

出國報告（出國類別：考察）

## 參訪新加坡樟宜機場油庫及航空 燃油輸儲設施

服務機關：桃園國際機場股份有限公司

姓名職稱：航務處陳代理科長保華

航務處朱工程員弘育

派赴國家：新加坡/樟宜機場

出國期間：113年6月3日至6月6日

報告日期：113年7月30日

## 摘要

新加坡樟宜機場油庫是由8家國際油商組成的聯合油庫，日常作業除依循JIG 2 規範外，亦須符合其母公司作業標準要求。本次參訪樟宜機場油庫，針對目前本公司油庫管理作業所遇問題，請益該公司做法，比較差異，作為本公司後續管理及第2油庫開發規劃時參考。

使用永續航空燃油(Sustainable aviation fuel, 簡稱SAF)是航空業達成2050淨零碳排最重要的手段之一，Neste為生產永續燃料的領導廠商，該公司2010年於新加坡設立全球最大的再生柴油煉油廠，並於2023年完成擴充，其中SAF年產能達100萬噸。該公司協助新加坡機場已於2022年完成SAF的試行，並於2023年正式成為新加坡機場供油商成員，本次參訪了解SAF於新加坡機場推動進程，及後續該公司展望，以作為本公司推動SAF之參考。

# 目次

|                    |    |
|--------------------|----|
| 壹、目的               | 3  |
| 貳、過程               | 4  |
| 一、油庫作業參訪           | 4  |
| (一)、樟宜機場油庫簡介       | 4  |
| (二)、樟宜東油庫          | 6  |
| (三)、桃機油庫與CAFHI比較   | 7  |
| 二、SAF於樟宜機場推動現況     | 11 |
| (一)、CORSIA簡介       | 11 |
| (二)、SAF與CORSIA合格燃油 | 12 |
| (三)、SAF於新加坡機場發展現況  | 14 |
| 參、心得與建議            | 17 |

## 壹、目的：

新加坡石化產業發達，多家國際石化業大廠均於該國裕廊島投資設廠，新加坡機場油庫(Changi Airport Fuel Hydrant Installation Pte Ltd，簡稱CAFHI)亦由8家國際大廠組成之聯合油庫共同營運，其設施及操作經驗，對本公司具參考價值。另外，新加坡機場已於2022年完成SAF試行，且SAF供應領導廠商Neste亦於2023年正式成為該機場供油商成員之一，該機場SAF之使用現況及推廣經驗，亦為本次參訪目的。本次參訪主要目的如下：

- 一、了解CAFHI之運作與管理，設施操作及維護保養經驗。
- 二、了解機場當局與CAFHI、加油商及供油商權責關係
- 三、SAF在該機場的使用現況與發展情形

### 出國行程

| 日期      | 內容              | 紀要 |
|---------|-----------------|----|
| 113.6.3 | 桃園啟程同日抵達新加坡     |    |
| 113.6.4 | 參訪Neste新加坡分公司   |    |
| 113.6.5 | 參訪CAFHI航空燃油輸儲作業 |    |
| 113.6.6 | 新加坡返程同日抵達桃園     |    |

## 貳、過程：

### 一、油庫作業參訪

#### (一)、樟宜機場油庫簡介：

樟宜機場油庫(Changi Airport Fuel Hydrant Installation Pte. Ltd.，簡稱 CAFHI )位於樟宜機場東北側，航空貨運園區內。占地 6.5 公頃，有 16 座油槽，總儲存量為 12 萬公秉，維持庫存天數 5 天以上，1 座輸油碼頭，具有兩個泊位，可同時停靠 2 艘 10000 載重噸位，藉由 2 條 8 吋、2 條 12 吋地下管線，將油料輸送至機場油庫。供油商煉油廠位於新加坡島西側，利用油輪運輸油料至新加坡島東側輸油碼頭航程約 6 小時。CAFHI 為民營有限公司，由 8 家國際油商共同持股組成。最近加入之供油商為 Neste 公司(2023 年)，該公司為永續航空燃油供應的領導廠商。8 家國際油商分別為：

TotalEnergies Aviation

BP Singapore Pte Ltd

Shevron Singapore Pte Ltd

ExxonMobil Asia Pacific Pte Ltd

Shell Eastern Petroleum(Pte) Ltd

Singapore Petroleum Company Ltd

Sinopec(HK)Aviation Company Ltd

Neste Asia Pacific Pte Ltd

除了 ExxonMobil 外，其餘供油商均持有相等的股份。由於 ExxonMobil 是由 Exxon 及 Mobil 合併而成，合併前各自均為 CAFHI 供油商。故合併後 ExxonMobil 持有 2 份股份。CAFHI 自 1981 年正式營運，營運初期僅 6 座油槽及 1 個油輪泊位，隨機場發展，逐漸擴充至現今規模。2010 年時，與機場管理當局再簽訂 30 年的特許租賃合約，至 2039 年。CAFHI 所供應航空燃油，75%是在新加坡國內提煉生產。

CAFHI 擁有 16 座油槽，由最先 6 座油槽開始營運，並隨需求提升，逐步擴充至現有規模。CAFHI 表示，其油槽開發以油槽直徑固定(24 公尺)為

主要條件。如此做的好處是便於管理，由於每公尺液位相當於多少體積的油料數值固定，技術人員執行作業時，方便計算。另一個好處是，從 Google 空照圖可發現，其油槽排列相當工整、緊湊，在有限的面積內，盡可能容納更多座的油槽。在限高條件允許下，這無疑是一項好的發展策略。

CAFHI 責任範圍從輸油碼頭、地下管線到油庫、輸油系統至停機坪止。航機加油業務則由兩家公司負責，JAS 及 CHIPS。JAS 與 CHIPS 也是由供油商組成的合資公司，獨立運作，並不受 CAFHI 管制。機場當局與 CAFHI 之間有簽訂協議，CAFHI 須配合機場發展擴充設施及供應充足油料。

