



# 再生能源的明日之星—生質能

文 ■ 林曉洪 ■ 國立屏東科技大學木材科學與設計系副教授

■ 王秀華 ■ 國立屏東科技大學木材科學與設計系教授

## 一、前言

能源帶給人類文明，促進經濟發展與社會進步，惟一旦能源供應失調，帶給人類生活之困擾將是難以想像的。現今人類使用之能源80%來自石化燃料（石油、天然氣及煤等），係數百萬年前，地球上有機質經高熱高壓轉化而來。隨著人口急遽增長，其蘊藏量有日漸減少趨勢，據估計石油可開採年限約僅餘40.6年。（<http://www.npf.org.tw/PUBLICATION/SD/093/SD-R-093-001.htm>）。世界主要產油之中東地區，長期飽受戰爭威脅，嚴重影響該地區石油生產與供應；又燃燒石化燃料會釋出氧化氮，二氧化硫及二氧化碳等溫室氣體，產生溫室效應引起地球氣候變遷等危機。科學家們基於對經濟發展，生態環境之關心，考量國家安全及永續發展，長久以來，積極投入心力於替代能源，如生質能、風能、太陽能、地熱、潮汐等再生能源之開發。其中生質能應用對環境具友善性，且其原料為地球上最豐富者，故深為各國所重視。其實，人類利用生物質以生產燃料及化藥由來已久，溯自1800年代，吾人已知利用纖維素、甲醇、乙醇、植物油及其他生物質衍生化藥製造油漆、樹脂、膠合

劑、合成布及溶劑等產品。至1930~40年代以石化原料製造之化藥已漸為生物質取代。迄今，隨著科技進步及永續發展概念之蓬勃，生質能之獲取已成為當前最重要之再生技術之一，提供全球約14 %之初級能源（Johansson, 1993）。至2001年止，生質能已佔全世界可利用再生能源之80%。

政府有關單位近年來大力推展全民環保，實施垃圾分類，將珍貴資源回收再利用，成效顯著。惟未來更應重視其他廢棄物之回收與再利用，以解決垃圾場不足窘境，改善國內生態環境，並提供我國多元之生質能利用途徑。

## 二、生物質之定義

係人類自然活動中產生之含碳質有機廢棄物。包含植物、農作物、微生物、藻類及動物排泄和代謝物等。依其來源和分類。吾人可歸納如表1所示。

## 三、生質能之定義

生質能亦稱綠色能源或再生能源。係植物經光合作用將太陽輻射能以一種生物質型式固定下來之能源。如下式：

$6\text{H}_2\text{O}+6\text{CO}_2+\text{radiant energy (sunlight)} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6+\text{O}_2$ 。此糖類 ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) 提供植物主要能源。(www.need.org/needpdf/infobook\_activities/SecInfo/Biomass.pdf)。光合作用之耗能為目前人類耗能量之40倍，可見生質能為一巨大之能源。如同其它再生能源（如風能及太陽能），具取之不盡、用之不竭之特性。生質能幾乎不受自然條件所影響，且可經加工轉化成能量强度高，儲存而具礦物燃料之常態屬性者。質言之，凡由生物質為載體，經轉化所獲得之電與熱等可用能源，即稱為生質能。為一兼顧環保並可永續經營之能源。工業上主要生質能64%得自木材廢料、24%自都市固體廢棄物、5%自農業廢棄物、5%來自垃圾場之沼氣及其它2%

(Gielen *et al.*, 2001)。經生物和化學轉化技術所獲得之固體及液體燃料能量分別提高5及24倍，容積密度分別提高5及12倍以上。生質能主要用於工業及家庭，為目前生質能消耗量之最大宗者。

### 1. 生質能已成功轉化之技術

(<http://www.biotech.org.cn/news/news/show.php?id=17756>)

