

2018

# 臺灣綠色產業報告

## 食品廢棄物在循環經濟體系下的發展商機



經濟部推動綠色貿易專案辦公室  
GREEN TRADE PROJECT OFFICE  
MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS

工業技術研究院 IEK

新能源產業與政策研究部 陳志洋 研究員

2018 年 1 月

# 食品廢棄物在循環經濟體系下的發展商機

作者 陳志洋

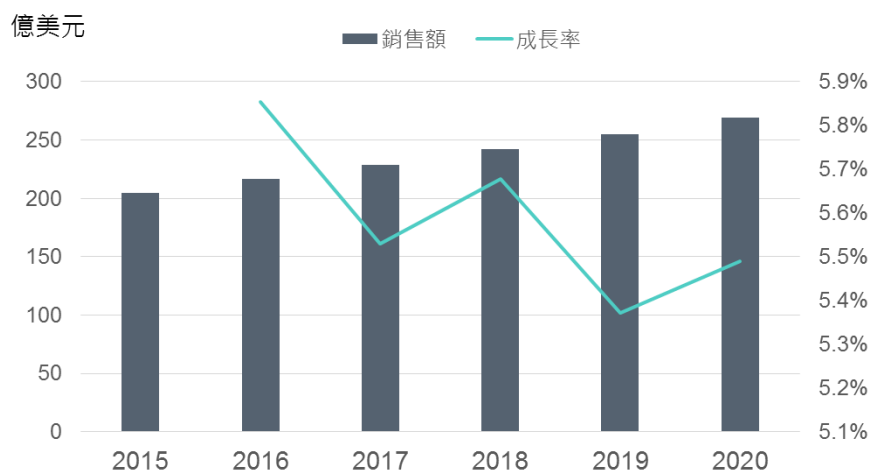
## 一、前言

### (一) 生質能市場規模龐大

生質能是全球最大的資源之一，因其具備碳中和的特性、有助於降低甲烷等溫室氣體排放，國際間努力開發各種生質燃料技術。包含木質顆粒、沼氣、生質酒精和生質柴油等各種最終產品在能源市場被大量研究和採用。其中，生質燃料發電應用為各國所重視的發展方向，根據估計，全球生質發電市場規模在 2016 年達到 217 億美元。

生質發電市場逐漸成熟，主因在於各國政府越來越重視遵守清潔能源法規。推動生質發電的最大的力量來自於政府部門提供的誘因和計畫。以美國為例，其氣候行動計畫 (Climate Action Plan)、再生能源配額制度 (Renewable Portfolio Standards ; RPS) 和美國復甦和再投資法(American Recovery and Reinvestment Act)中提供的經濟刺激方案預期都將成為刺激生質發電投資的主要驅動因素。

由供需面來看，儘管石油和天然氣價格下跌，但電力價格並未大幅下降，在過去十年中天然氣價格已經下降了近 90%，但電力價格只下降了約 20%。因此，若因需求與供應差距擴大，導致電價相對上漲，生質發電的投資將變得具有吸引力。預計在 2020 年，全球生質發電市場規模將增加至 268.7 億美元。



資料來源：工研院 IEK 整理(2018/02)

圖一、2015~2020 全球生質發電市場規模

## (二) 生質發電市場競爭概況

生質發電屬於多元競爭市場，國際市場中主要的供應商大於 50 家，前 5 大領導廠商為 DP Cleantech(丹)、Metso(芬)、Foster Wheeler(英)、Andritz(奧)與 Dresser-Rand(美)，市占率合計約 40.9%。除了上列廠商外，其他全球重要的廠商尚包含：Mitsubishi Heavy Industries Ltd.(日)、Babcock & Wilcox Volund(丹)、GE Jenbacher(奧)、MWM GmbH(德)、Primenergy LLC(美)、Peter Brotherhood Ltd.(英)、Detroit Stoker Company(美)、PRM Energy Systems, Inc.(美)...等。

由於切入市場需要進行大量投資以開發必要的技術等因素，生質發電市場相對難以進入。因此，在此產業中整合&併購情況並不少見，該行業最重要的整合事件包含了 2011 年末 Doosan 收購 Lentjes 的多數股權，以及前一年度 Andritz 接手了破產的 Austrian Energy & Environment (AE&E)。

然而，隨著中國參與者開始切入國際生質能行業，產業競爭將在十年內增加。也因此國際大廠也開始進行策略調整，一般而言，下游製造商(如發電機業者、系統整合商)若可與零組件供應商垂直整合，將有助於增加收入，同時降低成本，提高產品品質，提高市場整體競爭力。

