

惜物環保，循環農業新經濟

# 從過去到未來 農牧循環場域

1 李欣蓉

1 蕭庭訓

2 李國基

1 程梅萍



## 壹、臺灣農牧產業的過去

早期臺灣的農業多為小型家庭農戶，施作大致以人力及獸力，無省工機具，且因交通不便、資源取得不易。而家畜禽則是依附在家庭農戶生產下，屬於少量飼養的副業，多用於自家食用而不具產業規模，養殖模式也是透過農民種田的作物供應生活所需後，剩餘的農業資材再拿來養育家畜禽；農家以豨養家畜禽之糞便加上果菜殘渣自製堆肥後再施用於農地，採自給自足循環利用。

後來因為時代變遷、科技的進步加上國外技術引入，臺灣畜牧產業慢慢從傳統家庭式轉向科學化與產業化，改以玉米及大豆取代農副產物作為主要畜禽飼料配方，又加上育種改良精進，不但改善了家畜禽肉的品質，更縮短了飼養天數，飼養規模逐漸放大，使畜牧產業轉變為企業化，帶動產



註1：行政院農業委員會畜產試驗所。

註2：行政院農業委員會科技處。

業蓬勃發展。然而因臺灣地窄人稠，規模化飼養隨之而來產生的大量糞尿等排泄物問題，受到社會大眾關注。爾後環保意識抬頭，行政院環境保護署（簡稱環保署）立法規範，畜牧場廢水不可任意排放，須經處理後使廢水符合放流水排放標準才可以排放；加上施用化學肥料的方便性，使作物產量快速提升而捨棄以畜牧廢水或畜禽糞再利用於田間，更忽略了化學肥料對土壤品質與地力快速耗竭。

## 貳、相關循環法規演變與調整

近年來因發現自然資源並非取之不盡，加上氣候變遷所造成的衝擊，循環經濟實踐已為全球趨勢。臺灣的廢棄物清理法歷經多次修正，廢棄物的管理概念也從過去的「搖籃到墳墓」之消極性管理，轉變成從「搖籃到搖籃」之積極性管理，稱之為循環經濟。

透過循環經濟的概念導入農業生產，所謂的農業廢棄物，也被再分類出低環境負荷且可再利用之生產剩餘資材，其中行政院農業委員會（簡稱農委會）所制定的「農業事業廢棄物再利用管理辦法」中第3條附表一，針對農業事業廢棄物可再利用之種類與其來源、用途與產品等再利用管理方式加以說明，其中與畜牧可再利用之剩餘資材的項目包括了：一、畜禽糞；二、農業污泥；四、羽毛；五、畜禽屠宰下腳料；六、斃死畜禽；九、豬毛；十一、破殼

蛋或孵化廢棄物等項目。而該辦法的第3條第4項提到：非屬第2項附表一之事業廢棄物種類及再利用管理方式，應由事業及再利用機構共同提出個案再利用申請，經中央農業主管機關許可，始得再利用，例如畜牧廢水如果要走該辦法進行再利用，需要向農委會提出個案再利用申請。

農業事業廢棄物再利用管理辦法，亦針對可再利用用途進行與時俱進的調整，例如畜牧場經厭氣處理後水肥或糞尿等廢棄物中所含之污泥，兼具顆粒性及膠羽性，可提供其他同業或異業例如石化工廠之廢水處理系統作為植種污泥，以提升其廢水處理設施之生物處理效率，故於105年12月修正附表一中的農業污泥，新增可作為植種污泥之用途並加以訂定再利用管理方式；或於107年3月，增加部分農業事業廢棄物用途，可用於再生能源之原料或燃料，例如：畜禽糞、菇類培植廢棄包、畜禽屠宰下腳料、斃死畜禽、果菜殘渣與花卉殘株及栽培介質等，順應臺灣推動沼氣發電等綠能循環政策之趨勢；再於108年2月修正畜禽糞再利用之運作管理，提到若作為肥料產品者，再利用機構應具備發酵或乾燥之相關設備，若屬乾燥設備或措施者，應有維持攝氏70度至少30分鐘之製程，且其產品之水分含量應在20%以下，此規範可使政府推動雞糞加工肥料之再利用，獲得法規支持。

環保署亦已將「畜牧糞尿肥分利用專章」納入「水污染防治措施及檢測申報管理辦法」修正條文，並已於104年11月24日正式公告，即在符合規定條件下，畜牧業者可全量或部分將產生之畜牧糞尿沼渣沼液作為農地肥分用。106年12月27日修正發布水污染防治措施及檢測申報管理辦法，明定畜牧糞尿資源化的比率與期程，飼養頭數豬隻2,000頭以上或牛隻500頭以上，其資源化比率須於111年達5%以上。為因應環保法規修訂對畜牧場造成的重大影響，與基於循環農業資源再利用觀點，推動畜牧廢水施灌農地再利用政策勢在必行。

