

# 台灣西北海岸夏初背景SO<sub>2</sub>與CO測量與分析

柳中明<sup>1</sup> 羅俊光<sup>2</sup> 左台利<sup>3</sup> 王作臺<sup>4</sup> 徐光蓉<sup>1</sup>

<sup>1</sup>臺灣大學大氣科學系

<sup>2</sup>清華大學原子科學研究所

<sup>3</sup>清華大學化學系

<sup>4</sup>中央大學大氣科學系

(中華民國八十二年十二月十日收稿；中華民國八十三年二月一日定稿)

## 摘 要

本文主要說明國科會空氣與氣候品質台灣站(CATS; Climate and Air-quality Taiwan Station)研究群，在1991年6、7月間赴新屋桃園農改場，進行台灣西北海岸夏初背景大氣濃度測量的分析結果。此結果並與環保署中壢與新竹二空氣品質監測站資料相比較。大略上，新屋站會受附近濱海公路車輛污染的影響，但在午後盛行西南風強盛時，由台灣海峽吹入的空氣中SO<sub>2</sub>濃度約為0.2~2 ppb，CO約為230 ppb，均相當清潔。相較於同時間午後環保署中壢市區SO<sub>2</sub>約為20~50 ppb，CO約為1ppm，新竹市區SO<sub>2</sub>為5~10 ppb，CO亦約為1 ppm，可見台灣地區人為排放的SO<sub>2</sub>與CO均遠大於背景大氣中的SO<sub>2</sub>與CO濃度。在此特別強調CATS儀器的精確度為環保署儀器的100倍，所以雖然觀測時間短且資料量少，但可信度極高。

關鍵詞：背景大氣、空氣污染、大氣化學測量

## 一、前 言

近年來，由於環境意識的覺醒，國際間均在努力進行有關全球環境科學的研究了解，以期能在改善人類生活品質與促進經濟成長的同時，維持環境的完整與自然性。而在有關大氣環境科學的研究方面，大氣化學的發展特別顯得突出。基本上，大氣中的化學物質是與生物群以及地殼和海洋中的物質，不斷地，進行著物質流通與轉換，在長期的與延緩的時間與空間尺度上，整個生態圈的物質是能夠達到平衡的，且應該是對人類有益的(Garrelset al., 1975)。縱有偶發的火山爆發事件，造成全球性大氣成份的擾動，但並不會對自然環境、天氣氣候，甚且人類生存造成威脅。但是，長期的、全球性的空氣污染，已造成大氣成份有所改變(WMO, 1991)。除已造成許許多多的災害事件，更引發跨國性的酸雨困擾(NAPAP, 1991)，以及溫室效應加強所預期的氣候變遷(IPCC, 1990, 1992)。在國內，多數的大氣化學研究，均以污染地區的問題為主。國科會氣候與空氣品質監測站(CATS; Climate and Air-quality Taiwan Station)，則在國外科學界的協助規劃下，決定以研究台灣地區的背景大氣品質為重心(Liu, 1989)。自1990年7月

表一 CATS 移動性實驗室內各項儀器說明。

測量項目	測量原理 / 儀器	精確度 / 靈敏度	啓用時間	負責教授
O <sub>3</sub>	紫外光吸收(UV absorption), ECO Physics Inc.	1 ppb	80年6月	馬俊博 徐光蓉
NO, NO <sub>2</sub>	化學發光法(chemiluminescence), ECO Physics Inc.	20 ppt	80年6月	馬俊博 徐光蓉
SO <sub>2</sub>	脈衝式紫外光激發SO <sub>2</sub> 螢光濃度 偵測儀(chemiluminescence) ThermeI Enviromental Inc., Model 43S	0.1 ppb	80年6月	羅俊光
CO	長光徑傅式轉換紅外光譜系統 (long path FTIR), Infrared Analysis Inc.	5.2 ppb (2170 cm <sup>-1</sup> )	80年6月	左台利
(C <sub>6</sub> -C <sub>12</sub> )HC	(1)Tenax-Ta取樣管 (2)氣體層析儀, Shimadzu, 9C-9A	10 % 以上 IDL 0.2 ng	80年6月	羅俊光

起已先後進行多次偏僻地區的背景大氣濃度測量，本文主要分析1991年6、7月在新屋所進行的測量結果分析。

基本上，整個大氣化學研究，就是低濃度物質的測量研究，也就是要了解單位體積內，佔百萬分之一的化學物質如O<sub>3</sub>、NO、SO<sub>2</sub>、CO等是否存在，且共有多少分子(Seinfeld, 1985)。由於各項化學物質的測量原理均不相同，因此CATS研究群包含有各大學校不同科系的學者參與，分別負責不同儀器的採購、設計修正、操作、微調與維護。1991年6、7月間，CATS研究群第一次設計與安裝完成移動性實驗室，特別赴新屋桃園農改場進行觀測。主要目的為了解整體觀測的配合情形，以及夏初盛行西南風時，台灣西北海岸的背景大氣成份。更期望與附近環保署監測站資料相比較，以了解台灣清潔與污染區的大氣成份，到底有多大差別。過去，林等(1990)曾在新屋附近的觀音進行類似研究，時間是在7、8月間，當時的研究是以海陸風環流下的污染物時間變化為研究重點，論文中對於海陸風環流結構的探討非常深入。

以下本文將分別就觀測場地、儀器、資料分析與環保署監測站資料相比較等，分別說明之。

## 二、觀測場地與設備說明

1991年6月19日~7月6日，CATS研究群赴桃園新屋農業改良場(圖1a, b)進行觀測，以了解台灣西北海岸地區背景大氣特徵。

圖1b顯示農改場的西方與正北方均為海岸線，距離約為1~2公里間，正北方為永安工業區，內有許多紙廠。沿海岸線，則為濱海公路，經多次查探，濱海公路上車輛並不多，但是許多大型貨櫃車均行經此處。CATS移動實驗室位於農改場的西南方，附近均為農田、果園或菜園。

在觀測期間內，移動性實驗室的設計如圖2所示，包括有表一內所列O<sub>3</sub>、NO、NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>

