

# 濁水溪下游懸浮微粒與氣象因子關係之研究

錢滄海<sup>(1)</sup> 陳奕愷<sup>(2)</sup>

## 摘要

近年來由於台灣經濟之快速發展，導致開發範圍逐漸擴大，甚至擴展至河道區域，而於河道之中上游建築如堰壩之大型工程構造物對下游地區影響很大，甚至成為大氣中懸浮微粒 PM<sub>10</sub>(即粒徑小於 10 微米的顆粒)與 PM<sub>2.5</sub>(即粒徑小於 2.5 微米的顆粒)的主要來源。本研究蒐集濁水溪下游崙背、台西和斗六空氣品質監測站資料，以摘要統計、線性迴歸分析和相關性分析之技術，分別探討 PM<sub>10</sub> 及 PM<sub>2.5</sub> 與大氣溫度、相對濕度、風速等氣象因子之關係。分析說明空氣懸浮微粒隨著時間與氣象因子而有所變化，且空間位置不同也會有其特性，並利用模糊群集分析將風速分為三群後，其解釋能力最高可提升約 16%。而 PM<sub>10</sub> 及 PM<sub>2.5</sub> 有高度正相關，PM<sub>10</sub> 與氣象因子中之相對濕度相關性較高，但 PM<sub>2.5</sub> 與各氣象因子間相關性之差異不大。其獲得之結論可做為進一步之揚塵研究的參考。

(**關鍵字**：迴歸分析、相關分析、懸浮微粒、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>)

## A study of relationship among the suspended particles and meteorological factors at downstream of Jhuoshei River

*Chang-Hai Chien*<sup>(1)</sup> *Yi-Kai Chen*<sup>(2)</sup>

Assistant Professor<sup>(1)</sup>, Master Student<sup>(2)</sup>, Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan 402, R.O.C

## ABSTRACT

In recent years due to the rapid development of Taiwan's economy, the scope of development has expanded gradually. Some were extended to the river region. Building the large engineering structures (such as weirs or dams) in the middle-stream and upstream area has a great impact on the downstream areas. It even becomes the major source of suspended particles in the atmosphere: PM<sub>10</sub>

---

(1)Assistant Professor, Dept. of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University.

\* Corresponding Author. 國立中興大學水土保持學系助理教授，\*本文通訊作者

(2)Graduate Student, Dept. of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University.

國立中興大學水土保持學系研究生

(particle size less than 10 microns) and  $PM_{2.5}$  (particle size less than 2.5 micron particles). In this study, the data are collected from Lunbei, Taixi, and Douliu air quality monitoring stations in the downstream of Jhuoshei River. First, summary statistics are obtained. Then, regression analysis and correlation analysis are performed on the data to explore the relationship among  $PM_{10}$  (and  $PM_{2.5}$ ) and the weather factors (i.e., atmospheric temperature, relative humidity, and wind speed). Regression models are built to explain the variation of  $PM_{10}$  (and  $PM_{2.5}$ ) using atmospheric temperature, relative humidity, and wind speed as explanatory variables. Refined regression models are also built by dividing the data into three groups according the wind speed obtained from fuzzy C-means clustering. Most of the models increase their explanatory power dramatically. The results of correlation analysis show that  $PM_{10}$  and  $PM_{2.5}$  are highly positive correlated. The correlation of relative humidity and  $PM_{10}$  is higher than the other two factors. However, the correlation of any of the three factors and  $PM_{2.5}$  is not very high. The conclusions may server as a good reference to further of aeolian dust.

**(Keywords:** Regression Analysis, Correlation Analysis,  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ )

## 前言

早期臺灣以農業生產為主，而後漸漸轉向工業發展，工廠因而到處林立，各方面的需求也隨之增加，土地使用的需求也不例外，其開墾之範圍甚至擴展到河道區域。在農業與工業的消長中，揚塵對居民健康之影響也越趨明顯。其實不僅工廠的面積大幅度增加，裸地的面積也一樣大幅度增加，加上集集攔河堰、六輕工業園區等大型工程之興建與如 921 大地震和 88 水災等巨大天災之衝擊，都直接或間接地造成空氣中懸浮微粒數量的增加。在空氣中懸浮的微粒可分為固體與液體兩種微粒，均不易察覺但卻對人體健康有不好的影響，其最主要來源為工業工廠、裸地與沙塵暴等。

醫學相關研究指出，空氣中粒徑較小的顆粒較容易沉積於呼吸道內，很可能引起呼

吸道疾病或使該類疾病惡化(Dockery et al., 1996)。有關空氣污染方面之研究亦指出：細顆粒濃度之高低與死亡率或發病率成正比(Krewski et al., 2000)。細顆粒濃度增加之主要原因可能為來自於工業產生之氣膠結構的化學物質、裸地產生之揚塵與沙漠地區長程傳播而來之沙塵。

有鑑於此，本國環保署於 2005 年開始測定與收集顆粒粒徑小於 2.5 微米(即  $PM_{2.5}$ )之容易進入肺泡的顆粒，是由於本國空氣品質監測站出現  $PM_{2.5}$  資料最早為 2005 年。但相較於美國環保署於 1987 年開始  $PM_{10}$  濃度測定與 1997 年開始  $PM_{2.5}$  濃度測定(USEPA,1997)，2006 年提出  $PM_{2.5}$  與慢性呼吸道阻塞(COPD)有密切的關係(USEPA,2006)。其中以  $PM_{10}$  為國內學者較常研究的對象，此乃因其觀測較  $PM_{2.5}$  容易，但美國學者目前則以  $PM_{2.5}$  之研究為重點。

本文即針對中部濁水溪下游之揚塵問題，蒐集環保署空氣品質監測站 PM<sub>10</sub> 與 PM<sub>2.5</sub> 與氣象因子(溫度、濕度和風速) 加以分析，由於 2004 年之前無 PM<sub>2.5</sub> 資料，故收集最靠近濁水溪口的三個空氣品質監測站自為 2005 年至 2011 年共 7 年之資料，以探討空氣懸浮微粒與氣象因子之間的關係。

### 研究樣區

濁水溪為台灣最長之河川，全長約 186 公里，流域面積約 3,155 平方公里，乃發源於合歡山，其支流繁多。濁水河流域為一沖積扇平原，東以中央山脈為界，西臨台灣海峽，北鄰烏溪流域，南接玉山，地形略呈南北走向。

濁水溪下游河床受到上游地區之影響，其沙粒粒徑比其他流域細，且地質鬆軟，故更容易造成其下游地區之淤積。又因為上游構造物造成粗、細粒徑之分離，容易造成下游鄰近區域發生嚴重揚塵問題。不僅空氣品質會降低，也嚴重危害到居民的健康。

