

## 知識物件上傳表

計畫名稱：分散式生質廢棄物能源關鍵技術研發計畫(2/2)

上傳主題：生質物氣化技術與應用

提報機構：工業技術研究院 綠能與環境研究所

提報時間：107 年 11 月 27 日

與計畫相關	<input checked="" type="checkbox"/> 1.是 <input type="checkbox"/> 2. 否
國別	<input type="checkbox"/> 1.國內 <input checked="" type="checkbox"/> 2. 國外：(歐美)
能源領域	<input type="checkbox"/> 1.政策與法規 <input type="checkbox"/> 2. 環境衝擊與調適 <input type="checkbox"/> 3. 經濟及產業 <input checked="" type="checkbox"/> 4. 科技 <input type="checkbox"/> 5. 統計資訊
能源業務	<input type="checkbox"/> 1.總體能源 <input type="checkbox"/> 2.化石能源... <input type="checkbox"/> 3.電力 <input type="checkbox"/> 4. 核能 <input checked="" type="checkbox"/> 4.新及再生能源 <input type="checkbox"/> 5.節約能源
決策知識類別	<input type="checkbox"/> 1.建言 (策略、政策、措施、法規) <input checked="" type="checkbox"/> 2.評析(先進技術或方法、策略、政策、措施、法規) <input type="checkbox"/> 3.標竿及統計數據：技術或方法、產業、市場等趨勢分析 <input type="checkbox"/> 4.其他：
重點摘述	<p>由於世界各國的急速工業化及生活水準的提升，使得國際能源需求持續的增加，因此導致溫室氣體造成全球氣候變遷(暖化)現象。爰此，潔淨的生質能源使用成為重要的議題。</p> <p>生質物(Biomass)經由光合作用，以碳水化合物型式儲存化學能，而在燃燒時能將能量給釋放出來。對於此生質能源的應用，可根據來源不同的生質物特性及最終產品的需求與應用型式，選擇適當的生質物能源轉換路徑。</p> <p>在氣化、液化、裂解等生質物能源轉化途徑中，氣化技術對於熱、電及運輸用油等最終應用產品的產出應用，有較好的轉化效率。氣化技術是將生質物等含碳原料，利用反應溫度與氧氣量的控制與水蒸氣作用，而得到 CO 和 H<sub>2</sub> 的程序。因此，對於各種樣態的有機物，吾人可經由氣化反應取得其能量；這也就是目前生質廢棄物的處理方法之一，也是一種潔淨技術的應用。氣化技術是固態生質物在氣化爐(gasifier)中，以少量(比理論化學反應計量低)氧化劑進行熱化學轉化，反應後的產物為液態、氣態燃料及灰渣。這些反應產物可做為供熱、發電用途或經相關合成反應而獲得液態生質燃料。</p>
詳細說明	<p>根據 Directive 2009/28/EC 指令定義，生質物係指農(動、植物)、林、工業及生活垃圾中可為生物分解的物品。因此，可作為氣化反應的生質物料源略有森林短週期種植的木材(如柳木、桉樹)、林業廢棄物(如木頭、木片)、草本作物(蘆葦草)、乾的木植纖維能源作物、農業廢棄物(稻稈、果樹剪定枝)、畜牧廢棄物(乾、溼排遺)、工業廢棄物(廢木材、木屑、紙業廢棄物)、都市垃圾及下水道污泥等；且上述各種可氣化的生質物係由纖維、半纖維、木質素及蛋白質(主要存在草本物</p>

種)等成分所組成。

生質物(一般而言，為有機性廢棄物)氣化是一個複雜的化學反應(如圖 1)；其反應程序可分為(1)氧化(放熱)、(2)乾燥(吸熱)、(3)裂解(吸熱)及(4)還原(吸熱)反應等步驟。氣化後的產物為合成氣(Syngas)，其成分及產生情形略如表 1 說明。

