

中部空品區空氣品質

陳昭敏 林沛練

國立中央大學大氣物理所

摘要

根據 1996 ~ 2006 年環保署監測資料顯示，台灣地區空氣品質較差的主要季節為秋、冬兩季，品質最好的季節為夏季(6 ~ 8 月)，懸浮微粒濃度值較高的季節在冬季與春季，而臭氧濃度值較高的季節在秋季(9 ~ 11 月)。另外，在 1994 ~ 2003 年中空品區之臭氧濃度圖中可以發現，臭氧濃度值有逐漸升高之趨勢，顯示臭氧問題越來越嚴重。

台灣空氣品質監測網主要為地面測站，高空的觀測很少，可是污染物可能受到抬升作用而不被地面測站觀測到，在 2005 年與 2006 年中空品區進行維期七日的觀測，觀測資料包含一公里的繫流氣球、測風氣球、粒狀污染物、VOCs、地面氣象站。其間共有三次的密集觀測，分別以個案探討，其中個案二和個案三觀測期間於南海有颱風。觀測結果顯示，導致高臭氧污染($O_3 > 120$ ppb)的天氣型態不盡相同，但是均為高溫、少雲、穩定度高的氣象條件，個案一穩定度降低，利於污染物的擴散，個案二臭氧值受到降水的濕沉降而移除，個案三強風使污染物易於擴散。其中個案一高污染日同時也是清明節，個案二的高污染日為中秋節，推測人為活動在這兩次事件亦伴演重要的角色。

關鍵字：中部空品區

一、前言

根據 1996 ~ 2006 年環保署監測資料顯示，台灣地區空氣品質較差的主要季節為秋、冬兩季，品質最好的季節為夏季(6 ~ 8 月)，懸浮微粒濃度值較高的季節在冬季與春季，而臭氧濃度值較高的季節在秋季(9 ~ 11 月)。另外，在 1994 ~ 2003 年中空品區之臭氧濃度圖中可以發現(圖 1)，臭氧濃度值有逐漸升高之趨勢，顯示臭氧問題越來越嚴重。

台灣位於東亞地區，冬季受到大陸高壓與東北季風影響，夏季受到太平洋高壓與西南季風的影響，受到不同系統影響。在冬季時期，受到東北季風的影響，位於中央山脈背側的中部地區吹微弱的西北風，風速約小於 2 m/s，風向介於 270°~30°之間(Cheng, 2002)。這時期受到高壓出海及高壓迴流下之影響，高壓出海前綜觀風場大多為強烈的東北風分量，使得台灣地區與台灣海峽地區常有強烈的東北季風，高壓出海後與高壓迴流，綜觀風場大多轉為東風分量，因氣流受到中央山脈阻擋，繞流至西部地區後使得風速微弱，較易累積污染物進而導致空氣污染事件(張等, 2004)。春季時期，大陸高壓系統強度減弱及太平洋高壓系統逐漸西進，使得台灣地區逐漸轉變成暖濕的西南風或東南風，中部沿海地區轉變為典型的夏季西南風，有較大的風速，風速約 2~4 m/s，風向介於 202°~270°(Cheng, 2002)，再加上午後對流旺盛，空氣品質普遍較佳。春季轉夏季時期，大陸高壓與太平洋高壓相互作用使得台灣地區大尺度風場微弱，因此局部風場會影響到空氣污染事件發生，根據 Kitada 和 Kitagawa(1999)研究污染物在海陸風氣象之條件下對於海岸地區與島嶼的影響，海風環流可能為污染層形成之原因。另外張等(2004)提出風向為主導中部地區高臭氧污染之

最重要因子，在大尺度風場為東風之情形下較易產生高臭氧污染，氣流受到中央山脈阻擋及尾流效應影響，風速較弱使得污染物不易擴散，進而導致空氣污染事件。除此之外，台灣地區位於太平洋地區熱帶低壓與颱風侵襲的位置上，當颱風侵襲台灣時，各地風速明顯增加，空氣品質較佳，但在颱風尚未登入時，台灣地區受到颱風外圍環流影響，使得空氣品質依颱風強度及其所在位置而有所差異，陳等(2005)發現高污染事件，發現高污染事件似乎與颱風有相關性，其結果顯示颱風的外圍沉降氣流可能影響台灣空氣品質，使其天氣型態為下沉穩定且不利於污染物擴散。