自105年起推動至111年5月止，全國已有2,695家畜牧場採取畜

牧糞尿資源化利用，包括1,593場取得沼液沼渣作為農地肥分使用同意，180場取得農業事業廢棄物個案再利用許可及922場符合放流水標準回收澆灌植物等。施灌農地面積達3,912公頃以上，施灌水量每年達878萬公噸，相當於節省了肥料512萬包，所節省之水污染防治費用約5,917萬元(圖1)。

### 參、農牧循環場域的現在

究竟畜牧產業在飼養過程中，會產生那些剩餘資材呢？畜牧糞尿廢水經過固液分離後，固體的糞渣可用於製作堆肥，液體經過厭氧發酵處理之排出液即為沼液沼渣；而在厭氧發

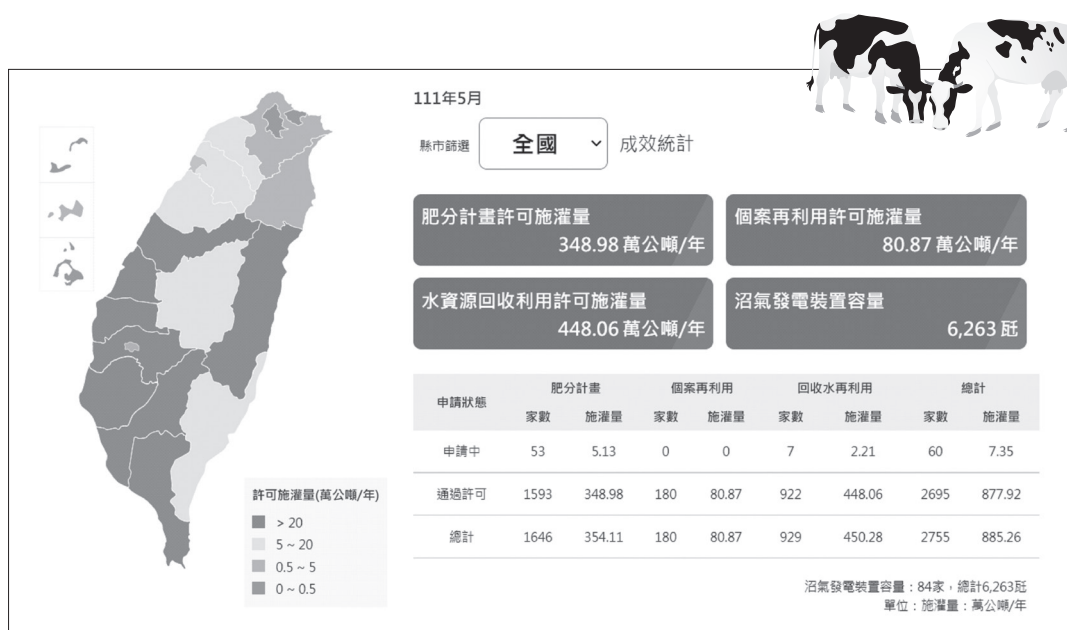


圖1. 畜牧資源化成效。

資料來源：全國畜牧糞尿資源化網站。

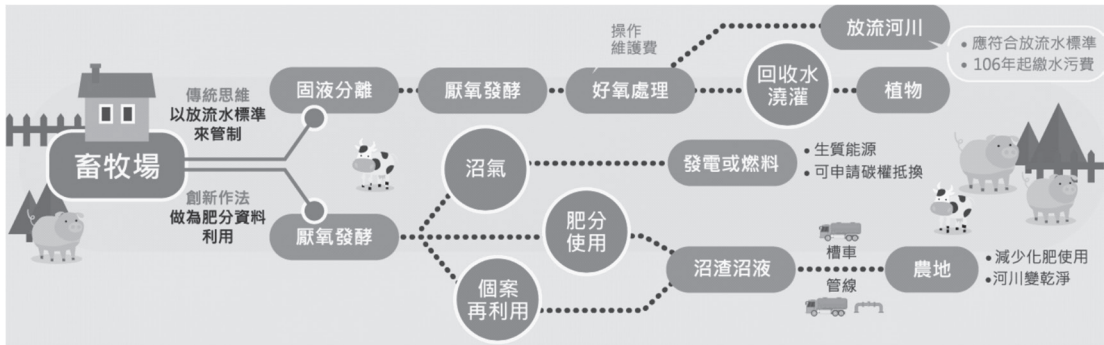


圖2. 畜牧廢棄物再利用新思維。  
 圖片來源：全國畜牧糞尿資源化網站。

酵過程中，廢水經微生物分解產生沼氣。這邊提到的糞渣、沼液沼渣與沼氣等，都可以被視為畜牧剩餘資材，可作為後續循環再利用（圖2）。

廢棄物農業循環利用，最重要的產業經營效益與環境效益並未能量化資料呈現，以至於不被重視。完整農牧循環模式不應只是將所有廢棄物回歸土壤環境即結束，應持續探討回田後對土地、作物、動物、產業等的後續影響，找出最有利之經營模式。