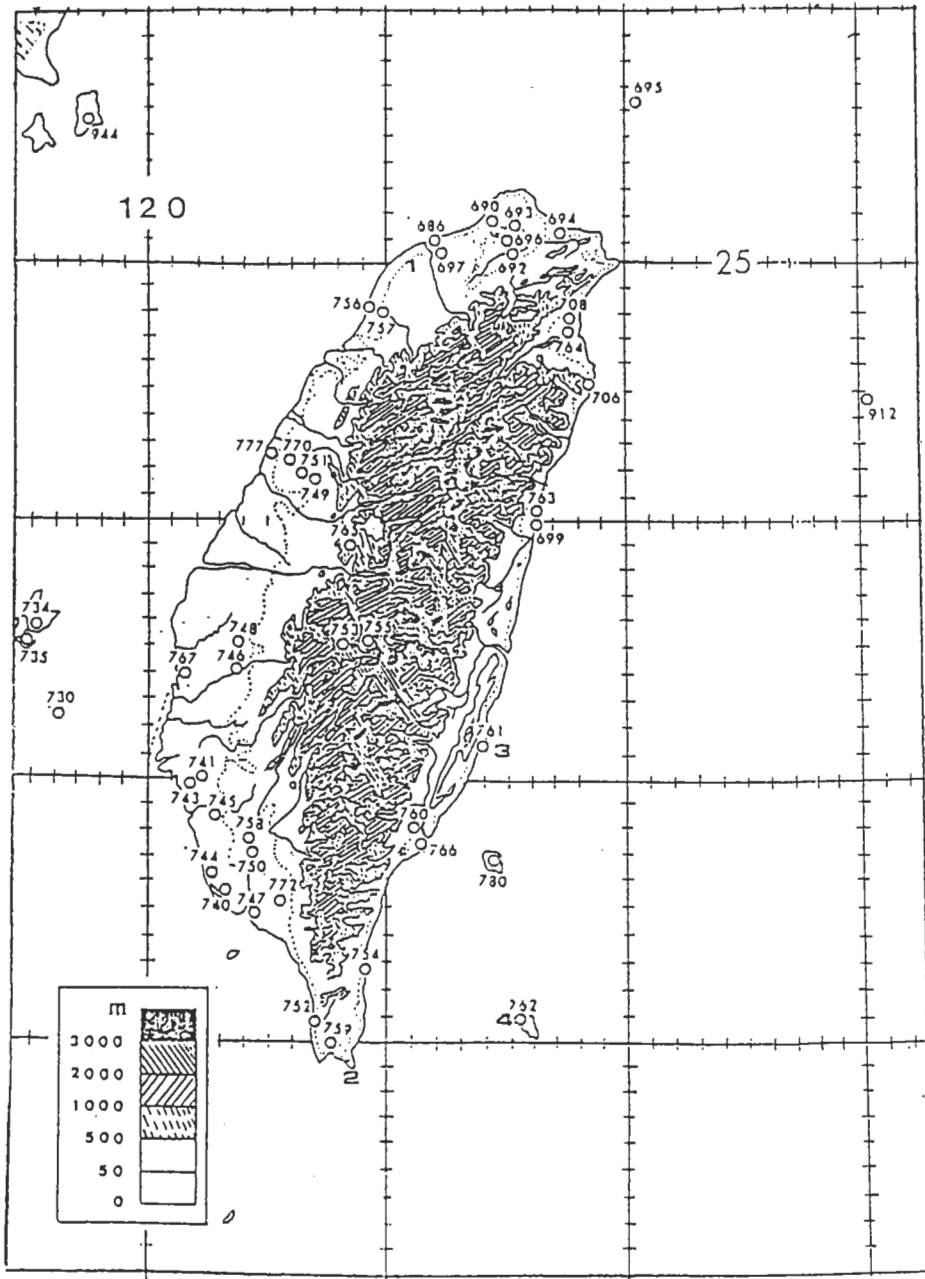


圖1 a 臺灣地形圖，圖上1為桃園新屋農業改良場，2為屏東墾丁鵝鑾鼻，3為臺東成功站，4為蘭嶼站。

、CO與大氣輻射場觀測設備，另外C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub>HC (碳氫化合物)為空氣採樣後，送實驗室分析。觀測期間O<sub>3</sub>、NO與NO<sub>2</sub>儀器完全失靈，因此無任何可用資料。至於氣象觀測，此次CATS並未進行任何觀測，文中所使用資料，乃是中央氣象局與農委會在新屋農改場所架設的自動氣象觀測設備。本文內主要分析SO<sub>2</sub>與CO的觀測結果，其他的資料將在未來，另外撰文討論。

(一) SO<sub>2</sub> 儀器

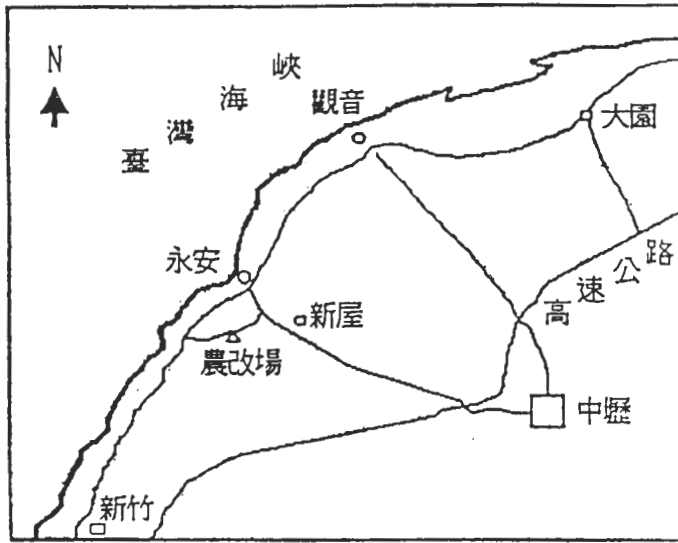


圖 1 b 農改場在桃園縣內位置圖。

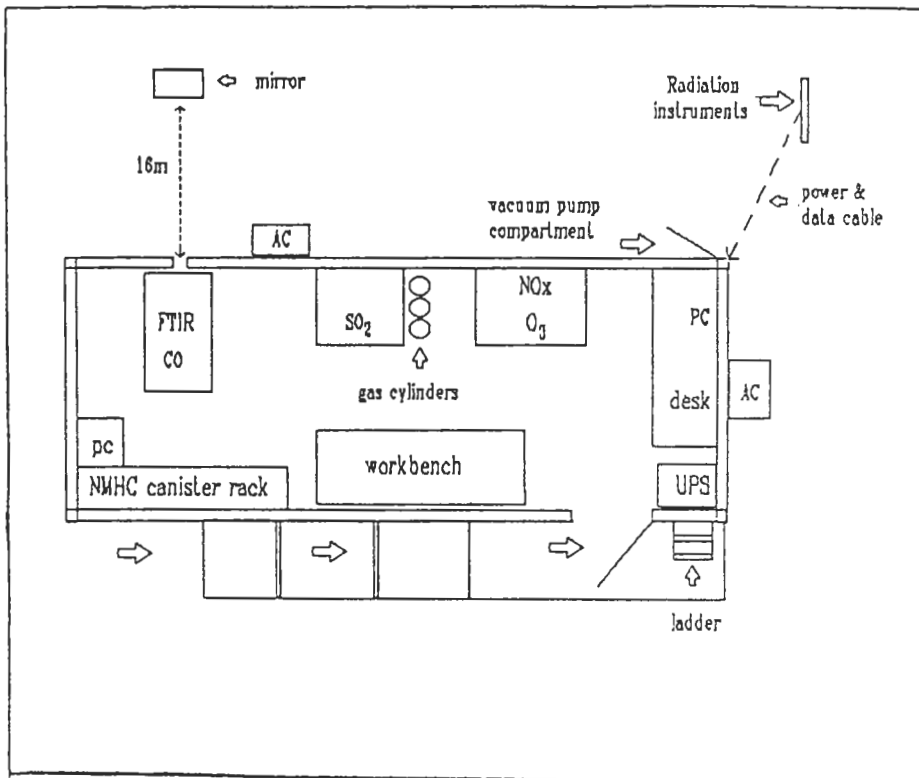


圖 2 CATS可移動性實驗室(a)俯視圖。

觀測期間所採用的二氧化硫偵測儀為美國 Thermo Environ. Model 43s 螢光偵測儀。其測量

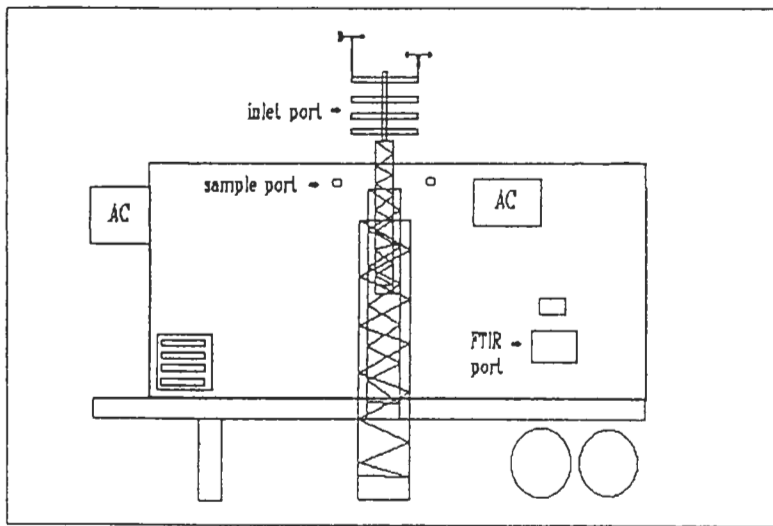
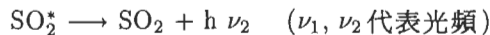


圖2 CATS可移動性實驗室(b)側視圖。

原理是利用脈衝式紫外光源，激發二氧化硫產生螢光，其反應式：



SO<sub>2</sub> 紫外光吸收光譜主要有三個波帶，其波長範圍主要在(1) 390 - 340 nm (2) 320 - 250 nm (3) 230 - 190 nm。第一部份在390 - 340 nm之吸收波帶，由於吸收弱而無法使用。第二部份在320 - 250 nm吸收帶很容易受到空氣中氧氣及氮氣之淬熄干擾，因此只能利用波長在230 - 190 nm之紫外光做為SO<sub>2</sub>之激發光源。受到紫外光激發之SO<sub>2</sub>在降激過程放出光子再根據光電倍增管收集光子訊號，而加以定量。

脈衝式紫外光源有幾項優點，包括光源壽命長，强度高(訊號/雜訊比高)，長時期操作時很穩定，所需功率較低。所有的環境分析方法中，最困難之處是在於如何在一複雜之環境基質中，分析微量的待測物質，紫外光激發二氧化硫螢光的方法本身非常靈敏，但是空氣中之碳氫化合物及水氣會造成干擾，除了吸收紫外光源外，淬熄之效應(Quenching effect)造成SO<sub>2</sub>訊號強度降低，因此在取樣管線中，加裝一碳氫化合物去除管，是利用半透膜方法選擇性去除樣品中之碳氫化合物及水氣，如此則能在高濃度碳氫化合物及水汽基質的條件下，分析10 ppb濃度以下之SO<sub>2</sub>環境樣品。

另外，為校正儀器，必須將SO<sub>2</sub>標準氣體與零級空氣以適當比例加以混合稀釋成所需之濃度。而為了確保稀釋樣品濃度之準確性，另外利用氣相層析儀配備硫化物專用之化學螢光偵檢器(Sulfur Chemiluminescence Detector; SCD)來分析稀釋樣品之SO<sub>2</sub>濃度。所採用之校正設備為日本Shimadzu Model GC-15A氣相層析儀附FID偵檢器，Shimadzu Model C-R4A積分儀，與美國Sievers Model 350 SCD偵檢器。有關本觀測與校正設備的說明，已述於陳等(1991)。

