

# 2000年5月北台灣高臭氧事件之模擬分析

林文典 林沛練  
國立中央大學大氣物理研究所

環保署自民國八十二年成立以來，對於污染物的監測已有十餘載，對於空氣污染源的變化也有一定的認識，進而做了一些管制措施以防止過度的污染情形發生。但近幾年台灣對於污染物雖有明顯管控，然而北台灣地區臭氧問題卻有明顯上升的趨勢，且發生高臭氧事件發生頻率也增多，因此對於氣象條件扮演何種重要角色，是為本研究主要探討目的。

雖然此研究模擬並無法代表所有事件日發生的共同特徵，但模擬目的在於彌補環保署監測站對於污染物無法掌握高空的傳輸及變化情形，故選取2000年5月11-15日最為研究的個案，此期間北台灣地區受穩定綜觀天氣影響，主要高臭氧大部分集中於台北盆地內，反觀環保署背景站萬里站或是靠海的淡水站，並無達到高臭氧標準，因此若以地面監測資料分析，可能發生高臭氧原因會誤判區域問題，但藉由模擬分析，是為區域環流影響或為高空境外移入才可以有較概念性的認識。

故本研究主要以中尺度氣象模式MM5以及TAQM台灣空氣品質模式作為研究工具，在MM5中主要水平解析為81km、27km、9km及3km以解析台灣複雜地形影響，進而模擬空品模試TAQM，主要使用中鼎公司(TEDS5.1)排放資料，利用兩模式之模擬檢測高空分布狀況，使了解氣象模擬對空氣品質模擬的重要性，也對北台灣地區污染作一初步認識。

關鍵字: 臭氧、空品模式、監測站

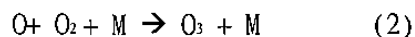
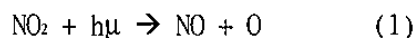
## 一. 前言

環保署自民國八十二年成立以來，對於污染物的監測已有十餘載，主要監測站分部如(圖一)，因為由監測資料的密集，無論空間或時間上提供很好的研究資料。由於北部地區，離工業區較遠，污染情形相較於中部及南部地區，是較為輕微，但近幾年，北台灣地區臭氧值是有上升趨勢。(顏, 2002)台灣空氣品質跨年度時間、空間趨勢分析中，由空間趨勢分析顯示台灣地區。台灣地區臭氧濃度變化則受季節性、季風、該區域地形及人口密度等因素影響。在主要都市中，台北市之臭氧濃度以秋冬較高，夏季較低；高雄市之臭氧濃度以秋季較高，夏季較低；而花東地區之臭氧濃度以春秋較高，夏季較低。

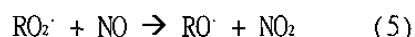
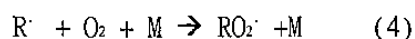
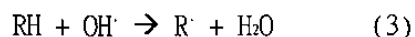
以往由於中南部污染嚴重，環保署或是學者較注重中南部的污染事件作為研究，如(程2002)主要研究台中地區臭氧事件，此研究中趨物累積太多，而導致高臭氧事件的發生。

透過觀測，主要探討天氣型態對臭氧影響，藉由三日的密集觀測NO<sub>x</sub>(NO+NO<sub>2</sub>)、O<sub>3</sub>、風向、風速及氣壓變化，並考慮海陸風對臭氧影響。主要發現中部污染主要白天海風吹至內陸，前趨物質量累積在內陸，邊界層高度也不高，白天約再150m-400m左右，風速低於4m/s，是台中高臭氧事件發生的主要氣象條件。