濁水溪下游三個較靠近之空氣品質監測站位置如圖 1 所示，這三個監測站為崙背、台西與斗六。本研究即以此三監測站資料來進行分析，此三站皆位於濁水溪南岸，且與河口之距離有明顯的差距，因此可解釋河口與內陸之差異。

在分析之前先行剔除缺值、人為錯誤或儀器錯誤等之不可靠與不合理資料。由於空氣品質監測站資料皆為小時值(每小時一筆)，為了使平均資料較為準確，與取有效且合理之資料值加以平均。



測站名稱	X	Y
台西	167852	2624182
崙背	182758	2628495
斗六	203581	2623181

圖 1 空氣品質監測站位置圖與 97 坐標位置  
Figure 1 Location of air quality monitoring stations and stations 97 coordinates

### 研究流程

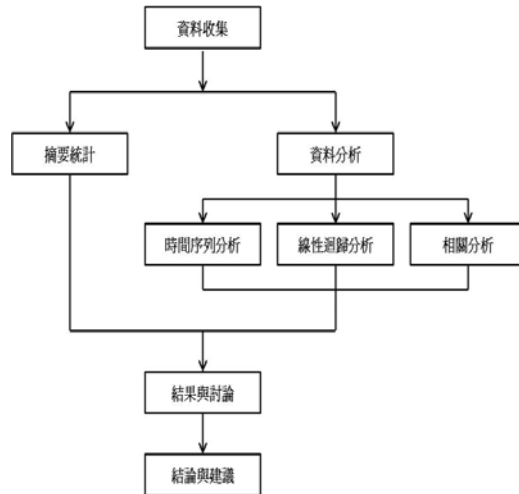


圖 2 研究流程圖  
Figure 2 Flowchart of the study

## 研究方法

### 一、摘要統計

摘要統計量主要被用來描述資料的分布特性，如資料的中心位置、分散程度、是否對稱等，其中平均值與中位數經常用來表示資料的中心，而範圍、四分位距(IQR=Q2-Q1)與變異數則用來表示資料的分散程度，偏態係數則可表示資料分布是否對稱，而峰度係數則可以用來分辨資料峰是否符合常態分佈，而變異係數則可比較不同變數的分散程度。

### 二、線性迴歸分析與相關分析

迴歸分析中，若只有一個解釋變數且與反應變數有線性關係者，稱為簡單線性迴歸。若含兩個以上解釋變數者則稱為多元線性迴歸。反應變數為將要預測的變數，解釋變數為用於預測反應變數的變數。簡單線性迴歸模型可以下式表示：

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \quad (1)$$

式中 $\beta_0$ 及 $\beta_1$ 為迴歸係數而 $\varepsilon$ 為隨機誤差，表示 $y$ 與 $x$ 之關係不是確定性的。迴歸方程式一般以下式表示：

$$E(y) = \beta_0 + \beta_1 x \quad (2)$$

其中 $E(y)$ 為對應於 $x$ 的 $y$ 之期望值， $\beta_0$ 及 $\beta_1$ 為模式之參數，須由資料來估計，最小平方方法為最常用的估計方法，滿足(3)式的 $\beta_0$ 與 $\beta_1$ 即為最佳無偏估計值。

$$\min \sum (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (3)$$

上式中 $y_i$ 為 $y$ 的第 $i$ 個觀測值， $\hat{y}_i$ 為 $y_i$ 的預測值。另外，由變方分析可得如下關係

$$SST = SSR + SSE \quad (4)$$

式中 $SST$ 為觀測值之平方和， $SSR$ 為可由迴歸變數解釋之平方和， $SSE$ 則為殘差平方和。

由式(4)可知完美直線關係將發生於 $SSE=0$ 時，即 $SSR/SST=1$ ；反之， $SSE$ 的最大值將發生於 $SSR=0$ 時，即當 $SSE=SST$ 時。一般將判定係數定義為 $SSR/SST$ ，其值介於0與1之間，並以 $R^2$ 表示之，即

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} \quad (5)$$

它與皮耳生相關係數之關係密切，皮耳生相關係數 $r_{xy}$ 之定義如下：

$$r_{xy} = \frac{S_{xy}}{S_x S_y} \quad (6)$$

其中 $S_{xy}$ 為 $x$ 與 $y$ 之共變異數， $S_x$ 為 $x$ 之標準偏差， $S_y$ 為 $y$ 之標準偏差，也可由判定係數 $R^2$ 求得，即

$$r_{xy} = (\beta_1 \text{之符號}) \sqrt{R^2} \quad (7)$$

式中 $\beta_1$ 為(2)中之迴歸係數， $R^2$ 則為判定係數。樣本相關係數之值介於-1至1之間，可用來解釋兩變數間之線性關係。其符號則可顯示其相關的方向，正相關表示當自變數增加時反應變數也隨著增加；負相關則反之。

## 結果與討論

## 一、摘要統計

日平均資料之主要統計量摘要於表 1 至表 3。崙背、斗六和台西空三個氣品質監測站之溫度和相對濕度相差較小。但三站之風速則差異很大，其可能原因為台西站較靠近濁水溪河口，因此受到海風的影響較大，對斗六站的影響最小，崙背站則介於兩者之間。但是  $PM_{10}$  與  $PM_{2.5}$  則不同：利用平均值、眾數與中位數分析， $PM_{10}$  以崙背站之值較高，斗六站次之，台西站則最低。顯然與河道的垂直距離有關，因河道裸露地較多，細顆粒較多，故其濃度自然較高。而  $PM_{2.5}$  則以斗六站為較高，次之為崙背站，台西站則最低，可能是受風速與地形影響之故。

三站共同之處概述如下：由標準偏差可知資料分散之程度，其中以  $PM_{10}$  最大，其次為  $PM_{2.5}$ ，而最小者為風速。變異係數和範圍可用來比較分散程度，最分散的是  $PM_{10}$ ，其次為  $PM_{2.5}$ ，最為集中的為相對濕度。最後利用偏態係數與峰度係數判別資料是否對稱與常態分布，由表中可知崙背、斗六和台西三個空氣品質監測站之各項資料皆非對稱也非常態分布。

## 二、年、月和日時間序列資料分析

在圖 3 至圖 17 中，藍色表示崙背資料，綠色表示斗六資料，紅色表示台西資料。

圖 3 至圖 7 為 2005 年至 2011 年平均資料，由圖中可看出，三個測站  $PM_{10}$  和  $PM_{2.5}$  於 2009 年有明顯上升趨勢，從環保署網站查詢是由於台中火力發電廠與烏日焚化廠之排放與燃燒有密切之關係。斗六與台西的溫度