綜合以上所述，臭氧問題愈來愈嚴重，但是造成高臭氧事件的成因的研究還是不足。本研究利用中部空品區於 2005 年及 2006 年共三次的密集觀測資料，嘗試瞭解高臭氧事件與氣象條件之間的可能關連。

二、資料來源及分析方法

選定中部地區上風處及下風處適當地點，以氣象及污染物濃度之變化，進行無機空氣污染採樣與氣象監測。從海邊到內陸進行空污垂直向分布之繫留探空監測(圖 2)探近地表高度 1000 公尺(採樣高度包含 6 個不同高度)監測各無機氣狀污染物(至少包含 NO_x 、 O_3 、 SO_2 、 CO 和 $NMHC$)之濃度趨勢變化，並進行測風觀測以解析中部地區局部環流之發展與傳輸特性，以上下風不同地點探討中部地區混合層變化情形。

地面氣象站(圖 2)之設置地點，第一次與第二次

之採樣選取地點分別為霧峰、中興大學及南投民宅三處，霧峰及南投民宅為上、下風處之地面站，而中興大學地面站是為了配合此次密集之觀測，以補充地面氣象之缺乏所增設的。第三次採樣則將原地點霧峰改為豐原，原中興所增設的氣象站改設於二林的中正國小樓頂。地面氣象站所觀測的氣象資訊為風向(deg)、風速(m/s)、溫度(°C)、相對溼度(%)、壓力(hPa)及雨量(mm)等六種參數。當地面站架設好後，只需定時確定其資料是否正常記錄並下載即可。

採樣流程，選取中部地區上下風處具代表性地點，進行為期七天之空氣污染物監測，每三小時觀測一次。氣體採樣高度 0、50、100、300、600、1000 各點，利用空氣品質分析儀分析各污染濃度並記錄之。以 Tehersonde 紀錄各時段之當時監測氣象條件(包括：溫度、溼度、風向、風速、高度、壓力...等)。

三、個案描述

2005 年與 2006 年於中部空品區進行三次的密集觀測，時間分別為 2005 年 4 月 3-8 日、9 月 14-20 日、2006 年 5 月 9-16 日，觀測期間均發生高污染事件。後續探討以個案一、個案二、個案三表示三次觀測。

個案一

2005 年 4 月 3 日至 8 日期間的天氣，主要受到大陸高壓的影響，高壓出海及高壓迴流。高污染發生在 4 月 4 日與 4 月 5 日。在 2005 年 4 月 3 日 06Z(14 LST)的地面天氣圖中(圖 3)，位於長江沿岸附近的高壓，其未來的趨勢為逐漸向東南方向移動，爾後對於台灣的天氣有很大的影響，而台灣地區的風場大多吹東北風，風速微弱。24 小時之後，高壓已出海至長江口並東移至台灣北方的海面上。此時，台灣地區開始受到此高壓之影響，天氣晴朗，風向多為北風，環境風場微弱。5 日 06Z(14 LST)(圖 4)，其高壓出海後通過東經 125 度，稱之為高壓迴流型。當高壓出海後經過較溫暖的洋面時，氣溫回暖且有利於高污染物的產生。台灣位於高壓迴流之位置，其風向呈現東南偏南風，而周圍沒有明顯的天氣系統，環境風場仍然微弱。

地面氣象站(圖未示)顯示 9LST 風場由陸風轉為海風，18LST 至 21LST 由海風轉為陸風，觀測期間海陸風環流明顯，且風速微弱，南投站風速平均為 1-2m/s，微風不利於污染物的擴散，且台中市區的臭氧前驅物(NO_x)可透過海風環流於夜間傳送至海上累積，白天透過陸風環流傳送至內陸的南投站。