#### 肆、農牧循環場域的案例

農委會畜產試驗所（簡稱畜試所）於所內牛舍，透過太陽能光電牛舍、厭氣消化甲烷回收、沼氣發電場內自用、沼液沼渣農地肥分使用與農業副產物與廢水施灌牧草餵飼牛隻取代進口飼糧等循環技術導入，建置農牧循環場域（圖3）。

##### 一、太陽能光電牛舍：

設置範圍包括牛舍、堆肥舍與遮陰棚等，設置面積約5,757平方公

尺，設置容量共計499,590 Wp，平均每月發電度數約42,514度，租賃契約中之每月平均售電回饋金8.1%計算，每月回饋金可達15,488元，依經濟部能源局（簡稱能源局）110年9月公布之109年度電力排放係數0.502公斤CO<sub>2</sub>e/度計算，每年可減碳約256公噸CO<sub>2</sub>e。光電畜舍亦可降低畜舍室內溫度攝氏3~5度，隔離雨水衝擊屋頂的噪音以減少畜禽緊迫。

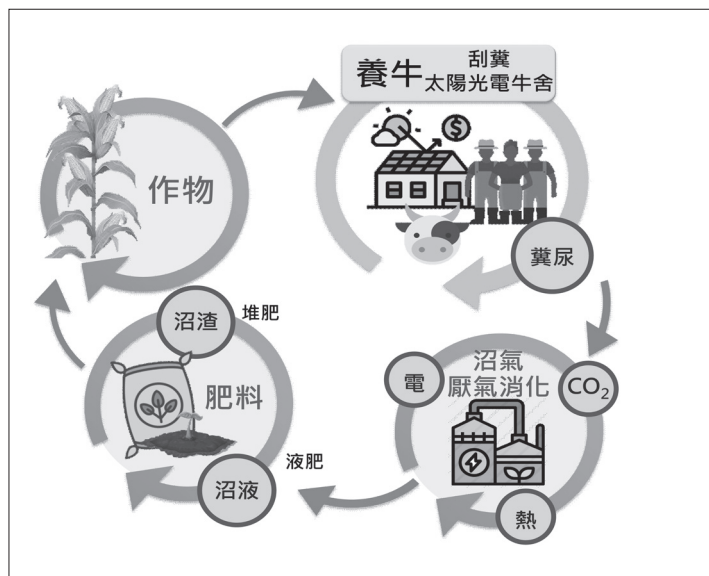


圖3. 畜試所農牧循環場域循環圖。



圖4. 畜試所農牧循環示範場域空拍圖。

## 二、養牛厭氣消化廢水甲烷回收：

該牛場飼養約200頭乳牛，110年度實際紀錄收集後沼氣量為36,276立方公尺／年，換算沼氣收集之減碳效益約602公噸CO<sub>2</sub>e／年。

## 三、沼氣發電場內自用：

厭氣消化後廢水所產生之沼氣，經過純化後以30 Kw之渦輪發電機組發電後場內自用，可用於畜禽舍環控（風扇、灑水）等用電所需，降低成本，換算總發電量約49,467度／年；若以能源局110年生質能源躉購電價為5.1176元／度計算，年收入可增加約25萬元之躉購電費。透過沼氣發電之減碳效益約3.7公噸CO<sub>2</sub>e／年。

## 四、沼液沼渣農地肥分使用：

畜試所於102年通過農委會之農業事業廢棄物個案再利用計畫，將養牛厭氣廢水，以槽車灑灌與所內35公頃盤固草試驗區，102~109年每年平均灑灌量約6,200公噸。

另外畜試所為瞭解大面積栽種牧草施灌養牛廢水之效益，以管灌方式施灌養牛厭氣廢水於0.75公頃狼尾草台畜草8號試驗田，並透過施灌化肥、施灌養牛厭氣廢水與灌水不施肥等3種處理組，比較畜牧廢水施灌效益。以狼尾草8號需氮量以800公斤／公頃／年估算，畜試所養牛廢水含氮量以800毫克／公升計算，每年每公頃所需廢水1,000公噸，其提供的肥分相當於40公斤台肥5號施用量125包，可節省約每年每公頃4萬元之化肥成本（圖4）。

