

# 國立臺北大學通識教育中心

## 「能源概論」通識課程

(Week 9)

### 進度：生質能源

李育明

國立臺北大學公共事務學院  
自然資源與環境管理研究所 教授

April 17, 2009

## 授課大綱

- 生質能簡介：光合作用
- 生質能利用技術
  - 直接燃燒
  - 氣化與熱裂解
  - 發酵、轉酯化
  - 厭氧分解
- 運輸用生質燃料
- 生質能利用之優缺點比較
- 海洋生質能與尚待開發的生質能
- 台灣地區生質能發展現況與展望
- 生質能停看聽

2

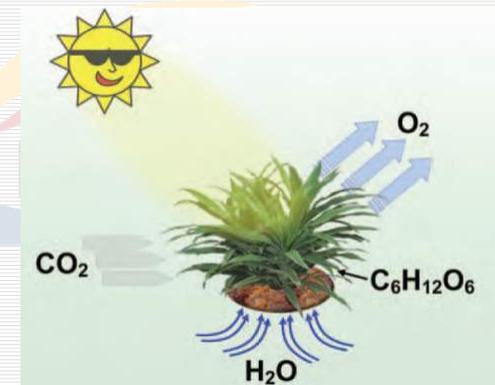
## 『生質能』

- 生質能指儲存在「生質物」的能源
  - Biomass：生質物，或「生物質量」，指的是生物體內的有機物質
  - 生態系中的生產者，像是植物透過光合作用，把太陽能以化學能的形式存於生物體中，之後再經燃燒或腐化、分解，進而將能量釋出，這類能量的利用方式，就是所謂的生質能。
- 生質能：利用生質物轉換獲得的電與熱等能源
  - 木材與林業廢棄物（如木屑等）
  - 農作物與農業廢棄物（如豆莢、稻殼及蔗渣等）
  - 畜牧業廢棄物（如動物屍體）
  - 垃圾掩埋場、污水處理廠處理污泥所產生的沼氣
  - 工業有機廢棄物（如有機污泥及廢紙等）

3

## 光合作用

- 光合作用
  - $n\text{CO}_2 + n\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{h\nu} (\text{CH}_2\text{O})_n + n\text{O}_2$
  - 淨初級生產力 Net Primary Production
  - 六碳糖：一般作物
  - 五碳糖：木質素或纖維素水解
  - 生質物直接燃燒 vs. 經生物轉化後利用
  - 乾木的熱含量：約 18 MJ/kg
  - 「能源作物」



Source: Earthscan (2005). *Planning and Installing Photovoltaic Systems*

4

## 生質能來源與生質物類別

類別	來源與使用例子
農作物廢棄物	稻草、麥稈、稻殼、豆莢、甘蔗渣等廢熱利用。
林業與木材廢棄物	木材與木屑等燃燒熱源利用。
都市固體廢棄物	都市垃圾直接燃燒，或掩埋場/下水道污泥處理所產生的沼氣(甲烷為主)。
畜牧業廢棄物	動物糞便燃燒；或動物屍體油脂轉化柴油；厭氧分解轉化糞便、雜草、其及他廢棄物為甲烷。
能源作物	油菜轉化產生生質柴油；甘蔗、甜菜、玉米、等蜀黍類(高粱)等轉化產生生質酒精；芒草或小灌木等燃燒產熱或電力；另外有些水生或海洋植物也可以轉換成燃料。

