

# 台南地區能見度與懸浮微粒之相關研究

柳中明 沈金清

國立台灣大學大氣科學研究所

楊之遠

環保署空保處

## 摘要

本文主要目的在分析台南地區能見度變化與氣象因素及懸浮微粒濃度的關係。1993年7月至1994年6月台南地區的月平均能見度，呈現9至4月低(7~12公里)，其他月份高(15~23公里)。以9至4月而言，此時該地區的雲量少，降雨更少，晴朗無雲狀況之出現頻率高，但日照時數(sun shine duration hour)低；同時盛行北風，且風速大，水汽含量低。經分析落塵量與PM10(直徑小於 $10\mu\text{m}$ 之懸浮微粒)濃度，亦發現9至4月時濃度較高。可知此時由於風向、風速和水汽的因素，天乾地旱，台南地區塵土飛揚，空氣中懸浮微粒濃度增加而能見度降低。建議全省各觀測點亦可作類似分析，以對影響台灣地區能見度變化的因素有進一步的了解。

關鍵詞：能見度、地面氣象因子、懸浮微粒。

## 一、前言

懸浮微粒對能見度的影響，Sloane(1982a,b), Trijonis(1982), Trijonis et al.(1990)等均有許多研究成果報告，我國李(1989, 1992, 1993, 1995)、蔣(1995)與簡(1986)亦曾進行實驗觀測分析。中央氣象局(1994)並曾提出近十年來我國各地日照時數減少，認為與空氣品質惡化、懸浮微粒增多有直接關連。事實上，由於懸浮微粒會散射太陽輻射，冷卻溫室效應，其對氣候變遷的影響不容忽視(柳,1994)。

本文分析台南市1993年7月1日~1994年6月30日間，中央氣象局台南氣象站(位於市中心)的能見度觀測資料，期望了解其季節性變化特性與當地懸浮微粒的變化相關，以及可能之氣象影響因子。為配合觀測資料以區分雲的影響，本文取綜觀時間白日8、9、11、14、17時及夜間20、21、23、2、5時的資料作分析。而環保署的PM10(懸浮微粒直徑小於 $10\mu\text{m}$ )濃度則取善化、安南與後甲的逐時資料。本文第二節為能見度分析，第三節為氣象因素分析，第四節為懸浮微粒濃度變化，第五節為結論。

## 二、能見度之氣候特性分析

能見度的決定，中央氣象局是採用目視法，先選定固定距離之不同目標物，再視觀測時可見之最遠目標物的距離，訂定為當時之能見度。因此，能見度均是固定值的公里數。

當然能見度可能受雲、雨、霧、以及懸浮微粒的影響，而致造成不同的視程。因此，要辨明懸浮微粒的影響，就須界定「有雲時」與「晴朗時」的能見度。為進行此項工作，吾人乃採用氣象局之雲量資料為分析依據，也即取雲量為0(無雲)之時為「晴朗時」，否則即為「有雲時」。在此必須說明：氣象局對於雲量的觀測，也是採用目視法，因此有相當主觀的因素在影響其判定。所以吾人也同時考慮放寬「晴朗時」的定義為：雲量在10%以下者，以一方面增加「晴朗時」數，另一方面允許人為主觀判定的誤差在分析過程中被考慮到。

圖1為台南站1993年7月1日~1994年6月30日間，白日平均能見度變化圖。大略上，能見度介於4~26公里間，且明顯地在9月~4月間，能見度多小於15公里；其他月份則多於15公里，並以7、8月能見度最佳。

