

# 英國學者研究質疑生質柴油對於空氣品質之效益

藍得彰

工業技術研究院 綠能與環境研究所

## 摘要

歐盟為推動低碳經濟及永續發展，已訂定「20-20-20」目標，其中與再生能源政策有關為：到2020年整體能源消費總量中有20%來自再生能源，在運輸部門於2020年前占整體燃料消費比率達到10%，以目前使用量，歐盟應可順利達成此目標，惟近期英國地方政府聯盟（Britain's Local Government Association）質疑為達國家生質燃料目標，使用生質柴油將較傳統柴油產生更多的細小顆粒（ $<40\text{ nm}$ ）。英國萊斯特大學（University of Leicester）學者針對印尼及馬來西亞蒼翠繁茂的泥炭地（peatland）種植棕櫚樹產製生質柴油進行研究，由於潮溼的泥炭可吸收大氣中的二氧化碳及其他氣體，成為抵抗全球暖化的天然緩衝帶，然而當這些泥炭被清除時，原本被捕捉的氣體將又釋出，此外，東南亞、拉丁美洲及非洲有許多植物油及木片等生質物被運往歐洲，此運輸行為將增加碳足跡。因上述種種原因，使得生質柴油可提升空氣品質及減少溫室氣體排放之優勢遭受爭議。

## 一、前言

為推動低碳經濟及永續發展，歐盟於2009年6月5日公布氣候與能源套案（the EU climate and energy package），訂定2020年前達成「20-20-20」目標[1]，其中與再生能源政策有關為：到2020年整體能源消費總量中有20%來自再生能源，在運輸部門於2020年前占整體燃料消費比率達到10%。為達成上述目標，歐盟初始訂定2005年及2010年生質燃料占整體燃料消費比率之目標分別為2%及5.75%。

近年來歐盟生質柴油的使用量已穩定成長，照目前使用趨勢觀之，歐盟應可順利達成2020年所定生質燃料占整體燃料消費比率10%之目標，其中預料斯洛伐克將可率先達到目標，奧地利及法國則緊追在後。

歐洲生質柴油委員會（European Biodiesel Board）表示由植物轉脂化之生質柴油可提升都市空氣品質，降低溫室氣體排放及協助農民生計，並且相對於傳統化石柴油，生質柴油具有含硫量低、可減少65%~90%之碳排放、產生較少的懸浮微粒，以及可生物降解。

當生質燃料多數從發展中國家進口，致當地大面積土地及水源被使用，以及發生與民爭糧之批評時，歐盟轉為鼓勵以餐廳或工業廢食用油等作為更永續之生質柴油料源。惟依據歐盟環境署（European Environment Agency）最新空氣品質報告[2]指出，生質燃料作為住宅加熱燃料為二氧化硫主要貢獻者之一，並將降低空氣品質，此論點亦使生質燃料遭受爭議。

## 二、生質柴油與化石柴油之差異性

生質柴油是利用大豆、油菜花、向日葵及棕櫚等植物油，或是回收食用油為原料，經過轉酯化反應（trans-esterification）及中和、水洗及蒸餾等純化程序後所生產出來的油品，主要成分是脂肪酸甲酯(Fatty Acid Methyl Ester, FAME)[3]。

生質柴油與化石柴油之差異簡述如下（詳如表 1）：

- 1.市售化石柴油是從原油提煉而來，屬於石化燃料，因地球上蘊藏有限，是屬於不可再生之能源。生質柴油是利用大豆、油菜、向日葵等油脂作物或是回收食用油為原料，是屬於可永續利用之再生能源。
- 2.生質柴油具有生物可分解和無毒等特性，硫份含量相當低且不含芳香烴，燃燒所排放之污染物則較市售化石柴油少。
- 3.生質柴油的性質與石化柴油相近，於低混合比例下可符合超級柴油之國家標準，實際引擎測試比較也與超級柴油相當。

表 1、生質柴油與化石柴油比較[3]

