

臭氧濃度時間序列分析之研究

陳鴻烈⁽¹⁾ 羅惠芬⁽²⁾

摘要

本研究是以苗栗縣境內苗栗測站之空氣污染物中的臭氧濃度為對象，利用相乘性分解模式 (Multiplicative Decomposition Method) 來推估未來之臭氧濃度，進而控制並分析空氣品質惡化趨勢。利用相乘性分解方法進行時間序列分析： $Y = T \times S \times C \times I$ 之影響因子，包括長期趨勢 (T)、季節變動 (S)、循環變動 (C) 及不規則變動 (I)。從結果得知 (1) 民國八十三年至九十一年間的相關性最佳 ($R^2 = 0.9997$)，故採此區間作為運算基礎。(2) 長期趨勢 (T) 隨時間 (t) 增加而有所變化，其相關性為 $T = 3.6932t - 285.61$ 。(3) 從季節週期來看，出現三個高峰 (三、六、九月) 和三個低峰 (五、七、十二月)。(4) 循環變動趨勢中，大循環週期無法判定，小循環週期則維持在 6 個月左右。(5) 不規則變動乃符合隨機之不規則變化趨勢。

(**關鍵字**：臭氧、時間數列、相乘性分解、苗栗測站)

Time Series Analysis for Ozone Concentrations

Paris Honglay Chen

Professor, Department of Soil and Water Conservation,
National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan 402, R.O.C.

Hui Fen Lo

Graduate Student, Department of Soil and Water Conservation,
National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan 402, R.O.C.

ABSTRACT

This study applied the multiplicative decomposition method and ozone data of Miaoli station in Miaoli to predict ozone concentrations in future, as well as to control and analyze the trend air quality. The factors influencing the time series analysis of multiplicative decomposition method, $Y = T \times S \times C \times I$, include long-term trend (T), seasonal fluctuation (S), cyclical variation (C), and irregular variation (I). The results demonstrate that (1) the best relationship ($R^2 = 0.9997$) was obtained from 1994 to 2002; (2) the long-term trend (T) increased with time (t) with following relationship: $T = 3.6932t - 285.61$;

(1) 國立中興大學水土保持學系教授

(2) 國立中興大學水土保持學系研究生

(3) the seasonal fluctuation appeared three high peak (March, June and September) and low peak (May, July and December); (4) the large cyclical variation period was undecided, and the small period approximated six months; and (5) the irregular variation was corresponding to the random irregular variation trend.

(**Keywords:** Ozone, Time series, Multiplicative decomposition method, Miaoli measure station)

前 言

近年來台灣地區之空氣品質日益惡化，以苗栗縣境內空氣品質為例，其指標污染物——臭氧之 PSI 值每況愈下。

臭氧是光反應的生成物質，產生濃度會受其前驅物質濃度及當時的氣象條件所影響。臭氧的前驅物質為揮發性有機物 (VOCs) 及非甲烷碳氫化合物 (NMHC) 兩大類 (苗，2003；Cox，1996；Sebald，2000)；氣象因子則包括氣溫、溼度、降雨、日照強度、風速、風向等，這些對於臭氧的形成、傳遞、累積等都有決定性的影響。

要控制臭氧的惡化情形，必須先從其前趨物質分析著手 (張，2003；湯，2002)。為了更確定臭氧的來源及掌握其分析方向，本研究利用相乘性分解模式來進行時間序列之臭氧資料變化分析，有助於對過去資料的瞭解，並建立對臭氧變化的預測能力。

理論分析

利用相乘性分解模式來進行污染物之時間序列分析，以瞭解污染物未來排放情形 (陳，1999)。典型的時間序列包括下列四種變動成分：

(一)長期趨勢 (long-term trend)：主要是描述長時間之成長或衰退情形，乃是一段較長時間的變動情形趨勢，包括其方向及強度。

(二)季節變動 (seasonal fluctuation)：是指變動數值上下循環波動之現象，其週期長短與幅度大小相同，說明在某一段時間內，有一定規則之循環變化。觀察期通常為一年。