## Tainan 7/1/93 - 6/30/94

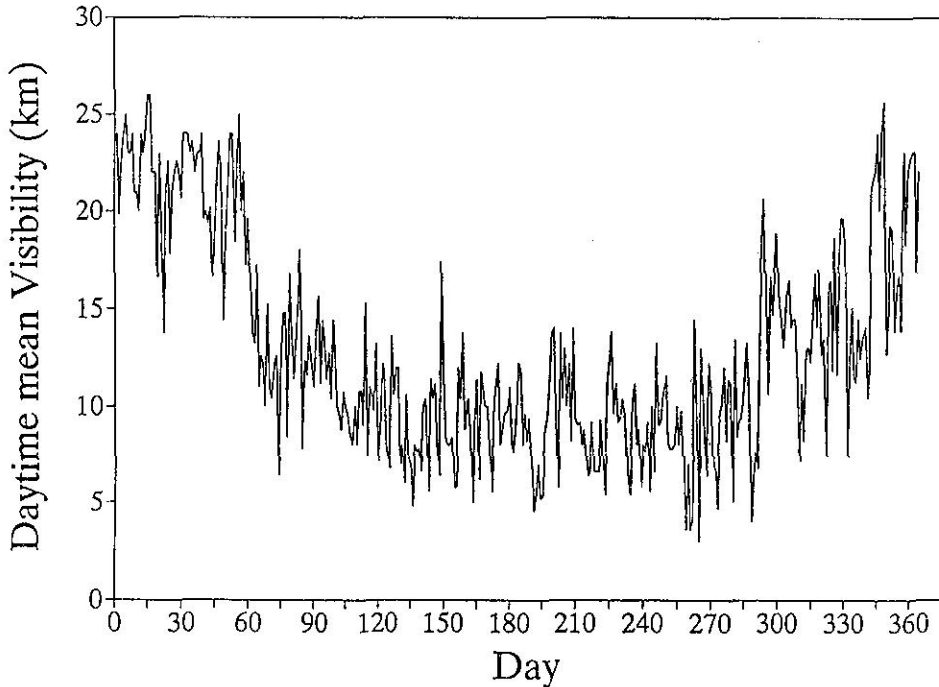


圖 1 台南氣象站1993年7月1日~1994年6月30日逐日平均能見度變化圖。

圖2a為逐月「晴朗時」(clear sky)的月平均能見度變化圖，圖中並且說明「晴朗時」在各月份內所佔的白日觀測時數(8,9,11,14與17時)的百分比(frequency)。另外，圖2a內亦比較放寬「晴朗時」之定義為雲量在10%以下者(clear sky + 10% cloud)，所得逐月之平均能見度與出現百分比。譬如1993年7月份，若只採用雲量為0之定義，則「晴朗時」出現的百分比為約3%，相當於白日觀測時數5小時，所得平均能見度為23公里。若放寬「晴朗時」的定義為雲量小於10%，則出現百分比為11%，相當於17個小時，所得平均能見度為19公里。

顯然，放寬「晴朗時」之定義為雲量小於10%，則一個月內出現符合此條件的小時數會增多，同時平均能見度會略下降。不過，由於吾人的研究興趣是在判定長期性變化特徵，因此若果統計個案數增多，而平均特性並未受到明顯影響，則此放寬條件應是可以接受的。

由圖2a所顯示的1993年7月~1994年6月間，

「晴朗時」平均能見度的變化，顯然並未因為「晴朗時」的定義條件放寬，而出現明顯不同。不過，「晴朗時」的出現百分比倒是在某些月份呈現倍數增加。大略上，吾人可以注意到：

「晴朗時」月平均能見度在9~4月間介於7~12公里，但在5,6,7,8月間，約介於15~23公里，且以7,8月能見度最佳。可是，「晴朗時」的每月出現百分比，卻為9~4月間高，其他月份低，且相差比例相當大。譬如12月~1月「晴朗時」出現百分比為約40%，6,7月才約5~11%。

每一月份內，相對於白日「晴朗時」的資料，即為白日「有雲時」(cloudy)。圖2b顯示白日(day)、白日「有雲時」(day-cloudy)與白日「晴朗時」(day-clear)的月平均能見度變化，均一致地出現9~4月能見度差，其他月份能見度佳的現象。顯然，這個特性，並不會因為有雲或無雲而有所不同！