## (二) CO測量儀器

一氧化碳濃度的測定主要靠開放式光徑FTIR (Fourier Transform Infrared Radiometer)來達

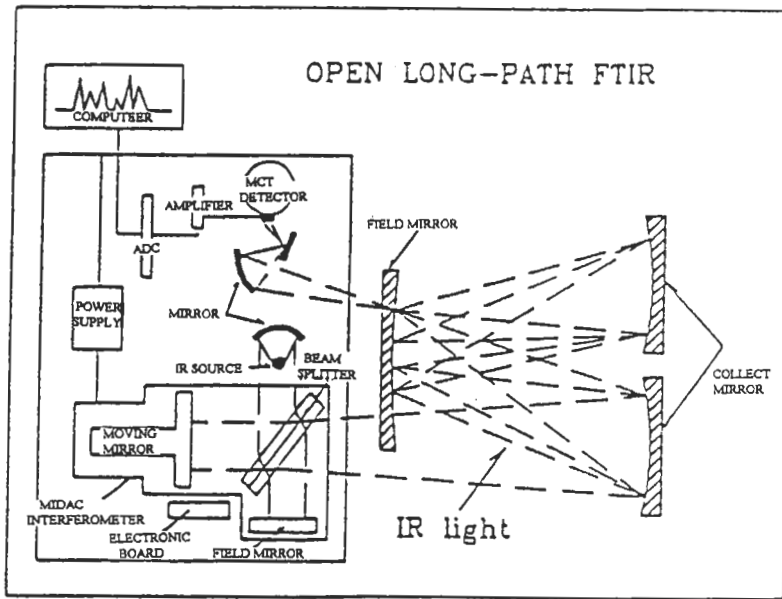


圖3 CO測量儀器。

成 (Horn and Pimentel, 1971), 圖3為整個儀器的簡圖, 內容包括FTIR主機、一組反射鏡以及周邊的附屬設備如微電腦處理機、電力供應系統等。主機內的紅外光源是由 $1.5\text{ mm} \times 8\text{ mm}$ 大小的Nernst glower加上一片凹面鏡使射出的紅外光成為平行的光束, 該光束由邁克耳生干涉儀調變成解析度最高可達 $0.5\text{ cm}$ 的干涉光, 然後導入一組反射鏡中做多次反射, 該組反射鏡放置在FTIR主機前面, 以二倍焦距 $15.55$ 公尺的距離來使紅外光在這中間做多次反射, 達到將近 $1$ 公里的總光徑長, 經過吸收後的光束, 由高靈敏度以液態氮做冷卻的光導性Hg Cd Te偵測器接收, 最後將訊號傳送給微電腦處理機做處理。光譜資料的取得及分析是由Spectra-Calculate套裝軟體來完成。為了經常對光的需要, 該組儀器還特別設計了一組對光用的He-Ne雷射 $4\text{ cm} \times 4\text{ cm}$ 的紅外光與 $2\text{ mm} \times 2\text{ mm}$ 的雷射光平行, 如此一來紅外光來回的次數便可由計算雷射光點的數目而得。

觀測步驟為將FTIR的主機部份架設好之後, 讓紅外光源發出紅外光。放置集光鏡於適當位置, 調整集光鏡與視界鏡之間的距離(2倍焦距)使紅外光恰好能聚焦在視界鏡上。微調鏡子之間的角度, 讓干涉訊號值(interference peak to peak value)達到最大, 通常54個路徑的信號其波峰到波谷的強度差能達到 $400 \sim 600$ 左右。執行光譜分析軟體的收集(collect)功能, 解析度設定 $0.5\text{ cm}^{-1}$ 掃描256次, 通常掃描一次包含紅外光頻率 $400 - 4500\text{ cm}^{-1}$ 約須1、2秒, 為了提高訊號對雜訊比而做256次的掃描約須5、6分鐘。由MCT偵測器收集後所得的單光束光譜(single beam spectrum)利用光譜分析軟體“ZAP”功能模擬尚未吸收前的基線“(BASELINE)”單光束光譜, 經過計算將原光譜轉換成吸收光譜。

在定性方面由Infrared analysis Inc.所提供一氧化碳標準純化光譜與未知空氣光譜作比對、辨認, 進而確定一氧化碳氣體的存在。定量方面, 根據一氧化碳的校正曲線, 判斷比爾定律的線性適用範圍(如果吸收強度超過線性範圍則須要做校正)。定量分析的方法可分為兩種, 第一

種是根據比爾定律(Beer's Law):  $\ln(I_0/I) = k \times C \times L$ , 在此  $I_0$  表未被分子吸收的紅外光強度,  $I$  表被分子吸收後的紅外光強度,  $k$  為吸收係數,  $L$  為光的路徑長。透過精確校正比對後所得吸收係數值, 便可求得各種化合物的濃度“ $C$ ”。方法二是利用已知濃度的純化標準光譜, 其濃度與光行程的乘積( $C_s \times L_s$ )是固定, 利用純化標準光譜與未知空氣光譜的比對, 求出相減參數(SUBTRACT FACTOR)“ $F$ ”, 在此  $F = (C_m \times L_m)/(C_s \times L_s)$ , 下標  $m$  代表空氣光譜,  $s$  代表標準光譜。由於  $L_m$  表空氣光譜的光路徑長是一個固定的已知值, 因此可以算出未知樣品中的化合物濃度。一氧化碳的吸收率為  $2053.2 \sim 2219.3 \text{ cm}^{-1}$ , 另外如  $\text{CO}_2$  等氣體亦可測量, 本文內僅說明  $\text{CO}$  測量結果。此套儀器已在張等(1991)中討論。

### 三、觀測結果分析

#### (一) 綜觀天氣與地面氣象資料分析

大略上, 觀測前後的綜觀天氣如下:

6月14日到6月18日滯留鋒面由北緯25度向南緩慢移動, 6月19日鋒面又回到北緯24度附近。14到16日台灣受太平洋高壓影響, 中壢地區為晴天。17、18日台灣受南來氣流及TD影響, 中壢地區為晴轉多雲陣雨之天氣。

19到22日滯留鋒面又向南移, 22日鋒面已到達台灣島西北端。19、20日台灣受南來氣流影響, 中壢地區為晴午後多雲陣雨之天氣, 21日台灣受鋒面接近影響, 中壢地區為多雲到陰陣雨之天氣。22、23日鋒面停在台灣北部, 24日鋒面南移至台灣中部, 25日又退回台灣北方海面。22到24日台灣受鋒面影響, 中壢地區為陰雨之天氣, 25日鋒面北退, 中壢地區為陰偶雨之天氣。

26到29日鋒面向北移動且強度減弱, 太平洋高壓強度增強。26日為晴午後多雲轉陰陣雨之天氣, 27到29日太平洋高壓向西移動, 台灣受此高壓之影響也越強, 中壢地區為晴到多雲之天氣。6月30日華中又有一滯留鋒出現, 從6月30日到7月8日此鋒面都在華中徘徊, 台灣在太平洋高壓的影響下為晴到多雲的天氣。

另外, 圖4a~f為新屋農改場地面氣象觀測系統所提供之逐時溫度、相對溼度、降雨量、風向、小時平均風速與最大風速等資料。明顯地當梅雨鋒面天氣影響台灣時, 自20日起, 溫度逐漸下降, 直到25日以後才逐漸上升, 並在7月1日~6日維持穩定的高值。同時, 相對溼度亦在鋒面通過期間保持90%以上的高水份含量, 雨後緩緩下降, 在7月初, 新屋站為65~85%水汽含量。至於逐日變化的特性, 則為清晨高相對溼度, 午時降為最低相對溼度, 此與溫度的日變化呈反比。降雨量資料顯示21~25日間為鋒面雨, 但在19日與26日的午後短暫高降雨量, 則為明顯的午後區域性熱力環流所導致的熱雷雨。至於6月27日~7月6日間則由於水汽含量在90%以下, 無法造成降雨。

仔細分析風場資料, 可發現當鋒面經過時, 風向變動大。在20~21日間為鋒前, 風向來自東南—南—西南方, 但在鋒面通過台灣期間, 風向則主要來自東—東北—北方。而在6月29日~7月6日間, 大致維持西南風的特性。風速資料顯示在7月初, 穩定的盛行西南風環境下, 風速能達約18 m/s的高速。大致上, 7月初白日風速大, 夜晚風速則下降, 此乃因白日熱力環流系統強盛, 海風加強向岸的西南風場, 而晚間輻射冷卻, 陸風減緩向岸的西南風強度。

