

研究計畫機關：交通部民用航空局

受委託機構：鹿翔技研顧問有限公司

CAA-97017

國際航空器廢氣（含溫室氣體）排放減量 現況調查及我國因應策略之研究

期末報告



交通部民用航空局

中華民國九十九年一月

交通部民用航空局

國際航空器廢氣（含溫室氣體）排放減 量現況調查及我國因應策略之研究

期末報告

（執行期間：民國 97 年 6 月至 98 年 12 月）

執行單位： 鹿翔技研顧問有限公司

主 持 人： 盧曉櫻博士

共同主持人： 熊正一博士

協同主持人： 余泰毅博士

【本報告之內容與建議，不代表民用航空局之立場與意見】

中文摘要表

民用航空局委託研究報告摘要表

研究計畫名稱：國際航空器廢氣（含溫室氣體）排放減量現況調查及我國因應策略之研究		
研究計畫主辦單位：交通部民用航空局 主管：李龍文 計畫主持人： 研究人員： 聯絡電話： 傳真電話：	委託研究單位：鹿翔技研顧問有限公司 計畫主持人：盧曉櫻 研究人員：盧曉櫻、熊正一、余泰毅、劉思吟 聯絡電話：06-2504903 傳真電話：0940475626	研究期間： 自 97 年 6 月 至 98 年 12 月
關鍵詞：航空器廢氣、減量措施、政策分析		
<p>摘要：</p> <p>本計畫目標主要為蒐集國際各相關組織有關航空器廢氣排放之管制措施與未來發展方向，評估對我國籍航空業之衝擊，並研提我國可行之因應策略與執行方案。計畫以兩階段方式進行：第一階段進行現況蒐集、研究與分析，並訪談歐盟航空器排碳交易之有關主管機關，了解未來發展方向；第二階段則就所研究之成果，研提我國因應策略，包括政府相關單位（環境保護署、民航局、各航空站等）之權責角色，以作為民航局施政之參考依據。第一階段又包含三大工作重點，第二階段包含兩大工作重點；此五大工作重點為：</p> <p><u>第一階段</u>（97 年 5 月至 12 月）</p> <p>工作重點一：蒐集全球航空運輸空氣污染物減量措施之最新發展；</p> <p>工作重點二：訪談歐洲主要民航單位與參與相關國際會議；</p> <p>工作重點三：探討歐盟碳交易制度（EU ETS）對我國籍航空公司影響與因應對策；</p> <p><u>第二階段</u>（98 年 1 月至 12 月）</p> <p>工作重點四：建立我國國籍航空器及地面專業車輛溫室氣體排放清冊；</p> <p>工作重點五：提出我國航空器廢氣和機場營運空氣污染減量策略。</p> <p>依照工作計畫書之內容以及規劃之進度，期末報告第一章主要說明計畫緣起、目</p>		

的、內容與工作時程。第二章針對全球主要民航單位與機場針對航空運輸空氣污染減量目標、策略、措施與未來發展進行綜合之回顧與探討。第三章則進一步了解歐洲、亞洲與美國之主要機場目前有關空污減量措施之施行現況。第四章主要探討歐盟日前已通過將航空運輸於 2012 年納入現有碳交易市場之計畫，此計畫之施行對我國籍航空公司之潛在影響，以及提出國籍航空公司與相關單位需配合之措施。

第五章與第六章說明如何建立我國國籍航空器及地面專業車輛溫室氣體排放清冊，以及針對我國桃園國際機場與松山機場之飛機起降、地面專業車輛與用電量進行年污染物之推估，並說明社會成本之估算方式。第七章則針對機場可採行之空污減量措施進行分析。第八章為結論與建議。各章節之主要內容摘錄如下：

第一章 緒論

為因應近來氣候變遷問題，2006 至 2008 年間之 APEC 運輸工作小組會議及國際民航相關組織相繼針對航空器溫室氣體排放所造成之氣候變遷問題，召開研討會進行討論，尤其京都議定書在 2005 年 2 月 16 日通過生效後，各國同意且承諾應在 2008 年至 2012 年間將其溫室氣體排放量降至 1990 年排放水準平均之 95% 以下，對此歐盟執委會更針對民航業溫室氣體排放之管制進行立法，並計畫自 2012 年將民航業納入歐盟排放交易機制之範圍內，所有往來歐盟機場之航空運輸業均須符合此法案，此舉將對我國航空運輸業造成嚴重影響。因此，了解全球航空運輸空氣污染之減量措施與排放現況、未來歐盟碳交易制度對我國籍航空公司之影響及研擬我國可行之因應策略，乃是當前我國航空運輸產業所需正視之重要課題。

本計畫之主要目的為蒐集國際各相關組織有關航空器廢氣排放之管制措施與未來發展方向，評估對我國籍航空業者之衝擊，並研提我國可行之因應策略與執行方案。本研究計畫執行期間為民國 97 年 5 月至 98 年 12 月，提送兩次期中報告及期末報告初稿，以及此期末報告。

第二章 全球主要國際組織與國家航空運輸污染物減量措施最新發展

雖然航空運輸產業的溫室氣體排放總量佔整體排放量還不到 2%，但就單一產業而言，其比例實已偏高，尤其考量航空業未來每年將以平均 5% 之速度成長，扣除因飛機科技進步與操作效率提升之污染物減量，預計污染物排放量每年仍將以 3% 之速度成長。近年來國際民航組織（ICAO）已召開多次有關航空運輸污染物會議，各國政府均已開始意識到此一問題的嚴重性。

過去兩年內，APEC 會員國已有澳洲、紐西蘭、新加坡、泰國等四個國家合作進行航空運輸產業排碳有關議題之研究計畫，隨著歐盟將航空運輸產業納入碳交易制度時程的逼近，預期未來相關合作研究數量在後哥本哈根時期將越來越多。美國對於排碳權交易和碳稅的推動雖然較為保守，事實上美國在 2008 年之後，已有政策鬆動的跡象，並有可能針對國內產業徵收燃油稅。美國聯邦航空總署（FAA）也已上緊發條，成立專責研究小組，針對空運產業二氧化碳排放議題和減排策略啟動全方位的學術和政策研究。

航空運輸產業的低碳化及全面綠化在未來必定成為全球關注的焦點。現階段政府已將同步追求加入聯合國下屬之國際民航組織（ICAO）及聯合國氣候變化綱要公約（UNFCCC）作為既定的外交政策。此二國際組織未來勢必將對航空運輸產業的低碳化進行嚴密監控，並制定全球通用的規範。我國如欲加入此二國際組織，實應在此一階段即密切關注國際情勢的變化，並透過相關的學術及政策研究，及早研擬相關政策的推動策略。

第三章 全球主要機場空污減量措施

在全球主要機場空污減量措施之回顧方面，本研究選取歐、美、亞三洲之 10 個機場，並彙整此主要機場針對空污防制之主要作法，對於飛機引擎以及機場運作污染物排放之措施與規範，將機場可採行之溫室氣體與相關空污減量措施分為七類，分別為飛機起降與航管、飛機地面操作、機場內地面專業車輛、航廈、聯外運輸、市場經濟措施與其他等。已徵收空污相關費用之機場部分，目前全球有四個國家十幾個機場有此機制。其中瑞士機場，是針對不同機型引擎類別，加成或減少其降落費之方式收取；而瑞典、英國與德國機場則是針對飛機起降階段之 NO_x 排放量，收取飛機引擎空污費。

第四章 歐盟碳交易制度對我國國籍航空公司影響與因應對策

歐盟政府已於 2009 年 1 月 13 日正式刊登於歐盟官方期刊，確認將航空運輸產業納入現有之 EU ETS 系統，預計於 2012 年起將所有歐洲境內之起降航班，以及所有到離歐盟機場之航班，納入 EU ETS 範圍之內；因此，除歐盟之航空公司外，將影響其他非歐盟籍之航空公司。

依據我國兩家飛歐洲線之航空公司 2004-2006 年以及目前之營運資料，計算在歐盟實施航空市場碳交易後，我國籍航空所需購買之碳數量與金額，考量市場佔有率與每噸碳價格等相關假設，預估兩家航空公司均需購買碳排放權，此舉將增加航空公司之營運成本。

針對 EU ETS 施行所產生之衝擊，以及全球航空運輸市場減碳之趨勢與相關規範，我國籍航空公司可採行之因應策略包括：提昇企業環保形象善盡企業社會責任、利用燃油效率較高或排污量較少之機型經營歐洲市場、發動機更新以及其未來購置新機型之計畫、減少歐洲市場的服務頻率、利用不同之機場當成中途停留點、於國內施行相關減碳策略、參與其他國家之清潔發展機制計畫等。

為因應全球減少航空運輸污染物以及相關之碳排放管制，交通部、民航局與環保署，應統合事權，協調制定協助航空公司之相關輔導政策。研究建議政府可採行的政策，由上而下可包括：建立民航運輸體系完整的環境管理系統；建立制度性減少排放的航空運輸管理策略；建立準排放交易機制或加入區域性的碳交易機制；政府鼓勵航空公司重視環保，或限制企業碳足跡；鼓勵企業或民眾配合航空公司之旅客自願碳補償計畫，並政策性獎勵民間成立推動碳補償和減量的顧問公司。

第五章 我國國籍航空器與地面專業車輛溫室氣體盤查機制

目前行政院環境保護署針對空氣污染物減量措施方面有立法與行動兩個方向，立法方面是訂定溫室氣體減量法，目前的進度已重新送審溫室氣體減量法草案，尚未完成立法；行動方面是溫室氣體減量行動計畫。環保署自 2004 年起執行「產業溫室氣體盤查管理/策略分析/減量規劃及試行推動計畫」，建立國內溫室氣體管理制度，開發溫室氣體盤查各項工具，協助產業執行溫室氣體盤查以瞭解並掌握自身排放現況，為將來國內法規生效之管制要求及國際逐漸成形之排放交易市場，做好準備工作。空運部門概分為國內線及國際線，目前國家清冊中僅包括國內線排放量，並未包括國際線之排放。

溫室氣體排放量的推算上主要有兩個應用工具，其一為跨政府氣候變遷專家小組（IPCC）所建議的方式，常用於建置國家排放清冊，亦特別針對運輸部門有其推算方式。另一則是以 IPCC 計算方式為基礎，但偏重於個別實體推算其自身溫室氣體排放的方法，為企業永續發展協會和世界資源研究院共同開發的 GHG Protocol。在溫室氣體的計算方式，國外有相關的模式可進行計算，例如 IPCC 所發展的 EFDB、ICAO 美國的 MOBILE6.2、以及澳洲所發展的 TNIP Carbon Counter，本研究分別就上述四個排放係數模式進行說明與探討。

第六章 我國主要航空站廢氣（含溫室氣體）排放推估

本研究以我國之臺灣桃園國際機場與臺北松山機場為研究個案，進行航機起降、地面專業車輛與機場用電所產生之廢氣與溫室氣體之年產生量估算。採取 EFDB、ICAO 以及 Mobile 6.2 之模式與相關資料進行我國主要航空站溫室氣體與相關廢氣之推估。依據所蒐集之我國機場營運相關資料，比較機場於 2008 年之 CO₂ 排放量，桃園機場總計為 71 萬噸之年排放量，為松山機場之 4.6 萬噸之 15 倍之多。其中兩機場均以飛機起降作業佔總排放量約 70% 為最高，其次為用電量產生之污染約為 27-28%，而地面專業車輛則佔 2-3%。

本研究亦推估過去五年（2004-2008）之地面專業車輛與機場用電所產生之 CO₂ 排放量，歷年互有一些消長。進一步比較碳排放量與機場運量之關係，不論是地面專業車輛或是用電量之單位碳排放量，歷年均有增加之趨勢。推估地面專業車輛的污染物排放量部份，除 CO₂ 外，亦包括 PM₁₀、CO、NO_x、SO_x 及 THC 等污染物。本研究於飛機起降之污染物部分亦依照 ICAO 標準起降程序以及相關之資料，推估除 CO₂ 外，亦包括 HC、CO、NO_x、PM 與 SO₂ 之污染物。

不同航空器引擎其在不同航程階段所排放的污染量不同，因此其社會成本也不盡相同。計算航空器在不同飛航階段其各污染物排放量，推估其社會成本，其中以 NO_x 與 CO₂ 所造成的社會成本為最高。估算 2008 年臺灣桃園國際機場各類型之航空器其引擎污染物之總社會成本為約為新臺幣 22 億元，松山機場則為 1 億多元。

第七章 適用於我國主要機場之污染物減量措施分析

本研究依據全球主要機場之作法，考量我國機場之營運特性，彙整機場可行之空污減量措施之六個面向，包括飛機起降與航管、飛機地面操作、機場內地面專業車輛、航廈、聯外運輸與市場經濟措施等，提出可行之相關二十一項措施進行探討。本研究所彙整之各項措施中，有些措施機場已開始進行，有些牽涉之法規面與各層級廣泛，因此統整各項措施之可行性，以及綜合相關之評估以及訪談成果，研究建議可採行之可行措施包括：機場聯外運輸鼓勵員工與旅客使用大眾運輸系統、持續提升飛機地面操作效率、採用市場機制措施、機場地面專業車輛燃油效率提升。各項措施皆應規劃短、中、長期之目標與工作內容，同時由各單位進行之。依據有關機場減量措施之探討結論，本研究另建議相關單位可協助機場進行下列工作：建置機場營運環保基礎指標與統計資料；設立機場空氣品質監測站；檢討訂定機場地面作業車輛數量及廢氣排放量之管制措施；持續嚴謹機場時間帶之分配並提高機場設施可用程度，以減少離場航空器等待起飛之時間；提升機場聯外運輸之大

眾運輸系統使用率，並落實無縫運輸（Seamless transport）之理念。

第八章 結論與建議

本研究提出十五項重要結論與八項建議，並表列交通部、環保署、民航局與機場等單位可採行之航空運輸空污減量策略。

重要發現：

近年來國際民航組織（ICAO）已召開多次有關航空運輸污染物會議，各國政府均已開始意識到此一問題的嚴重性。APEC 經濟體會員亦咸認此議題之嚴重性，2008 年成立了航空污染物任務小組（Aviation Emissions Task Force, AETF），並舉辦多次會議與空污減量措施調查。在全球主要之污染物減量措施或策略中，其中歐盟確認將航空運輸業自 2012 年起納入現有之 EU ETS 中，此舉預計將增加我國航空公司之營運成本。目前全球主要機場已針對機場空污減量進行相關之管制與經濟措施，但多數仍於發展中階段，我國現開始起步為時不晚，但應持續致力於航空運輸環境保護之工作，尤其密切注意 ICAO 以及相關國際會議之發展與結論，研擬符合國際慣例與潮流之適當的管制因應對策。

主要建議：

為因應全球減少航空運輸污染物以及相關之碳排放管制，交通部、民航局與環保署，應統合事權，持續了解國際民航環保作法之最新趨勢，研擬我國之民航環保政策、策略與目標，建立環保指標、可行措施與行動方案，以及建立機場環境管理機制；並進行我國民航環保措施之宣導，提出我國民航環保政策白皮書，並且確實將我國航空運輸產業於環境保護之努力與作法與歐美及 APEC 國家接軌。此外，本研究亦建議政府需擬定協助航空公司因應全球溫室氣體之相關輔導政策，尤其鼓勵航空公司重視環保，或限制企業碳足跡，以及獎勵企業或民眾配合航空公司之旅客自願碳補償計畫，並政策性獎勵民間成立推動碳補償和減量的顧問公司。

出版日期： 99 年 1 月	頁數： 237
管制等級： <input type="checkbox"/> 機密（ <input type="checkbox"/> 解密日期為 年 月 日， <input type="checkbox"/> 主辦單位視情況辦理解密） <input checked="" type="checkbox"/> 限閱（ <input type="checkbox"/> 解密日期為 年 月 日， <input type="checkbox"/> 主辦單位視情況辦理解密） <input type="checkbox"/> 一般	
備註：	

英文摘要表

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROGRAM CIVIL AERONAUTICS ADMINISTRATION MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE : Survey of current international situation on aircraft emission mitigation measures and corresponding strategies for Taiwan	
DIVISION : Civil Aeronautics Administration, Ministry of Transportation and Communication DIVISION CHIEF : PRINCIPAL INVESTICATOR : PROJECT STAFF : PHONE : FAX :	PROJECT PERIOD : FROM : June 2008 TO : December 2009
RESEARCH AGENCY : Lu&Shon Consulting Group PRINCIPAL INVESTICATOR : Cherie Lu PROJECT STAFF : Cherie Lu, Joel Shon, Tai-Yi Yu, Szu-Yin Liu PHONE : +886-6-2504903 FAX : +886-940475626	
KEY WORDS : Aircraft emissions, mitigation measures, policy analysis	
ABSTRACT : <p>This research aims to investigate the emissions mitigation measures which have been taken worldwide and to evaluate the potential impacts of these on our international airlines, coupled with providing recommendations for potential air pollution mitigation measures for airports in Taiwan. The project is conducted in two stages : stage one focuses on understanding current situations, interviewing international organisations and investigating future development; stage two applies the research findings in Taiwan and recommends policy options for relevant authorities, namely the Environmental Protection Administration Executive Yuan (EPA), the Civil Aeronautics Administration (CAA) and airports. This research has been designed in five work packages,</p> <p>Stage one (June 2008-December 2008)</p> <p>Work package 1 : Review current aviation emission mitigation measures worldwide;</p> <p>Work package 2 : Interview major aviation organisations and attend international meetings;</p>	

Work package 3 : Investigate the potential impacts of the European Union Emissions Trading Scheme (EU ETS) on Taiwanese international airlines;

Stage 2 (January 2009-December 2009)

Work package 4 : Establish an emission inventory from the operations of aircraft and ground vehicles at airports;

Work package 5 : Investigate the feasibility of potential air pollution mitigation measures in Taiwan.

Chapter 1 of this final report presents the research objectives, contents and time schedule. Chapter 2 discusses the aviation emission mitigation policies and strategies applied by main international organisations, followed by the current situation of related measures at major airports word-wide. A description of the EU ETS and the potential impacts of this on Taiwanese international airlines is presented in Chapter 4.

Chapters 5 and 6 review the current emission mitigation policies of the Taiwanese EPA and establish the emission inventory of major airports, taking aircraft landing and take-off procedures, operations of ground vehicles and the use of electricity into account. An estimation of the social costs of these emissions is also discussed in Chapter 6. Chapter 7 focuses on the findings of potential emission mitigation measures which could be applied at airports in Taiwan, followed conclusions and suggestions in Chapter 8.

MAJOR FINDINGS

With the recognition of the importance of issues regarding aviation emissions in recent years, the International Civil Aviation Organisation (ICAO) have held various meetings and seminars aiming in measures and management of aviation emissions in a global level. The APEC (Asia-Pacific Economic Cooperation) established the Aviation Emissions Task Force (AETF) in 2008 to address the issue, organising seminars and conducting aviation emissions management measures survey in economies. Amongst all the measures applied by government or airport, the decision on involving the air transport industry in the existing EU ETS, starting from 2012, is foreseen to have the most profound impact on airlines flying to the European Member States. More and more airports have applied emissions mitigation related or market-based measures, however, various measures are still under developing. Taiwan has been keeping up with the international trend and has started investigating the issues and their impacts. Continuous efforts are required to ensure the environmental impacts of aviation under control, especially following the results of

ICAO meetings as well as the international latest development, in order to implement proper corresponding strategies, regulations and measures for Taiwan.

MAIN SUGGESTIOS

For tracking the trend of global aviation emissions mitigation measures and regulations, the Ministry of Transportation and Communication (MOTC), the CAA and the EPA should work in a cooperative manner, continuously investigating the latest development regarding international aviation environmental protection, in order to establish aviation environmental protection policies, strategies and objectives, sustainable environmental index, potential mitigation measures and action plans as well as implementing airport environmental management schemes for Taiwan. Further efforts could be put in promoting our civil aviation environmental protection measures, publishing our aviation environment white paper, leveraging the development of aviation environmental protection with developed countries and APEC economies. In addition, with regard to assisting our national careers in tackling the issue, related governmental agencies could encourage airlines on implementing environmental protection measures, or limit the enterprise' carbon footprint, rewarding airlines or passengers cooperating in passenger voluntary carbon offset programs, and encouraging the establishment of private consultancy companies with expertise in carbon offset or emissions mitigation measures.

DATE OF PUBLICATION : January 2010

NUMBER OF PAGES : 237

CLASSIFICATION :

☐ SECRET

☒ CONFIDENTIAL

☐ UNCLASSIFIED

REMARK :

目 錄

中文摘要表	II
英文摘要表	IX
目 錄	XII
表目錄	XVII
圖目錄	XX
第一章 緒論	1
1.1 計畫緣起	1
1.2 計畫目的與限制	2
1.3 計畫內容與工作項目	4
1.4 工作計畫	8
第二章 全球主要國際組織與國家航空運輸污染物減量措施最新發展	11
2.1 ICAO 對於航空運輸廢氣排放之政策與規範	11
2.1.1 背景	11
2.1.2 相關作法與政策建議	13
2.1.3 最新發展	16
2.2 ACI 對於機場廢氣排放之建議策略	17
2.3 歐盟執委會之航空運輸廢氣減量政策與作法	18

2.3.1 背景.....	18
2.3.2 航空運輸廢氣減量政策.....	19
2.3.3 最新發展.....	21
2.4 APEC 針對航空運輸廢氣減量政策與作法.....	22
2.4.1 APEC 航空運輸廢氣減量會議.....	22
2.4.2 APEC 經濟體航空運輸空污減量管理措施調查.....	24
2.5 美國 FAA 針對航空運輸廢氣減量政策與作法	31
2.6 小節.....	32
 第三章 全球主要機場空污減量措施.....	 34
3.1 歐洲主要機場	36
3.1.1 荷蘭 Amsterdam Airport Schiphol	36
3.1.2 英國 London-Heathrow Airport.....	37
3.1.3 瑞士 Geneva 和 Zurich Airport	37
3.1.4 瑞典 Stockholm-Arlanda Airport.....	39
3.1.5 丹麥 Copenhagen Airport	39
3.2 亞洲主要機場	42
3.2.1 日本 Tokyo-Narita Airport	42
3.2.2 香港 CLK Airport	44
3.2.3 澳洲 Sydney Airport	45
3.3 美國主要機場	47
3.3.1 Dallas Airport.....	47
3.3.2 Denver Airport	48
3.4 全球已徵收空污費之機場比較	50
3.5 全球主要機場空污減量措施彙整	51

第四章 歐盟碳交易制度對我國籍航空公司影響與因應對策	54
4.1 歐盟將航空運輸納入 EU ETS	54
4.2 我國籍航空公司歐洲航線之營運	61
4.3 歐盟碳交易方案對我國籍航空公司之影響	64
4.4 我國籍航空公司可採行之因應策略與相關單位需配合措施	72
4.4.1 碳交易之方式	72
4.4.2 我國籍航空可採行之營運策略	76
4.4.3 我國相關單位需配合措施	79
第五章 我國國籍航空器與地面專業車輛溫室氣體盤查機制	83
5.1 我國環保署有關溫室氣體減量策略與作法	83
5.2 我國溫室氣體減量相關法規	89
5.3 我國國籍航空器及地面專業車輛溫室氣體排放盤查機制	90
5.4 我國國籍航空器溫室氣體排放計量公式	91
5.5 全球主要組織或國家之溫室氣體計算方式	95
第六章 我國主要航空站廢氣（含溫室氣體）排放推估	105
6.1 我國溫室氣體排放計量公式與資料	105
6.2 我國主要機場飛機起降污染物排放量推估	108
6.2.1 2008 年飛機起降污染物	108
6.2.2 預測未來飛機起降二氧化碳排放量	114
6.3 我國主要機場地面專業車輛污染物排放量推估	115
6.4 機場用電量	125
6.5 機場各種污染物排放比較	128

6.6 飛機起降污染物社會成本推估	132
第七章 適用於我國主要機場之污染物減量措施分析	136
7.1 空氣污染減量措施選取	136
7.2 桃園國際機場與松山機場空污減量措施現況	141
7.3 桃園與松山機場可行之空污減量措施分析	145
第八章 結論與建議	149
8.1 結論.....	149
8.2 建議.....	152
參考文獻	156
英文簡稱與中文對照彙整.....	163
附錄一 期末報告審查意見與回覆.....	165
附錄二 第二次期中報告審查意見與回覆.....	174
附錄三 第一次期中報告審查意見與回覆.....	182
附錄四 歐洲主要民航單位與機場訪談紀錄.....	186
附錄五 APEC 航空廢氣任務小組第一次紐西蘭與克蘭會議記錄.....	191
附錄六 APEC 航空廢氣任務小組第二次新加坡會議記錄	195

附錄七 APEC 經濟體航空運輸廢氣措施調查	201
附錄八 我國環保署產業溫室效應氣體盤查上傳資料	210
附錄九 EFDB 資料範例（以汽油小客車為例）	214
附錄十 ICAO 的飛機引擎污染物資料庫範例.....	222
附錄十一 臺灣桃園國際機場 2008 年航空器起降統計圖表	223
附錄十二 臺北松山機場 2008 年航空器起降統計圖表	225
附錄十三 機型與引擎油耗與排污係數資料範例	227
附錄十四 MOBILE 6.2 輸入輸出檔案（摘要）	230
附錄十五 機場地面車輛之碳排放量（含空氣污染物）問卷調查表 ..	233
附錄十六 TEDS6.1 與 MOBILE 6.2 之 排放係數	236

表目錄

表 2-1 APEC 經濟體航空器廢氣任務小組調查回覆結果-2009 年 9 月	26
表 2-2 我國針對 APEC 航空器廢氣任務小組調查回覆-2009 年 3 月	27
表 3-1 選取研究機場之運量比較～2008.....	35
表 3-2 荷蘭 Schiphol 機場污染物與飛機重量比值規定 (g/ton)	36
表 3-3 噴射引擎與渦輪軸引擎空氣污染附加費之等級.....	38
表 3-4 雪梨機場 2005~2010 年的計劃表	46
表 3-5 全球主要國際機場對空污之防制與作法比較	53
表 4-1 我國籍航空營運之歐洲客貨運線～2004 年至 2006 年班次數	61
表 4-2 A 航空營運之歐洲客貨運線 - 2008 年 7 月	62
表 4-3 B 航空營運之歐洲客貨運線-2008 年 7 月.....	63
表 4-4 歐盟碳交易市場下我國籍航空所需購買之碳量與金額	67
表 4-5 歐盟碳交易市場對我國籍航空影響之敏感度分析（一）～2012 年預計之 碳排放量變動	69
表 4-6 歐盟碳交易市場對我國籍航空影響之敏感度分析（二）～排放限額變動	70
表 4-7 歐盟碳交易市場對我國籍航空影響之敏感度分析（三）～碳購買金額變 動	71
表 4-8 全球主要碳交易所	74
表 4-9 歐洲氣候交易所的碳期貨商品報價（2008-11-17 收盤價）	75
表 5-1 TNIP 之起降輸入資料	101
表 5-2 TNIP 各飛機機型資訊	102

表 5-3 各機場地理位置資訊.....	102
表 6-1 IPCC 的溫室效應氣體排放係數 (g/km)	106
表 6-2 臺灣桃園國際機場主要起降機型與引擎~2008 年	109
表 6-3 臺北松山機場主要起降機型與引擎~2008 年	110
表 6-4 ICAO 標準起降模式飛機運作時間	111
表 6-5 ICAO 標準起降模式油耗與排污係數-以 B747-400/PW4056 為例	111
表 6-6 飛機引擎運作之 CO ₂ 、PM 與 SO ₂ 排污係數.....	112
表 6-7 各類機型於 ICAO 標準起降程序產生之污染物	112
表 6-8 桃園機場與松山機場飛機起降之污染物產生量-2008.....	113
表 6-9 桃園機場與松山機場之單位污染物產生量-2008.....	113
表 6-10 桃園機場與松山機場客貨機起降架次預測結果一覽表	114
表 6-11 桃園機場與松山機場未來碳排放量預測值	115
表 6-12 桃園機場地面車輛數.....	118
表 6-13 松山機場地面車輛數.....	118
表 6-14 桃園機場地面車輛油耗量 (公升)	119
表 6-15 松山機場地面車輛油耗量 (公升)	120
表 6-16 桃園機場地面專業車輛總里程數 (公里) -2008.....	121
表 6-17 松山機場地面專業車輛總里程數 (公里) -2008.....	121
表 6-18 Mobile 6.2 之 CO ₂ 排放係數 (g/km)	122
表 6-19 桃園機場地面專業車輛污染物排放量 (公斤/年) ~ 2008.....	123
表 6-20 松山機場地面專業車輛污染物排放量 (公斤/年) ~ 2008.....	123
表 6-21 桃園機場地面專業車輛 CO ₂ 總排放量 (公噸/年) ~ 2004-2008	124

表 6-22 松山機場地面專業車輛 CO ₂ 總排放量（公噸/年）～2004-2008	125
表 6-23 松山機場用電量- 2004~2008	126
表 6-24 桃園機場用電- 2004~2008	126
表 6-25 桃園機場與松山機場航空器、地面專業車輛與用電 CO ₂ 排放量- 2008	129
表 6-26 機場排放物依照排放源與範疇分類	130
表 6-27 桃園機場與松山機場地面專業車輛與用電 CO ₂ 排放量- 2004~2008	131
表 6-28 桃園與松山機場地面車輛與用電單位 CO ₂ 排放量- 2004~2008	132
表 6-29 每項排放污染物之社會成本～2008.....	133
表 6-30 機場飛機起降各項排放污染物之社會成本～2008.....	134
表 7-1 桃園與松山機場空污減量作法與現況	142
表 8-1 政府各單位可採行之相關航空運輸空污減量策略	155

圖目錄

圖 1-1 工作重點與工作項目之關係.....	6
圖 3-1 2007 年全球已徵收空污費機場比較.....	50
圖 4-1 航空運輸納入 EU ETS 工作與進行時程.....	59
圖 4-2 各種不同碳交易市場之情境分析.....	65
圖 4-3 芝加哥氣候交易所的碳金融工具價格變化（2003-2008）.....	76
圖 5-1 TNIP Carbon Counter 之軟體畫面.....	97
圖 5-2 Carbon Counter 之進入畫面.....	98
圖 5-3 Aircraft and airports 之畫面.....	98
圖 5-4 TNIP Carbon Counter 之軟體畫面.....	99
圖 5-5 計算因子參數.....	103
圖 5-6 飛機之油耗統計.....	103
圖 5-7 各飛機機型之油耗使用狀況.....	103
圖 5-8 單一航次之油耗與二氧化碳排放詳細資料.....	104
圖 6-1 引擎污染物社會成本（2008 臺幣/架次）~不同航空器分類.....	134
圖 6-2 引擎污染物社會成本（2008 臺幣/座位數）~不同航空器分類.....	135

第一章 緒論

1.1 計畫緣起

近年來全球航空旅運量每年均已 5-6% 之平均速度成長，且未來二十年更以亞洲航空運量成長幅度最大（Boeing, 2006）；根據國際機場理事會（Airports Council International, ACI）的調查，2006 年全球 30 大機場的旅客數平均成長率為 12.3%，其中包含了六個亞洲機場，且其平均成長率為 28.9% 之高。對於亞洲航空市場的快速成長，相對的隨著飛機起降飛航所排放的空氣污染以及溫室氣體，卻未隨著經濟成長而採行更有效的管理措施。

溫室氣體¹的減量已經獲得大多數國家的認同，為了保護唯一的地球，許多國家已經開始制定減量政策，在京都議定書²中，其中特別規定對 CO₂ 的減量計畫，但對於其他的氣體並沒有詳細的管制計畫。在國際航空運輸方面，世界民航組織（International Civil Aviation Organization, ICAO）針對飛機飛航之排放污染物，在附約 16 中已明訂未來飛機在各種污染物（包括 CO₂, NO_x 等）之排污係數標準，全球主要之飛機製造商如 Boeing 和 Airbus 均針對此相關規定製造研發更環保之飛機。除此之外，歐盟（European Union）為有效抑制航空運輸所造成之全球氣候變化或溫室效應，近幾年已考慮將航空運輸納入歐盟國家現有之碳交易市場中。歐盟近幾年來亦規劃將航空運輸納入歐盟其他產業之碳交易市場，並已於 2008 年年底正式通過此法案，預計於 2012 年起開始施行（European Commission, 2008；UK DfT, 2003）。

航空運輸是各國經濟發展的重要基石，近年來亞洲地區的經濟成長快速，航空產業也是蓄勢待發，面對目前亞洲市場的快速成長，航空公司也紛紛投入亞洲這個競爭激烈的市場。所帶來的不僅是經濟效益，相對的對於環境的衝擊也是隨之而來；所以本研究即針對有效的航空運輸空氣污染管制計畫或方法，做全面性的研究與探討，包括全球、區域、國家與機場，各相關單位可採行之策略與措施。

為因應近來氣候變遷問題，2006 至 2008 年間之 APEC 運輸工作小組會議及國際相關民航組織相繼針對航空器溫室氣體排放所造成之氣候變遷問題，召

¹ 溫室氣體包括二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亞氮（N₂O）、氫氟碳化合物（HFCs）、全氟碳化合物（PFCs）與六氟化硫（SF₆）；可以 CO_{2e} 表示。

² 「京都議定書」規範，在 2008 ~ 2012 年間，38 個先進國與東歐國家，以及歐聯整體，「總二氧化碳相當排放量」相當於 1990 年水準。

開研討會進行討論，尤其京都議定書在 2005 年 2 月 16 日通過生效後，各國同意且承諾應在 2008 年至 2012 年間將其溫室氣體排放量降至 1990 年排放水準平均之 95% 以下，對此歐盟執委會更針對民航業溫室氣體排放之管制進行立法，並計畫自 2012 年將民航業納入歐盟排放交易機制之範圍內，所有往來歐盟機場之航空運輸業均須符合此法案，此舉將對我國航空運輸業造成嚴重影響。

除了溫室氣體外，航空器燃料用油 Jet-A1 的燃燒亦會產生諸如 SO_x, NO_x, PM 等有毒氣體，而地面專業車輛（包含接駁、電力、空調、加油、行李運送、工作人員搭乘等）因頻繁移動，也將對機場週邊空氣品質帶來極大的衝擊，歐盟各國現亦已開始著手進行管制。

因此，了解全球航空運輸空氣污染之減量措施與排放現況、未來歐盟碳交易制度對我國籍航空公司之影響及研擬我國可行之因應策略，乃是當前我國航空運輸產業所需正視之重要課題。本研究團隊將就此議題進行現況蒐集、研析及提出因應策略，預計以兩階段方式進行：第一階段進行現況蒐集、研究與分析，並訪談歐盟航空器排碳交易之有關主管機關，了解未來發展方向；第二階段則就所研究之成果，研提我國因應策略，包括政府相關單位（環境保護署、民航局、各航空站等）之權責角色，以作為民航局施政之參考依據。

1.2 計畫目的與限制

依據前述對本計畫之工作理念以及對計畫目標之了解與探討，本計畫之主要目的為蒐集國際各相關組織有關航空器廢氣排放之管制措施與未來發展方向，評估對我國籍航空業者之衝擊，並研提我國可行之因應策略與執行方案。主要之工作內容包括：

一、蒐集全球航空運輸空氣污染物減量措施之最新發展：本項工作主要目的在於了解全球現行各國民用航空和環境保護主管機關對於航空運輸所產生的空氣污染的管制政策及未來規劃方向，並了解歐盟推動航空運輸碳交易的可能時程與方法。本階段工作重點包括聯繫歐盟地區航空運輸主管機關與各主要機場，並選派人員進行相關議題訪談，工作項目包括：

1. 探討 ICAO、歐盟、以及全球主要國家與機場之航空器空氣污染物減量目標、策略與措施；並進一步了解其最新發展與未來發展方向。

2. 了解歐盟預將航空運輸納入碳交易市場（EU ETS, European Union Emissions Trading Scheme）之計畫、施行方式、目標與時程。
3. 訪談歐洲各主要國家民用航空主管單位與機場，蒐集有關航空運輸空氣污染減量之相關對策與管制方式。
4. 研析機場可採行之航空器與機場營運污染物減量策略與措施。

二、探討歐盟碳交易制度對我國籍航空公司之影響與可行之因應對策：工作重點在於藉由蒐集之碳交易可能實施之方法，以不同情境模擬分析政府各相關單位與國籍航空公司在飛航歐盟地區時之可能因應策略，工作項目包括：

1. 蒐集我國籍航空公司目前與未來歐洲航線之機型與引擎、班次數等營運資料。
2. 分析不同碳交易方案對我國籍航空公司之影響。
3. 提出我國籍航空公司可採行之因應策略與相關單位需配合措施。

三、建立我國國籍航空器及地面專業車輛溫室氣體排放清冊：本階段工作在於了解我國國籍航空器及地面專業車輛的溫室氣體排放現況，並將此一數據與既有之溫室氣體管制盤查機制結合，以作為未來相關政策制定和推動的基礎。

1. 配合環保署「國家溫室氣體登錄平臺」建立我國國籍航空器廢氣排放及地面專業車輛溫室氣體排放之盤查機制。
2. 依據 ISO 及 UNFCCC 等組織之準則，建立我國國籍航空器溫室氣體排放計量公式及清冊。

四、提出我國航空器廢氣和機場營運空氣污染減量策略：工作重點係整合前述調查分析結果，研擬我國航空器和機場之廢氣排放減量策略方向。其工作項目包括：

1. 探討我國環保署、民航局與機場針對航空運輸空氣污染物之相關法規、防控措施、管制策略、以及政府各相關單位之權責劃分。

2. 蒐集我國各主要機場之營運資料，推估航空器起降之各種空氣污染物所產生之空氣污染社會成本。
3. 針對研究機場進行實際踏勘，評估可採行之航空器與機場營運空氣污染物減量策略，以及機場內專業車輛減排的政策規劃方向。
4. 提出我國主要機場航空器與機場營運空氣污染物排放減量措施之短、中、長期可行之方案、施行方式、相關配套措施、以及所需修正之法令。

五、參訪國外相關單位及國際相關會議：

1. 參訪歐盟相關重要單位（包含歐盟官方組織、主要國家之民航主管單位及具代表性機場等），針對歐盟對航空器廢氣現行排放管制措施及未來政策規劃進行參訪（至少 2 人次），並提送參訪報告。
2. 參加各國際相關組織所召開有關「航空器廢氣排放減量」之相關會議（至少 2 人次），並提送參訪報告。

六、配合民航局業務需求，適時參與相關會議並提供議題資料及諮詢。

1.3 計畫內容與工作項目

依據前述之研究計畫目的與範圍，本計畫將工作內容主要分為兩個階段，第一階段又包含三大工作重點，第二階段包含兩大工作重點，各工作重點均包含數個工作項目（Tasks），總共有 16 個工作項目。圖 1 展現各工作重點與工作項目之關係。此五大工作重點包括：

第一階段

工作重點一：蒐集全球航空運輸空氣污染物減量措施之最新發展；

工作重點二：訪談歐洲主要民航單位與參與相關國際會議；

工作重點三：探討歐盟碳交易制度對我國籍航空公司影響與因應對策；

第二階段

工作重點四： 建立我國國籍航空器及地面專業車輛溫室氣體排放清冊；

工作重點五： 提出我國航空器廢氣和機場營運空氣污染減量策略；

第一階段之工作主要為針對全球主要民航單位與機場針對航空運輸空氣污染減量目標、策略、措施與未來發展，以及歐盟將航空運輸納入現有碳交易市場之計畫，進行系統性與綜合性之探討，且將以文獻回顧與實際親自訪談之方式了解主要國家之最新作法；主要目的為評估各種國際上之航空運輸污染物減量計畫，對我國籍航空公司之潛在影響，並提出國籍航空公司與相關單位需配合之措施。

利用第一階段之工作成果，第二階段之工作主要包括建立我國國籍航空器及地面專業車輛溫室氣體排放清冊，以及提出我國航空器廢氣和機場營運空氣污染減量策略與政策規劃方向。

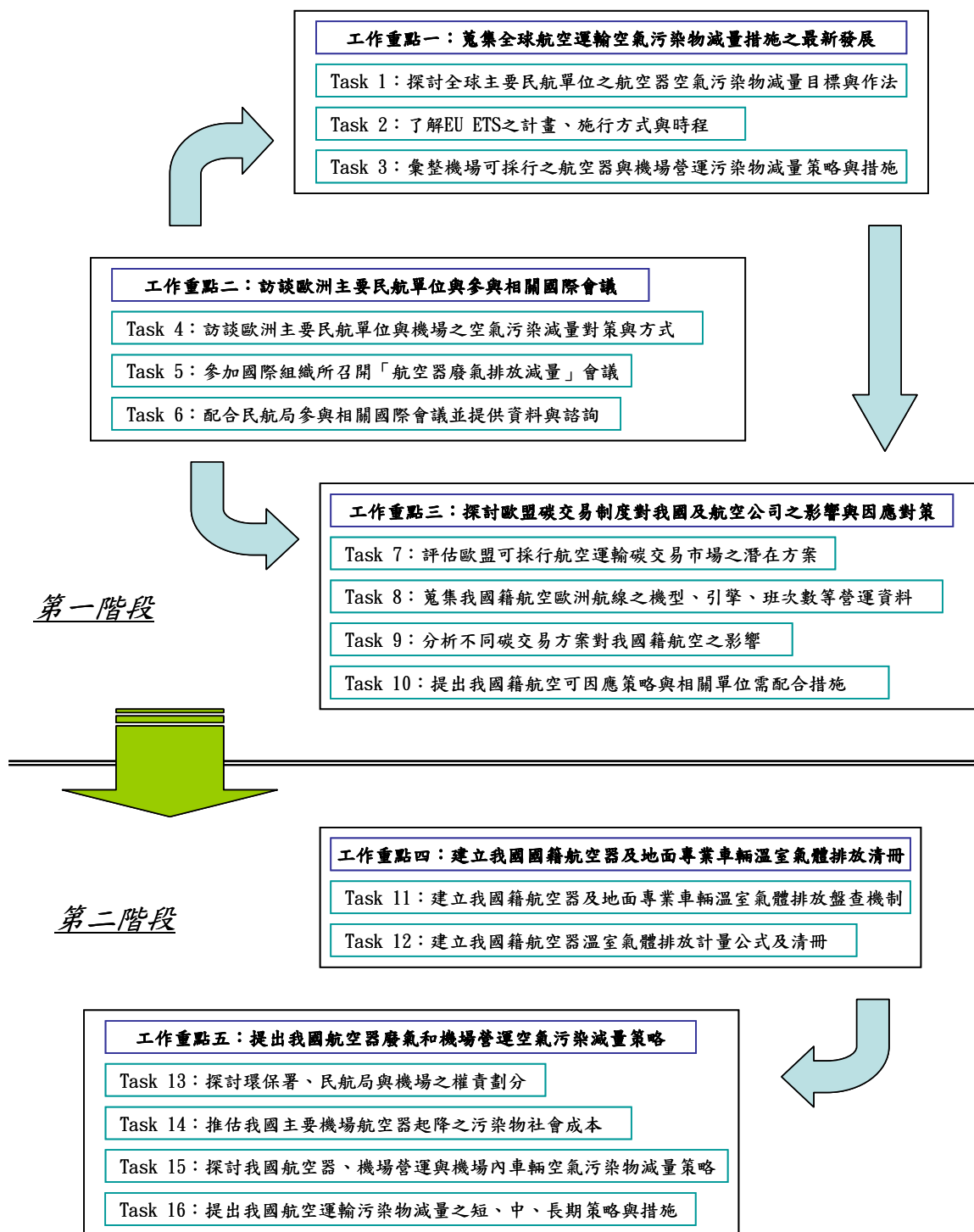


圖 1-1 工作重點與工作項目之關係

工作重點與工作項目

第一階段

工作重點一 蒐集全球航空運輸空氣污染物減量措施之最新發展

工作項目 1：探討全球主要民航單位之航空器空氣污染物減量目標與作法

工作項目 2：了解 EU ETS 之計畫、施行方式與時程

工作項目 3：彙整機場可採行之航空器與機場營運污染物減量策略與措施

工作重點二 訪談歐洲主要民航單位與參與相關國際會議

工作項目 4：訪談歐洲主要民航單位與機場之空氣污染減量對策方式

工作項目 5：參加各國際相關組織所召開「航空器廢氣排放減量」會議

工作項目 6：配合民航局參與相關國際會議並提供資料與諮詢

工作重點三 探討歐盟碳交易制度對我國籍航空公司影響與因應對策

工作項目 7：評估歐盟可能採行航空運輸碳交易市場之潛在方案

工作項目 8：蒐集我國籍航空公司歐洲航線之機型、引擎、班次數等資料

工作項目 9：分析不同碳交易方案對我國籍航空公司之影響

工作項目 10：提出我國籍航空公司可採行因應策略與相關單位需配合措施

第二階段

工作重點四 建立我國國籍航空器及地面專業車輛溫室氣體排放清冊

工作項目 11：建立我國國籍航空器及地面專業車輛溫室氣體排放盤查機制

工作項目 12：建立我國國籍航空器溫室氣體排放計量公式及清冊

工作重點五 提出我國航空器廢氣和機場營運空氣污染減量策略

工作項目 13：探討環保署、民航局與機場之權責劃分

工作項目 14：推估航空器起降之各種污染物空氣污染社會成本

工作項目 15：探討我國航空器、機場營運與機場內車輛空氣污染物減量策略

工作項目 16：提出我國航空運輸污染物減量之短、中、長期策略與措施

1.4 工作計畫

為了完成前述的研究目標與五大工作重點之工作內容，本研究以下列工作計畫具體推動研究事項，其內容與程序分別說明如下：

1. 行政準備事項與工作計畫書之提送：本案在完成公開招標與評審程序後，於 6 月完成相關行政簽約手續，與民航局確認詳細之工作內容與時程，提出工作計畫書，
2. 國外污染物減量措施書面資料蒐集：蒐集各國機場相關資料並進行分析與比較。此處各國指的是亞太地區、美國、及歐盟等三個主要區域內的國家。本階段資料蒐集將透過本公司暨有之國際合作研究網路以及各機場之公開發佈報告，以迅速取得相關資料，進行後續分析。
3. 國外機場與民航主管單位訪問：根據前一階段獲得之國外書面資料，以及完成我國之相關資料分析後，本階段針對部份有參考性的機場與民航主管單位進行訪問。研究團隊已於 2008 年 9 月赴歐訪問荷蘭、比利時與法國之主要民航主管機關與機場，蒐集許多相關資料，了解歐盟主要國家減排措施現況，並建立互動聯繫管道（詳細之訪談內容參見附錄四）。除此之外，研究團隊亦安排民航局之業務主管官員和同仁赴歐洲進行考察，全程陪同參訪和協助專業術語口譯等工作。
4. 民航產業的踏勘與訪談：無論採用那種減排措施，勢必將對航空運輸產業帶來極大的衝擊。是故除了書面資料的蒐集之外，本計畫親自訪問與此一議題有關的業者，包括我國籍航空公司（中華航空與長榮航空）、松山機場與桃園機場，訪談的目的主要在於蒐集現有資料，了解民航產業現行的排放情況和實際的運作情形，並藉以做為未來改進的重要依據。
5. 參與國際會議：本研究團隊在 2008 年與 2009 年計畫執行期間參加包括亞太區的 APEC 有關工作會議、美國的 TRB（Transportation Research Board）民航與環境衝擊研究小組年中會議、以及全球航空運輸研討會（Air Transport Research Society conference, ATRS）。研究團隊積極吸收先進國家的知識和經驗，並掌握碳排放議題的最新發展。
6. 第一次期中報告與簡報：研究至此應已完成約 1/3 的程序，故依照契約書之內容，於 2008 年 11 月 30 日前提出期中報告，並配合委託單位已於 2008

年 12 月 15 日於期中報告審查會議中進行簡報，有關期中會議之審查意見與回覆參見附錄三。

7. 建立氣體排放清冊：在了解我國航空產業的實際運作情形之後，本研究將著手建立航空運輸業者的氣體排放清冊，以釐清各有關企事業單位的實際排放責任，來做為後續有關減排政策制定的依據。
8. 我國既有政策與相關資料蒐集：近年來臺灣已有開徵能源稅的雛議，碳交易制度的推廣也有兩年以上的時間，估計近年來在大陸迅速拓展的清潔發展機制（Clean Development Mechanism, CDM）計畫也有可能在短時間進入臺灣市場。針對這些暨有或潛在的制度，本研究將一併蒐集，並進行深入的討論，以做為未來制度設計的基礎，從而避免疊床架屋和制度設計的衝突。
9. 提出相關單位權責劃分：由於空污問題橫跨數個部會，最直接的固然是環保署和交通部，有鑑於此，釐清航空運輸業務主管單位和環境保護業務主管單位間的管制責任和權力，成為本階段的工作重點。
10. 第二次期中報告與簡報：研究至此應已完成 2/3 的程序，故依照契約書之內容，於 2009 年 5 月 31 日前提出期中報告，並配合委託單位於 2009 年 6 月 10 日參與第二次期中審查會議並進行簡報。
11. 提出國籍航空與相關單位的減排配合措施：藉由民航產業的踏勘與訪談、氣體排放清冊的建立、以及我國既有政策與相關資料的蒐集，本階段將先行提出國籍航空與相關單位的減排配合措施。此一措施針對航空公司、機場、和民航體系內的各營運單位，提出具成本效益和可行性的減排配合措施，以做為政府提出全面性減排策略和政策的前置準備工作。
12. 提出我國航空污染物減量策略：綜合前述各項分析的成果、相關資料的蒐集、先進國家的經驗、以及兩次期中簡報審查委員的意見，本團隊於此一階段著手擬定我國航空器空氣污染的減量策略。這些策略除須符合我國國情之外，也必須要能與國際上現有或即將推行的制度接軌，才能因應未來可能的情勢變化。
13. 期末結案報告：完成前述所有研究工作之後，本研究於 2009 年 11 月 30 日前提送期末報告初稿，並配合委託單位於 12 月 18 日辦理期末審查及簡報。

14. 期末報告修訂：研究團隊將根據期末報告審查委員的意見，進行結案報告的修改，並在定稿後付梓印刷，依合約辦理結案程序。

第二章 全球主要國際組織與國家航空運輸污染物減量措施最新發展

本章主要探討全球主要民航單位針對航空運輸空污排放物，對於全球之氣候變遷（Climate change）與區域之空氣污染（Air pollution）兩方面影響之相關減量策略與措施，進行一全面性之回顧，包括各種污染物（例如 CO₂, NO_x, CO, HC, SO_x, PM 等）之減量措施；第三章則針對機場空污減量措施進行回顧。工作內容包括之民航相關單位與組織，依照層級列式如下：

- 國際民航組織（International Civil Aviation Organisation, ICAO）；
- 國際機場理事會（Airports Council International, ACI）：包括其分部 ACI-Europe（Airports Council International-Europe）；
- 歐盟執委會（European Commission, EC）；
- 亞洲太平洋經濟合作會議（Asia-Pacific Economic Cooperation, APEC）
- 美國聯邦航空局（Federal Aviation Administration, FAA）與環保署（US Environmental Protection Agency）。

2.1 ICAO 對於航空運輸廢氣排放之政策與規範

2.1.1 背景

近年 ICAO 對於控制飛機引擎廢氣排放（Aircraft Engine Emissions）所帶來的環境影響，已從過去只著重在飛機在地面上之效應，擴展到現今全球性的飛機引擎廢氣排放。飛機引擎製造之廢氣與其他礦物燃料燃燒所形成之廢氣相似；然而，飛機排放物有別於一般排放物，大部分於高空中排放。這些排放物引起重要之環境議題，包括對全球衝擊及其對區域空氣品質之影響。

「航空及全球大氣特別報告」（Special report on aviation and global atmosphere）為一份綜合性有關航空運輸對全球大氣問題有貢獻之報告；此報告由 ICAO 委託 IPCC（Intergovernmental Panel on Climate Change）進行，與蒙特婁協定中之科學性評估專案小組合作關於減低臭氧層議題，並於 1999 年出版。內容主要包括：

- 飛機引擎排放物改變大氣層溫室氣體集中之氣體及粒子，促使凝結尾之

形成，更可能增加捲雲（Cirrus cloud），引起氣候變遷；

- 估計飛機排放約佔所有人類活動之總幅射驅動力的 3.5%，而此比例把捲雲可能改變之影響排除在外，亦顯示將繼續增長。

此報告承認部份飛機排放物之影響為可理解，顯示其他影響確認部份主要範圍之科學性不確定，將限制表現航空對氣候及大氣影響之能力。

以此為背景，ICAO 於 2001 年舉行大會，鼓勵各國針對此報告中之不確定定義進行科學性研究，同時要求理事會繼續與 IPCC 及其他參與定義航空環境與大氣問題之組織緊密合作，必須主動以科學角度理解此問題。此議題於 2007 年會議時重申（Assembly Resolution A36-22, Appendix I）。ICAO 要求 IPCC 更新 1999 年報告之主要調查結果，並公佈於 2007 年出版之第四版報告書中。

新調查結果與航空廢氣排放之相關包括：

- 由於發展科學知識以及更多有關凝結尾造成之天氣影響的最新數據估計明顯降低，而 2005 年起航空器預計只佔總人類活動製造之幅射驅動力約 3%；
- 航空廢氣中，總二氧化碳（CO₂）排放約佔全球溫室氣體排放 2%；
- 航空運輸之二氧化碳排放量預計每年成長 3-4%；
- 航空運輸產業之二氧化碳排放中期放緩，主因來自燃油效率增加。然而，此進步預計只能抵銷部份航空二氧化碳排放增長。

擴大決策範圍

過去 ICAO 對飛機引擎廢氣排放之環境影響相關議題，決策主要著重在飛機在地面上之效應。近年範圍已擴展到現今全球性的飛機引擎廢氣排放。

因此，聯合國氣候變化綱要公約（UNFCCC）於 1997 年簽訂之《京都議定書》³（Kyoto Protocol）特別重要。此議定書內容於 2005 年 2 月 16 日開始實

³ 1992 年簽訂「氣候變化綱要公約」後，全球二氧化碳濃度仍在不斷上升，原公約減量目標普遍認為並未被會員國認真執行，而在國際上引起極大的爭議，於是形成制定具有法律力的議定書的共識。於是於 1997 年 12 月於日本京都舉行的「第三次締約國大會」（CO_{P3}）中簽署

行，要求於議定書之附件一⁴（Annex I）中所列出的各國家減低排放六種溫室氣體（Greenhouse gases, GHG）之排放量，當中與航空最有關係的為二氧化碳（CO₂）。目前航空廢氣排放仍在目標之外，但於《京都協定書》第二條第二段中表示，附件一列出國家之航空業者有義務配合 ICAO 所制訂的政策，限制或減少排放溫室氣體。

2007 年 ICAO 與會者要求（Assembly Resolution A36-22, Appendix K）繼續研究可採行之政策措施，以限制及減少飛機引擎廢氣排放對環境之影響，並提出具體工作計畫書，儘快為 UNFCCC 團體之會議提供意見。並特別強調工程措施與市場經濟措施之並用，並考量對發展中國家與先進國家之潛在性影響。

2.1.2 相關作法與政策建議

ICAO 主要針對飛機引擎建立認證標準，至於利用飛機操作的改善與市場經濟措施降低航空運輸空氣污染，ICAO 已進行相關之研究並提供建議，但並未有任何強制性之規範。

引擎認證標準

飛機需符合 ICAO 採納之引擎認證標準，而在 ICAO 的 Annex 16（Environmental Protection, Volume II）中，已針對飛機引擎認證標準有一定之規範。原本目的為控制機場及機場週邊的空氣品質狀況，進而發展對於高度 3,000 呎以下之降落起飛程序，其中各型引擎在惰轉（Idle）、起飛（Take-Off）、爬升（Climb-out）與進場（Approach）狀況下的耗油率（kg/sec）與三種污染物（HC、CO、NO_x）排放係數，則已建構於引擎排放資料庫（ICAO Aircraft Engine Emissions Data Bank）中，彙編全球主要的航空器製造公司所生產的噴射式發動機排放的測試數據。

「京都議定書」，規範 38 個國家及歐盟，以個別或共同的方式控制人為排放之溫室氣體數量以期減少溫室效應對全球環境所造成的影響。

⁴ 京都議定書附件一國家一共有澳洲、奧地利、白俄羅斯、比利時、保加利亞、加拿大、克羅埃西亞、捷克、丹麥、愛沙尼亞、歐盟、芬蘭、法國、德國、希臘、匈牙利、冰島、愛爾蘭、義大利、日本、拉脫維亞、列支敦士登、立陶宛、盧森堡、摩納哥、荷蘭、紐西蘭、挪威、波蘭、葡萄牙、羅馬尼亞、俄羅斯、斯洛伐克、斯洛維尼亞、西班牙、瑞典、瑞士、烏克蘭、英國、和美國等國家。

雖然這些標準乃針對飛機降落起飛程序訂定，但仍可幫助減少高空中之廢氣排放。其中最相關為氮氧化物之標準，其為臭氧層之前導，而於高空中則為溫室氣體。氮氧化物之標準最早於 1981 年被採納，1993 年被通過迫切性執行，故 ICAO 於 1999 年 12 月 31 日減少新認證引擎 20% 之允許排放量，同時提出減產。1999 年，委員會通過更進一步之嚴格標準，於 2003 年 12 月 21 日起平均每一新認證引擎之標準將減少 16%。最新之中、長期氮氧化物工程目標之評論⁵，已於 2008 年出版，而於 CAEP/7 中亦將討論氮氧化物 (NO_x) 之長期科學目標⁶。

ICAO 最新之氮氧化物 (NO_x) 排放標準於 2005 年 11 月訂定，而於 2007 年 12 月起執行於引擎製造商。1995 年出版之引擎排放資料庫 (ICAO Engine Exhaust Emissions Data Bank, Doc 9646)，包含噴射式引擎排放的認證數據，而資料庫之相關更新均公告於 ICAO 網站。

ICAO 目前考慮使用針對高空中之廢氣排放進行不同之管制標準，以迎合降低廢氣排放之科技潮流、飛機表現及生產力，其中以氮氧化物受到特別關注。而有關二氧化碳，ICAO 決定不另外訂定排放標準，主要因為二氧化碳之排放與燃油使用有著直接關係，而航空運輸市場競爭帶來之經濟壓力已使得飛機操作維持低燃油使用率。此外，設計認證標準亦面臨相當之困難。

飛機操作措施之使用

ICAO 於 2001 年開始提倡從飛機操作措施 (Operational measures) 減少飛機引擎廢氣排放的影響。ICAO 於 2004 年 2 月出版指引手冊 (ICAO Circular 303-AN/176)，乃有關減少燃油使用及廢氣排放之飛機操作措施。此手冊包含飛機地面及航行時的運作，更包括地面作業設備及輔助動力系統。

ICAO 對各國強調利用較新式之通訊導航與航管系統 (Communications, Navigation and Surveillance systems for Air Transport Management, CNS/ATM) 可有效減少燃油消耗與不必要的污染物排放。有關早期對使用 CNS/ATM 之環境利益等相關研究結果，及其評估方法已收錄於「全球航空導航計劃－通訊導航與航管系統⁷」報告書中。

⁵ *Independent Experts NO_x Review and the Establishment of Medium and Long Term Technology Goals for NO_x* (Doc 9887)

⁶ Long Term Technology Goals for NO_x Presentation (PDF)

⁷ *Global Air Navigation Plan for CNS/ATM Systems* (Doc 9750).