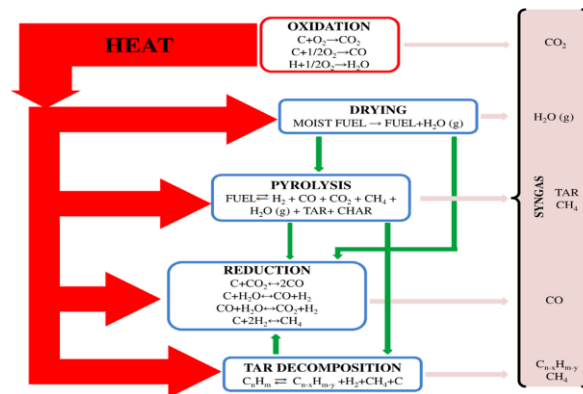


圖 1 氣化反應機構<sup>[1]</sup>

表 1 合成氣(Syngas)成分及生成特性

生質物 經氣化 反應後 (合成氣) 的成分	CO、H <sub>2</sub> 、CH <sub>4</sub> 、CO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 「合成氣」常以 CO 及 H<sub>2</sub> 為(主要)代表成分</li> <li>● 熱值：以 CO、H<sub>2</sub> 及 CH<sub>4</sub> 為主</li> </ul>
	乙烷、丙烷 (輕質碳氫化合物)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 來自 tar 的分解</li> </ul>
	Tar (重質碳氫化合物)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 冷凝溫度 250~300℃</li> <li>● 碳與灰分的混合物(灰分多寡依料源處理而定)</li> <li>● 氣化技術及操作條件有關</li> <li>● LHV：25~30 MJ/NM<sup>3</sup>(視生質物中未轉化有機質比例)</li> </ul>
	H <sub>2</sub> S、HCl、N <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 與料源及氣化操作條件有關</li> </ul>
	熱值	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 與料源、氣化技術及操作條件有關</li> <li>● LHV：4~13MJ/NM<sup>3</sup></li> </ul>

氣化技術：氣化爐設計係依料源的利用性、外型、尺寸大小、溼度(含水量)、灰分等物化特性其及終端應用的不同而有不同。而各種不同反應器的差異性在於(1)生質物(進料)與空氣/氧氣/水蒸氣(gasifying agent)的氣化接觸模式、(2)反應熱傳模式與其熱傳量及(3)生質物滯留在反應區的時間等之不同特性。表 2 為生質物氣化技術及反應器的分類。

表 2 生質物氣化技術分類<sup>[1、2]</sup>

生質物氣化技術及反應器分類	挾帶床反應器		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 以同相流方式，吹送生質物細粉(0.1~1mm)及 gasifying agent 進入反應器</li> <li>● 操作條件：1300~1500℃；爐內溫度均勻</li> </ul>
	固定床	Downdraft (同相流)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 合成氣具低 tar，低粒狀物特性</li> <li>● 適合小規模發電</li> </ul>
		Updraft (逆相流)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 系統熱效率高、低壓損、低結渣傾向</li> <li>● 合成氣之產氣率較低，且含 tar 量較多</li> </ul>
		Crossdraft (交流式)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 不適用於含 tar 量高及細小顆粒的燃料</li> <li>● 較少應用案例</li> </ul>
	流化床	BFB (氣泡式)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 碳轉化效率比 CFB 低</li> <li>● 操作氣速(流體化) &lt;1 m/s</li> </ul>
		CFB (循環床)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 碳轉化效率高</li> <li>● 操作氣速(流體化)：3~10 m/s</li> </ul>
		雙床體	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 結合 BFB(燃燒反應)及 CFB(氣化反應)流化床成為一個系統，碳轉化率較高</li> <li>● 熱載體循環速度及加熱溫度的控制是關鍵技術</li> </ul>
	旋轉窯反應器		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 固體物藉由旋轉機制，持續產生新的固-氣接觸面，有利氣化反應的質傳、熱傳現象</li> <li>● 滯留時間較長，以逆向流反應器設計居多</li> </ul>
	電漿反應器		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 有機廢棄物與 gasifying agent 在電漿能源作用下進行氣化反應</li> <li>● 應用於優化合成氣產量(合成氣中之低分子量物質含量高，而 tar 少)</li> </ul>
	IGCC (氣化複循環)		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 成合成氣(CO、H<sub>2</sub> 及 CH<sub>4</sub>)經除塵、除硫和除氮後，送至複循環機組當燃料發電，提高發電效率</li> </ul>