在霧峰與南投測得之虛位溫剖面(圖 5)，南投站穩定度均比霧峰站高，4 月 4-5 日兩站之夜間穩定度均高，夜間邊界層在四百公尺以下，使污染物累積在低層。

個案二

2005 年 9 月 14 日至 20 日期間之天氣型態，主要受到日本東方海域上的高壓及南海地區韋森特颶

風之影響。15 日 18Z(圖 6)，原位於黃河口附近之高壓，出海至東經 140 度、北緯 40 度附近，強度增加為 1022 hPa，其高壓脊向西南方延伸至台灣附近，爾後對於台灣地區的天氣有很大的影響。在南海地區的低壓系統已增強為熱帶低壓(韋森特)，強度為 1000 hPa，並持續向西移動至南海。此時，台灣地區已開始受到高壓脊之影響，天氣晴朗，地面風向為東南東風(圖 7)。由於台灣地區受到此高壓脊帶來的穩定天氣型態及韋森特颶風之外圍沉降氣流影響，16 日 18 LST 時，空氣污染指標值(PSI)在中部地區為超過標準(> 100)，其值為 101 並持續至 17 日 17Z(18 日 01 LST)，PSI 值為 103。

地面氣象站顯示 9LST 至 12LST 風場由陸風轉為海風，18LST 至 21LST 由海風轉為陸風，觀測期間綜觀風場微弱，平均風速約為 3m/s，局部環流(海陸風)明顯。由於南投站 17 日下午三點有短暫降水，污染物可能透過濕沉降而移除，雖 16-18 日綜觀風場均微弱，但 17 日於南投站所測得的臭氧值是略低於另外兩日。由虛位溫剖面(圖 8)得知，白天日照強，混合層高度發展至一千公尺或更高，較利於污染物的擴散，夜間熱力穩定度高。

個案三

2006 年 5 月 9 日至 16 日期間天氣，9 日至 13 日主要受到大陸高壓與鋒面的影響，14 日至 16 日珍珠颶風從菲律賓向西移至南海，隨後路徑轉北進入廣東沿海，期間綜觀風場明顯主宰中部天氣，局部環流不明顯。10 日 12LST(圖 9)鋒面過境台灣北部，12 日(圖 10)至 13 日(圖 11)清晨大陸高壓強度減弱，鋒面系統離開台灣，此時天氣變得較穩定且少雲，有利於污染物的累積。

地面氣象站顯示中部空品區局部環流不明顯，主要受到綜觀系統影響。鋒前偏南風，豐原測站與南投測站風場於 10 日 12LST 由南風轉為北風，二林測站風場則在 11 日 00LST 轉為北風。12 日的風速較小。虛位溫剖面隨時間變化(圖 12)，12、14、和 15 日熱力穩定度高，垂直風場(圖未示)得知 13、14 日高空風場增強，導致豐原繫留探空因此缺少高空的資料。雖然 12、14、15 日在熱力上穩定度高，但是 13、14 日的風速增強使污染物不易累積。

四、討論

高臭氧事件的發生與污染排放、大氣化學、氣象場有關。2005 年至 2006 年於中部地區的密集觀測，分別在 4 月、5 月及 9 月，其基本氣象場不同，但是總括而言，高溫、微風、無降水這幾點是有利於臭氧的產生與累積，局部環流(海陸風)在夜間可將污染物傳送至海面上累積，日間海風環流肇始，將污染物傳至內陸，使內陸產生高值。

個案一與個案二均為綜觀風場微弱，海陸風環流明顯，早上 9LST 從中興與霧峰站風場轉為海風，南投站稍晚於 12LST 才轉向。熱力穩定度部份，個案一於 4-5 日較為穩定，個案二受到高壓脊西伸及

韋森特颱風的外圍環流影響下，穩定度均高。另外一提，個案一的4月5日為台灣的清明節，個案二的9月18日為中秋節，交通量的增加可能增加排放量，加上霧鋒測站位於中投公路旁，人為活動對於污染事件影響也是重要議題。

個案二與個案三均有颱風於南海，但是兩者的基本氣象場不同，個案二為太平洋高壓脊西伸增強，個案三為春季過渡期，低壓伴隨鋒面通過台灣北部，污染成因為兩鋒面中的空窗期。後者受綜觀系統主宰，局部環流不明顯，珍珠颱風外圍環流對後者的影響亦不明顯，反而是其強風使污染物易於擴散。