5

## Biomass



Source: Earthscan (2005). *Planning and Installing Photovoltaic Systems*

6

## Biomass



Source: Earthscan (2005). *Planning and Installing Photovoltaic Systems*

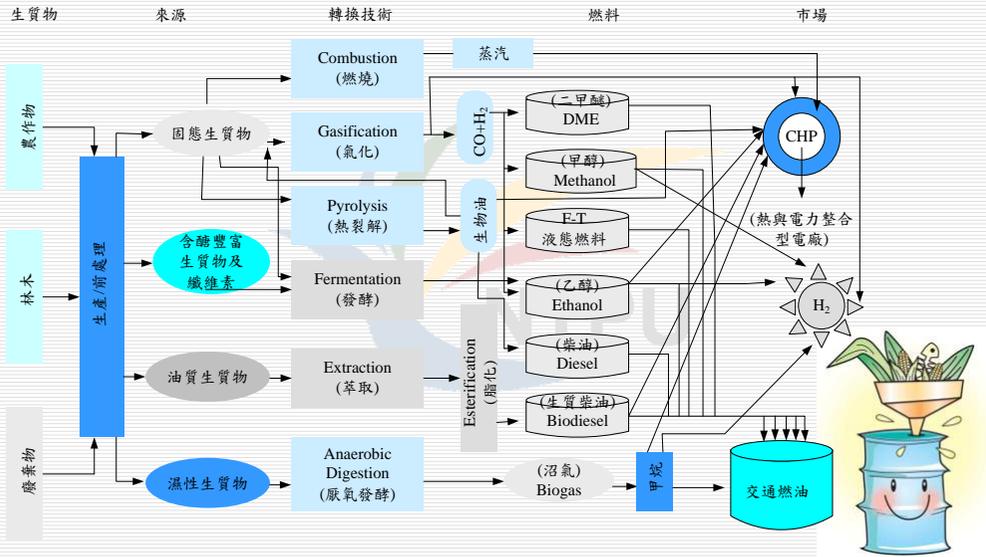
7

## 生質能的種類與應用

- 生質能依應用的物理相 (phases) 區分
  - 氣態：如沼氣等
  - 液態：如乙醇 (ethanol) 與生質柴油 (bio-diesel)
  - 固態：如垃圾衍生燃料 (refuse derived fuel)
- 轉換技術：
  - 直接燃燒
  - 汽化、熱裂解
  - 發酵、轉酯化、厭氧分解
- 最終能源使用型態：
  - 熱能、電力
  - 運輸工具燃料等

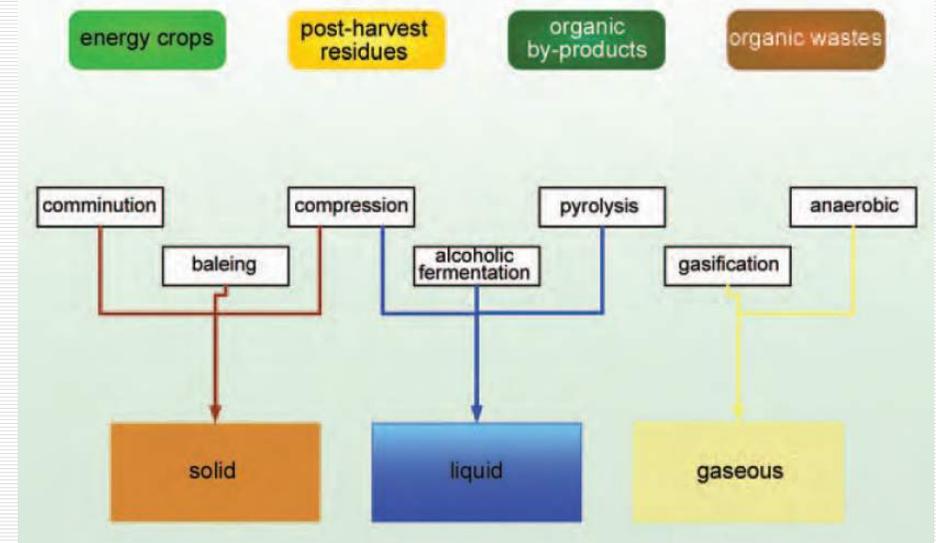
8

# 生質能利用型式



資料來源：《認識綠色新能源》

# 生質能的種類與應用



Source: Earthscan (2005). *Planning and Installing Photovoltaic Systems*

# 燃燒技術 (Combustion)



- **水分含量**  
 稻草 < 10%  
 木屑 25%~55%  
 木材或濕性廢料 > 70%
- **灰份含量**  
 木材 ~ 0.5%  
 能源作物 5~10%  
 稻殼 30%~40%