市場經濟措施

當政策無法帶來其應有效果時，利用經濟手段亦可減少污染物排放。在 2001 年時，ICAO 大會要求理事會持續與各會員國發展以市場經濟手段降低飛機引擎排放物之環境影響，尤其以減少對氣候變遷之衝擊為首要。大會並要求各會員國與理事會，以綜合性之考量，評估各種降低飛機引擎污染物影響措施之成本與效益，採用最符合成本效益之方式來面對國內與國際航空運輸污染物之議題（ICAO, Resolution A36-22）。

就目前為止，ICAO 所進行之相關研究主要乃針對以市場經濟措施降低二氧化碳之影響。最主要之措施為建立污染物交易系統（Emissions-Trading System, ETS），此措施主要能控制二氧化碳排放之總量，以二氧化碳排放權可購買與出售之方式進行，而達到降低二氧化碳之目標。在所有之經濟體系皆可參與之情況下，此可視為一限制或降低二氧化碳排放量之符合成本效率之長期措施。

大會並認同國際航空運輸建立開放之污染物交易系統，要求理事會優先發展一套具有結構性與具法令基礎之航空運輸污染物交易系統，此系統包括報告、監控與符合規範，並盡量符合 UNFCCC 之步驟。ICAO 已出版一污染物交易使用規範之初稿（Draft Guidance on the use of Emissions Trading for Aviation (Doc 9885)）。

研究分析亦包括在短期可採用自願性之措施（Voluntary measures），即是政府與產業同意一共同之污染物減量目標，此可為未來進一步減量之基礎。因此，大會呼籲各會員國與相關單位，於短期中以自願性措施減少污染物排放；並希望理事會能採取相關動作，建立準則（包括量化、監控、確認污染物減量與行動），並建立自願性協定之範本。大會並強調那些越早開始採行相關措施之單位，應得到同等之利益，而不可因為此而限於不利。

此外，ICAO 並出版課徵飛機引擎污染物相關費用之準則 [Guidance on Aircraft Emission Charges Related to Local Air Quality (Doc 9884)]，即為空污費或空污稅。此外亦有徵收相關費用之政策書 1（ICAO's Policies on Charges for Airports and Air Navigation Services, Doc 9082/6），與各會員國相關稅收徵收準則（ICAO's Policies on Taxation in the Field of International Air Transport, Doc 8632）等政策可參考，其中建議在航空運輸雙邊協定中國際航空用油應為免稅，各會員國應減少徵收相關稅收，以避免造成抑制國際航空運輸之發展。

在 1996 年 12 月時，ICAO 大會已通過一有關污染物相關稅收之政策宣言，但理事會認為發展一國際間同意之環境費或環境稅並不可行，因為各會員國之意見不同且實際執行亦有其困難度，因此，理事會建議各會員國應以費用之方式收取環境費，而非以稅收之方式，並且將其收取之金額優先用於降低飛機引擎污染物之環境影響；因此，此費用之徵收應以其減少污染之成本支出為考量，且相關之成本必須定義清楚且回饋於航空運輸。

大會持續遵循有關 1996 年確立之徵收污染物費用政策，因此呼籲會員國，在不遵守現行之原則下，不應各自採用此措施，徵收污染物相關費用；建議理事會持續進行相關之研究且確立施行準則。

除了推行政策與規範外，ICAO 亦定期舉行與飛機引擎廢氣排放相關的研討會，希望透過世界各地的學術或業界的研究及討論以作出更高品質的決策。當中包括於 2007 年於加拿大舉行第二次的航空廢氣排放學術報告會及展覽（Colloquium on Aviation Emission with Exhibition），以及剛於 2008 年 6 月舉行的航空與碳市場工作坊（ICAO Workshop, Aviation and Carbon Market）。

2.1.3 最新發展

2009 年 6 月 ICAO 下設置之「國際航空及氣候變遷小組」(Group on International Aviation and Climate Change, GIACC)完成最新報告，並且已由 ICAO 理事會通過。報告中提出全球航空業廢氣排放減量目標，以及提出空污減量相關措施（the basket of measures），各國可依據其適用性採用不同措施，建議之措施包括有關飛機相關科技之發展、提升飛航管理與硬體設施之使用、更有效之飛機操作、市場經濟措施與相關之管制等。並建議各會員國未來提交年度航空燃油使用狀況給 ICAO。

接著 ICAO 於 2009 年 10 月召開溫室氣體高層會議（High level meeting on international aviation and climate change），確認全球航空運輸市場至 2050 年以前每年之平均燃油效率（每收益噸公里油耗）提升目標為 2%，會議結果已提交 2009 年 12 月 UNFCCC 於哥本哈根召開之會議中。預期之航空產業每年 2%之燃油效率提升目標，並未決定將針對個別航空公司或國家訂定；主要因為若要達成此一目標，則針對目前有新機對之航空公司相較之下將會較為困難或昂貴。IATA 認為航空公司產業每年 1.5%之燃油效率提升目標較可行，剩下之 0.5%則有賴相關之飛航管理作業效率提升與政府相關單位之配合。此外，ICAO

於 11 月 16-18 日於巴西召開有關替代油料之會議，希望能於會議中完成未來發展藍圖。

UNFCCC 於 2009 年 12 月召開會議，其中 UNFCCC 所抱持的共同目標但責任差異性（Common but differentiated responsibility, CBDR）之作法，與 ICAO 及 GIACC 所提出之報告並不相同，但會議並無顯著之結論。

2.2 ACI 對於機場廢氣排放之建議策略

ACI 與 ACI-Europe 近年來亦鼓勵其機場會員採取適當之措施降低機場與航空器操作之空氣污染與溫室氣體之排放。在造成氣候變遷之氣體除了 CO₂ 外，NO_x 之影響亦值得重視，但目前相關之證據仍具有非常大之不確定性（ACI-Europe, 2007）。但在機場可採行之相關措施方面（ACI, 2007），ACI 建議之內容則包括：

- 機場地面車輛運作空污排放物減少；
- 飛機於停機坪時使用機場提供之電力供應動力；
- 使用具有能源效率與永續發展之基礎建設；
- 機場與周邊區域實施環境管理系統；
- 採用相關措施減少碳排放；
- 資源回收等。

2008 年 6 月 19 日在巴黎舉行第 18 次 ACI 歐洲會議，討論歐洲機場和氣候變化的抗衡。因為歐洲機場旅客日益增加，機場經營者積極採取降低碳排放量的措施，而其中部分機場也在控制內做到碳中立（Carbon neutral），在 2008 年 4 月 22 日在日內瓦（Geneva）也簽署針對空運產業氣候變化的行動。

2.3 歐盟執委會之航空運輸廢氣減量政策與作法

2.3.1 背景

2007 年 3 月，歐盟國家和政府批准了由歐洲委員會提出氣候變化及能源策略。歐洲委員會表示，必須保持平均氣溫上升不超過攝氏 2 度，且全球溫室氣體的排放在 2020 年也達到穩定，則到 2050 年排放量會減少 50%。

歐盟國家和政府於 2007 年 3 月同意，歐盟到 2020 年將使排放量比 1990 年減少 30%，若能在 2012 年成為全球協議的一部分，並且先進或發展中的國家根據各自的能力對全球暖化做努力，相信會有足夠的貢獻。

為了實現排放量的削減，必須將歐盟氣候變化中的措施結合起來，如歐盟首創的排放交易體系（EU ETS）和歐盟在 2007 年 3 月簽署的完整氣候及能源策略。其主要能源和氣候變化相關措施如下：

➤ 歐盟能源政策現代化

- 把可再生能源在能源消費中的比例，由 2007 年的 7% 提高至 20%。
- 把生物燃料在汽油和柴油中的比例，由 2007 年的 1% 提高至 10%。

➤ 加強歐盟排放交易體系（EU ETS）

一個創新的排放交易體系（ETS）於 2005 年 1 月發起，是目前國際上最大的交易體系及碳交易市場的支柱。

➤ 限制交通排放量

- 已於 2009 年初通過立法將航空運輸的排放物納入 EU ETS，從 2012 年起，只要是出入歐盟的航班都將被納入，歐盟預期也考慮將海運的排放納入。
- 制定法律確保歐盟將新車輛 CO₂ 排放降低至每公里 120 克並在 2012 年前達到。

2.3.2 航空運輸廢氣減量政策

近年來歐盟執委會針對航空運輸空氣污染物對氣候變遷與空氣污染之議題，已進行相關之研究並出版報告（EC, 2005；CE, 2005）。航空運輸雖然只佔所有溫室氣體之排放量約 3%，但是隨著航空旅運量之快速成長，預計至 2012 年所有由歐盟起降之國際航班的空污排放量將較 1990 年增加 1.5 倍，此空污成長量將佔歐盟依照京都議訂書目標減量的四分之一。因此，除了提升整體歐盟地區飛航管制之效率以及整合所有系統⁸，歐盟執委會在考量幾種不同可行之方案後，自 2005 年起已達成共識，極力推動將航空運輸納入現有之歐盟碳交易市場（EU ETS）。

歐洲每年的空運旅客成長率大約是 4%，而空運貨物每年大約有 6.4% 的成長率。到 2050 年歐盟的碳污染物有 66% 是空中交通造成的（Commission of the European Communities, 2006）。歐盟的會員國正式的同意有一個總體的目標，試圖將全球氣溫變化最高不超過攝氏 2 度。而在第六個環境實施計劃指出在長期下最少要減少 70% 的二氧化碳污染物，一些歐洲的國家像是法國、瑞典與英國它們更是朝向在 2050 年以 1990 年為標準要降低 60% 甚至更多的二氧化碳污染物的排放。氣候學家認為為了防止更嚴重氣候變化這是最小的減量標準。歐洲的議會在 2005 年 3 月 10 日作出決定：歐盟相信國家發展團體對於污染物的排放在 2050 年時，要從現在的減量 60% 提高到 80%，並且考慮京都議定書中規範的標準。整體而言，歐盟對於飛機引擎污染物有以下幾種作法：

（一）供給面之作法（Supply-side Measures）

降低航空對環境的影響在供給面的方法不僅在燃料效率的改進還要在飛機設計和空中交通管理且使用突破性的技術和其它的燃料。在歐洲航空的研究的諮詢委員會（Advisory Council for Aeronautical Research in Europe, ACARE），已經確定研究目標為在 2020 年減少 50% 的二氧化碳排放量。然而，這個目標還沒有真正的實行，它是一個史無前例的目標。

⁸ 此為歐盟已推動多年之單一歐洲天空（Single European Sky）之政策；負責歐盟整體航空管制之 EUROCONTROL，目前已進行多年期之計畫「SESAME」（或稱為 SESAR），目的為整合歐盟各國航空交通管制系統與提升飛航管理效率，預計至 2020 年將可減少相關之空污排放量約 8%。（資料來源：研究團隊於 2007 年 9 月訪談位於巴黎之 EUROCONTROL 內容。）

英國航空聲稱自 1990 年以後以增進燃油效率的 25% 並且減少 15% 的二氧化碳排放物。但英國航空承認，因航空旅客日益成長，燃油效率改進並不足以防止航空排放物的發展，還需要其他方面之配合。

（二）替代之作法

這幾年市場上短程的飛行明顯成長且多數的航空公司甚至只經營短程的航線。歐洲 41 國的民航研討會（European Civil Aviation Conference, ECAC）中提出每年 750 萬的航班中有 40% 飛行的距離少於 500 公里。而這些短程的航線燃油效率較低（因為相對來說飛機爬升階段時所耗費之燃油會比在起飛後來的多）且短途飛行對環境所造成的影響比長程飛行來的多。

根據統計有超過 10% 的歐洲旅行者使用高速鐵路而不是飛機，而且明顯集中在短程且高密度的路線中。假使更進一步的提升高速鐵路的路網，而使用高速鐵路的旅客會更多。

而貨物的運送方面，由鐵路運送貨物二氧化碳的排放量比航空貨運低 20~100 倍，而用海運方式運送貨物則比鐵路更減少兩倍甚至更多的排放量。

（三）排放交易制度（Emissions Trading Scheme, ETS）

排放交易之定義為：政府可依未來的二氧化碳排放減量目標與時程，先界定二氧化碳排放的管制總量，然後發行某一定量的二氧化碳排放權證在公開市場上買賣。這些權證的所有者，便有權在特定的期間內，排放不超過其權證上所設定的數量之二氧化碳。

排放物的交易提供一個市場基礎的辦法來保護環境。進一步的減少二氧化碳的排放量。歐盟也決定全部在歐盟境內機場起降之全部航班都受到排放交易之管制（Commission of the European Communities, Inclusion of Aviation in the EU Greenhouse Gas Emissions Trading Scheme（EU ETS），2006）。航空公司受到排放之限制，排放超過給定的限額就必需支付額外之排放費用。而除了二氧化碳的減量，在 2008 年底歐盟決定要考慮氮氧化物的排放量。

（四）徵收燃料稅（Fuel Taxation）

徵收飛機燃料稅有些人認為這是一個低效率的手段但有些人認為在航空的永續發展下這是一個合乎邏輯的解決的辦法且航空產業徵收燃料稅對於其他徵收燃料稅之運輸產業是平等的。重要的是，徵收燃料稅可以降低污染物的排放。

目前歐盟委員會訂定每一千公升的燃料課徵 245 歐元，但是日後須照能源產物法案（Energy Products Directive, EPD）與通貨膨脹的數據來調整徵收的費用（European Energy and Transport Forum, 2005）。

另外，考慮到儲油槽方面，飛機每次儲存的油量會比實際上飛行所花的油量還要多，以符合安全規範。很多學者指出，假如真的課徵燃料稅，航空公司很可能會在未課徵燃料稅的機場加更多的燃油。這可能會降低 5%~20% 環境的效益。

（五）排放物收費制度（Emission Charges）

排放物的收費制度不同於其他的稅收，它由幾個重要的方面所構成：第一，不需要訂定雙邊的協定來執行，每個國家可以自由的決定是否要在自己的領空對飛機徵收排放費。第二，因為每個國家都使用這一種徵收方式，潛在的包括歐盟領空都要徵收那麼其他歐盟外的國家也就較容易實行。第三，可以用徵收的費用來做政府對於環境保護的輔助金也可以用來做其它用途，可以吸引其他產業加入。排放物的收費計畫比起其他稅收是較容易且較富有彈性的稅收，而歐盟計劃將不同的污染物，像是二氧化碳與氮氧化物，用不同的稅率來徵收費用。

2.3.3 最新發展

經過多年之討論與規劃，歐盟執委會已確定將航空運輸市場納入現有之 EU ETS 中，並於 2009 年 1 月 13 日正式刊登於歐盟官方期刊生效，此舉不僅影響所有歐盟境內之航空公司，對於飛往歐盟之航班亦包括在內，因此我國中華航空與長榮航空均將面臨此新規範，並需提早因應。因此本報告第四章將進一步詳細說明 EU ETS 以及其評估對我國及航空公司之影響。

另一重要值得關注之發展為歐盟目前進行之單一歐洲天空計畫之全面整合與提升飛航管制系統與管理（即由 EUROCONTROL 所主導之 SESAR 計畫），

預計於 2020 年完成，將提升 8% 之飛航燃油效率⁹。至於前述說明之課徵燃料稅作法，歐盟執委會則短期內暫不考慮。

2.4 APEC 針對航空運輸廢氣減量政策與作法

2.4.1 APEC 航空運輸廢氣減量會議

鑑於航空器溫室氣體排放之問題日漸嚴重，APEC 經濟體會員咸認此議題之嚴重性，於 APEC 第 5 次運輸部長會議中，由與會部長共同決議在 2007 年 8 月新加坡舉辦第 1 次「APEC 航空器空污排放管理策略研討會」，研提因應對策以解決此一課題。延續在 2008 年 4 月由澳大利亞及馬來西亞共同主辦之第二次「APEC 航空器空污排放管理策略研討會」，以及接著於菲律賓馬尼拉舉辦之運輸工作小組會議，依據會議結論成立航空污染物任務小組，將於兩年間密集研討，其主要目的係檢視目前已實施或未來可採行之航空廢氣減量措施，並嘗試尋找衡量航空器廢氣排放之管理措施效益之量化方法，提供實務層面之經驗分享，使亞太地區關注此一全球性課題，進而降低亞太地區航空廢氣排放所造成之溫室效應。

研究團隊除參與 2008 年 4 月於馬來西亞之會議外，接著並於 7 月底參與由紐西蘭政府主導，於奧克蘭舉辦之第一次航空污染物任務小組會議（Aviation emissions task force, AETF），會中有各種有關航空廢氣減量措施之簡報，並研討各經濟體可共同合作之相關計畫與資料調查彙整之後續工作（詳細之會議討論內容參見附錄五）。會議結論主要包括：

- 持續與各經濟體分享有關亞太地區之航空交通管理資訊與容量；將於下次會議前將資訊彙整完成。
- 將與 APEC 下之能源工作小組（Energy Working Group, EWG）共同探討如何加速航空器替代油料之推展工作；將由澳洲與紐西蘭進行，於下次會議前提供初步成果。
- 將提出一研究計畫案探討有關亞太地區國際旅客使用之運具分配，及其

⁹ IATA 依照其單一歐洲天空概念，提出亞洲天空（Asian Skies），希冀未來亞洲各國可響應，並於今年 9 月新加坡之 APEC 會議中報告。

空污量；將由澳洲負責於九月前提出計畫書，爭取 APEC 之經費贊助。

- 將調查各 APEC 經濟體有關航空運輸空污減量之管理措施，以及各措施之預期效益；將由澳洲與紐西蘭負責問卷表格之設計，於下次會議前完成調查。
- 任務小組將於 2009 年 2 月於菲律賓舉行之第六屆運輸首長會議提出相關航空空污減量措施建議事項。
- 航空運輸管制之應用與其他相關措施，未來 APEC 將確認最新資訊與各經濟體分享，並協助開發中國家學習已開發國家之經驗。
- ICAO 新近成立 GIACC (ICAO Group on International Aviation and Climate Change)，管理國際民航之污染物排放。對於民航業之排放，ICAO 仍負責國際整合的主要責任，與會者亦能體認民航業必須應付此項挑戰。民航業的排放對於目前全球溫室效應氣體的總貢獻量為 2%，預測未來的貢獻比率還會上升。除了溫室效應氣體以外的排放（耗油、其他空氣污染物），民航業亦有貢獻。

接著 2009 年 9 月於新加坡召開任務小組之第二次會議，由紐西蘭主持會議擔任主席，美國則擔任副主席，延續先前調查資料之彙整與建議，以及全球及亞太地區相關航空運輸空污減量措施之最新發展（詳細之會議討論內容參見附錄六）。依據會議之共識，主席確認以下 7 點為此會議之結論，並為未來努力方向：

- 1、確認 APEC 區域內之旅遊業與航空產業相關組織，提供相關之資訊或內容於目前正進行之旅遊業研究。
- 2、確認此旅遊業研究所發展之模式或軟體，可提供給 APEC 各會員國使用。
- 3、提交報告以及相關建議於 11 月之 APEC 首長會議，期望能加速亞太區域內航空交通管理之營運效率。
- 4、透過最佳經驗與個案之分享，促進衡量與報告航空污染物之相關工作。

- 5、各會員國體認到 UNFCCC 於降低航空運輸溫室氣體之重視程度與壓力，建議 ICAO 仍為整合全球航空運輸污染物管理措施之最適組織，此應於下次 APEC 首長會議中重申。
- 6、建議 APEC 運輸工作小組將航空運輸污染物管理調查之相關訊息公開於網站上，由澳洲負責執行。
- 7、撰寫一計畫書提交予運輸工作小組，探討亞太區域限制航空運輸永續發展之主要因素與挑戰。下次運輸工作小組會議將於 2010 年 3 月舉行，會中將討論 AETF 的未來。

2.4.2 APEC 經濟體航空運輸空污減量管理措施調查

有關調查各 APEC 經濟體航空運輸空污減量之管理措施，已由澳洲運輸部於 2009 年 3 月份寄出問卷，問卷內容包括 11 個分類，共 47 個問題，本研究將其統整於附錄七中。此 11 分類分別包括：

1. 目標、政策與管制（Goals, Strategies and regulation）；
2. 飛航交通管理與飛機操作（Air traffic management and aircraft operations）；
3. 科技與技術面（Technology）；
4. 替代油料（Alternative fuels）；
5. 經濟措施與衡量（Positive economic measures and assessment）；
6. 市場措施（Market-based measures）；
7. 機場（Airports）；
8. 自願性措施（Voluntary measures）；
9. 政府主導措施（Complementary government initiatives）；
10. 衡量、報告與分析（Measurement, reporting and assessment）；
11. 其他現有或規劃中之措施（Other existing or planned measures）。

於新加坡之第二次 AETF 會議中，澳洲政府簡報其調查結果，共有十個經濟體回覆，包括澳洲、日本、紐西蘭、秘魯、菲律賓、南韓、新加坡、泰國、美國與我國。統整之經濟體調查結果如表 2-1 所示，而我國相關單位（包括環保署、民航局與運研所）之問卷回覆則統整於表 2-2。

調查結果顯示，各經濟體均有不同方式或程度之航空運輸污染物減量措施。調查報告將提交運輸工作小組，建議公布於網站上。網頁之設計希望未來各經濟體可隨時上網更新其資訊，同時並鼓勵尚未參與調查之經濟體，亦登錄其相關訊息；未來並希望各經濟體可分享其 ICAO 行動方案。有些經濟體可能因為一些障礙或困難，而無法採行相關措施，未來 AETF 可進行了解，並協助經濟體排除相關困難。此外、產業界認為，為提升整體航空器飛行之效率，除了各經濟體採行相關措施外，亞太地區之飛航交通管理整合以及替代油料研發，更可達到更大之效益。此次調查結果總結四個未來 AETF 可努力之方向，其中又以前兩個最為可行：

- (1) 亞太地區各經濟體合作，提升飛航交通管理之效率；
- (2) 衡量並報告有關航空運輸污染物之最新發展，以及最佳方案之分享；
- (3) APEC 了解到自願碳抵換之成效，希望鼓勵更多相關單位參與；
- (4) 提升飛機之操作與營運效率。

我國目前已有相關之作法，相較於 APEC 其他經濟體雖然並非屬先驅者，但基於我國近幾年環保署溫室氣體減量法之推動，以及民航局與相關單位對於此議題之重視，加上航空公司面對油價高漲之壓力，已展現初步之作法，希藉此研究計畫未來能於航空運輸產業之更多面向進行努力。

有關 AETF 之問卷內容，包括之範圍與單位廣泛，包括環保署針對整體國家溫室氣體管制之規劃、飛航服務與管制、政府之補助與監控，以及航空公司與機場作法等。本研究主要研究目的為探討民航局與機場可採行之作法，因此參考問卷內容，有些我國可行之措施已納入第三章之 3.5 節中，與第七章針對我國機場可採行之污染物減量措施中進行深入分析。

表 2-1 APEC 經濟體航空器廢氣任務小組調查回覆結果-2009 年 9 月

項目	類別	是 (Y)	否 (N)	考量規劃中 (P)
1	目標、策略與管制	澳洲、日本、紐西蘭、秘魯、南韓、新加坡、泰國、美國	菲律賓、	中華臺北
2	空中交通管理及航空器操作	澳洲、日本、紐西蘭、秘魯、菲律賓、南韓、新加坡、泰國、美國	中華臺北	
3	技術方面	澳洲、中華臺北、日本、紐西蘭、秘魯、菲律賓、南韓、新加坡、泰國、美國		
4	替代油料	澳洲、日本、紐西蘭、美國、	秘魯、菲律賓、南韓、新加坡、泰國、	
5	經濟措施	中華臺北、日本、南韓、新加坡、美國	澳洲、紐西蘭、秘魯、菲律賓、泰國、	
6	市場基礎措施	澳洲、紐西蘭、南韓、美國	秘魯、菲律賓、新加坡、泰國	中華臺北、日本
7	機場	澳洲、中華臺北、日本、紐西蘭、菲律賓、南韓、新加坡、泰國、美國	秘魯	
8	自願措施	澳洲、紐西蘭	中華臺北、日本、秘魯、菲律賓、新加坡、美國	南韓、泰國
9	政府補助措施	澳洲、中華臺北、紐西蘭、菲律賓、南韓、新加坡、泰國、美國	日本、秘魯	
10	測量、報告及評估	澳洲、中華臺北、日本、紐西蘭、菲律賓、南韓、泰國、美國	秘魯、新加坡	
11	其他現有或已計劃措施	菲律賓	澳洲、中華臺北、日本、紐西蘭、秘魯、南韓、新加坡、泰國、美國	

表 2-2 我國針對 APEC 航空器廢氣任務小組調查回覆-2009 年 3 月

項目	題目	是 (Y) / 否 (N) / 考量規劃中 (P)	項目簡介
一、目標、策略與管制			
1.	經濟方面是否有對溫室氣體 (Greenhouse gas, GHG) 排放提出任何目標？如有，是否應用到：	P	
a.	整體經濟上	Y	馬總統競選時提出，國家將致力減少碳排放，於國家永續能源機構下，2020 年排放量維持在 2008 年水平，而 2025 年在 2000 年水平。
b.	交通方面	P	作為主要之排放源，交通部門已設定目標及應用之措施。目前此部門已主動地促進實行 GHG 管理。
c.	國內航空方面	N	
d.	國際航空方面	N	
2.	經濟方面是否對管理以及減少溫室氣體排放提出一概括之架構、策略或政策？如有，是否包括：	P	目前政府正針對各樣的措施進行調查及研究。
a.	市場基礎 (Market-based) 措施	P	
b.	排放物抵銷安排	P	
c.	其他方面	N	
3.	是否對於航空溫室氣體排放管理建立國家計劃、策略或政策？如有，是否促進或需要特定的行為？	P	與“減少航空器與機場營運之措施與機場碳足跡評估”相關之研究已於 2008 展開。其策略或措施將於近年確認。
a.	航空公司	P	
b.	機場	P	
c.	飛航服務提供者 (Air Navigation service provider, ANSP)	N	
二、空中交通管制 (Air traffic management, ATM) 及航空器運作			
14.	航空公司有否實施全部或部分於 2003 年 2 月出版的 ICAO Circular 303 所描述之營運措施以節省最多的燃油並減少廢氣排放。如果沒有：	Y	
a.	你認為 APEC 的 TPT-WG 航空廢氣排放特別小組有提出的責任嗎？	Y	
	三、技術方面		
15.	政府是否提出任何措施以促進航空公司使用機身、引擎或空氣組成部分之新技術，目標為提高燃油效率或減少 GHG 的排放？如	P	提昇燃油效率、減少載重負荷、有效率的航路及機隊升級等措施將於立法院通過溫室氣體減量法後加以考慮。

項目	題目	是 (Y) / 否 (N) / 考量規劃中 (P)	項目簡介
	有，		
a.	這些措施是否採取成功？		
16.	航空公司是否按步驟替換燃油效率較低的航空器？如有，是否包括：	Y	
a.	採用新式機型	P	更具有燃油效率的新型航空器已於航空公司商業計劃中加以考慮。
b.	訂購新航空器以取代較舊之航空器	Y	已購入 B777-300ER 取代 B747-400。
17.	航空公司是否按步驟更新現有的航空器以增加其燃油效率？如有，是否包括：	Y	
a.	機身修改，例如增加翼梢小翼 (Winglets)	Y	波音 737-800 A/C 增加翼梢小翼。
b.	引擎修改或更換	N	
c.	減少一般的重量	Y	航空公司成立內部小組於各方面減少航空器營運重量。航空公司配合 IATA 減少 A/C 重量。
五、經濟措施			
22.	政府是否建立或參與任何與航空 GHG 排放相關之研究計劃？如有，是否包括：	Y	
a.	為特定航空廢氣排放之研究提供資金	Y	CAA 與 EPA 資助研究計劃包括： 1. 減少航空器及機場營運廢氣排放與機場碳足跡的估計； 2. 評估航空公司碳足跡； 3. EPA 協助中華航空實施一根據 ISO 14064 及 GHG 協定書為基礎之機師自願 GHG 計算計劃。其中財產目錄將由第三人公司查實。
b.	與其他國家合作之研究計劃	Y	參加太平洋溫室氣體觀測計劃 (Pacific Greenhouse Gas Measurement, PGGM) 合作計劃，主要為太平洋地區長期溫室氣體測量。
23.	政府是否提供任何協助予航空產業邁向一低碳未來？如有，是否對下列各項提供協助：	P	依據研究計劃的成果
a.	航空公司	P	
b.	機場	P	
c.	其他	N	
六、市場基礎措施			
26.	碳排放交易機制 (Emissions Trading Scheme, ETS) 是否為政	Y	目前正在發展中的溫室氣體減量法 (草案) 將包含排放物交易計

項目	題目	是 (Y) / 否 (N) / 考量規劃中 (P)	項目簡介
	府針對氣候變化議題之目標？如有，		劃於經濟策略。
a.	國內航空是否包括在內？	N	
b.	國際航空是否包括在內？	P	政策目前正評估增加國內航空之可行性。
七、機場			
30.	國家中是否有任何機場提出特定的減少 GHG 排放措施？如有，措施是否包括：	P	廣泛的措施目前正被調查研究中，取決於研究報告的成果。
a.	改善地面運作區（Movement area）以減少滑行時間（Taxiing time）	N	
b.	增加飛機停泊及航站登機門以減少延遲（Delays）	N	
c.	提供地面動力（Ground power）以代替 APU 之使用	P	臺灣桃園國際機場已建立增建地面動力供應（Ground power supplies）的計劃。
d.	為停靠航站的航空器提供預備空調（Pre-conditioned air）	N	
e.	其他措施	P	考慮減少航站大樓能源使用的行動計劃。
33.	是否有機會提供或改善連接主要機場之公共交通運輸？如有，是否包括：	Y	
a.	提供或改善鐵路運輸	Y	1. 全新捷運（Mass Rapid Transit, MRT）路線將連接臺北市區與桃園國際機場，其後再延申至桃園高鐵站（Taoyuan High Speed Rail Station）。（目前連接機場與桃園高鐵站主要為穿梭巴士。） 2. 臺北松山機場將連接並成為臺北捷運其中一站。
b.	提供或擴大公車服務	N	
九、政府補助措施			
38.	政府是否提倡任何目標為改變人的喜好選擇行為之措施，以減少航空廢氣排放？如有，是否包括：	N	
a.	旅遊需求之管理		
b.	航空旅遊替代品之提倡	Y	已於臺灣西部營運的高速鐵路承諾為航空運輸的替代品。
c.	提升航空廢氣排放議題知覺性之溝通方案		
d.	其他		

項目	題目	是 (Y) / 否 (N) / 考量規劃中 (P)	項目簡介
40.	政府是否安排任何會議、工作坊或專題研討會以協助管理排放物措施之傳達與資訊交流？如有：	Y	民航局、環保署或航空機構已組織與航空廢氣排放相關的事務。
a.	國家是否持續進行排放物管理資訊的宣傳計劃？	P	研究計劃之成果將由負責單位進行宣傳。
十、測量、報告及評估			
41.	國家是否應用任何計算航空 GHG 排放方法以實行碳計算目的？如有，以下何種為使用方法：	Y	有關機場碳足跡之研究計劃將研究計算碳排放的可行方法。
a.	IPCC	Y	
b.	其他碳足跡 (Carbon footprint)	P	嘗試對航空公司實行 ISO14064。
42.	航空公司的燃油使用報告或機場的 GHG 排放是否必要？如有，是否包括：	P	有關燃油使用及 GHG 排放的研究計劃提出航空公司所報告包含部分燃油使用及排放物已被列入考慮。
a.	特定燃油消耗或排放資料	P	
b.	區分國內及國際航線的資料	Y	
43.	是否有必要把 GHG 排放考慮為任何環境影響評估架構 (Environmental Impact Assessment framework) 中？如有：	P	GHG 排放估算為環境影響評估 (Environmental Impact Assessment, EIA) 之一部份，以發展項目的種類、等級等為基礎，同時經由 EIA 所判斷。
a.	是否應用於相關航空計劃？	N	
46.	航空廢氣排放工作小組 (Aviation Emissions Task Force) 的特定任務是否能支援國家有效地履行措施？如有，是否包括：	Y	
a.	提供技術忠告或協助	Y	
b.	減少廢氣排放機會的認定	Y	學習其他國家的經驗。
c.	其他範圍	P	與其他國家於此領域相互合作之可能性。

2.5 美國 FAA 針對航空運輸廢氣減量政策與作法

美國近年來對於有關航空運輸與環境影響之未來努力方向，主要提出 NextGen 願景（NextGen Vision），希望透過幾個大方向之努力，而達到航空運輸永續發展之目標。主要之發展重點包括：更深入進行科學研究與了解、提升飛航交通管理之現代化、鼓勵新航空器科技研發、發展替代油料、考量市場經濟措施之成本效益等（FAA, 2004）。近幾年參與 ICAO 相關會議、以及與幾個 APEC 經濟體進行相關之飛航交通管理提升之計畫；例如 ASPIRE 計畫即為一包括澳洲、紐西蘭與美國之飛航導航供應商共同合作之計畫，目標為提升飛越太平洋主要航線之效率，以達到油耗與污染物減量目的；此計畫亦開放給有興趣之相關單位參與。

此外，FAA 於 2005 年 1 月更發表航空運輸與污染物之報告，說明問題之重要性、現況、目前管制方式與未來之空污減量可行方式（FAA, 2005）；而 2007 年 2 月，FAA 發表了新的航空運輸財政法案（The Next Generation Air Transportation System Financing Reform Act 2007），當中提出了數項空污減量的新方案。

在 NextGen 願景報告中主要提出幾個相關計畫之計畫書，包括：低能源、污染、噪音之政府民間科技顧問團隊（Research Consortium for Lower Energy, Emissions and Noise Technology Partnership, CLEEN）、機場合作研究計畫（Airport Cooperative Research Program）、以及環境改善示範計畫（Environmental Mitigation Demonstration Pilot Program）。CLEEN 為未來 10 年研究發展減低能源使用、污染物排放、噪音等科技的國際顧問團（Consortium）合作約定，此約定對研究發展確實起了很大的鼓勵作用。除了發展新科技，與機場的規劃與環境改善相關之計畫包括，機場合作研究計畫為一項永久性計畫，將從機場改進計畫（Airport Improvement Program, AIP）¹⁰中每年對機場環境研發的補助增加五百萬美金，當中包括減少社區噪音滋擾、減少航空廢氣排放、以及保持水質三大項目。環境改善示範計畫主要為批准公用機場最多六項環境保護研究計畫，該單位必須顯示出該研究計畫可有效地於機場週邊環境減低噪音影響、確保空氣或水源品質，該計畫被批准後可獲 AIP 支

¹⁰ 美國於 1982 年通過的 Airport and Airway Improvement Act 中的一項計畫，經多次修改後，主要目的為提供補助金予公共甚至私人機構，以協助其對所有於 NPIAS（National Plan of Integrated Airport System）中所包括之公用機場所作出的規劃與發展。

助一半（不超過二百五十萬）的資金。FAA 將從計劃成果中鑑定並對當中最好的進行宣傳。

另外，現已進行有關機場環境改善之相關計畫包括自願機場低污染計畫（Voluntary airport low emissions program, VALE）。VALE 為國家型計畫主要為降低機場特定區域或維修區域等之空氣污染，利用 AIP 以及旅客設施費（Passenger Facility Charges, PFCs¹¹）收入，協助機場進行低污染車輛、加油站、登機門電氣化以及相關空氣品質改善計畫之融資。

有關飛行器之引擎排放管制方面，在新的法規中，美國持續修訂現有的噴射式商用航空器的空污排放廢氣管理規章，在空氣淨化法（Clean Air Act）的第 231 部分，美國環境保護署（US Environmental Protection Agency, US EPA）對於推力大於 26.7 千牛頓的商用航空器 NO_x 的排放建立新的標準，參考國際民航組織的排放標準修正，而新的標準將針對 2004 年後生產的發動機做限制，而新標準已於 2005 年的 12 月 19 日開始生效。此修正案將使美國與國際民航組織建立一致的排放標準，將有利於發動機的生產設計，且達到較好的空氣品質規範。且現正規劃於 2012 年前提出新飛機與引擎之二氧化碳排放標準。

美國 EPA 訂定此規範的原因為，航空器排放之廢氣有危害公共衛生或福利的可能性，NO_x 為飛機排氣之一重要成分，造成的污染也甚為嚴重（產生臭氧），故特別規定 NO_x 的排放標準。很多民用機場位於市區，大多數機場周遭的臭氧量高於國家環境空氣品質標準（National Ambient Air Quality Standards, NAAQS），所以這些航空器所排放的物質對國民的健康及福利有很大的響，故 EPA 需訂定規範來減少污染的排放；但並未針對機場另訂不同之空氣品質規範。

2.6 小節

雖然航空運輸產業的溫室氣體排放總量佔整體排放量還不到 2%，但就單一產業而言，其比例實已偏高，尤其考量航空業未來每年將以平均 5% 之速度成長，扣除因飛機科技進步與操作效率提升之污染物減量，預計污染物排放量每年仍將以 3% 之速度成長。近年來 ICAO 已召開多次有關航空運輸污染物會議，

¹¹ PFC 為美國機場在聯邦政府許可下，針對旅客徵收之額外機場設施費。

各國政府均已開始意識到此一問題的嚴重性；其中歐盟更是加快腳步，航空運輸業將自 2012 年起納入現有之歐盟碳交易機制（EU ETS）中，要求航空公司提出具體作為，推動節能減碳。

過去兩年內，APEC 會員國已有澳洲、紐西蘭、新加坡、泰國等四個國家合作進行航空運輸產業排碳有關議題之研究計畫，隨著歐盟將航空運輸產業納入碳交易制度時程的逼近，預期未來相關合作研究數量在後哥本哈根時期將越來越多。作為全球最大的二氧化碳排放國，美國對於排碳權交易和碳稅的推動雖然較為保守，事實上美國在 2008 年之後，已有政策鬆動的跡象，並有可能針對國內產業徵收燃油稅（Fuel tax）。美國聯邦航空總署（FAA）也已上緊發條，成立專責研究小組，針對空運產業二氧化碳排放議題和減排策略啟動全方位的學術和政策研究。

我國目前已有相關之作法，相較於 APEC 其他經濟體雖然並非屬先驅者，但基於我國近幾年環保署溫室氣體減量法之推動，以及民航局與相關單位對於此議題之重視，加上航空公司面對油價高漲之壓力，已展現初步之作法，希藉此研究計畫未來能於航空運輸產業之更多面向進行努力。

有關 AETF 之問卷內容，包括之範圍與單位廣泛，包括環保署針對整體國家溫室氣體管制之規劃、飛航服務與管制、政府之補助與監控，以及航空公司與機場作法等。本研究主要研究目的為探討民航局與機場可採行之作法，因此參考問卷內容，有些我國可行之措施已納入第三章之 3.5 節中，與第七章針對我國機場可採行之污染物減量措施中進行深入分析。

航空運輸產業的低碳化及全面綠化在未來必定成為全球關注的焦點。現階段政府已將同步追求加入聯合國下屬之國際民航組織（ICAO）及聯合國氣候變化綱要公約（UNFCCC）作為既定的外交政策。此二國際組織未來勢必將對航空運輸產業的低碳化進行嚴密監控，並制定全球准用的規範。我國如欲加入此二國際組織，實應在此一階段即密切關注國際情勢的變化，並透過相關的學術及政策研究，及早研擬相關政策的推動策略。

第三章 全球主要機場空污減量措施

本章主要將檢視歐洲、美國、亞洲等國家之主要機場，於控制飛機引擎污染物之相關策略現況，針對全球所選取之主要機場相關空污控制措施進行一全面性之回顧與分析。擬納入研究範圍之機場將包括歐洲、亞洲與北美之主要大型空運中心機場、年運量與臺灣桃園國際機場相當、以及環境影響方面特別重視且成效良好之機場。資料來源主要包括機場年報與網站、期刊論文、研究或計畫報告、研討會資料、主要國家運輸部門之資料等。

機場或相關單位可減少空污作法包括飛航管制容量與效率提升、飛機進場與離場效率提升（例如採用連續降落進場（Continuous Decent Approach, CDA）減少燃油消耗）、航站大廈作業效率提升、機場聯外運輸系統改善與鼓勵大眾運輸系統之使用等。本研究將以機場與航空公司共同可採用之管理策略為優先，進行深入之分析探討；若有相關之規範牽涉之投資量或執掌過於廣泛，則將是需要納入中、長期之努力方向。

本章選取全球主要機場進行個案探討，機場主要選取準則包括運量、環境保護成效、以及資料獲得程度等，涵蓋歐、美、亞三洲之 10 個機場，各機場之運量比較如表 3-1 所示。本研究首先以近年來客運量排名之全球 50 大機場進行回顧，但因有些機場資料有限，因此無法逐一探討；接著考量機場運量與我國桃園國際機場與臺北松山機場運量類似之機場進行探討，此外並納入全球知名之環境保護成效顯著之機場，以及研究團隊已進行訪問之機場，其中英國、瑞士、瑞典與德國之數個機場更為全球少數已徵收航空運輸空污費之機場。

個案探討之機場主要包括英國倫敦的希斯洛機場（Heathrow Airport）、瑞士的日內瓦機場（Geneva Airport）以及蘇黎世機場（Zurich Airport）、瑞典斯德哥爾摩的愛爾蘭達機場（Arlanda Airport）、荷蘭阿姆斯特丹的史基普機場（Schiphol Airport）、丹麥哥本哈根機場（Copenhagen airport）、日本成田機場（Narita Airport）、香港國際機場（Hong Kong International airport）、雪梨機場（Sydney airport）、達拉斯沃爾斯堡國際機場（Dallas Fort worth International airport）與丹佛國際機場（Denver International airport）。

表 3-1 選取研究機場之運量比較～2008

機場	國家	客運量 (千人)	貨運量 (噸)	飛機起降數 (架次)
臺灣桃園國際機場	臺灣	21,936	1,493,119	145,993
臺北松山機場	臺灣	3,101	11,830	49,264
歐洲主要機場				
Amsterdam- Schiphol	荷蘭	50,074	1,567,727	458,050
London-Heathrow Airport	英國	66,805	1,387,673	472,328
Stockholm-Arlanda Airport	瑞典	30,264	224,000	156,970
Zurich Airport	瑞士	22,099	387,671	274,991
Copenhagen Airport	丹麥	21,530	347,156	264,095
Geneva Airport	瑞士	11,522	23,294	190,113
亞洲主要機場				
Hong Kong CLK Airport	香港	48,582	3,627	301,000
Tokyo-Narita Airport	日本	35,389	2,224	194,115
Sydney Airport	澳洲	32,874	15,219	298,964
美國主要機場				
Dallas Airport	美國	57,093	658,544	656,310
Denver Airport	美國	51,245	250,994	625,884

資料來源：ACI 網站與各機場年報或網頁資料。

3.1 歐洲主要機場

3.1.1 荷蘭 Amsterdam Airport Schiphol

為了降低排放物，史基普機場（Schiphol airport）與航空公司一起合作。請求擁有三或四臺發動機的飛機在登陸之後，飛行員能關掉一臺發動機。為了減少空氣污染物之排放，另外也請求航空公司降低使用輔助電源供應系統（Auxiliary Power Unit, APU）。在 2005 年，史基普機場制定一個協定來監控從暖氣設備與發動機所排放的二氧化氮排放物。

荷蘭運輸部必須確認任何決定必須符合現有法律之空氣污染（品質）相關規範；Schiphol 機場在飛航班次增加時，必須提出相關之措施，使得在機場運量增加之情況下，其機場與周邊之空氣污染不隨之增加（及控制在法令規範之範圍內）。在現在環保議題相當受重視的時代，Schiphol 機場與荷蘭國籍航空（KLM）亦會採行各種措施減少二氧化碳之排放，建立事業環保的大眾形象。

在空氣品質方面，基本上荷蘭遵循歐盟執委會之規範，但針對氮氧化物以及一氧化碳之排放則較歐盟其他國家之管制更嚴格；例如，荷蘭一氧化碳之總量至 2020 年時將較 1990 年之排放量減少 30%。此外，Schiphol 機場每年之污染物排放總量與機場營運之飛機總架次重量之比值，必須符合一定之規範（如表 3-2 所示），且逐年越來越嚴格。

表 3-2 荷蘭 Schiphol 機場污染物與飛機重量比值規定（g/ton）

污 染 物	2004-2005	2006-2010	2011 年後
CO	73.1	58.1	55.0
NO _x	74.6	74.6	74.6
VOS	15.6	9.9	8.4
SO ₂	2.1	2.1	2.1
PM ₁₀	2.5	2.5	2.5

資料來源：計畫主持人於 2008 年 9 月訪談資料。

3.1.2 英國 London-Heathrow Airport

英國倫敦的 Heathrow 機場一方面與航空公司合作，另一方面配合機場附近之區域與發展策略達到永續發展之目標；包括：

- 機場內作業之車輛使用較環保之燃料與排放物之減少技術。
- 促進飛機低排放量技術的獎勵，透過更嚴格的作業標準來提升飛機之排放性能。

3.1.3 瑞士 Geneva 和 Zurich Airport

為了限制與減少空氣污染之排放，日內瓦機場針對以下三個領域來控制溫室氣體之排放：

➤ 用財務的方法來鼓勵航空公司

自 1998 年以來，已經向航空公司徵收排放空氣污染物的附加費，鼓勵他們在日內瓦釋放出最少的污染量。他們將飛機引擎分成三個等級來徵收（其中包括五種噴射引擎、五種渦輪軸引擎與活塞引擎）。

徵收空氣污染物的排放附加費與噪音附加費的收入都到一個「環境基金」單位與分派財務的規範到環境管理中。做這些事情為了要使空中的交通越來越好另一方面空氣污染與噪音越來越少。

➤ 在機場的區域限制空氣污染物的排放

修理供電系統與控制飛機二十一個主要發電的單元所排放的空氣污染物。為了控制與減少來自飛機在地面上的污染排放物與噪音而嚴格的限制使用輔助供電系統。

當要更換服務於機場的車輛時，會優先考慮低污染的車輛。而已經有超過 20% 服務於機場的車輛都是用電力發動或者是油電混合引擎發動的。

➤ 提昇使用大眾運輸工具與腳踏車或是步行

因為要減少空氣污染物的排放所以日內瓦機場鼓勵機場的員工、旅客以及洽公者使用大眾交通運輸工具或是腳踏車與步行的方式。這個策略有效的鼓勵大家使用大眾運輸交通工具。

從 2004 年後，日內瓦機場為了能更有效的鼓勵大家使用大眾交通運輸工具而結合了鐵路業，假如是搭地鐵到機場的機場員工都可以享有減少票價的優惠，而免費的機場接駁車也延長載客時間。

另外日內瓦機場針對飛機引擎之型號來徵收空氣污染附加費，總共分為五個等級，分別是 class I 至 class V，空氣污染附加費是以一次起降費用的百分比計算之，分別為 0% 至 10% 不等，如表 3-3 所示：

表 3-3 噴射引擎與渦輪軸引擎空氣污染附加費之等級

class I	全部起降費用×40 %
class II	全部起降費用×20 %
class III	全部起降費用×10 %
class IV	全部起降費用×5 %
class V	全部起降費用×0 %

資料來源：Geneva Airport charges and services, 2006

瑞士機場主要依據飛行中引擎排放之 HC 與 NO_x 產生量進行機型與引擎之分類，探討的範圍是從飛機在高空三千英尺底下所做的降落、滑行、起飛、爬升（LTO-cycle, landing and take-off movements below 3,000 ft）的排放量，將收費標準分為五種等級收費。

當飛機進入機場以後，在滑行過程中空氣污染物之排放相較於起降時占較多的比例，尤其在擁擠的尖峰時刻，故降低滑行排隊的時間就可大幅減少機場之空氣污染物；蘇黎世機場在過去幾年中已用過多種措施來檢查及實現計畫來降低地面飛機所排放的污染物。DARTS（Arrival and departure manager）（避免飛機發動機的不必要操作的系統）系統的導入，可在擁擠的尖峰時刻降低飛機在地面上滑行的距離。在年度報告中顯示，NO_x排放量降低大約 202 噸和 18 噸的 VOCs 的散發物。DARTS 系統為德國飛航服務組織與航太研究中心共同開發，現有法蘭克福機場與蘇黎世機場採用，主要目標為提升容量、減少燃油成本以及環境影響（DFS and Delair, 2008）。

3.1.4 瑞典 *Stockholm-Arlanda Airport*

在愛爾蘭達周遭最大的空氣污染排放源是來自空中交通和自機場的道路交通。愛爾蘭達的空氣污染程度相當於一座中型的瑞典城市。愛爾蘭達機場（Arlanda airport）優先考慮環保議題和持續的改進工作，在過去的五年中，機場投資了超過兩億瑞典克朗（約兩千八百萬美金）來訂各種規範加強環保。航空公司可在這環境中使用乾淨與安靜的飛機並節省起降費。他們也認為與機場附近的居民保持良好的關係是重要的。

LFV Group：一個瑞典掌管機場營運的企業，工作的內容在於如何降低飛機之噪音與減少空氣污染的排放。LFV 正持續的發展新方法來降低愛爾蘭達週遭的空氣污染物排放。包括以下四種方法：

- 鼓勵旅客與機場員工多利用大眾交通工具到機場。
- 鼓勵航空公司的方法是使用新的環保機型，使用乾淨的引擎可以收取較低的起降費。
- 機場航廈的熱源供應器與服務機場聯外交通的公車燃油是來自於較環保的生物燃油（Biofuel）。
- 在機場外排班之計程車，讓他們在航廈外面顯眼的地方，促使旅客搭乘。

3.1.5 丹麥 *Copenhagen Airport*

哥本哈根機場新的環保活動在機場的環保政策中有提到。哥本哈根機場營運與發展一個負責環境的組織，來達到提昇環境的效果。提升各種對於環境議題的決議、預防行動與更環保的科技。增加員工與夥伴的環保意識，與企業展開一個環保議題的對話。

在機場的環保政策中，在 2007 年提出一個目標：機場必須確保在 2010 年 CO₂ 的排放量相較於 1990 年減少 21%。哥本哈根機場依照京都議定書與歐盟的規定設定 CO₂ 的減量目標，為了可以遵守 CO₂ 的減量目標，機場盡量的減少不能回收能源的消耗率。哥本哈根機場希望在未來的五年最少可以達到降低 10% 能源消耗率，持續的監控能源的消耗，評估新的技術實行在能源政策的影響程度。

當飛機將旅客運到目的地時，會引起與環保議題有關的活動。哥本哈根機場為了確保機場對於環境的影響，因此監控與測試許多與環保相關的活動。

機場內另一個重要的環保議題是噪音。飛機在起飛與在機場地面運轉時會產生噪音。在陸地時所產生的噪音是來自滑行、使用 APU 與測試引擎運轉的飛機。雖然引擎運轉測試的活動都在保護的區域，但是仍然會使當地產生噪音。哥本哈根機場監控與測試噪音的等級來確保機場噪音符合政府的規定。

機場的活動也包括會產生各種空氣污染物。有些物質會對空氣產生影響，可以看到這類的議題與全球氣候變遷、健康與工作環境的情形。空氣污染不只是空氣污染，而是各別對於環境的衝擊。例如：CO₂ 的影響，不只造成健康與工作環境的影響，更重要的是對於全球氣候的衝擊。

空氣品質與當地的居民健康狀況有關，為了維持當地的健康狀況，哥本哈根機場衡量機場週遭的環境設定一個門檻值。在這個規定下，住宅區、輕工業區的空氣品質都要符合郊區的空氣品質。另外，也要注意飛機引擎，減少空氣污染物的排放，當很多柴油引擎同時運轉時，會造成空氣污染。

對於 CO₂ 的計算是根據能源的消耗，例如：天然氣、石油、柴油與汽油。在機場內，在許多方面都需要使用到能源，航廈是消耗能源最多的地方。此外，在停機坪、跑道與滑行道電力的使用較少，在維修部門與辦公大樓也是能源消耗的地方。這些活動也會造成水與廢棄物的消耗。大部分水的消耗來自飛機本身、航廈與維修部門。兩個使用資源的來源，一個是航空公司，另一個是機場本身。

由於空氣品質對於健康的影響，因此機場在大區域與個別的工作場所訂定了限制。哥本哈根機場衡量空氣品質，為了保護當地的健康狀況設定了門檻值。在環境的許可下設定機場空氣污染的門檻值。

機場週遭的空氣品質影響因素來自於幾個不同的方面，陸上與機場的交通、飛機、哥本哈根當地的居住區域與工廠。哥本哈根機場與丹麥環保署合作，在機場週遭環境設定觀測空氣品質的計畫。有三個觀測點：在機場航廈的東邊與西邊還有機場登機門的南邊。在航廈區域的空氣品質較差，而在機場的空氣品質監測值較低。

每個觀測站衡量的物質包括，NO、NO₂、SO₂、O₃、PM（PM_{2.5} 觀測在南邊的區域而 PM₁₀ 觀測在北邊的區域）還有甲苯等。在這環境報告中，我們注意

這些參數對於當地環境的衝擊與比較其他空氣品質的觀察。NO 從 2001 年觀測站顯示的數值逐漸降低。這是因為丹麥市郊的區域在 1990 年代初期就開始降低 NO 的排放量。主要的原因是逐漸的淘汰老舊的車輛。所以沒有針對 NO 設定門檻值。

而觀測到 NO₂ 的平均觀測值，不會因為飛機營運的數量而變化，是因為哥本哈根交通與周邊的運輸系統會影響觀測值。2007 年 NO₂ 的觀測值是門檻值的一半，比起 2001 年持續的減少。另外，PM₁₀ 的觀測值也比先前的觀測值減少。主要原因是由於天氣的狀況導致來自東歐長途運輸減少。

機場附近區域的空氣品質大致上較好的原因是由於機場附近的區域是開放式的，所以空氣很容易的擴散到其他地方。此外，飛機由於飛行的關係所以會將污染帶到更遠的地方，所以要減少飛機在機場內污染程度。

在 2007 年討論重點在於氣候變遷，也包括航空產業的影響。機場是構成航空產業不可或缺的角色，在氣候議題上也是。哥本哈根機場打算結合機場夥伴來降低全部的空氣污染物，但哥本哈根機場沒辦法接受單一飛機營運或相關活動的責任。

哥本哈根機場新的大眾捷運站在 2007 年九月開始營運，到現在還是很受歡迎。每天大約有 5,000 人使用這個捷運站，在新捷運站營運之前，到機場的旅客有 20% 是搭乘公車、15% 搭乘計程車與 10% 是開車。哥本哈根機場投資新的捷運站營運是為了提供更方便的交通與帶給機場更好的環境。

管理局在 2007 年訂定目標，哥本哈根機場在 2012 年 CO₂ 的排放量以 1990 年的基礎減少 21%。哥本哈根機場在丹麥國家法規下設定這目標，這個法規是按照京都議定書來訂定的。

就達到目標而言，哥本哈根機場選擇在哥本哈根企業活動所帶來的空氣污染物。哥本哈根機場計算 CO₂ 的排放量以 1990 年的基礎是 45,973 噸，而 2006 年排放 35,054 噸。我們以 CO₂ 的排放程度來比較的話，1990 年每位乘客是排放 3.6 公斤的排放量，而 2006 年每位乘客排放 1.7 公斤的排放量。

在哥本哈根機場最主要 CO₂ 的排放來源之一是來自電力。為了降低 CO₂ 的排放量，必須要節約能源的使用與發電廠使用更有效率能源。為了降低 CO₂ 的排放程度，哥本哈根機場針對個別的區域訂定目標降低能源的使用率，在未來的五年降低 10% 的能源消耗率。

3.2 亞洲主要機場

3.2.1 日本 Tokyo-Narita Airport

日本成田機場是目前亞洲地區對於空污之管制方面，有較完善的作法的機場，大致上分為兩個部份：

1. 空氣污染和全球溫室氣體的減量方式

因為成田國際機場有許多設施，所以機場消耗的電力大約一年四億千瓦小時。儘管飛機場設施的擴大，在過去的十年裡的耗電量也只稍微增加。以下是成田國際機場針對電力消耗的作法：

➤ 使用地面電源供應系統（Ground Power Unit, GPU）

飛機在停機坪的時候會使用到稱為輔助電源供應系統APU的小型渦輪發動機，它可以提供冷氣和照明所需要的動力。然而APU會產生噪音及空氣污染物的排放，於是便使用GPU取代。GPU可從機場設施提供電源，使用GPU可以減少二氧化碳的排放。例如大型航機（B747、B747-400）每一小時使用APU供電會散發一噸的二氧化碳但是使用GPU供電一小時只會散發80~90公斤的二氧化碳，減少超過90%的污染物。