項目	生質柴油	化石柴油
來源	係由動植物(如大豆、油菜、向日葵、棕櫚等)以及回收食用油，經過轉酯化反應、中和、水洗及蒸餾等轉換技術所生產出來的油品。	生物屍體堆積、分解後，經壓力和地熱作用，轉化為石油和天然氣，石油經分餾後可產生化石柴油。
含氧量	16~18C 的酯類，含氧量達 11%，可提升燃燒、點火性能，且抗震爆性較佳，對於排放黑煙有顯著的改善效果。	16~18C 的烷類，多數原油中含有重量 82-87%的碳及 12-15%的氫，含氧量低，燃燒性能較差。
環保性	無毒性，具生物可分解、健康環保性能。不含芳香烴類、硫、鉛、鹵素等有害物質，碳氫、碳氧化物及 SO <sub>2</sub> 排放量少。	石油裂解氣和石油廢氣的主要成分為氫、甲烷、丁烷、乙烯、丙烯等，也產生一氧化碳(CO)及氮氧化合物(NO <sub>x</sub> )。
安全性	閃火點>170°C，安全性高，利於儲存。	閃火點>52°C，易著火，安全性較低
熱值	9800 kcal/kg，與化石柴油相近，可直接使用於目前的柴油引擎。	10,930 kcal/kg，略高於生質柴油。
其他	潤滑方面具有顯著改善效果，可做為降低柴油硫、磷成份後之潤滑改善添加劑。	-

資料來源：工業技術研究院，「車用柴油全面添加 2%生質柴油」網站，2012 年 1 月。

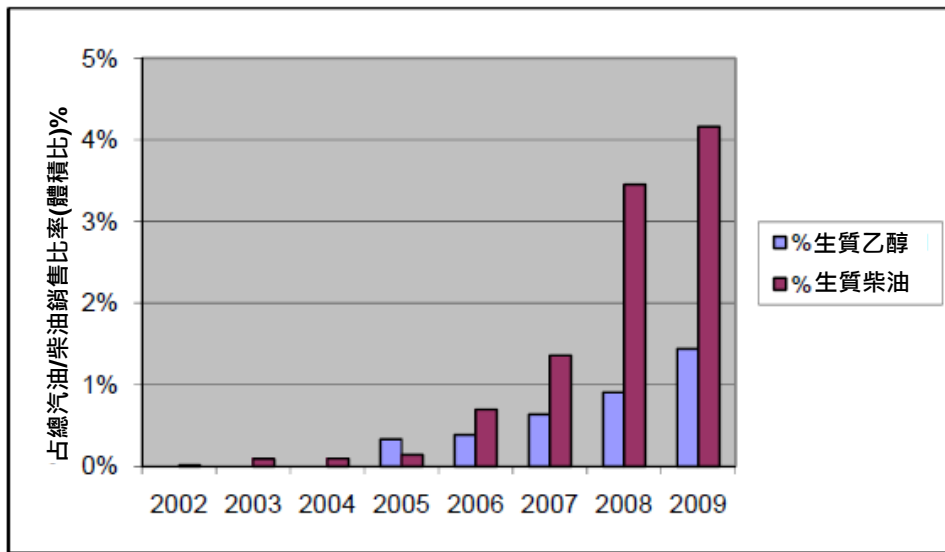
### 三、英國生質柴油使用現況

#### 1. 生質柴油使用比率

依據英國國家統計公報（HMRC Hydrocarbon Oils Bulletin, April 2010），生質柴油於 2009 年占所有柴油使用量之 4.2%，如圖 1 所示，2009 年所有

生質燃料使用量中，生質柴油占 77%，生質酒精則占 23%（體積比）[4]。

圖 1、英國生質燃料使用量占所有汽油或柴油之比率[4]