## (三) 食品為生物質最大應用

根據估計，全球共約有 130 億噸生物質用於生產食品、能源和材料，其中以食品(包含生產牲畜飼料等)佔主要地位，約佔總提取生物量的 82%(約 110 億噸)，其次為能源(11%)和材料(7%)。而隨著人口不斷增加，對於食物需求持續大幅成長，估計到 2050 年全球將有 90 億人口，食品需求將成長 70%。

食品需求的成長衍生了大量的商業和貿易機會，也帶動許多新興國家農業產值與經濟成長，然而就環境永續發展而言涉及許多挑戰，糧食的浪費與無法有效再利用是全球所有經濟體共同面臨的重大問題，所生產的食物大約有 1/3 被丟棄或浪費而無法進入生物循環經濟中。統根據計，歐盟國家廢棄的食品達到 8,800 噸/年，故歐盟議會近日提出 2025 年前達到食物浪費減少 30%、2030 年減少 50%的目標。美國每年浪費的食物約佔糧食供給 30%，其農業部也訂下 2030 年減少 50%的目標。而我國平均每人一年的廚餘量約 96 公斤，較日韓多出 20%，亦須重視相關問題。在此情況下，需要以更有效的方法/體系增加對糧食最大價值的利用，並儘可能避免浪費和環境污染。以下將由循環經濟的角度探討食物在循環經濟體系中扮演的角色，以及轉化為能源利用的具體作法與案例。

## 二、 食物體系在循環經濟中扮演的角色

### (一) 目前食物體系的問題

在傳統線性經濟中，許多產品所使用的原物料最終進入垃圾掩埋場或焚化爐，因此其殘餘價值沒有得到最具效率的妥善利用，現代城市產生之廢棄物如食物等的結構性浪費持續不斷放大。換言之，傳統食物廢棄物或廚餘被送往掩埋或焚燒產生空污的現象應重新思考，改以轉化為能源使用或有機肥料回到土地，此外其包裝或容器也應該回到生產體系中做最有效的再利用。

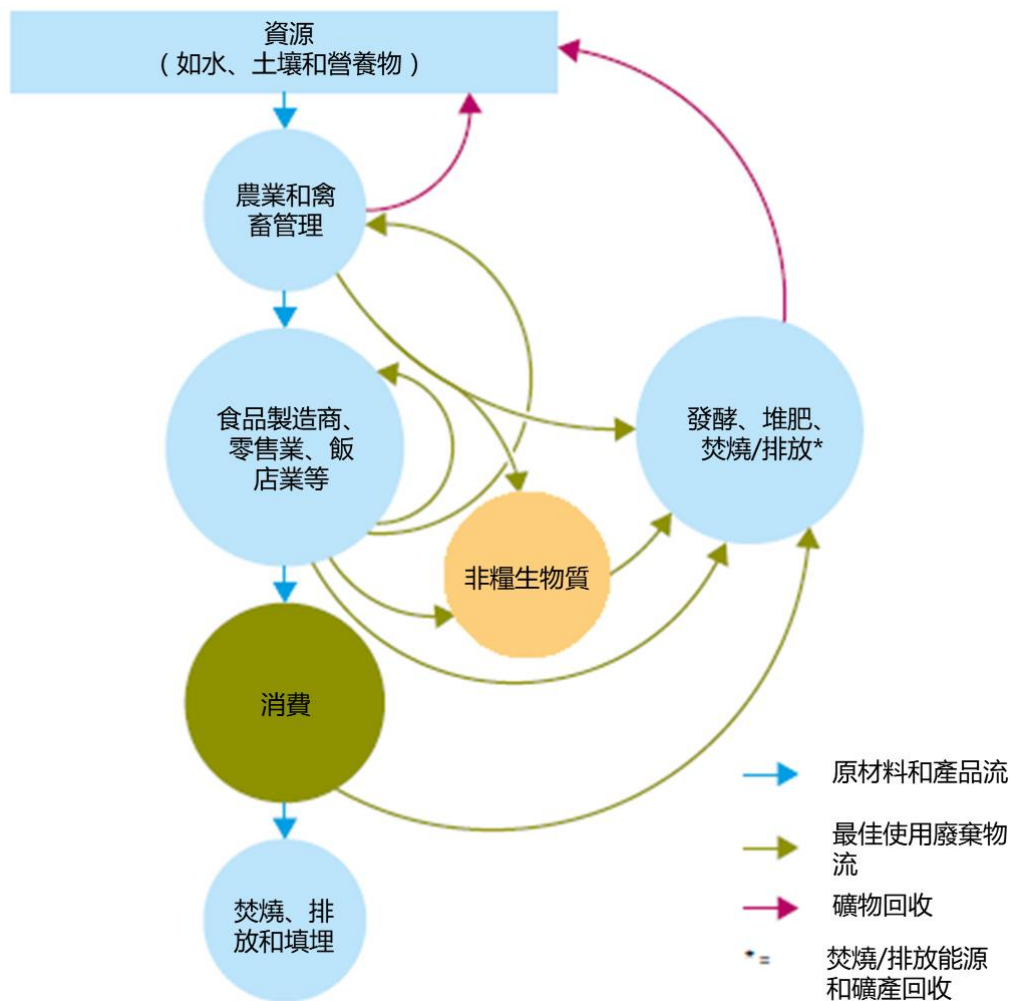
現代社會的食物體系不僅有糧食浪費的問題，更重要的是其阻斷了循環體系中營養分的循環。城市是農村的食物的集中地，都市化導致食物廢棄物中的營養物質集中進入固體廢棄物中被焚燒處理，或成為污水污泥排放到廢水系統中。在全球貿易興盛下，糧食從土地提取的營養物質將從其產地輸送到距離很遠的地方，失衡的問題更加嚴重。根據估計，全球食物、動物和人類廢物流中的氮，磷和鉀等養分可能是目前所用化肥量所含養分的近 2.7 倍，若可進行循環再利用，將有助於降低和成肥料的依賴。

