

漫談 生質能

► 中技社能源技術發展中心主任 王鈺銘

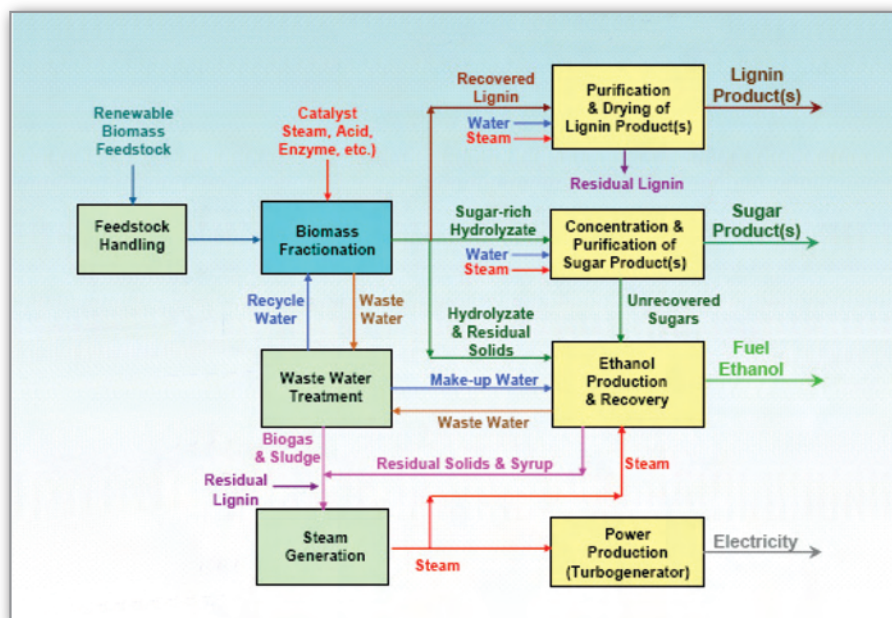
遠古時期，人類利用材火熟食取暖，就是一種生質能的利用。隨著文明的進展，現代從生質材轉換為能源的方式也相當多樣，本文將就當今世界上許多先進國家積極發展技術做簡單介紹，並就美國為建立生質能體系所做規劃，約略說明，以期收他山之石之效。

生質能技術

一、醱類相關技術

從醱類製備乙醇及其它化合物，是一已知技術（圖一）。目前該技術被使用最多的是

以玉米為原料，利用水解反應，可將其中的澱粉轉化成醱類；再經發酵作用，產製乙醇及其它化合物。僅美國一地，該製程年產約20億加侖乙醇。



圖一 Sugar & Lignin Biorefinery



玉米的澱粉含量雖高，但由其產製的酒精成本競爭力目前仍無法與石化燃料MTBE相比。乙醇在2004年初價格每加侖約1.68美元，MTBE只有約0.98美元，至下半年，石化原料高漲，2004年九月份乙醇仍以1.62高於MTBE的1.50。除了製程技術的原因外，玉米的生長期及所需照護亦是成本較高的原因所在。為降低成本，目前先進國家的研究方向包括從纖維素（cellulose）、半纖維素（hemicellulose）、及木質素（lignocellulose）製備醣類，因為上述三種物質是多數植物主要組成；其次則是改善製程技術，諸如：以生物催化的方式取代酸催化水解，尋求較佳的水解反應與醣類轉化酵素，開發植物進料前處理技術以及製程整合技術。