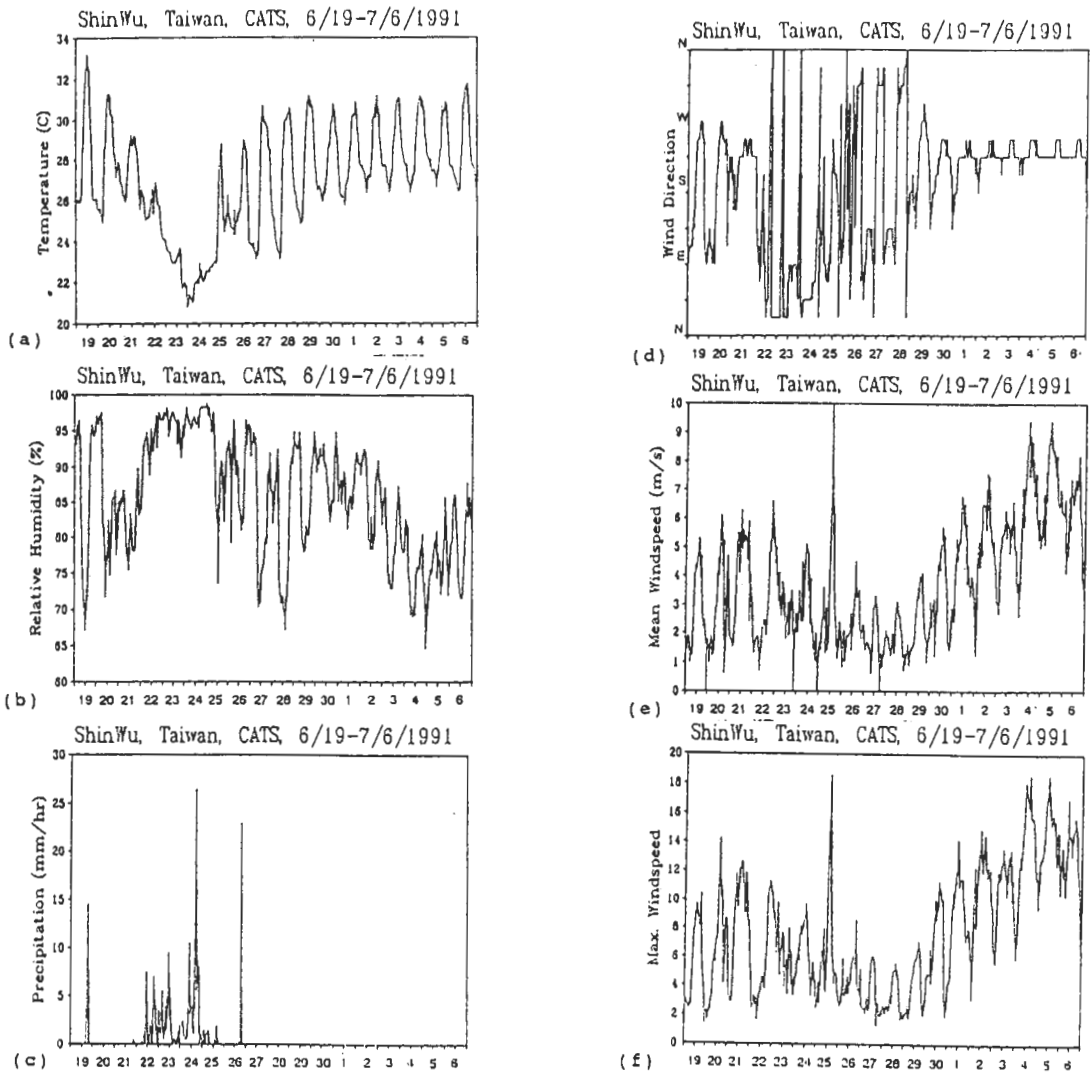


圖4 新屋農改場6月19日-7月6日間(a)氣溫(b)相對濕度(c)降雨量(d)風向(e)小時平均風(f)小時最大風速之變化圖。

## (二) SO<sub>2</sub> 濃度分析

圖5為整個觀測期間SO<sub>2</sub>濃度資料。資料自6月27日~7月7日，但在7月3~5日間，由於資料未存在磁片中而遺失。此資料為每一分鐘即有一個數據，再以小時平均後的數值繪圖。基本上，6月27日~30日間為梅雨鋒面通過後，降雨已結束，但中壢地區盛行風微弱，區域性熱力系統強盛，所以農改場之風向(圖6a)為入夜時東南-南風，白日時西南-西-西北風，明顯地具有日夜變化現象。風速(圖6b)，平均小於6 m/sec，且有午間風速大，入夜風速下降現象。而所測之SO<sub>2</sub>(圖5與6c)。濃度最大為27日10時的12 ppb，次為28日晚間9 ppb與29日晚間9 ppb。由於風速具午間強盛夜晚微弱的特性，因此夜晚高值應是反映測站東南-南方位內污染源影響。白日9~10時SO<sub>2</sub>高值，則可能與交通污染源變化有關。請注意，若扣除5 ppb以上的



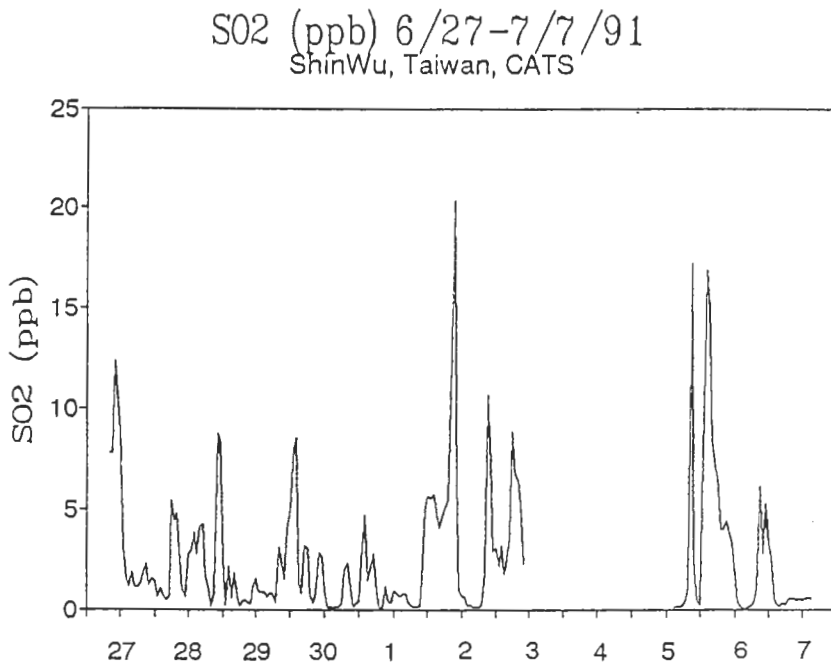


圖5 CATS測量SO<sub>2</sub>逐時變化圖(6月27日-7月7日)。

高值，一日內約60%以上的時間，SO<sub>2</sub>之濃度在5 ppb以下，表示此地區鄉村背景濃度特性。至於9-12 ppb的高濃度，在下節討論環保署中壢與新竹測站資料後，可發現9-12 ppb濃度根本不能視為高污染。最後，再指出一點，表一內特別說明SO<sub>2</sub>的精確度是0.1 ppb，所以鄉村背景值小於5 ppb，可信度極高。

另外，值得注意的是7月1日~7日間，夜晚至第二日9、10時間SO<sub>2</sub>出現高值，有時是二次尖峰分離，有時二次尖峰很接近。最高值是2日上午10時的20 ppb與5日晚間和6日上午17 ppb，而當時風向穩定為西南風(圖7a)，風速(圖7b)則明顯地夜間稍弱(但平均1-7 m/sec間)，午間強盛(平均6-9.5 m/sec)。所以此段期間風速強，但SO<sub>2</sub>最高濃度(圖5與圖7c)卻較6月27~30日最高濃度為高，來源可能為濱海通路上夜間大型貨櫃車輛，或者是海峽中船隻等等。此段期間內台灣西岸各測站均為強盛之西-西南-南風，晚上為接近南風，白日為接近西南，因此污染物在南方出海再回頭北上進入陸地的可能性不高，而本站夜間為南-西南風向，污染源應是非常接近。至於6日午時風速強盛，SO<sub>2</sub>濃度幾近於0，相當微小。

大略而言，本站附近SO<sub>2</sub>來源應主要在東南-南-西南方向，且在低風速時較易測量到。此外本站亦反應出9~10時交通尖峰高值，應與靠近濱海公路有關，入夜後則由於風速低，附近SO<sub>2</sub>污染源影響，所以SO<sub>2</sub>濃度高，不過，最高濃度約在9-20 ppb間，且多是偶發性。在此說明一下，SO<sub>2</sub>污染源主要為燃煤或燃柴油者。此次觀測不受林口火力發電廠影響，但會受燃柴油的海上船隻、大型貨櫃車與工廠鍋爐等影響，很可能是濱海公路上貨櫃車影響最大。

以大氣背景測量而言，值得注意的是在7/1~6日10~19時間，由於西南風速強盛，SO<sub>2</sub>濃度均在2 ppb以下，相當微小，甚至達0.2 ppb，顯示海峽內SO<sub>2</sub>背景值不高，約為美國東岸鄉村背景濃度(NAPAP, 1991)。而在6月27日~30日，當日夜環流明顯時，約60%以上時間濃度

