

亞太國際樞紐機場疫後環境永續發展趨勢探討

Discussion on the Environmentally Sustainable Development Trend of Asia-Pacific International Hub Airport after the Pandemic

運輸工程及海空運組 呂蕙美

研究期間：民國112年2~12月

摘 要

近年來國際間機場持續關注環境永續之規劃與推動，各大國際航空組織如 ICAO、IATA、ACI 等均積極在環境永續方面提出管理機制、目標、策略或建議。機場環境永續主要分為綠色環保與環境韌性兩個構面。其中，綠色機場係透過增加替代能源使用，降低航空業溫室氣體排放，以利機場可以低碳營運；環境韌性機場係因應氣候變遷，於機場設置調適性設施，以利降低災害風險，並減少噪音與汙染對環境之衝擊。因此，我國機場未來如何因應環境永續發展，為未來之重要課題。

隨著機場與航空公司運能逐漸復甦，亞太國際樞紐機場已開始注重前瞻規劃，重新投入並配置資源加以建設，積極擘劃未來環境永續發展策略，以利確保其樞紐地位及提升國際競爭力，其疫後之環境永續發展趨勢值得蒐整、觀察與評估。

本研究為本所後續研究計畫之先期研究，以亞太地區主要國際樞紐機場與我國國際機場為研究對象，蒐整發展趨勢及推動現況，並透由主管機關訪談，了解後續研究需進行之主要項目與內容，綜合提出結論與建議，俾提供交通部、民航局及桃園機場公司進行決策之參考應用。

關鍵詞：

永續、綠色機場、韌性

亞太國際樞紐機場疫後環境永續發展趨勢探討

一、緒論

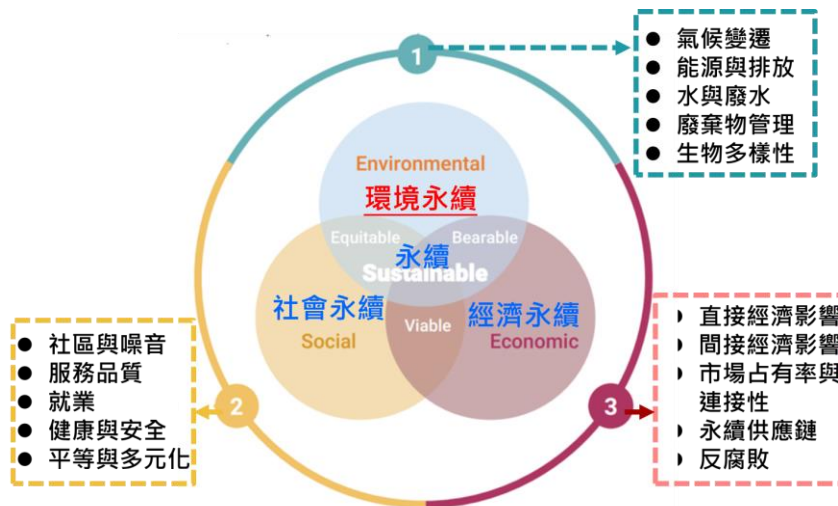
機場環境永續是近年來國際持續關注之重要發展趨勢。聯合國 2015 年宣布「2030 永續發展目標」(Sustainable Development Goals, SDGs)，涵蓋環境、經濟與社會等，包含 17 項核心目標(如圖 1)，涵蓋 169 項細項目標、230 項指標，指引全球共同努力、邁向永續^[1]。國際機場協會(ACI)依此於 2021 年出版「全球機場永續策略」(Sustainability Strategy for Airports Worldwide)^[2]，建議環境永續(Environmental Sustainability)、社會永續(Social Sustainability)與經濟永續(Economic Sustainability)三大面向發展主要項目(如圖 2)，協助機場制定整體永續發展策略，以利機場永續發展措施與國際永續發展主題與目標一致，並將主題與永續措施進行連結，展示機場對永續發展及聯合國永續發展目標之貢獻。

本研究係以機場環境永續為探討範圍。依 ACI 前述報告^[2]定義，環境永續是指量入為出，確保人們以永續的速度消耗燃料、土地、原物料和水等自然資源，並限制破壞性活動，涵蓋項目包括氣候變遷、能源與排放、水與廢水、噪音、汙染(空氣品質、廢棄物等)及生物多樣性等。機場環境永續主要分為綠色環保與環境韌性兩個構面。其中綠色機場係透過增加替代能源使用，降低航空業溫室氣體排放量，以利機場可以低碳營運；環境韌性機場則是因應氣候變遷，於機場設置調適性設施，以利降低災害風險，並減少噪音與汙染對環境之衝擊。國際組織如國際民用航空組織(ICAO)、國際航空運輸協會(IATA)、國際機場協會(ACI)已提出機場環境永續發展管理機制、目標、策略或建議，因此我國機場如何因應以達到永續經營目標，為未來重要課題。



資料來源：[1]。

圖 1 聯合國「2030 永續發展目標」17 項核心目標



資料來源：1. [2]；2. 本研究整理繪製。

圖 2 機場永續發展三大面向與主要項目

隨著疫後機場與航空公司運能逐漸復甦，亞太地區國際樞紐機場間之競爭已然重新開始，注重前瞻規劃之機場，為確保其樞紐地位及提升在地區內排名，正投入並配置資源積極擘劃未來環境永續發展策略，以利提升國際競爭力，其疫後之環境永續發展趨勢值得蒐整、觀察與評估。本研究為本所後續研究計畫之先期研究，以亞太地區主要國際樞紐機場與我國國際機場為研究對象，蒐整發展趨勢及推動現況，並透由主管機關訪談，了解後續研究需進行之主要項目與內容，綜合提出結論與建議，俾提供交通部、民航局及桃園機場公司進行決策之參考。

二、國際組織在機場環境永續相關管理機制或計畫

(一) 機場淨零排放

1. ICAO

(1) 航空碳抵消與減排計畫(CORSIA)

根據「京都議定書」、「巴黎協定」規範，國際航空碳排放量的管理獨立於國家碳排放量之外，由 ICAO 負責管理。2010 年 ICAO 即已訂定 2020 年排放零成長(Carbon Neutral Growth)及 2050 年航空業碳排放量減至 2005 年一半之目標；2016 年第 39 屆大會中，ICAO 制定國際航空業碳抵換與減排計畫(Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation, CORSIA)⁽³⁾，要求所有航空業者自 2019 年至 2035 年間，每年進行國際航線排放監測、報告與查證作業。CORSIA 被視為全球國際航空業唯一市場機制，希望藉由適

當的排放基準設定與市場機制輔助，引導各國航空公司將超過基準之排放量予以抵換，來達到控制全球航空業排放的效果。

根據 ICAO 所制定 CORSIA 機制之執行標準⁽³⁾，國際航空業 CO₂ 排放量，以 2019 年碳排為標準，2021 至 2023 年需維持零成長，2024 至 2035 年需降至 2019 年的 85%，並於 2050 年達到淨零目標。ICAO 規劃依 3 階段循序執行 CORSIA 計畫－2021～2023 年為試辦階段，ICAO 會員國有權自行決定是否加入 CORSIA 機制，並可自由選擇開始接受管制的年度；2024～2026 年為第一階段，已參與試辦階段的會員國以及自願加入第一階段的會員國將接受管制，惟與試辦階段不同，參與第一階段國家不得任意選擇受管制年度，而是 3 年均需參與 CORSIA；2027～2035 年為第二階段，除具備豁免資格會員國可自行決定是否加入，其餘會員國皆須強制參與。

(2)訂定長期目標(LTAG)

為實現 2050 年達到淨零碳排放目標，ICAO 於 2022 年第 41 屆會員大會通過 2050 年淨零排放目標，並訂定長期目標(Long-Term Aspirational Goal, LTAG)⁽⁴⁾，建議各國：(1)營運操作方面，提升營運效率；(2)技術方面，發展新型推進技術；(3)燃料方面，使用永續航空燃料(SAF)、氫能、電力等多元能源，以及相關輸送與儲存設備等，著手推動減碳工作。但因為各國社會、經濟發展水準及航空市場成熟度不一，爰請各國自行評估制定可行減碳目標、策略及行動。