(三)循環變動 (cyclical variation)：亦指變動數值上下循環波動之現象，但其週期長短與幅度大小均可能不一致。若指一年以上的循環變動情形，則週期長短不一，有些會有大、小循環出現。

(四)不規則變動 (irregular variation)：屬於不可控制的因子，往往不能預期其變化情形，常常是意外的變動。這是一種隨機偶然之變動現象。

研究方法

一、研究地點

苗栗測站如圖 1 所示，位於苗栗縣苗栗市縣府路 102 號，測站正前方約 70 公尺處有一 20 米的道路，左側 150 公尺處為四層樓高的縣立文化中心。測站種類為一般大氣測站，採樣口高度離地面 15 公尺，設置於人口密集且可能發生高污染之地區。

整體而言，在都市上風區佈設之測站，可瞭解由其他地區帶入污染物之情況；而在人口密度高的地區佈設之測站，可瞭解大多數人於污染中之曝露狀態；至於在都市下風區佈設之測站，則以監測二次污染物 (如臭氣) 為主。

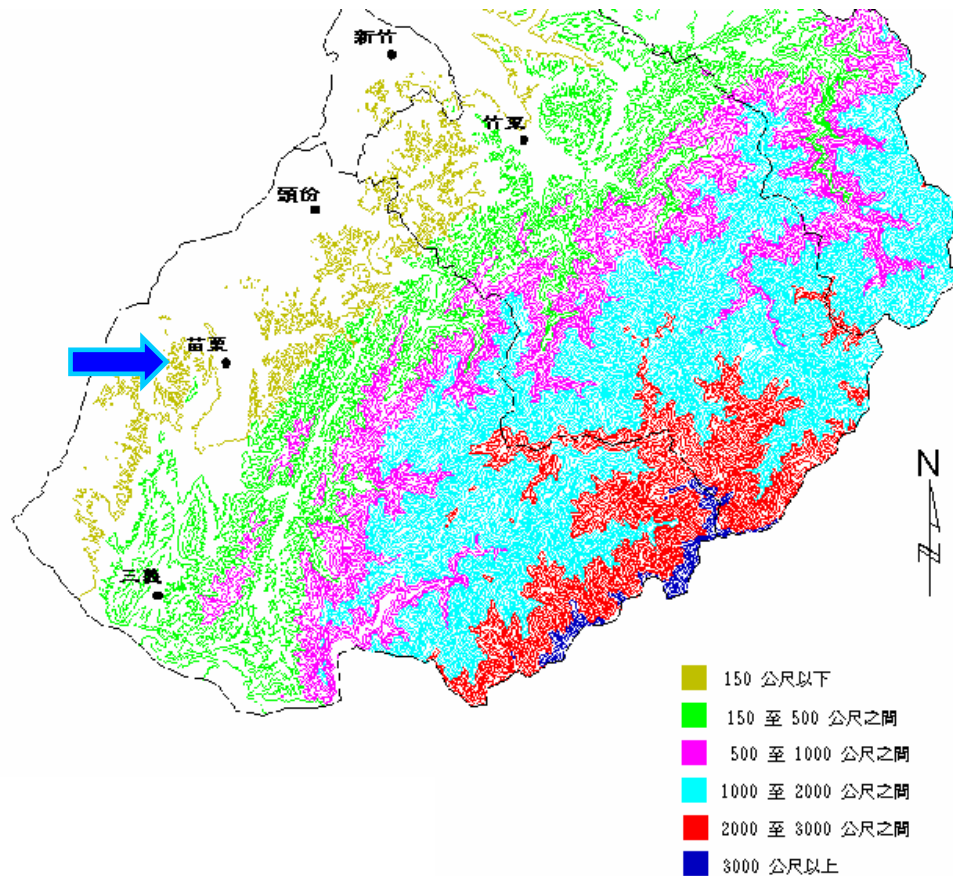


圖 1. 苗栗縣境內相關測站位置圖 (行, 2004)

Figure 1. The position of measure station in Miaoli.

