

台灣地區大氣中臭氧濃度逐時分佈特性之分析—並應用 1 小時與 8 小時濃度標準探討臭氧污染問題

洪雪芬¹ 王秋森^{1,*}

HSUEH-FEN HUNG¹, CHIU-SEN WANG^{1,*}

¹ 國立台灣大學環境衛生研究所，台北市仁愛路一段一號

Graduate Institute of Environmental Health, National Tainan University, No.1, Jen-Ai Road, section 1, Taipei, Taiwan, R.O.C.

* 通訊作者 Correspondence author. E-mail: d7844002@mtsun.mc.ntu.edu.tw

目標：本研究之目的在於透過大氣中臭氧濃度逐時變化型態之檢視以探討近年來台灣地區之臭氧污染問題，並使用不同規格的濃度標準對不同地區之臭氧空氣品質進行符合標準之測試。**方法：**利用環保署空氣品質監測站於1994至1997年間測得之臭氧濃度數據進行資料分析，選擇台北市內的中山測站和高雄市內的三民測站代表都市地區，台北縣新店測站代表大台北都會區下風處，台北縣萬里測站代表人為活動較少之地區，陽明測站代表國家公園，另外高屏地區下風處則選擇屏東縣的潮州與美濃測站為代表，分析此七個測站在高臭氧污染日之季平均逐時臭氧濃度變化情形。此外，以1小時/120 ppb與8小時/80 ppb兩種臭氧空氣品質標準進行符合標準之測試。**結果：**高臭氧污染日之數據分析結果顯示：逐時臭氧濃度變化型態可分成五種不同類型地區，各類型地區之季平均逐時臭氧濃度變化曲線大致呈單尖峰型態，其每日尖峰濃度出現的時間介於12:00-16:00之間。夜間時段之臭氧濃度隨地區而異，國家公園和偏遠地區分別為25-45 ppb與10-25 ppb，明顯高於都會區(10 ppb以下)和都會區下風的鄉村地區(10-20 ppb)。臭氧濃度符合標準之測試結果顯示：台北盆地內之測站每日最高1小時臭氧濃度平均值大於120 ppb的日數明顯多於最高8小時臭氧濃度平均值大於80 ppb的日數，而其他地區正好相反，此差異顯示台北盆地之臭氧濃度逐時變化型態不同於其它地區。**結論：**由於不同類型地區之季平均逐時臭氧濃度變化型態差異甚大，且此差異會影響應用不同規格標準進行符合標準之測試的結果，因此，在訂定臭氧空氣品質標準的規格與標準值時，宜考慮不同類型地區臭氧逐時分布型態的差異。(中華衛誌 1999；18(6)：423-431)

關鍵詞：逐時變化，臭氧濃度，臭氧空氣品質標準。

Variations of ambient ozone concentrations in Taiwan: application of 1- and 8-hour standards in the examination of the ozone pollution problem

Objectives: The primary objective of this study was to analyze the ozone pollution problem in Taiwan by examining the hourly variations of the ambient ozone concentrations. In addition, compliance tests were performed for various regions using 1-hour/120 ppb and 8-hour/80 ppb standards. **Methods:** This study made use of hourly average ozone concentration data from 1994 through 1997 reported by Taiwan Environmental Protection Administration. Analyses of hourly variation patterns of ozone concentrations were carried out for the following seven monitoring stations: Chung-Shan and Shan-Min in two metropolitan centers, Shin-Dian in a downwind area of a metropolitan center, Mei-Nung and Chao-Chou in rural areas downwind of a metropolitan center, Yang-Min in a national park and Wan-Li in a remote area. To examine the patterns of hourly variations, the average values of hourly average ozone concentrations for all days with high ozone concentrations in each season were calculated for each area. **Results:** The results of analysis for days with high ozone concentrations show that there were five types of hourly variation patterns including: metropolitan centers, downwind areas of a metropolitan center, rural areas downwind of a metropolitan center, national parks and remote areas. For all types, the hourly average ozone concentration curves had a single peak appearing between 12:00 and 16:00. The nocturnal ozone concentrations were considerably higher in the national park (25-45 ppb) and the remote areas (10-25 ppb) than in the metropolitan centers (<10 ppb) and rural areas downwind of a metropolitan center (10-20 ppb). The results of compliance tests show that the number of days exceeding the 1-hour/120 ppb standard was higher than the number of days exceeding the 8-hour/80 ppb standard in the Taipei basin, while the situations in other areas were the opposite. This indicates that the hourly variations of ambient ozone concentrations in the Taipei basin differed from those of other areas. **Conclusions:** The results suggest that the differences among various patterns of hourly variations of ozone concentrations should be taken into consideration when revising ozone air quality standards. (*Chin J Public Health. (Taipei): 1999; 18(6): 423-431*)

Key words: hourly variation, ozone concentrations, ozone air quality standards.

