

## 第二章 桃園地區空氣品質概況

本章首先介紹桃園地區的地形、氣候，並整理出各污染源的污染物排放量，以及未來的排放量推估，可作為往後討論時的參考。其次，統計臭氧小時監測值及八小時平均值之變化，依此初步瞭解臭氧濃度容易在何種季節和哪個時段超過法規標準。最後則討論臭氧及氮氧化物的季節變化、日變化，並提出濃度分布不同的原因。

### 第一節 研究區介紹

#### 一、地形

桃園縣位居台灣的西北部，呈現西北東南之狹長形，地勢由西北的沿海平原往東南方的山地區漸次增高。縣境東南部為阿里山及雪山山脈的一部份，西北部則地勢平緩，台地階地極為發育。林口台地位於縣境東北方，是台北盆地及桃園台地兩個地理區的天然界線。

台地為桃園地區的地形主體（圖 1-4），境內由北而南包括桃園台地、中壢台地、平鎮台地、伯公崗台地，以及湖口台地，上述台地與林口台地可合稱為「桃園台地群」，其形成大多認為與古石門沖積扇有關。而這一連串略成階梯狀排列的台地群，是台灣西部麓山帶第四紀台地的一部份（林朝榮，1957），範圍相當廣大。台地的表面大致平坦，不過愈往南及東南側，地勢的起伏愈大，台地東南側較高處約 250 公尺，向北、向西呈緩傾斜至海岸（范佐東，1997）。一地的地形特徵會在當地造就中尺度、或小尺度的局部環流。例如當某些天氣系統接近台灣時，桃園地區即可能因海陸差異、或山脈的阻擋而產生不同的熱力、動力作用，進而對空氣污染物的擴散、傳送造成影響。

## 二、氣候

桃園縣位於副熱帶季風氣候區內，季風是影響氣候變化的主要因子之一。若依柯本（Köppen）的氣候分類，桃園縣應該是屬於各月多雨的溫帶常濕氣候（Cfa 型）。以下分別針對氣溫、雨量、風向風速、相對濕度、雲量、日照時數、最大混合層高度，及通風指數進行討論。

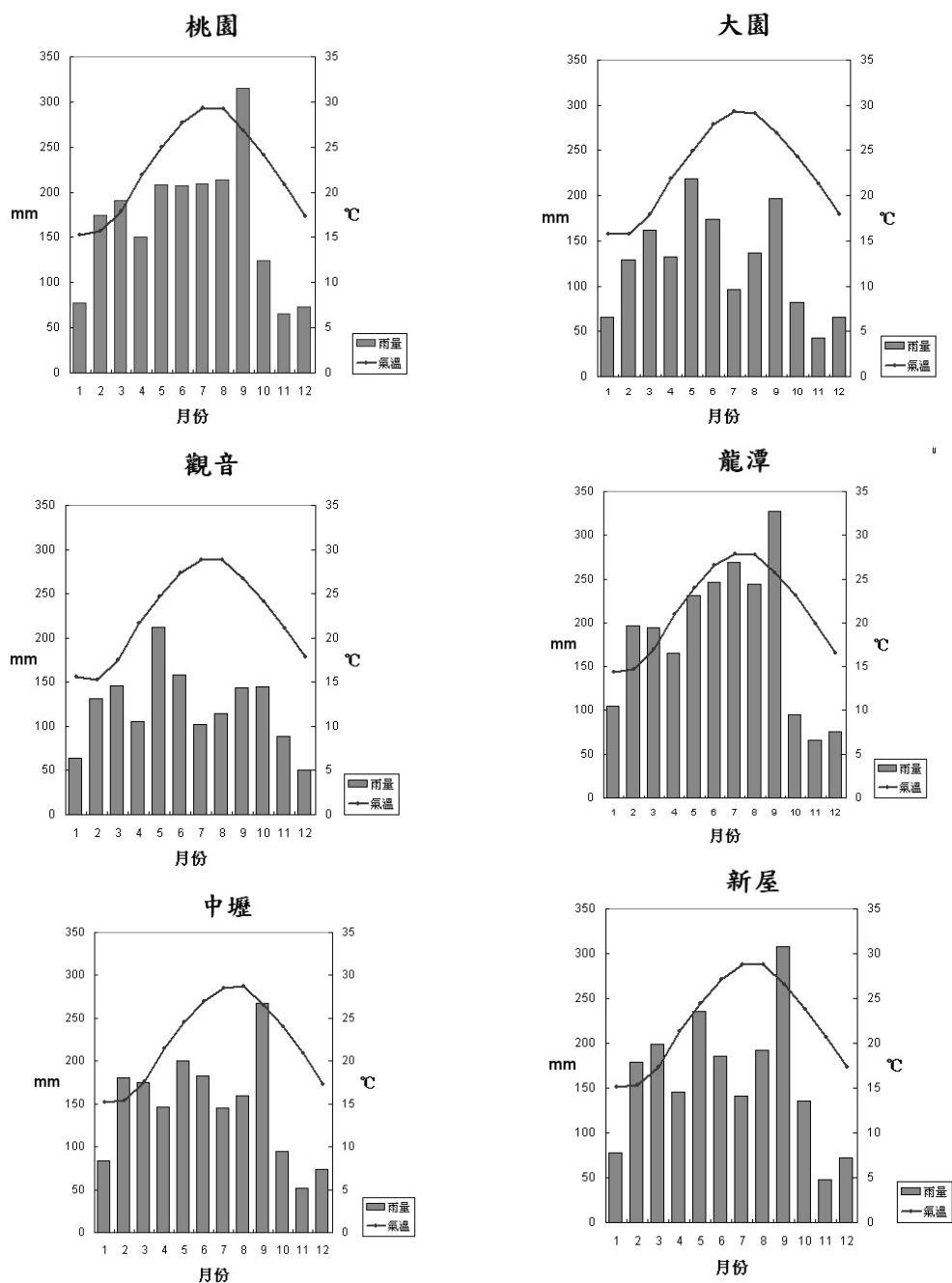


圖 2-1 1995 年至 2004 年各測站月平均氣溫雨量

## 1. 氣溫、雨量

桃園地區夏季的月均溫可達  $28^{\circ}\text{C}$ ，最冷月均溫約為  $15^{\circ}\text{C}$ （圖 2-1）。日溫差則在  $4^{\circ}\text{C}$  左右，且以夏季的日溫差較大。各地氣溫的差異不大，唯龍潭的氣溫較其他地區稍低。雨量方面，1995 年至 2004 年的平均雨量顯示（圖 2-1），桃園地區的年雨量約在 1500 至 2500 毫米之間，以 5 至 9 月的降雨較多，夏、秋二季常有颱風侵襲，隨之帶來的豐沛降雨是這段期間雨量較多的主因。但這五個月的降雨大約只佔全年雨量的 50% 至 60% 左右，表示桃園地區冬、春季也有不少降雨（尤其在 2、3 月雨量較多），並不如中南部的乾雨季分明。其中，許多測站 9 月的平均雨量有異常偏高的現象，檢查後發現乃是 2001 年納莉颱風，以及 2003 年海馬颱風所帶來的豪雨所造成之結果。在雨量的空間分佈上，以龍潭的平均年雨量最高，達到 2210 毫米，而靠海的觀音雨量較少，只有 1460 毫米上下。

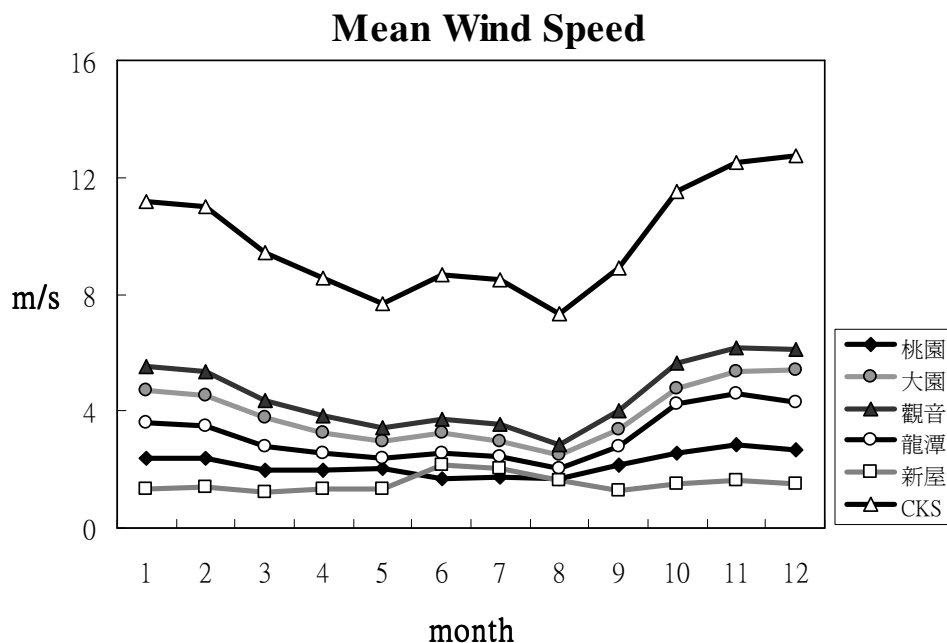


圖 2-2 1995 年至 2004 年各測站月平均風速

## 2. 風向風速

桃園地區之測站均以 10 月過後至隔年 3 月的風速最大（圖 2-2），此時為東北季風主導時期，月平均風速最大可達 10 m/s 以上。雖然 4 月過後的西南季風

期之風速較小，月均風速只有 2 m/s 左右，但 6、7 月的風速卻有偏高現象，這可能與颱風侵襲及旺盛的海風有關。區域差異上，以機場、觀音、大園等沿海測站風速較高，由於機場測站附近開闊空曠，所以風速比其他測站高出許多。另外，圖 2-3 則是風速在不同季節的日變化曲線，均顯示白天的風速大於夜晚，不過冬季的夜晚會有較大的強風出現。夏、秋兩季則在午後有相當明顯的高風速出現，且此現象在沿海的觀音、大園、機場等地更為顯著，推論這應該是強烈的海風所造成的。