簡而言之：吾人分析發現9~4月間白日平均能見度確實會較其他月份為差，且無論是在「晴朗

時」或在「有雲時」，其特徵都是一致的。另外，吾人也注意到「晴朗時」的出現百分比在9~4月間，較其他月份為高；也即天氣晴朗無雲的出現情況多，但為何能見度反而較差呢？

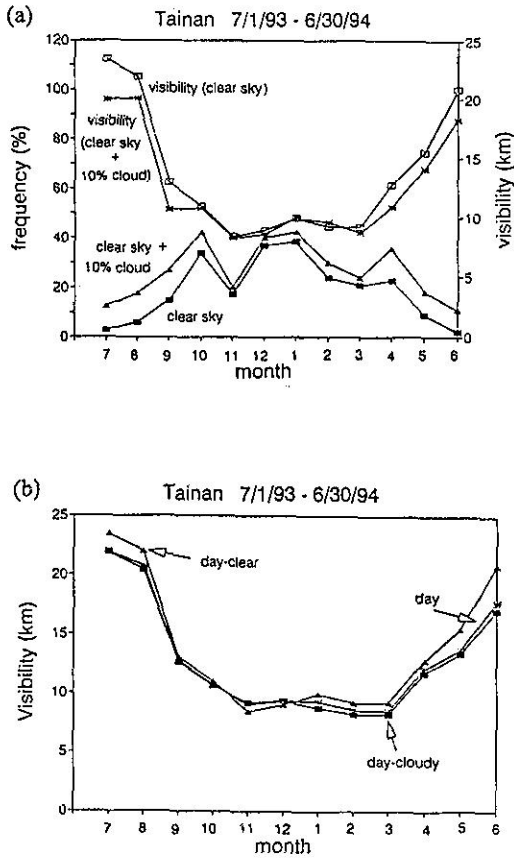


圖 2 台南氣象站1993年7月1日~1994年6月30日

- (a) 「晴朗時」(clear sky)，與稍放寬定義為雲量在10%(clear sky + 10% cloud)以下者之月平均能見度與出現百分出之比較。
- (b) 白日(day)，白日「有雲時」(day-cloudy)與白日「晴朗時」(day-clear)之月平均能見度的比較。

### 三、地面氣象因子分析

本節主要分析地面氣象因子的月際變化特性，以了解台南地區能見度在1993年7月~1994年6月間出現9-4月差與其他月份佳的大氣環境，並期望探討其相關性。

能影響能見度的氣候因子有相當多，在前一節吾人已了解雲量的有無，並不影響台南地區能見度的季節性變化。在圖3a~f中，吾人乃分析風向、風速、氣溫、相對濕度、絕對濕度與日照時數的逐月變化情形，並比較白日(day)、白日「晴朗時」(day-clear)、白日「有雲時」(day-cloudy)與夜晚(night)等月平均值的差異。

就風向而言，圖3a顯示10-3月為顯著北風，6-8月偏南風，9月與4-5月則為風向變動期，這些特徵(除6、7月外)並不因為是白日、晴朗、有雲或夜晚而大異。但就風速而言，圖3b顯示夜晚的風速平均小於白日，且有10-3月大於其他月份的情形。換言之，盛行北風在10-3月間確實使得夜晚維持最高風速。不過，就白日、晴朗或無雲等平均狀況而言，風速的逐月變化特性就不若夜晚明顯。其原因是因為白日熱力性區域環流明顯，會影響白日風速的變化；而夜晚時，氣層穩定，比較能反應盛行風場的風速變化情形。

