

不同測站臭氧濃度時間序列分析之比較研究

陳鴻烈⁽¹⁾ 羅惠芬⁽²⁾

摘 要

本研究是利用統計學中的相乘性分解模式 (multiplicative decomposition method) 來進行苗栗縣境內之苗栗、三義兩空氣品質測站中臭氧濃度時間序列分析之比較。相乘性模式 $Y=T \times S \times C \times I$ 的影響因子包括長期趨勢 (T)、季節變動 (S)、循環變動 (C) 和不規則變動 (I)。結果顯示：(1) 苗栗測站長期趨勢之迴歸方程式為 $y=3.800x+16.797$, $R^2=0.9994$ ；三義測站為 $y=3.858x+14.608$, $R^2=0.9999$ ，兩測站的臭氧污染濃度均呈現逐年增加的趨勢。(2) 兩測站的季節變化趨勢大致相同，循環週期約為半年。(3) 兩測站的大循環變動週期大約在 4~5 年，小循環週期則維持在 5~7 個月之間。(4) 兩測站的不規則變動均沒有一定的變化規律，符合隨機變化趨勢。

(**關鍵字**：臭氧濃度、時間序列、相乘性分解模式、苗栗測站、三義測站)

A Comparison Study of Ozone Time Series Analysis at Different Monitoring Stations

Paris Honglay Chen⁽¹⁾, Hui Fen Lo⁽²⁾

Professor ⁽¹⁾ and Graduate Student ⁽²⁾, Department of Soil and Water Conservation,
National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan 402.

ABSTRACT

This study applied the multiplicative decomposition method to compare ozone time series analysis between Miao-Li and San-I monitoring station in Miaoli county. The influential factors of multiplicative model, $Y=T \times S \times C \times I$, included long-term trend (T), seasonal fluctuation (S), cyclical variation (C), and irregular variation (I). The results showed (1) the linear regression models of

(1)國立中興大學水土保持系教授

(2)國立中興大學水土保持系研究生

long-term trend were Miao-Li station: $y=3.800x+16.797$ ($R^2=0.9994$) and San-I station: $y=3.858x+14.608$ ($R^2=0.9999$), i.e., the ozone concentrations of both monitoring stations all increased yearly; (2) both of stations had similar seasonal fluctuation, and their circular period was about a half year; (3) large cyclical variation period of two stations lay in 4~5 years, and small cyclical period was 5~7 months; and (4) the irregular variations of both stations didn't have regular fluctuation, i.e., they were corresponding to random variation trend.

(Keywords: Ozone concentrations, Time series, Multiplicative decomposition method, Miao-Li monitoring station, San-I monitoring station)

前 言

近年來全台空氣品質惡化，而由 PSI 值之統計分析中可知，苗栗縣境內空氣品質指標污染物為臭氧，其 PSI 污染日數日益嚴重(圖 1)，因此，應著手控制臭氧的惡化情形。

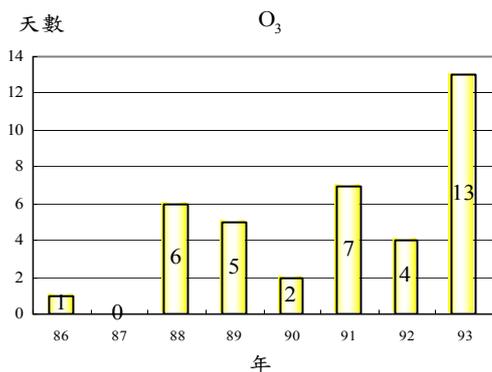


圖 1. 86~93 年臭氧 PSI > 100 之天數
Figure 1. Number of days for PSI > 100 of ozone from 86 to 93 year.

為了更確定臭氧的來源及掌握其分析方向，本研究除利用相乘性分解模式進行苗栗、三義兩測站之臭氧資料時間序列分析外，並利用多種統計方法進一步了解苗栗、三義測站之相關性與相異性。

研究方法

一、測站數據

本研究中，我們所採用的苗栗及三義測

站數據，是由行政院環保署監測，資訊處提供。分析的測站數據自民國 83 到 93 年，共 11 年。監測值中，若有無效值，則利用數學內插法將資料補齊。

依據環保署測站檢測方法，各指標污染物依據空氣污染防治法的相關規定(行政院環保署，2004a)如下：

- SO₂ : 取最近連續 24 小時濃度平均值
- CO : 取連續 8 小時移動平均值最近 12 筆之最大值(每日有 12 筆)
- O₃ : 取最近連續 12 小時內之最大值
- PM₁₀: 取最近連續 24 小時之平均值
- NO₂ : 取最近連續 12 小時內之最大值