根據空氣污染防治施行細則第十三條之規定 (行, 1999), 一般大氣測站監測的項目為: 二氧化硫 (SO_2)、一氧化碳 (CO)、氮氧化物 (NO_x)、臭氧 (O_3)、懸浮微粒 (PM_{10})、風速 (WS)、風向 (WD) 等。

苗栗測站歷年之臭氧濃度分佈如圖 2 所示, 由圖中可知, 臭氧濃度有逐年升高的趨勢。

二、相乘性時間序列分析

以相乘性分解模式進行時間序列之臭氧

濃度分析研究, 有助於對過去資料的了解, 並建立對臭氧變化的預測能力。

在相乘性分析公式 $Y=T \times S \times C \times I$ 中, T 為長期趨勢、S 為季節變動值、C 為循環變動值、I 為不規則變動值。首先, 先將數據按月份整理, 利用被中心化的十二個月移動平均計算, 再將相鄰的兩個月求其平均, 此時所代表的數列已不含季節變動與不規則變動兩個因素, 可求出 $S \times I$ 。接下來, 計算季節指標 S, 然後調整季節變動資料之求算 $dt (=Y_t / S_t)$ 。

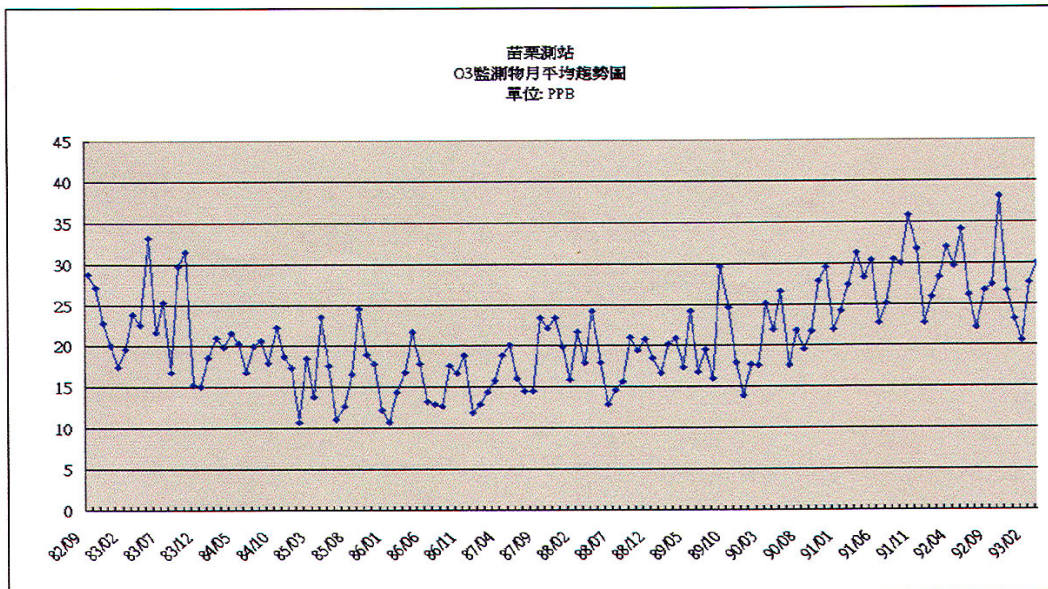


圖 2. 苗栗測站歷年之臭氧趨勢圖 (行, 2004)

Figure 2. Ozone trend of Miaoli measure station in the past.

長期趨勢的算法，是利用線性回歸方法找出趨勢線，利用求出的 T，可算出 C×I 值。而一般循環變動因素 C 是以移動平均推算，此法乃採信於不規則變動很少延伸二至三個月，故取九個月移動平均來去除影響，亦即將 C×I 值取九個月的平均值，利用 $I=(C \times I)/C$ 計算出 I 值 (林, 1990; 顏, 1998)。

結果與討論

一、長期循環與時間的相關性

從民國八十三年到九十一年資料可統計出累積長期趨勢 (T) 與時間 (t) 的相關性，使用最小平方方法得到回歸直線方程式 $T=3.6932t-285.61$, $R^2=0.9997$ 。從圖 3 中可以看出，臭氧濃度有逐年增加的趨勢。

