

知識物件上傳表

計畫名稱：低碳排流體化床技術之開發與應用計畫(3/3)

上傳主題：廢棄物能源化及氣化技術發展

提報機構：行政院原子能委員會核能研究所

提報時間：107年9月6日

與計畫相關	<input checked="" type="checkbox"/> 1.是 <input type="checkbox"/> 2.否
國別	<input checked="" type="checkbox"/> 1.國內 <input type="checkbox"/> 2.國外
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"/> 5.新及再生能源 <input type="checkbox"/> 6.節約能源
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 checked="" type="checkbox"/> 3.經濟及產業 <input type="checkbox"/> 4.科技 <input type="checkbox"/> 5.統計資訊
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>有鑑於都市生活廢棄物(Municipal solid waste, MSW)量越來越多，廢棄物能源化(Waste-to-Energy, WtE)的觀念與相關產業蓬勃發展；WtE除了減少廢棄物棄置、排放造成的環境危害，也能成為再生能源的來源之一。在WtE熱轉換處理程序中，氣化技術十分受到關注，不過實際商轉設施的建置量與運轉情況顯示仍有改善空間。本文針對原料、反應器設計等提出近期氣化技術的發展，包括氣化料源前處理、生質物與廢棄物共處理(Co-conversion)、裂解與內聯式重組(pyrolysis and in-line reforming)等。隨著處理技術進步，WtE原先的出發點為環境保護，如今已成了一門商機；WtE熱轉換技術目前仍以焚化為主流，但氣化是很有潛力的技術，尤其是在塑膠類廢棄物能源回收的應用上，克服氣化技術上的困難將能實現更乾淨、更有效率的製程。</p>

都市生活廢棄物的產生和經濟成長、工業發展、都市化息息相關，工業化、經濟狀況良好的國家會產生更多的都市廢棄物。世界銀行於 2012 年報告指出，全球都市產生的廢棄物量約為 3.5 百萬噸/日，這個數字將在 2025 年前增加至 6.1 百萬噸/日，相當於每年 22 億噸的都市廢棄物。

有鑑於廢棄物量越來越多，廢棄物處理的方式也從直接拋棄發展出更有利於環境的做法。圖 1 是層次式廢棄物管理方法，由上而下為廢棄物管理的優先次序，減量或避免產生廢棄物為最優先原則，棄置或排放則為最後辦法；其中 Waste-to-Energy 的作法是希望處理廢棄物時能夠兼顧下列目標：(1)消除或減少危害健康、環境的因子，(2)達到永續性發展，(3)淨能源產出。能源的需求持續增加，人類仰賴的化石燃料則不斷減少，找出替代性能源是全球一致的目標；WtE 除了減少環境危害，也能成為再生能源的來源之一。

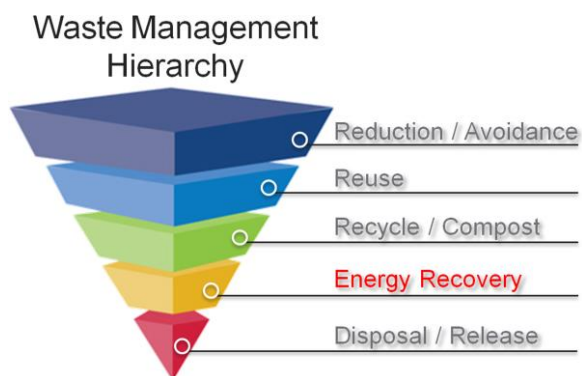


圖 1. 層次式廢棄物管理方法。

詳細說明

都市生活廢棄物之處理

都市生活廢棄物包括塑膠、紙類、廚餘、金屬等，經過分類後處理的方式如圖 2 所示；WtE 技術包括生物轉換與熱轉換，生物轉換如堆肥、厭氧消化產生沼氣，熱化學轉換技術如焚化、氣化、裂解，產生熱能、合成氣、生質油等可用來發電。

大部分的 WtE 以熱轉換處理，氣化發展時間雖不比焚化長，但十分受到關注；此技術一開始是應用於煤炭潔淨利用產業，近來則成為都市廢棄物 WtE 技術選項之一。氣化技術在高溫下將有機成分與水蒸氣反應產生合成氣，而合成氣除了可用來發電外，也能產製化學品、液態燃料。一般認為同規模的氣化程序比焚化產生之 CO₂ 要少，對健康有危害的氮氧化物、戴奧辛等也較少。日本有近百座氣化廠，美國、英國等也均有規模不大的處理都市廢棄物的氣化工廠，不過實際商轉設施的建置量與運轉情況顯示仍有改善空間。

