

115-037-2354
MOTC-IOT-114-ECB002

我國機場環境永續發展研究(1/2)- 國際發展趨勢蒐整及 我國推動現況盤點



交通部運輸研究所

中華民國 115 年 7 月

115-037-2354
MOTC-IOT-114-ECB002

我國機場環境永續發展研究(1/2)- 國際發展趨勢蒐整及 我國推動現況盤點

著者：陳岳挺、劉若玫、石翊廷、翁忠川、鄔念恆、戴期甦
賴威伸、許修豪、呂蕙美

交通部運輸研究所

中華民國 115 年 7 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

題名/著者:我國機場環境永續發展研究(1/2)-國際發展趨勢蒐整及我國推動現況盤點 / 陳岳挺, 劉若玫, 石翊廷, 翁忠川, 鄔念恆, 戴期甦, 賴威伸, 許修豪, 呂蕙美著

版本: 初版

出版: 臺北市: 交通部運輸研究所, 民 115.07

識別碼: ISBN 978-986-531-769-0 (平裝) | CIP 115007079

主題詞: LCSTT: 機場 | LCSTT: 環境規劃 | LCSTT: 永續發展

分類號: 557.9533

我國機場環境永續發展研究(1/2)-國際發展趨勢蒐整及我國推動現況盤點

著者: 陳岳挺、劉若玫、石翊廷、翁忠川、鄔念恆、戴期甦、賴威伸、許修豪、呂蕙美

出版機關: 交通部運輸研究所

地址: 105004 臺北市松山區敦化北路 240 號

網址: www.iot.gov.tw (中文版 > 數位典藏 > 本所出版品)

電話: (02)2349-6789

出版年月: 中華民國 115 年 7 月

印刷者: 全凱數位資訊有限公司

版(刷)次冊數: 初版一刷 45 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定價: 480 元

展售處:

交通部運輸研究所運輸科技及資訊組 • 電話: (02)2349-6789

國家書店松江門市: 104472 臺北市中山區松江路 209 號 • 電話: (02)2518-0207

五南文化廣場: 403 臺中市西區臺灣大道 2 段 85 號 • 電話: (04)2226-0330

GPN: 1011500630 ISBN: 978-986-531-769-0 (平裝)

著作財產權人: 中華民國 (代表機關: 交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利, 欲利用本著作全部或部分內容者, 須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：我國機場環境永續發展研究(1/2)-國際發展趨勢蒐整及我國推動現況盤點			
國際標準書號(或叢刊號) ISBN 978-986-531-769-0 (平裝)	政府出版品統一編號 1011500630	運輸研究所出版品編號 115-037-2354	計畫編號 114-ECB002
本所主辦單位：運輸工程及海 空運組 主管：賴威伸 計畫主持人：賴威伸 研究人員：許修豪、呂蕙美 聯絡電話：(02)23496825 傳真號碼：(02)25450427	合作研究單位：艾奕康工程顧問股份有限公司 計畫主持人：陳岳挺 研究人員：劉若玫、石翊廷、翁忠川、鄔念恆 、戴期甦 地址：110 臺北市信義區信義路5段8號16樓 聯絡電話：(02)27200999	研究期間 自114年2月 至114年12月	
關鍵詞：機場環境永續、氣候變遷、環境韌性			
<p>摘要：</p> <p>本研究以我國機場環境永續為核心，蒐整國際組織對機場環境永續之推動指導與長期藍圖，分析先進國家與國際標準機場政策走向與策略重點，盤點我國法規與機場發展現況，訪談民航局、桃園機場公司及民航六業業者，並舉辦專家學者座談會，凝聚機場環境永續發展主軸、方向與定位，並提升我國民航在機場環境永續發展之研究能量，俾做為 115 年研訂我國機場環境永續政策綱領與推動指引之參據。</p> <p>本計畫參考國際組織在定義之環境永續項目，涵蓋面向包含環境韌性及綠色環保，涵蓋項目包括氣候變遷與調適、能源使用管理、碳排放管理、水資源管理、噪音監測管理、空氣品質管理、廢棄物管理等範疇。配合前述工作目標，檢視 ICAO、ACI、IATA 等國際組織在綠色環保及環境韌性構面之管理機制、目標、策略或建議，針對歐美日等先進國家之推動政策、現況與未來規劃進行了解，亦整理荷蘭、新加坡等國際標準機場之推動政策與成果；另一方面，蒐整我國淨零排放、綠運輸、氣候變遷、國家關鍵基礎設施安全防護相關計畫或規定，檢視民航局、機場公司之相關政策與執行成果，並輔以相關利害關係人意見收集與訪談，以及產官學界專家座談，以釐清我國機場環境永續發展之優先要項、政策綱領研訂方向、推動指引框架等關鍵議題。藉由國內外跨面向整合性交叉對照與各方意見交流，聚焦於政策層級，研提可與國際接軌之環境永續發展標的及可參採納入要項議題建議，為後續研訂政策綱領與推動指引、建立機場環境永續發展評估機制奠定良好基礎。</p>			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
115 年 7 月	410	480	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

TITLE: Environmental Sustainability Development of Taiwan's Airports (1/2) – International Development Trends and Current Status of Implementation in Taiwan			
ISBN (OR ISSN) ISBN 978-986-531-769-0 (pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1011500630	IOT SERIAL NUMBER 115-037-2354	PROJECT NUMBER 114-ECB002
DIVISION: Transportation Engineering, Maritime and Air Transport Division DIVISION DIRECTOR: Wei-Shen Lai PRINCIPAL INVESTIGATOR: Wei-Shen Lai PROJECT STAFF: Hsiu-Hao Hsu, Huey-Meei Leu PHONE: 8862-23496825 FAX: 8862-25450427			PROJECT PERIOD FROM February 2025 TO December 2025
RESEARCH AGENCY: AECOM Taiwan Corporation PRINCIPAL INVESTIGATOR: Renzo Yueh-Ting Chen PROJECT STAFF: Jo-Mei Liu, Yi-Ting Shih, Chung-Chuan Weng, Nien-Heng Wu, ChiSu Tai ADDRESS: 16F, No.8, Sec.5, XinYi Road, Xinyi District, Taipei, Taiwan (R.O.C.) PHONE: 886-2-27200999			
KEY WORDS: Airport Environmental Sustainability, Climate Change, Environmental Resilience			
<p>ABSTRACT:</p> <p>This study focuses on the environmental sustainability of Taiwan's airports. It compiles international organizations' guidance and long-term roadmaps for promoting airport environmental sustainability, analyzes policy trends and strategic priorities of advanced countries and leading international benchmark airports, reviews Taiwan's regulatory framework and current airport development status, conducts interviews with the Civil Aviation Administration, Taoyuan International Airport Corporation, aviation industry stakeholders, and organizes expert forums. Through these efforts, the study seeks to consolidate the key themes, directions, and positioning of airport environmental sustainability development, and to enhance Taiwan's research capacity in this field, thereby providing a reference for formulating Taiwan's airport environmental sustainability policy framework and implementation guidelines in 2026.</p> <p>This project draws on environmental sustainability categories defined by international organizations, covering dimensions such as environmental resilience and green development. The scope includes climate change mitigation and adaptation, energy management, carbon emissions management, water resource management, noise monitoring, air quality management, and waste management. In line with these objectives, the study reviews management mechanisms, targets, strategies, and recommendations from international organizations such as ICAO, ACI, and IATA in the areas of green development and environmental resilience. It also examines policies, current status, and future plans in advanced regions, including Europe, the United States, and Japan, and summarizes the initiatives and achievements of benchmark airports in countries such as the Netherlands and Singapore. In addition, the study compiles Taiwan's policies and regulations related to net-zero emissions, green transportation, climate change, and the protection of critical infrastructure. It reviews relevant policies and implementation outcomes of the Civil Aviation Administration and airport operators, supplemented by stakeholder consultations, interviews, and expert forums across industry, government, and academia. These efforts aim to clarify priority areas, policy directions, and the framework for implementation guidelines for airport environmental sustainability development in Taiwan. Through integrated cross-analysis of domestic and international practices and stakeholder engagement, the study focuses on the policy level to propose sustainability targets aligned with international standards and actionable policy recommendations. These outcomes will provide a solid foundation for formulating policy frameworks and implementation guidelines, as well as for establishing evaluation mechanisms for airport environmental sustainability development.</p>			
DATE OF PUBLICATION July 2026	NUMBER OF PAGES 410	PRICE 480	
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目 錄

目錄.....	III
圖目錄.....	VII
表目錄.....	IX
第一章 緒論.....	1-1
1.1 計畫緣起.....	1-1
1.2 計畫目的.....	1-2
1.3 工作項目.....	1-2
1.4 報告架構.....	1-5
第二章 機場環境永續議題及文獻回顧.....	2-1
2.1 機場環境永續之指標.....	2-1
2.2 國際文獻.....	2-15
2.3 國內文獻.....	2-18
2.3.1 國際趨勢與政策制度相關文獻.....	2-19
2.3.2 永續發展策略與環境影響相關文獻.....	2-23
2.3.3 氣候變遷調適與風險管理相關文獻.....	2-27
2.3.4 機場營運與技術創新相關文獻.....	2-30
第三章 國際組織政策發展趨勢.....	3-1
3.1 氣候變遷與調適.....	3-1
3.1.1 國際民航組織之氣候變遷與調適相關文件.....	3-1
3.1.2 國際機場協會之氣候變遷與調適相關文件.....	3-7
3.1.3 國際航空運輸協會之氣候變遷與調適相關文件.....	3-12
3.1.4 國際組織氣候變遷與調適發展趨勢.....	3-13
3.2 能源使用及碳排放管理.....	3-14
3.2.1 國際民航組織之能源使用與碳排放管理相關文件.....	3-15
3.2.2 國際機場協會之能源使用與碳排放管理相關文件.....	3-23
3.2.3 國際航空運輸協會之能源使用與碳排放管理相關文件.....	3-29
3.2.4 國際組織之能源使用與碳排放管理政策發展趨勢.....	3-33
3.3 水資源管理.....	3-35
3.3.1 國際民航組織之水資源管理相關文件.....	3-35
3.3.2 國際機場協會之水資源管理相關文件.....	3-38
3.3.3 國際航空運輸協會之水資源管理相關文件.....	3-40

3.3.4 國際組織之水資源管理政策發展趨勢.....	3-44
3.4 噪音監測管理.....	3-45
3.4.1 國際民航組織之噪音監測管理相關文件.....	3-46
3.4.2 國際機場協會之噪音監測管理相關文件.....	3-51
3.4.3 國際組織之噪音監測管理政策發展趨勢.....	3-58
3.5 空氣品質管理.....	3-59
3.5.1 國際民航組織之空氣品質管理相關文件.....	3-59
3.5.2 國際機場協會之空氣品質管理相關文件.....	3-63
3.5.3 國際航空運輸協會之空氣品質管理相關文件.....	3-64
3.5.4 國際組織之空氣品質管理政策發展趨勢.....	3-65
3.6 廢棄物管理.....	3-65
3.6.1 國際民航組織之廢棄物管理相關文件.....	3-66
3.6.2 國際機場協會之廢棄物管理相關文件.....	3-70
3.6.3 國際航空運輸協會之廢棄物管理相關文件.....	3-71
3.6.4 國際組織之廢棄物管理政策發展趨勢.....	3-73
3.7 國際組織政策發展趨勢小結.....	3-73
第四章 先進國家機場環境永續政策與發展成果.....	4-1
4.1 歐盟.....	4-1
4.1.1 歐盟相關政策.....	4-1
4.1.2 荷蘭.....	4-7
4.1.3 法國.....	4-14
4.2 英國.....	4-20
4.2.1 政策背景與目標.....	4-20
4.2.2 策略與發展成果.....	4-24
4.3 美國.....	4-30
4.3.1 政策背景與目標.....	4-30
4.3.2 策略與發展成果.....	4-31
4.4 日本.....	4-35
4.4.1 政策背景與目標.....	4-35
4.4.2 策略與發展成果.....	4-35
4.5 新加坡.....	4-43
4.5.1 政策背景與目標.....	4-43
4.5.2 策略與發展成果.....	4-44
4.6 先進國家機場環境永續政策發展狀況.....	4-55

第五章 國際機場環境永續推動政策與發展成果.....	5-1
5.1 荷蘭史基浦機場.....	5-1
5.1.1 整體願景與策略.....	5-1
5.1.2 目標與發展成果.....	5-4
5.2 日本成田機場.....	5-11
5.2.1 整體願景與策略.....	5-12
5.2.2 目標與發展成果.....	5-14
5.3 韓國仁川機場.....	5-24
5.3.1 整體願景與策略.....	5-24
5.3.2 目標與發展成果.....	5-25
5.4 新加坡樟宜機場.....	5-34
5.4.1 整體願景與策略.....	5-34
5.4.2 目標與發展成果.....	5-36
5.5 香港赤鱗角機場.....	5-45
5.5.1 整體願景與策略.....	5-45
5.5.2 目標與發展成果.....	5-47
5.6 其他類型機場案例.....	5-52
5.6.1 日本相關機場案例.....	5-53
5.6.2 荷蘭相關機場案例.....	5-54
5.7 國際機場環境永續推動政策與發展成果小結.....	5-59
第六章 我國相關法規與政策盤點.....	6-1
6.1 氣候變遷與調適.....	6-1
6.1.1 國家氣候變遷調適行動計畫.....	6-2
6.1.2 維生基礎設施領域氣候變遷調適行動方案.....	6-4
6.1.3 氣候變遷與調適其他相關法案.....	6-5
6.1.4 我國氣候變遷與調適法規與政策發展小結.....	6-7
6.2 能源使用及碳排放管理.....	6-8
6.2.1 臺灣總體減碳行動計畫.....	6-8
6.3 水資源管理.....	6-17
6.3.1 水資源管理相關規範.....	6-18
6.4 噪音監測管理.....	6-19
6.4.1 機場周邊地區航空噪音防制辦法.....	6-20
6.4.2 噪音管制法.....	6-21
6.4.3 我國噪音監測管理法規與政策發展小結.....	6-22

6.5 空氣品質管理.....	6-22
6.5.1 空氣品質政策白皮書.....	6-23
6.5.2 空氣品質其他相關法案.....	6-24
6.5.3 我國空氣品質管理政策發展小結.....	6-26
6.6 廢棄物管理.....	6-27
6.6.1 廢棄物管理相關規範.....	6-27
6.7 我國航空運輸與機場發展政策.....	6-29
6.7.1 2020 運輸政策白皮書 [94].....	6-29
6.7.2 臺灣地區民用機場 2040 年(目標年)整體規劃 [95].....	6-31
6.7.3 我國航空運輸與機場發展政策小結.....	6-32
第七章 我國機場環境永續發展與執行現況.....	7-1
7.1 桃園國際機場.....	7-2
7.1.1 桃園國際機場之整體願景與策略.....	7-2
7.1.2 桃園國際機場第三航廈之環境永續作為.....	7-3
7.1.3 桃園國際機場之永續目標與發展成果.....	7-5
7.2 民航局所屬航空站.....	7-11
7.2.1 民航局所屬航空站整體願景與策略.....	7-11
7.2.2 民航局所屬航空站永續目標與發展成果.....	7-12
第八章 綜合評估及可納入要項.....	8-1
8.1 國內外趨勢與現況綜合評估.....	8-1
8.2 問卷訪談及座談成果綜整.....	8-8
8.2.1 相關單位訪談摘要.....	8-8
8.2.2 民航六業線上問卷成果摘要.....	8-18
8.2.3 專家學者座談會討論摘要.....	8-22
8.2.4 問卷訪談與座談成果小結.....	8-25
8.3 下年期可參採納入之要項.....	8-26
第九章 結論與建議.....	9-1
9.1 結論.....	9-1
9.2 建議.....	9-4
參考文獻.....	1
附錄一：專家學者座談會辦理紀錄.....	附 1-1
附錄二：期中報告審查意見處理情形表.....	附 2-1
附錄三：期末報告審查意見處理情形表.....	附 3-1
附錄四：期末報告簡報.....	附 4-1

圖目錄

圖 1.1 環境、社會、治理三大永續面向及相關課題.....	1-3
圖 3.1 氣候變遷風險評估與氣候調適規劃之框架.....	3-3
圖 3.2 ACI 機場防範野生動物販運行動.....	3-8
圖 3.3 ACI 氣候風險評估七步招標框架.....	3-9
圖 3.4 ACA 分級標準.....	3-26
圖 3.5 ICAO 平衡做法 4 大支柱.....	3-46
圖 3.6 噪音管理策略研擬流程.....	3-51
圖 3.7 噪音管理行動計畫發展階段.....	3-53
圖 3.8 地方空氣品質管理要素與關係示意圖.....	3-60
圖 3.9 廢棄物處置原則.....	3-67
圖 3.10 廢棄物管理流程.....	3-68
圖 4.1 歐盟環保政策架構示意圖.....	4-2
圖 4.2 「ReFuelEU 航空」法案供油商 SAF 強制供應比例.....	4-3
圖 4.3 歐盟碳排放體系航空產業排放量額度趨勢.....	4-5
圖 4.4 荷蘭航空產業「永續換取成長」模型.....	4-8
圖 4.5 永續航空科技發展概念.....	4-10
圖 4.6 大眾運輸推廣情境示意圖.....	4-15
圖 4.7 英國「航空 2050」永續發展 7 項措施.....	4-21
圖 4.8 FAA 環境視覺化工具利用概念架構.....	4-31
圖 4.9 日本已取得認證之機場分布圖.....	4-37
圖 5.1 史基浦機場永續發展八項措施.....	5-2
圖 5.2 史基浦機場集團永續願景.....	5-3
圖 5.3 史基浦機場正能源推動路徑.....	5-5
圖 5.4 史基浦機場循環經濟推動路徑.....	5-10
圖 5.5 成田機場「永續成田 2050」策略目標.....	5-12
圖 5.6 成田國際機場機型噪音分類比例趨勢.....	5-18
圖 5.7 近年成田國際機場人均廢棄物焚燒量統計.....	5-23
圖 5.8 仁川國際機場永續報告.....	5-25
圖 5.9 仁川國際機場循環經濟發展目標.....	5-33
圖 5.10 樟宜機場 2023/2024 碳足跡分布.....	5-39
圖 5.11 樟宜機場旅客碳抵換計畫.....	5-40
圖 5.12 香港機場 ASCEND 永續發展策略.....	5-46
圖 5.13 香港機場 2023/2024 碳排放管理情形.....	5-50
圖 5.14 荷蘭客運量最繁忙之三大機場.....	5-55

圖 6.1 我國「國家因應氣候變遷行動」政策架構.....	6-2
圖 6.2 我國國家氣候變遷調適領域架構.....	6-3
圖 6.3 國家關鍵基礎設施安全防護計畫推動要領.....	6-6
圖 6.4 國發會臺灣總體減碳行動計畫整體架構.....	6-8
圖 6.5 永續航空燃油(SAF)減碳計畫執行架構.....	6-9
圖 6.6 我國空氣品質相關政策與法規架構.....	6-23
圖 6.7 桃園國際機場空氣品質維護區管制範圍.....	6-26
圖 7.1 我國機場分布圖.....	7-1
圖 7.2 桃園國際機場第三航廈永續設計概念圖.....	7-4
圖 7.3 桃園國際機場第三航廈公共設施系統配置圖.....	7-4
圖 8.1 民航六業線上問卷回覆名單.....	8-19
圖 8.2 專家學者座談會活動照片.....	8-22

表目錄

表 1-1 ACI 永續三大面向與定義.....	1-3
表 2-1 機場環境永續議題對應 SDGs 項目.....	2-2
表 2-2 機場氣候變遷領域參考指標/項目.....	2-4
表 2-3 機場能源與排放領域參考指標/項目.....	2-6
表 2-4 機場水資源管理領域參考指標/項目.....	2-8
表 2-5 機場廢棄物管理領域參考指標/項目.....	2-10
表 2-6 機場噪音領域參考指標/項目.....	2-11
表 2-7 機場空氣品質領域參考指標/項目.....	2-12
表 2-8 機場生物多樣性領域參考指標/項目.....	2-13
表 2-9 環境永續課題改善因應作為彙整.....	2-14
表 2-10 機場環境永續國際文獻彙整.....	2-17
表 2-11 機場環境永續國內文獻彙整.....	2-18
表 3-1 ICAO 氣候變遷風險評估六大步驟.....	3-4
表 3-2 ICAO 氣候變遷調適規劃四大步驟.....	3-4
表 3-3 ICAO 建議氣候變遷調適選項.....	3-6
表 3-4 IATA 針對氣候變遷議題現況.....	3-12
表 3-5 機場氣候變遷與調適主要措施彙整表.....	3-14
表 3-6 機場能源使用及碳排放管理主要措施彙整.....	3-34
表 3-7 機場水資源管理主要措施彙整表.....	3-45
表 3-8 用地規劃管理規劃措施.....	3-48
表 3-9 歐盟永續策略噪音管理建議措施.....	3-54
表 3-10 機場空氣品質改善措施範例.....	3-63
表 3-11 2021 綠色機場表彰-空氣品質得獎機場案例.....	3-64
表 3-12 2023 綠色機場表彰-終止一次性塑膠使用得獎機場案例機場.....	3-70
表 3-13 機艙廢棄物管理措施利害關係單位.....	3-72
表 3-14 國際組織政策發展趨勢彙整.....	3-74
表 4-1 SAF 政策推動利害關係方職責.....	4-4
表 4-2 荷蘭「航空備忘錄 2020-2050」環境永續策略.....	4-9
表 4-3 荷蘭逐年徵收航空稅額.....	4-11
表 4-4 荷蘭機場環境永續政策與發展成果.....	4-13
表 4-5 國家低碳策略分期預算.....	4-16
表 4-6 法國機場環境永續政策與發展成果.....	4-19
表 4-7 英國 2022-2025 年夜間航班限制.....	4-24

表 4-8 航機噪音點數對照表	4-25
表 4-9 英國運輸系統氣候調適策略與行動計畫	4-26
表 4-10 英國機場環境永續政策與發展成果	4-29
表 4-11 美國機場環境永續政策與發展成果	4-34
表 4-12 日本各類型機場辦理機場減碳推進計畫方式	4-36
表 4-13 日本機場減碳推進計畫指引六大減碳措施建議	4-38
表 4-14 環保機場指導原則之八大領域管理重點	4-40
表 4-15 日本機場技術基本計畫核心技術發展項目	4-41
表 4-16 日本機場環境永續政策與發展成果	4-42
表 4-17 新加坡海岸保護總體規劃主要內容	4-45
表 4-18 新加坡碳排與能源使用管理 12 項主動計畫	4-47
表 4-19 新加坡機場環境永續政策與發展成果	4-54
表 4-20 先進國家機場環境永續政策與發展成果彙整	4-55
表 4-21 先進國家機場環境永續政策與發展趨勢與未來可參採項目	4-56
表 5-1 各類型完成減碳認證之機場	5-53
表 5-2 各類型機場減碳措施彙整表	5-54
表 5-3 荷蘭三座機場比較	5-55
表 5-4 荷蘭三座機場管理策略	5-56
表 5-5 荷蘭三座機場「永續航空」策略措施	5-57
表 5-6 荷蘭三座機場「循環經濟」策略措施	5-58
表 5-7 荷蘭三座機場「社會」策略措施	5-59
表 5-9 國際標竿機場環境永續政策與現況成果彙整	5-60
表 5-10 標竿環境永續政策與發展趨勢與未來可參採項目	5-62
表 6-1 維生基礎設施領域氣候變遷調適目標策略與措施	6-3
表 6-2 空運系統面臨的潛在氣候衝擊彙整	6-4
表 6-3 我國機場相關氣候變遷調適具體行動方案	6-5
表 6-4 我國機場國家關鍵基礎設施領域分類	6-5
表 6-5 國家關鍵基礎設施安全防護計畫推動要領說明	6-7
表 6-6 推動航空站駐站業者裝備車輛成熟車種電動化規劃期程	6-11
表 6-7 推動行李拖車頭電動化規劃期程	6-11
表 6-8 設備汰換、航空器使用橋氣橋電規劃年期	6-13
表 6-9 使用再生能源規劃年期	6-14
表 6-10 我國機場主要之水資源管理措施	6-17
表 6-11 水資源管理相關規範	6-18
表 6-12 航空噪音防制區分級標準	6-20
表 6-13 「噪音管制法」與航空業相關之條文	6-21

表 6-14 「空氣品質白皮書」與航空業相關議題與措施	6-24
表 6-15 航空業相關空氣品質法案	6-25
表 6-16 我國機場主要之廢棄物管理措施	6-27
表 6-17 水資源管理相關規範	6-28
表 6-18 現況我國機場環境永續政策執行成果	6-33
表 7-1 桃園國際機場環境永續目標	7-5
表 7-2 航空站溫室氣體排放量及分組彙整表	7-14
表 7-3 短期執行目標與策略	7-15
表 7-4 長期執行目標與策略	7-16
表 7-5 民航局所屬航空站之水資源、噪音、空氣品質、廢棄物管理措施	7-18
表 8-1 各國環境永續階段性目標	8-3
表 8-2 標竿機場環境永續階段性目標	8-3
表 8-3 各國機場環境永續政策成果項目比較	8-5
表 8-4 各國機場環境永續政策財務相關措施彙整	8-6
表 8-5 民航六業業者線上問卷回覆摘要	8-20
表 8-6 下年期研究可參採項目	8-27

第一章 緒論

1.1 計畫緣起

聯合國於 2015 年公布 17 項永續發展目標 (Sustainable Development Goals, SDGs)，擘劃 2030 年世界發展藍圖，期望透過落實永續發展目標，實現終結貧窮、消除飢餓、確保健康生活等願景。

在民航與機場領域，SDGs 所提氣候行動、基礎建設、永續城鄉、清潔結淨能源等目標與機場的建設與營運密切相關，因此國際機場協會 (Airports Council International, ACI) 於 2021 年出版「全球機場永續策略」(Sustainability Strategy for Airports Worldwide) [1]，建議從環境永續、社會永續與經濟永續三大面向發展主要項目，協助機場制定整體永續發展策略，使機場之永續發展措施與國際永續發展主題與目標保持一致。

在「環境永續」層面，主要涵蓋綠色環保與環境韌性兩大構面，綠色機場係透過增加替代能源使用，以降低航空業溫室氣體排放量，促進機場低碳營運；而環境韌性機場則是因應氣候變遷，於機場設置調適性設施，藉以降低災害風險，並減少噪音與汙染對環境之衝擊。目前國際民用航空組織 (International Civil Aviation Organization, ICAO)、國際航空運輸協會 (International Air Transport Association, IATA)、ACI 等機構，已陸續提出相關永續管理機制、發展目標與策略建議。

另一方面，呼應前述聯合國 SDGs，我國國家永續發展委員會於 2016 年啟動研訂「臺灣永續發展目標」作業，提出 18 項核心目標、143 項具體目標及 336 項對應指標。政府另於 2022 年公布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」及「12 項關鍵戰略行動計畫」，同時於 2023 年修正公布「氣候變遷因應法」，納入 2050 年淨零排放目標、提升氣候治理層級、徵收碳費專款專用、增訂氣候變遷調適專章、納入碳足跡及產品標示管理機制，建構更為韌性的氣候法制基礎。

綜合國內外相關上位政策指引，我國應就機場領域研訂機場環境永續發展政策綱領與推動指引，俾供民航主管機關參酌現有機場環境永續藍圖或各項政策之精進推行方式，藉此推動各級機場達到環境永續經營目標，進而與國際發展接軌及提升國際競爭力。

1.2 計畫目的

為配合 112 年 2 月 15 日「氣候變遷因應法」之公布施行，以及行政院於 112 年 1 月核定之「淨零排放路徑 112-115 年綱要計畫」[2]與 112 年 11 月核定之「國家因應氣候變遷行動綱領」[3]，本計畫旨在提升我國機場面對氣候變遷之調適能力，強化氣候變遷韌性並降低脆弱度，以實現國家溫室氣體長期減量目標，為此，將全面盤點我國現行相關法規與各級機場發展現況，並及早擘劃機場環境永續發展政策綱領及推動指引，以利民航主管機關據以推動後續相關作業。同時本計畫亦將完成國際在機場環境永續面向之發展趨勢蒐整，其涵蓋面向應參考國際組織在定義之環境永續項目，包含環境韌性及綠色環保，涵蓋項目包括氣候變遷與調適、能源使用管理、碳排放管理、水資源管理、噪音監測管理、空氣品質管理、廢棄物管理等，並整理國際標竿機場及先進國家於環境永續面向之推動政策與發展成果，進一步盤點我國相關法規和機場現況推動與未來規劃，作為後續政策研擬與實務推動之參考。

1.3 工作項目

根據 ACI「全球機場永續策略」文件定義，永續為「一種平衡環境、社會及經濟三大面向的整體性方法，以確保恒久之繁榮」。其中，有三大面向，分別為環境、社會與經濟，如表 1-1 所示。

表 1-1 ACI 永續三大面向與定義

永續面向	定義
環境永續	以量入為出為原則，確保燃料、土地、原物料與水等自然資源用度之永續，並限制對自然資源造成破壞的活動。
社會永續	組織藉由平衡且符合道德的方法，對整體社會福祉提供貢獻，此包含員工、顧客及地方社區的福祉。
經濟永續	有效地使用資源以維持營運，甚或是創造利潤；經濟永續也考慮組織對於地方、國家、與國際經濟的直接、間接貢獻。

根據 ACI 參酌全球相關經驗，機場在環境永續面向最常面臨的幾個關鍵實質性課題包括氣候變遷、能源使用與減少排放、水和廢水、廢棄物管理與循環經濟、以及生物多樣性。以下將依本計畫之機場環境永續主題，進一步探究 ACI 提出之各課題與機場營運關聯性以及本計畫主要工作項目。有關各永續面向通常包含之課題項目如圖 1.1 所示。

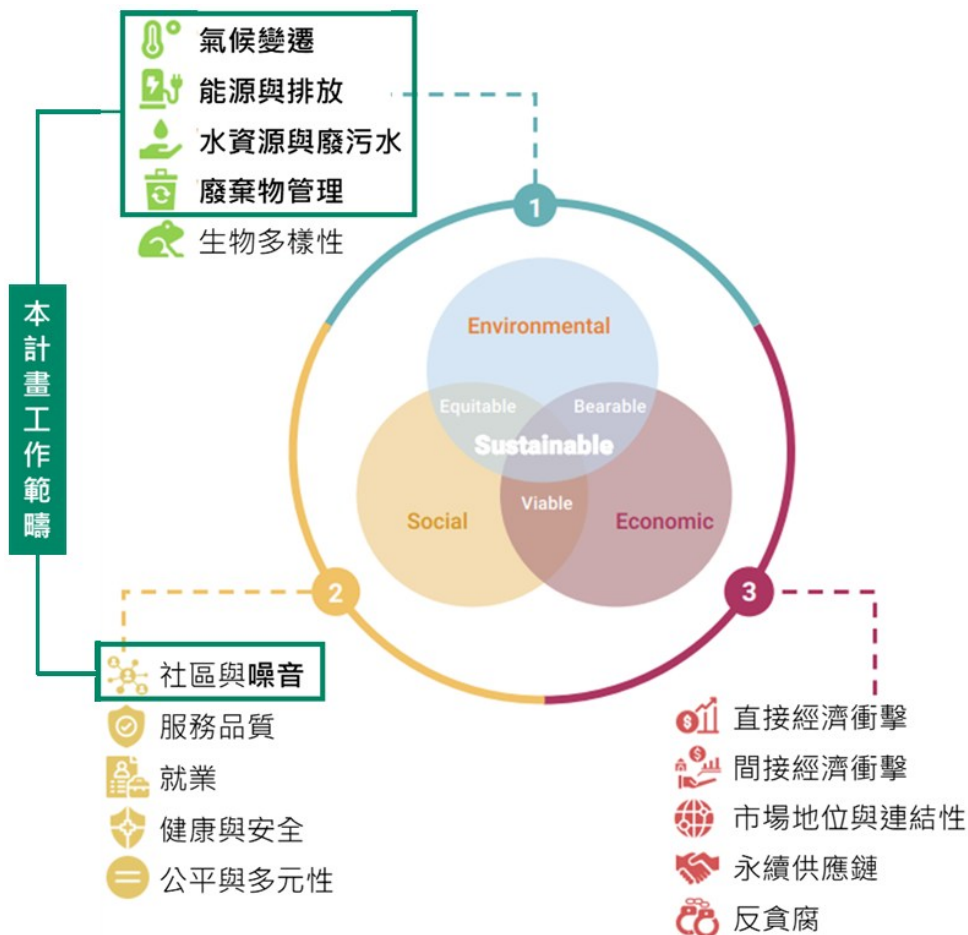


圖 1.1 環境、社會、治理三大永續面向及相關課題

資料來源： [1]

1. 蒐整國際發展趨勢

蒐整國際組織(包含 ICAO、IATA、ACI)在環境永續(指環境韌性及綠色環保，涵蓋項目包括氣候變遷與調適、能源使用管理、碳排放管理、水資源管理、噪音監測管理、空氣品質管理、廢棄物管理等)之管理機制、目標、策略或建議。

- (1) 先進國家環境永續機場政策規劃：蒐整歐盟(法國及荷蘭)、英國、美國、日本、新加坡在不同等級機場之推動政策、目標、策略、現況成果與未來規劃等。
- (2) 國際標竿機場推動政策與發展成果：蒐整包含荷蘭史基浦、日本成田、韓國仁川、新加坡樟宜、香港赤鱗角等機場之環境永續推動政策、目標、策略、現況成果與未來規劃等。

2. 蒐整先進國家及國際標竿機場環境永續推動政策

- (1) 先進國家環境永續機場政策規劃：蒐整歐盟(法國及荷蘭)、英國、美國、日本、新加坡在不同等級機場之推動政策、目標、策略、現況成果與未來規劃等。
- (2) 國際標竿機場推動政策與發展成果：蒐整包含荷蘭史基浦、日本成田、韓國仁川、新加坡樟宜、香港赤鱗角等機場之環境永續推動政策、目標、策略、現況成果與未來規劃等。

3. 盤點我國法規與機場發展現況。

- (1) 蒐整我國淨零排放、綠運輸、氣候變遷、國家關鍵基礎設施安全防護相關計畫或規定，以及民航局、機場公司在機場環境永續之願景、政策、目標、策略、行動綱領、法規與規範及措施等規劃。協助推動國際航空減碳工作。
- (2) 盤點我國各民用機場、軍民合用機場環境永續執行現況。
- (3) 納入民航局、機場公司已完成之推動成果，包含國際航空碳減量、國內航空產業溫室氣體排放管理、氣候調適減緩及航空站溫室氣體減量藍圖等。

4. 綜整上述蒐整及盤點內容，提出本計畫第 2 年期研究可參採納入之要項。

1.4 報告架構

本計畫第二章將探討機場環境永續定義並檢視相關文獻；第三章將就 ICAO、IATA、ACI 等國際組織之機場環境永續管理機制、目標、策略或建議進行蒐整；第四章則整理先進國家之環境永續推動政策、目標、策略、相關成果與規劃；第五章針對國際標竿機場之環境永續推動政策與發展成果進行說明；第六章將統整期中階段之盤點成果；第七章將針對我國機場環境永續發展與執行現況進行統整；第八章為本計畫綜合評估及可納入之要項；第九章為本計畫之結論與建議。















第二章 機場環境永續議題及文獻回顧

本章先就 ACI「全球機場永續策略」各項議題與指標進行整理，接著探討本計畫主題之環境永續課題；其後分別針對機場環境永續相關國際文獻、運研所歷年相關研究、以及國內文獻進行回顧，以作為本計畫後續工作之基礎。

2.1 機場環境永續之指標

2021 年 ACI 推出之「全球機場永續策略」文件強調關鍵課題，如氣候變遷、能源和碳排放、水資源、廢棄物、生物多樣性、社區關係、服務品質、就業、經濟影響、永續供應鏈以及反貪腐措施，惟並未對各項目進行更深入之說明。2025 年 8 月，ACI 續推出「機場 ESG 報告框架與指引」(ESG Reporting Framework and Guidance for Airports)，列出機場在環境、社會、經濟三大面向中所對應的議題、利害關係方，與對應之指標，以及各項議題與聯合國永續發展目標(Sustainable Development Goals, SDGs)之對應關係。

表 2-1 機場環境永續議題對應 SDGs 項目

議題	子議題	SDGs 對應項目
E1 氣候變遷	E1-1 氣候變遷減緩	  
	E1-2 氣候變遷調適	
	E1-3 能源使用	
E2 汙染	E2-1 空氣汙染	   
	E2-2 水與土壤汙染	
E3 水資源	E3-1 來源與消耗(量)	  
	E3-2 排水與逕流(品質)	
E4 資源使用	E4-1 原料	
	E4-2 廢棄物	
E5 生物多樣性與生態系統	E5-1 棲息地與保護區	 
	E5-2 野生生物與保護物種	
S3 社區關係	S3-1 噪音	  

資料來源： [4]

1. 氣候變遷(Climate Change)

根據 IPCC [5]資料，全球必須在 2050 年前實現淨零碳排放，以避免氣候變遷帶來最災難性的影響。截至 2021 年，航空業佔全球人為碳排放的 2-3%，其中機場約佔航空業碳排放量的 2%，亦即全球機場活動約佔全球總碳排放量的 0.04%-0.06%。由於氣溫上升速度比預期更快，預計 2050 年全球氣溫將比工業化前水平上升 1.5°C。因此，為減緩惡化趨勢，機場部門有必要採取減排措施、並實施調適計劃。機場可採取的調適作為包括：

- (1) 承諾淨零排放目標：ACI 及其成員機場已承諾 2050 年實現淨零碳排，並敦促政府提供必要支援。機場應提交脫碳路線圖，包括行動計劃、財務評估及支援需求。
- (2) 氣候變化風險評估，並制定氣候變化調適計畫：進行風險評估，分析氣候壓力因素及其對機場基礎設施和營運的影響，並將行動計畫納入機場總體規劃。
- (3) 提高韌性應變能力：包括針對暴雨、高溫、海平面上升等現象，可採取工程與管理手段妥為因應，例如改善機場排水能力、採用耐高溫之建築材料或設備、評估延長跑道長度、興建海堤或提高基礎高程...等作法；在營運管理層面亦須考量氣候變化帶來之管理層面動態調整因應，以優化調適能力。
- (4) 評估財務影響：評估氣候風險以及減緩和適應預期影響所需成本。

參考前述 ACI「機場 ESG 報告框架與指引」，機場在氣候變遷領域應考量揭露之指標/項目如表 2-2 所示。

表 2-2 機場氣候變遷領域參考指標/項目

指標	性質/單位	內容
氣候風險評估	質化 (描述)	描述氣候風險評估所使用之方法論，並納入氣溫提升 2°C 或以下之不同氣候情境，並說明長期重大氣候相關風險、(氣溫、風、水、土壤相關)立即實體風險、與(政策、科技、市場、法律、信譽相關)轉型風險。
氣候風險暴露評分	量化 (分數)	短、中、長期時間下機場自身營運與其價值鏈上、下游之氣候風險(與機會)之暴露分數，包含各項已識別之氣候衝擊、實體風險、與轉型風險之嚴重性(規模、範疇與可回復性)以及可能性。
氣候調適計畫	質化 (描述)	描述機場之氣候變遷調適韌性計畫，包含： (a) 已識別之長期風險、立即實體風險與轉型風險。 (b) 實體面向之調適與韌性行動方案與資源配置。 (c) 財務面向之調適與韌性行動方案與資源配置。 (d) 現行用於監控氣候風險與調適措施有效性之系統與流程。
氣候調適計畫執行率	量化(%)	揭露已實施之調適措施執行率。
氣候風險之財務影響	量化(元)	描述並量化住大實體風險與轉型風險之預期財務影響。
綠建築標章	量化 (數量)	取得綠建築標章之資產數量與其佔總資產之百分比。
資產脆弱度	量化 (數量)	揭露因氣候相關實體風險或轉型風險而具脆弱性之資產數量與其佔總資產之百分比，以及調適此風險所需之資源。

資料來源： [4]

2. 能源與排放 (Energy & Emissions)

機場營運需要消耗大量能源，通常包括來自機場場內或場外之電力，以及用於鍋爐、備用發電機、運輸車隊、以及地面勤務設備的各種燃料，如汽油、柴油、天然氣，然而使用化石燃料會釋放有害排放物，加速氣候變化。

儘管排放減量泛指所有溫室氣體之排放減少，目前通常著重在二氧化碳、甲烷與二氧化氮氧三類，此類排放通常分為三個範疇(Scope)：

- (1) 範疇 1：機場管理單位擁有或控制之排放源，如鍋爐、發電設施和營運車輛。

- (2) 範疇 2：機場管理單位購買的場外發電電力，以及冷暖氣所衍生的排放。
- (3) 範疇 3：機場相關活動中非機場管理方擁有或控制的排放源，如航機活動、第三方車輛、廢棄物管理和建築活動。機場管理單位直接負責範疇 1 和範疇 2 之排放。

為因應能源與排放課題，ACI 建議機場管理當局可考慮以下措施：

- (1) 提升能源效率：參考能效指標並量化機場能源使用狀況，並改進建築設計與使用節能材料、節能照明、人工智慧設施管理系統、空調（HVAC）系統來優化能耗效率。
- (2) 增加利用再生能源：例如於機場回收廢熱、使用太陽能與風電等再生能源型式、或是向外採購再生能源。
- (3) 參與碳認證計畫：積極參與 ACI 的機場碳認證計畫（Airport Carbon Accreditation, ACA），配合計畫要求採取減碳作為。

在機場管理當局無法直接管控的範疇 3 部分，當局可利用其影響力幫助實踐減碳。例如優化空側動線，減少航機滑行時間與能源消耗；或是優化空域設計，採用較有效率的到離場航線；也可針對進駐機場單位要求其營運符合機場永續目標，或是可協助導入永續航空燃油（Sustainable Aviation Fuels, SAF），推廣促進永續航空燃油的使用等。

參考 ACI「機場 ESG 報告框架與指引」，機場在能源與排放領域應考量揭露之指標/項目如表 2-3 所示。

表 2-3 機場能源與排放領域參考指標/項目

指標	性質/單位	內容
排放領域		
轉型計畫	質化 (描述)	(a) 溫室氣體排放減量目標，與每 5 年之中程目標 (b) 氣候變遷減緩行動方案(減碳措施) (c) 執行轉型計畫所需經費與資金來源(包含說明與金額) (d) 鎖定溫室氣體排放(Locked-in GHG Emissions) ¹ (e) 說明轉型計畫如何與整體營運策略與財務規劃結合 (f) 相關管理層或主管機關之核准 (g) 排放之監測
範疇 1-溫室氣體排放	量化 (tCO _{2e} ,%)	機場自基準年起逐年之範疇 1 之溫室氣體排放絕對數量與相對數量，並說明相關轉換參數。
範疇 2-溫室氣體排放	量化 (tCO _{2e} ,%)	機場自基準年起逐年之範疇 2 之溫室氣體排放絕對數量與相對數量，並說明相關轉換參數，此應包含： (a) 市場基礎法(Market Based): 依據機場實際購買之特定電力來源（供應商）或合約來計算碳排放。 (b) 地點基礎法(Location Based): 依據機場所在區域或國家電網平均排放係數來計算碳排放。
範疇 3-溫室氣體排放	量化 (tCO _{2e} ,%)	機場自基準年起逐年之範疇 3 之溫室氣體排放絕對數量與相對數量，並說明相關轉換參數。此應參照溫室氣體盤查議定書(GHG Protocol)，ACA 等級 5 認列類別如下。 類別 1：購買商品或服務產生的排放 類別 2：上游購買的資本物品產生的排放 類別 3：與燃料及能源相關活動（未涵蓋在範疇 1，2） 類別 5：營運產生廢棄物的處置與處理之排放 類別 6：商務旅行產生之排放 類別 7：員工通勤產生之排放 類別 11：使用銷售產品產生之排放 類別 13：下游租賃資產產生之排放 類別 14：特許經營
總溫室氣體排放量	量化 (tCO _{2e})	機場自基準年起逐年之溫室氣體排放量，並說明相關轉換參數。
溫室氣體排放密度	量化 (數量)	揭露機場之溫室氣體排放密度，以營收、航機架次、電度、旅客量，或樓地板面積為單位。

¹ 鎖定溫室氣體排放(Locked-in GHG Emissions)：參照歐洲永續發展報告準則(European Sustainability Reporting Standard,ESRS)定義，鎖定溫室氣體為因企業購置關鍵資產或產品之生命週期預期產生之溫室氣體排放。

指標	性質/單位	內容
溫室氣體 排放抵換量	量化 (tCO ₂ e,金額,%)	揭露機場透過投資或購買碳權之價值鏈外之溫室氣體減量/移除計畫,說明抵換之溫室氣體對於機場氣候變遷減緩轉型計畫(包含對機場之絕對與相對減碳量)之貢獻
ACA 認證	量化 (等級)	如適用
溫室氣體 排放減量	量化(%)	相對前一年度/季度之整體溫室氣體排放減量
氣候減緩相關 風險與機會造成之 預期財務影響	量化 (金額)	氣候減緩相關風險與機會造成之預期財務影響
能源領域		
能源消耗	量化 (Wh)	揭露機場全區之耗電量,數據覆蓋率(所彙整數據佔機場整體樓地板面積之百分比)與來自不同用戶節能措施所帶來之能源減量數量,如: (a) 機場營運單位。 (b) 機場內其他營運單位。
各類型之 能源消耗	量化 (Wh,%)	揭露機場全區各類型能源消耗之絕對數量與佔其總耗電量之百分比,如: (a) 電力消耗。 (b) 冷/暖氣消耗。 (c) 蒸氣。
各來源之 能源消耗	量化 (Wh,%)	揭露機場全區使用不同發電來源之絕對數量與佔其總耗電量之百分比,如: (a) 石化燃料發電。 (b) 核能發電。 (c) 再生能源。
自主生產之 再生能源	量化 (Wh,%)	揭露機場產出之再生能源絕對數量與佔其總耗電量之百分比。
能源密度	量化(數量)	揭露機場之能源密度,基準可為:營收、航機架次、旅客數量或機場樓地板面積。
能源節省	量化(%)	揭露機場單位樓地板面積能源密度較前一季/年之成長/降低百分比。
各建築之 用電量	量化(%)	揭露機場內各設施/建築之耗電量佔總耗電量之百分比。

資料來源: [4]

3. 水資源管理 (Water and Effluents)

該課題包含水質與供水量、以及確保機場水體不受污染（如除冰液）。由於機場範圍之逕流可能滲有航空燃油、除冰液、柴油等污染物，因此機場之水資源永續管理期望能減少水資源競爭，並保護集水區的健康。ACI 建議之機場方調適作為包括：

- (1) 減少總體用水量：著重於有效運用水資源。
- (2) 雨水收集與灰水利用：在機場範圍內收集雨水和廢水，作為非飲用「灰水」。
- (3) 高效節水裝置：在洗手間設施內安裝高效的節水裝置，減少馬桶和洗手用水與廢水產生。
- (4) 廢水處理設施：設置污水處理設施，以供廢水再生利用。
- (5) 暴雨管理：預防空側與建物淹水，並盡可以減少對營運之影響。

參考 ACI 「機場 ESG 報告框架與指引」，機場在水資源領域應考量揭露之指標/項目如表 2-4 所示。

表 2-4 機場水資源管理領域參考指標/項目

指標	性質/單位	內容
水質與汙染		
水質	量化 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, $\mu\text{g}/\text{l}$, ppm)	量化並揭露機場鄰近地區之水品質等級(汙染濃度)，並以汙染濃度減量之證明作為汙染防治與管控措施之直接成果。
溢漏事件	量化 (次數, m^3 , l)	揭露發生重大溢漏事件之次數與流量，註明發生地點、溢漏汙染物名稱與溢流量，依類別(油、燃料廢棄物、化學品等)，並說明事件造成之影響。
預期財務影響	量化 (金額)	說明並量化重大汙染相關風險造成之財務影響

指標	性質/單位	內容
供水與用水		
用水量	量化 (m ³ , l)	揭露機場各類型用水之絕對與相對用水量，包含： (a) 一般淡水(藍水/綠水) (b) 回收與再生水(灰水) (c) 儲存水量 (d) 綠水、藍水與灰水之水足跡
取水量	量化 (m ³ , l)	揭露機場之絕對與相對取水量，包含： (a) 地表水 (b) 地下水 (c) 海水
獨立計量	量化 (數量)	揭露機場區內具獨立水錶之用戶比例
用水密度	量化 (數量)	揭露機場之用水密度，基準可為：營收、航機架次、旅客數量或機場樓地板面積。
預期財務影響	量化 (金額)	說明並量化用水相關風險造成之財務影響
廢水		
排放標準	量化(數量)	描述排放廢水水質之最低標準與最低標準的訂定原因
排放至各區之用水	量化 (m ³ , l)	揭露機場排放至各區之用水，包含 (a) 地表水 (b) 地下水 (c) 海水 (d) 第三方用水
廢水排放品質	量化 (m ³ , l)	揭露機場排放廢水之品質，分類如下。 (a) 一般淡水(總溶解固體含量 ≤1,000 mg/L) (b) 其他用水(總溶解固體含量 >1,000 mg/L)
優先關注物質	質化(說明)	揭露排放廢水之優先關注物質，包含 (a) 設定優先關注物質排放上限之方法 (b) 發生超出排放標準事件的次數

資料來源： [4]

4. 廢棄物管理與循環經濟 (Waste Management and Circular Economy)

機場航廈與營建工程產生可觀之廢棄物。廢棄物管理確保機場營運單位可永續管理廢棄物收集、運輸、處置。許多機場正由傳統「減量、再利用、回收」思維推進至循環經濟概念，有效利用資源、產品、部件和材料並重新創造價值。相關行動方案包括：

- (1) 融入循環經濟原則：將循環經濟原則貫穿於設計、建設與營運過程，並考慮資產全生命週期成本、剩餘價值及退役成本。

(2) 針對特定廢物流：採取減少特定廢物流措施，如成本高昂或難以回收廢棄物。

(3) 綜合廢棄物管理：確保有效管理廢物收集、運輸、處理和處置。

參考 ACI「機場 ESG 報告框架與指引」，機場在廢棄物管理領域應考量揭露之指標/項目如表 2-5 所示。

表 2-5 機場廢棄物管理領域參考指標/項目

指標	性質/單位	內容
依各處理方式產生之廢棄物	量化(t)	揭露各處理方式產生之有害與一般廢棄物絕對與相對數量，包含：重複使用、回收、再利用、丟棄
丟棄廢棄物之處理方式	量化(t)	揭露欲丟棄之有害與一般廢棄物各丟棄方式之絕對與相對數量，包含：焚化、焚化發電、掩埋、其他丟棄措施
廢棄物處理密度	量化(數量)	揭露機場之廢棄物密度，基準可為：營收、航機架次、旅客數量或機場樓地板面積。
再利用條款	質化(說明)	揭露新簽租約中包含資源效率相關資本改善之成本節省條款以及其涵蓋之樓地板面積。例如依設備改善狀況調整租賃費用之合約內容。
預期財務影響	量化(金額)	說明並量化廢棄物相關風險造成之財務影響

資料來源： [4]

5. 社區與噪音 (Communities & Noise)

由於機場營運性質，航機作業過程對周邊社區產生影響。如噪音影響居民健康與生活品質。ACI 建議之調適作為包括：

- (1) 社區參與：透過正式諮詢與參與機制，協助當地社區由機場營運過程中受益，同時採取適當緩解措施將負面影響降至最低。
- (2) 噪音監測與緩解：建立噪音水平基準，與社區合作識別緩解措施並追蹤進度。
- (3) 社區參與論壇：設立平台讓當地居民提供意見，共同塑造未來發展，減少潛在問題。

(4) 社會發展計畫：實施教育和技能發展計畫，幫助當地社區利用機場擴張和地區發展帶來之經濟效益。

參考 ACI「機場 ESG 報告框架與指引」，機場在噪音管理領域應考量揭露之指標/項目有如表 2-6 所示。

表 2-6 機場噪音領域參考指標/項目

指標	性質/單位	內容
均能音量	量化(dB)	揭露特定時段之均能音量
最大音量	量化(dB)	揭露特定時段之最大音量
日夜音量	量化(dB)	揭露特定時段或按國家訂定標準區間之日夜音量
超標事件	量化(數量)	揭露超出噪音上限標準之事件數量
受過量噪音影響之民眾數量	量化(數量)	參考相關噪音標準，揭露受到超過噪音標準之噪音影響之民眾數量
機場鄰近區域居住民眾數量變化	量化(%)	揭露近年機場鄰近區域居民數量變化
受噪音影響民眾數量之變化	量化(%)	揭露受噪音影響之民眾數量變化
噪音造成之民怨數量變化	量化(%)	揭露噪音造成民怨之數量變化
ICAO 噪音標準航機分類	量化(數量)	於機場營運之 ICAO 噪音標準 2、3、4、14 分類航機分別之數量

資料來源： [4]

6. 空氣品質管理 (Air Quality Management)

ACI「全球機場永續策略」文件雖然未探討空氣品質課題，然機場空陸側活動，例如航機發動機、地面支援車輛...等在作業過程中產生之空氣污染可能影響相關人員健康及生活品質，因此本計畫參考 ICAO Airport Air Quality Manual [6] 說明空氣品質管理與機場環境永續之相關性。

區域空氣品質通常可描述為人類與自然環境周遭範圍之空氣狀況，並根據空氣污染物濃度決定其品質狀況。空氣污染物，如硫氧化物(SOX)、氮氧化物 (NOx)、碳氫化合物 (HC) 及細懸浮微粒 (PM)可能涉及與地面臭氧 (O3)、酸雨及氣候變遷相關的更廣泛環境議題，並

對公眾健康及環境構成潛在風險；機場範圍污染物主要來自於航空器發動機、地勤機具引擎廢物、建築物營運過程之廢氣、以及陸側聯外交通之車輛廢氣，其中機場單位可考慮之改善方式包括：

- (1) 改善機場配置以減少航空器滑行距離，藉此減少發動機之空污物。
- (2) 為機場地勤設備加裝廢氣減量裝置，例如懸浮微粒過濾捕捉器及燃油廢氣捕捉系統。
- (3) 針對機場發電設備、焚化爐採取更嚴格排放標準。
- (4) 提供員工共乘及大眾運輸獎勵措施。

參考 ACI 「機場 ESG 報告框架與指引」，機場在空氣品質領域應考量揭露之指標/項目如表 2-7 所示。

表 2-7 機場空氣品質領域參考指標/項目

指標	性質/單位	內容
空氣品質	量化 ($\mu\text{g}/\text{m}^3, \text{ppm}$)	量化並揭露機場鄰近地區之空氣品質等級(汙染濃度)，並以汙染濃度減量之證明作為污染防治與管控措施之直接成果。
空氣汙染密度	量化(數量)	揭露機場之空氣汙染密度，基準可為：營收、航機架次、旅客數量或機場樓地板面積
超標事件	量化(數量)	揭露超出空氣品質上限標準之事件數量
影響之利害關係人	量化(數量)	揭露受空氣品質影響之利害關係人之絕對與相對數量
預期財務影響	量化(金額)	說明並量化空氣品質相關風險造成之財務影響

資料來源： [4]

7. 生物多樣性(Biodiversity)

機場之占地廣闊，其開發與營運往往會對周邊環境造成衝擊，可能包含一般自然生態、植生與海生環境等。此外，機場作為國家對外之貿易往來門戶之一，亦是管控外來動植物進出邊境重要關卡。ACI 於「全球機場永續策略」提及機場營運可能面對的生態多樣性風險包含：

- (1) 自然棲息地減少與棲地破碎化(Habitat Fragmentation)：不僅使野生動植物的棲息地減少，亦可能影響其生活型態。
- (2) 棲地退化(Habitat Degratation)：使棲息地無法提供必要的資源供野生動植物生存。
- (3) 鳥擊事件：不僅對野生生態造成影響，亦大幅影響飛航安全
- (4) 光害與噪音汙染：影響動植物作息型態
- (5) 非法野生動植物販運

對於上述風險，機場可以採取之措施包含：

- (1) 紀錄與追蹤周邊稀有物種的數量，並在必要時提供新的棲地供其遷移。
- (2) 藉由捕捉再野放等措施減少鳥擊
- (3) 採取措施預防非法販運野生動植物

參考 ACI「機場 ESG 報告框架與指引」，機場在生物多樣性領域應考量揭露之指標/項目如表 2-8 所示。

表 2-8 機場生物多樣性領域參考指標/項目

指標	性質/單位	內容
土地轉換率	量化(面積)； 質化(說明)	揭露機場於特定時間區段內將自然棲息地轉為機場設施用地之面積，並說明轉換區域對棲息地之改變或影響，以及影響減緩計畫(棲息地復育計畫等)。
生態多樣性 專案計畫	量化 (面積、%)； 質化(說明)	揭露生物多樣性相關專案之成效(擴大棲息地面積、提升棲息地品質、增加地點等)與計畫內容。
物種狀態	量化(數量)	說明機場區域周邊之物種狀態，包含該物種之群體數量、特定生態系統之物種範疇、特定物種之絕種風險可能性、特定區域之物種數量變化、稀有物種之重要棲息地變化
鳥擊	量化(數量)	揭露鳥擊事件之次數
預期財務 影響	量化(金額)	說明並量化生物多樣性相關風險造成之財務影響

資料來源： [4]

由於生物多樣性相關措施之需求與實施往往起因於基礎設施之建設與開發，在 ACI「全球機場永續策略」文件以及 ICAO「2025 年環境報告」[7]中，生物多樣性議題皆被認作「氣候變遷調適」之相關議題之一。因此，延續前述兩項國際組織文件之系統，本報告後續將於「氣候變遷調適」內容下探討生物多樣性相關計畫與執行狀況。上述各課題項目之機場因應方式已整理如表 2-9 所示。

表 2-9 環境永續課題改善因應作為彙整

課題	機場營運單位改善作為
環境 韌性	改善機場排水能力，以降低淹水風險
	因應熱浪增加，建立對極端氣溫之韌性
	強化營運彈性以應對更強勁的風勢
	興建海堤等海岸防禦設施以因應海平面上升
	視需求增加、改善周邊棲地與其狀態
	藉由捕捉再野放等措施減少鳥擊
能源與 碳排放	參考能效指標進行能效比較
	改善建築設計及材料選擇
	照明系統升級、導入人工智慧控制系統
	空調(HVAC)系統改善
	推動永續航空燃油供應
	改善機場空側佈設，縮短航空器滑行時間減少燃油消耗
	為機場進駐單位設定永續標準
	機場範圍裝設再生能源(如太陽能、風力)或採購場外再生能源
水資源	於機場內使用雨水收集系統、收集機場其它廢污水並再生利用
	進行暴雨管理以防止空側及建物淹水，減低對營運干擾
	設置廢污水處理設施，並允許於機場營運中再利用廢污水
	採用高效設備與配件，以減少馬桶與洗手臺用水量
噪音 監測	進行噪音監測，以建立周邊區域所產生噪音水平的客觀基準線
	調整營運時間或限制特定時段起降次數、重新設計空域，或改變機場建築材料
	設立社區參與論壇，供當地居民就機場計畫提供回饋與建議
廢棄物	於設計營建及營運各階段融入循環經濟原則
	減少難以回收之廢棄物使用

課題	機場營運單位改善作為
空氣品質	改善機場空側佈設，縮短航空器滑行時間減少污染物
	地勤設備加裝排放減量裝置，如懸浮微粒捕捉器及廢氣捕捉系統
	針對機場設施（如發電廠、緊急發電機）採用更嚴格排放標準
	提供員工共乘及大眾運輸獎勵措施

資料來源： [1]

2.2 國際文獻

ICAO、ACI、IATA 等國際機構所發布之機場環境永續相關文獻及其涵蓋範疇已整理於表 2-10；將於第三章就各文獻之內容要義進一步說明。

表 2-10 機場環境永續國際文獻彙整

單位	文件名稱	環境 韌性	能源 及碳排	水資源	噪音 監測	空氣 品質	廢棄物
ACI World	Sustainability Strategy for Airports Worldwide	○	○	○	○		○
	Long-Term Carbon Goal Study for Airports		○	○			
	Airports Resilience and Adaptation to a Changing Climate	○					
	Sustainable Energy Sources for Aviation: An Airport Perspective		○				
	Guidance on the Application of the ICAO Balanced Approach to Aircraft Noise Management				○		
	Sustainable Recovery Best Practice		○	○	○	○	○
	Guidance on Airport Decarbonization						
ACI APAC-MID	Tendering Guideline for Climate Resilience Planning	○					
	Green Airports Recognition			○		○	○
	Airport Solar PV Implementation Guidance Document		○				
ACA	Application Manual		○	○			
	Guidance on Reducing Emissions before Offsetting		○				
	Offset Guidance Document		○				
IATA	Resolution on Net Zero CO ₂ Emissions by 2050		○				
	Net Zero CO ₂ Emissions Roadmap – Energy Infrastructure		○				
ICAO	Airport Air Quality Manual					○	
	Doc 10184: Assembly Resolutions in Force		○			○	
	Feasibility of LTAG for International Aviation CO ₂ Emissions Reductions		○				
	Env Report 2022 Special Supplement: LTAG		○				
	Climate Change: Climate Risk Assessment, Adaptation and Resilience Key Steps for Aviation Organisation Climate Change Risk Assessment and Adaptation Planning Key Climate Change Vulnerabilities for Aviation Organisations Menu of Adaptation Options	○					
	Guidance on Policy Measures for Sustainable Aviation Fuels Development and Deployment		○			○	
	Eco-Airport Toolkit e-collection	○		○		○	○

2.3 國內文獻

國內對於機場環境永續課題完整研究之相關研究較少，以下整理各文獻之研討範疇以及與本計畫之關聯性如表 2-11 所示；為便於對照，該表亦納入民航局與桃園機場公司已完成之報告或文件，相關內容詳見第六章。

表 2-11 機場環境永續國內文獻彙整

文件名稱	環境 韌性	能源 及碳排	水資源	噪音 監測	空氣 品質	廢棄物	與本計畫關聯性
亞太國際樞紐機場疫後環境永續發展趨勢探討	○	○	○	○	○	○	前期研究，奠定本計畫發展基礎
國際航空碳排管制發展初析		○					前期研究，奠定本計畫發展基礎
我國推動永續航空燃油(SAF)發展課題與策略之探討		○					前期研究，探討我國永續航空燃油之推動策略
提升桃園國機場永續發展策略性方案評估之研究		○					論文，評估桃園機場之永續作為最適策略
桃園國際機場環境永續發展策略性方案評估之研究				○			論文，評估桃園機場永續發展做法與規劃
臺灣桃園國際機場永續發展之研究		○	○	○	○	○	論文，探討桃園機場永續發展做法與規劃
機場排放清冊建構模式之研析--以桃園國際機場為例		○			○		論文，建構桃園機場溫室氣體排放模式
臺灣桃園國際機場飛機起降噪音污染對居民的衝擊與調適				○			論文，了解桃園機場噪音影響狀況
海空運場站因應氣候變遷調適分析資訊之初探	○						前期研究，研析海空運場站氣候變遷資訊整合可能性
運輸系統因應氣候變遷調適之研究	○						前期研究，構建運輸系統氣候變遷與調適之策略架構
TCFD 氣候實體風險評估與管理架構之建立：以機場公司為例	○		○				論文，構建桃園氣候風險評估及因應調適架構
結合排水工程改善機場淹水之探討-以嘉義機場為例			○				論文，了解嘉義機場之淹水改善方案與策略
航機離到場及地面操作國際趨勢初探		○		○	○		前期研究，研析桃園機場空側運作之永續方案
機場導入智慧化節能減碳措施之需求及成效評估		○					論文，評估高雄機場節能減碳決策評估模式
桃園國際機場 2024 永續報告書	○	○	○	○	○	○	桃園機場年度永續成果報告
航空站溫室氣體減量藍圖 第 2 版		○					民航局所屬航空站溫室氣體減量成果及規劃

2.3.1 國際趨勢與政策制度相關文獻

1. 亞太國際樞紐機場疫後環境永續發展趨勢探討 [8]

運研所於 112 年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，蒐整機場環境永續發展趨勢及推動現況，並藉由主管機關訪談，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。

該研究針對近年國際持續關注之機場環境永續規劃與推動進行探討，涵蓋全球主要國際航空組織如 ICAO、IATA、ACI 所提出之機場環境永續管理機制、目標、策略或建議，其範疇包括增加替代能源使用，降低航空業溫室氣體排放，達成低碳淨零長期目標，同時考量因應氣候變遷，建設調適性設施，降低災害風險，同時減少噪音與汙染對環境之衝擊。

根據研究結果，我國應持續參考國際機構永續機制，關注 ICAO、ACI、IATA 等國際組織已針對機場環境永續發展提出之具體管理機制、目標、策略與分析工具，深入理解其政策制定的背景與考量，作為政策擬定之參考依據。另外，亞太區其它樞紐機場之永續規劃與發展動態亦是參考標的，尤其未來對永續航空燃油需求將持續上升，我國主管機關應及早關注相關國際技術進展，檢視亞太區競爭機場之相關計畫，啟動我國替代能源規劃與永續航空燃油進口、使用與安全規範等制度與配套措施之研究，確保與國際接軌。在國際航空業碳抵換與減量機制部分，民航局已建置我國之國際航空業碳抵換及減量計畫 (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation, CORSIA) 機制，指定國家認證與查驗機構，輔導六家國籍業者完成符合 CORSIA 規範之減碳工作，同時在減碳工作法制化有顯著成果。未來，民航局將依循 ICAO 策略，持續透過機場營運改善、新機採購、航管優化、營運效率提升等方式，推動我國航空業邁向淨減零碳目標。

在機場環境永續發展政策綱領與藍圖擬定部分，後續需與各利害關係人協同研商，整合相關需求意見，擘劃涵蓋各等級機場之環境永續政策綱領、發展藍圖與推動策略，協助主管機關有系統地推動各項行動。同時，針對機場環境永續之各面向，需持續滾動修正並補充相關重要議題，強化政策架構完整性。前述之相關作為可配合利用基礎資料蒐整，就 ICAO、ACI、IATA、FAA、歐盟等機構之環境永續法規、目標、機制等內容進行國際發展趨勢整理，同時考量標竿機場經驗，彙整國際標竿機場之氣候變遷、能源、廢水、空氣品質、噪音控制、生物多樣性政策、策略、成果與未來規劃，作為借鏡案例。當然，亦須考量國內現況，以我國淨零、永續運輸、氣候調適、關鍵基礎設施保護等政策綱領與機場環境永續法規等資料，盤點民航局與桃機公司現階段成果與未來規劃。

最後，可參考國際之相關指標系統，如 ACA 與國際綠色機場評比，研擬適合我國之環境永續評估機制，以激勵與引導國內機場邁向永續發展，同時評估是否建立跨機關推動組織或平台，納入相關更多利害關係人共同參與決策與執行，提升整體效能與協調性。

總結而言，該研究建議未來持續關注先進國家針對不同等級機場所制定之相關法規與政策，參考先進國家機場環境永續標竿案例，評估相關作法在我國推動之適用性。另外，建議持續關注國際組織與標竿機場在永續發展方面的最新進展，適時建議導我國機場導入已成熟之相關淨零減碳技術，回應航空碳排減量與新能源應用等全球趨勢。同時，期許與國際標竿接軌，優化我國機場環境設施，透過完善之民航相關永續規章構築可永續營運之良好環境。

2. 國際航空碳排管制發展初析 [9]

運研所於 112 年就 ICAO 有關國際民航減碳相關決議、規範及建議進行蒐集，針對其所提減碳四大策略——提升航空器技術、改善營運效率、永續航空燃油（SAF）、國際航空業碳抵換及減量計畫（CORSIA）—檢視探討我國航空部門之相關作為及差異，並研提具體建議。

藉由資料蒐整，該研究掌握國際民航組織針對民用航空業之減碳作為措施與方法，同時瞭解我國民航相關業者及機場營運單位之因應作為。

針對全球市場措施機制(GMBM)議題，建議我國宜依 CORSIA MRV 要求，須建立國內相關作業準則及規範，並建置註冊系統。建議國內相關作業可提前準備，以與國際接軌，對於後續提報作業亦需研擬其相關因應對策。

ICAO 亦提及新航空器與發動機之研發導入，將可大幅提升航機效能，減少燃油消耗與廢氣排放，對減碳有大幅助益，因此需輔導國籍航空更換新型機隊以減少碳排。

在改善營運效率部分，空陸側之作業需依循相關操作及航管作業程序與規範執行，諸如優化航路、到離場作業優化減少延誤、減少地面滑行時間等，因此航管單位應繼續關注 ASBU 相關措施發展，尤其 2019 年開始推動 Block 1 相關模組，建議應持續關注作業模式、更新系統與設備，以期能與國際接軌。

另外，替代燃料仍是初步發展階段，且由於各類製成之生產成本仍較傳統石油高，因此要如何輔導建立相關產業及供應鏈，建議仍需進一步研究，並持續追蹤國際技術發展趨勢，適時輔導我國航空產業導入成熟減碳技術，並因應航機減排與新能源技術演進，完善民航法規與設施規劃。

3. 我國推動永續航空燃油(SAF)發展課題與策略之探討 [10]

本所於 113 年針對全球推動永續航空燃油之最新發展與趨勢，蒐整世界各國推動方式與策略，藉由聚焦於交通運輸部門永續航空燃油政策方針之深入評估，以研析我國後續關於永續航空燃油相關政策及後續作為。

ICAO 於 2022 年第 41 屆大會通過長期全球理想目標(Long-term Global Aspirational Goal, LTAG)，設定 2050 年達成國際航空淨零排放之終極目標。為減少航空業碳排放，該次會議決議加速採用更先

進之航空器技術，提升營運效率，同時強調永續航空燃油在淨零路徑之角色，期望能積極推動永續航空燃油之生產與導入使用；另外，藉由融資與投資等財務輔助手段，以及「國際航空業碳抵換與減量計畫（CORSIA）」等方式作為 ICAO 推動淨零減碳之作法。

針對永續航空燃油之政策支持作為，該研究檢視生產端與使用端之推動及支持措施，發現目前國際間以針對生產端之扶植作為為主，在使用端則考量永續航空燃油現況價格為傳統航空燃油 2 至 3 倍，高價格不利於使用端之導入使用，因此部分國家已逐步施行要求強制使用，以推動加速達成永續航空燃油經濟規模；目前歐盟及新加坡已規範提供永續航空燃油數量及航班添加比例，ICAO 則未規定現況需強制添加永續航空燃油。

另外，鼓勵措施可搭配強制規範併行推動；例如實施財務面向之政策補貼、或是提供稅額減徵等作業，多管齊下完整配套施行，以健全永續航空燃油相關產業於供給及使用端之成長發展，同時建構完善之市場機制。

由於永續航空燃油之需求與供應涉及多個政府機關，考量業務範疇，需跨部門協商合作，以有效聚焦並藉由分工合作方能有效推進。在供給端部分，永續航空燃油之生產與製造需整合考量經濟部會之生產規劃、品質規範、技術研發、基礎設施建構...等事權，另外，由於永續航空燃油之生產原料要求，因此亦涉及環保部會之資源回收規劃，以及農業單位對相關原料之供給及相關政策規範。在使用端則主要由交通事權單位統籌，例如航空產業利害關係人之相關推動規範、實施指引...等；因此須透過跨部門之協商，規劃整體政策藍圖、考量所需資源及基礎設施環節，界定目標與配套作為，以落實生態圈之建立，建構完整之永續航空燃油市場，促成航空產業之環境永續發展。

該研究利用資料分析法，以及政策分析工具 SWOT 與 TOWS 分析，釐清相關問題、並就優勢、劣勢、機會和威脅進行深入探討。嘗試找出，我國推動 SAF 發展之重要課題與策略，以解析永續航空燃油現階段面臨之高成本與產能受能課題。

在未來相關政策層面，考量過度依賴進口將增加碳足跡與進口成本，將淨零碳排產生負面影響、且易受進口價格波動影響，不利於我國航空產業之競爭力，因此本計畫建議應提早規劃我國永續航空燃油之供應產業以及產能藍圖，以藉由自有產能減少對進口之依賴。另外，雖有部分國家已強制添加永續航空燃油，然我國之產業配套仍有待發展，建議持續追蹤各國推動概況再評估是否需規範強制添加，以避免影響國籍業者競爭力、或影響外籍航空業者飛行我國航點之意願。最後，相關政策需考量平衡供應端與使用端之政策力度，除強制機制外，政府應輔以鼓勵機制，同時積極探索更多市場化之鼓勵機制，以促成永續航空燃油產業之發展，達成全球之永續航空淨零減碳目標。

2.3.2 永續發展策略與環境影響相關文獻

1. 提升桃園國機場永續發展策略性方案評估之研究 [11]

王柏琳利用層級分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 檢視桃園機場推動永續發展之合適策略。該研究構建建置複雜性、投入成本、改善效益和社會價值等四個構面，並於各構面納入四項評估準則；透過學者專家與相關政府部門人員之問卷調查，確認四個構面之權重由高至低依序為改善效益、建置複雜性、投入成本、以及社會價值。

該研究於第二階段透過灰色關聯分析法 (Gray Relational Analysis, GRA)，針對專家發放問卷評估 12 種行動方案。研究結果顯示前五名之方案分別為推動機場協調整合決策、導入機場空側資源運作最佳化智能系統、建設綠色航廈、達成國際 ISO 相關標準制度、建置航空產業溫室氣體排放資料庫。該研究為國際機場之永續作為提供全盤之研析，以作為資源聚焦及排序優先作為之參考。

2. 桃園國際機場環境永續發展策略性方案評估之研究 [12]

盧華安等人延續前期成果，進行重要性排序與策略評選，提出以下具體結論。

專家與學者普遍認為，「建設綠色航廈」及「提升碳排放認證等級」為桃園機場邁向永續發展的首要策略。此外，「減少燃油消耗」與「改良燃油品質」亦被視為具潛力的發展方向。雖然推動永續燃油涉及多方協作與基礎設施建置，仍應視為機場的重要任務，積極擔任推動角色，響應國際趨勢與產業期待。在永續方案評估中，「系統建置的複雜性」是最受關注的構面；而「建置成本」、「跨單位協作」及「環境生態改善」則為影響決策的重要因素。此外，評估者背景對策略選擇有顯著影響，主管單位重視「改善效益」，研究幕僚考量「成本負擔」，專業學者則關注「系統建置難度」。反映在準則構面排序上的差異性。前述三個群體雖皆肯定「綠色航廈」與「碳排放認證提升」重要性，但主管單位偏好管理功能性方案，研究幕僚與學者則傾向支持空側智慧協調方案。在社會價值構面重視程度則呈現落差，學者與公部門專家意見分歧；「利害關係人溝通」與「訓練成本」在評比中相對不被重視，可能因其被視為共通支出，對策略選擇影響有限，然而，永續教育與溝通能力仍應納入未來推動重點，建立良好社會基礎與專業形象。

根據上述研究成果，建議桃園機場在未來的策略推動上：應預留預算深化陸側永續作為，導入新型環保建材，打造低環境負荷綠色航廈；在國際認證方面，應持續由目前已取得之 ACA Level 3 認證朝向最高等級邁進，以推升整體永續治理水準；在後續推動方面，可優先著手成本效益高項目，如廢棄物與剩食管理，以促進生活圈利害關係人的參與與效益；同時，應加強對社會價值之審視，透過教育與形象建構，凝聚社會支持、提升治理正當性。

該研究雖已建立初步評估架構，但由於受限於可諮詢專家數量，因此亦建議後續研究應擴大邀請桃園機場永續團隊與外部專家共同參與，以豐富資料來源與觀點，並應更細緻區分不同類型永續方案，依據其性質與規模進行歸類評選，提升評估一致性與可操作性。

3. 臺灣桃園國際機場永續發展之研究 [13]

林逸群探討桃園機場於 2019 至 2023 年間推動之各項永續發展計畫，並就 ESG 之環境、社會、經濟三大面向綜合檢視其執行與成效；藉由對桃園機場永續作為現有做法與未來規劃之分析，期能就桃園機場永續發展提供全面之盤點。

該論文首先探討全球之機場永續發展趨勢，並整理國際與國內永續發展標準；涵括之面向包含節能減碳、環境保護、交通運輸、科技創新、社會責任、以及旅客體驗。在未來規劃部分，該論文提出環境保護措施等措施，鼓勵資源再利用與循環。同時，亦建議利用氫能源取代現有石化燃油與電動車輛、建立氫能儲存系統、設立氫燃油供應站、考慮氫能源發電系統。

4. 機場排放清冊建構模式之研析--以桃園國際機場為例 [14]

但昭璧就機場之溫室氣體排放與空氣品質進行研析，除探討國際案例，並以桃園機場作為模式評估對象。

該研究依 ICAO Doc. 9889 指導文件，考量機場之固定污染源，如航廈、機場設施等，以及移動類污染源，例如空側活動之車輛與航空器、以及機場區域陸側之各式車輛，並建構整體之排放模式。

在移動污染源部分考量航空器發動機，採用 ICAO 進階方法，根據機型、發動機型式、以及起降循環(LTO)計算；輔助動力單元(APU)：則根據飛機的航程區分運轉模式，並統計 LTO 次數計算排放量；空側地勤設施係參照 IPCC 之 Tier 1 方法，根據空側加油站年度燃油消耗量進行估算；陸側車輛則計算機場旅客人數、工作人員數量、公路客運運能及貨運量等資料進行排放量推估。在固定源部分，主要透過能源調查統計耗電量來計算排放量。該研究除了全面估算二氧化碳 (CO₂) 排放量外，也針對固定源與陸側移動源額外計算空氣品質關注之碳氫化合物 (HC)、一氧化碳 (CO) 及氮氧化物 (NO_x) 排放量。

根據該研究估算，桃園機場 2009 年以航空器佔總排放量 53.72% 為最大宗，其次是固定源佔 34.91%，空陸側地面移動源則少於 8%。

基於上述分析，該研究建議桃園機場可規劃適當之滑行路徑以減少航空器滑行時間、確保機場設施完整可用、鼓勵航空業者以固定電源及預調空氣取代航機 APU、妥善分配時間帶、對固定源實施智慧化管理並考慮引進太陽能發電設備、鼓勵地面勤務車輛使用生質燃油或改採電動車、提升大眾運輸系統效能、採用減排材料之跑道鋪面；藉由各方式整合推動，將可有效減少航空器之廢氣排放與機場空氣污染。

5. 臺灣桃園國際機場飛機起降噪音污染對居民的衝擊與調適 [15]

余燕慧以桃園國際機場周邊地區為研究範圍，探討航空噪音對周邊居民的空間分布影響與實際衝擊。該研究透過室內與室外實地測量，同時結合問卷調查，了解居民對航空噪音之認知、感受、以及調適行為，以及對政府噪音防治補助措施的滿意度。

由室內實測結果顯示，航空噪音對居民的干擾因空間條件而異，例如：樓層高度、房屋朝向（是否面對機場）、飛機起降時段、是否位於航道下、門窗開啟狀況及是否安裝隔音設施等，皆會影響居民的生活品質與室內空間使用模式。室外測量則發現，由於東北季風與西南季風造成飛行航道季節性變化，冬季航空噪音等值線呈現狹長分布，而夏季則較為寬廣。然距機場越近或位於航道正下方之居民，不分季節均受到最大之噪音影響；距離較遠之居民則可能僅在特定季節感受到噪音影響。

該研究之問卷調查結果顯示，航空噪音不僅影響生理健康，亦干擾日常活動，如睡眠中斷、觀賞電視、談話被打斷等。即使已裝設隔音門窗，大多數居民仍認為航空噪音對居家生活有中度至嚴重程度之干擾；當地居普遍以緊閉門窗作為對噪音之因應方式；大園地區已針對航空噪音提供防治與補助措施，而多數居民表示相關措施確實有減輕航空噪音之影響。

根據該研究結論，航空噪音對居民日常作息與空間使用有顯著影響，且影響程度因居民座落地點與季節變化而異。綜合檢視，機場周邊土地利用與都市規劃應考量噪音之影響以及配套防治作為，以降低航空噪音對生活品質之負面衝擊，確保機場環境之永續發展。

2.3.3 氣候變遷調適與風險管理相關文獻

1. 海空運場站因應氣候變遷調適分析資訊之初探 [16]

運研所於 108 年執行該項氣候變遷調適因應分析資訊之初探。該研究主要目的在於了解氣候變遷對我國民用機場和商港之影響，透過收集與分析我國政府機構，如科技部、行政法人國家災害防救科技中心、經濟部水利署、交通部中央氣象局等單位建置之網站或平台，檢視其溫度、雨量、淹水、暴潮、海平面上升、極端波浪及閃電等資訊，以評估這些資訊對於未來氣候變遷規劃應用之適用性。

根據觀察資料，在全球範圍內，地表溫度（1880-2012 年約上升 0.85°C）和平均海平面（1901-2010 年上升 0.19 米）都有顯著上升。預測顯示，地表溫度將持續升高，熱浪頻率更高且持續時間更長，極端降水強度和頻率增加，海洋暖化、酸化和海平面上升將持續發生。

上述之氣候變遷現象可能對機場設施與運作產生多種影響。包括強降雨造成機場淹水，除了影響航機起降，亦會損壞機場設施；高溫可能導致跑道鋪面損壞、影響金屬結構、對儲存之貨物保存構成風險，並衝擊航空器起飛性能；海平面上升與風暴潮，導致潛在之淹水和設施損壞風險；其他事件還包括強風、大雪、冰雹和閃電頻率增加。

我國政府單位已建立 10 個可公開存取的線上平台，提供氣候變遷適應分析資訊，並可提供 5 公里×5 公里解析度的未來溫度和降雨預測。考量不同設施之特性差異，以及數據與空間解析度差異（例如：40 公尺×40 公尺對比 5 公里×5 公里）、不同之未來預測時期、未必包含所有氣候變遷事件，因此前述之國內氣候變遷適應資訊應進一步個案研究，否則不建議直接作為設計參數或納入機場的設計規範。

本計畫總結各單位之氣候變遷調適資料來源做為規劃之初步參考，惟後續應用需考量其空間特性、時間範疇、風險評估專業，以適當選用合適資訊。鑑於我國各民用機場與商港之特性不同，建議各單位參考國外案例，由專業顧問進行客製化氣候變遷風險評估，委託專業調適規劃團隊制定詳細計畫，增強基礎設施對氣候變遷影響韌性。

2. 運輸系統因應氣候變遷調適之研究 [17]

運研所於 110 年完成「運輸系統因應氣候變遷調適之研究」，該研究旨在檢視 108 年計畫所提出之運輸系統調適策略，並納入我國相關機關研擬中的未來調適方向與國際調適發展新趨勢。研究亦蒐集多項國外運用數位科技以運輸系統於不同生命週期階段調適能力之案例。

運輸系統在規劃階段，可利用地理資訊系統 (GIS) 避開高氣候風險潛勢區；在設計與施工階段，透過數位分身技術進行模擬與即時掌握施工進度；在維運階段，應用感測器、大數據、物聯網及數位分身技術進行設施狀態監控與管理。

在建構具氣候變遷韌性的運輸系統之目標下，運輸系統四大調適策略包括提升氣候衝擊耐受度、降低氣候衝擊脆弱度、優化氣候衝擊反應力、以及建構氣候衝擊決策力。相關作法包括強化設施體質來提升系統的「衝擊耐受力」，預防性地強化基礎設施，使其能抵禦極端氣候事件的衝擊；在氣候事件發生之前，透過預防性管理來調整系統的脆弱因子，以維持設施的抗衝擊能力，例如持續對老化的設施進行養護，以確保其衝擊耐受力，識別並調整影響系統脆弱度的因子，如設施暴露度、形式、邊坡等級和使用年限等，同時為運輸系統建立內外備援，確保在衝擊下客貨運輸的可持續性。另外，強化氣候事件發生當下的應變能力以及減少事後復原所需的時間，使系統在受到氣候事件衝擊時，可迅速調度資源與因應的能力。透過強化資訊網絡，整合與運用跨系統資源與人力，能有效縮短決策與應變時間，並讓系統在氣候事件後恢復其原有運輸能力所需的時間。透過完善的人員培訓與資訊掌握，可加速搶修，使系統在短期內恢復基本運作，並在長期內回復至原有運能。最後，建構能有效提高策略執行成效的決策體系，包括建立相關數據庫，提供決策所需資訊，促進不同部門間的協作與資源整合，並與利害關係人溝通合作，以取得支持並共同制定有效的應對方案。

該研究針對機場相關設施提出美國國家科學院(National Academy Sciences, NAS)於2019年出版之「機場氣候韌性與成本效益分析」(Climate Resilience and Benefit Cost Analysis: A Handbook for Airports)手冊，該手冊考量包括基礎設施成本與營收、財務可行性，識別長期氣候變遷風險、不確定性、以及對機場基礎設施之潛在影響。藉由兩步驟氣候風險分析方法，首先篩選氣候風險，若有需要再進一步以蒙地卡羅及風險值(VaR)分析方法確定風險影響的可能性及調適措施效益。

研究最後建議，未來推動運輸系統調適工作時，應考量下列重點方向將調適經費與基金納入部會中長期預算規劃，落實調適思維主流化於政策與規劃之中，制定風險評估方法並進行定期評估，同時定期檢討與修訂運輸設施之規劃、設計、施工與維護相關技術規範。另外，應加強跨部門整合與資訊共享，建立調適計畫的監控、評估與學習機制，善用數位科技，全面提升運輸系統的調適能力與韌性，研議海空運風險評估方法，盤點與掌握氣候衝擊資料，並就運輸系統氣候變遷調適計畫投資評估進行方法研究。

3. TCFD 氣候實體風險評估與管理架構之建立：以機場公司為例 [18]

劉憶玟以桃園機場公司作為TCFD氣候實體風險評估與管理架構之案例，藉由機場公司淹水災害為例，探討TCFD氣候實體風險評估架構之實用性。

根據氣候相關財務揭露建議書，企業透過「治理」、「策略」、「風險管理」、「指標與目標」四種揭露框架分析氣候變遷對企業營運造成之實體風險、轉型風險、以及相關機會。TCFD雖已成為企業評估氣候變遷風險之工具，然評估實務作業仍面臨資料之不足；氣候調適六步驟與氣候風險模板可協助企業進行氣候風險評估工作，將結果整合至企業風險管理中，並建議根據產業特性，建置產業氣候資料庫、納入財務量化分析標準。

該研究針對桃園國際機場在不同氣候情境下之淹水危害與未來發生頻率變化進行檢視；使用氣象資料繁衍方法，考量排水設計標準與歷史事件最大時雨量作為淹水門檻值。根據未來模擬結果，可發現不論何種情境下，超越機率皆高於基期危害，且風險等級可能會上升到高風險。根據此結果，機場管理單位可制定相關調適計畫以因應衝擊。

4. 結合排水工程改善機場淹水之探討-以嘉義機場為例 [19]

黃大榕探討嘉義機場排水系統狀況，針對淹水問題進行特性分析，考量降雨頻率、集水區域規劃及排水情形調查等參數，並就淹水原因進行分析，檢視嘉義機場治水改善策略。經綜合評估造成機場跑道積水之因素後，考量各項工程與非工程之解決方案，包括機場排水支主幹道、分支線排水等工程手段，以及檢測機場跑道平整度及洩水方向，另藉由評估方法找出淹水嚴重區位。另外，改善既有滯洪池或新建滯洪池，以提升整體水系之防洪能力，惟設置時需考量用地取得、並避免吸引鳥群聚集肇生鳥擊事件。若是低窪排水區則可考量設置局部閘門及抽水站方案。

在非工程措施方面，擬訂適當土地利用政策，劃分機場鳥群集散地，保留生態綠地，避免過度開發影響機場維護管理運作。此外，利用洪水預警系統分析集水區內之降雨資料，提供洪峰之預測並配合機場週邊抽水站或水閘門管理。

該研究雖係針對嘉義機場之淹水改善進行評估，惟其相關解決方案亦可供其它機場依據各地條件與需求評估參採。

2.3.4 機場營運與技術創新相關文獻

1. 航機離到場及地面操作國際趨勢初探 [20]

運研所於 107 年完成本項針對航機於機場空側與到離場階段作業方式之趨勢整理文獻。國際航空運量及旅客持續成長雖帶來經貿發展與國際交流等正向助益，然隨著環境友善及減少對環境之負擔成為全球關注課題，航空運輸帶來的噪音、空氣污染等問題亦引發關注，加

以機場容量與設施擴充受限，航空業遂積極透過管理工具與作業模式調整，期以提升運作效率，並降低對環境之衝擊。

航機在機場空側作業階段之效率提升是目前航空業界努力的重點方向之一。此階段主要涵蓋航機之離到場操作與地面滑行作業，相關技術與解決方案正持續研發並進行相關測試。從機場環境永續發展的角度觀之，機場運作之利害關係人，如機場營運單位、飛航服務提供者、航空公司、地勤業者等，在作業模式上未來勢將面臨轉變與調整。

在航機離到場操作方面，傳統上多採用階段式爬升與下降方式，然而此種作業模式將延長航機作業時間、增加燃油消耗與噪音排放。相較之下，性能導航（Performance-Based Navigation, PBN）等新型飛航技術已成為國際發展趨勢，能有效提升航機運作效率與環境友善性。

地面滑行部分，目前多仰賴地勤拖車進行後推，並由航機自身發動機提供動力滑行；雖然地勤拖車相較於航機發動機更為省油環保，然其行駛速度較低（桃園機場為 5 公里/小時）、效率較低，因此若多架飛機同時進行後推，可能導致延誤。另外，在停機坪與跑道間滑行通常使用發動機，該地面滑行過程約消耗飛機總燃油之 6%至 10%，帶來顯著噪音與空氣污染。由於停機坪在忙碌時段擁擠性，各種車輛和人員同時操作增加了嚴重地安事故（GDI）和外物損傷（FOD）的風險。

為了解決上述問題並提高機場營運效率、減少環境影響，航空業正就相關管理工具與作業方式進行研商，其中一項關鍵創新為電動滑行系統；該項技術讓航機無須仰賴發動機或地勤拖車即可於機場場面滑行。

目前研發測試中之相關技術包含 WheelTug、Safran 系統、以及 TaxiBot。WheelTug 係將電動馬達整合至航機鼻輪起落架中，並由 APU 提供動力。Safran 系統設計概念基本上與 WheelTug 系統相近，惟該系統之電動馬達係安裝於航機主起落架，因此其系統整合與維修較為複雜，且可能因此影響主起落架剎車系統之冷卻效率。TaxiBot 為油電之混合式半自動式無拖桿拖車，於航機後推時連接至航機鼻輪，並可由飛行員自駕駛艙控制 TaxiBot。

上述系統在機場環境永續方面可帶來多項效益，例如電動滑行系統可節省可觀之航機燃油消耗，並隨之減少二氧化碳（CO₂）、硫氧化物（SO_x）、一氧化碳（CO）、碳氫化合物（HC）和氮氧化物（NO_x）等空氣污染物，各種排放物約可減少 51-73%。另外，當飛機使用電動滑行系統即不必啟動航機發動機，因此亦可顯著降低噪音。

在機場場面運作方面，電動滑行系統亦有相當助益。除增加航機於場面活動之靈活性與控制力，也同步節省地勤拖車脫離作業所需時間，可提高航班準點率和航空公司的飛機利用率，緩解停機坪擁塞狀況。此外，減少對地勤拖車之需求，可降低停機坪上勤務車輛與人員數量，從而減少了碰撞與外物損傷（FOD）機會，也降低機場工作人員嚴重受傷或死亡風險。由於電動滑行系統係使用電動馬達運作，因此亦可延長飛機起落架煞車系統使用壽命。

儘管有這些優勢，電動滑行系統之運用仍面臨挑戰，包括機載系統增加的重量可能增加飛行中燃油消耗、APU 燃油消耗、需要進行飛機改裝和認證、可觀的採購成本，以及可能對飛行員工作量和培訓要求造成的改變。總結來說，電動滑行系統代表機場作業朝向更綠色、高效、永續之嘗試與努力，讓航空業界可有效地減少環境足跡、提高營運效率並改善地面安全，為航空運輸及機場環境永續帶來契機。

本計畫蒐集之航機到離場操作與地面運作替代方案可用以檢視國際機場環境永續之未來可能性，並供相關單位或業者作為未來擬定政策、修訂法規與調整作業規定之參考依據。

2. 機場導入智慧化節能減碳措施之需求及成效評估 [21]

在碳排放管理部分，張倍菁檢視機場智慧化節能減碳措施之規劃與效益評估。該論文首先回顧國際機場協會（ACI）推動之「機場碳認證計畫（Airport Carbon Accreditation, ACA）」定義與分級制度，並探討全球機場在節能減碳方面發展現況與實務案例。

在案例驗證部分，該研究利用高雄國際機場作為評估對象，透過問卷設計與專家訪談方式，建構機場導入智慧化節能減碳措施之需求調查，採用「重要性績效分析法（Importance-Performance Analysis, IPA）」，檢視各項措施實施優先順序。根據評估結果，機場航廈內智慧照明、空調系統及電力設備為優先導入項目，並建議與物聯網（IoT）及大數據分析技術整合，藉由能源使用效率之動態即時監控，有效管理建築設施之能源效率。

該研究進一步選定問卷中所提「半自動滑行拖車系統」作為節能減碳措施案例，並採用成本效益分析法（Cost Benefit Analysis, CBA）進行評估。評估標的是透過建構傳統滑行與獨立滑行之碳排放比較模型，評估以色列航太工業（IAI）TaxiBot 之減碳效果。結果顯示使用 TaxiBot 可大幅減少傳統滑行方式發動機產生之碳排放，進而達到降低環境衝擊與外部成本之效果。

整體而言，該研究整合問卷調查、績效評估與效益分析，建構一套可行的機場智慧化節能減碳決策評估模式。研究成果可作為機場推動智慧與永續轉型之評估參考。

第三章 國際組織政策發展趨勢

3.1 氣候變遷與調適

氣候變遷調適為全球航空永續策略發展與研究核心，避免機場營運受到海平面上升、暴雨洪水、熱浪與跑道軟化等複合風險影響，以確保航空安全與營運可靠性，再加上機場肩負「國家門戶」的高度公共可視度，其韌性管理措施往往成為利害關係人與輿論檢視的焦點，故本計畫分別針對當前國際主要之航空組織進行分析，綜整各組織於氣候變遷與調適制訂之政策、工具與衡量路徑成果，相關內容分述如下。

3.1.1 國際民航組織之氣候變遷與調適相關文件

1. 政策背景與目標

ICAO 自 2013 年起即將「氣候變遷調適」列為環境政策核心，並於 2022 年第 41 屆 ICAO 大會即通過「A41-21 號決議—環境保護(氣候變遷)綜合政策聲明」(Resolution A41-21: Consolidated statement of continuing ICAO policies and practices related to environmental protection — Climate change)中，要求協助成員國及航空業者辨識並降低海平面上升、極端降雨、暴潮與高溫等衝擊，其主要重點包括：

- (1) 定期更新氣候風險評估與調適指引。
- (2) 協助會員國及航空業者辨識並降低海平面上升、極端降雨、暴潮、高溫熱浪等衝擊。
- (3) 以「維持營運韌性、保護航空基礎設施安全」與 2050 長期淨零目標並行，形成「減緩+調適」雙軌策略。

此外，ICAO 2025 年「環境報告書」(Environmental Report 2025)氣候調適專章指出，亞太地區機場面臨的主要風險為：颱風暴潮(如 2018 年颱風「燕子」導致關西機場跑道浸水)、季風洪災(2011 年曼谷廊曼機場關閉 4 個月)與高溫熱浪，衍生跑道熱損及財務損失等問題。2025 年 ICAO 第 42 屆世界大會中，會員國亦針對目前對於氣候變遷風險評估與基礎設施韌性指引文件之需求，倡議應強化後續科研投入與國際合作。

