

出國報告（出國類別：開會）

參加 Argus 亞太區生質燃料及進料
國際會議
(Biofuels & Feedstocks Asia
Conference)

服務機關： 台灣中油股份有限公司
姓名職稱： 許愷瑋 業務管理師
派赴國家： 新加坡
出國期間： 113 年 4 月 21~25 日
報告日期： 113 年 5 月 14 日

摘要

因應我國 2050 年淨零碳排目標及能源轉型，石化燃油無論航空、道路運輸或海運傳統燃油均將逐漸淘汰，2024 年 4 月 21 至 25 日 Argus 國際能源諮詢機構於新加坡舉辦亞太區生質燃料及進料國際會議（Biofuels & Feedstocks Asia Conference），會中研討全球及亞太地區綠色燃料包含永續航空燃油、陸運再生汽柴油及海運替代燃料等議題，尤其著重於亞太區域分析，包含產能預估、政策實施、生質進料瓶頸及替代燃料潛力分析。

目前生質燃料較成熟為油脂加氫處理製程，因進料屬生物性油脂，來源有限可能面臨供不應求之瓶頸，然而預期隨著替代燃料發展，未來陸上運輸將轉往電池電動車（BEV）、混合動力車（Hybrid）或氢能，海上運輸則轉往替代性燃料如 LNG、甲醇、氨或氫，推測應可使各油品生質來源競爭程度趨緩；而永續航空燃油隨著替代生產途徑如 ATJ、FT、PtL 製程逐步發展，推測應可使生質進料範圍更加廣泛利用，緩步降低生物性油脂進料需求；再考量亞太區域生物性油脂回收市場如印尼、泰國、越南和印度潛能尚未完全開發，回收率偏低，推測回收率提升後，應具相當可觀的可供應量；綜合上述，生物性油脂進料供不應求的瓶頸應為短期困境，長期配合海陸運替代燃料發展、永續航空燃油替代生產途徑推動及亞太地區廢食用油回收潛力應可使瓶頸趨緩。

目次

壹、	目的.....	3
貳、	過程.....	3
一、	行程表.....	3
二、	第一天會議議程及紀要.....	3
三、	第二天會議議程及紀要.....	9
四、	第三天會議議程及紀要.....	15
參、	具體成效.....	21
肆、	心得及建議.....	24

壹、 目的

因應我國 2050 年淨零碳排目標及能源轉型，參加 2024 年 Argus 國際能源諮詢機構於新加坡舉辦之亞太區生質燃料及進料會議（Biofuels & Feedstocks Asia Conference），本次會議涵蓋全球及亞太地區永續航空燃油、生質進料及海運替代燃料等議題討論，瞭解各種生質或替代燃料的發展及潛能，同時蒐集各國政策規劃、燃料技術推動、進料瓶頸、市場價格、供需預估等資訊，希望能作為本公司轉型策略參考。

貳、 過程

一、行程表

日期	到達地點	行程內容
113/4/21	台北-新加坡	啟程
113/4/22	新加坡	參加 Argus Biofuels & Feedstocks Asia Conference
113/4/23	新加坡	參加第二天會議
113/4/24	新加坡	參加第三天會議
113/4/25	新加坡-台北	返程

二、第一天會議議程及紀要

113/4/21（第一天）SAF Focus Day	
時間	議程
9:30 am	Chairperson's opening remarks Jonty Richardson, Senior Consulting Manager, Argus
10:00 am	Keynote speaker: Taking off towards sustainability - an overview of the SAF landscape Daniel Ng, Chief Sustainability, Officer/Senior Director, Civil Aviation Authority of Singapore
10:20 am	Airline panel discussion: Charting the future of SAF - a vision from airlines' perspective 1. Phillip See Yew Jin, Group Chief Sustainability Officer, Malaysia Aviation Group (MAG) 2. Sam Gordon, Sustainability Manager, Air New Zealand 3. Hamza Mazloum, Sustainable Aviation Fuel Procurement Manager, Cathay Pacific Airways Limited
11:50 am	Industry panel discussion: The feedstock supply chain bottleneck - Asia's role as a global player 1. Shutong Liu, Founder, Motion Eco 2. Johan Ullman, Managing Director, Marquis Energy Global Pte.

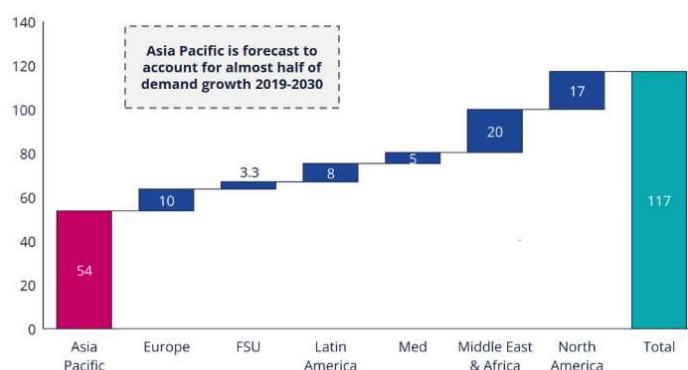
	Ltd. 3. Thomas Wu, Chief Executive Officer, ASB Biodiesel (HK) Limited
2:00 pm	Feedstock focus: Comparing Asia feedstocks Vinesh Sinha, CEO & Founder, FatHopes Energy
2:30 pm	Presentation and Q&A: Sustainability certification of SAF Vasu R Vasuthewan, Advisor, ISCC System GmbH
3:45 pm	Technical focus: Current and future trends in SAF technologies 1. Kan-Ern Liew, Head of Technology, Airbus Malaysia 2. Shashikant Madgula, Business Segment Leader - Renewables, Sulzer 3. Neville Hatgreaves, Vice President-Waste to Fuels, Velcoys
4:30 pm	Financing for the future - in the shoes of investors in a booming industry Siddhartha Shrivastava, Sumitomo, Mitsui Banking Corporation
5:00 pm	Chairperson's closing remarks Jonty Richardson, Argus

會議紀要：

(一) 全球及亞太地區航空燃油及 SAF 需求趨勢

依據 Argus Consulting 預估資料，全球航空燃油需求將在 2019 年至 2030 年間持續增長，其中亞太地區航空用油的需求成長超過 50%。因應 ICAO（國際民航組織）將於 2027 年強制實施 CORSIA（Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation，國際航空業碳抵換及減量計畫）管控國際航空業碳排放量，雖然 CORSIA 無強制要求航空業使用永續航空燃油（SAF），但受整體航空燃油需求快速增長影響，可能促使亞太地區的航空公司為減少繳納碳補償金，轉而積極爭取 SAF 國家政策性支持及補助，進而推動永續航空燃油的使用。

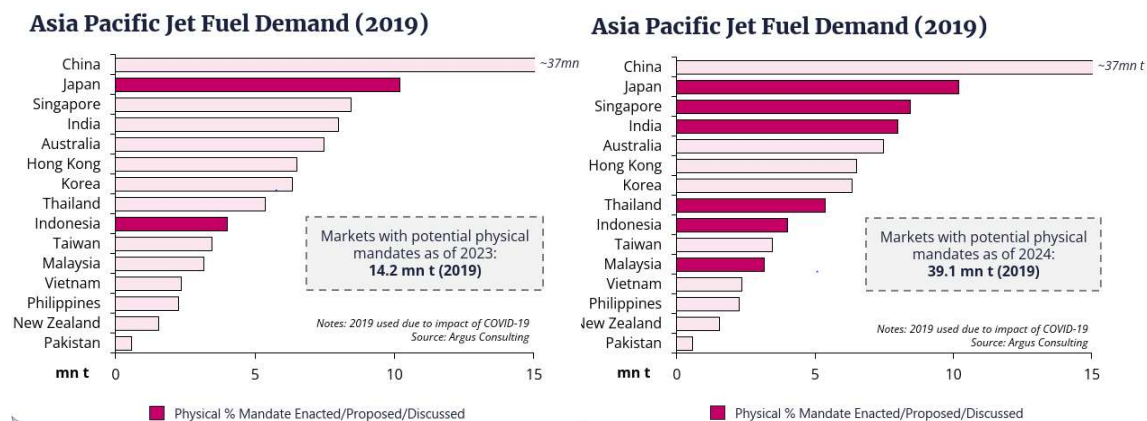
Global Jet Fuel Demand Growth (2019-2030)