生質能屬間接型態之太陽能，多數生質能係藉直接燃燒利用，少數亦可藉轉化技術生成氣體及液體產物作為燃料利用者。今日生質能轉化技術成功者，如次述：

#### (1) 直接燃燒

即直接燃燒生物質，產生熱能，加以利用或作為發電之用。亦可混合石化燃料提供

表1 生物質來源及分類 ([http://www.enecho.meti.go.jp/english/energy/new\\_energy/biomass.html](http://www.enecho.meti.go.jp/english/energy/new_energy/biomass.html))

來源	種類	分類	舉 例
廢棄物	廢棄物	垃圾場沼氣	
		生活中廢棄物	紙漿、污水污泥、食品加工廢料、木屑、塑膠、紙張、紙板等
		工業廢料	污水、紙漿污泥、食品加工廢料、木屑等
	農業及漁業	森林廢棄物	枯枝落葉、疏伐木枝條、小徑材等
		家禽、畜廢棄物	雞、牛、豬糞動物屍骸等
		農業廢棄物	銼鋸、銼草、玉米桿、麥草、果穀、蔗渣
植栽	水生生物	微生物鈣	綠藻、光合作用菌
		海水藻	海草、巨型海草
		淡水藻	海藻
	陸生生物	油藻植物	可可椰子、向日葵、油椰子、桐樹、棉仔樹
		纖維素鈣	竹、木、藤材（韌皮膜及其它綠色植物
		澱粉鈣	玉米、參茨、甜馬鈴薯、樹薯、甘藷
		糖鈣	甘蔗、甜菜



發電，此法稱之共生。數千年前，人類即知燃燒木材可產生熱能以便炊煮食物。一般生物質燃燒不需具備高深技術與複雜設備，於開發中國家多以簡單鍋爐，即作為家庭炊食，係最簡單且最普通的能源產生方式。惟最有效率之燃燒方式，仍為固體生物質於流體床中燃燒者。

## (2) 沼氣利用

人類利用沼氣作為能源之歷史甚久，1776年，義大利科學家沃爾塔（原名）發現沼澤池中腐朽的生質發酵後，水中會產生一連串氣泡，經測定成分含甲烷氣體，因此種氣體產自沼澤地，遂命名為沼氣。此種由細菌將廢棄物中之有機質分解以得到可燃性氣體（如甲烷、二氧化碳及少量硫化氫）。沼氣中甲烷含量約50~80%，熱值達5,000千卡/立方公尺以上，屬中度熱值氣體，適合作為燃燒或引擎使用。農村地區沼氣主要來自家禽、家畜糞便、農作物及污泥等。

## (3) 生物質氣化

氣化屬較新之轉化技術，係固體生物質於高溫下進行非催化性之部分氧化反應。亦即將含碳物質轉化為氣態燃料之能源。最主要之可燃氣體為一氧化碳（俗稱煤氣）。其他氣體如氫、甲烷、可燃性焦油及水蒸氣等。固體生物質可於煤氣產生爐中製造可燃性氣體，作為鍋爐與發電機組之燃料。該技術之能源轉化率較直接燃燒系統者高。又氣化產生之可燃氣體，亦可轉化為液態燃料應用於燃料電池。

## (4) 生物質液化

係將固體生物質轉化成液體燃料，稱之為生物質液化。包含直接及間接液化兩種。前者藉機械法如壓榨或抽出等技術，以獲取燃油（如棉籽油、桐油）。後者由微生物作用或化學合成法以產生液體燃料（如乙醇、甲醇）。

## (5) 酒精發酵

主要為糖類生物質之發酵。適合作為乙醇生產之三種物質，包含含糖，澱粉及纖維素之生物質。無水酒精能量值約汽油2/3，可用以取代引擎汽油。

## (6) 生物質熱裂解

將固體生物質藉熱裂解技術，製造生物油、生物炭及可燃氣體等固、液及氣體產物者。其原理為生物質於缺氧或限氧環境下進行加熱。傳統工業多以此技術製造木炭以為固體燃料。

## (7) 能源農場

建立以獲得能源為目的之生物質生產基地，以能源農場型式大規模栽植生物質，並加工成可利用之能源。可利用山坡地、廢耕地和水域區選擇適當生長條件之生物品種，進行大規模栽培與繁殖，以獲得高產能植物；亦可於海洋、湖泊…等水域利用海藻和水生植物抽出能源，建立所謂海洋能源農場或河域能源農場。