在生物多樣性方面，ICAO 目前尚未針對此議題提出詳細的指引文件，但於 2025 年「環境報告書」中以「生物多樣性與以自然為本的解決方案：航空產業的新興議題」作為生物多樣性議題章節之引文，說明生物多樣性議題的發展歷史與各項研究之數據，ICAO 後續將推出生物多樣性相關文件於「環保機場工具箱」(Eco-Airport Toolkit)。報告書其他文章亦指出「以自然為本的解決方案」(Nature-Based Solutions)將是同時應對氣候變遷調適與生物多樣性減損的解決方案，可在提升機場營運韌性的同時修復生態系統。

2. 管理機制與策略

依據 2022 年 ICAO 最新版「氣候風險評估與調適報告」(Climate Risk Assessment, Adaptation and Resilience Report) 分別針對機場與航空營運面臨之氣候變遷評估風險以及應用對策訂定以下三大關鍵重點策略，共同構成 ICAO 官方管理模式，供各式機場規模與資源量能彈性套用，相關內容分述如下。

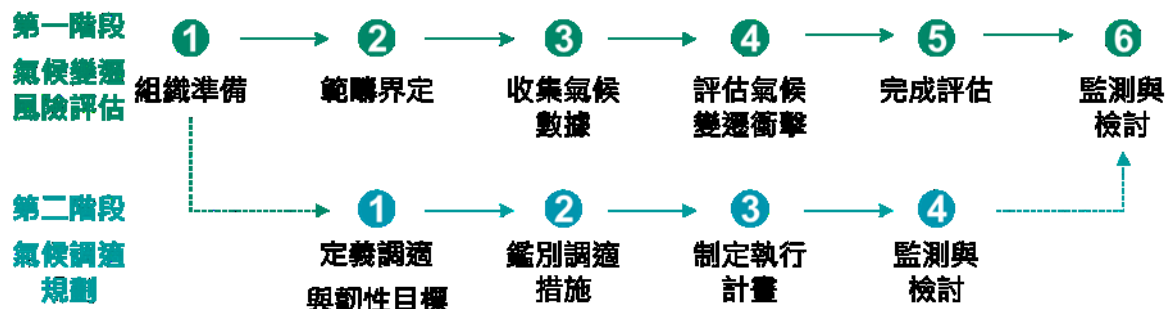
(1) 航空組織氣候變遷風險評估與調適規劃關鍵 [22] (Key Steps for Aviation Organisation Climate Change Risk Assessment and Adaptation Planning)

旨在引導機場與航空相關組織依循系統性流程，建構具科學依據且具備可執行性的氣候調適策略。其內容將氣候應對工作劃分為兩大核心階段，以確保調適行動能精準回應實際風險，並提升資源配置效益。

第一階段為「氣候變遷風險評估」，著重於識別、分析並量化氣候衝擊對航空基礎設施、營運系統與人員安全的潛在威脅。此階段包含蒐集歷史氣候與未來情境數據、辨識脆弱性資產、評估衝擊程度與可能性，進而建立風險等級分類與優先處理順序。

第二階段為「氣候變遷調適規劃」，在完成風險辨識與排序後，進一步針對關鍵風險制定具體調適對策。此階段涵蓋調適方案的篩選與評估、利害關係人參與、財務可行性分析、實施時程安排與監測指標設計，並強調與機場中長期發展計畫之整合。

整體流程採循序漸進且可滾動式更新的方式進行，確保機場在面對氣候變遷持續演化的挑戰下，能維持營運韌性與安全穩定。其完整執行架構如圖 3.1 所示，涵蓋從資料準備、風險評估、策略擬定到行動落實的各個關鍵步驟，提供實務操作與政策規劃的明確參考。



資料來源： [22]

圖 3.1 氣候變遷風險評估與氣候調適規劃之框架

① 第一階段：氣候變遷風險評估

此階段共包含六大步驟，旨在全面識別、分析及排序組織所面臨的氣候風險，如表 3-1 所示。

表 3-1 ICAO 氣候變遷風險評估六大步驟

步驟	目標內容
組織準備	取得高階管理層的支持、整合內部治理架構，並組建跨部門的評估團隊，奠定評估工作的基礎。
範疇界定	盤點機場土地、設施與營運流程，鎖定評估邊界與利害關係人，避免遺漏間接衝擊，使目標與範圍對齊。
收集氣候數據	整合歷史觀測、區域模式與排放情境，校對時間尺度與可信度，支援量化分析工作。
評估氣候變遷衝擊	依氣候因子建構風險矩陣，量化發生機率與衝擊等級，同步檢視現行應變能力及服務中斷容忍門檻。
完成評估	彙整結果撰寫報告，量化重點風險列表，向高層與關係人簡報，提出溝通策略與資訊公開計畫。
監測與檢討	制定 KPI 與回饋機制，定期追蹤風險指標與調適進度，確保策略持續更新並與最新標準對齊。

資料來源： [22]

② 第二階段：氣候變遷調適規劃

旨在將風險評估的結果轉化為具體行動，共包含四大步驟，如表 3-2 所示。

表 3-2 ICAO 氣候變遷調適規劃四大步驟

步驟	目標內容
定義調適與韌性目標	依資產關鍵程度、營運需求與法規要求，設定可接受風險閾值與量化績效指標，作為後續方案篩選與投資優先排序之標準。
辨識調適措施	透過利害關係人工作坊與專家評估，盤點分階段方案，並以多準則與成本效益方法比較可行性。
制定執行計畫	將優先措施納入資本支出與維運計畫，明確預算、時程與責任人；設定里程碑及監督機制，確保專案管理與落實成效。
監測與檢討	建置績效指標與資料收集系統，定期評估調適成效並更新氣候情境，並適時調整策略與資源，維持計畫動態適應性與韌性。

資料來源： [22]

(2) 氣候變遷航空組織脆弱性關鍵 [23] (Key Climate Change Vulnerabilities for Aviation Organisations)

旨在針對航空產業鏈中最為關注的四類主要氣候衝擊，系統性彙整氣候變遷所可能導致的營運、設施與人員風險，作為機場管理單位、營運方及相關主管機關擬定調適策略與進行韌性投資規劃之依據。透過此框架，各單位可明確掌握潛在衝擊與次級效應，據以制定預防性與回應性措施，提升整體系統抗災與恢復能力。

① 極端氣溫

極端高溫將對航空作業造成多重影響，不僅降低空氣密度進而削弱航空器升力，同時限制載重或延長起飛滑跑距離，亦導致跑道鋪面過熱軟化，提升結構變形風險。此外，航廈與機艙空調系統運轉負荷上升，增加能源消耗與設備故障率；高溫同時提高周邊地區野火發生的可能性，威脅空域安全。旅客與機場作業人員亦面臨熱傷害風險，影響健康與作業效率。

② 降水型態改變

氣候變遷導致降水更加集中且劇烈，暴雨事件將造成跑道積水，導致摩擦係數下降、煞車效能變差，進而引發航班延誤或偏離跑道等風險。排水系統若無法及時疏導，將引發淹水或結構損壞。寒冷地區則面臨雪冰堆積導致設施超載，增加除冰除雪的作業成本與時間，同時氣象預報精準度下降，也加劇航班調度困難，旅客與機組人員安全風險同步提升。

③ 風暴強度增大

颶風、強風與雷暴等極端天氣事件頻率與強度升高，對機場營運造成廣泛衝擊。強風限制跑道使用與空域容量，雷擊則迫使地面作業暫停，影響上下客、加油、行李處理等流程。風暴亦可能破壞電力、通訊與排水設施，造成航廈停電與通訊中斷；周邊道路中斷影響地面交通接駁，整體導致航班大量延誤或取消、緊急應變與設施修復成本激增等。

④ 海平面上升

沿海機場面臨海平面上升與風暴潮、高潮位重疊淹水的風險日益升高，恐導致航站設施與跑道遭受長期或永久性淹沒。聯外道路與捷運等基礎設施亦可能因浸水失效，癱瘓進出機場交通系統。即使短期未被海水覆蓋，海水倒灌與地下水位上升亦會導致排水系統回滲與失能，增加維修頻率與成本。頻繁的封閉、航班改道與長期重建投入，將對機場營運與區域經濟造成衝擊。

(3) 氣候變遷調適選項清單 (Menu of Adaptation Options)

旨在協助各國政府、機場營運單位及航空業者於完成氣候風險評估後，能迅速識別、篩選並評估適切的調適策略。該清單依據不同類型的氣候衝擊（如極端高溫、劇烈降水、強烈風暴及海平面上升），對應各類航空組織角色（例如：機場單位、飛航服務提供者、航空器營運人等），提供具體可行的技術與管理性調適措施。

透過此架構，機場管理或營運方可依據自身營運特性與所面臨之氣候風險，進行優先排序與可行性分析，作為中長期設計調整、基礎設施強化、緊急應變能力提升及政策整合之參考依據。相關內容如表 3-3 所示。

表 3-3 ICAO 建議氣候變遷調適選項

類別	應對類型	氣候變遷調適選項
機場 營運業者	極端氣溫	延長跑道、回收水降溫並加強建物空調效率，同時推動地勤防暑及野生動物管理。
	降水型態 改變	導入 A-CDM 與跑道狀態通報，完善除雪除冰流程；強化跑道排水、加購除冰設備等。
	風暴強度 增大	建立早期預警與應變計畫，結合區域支援網絡；加固設施、提升備援電力並移高關鍵資訊設備。
	海平面上升	保留濕地與紅樹林作天然屏障，升高跑道與道路，強化抽排能力及擋潮閘，必要時評估遷移或築堤防洪。
航管 服務業者	極端氣溫	加固偏遠導航設備，調整航機導航下滑道角度校正溫差，並評估員工降溫與健康安全程序。
	降水型態 改變	增設低能見度導航系統，引入衛星與預報資料，氣象專家即時支援管制決策，確保彈性與容量調度。

類別	應對類型	氣候變遷調適選項
	風暴強度 增大	建立早期預警與導航和航路指引，精確管理航線容量；備援遙控塔臺、後備電源與地下電纜提高持續運作力。
	海平面上升	恢復紅樹林等自然屏障，提升抽排泵浦並抬升建物與關鍵設備，規劃移轉或遠端服務確保不中斷。
航空 營運業者	極端氣溫	將重載航班移至夜間時段或減載，延長煞車冷卻並關閉遮陽簾降低艙溫，同時強化員工職業安全。
	降水型態 改變	更新除冰與暴雨作業程序，利用衛星預報靈活規劃航路，加強機坪除雪與跑道摩擦檢測以維持安全。
	風暴強度 增大	預先取消或改降航班並啟動應變計畫；採替代航路避開風暴區域，準備後備電源並固定設備。
	海平面上升	依機場風險調整基地或設立新據點，評估資產保險與遷移成本，確保供應鏈與航線網路持續運行。

資料來源： [23]

3.1.2 國際機場協會之氣候變遷與調適相關文件

1. 政策背景與目標

本計畫蒐整 ACI 亞太暨中東區 (ACI APAC & MID) 最新公開資料，顯示 當前區域層級對「氣候變遷調適」的核心行動有以下二點：

(1) 機場氣候韌性規劃招標指引 [24] (Tender Guideline for Climate Resilience Planning, 2022)

提供招標框架步驟與範例合約條款，要求機場在專案招標前期就量化氣候風險並將調適需求列入評選，以制度化方式把韌性思維內嵌進採購流程。

(2) 亞太暨中東機場氣候調適研究 (Climate Adaptation Study for APAC & MID Airports, 2024-2026)

制定階段性評估工具與試點計畫，將氣候資料與營運數據串接成動態風險資料庫與監測儀表板，並以成熟度自評、量化風險模型與視覺化報表協助機場持續改進。惟目前該計畫尚處尚未有完整報告公布，但仍有相關初期規劃內容與步驟公開與說明，後續將進一步追蹤與分析。

在生物多樣性方面，ACI 與美國國際開發署(United States Agency for International Development)合作於 2021 年公告「打擊野生動物販運手冊」 [25] (Combating Wildlife Trafficking Handbook)，提倡機場應採取作為並與相關主管機關合作以防範野生動物販運，並訂定營運政策作為宣示，如表 3-2 所示。



資料來源： [25]

圖 3.2 ACI 機場防範野生動物販運行動

2. 管理機制與策略

承前段所提「氣候變遷調適」領域之兩核心文件，兩者相互銜接：前者規定「如何委外做評估」，後者提供「做完評估後可沿用的區域化工具與資料平台」，相關內容分述如下。

(1) 機場氣候韌性規劃招標指引 (Tender Guideline for Climate Resilience Planning)

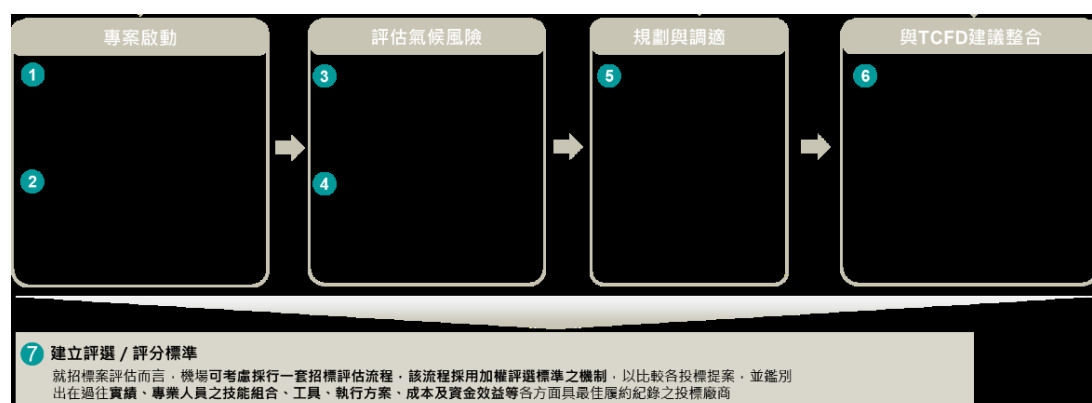
本指引由國際民航相關組織於亞太區域首度發布，為目前亞太地區唯一專為機場氣候韌性規劃與採購所設計的官方作業準則。其目的在於協助機場營運單位、政府主管機關及顧問業者在進行與氣候變遷調適相關之採購案時，具備標準化、具可操作性的流程參考依據，以確保執行品質與跨機場間的作法一致性。該指引主要重點如下所示。

① 建立採購條款範例

供機場可直接複製採購範例與契約，降低內部法務與技術門檻；例如在情境分析章節便規定顧問須列示至少兩種氣候路徑並說明方法論。

② 建立七步招標框架

建立一套前瞻性且具高度韌性的氣候風險管理框架，作為噢利害關係人參與之互動機制，共包含七大招標框架，如圖 3.3 所示。



資料來源： [24]

圖 3.3 ACI 氣候風險評估七步招標框架

整體而言，該指引為區域機場樹立了一套可招標、可衡量、可審計的標準化流程，確保氣候韌性行動具有一致品質並便於跨機場比較。

(2) 亞太暨中東機場氣候調適研究 (Climate Adaptation Study for APAC & MID Airports, ACI APAC & MID, 2024-2026)

旨在協助區域機場建立系統化、量化的氣候風險資料庫與調適決策支援工具，提升各機場在面對氣候衝擊時的預測能力、應變效率與治理韌性，更期望建構一套可被標準化應用、持續追蹤的評估架構，進而協助機場營運者、主管機關與產業投資人掌握風險資訊、評估調適效益與配置資本投入，並滿足監管機關與永續投資方對於氣候風險揭露的日益嚴格要求，亦利於整體航空產業與國際政策趨勢接軌。

此外，該研究涵蓋方法論建構、工具開發與系統實證，打造區域共享的視覺化預警與調適管理生態系統，使氣候調適從靜態報告走向即時動態應變，建立可擴充至整個亞洲的永續韌性治理框架，並對標 ACA 之審核補充，方便機場一次滿足監管、投資人與保險方的資訊需求，該研究之完整成果預計於 2026 Q1 正式對外發布。其其整體採三階段滾動式推動機制，各階段內容分述如下。

① Phase 1 (2025 Q1– 2025 Q3)

聚焦「基線與方法論」建構，其主要工作包括：

利害關係人訪談：涵蓋區域內不同氣候帶與規模的機場營運單位、監管機構、氣象服務、工程顧問與保險業者，蒐集現行資料流、決策痛點與監管期望。

文獻與案例盤點：系統整理國際標竿先進機場的韌性評估方法，並比對亞太地區常見基礎設施參數(跑道結構、供電冗餘等)，形成區域化參數庫。

方法論與指標架構草擬：依訪談與文獻成果，完成第二階段核心分析工具資料欄位、計算邏輯與輸出格式草案及 KPI（如關鍵資產風險暴露度、延誤成本、風險調適投資率等），供後續試點精簡。

② Phase 2（2025 Q3）：

利用 ACI 公布之「氣候風險檢核工具」向區域內評估機場發送氣候風險成熟度檢核問卷，透過 20-30 題量表對治理架構、資料基礎、技術能力與人才培訓四大面向打分，輸出雷達圖與差距分析，據以遴選代表不同氣候帶與規模之場站進入深度試點。

並針對深度試點機場將使用「氣候風險評估工具」匯入各式情境與資產清單的 Excel／雲端平台—自動生成資產層級之暴露度-脆弱度-結果量化模型、損失曲線與投資優先序表，並支援敏感度分析與成本效益，形成「自評→量化→監測」閉環，同時為後續 Phase 3 儀表板 KPI 與綠色融資披露建立資料基線。

③ Phase 3（2025 Q4 -2026 Q1）：

建置雲端監測儀表板定期報告模組，將前兩階段產出之資料流整合集成，儀表板以網頁／雲端形式運行，可透過機場氣象站、跑道溫度感測器、航班運行系統及維修資料倉庫進行資料交換，顯示即時指標如極端降雨量、機坪表面溫度及延誤成本趨勢，並將風險警報直送運行控制中心或手機端。

④ 預期成果

完成成熟度自評問卷、資產層級損失曲線模型、成本效益分析套件，並提供範例資料庫供會員下載。以及舉辦用戶需求工作坊、線上教學與案例分享，確保工具可被不同規模機場採用。相關指標將與 ACA Level 5、TCFD 披露欄位對接，方便機場一次性滿足多方監管與投資要求。並在 2026 年後預計擴大至南亞與中亞其他子區域，並逐步納入「極端氣候事件後快速評估」模組，形成區域共享的災害數據生態系。

3.1.3 國際航空運輸協會之氣候變遷與調適相關文件

整體而言，IATA 目前仍以「減緩（淨零排放）」為主軸；對於暴雨、洪水、高溫等「氣候變遷調適／韌性」議題，並未明確發布類似 ICAO 或 ACI 的專屬政策文件或行動藍圖，其主要透過與 ICAO 保持密切合作關係，特別是在 CORSIA 機制、SAF 全球框架及永續評估標準等議題上協同推動與相互參照。

在生物多樣性方面，IATA 作為航空運輸業組織，主要著重在非法野生動物販運之議題，並開發生動物模組(Wildlife Module)結合入 IATA 環境評估(IEnvA)中。模組主要針對營運單位因應野生動物販運之管理計畫進行檢核。以下針對 IATA 之政策、目標/指標、行動方案之面相進行分析，彙整如表 3-4 所示。

表 3-4 IATA 針對氣候變遷議題現況

IATA 現況	
政策層級	現階段 IATA 核心之風險管理文件-「整合風險與韌性管理手冊」(Integrated Risk & Resilience Management Manual,IRRM)屬「全災害」框架，僅在應急章節列舉暴雨、熱浪等情境示例，未明確制定任何面向機場基礎設施之適應政策或技術標準，主要依據 ICAO 與 ACI 最新政策施行。
目標指標	主要依據 ICAO 與 ACI 最新政策施行。
行動方案	目前 IATA 主要職責對象為航空公司，並無直接管轄或規範機場之權限，因此在氣候調適領域，相關規範多由各會員航空公司依據自身營運環境，自行擬定標準作業程序；對於機場端的適應需求，IATA 並未制定明確的適應門檻、情境測試指引或最低合規標準，整體作法偏向由個別業者自主調整。

3.1.4 國際組織氣候變遷與調適發展趨勢

在全球極端氣候衝擊日益加劇的情勢下，國際主要航空組織逐步將「氣候調適」納入永續發展與風險治理架構中，然而不同組織因其職能定位與推動重點不同，策略內容與成熟度呈現顯著差異。

ICAO 為目前在氣候調適議題上制度化程度最高的國際組織，自 2013 年起即將調適納入環境政策核心，並於 2022 年發布「氣候風險評估與調適報告」，建立涵蓋六大風險評估步驟、四大氣候衝擊類型與調適規劃的整合性策略框架，強調以科學為基礎進行氣候資料收集與風險量化，並依組織類型（機場、航管、航空公司）提供差異化調適措施，協助成員國與業者建構具體可行的韌性治理機制。

ACI 則聚焦於招標流程制度化與區域工具建置，依據 2022 年所發布的「機場氣候韌性規劃招標指引」率先將氣候風險評估要求納入採購規範，並預計於 2026 公布之「亞太暨中東機場氣候調適研究」，擬推動三階段試點計畫，開發包含成熟度檢核、風險評估模型與雲端監測儀表板等一系列管理工具，建構自評、量化與視覺化的閉環管理體系，進一步提升資訊揭露透明度與國際接軌能力。

相較之下，IATA 在氣候調適方面的發展相對保守，現階段仍以淨零排放等「減緩」作為政策主軸。針對調適議題主要依據 ICAO 與 ACI 最新政策施行，未建立專屬政策架構或技術標準。

在生物多樣性方面，ICAO 已針對生物棲地與物種之保護與「以自然為本的解決方案」提出討論，預計後續將有更完善之指引。而 ACI 與 IATA 則維持以非法野生動物販運之管控為主。

以下整理主要之航空國際組織針對機場氣候變遷與調適推行之政策措施與建議，如表 3-5 所示。

表 3-5 機場氣候變遷與調適主要措施彙整表

面向	ICAO 措施	ACI 措施	IATA 措施
政策基礎	2022 年發布「氣候風險評估與調適報告」，建立一體化策略框架	2022 年「招標指引」、2026 年公布之「調適研究」建立標準化流程與資料工具	主要參照 ICAO、ACI 最新政策
評估方法	六步驟風險評估與四步驟風險規劃	七步招標流程涵蓋情境分析與風險量化	
氣候衝擊	鎖定高溫、降雨、風暴、海平面上升四大衝擊分析	依據各地極端氣候特性設定參數庫與模型訂定	
調適措施	提供機場、航管、航空公司三類調適指導	開發檢核工具與資產風險量化模組供自評	

3.2 能源使用及碳排放管理

能源使用與碳排放管理為全球航空永續發展策略之關鍵核心，旨在降低機場及航空作業對環境所造成之影響，強化對氣候變遷之緩解能力。隨著各國陸續設定淨零排放目標，機場面臨需全面提升能源效率、導入再生能源、電氣化地面設備與航廈設施、建構碳排放監測及揭露機制等多重挑戰。本計畫將針對當前主要國際航空組織進行分析，綜整其於能源使用與碳排放管理所制定之政策目標、管理機制、行動工具與推動成果。

此外，本計畫考量能源使用為航空營運中碳排放的主要來源，碳管理策略亦多以能源效率提升與能源結構轉型為基礎，兩者具高度關聯性，實務上無法分離評估，故本計畫將其作為一體進行統整分析，相關內容分述如下。

3.2.1 國際民航組織之能源使用與碳排放管理相關文件

1. 政策背景與目標

自 2016 年 ICAO 第 39 屆大會通過「國際航空碳抵消與減排方案」(CORSIA)，作為實現 2020 年碳中和增長目標的全球市場機制。隨後各會員國與航空業者共同努力，自 2021 年起實施 CORSIA 的試行階段，監測並抵消 2020 年水準以上的航班碳排放增量，面對長期減碳需求，ICAO 在第 41 屆大會 (2022 年) 通過了 2050 年淨零排放的長期願景目標 (Long-Term Aspirational Goal, LTAG)，宣示 2050 年前國際航空業實現淨零碳排放，這一目標標誌 ICAO 政策重心從「碳中和增長」提升到絕對減排；並續於第 42 屆大會 (2025 年) 由各會員國宣示採納「ICAO 永續航空燃油、低碳航空燃料與其他潔淨能源之全球框架」(ICAO Global Framework for Sustainable Aviation Fuel, Lower Carbon Aviation Fuels, and Other Cleaner Energy Sources)，支持文件中 2030 年藉由低碳燃料使用達到 5% 二氧化碳減量之中期目標。

整體而言，ICAO 環境政策的背景可概括為：在國際氣候目標驅動下，透過設定明確減排願景與階段性目標，協調全球航空業共同減少溫室氣體排放，確保航空運輸的持續安全與效率發展，以期到 2050 年實現國際航空淨零排放，並降低營運成本、改善機場空氣品質、提升能源自給等附加效益。

2. 管理機制與策略

(1) 再生能源推廣

① 政策措施

ICAO 鼓勵在航空領域廣泛使用再生能源，特別是機場場站等設施利用太陽能、風能等以替代傳統化石能源，降低間接碳排放並改善機場周邊空品，提升能源供應的可靠性並節約成本。

ICAO 在 2019 年啟動的 ICAO-UNDP 全球環境基金 (GEF) 合作專案中，專門制定了「航空領域可再生能源：達成碳減排與成本節省的實務應用」指導文件 (Renewable Energy for Aviation: Practical Applications to Achieve Carbon Reductions and Cost Savings)，向各國民航主管機關與機場提供推行再生能源的策略建議與案例，以實際案例驗證可再生能源在機場供電中的可行性和效益，供其他國家參考複製。

② 推動方式

ICAO 鼓勵各會員國航空部門採取行動，針對再生能源使用訂定強制性標準，透過工作坊和知識共享平台 (如：綠色機場研討會) 交流各機場導入太陽能、風力發電的經驗，並與 ACI 合作推廣 ACA 減碳計畫，間接鼓勵機場提高再生能源佔比以達到更高等級的碳管理認證，並提供相關機場建築生態設計指南 (例如：Eco-Airport Toolkit 系列) 示範成功案例並凝聚國際共識，促進航空業自發投入再生能源轉型。

(2) 建築與設施能效提升

① 政策措施

ICAO 倡導新建和改造航空基礎設施時採用綠色建築設計及高能效設備，例如安裝 LED 照明、高效空調通風系統、建築隔熱與智能控制系統等，以降低用電需求和燃料消耗，依據 ICAO 「機場建築生態設計指南」 [26](The Eco Design of Airport Building) 以及環境技術手冊中，收錄了機場在建築設計與營運中節能減排的最佳實踐。ICAO 並鼓勵各國在其國家航空減排行動計畫中納入建築節能專案，將之作為實現減碳目標措施之一。

根據 ICAO「機場建築生態設計指南」，在規劃機場建築之生態設計時應評估之項目包含：環境管理系統、設施之座向與交通、能源需求最小化的建築設計、能源來源與儲存、暖通空調、橋氣橋電、建材之隱含碳以及範疇 3 之碳排減量配套措施、廢棄物管理、水資源管理與滯留與循環經濟。此文件亦提供 4 座機場導入環保設計之案例，以阿布達比國際機場 A 航廈為例，其座向納入日照軌跡之考量並設置天窗，同時藉由特殊的屋頂設計使日照角度不會直接照入旅客空間，以將自然光之應用最大化，另配合日照模擬設置智慧化照明控制系統減少開燈時數與區域。此外，亦強化了屋頂與外牆的隔熱、新鮮風系統調節航廈內部溫度。最後配合高能效設施之導入，使整體節能效率達 14.5%。

② 實施機制

ICAO 主要透過知識分享和政策引導的方式提升業界對能源效率的重視，例如在組織的環境研討會和培訓中，經常安排機場能源管理議題，介紹能源技術和節能改造案例。ICAO 與各國能源部門也加強協調，鼓勵民航當局與國內能源/環境主管機關合作推動機場節能項目。

依據 ICAO 發布的指導資料指出，民航單位如要在機場實施節能改善（如照明設備更新或空調系統升級），應及早爭取國家能源署在技術支援與資金方面的協助。此外，ICAO 也支持採用國際標準（例如 ISO 50001 能源管理體系）來系統性管理機場和航空公司的能源使用，以持續優化能源效率。

(3) 能源監測與管理系統

① 政策措施

ICAO 將能源監測與管理視為機場提升能源效率及減少碳排放的基礎性措施，並鼓勵各會員國之民航主管機關與機場營運單位建置完善的能源監測管理系統。該政策主張透過資訊化工具，即時掌握機場各項設施之能源消耗狀況，作為制定節能方案與執行成效評估之依據。

② 實施機制

鼓勵機場導入智慧電表與能源管理平台，對航廈空調系統、照明、行李處理設施、地面車輛、鍋爐與外購電力等用能來源進行即時監測、記錄與分析。透過系統化數據追蹤，可即時發現異常能耗並調整操作策略，進一步提升能效表現。

(4) 碳排放盤查與揭露

① 政策措施

ICAO 自 37 屆大會以來鼓勵各會員國制定航空二氧化碳減排國家行動計畫，內容包括該國國際航空營運的碳排放基線、未來排放趨勢預測以及擬採取的減排措施。透過行動計畫平台，各國向 ICAO 自願報告其航空排放盤查結果及政策進展，累計至 2018 年已有超過 106 個國家提交了行動計畫，覆蓋 90% 以上的全球航班活動。ICAO 將此機制作為分享最佳實踐與評估全球減排進度的重要途徑。

在機場營運方面，參考「Eco-Airport Toolkit」內容，ICAO 建議執行氣候減緩計畫前，機場應先透過 ACI 之機場碳與排放量報告工具(Airport Carbon and Emission Reporting Tool, ACERT) 或參考機場碳認證(Airport Carbon Accreditation, ACA)之應用手冊建立機場之排放基線，以進行後續之規劃。

考量航空產業主要之碳排放係來自航機營運的碳排，ICAO 亦制定國際航空業碳抵換及減量計畫(Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation, CORSIA)作為全球性的市場碳抵換機制。CORSIA 提供了強制性的碳盤查與揭露框架，要求所有從事國際航班的航空營運業者都須對燃油用量和二氧化碳排放進行監測、報告和驗證(MRV)，且 CORSIA 參與國家間之航線應按 CORSIA 之要求進行碳抵換。

② 實施機制

為確保排放盤查與報告的品質，ICAO 採取多項配套措施：制定詳細的 CORSIA 實施手冊與核查指南，提供各國統一的評估方法。ICAO 也定期在環境報告中公布全球航空碳排放統計和減排行動成果，以供公眾查閱，確保碳排放盤查工作的標準化與公開化。

儘管 CORSIA 僅認列航機在滑行與飛行期間之碳排放，地面作業其間之碳排放仍會列入航空公司營運之碳排放總量，因此，航空公司仍需藉由機場管理單位之設施配套以減少相關作業產生之碳排放。

(5) 地面輔助設備電動化

① 政策措施

ICAO 倡導地面輔助設備電動化，以電池動力設備取代燃油車輛，從而實現場內運作的零排放或低排放。近年 ICAO 在多個場合推廣將停機坪登機梯車、行李牽引車等柴油設備更換為電動設備，並提供清潔電力來源，消除化石燃料產生現場排放。

② 實施機制

ICAO 透過技術手冊和國家行動計畫框架推動 GSE 電動化的落實。在與聯合國開發計畫署合編的減排措施指南中，就明確建議各國民航管理部門評估更換電動地勤設備的可行性，包括提供基礎充電設施、更新採購規範等方面。此外，ICAO 與各區域民航會議合作推廣經驗交流，如透過亞太、歐洲等地區研討會分享機場電動化設備的實施案例、標準制定。ICAO 也與航空產業界協調，鼓勵航空公司和地面服務公司投資電動化升級。

(6) 航廈與航機運轉排放減量（包括 SAF）

① 政策措施

航廈運轉減排方面：ICAO 倡導廣泛採取機場場內減碳措施，例如：為停場航機提供橋載電源與預調空氣（以 GPU 替代 APU），使航機在地面停留期間關閉機上引擎與 APU，改由地面清潔能源之 GPU 供電供冷，減少航機地面停靠時的燃油消耗和排放，同時降低噪音。此外，ICAO 鼓勵改進場面交通管理，例如優化滑行路徑縮短滑行時間、採用單發滑行技術，以及提升航班地面調度效率，有助於減少燃油燃燒從而降低排放。

航機飛行減排方面：ICAO 近年工作重點是促進 SAF 研發和使用，並制定相關全球框架政策，以降低全生命周期碳排放的航空渦輪燃料。ICAO 自 2017 年第二屆航空替代燃料會議上提出「2050 年 ICAOSAF 願景」，期望 2050 年讓 SAF 成為航空主要燃料之一，並於 ICAO 於 2023 年 11 月在杜拜舉行的第三屆航空替代燃料會議上，通過了「ICAO 全球 SAF、低碳航空燃料及其他清潔能源框架」（Global Framework for SAF, LCAF and other Cleaner Energies）。確立了 2030 年的階段性目標，以減少國際航空業 CO₂ 排放 5%（相較無使用清潔能源的基準情境），表明 ICAO 會員國將擴大量產與使用 SAF 和低碳燃料。

② 實施機制

在提升航機運行效率方面，ICAO 持續推進營運減排措施的標準化，例如縮短航路、實施空中交通管理，強化減少航班延誤、鼓勵航空公司採用節油飛行作業程序等。這些均屬 ICAO 減排政策中的「營運措施」一環。

為推動 SAF 從試驗走向商用，ICAO 採取了多管齊下的策略。在標準與監管層面，ICAO 成立航空環境保護委員會制定了 SAF 的環境可持續性標準和認證規範，用於評估燃料全流程碳減排效益，並將其納入 CORSIA 機制下的「合格燃料」認定，以經濟誘因鼓勵航空公司使用 SAF。在政策協調層面，ICAO 透過全球框架為各國提供政策指引，內容包含統一的 SAF 定義、永續原料清單、鼓勵措施範例等，協助各國制定符合自身情況的 SAF 扶持政策。

同時 ICAO 亦重視各國能力建構與合作，於 2022 年 6 月啟動「援助、能力建設與訓練—SAF」(Assistance, Capacity-building and Training for Sustainable Aviation Fuels (ACT-SAF) Programme) 全球計畫，聚集 150 多個國家和組織參與，透過一系列活動（專題培訓、可行性研究、示範項目）支援會員國發展 SAF 產業鏈，包括技術轉移、認證流程指導和政策制定建議等。

綜上，航廈與航機運作減排政策涵蓋多維度層面，包括地面用電替代燃油、提升調度效率及加上燃料本身低碳化，共同組成 ICAO 近年倡導的航空減碳技術策略組合。

(7) 國際合作與政策推動機制

ICAO 深知各國在資源和技術上的差異，因此在政策實施上強調國際合作和能力建構。近五年來，ICAO 透過「不漏掉任何國家」(No Country Left Behind) 倡議架構下的一系列計畫，協助會員國推動能源與減排政策落地。主要的合作機制與推動方案包括：

① 國家行動計畫倡議

ICAO 自 2010 年起推動各國編制航空減排國家行動計畫，提供各相關部門協作的平台。透過指定國家聯絡點並成立跨部門團隊，彙整國內航班活動數據、研擬減排措施清單和路徑圖。行動計畫的制定過程促進了民航局與能源、環境等單位以及航空公司、機場之間的合作，增進對航空排放現況和減排選項的共識，並定期評估各國行動計畫進展，藉此鼓勵各國持續更新目標並採取行動。

② CORSIA 實施援助

為支援各國履行 CORSIA 下的監測報告義務，ICAO 理事會在 2018 年核准了「援助、能力建設與訓練——CORSIA」(Assistance, Capacity-building and Training on CORSIA (ACT-CORSIA))計畫。該計畫採取導師帶領的夥伴計畫，由有經驗的國家協助其他國家建立排放監測系統和法規。ICAO 也提供標準化工具（包括政策法規、常見問答、培訓教材等）給各國主管機關參考。在 2019-2020 年間為全球超過 100 個國家舉辦了系列研討會和線上課程，大幅提升了各國報送碳排放清冊與核查的能力，確保 CORSIA 得以順利啟動並運行。

③ SAF 援助

該計畫重點在於動員多方資源支援會員國發展 SAF，截至 2024 年已吸引 150 多國參與，其中包含組織配對（對接有 SAF 經驗的國家與起步國家）、專家顧問（提供技術與政策諮詢）、示範項目資助（協助籌措試點生產設施經費）等多種形式。例如，協助有意願之國家開展 SAF 原料供給及煉製可行性研究，並聯合產業和開發銀行投入資金建設小型生產廠，讓這些國家分享 SAF 供應鏈的經濟機會。

同時，ICAO 也在全球和區域性會議上倡導建立國際 SAF 合作夥伴關係，鼓勵發達國家、航空公司攜手發展 SAF 產業，以實現「共同但有差別」的減碳責任。

綜上所述，ICAO 在近五年的能源與排放管理政策推行上，充分運用了制度框架+協助計畫的雙重手段：一方面制定全球共同願景與標準以引導方向，另一方面透過國際合作和援助計畫確保各國有能力跟進實施。這種協調統籌的推動機制，使 ICAO 能源與環境政策得以在全球範圍內逐步展開，朝向 2050 淨零排放的終極目標穩步前進。

3.2.2 國際機場協會之能源使用與碳排放管理相關文件

1. ACI World 政策背景與目標

ACI World 在近年來積極引領機場業界朝向清潔能源轉型與減碳發展，並強調氣候變化帶來的挑戰，承諾協助全球機場採取創新之解決方案，以降低航空業環境影響。其政策方向聚焦於 2050 淨零碳排放承諾、推動清潔能源與技術、碳盤查與減量機制及資訊揭露與永續融資等關鍵領域。

(1) 2050 淨零排放長期目標

於 2021 年與全球會員機場共同設定了長期淨零碳排放目標，承諾「2050 年前實現淨零二氧化碳排放」，並與 ICAO 在 2022 年通過的 LTAG 接軌，呼籲政府提供必要支持，協助機場實現此淨零願景。為支撐該承諾，ACI World 完成了「ACI 世界長期碳目標研究報告」 [27] (Long Term Carbon Goal Study)，以數據與科學分析制定全球機場業減碳路徑。

(2) 清潔能源與技術推動

於 2023 年第 33 屆 ACI 世界大會決議明確呼籲各國政府支持機場取得再生能源並應用更清潔技術，提供技術與經濟援助並完善法規，幫助機場場址部署再生電力及相關基礎設施。ACI World 也注意到航空替代燃料的重要性，積極響應 ICAO 關於加速 SAF 部署的號召。ACI World 已於 2023 年加入 ICAO 的 ACT-SAF 計畫，協助 SAF 的研發與普及。此外，ACI World 與世界經濟論壇合作發起「明日機場」(Airports of Tomorrow) 倡議，加速機場淨零轉型並提升永續韌性。

(3) 機場碳盤查與減碳機制

ACI 推出了全球性的機場碳認證計畫 (ACA)，此計畫自 2009 年由 ACI Europe 發起，後成為全球機場碳管理的統一標準。截至 2023 年，全球已有超過 500 座機場參與該認證，透過盤查範圍內的碳排放並採取減排行動，同時帶動利益相關方減少範圍排放。ACA 計畫設計了逐級進階的認證等級，協助各階段的機場逐步提升碳管理表現，最終目標達到碳中和，也提供相應之配套工具，如 機場碳與排放量報告工具 (ACERT)，幫助機場量化全年各類溫室氣體排放並產出碳清冊，為申請碳認證提供所需數據。又如航機地面能源系統模擬器，協助分析以場內 GPU 取代 APU 的環境與經濟效益，可計算燃油減少量及減排效果。透過這些機制與工具，ACI World 協助機場建立能源監測與碳管理體系，以資料驅動持續減碳。

(4) 資訊揭露與永續治理

ACI World 強調環境資訊揭露和永續治理 (ESG) 在機場減碳轉型中的關鍵作用。ACI World 已發布了「ESG 管理最佳實踐指南」 [28] (Environmental, Social, and Governance Management Best Practice)，幫助機場建立健全的 ESG 管理和報告架構。由於全球永續報告框架眾多、缺乏針對機場的統一標準，ACI World 決議著手制定一套適用於機場業的 ESG 報告框架。未來該框架將作為機場自願採用的工具，提升資訊透明度與可比性，增進利害關係人信任，同時有助機場獲取綠色金融資源來支持減碳項目。ACI World 認為強化 ESG 披露與永續金融的結合，將有助於機場業加速實現淨零排放目標。

2. ACI 亞太區政策背景與目標

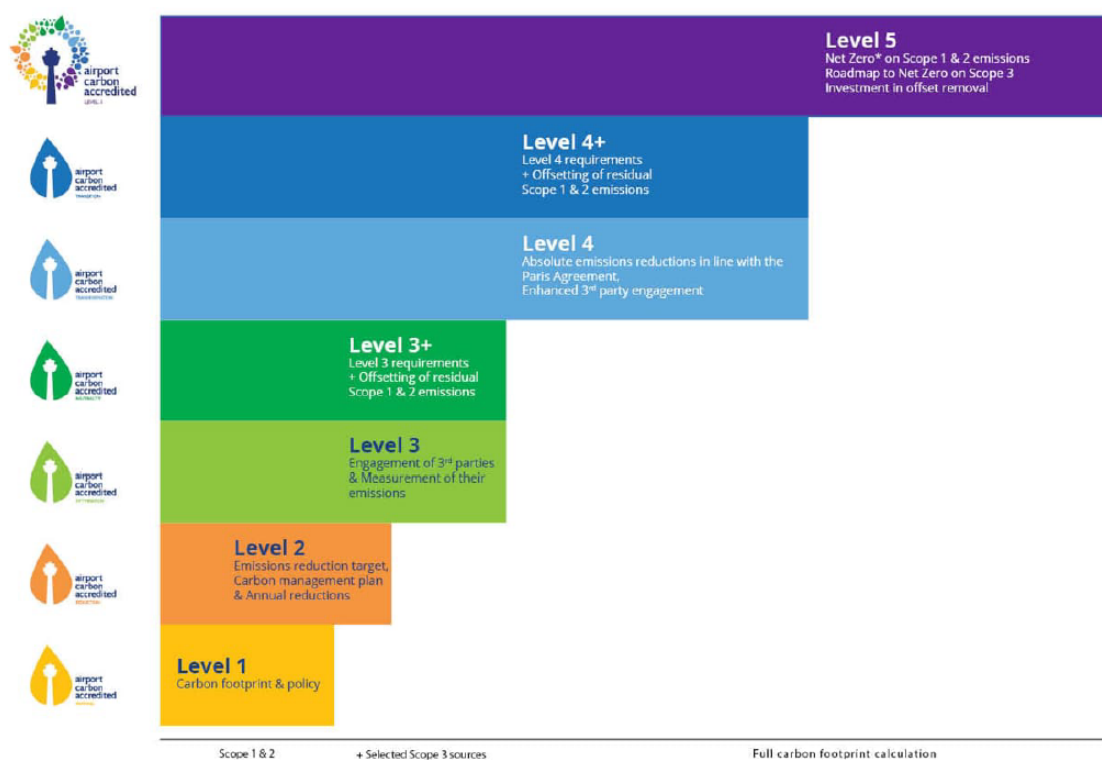
亞太區的機場是全球航空業中第一個集體承諾淨零 2050 的板塊。早在 ICAO 成員國正式通過 LTAG 目標之前，亞太及中東區域的 ACI 機場會員已於 2022 年在新加坡舉行的區域大會上一致通過決議，承諾支持 2050 淨零目標。這項積極的區域承諾帶動區內愈來愈多機場自行制定淨零路線圖與中期目標，目前已有 30 多座亞太及中東機場宣布將於 2050 年前達成淨零碳排放。此舉標誌著亞太區機場業務正將永續發展納入核心使命，從被動遵循轉變為主動引領減碳永續深植於機場營運中，立志在滿足航空成長需求的同時實現長期減碳。

3. 管理機制與策略

(1) 機場碳認證計畫 (ACA) 推廣與減碳成效

ACI 亞太區大力推動區內機場參與 ACA 計畫，將其作為將願景轉化為行動的有效工具該區的參與程度不斷提高，目前亞太及中東共有 115 座機場取得 ACA 認證，占區域總客流的近 1/3。透過這一框架，區內機場在 2023 年度共減少了超過 529,000 公噸的二氧化碳當量排放，相當於超過 10 萬戶家庭一年的能源使用量。此外，ACA 計畫自 2020 年起新增第四級認證（轉型級）及 4+級（轉變

級)，並在 2023 年新增第五級認證(「Net Zero」最終級)，導入淨零對標理念，要求最高級別機場制定符合科學減碳路徑的淨零計畫並公開報告進展。透過 ACA 的逐級引導，亞太區機場普遍建立了碳排放盤查制度並定期揭露績效，形成區域內透明的減碳競賽環境。其 ACA 分級標準如圖 3.4 所示。



資料來源： [29]

圖 3.4 ACA 分級標準

(2) 淨零路線圖輔導計畫

除了認證，ACI 亞太區開創了實務取向的「淨零路線圖」支援方案，以協助各機場制定量身定制的減碳戰略，提供實地診斷和專家指導，內容包含盤點排放源、設定科學減排目標以及規劃基礎建設、營運、能源系統各方面協調的減碳行動，亦協助機場評估資本支出需求、建立治理架構並尋找可行的融資方案。

(3) 綠色機場最佳實踐表彰

ACI 亞太區自 2016 年起每年舉辦「綠色機場表彰」(Green Airports Recognition, GAR) 活動，藉由主題徵集和獎勵機制激勵機場分享環境創新舉措，透過經驗分享與表彰，機場間形成良性競合，不斷湧現創新的永續解決方案。

2025 年綠色機場表彰的主題即為「機場的永續能源」(Sustainable Energy at Airports)，旨在突出業界透過創新能源方案來減少環境足跡的努力。ACI 亞太區鼓勵會員提交在能源管理方面的突破性措施，包括 SAF 的使用、太陽能等再生能源專案、使用生質綠色柴油、電動化車輛與地面設備、綠色建築與淨零能耗建築設計，以及各種提升能源效率的優化措施。

(4) 提高能源效率與再生能源利用

在 ACI 亞太區的倡導與分享機制推動下，區內機場普遍將提升設施設備能源效率及擴大量能替代作為減碳策略重點。許多機場新建或改造航廈時採用綠建築標準，如高效空調、LED 照明、自動能耗管理系統等，以降低單位旅客能耗。同時，再生能源設備的導入也大幅成長，積極部署再生能源，透過太陽能、風能等提高綠電比例以抵消傳統能源排放。

此外，機場普遍引入能源監控與管理系統（例如建築管理系統 BMS、ISO 50001 能源管理體系等）來即時監測各用能設備表現，及早發現低效率環節並優化運行設定。這些能源效率提升與清潔能源佈署策略的推行，使區內機場單位營運量能耗和排放強度逐年下降，在旅客量回升的同時有效控制了場內排放增長。

(5) 場內車輛設備電動化與低碳運作

亞太區機場也在加速推進地面運作的電氣化轉型，尤其針對場內車輛和地面支援設備（GSE），許多大型機場制定了服務車隊和 GSE 替換計畫，逐步以電動或替代燃料設備取代傳統柴油車輛，或投用電動登機梯、電動行李拖車、電動客梯車，同時建設充電基礎設施等。

在航機運作方面，區內機場廣泛提供 PCA，並推行禁用 APU 政策，要求航機關閉輔助動力並使用地面電源供冷供電，以減少燃油消耗和排放。此外，也鼓勵機場研究電氣化或低碳替代技術來優化空側運作，例如電動巴士、行李處理系統節能改造、空側協同減碳（縮短滑行和等候時間）等措施。

(6) SAF 應用與推廣

雖然航空器排放主要由航空公司管控，但機場作為關鍵支點，可在 SAF 推廣中扮演重要角色。ACI 亞太區積極支持區內機場參與 SAF 項目試點與供應鏈建設。

於 2025 年綠色機場表彰的案例中，有多個專案聚焦 SAF：例如關西機場的 SAF 本地供應鏈計畫獲白金獎，名古屋中部機場的廢油製 SAF 專案獲金獎。此外，新加坡樟宜機場、阿聯酋阿布達比機場等也先後參與了示範性 SAF 航班計畫。ACI 亞太區在區域和國際會議上倡導政府採取行動，加速 SAF 認證、生產與使用，制定明確的 SAF 永續標準等。

(7) 資訊揭露與政策倡議

在環境資訊公開方面，許多大型機場（如香港、新加坡、雪梨等）已定期發布永續發展報告，披露其碳排放數據、能源使用情況和減排措施成果，亦定期進行環境基準調查，收集區內機場在能源、水資源、廢棄物和碳排放方面的統計，以追蹤整體進展並發現不足。

在 ACI World 擬定全球機場 ESG 報告框架的同時，亞太區將結合區域特點提出指引，協助機場滿足當地監管和利益相關方對資訊揭露的期望，除了技術層面的支持，ACI 亞太區還積極在政策層面發聲：透過與各國民航當局、區域組織合作，確保機場的能源與減排需求被納入政策議程。透過這些倡議，ACI 亞太區在政府與業界之間架起溝通橋樑，使倡議與落實並行，一方面在國際場合爭取政策和資金支持，另一方面透過技術專案幫助機場提升績效，雙管齊下推動區域內從目標到行動的落地。

綜上所述，ACI 亞太區在能源使用與排放管理上已建立起目標明確、機制完善、行動導向的政策架構。從 2050 淨零願景，到推廣碳認證和分享最佳實踐，再到開展淨零輔導和氣候韌性研究，亞太區正將 ACI World 的宏觀策略細化為區域行動方案，並結合區域快速成長和多樣化的情況採取務實措施。

3.2.3 國際航空運輸協會之能源使用與碳排放管理相關文件

1. 政策背景與目標

近年來航空業面臨日益嚴峻的氣候變遷挑戰，國際和社會各界對減碳要求不斷提高。2021 年 10 月，IATA 第 77 屆年會通過決議，承諾航空業在 2050 年前達成淨零碳排放目標，將航空運輸業與「巴黎協定」目標對齊，包括航空公司、機場、航管單位、製造商等共同減碳。

IATA 的政策目標是鼓勵機場在能源使用與排放管理上採取永續行動，同時確保航空運輸整體效益最大化。為取得最大的環境效益，機場在推行環保投資時應避免增加過多成本以免阻礙航空公司在機隊、燃料和技術方面的減碳投資。換言之，機場的永續發展須與航空公司的減排努力相輔相成，透過有效的成本管理與效率提升來支持航空業整體減碳。由於航機運行是航空碳排放的最大來源，機場應優先投資於能顯著降低行業總碳足跡的項目，並在與航空公司協商下經審慎成本效益分析後實施，確保有限資源用於減碳效益最突出的領域。

為推動上述目標，IATA 於 2022 年 11 月發布了「機場環境永續政策」[30] (Airport Environmental Sustainability) 立場文件；同年並推出 IATA 環境評估計畫擴展版 (IATA Environmental Assessment for Airports and GSPs, IEnvA, 2022) 以協助機場強化環境管理，並於 2024 年發表「減碳淨零排放路線圖」(Net Zero CO₂ Emission Roadmap) 系列文件提出具體行動藍圖與目標。

2. 管理機制與策略

(1) 再生能源使用推動

機場正積極提高再生能源在營運中的比重，透過場內外採購或自建發電來降低對能源的依賴。IATA 建議機場評估可行的再生能源機會，如在場站安裝太陽能板、採用風能或地熱，以及購買綠電等。隨著技術進步和規模經濟，再生能源供應日益增加、成本下降，提升了其在機場應用的經濟可行性。推廣再生能源有助於直接減少機場設施運轉的範疇二排放（外購用電等）和範疇一排放（自行發電供熱等），並提高能源供應的永續性，可同時符合 IATA 與 ACI 淨零承諾下對機場能源轉型的要求。

(2) 建築與設施能效提升

提升機場建築和設施的能源效率是減少能源消耗與排放的關鍵策略。IATA 強調在機場的規劃設計和改造中採用可持續建築標準，通過設計工具最大化能效、資源節約，並降低基建全生命周期的碳排放。具體措施包括：以高效率的 LED 照明、節能型空調通風系統等替換老舊設備，減少照明與暖通負荷；優化建築外殼設計（如改善隔熱、防止不必要的空間過大）以降低空調能耗；以及利用自動控制系統根據實際需求調節照明和空調輸出等。

在進行此類能效升級時，機場需權衡改造成本與節能效益，透過詳細的成本效益分析來制定分階段實施計畫。許多機場也制定了綠色基建指南，在新建或翻新航廈時達到 LEED 等綠建築認證，確保在建材選用、施工到運營各環節都融入節能減碳理念。

(3) 能源監測與管理系統應用

有效的能源監測與管理系統是機場優化能源使用、發現節能潛力的重要工具。IATA 建議機場對各項設施和系統安裝能源監測裝置，實時追蹤用電量及效率，透過數據監控，管理者可識別高耗能環節並及時採取措施調整。許多機場已部署智慧能源管理平台，整合空調、照明、扶梯、行李傳送帶等系統的能耗數據，以集中監控和分析。例如設定在非高峰時段自動關閉部分照明、減少空調送風，或當輸送帶和自動扶梯無人使用時自動停機這類能源監測與自動控制系統能避免能源浪費，在不影響運營和旅客體驗的前提下實現節能。

透過對各系統用電情況的監視並引入自動省電模式，機場可顯著降低電力消耗和溫室氣體排放，同時能源管理系統也為機場制定能源績效目標、評估節能措施效果提供了科學依據。

(4) 碳排放盤查與揭露機制

IATA 所推動之碳排放盤查與資訊揭露機制，主要參考並對標 ACI 所建立的 ACA 認證體系架構旨在協助機場營運單位系統化盤點溫室氣體排放來源，並透過分級認證或透明揭露方式，提升碳管理效能與國際可比性，進而支持全球航空業整體減碳目標之達成。除了 ACA 之外，IATA 亦於 2022 年推出了 IATA 環境評估 (IEnvA) 認證擴展版，首次將航空公司的環境管理評估體系拓展到機場與地勤領域。IEnvA 以 ISO 14001 環境管理體系為基礎，結合 IATA 行業最佳實務，為機場提供自願參與的環境管理認證方案，協助建立有系統的環境目標、監測和改進計畫。透過 IEnvA 或類似的環境管理體系，機場能更全面地管理能源與排放議題，並與航空公司等價值鏈夥伴協調一致，共同提高環境績效。

(5) 航廈與航機運轉排放減量

機場在航廈運營和航機地面運轉方面亦採取多管齊下的減排措施，包括再生能源及能效提升舉措，減少電力和空調能源消耗所導致的排放，同時機場也著眼於提升飛機地面運行效率來減碳。例如，優化機場空側場佈與滑行道配置，以縮短飛機滑行距離和等待時間，可直接減少航機燃油消耗和地面排放。

在經濟可行情況下，機場與航空公司正合作導入橋載設備以減少輔助引擎使用：包括在停機位安裝 GPU 和 PCA，讓航機地面作業期間使用潔淨的外部電力與空調，而無需使用機上 APU 輔助動力或燃油地面電源車，藉此降低燃油燃燒及排放。另外，部分機場開始採用電動或混合動力拖車進行飛機滑行協助，由拖車牽引飛機進出跑道以替代使用發動機滑行，從而減少地面滑行階段的排放。為提高航機周轉效率，不少繁忙機場引入「機場協同決策系統 (A-CDM)」和其他數位化管制技術，加強塔臺、機坪、航空公司間的資訊共享和協調，縮短航班滑行及等候時間。不僅紓緩場面壅塞，也避免了航機長時間怠速運轉造成的不必要排放。總體而言，透過場地規劃優化和運行協同管理，機場在維持安全與效率的同時有效降低了航機地面運行的碳排放。

另一方面，IATA 亦支持 SAF 的使用，以現有機場燃料設施無需重大改動即可摻混供應 SAF。並建議機場應與航空公司站在同一陣線，向政府和金融界倡議對 SAF 研發生產予以支持，以提高供給、降低成本，使 SAF 更具商業可行性。一些機場已經開始在場內供油系統中引入一定比例的 SAF，或對使用 SAF 的航班給予起降費減免獎勵，藉此鼓勵航空公司採購使用。

IATA 在 2020 年後針對機場能源使用與排放管理的政策，立足於「淨零 2050」的大目標背景，透過制定政策文件和引導機制，明確了機場層面的減排方向和原則。一方面，政策背景反映了航空業與機場同步追求碳中和的決心，以及在投資決策上強調環境與經濟效益並重的目標。另一方面，在管理機制與策略上，IATA 聚焦於推動再生能源利用、提升基礎設施能效、應用智慧能源管理、強化碳盤查認證、電動化地勤裝備，以及優化機場與航機運行流程減碳等多元領域。

為此，IATA 與 ACI 發布了一系列政策和指南（如 2022 年的「機場環境永續政策」、IEnvA 機場環境評估計畫，以及 ACA 機場碳認證等），提供了清晰框架與路線圖，協助機場制定減碳策略並監督實施成效，這些措施共同構成了後疫情時代機場能源與排放管理的核心政策體系，既回應了全球氣候治理需求，也引領機場朝向永續發展和淨零未來邁進。

3.2.4 國際組織之能源使用與碳排放管理政策發展趨勢

機場能源使用與碳排放管理已成為全球航空永續發展政策的核心。從 ICAO、ACI 至 IATA，各國際組織皆以「2050 年淨零碳排放」為共同願景，建構出涵蓋政策目標、行動機制、技術應用與國際合作等多層次治理架構。ICAO 聚焦於制度設計與技術協助，ACI 則以 ACA 碳認證與 ESG 揭露為手段，強化機場自主治理與區域協調能力，並透過「綠色機場表彰」激勵創新實踐；IATA 則從營運面出發，強調成本效益與與航空公司協同導向，透過 IEnvA 標準化工具提升整體環境管理水準。

國際航空組織已逐步建立起以數據驅動、科技導向、政策引導與合作推動的永續發展體系，為我國機場能源與排放管理政策提供可借鏡之國際準則與實踐經驗。後續可進一步研析適用性與本土化推動策略，以加速國內機場邁向低碳轉型與永續營運目標。

以下整理主要之航空國際組織針對機場能源使用及碳排放管理推行之政策措施與建議，如表 3-6 所示。

表 3-6 機場能源使用及碳排放管理主要措施彙整

管理面向	ICAO 措施	ACI 措施	IATA 措施
政策架構	CORSIA、LTAG 與 ACT 計畫組成政策框架，提供全球一致性減碳框架	推動 ACA 碳認證制度，建立五級評比與碳盤查機制	以淨零 2050 為總體目標，發表機場永續政策與 IEnvA 認證擴展版
再生能源利用	推動太陽能與風能等替代能源導入	鼓勵綠電部署，支持 SAF 計畫與區域試點實施	建議場內太陽能、風能、綠電採購降低範疇 1 與 2 排放
建築與設備能效	倡導 LED、高效空調、智慧控制與管理系統	導入 BMS 系統與綠建築標準，提升航廈能源效率	強調 LEED 設計、節能空調照明與智能控制提升營運能效
能源監測系統	推動即時能源追蹤、智慧電表與能源平台應用	推廣建築能源管理系統	建議整合能耗資料平台，啟動異常監測與節能評估
碳排查與揭露	建議使用 ACI 之 ACA 應用手冊進行盤查	利用 ACA 與 ESG 揭露準進行盤查	導入 IEnvA 架構與透明揭露建議，強調可比性與評比工具
GSE 與場內設備電動化	推廣 GSE 替換為電動設備，並建議建置充電設施與融資方案	支援地面服務車輛與空側設備轉型，配套儲能與基礎建設	發布 GSE 電動化框架指南，導引採購、運作、經濟性與政策對接
航廈與航機作業減排	推動 GPU 供電、APU 替代、場內滑行效率優化	設置 GPU 與優化地面交通流、推動 A-CDM 協調管理	支援 GPU 與 PCA 導入，簡化拖車滑行與節能空側配置
SAF 推廣	制定 SAF 全球框架與認證標準，支援各國發展	參與 SAF 試點案例評比，推動區域性供應鏈建立	強調與航空公司共同推動 SAF 政策與基礎建設，鼓勵混合供應

3.3 水資源管理

近年來，水資源管理已被聯合國列為 SDG 中的優先關注議題之一。在此背景下，儘管機場於全球總體商業用水中所佔比例相對有限，其在水資源管理上仍具高度重要性。這是因為機場具有三項關鍵特性：一為大量旅客與航廈設施所帶來的用水需求；二為作業過程中涉及特殊化學品（如除冰液、清潔劑、消防泡沫等）的排放風險；三則為機場作為國家門戶，其環境管理作為具高度公共可視度，極易成為政策與社會輿論關注焦點。

因此，依據本計畫調查結果顯示，除 IATA 無明確載明機場水資源管理政策規範與實務指引外，ACI 與 ICAO 等主要之國際機場相關組織皆針對水資源管理政策之系統性統整與分析，探討其核心管理方向與推動機制，並輔以實際案例說明先進機場之具體作法與成效。相關詳細內容分述如下。

3.3.1 國際民航組織之水資源管理相關文件

1. 政策背景與目標

ICAO 於 2021 年發布了「機場用水管理指南」 [31](Water Management at Airports)，成為首本聚焦機場水資源管理的全球指南，而 ICAO「2025 年環境報告書」(ICAO Environmental Report 2025)再次更新並強調此指南的重要性，並提出持續補強「用水效率、污水再利用、去除有害化學物質」等關鍵研究方向，顯示 ICAO 已把水資源視為機場永續營運的核心框架之一。此外，於 2023 年發表之「機場永續創新與科技」 [32](Innovation and Technology in Airport Sustainability)亦收錄智慧管網監測、雨水回收技術與再生水空調等實例，為後續技術路徑提供補充。

2. 管理機制與策略

ICAO 的「機場用水管理指南」以「供給-處理能力-排放」三階段為主框架，並延伸出下列八項管理要點：

(1) 用水需求與效率管理

ICAO 認為，用水效率的首要步驟在於建立可比較的「單位產出水耗」基準線，常見指標包括「每名旅客用水量」與「每架次用水量」。以溫哥華機場為例，其結合雲端水表與漏水警報，目標在 2024 年前達成較 2012 年再降低 50% 之可飲用水使用量，並將節水資訊即時可視化以輔助資本計畫優先排序。

(2) 雨水與再生水利用

鼓勵機場於屋頂、停車場或場區綠地設置集水系統，並視最終用途決定處理等級包括用於沖廁、空調冷卻或車輛清洗。例如溫哥華機場新建停車塔頂樓整合雨水收集槽，以供消防及車輛清洗，並作為未來「非飲用水網」示範。香港機場的「三水系統」(Three-Water System) 將用水分為飲用水、雨水及再生水三類，依用途供應不同水質，飲用水供應飲用與日常生活用水，如飲水機、洗手等，雨水經收集後作為沖廁用水，再生水則由污水處理後再利用於冷卻系統與灌溉，有效促進水資源循環再用，提升環保效能。

(3) 廢（污）水分流與回收

ICAO 將廢水按污染程度分為灰水與黑水，建議在設計階段即採雙管線收集；灰水經簡易處理可用於灌溉或道路清潔，而黑水須送至場內或市政污水廠深度處理。巴西薩爾瓦多機場藉由模組化高效廢水廠，實現「零排放」並將再生水用於沖廁與冷卻，直接削減 37% 自來水需求。

(4) 化學品與除冰液管理

機場常用除冰液以乙二醇／丙二醇為主要成分，ICAO 建議以「源頭減量—集中收集—循環再製」三步驟降低環境風險，主要項目包括：

- ① 依氣溫調配低濃度溶液減少噴灑量。
- ② 採用中央除冰平台收集系統收集高濃度廢液。
- ③ 利用蒸餾塔將回收液濃縮至 99.5%再作為新除冰液。

(5) 水質監測與污染防治

ICAO 建議機場制定水質監測計畫 (Water Quality Monitoring Plan)，以 BOD/COD、懸浮固體、氨氮等為核心指標，並依風險高低調整取樣頻率。監測數據須由認證實驗室分析並永久留存，同時結合防污染計畫，以油水分離器、洩漏感測與事件回報機制降低事故風險。

(6) 整合水資源管理

強調「供給—處理—排放」生命週期整合，透過跨部門協作平台，統籌管線維護、洩漏檢測與再利用計畫，並將地下水位、用水價格與技術成熟度納入決策流程。ICAO 亦建議於新建案的可行性研究階段便檢視區域用水壓力，以避免未來成本外部化。

(7) 組織治理與利害關係人參與

有效管理需設置跨部門「水資源委員會」，由永續長或基礎設施處領導，並定期與承租人、地方水利機關協商節水目標。以高雄機場為例，其將此委員會制度化，每半年檢討進度並對外發布成果；溫哥華機場則透過員工集水區實地參訪與社區工作坊，強化內部行為改變與外部形象。

(8) 績效指標與揭露

ICAO 鼓勵機場將全球框架之用水報告內嵌至機場年度永續報告，包括針對聯合國 SDG 等國際框架，並與 ACA 機場減碳認證等級申報互通，將「節水減碳」雙效益量化呈現。以高雄機場為例，透過公開每年 2% 節水進度與換算減碳量，不僅提升透明度，也利於爭取再生水、低流量設施等補助或綠色融資機會。

3.3.2 國際機場協會之水資源管理相關文件

1. 政策背景與目標

近年來，ACI 陸續推出多項全球性倡議，以推動機場永續發展。2021 年，ACI World 發布首份「全球機場永續策略」，首次以全球視角統整永續議題，並與聯合國 SDG 對焦。同年，ACI 亦完成「機場長期碳目標研究」(Long-Term Carbon Goal Study for Airports)，推動機場業者承諾於 2050 年前達成淨零碳排。隨後，ACI 因應疫情發表「永續復甦最佳實務」[33] (Sustainable Recovery Best Practice)，協助機場在復甦過程中導入 ESG 原則。此外，ACI 亞太區綠色機場表彰 2020 年度即以「水資源管理」為主題，凸顯機場水資源治理的重要性。上述文件與獎勵機制，共同為機場水資源管理奠定政策與技術路徑。

2. 管理機制與策略

ACI 各項永續框架對機場水資源管理有以下核心要求：

(1) 用水效率

ACI 指南強調以源頭節水為核心，要求機場透過低流量區域分表與即時監測系統精準掌握耗水熱點，並推動漏水快速修復與員工節水教育；同時以「每名旅客（或每架次）用水強度」為基準設定減量目標，鼓勵管理階層將節水績效納入營運 KPI 與獎懲機制，以制度化方式確保持續改善。

(2) 雨水與再生水利用

在水源多元化策略上，ACI 鼓勵機場導入雨水收集槽、滯洪池與反滲透或過濾技術處理設施，將雨水或處理後的廢（污）水再利用於沖廁、景觀灌溉、冷卻塔及除塵灑水，藉此減少對自來水或地下水的依賴。先進機場藉由擴建再生水廠與配水管網，最高可達三至五成用水來自非可飲用再生水，並同步強化儲水韌性與營運安全。

(3) 污染防治與水質監控

ACI 要求機場建立閉環管理，從作業面源頭減少燃油、化學清潔劑與除冰液流失，並於停機坪與除冰作業區設置集液與回收系統；所有含油（或含乙二醇等）逕流廢水必須通過油水分離、化學沉澱或生物處理，再符合排放標準後方可排放或回用。機場須布建即時水質監測儀表（BOD、COD、懸浮固體、油脂等）及事故溢漏應變計畫，以確保不影響臨近水體生態與法規遵循。

(4) 績效指標與透明揭露

ACI 將水資源管理成果納入 ESG 報導框架，建議機場定期公開總用水量、用水強度、再生水占比、排放水質合規率與節水投資回收期等指標，並與過往基準年比較進度；同時藉由綠色機場評比等平台分享案例，使業界得以相互對標與學習。透過公開透明、量化的指標，不僅回應投資人與主管機關對資訊揭露的期待，也讓機場得以持續追蹤改進成效，形成內部循環與外部問責的雙重動力。

3.3.3 國際航空運輸協會之水資源管理相關文件

1. 政策背景與目標

近年來 IATA 將水資源管理納入其永續發展議程的重要部分，航空業者面臨全球水資源短缺和環境法規要求，必須確保營運對水資源的影響降至最低。IATA 推行的環境評估計畫（IEnvA）明確將用水管理列為重點範疇，強調航空業需在減碳之外同時關注水資源永續。IEnvA 計畫的標準以國際水管理系統 ISO46001 為基礎，要求航空公司和相關單位建立完善的用水管理制度。其政策目的在於提升航空產業對水資源的管理能力與稽核制度，包括降低用水量、避免水污染以及定期監測與評估水資源績效，藉此減少環境足跡並提高產業永續形象。

此外，IATA 「機場環境永續發展」政策文件，說明推動水資源管理的背景與目標，該文件指出，機場在追求淨零碳排放的同時，也需關注水資源保護，透過節水措施和污染防治來確保營運對周邊水環境的影響降至最低。總體而言，IATA 推動水資源管理的背景是在於水資源日益稀缺及環境永續的壓力下，協助航空產業落實責任用水，確保長期維持營運所需的社會信任。

整體而言，IEnvA 提供一套具體且標準化的環境管理框架與第三方驗證機制，協助航空業者建立合規與可稽核的永續運作體系；而「機場環境永續發展政策」則提供政策層級的發展方向與行動優先順序，作為機場推動環境永續措施的指導方針與策略依據。兩者互為補充，分別在執行面與政策面協助機場提升永續治理能力。

2. 管理機制與策略

針對水資源管理，IATA 在近五年發布的政策與指南中，圍繞以下幾個重點面向提出了具體策略和管理機制，相關內容綜整如下。

(1) 雨水與再生水利用

IATA 鼓勵航空業者積極回收並利用雨水和再生水，以降低對自來水等珍貴水源的依賴。在機場基礎設施方面，建議安裝雨水收集系統，將場區內建築物屋頂或停機坪的雨水儲存起來，經適當處理後用於非飲用用途，例如廁所沖洗、景觀灌溉或清潔場地等。

IATA 發布的「機場環境永續發展」政策文件中特別提到應透過雨水蒐集和灰水再循環利用來降低機場的整體用水量。所謂灰水是指來自盥洗設備、空調冷凝等相對潔淨的廢水，經適當處理後可重複利用。透過雨水和中水回收系統，機場可將非常規水源轉化為可用水，滿足灑水、清潔等需求，減少排入下水道的水量並節約自來水成本。

(2) 用水需求與效率管理

降低用水需求、提高用水效率是 IATA 水資源管理策略的核心之一。IATA 建議機場和航空公司從設備與管理兩方面入手，提高用水效率。設備方面，可廣泛採用節水型器具，例如低流量（水龍頭、淋浴頭）及真空沖廁系統，以減少單位時間的耗水量，並透過安裝低流量用水設備來達到減少水消耗的目的。

此外，於管理方面鼓勵建立用水監控機制，對各環節用水量進行計量與監測，及時發現漏水或用水異常並加以修復。透過員工培訓提高節水意識、制定用水管理計畫等措施，也能有效控制用水需求。在這些策略的共同作用下，航空運營單位可以在滿足正常營運需求的同時，最大限度地提升水資源利用效率。

(3) 廢（污）水分流與回收

IATA 強調機場應妥善處理各類廢水，透過分流與回收機制減少污染並實現水的再利用。首先，雨水徑流與污水分流是關鍵措施之一：機場應設計獨立的雨水排水系統，將相對乾淨的雨水與含污染物的污水分開收集，避免雨水受到油污、化學品的交叉污染，並便於後續回收利用。IATA 建議機場興建滯洪池或蓄水設施收集場區雨水（如前述雨水收集利用），同時設置獨立管線收集廢水污水，進行分類處理，並採用「雨污分流」的下水道系統，在暴雨時收集初期雨水加以處理，平時則將乾淨雨水直接引入回用或緩排，而對於機場產生的污水（如航廈生活污水、航機清洗廢水等），IATA 倡導建置場內污水處理站或利用市政污水處理廠進行處理，並回收再利用處理，經處理的污水可用於冷卻塔補充水、綠化灌溉或衝洗設施等。綜整上述，藉由雨水與污水的分流管理，以及循環再利用措施，可大幅降低機場排放的廢水量，同時減輕對周邊水體的壓力。

(4) 化學品與除冰液管理

航空運營涉及多種化學品，其中飛機除冰液和清潔劑、燃油等都是潛在污染源。IATA 要求針對這些化學品實施嚴格的管理機制，防止對水環境造成污染。在化學品選擇上，IATA 建議盡可能以低污染性的產品替代傳統有害化學品。例如，在機場設施建設和運營中，盡量使用對環境友善的除冰液和清潔劑，減少重金屬或劇毒成分。其次，在除冰作業管理方面，IATA 強調要盡量減少除冰液的使用量（在安全允許範圍內），並採取措施收集並處理殘餘除冰液，防止其隨地表徑流進入自然水體。通常的做法包括在機坪設置專門的除冰作業區和截流設施，配備真空回收車回收多餘的乙二醇除冰液，集中送往處理設施再生或妥善處置。

此外，IATA 明文要求防止除冰液和燃油洩漏對當地水源的污染，必須採取圍堵和應急措施。例如，機場需設置儲存槽和二次圍堤來貯存燃油、除冰液等液體，並配備緊急洩漏封堵設備。一旦發生洩漏，可及時控制在局部區域，避免滲入土壤或水體。透過以上機制，將化學品尤其是除冰液對水環境的危害降到最低，確保機場排放的徑流不含過量的有害物質。

(5) 水質監測與污染防治

水質監測是水資源管理的重要一環，IATA 建議機場和航空公司應建立定期的水質檢測計畫，對排放的廢水和場區周邊水源進行取樣化驗，包括監測 pH 值、懸浮固體、油脂含量、化學需氧量等指標，以確保達到環保法規標準。一旦監測發現污染跡象，可及時啟動應急預案，採取措施防止污染擴散。例如，若雨水排放口監測出油污超標，機場應立即檢查是否有油料洩漏並予以控制清理等，目標建立嚴格的水質監測制度，配套必要的污染防治設備與措施，確保機場排水達標，並將水污染風險控制在最低水平。

(6) 水資源績效指標

為了評估和持續改進水資源管理成效，IATA 建議航空公司每年統計營運過程中使用的水總量（以百萬升計）。透過記錄總用水量，企業可以掌握自身對水資源的需求規模，並據此評估節水措施的效果，同時呈報用水總量有助於了解企業取用水對下游水供應所造成的影響。

考量到不同地區水資源狀況差異，IATA 引入高風險缺水地區用水量指標，反映企業在水資源稀缺地區的用水負擔，可幫助識別潛在的營運風險和社會影響。IATA 建議使用國際公認的工具（如世界資源研究所的 Aqueduct 用水風險地圖、世界自然基金會的 Water Risk Filter）來判定哪些營運據點屬於高風險缺水地區。

此外，亦可參考全球報告倡議組織（GRI）的標準，追蹤水循環再利用率（例如再生水佔總用水量的比例）、污水排放達標率以及單位營運量耗水率等。透過建立一套完整的水資源績效指標體系並定期公開報告，使能夠監督自身水管理策略的有效性，不斷尋求改進空間。同時，這也向利益相關者展示了企業在水資源永續方面的承諾與進展，形成良性循環。

3.3.4 國際組織之水資源管理政策發展趨勢

整體而言，水資源管理已逐漸成為國際航空永續治理的重要一環，ICAO、ACI 與 IATA 等組織皆已建構出相應之政策架構與管理機制，以回應氣候變遷、水資源短缺及永續發展等全球議題。ICAO 以「機場用水管理指南」為核心，提出涵蓋「用水需求與效率管理」、「雨水與再生水利用」、「化學品與除冰液控制」及「水質監測與污染防治」等八大構面，建立生命週期導向之綜合管理架構；ACI 則結合 ESG 精神與評比機制，透過「績效指標公開」、「案例分享平台」及「雨水回收技術應用」等措施，推動機場制度化、透明化的用水治理行動；IATA 則以 IEnvA 環境評估機制導入 ISO46001 標準，並強調風險區位管理、雨污分流、再生水回收及化學污染控管等策略，藉由政策引導與認證機制，強化業界責任用水與污染防治意識。

以下整理主要之航空國際組織針對機場水資源管理推行之政策措施與建議，如表 3-7 所示。

表 3-7 機場水資源管理主要措施彙整表

面向	ACI 主要措施	ICAO 主要措施	IATA 主要措施
用水效率管理	<ul style="list-style-type: none"> • 低流量設備 • 即時監測熱點 • 納入 KPI 與獎懲 	<ul style="list-style-type: none"> • 設定基準線(人/架次) • 雲端水表、漏水警報系統 	<ul style="list-style-type: none"> • 採用節水器具 • 管控用水、漏水監測 • 員工培訓與管理制度建置
雨水與再生水利用	<ul style="list-style-type: none"> • 雨水收集槽與處理設施 • 供應沖廁、冷卻、灌溉 • 再生水占比達 3~5 成 	<ul style="list-style-type: none"> • 雨水用途分級供應 • 再生水用於消防、灌溉、冷卻等 	<ul style="list-style-type: none"> • 推行雨水蒐集與灰水回用 • 滿足非飲用途（如灌溉、清潔） • 減少自來水使用
污水與污染管理	<ul style="list-style-type: none"> • 建立閉環收集與處理系統 • 油水分離、生物處理等 • 即時水質監測與事故應變計畫 	<ul style="list-style-type: none"> • 廢水分類（灰水／黑水）雙管線 • 除冰液循環再製 • 設立水質監測計畫與回報機制 	<ul style="list-style-type: none"> • 兩污分流設計 • 除冰液減量與回收 • 設置圍堤與應急設備避免污染
水質監測機制	<ul style="list-style-type: none"> • 水質指標定期監測 • 設置溢漏事故應變計畫 	<ul style="list-style-type: none"> • 監測頻率依風險調整 • 永久保存檢測資料 	<ul style="list-style-type: none"> • 定期水質檢測計畫 • 建立緊急應變制度 • 防止油污與化學品外洩
績效揭露與 ESG	<ul style="list-style-type: none"> • 納入 ESG 報導框架 • 公開用水量、再生水占比、合規率等 • 促進對標與綠色機場評比 	<ul style="list-style-type: none"> • 對應 SDG 與 ACA 認證 • 公開減量進度與減碳效益 • 提升透明度與爭取補助資源 	<ul style="list-style-type: none"> • 年度用水統計（百萬升） • 高缺水地區用水指標 • 引用多種用水風險等工具評估

3.4 噪音監測管理

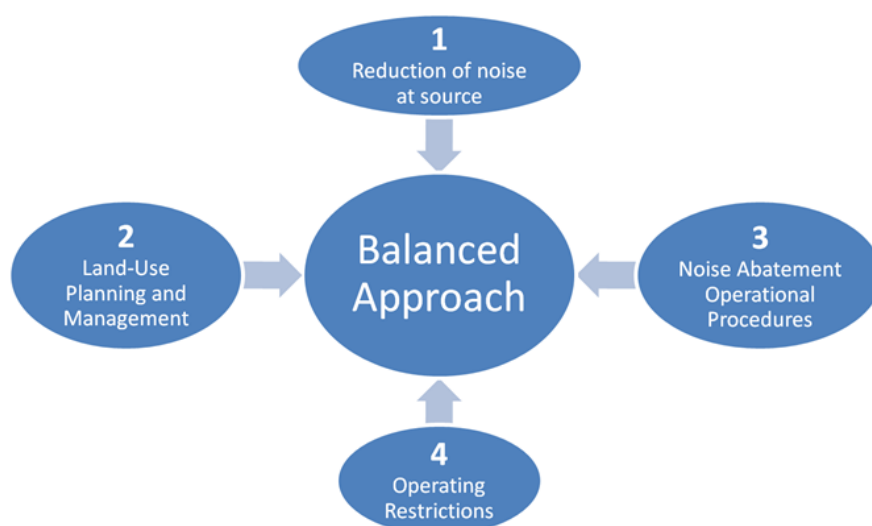
噪音管理政策早在 1970 年代即被歐美國家視為環境汙染指標之一，世界衛生組織(WHO)指出，長期暴露於噪音環境中將對人體健康造成影響。在 ACI「全球機場永續策略」中，噪音管理被歸類為社會永續的一環。機場營運單位應積極與周邊社區保持溝通，確保在維持日常營運的同時兼顧社區的健康與福祉。此外，該策略亦將噪音汙染視為可能影響生態多樣性的因素之一，故本計畫亦將噪音議題納入評估範疇。

國際組織對於噪音管理議題所發布的文件包含 ICAO 於 2008 年所發布之 Doc 9829「航機噪音管理平衡做法指引」[34](Guidance on the Balanced Approach to Aircraft Noise Management)與 2014 年發布之 Doc 10031「飛航管理流程變更提案之環境影響評估指引」(Guidance on Environmental Assessment of Proposed Air Traffic Management Operational Changes)，考量前者之年代較遠，本計畫將簡要說明 ICAO 之各項措施，並以 ACI 於 2024 年發布針對 ICAO 平衡做法之應用指引作為核心方法說明。而後者主要針對飛航管理程序之評估，考量我國航管程序並非由機場營運單位管理，本計畫將不詳細探討。

3.4.1 國際民航組織之噪音監測管理相關文件

參考 ICAO Doc 9829，「航機噪音管理平衡做法」係由「識別特定機場的噪音問題」並「訂定針對該機場情境之補救措施(Remidies)」組成，補救措施可分為 4 大要素，分別為：噪音來源減量、用地規劃與管理、噪音減量營運程序與營運限制，如圖 3.5 所示。

平衡做法之目標在於確認機場之噪音問題並於訂定相關措施，並參考相關可量化指標達到環境效益與成本效益之最大化。



資料來源： [34]

圖 3.5 ICAO 平衡做法 4 大支柱

1. 噪音來源減量

噪音來源減量(Reduction of Noise at Source)指透過科技標準減少航機產生之噪音。航機之噪音標準係訂於 ICAO 芝加哥會議附則 16 第 1 冊 (Annex 16)，按照機型與製造時間之不同，可分為第 2 類、第 3 類、第 4 類與第 14 類之噪音標準。機場在評估噪音來源減量相關之做法時，應考量：

- (1) 計畫研擬當下之科技技術發展與最新標準
- (2) 在機場營運之航空公司機隊更新計畫
- (3) 各國採納最新噪音標準之時程
- (4) 採納 ICAO 最新噪音標準建議之國家

由於噪音來源減量僅限於「採納並執行最新的噪音標準」，其推動之主體往往不是單一機場，而更著重於與各利害關係方針對噪音減量技術發展之溝通，此包含：民航主管機關、相關研究單位、航機製造商、航空公司、航管單位、機場營運單位與周邊社區團體，確保各方了解機場未來噪音狀況之發展。

2. 用地規劃與管理

儘管機場營運單位與主管機關並不一定有權可掌控機場周邊用地之管理，機場營運單位可藉由機場區內的配置與措施改善，以及進行噪音等量線圖模擬與繪製為周邊社區之規劃提供建議。在用地規劃方面，可參考 Doc 9184 「機場規劃手冊 第二部-用地規劃與環境管理」 [35](Airport Planning Manual Part II- Land Use and Environmental Management)內容。

(1) 噪音管理分區

機場周邊的噪音管理分區結構依各國家規範不同，通常分為兩級或更細化之分級，而分級的門檻同樣將視該機場的營運類型與當地情況有所不同。

以美國為例，航空噪音日夜音量(Day Night Level, DNL)在 65 分貝以下的區域不受到限制、65 分貝至 75 分貝之區域在實施額外噪音水平降低(Noise Level Reduction, NLR)措施的情況下可興建住宅與學校，若高於 75 分貝，則就算在實施減量措施的狀況下仍將不允許進行開發。

(2) 用地規劃管理

用地規劃管理措施主要分為 3 類，包括規劃、減緩與財務措施，彙整如表 3-8 所示。

表 3-8 用地規劃管理規劃措施

規劃措施	整體規劃	整體評估社區之現況與發展方向並配合其他規劃措施進行檢視。
	噪音分區	噪音等量線圖應由機場營運單位以該機場最高運量之情境進行模擬，用以定義機場周邊區域之用途。
	分區規範	針對噪音影響區域制定特定指引，可藉由房屋坐向、建築密度、開放空間規範等方式減少建築的噪音暴露程度。
	開發權轉移	藉由允許土地開發權力的轉移將噪音影響區域的開發權轉移至其他不受影響的區域，作為土地持有者之補償。
	地役權徵用	藉由地役權的徵用協商使機場營運單位有權使航機飛越並產生噪音，此機制通常配合財務補償或防音設施的補助。
減緩措施	建築規範	藉由建築規範的制定限制噪音影響區域內住宅或商用建築的隔音設施標準。
	隔音設施補助計畫	藉由法律限制或財務補償計畫針對住宅或商用建築進行補助改善其隔音設施。
	土地徵收與安置	由機場營運單位或主管機關徵收機場周邊土地並對徵收區域內之居民進行安置，徵收後之土地可重新規劃噪音管制之補償方案後再進行標售。
	交易協助	為噪音影響區域內之不動產交易提供一定程度的技術或經濟協助，例如在販售前重新加強隔音設施等，此機制所需之經費需求較土地徵收低。
	不動產資訊揭露	要求於交易資訊中揭露受到機場噪音影響之不動產，確保買方在購買前了解該不動產之性質。
	防音牆	於機場周邊建置防音牆，防音牆之設置規格與坐向需要經過精密規劃以確保其有效性，藉由機場區內建築之作向與特殊設計亦可發揮類似功用。
財務措施	資產改善	將特定吸引設施建置於非噪音影響區，藉此吸引住宅或特定設施集中於不受機場噪音影響之區域，或是藉由鼓勵措施吸較不受噪音影響之設施進駐於機場周邊區域。
	稅制優惠	常見作法是提供稅率優惠予符合防音標準之建築設施，或是藉由優惠稅率吸引不受噪音影響之設施進駐機場周邊區域。
	機場收費機制	針對噪音排放較大的機型收取費用，藉以資助機場周邊噪音影響區域之補償/補助方案。

3. 噪音減量營運程序

航機之空中與地面作業程序將能對機場周邊之噪音等量線範圍與形狀造成直接影響，而噪音減量營運程序的執行將能使受噪音影響之機場周邊居民數量最小化。

噪音減量程序之推動與執行應以飛航安全為第一優先，同時須考量航管作業與系統之相容性與航線及空域規劃，此一元素主要受到相關主管機關與航管單位之影響，並需要航空公司配合，機場營運單位在進行噪音管理計畫時主要將作為現場資訊之彙整與溝通。對於航管程序之規劃，可以參考 ICAO Doc8168 「飛航服務程序-航機營運」 [36](Procedure For Air Navigation Services- Aircraft Operations(PANS-OPS))，包含離、到場上升、下降程序、噪音減量之航路與跑道方向等。

4. 營運限制

ICAO 平衡做法將營運限制定義為「任何與噪音相關，使航機進出機場受到限制或減少的措施」。儘管營運限制可使機場的等量線範圍維持在一定範圍或是縮小，ICAO 建議在制定噪音管理計畫時應優先考量前述 3 項要素，再納入營運限制之管理措施。營運限制的種類包含：

- (1) 全面性限制：基於整體噪音狀況對所有離、到場航機進行限制
- (2) 機種特定限制：基於航機個體性能限制特定機種之離、到場
- (3) 侷限性營運限制：僅針對特定時段、日期或特定跑道進行限制
- (4) 漸進式限制：訂定最終目標並於期間漸進式降低噪音上限

各國機場常用的營運限制措施分述下：

- (1) 營運上限：制定機場在特定時段中的營運上限，此可為全面性或侷限性的措施，例如針對特定時段中特定跑道之營運上限。
- (2) 噪音配額：制定機場在特定時段中的噪音量上限，噪音量之配額通常由該機場之歷史數據決定，使該機場產生之噪音維持在一定水準內或是減少，在此情況下，航空公司可使用更安靜的機型以提升或維持其營運量。
- (3) 不增加原則(Non-Addition Rule)：此為針對航機類型設定之營運限制，目標在限制特定噪音等級的航機營運增加。
- (4) 航線性質：航線性質可應用於侷限性營運措施，並通常使用於不定期航班、測試、或訓練飛行等，限制可為全面性或侷限於特定時段或週間幾日。
- (5) 夜間限制：針對夜間時段強化相關措施。
- (6) 宵禁：宵禁是全球機場常見的限制措施，限制全機場或特定跑道在特定夜間時段的起降。

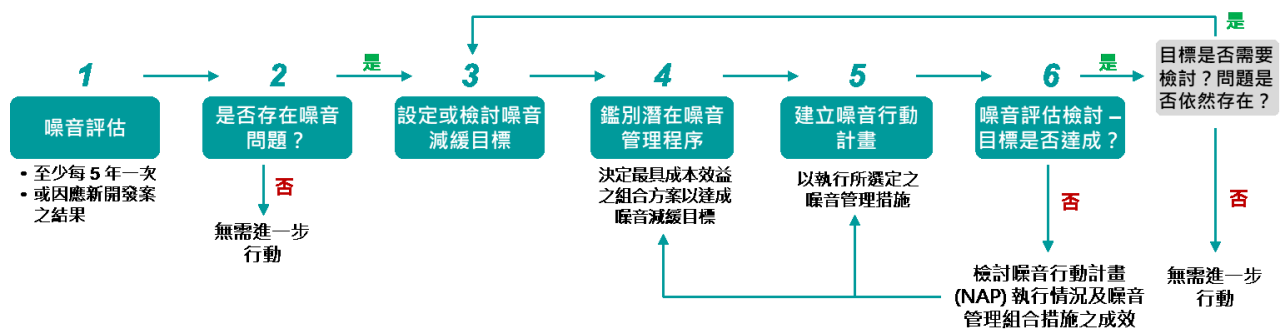
從上述 4 大要素之相關措施中可發現，機場營運單位並不全然由機場營運單位作為主要發起人，同時亦需要相關主管機關與航管服務單位之參與以及相關科技技術之導入。而機場之噪音管理將需要透過不同要素措施之組合方能實踐長遠的潛在效益。

有關國際機場協會之噪音監測管理相關文件，目前 ICAO 平衡作法係由「航機噪音管理平衡做法」係由「識別特定機場的噪音問題」並「訂定針對該機場情境之補救措施(Remidies)」組成。在辨識機場的噪音問題方面，ACI 於 2024 年發布了「ICAO 航機噪音管理平衡做法應用指引」[37](Guidance on the Application of the ICAO Balanced Approach to Aircraft Noise Management)，說明噪音管理策略研擬之詳細流程說明與案例。

此文件亦指出平衡做法(Balanced Approach)執行的不一致性與局部性已使一些機場與航空公司面臨挑戰，並造成社區團體的混淆與不切實際的期待。噪音管理計畫的制定不僅取決於機場或主管機關對噪音議題的重視程度，更深受社會與政治壓力所影響，尤其是在維護區域經濟利益、營運目標與因應整體永續發展挑戰方面，需進行全面性考量。

3.4.2 國際機場協會之噪音監測管理相關文件

本計畫檢視 ACI「永續復甦最佳實務」與 ACI 歐洲區 2019 年發布之「機場永續策略」(Sustainable Strategy for Airports)作為噪音管理實務與地區性策略研擬架構的補充，如圖 3.6 所示，相關內容分述如下。



資料來源： [37]

圖 3.6 噪音管理策略研擬流程

1. 噪音管理策略研擬流程

(1) 步驟 1：噪音評估- 現況與未來情勢評估

進行噪音管理策略研擬前應針對現況進行評估，噪音評估應以法定之噪音指標，並配合其他配套指標進行檢討，如量化的健康影響(受擾或睡眠干擾的程度)或相關數據(N70 指標與過境航機數量等)。除了噪音暴露指標外，此階段亦須與用地規劃單位合作進行既有與未來用地規劃之噪音敏感區盤點。最後則應針對機場對於經濟與社會貢獻的現況與未來願景進行社區評估，並調查社區對於機場既有與未來營運狀況的態度。前述三項調查將影響未來噪音管理策略的成效與計算基礎。

(2) 步驟 2：判定噪音問題

此步驟係根據評估結果判定噪音影響是否構成問題以及其影響範圍，原則上可用以下兩種方法進行：

- ① 針對特定指標設定顯著性門檻(Significance Threshold)：例如，受噪音影響人口達該區域 20%的範圍，超過門檻的區域便須制定噪音減緩目標與行動方案。
- ② 針對單一個體風險設定門檻：即噪音超出特定標準，無論影響人數比例便須制訂噪音減緩目標與行動方案。

以上兩種方法皆須明確訂定欲作為標準之指標參數，實務中困擾值(Annoyance)是最常使用與被廣泛接受的指標，但利害關係方需有明確共識才能確保行動成果符合需求，例如航班與航線安排過度集中化可能導致單一區域過度承擔噪音影響，理想應分散並以其他配套方式減緩各區所受之影響。

(3) 步驟 3：制定噪音減緩目標

噪音減緩目標的制定在於定調噪音管理架構的野心標準(Level of Ambition)，以實踐環境保護與交通路網永續成長，並能整合利害關係方之利益以及與主管機關建立信任。常態的目標說明有兩種類型：

- ① 願景型目標：設定長期的理想目標做為長持續改善的方針，並配合中短期目標以確保符合利害關係者之期待。
- ② 聚焦型目標：設定有具體時間限制與期待成果的目標，需定期檢視更新。

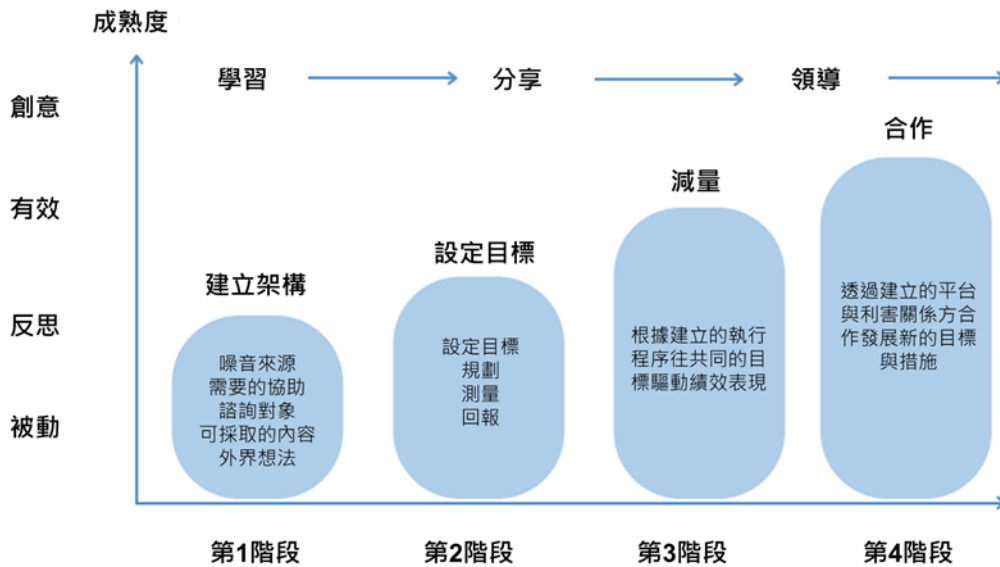
有效的噪音減緩目標應符合 SMART 原則（具體、可衡量、可實現、現實、具時限性），並能與其他環境、社會及經濟政策並進。因此，在訂定目標前應進行初步評估並組成技術性噪音管理小組來確保目標符合 SMART 原則。