在白天主要光化產生臭氧的前趨物為NO<sub>x</sub>，其光化反應主要如下：



至夜間，受VOCs的影響，NO再近地面邊界層又還原成NO<sub>2</sub>



若在傳輸不明顯的情形下，臭氧的值則會因為

## 二、個案天氣及監測站資料介紹

北部地區由於以往高臭氧事件較少容易被忽略探討，尤其是模式模擬分析，由於困難度高，(林等，1990)曾用密集觀測討論觀音工業區海陸風及邊界曾發展的探討風速約在 5m/s 以下。因此，如何藉由模式探討三維空間的污染物傳輸及擴散情形，是主要研究目的。(Liu. 等，2002) 曾使用( APOPS- Air Pollution numerical model System)，模擬海陸風在台北盆地對臭氧影響，研究結果指出台北盆地一公里高度以下，風速不超過 4m/s，易有高臭氧濃度發生。此個案中(2000年5月11-14日，綜觀天氣主要受大陸高壓影響，5月11日(圖二)高壓中心在長江口 1010 hPa，台灣也在高壓勢力範圍內(圖三)，台灣北部主要風向以東北風為主導。5月12日高壓中心移至台灣東北方，其中心仍維持一定強度 1010hPa，台灣仍受高壓範圍影響，天氣穩定。5月13日(圖三)，高壓持續成長，中心位置約 1012 hPa，台灣連續受此高壓影響，以至天氣穩定，有利於污染物的累積。

在由環保測站顯示，在萬里是一背景站(圖四)，由於近海洋，此地區溫度比台北盆地來的低，但臭氧值仍達到 120ppb 的濃度，由五天風向、風速顯示，日夜變化明顯，風速小約在 4m/s 以下，由上面綜觀尺度天氣分析中，主要受高壓影響，天氣穩定，故局部環流是一個主要因子。

而盆地內監測站顯示，NO<sub>x</sub> 是一個中要的臭氧前趨物，因此，在夜間 NO<sub>x</sub> 會變高，臭氧則夜間變低，白天則相反(如圖五新店站)。但萬里站夜間 NO<sub>x</sub> 則較為緩和，說明主要排放源，來自於盆地內，但在白天萬里站臭氧依然高，到底這些高臭氧來自於那裡，這是我們要藉由模式來探討的原因。

## 三、模式介紹

### (一) 氣象模式

氣象模式主要使用 PSU/NCAR 所發展出的第五代中尺度氣象模式，簡稱 MM5 (Fifth - generation Penn. State / NCAR Mesoscale Model)。主要設定為四巢狀網格(如圖六)，解析度分別為第一層為 81km，第二層為 27km，第三層為 9km 及第四層為 3km，垂直層共有 24 層。氣象場使用 EC2.5\*2.5 全球觀測資料，作為模式的

空品模式模擬顯示臭氧在夜間是較低的，與監測站比對(圖九)，其模擬之臭氧分佈也相當。

初始場。最小一層使用一公里解析之地形，並在第一巢網格中每十二小時使用四維同化(FDDA)技術，使模擬風場，較能趨於實際狀況。第四巢由於隔點太多，會造成電腦計算量不足，因此網格只設定北台灣地區，也是北部空品區的主要區域。藉由模式模擬，主要了解局部環流，並做為空氣品質模式的氣象輸入檔案。

### (二) 台灣空氣品質模式(Taiwan air quality Model)

光化模式主要架構為台灣空氣品質模式 TAQM，其中化學反應主要採用 RADM2 (Regional Acid Deposition Model) 光化程序。氣象場主要為 MM5 所模擬之輸出資料，在空氣品質模式主要作為傳輸及擴散目的，而化學程序主要分光化過成、乾沉降及濕沉降及雲的處理。而有化學程序，當然也要有合適的排放檔(EMISSIONS)，故所用的排放檔為中鼎還境顧問公司 TEDS5.1 版為主，其主要排放檔以民國 89 年基礎，也是挑選 2000 年高臭氧個案原因之一。