在 2008 年達到最高，之後則逐年下降，而相對濕度有逐年增加的趨勢，風速之變化則不明顯。

圖 8 至圖 12 為各項資料之月平均時間序列，第一筆資料為 2005 年 1 月之資料，最後一筆則為 2011 年 12 月之資料。圖 8 與圖 9 顯示崙背站與台西站之  $PM_{10}$  和  $PM_{2.5}$  有較高值的出現，圖 10 則顯示相對濕度有逐年升高的趨勢。圖 12 顯示風速以台西站之變動最大，而斗六站則變化較小。由圖中可明顯看出  $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$ 、溫度和風速有明顯的季節性變化。

圖 13 至圖 17 為各因子之日平均時間序列，由於月資料是由日資料平均得到，故其將變動幅度減小且資料筆數也減少，較容易觀察資料項間的關係。由日平均也可大略看出有季節性的變化，其中以溫度最為明顯，夏季較高，雖然 2008 年的資料有點問題仍不影響對長時間趨勢的判斷。風速、 $PM_{10}$  和  $PM_{2.5}$  則反之，以冬季較高，濕度則無明顯之季節變化性。

隨著時間尺度的改變，資料的準確度也會隨著改變。因為日平均是由測站原始 24 小時資料平均得到，之後再轉換為月資料和年資料，不斷的平均會使資料變的更平滑，不過年資料和月資料則可以較容易看出各因子的長期趨勢。

表 1 崙背站之摘要統計量

Table 1 Summary statistics of Lunbei Station

統計量	PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM <sub>2.5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	溫度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	相對溼度 (%)	風速 (m/sec)
平均值	68.27	36.68	23.45	76.52	2.93
眾數	38	13.54	20.73	72.48	1.56
中位數	64.43	33.6	24.48	77.07	2.61
最大值	224	114.25	30.87	95.77	9.13
範圍	213.04	107.79	22.98	61.25	8.44
變異數	1084.59	330.22	23.32	51.25	1.66
標準偏差	32.93	18.17	4.83	7.16	1.29
變異係數	0.48	0.5	0.21	0.09	0.44
偏態係數	0.7	0.83	-0.52	-0.84	1.13
峰度係數	3.28	3.49	2.27	5.04	4.17

表 2 斗六站之摘要統計量

Table 2 Summary statistics of Douliu Station

統計量	PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM <sub>2.5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	溫度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	相對溼度 (%)	風速 (m/sec)
平均值	66	42.03	24.92	72.92	1.67
眾數	29.13	22.33	28.25	70.96	1.6
中位數	62.67	39.83	26.6	72.82	1.56
最大值	190.2	118.74	33.63	93.91	5.16
範圍	179.43	111.57	24.74	48.77	4.54
變異數	975.97	403.73	22.21	46.87	0.3
標準偏差	31.24	20.09	4.71	6.85	0.55
變異係數	0.47	0.48	0.19	0.09	0.33
偏態係數	0.57	0.57	-0.81	-0.03	1.5
峰度係數	2.83	2.79	2.68	3.29	6.35

表 3 台西站之摘要統計量

Table 3 Summary statistics of Taixi Station

統計量	PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM <sub>2.5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	溫度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	相對溼度 (%)	風速 (m/sec)	統計量	PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM <sub>2.5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	溫度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	相對溼度 (%)	風速 (m/sec)
平均值	53.27	29.91	24.51	79.26	5.31	變異數	742.82	267.62	21.49	48.5	8.01
眾數	22	16.13	29.67	80.96	2.33	標準偏差	27.25	16.36	4.64	6.96	2.83
中位數	48.55	26.79	26.03	80.19	4.36	變異係數	0.51	0.55	0.19	0.09	0.53
最大值	156.33	92	30.9	96.43	16.36	偏態係數	0.83	0.85	-0.83	-1.2	0.95
中位數	48.55	26.79	26.03	80.19	4.36	峰度係數	3.33	3.4	2.64	5.89	3.11
範圍	151.21	90.13	21.71	55.69	15.41						