從1998年4月起，成田國際機場就開始使用GPU取代APU。直到2006年GPU的使用率已經增加到87%且在第一航廈的停機坪全部都使用GPU供電，未來會與航空公司合作提昇GPU的使用率接近於100%。在2007年七月前已有7個以上的GPU使用於貨運停機坪。此外，成田機場亦對APU之使用訂定下列限制：

- 飛機起飛前 APU 使用不能超過 30 分鐘
- 飛機降落前要立即的切換 GPU 的模式
- 飛機需要維修與檢查時需要使用 APU，但要限制最少的使用時間。

➤ 使用低污染的車輛

有許多車輛往來於機場間，為了減少它們所排放的空氣污染物與溫室氣體，成田國際機場正在促進低污染的車輛的使用。根據2007年六月對於

機場內商用車輛大約有7500輛，而低污染的車輛（包括天然氣、電力與油電混合車輛）使用大約佔14%。成田國際機場將會繼續的鼓勵低污染車輛行駛於機場內，並且定期的追蹤低污染車輛之使用成果。

➤ 減少車輛待轉的活動

減少車輛待轉的活動是試圖鼓勵駕駛人在不必要的時候減少車輛的待轉，因為車輛在待轉時還會有二氧化碳的發散，所以在停車時將車輛熄火也可以減少二氧化碳的發散，降低空氣污染。機場的工作人員會有海報與小手冊鼓勵駕駛人在不必要的時候減少車輛的待轉。

大約有6,700部車輛行駛於成田國際機場內，假設所有車輛每天減少十分鐘的待轉，而二氧化碳的污染排放物將會減少大約600公斤，而一年大約就可減少220噸，這排放量相當於需要92公頃的森林吸收一年。

➤ 利用太陽能發電

太陽能發電系統裝置是用來產生無污染且自然的能源，全部有882片太陽能板每年可以產生的電力大約12萬千瓦（相當於30天的家庭用電量）。這些太陽能板都被裝置在機場內，包括第一航廈。而使用太陽能發電系統一年可以大約減少79噸的二氧化碳的污染排放物。

➤ 採用光化學反應物質

光化學反應物質採用強氧化能力與高親水性的物質，它會吸附空氣中的污染物而隨著雨水沖刷掉。在Narita機場光化學反應物質使用於第一航廈的16條空橋與天花板，因為航空器與車輛來回穿梭於空橋附近，所以使用這物質可以分解空氣中的污染物且淨化空氣品質。

2. 能源保存之手段

➤ 共生能源系統

發電廠利用燃燒煤或油等燃料油將水轉換成水蒸氣推動渦輪來發電，然而這個過程會耗費能源且產生許多廢熱與電能轉換之耗損。如果這些能源拿來做其他用途，像是用來加熱熱水之熱源同時也可冷卻系統，這可以節省的使用也減少二氧化碳的排放。

在成田國際機場中有30個光能感應器，它可以依照航班起降旅客的動向來改變需要照明的區域與光度，在可以吸收到陽光的地方感應器會自動將照明設施關閉。如此一來，在第一與第二航廈節省約175萬千瓦的電力（可提供一年440個家庭的用電量）。

➤ 熱能儲存系統

考慮到全球環境問題，成田國際機場已用相變化材料（Phase-Change Materials, PCM）¹²取代氟氯碳化物成為中央熱源及冷卻系統的冷凍劑，減少臭氧層破洞的危機。為了避免新冷凍劑導致系統的功率下降，我們建議使用高能源效率的熱源儲存系統來保存能源。這系統使用夜間剩餘的電能來加熱水，將熱能儲存在熱源儲存物質中。儲存在熱源儲存系統中的熱能可以當冷卻需求量較大時，用來製造冰水。

3.2.2 香港 CLK Airport

香港國際機場對於空氣污染防治的措施包括：

- 機場禁區的車輛及地勤設備，提供液化石油氣燃料補給站。
- 停放停機坪的航空器，增加使用固定地面電源供應系統。
- 請求航班準備續航期間，避免使用噪音量大及造成污染的輔助電源供應系統。
- 要求所有全新的機場禁區車輛均為節約燃料之型號，並以此為發牌的先決條件。
- 在飛行區內提供最清潔的柴油及汽油，並在 2008 年 6 月 1 日實施停車後關掉引擎的規定。
- 分階段將所有車輛更換為節約燃料或混合動力車輛。目前已有三部液化石油氣汽車及六部混合動力車輛，明年將增加五部全新的混合動力車

¹² 相變化材料（Phase-Change Materials, PCM）為一種在特定溫度範圍內之物質，其物理態可由固態變化至液態，或由液態變化至固態，在變化時伴隨大量潛熱的吸收或釋放。意即當外界溫度或體溫上升時，PCM 由固態轉變為液態，吸收儲存熱能；反之，當外界溫度或體溫下降時，PCM 由液態轉為固態，釋放出熱能。

輛。

- 柴油車輛試用生物柴油，這種柴油以使用過的食油製成。
- 鼓勵上班的機場員工與旅客使用大眾運輸交通工具至機場。

香港國際機場的公共運輸網絡卓越，備受旅客及機場員工讚賞。超過 95% 的機場員工以公共汽車或鐵路上班，而 60% 的旅客亦以這些交通工具往來機場。少於 2% 的員工駕駛自用車上班，不到 30% 的旅客則以自用車或計程車往來機場。

3.2.3 澳洲 Sydney Airport

雪梨機場乃由一民營以公司化方式經營之機場，澳洲政府則負責相關之管制與規劃。機場定期需提出五年之環境保護計畫，其中有關降低空氣污染方面，設定三個目標，分別是（Sydney Airport, 2008）：

- 將從機場地面營運或活動所發出的污染物降到最低；
- 遵守地方與國家的法律與相關的準則與規範；
- 鼓勵航空公司使用新型引擎與科技來降低污染物的產生。

目前的針對空氣污染減量有以下的作法（表 3-4）：

➤ 設立空氣品質監控站

SACL（Sydney Airport Corporation Limited）在機場有一個空氣品質監控站（Air Quality Monitoring Station, AQMS），在 1994 年建立。目前針對以下八種污染物進行監控，分別是 SO₂、PM₁₀、CO、O₃、NO_x、NO₂、VOCs。

SACL 所訂定的污染減量措施是根據澳洲環境保護署的規範。雪梨機場空氣品質監控站對於週遭的空氣品質目標所訂的措施是根據 1997 年機場的環境保護策略計劃表一的 Part 2。空氣品質的標準包含在國家環境保護策略（National Environment Protection Measure, NEPM）方針中。空氣品質方針規定在澳洲環境保護署中，其他可實施的方針包含在國際標準中。

表 3-4 雪梨機場 2005~2010 年的計劃表

管理議題	行動方式	優先程度
空氣品質監控	在 2004 年與 2005 年繼續維持現存的空氣品質監控計畫，審查實施計畫，重新評估測試觀測數值，並確認未來雪梨機場的監控方向。	B
	建立來自地面的空氣污染物來源目錄清單並進行量化。	C
空氣污染物與溫室氣體的減量	調查參加國家贊助溫室氣體計畫的可行性或溫室氣體抵換計畫，例如「綠色車隊（Greenfleet）」。	B
	從空氣污染物相關的研究中驗證實際可行的減量機會。	C
	增加可行的固定電力地面供應電源系統（Fixed Electrical Ground Power Unit, FEGPU），減少 APU 的使用。	D
車輛的空氣污染物	建議地面運輸工具使用更乾淨或複合的油品（例如：油電混合車輛或空氣污染物減量裝置）。	B
	確保全部車輛與工廠都按照這計畫來實行。	D
火災訓練設施	與澳洲空中服務隊（Airservices Australia）合作研究在火災訓練中所使用的油料。	B
	與澳洲環境保護署一致的規定，限制火災訓練期間的燃油燃燒。	D
損害臭氧層的物质	與臭氧層保護法規一致的規定，處理老舊的氣體庫存。	B
	維持損害臭氧層物質的目錄清單。	D
報告	在年度環境報告中報告空氣品質議題。	D
	更新每月空氣品質的議題。	D
	實行年度 NPI 的報告。	D

資料來源：Sydney airport- Airport Environment Strategy 2005~2010

➤ 對於空氣品質的承諾

根據 AQMS 的監控指出機場的污染物是規定在機場空氣品質目標 1997 年的法規中。自從 1994 年起，機場空氣品質監控沒有超過法規的規定範圍內，有時候超過規定的原因是因為沙塵暴或森林大火。

➤ 設立溫室氣體與國家污染目錄清單

SACL 在國家污染目錄清單（National Pollutant Inventory）下管理空氣污染物的年度報告。訊息與其他機場地面空氣污染物的資料都整理在 SACL 溫室氣體污染物的資料中。資料將會被用來發展與評估溫室氣體的減少策略。

➤ 鼓勵使用更乾淨的飛機

航空導航規範（Air Navigation Regulation）的導論中確保在澳洲的飛機遵守 ICAO 對於空氣污染物的規定標準（Volume II, Annex16）。這標準目

標在於減少空氣污染物的水準與相關污染物的排放量，例如：NOX、CO、HC 與煙塵。

另外針對雪梨機場周邊的地面運輸也做了相關的空氣減量防治的管理，目標為：

- 鼓勵永續運輸模式的使用率。
- 將與交通有關的環境衝擊降到最低（尤其是空氣與噪音的污染物）。

到雪梨機場的車輛依據機場旅客或機場員工有不同的分類，路側的設施在最近幾年已經有明顯的改善，包括機場聯外的鐵路運輸與區間自行車道。SACL 支持澳洲政府鼓勵使用大眾運輸模式，雪梨機場主計畫在 2003 年與 2004 年提高鐵路使用率在未來的 20 年提高超過 5%。為了鼓勵大眾運輸工具的使用，主計畫也增加了許多措施，包括擴大現存的計程車、公車、租車與接駁公車。

SACL 也鼓勵政府推動騎自行車或走路替代開車。SACL 協助澳洲交通局來發展機場周圍的自行車道。主計畫包含擴展行人與自行車騎士的需求設施。SACL 也從事替代油料的研究計畫來發展較低污染的車輛，希望在機場內營運的車輛都能使用低污染的油料。

3.3 美國主要機場

3.3.1 Dallas Airport

空氣品質計畫包含允許機場的空氣污染物地來源，年度德州環境品質委員會（Texas Commission on Environmental Quality, TCEQ）污染物的目錄清單包括微粒物質、NO_x、CO、SO₂、揮發性有機物質，委員會負責每月空氣污染物的監控、審查機場與附近居民建築物對於空氣品質衝擊的允許申請、空氣污染物測試、維護 TCEQ 與北方中央德州市議會的特殊空氣污染物目錄清單、飛機空氣污染物研究與評估未來機場擴大與附近居民開發對於空氣品質的衝擊。

達拉斯機場從 1996 年已經減少 87% 的空氣污染物，NO_x 在過去的十年也減少 93%。從 2004 年四月達拉斯機場減少空氣污染物一直在門檻值之下。在 2005 年四月達拉機場關閉了兩座焚化爐，降地當地之空氣污染。

3.3.2 Denver Airport

1. 丹佛的綠色車隊 (Green Fleet)

丹佛國際機場的車隊從 1993 年地球日開始就創立了國內第一個綠色車隊的計畫。這個計畫宗旨為空氣污染物減量與燃油效率提升創造環境保護的策略，包括購買較小型車輛、鼓勵使用大眾運輸工具、減少車輛的總里程數與投資替代油料車輛的研究上。

2. 油電技術

在 2001 年購買了 39 輛油電混合車，油電混合車可以降低空氣污染也可以解決燃油的成本問題。機場車輛數在未來的七年平穩的成長且增加不同的用途。目前機場車輛數已有 138 輛油電混合車。

3. 替代油料計畫

丹佛國際機場為了提升空氣品質，在 1990 年就有替代油料計畫。有一個先進的研究在測試燃油的效率，混合 15% 的氫與 85% 的壓縮天然氣替代油料的使用。

在 2004 年使用 60 輛機場地面服務車輛使用五萬加侖的生質柴油。生質柴油使用回收的蔬菜油與動物脂肪提煉而成。生質柴油不包括石油成分，但 B20 有含 20% 生質柴油與 80% 石油。B20 可以減少空氣污染程度對於當地居民可以降低致癌的機率。

4. 能源與空氣污染物 2011 年的目標

➤ 溫室氣體污染物減量

- 進行在 2012 年減少以 1990 年基準 10% 的空氣污染物。但在 2006 年減量的程度也是以 10% 為目標。

➤ 能源效率化

- 衡量每位乘客與在市政府每個建築物的設備之能源使用效率，目標每年減少 5% 的能源使用率；
- 所有新的機場計畫都須經過認證，機場的營運及維修也需要經過審核。

➤ 替代油料與車輛

- 生質柴油車輛取代柴油車輛的比例超過 20%；
- 使用私人車輛旅行的比例減少 15%；
- 以 2005 年為基準增加 50%丹佛國際機場的替代油料車輛數量與 70%的機隊飛機數量。

5. 丹佛國際機場對於空污減量的作法

- 裝設一個兩百萬瓦特的太陽能設備；
- 在公共區域增加額外的 160 個回收桶；
- 實施廢棄物成分計算來定義廢棄物的分類；
- 衡量有機回收的可行性；
- 擴大回收的計畫到停車場及車庫；
- 發展與實施員工共乘計畫；
- 實施主要能源研究推薦；
- 減少危險性廢棄物的產生；
- 衡量輕型機具的混用可能性；
- 持續的參與及更新環保政策與程序；
- 持續的追蹤空氣污染物質、能源使用效率與廢棄物減量達到 2008 年的目標；
- 衡量機場對顧客使用抵換（Offset）措施的可行性；
- 衡量風力發電的可行性；
- 針對油電混合計程車徵收較少的稅收。

3.4 全球已徵收空污費之機場比較

在經濟面控制空污量之手段方面主要為課徵飛機引擎空污費（Aircraft engine emissions charges），或建立污染物交易市場如碳交易市場（ETS）；徵收空污費屬於機場可採行之作法，而建立交易市場則適合國家或區域範圍施行。這兩種方法將成為未來各國處理環境議題的重要環境政策工具。有關航空運輸碳交易市場之施行，目前以歐盟之作法最受全球矚目且影響所有飛往歐盟國家之航空公司，此將於第四章探討。

於機場徵收飛機引擎污染物費用方面，自 1997 年起瑞士和瑞典兩國之主要機場，已針對不同機型引擎課徵空污費。瑞士機場作法乃是將各機型與引擎依照其 NO_x 和 HC 兩種污染物產生量區分為五類，而各類機型則以降落費為基準加徵 0% 至 40% 不等之金額為空污附加費。瑞典機場早期也採用與瑞士相同之之作法，但近年來則依照飛機起降程序中所產生之 NO_x 污染量，徵收不同之飛機引擎空污費。而英國倫敦 Heathrow 與 Gatwick 機場近年亦採用類似之作法，針對各起降架次所排放之 NO_x 量課徵空污費，鼓勵航空公司使用低污染係數之飛機引擎；而德國法蘭克福、慕尼黑等機場則於 2008 年開始徵收飛機引擎 NO_x 污染費。截至目前為至，全球總計有四個國家二十幾個機場有機場空污費之徵收，其中以瑞典機場之金額最高，其次為瑞士蘇黎世、德國與英國機場等（參見圖 3-1）。

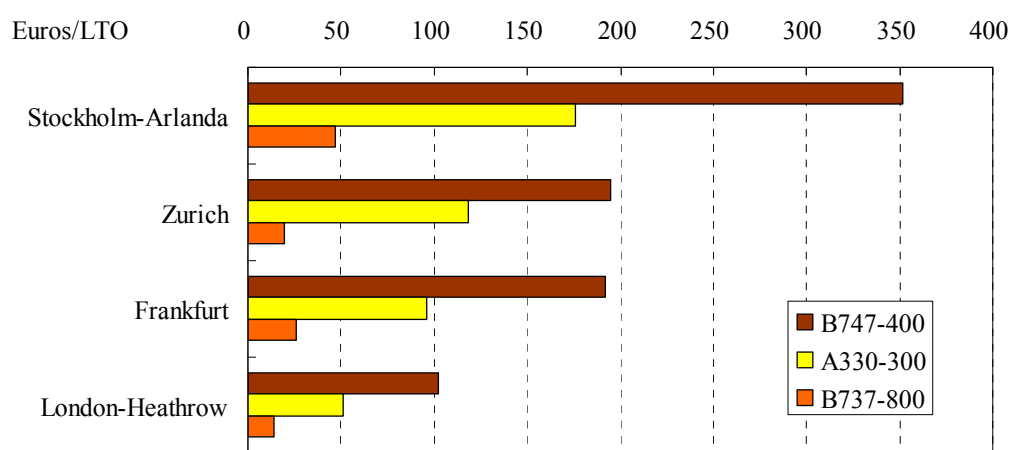


圖 3-1 2007 年全球已徵收空污費機場比較

資料來源：Lu, 2009a。

3.5 全球主要機場空污減量措施彙整

表 3-5 整上述相關全球主要國際機場針對空污防制之主要作法，對於飛機引擎以及機場運作污染物排放之措施與規範，將機場可採行之溫室氣體與相關空污減量措施分為七類，分別為飛機起降與航管、飛機地面操作、機場內地面專業車輛、航廈、聯外運輸、市場經濟措施與其他等，各項措施包括：

一、飛機起降與航管

- 航空器於降落時，飛航管制人員採用連續降落進場（CDA）

二、飛機地面操作

- 降落地面後，關掉一臺發動機或使用輔助電源供應系統
- 改善地面作業，縮短飛機在地面滑行之距離與時間
- 使用航空站既有之電源取代 GPU，或是利用 GPU 取代 APU
- 鼓勵航空公司使用環保引擎

三、機場內地面專業車輛

- 機場營運車輛使用生質油料或其他環保替代油料
- 往來於機場的地面專業車輛優先使用電力發動或油電混合引擎

四、航廈

- 航廈之空調使用環保能源
- 航廈之電力使用太陽能發電且使用發電之廢能源作為其他用途

五、聯外運輸

- 鼓勵到機場的旅客與機場員工搭乘大眾交通工具
- 搭乘地鐵上下班之機場員工，享有票價優惠
- 發展與實施員工共乘計畫
- 減少汽車待轉之時間與機率

六、市場經濟措施

- 航空公司使用新的環保引擎，機場降低飛機起降費用
- 徵收引擎空污費，專款專用回饋至空污之改善

七、其他

- 設立空氣品質監測站
- 量化污染物質，設立空氣污染門檻值

以此統整之措施為參考基礎，考量我國機場之營運現況，第七章將進一步針對我國桃園機場與松山機場之航空污染物減量措施之可行性，進行深入之分析與探討。

表 3-5 全球主要國際機場對空污之防制與作法比較

機場 作法		Heathrow airport	Geneva airport	Zurich airport	Arlanda airport	Schiphol airport	Narita airport	Hong Kong airport	Sydney airport	Copenhag en airport	Dallas airport	Denver airport
飛機起降與航管	航空器於降落時，飛航管制人員採用連續降落進場	◎				◎			◎			
	降落地面後，關掉一臺發動機或使用輔助電源供應系統		◎			◎						
飛機地面操作	在尖峰時間縮短飛機在地面滑行之距離			◎								
	使用航空站既有之電源取代 GPU，或是利用 GPU 取代 APU						◎	◎	◎			
	鼓勵航空公司使用環保引擎								◎			
	機場營運車輛使用高純度之汽油與柴油							◎				
地面車輛	往來於機場的專業車輛優先使用電力發動或油電混合引擎	◎	◎		◎		◎	◎	◎			◎
	航廈之冷暖設備使用環保的能源				◎		◎					
航廈	航廈之電力使用太陽能發電且使用發電之廢能源作為其他用途						◎					◎
	鼓勵到機場的旅客搭乘大眾交通工具		◎		◎			◎		◎		
聯外運輸	搭地鐵到機場的機場員工可享有票價的優惠		◎									
	發展與實施員工共乘計畫											◎
	減少汽車待轉之機率						◎	◎				
市場經濟	航空公司使用新的環保引擎，機場降低飛機起降費用		◎		◎							
	徵收引擎空污費，專款專用回饋至空污之改善	◎										
其他	設立空氣品質監控站								◎	◎	◎	◎
	量化污染物質，設立空氣污染門檻值								◎	◎	◎	

資料來源：本研究整理。

第四章 歐盟碳交易制度對我國籍航空公司影響與因應對策

本章將深入探討將歐盟執委會將航空運輸納入現有 EU ETS 之歷程與預計之實行方式，並利用現有之資料分析此碳交易制度對我國籍航空公司之潛在影響，並提出我國政府與航空公司未來可能採行之因應策略。

4.1 歐盟將航空運輸納入 EU ETS

歐盟自從 2005 年開始已針對歐盟內之主要六個產業（包括鋼鐵、煉油、發電、建材、玻璃與製紙等）之二氧化碳排放建立 EU ETS；第一階段為 2005 年至 2007 年，涵蓋 12,000 個固定源，約佔歐盟國之 40% 之二氧化碳排放量，各會員國依照祖父權原則（Grandfather rights）免費給予一定值之排放額度；第二階段為 2008 年至 2012 年。

經過多年之規劃與討論，2006 年 12 月 20 日歐盟執委會提出將航空運輸納入 EU ETS 之計畫書（EC, 2006），其中包括進行時程與涵蓋範圍、各歐盟會員國航空運輸碳排放額度分配方法（包括祖父權或拍賣【Auction】方式）、各航空公司之分配額度與分配方法（包括祖父權、基準【Benchmark】或拍賣）、航空公司噸公里數登錄明細、航空公司油耗與空污係數登錄等。歐洲議會審查結果已公布於 2007 年 10 月 19 日之議會報告中，其中包括許多內容與條文之修正（European Parliament, 2007）；接著於 2007 年 12 月 21 日歐盟各國之環境部長也通過此計畫之主要內容（Council of the European Union, 2007）。而歐盟政府已於 2008 年 10 月 24 日經議會通過定案，確定將航空運輸納入此交易市場，歐盟各國則需於一年之內將此歐盟法令納入各國之國家法令；並於 2009 年 1 月 13 日正式刊登於歐盟官方期刊生效。

航空運輸產業影響之範圍甚廣，預計於 2012 年起將所有歐洲境內之起降航班（Intra-European flights），以及所有到離歐盟機場之航班，納入 EU ETS 範圍之內；因此，除歐盟之航空公司外，將影響其他非歐盟籍之航空公司。歐盟執委會已規劃一可行方案並評估其於社會面、經濟面與環境面之影響（EC, 2006），此方案之實際施行方式與行政手續大致已確定，但至於許多行政相關細節則將會持續公布。

接著本節將分項詳細說明航空運輸納入 EU ETS 之內容與方式：

什麼是碳交易制度 (Emission Trading Scheme)

- 任何包括於 ETS 之公司將會給予每年一定額之碳排放量 (Emissions allowance) ；
- 在每年之年底這些公司需將其所給予之碳排放權釋放出來，以抵銷已排放之碳量；
- 任何公司若有尚未使用之碳排放權，則可將其碳排放量權賣給在此機制下之其他公司；但若實際之排放量超過其給訂之額度，則需向其他公司購買；

航空運輸納入 EU ETS 之主要重點

- 飛機營運者 (Aircraft operators) 為 EU ETS 之對象；
- 自 2012 年 1 月 1 日起將包含所有於歐盟機場起飛與降落之班次；
- 飛機營運者選擇一歐盟會員國登記註冊，以避免多國重複之行政作業；
- 航空運輸之總碳允許排放量將以 2004 年至 2006 年年平均量之 97% 為額度 (Cap)，2013 年將降低至 95%；
- 依照飛機營運者之飛航資料，各航空公司給訂一碳額度，航空公司需透過市場拍賣 (Auction) 之方式，購買所給予額度之 15%，而 85% 之額度將免費分配給航空公司；
- 航空公司因飛航架次成長之超過給定額度之額外碳排放，可透過 Joint Implementation (JI) 或 Clean Development Mechanisms (CDM)，向其他產業購買碳排放量；
- 未來評估 EU ETS 之施行之後，航空運輸之碳排放量額度或拍賣額度也許會變動。

被排除於 EU ETS 之外之飛航活動

- 具有社會服務責任（Public Service Obligation, PSO）之飛航區域或路線，每年的飛航供給少於 3 萬個座位；
- 航空公司每年飛航（包括到離歐洲與歐洲境內線）少於 243 架次，或每年之飛航總碳量（包括到離歐洲與歐洲境內線）少於一萬噸；
- 飛機之最大起飛重量少於 5,700 公斤；
- 其他之目視飛航、具有人道理由之飛航、緊急或醫療服務、警察或軍事飛行、駕駛人員訓練飛行或科學研究飛行等。

施行碳交易之期間

- 分為兩個期間：第一期為自 2012 年 1 月 1 日起之一年；第二期將為期 8 年直到京都議定書結束止，自 2013 年起至 2020 年。

航空公司需至那個歐盟會員國註冊

- 針對非歐盟籍之航空公司，將以 2010 年之飛航（基準年）排放量最多之航線國家，為航空公司所需登記註冊之會員國。目前已公告我國中華航空公司應至荷蘭註冊，而長榮航空則隸屬於英國管理。

航空公司監測與提報碳排放資料

- 航空公司需自 2010 年起每年蒐集並監測其碳排放量資料；資料需透過認證單位確認（至於核可之認證單位則尚未公布）；
- 每年之 3 月 31 日前航空公司需將前一年之飛航碳排放量資料依照規定之格式，提交與註冊之歐盟會員國，此報告將需認證其正確性；
- 每年之 4 月 30 日（第一次將於 2013 年），航空公司需透過釋放其碳排放額度，以抵銷前一年之碳排放量。若航空公司之排碳量額度，超出其釋放之額度，則每噸之碳排放量將收取 100 歐元之罰款（Entec, 2008a）。

哪些資料需監測

- 碳排放量之計算方式為：燃油消耗（Fuel consumption）乘上排放係數（Emission factor）。將依照各架次加總計算之；
- 排放係數將以 2006 年出版之 IPCC 報告為準¹³，除非未來有更正確之公認數據；
- 燃油消耗包括使用機上輔助動力系統（APU）之燃油消耗；
- 將盡量使用各飛航之實際燃油消耗數據。若實際燃油消耗數據無法得知，則將使用一標準方式推估之（但目前尚未公布）。

哪些監測資料需提報

燃油消耗以及排放物資料需以不同之加總方式提報：

- 總碳排放量；
- 歐盟各國家國內線之飛航碳排放量；
- 由各歐盟會員國起飛之所有航線碳排放量；
- 由第三國家抵達各歐盟會員國之所有航線碳排放量；

噸公里數 (Tonne-kilometre) 資料之監測與提報

- 每一航空公司所給予之可排放額度將透過基準評比（Benchmarking）之方式計算；
- 依據各航空公司 2010 年之收益噸公里數（Revenue tonne kilometres, RTKs）佔包括於 EU ETS 之所有航空公司之總 RTKs 比率，決定給予航空公司之碳額度，以及免費額度（Entec, 2008b）。

¹³ 依據 2006 年 IPCC 之報告，有關航空運輸排放係數為每燃燒 1 噸之噴射機煤油（Jet kerosene）產生 3.15 噸之二氧化碳，或燃燒 1 噸之航空或噴射機汽油（Aviation (jet) gasoline）產生 3.1 噸之二氧化碳。

噸公里數 (Tonne-kilometre) 資料之計算

- 噸公里數之計算將使用：距離 (Distance) 乘上承載量 (Payload)：
- 距離：指航線起飛機場與降落機場之大圓距離加上額外 95 公里；
 - 承載量：指貨物、郵件與旅客之總重：
 - 旅客數為機上之總人數減去組員人數；
 - 重量可使用旅客與託運行李之實際總重量，或使用每 100 公斤表旅客與其行李總重。

綜合前述茲將歐盟航空運輸納入 EU ETS 之工作與進行時程，展現如圖 4-1 所示；分別自 2009 年起為準備與資料蒐集階段、2010 年為 RTK 資料基準評比年、2011 年為航空公司資料提送與 EC 計算碳額度階段、2012 年則為碳交易施行第一年、2013 年前半年則為碳量抵銷、購買與成效評估階段、2013 年為碳交易第二年（將持續至 2020 年止）。截至 2009 年年底，航空公司所面對之重要工作為，於 2009 年 8 月底前提報已受歐盟政府認可之認證公司確認之 RTK 與碳排放量監測計畫¹⁴。

¹⁴ 較圖 4-1 之原訂時程延後 1 個月。

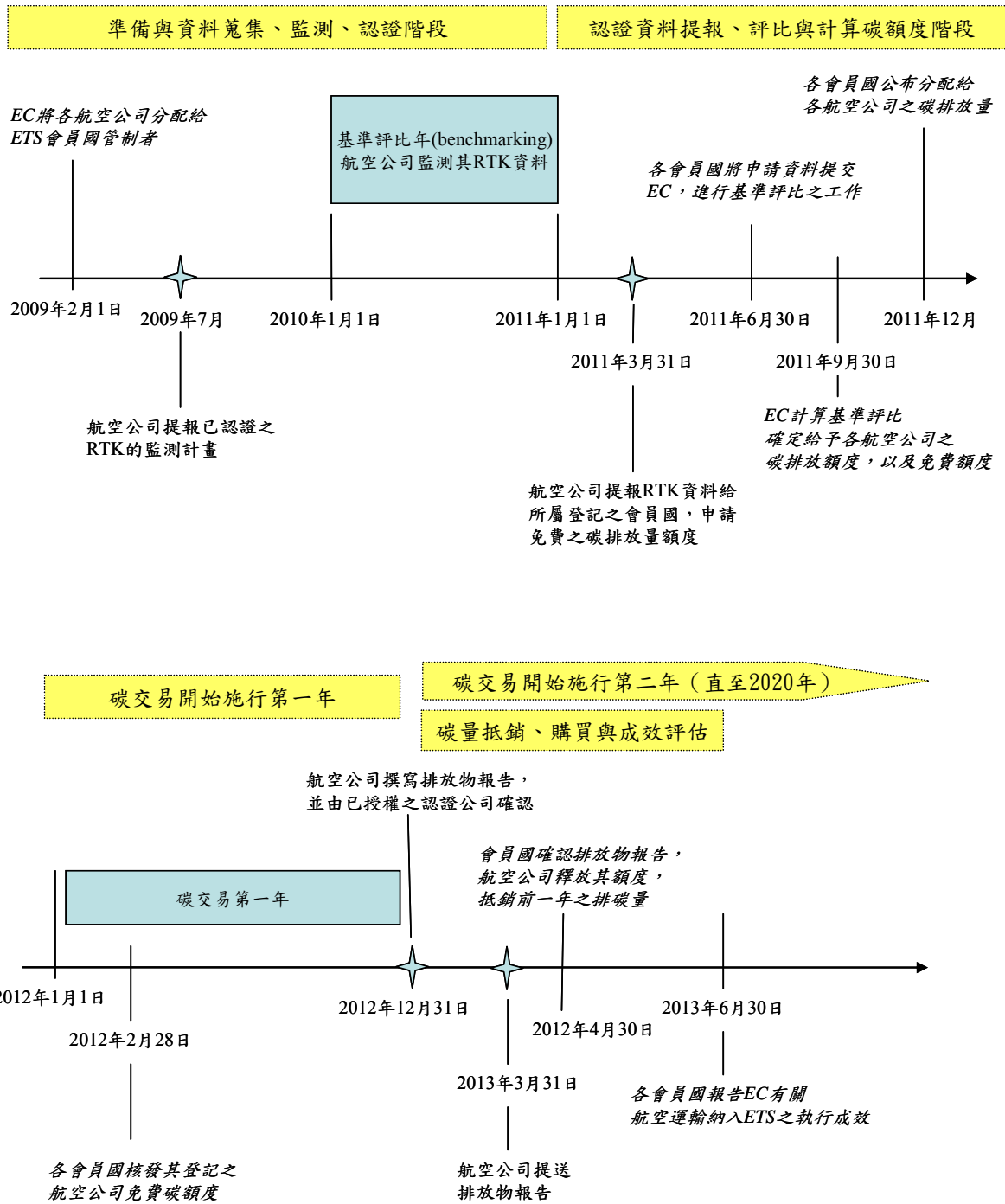


圖 4-1 航空運輸納入 EU ETS 工作與進行時程

依據圖 3-1 所示，彙整航空公司（飛機營運者）在不同階段（最初登記與各年營運資料登陸）所需提報之資料包括：

- 有關營運者之資料（於 2009 年於分配之會員國註冊）：
 - 營運者名稱；
 - 註冊之會員國；
 - 地址與聯絡明細；
 - 飛機註冊號碼、營運機型；
 - 營運者之營運註冊資料；
 - 飛機擁有者名稱
- 有關噸公里數資料（2010 年基準評比資料，決定給予之碳額度）：
 - 年度總噸公里數；
 - 各起迄機場之飛航架次；
 - 各起迄機場之旅客公里數；
 - 各起迄機場之噸公里數；
 - 計算旅客與托運行李之方式。
- 有關燃油與排放量之資料（2012 年碳排放物報告）：
 - 燃油消耗（Fuel consumption）；
 - 排放係數（Emission factor）；
 - 總碳排放量（由一歐盟會員國起飛或自第三國降落之歐盟會員國之班次）。

4.2 我國籍航空公司歐洲航線之營運

依據航空公司提供給研究團隊之資料，2004 年至 2006 年我國 A 航空與 B 航空之歐洲航線客貨運資料如表 4-1 所示，其中列式出每年班次數與噸公里數（抵達歐洲機場航班、於歐洲機場起飛航班與歐洲境內航班）、及其年度成長率。

表 4-1 我國籍航空營運之歐洲客貨運線～2004 年至 2006 年班次數

A 航空			
班次數	2004 年	2005 年	2006 年
抵達歐洲機場航班	1,795	1,997	2,848
於歐洲機場起飛航班	1,434	1,598	1,663
歐洲境內航班	164	318	277
總班次數	3,393	3,913	4,788
成長率	-	15%	22%
噸公里數			
抵達歐洲機場航班	464,269,564	505,952,091	675,149,861
於歐洲機場起飛航班	282,218,003	299,272,440	359,556,726
歐洲境內航班	6,133,789	13,913,231	12,224,733
總噸公里數	752,621,356	819,137,762	1,046,931,320
成長率	-	9%	28%
B 航空			
班次數	2004 年*	2005 年	2006 年
抵達歐洲機場航班	-	1,342	1,323
於歐洲機場起飛航班	-	1,343	1,323
歐洲境內航班	-	166	92
總班次數	-	2,851	2,738
成長率			-4%
噸公里數			
抵達歐洲機場航班	-	313,408,313	280,390,536
於歐洲機場起飛航班	-	273,172,044	249,293,153
歐洲境內航班	-	6,817,898	5,029,316
總噸公里數	-	593,398,255	534,713,005
成長率			-11%

資料來源：本研究依據航空公司提供之資料統整。

註：*因資料格式問題，B 航空無法提供 2004 年之詳細資料。

表 4-2 與 4-3 則分別列出 A 航空與 B 航空於 2008 年 7 月營運之歐洲航線、使用機型以及班次數。

表 4-2 A 航空營運之歐洲客貨運線 - 2008 年 7 月

航線		使用機型	客貨運	班次數*
起飛機場	抵達機場			
到達歐洲機場航班				
AUH	FRA	B747-400F	貨	7
AUH	LUX	B747-400F	貨	16
AUH	MAN	B747-400F	貨	4
AUH	PRG	B747-400F	貨	9
AUH	VIE	B747-400F, A333	貨, 客	14
BKK	AMS	B747-400	客	31
BKK	ROM	A342/343, B747-400	客	44
TPE	FRA	A342/343, B747-400	客	22
AUH	阿姆斯特丹 (AMS)	B747-400	客	0
CMB	LUX	B747-400F	貨	0
DEL	AMS	B747-400F	貨	0
DEL	MAN	B747-400F	貨	0
TPE	ROM	A343	客	0
TPE	VIE	A342	客	0
於歐洲機場起飛之航班				
AMS	AUH	B747-400F	貨	0
AMS	BKK	B747-400	客	31
AMS	TPE	B747-400F	貨	0
FRA	AUH	B747-400F	貨	0
FRA	MIL	B747-400F	貨	0
FRA	TPE	B343, B744, B744F	客, 貨	28
LUX	AUH	B747-400F	貨	12
LUX	CMB	B747-400F	貨	0
LUX	DEL	B747-400F	貨	0
LUX	JKT	B747-400F	貨	0
LUX	TPE	B747-400F	貨	10
MAN	AUH	B747-400F	貨	0
MIL	AUH	B747-400F	貨	0
MIL	TPE	B747-400F	貨	4
PRG	AUH	B747-400F	貨	0
PRG	DEL	B747-400F	貨	0
PRG	TPE	B747-400F	貨	0
ROM	BKK	A343, B744	客	14
ROM	TPE	A343	客	0
STO	AUH	B747-400F	貨	0
STO	BKK	B747-400F	貨	3
VIE	AUH	A333	客	13
VIE	TPE	A343	客	0
歐洲境內航班				
AMS	MAN	B747-400F	貨	0
LUX	FRA	B747-400F	貨	0
LUX	MIL	B747-400F	貨	0
LUX	PRG	B747-400F	貨	0
LUX	STO	B747-400F	貨	4
MAN	AMS	B747-400F	貨	0
MAN	MIL	B747-400F	貨	4
PRG	FRA	B747-400F	貨	0
PRG	LUX	B747-400F	貨	9
PRG	LUX	B747-400F	貨	0
總班次數				280

資料來源：本研究依據航空公司提供之資料統整。

註：*2008 年 7 月無班次數但有列出之城市對 (city-pairs)，為 2004-2006 年曾經營運之路線。

表 4-3 B 航空營運之歐洲客貨運線-2008 年 7 月

航線		使用機型	客貨運	班次數*
起飛機場	抵達機場			
到達歐洲機場航班				
BKK	AMS	B744, B777-300ER	客	16
BKK	LHR	B744, B777-300ER	客	27
BKK	VIE	A330-200	客	13
TPE	CDG	B744, B777-300ER	客	0
DEL	BRU	MD-11, B747-400F	貨	7
DXB	LHR	MD-11, B747-400F	貨	4
DXB	FRA	MD-11, B747-400F	貨	4
DXB	BRU	MD-11, B747-400F	貨	4
BOM	VIE	MD-11, B747-400F	貨	0
BOM	BRU	MD-11, B747-400F	貨	0
BKK	VIE	MD-11, B747-400F	貨	0
DEL	MXP	MD-11, B747-400F	貨	0
DXB	VIE	MD-11, B747-400F	貨	0
於歐洲機場起飛之航班				
AMS	BKK	B744, B777-300ER	客	16
LHR	BKK	B744, B777-300ER	客	27
VIE	BKK	A330-200	客	13
CDG	TPE	B744, B777-300ER	客	0
BRU	DEL	MD-11, B747-400F	貨	7
BRU	DXB	MD-11, B747-400F	貨	4
CDG	DXB	MD-11, B747-400F	貨	4
BRU	BOM	MD-11, B747-400F	貨	0
FRA	BOM	MD-11, B747-400F	貨	0
FRA	DXB	MD-11, B747-400F	貨	0
FRA	DEL	MD-11, B747-400F	貨	0
LHR	DXB	MD-11, B747-400F	貨	0
LHR	TPE	MD-11, B747-400F	貨	4
VIE	TPE	MD-11, B747-400F	貨	0
LHR	SHJ	MD-11, B747-400F	貨	0
歐洲境內航班				
LHR	BRU	MD-11, B747-400F	貨	4
FRA	CDG	MD-11, B747-400F	貨	4
BRU	LHR	MD-11, B747-400F	貨	4
VIE	BRU	MD-11, B747-400F	貨	0
MXP	BRU	MD-11, B747-400F	貨	0
總班次數				112

資料來源：本研究依據航空公司提供之資料統整。

註：*2008 年 7 月無班次數但有列出之城市對，為 2004-2006 年曾經營運之路線。

4.3 歐盟碳交易方案對我國籍航空公司之影響

在歐盟之航空運輸市場碳交易制度尚未正式通過之前，許多研究單位及學者已在近幾年紛紛探討不同交易制度對航空公司及旅客之影響，其中包括 Scheelhaase 與 Grimme (2007)、Alberts 等人 (2007)、Morrell (2006) 與 Trucost (2004) 之研究等。歐盟執委會經過多年之規劃，EU ETS 交易制度乃於 2009 年 1 月正式定案（基本架構如 4.1 節所述），但因距離 2012 年仍有幾年之時間，因此詳細之執行方式將持續公告。本節將依據目前已正式公告之航空運輸納入 EU ETS 之作法，以及目前可蒐集到之資料進行相關之衝擊評估。依據目前歐盟執委會之航空運輸碳交易制度，圖 4-2 列出各種可能之碳交易市場狀況。分別說明如下：

➤ 市場一：

航空公司 2012 年之碳排放量超出其碳排放限額 (Q)，其中 85% 為免費額度，15% 應付費於市場中購買。因此，航空公司除應購買 15% 之付費額度外，尚須購買超出限額之部分。

➤ 市場二：

航空公司 2012 年之碳排放量等於其碳排放限額 (Q)，應購買 15% 之付費額度。

➤ 市場三：

航空公司 2012 年之碳排放量低於其碳排放限額 (Q)，但超出 85% 之免費額度，因此尚須購買超出之部分。

➤ 市場四：

航空公司 2012 年之碳排放量低於其 85% 之免費額度，因此，有碳額度可出售。

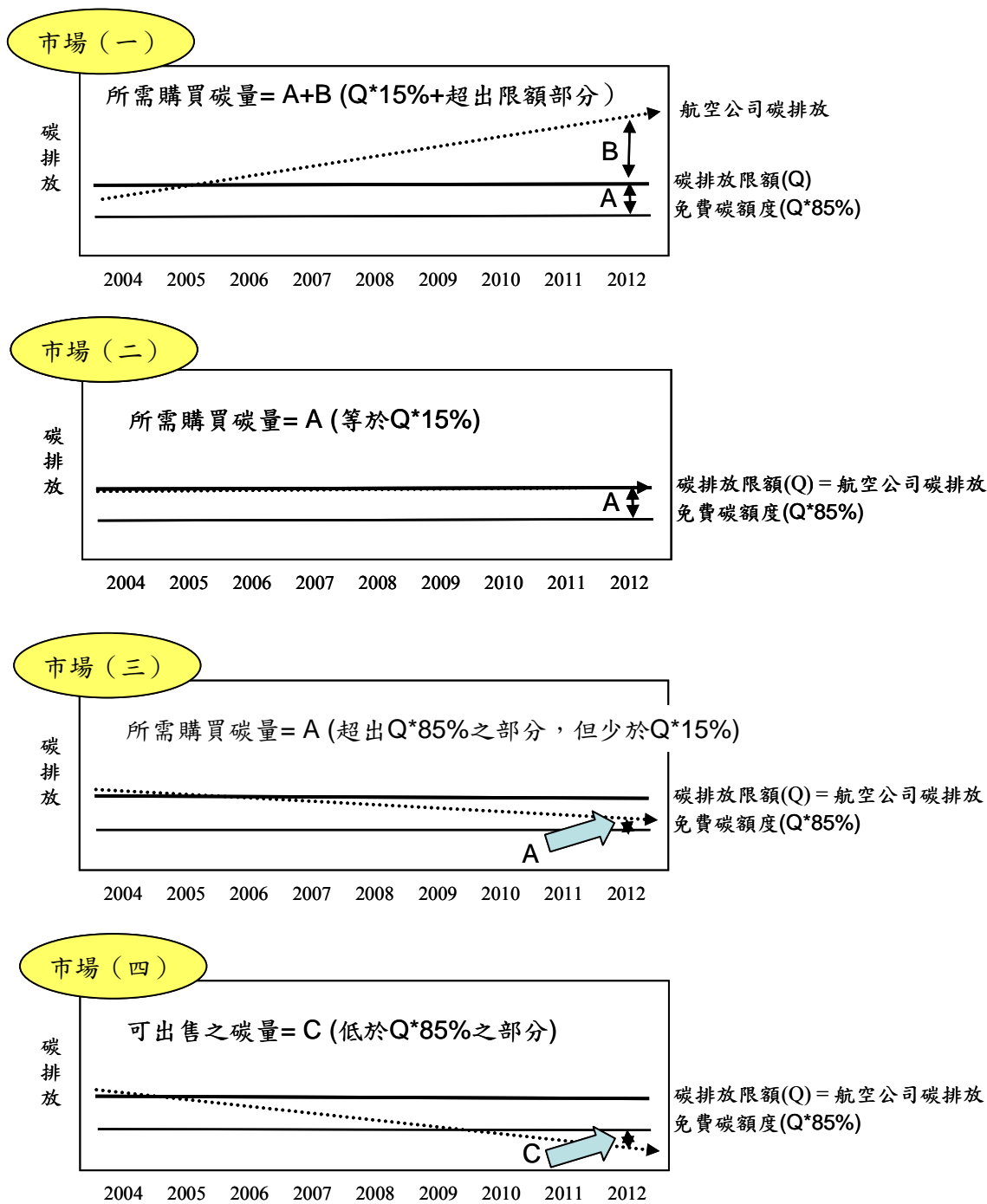


圖 4-2 各種不同碳交易市場之情境分析

接著依據航空公司 2004-2006 年以及目前之營運資料，本研究計算在歐盟實施航空市場碳交易後，我國籍航空所需購買之碳數量與金額，表 4-4 為基礎之情境分析（base case）。因為 2004-2006 年（基準年）所有航空公司之歐洲航線碳排放量未知，此外 2010 年（基準評比年）之航空公司實際之營運量（RTKs）佔總市場比率亦無法推估，因此接下來各種數據之計算乃依據若干假設而進行之，其中之主要假設包括：

- 航空公司每年之燃油消耗量佔總市場之燃油消耗量比率，等於其 RTK 所佔市場總 RTK 之比率；亦即假設我國籍航空之燃油消耗率為市場所有航空公司之平均值（我國籍航空每一 RTK 之燃油消耗，等於市場所有航空公司之平均值）。
- 航空公司 2010 年以 RTKs 計算之市場佔有率與 2004 - 2006 年平均相同。

由表 4-4 顯示，若各航空公司 2012 年預計之碳排放量與 2004 - 2006 年之平均相同，則依照現有之 EU ETS 相關規範兩家航空公司之排碳量有可能超出其分別之排放限額，表示航空公司除需購買 15% 之付費額度外，尚須於碳市場中購買超出限額之碳量。若 2012 年我國籍航空飛航歐盟地區之航運量不變下（同 2004 年至 2006 年之平均航運量），依照目前市場平均價格每噸碳交易金額為 30 歐元推估之，A 航空 2012 年需購買之碳排放金額約新台幣 2 億 1 千萬元，B 航空約新台幣 1 億 5 千多萬元，若換算成平均每架次需負擔之費用，A 航空約為新台幣 42,075 元，B 航空約為新台幣 51,840 元。若將前述負擔之金額，藉由調整票價或推動旅客自願回購碳排放等措施分攤於每名旅客，經推估計算，搭乘 A 航空之旅客約需負擔新台幣 140 元，B 航空約需新台幣 173 元。

需注意此小節中相關之分析乃建立於若干假設之下計算之，若有任何假設或參數變動，則相關推估數值將會隨之變動，表示對航空公司或乘客之影響亦會不同。

表 4-4 歐盟碳交易市場下我國籍航空所需購買之碳量與金額

	參數示意	A 航空	B 航空
2004-2006 年平均燃油使用 (噸)	K	281,927	208,467
2004 年燃油使用 (噸)		274,370	208,467
2005 年燃油使用 (噸)		287,684	208,097
2006 年燃油使用 (噸)		283,726	208,837
2004-2006 年平均碳排放 (噸)	A (=K*3.15)	888,069	656,670
2012 年預計碳排放 (噸)	B	888,069	656,670
97%排放限額 (噸) (依照 2010 年營運量基準評比給定之碳額度)	C =A*97%	861,427	636,970
85%免費額度 (噸)	D =C*85%	732,213	541,424
需購買之總碳量 (噸)	E+F	155,856	115,246
15%付費額度 (噸)	E = C*15%	129,214	95,545
超出限額之碳量 (噸)	F = B-C	26,642	19,700
所需負擔購買碳總金額 (歐元) (假設每噸碳€30)		4,675,683	3,457,368
平均每一架次負擔金額 (歐元/架次) *		935	1,152
平均每一旅客負擔金額 (歐元) (假設每架次平均 300 人)		3.1	3.8
平均每一旅客負擔金額 (臺幣) (假設匯率 NT\$45/€)		140	173

註：*假設 A 航空營運總架次為 5,000，B 航空為 3,000。

接著表 4-5 到 4-7 則為根據主要之變數，以基礎情境為主軸，進行之敏感度分析，變動之參數包括 2012 年實際碳排放量、排放限額以及碳購買金額等，分別說明如下：

➤ 表 4-5：2012 年預計之我國籍航空公司實際碳排放量變動

至 2012 年時航空公司可透過下列措施，在固定之營運狀況下，減少燃油之消耗：

- 使用較新式且燃油效率較高之機型
- 透過相關之省油管理措施，減少油料之消耗

而另又假設航空公司所給予之排放限額不變，與表 4-4 之基準情境相同。

➤ 表 4-6：依照 2010 年之營運量（RTKs）所給予我國籍航空排放限額變動

依照 2010 年之營運量基準評比所給予之排放限額變動，會造成此情境之主要因素為航空公司之營運量（RTKs）佔總市場佔有率提升或減少。通常在市場佔有率提升時，燃油消耗量會隨之增加，但若搭配如前述之相關省油措施或使用新式低污染機型，則燃油消耗之提升比率可相對減少。

➤ 表 4-7：碳購買金額變動

依照目前之相關文獻顯示平均之碳交易（購買）金額為每噸 30 歐元，但因碳交易價格隨市場變動甚劇，因此本研究亦假設交易金額未來若上升至 60 歐元與 90 歐元之狀況下，航空公司所需負擔之總費用。

依據前述之敏感度分析估算結果，A 航空平均每一架次之負擔金額介於 402 至 2,805 歐元之間，約為每一乘客 60 至 421 臺幣；而 B 航空每一架次之負擔金額則介於 496 至 3,457 歐元之間，約為每一乘客 74 至 519 臺幣。

表 4-5 歐盟碳交易市場對我國籍航空影響之敏感度分析（一）～2012 年預計之碳排放量變動

	2012 年預計碳排放（噸）： 較 2004-2006 年減少 10%	2012 年預計碳排放（噸）： 與 2004-2006 年平均相同	2012 年預計碳排放（噸）： 較 2004-2006 年增加 10%
A 航空			
2004-2006 年平均碳排放（噸）	888,069	888,069	888,069
2012 年預計碳排放（噸）	799,262	888,069	976,876
97%排放限額（噸）	861,427	861,427	861,427
85%免費額度（噸）	732,213	732,213	732,213
需購買之總碳量（噸）	67,049	155,856	244,663
15%付費額度（噸）	67,049	129,214	129,214
超出限額之碳量（噸）	0	26,642	115,449
所需負擔碳購買金額（歐元）@€30/噸碳	2,011,472	4,675,6823	7,339,892
平均每一架次負擔金額（歐元/架次）*	402	935	1,468
平均每旅客負擔金額（歐元）@300 人/架次	1.3	3.1	4.9
平均每旅客負擔金額（臺幣）@NT\$45/€	60	140	220
B 航空			
2004-2006 年平均碳排放（噸）	656,670	656,670	656,670
2012 年預計碳排放（噸）	591,003	656,670	722,337
97%排放限額（噸）	636,970	636,970	636,970
85%免費額度（噸）	541,424	541,424	541,424
需購買之總碳量（噸）	49,579	115,246	180,913
15%付費額度（噸）	49,579	95,545	95,545
超出限額之碳量（噸）	0	19,700	85,367
所需負擔碳購買金額（歐元）@€30/噸碳	1,487,358	3,457,368	5,427,378
平均每一架次負擔金額（歐元/架次）*	496	1,152	1,809
平均每旅客負擔金額（歐元）@300 人/架次	1.7	3.8	6.0
平均每旅客負擔金額（臺幣）@NT\$45/€	74	173	271

註：*假設 A 航空營運總架次為 5,000，B 航空為 3,000。

表 4-6 歐盟碳交易市場對我國籍航空影響之敏感度分析（二）～排放限額變動

	預計碳排放限額（噸）：較2004-2006 年增加 10%	預計碳排放限額（噸）：與2004-2006 年平均相同	預計碳排放限額（噸）：較2004-2006 年減少 10%
A 航空			
2004-2006 年平均碳排放（噸）	888,069	888,069	888,069
2012 年預計碳排放（噸）	888,069	888,069	888,069
97%排放限額（噸）	947,570	861,427	775,284
85%免費額度（噸）	805,434	732,213	658,992
需購買之總碳量（噸）	82,635	155,856	229,077
15%付費額度（噸）	82,635	129,214	116,293
超出限額之碳量（噸）	0	26,642	112,785
所需負擔碳購買金額（歐元）@€30/噸碳	2,479,045	4,675,683	6,872,322
平均每一架次負擔金額（歐元/架次）*	496	935	1,374
平均每一旅客負擔金額（歐元）@300 人/架次	1.7	3.1	4.6
平均每一旅客負擔金額（臺幣）@NT\$45/€	74	140	206
B 航空			
2004-2006 年平均碳排放（噸）	656,670	656,670	656,670
2012 年預計碳排放（噸）	656,670	656,670	656,670
97%排放限額（噸）	700,667	636,970	573,273
85%免費額度（噸）	595,567	541,424	487,282
需購買之總碳量（噸）	61,103	115,246	169,388
15%付費額度（噸）	61,103	95,545	85,991
超出限額之碳量（噸）	0	19,700	83,397
所需負擔碳購買金額（歐元）@€30/噸碳	1,833,094	3,457,368	5,081,641
平均每一架次負擔金額（歐元/架次）*	611	1,152	1,694
平均每一旅客負擔金額（歐元）@300 人/架次	2.0	3.8	5.6
平均每一旅客負擔金額（臺幣）@NT\$45/€	92	173	254

註：*假設 A 航空營運總架次為 5,000，B 航空為 3,000。

表 4-7 歐盟碳交易市場對我國籍航空影響之敏感度分析（三）～碳購買金額變動

	碳購買金額： 30 歐元/噸	碳購買金額： 60 歐元/噸	碳購買金額： 90 歐元/噸
A 航空			
需購買之總碳量（噸）	155,856	155,856	155,856
所需負擔碳購買金額（歐元）	4,675,680	9,351,360	14,027,040
平均每一架次負擔金額（歐元/架次）*	935	1870	2805
平均每一旅客負擔金額（歐元）@300 人/架次	3.1	6.2	9.4
平均每一旅客負擔金額（臺幣）@NT\$45/€	140	281	421
B 航空			
需購買之總碳量（噸）	115,246	115,246	115,246
所需負擔碳購買金額（歐元）	3,457,380	6,914,760	10,372,140
平均每一架次負擔金額（歐元/架次）*	1,152	2,305	3,457
平均每一旅客負擔金額（歐元）@300 人/架次	3.8	7.7	11.5
平均每一旅客負擔金額（臺幣）@NT\$45/€	173	346	519

4.4 我國籍航空公司可採行之因應策略與相關單位需配合措施

依據前述歐盟碳交易市場之對航空公司之潛在影響之評估結果，本節將進一步說明碳交易方式，航空公司可採行之因應策略，以及我國相關單位需配合措施。

4.4.1 碳交易之方式

直接購買排碳權是最簡單的模式，但可能也是最昂貴的方法。溫室氣體的排放權交易是源自於京都議定書的三個彈性機制之一。這個機制應歸屬於國際排放交易機制（International Emission Trading, IET）的規範。另兩項彈性機制則分別是清潔發展機制（CDM）和聯合減量機制（JI）。其中清潔發展機制是讓列於有排碳配額總量管制的附件一國家出資，在沒有納入總量管制的國家推動減排計畫。減排後所獲得的權證稱為（Certified Emission Reduction, CER），一但減排獲得認證，將具有與國際排放交易機制相同的效力¹⁵。

在進行碳交易的時候，選擇碳交易市場是另一個重要的關鍵。地球上最早出現二氧化碳價格的是芝加哥的氣候交易所（Chicago Climate Exchange, CCX），2003年9月就已經報出二氧化碳的現貨價格。然而由於美國遲未能簽署京都議定書，碳排放交易在芝加哥氣候交易所除了投機和投資之外，缺乏實體的交易需求，成交量和價格都相當的低。其後芝加哥的氣候交易所在歐洲成立了歐洲氣候交易所（European Climate Exchange, ECX）以及芝加哥的氣候期貨交易所（Chicago Climate Futures Exchange, CCFE），分別針對歐洲和美國二氧化

¹⁵ 京都議定書附件一國家一共有澳洲、奧地利、白俄羅斯、比利時、保加利亞、加拿大、克羅埃西亞、捷克、丹麥、愛沙尼亞、歐盟、芬蘭、法國、德國、希臘、匈牙利、冰島、愛爾蘭、義大利、日本、拉脫維亞、列支敦士登、立陶宛、盧森堡、摩納哥、荷蘭、紐西蘭、挪威、波蘭、葡萄牙、羅馬尼亞、俄羅斯、斯洛伐克、斯洛維尼亞、西班牙、瑞典、瑞士、烏克蘭、英國、和美國等國家。這些國家被認為是已開發的工業化國家，對二氧化碳排放具有比較多的責任，因此也必須承擔減低二氧化碳排放的較多義務。限定排放額度是京都議定書所使用的機制，但為了避免有國家無法達成，或是執行降低排放的成本過高，京都議定書也同意各國使用彈性機制。換言之，所謂彈性機制就是指在減碳目標無法達成的時候，可以透過國際碳排放權交易、清潔發展機制、和聯合減量機制來達成。其中聯合減量機制(JI)是讓附件一國家投資在另一個附件一國家的減量計畫中，換言之，聯合減量機制是兩個以上的工業化國家共同參與某項碳排放減量計畫，再按比例來分配額度。清潔發展機制(CDM)則是讓附件一的工業化國家投資在開發中國家的碳排放減量計畫，以降低工業化國家的減量成本。

碳排放權的期貨和選擇權合約進行交易。這三個交易市場，目前已整合成氣候交易控股公司，於倫敦和紐約證券市場上市，其董事長則為原先設計碳交易機制的西北大學商學院教授。CCX，ECX，和 CCFE 為目前歐洲和北美兩地最大的溫室氣體交易所。而在歐洲，除了 ECX 之外，歐洲還有其它幾個小型的交易所，但幾乎都沒有太大的成交量。是故氣候交易控股公司下屬的三個交易所，勢將成為未來全球二氧化碳排放權交易的主要平臺。表 4-8 為學者整理之主要溫室氣體交易所資料，其中許多小型地區交易所現階段均無市場影響力，未來隨著排放權交易的普及，才可能有成長的機會。

除了選擇交易所之外，碳商品則是另一個必須考慮的交易項目。雖然交易的標的都是二氧化碳的排放權，但是不同的碳商品往往會有不一樣的價格，其間的價格落差也相當大。圖 4-3 是芝加哥的氣候交易所推出的 CFI（Carbon Financial Instrument）產品價格走勢圖。由於缺乏交易動機，CFI 在市場中的價格雖然一度跟隨原油價格的暴漲上升到七美元，但長期以來卻一直在一元美金上下遊走。相對於 CFI 缺乏實際參與交易的動機，歐盟排放權交易的商品 EUA，價格卻一直穩定維持在 30 歐元上下，一直到近期才回跌至 20 歐元以下。其主要的原因就是因為歐盟積極的推動排放權的交易。而在 EUA 之外，歐洲氣候交易所另外也推出了 CER 的商品交易。一如前述，CER 是基於清潔發展機制所推出的減量權證，但其市場價格卻因為制度設計的關係而遠低於 EUA，其成交量也比 EUA 低許多。理論上，CER 的次級市場交易價格應與 EUA 相當，但由於歐盟政府限制了廠商使用 CER 的數量，使得 CER 的價格和市場接受程度遠較 EUA 為低。為了解決 CER 流動性不足的問題，歐洲氣候交易所也推出了 CER-EUA 的價差交易合約，期能以衍生性金融商品擴大 CER 的交易量。表 4-9 為歐洲氣候交易市場於 2008/11/17 的收盤價格。由盤價中可以看出，EUA 期貨的市場價格一直穩定高於 CER。

針對歐盟將航空運輸業納入排放交易機制，航空公司如欲透過購買排放權解決進入歐洲市場的問題，建議仍需以歐洲氣候交易所的商品做為購買的標的。美國商品成本雖然很低，但不可能在歐盟境內使用。至於我國籍航空公司是否能購買較便宜的 CER 來取代 EUA，則有待歐盟進一步的規範。依現行制度推測，歐盟對成員國購買 CER 的數量都有極為嚴格的限制，故其接受非歐盟成員國或非附件一國家購買 CER 的可能性極低。由是觀之，我國航空公司仍應以購買 EUA 做為其財務規劃的基礎。

表 4-8 全球主要碳交易所

交易所	總部	交易合約	目標使用者
奧地利能源交易所	拉格茲	現貨歐盟配額	不限
芝加哥氣候交易所 (CCX)	芝加哥	碳金融工具現貨合約	美國為主，但接受其它地區的直接和間接排放者
Climex	阿姆斯特丹	現貨歐盟配額	歐盟排放權交易計畫的小型公司
歐洲氣候交易所 (ECX)	阿姆斯特丹	每季歐盟配額期貨	大型公共事業、石油公司、銀行、避險基金
歐洲能源交易所 (FEX)	萊比錫	現貨歐盟配額	初期為歐洲大型電廠
溫室氣體交易所 (GHGx)	多倫多	現貨分配總量單位 (AAU)、排放減量權證 (CER)、排放減量單位 (ERU)、移除單位 (MRU)、與自願信用	初期為大型石油及林業公司
北歐電力池	利薩克	歐盟配額遠期合約	大型歐洲能源公司、銀行、和工業部門
Powernex 碳交易所	巴黎	現貨歐盟配額	初期僅有法國的電力公司
Sendeco2	巴塞隆納	現貨歐盟配額	西班牙公司

資料來源：Bulleid, R. 2005, Exchanges-Coming to the market. Environmental Finance, May 2005.
Supplement：Global Carbon 2005, S24-27.

