

# 生質能源之開發與利用

文·圖／謝韓忱<sup>1</sup> 周旭鴻<sup>2</sup> 陳建源<sup>3</sup>  
(生命科學院生化科技學系 / 微生物與生化學研究所  
<sup>1</sup> 博士班研究生 <sup>2</sup> 研究助理 <sup>3</sup> 教授)

石化能源是人類過去數十年間主要能源型式，各種機具多依照該能源型式設計，提供人類極佳工作效率與極大生活便利。然而自然資源終有耗盡的一天，根據美國能源部能源資訊署預估，石油能源僅可能再供應四十年，因此尋找替代燃料及再生能源乃成爲當務之急。此外，

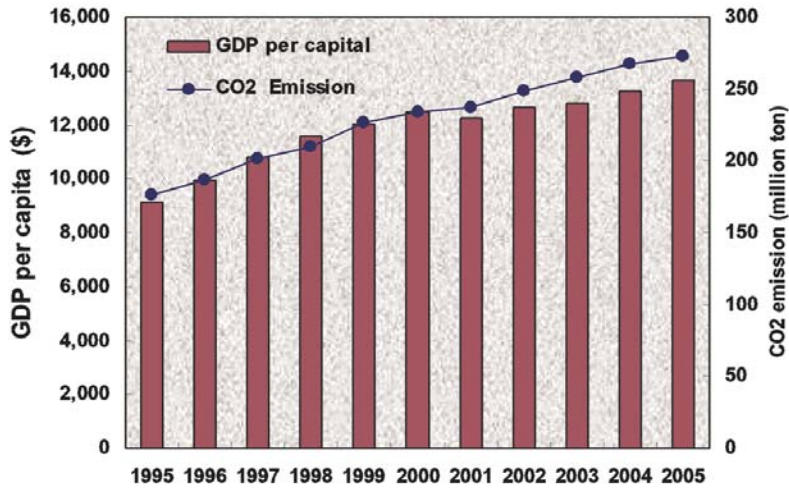
近年來二氧化碳排放量日漸增加，導致溫室效應及全球溫暖化現象，聯合國氣候變化綱要公約(FCCC)第三次締約國大會遂於1997年12月簽訂「京都議定書」，明確定出二氧化碳減量標準，希望降低人類活動所排放之溫室氣體。事實上CO<sub>2</sub>之排放量係隨著生活水準之提高而增加，如圖1所

文承上頁

題仍圍繞在梅雨鋒面的形成與維持機制和中緯度的極鋒有什麼不同？爲什麼不同？梅雨鋒面與低層噴流（即低層最大風速帶）的交互作用爲何？梅雨鋒面雲帶中尺度對流系統的潛熱釋放和鋒面的交互作用爲何？和低層噴流的交互作用爲何？這些問題的了解，除了科學上的興趣之外，也是了解豪大雨成因與改進豪大雨預報技術不可或缺的關鍵課題。很慶幸三十年的努力使上面這些科學問題的研究，有相當的突破，例如伴隨豪大雨的水氣潛熱釋放在梅雨鋒面發展、低層噴流形成及鋒上低壓發展的角色，除了已在理論上提供了基本了解，也在最新的實際觀測上獲得證實。雨怎會下不停？雨怎會那麼大？梅雨鋒的豪雨特性研究，使氣象鋒面研究更上層樓開創新局，這是一位默默耕耘的大氣科學家終生最大的樂趣與安慰。 [英] (本欄本文策畫／大氣系郭鴻基教授)

## 論文參考：

- [1]Chen, G. T.-J., C.-C. Wang, and L.-F. Lin: 2006: A diagnostic study of a retreating Mei-Yu front and the accompanying low-level jet formation and intensification. *Mon. Wea. Rev.*, 134, 874-896.
- [2]Chen, G. T.-J., C.-C. Wang, and D. T.-W. Lin: 2005: Characteristics of low-level jets over northern Taiwan in Mei-Yu season and their relationship to heavy rain events. *Mon. Wea. Rev.*, 133, 20-43.
- [3]Chen, G. T.-J., 2004: Research on the phenomena of Meiyu during the past quarter century: An overview. *World Scientific Series for Meteorology of East Asia Vol. 2, East Asian Monsoon*, C.-P. Chang, Ed., World Scientific Publishing Co., 357-403.
- [4]Chen, G. T.-J., C.-C. Wang, and S. C.-S. Liu 2003: Potential vorticity diagnostics of a Mei-Yu front case. *Mon. Wea. Rev.*, 131, 2680-2696.
- [5]Chen, G. T.-J., C.-C. Wang, and C.-S. Hsieh 2003: A diagnostic study on the environment influence of a mesoscale convective system over southern China in Meiyu season. *Meteor. Atmos. Phys.*, 84, 33-55.