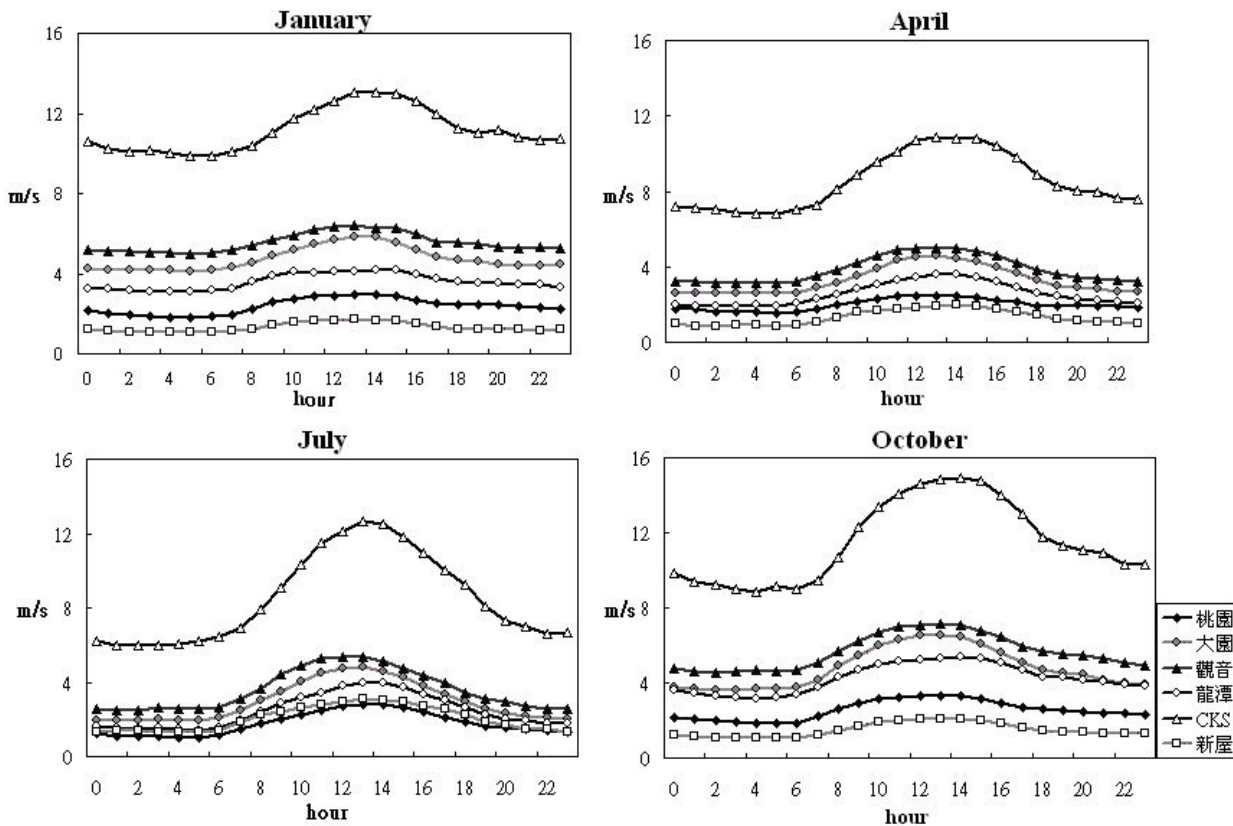


圖 2-3 1995 年至 2004 年各測站小時平均風速

圖 2-4 為中正機場 1995 年至 2004 年 1、4、7、10 月的風花圖，分別代表桃園地區冬、春、夏、秋四季的風速與風向變化。1 月的風向在東北季風影響下，以北風、東北風為主，且風速大於 12 m/s 所佔的比例很大。到了 4 月，偏北風系的風向比例大幅下降，取而代之的是多變的風向，風速也轉小。直到進入 7 月後，出現極為明顯的西南風與南風，不過風速大多在 8 m/s 以下，但此時由於海風十分發達，所以北風仍佔有相當的比例。等到 10 月過後，東風、東北風的

比例大增、風速增強，又回到東北季風主導盛行風場的季節。呂世宗等（1990）於早期的觀測中提出桃園地區以東北風為主要盛行風，其次為東北東風，夏季則多偏南風。

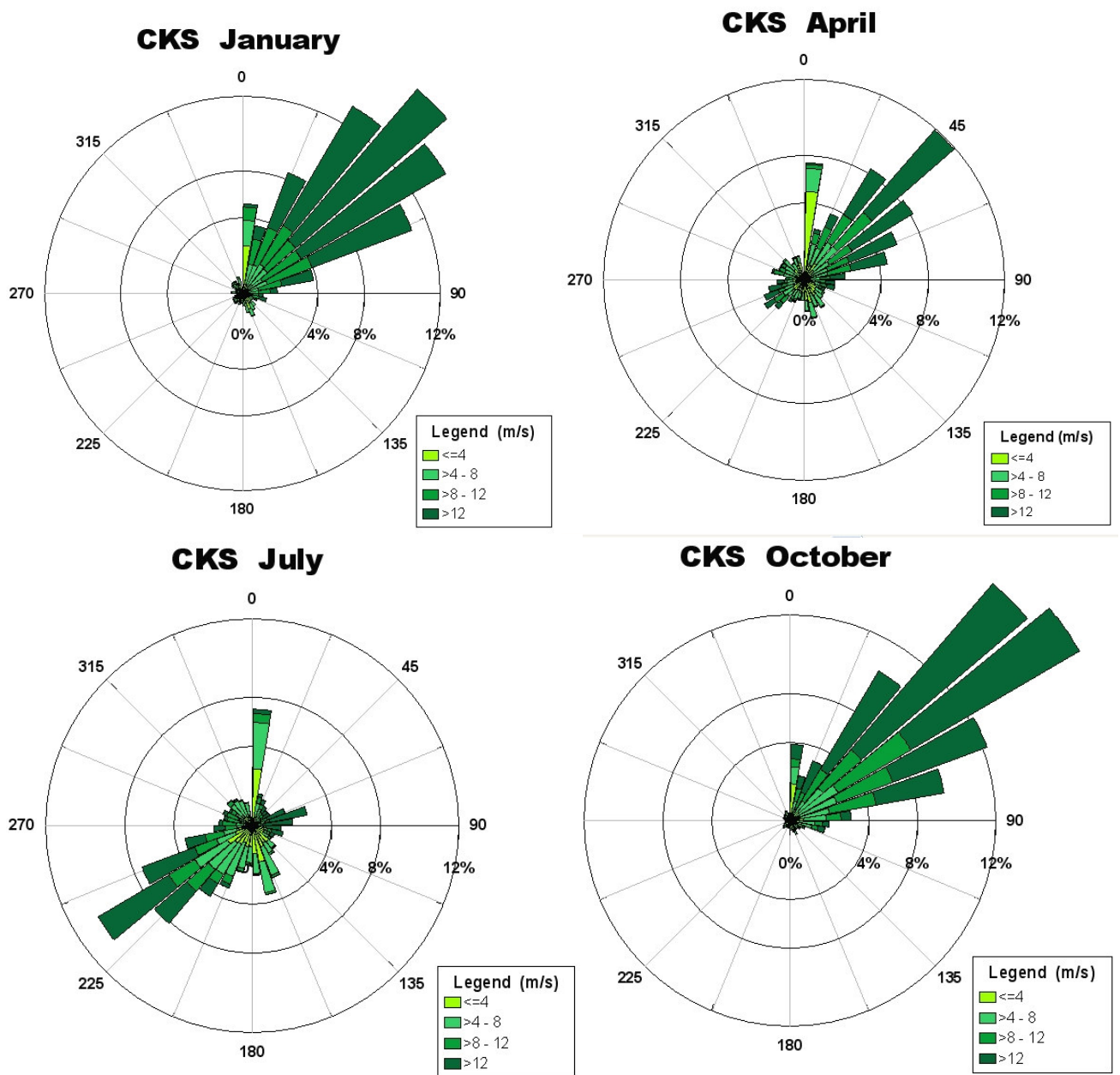


圖 2-4 1995 年至 2004 年中正機場測站 1、4、7、10 月風花圖

### 3. 相對濕度、能見度、雲量、日照時數

中正機場測站的相對濕度月平均變化為圖 2-5 所示，冬末及春季的相對濕度大於夏、秋二季，日變化上則為白天低而夜晚高。夏季的能見度良好，月平均值可達 10 公里以上，冬、春季的能見度不佳，平均值只有 8 公里左右(圖 2-5)。此外，雲量多寡與臭氧的形成有關，值得討論。氣象局對雲量觀測的定義為：以人工觀測的方式，要求觀測員守視天空一段時間，判斷出天空中不分雲屬、全部可見之雲遮蔽天空的量，並以天球十分量表示之(氣象局，1986)。例如天空有十分之七為雲所遮蔽，則總雲量為 7，但氣象電碼則記為 6。不過本研究所取得的中正機場測站之雲量記錄，則是以八分量表示之，亦即天空完全被雲遮掩時，雲量為 8。由圖 2-6 可知，夏、秋二季的雲量較少，而冬季的雲量偏多，不過 3 月過後總雲量即開始下降了。日照時數的月平均變化則恰與雲量相反(圖 2-6)，新屋測站的日間(9 至 16 時)月平均日照時數自 3 月後開始增加，而以夏、秋季較長，至於冬季的日照時數則較短。

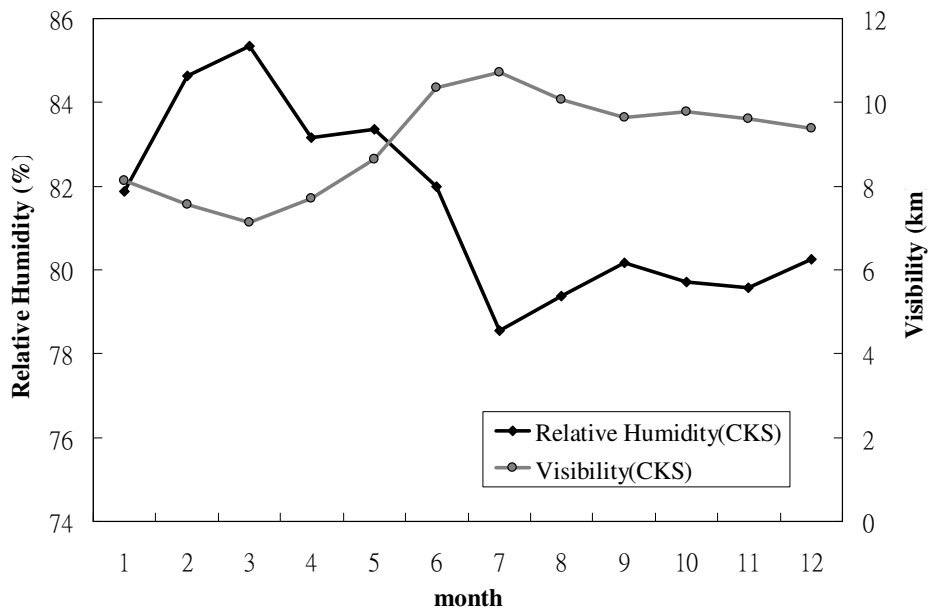


圖 2-5 1995 年至 2004 年中正機場測站月平均相對濕度及能見度

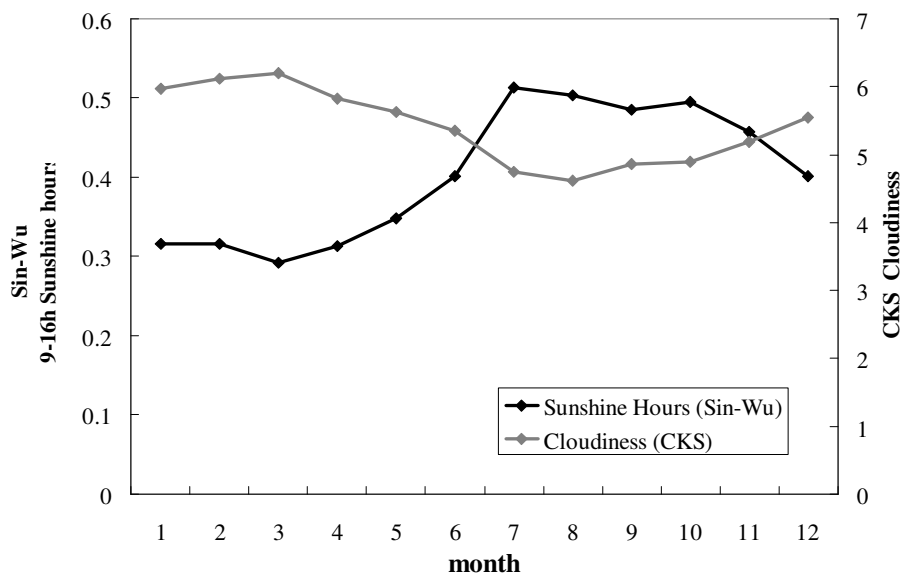


圖 2-6 1995 年至 2004 年新屋測站月平均日照時數及機場測站月平均雲量

#### 4. 最大混合層高度、通風指數

圖 2-7 是最大混合層高度及通風指數 I、II 的月平均變化，三者的趨勢大致相同。其中以 2 月的數值最低，3 月過後開始上升至 7、8 月間的最大值，之後又轉而下降。顯示夏季的對流旺盛、大氣擴散能力極佳，因此最大混合層高度及通風指數之數值很高。相反的，冬季的大氣穩定度較高，使得污染物在大氣中的擴散程度不佳。

