

[研究新領域報導]

東亞大氣長程傳送的瞭解、模擬及預測

中央大學大氣科學系 王國英

長程傳送是大氣裡一項非常重要的過程，透過長程傳送的作用，大氣的化學物質可由局部地區的源地開始向外地擴散，進而產生全球性的影響。長程傳送主要是透過大氣的氣流(airstream)來進行，因此透過長期監測大氣裡化學物質的變化情形及模式的模擬分析，我們又可以回來瞭解大氣氣流的變化情形，從這個角度而言，大氣長程傳送的模擬分析將有助於我們瞭解大氣氣流的變化情形，以及這些氣流的變化和全球暖化、氣候變遷和局部地區氣候變化的相關性。台灣位處於全球最旺盛的季風區，我國所在的東亞又是目前全球經濟發展最為快速的區域，台灣同時也位處於全世界熱帶氣旋最活躍的西北太平洋颱風活動區域。因此從氣候、經濟、和氣象的發展而言，我們處在一個非常有利的地位來探討氣候－經濟－氣象三者間複雜的關係性。

東亞地區的主要大氣污染物來源是人為經濟活動所產生的排放物和自然的排放物，自然的排放物主要源自亞洲內部的沙漠如戈壁(Gobi)沙漠和塔克拉瑪干(Taklamakan)沙漠，以及來自南亞、東南亞和西伯利亞等地區的生機植物燃燒。自然產生的污染物釋放到大氣的季節多集中在每年的秋、冬和春季，而人為的排放則和經濟發展以及民生需要息息相關。因此東亞地區污染物的大氣長程傳送模擬系統必需能整合污染物排放、大氣化學和氣象等要件來進行東亞地區的化學天氣模擬和預測(Chemical Weather Simulation and Prediction)。

國立中央大學大氣化學模擬實驗室(Atmospheric Chemistry Modeling Lab, ACML)在國科會的支持下於 2000 年成立，過去七年多來，ACML 先後開發和使用空氣污染箱型模型(Air Pollution Box Model)，全球大氣長程傳送模式 IMS-L，全球大氣化學模式 IMS，以及區域化學天氣預測系統 wrfchem。ACML 並與環保署(EPA)充分合作，擷取 EPA 在全國所建立的超過

70 個以上的高品質和高解析度(逐時)地面空氣污染物的監測資料。EPA 的這組監測資料建置時間是自 1994 年開始，因此我們目前擁有超過 10 年以上的高解析度資料以探討年際間的近地面污染物變化趨勢。EPA 的資料同時非常的有助於我們開發新一代的作業用每日空氣污染和預測系統氣候空氣污染預測評估系統。

國際上目前主要的全球大氣長程傳送模式有 3 套，分別是美國 NOAA 所開發的 HYSPLIT 模式，德國所開發的 FLEXPART 模式，和我們在台灣所開發的 IMS-L 模式。IMS-L 的研究成果已發表於頂尖期刊 Journal of Geophysical Research 之上，我們將有更多的結果在今年(2008 年)送到國際頂尖期刊。目前 IMS-L 所做的一項最為重要的工作是瞭解過去 50 年東亞沙塵暴的傳送路徑和發生頻率，以及預測未來 50 年東亞沙塵暴的可能傳送路徑和可能發生頻率。由於東亞的沙塵活動深深的影響到東亞地區主要國家如中國、日本、韓國和台灣的空氣污染、人民健康和經濟，因此 IMS-L 模式的長期氣候預測將非常的有助於我們對東亞沙塵活動頻率的評估及因應策略的擬定。圖一所示為使用 IMS-L 模式計算 1994 年至 2002 年這段期間影響台灣的主要氣流在四個不同季節的分布情形。從 IMS-L 的模擬分析顯示，影響我國的氣流以夏季時最為穩定(56%-67%的氣流來自台灣的西南方)，其次為冬季時的東北(48%-58%)和北方(44%-39%)氣流。

圖二所示為 IMS-L 模式模擬 2001 年 4 月所發生的完美沙塵暴(Perfect Dust Storm)以及由 TOMS 衛星所觀測的東亞沙塵暴橫越北太平洋時的演化情形。從這些模擬和觀測的比較分析我們可推估沙塵進行長程傳送所需的時間及其傳送的路徑，另一方面，透過 IMS-L 的模擬，我們可瞭解 TOMS 資料的特性以及 TOMS 觀測所代表的意義。

