

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 子計畫一：天候異常狀況下我國各類天氣因子及大氣污染物 之變化

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC94-EPA-Z-001-001-

執行期間：94年01月01日至94年12月31日

執行單位：中央研究院環境變遷研究中心

計畫主持人：龍世俊

計畫參與人員：林傳堯博士、傅琪

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 1 月 25 日

## 摘要

本子計畫之主要目的是評估天候異常狀況下(今年研究重點為寒潮及熱浪)為各種氣象因子及空氣污染物組成之變化。工作重點為收集有關氣象因子影響空氣污染物濃度之國內外文獻，以了解現況；彙整 1994 年以後空氣污染及氣候監測資料，建立完整資料庫；找出 1994 年以後寒潮及熱浪發生的時期及影響區域；將彙整資料提供給各子計畫作為相關性分析探討之基本資料；以及探討 1994 年以後寒潮及熱浪前、中、後期空氣污染物之濃度變化。

已彙整 1994-2004.5 之 72 個環保署監測站氣象及空氣污染物濃度資料，以及中央氣象局全國 25 個氣象測站、106 個自動氣象觀測站、及 372 個自動雨量監測站之完整氣象資料，提供給總計畫資料庫，並在總計畫支援下轉成以地理資訊系統為主之資料庫。

自 1994 至 2003 年 12 月，符合寒潮定義之總個案數為 24 個，1995、1996 及 1999 為發生寒潮數最多之三年，以這十年之趨勢來看，2000 年之前寒潮發生次數明顯多於 2000 年之後。而符合選取標準之「熱浪」個案數依地區分別為台北 53 個、台中 22 個、嘉義 35 個、台南 34 個、高雄 17 個，1998、2003、及 1996 年為熱浪發生期間天數最多之三年，2000 年之後熱浪發生次數明顯多於 2000 年之前。

冬季寒潮爆發時比非寒潮之鋒面過境時之溫度下降及風速增大之幅度明顯較大，溫度及風速變化對O<sub>3</sub>、CO及SO<sub>2</sub> 之影響並不一致且也不顯著，溫度降低對PM<sub>10</sub> 之影響各地不一致，而風速增大，會降低NO<sub>2</sub> 及PM<sub>10</sub> 之濃度，風速每增加 1m/s，NO<sub>2</sub> 濃度可減少 2.27 至 15.4ppb，PM<sub>10</sub> 濃度可減少 4.15 至 34.7μg/m<sup>3</sup>；NO<sub>2</sub> 及PM<sub>10</sub> 在台中及高雄受風速及溫度影響較大，在台北及台南則較小。在熱浪期間大體而言，O<sub>3</sub> 在熱浪期間大於其前後三十天的濃度，而在熱浪年六、七、八月的濃度亦大於非熱浪年六、七、八月的濃度，日最高溫度每增加 1°C，台北盆地、台中下風處及台南下風處之O<sub>3</sub> 濃度可增加 1.13-4.27ppb。在未來氣候暖化的趨勢下，冬季寒潮爆發頻率可能降低，擴散作用將不會如寒潮爆發時強烈，故污染物可能易累積而增高濃度；而夏季熱浪頻率可能增加，造成O<sub>3</sub> 濃度增加，也可能導致心肺疾病發生率及死亡率增加，值得有關單位重視。

關鍵字：氣候變遷、極端天氣、空氣污染物變化、寒潮

## Abstract

The objective of this project is to evaluate the relationships of air pollutant concentrations and weather-related parameters during extreme weather events. The specific tasks include 1. review and summarize literatures on the interaction of weather-related parameters and air pollutants; 2. integrate currently available weather-parameter and air-pollutant datasets after 1994 in Taiwan; 3. examine the duration and affected areas of the extreme weather events in Taiwan after 1994; 4. provide the information to other projects; and 5. assess the changes of air pollutant concentrations before, during, and after the extreme-weather-event periods. The focus of this year is on cold surges and heat waves.

The air pollutant datasets from the Environmental Protection Administration and the weather-related datasets from the Central Weather Bureau have been obtained and integrated into Geographic Information System (GIS) with the assistance of the main project. In terms of cold surges, there are 24 cases after 1994. 1995, 1996, and 1999 are the years with the most cold-surge cases. In addition, there were more cases each year before 2000 compared to the years after 2000. For heat waves, there were 53, 22, 35, 34 and 17 cases for Taipei, Taichung, Chiayi, Tainan, and Kaohsiung, respectively, during 1994-2003. And there were more cases each year after 2000 compared to the years before 2000.

Wind speeds increased more and temperature dropped more during cold surges compared to those during the non-cold-surge fronts. O<sub>3</sub>, CO, and SO<sub>2</sub> were not affected much by wind speeds and temperatures; however, the influences of temperature on PM<sub>10</sub> varied among different areas. NO<sub>2</sub> and PM<sub>10</sub> were affected significantly by wind speeds. The concentrations of NO<sub>2</sub> and PM<sub>10</sub> were reduced by 2.27-15.4ppb and 4.15-34.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectively, with an incremental increase of 1m/s; the changes were more obvious in Taichung and Kaohsiung than those in Taipei and Tainan. On the other hand, the concentrations of O<sub>3</sub> were higher during June-August of the years with heat-waves compared to those of the years without heat waves; and they were higher during heat-wave periods than those before and after heat waves. The concentrations of O<sub>3</sub> were on average increased 1.13-4.27ppb in Taipei and downwind locations of Taichung and Tainan, with an incremental increase of 1°C of daily maximum temperature. Under the trend of global warming, the frequency of cold surges in winter may decrease and the frequency of heat waves in summers may increase. The pollutants would be easier to accumulate during wintertime and O<sub>3</sub> would be higher during summer time. The resulting potential health effects are worthy of concerned.

Keywords: Climate change, extreme weather, air pollutants, cold surge

## 目錄

一、前言及文獻探討	1
二、研究目的	4
三、執行方法	4
四、年度主要工作內容及重要發現與成果	6
(一)、國內外文獻	6
(二)、建置資料庫	6
(三)、1994 年以後寒潮發生的時期、影響區域及頻率	6
(四)、寒潮爆發前後氣象因子與空氣污染物之變化	7
(五)、1994 年以後熱浪發生的時期、影響區域及頻率	9
(六)、熱浪期間及前後氣象因子與空氣污染物之變化	10
五、意見及建議	12
六、參考文獻	12
七、表與圖	14
八、計畫成果自評	44

## 一、前言及文獻探討

2003 年全球溫度為百年來第三高溫，在夏天法國巴黎因熱浪而致死者多達一萬人，歐洲農業損失約三千四百億台幣；中國大陸七至九月的洪水損毀了六十五萬戶民宅，長江及淮河氾濫成災，損失約二千七百億台幣；而冬季美國又發生大風雪。聯合國環境規畫署(UNEP)在 2003 年十二月份召開的氣象會議中指出，當年為天然災害付出的代價達二點四兆之多；世界衛生組織的科學家也表示，全球每年因氣候變化而死亡至少有十五萬人，預估三十年後將會倍增。此外，由 1990 開始至今的冬天平均而言已較以往溫暖，因此若其間有寒潮暴發，民眾因不習慣冷天將會感覺更冷，更易引發身體之不適而對健康造成危害。因天候異常或極端天氣變化造成對健康之影響，值得深入探討。

全球暖化的元兇是人為源所產生之溫室效應氣體的大量排放，尤其是二氧化碳的影響最大。除了溫室效應氣體能吸收地表之長波輻射，將熱能留在大氣層，而造成增溫效應之外，人為源所排放的懸浮微粒(或稱氣膠)，對全球增溫也有加強或減弱的影響。懸浮微粒能吸收或散射太陽輻射而直接影響氣候(直接作用)(Santer et al., 1995)，另一方面，因微粒也能成為雲凝結核，而藉著影響雲滴大小及增加雲的生存週期而間接影響氣候(間接作用)(Kristjansson J.E. 2002)。國際組織 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)預測未來全球溫度之變化，與過去 1000 年相比，未來溫度上升約為 1.5 至 5.8°C。

全球增溫會影響降水、季風等天氣或氣候型態(Jha et al., 2004)，且氣候學家也認為會造成各地異常及極端天候狀況如颱風、暴雨、熱浪、乾旱的頻率因而增加 (IPCC, 2001)。這些氣象條件的變異，會引發一連串後續的反應，影響層面擴及各不同領域，如生態環境的變化、病媒蚊滋生及傳染病傳播等等，並且也有反饋機制對空氣污染物的濃度造成影響。雲、太陽輻射、區域氣候、及空氣污染物間有不少複雜的互動機制，例如，太陽輻射增加會造成光化作用的加速，故會造成臭氧等光化污染物濃度的增加(Hatakeyama et al. 1991)。一般而言，溫度與臭氧濃度有直接的關係，研究指出發生連續高溫事件會造成臭氧濃度普遍增高，而且這關係是非線性的，在 32°C(90°F)以上，溫度與臭氧濃度有非常強的相關性。因此全球增溫現象，很可能會造成這些二次光化污染物濃度增加，而這類污染物在世界各國之環境流行病學調查上已證實與呼吸道疾患及心臟血管疾病之盛行率增加有關，也會對植物等生態造成危害。因溫度增加造成臭氧濃度增高也可能引起易感族群之氣喘(McConnell, R 2002)。

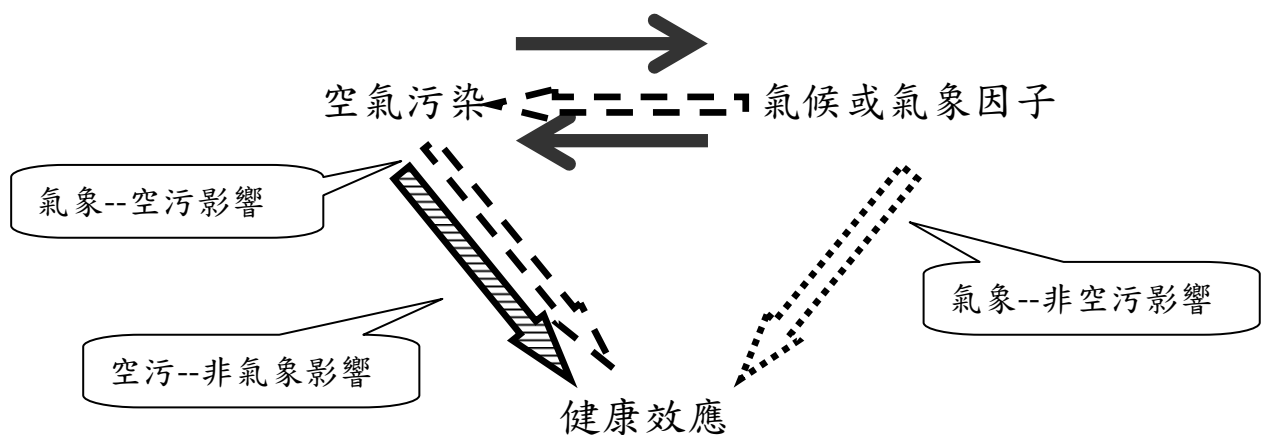
此外，溫度增加也會造成地表水更易蒸發，而空氣中水蒸氣的增加，不僅對成雲降雨造成影響，也會促成酸性微粒及臭氧的形成(Penner et al. 1989)。另一方面土壤微生物的分解作用會加強，NO<sub>x</sub> 的產生也會增加，這些一次污染物的增加，又會有利於二次光化產物的形成。而氣候變化若形成更強的高壓系統，空氣較穩定，也不利於污染物的擴散。更何況高溫少雨之處，容易釀成森林大火，又會產生大量懸浮微粒。

在這些複雜機制中，也有一些反饋機制可能抑制空氣污染物的濃度，例如：全球雲量增加及懸浮微粒濃度增加會阻擋太陽輻射，而影響地表及大氣的加溫作用(Jauregui & Luyando, 1999)，這些能量的變化一方面會改變氣候，另一方面太陽輻射的減少，也可能降低局部地區光化污染物的生成。而氣溫增高，可能使得上下對流更旺盛，大氣穩定度降低，水平風速增加而使得污染物容易擴散，局部地區之污染物不易累積，而降低其濃度。這些複雜機制又會受區域因素如地形或都市熱島效應之影響，而呈現不同的相對重要性，故需了解區域大氣中的溫度、水汽含量、風速等氣象因子與當地空氣污染物間關係，才能逐漸釐清不同地區這些複雜的互動關係。

氣候變遷除了影響空氣污染物濃度，更值得我們關心的是對公共衛生的影響。氣候變遷可能造成的健康危害，包括因溫度上升、天氣狀況變化劇烈、異常及極端天候狀況、空氣污染、不潔的水及食物、病媒（蚊、蟲、鼠等）滋生而引起的身體不適、疾病、及死亡等(Patz & Kovats 2002)。而其中部份是由天氣變化本身所直接造成的健康傷害及死亡（直接危害）、如 2003 年夏天法國巴黎因熱浪而致死者，或是因暴雨造成之洪水而淹死者；且熱危害也可能造成急性的健康傷害，如美國加州在溫度增高期間，醫院中心肺方面的病人會有增加的現象(Ebi et al. 2004)。另有一些健康效應是因溫度、降水型態的變異，造成空氣污染物濃度增加、微生物及病媒滋生速度增快、或這些微生物及病媒的傳播方式的變化，所導致的疾病及死亡（間接危害）。

氣候變遷對公共衛生的之直接及間接危害之間有相當複雜之因果關係及影響機制，且因全球增溫下，各地區的溫度上升及降水型態的改變不甚相同，所造成的後續影響也會大大不同，故有必要針對台灣本地的氣候變遷現況、未來可能的趨勢及後續公共衛生等的衝擊等，做深入地研究。台灣的地理位置十分獨特，位於亞洲大陸與太平洋交界處，使得我們的天氣在夏季時受到太平洋高氣壓影響，而冬天則受到大陸型蒙古高壓的影響，因此亞洲整體的氣候變化會影響台灣的氣候，不僅如此，台灣因四面環海，氣候也會受到海洋甚多的影響。而且台灣快速的經濟發展也造成了大量污染物質的排放，包括溫室效應氣體以及懸浮微粒。另外，因為台灣是個四面環海的島嶼，與外界隔絕的環境也會比較脆弱，對於異常天候與極端天氣如乾旱及暴雨等也會比大部份國家容易受到影響(Lal et al. 2002)。而台灣過去兩三年非澇即旱的現象也顯示出本地天候狀況已出現變化，本整合型計畫針對這些複雜的問題中資料較齊全、且可能影響較為顯著的部分，著手開始進行研究，希望能為後續相關研究紮下好的基礎。

欲釐清氣候變遷對這些疾病的影響，為後續建構各類疾病未來受到衝擊時之量化預測模式奠立基礎，也需要考慮其間空氣污染所扮演的角色。圖一將複雜的氣象因子、空氣污染與健康效應間關係簡化，主要是指出各種直接影響及間接影響之間的區別。圖中黑色實線箭號代表氣象因子與空氣污染物之間的交互作用：空氣污染物造成氣候變遷，而氣候變遷又會影響空氣污染物濃度。



圖一 氣象因子、空氣污染與健康效應間關係；黑色實線箭號代表氣象因子與空氣污染物之間的交互作用，黑色短虛線箭號代表氣象因子藉由影響空氣污染物之濃度而對健康產生之影響(簡稱氣象--空污影響)，黑色點虛線箭號代表氣象因子直接或藉其他非空氣污染因素所造成之健康影響(簡稱氣象--非空污影響)，斜線箭號則代表空氣污染物因其它「非氣象因素」所造成對健康之傷害(簡稱空污--非氣象影響)。

圖一中黑色短虛線箭號代表氣象因子藉由影響空氣污染物之濃度而對健康產生之影響(簡稱氣象--空污影響)，如上所述因溫度上升造成臭氧濃度增高而產生之健康效應，即屬此類。而氣象因子對健康之直接影響或由其他非空氣污染因素所造成的其他健康影響(簡稱氣象--非空污影響)，則用黑色點虛線箭號代表，包括熱危害、病媒等造成之傳染病等，皆屬此類。舉例來說，同樣會造成心肺壓力產生心肺疾病，部份可能由熱危害所導致，而部份可能因空氣污染所造成，需釐清其中「氣象--空污」的健康影響，在後續建構氣候變遷對公共衛生衝擊的量化預測模式時才不會錯估。至於斜線箭號則代表空氣污染物因其它「非氣象因素」所造成對健康之傷害(簡稱空污--非氣象影響)，也就是由其本身刺激性或受其他與氣象因子無關之作用影響而造成之健康傷害。