表 4-9 歐洲氣候交易所的碳期貨商品報價（2008-11-17 收盤價）

Month	Bid	Ask	First	Last	High	Low	EFP	EFS	Block	Screen	Total Volume	Sett
CER Dec08	15.25	15.35	15.40	15.35	15.45	15.07	520	0	0	818	1338	15.30
CER Dec09	14.85	15.09	14.94	15.15	15.15	14.68	115	0	0	702	817	15.03
CER Dec10	14.80	15.25	15.05	15.05	15.05	14.87	1250	0	0	77	1327	15.12
CER Dec11	14.51	15.99	0.00	0.00	0.00	0.00	900	0	0	136	1036	15.36
CER Dec12	14.81	15.59	15.75	15.47	15.80	15.32	900	0	0	275	1175	15.52
Total							3685	0	0	2008	5693	

Month	Bid	Ask	First	Last	High	Low	EFP	EFS	Block	Screen	Total Volume	Sett
EUA Dec08	16.70	17.10	17.60	16.99	17.60	16.82	3306	0	60	3312	6618	17.03
EUA Dec09	17.40	18.60	17.95	17.73	18.12	17.51	820	0	0	1500	2320	17.69
EUA Dec10	17.75	18.79	18.10	18.35	18.35	18.10	25	0	0	121	146	18.23
EUA Dec11	18.41	19.59	19.00	19.04	19.08	18.86	250	0	0	212	462	19.01
EUA Dec12	20.05	20.24	20.00	20.24	20.24	19.95	100	0	0	282	382	20.13
EUA Dec13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	21.78
EUA Dec14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	22.78
Total							4501	0	60	5427	9928	

資料來源：www.ecx.com

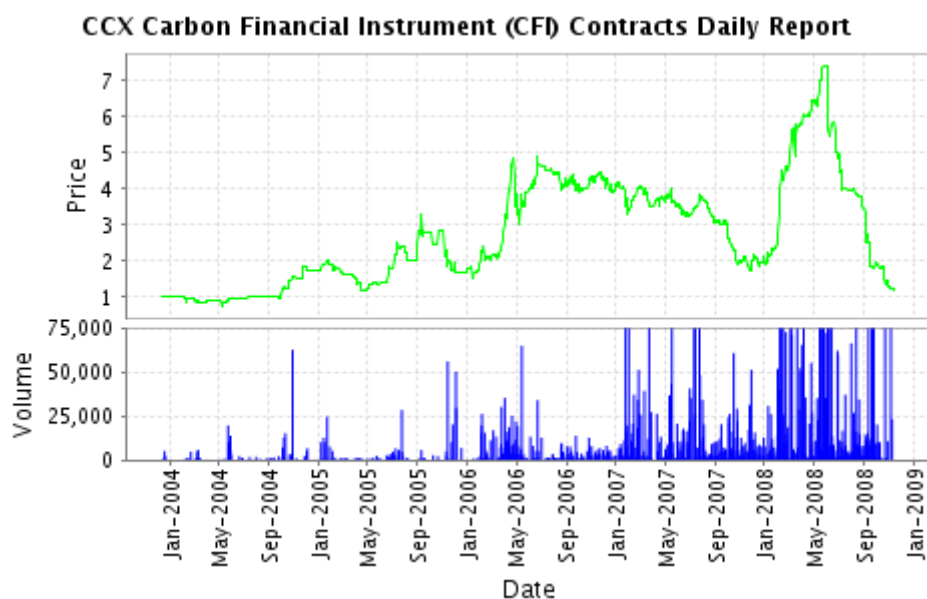


圖 4-3 芝加哥氣候交易所的碳金融工具價格變化（2003-2008）

資料來源：www.ccx.com

4.4.2 我國籍航空可採行之營運策略

除了直接進入碳市場購買排碳權之外，航空公司還可以採行下列幾種策略以為因應：

一、提昇企業環保形象，善盡企業社會責任：

從各種角度來判斷，未來旅客選擇航空公司及投資人選擇投資標的，均將考量航空公司的環保形象與企業社會責任。為求根本性解決航空公司的問題，建議我國籍航空公司應設法製作企業社會責任白皮書（Corporate social responsibility report），並將之分送給全球投資機構與歐盟相關管制單位，以落實企業社會責任的推動，同時亦可逐年檢視公司在企業社會責任議題中的進步。而在環保議題中，航空公司也應更積極主動參與環境保護工作，並結合產官學研之團隊力量，支持各類創新環保議題的研究與政策的推廣。國內航空公司支持太平洋上空二氧化碳監控計畫及飛航油耗估算等議題之研究，以及自願參與溫室氣體盤查等有關工作，均可在環保議題上取得較佳的企業形象。

二、利用燃油效率較高或排污量較少之機型經營歐洲市場：

在歐盟實施碳排放交易制度之後，預期未來歐洲旅客將特別專注於航機的排碳清潔程度。我國籍航空公司在經營此一市場時，應盡量減少舊型美製客機，並以雙發動機客機取代四發動機客機，以提昇航空公司企業形象，強化歐洲市場的接受程度。

三、發動機更新計畫，以及其未來購置新機型之計畫等：

2000 年以降，波音、空中巴士等飛機製造商新設計之雙引擎民航客機，均大幅提升其燃油效率，並降低發動機噪音。其他諸如加拿大和巴西等中小型客機製造商，亦在油耗的數據上有不錯的表現。有鑑於此，航空公司應積極評估汰換舊機型的可能性，除可有效降低燃油成本，亦可有效降低支付碳稅或排碳權的金額。然機型汰換需大量資本支出，在近年航空運輸產業獲利不佳的情況下，汰換機型的難度較高，故更新老舊發動機一成為可能的策略之一。但由於發動機使用均有其壽命，在屆齡之前，航空公司亦無足夠的誘因提前換裝。故政府單位若欲在航空運輸部門上達到較佳的節能減碳之政策效果，針對航空公司的龐大資本支出，應考量稅負或費用上的減免，或環保稅中提撥貸款的利息補貼，以獎勵航空公司為改善排碳所增加的額外資本支出。

四、減少歐洲市場的服務頻率：

由於我國航空運輸業的主要市場為美洲和區域市場，飛航歐洲的班次實際上佔營收比例並不高。而因歐盟制度上採取 Cap-and-Trade，在給定排碳量的限額內，航空公司僅須支付 15% 購買上限額度排碳權之費用。在這種情況下，航空公司亦可考量將原有載客率較少之路線，以整併或減少服務班次數的方式作為因應。但未來若亞洲及歐洲市場隨著全球經濟景氣復甦而開始回溫，則畫地自限的作法不僅不智，還有可能造成航空公司營運體質和路網結構的重大缺陷。故此一策略應僅為極短期策略。

五、利用不同之機場當成中途停留點：

由於歐洲碳交易制度對航空公司排碳量之計算，為自第三國起飛至歐盟機場降落，或由歐盟機場起飛至第三國降落之總碳量；因此透過不同轉運點和飛航路線之規劃，將對我國籍航空公司飛抵歐盟目的地機場之排碳量有不同程度之影響。例如由臺北飛往歐盟之航線，可改停距離歐盟空域最近的機場停留。現階段中東包括杜拜、卡達、和阿布達比機場也都正積極爭取此一商機。但事實上但上該策略仍須考量航權、消費者偏好、與市場需求等議題。

六、於國內施行相關減碳策略：

依照歐盟執委會目前所提出之計畫書，若此第三國家有對等之航空運輸減量措施，造成航空公司飛歐洲航線碳費之重複課徵，則航空公司可不納入歐盟探交易制度，或可視情況酌減其購買之碳量。於國內施行相關減碳策略，其中可以採行的方法之一為推動旅客自願碳補償計畫（Passenger Volunteer Offset Program）。但由於此一計畫具有高度的公益性，無論是航空公司、旅客、或是補償服務提供的業者，均無可能透過此一計畫獲利。故制度之初創，仍需公部門的資源作為支持，方有機會順利推動。

七、參與其他國家之清潔發展機制(CDM)計畫：

依照目前市場價格，由 CDM 所創造的排碳權額度價格，略低於碳市場的排碳權交易價格。我國航空公司仍可在相關單位的協助之下，參與部分國家所提供的 CDM 計畫。然而由於 CDM 的減碳成果經常受到質疑，歐盟可能在制度推動兩年後即不在接受 CDM 所轉化的排碳權額度，航空公司於購買時亦應十分謹慎。尤其具有減碳效力的 CDM 需經過 UNFCCC 的承認，在經過創投和金融業者的投資包裝之後，市場中的各種 CDM 所創造出來的排放權額度之有效性，更是非聯合國會員國的台灣所必須設法掌控的資訊。

事實上，碳稅和購買排碳權的成本在本質上較偏向可移轉稅，最後支付此項成本的主體，絕大多數是旅客，而非一般所認知的運輸業者。事實上，由旅客支付碳稅或排碳權相關費用，也較為符合污染者付費的原則。由於旅客具有自主選擇權，可以依能力及喜好挑選二氧化碳排放情形不一的運具；而航空運輸業者卻因為科技發展瓶頸，除使用發動機外無其他選項。換言之，旅客在有選擇的情況下，仍然挑選排碳量較大的航空運輸業者做為其旅行工具，則旅客應支付較高的排碳成本，應無爭議。為了養成旅客支付碳稅的習慣，航空公司於此一階段，應開始著手推動旅客自願碳補償計畫。事實上，除了環保愛好者之外，許多商務旅客也因為公司受到清潔生產指令或是 ISO 的監督，必須強制購回其於生產活動中所排放之二氧化碳，其中也包含了出差旅行的商務活動中，投宿旅館和搭乘交通工具所排放的溫室氣體。換言之，如果航空公司不能提供旅客自願碳返還計畫，無疑也將流失許多有需求的旅客。及早推動旅客自願碳補償計畫，不但可以讓航空公司熟悉成本移轉的作業方式，也可以同時讓航空公司計算出合理的排碳成本，更有機會創造新的市場利基。

政府開徵碳稅是另一個簡單的方法，但由於可能對產業帶來極大的衝擊，政策必然遭遇來自產業部門的強力反對。是故大多數經濟和環保學家還是傾向以排放權交易做為二氧化碳減量的措施。雖有學者曾經提出成立本土的碳交易市場的呼聲，臺灣事實上也已經成立了碳交易協會，然而由於臺灣並非京都議定書所規範的附件一工業化國家，在沒有排碳配額總量管制的前提下，本土市場成立的可能性不大。而臺灣本身市場規模不足，最後仍將出現流動性的問題。除非結合亞洲其它臨近國家一起推動，否則臺灣的碳排放市場可能並不是解決問題的有效途徑。

4.4.3 我國相關單位需配合措施

為了解決排碳權交易所可能造成的諸多問題，政府在現階段即應全面考量因應措施，並對未來可能的變化預做準備。以航空運輸業而言，交通部、民航局與環保署，應統合事權，協調制定協助航空公司之相關輔導政策。研究建議政府可採行的政策，由上而下可包括：

一、建立民航運輸體系完整的環境管理系統(Environmental Management System, EMS)

從較為宏觀的角度來看，政府應對我國的環境管理進行全面性的規劃和政策性的引導。其具體作為包括政令宣導、政策規劃、制度實施、策略推廣，並以實際減碳成效作為政策管理目標，才有統合事權和政策協調的機會。政府部門的施政管理和公務治理應納入 EMS 之精神，公部門中部分單位和組織更應該爭取獲得環境管理系統之認證，以彰顯我國政府重視環境保護的工作。更明確的說，未來環保署、交通部、經濟部、財政部、乃至於外交部等相關單位，應在政策制定及執行上有明確分工和政策協調的機制，以期能在成本最低的情況下，達到國家整體節能減碳的戰略目標，並維持經濟的永續成長及發展。其中要解決的問題之一，就是非常有可能在航空運輸部門中出現的碳稅重複課徵問題。依照目前的政策規劃方向，我國如針對燃油課徵碳稅，則航空公司購買的民用航空燃油中即已包含排碳成本，航空公司不應再支付此一費用。然而在歐盟碳交易機制中，若歐盟不願對我國航空公司豁免排碳權費用，外交部即應與歐盟進行協商，協商不成則應有對應策略之準備。或採對等課徵，或採國內豁免，均應有完整的評估和戰略高度的考量。

二、建立制度性減少排放的航空運輸管理策略

制度性減碳策略的概念是在相關制度中考量減碳的需要，而進行制度的調整與修正。在政府管理體系和政策制定的範疇內，航站的能源管理及航管體系的作業方式是主要的兩項可調整策略。前者的節能減碳政策已另章探討之外，後者的作業方式及流量管制措施，也具有極佳的減碳效果。就航管體系而言，減少航機的空中等候與地面停留時間，均為有效的節能減碳政策。過去兩年以來，我國飛航服務總台和民航局也都努力的朝此一政策方向規劃，並具體推動實施。例如航路和離到場程序的調整，離場引導方式的改變，高空連續降落程序的使用，以及構建空中交通管理電腦導航系統等。事實上，這些軟硬體的改善措施都具有不錯的效果，「通訊、導航、監視及飛航管理（CNS/ATM）發展建置計畫」甚至是近年來航管體系最龐大的硬體投資。每一單項改善措施均可縮減一至數分鐘的停等時間，以我國主要國際機場每年超過十萬架次的起降，其可節省的燃油及二氧化碳排放量及十分可觀。

有趣的是，部分政策也意外達成節能減碳的事實，例如兩岸政策的鬆綁，造就了兩岸直航南北航路截彎取直的開放；2009 年為減少直航航路空中交通擁塞，北向開闢第二航路之措施，均十分有效達成了節能減碳的政策效果。

然而由於 CNS/ATM 系統仍在建置，我國航管體系的最終減碳數據仍未能真實呈現。而未來如欲凸顯航管體系節能減碳的政策效果，則其成效應予精算，將政策轉化成實際的二氧化碳減排量，方有利於後續施政績效的宣導。

三、建立準排放交易機制或加入區域性的碳交易機制：

我國溫室氣體減量法中已納入碳交易制度，但立法案的進度卻不樂觀。由於碳交易平台的建立需時長久，建議我國可先嘗試加入鄰近國家的碳交易平台進行試運轉，熟悉各種交易制度和交易商品，以利未來本土碳交易平穩平台的運作。除此之外，政府亦應考慮結合區域力量進行交易平台的整合，方可解決台灣市場規模不足的問題。包括大中國市場、東協市場、甚至亞太市場均有可能在 2020 年左右成為歐盟體系外國際市場中最重要的碳交易平台。我國應及早準備，積極展開跨國與多國合作機制，方可在後哥本哈根時代取得碳市場的參與權。

四、政府鼓勵航空公司重視環保，或限制企業碳足跡（Carbon footprint）：

以現有科技觀之，許多有效的節能減碳投資，並不符合航空公司的財務效益。政府在未來如有特定稅費可專款支付企業節能減碳的額外支出，應考慮提撥部分款項，或減免稅負，或補貼利息，以實質獎勵航空公司進行節能減碳的

重大支出。事實上碳稅如果是採取專款專用的方式投資在節能減碳的項目中，則每壹元投資可以減少的溫室氣體排放量，應當為衡量碳稅投資效益的標準。民用航空器由於使用頻率高，耗油量，使用期限長，且往往不具替代性，從而使得民用航空器的二氧化碳排放改善，將產生極大的減碳效益，為一非常值得投資的項目。

然而可以預期的是，以稅費補貼私部門進行減碳的行為，必定會遭致輿論強大的壓力。由是之故，本研究也建議政府再實質補貼之外，亦可採用獎勵金的方式，針對配合節能減碳政策卓有成效的航空公司，頒發一定金額之獎勵。而若獎勵金亦可能產生不必要的疑慮，則頒贈獎狀或獎章，或授予節能減碳的環保標章，或以其他可提升航空公司企業形象的方式來獎勵航空公司，應為最簡易的政府作為。

由於減碳在現階段並非強制性作為，故仍不建議採行任何懲罰措施。但在未來溫室氣體減量法通過之後，未善盡節能減碳社會責任的航空公司，也應受到一定程度的管制，以限縮經營權利的方式，來達到實質減碳的效果。但懲罰政策的實施，其所可能遭受的阻力遠比獎勵政策大得多，政府有關部門仍應謹慎為之。

節能減碳為全球趨勢，歐亞各國紛紛設立法規，鼓勵（要求）航空業者進行減碳作業（例如 EU ETS；韓國 2010 年起，對於減碳作業良好的航空公司減少航機起降費徵收），建議主管機關協助與支持航空業者共同推行節能減碳作業（例如碳盤查、碳減量、碳補償、碳中和等）。

五、鼓勵企業或民眾配合航空公司之旅客自願碳補償計畫，並政策性獎勵民間成立推動碳補償和減量的顧問公司：

若依照污染者付費原則（Polluter pays principle），參照近兩年油價上漲反應燃油成本之燃油附加費（Fuel surcharge）模式，未來建議交通部民航局考量航空公司於飛往歐洲之客貨航線，加收污染物附加費（Emissions surcharge）之可行性。但在歐盟開徵排碳權費用之前，此一政策不宜貿然實施，取而代之的應該是推動自願碳補償機制，好讓旅客或貨主了解其旅運行為所可能造成的環境污染責任。

然而推動自願碳補償機制亦有其一定的困難。目前已推動自願碳補償機制的航空公司均表示，旅客普遍缺乏參與的誘因，願意付費的旅客往往低於 1%。此一問題在無公權力介入清潔生產程序的規範之前，亦無較佳之解決方案。此

外在市場規模有限的情況之下，台灣的碳交易市場或自願減碳行為均短期內難以達到獲利的目標。而以非營利方式推動自願碳補償，或航空公司碳減量的專業顧問諮詢工作，均需要公部門的資源予以支持，否則在溫室氣體減量法通過之前，台灣極難以民間力量成立碳補償或碳交易平台。以製造業為主的工業減量工作對部分企業或有利可圖，但航空運輸產業的減量卻難有獲利的空間。由是之故，政府應有一定的鼓勵措施，來引導國內成立自願碳補償機制，或是導入外國的減量顧問公司，以其專業協助航空公司達到節能減碳之目的。

第五章 我國國籍航空器與地面專業車輛溫室氣體盤查機制

本章主要探討我國環保署現有之溫室氣體減量策略與作法，以及有關航空運輸廢氣排放之相關法規，目前我國國籍航空器與地面專業車輛溫室氣體排放盤查機制與計量公式；並說明全球主要組織與國家較常用之溫室氣體計算方式。

5.1 我國環保署有關溫室氣體減量策略與作法

我國人口僅佔世界約 0.3%，二氧化碳排放量卻佔全球百分之一。為有效整合、管理產業溫室氣體排放、減量績效，行政院環境保護署已成立「溫室氣體減量管理辦公室」，繼推動「溫室氣體減量法草案」立法後，又一向國際展現臺灣推動溫室氣體減量的決心。「溫室氣體減量管理辦公室」成立後，將統籌各部會建構溫室氣體查驗系統及自願減量推動的管理機制，進一步協助廠商提報、規劃溫室氣體自願減量計畫及到國家溫室氣體登錄平臺自願登錄，並持續研究溫室氣體減量法相關配套法案。

目前我國因應氣候公約，擬進行之策略方向如後：

- 掌握溫室氣體排放清冊。
- 推動溫室氣體排放部門別之分配及行動計畫。
- 評估溫室氣體減量策略、成本及潛力。
- 推動溫室氣體驗證及查核制度。

本計劃目前進行的工作，即是第一項主軸的工作內容。我國因國際地位特殊，能源多仰賴進口，經濟亦仰賴貿易，我國之減量主軸除根據IPCC減量潛力之概念外，參酌新加坡、南韓之國外經驗，規劃我國之減量主軸及配套機制；另結合環境影響評估制度規範新增重大開發案之二氧化碳增量審查。以目前我國的現況，環保署因應氣候變遷行動將從奠定法制基礎及健全溫減管理體系作起，期能促使產業及早投入減碳行列。而溫室氣體盤查、登錄及自願減量、排放交易的能力建構工作，正是面對全球溫室氣體減量所採取的重要因應措施，並扣合「峇里行動計畫」主軸，符合可量測、可報告、可查證（Measurable, Reportable, Verifiable）原則，據以建構與國際接軌之管理機制；此外，推展全

民節能減碳新生活運動，據以提升社會潛能，並積極參與國際合作交流，宣揚我國實質行動與成效，爭取國際認同以厚植未來談判利基。

一、呼應全球減碳願景，與全球共同減碳

臺灣是一個海洋國家，氣候變遷帶來的威脅和衝擊是最直接和嚴重的。為減緩溫室氣體效應衝擊，業依總統政見及行政院於2008年6月5日通過之「永續能源政策綱領」，揭示我國國家二氧化碳減量目標與期程，即於2016年至2020年間回到2008年排放量的水準，於2025年回到2000年排放量水準；長期而言，於2050年回到2000年排放量的50%的水準，以與世界趨勢接軌。

上開目標與期程是參酌我國減量與調適能力所及，來承擔共同但差異的責任，不僅符合公約基本原則；清楚宣示我國減碳的努力，且為非附件一國家（開發中國家或新興工業化國家）之首例，顯示我國推動溫減的決心與立場。

二、推動溫室氣體減量法立法

2006年2月京都議定書生效屆滿一週年的同時，環保署即率先提出開發中國家的第一個「溫室氣體減量法（草案）」，目前正在立法院審議中，將可作為我國因應氣候變遷的重要法制基礎。對外可宣示我國願意善盡共同保護地球環境之責任，對內落實經續會等重大會議立法共識，規範政府間跨部會推動溫室氣體減量機制、減量執行模式及執行工具，以降低溫室氣體排放，並有助於國際認同我國對溫室氣體減量之努力；若能配合「再生能源條例」、「能源稅條例」立法及「能源管理法」修訂，即可完備我國溫減法制基礎，逐步以經濟誘因推動減碳工作。溫室氣體減量法（草案）重點如下：

1. 規劃四階段減量策略，即「自願盤查登錄」、「強制盤查登錄與自願減量」、「效能標準與抵換交易」及「總量管制與抵換交易」等，並設計相關必要配套措施。
2. 中央主管機關訂定「國家溫室氣體減量推動方案」，中央目的事業主管機關訂定「部門溫室氣體排放管制行動方案」。
3. 為使我國與國際接軌，該法參考歐盟現行排放交易（EU ETS）與美國東北

州電力業溫室氣體交易制度（RGGI）等作法，在國家有法定減量責任時強化總量管制及排放交易機制設計，將一定比例之排放權改以「拍賣」或「配售」制度售出，較「全部無償分配」更為公平，並讓新設廠商容易取得排放權。

4. 肯定企業先期減量之努力，於總量管制實施前，執行排放源減量專案（先期專案）之排放額度可供交易或抵換。
5. 配合總量管制及排放額度交易、拍賣或配售等新興制度規劃，成立溫室氣體減量基金，專供溫室氣體減量及氣候變遷調適之用。
6. 授權中央目的事業主管機關得獎勵或補助事業採行自願減量措施，並鼓勵事業參與國內或國際合作執行抵換專案。事業所採行的抵換專案應於國內優先推動，實質達成我國減量要求。
7. 明確遵約管理制度，規定對違法行為之處罰要件，助於排放源遵守相關規定及降低因應成本。

三、健全溫室氣體減量管理體系

依「溫室氣體減量法（草案）」及「永續能源政策綱領-節能減碳行動方案」，推動各項具體管理措施，以建構溫室氣體減量能力，並進行實質減量。

1. 建置溫室氣體盤查登錄制度及登錄平臺：2007年7月啟動之「國家溫室氣體登錄平臺」，不僅提供產業上傳盤查資料，並已完成第一階段系統整合，各部會資料可相互流通。
2. 研擬執行「溫室氣體減量近期推動方案（草案）」：為於溫室氣體減量法生效前，及早建置具公信力之溫室氣體減量管理方法及認可程序機制，鼓勵業者提前進行溫室氣體減量工作，並保障業者所努力之減量成果，環保署依據立法院審議之溫減法草案規範，研擬「溫室氣體減量近期推動方案（草案）」。針對業者執行專案型減量，或是環保署公告排放源之其減量成果優於公告之排放強度（標竿值）者，經查驗機構查證屬實，均可提出減量額度認定申請；經認可之額度即可作為國內抵換之用。
3. 建立我國認證及查驗機構管理體系：配合溫室氣體減量法（草案），積極研議與國際接軌之溫室氣體認證及查驗機構管理機制、產業溫室氣體查證

指引等相關配套措施。

4. 研擬開發行為環境影響評估溫室氣體審議參考要點（草案）：溫室氣體減量法（草案）已將一定規模新設或變更排放源納入溫室氣體排放管理策略及機制規；目前重大開發或變更案，亦依環評程序及環評委員要求，進行溫室氣體排放管理。另為提供開發單位及環評審查委員於製作或審查，涉及溫室氣體排放增量及抵換作業之環境影響說明書、環境影響評估報告書（初稿）等作業之基準，環保署針對工業及能源部門開發行為，已初擬審議參考原則（草案）。此外，對已通過環評程序重大投資案之溫室氣體排放管理，環保署啟動溫室氣體相關承諾之追蹤監督機制，持續掌握環評個案最新發展。
5. 輔導事業參與境內外溫室氣體抵換專案：由於溫室氣體並非地區性的空氣污染物，溫室效應屬全球的環境問題，並不會造成排放當地之局部危害，因此並無所謂在境外種樹或減碳，污染留在臺灣的結果，而宜以全球觀點且顧及經濟成本，來思考有效的減碳策略。環保署依溫室氣體減量法（草案）規範，鼓勵事業應於國內施行溫室氣體減量計畫為優先，以實質達成我國減量要求。而境外合作減碳亦為聯合國氣候公約所明確規範的彈性作法，常見於其他歐美先進國家的減量策略項目，且國際間已有嚴謹的審核、監控與查核配套機制，以確保減量計畫具體執行；環保署提醒產業界應注意國際減碳合作的發展趨勢，掌握境外碳權經營的先機，來創造環保經濟雙贏的契機；環保署亦將規劃與產業合作執行境外碳權經營試行方案，並設計與國外碳市場接軌機制，以利未來於國內進行抵換認可。

四、推動減碳新生活運動

建構未來低碳經濟社會，除寄望於技術創新及制度改革之外，最根本解決之道莫過於民眾減量意識的覺醒，從無止境使用能源或地球資源、追求物質享受之生活方式，回歸至關懷環境、簡樸樂活之新生活態度，進而帶領產業走向更經濟有效且環境和諧之設計發展。環保署賡續推動「節能減碳無悔措施全民行動方案」，以提倡簡約樂活生活，由食、衣、住、行、育、樂等生活化及多樣性方式，推展全國減碳新生活運動。同時結合環團學研，培訓環保志（義）工及社區、企業、機關與學校物業管理人員，落實減碳及節能教育宣導，讓全民參與減碳行動，邁向低碳社會。

五、推廣綠色路網低碳運輸

為了因應高油價時代的來臨，將以政策導引的方式，促使國人改變交通的習慣。

1. 推廣使用低污染車輛

- 推廣計程車改裝或新購為油氣（LPG）雙燃料車，環保署之補助方式為每輛補助新臺幣 25,000 元，氣價補助每公升 2 元。另由經濟部積極推動分年增設加氣站，迄今已設置 33 站。
- 推廣使用油電混合車。
- 推動電動機車、電動自行車及電動輔助自行車等適合短程用途之電動車輛，以逐步取代汽油引擎機車。
- 推動「建置接駁型公共腳踏車租賃系統示範運行計畫」，提供腳踏車讓民眾可以低價或免費租賃，做為短程交通工具。
- 鼓勵使用生質柴油、酒精汽油及液化天然氣（LNG）等清潔燃料：建置液化天然氣/柴油雙燃料（LNG/DDF）污染測試平臺，協助業者進行柴油車改為 LNG/DDF 車之污染減量效益評估，並根據污染測試結果研議後續推動垃圾車、客貨運業柴油車改為 LNG/DDF 車策略。此外，自 2007 年 1 月 1 日起，生質燃料已免徵空氣污染防制費，藉由經濟誘因鼓勵使用生質柴油及酒精汽油等生質燃料。

2. 設置空品淨化區及自行車道

- 藉由植栽綠化及自行車道設置，可減少揚塵、淨化空氣品質並增加碳匯。
- 利用設置完成自行車道起迄點之經緯度，建置自行車道地理資訊系統（Geographic information system, GIS）系統，藉以串聯全國景點、商圈、行政區、學校，供民眾上網查詢及利用，規劃最佳交通及旅遊路徑，使自行車轉變為兼具休閒及生活必需的交通工具，進而減少汽機車使用，達節能減碳的目的。

六、促進氣候變遷國際合作

積極參與公約活動、宣揚我國減碳決心與作法：2008年12月6日環保署代表

首度應邀出席由氣候變化綱要公約與國際排放交易協會（International Emissions Trading Association, IETA）共同主辦的正式官方周邊會議，專題報告我國因應氣候變遷之立場與推動策略。

推動與美國、日本及歐盟等環保先進國家之雙邊環保技術交流，引進永續發展、溫室氣體排放減緩及政策制訂能力建構等相關政策與技術，建置我國推動低碳節能之基礎能力；強化與中美洲、太平洋等友邦國家或其他友好國家因應氣候變遷之能力建構經驗交流，共同致力於發展衝擊調適合作夥伴關係，並尋求於境外進行碳權經營之可能機會；也將持續鼓勵國內城市參與國際自願減碳行動，例如地方環境行動國際委員會（International Council for Local Environmental Initiatives, ICLEI），可學習並分享城市之減碳管理推動經驗，並將成功策略推廣至國內其他縣市區域

西元 1998 年召開之全國能源會議，其中特別強調「總量管制」精神：「全國能源會議所設定之總量目標，應就排放特性及減量成本等原則，分配於工業、住商、交通運輸及能源轉換等部門，而各部門相關主管機關應依其配額，擬定明確具體之減量時程及立即可行措施，據以推動，展現我國因應公約之決心，作為對外談判之依據」。

此外，部份與會人員建議在二氧化碳排放交易制度建立後，未來可將重大開發案之二氧化碳排放增量納入環境影響評估。

臺灣目前針對氣候變遷因應政策分為三個階段：

第一階段：（1）協調政府間溫室氣體減量政策（2005）

（2）溫室氣體減量法立法提案（2006）

第二階段：（1）執行地方政府節能減碳行動及全民減量行動方案

（2）綠海計畫（再造林行動）

（3）能源政策與措施（推廣節約能源，擴大天然氣使用，提高能源效率等）

（4）產業自願減量及申報系統

第三階段：（1）建立國家減量目標（以成本效益分析為基礎）

(2) 參與國際對話及全球減量計畫

5.2 我國溫室氣體減量相關法規

目前環保署針對空氣污染物減量措施方面有立法與行動兩個方向，立法方面是訂定溫室氣體減量法，目前的進度已重新送審溫室氣體減量法草案，尚未完成立法；行動方面是溫室氣體減量行動計畫。

在減量對策方面，根據目前的〈溫室氣體減量法〉草案第三章，現有的草案中對於減量對策相關條文，如下所示。

- 第十一條 事業具有中央主管機關公告之排放源者，應每年進行排放量盤查，並定期向中央主管機關指定之資訊平臺登錄其排放量；其登錄資料，應經查驗機構完成查證。
- 第十二條 事業具有中央主管機關公告之排放源者，其排放之溫室氣體年平均排放量，應符合溫室氣體效能標準。
- 第十三條 中央主管機關得依聯合國氣候變化綱要公約、議定書及相關會議之決議事項，因應國際溫室氣體減量規定之情形，實施溫室氣體總量管制。

至於在行動計畫方面，在溫室氣體減量法草案中第十條，則提及中央目的事業主管機關行動計畫以及各地方政府的溫室氣體減量執行計畫。

- 第十條 直轄市、縣（市）主管機關應依行政院核定之推動國家溫室氣體減量政策方案及中央目的事業主管機關訂定之行動計畫，訂修溫室氣體減量執行計畫，報請中央主管機關備查。直轄市、縣（市）主管機關應配合行政院核定之方案及中央目的事業主管機關所定行動計畫，訂修溫室氣體減量執行計畫，並推動之。

5.3 我國國籍航空器及地面專業車輛溫室氣體排放盤查機制

排放量盤查係指針對事業所有可能產生溫室氣體的來源，進行排放源清查與數據蒐集，其目的是為了瞭解產業的溫室氣體排放來源與特性。產業可依據 ISO/CNS14064 標準，將溫室氣體排放區分為直接溫室氣體排放（Direct greenhouse gas emission）、能源間接溫室氣體排放（Energy indirect greenhouse gas emission）、其他間接溫室氣體排放（Other indirect greenhouse gas emission），或是按溫室氣體盤查議定書（The Greenhouse Gas Protocol）所定義範疇1（scope 1）、範疇2（scope 2）、範疇3（scope 3）之分類方式，進行排放量鑑別與數據蒐集。未來在國內「溫室氣體減量法」通過後，中央主管機關將會定期公告每年需進行溫室氣體排放量盤查作業之各項排放源。

行政院環境保護署自2004年起執行「產業溫室氣體盤查管理/策略分析/減量規劃及試行推動計畫」，建立國內溫室氣體管理制度，開發溫室氣體盤查各項工具，協助產業執行溫室氣體盤查以瞭解並掌握自身排放現況，為將來國內法規生效之管制要求及國際逐漸成形之排放交易市場，做好準備工作。

對產業而言，溫室氣體管理首要第一步驟為建立產業自身溫室氣體盤查作業系統，確認目前排放現況，以評估未來可能排放趨勢，為產業進行溫室氣體減量工作上提供有效資訊。因此參採ISO 14064 系列國際標準與溫室氣體盤查議定書內容，引用政府間氣候變化專門委員會（IPCC）與其他國際單位之係數，並融入過去試行盤查經驗，編訂「產業溫室氣體盤查管理技術手冊」，以作為產業進行溫室氣體盤查參考之用。

國際標準組織（ISO）已於2006 年3 月1 日，正式公告溫室氣體管理和查驗活動密切相關的ISO 14064 系列標準，提供各國政府與產業界推動溫室氣體減量與排放交易等相關標準化規範與工具，內容包括ISO/CNS 14064-1 溫室氣體—第1 部：組織層級溫室氣體排放與移除之量化及報告附指引之規範，ISO/CNS14064-2 溫室氣體—第2 部：計畫層級溫室氣體排放減量或移除增量之量化、監督及報告附指引之規範及ISO/CNS 14064-3 溫室氣體—第3 部：溫室氣體主張確證與查證附指引之規範。為因應ISO 14064 系列標準公告，我國於環保署與經濟部標準檢驗局合作下，亦已分別於2006 年7 月（CNS 14064-1）及8 月（CNS 14064-2）完成審查公告。ISO/CNS 14064 系列標準，主要提供溫室氣體排放實體及減量計畫稽核之計算架構，由下至上針對特定設備之排放及/或移除溫室氣體，計算彙整而成之溫室氣體排放清冊，涵蓋相關性、完整性、一致性、準確性及透明度等五項溫室氣體排放查證之基本原則，並包含查證規範之

要求事項。

為鼓勵事業單位提早共同努力減緩全球暖化現象，環保署提供自願參與溫室氣體盤查及減量作業之資訊登錄平臺（參見附錄八）。於進行溫室氣體實際盤查時，溫室氣體盤查議定倡議另提供「溫室氣體計算工具」，提供組織建立溫室氣體盤查清冊與報告，目前提供十五種產業或製程。以航空器及地面專業車輛來看，應屬於移動源的行業別，移動源主要的溫室效應氣體排放為燃料油，依據經濟部能源局（2007）之資料，主要考量的溫室效應氣體為 CO₂、CH₄ 及 N₂O。至於燃油的種類則可分成以下八種：

1. 航空汽油
2. 航空燃油
3. 車用汽油
4. 柴油
5. 煤油
6. 潤滑油
7. 液化石油氣（LPG）
8. 液化天然氣（LNG）

5.4 我國國籍航空器溫室氣體排放計量公式

溫室氣體排放量的推算上主要有兩個應用工具，其一為跨政府氣候變遷專家小組（IPCC）所建議的方式，常用於建置國家排放清冊，亦特別針對運輸部門有其推算方式。另一則是以IPCC 計算方式為基礎，但偏重於個別實體推算其自身溫室氣體排放的方法，為企業永續發展協會和世界資源研究院共同開發的 GHG Protocol。從使用層級來區分，IPCC 方法屬於由上而下（Top-down）的方式，使用總和程度較高的資料（如能源耗用）來進行推算。而GHG Protocol 的推算方法，則強調其符合個別實體針對其排放源進行個別評估與管理的功能，除了能源使用之外，亦考慮個別實體之製程。

排放及逸散性排放等排放情況，屬於由下而上（bottom-up）的方式。茲分別介紹如下：

1. 跨政府氣候變遷專家小組（IPCC）

IPCC 溫室氣體排放量盤查對象包括CO₂、CH₄、N₂O、NO_x、CO、NMVOC 及SO₂；IPCC（1996）中對於國家在編制運輸部門溫室氣體排放清冊時，建議將運輸部門的溫室氣體排放分成以下兩大類：道路運輸：汽油和柴油，非道路運輸：空運、水運和鐵路運輸。推估步驟如下：

- （1） 考慮不同油品與不同部門的燃油效率：在運輸部門所使用的油品可包括煤、天然氣、石油、液化天然氣、航空用油（Jet Fuel, Kerosene；Jet Fuel, Naphtha）
- （2） 求出燃料之總碳含量
- （3） 減去產品之總碳儲存量
- （4） 減去燃料儲存或跨國運輸過程之碳量
- （5） 調整燃燒時未被氧化的碳量
- （6） 將碳排放轉成二氧化碳排放

計算公式為：

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ 排放量 (Gg CO}_2\text{)} &= \text{消耗油量 (10}^3 \text{ tons)} \times \text{因子 (TJ/10}^3 \text{ tons)} \\ &\times \text{碳排放係數 (t C/TJ)} \times 10^{-3} \text{ (GgC/t C)} \times [1 - \text{碳儲存率 (\%)}] \\ &\times \text{碳氧化率 (\%)} \times 44/12 \text{ (CO}_2 \text{ 分子量/C分子量)} \end{aligned}$$

其中消耗油量為汽油車消耗的總油量（10³ tones）；轉換因子為IPCC 使用油品的淨熱值當作轉換因子（TJ/10³ tones）；碳排放係數為熱值轉換成含碳重的轉換係數（tC/TJ）；10⁻³ 為單位換算，即tones 轉換成Gg；碳儲存率為若無法取得此值，建議忽略；碳氧化率為碳能被氧化的百分率（%）；44/12 為C 轉換成CO₂ 的轉換係數。

另根據IPCC 對於道路上的CH₄ 與N₂O 的排放量評估，其步驟如下：

- (1) 決定各種車輛的車行里程、油品種類以及出廠年份
- (2) 分配不同控制技術的車行里程比例
- (3) 根據車種、油品以及控制技術，決定CH₄ 與N₂O 的排放係數 (Emission Factor)
- (4) 根據車種、油品以及控制技術，決定CH₄ 與N₂O 的排放量

2. GHG Protocol

依據燃料或距離為基礎，並建議依據燃料為優先計算方式。當使用燃料及距離為衡量基礎來說明計算方式時，燃料為衡量基礎的計算方式比較好 (WRI/WBCSD, 2001)。N₂O 與CH₄ 排放量主要與所採用的排放控制設備（例如：觸媒轉化器的類型）有關。且N₂O 與CH₄ 排放量在運輸排放量中比例極小，如果沒有特別要求，計算可僅考量CO₂ 排放量的估算。

- (1) 燃料耗用為基礎：

$$\text{CO}_2\text{排放量} = \text{燃料使用量} \times \text{熱值} \times \text{排放係數}$$

當燃料使用量無法直接取得時，可依下列公式算出：

$$\text{燃料使用量} = \text{距離} \times \text{燃料效率因子}$$

燃料效率因子：燃料效率因子的單位依據所知的行程活動距離類別而定，例如：已知是噸-哩時，單位是加侖/噸-哩，可參考一般汽車每加侖哩程數，係依據美國環保署 2001 年版指南所列的平均值 ([http : //www.epa.gov/autoemissions](http://www.epa.gov/autoemissions))。其中排放係數為熱值轉換成CO₂ 排放量之轉換係數，熱值為油品之熱值，均可參考IPCC, Volume 2, Section1 (2006)。

- (2) 行程距離為基礎

$$\text{CO}_2\text{排放量} = \text{行程距離} \times \text{排放係數}$$

GHG Protocol 對N₂O 與CH₄ 排放量主要與所採用的排放控制設備（例如：觸媒轉化器的類型）有關。由於N₂O 與CH₄ 排放量於運輸工具所致排放比例極小，GHG Protocol 建議若無特殊要求，可僅估算CO₂ 排放量。

空運部門概分為國內線及國際線，目前各國國家清冊中僅包括國內線排放量，並未包括國際線之排放。為區別起見，本計畫將國際線空運排放量另行計算表列。空運部分活動強度之推估，本計畫以燃料使用量表示活動強度，燃料使用量則利用能源平衡表中航空部門國內線能源消耗統計量推估。交通部運輸研究所計畫（2006）嘗試利用起降排放及巡航排放資料推估空運排放量，但國內欠缺巡航時燃料消耗量之統計量，故無法推估較精確數值。所以空運國內線溫室氣體排放量推估之活動強度仍以燃料使用量為計算基準。國際線則採用全國之國際航空能源消耗量推估。在空運排放係數CO₂ 部分以單位燃料排放係數為基準進行排放量之估算，該類碳排放係數與IPCC 建議值相同，但參酌本土油品之熱值並估算出二氧化碳排放係數（交通部運輸研究所, 2005）。溫室氣體排放量推估結果將國內線及國外線分開表列。另外，IPCC（2006）亦有相關的排放係數預設值。在非CO₂ 溫室氣體排放部分，國內並無相關資料，擬以IPCC 的預設值及選取其他國內外資料進行估算。最後再加總CO₂ 及非CO₂ 的排放量，並以CO₂ 當量表示。為了提供航空器溫室氣體排放計量公式及清冊，本計畫參酌全球主要組織或機場的溫室氣體排放計算方式，進行桃園機場溫室氣體盤查時所需的相關資料蒐集工作。航空器的部份，主要是以盤查油料的使用狀況；而在地面車輛而言，欲計算溫室氣體的排放量，除了排放係數以外，必須掌握的資料為活動強度，亦即車輛在機場內部的年行駛里程數及車輛數。

5.5 全球主要組織或國家之溫室氣體計算方式

在溫室氣體的計算方式，國外有相關的模式可進行計算。例如 IPCC 所發展的 EFDB、ICAO 美國的 MOBILE6.2、以及澳洲所發展的 TNIP Carbon Counter。此四個排放係數模式簡要說明如下：

1. EFDB：

IPCC在2003年9月召開的範疇界定會議中（IPCC，2003），針對「IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories」，將於2006年已有新的修正，對於排放係數的引用與推估，已在網路上建置此一排放因子資料庫（<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php>）。EFDB目前的排放係數資料主要是IPCC的預設值，其資料主要是由「Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories and the IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories」所提供。因此，本研究在推估溫室效應氣體之排放因子，將引用EFDB的資料。

2. ICAO

國際民航組織（ICAO）發展以引擎為主要考量因素的排放係數，<ICAO Aircraft Engine Emissions Databank>，所考量者為已進入量產的引擎，所計算的排放係數為HC、CO、NO_x以及油耗，所考慮的排放程序包含take off, climb out, approach 及cruise四個階段。

3. MOBILE6.2

MOBILE6是估計道路機動車輛目前或未來空氣污染物排放量的應用程式軟體，最早的MOBILE系列的模式可以追溯到1978年，MOBILE6是估計下述狀況的平均排放係數：

- 三類法規污染物：碳氫化合物（HC）、一氧化碳（CO）、氮氧化物（NO_x）
- 以汽油、柴油或天然氣為燃料的汽車、卡車、公車和摩托車（28種）
- 模擬年度為1952年到2050年

此為美國環保署發展的排放係數模式，以AP-42為基礎，七十年代首版MOBILE1問世，至1996年9月之MOBILE5b，均是以AP42為基礎，將所有AP42的資料加以程式化、自動化而成。MOBILE6於2001年1月正式推出，其後增加HAP、CO₂及PM的模組，成為Mobile6.2；美國環保署每次的版本修正，擴充使用者之輸入參數，自MOBILE4.1後，開始列入維護/保養的資料。Mobile5B模式可推估8種車種、3種污染物THC（或VOC）、CO、NO_x，Mobile6.2則是推估28種車種以及THC、CO、NO_x、PM、CO₂及HAP等6類空氣污染物。模式中考慮車齡分佈、累積車行里程、車速、溫度、燃料蒸汽壓、旅次長度、車輛行車型態（冷啟動、穩態操作、熱啟動）、車輛劣化率等條件，求得車陣的平均排放係數，以g/mi為單位。由於此模式為美國環保署認可之模式，在美國及其他國家（包括臺灣）均常被使用，使用時可將油料、車輛之相關資料及道路狀況等參數更動為當地數據即可（余泰毅等, 2004）。在MOBILE6.1推出之前，美國環保署就開發獨立的PART模型來估計懸浮微粒及其他相關排放物。PART5是在MOBILE6.1之前此模型的最新版本，MOBILE6.1將PART5的改進版本與MOBILE6.0結合。在MOBILE6.1推出前，環保署開發了一個獨立的粗選模式——MOBTOX，用於估計危害性空氣污染物的排放。然而，MOBTOX不易使用而且只有申請後才能使用。MOBILE6.2將MOBTOX的方法與MOBILE6.0結合了起來。MOBILE6.1/6.2是環保署第一個可以估計CO₂的道路車輛排放係數模式。

4. TNIP Carbon Counter

TNIP（Transparent Noise Information Package）為澳洲政府所開發之軟體，用來提供民航業者計算碳足跡。澳洲政府希望此軟體有助於全球努力更能瞭解氣候變遷的挑戰，同時提供民航業者達到最佳與有效地管理。其軟體的進入畫面，如圖5-1所示。

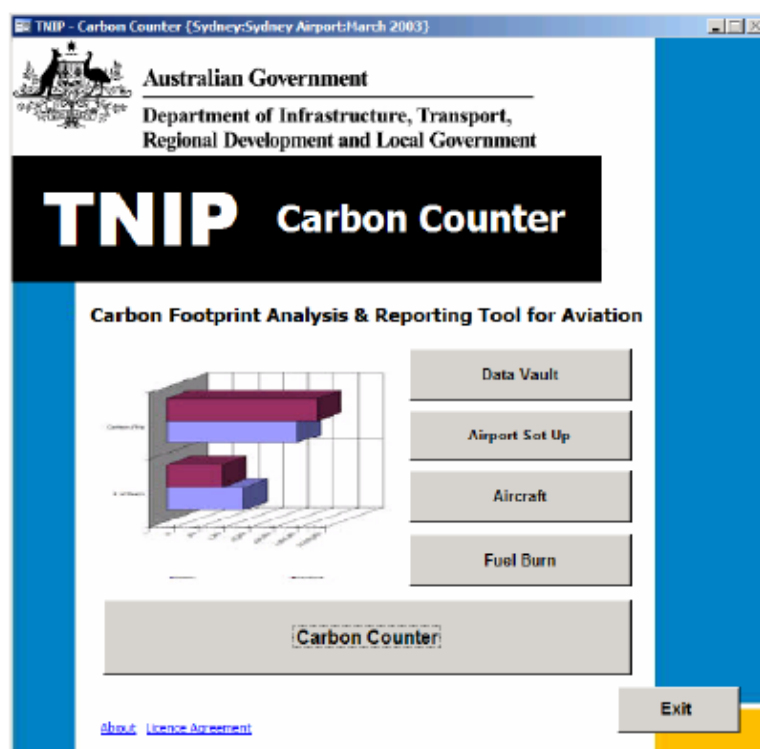
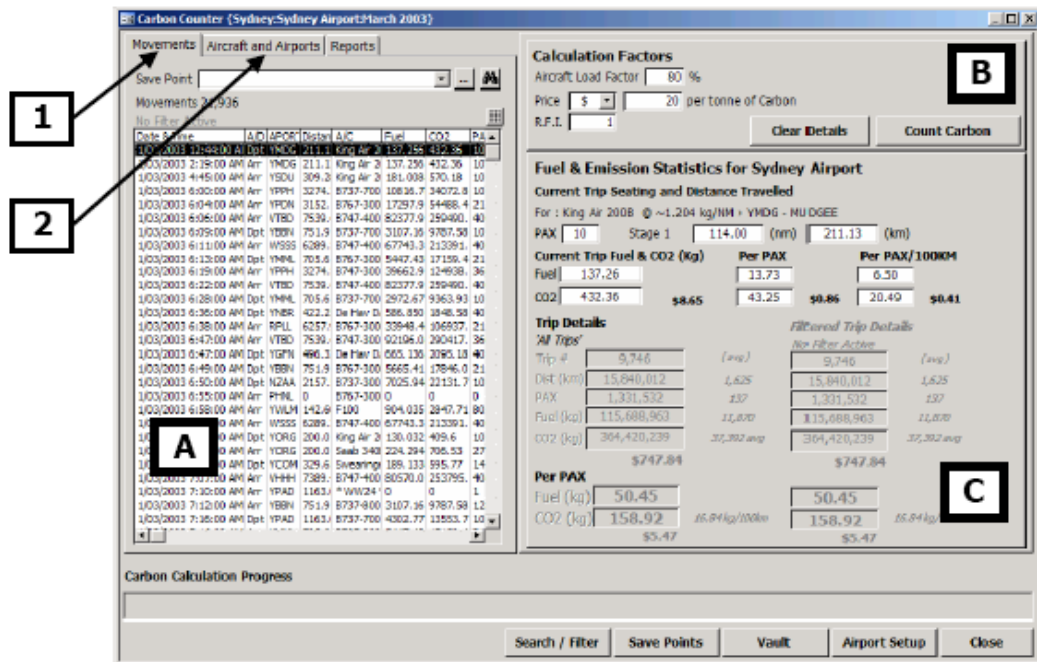


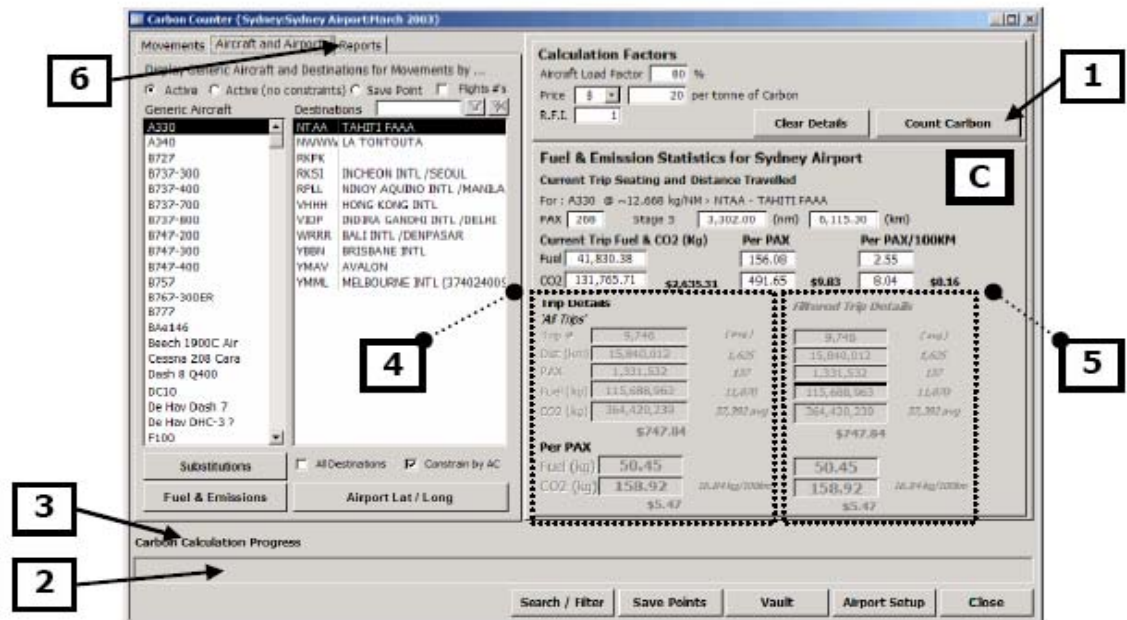
圖 5-1 TNIP Carbon Counter 之軟體畫面

軟體的預設資料為雪梨機場的資料。進入軟體後，有五個按鈕，分別是資料庫（Data Vault）、機場設定（Airport Set Up）、飛機（Aircraft）、（Fuel Burn）以及碳計算（carbon counter）。進入 Carbon Counter（計算碳足跡）的選項後，各項資料的說明如圖 5-2 所示。在此畫面，若選擇 Aircraft and airports（飛機與機場），可出現圖 5-3。若選擇 Reports（報告），可出現圖 5-4。



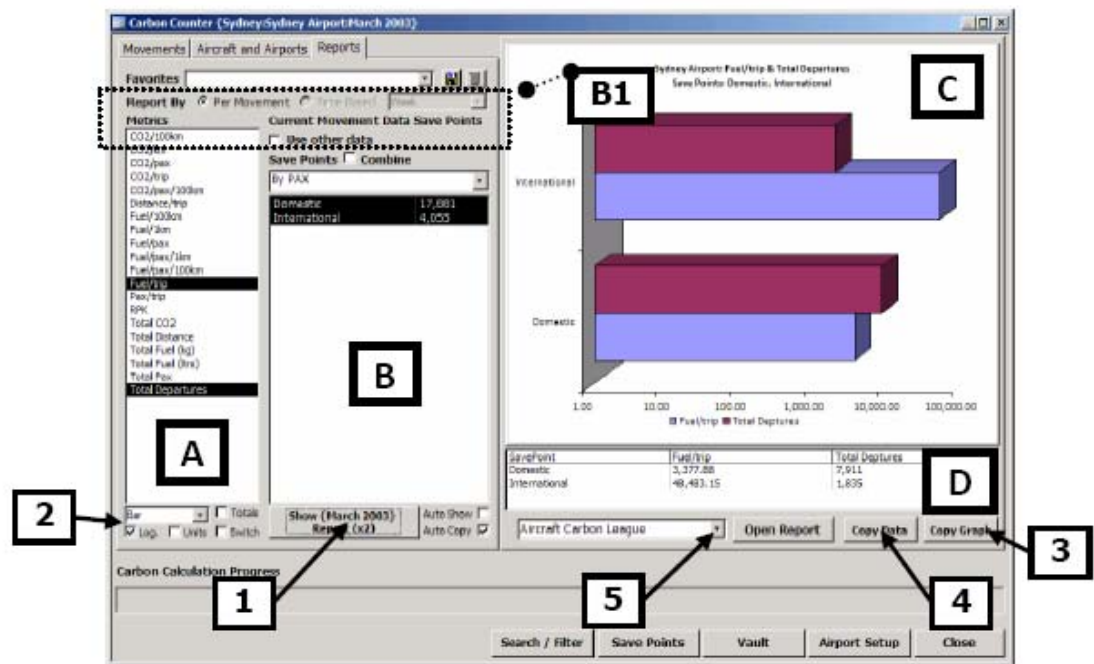
- 1 : Movements (架次) 2 : Aircraft and airports (飛機與機場)
- A : Data section (資料區) B : Calculation Factors section (飛機載重比, 碳稅價格等)
- C : Fuel & Emissions Statistics section (燃料與排放統計: 各旅次個別、整體及平均數值)

圖 5-2 Carbon Counter 之進入畫面



- 1 : Carbon counter 2 : Process bar (進度) 3 : Information (目前資訊)
- 4 : Information (更新資訊) 5 : Filtered Trip (篩選旅次) 6 : Reports (報表區)

圖 5-3 Aircraft and airports 之畫面



A：Metrics（資料項目）B與 B1：data selection area（資料選項）C：繪圖區 D：資料區

1：報表顯示 2：圖形標記選項 3 圖形複製：4：資料複製 5：圖形選項下拉選項

圖 5-4 TNIP Carbon Counter 之軟體畫面

TNIP Carbon Counter 的計算，必須輸入以下資料，

- 飛機起降次數
- 飛機種類（含機型及引擎種類，如表 5-1 所示）
- 起降機場

此外，TNIP 軟體在計算機場飛機起降的碳排放係數，必須準備五項基本資料，分別為飛機起降資料、飛機的機型、機場資料、計算因子及油耗資料。

飛機起降資料，所需輸入的資料為七項，分述如下：

1.1 日期（Date）

1.2 當地時間（Local Time）

1.3 起飛機場代碼（Origin Airport，ICAO 代碼，如桃園國際機場為 RCTP）

1.4 目的地機場代碼（Destination Airport, ICAO 代碼）

1.5 飛機機型 (AIRCRAFT TYPE, 飛機機型)

1.6 飛行種類 (FLIGHT TYPE, A 代表到達 (Arrival), D 代表離境 (Departure))

1.7 跑道代碼 (NEW RUNWAY CODE)

至於飛機的機型方面 (表 5-2), 則包括三項資訊:

2.1 飛機機型 (AIRCRAFT TYPE, 飛機機型)

2.2 引擎類別 (Jetproc, 'J' for 噴射機, 'P' for 非噴射機 and 'O' 為其他)

2.3 模型 (Model)

飛機機場方面資料 (表 5-3), 包括五項資訊如下:

3.1 機場代碼 (APORT, ICAO代碼)

3.2 機場緯度位置 (APORT_LAT)

3.3 機場經度位置 (APORT_LONG)

3.4 機場名稱 (APORT_NAME, 如桃園機場的名稱為TAIPEI)

3.5 時區代碼 (TIME_ZONE_CODE)

計算因子方面, 分成以下三項因子 (圖5-5):

4.1 Aircraft load factor (飛機載重因子)

4.2 碳稅價格 (預設值為每噸20元)

4.3 R.F.I. (Radiative Forcing Index) 輻射驅動力指標: 經常被用作於一個氣候變遷的指標, 評估和比較人為和自然的氣候影響量, 其定義為對流層頂之淨輻射通量的改變量。

油耗資料, 依據每一航班的資訊, 油耗資料如下 (圖5-6):

5.1 PAX： 乘客人數

5.2 飛行距離：（nm，海哩）（km，公里）

5.3 油料使用量及CO₂排放總量（kg），人均值油料及CO₂排放量（kg）

其中油耗的使用狀況，是依據TNIP資料庫的預設值，其預設值係根據各飛機機型在不同距離的油耗使用進行統計（圖5-7）。最後可統整出單一航次之油耗與二氧化碳之排放資料（圖5-8）

表 5-1 TNIP 之起降輸入資料

DATE	TIME LOCAL	ORIGIN AIRPORT	DESTINATION AIRPORT	AIRCRAFT TYPE	FLIGHT TYPE	NEW RUNWAY CODE
1/03/2005	00：01	YBBN	YSSY	SW4	A	34L
1/03/2005	00：05	YSSY	YMML	B461	D	16R
1/03/2005	00：11	YSSY	YSCB	C404	D	16R
1/03/2005	00：25	YPAD	YSSY	SW4	A	34L
1/03/2005	00：44	YBBN	YSSY	SW4	A	34L
1/03/2005	00：49	YSSY	YMML	B463	D	16R
1/03/2005	00：52	YSSY	YSWG	BE20	D	16R
1/03/2005	00：54	YSSY	YBBN	SW4	D	16R
1/03/2005	00：56	YSSY	YBCG	PA31	D	16R
1/03/2005	01：01	YSSY	YMML	WW24	D	16R
1/03/2005	01：08	YSSY	YBBN	SW4	D	16R
1/03/2005	01：33	YSSY	YPAD	SW4	D	16R
1/03/2005	01：43	YSSY	YBNA	SW4	D	16R
1/03/2005	02：08	YBBN	YSSY	B463	A	34L
1/03/2005	02：47	YORG	YSSY	BE20	A	34L
1/03/2005	02：53	YSSY	YPAD	B463	D	16R
1/03/2005	03：11	YSWG	YSSY	BE20	A	34L
1/03/2005	03：23	YMML	YSSY	B461	A	34L
1/03/2005	03：57	YSSY	YBBN	B461	D	16R

表 5-2 TNIP 各飛機機型資訊

Aircraft	Jetprop	Model
A109	O	H
A124	J	747400
A300	J	A300
A306	J	A300
A30B	J	A300
A310	J	A310
A319	J	A320
A320xxx	J	A320
A330	J	A330
A332	J	A330
A333	J	A330

表 5-3 各機場地理位置資訊

APOINT	APOINT_LAT	APOINT_LONG	APOINT_NAME	TIME_ZONE_CODE
*AKU	090027S	1022107E	AKUKO (WAY POINT)	OS
*API	120000S	1473624E	FIR ENTRY "APISO"	OS
*APU	120000S	1445742E	FIR ENTRY APUKA	OS
*BUT	083248S	1293954E	FIR ENTRY BUTPA	OS
*DAD	020000S	0792706E	FIR ENTRY DADAR	OS
*DOG	020000S	0875018E	FIR ENTRY DOGAR	OS
*DOR	405918S	1630000E	FIR ENTRY "DORAX"	OS
*DOS	353448S	1630000E	FIR ENTRY "DOSOB"	OS
*ELB	090518S	1274342E	FIR ENTRY ELBIS	ED
*ELI	020000S	0895742E	FIR ENTRY "ELATI"	OS
*GUD	070436S	0750000E	FIR ENTRY GUDUG	OS
*GUG	323012S	0750000E	FIR ENTRY GUGON	OS
RCTP	250454N	1211324E	TAIPEI	OS

Calculation Factors

Aircraft Load Factor %

Price per tonne of Carbon

R.F.I.

