

影響大台北地區懸浮微粒濃度變化之氣象分析

李 清 勝

國立台灣大學大氣科學系

(中華民國八十一年八月二十日收稿；中華民國八十一年十月二十七日定稿)

摘 要

本文從邊界層氣象參數和綜觀天氣型態兩方面，探討其與大台北地區懸浮微粒(PM10)日平均濃度變化之關係，重點則在討論導致大台北地區空氣品質劣化之氣象條件。結果顯示，近地面逆溫之存在和微弱的低層風速為導致大台北地區空氣品質劣化的兩個基本氣象條件，然而近地面逆溫層對日平均PM10濃度變化之影響較為定性，逆溫層底高度與PM10濃度之負相關係數常在0.5以下，且因季節而變。至於降水對日平均PM10濃度之影響，因降水型態和季節而不同，但一般降水時數越長，沖刷作用越強。

大台北地區PM10濃度之季節變化，主要受季風環流(和地形)影響，基本上夏季西南季風時PM10濃度值較高，而冬天東北季風時，則值較低。然而逐日PM10濃度值之變化則受移動系統所控制；當天氣系統移行較緩，台灣地區等壓線較疏且偏南風時，大台北地區空氣品質一般較差；若有高壓脊經過(而出現近地面逆溫)時，則污染情形更嚴重。在分析中，我們將此等劣化之天氣型態歸納為冬、夏各四類型，並統計、討論各天氣類型伴隨之PM10濃度分佈；而此八種天氣類型在反應空氣品質劣化之技術得分(Threat Score)達到80%(冬季為70%)，而前估、後符值亦皆在90%左右。此結果顯示，若能利用數值天氣預報圖以掌握劣化天氣型態之出現時間，對空氣品質潛勢預報將大有助益。

關鍵字：空氣污染事件、邊界層參數、天氣型態。

一、前 言

台灣地區近十年來，由於經濟成長與快速工業化的影響，空氣品質有日益惡化的趨勢(環保署，1990)。空氣品質劣化之程度尤以都會區和工業區為甚，因此瞭解空氣污染物之來源以及其傳送與化學轉換(transformation)過程為近年來大氣科學研究重要之一環。本文乃分析大台北地區懸浮微粒日平均濃度之變化與邊界層氣象參數和綜觀天氣型態之關係，以探討造成空氣品質劣化之氣象條件。

除了懸浮微粒外，造成空氣品質劣化之微量氣體尚有多種，因此為了齊一空氣污染偵測記錄，

美國環保署乃根據污染物對人體健康影響之程度，定出每日之空氣污染指標(Pollutant Standards Index，簡稱PSI; Ott and Hunt, 1976)；國內環保署大致參照美國之定義而制定國內PSI所對應之各污染物含量標準。表一中列出了各PSI值對應之污染物濃度值，以及各PSI值區間對人體健康影響之程度；除了表中所列相對應之PSI值和濃度值外，界於兩者之值則以線性內插求得。PSI值計算時，乃針對個別污染物，求出其(當日)最大之PSI值(稱副指標值，Subindex)，每日之PSI值則取最大之副指標值，而該污染物則為該日之指標污染物(Critical Pollutant)。

表一 環保署1987年所發佈之各污染物濃度與副指標值之對照表(參考Ott and Hunt, 1976)。

濃度 對 應 之 副 指 標 值	污 染 物 種 類	SO ₂	CO	O ₃	NO ₂	PM ₁₀	對人體 健康 的 影 響
		24小時 平均值 (ppm)	8小時 平均值 (ppm)	任一小時 平均值 (ppm)	任一小時 平均值 (ppm)	24小時 平均值 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
0		0	0	0	(a)	0	良 好
50		0.03	4.5	0.06	(a)	50	
100		0.14	9	0.12	(a)	150	中 等
200		0.30	15	0.2	0.6	350	不 良
300		0.60	30	0.4	1.2	420	極不良
400		0.80	40	0.5	1.6	500	有 害
500		1.00	50	0.6	2.0	600	