在台灣，已有學者研究空氣污染物濃度與居民健康效應間之關係(Yang et al., 1997& 1998; Chen et al., 1998&1999, Hwang, 2000)，例如，Hwang et al. (2000)發現學童缺席率與其前一天暴露之高氮氧化物濃度有顯著相關。Chen et al. (1999)則指出暴露於高臭氧濃度下對學童之肺部有急性刺激作用。而對於本地氣象因子對空氣污染物影響研究方面，除了在做流行病學研究時一併探討空氣污染物是否受氣象因子影響外，亦有學者以一些個案探討不同天氣系統對污染物生成及傳輸的影響(Lin et al. 2004)。但在探討氣候變遷對公共衛生衝擊時與空氣污染之因果關係及影響機制方面，仍有待進一步釐清。

## 二、研究目的

綜上所述，氣候變化與空氣污染物的交互作用十分複雜，一些區域性因素會直接影響這些交互作用之相對重要性，因此需由本地現有資料的分析做起，才能逐步了解本地氣象因子與空氣污染物的關聯性，方能預估在未來氣溫增加之趨勢下，台灣本地空氣污染物濃度之變化究竟為何？更有甚者，異常天候或極端天氣如熱浪、寒潮、暴雨、乾旱、颱風等的發生，也可能會對台灣空氣品質造成影響。因此本子計畫之主要目的是評估天候異常狀況下各種氣象因子及空氣污染物組成之變化。因為異常或極端天氣發生時，一些氣象因子如溫度、降水等的變化幅度或變化速度加大，因此能將這些氣象因子直接或間接對空氣污染物或人體健康造成影響的效應擴大，使得研究者較易探討其間之關係，所以我們將著重異常或極端天氣狀況時之分析。本子計畫彙整氣象局及環保署的相關資料庫，探討 1994 年以後(環保署建置監測站)台灣異常天候或極端天氣狀況的發生時期及影響範圍，並探討在此時期前後重要空氣污染物濃度的變化，希望能進一步了解異常天候或極端天氣對重要空氣污染物濃度的影響。

本子計畫會提供氣象因子的資料以及 1994 年以後異常或極端天氣發生的時期及影響區域等資料給其他子計畫。對於另兩個子計畫欲探討氣象因子對心肺、過敏性、傳染性疾病之影響時，因空氣污染物本身亦會影響健康(空污--非氣象影響)，是一干擾因子(confounder)，故本子計畫亦會將氣象因子與空氣污染物之關聯性提供給另兩個子計畫，共同釐清異常天候或極端天氣狀況下氣象--空污、氣象--非空污及空污--非氣象影響之差異，為後續建構量化預測模式奠立基礎！

本子計畫所針對的異常或極端天氣包括熱浪、寒潮、暴雨、乾旱、颱風等，因時間及經費有限，因此今年之重點在彙整氣象局及環保署之資料庫，以及分析與溫度變化有關之極端天氣：寒潮及熱浪。

## 三、執行方法

本子計畫今年的工作重點為

1. 收集有關氣象因子影響空氣污染物濃度之國內外文獻，以了解現況
2. 彙整 1994 年以後空氣污染及氣候監測資料，建立完整資料庫
3. 找出 1994 年以後寒潮及熱浪發生的時期及影響區域
4. 將彙整資料提供給各子計畫作為相關性分析探討之基本資料



## 5. 探討 1994 年以後寒潮及熱浪前、中、後期空氣污染物之濃度變化

寒潮為冬半年常出現之災害天氣並且為東亞季風區冬季環流主要天氣現象之一，就綜觀天氣之觀點而言，寒潮是指一強冷高壓在北方積聚生成，當冷空氣聚集達相當程度之後，與其南邊之暖空氣溫差愈來愈大，最後產生南北向的環流波動，導致冷空氣南下，移出源區，形成寒潮之爆發。當寒潮爆發後，冷空氣沿著冷高壓前緣之偏北氣流，向南侵襲，而後移經海洋面變性，在這樣的環流背景及天氣形勢下，寒潮爆發除了降溫之外，其冷高壓前，因氣壓梯度力大，易伴隨強風，同時其前緣之鋒面亦可帶來降雨。正因為寒潮爆發前後，天候條件差異非常大，包括溫度降低、降雨及風速變化等，因此往往很容易誘發心肺方面的疾病，也由於氣象因子(包括氣壓、風速及降雨)，在寒潮前後也有顯著的不同，因此對空氣品質也有顯著的影響，有鑑於此，本計畫針對寒潮爆發前後，氣象因子及空氣污染物濃度進行探討。

中央氣象局對寒潮的定義為在 24 小時內每日最高溫度下降  $8^{\circ}\text{C}$ ，或是下降不滿  $8^{\circ}\text{C}$  但台北地區最低溫度不大於  $10^{\circ}\text{C}$  的日期稱之為寒潮。依照定義，我們以 1994 至 2003 年的氣象局測站之逐時溫度觀測資料，找出符合定義的日期，即為寒潮發生的日期。並以寒潮爆發日為基準，分別取寒潮爆發日前後各四天，將這些日期之環保署監測站空氣污染物濃度之數據找出，針對北部較無污染源之背景站(宜蘭、陽明、萬里)以及北、中、南人口眾多之主要的都會市區站(台北市之古亭站、台中市之忠明站、台南之後甲站、以及高雄市之前金站)，分別計算氣象因子及空氣污染物濃度在這些天的數值與寒潮爆發日數值之差異，比較寒潮爆發前後氣象因子及空氣污染物濃度之變化。此外，更進一步利用逐步迴歸分析法，以重要空氣污染物濃度為因變數，氣象因子為自變數，以統計方法探討氣象因子(風速、溫度、風向等)對重要空氣污染物濃度的量化貢獻。

而針對熱浪方面之分析，氣象學界認為「熱浪」的定義應與當地所處之氣候相關，在亞熱帶地區之熱浪應與在溫帶區之定義不同，因中央氣象局對此並無定義，本研究群在分析過去多年的台灣各地日最高溫之後，以觀察到最高溫之頻率及其持續性為基礎，決定「熱浪」案例選取標準如下：以大於等於  $32^{\circ}\text{C}$  為原則，凡 5 天內累積 25 小時大於等於  $32^{\circ}\text{C}$  以上或同一天大於等於  $32^{\circ}\text{C}$  佔 8 小時以上者，定義為「熱浪」案例；此外，因台北地區為盆地地形，夏季日最高溫常至  $35^{\circ}\text{C}$  以上，故台北亦以大於等於  $35^{\circ}\text{C}$  為原則，選取 3 天內累積 9 小時以上或同一天 6 小時以上者，定義為「極端熱浪」案例。比較台北、台中、台南及高雄四大都會區由 1994 年至 2003 年發生熱浪頻率之變化，並以 Kruskal Wallis 及 Scheffe 法比較台北及高雄二個最大都會區這些案例之重要空氣污染物濃度與案例發生前三十天及後三十天之空氣污染物濃度是否有所不同，此外也比較發生這些案例的熱浪年與未發生案例的非熱浪年在六、七、八三個月份之重要空氣污染物濃度是否有所不同。更進一步利用逐步迴歸分析法，以台北、台中、台南及高雄四大都會

區重要空氣污染物濃度為因變數，氣象因子為自變數，以統計方法探討氣象因子(風速、溫度、風向等)對重要空氣污染物濃度的量化貢獻。所選用之資料來自氣象局台北、台中、台南及高雄氣象站以及環保署台北古亭測站、南投測站、台南安南測站及高雄小港測站。因為 O<sub>3</sub> 會被傳播至下風處，因此所選擇之環保署測站為下風處之測站。

#### 四、年度主要工作內容及重要發現與成果

##### (一)、國內外文獻

近年來國際上有關氣候變化與空氣污染物交互作用之文獻，已列於上述之背景說明中，而國內文獻，散在各國內雜誌中，本計畫期間盡力蒐集國內相關文獻，將已收集之國內文獻列於表一及表二，表一主要是針對氣象因子變化趨勢之文獻彙整，而表二為氣象因子對空氣污染影響之相關文獻彙整，各文獻之題目、分析方法、所用之資料及時間等範圍、其所探討之變項、以及主要研究結果皆列於表中。

##### (二)、建置資料庫

本子計畫已透過氣象局及環保署獲得 1994-2004.5 之 72 個環保署監測站氣象及空氣污染物濃度資料，以及中央氣象局全國 25 個氣象測站、106 個自動氣象觀測站、及 372 個自動雨量監測站之完整氣象資料，並由氣象局獲得 1994 年以後颱風日期及強度資料，提供給總計畫資料庫，並在總計畫支援下轉成以地理資訊系統為主之資料庫，可提供相關資料給其他子計畫。

##### (三)、1994 年以後寒潮發生的時期、影響區域及頻率

自 1994 至 2003 年 12 月，符合寒潮定義之總個案數為 24 個(表三)，以各年份發生寒潮數目來看，1995、1996 及 1999 為發生寒潮數最多之三年，分別為 5 次、4 次及 4 次。以台北最低溫不大於 10°C 的日數來看，也是這三年最多。以這十年之趨勢來看，2000 年之前寒潮發生次數明顯多於 2000 年之後，2000 年以後每年皆只發生一次寒潮，此與氣候學家預期全球暖化後，寒潮日數將減少之說法相吻合。

在 24 個寒潮個案中，台北曾經發生過的最低溫是發生在 1995 年 1 月 6 日的 6.4°C，第二低溫發生在 1995 年 2 月 6 日(6.8°C)；而在 2000 至 2003 四年中所發生之四個個案，台北地區之最低溫則為 8.6 至 9.4°C。在 1999 年 12 月 22 日及 1999 年 2 月 4 日兩天寒潮

爆發日，當天分別有 104 個測站及 103 個測站最低溫不大於 10°C，是過去十年來低溫影響範圍最大的兩天。在所選取的寒潮時期(9 至 16 天)內，最低溫不大於 10°C 的測站數目最多的是 1999 年 12 月 22 日、1996 年 2 月 3 日及 2001 年 12 月 24 日三個個案，分別有 587 個測站-日、579 個測站-日及 578 個測站-日最低溫不大於 10°C，這是考慮寒潮低溫影響範圍及其持續性的前三名。而在所選取的寒潮時期(9 至 16 天)內，台北的最低溫不大於 10°C 的日數最多的是 1999 年 12 月 22 日及 1995 年 2 月 6 日兩個個案，分別為 6 天及 5 天，這是台北地區低溫持續最久的前二名個案。此外，在 24 小時內最高溫下降大於 8°C 之測站數目最多的是 1999 年 2 月 19 日、1999 年 2 月 4 日及 2003 年 1 月 29 日，分別為 72 站、59 站及 41 站，此三個個案是溫度急遽下降範圍最大的寒潮個案，由於溫度急遽下降，可能引起心臟系統的不適，因此值得特別注意。

#### (四)、寒潮爆發前後氣象因子與空氣污染物之變化

由以上分析所得之 24 個寒潮個案，進一步去分析氣象因子及空氣污染物濃度在這些個案中的變化。這裡呈現分析此 24 個寒潮爆發個案之平均結果，圖二至圖五為寒潮爆發前後氣象因子及空氣污染物之變化，圖中 day 5 表示寒潮爆發日，day4、day3、day2、及 day1，各分別表示寒潮爆發日之前一天、前二天、前三天、及前四天，而 day6、day7、day8、及 day9 則為寒潮爆發日之後一天、後二天、後三天、及後四天。圖中呈現結果為不同天減去寒潮爆發日氣象因子及空氣污染物數據之差值。

從溫度資料來看(圖二)，大致如前面所描述，day1~day3 為鋒面通過前之天氣型態，鋒面通過(約在 day3~day4 之間)之後氣溫開始下降至寒潮爆發日(day5)為最低，低溫並延續至 day6，甚至到 day7，直至 day8 以後，氣溫才回復至與 day1~day3 相近。以台灣北端的萬里站為例，平均而言 day5 可比 day1~day3 低約 4~5°C 左右，寒潮爆發日及其後一天(即 day6)為低溫的主要影響時間(圖二(a))，在陽明山上，氣溫平均約下降 6-7°C。以上為由背景站得到的結果，在主要市區站如古亭(台北)、忠明(台中)、後甲(台南)、及前金(高雄)，也有類似的趨勢，寒潮爆發後，氣溫可下降約 4-5°C(圖二(b))。

從風速變化來看(圖三)，由於鋒面過後冷高壓的前緣氣壓梯度大，因此風速也最大，如前所述，鋒面約在 day3~day4 之間通過，因此 day4 有最高的平均風速，其次為 day5，以萬里站而言，day4~day5 平均風速約比平時(非寒潮爆發日)大 2-3 m/s，然而位於市區雖然 day4 及 day5 平均風速在整個寒潮期間也是最大的，但風速值小於北部背景萬里站，同時 day4 及 day5 約比平時風速高 1~2 m/s。

圖四為懸浮微粒 PM10 濃度之變化，在主要市區方面，除了台北市在 day4 常因降水影響而使 PM10 濃度略低於 day5 外，其餘幾個中、南部主要市區，因較少降雨，濃度變化主要與風速有關，風速增加會加速本地污染物之擴散，因此以 day5 最低，由於市區本

地污染排放量大，因此當風速減弱後，PM10 濃度值即上升，平均而言，平常日約可比 day5 高約 30-45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  左右。在背景站，PM10 濃度在萬里及陽明站均以 day5 為最高，鋒面約在 day3~day4 間通過，day4 及 day5 通常風速較高，而 day4 降雨情形通常比較明顯，尤其是迎風面的萬里站及高度 1000 尺左右的陽明山更是如此，濕沉降的作用使得 day4 之 PM10 濃度值降低，而 day5 反而有較高的 PM10 濃度值。由另一方面來說，由於 day4 及 day5 這段期間風速是最大的，因此本地污染的貢獻也相對最小，但平均 PM10 濃度在這些背景站卻是最高，顯然由亞洲大陸長程輸送而來之貢獻是不能忽略的。其次，萬里站在寒潮爆發日前後，PM10 平均濃度值約可比平常日 (day1, day2 及 day8) 高出 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，比陽明站在寒潮期間前、中、後之差異 (約在 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  以內) 來得大，其原因可能是萬里站較易受海鹽影響之故。而位於較內陸的宜蘭站，因受地形影響，風速變化不大，PM10 濃度變化也較不顯著。

圖五為 O<sub>3</sub> 在寒潮爆發前後背景站及市區站濃度的變化，由於臭氧是二次污染物，必須在低雲量，低風速，且高溫的天氣條件下才容易產生高臭氧濃度，然而在冬季寒潮爆發期間，氣象條件顯然是不利高臭氧生成。在 day4 及 day5 在萬里及宜蘭約比 day1 及 day2 高 6-8 ppb 左右，與上述在背景站之 PM10 之濃度變化非常接近，這究竟是因長程輸送帶來外地之 O<sub>3</sub>，還是因為平時本地排放 NO<sub>2</sub>，會增加臭氧消耗的滴定效果使然，需要進一步探討。在主要市區站，除前金站外，也有類似的情形，O<sub>3</sub> 濃度會上升約 2-4 ppb。而前金站可能因溫度較北部高且臭氧前趨物排放較多，故臭氧主要受風速影響，風速較大時 (day4-day5)，臭氧濃度會降低約 2-6 ppb。

其他幾種空氣污染物 CO 及 SO<sub>2</sub> 等之變化並不明顯，因此在此略過。總結而言，以人口密度較高之都會區而言，在寒潮爆發日，溫度降低約 4-5°C、風速增加不明顯或增加約 1m/s、CO 及 SO<sub>2</sub> 變化不明顯、PM10 濃度下降約 30-45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，而 O<sub>3</sub> 濃度除了前金站外，則會上升約 2-4 ppb。