圖 5-5 計算因子參數

Fuel & Emission Statistics for SYDNEY INTL

Current Trip Seating and Distance Travelled

For : A330 (A332) @ ~12.965 kg/NM > YPPH - PERTH INTL

PAX Stage 4 (nm) (km)

Current Trip Fuel & CO2 (Kg)		Per PAX	Per PAX/100KM
Fuel	<input type="text" value="22,922.85"/>	<input type="text" value="85.53"/>	<input type="text" value="2.61"/>
CO2	<input type="text" value="137,193.25"/>	<input type="text" value="511.90"/>	<input type="text" value="15.63"/>
	\$2,743.86	\$10.24	\$0.31

圖 5-6 飛機之油耗統計

Enroute Fuel Burn

Generic Aircraft Name A340

No of Seats

Fuel Calculation Method ☐ By Stage Length ☒ By Distance

	Distance From	Distance To	Fuel kg/nm	CO2 g/kg
▶	0	125	30.66328	
	126	250	22.676	
	251	500	16.965	
	501	750	15.081	
	751	1000	14.201	
	1001	1500	13.422	
	1501	2000	13.14	
	2001	2500	13.0782	
	2501	3000	13.038	
	3001	3500	13.107	
	3501	4000	13.224	
	4001	4500	13.351	
	4501	5000	13.5339	
	5001	5500	13.7207	

圖 5-7 各飛機機型之油耗使用狀況

Trip Details			Filtered Trip Details		
<i>'All Trips'</i>			<i>No Filter Active</i>		
Trip #	39	(avg)			(avg)
Dist (km)	136,698	3,505.08			
PAX	7,500	192			
Fuel (kg)	881,676	22,607			
CO2 (kg)	5,276,834	135,303			
\$ 105,537					
Per PAX					
Fuel (kg)	94.35				
CO2 (kg)	564.67	20.07 kg/100km			
\$ 14.07					

圖 5-8 單一航次之油耗與二氧化碳排放詳細資料

第六章 我國主要航空站廢氣（含溫室氣體）排放推估

建置航空器與地面專業車輛溫室氣體排放清冊主要在於了解我國國籍航空器及地面專業車輛之溫室氣體排放現況，並將此一數據與既有之溫室氣體管制盤查機制結合，以作為未來相關政策制定和推動基礎。本研究以我國之主要國際機場（臺灣桃園國際機場）與國內機場（臺北松山機場）為研究個案，進行航機起降、地面專業車輛與機場用電所產生之廢氣與溫室氣體之年產生量估算。

6.1 我國溫室氣體排放計量公式與資料

本計劃採取 EFDB、ICAO 以及 Mobile 6.2 之模式與相關資料進行我國主要航空站溫室氣體與相關廢氣之推估。澳洲之 TNIP 軟體雖為一計算航空站航機起降之有效工具，但礙於所需之資料種類眾多¹⁶，因此本研究將以 ICAO 與 IPCC 之標準航機起降模式與相關參數推估飛機起降之廢氣排放。以下對於各模式計算溫室氣體所需的資料進行說明。

1. EFDB：IPCC 目前的排放係數資料庫（Emission factor database, EFDB），可計算的空氣污染物種類繁多，共計有 83 種，與本計劃相關者，為 SO₂、NO_x、NMVOC、CH₄、CO、CO₂、N₂O、NH₃、TSP、PM_{2.5}、PM₁₀ 等 11 種空氣污染物，若以汽油自用小客車為例，其排放係數的計算結果如附錄九所示。至於一般車輛的溫室效應氣體排放，如表 6-1 所示，所需要各種車輛資料涵括以下各項：

- 車輛出廠年份（控制設備）
- 車輛數
- 年行駛里程

2. ICAO

¹⁶ TNIP 軟體主要目的乃用來推估碳排放量，並無法計算其他污染物之排放。

ICAO 的〔ICAO Aircraft Engine Emissions Databank〕模式可求出污染物的排放因子（如附錄十），必須輸入模式的參數包括以下各項：

- 飛機起降次數
- 飛機種類（含機型及引擎種類）

表 6-1 IPCC 的溫室效應氣體排放係數（g/km）

車種/溫室效應氣體	CH ₄	N ₂ O	CO ₂
自用小客車/計程車	0.02~0.07*	0.005	190~270*
汽油小貨車	0.02~0.14**	0.024~0.036**	396~601**
柴油小貨車	0.01	0.024~0.063***	330~415***
大貨車、大客車、公車	0.04~0.06***	0.025~0.031***	987~1097***
二行程機車	0.10	0.001	57
四行程機車	0.20	0.002	120

資料來源：IPCC。

註：*自小客車的控制設備分成 Uncontrolled、Early non-catalyst Controls、Non-catalyst Control、Oxidation catalyst control 以及 Three-way catalyst 五種

**汽油小貨車的控制設備分成 Uncontrolled、Non-catalyst、Three-Way Catalyst Control、Early Three-Way Catalyst Control、Oxidation catalyst 以及 Low-Emission Vehicle Technology 六種

***柴油車的控制設備分成 Advanced controlled、Moderate Controlled、uncontrolled 三種

3. Mobile 6.2

MOBILE6.2 模式可求出污染物（CO、NO_x、SO_x、THC）的排放因子，必須輸入模式的參數包括以下各項：

- 年份
- 月份（一月份、七月份）
- 每小時溫度

- 海拔高度（高、低）
- 週末/上班日
- 燃料特性（雷得蒸氣壓、含硫量、含氧量等）
- 濕度和日照程度
- 按車輛類型登記（使用年限）範圍
- 按車輛類型的累積車行里程數
- 按車輛類型和模式年份的柴油車銷售量
- 按小時和路面計算的平均速度範圍
- 按路面類型計算的車輛行駛里程數
- 按車輛類型每天的引擎發動次數以及小時計算的引擎發動範圍
- 按小時計算的引擎發動預熱時間範圍
- 按小時計算的行駛時間範圍
- 平均行駛長度範圍
- 預熱持續時間
- 按車輛類型計算的車輛行駛里程數
- 按小時計算的每日之完整、部分和多重時間範圍
- 車輛維護（I/M）記錄
- 防止擅改記錄
- Stage II 之加油排放記錄
- 天然氣燃料的車輛相關資料
- 碳氫化合物輸出量
- 懸浮微粒大小範圍

- 懸浮微粒 (PM) 和危害性空氣污染物 (HAPs) 的排放因子
- 輸出格式的規格

對於 Mobile6.2 模式所輸入之相關參數，蒐集國內完成的 TEDS6.1 資料庫的原始資料，所需資料如下：

- 油品成份 (含硫份、含鉛量、含氧量及 RVP 值)
- 耗油率
- 車輛控制技術比例
- 新車排放係數及劣化率 (即零里程排放率及劣化係數)
- 年平均車行里程
- 車齡分佈
- 環境背景參數
- 旅次分佈 (汽油車)
- 車籍登記數

6.2 我國主要機場飛機起降污染物排放量推估

本節主要探討臺灣桃園國際機場與臺北松山機場 2008 年之飛機起降所產生之各種污染物估算，並進一步依據民航局機場運量預測之資料，推估未來之污染物產生量。本研究主要探討範圍為民航機部分，松山機場之軍機與直昇機部分之起降則不包括於研究範圍內。

6.2.1 2008 年飛機起降污染物

桃園機場 2008 年之起降總架次為 145,993，依照桃園機場於 2008 年之起降機型與架次統計資料 (參見附錄十一)，表 6-2 列式出桃園機場起降比率較高之前 15 種機型與引擎組合。由於起降機型種類眾多且同一機型有時亦有兩種或多種引擎之使用，本研究採用起降我國機場航空器之常用引擎，以簡化污染物

推估流程；而起降比率較低之其他 42 種機型，則依照機型之最大起飛重量，採用其類似機型引擎組合之污染物，進行估算。起降桃園機場之機型以大型飛機佔多數，最主要為 B747-400 佔總起降架次之 22.4%，其次為 A330-300（19.4%）、B777-300（9.1%）與 B737-800（8.0%）。

表 6-2 臺灣桃園國際機場主要起降機型與引擎~2008 年

按年架次排名	機型	航空公司最常使用引擎*	2008 年飛機起降比率
1	B747-400	PW4056, CF6-80C2B1F	22.4%
2	A330-300	CF6-80E1A4, TRENT772	19.4%
3	B777-300	GE90-115B, TRENT892	9.1%
4	B737-800	CFM56-7B24	8.0%
5	A330-343	TRENT772	6.2%
6	A321	V2530-A5	5.9%
7	A340-300	CFM56-5C4	4.3%
8	B767-400ER	CF6-80C2B1F	2.8%
9	MD90	V2528-D5	2.7%
10	MD11	CF6-80C2D1F	2.6%
11	B777-200	GE90-90B	1.9%
12	A319	CFM56-5A5	1.5%
13	B757-200	RB211-535-E4	1.5%
14	A320-232	V2527	1.4%
15	B767-200	JT9D-7R4D	1.1%
	其他 42 種機型		9.1%
總計			100.0%

資料來源：起降資料來自交通部民用航空局，詳細之起降架次資料參見附錄十一。

註：*我國籍航空公司與起降於桃園機場之外籍航空公司常用之引擎。

松山機場 2008 年之起降總架次為 49,264，接著，依照松山機場於 2008 年之起降機型與架次統計資料（參見附錄十二），表 6-3 列式出松山機場起降比率較高之前 12 種機型與引擎組合。與前述相同，本研究採用起降我國松山機場航空器之常用引擎，而起降比率較低之其他 12 種機型，則依照機型之最大起飛重量，採用其類似機型引擎組合之污染物，進行估算。起降松山機場之機型以螺旋槳飛機和單走道噴射機佔多數，最主要為 ATR72 佔總起降架次之 33.1%，其次為 DHC-8（18.7%）、MD90（12.8%）與 F100（7.3%）。

表 6-3 臺北松山機場主要起降機型與引擎~2008 年

按年架次排名	機型	航空公司最常使用引擎*	2008 年飛機起降比率
1	ATR72	PW127	33.1%
2	DHC-8	PW123	18.7%
3	MD90	V2528-D5	12.8 %
4	F100	MK62015	7.3%
5	Beechcraft 1900	PT6A	5.4%
6	Embraer ERJ-190	CF34-10E	5.1%
7	MD83	JT8D-219	4.1%
8	MD82	JT8D-217C	4.0%
9	A321-232	V2530-A5	2.8%
10	F50	PW125B	1.7%
11	A320-232	V2527	1.7%
12	B737-800	CFM56-7B24	1.0%
	其他 12 種機型		1.4%
總計			100.0%

資料來源：起降資料來自交通部民用航空局，詳細之起降架次資料參見附錄十二。

註：*我國籍航空公司與起降於臺北松山機場機場之外籍航空公司常用之引擎。

本研究採用 ICAO 之標準起降模式，推估飛機操作所產生之燃油與各種污染物之產生量，各模式之運作時間參見表 6-4。

表 6-4 ICAO 標準起降模式飛機運作時間

模式	時間（分）
慢車與滑行（Idle）	26.0
起飛（Take-off）	0.7
爬升（Climb-out）	2.2
近場/落地（Approach/landing）	4.0

資料來源：ICAO engine emissions databank.

由於 ICAO 之發動機排放資料庫僅提供各運作模式之油耗與三種污染物（HC、CO 與 NO_x）之排污係數資料（參見表 6-5，詳細主要機型與引擎相關資料參見附錄十三），本研究另外採用 IPCC 與德國聯邦環保署委託之研究報告成果，將 CO₂、PM 與 SO₂ 納入分析中，相關之排污數據如表 6-6 所示。

由前述之相關數據，計算求得各機型與引擎組合於 ICAO 標準起降程序產生之六類污染物（除 CO₂ 外，亦包括 HC、CO、NO_x、PM 與 SO₂），表 6-7 列出起降我國機場之常用機型之各種污染物排放量。各種機型之污染物排放量均以 CO₂ 之產生量最高其次為 NO_x 與 CO。雖然 NO_x 之量相較於主要之溫室氣體（CO₂）較低，但因為其對人體之邊際影響較嚴重（即下節說明之單位社會成本較高），因此歐盟已將 NO_x 納入下一個管制減量之氣體。

表 6-5 ICAO 標準起降模式油耗與排污係數-以 B747-400/PW4056 為例

機型	引擎	運作模式	油耗 (kg/秒)	HC (g/kg fuel)	CO (g/kg fuel)	NO _x (g/kg fuel)
B747-400	PW4056	Take-off	2.4490	0.11	0.08	32.50
		Climb-out	1.9810	0.17	0.14	24.60
		Approach	0.6470	0.25	0.90	11.60
		Taxi/idle	0.1880	0.66	11.60	5.00

資料來源：ICAO engine emissions databank.

表 6-6 飛機引擎運作之 CO₂、PM 與 SO₂ 排污係數

運作模式	排污係數 (g/kg fuel)	資料參考來源
CO	3150.00	IPCC
PM	0.20	German Federal Environmental Agency
SO ₂	0.80	German Federal Environmental Agency

資料來源：ICAO engine emissions databank.

表 6-7 各類機型於 ICAO 標準起降程序產生之污染物

單位：公斤/起降

主要機型	HC	CO	NO _x	PM	SO ₂	CO ₂
B747-400	6.8	35.7	47.1	0.6	2.6	10,216
A330-300	4.5	18.0	39.5	0.4	1.6	6,485
B777-300	2.9	30.2	61.3	0.6	2.3	8,905
B737-800	0.9	8.0	10.3	0.2	0.7	2,598
MD90	0.1	5.4	13.4	0.2	0.8	2,998
F100	1.4	8.9	5.6	0.1	0.5	2,153
ATR72	4.1	5.3	0.6	0.1	0.1	385
DHC-8	4.1	5.3	0.6	0.1	0.1	385

利用表 6-2 與 6-3 之各類機型 2008 年年起降數資料，可推算出桃園機場與松山機場 2008 年六種污染物之總產生量，如表 6-8 所示。其中仍以 CO₂ 總量最高，桃園機場為松山機場之 15 倍之多；其次則為 NO_x 與 CO 之排放量。考量桃園機場與松山機場 2008 年之總架次，進一步推估各架次之平均污染物排放量（參見表 6-9），則可發現松山機場之單位污染物均較桃園機場為低，主要乃起降桃園機場之機型均屬大型飛機之故。

表 6-8 桃園機場與松山機場飛機起降之污染物產生量-2008

污 染 物	桃園機場 (公斤/年)	松山機場 (公斤/年)
HC	351,299	70,021
CO	1,701,817	152,264
NO _x	2,654,554	113,372
PM	31,312	2,282
SO ₂	125,244	8,232
CO ₂	493,149,065	32,284,689

表 6-9 桃園機場與松山機場之單位污染物產生量-2008

污 染 物	桃園機場 (公斤/LTO)	松山機場 (公斤/LTO)
HC	4.1	0.8
CO	20.6	6.7
NO _x	45.0	3.8
PM	0.5	0.1
SO ₂	1.9	0.3
CO ₂	7,369.9	1,225.3

6.2.2 預測未來飛機起降二氧化碳排放量

而為深入探討未來我國機場之碳排放量趨勢，本研究以民航局委託台灣世曦工程顧問有限公司執行之計畫「臺灣地區民用機場整體規劃及未來五年發展計畫(96~100 年)」期末報告之運量預測數據，其中桃園機場與松山機場於民國 102 年至 124 年之起降架次預測資料如表 6-10 所示。值得說明的是，此報告預測桃園機場 98 年之起降架次為 157,569，但實際上 97 年之架次為 145,993，而 98 年至 9 月底止僅較 97 年同期增加 381 架次，因此以 2009 年實際營運量而言，此報告之預測值乃較實際值高出許多。

表 6-10 桃園機場與松山機場客貨機起降架次預測結果一覽表

年份 機場	97 年	102 年	104 年	109 年	114 年	119 年	124 年
	實際起降 架次	起降架次預測值					
桃園機場	145,993	191,601	200,586	228,956	265,106	299,528	335,913
松山機場 (樂觀*)	49,264	48,088	50,709	55,221	58,349	63,324	67,003
松山機場 (悲觀*)		46,580	48,080	50,920	53,049	57,532	60,881

松山機場國際線與國內線（樂觀情境、悲觀情境）架次預測值							
國際線		19,615	20,769	22,615	23,923	27,588	30,308
國內線	樂觀情境	28,473	29,940	32,606	34,426	35,736	36,695
	悲觀情境	26,965	27,311	28,305	29,126	29,944	30,573

資料來源：台灣世曦工程顧問有限公司之計畫研究成果”臺灣地區民用機場整體規劃及未來五年發展計畫(96~100 年)”期末報告，民國 98 年 1 月。

註：*松山機場國際線加上國內線樂觀情境架次預測值；國際線加上國內線悲觀情境架次預測值。

依據前述之運量預測值，假設未來起降兩機場之機型組合不變¹⁷，推估未來兩機場之碳排放量如表 6-11 所示，因碳排放量預測值與運量成直線比率關係，因此桃園機場因其運量預測值較樂觀（每年以 2-3% 成長），相較於松山機場之碳排放量（每年 1-2% 成長），桃園機場碳量預計將較快速成長。此外，值得說明的是，航空產業隨著航空公司機型之汰舊換新以及相關之省油措施推動，依據 IATA 針對其會員航空公司之資料顯示，整體航空產業預計每年之燃油效率（收益噸公里之燃油消耗，fuel consumption /RTK）可提升 1.5%，此效率之提升將可抵銷部分之碳成長（IATA, 2009）。

表 6-11 桃園機場與松山機場未來碳排放量預測值

年份	97 年	102 年	104 年	109 年	114 年	119 年	124 年
每年排碳量（噸/年）							
桃園機場	493,149	647,208	677,559	773,389	895,500	1,011,774	1,134,679
松山機場*	32,285	31,020	32,370	34,779	36,502	39,601	41,904
每年排碳量增加率							
桃園機場	6.2%	2.3%	2.8%	3.2%	2.6%	2.4%	-
松山機場	-0.8%	2.2%	1.5%	1.0%	1.7%	1.2%	-

註：松山機場以兩情境（樂觀與悲觀）之平均值表示。

6.3 我國主要機場地面專業車輛污染物排放量推估

推估地面專業車輛的污染物排放量部份，根據上述所需的資料，蒐集臺北縣市的相關環境與車輛參數，利用 MOBILE6.2 求出 2008 年的排放係數，同時與中鼎/的 MOBILE TAIWAN 2.0 的排放係數進行比對。在污染物的推估，可分成三大類：

1. 懸浮微粒：PM₁₀

¹⁷ 於民航局預測運量之報告中，並未針對未來起降機型變化進行預測。

2. 氣狀污染物：CO、NO_x、SO_x 及 THC

3. 二氧化碳

MOBILE6.2 的資料輸入檔案、PM 排放係數輸出檔及一般氣狀污染物輸出檔案（摘要），如附錄十四所示。在排放係數的推估上，仍然需要活動強度的數據（在機場內部的年行駛里程數及車輛數），本計畫請松山及桃園機場相關單位提供相關地面專業車輛及油耗量的資料（問卷格式如附錄十五）。

目前松山及桃園機場之地面車輛的類別，根據民航局的分類，共計有十九種，分別如下：

1. 小客車
2. 小電車
3. 拖車
4. 堆高機
5. 旅客扶梯車
6. 滾帶車
7. 餐車
8. 油罐車
9. 電源車
10. 氣源車
11. 冷氣車
12. 飲水車
13. 衛生車
14. 接駁車
15. 空橋

16. 大客車

17. 引導車

18. 殘障車

19. 腹艙裝卸車

根據上述的車輛分類，可將上述的分類配合目前 MOBILE6.2 以及 MOBILE-Taiwan 2 分類，區隔成四類，分別為自用小客車、汽油小貨車、柴油小貨車以及大客車。上述十九種分類，除了小客車(自用小客車)與大客車之外，其餘十七種均暫歸類為小貨車，且依據其使用的油品再將之分類為汽油小貨車或是柴油小貨車。

根據問卷結果顯示，桃園及松山機場的地面專業車輛數如表 6-12 及 6-13 所示。其中，桃園機場目前統計車輛數為 1,111 輛，10~15 年車輛數為 352 輛，比例最高（32%）。松山機場目前統計車輛數為 262 輛，10~15 年的車輛數為 153 輛，比例最高（58%）。

桃園及松山機場的地面專業車輛油耗量（2004~2008 年）如表 6-14 及 6-15 所示，油耗資料由於各公司的保存紀錄不一，因此，油耗量使用資料並不完整。以 2008 年為例，桃園機場使用汽油 2,725 公秉，柴油 6,033 公秉。松山機場使用汽油 309 公秉，柴油 559 公秉。

桃園及松山機場的地面專業車輛總行駛里程數（2008 年）如表 6-16 及 6-17 所示，相同地，於各公司的保存紀錄完整程度不一，因此，行駛里程數資料並不完整。桃園機場柴油小貨車之行駛里程數為 22.2 百萬公里，自小客車為 24.4 百萬公里。松山機場小客車之行駛里程數為 4.5 百萬公里，柴油小貨車居次，為 0.45 百萬公里。

具備車輛基本資料後，可進行排放係數之推估。首先是一般氣狀物染物以及懸浮微粒的排放量推估。比較 MOBILE6.2 以及 MOBILE-Taiwan 之排放係數（附錄十六），發現 MOBILE6.2 所推估之排放係數遠低於 MOBILE-Taiwan 2.0，主要是美國 MOBILE6.2 模式之零里程及劣化率數據遠低於我國，為與現有的排放量結果進行比對，本計畫採行 MOBILE-Taiwan 的排放係數結果。

表 6-12 桃園機場地面車輛數

公司別	0~5 年	5~10 年	10~15 年	15 年以上	總計
A	7	3			10
B	28	28	12	3	71
C	4	9	9		22
D	32	34	4		70
E	103	99	175	20	397
F	4	2	2		8
G	4	10	3		17
H	8	2			10
I		5		1	6
J	2	2		3	7
K	2	4	18	1	25
L	9	9	5		23
M	2				2
N	6	9	6		21
O	126	72	115	99	412
P	3	4	3		10
總計	340	292	352	127	1,111

表 6-13 松山機場地面車輛數

公司別	0~5 年	5~10 年	10~15 年	15 年以上	總計
A		15	144	68	227
B	3				3
C	2				2
D	2				2
E	1	8	3	2	14
F	3	3	2		8
G	2		4		6
總計	13	26	153	70	262

表 6-14 桃園機場地面車輛油耗量（公升）

公司別		2004	2005	2006	2007	2008
A	汽油	5,700	8,400	8,400	14,300	14,450
	柴油	-	-	-	-	-
B	汽油	-	-	62	5,708	73,836
	柴油	-	-	7,413	49,346	50,550
C	汽油	-	-	-	37,123	26,264
	柴油	-	-	-	-	-
D	汽油	49,596	39,309	35,276	30,755	31,081
	柴油	226,977	248,637	311,317	297,918	299,090
E	汽油	59,212	102,614	115,189	124,830	74,922
	柴油	694,104	797,408	1,097,286	1,125,481	1,754,143
F	汽油	4,832	4,950	5,235	5,325	5,656
	柴油	1,542	1,852	1,663	1,899	2,026
G	汽油		14,000	14,000	14,000	14,446
	柴油	150	150	150	150	4,683
H	汽油					22,400
	柴油					82,287
I	汽油	7,019	7,461	7,153	6,596	8,961
	柴油	1,745	1,800	1,608	1,565	1,826
J	汽油	-	-	6,698	6,893	6,080
	柴油	-	-	32,104	30,268	35,615
K	汽油	-	-	-	5,200	4,784
	柴油	-	-	-	69,657	67,370
L	汽油	7,965	8,150	8,305	8,410	80,000
	柴油	56,515	57,018	57,364	58,112	56,357
M	汽油	3,714	3,714	3,714	3,714	3,714
	柴油	-	-	-	-	-
N	汽油	5,568	5,239	5,305	4916	4,737
	柴油	37,999	38,603	39,809	39009	37,092
O	汽油	2,287,416	1,888,118	2,034,878	2,364,148	2,346,808
	柴油	3,529,805	2,900,316	3,147,679	3,603,062	3,641,748
P	汽油			7,610	7,413	7,260
	柴油			146	111	38
總計	汽油	2,431,022	2,081,955	2,251,825	2,639,330	2,725,397
	柴油	4,548,837	4,045,784	4,696,539	5,276,579	6,032,827

表 6-15 松山機場地面車輛油耗量（公升）

公司別		2,004	2,005	2,006	2,007	2,008
A	汽油	279,464	300,138	334,327	354,713	295,269
	柴油	309,859	491,977	396,220	450,110	455,183
B	汽油	-	-	-	600	600
	柴油	-	-	-	21,200	22,100
C	汽油	-	300	600	600	600
	柴油	-	-	700	800	800
D	汽油	-	-	-	-	3,240
	柴油	-	-	-	-	22,938
E	汽油	1,236	10,575	10,168	8,608	4,747
	柴油	166,761	167,751	152,992	87,898	58,274
F	汽油	1,133	1,102	1,185	1,287	2,251
	柴油	138	127	157	149	152
G	汽油	-	-	-	3,808	2,550
	柴油	-	-	-	-	-
總計	汽油	281,833	312,115	346,280	369,616	309,256
	柴油	476,758	659,854	550,068	560,157	559,448

表 6-16 桃園機場地面專業車輛總里程數（公里）-2008

公司別	小客車	汽油小貨車	柴油小貨車	大客車
A	-	88,200	-	-
B	710,228	62,097	221,368	11,042
C	181,220	-	-	-
D	8,700	316,059	1,405,725	-
E	15,000	621,290	8,222,883	8,102
F	-	16,706	27,966	-
G	127,300	-	3,280	-
H	132,000	-	177,600	-
I	71,610	-	4,008	-
J	47,612	-	38,554	-
K	25	-	316,641	-
L	68,268	-	28,836	-
M	38,626	-	-	-
N	1,400,589	23,185	178,305	-
O	24,406,803	0	11,591,598	61,995
P	6,429	0	0	759
總里程數	24,413,232	1,127,537	22,216,764	81,898

表 6-17 松山機場地面專業車輛總里程數（公里）-2008

公司別	小客車	汽油小貨車	柴油小貨車	大客車
A	4,372,900	128,800	278,350	-
B	-	3,700	13,500	-
C	5,000	-	1,300	-
D	29,511	-	6,3663	-
E	20,917	-	9,8521	-
F	65,089	-	41	-
G	34,393	-	-	-
總里程數	4,527,810	132,500	455,375	-

至於在二氧化碳排放量方面的推估，計畫中有三種推估方式，首先是 EFDB 的排放係數資料庫，其次為 MOBILE 6.2 模式，其三為油耗使用量。比對 EFDB 與 MOBILE6.2（表 6-18）的推估結果可以發現，由於 EFDB 的 CO₂ 排放係數高於 MOBILE6.2 模式推估值，故採取保守的 EFDB 數據。至於油耗使用量，可依據我國經濟部能源局出版之 2005 年能源統計手冊內之各項能源熱值單位換算對照表，可得知每公升之汽油及柴油分別排放 2.36 及 2.78 公斤的二氧化碳。因本計畫已收集歷年的油耗量使用，且車行里程數的正確性未必高於油耗量的資料。因此，在二氧化碳的排放量計算是以油耗量進行估計。

至於其他空氣污染物的排放量，則根據 TEDS6.1 的排放係數以及行駛里程數，桃園與松山機場之污染物排放量如表 6-19 及 6-20 所示。桃園機場各項污染物的年排放量，PM₁₀ 為 7.4 噸，SO_x 為 0.61 噸，NO_x 為 61.4 噸，CO 為 354.7 噸，THC 為 43.0 噸。松山機場各項污染物的年排放量，PM₁₀ 為 0.5 噸，SO_x 為 0.06 噸，NO_x 為 4.8 噸，CO 為 62.6 噸，THC 為 8.3 噸。

表 6-18 Mobile 6.2 之 CO₂ 排放係數（g/km）

年度/車種	自用小客車	營業小客車	汽油小貨車	柴油小貨車	大貨車	大客車	公車 /客運車
2000	224	216	285	248	740	1491	1513
2001	224	215	286	247	737	1483	1506
2002	224	215	287	244	734	1476	1498
2003	224	215	289	240	732	1470	1491
2004	224	215	290	238	731	1465	1485
2005	224	215	291	237	730	1461	1479
2006	224	215	292	240	729	1458	1474
2007	224	215	292	242	729	1457	1469
2008	224	216	293	241	728	1456	1465
2009	224	216	293	243	728	1455	1462
2010	224	216	294	236	728	1455	1460
2011	225	217	294	239	728	1456	1459

表 6-19 桃園機場地面專業車輛污染物排放量（公斤/年）～2008

公司別	PM ₁₀	SO _x	NO _x	CO	THC
A	8	1	101	704	210
B	127	11	1,123	10,547	1,341
C	16	2	139	2,105	246
D	332	29	2,753	8,078	1,682
E	1,837	130	11,978	17,015	2,870
F	30	1	692	250	62
G	12	1	102	1,483	173
H	50	4	366	1,757	200
I	10	1	151	850	101
J	12	1	86	450	53
K	68	5	472	539	57
L	12	1	97	850	98
M	3	0	30	520	61
N	183	6	4,320	1,012	218
O	4,704	419	38,990	308,549	35,613
P	1	0	18	75	9
總計	7,405	612	61,418	354,784	42,994

表 6-20 松山機場地面專業車輛污染物排放量（公斤/年）～2008

公司別	PM ₁₀	SO _x	NO _x	CO	THC
A	457	54	4,172	60,409	8,074
B	14	0	265	56	12
C	2	0	35	90	11
D	16	1	97	312	37
E	23	2	149	418	48
F	6	1	50	877	103
G	3	0	26	463	54
總計	521	58	4,795	62,625	8,339

根據油料使用量，桃園與松山機場之地面專業車輛 CO₂ 排放量如表 6-21 及 6-22 所示。以 2008 年 CO₂ 年排放量，桃園與松山機場分別為 23,203 與 869 公噸。

表 6-21 桃園機場地面專業車輛 CO₂ 總排放量（公噸/年）～2004-2008

公司別	2004	2005	2006	2007	2008
A	13	20	20	34	34
B			21	151	315
C				88	62
D	748	784	949	901	905
E	2,069	2,459	3,322	3,423	5,053
F	16	17	17	18	19
G		33	33	33	47
H					282
I	21	23	21	20	26
J			105	100	113
K				206	199
L	176	178	179	181	345
M	9	9	9	9	9
N	119	120	123	120	114
O	15,211	12,519	13,553	15,596	15,663
P			18	18	17
總計	18,383	16,161	18,371	20,898	23,203

註：經濟部能源局 2005 年能源統計手冊，每公升汽油排放 2.36 公斤之 CO₂，每公升柴油排放 2.78 公斤之 CO₂。

表 6-22 松山機場地面專業車輛 CO₂ 總排放量（公噸/年）～2004-2008

公司別	2004	2005	2006	2007	2008
A	589	792	731	805	750
B				22	23
C			1	1	1
D					26
E	168	178	163	97	63
F	1	1	1	1	2
G				4	3
總計	759	972	896	930	869

註：經濟部能源局 2005 年能源統計手冊，每公升汽油排放 2.36 公斤之 CO₂，每公升柴油排放 2.78 公斤之 CO₂。

6.4 機場用電量

機場用電方面，考慮松山機場及桃園機場兩處。桃園與松山機場用電量資料係由臺灣電力公司提供，每度用電的 CO₂ 排放量係依據經濟部能源局的公佈資料計算。松山機場有 5 個電號，各電號的使用電量如表 6-23 所示。近五年之電量總度數為 20,800~23,000 千度，使用電量於 2006 年出現最高值，隨後遞減，CO₂ 的排放量為 13,200~14,700 噸。

桃園機場有 52 個電號，各電號的使用電量如表 6-24 所示。近五年之電量總度數為 286,000~336,000 千度，CO₂ 的排放量為 181,000~212,000 噸。比較 2008 年桃園與松山機場的用電量，桃園與松山機場之用電量約為 307,000 與 20,800 千度，桃園機場之用電量約為松山的 14.8 倍。

表 6-23 松山機場用電量- 2004~2008

用戶，千度/年度	2004	2005	2006	2007	2008
A	14,204	14,422	14,557	14,505	13,228
B	3,642	3,756	3,674	3,447	3,322
C	1,875	2,036	2,069	2,104	1,968
D	386	391	415	408	389
E	2,142	2,310	2,243	2,371	1,855
排放係數， kgCO ₂ /每度電	0.632*	0.632	0.638	0.637	0.637**
總度數，千度	22,249	22,916	22,958	22,835	20,762
CO ₂ 排放量，噸	14,061	14,483	14,647	14,546	13,225

註：*代表引用經濟部能源局 2005 年資料。

**代表資料尚未公佈，係引用 2007 年資料

表 6-24 桃園機場用電- 2004~2008

用戶，千度/年度	2004	2005	2006	2007	2008
A	3	2	3	2	2
B	7	7	9	8	8
C	2	1	1	0	0
D	3	3	3	6	3
E	34	33	32	31	32
F	28,297	29,124	28,463	26,520	25,409
G	45,677	44,379	23,399	21,485	20,977
H	649	700	651	484	504
I	883	811	776	700	690
J	540	459	377	336	329
K	3,947	4,205	4,244	4,076	3,894
L	853	961	967	962	1,001
M	1,058	1,191	1,091	845	971
N	2,842	2,762	2,131	1,664	1,412

用戶，千度/年度	2004	2005	2006	2007	2008
O	2,735	2,943	2,672	2,019	1,860
P	1,829	1,910	1,725	1,515	1,518
Q	841	902	825	663	700
R	1,445	1,430	1,393	1,234	1,093
S	1,180	1,266	1,249	1,144	1,491
T	1,492	1,573	1,512	1,520	1,379
U	0	213	1,408	1,051	945
V	0	1,737	21,877	21,306	19,949
W	619	1,102	1,099	883	945
X	18,018	18,223	17,368	17,587	17,528
Y	16,588	17,764	17,755	19,335	19,284
Z	19,996	20,351	21,974	21,577	21,877
AA	27,596	28,146	26,700	23,910	23,113
AB	1,447	1,358	1,308	1,224	1,255
AC	3,073	2,954	3,138	3,434	2,906
AD	1,825	28,400	29,452	27,701	27,517
AE	454	13,531	12,414	11,512	10,808
AF	785	1,046	122	1,117	1,028
AG	776	715	576	396	395
AH	5,994	6,876	7,294	6,772	6,640
AI	1,226	1,029	956	811	741
AJ	953	1,018	964	940	811
AK	2,894	3,172	3,087	2,866	2,643
AL	2,436	2,232	2,037	2,039	1,804
AM	21,233	21,257	20,604	18,850	17,697
AN	1,724	1,827	1,722	1,407	1,458
AO	11,850	11,976	12,171	10,732	10,008
AP	15,371	17,782	17,907	17,554	17,374
AQ	6,819	7,282	6,868	6,106	5,454
AR	11,919	12,613	11,972	12,599	12,071
AS	3,816	4,269	4,312	3,695	3,362

用戶，千度/年度	2004	2005	2006	2007	2008
AT	472	146	69	231	619
AU	1,535	1,503	1,426	1,320	1,302
AV	0	0	0	160	1,742
AW	12,153	12,340	12,822	12,515	11,630
AX	0	0	0	0	372
AY	0	0	0	0	87
AZ	0	0	0	0	234
排放係數， Kg CO ₂ /每度電	0.632*	0.632	0.638	0.637	0.637**
總度數，千度	285,888	335,522	330,927	314,845	306,872
CO ₂ 排放量，噸	180,681	212,050	211,131	200,556	195,478

註：*代表引用經濟部能源局 2005 年資料。

**代表資料尚未公佈，係引用 2007 年資料

6.5 機場各種污染物排放比較

綜合前述 6.2 節至 6.4 節針對機場飛機起降、地面專業車輛與機場用電量等三類主要機場污染物排放源，所進行之污染物推估，表 6-25 比較桃園機場與松山機場於 2008 年之 CO₂ 排放量。桃園機場總計為 71 萬噸之年排放量，為松山機場之 4.6 萬噸之 15 倍之多。其中兩機場均以飛機起降作業佔總排放量約 70% 為最高，其次為用電量產生之污染約為 27-28%，而地面專業車輛則佔 2-3%。

參考美國運輸研究委員會 2009 年之最新報告，若將機場之污染物依照排放源分類可區分為 1) 機場當局可控制或排放；2) 航空公司、飛機營運者或其他承租商可控制或排放；3) 其他來源等，列式如表 6-26 所示 (TRB, 2009)。依據 5.3 節之說明，若依照我國環保署溫室氣體盤查營運邊界原則，將排放數據以範疇 1、2、3 之分類方式，則表 4 亦同時列出機場各排放物來源之範疇分類類別。依據上述，機場主要之直接污染物來源且為範疇一者為地面專業車輛之油耗、其次範疇二為用電量、飛機起降與地面操作之污染物排放則屬範疇三。機場排放物依照範疇規範，歸類方式如下：

- 範疇 1 (Scope 1)：直接排放
 - 行駛於機場內之地面車輛
 - 機場直接能源電力消耗
- 範疇 2 (Scope 1)：間接排放
 - 機場外購電力消耗
- 範疇 3 (Scope 1)：其他間接排放
 - 機場承租者廠商製造之污染物排放
 - 聯外大眾運輸系統
 - 機場員工通勤污染物排放

表 6-25 桃園機場與松山機場航空器、地面專業車輛與用電 CO₂ 排放量- 2008

單位：公噸/年

CO ₂ 排放源	桃園機場		松山機場	
	公噸/年	%	公噸/年	%
航空器	493,149	69	32,284	70
地面專業車輛	23,203	3	869	2
用電量	195,478	27	13,225	28
總計	711,830	100	46,378	100

表 6-26 機場排放物依照排放源與範疇分類

排放源分類	範疇
一、機場當局 可控制或排放	
固定設備電力消耗	2
固定設備天然氣消耗	1
機場內專業地面車輛	1
於機場內道路行駛之公車	3
二、航空公司、飛機營運者或其他承租商 可控制或排放	
飛機	3
地面	3
地面至 3,000 英尺高空	3
高於 3,000 英尺	3
飛機總計	
地面支援設備	3
聯外運輸車輛	3
固定設施電力消耗	3
三、其他來源	
公車	3
計程車	3
接駁車	3
捷運系統	3
貨車或卡車	3

資料來源：參考 TRB（2009）整理之。

值得注意的是，飛機起降作業雖然佔總碳排放量為最高，但因許多起降或地面滑行作業考慮安全因素，並非機場當局能以管理措施而進行管制之能力範圍之內。另外，地面專業車輛雖然佔總排放量比率低，但因其為機場內之各種污染物直接排放源，相較於用電量之碳排放，更是直接影響機場空氣品質之來源，除了影響機場員工健康外，更進一步影響進出機場之旅客以及鄰近之住戶。

因本研究亦推估過去五年（2004-2008）之地面專業車輛與機場用電所產生之 CO₂ 排放量，因此表 6-27 比較此兩污染每年產生之碳量，歷年互有一些消長。

表 6-27 桃園機場與松山機場地面專業車輛與用電 CO₂ 排放量- 2004~2008

單位：CO₂ 公噸/年

排放源	機場	2004	2005	2006	2007	2008
地面專業 車輛	桃園	18,383	16,161	18,371	20,898	23,203
	松山	759	972	896	930	869
用電量	桃園	180,681	212,050	211,131	200,556	195,478
	松山	14,061	14,483	14,647	14,546	13,225

為進一步探討此碳排放量與機場運量之關係，表 6-28 比較兩機場每飛機起降架次之平均碳排放量，以及平均每位乘客之碳排放量，不論是地面專業車輛或是用電量之單位碳排放量，歷年均有增加之趨勢¹⁸。主要原因可能為地面車輛車齡逐年增加，再者許多類型之專業車輛，礙於現行規範，並無任何檢驗之措施；而於用電量方面，因航廈等用電為一大規模之固定消耗，與運量變化並無成正比例之關係，兩機場雖於總電量有小幅降低，但仍小於運量之降幅。在運量部分，桃園機場歷年起降架次增加，但於 2008 年因全球景氣影響運量下降；而松山機場至 2008 年年底運量均逐年下降，國內線運量受高鐵影響已大幅減少，而兩岸直航所帶來之運量增加仍屬緩慢。

¹⁸ 本研究另試算每年平均旅客數之碳排放量，仍有相同之趨勢（平均每旅客碳排放量增加）。

表 6-28 桃園與松山機場地面車輛與用電單位 CO₂ 排放量- 2004~2008

排放源	機場	單位	2004	2005	2006	2007	2008
	桃園	架次/年	148,938	152,614	157,703	160,120	145,993
	松山	架次/年	110,806	98,479	87,955	68,084	49,264
地面專業車輛	桃園	CO ₂ 公斤/架次	123	106	116	131	159
	松山	CO ₂ 公斤/架次	7	10	10	14	18
用電量	桃園	CO ₂ 公斤/架次	1,631	2,153	2,400	2,946	3,968
	松山	CO ₂ 公斤/架次	127	147	167	214	268

	桃園	旅客數/年	20,083,555	21,700,702	22,857,445	23,425,794	21,936,083
	松山	旅客數/年	8,349,732	7,596,578	6,728,709	4,470,859	3,101,854
地面專業車輛	桃園	CO ₂ 克/旅客	0.92	0.74	0.80	0.89	1.06
	松山	CO ₂ 克/旅客	0.09	0.13	0.13	0.21	0.28
用電量	桃園	CO ₂ 克/旅客	9.00	9.77	9.24	8.56	8.91
	松山	CO ₂ 克/旅客	1.68	1.91	2.18	3.25	4.26

6.6 飛機起降污染物社會成本推估

各種污染物對人體健康、生態、動植物、氣候等之影響，即是其產生之社會成本，若將各種社會成本以金錢價值衡量，則有助於各種污染物減量措施評估時之成本效益分析，或於進行外部成本內生化（Internalisation of externalities）時之參考依據。因此，本節將利用相關之文獻回顧成果，推估飛機起降污染物之社會成本（Lu, et al., 2009）。

每項污染物在鄉村及都市所排放產生之影響是不同的，參照 Cranfield University（2006）研究中，統整相關之文獻，每項排放污染物之平均社會成本如表 6-29 所示，其中造成最大之單位社會成本為懸浮粒子（PM），其次為氮氧化物。

表 6-29 每項排放污染物之社會成本～2008

污 染 物	平均* (臺 幣 /kg)	平均 (€ /kg)	鄉村 (郊 區) (€ /kg)	都市 (市 區) (€ /kg)
HC	201.2	4.47	2.5 ~ 5.0	2.7 ~ 8.9
CO	4.1	0.09	0.01 ~ 0.19	
NO _x	452.3	10.05	4 ~ 13	7 ~ 25
PM	7,543.4	167.63	18 ~ 200	85 ~ 2,000
SO ₂	301.5	6.70	3.0 ~ 8.5	3.0 ~ 50.0
CO ₂	1.4	0.03	0.01 ~ 0.04	

Source : Morrell, P. and Lu, C, "The environmental cost implications of hub-hub versus hub bypass flight networks", Research Report 10, Department of Air Transport, Cranfield University. p.6, 2006

註：* 以 2008 年平均歐元對臺幣 45：1 之匯率試算之。

不同航空器引擎其在不同航程階段所排放的污染物量不同，因此其社會成本也不盡相同。表 6-30 說明在 2008 年桃園與松山機場其航空器在不同飛航階段其各污染物排放量及社會成本，其中以 NO_x 與 CO₂ 所造成的社會成本為最高。估算 2008 年臺灣桃園國際機場各類型之航空器其引擎污染物之總社會成本為約為新臺幣 22 億元，松山機場則為 1 億多元。圖 6-1 展現依照不同類型之航空器分類其引擎污染物之社會成本，顯示大型航空器平均一個架次所造成引擎污染物之社會成本為約為新臺幣 4 萬多元，B777-300 雖較 B747-400 燃油效率較高且排放之污染物較少，但因其 NO_x 產生量較多，因此總社會成本較高。圖 6-2 則列出各類機型平均每一座位數之社會成本，各類機型介於 37 至 150 元之間。

表 6-30 機場飛機起降各項排放污染物之社會成本～2008

	桃園機場		松山機場	
污 染 物	排放量 (噸/年)	社會成本 (百萬臺幣/年)	排放量 (噸/年)	社會成本 (百萬臺幣/年)
HC	351	70.6	70	14.1
CO	1,702	7.0	152	0.6
NO _x	2,655	1,200.7	113	51.3
PM	31	236.2	2	17.2
SO ₂	125	37.8	8	2.5
CO ₂	493,149	690.4	32,285	45.2
		2,242.6		130.9

台幣/LTO

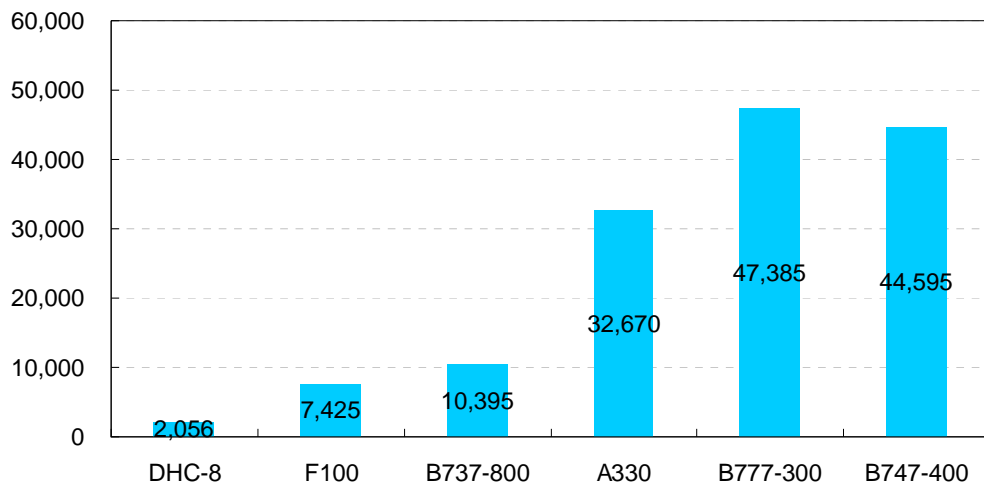


圖 6-1 引擎污染物社會成本（2008 台幣/架次）～不同航空器分類

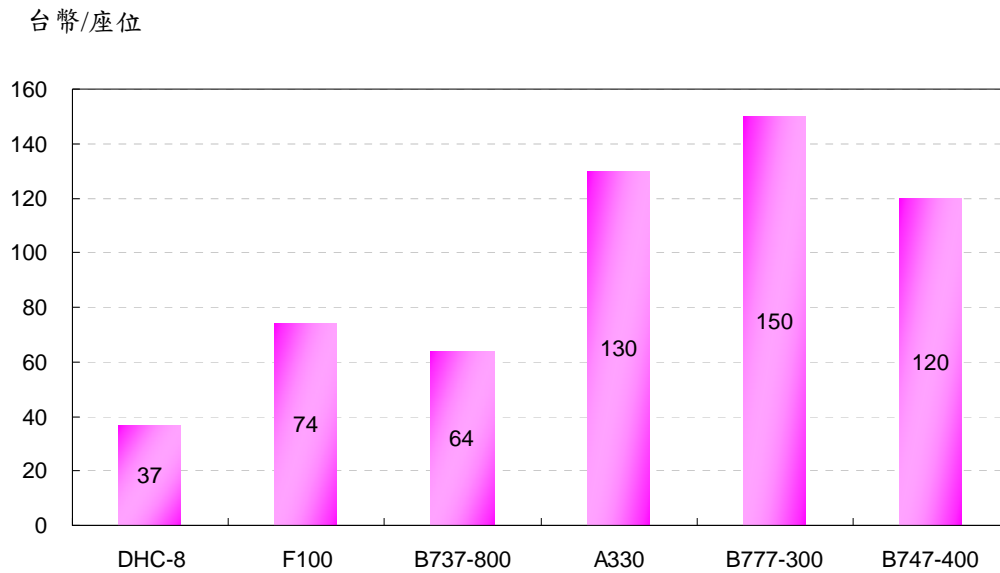


圖 6-2 引擎污染物社會成本（2008 台幣/座位數）~不同航空器分類

註：各類機型之座位數採用航空公司最常使用且包含不同艙等之方式，座位數分別為 DHC-8 (56)、F100 (100)、B737-800 (162)、A330 (252)、B777-300 (316)、B747-400 (372)。

第七章 適用於我國主要機場之污染物減量措施分析

本章探討我國主要機場對於機場操作產生之污染物減量相關作業施行現況及未來可行之減量措施分析，其中包括飛機引擎污染物、相關地面作業、聯外運輸與航廈之空氣污染減量措施，並訪談桃園與松山機場、航空公司以及相關單位，針對各項潛在措施進行可行性之初步評估。

7.1 空氣污染減量措施選取

依據前述之文獻回顧成果（參見 3.5 節），以及 APEC 針對經濟體之航空污染物減量措施問卷調查之內容（參見 2.4.2 節），本節考量我國機場之營運現況，彙整機場可行之空污減量措施之六個面向，包括飛機起降與航管、飛機地面操作、機場內地面專業車輛、航廈、聯外運輸與市場經濟措施等，提出可行之相關二十一項措施進行探討。各項措施分述如下：

一、飛機起降與航管

1.1 航空器於降落時，飛航管制人員採用連續降落進場（CDA）

目前各國機場已採用 CDA 之方式者，主要是為了減少飛機噪音或降低引擎污染物之排放，因減量目標不同，其 CDA 之航線規劃與作法亦有差異。採用 CDA 可減少航空器進場時間，降低燃油的消耗與空氣污染的排放，也可避免機場擁擠的情形發生。此措施之施行需要航空公司、飛機製造商、民航局、飛航服務總臺與機場等各單位之配合與合作，經過詳細的規劃才可行。

二、飛機地面操作

2.1 降落地面後，關掉一臺發動機或使用輔助電源供應系統

航空器使用發動機或輔助電源系統，會產生噪音且會造成引擎的待轉，影響空氣品質與燃油的消耗。機場可與航空公司合作，要求擁有三或四臺發動機的航空器在進場之後，駕駛員能關掉一臺發動機或使用輔助電源供應系統。