(4) 步驟 4：盤點並評估減緩行動方案的成本效益

行動方案的成本考量應納入直接經濟成本(資本支出與營運支出)、間接的經濟成本與社會成本。由於涉及直接經濟成本與社區利益的權衡，此步驟需詳細評估成本、資金來源、有權決策者與優先順序。除了聲學上的噪音減量行動外，亦須配合其他管理策略。

(5) 步驟 5：噪音管理計畫的制定

管理計畫的制定將因各機場噪音管理作業的成熟度而異，機場的發展主要會經歷 4 個階段，如圖 3.7 所示。



資料來源： [37]

圖 3.7 噪音管理行動計畫發展階段

在草擬行動計畫時，應視其他措施之有效性盡可能避免納入營運限制之措施。營運限制措施的必要性應在噪音管理計畫的執行期間被定期檢視。常見的營運限制措施通常被施加於機場營運單位上，包含：特定時段之航機架次數量上限、特定跑道之航機架次數量上限、受影響的民眾數量上限或噪音等量線範圍等。

(6) 步驟 6：執行並重複評估

噪音管理計畫的執行應：爭取利害關係方的支持、建立明確的權責歸屬並建立信任。在完成行動計畫草案之擬定後，應提供利害關係方提供回饋的機會，以確保計畫的推動可獲得支持並提升計畫公信力。計畫的執行期間應確保每項行動皆有明確的責任歸屬，並建立內部指引委員會(Internal Steering Team)與工作小組進行計畫的管理與執行。最後則是提升計畫的透明度，透過定期的進度更新與管理檢核機制進行溝通取得利害關係方對計畫的信任。

2. 歐盟策略

ACI 歐洲「機場永續策略」中提出策略之制定分為 4 個階段，啟動、發展、成熟、領導，並有 2 項驅動指標(Enabler)－創新與合作。儘管噪音措施因各機場性質而有所不同，其主要參考指標如表 3-9 所示。

表 3-9 歐盟永續策略噪音管理建議措施

建議措施		KPI 指標
啟動	<ul style="list-style-type: none"> 執行噪音監控措施 建立並評估噪音基線 建立噪音反饋與處理機制 	<ul style="list-style-type: none"> 暴露於過量噪音之人口數量 受影響人口數量變化百分比 (%) 噪音投訴數量變化百分比 (%) 機場起降航機類型比例
發展	<ul style="list-style-type: none"> 針對噪音議題進行社區參與 建立減緩目標並盤點最有效的措施 	
成熟	<ul style="list-style-type: none"> 執行減緩措施並追蹤成效 公開揭露噪音管制成效 	
領導	<ul style="list-style-type: none"> 達成噪音減緩目標 盤點可能適用於其他機場之最佳作業習慣 	
參考措施		
創新	<ul style="list-style-type: none"> 實施以噪音為基礎之機場收費制度以推廣低噪音航機使用 定期的「寧靜時段」(Noise Respite) 多元化的噪音管理溝通渠道 研究可減緩噪音的建築與地景設計 開發並實施新的營運措施 	
合作	<ul style="list-style-type: none"> 與航管服務單位與航空公司合作 推動社區參與時確保規律性與透明度，將社區反饋納入噪音管理決策 與地方管理單位合作避免用地規劃與機場營運衝突 與研究機構合作了解噪音與健康之影響 	

資料來源： [1]

3. 其他機場案例

在「永續復甦最佳實務」中，針對噪音管理，ACI 提出以下建議：

- (1) 儘管在疫情期間航機數量減少，仍應持續推動管制計畫
- (2) 利用疫情期間更新並強化機場相關網站資源以及社區溝通
- (3) 改善機場對低噪音航機與機具的鼓勵措施以促進機隊汰新

同時 ACI 亦提出可參考之示範案例：

- (1) 聖地牙哥國際機場：因應疫情期間民眾對於噪音的投訴增加，故強化其社區參與計畫。
- (2) 明尼蘇達聖保羅機場：製作系列影片介紹於機場起降的航機類型、路徑等，強化民眾對機場的認識。
- (3) 多倫多皮爾森機場：提供線上教育資源對社區周邊孩童與家長介紹機場營運相關知識。

在「ICAO 航機噪音管理平衡做法應用指引」中，對於各機場之作法與推動狀況則有更詳細的介紹。

(1) 英國希斯洛機場

希斯洛機場自 1990 年代初即有宵禁之規定，隨著宵禁於 2022 年到期，英國運輸部發布了噪音管制措施的初步構想，並制定暫時性的規定將宵禁規範有效期展延至 2027 年。後續第二輪公開諮詢公告了初步的噪音管理目標構想，得到對於目標生效時間的不確定性以及目標制定缺乏專家指引的疑問。而經 ACI 評估至少需到 2026 年方能產出較明確的夜間噪音目標，並提出了以下幾點分析重點：

- ① 預留足夠的時間進行相關規劃
- ② 盡早將技術專業人員納入相關規劃討論
- ③ 在制定措施前應先制定噪音減量目標
- ④ 噪音減量目標應符合 SMART 原則以促成產業合作

(2) 都柏林機場

2017 年因應新平行跑道的開放，機場噪音管理單位制定了新的噪音目標，以受影響人口數及噪音暴露程度為指標，惟其並未考量新跑道啟用後，舊跑道關閉之營運改變造成之影響以及其他環境因素使噪音管理目標可輕易地被達成，相關單位正在研擬目標之修訂。

ACI 提出觀點認為：應將最新的營運措施、人口變數與用地規劃納入考量，方能制定出有效且實際的 SMART 目標。

(3) 布魯塞爾機場

2024 年比利時環境部首長頒布布魯塞爾機場之新環境許可，其中包含更嚴格的噪音目標，要求機場遵循歐盟 2050 年零污染行動計畫之中繼目標，於 2032 年前將噪音影響人口數量減至 2019 年水準之 70%，並實施新的營運限制。

儘管目標依循歐盟之行動計畫，ACI 指出此目標過於嚴格且不可能在對經濟、營運與社會層面不造成重大影響的狀況下實施。此外，營運限制措施之制定並未遵循 ICAO 平衡做法之評估流程。

布魯塞爾機場營運單位已要求參與相關目標與措施之制定討論，比利時政府單位並正重啟平衡做法之評估流程。綜整前述，ACI 提出以下觀點：

- ① 目標之制定需要機場、航空產業與政府單位的共同協商
- ② 未遵循 ICAO 平衡做法流程便實施營運限制措施將造成法規制定、營運與投資之不確定性
- ③ 指導性文件之參考標準可能因其他配套方案成為強制目標。

(4) 義大利波隆那機場

儘管噪音管制措施已實施 20 年餘並受到定期檢核，2023 年時受到社區人民的壓力，波隆那市市長要求機場實施夜間航班限制。受到執行期程壓力，此規定並未經過進一步的評估即開始實施，違反了 ICAO 平衡做法之程序。

波隆那機場營運單位隨後取得 ACI、IATA 與義大利航空營運單位協會之支持要求相關單位進行平衡做法評估。儘管夜間航班限制帶來正向的影響，在平衡作法評估之技術經濟分析尚未完成前，此規定皆被視為臨時性措施。

ACI 提出觀點認為：平衡做法之協商流程至關重要，除了確保流程符合相關法規，並應提供清晰的資訊與訊息予非技術相關之利害關係方。

(5) 荷蘭史基浦機場

荷蘭政府對於航空噪音研究之出發點為「在維持最適當的航網連接性條件下，航機架次最多可以降到多低？」，在得出結果為 44 萬架次後，荷蘭政府便以此為依據著手進行規畫。史基浦之噪音管制計畫分為 3 軌進行，第一是強制航空產業符合現行之噪音標準，即強制將航機架次降至 46 萬架次，此舉受到歐盟議會與航空公司的反彈並遭撤回；第 2 軌為進行 ICAO 平衡做法，第 3 軌則是開發環境限制與執法之新系統。

ACI 提出觀點認為：ICAO 平衡做法將航空產業發展視為正向的影響，並將噪音視為需要最小化的「潛在問題」，而歐盟部分國家則開始將航空產業發展視為「有害的」。此觀念轉變使荷蘭政府直接制定史基浦機場之營運航機架次數量限制，與 ICAO 平行作法將營運限制視為最終手段背道而馳，故造成相關業者之反彈。

4. ACI 建議

機場噪音管理策略的制定為機場營運、社會與政治壓力、地方經濟的權衡，需要制定清楚、具體且可衡量的目標，並確保其符合 ICAO 平衡作法，才能建立有效且具公信力的策略。為法規進行長期規劃可為政策方向帶來確定性，作為產業發展營運計畫的基礎，並能使社區與利害關係方了解未來可能的發展方向。噪音管理策略應遵循下列原則：

- (1) 納入整體政策架構。
- (2) 廣泛蒐集社區意見。
- (3) 促進跨機關與專家合作。
- (4) 簡化溝通與架構。
- (5) 建立信任與透明機制。
- (6) 保持措施彈性。
- (7) 誠實面對不確定性。

另外，IATA 在噪音管理方面與 ACI 相同，直接沿用了 ICAO 之平衡做法，且並未發布其他相關文件。

3.4.3 國際組織之噪音監測管理政策發展趨勢

儘管噪音管制目標可能受到政治、社會及經濟等因素的影響，機場營運單位仍是噪音管制計畫的核心，做為與社區的溝通橋樑並推動噪音管制計畫的實施，同時應確保各利害關係方理解並遵循 ICAO 平衡方法的評估流程。

為確保噪音管理措施的有效性，機場營運單位與相關主管機關應定期檢視現有的法規及管制方法，並積極與其他政府機構合作，方能確保噪音管制計畫之有效性，促進機場營運永續發展。

3.5 空氣品質管理

航機發動機與其他內燃機引擎相同，其燃燒排放皆產生氮氧化物(Nox)、一氧化碳(CO)、碳氫化合物(HC)、硫氧化物(SOx)與懸浮微粒(PM)，這些排放不僅造成氣候變遷與大氣層組成變化，亦可能對公眾健康造成影響。

對於機場空氣品質管理，儘管 ACI 將其納入每年「綠色機場表彰」的評分項目中，但並未公布任何上位指引，而直接引述 ICAO 所發布之 Doc 9889「機場空氣品質手冊」(Airport Air Quality Manual)，故本節將先針對 ICAO 之指引內容進行說明，再探討 ACI 於綠色機場表彰中所提之機場作為。

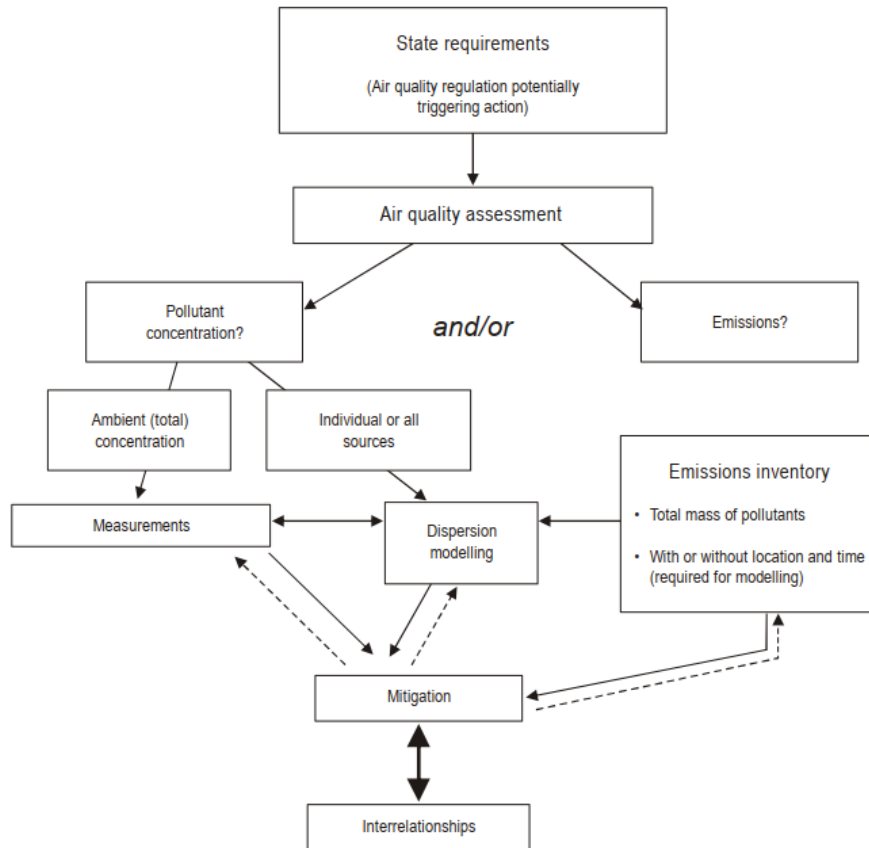
3.5.1 國際民航組織之空氣品質管理相關文件

ICAO 環境目標之一為「限制或減少航空排放對地方空氣品質(Local Air Quality, LAQ)之影響」，除了航機引擎在 3,000 英尺以下的排放外，此亦包含來自機場的排放，如地勤車輛、航廈營運與機場聯外交通等。ICAO 認知這些排放污染物將對機場周邊社區的空氣品質造成危害，故機場營運單位與主管機關 應對空氣品質議題進行處置方能確保機場員工、旅客與周邊社區的福祉。

ICAO「機場空氣品質手冊」於 2020 年發布第二版後，分別於 2022 年與 2025 年針對最新技術發展進行參數更新；以下將就主要方法與建議進行說明。

1. 空氣品質管理控制項目

空氣品質管理可分為 3 階段，分別是-法規要求、評估與分析、減緩，其關係如圖 3.8 所示。



資料來源： [6]

圖 3.8 地方空氣品質管理要素與關係示意圖

- (1) 法規要求：空氣品質之目標通常來自其他法規規範，許多國家並已發展出成熟的法律架構、監控項目與標準。
- (2) 評估與分析：空氣品質評估分為兩類，排放與污染物濃度。前者主要用於計算整體的排放量，用於進行定期數據回報；後者則是透過空間資訊與定點量測等方法辨別特定污染物的延散狀況與濃度，透過三種模式耦合資料即可進行模型的建立，用於進行減量情況的監測。
- (3) 減緩：減緩措施的有效性將因地域性有所不同，並應視監測結果進行規劃。

2. 排放來源

機場的排放來源可分為 4 個類別：

- (1) 航機：來自航機發動機與 APU。
- (2) 地勤：來自地面勤務設施、空側作業車輛、航空燃油設施與除冰作業。
- (3) 基礎設施：來自動力與空調系統、緊急發電機、航機維修設施、機場維修設施、空側車輛加油、機場相關工程、消防訓練、機坪除冰作業等。
- (4) 聯外交通：來自旅客的陸側交通排放。

3. 評估與分析

(1) 排放清冊(Emission Inventory)

排放清冊的建立流程如下。

- ① 定義造冊的範圍與參數，例如：空間、特定高度與更新時間等。
- ② 定義需考量的排放類別。
- ③ 盤點既有的排放來源。
- ④ 量化個別排放源之排放量。
- ⑤ 考量來自外部的污染源因素。
- ⑥ 執行監測品質確校與管控措施。

藉由排放清冊的建立，可以盤點機場區域內整體的排放的污染物與濃度現況，並作為未來推動改善計畫之基線。

(2) 延散模型(Dispersion Model)

排放量多寡與地方污染物濃度密度並沒有絕對關係，故需要建立延散模型，藉由納入排放來源與特性、氣象資訊、空間分布、時間資訊、地形、建築物下洗、感測器位置、氮氧化物轉為二氧化氮反映與背景濃度等資訊可建立完整的機場延散模型。

(3) 監測

機場空氣品質監測計畫應包含以下項目：

- ① 測量目標或要求。
- ② 外部因素：監測計畫之制定應檢視是否有既有的測量標準或指引。
- ③ 測量地點：測量地點應設置於機場排放源之上風與下風處並盡可能選於不受其他排放源影響之位置。
- ④ 測量方式：視測量地點的性質不同可選擇主動式或被動式量測系統，機場區內兩種可選擇，而鄰近地區則建議使用被動式系統。
- ⑤ 管理計畫：管理計畫應包含專案責任、維護、數據管理、溝通、品質管控規劃。

4. 減緩措施

(1) 減緩計畫規劃

空氣品質減緩計畫的制定可參考 PDCA 管理方法進行，主要流程如下。

- ① 問題識別：需要減少的污染物排放類別與來源為何。
- ② 定義目標：確認應達成的污染物排放減量目標。
- ③ 研擬解決方案：評估可能的減緩策略。
- ④ 成本效益分析：評估各項減緩措施的成本效益。

⑤ 利害關係人審核：確認計畫受到所有利害關係方認可。

⑥ 執行。

⑦ 檢核成效：評估專案是否符合預期。

(2) 措施選擇

減緩措施可分為法規、技術、營運、經濟 4 類，適當的減緩措施應具有技術可行性、經濟合理性、環境效益、連帶效益，以下為機場空氣品質減緩措施可能之選項，彙整如表 3-10 所示。

表 3-10 機場空氣品質改善措施範例

來源	措施			
	法規	技術	營運	經濟
航機	<ul style="list-style-type: none"> ICAO 發動機排放標準 APU 使用限制 	<ul style="list-style-type: none"> 機場配置 快速出口滑行道 平行滑行道 流量管理 橋氣使用 	<ul style="list-style-type: none"> 排程優化 滑行方式調整 減少引擎怠速 減少 APU 使用 	實施航機排放收費制度
地勤	GSE 機具排放標準	<ul style="list-style-type: none"> GSE 替代燃料 減排設備 油霧捕捉設備 	使用電池式 GPU	實施車隊排放收費制度
機場設施	基礎設施排放標準	<ul style="list-style-type: none"> 低碳電網 儲能設施 排放口位置調整 	維護作業採用低碳工法	
陸側交通	<ul style="list-style-type: none"> 車輛排放標準 怠速規範 	<ul style="list-style-type: none"> 強化大眾交通 改變道路規劃 推動替代燃油 	<ul style="list-style-type: none"> 綠能計程車隊 替代燃料車輛專用停車空間 	<ul style="list-style-type: none"> 推動員工共乘 大眾交通推廣

資料來源：[6]

3.5.2 國際機場協會之空氣品質管理相關文件

ACI 亞太區每年皆會選擇一項主題進行綠色機場表彰，並於該年度的報告中分享各機場之作為，本計畫參考 ACI 「2021 年綠色機場表揚-空氣品質管理」之內容進行案例彙整，並參照各獲獎機場 2024 年年客運量進行排列，彙整如表 3-11 所示。

表 3-11 2021 綠色機場表彰-空氣品質得獎機場案例

機場	客運量 (mppa)	措施類別			
		航機	地勤	基礎設施	聯外交通
印度 德里國際機場	79.2	半自動電動 航機拖車	—	—	—
香港 香港國際機場	54.9	—	GSE 營運程 序優化	—	—
印度 孟買國際機場	54.8	eGPU 使用 ACDM 減少 滑行時間	—	—	—
臺灣 桃園國際機場	44.9	—	電動 GSE	雲端計程車 排班	焚化爐升級
日本 關西機場	31.8	eGPU 使用	新能源 GSE	—	—
印度 拉吉夫·甘地 國際機場	25.0	離到場程序 改善 eGPU 使用	太陽能 GSE	電動巴士	綠地開發
澳洲 布里斯本機場	22.6	—	—	電動巴士	—
阿聯 沙迦機場	17.1	—	—	周邊綠化	—
紐西蘭 基督城機場	6.3	—	—	—	地熱能空調 系統
臺灣 高雄國際機場	5.9	橋氣橋電	電動 GSE	電動車停車 優惠	—
澳洲 達爾文機場	1.8	—	—	野火防範程 序優化	—

資料來源： [38]；各機場官網。

3.5.3 國際航空運輸協會之空氣品質管理相關文件

IATA 在空氣品質方面與 ICAO 保持緊密合作，並未制訂自身的改善目標或發布相關文件。

3.5.4 國際組織之空氣品質管理政策發展趨勢

相對其他永續議題，空氣品質管理發展時間較長，各國法規皆具依定成熟度，故在國際組織之指引上並未見到針對航空與機場營運的指引，在目標的制定與程序上皆建議以相關國家規範為準。又，空氣污染物的排放與機場內二氧化碳排放之產生來源相同，空氣品質的減緩措施往往與溫室氣體排放減緩措施有較高的重複性。

3.6 廢棄物管理

近年廢棄物管理議題常與「循環經濟」議題連結，隨著傳統線型經濟之「原料→製造→使用→丟棄」概念轉化為循環經濟之「原料→製造→使用→再生」，廢棄物管理的工作將變得更為複雜。ACI 於 2020 年版中之「政策手冊」中說明其對於固體廢棄物與循環經濟的政策為「機場應推廣避免廢棄物產生的文化，並從廢棄物中擷取價值以達成零廢棄物填埋的目標。在終極的狀況下，機場營運單位應考慮將循環經濟原則納入其營運中」，2022 年聯合國環境大會通過終止塑膠污染之協議，隨後 2023 年 ACI 綠色機場表彰即將「終止一次性塑膠使用」作為該年度評選主題、2024 年 ICAO 亦發布了「一次性塑膠使用因應：航空產業概覽」(Addressing Single-use Plastics: An Overview for Aviation)，可見全球對此議題的重視。

此外，IATA 針對機艙之廢棄物處理亦提出了「IATA 機艙廢棄物手冊」[39](IATA Cabin Waste Handbook)，並制定一系列行動計畫以達到機艙廢棄物管理績效提升之目標，此行動計畫之發起人雖為 IATA 與航空公司，但仍需要機場營運單位、主管機關、空廚、清潔公司等利害關係方之支持方能達成。

對於廢棄物管理，ACI 並未公布任何上位指引，故本節將先針對 ICAO 之指引內容進行說明，再探討 ACI 於綠色機場表彰中所提之機場作為，最後針對 IATA 機艙廢棄物管理手冊中所提到，需要機場營運單位支持之項目進行說明。

3.6.1 國際民航組織之廢棄物管理相關文件

ICAO 於「2025 年環境報告書」中提到，航空產業做為一個資源密集的產業，將循環經濟納入策略開啟了減少原料依賴、延長資產生命週期並延續價值的機會。ICAO 持續於綠色機場論壇中推廣循環經濟的實務措施，並藉由「環保機場工具箱」系列文件提供相關指引，在廢棄物管理方面，ICAO 在「機場廢棄物管理」 [40] (Waste Management at Airports) 中提供了詳盡的定義與指引：

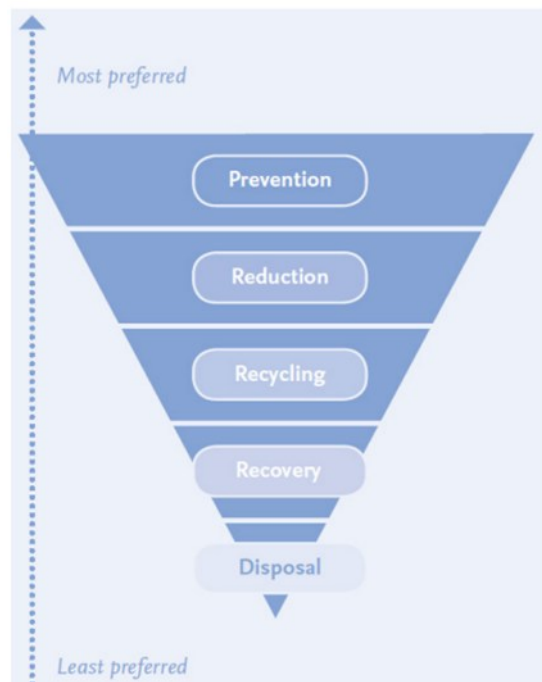
1. 廢棄物種類

機場之廢棄物主要可分為下列 6 類：

- (1) 都市固體廢棄物(Municipal Solid Waste,MSW)：機場一般營運所產生之日常生活廢棄物，通常由機場營運單位全權處理。
- (2) 營建廢棄物(Construction and Demolition Debris,CDD)：機廠區內營建工程所產生之廢棄物。
- (3) 航機廢棄物：機場之都市固體廢棄物約有 20%來自航機到場後清運，航機廢棄物通常包含餐飲產生之廚餘，空廚相關廢棄物通常由空廚業者負責進行處置。
- (4) 國際廢棄物：由國際航線或國際航廈產生的廢棄物，由於廢棄物中可能包含外來植物種子、病菌或其他污染物，故雖組成與一般都市固體廢棄物無異，仍會進行隔離處理。
- (5) 可降解廢棄物：航廈中產生廚餘或機場周邊植栽產生之木質廢棄物等，可歸類於都市固體廢棄物中，亦可進行不同處理。
- (6) 糞尿汗水。

2. 廢棄物處置原則

廢棄物的處置原則如圖 3.9 所示，由上至下為處理方式的優先性，分別是避免、減量、回收、再利用、丟棄。



資料來源：[40]

圖 3.9 廢棄物處置原則

- (1) 避免：藉由特定措施避免物質成為廢棄物，從根源避免廢棄物產生。
- (2) 減量：廢棄物減量不僅可促進機場永續，亦能降低營運成本。
- (3) 回收：藉由建立回收計畫可以有效減少廢棄物的數量，營建固體廢棄物的回收可以在相關材料與處理費用上達成顯著的節省，但需要經過審慎的規劃。
- (4) 再利用：機場營運單位可藉由供應商合約要求相關廠商對特定原料進行再利用。
- (5) 丟棄：常見方式為掩埋或焚化，現行已有部分掩埋場利用「廢棄物轉能源」技術將掩埋垃圾轉化為能源。
- (6) 廢棄物轉能源：藉由焚化、厭氧消化、氣化反應與掩埋產生甲烷氣回收等方式進行廢棄物轉能源。

3. 廢棄物管理方式

廢棄物管理不僅只需考慮廢棄物的處置，而應在機場整體營運的角度下納入對社會、經濟、環境的考量。廢棄物管理計畫的制定與實施分為以下 5 步驟，如圖 3.10 所示。



資料來源： [40]

圖 3.10 廢棄物管理流程

- (1) 定義：明確定義各利害關係方的責任。
- (2) 稽核：在進行計畫制定前應進行一次廢棄物整體稽核，以了解機場既有使用狀況下的廢棄物產生狀況與類別，此可以進一步了解各設施的營運型態與人員的分布狀況。
- (3) 管理與減量計畫：藉由前一步驟的稽核結果，並配合前文廢棄物處置原則即可規劃出各類別廢棄物的處置規劃。管理計畫的制定應遵循國家或地區法規架構，並將依機場的營運狀況有所不同。
- (4) 執行：為確保計畫的成效，廢棄物管理應納入機場營運單位之策略並與利害關係方合作，設定減量、回收、再使用之經濟誘因，並結合對內、對外的溝通策略。

- (5) 監控與評估：廢棄物管理的監控機制應盡可能與機場營運單位之其他策略目標相同，營運單位應在其他已實施之管理機制中評估共通的機制，以建立完整的管控系統。

4. 循環經濟

廢棄物管理僅只是循環經濟下的一環，循環經濟所代表的是更廣泛的概念，將廢棄物管理提升至新的經濟模式。機場與其周邊的機場城市所構成的完整服務與經濟生態體系更具有創造更多成本節省與價值創造的潛能。機場導入循環經濟應用可分為 3 大步驟：分析物料流向、盤點改善機會、導入循環經濟模型。

- (1) 分析物料流向：盤點物料(燃料、食物、產品、建材、水資源等)流進與流出機場的使用數據，包含物料中所含的回收材質比例、碳足跡等。
- (2) 盤點改善機會：盤點造成物料無法回收或重複使用之瓶頸為何，並檢視各數據是否有改善的空間，如：提升使用壽命、利用率、多功能性以及使用效率。
- (3) 導入循環經濟模型：常見的方法包含
 - ① 再生產品：使用可完全回收再生的產品，如紙餐具等
 - ② 去物質化(Dematerialization)：以新技術/科技取代實體物質使用，如登機證電子化。
 - ③ 物料再使用：廚餘與有機廢棄物可用於製造生物燃氣(Biogas)，製造後之廢料可用於堆肥。
 - ④ 產品做為服務(Product as a Service)：以購買服務代替購買產品，此可鼓勵產品生產商提升產品性能與壽命，而非大量生產製造，藉以提升產品資源效率。
 - ⑤ 資源共享：透過建置共享平台提升產品的使用率。

- ⑥ 產品壽命延長：導入模組化、可拆卸之彈性設計於建築或產品中，可提升該產品/設施的生命，並有利資源回收。

在「一次性塑膠使用因應：航空產業概覽」中，ICAO 指出一次性塑膠的供應鏈已發展成熟，可高效且成本低廉地滿足產業的大量需求，將是永續供應鏈需解決的主要挑戰。總體而言，廢棄物的收集、回收與處置作業基礎設施與原物料市場將對機場廢棄物管理有很大影響。

3.6.2 國際機場協會之廢棄物管理相關文件

如前文所述，ACI 對於廢棄物管理的目標為達成「零廢棄物填埋」，並認為機場營運單位應「考慮將循環經濟原則納入營運」。ACI 分別於 2018 年與 2023 年將此相關主題選為綠色機場表彰的年度主題，分別是「廢棄物最小化」與「終止一次性塑膠使用」可見一斑。考量近年技術發展速度，本計畫以 2023 年之案例分享文件作為主要參考依據。

在「終止一次性塑膠使用」方面，各機場措施主要分為 5 類，分別為「替代材料」、「塑膠使用禁令與指引」、「再利用、回收與循環」、「採購環境義務」與「海洋塑膠廢棄物回收」，彙整如表 3-12 所示。

表 3-12 2023 綠色機場表彰-終止一次性塑膠使用得獎機場案例機場

	客運量 (mppa)	措施類別			
		替代材料	塑膠使用 禁令與指引	再利用、 回收與循環	採購環境 義務
印度 德里國際機場	79.2	以安全網取代膠膜進行貨物封裝			
香港 香港國際機場	54.9			裝設飲水站	餐飲廠商強制規範
印度 孟買國際機場	54.8	可降解材質製品使用	推動零塑機場計畫		
臺灣 桃園國際機場	44.9	可降解材質餐具使用	塑膠袋、餐具收費制度		
日本 關西機場	31.8			海洋垃圾清理與回收	

	客運量 (mppa)	措施類別			
		替代材料	塑膠使用 禁令與指引	再利用、 回收與循環	採購環境 義務
韓國 濟州國際機場	29.6	全面使用循環杯			
印度 拉吉夫·甘地 國際機場	25.0	可降解材質 製品使用	禁用一次性 塑膠製品		與社區協會 合作採購黃 麻製品取代 塑膠袋
阿聯 沙迦機場	17.1		塑膠回收率 監控	強化回收措 施	
紐西蘭 基督城機場	6.3	導入循環包 裝商品		強化回收措 施	
臺灣 高雄國際機場	5.9		禁用含塑膠 微粒產品	裝設飲水站	
印尼 艾哈邁德亞尼 國際機場	2.1			黑水蛇養殖 廢棄物處理	廠商強制使 用環境友善 包裝材料

資料來源： [41]；各機場官網。

3.6.3 國際航空運輸協會之廢棄物管理相關文件

IATA 於 2019 年提出「IATA 機艙廢棄物手冊」，其中指出 2017 年全球機艙廢棄物中約有 20% 為未被食用過之食物與飲料，價值 150 億美元，代表在整體規劃與物流上應有很大的改善空間。故以「零廢棄物」為概念提出一系列行動計畫，主要分為 6 大類：策略與企業、監測與衡量、減量、再利用與回注、回收、處置。

儘管手冊中所提出之行動方案皆以 IATA 與航空公司為主體，廢棄物管理措施之規劃與執行仍需要利害關係人之投入與支持，此包含：航空公司員工、旅客、空廚、清潔與廢棄物處理公司、機場營運單位與主管機關。行動計畫摘要如表 3-13 所示。

表 3-13 機艙廢棄物管理措施利害關係單位

類別	行動	利害關係方					
		機場單位	主管機關	空廚	清潔公司	廢棄物處理公司	其他
策略與企業	進行機艙廢棄物合規性與特性評估	○	○	○			
	制定廢棄物資源效率策略	○	○	○	○	○	
	掌握並承擔機艙廢棄物的成本			○	○		
	與餐飲供應商合作以減少過度訂購與食物浪費			○			
	制定機艙廢棄物管理目標、指標與承諾	○		○	○		
監測與衡量	建立機艙廢棄物產生量與組成的基準值	○		○	○	○	相關專家
減量	食物預訂管理			○			
	乘客體驗措施調整						備品商
再利用與回注	食品回注機制		○	○			
	食品捐贈	○	○	○			
回收	制定機艙廢棄物分類標準作業程序		○	○	○		
	使用回收專用推車	○		○			設備商
	推動機場設置廢棄物清理材料回收設施 (MRF)	○	○		○	○	
	機艙設計納入廢棄物處理與管理機制	○	○	○	○		航機製造商
	鼓勵乘客參與機艙廢棄物解決方案	○		○			備品商
	使用可回收材料色彩編碼以促進分類	○		○	○		備品商
處置	研擬機艙廢棄物處理與處置之替代方案	○	○	○			相關專家
	安全處置尖銳物品				○	○	航機製造商

資料來源： [39]。

3.6.4 國際組織之廢棄物管理政策發展趨勢

儘管機場區域中所產生之廢棄物主要來自機艙廢棄物與餐飲供應商等，從 ACI 與 IATA 的文件中可觀察到機場營運單位是促進整體廢棄物循環與減量的主要推手。自減量策略之制定、配套與基礎設施的規劃與協調、對旅客之溝通等，皆需要機場營運單位之參與，方能進一步推展。

廢棄物管理往往受到國家法規之影響，並與整體供應鏈之轉型息息相關，故國際組織除提出「零廢棄物」等之概念外並無訂定強制目標。如 ICAO 所指出「一次性塑膠的供應鏈已發展成熟，且可高效且成本低廉地滿足產業的大量需求，這將是永續供應鏈需解決的主要挑戰」，機場營運單位在強化回收分類與處置機制的同時，亦須同時思考源頭減量的方法，方能達成永續目標。

3.7 國際組織政策發展趨勢小結

綜整國際組織發布之各類文件與報告，可以發現國際間機場環境永續主要討論的議題係以「能源使用及碳排放管理」為主，而隨著近年極端氣候事件頻傳，「氣候變遷調適」之作為亦有更多的研究正在進行，其餘面向則因各國政府分工與地理區位氣候性質不盡相同，國際組織主要僅高階層的指引，不一定具有全球性的量化目標、計畫或指引。綜整本章內容，國際組織之政策發展與未來趨勢如表 3-14 所示。

表 3-14 國際組織政策發展趨勢彙整

面向	重要參考文獻/ 內容	文獻/措施重點	未來發展趨勢
氣候變遷與調適	<ul style="list-style-type: none"> • ICAO 氣候風險評估與調適報告 • ACI 機場氣候韌性規劃招標指引 	<ul style="list-style-type: none"> • ICAO 與 ACI 已建立文件提供氣候風險評估之指引，並正進行相關研究計畫。 • 生物多樣性相關議題亦在氣候變遷調適面向中被提出。 	<ul style="list-style-type: none"> • ACI 亞太區正在進行相關研究計畫以建置氣候風險評估工具以及量化風險模型 • 結合氣候調適與生物多樣性議題，「以自然為本的解決方案」未來將有更多指引。
能源使用及碳排放	<ul style="list-style-type: none"> • ICAO LTAG • ACI 機場碳認證(ACA) • IATA 機場環境評估 (IEnvA) 	<ul style="list-style-type: none"> • 響應 2050 年淨零碳排目標，推廣永續航空燃料(SAF)與綠能之應用 • 著重機場區內設施與營運各項排放與能源使用 • ACI 亦推出機場碳認證(ACA)，作為全球通用的機場減碳措施管理制度之一 	<ul style="list-style-type: none"> • 氫能與電能應用於機場以及航機的可能性研究與試驗 • 機場設施導入低能耗、循環建材、智慧環境/能源管理系統等設計 • 機場內再生能源電網布設擴大
水資源管理	<ul style="list-style-type: none"> • ICAO 機場用水管理指南 • IATA 機場環境評估 	<ul style="list-style-type: none"> • 沒有廣泛使用的量化目標 • 著重於水資源的生命週期管理，從「供給—處理—排放」分階段進行管理，利用雨水與再生水增加供給，同時提升廢水容留與處理的能力。 	再生水系統的佈設、化學物源頭減量等措施於機場之應用
噪音監測管理	<ul style="list-style-type: none"> • ICAO Doc 9829 航機噪音管理平衡做法 • ACI ICAO 平衡做法應用指引 	<ul style="list-style-type: none"> • 沒有廣泛使用的量化目標 • 國際組織皆以 ICAO 平衡作法為主，依據四大重點(源頭減量、用地規劃、營運程序、營運限制)進行管理 	ACI 指出未經過平衡作法評估而推動的噪音管理計畫可能受到許多阻力，應強化利害關係人溝通並據以建立完整架構
空氣品質管理	<ul style="list-style-type: none"> • ICAO Doc 9889 機場空氣品質手冊 	<ul style="list-style-type: none"> • 沒有廣泛使用的量化目標 • 以 ICAO Doc9889 空氣品質手冊為主，已建立完整的評估流程。 	空氣品質的目標與程序皆建議以相關國家規範為準，且因排放源相同，措施的推動上與碳排相關管理措施有較高重複性
廢棄物管理	<ul style="list-style-type: none"> • ICAO 機場廢棄物管理 • IATA 機艙廢棄物手冊 	<ul style="list-style-type: none"> • 沒有廣泛使用的量化目標 • ICAO 機場廢棄物管理文件提供完整的定義與指引，而 IATA 機艙廢棄物手冊則列出航空公司的相關措施與利害關係單位。 	<ul style="list-style-type: none"> • 首重推動一次性塑膠減量之舉措，並納入循環經濟

第四章 先進國家機場環境永續政策與發展成果

本章蒐整歐盟、英國、美國、日本、新加坡之環境永續機場政策規劃成果，除檢視推動政策、目標、策略、現況成果與未來規劃外，亦考量各國法規架構差異，補充相關政策背景說明，以利了解案例先進國家之機場相關永續政策發展概念。

4.1 歐盟

4.1.1 歐盟相關政策

1. 政策背景與目標

歐盟之環保法規立基於「馬斯垂克條約」、「里斯本條約」等會員國協議之上，這些協議將環保納入歐盟的整體綱領中，並將歐盟視為整合的環境區域。

2019年「歐洲綠色政綱」發布，宣告歐洲於2050年前成為「第一個氣候中和的大陸」的目標。以此為開端，2021年「歐洲氣候法」(European Climate Law)將綠色政綱之「2050年達成氣候中和目標」轉化為「2050年達成淨零碳排」與「2030年減碳55%」之子目標，「歐洲氣候法」的訂定使減碳成為歐盟國家之法律義務，促使各會員國檢視並調整其國內法規，以符合聯盟的整體目標。環保轉型需要政治、產業與社會的根本變革，為使歐盟層級的法規滿足「歐洲氣候法」的目標，歐盟進一步提出了「55套案」(Fit for 55)，提出各領域的政策調整方向目標，以補足現行法規的不足，並具體化歐盟朝向2030年目標前進的策略方向。此三項法規可視為歐盟現代環保政策的核心，展現出歐盟根本協議及其他國際條約的深遠影響，並與其他領域政策相互作用，共同推動更多與永續發展相關的平行政策，進而構築出完整的歐盟環保法規體系、如圖4.1所示。

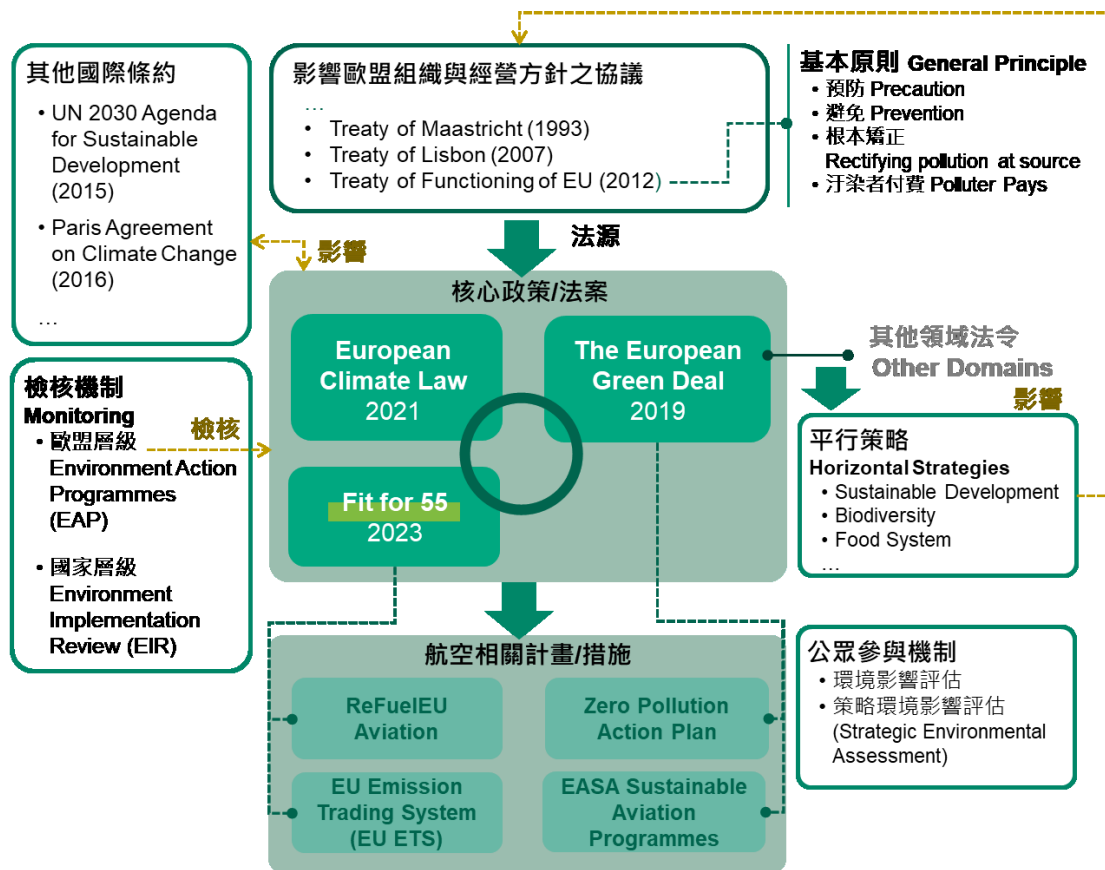


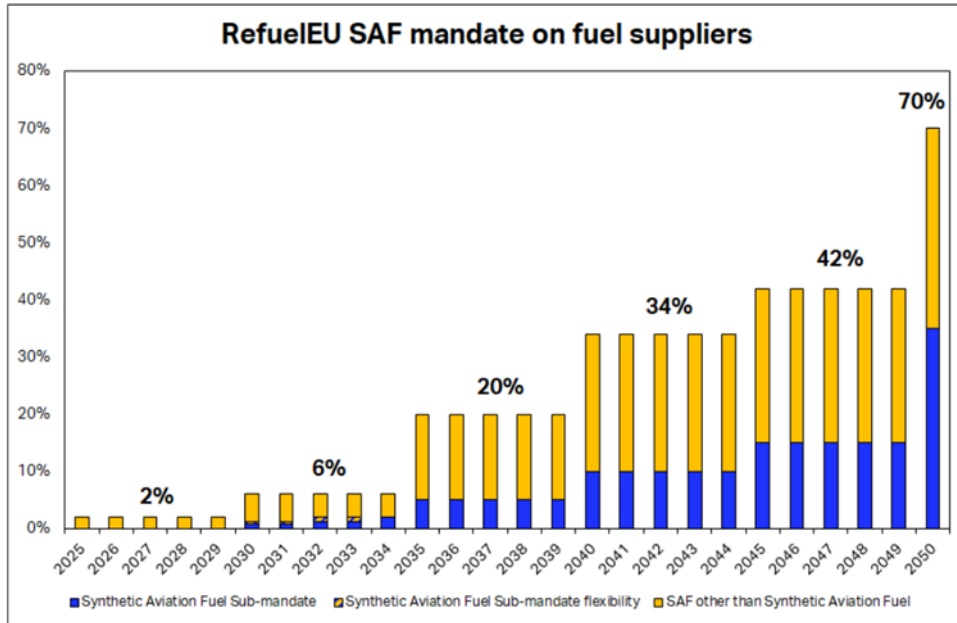
圖 4.1 歐盟環保政策架構示意圖

2. 航空相關計畫/措施

在前述 3 大核心政策/法案的建立下，歐盟推出了 4 項對航空產業造成影響的計畫與政策：

(1) ReFuelEU 航空(ReFuelEU Aviation)

「ReFuelEU 航空」法案為「55 套案」下之其中一項政策，用於推廣 SAF 之使用。此法案將 SAF 使用認定為航空產業碳排減量的最有效工具，並針對航空燃油供應商供應予歐盟機場的燃油制定逐步提升的使用比例，如圖 4.2 所示。



資料來源： [42]

圖 4.2 「ReFuelEU 航空」法案供油商 SAF 強制供應比例

此法案將 SAF 分為 4 個種類，並在後續制定使用目標時除了整體使用比例外，亦明確要求了針對合成航空燃料(Synthetic Aviation Fuel)的使用比例：

- ① 合成航空燃料(Synthetic Aviation Fuel)：以再生氫能與碳捕捉製成
- ② 先進生質燃料(Advanced Biofuel)：以廢棄物與殘餘製成
- ③ 生質燃料(Biofuel)：以動植物油脂製成
- ④ 回收碳(Recycled Carbon)航空燃油：以石化廢棄物製成

在「ReFuelEU 航空」之主要法案「2023 年 10 月 18 日歐洲議會暨理事會第 2023/2405 號條款」(Regulation (Eu) 2023/2405 of the European Parliament and of The Council of 18 October 2023)中，機場各利害關係方的主要職責彙整如表 4-1 所示。

表 4-1 SAF 政策推動利害關係方職責

單位	職責
主管機關	<ul style="list-style-type: none"> • 監控與執行政策規劃 • 針對未符合法規要求之單位進行處置 • 檢視並核實申報內容 • 促進各利害關係方協調合作
機場管理單位	<ul style="list-style-type: none"> • 確保 SAF 供給 • 建置氫能與電能航機所需基礎設施 • 向航空公司/供油商提供申報所需之資訊
航空公司	<ul style="list-style-type: none"> • 依法規使用 SAF • 依法規進行相關申報
供油商	<ul style="list-style-type: none"> • 確保 SAF 供給 • 依法規進行相關申報

由上表可知，儘管「ReFuelEU 航空」法案之限制主要施加於供油商，機場管理單位作為航空公司與供油商間之平台仍需確保供應鏈之建立並推動新能源基礎建設之建置。

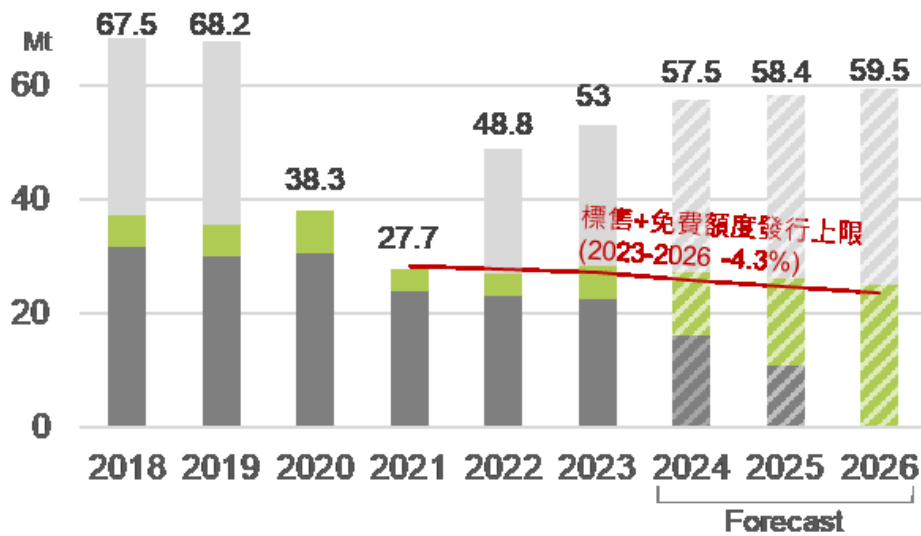
(2) 歐盟碳排放交易體系 (EU Emission Trading System, EU ETS)

EU ETS 自 2005 年起實施至今已進入第 4 階段(2021-2030)，隨著階段的推進，此體系逐步納入不同的產業，並在現行階段中對應「歐洲氣候法」的目標進行管控。

EU ETS 立基於「總量管制與排放交易」(Cap and Trade)原則規劃，以上位政策之減碳目標制定各年之排放總量上限，並按比例將配額分派給各產業與企業，供其於碳權市場按實際需求進行交易。

航空產業於 2012 年被納入 EU ETS 交易體系中，由於其產業特性，航空產業專用的排放額度被稱作「歐盟航空排放額度」(Europe Aviation Allowances, EUAA)，航空業者可依照其營運量與效能獲得一定的免費額度。若營運排放超過其免費配額，業者可於市場收購由政府標售的航空排放額度，而若仍不足，則需另於市場中購買通用的歐盟排放額度(Europe Allowance, EUA)。為促進航空產業減碳，歐洲議會於 2023 年決議將於 2026 年取消免費額度，並於 2023-2025 年間逐步減少發行量，使歐盟之航空公司將須於市場中購買等同其營運排放量之排放額度，如圖 4.3 所示。

航空業總排放



資料來源：[43]

圖 4.3 歐盟碳排放體系航空產業排放量額度趨勢

EU ETS 僅適用於歐盟經濟區(European Economic Area, EEA)與瑞士、英國間之航線，在起訖點之一為 EU ETS 適用範圍外的情況下則須依循 CORSIA。而與 CORSIA 之「抵換」概念不同的地方是，EU ETS 機制之建立在於使企業取得「排放二氧化碳之額度」並非「抵銷其所排放之二氧化碳」，故兩系統可平行推動，並不會造成衝突。

(3) 零污染行動計畫(Zero Pollution Action Plan)

歐洲執行委員會將「歐洲行動方案：邁向零空氣、水與土壤污染」(EU Action Plan:Towards a Zero Pollution for Air, Water and Soil)列為「歐洲綠色政綱」之關鍵文件之一，願景是在 2050 年前空氣、水與土壤的污染需降至不再對健康與自然生態造成傷害的程度。「零污染行動計畫」將前述的願景轉化為 6 項目標，分別是：

- ① 改善空氣品質以減少新生兒因空氣污染造成死亡數量減少 55%。
- ② 減少海中廢棄物與塑膠垃圾量達 50%以改善水質；環境中塑膠微粒釋放減少 30%。

- ③ 減少土壤養分流失與化學殺蟲劑使用達 50%以改善土壤。
- ④ 減少 25%因空氣汙染導致的生態多樣性流失。
- ⑤ 減少受運輸噪音干擾的族群占比達 30%。
- ⑥ 減少 50%都市固體廢棄產生。

其中，與航空業有直接相關的是在噪音產生方面。歐洲環境署 (Europe Environment Agency, EEA)於 2025 年發布之「2025 年零汙染監測與展望報告」 [44](Zero Pollution Monitoring and Outlook 2025)中提到，自「零汙染行動計畫」啟動後，儘管已實施多項運輸相關管制政策，運輸噪音並未顯著減少。在航空方面，歐洲航空安全總署(European Union Aviation Safety Agency, EASA)於「2025 年歐洲航空環境報告」 [43](European Aviation Environmental Report 2025)強調航空產業應減少空氣汙染排放與噪音，並預估將有 10% 之人口受到超過安全標準的航空噪音影響。

(4) 永續航空專案(Sustainable Aviation Programme)

配合「歐洲綠色政綱」的公告，EASA 於 2020 年啟動「永續航空專案」，主要措施包含：

- ① 加速認證程序與綠色標準。
- ② 營運效率與 SAF。
- ③ 航空去碳化與電能及氫能航機解決方案。
- ④ 無人機與空中計程車之環境影響。
- ⑤ 零排放航空之研究。

EASA 並未針對「永續航空專案」公開更詳盡的計畫或執行進度，然可從其於 2025 年所發布之「歐洲航空安全計畫」 [45](European Plan for Aviation Safety)找到其在 2023-2025 年區間之策略優先項目包含 4 項：

- ① 由 EASA 措施帶動航空系統減碳：包含推動 SAF 之使用與低排放解決方案(如氫能、電能與混和動力之輕型航機認證)、推動「歐洲旅程排放標籤」(EU Flight Emission Label)揭露各航線之碳排，與推動航空產業氣候影響相關研究。
- ② 藉由環保認證與標準推動永續航空：因應超音速航機(Supersonic Aircraft)與新興技術(Novel Technologies)的發展，致力研擬高效率的環境認證流程。
- ③ 透過其他相關法規推動永續航空：配合歐洲執行委員會推動相關政策研究。
- ④ 藉由飛航標準與航管相關措施提升營運效率：檢視航管作業之環境績效並推動相關改善措施或移除造成瓶頸之法規限制，支持氫能與電能營運作業之研擬。

如上所述，「永續航空專案」之策略優先項目規劃僅到 2025 年為止，未來 EASA 將如何進一步推動需待未來「歐洲航空安全計畫」更新後持續觀察。

4.1.2 荷蘭

1. 航空環境永續政策與目標

(1) 責任航向 2050- 航空備忘錄 2020-2050 [46]

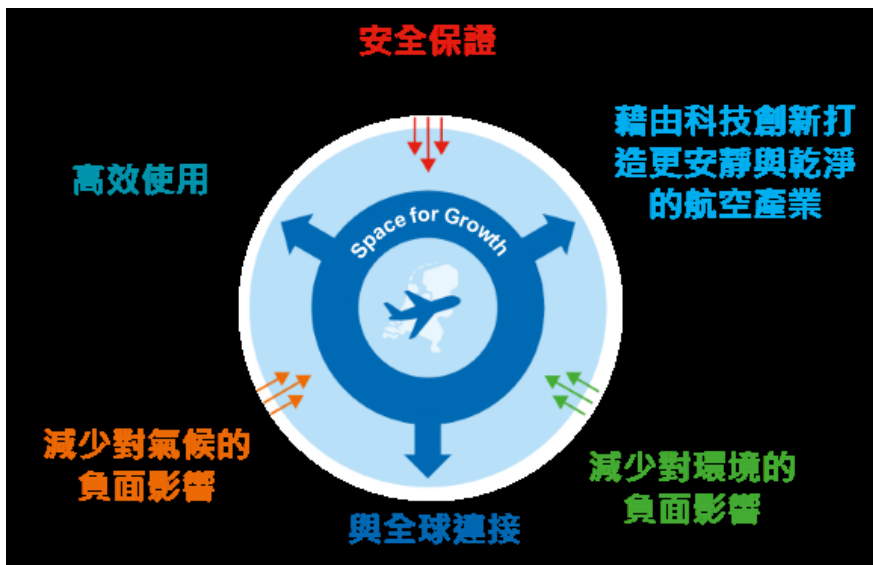
(Verantwoord Vliegen Naar 2050: Luchtvaartnota 2020-2050)

荷蘭基礎設施與水管理部(Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, IenW)於 2020 年發布「責任航向 2050- 航空備忘錄 2020-2050」(下簡稱為「航空備忘錄 2020-2050」)，以「安全、永續、全球連接」作為政策核心規劃荷蘭航空產業未來 30 年之政策方向。

「航空備忘錄 2020-2050」延續了 2018 年由 IenW 起草的「永續航空協議」(Akkoord Duurxame Luchtvaart)航空產業碳排放目標以及 SAF 使用目標。儘管該協議僅以「合作備忘錄」之形式簽署，並非正式法令文件，IenW 後續公告之政策仍延續著此兩目標進行發展：

- ① 2030 年：機場作業零排放，自荷蘭出發之國際航線排放量降為 2005 年水準、SAF 使用比例達 14%。
- ② 2050 年：國內一般航空零排放、自荷蘭出發之國際航線排放量降為 2005 年之 50%、SAF 使用比例達 100%。
- ③ 2070 年：所有離、到場之航機排放量為 0。

根據「航空備忘錄 2020-2050」內容，荷蘭政府認為航空產業必須在確保污染與排放減少的前提下方能實現成長，並以此概念為基礎提出了「永續換取成長模型」(Het groeiverdienmodel voor de luchtvaart, 英譯為 Growth Earning Model)，如圖 4.4 所示。



資料來源：[46]

圖 4.4 荷蘭航空產業「永續換取成長」模型

(2) 航空產業非二氧化碳氣候影響政策方法 [47]

(Kamerbrief bij beleidsaanpak niet-CO2-klimaat-effecten luchtvaart)

在「航空備忘錄 2020-2050」實施後，2022 年荷蘭眾議院要求政府機關訂定具體化的非二氧化碳排放管制政策，因應此要求，IenW 於 2023 年向議會提交了一份公開書信說明機關對於非二氧化碳排放之政策方向。

此信件指出，航空業之非二氧化碳排放類別與影響，因其空間上的獨特性而充滿著不確定性，且時下沒有確定性的科學依據可量化航空產業非二氧化碳對氣候之影響，在歐盟其他成員國家皆未制定相關政策的情況下，若貿然制訂政策干預將可能造成跨境的排放洩漏。

在此考量下，IenW 制定了 3 個政策方針，以研擬未來因應非二氧化碳排放管理之政策：推動更多政策導向之研究、推動歐盟與國際規範、利害關係人合作。

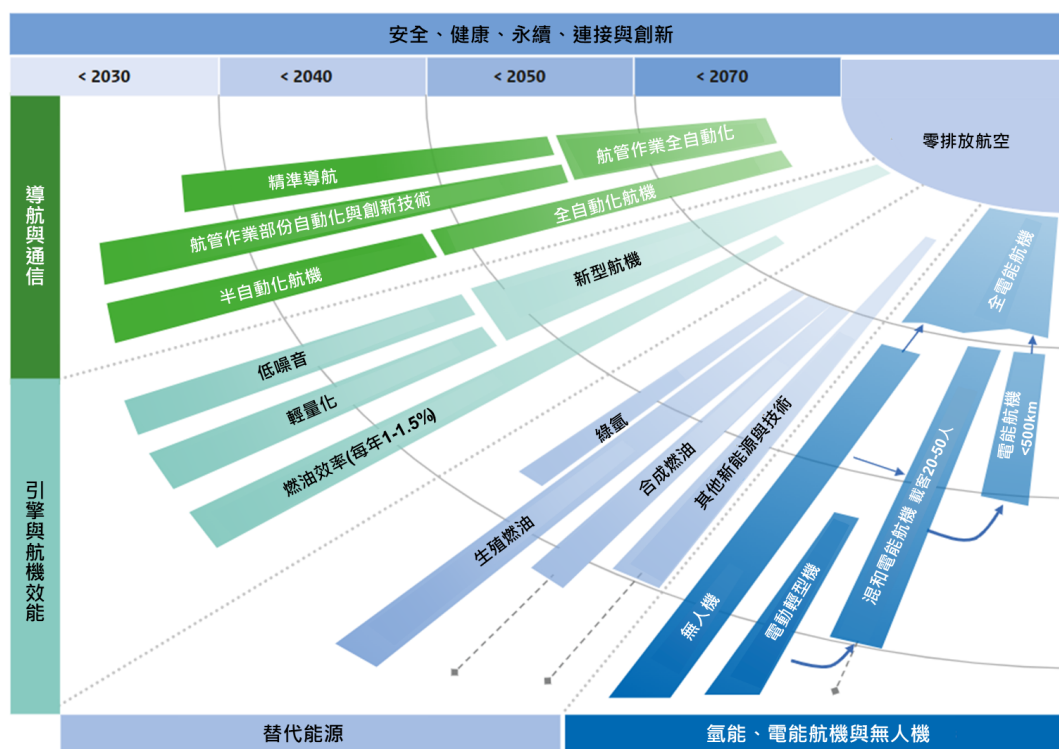
2. 策略與發展成果

「航空備忘錄 2020-2050」明確了荷蘭政府對於航空產業的碳排目標，並在此目標與「安全、永續、全球連接」的願景下發展出了 4 大策略：航空安全、良好的國際航網、具吸引力的健康環境與永續航空，其中與環境永續相關的措施彙整如表 4-2 及圖 4.5 所示。

表 4-2 荷蘭「航空備忘錄 2020-2050」環境永續策略

永續策略		執行措施
具吸引力的健康環境	噪音管控	<ul style="list-style-type: none">● 差異化機場收費：針對產生噪音較高的航機機型收取較高的費用，同時提升夜間航班的費用。● 減少夜間航班。● 空域調整：調整離到場空域與航線規劃，縮短航行距離並減少對住宅區之噪音影響。
	空氣品質	<ul style="list-style-type: none">● 懸浮微粒：研究並將懸浮微粒相關政策納入機場發展策略。
	用地規劃	<ul style="list-style-type: none">● 環境基金：研擬成立機場環境基金。● 周邊開發：綜合評估機場的噪音影響與居住空間需求。

永續策略		執行措施
	環境保護	<ul style="list-style-type: none"> ● 建立環評程序：更嚴謹的評估流程與環境補償。 ● 氮氣排放影響：氮排放控制研究。
永續航空	制定二氧化碳排放目標	<ul style="list-style-type: none"> ● 降低航空碳排：藉由低碳燃料與替代能源降低航空碳排強度。 ● 市場抵換機制：藉由 EU ETS 與 CORSIA 進行抵減。 ● 替代運具：以鐵路代替航空，但不確定性高且不利產業發展。
	成本內部化	徵收航空稅以平衡各運具間的競爭。
	永續航空燃油使用	延續國內目標，於 2050 年達到 100% 使用。
	推動新能源航機研發	提供研發基金促進產學合作與技術創新。
	推動非二氧化碳排放研究	研究相關影響。



資料來源：[46]

圖 4.5 永續航空科技發展概念

「航空備忘錄 2020-2050」發布至今已屆 5 年，全球航空業歷經新冠肺炎疫情影響已逐漸回復疫前的發展狀況，本計畫檢視荷蘭近年的發展狀況，有以下發現：

(1) 目標制定

荷蘭的 SAF 使用於 2050 年達 100% 之目標相對全球仍具相當野心，在「航空備忘錄 2020-2050」發布後，歐盟宣布實施「歐洲氣候法」的 2030 年減碳 55% 以及 2050 年碳中和目標以及「ReFuelEU 航空」法案之 2050 年 SAF 使用 70% 目標，可見其在歐盟推動倡議的成效。

在非二氧化碳排放上，從 IenW 於 2023 年發布的文件中可看到，相關的研究仍需要一段時間的發展。2025 年 4 月，儘管受到議會的壓力，荷蘭政府仍推遲氮減量 50% 之目標至 2035 年。

(2) 噪音管理

為滿足歐盟「零污染行動計畫」的噪音減量目標，荷蘭提出將航行量上限自 500,000 架次減少至 478,000 架次，歐盟執行委員會亦於 2025 年 3 月同意採納此決策，惟此計畫受到 IATA 與航空公司之反彈。以史基浦機場為據點之荷蘭皇家航空亦透過法律程序提出抗議，執行成效需要進一步觀察。

(3) 航空稅

「航空備忘錄 2020-2050」發布後，荷蘭政府於 2021 年重新開徵航空稅，課徵對象為所有自荷蘭出發，搭乘航機最大起費重量大於 4 公噸之所有旅客（但不含轉機旅客與 2 歲以下孩童），依照政策導向與消費者物價指數逐年決定徵收稅額，自 2021 年開徵以來逐年稅額如表 4-3 所示。

表 4-3 荷蘭逐年徵收航空稅額

年分	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年	2025 年
稅額(每旅客)	€7.45	€7.95	€26.43	€29.05	€29.95

荷蘭政府認為「針對社會不樂見的事物(汙染)徵收稅金比對社會所樂見的事物(工作)徵收稅金合理」，故航空稅之課徵在於實踐「歐洲聯盟運作條約」(Treaty of the Functioning of EU)「汙染者付費」原則，將課徵得來之稅收運用於永續相關計畫。

(4) 永續航空燃油

除前述「航空備忘錄 2020-2050」之目標倡議受到歐盟層級之採納外，IenW 於 2025 年提出「國家 SAF 藍圖」，願景是在達成歐盟與國家使用目標同時強化荷蘭作為 SAF 生產基地，此藍圖主要針對促進國內生產與使用之相關措施，並沒有進一步制定機場相關的行動計畫。

針對荷蘭機場環境永續發展方面政策與發展成果，相關內容彙整如表 4-4 所示。

表 4-4 荷蘭機場環境永續政策與發展成果

永續議題	氣候韌性與調適	能源與碳排管理	水資源、噪音、空氣品質、廢棄物
主要政策	責任航向 2050-航空備忘錄 2020-2050 氣候調適章節 Verantwoord Vliegen Naar 2050: Luchtvaartnota 2020-2050 2021 年公布	航空產業非二氧化碳氣候影響政策方法 Kamerbrief bij beleidsaanpak niet-CO2-klimaat effecten luchtvaart 2022 年頒布	責任航向 2050-航空備忘錄 2020-2050 噪音、超細懸浮微粒、周邊生活環境與自然保育章節 Verantwoord Vliegen Naar 2050: Luchtvaartnota 2020-2050 2021 年公布
管理單位	基礎設施與水務管理部	基礎設施與水務管理部	基礎設施與水務管理部
政策目標	<ul style="list-style-type: none"> • 建立面對極端天氣、強降雨等氣候衝擊 • 確保機場與航務系統的穩定性、連續性與安全容量 	<ul style="list-style-type: none"> • 2030：SAF 使用率達 14%、荷蘭出發之國際航班減排至 2005 水準 • 2050：整體航空業淨零排放 	<ul style="list-style-type: none"> • 建立全國性跨領域上位法規，設定法定環境目標與改善機制 • 作為政府部門針對機場整體環境管理之各式專法之依據與政策方向
主要策略	<ul style="list-style-type: none"> • 設定長期目標並以 5 年期滾動檢討 • 透過監測、評估、校正機制確保行動在軌，必要時調整政策 • 把氣候調適與氣候影響列入環境影響評估與決策依據 	<ul style="list-style-type: none"> • 二氧化碳治理：機隊汰換／改裝、營運與空域效率化、SAF 導入等 • 非二氧化碳治理：利害關係人合作開發避免非二氧化碳(凝結尾、NOx 等)排放產生與成本效益分析 	<ul style="list-style-type: none"> • 依據歐盟規範制定噪音地圖與降噪行動計畫 • 制定空氣品質／水資源／土壤與廢棄物監測與管理義務和回收辦法
相關機場政策	<ul style="list-style-type: none"> • 配合歐盟 ReFuel-EU 政策，皇家史基浦集團與阿姆斯特丹市政府、港務公司、以及荷蘭皇家航空(KLM)合作成立 SynKero 計畫，目標在阿姆斯特丹設置以生物二氧化碳(Biogenic CO2)與綠氫生產永續航空燃油之煉製設施 • 配合荷蘭政府噪音政策，史基浦機場預計實施航空架次上限減少之措施，然遭到各界反彈。在歐盟要求下，史基浦機場依照歐盟法規完成 ICAO 平衡作法之評估，架次上限方通過審核批准 • 因應政府氫能政策，鹿特丹海牙機場推動 DutchH2 航空樞紐(DutchH2 Aviation Hub)計畫，包含氫燃料生產、供應鏈、營運措施與氫能航機測試之作為 		
結論	<ul style="list-style-type: none"> • 荷蘭機場永續政策主要由單一部門(基礎設施與水管理部)制定相應之環境課題政策，輔以各環境課題專法管理 • 荷蘭未針對各規模機場分別訂定不同標準、要求，由各機場視自身規模，依據相應規範辦理，政府提供相應補助、技術等協助 		

4.1.3 法國

1. 政策背景與目標

在國家層級的減碳計畫方面，法國制定了「國家能源氣候計畫」(Plan National Integre Energie – Climat)，由 3 項子計畫支撐，分別為：「多年期能源計畫」 [48](la Programmation Pluriannuelle de l'énergie)、 「國家低碳策略」 [49](la Stratégie Nationale Bas-Carbone)、 「國家氣候變遷調適計畫」 [50](le Plan National d'adaptation au Changement Climatique)。

(1) 國家能源氣候計畫

法國「國家能源氣候計畫」為「多年期能源計畫」、「國家低碳策略」與「國家氣候變遷調適計畫」之整合，提供法國之國家減碳計畫行動目標與綱領，以及未來的目標與策略訂定方針。

(2) 多年期能源計畫

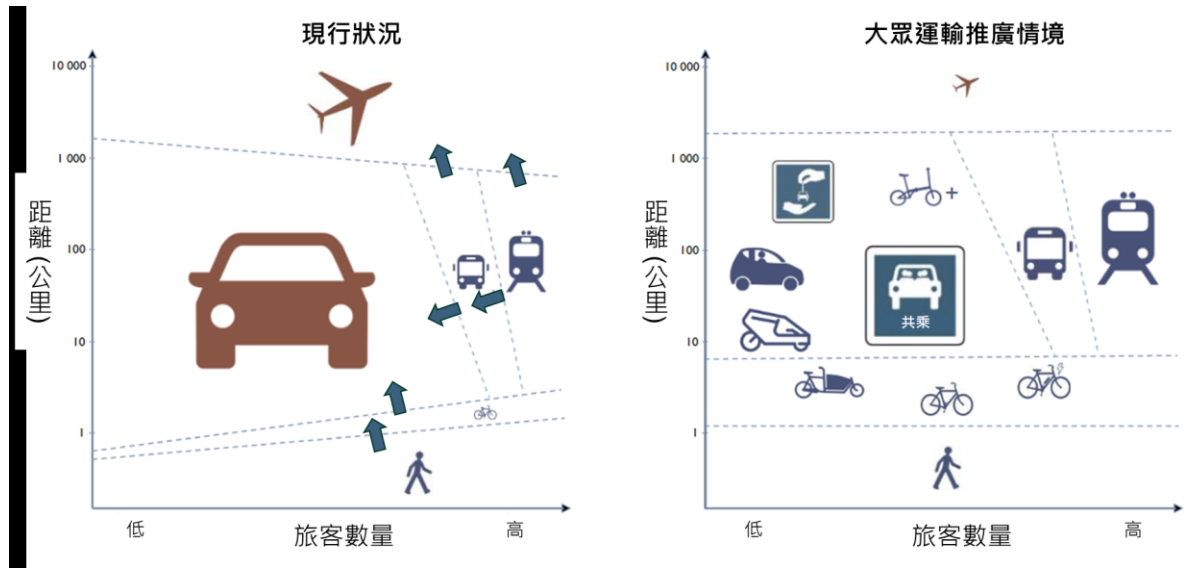
「多年期能源計畫」訂定了法國之能源策略，主要有三：

- ① 減少能源消耗：提升能效與推廣「能源清醒」(Energy Sobriety)
- ② 提升發電量：推動以核養綠，確保供電量充足
- ③ 能源減碳化：推動生質柴油、光電、地熱等綠電

其中在能源減碳化的部分，將推動 SAF 之使用，目標於 2030 年達到 5%、2050 年達 50%。

為確保運輸部門符合法國之氣候目標，法國於「多年期能源計畫」之編制下另制定了「綠色運輸開發策略」 [51] (Stratégie de Développement des Mobilités Propres)，提出了降低運輸部門碳排放之行動計畫，惟在最新版內容中行動方案主要針對私有運具與大眾運輸，並未針對航空產業制定行動方案。儘管如此，從策略中提出的大眾運輸推廣情境中可看到，法國政府之目標是透過增加鐵路、

公路運輸系統的覆蓋率，同時增加私有汽車替代交通工具，以降低航空與私有汽車之市場占比，如圖 4.6 所示。



資料來源：[51]

圖 4.6 大眾運輸推廣情境示意圖

(3) 國家低碳策略

法國「國家低碳策略」每 5 年進行一次更新，並正進行第三期 (SNBC-3) 之研擬作業，預計於 2025 年底完成。根據「國家能源氣候計畫」[52] 之規劃，2025 年版本將依循「歐洲綠色政綱」的目標，並訂定於 2030 年減碳量達 1990 年 50% 之水準；運輸相關排放應在 2030 年減少 14.5%、2035 年減少 25%。

在「國家低碳策略」中，亦會訂定 4 年一期的國家總體以及各部門之「碳預算」(Carbon Budget)，如表 4-5 所示。

表 4-5 國家低碳策略分期預算

平均年排放 (Mt CO ₂ eq)	第 1 期 2015-2018	第 2 期 2019-2023	第 3 期 2024-2028	第 4 期 2029-2033
總體排放量 (不含森林碳匯)	441	398	357	299
部門排放				
運輸	128	111	97	未定
建築	79	63	47	
工業	79	75	67	
能源	55	55	55	
農業	85	82	79	
廢棄物	15	13	11	
溫室氣體				
二氧化碳 CO ₂	322	288	257	未定
二氧化氮 N ₂ O	56	53	50	
甲烷 CH ₄	42	41	40	
氟化氣體	21	17	10	

資料來源：[49]、[52]

2. 策略與發展成果

(1) 國內航空減碳

法國主要透過 2 項措施推動國內航空減碳，包含：

- ① 替代路網：取消鐵路車程在 2.5 小時內的國內航線。
- ② 國內航空排放強制抵換目標：2022 年 50%、2023 年 70%、2024 年後 100%。

法國之國內排放強制抵換措施係依據該國之「氣候韌性法」制定，要求航空公司抵換其國內航線之二氧化碳排放，抵換碳權須來自 CORSIA 認證機構或法國低碳標章(Low-Carbon Label)認可之計畫，並有一定比例碳權來自歐盟區內之碳減量專案。同時，為鼓勵生物多樣性相關推動措施，凡經認證對生物多樣性具重大效益之專案，可享有 1.5 倍的碳權計算優惠。

為避免強制抵換對航空公司財務造成重大影響，法國政府亦設定每噸二氧化碳當量 40 歐元之價格上限，若航空公司證明經詢問至少 5 家供應商後，仍無法以低於該價格取得碳權，即可申請豁免部分抵換義務。若未通過上述申請且未履行義務，或逾期未提交申報書，航空公司將面臨每公噸二氧化碳當量 100 歐元之罰鍰。

(2) 機場氣候變遷調適

在「國家氣候變遷調適計畫」中，法國提出「確保運輸系統韌性」的措施，實行計畫之一則是要要求指定機場於 2025 年底前完成氣候變遷脆弱度評估與調適計畫，其中需包含明確的行動計畫與經費預估。

(3) 航空稅制

法國採取多項稅制作為航空永續措施資金來源，其中包含：

- ① 運輸永續能源使用優惠稅制(TIRUERT)：TIRUERT 訂定供油商應符合的年度 SAF 混合標準，若滿足該標準，則可得到稅率的優惠。若未滿足則除了沒有稅率優惠外，另亦須繳交罰款。供油商不須實際生產供應 SAF，可透過購買憑證替代。此稅制已在 2025 年 ReFuel-EU 政策實施後取消，但法國目前正研議針對航空公司建立新的優惠稅制，藉由營利事業所得稅抵減方式抵減 SAF 與傳統航空燃油之價差。
- ② 法國公益稅(Solidarity rate)：與荷蘭航空稅機制相似，法國公益稅向所有自法國出境之旅客徵收，依照起訖地點與艙等不同收取不同之金額，費率最低自 7.4 歐元至 120 歐元不等，稅收用於補助法國政府之永續航空相關計畫與其他公益用途。
- ③ 航機噪音稅：依照機場地域性收取不同費用，自 10 歐元至 75 歐元不等，用於補助各機場周邊住宅之噪音補助措施。

(4) 永續航空燃油

根據法國民航局「2024 環境報告」[53]，在永續航空燃油的推動上，除了依循國家訂定之 SAF 強制使用比例並以航空稅制補助使用外，法國推動重心主要建立國內 SAF 供應容量。

(5) 生物多樣性

法國民航局與其他產業利害關係方共同成立「航空生物多樣性協會」(Biodiversité Aéroportuaire)，並建立了「生物多樣性機場」認證，以生物多樣性、員工投資、溝通、社區營造 4 大主題進行評定。法國民航局並鼓勵機場取得相關認證，並依循國家生物多樣性策略之「維護並復育自然草地」項目檢視並回報相關成效。

針對法國機場環境永續發展方面政策與發展成果，相關內容彙整如表 4-6 所示。

表 4-6 法國機場環境永續政策與發展成果

永續議題	氣候韌性與調適	能源與碳排管理	水資源、噪音、空氣品質、廢棄物
主要政策	國家氣候變遷調適計畫 Third National Climate Change Adaptation Plan 2025 年頒布	國家能源及氣候計畫 Plan National Integre Energie-Climat 2021 年公布	環境法典 Code of the Environment 2025 年更新
管理單位	生態轉型與國土協調部	生態轉型與國土協調部	生態轉型與國土協調部
政策目標	<ul style="list-style-type: none"> 強化氣候調適治理，保護人民、生態與基礎設施，並提升地方韌性與應變能力 推動氣候正義，確保公共政策於 2028 年前全面納入調適考量 	<ul style="list-style-type: none"> 2030: 較 1990 減排 40%，再生能源達 30% 使用 2050: 整體航空業淨零排放、最終能源消耗減少 50% 	<ul style="list-style-type: none"> 全國性各領域上位法規，設定法定環境目標與改善機制 作為政府部門針對機場整體環境管理之各式專法之依據與政策方向
主要策略	<ul style="list-style-type: none"> 建立治理、知識與認知、受衝擊部門、地方行動作為、監測與評估五大主軸 針對機場氣候韌性進行強化與風險評估 	<ul style="list-style-type: none"> 去碳化及碳排減量 能源效率提升 低碳能源佔比提升 新興科技應用與產業轉型及行政面協助 	<ul style="list-style-type: none"> 制定機場回收分類設施管理，納入登記/許可與稽查體系 透過 5 年期「噪音防制計畫」漸進式檢討與改善 提供各環境課題技術指南供執行參考
相關機場政策	<ul style="list-style-type: none"> 因應歐盟綠色政綱(European Green Deal)，巴黎機場集團(法國戴高樂機場之營運企業)組織了 OLGA 計畫，目的在 4 個合作機場中測試各項創新減碳措施的有效性，以鑑別可擴大辦理至其他機場的措施，計畫範疇涵蓋環境基線與影評估、能源使用、溫室氣體排放、噪音與空氣汙染、生物多樣性等面向。 因應國家低碳策略之制定，法國部分機場取消了航程 2.5 小時內的國內航線。此舉遭到歐洲 ACI 與法國機場聯盟(Union of French Airports)抗議，但後續得到歐盟執委會的批准。 		
結論	<ul style="list-style-type: none"> 法國機場永續政策分別由不同部門制定相應之環境課題政策，輔以各部門專法作為政策規章基礎 法國未針對各規模機場分別訂定不同標準、要求，由各機場視自身規模，依據相應規範辦理，政府提供相應補助、技術等協助 		

4.2 英國

4.2.1 政策背景與目標

英國曾於 2018 年發布一航空產業長期發展計畫初稿「航空 2050：英國航空產業未來願景」 [54](Aviation 2050: The Future of UK Aviation，下稱「航空 2050」)並公開徵求意見。隨後因新冠肺炎疫情之爆發，考量社會經濟環境之劇烈變化，英國遂停止前述文件之修訂，並於疫後依照其公開徵求意見之回覆重新編訂了「飛向未來之航程」 [55](Flightpath to the Future)作為國家民航產業未來 10 年之發展願景。

1. 航空 2050：英國航空產業未來願景

儘管並未成為正式文件，「航空 2050」建立了相當完整的長期策略架構，並針對航空產業永續擬定了 7 大發展措施，相對後續發布之「飛向未來之航線」規劃年期僅有 10 年，仍有一定的參考價值。「航空 2050」列出 7 大發展策略，分別是：

- (1) 建立全球連接的英國。
- (2) 確保航空產業永續發展。
- (3) 支持地方成長與連接。
- (4) 強化旅客體驗。
- (5) 確保旅行安全與保安。
- (6) 支持一般航空。
- (7) 鼓勵創新與新科技。

在「確保航空產業永續發展」策略下，擬定了 7 大發展措施，如圖 4.7 所示。



資料來源： [54]

圖 4.7 英國「航空 2050」永續發展 7 項措施

2. 飛向未來之航程

2022 年，英國政府彙整疫前「航空 2050」的相關意見，並公告「飛向未來之航程」之 10 大策略，包含：

- (1) 從疫情中恢復與學習，永續成長。
- (2) 強化英國的全球航空領導地位。
- (3) 支持機場合理成長，確保容量充足。
- (4) 2050 年前航空零排放。
- (5) 掌握新科技趨勢與應用。
- (6) 開發地方發展潛力與升級。
- (7) 培養未來航空產業人才。

(8) 使英國成為全球一般航空發展核心。

(9) 改善旅客體驗。

(10) 成為航空安全與保安規範領導者。

其中，從兩者的策略中可發現主要差異為：

(1) 加入了淨零碳排目標。

(2) 加入與社會相關的發展內容。

(3) 著重產業經濟發展。

3. 零碳航空策略(Jet Zero Strategy) [56]

「飛向未來之航程」提出了在全球航空產業與規範以及一般航空產業成為領導者的願景，但並未提出明確量化目標。而在零碳航空上則延伸以「零碳航空策略」訂定了相當明確的碳排目標，主要以航空產業絕對排放數值訂定，配合中期里程碑。

(1) 2025 年里程碑

① 至少 5 座 SAF 煉化廠進入建設階段。

② 建立 SAF 初期強制使用比例目標。

(2) 2030 年里程碑

① 建立 SAF 強制使用比例達 10%。

② 建立國內零碳航線。

③ 國內生產低碳氫能容量達 10GW。

④ 航空產業碳排 35.4Mt CO₂e。

(3) 2040 年里程碑

① 國內航線淨零碳排。

② 機場營運淨零碳排。

③ 航空產業碳排 28.4Mt CO₂e。

(4) 2050 年里程碑

① 航空產業整體淨零碳排。

4. 總體航空噪音政策(Overarching Aviation Noise Policy)

「總體航空噪音政策」提出英國政府因應航空產生噪音之原則為：「政府對於航空噪音之總體政策係依據 ICAO 之「航空器噪音管理平衡方法」在民航產業之經濟與消費者效益與其對社會與健康影響間取得平衡。此須考量國家與地方的旅客與貨運需求，並納入夜間航班造成的額外負面影響。航空噪音的影響應在可行與合理的範圍內盡可能減輕、降低，減少對健康與生活品質造成的負面影響。

與其他政策不同的是，「總體航空噪音政策」僅提出政府對於噪音管理的原則，並承諾將於各項政府部門之決策中將其納入考量，並非完整的政策規劃。

5. 氣候變遷調適政策

英國之氣候變遷調適政策，依據「2008 年氣候變遷法」(Climate Change Act 2008)，係由環境、食品暨鄉村事務部門(Defra)作為主管機關。由 Defra 負責統籌與發布每 5 年為一期之「國家調適計畫」(National Adaptation Programme, NAP)與「氣候變遷調適報告策略」(Climate for Climate Adaptation Reporting)，說明未來 5 年的國家行動計畫與下一輪報告中各報告機關應提出的報告方針與要求。儘管有權強制實施，政策實施至今第四期的報告皆由 Defra 諮詢各部門主管機關後，以邀請方式進行。

由 Defra 彙整後公布之「國家調適計畫」將開放公開閱覽，並由氣候變遷委員會(Climate Change Committee)檢視後，向英國議會報告其發現與未來政策調整建議。

英國運輸部於 2024 年發布「英國運輸系統氣候變遷影響調適規劃」 [57]作為其下屬機關編撰「氣候變遷調適計畫」之策略指引，相關內容詳述如後。

4.2.2 策略與發展成果

1. 噪音管理

航空產業與機場之噪音管理主要受英國「環境噪音法」規範，儘管沒有明確的量化目標。環境噪音法要求「受英國民航法列管之特定機場」與「年起降架次達 5 萬架次」之機場應制定並實施「噪音行動計畫」，此計畫需每 5 年修訂一次，並受到公眾與英國環境、食品暨鄉村事務部門(Department for Environment, Food and Rural Affairs, Defra)檢視。

除噪音行動計畫，受英國民航法列管之特定機場亦受到噪音排放上限與夜間航班限制的規範。此規範將由英國交通大臣(Secretary of State for Transport)決定每次規範的有效期限與額度。舉例而言，英國 2022-2025 年針對列管機場所設之航班限制如表 4-7 及表 4-8 所示，並有以下特點：

表 4-7 英國 2022-2025 年夜間航班限制

機場	季節	夜間航班上限 (架次)	夜間航班額度 (點數)
希斯洛機場	冬	2,550	2,415
	夏	3,250	2,735
蓋特威克機場	冬	3,250	1,785
	夏	11,200	5,150
史坦特斯機場	冬	5,600	3,310
	夏	8,100	4,650

資料來源： [58]

表 4-8 航機噪音點數對照表

噪音分級 (EPN 分貝)	點數
低於 81	0
81~83.9	0.125
84~86.9	0.250
87~89.9	0.500
90~92.9	1.000
93~95.9	2.000
96~98.9	4.000
99~101.9	8.000
高於 101.9	16.000

資料來源： [58]

- (1) 季節定義：遵循 IATA 之航班規劃季節定義，夏天自 3 月最後一個禮拜天起至 10 月最後一個禮拜天。
- (2) 夜間航班上限計算時段：23:00-07:00
- (3) 夜間航班額度計算時段：23:30-06:00
- (4) 單一機場於單季任一規範達到上限即視為額滿。

2. 氣候變遷調適

如前文所述，英國之氣候變遷調適係由環境、食品暨鄉村事務部門管理，故英國運輸部僅制定行動方針。2024 年，英國運輸部發布「英國運輸系統氣候變遷影響調適規劃」(Adapting the UK's Transport System to the Impacts of Climate Change)(下稱「運輸氣候變遷調適規劃」為英國首個具系統性的運輸系統氣候韌性與調適規劃策略。

「運輸氣候變遷調適規劃」以建構一個彈性、可靠、安全營運且可即時應對氣候變遷的運輸網絡。仰賴我們對氣候相關風險與運輸系統弱點的認知，包含網絡的相互依賴性與連鎖失效所造成的影響為願景，其中與航空產業相關之策略與行動計彙整如表 4-9 所示。

表 4-9 英國運輸系統氣候調適策略與行動計畫

策略	行動計畫
文化- 氣候風險融入	<ul style="list-style-type: none"> • 強制所有機場提交氣候調適計畫至 ARP • 民航局評估民航產業調適行動計畫強化可能
經濟- 轉型合理性	<ul style="list-style-type: none"> • 建置氣候調適措施最佳作業方法線上資料庫 • 建立將運輸系統氣候風險轉化為金錢價值之方法論
法治- 制定長期方針	確保產業使用一致的氣候風險評估情境
合作- 知識分享	<ul style="list-style-type: none"> • 所有基礎設施營運單位應識別其與其他運輸系統及基礎設施之相互依賴性 • 建立航空產業氣候調適平台以促進利害關係方合作

資料來源： [57]

3. 碳排放

「零碳航空策略」中制定了機場營運於 2040 年達到淨零碳排之目標，並於策略中鼓勵機場營運單位強化機場之聯外交通路網連接與滿足國家環境標準。在「零碳航空策略」發布後，英國運輸部亦於 2023 年公開徵求各機場營運單位提供減碳作為，以作為後續制定機場營運淨零碳排行動計畫的參考。本次公開徵求資訊後，英國運輸部尚未發布任何相關文件，而「零碳航空策略」下一期的更新預計於 2027 年發布，故在機場營運減碳的未來規劃仍需要進一步觀察。

在 SAF 使用方面，英國之 SAF 強制使用法案(SAF Mandate)於 2025 年生效，要求航油供應商供應一定比例的 SAF，並可由油商本身自行生產、向其他油商採購，或支付買斷(buy out)費用符合規範。

為提供 SAF 生產商補助，英國亦於 2025 年 5 月擬定「營收保證機制(Revenue Capacity Mechanism, RCM)」，由主管機關制定 SAF 履約價(Strike Price)，當 SAF 市價低於履約價時，SAF 供應商可獲得市價與履約價格差異之補助；反之，當 SAF 市價高於履約價時，則 SAF 供應商應將高於履約價之價差退還予補助基金。此補助基金之預算來源係由英國各燃油供應商支付，該機制預計於 2026 年底前生效。

4. 生物多樣性

在生物多樣性方面，英國於 2021 年制定「2021 年環境法」(Environmental Act 2021)作為國內對於空氣、水品質與生物多樣性等項目之政策基礎，此法律要求英國所有相關開發計畫皆須滿足「生物多樣性成長」(Biodiversity Gain)目標，目的是逆轉英國的生物多樣性損失並支持自然復育、將自然正成長作業標準融入用地規劃，並建構一致化且透明的生物多樣性盤查框架。目前，小規模住家擴建、與公共利益攸關之緊急開發計畫與國家級重大基礎設施開發計畫皆被視為例外，為重大基礎設施開發計畫預計於 2026 年納入法規，亦即在 2026 年之後機場之重大開發計畫(新跑道、新航廈等)皆將需要滿足生物多樣性淨成長之規範。生物多樣性淨成長的核心規範包含：

- (1) 土地開發者必須使開發區域之生物多樣性價值(biodiversity value)增加 10%，以英國環境、食品暨鄉村事務部門之生態多樣性模型計算。
- (2) 土地開發計畫所貢獻的生物多樣性價值必須至少維持 30 年。
- (3) 土地開發計畫以減少開發地區自然損害為優先，不足之處方能以他處補償或購買生物多樣性權利作為抵換。
- (4) 土地開發計畫執行前必須提交生態多樣性提升計畫並受到主管機關核准。

5. 空域現代化

因空域管理與規劃更新通常屬於航空管制單位或其主管機關之工作範疇，故前文並無提及與空域現代化相關之內容。

值得注意的是，在英國的空域現代化策略中，機場營運單位是空域變更提案(Airspace Change Proposal, ACP)之發起與管理人，並須與國家空域變更管理小組協調國家空域變更主計畫之更新。

英國政府認為，機場營運單位是航空產業與社區溝通的主要窗口，應負責評估並減少周邊空域的噪音與二氧化碳排放，並與受影響的周邊社區進行溝通。機場營運單位亦有責任協助將有利安全與營運效率的新興科技導入地方空域運作。

針對英國機場環境永續發展方面政策與發展成果，相關內容彙整如表 4-10

表 4-10 英國機場環境永續政策與發展成果

永續議題	氣候韌性與調適	能源與碳排管理	水資源、噪音、空氣品質、廢棄物
主要政策	英國運輸系統氣候變遷影響調適規劃 Adapting the UK's Transport System to the Impacts of Climate Change 2024 年頒布	零碳航空策略 Jet Zero Strategy 2021 年公布	2021 年環境法 Environment Act 2021 2021 年頒布
管理單位	交通部	交通部	環境、糧食與鄉村事務部
政策目標	<ul style="list-style-type: none"> • 建構靈活、可靠、安全、具氣候韌性之永續機場 • 因應氣候變遷影響的運輸網絡 	<ul style="list-style-type: none"> • 2030：SAF 使用率達 10% • 2040：機場淨零排放 • 2050：整體航空業淨零排放 	<ul style="list-style-type: none"> • 全國性各領域上位法規，設定法定環境目標與改善機制 • 作為政府部門針對機場整體環境管理之各式專法之依據與政策方向
主要策略	<ul style="list-style-type: none"> • 建立營運中斷之成本與改進衡量框架 • 要求氣候風險評估與調適行動報告 • 研議航空專屬氣候調適標準與技術指標 	<ul style="list-style-type: none"> • 制定零排放機場路徑 • 基礎設施與研發投資 • SAF 供應鏈與市場機制制定 • 強化航線管理效率 	<ul style="list-style-type: none"> • 要求針對空氣、水、資源效率/廢棄物、生物多樣性等設定長期法定目標 • 每 5 年提出改善計畫逐步推動落實 • 成立環境保護監督機構
相關機場政策	<ul style="list-style-type: none"> • 配合零碳航空策略之實施，倫敦希斯洛機場提出永續航空燃油使用補助計畫，補貼航空公司 50% 使用永續航空燃油與傳統航空燃油之價差 • 因應政府之生物多樣性淨成長政策，倫敦格域機場之北跑道擴建計畫包含多項鄰近棲地改善/設置的計畫，以滿足法規之 10% 生物多樣性淨成長要求 		
結論	<ul style="list-style-type: none"> • 英國機場永續政策分別由不同部門制定相應之環境課題政策，輔以各部門專法要求各機場辦理 • 英國未針對各規模機場分別訂定不同標準、要求，由各機場視自身規模，依據相應規範辦理，政府提供相應補助、技術等協助 		

4.3 美國

4.3.1 政策背景與目標

1. 國家層級政策背景與目標

美國之政策重心隨著近幾次政權之轉移有許多大幅度的變化。2025 年起，許多近年訂定的環境相關重大政策目標已被廢止，美國亦退出巴黎協議等數項國際協議，故後續政策仍有待觀察。本計畫現行所盤點之文件與法案主要為 2021-2024 年間所發布之內容。

作為美國航空產業之減碳行動核心，美國政府自 2012 年起每 3 年更新一次「美國航空氣候行動計畫」(United States Aviation Climate Action Plan)。2019 年，美國首次將「2050 年航空產業達成淨零碳排」納入國家行動計畫，而 2024 年之更新則延續了前版的目標，將「2030 年減碳量達 2005 年之 50-52%」之中期目標納入規劃。此中期目標來自時任總統之行政命令，此命令已於 2025 年廢止，故未來之行動方針仍有待進一步觀察。

2. 州政府層級目標

由於美國屬聯邦與州政府分權架構，因此國家層級之政策與文件多屬於「指引」性質，較少訂定統一目標，而在州政府層級則可見到較多明確之目標制定與規劃。

以加州為例，加州屬於美國較積極推動永續政策的地區，加州政府於 2018 年時宣布於 2045 年達成碳中和之目標，後於 2022 年增加 2030 年減碳 48% 的中期目標。

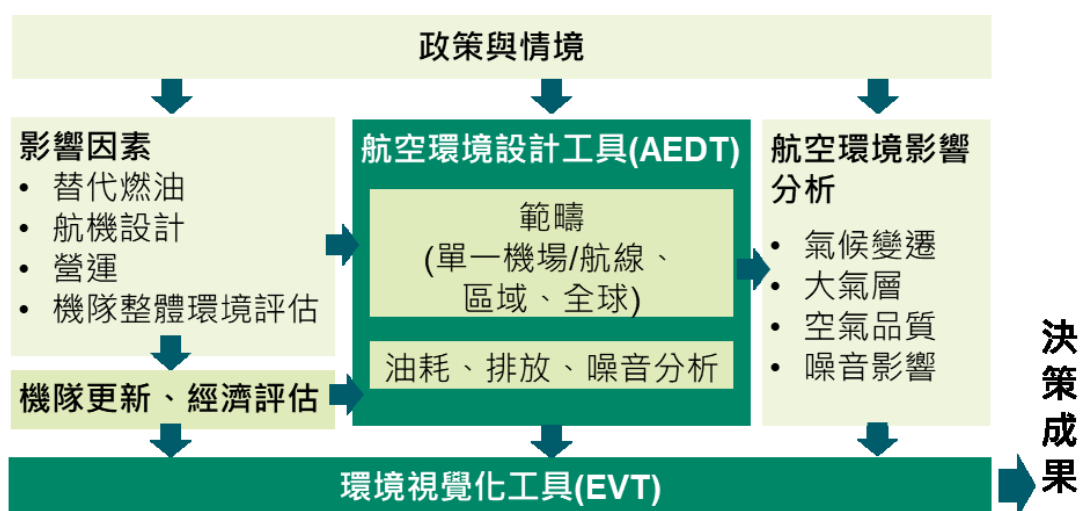
4.3.2 策略與發展成果

1. 國家層級策略

(1) 環境影響評估機制

美國於 1970 年即通過「國家環境政策法案」(National Environmental Policy Act, NEPA)，要求聯邦政府機關在進行特定計畫之決策前先評估其環境影響。此法案之精神不在於訂定國家的環境目標，而是強制機關揭露各項重大計畫的環境影響。