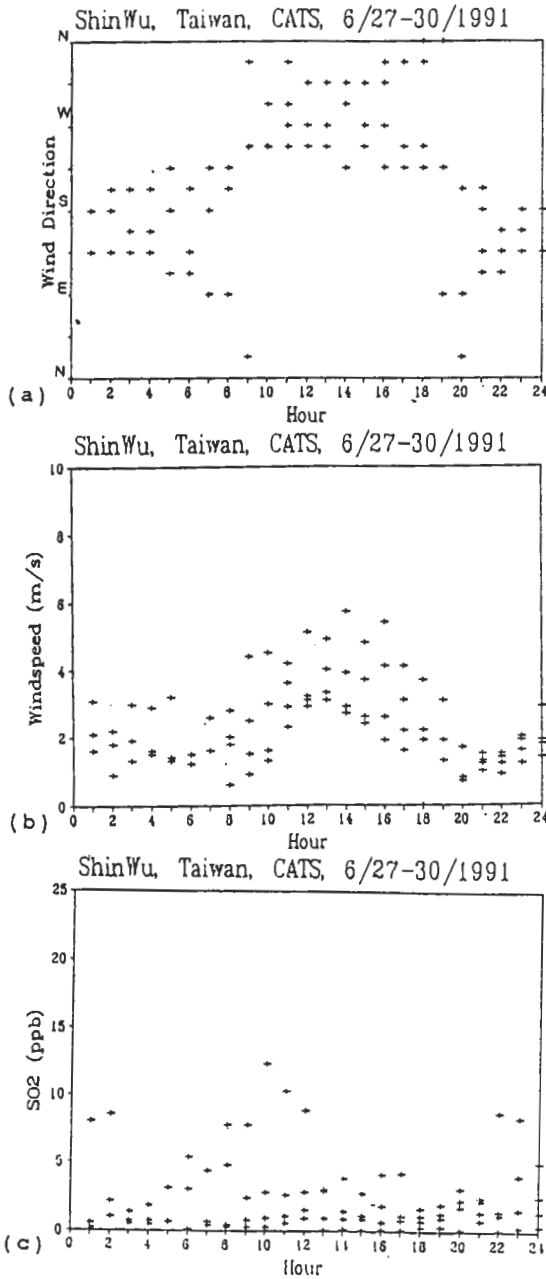


圖6 6月27日-30日, 新屋農改場(a)風向, (b)風速, (c) SO<sub>2</sub> 逐時變化圖。

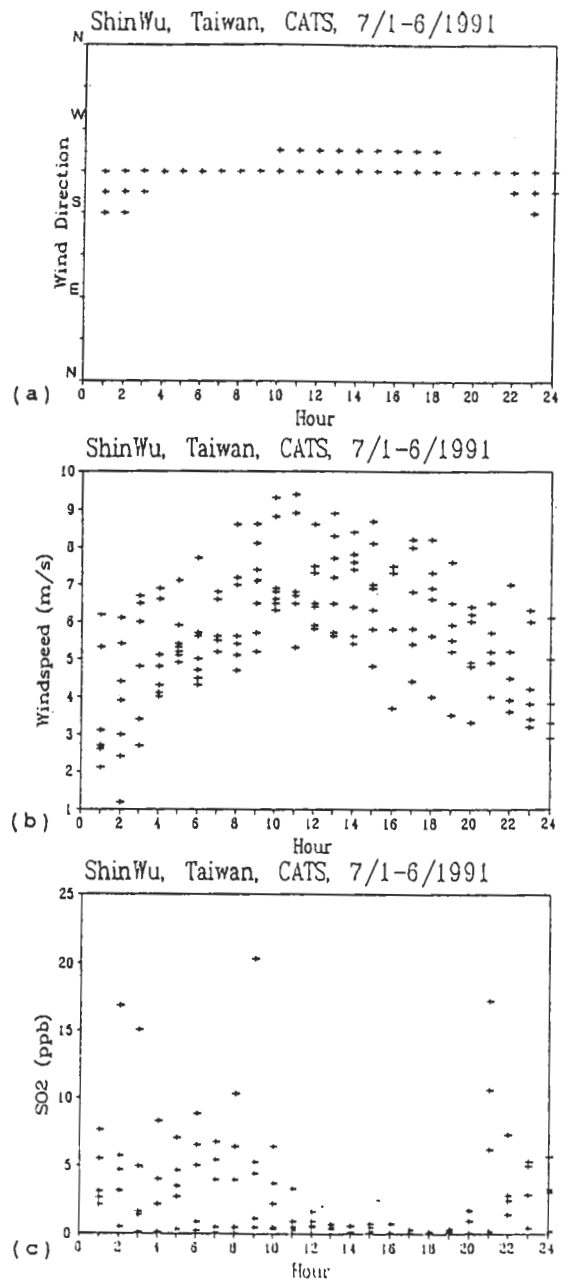


圖7 7月1日-7日, 新屋農改場(a)風向, (b)風速, (c) SO<sub>2</sub> 逐時變化圖。

均小於5 ppb, 顯示本島鄉村背景濃度特性。

(三) CO 濃度分析

圖8a為清大研究群所觀測之CO濃度, 僅有7月1日20時~7月3日19時資料。值得注意的是在7月1日與2日23時後出現高CO濃度(670 ppb與500 ppb), 此與SO<sub>2</sub> 高值出現時間相近,

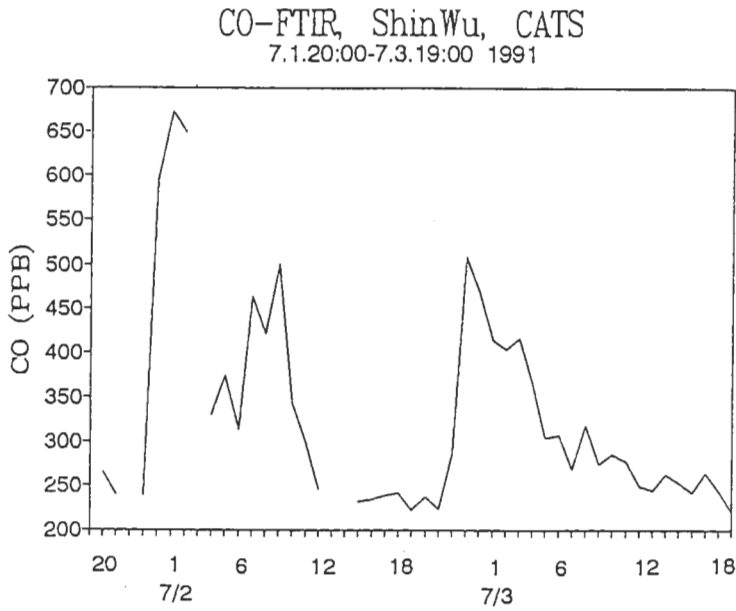


圖 8a 7月1日20時-3日19時，農改場CO測量值。

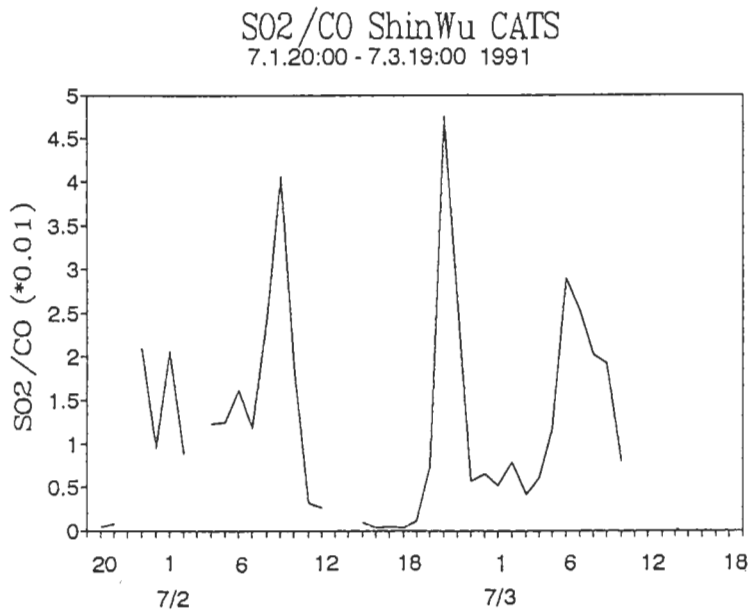


圖 8b 7月1日20時-3日19時，農改場SO<sub>2</sub> / CO比值。

顯示應為交通污染源。同時2日上午9~10時亦出現高濃度，與SO<sub>2</sub>同步，此應與交通流量有關。所以CO的附近來源應是車輛，在晚間因為風速低所以濃度高，白日則因風速強而濃度下降，在午後則更因風速強盛，而CO濃度下降至約230 ppb。

比較SO<sub>2</sub>與CO之濃度，圖8b顯示SO<sub>2</sub> / CO比值約為0.05以上，若將此比值乘上100，則

$100 \times \text{SO}_2 / \text{CO}$  大於 1 的情形相當頻繁，尤其是在  $\text{SO}_2$  出現特別高值時，大約在上午交通尖峰時間與 7 月 2 日晚上 20 時附近，顯示附近污染源為使用柴油為燃料之污染源，如海上船隻、陸上貨櫃車或工廠鍋爐等。能在交通尖峰時間造成高  $\text{SO}_2$  濃度，則應以貨櫃車為主要污染源。

