

2021 年空運重要議題



交通部運輸研究所
中華民國 111 年 6 月

2021 年空運重要議題

桃園機場於美國-越泰菲中轉市場之競爭力	1
臺港航空貨運概況分析	7
國際航空客貨運量復甦狀況初探	13
民用航空運輸業者因應疫情相關作為	21
永續航空燃料應用趨勢之初探	27

桃園機場於美國-越泰菲中轉市場之競爭力

一、背景

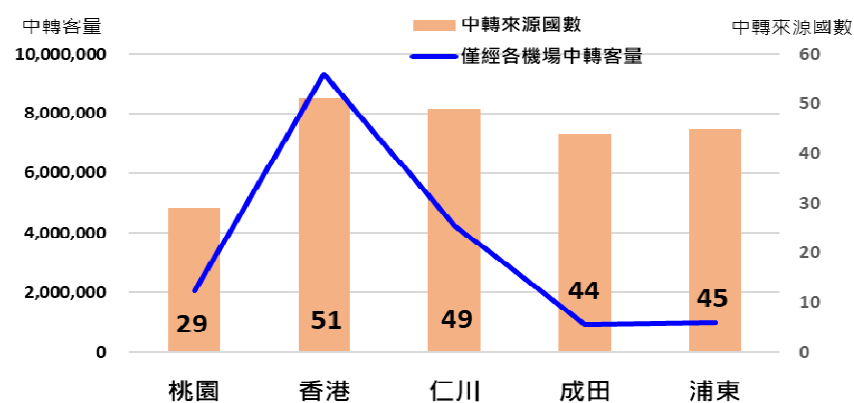
全球航空客運市場雖然因新冠疫情使旅客量大幅滑落，預估到 2024 年始可能恢復至疫情前的水準，但疫情前航空市場蓬勃發展，旅客量及連結城市數持續增加，航空業重心持續移往亞洲地區之長期趨勢並未因疫情肆虐而改變。在可預見的未來，東南亞及印度等亞太地區新興市場對航空客運需求將持續快速成長，桃園、香港、仁川、成田及浦東等機場，位於東南亞往返北美之大圓航線上，皆積極提升容量及服務品質，希望吸引更多旅客前往中轉，我國亦不例外，2020 版空運政策白皮書即揭櫫「國際空運樞紐」為我國空運發展願景。本文利用本所國際空運資料庫資料，探討疫情前美國旅次經桃園等 5 座機場中轉往返越南、泰國、菲律賓之情形，並就後疫情時代之發展提出建議。

二、分析說明

本文以疫情發生前(2019 年)桃園、香港、成田、仁川、上海等機場旅客起迄路徑資料進行分析。

1. 各機場中轉旅次主要來源

本文所稱之中轉旅次係指僅經由桃園、香港、仁川、成田或浦東單一機場中轉之國際中轉旅次，不包含經由兩個或兩個以上機場中轉者。經統計，2019 年經由桃園、香港、仁川、成田及浦東機場中轉旅次共 1,753 萬人次，中轉旅次來自全球 66 個國家地區，圖 1 為 2019 年經桃園等各機場中轉旅客量及中轉旅次主要來源國家數，由圖知，無論中轉旅客數或是中轉來源國家數，皆以香港機場最多。



資料來源：本所國際空運資料庫。

圖 1 各機場中轉旅客量及中轉來源國家數

表 1 及圖 2 為桃園等 5 座機場前十大主要中轉來源國之中轉客量及其占比，前十大中轉來源國包括美國、中國大陸、日本、越南、菲律賓、澳洲、泰國、臺灣、印度及加拿大，合計提供 1,330 萬中轉人次，占桃園等 5 座機場所有中轉旅次之 76%，其中美國、越南、日本、菲律賓、泰國更為桃園機場最主要之中轉來源。

表 1 中轉主要來源及旅客量

美國	2,781,301
中國大陸	2,754,810
日本	1,855,222
越南	1,264,856
菲律賓	1,020,047
澳洲	837,439
泰國	822,963
臺灣	781,479
印度	605,101
加拿大	573,653
其他	4,237,354

資料來源：本所國際空運資料庫。

桃園/香港/仁川/成田/浦東機場中轉旅客主要來源

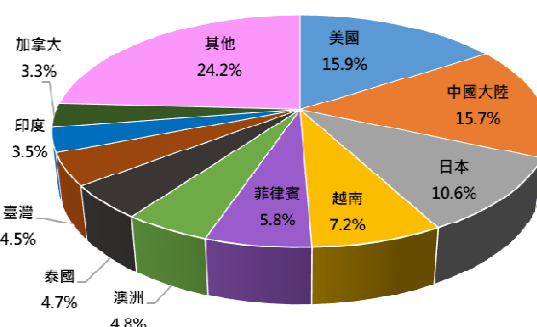
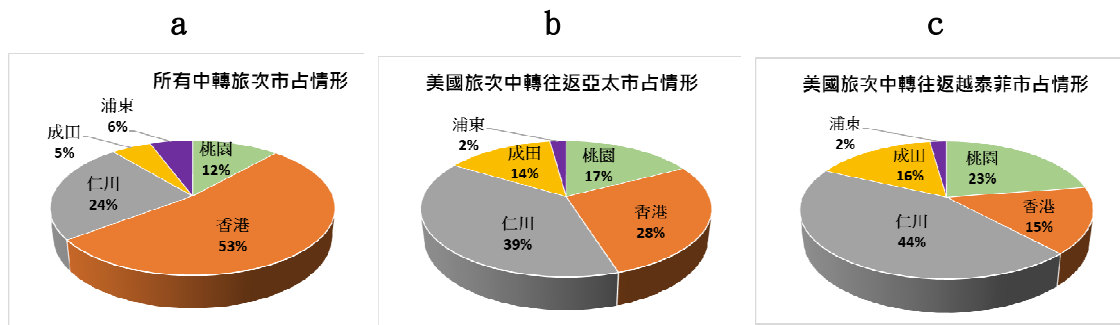


圖 2 各機場前十大中轉來源國占比

資料來源：本所國際空運資料庫。

經統計，美國雙向往返旅次經桃園等 5 機場中轉者，515 萬旅次係往返亞太地區(占全部 1,753 萬中轉旅次之 29.3%)，其中 293 萬旅次係往返越南、泰國及菲律賓(占全部 1,753 萬中轉旅次之 16.7%)。

如從桃園、香港、仁川、成田、浦東五機場之市占率來看，圖 3 之 a、b、c 圖分別為所有中轉旅次、美國旅次中轉往返亞太市場、美國旅次中轉往返越泰菲市場之市占情形，可發現所有中轉旅次中，香港機場市占率超過 5 成；當限縮範圍至美國旅次中轉往返亞太市場時，香港機場市占率由原 53%下降至 28%，仁川機場則由原 24%大幅增為 39%，桃園機場亦由原 12%增至 17%；再進一步限縮範圍至美國旅次中轉往返越南、泰國、菲律賓市場時，香港機場市占率更縮減至 15%，仁川機場則提升至 44%，桃園機場亦增加至 23%，凸顯美國旅次經中轉往返越南、泰國、菲律賓等地，仁川機場及桃園機場扮演重要的中轉角色，亦意味美國旅次經中轉往返越泰菲市場，不是以香港機場中轉為主。



資料來源：本所國際空運資料庫。

圖 3 桃園等 5 機場中轉情形

2. 美國旅次經各機場中轉往返越南、泰國及菲律賓情形

表 2 為美國旅次經桃園等機場中轉往返越南、泰國及菲律賓之中轉旅客量及起迄路徑數，由表知，雙向合計共有 293 萬中轉人次、566 條起迄路徑(不區別中轉機場)。以起迄路徑看，仁川機場 424 條最多，桃園機場 131 條最少；如以中轉旅客量看，仁川機場雙向 129 萬中轉人次最高，桃園機場 66 萬人次居次。

表 2 美國旅次經各機場中轉越泰菲之人數及起迄路徑數

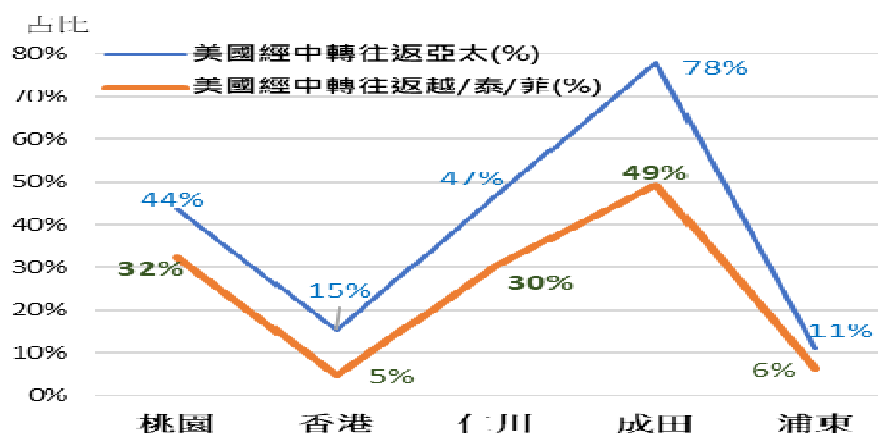
項目	桃園	仁川	香港	成田	浦東	合計
路徑數(條)	131	424	215	185	151	566
中轉旅客(萬人次)	66	129	45	46	6	293

資料來源：本所國際空運資料庫。

圖 4 為美國旅次在桃園等中轉機場之旅客占比，可發現成田機場之中轉旅客中，高達 78%為美國往返亞太之旅次(49%係往返越南、泰國、菲律賓旅次)；仁川機場之中轉客量中，47%為美國往返亞太之旅次(30%係往返越南、泰國、菲律賓旅次)；桃園機場情形與仁川機場類似，中轉客量中 44%為美國往返亞太之旅次(32%為往返越南、泰國、菲律賓旅次)；香港機場中轉客量中，15%為美國往返亞太之旅次(5%為往返越南、泰國、菲律賓旅次)；浦東機場中轉客量中，11%為美國往返亞太之旅次(6%為往返越南、泰國、菲律賓旅次)。

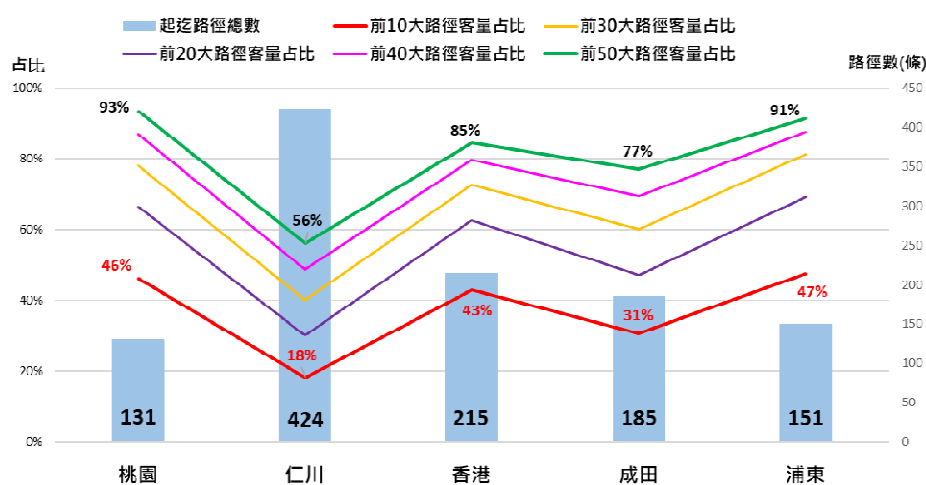
由前述可知，美國經中轉往返越南、泰國、菲律賓之旅次，為桃園、仁川及成田等機場中轉旅次之大宗，尤以成田機場為甚，爰進一步檢視各機場主要之中轉往返路徑旅客量占比情形。圖 5 為美國經桃園等中轉機場往返越南、泰國、菲律賓之前 10 大至前 50 大路徑旅客量占比情形，如就各機場前 10 大路徑之旅客量占美國經中轉往返越南/泰國/菲律賓旅次之比例來看，桃園機場、香港機場及浦東機場皆超過 4 成，成田機場 3 成，仁川機場低於 2 成；而就各機場前 50 大