前言

目前台灣大氣環境中臭氧濃度偏高的地區大多位於都會區及其下風地帶。根據環保署之空氣品質監測報告[1]，1994至1996年台灣地區臭氧濃度超過小時標準值(120 ppb)的站次，分別為390、398、611站次，呈現逐年增加的趨勢。因此，臭氧污染問題已日益受重視。

許多有關臭氧健康效應的研究結果[2-5]顯示，高臭氧濃度的暴露會導致肺功能的明顯降低及呼吸道症狀的產生。根據Horstman等[6]進行控制的人體試驗(controlled human studies)之研究結果，在分別暴露於 $160\mu\text{g}/\text{m}^3$ (約81.5 ppb)、 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ (約101.9 ppb)和 $240\mu\text{g}/\text{m}^3$ (約122.3 ppb)，6.6個小時後，肺功能指標 $\text{FEV}_{1.0}$ (forced expiratory volume in 1 s)分別降低7.0、7.0和12.3%，顯示較低濃度但為時數小時的暴露即會引起不良健康效應。

由於受到臭氧前驅物質的排放率、日照輻射的強度、大氣傳輸的幅度、以及消耗臭氧的化學反應與吸收程序的強度等物理化學因素之影響，臭氧濃度隨時間而有顯著的變化，且其隨時間變化的型態(pattern)因地區不同而異。

1997年，美國環保署修正的臭氧空氣品質標準[7]乃規定每年第四高的每日最高8小時臭氧濃度平均值，取其三年平均值必須符合80 ppb的標準(雖然美國聯邦法院於1999年判決美國環保署不得實施其於1997年修訂之空氣品質標準，但此項修訂標準仍值得進行研究時之參考)。我國現行臭氧空氣品質標準中訂定每日最高8小時臭氧濃度平均值不得超過60 ppb，而最高1小時臭氧濃度平均值則不得超過120 ppb。各國臭氧空氣品質標準往往採用不同的規格及標準值。各種臭氧空氣品質標準均有其健康效應的考量。1小時/120 ppb的臭氧濃度標準為短時間、高濃度的規格，其在一年中允許超過標準值次數的規範，屬於“超過次數期待值”規格(expected-exceedance form)。而8小時/80 ppb的臭氧濃

度標準則屬於較長時間、較低濃度的規格，其在一年中第N高的8小時平均濃度不可超過80 ppb的規範，屬於“以濃度為基準”規格(concentration-based form)。此外，Blanchard等[8]曾提議應用“暴露基準”的規範(exposure-based criteria)來制定臭氧濃度標準，此規範以暴露量為主，考慮臭氧濃度以及各種濃度所發生之小時數，因此更能反映潛在的健康危害。由於臭氧濃度隨時間有顯著的變化，使用不同臭氧空氣品質標準的規格來檢視一個地區的臭氧濃度監測數據可能會得到不同暴露嚴重性的結論。一個地區的臭氧濃度逐時變化型態也可能影響其在使用不同濃度標準進行符合標準之測試(compliance test)的結果。

本研究主要目的包括下列三項：

- (1)探討不同類型地區的逐時臭氧濃度分佈型態。
- (2)探討不同類型地區的臭氧污染特性。
- (3)利用1小時/120 ppb與8小時/80 ppb兩種不同規格的臭氧空氣品質標準對台灣地區各測站進行符合標準之測試。

研究方法

本研究使用1994年1月至1997年12月環保署自動空氣品質監測站之數據進行分析。監測數據的時間解析度為小時值。在上述期間，台灣地區計有66個測站(1996年7月後增為71站)測站序號1-21屬於北部(涵蓋基隆市、台北縣市及桃園縣)空氣品質區、序號22-27屬於竹苗(涵蓋新竹縣市及苗栗縣)空品區、序號28-36屬於中部(涵蓋台中縣市、彰化縣及南投縣)空品區、序號37-46屬於雲嘉南(涵蓋雲林縣、嘉義縣市及台南縣市)空品區、序號47-60屬於高屏(涵蓋高雄縣市及屏東縣)空品區、序號62-63屬於花東(涵蓋花蓮縣及台東縣)空品區、序號65-66屬於宜蘭(涵蓋宜蘭縣)空品區。其中有5個測站無臭氧監測項目，因此，本研究選取其餘61個測站所測得的臭氧濃度作為資料分析的樣本。

