

能源新技術 垃圾變黃金

張志玲

由逢甲大學綠能科技暨生技產業發展研究中心（以下簡稱綠能中心）開發的「暗發酵產氫技術」，是以有機廢棄物產製氫氣或甲烷等生質氣體，可以再製成高燃燒效率的混搭氣體供引擎使用，又可降低空汙排放量減少環境汙染。這些成果讓綠能中心受到各界矚目。

自然界中有一種細菌稱為梭狀芽孢桿菌，它在吃了醣後會排出以氫氣與二氧化碳為主的氣體。利用這特性，綠能中心研發出「在厭氧環境中以梭狀芽孢桿菌產製氫氣」的暗發酵產氫技術。

梭狀芽孢桿菌廣泛分布於自然界，喜好酸鹼值 5.5 ~ 7.0 與溫度攝氏 35 ~ 40 度的酸性環境，若把環境調控到合宜的程度，再餵以含高濃度醣類的廢水，便能取得源源不絕的氫氣。然而綠能中心主持人林秋裕博士表示，有這樣產能效果的有機廢棄物並不僅限醣類一種，也可以應用到非醣類料源，如製酒時殘留的酒糟、養豬場排放的糞尿廢水、農業廢棄物等。

只是能分解醣類與非醣類（如蛋白質、脂肪）的細菌種屬不同，需要的操作時間與控制條件也不一樣。以產製沼氣的



甲烷菌為例，其適合在酸鹼值 7.0 ~ 7.6，溫度攝氏 35 ~ 40 度的環境中，且生長的時間約是酸化菌的 10 倍。

為了讓不同細菌能各自發揮其最大的產能，綠能中心另外開發了一套技術把酸化菌與甲烷菌分開，再透過工程設計把不同步驟串聯起來，於是形成先以酸化菌生產氫氣，再以甲烷菌生產沼氣的兩個階段。後來又發現，當氫氣、甲烷、二氧化碳等氣體以 15%、45%、40% 的比例混搭成氫烷氣後，不但可供引擎燃燒使用，還可提升約 20 ~ 30% 的燃燒效率，而且燃燒時產生的一氧化碳、氮氧化物等空汙排放量也可大幅降低。

目前國際上對於生物氫能源的開發，在廢水處理領域仍以實驗室操作為主，實務上非常少有作為。至於甲烷菌方面，雖然丹麥養豬戶的沼氣應用非常發達且已有發電的成績，惟其採用直接甲烷化，但林博士認為甲烷化前若能先進行酸化產氫，整體產能效率應可提升。

綠能中心對自我的期許甚高，不僅發表論文，還希望能走出實驗室，解決實務問題。其實目前的成績也斐然，譬如台中一家飲料工廠經評估後，已決定納入



圖中設備是綠能中心開發的模組，其中的主要設備是發酵槽，槽裡的溫度、酸鹼值和氧化還原電位 3 個參數若能調控在最佳範圍內，就能讓槽裡的細菌快速地排放氫氣。

暗發酵產氫技術作為工廠廢水的前處理。又台中工業區的台中酒廠已測試一套綠能中心的酒糟處理設備。另霧峰一個有上千頭豬的畜牧場興建處理豬糞尿廢水的設備，也採用了綠能中心的產氫技術。

值得一提的是，有一家位於彰濱工業區擁有三、四十國引擎專利的工廠，針對氫 15%、甲烷 45%、二氧化碳 40% 混搭比例的氫烷氣測試後發現，其燃燒效率是已知最好的。對這結果林博士認為，專利引擎固然是關鍵技術，而氣體混合比率也頗為重要，若能結合兩者應該可以創造 $1 + 1 > 2$ 的效果。

總結說來，暗發酵產氫技術是把細菌吃了有機物質後所排放的氣體收集起來作為能源使用，而綠能中心的工作重點就是技術開發與資源整合，讓細菌能獲得最適合的生長環境和在最短時間內排出大量氣體，達到降低環境汙染與取得再生能源的目標。這種不受天候影響的特性，與現行的太陽能、風能等熱門技術但是易受天候影響的能源產製方式有所區隔。

張志玲
本刊特約文字編輯