2.2 改善地面作業，縮短飛機在地面滑行之距離與時間

對於機場而言減少飛機地面滑行時間除可僅少空污外，亦可提升機場營運效率；而對航空公司而言，減少滑行即可減少燃油消耗，降低成本。國際上許多擁擠之機場（如 London-heathrow），飛機地面滑行時間相較於運量低之機場，明顯增加許多，這也影響航空公司之排班效率。

2.3 增加飛機停泊及航站登機門以減少延遲與等待時間

尖峰時間有些飛機需浪費時間於等待停機坪或登機門的使用權，不僅增加燃油消耗，亦降低機場之營運效率。

2.4 使用航空站既有之電源取代 GPU，或以 GPU 取代 APU

GPU 可從機場設施提供電源，空氣污染物相較於航空器本身之 APU 可以減少 90% 之排放量。再者，機場若可提供固定式之電源供航空公司使用，進而取代移動式之 GPU，則可更進一步降低污染物，甚至噪音之影響。

2.5 為停機坪之航空器提供預備空調 (Pre-Conditioned Air, PCA)

國際上已有許多國家機場有此設備，採用 PCA 提供飛機之空調，可減少 APU 或 GPU 之電力使用，達到節省能源、降低空污之目標。

2.6 利用飛機拖曳，減少飛機滑行與引擎空轉時間

在不影響飛機地面操作之效率下，若可盡量使用飛機拖曳，取代飛機自身動力之使用，則可減少飛機之燃油消耗。在國際上英國 London-Gatwick 機場更進一步與維京大西洋航空合作（Virgin Atlantic Airways）採行飛機拖曳至跑道前端之示範計畫，但此舉影響飛機地面操作之效率與跑道容量，因此此法已不採行。

三、機場內地面專業車輛

3.1 限制地面裝備及車輛在合理之數量

航空站應掌握機場各種地面車輛之數量，以利依照機場運量之變化，有效限制各種車輛與裝備之數量，進一步管理相關之污染物排放於一定之範圍內。

3.2 所有車輛及裝備應定期檢驗

目前許多機場內地面作業車輛，因未懸掛車牌，因此並未有檢驗機制，此等車輛之油耗與排放係數則無法控管；但若針對此等車輛由機場當局進行檢驗（如新加坡樟宜機場），則投資與行政成本龐大，是否符合經濟效益則需進一步評估之。

3.3 減少機場內作業車輛空轉與待轉時間

機場方面，管制機場內作業車輛的待轉，機場內車輛除了作業外，其他時間必須關閉引擎，除了可以減少燃油的消耗也可以降低二氧化碳的發散。先由機場內之車輛減少待轉，最後擴大到往來於機場航廈外的車輛，所帶來之效益將會較大。

3.4 機場營運車輛使用生質油料或其他環保替代油料

在現有之車隊以及不改變地面車輛引擎之情況下，可考量使用生質油料，排出的廢氣污染程度較低；或考量環保替代油料，可視為短期策略。

3.5 往來於機場的地面專業車輛優先使用電力發動或油電混合引擎

複合動力低污染之車輛（Hybrid vehicles）確實比傳統車輛更具燃油效率且污染程度低，而電動車的使用則在機場內將完全無空氣污染之疑慮；但購置複合動力或電動車之除初置成本昂貴之外，維修、保養成本亦是相當大之負擔，在國內複合動力車輛技術尚未成熟之時，此措施僅試用於長期考量之。

四、航廈

4.1 航廈之空調使用環保能源

不同之空調系統有其不同之電力消耗率與效能，在空調系統之汰舊換新之時，應優先考量其環保效益；或進一步於航廈之設計與建造之時，即將綠色環保機場之理念納入，依照機場之地理位置與交通特性，選擇適合之建造材質與佈設型式，以減少航廈之電力消耗。

4.2 航廈之電力使用太陽能發電且使用發電之廢能源作為其他用途

機場方面，機場航廈之電力使用太陽能發電可減少機場電力使用進而降低營運成本；機場航廈使用光能感應器，感應器可以依照航班起降旅客的動向來改變需要照明的區域與光度，在可以吸收到陽光的地方感應器會

自動將照明設施關閉，也可節約能源，提高能源的使用效率。機場的發電廠利用燃燒煤或油等燃料油將水轉換成水蒸氣推動渦輪來發電，然而這個過程會耗費能源且產生許多廢熱與電能轉換之耗損，如果這些能源拿來做其他用途，像是用來加熱熱水之熱源同時也可冷卻系統，這可以節省的使用也減少二氧化碳的排放。

五、聯外運輸

5.1 鼓勵到機場的旅客與機場員工搭乘大眾交通工具

估計於桃園機場工作之直接就業員工¹⁹約有兩萬兩千人之多（劉思吟、盧曉櫻，2008），而往返於機場間，即產生四萬多次之旅次；而桃園機場旅客2008年出入境旅客約兩千萬人次，約為每日五萬五千人，若再加上接送機之親友往來旅次，每日進出機場之人數平均高達十萬人次之多；因此，有效鼓勵使用大眾運輸系統（包括捷運與公車）或是副大眾運輸系統（計程車），降低小汽車旅次，則可達到減少污染以及舒緩機場週邊地面交通擁擠之狀況。

5.2 提供捷運或擴大公車服務

此舉為增加機場聯外運輸之大眾運輸系統運能，並提供其便利程度，以有效鼓勵員工及乘客使用。

5.3 使用大眾運輸上下班之機場員工，享有補貼或優惠

採用適度之金錢補貼，亦為運輸管理者常用之作法。

5.4 往來於機場之公車或客運，使用車齡較新（或環保）之車輛

此措施需要各公車或客運公司之配合，搭配機場給予適度之誘因。例如，比利時布魯塞爾機場與往來機場之客運公司簽訂相關協議，採用較新之車輛進出機場，減少機場週邊之空氣污染。

5.5 減少汽車待轉之時間與機率

¹⁹ 直接就業包括桃園航空站之民航局人員、航空公司、地勤公司、貨物承攬業者與相關於航空站進駐之廠商總員工數。

有效之候車空間與汽車停靠設計，可減少污染物之排放，仍須搭配相關之管制措施，以降低汽車待車時間。

六、市場經濟措施

6.1 依據航空公司使用之機型與引擎排放之廢氣量徵收不同之降落費

目前瑞士與瑞典之部分機場乃為全球少數已採行此定價策略之國家，但隨著全球針對溫室氣體議題之重視，預計如機場噪音費一般²⁰，將會有更多國家跟進。航空公司使用較環保或新穎的機型，可減少機場降落費用；使用較老舊機型，則增加機場降落費用。較新穎的航空器不僅降低噪音產生，對於燃油的消耗與空氣污染方面也有很大的改善。機場方面，必須先蒐集各航空公司之機型與引擎使用資料，以作為降落費之加成或減收之依據。此機制可考量機場總降落費不變（revenue neutral）之情況下設計，或亦可增加總收入之情況下，將增加之部分作為空污減量措施施行之收入來源亦可。航空公司方面，若欲降低機場使用費之支出，則可選擇燃油效率較高，污染物較低之環保機型；則機場可達到空氣污染減量的目的。

6.2 徵收引擎空污費，專款專用回饋至空污之改善

目前英國與德國之數個機場已針對飛機起降所排放之 NO_x 進行空污費之徵收。針對引擎所排放之污染物量，可選取一種或數種污染物為基礎，計算每一架次 LTO 之排放量，採用固定費率制度，即排放每公斤之污染物徵收一定值之空污費，引擎型號愈老舊所排放之廢氣量多者，所徵收之空氣污染附加費愈多。此種措施可將所徵收之費用，專款專用於空氣污染減量措施的支出，例如補貼機場附近居民、或是提升機場航廈與地面設施、甚至提供經濟誘因鼓勵航空公司汰換老舊機型或發動機等。航空公司方面，由於針對引擎型號徵收空氣污染附加費，可以間接加速航空公司使用新型之發動機，進而減少空氣污染物之排放。

²⁰ 機場依據飛機引擎噪音徵收不同之噪音費，或是降落費依照噪音等級予以不同之收費。過去 10 年來採行此作法之機場逐年增加，目前全球已有二十幾的國家的一百多個機場施行。

7.2 桃園國際機場與松山機場空污減量措施現況

以上述之各項機場可採行之空污減量措施為基礎，依據訪問桃園與松山機場以及民航局相關主管之結果，表 7-1 列出針對各項措施目前兩機場之作法、現況說明或相關意見。

在飛機起降與航管部分，我國目前雖於高空中（15,000 至 32,000 英尺）已採行連續降落程序，但於 15,000 英尺以下之中低空以及近場部分（Approach），礙於空域之限制，若採取 CDA 之方式有其困難度，因此尚未進行。但已有針對減少噪音規劃環保航線之作法。

在飛機地面操作部分，桃園機場已透過登機門安排與時間帶分配等相關作法，縮短飛機地面滑行與等待時間；且 GPU 之使用已相當普遍，甚至大部分之停機坪已有橋電（航空站固定式提供飛機電力）與橋氣（提供停機坪飛機之預備空調）之設備，可惜使用率尚低；於飛機拖曳之部分亦有相關規範，減少飛機自有動力使用，以降低空污。松山機場因場站面積狹小，僅一條跑道，滑行距離已屬最短距離，此外，登機門之安排以及起降航班已透過機場與塔台之協調，減少延遲與等待時間；目前 GPU 之使用普遍，預計 99 年空橋汰換時建置橋電與橋氣等設備供航空公司使用。

在機場內地面專業車輛部分，桃園機場目前已有規範減少作業車輛待轉等作法，至於車輛與裝備之數量採業者自主管理行之；而松山機場於地面專業車輛部分並無特別之規範。但此兩機場地勤作業部分已由專屬之地勤公司進行，若針對車輛檢驗或油料使用等之限制則需由民航局或相關單位訂定規範，採用公權力執行之。目前機場內懸掛車牌之車輛按交通法規由監理所定期檢驗；未懸掛車牌、儘於機場內作業之車輛目前並無檢驗機制，機場內作業之特種車輛，如拖車、平台車、滾帶車、...等，監理所並無相關檢驗規範，但進行車輛相關之檢驗行政成本高且涉及監理所規範，因此採業主自主管理方式乃較為可行。此外，機場的地面專業車輛優先使用電力發動或油電混合引擎涉及地勤作業單位購置成本與維修成本，須有法令支持並有相關補助措施，以提高地勤作業單位使用意願。

在航廈部分，兩機場均朝向環保空調，採用 LED 燈或採光罩等作法，減少電力消耗，達到節能減碳之目標。

在聯外運輸部分，桃園機場因往返臺北之公車班次密集且方便，因此承載率高，但至桃園市區因路線不多班距長，因此使用率低；連接至臺北之捷運以

及高鐵站之捷運則預計於四、五年後完工。松山機場之捷運文湖線已於 2009 年中通車，搭配臺北市之市公車班次多路網密，因此大眾運輸之提供完善。

在市場經濟措施部分，目前我國機場僅針對噪音徵收噪音防治費，但並未針對機型與引擎之污染物排放徵收不同之降落費或徵收空污費，此部分可參考已採行之國家機場作法，以及未來趨勢，由交通部訂定相關政策。

表 7-1 桃園與松山機場空污減量作法與現況

可行措施	桃園機場	松山機場
一、飛機起降與航管		
1.1 航空器於降落時，飛航管制人員採用連續降落進場（CDA）	目前我國並未因為考量飛機引擎污染物減量而使用連續起降進場。（但已有針對噪音問題，規劃減少噪音之環保航線）	
二、飛機地面操作		
2.1 降落地面後，關掉一臺發動機或使用輔助電源供應系統	已採行。	配合民航局現行政策，未針對各航空公司航空器於地面作業模式加以限制規範。
2.2 改善地面作業，縮短飛機在地面滑行之距離與時間	桃園站航務組與塔台已共同合作，盡量將飛機停靠之停機坪與起降跑道安排於同一方位（南面或北面），以減少飛機之滑行或拖行。	因場站面積狹小，僅使用一條跑道，故滑行距離均為最短距離。
2.3 增加飛機停泊及航站登機門以減少延遲與等待時間	目前透過 a.時間帶之分配;b.停機位安排;c.與塔台之聯繫，減少於滑行道等候起飛之航機。 目前靠橋停機位尚數需求，通常僅於尖峰時段有2~3 架 C 類航機需要使用遠端停機位。	需視航空器大小及航空器流量安排停機位登機門。
2.4 使用航空站既有之電源取代 GPU，或以 GPU 取代 APU	目前第二航廈之停機坪均有橋電與橋氣之設備，但航空公司考量品質穩定性問題，使用率並不高，桃園站正積極進行整修，以提高設備之妥善率。第一	現尚無電源供應可取代 GPU，預定計劃 99 年空橋汰換時一併建置供航空公司使用。

可行措施	桃園機場	松山機場
	航廈預計於 99 年底前裝置及整修完工，屆時亦將有此設備。	
2.5 為停機坪之航空器提供預備空調 (Pre-Conditioned Air, PCA)	同上	同上
2.6 利用飛機拖曳，減少飛機滑行與引擎空轉時間	到場航機於停機位停妥後引擎即熄火，離場航機由拖車後推至滑行道後方使用本身動力滑行。	配合民航局現行政策，未針對各航空公司航空器於地面作業模式加以限制規範
其他相關已採行或未來可行之措施：	已規定航機於停機位間之移動或往返修護工廠間均以拖車拖行。	-

三、機場內地面專業車輛

3.1 限制地面裝備及車輛在合理之數量	目前由地勤業者採自主管理方式；需由民航局使用公權力執行	囿於可利用空間有限，目前只針對各航空公司地面裝備及車輛可停放區域加以限制，由航空公司依可停放區域自行調配裝備車輛之進駐。
3.2 所有車輛及裝備應定期檢驗	懸掛車牌之車輛按交通法規由監理所定期檢驗；未懸掛車牌、儘於機場內作業之車輛目前並無檢驗機制。於機場內作業之特種車輛，如拖車、平台車、滾帶車、...等，監理所並無相關檢驗規範。	配合民航局現行政策，目前未針對各航空公司車輛及裝備是否應定期檢驗加以限制規範。
3.3 減少機場內作業車輛空轉與待轉時間	目前已有車輛停等時須熄火之規範，違規人員最重可有扣證件之處分。	配合民航局現行政策，目前未針對各航空公司作業車輛於地面作業模式加以限制規範。唯機場內作業車輛部分屬特殊用途車輛，應較無發生空轉或待轉之情形。
3.4 機場營運車輛使用生質油料或其他環保替代油料	機場內車輛及動力裝備均使用經國家認可之油品公司提供之燃料。	配合民航局現行政策及考量航空公司營運成本，目前未針對各航空公司作業車輛於地面作業模式加以

可行措施	桃園機場	松山機場
		限制規範
3.5 往來於機場的地面專業車輛優先使用電力發動或油電混合引擎	目前並無強制性相關規定。	同上
其他相關已採行或未來可行之措施：	機場的地面專業車輛優先使用電力發動或油電混合引擎涉及地勤作業單位購置成本與維修成本，須有法令支持並有相關補助措施，以提高地勤作業單位使用意願。	

四、航廈

4.1 航廈之空調使用環保能源	已使用冰水式主機。	預計 99 年度之整建案將會採用新式環保之空調系統。
4.2 航廈之電力使用太陽能發電且使用發電之廢能源作為其他用途	目前尚無此等設施；此等設施於規劃設置時須先考量或許發生反光導致干擾塔台管制員視線之問題。	因機場之飛航與車輛操作，產生許多油污於空氣中飄移，將會影響其太陽能面版之效果。
其他相關已採行或未來可行之措施：	已採用採光罩或裝置 LED 燈管等措施，減少電力消耗。	

五、聯外運輸

5.1 鼓勵到機場的旅客與機場員工搭乘大眾交通工具	目前往返臺北市區之大眾交通工具班次密集，旅客搭乘意願及承載率較高；但往返桃園市區之大眾交通工具因路線不多與班距長，因此使用比率低。	已利用航空站之網頁宣導。
5.2 提供捷運或擴大公車服務	至臺北之捷運預計將於民國 103 年完工，其他有至桃園與高鐵站之捷運	捷運文湖線自 98 年 7 月 4 日正式通車，松山機場站已與捷運其他各線連通；臺北市公共運輸處並同步配合試辦將機場周邊公車路線延駛進入機場，以擴大大眾運輸服務（惟由於成效不彰已停辦），目前進入機場之大眾運輸路線計聯營公車 13 線，國道客運 8 線。
5.3 使用大眾運輸上下班之機場員工，享有補貼或優	無。	無

可行措施	桃園機場	松山機場
惠		
5.4 往來於機場之公車或客運，使用車齡較新（或環保）之車輛	無。	無，屬臺北市公共運輸處權責。
5.5 減少汽車待轉之時間與機率	由各客運公司自主管理。	自開放大陸線直航後，目前運量未如預期成長，繼以航空站停車位充裕及站前交通動線規劃適宜，故少有汽車待轉之情形。
其他相關已採行或未來可行之措施：	增加班次、提升班車品質及合理票價以提高旅客使用大眾交通工具。	-

六、市場經濟措施

6.1 依據航空公司使用之機型與引擎排放之廢氣量徵收不同之降落費	無。	無。
6.2 徵收引擎空污費，專款專用回饋至空污之改善	無。	無。
其他相關已採行或未來可行之措施：	參考先進國家機場可行措施，由交通部訂定相關政策。	

7.3 桃園與松山機場可行之空污減量措施分析

本節依據訪談機場、民航主管單位、飛航服務總臺以及航空公司之結果，提出適用於我機場之可行空污減量措施。因各項措施之量化評估（或成本效益分析）不易，因此僅以定性之方式論述。但本研究參考相關之研究（莊律涵、盧曉櫻，2007）以及現有機場之作法，以預期污染物減量程度、行政與作業成本、以及對於服務品質的影響等三個面向，針對各措施進行程度上差異之可行性評估。

在前述列出之各項措施中，有些措施機場已開始進行，有些牽涉之法規面與各層級廣泛，因此統整各項措施之可行性，以及綜合相關之評估以及訪談成果，研究建議可採行之可行措施包括：

一、機場聯外運輸鼓勵員工與旅客使用大眾運輸系統：

就桃園機場而言，應優先考量更密集與便利之公車服務，尤其往來機場與桃園縣市之公車系統，應有進一步規劃與改善之空間。再者，機場當局或相關單位應可對於使用大眾運輸上下班之機場員工，進行適度之補貼或，與大眾運輸系統公司協調提供某種程度之優惠，以提高機場員工大眾運輸系統之使用率。

許多先進國家之機場均掌握了聯外運輸系統各運具之使用比率，而我國並未有相關之調查與統計數據。為系統性且有效的提升大眾運輸系統之使用率，建議相關單位可針對機場員工、旅客與接送機親友以及其他進出機場之商務或休閒旅次，調查各種不同類別之使用者，使用各種運具（包括捷運、公車、高鐵、計程車、小汽車與機車等）進出機場之比率，並了解各運具（尤其大眾運輸系統之提供）可改善之空間，以有效提升聯外大眾運輸系統之使用率。

二、持續提升飛機地面操作效率：

透過各項措施提升飛機地面操作之效率，不僅提升機場之營運效率，對於航空公司亦可達到減少燃油消耗、降低飛機地面迴轉時間，以及提升客貨運輸之服務品質等各項優點。桃園機場目前已採行相關措施與規範，減少飛機之等待與延滯時間，並有效使用飛機拖曳，減少飛機滑行距離與引擎空轉時間。而松山機場因場站面積小，且這幾年運量較低，因此並無飛機地面延滯與等待之狀況。

未來為正確掌握各項措施與作法之有效性，建議應可與航空公司與地勤公司合作，調查與蒐集相關之統計資料，例如平均飛機地面滑行時間、平均飛機等待時間、平均班機延誤比率²¹、平均飛機地面迴轉時間等資料，以明確掌握現況以及未來努力之目標。

三、採用市場機制措施

採用市場機制措施（Market-based measures）來降低航空運輸污染物之作法，已為 ICAO 所重視與肯定，而市場機制之作法主要包括污染物交易

²¹ 通常超過班表起飛或降落時間 15 分鐘以上即屬延誤，許多機場均有此統計資料。

(emissions trading) 與環境費²² (environmental charges) 兩類。污染物交易主要為國家、區域或全球可採行之作法，例如我國環保署已開始進行國內碳交易之可行性研究；APEC 國家中之澳洲、與紐西蘭於明後年亦將實施國內碳交易，並將航空運輸國內線納入；而歐盟之 EU ETS 系統則為區域性之碳交易先驅。而環境費之收取，則為一個國家或機場可採行之作法，例如瑞士、瑞典、英國與德國機場之飛機引擎污染物費用。

就我國機場而言，可考量如噪音費之作法，依照各機型引擎之污染物排放量大小（可從 LTO 階段排放之 NO_x 開始），收取適度之空污費用，建立空污減量基金，將此收取之費用全部作為改善空污之相關作業或計畫。但於現今航空公司競爭激烈、營收降低之情況下，同時應考量降低機場其他使用費之空間，以確保航空公司起降每一班機所需支付之機場使用費不隨之增加。或者亦可將機型與引擎依照其污染物排放量區分為五至六類，將各類機型引擎增加或減少某一比率之降落費，而其收費機制之建立原則與前述相同，需考量對航空公司之影響，以及空污作業基金之有效運作。

四、機場地面專業車輛燃油效率提升：

目前桃園機場於地面專業車輛部分，有適度之規範（例如停車熄火等），但於車輛數目則採業者自主管理方式。松山機場則並未有特別規範，有賴地勤作業公司自主管理。而地面車輛中未掛牌未檢驗之車輛則無法管制其空污排放。若使用生質油料或其他環保替代油料，則在油料供應成本與汽柴油相同，且供應充足之情況下，地勤業者才有意願使用。任何改裝車輛，或使用電力發動或油電混合引擎，涉及地勤作業單位購置成本與維修成本，須有法令支持並有相關補助措施才可行。

建議機場當局或相關單位針對地勤作業車輛之每年油耗與排污進行盤查（如本報告 6.3 節之作法），確實掌握各地勤公司之油耗與污染物排放量，機場可與地勤公司達成協議，要求每年之燃油效率提升或污染物減量目標，給予地勤業者依據其操作需求與效率、車輛投資與維修成本等進行自我評估，確實達成其目標。

²² 通常指噪音費 (Noise charges) 或飛機引擎空污費 (Aircraft engine emissions charges)。

前述各項措施皆應規劃短、中、長期之目標與工作內容，同時由各單位實行之。此外，依據前述之有關機場減量措施之探討，本研究另建議相關單位可協助機場進行下列工作：

一、建置機場營運環保基礎指標與統計資料

各項改善措施再沒有掌握基礎統計數據之前，欲了解其成效與進行相關之成本效益分析，確實有其困難度。建議相關單位可參考先進國家機場每年出版之環境年報（Environmental report）、永續發展年報（Sustainable report）或企業社會責任年報（Corporate social responsibility report）之作法，了解其統計資料以及機場環境指標，進一步反觀適用於我國機場之統計資料與指標建立。每年除可撰寫機場於環保之努力與公布相關統計資料外，提昇我國機場之國際形象，並可確實改善提昇機場營運效率，長期以綠色機場自居，提昇我國機場之競爭力。

二、設立空氣品質監測站：

環保署及相關單位可以先界定機場週遭的範圍，將劃定好之範圍進行監測與統計污染物數值，並定期監測，使機場附近週遭環境空氣品質維持一定水準，保障機場員工、旅客以及鄰近居民之健康。再者，松山機場位於市中心，而桃園機場已有航空城之規劃，確認機場之空氣品質，亦可提升機場之環保形象，與鄰近社區友善共處。

第八章 結論與建議

本計畫之主要目的為蒐集國際各相關組織有關航空器廢氣排放之管制措施與未來發展方向，評估對我國籍航空業者之衝擊，並研提我國可行之因應策略與執行方案。主要工作內容包括，探討全球航空運輸空氣污染物減量措施之最新發展，以及歐盟碳交易制度對我國籍航空公司影響與因應對策，並建立我國國籍航空器及地面專業車輛溫室氣體排放清冊，提出我國航空器廢氣和機場營運空氣污染減量措施，此外並訪談歐洲主要民航單位與參與相關國際會議。研究之主要結論與建議分述如下：

8.1 結論

➤ 有關全球航空運輸空氣污染物減量措施之最新發展方面：

- 一、ICAO 主要訂定飛機引擎之認證標準，而近年來亦針對飛機操作措施之使用，以及市場經濟措施進行探討，召開 GIACC 以及溫室氣體高層會議，確認全球航空運輸市場至 2050 年以前每年之平均燃油效率（每收益噸公里油耗）提升目標為 2%。歐盟更是加快腳步，航空運輸業將自 2012 年起納入現有之歐盟碳交易機制（EU ETS）中，要求航空公司提出具體作為，推動節能減碳。
- 二、APEC 經濟體會員咸認此議題之嚴重性，2008 年成立了航空污染物任務小組（Aviation emissions task force, AETF），已於 2008 年 7 月與 2009 年 9 月分別於紐西蘭與新加坡舉辦第一次與第二次會議，會中有各種有關航空廢氣減量措施之簡報，並研討各經濟體可共同合作之相關計畫與資料調查彙整之工作。
- 三、在全球主要機場空污減量措施之回顧方面，本研究選取歐、美、亞三洲之 10 個機場，並彙整此主要機場針對空污防制之主要作法，對於飛機引擎以及機場運作污染物排放之措施與規範，將機場可採行之溫室氣體與相關空污減量措施分為七類，分別為飛機起降與航管、飛機地面操作、機場內地面專業車輛、航廈、聯外運輸、市場經濟措施與其他等。
- 四、已徵收空污相關費用之機場部分，目前全球有四個國家十幾個機場有此機制。其中瑞士與瑞典機場，是針對不同機型引擎類別，加成或減少其降落

費之方式收取；而英國與德國機場則是針對飛機起降階段所排放之 NO_x 行飛機引擎空污費之收取。

➤ 有關歐盟碳交易制度對我國籍航空公司影響與因應對策方面：

五、歐盟政府已於 2009 年 1 月 13 日正式刊登於歐盟官方期刊，確認將航空運輸產業納入現有之 EU ETS 系統，預計於 2012 年起將所有歐洲境內之起降航班，以及所有到離歐盟機場之航班，納入 EU ETS 範圍之內；因此，除歐盟之航空公司外，將影響其他非歐盟籍之航空公司。

六、依據我國兩家飛歐洲線之航空公司 2004-2006 年以及目前之營運資料，計算在歐盟實施航空市場碳交易後，我國籍航空所需購買之碳數量與金額，考量市場佔有率等相關假設，在每噸碳價格為 30 歐元時，兩家航空公司總計需購買之碳排放金額約新台幣 3 億 6 千多萬元，若換算成平均每架次需負擔之費用，約為新台幣 42,075 元至 51,840 元。若將前述負擔之金額，藉由調整票價或推動旅客自願回購碳排放等措施分攤於每名旅客，經推估計算，旅客約需負擔新台幣 140 元至 173 元。但若碳價上升或降低，則所需購買碳權之金額亦將隨之變動。

七、針對 EU ETS 施行所產生之衝擊，以及全球航空運輸市場減碳之趨勢與相關規範，我國籍航空公司可採行之因應策略包括：提昇企業環保形象善盡企業社會責任、利用燃油效率較高或排污量較少之機型經營歐洲市場、發動機更新以及其未來購置新機型之計畫等、減少歐洲市場的服務頻率、利用不同之機場當成中途停留點、於國內施行相關減碳策略、參與其他國家之清潔發展機制計畫等。

➤ 有關建立我國國籍航空器及地面專業車輛溫室氣體排放清冊方面：

八、目前行政院環境保護署針對空氣污染物減量措施方面有立法與行動兩個方向，立法方面是訂定溫室氣體減量法，目前的進度已重新送審溫室氣體減量法草案，尚未完成立法；行動方面是溫室氣體減量行動計畫。環保署自 2004 年起執行「產業溫室氣體盤查管理/策略分析/減量規劃及試行推動計畫」，建立國內溫室氣體管理制度，開發溫室氣體盤查各項工具，協助產業執行溫室氣體盤查以瞭解並掌握自身排放現況，為將來國內法規生效之管制要求及國際逐漸成形之排放交易市場，做好準備工作。空運部門概分為國內線及國際線，目前國家清冊中僅包括國內線排放量，並未包括國際線之排放。

九、本研究以我國之臺灣桃園國際機場與臺北松山機場為研究個案，進行航機起降、地面專業車輛與機場用電所產生之廢氣與溫室氣體之年產生量估算。採取 EFDB、ICAO 以及 Mobile 6.2 之模式與相關資料進行我國主要航空站溫室氣體與相關廢氣之推估。依據所蒐集之我國機場營運相關資料，比較機場於 2008 年之 CO₂ 排放量，桃園機場總計為 71 萬噸之年排放量，為松山機場之 4.6 萬噸之 15 倍之多。其中兩機場均以飛機起降作業佔總排放量約 70% 為最高，其次為用電量產生之污染約為 27-28%，而地面專業車輛則佔 2-3%。

十、本研究亦推估過去五年（2004-2008）之地面專業車輛與機場用電所產生之 CO₂ 排放量，歷年互有一些消長。進一步比較碳排放量與機場運量之關係，不論是地面專業車輛或是用電量之單位碳排放量，歷年均有所增加之趨勢。推估地面專業車輛的污染物排放量部份，除 CO₂ 外，亦包括 PM₁₀、CO、NO_x、SO_x 及 THC 等污染物。

十一、本研究於飛機起降之污染物部分亦依照 ICAO 標準起降程序以及相關之資料，推估除 CO₂ 外，亦包括 HC、CO、NO_x、PM 與 SO₂ 之污染物。且為深入探討未來我國機場之碳排放量趨勢，本研究以民航局委託研究計畫之運量預測數據，推估未來兩機場之碳排放量，預計桃園機場之碳排放量成長將較松山機場快速，主要乃為其運量預測值較樂觀之故。

十二、不同航空器引擎其不同航程階段所排放的污染量不同，因此其社會成本也不盡相同。計算航空器在不同飛航階段其各污染物排放量，推估其社會成本，其中以 NO_x 與 CO₂ 所造成的社會成本為最高。估算 2008 年臺灣桃園國際機場各類型之航空器其引擎污染物之總社會成本為約為新臺幣 22 億元，松山機場則為 1 億多元。

➤ 有關提出我國航空器廢氣和機場營運空氣污染減量措施方面：

十三、本研究依據全球主要機場之作法，考量我國機場之營運特性，彙整機場可行之空污減量措施之六個面向，包括飛機起降與航管、飛機地面操作、機場內地面專業車輛、航廈、聯外運輸與市場經濟措施等，提出可行之相關二十一項措施進行探討。

十四、目前我國機場在飛機起降與航管部分，於高空中已採行連續降落程序，但於 15,000 英尺以下之中低空以及近場部分，礙於空域之限制，若採取 CDA 之方式有其困難度。在飛機地面操作部分，桃園機場已透過登機門

安排與時間帶分配等相關作法，縮短飛機地面滑行與等待時間，於飛機拖曳之部分亦有相關規範；松山機場因場站面積狹小，滑行距離已屬最短距離，兩機場目前 GPU 之使用普遍。在機場內地面專業車輛部分，桃園機場目前已有規範減少作業車輛待轉等作法，而松山機場於地面專業車輛部分並無特別之規範；目前機場內未懸掛車牌、儘於機場內作業之車輛目前並無檢驗機制。在航廈部分，兩機場均朝向環保空調，採用 LED 燈或採光罩等作法，減少電力消耗，達到節能減碳之目標。在聯外運輸部分，桃園機場因往返臺北之公車班次密集且方便，因此承載率高，但至桃園市區因路線不多班距長，因此使用率低；松山機場之捷運文湖線已於 2009 年中通車，搭配臺北市之市公車班次多路網密，因此大眾運輸之提供完善。在市場經濟措施部分，目前我國機場僅針對噪音徵收噪音防治費，但並未針對機型與引擎之污染物排放徵收不同之降落費或徵收空污費。

十五、本研究所彙整之各項措施中，有些措施機場已開始進行，有些牽涉之法規面與各層級廣泛，因此統整各項措施之可行性，以及綜合相關之評估以及訪談成果，研究建議可採行之可行措施包括：機場聯外運輸鼓勵員工與旅客使用大眾運輸系統、持續提升飛機地面操作效率、採用市場機制措施、機場地面專業車輛燃油效率提升。各項措施皆應規劃短、中、長期之目標與工作內容，同時由各單位實行之。

8.2 建議

一、ICAO 近年重視全球氣候變遷議題，成立國際航空與氣候變遷小組 (GIACC)，擬定因應氣候變遷行動計畫，未來各會員國可能均需提交燃油資料與行動方案予 ICAO；我國雖非為 ICAO 會員國，但仍需密切注意相關會議之發展與結論，研擬符合國際慣例與潮流之適當的管制因應對策。

二、利用市場經濟措施改善航空運輸環境影響問題，主要包括課徵環境費或稅、以及建立污染物交易市場；除了歐盟已確定自 2012 年將航空運輸納入現有之碳交易機制 (EU ETS) 外，澳洲、紐西蘭亦將於國內施行碳交易制度，美國則將針對航空用油課徵碳稅，許多歐洲機場也針對飛機引擎排放物收取污染物費用。我國環保署目前已針對國內建議碳交易市場進行可行性研究，建議相關單位亦可針對機場使用費之收取依照飛機引擎排放物徵

收不同費用進行研究。此外並建議修訂「使用國營航空站助航設備及相關設施收費標準」，增收未掛牌車輛及使用年限過高車輛相關環境污染費，鼓勵航空公司及地勤業者使用車齡短、掛牌並定期受檢之車輛。

三、於飛航服務相關之飛航交通管理部分，未來我國應可將繼續強化此一部門之節能減碳措施。例如考慮引進低空進場程序的 CDA 系統，改變尖峰時間離到場程序以降低航機滯空停留及滯地等候時間。同時再與空軍繼續協調，研議在不違反領空安全的情況下，最適的航路規劃及流量管制程序，以提升航空運輸部門的燃油使用效率，有效減少溫室氣體之排放。

四、為因應全球減少航空運輸污染物以及相關之碳排放管制，交通部、民航局與環保署，應統合事權，協調制定協助航空公司之相關輔導政策。研究建議政府可採行的政策，由上而下可包括：

- 建立民航運輸體系完整的環境管理系統；
- 建立制度性減少排放的航空運輸管理策略；
- 建立準排放交易機制或加入區域性的碳交易機制；
- 政府鼓勵航空公司重視環保，或限制企業碳足跡；
- 鼓勵企業或民眾配合航空公司之旅客自願碳補償計畫，並政策性獎勵民間成立推動碳補償和減量的顧問公司。

五、依據有關機場減量措施之探討結論，本研究另建議相關單位可協助機場進行下列工作：

- 建置機場營運環保基礎指標與統計資料：建議相關單位參考先進國家機場每年出版之環境年報、永續發展年報或企業社會責任年報之作法，了解其統計資料以及機場環境指標，進一步反觀適用於我國機場之統計資料與指標建立；
- 設立空氣品質監測站：環保署及相關單位可先界定機場週遭的範圍，進行空氣品質監測與統計污染物數值，確認機場附近週遭環境空氣品質維持一定水準，保障機場員工、旅客以及鄰近居民之健康；
- 檢討訂定機場地面作業車輛數量及廢氣排放量之管制措施；並考量採用電動車與環保車輛之可行性；

- 持續嚴謹機場時間帶之分配並提高機場設施可用程度，以減少離場航空器等待起飛之時間；
- 提升機場聯外運輸之大眾運輸系統使用率，並落實無縫運輸（Seamless transport）之理念。

六、我國雖已針對機場噪音與航空廢氣排放進行相關之管制或規劃工作，但尚未有一套完整之計畫與願景，整合各種資源與法令，系統性的推動長期之工作。此外，於桃園國際機場法人化之後，民航局於機場環境影響面所需扮演之監督與管理角色，勢必與其他所有隸屬於民航局管轄之機場有所不同，建議主管單位應進一步探討我國機場在不同所有權之情況下，所應擔負之環境保護工作權責，以及其監督職責劃分。

七、航空運輸之環境影響議題，主要包括噪音與航空廢氣，其中航空廢氣則包括氣候變遷與當地空氣污染兩部分之影響；於機場之環保策略部分，除了噪音與空氣品質外，更包括能源、水資源、廢棄物、生態、地面運輸及社區保護等。我國應了解國際民航環保作法之最新趨勢，研擬我國之民航環保政策、策略與目標，建立環保指標、可行措施與行動方案，以及建立機場環境管理機制；並進行我國民航環保措施之宣導，確實將我國航空運輸產業於環境保護之努力與作法與歐美及 APEC 國家接軌。

八、統整研究結果建議各政府單位應有之分工與可行之相關策略如表 8-1 所示。

表 8-1 政府各單位可採行之相關航空運輸空污減量策略

交通部	環保署
<ul style="list-style-type: none"> - 研究了解機場聯外運輸系統大眾運輸之使用比例，提升機場聯外運輸之大眾運輸系統使用率，並落實無縫運輸之理念； - 探討我國機場在不同所有權之情況下，所應擔負之環境保護工作權責，以及政府各單位監督職責劃分。 	<ul style="list-style-type: none"> - 設立機場空氣品質監測站； - 考量機場內地面車輛採用電動車與環保車輛之可行性； - 協助機場進行每年溫室氣體之盤查； - 鼓勵航空公司重視環保，協助與支持航空業者共同推行節能減碳作業（例如碳盤查、碳減量、碳補償、碳中和等）； - 鼓勵企業或民眾配合航空公司之旅客自願碳補償計畫，並政策性獎勵民間成立推動碳補償和減量的顧問公司。
民航局	機場
<ul style="list-style-type: none"> - 研擬我國之民航環保政策、策略與目標，建立環保指標、可行措施與行動方案，以及建立機場環境管理機制，並進行我國民航環保措施之宣導； - 建置機場營運環保基礎指標與統計資料； - 檢討訂定機場地面作業車輛數量及廢氣排放量之管制措施； - 針對機場使用費之收取依照飛機引擎排放物徵收不同費用進行研究； - 建議修訂「使用國營航空站助航設備及相關設施收費標準」，增收未掛牌車輛及使用年限過高車輛相關環境污染費； - 持續進行空域優化管理，提昇飛航服務品質，降低航機空中及地面停等時間； - 探討我國機場導入 CDA 系統之可行性。 	<ul style="list-style-type: none"> - 持續嚴謹機場時間帶之分配並提高機場設施可用程度，以減少離場航空器等待起飛之時間； - 持續提升飛機地面操作效率； - 機場聯外運輸鼓勵員工與旅客使用大眾運輸系統； - 限制機場內非特種工作車輛的每月油耗量，並逐年降低用油量上限，引導機場、地勤廠商、及航空公司改採混合動力或全電動車。

參考文獻

ACI-Europe (2008) , “Europe’s airports announce bold ambitions towards carbon neutrality,” 19 June.

ACI-Europe (2007) , “ACI-Europe position on aviation and climate change,” July.

ACI-Europe Assembly 18th (2008) , “European Airports Joining Forces To Fight Climate Change.” Paris, 19 June.

ACI World Assembly 17th (2007) , “Airports and international efforts on the environment.”

Airports Council International official website : www.airport.org/

Albers, S., Benne, J.-A. and Peters, H., (2007) , “Emissions trading – strategy implications for airlines,” Papers for European Transport Conference, October, Leiden, the Netherlands.

Atlanta International airport official website : [http : //www.atlanta-airport.com/](http://www.atlanta-airport.com/)

Boeing (2006) , “Current Market outlook 2005,” Boeing Commercial Airplanes.

CE (2005) , “Giving wings to emission trading, inclusion of aviation under the European emission trading system (ETS) : design and impacts,” Report for the European Commission, DG Environment, No. ENV.C.2/ETU/2004/0074r, July, Delft, the Netherlands.

Changi airport official website : [http : //www.changi.airport.com.sg/](http://www.changi.airport.com.sg/)

Chicago O’Hare airport official website : [http :
//www.airwise.com/airports/us/ORD/ORD_01.html](http://www.airwise.com/airports/us/ORD/ORD_01.html)

Commission of the European Communities (2006) , “Commission staff working document, summary of the impact assessment, inclusion of aviation in the EU Greenhouse Gas Emissions Trading Scheme (EU ETS) ,” SEC (2006) 1685, 30.12.2006, Brussels.

Commission of the European Communities (2006) , “Impact assessment of the inclusion of aviation activities in the scheme for greenhouse gas emission

allowance trading within the Community,” SEC (2006) 1684, 30.12.2006, Brussels.

Commission of the European Communities (2006) , “Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council, amending Directive 2003/87/EC so as to include aviation activities in the scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community,” COM (2006) 818 final, 2006/0304 (COD) , 30.12.2006, Brussels.

Copenhagen airport (2007) , Environmental reports

Copenhagen airport official website : [http : //www.cph.dk/CPH/UK/MAIN/](http://www.cph.dk/CPH/UK/MAIN/)

Council of the European Union (2007) , “Political agreement, Proposal for a directive of the European Parliament and of the Council, amending Directive 2003/87/EC so as to include aviation activities in the scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community,” 16855/07, 2006/0304 (COD) , 21 Dec 2007, Brussels.

Dallas Fort worth International airport- Environmental stewardship- air quality

Dallas Fort worth International airport official website : [http :
//www.dfairport.com/](http://www.dfairport.com/)

Denver International airport (2007) , Energy & Emission, DIA Environmental Service annual report.

Denver International airport official website : [http : //www.flydenver.com/](http://www.flydenver.com/)

DFS Deutsche Flugsicherung and Delair air traffic systems (2008) , Darts – arrival and departure manager, A-CDM Advanced collaborative decision making, Germany.

Entec (2008a) , “MRV guidance for aviation in the EU ETS,” Draft technical report, prepared for European Commission, September.

Entec (2008b) , “MRV guidance for aviation in the EU ETS –Tonne kilometer data,” Draft technical report, prepared for European Commission, September.

European Parliament (2007) , “Report on the proposal for a directive of the European Parliament and of the Council, amending Directive 2003/87/EC so

as to include aviation activities in the scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community,” Committee of the Environment, Public Health and Food Safety, A6-0402/2007 Final, 19.10.2007, Brussels.

European Commission (2005) , “Reducing the climate change impact of aviation,” Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the regions, COM (2005) 459 final, Brussels, 27.9.2005.

European Commission (2008) , “EU action against climate change,” Leading the global action to 2020 and beyond

European Commission, “Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the regions – Reducing the climate change impact of Aviation, ” SEC (2005) 1184, COM (2005) 459 final, Brussels, September 2005.

FAA (2005) , “Aviation & emissions – a primer,” US Federal Aviation Administration, Jan.

FAA (2004) , “Aviation and the environment – a national vision statement, framework for goals and recommended actions,” Report to the United States Congress, US Federal Aviation Administration, Dec.

Frankfurt airport official website : [http : //www.airportcity-frankfurt.de/cms/default/rubrik/9/9347.htm](http://www.airportcity-frankfurt.de/cms/default/rubrik/9/9347.htm)

German Federal Environmental Agency (2003) , “External costs of aviation ,” conductedc by Dings, J.M.W., Wit, R.C.N., Leurs, B.A., Davidson, M.D., Environmental research of the Federal Ministry of the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, Research Report 299 96 106, UBA-FB 000411.

Hong Kong International airport official website : [http :
//www.hongkongairport.com/eng/index.html](http://www.hongkongairport.com/eng/index.html)

Incheon International airport official website : [http :
//www.airport.kr/chn/airport/index.jsp](http://www.airport.kr/chn/airport/index.jsp)

IATA (2009) , “Asian Skies,” Presented at the APEC Aviation Emissions Task Force Meeting, International Air Transport Association, 15th and 16th September, Singapore.

- ICAO (2007) , “ Engine Exhaust Emissions Databank”, First Edition 1995, Doc 9646- AN/943; updated in 2007. [http :
//www.caa.co.uk/default.aspx?catid=702&pagetype=90](http://www.caa.co.uk/default.aspx?catid=702&pagetype=90)
- ICAO (2007) , “Report on voluntary emissions trading fro aviation (VEST Report) ,” Preliminary edition 2007.
- ICAO (2007) , “Resolutions”, adopted by the Assembly, Assembly – 36th session, 18-28 September 2007, Montreal.
- ICAO (2002) “Annex 16 – Environmental protection. Volume II – Aircraft engine emissions,” December.
- ICAO (1993) , “ICAO Annex 16 : International standards and recommended practices, Environmental protection", Volume II "Aircraft engine emissions", 2nd ed.; plus amendments : Amendment 3, 20 March 1997; Amendment 4, 4 November 1999; Amendment 5, 24 November 2005.
- Incheon International airport official website : [http :
//www.airport.kr/chn/airport/index.jsp](http://www.airport.kr/chn/airport/index.jsp)
- Los Angeles International airport official website : [http :
//www.lawa.org/lax/welcomeLAX.cfm](http://www.lawa.org/lax/welcomeLAX.cfm)
- Lu, C. (2009a) , “Climate change and aviation – 9 : Aviation and economic development : The implications of environmental costs on different airline business models and flight networks,” edited by Stefan Gossling and Paul Upham, p193-220, ISBN-10 : 1844076202, Earthscan, March.
- Lu, C. (2009b) , “The implications of environmental costs on air passenger demand for different airline business models,” Journal of Air Transport Management, 15, 158-165 , July.
- Lu, C., Liu, S-Y. and Mak, C. (2009), “The economic benefits and social costs of airport development – an example of Taiwan Taoyuan International Airport,” presented at the ATRS conference, Abu Dhabi, July.
- Lu, C. and Morrell, P. (2006) , “Determination and applications of environmental costs at different sized airports ~ aircraft noise and engine emissions,” Transportation, 33, 45-61.

Morrell, P. (2006) , “An evaluation of EU air transport emissions trading schemes,” 10th Air Transport Research Society (ATRS) conference, Nagoya, Japan, May.

Morrell, P. and Lu, C. (2006) , “The environmental cost implication of hub-hub versus hub bypass flight networks,” Cranfield University Research Report 10, January.

Scheelhaase, J.D. and Grimme, W.G. (2007) , “Emissions trading for international aviation-an estimation of the economic impact on selected European airlines,” Journal of Air Transport Management 13, 253-363.

Sydney airport- Airport Environment Strategy 2005-2010 (2005) , Section 4- Environmental Action Plans, 4.4 Air quality & 4.5 Ground Transport

Sydney airport official website : [http :
//www.sydneyairport.com.au/SACL/default.htm](http://www.sydneyairport.com.au/SACL/default.htm)

Transportation Research Board (2009) “Guidebook on preparing airport greenhouse gas emissions inventories,” Airport Cooperative Research Program, sponsored by the Federal Aviation Administration.

Trucost (2004) , “Emissions trading and aviation : the effects of incorporating aviation into the EU Emission Trading Scheme,” Trucost sector Report – European Aviation, London.

UK Department for Transport (2003) , “Aviation and the environment – using economic instruments,” March.

台中縣環境保護局 (2008) , 都會區移動性污染源空氣污染物減量計畫。

行政院環境保護署 (1997) , 車輛行車型態及平均排放係數計算程式之建立及更新專案研究計畫 EPA-86-FA42-09-D1。

行政院環境保護署 (1999) , 空氣污染總量管制制度推行先期作業及空氣污染排放量推估標準方法建立一期中報告中鼎工程股份有限公司 (1999)。

何文淵 (1999) , 汽油車引擎廢氣揮發性有機物成份及光化反應潛勢碩士論文
成功大學環境工程研究所臺南市

林達雄 (1985) , 臺北市主要道路空氣污染物排放量之推估。

- 林彥銘、倪佩貞、張璞、劉國棟（1996），車輛排放係數之探討及 Mobile-Taiwan1.0 與 Mobile-Taiwan 2.0 之比較第十三屆空氣污染控制技術研討會論文專輯。
- 春鉅公司（1996），臺北都會區車輛行車型態及平均排放係數計算程式建立及更新計畫，環保署。
- 蔡俊鴻（1998），移動源排放 VOCS 光化反應特徵之分析研究：機車排氣特徵研究行政院環保署委託計畫。
- 鄭福田、蔡俊鴻、張晃彰（1986），臺北市非點源空氣污染排放特性調查研究臺北市府。
- 余泰毅、華梅英、巫健次、廖其貴（2004），建立新竹地區主要道路之自用小客車行車型態，第廿一屆空氣污染控制技術研討會論文集，臺南市，p2-54。
- 余泰毅、倪佩貞、華梅英（2004），以 MOBILE6 推估臺灣地區汽機車之空氣污染物排放係數，第廿一屆空氣污染控制技術研討會論文集，臺南市，p2-55。
- 巫健次，廖其貴、余泰毅、華梅英（2004），新竹地區主要道路之自用小客車污染排放測試，第廿一屆空氣污染控制技術研討會論文集，臺南市，p2-55。
- 余泰毅、華梅英（2004），以多變量分析法建立臺灣地區汽車行車型態，臺灣地區汽車污染現況調查及代表性行車形態相關性測試研討會論文集，臺北市，3-1~3-16。
- 余泰毅、張益誠（2006），移動污染源之排放量推估、預測與減量策略最佳化（I），國科會計畫結案報告（NSC 94-2211-E-130-001）。
- 莊律涵、盧曉櫻（2007），全球航空運輸空器污染減量措施回顧與導入措施分析，運輸年會論文發表。
- 經濟部能源局（2007），「能源產業溫室氣體排放係數」，
http://eigic.estc.tw/download/emission_factors.xls。

經濟部能源局（2007），「95 年度電力排放係數」，

<http://www.moeaec.gov.tw/news/newsdetail.asp?group=g&no=03&serno=00321>。

劉思吟、盧曉櫻（2008），機場發展對地方經濟效益之影響，長榮大學海空運論文研討會論文集，長榮大學航運管理學系，3 月。

英文簡稱與中文對照彙整

<u>英文簡稱</u>	<u>英文全名</u>	<u>中文對照</u>
ACI	Airports Council International	國際機場理事會
APEC	Asia-Pacific Economic Cooperation	亞洲太平洋經濟合作會議
APU	Auxiliary Power Unit	輔助電源供應系統
CCFE	Chicago Climate Futures Exchange	芝加哥氣候期貨交易所
CCX	Chicago Climate Exchange	芝加哥氣候交易所
CDA	Continuous Decent Approach	連續降落進場
CDM	Clean Development Mechanism	清潔發展機制
CER	Certified Emission Reduction	減排認證權證
CFI	Carbon Financial Instrument	碳金融工具
CNS/ATM	Communications, Navigation and Surveillance systems for Air Transport Management	通訊導航與航管系統
EC	European Commission	歐盟執委會
ECX	European Climate Exchange	歐洲氣候交易所
EMS	Environmental Management System	環境管理系統
ETS	Emissions Trading Scheme	污染物交易機制
EUA	European Union Allowance	歐盟排碳配額
EU ETS	European Union Emissions Trading Scheme	歐盟碳交易機制

<u>英文簡稱</u>	<u>英文全名</u>	<u>中文對照</u>
FAA	Federal Aviation Administration,	美國聯邦航空署
GHG	Green House Gas	溫室氣體
GIACC	Group on International Aviation and Climate Change	國際航空及氣候變遷小組
GIS	Geographic information system	地理資訊系統
GPU	Ground Power Unit	地面電源供應
IATA	International Air Transport Association	國際航空協會
ICAO	International Civil Aviation Organisation	國際民航組織
IET	International Emission Trading	國際排放交易機制
JI	Joint Implementation	聯合減量機制
LTO	Landing and Take-Off	飛機起降階段
RPK	Revenue Passenger Kilometer	收益旅客公里
RTK	Revenue Tonne Kilometer	收益噸公里
EUROCONTROL	European Organisation for the Safety of Air Navigation	歐盟飛航安全與導航組織
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	聯合國氣候變化綱要公約

附錄一 期末報告審查意見與回覆

「國際航空器廢氣（含溫室氣體）排放減量現況調查及我國因應策略之研究」

期末報告審查意見與回覆辦理情形

一、審查會議時間：98 年 12 月 18 日（星期五）上午 9 時 30 分

二、審查意見與回覆：

項目	審查意見	回覆辦理情形
汪審查委員進財		
1	研究團隊於報告中已展現全球航空業於航空運輸廢氣排放減量與最新發展趨勢，並提出我國可採行之策略與可行作法，政府相關單位應持續此議題之研究，建立具體之願景、目標與行動方案，輔以相關之法令規範（類似我國航空運輸飛安管理之作法），以系統概念之方式進行長期之航空運輸空污減量工作。	感謝委員肯定。本研究已提出我國航空運輸空污減量可行措施與方向之建議，盼政府相關單位可持續此議題之工作與進行相關研究。
2	依照計畫所提出之建議，政府單位於短中長期進行相關之工作時，應確實整合各單位之資源，以計畫執行理念推動相關策略。	感謝委員意見。有關航空運輸污染物減量工作牽涉之政府層級與部門相當廣泛，唯有各單位共同合作與配合，方可達成目標。
但審查委員昭壁		
1	P.116，列舉本局對於機場地面作業車輛之 19 項分類，P.117 述及將前述分類配合 MOBILE.2 及 MOBILE-Taiwan 2 再區隔為自用小客車等 4 類；建議將該兩者間之對應關係加以敘述。	地面車輛之十九種分類，除了小客車(自用小客車)與大客車之外，其餘十七種均暫歸類為小貨車，且依據其使用的油品再將之分類為汽油小貨車或是柴油小貨車。已增列說明於報告 6.3 節中。
2	P.128，表 6-24 之「總計」欄名稱建議修正為「總度數，千度」。	已修正。
3	機場用電僅有部分服務於航空器，若整體論之，旅客方為實際直接與間接服務對象，故建議將機場用電量與旅客人數加以比較與探討；例如，以 2008 年資料，服務每一旅客	已增列平均每位旅客之排碳量資料於表 6-27 中，以茲比較。

項目	審查意見	回覆辦理情形
	所產生之 CO ₂ 排放量桃園機場為 8.91 公斤，松山機場則為 4.26 公斤。	
4	P.150，「建議五」建議增列「檢討訂定機場地面作業車輛數量及廢氣排放量之管制措施」及「持續嚴謹機場時間帶之分配並提高機場設施可用程度，以減少離場航空器等待起飛之時間」，以與「結論十四」相呼應。	已增列意見於建議五中。
李審查委員元全		
1	建議修訂「使用國營航空站助航設備及相關設施收費標準」，增收未掛牌車輛及使用年限過高車輛相關環境污染費，鼓勵航空公司及地勤業者使用車齡短、掛牌並定期受檢之車輛。	已增列此意見於建議中。
行政院環境保護署		
1	依據國家溫室氣體排放清冊估算方式，運輸部門航空部分之排放量應包括國內航線及國外航線，其活動數據係引用能源平衡表內容，因此我國航空站之油料使用均包含在內。	知悉。
2	本計畫計算航空站之排放與國家清冊方式不同，較類似本署目前推動之產業盤查（組織型），合先述明。	是的。環保署國家清冊之作法採用能源平衡表與航空站油料之資料，屬 IPCC Tier1 之作法。而本研究較屬產業盤查之作法，依據 Tier3 之方式，以機場操作為範圍，推估航機起降之所有國內外機型架次於 ICAO 標準起降循環下之污染物排放。
3	有關航空站排放僅計入國內線飛機起降期間之油耗排放，未將國外線納入考量，且僅計算我國籍航空器排放，然其他國籍班機亦於我國航空站加油，以上界定方式均與組織盤查有所不同，是否係國際間對於航空站排放所發展之計算方式？	本研究於計算桃園與松山機場飛機起降污染物時，已將 2008 年之所有航班納入計算，因此包括國際線與國內線之所有我國籍與外籍航班，應與組織盤查之界定相同，且為國際間機場計算碳排放量之作法。
4	請依溫室氣體盤查營運邊界原則，	本研究參考美國運輸研究委員會 2009

項目	審查意見	回覆辦理情形
	將航空站排放數據分為範疇一、範疇二及範疇三展現，以利掌握排放特性及減量空間。	年之最新報告，其中航空站排放數據中各排放源所屬之範疇分別為地面專業車輛（範疇一）、用電量（範疇二）、飛機起降（範疇三）；已將相關表格與說明增列於 6.5 節中。
5	有關報告結論與建議中所提之「限制企業碳足跡」，請提供國外實際案例。	已增列國外相關資料之說明於 4.4.3 節中。
6	另基於目前國內運輸業尚未建立碳足跡之數據資料，而產品碳足跡之展現已持續發酵，建議初期可先鼓勵業者建立其延人公里碳排放之碳足跡數據，再行研議是否進一步限制碳足跡。	是的，ICAO 或是 IATA 通常針對航空業之污染物指標通常以每延人公里之排碳量展現，訂定未來減量目標亦以此為單位。有關限制企業碳足跡部分，應先對企業有一完整之盤查機制，以及掌握長期之發展，再以總量控制之。
7	面對國際間對於航空業日益嚴峻之排放管理趨勢，建議業者除以減碳額度購買者思考外，亦可投資清潔發展機制（CDM）減量專案，積極參與我國溫室氣體自願減量計畫，並研發最新燃料技術及發展清潔燃料，以建立碳權管理機制。	我國航空業者已於營運中盡量採行節能減碳之作法與措施，且已表達盡力配合政府相關部門參與溫室氣體減量計畫。但礙於規模有限，因此甚難獨立發展最新燃料或替代燃料技術，仍有待政府單位之協助。
8	國際民航組織（ICAO）訂有航空器的排放標準，目前我國籍及外籍的航空器申請「適航證書」，已要求申明符合國際民航組織所訂之航空器排放標準。	是的，我國雖非 ICAO 會員國，但仍應遵循國際規範與最新發展。
9	本報告第六章名為「我國主要航空站溫室氣體排放推估」，其中 6.2.1 節為「2008 年飛機起降污染物」，推估之污染物種包含 HC、CO、NO _x 、PM、CO ₂ ...等，部分污染物種非屬溫室氣體，建議加以區隔，以免混淆。	已修正第六章之章名為「我國主要航空站廢氣（含溫室氣體）排放推估」，以與計畫名稱與內容呼應。
10	報告中所提推廣使用低污染車輛資料部分有誤，請更正。 1. 推廣計程車改裝或新購為油氣（LPG）雙燃料車，每輛改裝補助費應為 25,000 元，氣價補助每公升 2 元，加氣站迄今已設置 33 站。	感謝委員資料，已修正。