每逢鋒面過境，風速皆會增加，而造成污染物如 PM10 等濃度擴散，因此將 1993 年至 2004 年冬季 (十二月至二月) 所有非寒潮之鋒面過境之案例共 174 個，與寒潮案例做比較，並以風速最大之日做為 day3。圖六及圖七即顯示背景站與市區站在寒潮與非寒潮之鋒面過境之五天的溫度變化，圖八及圖九則顯示背景站與市區站在寒潮與非寒潮之鋒面過境之五天的風速變化，由圖中可知，寒潮之溫度下降與預期一致較非寒潮明顯，非寒潮之鋒面過境降溫最多不超過 4°C，且寒潮之風速變化也較大，可比 day3 高出 4m/s，而非寒潮之鋒面過境風速變化最多不超過 3m/s。而且這些溫度及風速之差異皆達到統計顯著水準。圖十至圖十七則為背景站與市區站在寒潮與非寒潮之鋒面過境之五天的 PM10、CO、SO<sub>2</sub> 及 O<sub>3</sub> 等之變化。這些污染物受氣象因子之量化影響以下列之迴歸方式評量。

利用逐步迴歸分析法探討台北、台中、台南及高雄四大都會區氣象因子 (風速、溫

度、風向等)對重要空氣污染物濃度的量化貢獻，其所得之迴歸方程式中風速及溫度變數之迴歸係數列在表四，因冬天鋒面過境常下雨，故區分為下雨日及非下雨日。大體而言，風速大時，擴散作用使得所有污染物濃度降低，這在四地區下雨日及非下雨日之寒潮與非寒潮之鋒面過境皆如此；而溫度對CO及SO<sub>2</sub>的影響大致上不明顯，寒潮與非寒潮之鋒面過境時溫度下降而其濃度有時會下降；溫度對NO<sub>2</sub>影響也多半不顯著，溫度下降時其濃度有時上升有時下降；O<sub>3</sub>之影響不明顯，故未列入表中；至於溫度對PM<sub>10</sub>影響在台北及高雄不顯著或是溫度下降時其濃度有時會下降，而在台中及台南則是很顯著溫度下降時其濃度會下降。總結而言，寒潮與非寒潮之鋒面過境時溫度下降風速增大，對CO及SO<sub>2</sub>即使有影響，也不明顯(由迴歸係數可知)，而NO<sub>2</sub>受風速影響較顯著，風速增加1m/s，其濃度可減少2.27至15.4ppb，台北、台南之影響較小，而在台中、高雄濃度受風速之影響較大。PM<sub>10</sub>受風速影響亦大，風速增加1m/s，在台北、台南其濃度可減少4.15至14.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，而在台中、高雄濃度可減少17.6至34.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；PM<sub>10</sub>亦受溫度影響，但各地變化很大，在台中，溫度每降1 $^{\circ}\text{C}$ ，濃度可減少2.63至4.71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，在台南其濃度可減少2.49至7.08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，但在台北及高雄則不明顯或較小。

綜上所述，寒潮爆發時與非寒潮之鋒面過境時，溫度會下降，風速會增大，而以寒潮爆發時之溫度下降及風速增大幅度明顯較大。這些氣象因子變化對O<sub>3</sub>、CO及SO<sub>2</sub>之影響並不一致且也不顯著，而風速增大，會降低NO<sub>2</sub>及PM<sub>10</sub>之濃度，溫度降低對PM<sub>10</sub>之影響則各地不一致。在未來氣候暖化的趨勢下，寒潮爆發頻率可能降低，非寒潮之鋒面過境時因溫度下降及風速增大之變化明顯較小，故對污染物之擴散作用也不會如寒潮爆發時強烈，可能使污染物濃度比現在為高(假設同樣之排放量)，值得有關單位注意。

#### (五)、1994年以後熱浪發生的時期、影響區域及頻率

根據熱浪選擇標準，自1994至2003年12月，符合選取標準之「熱浪」個案數依地區分別為台北53個、台中22個、嘉義35個、台南34個、高雄17個，各地發生時間區間有重疊的為17個。以各年份高雄發生熱浪案例數目來看，2002、1998、2000及2001年為發生熱浪數最多之四年，分別為4次、3次、3次及3次。以高雄發生熱浪案例的發生天數來看，1998、2003、及1996年為熱浪發生期間天數最多之三年，分別為51天、46天及29天。以這十年之趨勢來看高雄沒有發生熱浪的年份為1995、1997及1999年，2000年之後熱浪發生次數明顯多於2000年之前，此與氣候學家預期全球暖化後之說法相吻合。

在高雄發生熱浪案例的發生天數中，又以2003年7月1日至8月2日，持續33天為最長，其中發生同一天8小時以上之溫度大於32 $^{\circ}\text{C}$ 的天數更多達10天。1996年6月

26日至7月24日，持續29天為次，其中發生同一天8小時以上之溫度大於32°C的天數有7天。是過去十年來高溫影響時間最長的兩個案例。表五列出台北「極端熱浪」案例持續時間最長之數個個案，持續時間以2003及1998年最多，分別為18天及10天；發生小時數為56小時及43小時；期間內最高溫為37.5°C及37.8°C。此外，依熱浪持續天數及最高溫度選出影響台灣最廣泛之五、六個案例列於表六，可看出北中南各地影響最廣泛的案例皆分布在1996、1998、2002及2003年。

在1994至2003年小時溫度在35°C以上的月份分佈列在表七，溫度在35°C以上之小時數最多的月份，皆分布在6、7及8月份。而由表八可以發現從1994至2003年全台各地的日最高溫，介於35.3到39.2°C之間。而這些年的最高溫則是發生在2003年，為39.2°C。在表九中，山佳站為台北的郊區站、梧棲站為台中的郊區站、玉井站為台南的郊區站以及大武站為台東的郊區站，其中1994至2003年5到10月份溫度在35°C以上的天數，台北及山佳站發生最多天皆在2003、2002及1998年，各地發生天數最多的兩年為1998及2003年。從此表亦可看出溫度在35°C以上的天數，台北及山佳站明顯較中南部多。在32°C以上天數方面(表十)，台北、台中、嘉義及台南發生天數在790至822天之間，各地皆差異不大，而高雄站的天數則偏低，只有538天發生溫度在32°C以上。從1994至2003年各站5到10月份的資料中，挑出一天中有八小時超過32°C以上的天數比較(表十一)，發生較多的地區為台北站、山佳站、玉井站以及大武站，為192天、135天、69天以及69天。發生較多的年份為1998、2003以及2002年，分別為167、137以及107天。發生最少的年份為1997年的14天。

## (六)、熱浪期間及前後氣象因子與空氣污染物之變化

將台北及高雄熱浪案例發生時之氣象資料與環保署污染物值資料匯整，比較熱浪期間重要空氣污染物濃度與案例發生前後三十天的差異。以台北而言，1998年的案例顯示，O<sub>3</sub>在熱浪發生後期的濃度大於前期，NO<sub>2</sub>在前期及後期皆大於熱浪期間，CO在前期大於後期，前、後期又大於熱浪期間，SO<sub>2</sub>在熱浪發生後期的濃度大於前期。台北2003年的案例顯示，O<sub>3</sub>在熱浪發生期大於前期、熱浪期及前期也大於後期，NO<sub>2</sub>及CO在前期大於熱浪期間、而前期及熱浪期又大於後期，PM<sub>10</sub>在熱浪發生期的濃度大於前期及後期，而SO<sub>2</sub>濃度在前期大於後期且熱浪期間亦大於後期。此外，依照每個案例選取熱浪期間及其前後三十天的資料，合併台北發生熱浪最明顯的五個案例分析。台北的結果顯示O<sub>3</sub>在熱浪期間濃度大於前期及後期；NO<sub>2</sub>在前期大於後期，兩者又大於熱浪期間；CO在前期大於後期，兩者又大於熱浪期間；PM<sub>10</sub>在前期濃度大於後期且熱浪期間又大於後期；而SO<sub>2</sub>在前期大於熱浪期間，兩者又大於後期。

高雄2002年的案例顯示，O<sub>3</sub>在熱浪發生前期的濃度大於後期及熱浪期間；NO<sub>2</sub>及

SO<sub>2</sub> 在前期及後期濃度皆大於熱浪期間；CO 在後期大於前期，兩者又大於熱浪期間；PM<sub>10</sub> 在後期濃度大於前期及熱浪期間。高雄 2003 年的案例顯示，O<sub>3</sub> 在前期大於後期，兩者又大於熱浪期間；NO<sub>2</sub> 及 PM<sub>10</sub> 在前期及後期的濃度皆大於熱浪期間；CO 在後期大於前期，兩者又大於熱浪期間。合併高雄發生熱浪最明顯的五個案例分析顯示：O<sub>3</sub>、NO<sub>2</sub>、CO 及 SO<sub>2</sub> 在前期及後期的濃度皆大於熱浪期間；而 PM<sub>10</sub> 在後期大於前期，兩者又大於熱浪期間。

綜合以上敘述我們可以發現，大體而言，台北之 PM<sub>10</sub> 的濃度熱浪期間大於後期；O<sub>3</sub> 濃度為熱浪期間大於後期及前期；NO<sub>2</sub> 及 CO 的濃度前期大於熱浪期間及後期；SO<sub>2</sub> 濃度為熱浪期間大於後期。在高雄方面 PM<sub>10</sub> 濃度在後期大於熱浪期間，與台北剛好相反；O<sub>3</sub> 的濃度為前期皆大於熱浪期間，與台北的現象也相反；NO<sub>2</sub>、CO 及 SO<sub>2</sub> 的濃度，前期大於熱浪期間且後期亦大於熱浪期間，NO<sub>2</sub> 及 CO 之表現與台北相同，SO<sub>2</sub> 則與台北的 SO<sub>2</sub> 濃度表現相反。

以表七來看，6、7 及 8 月份為最熱之月份。又因台北及高雄地區在 1995、1997 及 1999 年皆無符合條件的熱浪案例。因此選取 1994 年至 2003 年 6、7 及 8 月份資料，分成兩組作熱浪年與非熱浪年的比較。一組為 1995、1997 及 1999 年的資料，定為非熱浪年；另一組為其它年份的資料，定為熱浪年。以 Kruskal-Wallis 方法分析後，再以 Scheffe 法做比較。台北與高雄的結果皆顯示 PM<sub>10</sub>、NO<sub>2</sub>、CO 及 SO<sub>2</sub> 在非熱浪年的濃度皆大於熱浪年的濃度；而 O<sub>3</sub> 在熱浪年的濃度大於非熱浪年的濃度。

以上結果顯示，大體而言台北之 O<sub>3</sub> 濃度在熱浪期間大於其前後三十天的濃度，而在熱浪年的濃度大於非熱浪年的濃度，這與預期相符合，因溫度高，表示日照強，光化作用會較強烈，故有利於 O<sub>3</sub> 生成。而高雄則因臭氧生成及傳輸的過程較複雜，因此無法由此分析則出這樣明確的結果。而因 NO<sub>2</sub> 可轉化成 O<sub>3</sub> 或其它光化產物，溫度高，轉化較快，故在台北及高雄熱浪期間較低、在熱浪年也較低，至於其他污染物質濃度在熱浪期及熱浪年較低，是因在熱浪期間民眾較不出門，導致污染排放較低，或是由於其它的生成及傳輸的過程，則需進一步探討。

因溫度與 NO<sub>2</sub> 及 O<sub>3</sub> 等生成及消散之機制較有關係，故以逐步迴歸法分析氣象因子與 NO<sub>2</sub> 及 O<sub>3</sub> 兩污染物的關係，表十二顯示台北、台中、及台南之日最高溫增加時，下風處二次污染物 O<sub>3</sub> 之濃度亦會增加，日最高溫度每增加 1°C，O<sub>3</sub> 濃度可增加 1.13-4.27ppb；而風速的作用主要在其擴散方面，故會降低 O<sub>3</sub> 之濃度。而高雄的情形則不是如此，原因可能如上所述，因在高雄之臭氧生成及傳輸的過程較複雜所致。而 NO<sub>2</sub> 方面，除了台南不明顯之外，其餘三地之溫度高時皆造成 NO<sub>2</sub> 濃度降低(原因如上述)，而風速的作用主要在降低 NO<sub>2</sub> 之濃度。

綜上所述，大體而言在熱浪期間，PM<sub>10</sub>、NO<sub>2</sub>、CO 及 SO<sub>2</sub> 等污染物在非熱浪年

六、七、八月的濃度皆大於熱浪年六、七、八月的濃度，在熱浪期也多半小於其前後三十天的濃度。然而，光化形成且會造成呼吸道刺激之 O<sub>3</sub>，在熱浪期間大於其前後三十天的濃度，而在熱浪年的濃度亦大於非熱浪年的濃度，在未來氣候暖化的趨勢下，熱浪頻率可能增加，對於由此造成之 O<sub>3</sub> 濃度增加，及所導致之心肺疾病發生率及死亡率之增加，值得重視。

## 五、意見及建議

本子計畫所針對的異常或極端天氣包括熱浪、寒潮、暴雨、乾旱、颱風等，因時間及經費有限，因此今年重點在分析與溫度變化有關之極端天氣：寒潮及熱浪。另外，全球增溫除了影響溫度外，也會影響降水，各地異常及極端天候狀況如颱風、暴雨、乾旱的頻率也會因而增加，而島嶼型之台灣對於異常天候與極端天氣比其他國家更脆弱，因此這類研究更形重要。未來希望能針對其他極端天氣如颱風、暴雨、乾旱對公共衛生及空氣污染物之影響加以分析，為後續建構各類疾病未來受氣候變遷衝擊時之量化預測模式奠立基礎。

## 六、參考文獻

- Blomquist BW, Bandy AR, Thornton DC., 1996, "Sulfur gas measurements in the eastern North Atlantic ocean during the Atlantic Stratocumulus transition experiment marine aerosol and gas exchange", *J. Geophys. Res.*, 101(D2):4377-4392.
- Chen, P.C., Lai, Y.M., Chan C.C., Hwang, J.S., Yang, C.Y. and Wang, J.D., 1999, " Short-term effect of ozone on the pulmonary function of children in primary school", *Environ Health Perspect.*, 107, 921-925.
- Chen, P.C., Lai, Y.M., Wang, J.D., Yang, C.Y., Hwang, J.S., Kuo, H.W., Huang, S.L. and Chan, C.C., 1998, " Adverse effect of air pollution on respiratory health of primary school children in Taiwan", *Environmental Health Perspective.*, Vol. 106, No. 6, 331-335.
- Ebi, K. L., Exuzides, K. A., Lau, E., Kelsh, M. and Barnston, A., 2004, " Weather changes associated with hospitalizations for cardiovascular diseases and stroke in California, 1983-1998 ", *International Journal of Biometeorology.*, 49(1): 48-58.
- Hatakeyama, S., Izumi, K., Fukuyama, T, Akimoto, H., Washida, N., 1991, " Reactions of OH with alpha-pinene and betwa-pinene in air: Estimate of global CO production from the atmospheric oxidation of terpenes", *J Geophys Res.*, 96: 947-58.
- Hwang, J.-S., Y.-J. Chen, J.-D. Wang, Y.-M. Lai, C.-Y. Yang and C.-C. Chan, 2000, "Subject-Domain Approach to the Study of Air Pollution Effects on Schoolchildren's Illness Absence", *Am. J. Epidemiol.*, 152(1): 67-74.
- Houghton et al. eds., 2001, "IPCC, Climate change 2001: The Scientific Basis. Contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate



- change", Cambridge University Press., 881.
- Jaffe, D. A., Mahura, J. Kelley, J. Atkins, P. C. Novelli and J. Merrill, 1997, " Impact of Asian emissions on the remote North Pacific atmosphere: Interpretation of CO data from Shemya, Guam, Midway and Mauna Loa.", *J. Geophys. Res.*, 102, 28627-28636.
- Jauregui, E. and E. Luyando, 1999, "Global radiation attenuation by air pollution and its effects on the thermal climate in Mexico City", *International Journal of Climatology.*, 19(6): 683-694.
- Jha, M., Pan, Z. T., Takle, E. S. and Gu, R., 2004, "Impacts of climate change on streamflow in the Upper Mississippi River Basin: A regional climate model perspective." *Journal of Geophysical Research-Atmospheres.*, 109(D9).
- Kristjansson, J. E., 2002, "Studies of the aerosol indirect effect from sulfate and black carbon aerosols." *Journal of Geophysical Research-Atmospheres.*, 107(D15): art. no.-4246.
- Lal, M., H. Harasawa and K. Takahashi, 2002, "Future climate change and its impacts over small island states", *Climate Research.*, 19(3), 179-192.
- Lin, C.-Y., S. C. Liu, C. C.-K. Chou, T. H. Liu, C.-T. Lee, C.-S. Yuan, C.-J. Shiu, and C.-Y. Young, 2004, "Long-Range Transport of Asian Dust and Air Pollutants to Taiwan", *Terrestrial, Atmospheric & Oceanic Sciences.*, in press.
- McConnell, R., 2002, "Asthma in exercising children exposed to ozone", *Lancet .*, 359(9309), pg 386, 896-896.
- Patz, J. A. and R. S. Kovatsm, 2002, "Hotspots in climate change and human health", *Bmj.*, 325(7372),1094-8.
- Penner, J. E., Connell, P. S., Wuebbles, D.J., Covey, C.C., 1989, "Climate Change and Its Interaction with Air Chemistry: Perspectives and Research Needs", United States Environmental Protection Agency, Washington.
- Santer, B. D., K. E. Taylor, T. M. L. Wigley, J. E. Penner, P. D. Jones and U. Cubasch, 1995, "Towards the detection and attribution of an anthropogenic effect on climate", *Climate Dynamics.*, 12(2), 77-100.
- Yang, C.H., Wang, J.D., Chan, C.C., Chen, P.C., Hwang, J.S. and Cheng, M.F., 1997, "Respiratory and irritant health effects of a population living in a petrochemical polluted area in Taiwan", *Environmental Research.*, Vol. 74, 145-149.
- Yang, C.H., Wang, J.D., Chan, C.C., Hwang, J.S. and Chen, P.C., 1998, " Respiratory symptoms of primary school children living in a petrochemical pollution area in Taiwan", *Pediatric Pulmonology.*, Vol 25, 299-303.