2.IATA

(1)減碳目標與策略

IATA 第 77 屆年會批准全球航空運輸業於 2050 年實現淨零碳排放的決議。航空業承諾符合《巴黎協定》的目標，即全球氣溫升幅不超過 1.5°C。為協助航空業朝向環境永續發展，IATA 建立 3 項減碳目標⁽⁵⁾，包括 2009～2020 年間，燃油效率平均每年提高 1.5%、2020 年碳排放達到零成長、2050 年碳排放量減至 2005 年之半；並建議 4 大策略：(1)科技技術提升方面，針對機身重量、引擎改進、再造環保技術，減少耗油和碳排放量技術進行改善；(2)改善基礎設施方面，改善機場備航時之基礎設施及其管理資訊系統；(3)有效飛行操作方面，有效進行飛機之起飛、降落與巡航；(4)單一全球市場策略方面，填補碳排放之落差。

(2)永續航空燃料(SAF)產量目標

IATA 上述決議要求所有利益相關者，承諾以具體行動及明確時間表解決其政策、產品和活動對環境的影響^[6]，包括：(1)燃油生產公司大規模、具有成本競爭力的將永續航空燃料(SAF)推向市場；(2)政府與空中導航服務提供者(ANSP)消除空中交通管理和空域基礎設施低效率；(3)飛機與引擎製造商生產效率更高的機身及推進技術；(4)機場營運商提供所需的基礎設施，以經濟高效方式供應 SAF。

2050 年實現航空淨零碳排放所需的措施組合將不斷發展，以下是基本案例情境之 SAF 產量里程碑^[6]：

- 2025 年：在適當的政府政策支持下，SAF 產量預計將達到 79 億升 (Liters) (占總燃料需求的 2%)。
- 2030 年：SAF 產量為 230 億升(占總燃料需求的 5.2%)。屆時空中導航服務提供者已全面實施 ICAO 航空系統模組升級(ASBU)和地區計畫，例如歐洲單一天空計畫。
- 2035 年：SAF 產量為 910 億升(占總燃料需求的 17%)。屆時區域市場的電動和/或氫能源飛機(50-100 個座位，30-90 分鐘的飛行時間)上市。
- 2040 年：SAF 產量為 2,290 億升(占總燃料需求的 39%)。氫能源飛機(100-150 個座位，45-120 分鐘的飛行時間)可使用於短途市場。
- 2045 年：SAF 產量為 3,460 億升(占總燃料需求的 54%)。
- 2050 年：SAF 產量達到 4,490 億升(占總燃料需求的 65%)。

3.ACI

(1)機場碳認證計畫(ACA)

ACI 於 2009 年建立機場碳認證計畫(Airport Carbon Accreditation, ACA)，為國際間唯一被認可的機場碳排放管理認證標準，鼓勵會員機場推動節能減碳，屬於長期性質之計畫。透過機場揭露及認證溫室氣體排放量，逐步減量改善，並將環保意識推展至相關業者和民眾，並經獨立評估及確認機場在管理及減碳成效，頒予證書鼓勵會員機場推動節能減碳，期望透過機場管理機制以降低碳排放量。此評比將機場減碳工作分為以下 6 等級認證^[7](如圖 3)：

等級 1—碳盤查(Mapping)

機場有碳足跡盤點制度，掌握各部門年度排放 CO₂ 實際數據(碳盤查及查證)。

等級 2—碳減量(Reduction)

針對各部門碳排放制定減排策略，並提供具體減排數據(符合等級 1，納入管理政策及減排)。

等級 3—優化(Optimization)

除機場外，所有提供服務或於機場範圍內運作之第 3 方業者，均能參與節能減碳計畫(符合等級 2，納入第 3 方參與，並衡量其排放)。

等級 3+ -碳中和(Carbon Neutrality)

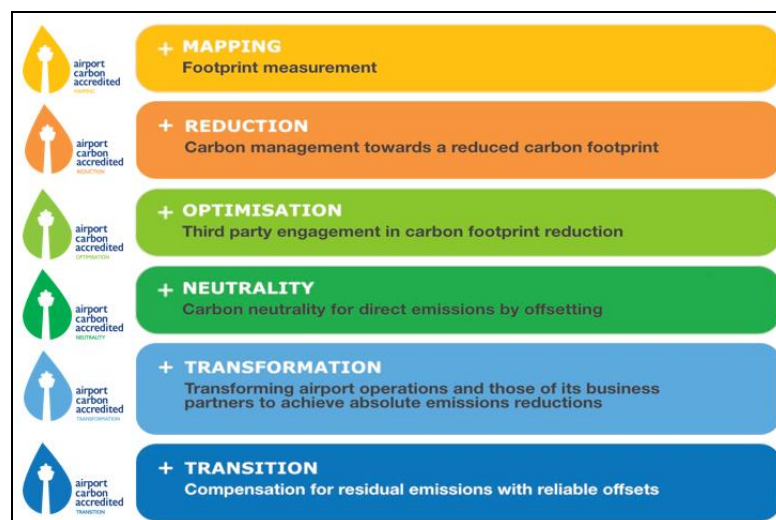
透過碳還原計畫，購買高質碳權，將機場排碳全面中和(符合等級 3，抵換排放)。

等級 4—轉型(Transformation)

制定長期環境管理策略，達成巴黎協議之減碳目標；舉證第 3 方節能減碳之行動方案(符合等級 3，承諾絕對排放減量的政策)。

等級 4+—變革(Transition)

透過國際認證之碳還原計畫，將無法清零之排碳全數以碳權購回(符合等級 4，進一步碳抵換)。



資料來源：〔7〕。

圖 3 機場碳認證計畫 6 等級認證

(2)綠色機場評比(GAR)

ACI 為減少航空業對環境的影響，於亞太區推廣最佳環境實踐，並考量個別機場的特殊性，自 2017 年起，每年以不同主題(如圖 4)進行綠色機場評比(Green Airports Recognition, GAR)^[8]，競賽機場以不同規模進行評比與審核。經評比選定機場，將刊登在綠色機場表彰出版物中。傑出的機場將獲得由 ACI 頒發之永續發展證書，並應邀參加 ACI 亞太地區大會之頒獎典禮，同時於 ACI 相關新聞宣傳活動中公開表彰，以鼓勵會員機場推動節能減碳，促使其逐漸邁向綠色機場之列。

年度	主題
2017	能源管理
2018	廢棄物管理
2019	綠色基礎建設
2020	水資源管理
2021	空氣品質管理
2022	碳管理
2023	一次性塑膠廢棄物減量

資料來源：〔8〕。

圖 4 綠色機場評比歷年主題

(3)亞太及中東機場淨零排放倡議計畫

2021 年 6 月 8 日各大國際機場發表公開聲明，共同承諾機場到 2050 年實現淨零排放的目標，ACI 並敦促各國政府為此提供必要的支持。2022 年 5 月 18 日 ACI 於亞太區年會提出亞太區的亞太及中東機場淨零排放倡議計畫^[9]，並做成決議，目前已有 23 個機場承諾於 2050 前完成淨零排放的目標。

亞太及中東機場淨零排放倡議計畫包含以下內容：(1)實現淨零排放目標除各大機場的努力外，亦應尋求跨國的合作；(2)執行策略及方式，必須考量該國現有政治、經濟環境以及碳管理機制的成熟度擬定適當的計畫；(3)各項投資的成本必須透過多方的合作，以順利取得所需的資金；(4)透過機場碳認證計畫的驗證機制、技術文件及規範的引導，協助各大機場逐步執行減碳及淨零排放的工作；(5)向公眾宣傳減碳策略及績效，提高公眾的減碳意識及氣候變遷的認知，並呼籲公眾一同參與減碳行列，為達到淨零排放目標必要因素^[9]。