Source: Argus Consulting

圖一，全球航空用油需求成長預估（Argus）

截至 2024 年，亞太地區的潛在永續航空燃油市場已自 2023 年預估 1,420 萬噸成長至約 3,910 萬噸，分析主要受新加坡、印度、泰國及馬來西亞的潛在強制性政策影響，預期大幅促進亞太區 SAF 需求增長。



圖二，亞太地區 SAF 需求預估（Argus）

(二) 亞太地區對於永續航空燃油的潛在強制性政策及規劃

1. 新加坡

依據「新加坡永續航空樞紐藍圖」，自 2026 年起自新加坡離境航班規定至少使用 1% SAF，並規劃至 2030 年增加至 3~5%。

2. 日本

日本政府規劃自 2030 年起，國際航班需使用至少 10% SAF。

3. 馬來西亞

依據「國家能源轉型藍圖」初步制訂 1%SAF 摻配規範，並激勵製造商生產 SAF 和投資基礎設施，規劃至 2050 年 SAF 摻配比例達 47%。

4. 印度

印度國家生物燃料協調委員會擬定目標，預計 2025 年國內線航班需使用 1% SAF，並於 2026 年逐步提升至 2%，2030 年達到 5% 摻配比例。

5. 泰國

泰國能源部擬訂新國家石油計劃，對於 SAF 製造商提供投資獎勵，包含國營的邦乍石油公司（Bangchak Corp Plc）和再生能源商（Energy Absolute Plc）均宣布以廢食用油生產 SAF 計畫，另泰國石油及天然氣公司 PTT 集團，規劃與 SAF 供應商 NESTE 合作，於曼谷及普吉島之

間的航班使用 SAF。

(三) 全球生質來源分析

1. 生質進料（油脂類）需求預估

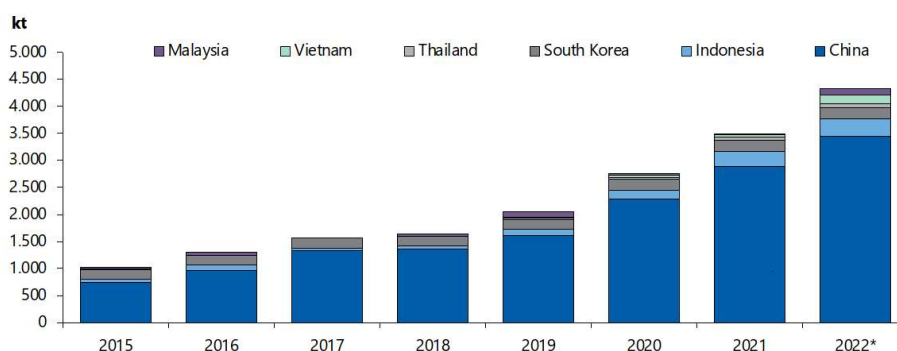
依據國際能源署（IEA）統計，受永續航空燃油需求增長，加上 SAF 同等生質進料可供再生柴油影響，全球生質進料包含蔬菜油、廢生物性油脂及殘渣油等油脂類需求，預估至 2027 年需求將較 2022 年增加超過 50%，惟進料在全球範圍內非均勻可得，迄今為止，許多歐洲國家仍大幅依賴從亞洲進口生質原料，生產用於道路運輸或航空業的可再生燃料。

2. 生質進料（油脂類）來源及分布

依據 Argus 資料統計，中國 UCO 產量為全球最具發展潛力之地區，自 2015 年至 2022 年中國 UCO 產量快速增長，2015 年年產量僅約 75 萬噸，而至 2022 年年產量已增加至約 350 萬噸，且預估未來產量將持續增加。

Feedstock Markets

Asia-Pacific UCO supply growth



Notes: Chart presented in terms of tonnes of feedstock availability. *Adjusted based upon YTD information
-Argus Consulting

圖三，亞太地區 UCO 供應量統計（Argus）

中國 UCO 出口地區以歐洲為首，歐洲地區有逾三分之一的 UCO 進料來自中國，其中，西班牙生產的可再生柴油，進料達五分之一為中國供應；2022 年英國可再生燃料有超過一半的生質進料為 UCO，其中 UCO 進料有逾三分之一來自中國。

除此之外，馬來西亞及印尼所生產的植物油產量佔全球的三分之一，且出口供應比例逾 50%。

3. 生質進料（油脂類）供應困境及因應

歐洲地區短期內對於亞太區的生質進料需求將持續存在，主要受俄烏戰爭影響，來自歐洲地區的植物油來源中斷，而其他替代性燃料包含以城市廢棄物轉生質燃料或新型 PtL (Power to Liquids) 燃料仍處發展階段。

近期受亞太地區 SAF 需求增長影響，亞太地區的生質進料可能優先用於當地自產，歐洲供應鏈將受嚴重影響，進一步推升原料價格，彰顯全球生質進料短缺問題。

反觀，美國及巴西因保有自產農作物來源，不需過度依賴生質原料進口，再加上其政府推動激勵性政策，促使國內業者積極生產可再生燃料，使供應免於承受全球原料短缺影響，同時仍保有自產優勢。例如美國可再生燃料標準支持道路運輸再生燃料的使用，而通貨膨脹減少法案 (Inflation Reduction Act) 的稅收抵免政策，則激勵美國供應商以本地作物生產 SAF。

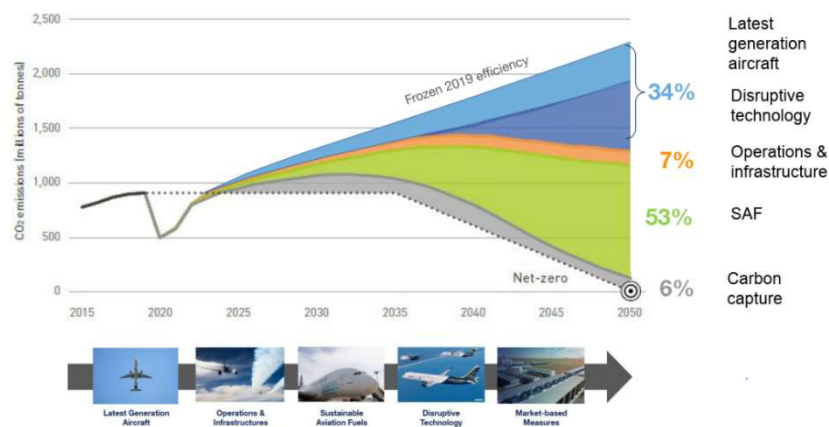
(四) SAF 製程發展及未來趨勢

主辦單位邀請國際 SAF 製造商及航空器製造商主管進行訪談，各公司策略摘要如下

1. Airbus

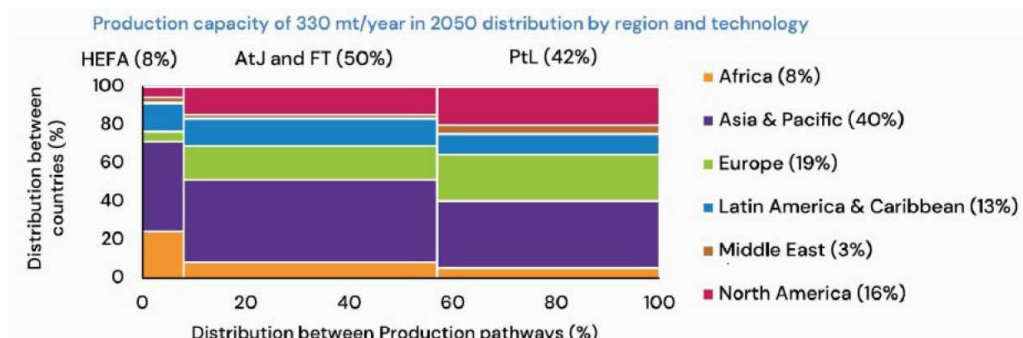
Airbus 民航機製造商透過與航空業者合作，策略包含提供最新一代具高燃油效率的機型或應用創新技術如電動推進、氫燃料電池及其他先進材料，預期至 2050 年可減少約 34% 碳排放量 (以 2019 年作為碳排基準)，並持續搭配節能運營 (7%)、市場碳排管制措施 (6%) 及推動永續航空燃料使用 (53%)，應可於 2050 年達成航空業淨零碳排放。