二、數據分析方法

利用相乘性分析(林昇平，1990；顏月珠，1998)數據來推測未來的排放情形：

(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)

是指變數數值上下循環波動的現象，但周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，通常以一年為觀察期。

(三) 循環變動 (cyclical variation)

是指變數數值上下循環波動的現象，但周期長短與幅度大小均可能不一致；指一年以上的週期循環變動情形，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，不能預期其變化情形，或者是意外的變動。通常為一種隨機偶然之變動現象。

三、測站說明

苗栗縣境內有三個測站：苗栗、三義和頭份測站，其地理位置如圖 2 所示。然而，根據環保署的測站資料顯示，頭份測站屬於工業測站，監測項目中自民國 93 年 6 月開始才有臭氧資料，故頭份測站的數據太少，因此，本研究只針對苗栗及三義測站的臭氧濃度變化進行數據分析比較。

(一) 苗栗測站

苗栗測站位於苗栗市縣府路 102 號，測站正前方約 70 公尺處有一 20 米道路，左側 150 公尺處則有四層樓高的縣立文化中心，屬於一般大氣監測站，其他資料如表 1。

「一般大氣測站」是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站，可瞭解由其他地區所帶入污染物的情況；在人口密度高的地區佈設之站，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站，則以監測二次污染物 (如臭氧) 為主。

苗栗測站附近的地理環境，乃一河谷平原、多丘陵之地區。西北、西南有山地 1,800 公頃，為農牧綜合經營發展地區；東邊有農地重劃區 900 公頃；東南部則以工商業為主。該區域影響空氣品質的污染源，大致上分為固定源、移動源，及逸散源三種。固定源是來自測站西郊的西山工業區，佔地 79 公頃，

大型工業如長春化學公司苗栗廠等都在此設廠。移動源是由苗栗市交通要道上的汽、機車排放廢氣所造成。至於逸散源，主要來自營建工地，但因苗栗市的營建工地較少，故由逸散源而來的污染也較輕微。

表 1. 苗栗測站簡介

Table 1. Introduction of Miao-Li monitoring station.

| 測站種類 | 一般大氣 |
|-----------|--|
| 監測項目 | SO ₂ 、CO、NO _x 、O ₃ 、PM ₁₀ 、WS、WD、AT、DPT、ST 等 |
| 總高度 | 13.85 公尺 |
| 最近物距離 | 27.34 公尺 |
| 最近樹距 | 48.15 公尺 |
| 採樣口高度 | 15.45 公尺 |
| 周圍建築物平均高度 | 18.48 公尺 |
| 主要道路最近距離 | 50 公尺 |

資料來源：行政院環境保護署，2004b

(二) 三義測站

三義測站位於苗栗縣三義鄉社區活動中心頂樓，測站北方鄰近小學，東方為山丘，西側則為高速公路。測站周圍無大樓林立，大氣採樣順暢，原屬一般大氣監測站，然而自民國 89 年 1 月起，為因應測值變化，調整為一般大氣兼背景測站，其餘資料詳如表 2。

「背景測站」是設置於無人為污染地區之盛行風上風區，以監測盛行風所挾帶之污染量。其佈設點均特別避開鄰近污染源之影響，以反映大尺度之空氣品質狀態。

三義測站附近的地理環境，山多田少，除了少數的水田 (面積 468 公頃) 外，大多數是山林。此外，夏季吹西南季風，天氣涼爽；冬季吹東北季風，天候寒冷。分析其空氣的