CAFHI 正式員工 35 人，總經理 Mohammed Fahmy Hashim 下設 4 個部門，分別為操作維護部門、職業安全部門、專案部門及財務行政部門，配合各式合約工以維持油庫運作，如圖 1.1 所示。

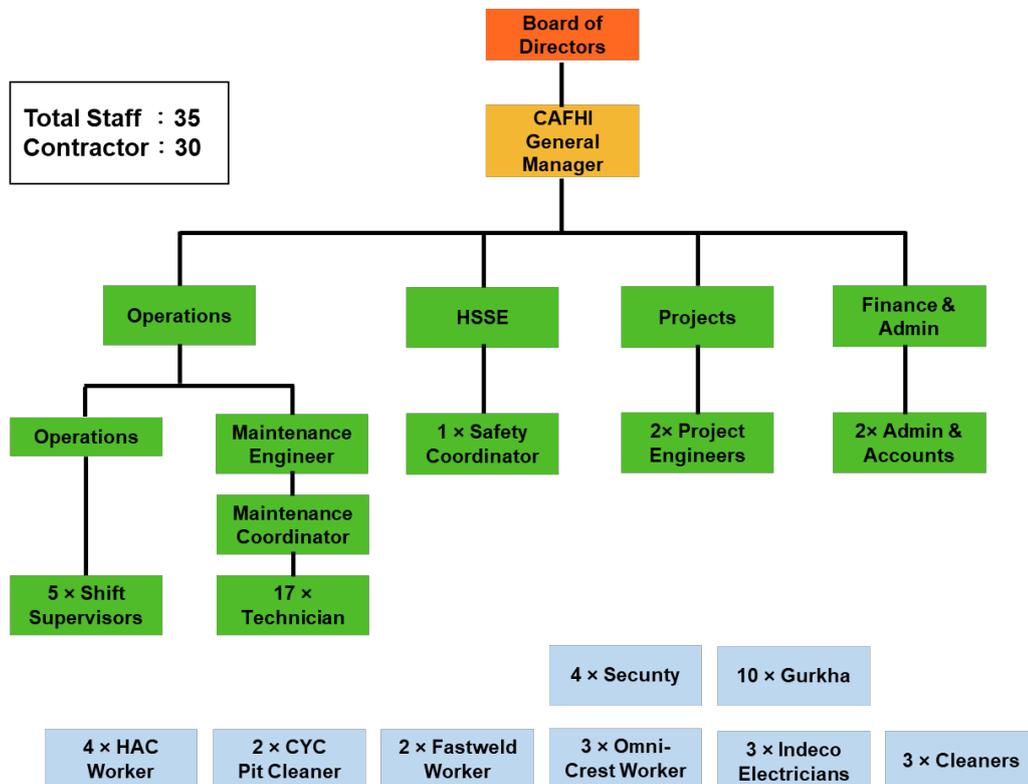


圖 1.1

資料來源:CAFHI 簡報

操作維護方面，每班由 1 位組長帶領 3 位技工，執行日常品管操作、維護作業(包含控制室值班)。專案部門則配合機場擴充停機位地下管線、油庫設備改善等專案作業。CAFHI 維護約 530 個 加油栓坑，根據 JIG 規定，每個加油栓每週需要清潔、檢查一次。故安排一組合約工專職清潔檢查加油栓，並抽取加油栓坑內廢油。911 恐怖攻擊之後，新加坡政府派遣 10 名

廓爾克傭兵(Gurkha)協助油庫的保安，此項服務由政府出資，CAFHI 無須負擔費用。

關於檢查及稽核，CAFHI 每 2 年接受其持股油商(輪流)稽核，此為全面式稽核，由 4-5 名稽核員，為期 3 週，包含人事、資訊、財務、庫存管理及量測儀器…等。每年接受 JIG 檢查員/每 2 年接受 IFQP 檢查員檢查。由於樟宜機場有 50 多家航空公司在此營運，故對於航空公司提出的檢查要求全盤接受是不實際的，如果是非樟宜機場「主要的」航空公司提出檢查要求，CAFHI 會提供 IFQP 稽核報告參考。平均一年 CAFHI 有約 10 次檢查及稽核。

## (二)、樟宜東油庫(Changi East Fuel Farm,CEFF)

樟宜機場目前正進行樟宜東開發專案(Changi East Development)，該專案內容包括第 5 航廈、第 3 跑道系統、與 T2 連通地下隧道基礎建設、空/陸側支援設施及樟宜東工業區。樟宜東油庫(Changi East Fuel Farm,簡稱 CEFF)即位於樟宜東工業區內。