在此簡單說明  $\text{SO}_2 / \text{CO}$  比值的意義。 $\text{CO}$  主要來自車輛，其濃度高低完全反映附近車輛多寡特性，並不反映車輛類型。 $\text{SO}_2$  則源自燃煤與柴油的污染源，由於此次觀測期間，風向不是來自西方就是南方，因此北方林口火力發電廠的污染排放對新屋測站毫無影響，所以  $\text{SO}_2$  的來源主要來自燃燒柴油的污染源，車輛中只有大型車才使用柴油。高  $\text{SO}_2 / \text{CO}$  就表示  $\text{SO}_2$  污染源特性很重要，低  $\text{SO}_2 / \text{CO}$  則表示車輛多，但非是大型車佔重要角色。在國外使用此比值，主要即用以分辨污染源。(Buhr et al., 1992)

#### 四、與環保署監測資料之比較

觀測期間內，最靠近新屋農改場的環保署 (EPA) 空氣品質測站為中壢站與新竹站 (在南方) (舊站)。在此特別提出一點，環保署儀器的可信度， $\text{SO}_2$  約為 10 ppb，即是測值 10 ppb 約代表 1~20 ppb 間的可能濃度誤差較大。但是本節中可發現實測最高濃度約為 100 ppb，因此 10 ppb 的誤差，對環保單位是可以接受的。反之 CATS  $\text{SO}_2$  的儀器誤差為 0.1 ppb，因此主要是測量 5 ppb 以下的濃度。二者特性上有很大差別，但資料的可信度上，CATS 資料是絕對可信的。

##### (一) 與中壢站資料相比較

將中壢站在 6 / 19 - 7 / 6 間之溫度、相對溼度、風向、風速等資料，與新屋農改場資料相比較，可明顯看出，整個地區性特徵大致相似，溫度在鋒面通過時下降至最低，然後再逐漸升高，相對溼度亦在鋒面通過期間較高，爾後下降。當然農改場靠近海岸，所以相對溼度最低亦在 65 % 以上，中壢站則可達 30 % 左右，顯示 7 月初天氣相當乾燥，風向變動大，但似乎以西南風為主。由於中壢站位於市區內，風流易受建築的干擾，所以，風向易變，同時明顯地，風速亦較海岸地區為低，不過亦出現鋒面通過後風速較低，然後到 7 月時風速加強，風向穩定等特徵。

圖 9 為中壢站 6 / 27 - 7 / 7 日間所測  $\text{SO}_2$ 、 $\text{CO}$  與  $\text{SO}_2 / \text{CO}$  比值。比較圖 5 與圖 9a，明顯地，中壢市區內  $\text{SO}_2$  濃度為海岸地區的 6 倍以上，顯示都市區污染之嚴重性。此外，中壢站並無 6 / 27 - 30 日間濃度較低，而 7 月 1 - 7 日間濃度較高的現象，而是每日濃度均很高。大略出現一日二個高峰，一次在 9 ~ 10 時間，一次在晚上 20 ~ 24 時附近。若將 6 月 27 ~ 30 日間資料作如圖 10 的整理，可發現 6 月 27 ~ 30 日間熱力性環流明顯，所以風向在 8 時以前，18 時以後轉變為南風，而在 8 ~ 18 時間為北風，風速亦較為微弱約在 3 m/s 以下，且在 8 時前後與 21 時前後達一日最低風速，午時 15 時達最高風速。至於  $\text{SO}_2$  濃度，在 8 時附近與 22 時附近形成尖峰，午時與 4 時附近為一日低值。比較圖 6c 與 10c，農改場高  $\text{SO}_2$  濃度出現在 2 時、10 時與 22 時附近，大略與中壢站類似，應屬車輛污染性質。夜晚高值則是配合著輻射冷卻層的出現。

此外 7 月 1 ~ 7 日間資料若整理在圖 11 中，可發現中壢站亦為盛行西南風所主導，但在午時風向略偏西，而風速加強到 5 m/s，顯示熱力性環流的區域性影響。由於此段期間內風速較大，所以圖 11c 顯示  $\text{SO}_2$  濃度在 10 時左右下降到約 80 ppb，但晚間濃度變化不大。可能原因為入夜後夜間輻射逆溫層緊貼地面，而致近地污染物的垂直擴散與水平傳送均不佳。再比較圖 7c 與

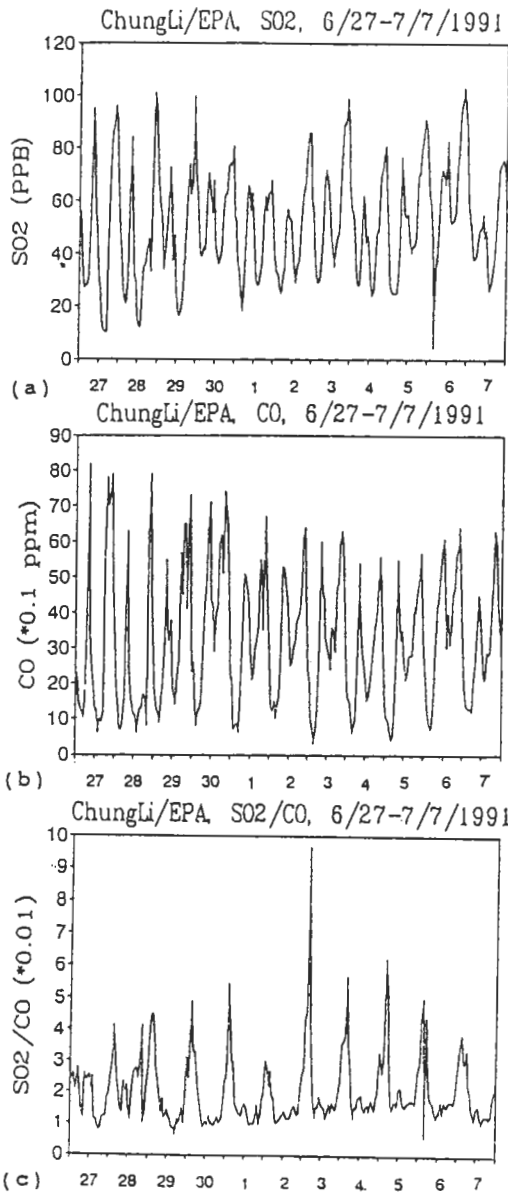


圖9 環保署中壢站6月27日-7月7日(a) SO<sub>2</sub>, (b) CO, (c) SO<sub>2</sub> / CO變化圖

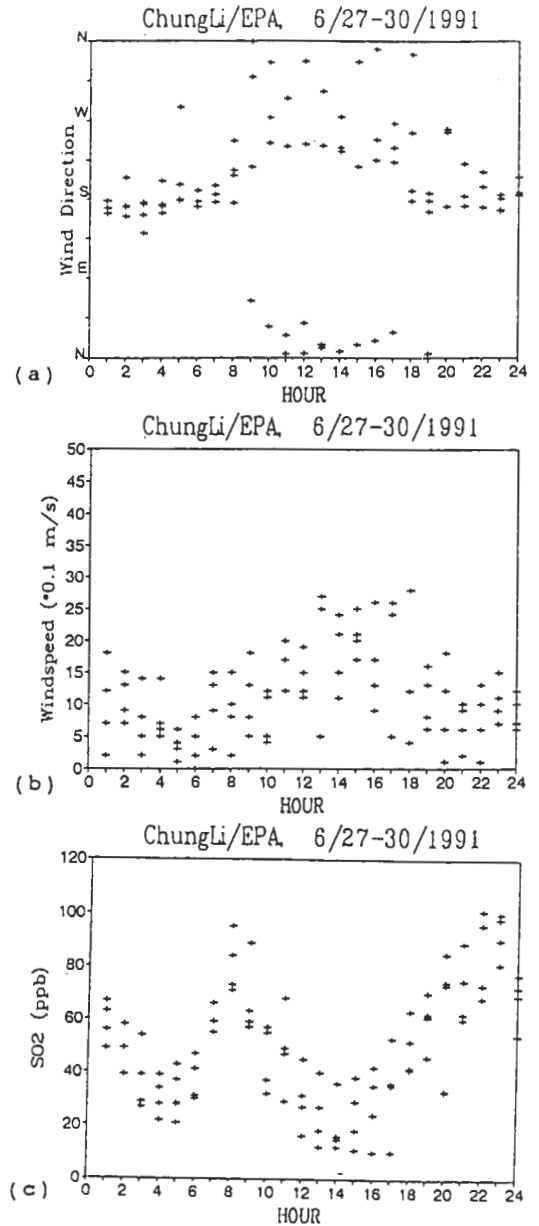


圖10 環保署中壢站6月27日-30日(a)風向, (b)風速, (c) SO<sub>2</sub>逐時變化圖。

圖11c, 在農改場附近的SO<sub>2</sub>來源仍類似車輛排放, 而近海受強風的影響, 午時濃度下降明顯。

至於CO濃度, 圖9b顯示CO約在1 ppm~8 ppm間, 亦是遠大於農改場測之最高0.675 ppm。不過比較圖8a與圖9b在7月1日20時~7月3日19時資料, 則顯示出農改場21時, 9~10時的高濃度, 以及午時和日出前的低濃度特徵等, 亦與中壢站類似, 明顯地乃受附近車輛排放影響。