(二)機場氣候變遷調適

近年來全球在氣候變遷面向之討論，主要以「海平面升高」、「颶風強度增強」、「氣溫屢創新高」及「極端強降雨」等四大環境議題為主。氣候變遷對機場而言是相當重要議題，因為極端高溫將損壞機場跑道，強降雨將導致機場航廈及跑道設施淹水，極端氣候更有機會造成旅客滯留、產生安全疑慮、損壞機場聯外道路，更嚴重更導致影響機場安全、資產損失及營運彈性降低等潛在後果。

1. ICAO

ICAO 於 2017 年出版「氣候韌性機場」(Climate Resilient Airports)^[10]，將航空所面臨氣候衝擊分為以下幾項：海平面上升(Sea Level Rise)、風暴潮(Storm Surge)、風暴強度增加(Increased Intensity of Storms)、平均溫度與極端溫度變化(Changes in Average and Extreme Temperatures)、降水變化(強度和類型)(Changing Precipitation, Intensity And Type)、結冰條件不斷變化(Changing Icing Conditions)、多變化的風(Changing Wind)、荒漠化(Desertification)及生物多樣性的變化(野生動物和生態系統)(Changes in Biodiversity, Wildlife and Ecosystems):。並建議可使用風險矩陣(如圖 5)做為分析工具，使用與氣候影響相關的風險指標，用以識別與評估氣候變化有關的潛在風險與改進機會。通常是在限定的時間範圍內評估，若為更長時間範圍，風險可能會增加。

SAFETY RISK		Severity				
Probability		Catastrophic	Hazardous	Major	Minor	Negligible
		A	B	C	D	E
Frequent	5	5A	5B	5C	5D	5E
Occasional	4	4A	4B	4C	4D	4E
Remote	3	3A	3B	3C	3D	3E
Improbable	2	2A	2B	2C	2D	2E
Extremely improbable	1	1A	1B	1C	1D	1E

註：DOC 9859 - 4th Edition

資料來源：1. [10]； 2. 本研究繪製。

圖 5 ICAO 氣候變化風險評估矩陣

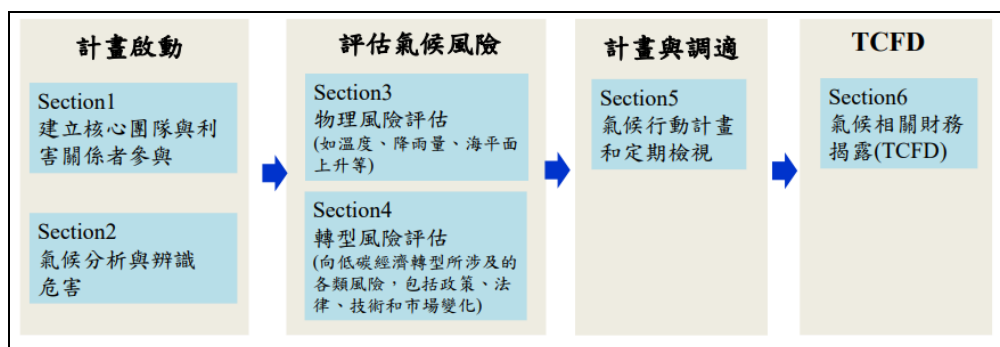
2.ACI

ACI 於 2018 年出版「機場對氣候變化的韌性與調適能力」(Airports' Resilience and Adaptation to Changing Climate)^[11]，協助機場單位了解惡劣天氣事件相關風險，並進行風險評估，以確定機場既有與新基礎設施的適應與操作狀況，包括挪威、澳大利亞、香港、土耳其伊斯坦堡、荷蘭阿姆斯特丹與新加坡樟宜機場的最佳實施案例研究，並提供潛在氣候壓力源對基礎設施與營運的影響建議，列出已經開始致力於適應氣候變化的機場清單。

ACI 呼籲需要進行氣候變遷調適與評估作業，為氣候變化做好隨時因應之準備，了解自身弱勢與不足，就氣候變遷可能造成的災害提前規劃因應，以避免未來造成無法復原的損失。ACI 對於各國機場對於氣候變遷的適應能力提出下列幾點問題，用以評估機場適應氣候變遷的能力：

1. 組織內負責氣候變遷調適的單位為何？
2. 機場排水系統是否足以因應強降雨增加？
3. 如強降雨增加，可否持續保持陸側及空側交通順暢？
4. 航廈空調系統是否足以因應屢創新高之氣溫？
5. 電力系統是否因應極端氣候規劃特殊的維護作為？

ACI 亞太地區環境委員會於 2022 年 10 月提出「ACI 亞太和中東機場氣候韌性指引」^[12](Tendering Guideline for Climate Resilience Planning for Asia-Pacific and Middle East Airports)，目的是讓亞太及中東地區機場瞭解所在地的氣候風險評估關鍵要素，確認對機場不利影響因素的脆弱性及適應氣候災害的能力。機場單位可依據該評估結果制定適應行動，以管理不斷變化的氣候影響並提高韌性，建構機場對氣候調適之能力。該指南也提供了草案、示範案例及合約條款樣本，協助機場單位進行氣候變遷調適的相關計畫，並針對與氣候相關之財務揭露提供諮詢服務，建議機場單位仔細評估自身狀況、需求和預算，並根據期望結果研擬契約工作規範。ACI 所提出之氣候調適風險評估之流程及重點，如圖 6。



資料來源：〔12〕。

圖 6 ACI 亞太和中東機場氣候調適風險評估流程

3.美國運輸研究委員會 (TRB)

根據 TRB 在機場合作研究計畫(Airport Cooperative Research Program, ACRP)2012 年出版的「機場氣候變遷調適與韌性」^{〔13〕}(Airport Climate Adaptation and Resilience)報告指出，大約有 70%航班延遲係因天氣因素。近年來因強降雨、暴風與霜雪等劇烈天氣事件的頻率增加，更劇烈影響航班的可靠度與機場營運、使用者便利性並造成經濟衝擊。

雖大部分的航班延遲原因與天氣因素有關，但美國大部分的機場尚無將氣候變遷之影響納入營運的考量，故 TRB 鼓勵機場營運單位建立有效的氣候變遷調適策略，並將調適策略納入機場長期計畫（如表 1），藉以提高現有的資產維護與改善作業及相關數據蒐集的效益。

表 1 美國氣候變遷對機場影響及相關調適與防災策略

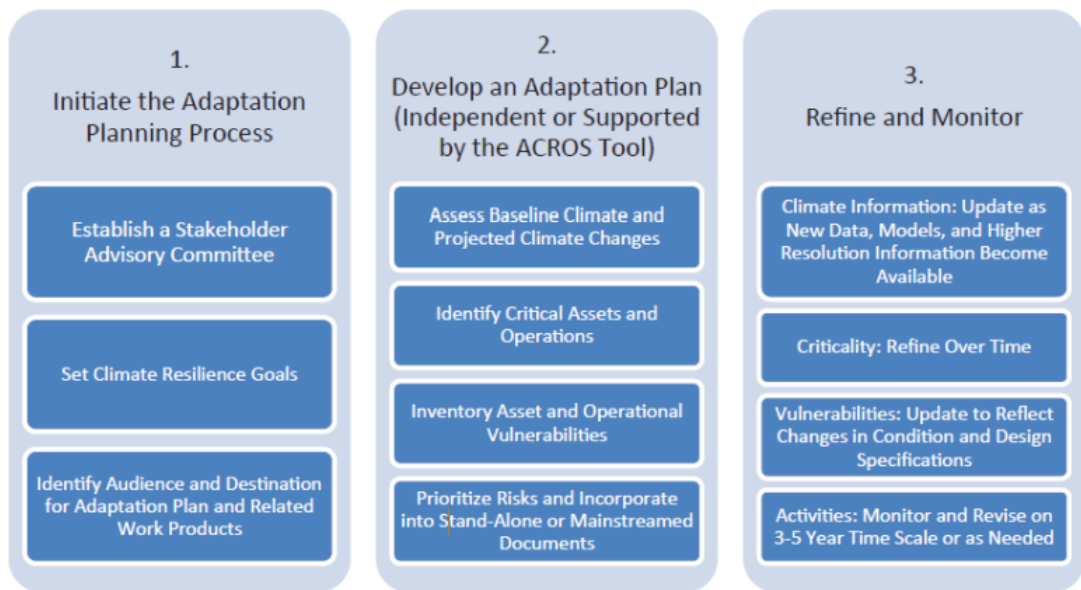
災害類型	影響	策略
強降雨	● 航班延遲與取消 ● 乘客與機場人員進出不便 ● 跑道或其他設施淹水損壞 ● 跑道鋪面排水系統損壞 ● 導航與起降系統淹水損壞 ● 能見度低而造成航班延遲	● 改善鋪面與排水設計（年限） ● 保護既有與脆弱的設施 ● 改善氾濫區的土地使用規劃 ● 從目視飛航規則切換到儀器飛航規則
均溫上升	● 空氣密度改變影響飛機起降效能 ● 能源需求與溫室氣體排放增加 ● 水泥鋪面收縮龜裂 ● 輪胎過熱造成飛行場受損	● 加長跑道 ● 部分鋪面訂定載重規範 ● 優化維護策略與設計規範 ● 更換道路與空橋的伸縮縫 ● 研究鋪面新材料
海平面上升	● 海岸侵蝕與氾濫 ● 海平面上升與暴風雨頻率增加導致淹水與氾濫的機率增高 ● 海鹽對飛機場造成損壞	● 利用堤防保護機場建設 ● 架高重要設備 ● 未來設計規劃機場時應依氣候變遷情境考量海平面上升