臭氧是一種高刺激性、高氧化性的氣體，不論對人、動植物和環境都有危害。若持續暴露在低臭氧濃度下，會造成食慾減

退、頭痛、疲勞等情形；若植物暴露在臭氧下，其生長情形將受到影響，例如會依其敏感度出現邊點或萎縮枯黃的現象 (陳, 2004)。

表 1 是臭氧濃度與暴露時間之影響 (Geiß, 1996; De Winter-Sorkina, 2001)，包括使橡膠破裂、傷害植物、對人體健康不同程度的危害等，都顯示出臭氧對環境的影響甚鉅。

此外，表 2 為臭氧對人體的影響 (Geiß, 1996; De Winter-Sorkina, 2001)，由表中可知，不論是長期或短期的暴露，臭氧皆會危害人體正常功能，造成呼吸系統損害、頭痛、疲勞、氣喘等症狀。

二、季節循環與時間的相關性

季節變動與不規則變動因素之組合 (S×I) 值可供分析時間數列之季節變動。將該值按月分別排成同一列如表 3，利用算數平均計算

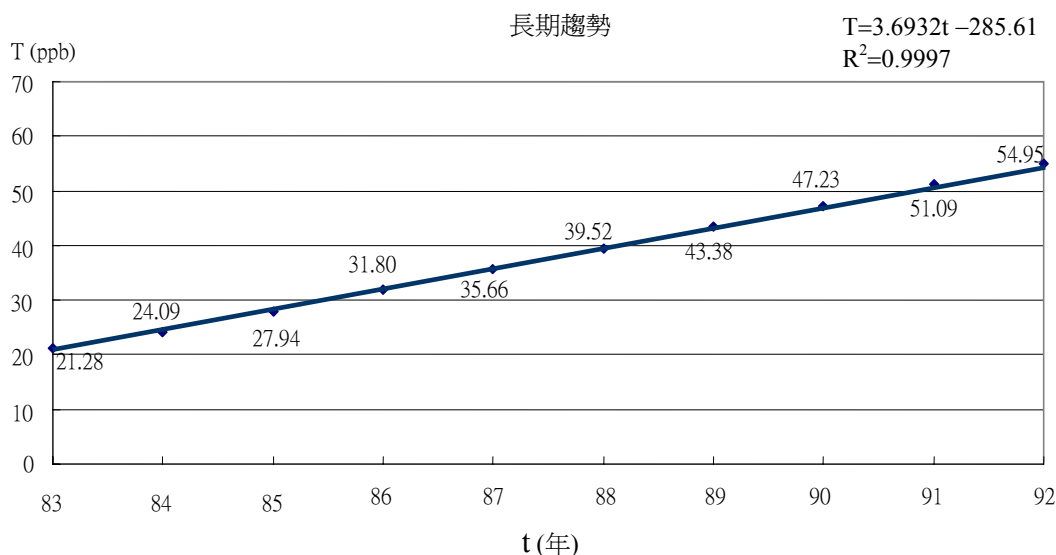


圖 3. 苗栗測站臭氧值之長期趨勢

Figure 3. The long-term trend of ozone values in Miaoli measure station.

表 1. 臭氧濃度與暴露時間之影響

Table 1. Influence of ozone concentrations and exposure time.

臭氧濃度		暴露時間	影 響
ppm	µg/m ³		
0.02	40	1 小時	使橡膠破裂
0.03	60	8 小時	傷害植物
0.10	200	1 小時	增加呼吸道之阻力 (air way resistance)
0.30	590	連續工作數小時	嗅覺、喉嚨將會受到刺激，胸部會有壓迫感
2.00	3900	2 小時	引起嚴重咳嗽

資料來源：Geiß, 1996；Blanchard, 2001。

出平均之 S_m ，此指標通常要經過修正，利用修正公式可以找出 S_s ，

$$S_s = S_m(12/\Sigma S_m)$$

將修正之 S_s 對時間作圖如圖 4。

圖 4 顯示在五、七及十二月分別出現低點，而三、六及九月則出現高點，相較於三

和九月，六月的高點並不明顯。究其原因，三月為春、夏兩季季節交替的月份，而九月則為夏、秋兩季季節交替的月份。在一月到四月份平均維持在一定濃度值，而在八月到十一月份亦維持一定濃度值。根據苗栗縣環保局 (2003) 資料顯示，臭氧惡化情形以冬季

表 2. 臭氧對人體的影響
Table 2. Influence of ozone on human body.