五、結論與未來展望

高臭氧事件的發生與污染排放、大氣化學、氣象場有關。2005年至2006年於中部地區的密集觀測，分別在4月、5月及9月，其基本氣象場不同，但是總括而言，高溫、微風、無降水這幾點是有利於臭氧的產生與累積，局部環流(海陸風)在夜間可將污染物傳送至海面上累積，日間海風環流肇始，將污染物傳至內陸，使內陸產生高值。

個案一與個案二局部環流(海陸風)明顯，夜間污染物可能受到陸風傳送至海面上累積，日間受到海風傳至內陸進而產生高污染，這部份的證據必須仰賴模式(例:MM5)模擬高空間解析度與時間解析度，污染累積於海上這部份藉由空污模式(例:TAQM)得到佐證。個案三與前者相反，綜觀系統主宰，觀測期並沒有明顯的局部環流，高污染日發生在兩次鋒面中的空窗期，爾後的強風不利於污染物的累積。

人為活動在個案一(清明節)與個案二(中秋節)扮演重要的角色，突然增加的污染排放更容易導致高污染事件的發生。邊界層的高度對於污染物的累積與否影響很大，但是繫流氣球僅能提供至一公里，平均的邊界層高度可發展至兩公里，未來應施放探空氣球以得到更高層的氣象資訊。

參考文獻

- 張時禹，2004：台灣地區光化學污染之形成、傳輸機制及其影響。行政院環保署，EPA-93-FA11-03-A070，156-202。
- 陳正平，2005：空氣品質預報與中解析度影像接收系統維護及資料分析專案工作計畫。行政院環保署，EPA-94-L105-02-101，366頁。
- Cheng, W. L., 2002: Ozone distribution in coastal central Taiwan under sea-breeze conditions. *Atmos. Environ.*, 36, 3345-3459.
- Kitada, T., and E. Kitagawa, 1999: Numerical analysis of the role of sea breeze fronts on air quality in coastal and inland pollutes areas, *Atmos. Environ.*, 24A(6), 1545-1559.

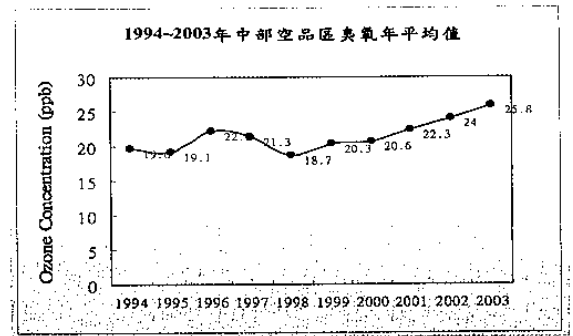


圖 1. 1994-2003 年中部空品區之逐年臭氧濃度趨勢。

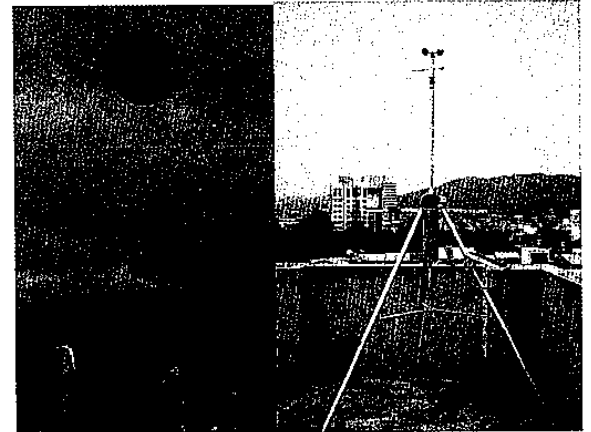


圖 2. 左圖為繫留氣球，右圖為地面氣象站(MAWS)

