

# 德國農場中的循環經濟實踐

林穎禎<sup>1</sup>、劉育嫻<sup>2</sup>、康瑋帆<sup>3</sup>、張大川<sup>4</sup>

## 一、前言

近年來因環境保育及永續發展意識抬頭，促使全球企業由過去資源單向式消耗的模式，加速邁向循環經濟式創新。國際上多數先進國家皆訂定循環經濟策略，作為國家經濟發展的目標，而臺灣的天然資源相對稀少，推動循環經濟對我國而言更為有利。全球各國中以德國之循環經濟發展較早，其循環經濟之實務運作亦深入其民間，本文簡析歐盟農業循環模式，並以德國伯爾海姆農場（Haus Bollheim）<sup>5</sup>為例，說明其實踐循環經濟之模式。

## 二、以營養和能源循環為目的—歐盟農業循環經濟

基於循環理念所成型的價值圈，透過技術及物質的流動得以創造出更多服務和產品，除了引動經濟效益的擴大，並促成金融、製造、人力、社會，甚或自然資源區塊中新資本的建立。

註 1：臺德社會經濟協會。

註 2：財團法人農業科技研究院農業政策研究中心。

註 3：財團法人工業技術研究院產業經濟與趨勢研究中心。

註 4：行政院農業委員會企劃處。

註 5：該農場的成功模式曾二度獲德國西方電視公司（WDR）報導，請參考：<https://www1.wdr.de/mediathek/video/sendungen/land-und-lecker/video-weihnachten-in-einer-hofgemeinschaft-in-der-voreifel-100.html>

循環經濟的演示通常被區分成 2 個面向：工業循環及生物循環。前者著眼於對工業產品乃至製程的重新設計，使產品具有回收或價值轉換的特性；後者則以生物性物質為對象，強調取之於自然，並對自然的再回饋，奠基於自然環境的農業生產部門無異是最佳的實踐場域。

以歐盟循環經濟方案（Circular Economy Package）<sup>6</sup> 為例，與農業循環經濟相關者包括肥料管理法的修訂、關鍵原料（磷）的回收利用、生物廢棄物單獨回收、生質能與生物基產品的應用等。該些不同項目之間亦具關聯性，如肥料管理主要著重再生原料用於肥料之相關措施，以及其在歐盟各國間流通的認證標章。磷的回收利用則主要作為營養素的循環，並可作為肥料之一部分；生物廢棄物單獨回收的措施著眼於營養素的再利用，以作為堆肥或動物飼料，同時在處理過程中透過厭氧消化提取能源；生質能與生物基產品部分則側重於能源的提取。

有機質廢棄物的循環再利用亦與歐盟能源目標有極大的關聯性。2017 年歐盟委員會即在歐盟循環經濟方案中對廢棄物能源化的過程及其在循環經濟中的作用進行利害關係人溝通，主要目的在於確認歐盟廢棄物的能源回收可支持整體循環經濟行動計畫，並且能符合歐盟廢棄物處理體系之相關規範。此外，亦透過相關利害關係人的溝通來瞭解如何優化廢棄物回收能源的過程，以實現「能源聯盟策略」（Energy Union Strategy）和巴黎協定（Paris Agreement）所對應的設定目標，其包括：（1）氣候目標：溫室氣體排放較 1990 年水準削減至少 40%；（2）再生能源目標：2030 年再生能源占比至少 27%；（3）能源效率目標：2030 年能源效率提升至少 27%。

德國為歐盟成員國中最積極推動結合農場廢棄物循環利用之國家，其透過《再生能源法》（Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien, EEG）的推動，促進農場設置厭氧消化設備進行能源及消化物（沼液、沼泥）的營養回收。雖然近年來德國因為非農場經營的厭氧消化廠變相使用能源作物如玉米、甜菜等作為厭氧消化的原料，引發一連串如糧食競爭、農地租金上漲等問題，因而必須修改再生能源法規以抑制厭氧消化廠的成長，但是厭氧消化程序確實可將農場之有機質廢棄物進行高效率的回收再利用<sup>7</sup>。然而以農場內資源作有效的營養與能源循環，未必一定需透過現代化厭氧發酵設備，德國伯爾海姆農場（Haus Bollheim）即為運作農場循環經濟模式的另一種型態。