Airbus supports the ATAG most ambitious technology scenario



圖四，全球航空業減碳策略 (ATAG)

依據 Airbus 資料，預計至 2050 年全球 SAF 產能約為 3.3 億噸，其中目前主流以生物性油脂作為進料之 HEFA 製程僅佔 8%，而以生質醇類作為進料之 ATJ 製程及以廢棄物作為進料之 FT 製程兩者總計佔 50%，另以電解水及捕捉碳技術作為進料之 PtL 製程佔 42%。




圖五，2050 年全球 SAF 產能占比（Airbus）

2. VELOCYS


英國 VELOCYS 永續航空燃油製造商，以專利 FT 製程生產 SAF，2022 年美國俄亥俄州製造廠開始施工，規劃設置 12 個微通道專利反應器，並預計於 2024 年中投產。另外兩項投資計畫，包含位於美國密西西比州廠及英國東部米德蘭茲廠，VELOCYS 規劃美國廠以木材廢料作進料，產能預估約 3.9 萬噸；英國廠則規劃以城市固體廢棄物（MSW）作進料，產能預估約 6.3 萬噸，該公司致力將 FT 製程商業化。

Altalto and Bayou Fuels will deliver some of the highest carbon savings in the industry VELOCYS



ALTALTO Immingham

CO₂ saved per year: 300kt
SAF production: 14mgal / 39kt
Feedstock: Municipal Solid Waste (MSW)
Status: FEED, planning consent in place
Carbon Intensity (post-CCS): -162% vs fossil (-54 gCO₂e/MJ)
Supported by UK government's Advanced Fuels Fund



BayouFuels Natchez, MS

CO₂ saved per year: 1,500kt
SAF production: 22mgal / 63kt
Feedstock: RSB¹-certified forest residue
Status: pre-FEED, FONSI² in place
Carbon Intensity (post-CCS): -547% vs. fossil (-389 gCO₂e/MJ)

- Advantaged access to feedstock, CCS and markets that value SAF with exceptional carbon savings
- De-risked through demonstrated technologies and delivery model with Bechtel partnership

¹ Roundtable for Sustainable Biomaterials; ² Finding of No Significant Impact, key element of permitting process.

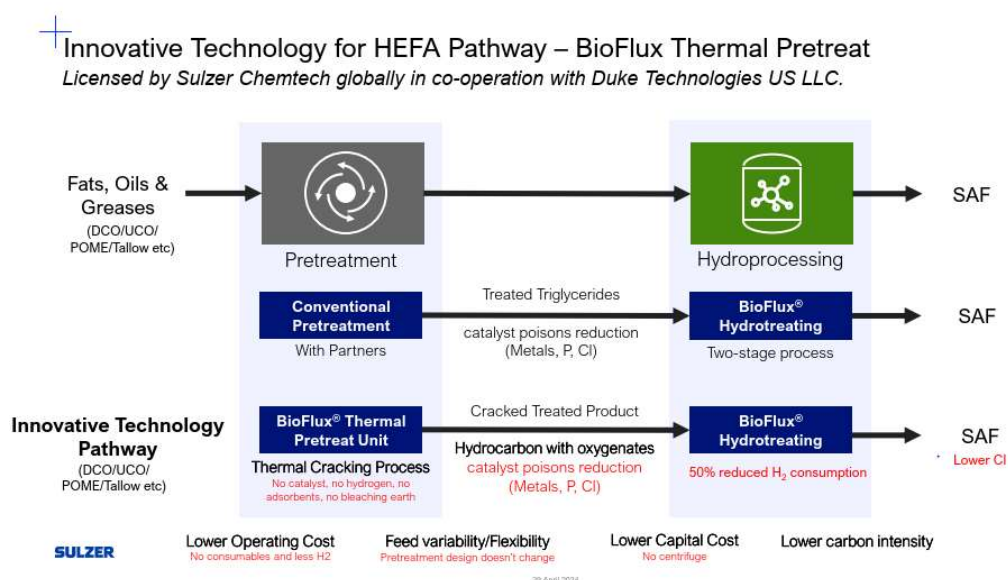
| www.velocys.com | Velocys | Confidential | 2

圖六，Altalto 及 Bayou 燃油廠（VELOCYS）

3. SULZER

瑞士 SULZER 工程技術廠商評估現今 HEFA 製程的資本支出成本較 FT、ATJ、SIP 及 PtL 製程低，如單以技術成本作生產考量，目前採用 HEFA 製程較具經濟規模生產效益。

SULZER 與 Duke Technologies 公司共同研發 BioFlux 熱前處理與 BioFlux 加氫處理專利技術，針對生物性油脂進行熱裂解前處理，據悉可減少一般前處理所需之離心分離、酸性或鹼性溶液使用及水洗等步驟，並防止生成甘油副產品，同時有效去除生物性油脂的金屬、磷及氯含量。又因前處理已先行將生物性油脂進行裂解，據 SULZER 統計可有效減少一般後續加氫處理製程所需 50% 氫氣耗用量，評估整體採用 SULZER 專利製程可有效降低新建加氫單元體積、催化劑需求及整體操作費用。



圖七，Bioflux 熱前處理及加氫處理創新製程 (SULZER)

三、第二天會議議程及紀要

113/4/23 (第二天) Conference day one	
時間	議程
9:25 am	Chairperson's opening remarks Karl Kleemeier, Head of Asia, Argus
9:30 am	Industry stakeholder keynote address: Neste - Building a strategy for the future, ensuring security of supply for the Asian market Carrie Song, Senior Vice President, Commercial, Global Renewable Products, Neste
9:50 am	Government keynote address: Singapore's quest towards wider adoption of biofuels Lee Chuan Teck, Executive Chairman, Enterprise Singapore

10:05 am	<p>Global biofuels panel: Shifting trade flows, pricing mechanisms and key insights from industry leaders</p> <ol style="list-style-type: none"> Oto Pison, Overseas Division Director Envien Group Chris Markey, Deputy Regional Director, Southeast Asia & Oceania, U.S. Grains Council Arezki Djeloudji, Partner Greenea
11:35 am	<p>Exploring evolving trends in the EU and US regulatory and certification landscape for biofuels</p> <p>Kristine Klavers, Managing Director - Low Carbon Petroleum & Refining, EcoEngineers</p>
11:50am	<p>Association panel discussion: Crafting an Asia-wide biofuel strategy and navigating emerging regulations</p> <ol style="list-style-type: none"> Steven Bartholomeusz, Head of Public Affairs, Asia Pacific, Neste Clarence Woo, Executive Director, Asian Clean Fuels Association (ACFA) Sanin Triyanond, Chairman Thai Biodiesel Producer Association
2:00 pm	<p>Regulatory Perspective: Sustainable certification in fragmented Asian market</p> <ol style="list-style-type: none"> Jason Gan, Biofuels Senior Trader, STX Commodities Lauren Moffitt, Deputy Editor, Argus Summer He, Marketing Director, SCS Global
2:40 pm	<p>Exploring traceability within the market</p> <p>Ryan Kim, Recycled ledger</p>
3:00 pm	<p>Presentation and Q&A: Feedstock central - unlocking the potential of resources and overcoming the feedstock bottleneck</p> <p>Jonty Richardson, Senior Consulting Manager, Argus</p>
4:10 pm	<p>Navigating the palm-based feedstock challenge in Asia</p> <p>U. R. Unnithan, Cofounder and CEO & President, Dibiz Pte Ltd & Malaysia Biodiesel Association</p>
4:30 pm	<p>Evolution of Palm Oil Price Drivers</p> <p>Carolina Palma, Argus</p>
4:45 pm	<p>Chairperson' s closing remarks</p> <p>Ammo Parmar, Argus</p>