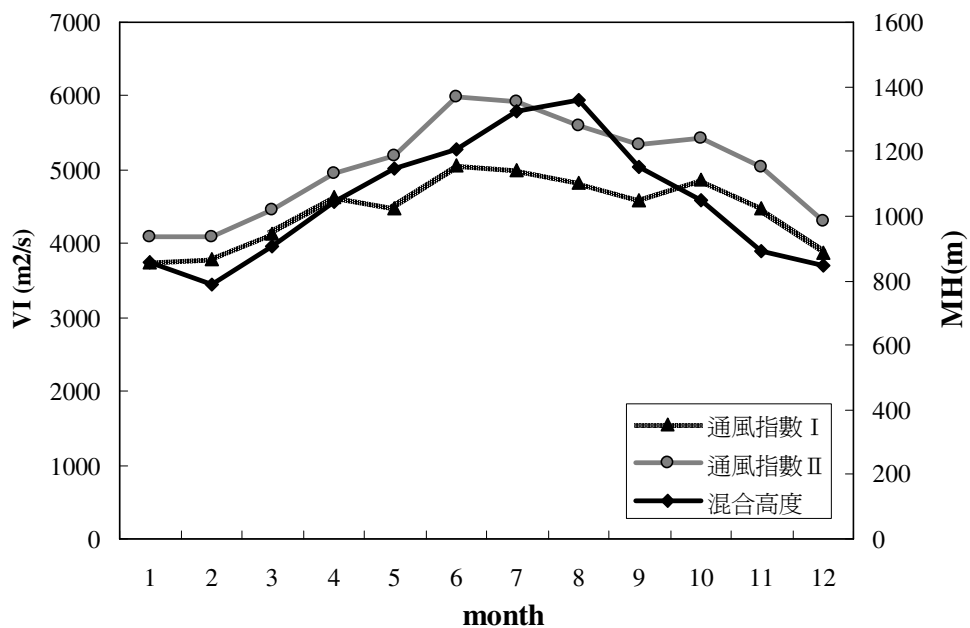


圖 2-7 1995 年至 2004 年桃園地區月平均最大混合層高度及通風指數

### 三、污染源

空氣污染物的來源眾多，依污染源的排放方式可以將其分為固定污染源及移動污染源。移動污染源具有從一地移動至他地的特性，大多指使用燃料的各類交通工具（如車輛、火車、飛機等），主要是燃燒產生的污染；而固定污染源包含了燃燒與非燃燒過程，泛指工廠集中之固定點源（如工商業用鍋爐、焚化爐、油庫等），及較分散之固定面源（如土木施工、露天燃燒等）。就桃園地區而言，主要的固定污染源為境內林立的工業區，包括目前已開發的大園、中壢、平鎮、幼獅、龜山、觀音、林口工三等大型的綜合工業區（圖 1-4，詳細資料見附表 C）。此外，尚有緊鄰縣境的林口火力發電廠、中油的桃園煉油廠（位於龜山鄉）等重要點源。而移動污染源自然是以汽機車為主，因此穿越縣境的高速公路、省道等交通要道形成排放污染物的線源。

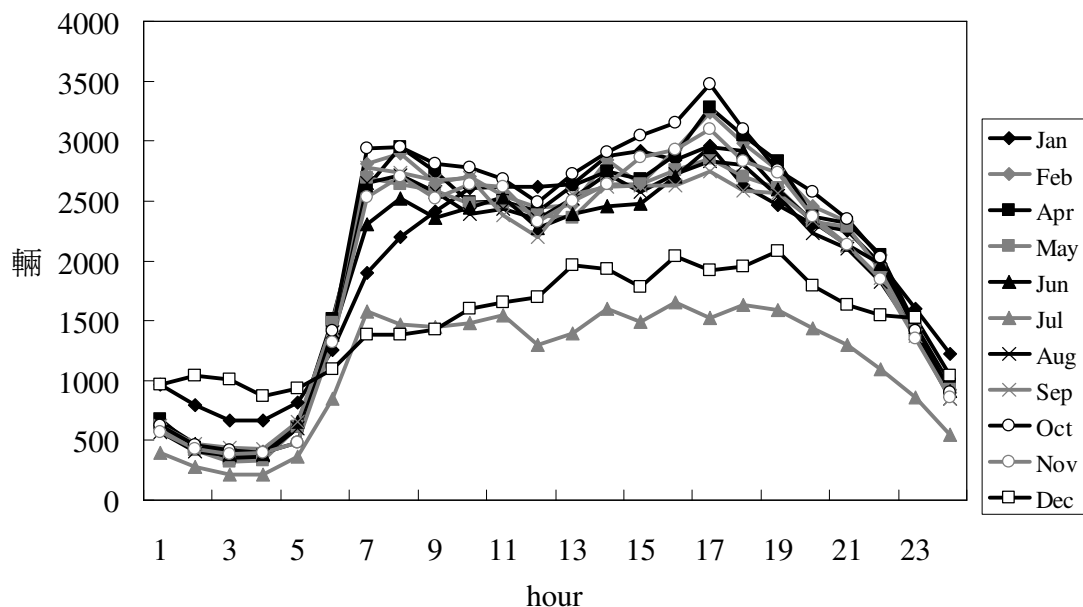


圖 2-8 2004 年高速公路桃園鄰近路段逐時平均交通流量

註 1：統計路段包括中山高基隆端至新竹系統交流道、北二高汐止系統交流道至竹林交流道、內環線、機場支線、汐止五股高架等，均含南北向車道。

註 2：統計車種包含聯結車、大型車、小型車。

註 3：資料來源為交通部台灣區國道高速公路局，3 月份的資料遺缺而不納入統計。

由於桃園鄰近台北都會區，每天有眾多通勤族利用高速公路往返兩地，往往在上下班時刻造成高速公路的塞車情況。圖 2-8 統計 2004 年高速公路桃園路



段的逐時交通量。結果顯示上午 6 時過後，高速公路的車潮湧現，交通量明顯增加，另一個高峰則出現在傍晚 17 至 19 時，但中午時段的流量並無明顯減少，20 時過後則逐步下降至凌晨的低值。高速公路的車輛所排放之污染物對附近地區臭氧濃度之影響，仍須進一步討論。

環保署為了研訂污染管制計畫，並掌握空氣污染物排放總量之結構與變化，乃於 1990 年開始建立全國排放量資料庫，當時的基準年為 1988 年。之後曾一度將排放量之修正推估交由各縣市負責，直到 1998 年才又開始進行空氣污染物排放推估工作，並建立以 1997 年為基準年的排放量推估，即 TEDS 4.2 版之資料庫。之後每三年一次進行資料庫的更新，重新整理推估基準年之排放量，再據此回溯歷年並預測未來之排放量。2003 年完成以 2000 年為基準年的資料庫 (TEDS 5.1 版)，至於以 2003 年為基準年的資料庫則預計在 2006 年底完成，故以下主要摘錄以 2000 年為基準年的資料庫中桃園縣之排放量部分，作為討論對象。

表 2-1 為 1997 年及 2000 年桃園縣各污染源的排放量總表，大致上以固定污染源及移動污染源進行討論。首先在  $\text{NO}_x$  方面，大氣中的  $\text{NO}_x$  主要來自化石燃料的燃燒，雖然固定及移動污染源之  $\text{NO}_x$  排放量差異不大，但相較之下仍以移動污染源的排放比例較大，2000 年固定及移動污染源的  $\text{NO}_x$  排放比例大約為 4：6。若以 2000 年來看，固定污染源中以工業 (22.1%) 對  $\text{NO}_x$  的貢獻最大，其次則為工業製程 (10.1%) 和石油煉製業 (3.8%)；而移動污染源之中則是以公路運輸 (汽機車，共 55.6%) 為最大宗。CO 的排放同樣以移動污染源為主，且比例明顯大過固定污染源，其中汽機車的排放量佔所有排放源的八成以上，是 CO 的重要污染源。相反的，THC (總碳氫) 和 NMHC 則是以固定污染源中的逸散性碳氫化物 (如工業溶劑、工業表面塗裝等) 之排放為主 (共 68.7%)，移動污染源對此的排放量不大。因此，固定污染源對 NMHC 及 THC 的貢獻較大，而移動污染源則以 CO 及  $\text{NO}_x$  的排放為主，至於工廠和煉油廠亦對  $\text{NO}_x$  的排放有一定程度的貢獻。

表 2-1 1997 年及 2000 年桃園縣各污染源排放量總表

		PM <sub>10</sub>				NO <sub>x</sub>				THC		NMHC				CO			
		1997 年		2000 年		1997 年		2000 年		1997 年		1997 年		2000 年		1997 年		2000 年	
		公噸/年	%	公噸/年	%	公噸/年	%	公噸/年	%	公噸/年	%	公噸/年	%	公噸/年	%	公噸/年	%	公噸/年	%
固定污染源	I. 燃燒排放	4762	16.23	1882	9.90	22318	46.09	12997	32.33	2887	3.70	2358	3.11	710	0.69	28651	19.47	3521	5.37
	1.燃料燃燒	1989	6.78	944	4.97	22298	46.05	12743	31.70	386	0.50	281	0.37	344	0.33	12514	8.51	1137	1.73
	電力業	0	0.00	133	0.70	465	0.96	1418	3.53	3	0.00	3	0.00	0	0.00	0	0.00	103	0.16
	石油煉製業	3	0.01	132	0.69	20	0.04	1545	3.84	0	0.00	0	0.00	43	0.04	2	0.00	12	0.02
	鋼鐵基本工業	52	0.18	7	0.04	371	0.77	91	0.23	8	0.01	7	0.01	0	0.00	30	0.02	1	0.00
	工業	1889	6.44	626	3.29	20744	42.84	8895	22.12	339	0.44	251	0.33	278	0.27	12347	8.39	853	1.30
	商業	20	0.07	25	0.13	270	0.56	328	0.82	8	0.01	7	0.01	9	0.01	37	0.03	61	0.09
	住宅	24	0.08	21	0.11	428	0.88	466	1.16	27	0.04	12	0.02	13	0.01	99	0.07	108	0.16
	2.非燃料燃燒	2773	9.45	938	4.94	20	0.04	253	0.63	2501	3.21	2077	2.74	366	0.36	16136	10.97	2384	3.63
	廢棄物焚化爐	0	0.00	3	0.02	0	0.00	65	0.16	0	0.00	0	0.00	32	0.03	0	0.00	81	0.12
	露天燃燒	1506	5.13	227	1.19	6	0.01	182	0.45	2000	2.56	1804	2.38	190	0.18	15518	10.55	2023	3.08
	建物火災	151	0.51	68	0.36	14	0.03	6	0.02	114	0.15	102	0.14	46	0.05	619	0.42	279	0.43
	森林火災	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.00
	餐飲業油煙排放	1116	3.80	640	3.37	0	0.00	0	0.00	388	0.50	171	0.23	98	0.10	0	0.00	0	0.00
	II. 非燃燒排放	21190	72.21	13503	71.03	1313	2.71	4055	10.09	53744	68.91	53405	70.42	87287	84.67	1711	1.16	3964	6.04
	1.逸散性粒狀物	19944	67.97	9642	50.72	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
土木施工	2235	7.62	1949	10.25	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
車輛行駛揚塵	16934	57.71	6884	36.21	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
礦場操作	2	0.01	114	0.60	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
農業操作	456	1.56	372	1.96	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
裸露地表	315	1.08	322	1.70	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	