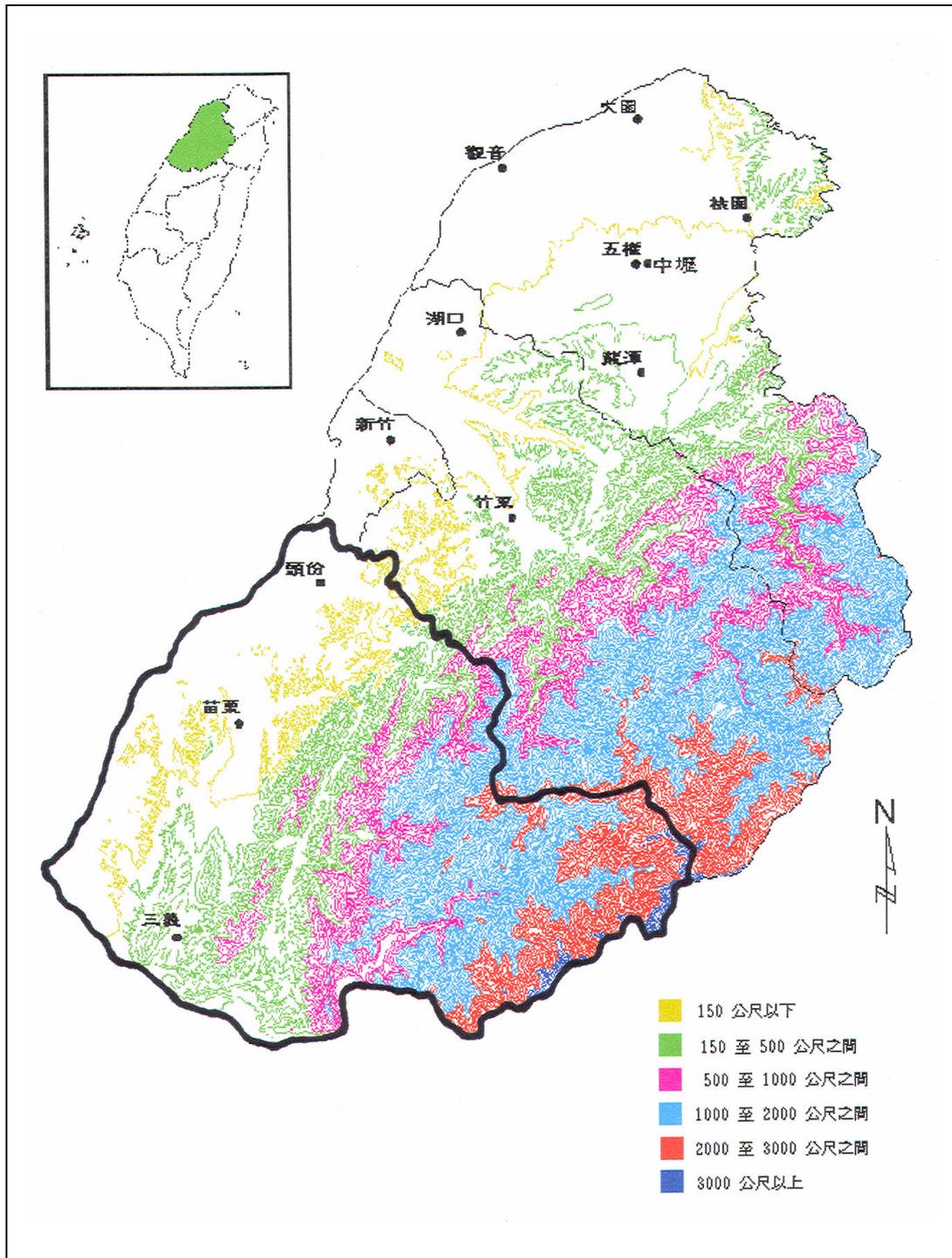


圖 2. 苗栗縣境內空氣品質測站分布圖 (行政院環境保護署, 2004b)

Figure 2. Locations of Air quality monitoring stations in Miaoli county.

表 2. 三義測站簡介

Table 2. Introduction of San-I monitoring station.

| | |
|-----------|--|
| 測站種類 | 一般大氣兼背景 |
| 監測項目 | SO ₂ 、CO、NO _x 、NO、NO ₂ 、O ₃ 、PM ₁₀ 、NMHC、PH、CH ₄ 等 |
| 總高度 | 11.50 公尺 |
| 最近物距離 | 15.20 公尺 |
| 最近樹距 | 35.50 公尺 |
| 採樣口高度 | 13.00 公尺 |
| 周圍建築物平均高度 | 8.20 公尺 |
| 主要道路最近距離 | 30 公尺 |

資料來源：行政院環境保護署，2004b。

污染來源，包括 (1) 固定源：裕隆汽車公司三義廠位於該區，有污染之虞。(2) 移動源：國道中山高速公路貫穿三義鄉南北，並設有交流道，成為聯絡其他縣市的重要道路，車流量造成相當程度的污染；此外，因近年來三義鄉公所積極開發觀光事業，觀光人口增加，假日車流量倍增，同樣影響空氣品質。不過，此一部份仍待取得交通流量資料，做進一步的分析。(3) 逸散源：來自於營建工地的污染較少。

結果與討論

一、長期趨勢與時間的相關性

由苗栗、三義兩測站從民國 83~93 年的資料可統計出臭氧濃度長期趨勢與時間的相關性。利用最小平方法求得迴歸直線如圖 3 所示，由圖中可看出，兩測站之臭氧濃度均呈現逐年增加的趨勢，其迴歸方程式詳如表 3。