路徑之旅客量占美國經中轉往返越南/泰國/菲律賓旅次之比例看，桃園機場 9 成 3 最高，浦東機場亦超過 9 成，香港機場 8 成 5，成田機場 7 成 7，仁川機場僅 5 成 6 最低，顯示經桃園機場中轉之路徑相對較為集中，而經仁川機場者較無此情形，研判應係仁川機場連結之他國航點較多，中轉往返路徑較多之故。



資料來源：本所國際空運資料庫。

圖 4 美國旅次在各中轉機場之旅客占比



資料來源：本所國際空運資料庫。

圖 5 美國旅次在各中轉機場往返越/泰/菲主要路徑占比

三、政策意涵

從桃園等 5 座機場所有中轉旅次看，桃園機場市占率雖僅 1 成 2，低於香港機場及仁川機場，惟以美國旅次中轉往返越南、泰國、菲律賓市場來看時，市占率倍增為 2 成 3，雖低於仁川機場的 4 成多，但高於成田機場及香港機場之 1 成多，凸顯桃園與仁川機場在美國旅次中轉往返越南、泰國、菲律賓部分占有相當重要的地位，而桃園機場之市占率僅及仁川機場的一半，顯示桃園機場仍有相當

大的努力空間。此外，經由桃園機場中轉之路徑集中情形相對其他機場為高，應係桃園機場連結之他國航點相對較少，使往返路徑相對較少所致，宜致力於航網擴增，以期有更多路徑可供中轉旅客選擇，進而吸引更多旅客至桃園機場中轉，俾實現「國際空運樞紐」之發展願景。

參考資料：

交通部運輸研究所，「109 年度『國際空運資料庫』維護管理及資料分析服務」期末報告，2020 年 12 月。

臺港航空貨運概況分析

一、背景

新冠疫情嚴重衝擊全球航空客運市場，旅客量大幅滑落，迄今尚未恢復至疫情前的水準。航空貨運市場則是全然不一樣的情況，疫情爆發初期全球供應鏈被打亂，航空貨運市場確實受到衝擊，但 2020 年 5 月時就從谷底回升，同年 12 月航空貨運量即回到疫情前 2019 年之水準，2021 年全球航空貨運量更持續成長迄今。疫情以來桃園機場貨運量持續成長，向為亞洲重要貨運樞紐之香港表現又是如何，值得進一步探討。本文蒐集整理我國民航局與香港政府之桃園機場與香港機場貨運量資料，以及本所空運資料庫資料，探討疫情下桃園及香港兩個機場的貨運量變化，以供桃園機場未來貨運發展參考應用。

二、分析說明

1. 全球國際航空貨運前十大機場

根據國際機場協會(Airport Council International, ACI)發布之 2021 年全球機場國際貨運量排名(如表 1)，2021 年國際航空貨運量前十大之機場中，亞太地區囊括 5 個，包括香港(HKG)、上海浦東(PVG)、仁川(ICN)、桃園(TPE)、東京成田(NRT)等機場，另有 4 個為美國之機場，包括曼菲斯(MEM)、路易維爾(SDF)、安克拉治(ANC)及洛杉磯(LAX)等機場，中東地區唯一入榜者為卡達之杜哈機場(DOH)。

排名第一之香港機場向來是亞洲地區重要的客貨運樞紐機場，2019 年國際航空貨運量全球排名第一，2020 年為第二名，2021 年再度奪回冠軍寶座，貨運量較疫情前之 2019 年微幅成長 4.5%；排名第二之曼菲斯機場為聯邦快遞公司(FedEX)之轉運中心，排名第六之路易維爾機場為優比速公司(UPS)之轉運中心，兩機場 2021 年貨運量分別較疫情前成長 3.6%及 9.4%；世界生產工廠所在之上海浦東機場維持全球第三名，2021 年貨運量較疫情前成長近一成。

其餘 6 座機場 2021 年貨運量均呈現相當大幅度之成長，包括第四名安克拉治、第五名仁川、第七名桃園、第八名洛杉磯及第九名東京成田等機場，貨運量持續成長，2021 年貨運量較疫情前之 2019 年成長二至三成，安克拉治機場成長 29.5%最多，桃園及洛杉磯二機場分別成長 28.9%及 28.7%，表現亦亮眼。

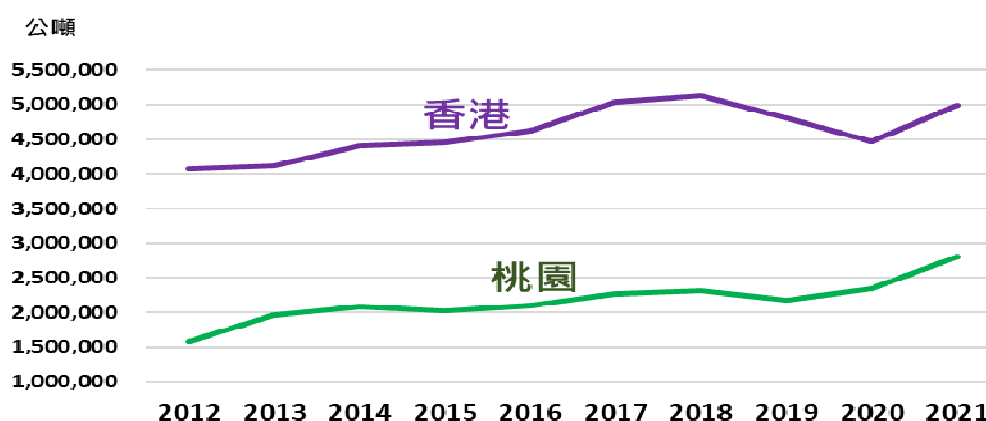
表 1 2021 年國際機場航空貨運(Cargo)量前十大排名

2021	2020	2019	機場	2021(公噸)	與 2020 比%	與 2019 比%
1	2	1	香港(HKG)	5,025,495	12.5	4.5
2	1	2	曼菲斯(MEM, 美國)	4,480,465	-2.9	3.6
3	3	3	上海浦東(PVG)	3,982,616	8	9.6
4	4	6	安克拉治(ANC)	3,555,160	12.6	29.5
5	6	5	韓國仁川(ICN)	3,329,292	18	20.4
6	5	4	路易維爾(SDF, 美國)	3,052,269	4.6	9.4
7	7	9	桃園(TPE)	2,812,065	20	28.9
8	8	13	洛杉磯(LAX)	2,691,830	20.7	28.7
9	11	10	東京成田(NRT)	2,644,074	31.1	25.7
10	9	8	杜哈(DOH, 卡達)	2,620,095	20.5	18.2

資料來源：ACI。

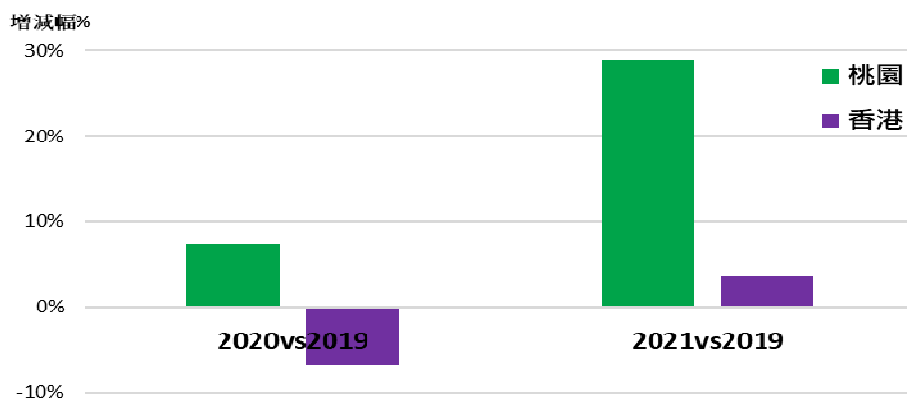
2. 桃園機場與香港機場貨量比較

圖 1 為桃園機場及香港機場近 10 年貨運量變化情形，圖 2 為疫情以來桃園及香港機場貨運量增減幅度。由圖知，在 2020 年初疫情發生之前，桃園機場及香港機場貨運量大致呈上升趨勢，2019 年則因中美貿易戰問題，使桃園及香港機場貨運量較 2018 年分別減少 6%及 6.1%，整體而言，2012 至 2019 年期間，桃園機場平均成長率為 5.1%，高於香港機場之 2.5%。疫情發生之後，與 2019 年相較，桃園機場 2020 年貨運量成長 7.3%，2021 年甚至成長 28.9%；香港機場則不同，相較於 2019 年，2020 年貨運量持續減少 6.9%，2021 年微幅成長 3.7%，表現明顯不如桃園機場。



資料來源：桃園機場公司、香港民航處。

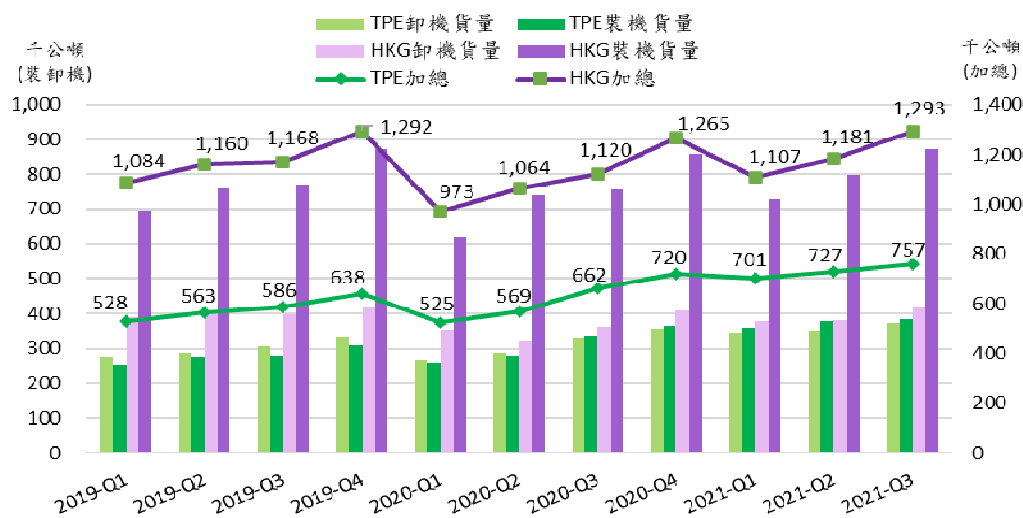
圖 1 桃園機場與香港機場近十年貨運量變化



資料來源：桃園機場公司、香港民航處。

圖 2 疫情以來桃園及香港機場貨運量增減幅度

圖 3 為桃園機場與香港機場貨運量之比較，由圖知香港機場貨運量較桃園機場多，2021 年第三季桃園機場貨運量為 75.7 萬公噸，香港機場為 129.3 萬公噸。進一步區分卸機進口及裝機出口貨量看，桃園機場卸機進口貨量及裝機出口貨量較為平均，香港機場則呈現極大的差距，裝機出口貨量約為卸機進口貨量的兩倍。如進一步檢視 2021 年前三季貨量，可發現香港機場卸機進口貨量大致與桃園機場相當，然裝機出口貨量明顯大於桃園機場，致使兩個機場總貨量有所差異。



資料來源：桃園機場公司、香港民航處

圖 3 桃園機場與香港機場貨量

資料顯示，兩機場同樣受疫情衝擊，於 2020 年第一季出現較大幅度的衰退，其後逐漸復甦。表 2 係以 2019 年同一季為比較基礎，檢視兩機場的復甦動能，由表可以看出桃園機場在受疫情衝擊後復甦動能較佳，從 2020 年第二季開始即較 2019 年同期微幅成長，2020 年第三季起各季皆呈兩位數的成長，參照圖 3 可

知，2020 年第三季貨量 66.2 萬公噸，已經超越 2019 年第四季的高峰值 63.8 萬公噸。反之，香港機場貨運量雖亦逐漸增加，但直到 2021 年第一季才較 2019 年同期微幅成長 2.1%，該季總貨量才回復到 2019 年第四季的高峰值。