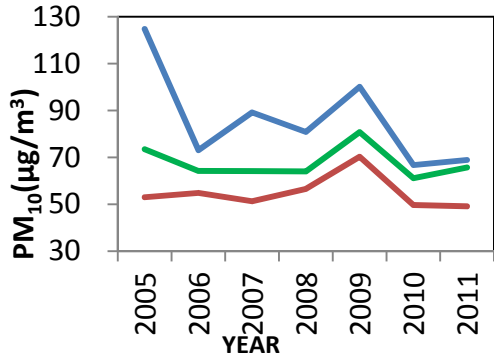


圖 3 PM<sub>10</sub>年平均值  
Figure 3 Yearly average of PM<sub>10</sub>

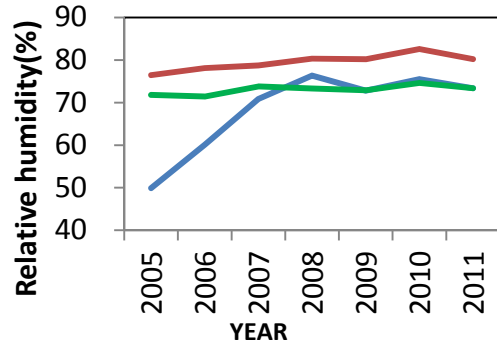


圖 6 相對溼度年平均值  
Figure 6 Yearly average of relative humidity

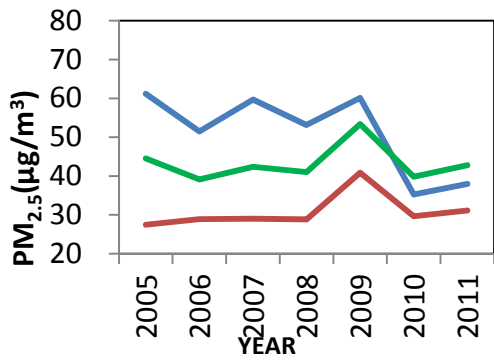


圖 4 PM<sub>2.5</sub>年平均值  
Figure 4 Yearly average of PM<sub>2.5</sub>

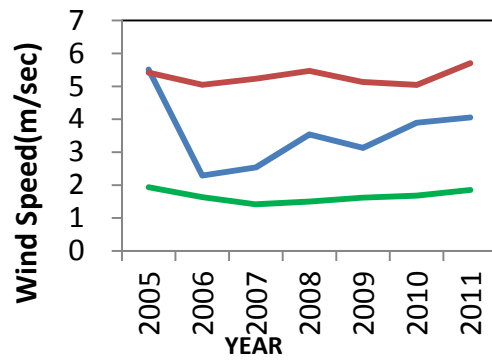


圖 7 風速年平均值  
Figure 7 Yearly average of wind speed

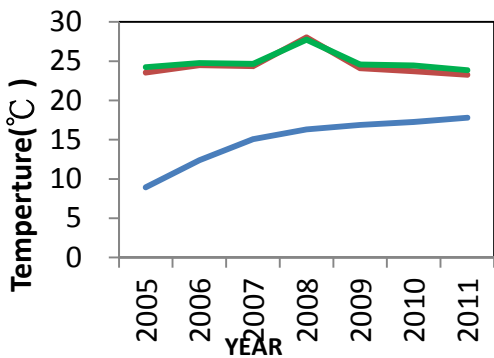


圖 5 溫度年平均值  
Figure 5 Yearly average of temperature

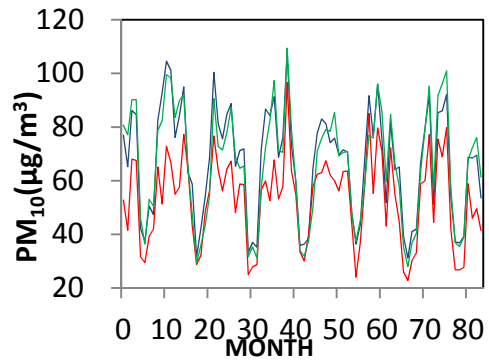


圖 8 PM<sub>10</sub>月平均值  
Figure 8 Monthly average of PM<sub>10</sub>

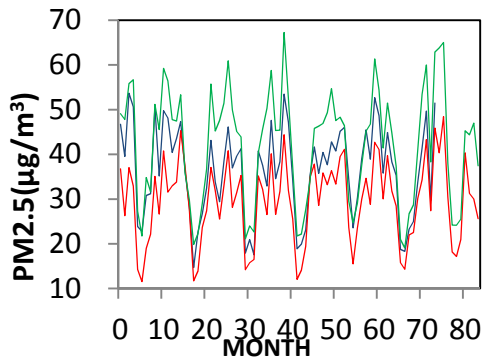


圖 9 PM<sub>2.5</sub> 月平均值

Figure 9 Monthly average of PM<sub>2.5</sub>.

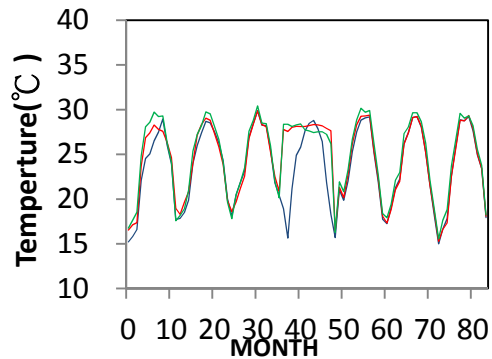


圖 10 溫度月平均值

Figure 10 Monthly average of temperature

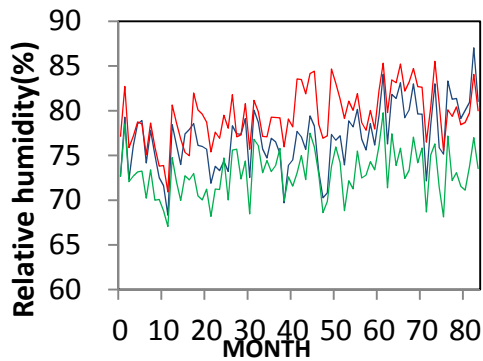


圖 11 相對溼度月平均值

Figure 11 Monthly average of relative humidity

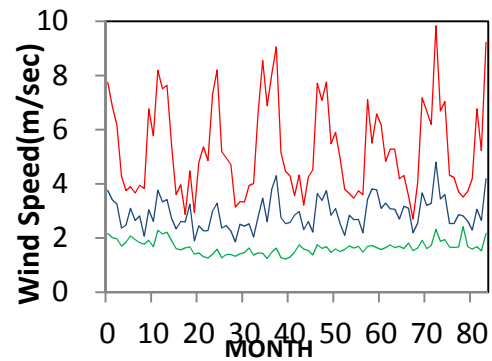


圖 12 風速月平均值

Figure 12 Monthly average of wind speed

### 三、日資料 PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub> 線性迴歸分析

由於日資料量過多，故隨機選取總資料之十分之一(約兩百五十筆資料)來進行分析，以了解氣象因子對於 PM<sub>10</sub> 與 PM<sub>2.5</sub> 之間的關係。

分析結果列於表 4 至表 9。表 4 與表 5 線為崙背站之分析結果，表 6 與表 7 為斗六站之分析結果，表 8 與表 9 為台西站之分析結果。單一解釋變數迴歸 PM<sub>10</sub> 模式以溫度之解釋能力較高，而風速之解釋能力最低。而

雙變數則以溫度和濕度搭配有較高之解釋能力。所有三個測站之包含全部三個解釋變數的模式 R<sup>2</sup> 都達 0.25 以上。PM<sub>2.5</sub> 之迴歸模式時也以溫度之解釋能力最高，與 PM<sub>10</sub> 模式之處為在雙變數時，溫度和風速的組合效果較佳。

包含將三個因子之模式其解釋能力較 PM<sub>10</sub> 模是高一些，溫度、濕度和風速與 PM<sub>10</sub>(或 PM<sub>2.5</sub>)皆呈負相關。其中模式 L3a，由於其 R<sup>2</sup> 為 0，解釋能力過低故不列入分析。



但利用三測站之比較，風速與空氣懸浮微粒呈負相關較為明顯。

多位學者研究也表示空氣懸浮微粒與風速呈負相關(程萬里等,2000; Monn et al,1995; 莊秉潔等,1993)，而經過風洞試驗說明裸露地之揚塵風速起始值約為 5m/s，若超過 6m/s 時，風速與揚塵成指數增加，但若超過一特定風速上限則會反之下降 (蔡春進等,1997)。

故此，為進一步探討風速與 PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub> 的關係，利用 MATLAB 之模糊群集分析函數將各站之風速分成三群，即將各站之風速範圍分為低、中和高三類，再針對各類進行迴歸分析。

表 10 為分析之結果，分類後多數模式之解釋能力都有提高，尤其是崙背站和斗六

站風速較高之類別，其 PM<sub>10</sub> 與 PM<sub>2.5</sub> 的迴歸方程式之 R<sup>2</sup> 均提高到 0.4 上下，台西站的 PM<sub>10</sub> 迴歸模式也有類似的結果；不過台西站之 T8a 和 T8b 模式則為例外，其解釋能力反而降低。

