

國際碳交易的近況發展

—以航空業納入歐盟 EU ETS 管制為例

莊昇勳

東海大學環境科學及工程研究所博士生、
瑞士南極碳資產管理有限公司東亞區總監

程萬里

東海大學環境科學及工程研究所教授

賴秉偉

國立台北商業技術學院通識教育中心助理教授

一、前言

因應舉世對氣候變遷及溫室效應進一步對策的殷切期盼，京都議定書會員國政府刻正努力準備後京都機制的協商，希望能在今年底的哥本哈根會議上達成一致的行動目標。G8 原則上已經同意於 2050 年全球碳排放量以減少 50% 為目標，但是不同國家之間仍然存在許多歧見。歐盟一直以來在全球減碳行動中位居領導地位，目標訂在 2020 年以前二氧化碳排放量將以 1990 年為基準減少 20%，如果世界各國一致行動，甚至可以達到減少 30% 二氧化碳排放量。

歐盟自 2005 年起便透過其內部的碳排放權交易機制（EU Emission Trading Scheme：以下簡稱 EU ETS）來規範轄內重污染行業的二氧化碳排放。然而，為了達到京都議定書的減碳目標，各國的碳排放減量仍有努力的空間。因此，航空業的碳排放減量也成為各國關注的焦點之一。航空產業在全球碳排放量上大約占總量的 2%，同時占 8% 全球國民生產總值。然而，根據永續發展國際學院（International Institute for Sustainable Development）研究指出¹，航空公司排放量從 1990 年至 2004 年成長了 34%，其中更令人憂慮的是，航空業排放量的成長將損及其他產業減排的貢獻。

航空業界一直以來對碳排放管理策略討論熱烈，可選的方案包括自願減量、排放課稅、排放交易等，其中國際民航組織（ICAO）則較傾向於排放交易。然而，要在世界眾多國家及航空業者尋求一致共識，並據此訂出有效且公平的管制



機制，其困難的程度是可以想見的。

2009 年 2 月 2 日，歐盟 2008/101/C² 指令正式將航空業納入 EU ETS。根據這個指令，航空業的碳排放將自 2012 年 1 月 1 日納入管制，在此之前航空業者應於 2009 年 8 月 31 日前向主管會員國遞交監測計畫書，並於 2010 年 3 月 31 日前，完成管制前排放查核。

不論國籍，只要是在歐盟境內起降的航班均在管制範圍之內。2009 年 2 月 11 日，委員會公布了 2,700 名航空業者和他們所屬的會員國名單³，其中約占有所有航空業者的四分之一強將由英國管控，包括國內的長榮航空，華航則歸屬於荷蘭轄下。

其中只有下列三種情況之民航業者不在此限：(1)、三個連續四個月的飛行期間少於 243 班次，(b)、每年二氧化碳排放量少於 10,000 噸，(c)、重量小於 5,700kg 的航空器。然而，簡化的監控、報告和查核措施仍將適用於這些小排放戶(及上列(a)和(b))，只有官方、軍事活動、飛行測試、輪渡和定位用航班完全不在管制範圍之內。

二、飛航排放

全球化經濟對國際運輸的高度依賴與各國對境外排放管轄權的有限，造成了對飛航排放管理機制的高度複雜性。此外，對於國際航運的碳排放，截至目前為止一個合適的推估、監測及申報的機制仍然付之闕如。

目前每年有 7 億噸⁴ 的二氧化碳是由飛機的排放而來，約占全球人為活動產生溫室氣體的 2%，接近 2008 年英國 CO₂ 的總排放量 6 億 4 千 2 百萬噸⁵。據估計在航空業納入 EU ETS 之後，到了 2020 年整個歐盟將會減少 194 百萬噸⁶ 由飛航排放的 CO₂。

1990 年到 2002 年歐盟的溫室氣體排放量減少了 3%，但國際飛航的溫室氣體排放量卻增加了 70%⁷，雖然航空業界在飛行技術及操控效能上已經有相當的改善，但要彌補航空交通量增加造成的衝擊仍顯不足，事實上，排放量的成長一直是持續的。以英國為例，預估到了 2030 年，英國每年的旅客人數將從 2007 年的 241 萬人增加到 455 萬人⁸，據統計，2006 年飛航排放占了英國總排放的 6.4%，英國政府已經預測，到了 2030 年，英國對於全球暖化的總貢獻，飛航部分

