

知識物件上傳表

計畫名稱：低碳排流體化床技術之開發與應用計畫

上傳主題：永續甲醇生產技術之發展：碳捕捉與利用

提報機構：行政院原子能委員會核能研究所

提報時間：106 年 12 月 5 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：冰島
能源業務	<input type="checkbox"/> 1.能源政策(包含政策工具及碳交易、碳稅等) <input type="checkbox"/> 2.石油及瓦斯 <input type="checkbox"/> 3.電力及煤碳(包含電力供應、輸配、煤炭、核能等) <input checked="" type="checkbox"/> 4.新及再生能源 <input type="checkbox"/> 5.節約能源(包含工業、住商、運輸等部門) <input type="checkbox"/> 6.其他
能源領域	<input type="checkbox"/> 1.能源總體政策與法規 <input type="checkbox"/> 2.能源安全 <input type="checkbox"/> 3.能源供需 <input type="checkbox"/> 4.能源環境 <input type="checkbox"/> 5.能源價格 <input type="checkbox"/> 6.能源經濟 <input checked="" type="checkbox"/> 7.能源科技 <input type="checkbox"/> 8.能源產業 <input type="checkbox"/> 9.能源措施 <input type="checkbox"/> 10.能源推廣 <input type="checkbox"/> 11.能源統計 <input type="checkbox"/> 12.國際合作
決策知識類別	<input type="checkbox"/> 1.建言（策略、政策、措施、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 checked="" 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>甲醇目前最大的用途是做為工業原料，同時也可以添加入汽油或直接做為車用燃料。更由於直接甲醇燃料電池的開發，它也可以用來發電。製造甲醇雖然可以由油、天然氣或生質物獲得；但若以 CO₂ 為原料，因同時具有減碳的效益、且效率仍有發展空間，因此格外受到重視。</p> <p>二氧化碳是一個非常穩定的化合物，要將之轉換成為其它有用的化學品大多很耗能量；因此，發展適當的催化劑仍然是科學界重要的研究項目。若研發速度加快，將有助於碳循環經濟的即早實現。於 2012 年間在冰島落成的永續甲醇工廠，以捕獲的二氧化碳潔淨合成甲醇燃料、製造可再生潔淨的能源技術，已成為世界領先的標竿企業。工廠位在冰島 Svartsengi 地熱站，充分地利用熱與電的優勢，將蒸汽中的 CO₂ 與電解生成的氫氣結合產製甲醇，製程的能源效率評估達 60%。永續甲醇燃料的排碳量估計每百萬焦耳僅 1~8 g，為石化原料製造的廿分之一。</p>

甲醇目前最大的用途是做為塑膠工業原料，同時，也是製造乙酸的主要來源。直到近來僅有少量的甲醇直接使用於汽車作為燃料，但正在快速增加。在中國，將汽油混入 15% 的甲醇做為汽車燃料而無須重新設計引擎。經修改的引擎甚至可以直接使用高達 85% 的甲醇汽油。對中國而言，甲醇可以經由煤或生質物產生的合成氣來製造是其優勢。甲醇做為燃料將反映到全球甲醇的消費配置。因此全球甲醇作為燃料比率將由 14%（每年 900 萬噸）在 2016 增至全部甲醇產量 9200 萬噸的 16%（約 1500 萬噸）。

在 40 年或更久以前，甲醇的原料來源一直是油或天然氣；在中國，也有以煤做為原料。近年來，以生物質為原料的生質甲醇(bio-methanol)正在增加，它可能成為生質精煉的核心，是生質物轉到其他有用產品的中間產物。

近幾年，一家名為碳循環國際 (CRI, Carbon Recycling International, <http://carbonrecycling.is/>) 的企業於 2006 年在冰島成立。迅速以生產可再生潔淨能源和獨家且領先的二氧化碳補獲、合成清潔甲醇燃料技術，成為引領世界的標竿性企業。該公司運轉著世界首座可再生清潔甲醇工廠—喬治·歐拉廠。該工廠以諾貝爾化學獎得主、「甲醇經濟」的首位提出者，美國南加州大學的 George A. Olah 教授命名，並於 2012 年落成。新開發的製程係將 CO₂ 轉為甲醇，每年規畫生產甲醇約 4000 噸。到 2015 年，CRI 宣稱產能已擴充至每年 5000 公秉、並回收排入大氣的 CO₂ 每年約 5500 噸之數。