註 6：European commission. 2015. Closing the loop — An EU action plan for the circular economy. 相關立法過程請參閱：  
[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2017/599288/EPRS\\_BR\\_\(2017\)\\_599288\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2017/599288/EPRS_BR_(2017)_599288_EN.pdf)

註 7：劉育嫻、康理帆，2017，臺德農業循環經濟政策與措施研究，農業委員會計畫期末報告。

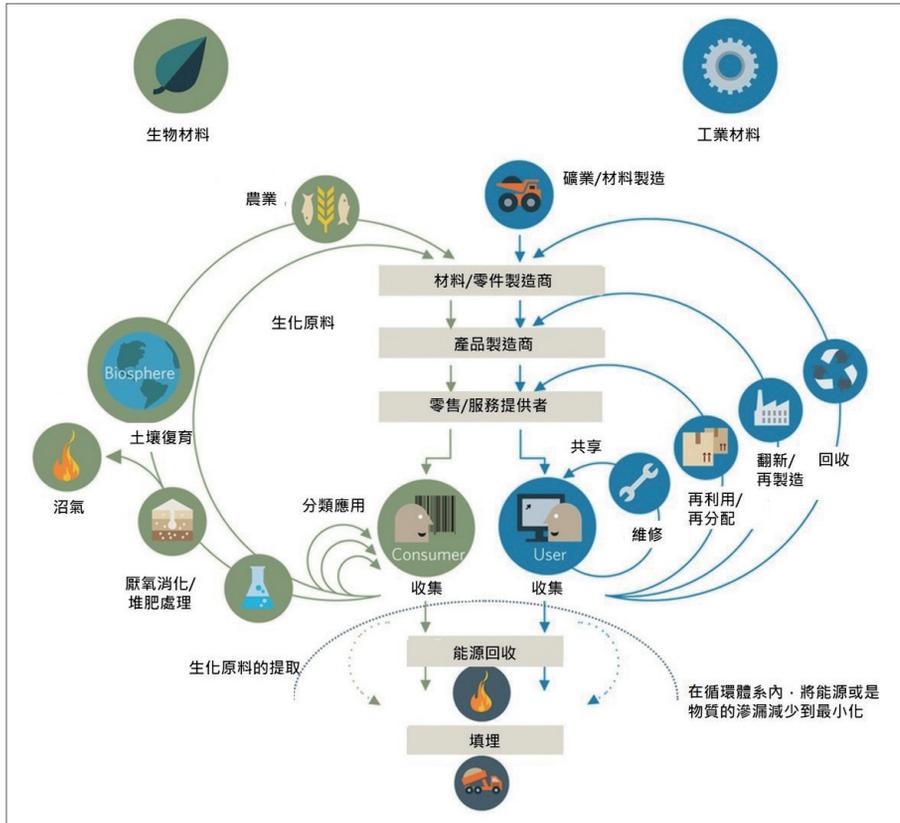


圖 1. 循環經濟系統。資料來源：Ellen MacArthur (2013)<sup>8</sup>，本文編譯。

### 三、循環經濟與農場的關係

#### (一) 循環經濟兼具生態與經濟的意義

在農場經營中導入循環經濟的概念，乃取自農業生產運作中高度「取之自然，回歸自然」的特質。透過技術操作，讓生產過程中的營養物質返回土壤，在對環境最低侵擾的程度下使土壤穩定復育。因藉助於大自然的力量，行動者只需購買必要的資材與設備；而為了保持物料循環運行，需要謹慎的運營管理來減少損失，所節省下的費用對業務的盈利能力產生直接的影響。