項目	審查意見	回覆辦理情形
	2. 推廣使用油電混合車關於補助及關稅徵收訊息部分，建議將「除提供新台幣3萬元之購車補助外，並」及「並爭取比照最小排氣量進口汽車徵收關稅」等文字刪除。	
11	本計畫成果將納為本署推動航空站空氣污染管制業務參考。	感謝委員肯定，本計畫成果應可作為環保署相關業務參考。
交通部科技顧問室		
1	國際間針對機場可採行的溫室氣體減量措施，已經從飛機載具本身擴大到機場內車輛、聯外運輸系統、甚至包括其他經濟措施等，因此本研究的貢獻除了提供民航局在協助國內航空運輸業面對國際對航空器廢氣排放管制所採行因應措施外，亦提供交通部未來相關政策配套的參考依據。	感謝委員肯定。本計畫雖以航空業與機場之污染物排放為主軸，但因涉及之層面廣泛，因此許多建議事項可作為交通部等相關單位參考。
2	要提升國籍航空能源需求效率有很多可以採行的策略，其中提升國籍航空競爭力與其能源產生力是關鍵，特別是交通部未來施政主軸將兼顧提升海空競爭力以及發展綠色運輸系統，航空運輸扮演關鍵角色，如何提升國內國籍航空能源相對產生力，本報告亦提供若干建議，值得國內相關單位參考。	我國與對外之人貨往來均依賴海空業，鑑於長期海空業仍有持續發展之趨勢，如何在運量成長之下，而不增加對環境與國人生活品質之影響，仍有待相關單位之長期努力。
3	2008年第14次締約國大會COP14會議結論強調要啟動「調適基金」以資助開發中國家推動氣候變遷衝擊調適之具體計畫，由世界自然基金會(WWF)所草擬的哥本哈根氣候協議初稿也提到要成立哥本哈根氣候基金，本次COP15會議結論尚未出爐，不過國際間針對成立碳基金(Carbon Fund)和參與歐盟排放交易機制(Emissions Trading Scheme, ETS)已是緩和氣候變遷而降低溫室氣體排放量的策略之一，國內環保署亦有相關計畫正在研議中，建議報告中提到碳權交易的相關建議時，可蒐集相關資料參考納入說	已增列相關說明於4.4.3節中。

項目	審查意見	回覆辦理情形
	明。	
4	有關機場聯外運輸部分，部長上任後多次強調公共運輸無縫運輸的重要性，當無縫運輸做得愈完善，民眾使用私人運具的比例則可望降低，相對就可以達到節能減碳的目的，建議報告中在提到機場聯外運輸的相關配套時，將可無縫運輸的理念落實在具體作法的相關建議中。而機場內專業車輛未來亦可朝電動車或其他環保車輛的方向汰舊換新。	已增列說明於建議中。
中華航空公司		
1	若以 CO ₂ 代表溫室氣體，請以 CO ₂ e 表示，俾與二氧化碳區別。	已修正。
2	航機飛航存油最主要原因是為符合安全規範，而非為了下一段飛航，請修正第 21 頁。	已修正。
3	節能減碳為全球趨勢，歐亞各國紛紛設立法規，鼓勵（要求）航空業者進行減碳作業（例如 EU ETS；韓國 2010 年起，對於減碳作業良好的航空公司減少航機起降費徵收），建議主管機關協助與支持航空業者共同推行節能減碳作業（例如碳盤查、碳減量、碳補償、碳中和等）。	已將此意見納入報告之 4.4.3 節中。
4	按 IATA 於 2005 年至 2008 年經驗，節能減碳效益的貢獻度分配為：飛行計畫（46%）、飛航操作（37%）、航機維修（15%）、地勤作業與空服用品（2%）；顯示節能減碳需全方面考量，也需要主管機關與業者共同合作。	感謝委員資料。
5	華航自 2007 年起進行環境管理作業，並配合環保署進行 2008 年度溫室氣體盤查作業，將持續進行，也很願意配合民航局、環保署進行節能減碳作業。	感謝委員資料。

項目	審查意見	回覆辦理情形
長榮航空股份有限公司		
1	感謝民航局提供機會讓長榮航空公司能共同參與此計畫，對於報告中所提對國籍航空公司可採行之因應策略建議，長榮航空公司會於未來作為營運規劃之參考。	感謝委員配合。
2	對於溫室氣體排放減量，於內部管理層面，長榮航空公司積極進行內部機隊之汰換，現階段主力機隊均為環保節油之雙引擎客機，公司內部也持續推動各項節能減碳工作，期望能善盡企業之社會責任。	感謝委員資料。
3	另於主管機關未來採行相關之機制及措施，長榮航空公司更會全力配合，共同為維護地球環境貢獻心力。	感謝委員配合。
4	報告第六章（P131）提及 B777-300 引擎污染物產生之社會成本較 B747-400 為高，主要是因為 NO _x 產生量較多。於附錄 12（P213）有列出各機型之排污係數，而 B777 機型只列出 B777-200，由於 B777-300ER 之引擎為全新之設計與 B777-200 完全不同，建議將 B777-300ER 之數據也能一併列出以作為參考。	已將 B777-300ER 之排污數據納入附錄中（現為附錄十三）。
民航局企劃組		
1	本案雖然已於摘要中增列研究重要發現及主要建議，但是對於各章節摘要僅為描述章節名稱，建議可再摘要各章節內容（約 5 頁內），以利相關單位以最短時間閱讀。	已增列各章節內容於摘要中。
2	本案係委託研究，審核完成後，請研究單位至政府研究資訊網（GRB）系統上填報期末報告及成果績效資料。另對於敏感數據（如徵收多少費用...等等）請刪除，以利本局公布於網站。	已修正摘要內容，將配合民航局公布研究成果於 GRB 與網站上。
3	P61~63（表 4-1、4-2、4-3）：本研究報告長達一年半，惟對於	已修正。

項目	審查意見	回覆辦理情形
	2004~2006 年班次數、2008 年 7 月歐洲客運線及貨運線之 A 航空資料來源，均表示仍在於確認中，然本報告已是期末報告，是否宜再與 A 航空公司確定資料來源，增加本報告可讀性。	
4	本報告有太多英文簡稱，如單以 P72~73 來看，已有 10 個英文簡稱，如 IET、CDM、JI、CER、CCX、ECX、CCFE、CFI、EUA、CER-EUA 等，建議可以將整篇報告之英文簡稱整理列在附錄中，以利查詢及對照。	已增列英文簡稱彙整於報告中（參考文獻之後，附錄之前）。
5	<p>文字部分修正之處：</p> <p>1. P51~53：</p> <p>(1) p53（表 3-5）在其他作法，有第 3 項「機場對旅客實施排放抵換方案（offset）」，惟 p52 之其他作法確無此項，請修正。第 2 項 P52 為「徵收引擎空污費，專款專用回饋至空污之改善」，惟 P53 寫法是「引擎污染費專款專用回饋至空污之改善」，建議文字統一，同時也可呼應後面文章之描述（如 P137、P142）。</p> <p>(2) p51 飛機地面操作部分，第 3 項為「使用航空站既有之電源取代 GPU，或是利用 GPU 取代 APU」，惟表 3-5 寫法為「使用地面電源供應系統取代輔助電源供應系統」，雖然是相同語義，惟文字部分建議宜一致，同時也可呼應 P139（表 7-1）之文字。</p> <p>(3) P51 空污減量措施第 1 類為「飛機起降與航管」，惟表 3-5 寫法為「航管」，建議文字統一，同時也可呼應後面文章之描述（如 P133、P139、P146）。</p> <p>2. P141：5.2 桃園機場捷運預計於 103 年完工，請修正。</p>	已修正。

項目	審查意見	回覆辦理情形
民航局飛航管制組		
1	我國之 CNS/ATM 系統預計於民國 100 年啟用，此新系統將可提升航管效率。	新系統之使用，將使得航管效率提升，減少飛機飛行時間與油耗；有效率之 ATM 可使得在相同之設備下，發揮最大之效益，這也是目前世界各國努力發展投入之課題。
2	於飛機操作全面採用 CDA 將有其困難度，因此目前僅有高空中採行，低空部分礙於空域限制，採行 CDA 之效益可能有限。	建議相關單位評估其可行性。
3	目前已與軍方協調考量建立夜間之環保航線（Mid-night green route），但仍屬規劃中，其效益也有待評估。	感謝委員資訊。
民航局航站管理小組		
1	P115，報告提及航空產業推動汰舊換新及相關省油措施將可提升 RTK（收益噸公里之燃油消耗）1.5%，請增列說明 1.5% 的數據來源或計算方式。	此為 IATA 綜合全球之會員航空公司之統計資料，主要來源於參加 APEC 會議時 IATA 之簡報資料，已增列資料來源與說明。
2	P130，表 6-27 有分析地面車輛及場站用電量所產生之 CO ₂ 平均分配到每架次之 CO ₂ 排放量，鑑於地面車輛用油量與場站用電量跟航運量並非線性關係，分析前述之指標其目的為何？另建議納入平均每架次之旅客碳排放量及其他具代表性指標，可作為未來管制之依據。	採用指標之展現方式，主要為進一步了解地面車輛與用電之碳排放與運量之關係，而通常機場之運量資料主要為起降架次、乘客數與貨物噸數，因此本研究先就相關之指標展現碳排放量與運量之關係，建議未來相關單位可進一步探討排碳量與各種運量資料之關係，以最適切之指標展現機場之空污減量績效。依據委員之意見表 6-27 增加服務每一旅客之碳排放量。
3	P132，表 6-29 所載之「不同飛航階段...」，似乎與所呈現之數據不同，請說明。	已修正為「機場飛機起降各項排放污染物之社會成本～2008」。
4	P132，圖 6-1 建議是否增列不同機型之每位旅客社會成本比較，以清楚顯示何為較環保機型。	已增列圖 6-2 展現不同機型每一座位數之社會成本，並說明之。
5	民航局、環保署及機場有關溫室氣體減量之相關權責分工，目前散落	已於第八章建議中增列說明各政府相

項目	審查意見	回覆辦理情形
	<p>在第七章，且著重在機場的相關措施，有關民航局與環保署應有之分工著墨不多，建議於第八章增列說明民航局與環保署應有之分工與可行之相關策略，提供本局未來施政之參考依據。</p>	<p>關部會可採行之策略，如表 8-1 所示。</p>

附錄二 第二次期中報告審查意見與回覆

「國際航空器廢氣（含溫室氣體）排放減量現況調查及我國因應策略之研究」

第二次期中報告審查意見與回覆辦理情形

一、審查會議時間：98年6月10日（星期三）下午3時00分

二、審查意見與回覆：

項目	審查意見	回覆辦理情形
張審查委員順欽		
1	摘要請於期末時，依本計畫具體成果摘錄，英文摘要各機關名稱有誤，請修正。	已於摘要中說明計畫具體成果；英文機關名稱已修正。
2	第二章全球主要國際組織與國家航空運輸污染物減量措施，建議再作適當整理，例如背景說明、相關法規及作為等。另，p27 美國環保署國家環境空氣品質標準（NAAQS）是否有針對機場訂定標準？若有，建議對機場之規範另予說明。	已依照委員意見修正，將第二章各節內容更具系統化展現；美國作法部分已增列相關規範。
3	是否有國家對機場附近空氣品質或是空氣污染的排放訂定管制規範？	依據研究團隊訪談歐洲主要機場之結果顯示，機場與其週邊之空氣品質標準，通常依照國家環保署訂定之空氣品質標準，並未針對機場另訂不同標準。
4	第三章全球主要機場空污減量彙整於 p47-50，建議再深入就國內可借鏡者，提出建議，例如訂定空氣品質標準是否可行？	此彙整表已修正，並依照其回顧結果，於第七章中提出六個面向共 21 項我國機場可行之空污減量指標進行探討。本研究並未建議針對機場另訂空氣品質指標，但建議應長期監測機場空氣品質。
5	第七章之建議宜再深入，如國內可以採行之項目，建議以歸類之方式呈現（如硬體、操作面等）。	如前所述，已提出六類共 21 項指標進行探討，依據訪談以及分析之結論，於 7.3 節提出我國機場可行之措施。
6	排放清冊推估之作法宜參考國內認可或國際慣用之推估方法，並建立	本研究考量國內與國際慣用之污染物推估方式，採取 EFDB、ICAO 以及 Mobile 6.2 之模式與相關資料進行我國

項目	審查意見	回覆辦理情形
	本地數據及結合減量措施。	主要航空站溫室氣體與相關廢氣之推估。研究成果於第六章中展現。
7	對於歐盟碳交易制度（EU ETS）其他非歐盟國家之因應作法是否有資料可供參考？	依據研究團隊於參與 APEC 會議時，訪談 APEC 主要國家之結果顯示，各國政府雖進行研究探討 EU ETS 對於國籍航空之影響，但並未有具體措施因應，通常航空公司內部已採行具體之提升燃油效率作法，以降低 EU ETS 之衝擊。澳洲與紐西蘭雖然將於國內施行碳交易制度，但與 EU ETS 涵蓋之航線並未有重複計算之虞，因此其國籍航空公司亦無法排除於 EU ETS 之外。
但審查委員昭壁		
1	p23，我國針對 APEC 調查之回覆資料，建議針對本計畫相關部分，增列說明。	已增列與計畫相關之減量措施進行說明，並納入第七章之我國可採行措施之問卷調查中。
2	p102，有關機型分類，建議應對航程之分類提出說明。	本研究於期末報告已不將機型分類，而依照起降比率較高之前 10-15 種機型與引擎組合，分別計算其污染物，而起降比率較低之其他種機型，則依照機型之最大起飛重量，採用其類似機型引擎組合之污染物，進行估算。（參見 6.2.1 節）
3	p109，表 6-10 地面專業車輛部分，以桃勤及華航車輛為最多，惟未列入計算，本項桃園航空站可協助取得相關資料。	已取得相關資料，謝謝委員提供意見（參見本報告表 6-12）。
4	p127-129，適用於我國減量策略之分析中，建議增補下列項目：（1）限制地面裝備及車輛在合理之數量，（2）所有車輛及裝備應定期檢驗，（3）使用航空站既有之電源取代 GPU 及 APU。	已納入問卷調查分析中，並進行相關說明。
5	本研究是否能將我國以後所應訂定之政策、法規、推動策略等納入說明與檢討。	已納入第八章之結論與建議中說明。
李審查委員元全		
1	第六章，表 6-10 松山機場地面車輛	關於台勤、立榮的資料，經研究團隊

項目	審查意見	回覆辦理情形
	數仍有不足，建議增加飛航服務總臺及台勤之車輛，另立榮之車輛數也太少。	再次詢問，報告中展現的是他們所認知的資料。其次，本次調查的對象是在機場內部的專業地面車輛數目，請各單位自願性提供數據，若欲了解盤查資料的正確性，恐需進一步釐清。
2	p122，表 6-24 之表頭標題有誤，請修正。	已修正。
3	訪談結論部分多來自航空公司，為公平與客觀，建議增加航管單位或航空站等。	已訪談松山與桃園航空站。
行政院環境保護署		
1	p73，EU ETS 中提及倘第三國家有相關航空運輸減量措施，則飛機營運者可不納入 EU ETS 計畫中，其具體內容為何？是否有判定之基準，如我國有推動一些先期減量工作可否算是減量措施？	歐盟 EU ETS 規定，第三國家應有與 EU ETS 類似之制度，且造成航空公司於特定航線產生重複徵收費用（或課稅）之狀況時，則可有豁免權。因此，除非我國政府針對我航空公司之歐洲航線課徵與環境影響相關稅賦，否則無法排除於 EU ET 之外。
2	p90，澳洲的 TNIP Carbon Counter 資料可否提供環保署參考及互為交流？	此軟體為澳洲政府開發，免費提供相關單位與專業人士使用，2009 年年底將有一新版本公開於澳洲政府網站，建議環保署屆時可自行下載此軟體。
3	第七章有關我國航空減量策略之分析，目前僅依訪談方式進行，似有代表性不足之虞，建議可再深入探討。	已進一步訪談機場與航管相關人員，並進行深入分析。
4	第二章各國資料彙整建議可統一彙整於一表單展示（如第三章）。	已增加 2.6 節彙整全球主要單位之相關作法與政策。
5	今年度環保署與華航合作進行溫室氣體盤查計畫，而本計畫亦針對機場範圍作盤查，不知有否重複計算之疑慮。	環保署以華航為對象，但本計畫以機場營運（包括飛機起降、地面車輛操作與用電量）為對象，因此涵蓋範圍不同，並不互相衝突。
交通部運輸研究所		
1	交通部運輸研究所今年度針對運輸部門軌道、空運及海運進行溫室氣體排放的調查研究，希望未來雙方合作單位可以加強資訊與經驗的交	研究團對與執行交通部運輸研究所之相關空運計畫研究人員已進行學術與經驗之交流，並持續保持聯繫。

項目	審查意見	回覆辦理情形
	流。	
2	簡報中所提出評估準則的選取原則，建議可以再加以說明。國際間針對空運減量多從改善燃油效率著手，強調改良引擎設計及改善航空器操作程序等，因此相關準則的選定或可再加考量。	有關準則部分已進行修正，並修改與增加相關空污減量措施進行分析。但因為我國機場之基礎相關統計資料不足，因此甚難針對各項措施進行量化之評估工作，因此本研究採用定性之說明與分析方式。
3	本計畫雖然是因應歐盟自 2012 年進出歐盟之航空器納入碳交易系統，並在第二階段提出航空器廢氣和機場營運空氣污染減量策略，然相對於兩岸交流頻繁所衍生航空總運量的成長，建議也可以在計畫中提出可行的減量策略。	本計畫於第六章依據我國航空運輸之運量預測資料（包括兩岸航線），推估未來桃園機場與松山機場之各種污染物排放量；至於相關之減量策略則於第七章中探討。
中華航空公司		
1	EU ETS 納入航空業已經公布即將實施，我國籍及飛航歐洲的航空公司必須配合該指令進行作業，影響營運甚鉅。建議在符合飛航安全規範之下，主管機關能支持與協助航空公司進行節能減碳作業，例如航機減重、更好的航路與機場運作規劃、鼓勵學術單位共同進行碳抵換（Carbon Offset）研究等，以便與國際同步。	已於 4.4 節及第八章之建議中提出。
長榮航空股份有限公司		
1	依中華經濟研究院預估，國籍航空每年因應 EU ETS 將增加約臺幣三億元的成本。針對本計畫委辦公司所提出之相關因應策略，長榮航空感謝並將作為未來營運策略規劃之參考。另主管機關對溫室氣體減量所推動的相關措施，長榮航空也將全力配合。	感謝長榮航空之支持。本研究已於 4.3 節提出航空公司可因應策略，以及我國政府相關單位可協助與進行之措施。
2	第六章所提各主要機場排放物推估，因尚有部分單位未提供數據（例如桃勤與臺勤等），因此排放總量可能無法完全代表機場的排放量，應再補充。	已補充資料，謝謝委員意見。有關地面車輛污染物已於 6.3 節中說明，並於 6.5 節比較各種污染源之碳排放量。

項目	審查意見	回覆辦理情形
民航局企劃組		
1	在中文摘要部分，為及時掌握研究意旨與成果，請於期末報告之中文摘要建議可參照本局 98 年 3 月 6 日企研字第 098006725 號函有關陳報行政院之研究報告格式，請增列本研究重要發現及主要建議，而各項建議意見如須後續相關單位配合辦理事項，建議以表格或條例方式分項條述內容（含作法及理由），並明列其主、協辦機關等，以利各單位配合辦理。	已於中英文摘要中增列重要發現及主要建議。
2	p47，表 3-5「全球主要國際機場對空污之防治與作法比較」分三大面相及 17 項作法，其中並無「航空器於降落時，飛航管制人員採用連續降落進場（CDA）」作法，惟後續 p48 及 p124 卻選取此一措施準則為問卷內容，請問選取措施準則為何？又該項經初步調查列為第二可行性，惟於 p48 已表示此一作法必須先評估飛航安全與管制人員訓練，然問卷對象僅及於機場航務主管及航空單位主管，並無飛航管制背景人員，此項評分是否具有可信度，請補充說明。	已增加 CDA 於表 3-5 之各機場作法比較表中；並訪談我國航管人員，將相關意見與訪談成果納入第七章中。各項措施於此期末報告中以定性之方式說明，而不採用評分法。
3	p142 第三項，本關鍵因素應為空域結構而非飛航人員之管制與訓練，若對應到上一點，則有未盡相合。若是針對空域結構部分，是否須要做評估；而或是遵照報告作法針對飛航人員之管制與訓練？	依據本研究訪問總臺之結果，我國中低空因空域之限制，初步評估不宜採用 CDA，但高於 15,000 英尺之高空已採用 CDA 方式飛行。至於未來是否擴大 CDA 之採用範圍，則需相關單位另案研究之。
4	p123-124 是依據文獻回顧挑選出可行性較高之措施，惟報告中未述及各項措施之優劣分析，請說明挑選 11 項措施之準則為何？又第 6 項「航空公司研發航空器之替代油料」，此一措施並未列於 p47 表 3-5 中，請說明何以被挑選為問卷調查項目之一。而該項措施實屬研發產品，是否宜由航空器製造廠研發航空器之替代油料較為適宜？	本研究於期末報告中，主要針對機場可採行之空污減量措施進行探討，有關航空公司部分或是飛機製造商相關措施，並未納入第七章之分析中。（有關航空公司為因應 EU ETS 以及全球減碳趨勢，已於 4.3 節中說明）

項目	審查意見	回覆辦理情形
5	p74，報告中提及「碳稅和購買權的成本無疑是一種可移轉稅，...，理應為選擇會排放二氧化碳運具的旅客。」整段文意不清。且此一論述亦點出另一項議題，即費用相關之利害關係人為何，係企業或貨主或顧客？故宜先釐清後再研擬可行措施。	本段落已經重新撰寫，參見 4.4.3 節。
民航局飛航管制組		
1	經實驗發現，採用 CDA 其成效並不如預期，若為了省油而飛行距離變長或空域結構改變，是否能達到效益？p47 中並未列出 CDA，未列之原因是否說明並非有效之辦法？或是須搭配其他有效措施才能達其成效？	依據本研究訪問總臺之結果，我國中低空因空域之限制，初步評估不宜採用 CDA，但高於 15,000 英尺之高空已採用 CDA 方式飛行。至於未來是否擴大 CDA 之採用範圍，則需相關單位另案研究之。
2	p48「尖峰時段航機於地面滑行之距離」部分，由於滑行之距離是不太會改變，故應為等待時間，請予修正或提出說明。	第七章之相關措施已分列滑行時間與等待時間分別探討。
民航局航站管理小組		
1	p13，第 1 行所述之「附錄一」，建議修改為「議定書之附錄一」。	已修正。但考量習慣用法本研究採用「附件一」(Annex 1)之翻譯方式。
2	第 4 章有部分計算並引用中華航空及長榮航空相關資料部分，為避免資料及結果遭外界誤用，建議以代號表示。	已修改為代號。
3	p84，本文所述燃料油主要考量之溫室效應氣體為 CO ₂ 、CH ₄ 及 N ₂ O，是否有參考文獻？	主要參考文獻來自經濟部能源局民國 96 年之出版品「能源產業溫室氣體排放係數」與「95 年度電力排放係數」；已於文中(5.3 節)加入參考文獻註解。
4	p86，以 IPCC 方式計算車輛 CH ₄ 及 N ₂ O 之排放，其計算方式為何？或此部分之影響甚微，故予以忽略，若是如此，請於本文中說明。	1.IPCC 計算以 IPCC 方式計算車輛 CH ₄ 及 N ₂ O 之排放，其計算方式如表 6-1 所示。由於該項計算方式必須要有控制設備的資料，因此無法取得資料進行 2. CH ₄ 及 N ₂ O 之排放的確是遠低於

項目	審查意見	回覆辦理情形
		CO ₂ ，一般在計算機動車輛排放時，大部分忽略。
5	p87，有關規劃下一年度進行桃園機場溫室氣體盤查...云云等字，請予刪除。	已刪除，謝謝委員指正。(如 5.4 節所示)
6	p102，表 6-2 飛機機型之分類，有否依飛機廢氣排放量之大小來分？	以採用不同之分類方式：於各機場最常起降之機型，採用實際機型引擎排放量計算，而其餘起降數較少之機型則依照其最大起飛重量與類別分類。
7	p106，表 6-9 所述之總旅客人數請增列資料來源。另有關單位說明，請重新調整排版，以便於閱讀。	已進行調整。
8	表 6-10～表 6-15，考量表列出相關機關與單位名稱，為避免造成資料數據錯誤引用，建議以代號表示。	已修正，全部將廠商資料名稱予以取消。(如表 6-12 至表 6-22 所示)
9	p107～p108，有關各單位之油耗與行駛里程數建議不需於本文說明（若有必要說明請以代號表示）。	已修正，已刪除與廠商相關之資料。(參見 6.3 節)
10	本報告計算機場車輛之 CO ₂ 排放量似以油耗來估算，惟 p114 所述 CO ₂ 排放係數之選用以 EFDB 為優先，似與前者有矛盾，請說明。	已修正，謝謝委員指正。計算機場車輛之 CO ₂ 排放量以油耗為基準，主要是 EFDB 必須有里程數的資料，但里程數資料的合理性低於耗油量。
11	表 6-19 及表 6-20 建議增列註釋：「計算原則係依經濟部能源局 2005 年能源統計手冊計算出每公升汽油排放 2.36 公斤之 CO ₂ ，每公升柴油排放 2.78 公斤之 CO ₂ 」，以明確說明計算方式。	已修正，謝謝委員指正。(如表 6-21 與表 6-22)
12	表 6-21 及表 6-22，數據呈現比例一欄，其用意為何？是否考慮刪除？	已刪除(如表 6-23 及表 6-24)，謝謝委員指正。(期中報告中展現之數據比率乃為各電表佔總用電量之比率，但此數據並非分析之重點，因此採納委員建議予以刪除。)
13	建議於 6.5 節前，增列各類廢氣排放源（如飛機、地面車輛、用電間接排放）之總排放量比較表。	已增列。
14	p124，有關桃園機場作業車輛之數	已依照調查結果修正。但報告中展現

項目	審查意見	回覆辦理情形
	據有誤，請修正。	的是各調查公司與單位所認知的資料。其次，本次調查的對象是在機場內部的專業地面車輛數目，請各單位自願性提供數據，若欲了解盤查資料的正確性，恐需進一步釐清。
15	7.3 節問卷調查因航站調查對象不客觀，造成結果有失真之現象，建議予以修正改進。	已訪問機場相關業務主管單位、總臺、民航局官員與航空公司，綜合各單位意見提出研究成果與建議。
16	p134，第 1 次期中審查本局飛航管制組第 2 項提問未答覆，請補正。	已補正如下：DARTS（Arrival and departure manager）（避免飛機發動機的不必要操作的系統）系統的導入，可在擁擠的尖峰時刻降低飛機在地面上滑行的距離。
17	本案研究單位對於民航主管機關之具體建議或應採行之因應措施為何？建請予以補充。	<p>1.有關 EU ETS 等相關之因應措施於 4.4.3 節中說明。</p> <p>2.有關機場可採行之相關空污減量措施，其中民航主管單位可採行之措施，則於 7.3 節中說明。</p> <p>3.並將主要之相關建議統整列於 8.2 節中。</p>
18	p74 提出政府因應排碳權交易可能之政策，惟請提出具體策略及方案，並述明主協辦單位，供政府單位參考。	已於 4.4.3 節中詳細說明，並將主要建議統整於 8.2 節中。
19	p130，表 7-4 係訪問兩家航空公司，惟部分資料呈現兩極化之答案，應請說明。	本期末報告已更新相關之訪談成果，不採用評分方式，而以定性方式說明各項措施之可行性。

附錄三 第一次期中報告審查意見與回覆

「國際航空器廢氣（含溫室氣體）排放減量現況調查及我國因應策略之研究

」第一次期中報告審查意見與回覆辦理情形

一、審查會議時間：97 年 12 月 15 日（星期一）下午 2 時 00 分

二、審查意見與回覆：

項目	審查意見	回覆辦理情形
張審查委員順欽		
1	第二章述及全球主要國際組織與國家航空運輸污染物減量措施最新發展，內容建議再做整理，最好分小節說明。	知悉。本研究將持續蒐集相關資料，於期末報告中進行系統系之歸納。
2	第三章述及全球主要機場空污減量措施，請說明各國機場選定之原則以及航空運量等，以彰顯其重要性或代表性；各機場資料均應說明引用來源，並適當分析、分節，以利相互比較。	全球主要機場之個案探討，機場主要選取準則包括運量、環境保護成效、以及資料獲得程度等，已於第三章中（P29）說明，並增加各機場運量資料如表 3-1。
3	第四章關於歐盟碳交易制度之因應，建議整理歐洲航空公司在我國起降班機之情形，納入因應策略分析。	已掌握桃園國際機場 2008 年之國際班機起降資料，包括歐洲航空公司。
4	航空污染物減量策略研擬，對於航空器的排放除了推估計算之外，建議考慮監測的可能性，對於高污染排放的航空器是否可以採取限制或其他管制？	針對高污染之航空器，我國並無相關管制措施。參考國外主要機場之作法，通常並未針對特定機型進行限制，但可利用市場機制之措施於空污費收取時，針對高污染之航空器徵收較高之費用。
5	P93 關於荷蘭機場的空污減量有何規劃，請再予補充說明	已增加於 P30 中，後續將進一步訪問荷蘭機場，並將結果納入期末報告中。
6	第五章 5.1 述及我國環保署有關溫室氣體減量策略與作法，內容卻為空氣總量管制，請更正。	已修正，參見第五章。
7	建議配合溫室氣體減量法（草案）盤查相關工作，進行相關預備工	已將相關內容納入第五章。

項目	審查意見	回覆辦理情形
	作。	
汪審查委員進財		
1	假使我們航空業要實施 ETS (Emission Trading Scheme) 措施，建議應先瞭解國內的現況，包括整個民航相關事業、環保署及民航局等單位。另亦應蒐集與彙整國內現況及未來可能的作法。	知悉。已訪問相關單位進行了解，並將內容耐入第四章中。
2	報告中因多數資料多為國外文獻，在翻譯部分尚有未說明清楚或謬誤處，請修正。	已修訂。
3	在調查訪問部分，建議應事先臚列問題，並將訪談結果按照類別說明。	知悉。
中華航空公司		
1	在報告中顯示，不論是長榮或是華航皆會面臨很大的成本支出。在對外方面，期望不受到任何的歧視待遇，在對內方面，不論國內是否要制定相關的因應措施，建請政府及相關單位應協助航空公司面對此問題，而並非讓航空公司自己去面對。	知悉。已於報告中建議相關因應措施供有關單位參考。
長榮航空股份有限公司		
1	長榮航空自從 2005 年開始就陸續引進新型的 B777-300ER 來取代 B747-400，在燃油使用效率方面，可以節省約 20% 的燃油消耗，相對也減少不少的碳排放。此外，公司內部亦成立一個「節油小組」節能減碳的委員會，主要是針對航空公司可控制的範圍之內如何去做到節油減碳。另亦針對整個飛行員操作程序、甚至航機在地面操作等都重新再做評估。	知悉。
2	除了長榮航空在技術層面的改善外，亦希望政府能給予協助，畢竟我國並非京都議定書的締約國，故	知悉。已於報告中建議相關因應措施供有關單位參考。

項目	審查意見	回覆辦理情形
	在權利義務方面，只能朝向自願性的減碳計畫去執行。但是在自願性的部份，對於歐盟的 ETS 是否會承認，還是未知數。因此，對於航空公司而言，僅能對於歐盟 ETS 相關的計畫內容與時程來因應，其他部分仍需要政府單位協助。	
本局企劃組		
1	有關報告內容文字有部分遺漏或誤植，請予以修正。	已修訂。
2	P20 述及「FAA 相信通過提出新的法案，將於下一世紀（2012-2018 年）有效降低廢氣排放」，然查此一部分，係提及 FAA 最新法規中加入清潔生產，而 FAA 最新法規係於 2005 年 12 月 19 日生效，且現今為 2008 年，爰請修正下一世紀（2012-2018）文字。	已修訂。
3	P41 至 P44 中有關表 3.3 係全球主要國際機場對空污之防治與作法比較，分為「飛機引擎方面」、「機場陸地交通方面」及「機場方面」共計 17 項，其後將機場採行之溫室氣體與相關空污減量措施分為 3 項，分別是「經濟面作法」、「管制面作法」及「其他替代作法」共計 17 項，然之間防制作法關聯性無法相符，請補充說明。	3.5 節之措施彙整已修正。
本局飛航管制組		
1	研究單位於 P23 提出「機場或相關單位可減少空污的作法」共 5 項，其中有 2 項是跟飛航管制有關係，一個是「飛航管制容量與效率的提升」，另一個是「飛機進場與離場效率提升」。在下面個案探討中，只有瑞士蘇黎世機場有提到之外，其他都沒有就這兩個部份來做說明，建議增加一些相關資料供參考。	APEC 國家中包括美國、日本與澳洲政府已進行相關之可行性計畫，已於第二章納入 APEC 之會議結論與調查資料表。後續進行資場訪談與資料蒐集將持續更新納入報告中。
2	P26 說明瑞士蘇黎世機場導入 DART	DARTS (Arrival and departure

項目	審查意見	回覆辦理情形
	(避免飛機發動機的不必要操作的系統)系統,其效益是「避免飛機發動機的不必要操作」及「在尖峰時刻降低飛機在地面滑行距離」,期間之關聯性建議再說明清楚。	manager)(避免飛機發動機的不必要操作的系統)系統的導入,可在擁擠的尖峰時刻降低飛機在地面上滑行的距離。
3	P44 在航管的部份曾提出可考量採用 CDA (Continuous Decent Approach),雖然採 CDA 可減少中間的平飛,減少燃油及空污的排放,但對於「飛行時間的節省」似無相關性,且評估是否採行 CDA 之關鍵因素應為「空域結構」而非「飛航安全與管制人員的訓練」,請再考量修正。	知悉。
本局航站管理小組		
1	未來的工作是要建立一個盤查機制,所以這部分希望請委辦公司務必要能夠與環保署這部份來接軌。	知悉。已與環保署聯繫並討論。
2	關於計算排放量部份,下一個工作重點是要計算桃園機場與臺北松山機場之排放量,建議請委辦公司儘早提出需求。	已增加第六章,納入最新之調查與分析資料。
3	目前環保署並沒有把航空業納入 ETS 裡面,在這邊希望環保署若有計畫也可評估一下如果納入航空業有何優缺點或是影響。	知悉。將持續與環保署聯繫。

附錄四 歐洲主要民航單位與機場訪談紀錄

訪問時間：97 年 9 月 2 日至 9 日

一、歐盟 EUROCONTROL

1. 單位名稱：

- European Organisation for the Safety of Air Navigation (EUROCONTROL)

2. 受訪者姓名：

- Dr. Bruno Desart, Manager, Airport Capacity and Delay Analysis
- Mr. Peter Hullah, Manager, Strategy and Business Development

3. 單位組織與簡介：

為一歐洲政府組織，主要負責歐洲 38 個國家之導航與航空交通管制工作與整合。其預算來源除來自於歐盟執委會外，並由各國依據其飛航管制工作之多寡提供，執行歐盟以及歐洲國家之相關飛航管制計畫。

4. 小結：

歐盟執委會除積極推動 EU ETS 外，並已進行 SESAR 計畫推動單一歐洲天空之計畫，未來 2020 年將使得航空運輸由於飛航效率之提昇減少 10% 之燃油消耗。除此之外，EUROCONTROL 目前與歐盟主要國家共同合作之噪音交易計畫（Noise trading, MIME）亦值得進一步了解。

二、荷蘭運輸部與民航局

1. 單位名稱：

- Directorate-General for Civil Aviation and Freight Transport, Ministry of Transport, Publics Works and Water Management
- Aerodromes and ANS Inspectorate, Civil Aviation Authority, Transport and Water Management Inspectorate

2. 受訪者姓名：

- Mr. Jean-Paul de Maat, Senior Policy Advisor, Airport Environment

- Mr. Kees van Hees, Inspector
- Mr. Peter Ysbrandy, Inspector

3. 單位組織與簡介：

荷蘭之運輸部全名為 Ministry of Transport, Publics Works and Water Management，執掌包括運輸、公共工程以及水運管理等；此次行程拜訪位於海牙運輸部總部下之單位 Directorate-General for Civil Aviation and Freight Transport，以及位於 Hoofddorp（Schiphol 機場近郊之城鎮）之民航局（Civil Aviation Authority）。運輸部總部之民航主管單位負責政策與規範之擬定，而民航局則負責相關規範之執行與監察。

4. 訪談內容：

- 荷蘭運輸部、Schiphol 機場與其他相關之部門，針對航空運輸空污減量之責任分別為何？

運輸部必須確認任何決定必須符合現有法律之空氣污染（品質）相關規範；Schiphol 機場在飛航班次增加時，必須提出相關之措施，使得在機場運量增加之情況下，其機場與周邊之空氣污染不隨之增加（及控制在法令規範之範圍內）。在現在環保議題相當受重視的時代，Schiphol 機場與荷蘭國籍航空（KLM）亦會採行各種措施減少二氧化碳之排放，建立事業環保的大眾形象。

- 荷蘭運輸部是否有相關政策或管制，控制 Schiphol 機場之廢氣排放量？

在空氣品質方面，基本上荷蘭遵循歐盟執委會之規範，但針對氮氧化物以及一氧化碳之排放則較歐盟其他國家之管制更嚴格；例如，荷蘭一氧化碳之總量至 2020 年時將較 1990 年之排放量減少 30%。此外，Schiphol 機場每年之污染物排放總量與機場營運之飛機總架次重量之比值，必須符合一定之規範（如表 1 所示），且逐年越來越嚴格。

表 1 荷蘭機場污染物與飛機重量比值規定 (g/ton)

污 染 物	2004-2005	2006-2010	2011 年後
CO	73.1	58.1	55.0
NO _x	74.6	74.6	74.6
VOS	15.6	9.9	8.4
SO ₂	2.1	2.1	2.1
PM ₁₀	2.5	2.5	2.5

➤ Schiphol 機場是否有計算一年之碳總排放量 (carbon footprint) ?

是的，此工作由荷蘭國家太空實驗中心 (NLR, National Aerospace Laboratory) 進行。

5. 小結：

荷蘭政府針對航空運輸空污減量，除遵循歐盟統一之空氣品質規定外，亦建立更嚴格之空氣品質標準，且針對 Schiphol 機場之五種 (CO, NO_x, VOS, SO₂ 與 PM₁₀) 不同污染物排放量有逐年嚴苛之規範。荷蘭機場在運量增加之同時，必須提出各種空污減量方案，使得其廢氣排放量不隨之增加。

三、比利時布魯塞爾機場

1. 單位名稱：

➤ Brussels Airport

2. 受訪者姓名：

➤ Mr. Bert Jacques, Noise issues administrator

➤ Mr. Luc Laveyne, Airport consultant

3. 單位組織與簡介：

布魯塞爾機場一直是以公營公司之方式營運，自 2006 年十月起經營比利時布魯塞爾機場之公司民營化後稱為 The Brussels Airport Company。空中交通管制部分則由 Belgocontrol 負責。

4.訪談內容：

➤ 布魯塞爾機場是否有計算每年機場營運各種污染物之排放量？

此機場針對各種污染物之排放量以進行長期之監測與計算；自從 1990 至 2006 年各種污染物之產生量如圖 5 所示，此污染物排放量與飛機起降數約成正比之關係變化。各種污染物包括 CO, SO₂, NO_x, NMVOCs, CH₄, N₂O 與懸浮粒子等。

➤ 布魯塞爾機場是否有計算每年機場營運之溫室氣體排放量？

此機場從 1990 起溫室氣體產生量針對飛機飛航之巡航階段所排放之溫室氣體進行推估，且公布主要之相關資料。

➤ 布魯塞爾機場是否有任何機場空污減量之作法？

目前主要為與各種來往機場之巴士公司以及地勤業者，進行溝通與會議，推動各種低污染地面車輛之使用。此外，以委託專業之顧問公司，針對機場各種操作與營運方式，探討可採用之空污減量措施與作法。

5.小結：

比利時布魯塞爾機場在噪音管制部分已屬相當純熟與先進，而航空運輸空污減量部分則於近幾年逐漸受到重視；目前已完成各種污染物之推估與計算，各種相關之措施將於顧問報告完成後逐漸實施。

四、荷蘭史基浦機場顧問 NACO 公司

1. 單位名稱：

- Netherlands Airport Consultants

2. 受訪者姓名：

- Mr. Rik Krabbendam, Director Airport Engineering & Planning
- Mr. Piet Ringersma, Manager, Environmental Impact Assessment

3. 單位組織與簡介：

荷蘭 NACO 為一專業之機場顧問公司，除參與荷蘭機場之相關機場建設工程外，亦參與全球主要機場之建設，且目前正執行臺灣桃園國際機場之機場相關擴建計畫。NACO 公司之組織包括顧問、機場規劃、設計與工程、執行。

4.小結：

綠色機場已是機場規劃與設計之主流，在規劃、設計與過程之過程中，應以環保為考量，建造有效率之機場；若機場已開始營運，亦可考量相關之營運方式，使得能源消耗較少，或使用某部分空間擴建與重新規劃之方式，提升能源之使用效率。

附錄五 APEC 航空廢氣任務小組第一次紐西蘭奧克蘭會議記錄

會議時間：2008 年 7 月 30 日至 31 日

議題一：回顧與最新發展報告

(一) 國際民航組織 (ICAO) 最新進展

包括 ICAO 第 36 次會員大會及 ICAO 下之國際航空及氣候變遷小組 (Group on International Aviation and Climate Change)

- 1、航空運輸污染物任務小組將會了解各種航空運輸污染物課題以及降低污染物之可行措施，但將以不重複 ICAO 之工作為原則。
- 2、聯合國的 UNFCCC 有關航空燃油之工作，油價持續上升。
- 3、ICAO 的國際航空運輸與氣候變遷 (GIACC) 會議。。
- 4、歐盟已第一階段議會通過將航空運輸納入現有之碳交易市場 (EU ETS)，APEC 將持續觀察其進展，若於 2012 年將國際航空運輸納入歐盟之 EU ETS 中，勢必對航空公司造成相當大之影響。
- 5、航空公司對於高油價如何因應。
- 6、澳洲之碳污染減量方案已公告，預計將於 2010 年實施。
- 7、AAPA 提供了油價對亞太區域航空公司之影響，燃油成本已佔航空公司總營運成本之 40-50% 之高；此已造成許多航空公司虧損以及解雇員工。但是，未來長期之 20 年間，航空器製造商仍預估航空產業之持續成長。

議題二：航空公司與飛航導航服務提供者

(一) 亞太地區空氣污染減量計畫 (ASPIRE) 最新進展 (Dave Rollo, 紐西蘭飛航導航)

- 1、ASPIRE 為一包括澳洲、紐西蘭與美國之飛航導航供應商共同合作之計畫，目標為提升飛越太平洋主要航線之效率，以達到油耗與污染物減量目的；此計畫亦開放給有興趣之相關單位參與。
- 2、此計畫包括運用一些如 RNAV/RNP 之操作方式，依據 ICAO 之新式標準，提升飛機之操作效率，以及提高空域之容量。

- 3、各相關導航供應商之合作亦是相當重要之工作，新式科技使得現代之飛機可利用更彈性與動態之航線飛航，根據隨時更新之氣象與相關資訊，飛機操作者可彈性選擇最適切之航線飛航，此舉可提升燃油效率與降低污染物之排放。

（二）空中交通碳減量作法（Rob Eagles, 國際航協）

- 1、就航空公司之觀點而言，飛航管制之相關限制可使得燃油與污染物增加約10-12%；相關之限制包括：（1）有些飛航管制路線結構仍依據老舊之方式以及科技，（2）有些因政治因素而存在之不合時宜限制與阻隔，（3）因國防與軍用因素而存在之空域限制，（4）飛機多載負燃油以避免某些機場之額外收費。
- 2、提升飛機導航效率之措施包括：（1）利用離到場管理系統減少起飛滑行及等待時間，（2）運用 RNAV 縮短飛機進場距離，（3）長途飛行採行縮短航程及經營者建議航線，（4）透過離境及RNP 程序管理，使機場作業更有效率。
- 3、為達到航空器排放空氣污染物減量之目標，必須考量飛機全程之操作程序，從登機門至到達另一機場之登機門為止，包括地面之操作與移動。
- 4、為避免重複作業，ICAO 應擔負整合區域規劃與空域發展之角色；APEC 之主要任務為將有關提升 ATM 之有效計畫之資訊分享給各經濟體。各經濟體之最佳作法，將因狀況不同而異。

（三）澳洲替代燃料作法（Peter Broschovsky, 澳洲航空）

- 1、任何航空用油於短中期之替代油料，應在不改變現有飛機和引擎之情況下，直接替代現有油料，方為最可行之方式。
- 2、現有開發替代燃料之主要考量為，相同之能源消耗與使用效率下，可降低單位溫室氣體之排放量。
- 3、未來許多替代油料如生質油料甚至燃料電池等，均將持續研發，使用於民航機上。

議題三：監測與計算污染物

（一）溫室氣體的長期監測（王國英教授, 中華臺北）

- 1、由中華臺北和歐盟幾個單位共同合作之溫室氣體的長期監測計畫（PGGM），主要為在飛機上與船上裝置 IAGOS 監測器，監測大氣中之

各種氣體之長期變化狀況，合作之民間單位包括中華航空、長榮航空與長榮海運。

2、自 2009 年底開始，此 PGGM 計畫將使用 A340-300、B747-400 與貨船進行長期之大氣與海洋表面之氣體組成監測。

3、此長期監測計畫，將可更了解大氣中溫室氣體之組成與變化。

（二）航空運輸碳足跡計算（Dave Southgate, 澳洲基礎建設部）

1、澳洲政府為計算碳足跡（Carbon Footprints），原採用 IPCC 之模式進行計算，惟此方式遭其國內民眾要求解釋其計算方式，並強烈質疑所得之數據，澳洲認為 IPCC 所發展之模式為「黑箱（black box）」，不易向其民眾詮釋，為此澳洲政府已放棄使用 IPCC 模式，並改自行發展並公開計算碳足跡之模式，以利國內民眾進行驗證。

2、澳洲已發展出計算碳足跡之軟體，稱為 TNIP 碳計算；此軟體所需之資料包括 ICAO 之飛機廢氣認證、EUROCONTROL 以及 OAG 之資料等。

3、利用此軟體依據所需探討之機場，輸入相關之資料，將可計算個別機場在不同時段之碳足跡。

（三）碳污染物計算（Martin Fryer, 紐西蘭）

1、紐西蘭亦發展計算碳足跡之軟體，利用此軟體依據所需探討之機場，輸入相關之資料，將可計算個別機場在不同時段之碳足跡。

2、利用此軟體計算奧克蘭機場每年之碳足跡。

議題四：旅遊業與航空運輸

（一）全球旅遊業與航空運輸（Geoffrey Lipman, 馬德里 UNWTO；Chris Lyle, 蒙特羅 UNWTO；Dr. Susanne Becken, 紐西蘭 Lincoln University）

1、旅遊業和航空運輸互相影響，密不可分；無論是休閒或商務旅遊，隨著航空產業之發展將帶動旅遊業之興盛，但伴隨而來之廢氣污染亦不容忽視，尤其是長途旅遊以及尚未開發之市場更值得重視。

2、管制航空運輸污染物方法包括管制手段與經濟手段。利用經濟方式來解決此議題已漸漸受到各界重視，例如歐盟目前已通過之 EU ETS 或是紐西蘭即將使用之國內碳交易制度。

3、以每旅客公里之碳排放量比較之，航空運輸與小客車相當，但較公車或鐵路來的差。

4、旅遊業中之總碳排放量，約佔總旅遊業之 40%；而旅遊業佔航空運輸之碳排放量約為 80%之高。

（二）旅遊業與污染物管理（Mark Weaver, 澳洲基礎建設部）

1、隨著旅遊觀光產業所帶來之相關廢氣排放與溫室氣體，在澳洲已是不容忽視之議題。

2、澳洲政府已進行相關之計算旅遊業碳足跡之研究，並著手建立相關之措施，減少旅遊觀光產業所帶來之廢氣污染。

議題五：污染物管理措施

（一）航空運輸溫室氣體計算與比較（Stewart Mckenzie, 紐西蘭 Landcare Research）

1、在 2006 年由 AAPA 委託進行亞太地區航空公司之碳污染物計算與比較；並協助航空公司監測碳排放量，以及有效控制碳之排放量。

2、利用航空公司之收益噸公里數（Revenue Tonne Kilometers, RTK）為基準，計算不同航空公司之單位碳排放量。

3、此外，亦協助各種不同之單位進行碳排放之認證，若認證通過及給予一 carboNZero 之認證標章。

附錄六 APEC 航空廢氣任務小組第二次新加坡會議記錄

會議時間：2009 年 9 月 15 日至 16 日

議題一：任務小組與經濟體相關研究計畫之最新發展報告

(一) 國際航空客運與溫室氣體排放研究之最新進展 (Susan Jabs, 澳洲基礎建設部)

- 1、此研究是 APEC 運輸小組與旅遊小組共同贊助之計畫，主要探討於採用市場機制管制碳污染之情況下，對於航空旅遊業之影響。
- 2、此計畫由澳洲主導，紐西蘭、泰國與新加坡為共同贊助者，計畫由 GHD Meyrick 顧問公司執行。初步研究成果顯示，若碳價在每噸 50 美金之情況下，則其對旅遊業與 GDP 僅會造成輕微之影響；但若於碳價在每噸 200 美金下，則對有些經濟體之長途航程則會有較顯著之影響。
- 3、航空產業之與會者認為，應盡可能將完整之統計資料與數據提供給顧問公司，並進行相關之敏感度分析，產業界也會協助審查報告，以確保研究之完整。
- 4、計畫目前仍進行中，預計今年 10 月初完成初稿，屆時將會轉寄給相關單位審查提供意見，於 10 月底完成定稿。研究報告將會提交與運輸工作小組，以其對未來之相關政策討論有所貢獻。
- 5、澳洲政府將會確認相關之模式與軟體可提供給 APEC 各經濟體使用。

(二) 航空運輸污染物管理措施調查結果 (Ted Milczarek, 澳洲基礎建設部)

- 1、自從上次 AETF 會議後，澳洲政府開始設計有關航空污染物管理措施之調查問卷，於今年 3 月發送給各經濟體，共有 10 個經濟體回覆，包括：澳洲、日本、紐西蘭、秘魯、菲律賓、南韓、新加坡、泰國、美國與我國等。
- 2、調查結果顯示，各經濟體均有不同方式或程度之航空運輸污染物減量措施。調查報告將提交運輸工作小組，建議公布於網站上。網頁之設計希望未來各經濟體可隨時上網更新其資訊，同時並鼓勵尚未參與調查之經濟體，亦登錄其相關訊息；未來並希望各經濟體可分享其 ICAO 行動方案。
- 3、有些經濟體可能因為一些障礙或困難，而無法採行相關措施，未來 AETF 應可進行了解，並協助經濟體排除相關困難。

- 4、產業界認為，為提升整體航空器飛行之效率，除了各經濟體採行相關措施外，亞太地區之飛航交通管理整合以及替代油料研發，更可達到更大之效益。
- 5、ICAO 設定全球航空運輸相關規範與建議措施，但 APEC 以及 AETF 仍可盡其職責，提升亞太地區航空運輸之營運效率，以確實降低污染物之排放。
- 6、此次調查結果總結四個未來 AETF 可努力之方向，其中又以前兩個最為可行：
 - (1) 亞太地區各經濟體合作，提升飛航交通管理之效率；
 - (2) 衡量並報告有關航空運輸污染物之最新發展，以及最佳方案之分享；
 - (3) APEC 了解到自願碳抵換之成效，希望鼓勵更多相關單位參與；
 - (4) 提升飛機之操作與營運效率。
- 7、此外，紐西蘭亦補充說明其國內之碳交易制度將提前至於 2010 年 7 月開始施行，且確認國內線之航空運輸將會納入此制度中。澳洲之碳交易制度則由議會否決，但政府將於 11 月份再次提出，希望於 UNFCCC 於今年 12 月開會前通過相關法令。

議題二：航空產業界之最新發展與討論

(一) 航空運輸替代燃料 (Kurt Edwards, 美國聯邦航空署)

- 1、美國主導之 CAAFI (民航替代油料研究) 計畫是由政府與產業界超過 300 個單位與組織，涵蓋六大洲之研究計畫。
- 2、CAAFI 目標希望於 2013 年底以前完成三種替代油料執認證工作，且希望全球有統一之標準；截至目前為止，已完成三個測試飛行。
- 3、現有開發替代燃料之主要考量為，確認替代油料開發之生命週期，在相同之能源消耗與使用效率下，可降低單位溫室氣體之排放量，且不會造成土地使用之衝擊。
- 4、目前，亞洲發展銀行已重視到溫室氣體減量之課題與效益，願意融資給經濟體進行相關之研究。

(二) 2020 年達到碳中和成長之努力方向 (Ken Mclean, 國際航協)

- 1、IATA 報告有關其航空運輸溫室氣體減量之作法與目標。航空公司每年預計可提升 1.5% 之燃油效率，至 2020 年將可達到碳中和之目標，至 2050 年將可降低相較於 2006 年一半之溫室氣體排放量。IATA 近年已提出四個努力方向，包括新式機型與油料、飛機操作、硬體設施與飛航交通管理、以及市場經濟措施。
- 2、航空公司希望由 ICAO 推動相關之市場經濟措施，避免各區域施行下之重複管制之情況。
- 3、IATA 提出目前亞太地區之空域基礎建設已趕不上未來亞太地區之人口成長所帶動之航空運輸需求增加。
- 4、會中各經濟體共同體認到亞太地區飛航交通管理營運效率提升之重要性，且應於今年 11 月之 APEC 首長會議中提出，希望各經濟體重視此一議題之急迫性。同時，希望將此議題提交至運輸工作小組，得到經濟體之支持以利進行後續之工作。紐西蘭將著手準備初步之報告，IATA 及 AAPA 將提供需要之協助。
- 5、此報告將確認亞太地區為達到永續航空運輸發展所面臨之障礙與限制，並且探討相關之潛在衝擊，並了解短、中長期於施行航空運輸空污減量措施時可能遭遇之困難。此計畫書將提交運輸工作小組。

(三) 飛航交通管理的效率 (Kurt Edwards, 美國聯邦航空署; Stefan Jerga, 澳洲飛航服務公司)

- 1、ASPIRE 為一包括澳洲、紐西蘭與美國之飛航導航供應商共同合作之計畫，目標為提升飛越太平洋主要航線之效率，以達到油耗與污染物減量目的；此計畫亦開放給有興趣之相關單位參與。
- 2、此計畫依據 ICAO 之新式標準，提升飛機之操作效率，以及提高空域之容量，提升飛機導航效率之措施包括：(1) 利用離到場管理系統減少起飛滑行及等待時間，(2) 運用 R-Nav 縮短飛機進場距離，(3) 長途飛行採行縮短航程及經營者建議航線，(4) 透過離境及 RNP 程序管理，使機場作業更有效率。
- 3、為達到飛機操作空污減量目標，必須考量飛機全程之操作程序，從登機門至到達另一機場之登機門為止，包括地面之操作與移動。

4、各相關導航供應商之合作亦是相當重要之工作，新式科技使得現代之飛機可利用更彈性與動態之航線飛航，根據隨時更新之氣象與相關資訊，飛機操作者可彈性選擇最適切之航線飛航，此舉可提升燃油效率與降低污染物之排放。

5、ASPIRE 已完成三次成功之試驗飛行，分別由紐西蘭航空、澳洲航空與美國聯合航空執行。三次飛行可達到降低 54,200 公斤之污染物排放。

議題三：全球航空運輸污染物減量課題之最新發展

(一) 國際民航組織 (ICAO) 國際航空與溫室氣體小組之最新進展 (Dave Southgate, 澳洲基礎建設部)

1、澳洲報告「國際航空及氣候變遷小組」(Group on International Aviation and Climate Change, GIACC)的工作進展，於今年 6 月 GIACC 完成最新報告，並且已由 ICAO 理事會通過。報告中提出全球航空業廢氣排放減量目標，以及提出空污減量相關措施，各國可依據其適用性採用不同措施，並建議各會員國未來提交年度航空燃油使用狀況給 ICAO。

2、UNFCCC 即將於今年 12 月開會，其中 UNFCCC 所抱持的共同目標但責任差異性 (Common but differentiated responsibility, CBDR) 之作法，與 ICAO 及 GIACC 所提出之報告互相抵觸。

3、至於 GICAA 所預期之航空產業每年 2%之燃油效率提升目標，並未決定將針對個別航空公司或國家訂定。主要因為若要達成此一目標，則針對目前有新機對之航空公司相較之下將會較為困難或昂貴。IATA 則提出航空產業每年 1.5%之燃油要率提升目標較可行。

(二) ICAO 於 10 月之溫室氣體高層會議 (Kurt Edwards, 美國聯邦航空署)

