

知識物件上傳表

計畫名稱：新及再生能源前瞻技術掃描評估及研發推動-新能源創新前瞻計畫

主題名稱：生物電合成固碳轉化技術研析

提報機構：工業技術研究院 綠能與環境研究所

資料提供者(作者)：劉書羽

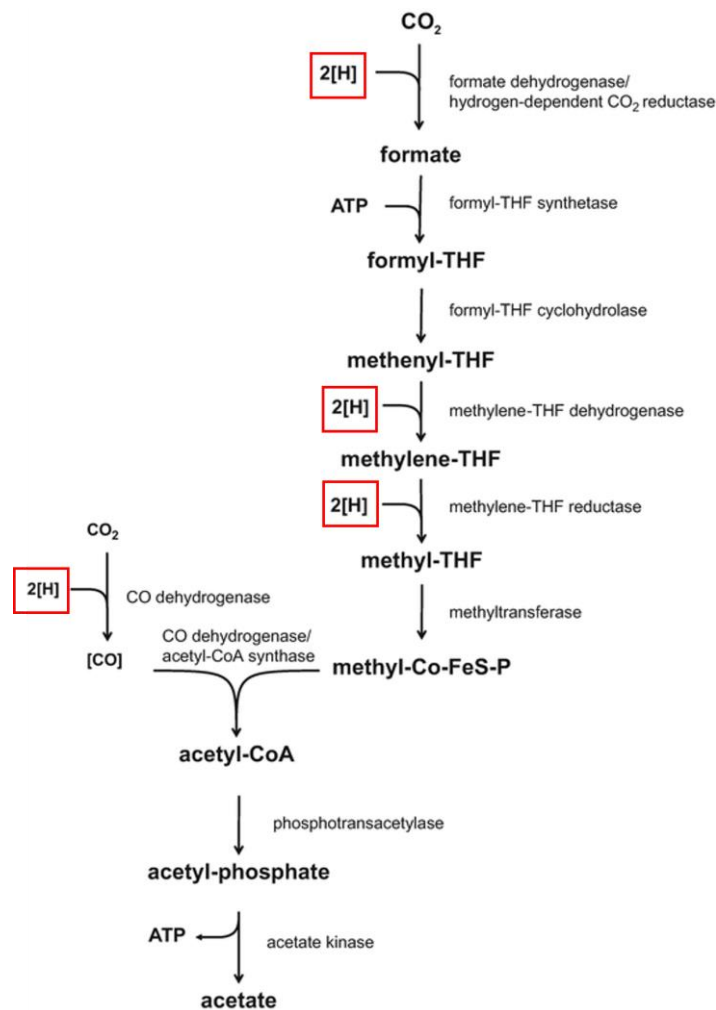
提報時間：2020 年 3 月 9 日

與計畫相關	<input checked="" type="checkbox"/> 1.是 <input type="checkbox"/> 2. 否
國別	<input type="checkbox"/> 1.國內 <input checked="" type="checkbox"/> 2. 國外：(歐美)
能源業務	<input type="checkbox"/> 1.總體能源 <input type="checkbox"/> 2.化石能源 <input type="checkbox"/> 3.電力 <input type="checkbox"/> 4.核能 <input checked="" type="checkbox"/> 5.新及再生能源 <input type="checkbox"/> 6.節約能源
能源領域	<input type="checkbox"/> 1.政策與法規 <input type="checkbox"/> 2.環境衝擊與調適 <input type="checkbox"/> 3.經濟與產業 <input checked="" type="checkbox"/> 4.科技 <input type="checkbox"/> 5.統計資訊
決策知識類別	1.建言 <input type="checkbox"/> 策略、 <input type="checkbox"/> 政策、 <input type="checkbox"/> 措施、 <input type="checkbox"/> 法規) <input checked="" type="checkbox"/> 2.評析(先進技術或方法、策略、政策、措施、法規) <input type="checkbox"/> 3.標竿及統計數據：技術或方法、產業、市場等趨勢分析 <input type="checkbox"/> 4.其他：
重點摘述	<p>產乙酸細菌(Acetogens)是一種厭氧的化學自養細菌，在生長期間會利用 Wood-Ljungdahl 路徑將二氧化碳轉換產生乙酸鹽，並藉此達到固碳效果。在將二氧化碳轉換產生乙酸鹽的過程中需要氫氣作為有效電子來源之一，但氫氣生產成本高、溶解度低，所以此方法尚未能廣泛應用。近年來有研究發現產乙酸細菌可以進行細胞外電子轉移，將電子在微生物和其細胞外物質之間轉移，藉此獲取能量來合成有用的化學物質。乙酸的微生物電合成是產生生質燃料的第一步，但目前生產效率尚低。在未來開發應用上，希望藉由改善微生物電合成的方式，來增強產乙酸細菌的固碳效率以及提升產物產量。</p>
詳細說明	<p>產乙酸細菌目前已知是一種可以進行固碳的細菌，產乙酸細菌可以藉由 Wood-Ljungdahl 路徑將二氧化碳轉換產生乙酸鹽，在整個過程中細菌需要環境中的氫氣提供電子，來將二氧化碳還原成乙酸鹽(圖一)，但由於氫氣生產成本高、溶解度低，所以長久以來希望尋找可提供電子的替代品。近年來又發現部分產乙酸細菌具有細胞外電子轉移的能力，像是 <i>Clostridium ljungdahlii</i> 和 <i>Sporomusa ovata</i>，可以直接將陰極的電子傳入細胞內作為電子來源，並還原二氧化碳產生乙酸，不需透過介質。此種利用電能做為能量供應以合成產物的生產方式稱為生物電合成，未來希望能以生物電合成替代氫氣提供電子的方式，降低乙酸生產成本，並提高乙酸產量。</p> <p>生物電合成(Microbial Electrosynthesis)技術因為電子吸收的方式不同有所區分，主要有兩種分別為直接與間接(圖二)。直接電子吸收是指細菌藉由細胞膜上的蛋白質(如：Cytochrome c 或 Electrically Conductive Pili)將電子由電極直接轉移到細胞內作為電子來源，來進行代謝合成化學物質；間</p>