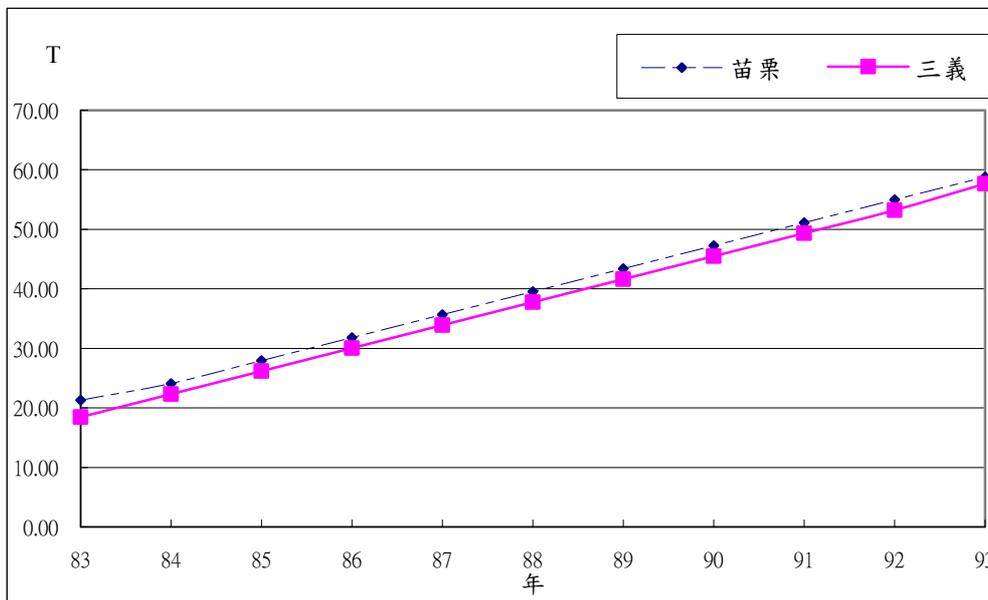


圖 3. 苗栗及三義測站臭氧濃度之長期趨勢

Figure 3. Long-term trend of ozone concentrations in Miao-Li and San-I monitoring station.

表 3. 臭氧長期趨勢數據分析

Table 3. Data analysis of ozone long-term trend.

| 測 站 | 苗 栗 測 站 | 三 義 測 站 |
|----------------|-----------------------|-----------------------|
| 迴歸方程式 | $y = 3.800x + 16.797$ | $y = 3.858x + 14.608$ |
| R ² | 0.9994 | 0.9999 |
| N | 120 | 120 |
| 斜 率 | 3.800 | 3.858 |

由於易形成臭氧的主要條件包括：交通流量大的都會區、充足的紫外線、低風速或無風的情況 (柳中明, 1990)，而以往苗栗測站因位於較都市地區，故臭氧污染較三義測站明顯 (圖 3)。然而，因時、空的變遷，由表 3 可看出，三義測站的長期趨勢斜率 (= 3.858) 大於苗栗測站 (= 3.800)，因此，未來三義測站的臭氧污染濃度有超越苗栗測站的趨勢。

二、季節變動與時間的相關性

由圖 4 中可看出苗栗與三義測站之季節變動趨勢大致相同，亦即在五、七及十二月出現低點，三、六及九月出現高點。其中，六月的高點並不明顯，因此，若是忽略六月的高點，則季節變動情形大約是一到六月及七到十二月半年的循環週期。雖然九到十二月間曾出現互為消長的現象，但還好變動不大，故我們視他為季節變動趨勢一致的變化。