表 2 桃園機場與香港機場貨運成長情形

與 2019 年 同期相較	桃園			香港		
	卸機貨物	裝機貨物	加總	卸機貨物	裝機貨物	加總
2020 Q1	-3.7%	2.7%	-0.6%	-9.3%	-10.9%	-10.3%
2020 Q2	0.2%	2.1%	1.2%	-19.2%	-2.6%	-8.3%
2020 Q3	7.9%	18.6%	13.0%	-8.6%	-1.8%	-4.1%
2020 Q4	7.4%	18.5%	12.8%	-2.8%	-1.8%	-2.1%
2021 Q1	24.6%	41.7%	32.8%	-3.1%	5.1%	2.1%
2021 Q2	21.6%	37.2%	29.2%	-4.2%	5.0%	1.8%
2021 Q3	22.6%	36.4%	29.3%	5.4%	13.6%	10.8%
2021 Q4	16.2%	27.8%	21.8%	(資料尚未公布)		

資料來源：桃園機場公司、香港民航處

三、政策意涵

香港機場向為亞洲地區客貨運重要的樞紐機場，惟歷經反送中運動、中美貿易戰、新冠疫情等重大因素衝擊，對其樞紐機場地位是否會產生永久性的改變，值得持續關注。目前疫情雖趨緩，反送中運動、中美貿易戰所導致的產業外移效果，可能才會逐漸呈現。以空運貨物為例，桃園機場進出口貨量雖在疫情初期明顯衰退，但 2020 年第三季時已經回復到疫情前的水準；相反地，香港機場的進出口貨量雖亦逐步回升，但回升速度較緩慢，遲至 2021 年第三季才回復到疫情前的水準，較桃園機場晚一年時間。其原因或為疫情衝擊較為嚴重，也可能是疫情以外因素衝擊所致。

對臺灣而言，香港機場的樞紐角色如果發生變化，在航空貨物中轉方面，可能為我們帶來潛在機會。一方面臺灣的產業結構以資通訊產品為主，適合空運輸送的比例較高，在地貨源豐富，具備發展成為地區樞紐機場的基礎條件。另一方面，華航在貨運業務的經營上，已經有相當不錯的基礎，貨機機隊的規模在亞洲主要航空公司當中亦名列前茅，有助於建構完整的航網，進而提高桃園機場在航空貨運的國際競爭力。隨著疫情逐漸結束，亞洲各機場的競爭力與市場地位，也可能出現較為明顯的消長變化，我國可以就本身的優勢與條件擬定策略，爭取潛在的發展機會。

參考資料：

1. 交通部運輸研究所，「110 年度『國際空運資料庫』維護管理及資料分析服務」
期末報告，2021 年 12 月。
2. 香港政府統計處 <https://www.censtatd.gov.hk/tc/>

國際航空客貨運量復甦狀況初探

一、背景

新冠肺炎病毒(COVID-19)在 2019 年 12 月中國大陸武漢被發現後，疫情快速蔓延，並逐漸擴及全球許多國家地區，各國為免疫情持續蔓延擴大波及其國內，紛紛採取各項措施以為因應，諸如加強邊境管制措施、要求入境者隔離 14 天、禁止外國人入境，及限制過境轉機等，全球旅客為安全考量也減少及避免不必要之航空旅行，航空產業遭受前所未有的重大衝擊。然而從 2019 年疫情發生至今已超過 2 年多，國際上許多國家在疫苗接種普及率達到一定程度後，逐漸開放邊境管制，對於疲弱的航空市場有重要助益，為此，國際航空相關組織也開始預測復甦狀況。本文檢視國際間對航空客貨市場後續發展的預測，供我國航空業及機場單位參考應用。

二、國際航空客貨運量復甦情況

國際民航組織(International Civil Aviation Organization, ICAO)、國際航空運輸協會(International Air Transport Association, IATA)，以及 Boeing 公司等有關 COVID-19 後續發展之預測及分析資料，可供瞭解國際航空客貨運量可能的發展情勢，本文摘要說明之。

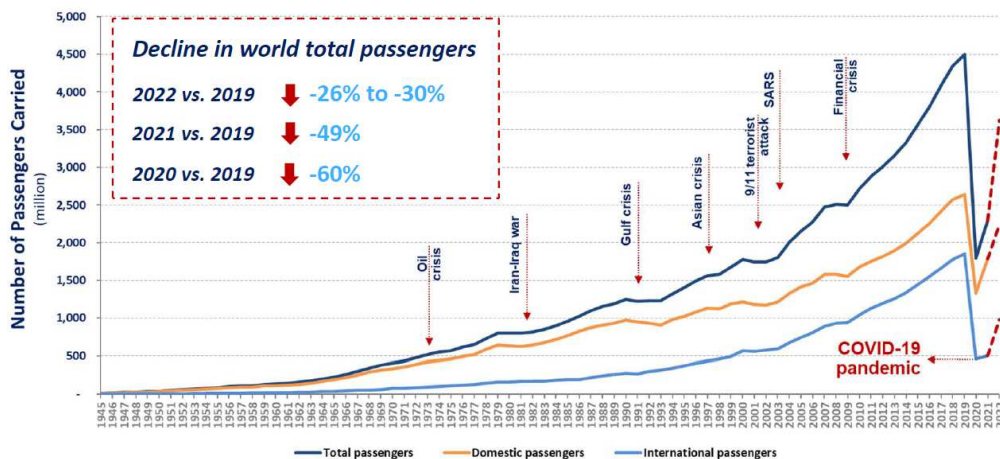
1. 疫情對國際航空客貨運量影響

疫情發生對於客貨運量的影響產生截然不同之情境，客運量因疫情而大幅衰退，而貨運量則是相反，相關發展情勢說明如後：

(1)客運影響

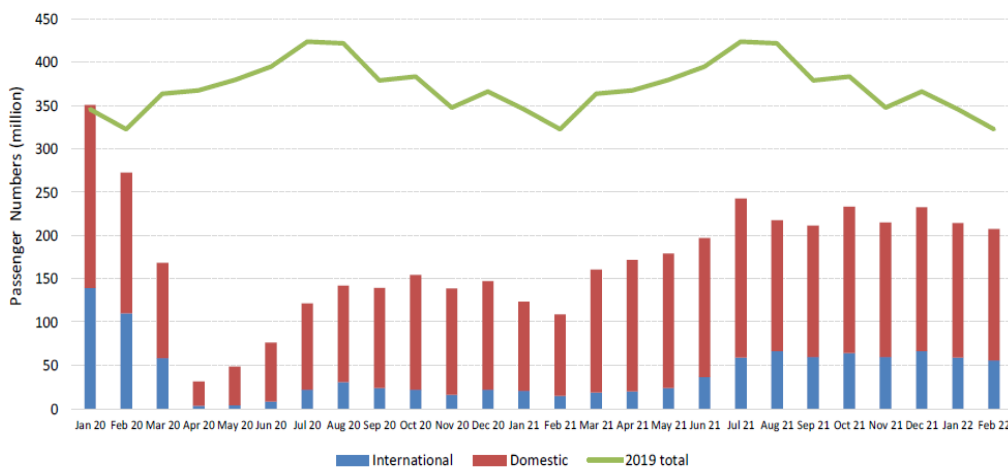
依據 ICAO 國際航空客運資料(如圖 1)，新冠肺炎疫情對於航空客運量之影響是有史以來最嚴重的一次，在歷史重大事件的紀錄中，石油危機、911 恐攻事件、SARS 疫情再到 2008 年金融危機等，客運量皆無如此嚴重之衰退。

與 2019 年相比，2020 年全球航空公司提供總座位數減少 50%，客運量減少 27.03 億人次(-60%)，航空公司客運總收入損失近 3,720 億美元；與 2019 年相比，2021 年全球航空公司提供總座位數減少 40%，客運量減少 22.01 億人次(-49%)，航空公司客運總收入損失近 3,240 億美元，顯示全球客運量已緩和復甦中。此外由圖 2 可知，因各國開放皆以國內線為優先，再逐步開放國際邊境管制，因此國內線復甦程度遠大於國際線，而國內線之復甦亦會帶動國際線之增長。



資料來源：ICAO, Effects of Novel Coronavirus (COVID-19) on Civil Aviation: Economic Impact Analysis, 2022

圖 1 全球航空客運量變化(1945~2021 年)



資料來源：ICAO, Effects of Novel Coronavirus (COVID-19) on Civil Aviation: Economic Impact Analysis, 2022

圖 2 國際與國內航線客運量分布(2019~2021 年)

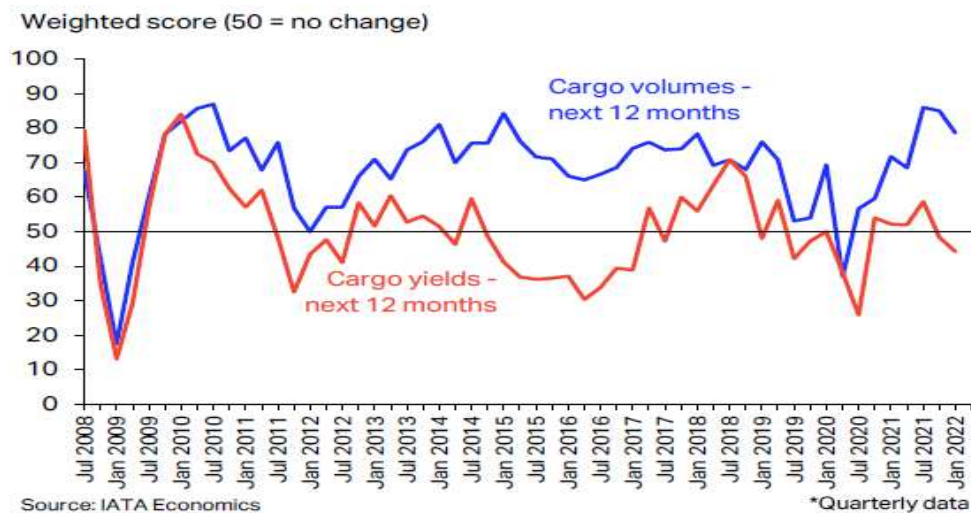
(2) 貨運影響

依據 IATA 國際航空貨運資料(如圖 3)，新冠肺炎疫情雖對於 2020 年航空貨運量造成負面影響，但衰退幅度卻低於 2008 年金融危機，與疫情造成客運量創歷史最低的狀況截然不同。而 2021 年隨著疫情升溫，邊境管制及封城等措施下，防疫、醫療設備，以及電子產品等需求加劇，2021 年航空貨運量需求大幅增加，依據全球航空貨運市場數據顯示，2021 年全球航空貨運噸公里(ACTKs)比 2019 年增長 6.9%，更比 2020 年增長 18.7%。

2021 年航空貨運量達到創紀錄的 1.24 億噸，比 2019 年增加 3.5%，與 2020 年相比則增加 15%。2021 年全球前 10 大貨運機場排名，亞洲機場就占有 5 個，其中香港機場排名第 1，上海浦東機場排名第 3，仁川機場排名第 5，桃園機場排名第 7，成田機場排名第 9，顯見亞洲貨運市場的重要性。

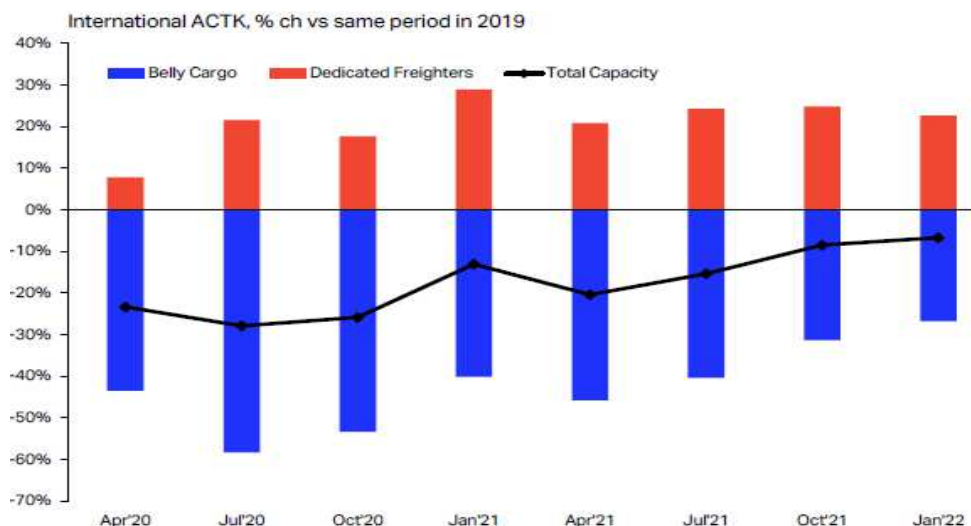
此外由圖 4 可知，疫情初期由於客運量大幅衰退，各航空公司應變方式為

客機航班大規模減班，以維持公司正常營運，但造成客機腹艙載貨比例大幅衰退，因此 2021 年航空貨運噸公里(ACTKs)比 2019 年下降 10.9%，並使 2021 年 12 月份之貨運費率幾乎是 2019 年的 1.5 倍。但隨著客運量緩慢復甦，航空公司提供之貨運運能亦緩慢成長，爰客機腹艙載貨衰退比例也從 60%縮減至 30%；此外全貨機成長比例，與 2019 年各期相比，提高近 20%，顯示疫情期間雖然客機腹艙載貨運能大幅下降，但藉由全貨機的增加，仍可稍微彌補其貨運運能之不足。



資料來源：IATA Cargo Chartbook, 2022.