且說明當風速在未分區資料中對於揚塵之影響為負相關，但若將其分為低、中和高三分類則可以大略看出其不同之影響。以表 10 中之 L8a 與 L8b 模式高風速區間為例，當風速約 5m/s 落於區間分類時，風速與懸浮微粒為正相關。而 D8a 和 D8b 模式高風速區間由於風速大於 5m/s 之資料過少，所以還是顯示負相關。但是 T8a 與 T8b 模式高風速區間則有兩種結果，說明上述風速與揚塵呈正相關之風速上限落於此區域。

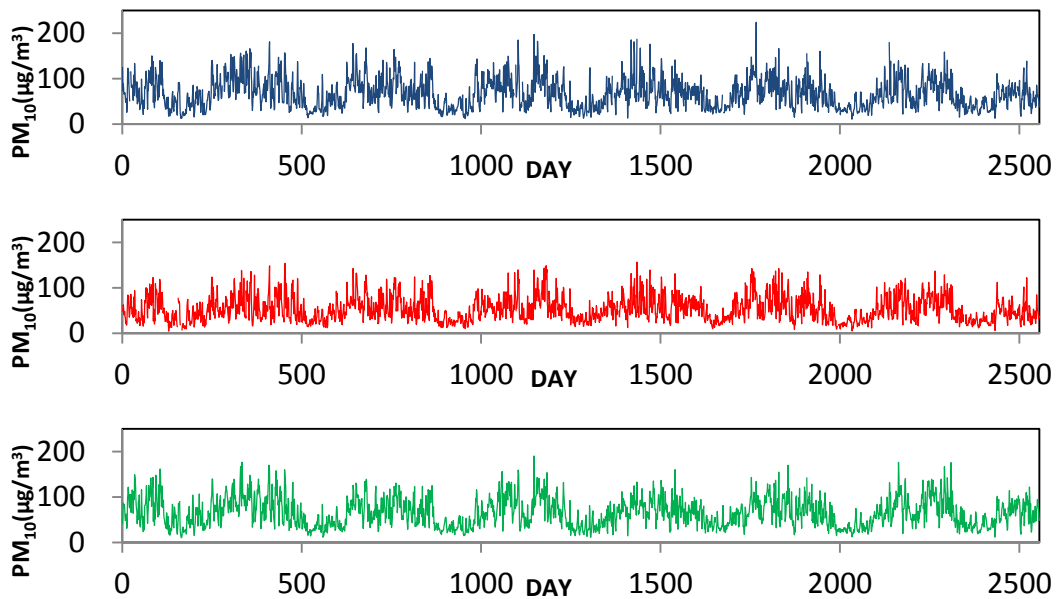


圖 13 PM<sub>10</sub> 日平均值

Figure 13 Daily average of PM<sub>10</sub>

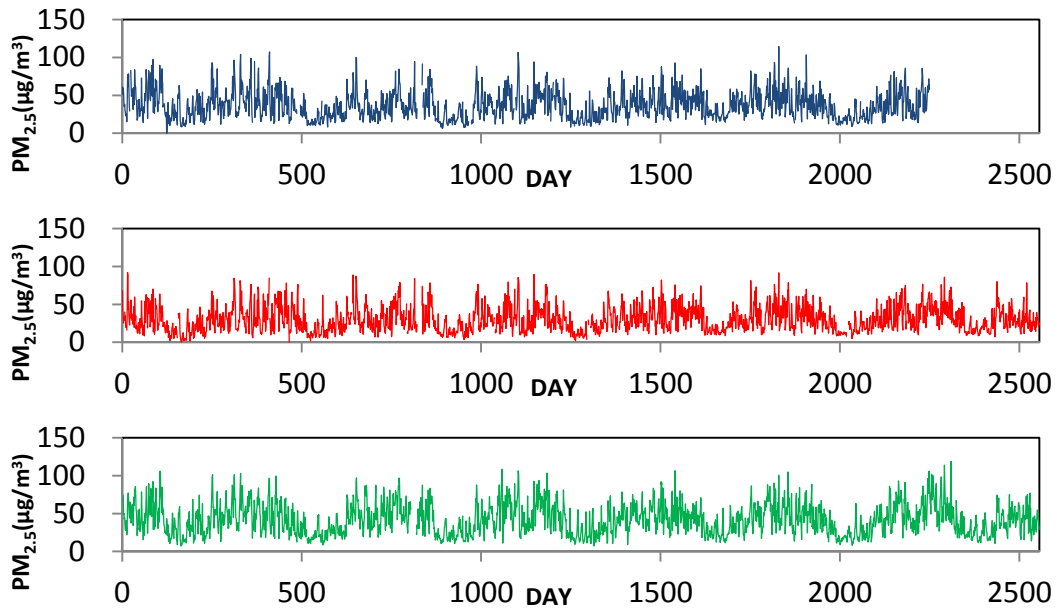


圖 14 PM<sub>2.5</sub> 日平均值

Figure 14 Daily average of PM<sub>2.5</sub>

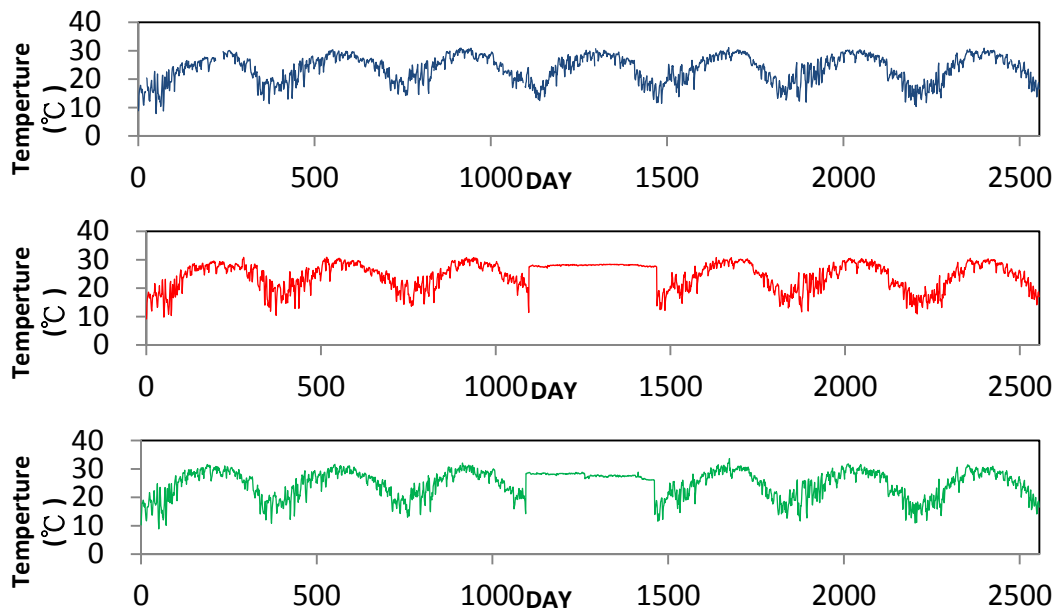


圖 15 溫度日平均值

Figure 15 Daily average of temperature

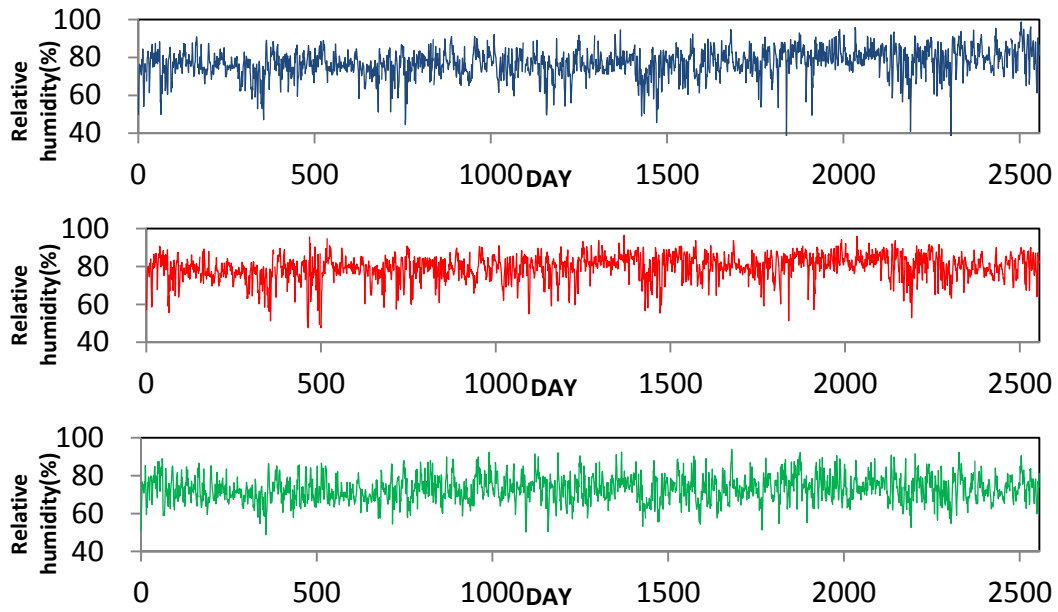


圖 16 相對溼度日平均值

Figure 16 Daily average of relative humidity

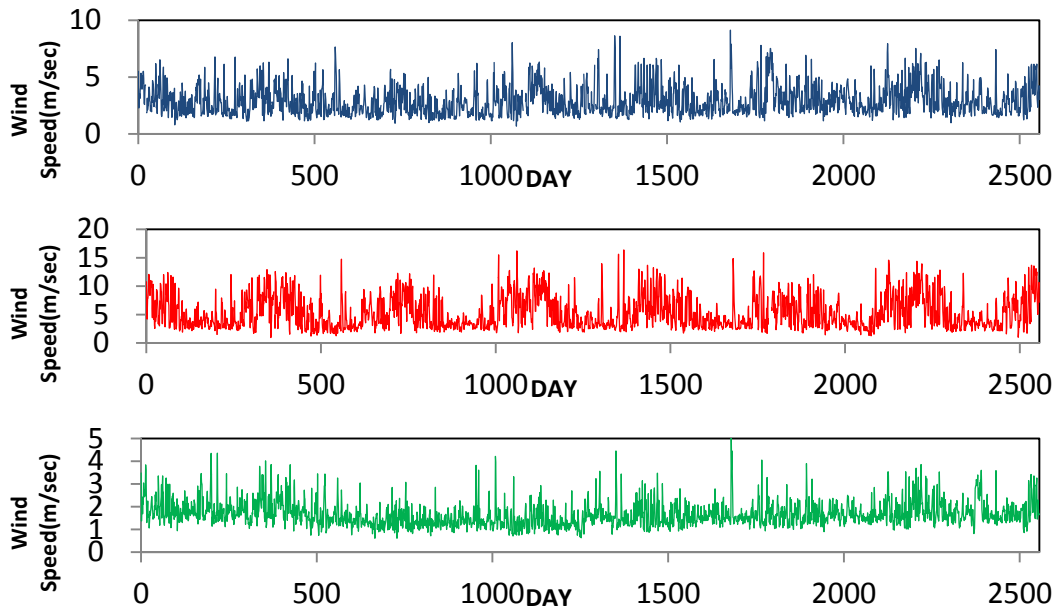


圖 17 風速日平均值

Figure 17 Daily average of wind speed

表 4 崙背站之 PM<sub>10</sub> 迴歸模式

Table 4 PM<sub>10</sub> regression models for Lunbei Station

模式編號	迴歸方程式	R <sup>2</sup>	預測變數