資料來源：「95年度大專院校能源教育通識課程推動計畫」結案報告

# 氣化技術 (Gasification)



荷蘭Nuon電力公司的Willem Alexander IGCC (整合型氣化複循環發電系統)：250MWe  
 電廠進行以煤與生質物混合物為原料的測試，已成功測試每天60噸生質物與煤混合

瑞典Värnamo IGCC廠是全球首座以木材為燃料的IGCC電廠，該廠輸出功率為6MWe電力及9MW熱源

資料來源：「95年度大專院校能源教育通識課程推動計畫」結案報告

# 熱裂解技術 (Pyrolysis)



資料來源: 「95年度大專院校能源教育通識課程推動計畫」 結果報告

# 發酵技術 (Fermentation)



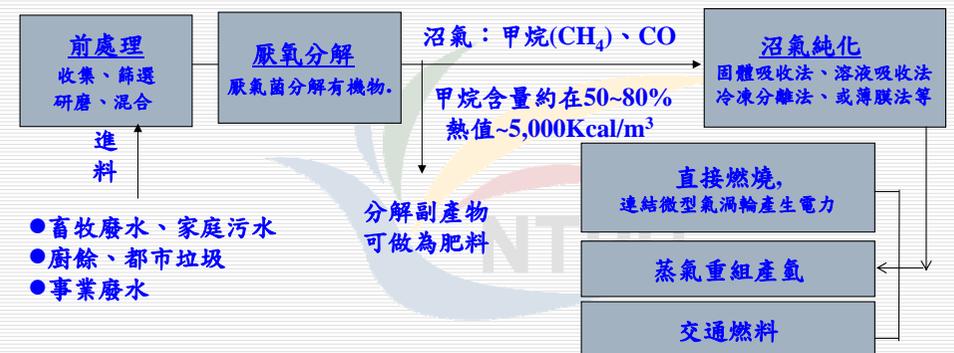
資料來源: 「95年度大專院校能源教育通識課程推動計畫」 結果報告

# 萃取與脂化技術 (Extraction)



資料來源: 「95年度大專院校能源教育通識課程推動計畫」 結果報告

# 厭氧分解技術 (Anaerobic Digestion)



資料來源: 「95年度大專院校能源教育通識課程推動計畫」 結果報告

## 運輸工具生質燃料



### 能源小常識

#### 「甲醇」、「乙醇」、「生質柴油」知多少？

甲醇主要用於燃料電池，乙醇（俗稱酒精）用於汽油引擎車輛（點火式引擎），至於生質柴油顧名思義是用來替代傳統柴油而使用在壓燃式引擎上的。依照歐美的使用經驗，酒精添加比例在5%以下、生質柴油添加比例在10%以下，引擎幾乎都不需改裝。

17

## 生質能來源與應用型態



18

## 「燒酒機」：酒精燃料飛機

### 燒酒機 訂單爆滿

甘蔗提煉乙醇當飛機燃料 低成本、低汙染



全球第一架正式量產的乙醇（酒精）燃料飛機正式亮相，是名符其實的「燒酒機」，相當符合環保概念。（法新社）

【編譯洪伯昌/法新社聖保羅十五日電】全球第一架正式量產的「燒酒機」15日交貨，這種以乙醇（酒精）為燃料的飛機，比一般耗油飛機耐燒、馬力也加強7%、燃料成本更低，而且低汙染、環保概念一級棒，市場「錢」景無限。

這架「EMB 202伊芭尼瑪」型單人座飛機，15日由巴西製造商「內瓦航空工業」交給一家農業噴灑公司，這也是第一架獲得巴西航管局核可量產的酒精動力飛機，只要吃甘蔗提煉出來的乙醇就能飛。內瓦總裁伯狄哈說：「和汽油相比，乙醇燃料低汙染，可再生，而且比汽油便宜五倍。」