固 定 污 染 源	堆置場			502	2.64			0	0.00				0	0.00			0	0.00	
	2.逸散性碳氫化合物	0	0.00	39	0.21	0	0.00	0	0.00	52401	67.19	52116	68.72	66595	64.60	0	0.00	0	0.00
	煉油/石化	0	0.00	39	0.20	0	0.00	0	0.00	1533	1.97	1353	1.78	5552	5.39	0	0.00	0	0.00
	油庫/加油站	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1085	1.39	1085	1.43	2098	2.04	0	0.00	0	0.00
	工業表面塗裝	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	18562	23.80	18562	24.48	16327	15.84	0	0.00	0	0.00
	工業溶劑使用	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	13311	17.07	13305	17.54	27219	26.40	0	0.00	0	0.00
	建築/施工	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	8883	11.39	8883	11.71	5976	5.80	0	0.00	0	0.00
	商業/消費	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	7927	10.16	7916	10.44	8901	8.63	0	0.00	0	0.00
	農業溶劑使用	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	924	1.19	924	1.22	515	0.50	0	0.00	0	0.00
	垃圾場逸散	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	175	0.23	88	0.12	7	0.01	0	0.00	0	0.00
3.工業製程	1247	4.25	3320	17.46	1313	2.71	4055	10.09	1343	1.72	1289	1.70	20692	20.07	1711	1.16	3964	6.04	
固定污染源小計		25952	88.44	15385	80.93	23631	48.80	17052	42.41	56631	72.61	55763	73.53	87997	85.36	30362	20.63	7486	11.41
移 動 污 染 源	I. 公路運輸	3369	11.48	3608	18.98	22773	47.03	22352	55.60	20798	26.67	19564	25.80	14955	14.51	114315	77.69	57445	87.52
	1.汽油車	1016	3.46	857	4.51	10307	21.28	6453	16.05	15277	19.59	14435	19.03	7533	7.31	100600	68.37	40199	61.25
	2.柴油車	2024	6.90	2493	13.11	12208	25.21	14833	36.90	1360	1.74	1360	1.79	1636	1.59	3856	2.62	6557	9.99
	3.機車	328	1.12	258	1.36	258	0.53	1065	2.65	4160	5.33	3769	4.97	5787	5.61	9860	6.70	10689	16.29
	II. 非公路運輸	23	0.08	17	0.09	2021	4.17	801	1.99	566	0.73	515	0.68	143	0.14	2466	1.68	703	1.07
	1.農業機械	0	0.00	0	0.00	3	0.01	2	0.00	1	0.00	1	0.00	0	0.00	2	0.00	1	0.00
	2.施工機具	12	0.04	11	0.06	151	0.31	134	0.33	14	0.02	14	0.02	12	0.01	67	0.05	56	0.09
	3.鐵路機關車	5	0.02	5	0.03	78	0.16	77	0.19	19	0.03	19	0.03	19	0.02	28	0.02	28	0.04
	4.航空器	0	0.00	0	0.00	1782	3.68	567	1.41	531	0.68	480	0.63	110	0.11	2368	1.61	613	0.93
	5.船舶	5	0.02	1	0.01	8	0.02	21	0.05	1	0.00	1	0.00	1	0.00	1	0.00	5	0.01
移動污染源小計		3392	11.56	3626	19.07	24794	51.20	23153	57.59	21363	27.39	20079	26.48	15098	14.65	116781	79.37	58148	88.60
總 排 放 量		29344	100	19011	100	48425	100	40205	100	77995	100	75842	100	103095	100	147143	100	65634	100

資料來源：環保署排放量資料庫。

若將 2000 年桃園縣的污染源排放量依行業區分（附表 D-1），可以看出固定污染源中以紡織業（8.71%）、化學材料製造業（6.64%）、石油煉製業（3.84%）對 NO<sub>x</sub> 的貢獻最大；移動污染源則是柴油小貨車（28.12%）和自用小客車（13.04%）排放最多。至於 THC 和 NMHC 則以固定污染源中的印刷電路板製造業、工業表面塗裝，以及其他溶劑使用的排放量最大。CO 最大的污染源為自用小客車，其排放量達到總污染源的 44.56%。附表 D-2 是 1987 年至 2011 年的桃園縣淨排放量推估，分為點、線、面源來表示。NO<sub>x</sub> 的排放都是以線源為主，不過其排放量逐年下降，反倒是點源的排放量不斷增加，甚至有超過線源的趨勢。面源則一直是 NMHC 的主要排放來源，且排放量逐年上升。CO 的排放以線源最明顯，不過亦正逐年下降中，反倒是面源及點源的貢獻愈來愈大。

桃園縣政府亦曾於 1998 年時，針對縣內重大空氣污染源進行推估（桃園縣環保局，2000），結果與環保署的報告相同：CO 以公路運輸（包括汽、機車及柴油車）為最大污染源；NO<sub>x</sub> 的來源則以公路運輸最大，其次是工廠及航空器排放；至於 NMHC 則是以工廠排放的貢獻最大（表 2-2）。

表 2-2 1997 年桃園縣各污染源排放量

類 別	污染物排放量：噸／年（%）				
	TSP	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	NMHC	CO
公私場（廠）	5102（12.6）	19652（90.7）	12173（42.3）	51266（67.1）	3955（3.7）
固定污染源	裸露地表	670	0	0	0
	道路揚塵	22938（56.6）	0	0	0
	營建工程	3773（9.3）	0	0	0
	露天燃燒	3767（9.3）	142	849	6152（8.1）
	農業操作	741	0	0	0
	礦場操作	6	0	0	0
移動污染源	汽車	729	324	4586（16.0）	4882（6.4）
	機車	1150	162	569	12103（15.9）
	柴油車	1652	1343（6.2）	8130（28.3）	1142
	鐵路運輸	5	29	79	20
	航空器	0	0	2145（7.5）	767
	施工機具	18	21	219	20
	施工程具	18	21	219	20
總 計	40551	21673	28750	76352	107729

註 1：（ ）內之數字為佔總排放量之百分比。

註 2：資料來源為桃園縣政府環保局。

## 第二節 臭氧監測值初步分析

### 一、年變化趨勢

圖 2-9 為桃園地區各測站 1995 至 2004 年的臭氧逐年平均變化，大致看出大園、觀音濃度高，而桃園、五權濃度低，至於龍潭的濃度則有逐年增加的趨勢。雖然各站的年均濃度變化不一，但部分的測站在 2000 年後不降反升，顯示桃園地區臭氧污染的情況仍有改善的空間。另外，1995 年 1 月至 2005 年 7 月的逐月平均濃度變化（圖 2-9）則顯示，臭氧濃度出現顯著的季節性變化，其主要的

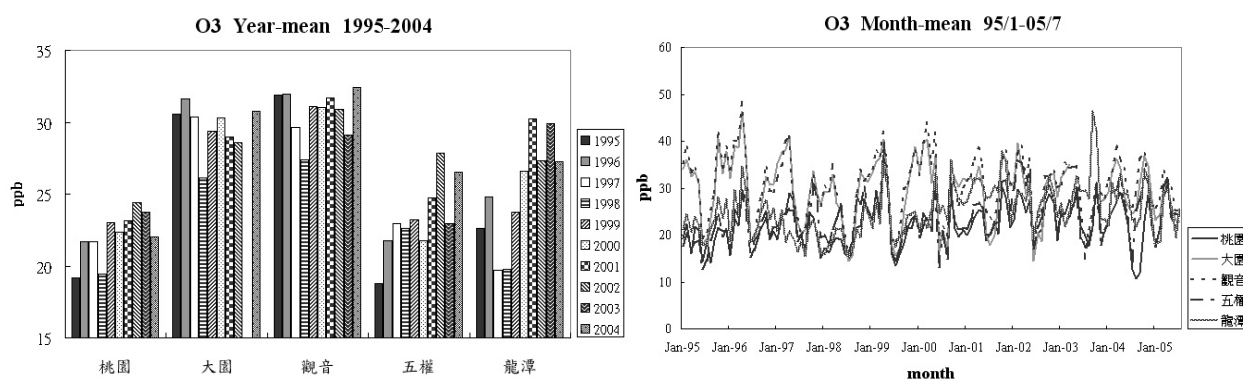


圖 2-9 1995 年至 2004 年各測站年平均及月平均臭氧濃度

### 二、臭氧小時平均值分析

以下將利用 1995 年至 2004 年的臭氧逐時濃度資料進行初步的統計。由於目前台灣地區空氣品質標準中有關臭氧的部分有二：每小時平均值不得超過 120 ppb，而每八小時平均值不得超過 60 ppb（環保署，2003），故本文也將分為小時平均值與八小時平均值兩部分來討論。主要分析的測站為環保署在桃園地區設置的監測站，但中壢站直到 2004 年 5 月才開始臭氧的測量，故不納入討論。另外，大園站在 2003 年 4 到 9 月間，因進行測站的遷移作業而無任何濃度記錄，故該年大園站的臭氧濃度亦不列入討論。

由表 2-3 的統計發現，1995 年至 2004 年觀音的最大小時值均超過法規標

準，其他測站的最大小時值雖然各在部分年份有低於標準的情況，但大多仍超過 120 ppb，以致於全部測站最大小時濃度的十年平均全部在 130 ppb 以上。其中以觀音的平均（146.8 ppb）最大，而五權的平均（132.2 ppb）最小。1996、1999、2002、2004 年所有測站均超過標準，其餘年份均只有一站的最大小時值符合標準規定。十年來最大的小時值出現在 1997 年的觀音，達到 202.6 ppb。至於最大小時值出現的時間則多集中在 11 時至 14 時之間。

表 2-3 歷年臭氧最大小時平均值 (ppb)

年份	桃園	大園	觀音	五權	龍潭
1995	137.5 (11)	146.3 (12)	120.4 (15)	128.1 (12)	119.7 (11)
1996	169.9 (12)	141.8 (12)	140.9 (12)	136.9 (13)	133.2 (14)
1997	144.8 (12)	176.3 (13)	202.6 (14)	143.4 (12)	111.5 (12)
1998	100.3 (11)	119.6 (11)	145.4 (15)	115.0 (13)	123.3 (13)
1999	143.2 (12)	153.8 (16)	158.9 (15)	145.7 (13)	156.4 (14)
2000	130.1 (11)	144.0 (14)	132.7 (11)	117.0 (12)	129.0 (13)
2001	126.5 (13)	111.6 (11)	121.9 (17)	143.2 (12)	176.8 (13)
2002	138.3 (10)	136.1 (12)	161.0 (13)	132.6 (13)	166.1 (11)
2003	117.3 (12)	*	128.2 (13)	111.7 (13)	127.9 (13)
2004	137.9 (11)	148.5 (14)	156.4 (15)	148.3 (13)	145.9 (13)
平均	134.6	142.0	146.9	132.2	139.0

註：( )內為該小時值發生的時間；\*表示無測值

其次，討論歷年臭氧最大小時值的前三高值分布情形（表 2-4），每年的前三高值全部超過標準，其中以 1997 年最高，三大測值均超過 180 ppb。其次為 2001 年，三大測值也都有 170 ppb 以上的濃度。1997 年以前，三大高值幾乎都出現在桃園，之後則逐漸轉變為觀音、龍潭，此二者為最常出現最大小時值的測站，各有六年、四年之最大值列入桃園地區前三大高值。若將逐年臭氧小時值超過標準的次數及其季節的分佈來看，即如表 2-5 所示。大致上，小時值超過標準的十年總次數以觀音（92 次）、龍潭（70 次）最多，而桃園最少（39 次）。且以 1999 及 1997 年超過標準的次數最多，分別有 62 及 55 次。但就各站來看，1995、1997 年龍潭均無超過標準的小時值，且 1998 年的桃園、大園、五權、

2000 年的五權、2001 年的大園，及 2003 年的桃園、五權亦無超過標準的小時值。季節分佈上，這幾年來幾乎各站超過標準的小時值都發生在春季和秋季（總次數分別為 125 與 123 次），其次為夏季（49 次），而冬季的次數（5 次）則明顯最低。

表 2-4 歷年臭氧最大小時值及最大八小時值之前三高值（ppb）

年份	高值順序	最大小時值	測站	最大八小時值	測站
1995	1	146.3	大園	110.0	觀音
	2	137.5	桃園	94.0	觀音
	3	128.1	桃園、五權	93.9	觀音
1996	1	169.9	桃園	123.1	觀音
	2	167.5	桃園	121.3	大園
	3	156.1	桃園	121.2	觀音
1997	1	202.6	觀音	135.7	觀音
	2	191.1	觀音	133.0	觀音
	3	180.2	觀音	131.1	觀音
1998	1	145.4	觀音	118.7	觀音
	2	143.8	觀音	117.5	觀音
	3	135.9	觀音	110.6	觀音
1999	1	158.9	觀音	126.2	龍潭
	2	156.4	龍潭	123.7	觀音
	3	153.8	大園	122.6	觀音
2000	1	144.0	大園	115.8	觀音
	2	142.4	大園	115.0	觀音
	3	132.7	觀音	114.9	大園
2001	1	176.8	龍潭	131.4	龍潭
	2	171.9	龍潭	128.8	龍潭
	3	171.3	龍潭	125.7	龍潭
2002	1	166.1	龍潭	113.9	五權
	2	138.3	桃園	113.8	五權
	3	136.1	大園、龍潭	108.8	五權
2003	1	128.2	觀音	99.4	龍潭
	2	127.9	龍潭	98.0	龍潭
	3	123.2	觀音	97.7	龍潭
2004	1	156.4	觀音	133.6	觀音
	2	155.0	觀音	129.2	觀音
	3	150.4	觀音	126.5	觀音