會議紀要：

(一) 聚焦生質原料－突破原料瓶頸，尋找替代性燃料及技術

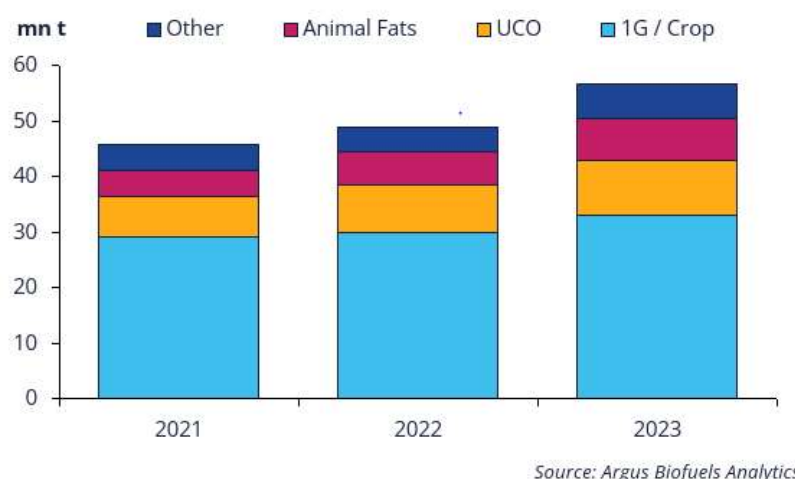
1. 原料瓶頸

(1) 全球 HVO/HEFA 生物性油脂需求預估

依據 Argus Consulting 資料，目前不論陸上運輸或空中航運之生質燃料(HVO/HEFA)，其主流製程仍為加氫處理，且進料來源均為生物性油脂。

截至 2023 年，Argus 統計生物性油脂包含廢食用油、動物性脂肪及第一代作物原料，作為再生柴油（HVO）及生質柴油（Biodiesel）進料使用的年耗用量已超過 5 千萬噸，又受 2025 年歐盟地區將實施 ReFuel EU 法案影響，預估生產 SAF 所需的生物性油脂需求量將大幅增長，倘如加上原本陸上運輸的原料需求，整體油脂需求量恐供不應求。

Global HVO and biodiesel feedstock demand



圖八，全球 HVO/Biodiesel 進料需求趨勢（Argus）

(2) ReFuel EU 與 RED III 生質原料要求及全球可供應量預估

歐盟議會及理事會於 2023 年通過再生能源指令（RED III）之修訂，目標設定於 2030 年溫室氣體減排量達 14.5% 或再生能源使用率達 29%。該指令公佈合格生質原料於附件 9 的 A 部份及 B 部份。A 部份原料包含多種類型的木質纖維素、動物糞便、污水污泥和藻類等；B 部分原料則包含廢食用油及 1 類和 2 類動物性脂肪；為確保生質原料的使用不會進一步加劇砍伐森林及森林退化現象，歐盟計畫到 2030 年全面淘汰以棕櫚油作為原料的生質燃料。

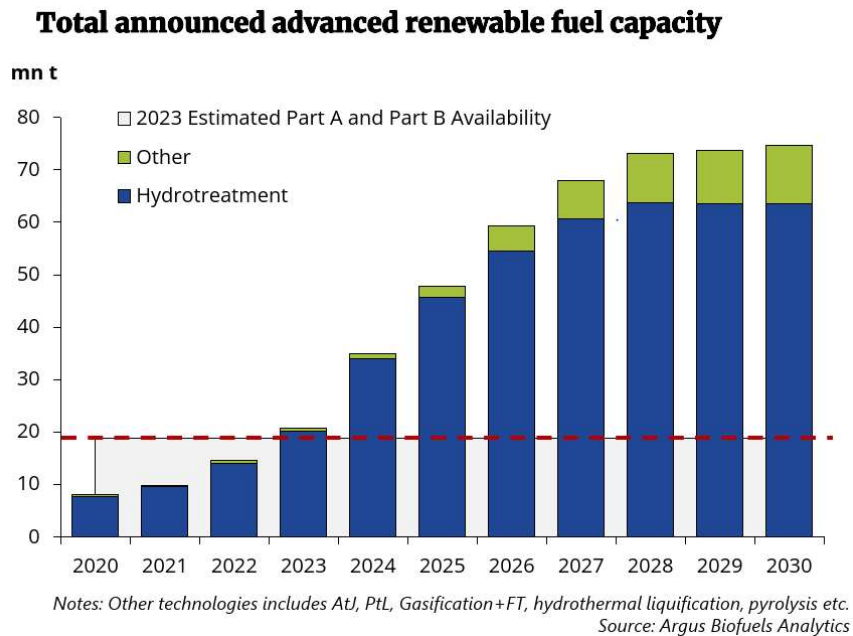
ReFuel EU 法案為歐盟地區 2025 年至 2050 年期間對於 SAF 的摻配目標規劃，相較於 RED III 可使用的生質原料，符合生產 SAF 的原料種類更少，A 部份原料需去除包含食品、飼料、中間作物、

棕櫚脂肪酸蒸餾物和所有其他棕櫚和大豆衍生材料。

依據 Argus Consulting 資料，2023 年全球生質原料可同時符合 Refuel EU 要求，總供應量僅約 2 千萬噸，種類包含廢食用油、brown grease、tall oil fatty acids 油脂、spent bleaching earth oil 廢白土油脂、POME 棕櫚榨油廢水及其他廢棄物、殘渣原料。

(3) 全球生質燃料總產能預估量及供需因應

依據 Argus Consulting 資料，2024 年全球已宣布的再生燃料產能約為 3~4 千萬噸，並預估至 2030 年產能將增加至 7~8 千萬噸，其中約 6~7 千萬噸產能均為加氫處理製程。惟受歐盟對於 SAF 生質原料使用制定之嚴格規定，且美國亦規劃將原料作物加嚴為廢料和殘渣，統計合格可供 SAF 生質原料僅約 2 千萬噸，不足以搭配產能規劃，因此急需開發更多生質原料及新技術途徑。



圖九，全球再生燃料產能及原料供應趨勢（Argus）

2. 因應生物性油脂原料瓶頸方案

(1) 替代性燃料及技術發展

以長期而言，在陸運方面，電池電動車（BEV）和混合動力車（Hybrid）技術成熟，車輛數量持續增加，預計將逐漸取代內燃機引擎車輛。雖然貨運車輛普及速度將較自用車慢，但替代性方案包含電池電動、氢能、液化天然氣等車輛亦將逐步取代傳統燃油車輛。

另在海運方面，甲醇及、氨能或氫能等低碳或替代燃料，其減碳效果較以生物性油脂作為原料產出之生質燃油更為顯著，預期海運替代性燃料未來將朝以非生物性油脂產出燃料方向發展。

綜上所述，由於陸運方面將改以其他型式如電動車作為主要能源，而海運方面則規劃改以甲醇、氨能及氫能作為低碳或替代燃料，預估未來應可有效減緩生物性油脂需求量。

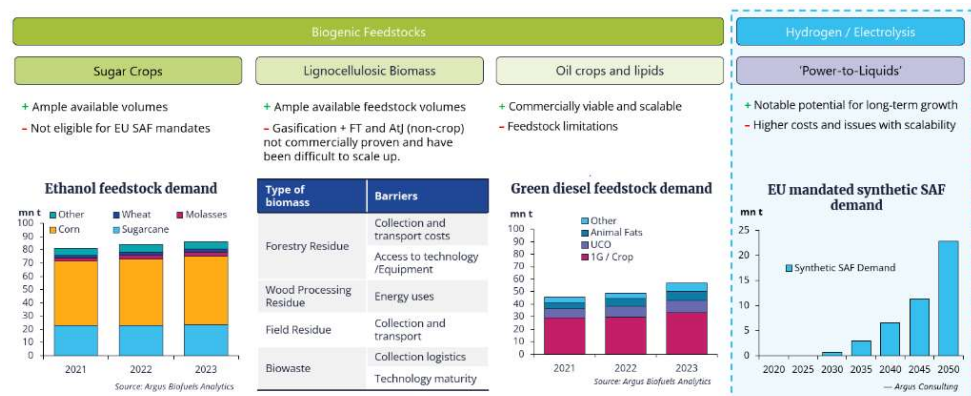
(2) HVO/HEFA 生物性油脂進料仍有成長空間

廢食用油回收率於亞太地區應仍有大幅成長空間，依據 Argus 資料，截至 2023 年韓國和日本廢食用油回收率僅 15~25% 左右，回收率可望再提升；中國廢食用油回收量自 2016 年約 80 萬噸持續成長至 2023 年接近 500 萬噸，回收量增長迅速；印尼、泰國、越南和印度等國家則因人口和城市密度高，預估具有相當可觀的廢食用油產生量。