圖 3 全球航空貨運量變化(2008~2021 年)



資料來源：IATA Cargo Chartbook, 2022

圖 4 全貨機與客機腹艙載貨營運狀況(2020~2021 年)

2. 國際航空後疫情客貨運量預測

(1) 客運預測

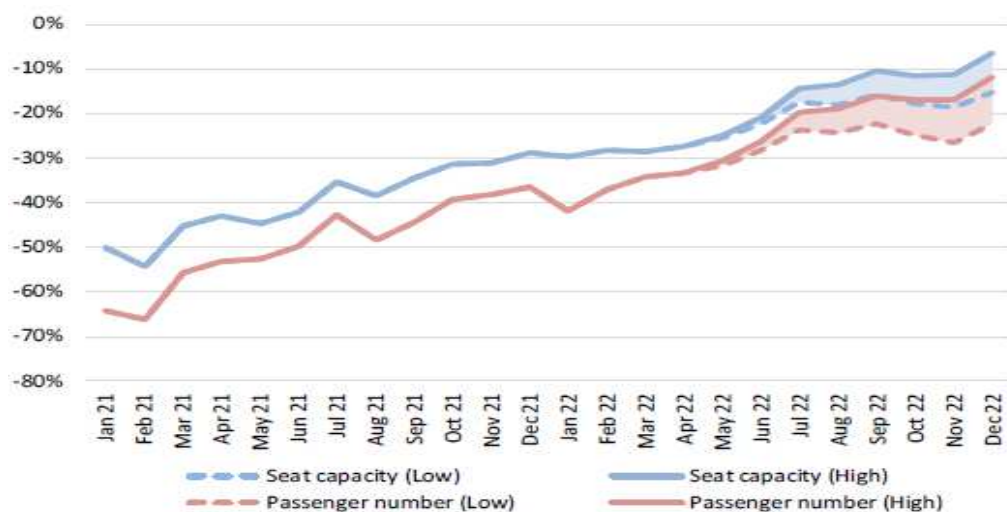
隨著疫情的舒緩，以及各國邊境管制開始鬆綁下，國際航空相關組織開始預測未來客運量發展，相關預測評估結果說明如下：

1) 國際民航組織(ICAO)

ICAO 預測 2022 年與 2019 年(疫情前)相比(如圖 5)，航空公司提供的總座位數減少 19%至 22%，旅客數減少 11.23 億至 12.92 億人次(25%至 29%)，航空公司客運營運收入損失 1,690 至 1,910 億美元。此外，國內線旅客復甦速度遠高於國際線旅客：

(a) 國際旅客部分：航空公司提供的總座位數減少 26%至 30%，旅客數減少 6.03 億至 6.97 億人次(33%至 38%)，航空公司客運營運收入損失 1,260 至 1,420 億美元。

(b) 國內旅客部分：航空公司提供的總座位數減少 14%至 16%，旅客數減少 5.2 億至 5.95 億人次(19%至 23%)，航空公司客運營運收入損失 430 至 490 億美元。



資料來源：ICAO, Effects of Novel Coronavirus (COVID-19) on Civil Aviation: Economic Impact Analysis, 2022

圖 5 ICAO 2022 年客運量預測(與 2019 年相比)

2) 國際航空運輸協會

依據 IATA 於 2022 年 3 月公布的最新資料顯示(如表 1)，2021 年客運總量恢復至 2019 年水平的 47%；而 2022 年預計比例將提升至 83%，2023 年升至 94%，2024 年升至 103%(40 億人次)，而 2025 年則升至 111%。

表 1 IATA 2022~2025 年客運量預測(占 2019 年比例)

項目	2021	2022	2023	2024	2025
Industry-wide	47%	83%	94%	103%	111%
International	27%	69%	82%	92%	101%
Domestic	61%	93%	103%	111%	118%
Asia Pacific	40%	68%	84%	97%	109%
Europe	40%	86%	96%	105%	111%
North America	56%	94%	102%	107%	112%
Africa	46%	76%	85%	93%	101%
Middle East	42%	81%	90%	98%	105%
South America	51%	88%	97%	103%	108%
Central America	72%	96%	102%	109%	115%
Caribbean	44%	72%	82%	92%	101%

資料來源：<https://www.iata.org/en/publications/>

- a) 國際旅客部分：2021 年國際客運量恢復至 2019 年水平的 27%；而 2022 年預計比例將提升至 69%，2023 年升至 82%，2024 年升至 92%，而 2025 年升至 101%。
- b) 國內旅客部分：2021 年國內客運量恢復至 2019 年水平的 61%；而 2022 年預計比例將提升至 93%，2023 年升至 103%，2024 年升至 111%，而 2025 年升至 118%。

全球各地區復甦情況係與疫情及邊境管制開放程度而有不同趨勢，說明如下：

- a) 亞太地區：在疫情期間，由於國際旅行限制的取消較為緩慢，因此 2022 年往返亞太地區和區域內的客運量，將僅恢復至 2019 年水平的 68%，是所有地區中復甦最緩慢的。此外由於國際旅行恢復緩慢，預計 2025 年才有望全面復甦，並達到 2019 年水平的 109%。
- b) 歐洲地區：未來幾年，隨著旅客信心重建，歐洲內部市場預計將受益於旅客短程旅行，且歐盟已協調成員間不再限制旅行，預計在 2024 年前全面復甦，並達到 2019 年的 105%，而 2022 年預計往返歐洲和歐洲境內的客運量，將達到 2019 年水平的 86%。
- c) 北美地區：經過 2021 年的強勁復甦後，往返北美及北美境內客運量，將在 2022 年持續復甦，而美國國內市場亦將恢復到疫情前的水平，且國際旅行不斷開放下，2022 年預計客運量將達到 2019 年水平的 94%，而 2023 年將全面復甦，並達到 2019 年的 102%，領先其他地區。

- d) 中東地區：由於中東地區定位於長途中轉的樞紐，因此預計復甦較為緩慢，2022 年預計往返中東以及中東區域內的客運量，將達到 2019 年水平的 81%，2024 年將達到 98%，而 2025 年達到 105%。
- e) 中南美洲地區：疫情期間，往返拉美以及區內的客運量相對強勁，由於該地區和往返北美的旅行限制不多，因此預計 2022 年的復甦強勁，客運量增長較快，其中，中美洲 2023 年預計將超過 2019 年的客運量，達到 2019 年的 102%，而南美洲預計 2024 年將達到 2019 年的 103%，而加勒比海地區預計 2025 年將達到 2019 年的 101%。
- f) 非洲地區：由於疫苗接種進展緩慢，以及經濟發展受限的影響，非洲的客運量在短期內復甦力道較弱；與其他地區相比，往返非洲和非洲區域內的客運量將逐漸恢復，預計 2022 年將達到 2019 年水平的 76%，而在 2025 年將達到 2019 年的 101%，超過疫情前水平。

(2) 貨運預測

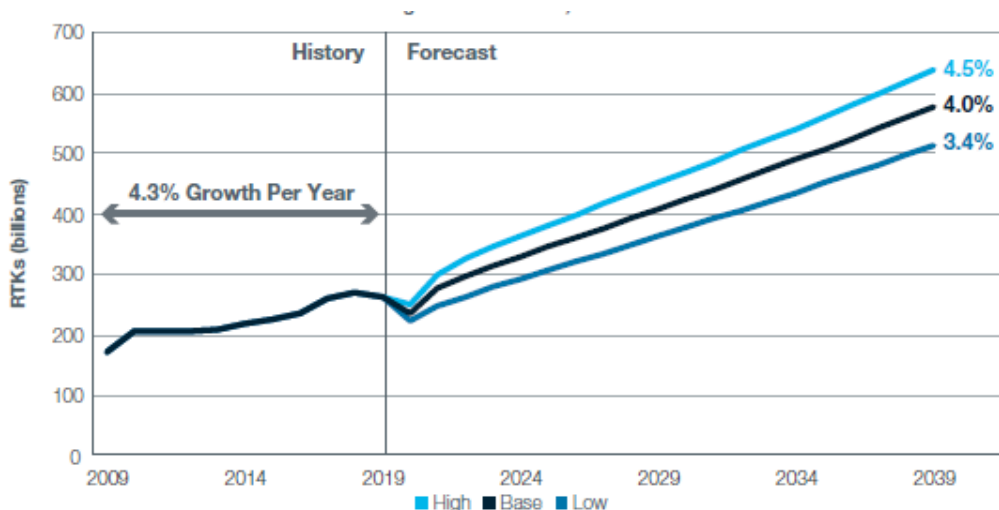
航空貨運的主要驅動力，包括跨境電子商務的增加與製藥產業快速擴張，以及對溫度敏感的商品(如藥品、花卉、蔬果)等，皆有助於航空貨運市場增長，未來航空貨運相關預測說明如下：

1) 波音公司(Boeing)

波音公司預測包括快遞運輸在內的航空貨運將以 4.0% 的速度增長，如圖 8 所示，而航空郵件將以較慢的速度增長，到 2039 年前平均每年增長 1.7%。整體而言，航空貨運量未來 20 年將增加一倍以上，從 2019 年的 2,640 億收入噸公里(RTKs)增加到 2039 年的 5,780 億收入噸公里(RTKs)，而亞太地區航空貨運年均增長將繼續領先全球。

2) Valuates Reports 公司

預測全球航空貨運市場規模將從 2020 年的 825.7 億美元增至 2027 年 1,118.1 億美元，其中 2021-2027 年間的複合年成長率為 4.0%。



資料來源：

https://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/market/assets/downloads/2020_WACF_PDF_Download.pdf

圖 8 波音公司貨運量預測(2020~2039 年)

三、政策意涵

隨著國際間疫苗接種率的提高，全球疫情已逐漸趨緩，各國政府逐漸開放邊境管制措施以刺激旅遊活動，其中又以歐美國家最率先開放。依據國際航空資料顯示，預期 2022 年客運量將回升至 2019 年的 80%，後續發展趨勢亦將穩定恢復，預計 2024 年全球客運量有望超過 2019 年水平。以新加坡航空公司為例，在政府支持下且有計畫的以循序漸進方式增加運能，雖然目前新航增加航班速度快於實際需求，但已為未來國際旅運需求加速復甦預先做好準備，值得借鏡。

貨運部分，依據國際航空資料顯示，未來航空貨運仍呈現成長趨勢，但由於客運量的恢復，客機腹艙載貨比例亦將提升，而全貨機使用比例將下滑，因此航空公司在機隊調度上亦應預為因應。

隨著邊境開放與旅客量增加情況下，建議我國機場與國籍航空公司皆應預做準備提升運能，以避免因旅遊激增而使得機場營運效率及服務水準降低。以 2022 年 3 月英國為例，政府宣布相關管制解除後，因機場湧現大量旅客人潮，讓人手不足的機場和航空公司難以應對，造成機場一片混亂。另外貨運部分，由於華航已經有相當不錯的基礎，且貨機機隊的規模在亞洲主要航空公司當中亦名列前茅，有助於建構完整的航網，但隨著疫情逐漸結束，仍須關注後續國際貨運發展彈性調正營運。

