

以工輔農、以農養綠

## 善用農畜資源還綠大地

談到農工合作，多指農業借工業科技力量轉型升級，擺脫看天吃飯的困境。在2050淨零碳排的目標下，低碳能源頓成明日之星，農村養豬戶投入綠電或沼氣發電，不僅增加賣電收益、養豬汙泥更是降解工業廢水的高值產物，未來還有機會為工業生產提供可觀的碳權，是農業回饋工業的最佳典範。



工研院團隊協助養豬戶排除發電的法規障礙，整合厭氧發酵、脫硫至沼氣發電系統等設備之建置，協助一個接一個養豬場，逐步建立起臺灣沼氣發電的規模。

撰文／林玉圓

**臺**灣有6,400座大大小小的養豬場，飼養豬隻超過550萬頭。早年部分豬農無力處理養豬廢水，導致臭味四溢甚至汙染河川，形成環境的沈重負擔。所幸這個情況已明顯改善，在政府與工研院的努力下，沼氣發電讓養豬汙泥變黃金，

豬農不再背負環保壓力，反而一躍成為綠電與碳權的生力軍。

**國內沼氣發電 規模已達7.2 MW**

目前全臺養豬戶所建置的沼氣發電裝置容



在政府與工研院的努力下，沼氣發電讓養豬汙泥變黃金，豬農不再背負環保壓力，反而一躍成為綠電與碳權的生力軍。

量，已達7.2MW，可供應1.2萬個家戶的日常用電；有別於太陽光電及風電僅能間歇性發電，沼氣發電24小時都能運轉，未來很有機會成為基載再生能源，在臺灣2050淨零路徑中擔綱重責大任。

養豬汙泥如何變黃金？工研院中分院產業綠色技術組副組長，同時兼任農委會沼氣發電推動計畫辦公室主任李志杰解釋，養豬廢水經過固液分離、厭氧發酵、好氧處理等3個階段，廢水就不再髒臭，還會有淡淡的青草香，可安心放流，回歸大自然。其中在「厭氧發酵」階段，會產生大量的沼氣和甲烷，可作為發電之用。

### 厭氧發酵 養豬廢水產生沼氣

「其實困難的不是技術，而是溝通，」李志杰說，20年前國內就曾推動沼氣發電，但因技術不成熟反而讓養豬戶有所顧忌。「2015年我們開始一一拜訪養豬戶，提到沼氣發電大家都搖頭。所以我們決定換個角度來溝通，先協助養豬戶『處理廢水』。」

李志杰和團隊替養豬場建立廢水處理3階段流程，讓廢水合法放流，幫豬農解決環保問題；但廢水中含有大量汙泥，必須先加以去化，才能提

高廢水處理效能。以往這類汙泥的處理費用每噸達7,000至2萬元，由於成本太高，養豬場索性不處理。李志杰說，「這些汙泥是寶物，是菌相豐富的有機質，就像人體腸道內的益生菌，能夠降解許多毒素，舉凡工業廢水的幾個排放標準，包括化學需氧量（COD）、生化需氧量（BOD）、固體懸浮物濃度（SS）、氨氮等，在養豬汙泥裡都有相對應的菌種可以處理。」

### 汙泥富含有機質 可降解工業廢水

李志杰替每個養豬場進行汙泥的菌相篩選，再與不同產業的工業廢水進行配對，「石化業、紡織業、光電業，都樂得運用這些養豬汙泥，將工業廢水中的有毒物質加以降解。」對養豬戶來說，這些以往必須花錢處理的汙泥，現在有工廠會來載走，而且還供不應求。養豬戶的環保及成本問題都得到解決，對工研院團隊信心大增，便同意進一步投入沼氣發電。

豬農雖有意願，還需要法規與資金的協助，工研院團隊不僅幫忙豬農與農委會溝通，同時爭取廢水處理補助。此外，豬農也須與沼氣發電產業鏈搭上線，從厭氧發酵、脫硫、發電鍋爐到發

電系統，每個設備和過程都要有業者提供解決方案。在工研院的輔導下，整個產業鏈的不同廠商一一成形。「就這樣，全臺各地，一個養豬場接著一個養豬場，逐步建立起沼氣發電的規模。」

李志杰坦言，國內約6,400座養豬場，9成屬於千頭以下的小規模養豬場，投入沼氣發電較難達到經濟規模。這類小型豬農，工研院輔導他們將沼氣轉為熱能，作為仔豬保溫之用，取代原本耗電的保溫燈，同樣有節能環保功效。

### 豬農沼氣發電 已減碳6.4萬噸

過去6、7年，李志杰與團隊跑遍全臺約1,400座養豬場，建立了138座沼氣發電站，相當於減碳6.4萬噸。「很多工業大廠也跟進投入沼氣發電，因為他們運用養豬汙泥來降解工業廢水的過程中，也會產生大量沼氣。」