投稿日期：88年8月30日

接受日期：88年11月23日

本研究選取之監測數據必須符合下列三個條件[9]：

1. 連續8個小時內有效測定時數須超過5個小時，
2. 一日內有效小時數至少應達16小時以上，
3. 一年內之有效時數至少應達6000小時以上。

除上述三個條件外，鑑於臭氧濃度之逐時變化在中午12點至下午2點之間大多會出現尖峰濃度，因此，中午12點至下午2點之間若有連續2個小時的缺失值則視為無效測定日，若只有1小時的缺失值則以線性內插法填補之。至於其它時段臭氧濃度變化較小，因此若有連續3個小時以內之缺失值則以線性內插法填補之。

歷年來的臭氧濃度監測資料[1]顯示台北盆地及高屏地區臭氧污染較為嚴重，且考慮影響臭氧濃度之物理化學因子可能因地區不同而異，因此選擇台北市內的中山測站和高雄市內的三民測站代表臭氧前驅物質排放率較高且人口密集之都市地區，台北縣新店測站代表大台北都會區下風處，台北縣萬里測站代表臭氧前驅物質排放率較低及人為活動較少之地區，位於國家公園的陽明測站代表臭氧前驅物質排放率極低且植被甚多之地區，另外高屏地區下風處且臭氧前驅物質排放率較低之地區則選擇屏東縣鄉村地區的潮州與美濃測站為代表，利用此七個測站之監測數據進行資料分析。因數據龐大，且考慮臭氧濃度在超過80 ppb時才較可能引起不良健康效應，故只挑選每日最高臭氧濃度小時平均值大於80 ppb之日，稱之為“高臭氧污染日”(參考柳等[10])。以3至5月為春季，6至8月為夏季，9至11月為秋季，12月至翌年2月為冬季，計算所有高臭氧污染日在各時間點之季平均值，進而求出各季之平均逐時臭氧濃度。此外，計算季平均每日逐時臭氧濃度變化曲線中最高與最低濃度之比值($[O_3]_{\max} / [O_3]_{\min}$ ratio)以分析不同類型地區之季平均每日逐時臭氧濃度變化情形。

美國環保署所公佈之臭氧空氣品質標準均以連續三年的臭氧監測數據進行符法性測

試，而國內臭氧監測數據自1994年後才較完整，目前的數據只能求得兩個3年的移動平均值，所以本研究對台灣地區66個測站進行符合標準之測試時，僅呈現逐年之測試結果。因此並未完全採用美國環保署的臭氧空氣品質標準規格。此外，雖然我國現行臭氧空氣品質標準中訂定每日最高8小時臭氧濃度平均值不得超過60 ppb，但此標準過於嚴格，每年除了台東及花蓮兩測站外，其餘測站均無法符合，故我國環保署甚少利用此標準，因此本研究改採8小時/80 ppb之規格來進行符合標準之測試。

有關各測站一年中每日最高1小時及8小時臭氧濃度平均值分別高於120 ppb及80 ppb的日數之係依下述方法計算：

1. 以電腦程式計數各測站一年中臭氧濃度小時值高於120 ppb的日數。
2. 針對每一測站計算每日之臭氧濃度8小時移動平均值，並將之排序，以求出每日最高8小時臭氧濃度之移動平均值。
3. 計算各測站一年中之每日最高8小時臭氧濃度平均值超過80 ppb的日數。
4. 比較每一測站每年最高1小時臭氧濃度小時值高於120 ppb的日數與8小時臭氧濃度平均值超過80 ppb的日數兩者之差距。

結 果

圖一為1994至1997年中山、三民、新店、潮州、美濃、陽明及萬里等七個測站在高臭氧污染日之季平均逐時臭氧濃度變化圖。圖中顯示各季高臭氧污染日在夜間時段最低之臭氧濃度小時值以中山測站最低(小於4 ppb)，其次為三民、新店、潮州及美濃測站(5–10 ppb)，萬里測站較高(10–20 ppb)，而陽明測站最高(20–45 ppb)。各不同類型地區之季平均逐時臭氧濃度變化均呈單尖峰型態，臭氧濃度尖峰大多發生在12:00–16:00之間，都會區下風處之地區臭氧濃度尖峰出現的時間較都會區市中心延遲1至2個小時。此外，位於台北盆地內之中山及新店測站其每

日臭氧濃度高於80 ppb的小時數為1至2個小時，位於高屏空品區的三民、潮州及美濃測站則為2至4個小時。五個不同類型地區之冬季每日臭氧濃度爬升過程與其它季節比較均出現時間延遲(time-lag)之現象。