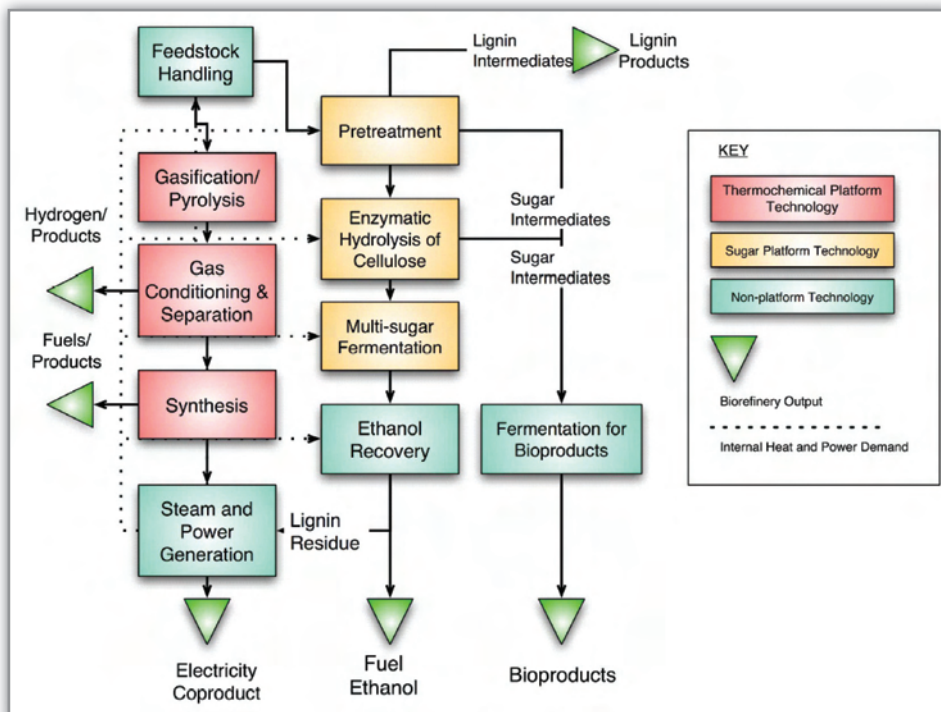
除乙醇的製造外，以酵素分解醣類或纖維素產製氫氣，亦見於許多先進國家學研單

位。可能因為經濟效益目前不如產製乙醇，因此美國能源部在這方面的投入不如乙醇多。然而歐洲方面似乎較注重，尤其是將廚餘或特定事業廢棄物發酵產氫，除可幫助解決環保問題，同時可產出乾淨能源，一舉兩得，對偏遠地區或特定產業可能有其競爭利益。

有機質發酵產氫技術，由於高效率菌種、製程技術原料前處理需求等各方面技術均未臻成熟，因此目前尚無商業化製程，未來隨著燃料電池低價化與氫能源時代來臨，該領域技術如能有長足進展，或可於能源與環保產業佔一席之地。

二、熱化學轉化法相關技術

本法在高溫下，將生質轉化成可直接當燃料成品或其它化學品的方法（圖二）。主要的兩種熱化學技術為汽化法（gasification）及熱裂解法（pyrolysis），



圖二 Schematic of an Integrated Biorefinery

兩種方法均可直接將固態、液態原料轉化成氣體、液態有機物質、水及殘渣固態物質。汽化法是將生質在缺氧狀態（約理想燃料所需量的三分之一）高溫加熱。產出以氣體（syngas）為主，其成份以氫氣與一氧化碳為最大宗，是一種較乾淨且高效率的燃料，很適合用來發電，也可作為氫氣的來源。

熱裂解法是將生質在絕氧狀態下加熱，所需溫度較汽化法為低。其成品主要為液態，除了含氧外，基本上與石油相近，可用作燃料，同時也可做為其它化合物之起始原料來源。

第三種熱化學轉化技術為水熱法，是在中溫加熱的條件下，加入過量的水或有機溶劑以進行轉化反應。水熱法在適當的觸媒下，可產出甲烷或氫氣為主產物，因此又稱為溼式汽化法。

熱化學轉化法理論上可以將各種生質進料轉化成燃料及化學成品，對於以發酵法或其它化學方法無法處理之進料，這是一大優勢。就此而言，熱化學轉化法提供了生質重組後，一個完好的殘渣處理方法，對許多只能依賴掩埋處理的物質，提供了一個更理想的去路。熱化學轉化技術，不論是上述那一種型式，均早已應用於石化產業，相關技術相對而言較為人所熟悉，加以具備前述之優點，美國能源部除規劃研究進料前處理技術外，並已著手研究系統化之汽化及熱裂解技術，期使熱化學轉化法可更廣泛應用於不同場合與地區。