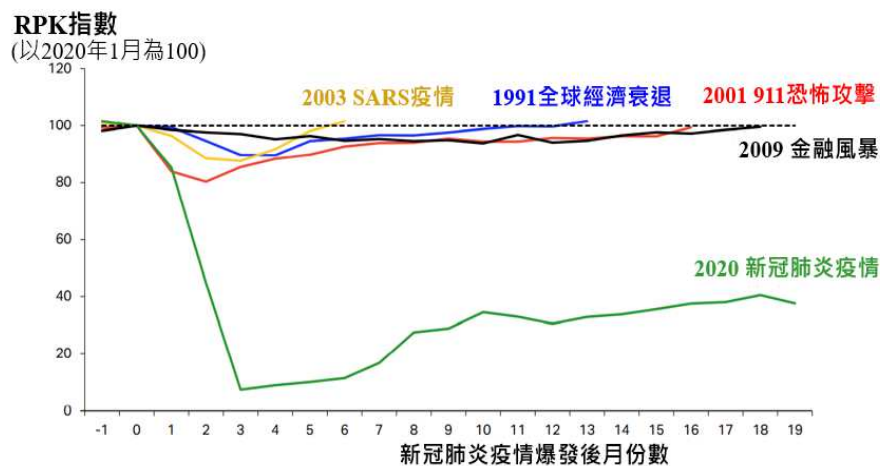
參考資料：

1. ICAO ,Effects of Novel Coronavirus (COVID-19) on Civil Aviation: Economic Impact Analysis, 2022
2. <https://www.iata.org/en/publications/>
3. IATA Cargo Chartbook , 2022
4. World' s Top 10 Airports 2021-Many of The Previous 'Busiest Airports' Are Back on The List(CAPA Aviation, April, 2022)
5. https://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/market/assets/downloads/2020_WACF_PDF_Download.pdf
6. Global Air Cargo Market Size, Status and Forecast 2022
7. Airbus Global Market Forecast 2021 - 2040
8. Air Cargo Market Analysis ,March 2022
9. <https://www.icao.int/publications/pages/publication.aspx?docnum=9975>

民用航空運輸業者因應疫情相關作為

一、背景

自 2020 年初新冠肺炎疫情爆發迄今，全球確診病例超過 5.3 億，死亡人數超過 629 萬人。依據國際民用航空組織報告顯示，在 COVID-19 疫情尖峰期間，全球航空客運量下降率遠超過從前所有歷史大事件(如金融海嘯與 SARS)，全球機場與航空產業均承受前所未有的衝擊與極大經營壓力(如圖 1)。國際航空運輸協會於 2020~2021 年疫情大爆發期間，曾持續下修客運需求，全球航空業者並將部分客機「半封存」或送至沙漠「異地封存」，500 萬員工面臨失業風險，超過 40 家航空公司倒閉，亞太航空業者也已裁員 20~35%，面臨嚴重的存續考驗。儘管全球部分國家仍嚴格執行邊境管制與防疫政策，仍有少數航空公司在此危機中突破重圍繳出亮眼成績單。本文檢視其中部分民用航空運輸業者因應疫情作為，提供民航局、機場公司及業者參考應用。



資料來源：IATA, Airline Industry Outlook, October 2021.

圖 1 全球重大事件與 COVID-19 對航空客運量影響之比較

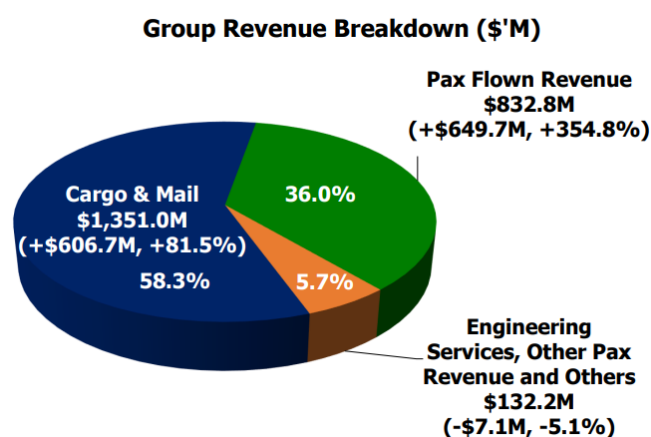
二、傳統航空公司因應作為

1. 靈活善用政府資助與政策

新加坡航空(Singapore Airlines)自疫情以來即透過股東淡馬錫控股協助募得 160 億美元資金，並發行 62 億新元可轉換債券(由淡馬錫負責承銷)，此足以確保該公司未來 2~3 年內不必裁減人力並維持營運，同時有充足現金可打造現代化機隊以節省燃料費與維修成本，同時兼顧環保目標。

新加坡政府於 2021 年 9 月開始，與 30 多個國家/地區建立雙邊「疫苗接種者旅遊走廊(Vaccinated Travel Lane, VTL)」，使一些重要市場的旅行得以

恢復。該計畫使旅客入境新加坡無須隔離，但須接受 2 次 PCR 檢測，分別為登機前 48 小時內和抵達樟宜機場時。根據新加坡民航局資料顯示，近 60 萬名旅客藉由 VTL 計畫進入新加坡。新航靈活掌握該國 VTL 政策之機會，在所有可運作航線開放售票並增加客貨運的運能。2021 年新加坡集團第 3 季客運量較 2020 年同期增長 556.8%，承載率(Passenger Load Factor)大幅上升至 33.2%，客運收入增加 354.8%至 8 億 3,280 萬元(新幣)；貨運收入增加 81.5%至 13 億 5,100 萬元(新幣)，如圖 2 所示。



資料來源：Singapore Airlines Ltd., SIA Group Business Update Q3 FY21/22 (ended 31 December 2021), 25 February 2022.

圖 2 新加坡航空於 2021 年 VTL 政策實施後第 3 季收入成長

北美航空公司在復甦上處於領先地位。美國航空(American Airlines)、達美航空(Delta Air Lines,)、聯合航空(United Airlines)均接受政府紓困方案補助，並迅速提升現金準備，包括出售債券、非核心資產與股票，以及抵押飛機、籌集新股與貸款等，於 2021 年第 2 季即開始實現現金正值。憑藉政府補助及航空公司靈活經營策略，IATA 預測北美將成為 2022 年唯一財務狀況良好地區，預期將有 99 億美元淨利潤，詳如表 1。

表 1 全球各區域航空公司歷年財務績效與預測

System-wide global commercial airlines	EBIT margin, % revenues								Net profit, \$ billion							
	2016	2017	2018	2019	2020	2021E	2022F	2016	2017	2018	2019	2020	2021E	2022F	2021E	2022F
Global	8.5%	7.5%	5.7%	5.2%	-30%	-11%	-2.7%	34.2	37.6	27.3	26.4	-137.7	-51.8	-11.6		
Regions																
North America	13.7%	11.2%	9.1%	9.6%	-32%	-5.2%	4.8%	17.0	17.8	14.5	17.4	-35.1	-5.5	9.9		
Europe	6.1%	7.9%	6.2%	4.8%	-32%	-17%	-5.9%	8.5	8.9	9.1	6.5	-34.5	-20.9	-9.2		
Asia-Pacific	7.4%	6.3%	4.7%	3.7%	-28%	-14%	-9.1%	7.4	10.5	6.1	4.9	-45.6	-11.2	-2.4		
Middle East	2.2%	-3.0%	-4.6%	-5.2%	-21%	-18%	-9.6%	1.3	0.1	-1.5	-1.5	-8.5	-6.8	-4.6		
Latin America	5.6%	6.2%	2.7%	2.9%	-34%	-18%	-9.7%	0.4	0.5	-0.8	-0.7	-11.9	-5.6	-3.7		
Africa	1.1%	0.8%	1.5%	1.0%	-22%	-13%	-9.9%	-0.4	-0.2	-0.1	-0.3	-2.2	-1.9	-1.5		

Sources: IATA estimates for regions. IATA forecast for 2022.

資料來源：IATA, Economic Performance of the Airline Industry, October 2021.

2. 善用貨運優勢

大韓航空在 2020 年連續 4 季均實現營業獲利，並顯著降低了債務比率。2021 年第 2 季的貨運收入增至 1.5 兆韓元(13 億美元)，創下該航空公司史上最高的季總收入。讓大韓航空與眾不同的最大原因是貨運，大韓航空 30 多年來一直擁有強大的貨運能力，隨著客運需求下降及貨運需求飆升，該航空公司迅速以最大限度運用貨運優勢能力逆勢而上，包括充分運用既有貨機，客機改艙為貨機，以及幾乎所有的業務轉為貨運經營等，並為此大規模轉變員工職責，以及經理與員工關係，以便能立即傳達、支持和採取新的優先事項。2021 年大韓航空收入為 87,534 億韓元(73.8 億美元)，較 2020 年成長 18%；2021 年營業利潤為 14,644 億韓元(12.35 億美元)，較 2020 年成長 515%，詳如表 2。

表 2 大韓航空 2020~2021 年財務績效

*Unit: KRW billion (USD million)

KRW/USD exchange rate: 1185.5

	2021	2020	Remarks
Revenue	8,753.4 (7,383.7)	7,405 (6,246.3)	+18% YoY
Operating Profit	1,464.4 (1,235.3)	238.3 (201)	+515% YoY
Net income	638.7 (538.8)	-194.6 (-164.2)	Turned Surplus

資料來源：大韓航空財務績效網頁

華航秉持「貨運為主、客運為輔」的經營策略，透過多角化銷售、全力衝刺貨運營收，包括持續優化美中、美東貨機航線、增班放大艙位、擴大貨運規模，並搭配客機腹艙運能，提高整體貨機使用率。2021 年全年貨運運能較疫情前成長 24%；貨運收入為臺幣 1,245 億元，較 109 年成長 52%，也是 62 年來最高紀錄。

華航展望 2022 年貨運市場，隨著 777F 新機引進，將擴大越洋線營運規模，並善用新分配航權爭取延遠商機，適時評估調整客貨機運能與航網，與當地航空業者進行聯航合作，拓展營運規模，並充分利用貨機機隊優勢，爭取半導體機台、電商貨、消費性電子產品設備等貨源，同時針對專案貨源及客戶持續推廣客製化包機業務，力攻急貨、高價貨包機，持續提升獲利能力。

3. 精簡成本並創造多元收益

全球在疫情期間有較佳營運績效之航空公司，如美國前 4 大航空公司、新加坡航空、大韓航空、日本航空、卡達航空等，均務實汰換老舊機型、耗油機種、短期封存飛機，大幅縮減機隊規模，裁減人力、精簡各類成本，以利提高利潤率。除節流外，航空公司也開始尋找多元收益之來源。

日本航空(JAL)預估 2022 年營收預計比 2021 年倍增，達到 1.39 兆日圓(約

臺幣 3,200 億元)、淨利潤為 450 億日圓(約臺幣 98 億元),除了日本疫情稍緩,放寬疫情管制、國內旅遊從低迷復甦外, JAL 已把商業版圖伸進疫情前每年造訪日本人數最多的中國大陸。

2022 年 1 月 27 日, JAL 宣布與中國大陸零售電商杭州有贊科技有限公司合作,在微信頁面上開設商城。由 JAL 負責在日本部分的商品展示、運送,後續在中國大陸的行銷活動和落地後的串接,則交給有贊公司執行,以一條龍方式服務。中國大陸消費者下單後,日本商家將商品送到 JAL 倉庫,後續由 JAL 接手,落地配送則交給有贊公司協助以中國大陸品牌銷售,省去跨境運送和法規相關問題。目前 JAL 跨境電商之商品以日本特色農產為主,為日本商品在地企業、JAL、中國大陸電商、中國大陸消費者創造多贏局面。

4. 加速數位化

卡達航空(Qatar Airways)擁有全球成長最快的貨運航網之一。該航空於 2021 年 2 月與合作夥伴 Freightos Group 推出第三方 WebCargo 電子預訂平台。透過該平台為貨運代理提供即時定價、運能及電子預訂等功能,立下卡達航空貨運業務廣泛數位化之重要里程碑。該系統已延伸到歐洲與美國,並推廣到 30 多個國家或地區。在美國的航網包含 12 個城市,每週有 145 個航班,提供超過 4,700 噸貨運運能。

除了 WebCargo 電子預訂平台,卡達航空數位化措施還包括使用機器人流程自動化(Robotic Process Automation, RPA)軟體科技進行貨物追蹤、參與 IATA 的 One Record 試運行計畫,以及使用 Salesforce 雲端科技,使更多系統朝動態定價、自動報價、機器人系統整合與報表改進發展等,可快速或創新應變,增加貨運業務與緊急醫療用品的輸運。