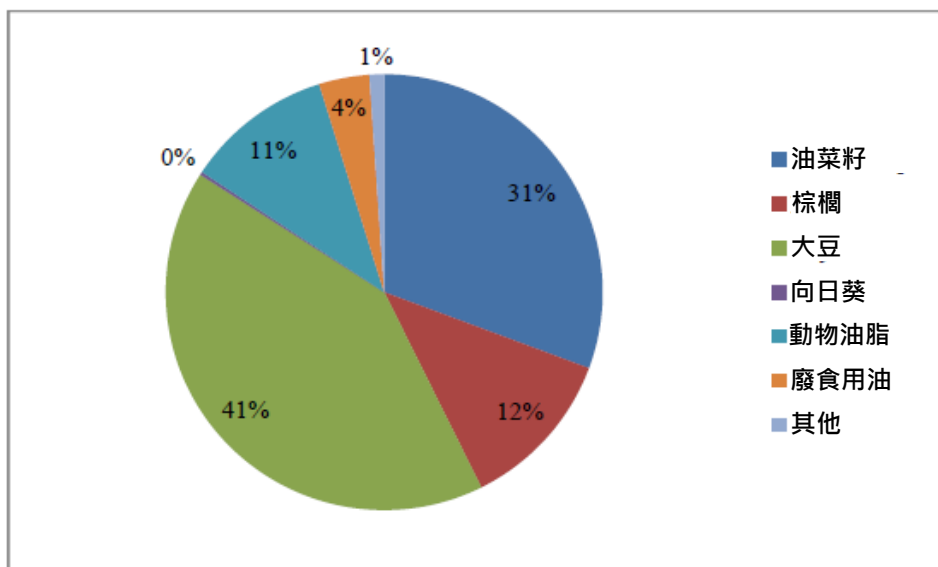
資料來源：Air Quality Expert Group, “Road transport biofuels: Impact on UK Air Quality,” 2011.

## 2. 生質柴油各種料源比率

依據英國再生燃料署（Renewable Fuels Agency, RFA）2010 年最新版年報指出，英國 2008 年生質柴油料源以大豆(41%)為最大宗，主要由美國進口，其次分別為油菜籽(31%，主要由德國進口)、棕櫚油(12%，主要由馬來西亞及印尼進口)，以及動物油脂(11%，主要由美國進口)。

英國本身則提供 6%生質柴油，主要來源為廢食用油（used cooking oil, UCO, 3.4%），以及油菜籽(2.5%)[4]，詳如圖 2 所示。

圖 2、英國生質柴油各種料源所占比率（2008 年）[4]



資料來源：Air Quality Expert Group, “Road transport biofuels: Impact on UK Air Quality,” 2011.

#### 四、英國學者研究對生質柴油之質疑[5]

歐盟的「2003 生質燃料指令」(2003 Biofuels Directive) 及「2009 再生能源法案」(2009 Renewable Energy Legislation) 宣稱將化石燃料穩定轉移成以植物為基礎之生質燃料，並將歐洲推向減少溫室氣體排放及阻止氣候變遷之領導者。然而一些證據顯示，生質燃料並非如以往宣稱對於減少溫室氣體排放如此有效率，並且對以出口生質燃料為主之發展中國家來說，將危害其生態。

##### 1. 近期對於運輸用生質燃料之批評

舉例來說，英國地方政府聯盟 (Britain's Local Government Association) 質疑國家陸運生質燃料目標，因其認為生質柴油將較傳統柴油產生更多的細小顆粒 (<40 nm) [6]，此質疑點係引用空氣品質專家團體 (Air Quality Expert Group) 於今年提供英國環境部 (Britain's Environment Department) 的一份研究報告[4]。

再者，有研究指出生產生質燃料過程，如土地整地、原始叢林砍伐、生質作物種植、發酵及生質燃料運輸等，將否定生質燃料可減少煙霧 (smog) 及溫室氣體排放之優勢。

而在一份新報告中，英國萊斯特大學 (University of Leicester) 學者研究評估於東南亞推動生產棕櫚油作為生質燃料，將比傳統化石燃料對地球更不利，由於生質柴油之主要來源-棕櫚油需經由土地種植，此舉將較傳統汽油增加 60% 碳排放，爰建議歐洲政策制定者對於此研究結果應有警覺。由於過去幾年歐洲所制定生質燃料政策僅以一般面考量，而未考量到個別案例，以棕櫚油生產生質柴油為例，其對於溫室氣體排放效益，與傳統汽油或柴油並無太大差異。

該校針對印尼及馬來西亞蒼翠繁茂的泥炭地 (peatland) 種植棕櫚樹產製生質柴油進行研究，由於潮溼的泥炭於環境中有如海綿般，可吸收大氣中的二氧化碳及其他氣體，成為抵抗全球暖化的天然緩衝帶，然而當這些泥炭被清除而被種植棕櫚樹以生產生質柴油時，原本被捕捉的二氧化碳及氧化亞氮將又釋出。