## 四、結果分析

### (一) 觀測場分析

在第二節中，綜觀天氣已經做基本描述，在 2000 年 5 月 11-15 日，天氣主要受高壓影響為穩定型態，不在贅述。但由單點測站數據顯示，在萬里站為背景站(圖五)，可以由風場看出明顯的日夜風場轉變情形，且風速都不高，約在 4m/s 以下，這與(Liu. 等 2002)模擬結果相似，而白天受光化影響，臭氧維持在一定的濃度。反觀盆地內新店站(圖六)，臭氧濃度在盆地內持續累積，因此一天比一天稍高，風速比萬里站稍低，白天風向主要為東北風，若以地形來看，主要可能是基隆河谷所帶來前趨物，以致在下風處新店有所累積。但這需由模式驗證之。

### (二) 模擬分析

氣象模式模擬顯示，在風場方面，在地面層(圖七)，在 13 日下午海風變弱，觀測(紅色風標)與模擬(黑色)趨於一致，有相當可信度，但在海陸風交換時間有差異，但趨勢上有其一致性。而夜間時(圖八)，模擬的陸風風速較低，觀測模擬也是有一致性。

白天臭氧(圖十)，趨勢上也有一致性，臭氧在白天由市中心慢慢成長生成，下午漸漸移向山區，

由於山區並無測站，且山區 NO<sub>x</sub> 近乎沒有排放，因此山區較也有較高的臭氧值。

## 六、展望

以上只是初步探討模擬與實際比對的準確性，爲了顯示出臭氧在台北盆地的傳輸或光化過程，由剖面圖 121.3 沿緯向剖面顯示，臭氧濃度在晨間有低濃度臭氧在盆地內，圖十一顯示，日照開始後，則 NO 轉換成 O<sub>3</sub>，圖(十一圖)爲臭氧光化生成情形，並隨著邊界層(垂直速度)升高而揚起由 O<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub> 可以看出，在盆地內爲同一氣團。(圖十三及十四)，中午時，臭氧濃度最高，並隨著風場有往南移動。(圖十到了傍晚(圖十五及圖十六)中，傍晚地面臭氧轉換成 NO<sub>2</sub>，所以地面濃度降低，但高空臭氧濃度則依然很高，且有向北方延伸趨勢，由垂直風場分佈，可以看出傍晚邊界層下降，高臭氧則停留至隔日，不過由於模式網格數不夠多，較難顯示是否爲境外移入或境內自己所造成高臭氧事件。

## 五、結論及討論

台灣北部高臭氧問題，一年比一年嚴重，雖然環保署對於空氣污染前趨物 NO<sub>x</sub> 總量管制，但是臭氧平均而言有上升趨勢，到底台北盆地高臭氧，如何而來?須要藉由模式的模擬以了解實際情形。

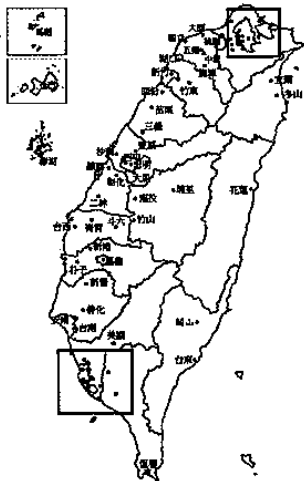
由於光化物都在地面，地面監測只能顯示地面光化後的情形，但臭氧前趨物及臭氧的累積，到底是境內產物，還是鏡外移入，或是從邊界層以上高空降至地面，還是有其它因素，在本篇研究，並無明確答案。主要限制於模式的區域大小，但目前可以看出高空的變化情形，若可以長期模擬應有助於解釋臭氧日漸升高的原因。

由此研究，雖然無法給與臭氧演變的全貌，但高臭氧事件的發生，其氣象條件佔了很大的影響因素，其條件不外乎，風速低、日照足。但台北盆地，由於地形複雜，不易了解臭氧成因，因此本研究結果爲台北盆地臭氧事件，大多是綜觀天氣持續穩定下，期間經每天前趨物的累積，故臭氧會慢慢一天比一天高。而累積方式，除了地面前趨物影響，高空的殘留未被反應的臭氧也是主要累積來源之一，而非單純地面所產生前驅物累積效果。