## 七、表與圖

表一、氣象因子變化趨勢文獻彙整

題目	方法	資料時間及範圍	探討變項	重要研究結果	作者群	出版年
台灣的氣候變化-氣溫和降水	1、資料分析	1、1901-1990逐月平均氣溫與降水資料 2、COADS的船舶觀測之海面溫度及氣溫資料 3、全省16個測站平均氣溫和降水資料（1942-1991，共50年）	1、氣溫 2、降水	1、氣溫全年有上升趨勢，但冬季不明顯，夏半年則以5月及7-10月最顯著，此和降水趨勢的氣候相關一致 2、降水秋季和冬季東部增加但西南部減少，全年降水則有東部北部增加，西南部減少的趨勢	吳明進	大氣科學第20期第四號 81年12月 P.295-318
台灣地區夏季乾旱之監視與預報 (一)多雨年與少雨年的氣象條件	1、資料分析	1、台灣地區各測站1946-1990年（7月至9月）之日降水資料 2、氣象局提供1946-1990年之企太平洋颱風數及颱風登陸數 3、NMC（1990-1995年7月至9月）高度場網格資料 4、全球1958-1990月平均海平面溫度資料	1、降雨 2、El Nino 3、颱風發生數、登陸數	1、7月降水在 El Nino年增加；7-9月的降水皆和北半球500毫巴的副熱帶高壓的強度及位置有關 2、西太平洋海面高溫加強熱帶對流活動，因而改變副熱帶高壓之強度及位置，分別造成台灣地區7-8月的少雨和9月的多雨	吳明進	大氣科學第20期第一號 81年3月 P.35-46
台灣北部地區混和層高度的觀測與模擬	1、模式模擬 *Holzworth 法 *大氣邊界層模式 ※利用模式模擬來探討影響混合層高度的氣象因子，並以統計回歸方式修正聲波雷達低估混合層高度現象	1、TAMEX探空觀測資料-氣象局（1987年5、6月-每隔6小時一次觀測） 2、中壢貴儀中心之資料	1、地面風速 2、混合層頂以上之溫度遞減率 3、地面溫度變化 4、太陽仰角 5、地表粗造	1、模式在TAMEX期間表現良好，對於天氣系統之變動所造成混合層高度之改變亦可掌握。 2、在未下雨日，混合層高度明顯降低，主要因風速之影響造成大氣為中性之機會變多，使其降低。	彭啟明、林松錦	大氣科學第23期第三號 84年9月 P.311-336

			程度 6、雲量 7、聲波雷達			
台灣北部和南部 氣壓日變化之分析研究	1、資料分析	1、1979-1998年台北松山、桃園 中正、高雄小港以及1987-1998 年台東豐年等機場航空氣象 台每天逐時海平面氣壓與溫度 資料	1、氣壓 2、溫度日 變化	1、台灣年平均逐時海平面氣壓之日變 化曲線皆有兩次升降，唯主要最高氣 壓皆發生在上午9時，第二最高氣壓 皆發生在晚上22時 2、台灣之夏季氣壓日變化振幅較小，春 秋和冬季振幅較大，其中以冬季高雄 最主要最低氣壓之振幅最大	蒲金標	大氣科學第29 期第三號 90年9月 P.191-202
台灣全球雨量長 期變化研究(一) 1920-1995變化 趨勢	1、資料分析	1、1920-1995台灣測站降雨資料 2、Dai et al. (1997) 全球地面測 站降雨資料	1、降雨量	1、台灣地區全年平均雨量，75年來沒有 明顯之線性變化趨勢 2、以季節而言，夏季(6-8月)有明顯 減少趨勢，秋季(9-11月)反有增加 趨勢 3、以全球降雨量來看，1965年左右為最 濕年份，最乾年份出現在1935年，自 1950年以後夏半年(5-9月)降水總量 有減少趨勢，而冬半年(10-4月)卻 是增加的；但台灣而言，1965年左有 卻是偏乾的，而1935年卻是偏濕的 4、台灣與全球平均降雨之趨勢不盡相 似，顯示降雨長期變化趨勢的區域和 季節特徵非常重要	盧孟明、 麥如俊	大氣科學第31 期第三號 92年9月 P.199-220
台灣夏季極端高 溫趨勢預估	1、資料分析 2、模式模擬 *IPCC 提供之全球環	1、1900-2004年台灣地區各地 面測站之夏季氣溫資料	1、極端高 溫 2、熱浪	1、全球氣溫在過去百年(1900-2004年 間)以 $0.064^{\circ}\text{C}/10$ 年的速率增溫，但 可區分出1900-1944與1976-2004年	柳中明、 林淑華、 李彥枝、	2005年氣候變 遷與永續發展 研討會論文集

	流模式 (GCM)			<p>間為增溫期，而1945-1975年間為降溫期</p> <p>2、台灣地區僅台北、台中、台南、恆春、花蓮與台東測站具百年氣候監測資料，分析顯示此六站在過去百年間其夏季平均增溫率為0.14°C/10年；1900-1944與1976-2004年間之增溫率e各為0.09°C/10年與0.18°C/10年</p> <p>3、隨機函數預測每年夏季日最高氣溫高於抹特定高溫（35°C）的出現日數，也即熱浪出現機率變化</p> <p>4、熱浪預估方面，未來夏季出現日最高溫大於35°C的情形將非常頻繁，如台北站在1990年代為平均22日，2020年將為平均40日，2050年代將為平均54日，2090年代為平均77日</p>	莊俊傑	(一) 地球系統科學P.77-87
--	-----------	--	--	--	-----	-------------------

表二、氣象因子對空氣污染影響相關文獻彙整

題目	方法	資料時間及範圍	探討變項	重要研究結果	作者群	出版年
海風邊界層之發展與污染物濃度的日變化	1、資料分析 2、實地觀測	1、中壢觀音工業區觀測	1、NO <sub>x</sub> 2、SO <sub>2</sub> 3、CO 4、O <sub>3</sub>	1、氮氧化物、二氧化硫及一氧化碳等化學反應活性較小之污染物，在清晨及夜晚之濃度較高，白天的濃度則減低很多 2、白天之污染物較易垂直擴散，地面濃度因而較低 3、臭氧濃度白天正午及午後有一極大值，夜間及清晨則濃度非常低	林沛練、張隆男、陳景森	大氣科學第18期第四號 79年12月 P.287-308
影響大台北地區懸浮微粒濃度變化之氣象分析	1、資料分析 *天氣型態(8種) A1-極地分裂高壓出海型 A2-南華波動型 A3-台灣北部海面封面徘徊型 A4-台灣東方高壓西伸型 B1-太平洋高壓西伸型 B2-南北方低壓系統、台灣脊線型 B3-高/低壓系統間台灣微弱氣壓梯度型 B4-低壓鋒面系統南方台灣微弱氣壓梯度型	1、1986年1月至1989年12月每日000UTC,中央氣象局板橋探空站之高空觀測電碼資料	1、PM <sub>10</sub>	1、台北地區在夏季西南季風時PM <sub>10</sub> 濃度值較高，而冬天東北季風時則較低 2、台北地區空氣品質劣化的綜觀條件：(1)水平氣壓梯度弱，盛行地面風常在1m/s以下(2)風向偏南	李清勝	大氣科學第20期第四號 81年12月 P.341-361
台灣西北海岸夏初背景SO <sub>2</sub> 與CO量測與分析	1、實地觀測	1、1991年6、7月(新屋桃園農改場)	1、O <sub>3</sub> 2、NO <sub>2</sub> 3、SO <sub>2</sub> 4、CO 5、(C <sub>6</sub> -C <sub>12</sub> )HC	1、新屋站會受附近濱海公路車輛污染之影響，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0.2-2ppb，CO約為230ppb。 2、台灣地區人為排放的SO <sub>2</sub> 與CO均遠大於大氣背景中的SO <sub>2</sub> 與CO濃度	柳忠明、羅俊光、左台利、王作臺、徐光蓉	大氣科學第22期第一號 83年3月 P.111-128

區域氣象環境與高臭氧之相關分析	1、資料分析	1、1993-1994年台北地區夏季(6-8月)環保署17個測站及氣象局北部地區測站 2、1993-1994年高雄地區夏、秋季(6-11月)環保署14個測站及氣象局南部地區測站	1、臭氧 2、壓力 3、風速、風向 4、相對溼度 5、雲量 6、日照時數	1、台北地區在夏季，高雄地區在秋季易發生「高臭氧污染」；台北地區「高臭氧日」(HOD)佔64%，高雄地區佔60% 2、在高臭氧日盛行風風速弱(<4.0 m/s)或盛行風受地形阻擋時，區域環流明顯，海陸風是主要主導該區域之風場 3、HOD與NHOD之氣象環境差異為：台北地區和高雄地區HOD在清晨至中午雲量少(午前平均雲量<50%)，日照時數多(>55分鐘)，因此有利於光化學反應進行，造成12:00-14:00間高臭氧濃度之生成。NHOD在上午出現高雲量(雲量>90%)的頻率大 4、台北地區HOD全日逐時平均溫度在午時大於NHOD，高雄地區則相反。 5、相對濕度方面，高雄地區HOD均低於NHOD；台北地區HOD午前小於NHOD，午後因水氣增多，相對濕度增加因而大於NHOD。	柳中明、蘇維中	大氣科學第25期第一號 86年3月 P.27-50
大氣邊界層汙染物擴散之日夜變化	1、模式模擬 *二維高階擴散模式	無	1、污染物濃度 2、濃度通量 3、溫度 4、水平風場 5、相當位溫 6、水汽總含量	1、在日間對流邊界層內，污染物濃度中心線先下降到地面再返回高層 2、日出後對流邊界層逐漸成長，當邊界層頂發展至汙染源高度後，由於強烈紊流作用，使上層污染物迅速向下混合。	吳清吉、吳志宏	大氣科學第26期第二號 87年6月 P.181-204
大氣中衍生性氣交之形成機制(第二	1、實地觀測 2、模式模擬	1、採樣-87年7月至88年6月，每月進行3天(時程12小時)於高屏地	1、懸浮微粒(PM <sub>2.5</sub> 、PM <sub>10</sub> ) 2、衍生性氣膠	1、所有成分之濃度均呈現顯著之季節變化，而高濃度則發生於10月至隔年3月	吳義林、蔡德明、林勇明	行政院國家科學委員會專題研究計畫

年)		區				中華民國 88年
伴隨全台 空氣高污 染之綜觀 大氣分析	1、資料分析 *從高污染天氣類型中選取不 同污染程度的個案日來分析 氣象條件之差異	1、1993年9月至 1999年8月環保 署空氣品質監測 站逐時污染物濃 度監測值(O <sub>3</sub> 、 PM <sub>10</sub> )	1、PM <sub>10</sub> 2、O <sub>3</sub> 3、SO <sub>2</sub> 4、CO 5、NO <sub>2</sub>	1、台北地區梅雨季、夏季和秋季PSI>100及PSI>130 的次數均多，台中、彰化地區則以梅雨季及秋季 嚴重污染次數最多，台南高屏地區則以10月、11 月高污染次數最多 2、台灣西部地區之冷季各有分別對臭氧及懸浮微粒 生成、累積之有利的氣象因素 3、選取兩極端個案中，等壓線呈東西走向對台灣西 部地區污染物之擴散具有不利之影響。	陳昭良、 林宗嵩	中國文化 大學大氣 科學系研 究所碩士 論文88年 出版
大氣中行 生性氣交 之形成機 制(第三 年)	1、實地觀測 2、模式模擬 *逆軌跡模式 *推估台灣地區高相對濕度 下之氣膠形成機制	1、台南七股鹽埕 社區活動中心 2、台南市成功大 學環工系(5次共 9天採樣)	1、懸浮微粒(PM <sub>2.5</sub> 、 PM <sub>10</sub> ) 2、衍生性氣膠	1、相對溼度及日照強度等環境因子皆會 影響大氣中粒狀物的行為特性	吳義林、 蔡德明、 陳金柱	行政院國 家科學委 員會專題 研究計畫 中華民國 89年
北中南空 品區O <sub>3</sub> 與 PM <sub>10</sub> 污染 之氣象條 件研究	1、資料分析 *天氣類型(15種)	1、空品觀測資料- 環保署72測站 之臭氧及PM <sub>10</sub> 逐時資料 2、氣象資料-氣 象局26測站資 料(1993年9 月1日至1998 年12月31日， 每日24筆資 料)	1、臭氧 2、PM <sub>10</sub> 3、風速 4、風向 5、氣溫 6、日照 7、雲量 8、相對溼度	1、臭氧在北部地區可分為合流型及北風分量主控 型，中部地區為海風型、東北風、海風合流型與 綜觀風場受地形影響等三個型態；南部則可分為 海陸風系統、繞流系統及強勁東北風系統 2、PM <sub>10</sub> 在北部地區可分為海風類型及北風受地形影 響類型；中部為海風型、綜觀風場下北風作用二 個型態；南部則可分為海陸風系統及強勁東北風 所形成之繞流與離岸風交互作用系統等2個類型	林能暉、 鄭佳芳、 林美蓉	八十九年 度國科會/ 環保署科 技合作研 究計畫 (90年2 月15日)