卡達航空並與 WiseTech Global(慧諮環球股份有限公司)合作,在 WiseTech 的 CargoWise 平台與卡達航空貨運 CROAMIS 管理系統直接進行數據連結,以簡化關鍵營運數據的交換,並降低貨運代理的風險、複雜性與成本,也可改善客戶及端到端運輸鏈其他參與者的航空貨運流程。

三、低成本航空公司因應作為

1. 強化低成本營運模式

新加坡航空趁疫情期間抓緊機會強化低成本航空子公司-酷航(Scoot)的營運。在歐洲與北美地區,休閒旅遊需求引領航空業邁向復甦,預期將成為航空公司的致勝關鍵。有別於其他對手因財務問題分心,酷航善用新航提供的資金強化員工訓練,同時投資新軟體以幫助其估算更有利可圖的轉機票價。

總部位於紐約的捷藍航空(Jetblue),仍然是全球最具創新性和引領潮流的航空公司之一。在總裁 Joanna Geraghty 和首席執行長 Robin Hayes 帶領下,疫情危機期間,始終關注頂級旅客與突破傳統文化,推出私人套房型式的新高級客艙,並在跨大西洋航線提供低票價,持續開發新的數位化產品,以利提升

旅客體驗及改變市場遊戲規則。從 2020 年開始，捷藍航空在疫情的劇烈動盪中穩步前進，顯著減少淨債務，在 2021 年第 2 季結束時的淨債務為 9 億美元（2020 年 11 月淨債務為 23.9 億美元），累積現金約為 37 億美元。

靛藍航空(IndiGo)是印度國內市場中最大低成本業者，在疫情期間持續增加市占率，至 2021 年 5 月 IndiGo 在印度國內市場市占率為 55.3%。IndiGo 並不擔心市占率或競爭對手，反而專注於 LCC 模式，並持續強化經營方式，例如持續開發新的數位化產品，以提高旅客的自助服務能力。IndiGo 也持續關注國際市場，在疫情之前，IndiGo 已將其國際航點擴展到 24 個，且國際航線已占其運能 25%，目前則非常熱衷於恢復疫情前的國際航網，並進軍新的海外市場，包括莫斯科與雅加達。

2. 創新商業模式及精簡成本

美國的西南航空現在是美國最大低成本航空公司，也是全球低成本航空公司的營運典範與標竿，其控制成本的作法包括：(1)採用單一機隊模式(波音 737 機隊)，使人員培訓、飛機檢修及備件購置成本最小化；(2)艙等單一化，不設頭等艙，先到先就座，大幅節省票務，並擴展機艙容量，減少分艙成本；(3)租賃機隊，與飛機供應商取得更多議價權；(4)優先選擇具成本優勢機場，與之簽訂價格協議；(5)自建官方網站與手機應用銷售系統直接售票。

2021 年西南航空運送 1.23 億人次旅客，較 2020 年同期增長 81.8%，相當於 2019 年的 75.8%；2021 年營收 157.9 億美元，較 2020 年同期增長 74.5%，相當於 2019 年的 70%，淨利潤 9.77 億美元，也是美國 4 大航空公司中盈利情況最好的航空公司。

四、政策意涵

全球航空運輸因各國政府逐漸開放邊境管制及疫苗接種率提高，將朝復甦之路邁進。IATA 預測航空業將在 2023 年恢復到疫情前水準，較之前的預期提早一年；並預估除了亞太地區航空業因疫情影響明顯落後外，2022 年國際航空旅行總體而言將呈現強勁復甦，尤以美國、歐洲、拉丁美洲、北大西洋航線最為顯著。我國傳統航空公司與低成本航空公司可參考前述航空公司在疫情期間之因應作為，務實檢討評估與精進，提早為未來國際旅運需求加速復甦預為準備，並同時強化航空公司經營體質與韌性，提升國際競爭力。

參考資料：

1. IATA, Airline Industry Outlook, October 2021.
2. 鄭勝得，東南亞-新加坡航空一枝獨秀，工商時報，2021 月 9 月 19 日。
3. Singapore Airlines Ltd., SIA Group Business Update Q3 FY21/22 (ended 31 December 2021), 25 February 2022.

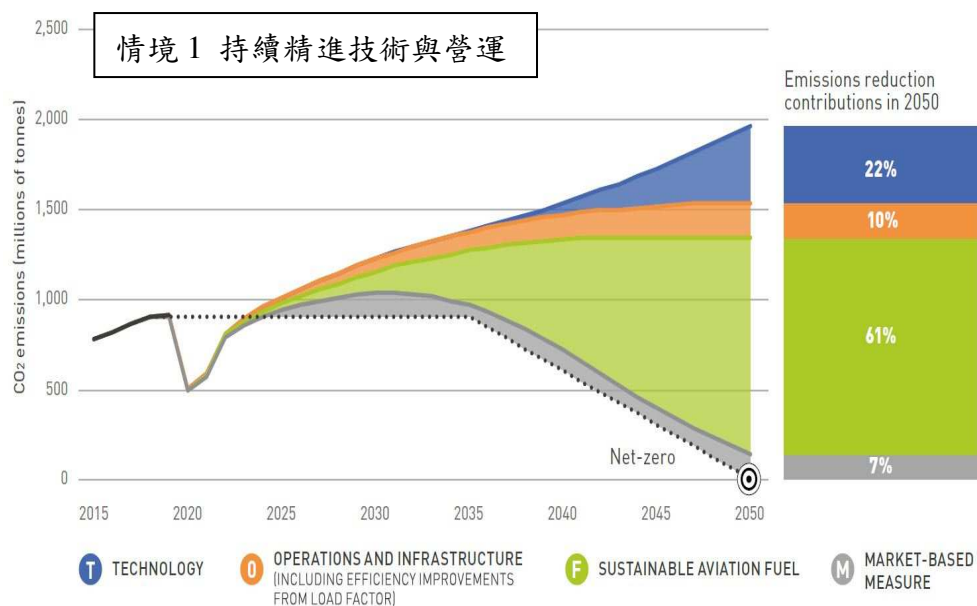
4. IATA, Economic Performance of the Airline Industry, October 2021.
5. Airline of the Year- Korean Air, Air Transport World, October 2021.
6. 大韓航空財務績效網頁
<https://www.koreanair.com/in/en/footer/about-us/newsroom/list/20220127-financial-results-2021>.
7. Cargo Operator of the Year- Qatar Airways, Air Transport World, October 2021.
8. Airline Market Leader- Jetblue, Air Transport World, October 2021.
9. Asia-Pacific LCCs to Flourish after Pandemic?, CAPA Aviation, July 2021.
10. Asia Pacific Lags Behind International Connectivity Recovery, IATA Economics' Chart of the Week, 27 May 2022.
11. 大韓航空財務績效網頁
<https://www.koreanair.com/in/en/footer/about-us/newsroom/list/20220127-financial-results-2021>.
12. 中華航空，華航110年度營業結果說明，2022年3月15日。
13. Benzinga Insights, What Does JetBlue Airways's Debt Look Like? , January 22, 2021.
14. 自由財經電子報，春燕來了 日航今年獲利上看近百億， 2022年5月6日。
15. 《未來商務》電子報，Jaime Chen, 航空業斜槓求生！賣便當、做電商，先行布局疫後市場，2022年2月17日。
16. 工商時報，鄭勝得，東南亞-新加坡航空一枝獨秀，2021年9月19日。
17. 華盛通電子報，國西南航空強勁復甦，2022年4月1日。

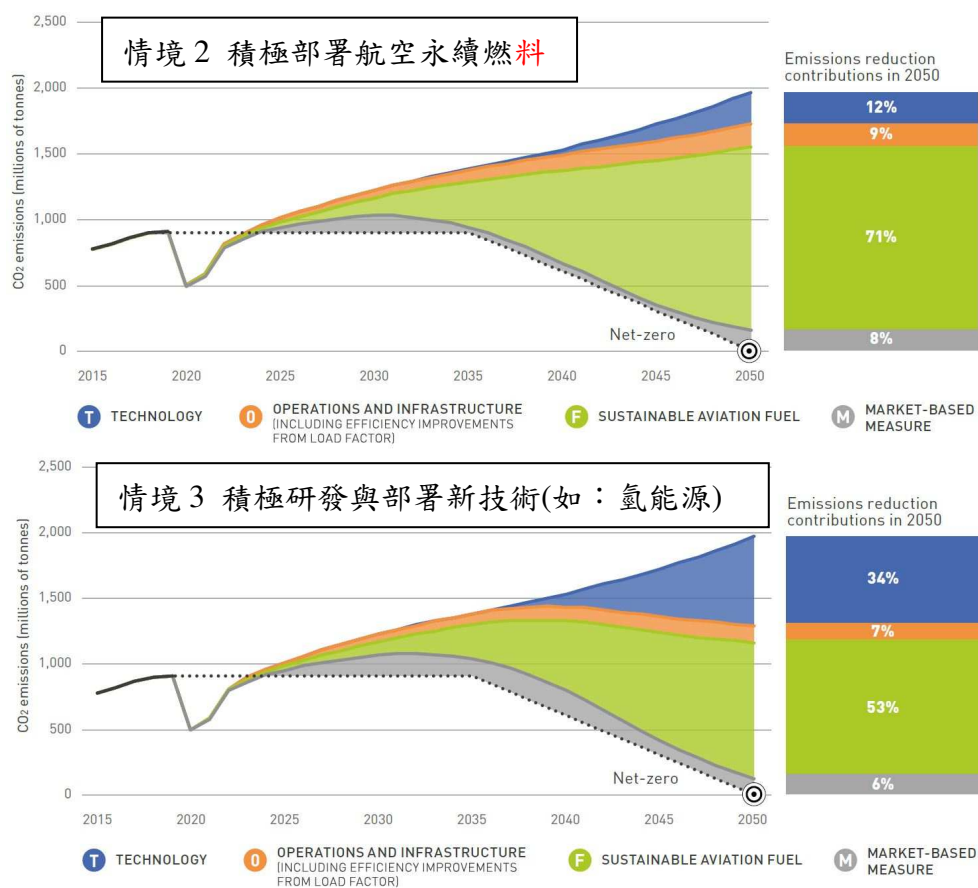
永續航空燃料應用趨勢之初探

一、背景

依據國際民航組織標準與建議措施第 16 號附約第 4 卷(ICA0 SARPs Annex 16 Volume IV)永續航空燃料(Sustainable Aviation Fuel, SAF)係指可再生或源自廢棄物的航空燃料。國際民航組織 2016 年第 39 屆會員大會正式推動「國際航空業碳抵換與減量機制(Carbon Offset and Reduction Scheme for International Aviation, CORSIA)」，2017 年第 2 屆航空與替代燃料會議(Second ICAO Conference on Aviation and Alternative Fuels, CAAF2)更確認永續航空燃料推動遠景，航空公司使用永續航空燃料可視為已執行減碳作業，毋需再付額外費用做碳抵換。此外，航空運輸行動組織(Air Transportation Action Group, ATAG) 2021 年修正因應氣候變遷目標，將 2050 年目標由原訂實現減半碳排放(以 2005 年為基期)，調整為實現淨零排放，俾利與巴黎協定一致，並確認永續航空燃料為最有前景減少碳排方式之一，由情境分析預測 2050 年將貢獻全球約 53%~71% 的減碳量(如圖 1)。