L1a	PM <sub>10</sub> = 120.0-2.24T	0.11	溫度(T)
L2a	PM <sub>10</sub> = 211.3-1.87RH	0.17	相對溼度(RH)
L3a	PM <sub>10</sub> = 66.9+0.10W	0	風速(W)
L4a	PM <sub>10</sub> = 244.8-1.94T-1.72RH	0.25	溫度、相對溼度
L5a	PM <sub>10</sub> = 139.3-2.63T-3.55W	0.13	溫度、風速
L6a	PM <sub>10</sub> = 215.8-1.90RH-1.01W	0.17	相對溼度、風速
L7a	PM <sub>10</sub> = 271.9-2.40T-1.77RH-4.26W	0.28	溫度、相對溼度、風速

表 5 崙背站之 PM<sub>2.5</sub> 迴歸模式

Table 5 PM<sub>2.5</sub> regression models for Lunbei Station

模式編號	迴歸方程式	R <sup>2</sup>	預測變數
L1b	PM <sub>2.5</sub> = 63.8-1.15T	0.1	溫度(T)
L2b	PM <sub>2.5</sub> = 77.1-0.53RH	0.04	相對溼度(RH)
L3b	PM <sub>2.5</sub> = 45.4-3.08W	0.06	風速(W)
L4b	PM <sub>2.5</sub> = 95.7-1.08T-0.44RH	0.13	溫度、相對溼度
L5b	PM <sub>2.5</sub> = 93.8-1.76T-5.52W	0.25	溫度、風速
L6b	PM <sub>2.5</sub> = 92.5-0.60RH-3.43W	0.11	相對溼度、風速
L7b	PM <sub>2.5</sub> = 132.1-1.69T-0.51RH-5.73W	0.29	溫度、相對溼度、風速

