

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(2/3)

上傳主題：永續替代航空燃油策略

提報機構：行政院原子能委員會核能研究所

提報時間：106 年 6 月 10 日

與計畫相關	☒ 1.是 ☐ 2. 否
國別	☐ 1.國內 ☒ 2. 國外
能源業務	☐ 1.總體能源 ☐ 2.化石能源 ☐ 3.電力 ☐ 4.核能 ☒ 5. 新及再生能源 ☐ 6.節約能源
能源領域	☐ 1.政策與法規 ☐ 2. 環境衝擊與調適 ☒ 3. 經濟及產業 ☐ 4. 科技 ☐ 5. 統計資訊
決策知識類別	☐ 1.建言 (策略、政策、措施、法規) ☒ 2.評析(先進技術或方法、策略、政策、措施、法規) ☐ 3.標竿及統計數據：技術或方法、產業、市場等趨勢分析 ☐ 4.其他：
重點摘述	IPCC AR4 的報告指明，航空碳排約佔全球總碳排放的 2%；而且，全球飛航運量約以 5%的年均成長率逐年成長，預估 2050 年航空業碳排放量將達全球總溫室氣體排放量的 5%。如果航空業想在 2020 年達到碳中和成長 (Carbon-neutral Growth) 目標，主要手段有飛機改良、飛航管理、基礎建設改善、低碳替代燃料 4 大方法。迄今經 ASTM 核准的永續替代航空燃料產品共有 4 種：Fischer-Tropsch Synthesized Paraffinic Kerosene (FT-SPK)、Synthesized Iso-Paraffinic (SIP) Fuels、Hydroprocessed Ester and Fatty Acids (HEFA) Jet Fuels、Alcohol-to-Jet (ATJ) Fuels，其中以 HEFA Jet Fuels 商業生產規模最大，FT-SPK 可用料源最廣。因此，結合水蒸氣間接式氣化技術，發展中小規模 FT-SPK 技術，產製替代航空燃料，應該是有前景的發展方向。
詳細說明	IPCC AR4 的報告指明，航空碳排約佔全球總碳排放的 2% (如圖 1 所示)；而且，隨著經濟發展，全球飛航運量約以 5%的年均成長率逐年成長，IPCC 預估 2050 年航空業碳排放量將達全球總溫室氣體排放量的 5%。圖 2 為國際民航組織 (ICAO) 2016 年的環境報告中推估全球航空碳排放之趨勢，如果航空業想在 2020 年達到碳中和成長 (Carbon-neutral Growth) 目標，僅靠飛機改良、飛航管理、基礎建設改善是不夠的，必需輔以低碳替代燃料才可能達標。

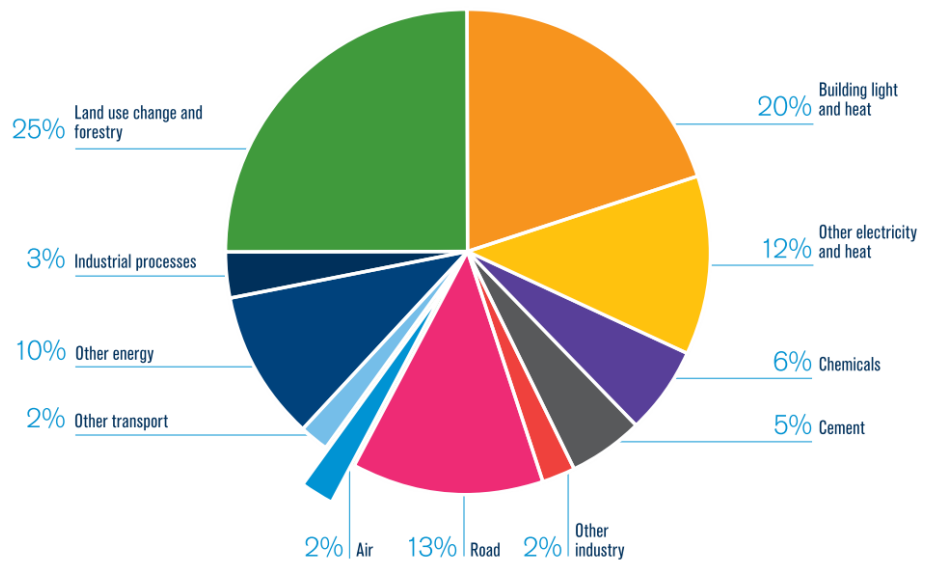


圖 1. IPCC AR4 碳排放統計 (IATA Technology Roadmap 2013)