##### 2. 空氣品質惡化

印尼因種植及生產棕櫚油，該國於聯合國針對 187 國家所發布之 2011 人類發展指標 (2011 Human Development Index) [7]，於森林減少 (forest loss) 項目排名第 20 名、於城市污染層級 (urban pollution levels) 項目排名第 21 名，印尼及其他生產植物油轉製生質柴油的國家將導致全球性影響如下：

- (1) 清除泥炭地使得砂礫 (grit) 及毒化物釋放至大氣中，並產生大量灰塵影響該地區及全球之空氣品質。
- (2) 農民季節性燃燒農作廢棄物及蓄意焚燒森林以種植生質作物，在印尼已成為長期性問題，聯合國指出 1997 年起源於印尼之霾 (haze) 造成東南

亞 4 萬人致病。

(3) 東南亞、拉丁美洲及非洲有許多植物油及木片等生質物被運往歐洲，此運輸行為將增加碳足跡。

上述後果可能不會直接影響歐洲空氣品質，但確實會讓歐洲因使用生質燃料而增加碳足跡，因此環保團體督促歐盟衡量這些政策對於發展中國家的衝擊。此外，樂施會（Oxfam，為一國際人道援助機構）於 2011 年 9 月 22 日生質燃料報告中，亦強烈要求歐盟終止目前的生質燃料目標，並訂定對於全球空氣品質、水源、土地及食物供給不致有不利衝擊之永續標準。

## 五、生質燃料國際發展趨勢

目前全球生質燃料主要發展地區包括推動生質酒精產業將近 30 年的巴西、以生質柴油為主的德國與歐洲地區，以及近五年來產業成長最為快速的美國。另外，具有原料優勢的地區包含東南亞地區如菲律賓、泰國、馬來西亞和南美洲的阿根廷等國家，近幾年來積極發展該項產業。

儘管生質燃料產業在近一年來受到與民爭食和破壞環境的爭議，而高漲的原料價格亦導致產業成長趨緩，但積極發展的美國依然將其列為鞏固能源安全的重要發展目標；此外，擁有原料的巴西、南美洲與東南亞等地區看好歐洲地區溫室氣體減量與美國發展目標的龐大需求，相繼投入大量資金於硬體設施的建設，預估未來生質燃料產業仍將持續成長。

但因生質柴油與生質酒精等第一代生質燃料所使用之原料與現有民生糧食重疊，確實會引發與民爭食及與糧爭地之爭議，因此現有技術與產業已漸漸朝向使用玉米桿、穗、藻類等非糧食類的原料發展，稱為第二代生質燃料。

就目前英國推動生質燃料之相關統計資料顯示，該國生質柴油主要料源仍以第一代生質燃料(大豆、油菜籽、棕櫚油及動物油脂等)為主，廢食用油僅占 4%，因此，該國確有需要積極提高第二代生質燃料及自產能源比例，避免間接鼓勵東南亞等國砍伐原始森林生產植物油，並可減少因運輸行為而增加之碳足跡。

## 六、我國推動生質柴油概況

能源局自 2006 年起相繼推動「能源作物綠色公車計畫」及「綠色城鄉(Green County)應用推廣計畫」等示範計畫，建構我國生質柴油的應用環境，包括法令、標準、車輛適用性測試、油品摻配銷售及政策宣導等。並於 2008 年 7 月 15 日推動石油煉製業及輸入業銷售國內之車用柴油全面添加 1%生質柴油(簡稱全面實施 B1)措施，成為亞洲第 1 個不需補貼措施而能成功全面推動使用生質柴油之國家，同時提供內需市場，建構完整的產業鏈。之後，更進一步於 2010 年 6 月 15 日起推動「全面實施 B2」計畫，目前在市面上銷售之車用柴油全部添加 2%生質柴油。