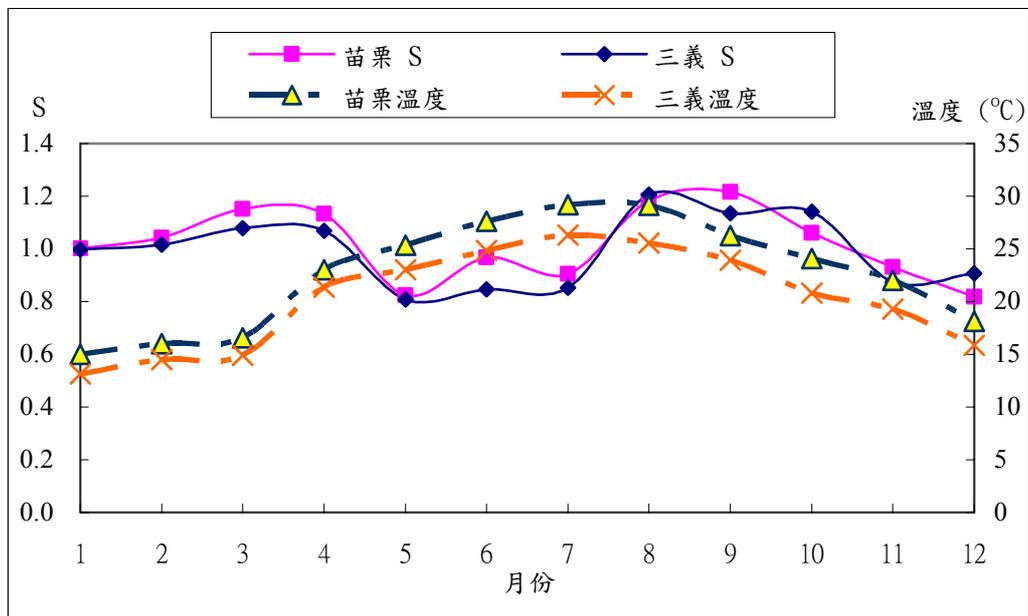


圖 4. 苗栗和三義測站之季節 (S) 及溫度變動趨勢

Figure 4. Seasonal fluctuation (S) and temperature change in Miao-Li and San-I monitoring station.

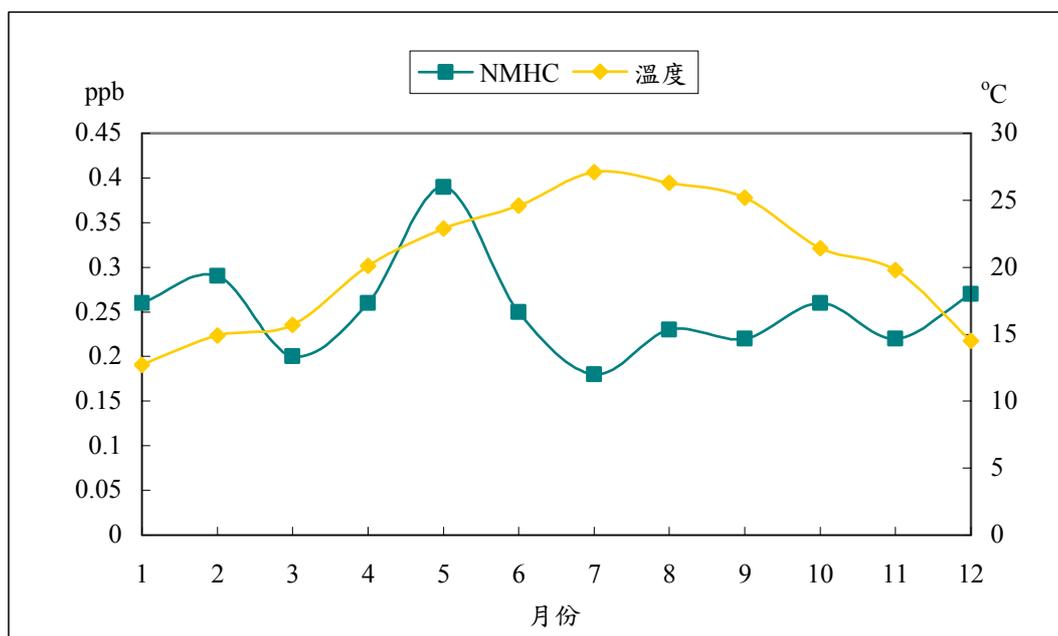


圖 5. 三義測站中 NMHC 濃度與溫度之變化

Figure 5. Variations of NMHC concentrations and temperature in San-I monitoring station.

若以溫度的變化來看 (圖 4)，除了夏天 (5~7 月) 溫度較高，季節變動 (S) 有下降的情形出現外，其他月份之季節變動均隨溫度的高低而起伏。推測原因，可能是因夏季溫度高，日照量充足，形成臭氧的反應時間進而縮短。然而季節變化中，因反應較難敏感呈現，故夏天 (5~7 月) 的季節變化不升反降。

另外，由圖 5 可看出，5~7 月溫度持續上升，而三義測站的 NMHC 濃度卻急遽下降。研究指出，NMHC 為臭氧的前驅物質 (苗栗縣環保局，2003；張智泳，2000；張維泰，2003；Blanchard，2001；Cox，1996；He，1996；Sebald，2000；Stephen，1961)，依化學反應來說，溫度上升，臭氧形成的反應速率增快，因此，在同一時間下測得臭氧前驅物質 NMHC 的濃度便大幅減少。

圖 5 為三義測站歷年的平均變化情形，5 和 10 月出現高峰，6 和 8 月則為低峰，

跟季節變化比較起來，高峰與低峰出現的月份平均往後移動一個月。因為原始數據沒有經過相乘性分析的運算，只有將數據進行月的平均，過程中並未將影響因子去除，所以可能是高峰與低峰往後移動的原因。