<p>&lt;&lt;高污染事件日密集採樣計劃及臭氧污染成因分析&gt;&gt;氣象及臭氧之垂直剖面量測</p>	<p>1、實地觀測 * 天氣類型(6種) --太平洋高壓型 --偏南氣流型 --高壓迴流型 --東北季風型 --高壓出海型 --鋒面過境型 2、模式模擬 * 軌跡模式</p>	<p>1、採樣時間自10月18日零時至11月2日零時，期間共計十五天(中台灣南投縣草屯鎮) 2、氣象資料</p>	<p>1、臭氧 2、VOCs 3、NO、NO<sub>2</sub> 4、CO 5、SO<sub>2</sub></p>	<p>1、一氧化碳之垂直剖面大致隨著高度遞減至距最高600公尺處，而600至100公尺之高空則較無變化 2、臭氧之垂直的分佈方面，與先前所觀測之剖面相似，從50公尺至300公尺處，濃度隨高度上升而增加到達一最大值，高度繼續上升到1000公尺，濃度則隨高度而遞減。白天自9點後濃度明顯上昇，到中午12點，由於日照強烈，使得光化反應最劇烈，此時濃度可達當日最大值，隨後則開始減少。明顯受到日照強度的影響 3、在高臭氧天氣類型時，夜間的逆溫現象較低臭氧為強，此外，日間在距地高1000公尺處有一逆溫現象，應是由氣流沉降所造成。當為高臭氧天氣類型時近地面100公尺的溫度傾率約為3°C/100m，當低臭氧時則減少為2°C/100m。</p>	<p>莊秉潔、張能復、馮豐隆、王家麟、林文印、張良輝、林沛練</p>	<p>九十二年度環保署/國科會空污防治科研合作計畫</p>
<p>臺灣中部氣象因子對污染物濃度分布影響之探討</p>	<p>1、實地觀測 2、模式模擬 * 中尺度氣象數值模式(MM5) * 台灣空氣品質模式(TAQM)</p>	<p>1、2001年及2002年污染較嚴重時期—秋季，於草屯及埔里地區</p>	<p>1、SO<sub>2</sub> 2、O<sub>3</sub> 3、NO<sub>x</sub></p>	<p>1、結果顯示一次污染物皆受混合層影響而呈負相關，以氮氧化物最顯著，而O<sub>3</sub>之生成因子與混合層發展之因子相似，導致兩者為正相關之關係。 2、利用環保署之污染物濃度與邊界層比對，發現SO<sub>2</sub>及NO<sub>x</sub>與邊界層明顯呈現相反趨勢。</p>	<p>徐志灝、程萬里、陳正平</p>	<p>東海大學環境科學系碩士論文94年出版</p>



表三 年發生頻率

year	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
發生 case 數	2	5	4	3	2	4	1	1	1	1
台北 T min ≤ 10°C 之日數	4	9	10	6	5	10	2	1	2	2
△Tmax 天數	4	5	7	3	4	7	3	2	2	3

表四 台北、台中、台南及高雄等四站之CO、NO<sub>2</sub>、PM<sub>10</sub>及SO<sub>2</sub> 對當地溫度(temp)與風速(Ws)做迴歸之係數整理表(列出之係數皆達統計顯著水準；“無”代表其未達統計顯著水準。)

(a)台北

			非下雨日	下雨日
CO	非寒潮	Ws	-0.172	-0.161
		temp	0.034	0.020
	寒潮	Ws	-0.349	-0.197
		temp	0.066	0.027
NO <sub>2</sub>	非寒潮	Ws	-3.8	-2.64
		temp	0.408	無
	寒潮	Ws	無	-2.27
		temp	1.94	無
PM <sub>10</sub>	非寒潮	Ws	-9.98	-14.25
		temp	無	無
	寒潮	Ws	-4.15	-5.17
		temp	無	2.90
SO <sub>2</sub>	非寒潮	Ws	-0.53	無
		temp	0.14	0.164
	寒潮	Ws	-1.21	-0.722
		temp	無	0.294

## (b)台中

			非下雨日	下雨日
CO	非寒潮	Ws	-0.440	-0.527
		temp	0.020	無
	寒潮	Ws	-0.447	-0.378
		temp	0.037	無
NO <sub>2</sub>	非寒潮	Ws	-10.0	-8.73
		temp	0.884	0.59
	寒潮	Ws	-9.4	-15.41
		temp	無	無
PM <sub>10</sub>	非寒潮	Ws	-34.66	-19.06
		temp	3.41	3.27
	寒潮	Ws	-17.6	-26.4
		temp	4.71	2.63
SO <sub>2</sub>	非寒潮	Ws	-2.00	-1.77
		temp	0.11	無
	寒潮	Ws	-1.46	-2.45
		temp	無	無

## (c)台南

			非下雨日	下雨日
CO	非寒潮	Ws	-0.133	-0.161
		temp	無	無
	寒潮	Ws	-0.103	-0.068
		temp	無	無
NO <sub>2</sub>	非寒潮	Ws	-3.87	-2.62
		temp	-0.35	無
	寒潮	Ws	-2.29	-2.89
		temp	無	無
PM <sub>10</sub>	非寒潮	Ws	-14.8	無
		temp	2.49	5.72
	寒潮	Ws	無	-11.16
		temp	7.08	6.7
SO <sub>2</sub>	非寒潮	Ws	-1.04	-1.27
		temp	0.208	無
	寒潮	Ws	-1.28	無
		temp	無	無

## (d)高雄

			非下雨日	下雨日
CO	非寒潮	Ws	-0.193	-0.264
		temp	0.018	無
	寒潮	Ws	-0.233	-0.173
		temp	無	0.04
NO <sub>2</sub>	非寒潮	Ws	-6.53	-6.23
		temp	-0.26	無
	寒潮	Ws	-6.52	-13.86
		temp	無	無
PM <sub>10</sub>	非寒潮	Ws	-24.86	-25.93
		temp	1.76	無
	寒潮	Ws	-21.5	-33.63
		temp	無	4.96
SO <sub>2</sub>	非寒潮	Ws	-3.38	-2.03
		temp	無	無
	寒潮	Ws	-2.55	-4.15
		temp	無	無

表五 台北之熱浪案例(35 度以上)

都會地區	台北(35 度以上)			
案例編號	1	2	3	4
發生年份	1996	1998	2002	2003
連續多少天	5	10	3	18
共計幾小時	12	43	10	56
期間內平均一天有幾小時 在 35 度以上	2.4	4.3	3.3	3.1
期間內最高溫	35.6	37.8	36.9	37.5

表六 影響台灣最廣泛之熱浪案例(32度以上)

都會地區	台北					台中				嘉義			
案例編號	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4
發生年份	1996	1998	2002	2002	2003	1996	1998	2002	2003	1996	1998	2002	2003
連續多少天	15	14	7	22	39	13	15	7	23	13	15	15	37
共計幾小時	98	143	51	155	295	94	107	48	145	87	97	114	221
期間內平均一天有幾小時在32度以上	6.5	10.2	7.3	7.0	7.6	7.2	7.1	6.9	6.3	6.7	6.5	7.6	6.0
期間內最高溫	35.8	37.8	35.9	36.9	37.5	35.6	34.8	34.6	35	35.4	34.3	34.9	35.3
8小時以上的天數	6	14	5	14	24	7	6	2	7	3	3	8	9
都會地區	台南						高雄						
案例編號	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5		
發生年份	1996	1998	1998	2001	2002	2003	1996	1998	1998	2002	2003		
連續多少天	13	15	22	23	14	30	24	9	15	19	33		
共計幾小時	101	82	129	149	62	166	147	53	59	124	207		
期間內平均一天有幾小時在32度以上	7.8	5.5	5.9	6.5	4.4	5.5	6.1	5.9	3.9	6.5	6.3		
期間內最高溫	35.8	34.5	34.6	34.9	33.7	35.6	35.4	34.0	33.9	35.3	36.6		
8小時以上的天數	7	4	3	10	1	7	7	2	0	9	10		

表七 1994 至 2003 年小時溫度在 35 度以上之月份分佈頻率

月份	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	總和
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15
3	0	0	17	1	0	13	0	1	5	22	59
4	13	16	1	2	15	6	0	10	92	2	157
5	27	9	0	4	4	43	39	18	105	80	329
6	30	227	79	18	173	27	262	119	341	136	1412
7	58	198	328	122	1075	105	423	222	330	1416	4277
8	153	89	42	139	437	149	204	393	487	626	2719
9	2	127	38	15	41	35	87	15	21	89	470
10	5	0	0	0	5	1	44	0	3	6	64
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	16	2	0	0	18
總和	288	666	505	301	1750	379	1075	780	1384	2393	9521

表八 1994 至 2003 年都會站及郊區站最高溫度

	台北	山佳	台中	梧棲	嘉義	台南	玉井	高雄	花蓮	台東	大武	年最高溫
1994	36.6	36.5	34.8	33.1	34.9	35	35.7	33.6	34.8	38.3	35.6	38.3
1995	37.4	37.4	35.2	34.5	35.5	36.2	36.2	33.9	35.2	36.1	37.1	37.4
1996	35.8	36.2	36.3	34.4	35.4	35.8	35.8	35.4	36.3	34.7	37.1	37.1
1997	34.7	36	34.5	34.4	35.1	34.2	35.5	33.5	34.5	37.1	35.6	37.1
1998	37.8	38.2	35.4	35.3	35.1	35.9	36.5	34	35.4	34.3	37.3	38.2
1999	35.6	36.3	35.4	33.7	34.4	34.2	35.2	33.1	35.4	34.1	36	36.3
2000	36.8	37.4	34.7	34.3	34.4	34.9	36.9	34.1	34.7	36.5	37.6	37.6
2001	36.5	36.3	34.6	34.1	35.1	34.9	35.7	34.8	34.6	34.4	35.5	36.5
2002	36.9	37.5	34.6	34.5	35	33.8	35.4	35.3	34.6	37.6	37.4	37.6
2003	37.7	38.4	35	34.5	35.3	35.6	36.4	36.6	35	35.1	39.2	39.2
地區最高溫	37.8	38.4	36.3	35.3	35.5	36.2	36.9	36.6	36.3	38.3	39.2	39.2

表九 1994 至 2003 年各站 5 月到 10 月份溫度在 35 度以上發生天數分佈頻率

	台北	山佳	台中	梧棲	嘉義	台南	玉井	高雄	花蓮	台東	大武	總和
1994	6	6	0	0	0	1	5	0	0	3	3	24
1995	16	19	1	0	3	2	16	0	1	1	10	69
1996	14	19	5	0	4	1	15	2	5	0	10	75
1997	0	9	0	0	1	0	2	0	0	2	2	16
1998	20	40	1	1	2	2	24	0	1	0	18	109
1999	6	14	1	0	0	0	5	0	1	0	7	34
2000	12	19	0	0	0	0	14	0	0	1	5	51
2001	24	7	0	0	1	0	1	0	0	0	2	35
2002	29	27	0	0	1	0	4	1	0	1	16	79
2003	35	38	2	0	3	2	10	4	2	1	9	106
總和	162	198	10	1	15	8	96	7	10	9	82	598

表十 1994 至 2003 年各站 5 月到 10 月份溫度在 32 度以上發生天數分佈頻率

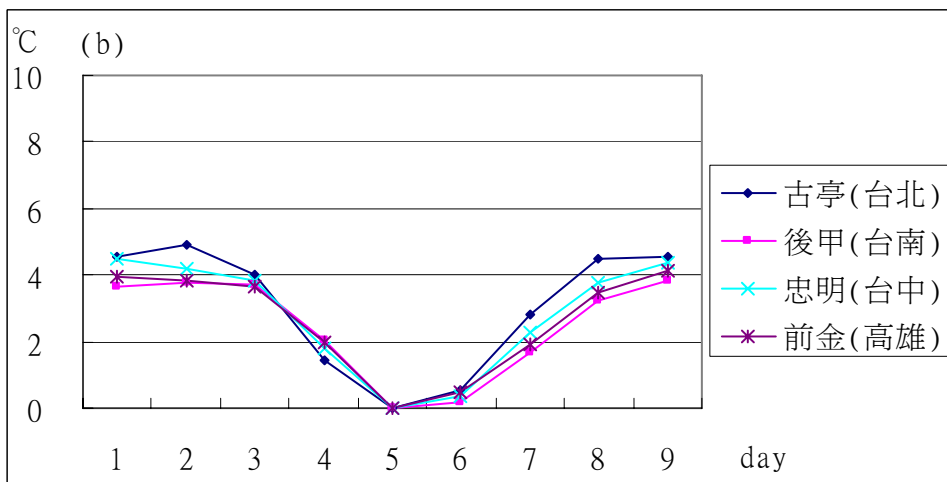
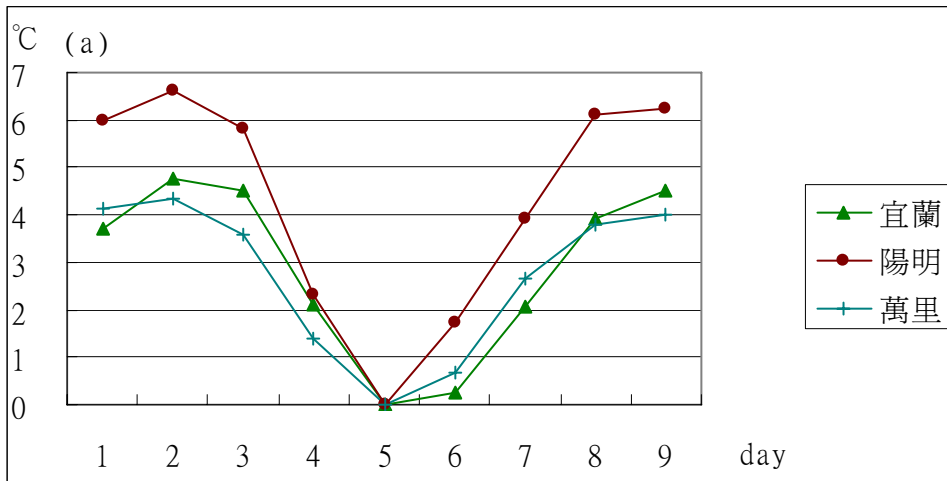
	台北	山佳	台中	梧棲	嘉義	台南	玉井	高雄	花蓮	台東	大武	總和
1994	89	86	66	16	64	96	103	28	66	23	40	677
1995	83	88	86	57	85	95	113	43	86	34	38	808
1996	87	101	88	47	98	89	119	57	88	69	47	890
1997	59	81	64	16	70	62	95	25	64	29	34	599
1998	86	100	92	74	94	109	127	75	92	70	73	992
1999	88	107	74	22	58	67	94	42	74	25	47	698
2000	91	100	73	31	65	100	91	58	73	31	42	755
2001	87	59	81	40	72	91	67	54	81	59	54	745
2002	95	85	88	51	84	77	80	72	88	69	94	883
2003	95	100	105	38	100	96	93	84	105	78	69	963
總和	860	907	817	392	790	882	982	538	817	487	538	8010

表十一 1994 至 2003 年各站 5 月到 10 月份,一天中 8 小時超過 32 度以上之天數

	台北	山佳	台中	梧棲	嘉義	台南	玉井	高雄	花蓮	台東	大武	總和
1994	10	10	0	0	0	1	5	1	0	2	1	30
1995	20	15	3	6	7	7	9	0	3	0	10	80
1996	13	13	9	5	4	11	14	7	9	5	7	97
1997	2	3	1	0	2	1	2	0	1	1	1	14
1998	29	29	10	21	9	13	19	3	10	9	15	167
1999	8	6	1	0	1	1	1	0	1	0	8	27
2000	22	13	2	1	0	8	9	1	2	0	7	65
2001	24	0	3	0	3	16	0	4	3	4	2	59
2002	30	20	5	9	9	1	4	9	5	3	12	107
2003	34	26	12	0	11	7	6	10	12	13	6	137
總和	192	135	46	42	46	66	69	35	46	37	69	783