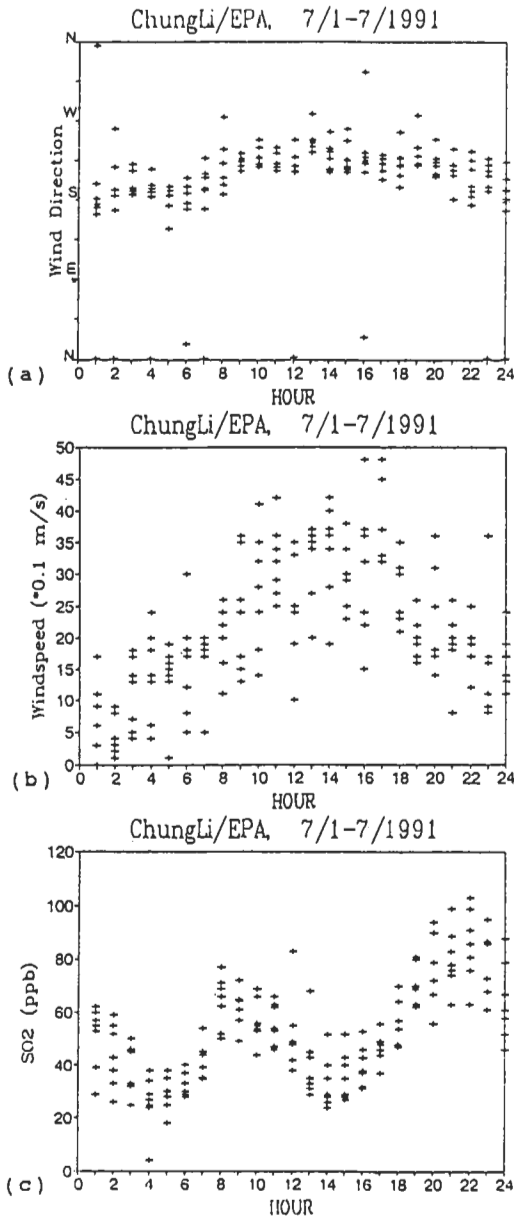


圖 11 環保署中壢站七月一日-七日 (a) 風向，(b) 風速，(c) SO<sub>2</sub> 逐時變化圖。

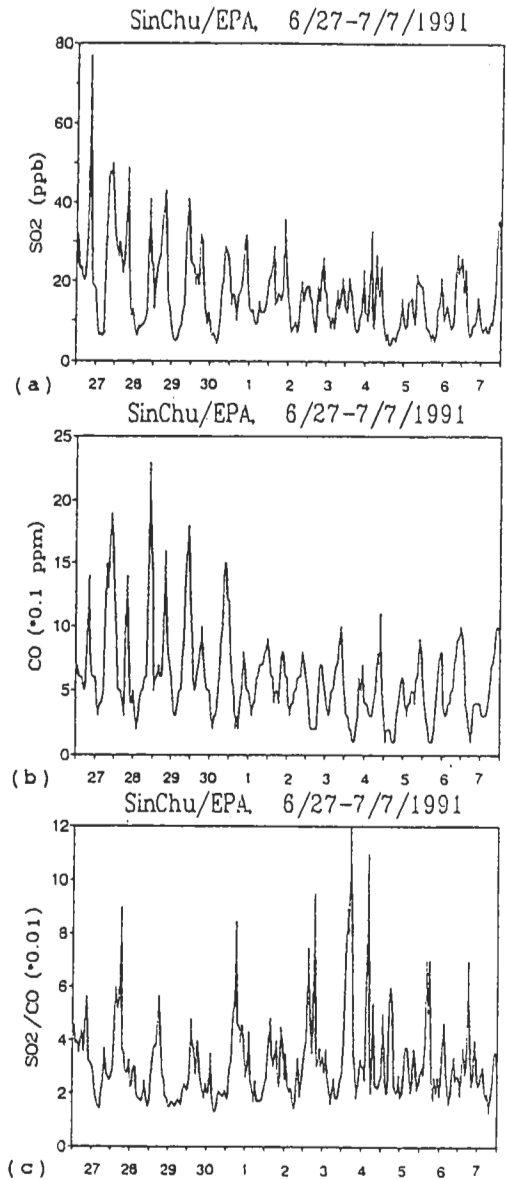


圖 12 環保署新竹站六月廿七日-七月七日 (a) SO<sub>2</sub>，(b) CO，(c) SO<sub>2</sub> / CO 變化圖。

SO<sub>2</sub> / CO 之比值基本上可供分析污染源之參考，大略在中壢站 SO<sub>2</sub> / CO (圖 9c) 的尖峰出現在午夜附近，可達 0.1，一般則在 0.01 以上。而交通尖峰 (9 - 10 時間) 則受高 CO 濃度影響，SO<sub>2</sub> / CO 比值並未特別突出。所以中壢站的 SO<sub>2</sub> 來源除車輛外，可能尚受工廠鍋爐燃燒柴油排放 SO<sub>2</sub> 影響。在農改場 SO<sub>2</sub> / CO (圖 8b) 顯示出交通尖峰時與 20 時附近的高值，暗示 SO<sub>2</sub> 仍受附近交通排放影響顯著。

基本上，在7月1日～7月7日間盛行西南風，農改場資料為上游背景特徵。不過CATS所測定資料仍受附近車輛排放的影響，但是由於風速強盛，稀釋情況好，所以濃度仍遠較中壢市區內濃度低約6倍以上，顯示中壢市區內空氣污染嚴重性。至於中壢市區內所受污染來源，則除車輛外，尚包括工廠影響。

## (二)與新竹站資料比較

分析新竹站的溫度、相對溼度、風向與風速資料，並與中壢站資料相比較。大略上，新竹站較為靠海，所以相對溼度較高，且風速較強，風向亦在7月初較為穩定。大略上，新竹、中壢地區的氣象環境在6月19日～7月6日間非常類似。

圖12為新竹站6月19日～7月6日間 $\text{SO}_2$ 、CO與 $\text{SO}_2 / \text{CO}$ 比值，值得注意的是 $\text{SO}_2$ 與CO濃度和風速值呈明顯反比現象，即是6月27～30日風速較低，濃度較高，7月1～7日間風速增強，濃度就下降，此點與中壢站大不相同。顯示新竹站受盛行風場影響大，且地區性建築阻塞作用較弱。此外，比較圖12與圖9，可發現中壢站 $\text{SO}_2$ 與CO污染問題，均較新竹站為嚴重，不過新竹站 $\text{SO}_2$ 與CO濃度仍較農改場為高。

在6月27～30日間(圖13a、b、c)新竹站亦反應出區域性熱力環流系統的影響，高 $\text{SO}_2$ 濃度出現在9時與22時，值得注意的是12～18時低 $\text{SO}_2$ 濃度與農改場類似。而在7月1～7日間(圖14a、b、c)新竹站最高濃度才約40 ppb，接近農改場約20 ppb，顯示強盛的西南季風對降低臨海都市區污染的效率。

新竹站的 $\text{SO}_2 / \text{CO}$ 比值(圖12c)約在0.02之上，午夜時能達0.12，顯示附近工廠排放的 $\text{SO}_2$ 影響相當重要。

## 五、結論

1991年6月19日～7月6日為CATS研究群的第一次野外實驗觀測，後續亦接連進行墾丁、成功、蘭嶼、福山等觀測。由於野外觀測安排不易，資料分析又曠日費時，因此正式的研究論文在近日才開始完成。

大略上，在農改場的觀測所得，顯示農改場近海，西南-西風強盛時，污染物濃度均相當低，若出現高值則多受附近車輛排放所影響。此外在6月27日～30日間大範圍盛行風速低，日夜環流明顯，但農改場 $\text{SO}_2$ 最高濃度，較7月1～7日期間盛行西南季風的最高濃度為低，顯示農改場附近 $\text{SO}_2$ 來源主要為西南-西方向的濱海道路上車輛排放。至於北方的永安工業區，因為煙囪高，污染物在吹北風時，亦未達農改場。大略上，海陸風強盛當日，與盛行風明顯之日， $\text{SO}_2$ 與CO的日變化均很一致，且與林等(1990)所觀測的日變化型態類似。平均而言，盛行西南風強盛時，由台灣海峽吹入的背景 $\text{SO}_2$ 濃度約為0.2～2 ppb。而CO約為230 ppb。相較於國外觀測，均屬偏僻鄉村的背景濃度。而在日夜環流明顯期間，鄉村背景 $\text{SO}_2$ 濃度小於5 ppb。