至於在氣溫方面(圖3c)，月平均氣溫在冬季最低、夏季最高的現象，並不因為白日、晴朗、有雲或夜晚之不同而大異。雖然12月白日晴朗下的平均氣溫明顯較11月回升，但並不影響整個季節性變化趨勢。至於相對濕度方面(圖3d)，當然夜晚時因為氣溫低而濕度偏高，但是整體而言，並無明顯季節性變動現象。不過，若分析水汽分壓(圖3e)，也即是單位空氣中水汽的絕對含量，則可注意到1月為水汽分壓最低的月份，6、7月則為最高的月份，也即其變化略似氣溫的變化，如此也即可說明相對濕度為何反而無明顯季節性變化。由於10-3月間空氣相當乾燥，降雨量當然也是非常稀少，此為中南部之乾旱期(圖4)。9月與4月則分別為氣候變動期，5-8月反而水汽含量大，降雨亦多。

日照時數(sunshine duration hour)之定義為每1小時內之日照時數，所以為0~1。圖3f顯示：白日與白日「有雲時」的月平均日照時數在11-3月間為低值(介於0.18~0.4)，其他月份多在0.45~0.75之間。而白日「晴朗時」，亦有5、6、7、8月平均日照時數大，而9月~4月平均日照時數較小的現象。此與圖2a所顯示之白日「晴朗時」之出現頻率，在10-4月間較其他月份為高的事實，顯然呈現負相關