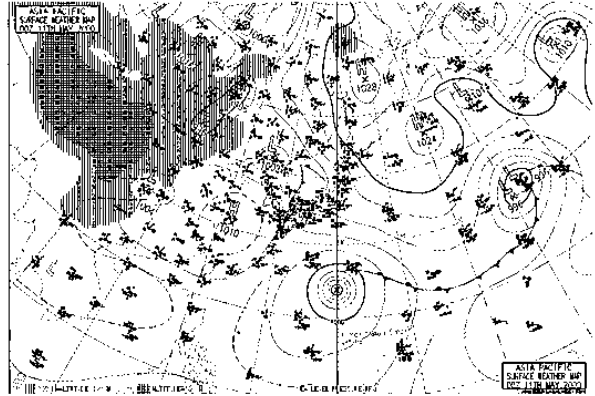
一般氣象研究，主要在模擬劇烈天氣，反觀太陽高照、風和日麗的天氣，對於污染反而是個壞天氣，因此要解析穩定的天氣型態，在模式設計上，也需要比劇烈天氣更多考量，例如模式垂直層的層數，是否夠解析濃度影響，邊界層參數化，植被的分布，都影響著污染物的排放結果。台灣北部地區，地形複雜，邊界層不易掌握，地形高度也對模式有所影響，加上模式爲 off-line 的形式，空品模式並無法回饋給氣象場，這些都是技術上跟科學上較難突破的問題。故目前以後對於探討北部空品區，模式的改進發展是最主要的，尤其氣象場模擬的準確性，似乎比劇烈天氣要求來的嚴峻，如何建構好的氣象模式是空品模式主要的研究課題。

## 七、參考文獻

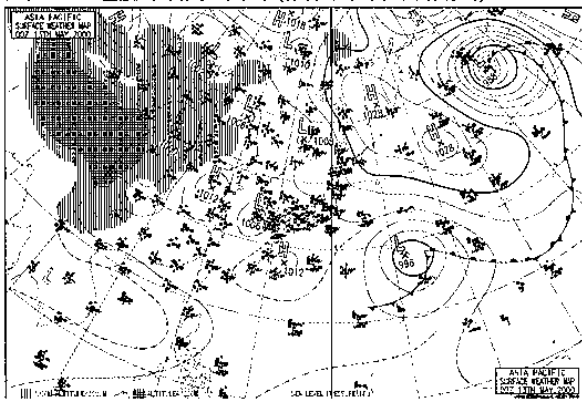
- 林沛練、張隆男、陳景森，1990：海風邊界層之發展與污染物濃度的日變化，大氣科學，18,287-308.
- 劉尊賢、黃賀春、張良輝、張時禹、鄭福田，91年：台灣空氣品質模式操作使用手冊 verasion1.11
- 顏有利，2002：空氣品質長期趨勢分析與年報編撰，EPA-91-FA11-03- 91A154。
- Cheng, W.- L ., 2002: Ozone distribution in coastal Taiwan under sea- breeze conditions. *Atmospheric Environment*. 36, 3445-3459
- Liu, K. Y., Z. Wang. L. F. Hsiao., 2002: A Modeling of the sea breeze and its impacts on ozone distribution in northern Taiwan. *Environmental Modeling & Software*. 17., 21-27.