比較農改場資料與環保署中壢與新竹站資料，顯示中壢-新竹地區大範圍氣象環境類似。中壢站附近，受車輛與工廠排放影響，所以濃度約6倍以上大於農改場的背景濃度。而新竹站較近海岸，受海風影響顯著，同時建築阻礙空氣流動的情況不惡劣，所以濃度較中壢站為低，且明顯因風速強弱，影響污染物稀釋程度。不過污染物濃度仍較背景農改場為高。至於7月1日-7日期間午後，當盛行風速最強時，中壢站 $\text{SO}_2$ 約為20～50 ppb，CO約為1 ppm，新竹站 $\text{SO}_2$

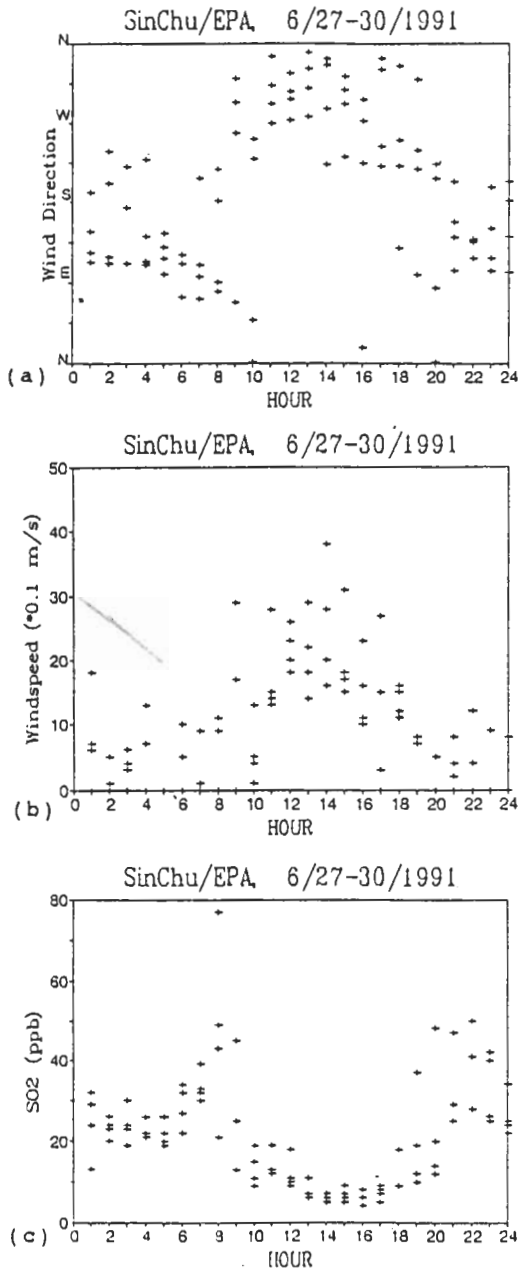


圖 13 環保署新竹站 6 月 27 日 - 30 日 (a) 風向, (b) 風速, (c) SO<sub>2</sub> 逐時變化圖。

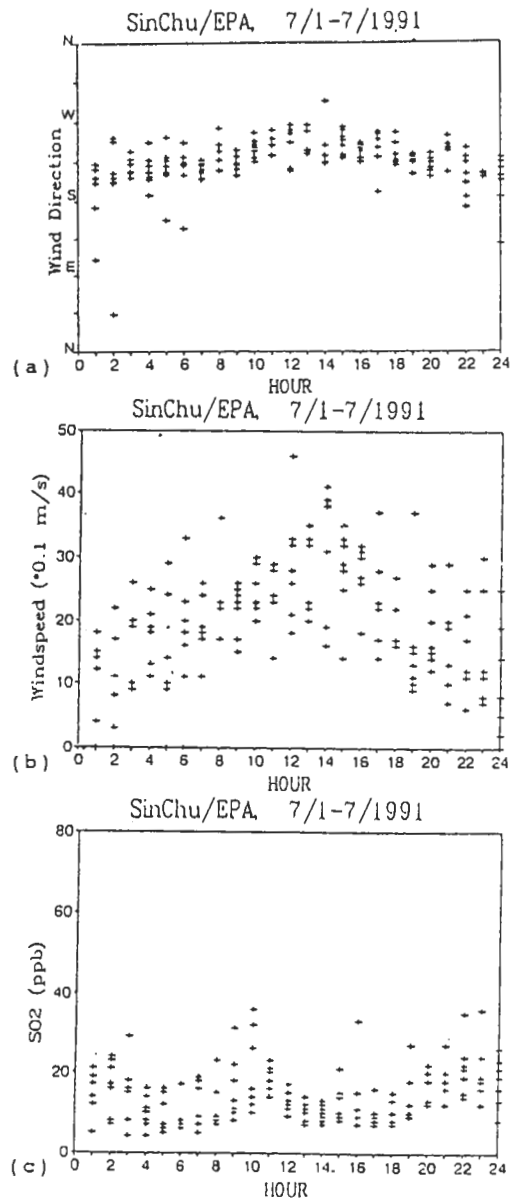


圖 14 環保署新竹站 7 月 1 日 - 7 日 (a) 風向, (b) 風速, (c) SO<sub>2</sub> 逐時變化圖。

為 5 - 10 ppb, CO 亦約為 1 ppm, 均較同時新屋站所測 SO<sub>2</sub> 0.2 ~ 2 ppb, CO 230 ppb 為高。



## 誌謝

本研究為環保署EPA-80-E3F1-09-33、EPA-81-E2F1-09-07，與國科會NSC 79-0421-M002-02Z、NSC-81-0421-M002-24Z、NSC-82-0202-M002-069等支持完成。在此特別感謝桃園農改場大力協助，才得順利完成觀測。並感謝工作期間的工作人員熱心工作，以及朱淑華小姐打字等。

## 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。
- 張世易、羅俊光、左台利，1991：台灣背景大氣研究(四)CO分析研究。第八屆空氣污染控制技術研討會，1991, 12, 16，台中。pp. 579-588。
- 陳豔程、左台利、羅俊光，1991：台灣背景大氣研究(三)SO<sub>2</sub>分析研究。第八屆空氣污染控制技術研討會，1991, 12, 16，台中。pp. 531-540。
- Buhr, M. P., M. Trainer, D. D. Parrish, R. E. Sievers, F. C. Fehsenfeld, 1992: Assessment of pollutant emission inventories by principal component analysis of ambient air measurements. *Geophys. Res. Lett.*, **19**, 1009-1012.
- Garrels, R.M., F.T. Mackenzie, and C. Hunt, 1975: *Chemical Cycles and Global Environment*. William Kaufman Inc.
- Horn, D., and G.C. Pimentel, 1971: 2.5Km low-temperature multiple-reflection cell. *Applied Optics*, **10**, 1982-1992.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 1990: Climate Change: The IPCC Scientific Assessment. Edited by Houghton, J.T., G.J. Jenkins, and J.J. Ephraums. 365pp.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 1992: Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Edited by Houghton J.T. B.A. Callander and S.K. Varney, 200pp.
- Liu, C.M. 1989: Final Report for the "Workshop on Long-term Air quality Changes and Their Climatic Impact". Nov. 13-18, 1989. Taipei.
- National Acid Precipitation Assessment Program (US NAPAP), 1991: Acidic Deposition: State of Science and Technology. Edited by P.M. Irving, 265pp.
- Seinfeld, J.H., 1985: *Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution*. Wiley-Interscience. 738pp.
- WMO, 1991: Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1991 WMO. Global Ozone Research and Monitoring Project. No. 25.

## Measurement and Analysis of Background SO<sub>2</sub> and CO at Northwestern Coast of Taiwan during early Summer

Chung-Ming Liu<sup>1</sup>, Jiunn-Guang Lo<sup>2</sup>, Tai-Ly Tso<sup>3</sup>,  
Jough-Tai Wang<sup>4</sup>, and K.-J. Hsu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Atmospheric Sciences  
National Taiwan University

<sup>2</sup>Graduate Institute of Atomic Sciences  
National Tsing-Hua University

<sup>3</sup>Department of Chemistry  
National Tsing-Hua University

<sup>4</sup>Department of Atmospheric Sciences  
National Central University

### ABSTRACT

During June-July 1991, the research team of Climate and Air-quality Taiwan Station (CATS) has carried out an intensive field measurement program at Hsinwu, which is located at the north-western coast of Taiwan. The measurement site is in a farm field, where only light pollution from unexpected trailers along the coast-line highway may influence the local air-quality. In general, the site represents well a typical rural environment. During the measurement period, strong southwest-erly prevails the region. Low level of SO<sub>2</sub> and CO are detected. SO<sub>2</sub> level is about 0.2 – 2 ppbv, while CO about 230 ppbv. At the same time, the SO<sub>2</sub> level measured by local EPA in nearby Chungli city is about 20 – 50 ppbv, while CO about 1ppm. In Hsinchu city, SO<sub>2</sub> is about 5 – 10 ppbv, CO about 1 ppm. Apparently, the amount of pollutants emitted in local urban area is considerably large. One thing has to be noted here. The sensitivity of instruments operated by the CATS team is about 100 times higher than those operated by EPA.

**Key Words:** background atmosphere, air pollution, atmospheric chemistry measurement