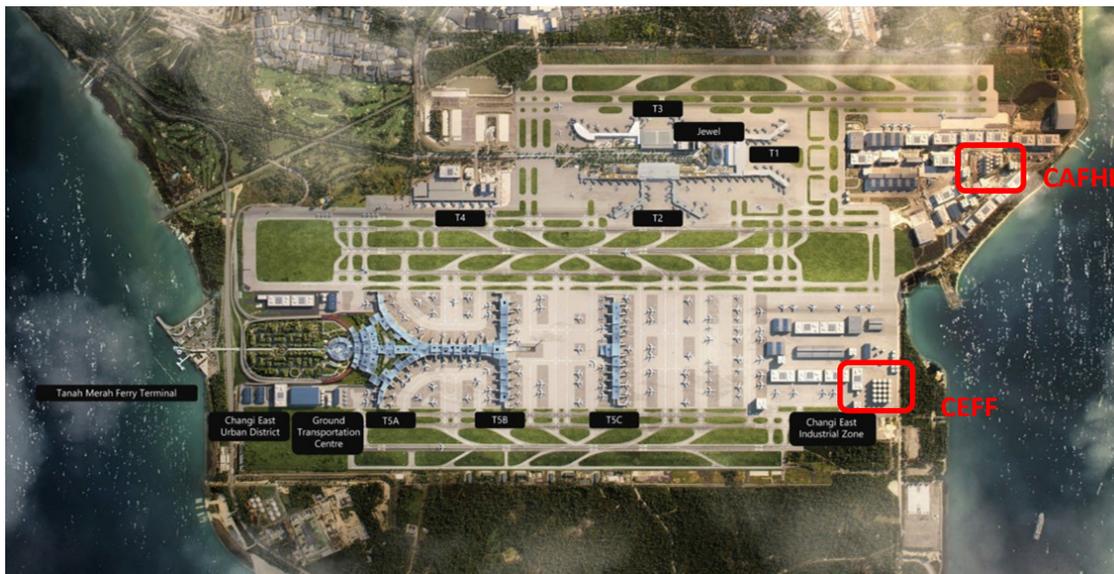


圖 1.2

圖片來源:樟宜機場官網

CEFF 占地約 8 公頃，規劃可容納 10 座 2 萬公秉油槽，並且規劃新輸油碼頭，可同時容納 2 艘 25000 總載重噸位油輪停靠。根據機場人員說明，樟宜東開發專案，可視為興建一座完整的機場，所有配套措施均可支援其獨立運作(包含 CEFF)，並且將來逐步取代 T1、T2，成為樟宜機場主要營運設施。

CEFF 設計以供應 T5 為主，但為了增加系統韌性，將有地下管線與 CAFHI 連接以互相支援。

CEFF 經營者尚未決定，但應該還是會按照現有規則，由供油商組成聯合油庫，CAFHI 透漏，因為既有供油商，投資報酬率及經營條件尚在評估，故無法決定哪家要進駐。CEFF 的選址與 CAFHI 一樣，都位於新加坡島東側，除配合輸油碼頭區位外，也靠近所負責供應區域。

### (三)、桃機油庫與 CAFHI 比較

由於 CAFHI 的持股供油商均為 JIG 會員，故 CAFHI 油庫與輸油系統日常操作、品管作業皆依循 JIG2 規範，故大部分運作方式均與本機場相同。此次拜訪，著重於目前運作上較為窒礙難行的地方，向 CAFHI 請益。

#### 1. 汙水處理設施：

近年來，由於「防止貯存系統污染地下水體設施及監測設備設置管理辦法」法規修正，將航空燃油納入管制範圍。桃園機場油庫既有油水分離坑，其處理效能不符法規規定，亟需改善。經訪問 CAFHI 操作維護部門主管 Alson Lim，CAFHI 並未特別設置汙水處理設施，其油庫區之逕流廢水(雨水)，直接排放至區域排水內。且其過濾器、加油栓坑等設施，設計上可以防止大部分雨水與排放的油料混和，減少廢汙水產生。故其日常作業產生的廢汙水量極少，可以與廢油一併由供油商回收處理，故 CAFHI 內並無設置廢汙水處理設施。其過濾器減少廢汙水設計示意圖如下：