內瓦透露，目前手上有70架伊芭尼瑪乙醇飛機的生產訂單，另外還接到100多架飛機改裝的訂單，生意嚇嚇叫。

萬元），比一般同型的燃油飛機貴上1萬4000美元（約台幣43萬元），不過在巴西一公升汽油要1.85美元（約台幣57元），乙醇只要0.44美元（約台幣13.5元），光是省下的燃料成本就相當可觀。

一架伊芭尼瑪乙醇飛機造價24萬7000美元（約台幣762

聯合晚報 940316：全球第一架正式量產之酒精燃料飛機(巴西)

19

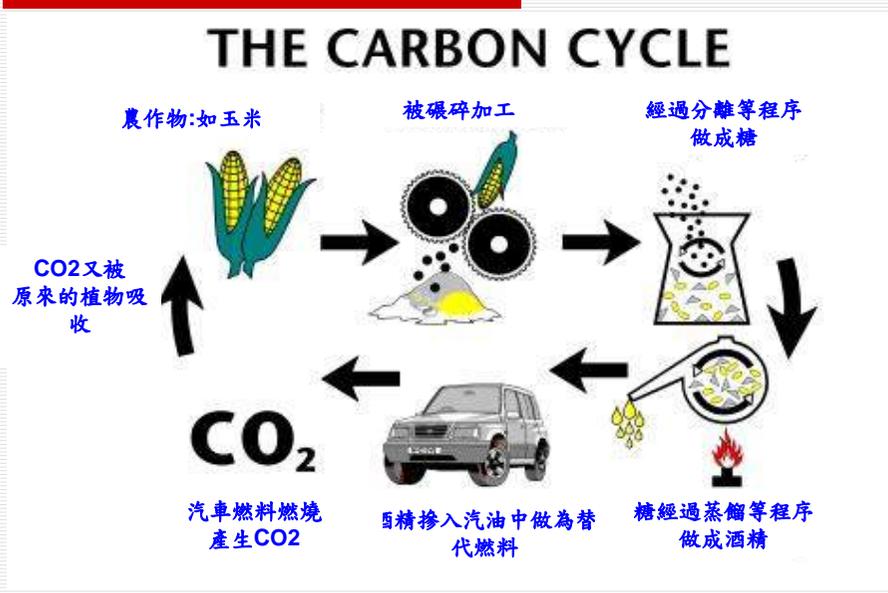
## 開發生質能源的優點

- 能源替代性：『準自產能源』
- 低含硫量：減輕硫氧化物空氣污染
- 碳循環：先透過光合作用吸收二氧化碳，利用時再釋放
  - 二氧化碳「淨排放量」可視為零
- 農業或有機性廢棄物利用：減低環境衝擊
- 能源作物栽種：
  - 廢耕地轉作能源作物，增加土地利用價值
  - 輔導農民耕種，增加農業產值
- 增加農林漁牧業者多面向收益

資料來源：「95年度大專院校能源教育通識課程推動計畫」結案報告

20

## 生質能的利用：碳循環



資料來源：「95年度大專院校能源教育通識課程推動計畫」結案報告

21

## 生質能的限制

- 植物行光合作用轉化的能量不高，單位體積的能源密度(或稱熱當量)偏低

物質	MJ Kg <sup>-1</sup>	MJ m <sup>-3</sup>
原油	42	37,000
煤炭	32	42,000
木材/木屑	12.5	10,000
甲醇	21	17,000
乙醇(酒精)	28	22,000