接電子吸收是指細菌透過環境中可以攜帶電子的化學物質(如：Neutral Red、H₂ 或 Sulphate)來獲取電子進行代謝。

間接電子吸收因為需要透過中間介質來傳遞電子，因此在傳遞過程中會有能量耗損，所以需要更多電能來達到相同的目標，也說明利用直接電子吸收的產乙酸細菌是更具能源效率的一種選擇。目前，產乙酸細菌的生物電合成研究才剛剛起步，為實際應用還需要進一步提高生產率、穩定性和大型化的改良，同時在電子吸收過程中有一些問題與挑戰仍需要解決。

首先，電子轉移速率影響生物電合成之效率，因為蛋白質的電子轉移速率低而導致的產物效率差，此問題的解決方案為提升蛋白質的導電率或是尋找其他電子轉移速率佳的產乙酸細菌。次要問題為電子來源，因為利用電能生產生質燃料的能源效益並不佳，因此希望以其他物質作為電子源，像是太陽能或是風力發電，即可利用再生資源並降低成本。最後是適用於生物電合成的反應器工程設計，發酵裝置需要特殊材料與設備，像是離子交換膜或是陰極材料等等，都是屬於未來需要改良的部分。



圖一 產乙酸菌之 Wood-Ljungdahl 固碳路徑(二氧化碳轉換成乙酸鹽)

	<p>圖二 生物電合成方式 (A.)直接：由細菌表面之蛋白直接與電極接觸並接收其傳遞之電子 (B.)間接：細菌藉由不同化學物質傳遞並獲取電極上之電子</p>
<p>關鍵字</p>	<p>Microbial Electrosynthesis (MES)；Extracellular Electron Transfer (EET)；Acetogens；CO₂ Fixation</p>
<p>參考資料</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Igarashi, K., Kato, S., 2017. Extracellular electron transfer in acetogenic bacteria and its application for conversion of carbon dioxide into organic compounds. <i>Applied Microbiology and Biotechnology</i> 101, 6301–6307. ◆ Kumar, R., Singh, L., Zularisam, A., 2016. Exoelectrogens: Recent advances in molecular drivers involved in extracellular electron transfer and strategies used to improve it for microbial fuel cell applications. <i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i> 56, 1322–1336. ◆ Marshall, C.W., Ross, D.E., Fichot, E.B., Norman, R.S., May, H.D., 2013. Long-term Operation of Microbial Electrosynthesis Systems Improves Acetate Production by Autotrophic Microbiomes. <i>Environmental Science & Technology</i> 47, 6023–6029. ◆ Müller, V., Wiechmann, A., 2017. Synthesis of Acetyl-CoA from Carbon Dioxide in Acetogenic Bacteria. <i>Biogenesis of Fatty Acids, Lipids and Membranes</i> 1–18.

註：1.請計畫執行單位上傳提供較具策略性的知識物件，不限計畫執行有關內容。

2.請計畫執行單位每季更新與上傳一次，另有新增政策建議可隨時上傳。

3.文字精要具體，量化數據盡量輔以圖表說明。