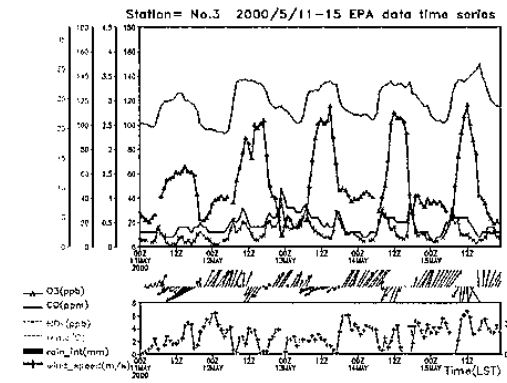
圖一、監測站分布圖 (摘自環保署網頁)



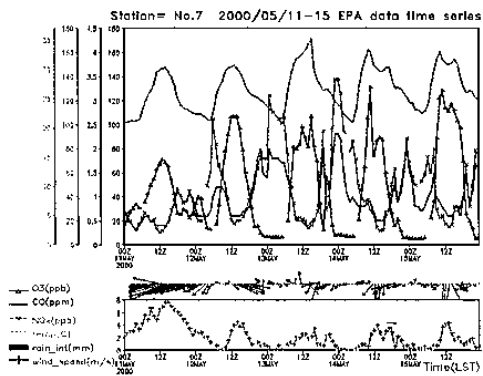
圖二、2000年5月11日00UTC 日本氣象廳天氣圖



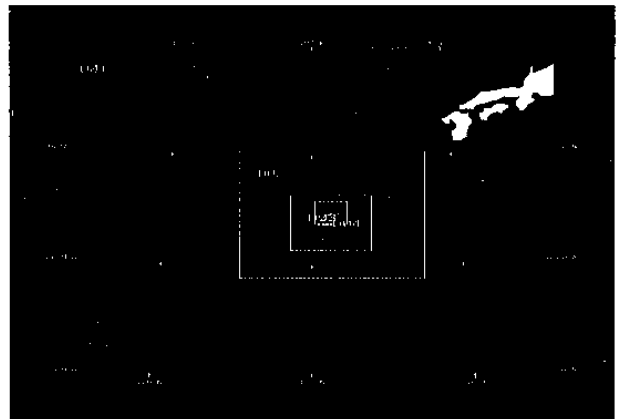
圖三、2000年5月13日00UTC 日本氣象廳天氣圖



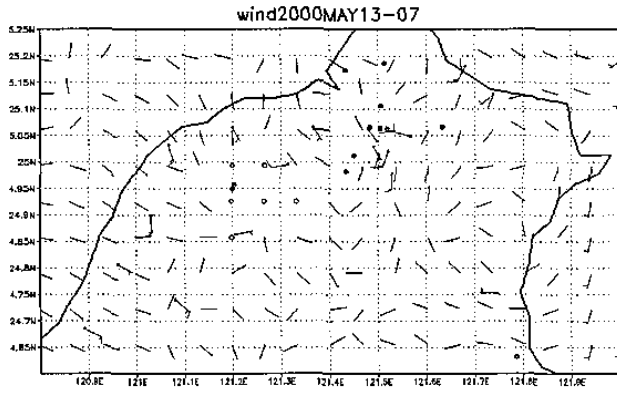
圖四、環保署萬里監測站資料



圖五、環保署新殿監測站資料

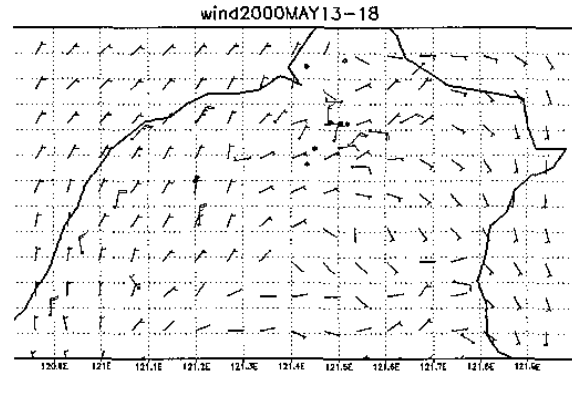