表一及表二為依照1小時/120 ppb與8小時/80 ppb兩種臭氧空氣品質標準對1994至1997年台灣地區的66個測站進行符合標準之測試結果。表中顯示：花東空品區的兩個測站與宜蘭地區的宜蘭測站(序號62、63與65)，其每年每日最高8小時臭氧濃度平均值大於80 ppb之日數與每日最高1小時臭氧濃度平均值大於120 ppb之日數均在兩天以內，而其它空品區的臭氧空氣品質不符合1小時/120 ppb與8小時/80 ppb兩種標準的日數則相當多，尤以高屏空品區不符合標準的日數最

多。以1997年潮州測站為例，不符合1小時/120 ppb與8小時/80 ppb兩種標準的日數分別為71與101天。

討 論

首先，檢視五個不同類型地區之測站其每日臭氧濃度尖峰出現的時間及其維持濃度高於80 ppb的小時數。由季平均逐時臭氧濃度變化型態可以看出：台北都會區市中心型的中山測站每日臭氧濃度尖峰出現的時間較早(在12:00—13:00)，其變化型態在四季均頗相似，逐時臭氧濃度曲線上升及下降的速率均甚大(在19:00—20:00已降至夜間時段的濃度)，且維持濃度高於80 ppb的時間不超過2個小時。因此，其季平均逐時臭氧濃度曲線的

表一 1994至1997年台灣地區66個測站每日最高1小時臭氧濃度平均值高於120 ppb之日數

測站序號	1994	1995	1996	1997	測站序號	1994	1995	1996	1997	測站序號	1994	1995	1996	1997
1	3	5	1	0	23	6	3	3	0	45	6	2	5	10
2	2	8	9	6	24	0	2	4	2	46	7	1	3	11
3	10	6	2	5	25	*	*	*	*	47	11	24	20	12
4	15	19	33	28	26	9	1	3	0	48	17	2	33	45
5	20	12	14	15	27	2	3	3	1	49	6	4	4	13
6	10	10	10	17	28	7	6	7	5	50	8	22	15	23
7	5	16	18	13	29	0	0	2	4	51	10	15	45	39
8	5	0	5	1	30	2	1	5	14	52	7	21	35	38
9	1	7	0	3	31	2	3	11	8	53	12	3	11	22
10	0	1	0	1	32	7	1	2	1	54	23	16	11	21
11	3	3	2	1	33	0	1	0	0	55	8	11	23	38
12	7	4	7	16	34	*	*	*	*	56	8	16	11	20
13	17	12	19	24	35	0	0	0	4	57	*	*	*	*
14	11	7	10	10	36	10	12	12	3	58	10	15	15	25
15	12	11	8	16	37	0	1	1	0	59	48	41	28	31
16	*	*	*	*	38	0	0	1	2	60	14	13	72	71
17	1	2	5	1	39	1	2	0	2	61	3	4	5	14
18	0	2	4	8	40	3	2	0	0	62	0	1	0	0
19	2	0	2	10	41	3	2	0	9	63	0	0	0	0
20	2	2	4	5	42	1	3	1	0	64	4	5	1	1
21	7	0	0	0	43	1	0	12	8	65	0	0	0	0
22	2	0	0	2	44	2	10	6	8	66	*	*	*	*

* 表示該測站未測定臭氧

表二 1994至1997年台灣地區66個測站每日最高8小時臭氧濃度平均值高於80 ppb之日數

測站序號	1994	1995	1996	1997	測站序號	1994	1995	1996	1997	測站序號	1994	1995	1996	1997
1	4	6	1	3	23	8	4	20	2	45	23	11	17	37
2	1	8	1	2	24	3	1	9	3	46	10	1	9	27
3	11	13	3	10	25	*	*	*	*	47	29	61	46	31
4	4	15	13	24	26	14	5	8	2	48	19	2	41	81
5	10	8	6	12	27	19	5	12	4	49	7	3	1	20
6	6	4	5	7	28	22	10	20	7	50	16	27	18	39
7	1	13	10	9	29	1	2	7	7	51	11	20	58	58
8	0	1	1	0	30	7	2	25	22	52	13	37	61	67
9	5	12	7	7	31	13	9	38	14	53	12	0	14	34
10	0	0	1	1	32	16	1	16	7	54	44	34	29	39
11	1	2	0	2	33	1	1	2	6	55	10	25	48	87
12	1	2	2	8	34	*	*	*	*	56	14	34	23	45
13	9	6	7	17	35	5	3	15	19	57	*	*	*	*
14	4	7	3	6	36	26	27	35	24	58	14	22	22	41
15	6	10	1	7	37	12	7	9	3	59	67	52	48	48
16	*	*	*	*	38	3	1	1	6	60	25	17	116	101
17	1	2	7	3	39	14	11	14	34	61	5	5	2	13
18	0	5	7	12	40	16	7	1	0	62	0	0	0	0
19	9	6	11	13	41	9	4	0	20	63	0	0	0	0
20	4	3	5	6	42	17	12	8	12	64	12	10	5	4
21	12	2	11	1	43	16	0	20	37	65	1	2	0	1
22	5	0	12	4	44	32	33	16	29	66	*	*	*	*