資料來源: John R. Fanchi, "Energy Technology and Directions for the Future," 2004

- 生質物含水分偏多(50%~95%)，須再經耗能的乾化過程以轉換成有用的能量。
- 生質物需要極大土地面積栽種，不利於土地面積有限的地區發展

資料來源：「95年度大專院校能源教育通識課程推動計畫」結案報告

22

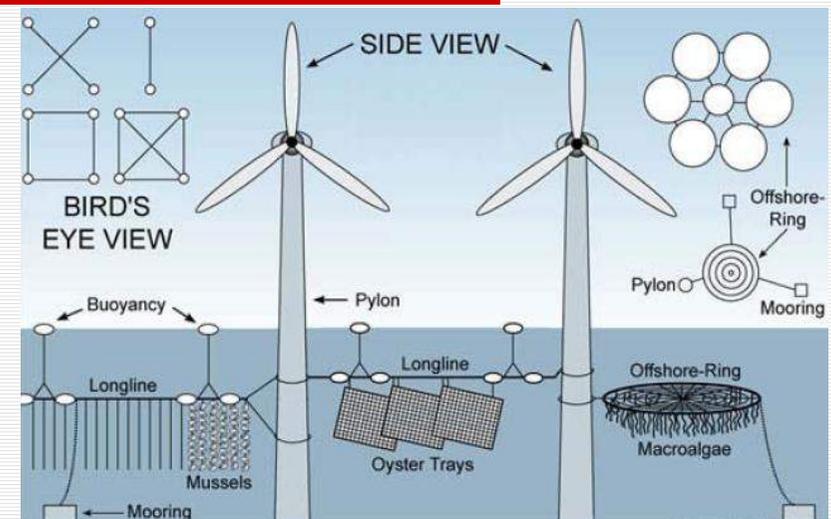
## 海洋生質能技術之發展與應用

- 具發展潛力之海洋生質作物：「海藻」
- 發展現況：
  - 2003年全球海藻之產量為800萬噸，主要分布於中國大陸、韓國、日本、菲律賓等亞洲地區，佔全球產量之90%。
  - 這些海藻之年產值為60億美金，83%供應食物產品，11%做成膠質(hydrocolloids)產品，6%為其他之應用。
- 未來展望：
  - 全世界的海藻約上萬種以上，台灣近海大約有500~600種左右。
  - 依據藻體內的色素、儲藏物質等特徵，可將其分成藍綠藻、綠藻、褐藻及紅藻等四大類。

資料來源：「95年度大專院校能源教育通識課程推動計畫」結案報告

23

## 海洋能源園區發展概念



荷蘭ECN研究所提出的與離岸風力結合的海洋生質作物園區示意圖  
資料來源：J. H. Reith, "Bio-offshore," 2005, ECN, Energy Research Center of the Netherlands.

24

# 海洋能源園區構想圖



杜拜 Palm Jumeirah  
人工島嶼

資料來源：「95年度大專院校能源教育通識課程推動計畫」結果報告

# 未利用能源：未曾考慮或被忽略的能源利用方式



資料來源：「95年度大專院校能源教育通識課程推動計畫」結果報告

# 未利用能源的可能形式與溫度

溫度類別	未利用能源出現形式	利用方式
低溫 < 50°C	<p><b>都市基礎設施：</b> 如下水道、變電站、地下電纜、地鐵、地下街商店空調系統等排放的廢熱、家庭排放的熱廢水、游泳池、公共浴場。</p> <p><b>自然界：</b> 地下水、河水、湖水與空氣的溫差能，冰雪熱能。</p>	<p>都市設施低溫型熱源的利用方式可以是直接使用其熱源，或藉由與周遭空氣間的溫差，使用熱泵原理進行熱交換，形成空調。</p> <p>自然界中的地下水、河水、湖水在冬天的溫度通常比周遭的空氣高，但在夏天則相對的低，這個溫差能可以在冬天提供暖源，在夏天則變成冷源。</p>
中溫 50~100°C	自然界：溫泉、地熱	直接利用為取暖熱源或生活熱水熱源，或使用熱泵進行熱交換，形成空調。
高溫 > 100°C	工廠所排放的廢氣、地熱	直接推動汽渦輪機進行發電利用，餘熱尚能做為取暖熱源或生活熱水熱源，或使用熱泵進行熱交換，形成空調。

資料來源：「95年度大專院校能源教育通識課程推動計畫」結果報告

# 稻殼發電

- 稻殼(約佔20%稻穗總重量)以**缺氧**方式進行**熱裂解**。
- 熱裂解的產物包括：**氫**、**甲烷**、**一氧化碳**等**氣體**，**液態**的則有**甲醇**、**丙酮**、**焦油**等，**固態產物**則有**焦炭**/**碳黑**
- 熱裂解的產物為**燃料油**及**燃氣**，方便於貯藏及遠距離輸送。裂解的高溫氣體，可以帶**蒸汽渦輪機**葉片發電。