圖六、MM5 巢狀網格設定



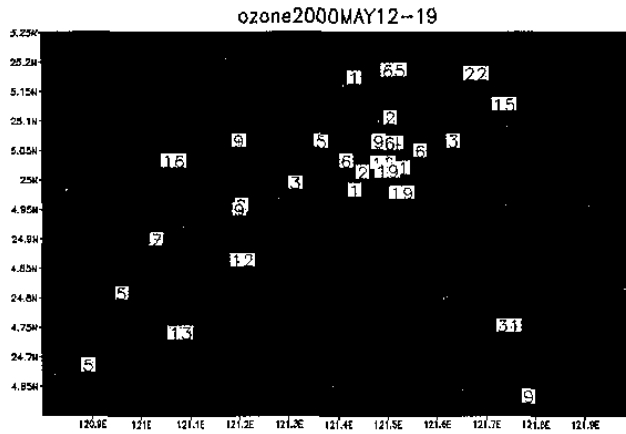
0:ADS: 00L/00S

圖七、2000年5月13日07UTC MM5 模擬之風場與監測站風場



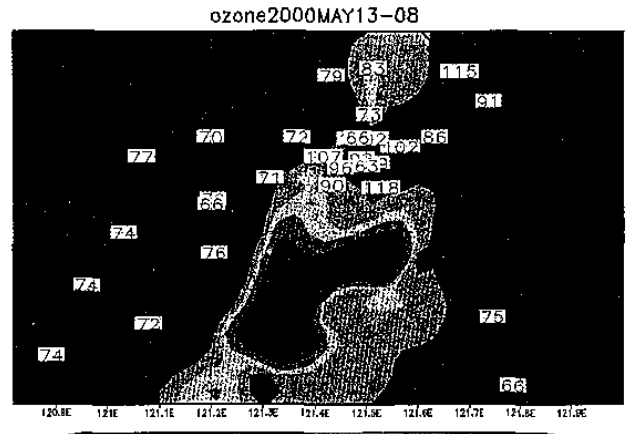
0:ADS: 00L/00S

圖八、2000年5月13日18UTC MM5 模擬之風場與監測站風場



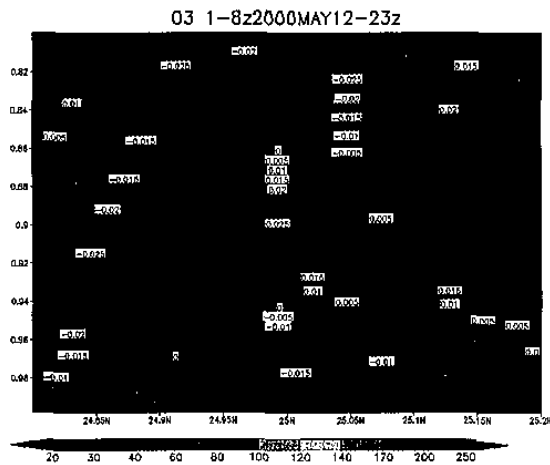
0:ADS: 00L/00S

圖九、2003年5月12日19UTC 臭氧模擬濃度與各測站濃度(數值所示)