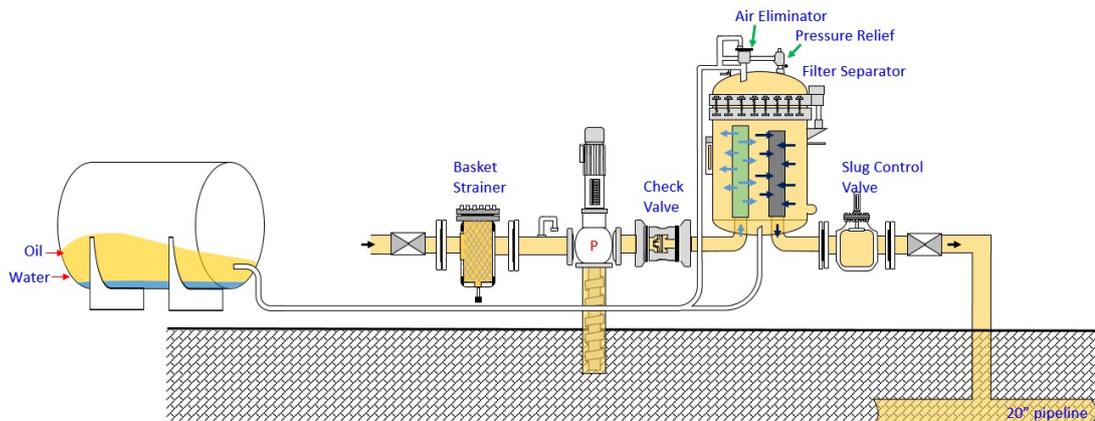


圖 1.3 CAFHI 過濾器洩壓示意圖

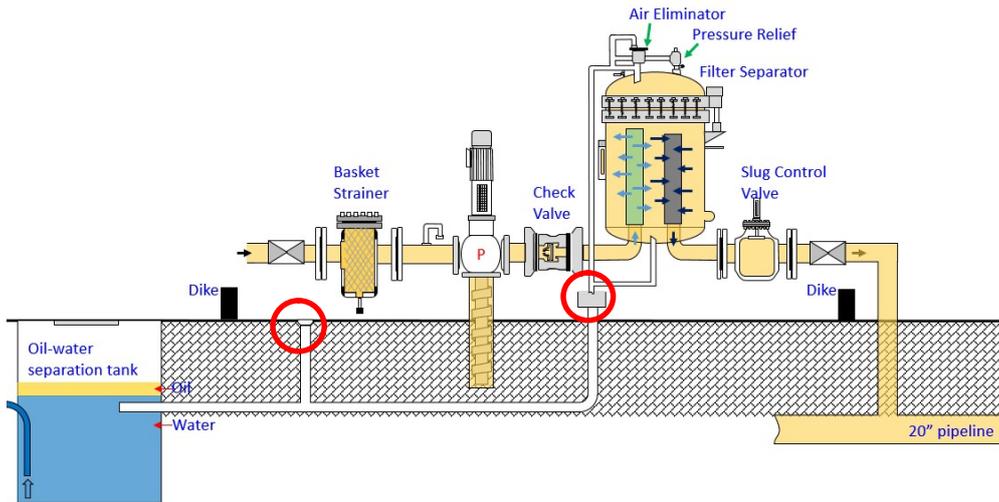


圖 1.4 桃機油庫過濾器洩壓示意圖

當防止過濾器超壓的洩壓閥自動作用時，CAFHI 使用密閉管線，將自動洩除的油料導引至油槽儲存，由於是密閉環境，雨水不會進入油槽，洩除的油料可再回收使用。桃機油庫則是使用開放式管線，雨水會從圖 1.4 紅圈處進入，隨同洩除的油料，經地下排水管流入油水分離坑內。洩除的油料由於已與地面、雨水接觸，只能當成廢油回收。

另外，其機坪使用的加油栓坑蓋，密閉性良好，亦能阻止雨水進入加油栓坑中與廢油混和，產生廢汙水。如下圖所示，由於密閉性能太好，加油員需準備木槌，開啟坑蓋前，使用木槌敲擊坑蓋邊緣，使坑蓋鬆動後，才能打開。



圖 1.5  
CAFHI 加油栓坑蓋:開啟狀態，坑蓋與坑身完全分離，僅使用鐵鍊防止坑蓋被航機引擎氣流吹走。



圖 1.6  
CAFHI 加油栓坑蓋:關閉狀態, 經行經車輛重壓後, 會越緊, 密閉性更好。但缺點是較難開啟, 加油員開啟前甚至要使用木槌敲擊坑蓋邊緣使鬆動後, 方能順利開啟。



圖 1.7  
桃機加油栓坑蓋:開啟狀態, 坑蓋與坑身使用絞鏈(Hinge)連接, 密閉性較差, 無法完全阻止雨水進入坑身。

## 2. 地下管線維護:

CAFHI 於 1976 年開始規劃興建, 隨著機場開發, 輸油系統也不斷擴充, 由圖 1.8 可見, 其地下管線相當複雜(紅線為地下輸油管)。



圖 1.8

資料來源: 樟宜機場簡報

CAFHI 地下管線使用外加電流陰極防蝕方式, 搭配漢莎(公司名)測漏系統(Hansaconsult Leak Detction System), 雖最早管段使用已將近 50 年, 但 CAFHI 評估其狀況良好, 並無管線汰換規劃。CAFHI 引述 API(美

國石油學會)專家說法:如果地下管線設計、安裝良好,並充分保護(陰極防蝕),其使用壽命可輕易達到 50 年。桃機地下管線使用犧牲陽極法陰極防蝕,相較於外加電流法,犧牲陽極法檢測方式較簡單,不用頻繁檢測及調整,缺點則是一旦犧牲陽極消耗殆盡,就必須開挖汰換犧牲陽極。目前桃機地下管線的犧牲陽極,大部分檢測正常,個別零星異常狀況通常都是其他工程不慎挖損所致。

CAFHI 表示,該公司每年執行地下管線洩漏檢查,全部地下管線分成 24 個區段,利用夜間執行,每次執行需時約 3-4 小時,執行時該區段須暫停供油。桃機地下管線無測漏系統,國內供油商雖有長途管線測漏系統,但由於機場地下管線支線眾多,且加油栓隨時都在加油,故不適用於機場使用。經調查,適用於機場地下管線測漏系統以國外廠商為主。如德國 Hansaconsult,英國 Atmos 等廠商。基本上,固定式測漏系統於輸油系統設計階段就需考量並於輸油系統啟用時就須具備。若無具備,替代方案可仿照 CAFHI 採用移動式系統,將地下管線分區段執行。若是分區段執行,每區段的隔離閥是否能確實關斷(無內漏),以及每區段之長度,將是影響測漏精確性的重要關鍵。桃機公司業管單位將設法請上述公司協助評估移動式系統可行性。

### 3. 加油栓動態測試、管線清管

隨著樟宜機場發展,CAFHI 也逐步擴充其地下管線,目前 CAFHI 供應 T1~T4 所有機坪(包含遠端機坪)航機加油,故其管線擴充經驗豐富。地下管線鋪設完成後,需進行清管作業。所謂清管,就是用高速流動的油料,以最高流速,將管內焊渣、砂礫等固體雜質沖出,清管的油料,以油槽或油罐車儲存。加油栓動態測試則是模擬緊急事件發生,且加油栓全速加油情況下,加油員拉動緊急停止拉繩,加油栓需在 2-5 秒內完全關閉,減少緊急情況下溢漏的油料數量。此項作業,通常航空公司及加油商都不願意在正常加油情況下協助測試,怕若有異常狀況,影響航機作業。CAFHI 針對上述兩項作業,因應做法為向供應商採購專業油罐車(容量 14000 公升,輸油系統使用,非市面上一般油罐車)盛裝油料,以利作業執行。桃機公司現有的清管做法,都是由埋設輸油管線的分包商負責清管作業,由於不同標案設計條件不同、分包條件不同、分包商經驗不同,未有一致做法。加油栓動態測試,桃機公司則是輪流向加油商租借油栓車及油罐車各 1 輛(包含駕駛),以油罐車模擬飛機油箱,執