三、循環變動趨勢分析

移除長期趨勢 (T) 與季節變動 (S) 兩個因素所得之資料後，我們可分別算出苗栗、三義兩測站之循環變動與不規則變動因素組合 (C×I 值)。然後，我們將計算循環變動因素 C 之推估值採取 9 個月移動平均，如此，不但可去除不規則變動 (I) 的影響，並能求得循環變動之效果 C 值。

(一) 苗栗測站

圖 6 為苗栗測站中臭氧之循環變動 (C)，由民國 83~93 年的 C 值可看出兩種循環：(1) 大循環 — 一個從民國 83 年 2 月~87

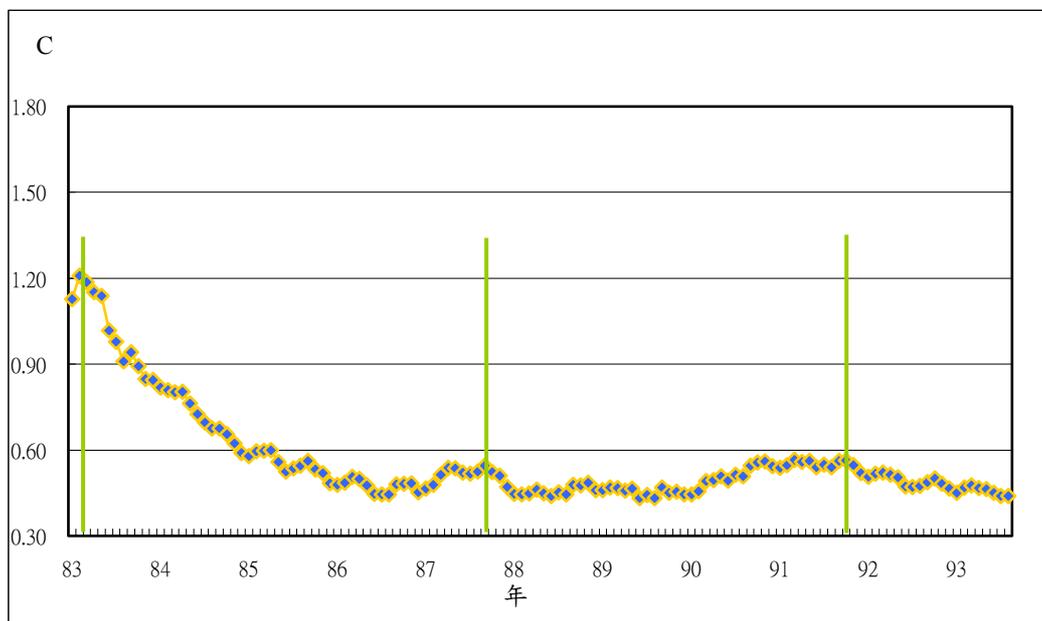


圖 6. 苗栗測站臭氧之循環變動

Figure 6. Cyclical variation (C) of ozone in Miao-Li monitoring station.

年 9 月，維持了 4 年 7 個月；另一個則是從 87 年 9 月~91 年 10 月，共 4 年 1 個月，顯示大循環變動週期有縮短的趨勢。(2) 小循環 — 變動週期大約維持在 5~7 個月不等。

(二) 三義測站

由圖 7 可看出，三義測站之循環變動亦有兩種：(1) 大循環 — 一個從民國 83 年 2 月~88 年 2 月，維持了 5 年左右；另一個則是從 88 年 2 月~92 年 12 月，共 4 年 10 個月。和苗栗測站的情形一樣，大循環變動週期亦有縮短的趨勢。(2) 小循環 — 變動週期約為 6 個月。

由上述可知，苗栗與三義測站的大循環變動週期為 4~5 年左右，皆從民國 83 年 2 月開始，當中亦出現小循環，其變動週期則維持在 5~7 個月之間。至於圖 6 的三義測站，曾在民國 87 年有一突然下向的變動趨勢，原因不明，尚待進一步分析研究。

四、不規則變動趨勢分析

苗栗與三義兩測站之不規則變動 (I) 隨時間的變化趨勢分別繪於圖 8 和圖 9，由圖中可看出，不規則變動並沒有一定的變化規律，乃呈現一般隨機變化的圖形，亦即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 (林師模, 2003) 來驗證隨機不規則變化。我們採用民國 83~93 年中 128 個 I 值 (圖 8) 可計算出苗栗測站上下波動所佔的機率。其中，數據往上變化的次數為 70 次，佔 54.68%；而向下變化的次數為 58 次，則佔 45.32%。

同樣，利用圖 9 可計算出三義測站上下波動的機率各佔 50%，亦即數據往上變化次數 68 次，佔 53.12%；而往下變化的次數為 60 次，則佔 46.88%。