* 表示該測站未測定臭氧

型態如同脈衝(pulse)。而都會區下風處型的新店測站，除臭氧濃度尖峰出現的時間較中山測站落後約1小時(在13:00—14:00)外，其季平均逐時臭氧濃度曲線的變化與中山測站類似。柳等[10]分析台北及高雄地區之區域氣象環境與高臭氧污染日之相關性，發現台北地區日間海風下風處，即盆地南方的土城及新店為台北最高濃度值發生的地區。本研究結果顯示新店測站臭氧濃度尖峰出現的時間較中山測站晚，即係由於新店測站位於海風下風處，大氣傳輸污染物至此地有時間延遲之故。另外，柳等[10]的研究結果顯示台北地區在午後常有雲量增多的情形，而使日照時數減少。在前驅物質排放特性不變的情況下，一旦日照減少或變弱至一定程度，則臭氧的消耗速率高於生成速率。中山及新店

測站的季平均逐時臭氧濃度曲線於下午1點開始下降，即可能是日照減弱、大氣擴散增加、上午排放之前驅物已經因化學反應而消耗殆盡等因素所致。

位於高雄都會區市中心型的三民測站及其下風處鄉村地區的潮州測站，其季平均逐時臭氧濃度曲線上升速率甚大但下降速率緩慢，而濃度維持於80 ppb以上的時間約有3至5個小時，因此，其季平均逐時臭氧濃度曲線的型態較為平坦(flat)。至於同為都會區下風處鄉村地區的美濃測站，其臭氧濃度尖峰出現的時間較三民測站延遲2個小時，季平均逐時臭氧濃度曲線則與潮州測站相似，濃度高於80 ppb以上所維持的時間約有2至4小時。由於高屏地區少有午後雲量增多的情形，且臭氧前驅物除了汽機車排放源外，尚有較穩

定的工廠排放源，因此，其季平均逐時臭氧濃度曲線上升快速但下降緩慢。根據柳等[6]的分析結果顯示：高雄地區在高臭氧污染日上午10:00以後之風場為海風，由西至西北西方向的海面吹向陸地。因此，推論位於內陸的美濃與潮州測站因在都會區的下風處，其臭氧濃度尖峰出現的時間會有延遲的現象。

整體而言，五個不同類型地區之冬季季平均逐時臭氧濃度曲線在爬升過程中均有時間延遲現象，與其他季節比較約延遲了1個小時以上。此點特性可能與日出時間、氣溫及日照強度在季節上的差異有關。

在夜間時段之臭氧濃度，都會區市中心及其下風處和都會區下風處的鄉村地區明顯低於國家公園和偏遠地區。Beck等[11]在歐洲都會區與偏遠地區所進行之研究亦曾獲得類似的結果。推測其原因，在夜間NO_x是臭氧重要的匯集點，在偏遠地區因夜間時段的NO_x濃度較低，因此臭氧會維持在較高的濃度。然而在都會區或都會區下風處的鄉村地區，當沒有輻射或輻射強度較弱時，大氣中的NO等空氣污染物就成為消耗臭氧的匯集點，所以在夜間時段，臭氧的濃度可以降至10 ppb以下。

根據季平均逐時臭氧濃度之最高與最低臭氧濃度的比值([O₃] max / [O₃] min ratio) 來比較不同地區之每日逐時臭氧濃度變化程度的大小(見圖二)，發現都會區市中心和都會區下風的鄉村地區之逐時臭氧濃度變化程度較大，所以其臭氧濃度之尖峰非常明顯，國家公園和偏遠地區逐時臭氧濃度變化程度較小，其逐時分布型態也比較平坦，所以其臭氧濃度之尖峰較不明顯。例如：都會區市中心型的中山測站在冬季之平均逐時臭氧濃度之最高與最低值之比值高於50，其變化程度遠大於國家公園型的陽明測站(其臭氧濃度最高與最低值之比值約為2倍)。