### (二) 解決方法

要達成向循環經濟的轉型，必須對各個生產鏈進行徹底改造，而食物鏈只是其中一環，關鍵在於生物質的流入和流出之間須達到平衡。荷蘭 PBL( Netherlands Environmental Assessment Agency)對此提出一個可能的方向：

- 在循環經濟體系中必須有效利用和管理自然資源，包含土壤、水源、生物多樣性和礦物質等。這些自然資源對於可再生資源的生成至關重要。
- 找尋食物最佳使用的途徑。首先必須減少生產食物過程中的浪費，例如鼓勵更多天然食物的食用(降低加工)，或提升植物性蛋白的比例。生產過程中必須減少自然資源的使用，並減輕環境壓力。
- 最後，重要的是要充分利用殘渣流(包含廚餘與食品廢棄物等)，例如番茄梗、甜菜漿和過期的麵包，以盡可能減少生物量丟失。

透過上述方向，這些生物質將成為資源流將在循環模式中被捕獲和運用，最終城市應該像生態系統一樣運作，提供資源再循環的服務，並將營養物質回歸到農村使用。在循環經濟中，城市將扮演重要的平台角色。



資料來源：PBL Netherlands Environmental Assessment Agency；工研院 IEK 整理(2017/11)

圖二、PBL 提出之食品循環利用體系

目前食物循環經濟的機會與機制尚未被完全探索，全球多認同其正當性，但實務上考量實施成本以及可能面臨的風險後，要進入商業化實施仍有難度。一些國家/城市開始小規模嘗試實施回收和評估有機物質的方案，例如荷蘭從有機廢棄物生產濃縮氮磷鉀肥料以及動物飼料，除了作為生態系統再生的貢獻者，利用養分恢復作為收入來源也會產生商業機會。此外，從有機廢棄物中產生能源可以抵消運營成本，增加可再生能源在能源結構中的比例，並減少溫室氣體排放。目前厭氧消化是應用最廣泛的技術，可利用有機物質以產生沼氣，進一步產電產熱，而產生的沼液與沼渣經過處理後可作為堆肥使用。