的占有率將高達 25%。

Bunker Fuel 排放是指由國際油輪燃料、國境以外所使用的燃料使用所產生的排放，因此通常指來自空運及海運兩個部門。管轄領域界定困難也正是這類碳排放未能納入京都議定書的管制範圍。因應 bunker fuel 快速成長已經成為聯合國氣候變化綱要公約組織及 ICAO 的要務之一。目前，雖然飛航部分占歐盟排放的 3%，可是來自飛航排放的增加速度已經遠遠超過其他部門的碳減量。目前，歐盟飛機的起降要為其超過全球飛航量一半的排放負責，如果飛航部份的排放繼續依這樣的速率成長，其將會抵消京都議定書對歐盟所要求之減排量的四分之一，這也是為什麼歐盟迫切的要通過將航空業納入 EU ETS 的管制範圍。

三、排放許可額配

2009 年 8 月 31 日前，所有航空業者均需擬定計畫，規劃如何去監測及回報排放量，這些資料將建立在總收入噸公里(RTK)資料庫給管理機構，RTK 值是指乘客攜帶的貨物量乘上距離流量，RTK 值計算前已作過飛行航線基準點的選擇，所以地區航線的 RTK 只占總排放量的一部份。

2010 年是操作員的基準評價年，這一年，航程期間更需小心地監測 RTK，以後，這些數據將會給 EU 用來計算免費補貼率，雖然目前尚未清楚地瞭解這些補貼方式將如何定義，但是預期將會以下列方式產出：

$$AA_n = AA_{TOT} * (RTK_n / RTK_{TOT})$$

AA_n = 飛行補貼分配的航線 n

AA_{TOT} = 所有飛機操作員的飛行補貼分配

RTK_n = 已查清 RTK 是從航線 n 產生

RTK_{TOT} = 已查清所有飛機操作員產生的 RTK

所有航空業者必須在 2011 年 3 月以前擬定 2010 年 RTK 資料給管理機構去進行查核，據此計算出每一個航空業者所獲得之排放配額。2011 年 6 月以前，歐盟從 RTK 資料庫和部門排放量最高限度(2004 年-2006 年平均排放量的 97%，3%的配額保留給新增和快速發展的業者)。當一航空業者的配額決定後，85%將被免費分配，15%將被拍賣，業者將會在 2011 年 12 月前得到詳細說明。在第一



年末(2012 年)，業者必須接受外部查核單位完成查核後遞交排放報告，說明這一年的排放配額結餘情形。業者同時需遞交相當於所額配之排放許可，若有結餘，它可將過剩部分出售給其他業者。歐盟計畫將碳交易收入經費運用在研究減緩氣候變遷的方法和適應氣候變遷的方法、提昇研究層級、改良飛行技術、改善空運部門運作效率、研究支援運輸低排放量的方法、執行運輸低排放量企劃案與研究如何避免砍伐森林。從 2012 年開始至隔年 2 月，歐盟會派一會員國管理所有在歐盟航線的進出，無論有無操作許可証的飛行員都必須列入管制。

四、監測申報及確認

根據 Eurocontrol 資料，於 2007 年約有 970 萬架次的航班符合 EU ETS 管制的條件。爲了得到排放許可配額，航空業者必須提交監測計畫申報，以便於監測及申報 2010 年航班噸公里數據和排放量數據。所謂噸公里乃依下列公式定義：

噸公里 = 飛行距離 x 收費載重量

- 1.飛行距離的測量是由兩機場之間大圓距離再加上 95 公里起降距離。
- 2.收費載重量是指能被搭載的貨物、郵件與乘客重量(除了工作人員外)的總和，計算是以每 100 公斤爲一單位。

排放數據則依 IPCC 編制之排放係數指南，由燃料消耗量(輔助電源設備消耗，包括燃料) x 排放係數。每一架次消耗的燃料量將由飛機油槽測量的燃料量採計。

(一) 排放監測、報告和查核 (Monitoring, Reporting and Verification; MRV) 的關鍵原則

- 1.完整性：排放監測報告應該包括所有活動的排放來源、排放源的所有燃燒過程，列在 2003/87/EC 指令 Annex I，避免重複計算活動指定的所有溫室氣體。
- 2.一貫性：排放的監測報告應使用同樣監測方法和數據，可隨著時間的推移來比較，調整監測方法可以提高符合操作指南供應報告數據的準確性，監測方法的變化必須經由主管單位批准，並且需充分提供與這些操作指南符合的理由。