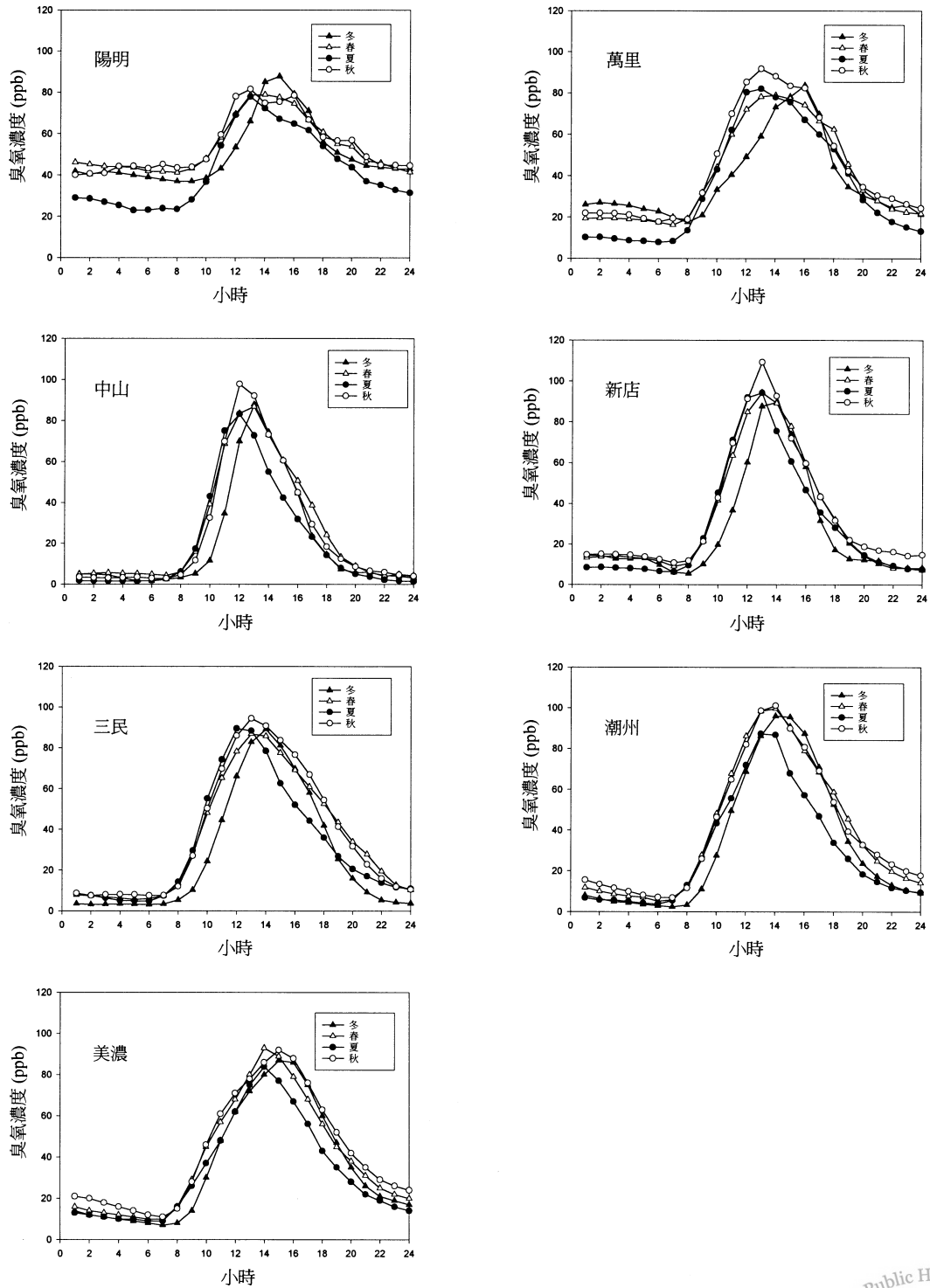
此外，將台灣地區66個測站一年中每日最高1小時與8小時臭氧濃度平均值分別大於120 ppb與80 ppb的日數加以比較，結果發現台北盆地內之測站一年中不符合1小時/120 ppb標準之日數高於不符合8小時/80 ppb標準之日數，而其它空品區則為不符合8小時/80

ppb標準之日數高於不符合1小時/120 ppb標準之日數(見圖三)。上述結果係由於台北盆地內的測站在高臭氧污染日之季平均逐時濃度分布型態大多屬於脈衝型高濃度值的污染，而其它空品區的測站則大多屬於平坦型高濃度值的污染，此點與不同類型地區之臭氧濃度逐時分佈型態的差異具有一致性。因此，不同地區測站對此兩種不同規格的標準所反應的符合標準程度並不一致。