圖 1、位於冰島 Svartsengi 地熱站之 George Olah 廠

工廠擁有的地熱（其蒸汽富含 CO₂ 氣體）有同時產生熱與電的優勢。CRI 程序利用電力電解水來生成氫氣，並結合地熱蒸汽中的 CO₂ 生產甲醇。該程序採用 Cu 與 ZnO 固體催化劑，以降低水與操作溫度到 250°C、100 個大氣壓。公司唯一的副產品是氧氣，是一座非常潔淨的甲醇生產工廠。甲醇將混入汽油賣給冰島的加油站與海外。CRI 公司同時聲稱：控制冰島地熱生產甲醇的方式可重複使用到全球類似的場所。

CRI's Power-to-Liquids platform

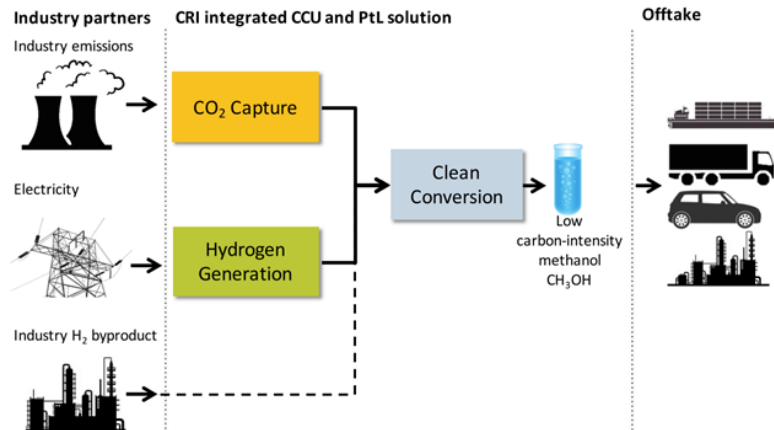


圖 2、CRI 永續甲醇工廠可將空氣中 CO₂ 直接轉為燃料

CRI 甲醇已經由 ISCC (International Sustainability & Carbon Certification) 認證、符合歐盟生質燃料規範。鳥瞰工廠的外觀，主要廠房為製程中電解產氫部分、二氧化碳捕獲及合成甲醇的化學反應均於管柱區域，照片最前方則是存放產物的儲槽。原料二氧化碳的來源則為後方地熱廠所生成的煙道氣體。



圖 3、CRI 永續甲醇廠鳥瞰圖

比較以不同料源製造甲醇為車用燃料時，產品生命週期中所生成的二氧化碳有極度的差異。據資料顯示，由化石原料產生的甲醇每百萬焦耳的 CO₂ 排放量達 84 g。生質甲醇雖然排放減半，但仍舊高達 40 g 左右。CRI 因為採用 CO₂ 為原料且使用地熱發電，淨碳排放量只有 1~8 g。這是以生質物生產甲醇的十分之一；與石化製造的甲醇相比，更只有約廿分之一。

Framework to compare CO₂ life cycle emissions of fuels

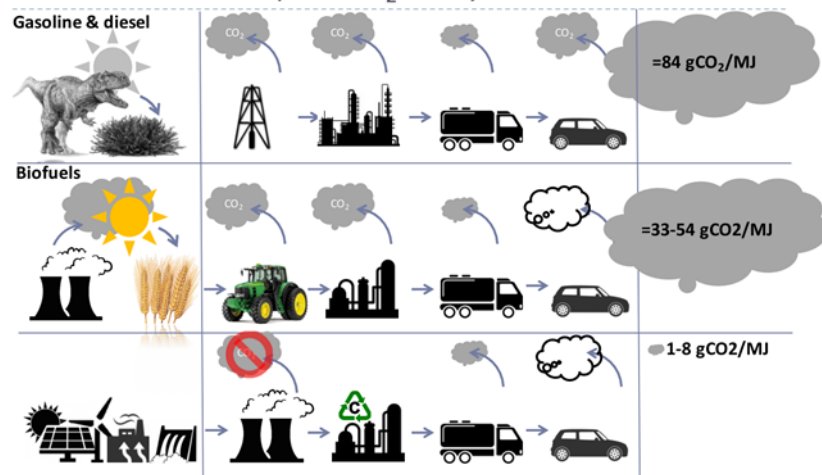


圖 4、永續甲醇與其他方式生產甲醇之碳排量比較

經由質量與能量平衡分析，生產每噸甲醇時捕捉原料 CO₂ 所需的能量為 0.8 MWh，分解水以獲得程序需要的氫氣為 6.45 MWh，反應高壓需要的壓縮電能為 0.45 MWh。因此，加上甲醇純化等其他需求，粗估製造每噸甲醇需要的總能量約 9.5 MWh。如以產出甲醇的熱值計算，每噸將可以獲得的能量為 5.58 MWh；所以，能源效率約在六成左右。