■ 圖 1：行政院主計處所公佈之 GDP 與 CO<sub>2</sub> 排放量之關係圖。可預測知未來 CO<sub>2</sub> 之排放量將與平均生活水平之提升成正比。

示行政院主計處公佈之 GDP 與 CO<sub>2</sub> 排放量關係圖，可預知未來 CO<sub>2</sub> 之排放量將與平均生活水平之提升成正比。我國雖未列名於協議書的規範國之中，但基於身為地球村一員之立場，仍有責任共同努力維護地球生態。

## 未來潔淨能源

二氧化碳的主要排放來源係由石化能源之使用而產生。為了減緩溫室效應的進程，歐、美、日等先進國家都積極開發生質能源等再生能源，期待取代部分石化能源之用途。2005 年 5 月號《經濟學人》雜誌呼應全世界對再生能源之期待，對未來能源提出符合再生觀念之新觀點：「含油種子製造的生質柴油，以及從甘蔗、穀類作物，甚至其莖桿製造所得之可取代部分石化汽油的生質酒精，這些既已存在的生質能源已開始改變能源市場」。在同年 7 月舉行之八大工業國高峰會中，美國總統布希呼籲世界各國發展此類潔淨的替代性能源，以期解決能源危機與環保相關問

題。

## 能源多元化

能源蘊藏量有限但是消費量然持續成長，加以能源蘊藏分布不均，使得能源供給市場形成獨占或寡占，影響能源供給之充裕性及價格之穩定性。能源高度仰賴進口的國家為了避免能源供應受制於人，都傾向以「能源多元化」的方式分散國家能源供應之風險。我國自產能源有限，2005 年對進口能源依存度高達 97.73%，將來隨著經濟發展的需要，可預見自產能源的比例仍將持續

下降，面對需求日殷之民生與產業能源，再生性能源之開發與研究乃成為迫切需要之主題。雖然舉凡太陽能、地熱、風力、潮汐等能源之研發都已積極進行，但亦面臨客觀環境條件不足及開發成本居高之嚴峻挑戰，生質能源的研究與利用便成為深具前瞻性的新方向。

## 生質能源之型式、原料及關鍵技術

較符合目前能源利用型式之生質能源利用模式主要包括生質酒精與生質柴油兩大方向。目前生產生質酒精的原料主要為玉米澱粉與蔗糖等，其他尚包括木薯、甘薯、甜高粱、纖維質材料等，然而為避免耗損大量糧食原料，應以使用非糧食原料或無法作為糧食用途之部分為宜。基於前述考量，例如稻桿、稻殼、高粱桿、甘蔗渣、芒草、玉米穗軸等富含纖維素之非糧食材料，被認為是較佳生質能源原料。

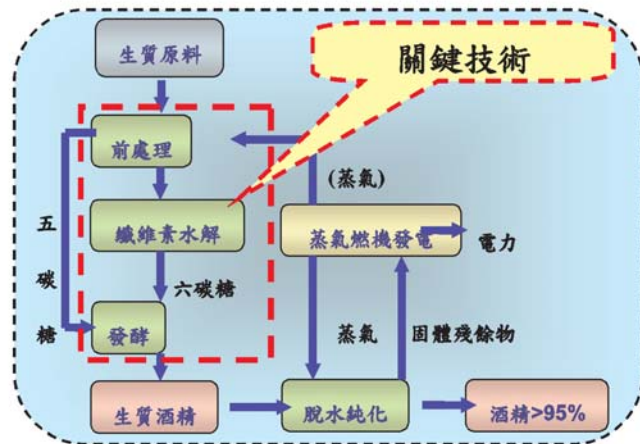
可是有效利用纖維素原料生產生質能源之技術門檻較高，尤其是高效能、低成本之纖維素水解

酵素的開發與應用等關鍵技術，是各國競相研發之重點。2004年3月4日《經濟日報》網站以「玉米穗軸生產燃料乙醇進程加快、產業化關鍵纖維素酶成本降10倍」為題，報導美國能源部與知名酵素公司Novozymes合作，採用生物資訊、直接進化等生物技術，將生產1加侖燃料級乙醇所需纖維素酶的成本從超過5美元減少至低於50美分，並預期在未來兩年內再降低至10美分，屆時即可進行業化生產。