三、生化柴油

生化柴油是一個較成熟的技術且已實質商品化。歐美許多國家並訂有法令獎勵措施，因此使用摻有生化柴油燃料的運輸工具在歐美國家已比比皆是。

生化柴油其原料來自天然動植物油脂，亦即所謂的脂肪酸。藉由鹼催化或酵素作用，脂肪酸可與醇類（甲醇或乙醇）進行酯化反應，得到生化柴油。一般而言，使用乙醇的研究較引起大家的注意，因為乙醇可以來自其它生質能製造技術，乙酯化脂肪酸成為名符其實百分之百的生質能。其次，乙醇較甲醇多一個碳，可以提供較高的熱值及提昇柴油之cetane number。

由於生化柴油分子本身含有氧原子，因此使用時可大幅降低毒性物質排放，對降低使用柴油帶來污染有很大幫助，尤其B100可將一氧化碳、碳氫化合物及懸浮顆粒排放量減半，使因柴油污染而引發癌症的機率下降90%。生化柴油可全然取代石化柴油使用（俗稱B100），或與石化柴油以一定比例混合，目前使用中的有80：20（俗稱B20）與90：10（俗稱B10）兩種以石化柴油為主體的標準規格。

目前生化柴油所用原料在美國以大豆油為主，約佔一半，在歐洲則以葡萄籽油為主。此外食用油回收當原料亦是生化柴油原料的主要來源。因此生化柴油的使用可說是達到污染預防與診治的雙重功能。

四、綠藻產氫

綠藻利用光合作用獲取陽光的能量，藉著氫化將其以階段式傳遞給兩個質子，以形成氫氣。整個產氫流程，除了氫分子外，亦產生氧氣，比例為2個氫對1個氧。氫化酶的功能深受所處環境氧氣濃度影響，當氧氣濃度不當，會停止運作。因此如何掌控變因及操作程序，成為其可否實務應用的先決條件。目前以此法產製氫氣，已有公司成立，營運重點在技術開發，包括前述之變因掌控、操作程序、藻類壽命及量產技術等。



技術瓶頸與發展方向

許多方面的生質資源的應用技術，雖均已商業化運轉，但大抵而言仍具有下述的瓶頸，因此價格偏高，仍無法與化石資源全面競爭。

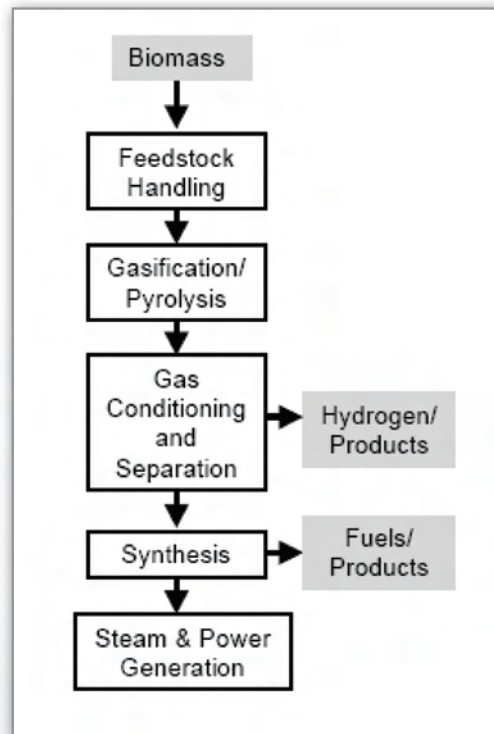
生質資源相較於化石資源，不論是物理特徵或化學組成均較繁雜多元，多樣的生質資源使得生質資源應用技術各個流程困難度大增，成本也相對提高很多。尤其植物往往又具季節性的差異，這更增加了這方面的困擾。許多農業廢棄物由於纖維或木質素含量高，且數量龐大，因此亦是良好的生質資源，但往往體積膨鬆龐大，造成收集、運輸與儲存成本甚高，不利有效運用，這些種種的因素均有待更進一步的前處理技術、製程單元技術及控制技術來克服。

生物發酵技術提供了生質資源應用一個具高能源效益的製程，人們也很早就知道應用發酵工藝於食品工業，然而人們對許許多多的發酵反應機理卻仍處於懵懂的階段。醱類經發酵作用產製酒精是少數人類能相當有效掌控的發酵製程，但除此之外其它與生質能發展有關的重要發酵製程，如將纖維素或木質素轉化為醱類、醱類發酵產氫等製程，其反應機理人們均仍缺乏深入的瞭解，因此對相應的進料所需掌控的變因不明瞭，對高效益菌種的開發因而也不易系統化的推進。人們要能更進一步降低生質能的產出成本，發酵反應機理的瞭解、新菌種的開發，以及發酵製程技術的掌控均是需要突破的瓶頸。