泰國一座2.5MW蒸汽渦輪稻殼發電廠，1997年運轉，每小時處理17噸。  
圖片取自：COGEN3 website, EC-ASEAN COGEN Program, <http://www.cogen3.net/>

資料來源：「95年度大專院校能源教育通識課程推動計畫」結果報告

# 台灣地區生質能的推廣策略

## □ 生質能發電

- 都市廢棄物 (垃圾)
- 農工廢棄物
- 沼氣發電：垃圾掩埋場、廢水處理

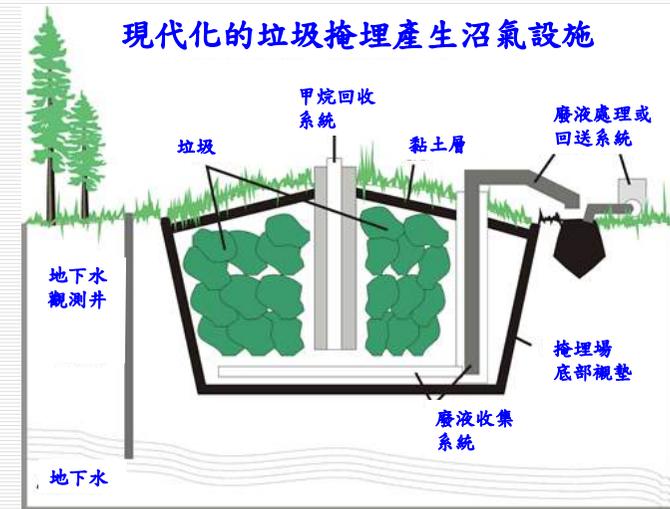
## □ 生質燃料

- 生質柴油：綠色公車、綠色城鄉
- 酒精汽油：綠色公務車
- B1生質柴油：99%超級柴油、1%生質柴油
- E3生質酒精：97%汽油、3%生質酒精

## □ 垃圾衍生燃料

29

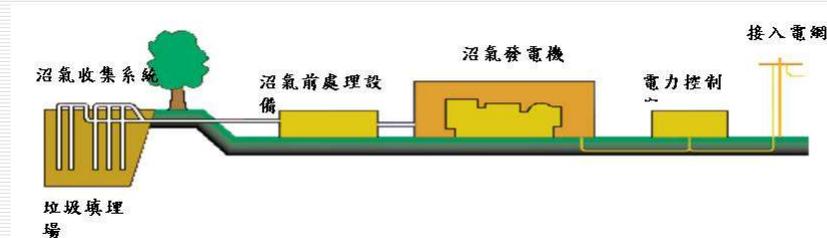
# 現代化的垃圾掩埋場



資料來源：「95年度大專院校能源教育通識課程推動計畫」結案報告

30

# 山豬掩埋場沼氣處理發電廠



- 1999年開始沼氣發運轉
- 沼氣抽取收集系統  
沼氣收集站：14座  
沼氣抽取井：133口
- 沼氣處理發電設備  
沼氣前處理設備：1組  
沼氣發電機模組：5座
- 沼氣處理發電容量  
發電機組設置容量：6,810 kW  
沼氣處理最大容量：4,256 (m<sup>3</sup>/hr, 1atm, 25°C)