作為因應，美國聯邦航空總署(Federal Aviation Administration, FAA)制定了「1050/1G 指令」(Order 1050/1G)作為 FAA 說明機關內執行 NEPA 相關審查程序之文件。此外，為實現機關資訊管理策略提供無縫的流程與及時、可靠且必要的資訊以輔助利害關係方進行決策與創新願景，FAA 推動建置了環境視覺化工具以及航空環境設計工具，供相關單位與利害關係方可用標準化的資訊估算營運的環境影響並進行決策。其相關內容如圖 4.8 所示。



資料來源： [59]

圖 4.8 FAA 環境視覺化工具利用概念架構

(2) 空氣品質

「空氣清潔法案」(Clean Air Act)於 1970 年通過，授予美國環境保護局制定國家環境空氣品質標準(National Ambient Air Quality Standards, NAAQS)並管理各州的空氣品質執行計畫。各州政府應依據 EPA 最新公告之 NAAQS 制定州執行計畫(State Implementation Plans, SIP)以符合法規之規定，其中包含各州內之機場排放。

聯邦航空總署作為美國機場之主管機關，應要求機場在各項設計計畫推動與日常營運符合 NAAQS 的標準，並將相關數據提供給州政府以利 SIPs 的彙整。除了提供必要之規劃指引外，FAA 主要透過幾項經濟補助措施提供機場相關之支持。

(3) 永續航空燃油

「永續航空燃油挑戰」(SAF Grand Challenge)是由美國能源、運輸、農業、環境保護署與各利害關係方合作建立的 SAF 商業生產與技術開發策略，配合同時推出之「降低通膨法案」(Inflation Reduction Act)補貼新能源之碳權抵減機制，目標在於提升國內 SAF 之供給與需求量。此計畫同時也為機場提供基礎設施改善的補助機制，以建構 SAF 之地方供應鏈。

2025 年隨新總統上任，美國通過「大而美法案」(One Big Beautiful Bill Act, OBBBA)使原「降低通膨法案」之 SAF 生產補助由最高每加倫 1.75 美元降低至 1 美元，並將於 2027 年後取消。由於法案已訂定相關效期，美國目前暫無有效的 SAF 中長期使用目標，故整體政策方向仍待進一步觀察。

(4) 經濟補助措施

FAA 每年皆撥出一筆預算作為「機場改善專案」(Airport Improvement Program, AIP)之設施改善基金，機場需符合 FAA 在營運、環境等方面之政策要求方能向 FAA 申請相關改善計畫之補助，補助比例則視機場規模與申請專案類型有所不同，大型機場可獲得之補助比例較低。

因應「空氣清潔法案」的制定，FAA 在 AIP 的架構下另辦理了「機場自願性低排放計畫」(Voluntary Airport Low Emission Programs) 以支持不符合排放標準之機場推動改善措施。公營機場可藉由此兩項計畫取得機場環境相關評估、空氣品質、噪音改善等計畫之資金。

2. 地方層級策略

延續前文之政策說明，在州政府層級策略，本計畫同以永續策略較積極之加州為例。

(1) 氣候變遷調適

加州於其交通部門所發布之「加州運輸計畫 2050」(California Transportation Plan 2050)與「加州航空系統規劃 2020」(California Aviation System Plan 2020)中分別提出機場應針對海平面上升與洪水等氣候變遷問題進行改善之建議。由於機場改善措施之擬定主要由機場營運單位自行擬定，且主要經濟財源由 FAA 提供，故在州政府計畫層級並未訂定更明確之策略內容。

(2) 經濟補助措施

因應其自身之減碳目標，加州政府提出「低碳燃料標準」(Low Carbon Fuel Standard)，目標於 2030 年前將運輸用燃料之碳排強度減少 20%。儘管傳統航空燃料由於其特殊性，未受到此法案之列管。然而，由於法案認列 SAF 使用產生之碳權，航空公司可藉由 SAF 使用取得碳權並於碳權市場中販售，減少 SAF 使用與傳統燃油之價差。

針對美國機場環境永續發展方面政策與發展成果，相關內容彙整如表 4-11 所示。

表 4-11 美國機場環境永續政策與發展成果

永續議題	氣候韌性與調適	能源與碳排管理	水資源、噪音、空氣品質、廢棄物
主要政策	氣候變遷韌性與調適指南 Resilience and Adaptation to Climate Change 2021 年頒布	永續航空燃油挑戰 SAF Grand Challenge 2021 年公布 零碳航空策略 United States Aviation Climate Action Plan 2024 年更新	國家環境政策法案 National Environmental Policy Act 1970 年頒布
管理單位	聯邦航空總署(FAA)	聯邦航空總署、能源部、 農業部等	環境品質委員會(CEQ)
政策目標	<ul style="list-style-type: none"> 說明氣候風險對機場運作、設施、服務的潛在衝擊 提供評估氣候風險與融入調適措施於機場規劃的步驟 	<ul style="list-style-type: none"> 2050：淨零、SAF 使用率 100% 2030：減排 20%、供應 30 億加侖 SAF 對標國際航空組織最新標準 	<ul style="list-style-type: none"> 為聯邦跨領域環境管理上位政策 FAA 依據該法制定上位評估內容與流程 指導各聯邦部門制訂各環境課題管理專法，要求機場依聯邦專法+各州政策
主要策略	<ul style="list-style-type: none"> 提供機場針對極端氣候進行脆弱度評估及相應措施 FAA 制定「機場改善專案」供機場設立永續措施提供基金補助 	<ul style="list-style-type: none"> 綜合各部會小組定期滾動修訂行動計畫 提供 SAF 供應鏈與研發路徑 鼓勵開發更高效能的機體與引擎設計 加強航機空域管制提升效率 	<ul style="list-style-type: none"> 引導針對水資源、噪音、空氣品質、廢棄物等法案進行整合性分析與預防 為全國性多元環境政策，機場亦納入管理 建立聯邦行動的環境審查制度
相關機場政策	<ul style="list-style-type: none"> 丹佛國際機場為修建其聯外道路，刻正依照「國家環境政策法案」之流程辦理評估，以符合申請聯邦道路運輸補助之條件。 匹茲堡機場藉由「機場自願性低排放計畫」之補助在其航廈設備更新計畫中納入橋氣橋電設施。該申請使用聯邦航空總署之航空環境設計工具估算航機排放之空氣汙染因子用於量化計畫之環境效益。 		
結論	<ul style="list-style-type: none"> 美國機場永續政策分別由不同部門制定相應之環境課題標準，並由聯邦主管機關+州政府共同監督與制定法規 未針對各規模機場訂定不同標準、要求，由各機場視自身規模依據相應規範辦理，政府依據機場等級提供差異化補助以及技術等協助 2025 年起隨美國政策重心調整，美國許多環境相關重大政策目標已被廢止並退出數個國際協議，後續政策仍有待觀察 		

4.4 日本

4.4.1 政策背景與目標

日本於 2020 年依據於「巴黎協定」目標宣示，要求在 2050 年前實現整體溫室氣體淨零排放，實現碳中和與無碳社會，並於於 2021 年日本國會修訂「地球溫暖化對策推進法」，將「到 2050 年實現無碳社會」定為長期目標、將「至 2030 年相較 2013 年減少 46% 的溫室氣體排放」設定為中期目標，並列為國家推動永續環境之基本方針。

有鑒於此，日本國土交通省航空局於 2022 年開始對機場的永續與去碳化進行具體探討，針對機場設施與場內車輛之減排措施，以及機場轉型為再生能源據點等多面向進行具體研議，同時制定推動機場去碳化的目標、時間表及實施方針。

整體而言，現階段日本機場永續核心政策主要聚焦於三大工具，分別為：2022 年由國土交通省發布的「機場減碳推進計畫指引」[60]（空港脱炭素化推進のための計画策定ガイドライン）、2014 年頒布之「環保機場指導原則」[61]（エコエアポート・ガイドライン—空港環境編），以及 2024 年之「機場技術基本計畫」（空港技術基本計画）。上述三項政策分別對應機場永續發展中的「減碳淨零排放」、「整體環境管理」與「環境韌性與創新發展」，構成日本機場永續政策之主要支柱，相關內容說明如下。

4.4.2 策略與發展成果

1. 機場減碳推進計畫指引

為回應全球氣候變遷趨勢與淨零排放目標，日本於 2022 年正式透過「航空法」與「空港法」的修訂，將「機場減碳推進計畫」法制化，由國土交通省負責主導並推動全國機場之減碳行動。該政策具備明確立法依據、推行機制與行政誘因，為日本機場永續發展重要政策之一。

2. 政策背景與立法依據

- (1) 法制化推動：2022 年起，日本內閣要求國土交通省制定「機場減碳推進計畫指引」，並將其納入「航空法」與「空港法」修法，成為具有法律效力之執行計畫。
- (2) 機場類型區分：對於國家管理機場為強制執行，其餘地方或民營機場則透過補助金與行政優惠等「行政誘因」方式推動，形成準強制機制。
- (3) 政策覆蓋現況：全日本 97 座登記民用機場中，已有 48 座取得認證、21 座申請中，整體推動涵蓋率已超過五成，各類型機場數量及辦理方式如表 4-12 所示，現況辦理情形如圖 4.9 所示。

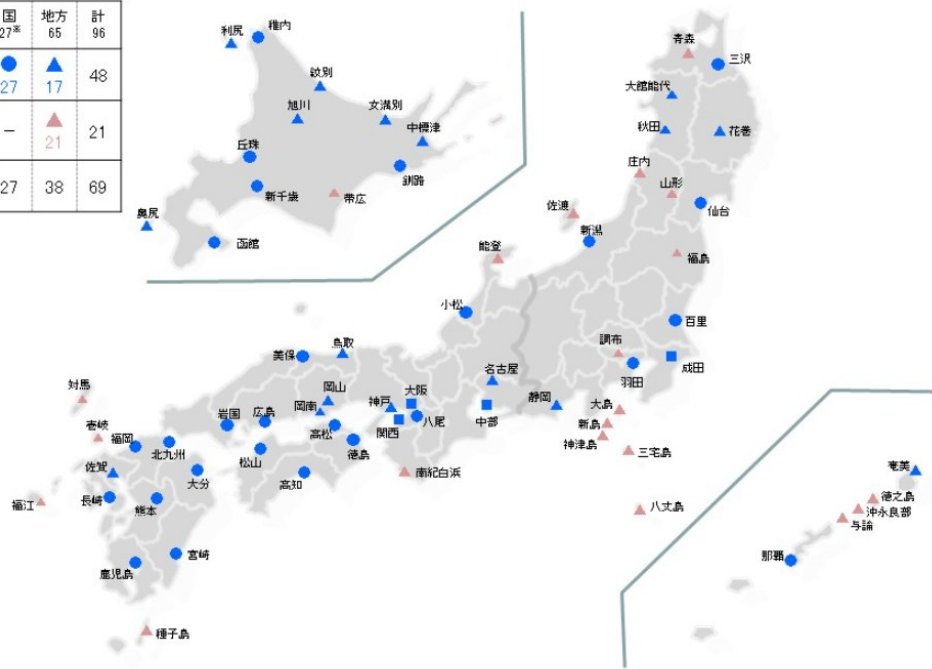
表 4-12 日本各類型機場辦理機場減碳推進計畫方式

主要機場類型		範例	數量	推行力度
據 點 機 場	國家管理機場 (國土交通省管理)	羽田、熊本、松山、那霸等	19 座	強制
	會社管理機場 (企業化管理)	成田、關西、大阪、中部	4 座	準強制 無認證 無優惠
	特定地方管理機場 (國家+地方共管)	旭川、帶廣、秋田、山形等	5 座	
	地方管理機場 (地方政府管理)	神戶、岡山、靜岡、鳥取等	54 座	
	其他機場 (國家/地方依個案管理)	小牧、調布、但馬、天草等	7 座	
	共用機場 (國家/地方+日/美軍共管)	小松、茨城、岩國、德島等	8 座	

資料來源： [62]

計畫策定 主體	会社	国	地方	計
	4	27*	65	96
協議會 設置	認定・作成	4	17	48
	検討中	-	21	21
合計	4	27	38	69

※ 千歳飛行場を除く



資料來源： [63]

圖 4.9 日本已取得認證之機場分布圖

(1) 政策核心要求與執行機制

- ① 各機場應依據指引，自訂 2030 與 2050 年減碳目標(如 2030 年較 2013 年基準減排 46%，2050 年達成淨零)，機場營運單位須提出包含減碳措施、施作範圍、管理責任等內容之完整減碳計畫，報請國土交通省審查，通過審查後，核發「認定證」作為認證依據。
- ② 鼓勵成立「三方協議會」，成員包含機場管理單位、航空事業者、地方政府，並視需要納入學術與軍方單位，協議會負責協調目標、措施、施作範圍、減碳進度等，定期召開檢討會議。

(2) 主要認證內容與減碳措施

- ① 各機場依自身規模與功能，自訂減碳量化目標，其中基本要求至少於 2030 年減排 46%(以 2013 年為基準)，以及 2050 年達成碳中和及淨零排放。

- ② 該計畫共提出六大減碳措施建議方向，供欲申請認證機場參考，如表 4-13 所示。

表 4-13 日本機場減碳推進計畫指引六大減碳措施建議

類別	內容
機場設施	<ul style="list-style-type: none"> • 機場建築空調變頻/高效/節能化 • 新建物採零能耗建築標準設計 • 機場建築/跑道/停機坪照明 LED 化
機場勤務車輛	<ul style="list-style-type: none"> • 機場勤務車輛與設備零排放 • 導入電動化/氫燃料化/生質燃油
再生能源	<ul style="list-style-type: none"> • 建置與發展太陽能/風力發電等替代能源 • 建置蓄電池/氫燃料電池等儲能設施
航空器	<ul style="list-style-type: none"> • 推廣 GPU 之使用並降低使用 APU • 推動 SAF 使用 • 調整航機空側動線，縮短滑行距離並提升運用效率
能源管理	<ul style="list-style-type: none"> • 建立能源管理系統(EMS) • 建立微電網將剩餘再生電力供應地方/災害備援 • 建立協議會統籌機場與地方之能源管理/溝通平台/共享機制
其他	<ul style="list-style-type: none"> • 提升鐵路與巴士等低碳公共運輸使用率 • 推動一般旅客與員工車輛採用零排放車輛 • 針對空港周邊空地推動造林等吸收源措施 • 建設工程強化 ICT 技術運用，採用低碳建材減排 • 促進空港餘電等創造碳權，與 CORSIA 機制銜接 • 提高環境教育參與意識，建構資訊共享

資料來源： [60]

(3) 主要認證優勢

- ① 計畫框架對標 ACA 減碳認證申請格式，提升行銷籌碼與競爭力，吸引航司與貨主 ESG 轉場、增加航線。
- ② 吸引航空公司與貨運業者，助於爭取新增航線與業務拓展。
- ③ 提供碳盤查、顧問費用、減碳設備與再生能源建設等經費補助，最高可分別補助 50% 成本。

- ④ 綠能設施（如太陽能發電、LED 照明等）之設置免開聽證會，僅需完成技術審查即可核准，大幅縮短申辦時程。
- ⑤ 在國有土地（如停機坪、滑行道旁）建設再生能源或儲能設備者，可簽訂最長 30 年之租約，並依用途調降租金，提升投資意願並縮短回本週期。

3. 環保機場指導原則

日本「環保機場指導原則」核心精神在於實現「友善環境的機場」，其基本理念包含三大面向：立足全球環境、與區域共生以及促進低碳、循環與自然共生的永續社會。為此，機場管理者與相關業者不僅需遵守環保法規，更應主動推行節能、3R（減量、再利用、回收）及生物多樣性等多元環保對策，強調多面向環境議題的系統治理。並針對空氣品質、能源效率、水資源、廢棄物處理、土壤保育、噪音與振動控制、生態保護及教育推廣等八大領域，建立具體管理機制。相關政策要點分述如下，針對環保機場指導原則之八大領域管理重點彙整如表 4-14 所示。

- (1) 各機場營運單位須針對八大環境議題自訂具體之量化改善目標，並配套規劃中長期行動計畫，作為日後追蹤與績效評估之依據。
- (2) 延續機場治理既有模式，由機場營運者、場內航空及事業單位、地方政府等三方組成「環境協議會」，共同協調推動執行事項，確保政策落地與區域連結。
- (3) 依規定所有機場應制定 10 年期「空港環境計畫」，並於每 5 年進行期中檢討；此外，每年須編製與公開「環境報告書」，內容包含行動成果、數據進度與課題檢討，建立循環改善機制。

表 4-14 環保機場指導原則之八大領域管理重點

議題	管理目標
空氣	降低航空器營運、各式車輛使用、熱源設施運轉及設施建設時的能源消耗
土壤	航空器與車輛洩漏的油品、跑道與停機坪使用的除草劑、寒帶機場使用的融雪劑與防凍劑等造成土壤污染
能源	削減機場營運的能源消耗，並藉此為減少全球暖化氣體 (CO ₂) 排放做出貢獻
噪音、振動	減少機場營運產生與傳播的噪音和振動，將對周邊地區的影響降至最低
水資源	防止機場排水對水域及地下水造成污染，並強化水資源的消耗減量與再利用
自然生態	在考量生物多樣性的前提下，維持機場生態系的保全與創造
廢棄物	推動廢棄物的產生抑制、再使用及再生利用，以達成廢棄物減量
教育與交流	提升機場內部人員的環保意識，並向公眾展示機場在環保上的努力，以促進與地方的共生

資料來源： [61]

4. 機場技術基本計畫

作為日本機場基礎設施與技術發展的頂層策略藍圖，聚焦於安全、韌性與創新。此計畫旨在應對氣候變遷、勞動力短缺、基礎設施老化、以及日益增長的航空需求等多重挑戰，透過系統性的技術研發與導入，確保機場能夠持續、穩定且高效地運作，其主要的政策內容包括：

- (1) 由國土交通省航空局主導，與機場管理者、研究機構及產業界（如建築業、製造業）合作，共同進行新技術的現場試驗與示範，加速技術的實用化進程。
- (2) 計畫成果將用於持續更新日本的機場相關設計標準、施工規範、維護手冊以及政府的補助機制，形成一個從研發到法規、再到實踐的完整正向循環。

(3) 涵蓋四大核心面向：安全韌性強化、施工技術革新、智慧化基礎設施發展、淨零碳排實現，並在其下展開 15 項具體的技術發展項目，相關內容如表 4-15 所示。

表 4-15 日本機場技術基本計畫核心技術發展項目

類型	技術項目	主要內容
安全韌性	自然災害減損	抗震跑道結構、洪水分流、防波堤等
	受災設施復舊	衛星、無人機檢測、預製滑行道、設置臨時電源等
	區域韌性提升	機場微電網與地方串連、備援用氫燃料、預備災害指揮所
	安全事故防制	滑行道異物偵測、防止跑道異物進入、自動辨識與偵測警備
施工技術	基設維護高效化	三維雷射檢查、機場數位孿生模型、材料壽命模型
	施工效率化	數位化施工(ICT)、機器人施作、遠端監造
智慧創新	應對人力短缺	Level-4 自駕拖車／巴士、全自動除草車
	提升旅客利便性	臉部辨識通關、無接觸導航、智能輪椅
	航空物流效率化	電子貨運單、倉庫機器人、智慧冷鏈
	未來需求預測精進	航機、物流需求模型預測與機位安排
	進階事業決策	成本效益新指標、韌性與減碳分析
	新興移動載具	eVTOL 垂直場、氫燃料飛機與加氫站
淨零碳排	周邊環境調和	建立噪音緩衝綠帶、生態復育、社區參與與共融分享教育
	空港領域減碳	設置再生能源樞紐、零排放勤務與施工車輛、能源管理系統
	支援航空減碳	SAF 供應鏈建置、GPU-APU 置換、航機滑行效率提升

資料來源： [64]

針對日本在機場環境永續發展方面政策與發展成果，相關內容彙整如表 4-16 所示。

表 4-16 日本機場環境永續政策與發展成果

永續議題	氣候韌性與調適	能源與碳排管理	水資源、噪音、空氣品質、廢棄物
主要政策	機場技術基本計畫 空港技術基本計畫 2024 年頒布	機場減碳推進計畫指引 空港脱炭素化推進のための 計畫 策定ガイドライン 2022 年頒布	環保機場指導原則 エコエアポート・ガイド ライン —空港環境編 2014 年頒布
管理單位	國土交通省 航空局	國土交通省 航空局	國土交通省 航空局
政策目標	<ul style="list-style-type: none"> • 應對未來氣候變遷與減碳壓力 • 建立機場專屬之永續技術發展藍圖 	<ul style="list-style-type: none"> • 國家級機場減碳計畫執行指南 • 2030：減排 46% • 2050：淨零排放 	<ul style="list-style-type: none"> • 提供分析範疇與流程指導，各機場依指導建置制度，並依相應之部門專法落實執行 • 涵蓋空氣、能源、水資源、廢棄物、土壤、噪音振動、生態、教育領域
主要策略	<ul style="list-style-type: none"> • 聚焦機場安全韌性、智慧創新、淨零碳排等技術發展藍圖 • 辦理技術試驗與訂定技術標準，供各機場使用 	<ul style="list-style-type: none"> • 制定機場減碳認證，要求機場統一執行 • 涵蓋減碳措施與範圍、年期、設立協議會 • 提供補助金優惠與行政流程簡化等優惠 	<ul style="list-style-type: none"> • 規範環境管理流程及持續改善機制 • 要求制定十年環境計畫並每年檢討 • 自訂具體之量化改善目標，並配套規劃中長期行動計畫，漸進式逐步改善
相關機場政策	<ul style="list-style-type: none"> • 配合機場減碳推進計畫指引之推動，日本國土交通省於 2024 年宣布將強化國營機場之範疇 1、範疇 2 減碳目標。宮崎、長崎、高知等 8 座機場目標於 2030 年達碳中和(基準年 2013 年)；其餘則有 5 座機場預計於 2030 年達 90%、1 座機場達 80%。 		
結論	<ul style="list-style-type: none"> • 日本機場永續政策主要主要由單一部門(國土省民航局)制定相應之環境課題政策，輔以各環境課題專法監督，要求各機場辦理 • 日本未針對各規模機場分別訂定不同標準與要求，由各機場視自身規模，依據相應規範辦理，政府提供相應補助、技術等協助 		

4.5 新加坡

4.5.1 政策背景與目標

新加坡作為全球航空樞紐之一，面對氣候變遷、資源稀缺與環境永續的多重挑戰，以及響應其國家級「2030 綠色發展藍圖」(Singapore Green Plan 2030)，積極擘劃前瞻性的機場永續政策，形塑一座結合韌性、安全與綠色創新的現代化航空港。視為落實國家總體綠色願景的關鍵一環，其永續核心政策可歸納為三大主軸，分別為「氣候變遷與調適」、「碳排與能源使用管理」、以及「整體環境管理」，展現其從制度面、技術面到治理層次的系統性規劃。

在氣候變遷與調適方面，為因應氣候變遷所帶來的海平面上升、暴潮與極端氣候威脅，新加坡國家水務局(Singapore's National Water Agency,PUB)遂制定具前瞻性之「海岸保護總體規劃」(Coastal Protection Master Plan)，涵蓋針對新加坡沿海區域城市與樞紐設施之防洪應對，同時納入長期氣候風險評估與多目標韌性設計等，致力於打造能抵禦未來氣候變遷的機場基礎設施。

碳排與能源使用管理方面，新加坡民航局(Civil Aviation Authority of Singapore,CAAS)推出「永續航空樞紐藍圖」[65](Singapore Sustainable Air Hub Blueprint)，涵蓋政策引導、技術試驗與產業協作的整體藍圖，目標在2050年前實現航空業淨零排放，同時強調持續推動再生能源應用、機場建築能效升級、地面車輛電動化，以及加速SAF引進與認證制度建立，並與國際機構(如ICAO、IATA)密切合作，確保在碳排放盤查、碳定價機制與國際航班協同減排方面與全球標準接軌。在整體環境管理方面，新加坡採取多元政策架構精細治理，包括：

1. 「用水效率管理計畫」(Water Efficiency Management Plan)
2. 「航空導航(噪音)規章」(Air Navigation (Noise) Regulation)

3. 「環境空氣品質標準 (Ambient Air Quality Targets)」

4. 「零廢棄藍圖」(Zero Waste Masterplan)

整體而言，新加坡機場永續政策強調科技導入與設施改善，更注重制度設計與多方協作，以智慧治理為核心理念，從中央政策制定到場域實踐皆環環相扣。

4.5.2 策略與發展成果

1. 氣候變遷與調適

面對氣候變遷帶來的海平面上升與複合型洪災威脅，新加坡將「氣候風險」視為「國家韌性建設」的重要契機，積極推動跨部門整合與長期財政投入，建構具備防災與永續雙重價值的濱海國土與沿海機場。

根據新加坡於 2024 年發布的「全國氣候變遷研究」(National Climate Change Study) [66]預測，至 2100 年當地平均海平面最高將上升 1.15 公尺，至 2150 年更可能達到 2 公尺。此一劇烈變化對於地勢低窪的島國構成嚴峻挑戰，目前新加坡全國約有 30%的土地低於現行海平面 5 公尺，許多戰略性設施（如樞紐機場、工業港區、住宅區）皆面臨潛在淹水風險。

此外，極端降雨事件預估將大幅增加，當暴潮與強降雨出現「雙峰疊加」現象時，將大幅提升城市洪患強度與頻率，對傳統排水系統與邊坡防護設計構成挑戰，進一步凸顯整體空間與工程韌性的迫切性。

有鑒於此，於 2019 年新加坡政府即公開表示，將於未來百年需投入至少 1,000 億元新幣，用以保護國土免受海平面上升侵蝕，展現其對於長期氣候調適的堅定承諾。為落實此目標，政府於 2025 年正式成立「海岸與防洪基金」，首波撥款達 50 億元新幣，作為專款專用之長期資本支出來源，用以支應防洪設施、海岸保護工法與韌性基礎建設。

同時為整合海岸與內陸防災政策，自 2020 年起啟動「海岸保護總體規劃」(Coastal Protection Master Plan)，作為全國性氣候調適藍圖。該規劃聚焦於多項核心行動，包括針對高風險沿海區域的優先排序與風險評估、針對新建或填海開發「關鍵基礎設施」訂定嚴格防洪設計標準、整合多部門推動地區性示範工程並同步展開立法修訂與科學研究等。

惟該計畫是一項分階段、且持續推進的長期計畫，並非一次性發布單一報告。完整的全國性總體規劃藍圖，預計將在 2030 年完成並公布，現階段內容主要透過官方報告、新聞稿、政府網站與部長公開談話釋出資訊，其預計執行之措施與項目內容如表 4-17 所示，將持續動態滾動更新。

表 4-17 新加坡海岸保護總體規劃主要內容

主要項目	主要執行內容
研擬 配套法規	著手研擬「海岸保護法案」、「海岸保護設計與維運作業準則」針對海岸保護責任權屬與設計/施工等標準訂定，預計 2026 年公布。
分區研究	預計 2026 完成東城市海岸(含樟宜機場)、裕廊島、西北海岸分區研究，針對每段岸線完成高解析度模型、風險評估與概念方案。
提高 基面標高	新填海地面標高自新加坡平均海平面提升至+4 m，重大基建提升至 $\geq +5$ m。
建立硬體 防禦組合	視地形採用海堤、堤壩、閘門、抽水站等工程，阻隔潮位與波浪。
機場 相關措施	樟宜機場 T5 航廈： 場址填高 +5.5 m，高於法定門檻並預留二次加高空間；配置 10 km 主幹排水渠、滯洪池與智慧感測系統，跑道鋪面加刻縱溝以減少暴雨積水。 樟宜長島離岸屏障初步概念： 於新加坡東側城市海岸打造人工島鏈兼作防洪屏障與住宅／休閒新區，並與樟宜機場堤防連結，同步強化外海防護。

資料來源： [67]、 [68]

2. 碳排與能源使用管理

面對全球氣候變遷的嚴峻挑戰與國際航空業淨零轉型的結構性壓力，新加坡將永續發展視為其營運責任，更將其定位為鞏固未來航空樞紐競爭力的關鍵基石。為此，新加坡政府民航局於 2023 年正式發布「新加坡永續航空樞紐藍圖」(Singapore Sustainable Air Hub Blueprint)，此藍圖涵蓋機場、航空公司及航管服務的全方位國家級減碳行動計畫，旨在引導全國航空生態系協力邁向 2050 年淨零排放的宏大目標。

(1) 藍圖願景與政策定位

以「2050 年實現航空業淨零排放」為長期願景，並強調氣候責任與產業競爭力雙軌並進。該藍圖不僅與新加坡「2030 綠色發展藍圖」緊密接軌，亦回應 ICAO 與 IATA 所倡議的全球氣候行動。

(2) 明確的減碳目標與執行路徑

- ① 2030 年目標：機場營運碳排放量相較 2019 年降低 20%，主要透過提升能源效率、導入創新技術與優化設施營運實現。
- ② 2050 年願景：涵蓋所有國內與國際航班的總體碳排放實現淨零，達成全國航空去碳化目標。

同時，自 2026 年起規定所有離境航班須添加至少 1% 的 SAF，藉此帶動綠色燃料的市場需求與區域供應鏈發展，成為亞太地區首批實施 SAF 強制添加比率的國家之一。

除 SAF 強制添加比例的實施外，新加坡亦同步開徵 SAF 燃油附加費(SAF Levy)，向所有出境旅客收取，費率按艙等與目的地有所不同，自新加坡幣 1 元至 41 元不等。此徵收費用將用於統一採購 SAF，隨著 SAF 之價格浮動，新加坡之 SAF 使用比例亦會隨之浮動，意即前述之政策目標僅供參考，實際使用比例將隨市場價格有所增減。

(3) 跨部門治理架構與執行策略

藍圖由新加坡民航局統籌推動，並結合樟宜機場集團、航空公司、空中導航服務單位及研究機構，組成跨領域合作平台，共同推動 12 項主動策略計畫，如表 4-18 所示，以建立產業協同合作的制度基礎，亦創造創新實驗的試驗場域，加速減碳技術從試驗走向應用。

表 4-18 新加坡碳排與能源使用管理 12 項主動計畫

十二項主動計畫	
項目	內容
太陽能增設	<ul style="list-style-type: none"> • 航廈與停機坪屋頂及預留空地鋪設太陽能板。 • 研究空側地面或浮動系統，提高再生電力占比。
建設空側零排放車隊	<ul style="list-style-type: none"> • 2025 年起全新一般車輛全面電動化。 • 2040 年全車隊轉用電動或再生柴油，增設充電與替代燃料設施。
建築空調能效升級	<ul style="list-style-type: none"> • 汰換高效空調主機、採用隔熱外牆與智慧監控。 • 確保航廈符合超低能耗白金級標準，降低用電。
低碳來源電力匯入	引入低碳來源電力，降低機場用電排放因子，與國家淨零路徑對齊。
廢棄物資源循環	利用廢棄物生質發電或合成燃料供航廈與地勤使用，打造循環經濟。
訂定國家 SAF 目標	2026 年起離境航班須混摻 1% SAF 燃料，2030 年調升至 3 至 5%。
集中 SAF 採購	<ul style="list-style-type: none"> • 統籌航空公司與企業需求，建立集中採購平台。 • 確保供應穩定與價格優勢，並提供可追溯證書。
SAF 產能布局	結合石化產業，擴建油料製程產線，建立 SAF 供應產業
機隊汰新與營運優化	鼓勵採購新世代節能機型，推行配載減重、單發滑行等燃油管理。
空側管制優化	演算調配起降與滑行順序，減少備降與機坪等待，降低燃料消耗。
性能導航優化	精進進場、爬升、下降程序，減少航路繞行與高度變化，降低燃油消耗與噪音。
航空器飛行軌跡最佳化	與鄰近空域共享資料，實現全程最佳時間管理，減少氣流延誤與額外油耗，提升空域效率。

資料來源： [65]

3. 整體環境管理

(1) 用水效率管理計畫

該計畫要求高耗水單位（如機場）建立詳盡的用水基線，設定具體的年度節水績效指標，並定期提交管理報告以供審查，為強化執行成效，機場等大型設施被要求指派專責的「用水效率管理員」，作為跨部門協調資源、監督各項節水措施的具體落實，並依據數據回饋持續優化策略，構建權責分明且高效運作的管理體系。

針對機場用水效率管理具體技術實踐上，採取「開源」與「節流」並重的多元化策略，相關政策包括：

① 冷氣凝結水回收再利用

在新加坡濕熱的氣候條件下，機場航廈等大型建築的空調系統每日運作會產生巨量的冷凝水，故針對所有空調系統建置集水管網系統，將這些相對潔淨的冷凝水集中收集，經過基礎過濾與處理後，輸送至儲水設施，專門用於航廈內廁所的沖洗及周邊綠地的景觀灌溉。

② 雨水資源循環系統

透過廣闊的屋頂集水區，豐沛的雨水被引導、收集並儲存，經處理後除供應瀑布自身的循環，亦用於周邊室內森林的灌溉系統，其中最具代表性的案例為「星耀樟宜」內的雨漩渦，其不僅是全球知名的室內瀑布景觀，更是一個巨大的雨水收集漏斗。

③ 全區節水設備汰換

在「節流」策略的基礎層面，機場致力於從用水終端降低基礎消耗量，已針對所有航廈內的公共區域及後勤辦公室，全面汰換為具備新加坡水效率標籤計畫認證的高效節水設備。這包括採用紅外線技術的感應式節水龍頭，避免因使用者忘記關閉而造成的浪費；以及全面安裝雙段式沖水或低耗水量馬桶。

④ 雲端分區水錶監測系統

為將用水管理從被動節約提升至主動式的智慧管理，機場導入以物聯網技術為核心的監測系統，將整個機場被劃分為數個管理分區，各區皆安裝智慧水錶，能將用水數據即時傳送至雲端中央控制平台，管理人員可透過此平台即時監控各區域的用水模式，並藉由演算法分析，主動辨識出如管線洩漏、設備故障等異常用水狀況，一旦發現異常，系統將自動觸發警報，即時通知維運團隊前往處理，此舉將傳統的「事後維修」轉變為「事前預警」，不僅有效杜絕隱形的水資源浪費，更顯著提升設施管理的營運效率。

(2) 航空導航(噪音)規章

為有效管理航空噪音並維護社區安寧，新加坡民航局依據 ICAO 指導方針，制定「航空導航（噪音）規章」。此規章建立全國性、標準化的航空噪音監理法律框架，旨在平衡航空發展需求與居民生活品質，構成新加坡噪音治理的最高指導原則。其核心目標在於透過多層次管理手段，從源頭、路徑及終端進行全面控制，相關政策內容如下所示。

① 全島噪音監測網絡建置

加坡民航局於機場周邊社區、主要航道下方及潛在的噪音高敏感區域，策略性地部署固定式噪音監測終端，這些感測器進行 24 小時連續監測，並將數據即時回傳至中央系統，與航班追蹤資訊自動比對，一旦系統偵測到特定航班的噪音值超越法定門檻，便會自動生成違規紀錄，為後續的執法行動提供證據。

② 減噪飛航程序強制化

依據規章明確要求，任何計畫在新加坡註冊或投入商業營運的航空器，皆必須提交由權責機關核發的噪音符合證明。此證明文件必須能證實該航空器的噪音性能，符合 ICAO 所規範的嚴格標準，未達標的舊型或高噪音航空器將直接被拒絕給予航

權或場站使用權，此舉有效地迫使航空公司加速汰換機隊，引進更現代、更環保的寧靜機型，從根本上提升整體機隊的噪音表現。

③ 資訊公開與社會共融

新加坡民航局定期主動發布機場周邊的噪音監測季報或年報，將數據與分析結果公諸於眾，充分保障民眾的知情權。此外，當局設立明確的居民通報與申訴平台，作為與社區直接溝通的橋樑，並定期與航空公司、飛航管制單位及機師工會等利害關係人進行教育訓練與技術交流。

(3) 環境空氣品質標準

為強化對空氣污染的長期監管與健康風險防控，新加坡由國家環境局（National Environment Agency, NEA）制定「環境空氣品質標準」（Ambient Air Quality Targets），作為全國性空氣污染治理的政策指標與技術依據。該政策不僅全面參照 WHO 之全球空氣品質指南建議值，更以具體目標與階段性管理策略，推動全國各類場域（包含機場）持續改善排放，打造潔淨之都市環境。

在技術層面，新加坡於全國重要交通與工業節點佈設固定式空氣品質監測站，機場作為高密度交通場域，亦設有專屬監測站以掌握飛航活動、地面運具與設施操作所帶來綜合污染影響。此監測網絡提供即時數據回饋，當數值出現異常時可迅速啟動應變程序。此外，國家環境局採行五年滾動式檢討機制，定期審視並收緊各項污染物（如 PM2.5 懸浮微粒、二氧化硫、二氧化氮等）的容許上限，確保空品標準與時俱進，具備動態調整與持續改善的能力，同時機場營運單位在此國家標準體系下，需配合推動以下關鍵措施：

① 場內車輛轉型

此項措施旨在從源頭削減機場地面交通所產生的廢氣排放。配合新加坡「2030 綠色發展藍圖」中全國禁售燃油車的政策方向，機場正分階段、全面性地推動 GSE 更新換代。汰換對象涵蓋行李拖車、貨物裝卸機、接駁巴士及作業小客車等。機場管理方與地勤服務商及航空公司協同合作，將傳統的柴油或汽油動力車輛，逐步替換為純電動或至少符合最新排放標準的低污染車輛。此舉不僅直接降低 PM2.5、二氧化氮等污染物在停機坪及跑道周邊的濃度，顯著改善第一線工作人員的作業環境品質，也與國家的能源轉型目標保持高度一致。

② 能源設備升級

機場的航廈中央冷卻系統是主要的能源消耗與間接排放源，透過更換高效率冰水主機、優化管路設計與智慧化控制，大幅降低電力需求。其次，對於備用柴油發電機組，機場亦規劃逐步導入天然氣或電池儲能系統作為替代方案。

在停機位上，積極布建 GPU 與 PCA 設施，以取代 APU，減少燃料的消耗與排放，降低機場自身的碳足跡與空氣污染物排放。

③ 飛航活動汙染控制

機場飛航管制單位透過導入機場協同決策系統，使航空器的滑行路徑與等候時間更加效率化，避免航空器於滑行道或停機坪長時間怠速等待，減少不必要的燃油消耗與廢氣排放，進而兼顧環境永續與營運效率。

(4) 零廢棄藍圖

為應對有限國土、焚化容量飽和與資源枯竭等挑戰，新加坡由國家環境局與永續發展與環境部（Ministry of Sustainability and the Environment, MSE）共同推動「零廢棄藍圖」 [69]（Zero Waste Masterplan），致力於建構以資源循環為核心的廢棄物治理系統，並明確設定至 2030 年達成全國整體回收率提升至 70% 等關鍵目標。

此藍圖將機場營運場域納入政策實踐前線，成為示範性零廢棄場域之一，為實現零廢棄物願景，機場積極導入多項廢棄物管理措施，分述如下。

① 全面實施五分類系統

在航廈公共區域及後勤作業區，全面部署設計直觀的五分類回收系統，類別涵蓋「液體、廚餘、塑膠與金屬、紙類、不可回收物」，將液體與廚餘源頭分離，有效避免乾淨的可回收物（如紙張、塑膠瓶）受到污染，以提升後端回收物料品質與價值。

為引導高度國際化的旅客族群，回收設施皆輔以清晰的多國語言標示、圖像化符號及顏色管理，以降低分類門檻，提升公眾參與的準確性與意願。

② 廚餘強制分流與現場處理

機場內眾多的餐飲業者是廚餘的主要產生源，依據新加坡逐步推行的強制性規定，機場內的餐飲租戶必須在廚房內即完成廚餘的源頭分類。並同時導入在地化處理概念，鼓勵或要求大型餐飲業者設置廚餘預處理設備。例如，廚餘脫水機能夠大幅減少廚餘的體積與重量達 80% 以上，降低後續清運的碳足跡與成本；而生物消化處理機能將有機廢棄物轉化為可供利用的非飲用級水或固態肥料，供機場場域內循環使用。

③ 導入循環經濟誘因之飲料容器押金制度

為響應國家層級的生產者延伸責任政策，新加坡預計於2026年前全面啟動飲料容器押金返還計畫，而機場將是此計畫的重點實施場域。該制度透過在飲料售價中內含小額押金，並在消費者將空瓶罐投入專用「自動退瓶機」後返還押金的方式，提供直接的經濟誘因。此舉能極大化地提升寶特瓶、鋁罐等高價值回收物的回收率與純淨度。機場內將廣泛設置便利的 RVM 站點，將回收行為無縫融入旅客的消費流程中，有效培養公眾的正向回收習慣。

④ 不可回收廢棄物之在地化能源轉換方案

在廢棄物管理層級的最高階，針對經過徹底分類後剩餘的不可回收廢棄物，新加坡正積極規劃更高效的在地化處理方案，即廢棄物能源化，針對機場周邊或合適地點，建置中小型、高效率的熱處理設施，將不可回收的廢棄物轉化為電力或熱能，直接回供給機場營運使用，實現最終廢棄物的極限減容，更將廢棄物視為一種在地化的能源，同步達成減廢與減碳的雙重目標。

針對新加坡在機場環境永續發展方面政策與發展成果，相關內容彙整如表 4-19 所示。

表 4-19 新加坡機場環境永續政策與發展成果

永續議題	氣候韌性與調適	能源與碳排管理	水資源、噪音、空氣品質、廢棄物	
主要政策	海岸保護總體規劃 Coastal Protection Master Plan 陸續公開中	新加坡永續航空樞紐藍圖 Singapore Sustainable Air Hub Blueprint 2022 年頒布	水資源： 用水效率管理 計畫 Water Efficiency Management Plan 2015 年頒布	噪音：航空導 航規章 Air Navigation (91-General Operating Rules) Regulations 2018 年更新
管理單位	交通部 民航局	交通部 民航局	水資源： 永續環境部 水 務局	噪音： 交通部 民航 局
政策目標	<ul style="list-style-type: none"> 因應氣候變遷之海平面上升與洪水威脅 針對關鍵基設訂定防洪標準 	<ul style="list-style-type: none"> 國家級航空能源與碳排藍圖 2026：離境航班須混摻 ≥1% SAF 2030：碳排較 2019 年降低 20% 2050：淨零排放 	<ul style="list-style-type: none"> 為全國性上位法規，設定法定環境目標與改善機制 2030：廢棄物回收率提升至 70 % 	
主要策略	<ul style="list-style-type: none"> 強化防洪與基礎設施韌性 新填海地與重大基建提升標高 制定與試驗防洪技術規範標準 	<ul style="list-style-type: none"> 制定 12 項減碳計畫，逐年更新 涵蓋再生能源、SAF 產業鏈 GSE 電動化、GPU/PCA 取代等 	<ul style="list-style-type: none"> 訂量化改善目標，規劃中長期行動計畫，漸進式逐步改善 指派「用水效率管理員」專責控管 訂定噪音、空品管控標準與逐年檢討 機場廢棄物在地化與強制分類回收 	
相關機場政策	<ul style="list-style-type: none"> 延續「新加坡永續航空樞紐藍圖」之政策，新加坡已規劃於 2026 年實施永續航空燃油之附加費(SAF Levy)，向出境旅客收取。 新加坡近期將推動機場第二工業園區之海埔新生地規畫作業，面積達 193 公頃，新加坡產業經濟部承諾將評估受到影響之珊瑚與水草移植復育區域。 			
結論	<ul style="list-style-type: none"> 新加坡機場永續政策分別由不同部門制定相應之環境課題政策，輔以各部門專法要求各機場辦理 新加坡未針對各規模機場分別訂定不同標準、要求，由各機場視自身規模，依據相應規範辦理，政府提供相應補助、技術等協助 			

4.6 先進國家機場環境永續政策發展狀況

本章節所盤點之各先進國家之機場環境永續政策架構彙整如表 4-20 所示。

表 4-20 先進國家機場環境永續政策與發展成果彙整

國家	推動政策/框架	發展願景與管理機制	現況成果與未來規劃
歐盟	<ul style="list-style-type: none"> • 歐洲綠色政綱 • 歐洲氣候法 • ReFuelEU 航空法案 • 零污染行動計畫 	<p>願景： 建構碳中和航空體系，實現永續轉型與科技創新並行</p> <p>管理機制： 推動立法整合、設定 SAF 強制比例與排放交易、擴大減噪行動</p>	<p>現況成果</p> <ul style="list-style-type: none"> • ReFuelEU 已立法上路 • 逐年提高 SAF 比例 • EU ETS 進入第四階段 <p>未來規劃：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 取消航空免費配額 • 強化非 CO2 管理、整合綠色技術與研發
荷蘭	<p>航空備忘錄 2020-2050</p>	<p>願景： 朝向成為永續智慧機場，兼顧運量與環境品質平衡</p> <p>管理機制：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 區分成長與永續關係、噪音費率機制 • 成立環境基金 	<p>現況成果：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 史基浦機場限制航班量 • 強化噪音控制與啟動 SAF 國家藍圖 <p>未來規劃：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 發展氫能航機 • 建構全國性 SAF 供應與研發體系
法國	<ul style="list-style-type: none"> • 國家能源氣候計畫 • 低碳策略與氣候調適行動 	<p>願景：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 以生態治理與能源轉型為核心，發展低衝擊航空營運 <p>管理機制：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 建立碳預算、稅制誘因 • 氣候調適報告義務與生物多樣性認證 	<p>現況成果：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 啟動指定機場調適義務 • 生物多樣性認證制度逐步推行 <p>未來規劃：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 第三期低碳策略推進至 2025 • 提升運輸部門整體減碳占比
英國	<ul style="list-style-type: none"> • 飛向未來航程 • 零碳航空策略 • 國家調適計畫 	<p>願景：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 整合社會、經濟與環境三構面，強化航空永續治理能力 <p>管理機制：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 部門彙整報告、夜航限制 • 建立碳排分期目標與監測機制 	<p>現況成果：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 公開夜間航班與噪音額度制度 • 開展氣候調適指引與平台 <p>未來規劃：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 建立淨零營運機場清單與碳排揭露機制

國家	推動政策/框架	發展願景與管理機制	現況成果與未來規劃
美國	<ul style="list-style-type: none"> • 航空氣候行動計畫 • NEPA 環評 • SAF 挑戰與聯邦補助機制 	<p>願景：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 建立具韌性與競爭力之綠色航空產業鏈 <p>管理機制：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 環評與技術工具支持 • 經濟誘因補助 • 地方協作機制 	<p>現況成果：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 地方如加州持續推動 SAF 與低碳交通，補助與碳權制度完善 <p>未來規劃：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 聯邦政策調整中，機場環境永續相關政策之未來發展尚不明朗
日本	<ul style="list-style-type: none"> • 機場減碳推進指引 • 環保機場指導原則、機場技術基本計畫 	<p>願景：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 推動整體運輸部門邁向永續設施，落實智慧化與低碳化設施 <p>管理機制：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 法制化推動、成立協議會、 • 制定量化目標與六大減碳措施 	<p>現況成果：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 超過半數機場已取得減碳計畫認證，強化能源與 APU 替代 <p>未來規劃：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 擴大再生能源設施 • 發展智慧化韌性基礎設施
新加坡	<ul style="list-style-type: none"> • 綠色發展藍圖導引 • 推動低碳、安全與韌性機場策略 	<p>願景：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 引領區域綠色交通轉型，打造韌性、安全與高效機場 <p>管理機制：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 工程設計納入調適導向 • 結合國家綠色藍圖整體推動 	<p>現況成果：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 樟宜機場擴建工程導入雨水回收、冷凝水利用與高效節能設計 <p>未來規劃：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 深化能源管理系統 • 規劃國家級綠色轉型平台

綜合本章所盤點之歐盟、荷蘭、法國、英國、美國、日本及新加坡等先進國家與地區的機場環境永續政策，可歸納出以下幾點共同趨勢與關鍵策略，如表 4-21 所示。

表 4-21 先進國家機場環境永續政策與發展趨勢與未來可參採項目

項目	共同趨勢/關鍵策略	未來可參採項目
明確且具法律約束力的減碳目標	<p>各國普遍以國家級長期氣候目標為指導，重點包含：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 長期願景：明確訂定 2050 年達成淨零排放或碳中和（如歐盟「歐洲氣候法」、英國「零碳航空策略」） • 中期目標：設立具約束力的中期量化目標以確保路徑清晰（如歐盟「2030 年減碳 55%」、日本「2030 年減排 46%」） 	<ul style="list-style-type: none"> • 多數國家設定明確的航空產業整體中期與長期目標 • 部分國家亦針對機場營運設定獨立的中、長期減碳目標

項目	共同趨勢/關鍵策略	未來可參採項目
以永續航空燃油為減碳核心策略	<p>所有受評國家均將 SAF 視為航空業脫碳最關鍵的手段。推動策略主要包含：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 強制混摻比例：如歐盟「ReFuelEU 航空」法案、英國制定強制使用期程 • 經濟誘因：透過稅制優惠（如法國 TIRUERT、美國大而美法案）縮小價差 • 供應鏈建置：積極扶植國內 SAF 生產能量（如美國、日本、新加坡） 	SAF 相關制度主要面向使用方（航空公司）與供給方（供油商），較少針對機場營運單位之政策
多全向的全面性環境治理	<p>涵蓋多元面向的環境綜合管理：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 碳排：法國之國內航線強制碳抵換、日本針對不同等級機場之管理體系 • 噪音管理：歐盟國家將 ICAO 平衡作法納入政策，要求機場依此程序制定行動計畫，其會員國併實施夜間航班限制、噪音稅等措施 • 氣候變遷調適與韌性：各國日益重視氣候變遷的物理風險。新加坡投入巨資推動「海岸保護總體規劃」以應對海平面上升；英國與法國則要求機場進行氣候變遷評估與調適計畫 • 其他環境面向：新加坡用水效率管理計畫、零廢棄藍圖。法國與英國則將生物多樣性納入機場開發與營運的考量。荷蘭則針對氮氣排放與非二氧化碳排放提出推動計畫 	可參考各國對不同環境永續面向之特色措施，如英國之生物多樣性淨增加與夜間噪音控管、荷蘭非二氧化碳碳排、法國國內航線碳抵換等。
法制化與多樣化的政策工具	<p>為確保執行力，各國採用多元治理工具：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 法制化要求：如日本修訂「航空法」強制減碳計畫、英國強制氣候調適計畫 • 經濟工具：歐盟運用總量管制與排放交易（EUETS）、荷蘭開徵航空稅落實「污染者付費」原則 • 補助與獎勵：提供環境改善與設備建置之經費補助，如美國 AIP、日本機場減碳推進計畫指引 • 利害關係人協作：強調公私協力，如日本之「三方協議會」 	應善用多元政策工具，包含將減碳計畫法制化、妥適運用經濟工具與財務措施建立財務永續之環境政策、提供轉型補助，並建立制度化的公私部門協作機制。

第五章 國際機場環境永續推動政策與發展成果

本章將就國際標竿機場之機場環境永續推動政策與發展成果進行探討，蒐整包含荷蘭史基浦、日本成田、韓國仁川、新加坡樟宜、香港赤鱗角等機場之環境永續推動政策、目標、策略、現況成果與未來規劃等，以作為後續政策綱領與推動指引之參考。此外，考量國內機場規模與營運特性，本計畫亦納入日本與荷蘭之其他類型機場作為比較之標的。

5.1 荷蘭史基浦機場

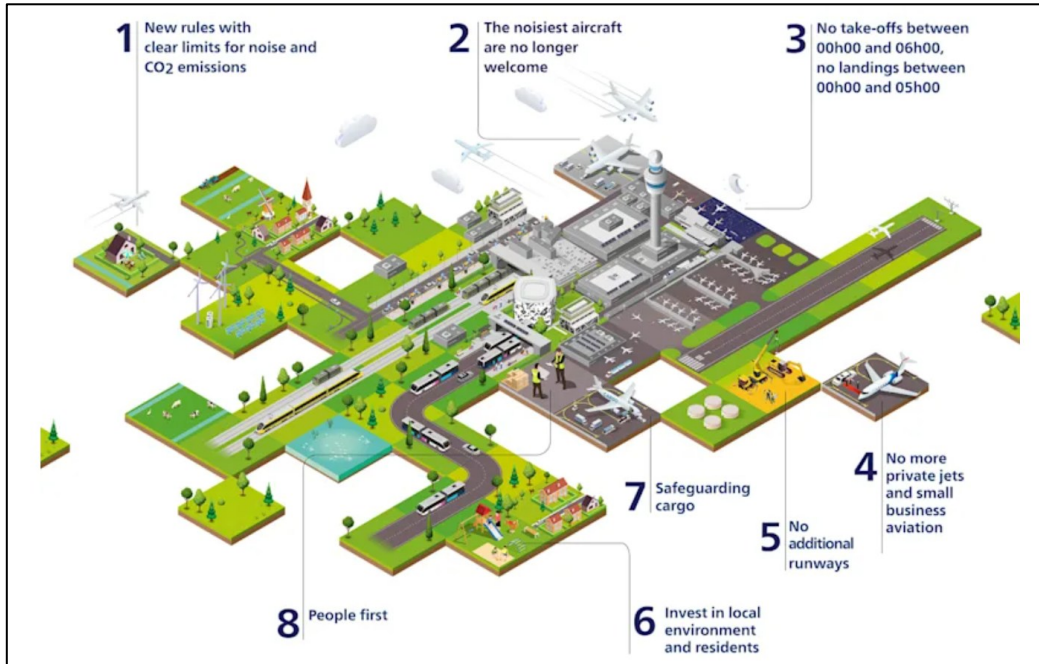
基本資訊		
機場營運單位	2024 年營運量	社會/區位因素
皇家史基浦集團 (92% 政府持股)	客運 66.8mppa 貨運 149 萬噸	歐洲機場營運量排名第 3 機場平均海拔低於海平面 國家再生能源發電達 40% 位於人口稠密區

5.1.1 整體願景與策略

荷蘭史基浦機場係由「皇家史基浦集團 (Royal Schiphol Group, RSG)」經營管理，核心任務是作為荷蘭國際門戶，連結世界，讓旅客能以快速愉悅的方式出入境，並促進國際貿易與交流，為更廣泛的繁榮做出貢獻。集團以「連結您的世界」(Connecting your world) 作為願景，期能打造全球最永續、高品質的機場。為了實現該願景，史基浦機場正進行永續轉型，並投注更多資源於服務品質與可靠性。為推動機場環境永續發展，史基浦集團制定了多項計畫和策略：

1. 「更寧靜、更潔淨、更美好」(Quieter, Cleaner, Better) 計畫：該計畫於 2023 年發布，包含八項具體措施，旨在平衡機場營運與社區利益，特別側重於夜間關閉、禁止私人飛機和噪音影響較大的航空器。

該計畫旨在為當地社區、員工和航空業提供清晰發展藍圖與展望，如圖 5.1 所示。



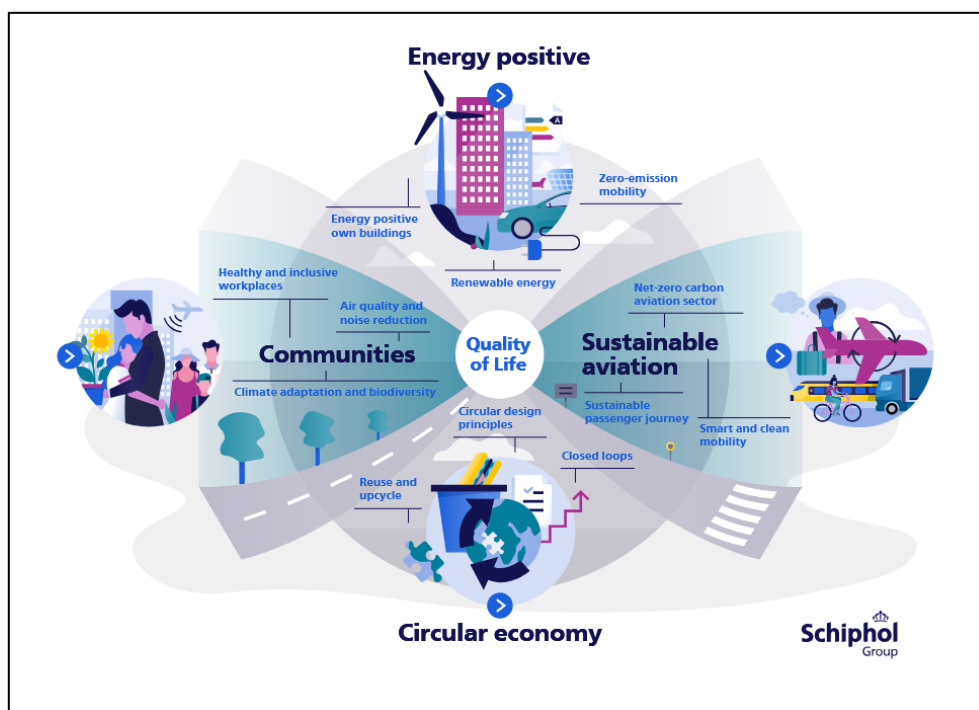
資料來源： [70]

圖 5.1 史基浦機場永續發展八項措施

2. 「最永續機場路線圖」(Most Sustainable Airports roadmap)：該路線圖概述了集團在 2030 年實現零排放和零廢棄物機場之目標，並預期於 2050 年達成航空淨零碳排放。
3. TULIPS 聯盟(TULIPS consortium)：史基浦集團為該聯盟主導成員，目前包含 29 個單位，旨在加速永續航空技術的採用。史基浦機場和鹿特丹海牙機場將作為 17 個創新專案的「實體驗證場域」(living lab)。
4. 科學減量目標倡議 (Science Based Targets initiative, SBTi) 認證：史基浦集團於 2023 年獲得 SBTi 就 2030 年和 2050 年 CO₂e 目標的認可。
5. ACA：史基浦、恩荷芬和鹿特丹海牙機場於 2023 年 12 月成為全球首批獲得最高級別 (Level 5) 認證的機場之一。

6. 責任商業政策 (Responsible Business Policy, RBP)：該政策於 2023 年定稿，並於 2024 年導入實施，描述了史基浦集團在尊重人權和良好商業行為方面的承諾和盡職調查流程。
7. 安全、永續與利害關係人委員會 (Safety, Sustainability & Stakeholders Committee)：這個委員會協助管理層制定永續發展願景和政策，並密切監測「最永續機場路線圖」的進展。

史基浦集團計畫在氣候調適方面投入更多研究與投資，並繼續深化與價值鏈夥伴合作，以期實現 2030 年零排放和零廢棄物、2050 年淨零碳航空目標；集團並將持續投資 60 億歐元於基礎設施升級，以確保服務品質、永續性和寧靜營運，其整體永續願景如圖 5.2 所示。



資料來源： [71]

圖 5.2 史基浦機場集團永續願景

5.1.2 目標與發展成果

1. 氣候變遷韌性與調適

史基浦集團的氣候韌性與調適目標為確保機場營運穩健、安全，並為長期提供必要的社會與經濟服務韌性，確保充份因應氣候變遷帶來的實體風險與機遇。

在史基浦的永續發展策略中，生物多樣性被歸納於氣候變遷調適下，史基浦機場亦在 2023 年公告其生物多樣性政策。

(1) 策略與做法

- ① 制定了氣候調適策略 (Climate Adaption Strategy)，並實施了業務連續性管理計畫 (Business Continuity Management program) 和氣候相關建設專案，保護營運和關鍵基礎設施
- ② 開發綜合性儲水計畫 (comprehensive water storage plan)，在機場範圍各排水區域量身定制儲水設施，重點為增加緩衝儲存容量、自然滲透區域。
- ③ 將暴雨模型和地表水模型整合至單一框架中，以強化氣候變遷因應與水資源管理。

(2) 現況成果

- ① 已建立綜合儲水計畫，並將暴雨模型和地表水模型無縫整合到單一框架中，提高了機場防洪能力。
- ② 與周邊牧場合作，定期修剪機場周邊綠地，並鼓勵種植不吸引鳥類棲息之植栽用於製成生態建材。
- ③ 目前未發現與氣候調適相關之財務報告風險。

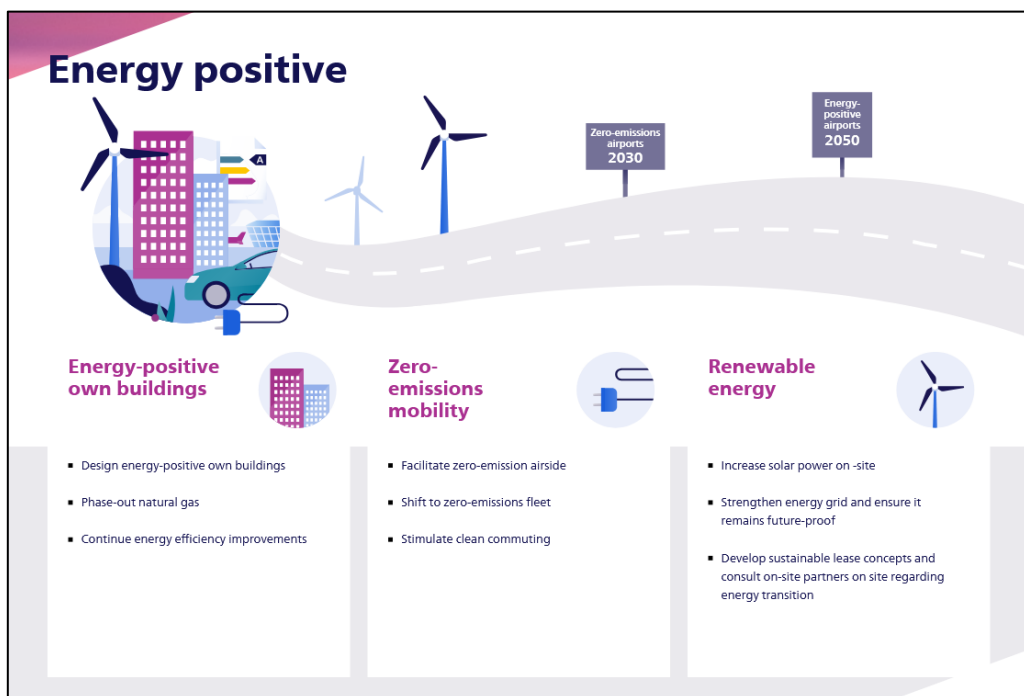
(3) 未來規劃

- ① 研究極端天氣事件造成的營運中斷歷史數據並量化其影響，量化氣候變遷對新舊資產的財務影響。

- ② 與第三方專家合作，建立生物多樣性基線，增強生物多樣性對氣候變遷的韌性，並積極支持和保護生態系統。
- ③ 推廣生物多樣建築(Biodiverse Building)，導入植生牆、綠屋頂等綠建築設計，為多種植栽提供棲地並減緩熱島效應，同時淨化空氣，以改善機場周邊環境。
- ④ 持續與利害關係人對話，共同定義能準確反映氣候調適進展的指標。

2. 能源使用與碳排放管理

史基浦機場之能源使用與碳排管理的目標是於 2030 年實現零排放機場和零廢棄物機場，並於 2050 年實現航空業淨零碳排放。集團承諾 2050 年在自有機場範圍內之電力使用量可完全由機場電力來源供應，此外，荷蘭航空業已同意 2030 年將航空碳排放量降至 2005 年水平，史基浦集團目標則是 2030 年實現較 2019 年減少 30% 二氧化碳排放，該標的將超越荷蘭國家目標，如圖 5.3 所示。



資料來源： [71]

圖 5.3 史基浦機場正能源推動路徑

(1) 策略與做法

- ① 推動「正動源 Energy Positive」策略架構。
- ② 逐步淘汰天然氣使用，以加速實現範疇 1 目標。
- ③ 實施能源效率措施，增加太陽能發電，並加強電網。
- ④ 機場費用結構鼓勵航空公司使用更清潔、更寧靜的飛機，並提供使用 SAF 激勵措施；地面作業設備電氣化：引入電動地面電源裝置（e-GPUs）和電動飛機預處理空調系統（PCAs）。
- ⑤ 投資 SAF：投資於生物煤油工廠和合成煤油研究，並鼓勵 SAF 的供應。
- ⑥ 永續滑行（Sustainable taxiing）：與聯盟合作，探索永續滑行的實際應用，減少飛機發動機在地面上的使用。
- ⑦ 碳清除（Carbon removals）：通過自然生態碳移除專項目，如在坦尚尼亞的造林計畫，抵消剩餘的範疇 1 排放。

(2) 現況成果

- ① 史基浦集團 2023 二氧化碳排放量較 2019 年減少 65%，2024 年 CO2e 排放量為 17.73 千噸，較 2019 年減少 65%。
- ② 自 2023 年 1 月起，HVO100 已成為機場地面作業的預設燃料。
- ③ 史基浦、恩荷芬和鹿特丹海牙機場在 2023 年獲得了機場碳認證計畫的最高級別（Level 5）。
- ④ 持續改善機場航廈之建築能耗等級。
- ⑤ 所有四個荷蘭機場的 ISO 50001（能源管理）認證在 2023 年通過審查。
- ⑥ 自 2023 年 12 月起，機場出發計程車實現 100% 零排放。

⑦ 2024 年，史基浦機場供應了 11 萬噸 SAF。

(3) 未來規劃

- ① 將加速實施能源節約措施，以應對荷蘭國家法規。
- ② 史基浦中心區將從 2026 年起引入零排放區，屆時只有不產生有害排放的貨運車輛方能使用航廈周邊物流道路。
- ③ 2025 年將持續投注資源於氫能之供應鏈。

3. 水資源管理

水資源管理的目標是防止、控制和減少集團對水的污染，並管理地表水。史基浦致力於永久性地改善地表水品質，特別是通過最大限度地減少除冰和防冰措施造成之有害影響。

(1) 策略與做法

- ① 持續投資以降低地表水污染之風險。
- ② 於機場內建設污水處理廠，以收集與處理滑行道、跑道和停機坪上受防凍劑污染之地表逕流。
- ③ 致力於更經濟的噴灑和使用永續替代品來進行除冰和防凍。

(2) 現況成果

水污染之定期監測分析結果符合標準值，未來將持續監測。

(3) 未來規劃

將實施長期（10-15 年）策略，以升級現有之雨水下水道與污水處理廠。

4. 噪音監測與管理

史基浦集團致力於減少機場周邊地區的噪音干擾，目標為優先考慮當地社區的需求，確保噪音污染維持在可接受水平。

(1) 策略與做法

- ① 「更寧靜、更潔淨、更美好」八點計畫中的關鍵措施包括：夜間關閉（離場航機由 00:00 至 06:00，到場航機由 00:00 至 05:00），禁止私人飛機和最嘈雜機型。
- ② 與荷蘭航空航管單位 LVNL 合作實施「減少干擾」（Minder Hinder）噪音減少計畫。
- ③ 在天氣和安全許可情況下，使用干擾最少之飛行路線和跑道。
- ④ 機場費用鼓勵使用更寧靜、更清潔的飛機，對嘈雜和污染嚴重機型收取更高費用。
- ⑤ 提議設立環境基金，用於改善史基浦機場地區的生活品質。

(2) 現況成果

- ① 2023 年受夜間噪音影響之居民人數已較前一年度降低 4.8%。
- ② 荷蘭內閣在 2024 年 7 月上任後，承諾繼續平衡航空與當地環境，並正在推進歐洲「平衡作法」（Balanced Approach）程序。
- ③ 於 2024 年 7 月 1 日取消了第二條 Kaagbaan 跑道預留用地。

(3) 未來規劃

環境基金將在未來七年內提供總計 7000 萬歐元（每年 1000 萬歐元），用於創新建築概念、房屋隔音和區域開發。

5. 空氣品質管理

空氣品質管理目標為減少史基浦集團機場運作之潛在有害排放，改善空氣品質，並遵守所有相關法規，特別關注氮氧化物（NO_x）和超細顆粒（UFPs）的排放。

(1) 策略與做法

- ① 實施氮行動計畫 (Nitrogen Action Plan)，並藉由地勤設備電氣化等方式減少氮排放。
- ② 超細顆粒行動計畫 (UFP Action Plan)：研究使用水滴去除空氣中的超細顆粒，加強機場地面設備的電氣化，限制飛機輔助動力裝置 (APU) 的使用，優化營運流程 (例如永續滑行)，並持續關注 SAF 的應用。
- ③ 機場鼓勵航空公司更新機隊，更寧靜、更清潔機型可獲得機場費用減免。
- ④ 推動實施電動和氫動力飛機供電設施。
- ⑤ DeNoise 試點項目，用於新的隔音技術。

(2) 現況成果

- ① 史基浦符合所有政府空氣品質要求 (基於歐盟指令 2008/50/EG)。
- ② 增設 30 台電能地面電源車 (e-GPUs)、並增加預冷式機艙空調 PCA 系統。
- ③ 2024 年開始試驗電動自動駕駛巴士。

(3) 未來規劃

- ① 開發實時測量機場空側空氣品質系統，預計於 2026 年就緒。
- ② 2025 年起在空氣排放計算納入航空氮氧化物 (NO_x) 排放。

6. 廢棄物管理

廢棄物管理目標於 2030 年實現零廢棄物機場，並於 2050 年實現全面循環。達成目標之方式為盡可能減少新式材料使用，並將殘餘物高價值再利用，避免垃圾掩埋並最小化焚化，其推動策略做法與路徑如圖 5.4 所示。

(1) 策略與做法

減少殘餘廢物、機艙垃圾、塑膠和食物垃圾，並增加其再利用價值，與特許經營商簽訂新的餐飲協議，設定目標減少食物和飲料廢棄物對環境的影響，並擴大植物性食品種類。

- ① 於 PET 瓶（2021 年 7 月起）和罐頭（2023 年 4 月 1 日起）實施押金制度。
- ② 將拆除的混凝土加工成回收混凝土材料，目標是處理更多的拆除混凝土以生產高品質循環混凝土，並在基礎設施建設中注重循環設計，逐步淘汰部分一次性產品。



資料來源： [71]

圖 5.4 史基浦機場循環經濟推動路徑

(2) 現況成果

- ① 史基浦機場 2023 年廢棄物分類率為 46.5%；2024 年史基浦機場總廢棄物量較 2023 年減少 7.5%。
- ② 史基浦機場設有混凝土回收廠。
- ③ 2024 年開始建造幾乎完全循環的安檢站「Doorlaatpost 90」，該安檢站利用現有結構和來自其他拆除建築的材料。
- ④ 每位旅客的廢棄物量從 2023 年的 0.2 公斤降至 2024 年的 0.18 公斤。

(3) 未來規劃

- ① 研議利用應用程式捐贈或退還瓶罐押金。
- ② 未來計畫處理更多的混凝土廢棄物，使其成為高品質循環混凝土。
- ③ 預計 2025 年作業廢棄物分類率將再次提高，並已與合作夥伴規劃多項措施以提高分類廢棄物品質。
- ④ 將與關鍵利害關係人合作，制定標準化的報告方式，以提高與歐盟分類法之一致性。

5.2 日本成田機場

基本資訊		
機場營運單位	2024 年營運量	社會/區位因素
成田國際空港 株式會社 (國營企業)	客運 39.8 mppa 貨運 195 萬噸	日本機場營運量排名第 1 位處東京近郊，臨農業區 國家再生能源發電達 32%

5.2.1 整體願景與策略

成田國際機場公司（NAA）的宗旨是透過有效管理成田國際機場，提高航空運輸使用者的便利性，促進航空業的全面發展，並提升日本在產業、觀光等方面的國際競爭力。機場的環境永續發展願景已從最初的「環保機場」（Eco-Airport）演變為追求「永續發展機場」（Sustainable Airport），旨在透過價值創造循環，成為人與環境和諧共處的場所。最新願景「Next Narita」將環境、社會和治理（ESG）視為核心原則，期能引領機場邁向新的發展階段。

為實現其環境永續目標，成田國際機場已制定並實施多項關鍵戰略與框架。其中，在 2021 年發布「Sustainable NRT2050」 [72]，確立了減少環境負荷的新發展藍圖，如圖 5.5 所示。該計畫為日本第一份針對機場營運單位與機場整體碳排設定目標的報告；此外，機場也採用了「Restart NRT」（2022-2024 年中期營運計畫） [73]，因應應對疫情後的航空需求復甦，優化成本結構，並創造最大化價值；接續的「Gear Up NRT」（2025-2027 年中期營運計畫） [74]則致力於加速轉型，成為世界頂級的「價值創造型機場」；該營運計畫由三大管理主軸- 創造、永續性、韌性，以及十二項政策主題構成。此外，基於修訂後的「機場法」，機場於 2023 年 12 月取得了國土交通大臣的「成田國際機場脫碳化推進計畫」認證，進一步加速脫碳化進程。為應對航空需求增長和設施老化，「新成田機場」構想也在積極推進中，其重點是客運航廈重建、航空物流功能升級、連外交通改善、以及與區域整合發展。



資料來源： [72]

圖 5.5 成田機場「永續成田 2050」策略目標

成田機場的永續作為可從一系列具體且創新的策略與行動得到印證。例如推動 SAF 的廣泛應用、全面提升能源效率、大規模導入 LED 照明和促進 GPU 使用、引進低污染電動車輛與嘗試再生柴油，以及與東京瓦斯合作成立「Green Energy Frontier」公司來推動再生能源發展和能源供應轉型。

除了碳排放管理，成田機場亦在其他重要環境領域持續深耕。在噪音控制方面，機場不僅透過獎勵政策鼓勵航空公司使用低噪音型飛機，還利用先進的監測設施、夜間飛行限制和隔音設施來盡可能降低噪音對周邊社區的影響。水資源管理則著重於循環利用，透過雨水和廚房廢水的回收再利用，以及節水設備的普及，有效減少了自來水消耗。廢棄物管理則以 3R 原則為核心，推動徹底的垃圾分類、實施「塑膠智慧」宣言以減少一次性塑膠使用，並創新性地將建設廢棄物、貨運包裝材料甚至舊登機橋輪胎進行再利用，積極邁向循環經濟。

為推廣環境永續發展理念和資訊，成田機場定期發布「環境報告書」[75]，詳細說明環境措施及成果。同時，「GREEN PORT REPORT」[76]作為機場資訊雜誌，提供相關動態。線上平台「成田機場環境社群」即時公開航機軌跡、噪音、空氣品質和水質的環境調查結果與措施執行狀況。內部管理方面，「Sustainable NRT2050 推進委員會」由所有執行董事組成，負責監督 ESG 相關倡議。此外，設有「Sustainable NRT 推進協議會」（前身為環保機場推進協議會）促進與機場相關企業及利害關係人的合作，共同推動環保活動。成田機場公司也設置由學術專家組成的「區域環境委員會」，為營運管理高層提供諮詢顧問服務，就重要環境管理議題進行調查與審議。成田機場也積極參與 ACI 及其環境常設委員會，為全球環境倡議提供貢獻，目前成田機場已獲得 ACA「等級 4」認證，顯示其環境管理成效獲得國際認可。

展望未來，成田國際機場將繼續推進其「新成田機場」構想和「更進一步的功能強化」計畫，以落實永續機場發展的願景。

5.2.2 目標與發展成果

1. 氣候變遷韌性與調適

氣候變遷韌性目標為確保機場營運連續性和安全性，以因應全球氣候變遷帶來的日益頻繁嚴重自然災害風險。

(1) 策略與做法:

制定並實施「成田國際機場業務連續性計畫 (BCP)」 [77]，其目標是在災害發生後能迅速且準確地恢復機場營運。

- ① 導入先進技術，NAA 積極參與日本政府「SAF 導入促進官民協議會」，與伊藤忠商事、ENEOS、日本通運、日本航空、瑞穗銀行、瑞穗研究技術公司等 7 家企業合作，共同啟動「Scope 3 環境價值」交易計畫，這是全球首次嘗試，旨在分攤 SAF 成本並促進普及。

推動使用地面電源裝置(GPU)：限制航空器輔助動力裝置 (APU) 的使用，推廣利用 GPU 在停機坪提供地面電力和空調，以減少噪音、溫室氣體和空氣污染物排放。

- ② 採用 LED 照明：逐步將機場跑道燈光、滑行道燈、停機坪照明和航廈照明更換為 LED。
- ③ 低污染車輛及電動車輛導入：推動業務用車輛的低污染化，並在機場停車場設置電動車快速充電站和加氫站。自 2024 年 3 月起，對機場特殊車輛進行再生柴油 (RD) 的實證試驗，預計可減少約 90% 的 CO2 排放。
- ④ 再生能源導入：逐步引入太陽能發電系統，並購買綠色電力，目標是於 2050 年實現 100% 再生能源電力。
- ⑤ 建築物 ZEB 化與能源供應零碳化：新建和改建建築物目標實現 ZEB (Net Zero Energy Building)，並使能源供應實現零碳排放。

- ⑥ 利害關係人合作：與廣泛的利害關係人合作，共同探討和推進 CO2 減排措施，例如為電動車 (EV) 和燃料電池車 (FCV) 提供停車費折扣。

成立「株式會社 Green Energy Frontier」(GEF)：與東京瓦斯共同出資成立，於 2023 年 4 月 1 日開始營運，負責機場能源供應的脫碳化。計畫到 2050 年投資 1,000 億日元，引入 180MW 的太陽能發電設備（機場類別中世界最大規模），以期在成田國際機場建立全球領先的「機場脫碳化模型」。

- ⑦ 發行綠色債券：為日本國內機場營運單位首例，於 2023 年 9 月發行綠色債券，主要用於資助第八貨運大樓等已獲 ZEB 認證的設施建設。

(2) 現況成果

- ① 成田機場整體 CO2 排放量在 2023 年度比 2015 年度減少 12.3%（每起降班次 4.41 噸）；其中約 70% 來自航空器營運。
- ② 2023 年度 GPU 使用率為 72.4%。
- ③ 機場整體航空燈光（包括停機坪照明）截至 2023 年已有 72% 更換為 LED。
- ④ 噪音、空氣品質、水質常時監測站的年耗電量全部使用綠色電力（125,000 kWh）。航廈和 NAA 總部太陽能發電系統在 2021 年約發電 12 萬 kWh。
- ⑤ 自 2020 年 10 月起持續接收 SAF。2022 年下半年完成陸上運輸設施，接收日本國內首批試產 SAF，並在 2022 年 9 月首次利用機場航油管線為航機供應國內生產 SAF。
- ⑥ 機場內相關營運商擁有的車輛中，2021 年有 53.1% 是低污染車輛。NAA 自身的業務用車輛在 2020 年達到 45.7% 的低污染化率。新的蓄電池型超快速 EV 充電站於 2023 年 12 月在第一航廈 P1 立體停車場啟用。

(3) 未來規劃

- ① NAA 集團目標到 2030 年將所有非特殊業務用車輛全部低污染化，到 2050 年實現零碳化。
- ② 機場建築設施的照明和航空燈光目標於 2050 年 100% LED 化
- ③ 逐步引入再生能源，目標到 2030 年購買電力的 20% 來自再生能源，到 2050 年達到 100%。
- ④ 積極導入大規模太陽能發電，計畫到 2030 年度末安裝 75MW，到 2045 年度末達到 180MW 的發電能力。
- ⑤ 持續推動 SAF 的導入和接收體系，並研究引入電氣和氫能等次世代航空器。
- ⑥ 推進機場內車輛的脫碳化，目標到 2030 年將 GSE 車輛的 30% 和地勤車輛的 50% 低污染化，並持續推進零碳化。
- ⑦ 深化與 Green Energy Frontier 公司的合作，目標在 2050 年實現機場能源供應的脫碳化，並將此「機場脫碳化模型」推廣至周邊城市開發和工業園區。
- ⑧ 預計透過 B 跑道延伸、C 跑道和滑行道新建等建設，縮短航空器地面滑行距離，並在建設過程中採用低碳工法與設備。

2. 水資源管理

目標為透過資源循環利用，減少自來水使用量，並維持機場雨水排水水質。

(1) 策略與做法

- ① 在旅客航廈等設施中導入感應式水龍頭和節水型馬桶，以節約用水，並在設施更新時導入節水型設備。

- ② 將淨化後的雨水和廚房廢水作為中水，再利用於廁所沖洗水、中央空調冷卻水等。
- ③ 張貼節水宣導標誌，向旅客和機場員工宣導節水意識。
- ④ 持續分析建築物和季節的用水情況，以實施更有效的節水措施。
- ⑤ 定期監測機場內及周邊水體水質(如水素離子濃度、溶存氧量、生物化學需氧量、大腸菌群數、懸浮物量、總銻等)，以確保水質維持在良好狀態。

(2) 現況成果

- ① 2023 年度，機場總用水量為 17.7 億公升，其中，自來水使用量為 13.4 億公升，中水製造量約為 4.3 億公升，約佔總用水量的 24%。
- ② 2019 年度，每位機場使用者的自來水使用量比 2015 年度減少 9.1%，然而受新冠疫情影響，2020、2021 年度每位使用者用水量有所增加（2020 年 63.2 公升/人，2021 年 87.0 公升/人）。2022 年度為 43.9 公升/人。
- ③ 機場周邊的雨水排水水質保持穩定，符合標準。
- ④ 機場內的水質常時監測站的年耗電量全部使用綠色電力。

(3) 未來規劃

- ① 持續推進節水措施，並加強向旅客和機場員工的節水宣導活動。
- ② 根據中期經營計畫，在設施更新時導入節水型設備。
- ③ 繼續進行水質監測，並公布相關資訊。

3. 噪音監測與管理

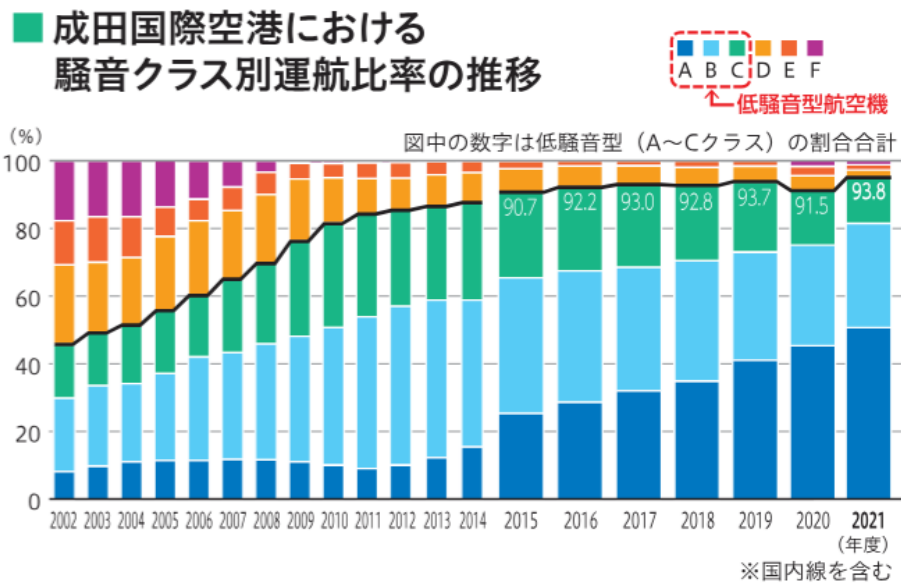
目標為最大限度地降低航空器運行對機場周邊地區造成的噪音影響，並促進航空器噪音的持續改善。

(1) 策略與做法

- ① 噪音測定與公開：自 1978 年開航以來，持續在機場周邊的 33 個噪音監測站進行全年監測，並進行季節性的短期監測（夏季、冬季，部分春季和秋季）以驗證噪音區域劃分。測量數據在「成田機場環境社群」網站實時公開，並有千葉縣、茨城縣及相關市町的共計 103 個測量站共同監測。

促進低噪音型機型導入：實施獎勵機制，低噪音機型（如符合國際民航組織 ICAO Chapter 4 標準的飛機）可享有國際線著陸費優惠，鼓勵航空公司使用更安靜機型，目前低噪音機型之採用已逐年升高，如圖 5.6 所示。

- ② 夜間起降限制（宵禁）：除緊急或不可避免情況外，限制飛機在 23:00 至次日 06:00 期間起降，並設有彈性運用規則；相關營運資料於 NAA 網站上公布。



資料來源： [75]

圖 5.6 成田國際機場機型噪音分類比例趨勢

- ③ 飛行航線監控：設定並監控航機飛行路徑，以確保飛機不偏離航線並減少噪音對居民影響；對無合理事由的偏離會公開其資訊。
- ④ 引擎試運轉對策：建設隔音機庫 (NRH - Noise Reduction Hangar)，顯著降低飛機引擎試運轉時的噪音。
- ⑤ 噪音防護設施整備：在機場周邊修建防音堤和防音林，以減輕航空器於場面與機場週邊飛航活動產生的噪音。
- ⑥ 住宅防音工程及學校/公共設施防音工程補助：根據相關法律為受噪音影響的住宅、學校、醫院等提供防音裝置（如防音門、防音窗）與空調設備安裝與更新的補助。
- ⑦ 當地委員會協商：成立「成田國際機場噪音對策委員會」，由當地政府、居民代表、學術專家等組成，共同協商噪音防護和機場營運事宜。

(2) 現況成果

- ① 截至 2023 年度，低噪音型機型的營運比例已超過 95%。
- ② 2023 年度，所有噪音監測站的航空器噪音評估指標 Lden 年度值均低於噪音防治法規定的區域指定標準。
- ③ 2020 年度，隔音機庫 (NRH) 的使用率為 85.5%，可將 400 米外的引擎試運轉噪音降低至 60dB 以下。
- ④ 2022 年度，因無合理事由而偏離航線的航空器數量為 5 架次，佔總起降次數 0.003%。
- ⑤ 截至 2024 年 8 月底，已完成累計 3,600 件的防音工程申請，達到 2024 年戰略目標。
- ⑥ 機場內的噪音常時監測站全部使用綠色電力。

(3) 未來規劃

- ① 持續實施並加強低噪音型機型的導入促進政策。
- ② 繼續通過「更進一步的功能強化」計畫，如新跑道建設和 B 跑道延伸，改善運作效率，進一步減少噪音。
- ③ 繼續監測和公布噪音數據，並與當地社區和利害關係人保持溝通。

4. 空氣品質管理

目標為掌握機場營運和活動對周邊空氣品質的影響，並致力於減少空氣污染物排放

(1) 策略與做法

- ① 空氣品質監測：對機場周邊的大氣品質（如二氧化硫、一氧化碳、二氧化氮、浮游粒子狀物質、光化學氧化劑、非甲烷碳氫化合物等）進行常時監測，數據在「成田機場環境社群」網站實時公開。
- ② 減少排放：減當航空器、機場內車輛、中央空調系統之氮氧化物 (NOx) 等空氣污染物排放。
- ③ 促進使用 GPU 利用：推廣使用 GPU 替代 APU，以減少排放
- ④ 低污染車輛導入：推動機場內業務用車輛的低污染化，並提供電動車充電設施和氫氣站。
- ⑤ 再生柴油 (RD) 實證實驗：自 2024 年 3 月起，對機場特殊車輛進行 RD 的實證實驗，預計可減少約 90% 的 CO2 排放。
- ⑥ 節能措施：通過推動節能措施，減少能源消耗，從而間接減少大氣污染物的產生。

- ⑦ 「環保駕駛」宣導：通過海報等形式，向進入機場的車輛宣導怠速熄火等環保駕駛行為。

(2) 現況成果

- ① 2019 年度，每起降班次的氮氧化物 (NOx) 排放量為 16.1 公斤，比 2015 年度減少 3.0%。
- ② 2020 年度，儘管起降班次大幅減少，但由於機型組成變化及引擎試運轉增加，每起降班次排放量增至 19.4 公斤。
- ③ 常時監測站的空氣品質測量數據在 2023 年度均符合環境標準。
- ④ 機場內相關營運商擁有的車輛中，2021 年有 53.1% 是低污染車輛；NAA 自身的業務用車輛在 2020 年則有 45.7% 為低污染車輛。

(3) 未來規劃

- ① 持續推進低污染車輛（包括電動車和燃料電池車）的導入，並試驗性引入再生柴油等次世代生物燃料。
- ② 繼續推廣 GPU 使用以減少 APU 排放。
- ③ 在「更進一步的功能強化」施工期間，徹底使用排放對策型施工機械。
- ④ 持續監測空氣品質，並積極向社會公開相關資訊。

5. 廢棄物管理

目標為透過 3R (減量、再利用、回收) 推進資源循環，減少廢棄物產生，並實現塑膠產品的永續性。

(1) 策略與做法

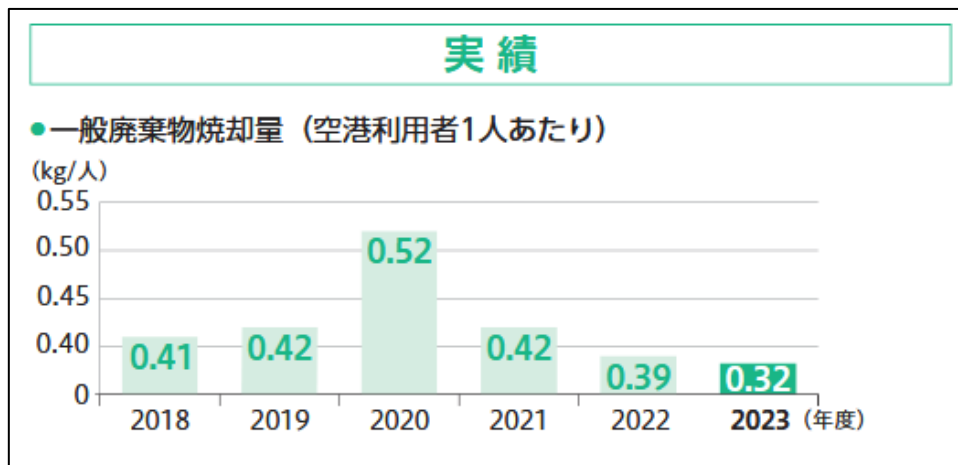
- ① 推動廢棄物 3R：鼓勵減量 (Reduce)、再利用 (Reuse) 和回收 (Recycle)，作為機場營運中減少環境負荷的重要措施。

- ② 徹底的垃圾分類與回收：在辦公室和航廈內實施嚴格的垃圾分類，確保可燃垃圾、資源垃圾和工業廢棄物的有效分離和回收，並定期清運，防止未分類丟棄。
- ③ 「成田機場聰明使用塑膠 Plastic-smart in Narita Airport」宣言：承諾到 2025 年度，NAA 集團直營商店與貴賓室使用的一次性塑膠產品實現 100%永續化。
- ④ 減少建設廢棄物產生與有效利用：開發並應用「完全附著型覆蓋工法」修復停機坪，大幅減少廢棄物和混凝土使用量，與傳統工法相比，可將混凝土廢棄物減少至 1/20；另外將機場內改建工程產生的混凝土和瀝青廢料在機場內再循環利用工廠中破碎，作為再生骨料用於機場內的道路和基本設施。
- ⑤ 伐採木材的活用：將「更進一步的功能強化」計畫中產生的伐採木材製作成木屑，免費分發給周邊社區，並用於製作 SDGs 徽章，促進資源再利用。
- ⑥ 特定物品回收與再利用：回收碎紙、舊制服、地毯等，進行材料再循環。
- ⑦ 「成田機場資源再利用計畫」：與 ANA 控股、日本航空等公司合作，自 2023 年 4 月 1 日起啟動資源循環聯合計畫。該計畫回收航空貨運包裝膜和木質運輸材料，將其再生成環保垃圾袋和運輸輔助材料，並在機場內再次使用。
- ⑧ 廢棄登機空橋輪胎的再利用：將使用過的空橋輪胎再利用為船舶的防舷材，減少廢棄物並創造新價值。

(2) 現況成果

- ① 「成田機場聰明使用塑膠 Plastic-smart in Narita Airport」進展：NAA 集團直營餐飲店已 100%使用紙製或木製吸管；購物袋已更換為含 40%生物塑膠材料，部分尺寸採用 100%生物分解性聚合物；自有品牌礦泉水「空水」的寶特瓶採用 100%回收寶特瓶材料，瓶蓋含 30%生物質塑膠，標籤輕薄化並使用生物質油墨；NAA 每年發行的月曆包裝也從塑膠改為紙質。
- ② 建設廢棄物再資源化：2023 年度，約 7.2 萬噸的廢棄混凝土和瀝青材料被再循環利用。
- ③ 碎紙回收：2021 年度回收約 132 噸碎紙。

一般廢棄物焚燒量：2023 年度，每位機場使用者的一般垃圾量約為 0.32 公斤/人，近年人均廢棄物焚燒量如圖 5.7 所示，整體呈下降趨勢。



資料來源： [72]

圖 5.7 近年成田國際機場人均廢棄物焚燒量統計

- ④ 「成田機場資源再利用計畫」：每年預計可新再循環 130 噸塑膠和 700 噸木材。

(3) 未來規劃

- ① 持續推進「成田機場聰明使用塑膠 Plastic-smart in Narita Airport」行動，並尋求在旅客航廈等處擴大實施範圍。
- ② 繼續深化與「成田機場資源再利用計畫」的合作，擴大參與企業和可回收物品種類，以實現更大的資源循環效益。
- ③ 持續透過 3R（減量、再利用、回收）措施，實現更徹底的垃圾分類，並開拓新的回收領域，以實現循環型社會。

5.3 韓國仁川機場

基本資料		
機場營運單位	2024 年營運量	社會/區位因素
仁川國際 空港公社 (國營企業)	客運 71.2 mppa 貨運 294 萬噸	韓國機場營運量排名第 1 位於離島之海埔新生地 國家再生能源發電佔 10%

5.3.1 整體願景與策略

仁川國際機場公社 (Incheon International Airport Corporation, IIAC) 致力於環境保護與永續發展，旨在成為低碳及環保機場營運的全球領導者。其宏觀的環境管理願景為 2045 年實現碳中和，並於 2040 年達到 RE100 (100%使用可再生電力)，展現其積極應對氣候變遷和航空業脫碳的立場。為達成這些永續目標，IIAC 系統性地從三大策略方向推進：實現低碳環保機場、強化以人為本的社會責任管理，以及建立透明公正的治理體系。這種綜合方法包括將機場營運能源轉型為綠色能源、引領綠色交通生態系統、減少飛機碳排放和細懸浮微粒，以及實現機場基礎設施和環境的綠色轉型。

為推動其環境永續倡議，仁川機場每年發布「企業永續報告書」[78]，在 2023/2024 發布第 18 版，並強化了 ESG（環境、社會、治理）相關內容。機場也發布年度「綠色報告」[79]，重點說明自機場開始建設以來的永續發展承諾。機場成立了多個委員會和專案小組，包括由高階管理人員組成的「溫室氣體減排與節能委員會」，監督溫室氣體排放相關事宜。另有專職「環境管理小組」和「環境監測中心」負責管理環境議題並進行 24 小時全天候監控。此外，IIAC 將 GRI 準則、ISO 26000、聯合國全球契約、聯合國永續發展目標（SDGs）和氣候相關財務揭露（TCFD）框架等全球標準納入其報告中。