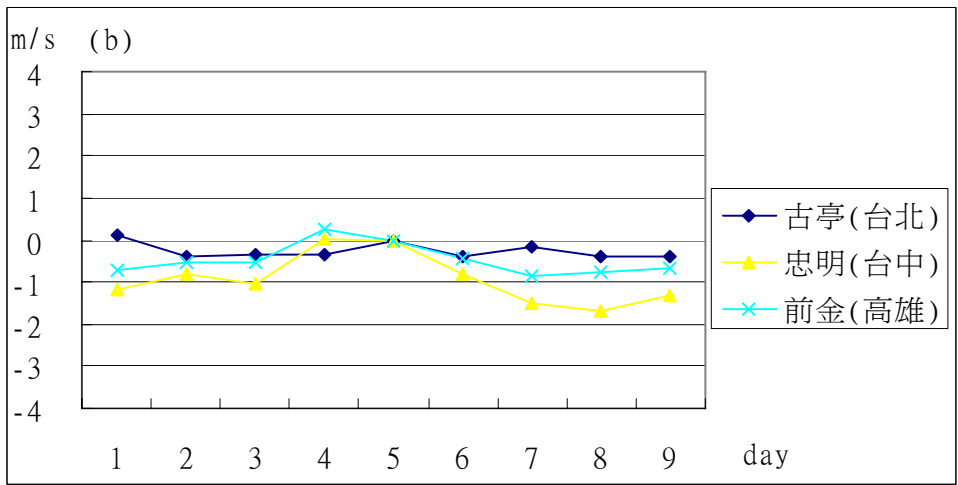
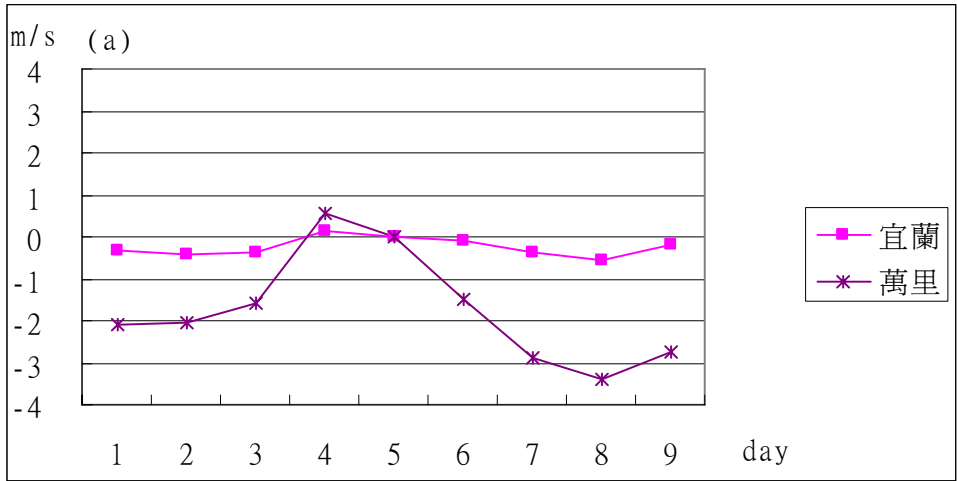
表十二 台北古亭站等四站之NO<sub>2</sub> 及O<sub>3</sub> 對當地日最高溫(Tmax)與風速(WS)做迴歸之係數整理表(列出之係數皆達統計顯著水準；“無”代表其未達統計顯著水準。其中台南地區以當地風速 2m/s 以下資料分析)

		Tmax	WS
台北-古亭	NO <sub>2</sub>	-0.75	-5.7
	O <sub>3</sub>	1.13	-14.7
台中-南投	NO <sub>2</sub>	-0.88	-1.9
	O <sub>3</sub>	1.35	-12.4
台南-安南	NO <sub>2</sub>	無	無
	O <sub>3</sub>	4.27	-2.08
高雄-小港	NO <sub>2</sub>	-1.3	-2.1
	O <sub>3</sub>	-5.8	-9.8

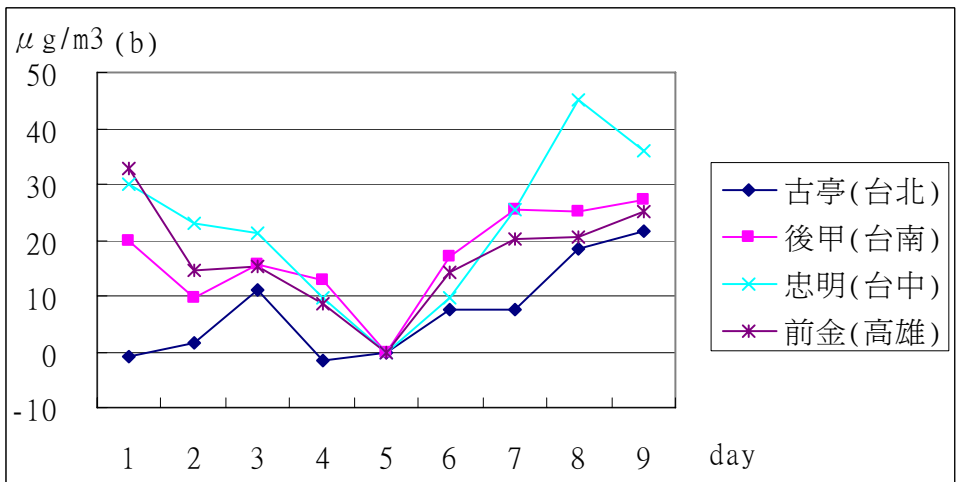
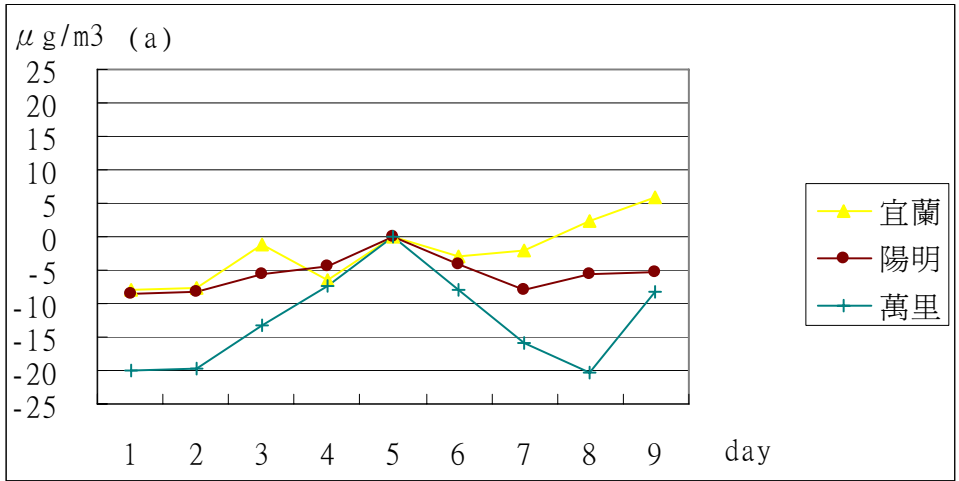


圖二 寒潮爆發前後溫度變化(a)背景站(b)市區站

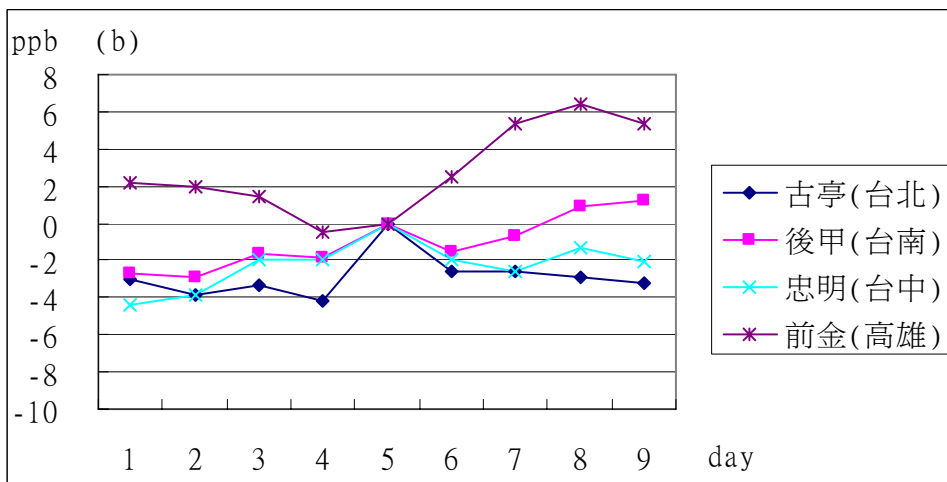
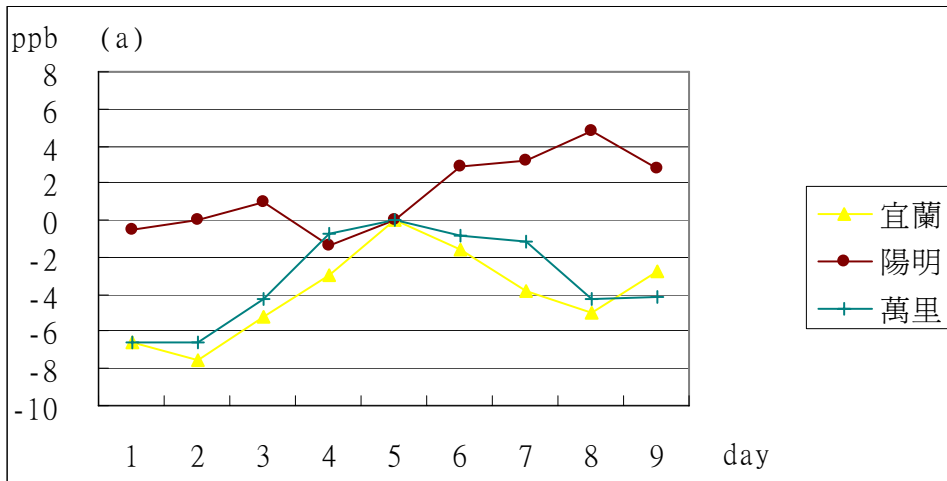




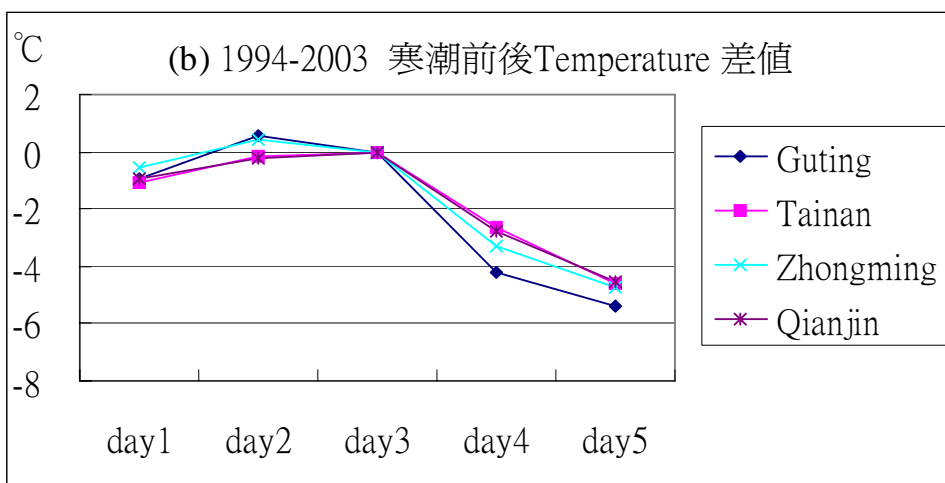
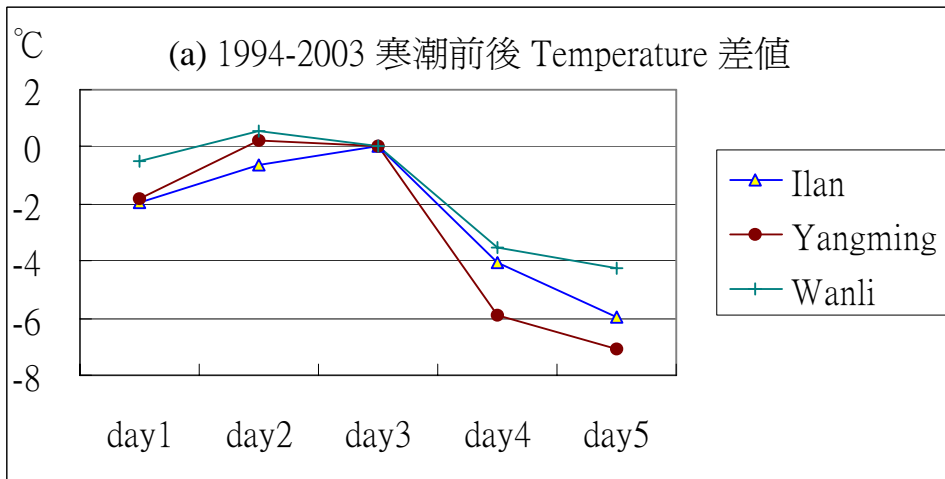
圖三 寒潮爆發前後風速之變化(a)背景站(b)市區站



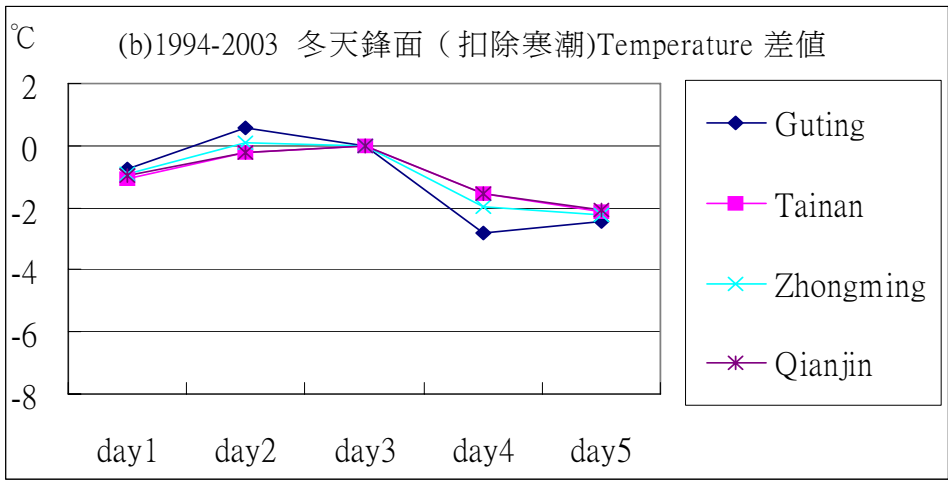
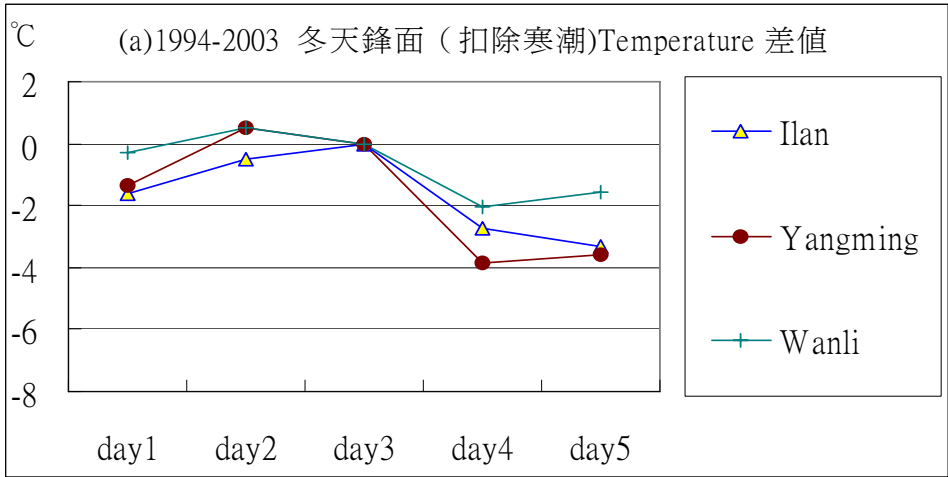
圖四 寒潮爆發前後 PM10 濃度變化(a)背景站(b)市區站