在豬農帶動、工業跟進下，國內的沼氣發電已初具規模，未來還有更大的發展潛力。依據過去幾年的經驗，團隊為每個案場設計符合需求的電力出口，例如以保證收購（FIT）模式售予台電，目前沼氣發電的躉購費率每度達5.18元，較光電及風電更高，且每年微幅上調，業主均樂觀看待售電商機。

而沼氣發電的業主也可選擇發電自用或供他人使用，如此一來，雖無躉購電力收入，卻能得到碳權。「全球供應鏈對淨零排放的要求愈來愈高，養豬場不必急著賣電，手上握有的碳權，未來只會更有價值。」李志杰說，目前全臺沼氣發電量，約有3成走台電FIT市場，7成是自用或供他人使用。這也促成新

的商業模式，像是有工業大廠願意出資，為養豬場興建沼氣發電設備，工廠取得綠電與碳權，養豬場則享有廢水處理與收益的好處。

### 沼氣發電國家隊 對外輸出潛力大

國發會3月底公布「臺灣2050淨零排放路徑」，沼氣發電為主的生質能可望成為綠色能源的要角。李志杰表示，「沼氣發電不僅是能源政策，也是產業政策，目前國內對沼氣發電已有共識，也看到明確的發展方向。未來若能進一步鬆綁法規、提供誘因及補助、並鼓勵金融界參與，相信沼氣發電產業鏈的發展條件會更加成熟。」

展望未來，工研院過去幾年積極扎根，從豬農、設備商、系統商到綠電及碳權用戶，打造成一條龍的沼氣發電產業鏈，很有機會成為臺灣產業對外輸出的綠色契機。「印尼有許多離島漁村，缺乏電力，也無力興建發電廠，但肯定有畜牧或有機廢棄物可供沼氣發電之用。」李志杰認為，臺灣的沼氣發電解決方案因畜牧業的成功經驗，很有潛力向東南亞、南亞等地輸出，不止有潛力讓臺灣成為亞洲地區的生質能產業領導者，更能助全球2050達成淨零永續一臂之力。■



工研院輔導小型豬農將沼氣轉為熱能，作為仔豬保溫之用，取代原本耗電的保溫燈，同樣有節能環保功效。

## 農漁電共生 兼顧糧食與能源安全

撰文／陳怡如

過去，農業被視為糧食生產者，但在淨零碳排、臺灣能源轉型的趨勢下，農民還能透過綠電轉型，同時做能源生產者。向陽集團董事長陳貴光看好臺灣綠能發展，積極投入農、漁電共生，「讓土地複合式應用，為農家帶來農、電雙重收入。」

13年前，莫拉克颱風重創南臺灣，出身屏東竹田農家的陳貴光看到故鄉魚塢、農田遭海水倒灌淹沒，深感痛心，遂響應屏東縣政府的「養水種電」計畫，結合太陽能發電和精緻農業，進而發展「農電共生」，要翻轉農業看天吃飯的宿命。他在屏東老家建了示範場域，為全盤掌握作物生長，陳貴光採溫室栽植，並在屋頂設置太陽能板，透過精準計算的透光率，在底下種植有機蔬果。

「最開始種菜，後來種木瓜，甚至種過香蕉、鳳梨都很成功，」陳貴光的農電共生溫室，不僅被蔡英文總統在臉書提及，就連美國在臺協會也專程來觀摩。



### 引入科技養殖 重現養蝦王國

近年陳貴光又積極搶進「漁電共生」，打造防疫型的溫室養殖，屋頂也架起太陽能板發電。目前向陽已陸續在臺南、屏東與嘉義等地，打造大面積漁電共生場，鎖定經濟價值高的白蝦和草蝦。

陳貴光表示，臺灣曾經是養蝦王國，後受疫病影響，產量逐年遞減，一定要結合科技提升品質。向陽以溫室養殖，應用智聯網把關環境、水質，自行研發水下攝影系統，遠端即時監控，現已推出標榜SPF無病原菌的「和光蝦」品牌。此外，向陽也透過漁電共生與養殖戶共利，除了幫忙建置場域，每月付給養殖戶管理費之外，收成超過標準還會分紅，透過保障穩定收入，讓農漁民生活無虞，進而吸引青農返鄉。

這樣的模式也獲得日本三井住友集團旗下SMFL MIRAI Partners入股，投資30億日圓，由於這是第一家日商在臺投入漁電共生太陽能電廠專案，成功提升漁電共生的知名度。向陽規畫在嘉義打造裝置總容量312MW的案場，未來3年內發電4.3億度，養殖4.3億隻白蝦，「國外進口蝦運到臺灣，產地到餐桌超過萬里，屬於『排碳蝦』，我們是『減碳蝦』，終極目標是1隻蝦可以減1度電。」

陳貴光的夢想還不止於此，他想打造上層種電，中層種菜，下層養魚的「農漁電共生」模式，現已初步驗證成功，待未來大規模複製；此外，向陽也計畫發展儲電，把多發的電儲存下來，讓農地一地三用，為我國糧食安全、能源安全盡一份心力。■