資料來源： [78]

圖 5.8 仁川國際機場永續報告

5.3.2 目標與發展成果

1. 氣候變遷韌性與調適

仁川機場的目標是提升其預測和應對氣候變遷影響的能力，實現氣候韌性。

(1) 策略與做法

- ① 仁川機場透過氣候影響分析、風險評估和收集內外部利害關係人意見，制定了系統且詳細的氣候變遷調適實施計畫。

- ② 機場已為氣候變遷調適建立了七項策略倡議和 15 項詳細策略計畫，並承諾將於 2027 年前執行完成。
- ③ IIAC 根據韓國氣象廳氣候資訊入口網站的情境預測 (RCP 4.5 和 RCP8.5)，進行未來氣候預測，以分析氣候變遷可能造成的損害和嚴重性。
- ④ 基於全面分析 (如針對特定設施的氣候影響評估和風險評估) 進行氣候變遷調適措施預算分配，重點關注脆弱性高和較具急迫性之領域。

(2) 現況成果

- ① IIAC 的氣候變遷優先風險評估確認了多種風險，例如強風導致的安全事故、強風或大雪造成的延誤，以及熱浪造成的跑道道面損壞。
- ② 對於「氣候變遷調適第一期實施計畫 (2023-2027)」，仁川機場計畫總計投資 257 億韓元，年均預算約為 51 億韓元。

(3) 未來規劃

- ① IIAC 計畫在未來確定並確保與氣候影響脆弱設施相關的新專案資金，以提高適應能力。
- ② 機場的目標是透過所有員工的合作，在 2027 年前落實仁川國際機場的氣候變遷調適措施。

2. 能源使用與碳排放管理

仁川機場的主要目標是到 2050 年實現碳中和，並於 2040 年轉型為 100% 使用可再生能源，實現能源獨立。

(1) 策略與做法

- ① IIAC 設立「溫室氣體減排與節能委員會」，以制定並執行低碳和環保策略相關計畫。

- ② 機場正在擴大機場內太陽能 and 地熱發電設施，並採購環保電力，以實現能源獨立。
- ③ 制定了擴大電動車充電站和建立氫氣加氫站基礎設施的中長期綜合策略，以引領綠色交通生態系統。
- ④ 正在推行 SAF 使用路徑與試驗營運，以減少航空器碳排放。
- ⑤ 使用地面電源裝置和預冷式機艙空調系統，以減少航機在地面作業時的碳排放。
- ⑥ 開發基於大數據的數位碳管理系統，以精確監測和預測碳排放。
- ⑦ 將所有營運車輛轉型為環保車輛（電動、氫能、混合動力）。
- ⑧ 維持能源管理系統（ISO 50001）認證，以實現一致的能源管理。

(2) 現況成果

- ① 仁川機場在 2023 年實現了總用電量的 6.7%來自可再生能源，超過了當年 6%的目標；2023 年太陽能發電廠總容量達到 15.7 MW，較 2022 年增長 49%，地熱發電設施總計 7.998 MW。
- ② 截至 2023 年，共安裝了 165 個電動車充電站，並有兩個氫氣充電站投入使用。所有 188 輛公務車已 100%轉型為環保車輛，每年減少 4,785 噸 CO₂ 排放。
- ③ 仁川機場是亞洲第一個加入 RE100 的機場。
- ④ 於 2023 年 9 月成為韓國第一個獲得 ACI 機場碳認證四級的機場。

2023 年溫室氣體排放量：範疇一為 38,725 噸 CO₂eq，範疇二為 188,024 噸 CO₂eq，範疇三為 15,286,044 噸 CO₂eq。

- ⑤ 2023 年，機場透過最佳能源管理減少了約 11,000 噸碳排放。
- ⑥ SAF 示範專案涉及六個航班，使用大韓航空波音 777F 貨機，混入 2-4% 的 SAF。

截至 2023 年，地面電力裝置設備總數為 215 台，2022 年的使用率為 45.3%，達成碳排減少之成效。

- ⑦ 2023 年，利用大數據數位碳管理系統減少了約 2,000 噸 CO₂ 排放，並節省了 16 億韓元的能源成本。

(3) 未來規劃

- ① 仁川機場計畫到 2025 年實現 15% 的可再生能源使用，2030 年達到 60%，2035 年達到 80%，並於 2040 年達到 100%。
- ② 2025 年前計畫新增 17MW（15MW 太陽能 and 2MW 地熱）的可再生能源發電設施。
- ③ IIAC 計畫在 2025 年底前將電動車充電設施擴增至 1,110 個，並在 2025 年完成大型電動車充電設施。
- ④ 地面支援車輛的共享充電基礎設施計畫在 2027 年前擴大到 150 個以上。
- ⑤ 計畫在第二航廈巴士車庫內建造可日產 4,000 公斤氫氣之大型液態氫加氫站，擴大氫氣供應能力。
- ⑥ 2050 年前 SAF 能取代 60% 的機場航空燃油需求。
- ⑦ IIAC 計畫在 2024 年前將地面電源裝置增加到 275 台。
- ⑧ 「2045 年仁川國際機場碳中和計畫」旨在 IIAC 於 2045 年實現溫室氣體淨零排放，並將機場內利害關係人產生的間接碳排放量較 2018 年減少 38%。

3.水資源管理

仁川機場希望能透過回收機場營運產生的廢水和污水來節約用水、提高用水效率並盡量減少環境污染。

(1) 策略與做法

- ① 仁川機場利用廢水回收和再利用設施(中水設施)回收機場營運產生的廢水和污水。
- ② 在五個地點設置油水分離設施，以在排放前處理含油雨水。
- ③ 維護 24 個水處理設施，包括共享預防設施和個別污水處理設施。
- ④ 透過其環境監測系統，持續即時監測水質。

(2) 現況成果

- ① 2023 年，節約了約 328 萬噸水，減少了約 82 億韓元的成本
- ② 維持嚴格水質標準，生化需氧量 (BOD) 標準平均為 0.7 ppm，遠低於 10 ppm 的法定排放標準。
- ③ 2022 年，機場實現 100%符合環境標準，無發生環境事故或投訴。

(3) 未來規劃

- ① 為進行第二航廈擴建，IIAC 計畫建造能夠每天淨化 2 萬噸污水的「中水設施」，並及時維護這些設施。
- ② 環境管理小組旨在進行流域環境調查，以防止污染並制定符合水庫特性的中長期水質計畫。

4.噪音監測與管理

仁川機場的目標是盡可能減少其營運噪音，並解決周邊社區的航機噪音問題。

(1) 策略與做法

- ① 仁川機場在建設規劃階段即考量遠離住宅區域，盡可能減少受航機噪音影響範圍。
- ② 建立並維護自有噪音監測系統。
- ③ 與「機場噪音對策委員會」(由飛機噪音官員、專家和當地居民組成)及「噪音減輕委員會」(由航空公司組成)合作，積極聽取利害關係人意見。
- ④ 為受影響地區實施噪音緩解專案，包括安裝隔音和空調設施，以及補助電視執照費/空調電費。
- ⑤ 為改善當地居民生活品質，啟動多元化活動和福利計畫，例如增加補貼。
- ⑥ 透過其網站和環境資訊板，揭露機場噪音相關資訊。

(2) 現況成果

為高於 75 WECPNL 區域安裝隔音/空調設備，並為高於 70 WECPNL 區域提供相關居民補助。

(3) 未來規劃

仁川機場將繼續聽取當地居民的意見並為他們提供支持，以解決問題。

5. 空氣品質管理

仁川機場致力於減少機場營運和發展產生的空氣污染物，並改善整體空氣品質。

(1) 策略與做法

- ① 建立空氣品質管理系統，以減少機場營運期間產生的空氣污染物，並以多種方式管理空氣品質。

- ② 在機場及附近地區安裝空氣品質測量站，並在旅客航廈內設置室內空氣品質測量站即時監測。
- ③ 對機場營運特殊車輛進行排氣檢查，並提議政府提供補貼，鼓勵營運商採用環保設備。
- ④ 透過其網站即時發布測量數據。

(2) 現況成果

- ① 機場及附近地區設有三個空氣品質測量站，旅客航廈內有六個室內空氣品質測量站。
- ② 2022 年，IIAC 對機場 408 輛特殊車輛進行評估，以減少細懸浮微粒，並對不符規定車輛進行改善
- ③ 持續監測室內空氣品質，例如，截至 2022 年，室內停車場的細懸浮微粒濃度為 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (法定標準：200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)，客運航廈/候機樓為 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (法定標準：100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)。

(3) 未來規劃

IIAC 正制定「五年機場空氣品質改善計畫」，經仁川市批准後提交給環境部，並附帶年度計畫和季度績效報告。

6. 廢棄物管理

仁川機場目標為減少廢棄物產生、提高回收率，並在機場生態系統內建立循環經濟。

(1) 策略與做法

- ① 仁川機場已建立並營運 3R 體系 (減少、重複使用、回收)。
- ② 實施各種減少廢棄物的活動，例如零廢棄咖啡館、GOGO 挑戰賽 (減少塑膠接力)、冷藏袋重複使用活動和健走撿垃圾認證挑戰賽。
- ③ 持續優化資源回收設施和分類設施。

- ④ 舉辦「綠色升級再造活動」，收集並清洗一次性塑膠杯以供重複使用，並將其轉化為升級再造產品。
- ⑤ 積極重複使用建築廢棄材料，例如回收跑道產生的混凝土骨材和廢棄瀝青，用於機場建設。
- ⑥ 推廣「綠色免稅店」倡議，鼓勵零售商使用環保材料、電子價格標籤、電子收據和紙質購物袋。
- ⑦ 與 SK Eco Plant 簽署諒解備忘錄 (MOU)，透過將機場廢棄物轉化為高價值回收產品，建立循環經濟。

(2) 現況成果

- ① 2022 年仁川機場廢棄物回收率達到 92.8%;2023 年 IAC 達成 335 萬噸資源的循環利用，創造了 141 億韓元的經濟效益。
- ② 四期建設專案已回收 37 萬噸再生骨材，節省 210 億韓元建設成本，並減少了 1,080 噸碳排放。
- ③ 2023 年，機場重複使用了約 328 萬噸廢水，帶來了 140 億韓元的經濟效益，減少約 43 萬噸碳排放。
- ④ 內部咖啡館的可重複使用杯子循環系統，潛在節省 3 萬個一次性杯子。
- ⑤ 2022 年，免稅區的環保購物袋使用率從 50%增長到 90%。



資料來源： [78]

圖 5.9 仁川國際機場循環經濟發展目標

(3) 未來規劃

- ① 仁川機場計畫在 2023 年內制定資源回收的中長期目標，旨在將回收率提高到 2025 年的 50% 和 2030 年的 70%。
- ② 此外，計畫在其資源分類和處理廠安裝有價金屬回收設備，並尋找更多可回收廢棄物。
- ③ 建構能將廢棄物再次作為資源利用的循環經濟架構。
- ④ 於 2027 年達成將免稅店乙烯緩衝材料減少 50% 以上。

5.4 新加坡樟宜機場

基本資料		
機場營運單位	2024 年營運量	社會/區位因素
樟宜機場集團 (國營企業)	客運 67.7 mppa 貨運 199 萬噸	東南亞機場營運量排名第 1 位於海濱之海埔新生地 國家再生能源發電佔 4% 國家沒有天然淡水資源

5.4.1 整體願景與策略

樟宜機場集團 (Changi Airport Group, CAG) 於 2009 年 6 月 16 日成立，負責營運管理樟宜機場與實里達機場，業務範疇涵蓋機場營運、航空樞紐發展、商業活動。CAG 的使命是成為全球領先的機場公司，立足亞洲，打造安全、可靠、永續且充滿活力的未來航空樞紐。樟宜機場作為新加坡的國家門戶，願景為成為一流的全球航空樞紐，連接生活與商業，並為新加坡的經濟成長提供貢獻。

樟宜機場的永續目標為成為全球領先的永續航空樞紐，目前已設定 2050 年實現淨零排放，並持續導入新技術與增加再生能源利用。樟宜亦已將 2030 年的碳排放目標更新為在 2019 年基準上減少 20% 的範圍 1 和範圍 2 排放。樟宜機場的整體永續發展戰略側重於六大核心支柱：減少碳排放、有效管理廢物、節約用水、機場氣候變遷調適、實施永續流程以及嚴格遵守環境法規。透過與其合作夥伴緊密協作，在空中和地面減少排放，並推廣綠色採購決策，以實現其環境目標。

為了推動機場的環境永續發展，CAG 制定及發布了多項出版物、報告以及工作小組。

1. 年度報告和永續發展報告：CAG 長期以來持續發布永續發展報告，詳細闡述永續發展願景、方法和成果。並自 2022/2023 財年起將永續發展指標納入樟宜機場年度報告。

2. 環境政策：CAG 的環境政策著重於盡可能減少環境影響、節約資源、監控環境績效、遵守法規以及促進溝通與合作。CAG 並取得 ISO 14001:2015 認證。
3. 環境指導委員會 (Environment Steering Committee - ESC)：該委員會由工程與發展部門的常務董事擔任主席，成員包括 CAG 各部門高級主管，負責批准永續發展倡議、審查績效、推動改進並向管理層提供最新情況。
4. 永續航空樞紐國際諮詢小組 (International Advisory Panel - IAP on Sustainable Air Hub)：新加坡民航局 (CAAS) 於 2022 年 2 月召集成立此小組，旨在制定新加坡的脫碳路線圖。
5. Skytrax 世界最佳機場獎項：樟宜機場曾多次獲得 Skytrax 頒發的「世界最佳機場」獎項，顯示樟宜機場在服務和營運方面的卓越表現。
6. ACI 工作小組：CAG 積極參與 ACI 世界環境常務委員會、亞太區域環境委員會以及機場碳認證工作小組等國際單位，致力於永續發展。
7. 樟宜機場耐熱工作小組 (Changi Airport Heat Resilience Working Group)：CAG 與空側營運合作夥伴共同成立了此工作小組，以期將熱管理納入工作流程，並為新進員工制定熱適應計畫。
8. 樟宜永續發展會議 (Sustainable Changi Conference)：樟宜機場於 2022 年 3 月舉行永續發展會議，研商建設更永續與韌性的樟宜機場發展戰略。
9. 樟宜機場社區環境論壇 (Changi Airport Community Environmental Forum - CACEF)：持續舉辦社區論壇活動，以就機場環境事務與週邊利害關係人交流並促成合作，共建綠色樟宜機場。

5.4.2 目標與發展成果

1. 氣候變遷韌性與適應

鑑於氣候變遷影響加劇及極端天氣模式日益頻繁，CAG 深知建立氣候韌性以確保 24 小時不間斷營運的重要性。作為新加坡的全球門戶與關鍵基礎設施，建立氣候韌性是樟宜機場的首要任務。CAG 積極尋求增強樟宜機場應對氣候變遷的能力，以期將潛在的脆弱性與營運風險降至最低。

(1) 策略與做法

CAG 與各合作夥伴協作，研究日益頻繁的極端天氣模式影響，並制定緩解策略，強化機場內的關鍵基礎設施，例如就溫度上升與強暴雨等氣候變化因素進行詳細評估。

- ① 在關鍵基礎設施考量配套防洪措施，藉此強化排水網絡，例如擴寬排水幹管、建造蓄洪池、增加抽水站容量、建造防洪堤、提高地下道前後路面高度，以及安裝洪水監測系統以及時預警。
- ② 為應對海平面上升和風暴潮，位於樟宜東側的第 5 航廈（T5）基礎高程將較平均海平面高 5.5 公尺。此外，已安裝一系列潮汐閘門和堤防，並提高路面，其高度已超越預測之 2100 年海平面上升情境。
- ③ 為應對高溫，樟宜機場的空調系統設有足夠運作餘裕。溫度敏感設備將設於溫控環境中，且未來的機場設備和系統設計已將氣候變遷變因納入考量；機場已實施熱壓力管理策略，以更好地協助戶外工作人員應對高溫工作環境。
- ④ 為了跑道的未來防護，樟宜機場的三條跑道和實里達機場的單跑道都已在瀝青道面設置鋸槽，以應對預期的強降雨與海平面上升等極端氣候。目前正進行相關研究，以了解瀝青道面溫度與環境溫度之相關性。

樟宜東擴建範圍新設道面已在不同道面層植入應力與應變感測器，以驗證原始道面設計假設並預測使用壽命。有鑑於熱帶風暴頻繁和氣溫上升的綜合影響，CAG 已投資引進「雷射裂縫測量系統 (LCMS)」用於空側道面。跑道和滑行道瀝青混合物設計中加入了聚合物添加劑，以增加高溫下之耐用性。

(2) 現況成果

- ① 於 2016 年建設 540,000 立方公尺容量蓄水池以調節排水。
- ② 在排水網絡策略性位置安裝太陽能供電監測感測器，提供全天候即時排水監測，以提升防洪能力。
- ③ 設置整合管理網頁儀表板，整合與分析關鍵數據，以及時預警並管理洪水風險。
- ④ 維護人員可快速部署，以清除排水網絡中的堵塞。

(3) 未來規劃

- ① CAG 將持續研究極端天氣模式的影響並制定緩解策略。
- ② 建設中之第 5 航廈 (T5) 考量氣候韌性、超低能耗、再生能源等永續課題，評估低碳材料與減碳措施；預期於 2030 年代中期啟用營運。

2. 能源使用與碳排放管理

CAG 致力於將樟宜機場打造成為永續航空樞紐，將投注充份資源於能源使用與碳排放管理相關措施。

- (1) 淨零排放：透過新技術和增加再生能源使用，預計於 2050 年實現淨零排放。
- (2) 中期減排：CAG 已將其碳排放目標提升為在 2030 年前將範疇一和範疇二的排放量較 2019 年基線減少 20%，該目標與「新加坡永續航空樞紐藍圖」一致。

(3) 認證：樟宜機場維持 ACA 三級認證和 ISO 14001:2015 認證。

(4) 相關策略與做法

- ① 能源效率：CAG 已於空調系統採用節能設施及設計，並試驗可降低建築熱負荷相關技術，並已安裝自動化建築控制和感測系統以管理空調和照明。
- ② 再生能源：CAG 已在樟宜機場設施屋頂、包含客運與貨運航廈大樓及附屬建築，安裝大規模太陽能光電 (PV) 系統。該系統預計於 2025 年完工，屆時將擁有 38 百萬瓦特峰值 (MWp) 的裝置容量，為新加坡最大的單一地點屋頂太陽能光電系統。CAG 亦在評估於樟宜機場空側草坪區安裝地面太陽能光電系統。
- ③ 清潔能源車輛：CAG 支持機場合作夥伴的綠色倡議，包括地勤單位在停機坪採用清潔能源車輛。自 2025 年起，所有的機坪輕型車輛都將是電動車輛，樟宜機場的目標為 2040 年所有機坪車輛都將使用清潔能源。自 2017 年以來，CAG 已安裝了超過 100 個充電站，並計畫在未來幾年內將數量增至 300 個以上。
- ④ SAF：CAG 支持航空公司採用 SAF；CAG 支持新加坡航空集團於 2022 年 7 月啟動的 SAF 試點計畫；新加坡政府已宣布從 2026 年起徵收 SAF 稅，初期目標為 1%，並預期 2050 年提高至 3-5%。
- ⑤ 數位科技：CAG 正建構「數位雙生模型」探索系統優化，並利用企業數據平台即時收集與分析數據，以提高營運效率。
- ⑥ 綠色採購：CAG 已將「價格-品質-環境」評分標準整合到採購評估中，並於 2023 年將此環境評估標準擴展至所有採購類別，例如該規定提及空側道面整建需將至少 50% 原有混凝土回收再利用。

- ⑦ 協作：CAG 與主要利害關係人密切合作，共同推動脫碳倡議。並由 CAG 執行長親自召集「永續航空樞紐國際諮詢小組 (IAP)」；CAG 亦透過樟宜機場社區環境論壇 (CACEF)，與利害關係人共同打造更永續的樟宜機場。

(5) 現況成果

溫室氣體總排放量：2023/24 財年，溫室氣體總排放量為 1,207,800 噸 CO₂e，其中範疇一佔 0.1%，範疇二佔 13.4%，範疇三佔 86.5%，如圖 5.10 所示。



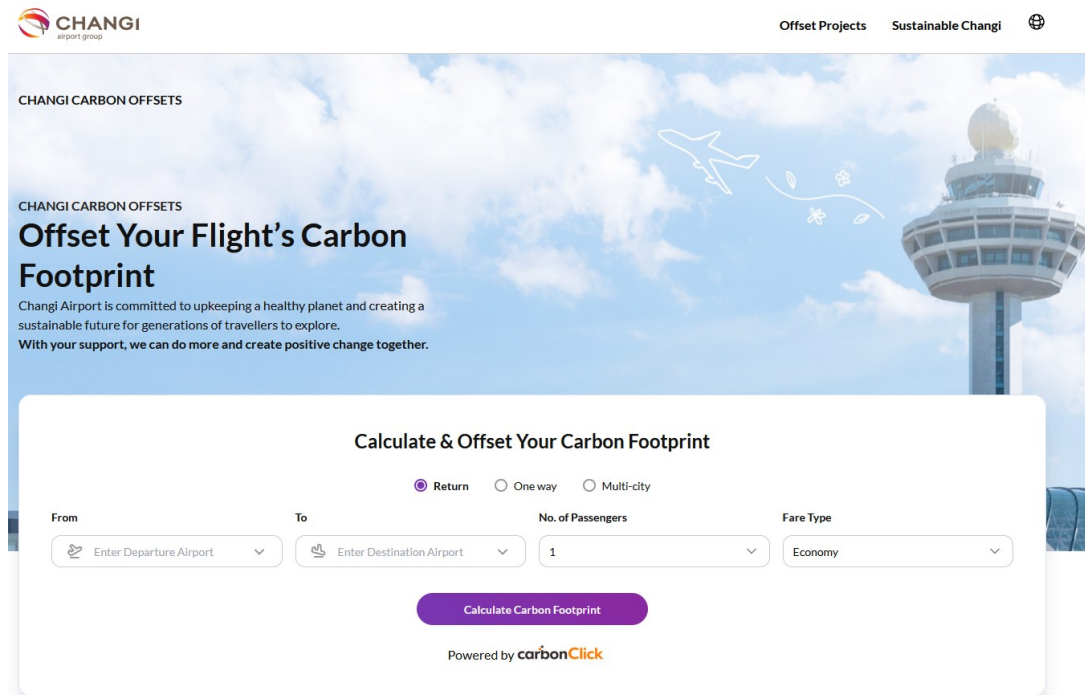
資料來源： [80]

圖 5.10 樟宜機場 2023/2024 碳足跡分布

- ① SAF 試點計畫：新加坡航空集團的 SAF 試點計畫預期可減少 2,500 噸碳排放。
- ② 能源效率提升：第一航廈冰水機組改造後，節省約 25% 能源，；第二航廈空調系統升級預計可省下 2,500 戶住宅一整年的用電量。

- ③ 停機坪電動化：自 2017 年以來已安裝超過 100 個充電點；目前樟宜機場所有停機坪行李拖車皆已電動化。

碳抵銷：2023 年 11 月啟動「樟宜碳抵銷」計畫，為乘客提供方便計算與抵銷其航班排放量的途徑，如圖 5.11 所示。



The image shows a screenshot of the 'CHANGI CARBON OFFSETS' website. The page features a blue header with the Changi Airport Group logo and navigation links for 'Offset Projects' and 'Sustainable Changi'. The main content area has a background image of a control tower and a sky with a white airplane silhouette and green leaves. The central focus is a white form titled 'Calculate & Offset Your Carbon Footprint'. The form includes radio buttons for 'Return' (selected), 'One way', and 'Multi-city'. Below these are four input fields: 'From' (with a dropdown arrow and placeholder 'Enter Departure Airport'), 'To' (with a dropdown arrow and placeholder 'Enter Destination Airport'), 'No. of Passengers' (with a dropdown arrow and value '1'), and 'Fare Type' (with a dropdown arrow and value 'Economy'). A purple button labeled 'Calculate Carbon Footprint' is positioned below the form. At the bottom of the form, it says 'Powered by carbonClick'.

資料來源： [81]

圖 5.11 樟宜機場旅客碳抵換計畫

(1) 未來規劃

- ① 擴展太陽能光電：CAG 與新加坡民航局將共同進行研究，評估在更多空側區域安裝太陽能光電系統之可行性，以進一步增加再生能源、減少碳排放量；該研究預計於 2025 年完成。
- ② 停機坪車輛轉型：CAG 計畫在未來幾年擴大充電網絡至 300 個以上充電點，目標為 2040 年所有空側車輛都使用清潔能源；目前尚無可行電動替代方案之重型車輛與專用設備則將評估試用再生柴油。

- ③ SAF 採用：新加坡政府計畫從 2026 年起徵收 SAF 稅，以加速樟宜機場的 SAF 使用。

3. 水資源管理

(1) 策略與做法

- ① CAG 已採取「水資源優化策略」，以減少所有區域的用水量並提高用水效率，包括廁所、建築冷卻系統、灌溉和清潔用的飲用水與非飲用水。
- ② 投資於節水技術，以減少用水量並強化現有的廢水和冷凝水回收能力。
- ③ 回收措施包括從空氣處理站 (AHS) 回收冷凝水供冷卻塔使用、收集雨水用於苗圃灌溉，以及在建築設計中納入雨水回收。經淨化的鹼性「Z 水」也被用於沖洗清潔化學品，以減少用水量。
- ④ 在監測與維護方面，CAG 使用智慧水表來監測用水量，並建立了反應迅速的漏水回報與修復管理系統。
- ⑤ 向大眾與機場利害關係人推廣節約用水資訊。

(2) 現況成果

- ① 再生水已成為樟宜機場的主要用水來源；在 2022/23 財年，超過半數的用水來源為再生水。
- ② 第一航廈冰水主機升級：預期每年可節省超過 11,000 立方公尺用水，相當於超過 600 戶住宅的年用水量。
- ③ 第四航廈水處理：第四航廈採創新無化學物質的冷卻塔水處理系統，估計每年可節省 70,000 新元，並將冷卻塔用水量減少 16%。

(3) 未來規劃

CAG 將透過採用節水技術，持續努力強化樟宜機場的長期水資源韌性。

4. 噪音監測與管理

(1) 策略與做法

- ① 所有在新加坡樟宜機場起降的航機皆需持有由新加坡民航局 (CAAS) 核發的噪音證書，以確保符合 ICAO 附錄 16 之噪音標準。
- ② 新加坡實施包括減推力起飛 (Reduced-thrust take-offs)、持續爬升程序 (Continuous climb operations)、優化飛行航線等作法降低航機營運對社區之噪音影響
- ③ 利用跑道配置與航線設計減少航機起降對週邊社區之噪音影響。
- ④ 使用如 ADS-B (自動相關監視廣播) 等即時動態監控系統，有效管理飛行軌跡，以進一步降低噪音影響。

(2) 現況成果

- ① 目前樟宜機場作業完全依據國際規範進行噪音管理，但並未實施噪音配額制度或宵禁措施。
- ② 樟宜機場目前未公開即時噪音監測數據或等噪音線資訊
- ③ 雖於永續報告中提及噪音議題，然與碳排、能源、水資源、廢棄物等範疇相比，內容較為有限。

(3) 未來規劃

- ① 將持續依據 ICAO 指引與在地社區需求，優化飛航程序與空域設計，以降低噪音衝擊。
- ② 長期規劃包括引導航空業採用較安靜的新型機型，以有效降低噪音。

5. 空氣品質管理

CAG 的目標是確保良好的環境空氣品質，為機場員工提供安全健康工作環境，並盡量減少室內空氣污染的可能性。

(1) 策略與做法

- ① 監測：CAG 每年對行李處理區空氣品質進行工業衛生監測檢查，污染物範圍：監測範圍涵蓋二氧化硫 (SO₂)、一氧化碳 (CO)、二氧化氮 (NO₂)、臭氧 (O₃)，以及細懸浮微粒 (PM) 2.5 和 10。
- ② 作為碳管理策略的一部分，將空側車隊轉型為清潔能源車輛，間接有助於改善空氣品質。

(2) 現況成果

工業衛生監測檢查結果均符合新加坡人力部規定之「容許暴露限值」；樟宜機場航廈內室內空氣品質亦完全符合國家法規。

(3) 未來規劃

未來將配合能源轉型，減少傳統石化能源造成之空氣污染。

6. 廢棄物管理

樟宜機場集團 (CAG) 致力於透過創新技術和與合作夥伴協作，有效管理廢棄物並提高廢棄物回收率，從而實現「零廢棄」目標

(1) 策略與做法

- ① CAG 在廢棄物管理上採用三管齊下的方法：積極減少資源消耗、轉向綠色選項，以及重複使用和回收資源。
- ② CAG 實施各種措施以實現循環經濟，從而盡可能減少送往焚化廠之廢棄物；例如將園藝廢棄物製成堆肥，以及將舊建築材料升級再造。
- ③ 在廚餘管理方面，樟宜機場在其航廈（T1、T3）引進「廚餘分解系統」，利用微生物將有機廢棄物轉化為液體，有效將其循環利用。餐飲廢棄物亦會由店面進行廚餘分類。
- ④ CAG 透過回收據點強化回收成效，並導入獎勵機制；CAG 與 SGRecycle 合作安裝「逆向販賣機(RVM)」以回收紙張，並透過可兌換積分來鼓勵使用者；同時也在販賣機旁設置電子廢棄物回收箱。在餐盤與餐具回收站（T1、T4）設計與實施自助分類回收桶，收集液體、食物、塑膠瓶、金屬罐和不可回收物等五種廢棄物。
- ⑤ 透過與餐飲商面合作，推動辦公場所循環經濟，實施零廢棄倡議，鼓勵使用可重複使用杯子、回收舊飲料容器，並將用過咖啡渣送到園藝苗圃進行堆肥。
- ⑥ 採用永續採購實踐，以減少對環境的影響。

於 2024 年 2 月啟動樟宜機場首個「永續回收角」，設有互動學習和遊戲化元素；CAG 與本地及國際合作夥伴（例如：SGRecycle、ALBA、TOMRA）協作，回收電子廢棄物、紙張、塑膠瓶和金屬罐。另舉辦「優雅綠色樟宜（ONE Gracious and Green Changi）」活動培養員工永續思維。

(2) 現況成果

- ① 在 2023/24 財年，廢棄物轉移率為 16%（16%回收，0.1%現場分解）。

- ② 廚餘分解機系統平均每天處理 1,100 公斤廚餘，每年已分解轉移近 290 噸廚餘。
- ③ 設置「永續回收角」每月平均收集 1,000 個飲料容器、300 公斤紙張和 100 公斤電子廢棄物。
- ④ 每月將辦公室咖啡販賣亭產生的多達 80 公斤的用過咖啡渣送往苗圃進行堆肥。

(3) 未來規劃

CAG 計畫在機場安裝更多回收桶，並將自助分類回收桶系統擴展至全機場。

另計畫將廢棄物回收範圍擴大到機場大道沿線花園與樹木所產生之廢棄物。

5.5 香港赤鱸角機場

基本資料			
機場營運單位	2024 年營運量		社會/區位因素
香港機場管理局 (政府機關)	客運 貨運	53.0 mppa 494 萬噸	東南亞機場營運量排名第 1 位於濱海之海埔新生地 珠江河口海洋生態豐富 為解決啟德機場噪音而新建之機場

5.5.1 整體願景與策略

香港機場管理局（簡稱機管局）致力於將香港國際機場打造為「全球最綠色機場」，於 2024 年推出了全新的機場永續策略框架「Ascend」，聚焦在涵蓋「卓越環保表現、卓越營運、經濟及社會繁榮、以及團隊成長」四大永續支柱；該框架用於驅策與管理機場對環境、環境、以及團隊的影響，鞏固其作為國際航空樞紐及香港經濟引擎的重要地位。

香港機管局採取「管控 (Control)、引導 (Guide)、影響 (Influence)」三軌式永續管理策略，強化自身在各項機場運作中發揮正面影響力的能力；機管局也籌畫了一系列出版品、報告與策略行動，以推動香港機場的環境永續發展，如圖 5.12 所示。主要文件包括每年發布的「永續發展報告」，內容涵蓋氣候韌性、減碳及資源效率的進展，並與機場「2050 年達成淨零碳排放」的長期目標一致。機管局亦研擬「碳管理行動計畫」與「環保機場設計及建築指引」，為低碳基礎建設與營運提供制度架構。此外，香港機場研擬環境管理相關計畫，針對能源效率、空氣與噪音品質、水資源保育及廢棄物減量提出政策。另外，機管局成立專責永續議題的任務小組與委員會，如「環境管理委員會」與「減碳任務小組」，以協調各方利害關係人並確保策略有效落實。

The screenshot shows the 'Our Sustainability Strategy - Ascend' page on the Airport Authority Hong Kong website. The page includes a navigation menu with 'Sustainability' selected. The main content area features the title 'Our Sustainability Strategy - Ascend' and a graphic of the 'ASCEND SUSTAINABILITY STRATEGY' logo, which is composed of four pillars: Environmental Excellence, Operational Excellence, Thriving Economies & Societies, and Thriving People. Text on the page states that in 2024, AAHK introduced a new strategic framework - Ascend, which focuses on 24 strategic goals across four distinct pillars. A button indicates '24 Strategic goals under our Ascend Strategy'. Below this, a list of categories is shown with expandable options:

Category	Expandable
Environmental Excellence	+
Operational Excellence	+
Thriving Economies and Societies	+
Thriving People	+

資料來源： [82]

圖 5.12 香港機場 ASCEND 永續發展策略

5.5.2 目標與發展成果

1. 氣候變遷韌性與調適

香港機管局深知氣候變遷已導致極端天氣頻率與強度上升，對位於沿海、肩負重要營運任務的香港機場而言，評估與準備相關衝擊至關重要，以充份因應高溫、颱風引起的暴雨與強風等挑戰。

在生物多樣性方面，香港國際機場由於其三面環海之區位特性，尤其著重海洋生態改善與漁業提升之作為。

(1) 策略與做法

香港機管局於 2020/21 年委託 AECOM 完成「氣候韌性研究」，檢視並強化機場因應氣候變遷能力。研究過程包含部門工作坊、線上問卷及焦點訪談，共有 20 個部門參與。

香港機管局依研究結果制定整體「氣候調適與韌性計畫」及氣候行動計畫，並依據最新氣候科學（如 IPCC 第六次評估報告）定期檢視與更新。

香港機管局制定「氣候韌性指引」納入「環保機場設計及建築指引」（GADC），引導專案經理於早期即評估氣候風險，並設計韌性方案。

利用 IPCC 預測與香港天文臺數據，香港機管局針對海平面上升、風暴潮等進行海堤與排水系統模擬與評估。

- ① 在海洋生態與漁業提升策略下，提出 3 項主要作為：「機管局自發推行的提升措施」、「改善海洋生態基金」、「漁業提升基金」。

(2) 現況成果

跨部門協作：與香港天文臺及航管單位密切合作，設有 24 小時故障應變團隊、乘客服務隊及緊急應變中心。並定期舉辦颱風演練。

員工保護措施：提供腰掛式風扇、遮陽裝備、冷感袖套等個人防護設備，並設置冷氣休息區與流動供水車，改善工地員工之工作環境、避免中暑。

- ① 以生態為本的解決方案：於第三跑道擴建工程之人造海堤導入生態混凝土組件，提供生物生長與棲息的環境與庇護空間。
- ② 生態基金之運作：與大學、研究團體以及漁業組織合作，進行多項提升海洋環境、生態、資源之研究，包含永續水產養殖發展計畫、特定物種之生態風險調查、特定環境作為魚類棲地之價值研究等。

(3) 未來規劃

- ① 每五年至少重新評估一次氣候風險。
- ② 持續執行 CARP 及部門行動計畫。
- ③ 研究與機場相關的 TCFD 財務揭露指標。
- ④ 擴大設置人工魚礁：機管局已於 2021 年實施試驗計畫，於鄰近水域佈設人工魚礁並獲得正面的成效，故預計將持續擴大佈設規模。
- ⑤ 魚苗投放：在機場周邊投放魚苗、蝦苗，豐富海域之生態資源。

2. 能源使用與碳排管理

香港機管局與關鍵航空夥伴承諾於 2050 年實現淨零碳排，並於 2035 年前較 2018 年基準年減碳 55%；此目標與 IPCC 1.5°C 情境、香港特區政府 2050 年碳中和政策及 ACI 全球淨零目標一致，相關測率與做法分述如下。

(1) 策略與做法

機管局推動碳管理行動計畫與減碳路徑圖，包含財務、治理、科技創新、以及能力建構四大作法；同時積極推動全機場減碳，將機場相關作業單位均納入減量行動計畫。

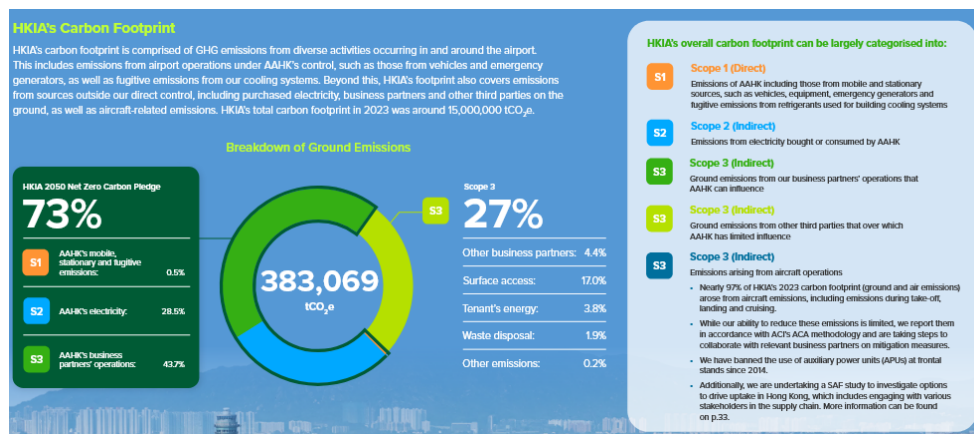
(2) 現況成果

能源管理系統：獲 ISO 50001 認證，持續優化能源表現。

- ① 電動化進程：推動空側車輛電動化、共享地勤設備計畫。為全球首間同時加入 EV100 與 EP100 倡議的機場。
- ② 能源效率：包括 LED 照明、引導標誌、空調系統優化、智慧電池儲能、天氣預測冷氣控制系統（Weather FACTS）與 AI 建築分析平台等。
- ③ SAF：已建置接收與儲存 SAF 設施，並為國泰航空企業 SAF 計畫夥伴；油庫設施獲得 ISCC CORSIA 認證。
- ④ 再生柴油試點：2024 年啟動亞洲首個 GSE 使用再生柴油試點，碳排減量達 87%。
- ⑤ 再生能源：完成太陽能潛力評估，2024 年起裝設太陽能板。
- ⑥ 冷媒轉型：制定低 GWP 冷媒轉換策略，進行可行性研究。
- ⑦ 碳認證：2023 年獲 ACA 第四級「轉型級」認證。

碳管理平台：2024 年推出新版碳管理系統，協助分析與回報，如圖 5.13 所示。

- ⑧ 基礎建設永續：將設計與施工之永續方案納入考量，循環使用建築物料，並考量材料運輸方式及低碳設計方案



資料來源： [83]

圖 5.13 香港機場 2023/2024 碳排放管理情形

(3) 未來規劃

- ① 擴大創新節能試驗。
- ② 評估氫能於機場應用潛力。
- ③ 擴充 EV 與電動地勤設備充電設施。
- ④ 進行 SAF 導入策略研究，與政府合作簡化 SAF 進口流程。

3. 水資源管理

(1) 策略與做法

採用「三水制」(淡水、海水、處理後再生水)，結合減量與效率提升策略，強化水資源韌性。

(2) 現況成果

- ① 安裝低流量水龍頭、雙段式沖水馬桶、感應式小便器。
- ② 提升冷凝水與污水回收能力。
- ③ 雖未訂立具體節水指標，仍持續實施節水措施。

(3) 未來規劃

擴大回收水利用規模。

4. 噪音監測與管理

(1) 策略與做法

香港機管局與香港民航處依據國際慣例採取平衡作法管理航機噪音，降低對社區影響。

(2) 現況成果

- ① 實施多項降噪措施。
- ② 執行航機噪音監測與審核，並配合三跑道系統環評要求，三跑道作業方式須符合減噪音程序要求
- ③ 自 2014 年起禁止靠橋停機位使用 APU 以減少噪音與排放。

(3) 未來規劃

持續實施與優化現行監測與減噪措施。

5. 空氣品質管理

(1) 策略與做法

致力於減少因機場運作與發展所產生的空氣污染物。

(2) 現況成果

自 2004 年起設有兩座機場內空品監測站及一座控制點，監測項目涵蓋 NO₂、SO₂、PM10、PM2.5、CO、O₃等。

- ① 自 2016 年起於官網提供空氣健康指數資料。
- ② 改善措施包括空側電動化、地勤設備共用、推動自動運輸系統等。

(3) 未來規劃

擴展運具電動化與再生燃料使用（如 RD 與 SAF），提升空氣品質。

6. 廢棄物管理

2025 年資源回收率提升 25%，與香港政府「香港 2035 廢物藍圖」方向一致。

(1) 策略與做法

採三管齊下策略：源頭減廢、促進回收、開發替代處理方案，並支持業務夥伴進行廢棄物分類與減量。

(2) 現況成果

廚餘處理：推行香港機場廚餘回收與食物救助計畫。2023 年在社區大樓試行「Food TranSmarter」預處理系統，並擴展至東大堂。

- ① 回收與升級再造：包括建材再利用與園藝廢棄物堆肥。
- ② 參與鼓勵機制：推行「源頭分類激勵計畫」表揚商戶員工，2024 年設立永續回收角落教育遊客。

政策回應：協助租戶應對特區政府 2023 年通過的產品環保責任修訂條例，禁用一次性塑膠餐具等。

(3) 未來規劃

- ① 擴大 Food TranSmarter 系統。
- ② 持續關注都市固體廢物收費政策發展。
- ③ 擴大園藝與機場綠植回收規模。

5.6 其他類型機場案例

除前述各節檢視之先進國家門戶樞紐機場外，考量我國尚有地區門戶與軍民合用機場，因此本節將參考荷蘭與日本案例，提供其它類型機場之永續作為案例資訊，以供未來擬定政策綱領之參考。

5.6.1 日本相關機場案例

日本國土交通省依據日本「空港法」規定，要求各機場依其所在地區環境條件及國家能源轉型政策，自行擬訂「空港脫炭素化推進計畫」各機場須於計畫中明訂淨零排放目標、階段性減碳措施及施作範圍，並報請國土交通省審查核定，並經審查通過後，方可取得正式認證，並可獲得中央政府補助、稅務減免及行政協助等相關優惠措施。

截至目前，日本全國已有 49 座機場完成核定與認證。本計畫參酌日本機場運量分布與場域特性，選取三類型機場進行比較，包括：一般民用機場（成田、鹿兒島、宮崎、佐賀、大館能代）、離島機場（奄美、利尻、奧尻）及軍民合用機場（岩國、德島），相關資料如表 5-1 所示。

表 5-1 各類型完成減碳認證之機場

類型	機場	客運量(mppa)
一般 民用機場	成田	42.41
	鹿兒島	6.08
	宮崎	3.50
	佐賀	0.81
	大館能代	0.16
離島機場	奄美	0.89
	利尻	0.04
	奧尻	0.01
軍民合用 機場	德島	1.22
	岩國	0.51

註：採疫情前之 2019 年統計資料

綜整分析結果顯示，日本各類型機場雖在規模、客運量及地理條件上有所差異，但整體減碳策略趨於一致，皆以建物節能改造、照明設備 LED 化、車輛電動化、再生能源應用及能源管理系統建置為核心措施，其主要差異在於，離島機場受限於地理環境與供電條件，設施規模相對較小；軍民合用機場則需就設備設置與能源整合部分與軍方單位進行協調。相關減碳措施彙整如表 5-2 所示。

表 5-2 各類型機場減碳措施彙整表

政策	減碳措施
建物節能與改造	<ul style="list-style-type: none"> • 全面汰換航廈與附屬設施空調系統，採變頻、高效率、節能型設備 • 推動建築外層改良（Low-E 玻璃、隔熱塗層、自然採光） • 新建物採零能耗建築標準設計
照明設備更新	<ul style="list-style-type: none"> • 全面汰換跑道、滑行道、場面燈光為 LED 照明 • 逐步導入航廈室內節能照明與感測控制
車輛電動化	<ul style="list-style-type: none"> • 全面更新地勤車輛與公務車，採用電動化/氫能/生質燃油等零排放車輛，同步設置充電基礎設施
橋氣橋電應用	<ul style="list-style-type: none"> • 推動橋氣橋電使用取代航機 APU • 依機場規模與電力負荷更新固定式與移動式 GPU 設備
再生能源應用	<ul style="list-style-type: none"> • 以太陽光發電為主、地熱與風力為輔，依地理條件差異化導入 • 依機場規模與技術成本評估導入氫能
儲能與能源管理	<ul style="list-style-type: none"> • 推動設置蓄電池穩定供電品質，以及作為災害應急電源使用 • 並依機場規模建置區域型微電網，將多餘電力向外供應，作為災害備援 • 能源管理系統（EMS）統合建物、照明與車輛能耗監控
SAF 導入	<ul style="list-style-type: none"> • 與航空公司合作推動 SAF 供應鏈與試運轉 • 並依機場規模設置儲槽與混燃設備
其他	<ul style="list-style-type: none"> • 調整滑行道佈設，縮短航機滑行距離 • 機場未使用用地種植快速生長樹木(早生桐)作為固碳手段 • 建立協議會作為能源管理，設備設置規劃與共享之溝通平台

綜整前述分析可知，各機場之主要減碳措施大致相同，惟因機場規模及營運量體不同，所採取之具體策略與推動深度略有差異，整體而言皆屬方向一致、作法相近。此外，日本各機場的減碳推進計畫主要聚焦於能源轉型、碳排放管理與氣候變遷調適等永續核心面向；至於水資源利用、噪音防制、空氣品質維護及廢棄物管理等環境議題，則多依循國際航空組織規範及國家相關法令政策辦理，作為配套性管理措施。

5.6.2 荷蘭相關機場案例

荷蘭為歐洲的重要門戶，亦是歐盟之永續政策主要推動成員之一。在物理條件上與臺灣擁有相近的面積與人口，地處濱海，政治經濟方面則為地區樞紐，與臺灣有相似的產業結構。

荷蘭客運量最繁忙的三大機場分別為阿姆斯特丹史基浦機場、恩荷芬機場與鹿特丹海牙機場，如圖 5.14 所示，皆由阿姆斯特丹史基浦集團營運管理。由於幅員較小且較無地形之限制，荷蘭並無國內航線，故三者主要營運皆以國際航線為主，恩荷芬機場為軍民合用機場，海牙機場則有經營一般航空與私人航機之業務，相關比較如表 5-3 所示。



圖 5.14 荷蘭客運量最繁忙之三大機場

表 5-3 荷蘭三座機場比較

機場	IATA 代號	2024 年客運量	類型
阿姆斯特丹史基浦機場	AMS	66.8 百萬人次	國際機場
恩荷芬機場	EIN	6.8 百萬人次	區域型機場 軍民合用機場
鹿特丹海牙機場	RTM	2.2 百萬人次	區域型機場 一般航空機場

於營運單位相同，此三機場之上位永續營運策略皆以「生活的品質」為核心，提出四大策略，分別為：正能源、永續航空、循環經濟與社會。

1. 能源管理

主要以「正能源」策略為主，確保機場之永續能源發電量高於用電量，分為正能源建築、零排放運輸與再生能源 3 項措施，2024 年分別推動之措施彙整如表 5-4 所示。

表 5-4 荷蘭三座機場管理策略

機場	正能源建築	零排放交通	再生能源
阿姆斯特丹史基浦機場	<ul style="list-style-type: none"> • 導入中央含水層儲能(ATES)系統 • 新設登機廊取得 LEED 黃金級認證 • 登機廊「零天然氣」設計 	<ul style="list-style-type: none"> • 測試鐵液流電池 (Iron Flow Battery) • 氫能地面電源車測試 • 空側地勤車輛電動化 	設置太陽能板
恩荷芬機場	擴建新航廈為正能源建築	導入 HVO100 作為空側勤務車輛標準燃油	
鹿特丹海牙機場	-	<ul style="list-style-type: none"> • 空側地勤車輛電動化 • 全面使用地面能源車 	推動「智慧能源機場」計畫

資料來源： [71]

2. 永續航空

「永續航空」策略目標在於降低機場之整體排放，分為淨零碳航空、智慧綠能運輸與永續旅客旅程 3 項措施，2024 年分別推動之措施如表 5-5 所示。

表 5-5 荷蘭三座機場「永續航空」策略措施

機場	淨零碳航空	智慧綠能運輸	永續旅客旅程
阿姆斯特丹史基浦機場	<ul style="list-style-type: none"> • 擴大安裝橋氣設施 • 裝設聲音感知器監控機尾輔助動力裝置之使用狀況 • 制定氫能導入藍圖 1.0，推動氫能航機與地面勤務車輛之導入 	<ul style="list-style-type: none"> • 推動鐵路機場快線往來市區與機場 • 機場區內接駁巴士電動化 	<ul style="list-style-type: none"> • 推動餐飲減碳計畫 • 推動永續旅程計畫，如：電動航機拖車、飲水機
恩荷芬機場	<ul style="list-style-type: none"> • 裝設聲音感知器監控機尾輔助動力裝置之使用狀況 	-	-
鹿特丹海牙機場	<ul style="list-style-type: none"> • 測試液氫燃料航機 • 小型電動航機測試 • 於機場內建置液氫儲存與加氫設施 	-	-

資料來源： [71]

3. 循環經濟

「循環經濟」策略目標在於達成集團之 2030 年零廢棄物機場、2050 年循環機場之目標，分為循環設計原則、回收再利用、閉環(Closed Loop)共 3 項措施，2024 年分別推動之措施如表 5-6 所示。

表 5-6 荷蘭三座機場「循環經濟」策略措施

機場	閉環	回收再利用	循環設計原則
阿姆斯特丹 史基浦機場	<ul style="list-style-type: none"> • 制定零廢藍圖物流管理計畫 • 導入營運廢棄殘留物動向資訊平台，監控廢棄物的來源、種類、動向與處理方式 • 推動剩餘物料交易(EME)市場平台，拍售機場設施之剩餘或替換物料 • 針對航空公司進行廢棄物稽核以了解循環回收之可能瓶頸 	-	<ul style="list-style-type: none"> • 拆除設施異地重建 • 導入使用再生材料製成之可拆換式建材 • 建材再利用
恩荷芬機場	-	設置資源回收桶以促進資源回收分類	-
鹿特丹 海牙機場	建置空側廢棄物集中處理設施以強化資源分類回收	-	-

資料來源： [71]

4. 社會

「社會」策略目標在於維持機場周邊良好的生活與工作環境，分為空氣品質/噪音減量、健康共融職場與氣候調適/生物多樣性 3 項措施，其中健康共融職場主要聚焦於社會關懷相關，故不納入研究，2024 年分別推動之措施如表 5-7 所示。

表 5-7 荷蘭三座機場「社會」策略措施

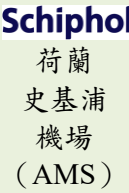





機場	空氣品質/噪音減量	氣候調適/生物多樣性
阿姆斯特丹 史基浦機場	<ul style="list-style-type: none"> • 推動機場收費新制，為特定機型提供機場費用優惠 • 安裝先進空氣過濾設施於停機坪周邊，用於淨化航機排放之懸浮微粒 • 航機架次上限自 500,000 降低至 478,000 架次 	-
恩荷芬機場	-	建置雨水回收設施強化防洪機制並作為回收水利用
鹿特丹 海牙機場	推動機場收費新制，促進新 型航機使用	-


資料來源： [71]

5.7 國際機場環境永續推動政策與發展成果小結

綜觀各標竿機場之永續發展策略，皆以「淨零碳／低碳轉型」與「氣候韌性」為核心主軸，透過能源轉型、基礎設施抗災強化、ESG 治理與利害關係人協作，建構全面應對氣候挑戰的行動架構。其中，具體量化目標與績效指標（如碳中和時程、再生能源占比、SAF 使用率與設施投資規模）有助於落實與追蹤成效，各機場亦建置完善治理與揭露機制，透過跨單位協調架構，強化組織韌性與資訊透明度，展現國際機場邁向永續治理之共同趨勢與實踐。以下綜整各機場永續政策推動目標與規劃成果，相關內容如表 5-9 所示，同時針對其政策內容與我國之適用性進行初步評估，彙整如表 5-8 所示，作為後續第二年期研擬政策綱領與推動指引之參考。

表 5-9 國際標竿機場環境永續政策與現況成果彙整

國家/機場	客運量 (mpa)	ACA 等級	推動政策/ 框架	量化目標/願景	策略與管理機制	現況成果	未來規劃
 荷蘭 史基浦機場 (AMS)	66.8		<ul style="list-style-type: none"> • 「更寧靜、更潔淨、更美好」計畫 • 2030 年零排放零廢棄物，2050 年航空淨零碳排放 • SBTi 認證、ACA Level 5、RBP 政策、TULIPS 聯盟等 	<ul style="list-style-type: none"> • 2030 年零機場排放、零廢棄物 • 2050 年航空淨零排放 	<ul style="list-style-type: none"> • 設置安全、永續關係會監督路線圖 • 實施氮行、動 UFP 計畫、e-GPU、限制 APU、鼓勵低噪飛機型 	<ul style="list-style-type: none"> • 2023 年能源節約 4%、多棟航廈能標、全車站計程車排放 • 供應 11 萬噸 SAF、ISO 50001 通過審查 • 夜間噪音影響居民較前一年 4.8% 	<ul style="list-style-type: none"> • 2026 年起中心區零排放物流道路 • 未來七年金萬入創建新建築與隔音 • 加快速能投資鏈
 日本 成田機場 (NRT)	39.8		<ul style="list-style-type: none"> • 「Sustainable NRT2050」(2021): 日本首份針對機場營運者與整體設定目標報告 	<ul style="list-style-type: none"> • 氣候韌性目標：營運與安全復原(72 小時關鍵運作) • 營運與安全復原(72 小時關鍵運作) 	<ul style="list-style-type: none"> • 制定業務計畫並其他單位聯合演練 • 探討以 EV、FCV 支援災時周邊區域 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成 72 小時備援系統整備 • 演練目標為災後 5 小時恢復疏散、24 小時恢復定期航班 	<ul style="list-style-type: none"> • 持續推進再生能源應用 • 推動新成田機場與升級
 韓國 仁川機場 (ICN)	71.2		<ul style="list-style-type: none"> • 2045 碳中和、2040 達成 RE100 願景 • 發布「企業永續報告書」綠色報告；採用 GRI、ISO 26000、UNGC、SDGs、TCFD 等標準 	<ul style="list-style-type: none"> • 2027 年前完成 7 項策略倡議、15 項調適計畫 • 投資 257 億元 (2023-2027) 實施第一期計畫 	<ul style="list-style-type: none"> • 溫室氣體與環境管理小組、環境監測中心 24 小時監控 • 依 RCP4.5/8.5 情境分析氣候風險，針對脆弱設施分配預算 	<ul style="list-style-type: none"> • 完成第一階段優先評估：強風、大雪造成延誤、熱浪致跑道損壞等 	<ul style="list-style-type: none"> • 持續確保脆弱設施調適資金 • 持續推動再生能源與 SAF 等管理計畫

國家/機場	客運量 (mpa)	ACA 等級	推動政策/ 框架	量化目標/願景	策略與管理機制	現況成果	未來規劃
 新加坡樟宜機場 (SIN)	67.7		<ul style="list-style-type: none"> • 2050 淨零；2030 年較 2019 年減排 20% 目標 • 參與國內外諮詢/工作小組與論壇 	<ul style="list-style-type: none"> • 建構排水測水警壓 T5 高平 5.5 尺 • 排監洪預熱管程海面公 	<ul style="list-style-type: none"> • 節能大源型大置大化築 • 空調；再生設施 • 綠建模場 	<ul style="list-style-type: none"> • 建置 54 萬 m³ 蓄水池、水測器板 • 2023/24 財年客流量超越前水資源與廢棄物現效率 	<ul style="list-style-type: none"> • T5 重啟需求評估並檢核組化、永續設計，預計 2030 年營運研究極端影響策略
 香港赤鱗角機場 (HKG)	53.0		<ul style="list-style-type: none"> • 「Ascend」永續策略框架 (2024)：四大支柱—環保、現營、經濟與社會繁榮、團隊成長 • 2050 淨零碳排放；「綠色機場設計與建造指引」HKIA 環境管理計畫 	<ul style="list-style-type: none"> • 長期目標與路徑一致；「過管引影三略」長期目標與路徑一致；「過管引影三略」長期目標與路徑一致 	<ul style="list-style-type: none"> • 成立環境委員任每環委減碳小組；「發展追蹤與關係」與「發展追蹤與關係」與「發展追蹤與關係」 	<ul style="list-style-type: none"> • 廚餘回收、食物救濟、試辦、再利、與堆肥、類、教育、回收、肥料、分勵、遊客 	<ul style="list-style-type: none"> • 關注都市廢物政策之影響 • 制定氣候適應計畫 • 進一步納入再生能源

資料來源： [70]、 [72]、 [78]、 [80]、 [83]

表 5-10 標竿環境永續政策與發展趨勢與未來可參採項目

面相	標竿機場	其他類型機場	未來可參採項目
政策特性	多納入國家或機場中長期發展戰略，具明確淨零或碳中和目標，政策定位清楚。如：史基浦「2030 零排放、2050 航空淨零」、成田「Sustainable NRT2050」、仁川「2045 碳中和」等	多依循中央政府或集團層級政策框架推動，政策目標一致但推動深度與時程依機場規模調整	不同規模機場於政策定位、目標設定及時程配置之差異化設計方式
主要措施	措施面向全面，涵蓋能源轉型、場內車輛電動化、橋氣橋電、SAF 供應鏈、氣候調適、水資源、噪音、空氣品質及循環經濟等	多聚焦於能源效率、設備汰換、營運管理等較易執行項目	不同規模機場之永續措施組合、推動優先順序與分級導入模式
治理機制	多設有跨部門治理架構或專責委員會，統籌永續策略與執行，與相關單位協作推動	多由既有管理單位兼辦推動，並依中央制度取得認證、補助或行政協助	推動組織架構、權責分工及跨部門協調機制之設計方式
協作方式	結合航空公司、能源業者、科技與製造產業，形成產業合作或示範生態系	產業連結多以既有營運夥伴與在地單位為主，合作範圍與深度較有限	公私協作模式與供應鏈參與方式可行性與適用性
成效管理	多建立量化指標並與國際機制接軌，並定期發布永續或環境報告	成效管理多以內部盤點、定期申報或配合認證制度為主，對外揭露程度較低	指標設計方式可行性與適用性評估

第六章 我國相關法規與政策盤點

為全面掌握我國在機場環境永續治理之政策推動現況，以下分別將針對「氣候變遷與調適、能源使用與碳排放管理、水資源、噪音、空氣品質及廢棄物管理」等六大面向，逐一檢視現行政策架構、主管機關權責、法規制度及相關推動措施，以釐清我國機場環境永續發展的基礎條件與制度完備程度，作為後續擬定發展策略與精進方案之參考依據。

6.1 氣候變遷與調適

我國氣候變遷因應政策始自 2015 年之「溫室氣體減量及管理法」，後隨國際對氣候環境與減碳日漸著重，2023 年改為「氣候變遷因應法」並正式提出國家 2050 年達成「淨零排放」之目標。在「溫室氣體減量及管理法」之下，環保署(後為環境部)於 2017 年訂定「國家因應氣候變遷行動綱領」，並於「氣候變遷因應法」公告後，於 2023 年修訂第二版，為我國推動氣候變遷調適的主要上位政策。

在「國家因應氣候變遷行動綱領」之下，再訂定「國家氣候變遷調適行動計畫」，自 2013 年起每 4 年更新一版，分為 8 大調適領域，由各機關協助推動國家氣候變遷調適行動。在 8 大調適領域之下，再由各部會協助研擬各領域之「國家氣候變遷調適行動方案」。政策架構如圖 6.1 所示。

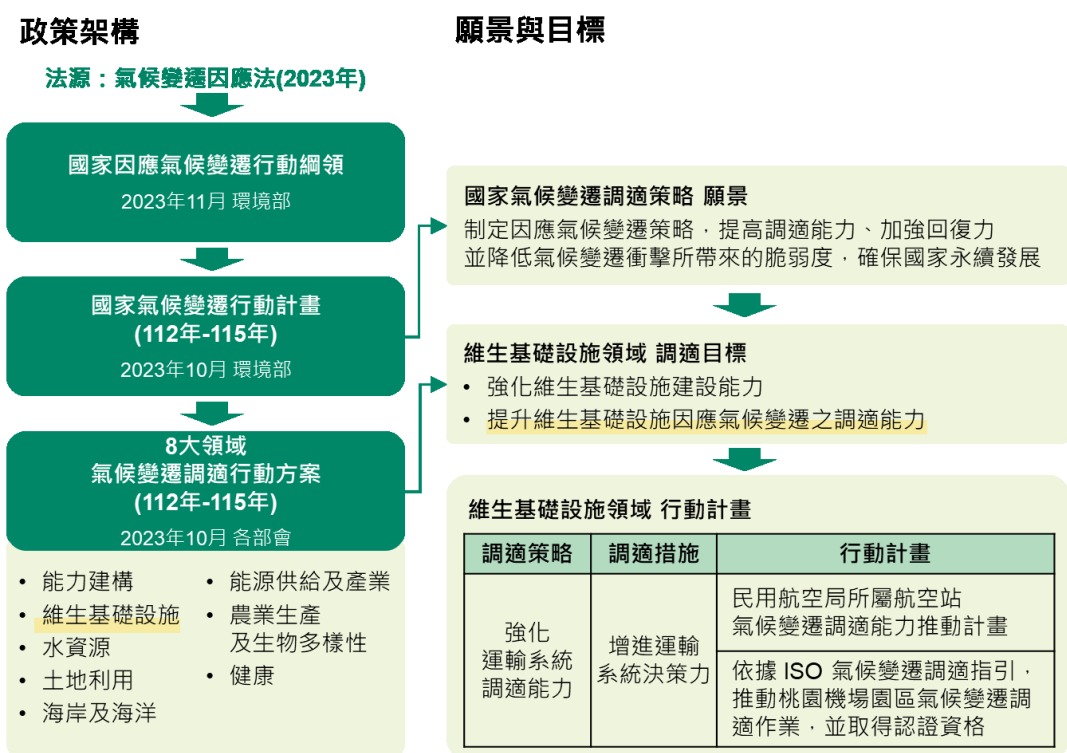
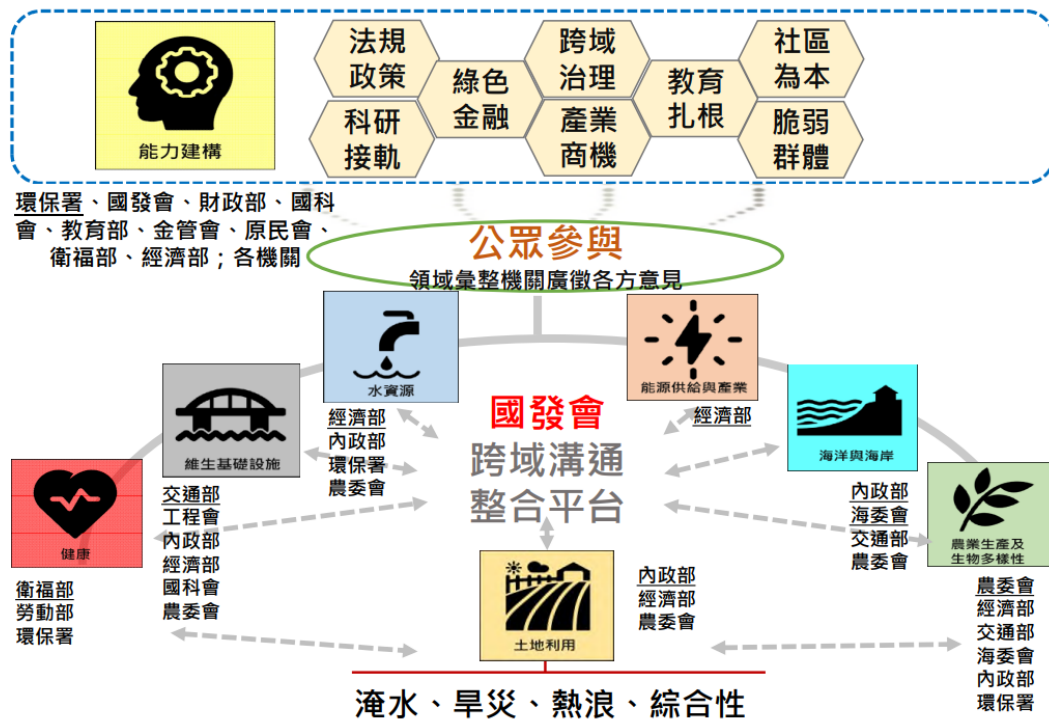


圖 6.1 我國「國家因應氣候變遷行動」政策架構

6.1.1 國家氣候變遷調適行動計畫

最新之「國家氣候變遷調適行動計畫(112年-115年)」[84]為2023年經行政院核定，依循前期(2018-2022年)之推動成果與國際推動現況，並納入聯合國氣候變遷專門委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)於2022年發布之第6次評估報告內容。

「國家氣候變遷調適行動計畫(112年-115年)」訂定國家氣候變遷調適之願景為「制定因應氣候變遷策略，提高調適能力、加強回復力並降低氣候變遷衝擊所帶來的脆弱度，確保國家永續發展」，同時將前期報告之八大分工領域調整為：能力建構、健康、維生基礎設施、水資源、能源供給與產業、海洋與海岸、農業生產及生物多樣性、土地利用。其整體架構如圖 6.2 所示。



資料來源： [84]

圖 6.2 我國國家氣候變遷調適領域架構

其中，在維生基礎設施領域之相關規劃如表 6-1 所示。

表 6-1 維生基礎設施領域氣候變遷調適目標策略與措施

目標	策略	措施
<ul style="list-style-type: none"> 強化維生基礎設施建設能力 提升維生基礎設施因應氣候變遷之調適能力 	整合國土防洪治水韌性調適能力	落實國土防洪治水韌性之整合作業指引
	強化公共工程應變能力	督導辦理公共工程防汛整備作業
	強化運輸系統調適能力	<ul style="list-style-type: none"> 強化運輸系統預警應變力 提升運輸系統耐受力/回復力 增進運輸系統決策支援力

資料來源： [84]

6.1.2 維生基礎設施領域氣候變遷調適行動方案

承「氣候變遷調適行動計畫」，維生基礎設施領域由交通部主辦，並在2023年公告「維生基礎設施領域氣候變遷調適行動方案(112-115年)」[85]。

此行動方案說明維生基礎設施領域之調適目標以「強化維生基礎設施建設能力，以及提升維生基礎設施因應氣候變遷之調適能力」為主，並應「強化運輸系統之建設、風險評估與檢修應變力」。在空運系統方面，此方案評估可能面臨的潛在氣候衝擊彙整如表 6-2 所示。

表 6-2 空運系統面臨的潛在氣候衝擊彙整

航空系統組成	氣候壓力因素	對於航空器系統之直接衝擊
空側設施	強降雨	鋪面結構的損壞與惡化
		鋪面表面毀損
		排水能力負荷
	高溫	電力照明系統負荷
強風		
航站和陸側設施	強降雨	阻礙聯外運輸、流通、裝載和停車
		地面基礎破壞
	建築物 and 結構受損	
高溫	建築物 and 結構受損	
支援設備和其他	強降雨	機場聯外道路因淹水或落實、坍方阻斷
		航機因強降雨、跑道積淹水而無法正常起降
	高溫	電氣系統故障或短缺
		火災風險增加
		導航和衛星信號失真
	強風	通信系統故障提高
暴潮/風浪	臨海設施因暴潮/風浪沖刷及衝擊受損	

資料來源： [85]

此行動方案亦針對「氣候變遷調適行動計畫」所提出之領域目標與策略提出 2 項與我國機場相關之行動方案，如表 6-3 所示。

表 6-3 我國機場相關氣候變遷調適具體行動方案

目標	策略	措施
提升維生基礎設施因應氣候變遷之調適能力	強化運輸系統調適能力	增進運輸系統決策支援力 <ul style="list-style-type: none"> • 民用航空局所屬航空站氣候變遷調適能力推動計畫 • 依據 ISO 氣候變遷調適指引，推動桃園機場園區氣候變遷調適作業，並取得認證資格

資料來源：[85]

6.1.3 氣候變遷與調適其他相關法案

如前所述，機場作為國家與區域運輸的重要樞紐之一，營運安全與韌性受到高度重視，我國亦將機場列作國家關鍵基礎設施，相關內容如表 6-4 所示。

表 6-4 我國機場國家關鍵基礎設施領域分類

主領域	次領域		
	名稱	核心功能設施與系統	主管機關
交通	空運	提供航空營運管理及航空運輸關聯服務之重要設施或系統。	交通部

依據行政院國土安全辦公室「國家關鍵基礎設施安全防護指導綱領」[86]，國家關鍵基礎設施(Critical Infrastructure, CI)定義為「實體或虛擬資產、系統或網路，其功能一但停止運作或效能降低，對國家安全、社會公共利益、國民生活或經濟活動有重大影響之虞者」。「國家關鍵基礎設施安全防護指導綱領」目標有三，分別為：

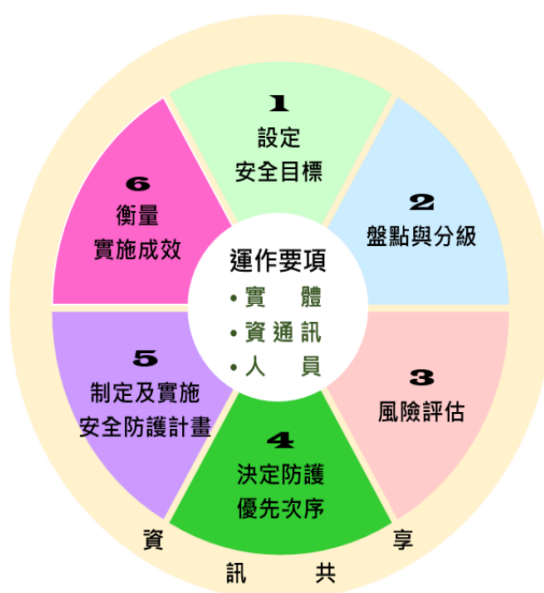
1. 維護國家與社會重要功能持續運作，確保攸關國家安全、政府治理、公共安全、經濟與民眾信心之基礎設施與資產的安全。

2. 以全災害為安全防護考量，掌握設施相依性，辨識潛在威脅與災害影響，降低設施脆弱性，縮減設施失效影響範圍與程度，提高應變效率並加速復原。
3. 促進夥伴關係，健全跨領域、跨公私部門合作與資訊分享，進行實體、資通訊以及人員的保防與安全防護，預防因應各類災害所造成的衝擊影響，強化設施的安全性和韌性。

同時制定了 4 項策略：

1. 以全災害防護概念，實施國家關鍵基礎設施風險管理
2. 發展應變戰略與戰術，研擬多元安全防護計畫
3. 強化領域間合作聯防，建立資訊分享機制
4. 有效整備安全防護資源，提升持續運作能力

在管理方面，此文件亦提出了安全防護管理要領，以 6 步驟循環推動國家關鍵基礎設施之安全防護計畫，如圖 6.3 及表 6-5 所示。



資料來源： [86]

圖 6.3 國家關鍵基礎設施安全防護計畫推動要領

表 6-5 國家關鍵基礎設施安全防護計畫推動要領說明

編號	步驟	內容
1	設定安全目標	依照設施之核心功能業務、風險環境及可用資源等，制定安全防護目標及優先推動工作，並應符合 3 項原則：機關首長支持與重視、成立專責推動團隊、宣達安全防護工作目標。
2	盤點與分級	就設施系統功能、設施資產價值、失效影響等面向進行重要性評量，並依重要性評量結果實施分級管理
3	風險評估	以全災害思維，辨識影響核心功能業務運作之威脅項目、情境、程度與可能性，並考量與其他設施間之相依性。分析各威脅下之防護程度與備援能力，評估必要資產、資源及備援在不同威脅下之損壞程度與復原時間。
4	決定防護優先次序	依據設施的重要性、防護行動的成本支出，和降低風險的可能性等，排序管理設施風險的優先行動。
5	制定及實施安全防護計畫	依據風險評估結果，辨識是否滿足安全防護目標以及復原時間，並依威脅發生可能性與設施受影響程度規劃降低風險與強化防護優先次序。 安全防護計畫應包含設施等級與基本資料、核心功能業務、設施重要性、安全防護目標、管理團隊、內部必要資產、外部資源、與其他設施相依性、風險評估、決定防護優先次序、制定及實施預防、應變及復原三階段之防護管理計畫、演練方式、衡量實施成效之配套措施等。
6	衡量實施成效	評估風險管理工作的有效性，作為檢討與改善之依據

資料來源： [86]

6.1.4 我國氣候變遷與調適法規與政策發展小結

自 2015 年「溫室氣體減量及管理法」立法後，配合國家因應氣候變遷行動綱領與 8 大領域之國家氣候變遷行動計畫發展，我國在氣候變遷與調適方面之政策架構已趨成熟。在機場環境永續方面，現階段行動計畫主要針對各機場之氣候變遷調適能力進行資料蒐集與盤點，可預期在下一期之維生基礎設施領域行動計畫將有進一步的措施規劃。

此外，行政院國土安全辦公室之「國家關鍵基礎設施安全防護指導綱領」強調「全災害」之安全防護考量，並著重檢視各設施之相依性，為環境部「氣候變遷行動綱領」未觸及之面向。

6.2 能源使用及碳排放管理

我國機場在能源使用及碳排放管理方面，其最高指導原則源於「國家希望工程」所揭示之「綠色成長與 2050 淨零轉型」策略。為落實此一國家願景，行政院於 114 年 1 月公布了最新的「臺灣總體減碳行動計畫」[87]，此計畫為我國現階段推動機場能源轉型與減排的綱領。

此外，現階段我國亦已制定相關減碳法規，各機場及有關單位皆依循該規範辦理相關措施。以下將依據相關最新政策與相關規範彙整具體之行動方案，相關內容如下所示。

6.2.1 臺灣總體減碳行動計畫

依據國家發展委員會於 2025 年 1 月最新公布之「臺灣總體減碳行動計畫」其整合我國相關減碳作為，其整體架構如圖 6.4 所示，其中與機場相關之核心主要於「六大部門減碳旗艦計畫」架構之下，透過政府「由上而下」聚焦六大部門（能源、製造、住商、運輸、農業、環境）提出關鍵的「減碳旗艦計畫」，以加碼整體的減碳力道，同時依據各部會「由下而上」依據「淨零 12 項關鍵戰略」的基礎，滾動調整並提出各部門的自主減碳計畫。其中與機場相關之計畫包括「運輸部門」與「住商部門」溫室氣體減量行動計畫，相關內容分述如下。



資料來源：[87]

圖 6.4 國發會臺灣總體減碳行動計畫整體架構

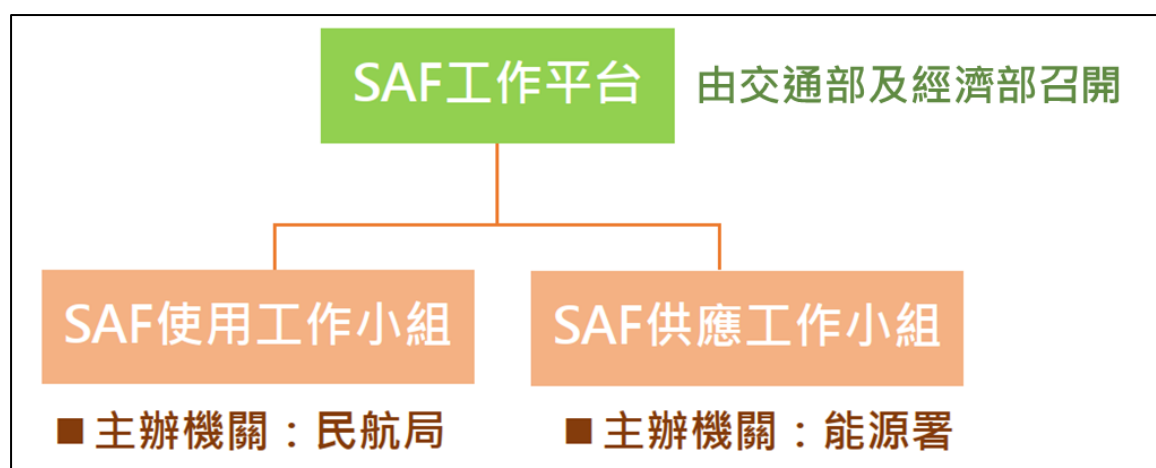
1. 第三期運輸部門溫室氣體減量行動方案(草案)[88]

交通部依據「臺灣總體減碳行動計畫」擘劃我國運輸部門推動溫室氣體減緩政策總方針，會同經濟部、環境部、內政部及其他相關單位，修訂「第三期運輸部門溫室氣體減量行動方案」，涵蓋中央政府擬定，由上而下的「減碳旗艦計畫」，以及交通部提出，由下而上的「淨零 12 項關鍵戰略」，作為溫室氣體減量執行方案之參據。

該行動方案於機場與航空領域減量推動策略為「推動運具電動化及無碳化」，具體計畫為持續推動其他電動運具，其項目包括「永續航空燃料(SAF)減碳」與「持續推動其他電動運具」相關內容分述如下。

(1) 永續航空燃油(SAF)減碳旗艦行動計畫 [89]

「永續航空燃油(SAF)減碳旗艦行動計畫」為我國中央擬定之運輸部門減碳旗艦行動計畫之一，其旨在推動我國航空業減碳作業，擬參考日本「能源供應結構複雜化法案」推動模式，成立一「SAF 工作平台」，召開會議以協調跨部會事宜，並掌握執行進度，如圖 6.5 所示，平台下設「SAF 使用工作小組」與「SAF 供應工作小組」，執行機關涵蓋交通部民航局、經濟部、環境部、國科會及中研院等單位，目標於 2030 年國籍航空公司（含國內、國際航線）的 SAF 使用比例達到至少 5%，預期減碳效益可達 3.86 萬噸二氧化碳當量。



資料來源： [89]

圖 6.5 永續航空燃油(SAF)減碳計畫執行架構

於使用端係由交通部民航局主導，於 2024 年及 2025 年推動與鼓勵 SAF 試行計畫，並於桃園、松山及高雄機場進行航班添加，未來規劃於 2026 年訂定國籍航空公司 SAF 使用比例之分年目標，以及提出由鼓勵使用轉為強制使用之規劃及配套措施，目標為 2030 年達成 5% 使用比例，並根據生產進程，於 2032 年實施強制使用 SAF 規定。

於供應端係由經濟部、環境部、國科會等協同的「SAF 供應工作小組」將負責穩定料源與產能，於 2024 年及 2025 年提出導入 SAF 新興生產技術和料源布局，未來規劃於 2026 年提出 2027 至 2032 年的 SAF 供應量分年規劃目標、盤點產能及評估設備補貼，並設置 SAF 生產基地及供應中心。目標在 2030 年 7 月訂定要求燃油供應商提供含 SAF 燃油的強制規定，並於 2032 年達成國內穩定生產 SAF。

(2) 持續推動其他電動運具(淨零 12 項關鍵戰略)

「持續推動其他電動運具」為交通部提出之「淨零 12 項關鍵戰略」中「關鍵戰略七-運具電動化及無碳化鍵戰略行動計畫」之一，其中與機場相關之具體措施主要針對機場空側作業車輛，訂定電動化推動方針，包括「推動航空站駐站業者裝備車輛成熟車種電動化」以及「推動行李拖車頭電動化」兩項，相關內容分述如下

① 推動航空站駐站業者裝備車輛成熟車種電動化

為改善地勤作業場所空氣品質，並減少溫室氣體排放，該計畫持續鼓勵地勤業者辦理空側裝備車輛的電動化，並委由交通部民航局委辦，預計在民國 119 年達成電動裝備車輛總數達 150 輛的目標，相關期程規劃如表 6-6 所示。

表 6-6 推動航空站駐站業者裝備車輛成熟車種電動化規劃期程

計畫名稱	主/協 辦機關	預期效益/目標					備註
		115	116	117	118	119	
		電動裝備車輛總數(輛)					
持續推動 其他電動運具 -推動航空站駐站 業裝備車輛成熟 車種電動化	交通部 民航局	100	115	130	140	150	為改善地勤作業場 所空氣品質，減少 排放溫室氣體，已 持續鼓勵地勤業者 辦理空側裝備車輛 電動化，亦符合交 通部擬定之關鍵戰 略七之政策

② 推動行李拖車頭電動化

為改善機場營運環境並減少空側運具因燃油所造成的溫室氣體排放，該計畫擬由桃園機場公司主辦，透過規劃建置空側充電樁，並研議充電費用補助措施，以倡議業者達成空側運具電動化目標，目標於民國 119 年更新電動行李拖車頭總數達到 331 輛。相關期程規劃如表 6-7 所示。

表 6-7 推動行李拖車頭電動化規劃期程

計畫名稱	主/協 辦機關	預期效益/目標					備註
		115	116	117	118	119	
		電動行李拖車頭數(輛)					
持續推動 其他電動運具 -推動行李拖 車頭電動化	桃機 公司	257	275	293	311	331	為改善營運環境，減少 空側運具燃油造成之溫 室氣體排放量，透過規 劃建置空側充電樁，及 研議充電費用補助措 施，以倡議業者達成空 側運具電動化目標，亦 符合交通部擬定之關鍵 戰略七之政策

2. 三期住商部門溫室氣體減量行動方案(草案)[90]

內政部與經濟部依據「臺灣總體減碳行動計畫」擘劃我國住商部門推動溫室氣體減緩政策總方針，會同交通部、環境部、數位發展部等相關單位，修訂「第三期住商部門溫室氣體減量行動方案」，涵蓋中央政府擬定，由上而下的「減碳旗艦計畫」，以及交通部提出，由下而上的「淨零 12 項關鍵戰略」，作為溫室氣體減量執行方案之參據。

該行動方案於機場與航空領域之減量推動策略為「服務業設備能效提升」與「服務業低碳服務發展」，針對郵政及交通事業提出具體計畫，其分別為「設備汰換、航空器使用橋氣橋電等」、「使用再生能源」，兩者屬中央擬定之「住商部門減碳旗艦行動計畫-深度節能」以及「關鍵戰略五-節能」計畫之一，相關內容分述如下。

(1) 設備汰換、航空器使用橋氣橋電等(淨零 12 項關鍵戰略)

該計畫旨在協助企業汰換營業場所中的老舊耗能設備，改為採用一級能效或具有節能標章的設備，或導入系統化節能改善專案，其中亦包含推動「航空器使用橋氣橋電」等具體措施。

此計畫的統計範疇將囊括民航局、桃園機場公司、港務公司、臺鐵、臺北捷運、高鐵等單位，共同計算整體減碳量，本計畫執行年期為民國 115 年至 119 年，預期可達成的總減碳效益為 5.13 萬噸二氧化碳當量。相關規劃期程如表 6-8 所示。

表 6-8 設備汰換、航空器使用橋氣橋電規劃年期

計畫名稱	主/協辦機關	預期效益/目標					備註
		115	116	117	118	119	
		減碳量(萬公噸 CO ₂ e)					
郵政及交通事業辦理節能管理措施 - 包含設備汰換、航空器使用橋氣橋電等	交通部 中華郵政 港務公司 民航局 桃機公司 臺鐵 高鐵 臺北捷運 新北捷運 桃園捷運 臺中捷運 高雄捷運	1.0524	1.0286	1.1014	1.0003	0.9484	屬「節能關鍵戰略計畫」、「深度節能-住商部門減碳旗艦行動計畫」

註：民航局、桃園機場公司、港務公司、臺鐵、臺北捷運、高鐵等單位共同計算整體減碳效益

(2) 使用再生能源(淨零 12 項關鍵戰略)

為加速服務業能源轉型，鼓勵相關單位透過多元途徑提升再生能源使用，具體措施包括採購綠電、推動再生能源自發自用或利用屋頂與雨遮等閒置空間租賃光電業者建置太陽能板。

此計畫的統計範疇將囊括民航局、桃園機場公司、港務公司、臺鐵、臺北捷運、高鐵等主要郵政與交通單位，共同計算整體減碳量，計畫執行年期設定為民國 115 年至 119 年，預期可達成的總減碳效益共計 0.62 萬噸二氧化碳當量。相關規劃期程如表 6-9 所示。

表 6-9 使用再生能源規劃年期

計畫名稱	主/協辦機關	預期效益/目標			備註
		115	116	117	
		減碳量(萬公噸 CO2e)			
郵政及交通事業辦理節能管理措施-使用再生能源	交通部 中華郵政 港務公司 民航局 桃機公司 臺鐵 高鐵 臺北捷運 新北捷運 桃園捷運 臺中捷運 高雄捷運	0.3984	0.2131	0.0089	屬「節能關鍵戰略計畫」、「深度節能-住商部門減碳旗艦行動計畫」

註：整體效益包含民航局、桃園機場公司、港務公司、臺鐵、臺北捷運、高鐵等單位共同計算整體減碳量

3. 其他能源及碳排放管理議題

綜覽各國針對機場之能源及碳排放管理政策，除針對前述之車輛電動化、橋氣橋電、SAF 導入外，亦積極推動氫能、綠建築及碳捕捉等新興技術之研究與規劃。我國亦針對相關領域展開全國性層級之研究與政策布局，惟目前多著重於整體能源轉型、供應鏈建構及法規制度建立。相關內容說明如下。

(1) 氫能

各國普遍將氫能源視為替代傳統燃油之重要選項，並積極研議其於機場勤務車輛及設施中之應用，而依據我國國發會「臺灣總體減碳行動計畫」，規劃由經濟部主導氫能生產、儲運與應用推動，透過跨部會協調機制，建立制度基礎與前瞻研發環境，以促進氫能技術在國內的導入與示範。

在推動策略上，氫能政策涵蓋供應端、基礎設施與應用三大面向，供應端以低碳氫進口與氫氣進口可行性評估為先，並開發國產製氫技術；基礎設施方面，逐步建置液氫儲槽、液氫設施與加氫站，完善氫能運輸與儲存體系；應用面則推動氫能於工業爐、煉鋼、交通載具及燃料電池發電系統中的示範應用，其中在運輸領域，交通部規劃氫燃料電池大客車於 2024 至 2026 年間進行示範運行，配合經濟部中長期國產化計畫，預期 2030 年後國產氫能車輛可望進入量產階段

整體而言，我國氫能發展目前仍以技術研發與政策滾動檢討為主，未來隨技術成熟與成本下降，建議可進一步評估氫能於機場地勤車輛、航廈能源系統及場區儲能設施等面向之應用潛能，作為機場低碳轉型與能源自主的重要支撐策略。

(2) 綠建築

各國標竿機場與政府政策皆已將建築節能與綠建築理念納入航廈及相關設施的設計與營運中，藉此降低整體能源消耗與碳排放。我國目前則以國發會「臺灣總體減碳行動計畫」為主要政策依據，由內政部推動綠建築、再生能源應用、新建建築能效提升及既有建築節能改善等多項措施，促進建築部門的減碳轉型。

該計畫要求新建建築取得「候選綠建築證書」或「綠建築標章」，同時強化「建築技術規則」綠建築基準專章及節能法規，確保新建建物自設計階段即具備節能減碳效益，而針對既有建物則透過窗戶與屋頂隔熱、空調汰換等進行節能，並鼓勵採用綠建材與綠色能源，以減少拆除重建所造成的碳排放。

整體而言，該計畫屬全國性政策，我國各主要機場之航廈新建與改建工程，已普遍依據最新綠建築法規與評估制度設計，導入節能、減碳、綠材料及智慧能源管理系統，以實現低碳營運與永續建築並行之目標。

(3) 碳捕捉技術

目前國際間碳捕捉技術成熟度與商業化應用仍有限，還有很大的發展空間，而現階段主要採以生物性碳捕捉為主，例如透過林地造林或早生樹種（如桐木）栽植，以達固碳與生態復育之雙重效益。至於人工碳捕捉與封存技術（Carbon Capture, Utilization and Storage, CCUS），各國多仍處於試驗與示範階段。

我國方面，依據國家發展委員會「臺灣總體減碳行動計畫」，目前由環境部統籌推動相關碳捕捉、再利用與封存（CCUS）措施，並從法制面完善相關設置與管理辦法；在產業面建立可行之商業模式；在科技面加速負碳技術之研發與試驗；以及在金融面提供綠色融資以支持相關產業發展。而目前中油公司已執行碳捕捉與封存試驗計畫，持續進行技術測試與成效評估，未來將視技術成熟度與經濟可行性再擴大推動範圍。

整體而言，碳捕捉相關措施在我國仍以技術研發與政策滾動檢討為主，針對機場或航空產業之具體推動規劃仍有完善的空間。建議後續可隨技術成熟與成本下降，評估其於機場營運設施、地勤作業或周邊土地利用等面向的應用潛能，以作為機場低碳轉型與永續營運的重要輔助策略。

4. 小結

綜整前述，臺灣總體減碳行動計畫為行政院國家發展委員會於114年公布之國家層級藍圖，整合六大部門減碳旗艦計畫，並將機場生態圈納入「運輸部門」與「住商部門」之減量行動方案，交通部據此計畫研擬「第三期運輸部門溫室氣體減量行動方案（草案）」和「第三期住商部門溫室氣體減量行動方案（草案）」，聚焦於SAF推動、地勤裝備車輛電動化、推動橋氣橋電及再生能源等措施，並訂定具體行動目標，惟上述兩項行動方案目前仍屬草案階段，後續將持續追蹤其正式發布與修正內容。

目前我國機場之節能減碳體系已涵蓋政策、執行與法規三層面，政策上以「臺灣總體減碳行動計畫」為核心，執行上透過交通部與民航局分層推動，兼顧中央戰略與各場域施行；法規面則依循「氣候變遷因應法」、「能源管理法」及「再生能源發展條例」等辦理溫室氣體盤查、能源管理與再生能源設置；此外，法規面亦包括我國民用航空運輸業依循 ICAO 所訂 CORSIA 規範，辦理國際航線之碳排放盤查、報告與抵換，以確保與全球碳市場及永續航空標準接軌。

整體而言，我國機場能源轉型與減碳作為，展現出由政策規劃、技術應用至場域實踐的多層次推動成果，並逐步朝向國際趨勢接軌，有助於強化整體運輸部門的減碳韌性與永續競爭力，為 2050 年淨零排放目標奠定穩固基礎。

6.3 水資源管理

目前我國各機場之水資源管理，主要依據相關法規辦理用水管理作業，惟現行法規多屬全國性通用規範，內容涵蓋範圍廣泛，針對機場特性或實際需求訂定專屬之水資源管理政策或未來願景與目標仍有待完善。

根據本計畫問卷調查結果及機場營運管理單位之訪談顯示，現行機場水資源管理作法，主要參考國際組織與國外先進標竿機場管理措施，同時配合我國「總體減碳行動計畫」所倡導之「淨零永續綠生活」推動原則加以執行，其措施主要分為「開源」與「節流」兩大面向，如表 6-10 所示。

表 6-10 我國機場主要之水資源管理措施

類別	水資源管理措施
開源	<ul style="list-style-type: none"> • 導入廢污水回收處理系統 • 設置雨水貯集與回收系統 • 回收空調系統產生的冷凝水 • 再生與回收水用於非飲用用途，例如植栽澆灌、設備清洗、消防用水補充等
節流	<ul style="list-style-type: none"> • 高耗水設施更新與汰換省水設備 • 導入用水監控系統，強化偵測異常、智慧巡檢，提升用水管理效率並減少漏損 • 桃園機場設定每年用水量節約 2% 目標

資源管理措施多屬機場單位為提升永續績效、參考國際標竿所自主採行之作為。然在法規層面，我國各機場於日常營運中，仍必須依循既有法規，履行其在用水安全、污染防治等義務，共同構成機場水資源管理的法律基礎與合規標準，詳細內容分述如下。

6.3.1 水資源管理相關規範

我國機場之水資源管理規範主要針對用水計畫、用水效率、公眾飲水安全、廢水排放及污染防治等多重面向，包括「水利法」、「自來水法」、「再生水資源發展條例」、「飲用水管理條例」、「水污染防治法」及「土壤及地下水污染整治法」等。茲將各法規之核心重點及其對機場之影響，彙整如表 6-11 所示。

表 6-11 水資源管理相關規範

法規	核心重點
水利法	規範開發達一定規模時(如機場航廈增建)，開發單位須編製並提交用水計畫書，內容應包括節約用水措施、再生水使用規劃及缺水應變方案，以落實用水效率管理並確保水資源永續利用。
自來水法	應負責用水管線、水塔及設施的維護管理，且用水設備的裝設(如蓄水池容量、防污染設計)，均須符合相關技術規範，確保供水系統安全與水質衛生。
再生水資源發展條例	要求一定規模以上之開發行為(如機場航廈增建)，必須在其用水計畫中規劃使用一定比率的系統再生水，推動機場導入再生水，同時規範機場在營運中使用再生水時，僅能用於沖廁、澆灌、空調冷卻等非飲用用途，嚴禁流入飲用水等系統，並在營運期間並其向主管機關申報再生水使用水量與用途。
飲用水管理條例	要求機場(作為公私場所)在營運期間，必須對航廈內所有飲水機定期維護與檢驗水質，並將維護與檢驗紀錄張貼揭示。
水污染防治法	要求機場妥善管理跑道、停機坪等設施之逕流廢水及營運過程中產生之廢(污)水，其排放水質應符合放流水及其他相關標準規定，並應採取適當之預處理與監測措施，以防止污染周遭水體與環境。
土壤及地下水污染整治法	要求各類貯存系統(如航空燃油或化學品儲槽)應設置防漏、防滲及截流設施，以防止洩漏造成土壤與地下水污染，並建立定期檢測與維護制度，確保設施完整與安全，同時應定期向主管機關申報檢測結果與監測資料，並於發現異常時即時通報及採取應變措施。

綜整前述，我國機場現行之水資源管理體系，呈現「自主永續推動」與「既有法規遵循」並行之雙軌特性，由於目前未針對機場營運特性制定之專屬水資源管理政策、願景或目標，各機場單位於實務運作上，除配合國際永續趨勢（如標竿機場經驗）及國內「總體減碳行動計畫」「淨零永續綠生活」等淨零轉型目標外，多數亦主動推動「開源」（如導入廢污水與雨水回收系統）及「節流」（如汰換省水設備、導入用水監控系統）等措施，以提升永續管理績效。

機場作為大型用水單位與事業場域，其日常營運仍須遵循既有環境法規之要求，分別規範開發階段之用水計畫、用戶管線維護責任、再生水使用義務、公眾飲水安全、廢（污）水與逕流廢水排放，以及儲油設施污染預防等管理責任。

整體而言，我國機場水資源管理係以「自主管理」與「依法行政」相輔相成之方式運作，形成現階段兼具法規遵循與永續精進的管理架構。

6.4 噪音監測管理

相對於其他環境永續項目，噪音監測管理發展較早。其主要法規「噪音管制法」自 1983 年公告後，後 1984 年由行政院衛生署與交通部發布「民用航空器噪音管制辦法」與「民用航空器噪音管制標準」，環保署則於 1994 年發布「機場周圍地區航空噪音防制辦法」。