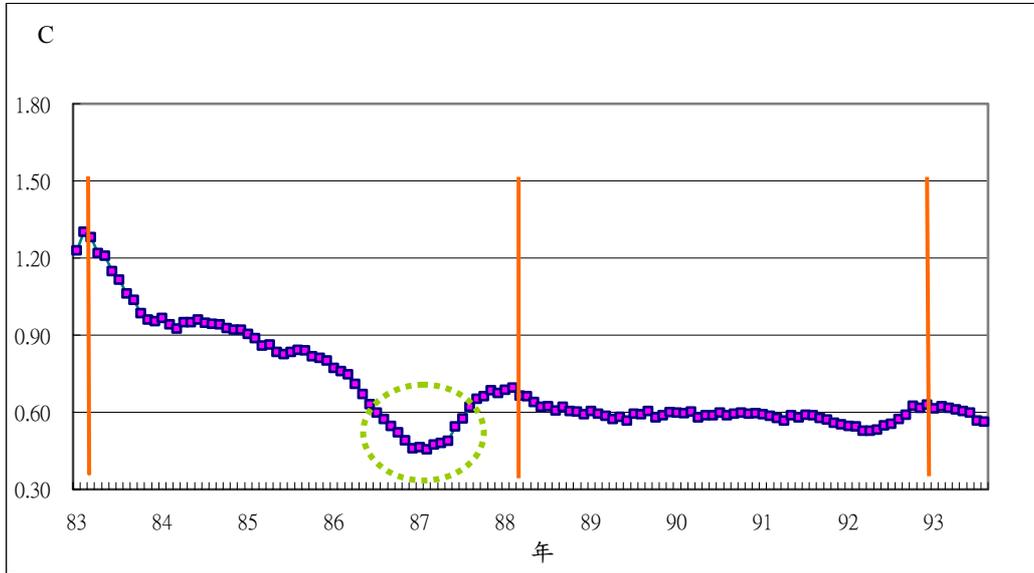


圖 7. 三義測站臭氧之循環變動

Figure 7. Cyclical variation (C) of ozone in San-I monitoring station.

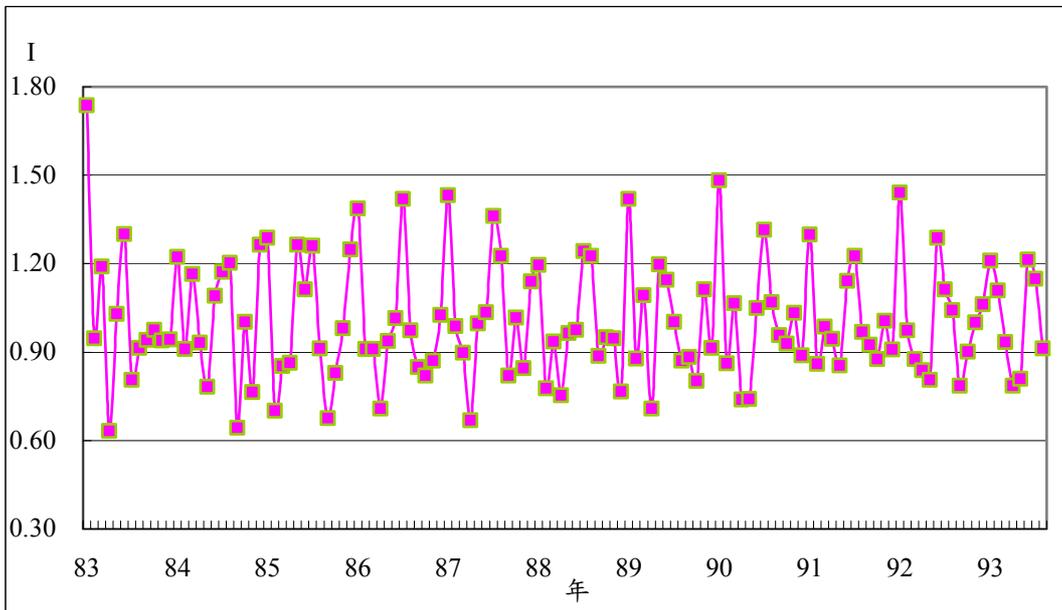


圖 8. 苗栗測站臭氧之不規則變動

Figure 8. Irregular variation (I) of ozone in Miao-Li monitoring station.