(3) 替代生產途徑-SAF

目前經認證的 SAF 製程眾多，除以生物性油脂作為進料之外，尚包含酒精作物（小麥、糖蜜、玉米及甘蔗）及木質纖維素（農林業廢棄物及生物垃圾）作為進料之製程，各製程具其優缺點，如酒精作物不符合歐盟 SAF 進料資格，而木質纖維素雖來源眾多，但 FT 製程仍尚未商業化，技術難度較高。

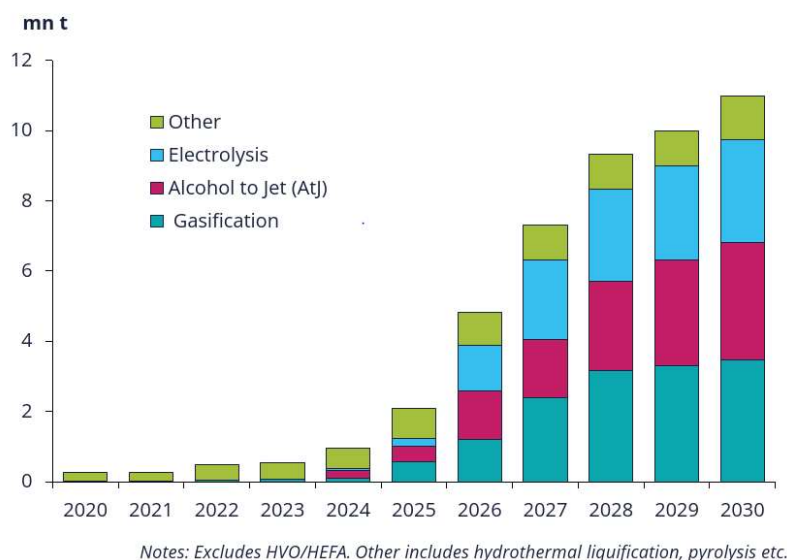
另一項具發展潛力之替代生產途徑為 PtL 製程，歐盟 ReFuel EU 已宣布合成摻配燃料使用目標，規劃自 2030 至 2031 年平均摻配比例達 1.2%，2031 至 2032 年平均摻配比例達 2%，2035 年達 5%，2040 年達 10%，2045 年達 15%，至 2050 年達 35%。



圖十，SAF 替代生產途徑（Argus）

綜上所述，未來其他製程的 SAF 產能將大幅成長，預期至 2030 年 ATJ、FT、PtL 及其他製程產能將達 1~1.2 千萬噸，推測主要受歐盟 ReFuel EU 法案影響，合成摻配燃料 PtL 生產 SAF 更改為強制規定，且其他製程原料可供應來源較廣，以長久而言，全球原料可供應量仍為主要技術發展考量。

Total Announced advanced renewable fuel capacity



圖十一，全球再生燃料產能技術變化趨勢（Argus）

(二) 生質原料的貿易流向及定價機制-SAF 生質原料管理規則

歐盟、美國及 CORSIA 對於生產 SAF 之生質原料採取不同管理模式，各地區可接受的生質原料存在顯著差異，某些原料如棕櫚油在歐洲及美國因不符資格而遭禁用，但目前 CORSIA 合格燃料仍未禁用此來源，且據 CORSIA 資料，以 POME（Palm Oil Mill Effluent, 棕櫚榨油廢水）作為原料之燃料，具有溫室氣體/碳強度減排量高的優勢，因此 POME 原料在其他非歐盟及美國地區，其市場價格仍具發展潛力。由此可知，永續航空燃油定價及使用可能因原料的碳強度貢獻、原料資格符合與否（ReFuelEU）或最終用戶偏好而有所不同。

^assumes biogas captured from POME pond /*Unclassified / category 3 animal fats

永續航空燃油生質原料及管理規則	ReFuelEU (Permitted to meet % mandate)	California LCFS (established pathways) gCO ₂ e/MJ	CORSIA Default LCA gCO ₂ e/MJ
-----------------	---	--	--

Palm	X	X	76.5^
Soybean Oil	X	62.0	66.2
Animal Fats* 第三代動物性脂肪	3% cap	45.4	22.5
UCO	Yes	31.7	13.9
PFAD 棕櫚蒸餾脂肪酸	X	X	20.7
AtJ (sugarcane)	X	tbc	33.1

四、第三天會議議程及紀要

113/4/23 (第三天) Shipping & Bunker Conference	
時間	議程
9:00 am	Chairperson' s opening remarks Steven Tan, Argus
9:05 am	Keynote speakers: Decarbonising the marine sector 1. Jan-Paul de Wilde, Head - Decarbonisation, Energy Transition and Innovation, RINA Singapore 2. Jesper Lindegaard Sørensen, Global Head of Alternative Fuels and Carbon Markets, KPI Ocean Connect
9:50 am	Argus views: Future outlook of the maritime fuel industry Mahua Chakravarty , Editor, Marine Fuels (Asia) Argus
11:00 am	Maritime panel discussion: A multi-fuels future - marine fuels challenges and outlook 1. Partha Das, Regional Operations Manager (Asia)-FOBAS, Lloyd's Register Singapore 2. Dr Shahrin Osman, Regional Head & Global Business Development, DNV & Director, Maritime Decarbonisation and Smart Shipping Centre of Excellence (Singapore/Asia-Pac) 3. Nirva Ghelani, Maritime Decarbonisation Lead, BHP
11:45 am	Shipping Panel discussion: Biofuels for the marine shipping sector 1. Ilyas Muhammad, Director, Head of Green Fuels, Hapag-Lloyd AG 2. Siddharth Kaul, Global Lead Carbon Projects, Alcom Carbon Markets

	3. Suraj Sundaresan, General Manager – Operations, Eastern Pacific Shipping
1:30 pm	Panel discussion: Exploring tomorrow's technological advancements Sanjay C Kuttan, Chief Technology Officer, Global Centre for Maritime Decarbonisation
2:00 pm	Flighting fires – how to protect your plant from damages Hakan Johansson, Division Manager, Firefly
2:10 pm	Chairperson' s closing remarks Ammo Parmar, Net Zero Asia Editor, Argus

會議紀要：

(一) 海運溫室氣體/碳排放管制措施

1. IMO (International Maritime Organization, 國際海事組織)

(1) MEPC 80: GHG reduction targets 溫室氣體減排目標

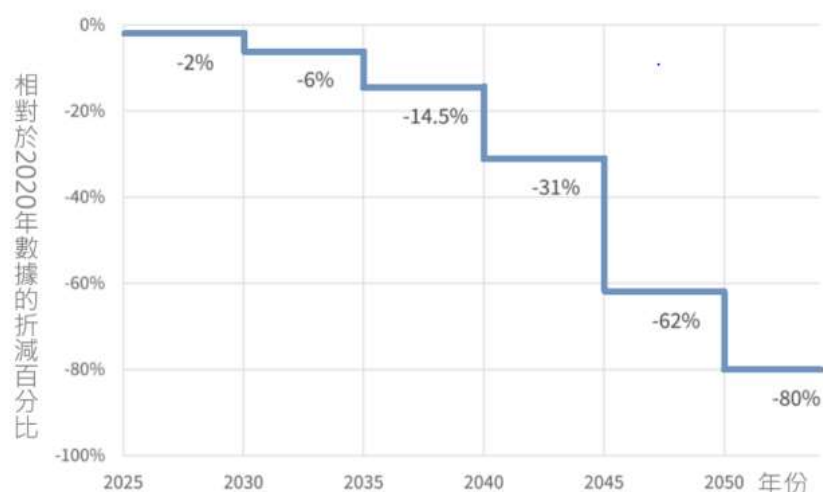
IMO 設定基準年為 2008 年，目標規劃於 2030 年達到國際海運航線溫室氣體年排放量減少 20%，2040 年減少 70%，並於 2050 年實現溫室氣體淨零排放。