## (8) 厭氧消化

生物於無氧環境下藉微生物，分解之過程稱為厭氧消化或厭氧發酵。此種能源產物稱為生物瓦斯。目前中國大陸已建立一座產能之工廠400萬立方公尺。主要生產之生物瓦斯為甲烷。亦有其他氣體如一氧化碳及硫化

氫等。氣體成分組成視生物質種類、生物質 C / N 比、pH 值、溫度等因子而異。

### (9) 酯化作用

乃利用油脂作物或以醇類（如甲醇、乙醇）回收食用油混合，加入催化劑進行酯化反應，去除甘油之方法。此法可製造品質與柴油相當之液態燃料，稱為生質柴油。如油菜甲基酯（Rapeseed methyl ester）和柴油混合可生產無硫之健康燃料，其熱值含量約 35~45 百萬焦耳/公斤。大約 3,000 公斤油菜籽可生產 1,000 公斤的油菜甲基酯。

### 2. 生質能利用之特性

<http://www.energy.state.or.us/biomass/BiomassHome.htm> ; Karekez *et al.*, (2004)

與石化燃料相較，生質能之利用，對生態環境及社會，具如下之特性：

- (1) 提供低硫燃料，減少酸雨及煙霧產生。
- (2) 提供廉價能源。
- (3) 生質能轉化為燃料，可減少環境公害。
- (4) 與其他非傳統性能源比較，技術難題較少。
- (5) 生物質燃燒時比燃煤產生較少灰分。
- (6) 與石化燃料相較，可抑制地球暖化。
- (7) 可減少垃圾場空間不足之窘境。
- (8) 保護清淨水源。
- (9) 栽植能源作物及短輪伐期灌木作為生質材料，高可提供野生動物棲息場所。
- (10) 減少溫室效應氣體產生。
- (11) 提供務農者進行多樣化能源作物生產或利用農業廢料作為能源生產之機會，改善農村經濟。

(12) 可提高能源品質。

(13) 自然狀態下，生物質材料含水率高，能量密度低、燃燒強度小，故僅能作為家庭炊事時之低溫及低速利用。

(14) 生質能熱值低於石化燃料者，難以長距離運輸。

### 3. 全球生質能未來使用量之預估

1991 年為例，生物質提供歐盟國家 2 %、開發中國家 35 % 之主要能源用途。至 2001 年生質能總產量佔再生能源之 63 %，預期至 2010 年將增至 74 %。利用生物質發電之電量將由 1995 年增至 2010 年之 230 TWh (10<sup>9</sup> 千瓦小時) 22.5 TWh (10<sup>9</sup> 千瓦小時)，佔再生能源發電之 26.4 %。估計至 2005 年，生質能將提供全世界約 38 % 之燃料與 17 % 之電力需求。而歐盟國家此方面之成長將達 3 倍有餘。表 2 為 2050 年全球及各地區生質能潛在使用量之預估值。

### 4. 生物質開發應用亟待克服之障礙

以現今人類文明科技之進步和對經濟發展及生態環境保護之期許，再生能源之使用，逐漸受重視而廣泛使用。雖人類對生物質利用技術存在歷史已久遠，惟與石化燃料比較之，其效率仍呈極大落差。建議未來生物質開發應用時，應考慮下列問題：

#### (1) 提高經濟價值

表 3 顯示傳統與生物質燃料生產成本之比較。可知生物質燃料之生產成本較高。未來欲降低其生產成本，應以多元轉化技術來製造能源及開拓廣大市場為首要考慮者。亦即大規模推廣採用生物質能源及尋求各種經



表2 生質能之潛在使用量預估值 [EJ( $10^{18}$ J)] (<http://millennium-debate.org/>)