利用纖維素原料生產之酒精通稱為纖維素乙醇，例如麥殼、麥桿、蔗渣、高樑桿、玉米桿、玉米穗軸、稻殼、稻草、芒草、牧草、木屑等，都可以用來製造纖維素乙醇。加拿大IOGEN公司為全球最大的纖維素乙醇生產商，使用風傾草為原料，我國



■ 圖2：生質能源之各種可能原料，包括稻桿、甘薯、向日葵、海藻、芒草、甘蔗等。中圖為裂片石蓴，其多醣類可被水解成單醣後經由醱酵程序生產酒精。何者將成為明日能源之星？



■ 圖3：纖維素水解產生可醱酵性單醣，可供進一步經由醱酵程序生產生質酒精。（資料引用自生質能源發展與應用研討會論文集：核研所纖維素產製酒精技術之研發）

高盛公司於2006年5月份開始投資該公司。微軟創辦人之一的Paul Allen投資一家位於西雅圖以油茶籽提煉生質柴油的企業；昇陽電腦創辦人之一的Vinod khosla則投資兩家纖維素乙醇企業。如圖3所示，目前生產纖維素乙醇的關鍵技術是使纖維素原料轉化為可醱酵性單糖的過程，其中利用酵素之技術尚處於努力研發同時進行大規模生產實驗階段，多項報告均指出2009年以後才有商業化之可能，但是受到最近油價高漲的影響，各國發展進程都持續加速中。

生質柴油的優點為高十六烷值及含氧量較化石柴油高，可以促進燃燒點火效果；閃火點(Flash point)高，燃料儲存安全性較佳；以及潤滑性佳，可用以補充低硫柴油潤滑度不足之缺失等。此外，生質柴油尚具備不含芳香族烴、硫、鉛、鹵素等有害物質，可以有效減低黑煙、碳氫化物、粒狀污染物，以及一氧化碳排放量等優點。但是其低溫流動點較高，引擎之低溫操作性能可能受影響，還有氮氧化物排放量稍高之缺點，惟此等缺點可經調整噴射時程或添加觸媒等方式設法改



善。

## 世界各國開發應用狀況

油源短缺、產量降低、供給失衡、油價高居不下等問題所引發的石油危機，一直是誘使世界各國努力開發生質能源等再生能源之推手。環保意識抬頭以及地球永續經營觀念之擴張，則是近年促成重視再生能源之助力。

巴西是開發並積極利用生質能源的模範生，由於擁有獨特的自然環境與氣候條件特別適宜種植甘蔗和油料作物，並擁有9,000萬公頃待開發的可耕地，因此可大面積種植乙醇和生物柴油的原料作物。根據巴西能源和礦業部統計，2004年巴西可再生能源的消費比例為43.9%。該國自1970年代中期，為了擺脫對進口石油的過度依賴，實施了規模最大的乙醇開發計畫。1991年乙醇產量達到130億公升，在980萬輛汽車中，近400萬輛為純乙醇汽車，其餘大部分使用20%的乙醇/汽油混合燃料。30餘年來該計畫不僅為巴西節約了大量用於進口石油的外匯，而且開發出不少新技術和新產品，從而形成了一條從甘蔗種植、乙醇產製、乙醇汽油，一直到乙醇汽車和多燃料汽車的產業鏈，同時創造了大量就業機會，成為巴西新的經濟成長動力。目前巴西在甘蔗種植和乙醇產製技術上均居世界領先地位，乙醇產量占全球總產量的1/3強，出口量占全球出口總量的50%。巴西還開發出乙醇燃料汽車、能使用乙醇與汽油任意比例混合燃料的多燃料汽車、以及用乙醇做燃料的農用飛機。此外，巴西的汽油全部為乙醇汽油，乙醇添加比例最高達25%，總投資額約30億美元。巴西政府今年2月又啟動「全國生物柴油計畫」，主要以蓖麻、油棕、大豆、葵花子及一些巴西特有的油料植物為原料。2008年起在巴西銷售的柴油中必須添加2%的生物柴油，到2013年

添加比例將增加到5%。目前巴西全國已有1,500個提供生物柴油的加油站。有21萬農戶參與種植計畫，巴西石油公司也將優先與注重農村就業和社會發展的企業簽署生物柴油供應合約。