行動態測試。缺點是每次出勤都要計算費用，租借費用高且協調不易(包含機坪協調)。

## 二、SAF於樟宜機場推動情況

### (一)、CORSIA 簡介

國際民用航空組織(ICAO)因應氣候變遷，推動國際航空運輸零碳成長目標，提出國際航空業碳抵換及減量計畫(Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation, CORSIA)機制，該機制管制「國際航空」減碳(各國國內減碳不納入)，將國際航空碳排放量 2024 年以後維持在 2019 年碳排放量的 85%，由圖 2.1 可看出，減碳效益最大的是使用 CORSIA 合格燃油及 CORSIA 機制。

**CORSIA目標：執行四大減碳策略，將國際航空碳排放量水準維持在2019年碳排放量2024年以後維持在2019年碳排放量的85%。**



圖 2.1

資料來源:民航局整理

使用最大起飛重量大於 5700 公斤，全年國際航班碳排放量大於 1 萬噸的航空公司，皆須執行監測、申報、查證(簡稱 MRV)和碳減量。由各國民航監管單位負責監管航空公司執行情形，每遵約期(每 3 年)完成碳抵換。



圖 2.2

資料來源:民航局整理

每遵約期(3年)碳抵換要求量總和，扣除期間使用 CORSIA 合格燃油所抵減之碳排放量後，為航空公司最終之碳抵換要求量，必須於美國碳註冊局(ACR)或 REDD+交易架構(ART)等平台購買碳權抵換。

(二)、SAF 與 CORSIA 合格燃油(Corsia Eligible Fuel,CEF)

永續航空燃油(Sustainable Aviation Fuel)，簡稱 SAF，是一種使用可再生原料(如動物脂肪、植物油、廢食用油等)，經由特定製程，合成的碳氫化合物，再與傳統航空燃油(由化石原料提煉)依照一定比率混合而成的航空燃料。從生產到燃燒的整個生命週期中，其二氧化碳排放量比傳統航空燃油少至少 75%。目前美國材料和試驗協會(ASTM)共核准發布了 11 項 SAF 製程(另有 11 項評估中)，如下圖。

| ASTM reference      | Conversion process  | Abbreviation                                    | Possible Feedstocks   | Maximum Blend Ratio |
|---------------------|---|---|---|---------------------|
| ASTM D7566 Annex A1 | Fischer-Tropsch hydroprocessed synthesized paraffinic kerosene  | FT  | Coal, natural gas, biomass  | 50%                 |
| ASTM D7566 Annex A2 | Synthesized paraffinic kerosene from hydroprocessed esters and fatty acids                              | HEFA  | Vegetable oils, animal fats, used cooking oils  | 50%                 |
| ASTM D7566 Annex A3 | Synthesized iso paraffins from hydroprocessed fermented sugars  | SIP   | Biomass used for sugar production   | 10%                 |
| ASTM D7566 Annex A4 | Synthesized kerosene with aromatics derived by alkylation of light aromatics from non-petroleum sources | FT-SKA  | Coal, natural gas, biomass  | 50%                 |
| ASTM D7566 Annex A5 | Alcohol to jet synthetic paraffinic kerosene  | ATJ-SPK   | Ethanol, isobutanol and isobutene from biomass  | 50%                 |
| ASTM D7566 Annex A6 | Catalytic hydrothermolysis jet fuel   | CHJ   | Vegetable oils, animal fats, used cooking oils  | 50%                 |
| ASTM D7566 Annex A7 | Synthesized paraffinic kerosene from hydrocarbon - hydroprocessed esters and fatty acids                | HC-HEFA-SPK                                     | Algae   | 10%                 |
| ASTM D7566 Annex A8 | Synthetic Paraffinic Kerosene with Aromatics  | ATJ-SKA   | C2-C5 alcohols from biomass'  |                     |
| ASTM D1655 Annex A1 | co-hydroprocessing of esters and fatty acids in a conventional petroleum refinery                       |   | Vegetable oils, animal fats, used cooking oils from biomass processed with petroleum' | 5%                  |
| ASTM D1655 Annex A1 | co-hydroprocessing of Fischer-Tropsch hydrocarbons in a conventional petroleum refinery                 |   | Fischer-Tropsch hydrocarbons co-processed with petroleum                              | 5%                  |
| ASTM D1655 Annex A1 | Co-Processing of HEFA   | Hydroprocessed esters/fatty acids from biomass' |   | 10%                 |

圖 2.3 資料來源:ICAO 官網(SAF conversion process)

由上圖可知，可再生原料來源有煤炭、天然氣、植物油、動物脂肪、廢食用油、藻類及酒精等。目前具商業化價值的為使用植物油、動物脂肪及廢食用油的 HEFA 製程，其與傳統航空燃油混合的比率上限為 50%。Neat SAF(與傳統航空燃油混和比率為 0%，合成碳氫化合物濃度為 100%)目前尚未被認可為航空燃料，故無法單獨使用於航空器上。

供油商依照 ASTM 標準生產的 SAF，需要經過圖 2.2 中，ICAO 授權的兩個機構(RSB 及 ISCC)認證，符合 12 項永續性主題，才可被 CORSIA 機制認可，成為 CORSIA 合格燃油(CEF)，航空公司方可用於該公司每遵約期的碳抵減。

CORSIA 合格燃油可分為 CORSIA SAF 及 CORSIA LCAF(Lower Carbon Aviation Fuel，低碳航空燃油)。CORSIA SAF 其定義如前段所述，CORSIA LCAF 即傳統航空燃油，其生命週期(生產/運輸/使用)符合 CORSIA 12 項永續性主題標準，即可視為 CORSIA LCAF，亦可納入 CORSIA 機制內使用。

另外，為達成 2050 年國際航空業零碳排(Net-zero carbon emissions)，第 41 屆 ICAO 大會採用長期目標(Long-term global aspirational goals,LTAG)，根據 LTAG 報告，航空器燃料可細分為：