能源值	地區	年代	貢獻 (%)	型態
200	世界	2050	50	全部
128	世界	2050		能源作物
25	世界	2050		藥品
14	世界	2050		森林殘材
13	世界	2050		蔗渣
12	世界	2050		現存森林
10	世界	2050		都市廢料
3	世界	2050		能源作物
270	世界	現存		能源作物
47	拉丁美洲	現存		能源作物
31	非洲	現存		能源作物
270	世界	現存		能源作物
0.04	英國	2005	4	可支配廢棄物
0.02	英國	2005	2	沼氣
0.32	英國	2005	30	能源作物
0.64	英國	2005	59	能源作物
0.08	英國	2005	8	能源作物
7	美國	現存		殘材

濟生產方式製造各型態之能源，以促進其生產成本降低的機會。

## (2) 改善能源比

當能源比 (= 燃料能源輸出 / 總能源輸入) < 1 時，表示此產品毫無利用價值；

能源比 < 2 時，表示此產品作為能源材料時，仍有疑慮。表4顯示以三種生物質生產生物酒精之成本比較。欲改善能源比可考慮採用高能源作物或其他副產物為宜。

## (3) 提升能量值

生物質燃料可應用範圍十分廣泛，惟其能源含量比石化燃料者低。加上其存在燃料運輸成本高及此種燃料直接取代現有燃料

表3 傳統及生物質燃料之生產成本

(<http://millennium-debate.org/>)

全 部	歐洲貨幣單位 / 公升	歐洲貨幣單位 / 千瓦小時
<b>傳統燃料</b>		
汽油 / 柴油	0.07	
生產電力		0.02-0.04
<b>生物燃料</b>		
生物酒精	0.50 <sup>1</sup> ~0.30 <sup>2</sup>	
油菜甲基酯	0.90 <sup>1</sup> ~0.30 <sup>2</sup>	
混合熱與電		0.075
直接燃燒 固體生物質		0.11
陶瓷氣體渦輪		0.05
整合氣相循環系統		0.057

註 1：現價成本；2：2005年實際成本



者，執行效率較低。故未來應朝其製造技術之改善，以提升其能量值。表5顯示傳統與生物質燃料之能量值。

#### 四、結論

生質能開發既符合永續經營之理念，又兼具對環境友善之特性，應是國際間未來重要之能源發展考量。台灣地區地狹人稠，能源與資源皆十分匱乏，基於對生態環境之保護、垃圾場地空間不足及改善能源結構等要因，善用各種生物質作為資源化與能源化來源，將是現階段政府應積極推動之良方。此可在政府政策推動下，鼓勵民間業者投資經營及全國民眾配合廢棄物回收及分類工作，

表4 三種生物質生產生物酒精之能源輸出 / 總能源輸入比  
http://millennium-debate.org/茜

生物質	能源比
甘蔗	2.75
甜菜	0.56
麥	1.50

形成一完整之互動體系，深信不僅可妥善解決國內廢棄物處理問題，更能充分利用國內廢棄物資源，轉化為寶貴之能源，提升國內發電量與開發其它用途之能源，以改善我國對能源進口之仰賴，也為臺灣永續發展建立良好之基礎。未來亦應汲取國外寶貴經驗，作為吾國應用生物質能源技術之參考。🌱

參考文獻（請逕洽作者）

表5 傳統與生物質燃料能量值之比較  
http://www.energy.state.or.us/biomass/BiomassHome.htm茜

種類	百萬焦耳 / 立方公尺	百萬焦耳 / 公斤	百萬加侖 / 公升
氣體			
天然氣	37		
煤氣產生爐	4-11		
生物瓦斯	22		
氫		118	8
液體			
汽油		44	30-33
柴油		43	35
液態丙烷瓦斯		51	26
乙醇		24	20
甲醇		20	16
熱裂解油		20-25	
蔬菜油		37-40	34-37
氧化污泥	35-40		
固體			
煤炭		28	
乾材		12-20	