短期影響	長期影響
1. 呼吸系統受到刺激 (咳嗽、胸悶) 2. 隔膜黏液變乾 3. 頭痛 4. 易疲倦、疲勞 5. 肺水腫、氣喘	肺機能不足

表 3. 季節指數修正
Table 3. Correctional seasonal fluctuation (S).

年 月	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	平均 S _m	修正 S _s	備註
1	-	1.016	1.099	0.876	0.906	1.134	1.051	0.840	1.040	0.974	0.993	1.003	
2	-	0.972	0.813	1.062	0.966	0.940	1.067	1.206	1.154	1.114	1.033	1.043	
3	-	1.105	1.374	1.401	1.124	1.282	0.859	1.063	1.018	1.036	1.140	1.152	高值
4	-	1.056	1.038	1.156	1.172	0.966	1.186	1.246	1.076	1.199	1.122	1.133	
5	-	0.858	0.659	0.857	0.902	0.700	0.841	0.795	0.803	0.923	0.815	0.824	低值
6	-	1.037	0.764	0.834	0.801	0.796	0.984	0.962	0.884	1.559	0.958	0.967	高值
7	0.738	1.098	1.013	0.815	0.785	0.848	0.805	0.838	1.068	0.960	0.890	0.906	低值
8	1.307	0.972	1.508	1.124	1.241	1.141	1.494	0.907	1.051	0.983	1.194	1.184	
9	1.398	1.219	1.163	1.080	1.151	1.065	1.217	1.136	1.252	1.371	1.187	1.217	高值
10	0.700	1.026	1.099	1.224	1.212	1.134	0.872	1.183	1.100	0.959	1.061	1.061	
11	0.711	0.967	0.745	0.766	1.035	0.992	0.676	0.866	0.778	1.685	0.837	0.931	
12	0.896	0.615	0.653	0.821	0.834	0.873	0.853	0.943	0.889	-	0.820	0.818	低值

所佔比例最高，其次是秋季。探究其前驅物質之變化情形，氮氧化物 (NO_x) 及非甲烷碳氫化合物 (NMHC) 分佈情形和臭氧並不一致，其最大值分佈在冬季和春初，夏季時其值反而較小 (楊，1995；蘇，2003；Zanis，2001；Blanchard，2001)。

根據行政院環保署 (2004) 資料顯示，台灣地區春季主要為滯留鋒面及華南雲雨帶東移之天氣型態，若滯留鋒面徘徊於台灣地區

，造成連續性降水，則各地空氣皆相當良好；若滯留鋒面徘徊於東海附近，台灣地區附近氣壓梯度微弱，使台灣各地處於暖區，風速小，則空氣品質都會較差。

八~九月份數值亦有升高的趨勢，臭氧惡化的氣候類型以春、秋兩季比例較高。夏季與秋初時期，台灣地區主要受太平洋副熱帶高壓及西南季風之影響。南部地區因西南季風而有較大之風速，且午後對流旺盛，空氣