#### 1.LTAG-SAF:

- (1)Biomass-based fuels:生質材料提煉的 SAF，如農作物、木質纖維素廢棄物、澱粉質農作物、含糖質農作物。
- (2)Waste-based fuels:由廢棄物提煉的 SAF。
  - a.Solid waste:固態廢棄物，如農作物殘渣、城市裡修剪樹木殘渣。
  - b.Liquid waste:液態廢棄物，如廢食用油、潤滑油脂。
  - c.Gaseous waste:氣態廢棄物，製造過程產生的 CO<sub>2</sub>，如乙醇生產過程，阿摩尼亞生產過程，鋼鐵生產過程等。
- (3)Atmospheric CO<sub>2</sub>-based fuels:捕捉大氣中 CO<sub>2</sub>所生產的 SAF，如 power-to-liquid 技術。

2.LTAG-LCAF:即傳統航空燃油，於生產過程採用降低溫室氣體排放技術如使用綠電、收集生產過程產生的 CO<sub>2</sub> 等。

3.Non drop-in fuels:無法適用既有設施的燃料，需另設基礎設施以供應，如低溫氫氣，電能，液化天然氣等。

下圖 2.4 說明，於 ICAO 長期預測，各種減少 CO<sub>2</sub> 排放技術，所占比重為何。依照 ICAO 預測，使用生質材料提煉的 SAF、利用 CO<sub>2</sub> 來生產 SAF(製造過程產生及捕捉大氣中)以及氫氣會是將來重要的減排技術。本段落主要

說明，減少航空器燃料的 CO<sub>2</sub> 排放技術，非常多元，我們理解永續航空燃油 SAF，不能僅以從廢食用油提煉此單一技術來看，該技術雖然目前是主流技術，但限於原料來源，將來應以生質材料及 CO<sub>2</sub> 為原料生產 SAF 為主。

SAF 屬於 drop-in fuels，意思是一旦按照 ASTM 規範與傳統航空燃油混合並檢驗合格，即為合格航空燃油，其儲存、操作皆與傳統航空燃油無異。與機場既有輸儲油系統完全相容。

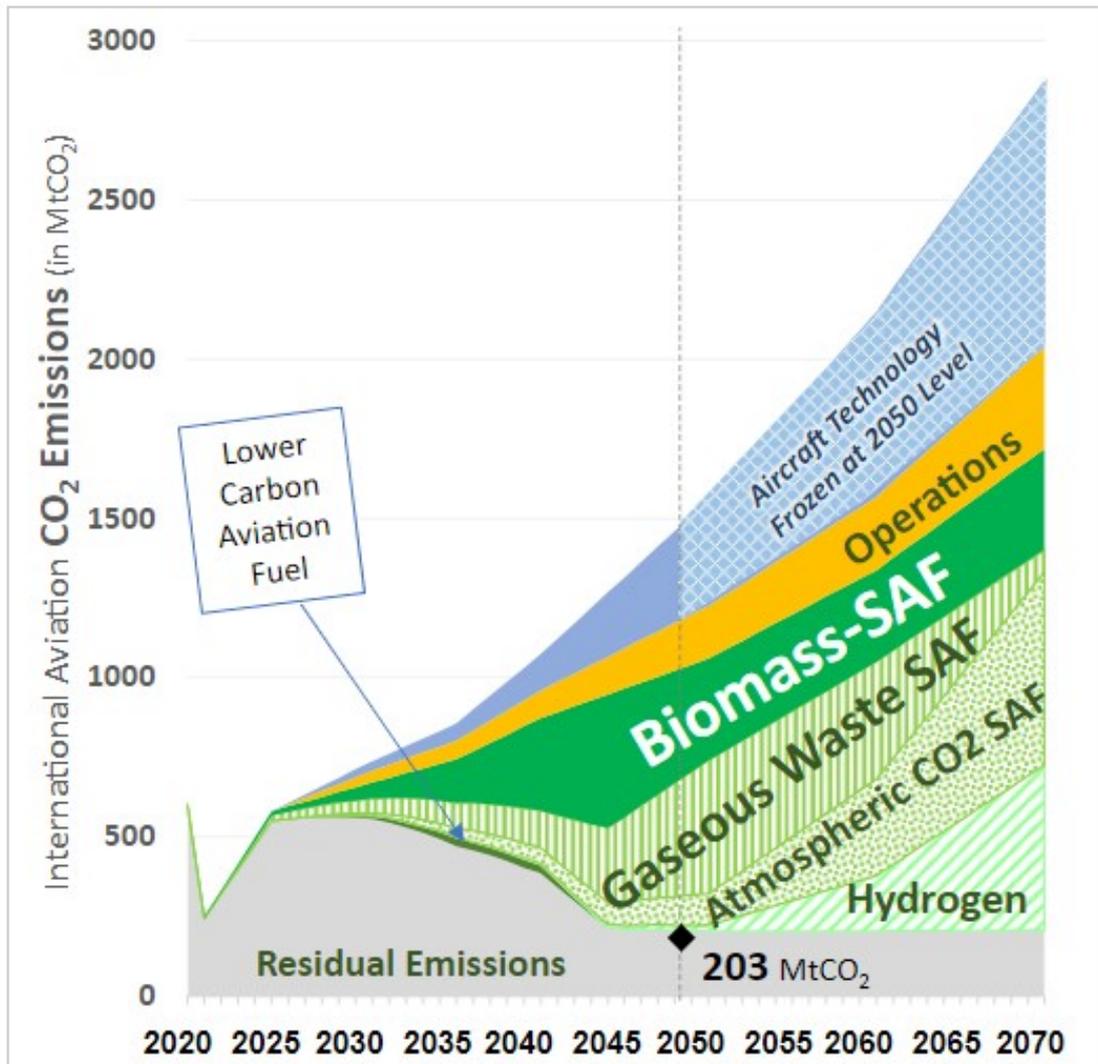


圖 2.4

資料來源:ICAO 官網

### (三)、SAF 於樟宜機場發展現況

SAF 供應領導廠商 Neste，於 2009~2010 間於新加坡投資設廠，生產生質柴油及可再生原材料來源開發，於 2023 年完成產能擴充，其煉油廠達到年產量 260 萬噸，其中 100 萬噸為 SAF。