- 3.透明度：獲得的監測數據，必須包括假定、參考資料、排放係數、氧化作用因素和轉換係數等項目，再被記錄與編寫，分析數據須由官方具有公信力的檢驗單位做背書。
- 4.真實性：必須保證是有效的測定方式，測定的排放量皆不能超過排放標準，不確定的資料則必須利用演算和其他測量方式去鑑定它的準確性。受訓合格的操作員將使報告具有合理的排放數據，依據操作指南中的監測方法將使可信度較高。
- 5.合理性：維護、校準和檢查用於所有測量的監測數據是否合理，報表、工具存放和操作監測數據將可避免錯誤，排放報告和相關報告內容部份要項的虛假可能不被發現，但應避免發生在公開陳列的資訊上，如此才能提供可靠與安定的重要設備。
- 6.成本實際效用：選擇優良的監測系統，可改善準確性，且將可平衡其額外追加的成本，因此，除非在技術上無法克服或付出不合理的過高成本，監測和排放報告將朝向高精準確度，同時，監測系統將以符合邏輯且簡單的描述方式傳送給操作員，如此可避免浪費人力和考慮現有系統設立的實效性。
- 7.準確性：一份優良的排放報告可忠實地表示實際情況，並且能夠符合管理機構期待的表現。
- 8.執行性：假如操作員能夠做好監測排放報告的改善執行，排放證明的處理報告將會是有效且可信賴的工具，而且品質與管理程序受到保證。

（二）現況概要

監測報告中詳細技術指導資料⁹附錄 I，可找到 MRG 2007 年訂的指導方針(Annex I), Annex II 則為燃燒排放量。MRG 2007 年 Annex I 說明如下：

- MRG 2007 年 Annex I 大多包括排放監測報告。
- MRG 2007 年 Annex I 的第 4 部分為排放監測的指導方針。
- 第 5 部分定義了一般的演算方法，包括設施類別和使用排放方法(如以下解釋的兩個)。
- 第 6 部分定義了一般的測量方法。
- 第 7 部分概述估計不確定性的方式。



- 第 8 部分詳述對外報告內容。
- 第 9 部分說明信息保留的原則。
- 第 10 部分指定數據收集、風險處理和控制(對數據質量)過程中，操作員必須達到的水平，以及儀器每年的排放品質證明。
- 第 11 部分列出燃料燃燒的非活動具體排放係數和熱值(用於第 1 層方法學)。
- 第 12 部分列出計劃中包括的二氧化碳生質量。
- 第 13 部分定義特殊活動排放數據和排放因素，以及如何使數據具真實性(使用更高級的排放方式)。
- 第 14 部分敘述排放報告的格式。
- 第 15 部分根據 IPCC 報告格式定義報告類別。
- 第 16 部分敘述設備的最低排放要求。

其他部分：

1.演算的方法。

2. MRG 2007 年 Annex I 的第 5.1 部分定義了基本的演算範例，指定每種燃料應該通過申請以下每個燃燒設施的二氧化碳排放規定。

3.Box 2 計算 CO₂ 的排放量

$$\text{CO}_2 \text{ 排放量} = \text{活動資料} \times \text{排放因子} \times \text{氧化因子}$$

4.Box 4 計算 CO₂ 排放量的一般燃燒活動

$$\text{CO}_2 \text{ 排放量} = \text{活動資料} \times \text{排放因子} \times \text{氧化因子}$$

5.排放活動(能源燃燒內容)[TJ] = 燃料消耗量[T or Nm³]*淨熱值的燃料 [TJ/t or TJ/Nm³]

五、罰款

受到管制的航空業者若在 2009 年 8 月 31 日前未能提交排放量基準的報告書，並且於 2010 年 3 月 31 日前完成排放量監測報告的查核，將會導致至 2020 年以前無法獲得高達排放量 85% 的免費排放許可配額，同時意味著航空業者必須在市場購買所有其每年的碳排放所需之排放許可額度，造成營運成本大幅的增加。

雖然提交 RTK 監測計劃屬於自願性的，提交排放量計劃乃屬強制性的。航空業者若未能在 2009 年 8 月 31 日以前提交一份排放量監測及申報計畫書，將會遭受罰款，在英國，最低可罰款 5,000 英鎊，之後每天罰款 500 英鎊 (長達 90 天)，最高可被罰款 5 萬元英鎊。往後每一年航空業者若不能在每年 3 月 31 日繳交前一年經查核的排放量監測報告，也將會遭受另一個罰款。

同時自 2013 年起，如果航空業者每年 4 月 30 日前沒有繳交相當於前一年排放量的排放許可，將會遭受高達每一噸 CO₂ 排放量 100 歐元的罰款，且必須加上依市價計算未繳足的排放許可額度的金額。若未能繳付罰款或繳出足夠排放額度款項，甚至可能導致航空業著的執照被吊銷，及所屬飛機被沒收及拍賣。