1、ICAO 將於今年 10 月召開溫室氣體高層會議，會議結果將提交年底之 UNFCCC 會議中。ICAO 建議各會員國依據 GIACC 之報告，擬定行動方案。

2、會中將討論航空運輸溫室氣體減量目標，以及未來努力方向，希望各國有共識能訂定工作時程。

3、各國已感受到 UNFCCC 所持續給予之溫室氣體減量壓力，ICAO 仍會是全球航空產業扮演廢氣減量之主要整合者，此課題有需要於 APEC 之首長會議中重申。

- 4、此外，ICAO 將於 11 月 16-18 日於巴西日內瓦召開有關替代油料之會議，希望能於會議中完成未來發展藍圖。

議題四：市場經濟與自願性措施，以及衡量污染物方式

（一）ICAO 市場經濟措施（Ted Milczarek, 澳洲基礎建設部）

- 1、自從 1998 年 ICAO 已開始進行有關利用市場經濟措施（Market based measures, MBM）降低航空運輸環境影響之相關研究，相關之措施包括環境稅（費）之課徵、污染物交易、以及自願性措施。MBM 已普遍被接受為減少環境影響之有效措施。
- 2、ICAO 建議各國於施行碳交易制度時，應在雙方國家有相互之協定時，才能將其他國家納入此一制度中。
- 3、此外，ICAO 於 2007 年在航空運輸與環境保護委員會（Committee on Aviation and Environmental Protection, CAEP）下設置 MBM 任務小組，目的於進行相關研究，探討實施市場經濟措施之可行性。但至目前為止，針對全球性可採行之措施，仍無一定案或準則。
- 4、美國亦補充說明相關法案之發展進度。美國現已提出法案，針對燃油提供者規範需購買銷售燃油之之碳單位（carbon units），燃油提供者預期會將此成本轉嫁給消費者。此法案預計於年底前將會通過。

（二）航空運輸碳足跡計算（Dave Southgate, 澳洲基礎建設部）

- 1、澳洲政府為計算碳足跡(Carbon Footprints)，自行發展並公開計算碳足跡之模式，以利國內民眾進行驗證。
- 2、澳洲已發展出計算碳足跡之軟體，稱為 TNIP 碳計算；此軟體所需之資料包括 ICAO 之飛機廢氣認證、EUROCONTROL 以及 OAG 之資料等。
- 3、利用此軟體依據所需探討之機場，輸入相關之資料，將可計算個別機場在不同時段之碳足跡。
- 4、澳洲政府預計於年底將完成此軟體新版本之修正，軟體將會公布於網頁上免費下載，以利各會員國進行相關之分析，或於提交燃油報告資料予 ICAO 時有一統一之計算方式。
- 5、此軟體目前僅可推估飛機起降與巡航階段之二氧化碳排放量，目前尚無法計算其他污染物（如氮氧化物）之排放量。

(三) 亞太航協之區域展望 (Martin Eran-Tasker, 亞太航空協會 AAPA)

- 1、AAPA 說明亞太地區航空產業所面臨之挑戰，以及產業界針對降低環境影響的努力與作法。
- 2、AAPA 組織成員涵蓋了全球 27% 的客運量以及 40% 貨運量；但這幾年的高油價、客貨運量下降以及景氣衰退，使得航空產業相關之投資降低。
- 3、AAPA 擔心越來越多國家或區域針對航空產業採取課稅或施行碳交易等市場經濟措施，此舉很有可能造成航空產業重複被課徵稅賦，或落入不同管制系統等情況，使得額外成本與挑戰加諸於航空產業，增加產業經營之困難。

附錄七 APEC 經濟體航空運輸廢氣措施調查

一、目標、策略與管制

1. 經濟方面是否有對溫室氣體（greenhouse gas, GHG）排放提出任何目標？如有，是否應用到：
 - a. 整體經濟上
 - b. 交通方面
 - c. 國內航空方面
 - d. 國際航空方面
2. 經濟方面是否對管理以及減少溫室氣體排放提出一概括之架構、策略或政策？如有，是否包括：
 - a. 市場基礎（market-based）措施
 - b. 排放物抵銷安排
 - c. 其他方面
3. 是否對於航空溫室氣體排放管理建立國家計劃、策略或政策？如有，是否促進或需要特定的行為？
 - a. 航空公司
 - b. 機場
 - c. 飛航服務提供者（Air Navigation service provider, ANSP）
4. 對於提高航空公司的燃油使用率，是否使用新的政府規定？如有，是否包括以下限制：
 - a. 為效率較低之航空器更換低旁通比引擎（low by-pass engines）
 - b. 於其他方面提升效率，如：空中交通管制
 - c. 提出市場基礎之措施

5. 是否考慮從現有規範中提出修正以增加燃油效率？如有，是否考慮修改下列規範？
- a. 燃油保存基礎
 - b. 其他涉及燃油效率之要求

二、空中交通管制（Air traffic management, ATM）及航空器操作

6. 飛航服務提供者（Air Navigation Service Provider, ANSP）是否提出任何於起飛前之航管措施以增加燃油效率？如有，是否包括：
- a. 起飛前策略性管理技術
 - b. 改善航空器的地面處理
 - c. 機門對機門（gate to gate）系統廣範資訊管理
 - d. 協同決策（Collaborative Decision Making, CDM）
 - e. 軌道基礎運作（Trajectory Based Operations, TBOs）
7. ANSP 是否有提出任何航管措施關於起飛及爬升階段以改善航空器燃油效率？如有，是否包括：
- a. 導航性能需求（Required Navigation Performance, RNP）程序
 - b. 連續爬升離境（Continuous Climb Departure, CCD）
8. ANSP 是否針對航路（包括海域）提出任何航管措施以增加燃油效率？如有：是否包括：
- a. 長程最佳飛行或速度控制以減少到達航班的延誤
 - b. 靈活的航道允許高空的風
 - c. 使用者選擇之航道（自由飛行）
 - d. 縮小垂直間隔（Reduced Vertical Separation Minima, RSVM）
9. ANSP 是否針對進場及降落階段提出航管措施以改進航空器燃油效率？如有，是否包括：
- a. 連續降落進場（Continuous Descent Approaches, CDAs）

- b. 合適的入境
 - c. 以 RNP 程序進行‘綠色進場’（Green Approaches）
 - d. 地區導航儀器程序
 - e. 全球衛星導航系統（Global Navigation Satellite System）進場
10. ANSP 是否與其他 ANSP 合作改善國際及長途飛行之效率，如有，是否包括：
- a. 其他 APEC 經濟體
11. 有關自動回報監視-B（Automatic Dependent Surveillance, ADS-B），廣域 Multilateration 或 expanded radar coverage（擴大雷達範圍）之引進，ANSP 其中的策略是否為允許更有效率的航空器運作？
- a. 目前是否在追求任何的提議
12. 政府是否開始從新探討空域的限制範圍以縮短或優化航道？如有：
- a. 此過程是否帶來主要航道如想象中縮短？
13. 是否曾評估通過減少噪音減量程序（Noise Abatement Procedures）之限制以降低航空燃油使用以及廢氣排放的潛力？如有，
- a. 曾否想像燃油節省的程度是否足以填所改變的噪音影響？
14. 航空公司有否實施全部或部分於 2003 年 2 月出版的 ICAO Circular 303 所描述之營運措施以節省最多的燃油並減少廢氣排放。如果沒有：
- a. 你認為 APEC 的 TPT-WG 航空廢氣排放特別小組有提出的責任嗎？

三、技術方面

15. 政府是否提出任何措施以促進航空公司使用機身、引擎或空氣組成部分之新技術，目標為提高燃油效率或減少 GHG 的排放？如有，
- a. 這些措施是否採取成功？

16. 航空公司是否按步驟替換燃油效率較低的航空器？如有，是否包括：
- a. 近期最得之新航空器
 - b. 訂購新航空器以取代較舊之航空器
17. 航空公司是否按步驟更新現有的航空器以增加其燃油效率？如有，是否包括：
- a. 機身修改，例如增加翼梢小翼（winglets）
 - b. 引擎修改或更換
 - c. 減少一般的重量
18. 航空公司是否按步驟更新現有航機上的航空電子設備以維持續效基礎導航（Performance-based navigation, PBN）？如有，當中是否包括允許：
- a. RNP 程序之設備
 - b. 其他 PBN 程序之設備

四、替代油料

19. 政府是否提供學術或企業上關於航空替代燃料發展的研究？如有，是否包含：
- a. 非化石燃料（non-fossil based fuel）或生物燃料（bio-fuels）
20. 航空公司是否著手試驗任何航空替代燃料？如有，試驗結果是否：
- a. 對於 GHG 之排放及燃料使用是否出現淨減（net reduction）
 - b. 可供其他 APEC 會員分享
21. 政府是否於監管過程中提供檢定，使航空公司使用經測試可供航空使用之替代燃料時不必重複飛航測試？如有，
- a. 此監管過程是否適合其他國家應用？

五、經濟措施

22. 政府是否建立或參與任何與航空 GHG 排放相關之研究計劃？如有，是否包括：

- a. 為特定航空廢氣排放之研究提供資金
 - b. 與其他國家合作之研究計劃
23. 政府是否提供任何協助予航空產業邁向一低炭未來？如有，是否對下列各項提供協助：
- a. 航空公司
 - b. 機場
 - c. 其他
24. 政府是否減低新機型的稅項以協助推廣更具燃油效率的新機型？如有，此項目是否顯示出：
- a. 年折舊率
 - b. 特定的時間期限

五、市場基礎措施

25. 政府是否針對航空產業提昇燃油效率或減少廢氣排放提出稅項之徵收？如有，
- a. 此措施如何有效地減少廢氣排放
26. 碳排放交易機制（Emissions Trading Scheme, ETS）是否為政府針對氣候變化議題之目標？如有，
- a. 國內航空是否包括在內？
 - b. 國際航空是否包括在內？
27. 政府是否徵收空污費（Emission charges）為支出於減低 GHG 相關計劃而提高收入？如有，
- a. 此收費是否適用於國內航空？
 - b. 此收費是否適用於國際航空？
28. 政府是否對航空公司實行之自願性質的碳抵銷計劃（Carbon Offset Schemes）

提出任何型式之鑑定？

- a. 搭乘任何以本國為基地的航空公司乘客能否於政府認可的供應者下抵銷他們的碳排放？
- b. 是否提供針對貨機之抵銷計劃？

六、 機場

29. 政府是否針對減少 GHG 排放向機場設立任何目標措施？如有，是否包括：

- a. 提供經濟協助
- b. 提供技術建議
- c. 任何其他手段

30. 國家中是否有任何機場提出特定的減少 GHG 排放措施？如有，措施是否包括：

- a. 改善地面運作區（movement area）以減少滑行時間（taxiing time）
- b. 增加飛機停泊及航站登機門以減少延遲（delays）
- c. 提供地面動力（ground power）以代替 APU 之使用
- d. 為停靠航站的航空器提供預備空調（pre-conditioned air）
- e. 其他措施

31. 機場是否提出（movement caps）以鼓勵大型機型的使用，帶來更高的燃油效率？如有，

- a. 此措施是否有效

32. 機場是否提出時間有管理機制（Slot Management Schemes）以減少擁擠或連帶的起降延遲？如有，

- a. 是否有效減少飛機起降延遲

33. 是否有機會提供或改善連接主要機場之公共交通運輸？如有，是否包括：

- a. 提供或改善鐵路運輸

- b. 提供或擴大公車服務

七、 自願措施

- 34. 政府是否參加任何與航空產業管理航空廢氣排放相關之自願協議？如有，這些安排是否包括：
 - a. 特定廢氣的減少
 - b. 國內航空公司
 - c. 國際航空公司

- 35. 政府是否鼓勵或支援航空公司的碳抵銷計劃（Carbon offset scheme）。如有，此計劃對乘客之延伸是否包括：
 - a. 國內航空公司
 - b. 國際航空公司

- 36. 是否實施重要的航空廢氣抵銷計劃？如有：
 - a. 對象是否為一般乘客？
 - b. 實施的單位是否重要？
 - c. 政府官員主要旅遊是否被列入抵銷？

- 37. 是否有任何航空部門實施之方案，目標為抵銷碳排放？如有，是否包括：
 - a. 個別航空公司
 - b. 個別機場

八、 政府補貼措施

- 38. 政府是否提倡任何目標為改變人的喜好選擇行為之措施，以減少航空廢氣排放？如有，是否包括：
 - a. 旅遊需求之管理
 - b. 航空旅遊替代品之提倡
 - c. 提升航空廢氣排放議題知覺性之溝通方案

d. 其他

39. 政府是否提倡氣象預報服務以允許更有效率之飛行航線？如有，

a. 航空公司是否認定燃油及排放物的減少直接歸因於提升預報？

40. 政府是否安排任何會議、工作坊或專題研討會以協助管理排放物措施之傳達與資訊交流？如有：

a. 國家是否持續進行排放物管理資訊的宣傳計劃？

九、 測量、報告及評估

41. 國家是否應用任何計算航空 GHG 排放方法以實行碳計算目的？如有，以下何種為使用方法：

a. IPCC

b. 其他碳足跡（Carbon footprint）

42. 航空公司的燃油使用報告或機場的 GHG 排放是否必要？如有，是否包括：

a. 特定燃油消耗或排放資料

b. 區分國內及國際航線的資料

43. 是否有必要把 GHG 排放考慮為任何環境影響評估架構（Environmental Impact Assessment framework）中？如有：

a. 是否應用於相關航空計劃？

44. 預備政府關於 GHG 排放之環保報告是否有任何正式需求？如有，

a. 是否應用於其他航空相關計劃？

45. 國家是否存在任何障礙，使航空廢氣排放管理措施的提出較為困難？如有，

a. 其他 APEC 會員的協助是否能幫助克服此類障礙？

46. 航空廢氣排放工作小組（Aviation Emissions Task Force）的特定任務是否能支援國家有效地履行措施？如有，是否包括：

- a. 提供技術忠告或協助
- b. 減少廢氣排放機會的認定
- c. 其他範圍

十、 其他現有或已計劃措施

47. 國家目前是否存在或計劃任何上述沒有分類到的其他措施？如有，請提供這些措施之詳細資料。

- a. 請提供計劃之詳細資料。

附錄八 我國環保署產業溫室效應氣體盤查上傳資料

表 1、上傳資料庫字典－資料表名稱：tb_List1（事業基本資料）

Primary Key Name（主鍵值）		Primary Key Column（主鍵值欄）		
PK_ControlID （主鍵值欄位名稱）		companyNO + APP_year （統一編號+盤查年度）		
欄位名稱	型式	欄位描述	是否為空值	備註
APP_year	VARCHAR（3）	盤查年度	不為空白	請輸入民國年
companyNO	CHAR（8）	事業統一編號	不為空白	營利事業統一編號
PcompanyName	VARCHAR（100）	事業名稱	不為空白	登記之公司（工廠）名稱
city	CHAR（6）	事業縣市名稱	不為空白	如臺北市
town	CHAR（8）	事業鄉鎮名稱	不為空白	如大安區
zipcode	CHAR（3）	事業郵遞區號	不為空白	如 106
Companyaddr	VARCHAR（100）	事業地址	不為空白	數字請用全形阿拉伯數字
ConnectName	VARCHAR（30）	聯絡人姓名	不為空白	
ConnectPhone	VARCHAR（30）	聯絡人電話	不為空白	（ XX ） XXXXXXXX 或 （ XX ） XXXXXXXX
Connectfax	VARCHAR（20）	聯絡人傳真	可空白	（ XX ） XXXXXXXX 或 （ XX ） XXXXXXXX
Connecemail	VARCHAR（30）	聯絡人電子信箱	不為空白	

表 2、上傳資料庫字典—Table Name：tb_List2（事業排放源基本資料）

Primary Key Name (主鍵值)		Primary Key Column (主鍵值欄)		
PK_ControlID (主鍵值欄位名稱)		companyNO+scompanyno+ APP_year (事業統一編號+公私場所序號+盤查年度)		
欄位名稱	型式	欄位描述	是否為空值	備註
APP_year	VARCHAR (3)	盤查年度	不為空白	民國年，如 94
companyNO	CHAR (8)	事業統一編號	不為空白	
scompanyno	CHAR (4)	公私場所序號	不為空白	編碼原則： 0000：總排放量 0001：公司 0002：工廠 A
Controlno	CHAR (8)	公私場所管制編號		
CompanyNO2	CHAR (8)	公私場所統一編號		
FactoryNO2	VARCHAR (24)	工廠登記證編號		
companyName2	VARCHAR (100)	公私場所名稱	不為空白	
Companyaddr2	VARCHAR (80)	公私場所地址	不為空白	
CCKSicCo	VARCHAR (4)	行業分類代碼	不為空白	c_CompKind 依主計處 95 年公布 之行業分類
SicName	VARCHAR (36)	其他行業分類名稱		行業分類代碼為其他 則存名稱
memo	CHAR (200)	備註		

表 3、上傳資料庫字典—Table Name：tb_count（事業排放源總表）

Primary Key Name (主鍵值)		Primary Key Column (主鍵值欄)		
PK_ControlID (主鍵值欄位名稱)		companyNO+scompanyno+ APP_year+ O_No (事業統一編號+公私場所序號+盤查年度+排放源代號)		
欄位名稱	型式	欄位描述	是否為空值	備註
companyNO	CHAR (8)	事業統一編號	不為空白	
Scompanyno	CHAR (4)	公私場所序號	不為空白	序號 0000 為事業依不同排放源不同氣體合計之總量。再依 0001,0002...續編。
APP_year	VARCHAR (3)	年度	不為空白	民國年，如 94
O_No	VARCHAR (2)	排放源代號	不為空白	依排放源代碼表
CO ₂	數字	CO ₂ (二氧化碳) 排放量		單位採 公噸 CO ₂ e 有效數字至小數點下一位
CH ₄	數字	CH ₄ (甲烷) 排放量		單位採 公噸 CO ₂ e 有效數字至小數點下一位
N ₂ O	數字	N ₂ O (氧化亞氮) 排放量		單位採 公噸 CO ₂ e 有效數字至小數點下一位
HFCs	數字	HFCs (氫氟碳化物) 排放量		單位採 公噸 CO ₂ e 有效數字至小數點下一位
PFCs	數字	PFCs (全氟碳化物) 排放量		單位採 公噸 CO ₂ e 有效數字至小數點下一位
SF ₆	數字	SF ₆ (六氟化硫) 排放量		單位採 公噸 CO ₂ e 有效數字至小數點下一位
Tot	數字	排放量小計	不為空白	單筆排放源不同種類溫室氣體 加總排放量之小計
Per	數字	佔總排放量比例 (%)	不為空白	單筆排放源不同種類溫室氣體 加總排放量佔該公私場所總排 放量比例

註：CO₂e 係指二氧化碳當量。

表 4、上傳資料庫字典－排放源代碼表

排放源類別		排放源代碼	排放源
範疇一、 直接排放	固定燃燒排放源	AA	燃料煤
		AB	燃料油
		AC	天然氣（NG）
		AD	液化天然氣（LNG）
		AE	液化石油氣（LPG）
		AF	汽油
		AG	煤油
		AH	柴油
		AI	航空燃油
		AJ	焦炭
		AK	煤氣
		AL	高爐氣
		AM	煉油氣
		AN	石油腦
		AO	石油焦
		AP	烯烴類
		AQ	芳香烴類
		AR	其他石油產品
		AS	廢棄物
		AZ	其他固定燃燒排放源
	移動燃燒排放源	BA	汽油
		BB	柴油
		BZ	其他移動燃燒排放源
	逸散 排放源	CA	廢棄物
		CB	廢水
		CC	廢棄污泥
		CD	溶劑、噴霧劑、冷媒與滅火器
		CE	VOCs
		CF	化糞池
		CG	SF ₆
		CZ	其他逸散排放源
	製程 排放源	DA	水泥製程
		DB	鋼鐵製程
DC		半導體&光電製程	
DD		石灰製程	
DE		碳酸鈉製程	
DF		碳化物製程	
DG		硝酸製程	
DH		己二酸製程	
DI		二氟一氯甲烷製程	
DZ		其他製程排放源	
範疇二、能源間接排放		EA	外購電力
		EB	外購蒸汽
		EZ	其他能源間接排放源
		FA	個別排放源單一溫室氣體種類排放量小計
		FB	個別排放源單一溫室氣體種類排放量小計佔公私場所總排放量比例（%）

附錄九 EFDB 資料範例（以汽油小客車為例）

EF ID	IPCC 2006 Source/Sink Category	Gas	Fuel 2006	Description	Technologies / Practices	Parameters / Conditions	Abatement / Control Technologies	Value	Unit
118661	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for USA Vehicles	Light Duty Gasoline Vehicle (Car)	Running - (hot)	Low Emission Vehicle (LEV)	6	mg/km
118662	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for USA Vehicles	Light Duty Gasoline Vehicle (Car)	Running - (hot)	Advanced Three-Way Catalyst	7	mg/km
118663	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for USA Vehicles	Light Duty Gasoline Vehicle (Car)	Running - (hot)	Early Three-Way Catalyst	39	mg/km
118664	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for USA Vehicles	Light Duty Gasoline Vehicle (Car)	Running - (hot)	Oxidation Catalyst	82	mg/km
118665	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for USA Vehicles	Light Duty Gasoline Vehicle (Car)	Running - (hot)	Non-oxidation Catalyst	96	mg/km
118666	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for USA Vehicles	Light Duty Gasoline Vehicle (Car)	Running - (hot)	Uncontrolled	101	mg/km
118667	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for USA Vehicles	Light Duty Gasoline Vehicle (Car)	Cold Start	Low Emission Vehicle (LEV)	32	mg/start
118668	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for USA Vehicles	Light Duty Gasoline Vehicle (Car)	Cold Start	Advanced Three-Way Catalyst	55	mg/start
118669	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for USA Vehicles	Light Duty Gasoline Vehicle (Car)	Cold Start	Early Three-Way Catalyst	34	mg/start
118670	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for USA Vehicles	Light Duty Gasoline Vehicle (Car)	Cold Start	Oxidation Catalyst	9	mg/start
118671	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for USA Vehicles	Light Duty Gasoline Vehicle (Car)	Cold Start	Non-oxidation Catalyst	59	mg/start
118672	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for USA Vehicles	Light Duty Gasoline Vehicle (Car)	Cold Start	Uncontrolled	62	mg/start
118741	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Pre-Euro (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Urban, Cold		201	mg/km
118742	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles	Vehicle Technology/Class :	Driving Condition :		131	mg/km

EF ID	IPCC 2006 Source/Sink Category	Gas	Fuel 2006	Description	Technologies / Practices	Parameters / Conditions	Abatement / Control Technologies	Value	Unit
				[COPERT IV Model]	Pre-Euro (For details, consult COPERT iV Model)	Urban, Hot			
118743	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Pre-Euro (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Rural		86	mg/km
118744	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Pre-Euro (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Highway		41	mg/km
118749	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Euro 1 (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Urban, Cold		45	mg/km
118750	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Euro 1 (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Urban, Hot		26	mg/km
118751	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Euro 1 (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Rural		16	mg/km
118752	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Euro 1 (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Highway		14	mg/km
118757	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for	Vehicle	Driving		94	mg/km

EF ID	IPCC 2006 Source/Sink Category	Gas	Fuel 2006	Description	Technologies / Practices	Parameters / Conditions	Abatement / Control Technologies	Value	Unit
				European Vehicles [COPERT IV Model]	Technology/Class : Euro 2 (For details, consult COPERT iV Model)	Condition : Urban, Cold			
118758	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Euro 2 (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Urban, Hot		17	mg/km
118759	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Euro 2 (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Rural		13	mg/km
118760	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Euro 2 (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Highway		11	mg/km
118765	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Euro 3 (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Urban, Cold		83	mg/km
118766	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Euro 3 (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Urban, Hot		3	mg/km
118767	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Euro 3 (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Rural		2	mg/km

EF ID	IPCC 2006 Source/Sink Category	Gas	Fuel 2006	Description	Technologies / Practices	Parameters / Conditions	Abatement / Control Technologies	Value	Unit
					Model)				
118768	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Euro 3 (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Highway		4	mg/km
118773	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Euro 4 (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Urban, Cold		57	mg/km
118774	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Euro 4 (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Urban, Hot		2	mg/km
118775	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Euro 4 (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Rural		2	mg/km
118776	1.A.3.b.i - Cars	METHANE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Euro 4 (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Highway		0	mg/km
118609	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for USA Vehicles	Light Duty Gasoline Vehicle (Car)	Running - (hot)	Low Emission Vehicle (LEV)	0	mg/km
118610	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for USA Vehicles	Light Duty Gasoline Vehicle (Car)	Running - (hot)	Advanced Three-Way Catalyst	9	mg/km
118611	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for USA Vehicles	Light Duty Gasoline Vehicle (Car)	Running - (hot)	Early Three-Way Catalyst	26	mg/km
118612	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for USA Vehicles	Light Duty Gasoline	Running -	Oxidation Catalyst	20	mg/km

EF ID	IPCC 2006 Source/Sink Category	Gas	Fuel 2006	Description	Technologies / Practices	Parameters / Conditions	Abatement / Control Technologies	Value	Unit
					Vehicle (Car)	(hot)			
118613	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for USA Vehicles	Light Duty Gasoline Vehicle (Car)	Running - (hot)	Non-oxidation Catalyst	8	mg/km
118614	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for USA Vehicles	Light Duty Gasoline Vehicle (Car)	Running - (hot)	Uncontrolled	8	mg/km
118615	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for USA Vehicles	Light Duty Gasoline Vehicle (Car)	Cold Start	Low Emission Vehicle (LEV)	90	mg/start
118616	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for USA Vehicles	Light Duty Gasoline Vehicle (Car)	Cold Start	Advanced Three-Way Catalyst	113	mg/start
118617	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for USA Vehicles	Light Duty Gasoline Vehicle (Car)	Cold Start	Early Three-Way Catalyst	92	mg/start
118618	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for USA Vehicles	Light Duty Gasoline Vehicle (Car)	Cold Start	Oxidation Catalyst	72	mg/start
118619	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for USA Vehicles	Light Duty Gasoline Vehicle (Car)	Cold Start	Non-oxidation Catalyst	28	mg/start
118620	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for USA Vehicles	Light Duty Gasoline Vehicle (Car)	Cold Start	Uncontrolled	28	mg/start
118737	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Pre-Euro (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Urban, Cold		10	mg/km
118738	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Pre-Euro (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Urban, Hot		10	mg/km
118739	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Pre-Euro (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Rural		6.5	mg/km
118740	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles	Vehicle	Driving		6.5	mg/km

EF ID	IPCC 2006 Source/Sink Category	Gas	Fuel 2006	Description	Technologies / Practices	Parameters / Conditions	Abatement / Control Technologies	Value	Unit
				[COPERT IV Model]	Technology/Class : Pre-Euro (For details, consult COPERT iV Model)	Condition : Highway			
118745	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Euro 1 (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Urban, Cold		38	mg/km
118746	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Euro 1 (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Urban, Hot		22	mg/km
118747	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Euro 1 (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Rural		17	mg/km
118748	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Euro 1 (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Highway		8.0	mg/km
118753	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Euro 2 (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Urban, Cold		24	mg/km
118754	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Euro 2 (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Urban, Hot		11	mg/km

EF ID	IPCC 2006 Source/Sink Category	Gas	Fuel 2006	Description	Technologies / Practices	Parameters / Conditions	Abatement / Control Technologies	Value	Unit
					Model)				
118755	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Euro 2 (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Rural		4.5	mg/km
118756	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Euro 2 (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Highway		2.5	mg/km
118761	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Euro 3 (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Urban, Cold		12	mg/km
118762	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Euro 3 (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Urban, Hot		3	mg/km
118763	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Euro 3 (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Rural		2.0	mg/km
118764	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Euro 3 (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Highway		1.5	mg/km
118769	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV	Vehicle Technology/Class :	Driving Condition : Urban, Cold		6	mg/km

EF ID	IPCC 2006 Source/Sink Category	Gas	Fuel 2006	Description	Technologies / Practices	Parameters / Conditions	Abatement / Control Technologies	Value	Unit
				Model]	Euro 4 (For details, consult COPERT iV Model)				
118770	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Euro 4 (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Urban, Hot		2	mg/km
118771	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Euro 4 (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Rural		0.8	mg/km
118772	1.A.3.b.i - Cars	NITROUS OXIDE	Motor Gasoline	Emission Factor for European Vehicles [COPERT IV Model]	Vehicle Technology/Class : Euro 4 (For details, consult COPERT iV Model)	Driving Condition : Highway		0.7	mg/km

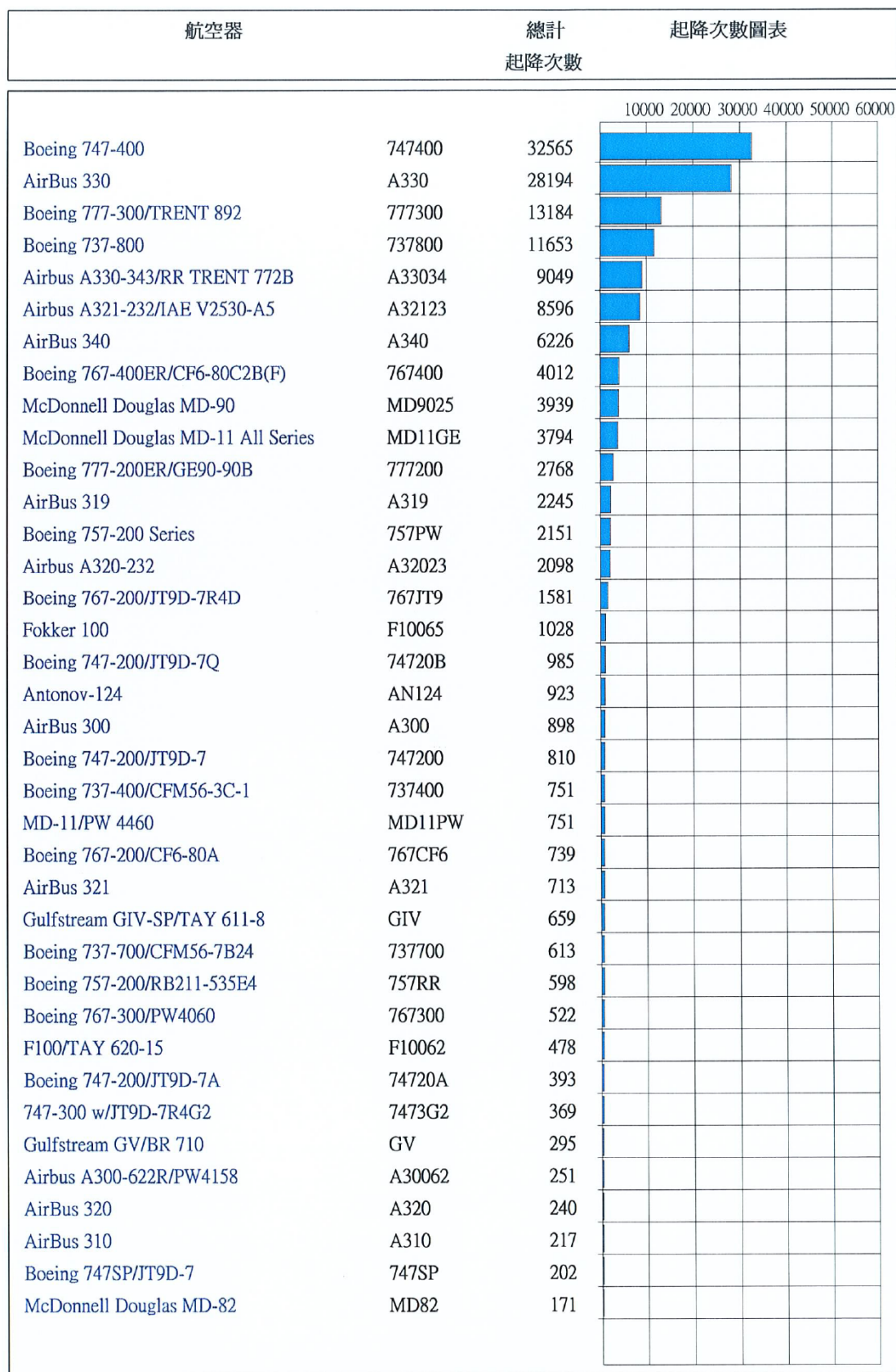
附錄十 ICAO 的飛機引擎污染物資料庫範例

Aircraft Engine Emissions Databank

UID	Engine	Combustor	Eng	B/P	Press	Rated	-----EI NOx-----				NOx	Fuel
No	Identification	Description	Type	Ratio	Ratio	Output	T/O	C/O	App	Idle	Total mass	LTO Cycle
						(kN)	-----g/kg-----				(g)	(kg)
	Allison Engine Company / Rolls-Royce Corporation											
6AL005	AE3007A1	Type 1	TF	4.77	17.97	34.91	19.66	16.63	7.1	3.47	1456	157
6AL006	AE3007A1	Type 2	TF	4.77	17.97	34.91	22.41	19.58	7.2	3.19	1607	157
6AL007	AE3007A1	Type 3 (reduced emissions)	TF	4.77	17.97	34.91	16.17	14.07	7.13	4.17	1344	157
6AL008	AE3007A1/1	Type 1	TF	4.77	17.9	34.74	19.57	16.55	7.07	3.46	1442	156
6AL009	AE3007A1/1	Type 2	TF	4.77	17.9	34.74	22.31	19.49	7.16	3.19	1592	156
6AL010	AE3007A1/1	Type 3 (reduced emissions)	TF	4.77	17.9	34.74	16.10	14.01	7.12	4.17	1333	156
6AL011	AE3007A1/3	Type 1	TF	4.81	17.22	33.05	18.55	15.81	6.83	3.39	1319	151
6AL012	AE3007A1/3	Type 2	TF	4.81	17.22	33.05	21.26	18.62	6.84	3.29	1465	151
6AL013	AE3007A1/3	Type 3 (reduced emissions)	TF	4.81	17.22	33.05	15.42	13.49	6.93	4.27	1245	151
6AL014	AE3007A1P	Type 1	TF	4.77	17.9	34.74	19.57	16.56	7.07	3.47	1444	157
6AL015	AE3007A1P	Type 2	TF	4.77	17.9	34.74	22.02	19.16	6.89	3.19	1567	157
6AL016	AE3007A1P	Type 3 (reduced emissions)	TF	4.77	17.9	34.74	16.10	14.01	7.12	4.17	1334	157
6AL017	AE3007A3	Type 1	TF	4.72	17.2	33	18.52	15.79	6.83	3.38	1316	150
6AL018	AE3007A3	Type 2	TF	4.72	17.2	33	20.93	18.27	6.56	3.18	1429	150
6AL019	AE3007A3	Type 3 (reduced emissions)	TF	4.72	17.2	33	15.40	13.48	6.93	4.12	1232	150
6AL020	AE3007A1E	Type 3	TF	4.72	19.06	37.16	17.17	14.91	7.42	4.26	1501	165

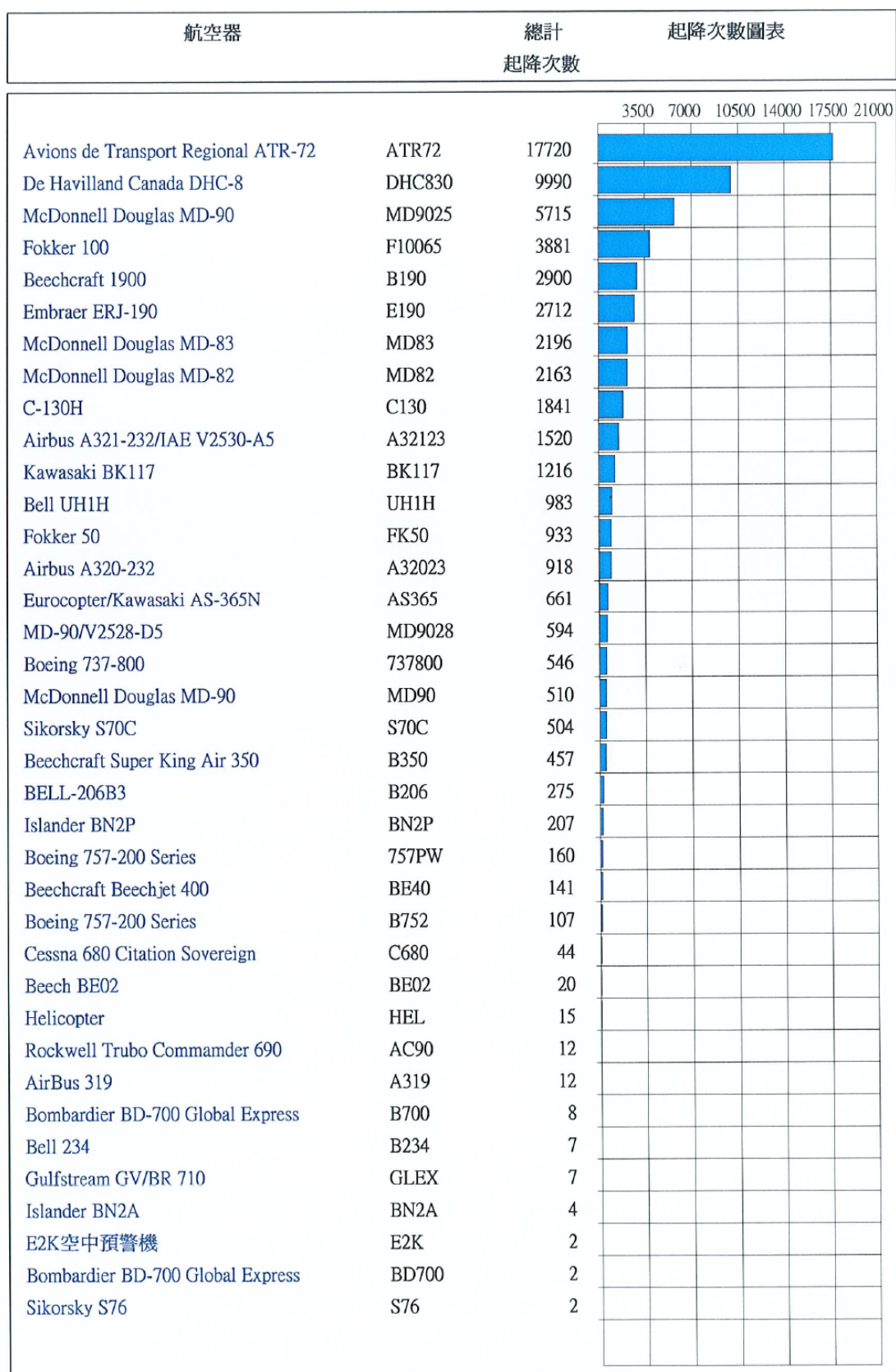
資料來源：ICAO aircraft engine emissions database

附錄十一 臺灣桃園國際機場 2008 年航空器起降統計圖表



航空器		總計 起降次數	起降次數圖表					
			10000	20000	30000	40000	50000	60000
McDonnell Douglas MD-83	MD83	136						
Beech Airliner Model 99	BEC99	112						
Boeing 737-300/CFM56-3B-2	7373B2	93						
Canadair CL-610 Challenger E	CL610	83						
Cessna Model 550 Citation II	CNA550	43						
Bell UH1H	UH1H	25						
Kawasaki BK117	BK117	25						
US Military Gulfstream III	C20	24						
IAI Galaxy, Gulfstream G200	G200	18						
CL600/ALF502L	CL600	18						
Gulfstream GV/BR 710	GLEX	17						
Boeing 727-200/JT8D-7	727200	10						
Cessna 560 Citation V	CNA560	6						
Dassault Alpha Jet	DALPHA	5						
Gulfstream G550	G550	4						
Boeing 737/JT8D-9	737	4						
De Havilland Canada DHC-8	DHC8	4						
BAE146-200/ALF502R-5	BAE146	2						
De Havilland Canada DHC-8	DHC830	2						
Airborne Raytheon Hawker 800	H25B	1						
機型起降總架次		145293						

附錄十二 臺北松山機場 2008 年航空器起降統計圖表



航空器		總計 起降次數	起降次數圖表					
			3500	7000	10500	14000	17500	21000
Cessna C190	C190	2						
BARON 58P	BEC58P	1						
Kamov KA27 Submarine Hunter	KA27	1						
機型起降總架次		58989						

附錄十三 機型與引擎油耗與排污係數資料範例

Aircraft type			B737-700	B737-700	A321	A321	A320-211	A320-231
						V2533-A5		V2500-A1
Engine type			CFM56-7B20/2	CFM56-7B26	CFM56-5B3/P		CFM56-5-A1	
Fuel Flow	(kg/s)	Take-off	0.903	1.221	1.430	1.426	1.015	1.113
	(kg/s)	Climb out	0.754	0.999	1.141	1.145	0.862	0.924
	(kg/s)	Approach	0.278	0.338	0.366	0.390	0.291	0.334
	(kg/s)	Idle	0.102	0.113	0.115	0.136	0.101	0.124
	(kg/s)	cruise	0.683	0.683	0.843	0.843	0.765	0.765
Emissions indices	(g/kg)	Take-off	0.07	0.10	0.10	0.05	0.23	0.10
HC	(g/kg)	Climb out	0.23	0.10	0.20	0.04	0.23	0.11
	(g/kg)	Approach	0.36	0.10	0.50	0.05	0.40	0.15
	(g/kg)	Idle	8.11	1.90	3.50	0.10	1.40	0.22
Emissions indices	(g/kg)	Take-off	4.26	0.20	0.80	0.46	0.90	0.55
	(g/kg)	Climb out	11.38	0.60	0.90	0.52	0.90	0.55
	(g/kg)	Approach	11.37	1.60	1.70	1.65	2.50	0.77
CO	(g/kg)	Idle	49.71	18.80	19.20	9.32	17.60	7.76
	(g/kg)	Take-off	13.25	28.80	37.30	36.48	24.60	37.13
Emissions indices	(g/kg)	Climb out	10.81	22.50	28.50	28.67	19.60	30.82
NOx	(g/kg)	Approach	9.39	10.80	11.20	10.83	8.00	13.45
	(g/kg)	Idle	3.75	4.70	4.70	5.24	4.00	5.91

Source : ICAO (2004) ; European Organisation for the Safety of Air Navigation (2004) .

Aircraft type			B767-300	B767-300	B777-200	B777-300ER	B747-400	B747-400
Engine type			CF6-80A	RB211-524H	PW4074	GE90-115B	CF6-80CB1F	RB211-524H
Fuel Flow	(kg/s)	Take-off	2.145	2.730	2.899	4.69	2.341	2.730
	(kg/s)	Climb out	1.795	2.170	2.368	3.67	1.901	2.170
	(kg/s)	Approach	0.615	0.710	0.795	1.13	0.621	0.710
	(kg/s)	Idle	0.150	0.260	0.228	0.38	0.199	0.260
	(kg/s)	cruise	1.385	1.385	1.763	1.763	2.647	2.647
Emissions indices	(g/kg)	Take-off	0.29	0.34	0.10	0.04	0.08	0.34
	(g/kg)	Climb out	0.29	0.33	0.10	0.03	0.09	0.33
HC	(g/kg)	Approach	0.47	0.36	0.20	0.06	0.20	0.36
	(g/kg)	Idle	6.29	0.74	3.20	4.24	9.88	0.74
Emissions indices	(g/kg)	Take-off	1.00	0.87	0.10	0.08	0.52	0.87
	(g/kg)	Climb out	1.10	0.38	0.10	0.07	0.52	0.38
CO	(g/kg)	Approach	3.10	0.99	0.40	1.98	2.21	0.99
	(g/kg)	Idle	28.20	11.75	21.00	39.11	44.32	11.75
Emissions indices	(g/kg)	Take-off	29.80	65.84	38.10	50.34	27.73	65.84
	(g/kg)	Climb out	25.60	46.31	31.50	35.98	21.07	46.31
Nox	(g/kg)	Approach	10.30	10.26	11.00	16.5	9.00	10.26
	(g/kg)	Idle	3.40	4.78	4.20	5.19	3.78	4.78

Source : ICAO (2004) ; European Organisation for the Safety of Air Navigation (2004) .

Aircraft type			CRJ	CRJ	B747-100/200/300	B747-100/200/300	B727Q	B727Q
Engine type			CF34-3B	ALF 502L-2	CF6-80C2B1	RB211-524D4	JT8D-217C	JT8D-9
Fuel Flow	(kg/s)	Take-off	0.399	0.400	2.285	2.510	1.282	1.040
	(kg/s)	Climb out	0.329	0.324	1.873	2.010	1.045	0.845
	(kg/s)	Approach	0.116	0.117	0.616	0.740	0.363	0.298
	(kg/s)	Idle	0.049	0.048	0.196	0.300	0.137	0.132
	(kg/s)	cruise	0.320	0.320	2.845	2.845	1.233	1.233
Emissions indices	(g/kg)	Take-off	0.06	0.02	0.08	0.00	0.00	0.15
	(g/kg)	Climb out	0.05	0.02	0.09	0.42	0.00	0.18
HC	(g/kg)	Approach	0.13	0.18	0.21	4.80	0.00	0.60
	(g/kg)	Idle	4.69	6.65	9.46	46.46	0.00	3.12
Emissions indices	(g/kg)	Take-off	0	0.40	0.58	0.51	0.42	1.04
	(g/kg)	Climb out	0	0.30	0.55	1.18	0.49	1.11
CO	(g/kg)	Approach	1.88	3.97	2.37	16.90	3.79	2.14
	(g/kg)	Idle	47.59	45.63	43.22	73.80	17.89	14.14
Emissions indices	(g/kg)	Take-off	11.28	13.43	28.11	56.90	16.49	19.3
	(g/kg)	Climb out	9.68	12.03	21.26	41.00	13.02	14.5
Nox	(g/kg)	Approach	6.63	6.47	8.83	9.65	7.65	6.00
	(g/kg)	Idle	3.72	3.38	3.73	4.11	4.05	2.90

Source : ICAO (2004) ; European Organisation for the Safety of Air Navigation (2004) .

附錄十四 MOBILE 6.2 輸入輸出檔案 (摘要)

輸入檔案內容

MOBILE6 INPUT FILE :

*123456789012345678 :

POLLUTANTS : HC NOX CO

PARTICULATES : SO2 ECARBON OCARBON TIRE BRAKE

RUN DATA

MILE ACCUM RATE : Miletp2.d

REG DIST : Regtpe2.d

EXPRESS HC AS THC :

NO REFUELING :

SCENARIO REC : 臺北 - THC 3.1 miles/hr

CALENDAR YEAR : 2008

MIN/MAX TEMP : 52. 96.

FUEL RVP : 9.2

AVERAGE SPEED : 3.1 Freeway

PARTICULATE EF : PMGZML.CSV PMGDR1.CSV PMGDR2.CSV PMDZML.CSV
PMDDR1.CSV PMDDR2.CSV

PARTICLE SIZE : 10.0

SULFUR CONTENT : 180.0

DIESEL SULFUR : 350.0

SCENARIO REC : 臺北 - THC 6.2 miles/hr

CALENDAR YEAR : 2008

MIN/MAX TEMP : 52. 96.

FUEL RVP : 9.2

AVERAGE SPEED : 6.2 Freeway

PARTICULATE EF : PMGZML.CSV PMGDR1.CSV PMGDR2.CSV PMDZML.CSV
PMDDR1.CSV PMDDR2.CSV

PARTICLE SIZE : 10.0

SULFUR CONTENT : 180.0

DIESEL SULFUR : 350.0

輸出檔案內容 (PM 懸浮微粒摘要)

* MOBILE6.2.01 (31-Mar-2009) *

* Input file : EXAMPLES/tai02.IN (file 2, run 1) . *

* #####

* 臺北 - THC 3.1 miles/hr

* File 2, Run 1, Scenario 1.

* #####

Calendar Year : 2008

Month : Jan.

Gasoline Fuel Sulfur Content : 299. ppm

Diesel Fuel Sulfur Content : 350. ppm

Particle Size Cutoff : 10.00 Microns

Reformulated Gas : No

Vehicle Type : LDGV LDGT12 LDGT34 LDGT HDGV LDDV LDDT
HDDV MC All Veh

GVWR : <6000 >6000 (All)

VTM Distribution :	0.9800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0151	0.0049

Composite Emission Factors (g/mi) :									
ECARBON :	-----	-----	-----	-----	-----	0.0781	0.0603	0.4261	-----
OCARBON :	-----	-----	-----	-----	-----	0.0220	0.0868	0.1346	-----
Total Exhaust PM :	0.0091	0.0102	0.0102	0.0102	0.0608	0.1037	0.1540	0.5864	
Brake :	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125
Tire :	0.0080	0.0080	0.0080	0.0080	0.0088	0.0080	0.0080	0.0360	0.0040
Total PM :	0.0297	0.0308	0.0308	0.0308	0.0821	0.1243	0.1746	0.6349	0.0387
SO2 :	0.0672	0.0858	0.1120	0.0926	0.1699	0.0687	0.1308	0.3667	0.0325

輸出檔案內容（一般氣狀物染物摘要）

```

* MOBILE6.2.01 (31-Mar-2009)
* Input file : EXAMPLES/tai02.IN (file 2, run 1) .
*****

* Reading non-default MILEAGE ACCUMULATION RATES from the following external
* data file : MILEtpe2.D

* Reading Registration Distributions from the following external
* data file : REGtpe2.D
M603 Comment :
    User has disabled the calculation of REFUELING emissions.

* #####
* 臺北 - THC 3.1 miles/hr
* File 2, Run 1, Scenario 1.
* #####
M582 Warning :
    The user supplied freeway average speed of 3.1
    will be used for all hours of the day. 100% of VMT
    has been assigned to a fixed combination of freeways
    and freeway ramps for all hours of the day and all
    vehicle types.

* Reading PM Gas Carbon ZML Levels
* from the external data file PMGZML.CSV

* Reading PM Gas Carbon DR1 Levels
* from the external data file PMGDR1.CSV

* Reading PM Gas Carbon DR2 Levels
* from the external data file PMGDR2.CSV

* Reading PM Diesel Zero Mile Levels

```

* from the external data file PMDZML.CSV

* Reading the First PM Deterioration Rates

* from the external data file PMDDR1.CSV

* Reading the Second PM Deterioration Rates

* from the external data file PMDDR2.CSV

Vehicle Type :	LDGV	LDGT12	LDGT34	LDGT	HDGV	LDDV	LDDT
HDDV MC All Veh							
GVWR :	<6000	>6000	(All)				
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
VTM Distribution :	0.9800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0151 0.0049
1.0000							

Composite Emission Factors (g/mi) :							
Composite THC :	8.510	5170.626	5806.421	5336.161	3024.932	548.417	1091.179 2.207
11.62 8.555							
Composite CO :	66.63	54654.23	57919.77	55504.43	31.71	3595.833	3950.246 17.326
115.62 67.365							
Composite NOX :	3.009	1983.305	2606.791	2145.634	3.108	290.224	365.450 36.967
1.00 3.559							

附錄十五 機場地面車輛之碳排放量（含空氣污染物）問卷調查表

油品的部分，可依據車種、油品、車輛數、平均行駛里程、油耗量，推估其排放量。空氣污染物排放量，將推估 CO、HC、NO_x、PM₁₀、SO_x、CO₂。在車輛數的部分，若無該項車種，不需填入資料，若有其他車種，請逕填入“其他車輛”欄，欄位不足請自行影印增填，謝謝！。

車種	油 品	車輛數（依車齡區分）				年行 駛里 程 km/yr	油耗量 (L/year)					平均 車速 (km/hr)
		0 ~ 5 年	5 ~ 10 年	10 ~ 15 年	15 年 以 上		2004	2005	2006	2007	2008	
小 客 車	汽 油											
	柴 油											
小 電 車	汽 油											
	柴 油											
拖 車	汽 油											
	柴 油											
堆 高 機	柴 油											
旅 客 扶 梯 車	汽 油											
	柴 油											
滾 帶 車	汽 油											
	柴 油											
餐 車	汽 油											
	柴 油											
油 罐 車	汽 油											
	柴 油											
電 源 車	汽 油											
	柴 油											

車種	油 品	車輛數（依車齡區分）				年行駛里程 km/yr	油耗量 (L/year)					平均 車速 (km/hr)
		0 ~ 5 年	5 ~ 10 年	10 ~ 15 年	15 年 以上		2004	2005	2006	2007	2008	
	油											
氣 源 車	汽油											
	柴油											
冷 氣 車	汽油											
	柴油											
飲 水 車	汽油											
	柴油											
衛 生 車	汽油											
	柴油											
接 駁 車	汽油											
	柴油											
空 橋	汽油											
	柴油											
大 客 車	柴油											
引 導 車	汽油											
	柴油											
殘 障 車	汽油											
	柴油											
腹 艙 裝 卸 車	汽油											
	柴油											
其 他 車輛												

車種	油 品	車輛數（依車齡區 分）				年行 駛里 程 km/yr	油耗量 (L/year)					平均 車速 (km/hr)
		0 ~ 5 年	5 ~ 10 年	10 ~ 15 年	15 年 以 上		2004	2005	2006	2007	2008	
其 他 車輛												
其 他 車輛												
其 他 車輛												
其 他 車輛												

附錄十六 TEDS6.1 與 MOBILE 6.2 之排放係數

車輛種類	時速 (公里/小時)	Teds6.1					Mobile 6.2				
		PM10	SOx	NOx	CO	THC	PM10	SOx	NOx	CO	THC
自用小客車	5	0.0574	0.0059	0.8587	40.9623	6.5212	0.0156	0.0042	0.4875	12.0750	1.6187
	10	0.0574	0.0059	1.0001	23.5530	3.0345	0.0156	0.0042	0.4000	8.1687	0.7125
	15	0.0891	0.0116	0.8970	16.7782	2.1635	0.0156	0.0042	0.3625	6.8250	0.5312
	20	0.0882	0.0108	0.8106	13.4722	1.7530	0.0156	0.0042	0.3250	6.2875	0.4563
	25	0.0879	0.0101	0.7782	11.6156	1.5087	0.0156	0.0042	0.2937	5.9750	0.4062
	30	0.0878	0.0094	0.7674	10.4268	1.3265	0.0156	0.0042	0.2750	5.7562	0.3750
	40	0.0877	0.0088	0.7674	8.5214	1.1122	0.0156	0.0042	0.2625	5.6125	0.3500
	50	0.0876	0.0082	0.7674	7.2185	0.9740	0.0156	0.0042	0.2500	5.5187	0.3375
	60	0.0876	0.0073	0.7998	6.3391	0.8739	0.0156	0.0042	0.2375	5.4813	0.3187
	70	0.0887	0.0067	0.8214	5.8017	0.8018	0.0155	0.0042	0.2375	5.6250	0.3063
汽油小貨車	5	0.2157	0.0132	1.3800	27.8918	9.7301	0.0156	0.0055	0.3937	9.6187	0.9312
	10	0.2157	0.0153	1.7200	15.3928	4.7939	0.0156	0.0055	0.3312	7.1438	0.4563
	15	0.0888	0.0148	1.4859	10.8693	3.4837	0.0156	0.0055	0.3063	6.2875	0.3500
	20	0.0877	0.0136	1.2604	8.6357	2.8478	0.0156	0.0055	0.2750	5.9188	0.3000
	25	0.0873	0.0124	1.1799	7.3385	2.4536	0.0156	0.0055	0.2562	5.6937	0.2688
	30	0.0871	0.0114	1.1477	6.4811	2.1803	0.0156	0.0055	0.2437	5.5375	0.2375
	40	0.0870	0.0105	1.1316	5.3079	1.8009	0.0156	0.0055	0.2313	5.4375	0.2250
	50	0.0869	0.0097	1.1155	4.5409	1.5591	0.0156	0.0055	0.2250	5.3625	0.2125
	60	0.0868	0.0084	1.1638	4.0219	1.3947	0.0156	0.0055	0.2125	5.3375	0.2063
	70	0.0900	0.0076	1.2121	3.6722	1.2822	0.0156	0.0055	0.2125	5.4437	0.2000

時速		Teds6.1					Mobile 6.2				
車輛種類	(公里/小時)	PM10	SOx	NOx	CO	THC	PM10	SOx	NOx	CO	THC
柴油小貨車	5	1.0134	0.0301	19.2800	2.7400	0.2400	0.2304	0.0082	2.5863	8.4963	3.4975
	10	1.0134	0.0317	24.0800	2.1400	0.2100	0.2304	0.0082	2.3694	8.0081	3.3612
	15	0.2157	0.0190	1.9000	1.7000	0.1800	0.2304	0.0082	2.2256	7.6988	3.2769
	20	0.2157	0.0175	1.6700	1.3800	0.1500	0.2304	0.0082	2.0794	7.4138	3.1788
	25	0.2157	0.0162	1.4900	1.1400	0.1300	0.2304	0.0082	1.9725	7.2100	3.1050
	30	0.2157	0.0149	1.3500	0.9500	0.1200	0.2304	0.0082	1.8813	7.0444	3.0375
	40	0.2157	0.0139	1.2300	0.7000	0.1000	0.2304	0.0082	1.8144	6.9206	2.9838
	50	0.2157	0.0129	1.1500	0.5600	0.0800	0.2304	0.0082	1.7613	6.8219	2.9381
	60	0.2157	0.0115	1.0300	0.4800	0.0700	0.2304	0.0082	1.7112	6.6937	2.8688
	70	0.2157	0.0107	0.9800	0.4400	0.0600	0.2304	0.0082	1.7169	6.6200	2.8212
大客車	5	1.1432	0.0295	21.2000	24.6400	4.1800	0.0993	0.0454	12.8356	6.8975	0.4137
	10	1.1432	0.0310	26.4800	19.2500	3.5700	0.0993	0.0454	11.3400	5.4375	0.3550
	15	1.0134	0.0400	26.5900	15.3000	3.0700	0.0993	0.0454	10.3275	4.5106	0.3187
	20	1.0134	0.0383	23.3800	12.3800	2.6700	0.0993	0.0454	9.3187	3.6575	0.2763
	25	1.0134	0.0367	20.8400	10.1900	2.3400	0.0993	0.0454	8.5800	3.0487	0.2450
	30	1.0134	0.0353	18.8400	8.5400	2.0600	0.0993	0.0454	7.9488	2.5519	0.2156
	40	1.0134	0.0340	17.2600	6.3200	1.6500	0.0993	0.0454	7.4875	2.1825	0.1925
	50	1.0134	0.0328	16.0300	5.0200	1.3700	0.0993	0.0454	7.1237	1.8875	0.1731
	60	1.0134	0.0309	14.4200	4.2800	1.1700	0.0993	0.0454	6.7756	1.5025	0.1431
	70	1.0134	0.0296	13.6900	3.9100	1.0400	0.0993	0.0454	6.8187	1.2831	0.1231