現象。為何秋、冬、春季，出現晴朗有雲的機率較5、6、7、8月為大，但平均日照時數卻反而較5、6、7、8月為少呢？

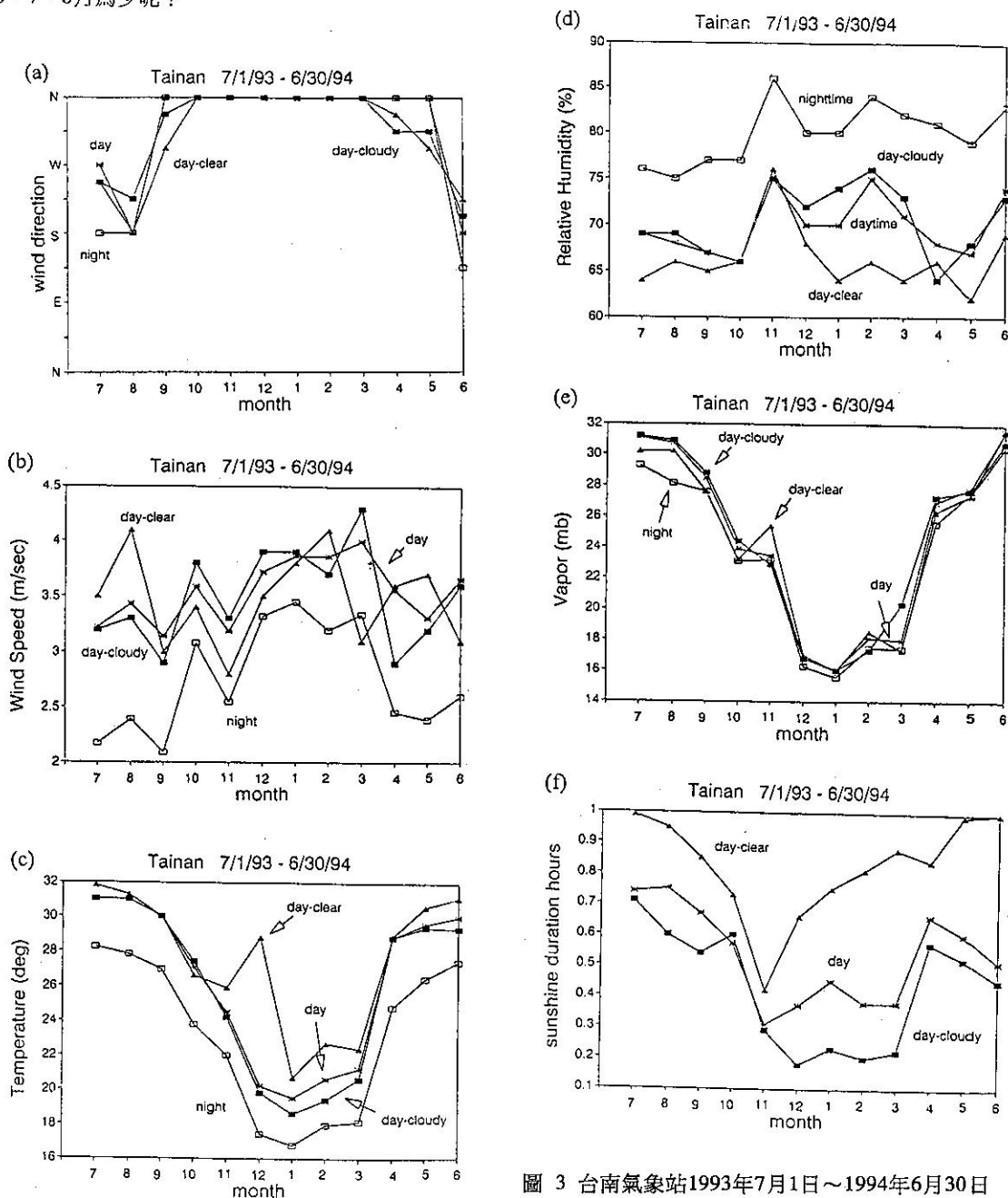


圖 3 台南氣象站1993年7月1日~1994年6月30日  
 白日(day)，白日「有雲時」(day-cloudy)與  
 白日「晴朗時」(day-clear)下之月平均(a)風  
 向，(b)風速，與(c)氣溫

圖 3 台南氣象站1993年7月1日~1994年6月30日  
 白日(day)，白日「有雲時」(day-cloudy)與白  
 日「晴朗時」(day-clear)下之月平均(d)相對  
 濕度，(e)絕對濕度(水汽分壓)，與(f)日照時  
 數

整體而言，台南地區在1993年7月-1994年6月出現10-3月氣溫低，盛行北風且夜晚風速大，同時空氣乾燥，水汽含量少，降雨少，因此晴朗時出現頻率亦高。但是天乾物旱，盛行風強，塵埃、枯葉飛揚，因此能見度反而是一年內最糟的。當然，日照因為受到懸浮微粒反射太陽輻射的影響，所以日照時數也同時下降。

以上採用地面氣象測站的資訊來說明能見度的月際變化與氣象因子的相關性，但是是否空氣中懸浮微粒的含量確實是在10-3月間為一年中最高呢？

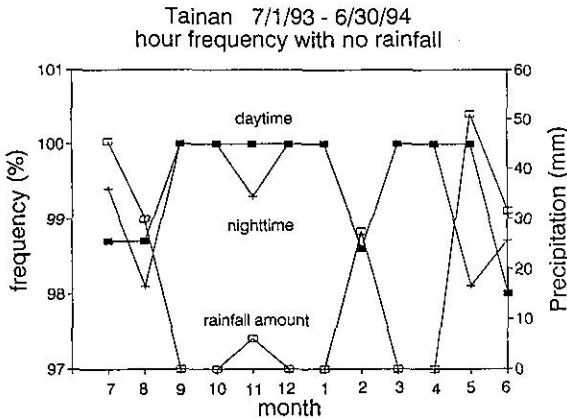


圖 4 台南氣象站1993年7月1日~1994年6月30日，每月白日(day time)與夜晚(night time)未降雨之小時出現頻率，以及月累積降雨量(rainfall amount)。

#### 四、懸浮微粒監測分析

行政院環保署在台南地區的三個空氣品質監測站，分別位於後甲、安南與善化(地理位置見圖5)，其所監測之空氣品質項目為PM10, SO<sub>2</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>與NMHC(非甲烷碳氫化合物)。其中PM10是直徑小於10 $\mu$ m的懸浮微粒。一般而言直徑小於10 $\mu$ m的粒子，對於人的呼吸器官影響最大，也同時能有效散射太陽輻射。