表 2-5 歷年各季節臭氧小時平均值超過法規標準次數

桃園	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	總計
春季	0	3	4	0	8	1	0	6	0	1	23
夏季	0	1	0	0	1	1	2	1	0	0	6
秋季	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	9
冬季	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
總計	4	10	4	0	9	2	2	7	0	1	39
大園	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	總計
春季	0	5	4	0	1	3	0	1	*	1	14
夏季	1	1	3	0	3	0	0	0	*	0	10
秋季	0	4	13	0	2	1	0	2	*	0	25
冬季	1	0	0	0	1	0	0	0	*	0	2
總計	2	10	20	0	7	4	0	3	*	1	51
觀音	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	總計
春季	0	0	12	5	4	3	2	4	1	5	36
夏季	0	0	0	0	5	0	0	3	0	5	13
秋季	1	5	11	5	2	1	0	5	4	8	42
冬季	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
總計	1	5	23	10	12	4	2	12	5	18	92
五權	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	總計
春季	0	1	1	0	9	0	2	8	0	5	26
夏季	0	1	2	0	0	0	0	1	0	3	7
秋季	3	2	5	0	0	0	0	5	0	1	16
冬季	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
總計	3	5	8	0	9	0	2	14	0	9	50
龍潭	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	總計
春季	0	0	0	1	16	0	0	4	0	5	26
夏季	0	2	0	0	9	1	0	1	0	0	13
秋季	0	3	0	0	0	4	16	2	3	3	31
冬季	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
總計	0	5	0	1	25	5	16	7	3	8	70

註：\*表示無測值

接著，本文統計每年各測站於各時段內超過法規小時值次數之總和，並整理成表 2-6，可幫助吾人瞭解哪個時段內最常發生超過法規小時標準之測值。結果發現各測站間差異不大，大部分超過標準的小時值皆出現在 11 時至 16 時之間，且又以 12、13、14 時的次數最多，十年的總次數分別為 68、80、51 次。



至於上午 9 時以前及傍晚 18 時以後，臭氧的小時濃度均在標準值以下，可見愈接近中午時段，愈容易出現臭氧高值。最後，表 2-7 是超過法規小時值之發生率，發生率的定義如下（張能復等，1998）：

$$\text{超過法規小時值發生率 (\%)} = (\text{全年超過法規小時值時數} / \text{全年總有效時數}) \times 100\%$$

雖然這幾年的發生率互有消長，但大部分均在 0.1% 以下，其中以 1999 及 1997 年的發生率最高，分別在 0.09%—0.3%、0.1%—0.28% 之間。大園、觀音、龍潭分別有一至兩年不等的發生率超過 2%，故十年的平均值也以觀音與龍潭為最高，觀音的平均發生率甚至超過 1%。至於十年來的最大發生率，則出現在 1999 年的龍潭，達到 3%。

表 2-6 歷年臭氧小時值各時段超過標準次數

桃園	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	總計
10 時	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	3
11 時	2	2	1	0	3	1	0	1	0	1	11
12 時	1	2	1	0	3	0	0	2	0	0	9
13 時	1	1	1	0	2	1	1	1	0	0	8
14 時	0	1	1	0	1	0	1	2	0	0	6
15 時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16 時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17 時	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
18 時	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
大園	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	總計
10 時	0	0	0	0	1	0	0	0	*	0	1
11 時	0	0	1	0	0	0	0	0	*	0	1
12 時	1	3	2	0	2	0	0	1	*	2	11
13 時	0	2	4	0	0	1	0	1	*	1	9
14 時	0	3	3	0	2	2	0	1	*	1	12
15 時	0	1	4	0	1	0	0	0	*	1	7
16 時	0	1	3	0	1	0	0	0	*	0	5
17 時	1	0	2	0	0	1	0	0	*	0	4
18 時	0	0	1	0	0	0	0	0	*	0	1
觀音	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	總計
10 時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11 時	0	2	1	0	2	1	0	2	0	2	10
12 時	0	1	2	1	1	0	1	1	1	5	13
13 時	0	1	6	1	2	0	0	2	3	5	20

14 時	0	0	4	2	3	1	0	3	1	1	15
15 時	1	0	4	2	2	2	1	2	0	2	16
16 時	0	1	4	2	2	0	0	2	0	1	12
17 時	0	0	2	2	0	0	0	0	0	1	5
18 時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<b>五權</b>	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	總計
10 時	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
11 時	0	0	2	0	1	0	0	2	0	0	5
12 時	1	2	3	0	3	0	1	3	0	3	16
13 時	1	2	1	0	3	0	1	5	0	4	17
14 時	0	1	1	0	2	0	0	2	0	2	8
15 時	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2
16 時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17 時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18 時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>龍潭</b>	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	總計
10 時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11 時	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	5
12 時	0	1	0	0	5	3	6	3	0	1	19
13 時	0	2	0	1	9	1	4	2	3	4	26
14 時	0	1	0	0	4	0	3	0	0	2	10
15 時	0	0	0	0	4	0	2	1	0	1	8
16 時	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
17 時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18 時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

註：\*表示無測值

表 2-7 歷年臭氧小時值超過法規標準發生率（％）

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	平均
桃園	0.05	0.12	0.05	0.00	0.11	0.02	0.02	0.08	0.00	0.01	0.05
大園	0.02	0.12	0.25	0.00	0.09	0.05	0.00	0.04	*	0.06	0.07
觀音	0.01	0.06	0.28	0.12	0.15	0.05	0.02	0.14	0.06	0.22	0.11
五權	0.04	0.06	0.10	0.00	0.11	0.00	0.02	0.17	0.00	0.11	0.06
龍潭	0.00	0.06	0.00	0.01	0.30	0.05	0.20	0.08	0.04	0.10	0.08

註：\*表示無測值

### 三、臭氧八小時平均值分析

八小時平均的概念為：包含某時的數值在內往前推七個小時的濃度值之平均，例如 12 時的八小時平均為 5 時至 12 時濃度的平均值。由於考量人類暴露

在污染環境中通常大於 1 小時，乃至 7 小時以上，加上健康相關之研究顯示有思考較長時間影響之必要，因此臭氧不應只考慮小時測值，而是延長取其八小時之平均值（蔡俊鴻，1988）。表 2-8 為歷年八小時平均的最大值，說明每個測站每年的最大值幾乎都超過 60 ppb 的標準，甚至有大於 100 ppb 的情況出現。其中仍以 1999 年最嚴重，該年所有測站最大值均超過 110 ppb，觀音甚至有 123 ppb 的高值，其次則為 2004 及 1997 年。從最大值的平均可看出，觀音（116 ppb）、大園（107 ppb）較高，而桃園（93 ppb）則最低。十年來最大八小時平均值出現在 1997 年的觀音，有 135 ppb。

表 2-8 歷年臭氧最大八小時平均值（ppb）

	桃園	大園	觀音	五權	龍潭
1995	87.8	91.5	110.0	89.9	88.1
1996	101.3	121.3	123.1	98.8	102.1
1997	102.4	125.0	135.7	120.2	82.6
1998	59.8	90.4	118.7	89.9	73.2
1999	106.4	119.3	123.7	111.7	126.2
2000	88.6	114.9	115.8	90.5	94.8
2001	98.0	87.2	101.2	102.8	131.4
2002	111.9	105.3	108.7	113.9	108.7
2003	88.8	*	95.4	90.4	99.4
2004	90	114.9	133.6	112.2	118.3
平均	93.5	107.8	116.6	102.0	102.5

註：\*表示無測值

從表 2-4 則發現，每年的八小時平均值之前三大高值均遠超過法規標準，而以 1997 年及 2004 年的三大測值最高，兩者的濃度值都超過 120 ppb，2003 年則是唯一三個高值都在 100 ppb 以下的年份。八小時平均值的前三高值除了 2002 年皆為五權外，其餘大多出現在觀音、龍潭等地，分別有四年、二年的八小時平均值列入三大高值。

在歷年臭氧八小時平均超過法規的次數及季節分布方面（表 2-9），其中以 2002 年超過標準的次數最多，一整年下來五個測站共有 1496 次超過法規標準，最少的則是 1998 年的 362 次。單就各測站的數值來看，觀音十年總次數達 2739

次，遠遠大於其他測站，至於超過標準次數最少的則是桃園測站。各測站在季節分布上都十分類似，除了 1995 年均為秋季多於春季外，其餘年份大多是春季的次數較多。在十年總次數上以春季最多，其次為秋季與夏季，最少的是冬季。若只觀察歷年日間的八小時（9—16 時）超過標準的次數（詳見附表 F），則結果與上述分析類似，不過超過標準次數最多的觀音（286 次）與第二的龍潭（277 次）相差的次數大幅縮小。

表 2-9 歷年各季節臭氧八小時平均值超過法規標準次數

桃園	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	總計
春季	13	54	49	0	77	67	45	81	64	62	512
夏季	6	42	31	0	17	40	34	63	51	5	292
秋季	26	27	12	0	16	66	20	60	43	3	273
冬季	0	2	2	0	3	0	3	6	7	4	27
總計	48	125	94	0	113	173	102	210	165	74	1104
大園	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	總計
春季	37	169	172	59	87	115	71	79	*	67	856
夏季	58	36	57	4	29	49	28	25	*	57	343
秋季	39	23	52	31	46	96	53	83	*	77	500
冬季	11	16	18	0	19	1	11	50	*	11	137
總計	145	244	299	94	181	261	163	237	*	212	1836
觀音	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	總計
春季	39	153	177	68	111	234	154	155	97	113	1301
夏季	59	33	41	8	40	37	64	68	36	103	489
秋季	50	54	60	44	68	85	98	135	77	127	798
冬季	8	20	4	0	21	2	6	48	22	20	151
總計	156	260	282	120	240	358	322	406	232	363	2739
五權	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	總計
春季	2	71	57	31	129	64	63	162	51	99	729
夏季	26	19	46	10	25	28	25	56	28	68	331
秋季	23	24	44	80	24	74	46	67	43	87	512
冬季	0	4	6	0	3	0	8	34	2	27	84
總計	51	118	153	121	181	166	142	319	124	281	1656
龍潭	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	總計
春季	27	102	3	14	106	82	103	116	44	90	687
夏季	50	31	18	5	47	56	130	119	43	71	570
秋季	26	35	7	8	41	111	48	75	163	59	573
冬季	0	5	1	0	5	0	20	14	0	19	64
總計	103	173	29	27	199	249	301	324	250	239	1894

註：\*表示無測值

### 第三節 臭氧、氮氧化物的季節變化及日變化

#### 一、季節變化

##### 1. 氮氧化物

如前章所述， $\text{NO}_x$  中的  $\text{NO}$  及  $\text{NO}_2$  是臭氧生成的重要前驅物，但是  $\text{NO}_x$  又與臭氧的去除過程有密切相關。大部分研究都發現臭氧與  $\text{NO}_x$  非但沒有呈現正比關係，反而會因為滴定效應而造成  $\text{NO}_x$  濃度增加時，會使得臭氧濃度下降。所謂的滴定效應就是若  $\text{NO}_x$  的濃度超過某一範圍時，不但不會造成臭氧的濃度累積，相反的還會消耗臭氧的濃度（潘慧芳，2004、柳中明等，1995、Chan *et al.*, 1998、Cheng, 2002）。柳中明（1994a）的研究指出測站之  $\text{NO}$  濃度愈高、臭氧的濃度就愈低的負相關。

圖 2-10 至圖 2-12 分別為 1995 年至 2004 年桃園各測站  $\text{NO}_x$ 、 $\text{NO}$ 、 $\text{NO}_2$  的月平均濃度變化，其中  $\text{NO}$  的濃度在各月間變化不大，觀音、大園、中壢夏季的濃度較高，而桃園、五權及龍潭雖然夏季也有偏高的濃度出現，但冬季的高濃度更為明顯。各測站間  $\text{NO}_2$  的季節變化就較為一致，大致以 3 到 5 月的濃度最高，然後濃度下降到 7 月的最低值，才又轉為上升。一般來說，夏季的低濃度與當時大氣穩定度低有密切關係。2 月時各測站的三種污染物皆同樣出現低濃度，推測應與此時春節連續假期，工廠停工有關。