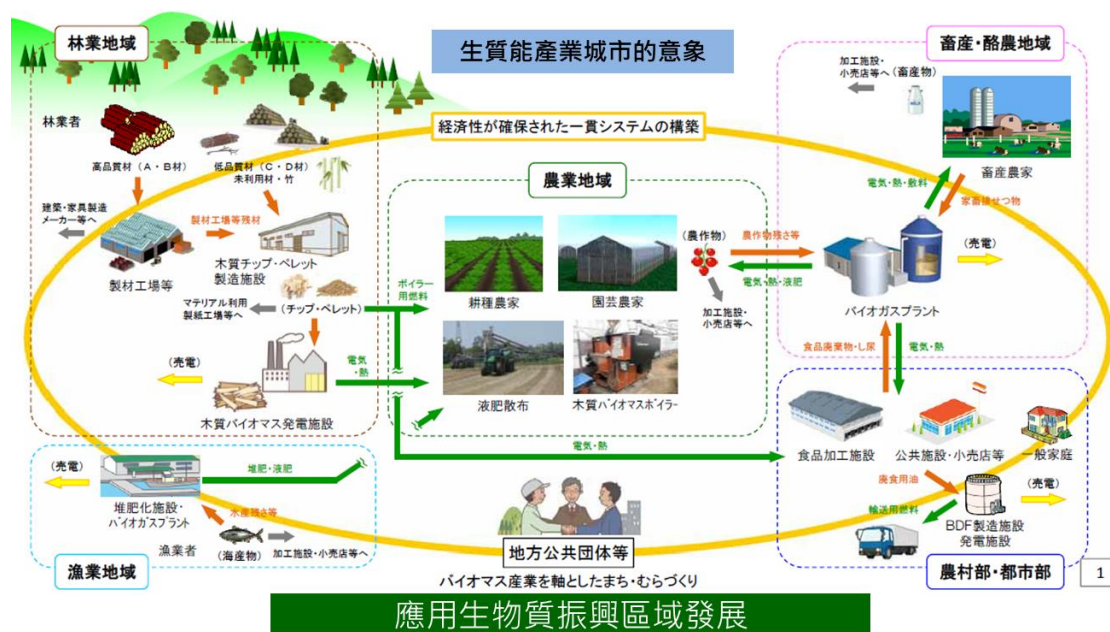
然而，現有的利用方式可能還會有更好或更高價值的技術與商業模式，許多國家仍在積極尋找能夠提供最高經濟價值而且對環境損害最小的應用程序。例如為了鼓勵再生能源，許多國家對廚餘發酵發電進行補貼，然而不同的食品廢棄物可能可以作為食物、

動物飼料或用於生質材料等資源更有利的利用，因此政府除了刺激循環經濟市場物質流的活絡外，也應分析各種障礙和鼓勵措施可能會影響食品在其他領域的利用，並透過鼓勵創新和數據透明度來發揮作用。

### 三、案例

#### (一) 日本

自 2012 年開始，日本推動生質能工業城市的概念，希望為豐富的生物質例如森林、食物廚餘、污水污泥、禽畜排泄物等找到循環利用的機會，結合在地生物質能帶動可再生能源產業化，並創造區域性就業與振興當地經濟，同時也創建分散式能源體系，在災害發生影響電力供應時提供電力給民眾使用。在生質能工業城市概念中，除了生物質如何循環利用外，另一個關鍵點是如何創造廣泛的區域外溢效果，以達到產業和就業等經濟效益。透過生質能工業城市的計畫，日本成功的實現了循環經濟的概念。



資料來源：農林水産省「バイオマス産業都市について」；工研院 IEK 整理(2017/11)

圖三、生質能產業城市概念

在日本各地區的生質能利用計畫中，對於食物廚餘的利用為相當重要的一環，例如半田市與當地八洲建設株式會社配合，收集家庭食物廚餘與市場殘餘之果菜廢棄物等，將其與畜牧場排泄物(乳牛、肉牛)等混合進行沼氣發電項目。而京丹後市以食物垃圾和家庭垃圾為原料，透過發酵方式生產沼氣，並收集回收廢食用油，將廢食用油煉製為生

質柴油。各大企業也積極投入相關領域的研究，例如 NEDO 和 TBM 公司合作，利用餐廳跟食品廠淨水過程中分離回收而來的油脂做為發電燃料使用，Amita 公司也和地方政府如加美町、京丹後市配合，利用食物廢棄物生產沼氣與液肥，建立能源和食物循環再利用。

## (二) 瑞典

瑞典於 2014 年制定了新的垃圾處理計畫，希望到 2040 年時全國 99% 的垃圾可以轉化為能源。瑞典的沼氣利用非常盛行，產生之沼氣主要用來產生能源或供暖。許多辦公大樓或家戶建置有生質暖氣系統，雖然所費不貲，但卻可降低暖氣費用。此外，瑞典是將沼氣應用於運輸燃料的典範國家之一，提供給公務車、巴士、卡車做為能源使用，沼氣公車可免費行駛於高速公路。

沼氣原料來源為有機廢棄物如馬鈴薯皮、禽畜糞便、回收烹調油及豬內臟等經厭氧發酵產生。除了禽畜糞便外，廚餘是瑞典沼氣的主要來源。在廚餘收集方面，部分新建的社區住宅會在廚房水槽下面安裝廚餘粉碎機，粉碎後的廚餘垃圾透過專用管道送至位於地面下的專用的收集系統，再定期由垃圾車載送到沼氣廠。較知名的案例如 Envac 公司在瑞典首都斯德哥爾摩的 Hammarby Sjöstad 推行其垃圾真空收集系統，利用壓力差原理收集廢紙、廚餘及其他可燃廢棄物等 3 類垃圾。使用者將垃圾扔進普通的入口，垃圾將暫時儲存在封閉的貯儲閥中，再透由真空設備定期清空地下管道。