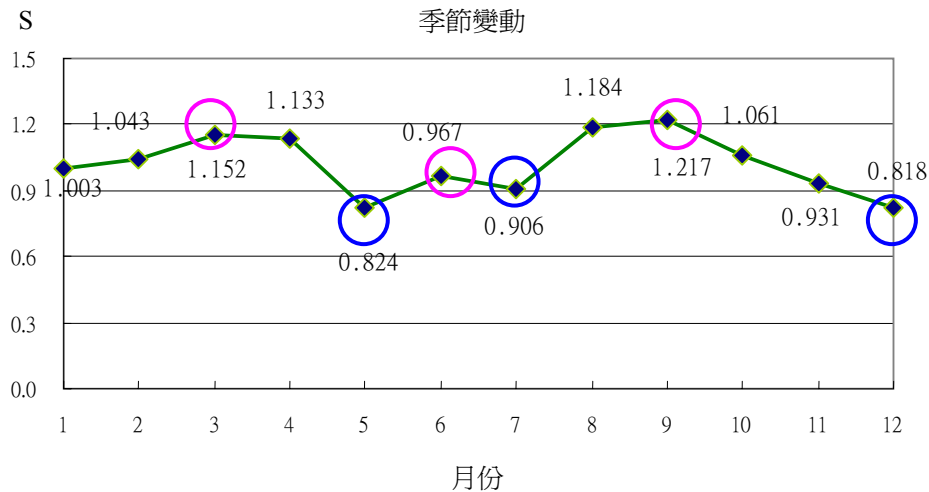


圖 4. 苗栗測站臭氧之季節變動 (S)

Figure 4. Seasonal fluctuation (S) of ozone from Miaoli measure station.

品質普遍較佳；但對北部及東部地區而言，因地形阻擋致使空氣品質較差。至於太平洋副熱帶高壓之影響，因其下沉氣流伴隨之空氣較穩定且溼度小，使全省各地皆不利於污染物之擴散，然其實際影響程度則需視副高壓之強度及其高壓脊所在位置而定。另外，此一季節常會受颱風之影響，當颱風侵襲本省時，各地風速顯著增強，空氣品質較佳，但若颱風並未直接登陸，只受颱風外圍環流之影響，則台灣地區各地之空氣品質隨颱風位置不同而有差異，其中臭氧濃度於此時變化頗大。

秋末與冬季時期，台灣地區主要受鋒面及東北季風影響，北部及東部地區空氣品質普遍較佳；中南部地區因位於中央山脈之背風面，風速微弱且日照較強，清晨近地面極易形成逆溫層，不利於污染物之擴散，空氣品質較差，在相關報告 (湯, 2002; Cox, 1996) 中亦有相同的研結果。此外，在高壓出海的天氣型態下，綜觀尺度風場較具東西分量，

因中央山脈之阻擋，西部地區之污染物濃度相當容易累積。

然而苗栗測站在冬季時臭氧濃度並無升高的趨勢，其原因不明，希望能做更長期詳細的環境調查尋求答案。

三、循環變動趨勢之分析

從原時間數列資料移除季節變動與長期趨勢兩個因素後所得之資料，一般尚含循環變動與不規則變動兩因素。因

$$Y (= O_3) = T \times S \times C \times I,$$

$$\text{故 } C \times I = Y / (T \times S)$$

由臭氧的 PSI 值與 T、S 值即可求得 C×I 值。

計算循環變動因素 C 之推估值，一般採用移動平均獲得。因不規則變動很少延伸二至三個月，故採取九個月移動平均將可除去它們的影響。茲將 C×I 值取九個月移動平均，這些移動平均值顯示僅為循環變動之效果。再利用 $I = (C \times I) / C$ ，計算出 I 值。

由圖 5 臭氧之循環變動中，我們取民國 83 年 6 月~93 年的 C 值，可以看出兩種循環：

(一)大循環：在民國 83 年 6 月~88 年間，週期無法判定，至於民國 88 年以後的變化，亦無法看出大循環的狀況。未來希望能有更長期的時間討論長期變化。

(二)小循環：週期大約維持在 6 個月。

四、不規則變動趨勢分析

不規則變動和時間的變化趨勢如圖 6，不規則的變動並沒有一定的變化規律，呈現一般隨機變化的圖形，符合隨機不規則變化之趨勢。

本研究利用簡單的統計方法：隨機誤差項 (random error) 機率分配 (林, 2003) 驗證隨機不規則變化。我們所採用的數據自民國 83 年五月至 92 年六月，一共有 110 個 I 值，利用圖 6 可以計算出上下波動各佔的機率：數據往上變化的次數為 57 次，所佔的百分比