其中，「民用航空器噪音管制辦法」主要規範航機之所有人與使用人之操作辦法，包含：

1. 檢附航機未超過噪音管制標準之證明文件予主管機關辦理登記。
2. 航管單位有權指定特定航線以減低機場噪音。
3. 航機所有人應訂定減低噪音之操作程序並實施。

而「民用航空器噪音管制標準」則訂定各類型航機之噪音音量標準，並已納入 ICAO 附約 16 之噪音量測與計算方式。

6.4.1 機場周邊地區航空噪音防制辦法

「機場周圍地區航空噪音防制辦法」主要針對經公告須設置自動監測設備進行連續監測的機場周邊地區之噪音防制區畫定標準與監測方法進行規範，此包含：臺北松山機場、桃園國際機場、臺中國際機場、嘉義機場、臺南機場、高雄國際機場、屏東機場、花蓮機場、臺東機場、澎湖馬公機場，與金門尚義機場。需設置自動監測設備之地點包含：

1. 機場跑道頭兩端向外二公里內延伸線兩側
2. 飛行高度為三千英尺以下之航道下方
3. 各級航空噪音防制區內
4. 航空噪音敏感地區
5. 其他經主管機關指定之位置

受到連續監測的機場需於每季結束次月 15 日前，向地方主管機關申報監測報告書。地方主管機關則應根據機場所申報之等噪音線圖、實際監測記錄，以及機場附近地形與土地使用狀況劃定航空噪音防制區，並每兩年更新一次。航空噪音防制區分為三級，如表 6-12 所示。

表 6-12 航空噪音防制區分級標準

噪音防制區等級	航空噪音日夜音量(DNL)標準
第一級	60dB - 65dB
第二級	65dB - 75dB
第三級	75dB

此法規亦規範航空主管機關應採取以下防治措施：

1. 要求民用航空器所有人改善或汰換超過民用航空器噪音管制標準之航空器。
2. 加強監測民用航空器進場、橫向、起飛音量。
3. 依機場用途、航空器型式，調整航空器起降時間。
4. 在不影響飛航安全下，調整操作程序、限制試車或訓練飛行時間。

5. 對機場及其周圍應設置緩衝綠帶或隔音牆，對其設備應加裝消音裝置等防音設施。

6.4.2 噪音管制法

噪音管制法為我國整體噪音管制之主要法規，內容涉及廣泛，其中與航空業相關之條文內容如表 6-13 所示。「噪音管制法」近兩次修法分別為 2008 年與 2021 年並皆與航空產生噪音管制措施相關。因應逐步增加的航空噪音與民眾對於生活品質之要求提升，強制辦理防治與補償措施。

表 6-13 「噪音管制法」與航空業相關之條文

條次	條文主旨	主要內容
第十一條	民用航空器噪音管制標準	規定機動車輛、民用航空器所發出之聲音，不得超過噪音管制標準。並授權中央主管機關會同交通部訂定民用航空器噪音管制辦法及標準。
第十五條	機場噪音改善及補助計畫	規定民用機場、民用塔臺所轄軍民合用機場產生的航空噪音，經監測超過環境音量標準時，營運或管理機關（構）應訂定噪音改善計畫或補助計畫，送地方主管機關核定執行。
第十六條	航空站噪音監測與防制辦法授權	規定經中央主管機關公告之航空站，應設置自動監測設備，連續監測機場周圍飛航噪音狀況，並向當地主管機關申報紀錄。第三項授權中央主管機關訂定機場周圍地區航空噪音防制措施、防制區劃定原則等辦法。
第十七條	軍用機場噪音改善計畫	規定軍用航空主管機關應會商地方主管機關，就專供軍用航空器起降之航空站，訂定航空噪音改善計畫並採取適當防制措施。
第十八條	航空噪音防制區土地使用管制	規定直轄市、縣（市）主管機關應依下列原則，檢討、規劃各級航空噪音防制區內之既有土地使用及開發計畫： 1.第一級航空噪音防制區：應檢討現有土地使用及開發計畫。 2.第二級防制區：不得新建學校、圖書館、醫療機構。 3.第三級防制區：不得新建學校、圖書館、醫療機構及不得劃定為住宅區。
第十九條	噪音檢查與鑑定	規定主管機關得派員進行噪音檢查或鑑定。第三項明確指出，此檢查或鑑定規定，於主管機關檢查民用航空器聲音狀況時，準用之。
第二十九條	罰則	規定違反第十五條第一項規定，未檢送噪音改善或補助計畫或未依計畫執行者，將處營運或管理機關（構）新臺幣十萬元以上五十萬元以下罰鍰。

6.4.3 我國噪音監測管理法規與政策發展小結

我國噪音監測管理主要以法規之訂定為主，在全國整體、交通運輸領域或航空領域並無機場環境永續發展之上位政策或減量目標。

對應 ICAO「平衡做法」，我國法規已提供噪音評估與噪音管理措施法源，包括「民用航空器噪音管制標準」、「機場周邊地區航空噪音防制辦法」以及「噪音管制法」，並於部分機場實施宵禁與試車時間限制等營運限制。此外，參考 2025 年 4 月 28 日立法院社會福利及衛生環境委員會會議資料，國防部與民航局皆已訂定並實施「軍用機場防制補償經費分配使用辦法」與「國營航空站噪音防制費分配及使用辦法」，並按前述辦法每年撥付相關設施補助與現金補償。

6.5 空氣品質管理

我國空氣品質主要管理法規為 1975 年公告之「空氣汙染防制法」，與噪音監測同屬發展較早之環境永續領域。1999 年，「空氣汙染防制法」修法公告空氣品質主管機關應制定防治計畫並定期檢討之規範，2005 年起環保署(現為環境部)陸續推動「清淨空氣行動計畫」等多項空氣品質改善計畫，至最近期於 2023 年公告之「第二期(民國 113 年至 116 年)」[91]。配合國家之 2050 年淨零排放目標，環境部於 2025 年公告「空氣品質白皮書」[92]作為我國未來 10 年空氣品質願景與防治方案檢討之上位政策。其整體政策架構如圖 6.6 所示。

在環境部之「空氣汙染防制方案」下，則由各縣市政府辦理其「空氣汙染防制計畫」並視需求訂定「空氣品質維護區及實施移動汙染源管制措施」。

除前述系列政策外，我國亦訂有「固定汙染源有害空氣汙染物排放標準」、「室內空氣品質標準」、「營建工程空氣汙染防制設施管理辦法」等法規作為政策之輔助與補充。



圖 6.6 我國空氣品質相關政策與法規架構

6.5.1 空氣品質政策白皮書

「空氣品質政策白皮書」提出 4 大行動方針並在各方針下分別提出規畫項目，分別為：促進全民永續健康、精進改善重點汙染、淨零排放共利減汙與科技應用與公民參與，並在此架構下提出國家整體空氣品質領域中長期目標與議題。

在整體目標部分，此文件將細懸浮微粒(PM2.5)與臭氧(O3)訂為兩大指標汙染物，並根據世界衛生組織(World Health Organization, WHO)之建議指引值訂定 PM2.5 於 2030 年達成 10µg/m³、2035 年達成 8µg/m³ 以下之願景；針對 O3 則訂定 8 小時平均值符合空氣品質標準日數比率之中長期目標。

在規劃項目與議題部分，與航空有關之措施分散於各項目與議題中，本計畫彙整如表 6-14 所示。

表 6-14 「空氣品質白皮書」與航空業相關議題與措施

行動方針	規劃項目	議題/措施
促進全民永續健康	建立健康導向空氣品質目標	<ul style="list-style-type: none"> • 以國際衛生組織空氣品質指引為願景 • PM2.5 年平均濃度達 8μg/m³ 以下為願景 • 改善 O₃ 高值，提升標準符合率
	提升室內空氣品質管理	<ul style="list-style-type: none"> • 發展連續自動監測，即時掌握室內空氣品質 • 確保監測數據的準確性與即時性 • 推動智慧化自動「監測、通風、淨化」 • 彈性管理機制，防護公共區域及兒少校園 • 強制與柔性雙軌併行的室內空氣品質管理 • 推動室內空氣品質源頭法制化管理
精進改善重點污染	精進交通與機具管理	<ul style="list-style-type: none"> • 運用經濟誘因，提升車輛燃油品質 • 評估加嚴訂定國內油品成分標準 • 檢討移動污染源空污費費率 • 精進交通運輸管理，低污染車輛優先運行 • 連結交通部門規劃低碳交通區 • 整合管制工具，精進空維區劃設 • 發展替代能源及岸電使用，打造環境友善港口 • 協力推動航空及海運替代燃料
淨零排放共利減污	運輸部門推動綠色運輸	<ul style="list-style-type: none"> • 提升公共運輸運量 • 公共運具路網連結及優化方式 • 停車差異費率規劃評估 • 評估交通、運輸及觀光場域實施低污染運具優惠停車費率或提高燃油車停車費率
	永續農業及空氣品質植生淨化	<ul style="list-style-type: none"> • 推動空氣品質植生淨化 • 適地適木推動減污共利減炭 • 推動公有地空氣品質植生淨化
科技應用與公民參與	發展科技監控與 AI 應用	<ul style="list-style-type: none"> • 交通科技監控 • 發展交通智慧化 AI 管理、結合烏賊車檢舉系統 • 掌握未知逸散污染 • 運用 AI 大數據掌握逸散污染源

資料來源： [92]

6.5.2 空氣品質其他相關法案

如前所述，我國空氣品質亦訂有相當數量之法案作為主要政策之補充。以下針對機場營運方面可能會面對之規範如表 6-15 所示。

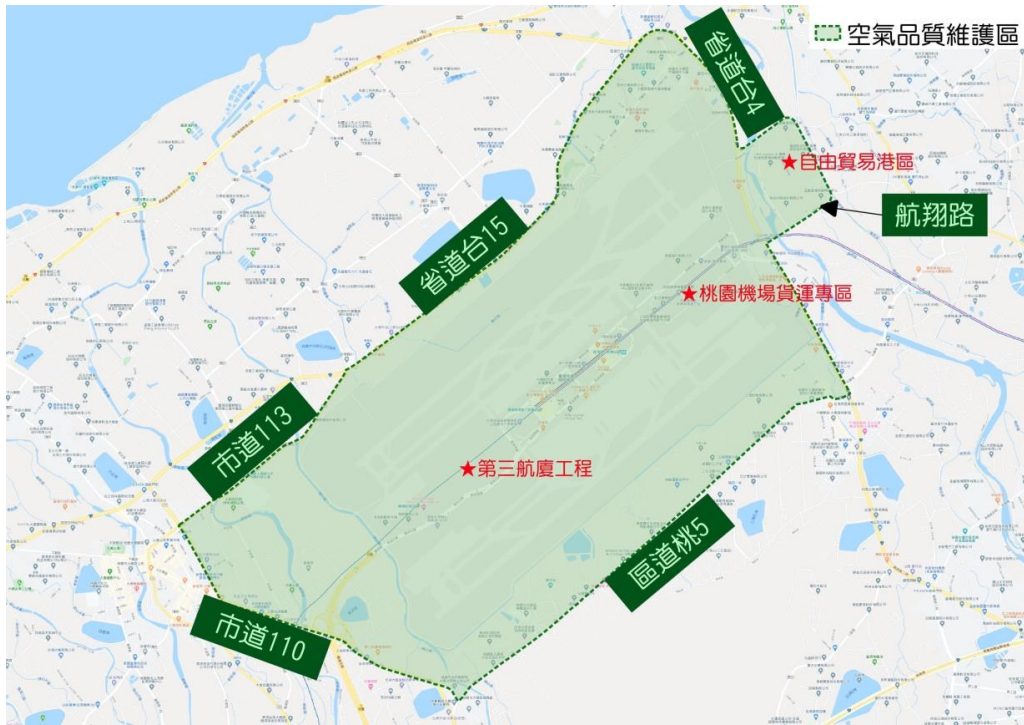
表 6-15 航空業相關空氣品質法案

法規名稱	內容摘要
固定污染源有害空氣污染物排放標準	詳列固定污染源 73 項有害空氣污染物(Hazardous Air Pollutants, HAPs)，包含 61 項有機物、8 項重金屬與化合物與 4 項其他物質之排放標準與計算方式。
廢棄物焚化爐空氣污染物排放標準	規範廢棄物焚化爐之 5 項 HAPs，包含硫氧化物(SOx)、氮氧化物(NOx)、氯化氫、一氧化碳、與懸浮微粒(PM)之排放標準
廢棄物焚化爐戴奧辛管制及排放標準	規範廢棄物焚化爐之戴奧辛排放標準
營建工程空氣污染防制設施管理方法	主要為營建工程工地應實施或設置之粉塵防治設計規範
室內空氣品質標準	規範 20 項室內空氣污染物之濃度標準，包含二氧化碳、一氧化碳、12 種總揮發性有機化合物、細菌、真菌、PM ₁₀ 、PM _{2.5} 、臭氧

在室內空氣品質方面，2014 年之「應符合室內空氣品質管理法之第一批公告場所」與 2017 年之「應符合室內空氣品質管理法之第二批公告場所」，分別規範了臺北航空站、高雄航空站、桃園國際機場，以及年旅客數一百萬人次以上之民航局所屬航空站需遵守室內空氣品質相關法規，併訂定維護管理計畫並實施檢測等事項。

除上述各項排放標準外，各地方政府亦可視需求劃設「空氣品質維護區」，強化特定區域之空氣污染物排放管理，周邊已建立空氣品質維護區之機場包含：桃園國際機場(如圖 6.7 所示)、松山機場、高雄機場與澎湖機場。儘管空氣品質維護區之規範與管制措施由各縣市政府訂定，其管制措施如下。

1. 出廠滿特定時間之車輛，於特定時段禁止進入空氣品質維護區
2. 未取得特定標章或於特定期間內未通過排氣檢查之車輛，於特定時段禁止進入空氣品質維護區
3. 管制方式將以攔檢或科技執法設備進行取締



資料來源： [93]

圖 6.7 桃園國際機場空氣品質維護區管制範圍

6.5.3 我國空氣品質管理政策發展小結

我國空氣品質政策主要分為室外空氣品質與室內空氣品質兩部分，室外空氣品質之主要由環境部與地方主管機關進行整體之監測與管理，其它機關僅需就其個別排放源設施進行管理；室內空氣品質則視各場所是否被公告列管與否決定監測與定期申報之必要。目前部分機場週邊已由地方政府劃設空氣品質維護區。

相對其他國家主要關注室外排放源(即各類車輛機具)之排放減量，我國政策在室內與室外空氣品質皆有一定重視，並已具備明確的量化中長程目標。

6.6 廢棄物管理

目前我國各機場之廢棄物管理，主要依據相關法規辦理廢棄物管理作業，惟現行法規多屬全國性通用規範，內容涵蓋範圍廣泛，針對機場特性或實際需求訂定專屬之廢棄物管理政策或未來願景與目標仍有待完善。

根據本計畫問卷調查結果及機場營運管理單位之訪談顯示，現行機場廢棄物管理作法，主要參考國際組織與國外先進標竿機場管理措施，同時配合我國「總體減碳行動計畫」所倡導之「淨零永續綠生活」推動原則加以執行，其主要措施主要分為「源頭減量」、「循環經濟」、「資源回收」與「綠色採購」四大面向，如表 6-16 所示。

表 6-16 我國機場主要之廢棄物管理措施

類別	廢棄物管理措施
源頭減量	<ul style="list-style-type: none">• 桃園機場設定一次性用品減量目標，期望 2030 年減量 70%，亦制定「廢棄物管理及減量計畫」• 要求機場內商家使用減量包裝及一次性餐具減量
循環經濟	<ul style="list-style-type: none">• 重複使用運輸容器（如棧板）• 自備環保杯提供優惠
資源回收	<ul style="list-style-type: none">• 航廈內廣設不同類型之資源回收桶• 強化培訓清潔人員垃圾回收分類作業
綠色採購	<ul style="list-style-type: none">• 優先採購再生資源或以一定比例再生資源製成的產品

承上表開列之廢棄物管理措施多屬機場單位為提升永續績效、參考國際標竿所自主採行之作為。然在法規層面，我國各機場於日常營運中，仍必須依循既有法規，履行其在污染防治、資源管理等方面之義務，共同構成機場廢棄物管理的法律基礎與合規標準。

6.6.1 廢棄物管理相關規範

我國機場之廢棄物管理規範主要針對廢棄物清理、資源回收再利用，等多重面向，主要法源包括「資源回收再利用法」、「廢棄物清理法」及「毒性及關注化學物質管理法」等。茲將各法規之核心重點及其對機場之影響，彙整如表 6-17 所示。

表 6-17 水資源管理相關規範

法規	核心重點
資源回收再利用法	要求營運場域設置資源回收設施、妥善分類並執行回收工作，並針對經公告之應回收廢棄物，相關責任業者亦須依法負擔回收、清除及處理之責任，以達資源永續利用之目的。
廢棄物清理工法	要求事業單位應自行或委託合格之清除處理機構，進行廢棄物之清運與處置，此外，經中央主管機關指定公告之事業，尚須依法檢具「廢棄物清理計畫書」送交主管機關審核，以確保其廢棄物自產生至最終處置皆符合規範
毒性及關注化學物質管理法	要求毒性及關注化學物須嚴格管理其製造、輸入、使用、貯存及運送，當這些物質成為廢棄物時（如：除冰劑、維修用油漆、高效能清洗劑、或溶劑等），其清理與處置須遵循本法及「廢棄物清理工法」之相關規範，並落實危害預防、應變及環境監測，以防制污染。

綜整前述，我國機場現行之廢棄物管理體系與水資源管理體系相似，皆呈現「自主永續推動」與「既有法規遵循」並行之雙軌特性，由於目前未針對機場營運特性所制定之專屬廢棄物管理政策、願景與目標，各機場單位於實務運作上，除配合國際永續趨勢（如標竿機場經驗）及國內淨零轉型目標外，多數亦主動推動源頭減量、資源回收、循環經濟及綠色採購等措施，以提升永續管理績效。

機場作為大型事業場域，其日常營運仍須遵循既有環境法規之要求，現行法律基礎主要包括「資源回收再利用法」、「廢棄物清理工法」及「毒性及關注化學物質管理法」等核心法規，分別規範資源回收設施設置義務、事業（含檢疫）廢棄物清運與最終處置責任，以及航空器維修及地勤作業中化學品之運作與廢棄管理。

整體而言，我國機場廢棄物管理係以「自主管理」與「依法行政」相輔相成之方式運作，形成現階段兼具法規遵循與永續精進的管理架構。

6.7 我國航空運輸與機場發展政策

6.7.1 2020 運輸政策白皮書 [94]

為擘劃運輸部門未來施政藍圖，以利中央與地方共同合作推動交通政策，交通部於發布 2020 年版運輸政策白皮書，涵蓋陸運，海運，空運、運輸安全，智慧運輸，綠運輸，及運輸部門因應氣候變遷調適與防災共 7 大分冊。

該白皮書係依據國際環境趨勢與國內發展需求，界定我國運輸部門當前面臨之關鍵議題，並訂定未來施政方針，其與機場永續發展相關之內容主要涉及「能源使用及碳排放管理」與「氣候變遷與調適」兩大主軸，主要散見於「空運篇」、「智慧運輸篇」、「綠運輸篇」與「運輸部門因應氣候變遷調適與防災篇」等分冊中，相關內容分述如下。

1. 能源使用及碳排放管理

在「空運篇」、「智慧運輸篇」、「綠運輸篇」等分冊指出，運輸部門為國內能源消耗與溫室氣體排放的重要來源之一，其中航空與機場系統亦為能源密集使用場域，提出透過能源與碳排放管理措施達成低碳運輸之目標，相關內容分述如下

(1) 能源管理

推動航空站導入能源管理系統、提升用能效率，並逐步建構智慧能源監控機制，以即時掌握能耗與排放狀況，建構低碳、低污染運輸環境之政策方向，強調以技術與管理手段並進，達成設施能源使用最佳化。

(2) 碳排放管理

主要針對航空場域推動空側作業車輛電動化，包含地勤裝備車輛、行李拖車頭等成熟車種之汰換與電動化推動，以降低化石燃料依賴與直接排放，以及強調應持續盤點機場用電結構、推動太陽能等再生能源設施導入，並配合全國「溫室氣體減量及管理法」及「淨零轉型策略」建立碳盤查與能耗資料追蹤制度。

2. 氣候變遷與調適

面對氣候變遷所帶來的極端氣候與天然災害風險，在「運輸部門因應氣候變遷調適與防災」分冊中，將機場系統列為需強化調適能力的重點運輸子系統之一，提出建立全面的防災與氣候調適管理體系確保營運安全與韌性，並提出相關應對課題，分述如下。

(1) 氣候變遷風險評估與決策

整合多元資料，包括氣候情境、設施暴露程度、安全性及適應能力等進行氣候變遷風險評估，作為考量計畫投資與災害風險降低之決策依據，同時依據設施風險評估指標，長期蒐集與建置歷次災害紀錄、損失資料、修復成本及環境變化等資料庫，以提升風險評估與投資決策的可靠度與精確性，強化整體風險管理機制。

(2) 氣候變遷應對機制與跨域協調

機場具點狀、區域性特質，因地理環境差異而面臨不同氣候挑戰，需建立因地制宜之管理與調適機制，同時氣候變遷調適與防災涉及多部門協作以推動，故應建立跨單位協調與資源整合機制，促進中央、地方、公私部門及利害關係人間之合作，形成協力推動的治理模式，以提高調適計畫執行效率與整體防災成效。

(3) 應用科技提升預警能力

氣候變遷下，短延時強降雨與強烈熱帶氣旋活動頻繁，準確而即時的預警資訊為防災關鍵，應運用氣象監測、感測與助航科技，建置與強化多層次預警系統，使相關單位與設施使用者得以提前進行防護與應變準備，以減少災害衝擊與損失。

(4) 提升基礎設施氣候韌性

極端天氣事件可能造成運輸系統中斷與營運中止，對旅客服務與物流運作均具顯著影響，為確保機場運作持續性，提升設施耐候性與應變能力，含強化跑道、航管塔臺、電力及導航系統等關鍵設施之結構安全與備援能力，建立標準化檢修與管理程序，確保各部門人員具備快速恢復運作能力，以維持整體防災能量與系統韌性。

3. 小結

綜上所述，「2020 年版運輸政策白皮書」主要針對機場永續發展所揭示的政策方向，聚焦於「能源使用及碳排放管理」與「氣候變遷與調適」兩大面向。前者著重於航空站能源效率提升與碳排放減量措施，包括導入能源管理系統、建構智慧能源監控機制、推動空側車輛電動化及再生能源設施應用，以降低整體運作能耗與溫室氣體排放。後者則強調機場面對氣候風險之調適能力，透過建立氣候變遷風險評估制度、推動跨域協調合作、運用科技強化預警系統，以及提升設施抗災與應變韌性，確保航空運輸服務之安全與持續運作，作為我國後續推動航空基礎設施永續化與淨零轉型策略的重要依循方向。

6.7.2 臺灣地區民用機場 2040 年(目標年)整體規劃 [95]

「臺灣地區民用機場 2040 年(目標年)整體規劃」係以 2040 年為目標年，從全球、國家發展層次，考量未來我國 17 座民用機場(含軍民合用機場)的整體發展策略、定位和發展趨勢，屬全國民用機場的上位系統規劃，該計畫由交通部民用航空局主導，旨在建立全國機場群的發展規劃，作為後續各機場主計畫與建設計畫的政策依據。

在機場永續發展之未來願景中，整合包括 ICAO、IATA 及 ACI 等國際組織，積極推動低碳營運、能源轉型與氣候調適，期望透過替代能源應用、電動化設備導入及智慧管理系統，降低航空業碳排放量，亦應考量氣候變遷韌性，確保設施具調適性、降低災害風險，並兼顧噪音、空氣污染等環境保護目標的永續營運願景。

此外，報告針對全國機場提出五大發展標的，其中「創新永續經營」為關鍵核心之一，主張結合綠色治理與永續管理理念，透過系統性推動能源管理、節能建築、再生能源發展及低碳運具導入，提升營運效率與資源使用效益，建立兼顧營運效能與環境永續的發展模式。

整體而言，該規劃以永續發展為未來機場體系的重要主軸之一，其策略不僅聚焦於節能減碳，更強調從制度與設施兩層面落實低碳營運與氣候調適，進而構築我國機場體系長期的環境與經營韌性，實現我國機場之整體發展。

6.7.3 我國航空運輸與機場發展政策小結

綜合前述，我國機場及航空運輸相關政策已逐步形成由上而下、跨層級推動之整體架構，明確將機場能源管理、碳排放控制與氣候變遷調適列為核心施政方向，並建立永續轉型的制度與技術基礎。現行政策除強化航空站能源效率與碳排放監測外，亦著重於再生能源導入、空側作業車輛電動化及節能建築推動，以落實低碳營運與綠色基礎設施建設。

同時在氣候調適面向，政策已逐步將防災韌性納入航空設施規劃與管理體系，透過氣候風險評估制度、跨域協調機制及預警科技應用，提升機場面對極端氣候事件之應變能力與營運持續性，強化從政策規劃、設施建設到營運管理的全週期永續治理。

整體而言，透過制度化治理與技術創新雙軌並行，將低碳營運、再生能源應用與設施韌性全面納入長期發展框架，逐步形塑具競爭力、具韌性且符合國際淨零趨勢的航空運輸體系，共同邁向綠色轉型與永續營運之長期目標。以下彙整我國機場永續相關法規與政策成果，如表 6-18 所示。

表 6-18 現況我國機場環境永續政策執行成果

層級	機關	政策	環境面向	主要內容	執行進度
國家政策	國發會	臺灣 2050 淨零排放路徑與策略總說明	能源碳排	宣示 2050 淨零排放目標，提出 12 項關鍵戰略，作為各部門減碳與轉型最高指導原則	2022 年公布，並納入「氣候變遷因應法」，作為各部會依循之上位政策
		臺灣總體減碳行動計畫		整合六大部門減碳旗艦計畫，結合由上而下及由下而上減碳機制	2025 年公布，做為各部門減量方案行動綱領
	環境部	國家因應氣候變遷行動綱領	氣候變遷	建構我國氣候變遷減緩與調適整體政策架構	2023 年修訂，持續作為上位政策
		氣候變遷因應法		明定 2050 淨零目標、部門責任與氣候治理法制基礎	2023 年修正後持續執行
		國家氣候變遷調適行動計畫		針對我國全國範圍之氣候變遷議題定期行動方案	2023-2026 年間行動綱領
		空氣污染防制方案	空品	國家空氣污染防制之推動策略	2020 年起執行，並定期檢討推動
		淨零排放路徑 112-115 綱要計畫	能源碳排	針對我國全國範圍之能源/減碳議題定期行動方案	2023-2026 年間行動綱領
		機場周圍地區航空噪音防制辦法	噪音	規範機場周邊航空噪音防制區劃設、連續監測方式及防制與補助措施。	2009 年修正後持續執行
	交通部	運具電動化及無碳化關鍵戰略行動計畫	能源碳排	推動空側與場內運具電動化及低碳化	2023 年核定，配合淨零 12 項關鍵戰略持續推動
		維生基礎設施領域氣候變遷調適行動方案(112-115 年)	氣候變遷	針對我國交通事業訂定之氣候變遷議題定期行動方案	作為 2023-2026 年間之行動計畫
		2020 運輸政策白皮書	氣候變遷 能源碳排 噪音、空品	提出永續、低碳與韌性運輸發展方向	2020 年公布，作為長期政策指引
		第三期運輸部門溫室氣體減量行動方案(草案)	能源碳排 空氣品質	聚焦 SAF 推動、空側運具電動化及低碳運輸	預計作為 2026-2030 間之行動計畫
	內政部 經濟部	第三期住商部門溫室氣體減量行動方案(草案)	能源碳排	推動節能、橋氣橋電與再生能源應用	預計作為 2026-2030 間之行動計畫
	民航局	民用航空運輸業管理規則		規範航空運輸營運管理及相關環境要求(CORSIA)	2023 年修正後持續執行

層級	機關	政策	環境面向	主要內容	執行進度
	民航局	永續航空燃油減碳旗艦行動計畫		分別從供應端與使用端推動航空業導入 SAF	作為 2026-2030 年間之行動計畫
		臺灣地區民用機場 2040 年 (目標年) 整體規劃	能源碳排 噪音、空 品	作為全國民用機場發展功能定位	2020 公布，作為各機場未來規劃依據
機場單位	民航局	航空站溫室氣體減量藍圖(第 2 版)	能源碳排	訂定民航局所屬航空站之溫室氣體減量目標與措施	於 2023 年公布後執行，現正執行第 3 版之編製與擬定作業
		高雄國際機場 2040 年整體規劃	水資源 噪音、空 品 廢棄物	探討機場於施工及營運階段之噪音、空氣、水質、汙水及廢棄物處理等項進行初步分析	2023 公布，作為各機場之規劃指引
		松山國際機場 2040 年整體規劃			
		臺中國際機場 2040 年整體規劃			
	高雄國際機場 2023 年 ESG 績效報告書	氣候變遷 能源碳排	揭露 ESG 績效與永續行動成果與未來環境措施規劃	逐年定期發布	
	桃園機場	水資源 噪音、空 品 廢棄物			
桃園機場	2024 年永續報告書	氣候變遷 能源碳排 水資源	機場園區整體永續設施之規劃與布局	2020 核定公布，作為桃園機場未來規劃依據	

第七章 我國機場環境永續發展與執行現況

我國目前共有 11 座民用機場與 6 座軍民合用機場，由民用航空局與桃園國際機場股份有限公司分別經營。民用航空局共設有 10 個航空站經營管理機場業務，包括高雄、臺北松山、花蓮、澎湖、臺南、臺東、金門、臺中、嘉義、馬祖等航空站；北竿站屬馬祖航空站派出單位；望安、七美站屬澎湖航空站派出單位；恆春站屬高雄國際航空站派出單位；綠島、蘭嶼站屬臺東航空站派出單位。桃園國際機場則由「桃園國際機場股份有限公司」經營管理，「桃園國際機場股份有限公司」(以下簡稱桃園機場公司)為交通部全額出資之國營企業，各機場相關地理區位如圖 7.1 所示。

本章將就我國機場之環境永續發展現況進行探討，參考民用航空局之機場整體規劃，以及桃園國際機場、松山機場、臺中機場與高雄機場之規劃報告與永續報告書內容，檢視我國機場環境永續執行現況。



資料來源：民用航空局網站

圖 7.1 我國機場分布圖

7.1 桃園國際機場

7.1.1 桃園國際機場之整體願景與策略

桃園機場公司以「成為國際空運樞紐，帶動航空產業發展」為目標，設定「創造國門榮耀，推動桃園機場成為用心連接世界的門戶機場」為公司策略發展願景，並秉持「安全、正直、專業、創新、熱情」五大核心價值，作為穩固經營基石，實現「東亞樞紐機場」之發展定位，並促成整體臺灣社會的永續發展。

2020年核定公布之「臺灣桃園國際機場園區綱要計畫(第二版)」[96]提出五大發展目標，分別為「高效·轉運節點」、「服務·營運中心」、「永續·安全空港」、「前瞻·智慧機場」、「活力·機場城市」。其中，在「永續·安全空港」目標下，以「打造低碳、韌性、智慧機場」為目的，提出兩項作為：

1. 從空側與陸側營運層面，推動機場減排措施
 - (1) 訂定空側減排目標與可行方案，包含航機起降程序與地勤活動。
 - (2) 實施減碳政策宣告，包含碳認證計畫、桃園機場共同減碳計畫。
 - (3) 訂定永續能資源管理方案與目標，包含建築能源與用水效率提升、綠色能源導入、水資源回收等方案，以打造東亞最永續機場為目標，建立機場區內資源循環體系。
 - (4) 推動綠色交通策略，包含各類車輛電動化與配套措施之建置。
2. 訂立氣候變遷調適策略，提出機場韌性發展方針
 - (1) 建立氣候變遷風險評估機制，擬定最適因應策略。
 - (2) 以交通部「國家氣候變遷調適行動計畫—維生基礎設施領域行動方案」為基礎，提出調適行動計畫，因應氣溫持續增溫、季節降雨不均、劇烈降雨增加、颱風強度增強與海平面上升等衝擊。

(3) 建置長期監測系統，滾動檢討氣候風險評估與調適策略。

(4) 建置氣候變遷調適資訊平台，更新推動進度與成效。

此外，桃園機場公司每年發布永續報告書說明其環境、社會、治理各面向之推動狀況與績效；根據最新版之「2024 永續報告書」[97]，桃園國際機場永續發展中長期規劃經營策略共有 5 項，分別為服務無縫、效率升級、安全強化、資源活化、價值增進；其中，在「安全強化」策略下，提出「導入韌性系統設計，為機場營運留設充足的備援系統，以避免或降低特殊情況或意外帶來的傷害與營運中斷風險」措施；在「資源活化」策略下，則提出「響應國家 2050 淨零碳排目標，依循推廣「節能」、「創能」與「儲能」的能源轉型步驟，打造資源循環與低碳營運的機場體系」措施。

此外，桃園機場公司刻正擬定「桃園國際機場園區永續白皮書」，以環境、社會、治理（ESG）為核心，設定更詳盡之短、中、長期目標與行動方案，針對環境永續之推動策略與措施可待進一步觀察。

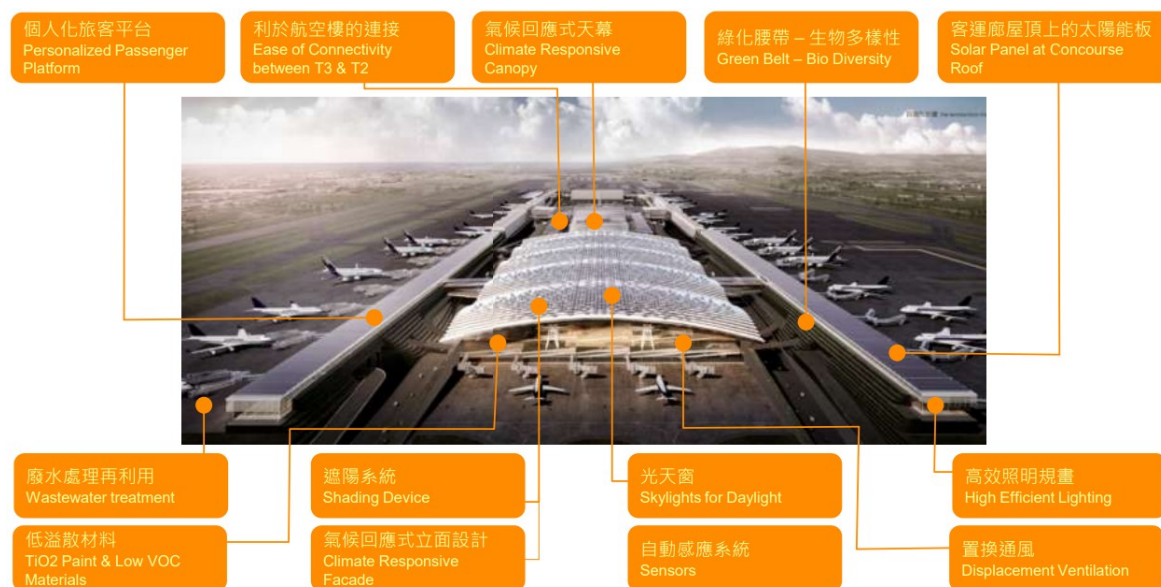
7.1.2 桃園國際機場第三航廈之環境永續作為

為因應逐年成長之客運量，桃園機場於 2011 年奉行政院核定之桃園機場園區綱要計畫規劃於既有第二航廈西側興建第三航廈，此計畫包含：航廈主體與其南北登機廊廳、辦公大樓、商場與旅館、能源中心與其他相關基礎設施。本節將參考 2015 年公告之「臺灣桃園國際機場第三航站區建設計畫」[98]盤點桃園國際機場第三航廈環境永續相關資訊、趨勢、硬體管理作為。

根據前述報告書，桃園機場第三航廈之計畫目標共有 3 項，分別為「容納未來成長」、「提升服務水準」，與「發展航空城商業及文化中心」。其中在「提升服務水準」目標下，提出「在第三航站區域發展及營運的各階段，都應採用永續經營方案」之規劃方向。

在建築規劃方面，根據桃園機場公司之網站資訊，第三航廈將採用「延伸懸挑」屋頂設計，降低陽光入射量，同時保留採光、隔熱效果；在水資源管理方面，將回收 45% 的污水成為再生水，供空調冷卻水及澆灌植栽使

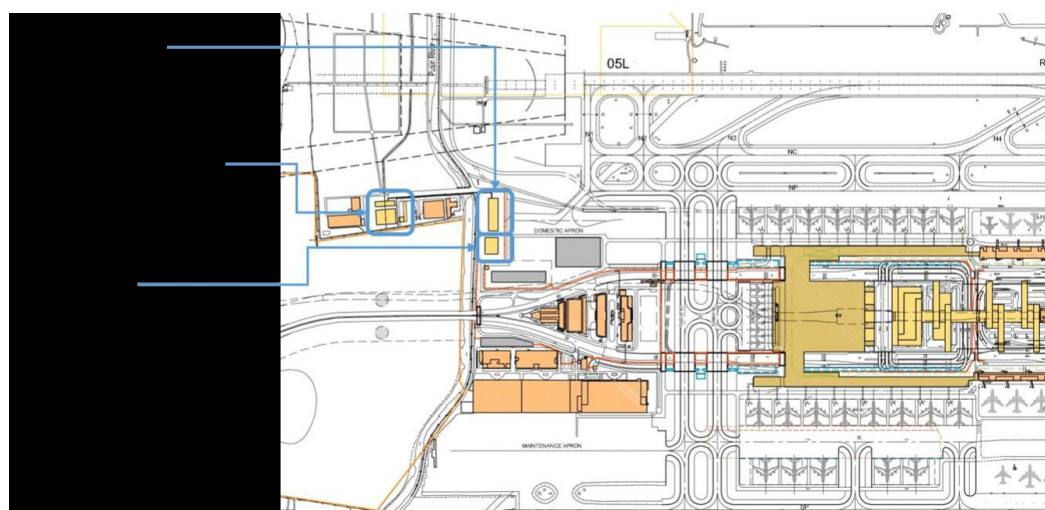
用。此外，亦將規劃引進高效率之自動化智慧建築系統，與創新永續指標，使第三航廈符合美國 LEED 及臺灣 EEWB 綠建築黃金級標章之標準，符合 ACI 對於航廈與機場節能減碳之發展趨勢要求。



資料來源： [98]

圖 7.2 桃園國際機場第三航廈永續設計概念圖

在基礎設施的配置方面，第三航廈興建計畫納入集中式能源中心之設計，將電源、暖通空調等系統及其備援設施設置於相同設施中，透過地下共同公共管道連接至航廈。根據計畫評估，能源中心之設置可提升能源效率、降低營運與維護成本，並能降低溫室氣體與二氧化碳之排放量。



資料來源： [99]

圖 7.3 桃園國際機場第三航廈公共設施系統配置圖

7.1.3 桃園國際機場之永續目標與發展成果

參考前述之「2024 永續報告書」，桃園國際機場發展願景為「創造國門榮耀，推動桃園國際機場成為我國連接世界的門戶機場」，5 大策略目標分別為：

1. 建構安全穩定服務體系，創造最佳服務體驗與營運效率。
2. 接軌國際，展現臺灣多元文化。
3. 追求創新，善用智慧科技。
4. 落實公司治理，發展永續環境，維護社會公益，加強企業永續發展資訊揭露。
5. 重視員工價值，型塑信賴的企業文化。

永續報告書亦提供環境永續各領域中、長期目標與規劃，如表 7-1 所示。

表 7-1 桃園國際機場環境永續目標

領域	目標
氣候變遷調適	2025 年取得 ISO14090 氣候變遷調適符合性證書
能源/碳排	• 2030 年減碳達 40%、2040 年減碳達 70%、2050 年淨零排放(以 2019 年為基準年) • 年節電率 1%以上
水資源管理	每年單位旅客用水量節約 2%
噪音監測	-
空氣品質	2030 年前建置室內空氣品質監測設備，目標達「優良級」標準
廢棄物管理	2030 年一次性用品減量 70%

資料來源： [97]

1. 氣候變遷韌性與調適

(1) 策略與做法

- ① 機場公司在氣候調適方面，以強化災害應變能力為核心目標，並針對風災、水災、地震等可觀察且可預期的災害情境定期演練，透過模擬與檢討以減少實際災損，滾動式檢討災

害應變措施、氣候韌性作為。

- ② 在能源與碳排方面，以科學化與系統化推動減碳策略，從能源轉型著手，逐步導入綠電、智慧監控與高能耗設備汰換機制，同時依範疇推動具體行動：範疇一強化燃料與冷媒管理，範疇二提升再生能源使用效率，範疇三深化航機支援電動化與夥伴減碳合作，全面邁向淨零轉型。
- ③ 各項新規劃、增設開發行為及環評作業中，亦將依據相關法規，主動納入氣候調適之考量。
- ④ 規劃導入 ISO14090 氣候變遷調適管理系統作為機場之氣候調適架構，並考量高溫、強降雨、淹水、缺水、海平面上升、強風、霧霾、疫病等氣候情境。
- ⑤ 以整合式管理體系推動永續行動，結合碳盤查、能源、環境管理、水資源與氣候調適多面向，兼顧營運韌性與環境責任治理架構。

(2) 現況成果

- ① 已完成氣候變遷調適行動計畫，包含：法規依據與配合事項、界定問題與設定目標、現況及未來風險評估、調適行動計畫、氣候變遷調適管理系統之建置、氣候變遷調適管理文件等。
- ② 已依 ISO 14064 標準，完成範疇一(自有排放)、範疇二(外購能源)與範疇三(協力廠商／航空公司／租戶等)完整盤查。
- ③ 為避免機場遭遇淹水事件，已逐年規劃與執行多項防汛改善設施，包含設置抽水機、防洪閘門並指派專責人員。
- ④ 對應空側之作業威脅，增設雷暴與警示系統，並持續推動發電機汰換等機設施強化作為。
- ⑤ 已通過多項國際標準認證，包括：ISO 14001 (環境管理)、ISO 14064-1 (溫室氣體盤查) 與 ISO 50001 (能源管理)。

(3) 未來規劃

- ① 於 2025 年取得「ISO14090 氣候變遷調適」符合性證書
- ② 籌組遵循氣候變遷調適法律之因應架構與推行組織
- ③ 研擬考量氣候變遷因素的永續發展計畫與決策機制
- ④ 規劃可兼具氣候變遷調適與減緩的無悔對策與措施
- ⑤ 建立有效的氣候預警、衝擊評估及決策支援系統
- ⑥ 推動整合部門與全員參與的調適決策與行動平台
- ⑦ 提升各種調適知能，並培育氣候變遷專責研析人才
- ⑧ 強化對應各種錢在氣候災害之救防體系及復原能力
- ⑨ 施行全員應共同面對與承擔的調適教育及應變訓練

2. 能源使用與碳排放管理

(1) 策略與做法

- ① 在碳管理方面，主要依循國家 2050 年淨零排放政策，並據此制定短、中、長期目標。分別為 2030 年減碳達 40%、2035 年減碳達 55%、後每五年下降 15% (以 2019 年為基準年)。
- ② 另訂定再生能源使用目標，於 2030 年使用達到 20%、2035 年達到 30%、後每五年增加 10%，2050 年達 60%。
- ③ 主要以節能為核心策略，遵循相關法規推動各項節能措施。

(2) 現況成果

- ① 已取得機場碳認證(ACA)等級 4 認證，積極推動範疇 3 之碳排減量。
- ② 與各相關單位簽署「合作夥伴共同參與減碳計畫」，每 3 年為一期，將進入第四期。計畫內容包含：整體溫室氣體盤查、定期辦理參訪與教育訓練、減碳措施與競賽之辦理與配合。

(3) 未來規劃

- ① 在再生能源應用方面，目前辦理再生能源場域可行性評估，將依據評估結過訂定明確的再生能源建置目標與比例。
- ② 持續推動空側車輛電動化，以擴大範疇三碳排放之減緩效益。

3. 水資源管理

(1) 策略與做法

- ① 制定每年單位旅客用水量節約 2% 之目標
- ② 導入 ISO46001 水資源效率管理系統
- ③ 採取「開源」與「節流」雙軌策略，在開源方面增加放流水加水管、擴大再生水利用等，節流方面則替換航廈區省水設備。

(2) 現況成果

- ① 已建置雲端電子巡檢系統與標準作業程序 (SOP)，推動污水設施智慧化管理，強化事前預防維修與巡檢效率。
- ② 每日自主監測放流水質、設置連續監測系統及更新回收水管線，將放流水轉為清洗植栽、抑塵與設施用水。
- ③ 目前積極推動機場用水系統鑑別及水網系統改善作業，透過蒐集水資源流向數據，掌握水網分布及下游各單位 (尤其高耗水區域) 之實際用水情形，作為後續針對耗水熱點研提精準改善對策之參據。
- ④ 設有自有污水處理廠，目前正進行處理設備更新，提升整體運作效率。

(3) 未來規劃

- ① 積極規劃提升回收水的使用率，具體措施包括收集空調冷

凝水再利用、擴大汗水場區再生水使用處所、開放外單位取水，並導入三級處理系統與航廈再生水沖廁。

- ② 建立管網圖資系統，並配合智慧用水監控分析漏水潛勢。

4. 噪音監測管理

(1) 策略與做法

落實法規要求，定期執行相關噪音監測工作，並向地方環保機關申報監測報告書。

(2) 現況成果

- ① 已設置完整陳情溝通機制供機場周邊居民向地方環保機關陳情，由地方環保機關進行溝通，機場公司則配合提供資料或辦理測試。
- ② 鼓勵航空公司採用新型航機，並依據航空器的最大起飛重量進行差異化收費；另按航空器之最大起飛重量及起飛音量計收噪音防制費。

(3) 未來規劃

配合未來第三跑道啟用，預計將於啟用前兩年啟動等噪音線模擬作業，屆時將依模擬結果，評估所需增設之噪音監測站數量與最適佈設位置，並協同地方環保機關，於第三跑道啟用前完成監測站設置，預計進行至少一年的運轉測試，以確保其符合未來營運需求。

5. 空氣品質

(1) 策略與做法

- ① 主要依法規管理與監測機場周邊可控之污染源，包含焚化爐與地面作業車輛、施工揚塵等。
- ② 目標於 2030 年前建置室內空氣品質監測設備並辦理改善，目標達「優良級」標準。

(2) 現況成果

- ① 已取得室內空氣品質自主管理標章「良好級」，定期進行空氣品質監測作業。
- ② 推動行李處理場空氣品質改善計畫，全面禁止燃油拖車頭進入及穿越，改以電動車輛進行作業，並增設空調設備。
- ③ 針對園區內焚化爐，已建置多重偵測設施；另針對四號焚化爐的主燃燒室及污染防制相關設備，進行袋式集塵器新計畫，以降低懸浮微粒排放量。

(3) 未來規劃

配合室內空氣品質監測結果進行改善，使巡檢量測目標達「優良級」標準。

6. 廢棄物管理

(1) 策略與做法

- ① 目標於 2030 年機場整體回收率達到 50%，以及之一次性用品使用量，較 2024 年減少 70%。
- ② 核心措施係與機場範疇內利害關係人建立緊密的合作關係，共同推動減廢。

(2) 現況成果

- ① 已要求機場相關利害關係人(如餐飲業者)不再主動提供一次性用品(如免洗筷、免洗湯匙)。
- ② 推動行李處理場空氣品質改善計畫，全面禁止燃油拖車頭進入及穿越，改以電動車輛進行作業，並增設空調設備。
- ③ 針對園區內焚化爐，已建置多重偵測設施；另針對四號焚化爐的主燃燒室及污染防制相關設備，進行袋式集塵器之更新計畫，以降低懸浮微粒排放量。

(3) 未來規劃

評估導入多元管理機制，依據不同單位的執行力道，分別採用「獎勵機制」（如評比優良廠商）或「強制力」（如納入契約規範）等方式多管齊下，合力推動。

7.2 民航局所屬航空站

目前交通部民用航空局（下稱民航局）轄下共計 10 處航空站，包括臺北、高雄 2 處國際航空站，以及臺中、澎湖、金門、臺南、花蓮、臺東、嘉義、馬祖（含南、北竿）8 處航空站。茲就前述航空站於綠色永續發展之願景與推動現況，彙整說明如下。

7.2.1 民航局所屬航空站整體願景與策略

民航局整體永續發展政策之願景，主要依據交通部「2020 運輸政策白皮書」及「臺灣地區民用機場 2040 年（目標年）整體規劃」，並依循國家發展委員會所公布之「綠色成長與 2050 淨零轉型」及「臺灣總體減碳行動計畫」之原則，針對所屬航空站推動相關永續發展工作，另針對較具規模之主要機場（臺北、高雄、臺中）依據各自場域特性訂定個別發展願景，作為場站層級推動永續發展之具體依循架構。此外，民航局亦參酌國際主要航空組織（ICAO、ACI、IATA）所發布之最新永續政策與目標指引，納入我國航空永續策略中，建構由上而下的綠色轉型路徑與政策推動方向，確保我國機場體系與全球航空減碳趨勢一致。

整體而言，目前民航局所屬航空站之綠色永續發展願景，係以國際組織政策指引、國家上位政策及各場域自訂發展方向三大核心並行推動，其主要發展內涵聚焦於低碳營運、氣候變遷調適與環境永續等多元面向，形塑具備綠色、智慧與永續特質的機場體系，邁向我國航空運輸之淨零轉型目標。

7.2.2 民航局所屬航空站永續目標與發展成果

以下依據民航局對外公布之相關政策與執行計畫，綜整其所屬航空站目前綠色永續推動之執行情形與發展成果，並分別就氣候變遷調適、能源與碳排放管理、水資源、噪音、空氣品質及廢棄物管理六大面向說明。

1. 氣候變遷與調適

目前民航局所屬各航空站係依循相關上位政策與整體發展規劃推動氣候變遷因應與調適政策，並兼採多元參考途徑，包括國際航空組織指引、國外先進標竿機場之管理作法及相關法規制度等，逐步建立具系統性的推動架構與執行機制，其主要工作項目分述如下。

(1) 建立緊急應變與防災管理體系

為強化航空站面對極端氣候與突發事件之應變能力，民航局已依據防災政策及安全管理體系，建立涵蓋風災、水災、火災、地震、海嘯、停電等 14 項緊急應變處理作業程序，明確規範各階層通報、指揮及復原流程，並透過年度演練與跨單位協調，確保防救災能量與應變效率。

(2) 強化排水及防洪設施改善工程

針對近年極端降雨與都市型積水風險增加，民航局督導各航空站持續檢討舊有場區排水系統及周邊防洪設施之容量與效能，辦理滑行道、機坪及航廈周邊排水改善工程。例如臺中與松山機場均已納入「滑行道排水改善計畫」，高雄機場亦透過滯洪池、雨水回收系統及地表逕流管理，減輕強降雨對設施營運之衝擊。

(3) 導入風險管理與設施韌性評估機制

為提升設施安全與長期氣候調適能力，民航局所屬航空站於近年各期主計畫中，均納入「設施韌性」及「災害風險評估」項目，定期滾動檢討場區防災設計基準及運作安全標準。部分機場並採用氣候風險評估工具，研析場區對強風、暴雨、熱浪等氣候因子的脆弱度，據以調整設施配置與營運維護策略。

(4) 建立備援能源與通訊系統，提升營運穩定性

各航空站陸續強化能源及通訊備援設施，導入應急電力供應、關鍵系統冗餘設計及智慧監控設備，以維持災中及災後運作能力。同時建立災害資訊即時通報平台，整合氣象、監測與防災資料，提高應變指揮之即時性與準確性。例如高雄機場並設立「能源管理委員會」及「溫室氣體盤查推行委員會」，以制度化方式推動能源效率及氣候調適並行。

(5) 推動航空站氣候變遷調適能力建置計畫

目前環境部之「國家氣候變遷調適行動計畫(112-115年)」指出，由交通部民航局及其所屬之民用航空站辦理「民用航空局所屬航空站氣候變遷調適能力推動計畫(112-115年)」，整體作業期程於112年啟動，預計於115年結束，其主要工作項目如下。

- ① 蒐集極端航空氣象資訊，掌握天然災害發生情形。
- ② 檢視航空站設施因應極端氣候(至少包括強降雨及高溫)之耐受力，如排水系統等。
- ③ 盤點航空站相關設施設計工程規範、維運程序及規範。
- ④ 建立風險辨識計畫。
- ⑤ 評估是否加強風險預警作業。

2. 能源使用及碳排放管理

目前民航局所屬航空站之能源使用及碳排放管理，主要依據交通部民航局於112年公布之「航空站溫室氣體減量藍圖第2版」[100]辦理，該藍圖依循「臺灣2050淨零排放路徑及策略總說明」所提「淨零轉型」12項關鍵戰略之戰略五「節能」及戰略七「運具電動化及無碳化」，據以擬定我國民航局所屬各航空站溫室氣體減量計畫，並訂定相關節能減碳措施與短、中、長期計畫，相關內容分述如下。

(1) 推動範圍

考量各航空站規模及執行現況之差異，及參考 ACI 推動之 ACA 減碳分級認證精神，綜整以下兩組減量目標，並彙整如表 7-2 所示。

① 第 1 組

以年排放量大於 8 千噸之機場，包括台北站、高雄站，高雄站並已於 2014 年即取得 ACA 等級 3 之認證，未來目標短期減碳成果達 ACA 等級四_轉型(Transformation)、中長期朝向 ACA 等級三+_碳中和(Carbon Neutrality，含抵換排放量)努力。

② 第 2 組

年排放量低於 8 千噸之機場，包括臺中站、澎湖站、金門站、臺南站、花蓮站、臺東站、嘉義站，其目標短期減碳成果可達 ACA 等級二_碳減量(Reduction)、中長期達 ACA 等級三_優化(Optimisation)。

表 7-2 航空站溫室氣體排放量及分組彙整表

組別	分組說明	航空站	主要目標
第 1 組	年排放量 大於 8 千噸	臺北國際航空站 高雄國際航空站	<ul style="list-style-type: none">• 短期• 達 ACA 等級四_轉型標準• 中長期• 朝向 ACA 等級三+_碳中和努力
第 2 組	年排放量 小於 8 千噸	臺中航空站 澎湖航空站 金門航空站 臺南航空站 花蓮航空站 臺東航空站 嘉義航空站	<ul style="list-style-type: none">• 短期• 達 ACA 等級二_碳減量標準• 中長期• 達 ACA 等級三_優化標準

註：馬祖航空站正辦理溫室氣體盤查及查證作業，將於後續階段納入

(2) 基準年之訂定

第 2 版藍圖以取得溫室氣體盤查資料及取得第三方認證之航空站進行規劃，而目前各航空站多已於 106 年取得盤查認證報告，故以該年為基準年，作為減碳措施之成效比較基準。

(3) 短、中、長期執行目標與策略

該減量藍圖針對民航局所屬各航空站，依其溫室氣體排放規模區分不同組別，分別擬訂短期、中期及長期之減碳與節能執行目標與策略，相關內容如表 7-3 及表 7-4 所示。

表 7-3 短期執行目標與策略

項目	第 1 組	第 2 組
	臺北站、高雄站	臺中站、澎湖站、金門站 臺南站、花蓮站、臺東站 嘉義站
短期策略	<ul style="list-style-type: none"> • 持續辦理溫室氣體盤查/查證作業 • 照明設備汰換： 螢光燈管、水銀燈具及緊急照明燈具(非 LED)全汰換為 LED 產品 • 空調設備汰換： 採用效能較高之空調設備，將非變頻空調設備汰換為變頻之環保標章或節能標章產品，各航空站依設備使用情形進行汰換規劃 • 橋氣橋電使用： 臺北站於 110 年至 111 年達 2,000 架次/年;114 年達 7,000 架次/年、高雄站達 3,000 架次/年 • 公務車輛/特種車輛電動化： 針對已達年限之汰換車輛，優先購置電動車及電動機車等低污染性之車種臺北站汰換 2 輛為電動機車，及 2 台電動汽車，高雄站汰換 2 輛為電動車 • 再生能源發展： 高雄站於高雄國際機場新航廈規劃考量設置太陽光電 	<ul style="list-style-type: none"> • 持續辦理溫室氣體盤查/查證作業 • 照明設備汰換： 螢光燈管、水銀燈具及緊急照明燈具(非 LED)全汰換為 LED 產品 • 空調設備汰換： 採用效能較高之空調設備，將非變頻空調設備汰換為變頻之環保標章或節能標章產品，各航空站依設備使用情形進行汰換規劃 • 公務車輛/特種車輛電動化： 延後到中長期階段汰換為電動車 • 再生能源發展： 依據交通部規劃，111 年金門站完成地面型及屋頂型共 1,624.2kW、臺東站完成屋頂型 543.7kW112 年澎湖站預計完成地面型 1646.5kW、臺東站預計完成地面型 93.2kW
減碳分級目標	可達 ACA 等級四	可達 ACA 等級二

表 7-4 長期執行目標與策略

項目	第 1 組	第 2 組
	臺北站、高雄站	臺中站、澎湖站、金門站 臺南站、花蓮站、臺東站 嘉義站
中、長期策略	<ul style="list-style-type: none"> • 持續辦理溫室氣體盤查/查證作業 • 照明設備： 將複金屬燈汰換為 LED 產品 • 空調設備汰換： 採用效能較高之空調設備，將非變頻空調設備汰換為變頻之環保標章或節能標章產品，各航空站依設備使用情形進行汰換規劃 • 橋氣橋電使用： 臺北站達 7,000 架次/年、高雄站達 15,000 架次/年 • 公務車輛/特種車輛電動化： 針對已達年限之汰換車輛中，臺北站汰換 1 輛為電動車，高雄站汰換 9 輛為電動車 • 再生能源發展： 高雄站配合高雄國際機場新航廈 121 年完工，預計 115 年增設屋頂型 603.5kW(預計 116 年發電)、121 年增設屋頂型 785.4(預計 122 年發電)，共規劃增設 1388.9kW 太陽光電，並達黃金級綠建築標章 • 能源管理系統導入： 於 116 年前，臺北站完成導入 ISO 50001 能源管理系統，並取得外部驗證高雄站持續取得外部驗證 	<ul style="list-style-type: none"> • 持續辦理溫室氣體盤查/查證作業 • 照明設備： 將複金屬燈汰換為 LED 產品 • 空調設備汰換： 採用效能較高之空調設備，將非變頻空調設備汰換為變頻之環保標章或節能標章產品，各航空站依設備使用情形進行汰換規劃 • 公務車輛/特種車輛電動化： 針對已達年限之汰換車輛中，臺中站汰換 3 輛為電動車、澎湖站汰換 6 輛為電動車及 1 輛電動機車、金門站汰換 5 輛為電動車、臺南站汰換 8 輛為電動車、花蓮站汰換 7 輛為電動車、臺東站汰換 7 輛為電動車及 1 輛電動機車、嘉義站汰換 3 輛電動車 • 再生能源發展： 持續使用太陽光電，生產清淨再生能源 • 能源管理系統導入： 於 124 年前，完成導入 ISO 50001 能源管理系統，並取得外部驗證金門站及臺中站持續取得外部驗證
減碳分級目標	朝向 ACA 等級三+努力	可達 ACA 等級三

綜整上述，該「航空站溫室氣體減量藍圖」已完整涵蓋減碳、節能、能源管理、設備汰換、再生能源發展及管理制度導入等多項重點。交通部民航局現已啟動第 3 版藍圖之研修與擬訂作業，未來將依據實際執行情形及政策趨勢滾動檢討與更新，確保我國航空站能與國際淨零減碳目標接軌，持續朝向高效率、低碳化、永續化之營運方向邁進。

3. 水資源、噪音、空氣品質、廢棄物管理

綜合本計畫調查與實地問卷與訪談成果顯示，民航局所屬各航空站在推動水資源、噪音、空氣品質及廢棄物等環境管理工作上，皆以上位政策與發展藍圖為依據，延續相關政策之執行標準，並另訂定相關自主永續推動作為。

此外，各場站除遵循國發會、交通部及民航局等既有環境管理規範外，亦主動參考 ICAO 及 ACI 所發布之環境保護與綠色機場指引，同時借鏡國外標竿機場的管理模式與實務經驗，逐步建立結合制度、工程與監測之整體推動架構。以下綜整民航局所屬機場目前水資源、噪音、空氣品質、廢棄物管理相關措施如表 7-5 所示。

表 7-5 民航局所屬航空站之水資源、噪音、空氣品質、廢棄物管理措施

永續面向	主要管理措施
水資源管理	<ul style="list-style-type: none"> ● 高雄機場/松山機場自主推動節水與再利用設施，提升航廈及設施用水效率（例：回收冷卻水、雨水再利用系統） ● 高雄機場自主制定用水效率管理計畫，導入 ISO 46001 用水效率管理認證 ● 金門機場自主設置中水回收系統，減少自來水依賴 ● 松山機場自主導入自動化水質監測
噪音管理	<ul style="list-style-type: none"> ● 各機場依法滾動檢討並逐步擴大噪音防制區範圍 ● 各機場依「機場周圍地區航空噪音防制辦法」實施噪音監測，並設置固定監測站持續觀測飛航噪音等級 ● 各機場依「國營航空站噪音補償金分配及使用辦法」協助受影響社區改善居住環境(隔音窗、冷氣補助等)
空氣品質管理	<ul style="list-style-type: none"> ● 高雄機場/松山機場自主推動空橋與橋氣/橋電汰換工程，取代飛機輔助動力系統（APU）使用，以降低碳排放與氣體污染 ● 高雄機場自主推動公務車輛電動化，預計 2030 年達 30% ● 松山機場配合市政府自主推動低硫燃料使用，減少粒狀污染物排放。 ● 高雄機場自主建置綠化與植生牆設施，改善航廈室內外空氣品質並提升環境舒適度 ● 各機場依法定期進行空氣品質監測，掌握 PM2.5、NOx 等主要污染指標，松山、臺中、高雄、嘉義、澎湖、花蓮、臺東共 7 座機場已取得室內空氣品質優良級標章，金門機場取得良好級標章。
廢棄物管理	<ul style="list-style-type: none"> ● 各機場依環境部相關法規規範，執行廢棄物分類、回收及減量措施 ● 各機場依法委託具合法資格之清運業者辦理廢棄物清除、運輸及最終處理作業 ● 各機場依法建立機場內部廢棄物追蹤及稽核制度，強化源頭分類與再利用率 ● 各機場依法推動減塑與一次性用品減量政策 ● 各機場依法定期盤查各單位廢棄物流向

第八章 綜合評估及可納入要項

本章將就趨勢蒐整及現況盤點之結果，以及利害關係人與學者專家意見，綜合檢視後續我國機場環境永續政策綱領與推動指引應評估之相關課題，諸如政策範疇、權責分工、推動模式...等，以作為下年期工作之參考。

8.1 國內外趨勢與現況綜合評估

綜觀近年國際航空界永續發展趨勢，無論是國際組織或各國政府，皆積極將機場轉型為引領低碳與韌性發展的關鍵場域。從全球視角來看，機場永續策略已從單一節能減排擴展至整體環境治理與跨部門協作，其核心包括：強化氣候韌性、推動淨零碳排轉型、發展再生能源、導入智慧管理系統、汰換石化能源車輛、導入循環經濟概念，並整合 ESG 治理架構與利害關係人參與機制。

在國際組織方面，ICAO、IATA、ACI 等機構分別從氣候風險評估、營運準則、碳認證制度、永續機場發展框架等層面，建構出具一致性的政策指導文件，協助機場建立可衡量、可追蹤的永續發展路徑。

從先進國家來看，歐洲國家如荷蘭、英國與法國透過全國性淨零碳排策略與碳揭露要求、韌性防災準則、高效節能規章...等，引導機場投入更系統性的環境轉型，涵蓋再生能源、氫能、地面交通電動化與綠建築、韌性評估等措施。日本著重於機場設施的韌性與低碳建築技術，並導入創新能源與智慧化營運；美國則強化聯邦與州政府的分工治理，由聯邦與州政府分別就上位法規以及行動方針推動機場永續，並鼓勵地方機場因地制宜推動韌性規劃、碳排減量、資源再生等作為。新加坡聚焦於空間有限條件下的高效設計與防災韌性，展現對氣候衝擊的前瞻性佈局思維。雖然各國政策框架及推動方針各有不同，然國際案例顯示機場環境永續政策規劃並未因機場等級或規模不同而有差別待遇，換言之，先進國家係採一視同仁態度，研擬通用之機場永續發展框架，讓各級機場可視自身資源及環境條件評估並採用適宜之永續作為與發展路徑。

此外，從標竿機場實務與願景藍圖觀察，阿姆斯特丹史基浦、仁川、樟宜、成田與香港等主要樞紐機場，普遍已將永續發展視為核心營運戰略，並依據 ACA 等級逐步提升碳管理與調適能力。這些機場不僅在營運設施升級與能源系統轉型上有顯著進展，更強調與航空公司、政府與相關利害關係人之協作整合，共同打造機場永續環境。

在國內部分，目前我國機場在環境永續六大面向的作為，主要奠基於國內既有環境保護法規的遵循與機場營運單位(如機場公司)的自主推動。在噪音監測管理、空氣品質管理、水資源管理及廢棄物管理等環境議題上，機場已透過遵守「噪音管制法」、「空氣污染防治法」、「廢棄物清理法」等相關法規，建立例行性監測、防制與管理機制；在國際趨勢所特別著墨的兩大戰略核心—氣候變遷韌性以及能源與碳排管理方面，民航局刻正研議「臺灣航空減碳政策(State Action Plan, SAP)」，機場亦推動溫室氣體盤查、導入節能措施與再生能源建置，國家關鍵基礎設施安全防護亦已將氣候變遷調適納入考量。整體而言，目前民航局所屬航空站之綠色永續發展願景，係參考國際組織政策指引、國家上位政策、並就機場研訂發展方向三大核心並行推動。

就機場所扮演之國家與區域門戶角色，以及全球對環境永續作為之關注，機場永續發展已從以往的法規遵循邁向整合性治理與長期多元策略並進階段，除了需完整將各面向納入整體框架，並配合相關上位或跨部會政策訂定發展願景並推進藍圖。就機場永續發展之長遠願景來看，未來機場將不僅是運輸節點，更將成為串聯城市、環境與經濟的綠色韌性基礎設施，達成國家關鍵基礎設施之永續發展目標，並協助強化氣候應變能力，同時亦對國家之永續形象與政策宣示扮演舉足輕重角色。

為協助下年期制定機場環境永續綱領及推動指引，本章將本計畫蒐整與盤點之我國機場永續推動狀況及國際趨勢資料，依各關鍵課題整理說明如下。

1. 機場環境永續政策研訂狀況

(1) 國際趨勢：國際組織（如 ICAO、ACI）及先進國家（如歐盟、日本、韓國）已將機場環境永續（尤其是淨零碳排）提升融入國家或產業戰略層級計畫，如荷蘭「責任航向 2050-航空備忘錄 2020-2050」、日本「機場減碳推進計畫指引」與「機場技術基本計畫」。多數國際標竿機場已訂定長期淨零目標（多為 2050 年），並發布正式的永續發展策略或中長期計畫，且政策研訂強調結合利害關係人共同實現目標。針對各國家與標竿機場之環境永續階段性目標彙整如表 8-1 及表 8-2 所示。

表 8-1 各國環境永續階段性目標

組織 國家	項目	目標		
		2026-2030	2031-2040	2041-2050
歐盟	SAF 使用率	2%	6%	70%
	減碳(1990)	55%		氣候中和
	空氣汙染 (2005)	嬰兒猝死人數 減少 55%		
	噪音	受干擾人數 減少 30%		
荷蘭	SAF 使用率		14%	100%
	減碳	機場零排放		國內一般航空零排放
英國	SAF 使用率	10%		
	減碳		機場淨零排放	航空產業淨零排放

表 8-2 標竿機場環境永續階段性目標

名稱	項目	目標		
		2026-2030	2031-2040	2041-2050
荷蘭 史基浦機場	減碳	零排放機場		
	再生能源			正能源機場
	資源回收率		零廢棄物機場	循環機場
日本 成田機場	減碳(2015)	30%		淨零排放
	再生能源	20%		100%
	減塑	一次性塑膠 100%永續化		
韓國 仁川機場	減碳			碳中和
	再生能源	60%	100%	
	資源回收率	50%	70%	
	減塑	免稅店乙烯		

名稱	項目	目標		
		2026-2030	2031-2040	2041-2050
		緩衝材減少 50%		
新加坡 樟宜機場	減碳(2019)	20%		淨零排放
	再生能源			空側車輛 100%
	資源回收率		70%	
香港 國際機場	減碳(2018)		55%	淨零碳排
	再生能源		空側車輛 100%	
	資源回收率	25%		
桃園 國際機場	減碳(2019)	40%	70%	淨零排放
	再生能源	20%	30%	60%
	減塑		一次性用品 減量 70%	
	資源回收率		50%	
	水資源	每年旅客 節水量 2%		
	空氣品質	室內空氣品質 達「優良級」		




(2) 我國現況：目前主要遵循國家層級環境相關政策，依法行政自主管理，如能源與碳排放領域主要依循行政院 114 年 1 月公布之「台灣總體減碳行動計畫」，民航局亦正研議「臺灣航空減碳政策」，氣候變遷與調適則參照「國家氣候變遷調適行動計畫」，其它各領域分別遵照環境相關法規辦理，或由營運單位自主研訂發布(如桃園機場 ESG 報告)。

2. 機場環境永續政策範疇完整性

(1) 國際趨勢：政策範疇完整涵蓋環境永續各面向，包含氣候變遷與調適、能源與碳排放管理、水資源、噪音、空氣品質、廢棄物，建立全面之機場環境永續架構；部分國家亦將生物多樣性與非碳排放納入後續研析標的。此外，國際案例之機場環境永續政策提出中長期發展目標，以引導相關利害關係人規劃作為。

(2) 我國現況：現有各項法規可對應機場環境永續各面向，氣候調適與碳排放管理主要配合國家上位政策研提機場範疇策略，水資源、噪音、空品、廢棄物管理則以符合相關環保法規為主；我國與先進國家之機場環境永續政策成果對照整理如表 8-3 所示。

表 8-3 各國機場環境永續政策成果項目比較

環境課題	主要政策成果	我國	荷蘭	法國	英國	美國	日本	新加坡
 氣候變遷與調適	推動航空部門非CO ₂ 因子研究與政策整合		✓	✓	✓			
	制定機場氣候變遷調適之風險評估與行動計畫	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	建立氣候風險量化參數與設計指引				✓		✓	
 能源/碳排	訂定全國各機場減碳行動計畫執行流程						✓	
	推動機場碳管理與國際認證機制	✓	✓	✓	✓		✓	✓
	建立能源管理機制與節能措施	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	推動機場能源結構低碳轉型與再生能源應用政策	✓					✓	
	建立機場再生能源設施建置標準與研發體系	✓	✓	✓	✓		✓	✓
	推動機場儲能/微電網與區域能源韌性體系建置						✓	
 水資源	推動機場用水效率提升與節水管理制度化	✓	✓	✓	✓		✓	✓
	發展多元再生水利用與循環水資源系統	✓	✓	✓	✓		✓	✓
	污染防治與場域排水安全管理	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
 噪音	導入ICAO平衡作法機制		✓	✓	✓		✓	✓
	推動社區噪音防制與利害關係人溝通機制	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
 空氣品質	建構機場區域空氣品質監測與管制體系	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	推動機場地面支援設施減排作業	✓	✓	✓	✓		✓	✓
 廢棄物	建立機場零廢棄與循環經濟推動架構		✓	✓	✓			✓
	訂定綠色採購與供應鏈減廢管理機制	✓	✓	✓	✓		✓	✓

3. 相關政策權責與分工架構

- (1) 國際趨勢：機場環境永續政策由交通或航空主管機關考量機場環境永續研提包含各面向之完整架構(如日本、荷蘭模式)，或由民航主管機關與環境主管機關分別就不同環境永續面向研訂機場環境相關政策(如法國、英國、新加坡方式)。
- (2) 我國現況：目前機場環境永續政策以相關法規為主，因此航空與機場特定領域雖由民航局主管，然除碳排管理及氣候變遷調適外，其它機場環境相關政策規章主要由環境部門主導。

4. 機場環境永續政策架構及適用對象

- (1) 國際趨勢：先進國家傾向建立一致之國家層級機場環境永續政策，不因個別機場之規模或運量差異而設定不同政策要求，以確保整體民航運輸系統發展方向與國家目標一致。架構上由政策綱領提供長期發展願景及策略指引，搭配由機場營運單位自主決策之具體行動藍圖，以兼顧政策之一致性與實務操作之彈性。
- (2) 我國現況：現有環境相關法規亦提供一視同仁之法規遵循指引。

5. 機場環境永續資源投入與支持機制

(1) 國際趨勢：國際間已體認到機場環境永續作為，特別是能源與基礎設施投資，需要政府或外部資源支持，因此先進國家透過稅捐減免、財務補助、或永續發展基金等方式協助推動環境永續作為，彙整如表 8-4 所示。此外，相關措施之規劃與發展都需專業人才協助，因此國際案例亦提及人才發展與推廣環境永續觀念，均有助於機場落實環境永續。

表 8-4 各國機場環境永續政策財務相關措施彙整

面向	國家	類型			政策名稱	內容
		市場	費用	稅制		
整體	荷蘭			V (每人)	航空稅	向離境旅客徵收定額稅金，費率逐年調整，實踐污染者付費原則
	法國			V (每人)	公益稅	向離境旅客徵收，費率依艙等與目的地而異，部分稅收支持永續航空計畫
噪音	荷蘭		V (每班機)		差異化收費	對高噪音機型收取較高費用，包含夜間航班加成
	法國			V (每班機)	航機噪音稅	依機場地域性徵收，專款專用於補助周邊住宅噪音防制措施
	日本		V (每班機)		著陸費優惠	低噪音機型可享有國際線著陸費優惠
	我國		V (每班機)		噪音防制費	依航空器最大起飛重量及音量計收，用於噪音防制與回饋
能源與碳排放	歐盟	V (每噸)			排放交易體系	航空業納入碳排放總量管制與交易，航空公司需在交易市場購買排放權
	英國	V			SAF 營收保證機制	針對供油商建立 SAF 市場基金，市價低於履約價時給予補助，高於時退還價差
	新加坡		V		SAF 燃油附加費	向離境旅客徵收，費率依艙等與目的地而異，用於統一採購 SAF
	美國			V	SAF 稅收抵免	針對供油商提供 SAF 生產稅收抵免
	法國			V	優惠稅制	針對未達 SAF 混合標準之供油商罰款，達標則享稅率優惠

- (2) 我國現況：民航局航空站溫室氣體減量藍圖規劃推行再生能源、智慧能源管理系統、電動化設備等，另外，環境部及國家環境研究院網站可提供相關人才資訊。另一方面，根據利害關係人意見，機場環境永續相關人才資源仍有發展與強化空間。

6. 新興環境永續議題前瞻佈局與滾動檢討

- (1) 國際趨勢：由於環境永續課題、解決方案、相關法規機制...等仍持續發展，因此先進國家於政策納入階段性進程與分期目標，強調「滾動式檢討」，並配合未來技術發展與規章演進「前瞻佈局」，針對相關永續作為檢視可行性與影響。例如，日本在淨零目標下，強調核心技術（如氫能、SAF、智慧能源管理系統）之發展與應用；另外如生物多樣性、循環經濟...等，均是先進國家提及之政策關注項目。
- (2) 我國現況：現有之「氣候變遷調適」與「能源與碳排管理」相關政策由相關部會每 4 年為一期進行檢討，已將滾動檢討機制入法。

7. 新興環境永續議題與產業戰略整合

- (1) 國際趨勢：隨著環境永續之研究與規範發展，相關新興技術、營運與管理模式、財務或交易機制...等均持續推進發展，因此國際案例提及將機場環境永續發展視為國家產業契機，期能藉由政策引導整合使用端與供應端，如日本發展 SAF 與自主供應鏈，並規劃長期之出口能量，亦於機場場域試驗導入氫能地勤作業車輛；新加坡亦將 SAF 使用管理結合石化產業發展，建立區域之 SAF 生產樞紐。
- (2) 我國現況：我國機場環境永續規劃與措施主要依循各主管機關計畫與法規，機場營運單位依相關規範辦理，產業相關政策則主要由經濟部門主導。

8. 利害關係人溝通參與

- (1) 國際趨勢：國際標準機場普遍採用多層次、制度化的利害關係人溝通模式，包含參與對象涵蓋機場相關營運單位、地方社區、政府部門等，並提供透明資訊，定期發布 ESG 報告、建立永續數據公開平台，確保資訊對外透明化；另外，將利害關係人之協商機制制度化，如日本要求機場營運單位與利害關係人組成「環境協議會」協調環境永續事宜。
- (2) 我國現況：目前機場環境永續相關政策依循相關法規規範建立溝通機制，並辦理定期監測，同時確保資訊透明。

8.2 問卷訪談及座談成果綜整

機場作為航空產業營運之主要場域，其環境永續政策之擬定不僅深刻影響機場營運單位本身的管理策略，亦將對相關業者帶來營運與轉型之壓力。為確保政策的全面性與可行性，廣納來自產業第一線、主管機關及學研單位的多元意見，本計畫共辦理 5 場實體訪談、1 場專家學者座談會，並向 18 家相關業者發放線上問卷。期能全面且深入地盤點我國機場在環境永續推動上的具體現況、所面臨的共同挑戰，以及各單位的未來規劃與願景，作為後續政策綱領研擬之參考。

8.2.1 相關單位訪談摘要

為掌握機場營運管理單位於永續發展面向之政策方向、願景目標、推動成果與面臨挑戰，作為本計畫了解我國機場環境永續政策之重要依據，特拜訪民航局(方副局長)、民航局場站工程組與航站管理組，以及桃園機場公司與臺北航空站，就相關課題進行訪談，訪談內容摘要如下。

1. 民航局(方副局長)訪談重點

(1) 機場永續發展政策框架

我國航空永續發展以航空站設施、航空公司營運及航空管制作業三面向為核心，並依循 ICAO 與 ACI 之國際準則，配合行政院「2050 淨零排放路徑」及「臺灣總體減碳行動計畫」等政策推動。現階段重點包括地勤車輛電動化及政策執行機制強化，並以「永續、韌性、智慧化」為長期發展願景；同時依據「航空站溫室氣體減量藍圖」分級設定減碳目標，並於新建及擴建工程中落實「公共工程節能減碳」及「生態檢核注意事項」之規範，確保各級機場之永續推動一致性。

(2) 氣候變遷減緩與調適

氣候變遷調適推動係依據「氣候變遷因應法」與「國家氣候變遷調適行動計畫」辦理，並參考 ICAO 及 ACI 指引進行策略規劃，目前民航局已針對極端氣候風險（如降雨、強風、濃霧）進行辨識與情境模擬，並於排水、滯洪與維護設計中導入調適思維，後續將研議於機場規劃、設計與營運維護階段，系統性融入韌性要素，以提升設施抗災能力與長期營運穩定性。

(3) 再生能源與溫室氣體減量

依「航空站溫室氣體減量藍圖（第二版）」推動各級機場減碳作為，未來將重點發展 SAF 與其他低碳替代能源，以因應再生能源設置飽和之現況，惟 SAF 雖具高減碳潛力，但受限於成本、原料及產能等挑戰，民航局將持續追蹤國際市場與技術進展，研擬政策導入工具；另氫能、生質燃料等方案將配合國家能源政策滾動評估。此外，地面設備電動化亦為推動重點，現行已建立風險控管措施以應對消防安全疑慮，並持續強化相關規範與技術管理。

(4) 循環經濟與環境保護

民航局表示，目前機場廢棄物與環境管理係依「廢棄物清理法」及地方環保規範執行，未來將研議導入循環經濟概念，推動機場營運朝低碳化與高資源效率發展。在噪音與空污防制方面，已建置航空噪音監測系統並設置空品監測站，持續掌握燃油排放對區域空氣品質之影響。此外，各機場皆設有鳥類監測與生態維護機制，以降低鳥擊風險並兼顧生態保育與飛航安全。

(5) 法規配套與資源整合

民航局推動機場永續政策除依循環境部等主管機關法規外，亦參酌 ICAO 之 CORSIA 機制、ACI 之碳認證制度及永續機場指引，作為技術與制度參考，未來將持續強化國際標準接軌與國內政策誘因設計，鼓勵機場及航空公司積極投入永續建設與低碳營運，推動我國航空運輸體系朝綠色轉型與長期永續發展目標邁進。

2. 民航局場站工程組訪談重點

(1) 機場永續發展政策框架

依據「民用機場 2040 年整體規劃」中，以「創新永續經營」與「確保安全韌性」為核心，推動機場永續與智慧化發展。現階段政策包括導入 SAF 應用、落實綠建築及環保設計標章、強化航廈防洪與備援系統、完善緊急應變機制，以確保營運韌性與防災能力，同時積極推動智慧機場建設，主要機場朝智慧 3.0、水準提升至自動化與資訊化營運，其餘地區型機場達智慧 2.0，以因應少子化與人力短缺挑戰，並結合 AI 與物聯網技術，提升營運效率、能源管理及非航收入表現，建構兼具綠色環保、智慧經營與財務穩健的永續機場體系。

(2) 氣候變遷減緩與調適

現行工程規範仍以傳統安全與結構強度為主，未全面納入氣候變遷與環境韌性要求，惟部分機場已參考 ACI 風險管理機制，進行氣候風險辨識與耐候性評估。面對極端降雨頻率上升，桃園機場新航廈已採 200 年重現期防洪設計並設防洪閘門，同時檢討整體排洪系統以提升區域防災效能，而政策重點在於以「可改善即改善、不可改善則建立應變計畫」為原則，兼顧成本效益與投資合理性，確保資源運用有效，而韌性建設強調機場災後可回復性與服務不中斷能力，透過持續監測降雨紀錄與淹水案例，精進設計標準與應變程序。

此外，由於我國機場規模與型態多元，現階段以標準與指引提供參考，並借鏡新加坡樟宜、荷蘭史基浦及舊金山等標竿機場經驗作為設計參考。

(3) 政策與法規配套

目前機場設計與施工作業多依「建築技術規則」及公共工程相關規範辦理，然現行法制對於氣候韌性及永續相關要求，尚有進一步明確化與提升可操作性之空間，導致各機場在執行層面標準不一，影響政策整合與效率，而現階段以政策倡議與技術指引作為推動工具，鼓勵各機場參考 ICAO 及 ACI 準則進行自我評估與調整，但制度化激勵機制仍有待完善。

由於各機場規模與經營型態差異甚大，風險與財務能力不一，不易訂定全國性統一標準，後續需研擬具彈性之永續推動路徑及量化指標，以促進不同類型機場依自身條件循序轉型，提升整體民航系統之氣候韌性與永續發展成效。

3. 民航局航站管理組訪談重點

(1) 機場永續發展政策框架

目前民航局在機場減碳方面已制定「航空站溫室氣體減量藍圖」，擬定 5 大減碳策略及短中長期目標；環境保護方面則配合相關機關法規辦理（如噪音管制）。在氣候變遷減緩與調適方面，係配合環境部「國家氣候變遷調適行動計畫（112-115 年）」辦理，目前已完成風險辨識，後續待建立風險辨識計畫後再行評估是否加強風險預警作業。整體而言，我國機場相關政策擬定採穩健發展模式，傾向相關技術規範成熟後再導入機場營運作業，避免對營運產生衝擊。

(2) 氣候變遷減緩與調適

目前正推動「國內航空產業氣候調適及減緩計畫」，已完成相關單位訪談與設施盤點，以確保未來機場工程符合氣候變遷與調適需求。預計於 2025 年下旬，待國際機場協會（ACI）的風險辨識文件公告後，將要求各航空站擬定具體行動計畫，並預計於 2026 年完成我國機場氣候風險識別與強化計畫。在建築法規方面，儘管國內已有「氣候變遷因應法」及「淨零排放路徑」，惟內政部與公共工程委員會之建築法規目前未全面針對永續韌性議題進行考量及修正，因此機場工程推動主要仍依循國內既有上位政策。

(3) 再生能源與溫室氣體減量

關於減碳藍圖預計於 2025 年下旬進行檢討，制定更積極的減碳目標。依據 ACI 機場碳認證（ACA）標準，目前高雄機場已取得 Level 3 認證，並規劃於 2026 年申請 Level 4，未來將評估松山機場加入之可行性。太陽光電設置方面，經第二次整體盤點，各機場既有空間皆已裝設完畢，未來將配合新航廈整建計畫與環評承諾滾動檢討增設空間。地面設備電動化因受電動車火災事件影響，考量機坪飛安風險，目前暫不強制業者更換，以滿足實際需求設置充電樁為主，並考慮導入生質柴油（HVO）作為替代方案，惟須檢討油品

標準與效益。氫能應用因國內產業尚不成熟，暫無實際規劃，將視航空公司購置氫能飛機計畫滾動檢討。SAF 方面，配合國家政策與「SAF 工作平台」持續推動，目標為 2030 年國籍航空公司 SAF 使用量達到總航空燃油的 5%。

(4) 循環經濟與環境保護

航站管理組表示，機場廢棄物處理主要由環境部與地方政府管制，民航局並未制定相關政策。生態多樣性方面，民航局並未推動相關政策與措施，主要受各機場開發計畫之環境影響評估內容影響。

(5) 政策與法規配套

航站管理組說明，對於電動化設備的補助，原規劃制定強制使用比例並提供 6 年電費補助，然考量安全風險，目前尚需評估故暫不推動。關於 SAF 推動，國際間多由經濟部門扶植生產端、交通部門鼓勵使用端，且通常在供應穩定前提下才規範使用。目前全球 SAF 仍處初期，僅歐盟及英國於 2025 年起實施強制添加，ICAO 尚未強制。我國未來將透過「SAF 工作平台」持續推動，並關注國際發展與實施影響。

4. 桃園機場公司訪談重點

(1) 氣候變遷與調適

桃園機場主要以強化災害應變與基礎設施韌性為核心，依據 ISO 14090 架構定期盤點機場氣候風險，並針對風災、水災與地震等情境進行演練與滾動檢討，確保營運不中斷，現已建立防汛及防災措施，包括抽水機、防洪閘門及雷暴雨警示系統，並透過營運維持計畫與標準化程序確保災時可持續運作。此外，風險評估依據地方與中央災防資料，持續更新災害潛勢分析，惟因氣候條件變化快速，風險與情境模擬須定期修正，以維持機場調適策略之即時性與有效性。

(2) 能源使用與碳排放管理

目前主要依循國家 2050 淨零排放政策，訂定 2019 年為基準年，分階段推動碳減量與再生能源使用：2030 年減碳 40%、2035 年減碳 55%、2050 年達成淨零；再生能源占比目標分別為 2030 年 20%、2035 年 30%、2050 年 60%，能源管理部分以節能為核心策略，推動空側車輛電動化、航機使用 GPU/PCA 取代 APU、鼓勵使用 SAF 及提升合作夥伴之能源管理能力。惟永續投資門檻高，涉及地勤、空廚等多方利害關係人，若無明確誘因與資金支持，恐影響推動動能。現階段桃園機場已維持 ACA Level 4 認證，未來將持續依規稽核以確保符合標準，並持續參考新加坡、仁川及成田機場經驗，評估微電網及儲能系統導入之可行性。

(3) 水資源管理

桃園機場水資源管理以「每年總用水量減量 2%」為階段目標，並推動節水設備更新與水網系統改善，藉由掌握水流分布及高耗水區域用水情形，精準制訂改善策略。同時設有自有污水處理廠並進行設備汰換，以提升處理效率與再生水回收率，並推動冷凝水回收再利用，主要挑戰在於廠商與利害關係人對回收水使用意願不足及水質適配性問題；後續將透過契約規範與溝通機制鼓勵使用，並依不同應用情境調整回收水品質與監測內容，以擴大再利用範圍。

(4) 噪音監測管理

桃園機場噪音管理核心在於依法定期監測、申報及繪製等噪音線圖，並配合第三跑道開發，提前兩年進行模擬與監測站增設規劃，確保啟用前完成系統測試。現行透過噪音監測站長期監測航機噪音，資料提供地方政府作為回饋金依據；對民眾反映噪音問題時，機場公司配合環保局進行臨時監測及資料回饋，另與航空公司及主管機關協調推動航路優化、鼓勵使用低噪音機型，並依噪音監測結果排序航空公司作為時段分配參考。現行收費制度已採機型差異化原則，但由於噪音補償機制主導權在地方政府，機場公司僅負責代收代繳，如何在噪音防制與航班營運間取得平衡為主要挑戰。

(5) 空氣品質管理

桃園機場已取得「室內空氣品質自主管理標章—良好級」，並以 2030 年前達「優良級」為目標，逐步建置監測設備並改善通風與空調設施，室外部分則依法監測固定污染源（如焚化爐）及移動污染源（如地面車輛、施工揚塵），推動 GPU/PCA 取代 APU、汰換燃油車為電動車、禁止燃油拖車頭進入行李處理場並增設空調設備，以改善員工工作環境。整體而言，雖已針對各污染源採取管理措施，但未完整建立涵蓋全機場範圍的整體空氣品質監測系統，為後續強化重點。

(6) 廢棄物管理

機場公司以「2030 年整體回收率達 50%、一次性用品減量 70%」為目標，並與機場內利害關係人（如餐飲業者）合作推動減廢行動，要求不主動提供免洗餐具，並訂定年度減量里程碑。推動方式結合獎勵與強制機制，對績優單位提供表揚或納入契約規範以強化執行。主要挑戰在於目前未完整建立機場場預之統一減廢規範，而相關倡議由機場公司單獨推動時，於法制依據與推動正當性之制度支撐尚需完善，後續可由中央層級透過研訂上位政策，提供地方推行之政策依循，進一步促使各單位協同遵循與落實。

(7) 政策與發展願景

桃園機場公司認為，國內機場永續發展最亟需加強之處為建立跨部會上位指導政策，以統一目標與推動方向。目前多數作法主要仰賴各機場自行參考國際案例導入，中央層級之整合與資源挹注尚有進一步強化之空間，而永續推動瓶頸在於資金及空間限制，且須多方利害關係人協同配合。建議中央政府應提供明確政策誘因與補助機制，並在政策設計上保留「因地制宜」彈性，使各場站能依自身條件推動最適化之永續方案，促進整體航空系統協同邁向低碳與永續目標。

5. 民航局臺北航空站訪談重點

(1) 氣候變遷與調適

目前臺北航空站之永續與調適政策主要依循民航局及相關主管機關規範辦理，現行重點工作為年度災害應變計畫與演練，涵蓋水災、火災、風災、地震及電力災害等項目，並於近年納入「電動車火災搶救」演練，以因應電動車使用普及趨勢。

為提升防洪韌性，已設置水位偵測系統、自動警示與預防抽排水機制，並與臺北市政府工務局水利工程處建立聯防體系，預計於114年完成排水系統改善工程；同時推動航廈節能空調更新與電力系統改善，提升防災與能源效率，惟演練作業需配合航班時段、人力調度與場域限制，執行難度較高。

軍民合用部分，民航區與軍方區域分屬不同管理體系，平時就空側管理及救災支援協調合作，但尚無針對氣候調適議題之共同推動機制。

(2) 能源使用與碳排放管理

目前主要依循民航局「溫室氣體減量藍圖」推動減碳作業，自99年起持續辦理溫室氣體盤查及查證，並取得ISO 50001能源管理系統認證，近年推動重點包括照明及空調設備汰換為高效率節能設備、推廣航空公司使用橋電橋氣（GPU/PCA）、汰換公務車輛為電動車並增設充電樁等，惟推動過程中面臨人力不足、場域空間受限及設備汰換時程不易等挑戰；航空公司亦反映，電動化相關配套措施與市場供應條件仍有待完善，使空側作業車輛電動化推動受阻。再生能源設置部分，經評估場地受限及投資報酬偏低，目前暫未建置相關設備，將視未來技術發展再行評估導入可能性。

(3) 水資源管理

臺北航空站水源主要來自臺北市，並設有自來水塔可於停水時維持 1 至 2 日供應，未來規劃汰換老舊水塔並增加儲水量；現行於第三停車場設有回收水系統，回收水供廁所沖洗使用，並全面汰換節水設備以達年度節水目標，而站內污水系統接入臺北市公共污水管網，未設自有處理廠。

此外，為確保飲用水安全，已建置雲端監測系統即時檢測餘氯濃度，並定期送檢確認無大腸桿菌、退伍軍人菌等污染，其中主要挑戰為航廈老舊建物管線汰換困難，未來將視工程進度分階段改善。

(4) 噪音監測管理

現階段主要依循「噪音管制法」、「機場周圍地區航空噪音防制辦法」等法規辦理噪音監測，每季編製監測報告送地方環保機關，並作為土地使用規劃與補償金發放依據，並設置 15 處永久監測站，並依民眾陳情案件辦理臨時監測與新站增設。

此外亦持續鼓勵航空公司使用低噪音機型，但航班恢復後噪音擾民情形改善有限，未來將透過限制高噪音機型、調整起降時段及航道規劃等方式減輕影響，並參考美國舊金山機場及英國希斯洛機場作法，建議提升噪音資訊公開透明度，建立「安靜飛行」獎勵機制與獨立監督制度，以強化民眾溝通與噪音管理成效。

(5) 空氣品質管理

臺北航空站為全國首座取得「室內空氣品質自主管理優良級標章」之公共場所，並依「室內空氣品質管理法」定期監測及改善，委託第三方單位檢測以確保合規，室外部分因位於臺北市空氣品質維護管制區內，對車輛及設備排放均有嚴格管制，未來將持續辦理相關監測與改善作業，現階段挑戰為空調系統老舊，需逐步汰換空調箱及濾網，以維持航廈空氣品質與節能效益。

(6) 廢棄物管理

臺北航空站目前廢棄物處理方式主要由地勤公司收集後，送至資源回收處分類，再委託合格廠商清運至北投焚化爐處理，可回收物則由清潔廠商回收利用，若焚化爐維修，則依合約送至其他縣市協力處理。整體而言，目前廢棄物管理作業皆依上級機關規定執行，未完整引入國際標竿機場之減廢或資源化措施與目標。

(7) 政策與發展願景

對於「氣候變遷與調適」及「能源使用與碳排放管理」為當前最需強化的面向，因氣候異常對營運衝擊顯著，而能源消耗則為溫室氣體主要來源。

現行推動過程所面臨之挑戰，包含法規強制力有待提升、永續設施投資成本相對較高、綠電供應條件受限，以及專業人才培育與投入仍待強化等，建議中央層級建立跨部會協調平台，由民航局、能源署與環境部共同制定碳管理制度與獎補助機制，並建立專責單位推動機場永續發展，同時可參考日本「空港脫碳推進協議會」制度，導入協商與追蹤機制，促進民航與軍方及地方機關協同合作，使機場永續轉型能具備制度性支持與長期成效。

8.2.2 民航六業線上問卷成果摘要

本問卷旨在盤點我國機場永續環境發展的現況與規劃，蒐集民航業者、地勤業、空廚業及貨物集散站經營業(下稱貨運業)等單位，對於「氣候變遷與調適」、「能源使用與碳排放管理」、「水資源管理」、「噪音管理」、「空氣品質管理」及「廢棄物管理」等六大永續面向的現行政策、願景目標、推動成果以及所面臨的挑戰。