(2) 溫室氣體減排措施，適用對象為總噸位 5,000 噸以上船型。

措施	說明內容
提高新造船的能源效率	加嚴船舶能源效率設計指數 (Energy Efficiency Design Index, EEDI) 要求並加以審查。
降低國際航運碳強度 (每單位運輸量所產生的碳排放量)	2030 年國際航線船舶碳強度應降低 40%。
採用零溫室氣體排放技術的燃料或能源	2030 年國際航線船舶所使用的能源占比應至少有 5% 來自零 (或接近零) 溫室氣體排放的技術或燃料。
採用目標型海運燃料標準(Goal-Based Marine Fuel Standard, GFS) 作為技術性措施	要求船舶每年使用燃料/能源的溫室氣體強度不得超過 IMO 標準並逐步加嚴，但目前尚未達成共識。

2. 歐盟 FuelEU Maritime 草案

- (1) 歐盟規劃於 2025 年實施 FuelEU Maritime 法案內容，適用對象為總噸位超過 5,000 噸且到訪歐洲水域船舶，規範船上使用能源以燃料全生命週期（Well-to-Wake）計算溫室氣體強度（gCO₂e/MJ），所得強度需低於標準線，如符合規定或完成罰款繳納者可獲發年度符合文件，其標準每五年會逐漸加嚴。（標準線以 2020 年之數據（91.16 gCO₂e/MJ）為基礎）



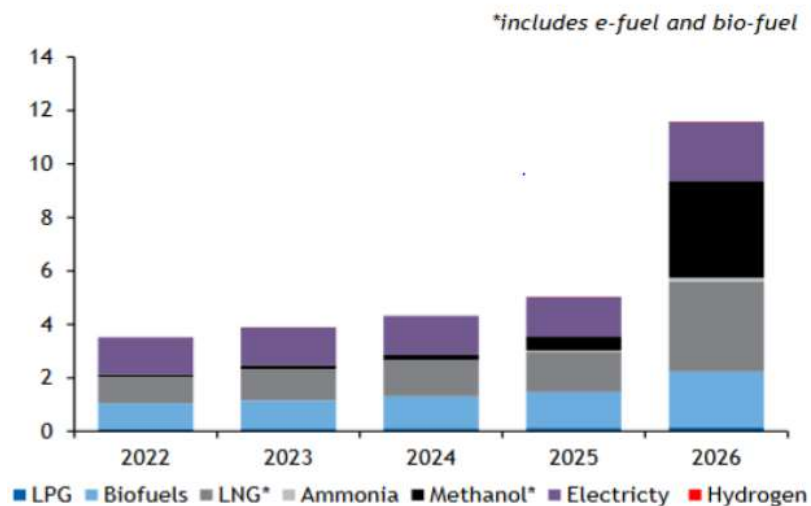
圖十二，歐盟 FuelEU Maritime 溫室氣體減排目標

- (2) 歐盟設定目標於 2034 年船舶應使用至少達 2% 的非生物來源可再生燃料（Renewable fuel(s) of non-biological origin, RFNBO），亦稱為綠色電子燃料。
3. 歐盟海運碳排交易制度（EUETS, EU Emission Trading System）
2024 年歐盟將航運業納入碳交易體系（EU ETS），適用對象為總噸位超過 5,000 噸且到訪歐洲水域之船舶，規範溫室氣體排放管制交易制度，並分階段實施，自 2024 年起應繳納 40% 排放量配額，2025 年應繳納 70% 排放量配額，而至 2026 年應繳納全部排放量配額。

(二) 全球海運替代燃料需求預估

海運替代燃料包括 LPG、生質燃油、LNG、氨能、甲醇、氫能及 e-fuel。依據 Argus Consulting 資料，2024 年全球海運替代燃油需求約 400 萬噸，至 2026 年需求將大幅增加為約 1,200 萬噸，其中生質燃油需求僅約 200 萬噸，而剩餘 1,000 萬噸為 LNG、甲醇、氨能及 e-fuel 燃油，非生質燃油之替代性燃油成長幅度最為明顯。

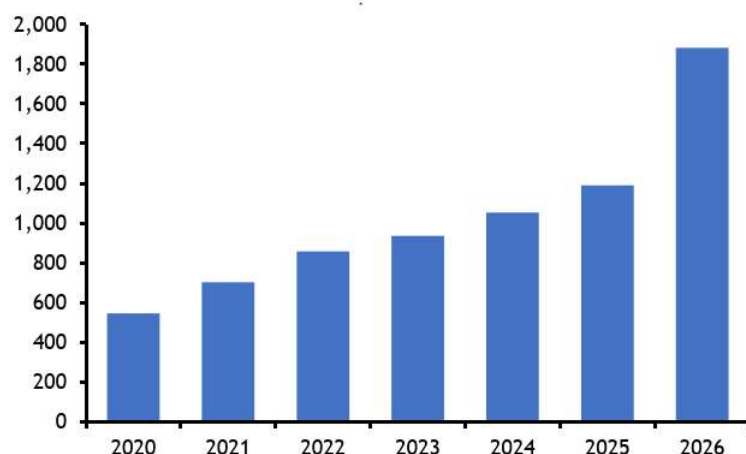
Global alternative bunker demand forecast *mn t*



圖十三，全球海運替代燃料需求預估趨勢（Argus）

目前主流供應仍以海運生質燃油為主，依據 Argus Consulting 資料，自 2020 年起全球海運生質燃油需求逐年增加，2020 年需求僅 40~60 萬噸，至 2024 年需求增加為 100~120 萬噸，並預計 2026 年增加至 180~200 萬噸，分析增長主要受歐盟強制實施溫室氣體管制措施影響，將迅速推動全球海運生質燃油使用趨勢。

Global marine biofuels demand forecast '000t

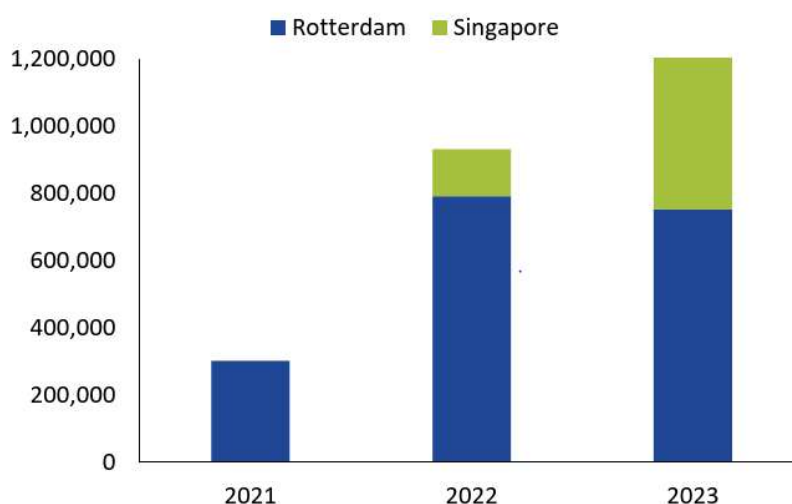


圖十四，全球海運生質燃油需求預估趨勢（Argus）

(三) 全球海運替代燃料供應

海運生質燃油為 Drop-in fuel，目前新加坡及鹿特丹銷售油種以 B24 及 B30 UCOME 最為常見，因其具水親和性及低溫流動性較差等特性，應留意長期儲存穩定性及材料相容性。依據 Argus Consulting 資料，2022 年全球海運生質燃油銷售量為 80~100 萬噸，集中於歐洲鹿特丹港口，亞太區新加坡供應量僅約 20 萬噸，而至 2023 年全球銷售量增長至 120 萬噸，其中歐洲鹿特丹港口佔約 70 萬噸，亞洲新加坡供應增長達約 50 萬噸，顯見亞太地區銷售增長幅度迅速。