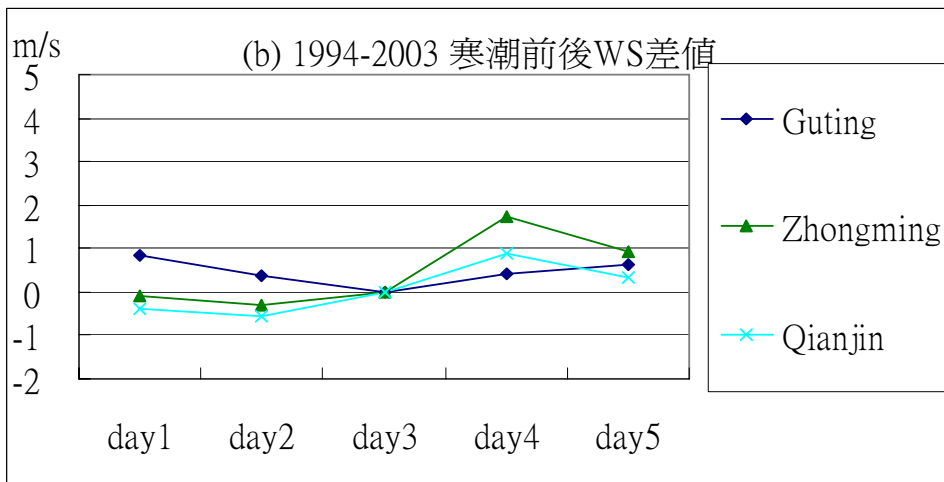
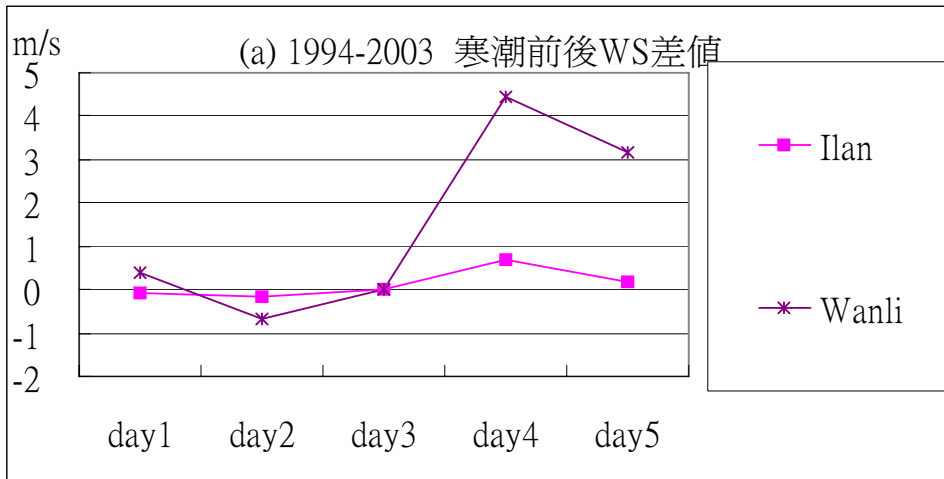
圖五 寒潮爆發前後O<sub>3</sub>濃度變化(a)背景站(b)市區站



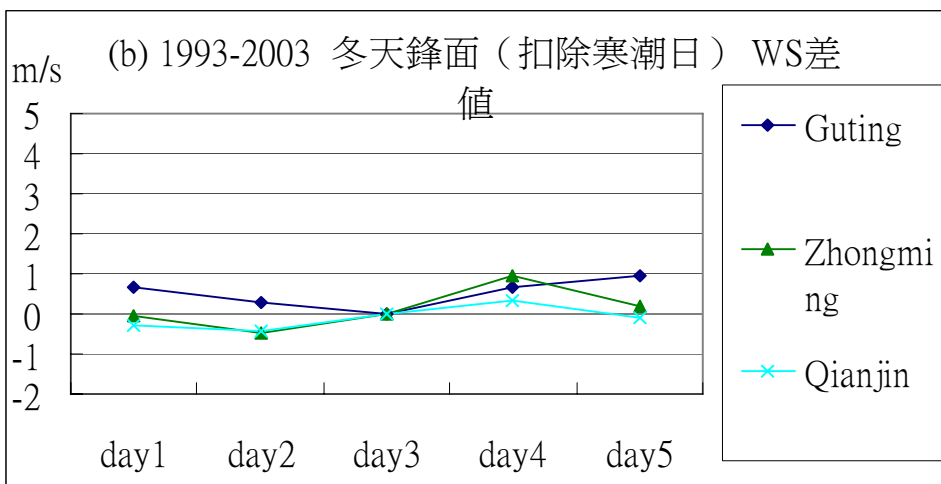
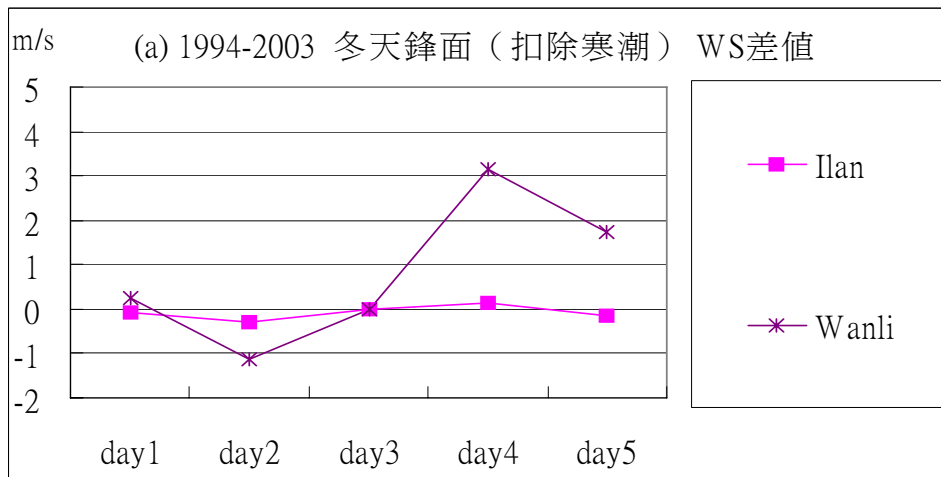
圖六 寒潮案例前後溫度變化(a)背景站(b)市區站



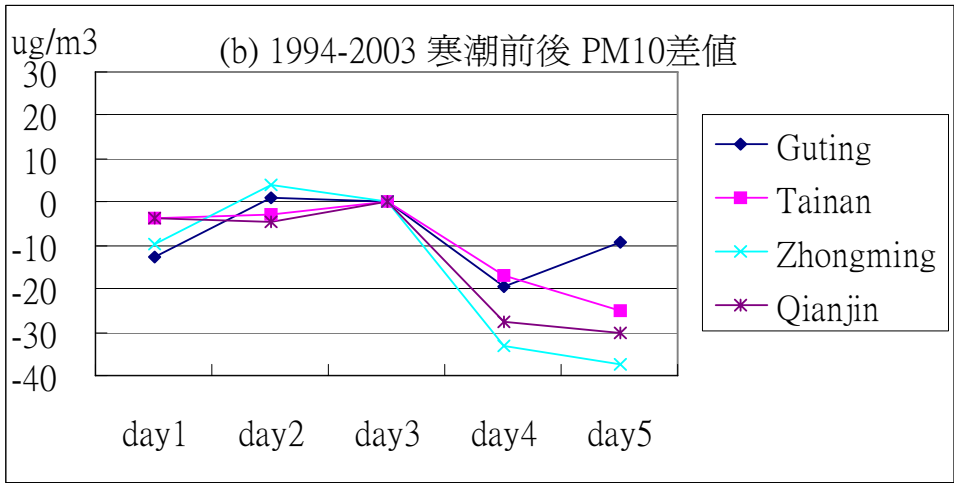
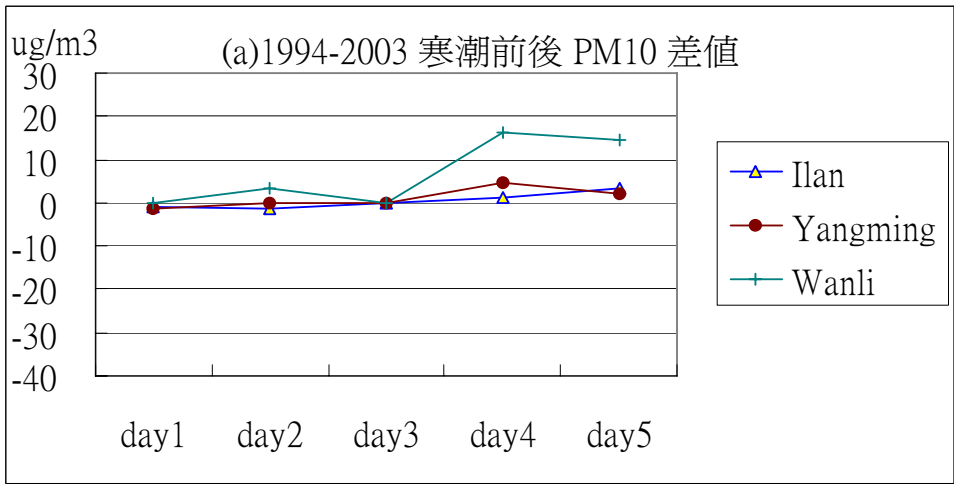
圖七 1994~2003 年冬天非寒潮鋒面前後的溫度變化(a)背景站(b)市區站



圖八 寒潮前後風速之變化(a)背景站(b)市區站

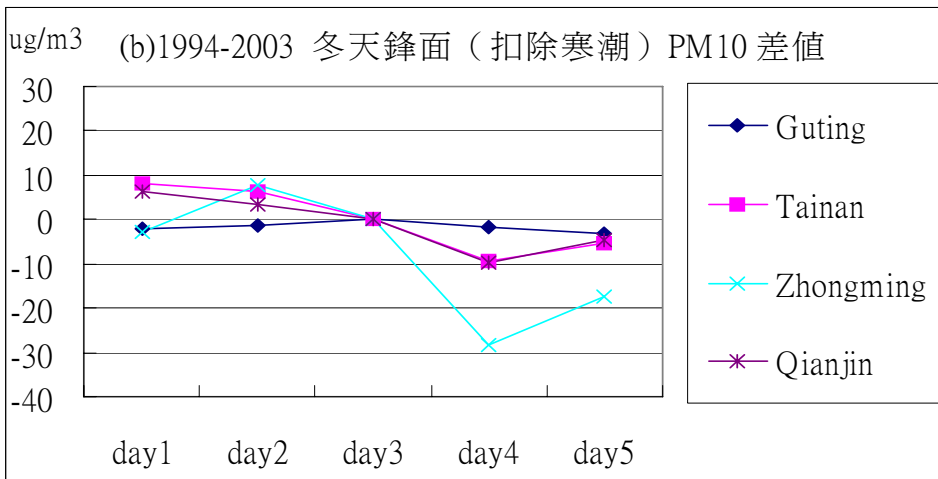
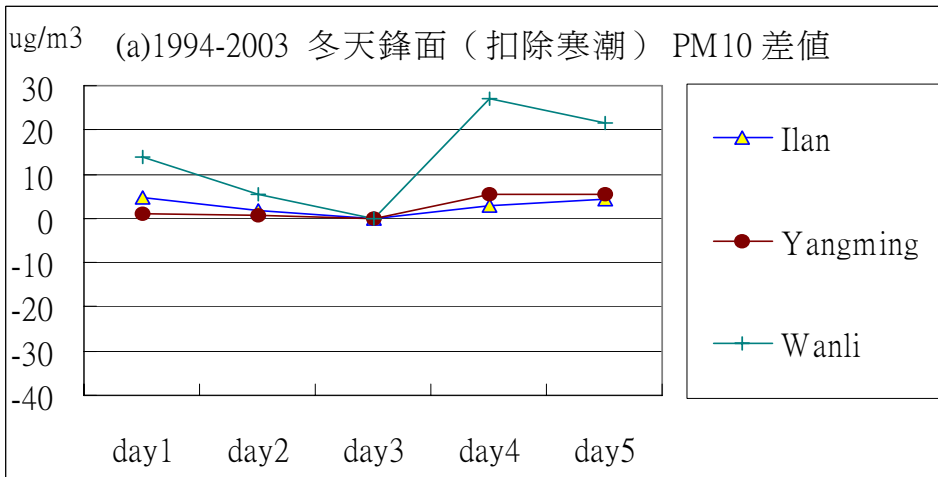


圖九 1994~2003 年冬天非寒潮鋒面前後的風速之變化(a)背景站(b)市區站

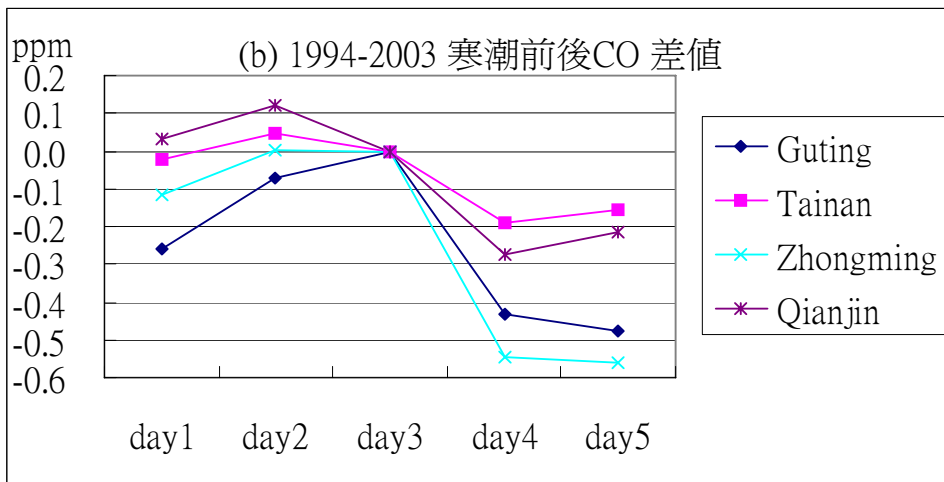
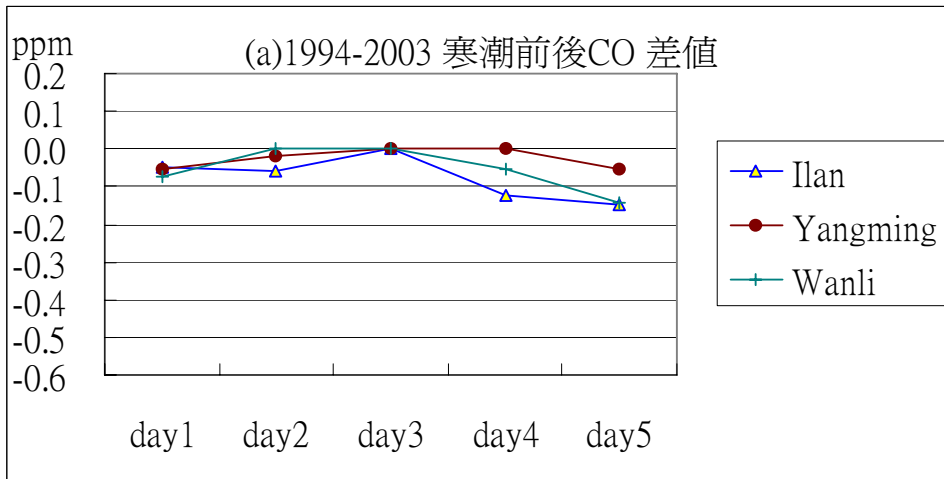