圖6顯示後甲站之逐日平均PM10濃度在1993年7月~1994年12月間的變動情形，明顯地7,8月PM10濃度最高在約50 $\mu$ g/m<sup>3</sup>上下，但進入9月就持續上升，11月時曾達245 $\mu$ g/m<sup>3</sup>高污染狀況，3月末亦曾出現類似狀況，不過在4月以後就逐步減少達

100 $\mu$ g/m<sup>3</sup>以下。顯然9-4月間PM10濃度明顯高於其他月份之濃度，此與能見度的變化呈現明顯負相關，也即PM10濃度高時，能見度也較差。大略上，圖6與圖1呈現明顯之負相關特性。

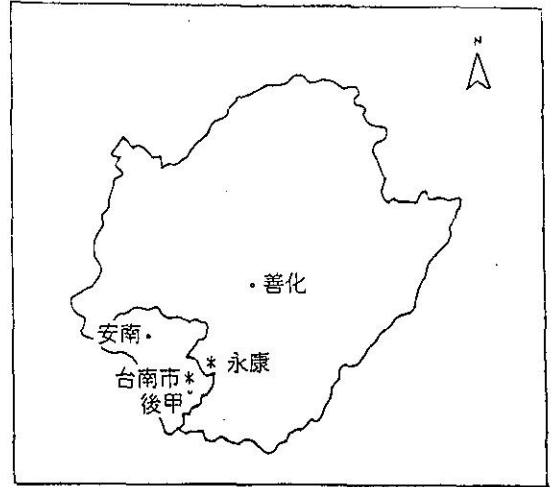


圖 5 台南市與永康鄉中央氣象局地面氣象站(以\*表示)，與環保署後甲、安南與善化空氣品質監測站(以.表示)位置圖。

為與前面分析的結果相互配合，圖7將後甲、安南與善化的PM10濃度資料，分為白日、夜晚與總月平均。顯然，無論是在白日或在夜晚，台南地區都出現9-4月濃度高於其他月份的特性，如後甲9-4月白日月平均PM10介於100-140 $\mu$ g/m<sup>3</sup>，其他月份則介於55-80 $\mu$ g/m<sup>3</sup>。這顯然支持吾人在前一章所提出之看法：台南地區秋、冬、春季盛行北風，風速強，且水汽含量低，因此塵埃落葉飛揚，應是大範圍地區的特性，而非僅是台南市區單點的特徵。

台南市環保局在市區內約設置六個人工懸浮微粒與落塵採樣站，一個月採樣二次，其在1993年7月~1994年6月間所得月平均結果如下：

	1993年						1994年					
	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
TSP(總懸浮微粒) ( $\mu$ g/m <sup>3</sup> )	88	107	145	122	208	134	192	177	161	77	92	148
落塵 (噸/平方公里/月)	5.5	3.6	12.8	15	19.4	16.7	21.2	28.6	24.8	16.7	12.3	12.0

大致上，也是呈現9-4月間落塵與總懸浮微粒量較高的現象。

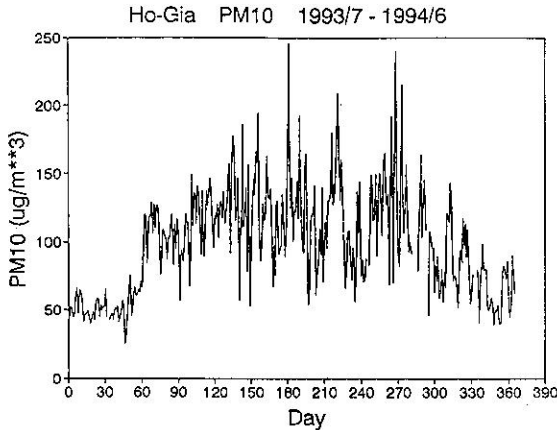


圖 6 台南地區後甲環保署空氣品質監測站，1993年7月1日~1994年6月30日逐日平均PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )之變化圖。