要降低生質能源的生產成本，除了就能源產出的技術加以提昇改善之外，如何將醱類或產能製程的副產物轉化為更具經濟價值的原物料，也是一個降低生質能生產成本的途徑。只可惜該方面的研究目前可說是仍處

於嬰兒期，反應所需的高效率觸媒或酵素均缺乏，僅有一個已商業化及一個商業化規劃中的例子。

化石能源夠低廉供應的一個原因是石油煉製技術的系統化。從原油到各式油品、化學原料，以至成品，上下游環環相扣，成一整體性。但在生質能應用相關技術方面，系統化整合仍付之闕如(圖三)。這方面瓶頸仍有待未來加以突破。



圖三 The Thermochemical

他山之石

依據現在的農業生產力，美國政府預估在21世紀的第一個十年裡，扣掉食物、飼料以及林木的需求，一年中美國的農業應可以提供5 - 6%的全國能源需求，也就是600億加侖的乙醇或160 gigawatts的電力。面對如此龐大的資源，如何有效的提取其中的能

源與物質，加以應用，便成為一個很重要的課題。有鑑於此，美國政府採取了如下一些步驟：

首先於2002年在能源部裡邊的能源效率與再生能源部門(EERE)底下成立一個專職的辦公室－生質計畫辦公室(OBP)。OBP將原本隸屬於EERE底下三個不同計畫辦公室－生質燃油、生質能、未來農業產業，一統合於其下，並將1999年依13134行政命令而設立的”國家生質能為基礎的產品與生質能源統合辦公室”併入其中，以達到事權統一，集中力量的功效。OBP的職責在於結合政府與工業界的力量，致力於先進科技的研究，以便將美國豐富的生質資源有效率的轉化成乾淨的能源與高價的原料及成品，進而達到建立新的生質工業，降低美國對進口能源的依賴。OBP藉著與工業界、學術界、國家實驗室及私立的研究單位共同出資合作，進行多方面多項的技術研究發展計畫。OBP所合作推動的計畫都是先經過仔細的市場與技術導向的分析，並慎選合作的伙伴才推動。目前OBP所推動的計畫包含了以下五個方向；（一）原物料供應鏈（二）醣類相關技術發展（三）熱化學轉化相關技術（四）化學產品技術（五）生質煉製整合技術。

除了政府政策上支持外，亦有立法方面的配合，美國政府的立法當局進行了許多關鍵的立法，主要包括了1992年能源法條的第三，IV，V，XII項（Energy Policy Act of 1992，Titles III，IV及XII），2002年農業法案第IX項（Farm Bill 2002，Title IX），以及2000年的生質物質研究發展法條（Biomass R&D Act of 2000）。事實上這些法條是OBP推動工作的動力來源，也是OBP推動工作的基本方針與研究發

展全盤策略的依據。

結語

水力發電曾在台灣的能源供應佔有重要角色，但隨著地質環境變化，其百分比在降低。風力則深受地型與季節影響，除成本仍偏高外，對整體電源供應貢獻要大幅擴增不易。太陽能取之不竭，台灣所處地理位置亦相當有利，但技術仍需提昇，以降低發電成本。長期而言，便宜的太陽能技術是一個解決能源問題的好方法，但太陽能本身不能直接提供其它人類生活的必需品，則是一個缺憾。

發展生質能技術，由於原料為有機物質，因此具備提供各式化學原料的能力，可以發展成一個從上游至下游完整的產業網路，對國家總體經濟發展影響可能非常深遠。此外，因為廚餘與農牧事業廢棄物亦均可做為生質能原料，生質能技術發展，對環保工作的推動也將非常有利。

台灣沒有龐大土地資源，所以沒有美國那麼龐大的生質資源，是否因此我們就不要發展生質能源的技術或產業？國內電子業的建立由晶元代工切入，在生質資源這個領域，是否也存在一個適合我們切入的點？如果答案是肯定，美國的事權統一、立法資助鼓勵與工業界參與，是否有可借鏡之處？應是值得大家一起來思考的。

笑話一則
哈哈

你好機車的英文是...

HELLO, MOTO..

連奕婷提供