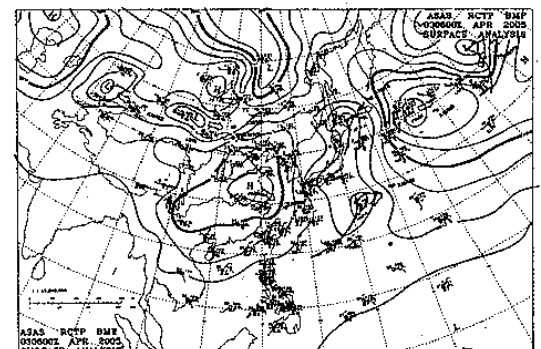


圖 3. 2005 年 4 月 3 日 06Z(14LST)地面天氣圖

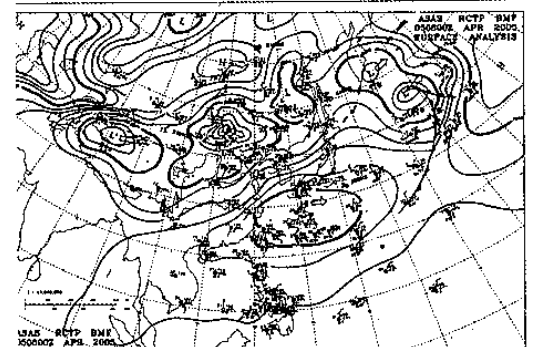


圖 4. 2005 年 4 月 5 日 06Z(14LST)地面天氣圖

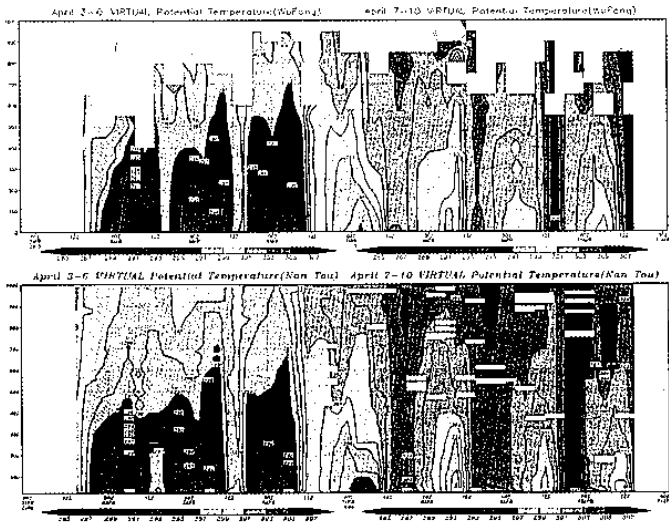


圖 5. 2005 年 4 月 4 日至 10 日繫留探空虛位溫資料:由上而下分別為霧峰、南投

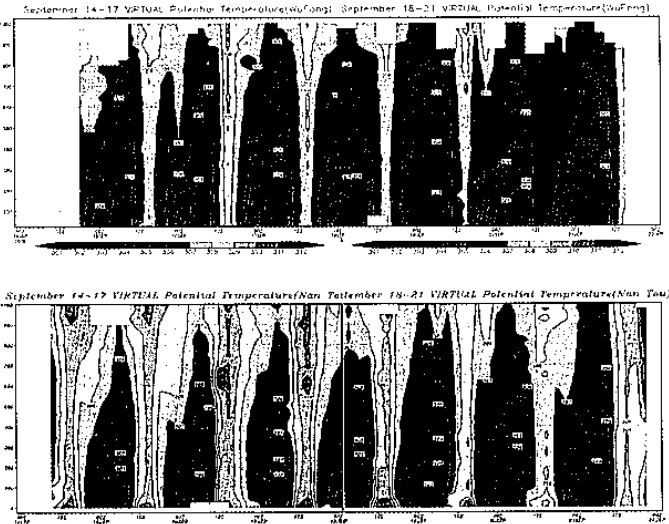


圖 8. 2005 年 9 月 4 日至 10 日繫留探空虛位溫資料:由上而下分別為霧峰、南投

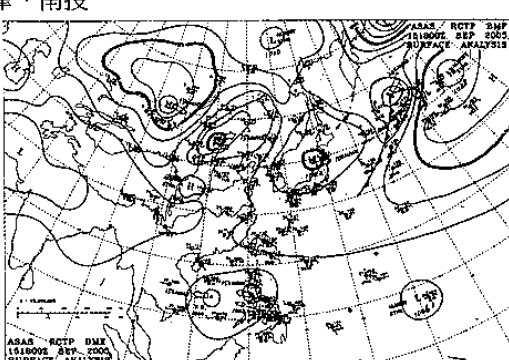