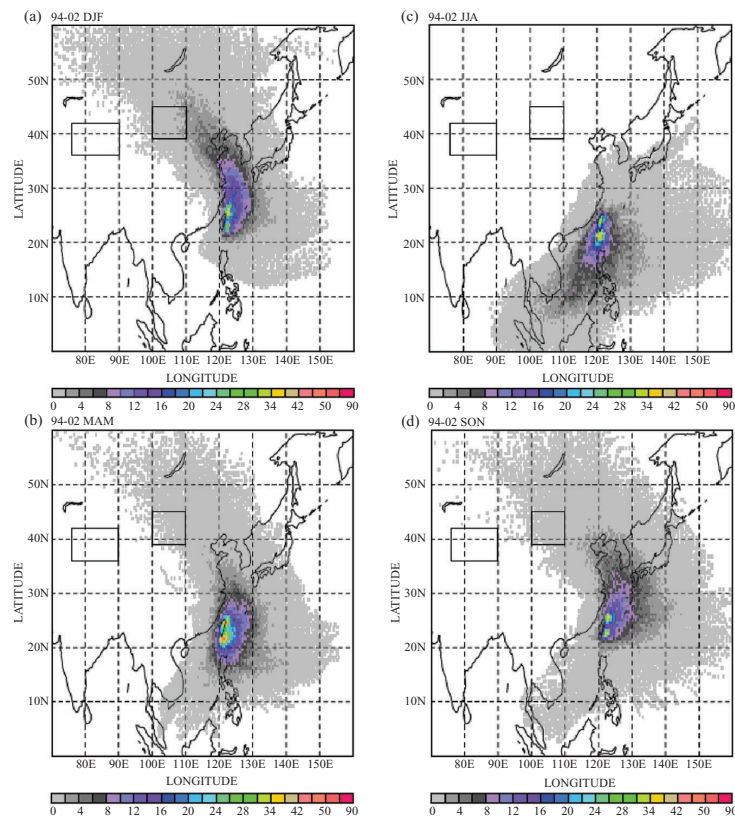


Figure 1. Surface distributions of airstreams (6-hourly trajectory end-point counts per grid box) for the mean (a) winter, (b) spring, (c) summer, and (d) autumn months of 1994-2002, respectively. The numbers shown here indicate the average of each season. Areas with Gobi and Taklamakan deserts are marked by squared boxes on the right and left, respectively.

圖一 IMS-L 模式計算 1994 年至 2002 年這段期間影響台灣的主要氣流在四個不同季節的分布情形

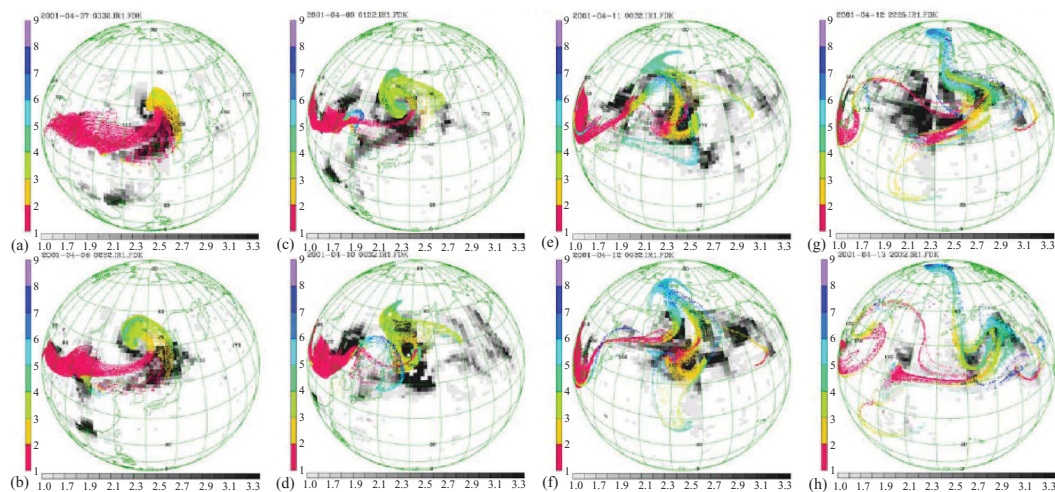


Figure 2. Snapshots of modeled particles (in colors, emitted from the Gobi and the Taklamakan) and TOMS AI data (in white-grey colors) at (a) 0300 UT on 7 April, (b) 0200 UT on 8 April, (c) 0100 UT on 9 April, (d) 0000 UT on 10 April, (e) 0000 UT on 11 April, (f) 0000 UT on 12 April, (g) 2200 UT on 12 April, and (h) 2000 UT on 13 April 2001. Colors indicate altitudes (kilometers) of particles.

圖二 IMS-L 模式模擬 2001 年 4 月所發生的完美沙塵暴(Perfect Dust Storm)以及由 TOMS 衛星所觀測的東亞沙塵暴橫越北太平洋時的演化情形

ACML 現在全力開發的另一項重要工具為 wrfchem 每日作業用化學天氣預測系統。透過 wrfchem 的使用，我們每日對台灣和東亞地區進行 4-7 天的逐時空氣污染預測。由於空氣污染對人民健康造成很大的影響，因此 wrfchem 的發展將有助於政府和民間對空氣污染的發生能夠有所掌握並進而做因應策略的擬定。

我們在國科會以及環保署的支持合作下，全

力開發東亞地區的大氣長程傳送模擬系統（如 IMS-L 和 wrfchem），透過這些工具的使用我們能夠瞭解長程傳送的發生及結束過程，同時也透過這些模式的使用我們能夠瞭解環保署的監測資料所代表的真正的涵義。在全球暖化和氣候變遷的發展情境之下，ACML 所開發使用的模式將持續地對政府和民間提供在氣候－經濟－氣象方面有實質價值的服務。