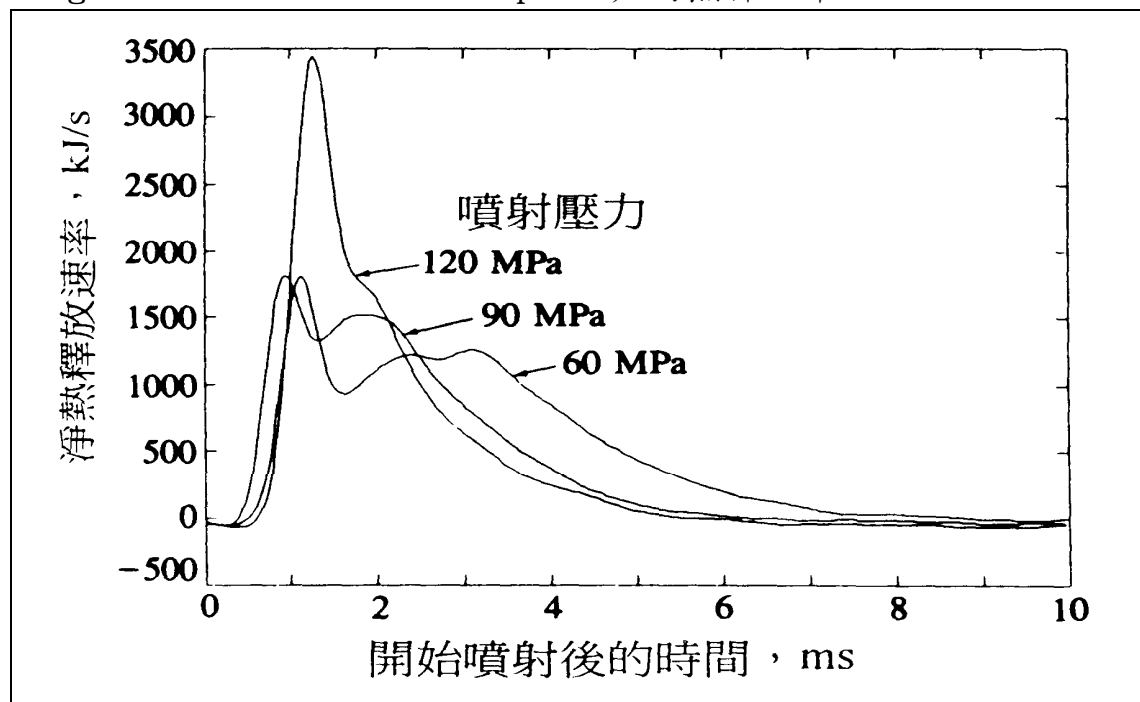
(3)混合控制燃燒時期(Mixing-controlled combustion phase)

圖四的 c-d 段為混合控制燃燒時期，此時期又稱之為擴散燃燒時期(Diffusion burning Phase),在著火遲延時期預混合的燃料與空氣一旦燒完後，其燃燒速率(熱釋放率)便是受到可燃混合氣速率的控制，而其包括整個過程；即液態燃料霧化、汽化、汽化燃料與空氣的混合、先前火焰的化學反應，此時期的燃燒速率主要是受之於汽化燃料與空氣混合過程的控制。在此時期內若適當的控制柴油的噴射量將可決定引擎馬力的大小。

(4)後燃燒時期(Late combustion phase)

後燃燒時期(圖四之d-e段)此時期熱釋放率持續在一個較低的情形下進入膨脹行程，其原因是可能油粒較大或未完全燃燒的柴油液滴及有一小部份的燃料能量形成黑煙和過濃燃燒的產物仍被釋放著。此時期燃燒室內的混合氣為非均勻混合，以增進更進一步的完全燃燒和少量分解形成的氣體，最後燃燒完成的動量較低，這可能是因為膨脹過程中燃燒室內燃燒氣體溫度下降的關係。

至於燃料噴射壓力的高低與熱釋放率之關係可如圖五所示，由於燃料噴射壓力的提高，使燃料噴射率增加，故於圖中顯示燃料噴射壓力愈高，則在整個燃燒過程中熱釋放率是增加的，其原因係燃料噴射壓力的提升改變燃料噴霧中燃料與空氣的混合比率，因此，增加了混合控制燃燒時期(Mixing-controlled combustion phase)的熱釋放率。



圖五 燃料噴射壓力與熱釋放率關係圖(John B,1988)

2. 綜合評估分析

由上述對生質柴油的研究及柴油引擎的效能說明，可知以當前的轉酯化技術所生成的生質柴油是無法100%全部直接在柴油引擎上使用的，此乃因生質柴油中所含的不純物及可溶性有機物會嚴重的影響到柴油引擎的使用壽命，故必須以較低之比例混合在高級柴油中使用。而20%生質柴油添加混合在高級柴油的B20混合燃料是所有添加混合比例中，能不影響原柴油引擎性能的前提條件下，又能較合理的減低油耗及Smoke、HC及CO等的廢氣排放濃度，雖NO_x濃度較高但以目前的技術是可完全克服的，其與石化柴油之相關優劣比較如表三所示。

表三 生質柴油與石化柴油相關優劣比較表

油品種類	石化柴油	超級柴油	B20生質柴油
硫化物	1%以下	0.005%	不含
含氧量	不含	不含	11%
閃火點	52℃	52℃	120℃
有無毒性	有致癌碳氫化合物	有致癌碳氫化合物	無
二氧化碳排放	高	次高	低
再生能源	否	否	是
廢氣排放量	高	次高	低
噴射霧化效果	佳	優	不佳
引擎潤滑度	優	佳	優
氮氧化合物	低	低	略高
儲存安全性	優	佳	優
價格	較低	較低	較高