資料來源：Envac

圖四、Envac 公司垃圾真空收集系統

## (三) 義大利

義大利米蘭是歐洲最大的城市之一。2000 年起米蘭開始實施集中式垃圾管理系統，將垃圾進行分類回收，無法回收利用的垃圾則焚燒處理後產生電能和熱能。然而 2011

年，米蘭的經過分類的垃圾收集率僅達到 35%，而食品廢棄物、廚餘等僅從餐館和飯店等商業來源收集。由於資源回收成效不彰，新當選的市政府大力推廣居民食品廢棄物分類與回收，統一集中至厭氧消化設施進行處理，生產沼氣和堆肥進行更有效的利用。

在米蘭，這項行動由地區垃圾開發商 AMSA 負責，米蘭每個家庭都會收到由生物塑膠製成的透明降解垃圾袋，食物垃圾每週收集兩次，送到四個中轉站，當天即運送到厭氧消化池和 Montelo 堆肥廠生產沼氣和堆肥。該計畫除了透過生產能源與堆肥以提升有機垃圾處理的經濟效益外，也可防止糧食浪費在垃圾填埋場排放溫室氣體，並將具營養價值的有機物重新回歸農村進行利用。目前相關的計畫已經覆蓋了超過 140 萬人口，是世界上最大的路邊有機廢棄物收集計劃之一。



資料來源：AMSA

圖五、AMSA 路邊有機廢棄物收集體系

#### 四、我國食品廢棄物處理現況與發展契機

我國廢棄物的管理從民國 60 年代發展至今，目標朝向廢棄物減量與資源回收再利用等願景。在家庭廚餘方面，估計我國每年廚餘類廢棄物約 200 多萬噸，約佔一般垃圾成份之 20~30% 左右，為了降低垃圾處理量、提高焚化爐效率，我國已開始強制回收家戶廚餘，通常透過家庭式廚餘桶、集中廚餘回收桶、廚餘回收車等裝置進行收集，再交由清潔隊進行回收再利用。至於果菜市場每年約產生 70 萬噸果菜廢棄物，目前由環保局自行或委託民間業者清運，多送至焚化廠處理，亦有部分用於堆肥生產。

一般而言廚餘可再分為生廚餘與熟廚餘。在交付清潔隊後，熟廚餘可用於養豬，通常以招標方式販售給養豬場，經過高溫蒸煮後可做為養豬飼料；生廚餘則運收至民營或



執行機關堆肥場進行堆肥再利用，或是民眾自行堆肥，可用於果菜等作物種植。雖已建立起回收制度，我國每年產生的廚餘仍約有 6 成混於一般垃圾中丟棄，根據環保署統計顯示，2016 年家戶廚餘回收量為 57 萬多公噸，約六成五用於養豬，三成五用於產製堆肥。

為了有效利用廚餘的殘餘價值並實現循環經濟的願景，廚餘生質能源化是未來發展的目標，環保署已編列經費預計設置三座生質能發電廠，利用廚餘透過厭氧發酵產生沼氣以進行發電，預計 2022 年起每年可多處理 18 萬噸廚餘、發電 3000 多萬度，除了發電效益外，也可降低堆肥廚餘委託民間業者處理的成本。而台北、桃園、台中、宜蘭等地也提出規劃，結合過期食品、事業廢棄物、豬糞尿、農作稻稈與其他有機廢棄物等共同處理，將其轉化為沼氣等生質燃料。由於台灣缺乏生質能之料源，這些在地化可取得之原料，將有助於建立本身地產地銷的生質能自主供銷體系，並帶動地方食品廢棄物循環經濟商機。

## 五、結論與建議

我國能資源大量倚賴進口，促進能源轉型與資源使用效率提升成為重要的議題。目前政府大力提倡 5+2 產業中，循環經濟即為重要的項目之一。我國每年產生大量的食物廢棄物，回收利用上大多做為養豬使用，未來可考慮建立充分利用殘渣流(廚餘與食品廢棄物等)的機制，廚餘與廢棄物分類須更明確以降低回收成本。由中央部會協助地方政府輔導廠商建立產生能源。所發的電力、熱能除 FIT 補貼外，也可用於公共設施以及在地產業，除了達到創能的效果，也帶動地方產業效益。廠商則可透過產品與商業模式的創新，應用新技術如 AI、大數據等提高材料蒐集與運送效率，並強化後端沼氣生產與發電效率，以掌握循環經濟下新的契機。