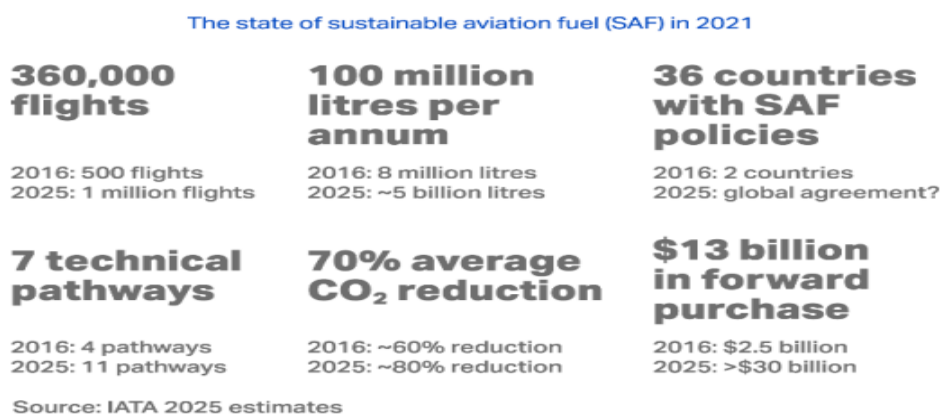
圖 2、3 為國際航空運輸協會預測近期航空永續燃料應用情形及未來市場需求，由圖知，2021 年已有 7 種取得認證的製造技術，36 萬航班使用永續航空燃料，36 個國家推出相關政策，且市場需求量將由目前每年 1 億公升，至 2050 年可達 4,490 億公升。由此知，隨著製造技術發展及航空業邁向 2050 年淨零碳排放之目標，永續航空燃料扮演關鍵角色。本文檢視全球先進國家及地區相關應用趨勢，俾供我國航空業及機場單位應用。





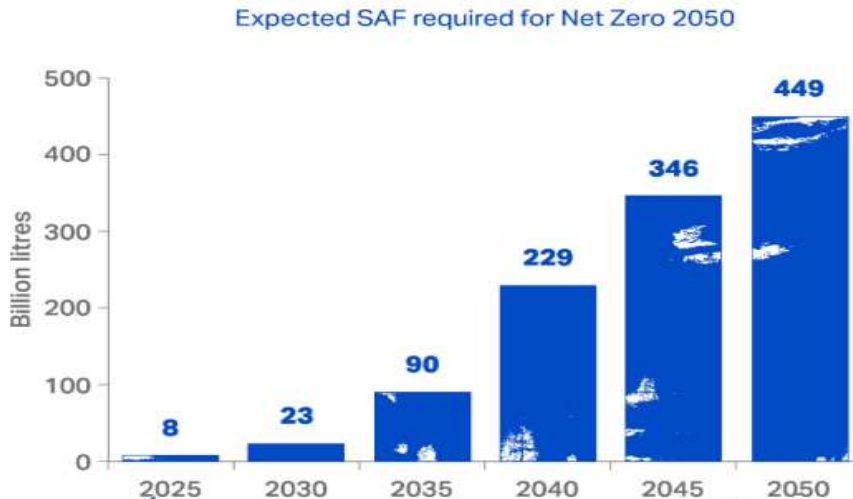
資料來源：ATAG。

圖 1 2050 年航空業實現二氧化碳淨零排放路徑圖



資料來源：IATA。

圖 2 近期永續航空燃料應用情形



資料來源：IATA。

圖 3 永續航空燃料市場需求預測

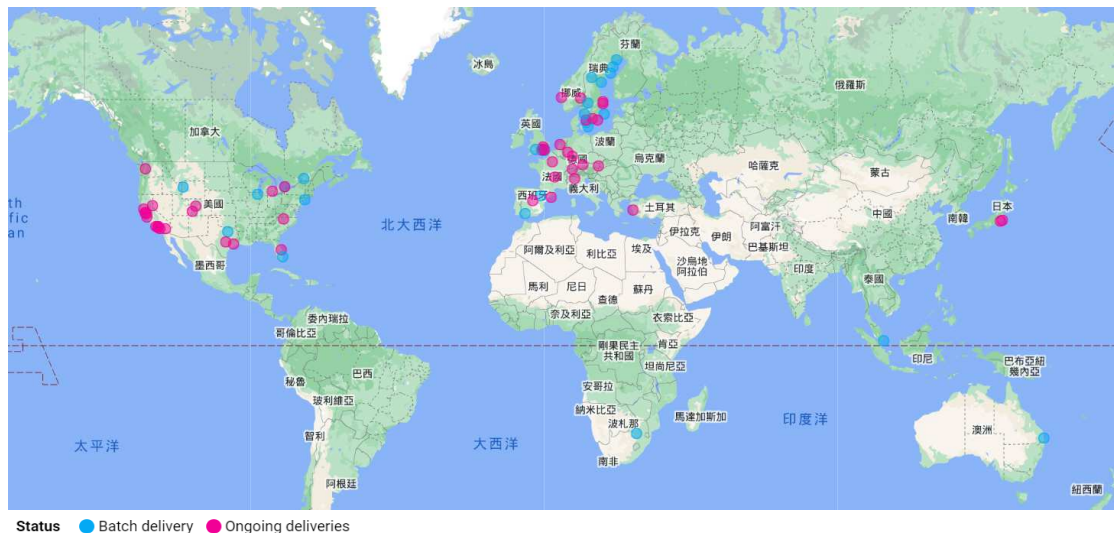
二、應用趨勢

1. 歐洲

由歐盟執委會(European Commission)資料顯示，目前永續航空燃料使用量僅占航空燃料總量 0.05%，如果沒有更進一步的監管或政策規範，預計 2050 年使用比例將僅增至 2.8%，而為達成歐洲航空業淨零目標，使用比例需增至 83%。爰此，歐盟執行委員會 2020 年提出 ReFuelEU Aviation(已完成草案公告，目前為公眾諮詢及委員會評估階段)，期藉此刺激永續航空燃料使用量的增長。其相關措施包含永續航空燃料與傳統石化航空燃料混合比例隨時間而逐步增加之強制性規定，及提供生產獎勵等措施。另歐盟排放交易系統(EU ETS)鼓勵飛機營運商使用符合歐盟可再生能源指令(Renewable Energy Directive, RED)定義之永續航空燃料，並將其認定為零碳排放，亦即使用永續航空燃料可減少飛機營運商報告的碳排放量，以及所需購買 ETS 配額數量，藉此提供飛機營運商使用永續航空燃料代替傳統航空燃料之誘因。

歐洲航空公司協會(A4E)已簽署 2050 年實現二氧化碳淨零排放之目標，並呼籲永續航空燃料之使用量可在 2030 年增加到占航空燃料總量的 6%，2050 年增加到 83%。此外，協會也呼籲提升歐洲永續航空燃料生產能力，同時希望能提供業者獲得更佳融資、貸款、補助，及取得生產原料等協助。

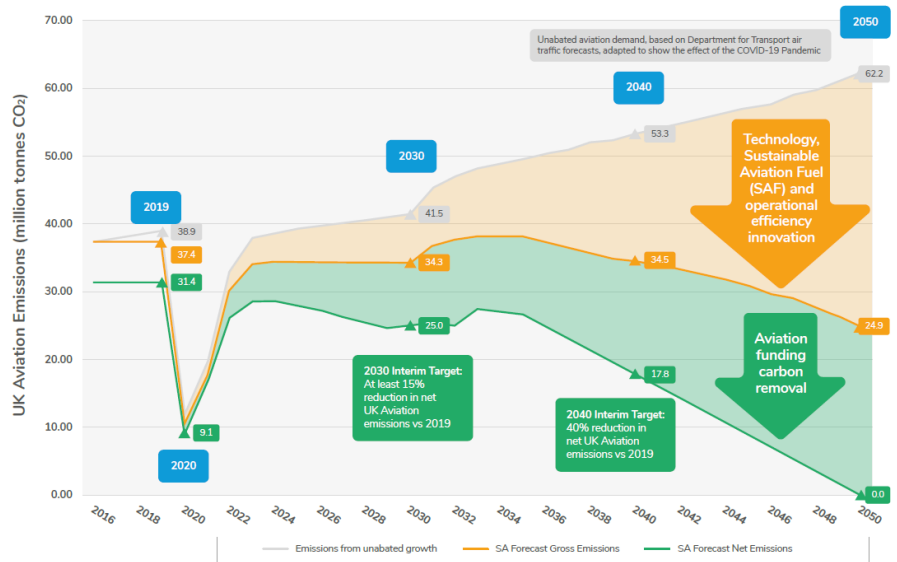
漢莎集團目前是歐洲永續航空燃料採購量最大者，2021 年 11 月表示未來 3 年將投入 2 億 5 千萬美元購買永續航空燃料。另機場部分依據國際民航組織統計資料顯示(如圖 4)，全球目前分別有 47/24 座機場可持續/批量(非定期)供應永續航空燃料，其中歐洲分別有 24/16 座機場可持續/批量供應永續航空燃料。



資料來源：ICAO。

圖 4 全球可供應永續航空燃料機場分布

另英國雖已於 2020 年 1 月正式脫離歐盟，但仍然於 2021 年 6 月正式提出航空業中期減碳目標，做為該國持續朝向 2050 年淨零碳排之重要里程碑。此目標分別為 2030 年碳排放量將較 2019 年減少 15%，2040 年碳排放量將較 2019 年減少 40%。圖 5 為英國航空業脫碳規劃路徑圖，由圖知，永續航空燃料、永久性除碳、新低碳與零碳技術(例如：電動與氫動力飛機)，將是達成目標的關鍵方式。



資料來源：Airport World。

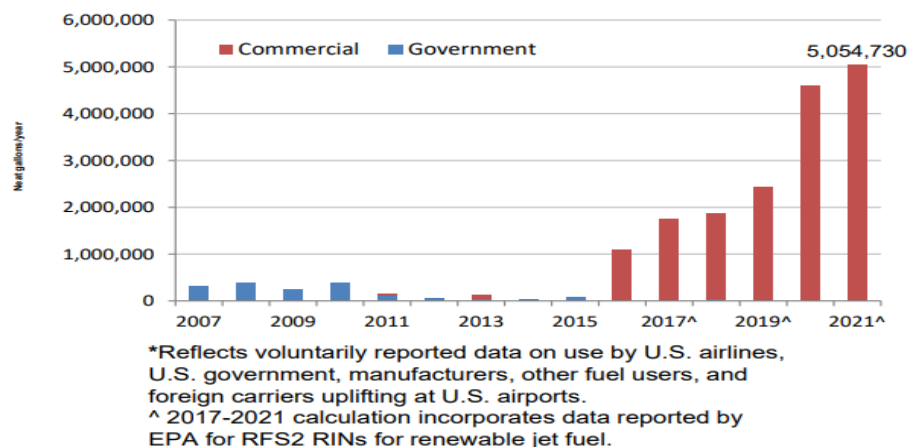
圖 5 英國航空業脫碳規劃路徑圖

隨著美國及其他國家制訂支持創新與新燃料技術發展相關政策，英國為了確保持續在航空業脫碳維作為持世界領先地位，於 2022 年提出永續航空燃料產業政策，包含價格支持，使永續飛航燃料商業化。預期到 2030 年代中期，英國將有 14 家工廠從家庭與工業廢棄物中生產永續燃料，以協助英國航空排放量可於

2050 年減少 32%。

2. 美國

依據國際民航組織統計資料(如圖 4)顯示，美國分別有 21/5 座機場可持續/批量供應永續航空燃料，為全球僅次於歐洲地區機場可供應永續空燃料者。圖 6 為美國聯邦航空總署(FAA)統計近年美國採購永續航空燃料情形，由圖知，永續航空燃料需求逐年提升，2021 年達 505 萬加侖。

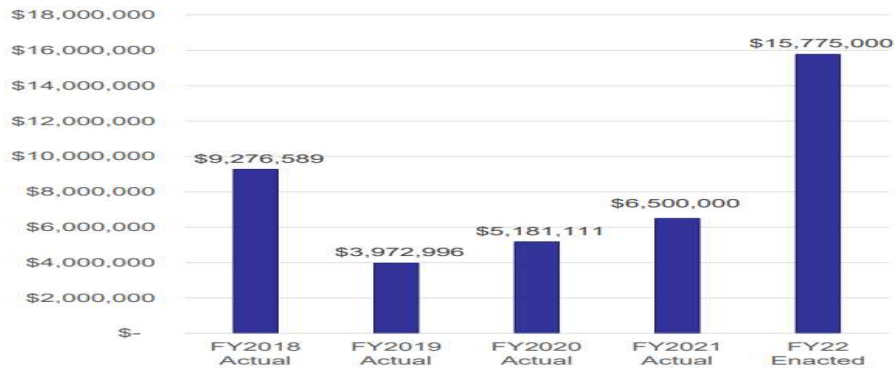


資料來源：FAA。

圖 6 近期美國採購永續航空燃料趨勢

2021 年 9 月美國拜登總統公布新氣候變遷政策目標，包含降低航空碳排放量，以及 2050 年讓永續航空燃料取代傳統燃料。拜登政府的作法與歐洲目前策略不同，歐洲目前主要係規範要求逐步增加永續航空燃料與石化航空燃料混合比例，美國的作法則係提升生產能力與技術，目標到 2030 年，每年可生產 30 億加侖永續航空燃料(2020 年約 450 萬加侖)，2050 年永續航空燃料將完全取代傳統燃料。另在此政策目標下，美國交通部、能源部和農業部已表示同意，將努力開發永續燃料、建立相關基礎設施，並鼓勵原料生產，且刻正擬定相關的稅務政策，例如：永續燃料產生的溫室氣體排放量至少減少 50%，就可以有稅賦減免的優惠。