表 6 斗六站之 PM<sub>10</sub> 迴歸模式

Table 6 PM<sub>10</sub> regression models for Douliu Station

模式編號	迴歸方程式	R <sup>2</sup>	預測變數
D1a	PM <sub>10</sub> = 120.2-2.16T	0.1	溫度(T)
D2a	PM <sub>10</sub> = 167.5-1.39RH	0.09	相對溼度(RH)
D3a	PM <sub>10</sub> = 80.9-8.67W	0.02	風速(W)
D4a	PM <sub>10</sub> = 249.7-2.53T-1.65RH	0.23	溫度、相對溼度
D5a	PM <sub>10</sub> = 163.8-2.79T-16.67W	0.17	溫度、風速
D6a	PM <sub>10</sub> = 181.9-1.39RH-8.65W	0.11	相對溼度、風速
D7a	PM <sub>10</sub> = 302.0-3.22T-1.72RH-17.88W	0.31	溫度、相對溼度、風速

表 7 斗六站之 PM<sub>2.5</sub> 迴歸模式

Table 7 PM<sub>2.5</sub> regression models for Douliu Station

模式編號	迴歸方程式	R <sup>2</sup>	預測變數
D1b	PM <sub>2.5</sub> = 77.1-1.39T	0.1	溫度(T)
D2b	PM <sub>2.5</sub> = 95.2-0.73RH	0.06	相對溼度(RH)
D3b	PM <sub>2.5</sub> = 57.5-9.04W	0.06	風速(W)
D4b	PM <sub>2.5</sub> = 146.9-1.59T-0.89RH	0.19	溫度、相對溼度
D5b	PM <sub>2.5</sub> = 115.4-1.95T-14.63W	0.23	溫度、風速
D6b	PM <sub>2.5</sub> = 110.2-0.72RH-9.03W	0.11	相對溼度、風速
D7b	PM <sub>2.5</sub> = 191.6-2.19T-0.95RH-15.30W	0.33	溫度、相對溼度、風速

表 8 台西站之 PM<sub>10</sub> 迴歸模式

Table 8 PM<sub>10</sub> regression models for Taixi Station

模式編號	迴歸方程式	R <sup>2</sup>	預測變數
T1a	PM <sub>10</sub> = 121.2-2.13T	0.1	溫度(T)
T2a	PM <sub>10</sub> = 134.9-0.94RH	0.05	相對溼度(RH)
T3a	PM <sub>10</sub> = 88.1-12.66W	0.04	風速(W)
T4a	PM <sub>10</sub> = 227.8-2.57T-1.32RH	0.19	溫度、相對溼度
T5a	PM <sub>10</sub> = 154.9-2.39T-16.35W	0.17	溫度、風速
T6a	PM <sub>10</sub> = 155.2-0.93RH-12.57W	0.08	相對溼度、風速
T7a	PM <sub>10</sub> = 265.4-2.86T-1.35RH-16.92W	0.25	溫度、相對溼度、風速

表 9 台西站之 PM<sub>2.5</sub> 迴歸模式

Table 9 PM<sub>2.5</sub> regression models for Taixi Station

模式編號	迴歸方程式	R <sup>2</sup>	預測變數
T1b	PM <sub>2.5</sub> = 75.7-1.28T	0.09	溫度(T)
T2b	PM <sub>2.5</sub> = 73.6-0.42RH	0.02	相對溼度(RH)
T3b	PM <sub>2.5</sub> = 63.4-12.27W	0.09	風速(W)
T4b	PM <sub>2.5</sub> = 127.8-1.50T-0.65RH	0.14	溫度、相對溼度
T5b	PM <sub>2.5</sub> = 105.8-1.52T-14.61W	0.21	溫度、風速
T6b	PM <sub>2.5</sub> = 93.3-0.42RH-12.23W	0.11	相對溼度、風速
T7b	PM <sub>2.5</sub> = 160.8-1.75T-0.68RH-14.89W	0.26	溫度、相對溼度、風速

表 10 依風速分類之迴歸模式

Table 10 Regression models classified by wind speed

模式編號	迴歸方程式	R <sup>2</sup>	適用範圍
L8a	PM <sub>10</sub> = 275.3-3.38T-1.12RH-17.18W	0.27	0.69 ≤ W ≤ 2.66
	PM <sub>10</sub> = 278.8-1.96T-1.95RH-6.20W	0.31	2.67 ≤ W ≤ 4.41
	PM <sub>10</sub> = 233.1+0.12T-2.67RH+6.00W	0.44	4.42 ≤ W ≤ 9.13
L8b	PM <sub>2.5</sub> = 153.6-2.01T-0.49RH-12.33W	0.25	0.69 ≤ W ≤ 2.66
	PM <sub>2.5</sub> = 130.7-1.38T-0.59RH-6.21W	0.26	2.67 ≤ W ≤ 4.41
	PM <sub>2.5</sub> = 95.3-0.59T-0.77RH+0.66W	0.35	4.42 ≤ W ≤ 9.13
D8a	PM <sub>10</sub> = 290.0-3.34T-1.43RH-23.13W	0.29	0.62 ≤ W ≤ 1.55
	PM <sub>10</sub> = 266.3-2.94T-1.37RH-16.20W	0.27	1.56 ≤ W ≤ 2.37
	PM <sub>10</sub> = 222.1-1.49T-1.71RH-3.45W	0.39	2.38 ≤ W ≤ 5.16
D8b	PM <sub>2.5</sub> = 178.4-2.08T-0.79RH-16.95W	0.25	0.62 ≤ W ≤ 1.55
	PM <sub>2.5</sub> = 157.8-1.79T-0.66RH-14.01W	0.24	1.56 ≤ W ≤ 2.37
	PM <sub>2.5</sub> = 118.6-0.86T-0.73RH-4.93W	0.3	2.38 ≤ W ≤ 5.16
T8a	PM <sub>10</sub> = 246.61-4.08T-0.82RH-6.78W	0.3	0.95 ≤ W ≤ 4.73
	PM <sub>10</sub> = 149.43-0.41T-1.04RH-0.63W	0.12	4.74 ≤ W ≤ 8.31
	PM <sub>10</sub> = 215.89+0.35T-2.24RH+0.63W	0.4	8.33 ≤ W ≤ 16.36
T8b	PM <sub>2.5</sub> = 143.36-2.66T-0.33RH-5.01W	0.31	0.95 ≤ W ≤ 4.73
	PM <sub>2.5</sub> = 72.94-0.53T-0.31RH-1.00W	0.05	4.74 ≤ W ≤ 8.31
	PM <sub>2.5</sub> = 98.55-0.33T-0.77RH-0.47W	0.24	8.33 ≤ W ≤ 16.36