在空間分佈上，中壢的濃度明顯大於其他地區，這與中壢測站設置的地點有關。因為中壢屬於交通測站，設置在緊鄰道路的地面上，主要是為了提供車輛排氣管制效果之評估（環保署，2004）。故該測站自然會測量到高濃度的  $\text{CO}$ 、 $\text{NO}_x$  等車輛排放的氣體，其他位於人口稠密市區的測站雖不直接面對道路，但情況也很類似。而人口少、交通量較低的郊區測站，如觀音、龍潭等則相對來說濃度較低。故一般來說， $\text{NO}_x$  的濃度以冬、春季較高，而夏季的濃度較低；且以交通量大的都會區濃度大，郊區的濃度低。

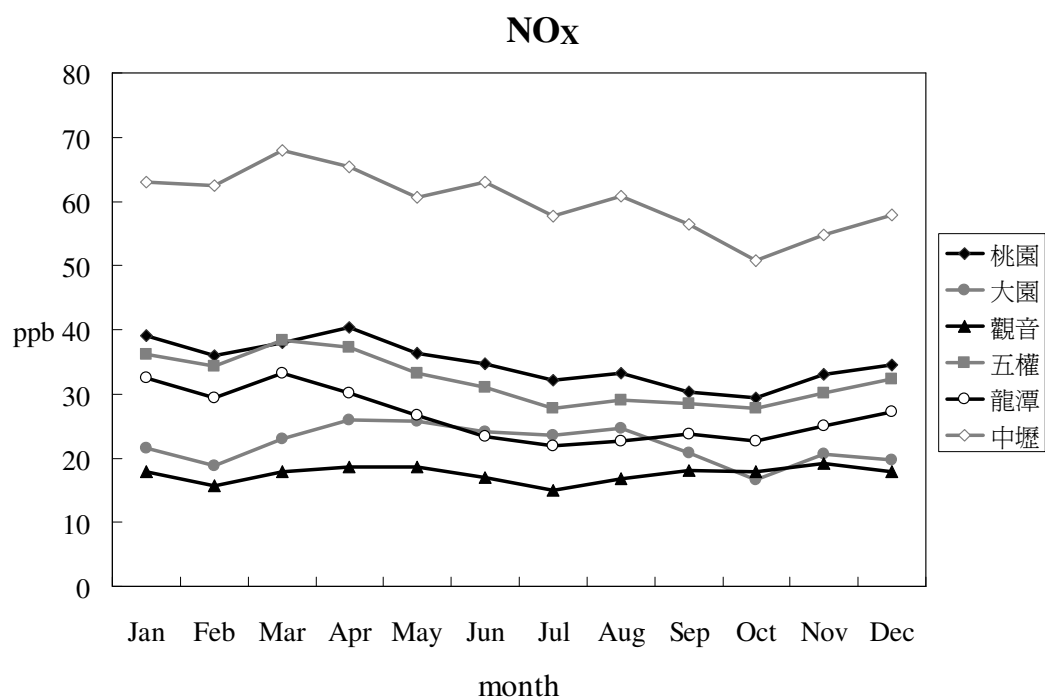


圖 2-10 1995 年至 2004 年各測站 NO<sub>x</sub> 月平均濃度

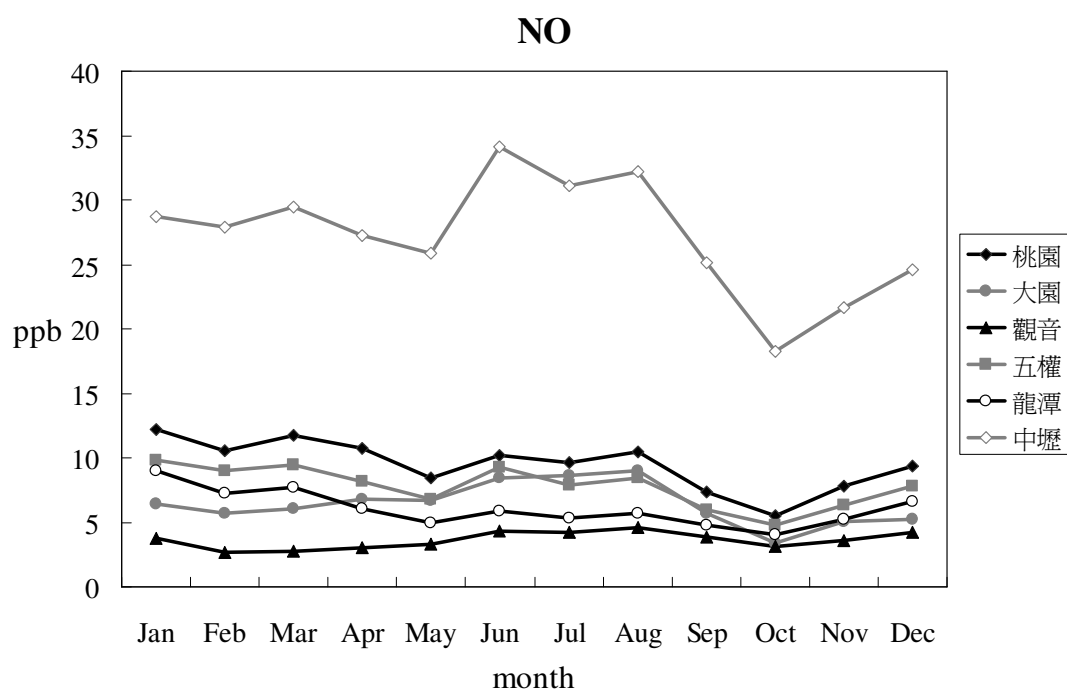


圖 2-11 1995 年至 2004 年各測 NO 月平均濃度

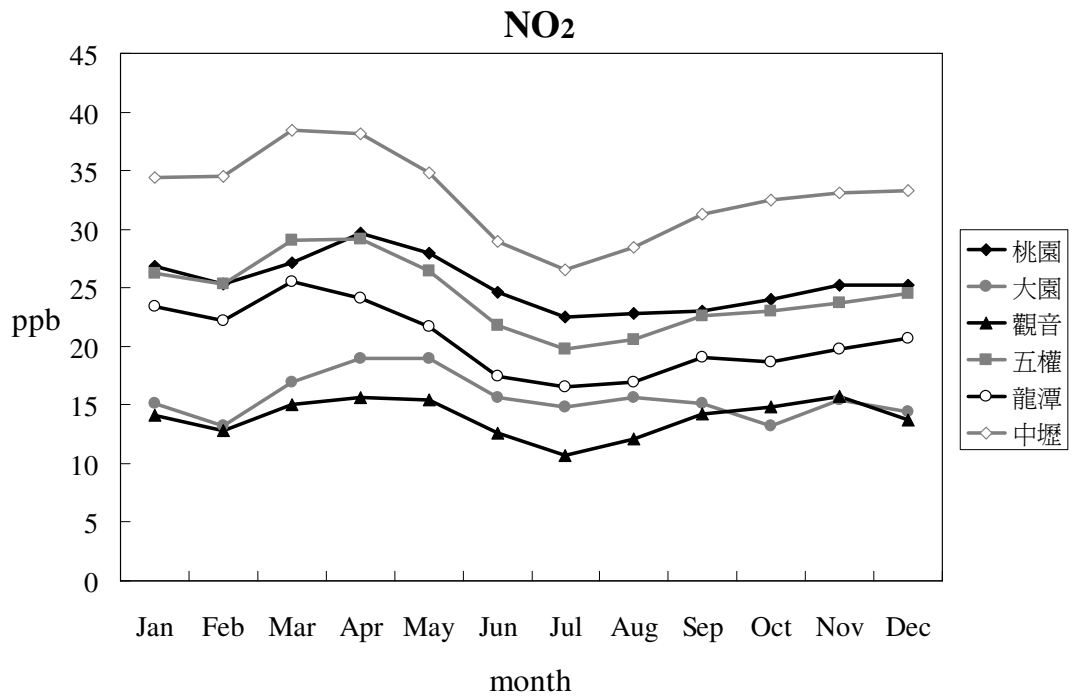


圖 2-12 1995 年至 2004 年各測站 NO<sub>2</sub> 月平均濃度

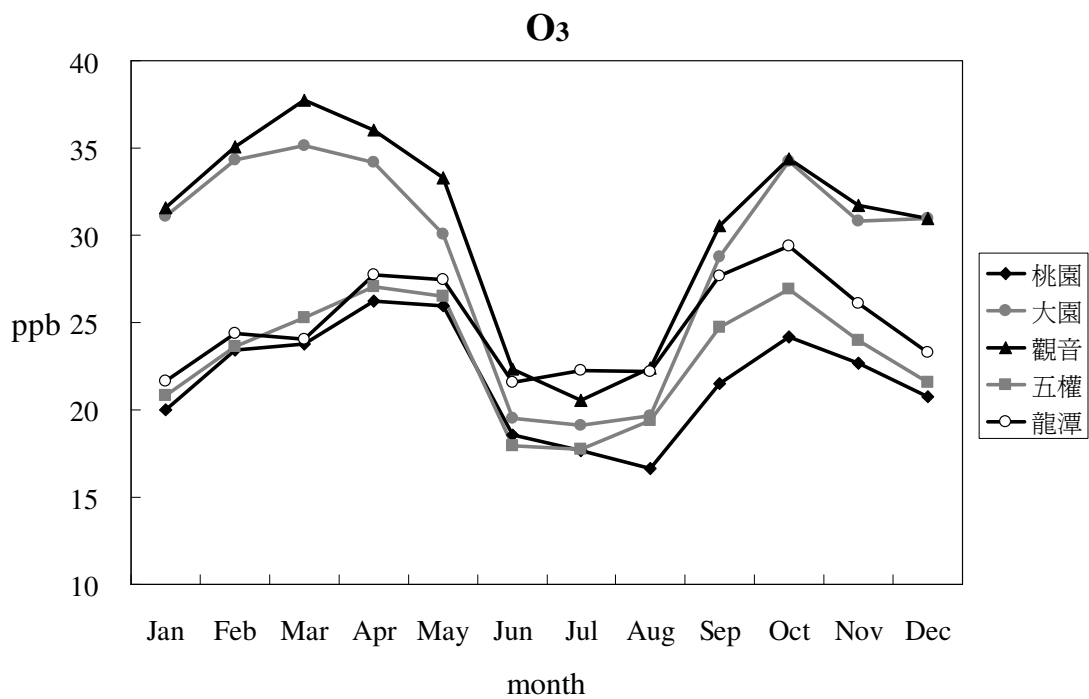


圖 2-13 1995 年至 2004 年各測站臭氧月平均濃度

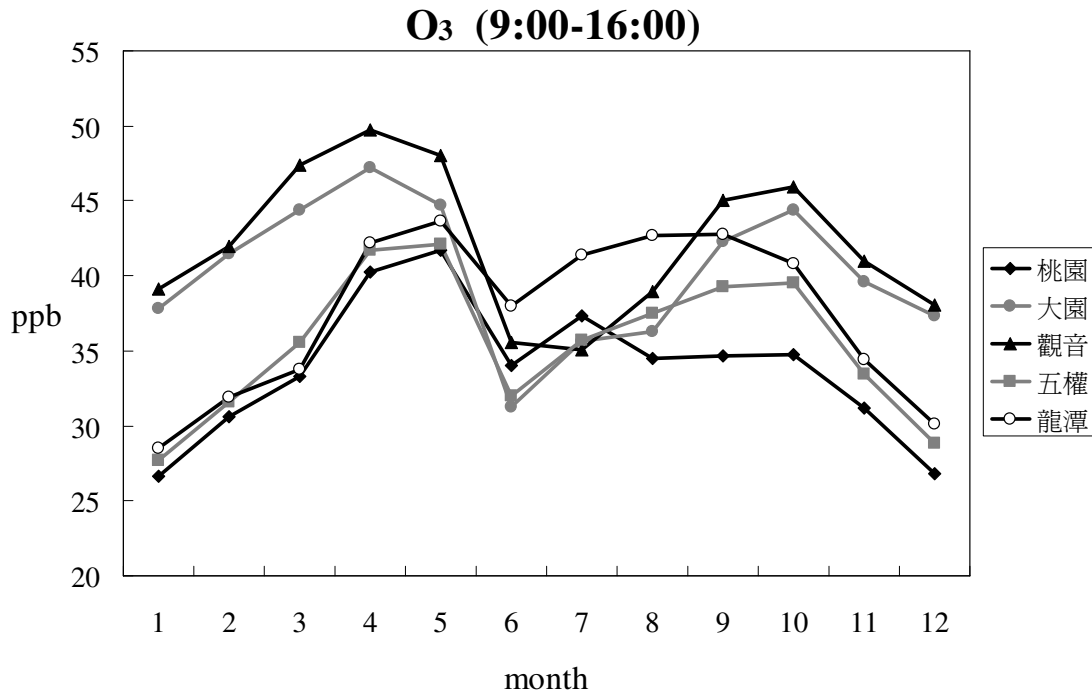


圖 2-14 1995 年至 2004 年各測站臭氧日間（9 至 16 時）月平均濃度

## 2. 臭氧

圖 2-13 為臭氧的月平均變化，大致上所有測站都是在春、秋季有最大值，而夏季的 6 到 8 月濃度最低，濃度均在 25 ppb 以下，至於冬季則有另一個相對較小的低值。不過測站間仍有部分相異之處：靠海的觀音與大園，以及桃園測站春季的高值較大，但五權和龍潭較大的濃度值則出現在秋季（9-11 月）。