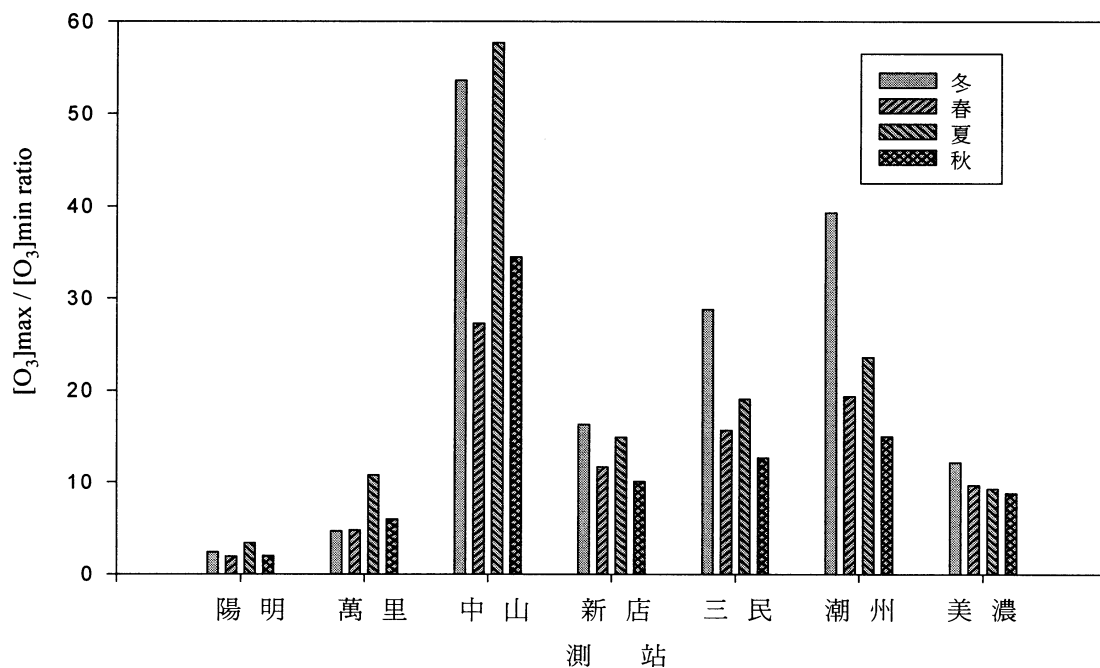
結 論

根據本研究之結果可獲得下列三點結論：

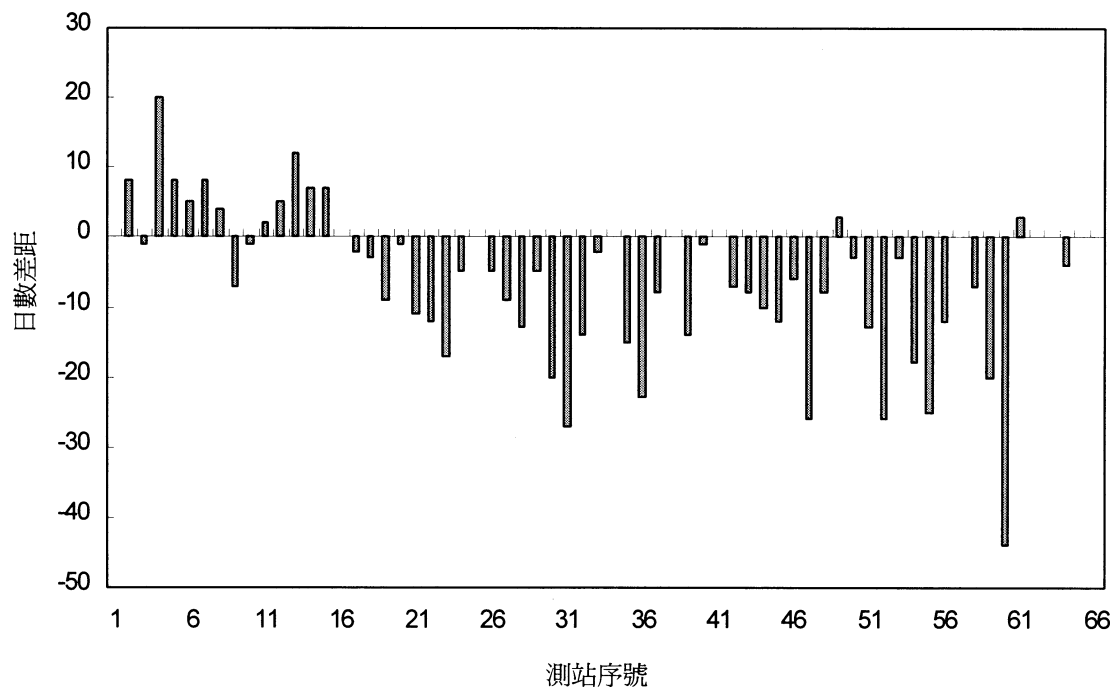
1. 根據高臭氧污染日之季平均逐時濃度變化曲線可將不同地區的臭氧污染特性分為都會區市中心型、都會區下風處型、國家公園型、偏遠地區型及都會區下風處的鄉村地區型等五種類型。在不同類型之間，其逐時臭氧濃度無論是在日間或夜間時段都有很大的差異，且臭氧濃度尖峰出現的時間也有不同，以都會區市中心較早，而都會區下風處、都會區下風的鄉村地區及偏遠地區較都會區市中心約延遲1至2個小時。此外，位於台北盆地內之中山與新店測站之逐時臭氧濃度曲線屬脈衝型，而位於高屏地區的三民、美濃與潮州測站其濃度曲線則較平坦。
2. 以8小時/80 ppb與1小時/120 ppb兩種不同規格之臭氧濃度標準進行台灣地區66個監測站之符合標準之測試結果顯示：整體而言，台北盆地內之測站每日最高1小時臭氧濃度平均值大於120 ppb的日數明顯多於最高8小時臭氧濃度平均值大於80 ppb的日數，而其它空品區則為不符合8小時/80 ppb標準之日數高於不符合1小時/120 ppb標準之日數。
3. 由於兩種不同規格之臭氧濃度標準均有其健康效應的依據，因此無論不符合那一種標準都有可能造成不良的健