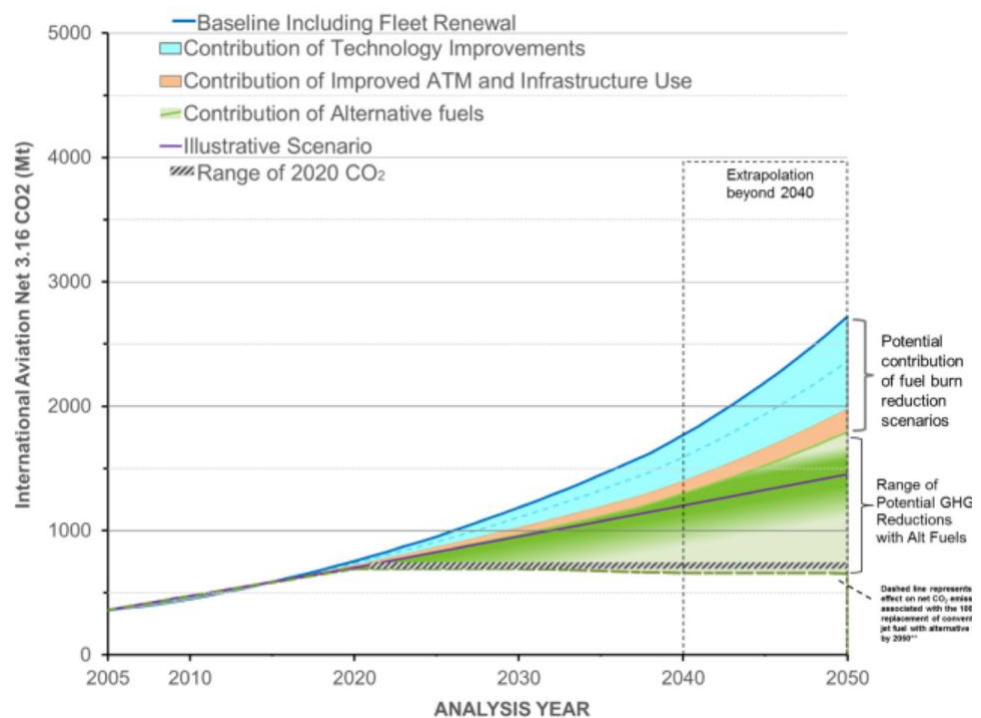


圖 2. 2005-2050 國際航空業碳排放趨勢 (ICAO Environmental Report 2016)

為協助替代燃油開發、使用相關業者交換資訊，ICAO 於 2009 年啟動了飛航替代燃油全球架構平台 (Global Framework on Aviation Alternative Fuels, GFAAF)。依其資料庫顯示，2011 年至 2017 年已有 21 家航空公司在其機隊使用替代航空燃油；目前，替代油料摻配比例 4-50%，替代油料供應商有

SkyNRG、UOP、Neste Oil、Dynamic Fuels、TOTAL、Sinopec 等。

IATA 的 2015 年永續航空燃油發展圖（IATA Sustainable Aviation Fuel Roadmap, 1st Edition）評估了 9 種替代航空燃料的料源：包含澱粉作物、糖類作物、木質纖維作物、油類作物、農業廢棄物、林業廢棄物、廢油、微藻、都市固態廢棄物等。而 ASTM 已經通過的合成航空燃油摻配規範包含 4 種合成油製程（如圖 3 所示）。綜合原料/製程/產品三面向，永續替代航空燃油由料源到產品的技術途徑如圖 4 所示，概述如下：

1. 直接利用含 5 碳/6 碳糖的生質物經水解/發酵/氫處理的 Synthesized Iso-Paraffinic (SIP) Fuels。
2. 含 5 碳/6 碳糖的生質物經生物法產製異丁醇，再經脫水/寡聚合/氫處理產製的 Alcohol-to-Jet (ATJ) Fuels。
3. 利用氣化技術將含碳料源轉化為合成氣，再以 Fischer-Tropsch (FT)合成法將合成氣轉化為航空油範圍之碳氫化合物（Synthesized Paraffinic Kerosene, SPK）。
4. 廢油脂經轉酯化/氫處理產製的 Hydroprocessed Ester and Fatty Acids (HEFA) Jet Fuels。