圖 6. 2005 年 9 月 15 日 18Z(02LST)地面天氣圖

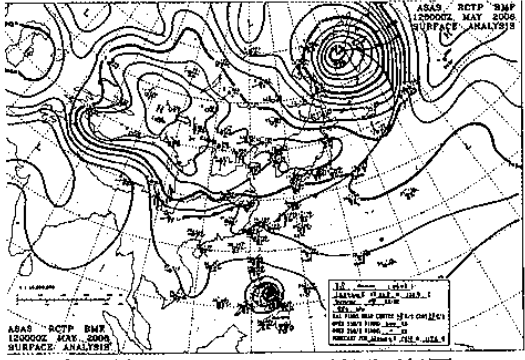


圖 10. 2006 年 5 月 12 日 00Z(08LST)地面天氣圖

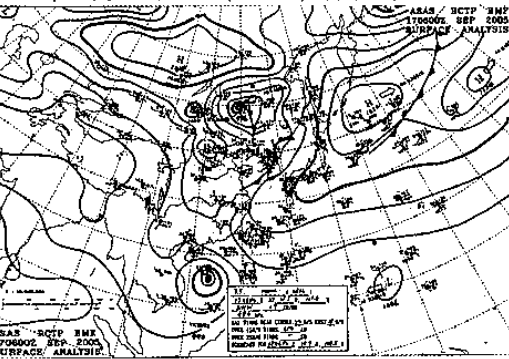


圖 7. 2005 年 9 月 17 日 06Z(14LST)地面天氣圖

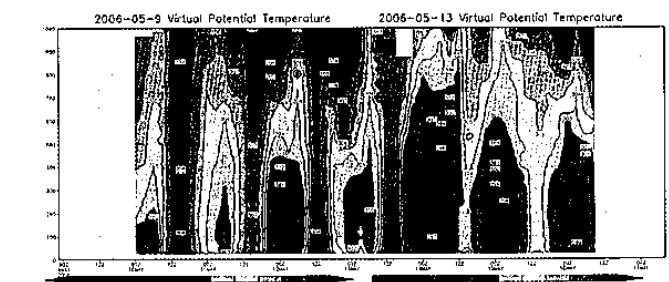
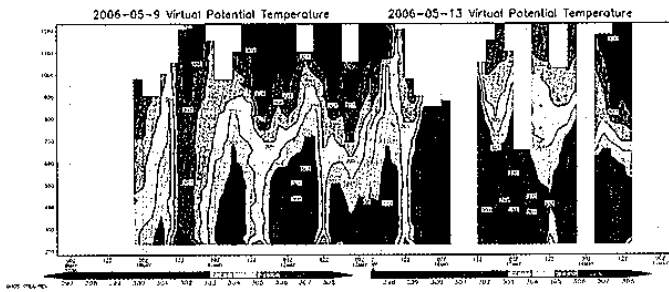


圖 11. 2006 年 5 月 9 日至 16 日繫留探空虛位溫資料:由上而下分別為豐原、南投

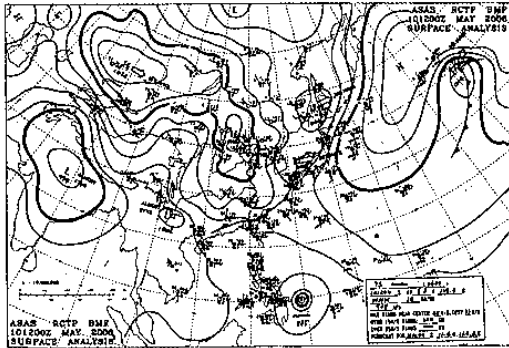


圖 9. 2006 年 5 月 10 日 12Z(20LST)地面天氣圖