當然，更進一步的研究應該是分析懸浮微粒的化學組成，以了解塵埃落葉的成份，是否在9-4月間特別顯著，而工業、汽機車所排放之懸浮微粒是否並無明顯之9-4月間排放較高的現象。很可惜，目前並無這些資料可供分析。

### 五、結 論

本文嘗試利用台南市區內中央氣象局地面氣象站的綜觀時間觀測資料，分析能見度的季節性變化特性。發現當地月平均白日「晴朗時」能見度9-4月差(約介於7-12公里)，而其他月份佳(15-23公里)，且以7、8月最佳。而且此特徵，事實上並不會因為白日有雲或無雲的分析方式，而呈現不同的結果。此外，更令人驚訝的是：9-4月出現晴朗時的機率，是大於其他月份。如12月-1月「晴朗時」出現百分比約為40%，6-7月才約5-11%。為何台南市區秋、冬、春季天氣多晴朗無雲，但近地面能見度反而差呢？

經分析地面氣象因子之月際變化特性後，發現秋、冬、春季盛行北風，風速大，且水汽含量非常少，因此降雨少。換言之：天乾物旱，盛行風強，塵埃枯葉易於飛揚，因此近地面能見度才可能趨劣。

經與環保署設於後甲、安南與善化的三個空氣品質監測資料相比較，證實9-4月間直徑小於 $10\mu\text{m}$

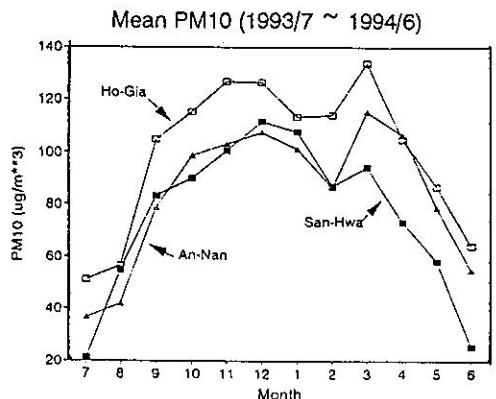
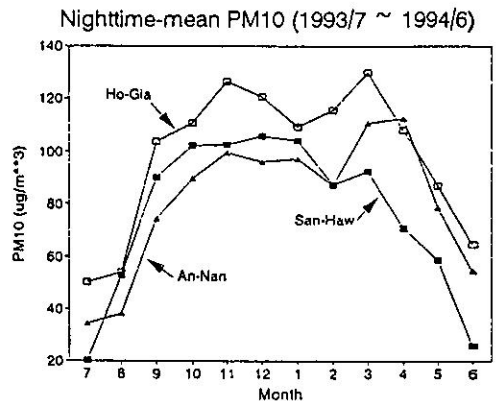
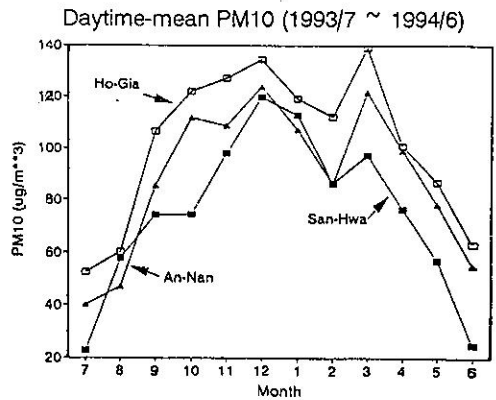


圖 7 台南地區後甲、安南與善化之環保署空氣品質監測站，1993年7月1日~1994年6月30日之各月平均(a)白日(day time)(b)夜晚(night time)與(c)總平均PM10( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )之變化圖。