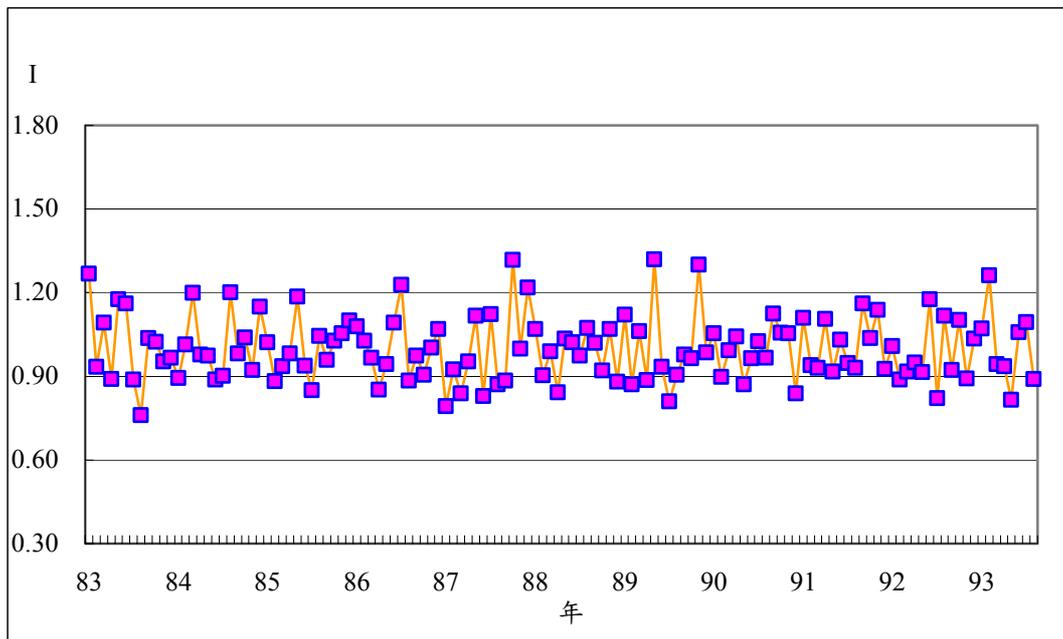


圖 9. 三義測站臭氧之不規則變動

Figure 9. Irregular variation (I) of ozone in San-I monitoring station.

由上述驗證結果可知，苗栗和三義測站之不規則變動上下波動的機率幾乎各佔一半，符合隨機不規則變化的趨勢。

知，均符合隨機 (radom) 變化趨勢。

結 論

苗栗和三義兩測站之臭氧濃度經相乘性模式所列出的時間序列分析可看出：(1) 長期趨勢均隨時間而持續增加，增加的速率維持一定；因此，在每年空氣污染的減量計畫執行中，對於臭氧的削減仍有進步的空間。(2) 在季節變化中，利用統計學常用的標準化方法分析，可得到三個高值及兩個低值，但因六月份的高值不明顯，所以若將他忽略，則可推估出兩測站的季節循環週期約為六個月。(3) 在循環變化中，兩測站均先後出現兩個 4~5 年的大循環，且其循環週期有縮短的趨勢；至於小循環，其週期則維持在 5~7 個月之間。(4) 不規則變化經統計方法計算得

參考文獻

1. 行政院環境保護署 (2004a)，「空氣污染防治法」。
2. 行政院環境保護署 (2004b)，網址：www.epa.gov.tw/main/index.asp。
3. 林昇平 (1990)，「統計學理論與應用」，文笙書局出版，台北市。
4. 林師模、陳苑欽 (2003)，「多變量分析管理上的應用」，雙葉書廊出版，台北市。
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承辦。
6. 柳中明 (1990)，「臭氧光化生成與台北盆地區域環流」，工業污染防治，33：28~57。
7. 張智泳 (2000)，「台灣中南部地區空氣品質監測站代表性評估」，碩士論文，國立

- 中興大學。
- 8.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。
- 9.顏月珠 (1998)，「商用統計學題解」，三民書局出版，台北市。
- 10.Blanchard, C. L. and D. Fairey (2001), "Spatial Mapping of VOC and NO_x – Limitation of Ozone Formation in Central California", *Atmospheric Environment*, Vol.35, pp.3861~3873.
- 11.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.
- 12.He, D.-Y. and M.-Y. Huang (1996), "A Numerical Study on Tropospheric Ozone over China", *Atmospheric Environment*, Vol.30, No.13, pp.2449~2451.
- 13.Se bald, 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.
- 14.Stephen, E. R., E. F. Darley, O. C. Taylor, and W. E. Scott (1961), "Photochemical Reaction Products in Air Pollution", *Air and Wat. Pollut. Int. J.*, Vol.4, pp.79~100.

93 年 02 月 03 日 收稿
93 年 03 月 08 日 修改
93 年 03 月 15 日 接受

水土保持學報 38(1) : 55 -66 (2006)

Journal of Soil and Water Conservation, 38(1) : 55 -66 (2006)