#### (二) 德國伯爾海姆農場之運作模式

伯爾海姆農場位於德國北萊茵威斯特法倫邦的曲爾皮希 (Zülpich)，該農場在 1980 年由具有農場經營管理背景的 Mr. Langen 與 3 位專長分別為畜牧、作物栽培和食品加工的農業專家共同成立。目前該農場已經傳承到第二代，4 位創始人的家族與後代也都繼續在農場裡面生活與工作。

註 8：<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>

## 1. 以生物動力農法運作

伯爾海姆農場近 40 年來一直採用生物動力農法（Biologisch-dynamische Landwirtschaft）運作。生物動力農法是由奧地利哲學家魯道夫史丹勒（Rudolf Steiner）在 1924 年透過一系列講座所提出之對於農業、畜牧、種子產品及土地復育的綜合性理念，其並於 1927 年成立以 Demeter 為名的集體管理協會（Verwertungsgesellschaft），1932 開始以 Demeter 作為生物動力農法產品之標示<sup>9</sup>。

生物動力農法主張將農場視為一個有機體，並且盡可能保持其與周圍生態系統的封閉，也就是將整個農場作為一個單一體系，而不需要外部投入，利用及順應大自然的節奏生產農作與畜牧產品。此外，一般有機農場可以向外購買有機種子或家畜的有機飼料，但以生物動力農法運作的農場，所有必需的資材則必須在農場內生產。

該農法之運作重點包括：

- (1) 不使用人工肥料，而是使用以生物動力農法製成的牛糞堆肥以及綠肥作物作為作物或畜禽之營養來源。
- (2) 通過土壤培育、多樣性作物輪作和加入牛角肥料（Hornmist）<sup>10</sup> 來維持地力。
- (3) 不使用化學殺蟲劑，而利用草藥萃取物來增加植物的健康，為有益的生物創造棲息地，並以作物隔離網（Kulturschutznetz）來杜絕作物被害蟲或鳥類侵擾。

生物動力農法標示（Demeter）的取得較有機農業的認證標準更為嚴格，故伯爾海姆農場亦持有有機農場之驗證（圖 2），其販售產品時，通常僅標示 Demeter 圖樣。

## 2. 農場特質結合循環經濟理念

在將農場視為一個有機體的概念下，伯爾海姆農場中設有堆肥廠來處理農場所



圖 2. 伯爾海姆農場以動力農法標示代替有機認證來銷售產品。  
（圖片來源：臺德社會經濟協會）

註 9：Helmut Zander, *Anthroposophie in Deutschland*. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen 2007, S. 1599f, S. 1586ff.

註 10：此為生物動力農法獨有的農作準備程序（BD500）：將一小把鮮牛糞倒入牛角，埋在土中一段時間。之後將牛角的內容物與水攪拌，噴灑在 1 公頃的土地上。因為牛糞中含有大量的微生物，理論上可以刺激微生物在土壤中的分布。以魯道夫·施泰納的人智學（Anthroposophie）學說觀點來看，這種準備的效果等同一陣春天的溫暖雨水。



圖 3. 農場中蔬果加工與揀選後的剩餘可進行堆肥處理。(攝影/林穎禎)



圖 4. 伯爾海姆農場的活動雞舍。(攝影/林穎禎)



圖 5. 飼養牛隻的草料來自農場自身，墊料則在囤積 1 年後可用於堆肥。(攝影/林穎禎)

產生之有機質廢棄物（圖 3）。該農場為一綜合農場，其經營項目包含畜牧養殖與作物栽種，畜牧部分所飼養的動物包括 55 頭牛與 1,200 隻蛋雞。雞隻放養於草地並以移動雞舍方式供其棲息下蛋，為確保雞隻在綠色草地上覓食並排泄，每隔 1 週更換 1 次雞舍地點（圖 4）。農場中的牛欄不使用乾濕分離設備，牛隻所使用的墊料通常 1 年更換 1 次，更換下來的墊料再與其它園藝廢棄物混合作為堆肥原料（圖 5）。此外，農場亦接受鄰近農場的動物糞便作為堆肥原料，故該農場所生產的堆肥不僅可以供全農場使用，亦可以販賣給鄰近的其他小型農場<sup>11</sup>。