採收後的植體進行農藝性狀分析，廢水組的植株採收後鮮重，為化學氮肥組的1.4倍及為灌水不施肥組的1.6倍以上，而測量植體性狀可知，廢水組之葉領株高、葉尖株高、莖節數、節間長與葉長等性狀，都明顯高於化學氮肥組。

## 五、農業副產物與廢水施灌牧草餵飼牛隻取代進口飼糧：

使用牛糞廢水施灌所製作之狼尾草青貯料，其青貯品質佳，用於餵飼泌乳牛隻取代飼糧乾基10%~11%，大幅降低飼糧成本，且不會影響飼糧之採食量與產乳性能，且牛乳品評試驗接受度與其他處理組無差異，不影響乳品風味。再搭配畜試所的農副產物低碳飼糧開發，以臺灣農業副產物取代進口飼料，產業估算每年可節省2.7億元進口飼料成本（圖5）。

### 伍、農牧循環的未來藍圖

面對大環境與氣候變遷的影響，畜牧產業也須隨之進行轉型，例如：高生產效能畜禽品種選育；從源頭管理提升飼料營養成分利用率與減少重金屬含量之飼料配方；透過高床豬舍建置糞尿分離設施導入節水飼養管理技術；進行畜禽糞高固形物消化技術提升沼氣量等。

此外，畜牧廢水再利用也可以透過跨域合作營造產業加值，除了前面提到的將畜牧廢水場的污泥用於工業廢水場植種污泥使用之外；或是與水產養殖業者合作，將畜牧廢水導入水蚤養殖利用，飼養出的水蚤可用於水

產餌料生物餵飼，提高水產生物幼期的育成率，增加收益；或是可將微藻養殖技術導入畜牧廢水處理單元中，畜牧廢水在放流前透過微藻養殖回收氮磷等養分，於2,000公噸畜牧廢水處理場進行驗證，每日可產生3,000~4,000公斤之藻泥或300~400公斤之藻粉，並且有效淨化廢水，淨化後水體可進行農田澆灌與豬舍沖洗，達到接近零排放的終極目標。衍生出微藻液態肥料及飼料營養補充物產品開發，創造極大之衍生利益。

循環農業導入跨產業技術鏈結合作與資源共享概念，將農業廢棄物轉為可利用資材，共同創造低成本、低污染、高品質與高產能之臺灣新農業。

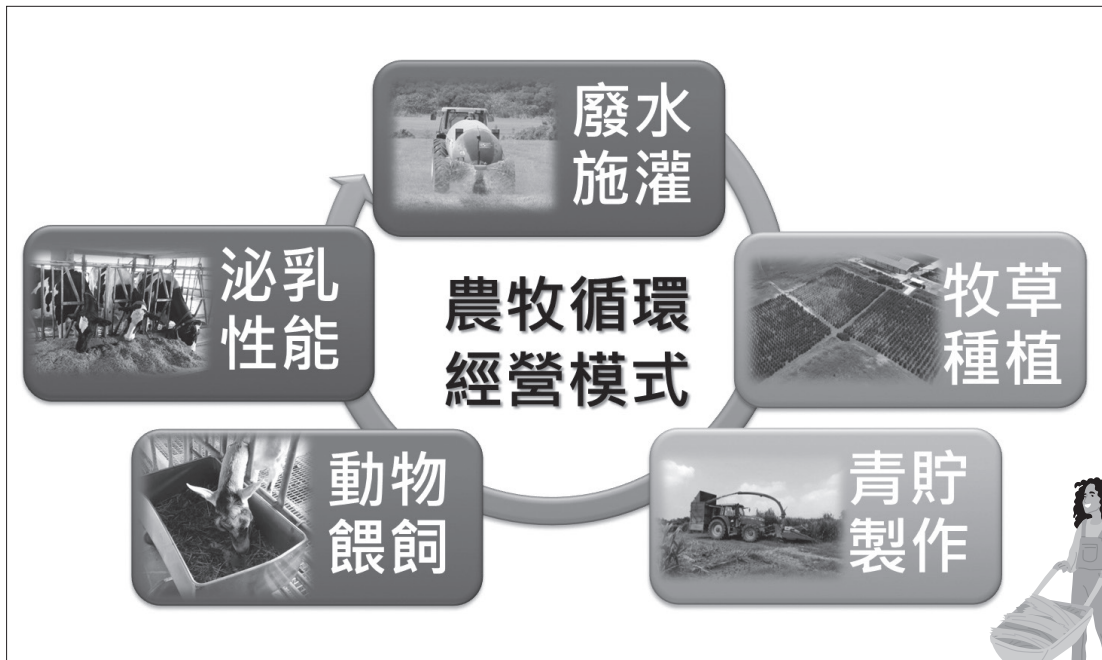


圖5. 農牧循環經營模式。