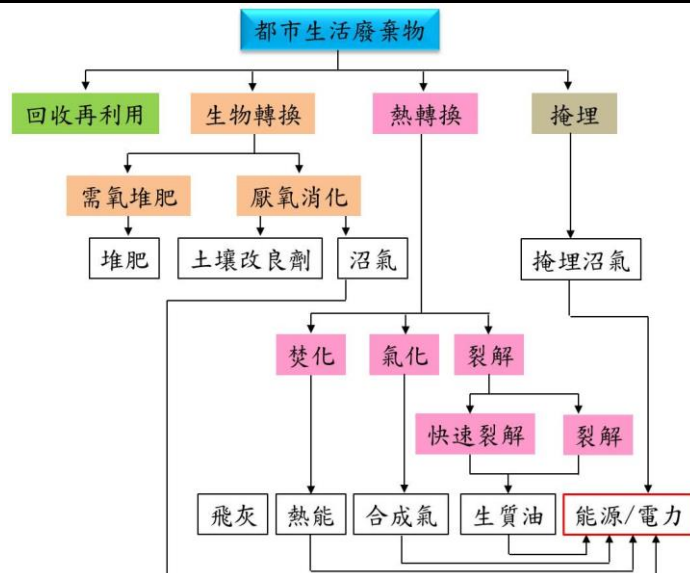


圖 2. 都市生活廢棄物處理技術及產物。

氣化料源前處理

氣化的目的是產生產量、組成穩定的合成氣，除了操作溫度、氣化劑流量控制等反應操作條件外，廢棄物料源的粒徑、含水率、密度、組成成分也都會影響氣化反應，而這正好是廢棄物作為料源最大的缺點；因為其種類廣泛而有很大的異質性，前處理幾乎可視為必要之手段。表 1 是針對各種料源性質考量而產生的前處理方法，較普遍的做法是將廢棄物製成衍生燃料(refuse derived fuel, RDF)，以達到較高的熱值、減少汙染物質釋放、降低灰份量、便於貯存、處理、運送。

表 1. 廢棄物料源前處理技術(資料來源：
Renewable and Sustainable Energy Reviews, 81 (2018) 380-398)

Concerns	Feedstock	Pre-treatment	
Particle size	Agricultural and forestry wastes	Sorting, milling, crushing, grinding, sieving	
	Waste tire and/or pine wastes		
	Lignite and forestry wastes		
	Agricultural and plastic wastes		
	Wood		
	Forestry wastes		Torrefaction
	Waste tires, agricultural wastes		Shredding
Moisture content	Wastes and paper sludge	Crushing, grinding, sieving	
	Bagasse and sewage sludge		
	Agricultural, forestry and plastic wastes		
	Agro-industrial and forestry wastes		Pulverizing/smashing and sieving
	Agricultural residues		Drying
Density	Wastes and paper sludge	Torrefaction	
	Agricultural and plastic wastes		
	Lignite and corncob		
	Agricultural residues		Pelletization
Heterogeneity	Forestry and other wastes	Torrefaction and Pelletization	
	Wood, straw and grass		
	Forestry wastes, microalgae, oil palm fiber, and sawdust		
	MSW		Shredding
	MSW, RDF and wood		Riffling, milling and sieving
	Lignite and corncob	Milling and sieving	
	Wood and plastics	Pelletization	

生質物與廢棄物共處理(Co-conversion)

圖 3 是一些廢棄物的相對熱值與含水率，熱值與含水率大致呈反比，符合一般觀念，而生質物也是一樣的趨勢。基於生質物與廢棄物有些共同特色，像是料源異質性以及熱值同受含水率影響，將兩者混合進料也是一種作法。有部分研究調配不同比例的塑膠及生質物進料，得到的氣體產物氫氣含量增加、熱值提高，但焦油含量也可能提高；並指出混合進料有協同作用發生，即二者熱解產生的氣體會透過自由基互相影響以及聚合物上的氫轉移至生質物產生的自由基並使之穩定。

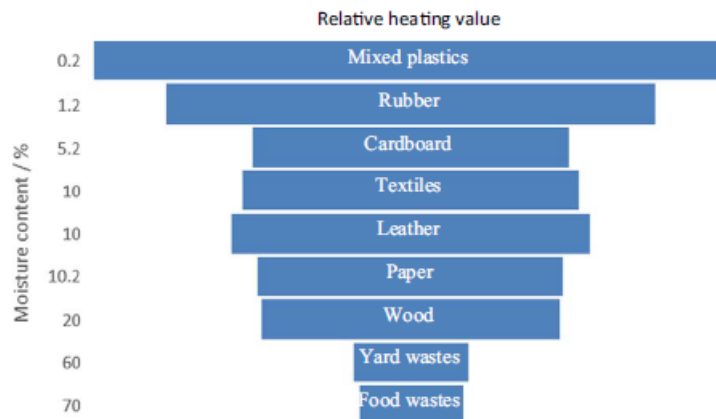


圖 3. 廢棄物的相對熱值與含水率。(資料來源：
Renewable and Sustainable Energy Reviews, 81 (2018) 380-398)