圖一 1994至1997年陽明、萬里、中山、新店、三民、潮州及美濃七個測站在高臭氧污染日之季平均逐時臭氧濃度變化



圖二 1994至1997年陽明、萬里、中山、新店、三民、潮州及美濃七個測站在高臭氧污染日之最高與最低1小時臭氧濃度平均值的比值($[O_3]_{\max}/[O_3]_{\min}$ ratio)



圖三 1996年台灣地區66個測站最高1小時臭氧濃度平均值大於120ppb的日數與8小時臭氧濃度平均值大於80ppb的日數兩者之差距(前者較高者，差距為正數)

康效應。若以8小時/80 ppb的標準來評估台北盆地內臭氧污染狀況，將會低估其短時間、高濃度的臭氧污染嚴重性。反之，以1小時/120 ppb的標準來評估高屏地區臭氧污染狀況，將會低估其較長時間、較低濃度的臭氧污染嚴重性。爲了更周全的保護大眾健康，建議在訂定臭氧空氣品質標準的規格與標準值時，宜考慮不同類型地區臭氧逐時分布型態的差異並評估不同類型地區居民的暴露狀況。

誌 謝

本研究承蒙行政院環境保護署補助研究計畫經費(計畫編號：EPA 87-FA02-03-07)，特此致謝。

參考文獻

1. 行政院環境保護署：中華民國台灣地區空氣品質監測報告。台北：環保署，1994-1996。
2. McDonnell WF, Kehrl HR, Abdul-Salaam S, Nes PJ, Folinsbee LJ, Devlin RB. Respiratory response of humans exposed to low levels of ozone for 6.6 hours. *Arch Environ Health* 1991;**46**:145-50.
3. Hazucha MJ, Folinsbee LJ, Seal E Jr. Effects of steady-state and variable ozone concentration profiles on pulmonary function. *Am Rev Respir Dis* 1992;**146**:1487-93.
4. Linn W, Shamoo D, Anderson K, Peng R, Avol E, Hackney J. Effects of prolonged, repeated exposure to ozone, sulfuric acid, and their combination in healthy and asthmatic volunteers. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;**150**:431-40.
5. Folinsbee LJ, Horstman DH, Kehrl HR, Harder S, Abdul-Salaam S, Ives PJ. Respiratory responses to repeated prolonged exposure to 0.12 ppm ozone. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;**149**:98-105.
6. Horstman DH, Folinsbee LJ, Ives PJ, Abdul-Salaam S, McDonnell WF. Ozone concentration and pulmonary response relationships for 6.6 hours exposures with five hours of moderate exercise to 0.08, 0.10, 0.12 ppm. *Am Rev Respir Dis* 1990;**142**:1158-63.
7. EPA's Revised Ozone Standard. USEPA 1997 July 17. Fact Sheet, Available from: URL: <http://ttnwww.rtpnc.epa.gov/naaqsf/o3fact.html>.
8. Blanchard CL, Byrne SV, Ziman SD. The application of exposure-based criteria in developing alternative primary ambient ozone standards. *J Air & Waste Manage Assoc* 1997;**47**:1051-60.
9. 行政院環境保護署：中華民國台灣地區環境監測彙編八十五年版。台北：環保署，1996。
10. 柳中明、蘇維中：區域氣象環境與高臭氧之相關研究。台北：中華民國環境工程學會，第十三屆空氣污染控制技術研討會論文專輯，1996；29-37。
11. Beck JP, Grennfelt P. Estimate of ozone production and destruction over northwestern Europe. *Atmospheric Environment* 1994;**28**:129-40.