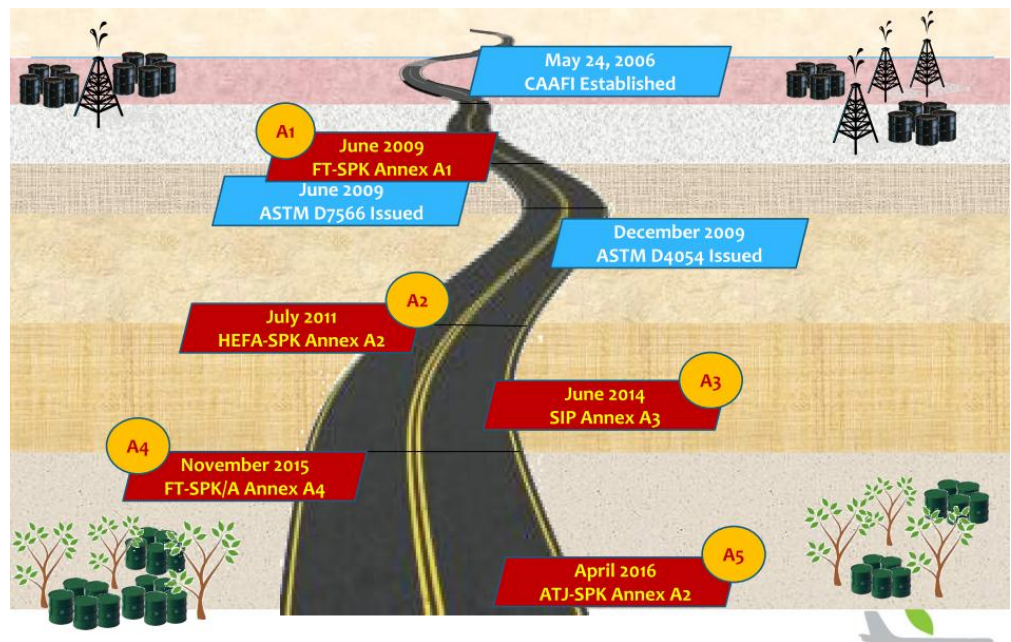


圖 3. 合成航空燃油 ASTM 核可時程（Mark Rumizen, CAAFI 2016）

目前商業化的合成航空燃油來源為 HEFA Jet Fuels。但是，此製程與車用生質柴油相同，因為車用油的市場、價格皆優於航空油，使廠商製造 HEFA 航

空燃油的意願不高。而 FT-SPK 雖然適用料源最廣，亦最早通過 ASTM 審核；但是，商業化的 FT-SPK 迄今仍以煤為料源。到 2016 年止，利用生質物或都市垃圾等料源的 FT-SPK 尚處於小規模測試階段，其主要技術難題為：合成氣潔淨技術、觸媒抗污染技術、小規模經濟生產技術。而 SIP 及 ATJ 受限於生產成本過高，且中間產物比最終的航空油價值高，不易大量推廣。

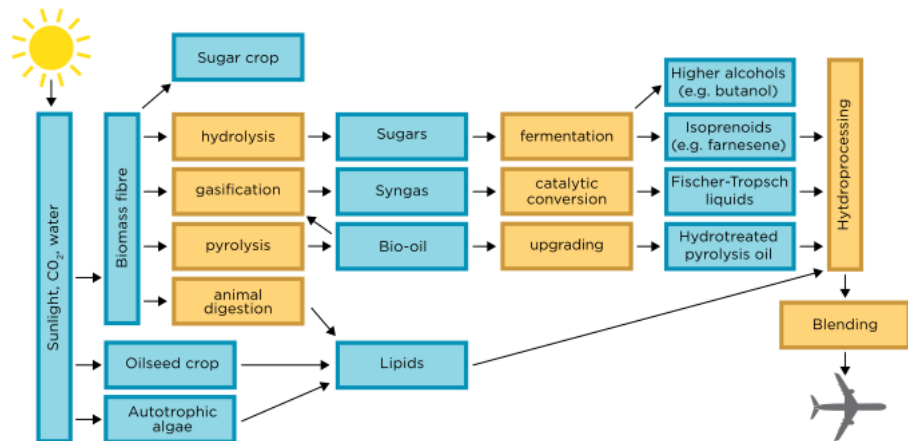


圖 4. 合成航空燃油技術途徑示意 (IRENA, Biofuels for Aviation, 2017)