豆科植物因為能夠從空氣中取得氮元素並且儲存於土壤，所以伯爾海姆農場也搭配大量豆科植物從事精密的輪作。在整個循環中，冬麥在 7 月底收割，做成基礎肥料，之後成為在秋天抵抗溶蝕（Erosion）的植被，接著在春天經過翻土後混入土地中，而這片土地在 2 年內將只種植車軸草之類的植物。除了作為牛隻的飼料，車軸草植物較長的根可以深入土壤中，避免過多的雜草生長。這種輪作方式同時帶來其他的好處，一些特定作物的疾病，將因為多樣的種植無法留在這片土地上。這也是為何在有機農場

註 11：<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>

的土地中能見到許多蚯蚓跟大量昆蟲及微生物的原因。

伯爾海姆農場目前種植 4 種穀物，6 個馬鈴薯品種，以及 40 多種蔬菜，作物的多樣性不僅能供不同季節所需，最重要的著眼點是利用作物不同的特質，達到提供土地不同養分及復育土地的作用。而除了營養物質的循環，農場也設置燃燒農業廢棄物及木料的焚化設備（Hackschnitzelheizwerk），用以供應所需之熱能，並以少量光伏電板（Photovoltaikanlage）提供部分電力。

### 3. 社會參與及在地行銷

#### (1) 與地產地消結合

伯爾海姆農場與在地的連結非常深刻，不僅由於草創初期就成立公益性研究社團（gemeinnützige Forschungsgesellschaft）來解決生物動力農法在當地適切性的技術問題。同時也以所運作之生物動力農法來提高自己產品的辨識度（Identifikation），爭取消費者認同。他們也以「由農場出發」（Ab-Hof-Vermarktung）的行銷理念，在 35 年前即邁開地產地消的腳步，在農場中開設小型超市銷售生鮮食品與自製的麵包。

農場目前所生產的牛奶大部分製作成起司或以其它乳製加工品銷往鄰近的科隆和波昂等地。鮮奶的販售需要瓶裝和均質，受較嚴格的法令規範，且需投入資本添購具冷藏功能的運輸設備，故並未大量販售。雖然以商業經營的角度而言，藉由增加牛隻的飼養數量來擴大規模雖是可行方式，但因此可能打破整個農場基於「作物－畜牧」運作之營養流的循環平衡，故其所產的鮮奶僅在農場內附屬的商店中銷售。

農場的產品在銷售及供應農場內部所需外仍會有剩餘，鄰近的 Zülpicher Tafel 協會<sup>12</sup>以 1 週 2 次的頻率來收集這些物資，再分送給周遭城市有需要的個人或機構（圖 6）。



圖 6. Zülpicher Tafel 協會至農場進行即期食品回收。（攝影/林穎禎）

註 12：在曲爾皮希地區收集剩餘食品，每週 3 次將分類整理過的食品轉送給有需要者的公益機構。請參見：<http://www.tafel.zuelpich.de/>



圖 7. 伯爾海姆農場至今仍使用手工採收。(圖片來源：Bollheimbrief 2017)

#### (2) 教育訓練與食農教育

為推廣自然動力農法，伯爾海姆農場常態性地配合政府與農業試驗機構進行有機農業人才培育。農場中提供學員宿舍，所提供之訓練課程每一梯次約 40 人名額，每次集訓 2 個星期，參加者多半是已經具一定農作經驗的從業人員。

該農場自 2013 年起闢地提供學童種植馬鈴薯及蔬菜類作物，由於農場至今仍未使用機械化耕作<sup>13</sup>（圖 7），學童從翻土除草收成的每個環節都必須親手與土地接觸；每個季節學習種植不一樣的作物，直接面對各種生