資料來源：〔14〕。

4.美國聯邦航空管理局 (FAA)

FAA 於 2015 年發布 ACRP 第 147 號報告「氣候變遷調適規劃：

機場風險評估」^[15](Climate Change Adaptation Planning: Risk Assessment for Airports)，其目的在協助機場從業人員了解氣候變遷可能對機場造成的具體影響，以制定計畫。氣候變遷對機場的影響程度取決於氣候變遷程度、機場區位、機場的事前準備工作以及既有基礎設施的容受力或設計標準等。透過圖 7 的架構可制定、實施和檢討機場的氣候變遷調適與防災計畫，從初期界定利害關係人，至最終了解氣候變遷的影響範圍，以利實施一套完善相應的計畫。



資料來源：〔15〕。

圖 7 FAA 建議之機場調適規劃研擬步驟

三、亞太國際樞紐機場環境永續發展案例

(一)新加坡樟宜機場 (Changi International Airport)

1.環境永續目標

承諾在 2030 年實現零碳成長，即使業務成長，碳排放量也將限制在 2018 年水準，並積極探索提高航廈建築能源效率方法^[16]。

2.環境永續行動與措施

(1)使用永續燃料(SAF)

提高再生能源在能源結構中之比例。2022 年已進口 SAF，2022 年 7 月中開始於新加坡機場供航機添加，試行「永續航空燃料碳信用計畫」，並正在建立本土 SAF 供應鏈。另外，自 2022 年第 3 季開始，從新加坡起飛的新加坡航空和酷航客機都採用混合燃油驅動引擎，並和航空公司、業界和政府機構合作，加速 SAF 在機場的使

用，推展永續的航空旅遊。

(2)研議氫能源轉型

評估設立氫樞紐基礎建設需求，及利用氫燃料電池做為機場供電使用。

(3)節約能源及自產自用

推動屋頂設置太陽能板，預計於 2024 年減少 20%碳排放量；並至 2020 年已全面汰換燈具為 LED 燈，預估可節省 50%電量。

(4)廢棄物管理

鼓勵良好的回收實踐，實施有效的廢棄物收集系統優化廢棄物管理。與承包商、機場合作夥伴和清潔工的密切合作和溝通，找到更有效利用廢棄物資源機會；機場回收多達 5,640 公斤的電子廢棄物，並提升 13.5%的焚化廢棄物的使用效率；營運提倡循環利用，例如在修復飛機停機位時回收混凝土及對園藝廢物進行堆肥。

(5)水資源管理

採用水優化策略，減少用水量並提高用水效率；減少所有領域的飲用水和非飲用水使用；廁所改裝節水配件，有漏水報告和維修管理系統，確保及時通報故障；建築冷卻系統、雨水也被收集，用於灌溉和清潔。

(6)增加氣候調適能力

透過早期規劃確保對氣候變遷的長期抵禦能力，從而以最大限度減少潛在的脆弱性和營運連續性風險，並在降雨強度增加、海平面上升、環境溫度較高、閃電頻率增加及風速、風向等 5 個重點領域，制定風險門檻值及減緩措施。

3.參與碳認證計畫與綠色機場評比

樟宜機場已取得 ACA 等級 3 認證。

(二)日本東京成田國際機場 (Narita International Airport)

1.環境永續目標

2021 年 3 月，日本東京成田機場公社發布了減碳目標架構「永續成田 2050」（Sustainable NRT 2050）。以 2015 年為基準年，成田機場公社將在 2030 年前實現二氧化碳減排 30%、每架次起降航班平均減排 30%，2050 年實現淨零碳排放，碳排放量將減少至 2015

年水準的 50%^[17]。

2.環境永續行動與措施

(1)使用永續燃料(SAF)

自 2020 年 10 月起，成田國際機場已將 SAF 納入現有加油設施加以營運。根據「永續 NRT 2050」倡議，2022 年上半年完成了裝載 SAF 的地面設施。由於新設施可以接受尚在研議生產的少量 SAF，因此日本自製的 SAF 於 2022 年 9 月已送至成田機場使用，這是應用日本國產 SAF 的首例。

(2)鼓勵使用地面電源裝置(GPU)

鼓勵航空公司使用地面電源裝置 (GPU)，做為停放飛機之電力和空調。GPU 使用產生的碳排放量僅為 APU(機尾輔助動力裝置，耗費燃油且排放廢氣)操作產生的排放量的十五分之一，也降低了噪音。

(3)以 LED 燈取代原有燈光

考慮到便利性、成本及環保問題，將滑行道、助航、航廈等燈光皆以 LED 燈取代，以減少能源消耗。新裝照明設備皆為 LED 光源，預計 2030 年 LED 光源使用率達 80%，2050 年達 100%。

(4)淨零能源建築與車輛

明確訂定資源循環、氣候變遷等具體減碳措施，包括 2050 年機場新建和改擴建建築物均為淨零能源建築 (Net Zero Energy Building)，實現建築碳中和。另外，繼續推廣使用低排放車輛，除雪車、機場消防車等特種車輛外，到 2050 年實現全部車輛零排放。

(5)再生能源

再生能源供電率 2030 年達 20%，2050 年達到 100%。

3.參與碳認證計畫與綠色機場評比

成田機場已取得 ACA 等級 3 認證。

(三)韓國仁川國際機場 (Incheon International Airport)

1.環境永續目標與規劃

躍升為全球最佳 ESG 樞紐，透過 ESG 幸福平臺，創新發展推進以人為本的經營，為從能源消耗飛躍為能源自立機場，至 2040 年實現低碳環保機場，並將再生能源轉換率達到 100%^[18]。

2.環境永續行動與措施

(1)使用永續燃料(SAF)

仁川機場正在改善基礎設施，建立 SAF 供應系統。

(2)安裝加氫站

2023 年 2 月，空中巴士（Airbus）宣布與韓國液空（Air Liquide Korea）、大韓航空及仁川國際機場公社合作研發第一代氫動力飛機，仁川機場並協助建設所需相關設備，仁川機場的目標就是成為全球機場節能減碳的領頭羊。作為亞洲第一個加入全球再生能源倡議（RE100）的機場，仁川機場截至 2021 年為止，已安裝 2 處加氫站。機場擁有韓國最大規模的電動和氫能汽車基礎設施，任何駕駛綠色汽車的人都可以享受便利的充電和停車服務。