目前我國生質柴油產業發展，已建構完整的上、中、下游產業鏈，上游端為

廢食用油或油脂供應廠商，中游為生質柴油生產廠商，下游為生質柴油使用廠商。經濟部核定生質柴油生產廠商總計 11 家，料源多以廢食用油為主要，其他油脂為輔，同時核定國內 2 家生質柴油輸入廠商。

依據能源局各縣市汽車加油站汽柴油銷售統計表及油公司油庫發油量，估算生質柴油總使用量約 10 萬公秉，可減少 10 萬公秉的化石能源依賴，二氧化碳排放減量以每公秉 2.61 公噸計算之，可減少二氧化碳排放量約 26.1 萬公噸，此外，能源局亦初步規劃於 105 年起將生質柴油添加比例從現行 2% 提高至 5%，生質柴油年使用量將提高 2.5 倍 [8]，我國生質燃料產業近幾年來在政府積極推動下已逐漸呈現成果。

## 七、我國未來展望

我國生質柴油生產已透過階段性計畫建構完整的產銷體系與法制建制，促成生質柴油產業成型，目前已有 11 家廠商獲得能源局核定。在市場方面，我國自 2008 年 7 月已全面施行 B1 生質柴油，於 2010 年推動「全面實施 B2」計畫，其中約 80% 料源為廢食用油，因此無上述與民爭食爭議，亦無種植生質作物所產生之空氣品質污染問題；目前我國正進一步評估於 2016 年推動全面實施 B5。

在生質酒精生產方面，我國目前尚未有廠商設置工廠，但有部分廠商如台灣中油、味丹等企業有相關投資計畫，也有部分廠商在觀望政府態度，計畫投入該產業。在生質酒精市場方面，2007 年 9 月已在台北市試行「綠色工務車 E3 計畫」，及於 2009 年 7 月開始執行北高都會區酒精汽油推動計畫，目前生質酒精年使用量約 150 公秉，未來將規劃於 2018 年推動全面供應 E3 酒精汽油。但因酒精汽油有車輛適用性問題，無法像生質柴油採取強制摻配來確保市場，對於汽油價格競爭也較為敏感，因此產業推行政策與施行方法較為繁複。

然而為避免發生第一代生質燃料所引發與民爭食及與糧爭地之爭議，我國目前已積極朝第二代生質燃料技術發展，國內主要適合發展技術包括屬運輸用生質燃料技術的生質柴油製造、油脂藻類利用、生質物煉油及生質丁醇等技術，以及屬定置型生質燃料熱電利用技術的廢棄物衍生燃料製造與發電技術，期藉由第二代生質燃料技術之開發，提供國內產業足夠之低價原料，以擴充整體市場規模，進而建立永續低碳環境。

## 參考文獻

1. 駐歐盟兼駐比利時代表處經濟組，「歐盟推動的綠色政策」，2011年11月。
2. European Environment Agency's technical report, "Air quality in Europe — 2011 report," No 12/2011, ISSN 1725-2237. <http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2011>
3. 工業技術研究院，「車用柴油全面添加 2% 生質柴油」網站，2012 年 1 月。  
<http://www.biodiesel-tw.org/>
4. Air Quality Expert Group, "Road transport biofuels: Impact on UK Air Quality," 2011.  
<http://www.defra.gov.uk/publications/files/pb13464-road-transport-biofuels-110228.pdf>
5. EurActiv.com, "Doubts cast on biofuels' air quality claims," Updated: 16 November 2011.  
<http://www.euractiv.com/specialreport-air-quality/doubts-cast-biofuels-air-quality-claims-news-508931>
6. Lapuerta, M, O Armas and J Rodriguez-Fernandez, "Effect of biodiesel fuels on diesel engine emissions," Progress in Energy and Combustion Science, 34 (2008) 198–223.
7. United Nation, "2011 Human Development Index," Human Development Report 2011. [http://hdr.undp.org/en/media/HDR\\_2011\\_EN\\_Tables.pdf](http://hdr.undp.org/en/media/HDR_2011_EN_Tables.pdf)
8. 工業技術研究院，「100 年度多元料源液態生質燃料技術開發與推廣計畫」期末報告，2011 年 12 月。
9. 經濟部，「綠色能源產業旭升方案」行動計畫(核定本)，2009 年 10 月。