裂解與內聯式重組(pyrolysis and in-line reforming)

針對塑膠類的 WtE，氣化是熱轉換技術中能夠回收最多熱能的方法。Czernik and French 首先設計兩個串連的流體化床反應器分別進行裂解及重組，以 PP 進料，將鎳系商用觸媒用於蒸氣重組，兩個反應器分別操作於 650°C 及 800°C，得到氫氣產量為 34 g/100 g PP，並且無焦油產生。後續這類反應器設計出如圖 4 所示的各種型態並被持續研究，能夠將兩種反應獨立操作於各自最佳化溫度是其一特色，而前段的操作溫度也較一般氣化操作為低。

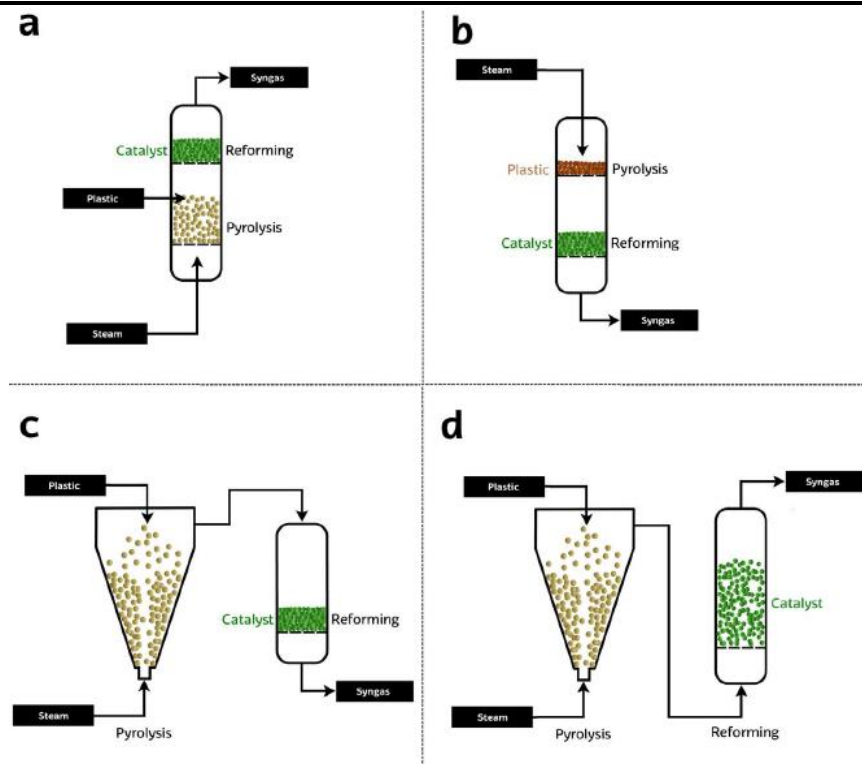


圖 4. 裂解與內聯式重組反應器。(資料來源：
Renewable and Sustainable Energy Reviews, 82 (2018) 576–596)

隨著處理技術進步，WtE 原先的出發點為環境保護，如今已成了一門商機，WtE 事業包括熱轉換、生物轉換均蓬勃發展。依據全球 WtE 市場收益估計(圖 5)，在 2020 年預估收益將達到 3.76 千萬美元，其中以熱轉換技術佔收益的大部分。世界銀行也預估未來 WtE 貢獻能源產量將達到 11 EJ (圖 6)。我國行政院環境保護署於 2017 年提出「多元化垃圾處理計畫」，顯示政府注意到廢棄物處理議題的重要性，現階段丹麥、瑞典、愛沙尼亞的都市廢棄物掩埋比率已低於 10%，WtE 技術的發展與應用便是這些國家得以大幅減低廢棄物掩埋量的訣竅。目前 WtE 熱轉換技術仍以開發最久、技術最成熟的焚化為主流，但氣化是十分有潛力的技術；尤其是在塑膠類廢棄物能源回收的應用上，克服氣化技術上的困難將能實現更乾淨、更有效率的製程。