一般來說，太陽輻射為決定臭氧濃度的重要因子之一，故我們可以只針對日間 9 至 16 時、太陽輻射較大的八小時來對臭氧濃度變化進行分析(林沛練等，1999)。若只看五個測站臭氧日間月平均濃度(圖 2-14)，則各測站雖然仍以春、秋濃度較高，但春季的高值均大於秋季，可知春季才是桃園地區臭氧污染嚴重的月份。且桃園、五權、龍潭在冬季的濃度低於夏季，不同於夏季濃度最低的觀音及大園。另外，夏季龍潭的濃度明顯高於其他測站，且原本濃度偏高的觀音、大園等沿海測站，此時濃度均大幅下降。顯示夏季強勁海風的確將臭氧及其前驅物質帶往內陸，經充分光化反應後，在擴散不易的地區造成高濃度。都市等污染源多的地方，並非是臭氧污染嚴重之地 (Cheng, 2001)，反而是下風



處  $\text{NO}_x$ 、NMHC 排放量少的郊區（如龍潭）容易因累積而形成污染。

太陽輻射不強的冬季出現低濃度容易理解，但前面的討論提到桃園地區在 3 月過後，月平均雲量開始下降，同時日照時數逐漸增加，是有利臭氧生成的環境。既然光化反應為形成臭氧的步驟，為何在日照強烈的夏季反而臭氧濃度低？原因與當時的穩定度降低有關：夏季午後對流旺盛，大氣較不穩定，且 6、7 月的海風有時風速較大（圖 2-2），使得大氣擴散污染物的能力增強。圖 2-7 的最大混合層高度與通風指數月均變化也說明了 6—8 月的大氣穩定度很低。若有颱風侵襲台灣，則帶來大量降雨攔截大氣中的污染物，導致此時臭氧濃度降低（Chan *et al.*, 1998）。

五個測站中以觀音、大園等測站臭氧濃度最高，其 3 月及 10 月的平均濃度甚至超過 30 ppb。為何桃園地區的臭氧高濃度主要出現在沿海一帶？根據之前關於污染源的討論，桃園地區的固定污染源對  $\text{NO}_x$  的貢獻不高，反而是移動污染源的排放量較大，但是 THC 及 NMHC 卻是以固定污染源的排放比例較大。因此，觀音、大園等沿海人口及車輛較少、但地近大型工業區的鄉鎮，可能因為 NMHC 排放多且  $\text{NO}_x$  濃度低，導致臭氧濃度偏高。但受海風吹散污染物影響，沿海地區夏季濃度下降很多，反而是靠山的龍潭濃度累積升高。位於市區的桃園、五權之臭氧濃度卻因大量汽機車所排放的 NO 還原臭氧，而使其濃度最低。總之，臭氧濃度的季節變化受氣象條件影響，冬、夏兩季較低，而春、秋兩季較高。空間分布上，排放源多的都市反而濃度低，高濃度出現在  $\text{NO}_x$  排放少的郊區；夏季的海風會造成內陸地區臭氧的累積。

