

# 商業化沼氣生產與應用

可替代石化能源重視，使用生物能源可降低畜牧廢棄物處理成本及有害氣體的排放，為畜產業永續發展中值得研發使用的資源。

歐洲的農場中有許多小型沼氣生產設施，一部分是家庭式的小規模設施，商業化的實際應用規模在大型養豬場。沼氣生產並不是新的程序，早期以簡易的設備收集糞尿儲存坑產生的甲烷氣體作廚房燃料。今日由於更有效率的電能轉換，沼氣的應用已更為廣泛。沼氣中主要成分為甲烷，是導致溫室效應的氣體之一，自然界中大約 60% 的甲烷量是因為人類活動而產生的，而其中又有一半是由農業而來。因此，歐洲部份國家已對甲烷排放開始進行管制，如何有效率的回收利用沼氣，是一個重要的議題。

沼氣生產系統經過長期測試後已經自動化，不過其基本原理仍然是應用發酵程序。所有能夠輕易自然分解的有機質，都可作為基質原料，前提是其內容物不可含有會導致機械損壞的金屬、塑膠或石塊等雜質。原料基質形態不需拘限於液態，如農作物殘渣、屠宰場廢棄物與穀物碎屑等均可。唯一不可使用的基質是木材，因木材內含的木質素是厭氣發酵難分解的物質。

沼氣生產是具有許多優點的生物處理程序，豬場設置沼氣發酵槽主要是因為其可降低豬糞尿的臭氣；在豬糞尿轉變產生甲烷時，可去除大部份難聞的有機脂肪酸。沼氣生產設施即使運作很好，其中的糞泥不可能完全無臭味，但不會造成困擾。

沼氣發酵槽有兩種，一種是中溫發酵槽，其操作溫度約在 38°C，另一種高溫發酵槽，其操作溫度不超過 55°C。兩種發酵槽均須在黑暗且厭氧環境中，靠不同微生物消化分解有機基質以產生沼氣。微生物間主要差異在於對環境溫度變化的適應力。環境溫度越高，微生物對溫度變化越敏感。當溫度下降，即使只是短暫的溫度變化微生物也很敏感。

發酵系統的程序控制是生產之關鍵，目的是藉調節不同發酵基質的質量，以維持穩定的沼氣生產量，實務上常需要搭配糞尿與其他發酵基質共同發酵。具分解能力的微生物存在發酵系統中，必須小心的攪動內容物，使微生物能充分發揮其發酵能力，並使沼氣能連續產生。所產生的沼氣可以貯存於發酵槽頂部，且其壓力不超過 5 毫巴(mbar)。為避免沼氣與基質之腐蝕，發酵槽體使用高級不銹鋼材料建構。操作原理就像豬隻自動餵料系統，定時定量加入新的基質原料，同時將等量的已分解基質自發酵槽排出。由預先設定參數的控制盤操作，可使系統維持高度效率，控制系統也可監測發酵槽反應狀態，在「供料過多」使微生物反應程序停滯前，即回授訊號以調整操作狀態。

產出氣體組成為甲烷(55-70%)和二氧化碳(30-45%)，此二者均屬溫室氣體，對於溫室效應的影響值，二氧化碳約為 50%，甲烷約為 20%。甲烷比空氣輕，若未限制其排放，將逸散於大氣中造成危害。另一個重要的考量是石化能源的替代，以沼氣替代燃燒煤或石油發電，可以減少二氧化碳排放量。利用易燃的甲烷為燃料發電，稍作修改也可作為緊急備用發電機，產生的廢熱且可用於發酵槽加溫及建物暖氣用。沼氣產生量取決於基質的質量，1 立方公尺的豬糞尿可產生至少 25 立方公尺的沼氣，足夠產生 51 度(kWh) 電力，而 1 立方公尺脂肪則約可產生 960 立方公尺的沼氣。

豬場中不同生產階段排出之糞尿成分變化非常大，通常較稀薄的仔豬糞尿與成長豬糞尿混合，乾物質含量均高於 8%，一般假設總乾物質約佔液態豬糞尿的 6%，其中約 81% 是有機質。每批次基質停留時間約 25-27 天，每年可以處理液態豬糞尿 30,000 立方公尺(編註：約為台灣在養頭數 3000 頭之糞尿每年排出量)，並每天產生沼氣 1,800 立方公尺。使用一種高效率的噴射燃燒裝置(ignition-jet CHP unit)於發電機引擎發電，已建置之運轉設備證實沼氣發電量可達 140 萬度(kWh)/年，可連續供應 160 千瓦設備電力全年需求，足夠小

規模豬場使用。如果使用混合原料基質，例如每年混合液態豬糞尿 8,000 立方公尺、脂肪 150 噸及火雞乾糞 1,200 噸，每批次基質停留時間 60 天，其發酵槽容積約 1,500 立方公尺即足夠，可降低設備建置成本。

考量電力輸送至用戶端的功率耗損，原廠原址的再利用沼氣發電更具經濟可行性，沼氣發電廠大於 70 千瓦發電量即具經濟效益規模。液態糞尿發酵處理後並不會影響肥力，經過發酵處理的基質施用於農田，更適於農作物生長需求。所以，沼氣連續發電能力的經濟價值，可促使養豬場有意願投資設備，附帶的好處是除臭並可降低廢棄物處理成本。

台灣養豬場普遍採用的三段式廢水處理系統，原廢水於固液分離階段約去除了豬糞尿中 40%~70% 有機固形物質，再導入厭氣發酵槽消化分解並產生沼氣。處理過程產生的固態豬糞及脫水污泥，送到堆肥處理場再次發酵後，可產生有機肥料施用於農作物。此處理程序雖可符合現行環保要求，但是廢水處理系統及堆肥場發酵產生的沼氣，由於產量不穩定造成再利用設備間斷運轉，設備投資報酬率不高，大部分均逸散於大氣中，除了造成溫室效應對自然環境產生負面影響外，且浪費可再利用資源。

台灣位處亞熱帶，高溫環境適於沼氣生產系統之運轉，若變更現行廢水處理程序，將豬糞尿原廢水直接導入設計良好的發酵槽，生產高量的沼氣以支持具經濟效益的能源回收設備，豬糞尿固體經此程序可減少容量，降低後處理及運輸成本，若系統同時可分解處理斃死豬體，則附帶可降低死豬處理成本與困擾，並避免斃死豬體運輸過程的病源傳播問題。

(邱滄貴編譯/蘇忠楨審 Pig International, 34(6):35-26, Jun.2004)