問卷以線上填答方式辦理，邀請航空運輸業、地勤業、空廚業、貨運業共 18 家業者，問卷訪談產業名單如圖 8.1 所示。

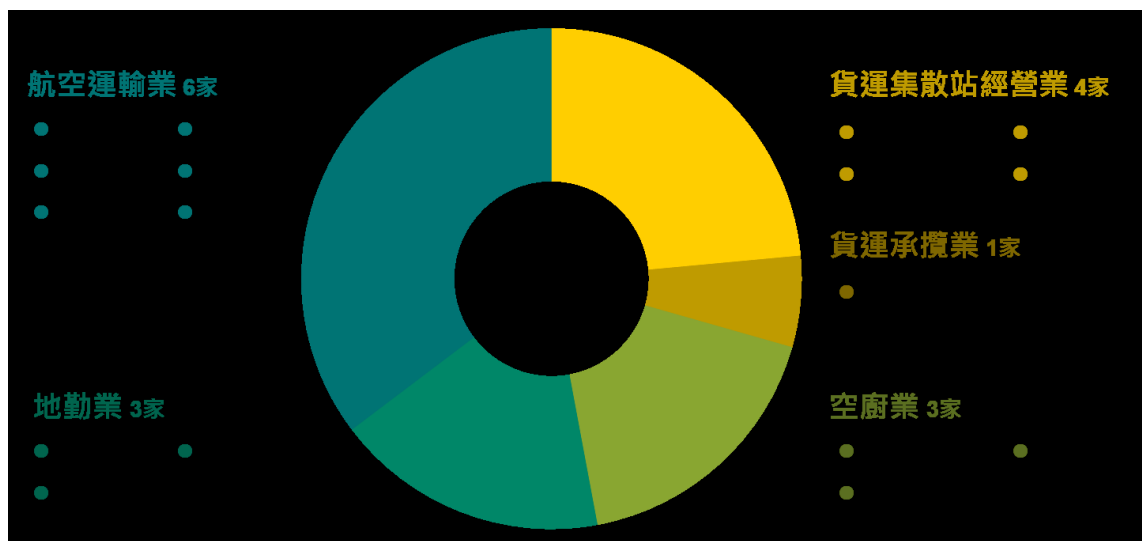


圖 8.1 民航六業線上問卷回覆名單

業者回覆意見內容摘要如表 8-5 所示。

表 8-5 民航六業業者線上問卷回覆摘要

領域	願景與目標	相關措施	挑戰與課題	參考建議
氣候變遷與調適	<ul style="list-style-type: none"> 多數業者提及「2050 淨零碳排」為長期願景（民航業）。 部分則依照母公司企業願景執行。 目標包含：ISO 環境管理系統導入（整體）、永續航空燃油添加目標（民航業）、地面作業因應（地勤/空廚/貨運業）。 	<ul style="list-style-type: none"> 辦理溫室氣體盤查、氣候風險評估（整體）。 推動載具電動化（整體）。 導入 TCFD 內容、橋氣橋電使用、航路精進（民航業）。 制定應變作業流程與調適計畫（地勤/空廚/貨運業）。 	<ul style="list-style-type: none"> 碳盤查增加人力成本、人員訓練需求（整體）。 電動車輛相關基礎設施完備性有進步空間（整體）。 永續航空燃油(SAF)價格高昂、基礎設施與供應鏈尚未成熟（民航業）。 極端氣候作業安全（地勤/空廚業）。 	<ul style="list-style-type: none"> 導入「多區域軌跡式操作(MR-TBO)」可整合機場端、航管單位及航空公司之航班軌跡規劃與即時運作資訊，強化空域與地面運作之協同調度，降低航班等待、繞飛及地面滑行時間，進而提升整體營運效率並減少燃油消耗與溫室氣體排放。 建議於環境影響評估及相關決策程序中，納入氣候調適面向，評估極端氣候事件(如強降雨、高溫、強風等)對航班運作穩定性、基礎設施韌性及營運連續性之潛在影響 評估導入無人自動化機具。
能源使用與碳排放管理	<ul style="list-style-type: none"> 部分民航業者已簽署「科學基礎減碳目標倡議(SBTi)」，訂定中長期減碳目標。 地勤/空廚/貨運業則以節電目標為主。 	<ul style="list-style-type: none"> 「機隊汰舊換新」為最關鍵措施（民航業）。 導入電動車機具（整體）。 嚴格管制 APU、使用橋氣橋電（民航業）。 設備汰換、提升運轉效率等設施節電措施（地勤/貨運業）。 	<ul style="list-style-type: none"> SAF 取得性與成本仍為最大瓶頸（民航業）。 機場橋氣橋電設備運轉穩定性，仍有進一步提升之空間（民航業）。 「重型機具」（如拖車）電動化技術成熟度較低（貨運業）。 電動車輛採購與維護成本高昂（地勤/空廚業）。 	<ul style="list-style-type: none"> 參考日本制定國內機場減碳認證、提供補助金等優惠。

領域	願景與目標	相關措施	挑戰與課題	參考建議
水資源管理	<ul style="list-style-type: none"> 少數業者針對自來水取水量訂定減量目標，或有節水願景。 其餘大部分未針對水資源管理訂定特定願景與目標。 	<ul style="list-style-type: none"> 設置「雨水回收系統」、導入「省水衛浴設施」、建置「廢水回收處理設施」。 	<ul style="list-style-type: none"> 多數業者沒有困難。 惟部分業者希望補助設備成本。期望機場整體廢水量處理量。 	<ul style="list-style-type: none"> 參考英國要求針對水資源等設定長期法定目標。
噪音監測管理	<ul style="list-style-type: none"> 民航業者以機隊符合民航噪音法規為目標。其餘業者則未訂定。 	<ul style="list-style-type: none"> 引進新型（低噪音）航機、實施離到場程序（民航業）。 依職安法規，改善人員安全防護設備（地勤/空廚業）。 	<ul style="list-style-type: none"> 多數業者沒有困難。惟部分表示引進成本高。起降程序優化協調需時。 	<ul style="list-style-type: none"> 無
空氣品質管理	<ul style="list-style-type: none"> 多數業者皆未訂定明確的空氣品質相關願景與目標。 	<ul style="list-style-type: none"> 採購低碳設備（電動化）。 定期監測固定/移動式污染源排放。 	<ul style="list-style-type: none"> 多數業者沒有困難。 	<ul style="list-style-type: none"> 無
廢棄物管理	<ul style="list-style-type: none"> 多數業者以廢棄物減量為目標。少數民航業者已訂定一次性塑膠使用與廢棄物減量之「量化目標」。 	<ul style="list-style-type: none"> 推動包裝減量、使用環保包材、減少一次性用品（民航業）。 實施資源回收，廢棄物委由清運廠商處理（地勤/空廚/貨運業）。 將食品加工汙泥再利為肥料（空廚業）。 	<ul style="list-style-type: none"> 「國際航廚外境餘」（檢廢棄物）法規處置尚與策尚（空廚業）。 替代用品較高（民航業）。 人力配置尚有空間，資源回收分類與存放空間仍待完善（民航/地勤業）。 	<ul style="list-style-type: none"> 建議建立機場之統一廢棄物處理中心，參考香港 O·PARK1（廚餘轉生物氣）之處理模式。

8.2.3 專家學者座談會討論摘要

本計畫於 114 年 10 月 29 日(星期三)下午 2 時 30 分於本所舉辦專家學者座談會，除邀請相關專家學者與會外，亦邀請產官學界代表參與，就我國機場環境永續發展之相關課題進行交流，會議活動照片如圖 8.2 所示，並針對討論議題與摘要進行說明，詳細內容說明如下。



圖 8.2 專家學者座談會活動照片

1. 國際值得參採案例

在國際組織之框架與標準方面，與會者提醒對於各環境永續面向對應機場之範疇應明確界定，例如參考 ICAO Doc 9889 機場空氣品質手冊說明機場空氣品質管理應在海拔 3,000 英尺以下範圍；碳排管理則應對應 ACI 之機場碳認證框架，並將 CORSIA 納入參考。此外，亦有民航業者提出，IATA 對於「生物多樣性」方面非法動植物禁運議題的日漸重視。

先進國家政策參考方面，與會者提出應綜整跨部會之資源，建立全面性的政策推動架構，如新加坡樟宜機場政策之推動背後有著整體國家，從民航主管機關至財務主管機關之支持、日本氫能政策則整合日本交通省、產業經濟省與環境省的資源挹注等。除了正面案例，亦應以反面案例為借鑒，如歐盟在推行永續轉型政策至 2025 年提出「永續簡化綜合套案」(EU Omnibus)試圖減輕已實施之環境永續政策為企業帶來之行政作業壓力。

在標竿機場推動措施方案，與會者提出案例包含樟宜機場第五航廈之生態保護、超低能耗、智慧建築管理與區域冷續系統等功能；菲律賓宿霧機場之強制使用橋氣橋電並與營運措施相互配套等。此外，與會者亦建議評估碳捕捉封存技術與創新建材，如加拿大之機場使用固碳混凝土做為鋪面、日本之光觸媒吸碳道路等，我國亦已研發類似固碳建材。

2. 政策研擬方向

在政策框架方面，與會者對於政策應如何建構達成共識，認為應制定「高層次願景」而非細部的統一規範。機場營運單位建議，政策綱領應專注於訂定「2050 年環境永續願景」，而短、中期目標則應保留彈性，由各機場依其特性自行訂定。同時，政策的定位應是「盤點、整合、補強」。與會者指出，噪音、廢棄物等面向皆已有專法管轄，無需另訂新法，本綱領的核心價值應在於「包裝整合」現有分散的措施，並補強「氣候變遷調適」等新興領域。在面對各機場的資源差異時，會議共識指向「統一的政策框架，差異化的執行路徑」。與會者

建議政策研擬「無須針對不同規模機場進行差異化」，但在實務執行上，應「採分階段、按個別機場特性辦理」，並參考各機場既有的主計畫，以保留因地制宜的彈性。

在政策範疇方面，考量永續政策的複雜性，與會者強調政策應以更高視野規劃，必須彙整「跨部會協作與需求」，建立國家級的推動架構，而非僅由交通部單獨推動。同時應制定我國機場環境永續政策的「制定準則」，並從「硬體面、軟體面、組織面、財務面、制度面」五大面向全面研析，以建立一個完整的政策體系。在此基礎上，與會者建議政策應強化執行的治理結構，並考量「IFRS S1、S2」之氣候風險揭露以及「TNFD」自然相關財務揭露的需求。

3. 優先發展項目

在優先發展項目方面，與會者提及「氣候變遷調適」與「能源及碳排放」為最優先關注之面向。推動計畫應考量措施的「可執行性」與「有效性」，並以「先利己而利他」的概念制定。如機場營運單位指出，機場之核心任務在於維持服務與飛航安全，推動氣候韌性則將是機場維持營運之考量，可帶來直接的營運效益。與會者表示，除推動氣候變遷調適措施，考量溫室氣體排放為全球氣候變遷之主要因素之一，亦應同步推動「能源與碳排放」相關措施降低溫室氣體排放，以呼應國際組織與國家政策目標。

4. 機場環境永續發展課題

在政策發展之課題方面，機場營運單位指出機場之碳排主要來自範疇3，僅有約1%來自範疇1與範疇2，故在政策研擬時必須納入航機管理措施。機場營運單位以維持服務與安全為核心，在永續課題上並未有充足的資源，故政策應在提供明確指引時的同時挹注對應的資源。

此外，亦有與會者建議措施之擬定應均衡客運與貨運之考量，並在機場開發時納入設施的「全生命週期碳管理」與營運的「數據揭露」，同時納入既有的相關計畫與環境影響評估措施，以避免重複作業，並促進產業間的合作。

8.2.4 問卷訪談與座談成果小結

綜整本節各單位訪談、線上問卷與專家學者座談會討論事項之內容，可了解我國航空產業各利害關係單位已對環境永續議題之推動具一定認識與基礎，以下綜合整理相關意見。

1. 政策框架與推動現況

- (1) 相關單位訪談：受訪單位指出我國航空永續發展目前主要依循國際民航組織（ICAO）與國際機場協會（ACI）之準則，並配合行政院「2050 淨零排放路徑」及「臺灣總體減碳行動計畫」等政策推動。民航局已制定「航空站溫室氣體減量藍圖」分級設定減碳目標，並以「永續、韌性、智慧化」為長期願景。
- (2) 民航六業線上問卷：填答業者提出之願景多以「2050 年淨零碳排」為主，並較少有其他領域之明確目標，推動現況亦以減少碳排相關措施為主，包含地面勤務機具電動化、機隊更新、SAF 使用等。
- (3) 整體而言國內上位政策已具一定架構，並提出發展願景，然相關產業除 2050 年淨零碳排之目標外，於其他環境永續領域較少有明確目標。

2. 推動挑戰與資源需求

- (1) 相關單位訪談：受訪單位提出其所面臨之挑戰主要來自技術與資源層面，前者包含永續航空燃油生產與地勤電動車輛之容量限制與安全考量，後者則是相關基礎設施布建與計畫推動所需之資金與人力投入。
- (2) 民航六業線上問卷：相關業者所提出之挑戰主要來自對於永續航空燃油之供應鏈與容量、新型設備導入之成本與技術成熟度疑慮，以及現有人力資源投入限制。
- (3) 整體而言可見新設備導入之成本與技術成熟度考量、以及相關人力資源之投入為主要挑戰。

3. 優先發展面向

專家學者座談會：與會者具有高度共識建議應優先推動「氣候變遷調適」與「能源及碳排放」兩大面向。推動計畫應考量措施的「可執行性」與「有效性」，並以「先利己而利他」的概念制定。

4. 未來政策研擬方向與治理模式

- (1) 相關單位訪談：受訪單位建議中央政府應提供明確政策誘因，並應考量各機場規模與經營模式差異，在政策設計上保留「因地制宜」彈性，使各場站能依自身條件推動最適化之永續方案。
- (2) 民航六業線上問卷：相關業者所提出之建議主要以特定措施之推動為主，包含：導入無人化機具、提供減碳措施相關補助與實施機場統一廢棄物處理等。
- (3) 專家學者座談會：與會者建議政策綱領應以上位願景制定為主，並在確保可行性的前提下提出彈性推動措施。同時，應「盤點、整合、補強」既有政策，除「包裝整合」現有分散措施，並補強「氣候變遷調適」等新興領域。
- (4) 整體而言相關單位訪談與專家學者座談會具有同樣結論，即環境永續政策之設計應因應機場規模與資源之不同保留彈性，並延續國家上位政策。此外，在民航六業線上問卷結果中可發現除航空運輸業者外，其他相關業者對於各環境永續領域範疇與可推動措施之了解仍有可強化之處，故在政策之溝通上可加強對產業之資訊宣導，以推廣環境永續概念並凝聚共識。

8.3 下年期可參採納入之要項

根據前述之國內外現況綜合整理、以及利害關係人與學者專家意見，以下歸納下年期研究可參採納入要項彙整如表 8-6 所示，作為後續工作規劃與執行之參考。

表 8-6 下年期研究可參採項目

	議題	國際趨勢	國內現況	後續工作
1	機場環境永續政策之研訂	<ul style="list-style-type: none"> 國際組織（如 ICAO、ACI）及先進國家（如歐盟、日本、韓國）已就機場環境永續政策進行研訂，並提升至國家或產業戰略層級。 案例先進國家於機場環境永續政策提出發展願景、定位、與目標，並依各環境永續面向屬性提出階段性目標。 	<ul style="list-style-type: none"> 目前多以符合既有環保法規或機場公司自主發布的 ESG 報告為主。 機場單位根據相關法規以法行政，並採自主管理。 	<ul style="list-style-type: none"> 參考國際趨勢，延續我國相關法規，建立系統化機場環境永續政策綱領及推動指引。 根據永續作為現況，研析政策發展願景、定位、以及目標。
2	機場環境永續政策涵蓋範疇	<ul style="list-style-type: none"> 相關政策範疇完整，並以「氣候變遷與調適」和「能源使用與碳排放管理」為目前關注核心。 氣候變遷與調適：強調設施韌性與極端氣候應對。 能源與碳排：積極推動再生能源、作業設施電動化、導入 SAF 的政策框架，作業優化等方式提升效能。 其它面向：水資源、噪音、空品、廢棄物管理等均有納入。 將生物多樣性、非碳排放等新興課題納入評估。 	<ul style="list-style-type: none"> 以既有環保法規為主，大致涵蓋機場環境永續各面向。 民航局已將減碳工作法制化，並訂定航空站溫室氣體減量藍圖。 	<ul style="list-style-type: none"> 參考國際組織與先進國家，完整納入機場環境永續之各主要面向：氣候變遷與調適、能源與碳排放管理、水資源管理、噪音監測管理、空氣品質管理、廢棄物管理。 篩選各面向優先發展項目。 除既有環境永續課題外，可評估生物多樣性等新興課題於我國機場環境永續之相關性及適用程度。
3	政策統籌與分工模式	<ul style="list-style-type: none"> 日本、荷蘭係由交通或航空主管機關考量機場環境永續完整各面向，研訂環境永續政策。 法國、英國、新加坡則由民航主管機關與環境主管機關分別就不同環境永續面向研訂政策。 共同特色為國家主管機關（如 FAA、日本國交省）負責法規制定、資源協調；機場負責實際執行、投資與績效報告。 跨部會協調：在淨零與 SAF 等議題上，交通/航空部門與能源、環境、經濟等部門建立協調機制。 	<ul style="list-style-type: none"> 機場環境永續面向多依循一般環境課題管理，由環境部或地方政府權責執行監理。 民航局已研訂航空減碳策略 	<ul style="list-style-type: none"> 確立政策權責單位與分工模式。 以機場環境永續為主軸，考量跨部會課題之協調。 執行績效評估機制：探討機場永續績效評估機制，以利於追蹤與改進。
4	各級機場分級分類適用	<ul style="list-style-type: none"> 先進國家傾向於對國內所有民用機場實施一體適用永續政策架構，以確保整體航空系統永續發展方向與國家目標一致。 個別機場可依自身資源與條件研訂永續發展目標。 	<ul style="list-style-type: none"> 現有環境相關法規提供各機場一視同仁之法規遵循指引。 	<ul style="list-style-type: none"> 確認機場環境永續政策是否將機場規模納為政策之影響因子。 可研訂一致性之政策綱領，搭配彈性化之推動指引，並界定適用範疇與對象。

	議題	國際趨勢	國內現況	後續工作
5	資源挹注機制	<ul style="list-style-type: none"> 國際間已體認到機場環境永續作為，特別是能源與基礎設施投資，需要政府或外部資源支持。 先進國家透過稅捐減免、財務補助、或永續發展基金等方式協助推動環境永續作為。 人才發展與環境永續觀念之推廣均有助於機場落實環境永續。 	<ul style="list-style-type: none"> 民航局航空站溫室氣體減量藍圖規劃推行再生能源、智慧能源管理系統、電動化設備等。 環境部及國家環境研究院網站可提供相關人才資訊。 根據利害關係人意見，機場環境永續相關人才資源仍有發展與強化空間。 	<ul style="list-style-type: none"> 檢視資源協助機制是否納入後續政策。 根據政策綱領研提配套之推動指引。
6	新興議題與前瞻佈局檢討	<ul style="list-style-type: none"> 國際標竿機場已將永續發展納入長期策略，強調「滾動式檢討」與「前瞻佈局」，並與國家產業發展連結。 生物多樣性、循環經濟、及新操作技術對環境的影響，均成為持續關注的新興議題，ACI等組織亦要求機場定期檢討其永續目標與路徑。 生物多樣性、循環經濟（如污廢水再利用、廢棄物資源化）等新興議題涉及相關法規與規範之研定，需及早佈局以符合國際發展趨勢。 	<ul style="list-style-type: none"> 現有「氣候變遷調適」與「能源與碳排管理」相關政策由相關部會每4年為一期進行檢討，已將滾動檢討機制入法。 	<ul style="list-style-type: none"> 延續現有機制，將滾動式修訂機制納入政策綱領，確保政策與國際趨勢同步，並反映實際執行狀況。 建立機制以檢視新興議題對我國機場環境永續作為與法規等配套之影響。
7	新興環境永續與產業戰略整合	<ul style="list-style-type: none"> 國際上將機場永續發展視為國家產業競爭力的一環，可整合相關產業爭取國際永續商機，並利於航空業者取得相關永續認證。 帶動綠色科技產業：永續作為提升再生能源、電動化裝備、智慧能源管理等技術的市場需求。 鞏固航空樞紐地位：供應 SAF、提供綠色航空服務是吸引航空公司與貨運航線的關鍵因素，直接影響樞紐競爭力。 循環經濟帶動資源產業：促進廢棄物與水資源的再利用產業化。 	<ul style="list-style-type: none"> 我國機場環境永續規劃與措施主要依循各主管機關計畫與法規，機場營運單位依相關規範辦理，產業相關政策則主要由經濟部門主導。 	<ul style="list-style-type: none"> 於政策綱領檢視關聯產業參與之政策配套，以強化利害關係人之參與，共同推廣環境永續作為。
8	利害關係人溝通參與	<ul style="list-style-type: none"> 國際標竿機場普遍採用多層次、制度化的利害關係人溝通模式。 廣泛參與：涵蓋機場相關營運單位、地方社區、政府部門等。 資訊透明：定期發布 ESG 報告、建立永續數據公開平台，確保資訊對外透明化。 正式協商：針對噪音、空品等敏感議題，設置正式的協商會議或委員會，尋求共識，例如對限制夜間航班或收費機制的討論。 	<ul style="list-style-type: none"> 利害關係人溝通方面，主要依循相關法規規範建立溝通機制並辦理定期監測。 	<ul style="list-style-type: none"> 研議在政策綱領與推動指引納入利害關係人之參與機制。

第九章 結論與建議

「我國機場環境永續發展研究」為 2 年期(114-115 年)延續性計畫，本計畫為第一年期，工作重點為蒐整機場環境永續發展之國際發展趨勢及盤點我國推動現況，以瞭解國際發展趨勢，掌握國際標竿機場及先進國家推動各級機場環境永續發展政策與機制，提升我國民航機場在環境永續發展之研究能量，做為第 2 年期研訂我國機場環境永續政策綱領與推動指引之依據。

配合前述工作目標，本計畫檢視 IACO、ACI、IATA 等國際組織在綠色環保及環境韌性構面之管理機制、目標、策略或建議，針對歐美日等先進國家之推動政策、現況與未來規劃進行了解，亦整理荷蘭、新加坡等國際標竿機場之推動政策與成果；另一方面，蒐整我國淨零排放、綠運輸、氣候變遷、國家關鍵基礎設施安全防護相關計畫或規定，檢視民航局、機場公司之相關政策與執行成果，並輔以相關利害關係人意見收集與訪談，以及產官學界專家座談，以釐清我國機場環境永續發展之優先要項、政策綱領研訂方向、推動指引框架等關鍵議題，凝聚共識並聚焦於策略層級之初步構想，為後續研訂政策綱領與推動指引、建立機場環境永續發展評估機制奠定良好基礎。本計畫之研究結論與及建議綜整如下。

9.1 結論

1. 國際淨零目標驅動機場核心戰略由法規遵循導向，升級為競爭力導向

國際航空運輸協會 (IATA)、國際民航組織 (ICAO) 和國際機場協會 (ACI) 等組織已制定明確長期淨零目標 (Net Zero by 2050)。先進國家如歐盟、英國、日本，以及國際標竿機場如荷蘭史基浦、韓國仁川機場等，均已將環境永續納入中長期總體發展計畫。標竿機場除符合環境相關法規標準，更積極設定環境永續階段性目標，亦透過 ACI 機場碳認證 (ACA) 機制推動減碳作為。整體而言，各國機場環境永續政策規劃以及相關推動作為，顯示持續完善機場環境永續政策範疇

與目標，並將環境永續發展由傳統環保法規遵循，提升為驅動機場轉型與強化國際競爭力之關鍵戰略主軸。

2. 機場環境永續聚焦氣候調適與能源碳排管理，形成雙軌發展核心架構

機場環境永續涵蓋氣候變遷與調適、能源與碳排放管理、水資源、噪音、空氣品質及廢棄物管理等六大面向。然國際趨勢顯示，政策重心已由傳統環境管理領域，轉向以氣候調適與能源減碳為核心之雙軌策略：前者強化機場面對極端氣候之基礎設施韌性，後者則以淨零排放為目標，推動再生能源、能源效率、空側設備電動化（e-GSE）及永續航空燃油（SAF）等關鍵措施。我國雖已於傳統環境管理領域建立基礎，並推動氣候調適與航空減碳相關政策（如建立「國家氣候變遷調適行動計畫」、研議「臺灣航空減碳政策（State Action Plan, SAP）」等），惟未來仍需加速將新興議題系統性納入機場營運與發展決策。

3. 中央整合治理架構為確保機場永續政策一致與落實之關鍵

各國機場環境永續政策之權責配置，依其政府體制與航空管理架構而異，例如美國由聯邦航空總署（FAA）主導，日本與荷蘭則由交通或航空主管機關統籌規劃。儘管制度不同，中央主管機關皆扮演著制定國家級永續政策框架、目標和指導原則的關鍵角色。未來應持續強化機場環境永續發展整合，包含政策目標設定、跨部門協調及執行監督，以確保機場發展方向與國家淨零目標一致，並提升政策落實效能。

4. 機場環境永續政策宜採「統一框架＋分級彈性」治理模式提升可行性

根據先進國家案例，機場環境永續政策主要採所有民用機場一體適用模式，其主要精神為建立一套所有機場都需遵循的共通框架、最低標準（例如減碳指引、環保管理規範）、或是推動指引，以確保航空業之設施與運作符合國家整體環境發展目標。另一方面，各國亦提供各機場研擬環境永續行動藍圖之彈性，使各機場可依其環境條件、永續課題、資源狀況擬定具體行動方案，以利有效執行。

另一方面，我國機場體系中，有國際樞紐機場（如桃園機場），也有規模相對較小的國內或區域性機場。這些機場在運量、設施複雜度、財務資源與人力配置上有極大差異。因此，政策綱領在要求機場推動永續時，不宜採齊頭式標準，而應提供彈性化的「藍圖規劃」或「分級分類」指引，讓不同規模機場能根據其自身條件，設定務實且具可執行性的永續目標與執行策略。

5. 機場環境永續轉型需結合財務誘因與專業人才培育，以強化推動動能

國際經驗顯示，財務與人力資源為推動機場永續轉型之兩大關鍵支柱。機場環境永續措施，特別是能源轉型與基礎設施改善，具高度資本密集特性，需仰賴政府與外部資源支持。因此，先進國家多透過補助、稅賦優惠及永續基金等財務工具促進推動。同時，永續發展涉及跨領域專業，亦需強化專業人才培育與知識推廣，以提升機場單位規劃與執行能力。

6. 機場環境永續政策宜採滾動式管理，並結合新興議題與產業發展契機

鑑於環境永續議題、技術與法規持續演進，先進國家多採分階段目標與滾動檢討機制，以確保政策具彈性與前瞻性，並可因應技術成熟度與產業變化調整推動策略。此外，生物多樣性、循環經濟等新興議題亦逐步納入政策範疇。同時，機場永續發展亦被視為帶動綠色產業與技術應用之契機，透過政策引導整合供需兩端，有助於促進相關產業鏈發展並創造經濟附加價值。

7. 強化利害關係人參與及資訊透明為落實機場永續治理重要基礎

為強化機場管理單位與民航產業利害關係人對於機場環境永續之參與，國際標竿機場普遍建立多層次且制度化之利害關係人溝通機制，涵蓋機場營運單位、地方社區及政府部門等多元主體，並透過定期發布 ESG 報告及建置永續數據揭露平台，提升資訊透明度與可近性。此類作法不僅有助於強化政策溝通與社會信任基礎，亦能促進決策共識形成與推動效率，顯示利害關係人參與及資訊公開已成為落實機場環境永續治理之關鍵支柱。

9.2 建議

依本計畫蒐整之國內外相關資料及產官學界意見，茲就我國機場環境永續之推動及下年期可參採納入之要項提出以下建議。

1. 政策綱領宜涵蓋機場環境永續六大面向，並落實淨零路徑

根據前述之國際趨勢，我國機場環境永續政策綱領應參考 ICAO 等單位做法，以「永續韌性 (Sustainability & Resilience)」為最高指導原則，完整納入氣候變遷與調適、能源與碳排放管理、水資源管理、噪音監測管理、空氣品質管理、廢棄物管理六大面向，確保各機場在各議題上不致顧此失彼；另一方面，配合先進國家之關注課題，應就氣候變遷調適 (韌性) 與淨零排放 (綠色環保) 設定我國機場體系的淨零碳排放階段性目標，同時要求各機場依政策綱領研析具體減碳路徑，涵蓋能源轉型、設施優化及空側運具電動化等關鍵領域，以確保「減緩」與「調適」雙軌並進，提升政策落實成效與長期韌性發展能力。

2. 建立明確政策統籌機制及強化分工執行，以確保機場永續政策有效落實與國際接軌

參考國際案例，建議於下年期發展階段確立機場環境永續政策之統籌研擬單位，負責整合機場環境發展願景、政策目標及既有環境法規體系，以建構具一致性與系統性之政策架構，並促進我國與國際標準接軌。在執行層面，則應考量我國政府組織分工架構，維持既有環境法規由各主管機關依權責推動之模式，以兼顧制度穩定性與執行效率。同時，機場營運單位 (如機場公司及各航空站) 做為政策落實之核心主體，依循上位政策綱領，將環境永續目標納入機場主計畫及綱要計畫中，並進一步研擬具體之永續藍圖與行動方案，以強化由政策到執行之銜接，確保機場永續轉型具體落地執行。

3. 建立「政策綱領+行動藍圖」雙層架構，以兼顧一致性、分級治理與執行可行性

機場環境永續推動應採取上位政策綱領結合行動藍圖之雙層治理架構，由中央或上位主導單位擬訂完整且一致之機場環境永續政策綱領，確立國家層級目標與共通遵循原則；同時，由各機場營運單位據以研擬具體之環境永續行動藍圖，做為落實政策之執行工具，以確保政策目標能有效轉化為實際作為。

此一制度設計有助於使我國機場環境永續發展與國家整體政策方向一致，並提供各機場明確且一致之行動依循基準。另一方面，考量各機場在營運規模、環境條件與資源配置上存在差異，應導入分級分類與彈性調適機制，使不同層級機場得以依其能力與特性務實規劃行動方案。透過此分層治理模式，既可維持政策一致性與整體性，又能提升各機場之可執行性與資源使用效率，避免齊頭式推動所造成之執行落差，進而達成整體投資效益最大化與永續發展成效最佳化。

4. 建立多元化財政與技術協助配套機制，降低永續轉型障礙並加速落實推動

後續應系統性評估機場環境永續推動之資源協助模式，依據利害關係人實際需求與推動瓶頸，全面檢視並研議多元支持工具與制度配套措施，包括永續附加費用之徵收機制、相關投資建設之預算編列與財務支持架構、機場環境永續理念之推廣與教育訓練機制，以及現行法規對永續措施導入之限制與調適空間等面向。透過整合財務資源、制度工具與政策誘因，可有效降低機場導入環境永續措施之制度性與經濟性障礙，提升推動可行性與接受度。同時，有助於加速我國機場及相關利害關係人之行動落實，強化整體航空系統之永續轉型效率與執行成效。

5. 建構前瞻性技術前瞻布局，以因應環境永續技術演進並強化機場轉型韌性

考量機場環境永續相關技術仍持續快速發展，後續政策綱領應納入長期技術演進與國際發展趨勢之整體評估架構，提供具前瞻性推動指引，以支撐機場永續轉型之穩健推動。具體而言，應建立系統性機制，定期盤點與評估新興技術發展方向及其對機場營運、基礎設施、

作業模式、法規要求及利害關係人之潛在影響，並納入政策調整與風險管理考量。同時，針對可能衍生之新興永續議題，應強化跨部門協調與情境推演能力，以確保我國機場及相關單位能及早因應技術變革所帶來之制度與營運挑戰，提升整體航空系統之適應力與長期韌性。

6. 導入價值鏈與市場化機制，以強化機場永續供應鏈與產業競爭力

參考國際案例，除前述技術發展與機場端配套因應措施外，政策綱領亦可進一步納入機場環境永續相關價值鏈設計，以引導產業依據技術演進發展創新應用與市場機會。透過市場化機制之導入，不僅可促進綠色技術與解決方案之商業化發展，亦能擴大機場永續供應鏈之參與層級，提升整體產業生態系之活力與韌性。此一模式除有助於機場單位有效因應永續挑戰外，亦可強化我國相關產業之國際競爭力，進一步形成永續需求驅動產業發展、產業創新回饋永續治理之正向循環機制。

7. 建立利害關係人前置參與機制，以提升政策務實性與推動共識

除透過獎勵機制鼓勵利害關係人投入機場環境永續作為外，政策設計亦應強化前端參與機制，於政策研擬與永續藍圖規劃階段即納入相關利害關係人共同參與。透過定期且制度化之溝通協作平台，使政策內容能同時兼顧上位戰略高度與實務執行可行性，並有助於及早辨識潛在推動瓶頸與營運限制，進而提出具體因應對策。此舉可有效提升政策共識基礎與執行協同性，降低後續推動阻力，並強化整體治理效能。

8. 建立 MRV 監測評估機制與滾動檢討制度，以確保政策動態調適與國際接軌

應建立定期之政策執行追蹤、監測與報告（Monitoring, Reporting and Verification, MRV）制度，由民航主管機關對各機場永續藍圖之執行情形進行系統性年度評估，以強化政策透明度與績效管理能力。同時，政策綱領應導入滾動式檢討與修訂機制，定期依據國際發展趨勢、技術進展及國家淨零路徑進行調整，以確保政策目標、技術標準與配

套法規（如環境管理規範及空側運具標準）持續與國際主流框架接軌。透過制度化動態治理機制，可維持政策之前瞻性、適應性與長期指導性，確保我國機場環境永續發展穩健推進。

參考文獻

1. ACI, “Sustainability Strategy for Airports Worldwide”, 2021.
2. 行政院環境保護署, 「淨零排放路徑 112-115 年綱要計畫」, 2023 年。
3. 行政院環境部, 「國家因應氣候變遷行動綱領」, 2023 年。
4. ACI, “ESG Reporting Framework and Guidance for Airports”, 2025.
5. IPCC, “IPCC Sixth Assessment Report“, 2021.
6. ICAO, “Airport Air Quality Manual”, 2020.
7. ICAO, “ICAO Environmental Report”, 2025.
8. 呂蕙美, 「亞太國際樞紐機場疫後環境永續發展趨勢探討」, 交通部運輸研究所, 2023 年。
9. 許書耕、胡智超, 「國際航空碳排管制發展初析」, 交通部運輸研究所, 2018 年。
10. 胡智超, 「我國推動永續航空燃料 SAF 發展課題與策略之探討」, 交通部運輸研究所, 2024 年。
11. 王柏琳, 「提升桃園國機場永續發展策略性方案評估之研究」, 國立臺灣海洋大學碩士論文, 2020 年。
12. 盧華安、劉祈心、王柏琳, 「桃園國際機場環境永續發展策略性方案評估之研究」, 運輸計劃季刊 54(1): 47, 2025 年。
13. 林逸群, 「臺灣桃園國際機場永續發展之研究」, 中華科技大學碩士論文, 2024 年。
14. 但昭璧, 「機場排放清冊建構模式之研析--以桃園國際機場為例」, 開南大學碩士論文, 2010 年。
15. 余燕慧, 「台灣桃園國際機場飛機起降噪音污染對居民的衝擊與調適」, 國立臺灣師範大學碩士論文, 2007 年。
16. 李忠遠、蕭為元、李仕勤、朱珮芸、曾佩如, 「海空運場站因應氣候變遷調適分析資訊之初探」, 交通部運輸研究所, 2020 年。
17. 吳清如、任雅婷、韋懿軒、劉士豪、曾佩如、朱珮芸、徐偉誌、李仕勤、蕭為元, 「運輸系統因應氣候變遷調適之研究」, 交通部運輸研究所, 2021 年。
18. 劉憶玟, 「TCFD 氣候實體風險評估與管理架構之建立：以機場公司為例」, 國立臺灣大學碩士論文, 2021 年。
19. 黃大榕, 「結合排水工程改善機場淹水之探討 - 以嘉義機場為例」, 高苑科技大學碩士論文, 2017 年。
20. 符玉梅, 「航機離到場及地面操作國際趨勢初探」, 交通部運輸研究所, 2018 年。
21. 張倍菁, 「機場導入智慧化節能減碳措施之需求及成效評估」, 國立高雄科技大學碩士論文, 2023 年。
22. ICAO, “Key Steps for Aviation Organisation Climate Change Risk Assessment and Adaptation Planning”, 2022.

23. ICAO, “Menu of Adaptation Options”, 2022.
24. APAC-MIDACI, “Tendering Guideline for Climate Resilience Planning”, 2022.
25. ACI, “Combatting Wildlife Trafficking Handbook”, 2021.
26. ICAO, “The Eco-Design of Airport Building”, 2019.
27. ACI, “Long-Term Carbon Goal Study for Airports”, 2021.
28. ACI, “Environmental, Social, and Governance Management Best Practice”, 2022.
29. ACI, “Airport Carbon Accreditation Offset Guidance Document”, 2023.
30. IATA, “Airport Environmental Sustainability”, 2022.
31. ICAO, “Water Management at Airports”, 2021.
32. ICAO, “Innovation and Technology in Airport Sustainability”, 2023.
33. ACI, “Sustainable Recovery Best Practice”, 2021.
34. ICAO, “Doc9829 Guidance On The Balanced Approach To Aircraft Noise Management”, 2008.
35. ICAO, “Doc 9184 Airport Planning Manual Part II- Land Use and Environmental Management v4”, 2018.
36. ICAO, “Doc 8168 Procedure for Air Navigation Services- Aircraft Operations v6”, 2018.
37. ACI, “Guidance on the Application of the ICAO Balanced Approach to Aircraft Noise Management”, 2024.
38. ACI, “Green Airports Recognition 2021 - Air Quality Management”, 2021.
39. IATA, “Cabin Waste Handbook”, 2019.
40. ICAO, “Addressing Single-use Plastics: An Overview for Aviation”, 2024.
41. ACI, “Green Airports Recognition 2023- Elimination of Single Use Plastic”, 2023.
42. IATA, “Refuel EU Aviation Handbook”, 2024.
43. EASA, “European Aviation Environmental Report”, 2025.
44. EEA, “Zero Pollution Monitoring and Outlook, 2025.
45. EASA, “European Plan for Aviation Safety 2025 edition14”, 2025.
46. IenW., “Verantwoord Vliegen Naar 2050: Luchtvaartnota 2020-2050”, 2020.
47. IenW., Kamerbrief bij beleidsaanpak niet-CO2-klimaat effecten luchtvaart”, 2023.
48. écologique Aménagement du territoire Transition Ministères, “Programmations pluriannuelles de l’énergie”, 2020.
49. écologique Aménagement du territoire Transition Ministères, “La stratégie nationale bas-carbone”, 2020.
50. durable ministère de l’Écologie et du Développement le, “Plan national d’adaptation au changement climatique”, 2025.
51. écologique Aménagement du territoire Transition Ministères, “Stratégie de développement des mobilités propres”, 2025.

52. CommunicationforDirectorate-General, “Plan National Integre Energie-Climat”,2024.
53. Authority Civil Aviation French, “Environmental Report”, 2024.
54. The Department for Transport UK, “Aviation 2050: The Future of UK Aviation” , 2018.
55. The Department for Transport UK, “Flightpath to the Future” , 2021.
56. TransportforDepartment, “Jet Zero Strategy” , 2022.
57. TransportationforDepartment, “Fir for a Changing Climate? Adapting the UK's Transport System” , 2024.
58. TransportationofDepartment, “Consultation Outcome Night flight restrictions: Heathrow, Gatwick and Stansted airports from October 2025” , 2024.
59. FAA, Analysis & Tools Development. 擷取自 https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/2022-03/508.20220323_1530_Grandi_Analysis_and_Tools_Development_v02.pdf, 2022.
60. 日本国土交通省, 「空港脱炭素化推進のための計画策定ガイドライン」, 2022年。
61. 日本国土交通省, 「エコエアポート・ガイドライン—空港環境編」, 2014年。
62. 日本国土交通省, https://www.mlit.go.jp/koku/15_bf_000310.html, 2025年。
63. 日本国土交通省, https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk9_000085.html?utm, 2025年。
64. 日本国土交通省, 「空港技術基本計画」, 2024年。
65. 新加坡民航局, “Singapore Sustainable Air Hub Blueprint”, 2024年。
66. SingaporeServiceMeteorological, “Singapore's Third National Climate Change Study”, 2024.
67. AgencyNational WaterSingapore's. (2024). Engagement on new Coastal Protection Legislation. 擷取自 <https://www.pub.gov.sg/Resources/News-Room/PressReleases/2024/03/Coastal-Protection-Legislation-and-Code-of-Practice>
68. PlanGreenSingapore. “Resilient Future”, 擷取自 <https://www.greenplan.gov.sg/key-focus-areas/resilient-future/> ,2025
69. Resourceof the Environment and WaterMinistry, Zero Waste Masterplan , 2019.
70. GroupSchipholRoyal, For a quieter, cleaner and better Schiphol”, 擷取自 <https://www.schiphol.nl/en/schiphol-group/for-a-quieter-cleaner-and-better-schiphol/>
71. Group Schiphol, “Sustaining Your World”, 2022.
72. 成田国際空港株式会社, 「統合報告書」, 2024年。
73. 成田国際空港株式会社, “Restart NRT” , 2022年。
74. 成田国際空港株式会社, “2025-2027年度 NAA グループ中期経営計画」,” 2025年。

75. 成田國際空港株式会社, 「成田國際空港 環境報告書 2022」, 2022 年。
76. 成田國際空港株式会社, “GREEN PORT REPORT,” 2025 年。
77. 成田空港株式会社, “Narita International Airport BCP,” 2024 年。
78. Airport Incheon, “Incheon Airport ESG Report”, 2024.
79. Corporation International Airport Incheon, “Green Report”, 2024.
80. GroupAirportChangi, “Annual Report 2023-2024”, 2024.
81. GroupAirportChangi, “CHANGI CARBON OFFSETS”, 擷取自
<https://carbonoffsets.changiairport.com/>
82. Authority Hong Kong Airport, “Sustainability Vision”. 擷取自
<https://www.hongkongairport.com/en/sustainability/overview/our-vision.page>.
83. Authority Hong Kong Airport, “Sustainability Report 2023-2024”, 2024.
84. 環境部, 「國家氣候變遷調適行動計畫(112-115 年)」, 2023 年。
85. 交通部, 「維生基礎設施領域氣候變遷調適行動方案(112-115 年)」, 2023 年。
86. 行政院國土安全辦公室, 「國家關鍵基礎設施安全防護指導綱領」, 2025 年。
87. 行政院, 「臺灣總體減碳行動計畫」, 2025 年。
88. 交通部, 「第三期運輸部門溫室氣體減量行動方案(草案)」, 2025 年。
89. 交通部, 「永續航空燃油(SAF)減碳旗艦行動計畫」, 2025 年。
90. 內政部、經濟部, 「第三期住商部門溫室氣體減量行動方案(草案)」, 2025 年。
91. 環境部, 「空氣污染防治方案(113 年至 116 年)」, 2023 年。
92. 環境部, 「空氣品質政策白皮書」, 2025 年。
93. 桃園市政府環境保護局, 「桃園國際機場空氣品質維護區及實施移動污染源管制措施, 2021 年。
94. 交通部, 「2020 年版運輸政策白皮書(套書)-總論及第七分冊」, 2019 年。
95. 民用航空局, 「臺灣地區民用機場 2040 年整體規劃」, 2021 年。
96. 桃園國際機場股份有限公司, 「臺灣桃園國際機場園區綱要計畫(第二版)」, 2020 年。
97. 桃園國際機場股份有限公司, 「2024 永續報告書」, 2025 年。
98. 桃園國際機場股份有限公司, 「臺灣桃園國際機場第三航站區建設計畫」, 2015 年。
99. 桃園國際機場股份有限公司, 「桃園機場第三航廈推動辦理情形」, 2015 年。
100. 民用航空局, 「航空站溫室氣體減量藍圖第 2 版」, 2023 年。

附錄一：專家學者座談會辦理紀錄

壹、會議資訊

- 時間：114年10月29日下午2時30分
- 地點：交通部運輸研究所10樓會議室
- 主持人：運輸工程與海空運組 賴威伸組長



圖附-3 專家學者座談會活動照片

貳、會議摘要

一、 民航局 方副局長志文

1. 肯定本計畫研究單位資料蒐整相當完備，內容包含國際組織、各國家與各機場之執行狀況。
2. 關於國際參採案例，研究單位指出現行國際制定政策主要分為兩類：由民航單位統一制定，或由各權責機關個別管轄。然就我國現況來看，實趨近後者，例如除「氣候變遷因應法」外，噪音、水資源、廢棄物管理皆由個別專法管轄；同時，在行政院層級，國發會、環境部、工程會對環境永續議題亦各有計畫執行。故若欲將環境永續六大面向整合於單一政策進行管理，將有一定難度。此外，檢視各部會現行計畫（包含：臺灣總體減碳行動計畫、國家氣候變遷調適行動計畫、公共工程節能減碳檢核、永續航空燃油旗艦計畫等），皆已大致涵蓋環境永續之主要面向，且側重於「氣候變遷調適」及「能源減碳」兩項，由此亦可見我國目前之政策方針。回歸我國機場範疇，目前所

執行之措施亦聚焦於前述兩項主要面向，其他 4 個面向則依循現有法規與制度執行

3. 在政策執行方面，考量各機場之規模與區位條件差異懸殊，其適用之氣候變遷因應與減碳措施亦各有不同。故建議在訂定政策綱要或指引時，雖不需進行各級機場之分類與差異化，但在實務執行上應採分階段、按個別機場特性辦理。
4. 在優先發展項目方面，承前所述，雖然「氣候變遷因應」屬較新推動之範疇，然我國機場不論是工程規劃設計或營運層面，均已在某種程度上將其納入考量，惟尚待包裝整合為一整體性之計畫方案。
5. 關於噪音管理，研究團隊提及我國缺乏 ICAO 平衡作法之規範。事實上，我國實務上已導入「營運限制」與「航空器噪音規範」等措施；另航管單位亦曾推動「環保航線」規劃（如航路避開人口稠密區）等具體作為，建議研究團隊可納入評估。

二、 國立陽明交通大學 馮教授正民

1. 關於本報告所提環境永續六大面向，建議可再評估納入下列 3 項：
 - (1) 生態保護：包含機場室內外之植栽與生態維護，可參考新加坡樟宜機場第五航廈將生態保護納入設計之案例。
 - (2) 交通與土地使用：包含機場聯外交通導入低碳運具及停車場綠化等作為，此皆可能改變機場微氣候。
 - (3) 智慧化管理與永續績效管理：在「智慧環境監測」方面，本計畫雖已提及空氣品質監測，惟此範疇亦可包含智慧電網、水管理與空氣汙染監測；另永續績效管理係指機場應訂定之環境永續關鍵績效指標（KPI）。
2. 在廢棄物方面，建議將「可降解餐具」與「環保包裝」一併納入考量。
3. 本計畫建議補足其他先進國家已立法，而我國尚未立法之環境永續政策，建議亦可檢視我國已立法，但仍有空間改善之相關政策。
4. 關於優先執行項目之議題，建議以氣候變遷調適、能源與碳排放為重。尤其氣候變遷調適方面牽涉強風、大雨、高溫、電力中斷等，屬於機場營運必要考量，故在「先利己而利他」的概念下，應優先辦理氣候變遷調適項目，包含：因應強風加強設

施建物結構、因應大雨強化場面與鋪面排水、因應高溫選擇耐熱材料、因應通訊中斷設置備援系統等。綜上所述，未來政策綱領建議應參考其他先進國家之措施，並納入「韌性管理系統」（即因應緊急狀況之營運恢復管理系統），並可分為「基礎建設調適」與「營運作業調適」二者。

5. 承上，本計畫側重客運之環境永續作為，對貨運相關措施著墨較少，建議亦應納入貨運物流之減碳與氣候調適作為。
6. 承前述，應以氣候變遷調適及能源與碳排放為重，至於本計畫環境永續其他四大面向，皆已有對應主管機關管轄，故此四大面向應以落實執行既有規範為主，無需另訂新規範。
7. 在先進國家與標竿機場案例方面，建議應明確納入值得參採之「具體作為」，以做為未來機關規劃之參考。例如新加坡樟宜機場第五航廈之「超低能耗建築」、「智慧建築管理」及「區域冷卻系統」設計等。
8. 承上，鑒於其他標竿機場多已訂定長期永續願景與中期目標，建議可在不與我國機場整體規劃或各機場主計畫整體發展願景衝突前提下，訂定我國機場（或各機場）之「永續發展願景」與中期目標，且中期目標之制定宜保留彈性。
9. 建議應制定我國機場環境永續政策之「制定準則」，並從五大面向研析（硬體面、軟體面、組織面、財務面、制度面），據以訂定短、中、長期之相關措施與對應之執行單位。短期措施應以「成本低、成效高」者為主，並呼應「先利己而利他」之原則。

三、桃園國際機場公司 但董事昭壁

1. 針對環境永續政策制定的優先考量項目，應注意下列事項：
 - (1) 環境永續政策應將「可執行」列為優先考量指標之一。
 - (2) 應明確定義「機場」範疇。以 ICAO Doc9889 為例，機場空氣品質之管理範圍界定為海拔 3,000 英尺以下；此外，範疇亦包含廢污水排放、聯外交通碳排等因素。
 - (3) 本計畫列出環境永續六大面向，惟考量各機場實際營運狀況，面面俱到實屬困難。延續前述 ICAO Doc9889 之案例，桃園機場已針對地面運具之減碳投入一定資源，惟根據桃園機場之碳排清冊，地面運具僅佔機場整體碳排放之 2.5%。呼應前馮教授所提，應將可「立竿見影」之措施作為優先辦理事項，並審慎評估是否應同步推動環境永續六大面向之事宜，或挑選其中二至三項「可立竿見影」、「可被實施」

之項目推動即可。

2. 本計畫報告提及「溫室氣體排放」、「碳排放」與「二氧化碳排放」，建議研究單位述明其中差異。
3. 桃園機場已發布永續報告書，相較之下，綱要計畫對永續課題著墨較少；考量永續報告書較為完整，或許不一定要將綱要計畫列為盤點標的。針對「機場減碳藍圖」之規劃，由於各機場特性不同，建議考量各機場是否易於實施，以利機場根據其優先推動項目以及各項措施之「可執行」性，妥適運用有限資源。
4. 最後，本計畫作為政策綱領之規劃研究，建議應回歸較高層次之觀點進行彙整，避免聚焦於細部措施與推動項目。

四、國立海洋大學 顏教授進儒

1. 在優先推動項目方面，呼應方副局長與馮教授之意見，本計畫提出機場環境永續六大面向，建議以「氣候變遷調適」與「能源與排放」為重。「氣候變遷調適」可謂「治標」之措施，而「能源與排放」則為「治本」之措施。此兩項互為相關，亦非由其他主管機關管轄，故在推動上有較大之發展空間。
2. 在溫室氣體與二氧化碳排放方面，建議應納入 ICAO CORSIA 相關文件之內容。此外，目標制定上，考量機場碳排分為範疇 1、範疇 2 與範疇 3，在訂定目標時應敘明減碳比例與其適用範疇，以利相關措施制定。
3. 在政策推動方面，參考本計畫彙整之其他先進國家與標竿機場案例，建議無須針對不同規模機場進行政策研擬之差異化。惟考量各機場營運特性之差異，在特定永續面向之推動可透過差異化措施推動達到互補效果，並保留政策推動目標之彈性。

4. 承上，本計畫已列出各環境永續面向之上位政策與平行政策，建議亦應列出各政策制定後所影響之執行單位與彼此利害關係。
5. 本計畫敘明幾項應監測之環境永續項目，惟各機場在工程推動計畫時已按環境影響評估要求進行定期監測，建議計畫團隊納入彙整，據以做為後續制定相關監測計畫之考量。

五、 航政司 林技正傳宗

1. 有關議題二：機場環境永續發展政策研擬方向部分，目前我國已提出民用機場整體規劃之上位系統規劃、主要機場整體規劃之主計畫，以及機場個案建設之建設計畫，考量各機場規模、資源不一，面臨環境永續課題亦不盡相同，又六大環境永續範疇(氣候變遷與調適、能源/碳排、水資源、噪音、空氣品質、廢棄物)含括面向龐雜，建議於政策研擬初期先參考既有機場規劃機制研議，俾符合發展需要。
2. 有關議題三：優先發展項目研討部分，考量在能源/碳排項目中，國際民航組織 ICAO 已制定減碳公約 CORSIA、IATA 承諾實現 2050 年航空淨零碳排放、ACI 提出機場碳認證等級，相關目標與推動路徑已逐步明確，又機場發展須與國際趨勢接軌，爰建議可優先發展能源/碳排項目。
3. 簡報 P.31 我國機場永續法規與現況盤點情形部分，建議可視需要納入環境部與國科會共同發布之「國家氣候變遷科學報告 2024：現象、衝擊與調適」及環境部發布之「氣候變遷風險評估作業準則」。
4. 簡報 P.32 氣候變遷與調適議題之相關法案部分，建議可視需要納入「空運次領域關鍵基礎設施安全防護計畫」。

六、 民航局 場站工程組 張專委自立

1. 民航局場站工程組之主要工作範疇為督導航空站之安全運作以及發展建設。對應本計畫盤點其他先進國家案例，我國於法規政策制定上，皆有對應之主管機關與上位政策；目前我國機場建設與計畫均符合相關法規（包含排水、建築安全與環境影響評估等）。
2. 承上，關於部分法規未詳細規範之項目，如綠建築等級等，將視各機場定位與相關成本效益進行評估。建議本計畫研擬政策綱領可彙整不同機場規模特性所對應之項目目標的，此有助於未來各機場進行定位與規劃之評估。

3. 在優先執行項目方面，如前所述，場站工程組主要工作範疇涉及項目牽涉氣候韌性、能源與碳排以及水資源管理三大面向。故建議可以此做為優先探討項目，研擬此三大面向在各機場應符合之等級、材料選取、設計強度、服務水準與維護成本等標準。
4. 場站工程組近期推動高雄機場新航廈建設案，對於既有設施改善帶來之減碳與永續相關效益應如何定義與盤點，受到相關單位關注，故民航局刻正辦理高雄新航廈之建築方案碳盤查與PAS 2080 認證，以做為未來其他計畫參考。

七、 民航局 航站管理組 王科長詠宜

1. 針對簡報 p42「我國與先進國家機場環境永續政策對照」內容，承方副局長所述，部分項目我國已執行，建議研究單位納入盤點：
 - (1) 「能源/碳排」課題之「訂定全國各機場減碳行動計畫執行流程」一項，民航局已提出「航空站減碳藍圖」並正辦理更新，目標將對應我國最新整體減碳計畫。
 - (2) 「噪音」課題之「導入 ICAO 平衡作法機制」一項，我國已推動宵禁、試車時間限制等營運限制、「環保航線」以及周邊社區補償金等多項措施。
 - (3) 「廢棄物」課題之「建立機場零廢棄與循環經濟推動架構」一項，民航局所轄各機場皆已配合環保機關規範辦理資源回收等措施。
 - (4) 除表列項目外，我國亦有其他環境永續相關政策，以「空氣品質」課題為例，在非二氧化碳排放方面，我國環境部已訂定「移動污染源空氣排放標準」，並規範國內供應燃油之含硫量標準，水污染方面則有「水污染防治法」等。
2. 承上，考量各主管機關皆已訂定相關法規，建議我國機場環境政策不需另訂其它政策標準。
3. 「氣候變遷調適」屬較新推動之政策，其相關規範尚有強化空間，期待後續可與運輸研究所合作推動相關研究計畫，以將航空產業之氣候風險因子納入政策綱領研擬之考量，做為後續指引方針。

八、 民航局 臺北航空站 王副主任志青

1. 環境永續與節能減碳已屬普世價值，臺北航空站亦已持續辦理相關工作。

2. 臺北航空站之永續相關推動措施主要依據民航局「航空站溫室氣體減碳藍圖」及相關主管機關法規，導入能源管理系統並逐年辦理溫室氣體盤查等。
3. 航空站營運以客貨運運輸之「安全」與「服務」為核心，在永續營運等專業領域上較無專責人力與資源，故期待在上位政策層級提供較明確之指引，並在政策推動時挹注對應之資源。
4. 在優先發展課題方面，建議以「氣候變遷調適」與「能源與排放」為優先項目。前者係因高溫及暴雨將影響航空站營運作業，臺北航空站已針對航廈防水、場面排水設施進行改善；能源管理與碳排亦是航空站可以貢獻的部分。

九、 桃園國際機場公司 羅處長文惠

1. 桃園機場公司自 2019 年起逐年發行「桃園機場年度永續報告書」(前稱「企業社會責任報告書」)，主要分為環境、社會、治理(Environment, Society, Governance) 三大面向，亦正研擬「永續白皮書」作為後續推動計畫指引。在環境方面，以「氣候行動」與「環保友善」兩項主題訂定 7 項策略，包含：「空中淨零排放」、「地面淨零排放」、「強化氣候韌性」、「減少噪音」、「減少空氣汙染」、「節水減廢」與「生物多樣性」。
2. 關於環境永續政策研擬方向，桃園機場為國際機場，主要依循國際機場協會(ACI)之機場碳認證標準，依照自身碳盤查結果訂定範疇 1 至範疇 3 之對應措施。建議在高位階之政策綱領部分以訂定我國機場之 2050 年環境永續願景為主，其他短期、中期目標則由各機場營運單位依照其營運特性與需求訂定即可。
3. 承上，根據桃園機場碳盤查結果發現，桃園機場本身範疇 1 與範疇 2 之碳排占機場整體碳排 1%以下，故建議本計畫政策綱領應納入機場範疇 3 相關指引，包含航機排放、航路優化、空中交通管理等項目，以利後續計畫制定。

十、 中華機場協會 戴秘書長念同

1. 機場核心業務為「災防應變」與「營運管理」，在安全方面應遵循 ICAO 之標準推動「營運韌性」相關措施，此包含環境永續之「氣候韌性」與「氣候變遷」等作為。
2. 中華機場協會應會員機場之需求，相當重視聯合國永續標準。本計畫報告書提供非常完整的資料，另考量其他標竿機場陸續訂定中期、長期之減碳與淨零目標，我國機場雖已努力達成相關作為，但仍需面臨不明確的實務方向。以減碳為例，聯合國

提出措施分為減碳、捕碳與固碳等 3 類，在我國機場減碳措施推動不足之處應可考慮以「捕碳」措施進行補充，並考慮納入相關創新作為，如加拿大機場採用「固碳混凝土」材料做為鋪面，每單位混凝土可封存 0.5 至 1 公斤之二氧化碳、日本採用「光觸媒吸碳道路」可改善空氣品質、臺灣亦研發「高壓碳固化再生混凝土」，每噸可吸收 20 至 40 公斤之二氧化碳等。

3. 承上，考量本計畫屬政策層面，建議將土木工程之「全生命週期碳管理」納入政策；例如機場開發時之土木工程將產生大量碳排，在推動氣候韌性或因應時就材料採購、施工、營運、維護階段辦理碳足跡盤查，並將機場區域內綠植產生碳納入碳權計算，以抵減營運產生之碳排。

十一、中華航空 鄭永續長智仁

1. 感謝民航局自 2011 年起在環境永續各項作為，提供航空公司許多支持與協助，使中華航空在國際合規與資訊揭露等作為可符合國際標準並受到業界肯定。針對本計畫部分細節，已透過線上問卷回覆，故在此不另詳細說明。
2. 對於本計畫政策綱領之制定，建議以更高視野進行規劃。以其他標竿機場之政策為例，新加坡樟宜機場之政策背後為新加坡整體國家規劃；日本成田機場之氫能政策除日本交通省外，亦有日本產業經濟省與環境省之資源挹注；而歐盟 EU-ETS 政策則由各主管機關訂定五大領域之配套措施包含循環指令、再生能源指令等。故建議機場環境永續政策綱領應以高位階之角度彙整跨部會協作與需求，俾利整體資源之規劃。
3. 承上，建議研究團隊亦應檢視其他國家政策發展之負面案例為鑑戒，如歐盟近期提出「永續簡化綜合套案」(EU Omnibus Package)簡化永續方面提報作業之行政負擔；同時並可檢討臺灣值得發展之技術與優勢，如 SAF 煉製製程、AI 技術導入等。
4. 在建議推動項目方面，除氣候變遷、節能減碳、噪音已有先進提出，另建議應納入「生物多樣性」相關內容，且除機場區內之動植物保護外，參考中華航空近日與 IATA 討論事項，臺灣之非法動植物禁運風險較大，故亦應檢討非法動植物禁運相關措施。
5. 簡報內容提及新加坡「各機場」措施，考量新加坡僅一座國際機場，建議調整用字。

十二、長榮航空 黃工程師揆傑

1. 在優先發展項目方面，考量航空公司近期面臨關於環境永續之最大挑戰，係來自「淨零碳排放」領域，隨 CORSIA、EU-ETS 等措施之實施，以及未來 IFRS S1、S2 之氣候與永續相關風險揭露要求，建議應優先實施「氣候變遷調適」以及「能源與排放」領域措施。
2. 承上，航空公司辦理減碳相關作為，主要分為「使用永續航空燃油」、「提升營運效率」、「導入新型技術」、「參與相關碳管制」四類。其中與機場較相關性較高之項目為「使用永續航空燃油」、「提升營運效率」兩項：
 - (1) 「使用永續航空燃油」：建議配合國家整體政策推動相關基礎建設。鑑於各國亦已逐步採取永續航空燃油相關措施（如新加坡與馬來西亞收取相關費用與課徵碳排稅費、韓國採行類似 ReFuelEU 之措施、中國大陸與歐洲亦已推出相關規範），建議可檢視我國法規是否需導入對應措施。
 - (2) 「提升營運效率」：建議可藉由提升場面運作效率、減少機坪等候時間等方式，此對於減少營運碳排有相當助益。
 - (3) 承前所提到關於 IFRS 之氣候與財務風險資訊揭露要求，建議可推動機場各項指標與量化資訊之揭露與資訊共享，包含水資源、廢棄物管理等，俾利航空公司可掌握相關營運數據。
3. 建議本計畫政策綱領考慮納入未來自然相關財務揭露(The Taskforce on Nature-Related Financial Disclosures, TNFD)需求，並將機場周邊重要物種與非法動植物禁運納入考量。

十三、星宇航空 張專員凱瑞、林專員芷晴

1. 在「碳排減量」方面，考量星宇航空現有機隊均為最新省油機型，短中期尚無汰換計畫，建議可檢視減量標準的訂定方式。此外，桃園機場雖已推動橋氣橋電、地面電動勤務車輛，惟設備汰換仍需時間與經費辦理，期待後續在政策上可提供支持。
2. 承前所提「橋電橋氣」措施，可參考菲律賓宿霧機場之實務案例。該機場已強制到場飛機停用 APU 並改採橋電橋氣，此舉可同時減少二氧化碳、噪音排放，並提升空氣品質。惟此措施之推動亦需相關營運配套措施配合，建議後續政策綱領可針對相關導入方式加以研擬。

十四、環境部 書面意見

1. 為落實我國淨零與永續目標，行政院國家永續發展委員會統籌推動整體政策方向，並透過跨部門整合機制，確保各項行動協調一致。本部則就環境面向「綠色工作圈」負責相關規劃與推動，並辦理會議及研商機制，以追蹤及檢視目標執行進度，確保政策落實成效，進而促進我國永續發展願景之實現。
2. 機場車輛管制方面，建議交通部民航局會同機場公司，研訂空側作業車輛（含行李拖車、客貨車等）電動化時程表，並逐步納入機場空維區管制，以提升減排效益。此外，航空燃油管制，另建議民航局協調我國籍航空公司，持續推動使用永續航空燃油(SAF)，以 2030 年使用比例達 5% 為階段目標。
3. 針對參考 ICAO 平衡作法(Balanced Approach)優先以噪音來源減量、用地規劃與管理、噪音減量營運程序進行噪音管理之相關說明，依據噪音管制法第 18 條有關各級航空噪音防制區之規定，主要係規範各級航空噪音防制區之土地利用，其目的即欲透過土地使用用途管理與規劃源頭管制手段，以避免產生不適宜之土地利用問題，因此航空噪音防制區劃定與檢討屬於地方主管機關權責(涉地方政府都市計畫、建築管理等權責單位)，以確保防制區劃定能真實反映民眾受影響程度，建議仍應配合地方政府劃定各級航空噪音防制區，始從航空噪音影響範圍及航空噪音敏感地區分布狀況限制土地開發利用，以維護民眾環境安寧。
4. 簡報 p.33，永續航空燃油(SAF)旗艦計畫業經行政院 114 年 9 月 30 日核定，計畫內容涉及國籍航空業減碳及減碳成效，建議亦列入能源使用與碳排放議題架構中。
5. 簡報 p.36，永續航空燃油(SAF)旗艦計畫業經行政院核定，建議刪除題名草案二字，並確認內容與核定計畫一致。
6. 本部於 114 年 7 月 16 日發布「氣候變遷風險評估作業準則」，各部會研擬、推動推動氣候變遷調適方案及策略，應依本準則規定使用當期氣候變遷科學報告，進行系統性氣候變遷風險評估，並據以擬定各易受氣候變遷衝擊領域調適行動方案。
7. 簡報 p.46，航空部門非 CO₂ 因子研究是針對航空排放源（如 NO_x、SO_x）的減緩措施，請確認屬減緩還是調適工作。

附錄二：期中報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫期中報告會議

審查意見處理情形表

計畫名稱：我國機場環境永續發展研究(1/2)-國際發展趨勢蒐整及我國推動現況盤點

執行廠商：艾奕康工程顧問股份有限公司

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
(一) 尹承蓬委員		
1. 在研究報告的整體架構上，開篇已說明本案係緣起於 ACI 永續策略三大面向，並以「環境」作為蒐集與分析的核心方向，故全文篇幅應聚焦於「機場環境永續」之主題，且各章節標題亦宜與該主題相互呼應，以確保報告結構與內容的一致性。	遵照辦理，將檢視報告結構與內容之一致性，確保內容聚焦於機場環境永續主題。	同意辦理。
2. 第 2.1 節(第 2-1、2-2 頁) (1) 環境永續之定義，中文語意不通順，翻譯上有改進空間。 (2) 環境永續面臨課題列出三大面向 15 個子題，請補充說明為何只挑選其中 5 個課題做為本計畫工作範疇。 (3) 各課題名稱諸多前後用詞不一致現象，請予以統一。	(1) 遵照辦理，將就相關文句進行修正改善通順度。 (2) 本計畫工作範疇係依契約之工作項目要求，並參照 ACI「全球機場永續策略」所列「環境永續」面向之相關課題，綜整納入氣候變遷與調適、能源使用管理與碳排放管理、水資源管理、噪音監測管理、空氣品質管理、廢棄物管理等共六大主題進行探討。後續將於報告補充挑選之依據，以完善本計畫之論述基礎。 (3) 遵照辦理，將檢視並統一各課題名稱與用詞。	同意辦理。
3. 第 2.1 節(第 2-5 頁)，「空氣品質管理」課題 ACI 文	感謝建議。考量「空氣品質管理」、「能源與排放」各有其適用規範及	同意辦理。

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
件無單獨項目，但似屬「能源與排放」範疇。以文件一致性考量，宜請修正納入整合。	發展課題，為完整涵蓋各面向內容，建議分就這兩項課題進行探討，以維持資訊之完整度。	
4. 第 2.3 節(第 2-15 頁)，描述「國際民航減碳發展趨勢探討」研究，篇幅過於簡略，建議應再充實，以完善該文獻之探討內容。	遵照辦理，將補充該研究相關內容，完善該文獻之探討內容。	同意辦理。
5. 第三章 (1) 章名與各章節名稱應酌予調整，以更加精確。 (2) 國際組織文獻編排順序應統一，建議優先討論 ICAO 文獻，同時針對可能存在文獻上下位關係加以調整，如第 3.4 節噪音管理。	(1) 遵照辦理，將檢視並修正各章節名稱確保內容精確性。 (2) 遵照辦理，將調整並統一國際組織文獻編排順序，優先討論 ICAO 文獻，以符合整體脈絡邏輯性。	同意辦理。
6. 第四章，對於推動政策與發展成果包含上位政策之說明，未能聚焦在「機場環境永續」，僅 4.5 節描述新加坡之內容，較符合本研究需求。	感謝委員意見。第四章係探討先進國家之相關政策與發展成果，由於各國之法規架構不一，考量文獻及政策論述之完整性，因此將相關之上位或背景資訊一併彙整提供。後續將檢視相關內容，調整篇幅濃縮聚焦於機場環境永續核心資訊，以符合本研究需求。	同意辦理。
7. 建議整體檢視修正特定名詞之一致性與文獻內容翻譯之流暢度	遵照辦理，將檢視並修正相關特定名詞與文獻翻譯。	同意辦理。
8. 參考文獻清單出現重複文獻，請修正。	感謝指正，將修正並刪除重複文獻。	同意辦理。
(二) 方志文委員		
1. 第一章緒論，本案探討我國機場環境永續發展，其若為遵循 2015 年聯合國永續發展目標 SDGs 下，探討對於航空機場之場域所發展出來的永續環境，則建	遵照辦理，將補充相關國際組織對於機場環境永續之論述，並強化行政院國家永續發展委員會目標與氣候變遷行動及淨零轉型等專案之連結，建立完整之論述基礎與政策應對架構，俾利強化後續論述基礎。	同意辦理。

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
<p>議可以補充，並建議與行政院國家永續發展委員會之目標及氣候變遷與淨零轉型專案連結，以強化後續我國機場永續發展之論述基礎。</p>		
<p>2. 第三章 (1)ICAO 對於各項環境議題訂有參考文件，例如環境評估指導(DOC.10031)、機場空氣品質文件(DOC.9889)等，建議進一步說明相關內容，以利參考。 (2)在環境永續六大面向中，涉及不同政府部門之分工及利害關係人角色，建議強化各利害關係方職責之相關說明，以利後續研究及政策執行之明確界定。</p>	<p>(1)遵照辦理，將納入相關指導文件進行說明。 (2)遵照辦理，將補充機場環境永續面向各利害關係人之職責說明，以利後續研究及政策執行之界定。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>3. 第四~五章，先進國家推動政策與發展成果的資料中，著重於政策面及推動計畫與措施，可以補充各面向的衡量指標資料，做為後續推動之成果衡量。</p>	<p>遵照辦理，將檢視先進國家推動政策關於衡量指標資料，並酌予納入相關內容。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>4. 各國與各地區機場因其所處社會環境之差異，故在政策之擬訂與推動上可能有不同之特性，建議本研究將此地域性與社會環境方面之因素納入研究考量</p>	<p>後續將補充先進國家之機場環境永續相關背景資訊，並納入研究考量，以做為與我國之對照參考。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>5. 鑒於各國機場環境條件差異顯著，非所有案例皆適合做為我國借鏡，建議選取與我國各規模類型相符，且條件相近之場域進</p>	<p>後續除蒐整國際標竿機場案以外，將補充其他類型機場永續作為，以做為我國政策研擬之參考。</p>	<p>同意辦理。</p>

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
行分析，針對其永續措施與政策進行深入探討。		
6. 機場環境永續發展除營運層面外，亦與基礎建設關聯密切，建議將設計與施工階段之環境永續考量納入分析，如低碳材料使用、運輸方式、施工管理及減碳措施等，以建立更完整之研究架構。	遵照辦理，將補充基礎建設相關面向資訊，完善本計畫研究架構。	同意辦理。
(三) 李東陽委員		
1. 本計畫部分環境課題（例如：水資源、空氣品質、噪音、廢棄物等）之主管機關非屬交通部，未來擬研擬政策綱領是否亦包括這些部分？政策目標及策略係以符合上位法令之最低要求？還是將另訂目標？建議應強化跨部會分工之說明，並預先評估後續政策綱領預期產出成果，以確保本計畫研究內容符合未來政策綱領方向。	本計畫執行目標係瞭解國際發展趨勢、掌握國際之相關政策與機制，以利後續訂定我國之政策綱領及推動指引，供民航主管機關及機場單位後續推動參據。 未來成果將與主管權責機關之相關政策藍圖相輔相成，與國際發展接軌、提升國際競爭力。 後續將補充權責機關之說明，並評估預期產出方向，以確保研究內容符合後續政策綱領框架。	同意辦理。
2. 目前噪音管制及地方社區關係已有一整套成熟運作機制，本計畫想探討之課題為何？請補充說明。	雖現階段噪音管制及社區關係已具完整成熟之機制，惟依據國際民航組織（如 ICAO、ACI）於機場永續政策中揭示，降低噪音污染之環境衝擊仍是永續發展之重要課題，故將噪音管理納入研究範疇，並彙整國際組織及先進國家相關政策，作為國內機場環境永續發展之參考。	同意辦理。
3. 第五章，本計畫標竿機場均為國際樞紐型機場，建議增加區域型中小型機場之作法。未來需考量的，尚包括區域型機場、軍民合用機場及離島偏遠機場	遵照辦理，將考量區域型機場、軍民合用機場及離島偏遠機場之特性，補充適用之國際資訊，以確保未來綱領可適用於不同屬性之機場。	同意辦理。

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
等，其規模及資源差異甚鉅，建議未來擬訂綱領時，需考慮其適用性及必要性。		
4. 第三章(第 3-48 頁)，史基浦機場噪音管制計畫之所謂三軌噪音政策；以及 ACI 提出反思，提及第二軌 ICAO 平衡做法不適用此基礎是何意？請補充說明。	<p>感謝委員提問，報告文內之「不適用」係指 ICAO 平衡作法之措施優先性與荷蘭政策制定之精神並不一致。</p> <p>ACI 文獻指出，ICAO 平衡作法將航空產業發展視為正向的影響，並將噪音視為需最小化的「潛在問題」，而歐盟部分國家開始將航空產業發展視為「有害的」。此觀念之轉變使荷蘭政府直接制定史基浦機場之營運航機架次數量限制，該做法與 ICAO 平衡作法將營運限制視為最終手段背道而馳，故在荷蘭推動該政策後造成相關業者反彈。</p> <p>後續將調整相關內文用字以提升易讀性。</p>	同意辦理。
5. 第四章 (1) 第 4-5 頁，歐盟 ETS 系統其碳排放計算時，使用 SAF 碳抵換是可與 ICAO 重複計算還是獨立計算？請補充說明。	EU-ETS 僅適用於歐洲經濟區內 (European Economic Area, EEA) 航班，而 CORSIA 則適用於 EEA 往來區外國家之航班，故兩者之排放並不重複計算。另 EU-ETS 主要交易機制為「排放許可」制度，航空公司在使用 SAF 的狀況下可檢附相關證明作為排放係數降低的依據，降低年度排放計算基礎，與 CORSIA 之購買碳權「抵換」機制不同，因此不會造成重複計算。	同意辦理。
5. 第四章 (2) 第 4-8 頁，荷蘭 2030 機場作業零排放、使用 SAF 達 14%，係強制規定或目標？規範是油商	<p>■ 荷蘭訂定 2030 年 SAF 使用比例 14% 之目標係來自 2018 年荷蘭基礎設施與水管理部起草之《永續航空協議》，由荷蘭國籍航空、機場營運單位與其他相關利害</p>	同意辦理。

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
<p>還是航空公司？P4-9 水床效應是什麼意思？航空稅其用途為何？對誰徵收？請補充說明。</p>	<p>關係方簽署。此一目標並未納入正式法規，因此並無強制效力。然而，荷蘭基礎設施與水管理部後續推出之相關政策，包含 2020 年之《航空備忘錄 2020-2050》以及 2025 年之《國家 SAF 藍圖》皆以 2030 年使用率達 14% 為目標，推動措施涵蓋「提升市場效率」、「刺激需求」以及「提升產量」三大面向，涉及供油商與航空公司。</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 水床效應(Waterbed Effect) 常用於近年永續相關政策制定的相關文獻中，引用國家發展委員會《經濟研究年刊》第 25 期(114 年 5 月)《國際碳定價發展趨勢與影響研析》之註解，水床效應指在排放交易系統機制下，由於排放總量上限，在某一地區減少排放的努力成果，可能導致其他地方排放量增加的現象。 ■ 荷蘭航空稅(Vliegbelasting)之徵收對象為所有自荷蘭出發，搭乘航機最大起飛重量大於 4 公噸之旅客(不含轉機與 2 歲以下孩童)，此稅收係由機場營運單位向航空公司收取後再繳納予政府單位。航空稅的目的，根據《航空備忘錄 2020-2050》，為”荷蘭政府認為針對社會不樂見的事物(汙染)徵收稅金比對社會所樂見的事物(工作)徵收稅金合理”；儘管文件中說明希望將稅金用於永續相關用途，此徵收款項被視為一般性稅收納入國庫統一規劃使用。 	
<p>5. 第四章 (3) 第 4-15 頁，法國國內航</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 法國國內航線碳抵換制度於 2023 年 2 月隨《氣候韌性法》建 	<p>同意辦理。</p>

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
<p>空減碳措施提及「排放強制抵換目標」自 2024 年起為 100%，所謂強制抵換是指什麼？基準年又為何？第 4-16 頁之公益稅，其開徵是否係為了永續航空計畫？內涵為何？訂定 SAF 強制使用比例為多少？何時實施？航空稅制補助是否係指運輸永續能源使用優惠稅制？請補充說明。</p>	<p>立，要求每年二氧化碳排放達 1 千公噸之航空公司於每年 3 月底前繳交前一年度之排放報告與抵換報告，抵換報告須包含碳權採購證明與不重複計算之合規證明，並經過第三方認證機構認證。航空公司若未抵換足額之碳排或延遲繳交報告，將須繳納每公噸碳排 100 歐元之罰鍰。抵換之碳權須來自 CORSIA 認證機構或法國低碳標章 (Low-Carbon Label) 認可之計畫。由於該制度要求抵換該航空公司國內航線之全部排放，因此並無基準年之設定。</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 法國自 2005 年開徵公益稅，用於挹注法國發起之國際健康公益基金 Unitaid；2025 年起，公益稅每年收入之 2.7 億歐元將用於挹注法國國家基礎建設計畫，剩餘則作為一般性稅收。公益稅之課徵對象為自法國出發的所有旅客，依照乘坐之艙等與距離有不同之費率。 ■ 法國的 SAF 強制使用制度於 2022-2024 年以國內之運輸永續能源使用優惠稅制 (TIRUERT) 為主，2025 年起則直接使用歐盟 ReFuelEU-Aviation 制度。TIRUERT 訂定供油商應符合的年度 SAF 混合標準，若滿足該標準，則可得到稅率的優惠。若未滿足則除了沒有稅率優惠外，另亦須繳交罰款。供油商不須實際生產供應 SAF，可透過購買憑證替代。 ■ SAF 使用目標方面，根據法國國家 SAF 開發藍圖，2030 年 SAF 	

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
	<p>使用目標與 ReFuelEU 皆為 5%，惟 2050 年 50% 較 ReFuelEU 之 63% 目標低。由於此藍圖為 2020 年公告，未來仍須持續觀察其更新狀況。</p> <p>■ 法國之政策常以稅制作為市場管理工具。在 SAF 使用方面，2025 年前係以 TIRUERT 為主，目前則提出航空公司使用 SAF 與傳統航空燃油之價差可藉由營利事業所得稅抵減之方式取得補助，此稅制現正待歐盟執行委員會同意，效期至 2027 年底。</p>	
<p>(4) 第 4-19 頁，英國部分有設定 2025 建立 SAF 初期強制目標、2030 建立 SAF 強制使 10%，惟之前外交部曾轉送英國推動情形係強制油商生產比例，並設有油商生產不足可向其他油商採購、以及買斷(buy out)機制及避免 SAF 價格過高影響票價之審查機制，建請研究團隊蒐集其作法及立法進度。</p>	<p>感謝委員提問。</p> <p>英國之 SAF 強制使用法案(SAF Mandate)於 2025 年生效，要求航油供應商供應一定比例的 SAF，並可由油商本身自行生產、向其他油商採購，或支付買斷(buy out)費用符合規範。</p> <p>在 SAF 生產商補助方面，英國於 2025 年 5 月擬定「營收保證機制(Revenue Capacity Mechanism, RCM)」，由主管機關制定 SAF 履約價(Strike Price)，當 SAF 市價低於履約價時，SAF 供應商可獲得市價與履約價格差異之補助；反之，當 SAF 市價高於履約價時，則 SAF 供應商應將高於履約價之價差退還予補助基金。此補助基金之預算來源係由英國各燃油供應商支付，該機制預計於 2026 年底前生效。</p> <p>關於 SAF 價格影響票價之審查機制，應指在實施 RCM 時由燃油供應商支付 SAF 補助基金預算之成本將轉嫁到整體產業中，對此英國政</p>	<p>同意辦理。</p>

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
	府之應對方式為確保基金運作的透明化，使產業了解補助成本之花費，使成本可以合理轉移至整體產業。	
(5)第 4-39 頁，新加坡自 2026 年強制要求 1%的 SAF，由政府徵收費用並透過集中採購方式，再分配給航空公司，建請研究團隊蒐集詳細規定及作法。	新加坡的 SAF 徵收費用(SAF Levy)政策係於 2024 年公告，但尚未有正式規範文件。 目前預計於 2026 年開徵，初期預計滿足 SAF 使用比率 1%之目標，並於 2030 年提升至 3-5%。 SAF 費用將直接針對出境旅客收取，費率按艙等與目的地有所不同，預計自新加坡出發至曼谷之經濟艙單人費用為新加坡幣 3 元、東京為 5 元、倫敦則為 16 元。此徵收費用將用於統一採購 SAF，隨著 SAF 之價格浮動，新加坡之 SAF 使用比例亦會隨之浮動，意即前述之政策目標僅供參考，實際使用比例將隨市場價格有所增減。新加坡民航局亦鼓勵航空公司透過政府之統一平台自願採購 SAF，以提升成本效益。關於統一採購所取得碳權之分派或運用方式，目前仍在研擬中，須待進一步觀察。	同意辦理。
(四) 侯仁義委員		
1. 第二章「機場環境永續定義及文獻回顧」第 2.4 節「國內文獻」(第 2-17 頁)，建議納入交通部民航局相關溫室氣體管理及氣候變遷調適相關委託研究計畫，以完整呈現目前在相關議題研究成果。	遵照辦理，已規劃於期中報告後就交通部民航局相關溫室氣體管理及氣候變遷調適相關委託研究計畫進行探討，以完整呈現目前相關研究成果。	同意辦理。
2. 第三章「國際組織」第 3.2 節「能源使用及碳排放管理」、第 3.2.1 節 ICAO「航	將調整 CORSIA 之相關內容說明，以完整相關管制政策措施之規劃背景框架。	同意辦理。

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
<p>廈與航機運轉排放減量」(第 3-18 頁), 建議增補 CORSIA 對航空公司減量規範之說明, 以完整相關管制政策措施之規劃背景框架。</p>		
<p>3. 第四章「先進國家推動政策與發展成果」第 4.3.2 節美國策略與發展成果(第 4-26 頁), 川普總統上任後提出大而美法案, 對永續航空燃油租稅補貼規則已有改變, 請補充更新。</p>	<p>感謝委員建議, 大而美法案(One Big Beautiful Bill Act, OBBBA)生效後將使原「降低通膨法案」之 SAF 生產補助由最高每加倫 1.75 美元降低至 1 美元, 並將於 2027 年後取消。由於法案已訂定相關效期, 美國目前暫無有效的 SAF 中長期使用目標, 故整體政策方向仍待進一步觀察。 後續將納入上述法案之更新內容。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>4. 第五章「國際機場推動政策與發展成果」(第 5-1 頁), 建議由國際機場溫室氣體排放來源角度, 分析其減碳策略, 以及相關範疇三相關減碳措施。</p>	<p>感謝建議, 後續將整理國際機場溫室氣體各範疇之減碳相關作為, 以做為我國後續行動方案之參考。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>5. 第 6.2 節「後續工作」(第 6-2 頁), 本計畫研究目的係在擘劃機場環境永續發展政策綱領及推動指引, 建議以終為始, 依據綱領與指引章節架構, 系統化整理歸納相關參考文獻, 以利後續政策文件撰擬與政策論述。</p>	<p>遵照辦理, 將系統化整理歸納相關參考文獻, 擬定後續階段之綱領及指引章節架構, 以利後續政策文件撰擬與論述。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>(五) 韓振華委員(書面意見)</p>		
<p>1. 第 3.6.2 節(第 3-58 頁)ACI 廢棄物管理之說明似未完整, 另缺 IATA 之資料, 建議釐清修正。</p>	<p>敬謝指正, 將修正文件內容並補充 IATA 資料。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>2. 第五章國際機場推動政策與發展成果係依工作項目</p>	<p>感謝建議, 後續將補充案例先進國家推動政策之機場永續作為, 以利</p>	<p>同意辦理。</p>

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
<p>蒐整荷蘭史基浦、日本成田、韓國仁川、新加坡樟宜及香港赤鱘角等機場資料，惟第四章先進國家推動政策與發展成果係蒐集歐盟、英國、美國、日本及新加坡等國相關資料，兩者蒐集之國家與機場有所差異，為能完整瞭解該等國家政策與機場相關作為之關聯性，建議兩者宜有一致性。</p>	<p>瞭解國家政策與機場相關作為之關聯性。</p>	
<p>3. 第二章整理機場環境永續共有六大主題，第三章及第五章亦係依六大主題分別蒐整國際組織及國際機場相關政策背景、目標、管理機制與發展成果等資料，爰建議第四章先進國家推動政策與發展成果亦可依六大主題分別整理各國資料，俾前後能有一致性。</p>	<p>由於各先進國家之組織體制及法規脈絡不盡相同，為完整呈現相關政策背景、目標、管理機制與發展成果，爰保留各國之政策框架並逐一探討。後續將整理與六大主題之參照，以兼顧內容之完整度與一致性。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>4. 第 3.1.1 節(第 3-2 頁)、第 4.1.1 節(第 4-2、4-4 頁)內容似有誤，建議釐清後修正： (1)分別針對「定」機場與航空營運面臨之氣候變遷評估風險…：建議刪除「定」字。 (2)以再生氫能與碳捕捉製：建議最後增加「成」字。 (3)EUETS 自 200 年起「辦」至今：建議修正為「實施」。</p>	<p>敬謝指正，將修正相關文字。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>(六) 黃建元委員(書面意見)</p>		

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
1. 第 2.1 節(第 2-3 頁), 第 2 段標題為能源與排放, 其中將排放分為範疇一、二、三, 此標題與分類說明不符, 應指碳排放才相符, 應修正。後續亦有些章節有類似之疏漏, 建議應一併修正。	感謝委員提醒, 將檢視並修正用字。	同意辦理。
2. 第 2.1 節(第 2-5 頁), 空氣品質管理部分, 鑑於機場空氣污染物硫氧化物(SOX)排放量不容忽視, 為主要之污染物, 建議仍應納入資料蒐集範疇。	遵照辦理, 將修正相關文字納入硫氧化物(SOX)。	同意辦理。
3. 第 2.4 節(第 2-22 頁), 有關國內文獻, 建議可以增加蒐集民航局及桃機公司之相關研究報告, 應可提供相當多資料。	遵照辦理, 已規劃於期中階段後針對民航局及桃機公司之相關研究報告進行文獻整理回顧, 以完善本計畫報告內容。	同意辦理。
4. 第 3.4 節(第 3-41 頁), 有關噪音監測管理部分, ICAO 附約 16 有相當多資料, 且其中部分規範環境部亦早國內法化, 建議應納入。	遵照辦理, 後續將納入附約 16 及我國法規相關內容, 以完善噪音監測管理內容。	同意辦理。
5. 第 3.4.2 節(第 3-49 頁), 圖 3-6 介紹 ICAO 噪音管理有四大支柱, 惟第 3.4.2 節文字說明僅有就其中之用地規劃簡述, 其他噪音來源減量、營運限制、噪音減量營運程序均無說明, 建議簡述以為完整。	感謝委員建議。ICAO 平衡作法四大支柱分別為噪音來源減量、噪音減量營運程序、用地規劃與營運限制。其中, 噪音來源減量主要內容為航機發動機之規格改善, 噪音減量營運程序主要受航空管制作業影響, 與機場永續政策之制定相關性較低; 營運限制則被 ICAO 視作最終手段, 後續將於報告書補充說明。	同意辦理。
6. 第 4.6 節(第 4-45 頁), 有關永續航空燃油(SAF)已有蒐集各主要國家之措施與做法, 後續建議針對我國現況條件及國情, 提出可	本計畫已彙整各主要國家永續航空燃料(SAF)之措施與作法, 可供相關單位參用。	同意辦理。

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
供借鏡及辦理之建議，供政府參用。		
7. 第 5.1.2 節(第 5-4 頁)，報告使用零排放與淨零排放，其定義與意義應該清楚正確，「零排放」是完全不產生碳排，亦即不允許用碳抵換。「淨零排放」則是允許用抵換、碳權等方式達到碳的零排放。使用上應該精準，尤其與碳盤查所用之範疇一、二、三無相同之分類。	遵照辦理，將補充文字說明以釐清用詞，避免誤解。	同意辦理。
8. 第 5.1.2 節(第 5-5 頁)，報告中能源標籤代號(A、G··)其意義為何？建議應補充說明。	感謝委員提問，報告 5.1.2 節提到荷蘭史基浦機場之能源標籤代號為荷蘭國家建築節能等級代號。後續將修正相關內容以提升易讀性。	同意辦理。
(七) 交通部航政司		
1. 簡報第 5 頁，本案第 1 年期期中階段主要工作項目係「國際發展趨勢蒐整」，目前所蒐集先進國家標竿機場資料，係以公司型態之大型機場為主，基於我國各機場有以公司及機關型態為經營人、規模亦有所不同，推動環境永續發展工作上，可能存有不同之建議關注重點、發展步驟等，建議可將所得資料依不同型態、規模等適用對象整理，以利民航局、桃機公司及民航局所屬各航空站後續推動參考利用，並彰顯本案之研究價值。	感謝建議。後續將就所得資料補充其型態、規模等背景資訊，以利民航局、桃機公司及民航局所屬各航空站後續推動參考利用，彰顯本案之研究價值。	同意辦理。
2. 本案第 2 年期(115 年)規劃研訂推動指引，並依據擬定之推動指引進行松山機	遵照辦理，後續將與松山機場及相關單位進行訪談，瞭解軍方需求及協調事項，以利第 2 期工作之規劃。	同意辦理。

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
<p>場環境永續發展程度評估，茲因松山機場屬於軍民合用機場，各項提升環境韌性或使用太陽光電等工作，均可能需與軍方共同推動或事先協調，建議可適予蒐集相關資料，俾利第 2 期工作之規劃。</p>		
<p>3. 查民航局研擬之松山、臺中、高雄機場主計畫及桃機公司研擬之桃園機場綱要計畫，內容均有該機場環境永續發展推動策略、方法等相關章節，該等單位出國報告亦有相關資料，建議本案可參考前開二項資料加以統整，俾使未來研究成果可與之相融並更具實用性。</p>	<p>已規劃後續將民航局及機場公司之相關計畫與報告納入檢視，以統整相關研究成果，提升實用性。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>4. 簡報第 15 頁，說明 IATA 廢棄物處理相關文獻以機艙廢棄物為主，惟考量航空器所產生廢棄物多由機場處理，建議本計畫納入說明。</p>	<p>遵照辦理，將納入 IATA 在廢棄物管理面向之相關資訊，以強化國際發展趨勢之資料完整度。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>5. 簡報第 33 頁，提及新加坡機場目標維持 ACA 第三級認證，而未進一步追求更高等級認證，建議研究單位進一步說明相關因素。另外，針對小型機場，是否有推動 ACA 認證之必要性與目標設定之標準為何，建議研究單位進一步研擬說明。</p>	<p>感謝委員提問，新加坡樟宜機場刻正進行第 5 航廈新建工程，新航廈預計將取得新加坡國家白金級超低能源建築認證(Green Mark Platinum Super Low Energy Building)。雖然新加坡機場現階段未進一步追求更高等級 ACA 認證，然相關當局仍持續投注資源優化機場環境永續表現，建議可持續觀察其 ACA 認證後續規劃。</p> <p>關於小型機場推動 ACA 認證之必要性，ACA 認證需以機場名義加入</p>	<p>同意辦理。</p>

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
	ACI 會員並通過第三方稽核後方可獲得，其認證作業所需資源需與相關單位協調並取得必要支持後方可推動；本計畫將於第二年期進一步就國內政策綱領、推動政策、策略與規劃方向進一步探討。	
6. 我國目前由民航局及能源署組成 SAF 使用與供應工作小組分工推動 SAF 發展，建議補充美國案例中能源部與農業部之分工方式及職責。	美國推動 SAF 主要由能源部與農業部分工： ●能源部負責技術研發、示範計畫及生命週期評估，並以貸款保證方式支援商業化及產能擴張。 ●農業部負責原料端之永續供應，包括農林副產物的取得及相關物流體系之建構。 此外，兩部門同時與財政部、環保署、運輸部與聯邦航空總署等單位協作，制定相關 SAF 法規與規範。	同意辦理。
(八) 民航局(書面意見)		
1. 第 1.1 節計畫緣起(第 1-1 頁) (1) 目前民航局業於 110 年訂定減碳藍圖，112 年並修訂公布第 2 版藍圖供航空站遵循。另有關氣候變遷與調適、能源使用管理、水資源管理、噪音監測管理、空氣品質管理、廢棄物管理等，均已實際工作之推展。 (2) 此節希望本計畫供本局循以建立發展藍圖之敘述，可能使讀者以為民航局均尚無相關政策，建議將「俾利民航主管機關後續循序建立發展藍圖及行動方案」酌修文字為「俾供民航主管機關參酌是否據以精進	(1) 敬悉，感謝提供資訊。 (2) 遵照辦理，將酌修文字以避免誤解。	同意辦理。

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
納入現有藍圖或各項政策推行」。		
2. 第 2.1 節「機場環境永續定義」(第 2-4 頁), 參照 ICAO 官網, 建請本報告中永續航空燃油英文, 統一標示為 Sustainable Aviation Fuels (SAF)。	遵照辦理, 將統一標示為 Sustainable Aviation Fuels (SAF)。	同意辦理。
3. 第 2.3 節「運研所歷年相關研究成果」(第 2-16 頁), 有關 SAF 料源一節, ICAO 官方公布認可 48 種料源, 除引用歐盟「再生能源指引」定義, 建議報告後續定稿時, 以 ICAO 官方資訊為主。	遵照辦理, 報告後續定稿時將以 ICAO 官方資訊為主。	同意辦理。
4. 第 2.4 節「國內文獻」(第 2-17 頁), 「空測」請修正為「空側」。	敬謝指正, 將修正相關文字。	同意辦理。
5. 第 3.1.4 節「小結」(第 3-13 頁), 本節係氣候變遷與調適之資料蒐集, 第 6 行「機場水資源管理」文字應為誤植。	敬謝指正, 將修正相關文字。	同意辦理。
6. 第 3.2 節「能源使用及碳排放管理」(第 3-19 頁), 「援助、能力建設與訓練—SAF」全球計畫, 應為 ICAO 於 2022 年 6 月啟動之 ACT-SAF 計畫, 建議補充原文 "Assistance, Capacity-building and Training for Sustainable Aviation Fuels (ACT-SAF) Programme"。	遵照辦理, 將修正並補充原文。	同意辦理。
7. 第 3.2 節「能源使用及碳排放管理」(第 3-19 頁), 「援助、能力建設與訓練—CORSIA」全球計畫, 應為	遵照辦理, 將修正並補充原文。	同意辦理。