山豬掩埋場沼氣處理發電廠

資料來源：「95年度大專院校能源教育通識課程推動計畫」結案報告

31

# 高雄西青埔沼氣發電廠



資料來源：《認識綠色新能源》

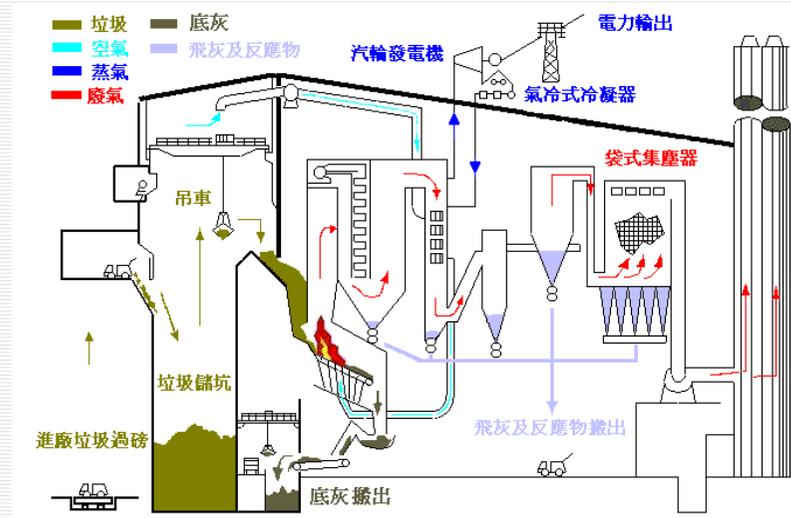
32

# 豬糞尿沼氣發電



資料來源：《認識綠色新能源》

# 垃圾焚化發電：Waste-to-Energy Combustion



典型的垃圾焚化發電設施  
環保署網站 (<http://ivv3.epa.gov.tw/swims/>)

# 台灣推動生質燃料策略

生質柴油	期程	2006年	2007年	2008年	2010年
	推廣量	650公秉	6,500公秉	45,000公秉	100,000公秉
	推廣模式	1.環保車試行 2.綠色公車計畫	綠色城鄉	全面供應 B1生質柴油	全面供應 B2生質柴油
	料源供應	指定國內料源		開放自由市場	
種植面積	2,000公頃	8,000公頃	20,000公頃	80,000公頃	
生質酒精	期程	2006年	2007年	2009年	2011年
	推廣量	--	770公秉	12,000公秉	100,000公秉
	推廣模式	--	綠色公務車	都會區E3酒精汽油	全面E3酒精汽油
	料源供應	國內料源優先，不足由進口供應		開放自由市場	
	種植面積	試種30公頃	30公頃	3,000公頃	20,000公頃

資料來源：《認識綠色新能源》

# 綠色城鄉計畫示意圖



資料來源：《認識綠色新能源》

## 生質柴油生產工廠

- 國內於2004年在嘉義縣民雄鄉興建示範廠，國內第一座3,000噸/年以上之生質柴油生產示範廠，目前所生產的生質柴油提供各縣市垃圾車或客運車進行道路示範。



資料來源：「95年度大專院校能源教育通識課程推動計畫」結案報告

37

## 國內生質酒精市場行銷可行性

- 規劃市場需求量



- E3酒精汽油推廣計畫：台北市8座加油站
- 酒精能源作物
  - 甘蔗
  - 甘藷

資料來源：經濟部能源局

38

## 垃圾衍生燃料

- 垃圾衍生燃料 (RDF)：
  - 將一般事業廢棄物、農業廢棄物或都市垃圾等可燃物，像廢紙渣、生物污泥、稻桿、廢PE膜、廢泡棉與金針菇養殖廢材等，壓密成柱狀、球狀、磚塊狀或其他形狀。

- 花蓮再生燃料示範廠：

- 位於花蓮縣豐濱鄉
- 最大處理量：每日24噸
- 2004年6月啟用



資料來源：「95年度大專院校能源教育通識課程推動計畫」結案報告

39

## 生質能停看聽

- 發展潛力：
  - 國際能源總署：2030年生質能有10%以上的占有率
  - 燃燒取暖 => 交通燃料、電力
- 能源作物
  - 「車子的燃料」vs. 「人的食物」
  - 能源作物與糧食作物的競爭
  - 農地面積有限：發展受限
- 其它考量
  - 廢棄物「能源化」
  - 直接燃燒 vs. 經轉化後利用

資料來源：《認識綠色新能源》

40