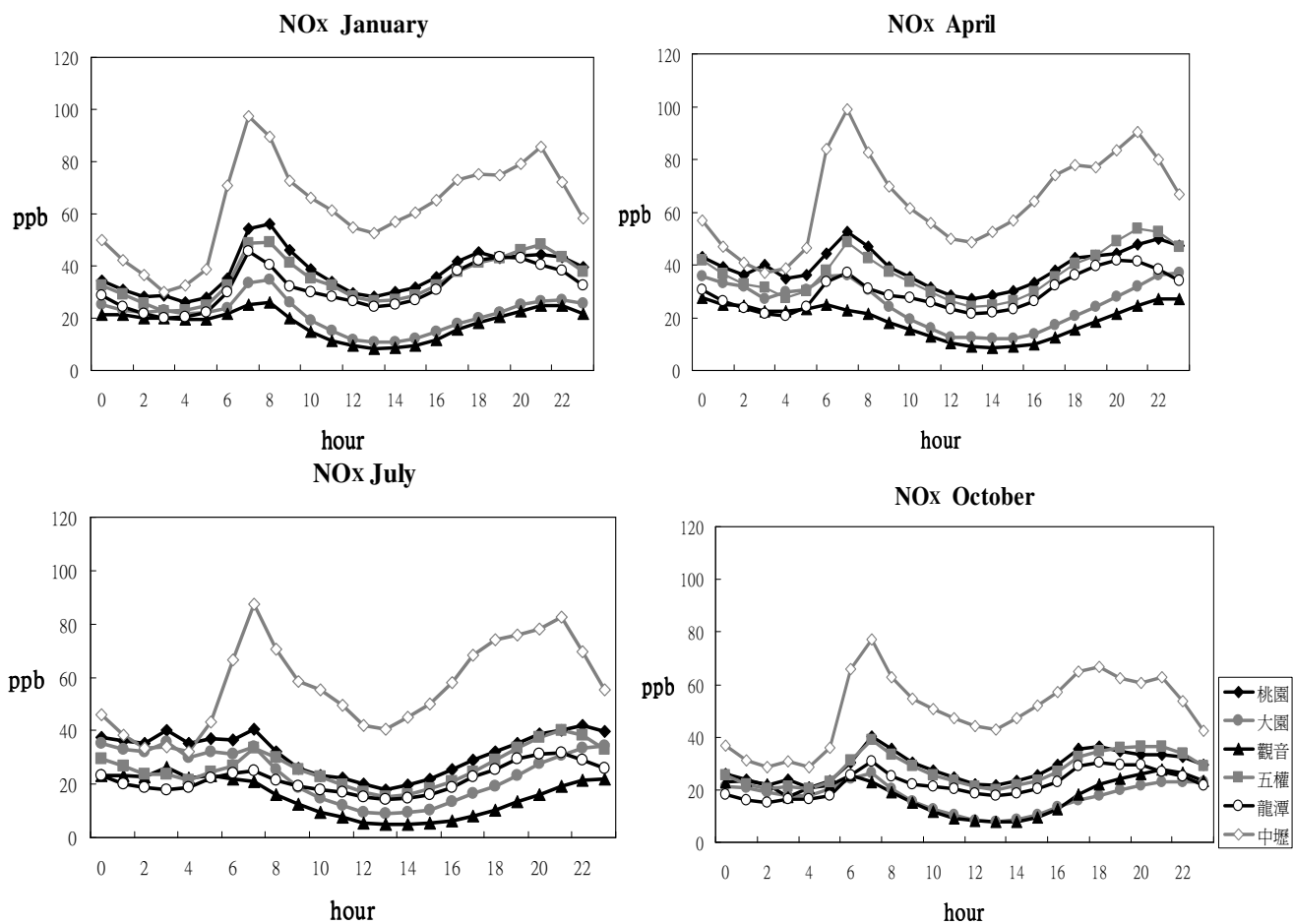


圖 2-15 1995 年至 2004 年各測站 NO<sub>x</sub> 小時平均濃度

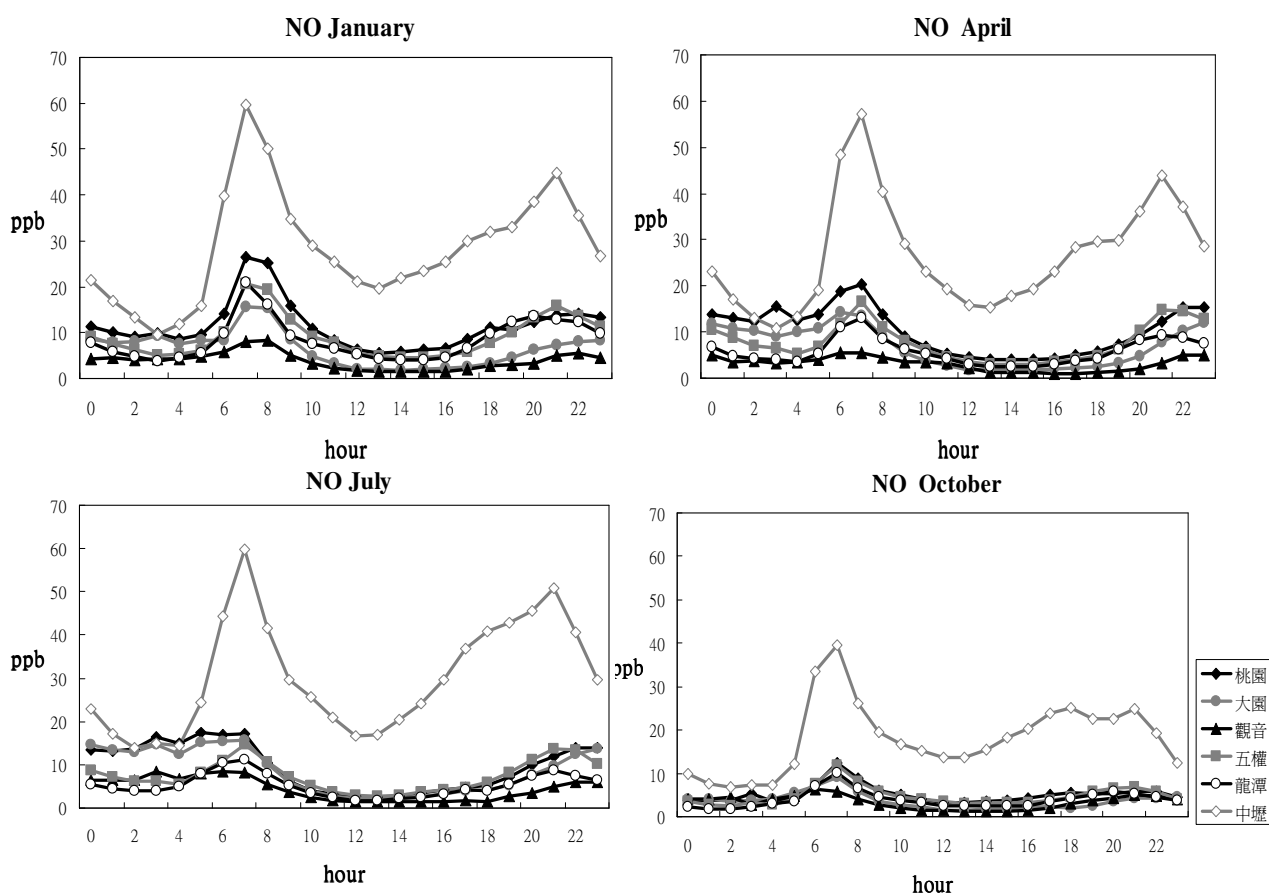


圖 2-16 1995 年至 2004 年 NO 各測站小時平均濃度

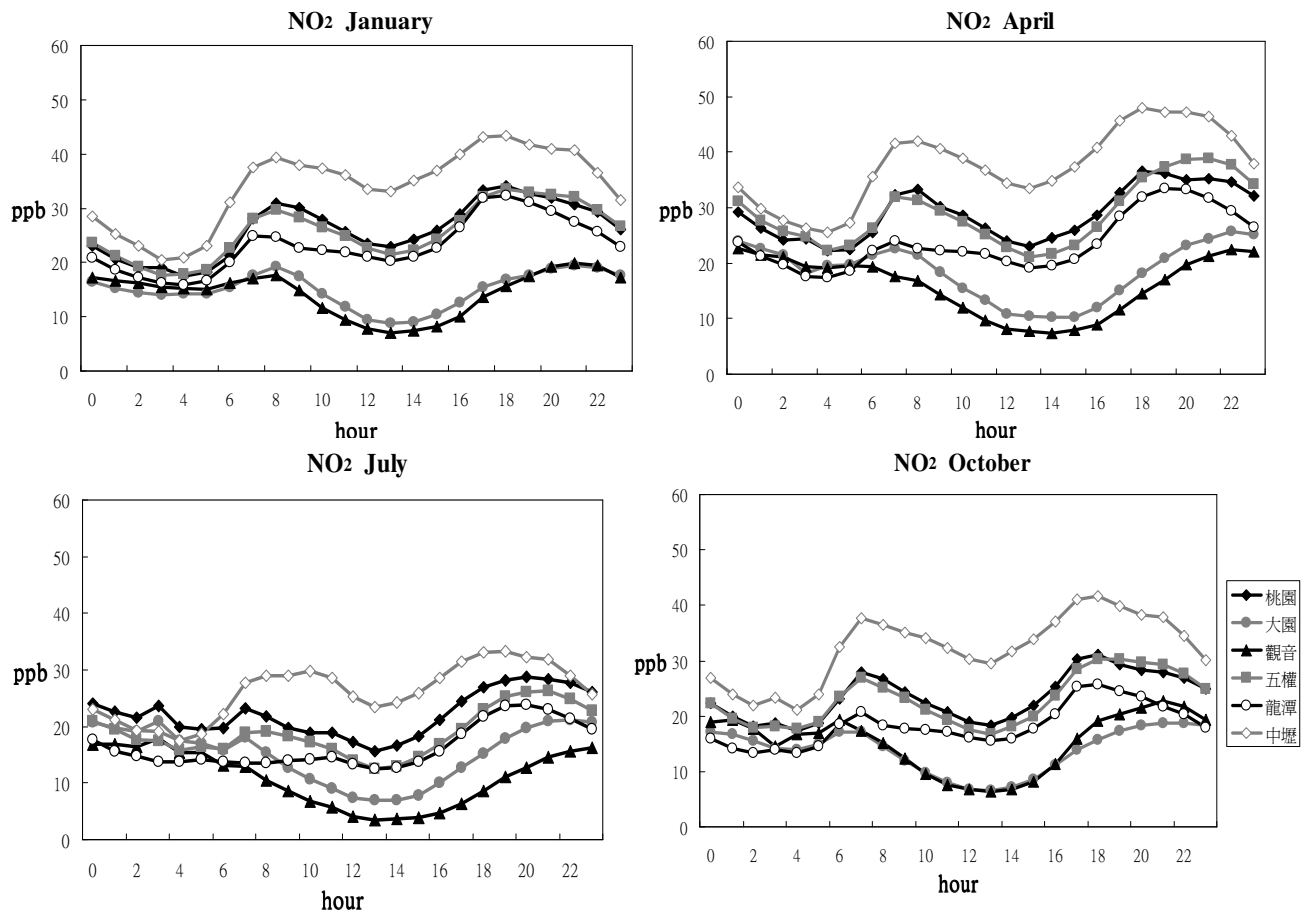


圖 2-17 1995 年至 2004 年各測站 NO<sub>2</sub> 小時平均濃度

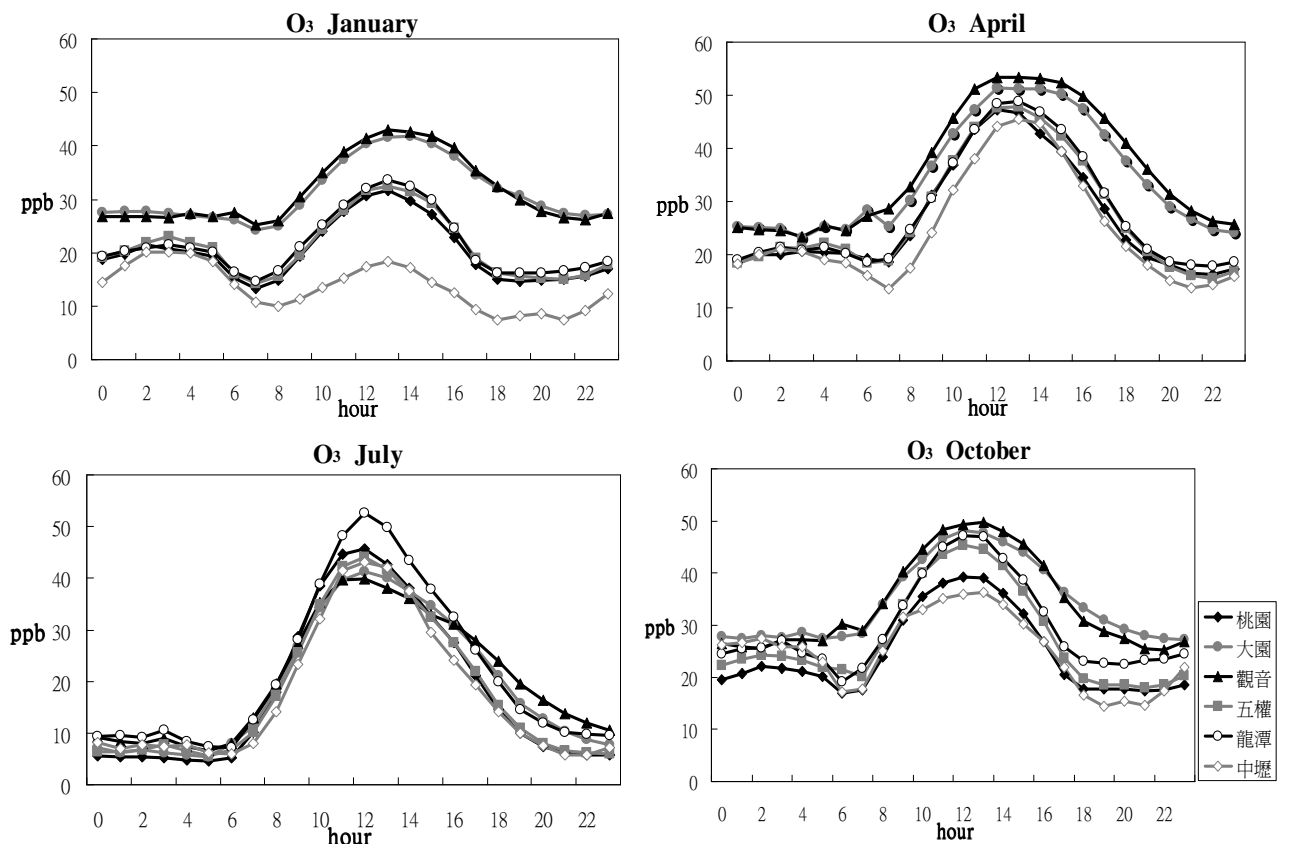


圖 2-18 1995 年至 2004 年各測站臭氧小時平均濃度

## 二、日變化

### 1. 氮氧化物

為了清楚瞭解不同季節的濃度日變化趨勢，圖 2-15 至圖 2-17 分別表示 1995 年至 2004 年桃園地區 1、4、7、10 各月  $\text{NO}_x$ 、 $\text{NO}$ ，及  $\text{NO}_2$  濃度的小時平均值變化。這三項污染物在各測站間的變化相當一致，且在不同季節裡的變化也十分相似，均呈現雙峰型態，其高濃度的出現決定於污染物的排放量。早上 7、8 時之間與傍晚 5 至 9 時之間由於正處交通尖峰時刻，故  $\text{NO}_x$  濃度相當高，特別是早上濃度上升很快。但晚間高濃度持續的時間較長（約 21 時後才開始下降），有些測站甚至傍晚過後濃度升高至最大，應與人們喜愛晚間的娛樂活動有關。至於中午前後（約 13 時）則因大氣擴散良好而濃度最低。另外在夏季（7 月）時，桃園、大園、觀音等測站夜間的  $\text{NO}_x$ 、 $\text{NO}$ ，及  $\text{NO}_2$  濃度偏高，原因需進一步討論。

### 2. 臭氧

臭氧濃度的日變化則與  $\text{NO}_x$  大不相同，但各測站間依然無太大差異，主要均呈現單峰的型態（圖 2-18）。大致上來說，臭氧在中午前後達到最大，接著濃度開始下降，直到 21 時的低值出現後，夜間的濃度又會些微爬升，過了凌晨 3 時之後，才下降至日出前的低值，等到日出後又隨著前驅物增加，及日照增強而開始上升。不過，其實也可觀察到冬、夏兩季的臭氧濃度變化並不一樣，以下做一簡單說明：

#### (1) 夏季（7 月）

夏季所有測站的臭氧濃度十分接近，大約在早上 6 時過後，濃度快速上升至中午 12 時左右的最大值。因為夏季的海陸風環流明顯，而上午 7 至 11 時左右為陸風轉換為海風的時期，此時空氣滯留，且雲量偏低、太陽輻射強烈，導致光化反應生成的臭氧迅速累積（柳中明，1993、柳中明，1994a、Nair *et al.*, 2002）。午後則因海風強盛，沿海一帶大氣對污染物的擴散能力增強，加上強烈

的對流及午後降雨，使臭氧濃度迅速下降。在海風的影響下，使觀音、大園等其他季節濃度較高的沿海地區濃度降低，內陸的龍潭則因臭氧累積而居各站之冠。此外，夏季的夜間臭氧濃度大致維持在 10 ppb 以下的低值，因此其濃度的日夜之間差異頗大，是與其他季節的不同之處。

## (2) 冬季（1 月）

冬季各測站間的濃度出現高低不同，且也不再像夏季一樣屬於單純的單峰型態。午後 13 時左右的最高值比起夏季要低得多，且夜間的濃度有偏高的現象，因此讓冬季臭氧的日夜濃度相差不大，而無明顯之單峰。為何冬季夜間會有高濃度呢？原因與夜晚近地層的逆溫有關（王潤鹿等，1981、柳中明，1993、賴進興等，2004、Aylesworth, 1971、Ludwig *et al.*, 1995、Güsten *et al.*, 2002）。冬季夜長，晚上常因地面強烈輻射冷卻而形成逆溫層，此時地表大氣成層穩定，對臭氧的擴散相當不利，而易使濃度不斷累積升高。直到日出後，太陽對地面的增溫作用導致熱力對流，逆溫層才從底部逐漸往上被破壞。故我們可在早上 6、7 時左右觀察到各測站的臭氧濃度下降，就是逆溫瓦解、污染物擴散稀釋的結果。至於有研究提出夜間儲存於高空殘餘層（residual layer）的臭氧，會因日出後逆溫被破壞而向下混合傳送至地面（煙燻過程）（吳清吉等，1998、Roussel *et al.*, 1996、Lin *et al.*, 2004），此一造成日出後地面濃度突然上升的情況是否為桃園地區普遍的現象，需要更多資料才能佐證。至於空間分布上，冬季因東北季風強盛，海陸風隱藏在盛行風下並不明顯，故龍潭的濃度不再偏高。不過中壢的臭氧濃度依然是各站中最低的。

春、秋這兩個季節則是屬於冬、夏季間的過渡型態（圖 2-18），依然是以觀音、大園的濃度最高，而中壢濃度低，白天與夜間的高值介於冬季和夏季之間。