Marine biofuel-blend sales (t/yr)



圖十五，海運生質燃油供應（Argus）

另，新加坡海事及港口管理局（Maritime and Port Authority of Singapore, MPA）與鹿特丹港務局（Port of Rotterdam Authority）於 2022 年宣布新加坡-鹿特丹

綠色數位航運走廊（GDSC），將共同推動航運業改用節能技術及替代燃料，預計 2027 年開始於往返新加坡及鹿特丹港口的貨運船隻將使用低碳燃料或零排放燃料，例如甲醇、氨、氫氣合成燃料等，將更進一步提高海運替代燃油供應量。

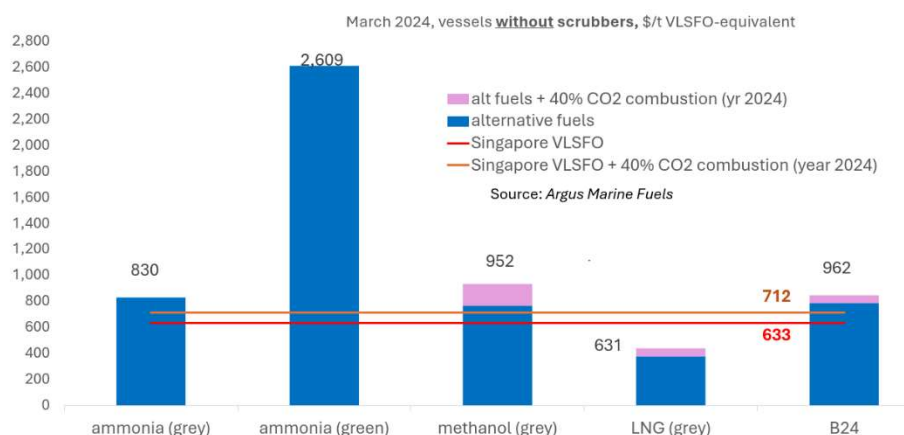
(四) 海運替代燃料

1. LNG

以 LNG 作為雙燃料船用引擎技術成熟，其碳排放量較傳統船用燃油減少 25%，因 LNG 於常壓下沸點為-160°C，基礎設施包含低溫儲存及供輸設備應配合建置，艙櫃需求為傳統燃油體積的 1.6 倍，基本上只要船舶有足夠空間均可進行改裝。

惟甲烷逸散為 LNG 主要使用疑慮，可能導致船體結構脆化、人員凍傷或艙壓過高等問題，雖然 IMO 已有制定因應規範，但仍可能使部分船東對 LNG 燃料存有安全疑慮，且因 LNG 並非零碳排，屬於過渡型船舶，因此目前較多船東仍持保留觀望態度。

依據 Argus Consulting 資料，目前 LNG 價格較具競爭力，截至 2024 年 3 月，LNG grey 價格為 631 美元/噸，相較新加坡 VLFSO 價格低 2 美元/噸，而 B24 則為 962 美元/噸，相較新加坡 VLFSO 價格高 329 美元/噸。



圖十六，海運替代燃料價格比較（Argus）

2. 甲醇

甲醇的生產及應用在陸上運輸及石化產業已成熟，但作為船舶燃料仍處開發階段。甲醇常溫下為液態，基礎設施相較 LNG 簡易，惟艙櫃需求為傳統燃油體積的 2.5 倍。甲醇屬危險化學品，具毒性、金屬腐蝕性及易燃性（閃點 12°C），燃燒時火焰呈無色，可能對人體健康有害且存有安全作業環境之疑慮。

綠色甲醇可細分為生質甲醇 (bio-methanol) 及再生電力甲醇 (E-methanol)，生質甲醇來源包含農林業廢棄物、沼氣、污水、城市固體廢棄物 (Municipal solid waste, MSW)、製漿造紙業的黑液 (Black liquor) 等，而 E-methanol 為綠氫及捕捉 CO₂ 的合成產物。生質甲醇的碳排放量較傳統船用燃油減少 70~80%，而 E-methanol 碳排放量接近於零，但生產成本較高。

依據 Argus Consulting 統計，截至 2024 年全球綠色甲醇產能約 25 萬噸，預計至 2027 年產能僅增加至 60 萬噸；綠色甲醇除作為海運替代燃料外，亦可最為汽油摻配料、生質 MTBEM 原料、化學品原料 (油漆、甲醛) 及氫能供應鏈 (氫氣載體)，雖然目前船舶需求尚未明顯增加，但已受其他市場需求及流動性影響而供不應求。

Country	Project Location	Company	Feedstock	Capacity (t/yr)	Operational year
China	Beijing	Debo	Biomass	200,000	2024
China		GTB	Biomass	50,000	2024
China		CIMC ENRIC, Maersk	Biomass	50,000	2025
Australia	Northern Tasmania	Sungas Renewables	Biomass + electrolyser	300,000	2027
UAE	Dubai	WasteFuel, Averde	Municipal solid waste		

Biomethanol capacity

- Supply is scarce and new projects cannot match the global projected demand
- A total of 600,000t/yr capacity estimated for projects in the next 2-3 years.
- Order books estimated above 200 for methanol-fuelled ships

圖十七，生質甲醇產能預估量 (Argus)

3. 氫能

氫相較其他替代性燃料最大優點在於組成不含碳，能夠達成零碳排目標，且製氫原料為氫及氫，可取自空氣中的氫成分及水份，與碳燃料相比具來源取之不盡優勢。

再生氫與再生甲醇同樣為替代燃料，E-methanol 原料為 CO₂ 碳捕捉，空氣中 CO₂ 僅佔 0.04%，而另外約有 79% 為氫組成，可作為藍氫或綠氫合成來源，換言之，從空氣中捕捉氫比捕捉碳更為容易且經濟，因此再生氫產製成本較再生甲醇低。

雖然氫產業基礎及貿易供應鏈完善，且作為農工業應用 (肥料、藥物、清潔、工業用品) 已趨成熟，但作為船舶主機燃料仍處開發階段。因氫燃料於常壓下沸點為 -33°C，低溫儲存及供輸設備應配合建置，艙櫃需求為傳統燃油體積的 3 倍，加上氫屬危險化學品，具毒性、腐蝕性及易燃性，再考量氫於燃燒後屬溫室氣體的 N₂O 排放量會增加，仍未達到淨零溫室氣體排放，因此氫作為海運替代燃料仍面臨許多考驗。

參、具體成效

- 一、本次會議分為三項主題討論，分別聚焦永續航空燃油發展、生質原料供應瓶頸及海運替代燃料趨勢。
- 二、受 ICAO 將於 2027 年強制實施 COSRIA 國際碳排放管制措施影響，預期永續航空燃油需求將大幅增長，其中又以亞太地區需求增加最為明顯，分析為各國潛在政策實施推動需求，如新加坡、印度、泰國及馬來西亞均陸續公佈及規劃相關摻配政策。

國家	摻配政策規劃及發展
新加坡	2026 年，離境航班應使用至少 1% 永續航空燃油。 2030 年，提升至 3~5% 摻配比例。
日本	2030 年，國際航班應使用至少 10% 永續航空燃油。
馬來西亞	制訂 1% SAF 摻配規範，規劃 2050 年 SAF 摻配比例應達 47%。
印度	2025 年，國內線航班應使用至少 1% SAF。 2026 年，提升至 2% 摻配比例。 2030 年，達 5% 摻配比例。
泰國	能源部擬訂新國家石油計劃，對於 SAF 製造商提供投資獎勵。