雖然，生質物經氣化爐反應後所產製的合成氣，其組成受生質物種類影響不致太大，但合成氣中的氫氣含量、熱值及焦油量等物化特性，仍是合成氣熱電利用時的主要探討項目。例如，以禾桿類(straw)生質物進行氣化反應的合成氣，其氫氣的含量會較多且合成氣的熱值(LHV)會較低；若為針葉木(softwood)生質物料時，則合成氣的熱值(LHV)會較高。

另外，以生質物的濕度(含水量)來看，生質物含水率在生質物氣化程序上是一個重要的參數，對於氣化程序中的能源平衡係扮演舉足輕重的角色；通常，生質物含水率高的，其合成氣熱值(LHV)會較低(圖 2)。而在合成氣的焦油及灰渣方面，來自針葉木/闊葉木(hardwood)等物料氣化的合成氣，其焦油含量一般係高於禾桿類物料的合成氣；而禾桿類生質物的灰渣(dust)量一般而言會較多。

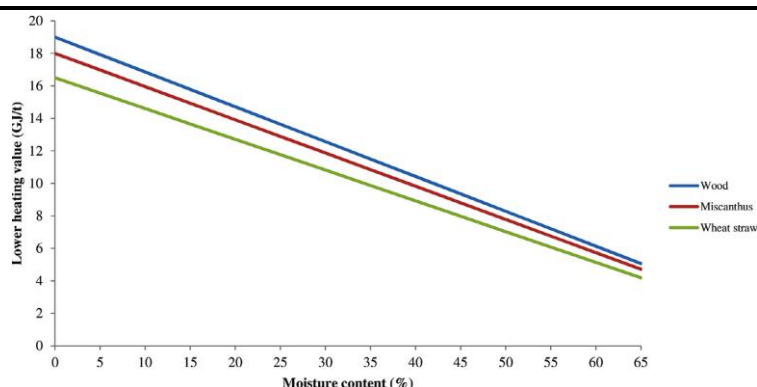


圖 2 生質物含水率對合成氣熱值(LHV)關係<sup>[1]</sup>

生質物氣化後的合成氣產品應用途徑(參閱圖 3 說明)，說明如下：

#### 1. 熱電應用方面：

- (1) 蒸汽鍋爐：機組容量大於 150MWth 之鍋爐燃燒發電利用，發電效率 15~35%，若利用汽電機組可提高能源使用效率。
- (2) 鍋爐混燒：混燒 5~15% 生質合成氣於傳統燃煤或燃油電廠，不會影響操作問題及發電效率。
- (3) 渦輪機(GT)：合成氣需純化達焦油濃度<10 mg/Nm<sup>3</sup>、粒狀物濃度<2.4mg/Nm<sup>3</sup>、金屬濃度<0.025~0.1 ppmw 及 H<sub>2</sub>S 濃度<20 ppmv 等，及熱值大於 4MJ/NM<sup>3</sup>之要求；發電效率可達 40%。若結合 IGGC 系統時，總能源效率可達 30~60%；若 GT 結合廢熱回收系統，則能源利用率可達 70~90%。
- (4) 內燃機(ICE)：合成氣需純化達焦油濃度<100mg/Nm<sup>3</sup>、粒狀物濃度<50mg/Nm<sup>3</sup>、金屬濃度<0.025~0.1ppmw 及 H<sub>2</sub>S 濃度<20ppmv 等，及熱值大於 4MJ/NM<sup>3</sup>之要求；發電效率可達 35~45%。相較燃氣渦輪機應用，燃氣渦輪機的焦油及粒狀物規格要求相對嚴格。
- (5) 燃料電池(FC)：合成氣可直接供應為高溫燃料電池(主要為熔融鹽燃料電池(MCFCs)及固態氧化物燃料電池(SOFCs))使用，發電效率 40%。對於 MCFCs 及 SOFCs 的技術應用，合成氣中的 H<sub>2</sub>S 含量應分別降低到 10ppmv 及 1ppmv 以下，且合成氣的焦油與粒狀物亦當然需要去除後再進行利用。