資料來源：作者整理

國軍目前尚停留在使用柴油階段，對於生質柴油的使用尚未啟動開發；另外，生質柴油具有再生能源性質，且可直接使用，不必變更目前引擎的設計，引擎性能不損失，並可以延長柴油的使用年限及減少對空氣污染，由此可見，利用廢食用油製成生質柴油來紓解燃料能源的需求，是相當可行的方

式。

國軍各類型工兵機械皆以柴油引擎為主要動力來源，所以對於石化燃油的消耗及依賴程度非常大；國內政府正積極推動發展生質柴油等替代能源，以分散能源供給，並減少對石油的依賴，使用再生能源及替代能源將是未來國家競爭力的重要指標，因此國軍如能以生質柴油取代石化柴油，也可呼應政府推動的節能減碳政策。

生質柴油的燃料消耗量、運轉效率、最大扭力曲線皆與石化柴油略同，工兵機械可直接改用生質柴油，不需修改柴油引擎；另外，由於生質柴油的潤滑性高，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。部份機械使用生質柴油會有馬力降低，比較沒力，這與車輛出廠年份有關，較舊的車明顯有差異，1999年後出廠的車就沒有差別了；一般而言，引擎起動情形與石化柴油無明顯不同，維修或耗損現象亦無差異。

五、結論與建議

(一)結論

國內推廣使用生質柴油已由計畫階段而進展到實質使用階段，而國軍更應針對這個趨勢思考生質柴油替代工兵機械燃油的可能性，一方面可減少對石化燃料的依賴，可有效降低對空氣的污染及燃料的耗損率，一方面可滿足國軍未來建軍備戰需求，減少相關經費開支。

由本文得知，以食用油轉為生質柴油絕對是可行的方法，若以生質柴油取代工兵機械燃油之可行性，可得下列幾個結論：

1. 生質柴油在使用上較石化柴油環保，正可配合政府的節能減碳政策。
2. 工兵機械柴油引擎無需更換即可直接使用生質柴油，不用再編列經費作引擎上的修改。
3. 有效利用廢食用油轉化之生質柴油，不但可以避免資源浪費，亦可節省國防經費支出。
4. 我國為能源輸入國，石化能源均需由國外進口，對我國防無疑是一種風險，如能以生質柴油替代石化柴油，對我國防亦是另一種保障。

(二)建議

1. 國軍若推動生質柴油取代工兵機械燃油，各項實施計畫及標準勢必

無所依循，建議可以參考國內外生質柴油使用計畫及使用標準，待各項條件成熟後，可再發展以我工兵機械為主的使用標準值。

2. 軍用柴油引擎其基本構造、工作原理與商用引擎並無不同，加上各引擎製造商之市場考量，未來軍用引擎之發展趨勢，仍將以商民用引擎技術發展成果而調整其關鍵技術發展方向，兩者發展趨勢應為一致。
3. 將各營區的廚餘回收桶多增加食用廢油，亦為增加生質柴油原料管道，為後續國軍生產生質柴油之先期準備。

參考文獻

註釋

- [1] Freedman,B.,et al., “Transesterification kinetics of soybean oil.” JAOCS 63, (1986), P.1375~1380.
- [2] 理筱龍，「生質柴油的認識與發展」，民國 96 年，第 122 頁。
- [3] Liu, K. “Preparation of fatty acid methyl ester for chromatographic analysis of lipids in biological.” JAOCS 71, (1994), P.1187.
- [4] Kuan-Jiunn Shieh, Sheau-Long Lee, H.C. Teng, S.Cherng, Abel Sun, “The optimized fabrication of biodiesel from fatty oil to diesel,”The Chinese Military Academy Conference , (2006), P.181~183.
- [5] 徐明璋，「生質柴油的製備及其在柴油引擎上的可行性研究」，國立臺灣大學生物產業機電工程學研究所碩士論文，民國 89 年，第 35-38 頁。
- [6] 陳介武，「生質柴油焦點-生質柴油知多少」，民國 95 年，第 1 頁。
- [7] 陳奕宏，「台東大學綠色科學與奈米技術研討會-生質柴油」，民國 96 年，第 32 頁。
- [8] Fukuda H., et al., “Biodiesel Fuel Production by Transesterification of Oils.” J. Bioscience Bioengineering, (2001) , P.405~416.
- [9] Neis L.A, et al.,“Lipase Catalyzed Production of Biodiesel.”J. Am Oil Chem Soc, (1996) , P.1191~1195.
- [10] 王鈺銘，「國內生質柴油發展論壇」，民國 95 年，第 2 頁。
- [11] 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》，2005 年，第 7 頁。

參考資料

- 1. 理筱龍，「生質柴油的認識與發展」，陸軍學術雙月刊 493 期，民國 96 年。
- 2. 徐明璋，「生質柴油的製備及其在柴油引擎上的可行性研究」，國立臺灣大學生物產業機電工程學研究所碩士論文，民國 89 年。
- 3. 陳介武，「生質柴油焦點-生質柴油知多少」，生質能源應用與展望研討會，民國 95 年。
- 4. 陳奕宏，「台東大學綠色科學與奈米技術研討會-生質柴油」，民國 96 年。
- 5. 王鈺銘，「國內生質柴油發展論壇」，民國 95 年。

6. 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，2005 年。

作者簡介

黃獻誠少校，現任職於陸軍工兵學校建工組教官。學歷：中正理工學院土木科 85 年班、工兵正規班 136 期；經歷：排長、連長、工程官、教官。