就歐洲航線而言，平均耗損燃料 3-4 噸，大約會產生 10 噸的 CO₂，因此，歐洲航空業者若是積欠 EU ETS 任何費用，假設 2013 年每噸成本為 30 歐元，每次飛行時都將會被罰款 1,500 歐元，等於每架飛機每年成本會高出 200 萬歐元，此外，對於過期未交付的排放許可依每噸 30 歐元計算，則每架飛機會多出約 10 萬歐元的成本。同樣的情形對中長途航空業者而言，成本更能增加高達二至三倍。

六、結語與建議

歐盟將航空業碳排放納入其 EU ETS 架構下進行管制，雖然規模相較整體排放仍屬微小，但其在跨國層級的減碳管制架構所造成的影響將直接超越京都議定書所涵蓋的範圍。主要的原因在於歐盟此舉影響所及的航空業幾乎遍及全世界每一個國家，大如一直自外於京都議定書的美國，小如礙於外交困境無法納入的台灣。

此外，歐盟此一強勢管制措施是否會在其他與歐盟有關的跨國商業活動或產品如高科技產品銷往歐盟產生直接的影響或仿效，亦應是台灣以外銷導向的產業



所應密切關注的重點。

從正面的角度來看，台灣僅有長榮及華航兩家航空業者受到此項歐盟最新規定的管制，但是台灣卻可以藉此一管制直接與歐盟的 EU ETS 甚至京都議定書及其所設計之清潔發展機制發展直接的互動關係。此外海運業目前雖然尚未在管制範圍之內，但是台灣一方面有世界五大海運業者之一（長榮海運），另外，高雄港和基隆港雖然吞吐量不若過去名列世界前十大港口，其地理位置與對台灣以外銷導向為主的經濟體，仍具十份重要的戰略與經濟意義。

雖然距離 EU ETS 對航空業管制的第一個重要歷程碑：2009 年 8 月 31 日遞交監測計畫已經迫在眉睫，然正式管制仍待 2012 年方正式上路。在此之前，國內主管部門及航空業者，應盡快結合學術界環境、交管、經濟、法律等領域學者進行相關子議題的研議，同時納入國際專業人士如碳資產管理、國際律師事務所等，對此一議題所帶之衝擊做好充分因應，並將之轉為台灣跨入國際減碳組織的重要一步。

七、執行時間表

31 August 2009	航空業必須提交 RTK 及排放監測計劃書，以獲得他們所屬主管會員國主管單位的批准。
1 January 2010 and every year thereafter	航空業者從 2010 年開始，必須每年監測總 CO ₂ 的排放量，2012 年起，必須報告第一年監測到的 CO ₂ 排放量。
1 January 2011 - 31 March 2011	航空業者的排放報告書必須由相關主管單位進行審核。
31 March 2011	2010 年 1 月 1 日到 12 月 31 日中，航空業者必須確實在監測報告中記錄總排放的 RTK。並在 2011 年 3 月 31 日前得到第三者查核單位出具之查核報告。
30 September 2011	管理機構公佈計算排放許可配額的方案。
31 December 2011	管理機構公布最後的分配額給其他業者。
28 February 2012	管理機構分配排放碳額度給業者。
31 March 2012	航空業者必須遞交 2011 年 1 月 1 日至 2011 年的 12 月 31 日監測期間的排放報告
31 December 2012	遞交第一年期末排放許可以及經查核之排放報告。
April 2013 and every year thereafter	航空業者向他們所屬註冊單位依其正確排放量繳交排放許可。

參考文獻

1. The Directive of EU is available at:
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32008L0101:EN:NOT>
2. Including aviation into the EU ETS: Impact on EU allowance prices - February 2006, Department for Environmental, Food and Rural Affairs.
3. A study to estimate ticket price changes for aviation in the EU ETS - November 2007, Department for Environmental, Food and Rural Affairs.
4. A study to estimate the impacts of emissions trading on profits in aviation - January 2008, Department for Environmental, Food and Rural Affairs.
5. A bottom-up analysis of including aviation within the EU's Emissions Trading Scheme, Alice Bows & Kevin Anderson, November 2008

註:

1. <http://www.iisd.ca/ymb/sdosl/html/ymbvol146num1e.html>



2. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32008L0101:EN:NOT>
3. <http://ec.europa.eu/environment/climat/pdf/aviation/contacts.pdf>
4. The Stern Review: Economics of Climate Change
5. Department for Energy and Climate Change (DECC) Statistical Release, March 2009
6. DECC, Consultation on the Transposition of EU Directive (EC/2008/101)
7. http://ec.europa.eu/environment/climat/aviation_en.htm
8. DfT 2009, UK Air Passenger Demand and CO2 Forecasts
9. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:103:0010:0029:EN:PDF>