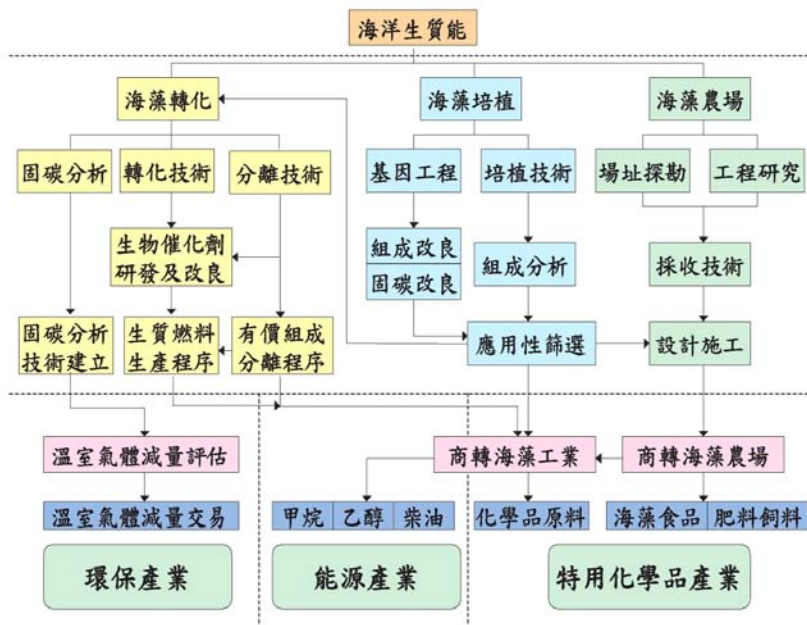
美國能源部早在1978年就制訂生質能源燃料計畫，主要目標即是乙醇燃料，建立了年產2,500噸乙醇燃料示範廠。美國能源部還支持了一個投資龐大的纖維素乙醇產業化研究專案，旨在利用木材、稻草、玉米桿等纖維質農產廢棄物生產燃料乙醇，其中僅發展高效纖維素水解酶技術的公司就獲得3,200萬美元的資助。美國自1992年冬季開始規劃在39個一氧化碳排放超標地區使用含氧量達到2.7%的汽油。1998年，開始逐步減少使用甲基3°丁基醚(MTBE, methyl tertiary butyl ether，一種普遍使用的汽油添加劑)，由燃料乙醇取而代之，以防治地下水污染。預計2012年把燃料乙醇年產量擴大到1,440萬噸到1,500萬噸。

1980年代以來，日本通產省化學技術研究所、高崎原子能所、大阪工業技術試驗所、協和發酵工業(株)、日立製作所、京都大學等均多方面進行生質能源的開發研究。日本1995年開始研究生質柴油，並在1999年建立了用煎炸油為原料生產生質柴油的工業化實驗裝置，年產量可達40萬噸。可是日本並未刻意推展油料植物之栽種以生產生質柴油，只是就同時處理廢棄食用油之角度試行生質柴油之生產。此外，研究單位另有篩選高油微藻生產株用以生產生質柴油之構想。

歐盟地區如德、法等都規定石化柴油必須添加部分生質柴油，以減少二氧化碳排放量。全球使用生質柴油最多的地區在歐盟，2004年共以油菜生產1,500萬噸、以向日葵生產400萬噸、另以大豆油生產87萬噸。

德國則是全球使用生質柴油數量最多的國家，占全球比率高達四成，已設置超過2,000個生質柴油加油站。生產過程中除了提煉產出生質柴油之

我國海洋生質能科技發展架構圖



■ 圖 4：我國發展海洋生質能源科技之架構圖。主要分為科技研發與產業發展，包括海藻轉化製程、海藻培植技術、海洋農場選址，以及能源產業應用與特用化學品應用。（資料來源：行政院國家科學委員會，地球環境科技群組策略規劃報告）

外，還可產生固態廢產物作為動物飼料，並提煉甘油作為化妝品等之原料，幾乎含油植物之任何成分都能夠被有效利用，完全免除處理廢棄物之困擾。

我國於2004年10月初在嘉義民雄工業區啓用全國首座「生質柴油示範廠」，每年產量約3,000公噸，主要以廢食用油作為原料生產生質柴油，產品將可供一般柴油車輛及農機具使用。經濟部能源局指出，目前在台灣地區生物柴油可能使用的原料包括黃豆油及回收廢食用油。目前台灣地區一年消耗之動物及蔬菜油脂約77萬噸，每年具有生產8.5萬噸生物柴油之潛力，約為7.9萬公秉油當量，相當於每年降低CO<sub>2</sub>排放量22.5萬公噸。