物態樣的消長變化，最後享受收成的喜悅。因此食農課程極受學童及家長歡迎，農場也考慮在不影響整個系統平衡的範圍中，擴大進行食農教育的土地面積。

## 四、結語

### (一) 對化肥的反思

1804 年以降，德國 Justus von Liebig 教授以其農業化學研究成果主張氮、磷、鉀對植物成長的巨大意義後，開啟了化學肥料的新頁。1910 年 BASF 公司的 Fritz Haber 及 Carl Bosch 2 位研究者將他們分離氮的工業製造技術登錄為專利，此後作為植物重要營養成分的氮素因此進入大量人工製造的階段，化學肥料廉價且容易取得，全球農作物產量得以大幅提升。然而土壤中含有數以億萬計的有機微生物，其具有將麥稈或老化植物的根部分解成腐殖質，將其礦物化以供植物利用的功能，但化學肥料無法提供這些有機微生物養分，再加上淋溶作用，長期下來土壤反而變得更貧瘠。

近年來許多農場中採取營養循環，甚至採取有機農作，正是基

註 13：但這並不意味此類農場的守舊與封閉。以本文的伯爾海姆農場為例，其很早就導入 GPS 定位系統來輔助生產。

於對過度使用化學肥料的反思。與一般有機農場或慣行農業生產方式有所不同之處在於，在以營養循環概念運作的農場中，易溶性的礦物肥料是被禁止的，其概念在於動物是土地這個有機體的共同創造者（Mitgeschöpfe），除提供動物足夠的草地，並以農場本身作物作為飼料，使動物的排泄物再度成為土地的養分，創造一個完整的循環體系。而本文中的伯爾海姆的農場採取這樣的經營模式，使循環農業的概念可與農場經營完全契合。

## （二）綜合農場為必要條件

動物的糞肥為讓土壤肥沃之最佳來源，且其飼料大多來於農場自身，因此綜合型農場無異是運作循環農業最佳的選項。植物的養分除了依賴農場本身飼養的動物的糞肥之外，農場內多元的作物種植在加工或販售之前的揀選也會產生一定的廢棄物，該些綠色廢棄物以一定配方比例製作成堆肥，除可回歸到原農場的土地之外，若有多餘的堆肥亦可提供給鄰近農場或銷售給消費者作為家庭園藝資材使用，對提升農場收入有所助益。

長久以來在德國所推動的農場沼氣發電，在綜合農場中亦可有較佳的操作模式，即以農場所生產的綠色廢棄物與禽畜糞皆作為厭氧消化原料，發酵後的沼渣沼液再回歸農田栽種，沼氣槽作用後所產生之熱、電皆可提供農場使用，充分運用到農場的整體資源。然我國目前因為農、畜場分離，鮮有綜合性農場之型態，因此或可採用區域合作，以達到資源循環應用之目標。

## （三）教育訓練的引領

農業循環經濟的概念必須通過教育訓練來引導，使之成為一種實踐模式。在理念方面，要讓農作生產者認知，雖然運作循環模式的初期成本較高，但是長久下來藉由自然的方式使得土壤更肥沃，所帶來的經濟效益將更為巨大；對於消費者而言，則可以獲得更高品質和更安全的農產品。

也由於每個農場所處之風土環境、地理位置，乃至面對的消費者需求各異，循環理念在農場的實踐具有高度的個別化特質，甲農場基於其所具備的作物及畜類條件的運作方式未必同樣適用於乙農場，要使「循環」之理念成為實作的模式，教育訓練為推廣能源和營養回收與再利用技術不可缺之一環。我國在「新農業創新推動方案」中亦透過友善農業之推動以產生整體循環經濟市場引力的動能，然對於慣行農法與友善農業觀念之溝通仍需透過教育訓練來縮短其差距，而德國農場之作法亦可作為我國推動相關措施之參考。