為 52%；相反的，向下變化的次數為 53 次，所佔的百分比為 48%。

由以上兩個方法驗證，兩者的機率幾乎各佔一半，符合隨機不規則變化。

結 論

由乘法性季節變動模式所列出的時間序列，可以看出：

(一)長期趨勢 (T) 仍隨時間持續增加，增加的速率維持一定，每年空氣污染的減量計畫執行，對於臭氧的削減仍有進步的空間。

在季節循環變化中可以讀出三個高值跟三個低值，六月份的高值並不明顯，所以我們可以假設一月份到六月份是一個循環，七月份到十二月份是一個循環，那麼季節循環則跟循環變動中的小循環相互謀合。

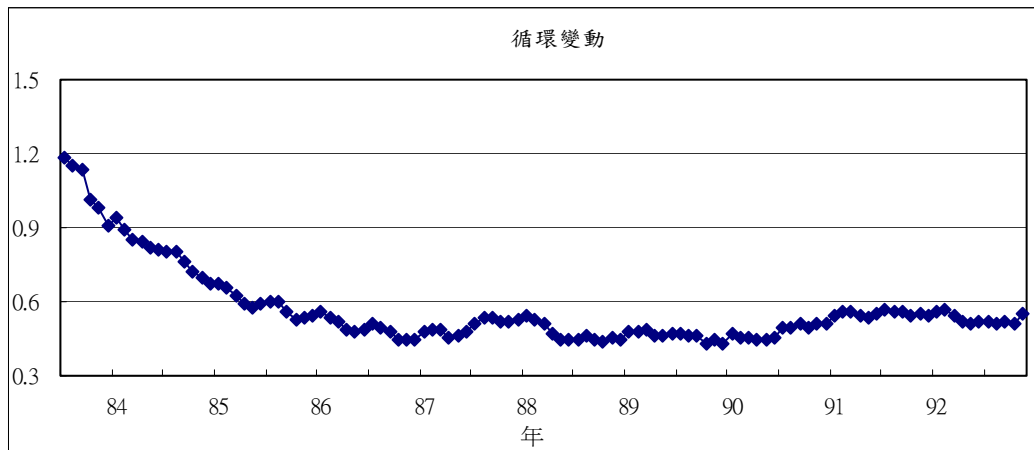


圖 5. 苗栗測站臭氧之循環變動 (C)

Figure 5. Cyclical variation (C) of ozone in Miaoli measure station.

不規則變化

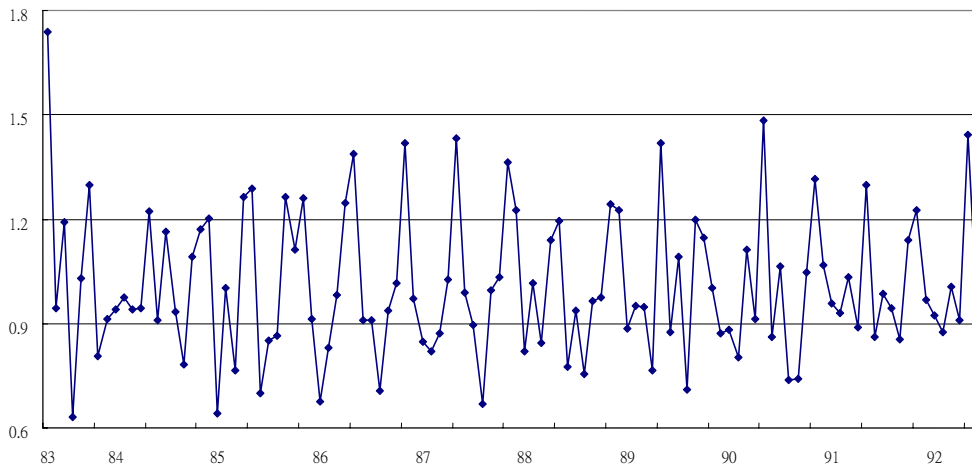


圖 6. 苗栗測站臭氧之不規則變動 (I)

Figure 6. Irregular variation (I) of ozone in Miaoli measure station.