- 三、受歐盟 ReFuel EU 宣布 SAF 合成摻配燃料使用目標影響，PtL 燃料未來將為歐盟強制規定使用，對應需求勢必將增長，又其他 SAF 製程如 FT 及 ATJ 製程，因原料來源範圍較廣，儘管目前評估生產成本較主流技術 HEFA 製程高，但以長遠來看，原料可供應量應仍為技術發展首要考量，且製程一旦商業化，相對應之產能及需求亦將快速增加，綜上所述，推測航空燃油未來較具潛力發展之燃料為再生 PtL 燃料、FT 及 ATJ 製程燃料。

年度		歐盟 ReFuel EU 法案摻配比例規劃	
		SAF	合成摻配燃料
2025 年		2%	-
2030 年	2030-2031	6%	Avg 1.2% (min.0.7%)
	2032-2033		Avg 2.0% (min.1.2%)
	2034		2.0%
2035		20%	5%
2040		34%	10%
2045		42%	15%

2050	70%	35%
註：合成摻配燃料 PtL (Synthetic Aviation Fuel)：非生質來源的可再生或氣體燃料，生產方式：透過電解水將再生電力轉化為綠色氫氣，將氫氣與直接從空氣、生物來源或工業過程中捕獲的二氧化碳混合以生產液態碳氫化合物。		
註：永續航空燃油(Sustainable Aviation Fuel, SAF)：生質來源的可再生或氣體燃料。		

四、目前不論陸上運輸或空中航運生質燃料（HVO/HEFA），主流製程均為加氫處理，生質進料來源均為生物性油脂。為避免砍伐森林亂象，歐盟於 2030 年將全面禁止以棕櫚油作為原料，而美國低碳燃料標準(Low Carbon Fuel Standard,LCFS)亦禁止棕櫚油之使用，但目前 CORSIA 合格燃料尚未禁用此來源。依據 Argus Consulting 統計，2023 年符合歐盟資格之生質原料，全球總供應量僅約 2 千萬噸，預估將無法滿足 2024 年至 2030 年全球加氫處理已宣布產能約 6~7 千萬噸，生質原料恐供不應求，評估因應方案說明如下表

因應方案	說明
陸運及海運之替代性技術及燃料發展	1.陸運方面發展電池電動車（BEV）和混合動力車（Hybrid）。 2.海運方面發展 LNG、甲醇、氨能或氫能等低碳或替代性燃料，其減碳效果較生質燃油更為顯著。
開發 HVO/HEFA 生物性油脂原料潛能	1.廢食用油回收率於亞太地區如韓國、日本及中國均仍有成長空間。 2.印尼、泰國、越南及印度人口密集，廢食用油產生量應可大量回收利用。
使用 SAF 替代生產途徑	發展 PtL、ATJ 及 FT 製程以取代部分油脂加氫處理製程。
利用全球生質原料管理規則之差異性	CORSIA 合格燃料未禁用 POME(Palm Oil Mill Effluent, 棕櫚榨油廢水)，亞太地區貿易途徑仍開放，原料可供應量暫具競爭力。

五、船舶替代燃料目前以 UCOME 生質燃油最為常見，其優勢為 Drop-in fuel，船舶引擎不需額外修改，惟考量生質燃油價格較 LNG grey 昂貴，加上各地 LNG Bunkering 基礎設施完成，部分航商轉往選擇 LNG；然而再考量 LNG 並非零碳排，屬於過渡型船舶，因此亦有部分航商選擇綠色甲醇，除碳排

放量較 LNG 低外，因甲醇常溫下為液態，因此儲存較 LNG 更為簡易，但因綠色甲醇目前產能集中於中國，且預估 2024 年全球供應量僅 25 萬噸，恐供不應求；而至於零碳排的氫燃料，由於船舶主機尚未商業化，發展較為緩慢。

肆、心得及建議

一、永續航空燃油

(一) ICAO 預計於 2027 年強制實施 CORSIA 國際航空碳管制措施，歐美及亞太地區會員國正逐步規劃 SAF 因應政策，如新加坡預計於 2026 年起規範離境航班至少使用 1% 永續航空燃油，而其他亞太國家如日本、泰國、馬來西亞均已提出潛在性政策，預期亞太地區 SAF 需求將大幅成長。

(二) 我國雖不是 ICAO 會員國，但受國際趨勢影響，未來航空公司航班如入境歐美地區或其他 SAF 政策實施國家，未添加 SAF 將需配合繳納碳補償金，且將逐漸加重，飛航成本勢必增加；而短期 SAF HEFA 製程價格雖較傳統航油昂貴，但考量長期替代生產途徑發展，且為達成 2050 年淨零碳排目標，全球 SAF 產能將迅速增長，價格亦將隨之與傳統航油（含碳費）取得平衡，換言之推動我國替代性航空燃料仍勢在必行，惟短期如考量國際價格因素，推動 SAF 使用仍需政府強制性政策支持或補貼，以利航空公司提出具體需求，供應商如本公司才能配合進行投資並穩定供應。

二、再生能源燃料

(一) 考量全球生質進料穩定取得性疑慮，歐盟地區 ReFuel EU 已逐步規劃提升 PtL (Power to Liquids) 再生能源燃料使用率，自 2030 年起，規範空運合成摻配燃料比例需達 1.2%，並按階段逐漸增加至 2035 年 35% 摻配比例；而海運部分 FuelEU Maritime 則規劃於 2034 年船舶應使用達 2% 的非生物來源可再生燃料 (Renewable fuel(s) of non-biological origin, RFNBO)，如再生電力甲醇 (E-methanol)、再生氫及氫等燃料。

(二) 經濟部為推動我國碳捕捉、利用及封存(CCUS)發展，規劃由本公司配合進行 CCUS 碳捕存跨部會試驗計畫，預計於鐵砧山廠區內鑽鑿灌注井及建置地面灌注設備，並與台電公司或其他企業合作將碳源進行運輸封存；另為推動我國氫能戰略行動成立「氫能推動小組」，規劃由本公司配合發展氫氣來源開發及基礎設施建置(如氫氣接收站、管線、儲槽)，預計 2030 年前發展藍氫供予應用端使用。

(三) 配合我國政策發展規劃，未來再生能源來源包含藍/綠氫及捕捉 CO₂，如未來本公司技術發展達可自產及利用，應可參考國際再生燃料製程，評估發展 PtL 合成摻配燃料或 RFNBO 海運替代性燃料之可行性，以避免長期需求增加後，國內有可能面臨生質進料短缺之瓶頸。

三、船舶替代燃料

- (一) 目前海運方面，航商較普遍採用生質燃油及 LNG 燃料作為減碳策略，惟大部分生質燃油為 UCOME (Used Cooking Oil Methyl Ester; UCOME)，組成為脂肪酸甲酯，因燃油穩定性差，且容易吸水孳生細菌，統計最長久儲期限約 6 個月，未來如本公司銷售 B30 或 B24 UCOME，除需密切注意長期儲放環境及監測燃油穩定性外，品質應符合 EN 14214 標準，規範包含冷濾點最大值 0°C 及水份含量最大值 350ppm。
- (二) 考量 UCOME 生質燃油穩定性較差及 LNG 低碳燃料減碳效果有限，部分航商中長期轉往發展甲醇、氨及氫燃料，而綠色甲醇因常溫下為液態較易儲存及運輸，且與氨或氫燃料相比，體積能量較高，船舶加油頻率需求較低，因此為中期較具潛力的減碳燃料選擇。依據報導新加坡海事及港務管理局 (MPA) 於 2023 年 7 月 27 日完成全球首艘燃料船對貨櫃船甲醇加注作業，並規劃於 2025 年起正式供應甲醇船舶燃料，預計至 2030 年達成每年供應 100 萬噸低碳甲醇目標量。另因氨船舶主機目前尚未商業化，較少航商選擇氨燃料，但考量氨屬零碳排燃料，推測未來仍具發展潛力。以長遠來看，船舶替代燃料朝多元化發展，並視各項技術如甲醇、氨、氫能發展成熟性衡量，建議本公司在未來國際航商選擇尚未明朗情形下，應持續關注各項燃料發展趨勢。