的懸浮微粒(PM10)濃度，確實是大於其他月份的懸浮微粒。如後甲9-4月白日月平均PM10介於100-140  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，其他月份介於55-80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，類似的結論，亦可在台南市環保局之落塵與總懸浮微粒資料中獲得。可惜，環保署或地方環保局，並無充份之懸浮微粒成份分析資料。所以吾人無法了解9-4月與其他月份間之懸浮微粒成份的差別。

本文僅能視之為拋磚引玉的小品研究，主要目的在探討我國懸浮微粒污染是否已明顯散射太陽輻射，並影響近地面能見度。未來本文所提出之研究方法，當可繼續推廣到全台灣各地，以了解本地長期懸浮微粒增加對日照時數、能見度、甚至近地面太陽輻射通量的影響趨勢。

## 致 謝

本文在國科會專案計劃NSC84-2621-M-002-037支援下完成，並感謝中央氣象局、環保署等單位在資料上的提供，以及黃安城、李貞瑩和李敏瑜等各方面的協助。

## 參考文獻

中央氣象局，1994：台灣地區近百年氣候之變化。中央氣象局氣象科技研究中心，18頁。  
李崇德，1989：台灣地區懸浮微粒濃度與氣象關係之研究。EPA。  
李崇德，1992：台北都會區懸浮微粒粒徑分布的物理化學特性(I)。國科會研究報告NSC80-0421-E008-07Z，144頁。

李崇德，1993：台北都會區懸浮微粒分布的物理化學特性(II)。國科會研究報告NSC81-0421-E008-10Z，120頁。  
李崇德，1995：台灣地區懸浮微粒空氣污染問題及防治之研究。(III)台灣北部都會區氣懸微粒分佈之污染物特性分析。環保署研究報告EPA-84-E3F1-09-01，154頁。  
柳中明，1994：全球氣候變遷之不確定性：對流層內臭氧與懸浮微粒的影響。大氣科學，22，523-544。  
簡慶芳，1986：台北市能見度的變異性分析二1980-1984。台大大氣科學系碩士論文，76頁。  
蔣本基、張勝祺、樓基中，1995：台北地區懸浮微粒空氣污染問題及防治之研究。環保署研究報告EPA-84-E3F1-09-01，182頁。  
Sloane, C. S., 1982a: Visibility trends I: Methods of analysis. Atmos. Environ. 16, 41-51.  
Sloane, C. S., 1982b: Visibility trends II: Mideastern United States. Atmos. Environ. 16, 2309-2321.  
Trijonis, J. C., 1982: Existing and natural background levels of visibility and fine particles in the rural east, Atmos. Environ. 16, 2431-2445.  
Trijonis, J. C., W. C. Malm, M. Pitchford, W. H. White, 1990: Visibility: Existing and Historical Conditions - Causes and Effects. NAPAP (National Acid Precipitation Assessment Program), report 24, 200pp.

**A PRELIMINARY STUDY ON THE EFFECT OF AEROSOLS ON THE SURFACE  
VISIBILITY IN TAINAN**

**Chung-Ming Liu, K. C. Sheen**

Department of Atmospheric Sciences, National Taiwan University Taipei, Taiwan, R. O. C.

**Chea-Yuan Young**

Division of Air Pollution Protection and

Noise Control, Environmental Protection Administration, Executive Yuan, Taipei, Taiwan, R. O. C.

**ABSTRACTS**

In this paper, we have tried to relate the variation of the surface visibility with the meteorological factors and the aerosol loading in the Tainan region. In all, the visibility was poor during September and April (about 7-12km), and good during May and August (about 15-23km). Our analysis show that during September and April, the prevailing northerly was strong and dry, with frequent clear condition but low sunshine duration hours. This climatologically dry and windy season must have caused more dust and flying-leaves to flow over the Tainan region and hence resulted in the poorer visibility and lower sunshine duration hours. The PM10 data collected by the local EPA (Environmental Protection Administration) also supports this assumption. It is suggested that similar analysis can be done at other regions.

Key words: Visibility, Meteorological Factors, Aerosols