(3)擴建及安裝高效能太陽能發電設施

自 2006 年以來不斷擴建和安裝太陽能發電設施，以應對氣候變遷及能源供需波動。截至 2022 年，機場的太陽能發電設施容量為 10,497 千瓦，由於 2022 年營運能力的擴大，產量增加 43%，達到 12,698 兆瓦。第 2 航廈長期停車場和貨運大樓停車場正在安裝新的太陽能發電設施，容量分別為 1.4 兆瓦和 2.5 兆瓦。仁川機場截至 2021 年為止，已安裝 10.5MW 太陽能發電設備、8MW 地熱發電設備，88 個電動車充電站。

(4)引進再生發電設施及購買綠色電力

仁川機場正透過引進再生發電設施和購買綠色電力，向零能源機場邁進。

(5)機場車輛改裝為綠色車輛

仁川機場將所有直營商務車輛和接駁巴士全改裝為綠色車輛。並加速柴油設備綠色改造，充電基礎設施正在建設中。

3.參與碳認證計畫與綠色機場評比

仁川機場已取得 ACA 等級 3 認證。

(四)香港赤鱗角國際機場 (HongKong International Airport)

1.環境永續目標與規劃

承諾成為全球最環保機場，長期目標為 2050 年底前達到淨零碳排放，中期目標為到 2035 年減少實際排放量 55% (以 2018 年為基準)

2.環境永續行動與措施

(1)機場碳足跡分類管控

香港機場管理局與主要航空業相關業務夥伴共同承諾，於 2050 年年底前在香港國際機場達至淨零碳排放，同時亦訂下中期目標，以 2018 年為基準，到 2035 年減少實際碳排放量 55%。為達到此目標，正努力從多方面着手減少機場的直接和間接碳排放，並以機場碳足跡分類管控，如圖 8。

S1	範疇一（直接）	機管局的流動及固定排放來源，例如車輛及緊急發電機，以及來自用於大樓製冷系統製冷劑的逃逸性排放。
S2	範疇二（間接）	機管局購買或使用電力所產生的排放。
S3	範疇三（間接）	來自可受機管局影響的業務夥伴營運所產生的地面排放。
S3	範疇三（間接）	來自其他受機管局有限影響的第三方所產生的地面排放。
S3	範疇三（間接）	與飛機運作相關的排放。

資料來源：[19]。

圖 8 香港機場碳足跡分類管控

(2)空氣品質

透過在機場島上設立兩個空氣監測站及另一個設於沙洲的監測站，監測機場周邊地區的空气品質，並在網站上提供資訊。機管局亦採取機場管制區車輛電動化、地勤設備共用計畫及自動駕駛運輸系統等手段改善。

(3)環保設計及建築

推行環保機場設計及建築策略要求，在由機管局、專營服務商及其它業務夥伴合作執行的項目中，貫徹納入環保設計原則與可持續建築技術，以應對氣候應變能力、能源效益及其他風險因素等問題，盡量減少整個項目期間的負面環境影響。

(4)管制噪音

自 2017 年起推行飛機音量管制配額計畫，就不同噪音水準機種在夜間運作訂定規定，並就臨時雙跑道系統運作制定緩解飛機噪音程序。另外，車輛電動化亦能明顯減少地面交通噪音。

(5)增加氣候調適能力

訂定香港國際機場 2050 年淨零碳排放承諾，依據香港國際機場 2035 年減碳藍圖，推動機場加速減碳進程。

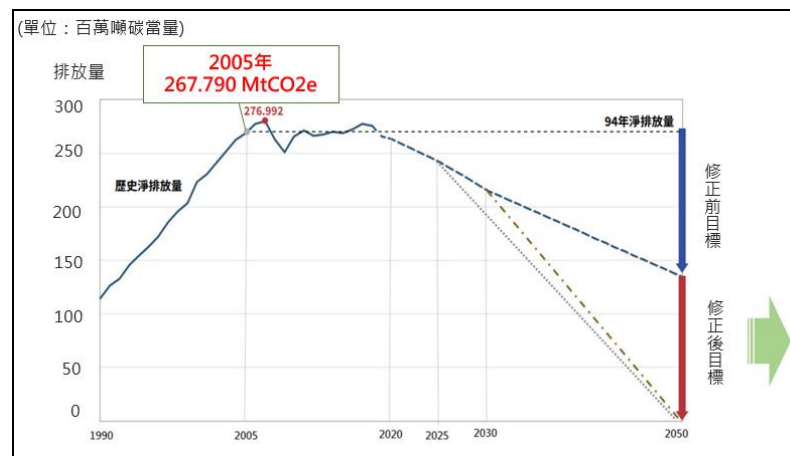
3.參與碳認證計畫與綠色機場評比

香港機場 2013 年於亞太區首先獲得「機場碳排放認可計畫」第三級別「優化」認證，並於 2016 及 2019 年再獲 3 年期認證；2023 年 3 月並獲「機場碳排放認可計畫」第 4 級別「轉變」認證，該認證為計畫最高級別之一，亦即該機場於碳管理範疇，在亞洲機場中達到領先地位。此外 2023 年 5 月尚獲得 ACI 亞太區分會環保機場嘉許計畫執行金獎「年旅客量超過 3,500 萬人次的機場」類別，以及 ESG 年度卓越大獎、ESG 最佳表現大獎、ESG 最佳報告大獎、ESG 項目創新大獎、創新氣候科技等大獎。

四、我國機場環境永續發展現況

(一)我國航空碳排現況

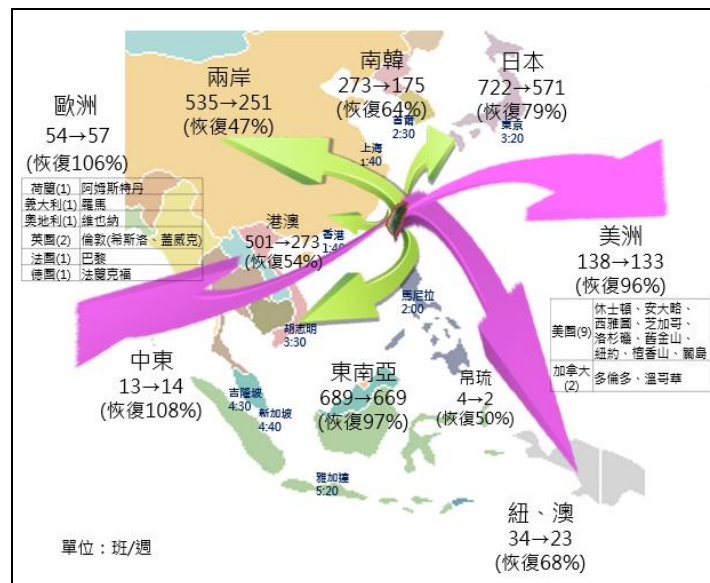
因應國際減碳趨勢，我國 112 年 2 月 15 日修正「氣候變遷因應法」，將國家溫室氣體長期減量目標由原「2050 年溫室氣體排放量降為 2005 年溫室氣體排放量 50%以下」，調整為「2050 年達成溫室氣體淨零排放」^[20]。依據「中華民國國家溫室氣體排放清冊報告(2022 年版)」^[21]，2020 年我國溫室氣體總排放量 2.85 億噸碳當量，空運 585.3 萬噸碳當量占總體 2.05%，以我國溫室氣體中 CO₂ 占 95.29%換算，空運 CO₂ 排放量約占整體 1.95%，與國際碳排比例相當，如圖 9。



資料來源：〔21〕。

圖 9 國家溫室氣體長期減量目標為 2050 年達成淨零排放

我國位處東北亞與東南亞橋接地的優良地理區位，自 2022 年 10 月 13 日中央流行疫情指揮中心宣布開放國境，截至 2023 年 5 月，各航空公司每週飛航 2,012 班，較疫情前 2019 年 12 月份恢復約 7 成航班數；國際及兩岸航線之每週航班數恢復程度部分，美洲、東南亞航線恢復逾 9 成，歐洲航線恢復 106%、中東航線恢復 108%，日本航線恢復 79%、南韓航線恢復 64%，兩岸航線僅恢復 54%，詳如圖 10。預期未來我國空運之排碳量將較 2020 年增加^[22]。