由新加坡民航局、新加坡航空及淡馬錫控股主導，艾克森美孚公司獲選為供油商，於 2022 年開始為其 1 年的先期試驗，由艾克森美孚公司向 Neste 公司購買 125 萬公升的 Neat SAF，然後在自家煉油廠內與傳統航空燃油混和，檢驗合格後，循既有供油管線輸送至機場油庫，並經由機場輸油系統輸送至客戶航機。該年度完成 4 次試驗架次(根據 CAFHI 經理說明)。

2023 年，Neste 正式成為新加坡機場油庫供油商之一，可使用既有輸油系統將 SAF 輸送至客戶航機，根據該公司新聞發布，截至目前(2024/7)為止，已有新加坡航空集團(Singapore Airlines Group)、阿聯酋航空(Emirates)及越南航空(Vietnam Airlines)於樟宜機場添加 SAF。除了樟宜機場外，Neste 公司於舊金山機場(SFO)、洛杉磯機場(LAX)、阿姆斯特丹機場(AMS)及赫爾辛基機場(HEL)，也可以採相同模式，使用輸油系統直接供油給客戶航機。

Neste 除生產 SAF，另一主要業務為再生原材料來源開發，就是在全球開發/蒐集可再生原材料，以支持其 SAF 煉製。國內供油商曾表示，國內採用 HEFA 製程生產 SAF，最大問題之一為原料來源，即廢食用油。根據天下雜誌報導：「...台灣一年產生約 8 萬噸廢食用油，業內人士觀察，這還餵不飽既有大廠如承德、勝一化工旗下和勝倉儲的產能。」(2023/5/16)。桃園機場 2019 年(疫情前高峰)共消耗 340 萬公秉(約 272 萬噸)傳統航空燃油，與 8 萬噸廢食用油相比，供給與需求端的差距確實巨大。另原本廢食用油有其去化管道，如提煉生質柴油，如果用於提煉 SAF，則需與生質柴油業競爭原料。

如果各國都將生產 SAF 視為航空業發展重要戰略，將廢食用油留在國內供 SAF 生產，則 Neste 公司如何確保其原料來源?本公司就 SAF 將來發展就教於 Neste 公司。該公司表示，根據麥肯錫顧問公司評估，全球至 2030 年有將近 40000 萬噸廢食用油及動物脂肪來源，而該公司評估至 2030 年 SAF 需求則是 15000 萬噸，故原料來源應該是足夠的。另外，該公司亦致力於開發 SAF 生產技術，如利用非糧食用澱粉質農作物、含糖質農作物、糧食農作物殘渣、城市裡修剪樹木殘渣為原料提煉 SAF 及發展 Power-to-Liquids 技術。上述該公司致力開發的技術，與 LTAG 報告的長期減排效果不謀而合。

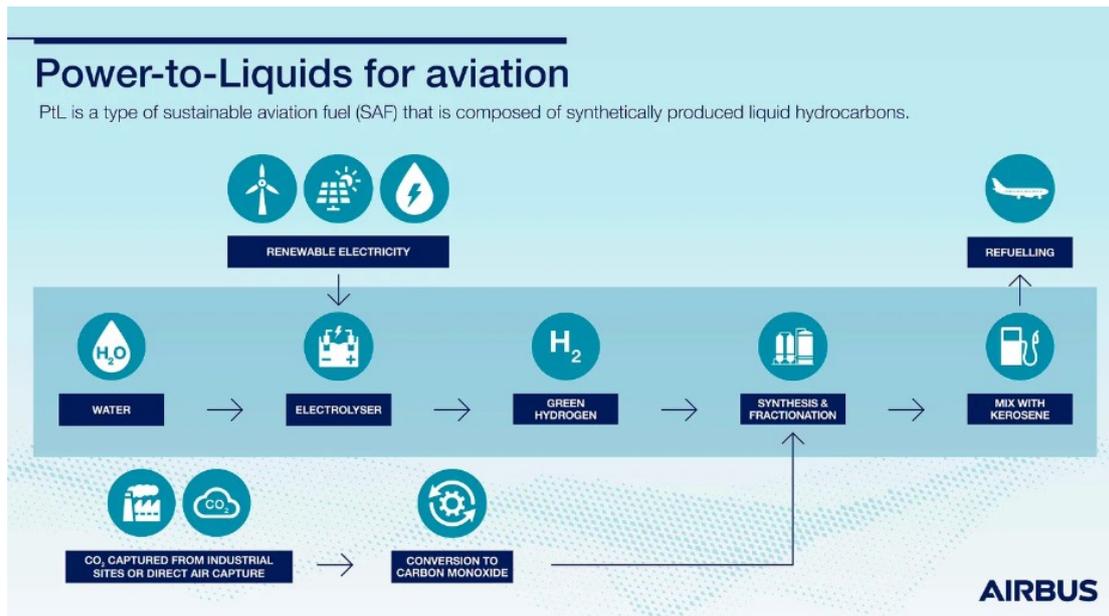


圖 2.5

資料來源:Airbus 官網

Power-to-liquids(PtL)或稱 e-fuel，其製程如圖 2.5，使用綠電將水電解產生氫氣(H<sub>2</sub>)，再與二氧化碳(使用 CO<sub>2</sub> 捕捉技術，如蒐集工廠排放的 CO<sub>2</sub> 或從大氣中回收 CO<sub>2</sub>)合成生產 Neat SAF，與傳統航空燃油混和後，成為合格燃料供飛機使用。