表 11 崙背站資料之相關矩陣

Table 11 Correlation matrix for Lunbei Station

因子	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	溫度 (°C)	相對溼度 (%)	風速 (m/sec)
PM <sub>10</sub>	1	0.846	-0.299	-0.412	-0.047
PM <sub>2.5</sub>	0.846	1	-0.253	-0.243	-0.257
溫度	-0.299	-0.253	1	0.178	-0.401
相對溼度	-0.412	-0.243	0.178	1	-0.116
風速	-0.047	-0.257	-0.401	-0.116	1

表 12 斗六站資料之相關矩陣

Table 12 Correlation matrix for Douliu Station

因子	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	溫度 (°C)	相對溼度 (%)	風速 (m/sec)
PM <sub>10</sub>	1	0.95	-0.35	-0.283	-0.192
PM <sub>2.5</sub>	0.95	1	-0.32	-0.214	-0.266
溫度	-0.35	-0.32	1	-0.079	-0.209
相對溼度	-0.283	-0.214	-0.079	1	0.014
風速	-0.192	-0.266	-0.209	0.014	1

表 13 台西站資料之相關矩陣  
Table 13 Correlation matrix for Taixi Station

因子	PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM <sub>2.5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	溫度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	相對溼度 (%)	風速 (m/sec)
PM <sub>10</sub>	1	0.874	-0.278	-0.340	0.075
PM <sub>2.5</sub>	0.874	1	-0.260	-0.183	-0.075
溫度	-0.278	-0.260	1	0.145	-0.503
相對溼度	-0.340	-0.183	0.145	1	-0.187
風速	0.075	-0.075	-0.503	-0.187	1

#### 四、相關分析

表 11 至表 13 為原始日資料不分區間相關分析之結果，表中顯示 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 呈正相關，換句話說，PM<sub>10</sub> 的值越高(低)，PM<sub>2.5</sub> 的值也越高(低)。三測站皆有大略相同之處，溫度與相對濕度與 PM<sub>10</sub> 之相關性較高，PM<sub>2.5</sub> 與溫度、濕度和風速相關性則是相差不大。

而於各氣象因子間相關性比較中，可大略看出溫度與風速是較關係之因子呈中度負相關，換句話說，就是於溫度較低時候風速反而更高，而當其他組合時就沒有類似此情況的出現。

其中台西站風速之相關係數過於接近 0，故其風速解釋 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 能力過低，是由於台西站之風速變化幅度較大，無法由不分區間之相關分析對其作判別。

#### 結論

本研究收集三個最接近濁水溪河口的空氣品質監測站(即崙背站、台西站與斗六站)

之資料，對原始資料進行篩選與處理而得到 PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、溫度、相對濕度與風速之日平均、月平均與年平均。然後分別針對整理過的資料進行時序列分析、迴歸分析與相關分析，總結分析之結果得到下列之結論：

- 1.由摘要統計量之比較可知 PM<sub>2.5</sub> 之分布較為分散，其次為 PM<sub>10</sub> 之分布，而相對溼度之分布最為集中，此為三個監測站之共同現象。風速因受海風之影響，故以最靠海之台西站為最大，崙背站次之，斗六站則最小，而 PM<sub>2.5</sub> 濃度三站之比較也與風速有相同的排序。但 PM<sub>10</sub> 濃度則是與河道垂直距離較有關係，故其以最靠近河道之崙背站最大，其次為斗六，而台西站最小。
- 2.由時間序列圖可以看出溫度有明顯之週期性變化規律，PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub> 和風速則可看出其隨時間變動的情形，並可比較空間位置不同的三個監測站之資料變化特性。
- 3.由迴歸分析的結果發現含三個解釋變數的迴歸模式之解釋力最高，含二個解釋變數的迴歸模式次之，含單一解釋變數的迴歸模式之解釋力最低。其中，PM<sub>10</sub> 含二個解釋變數的迴歸模式中以溫度和相對濕度解釋能力較高，PM<sub>2.5</sub> 則是以溫度和風速較為優良。
- 4.利用分群的技術將風度分為大、中、小三類，然後分別對各類建立含三個解釋變數的迴歸模式，結果大多數模式之解釋力都有提高，其中又以 PM<sub>10</sub> 之迴歸模式最為明顯，最高可提高約 16%。且不同風速區間對揚塵之關係也不同，若風速高於約 5m/s 則與揚塵會反之成為正相關，是由於揚塵有風速起始值，但若高於某風速上限則會恢復呈現負相關。
- 5.由相關分析的結果發現 PM<sub>10</sub> 與 PM<sub>2.5</sub> 有高

度正相關，表示可以互相推估，而溫度與風速有中度負相關。PM<sub>10</sub> 與氣象因子中的相對溼度之相關性較高，說明當相對濕度越高則 PM<sub>10</sub> 濃度越低，而 PM<sub>2.5</sub> 與各氣象因子的相關性則差異不大。

### 參考文獻

1. 程萬里、黃怡嘉(2000)，中部地區臭氧及懸浮微粒與氣象因子之相關研究，第17屆空氣汙染控制技術研討會。
2. 莊秉潔(1993)，地表層擴散係數、風速、雨量及混合層高對台北都會早上八時懸浮微粒濃度之影響，中國環境工程學刊，第三卷，第二期。
3. Davie R. Anderson, Dennis J. Sweeney, Thomas A. Williams,(1999),Statistics for business and economics,6th ed, cademic Press.
4. Dockery, D.W., Cunningham, J., Damokosh, A.I., Neas, L.M., Spengler, J.D.,Koutrakis, P., Ware, J.H., Raizenne, M., Speizer, F.E.(1996), “Health effects of acid aerosols on North American children: respiratory symptoms,” Environmental Health Perspectives, 104: 500–505.
5. Krewski, D., R. T., Burnett, M. S., Goldberg, K., Hoover, J., Siemiatycki, M., Jerrett, A., Abrahamowicz, W. H. White, (2000), “Reanalysis of the Harvard Six Cities Study and the American Cancer Society Study of Particulate Air Pollution and Mortality, A Special Report of the Institute's Particle Epidemiology Reanalysis Project,” Health Effects Institute, Cambridge MA, pp.97.
6. Monn, C. H., O., Braendli, G., Schaeppli, C. H., Schindler, U., Ackermann-Liebrich, P. H. Leuenbrger, and S. Team, (1995), “Particulate Matter <10µm (PM10) and Total Suspended Particulates (TSP) in Urban, Rural and Alpine Air in Switzerland,Atmospheric,” Environment 29: 2565-2573.
7. Rudolf J. Freund, J. Wilson William (1998), “Regression analysis:Statistical modeling of a response variable,” Academic Press.
8. U.S. environmental protection agency (1997), Particulate Matter (PM) Standards.
9. U.S. environmental protection agency (2006), Health Based Cost Effectiveness of Ambient PM2.5 Reductions.

---

101年06月19日收稿

101年06月27日修改

101年06月29日接受