美國聯邦航空總署與民用航空替代燃料倡議(Commercial Aviation Alternative Fuels Initiative)、美國材料和試驗協會(American Society for Testing and Materials International, ASTM)及國際民航組織等公私部門共同合作發展永續航空燃料。圖 7 為近年持續投入經費補助相關計畫，研究範圍包含：測試超過 50%混合比例限制之永續航空燃料，透過供應鏈分析確定有效降低永續航空燃料生產成本，量化永續航空燃料對非揮發性顆粒排放之影響與評估其他非減碳效益等，以加速永續航空燃料的發展。圖 8 為永續航空燃料測試與認證流程，由圖知，已有 7 項(A1~A7)取得美國材料和試驗協會認證的生產技術，生產原料包含回收生活廢棄物與殘渣、生物物質、糖、油等(如圖 9)。

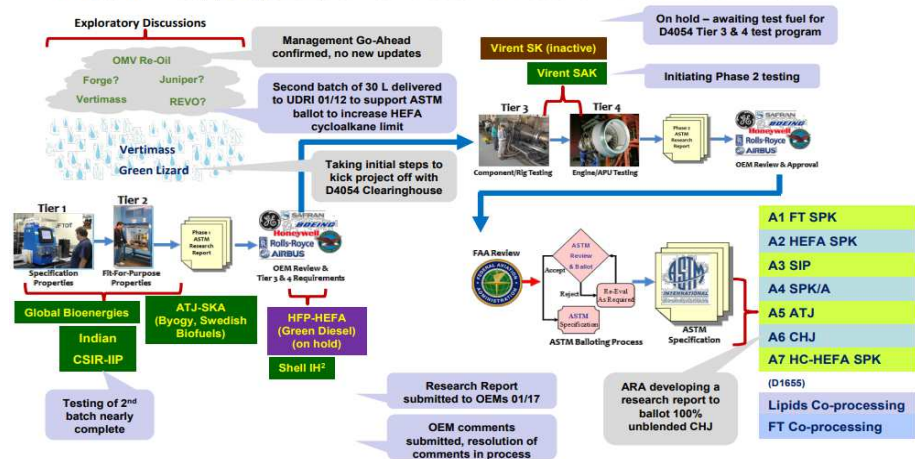


資料來源：FAA。

圖 7 近年 FAA 補助永續航空燃料計畫經費

Testing: ASTM Qualification Status

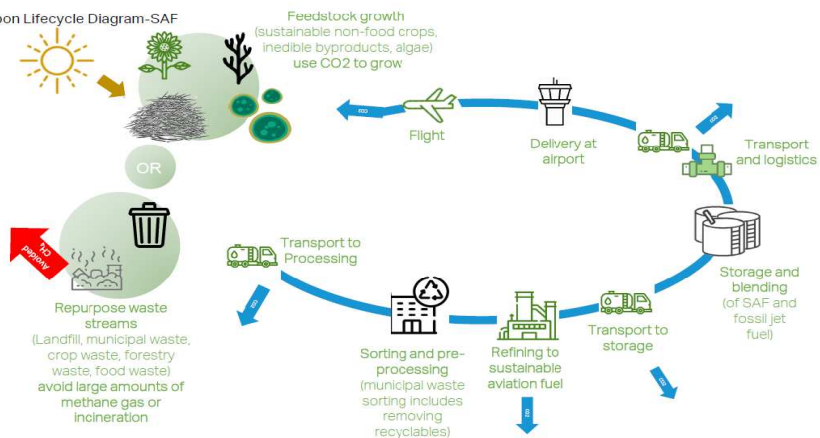
Through FAA support, seven alternative fuels* have been annexed in ASTM D7566



資料來源：FAA。

圖 8 美國 ASTM 永續航空燃料測試與認證流程

Figure 2: Carbon Lifecycle Diagram-SAF



資料來源：IATA。

圖 9 永續航空燃料生命週期示意圖

美國航空協會(Airlines for America, A4A) 2022 年 3 月提出於 2030 年製造 20 億加侖永續燃料的目標。A4A 主席兼執行長 Nicholas Calio 表示，航空公司認同拜登政府的政策，協會與成員正努力採取行動與政府合作，希望能如期實現此願景。

3. 亞太地區(2021 年 8 月)

亞太地區相較歐美地區永續航空燃料應用情形較少，依據國際民航組織統計資料(如圖 4)顯示，僅有日本成田與羽田機場持續供應永續航空燃料，新加坡樟宜機場及澳洲布里斯班機場僅可批次供應永續航空燃料。目前亞太地區永續航空燃料發展與應用情形分述如后：

(1)日本

主要由航空公司持續進行永續航空燃料試驗，以測試各種燃料與技術，而這些測試在疫情期間也一直在持續進行。例如：日航及全日空於 2021 年 6 月使用生質燃料進行示範飛行，這些航班是與日本新能源公司及工業技術發展組織共同合作進行，主要希望通過並滿足新的國際燃料標準。

(2)南韓

大韓航空與現代石油銀行煉油公司達成協議，持續推動永續航空燃料的製造與使用，雙方並於 2021 年 6 月 30 日簽署一份備忘錄，約定大韓航空將從現代煉油公司購買生質燃料，而現代煉油公司將建造永續航空燃料之製造工廠，並進行相關研究。此外透過此協議將促使大韓航空採取更多行動，以提高社會對永續航空燃料的瞭解，同時將與政府當局進行討論，以協助制定相關標準和法規。

(3)新加坡

新加坡政府 2021 年 8 月啟動了一系列可行性研究，針對在地原料可用性、製造成本，與生命週期等進行評估，俾利評估新加坡永續航空燃料可在地進行製造之原料與技術組合。另 2021 年 11 月新加坡民航局(CAAS)與新加坡航空(SIA)及淡馬錫控股公司合作，從 2022 年起展開為期 1 年的永續航空燃料領航計畫，邀請相關業者提出供應樟宜機場航空混合燃料之專案計畫，並已發布需求建議書，以利選擇永續航空燃料生產商和供應商，執行樟宜機場永續航空燃料計畫。新加坡民航局長 Han Kok Juan 表示，該計畫將提供有關端點到端點成本組成、成本回收的潛在定價結構及支持永續航空燃料部署的未來政策考量。

業者部分，新加坡航空對於使用永續航空燃料一直採取謹慎態度。雖於 2011 年新航已成為 SAF 使用者，但直到 2017 年才在新加坡-舊金山定期航線使用永續航空燃料之混合燃料。2020 年新航與瑞典機場管理公司 Swedavia 合作，在斯德哥爾摩-莫斯科航線使用永續航空燃料之混合燃料。透過新加坡政府的試辦計畫，將使新航能更大規模規劃相關營運與後勤問題，甚至可能以更具競爭力的價格獲得永續航空燃料。另樟宜機場集團亦進行永續航空燃料研究，以做為實現 2030 年綠色計畫之一部分，並期望成為新加坡供應與銷售商業航空永續燃料推

動者之一。

此外，2022 年 3 月殼牌公司宣布成為新加坡樟宜機場首家提供永續航空燃料的供應商，規劃將替新加坡完成設施升級，讓新加坡可進行永續航空燃料與傳統航空燃油混合作業。第一批永續航空燃料是在歐洲調配，以測試與驗證殼牌公司在亞洲建立永續航空燃料的供應品質，而在通過驗證後，未來將在新加坡工廠直接進行混合作業。殼牌航空全球總裁 Jan Toschka 表示，透過此次合作，展現公司可加速推動亞洲使用航空永續燃料的範例，並希望成為這個重要市場持續發展的領導者，且已在新加坡殼牌能源與化學品園區推動永續航空燃料設施建設計畫，規劃每年可生產 55 萬噸低碳燃油，其中包含永續航空燃油，然本計畫尚待最終投資決定。樟宜機場表示，永續航空燃料是開啟未來航空業永續發展的關鍵之一，將致力於與航空公司、利害關係者及政府合作，採用永續航空燃料，俾利推動樟宜機場成為永續航空樞紐。

(4)印度

印度為世界第三大國內航空市場，預計未來年成長率 9%，採用永續航空燃料為實現印度 2070 年淨零碳排放的關鍵因素。

印度 GMR 機場集團、巴黎機場集團(Groupe ADP)、空中巴士、Axens 集團、Safranto 公司於 2022 年共同簽屬合作備忘錄，將在印度進行聯合研究，目的是了解與評估印度永續航空燃料之需求、供應、基礎設施、物流系統等項目的挑戰與機會，並為永續航空燃料生產商在地生產的商業案例做準備。

印度 GMR 機場集團表示，由於永續航空燃料未來在航空部門將發揮關鍵角色，因此需進行評估印度機場的需求、原料可用性、燃料生產技術、物流系統、機場基礎設施規劃等。此外，此聯合研究內容亦包含檢視現行法規，提出修法建議，為印度未來推動永續航空燃料奠基。

(4)我國

我國永續航空燃料之應用，主要為華航於 2017 年 12 月第 10 架 A350 新機飛渡回臺時，於法國添加永續航空燃油。另宣布自 2021 年起持續引進新世代節能客機 A321neo，全機隊交機之飛渡作業承諾添加 10%永續航空燃料。

三、政策意涵

國際民航組織、航空運輸行動組織及歐美地區已將使用永續航空燃料視為重要減少碳排方式。歐美地區已有許多機場可供應永續航空燃料，且由政府領航推動相關政策，以協助與推動永續航空燃料之發展與應用。另亞洲地區目前永續航空燃料發展與應用情形不若歐美地區，然新加坡已由政府主導與業者響應之方式，印度與南韓則由業者推動，紛紛啟動相關試辦計畫，俾利未來永續航空燃料之布局。建議我國機場管理單位與國籍航空業者可共同合作，進行相關可行性研

究之先導計畫，俾利了解適合我國在地生產之原料與技術可行性，包括在地進行傳統航空燃油與永續航空燃油混合作業之可行性、供應鏈與機場關鍵基礎設施之布局、法規調適等，俾利順應國際航空業淨零碳排放趨勢，推動我國永續航空燃料之應用。

參考資料：

1. ATAG, Waypoint 2050, 2021.
2. ICAO, Sustainable Aviation Fuels (SAF), official website:
<https://www.icao.int/environmental-protection/pages/SAF.aspx>, 2022.
3. ICAO, Second ICAO Conference on Aviation and Alternative Fuels (CAAF2), official website:
<https://www.icao.int/Meetings/CAAF2/Pages/Documentation.aspx>, 2022.
4. European Commission, Sustainable aviation fuels – ReFuelEU Aviation, official website:
https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12303-Sustainable-aviation-fuels-ReFuelEU-Aviation_en.
5. EASA, Policy actions, official website:
<https://www.easa.europa.eu/eaer/topics/sustainable-aviation-fuels/policy-actions>.
6. FAA, Sustainable Aviation Fuels-Update to FAA REDACE&E Subcommittee, 2022.
7. 鉅亨網，華航獲評國際碳揭露領導企業 A321neo 全機隊使用永續燃油飛渡，2022 年。
8. 張中婷，出席 2017 年全球永續航空高峰會報告書，交通部民用航空局，2017 年。
9. 交通部運輸研究所，2021 年 4 月國際空運期刊研究會，2021 年。
10. 交通部運輸研究所，2021 年 7 月國際空運期刊研究會，2021 年。
11. 交通部運輸研究所，2021 年 8 月國際空運期刊研究會，2021 年。
12. 交通部運輸研究所，2022 年 3 月國際空運期刊研究會，2022 年。
13. 交通部運輸研究所，2022 年 4 月國際空運期刊研究會，2022 年。