ETL mass energy balance and efficiency: electrolysis

Total electrical energy 9.5 MWh/t methanol with overall efficiency of 60%

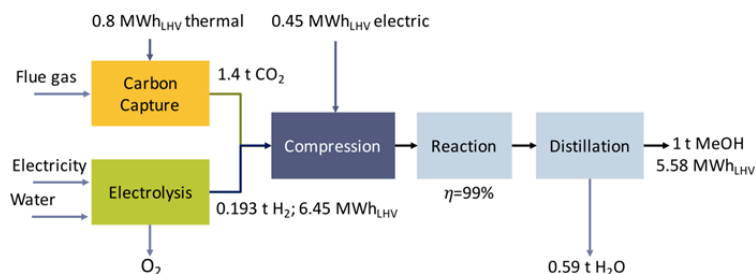


圖 5、CRI 甲醇工廠之質量能量平衡與效率分析

CRI 已和 Methanex (全球最大的甲醇供應商) 與 Perstorp (部分特用化學品市場的領導者) 達協議：以甲醇製造生質柴油。同時，2015 年中國吉列汽車 (Chinese Carmarker Geely, 隸屬 Volvo 品牌) 投資 4500 萬美金與 CRI 合作，雙方協議內容包括推動使用由六輛吉列帝豪 EC7 甲醇車隊、搭載自主研發的 1.8L 甲醇引擎進入冰島進行車隊測試。此款車輛早先已在中國大陸的上海、山西與貴州完成不同程度的車隊測試。

過去這段時間，化學家們仍一直努力於把二氧化碳轉化為各種有用產品的方法，其中包括用氫氣處理二氧化碳生產出如甲醇、甲烷或甲酸等。甲醇因可在燃料電池中作為替代燃料以及用於氫存儲，如何將二氧化碳轉化為甲醇的研究最

受到青睞。二氧化碳轉化成甲醇過程中的一個關鍵因素是找到合適的均勻相催化劑，這對於能加快化學反應生產甲醇至關重要。問題是，甲醇的轉化反應需要高溫高壓的條件下進行，往往會導致催化劑的分解。George A. Olah 教授的研究團隊人員經常年研究，開發出在高溫下不會分解的金屬鈳催化劑，穩定性好、可重複使用，並可以連續生產甲醇。研究顯示，用新的催化劑及一些額外化合物，可將從空氣中捕獲的二氧化碳轉換為甲醇的效率提高到 79%。未來直接在捕捉二氧化碳的反應器中與氫分子直接作用、轉換為甲醇的製程已可以預期。

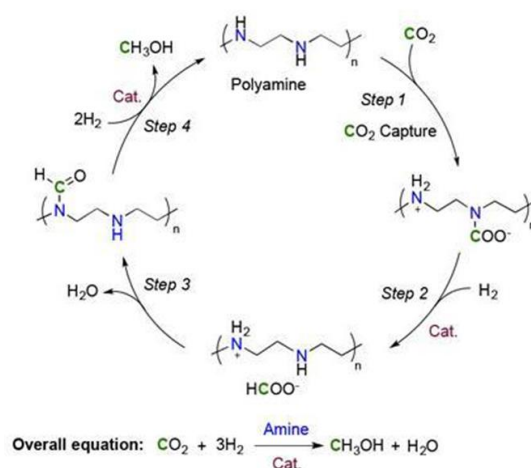


圖 6、CO₂ 轉甲醇之機制與催化步驟

另外，根據「Scientific Reports」最新論文顯示，國內的台灣科技大學郭東昊教授團隊所研發的銅系列無機觸媒催化反應，已成功在室溫下將溶解於水中的二氧化碳轉為甲醇，且甲醇溶液亦可轉化成氫氣。此項結果對減少二氧化碳溫室氣體的排放量、與尋找替代能源都將是創新的發現。這一連串新的進展將提醒吾人，對「甲醇經濟」與「氫氣經濟」的未來，應持更樂觀的態度持續深入認識與關注。

- 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。