#### 2. 產品應用

- (1) 液體生質燃料(liquid bio-fuels)：

- a. 甲醇：經由觸媒(如銅-或鎳-鋁基材觸媒)轉化反應製得。

- b. 乙醇：由厭氧發酵及熱化學觸媒(如銻基材或銅基材等)轉化程序製得。
- c. 柴油：經由觸媒(如鐵基材、鈷基材、含酸功能團奈米碳管及沸石等)進行 Fischer-Tropsch 合成反應製得。
- d. 二甲基醚：經由觸媒(如銅-ZSM-5 沸石、銅-鋁基材、氧化鋁、鈦-鋁基材等)反應製得。

## (2) 氣體產品

- a. 甲烷：經由多階段薄膜分離、鎳基材觸媒或 Sabatier 反應技術製得。
- b. 氫氣：經由觸媒(如鉻-鐵基材或銅基材等)進行水氣轉化(Water-Gas Shift)反應製得。

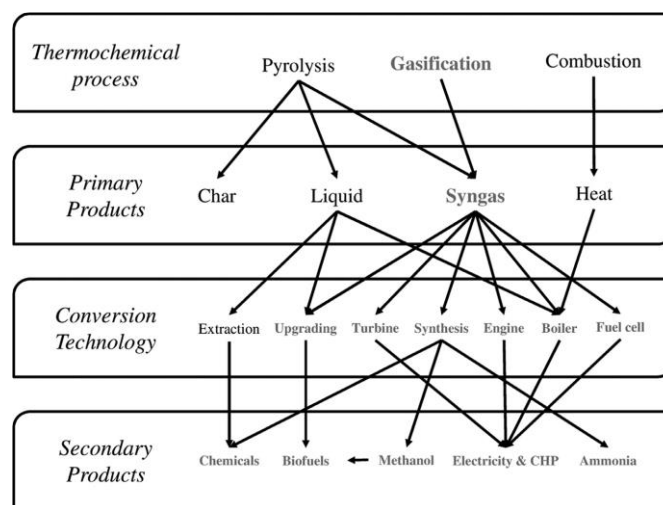


圖 3 合成氣(syngas)應用途徑<sup>[1]</sup>

對於氣化後合成氣的引擎或熱能的應用，合成氣的供氣品質是相當重要的議題；若能提升氣化爐後合成氣的冷卻與純化系統性能，將能有效提升生質物轉化的能源使用效率。因此，對於生質物氣化系統中熱回收裝置的設計/使用、焦油裂解的改善方法、生物炭的回饋進料、灰及焦油的加值化產品、利用蒸汽提升氫氣產率的氣化及生質物料源的前處理等工作，均是重要且應持續探討的方向。

## 參考資料

- (1) Antonio Molinoa, Simeone Chianeseb, Dino Musmarrab, 2016, "Biomass gasification technology : The state of the art overview", Journal of Energy Chemistry, 25, 10-25
- (2) S.K. Sansaniwal, K.Pal, M.A. Rosen, S.K. Tyagi, 2017, "Recent advances in the development of biomass gasification technology: A comprehensive review", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 72, 363-384

註：1.請計畫執行單位上傳提供較具策略性的知識物件，不限計畫執行有關內容。

2.請計畫執行單位每季更新與上傳一次，另有新增政策建議可隨時上傳。

3.文字精要具體，量化數據盡量輔以圖表說明。