圖十 寒潮前後 PM10 濃度變化(a)背景站(b)市區站

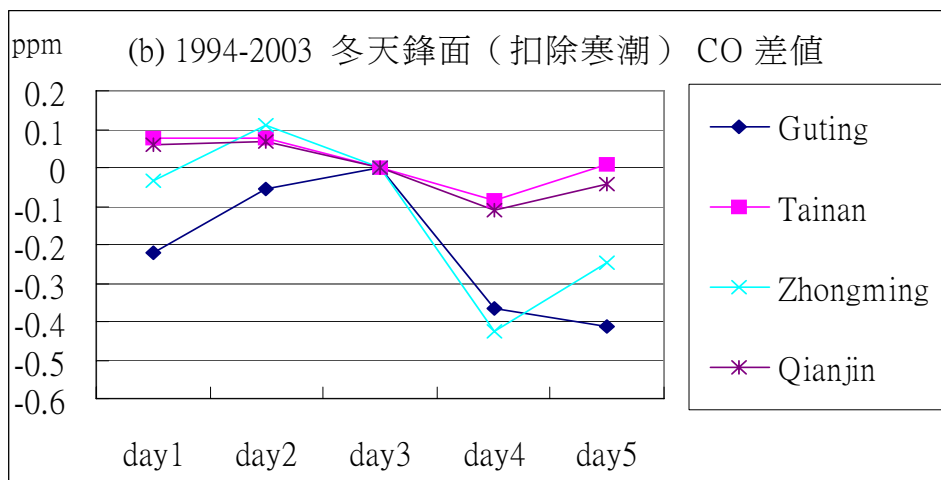
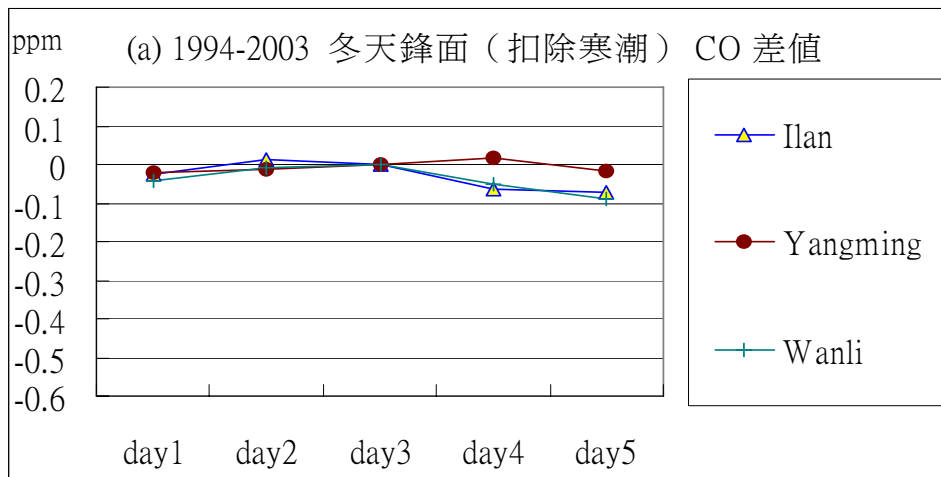




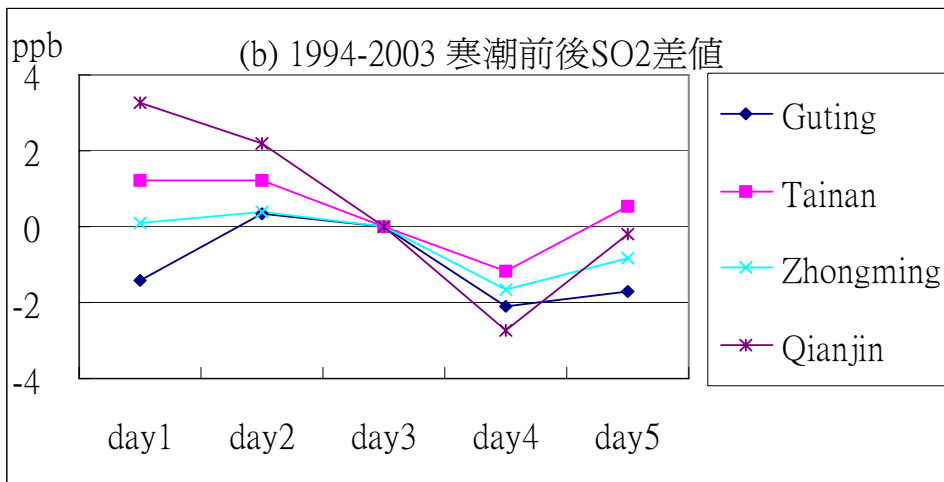
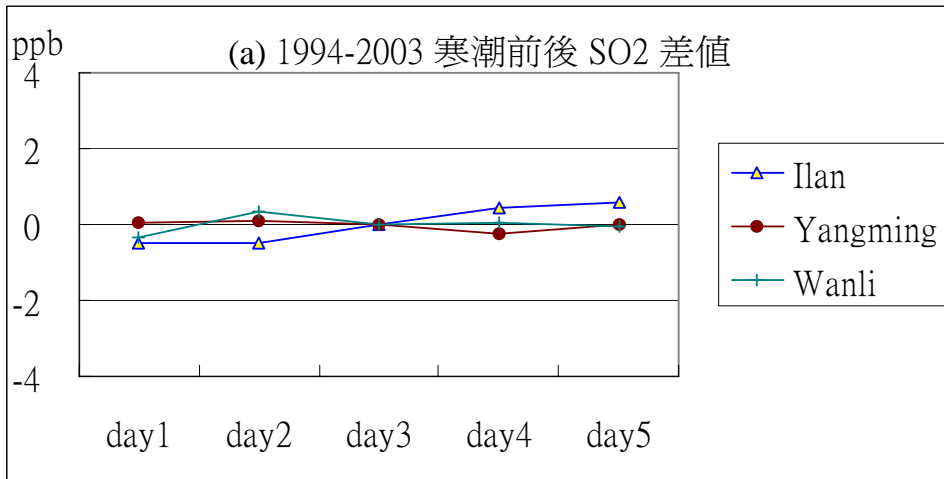
圖十一 1994~2003 年冬天非寒潮鋒面前後的 PM10 濃度變化(a)背景站(b)市區站



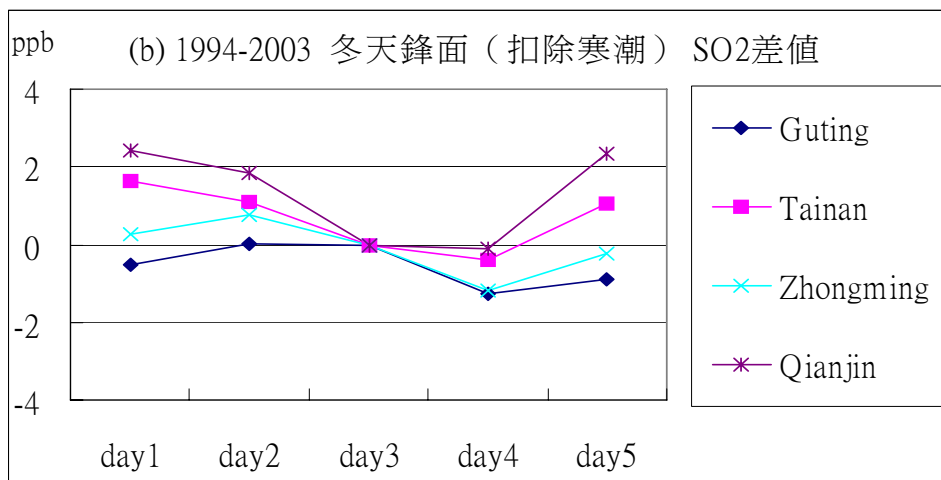
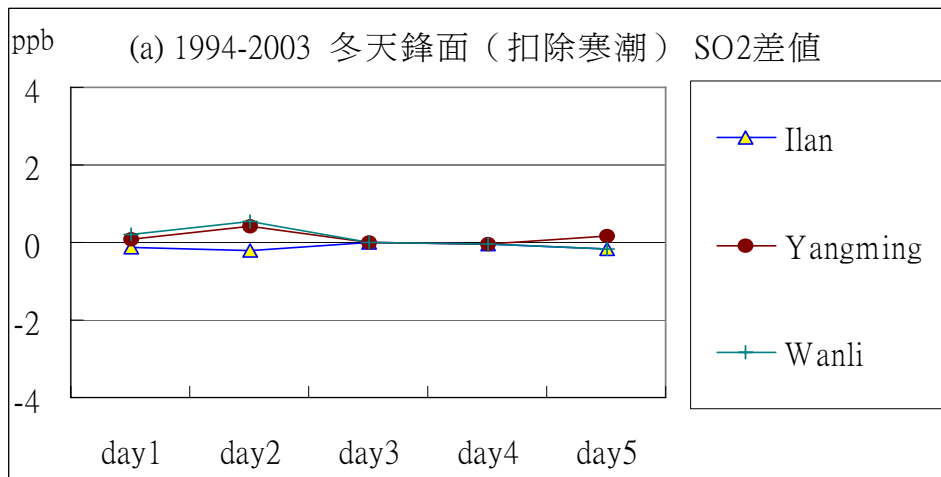
圖十二 寒潮前後 CO 濃度變化(a)背景站(b)市區站



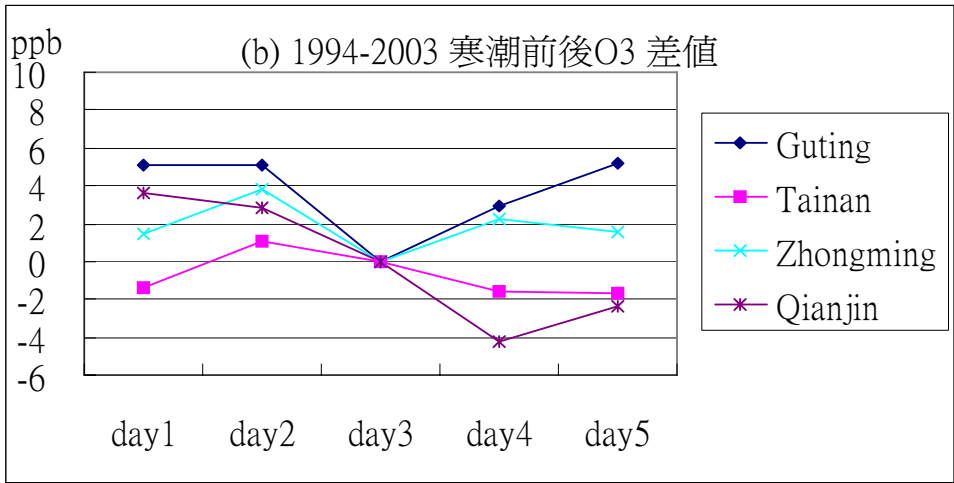
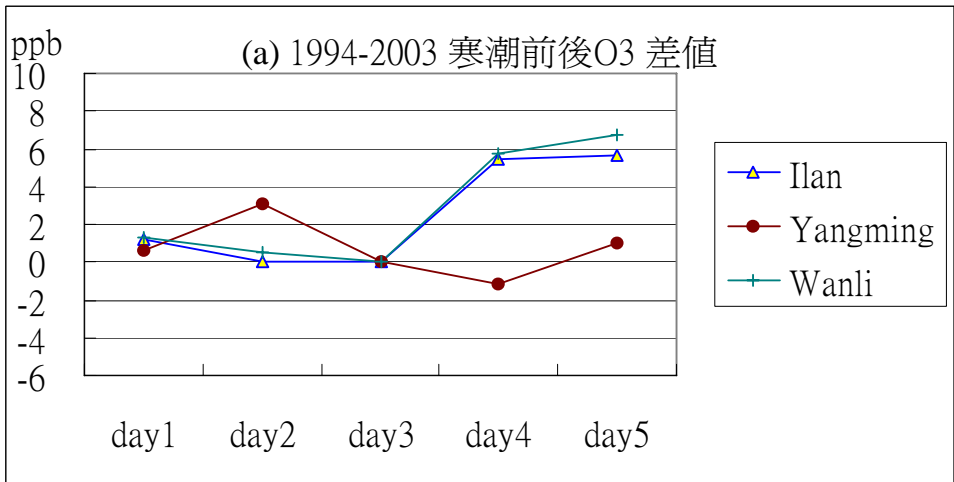
圖十三 1994~2003 年冬天非寒潮鋒面前後的 CO 濃度變化(a)背景站(b)市區站



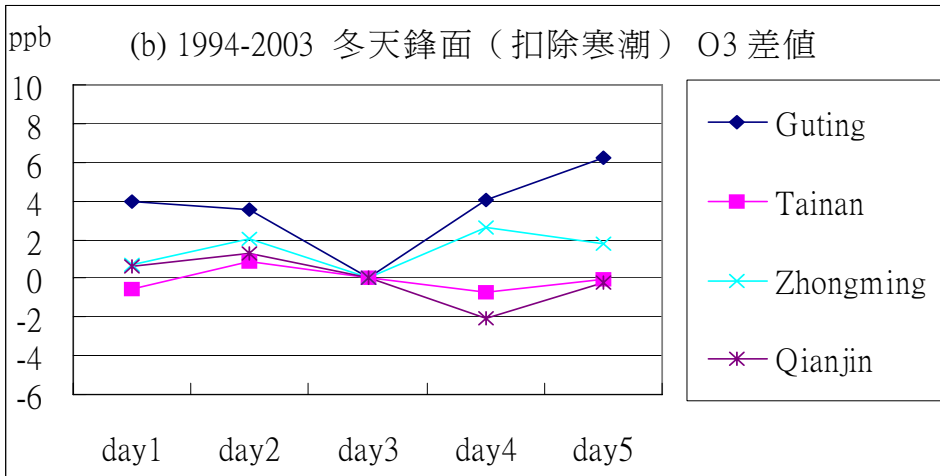
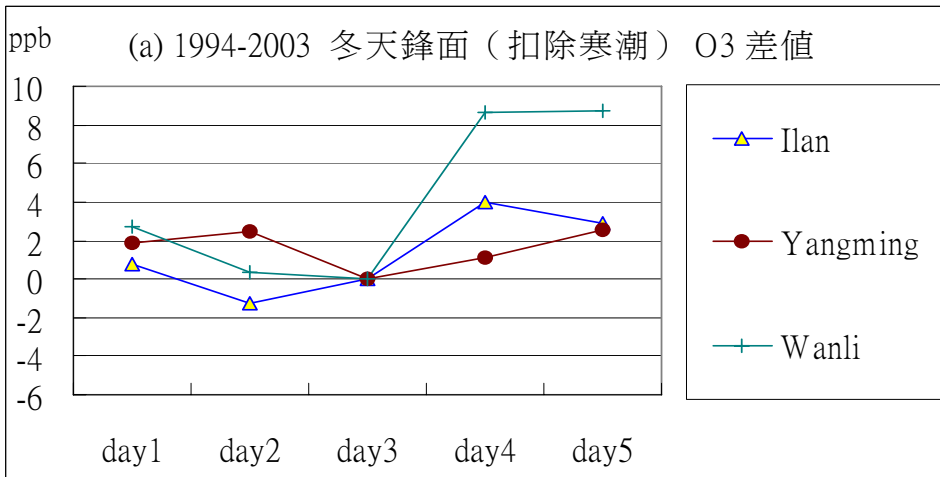
圖十四 寒潮前後 SO2 濃度變化(a)背景站(b)市區站



圖十五 1994~2003 年冬天非寒潮鋒面前後的 SO<sub>2</sub> 濃度變化(a)背景站(b)市區站



圖十六 寒潮前後 O3 濃度變化(a)背景站(b)市區站



圖十七 1994~2003 年冬天非寒潮鋒面前後的 O3 濃度變化(a)背景站(b)市區站

## 八、計畫成果自評

本子計畫之主要目的是評估天候異常狀況下各種氣象因子及空氣污染物組成之變化，今年研究重點為寒潮及熱浪。工作重點為收集有關氣象因子影響空氣污染物濃度之國內外文獻，以了解現況；彙整 1994 年以後空氣污染及氣候監測資料，建立完整資料庫；找出 1994 年以後寒潮及熱浪發生的時期及影響區域；將彙整資料提供給各子計畫作為相關性分析探討之基本資料；以及探討 1994 年以後寒潮及熱浪前、中、後期空氣污染物之濃度變化。這些工作內容已一一在「年度主要工作內容及重要發現與成果」中詳述，本子計畫所針對的異常或極端天氣原包括熱浪、寒潮、暴雨、乾旱、颱風等，因時間及經費有限，因此今年之重點在彙整氣象局及環保署之資料庫，以及分析與溫度變化有關之極端天氣：寒潮及熱浪，研究內容完全符合原提計畫。

本計畫最終目的是與其他合作學者共同釐清異常天候或極端天氣狀況下氣象--空污、氣象--非空污及空污--非氣象影響之差異，為後續建構量化預測模式奠立基礎。本子計畫今年所完成的內容，已朝此最終目的邁進一大步！並已達成當初規劃時所訂之年度計劃目標。本子計畫探討寒潮及熱浪期間氣象因子對空氣污染物質濃度之影響，所得之研究成果不僅可發表在國際學術期刊上，對國內及國際學界在探討氣候變遷下對公共衛生可能之衝擊時做為重要之學術資料，對於政府有關單位擬定氣候變遷對各領域之衝擊評估之對策時，更是重要之參考資料，也可提供給關心氣候變遷相關議題之社會大眾，使其更加了解氣候變遷下對一般民眾切身之空氣污染問題之可能變化趨勢！