(三) 循環變化中，小循環的週期維持在 6 個月左右，大循環的週期尚無法判定。

(四) 不規則變動乃符合隨機之不規則變化趨勢。

本研究可以大致推估出未來的臭氧濃度，因此，要控制苗栗區域範圍內之臭氧濃度，治標方面：乃針對改善方法，研擬一套有效的控制策略，以期有效達成減量之目標。而治本方面：則必須控制污染源的源頭，掌握固定源、移動源等相關之污染來源，避免臭氧濃度的增加，以有效掌握空氣品質。

參考文獻

1. 行政院環境保護署 (1999)「空氣污染防治法」。
2. 行政院環境保護署 (2004)，網址：www.epa.gov.tw。
3. 林昇平 (1990)「統計學理論與應用」，文笙書局，台北市。*
4. 林師模、陳苑欽(2003)，「多變量分析管
- 理上的應用」，雙葉書廊。
5. 苗栗縣環境保護局 (2003)，「九十二年度空氣品質改善及污染源減量計畫」，新系環境技術有限公司執行。
6. 張維泰 (2003)，「空氣污染之線性趨勢分析檢定方法的比較」，碩士論文，國立中正大學。
7. 陳帥如 (2004)，「環境綠化植物對臭氧及二氧化硫之抗耐性比較」，碩士論文，國立台灣大學。
8. 陳鴻烈、梁家柱、鄭慧玲、王久泰 (1999)，「利用相乘性季節變動模式之德基水庫優養化時間序列分析」，水土保持學報，第三十一卷，第三期，第 139~144 頁。
9. 湯健文 (2002)，「類神經網路於因果關係模型與時間數列模型之應用」，碩士論文，中華大學。
10. 楊俊銘 (1995)，「都市地區空氣品質監測站之相關性分析」，碩士論文，國立中興大學。

水土保持學報 37(2) : 199- 208 (2005)

Journal of Soil and Water Conservation, 37(2) : 201- 210 (2005)

11. 顏月珠 (1998), 「商用統計學題解」, 三民書局, 台北市。
12. 蘇聖群 (2003), 「NO_x 與 NMHC 濃度對臭氧產生之影響探討」, 碩士論文, 國立中興大學。
13. Blanchard, C. L. and D. Fairley (2001), “Spatial Mapping of VOC and NO_x-Limitation of Ozone Formation in Central California”, *Atmospheric Environment*, Vol.35, pp.3861~3873.
14. Cox, W. M. and C. Shao-Hang (1996), “Assessment of Interannual Ozone Variation in Urban Areas from A Climatological Perspective”, *Atmospheric Environment*, Vol.30, pp.2615~2625.
15. De Winter-Sorkina, R. (2001), “Impact of Ozone Layer Depletion I: Ozone Depletion Climatology”, *Atmospheric Environment*, Vol.35, pp.1609~1614.
16. Geiß, S. and J. Einax (1996), “Multivariate Correlation Analysis – A Method for the Analysis of Multidimensional Time Series in Environment Studies”, *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, Vol.32, pp.57~65.
17. Sebald, L., R. Treffeisen, E. Reimer and T. Hies (2000), “Spectral Analysis of Air Pollutants – Part 2: Ozone Time Series”, *Atmospheric Environment*, Vol.34, pp.3503~3509.
18. Zanis, P., C. S. Zerefos, S. Gilge, D. Melas, I. Ziomas, E. Gerasopoulos, P. Tzoumaka, U. Kaminski and W. Fricke (2001), “Comparison of Measured and Modeled Surface Ozone Concentrations at Two Different Sites in Europe During the Solar Eclipse on August 11, 1999”, *Atmospheric Environment*, Vol.35, pp.4663~4673.

93 年 05 月 08 日 收稿

93 年 06 月 07 日 修改

93 年 06 月 15 日 接受