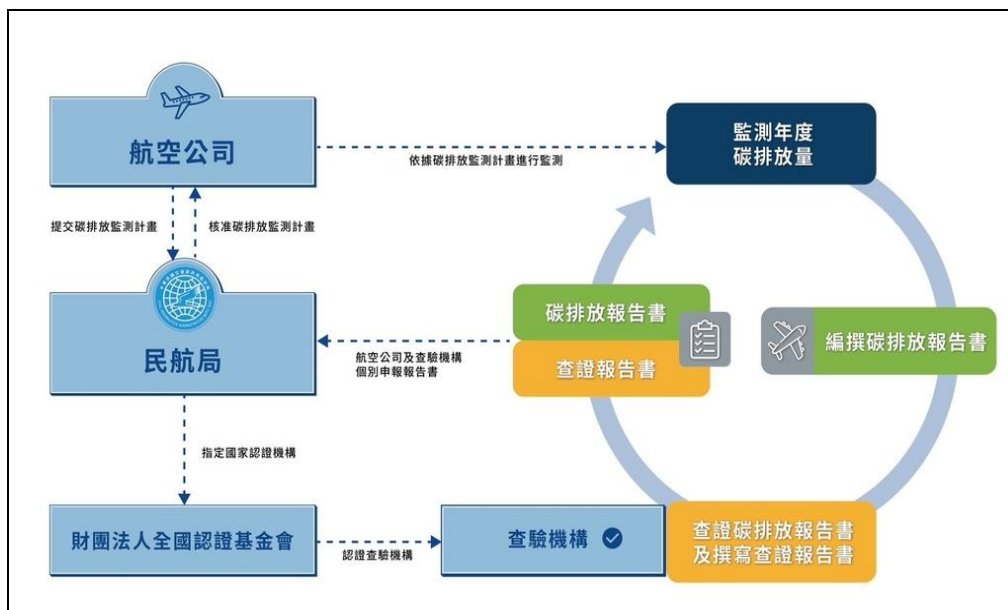


資料來源：〔22〕。

圖 10 我國國際及兩岸航線之每週航班數恢復情形

(二)我國 CORSIA 機制推動情形

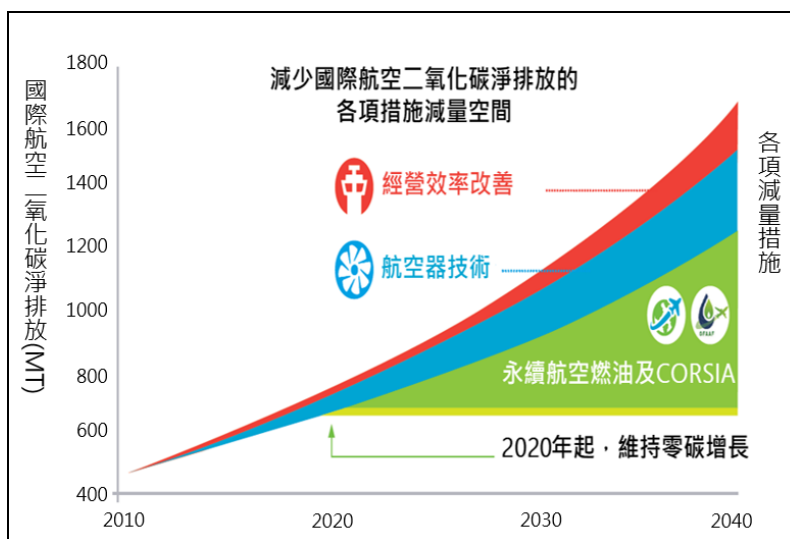
民航局已依循 ICAO 建立之 CORSIA 機制，建置我國 CORSIA 機制。於 2019 年指定全國認證基金會(Taiwan Accreditation Foundation, TAF)為我國 CORSIA 國家認證機構，並由 TAF 指定 2 家符合 CORSIA 機制之查驗機構名單。2019 年開始，民航局透過此一模式，協助國籍航空公司執行碳排放監測、申報作業，輔導國籍航空減碳工作，並由 TAF 執行查證工作。另一方面，民航局 2023 年也進一步修訂民用航空運輸業管理規則及普通航空業管理規則，將減碳工作法制化。因此不論執行面或法制面，我國均已完備 CORSIA 機制執行要件，也確立國籍航空業碳排減量與抵換政策^[22]。我國推動 CORSIA 機制流程如圖 11 所示。



資料來源：〔22〕。

圖 11 我國推動 CORSIA 機制流程

6 家國籍航空公司 2019 至 2022 年碳排放報告書已完成審核，相關作業均符合 CORSIA 要求，達到相較於 2019 年零成長的目標。隨著疫後航空業持續復甦，民航局將持續規範與輔導國籍航空業落實 2023 年及後續 2024 至 2035 年之減碳目標。並參照 ICAO 策略，在 CORSIA 機制下透過精進航管營運操作、強化機場營運管理、採購新機、改善營運效率等方式，履行航空業環保責任，以實現國際航空淨零目標^{〔23〕}。有關我國航空業配合 CORSIA 推動碳排放減量規劃，詳如圖 12 所示。



資料來源：〔22〕。

圖 12 我國航空業配合 CORSIA 推動碳排放減量規劃

(三)執行與機場相關減碳措施

1.建構高能源使用效率運輸航網

(1)精進航管系統

民航局參考 ICAO 全球空中航行計畫(Global Air Navigation Plan, GANP)有關航空系統模組升級(Aviation System Block Upgrades, ASBU)之進程規劃，並蒐集國際飛航服務系統及技術發展趨勢，規劃新一代航管系統，提供更精準、快捷、有序之飛航服務，並引進性能導航技術、規劃航班持續下降程序，降低航班延誤減少油耗^[23]。

(2)優化機場滑行道系統

民航局持續優化機場滑行道系統，增設脫離跑道之滑行道以縮短降落航班占用跑道時間，增建平行滑行道以減少地面滑行路線交錯，增設相關燈光設施以提升航機滑行效率及安全^[23]。

(3)優化航線

民航局利用性能導航(PBN)技術陸續優化臺北飛航情報區航路，已新增 4 條 PBN 航路打開南(恆春)北(鞍部)之航路瓶頸，以臺灣東側新設置之 Q11 航路為例，過境航班每個月可達到減省 95,020 哩飛行距離的效果(換算 1 年可達 114 萬哩)，而另 3 條 Q12、Q13、Q14 等 3 條航路，每個月也可以合計節省 10,323 哩之飛行距離，並持續推動航路優化作業，以協助達成淨零排放之目標^[23]。

2.推廣地勤裝備車輛電動化

推動航空站地面作業淨零排放，推廣地勤裝備車輛電動化，鼓勵地勤業/空廚業者裝備車輛電動化，優先採購符合國家標準之國產商品及其相應之地勤裝備車輛；在航空站方面，規劃航空站設置充電樁設施，以完備電動化環境^[23]。

3.改善電源及空調

過去飛機在停靠機場機坪期間，是使用自身燃油或由地面供電氣源車(使用柴油)所提供之電源及空調，做為飛機艙內運作使用。若改為使用機坪空橋所提供之電源及空調，可減少燃油消耗而達到減碳效果。根據分析，每架次使用橋氣橋電約省下 103.6 公斤 CO₂e。為此，民航局已制定橋氣橋電使用藍圖，鼓勵民航業者使用橋氣橋電，並期望在 2030 年累積減碳量 0.748 萬公噸^[23]。

(四)桃園國際機場環境永續發展現況

1.環境永續目標與規劃

桃園國際機場定位為亞太與北美之間人流、服務流與貨物流的東亞樞紐機場，提出五大長期發展目標和相應的經營策略，包括「高效・轉運節點」、「服務・營運中心」、「永續・安全空港」、「前瞻・智慧機場」以及「活力・機場城市」，以實現聯合國所發布的永續發展目標(Sustainable Development Goals, SDGs)。

桃園機場設定減碳階段性目標：初期於 2025 年前取得機場碳認證(ACA)等級四之認證，中期於 2035 年達到絕對減量，長期於 2050 年達到淨零排放目標^[24]。