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
ICAO 於 2018 年 6 月啟動之 ACT-SAF 計畫，建議補充原文 "Assistance, Capacity-building and Training on CORSIA (ACT-CORSIA) Programme"。		
8. 第 3.2.4 節「小結」(第 3-30 頁)，ICAO 全球航班排放 MRV 及 ACT-CORSIA 制度屬航空公司碳盤查，非屬機場場站之碳盤查與揭露，建議調整修正相關內容。	遵照辦理，將修正相關內容。	同意辦理。
9. 第四章先進國家推動政策與發展成果(第 4-1 頁) (1)「2019 年《歐洲綠色政綱》發布，……」2 段落文字重複。 (2)有關第四章先進國家推動政策與發展成果，建議補充該等先進國家碳排放量、運輸部門碳排放量、機場碳排放量、國內航空碳排放量，並與我國排放情形評比分析，以利掌握我國與該等國家之差距與機會，做為政策優化與國際接軌之依據。	(1)敬謝指正，將修正相關內容。 (2)為利掌握我國與案例先進國家之機場環境永續作為差異與機會，後續將補充機場環境永續背景資訊，做為政策優化與國際接軌之依據。	同意辦理。
10. 第 4.1.2 節「荷蘭」(第 4-9 頁)，本節說明 IenW 制定 3 個政策方向，惟內容提及飛機凝結尾之影響，屬飛機於高空飛航時可能產生之現象，應無涉本研究案討論我國機場環境永續發展範疇，建議顧問公司資料蒐集時範疇界定應再更	感謝委員建議，將遵照辦理調整並移除相關內容，以符本研究案之機場環境永續討論範疇	同意辦理。

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
為明確。		
11. 第 4.1.3 節「法國」(第 4-15 頁), 有關法國國內航空排放強制抵換目標之分年比例, 其抵換範圍為何? 是否設定有抵換之基準年或基準值? 建請補充。	法國國內航線碳抵換制度於 2023 年 2 月隨《氣候韌性法》建立, 要求每年二氧化碳排放達 1 千公噸之航空公司於每年 3 月底前繳交前一年度之排放報告與抵換報告, 抵換報告須包含碳權採購證明與不重複計算之合規證明, 並經過第三方認證機構認證。航空公司若未抵換足額之碳排, 或延遲繳交報告將須繳納每公噸碳排 100 歐元之罰鍰。抵換之碳權須來自 CORSIA 認證機構或法國低碳標章 (Low-Carbon Label) 認可之計畫。由於該制度要求抵換該航空公司國內航線之全部排放, 此制度並無基準年之設定。	同意辦理。
12. 第 4.5 節「新加坡」(第 4-35 頁), 新加坡經濟發展局「永續裕廊島計畫 (Sustainable Jurong Island)」為星國生質燃料規劃長久未來, 亦為星國推動低碳政策重要計畫之一, 建議補充以完整新加坡政策。	新加坡經濟發展局於 2021 年發布「永續裕廊島計畫」, 將裕廊島定位為「永續能源與化工園區」, 為「新加坡綠色計畫 2030」之重要支柱。其政策重點包含, 提升永續產品占比與產量(包含 SAF)、使煉油與裂解裝置能效進入全球前四分位、推動碳捕集再利用與封存、再生能源與廢熱利用促進技術示範與產業轉型等。 該計畫由經濟發展局與裕廊集團透過基礎設施、法規與投資誘因帶動落地, 並與國家氫能、碳管理路線銜接。	同意辦理。
13. 第五章「國際機場推動政策與發展結果」(第 5-1 頁), 第三章國際組織及第五章國際機場推動政策與發展成果未針對生物多樣性資料進行蒐集, 建議再補充。	感謝建議。後續將就機場環境永續發展之生物多樣性國際趨勢摘要整理, 以作為後續政策研擬之參考。	同意辦理。

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
(八) 桃園機場公司		
無意見。		
(十) 中華機場協會		
1. 目前國際機場環境永續係以「淨零碳排」為核心，除透過各項減碳措施外，國際間亦有許多機場與企業案例以碳捕捉、碳封存及生物固碳等方式進行減碳工作。	感謝委員提供資訊。	敬悉。
2. 除減碳措施外，建議同步檢視固碳作為，以期實踐「淨零碳排」目標。	感謝委員建議。本計畫將檢視先進國家機場永續政策之固碳相關作為，以期實踐淨零碳排目標。	同意辦理。
(十一) 本所運工組		
1. 第 2.3 節，已回顧本所歷年相關研究成果，後續期末階段亦將納入民航局、桃園機場公司已完成之報告或文件，為確保本案之研究成果之可應用性與延續性，建議補充一節說明本研究與本所已完成相關計畫以及本研究與民航局、桃園機場公司已完成報告或文件之關聯性與定位區隔，以避免重複投入資源或產生政策矛盾之情形，並使本研究與既有藍圖或實施計畫可相輔相成，以有效整合資源推動我國機場環境永續發展。	遵照辦理，將於期末階段補充運研所與本計畫相關之歷年研究成果，以及民航局、桃園機場公司已完成報告之關聯性與定位界定，確保成果之應用性與延續性，避免資源重複投入。	同意辦理。
2. 第 2.4 節，國內其他文獻回顧部分，請分類呈現，以提高可讀性。	遵照辦理，將分類呈現國內其他文獻，以提高可讀性。	同意辦理。
3. 為提升本研究在政策建議與實務應用上的價值，建議後續可考慮構建系統性	遵照辦理，將於後續研究階段研擬檢核表架構，對照我國現行規範與執行狀況，並參酌先進國家政策與	同意辦理。

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
<p>之檢核表架構，針對各項永續議題與政策指引，對照我國現行規範與執行狀況，並與先進國家發展政策與國際標竿機場應對方式進行橫向比較，藉此可系統性檢視目前政策與實務間之落差，據以提出具體可行之改善建議或補充機制。</p>	<p>國際標竿機場作法，以系統性檢視差距並提出可行之建議。</p>	
<p>4. 第四章，建議補充先進國家推動政策與發展成果依機場環境永續六大面向，分節或列表歸納整理；後續對照我國現行規範與執行狀況，可增加一節評估後續可參採納入第 2 年期政策綱領及推動指引之要項。</p>	<p>遵照辦理，將整理先進國家政策成果，依六大面向歸納呈現，並對照我國狀況，作為後續綱領與指引參考。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>5. 目前多數國際參考案例集中於大型國際機場，然我國各機場屬性與規模有其差異，建議後續資料彙整除涵蓋國際標竿大型機場之減碳策略外，亦請蒐整中小型機場之因地制宜作法，以利建立分級分類之永續行動路徑，強化政策彈性與適切性。</p>	<p>感謝建議。除已蒐整之標竿機場案例外，亦將提供其它類型機場之因地制宜永續政策作法，以利建立分級分類之永續行動路徑，確保成果之適用與實用性。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>6. 報告書中之錯別字、用語修辭及報告內容格式調整，將面議提供修改建議，請研究團隊配合修訂，並請依本所出版品印製相關規定撰寫期末報告。</p>	<p>遵照辦理，將全面檢視相關用語修辭及報告格式，並依出版品印製相關規定完成期末報告。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>(十二)主席結論</p>		
<p>1. 本審查會議各委員及與會單位研提之口頭及書面意</p>	<p>遵照辦理，根據委員意見逐項說明回應辦理情形，並充分納入報告之</p>	<p>同意辦理。</p>

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
見，請艾奕康工程顧問股份有限公司整理「審查意見處理情形表」，且逐項說明回應辦理情形，並充分納入報告之修正。	修正。	
2. 本計畫經徵詢 6 位審查委員意見，5 位表示審查通過，1 位持保留意見，期中報告審查原則通過。請艾奕康工程顧問股份有限公司後續依本所出版品印製相關規定撰寫報告，並納入每月工作會議查核事項進行追蹤。	遵照辦理，將依運研所出版品印製相關規定撰寫報告，並納入每月工作會議查核事項追蹤。	同意辦理。

附錄三：期末報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫期末報告會議

審查意見處理情形表

計畫名稱：我國機場環境永續發展研究(1/2)-國際發展趨勢蒐整及我國推動現況盤點

執行廠商：艾奕康工程顧問股份有限公司

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
(一)尹承蓬委員		
1.本次報告已針對前次期中審查內容進行修正與回覆,給予肯定。	感謝委員肯定。	敬悉。
2.在政策制定方面,第一年期重點為蒐整國際標竿機場及先進國家之推動政策與機制,建議本計畫第二年期可強化對於先進國家與標竿機場財務與技術協助機制與具體措施、作為之說明。例如,我國就機場環境永續政策推動之財務補助措施需立法方能實施,建議可說明英國與荷蘭等國家收取相關費用做為永續政策經費之實施措施。	<p>感謝委員建議,已彙整先進國家永續政策財務相關措施並補充於第八章,做為未來政策綱領研擬參考。永續政策相關財務措施之國外案例主要針對「能源與碳排放」以及「噪音管理」領域,摘要如下。</p> <p>1.「能源與碳排放」領域措施: 主要分為碳排放管理與永續航空燃油推動兩項。 (1)碳排放管理:通常以二氧化碳排放量為計價單位,例如歐盟 EU-ETS 航空法案要求航空公司購買二氧化碳排放額度。 (2)永續航空燃油:形式多元,使用端之措施包含新加坡之「SAF 燃油附加費」,依航程與艙等向乘客收取定額費用;供給端之措施包含美國「大而美法案」、法國「運輸永續能源優惠稅制」提供供油商稅額抵免、英國「營收保證機制」透過訂定履約價保證供油商之收入穩定,以永續航空燃油之生產噸數或混摻比例作為計算基礎。</p> <p>2.「噪音管理」領域措施:</p>	同意辦理。

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
	<p>主要依照航機機型向航空公司收費，或是提供機場起降費優惠，包含法國、荷蘭、日本、與我國均有採行此類作法。</p> <p>其他永續面向之財務機制案例包括荷蘭與法國收取之附加費，依航程與艙等以人頭計，向旅客收取定額費用，收入用於補貼永續相關政策。</p>	
(二) 方志文委員		
<p>1. 本期末報告已經蒐集航空國際組織、主要國家及國際機場對於機場環境永續之各項政策與作法；另就本國機場環境永續作法亦有完整蒐集及比較，彙整資料豐富，可做為後續政策綱領與相關指引之基礎，給予肯定。</p> <p>後續對於目前正在進行之民航局環境永續作法，可納入第二年期研究中，滾動檢討修正。</p>	<p>感謝委員肯定。本計畫將於第二年期研究納入民航局進行之環境永續作法，並做為後續政策綱領與推動指引研訂之重要參考。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>2. 第 6.1.2 節「維生基礎設施領域氣候變遷調適行動方案」，第 6-3 頁，表 6-2 後續可以再分成對「營運」及「安全」之影響(或衝擊)，例如強降雨除對鋪面結構造成損害之外，對航空器操作安全亦有影響。</p>	<p>表 6-2 之內容係依據交通部「維生基礎設施領域氣候變遷調適行動方案」相關架構與分類進行整理說明，已於 6.1.2 節就「營運」及「安全」層面強化表格說明，以利了解氣候變遷之相關風險之影響。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>3. 第 8.3 節「下年期可參採納入之要項」，第 8-24~8-27 頁，表 8-4 可以先行釐清未來無論是氣候變遷調適或是能源排碳，是要建立在行政院層級或是交通部層級，而由機場經營人依其條件而擬定計畫執行。</p>	<p>感謝委員建議。針對未來氣候變遷調適及能源/碳排管理相關之政策綱領，將於後續年期進一步研析其執行制度與推動架構，並與相關主管機關釐清溝通，以建立兼顧政策一致性及執行彈性。</p>	<p>同意辦理。</p>

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
<p>4.第 9.2 節</p> <p>(1)本計畫第 2 年(115 年)要研訂政策綱領與推動指引，建議對於前述綱領及指引之擬訂主責機關，應有所說明；另指引所涵括面向，除了報告書中六大面向外，各永續面向政策之制定範疇與目標，除 2050 年達成淨零之長期目標外，亦應有短、中期量化關鍵績效指標之訂定，俾供後續定期檢討及做為相關措施推動參考。</p> <p>(2)建議後續政策綱領亦應強化對於永續政策財務面之考量。在機場營運方面，大致由民航局相關預算支應故較無財源疑慮，惟須民間業者配合推動部分（如地勤業者、空廚業者），將可能面臨一定挑戰，故應檢討相關經費係應由既有收費機制調整或需新增費(稅)來挹注，希能有所規劃。</p>	<p>感謝委員建議：</p> <p>(1)本計畫於下年度將著手研訂政策綱領及推動指引，屆時將一併釐清本研究於整體交通運輸政策架構中的層級定位並與相關單位進行政策定位、分工架構及推動機制之溝通與盤點。</p> <p>在短、中、長期目標訂定方面，本年度期末成果已彙整 ACI 建議量化指標與各先進國家及標竿機場所採用之量化目標，請參見第二章、第四章與第五章相關內容，並將相關資料彙整至第八章。後續將參採本期彙整成果研擬我國機場環境永續政策綱領之短、中、長期量化關鍵績效指標。</p> <p>(2)本計畫已將各國家推動環境永續相關政策財務措施彙整納入第八章內容，後續將參採本期彙整之財務面相關資料，研擬我國機場環境永續政策綱領。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>(三)李東陽委員</p>		
<p>1.針對前次期中審查部分意見，希望能釐清兩個議題：</p> <p>(1)關於歐盟 SAF 強制使用比例之規範，就民航局取得資訊，於歐盟國家添加之 SAF 並不能於 ICAO CORSIA 計畫中進行抵換，敬請協助釐清。</p> <p>(2)關於法國國內航線強制碳抵換之規範，法國政府要求民航業者抵換國內航線 100%之碳排放，相對其他國家案例高，似難推動，敬請提供相關推動措施。</p>	<p>感謝委員釐清：</p> <p>(1)關於歐盟 SAF 強制添加比例政策與 ICAO CORSIA 之抵換問題，歐盟碳排減量與 SAF 推動政策係由「歐盟碳排交易體系(EU ETS)」與「ReFuelEU 航空」兩大政策為主，前者藉由制定歐盟整體碳排總量上限，並以碳排額度交易機制促進民航業者推動減碳作為；後者則強制供油商供應一定比例之低碳燃料。</p> <p>根據歐盟 2025 年 11 月發布之「永續運輸投資計畫」(Sustainable Transport Investment Plan)，歐盟執</p>	<p>同意辦理。</p>

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
	<p>行委員會說明將持續在「歐盟再生能源指令」(Renewable Energy Directive)與 CORSIA 之架構下推動 SAF 之「雙重合規性」(Dual Conformance),意即同一批 SAF 生產可以同時使供油商符合 ReFuelEU 法案之規範,亦能使採購/使用之航空公司申報 CORSIA 之碳排抵減。</p> <p>IATA 亦於 2024 年 9 月公告之「ReFuelEU 航空政策手冊」中亦提到 IATA 將持續推廣歐盟再生能源指引與 CORSIA 的雙重合規性,使 EU ETS 範疇外之國際航線(即 CORSIA 範疇內之航線)可使用 ReFuelEU 法案下供應之 SAF 進行申報。</p> <p>承期中階段之意見回覆內容所述 EU-ETS 與 CORSIA 之管轄範疇並不重複,但皆用於限制使用端(即航空公司)之碳排,故已申報於 EU-ETS 之 SAF 並不能重複於 CORSIA 申報。</p> <p>(2)法國國內航線強制碳抵換政策納入該國「氣候韌性法」,於 2022 正式生效,強制抵換率由 2022 年 50%逐步提升至 2024 年 100%。自 2024 年起,用於抵換之碳權須至少 50%來自歐盟境內的減量或移除專案;為鼓勵相關推動措施,凡經認證對生物多樣性具重大效益之專案,可享有 1.5 倍的碳權計算優惠。</p> <p>此外,政府亦設定每噸二氧化碳當量 40 歐元之價格上限,若航空公司證明經詢問至少 5 家供應商後,仍無法以低於該價格取得碳權,即可申請豁免部分抵換義務。若未通過上述申請且未履行義務,或逾期未提交申報書,航空公司將面臨每公噸二氧化碳當量 100 歐元之罰</p>	

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
	<p>緩。</p> <p>依據法國能源氣候署 2025 年發布之報告，2024 年度共有 22 家航空公司履行抵換義務，總抵換量達 1,417,436 噸二氧化碳當量，歐盟境內碳權取得成本約為每噸 25 至 35 歐元。</p>	
<p>2.關於本計畫未來研提政策綱領之定位與層級，敬請釐清以下議題：</p> <p>(1)政策綱領未來是否將成為交通部政策？是否納入運輸政策白皮書？民航局刻正研擬「臺灣航空減碳政策」(SAP)，未來兩者之間定位與關連性需先釐清，並考量外界可能引用來檢視執行情形。</p> <p>(2)本案現為運研所委託，拉高至國家層級雖較為宏觀，但政策內容將涉及行政院、國科會、環境部、經濟部等單位，在未與該等單位政策溝通，未來執行之可能性請釐清。</p> <p>(3)桃機公司亦委外對其 ESG 進行全面性盤點及各期程目標規劃，民航局所屬機場亦滾動檢討其未來目標，未來政策綱領如何與其融合？政策綱領是否為強制性所有機場均需遵循？請併評估。</p>	<p>感謝委員建議：</p> <p>(1)本計畫於下年度將研訂政策綱領及推動指引，屆時將就機場環境永續政策綱領於整體交通運輸政策中的層級定位進行探討，並釐清其與臺灣航空減碳政策之定位，以避免政策重複、同時確保制度一致性，以利後續執行。</p> <p>(2)本計畫於下年期與相關單位就政策定位、分工架構及推動機制進行溝通與盤點，俾能建立一致且可行之政策綱領與推動指引。</p> <p>(3)本計畫後續之政策綱領係作為我國機場環境永續發展之指導文件，主要提供未來之發展願景、定位、與目標，其研訂將參考國際組織及我國相關上位政策，同時考量桃園國際機場公司及民航局所屬航空站 ESG 盤點成果、期程規劃，以提供相關利害關係人明確之發展與規劃藍圖。政策綱領與推動指引將在一致之政策方向下兼顧各機場實務需求與彈性。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>3.本計畫報告第八章提及缺乏整合性永續技術輔導與人才培育平台，難以有效協助機場導入新興綠色技術，惟機場核心任務在服務旅客及航空公司，在永續做為應屬應用端，人才與技術該等需求係應由機場推動還是產業？僅機場需</p>	<p>感謝委員建議。</p> <p>依據本計畫訪談結果，利害關係人表達永續專業人力資源仍有可強化之空間。由於目前環境部及國家環境研究院等單位已提供永續技術輔導資源，因此建議將該課題納入第二年期政策綱領之採參研議方向。已修正第八章相關文字。</p>	<p>同意辦理。</p>

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
求量是否足以支持技術研發及培養人才，請納入考量。		
<p>4.承上，以下諸多盤點現況課題及後續工作，尚需深入嚴謹評析，以利未來執行或進行研究：</p> <p>(1)無上位政策統籌機關：釐清由各部會分工，需統籌機關之目的，未來綱領是否交由行政院辦理。</p> <p>(2)無上位政策引導，相關技術與人才不足：是否經過盤點，缺那一類？該有什麼政策引導？未來綱領是否可以擬出對策？</p> <p>(3)氫能、燃料、噪音等新一代技術未有國家級技術發展與策略：釐清是否是國家具發展優勢產業，交通部是否要發展這類產業？建立機制前瞻布局將是什麼機制？是否該由機場角度推動產業？</p> <p>(4)環境永續投資財政誘因不足：我國機場為國營或政府營運，經務實評估有其效益即會投資，需另提供財政誘因所指為何？</p> <p>(5)缺乏國家產業戰略角度考量與整合：請釐清強化供應鏈參與所指為何；做為示範場域目的為何機制；永續作為之商機與產業發展戰略連結，係指何種產業；目前供應鏈已為國內業者提供，是否需要有何不同作為，如此是否可達到加速技術成熟與應用。</p>	<p>感謝委員提醒，已調正相關內容。</p> <p>(1)考量機場環境及相關民航產業之發展需與 ICAO、ACI 等國際組織政策接軌，建議由統籌機關考量國內部會之權責分工與相關規章，提供一系統性政策架構，以利完整涵蓋機場環境永續各面向，同時有助於利害關係人遵循。此方向亦與訪談與問卷調查結果一致。後續將於第二年期就政策位階、權責劃分及推動機制進一步溝通與研議。</p> <p>(2)參考本計畫訪談及收集之利害關係人意見，機場環境永續之相關人才資源仍有強化空間，因此本計畫將人才之發展列入下年期研究參採範疇進一步研商。考量機場環境永續發展為國際長期趨勢，相關人才之養成規劃或可列入政策評估方向研議。</p> <p>(3)考量部會分工，產業之發展應由權責部會單位規劃研擬，惟參採國外經驗，機場與相關產業作為需求單位，應可提出建議以利產業政策權責單位評估是否發展相關產業，並檢視機場端可提供之配套或協助。</p> <p>(4)依據本計畫訪談與問卷調查結果，機場生態系之綠色轉型，除管理單位外，尚涵蓋範疇三關聯產業，如地勤、空廚與物流業者等，其採取的措施包括車輛電動化、再生能源設置、智慧能源管理系統導入等，由於初始投入成本較高且回收期長，希望透過獎勵機制增加民間業者轉型透因。後續年期將針對以上內容與相關主管單位進一步檢視財務相關政策方向，以完善綱領與政策架構。</p> <p>(5)參考本計畫利害關係人意見及國外機場案例，機場環境永續之推動</p>	<p>同意辦理。</p>

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
	可納入相關營運單位或價值鏈之解決方案，並於機場端進行前期驗證。後續將調整相關文字說明，以釐清第二年期擬參採之評估方向。	
<p>5.另請澄清以下內容：</p> <p>(1)政策之研訂：應補充CAA遵循ICAO、ACI等國際組及或策機構之規範及指引，並有航空站溫室氣體減量藍圖或桃機公司自訂的永續策略及目標。</p> <p>(2)機場永續政策分工模糊：各部會有其各自分工及遵循法令。</p> <p>(3)尚無指導文件界定適用對象及程度：航空站溫室氣體減量藍圖已有律定。</p> <p>(4)缺乏制度化的滾動檢討與修訂機制：航空站溫室氣體減量藍圖為每2年定期檢討一次，請更正。</p>	<p>感謝委員建議：</p> <p>(1)已納入民航局最新之「航空站溫室氣體減量藍圖(第2版)」及桃園機場之永續報告書等相關永續策略及目標，相關內容請詳第七章節。</p> <p>(2)現行之機場氣候調適、能源／碳排、空氣品質、噪音及水資源等永續面向均依據各部會相關法規、政策辦理，後續建議可提供系統性政策綱領，以利與國際航空組織接軌，並利各機場與利害關係人在研擬永續作法與規劃時有一致之遵循方向。</p> <p>(3)遵照辦理，已據以修正相關論述內容。</p> <p>(4)遵照辦理，已據以修正相關論述內容。</p>	同意辦理。
<p>6.第八章8-19至22頁，部分文意不清楚，敬請修正：</p> <p>(1)部分名詞請補充說明，例如P.8-21 歐盟永續簡化綜合套案之內涵及為何是反面案例；P.8-22 政策應弘化執行的治理結構，並考量IFRS S1 S2之氣候風險揭露及TNFD自然相關財務揭露的需求，內涵及該內涵與政策的關係。</p> <p>(2)氣候變遷調適做為「治標」的作為，同步推動「能源與碳排放」相關措施施以「治本」，請說明氣候變遷調適為何是治標。</p> <p>(3)P.8-19，國際航班境外廚餘之法規缺口，處置政策模糊，所指缺口及不清楚的規範為何，請說明。</p>	<p>感謝委員提問，第8-19至8-22頁係摘錄專家學者座談會與會者之實務經驗與討論內容。就相關名詞補充說明如下。</p> <p>(1)歐盟永續簡化套案(EU Omnibus)於2025年提出，旨在簡化中小型企業進行永續報告揭露之義務以減輕企業行政壓力。座談會中，民航業者提出係在提醒政策制定應考量各領域政策之相互配合性，避免重複規範造成相關業者重大負擔。</p> <p>IFRS(International Financial Reporting Standard, 國際財務報導準則)為國際會計準則理事會所訂定的全球會計準則，2023年發布之S1,S2版本修訂要求企業將永續指標納入揭露資訊。我國金管會則預計於2026財年起分階段要求上市櫃企業實施。TNFD(The</p>	同意辦理。

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
	<p>Taskforce on Nature-related Financial Disclosures, 自然相關財務揭露)則由聯合國開發計畫署等組織發起, 納入自然環境相關指標, 未來亦可能被納入各國強制揭露項目。</p> <p>以上兩項標準係由航空公司於會議中提出, 旨在提醒提醒政策管控指標應納入相關標準。</p> <p>(2)此段係由學者建議政策應以「能源與碳排放」及「氣候變遷調適」兩大領域為優先推動項目。由於溫室排放為全球氣候變遷主要因素之一, 故推動「能源與碳排放」相關措施可謂減緩氣候變遷之「治本」措施。而「氣候變遷調適」措施之推動旨在減緩氣候變遷對於機場營運所造成之影響, 故謂「治標」, 已酌予調整文字以增加易讀性。</p> <p>(3)此處意見係由空廚業者提出, 經訪問釐清, 機艙產生廚餘係依循《動物傳染病防治條例》第 38-1 條規範「以輸出入動物檢疫機關核准之方式運送及銷燬」, 並未明確規範銷燬方式。業者參考香港機場有機資源回收中心利用機場回收廚餘產出生物氣進行發電之案例, 建議可推動類似措施, 強制集中焚毀並用於發電。</p>	
<p>7.本計畫第八章業者訪談問卷內容, 歸類宜調整:</p> <p>(1)線上問卷業者所填領域不一致, 如電動化、碳盤查、SAF 放在氣候變遷與調適。</p> <p>(2)業者建議導入多區域軌跡式操作, 請補充說明內涵。</p> <p>(3)業者建議參考日本制定國內機場減碳認證、提供補助金, 日本訂定的目標為何?我國有無需要?研究單</p>	<p>感謝委員提問:</p> <p>(1)第八章問卷資料係依民航產業各業者實際填答內容彙整, 以忠實反映各業者之意見。本計畫已補充問卷結果摘要於 8.2.2 節。</p> <p>(2)遵照辦理, 將據以補充相關內容, 詳細說明請詳表 8-5。</p> <p>(3)依據日本推動之「機場脫碳推進相關政策」, 日本以 2050 年達成碳中和為最終目標, 並透過推動再生能源導入、空港車輛電動化、能源</p>	<p>同意辦理。</p>

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
<p>位看法為何？請補充說明。</p>	<p>管理及再生能源據點化等措施，逐步引導各機場落實減碳作為，並透過補助金、行政程序簡化及國有地使用相關配套等制度性誘因，促使機場研擬脫碳推進計畫；推進計畫經國土交通省審定後將作為推動機場脫碳作為之依循架構。</p> <p>參採重點在於建立清楚且一致之政策目標、訂定專屬於機場之推動指引，並搭配制度性支援措施，以提升整體推動可行性；與我國現有制度相比，雖我國目前已具備整體淨零排放及運輸部門減碳之上位政策基礎，但尚未形成以「機場」為核心、涵蓋各項永續面向之整體政策架構。後續將於本計畫第二年期進一步評估未來是否有必要將日本模式納入我國機場環境永續政策與推動指引。</p>	
<p>8.業者建議建立機場之統一廢棄物處理中心，請補充香港作法及經濟規模。</p>	<p>香港機場之廢棄物係經由機場垃圾站進行分檢，並分為廚餘、回收物與堆填廢棄物進行處理。2024年之堆填廢棄物、回收物與廚餘量分別為17,823噸、2,497噸、525噸(廚餘量另含從第三方與鄰近社區蒐集之廚餘與剩餘食物)。</p> <p>香港之廚餘處理計畫係為整個行政區之政策規劃，蒐集之廚餘於機場內進行預處理轉化為漿液，並送至由政府建置之有機資源回收中心(O.Park)進行厭氧消化，產出生物氣及堆肥；生物氣並利用熱電聯產系統發電供應至市區電網。香港目前規劃之有機資源回收中心共有兩座，第一期(O.Park1)於2018年啟用，每日可處理廚餘200公噸，第二期於2024年啟用，每日可處理廚餘300公噸，每年設計可輸出電力為3,800萬度。堆肥則轉用於農業肥料。</p> <p>香港機場於2003年即推動廚餘回收計畫，提供免費之回收袋與收送以擴</p>	<p>同意辦理。</p>

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
	大回收量，並再製為魚飼料供應鄰近漁業，2020年後則配合政府政策轉用於生物氣發電	
(四)黃建元委員		
1.本期末報告所蒐集之內容豐富完整，給予相當肯定。	感謝委員肯定。	敬悉。
2.ICA0 已於今年 9 月召開大會，建議可將其與環境相關決議文件納入參考。	感謝委員建議，已將會議相關內容補充於第三章。	同意辦理。
3.國際機場協會 ACI 於 2024 年召開年會，鑑於該年會對於機場減碳之核心理念從碳中和提升為絕對減排與淨零，且對氣候調適及 ESG 報告框架有所發展，建議可納入參考資料。	感謝委員建議，本計畫已納入 ACI 於 2025 年推出之「機場 ESG 報告框架與指引」，探討環境永續各面向對應機場推動環境永續應考量揭露之指標項目，請參見第 2.1 節。	同意辦理。
4.建議就國內機場已達成目標進行補充，如松山、臺中、高雄機場之 ACA 碳認證與民航局各機場之室內空氣品質標章。	感謝委員提醒，已於報告書第七章納入民航局所屬機場已取得之標章相關說明。	同意辦理。
5.目前各國主要機場，多有編撰永續報告書，ACI 為統一框架標準，亦開始草擬永續報告書框架，建議機場可以依據規模大小與需求，逐步彙整編撰永續報告書，以做為對外溝通之主要工具。	感謝委員建議，本計畫已納入 ACI 於 2025 年推出之「機場 ESG 報告框架與指引」，探討環境永續各面向對應機場推動環境永續應考量揭露之指標項目，請參見第 2.1 節。	同意辦理。
6.目前永續報告書在社會責任部分較為缺乏，尤其我國多為國營機場，在利害關係人溝通上較少相關作為，國際趨勢亦積極推展「全球永續性報告協會」(Global Reporting Initiative, GRI) 制定的永續報告準則版本修正及自然相關揭露(TNFD)等相關準則，主要多針對社會責任這部分進行強化，建議可適度提出建議與方向。	社會責任議題與機場永續推動確實具高度關聯性，例如各機場現行之噪音防制、環境監測、地方說明會及社區溝通機制等，均屬社會面向中利害關係人互動之重要作為；本計畫已於國際機場案例補充相關說明。	同意辦理。

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
<p>7.報告中有部分內容有敘述到供應鏈，目前 GRI 2021 版已將供應鏈之範疇擴及更廣，已包括創造企業價值與競爭力，供應鏈僅屬價值鏈之一環，故多以價值鏈取代，建議可以參考修正。</p>	<p>感謝委員建議，已修正報告書內容。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>8.依據報告所蒐集之代表性機場資料顯示，機場在永續部分主要著重在氣候變遷、能源管理，其他面向尚不完整，鑑於目前產業在部分面向發展迅速，建議在報告第 9 章建議或是第 8 章後續參採項目可以加強下列面向：</p> <p>(1)目前循環經濟議題備受重視與討論，建議機場可以從「源頭設計採購」及「末端處理」兩方向思考，精進作為。例如舊金山機場實施嚴格的「源頭減量」，荷蘭史基浦機場，目標在 2030 年達成「零廢棄物」，並在 2050 年實現完全循環經濟目標。</p> <p>(2)機場除了在能源管理、運輸車輛電動化外，部分標竿機場已陸續引進儲能節電策略，除利用尖離峰用電時間之調配可節省電費外，強化電網韌性為其相當重要功能，並可結合智慧電網來強化能源管理，可作為下階段努力之目標。</p> <p>(3)目前 AI 發展迅速，智慧機場與永續議題息息相關，已有不少標竿機場運用 AI 相關技術達到更為節能與便捷效果，應用方面有史基浦機場之空側優化、新</p>	<p>感謝委員建議。</p> <p>已於第 8 章納入循環經濟思維，並將多元化的永續能源調配方式列為未來政策研擬可檢視方向。</p> <p>政策綱領將考量並預留工具與方法的運用彈性，諸如 AI、大數據等配套方式，均可作為機場營運單位及利害關係人未來推動永續作為的參考。</p> <p>ACI 提供之淨零路線圖輔導計畫及科學減排目標將可作為相關單位研擬減排目標的參考工具。</p>	<p>同意辦理。</p>

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
<p>加坡樟宜機場之航廈空調智慧調控、西雅圖機場之廢棄物智慧分揀系統導入等。</p> <p>(4)建議未來規劃機場減排目標時，可參考如報告第 3-25 頁所述，ACI 提供之淨零路線圖輔導計畫內容，以設定科學減排目標 (SBTi)來制定，以更符合可執行性。</p>		
<p>9.專家學者座談(4)，資料顯示機場碳排範疇一及二僅占整體之 1%以下，一般範疇一及二約占整體 20~30%左右，是否有誤植，建請釐清。</p>	<p>感謝委員提問，檢視「桃園機場 2024 年永續報告書」，2024 年範疇 1 與範疇 2 之碳排量為 107,619 噸，範疇 3 碳排為 9,472,498 噸，前項碳排約佔整體碳排之 1.12%，已據以修正第八章座談會摘要。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>(五)韓振華委員(書面意見)</p>		
<p>1.依據 7.2.1 節所述，民航局整體永續發展政策主要係依據「2020 運輸政策白皮書」及「臺灣地區民航機場 2040 年整體規劃」，並依循國發會「綠色成長與 2050 淨零轉型」及「臺灣總體減碳行動計畫」之原則，針對所述航空站推動相關永續發展工作，惟 8.1 節第 1 點機場環境永續政策研訂狀況卻說明，我國現況尚未有統一、高位階、具長期性的「機場環境永續政策綱領」，缺乏上位機場環境永續政策引導與整合，兩者所述似有不一致之情形，建議再予釐明。</p>	<p>感謝委員提醒，目前我國機場永續相關之上位政策包括「2020 運輸政策白皮書」、「臺灣地區民航機場 2040 年整體規劃」、「綠色成長與 2050 淨零轉型」及「臺灣總體減碳行動計畫」等，相關政策文件皆對機場永續發展之目標或施政方向有所論述，惟上述政策多以運輸領域整體或能源/減碳面向為主，在氣候調適、空氣品質、噪音、水資源、廢棄物等其它永續面向之機場相關議題與政策方向仍有強化空間。</p> <p>因此，本計畫所稱「尚未有統一、高位階、具長期性之機場環境永續政策綱領」，主要係指目前尚缺乏專門以「機場」為核心、涵蓋各永續面向、具整體性架構與一致推動方向的綜整性政策文件。後續年期將研提系統性之政策綱領，作為各機場及利害關係人規劃永續作為之依據，強化我國機場永續推動之整體一致性與連貫性。已修正 7.2.1 節與 8.1 節文字，以避免誤解。</p>	<p>同意辦理。</p>

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
<p>2.依據第 8.1 節第 4 點機場環境永續政策架構及適用對象中所述，國際趨勢傾向對於所有或特定類性的機場實施統一或一體適用的規範，以確保整體航空系統與國家目標；惟我國現況中卻說明目前相關法規係一視同仁，未依機場規模設定不同政策目標，兩者所述有所差異，建議宜再釐清後修正。</p>	<p>8.1 節係說明國外案例之機場環境永續一致性政策架構，以利該國機場可有一致之遵循方向，另考量不同大小機場之資源差異，在目標設定及執行上亦留有彈性空間。已調整 8.1 節文字以避免誤解。</p>	
<p>3.第 8.1 節第 5 點機場環境永續資源投入與支持機制中說明，我國現況目前相關人才不足，亦缺乏整合性永續技術輔導與人才培育平台，惟本研究中似未對我國相關人力狀況及人才培育機制有所說明或分析，建議宜再予補充說明。</p>	<p>感謝委員提醒。參考本計畫訪談及收集之利害關係人意見，機場環境永續之相關人才資源仍有強化空間，因此本計畫將人才之發展列入下年期研究參採範疇。考量機場環境永續發展為國際長期趨勢，人才課題或可列入政策評估方向後續進一步研議。已補充 8.1 節文字。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>4.第 8.1 節第 6 點新興環境永續議題的前瞻布局與滾動檢討中說明，我國機場環境永續目前尚無制度化「滾動檢討與修訂機制」，惟何謂制度化滾動檢討與修訂機制，在國際趨勢中似亦未明確說明，建議宜再予補充。</p>	<p>感謝委員提醒，已調整報告相關論述考量部會分工，產業之發展應由權責部會單位規劃研擬，惟參採國外經驗，機場與相關產業作為需求單位，應可提出建議以利產業政策研擬單位評估是否發展相關產業、以及機場端可提供之配套或協助。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>5.以下內容似有誤，建議釐清後修正： (1)表 6-2 對於航空器統之直接衝擊：建議修正為對於航空器「系」統之直接衝擊。 (2)P8-2，永續綱領及「指」動指引：建議修正為「行」字。 (3)P8-6，新興環境永續議題的「先」瞻布局與滾動檢討：建議修正為「前」字。 (4)P9-4，「觀」注課題：建議修正為「關」字。</p>	<p>感謝委員指正，已修正相關內容修正於表 6-2、8.1 節、以及 9.2 節。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>(六)交通部航政司</p>		

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
<p>1.查民航局研擬之我國民用機場 2040 年整體規劃，松山、臺中、高雄機場主計畫及桃機公司研擬之桃園機場綱要計畫，內容均有機場環境永續發展推動策略、方法等相關章節，建議第九章產出之結論與建議，以可提供民航局、桃機公司檢討前開機場上位計畫時，納入運用為目標，俾遂行本研究與民航局、桃機公司研究相輔相成之效益。</p>	<p>遵照辦理，已將相關說明納入本計畫報告第九章建議事項。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>2.環境部於 114 年特別針對高溫議題，請本部所屬各機關(構)針對「維生基礎設施」領域提報受高溫影響說明及高溫調適策略資料，續邀集專家學者、中央及地方政府召會討論高溫調適對策，並進行相關演練，顯見對該議題之重視。本案已有盤點 ICAO 對高溫議題之評估，並蒐集新加坡樟宜機場設計空調系統運作餘裕、實施熱壓力管理策略、跑道瀝青混合物加入聚合物添加劑增加耐用性等作法，建議民航局及桃機公司可參考前開作法，預為評估相應調適對策。</p>	<p>敬悉。</p>	<p>敬悉。</p>
<p>(七)中華機場協會</p>		
<p>1.第八章第 8-11 項所提之「零廢棄物與循環再利用」內容具體度高，並特別以香港國際機場推動廚餘轉製生質能源的措施為可參考的實務案例，而為提升後續研究之可行性與執行性，建議本計畫於下一年度工作中提出更具體、可操作的策略建議與實務導引，以利機場端未來在落實相關環境永續作為時，能有明確依循。</p>	<p>感謝委員建議，將於後續年期參酌國際案例與我國機場現行條件，研議更具體、可操作之策略方向與推動建議，作為機場端未來規劃相關永續作為時之參考依據，以提升實務推動的可行性與一致性。</p>	<p>同意辦理。</p>

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
<p>2.第九章節提到透過 ACI 機場碳認證(ACA)機制推動自願性減碳作為之內容,建議可進一步說明具體誘因措施,並清楚界定所謂「自願性」減碳措施的內涵與適用範圍,同時建議於後續階段探討如何將該機制延伸至可持續航空燃料(SAF)之推動策略,包含:鼓勵供給端提升 SAF 產能、建立透明的減量量化與認證機制,以及促使航空公司在自願性減碳架構下,更積極採用 SAF,以形塑市場需求並促進產業鏈發展。</p>	<p>感謝委員建議,ACI 所推出之機場碳認證(ACA)係為非強制性參與之計畫,各機場所提出之減碳目標與作為皆為自主提出及管理,ACA 僅就機場之碳排放管理計畫強度(是否符合巴黎協約目標)以及是否抵換剩餘碳排放進行評級,故謂「自願性」減碳,已調整相關用字避免造成誤解。關於 SAF 之推動策略對應機場碳認證之相關性,航機產生碳排為機場範疇三之主要來源,又 SAF 採用為航機碳排減量主要措施之一。由於第三方碳排之管理為機場碳認證等級三以上之主要評估標準之一,故機場營運單位雖不是 SAF 之供給方或使用方,仍可推動相關措施促進整體產業鏈發展,以促成機場範疇三碳排減量之目標。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>3.建議後續可進一步研析成立機場環境永續基金之可行性,並考慮其財源與管理方式,以避免影響航空公司代為收取或旅客付費之意願。該基金可做為推動能源轉型、碳管理、乾淨科技投資與環境改善措施的財務來源,因此在後續階段建議可就其架構、運作模式、跨機關權責分工與實施路徑進行了解,以利提供我國未來推動機場永續發展之參考。</p>	<p>感謝委員建議,我國機場環境永續相關之能源轉型、碳管理、潔淨科技投資與環境改善措施之潛在財務支撐機制,攸關航空公司、旅客與機場營運單位之權責及參與意願,將於後續年期進一步研析,以作為未來機場永續發展政策規劃之參考。</p>	<p>同意辦理。</p>
(八)桃園機場公司		
<p>本計畫期末報告成果,本公司無建議修正意見。</p>	<p>敬悉。</p>	<p>敬悉。</p>
(九)民航局(書面意見)		
<p>1.第 1.3 節工作項目內容似有重複,請再確認。</p>	<p>感謝指正,經查有部分內容誤植,已於報告書第 1.3 節進行修正。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>2.表 2-11 文件名稱「推動我國國際航空業碳減量暨國內航空產業溫室氣體排放管理及氣候調適減緩計畫第 1 次後續擴充」為本局委外計畫報告</p>	<p>遵照辦理,已刪除該案。</p>	<p>同意辦理。</p>

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
名稱，該計畫係為協助本局辦理減碳及氣候變遷調適相關業務，相關報告屬本局所有且未公開，本案期末報告內容亦未參採該計畫，請刪除。		
3.第 2-31 頁，段落文字應係「緩」解停機坪擁塞狀況，再請確認。	感謝指正，已於報告書內修正。	同意辦理。
4.第 6 章說明永續航空燃油(SAF)減碳旗艦行動計畫經歷修改，內容已非現行版本，且未來滾動調整，建議意見如下。 (1)「每半年召開會議以協調跨部會事宜」請修改為「召開會議以協調跨部會事宜」。 (2)圖 6-5，「由交通部及經濟部共同主持」請修改為「由交通部及經濟部召開」。 (3)刪除 6-9 頁下方，使用端之「SAF 使用工作小組」、供應端之「SAF 供應工作小組」等 2 段文字，以及表 6-6、表 6-7。	感謝指正，已修正於 6.2 節。	同意辦理。
5.報告書 7-15 頁，有關「民航局所屬各航空站在推動水資源、噪音、空氣品質及廢棄物等環境管理工作上，皆已遵循上位政策與發展藍圖，惟目前各面向多偏向環境部門之總體性環境管理策略，尚無針對機場環境之永續政策指導文件或推動指引。」建議依 6.4-6.6 之小節結論「以『自主管理』與『依法行政』」撰寫。	遵照辦理，已參照第六章各永續面向小結內容辦理修正，請參見 P.7-16 頁。	同意辦理。
6.表 7-5： (1)空氣品質管理面向之推動 eGSE 比例於 2030 達 30%、2040 達 100%非民航局局屬航空站政策，請再確認。	感謝委員指正，已修正表 7-5 相關內容，並註明各機場之措施辦理依據。	同意辦理。

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
<p>(2)有鑑上述情形，所列各項管理措施請補充係各站「依法」辦理之措施，或「自主」辦理之措施，並請標明執行之航站，以利核實。</p>		
<p>7.第八章：</p> <p>(1)「目前尚無相對之機場環境永續政策」請修正為「民航局刻正研議「臺灣航空減碳政策（SAP）」。</p> <p>(2)「...仍缺乏一致性之國家機場政策願景作為各機場用續發展之指引，難以系統性地與國家上位環境永續目標接軌」之敘述與第7-9頁「目前民航局所屬航空站之綠色永續發展願景，係以國際組織政策指引、國家上位政策及各場域自訂發展方向三大核心並行推動...」之敘述似有矛盾，請依7-9頁內容為主，並參酌6-1頁「環境部氣候變遷因應法第二版為我國推動氣候變遷調適的主要上位政策」、6-7頁「行政院於114年1月公布臺灣總體減碳計畫，為我國現階段推動機場能源轉型與減排的綱領」及6-32頁「我國機場及航空運輸相關政策已逐步形成由上而下、跨層級推動之整體架構，明確將機場.....全週期永續治理。」修正。</p> <p>(3)「缺乏上位機場環境永續政策引導與整合」請修正為「民航局刻正研議『臺灣航空減碳政策（SAP）』」。</p> <p>(4)「目前無上位政策綱領指</p>	<p>感謝委員指正，已調整第八章相關論述。</p>	<p>同意辦理。</p>

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
<p>導」之敘述有誤，請參酌 6-1 頁「環境部氣候變遷因應法第二版為我國推動氣候變遷調適的主要上位政策」、6-7 頁「行政院於 114 年 1 月公布臺灣總體減碳計畫，為我國現階段推動機場能源轉型與減排的綱領」及 6-32 頁「我國機場及航空運輸相關政策已逐步形成由上而下、跨層級推動之整體架構，明確將機場……全週期永續治理。」修正。</p> <p>(5)「尚無上位機場環境永續政策」請修正為「民航局刻正研議「臺灣航空減碳政策 (SAP)」。</p> <p>(6)前段述敘無上位政策，後段卻又表示「目前相關法規係一視同仁，未依機場規模設定不同政策目標」請釐清修正。</p> <p>(7)再生能源、智慧能源管理系統及電動化設備等已於本局航空站溫室氣體減量藍圖中有訂定並已推行多年，故本段落「尚無環境永續投資之完整資源藍圖」請調整。</p> <p>(8)另報告所述相關人才不足，亦缺乏人才培育平台一節，整合性永續技術輔導與人才培育平台可於環境部及國家環境研究院網站獲取資訊。</p> <p>(9)參酌 6-1 頁「環境部於 2017 年訂定國家因應氣候變遷行動綱領...再訂定國家氣候變遷調適行動計畫，自 2013 年每 4 年更新」，及</p>		

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
<p>6.2.1 臺灣總體減碳行動計畫亦分 6 大部門以每 4 年為一期檢討修訂，相關滾動檢討機制已入法，爰請修正「我國機場環境永續目前尚無制度化『滾動檢討與修訂機制』，永續政策與目標調整多屬於被動式回應法規要求」之敘述。</p>		
<p>8.第八章問卷訪談及座談成果綜整：</p> <p>(1)請依本局 114.6.9 提供修正之訪談紀錄及本局意見第 7 項所提及 6-1、6-7、6-32 及 7-9 之內容修正。</p> <p>(2)再生能源與溫室氣體減量高雄機場已取得 ACA 等級三。</p> <p>(3)循環經濟與環境保護：「民航局尚無統一政策」尚未依本局 114.6.9 提供修正之訪談紀錄及本局意見修正為「民航局並未制定相關政策」。「尚未形成全國推動策略」請修正為「民航局並未推動相關政策與措施」。後段「民航局期望...導入模式」、政策與法規配套一節「初期可能以短期補貼...達成政策目標」非本局訪談內容，請刪除。</p>	<p>感謝指正，已依修正訪談紀錄修正報告文字於 8.2.1 及 8.2.3 節。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>9.第九章：</p> <p>(1)第 9.1 節，有關建置再生能源設備，經濟部能源署已有協助聯合標租之案例。</p> <p>(2)第 9.1 節，「空側運具全面電動化」之敘述較為籠統，如係指地面勤務裝備，地勤裝備除部分成熟車種外，電動化技術發展多尚在發展中，主要困難並非</p>	<p>(1)感謝委員建議，將據以納入後續研析考量，並作為後續階段研訂相關政策綱領與推動方向之參考。</p> <p>(2)感謝委員建議，將據以針對相關內容進行修正與調整，確保內容與現行政策及實務作法相符。</p> <p>(3)感謝委員建議，已據以調整相關論述。</p> <p>(4)感謝委員建議，已據以調整相關論述。</p>	<p>同意辦理。</p>

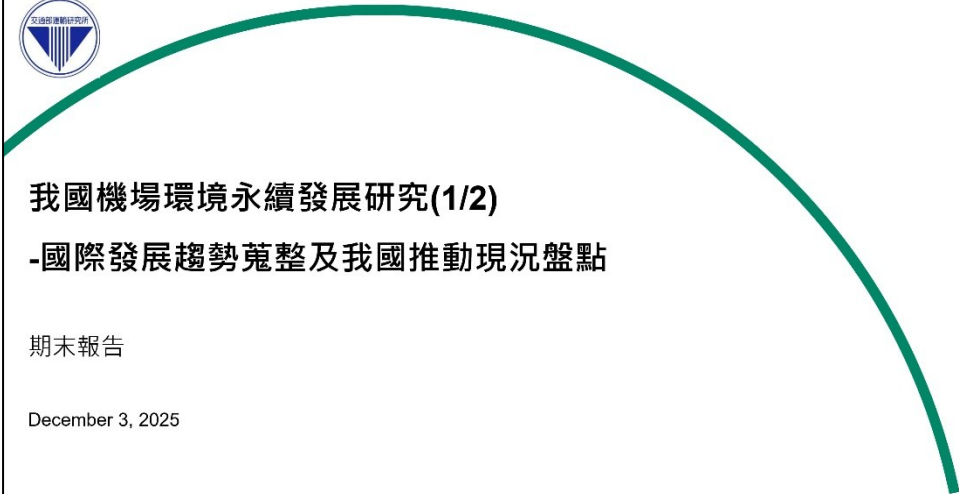


審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
<p>在於資金不足。</p> <p>(3)第 9.2 節，我國於「氣候變遷調適」及「淨零排放」均已有上位政策及檢討機制，建議調整文字。</p> <p>(4)第 9.2 節，有關「5. 環境永續技術前瞻布局」，報告將 SAF 納入建議布局之議題，有鑑於 SAF 技術認證在符合 ASTM 標準後，能安全且有效地用於現有飛機，而無需對發動機或基礎設施進行任何改動，即機場端無需變更現有設施，不像推廣氫能，機場需要建置氫能儲槽、運輸設施等，另 SAF 之技術屬生產端領域，無涉機場端，建議調整修正。</p> <p>(5)承前，本項永續技術前瞻布局聚焦機場能源使用，如氫能、新世代能源，惟這些能源必須在我國能源政策法規確定、供應充足之前提下方能辦理，非機場能主動前瞻佈局，建議再酌。</p>	<p>(5)感謝委員建議，已據以調整相關論述。</p>	
(十)本所運工組(書面意見)		
<p>1.本期末報告蒐整國際、國內相關資料及彙整相關單位訪談結果，內容豐富詳盡，給予肯定。</p>	<p>感謝肯定。</p>	<p>敬悉。</p>
<p>2.第一章「緒論」</p> <p>(1)第 1.2 節計畫目的與辦理依據，請涵括機場環境永續各面向。</p> <p>(2)第 1.3 節工作項目內容，請依研究主題與重點所列項目列出，並刪除重複部分。</p> <p>(3)請補充研究範圍界定。</p>	<p>遵照辦理，將據以針對相關內容進行修正與補充。</p>	<p>同意辦理。</p>

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
(4)第 1.4 節報告架構之第六章與第八章文、圖內容不一致，請修正。		
3.第三章「國際組織政策發展趨勢」請新增小結，綜整及表列國際組織在機場環境永續之指導文件或規範重點。	遵照辦理，已補充綜整及表列國際組織在機場環境永續之指導文件或規範重點於第 3.7 節	同意辦理。
4.第四章「先進國家機場環境永續政策與發展成果」第 4.6 節，除盤點先進國家機場環境永續政策、發展成果與未來規劃外，請補充評估分析並建議後續可於第二年期納入我國機場政策綱領或推動指引探討的內容。	遵照辦理，已按委員建議調整並補充後續可參採內容於報告第 4.6 節。	同意辦理。
5.第五章「國際機場環境永續推動政策與發展成果」第 5.7 節，除盤點國際標竿機場之環境永續政策、發展成果與未來規劃外，請補充評估分析並建議後續可於第二年期納入我國機場政策綱領或推動指引探討的內容；其他類型機場案例之策略措施，亦請比照處理。	遵照辦理，已補充第二年期政策綱領之建議探討與評估內容，請詳第五章。	同意辦理。
6.第六章「我國相關法規與政策盤點」，請列表整理我國機場在環境永續六大面向之相關主管單位執行結果盤點，至少分為主管機關(單位)、政策面、發展藍圖、執行方案或措施等層級，若仍在研議中、分工尚未明確或目前尚無具體內容亦請以文字敘述，以利綜合檢視。	感謝建議，已針對我國機場環境永續議題之主管單位執行結果整理列表，請參見表 6-18。	同意辦理。
7.第七章第 7.1.2 節「桃園國際機場之永續目標與發展成果」，請補充桃機公司之桃園機場環境永續行動報告內容，包括： (1)以整合式管理體系推動永續行動，結合碳盤查、能	遵照辦理，已補充相關內容於第 7.1.2 節。	同意辦理。

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
<p>源、環境管理、水資源與氣候調適多面向，兼顧營運韌性與環境責任治理架構。</p> <p>(2)已依 ISO 14064 標準，完成範疇一(自有排放)、範疇二(外購能源)與範疇三(協力廠商／航空公司／租戶等)完整盤查。</p> <p>(3)以科學化與系統化推動減碳策略，從能源轉型著手，逐步導入綠電、智慧監控與高能耗設備汰換機制，同時依範疇推動具體行動：範疇一強化燃料與冷媒管理，範疇二提升再生能源使用效率，範疇三深化航機支援電動化與夥伴減碳合作，全面邁向淨零轉型。</p> <p>(4)補充已通過之國際標準認證，包括：ISO 14001（環境管理）、ISO 14064-1（溫室氣體盤查）與 ISO 50001（能源管理）。</p>		
<p>8.第八章「綜合評估及可納入要項」請新增一節，補充分析座談會及問卷訪談後之評估分析，以與第 8.3 節有所對應。</p>	<p>遵照辦理，已補充座談會及問卷訪談成果之評估分析於第 8.2.4 節。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>9.報告內容有幾處錯漏字與標點符號，部分文、圖、表不一致或無對應，文中提及的文獻需列出作者或單位，部分呈現方式須調整、修正或補強部分，將另行與研究團隊溝通，請配合修正；另期末修正報告提送前，請務依本所出版品印製相關規定格式檢視調整。</p>	<p>遵照辦理，已全面檢視並修正報告格式與標號。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>10.期末報告審查意見處理情形表請列出修正或調整之章節</p>	<p>遵照辦理，已將期末報告審查意見處理情形表及期末報告簡報納入報告</p>	<p>同意辦理。</p>

審查委員/單位之意見	執行廠處理情形	本所各組及中心審查意見
處，並包含本所計畫承辦單位審查意見；該表及期末報告簡報(每 2 簡報頁為 1 頁)等內容，請補充於報告書附錄。	書附錄。	
(十一)本所運技中心(書面意見)		
本計畫蒐整國際在機場環境永續面向之發展趨勢、國際標竿機場及先進國家在環境永續面向之推動政策、發展成果，並進行我國相關規定、機場推動現況、機場未來規劃之盤點，做為後續研訂我國機場環境永續政策綱領與推動指引之依據。報告中資料蒐整豐富，極具參考應用價值，研究團隊的投入與用心值得肯定。	感謝委員肯定。	敬悉。
(十二)主席結論		
感謝各位委員、民航局、桃園機場公司、中華機場協會參與本計畫並提供寶貴建言。期待於第二年期計畫繼續不吝提出政策綱領擬訂與實務推動之寶貴建議，俾後續完成政策綱領與推動指引研訂，共創我國機場環境永續新願景。	敬悉，感謝各位委員、民航局、桃園機場公司、中華機場協會提供寶貴建言。	敬悉。
本審查會議各委員及與會單位研提口頭及書面意見，請艾奕康工程顧問股份有限公司整理「審查意見處理情形表」，逐項說明回應辦理情形，送本所審查後，做為修正報告之依據，並充分納入報告修正。	遵照辦理，將根據委員意見逐項說明回應辦理情形，並充分納入報告之修正。	同意辦理。
本計畫經徵詢 5 位審查委員意見(含 1 位為書面意見)，本期末報告初稿審查通過，請艾奕康工程顧問股份有限公司後續依本所出版品印製相關規定修正報告，於 114 年 12 月 24 日(三)前提送報告書修正定稿。	遵照辦理，將依運研所出版品印製相關規定修正報告，並於所定期限內提送修正定稿報告。	同意辦理。

附錄四：期末報告簡報




我國機場環境永續發展研究(1/2)
-國際發展趨勢蒐整及我國推動現況盤點

期末報告

December 3, 2025

Delivering a better world



Content

- 期末階段成果
 - 我國機場環境永續政策
 - 機場永續政策案例
 - 利害關係人主要意見彙整
 - 下年期建議參採要項
 - 結論與建議

「我國機場環境永續發展研究」目的與範疇

緣起

- 「氣候變遷因應法」、「淨零排放路徑 112-115 年綱要計畫」
- 交通部「2020 政策白皮書」

目標

- 掌握國際趨勢，提升我國機場應對氣候變遷的調適能力與韌性，達成國家溫室氣體減量目標。
- 訂定我國機場永續發展之政策綱領與推動指引，促成機場環境永續發展與國際接軌及提升國際競爭力。

工作內容

- 蒐集國際組織訂定之永續發展管理機制和目標
- 先進國家及國際標準機場的推動政策與成果
- 盤點我國現行法規及機場發展現況
- 研析我國各級機場環境永續發展重要課題
- 研擬政策綱領及推動指引
- 訂定我國各級機場推動方針、評估指標、評估方式






研究對象

國際組織	先進國家	國際標準機場	我國各級機場
 	     	   	

六大環境永續面向

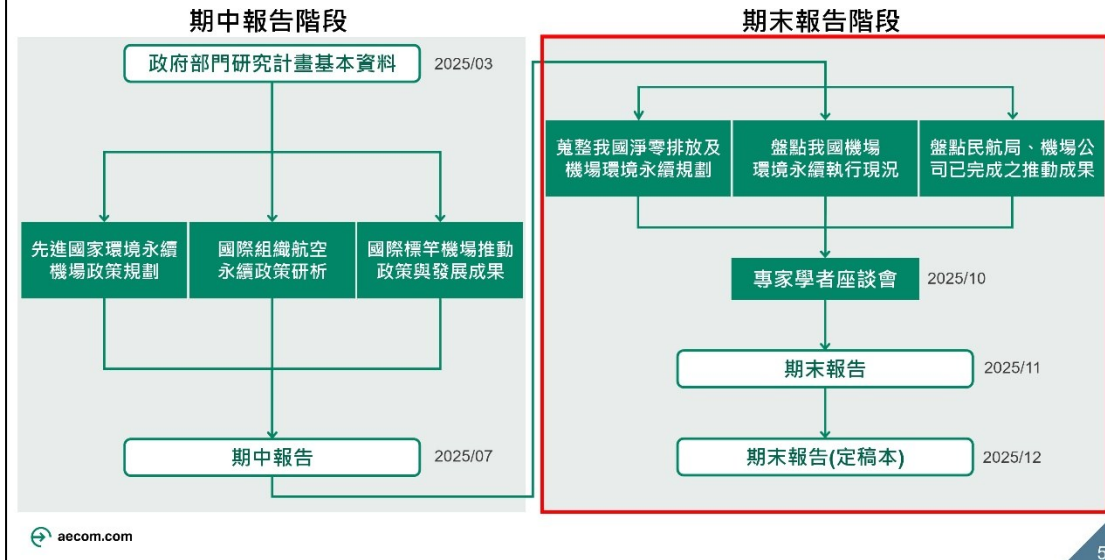
 氣候調適	 能源/碳排	 噪音
 水資源	 空氣品質	 廢棄物

本期(1/2)與下年期(2/2)工作項目

本期(1/2)工作項目	國際發展趨勢蒐整及我國推動現況盤點					
	掌握國際趨勢			盤點國內現況		
	 國際組織在環境永續之目標、策略與建議	 先進國家環境永續機場推動政策與發展成果	 國際標準機場環境永續機場推動政策與發展成果	 我國淨零排放、綠運輸、氣候變遷、國家關鍵基礎設施安全防護相關計畫或規定	 民航局、機場公司在環境永續之願景、政策、目標、策略、行動綱領等規劃	 我國各民用機場、軍民合用機場環境永續執行現況

下年期(2/2)工作項目	研訂政策綱領與推動指引					
	研析我國各級機場環境永續重要課題			研訂政策綱領與推動指引		
	 我國機場環境永續之發展願景、定位與目標	 我國各級機場永續發展重要課題	 我國機場環境永續發展程度評估指標、發展程度計算方法與評估方式	 我國各級機場環境永續優先發展項目政策綱領	 我國機場環境永續發展之風險影響評估與優先發展項目	 我國各級機場優先發展項目推動方針及推動機制

— 本計畫工作流程



— 期中報告審查意見辦理狀況摘錄

類別	意見	回覆
報告架構	<ul style="list-style-type: none"> 全文篇幅應聚焦於「機場環境永續」之主題，且各章節標題亦宜與該主題相互呼應，以確保報告結構與內容的一致性 環境永續課題列出15個子題，請補充為何只挑選其中5個課題做為本計畫工作範疇。 第五章與第四章蒐集之國家與機場有所差異，為能完整瞭解該等國家政策與機場相關作為之關聯性，建議兩者宜有一致性 	<p>已參照委員建議調整報告架構與標題，並補充先進國家之機場相關作為。</p>
整體內容	<ul style="list-style-type: none"> 未針對生物多樣性資料進行蒐集，建議再補充。 建議增加區域中小型機場、軍民合用機場作法；資料依不同型態規模整理，以利推動參考；建議選取與我國各規模類型相符，且條件相近之場域進行分析。 部分環境課題主管機關非屬交通部，建議強化跨部會分工之說明。 建議構建系統性之檢核表架構，對照我國現行規範與先進國家/標準機場，提出具體改善建議。 	<ul style="list-style-type: none"> 生態多樣性：已於2.1節補充生物多樣性介紹，並於法國及英國案例補充相關政策概況。 不同類型機場案例：已補充標準機場之特性，並增加區域機場案例資料。 跨部會分工：已將相關權責分工列入下年期參採要項 建構系統性檢核表：已整理我國與先進國家政策對照，並將環境課題範疇納入下年期政策研擬參採要項
能源與碳排	<ul style="list-style-type: none"> 針對小型機場，是否有推動ACA認證之必要性與目標設定之標準為何，建議進一步研擬說明。 建議檢視碳捕捉、碳封存及生物固碳等作為 	<ul style="list-style-type: none"> ACA 認證之執行必要性與目標設定之標準將於下年期工作進一步研擬探討。 目前「探捕捉」及「探封存」等相關技術多仍處於試驗驗證階段，尚未出現大規模推動或應用的案例； 生物固碳技術較有實際作為，如日本成田機場已規劃於機場周邊之閒置土地種植早生桐，利用其生長迅速且具經濟價值的特性，作為生物固碳措施。

— 期中報告審查意見辦理狀況摘錄

類別	意見	回覆
能源與 碳排- SAF相關	<ul style="list-style-type: none"> • 歐盟ETS與CORSIA之SAF碳抵換是否重複計算？荷蘭2030 SAF目標強制性與水床效應定義？法國國內航空碳抵換強制性與公益稅內容？ • 建議蒐集英國SAF強制油商生產比例、買斷機制；新加坡SAF徵收費用(Levy)及統一採購詳細規定。 • 美國川普時期「大而美法案」影響SAF租稅補貼，請更新；建議由排放來源（含範疇三）角度分析減碳策略。 • 建議補充美國能源部與農業部推動SAF之分工職責 	<ul style="list-style-type: none"> • 歐盟ETS與CORSIA之SAF碳抵換：前者規範歐盟經濟區內之航線，後者則規範國際航線，且SAF確證有不可重複累計之制度，因此不會重複計算。 • 荷蘭SAF目標之強制性：沒有法令規範，故無強制性，但相關政策皆以同樣之目標訂定。 • 法國國內航線強制碳抵換：要求航空公司每年固定時間繳交前一年度之排放報告與抵換報告，若未按規定辦理則須繳納罰金。 • 法國公益稅：並非專為永續航空政策制定，向所有離境旅客徵收，用於資助國家基礎建設計畫。 • 英國SAF政策：要求供油商供應一定比例的SAF，此可為自行生產或外購；英國同步制定「營收保證機制」建立基金以保障SAF供應商之收入不受價格浮動影響。 • 新加坡SAF徵收費用：向離境旅客收取，按艙等與航程差異化收費，徵收金額用於統一採購SAF。 • 美國大而美法案：延續「降低通膨法案」提供SAF生產補助，預計於2027年取消，尚未有SAF中長期使用目標或政策。 • 美國能源部與農業部之分工：前者負責技術研發與示範計畫等，後者則負責原料端之供應與物流體系建構。

— 期中報告審查意見辦理狀況摘錄

類別	意見	回覆
噪音	<ul style="list-style-type: none"> • 目前噪音管制及地方社區關係已有一整套成熟運作機制，本計畫想探討之課題為何？ • 史基浦機場政策為何被ACI指與ICAO平衡做法不適用？ 	<ul style="list-style-type: none"> • 依據國際民航組織於機場永續政策中揭示，降低噪音污染之環境衝擊仍是永續發展之重要課題，故納入研究範疇；本計畫亦針對國際相關作法進行整理，以作為未來研擬機場環境永續政策之參考。 • 史基浦噪音政策：ACI文獻指出，ICAO平衡作法將航空產業發展視為正向的影響，並將噪音視為需最小化的「潛在問題」，而歐盟部分國家將航空產業發展視為「有害的」，故兩者精神並不一致。
空氣品質	<ul style="list-style-type: none"> • ACI文件無單獨「空氣品質管理」項目，似屬能源範疇，建議整合 	<ul style="list-style-type: none"> • 考量「空氣品質管理」、「能源與排放」各有其適用規範及發展課題，為完整涵蓋各面向內容，建議分就這兩項課題進行探討，以維持資訊完整度。
廢棄物	<ul style="list-style-type: none"> • ACI廢棄物管理說明未完整，且缺IATA資料，建議釐清修正 • 建議納入IATA關於機艙廢棄物（多由機場處理）之相關文獻說明。 	<ul style="list-style-type: none"> • ACI與IATA資料補充：已補充ACI廢棄物管理說明，並納入IATA機艙廢棄物之相關內容。

— ACI Sustainability Strategy for Airports Worldwide

【永續】定義

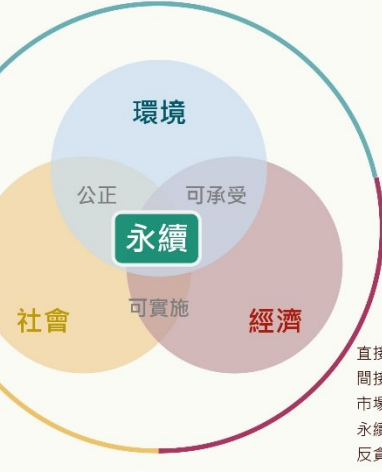
根據ACI "Sustainability Strategy for Airports Worldwide"，永續為一種平衡環境、社會及經濟因素的整體性方法，以確保持久的繁榮。

- **環境**
在資源承載力內生活，確保我們以永續的速度消耗自然資源（如燃料、土地、原物料及水資源），並限制具破壞性的活動。
- **社會**
組織透過採取平衡且符合道德的方法，對整體社會福祉做出貢獻（例如：確保員工、顧客及在地社區的福祉）
- **經濟**
有效率地使用資源以維持其營運，且（若適用）創造利潤。

本計畫研究項目

- 氣候變遷
- 能源與排放
- 水資源與廢污水
- 廢棄物管理
- 生物多樣性

- 社區與噪音
- 服務品質
- 就業
- 健康與安全
- 公平與多元性
- 空氣品質



- 直接經濟衝擊
- 間接經濟衝擊
- 市場地位與連結性
- 永續供應鏈
- 反貪腐

資料來源：ACI Sustainability Strategy for Airports Worldwide

— 國際發展趨勢總結

國際組織

- 以提供永續發展之指引為主；除「2050年淨零」目標外，其它面向尚無具體量化目標
- 近期關注重點主要為**能源與碳排**及**氣候調適**

先進國家

- 2050年淨零為國際共識，常見量化目標主要在**碳排與能源**(SAF使用)方面
- 各國皆未針對不同等級機場分別訂定不同永續政策
- 先進國家政策以**歐洲國家**最為完整，尤其在**噪音管理**、**非CO₂排放**方面值得關注
- **亞洲國家**發展重點面向**氣候調適**、**能源與水資源**
- 機場環境永續各面向政策於先進國家多由不同部門共同制定，其主要之主管機關大抵為：**環境部門**、**經濟部門**、**交通部門(民航)**
相關政策執行需跨部門合作共同完成

項目	策略發展方向	相關措施
氣候調適	<ul style="list-style-type: none"> • 國際組織主要針對氣候變遷及其風險進行相關評估研究 • 國家層級政策發展目前仍在“制定策略/計畫”階段 	<ul style="list-style-type: none"> • 強降雨/洪水-排水系統改善 • 高溫-空側員工避暑措施 • 氣候風險評估
能源/碳排	<ul style="list-style-type: none"> • 常見以機場區內再生電網作為減碳與能源韌性提升措施 • 新能源使用政策主要受國家層級政策影響 	<ul style="list-style-type: none"> • 機場區內再生能源電網 • 新能源航機/地動機具 • 高效之能源使用與管理
水資源	<ul style="list-style-type: none"> • 亞洲標竿機場有較多再生水應用之案例 • 歐洲以防洪措施發展為主 	<ul style="list-style-type: none"> • 再生水/雨水回收系統 • 導入節水設施 • 滯洪基礎設施
噪音	<ul style="list-style-type: none"> • 歐洲國家採用較積極限制作為 • 亞洲國家則在確保機場發展的前提下進行管理 	<ul style="list-style-type: none"> • 防音樹籬/林 • 周邊社區經濟補償措施 • 營運限制
空氣品質	<ul style="list-style-type: none"> • 發展偏向碳排及其它污染物管理 • 歐洲可見到非CO₂之管理課題 	<ul style="list-style-type: none"> • 新能源地勤與地面運輸車輛
廢棄物	<ul style="list-style-type: none"> • 減少/排除一次性塑膠使用為國際共識 • 將循環經濟納入永續管理 	<ul style="list-style-type: none"> • 強化回收機制 • 固體廢棄物轉能源 • 再生建材應用

— 先進國家機場環境永續策略彙整

環境課題	主要環境永續策略	荷蘭	法國	英國	美國	日本	新加坡
氣候變遷與調適	評估非CO ₂ (高空廢機產生的臭氧、氮氧化物等)效應納入航空政策研究/工具	✓	✓	✓			
	頒佈天氣/低能見度作業程序制度化	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	交通/航空部門納入國家調適策略或專章	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	關鍵基礎設施備援建立	✓	✓	✓	✓	✓	✓
能源/碳排	要求國內各機場設定減碳行動藍圖與期程					✓	✓
	推動GSE電動化/低碳化(生質燃油)/量減	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	GPU/PCA廣泛應用，降低APU排放	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	機場自建或採購再生能源(太陽能/綠電)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
水資源	執行ACA認證計畫	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	水質監測與資訊公開(場內/周邊)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	用水效率管理/節水設備推廣	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	雨水回收與中水再利用(沖廁/植栽/清潔)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
噪音	洩瀉防制、油水分離等	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	大用戶年度用水計畫(強制)						✓
	除冰液水收集/處理制度(法規/許可/指南)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	「算導音級地圖+噪音行動計畫」機制	✓	✓	✓	✓	✓	✓
空氣品質	降噪作業序與噪音計畫要求	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	機場營運限制	✓	✓	✓		✓	
	地方噪音補助/社區溝通機制	✓	✓	✓	✓	✓	
	國家空氣品質標準與監測網	✓	✓	✓	✓	✓	✓
廢棄物	空側串聯低排或電動化以改善NOx/PM	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	GPU/PCA廣泛應用，降低APU排放	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	零廢棄/循環經濟目標	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	場內分類回收與再利用制度	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	危險廢棄物(油污/除冰液等)管理程序	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	供應商/承攬減廢與綠色採購要求	✓	✓	✓	✓	✓	✓

結論

各國機場環境永續政策規章多以 ICAO / IATA / ACI 等國際準則為基準，並考量本國政府架構法規強度、目標時程、補助工具與監管分工等面向之差異化設計

11

— 我國機場環境永續相關法規與現況盤點

層級	機關	文件	氣候變遷與調適	能源使用與碳排	水資源	噪音監測	空氣品質	廢棄物
國家政策	國發會	臺灣2050淨零排放路徑與策略總說明		○				
	國發會	臺灣總體減碳行動計畫		○				
	環境部	國家因應氣候變遷行動綱領	○					
	環境部	氣候變遷因應法	○					
	環境部	國家氣候變遷調適行動計畫(112-115年)	○					
	環境部	空氣污染防制方案					○	
	環境部	淨零排放路徑112-115綱要計畫		○			○	
	環境部	機場周圍地區航空噪音防制辦法				○		
	交通部	運具電動化及無碳化關鍵戰略行動計畫		○			○	
	交通部	維生基礎設施領域氣候變遷調適行動方案(112-115年)	○					
	交通部	2020運輸政策白皮書	○	○			○	
	交通部	第三期運輸部門溫室氣體減量行動方案		○			○	
	內政部/經濟部	第二期住商部門溫室氣體減量行動方案		○				
	民航局	民用航空運輸業管理規則		○				
民航局	永續航空燃油減碳旗艦行動計畫		○					
民航局	臺灣地區民用機場2040年(目標年)整體規劃		○		○	○		
民航局	推動我國國際航空減碳暨國內航空產業溫室氣體排放管理及氣候調適減碳計畫第1次後續擴充	○	○					
各機場成果	民航局	航空站溫室氣體減量藍圖		○				
	民航局	高雄國際機場2040年整體規劃			○	○	○	○
	民航局	松山國際機場2040年整體規劃			○	○	○	○
	民航局	臺中國際機場2040年整體規劃			○	○	○	○
	桃園機場	永續報告書	○	○	○	○	○	○
桃園機場	臺灣桃園機場園區綱要計畫	○	○	○		○		

12

— 我國機場環境永續相關政策

現有納入機場環境永續議題之上位政策包括交通部「2020運輸政策白皮書」、民航局「臺灣地區民航機場2040年整體規劃」，兩者分別著重於能源與碳排放管理、氣候變遷、以及減緩環境衝擊。

2020 運輸政策白皮書

2019年12月 交通部

- 提及「能源使用及碳排放管理」與「氣候變遷與調適」兩大面向，於「空運篇」、「智慧運輸篇」、「綠運輸篇」與「運輸部門因應氣候變遷調適與防災篇」等分冊敘明
- 能源使用及碳排放管理
著重於航空站能源效率提升與碳排放減量措施，包括：專人能源管理系統、推動機場取得ACA認證、推動空側車輛電動化與橋氣橋電、再生能源設施應用等
- 氣候變遷與調適
強調機場面對氣候風險之調適能力，包括：建立氣候變遷風險評估制度、災害應變機制、救災資源盤點與保存、推動跨域協調機制、強化災害預警系統等

臺灣地區民用機場2040(目標年)整體規劃

2020年8月 民航局

- 屬全國民用機場上位規劃，依據機場規模訂定分層發展策略，並於「災害應變」與「減緩環境衝擊」兩大發展標的提及環境永續議題
- 災害應變
面對未來極端氣候之變化與突發的災害事件，各座機場皆應具備災害應變力與回復力，降低影響程度，快速回到穩定營運狀態
- 減緩環境衝擊
透過綠能與再生能源方式減少空氣汙染、加快運作效率減少廢氣與航機引擎噪音影響等
- 針對機場「碳排」建議持續投入經費研究與評估，提升作業效率、服務品質與降低碳排之永續目標

13

— 我國機場環境永續政策



氣候韌性與調適



能源與碳排放管理



水資源、噪音
空氣品質、廢棄物

上位政策	國家氣候變遷調適行動計畫 維生基礎設施領域氣候變遷調適行動方案	臺灣總體減碳行動計畫 運輸、住商部門溫室氣體減量行動方案	(現依相關環境法規辦理)
主管機關	國發會 環境部	國發會 交通部、內政部	各環境面向主管機關
政策目標	<ul style="list-style-type: none"> → 建立跨部門一致的調適治理架構 → 提升國家及各部門面對極端氣候的韌性能力 	<ul style="list-style-type: none"> → 建構全國一致的減碳治理架構與目標 → 建立跨部門減碳機制與執行進度管理 → 配合 2050 淨零排放路徑政策 	<ul style="list-style-type: none"> → 水資源：用水效率最大化 → 噪音：配合噪音管制標準，減少對周邊影響 → 空品：減少機場營運排放，改善室內室外空品 → 廢棄物：降低機場營運廢棄物並強化資源回收
主要策略	<ul style="list-style-type: none"> → 建立調適管理與跨域協作機制 → 推動氣候風險評估與資料建置 → 強化機場等運輸基礎設施對極端氣候的抵禦能力 → 依據氣候情境進行設施差異化管理 	<ul style="list-style-type: none"> → 推動航空站勤務車輛電動化 → 推動永續航空燃油(SAF) → 推動航空器使用橋氣橋電、再生能源等 	<ul style="list-style-type: none"> → 水資源：提升節水效能、導入回收再利用系統 → 噪音：強化噪音監測與評估飛航程序管理 → 空品：推動低排放設備與強化室內空品管理 → 廢棄物：落實分類、回收與資源再利用化
結論	<ul style="list-style-type: none"> → 目前我國機場環境永續之氣候變遷與調適、能源與碳排放管理兩大面向主要係配合國家上位政策及行動方案推動相關作為 → 水資源、噪音、空氣品質、廢棄物面向則由各機場依循相關法規依法行政，自主管理 		

14








— 機場環境永續政策案例 - 桃園國際機場



願景- 創造國門榮耀，推動桃園國際機場成為我國連接世界的門戶機場



6大領域相關目標/措施


 <p>氣候調適</p> <ul style="list-style-type: none"> 取得「ISO14090氣候變遷調適」符合性證書 	 <p>噪音</p> <ul style="list-style-type: none"> 監測航機到場和離場之音量。 指定航機試車（發動機運轉測試）位置。 禁止於每日 00:00~06:00 時段進行試車。
 <p>能源/碳排</p> <ul style="list-style-type: none"> 2030年減碳40%、2040年減碳70%、2050年淨零排放。(2019) 年節電率1%以上 召集機場相關利害關係方簽署「112年至115年桃園機場合作夥伴共同減碳計畫」意向書 	 <p>空氣品質</p> <ul style="list-style-type: none"> 2030年前建置室內空氣品質監測設備，目標達「優良級」標準 針對焚化爐進行集塵器更新計畫，並建置多重偵測設施
 <p>水資源</p> <ul style="list-style-type: none"> 每年單位旅客用水量節約2% 導入ISO 46001水資源效率管理系統 建置「機場智慧給水系統」 	 <p>廢棄物</p> <ul style="list-style-type: none"> 2030年一次性用品減量70% 「廢棄物管理及減量計畫」以拒絕使用、源頭減量、回收為核心
 <p>結論</p> <ul style="list-style-type: none"> 永續報告書中之核心策略以推動機場發展為主；環境永續行動措施已有短中期之規劃，待後續「桃園國際機場園區永續白皮書」滾動檢討推動架構與目標。 除噪音管理與氣候變遷調適領域外，各領域皆有明確的量化目標；氣候調適方面，可待第三方驗證通過後進一步檢討。 	

15

— 機場環境永續政策案例- 臺北航空站 / 臺中航空站 / 高雄航空站



6大領域相關目標/措施

 <p>氣候調適</p> <ul style="list-style-type: none"> 檢討舊有設施及場區排水系統，以因應極端降雨及都會型積水風險。 已建立緊急應變處理作業程序，涵蓋：風災、水災、火災、海嘯等 	 <p>噪音</p> <ul style="list-style-type: none"> 因應2040年預估運量上升，逐步擴大噪音防制區範圍 獎勵航空公司使用環保機型，降低起飛降落各階段溫室氣體排放及噪音汙染 依噪音補償辦法協助社區改善。
 <p>能源/碳排</p> <ul style="list-style-type: none"> 逐步汰換照明為 LED 節能燈具與節能空調 116 年前導入ISO 50001 能源管理系統 設立「溫室氣體盤查推行委員會」與「能源管理委員會」，作為氣候治理核心架構 	 <p>空氣品質</p> <ul style="list-style-type: none"> 優先汰換為高效率電動化設備並要求供油商提供低硫燃料 GSE車輛逐步汰換電動化 執行空橋及橋氣橋電汰換工程，取代APU使用 機場植生牆協助淨化室內空氣
 <p>水資源</p> <ul style="list-style-type: none"> 推動節水與再利用設施，提升航廈用水效率。 擬定機場內部水資源循環使用計畫 定期監測土壤及地下水汙染情形 	 <p>廢棄物</p> <ul style="list-style-type: none"> 依環保法規規範執行廢棄物分類回收，並委由具合法資格之清運業者辦理清除及處理作業。
 <p>結論</p> <ul style="list-style-type: none"> 高雄機場已針對六大環境永續領域訂定具體目標與推動措施，並採滾動式檢討機制，持續追蹤與逐年精進相關執行成果 台北、台中航空站已訂有永續發展計畫，以整體推動架構與執行辦法為主 	

16

國際機場環境永續發展案例- 標竿機場

	 AMS Schiphol	 Narita Airport	 Incheon Airport	 CHANGI airport singapore	 香港國際機場 HONG KONG INTERNATIONAL AIRPORT	
ACA等級	ACA Level 5	ACA Level 4	ACA Level 4	ACA Level 3	ACA Level 4	
營運單位	皇家史基浦集團 (國營企業)	成田國際空港株式會社 (國營企業)	仁川國際空港公社 (國營企業)	樟宜機場集團 (國營企業)	香港機場管理局 (政府機關)	
機場特性	平均海拔低於海平面 位於人口稠密區	位處東京近郊，臨農業區	位於離島之海埔新生地	位於海埔新生地 缺乏天然淡水資源	位於海埔新生地 珠江河口海洋生態豐富	
主要環境永續措施	氣候調適	建立暴雨、表水模型 氣候風險評估 儲水設施計畫	災害復舊計畫與地方共生 氣候風險評估	氣候影響分析、風險評估 訂定策略倡議和策略計畫	應對海平面上升 極端氣候影響與應對評估 強降雨、高溫應對	氣候調適與韌性計畫 風險評估 極端氣候影響模擬
	能源碳排	正能源計畫 廣泛建設與使用再生能源 氫能、SAF投資研究試驗	氫能、SAF投資研究試驗 勤務車輛電動化 廣泛建設與使用再生能源	廣泛建設與使用再生能源 勤務車輛電動化 能源管理系統	強化能源使用效率 再生能源使用 清潔能源車輛、SAF導入	引進能源管理系統 汰換節能設備 車輛電動化、SAF導入
	水資源	建設汙水處理廠 表水、汙水控制、減少與收集	雨水廢水回收再利用 強化用水效率 水質監測	汙廢水處理設施與再利用 水質監測 雨水回收作業	智慧水表監測系統 雨水、冷凝水回收再利用	節水設施更換 三水(水、海水、處理後再生水)回收再利用
	噪音	夜間關閉機場 禁止嘈雜機型 設立基金改善周邊隔音	噪音監測、航線控制 寫琴、建設防音林	地方噪音補助 噪音監測	管制航機類型 航線優化遠離社區 噪音監測	航機噪音監測與審核 限制部分區域使用APU
	空氣品質	限制APU 推動GPU 鼓勵更新機隊 推動電動、低排勤務車輛	限制APU 推動GPU 定時定期監測與改善 推動電動、低排勤務車輛	建立空品管理與監測系統 定時定期監測與改善	定時定期監測與改善 推動電動、低排勤務車輛	定時定期監測與改善 推動電動、低排勤務車輛
	廢棄物	廢棄物減單回收再利用 寶特瓶、罐頭押金制	廢棄物減單回收再利用 工程廢棄物循環利用	優化資源回收和分類設施 採重複使用物品	建立廚餘分解系統 餐具回收再利用	廚餘回收堆肥處理 禁用一次性塑膠用品

國際機場環境永續發展案例- 區域機場

	 Eindhoven Airport	 Rotterdam The Hague Airport	 centrair	 德島阿波おどり空港 Tokushima Awaodori Airport	 奥尻町 Okushiri Town	
ACA等級	ACA Level 5	ACA Level 5	ACA Level 4	NA	NA	
營運單位	皇家史基浦集團 (國營企業)	皇家史基浦集團 (國營企業)	中部國際空港株式會社 (50%公股)	德島空港建築株式會社 (40%公股)	地方政府	
機場特性	區域門戶機場	普通航空機場	區域門戶機場 位於人工島	軍民合用機場	離島機場	
2024客運量 (mppa)	6.8	2.2	11.0	1.07	0.01	
主要環境永續措施	氣候調適	擴大建置雨水貯集設施避免暴雨淹水	無明確措施	制定災害應變計畫	制定災害應變計畫	無明確措施
	能源碳排	導入HVO100作為空側勤務車輛標準燃油	推動"智慧能源機場"計畫 氫能/電動航機測試 於機場內建置液氫儲存與加氫設施	導入氫能地動車輛 機場廢食用油回收作為SAF料源	照明LED化 空側車輛減碳(電動、生質柴油) 裝設光電板	照明LED化 空側車輛減碳 裝設光電板 GPU導入
	水資源	建置雨水貯集設施避免暴雨淹水，並回收利用	無明確措施	航廈外牆使用光觸媒自潔玻璃，節省外牆清潔用水 中水回收處理系統	廁間節水裝置	無明確措施
	噪音	禁止夜間起降	推動機場收費新制，促進新型航機使用	因機場區位，無噪音問題	無明確措施	無明確措施
	空氣品質	裝設聲音感知器監控機尾輔助動力裝置之使用狀況	空側地動車輛電動化 全面使用電池式地面能源車	航廈外牆光觸媒玻璃具空氣清淨功能	空側地動車輛電動化	無明確措施
	廢棄物	設置資源回收桶以促進資源回收分類	建置空側廢棄物集中處理設施以強化資源分類回收	機場塑膠/膠膜回收再製為垃圾袋	推動回收措施	無明確措施

—— 利害關係人主要意見彙整

利害關係單位訪談

- 訪談對象
 - 民航局(方副局長、場站工程組、航站管理組)
 - 臺北航空站、桃園機場公司
- 依循之政策與願景
 - ICAO/ACI 指導文件
 - 國家相關法規與政策
- 核心推動領域
 - 氣候韌性：
 - 提升防洪標準、導入風險評估、災害應變演練計畫
 - 能源與碳排：
 - 地動車輛電動化、導入能源管理系統、SAF推動計畫、使用GPU/限制APU
 - 水資源、噪音、空品、廢棄物：
 - 主要依據全國通用性法規或參酌國際組織及國際標竿機場辦理
- 挑戰與建議
 - 有待擬定系統性之整合綱領
 - 建議提供政策誘因與資源挹注，並保留「因地制宜」執行彈性

民航六業線上問卷

- 訪談對象
 - 航空運輸業、地勤業、空廚業、貨運業等，共 18 家業者進行調查：
- 依循之政策與願景
 - ICAO指導文件
 - 國家相關法規與政策
- 核心推動領域
 - 機隊汰舊換新
 - 導入電動機具
 - 辦理溫室氣體盤查
 - 水資源回收系統
- 挑戰與建議
 - 永續措施之成本較高 (如 SAF)
 - 基礎設施不足 (如充電樁)
 - 相關法規尚未完備
 - 建議制定我國機場環境相關產業減碳指引，並提供實質補助機制

專家學者座談會

- 與會單位
 - 包括航政司、民航局、桃園機場公司、中華航空、長榮航勤、交通大學等產官學單位
- 建議與回饋
 - 制定機場環境政策願景或指導政策
 - 盤點、整合、補強現有各面向永續措施與規範
 - 依各機場特性訂定適宜短中期目標
 - 應提供明確指引與資源挹注

19

—— 下年期建議參採要項

#	議題	國際趨勢	國內現況	後續工作
1	機場環境永續政策之研訂	<ul style="list-style-type: none"> • 已提升至國家戰略層級 • 提出願景、定位與階段目標 	<ul style="list-style-type: none"> • 已有氣候變遷調適與淨零碳放上位政策，並已於「2020運輸政策白皮書」及「臺灣地區民航機場2040年整體規劃」納入相關議題 • 另有個別環保法規、機場ESG報告 	<ul style="list-style-type: none"> • 參考國際趨勢研訂系統性之機場環境永續政策綱領 • 整合現有相關政策與法規
2	政策涵蓋範疇	政策涵蓋氣候調適與能源碳排、水資源、噪音、空品、廢棄物、生物多樣性等	獨立之氣候變遷、能源與碳排管理、水資源、噪音、空品、廢棄物政策或法規	<ul style="list-style-type: none"> • 參考ACI及ICAO建議，納入各面向並篩選優先要項 • 參考國際趨勢評估適宜之新興課題
3	政策統籌與分工模式	主管機關制定專門政策與管理機制	• 民航局刻正研議臺灣航空減碳政策，其餘面向多屬環境部或地方政府權責	<ul style="list-style-type: none"> • 確認政策主導單位，建立跨部會整合機制
4	各級機場分級分類差異	<ul style="list-style-type: none"> • 制定一致政策架構與目標 • 各機場遵循政策並依自身環境，彈性設定目標及相關作為 	• 現有相關政策與法規均一體適用國內各機場	<ul style="list-style-type: none"> • 研訂一致之機場環境永續政策綱領 • 提供各機場可彈性採納之推動指引 • 研擬適宜之評估指標
5	資源挹注機制	<ul style="list-style-type: none"> • 政府或外部提供資源支持 • 推動人才與技術培養 	<ul style="list-style-type: none"> • 民航局已推行再生能源、電動化設備 • 業者反映財務誘因不足 	<ul style="list-style-type: none"> • 財務面之機制或費用模式 • 之誘因與人才培育，研議跨部會合作推動藍圖
6	新興議題與滾動檢討	<ul style="list-style-type: none"> • 強調滾動檢討與研究前瞻技術 • 如氫能、SAF、智慧能源、循環經濟 	新興技術發展有待國家上位政策定調	<ul style="list-style-type: none"> • 配合上位政策及國際趨勢滾動更新相關政策 • 考量新興議題對機場環境之影響
7	永續議題與產業戰略整合	<ul style="list-style-type: none"> • 將永續與產業競爭力結合 • 帶動綠能產業與循環經濟 	價值鏈之整合與配套尚待評估	<ul style="list-style-type: none"> • 檢視機場環境永續之技術應用及價值鏈建構模式
8	利害關係人溝通參與	制度化溝通、資訊透明，設置協商機制	主要集中在法規議題反映	<ul style="list-style-type: none"> • 建立制度化溝通與合作框架，鼓勵並提升參與度

20

結論與建議

結論		建議	
國際趨勢與政策架構	<ol style="list-style-type: none"> 國際與先進國家積極建構機場環境永續政策 <ul style="list-style-type: none"> ICAO、IATA、ACI 及歐美日等國將環境永續升級為機場發展戰略核心與競爭力要素 氣候變遷及能源與碳排管理為共通發展重點 <ul style="list-style-type: none"> 國際趨勢聚焦於兩大核心，發展調適能力與減緩碳排衝擊 機場環境永續發展之政策研擬權責依各國體制而異 <ul style="list-style-type: none"> 由中央主管機關制定國家級框架與指導原則，確保目標一致 	政策綱領與分工架構	<ol style="list-style-type: none"> 參考國際趨勢研訂系統性之機場環境永續政策綱領，整合既有政策與法規 政策綱領應涵蓋各面向 <ul style="list-style-type: none"> 納入氣候變遷、能源碳排、水資源、噪音、空品及廢棄物等 設定各面向執行階段性目標 確認權責框架與分工 <ul style="list-style-type: none"> 確認政策綱領位階，制定跨部會分工與協調機制
各國政策與我國現況	<ol style="list-style-type: none"> 各國政策以各機場一體適用為常態 <ul style="list-style-type: none"> 建立通用框架或最低標準，並保留政策彈性供各機場依環境條件擬定具體行動方案 我國相關作為大致涵蓋機場環境永續各面向 <ul style="list-style-type: none"> 傳統環境面向已有相當法規基礎 新興課題尚待建立系統性策略與指引 我國機場規模差距需考量機場規模差異 <ul style="list-style-type: none"> 我國機場規模差距大，需彈性化指引 	推動作法與發展作為	<ol style="list-style-type: none"> 一致性綱領搭配分級行動藍圖 <ul style="list-style-type: none"> 擬訂國內機場一體適用之政策綱領 機場營運單位可依政策指引與自身條件制定行動計畫 建立評估指標、財務與技術配套機制 <ul style="list-style-type: none"> 建立合適之評估指標 評估資源協助模式 收費(稅)機制、預算編制、人才養成、法規調整等 發掘產業契機 <ul style="list-style-type: none"> 鼓勵相關產業投入發展，強化價值鏈，提升整體競爭力
推動與執行課題	<ol style="list-style-type: none"> 推動有賴資源協助 <ul style="list-style-type: none"> 永續轉型涉及高資本支出，技術門檻高 需政府透過政策、財政支持或獎勵機制刺激 生態圈尚待整合 <ul style="list-style-type: none"> 目前國內相關利害關係人溝通協作、產業整合仍有優化空間 	資源協助及參與	<ol style="list-style-type: none"> 利害關係人參與機制 <ul style="list-style-type: none"> 納入利害關係人參與，以務實推動機場環境永續政策 政策滾動追蹤檢討機制 <ul style="list-style-type: none"> 配合上位政策、國際規範，滾動檢討機場環境永續政策綱領及推動指引

21

ICAO 第42屆世界大會 環境永續相關議題摘要

ICAO 第42屆世界大會
(ICAO 42nd Assembly)

- 時間: 2025年9月23日-10月3日
- 每三年舉辦一次
- 主題: 安全天空，永續未來
(Safe Skies, Sustainable Future)
- 對應文件:
ICAO 2026-2050 策略計畫



環境永續主要討論議題：

面相	內容
永續航空燃油(SAF)與碳排	<ul style="list-style-type: none"> 正式採納「ICAO 永續航空燃油、低碳航空燃料與其他潔淨能源之全球框架」文件，並支持文件中2030年達到5%二氧化碳減量之目標。 鼓勵ICAO Finvest Hub的實務化，此平台由ICAO領導，用於媒合SAF相關專案的投資方，並協助開發中國家提升生產容量。 強化ACT-CORSIA的了解與認同
氣候韌性與調適	<p>強化氣候韌性與調適作為，會員國反映對於科研投入、國際合作與更新氣候變遷風險評估及基礎設施韌性指引文件之需求。</p>
其他永續面向	<p>說明ICAO對於碳排之外其他永續面向的努力，包含航機噪音、地方空氣品質、一次性塑膠製品與非二氧化碳溫室氣體之氣候影響。</p>