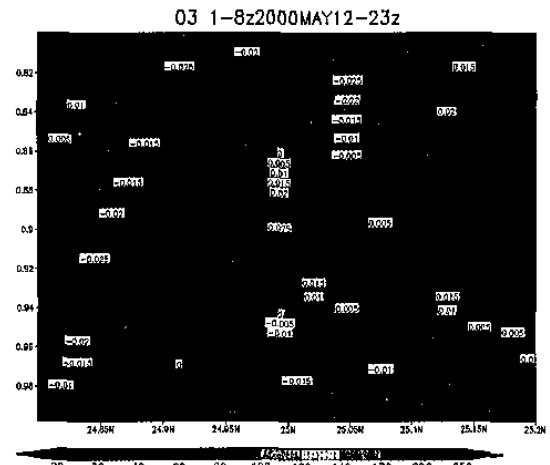


0:ADS: 00L/00S

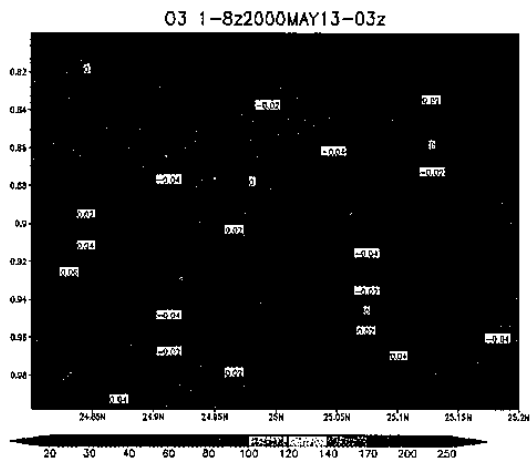
圖十、2003年5月13日08UTC 臭氧模擬濃度與各測站濃度(數值所示)



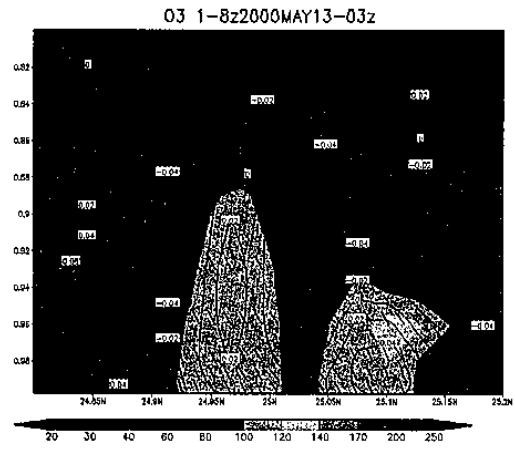
圖十一、2003年5月12日23, 臭氧、垂直速度及風場之關係



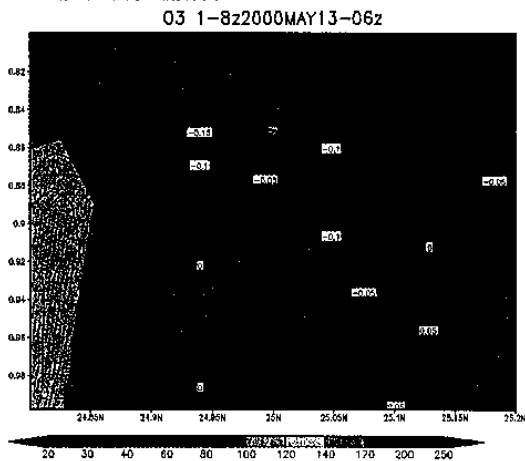
圖十二、2003年5月12日23 臭氧+NO<sub>2</sub>、垂直速度及風場之關係



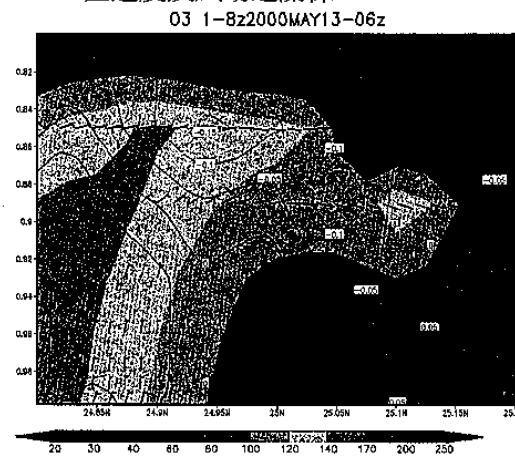
圖十三、2003年5月13日03，臭氧、垂直速度及風場之關係



圖十四、2003年5月13日23，臭氧+NO<sub>2</sub>、垂直速度及風場之關係



圖十五、2003年5月13日06，臭氧、垂直速度及風場之關係



圖十六、2003年5月13日06，臭氧+NO<sub>2</sub>、垂直速度及風場之關係