2.環境永續行動與措施

(1)橋氣橋電建置計畫

自 2013 年至 2017 年以橋氣橋電取代 APU、電源車及氣源車，完成共計 40 組橋氣橋電，每年減少 3,640 公噸燃油使用，換算減碳量約為 11,491 公噸 CO_{2e}^[25]。

(2)作業車輛電動化計畫

自 2018 年起至今，建置充電樁，提供免費充電服務，並禁止燃油拖車進入地下行李處理場，完成 43 座充電樁，並將 184 輛拖車及 3 輛滾帶車汰換為電動車，減少燃油使用，改善作業環境^[25]。

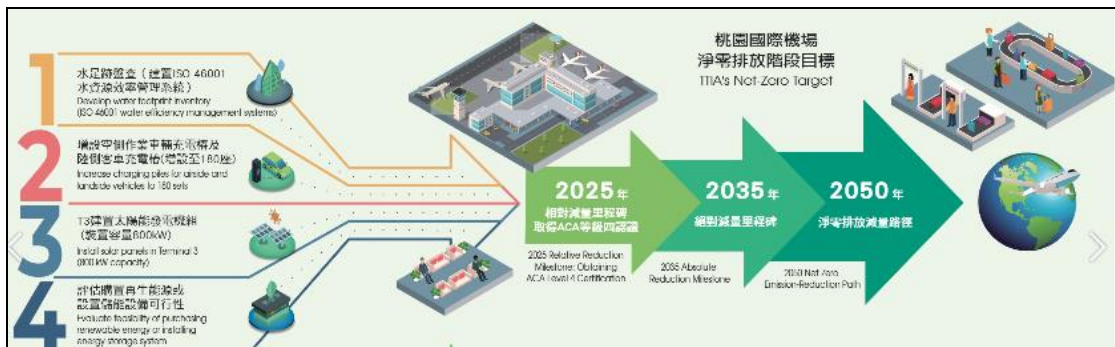
(3)滾動調整溫室氣體排放軌跡預測

除了持續現有的溫室氣體減量行動之外，桃機公司為了因應未來第三航廈及第三跑道啟用大幅增加的客、貨運量及航機架次，爰律定每 5 年檢視執行成果。未來也將輔以國際趨勢、政策規劃及減碳技術發展等資訊，滾動調整、修正溫室氣體排放軌跡預測，並推動氣候變遷調適作業、建立風險評估機制，針對面臨極端氣候之高風險項目研擬可行對策。

(4)水資源與能源管理

為達到淨零排放目標，桃機公司採取的行動方案，尚包括透過水足跡盤查(建置 ISO 46001 水資源效率管理系統)，以強化水資源風險管控能力及韌性；空、陸側充電樁由現有 54 座增設至 180 座，以加速基礎建設電動化；於第三航廈建置太陽能發電機組及評估購置再生能源或設置儲能設備可行性等^[24]，機場淨零排放階段目標與

行動方案如圖 13。



資料來源：〔26〕。

圖 13 桃園機場淨零排放階段目標與行動方案

3.參與碳認證計畫與綠色機場評比

桃機公司自 2015 年起即參與 ACI 所屬機場碳認證計畫(ACA)，2020 年取得機場碳認證計畫(ACA)等級三-最佳化(Optimisation)，其認證資格有效期至 2024 年 2 月。桃機公司正以 2025 年前取得 ACI 機場碳認證計畫之 Level 4 認證資格為目標，逐步朝低碳永續機場邁進。

桃機公司 2021 年在「空氣品質管理」獲 2,500 萬以上旅客級距分組銀獎；2022 年在亞太區「碳管理」(Carbon Management) 1,500 萬 ~ 5000 萬旅客級距分組獲金獎；自 2018 年起連續 4 年獲得 ACI 綠色機場評比肯定〔24〕。

(五)高雄國際機場環境永續認證或競賽參與

高雄機場於 2016 年獲得 ACA 等級三最佳化碳管理機場認證；2021 年在 ACI「綠色機場評比」獲得「戶外空氣品質管理」2,500 萬以下旅客運量分組銀獎；2023 年在上述評比亞太地區獲 800 萬以下旅客級距分組「一次性塑料減量」銀獎。另高雄機場新航廈以「以人為本」理念，取得智慧建築標章黃金級認證，以 4 個關鍵要素-舒適度(Comfort)、能源(Energy)、韌性(Resilience)與智慧(Smart)進行設計，優化乘客體驗，保留新技術應用彈性，並導入 BIM 營運管理技術。

五、我國機場環境永續後續推動評估

經檢視交通部 2020 年出版「運輸政策白皮書-空運分冊」〔14〕，與機場環境永續相關之政策、策略、行動方案(如表 2)，各行動方案雖於 109 年以前已啟動，但並未含括機場環境永續之溫室氣體排放、氣候變遷、水與廢水、噪音、汙染(空氣品質、廢棄物等)及生物多樣性等項目。

表 2 運輸政策白皮書與機場環境永續有關之政策、策略與方案

政策	策略	行動方案	主辦機關	協辦機關	啟動年期		
					~109年	110~111年	111年~
政策一：推動軟硬體建設，完善優質航空設施及環境	策略 3：依機場定位推動機場建設並強化運作韌性	強化機場韌性，推動機場跑、滑道、航廈、機電系統等主要設施總體檢機制	民航局、桃機公司	各航空站	✓		
政策三：發展綠色航空及相關產業，達成航空永續經營目標	策略 13：落實綠色航空運輸發展	推動機場增設橋氣橋電及地勤裝備車輛電動化(註 1)	民航局、桃機公司	各航空公司	✓		
		推動機場建置清淨再生能源(註 2)	民航局	各航空站	✓		
		持續推動桃園國際機場及高雄國際機場參與及通過國際機場協會所屬之機場碳認證計畫	民航局、桃機公司	各航空站	✓		
		辦理桃園國際機場航空噪音永久連續性監測工作	桃機公司		✓		
		辦理航空站航空噪音監測及噪音補償金發放工作	各航空站、桃園市政府	民航局	✓		

註 1：地勤裝備車輛電動化僅於桃園機場實施。

註 2：指太陽能。

資料來源：〔14〕。

另查民航局為配合行政院「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」、環境部「氣候變遷因應法」、ACI 擬定 ACA 等級五-淨零與鼓勵機場達成溫室氣體範疇一、二、三淨零排放，以及亞太及中東機場淨零排放倡議計畫決議需於 2050 年前完成淨零排放目標，已於 110 年 11 月 15 日完成「航空站溫室氣體減量藍圖」第 1 版，於 112 年 12 月 15 日完成第 2 版^{〔27〕}。民航局並同時於 112 年進行航空站暨航空相關產業溫室氣體排放管理及氣候變遷調適能力推動計畫^{〔28〕}，惟其內容尚未觸及能源、水與廢水、汙染(空氣品質、廢棄物等)及生物多樣性等其他環境永續項目。

本案為本所後續研究計畫之先期研究，前於 112 年 7 月、11 月曾赴民航局及桃機公司進行訪談，並蒐整相關單位對我國機場環境永續發展之意見，民航局亦於 112 年 12 月初召開會議邀集本所及該局相關單位共同研

商後續辦理方向，雙方共識如下：

- 1.為達到國際組織所訂之 2050 年前完成淨零排放目標及與國際發展接軌，有必要及早擘劃我國各等級機場朝環境永續發展之政策綱領、發展藍圖及推動作法，並支持運研所進行此項研究，後續民航局於研究進行中將協助提供意見。
- 2.為研擬上述政策內容，宜蒐整國際組織在環境永續之法規、規範、目標、機制與措施；並可廣泛蒐集國際標竿機場及先進國家在機場環境永續發展方面值得參考之推動措施與成果，納入政策與藍圖研議。蒐整範圍應涵蓋環境永續各項目，包含氣候變遷、能源與排放、水與廢水、噪音、汙染(空氣品質、廢棄物等)及生物多樣性等。
- 3.雖廣泛蒐整機場環境永續各項目資料，後續進行政策綱領、發展藍圖及推動作法研議時，需與民航局與桃機公司共同研議檢討納入之項目。
- 4.需對我國法規及民航局各航空站、桃園機場在環境永續發展執行現況與未來規劃進行全面盤點。
- 5.民航局雖對溫室氣體減量已訂定發展藍圖，並訂定航空站氣候變遷調適規劃，惟後續仍可繼續滾動檢討修訂，並可對原本未納入之重要項目(如震災)進行補充，以利架構完整。
- 6.推動作法可考量納入環境永續之評估機制及推動組織方式之研議，並參酌機場碳認證計畫(ACA)及綠色機場評比作法，評估訂定適合我國機場環境永續評比方式之可行性。