### 1. 航空業碳排放高：

2023 年新加坡使用航空燃油產生的 CO<sub>2</sub> 排放量約 2800 萬噸，而 2021 年新加坡國內總 CO<sub>2</sub> 排放量約 5000 萬噸，雖然國際航空業的碳排放不納入國家碳排放計算，但考量新加坡的國土面積及人口，2800 萬噸是相當高的碳排放。

2. 新加坡是低海平面的小島，若不積極減碳，面對氣候變遷的影響將會是首當其衝。

3. 樟宜機場是國際航空樞紐，經評估，這些跨國旅行的旅客，有能力負擔 SAF 燃料稅。而新加坡致力發展 SAF 產業，相關 SAF 生產投資布局已到位，正好利用跨國旅客稅金來促進國內 SAF 產業蓬勃發展。

由於 SAF 是 drop-in fuels，與傳統航空燃油共用輸油系統，為了使 SAF 的減排特性與傳統航空燃油區別，CORSIA ISCC 採用質量平衡(Mass balance)的監管方式，即是「進入系統的總量等於輸出系統的總量」。以前述新加坡機場目標 2026 年 SAF 使用量達到全年航空燃油使用量 1%為例，意思是於 2026 年此期間內，有相當於該年航空燃油全年使用量 1%的 Neat

SAF 輸入到新加坡機場，並且經由輸油系統，輸出到航機上。雖然其效果等同於 2026 年全時供應混摻好的 1%SAF，但實際操作面則是某段時期可能供應 50%SAF、30%SAF，而某段時期供應傳統航空燃油，但全年平均為 1%SAF。

由於 SAF 的 drop-in fuels 特性，其在新加坡機場油庫 CAFHI 內的操作、品管作業，與傳統航空燃油無異，亦無需專用油槽或特別隔離使用。基於先進先出的油庫管理通則，CAFHI 內所儲存的航空燃油(包含 SAF)，亦按照批次先後順序依序泵送至機坪使用。某批次 SAF，可能在 1-2 天內，持續的泵送至機坪供航機使用，而在此期間加油的航機，也不必然是購買 SAF 的客戶，CAFHI 只要做好總量管制(即質量平衡)即可。

CAFHI 對於 SAF 於新加坡的推動，並無擔任積極角色。SAF 的推動，主要由國家設定政策，航空公司若有需求，直接與供油商談妥數量、單價及交期等商業條件後，供油商依約提供至 CAFHI 油槽。SAF 輸入至 CAFHI 輸油系統後，與傳統航空燃油混和，該期間所有加油的飛機，無論是否購買 SAF，均有可能收到 SAF 油料，故於 2022 年第一次 SAF 試行時，CAFHI 要求樟宜機場當局，對外向航空公司說明此事。

關於 Neste 供應 SAF 每批數量、價格等資料，CAFHI 及 Neste 表示為營業秘密，無法透漏。

## 參、心得與建議：

- 一、關於「CAFHI並未特別設置污水處理設施，其油庫區之逕流廢水(雨水)，直接排放至區域排水內」，並非表示新加坡環保規定較不嚴格，經觀察，CAFHI及將來CEFF(樟宜東油庫)設置的區位分別位於航空貨運園區及樟宜東工業區內，故推測專區內應設有共同污水處理設施，區域內所產生的污水集中處理及排放，如此解釋較為合理。且此作法與台塑觀音油庫及國內一般工業園區作法類似。桃機公司規劃第2油庫時，應將污水處理設施納入考量，另外，CAFHI過濾器洩壓油料回收方式及加油栓坑蓋設計方式，以減少油料浪費及污水數量，此設計方式可納入將來規劃桃機第2油庫參考。
- 二、由於CAFHI為民營企業，在符合油槽間距等相關安全規定下，設定固定油槽直徑，盡可能容納更多油槽，以追求利潤最大化。桃機油庫建造於公務機關時期，以追求安全為主要目標，故油槽布局較為鬆散(相較於CAFHI，桃機油庫面積約6公頃，8座油槽總容量5萬6000公秉。油庫地坪

形狀亦有影響，不在此討論)，以方便大型消防車輛通行。現桃機為國營事業，開發第2油庫時，應安全與效率兼具，其選址(地坪形狀)、油槽布局需要妥善考量。

- 三、針對T1既有管線汰換，由於影響層面大(影響營運、停靠機型、空橋位置)，全面性的汰換需搭配其他工程整體規劃，一併進行較有效益(如機坪停靠機型規劃)，局部性汰換則需以情況較差者為先(如評估漏油風險較高者、或已破損者)，故桃機業管單位需盡速評估引進移動式測漏系統，以進行局部管段評估。
- 四、桃機業管單位需引進專業油罐車，培養專業能力，以進行加油栓動態測試、支援管線清管作業。
- 五、經本次參訪得知，CAFHI對於SAF的推動，並無積極角色。主要是新加坡政府、供油商(Neste)及航空公司。另外，根據ICAO的長期預測，未來SAF的提煉，將以生質原料及CO<sub>2</sub>為主。提供生質原料及捕捉大氣中CO<sub>2</sub>的新型產業，如綠電產業、製氫產業及生質原料種植產業，這些產業都需要政府設定政策扶植。樟宜機場能夠推出強制航班使用SAF、開徵SAF燃料稅等措施，與其國情及相關產業布局、扶植已趨於成熟有關(如面臨氣候變遷的衝擊、Neste已正式成為CAFHI供油商等)，國內推廣SAF使用，可參考新加坡政府作法，從扶植國內產業觀點出發。