除了先進國家以外，開發中國家亦已積極重視生質能源之開發。鑑於國際油價高漲，印尼政府

已決定將發展生質燃料列為國家能源政策的重要課題，希望使用植物性燃料取代化石燃料以達能源多元化目的。印尼政府正準備提供租稅和關稅優惠、簡化執照申請程序等誘因，鼓勵更多企業投入發展生質燃料領域。印尼已鎖定樹薯、甘蔗、蓖麻油、棕櫚油、向日葵和大豆等60種生質燃料的潛力植物，將全面發展生質燃料產業。南非薩索爾公司利用大豆生產生質柴油，預計年產量達到8萬噸。非洲D1Oil公司從植物油提煉生質柴油的工廠於2005年底建成，預計將每天生產2.2萬公升符合歐盟標準的生質柴油。該公司採用非洲常見植物“小桐子”的果實作為原料，計畫種植5,000公頃小桐子樹，收穫的種子可提煉8,000噸生質柴油。




## 我國發展海藻生質能源的意義

巨型海藻是當今世界上最大、最古老的植物之一，具備卓越生存能力，通常只需日光、空氣和海水，即可周而復始地在海洋中大量生產。巨藻個體大、生長快、產量高，被譽為“海洋速生林”，每公頃年產巨藻鮮重達 750-1,200 噸。此外，海藻生產成本也較陸地能源作物為低。台灣地少人稠，陸地資源十分寶貴，同時農村人口年齡老化，勞動力成本高漲。而我國四面環海，受南、北洋流衝擊，海洋生物資源豐富，因此開發海洋生物資源—海藻作為生質能來源具有相當潛力，是解決我國能源短缺的重要途徑之一，亦可促進我國海洋農業與漁業及工業經濟與環境保護的協調發展。

## 整合計畫

經濟部原子能委員會核能研究所在海藻生質能源的研究與推廣計畫已具規模，除了核研所自行獨立進行之相關研究外，與大專院校等單位合作執行之計畫尚包括大型海藻石蓴之養殖技術：預期開發海洋農場、生產藻類供應產製生質能源之需求；利用基因工程技術進行纖維素水解酵素轉殖酵母菌的選殖：預期建立具備纖維素水解酵素活性之酵母菌生產菌株，希望能夠僅經由單一步驟即可將海藻原料直接轉化為生質酒精；以及開發人工瘤胃發酵技術，預期建立關鍵酵素生產與發酵槽設計等技術，希望將海藻轉化成可發酵性單糖供應產製生質酒精之需求等。在此涵蓋上、中、下游之整合型系統性研究計畫架構下，預期將能建立一完整之結合產官學界之供應鍊，成為國家能源發展之可行方向，對國家之能源自主化有所貢獻。

## 生質能源開發與利用研討會

本校與國科會、核能研究所等單位都投入大量人力物力進行生質能源等相關研究，希望能掌握開創知識經濟的先機。在國科會與核研所的補助與指導之下，特於95年3月16、17兩日假台灣大學工學院工綜館國際演講廳舉辦「生質能源開發與利用研討會」，邀集國內外對於各種生質能源之開發利用具備經驗與成就之學者專家共聚一堂，針對生質能源之種類選擇、能源作物栽植、能源材料取得及集中、生質材料轉換生成能源之技術、生質能源之應用技術、生質能源與石化能源之共用或取代技術、以及能源政策、國際能源發展趨勢等一系列話題進行發表與檢討，希望吸引更多國內學者專家積極投入生質能源相關研究，提升國人產製自主能源之技術與能力，促成更多先進參與並帶動跨領域之整合發展，提供執政當局作為檢討國家能源政策之參考。

## 參考文獻：

- [1]朱顏祥、楊鏡堂、林立夫、黃清勇、唐存勇，行政院國家科學委員會，地球環境科技群組策略規劃報告。
- [2]林立夫、郭明朝、楊盛行、陳建源，2006，生質能源開發與應用研討會論文集。
- [3]經濟部能源局，2005，能源供給—自產能源。能源統計月報。
- [4]行政院主計處 GDP 公佈資料 (<http://www.stat.gov.tw>)。
- [5]國際能源掃描：能源報導，2006年7月號（取材自2006.6.7「The Jakarta Post」）。（[www.tier.org.tw/energymonthly/200607/36.pdf](http://www.tier.org.tw/energymonthly/200607/36.pdf)）
- [6]蔡雯瑤，2005，化腐朽為能源—再生能源新寵兒：生質柴油。環保科技園區電子報，94年10月。（<http://www.e-safety.com.tw>）
- [7]McMillan J. D., 2004, Biotechnological routes to biomass conversion, National Bioenergy Center, NREL.
- [8]Reith J.H. et al., 2005, Bio-Offshore marine farming, Energy Research Center of the Netherlands.
- [9]Sarlos G., APECATC- 2005 Workshop on Biomass.
- [10]<http://www.whitehouse.gov/stateoftheunion/2006/index.html>
- [11]<http://blog.yam.com/oilinsight/archives/1937801.html>