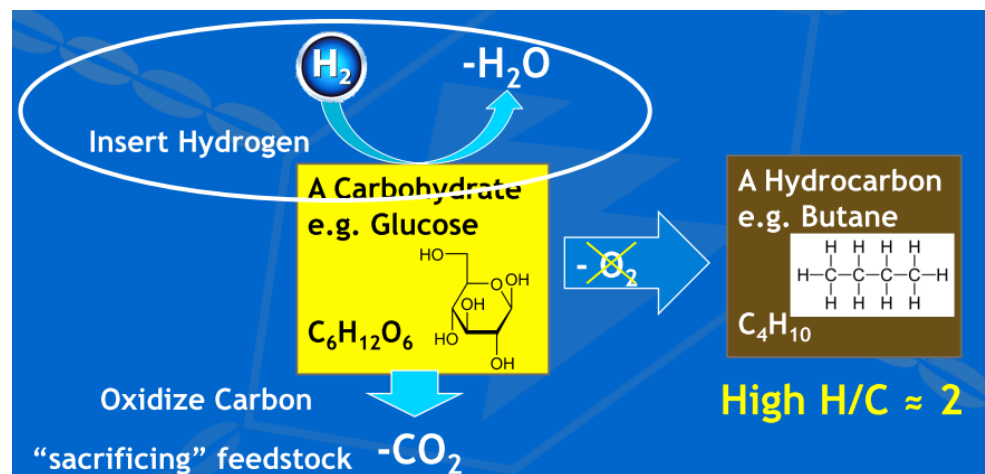


圖 5. 生質物脫氧途徑示意圖 (S. Karatzos et al, IEA Bioenergy Task 39)

不論何種合成航空燃油技術，都需要移除氧原子以提昇能量密度，並增加與現行化石燃料的相容性。工業化移除氧原子的方法有二：加氫脫氧或脫碳除氧（如圖 5 所示），加氫脫氧可以提高產率，但需要額外氫氣來源，脫碳除氧不需氫源，卻會犧牲產品轉化率。不同料源產製 drop-in 生質燃料的氫氣需求量可以有效氫碳比來評估，圖 6 為不同料源的氫碳比列表，以糖或澱粉為原料的製程需氫量最大。目前商業化氫氣來源主要為天然氣/油/煤之蒸汽重組反

應，而利用太陽能電解水產生氫氣的方法尚屬實驗室階段。如能利用水蒸氣為氧化劑，以間接式氣化技術可得到高氫碳比之合成氣，再以此合成氣進行 Fischer-Tropsch 合成反應即可產製 FT-SPK。此方法不需引入額外氫源，不但可以簡化製程，實現多元進料生產，亦符合現行 ASTM D7566 合成航空燃油標準，為極具發展潛力之替代航空燃料技術。

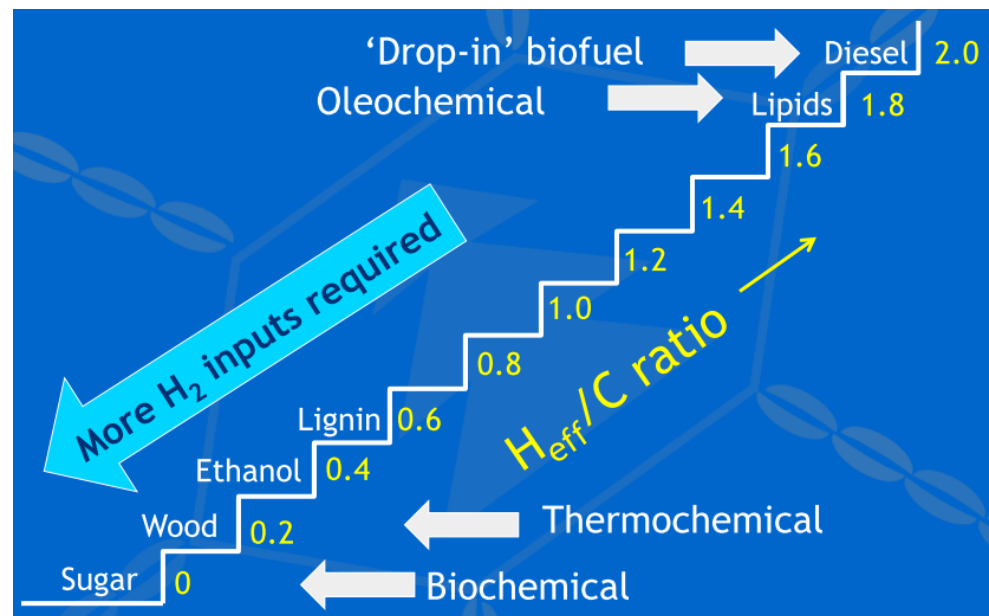


圖 6. 各種料源的有效氫碳比 (S. Karatzos et al, IEA Bioenergy Task 39)

- 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。