六、結論與建議

(一)結論

1. 國際組織相關機制或計畫

國際組織如 ICAO、IATA、ACI 等已提出機場環境永續發展之具體管理機制、目標、策略或建議，並建議可使用之分析工具或評估流程，後續應持續掌握及適度考量納入機場環境永續規劃，並蒐整其訂定之背景內涵與考量基礎，以利後續政策擬定之需。

2. 亞太樞紐國際機場環境永續發展

亞太樞紐國際機場在替代能源與 SAF 生產或提供上已有具體規劃

及實際執行成果，考量 2050 年需達到航空淨零排放目標，所需之 SAF 需求量將持續增加，未來我國主管機關宜持續關注國際技術的發展，並及早研究規劃替代能源及研議 SAF 之進口、使用、安全等標準，以及相關程序與配套措施等，以利與國際發展接軌。

3. 我國推動 CORSIA 機制情形

民航局已建置我國 CORSIA 機制，指定我國 CORSIA 國家認證機構及查驗機構，已輔導 6 家國籍航空進行減碳工作並符合 CORSIA 要求，並進一步修訂民用航空運輸業管理規則及普通航空業管理規則，將減碳工作法制化。後續民航局將參照 ICAO 策略，在 CORSIA 機制下透過精進航管營運操作、強化機場營運管理、採購新機、改善營運效率等方式，履行航空業環保責任，以實現國際航空淨零目標。

4. 機場環境永續推動有待擬訂政策綱領與發展藍圖

- (1) 為達到國際組織所訂之 2050 年前完成淨零排放目標及與國際發展接軌，有必要及早擘劃我國各等級機場朝環境永續(指環境韌性及綠色環保)發展之政策綱領、發展藍圖及推動作法，以利民航主管機關後續逐步推動。
- (2) 民航局目前僅對於溫室氣體減量與航空站少部分氣候變遷項目訂定調適規劃，惟後續仍可繼續滾動檢討修訂，並可對原本未納入之重要項目進行補充，以利架構完整。
- (3) 後續進行政策綱領、發展藍圖及推動作法研議時，需與民航局、桃機公司共同研議檢討納入之項目與內容。

5. 政策綱領與發展藍圖擬定前之資料蒐整

(1) 國際發展現況與趨勢蒐整

為進行機場環境永續政策綱領、發展藍圖及推動作法研擬，宜蒐整國際組織(如 ICAO、IATA、ACI、FAA 與歐盟等)在環境永續之相關法規、規範、目標、機制與措施，並蒐整其背景內涵與考量基礎，以利研擬時可斟酌考量，以符我國所需。

(2) 國際標竿機場及先進國家推動成果蒐整

鑑於國際標竿機場及先進國家在機場環境永續發展方面已有值

得參考之推動措施與成果，後續可廣泛蒐整在氣候變遷、能源與排放、水與廢水、噪音、汙染(空氣品質、廢棄物等)及生物多樣性等之政策、目標、策略、推動機制、措施、現況成果與未來規劃等，以利後續研議。

(3) 我國法規與機場發展現況盤點

蒐整我國因應淨零排放、綠運輸、氣候變遷、國家關鍵基礎設施安全防護、航空站溫室氣體減量藍圖等願景、政策、策略、行動綱領，以及民航運輸及機場在環境永續相關法規、規範、目標、機制與措施；並盤點民航局與桃機公司在環境永續相關執行現況與未來規劃。

6. 推動作法研議考量要項

(1) 可參酌機場碳認證計畫(ACA)及綠色機場評比作法及國際發展趨勢及國際標竿機場發展經驗，研議訂定適合於我國機場環境永續之評估機制，以利鼓勵及加強我國機場朝環境永續邁進。

(2) 檢討現行推動方式，評估是否需建立推動組織或平臺，以及是否需加入其他利害關係人共同參與。

(二)建議

1. 本研究係就亞太樞紐國際機場進行機場環境永續推動內容進行蒐整，建議後續研究可蒐集歐洲環保標竿機場及先進國家政府不同等級機場之環境永續推動經驗，以利應用於我國各等級機場。
2. 後續建議持續追蹤國際組織及標竿機場最新環境永續發展情形，適時輔導我國機場應用成熟減碳技術，並因應航機減排及新能源技術等發展趨勢，持續完善民航法規及機場設施，以利營造環境永續經營環境，並持續與國際發展接軌。

參考文獻

- 1.ACI Europe, Sustainability Strategy for Airports , 2019.
- 2.ACI, Sustainability Strategy for Airports Worldwide, 2021.
- 3.ICAO, Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA) Homepage
<https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/default.as>

- px.
4. ICAO, Report on the Feasibility of a Long-Term Aspirational Goal (LTAG) for International Civil Aviation CO2 Emission Reductions, March 2022.
 5. IATA, Improving Environmental Performance. Available at: <http://www.iata.org/whatwedo/environment/pages/index.aspx>.
 6. IATA, Net-Zero Carbon Emissions by 2050, October 2021.
 7. ACI, Airport Carbon Accreditation, Application Manual Issue 12, October, 2020.
 8. ACI Official Website
<https://www.aci-asiapac.aero/media-centre/news/aci-asia-pacific-announces-green-airports-recognition-2023>.
 9. 孫宏彬、楊竣丞，出席第 16 屆國際機場協會亞太區環境委員會 (16th Meeting of ACI Asia-Pacific Regional Environment Committee) 報告書，桃園國際機場股份有限公司，112 年 1 月 16 日。
 10. ICAO, Climate Resilient Airports, 2016.
 11. ACI, Airports' Resilience and Adaptation to Changing Climate, September 2018.
 12. ACI, Tendering Guideline for Climate Resilience Planning for Asia-Pacific and Middle East Airports, 2022.
 13. ACRP, Synthesis 33: Airport Climate Adaptation and Resilience, 2012.
 14. 交通部，2020 年版運輸政策白皮書-空運分冊，108 年 12 月。
 15. FAA, ACRP Report- 147 Climate Change Adaptation Planning: Risk Assessment for Airports, U. S. National Academy of Sciences, 2015.
 16. Changi International Airport Official Website
<https://www.changiairport.com/corporate/sustainability/sustainable-changi.html>
 17. Narita International Airport Corporation, Environmental Report Digest : What is Sustainable Airport, 2022.
 18. Incheon International Airport Corporation, Green Report, 2023.

- 19.香港國際機場公司，Sustainability Report, 2021/2022.
- 20.國發會，臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明，2022 年 3 月 30 日。
- 21.環境部，中華民國國家溫室氣體排放清冊報告，2022 年。
- 22.林國顯，低碳永續之民航發展簡報，民航局，2023 年 6 月 29 日。
- 23.交通部民用航空局，航空相關產業氣候變遷減緩與調適策略，112 年 7 月。
- 24.桃園國際機場股份有限公司，2022 永續報告書，2023 年 5 月。
- 25.羅文惠，整合協力之永續機場簡報，桃園國際機場股份有限公司，112 年 12 月 7 日。
- 26.桃園國際機場股份有限公司，桃園國際機場飛行季刊 No.4，2022 年 5 月。
- 27.交通部民用航空局，航空站溫室氣體減量藍圖，112 年 12 月。
- 28.交通部民用航空局，民用航空局所屬航空站暨航空相關產業溫室氣體排放管理及氣候變遷調適能力推動計畫(期末報告定稿)，112 年 3 月。