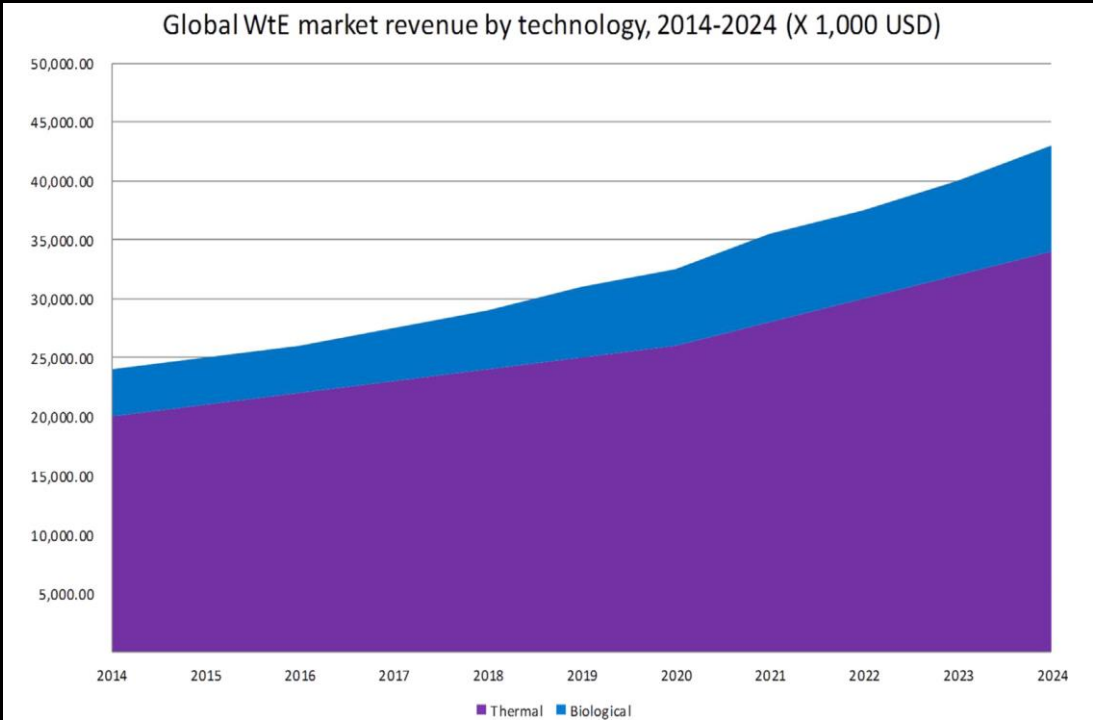


圖 5. 全球 WtE 市場收益估計。(資料來源：
Renewable and Sustainable Energy Reviews, 91 (2018) 812-821)

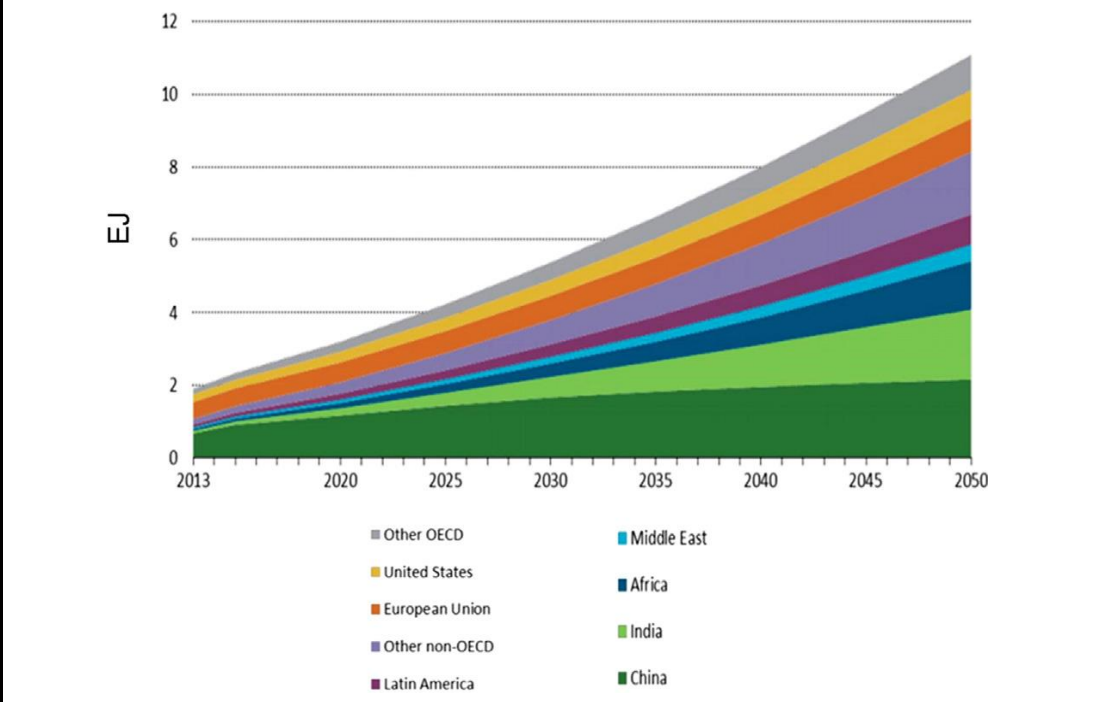


圖 6. 世界銀行預估未來各區域 WtE 貢獻能源產量。

- 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。