(a) 目前尚無可遵循之環境空氣品質標準對應值。

(b) PM₁₀ 為 10 微米以下之粒子。

為了監測各地污染物濃度，環保署推動天網計畫，於全台灣地區設立66個空氣品質監測站，而在新設的監測站於1992年底全面啓用前，在全省共設有19個監測站，其中有5個位於大台北地區，分別是松山、三重、板橋、永和及南港，但南港站因1987年韋恩颱風淹水後，改建於汐止。環保署測站之資料自1986年起，但其中1986之資料較不全（缺2、3、4、7和9月）。本研究採用之資料原則上自1986年起，部份分析為顧及全年資料之完整性僅採自1987年；此外因各部份研究進行之時間不同（原則上採用至該時間之最新資料），其採用資料時段亦稍不同。

根據李等(1990)之分析，台灣地區之指標污染物大多為懸浮微粒（以PM₁₀代表，PM₁₀乃表示直徑為10微米以下之懸浮微粒），而松山、三重、板橋以及永和四監測站指標污染物為懸浮微粒之百分比分別為87%、45%、78%和84%，（三重站因位

於交通要道旁，因此一氧化碳占了40%）。此外張(1990)指出懸浮微粒為原生性空氣污染物，其造成污染之情形較再生性污染物（如臭氧）為單純，主要之影響來自氣象條件之變異；本研究以氣象條件之分析為主，故僅考慮懸浮微粒，而且採用松山、三重、板橋及永和四監測站平均之日平均PM₁₀濃度值代表大台北地區之空氣品質，以探討其變化和邊界層氣象參數以及綜觀天氣型態之關係。

本研究之基本考慮為，當空氣污染物（或PM₁₀）排放速率固定時，區域性空氣品質的好壞（PM₁₀濃度之高低）主要由氣象條件所控制（Niemeyer, 1960; Boettger, 1961）；當風速微弱、空氣穩定並有近地面逆溫（污染物無法有效擴散），且無降水之沖刷作用（washout）下，近地面空氣中之污染物常會不斷累積，使空氣品質急速劣化，達到影響人畜健康甚或生存的嚴重情況。從天氣學的觀點看，造成台灣地區區域性空氣品質劣化之邊界層特徵及其伴隨之

天氣型態與天氣型態之演變，常具有一定軌跡可循；因此，若能善用數值天氣預報圖以掌握綜觀天氣型態之演變，並瞭解各地區地形、局部環流特性，將能對逐日空氣品質潛勢預報有所助益。

二、大台北地區懸浮微粒變化特徵

根據環保署四監測站之資料計算年平均值，結果顯示由1987至1991年，大台北地區之懸浮微粒濃度有逐年上升之趨勢，年平均值分別為94.7、96.9、100.9、106.5和117.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；此數據可能反映了大台北地區近年來，工程建設與機動車輛增加所帶來之影響。人類活動所導致之空氣品質劣化情形，亦充份反應在每日PM10濃度逐時變化曲線中；圖1為大台北地區平均PM10濃度日逐時變化圖，圖中亦以垂直線標出標準偏差之範圍；圖1中因考慮平均PM10濃度值之逐日變化，因此每小時之值為相對於日平均值之比值；而圖右之縱座標則標出平均之每日PM10濃度平均值。

圖1中顯示，每日PM10濃度最大值出現在上午8至10時之上班尖峰時段，而且PM10濃度值由上午

6至9時，有明顯陡升之趨勢，而9時後則持續下降。PM10濃度之次大值出現在傍晚6~7時，此下班時段PM10濃度值之升高，由下午4時起較明顯，至7時後則稍下降，但至晚上10時夜班下班時則再稍增加，劉和鄭(1988)之分析亦大致顯示上述主要型態。

大台北地區每日PM10濃度之最小值，出現在清晨4~5點左右，次小值則於午後2~4點。午後之低PM10濃度值，除了反應較少的車輛活動外，太陽加熱所造成的較不穩定邊界層（或午後雷陣雨），亦當為重要因素之一。大台北地區午後PM10濃度值雖然較低，但仍較清晨之值為高；李等(1992)之分析中則顯示，大高雄地區之午後PM10濃度值竟較清晨之低值為低，可能因大高雄地區濱海，且雲量較少，故海陸風環流常非常顯著，導致午後之氣流常為由海上吹來之較乾淨空氣，故PM10濃度值較清晨為低。而大台北地區則為盆地地形，雖亦有明顯局部環流，但無較明顯之海風引入，故PM10濃度值雖於午後降低，但仍高於清晨之低值。

除了全年平均之日逐時PM10濃度值變化外，我們亦分析了不同季節之日夜逐時變化，其定性結果大致相同，故不再贅述。此外，我們亦分析了不同

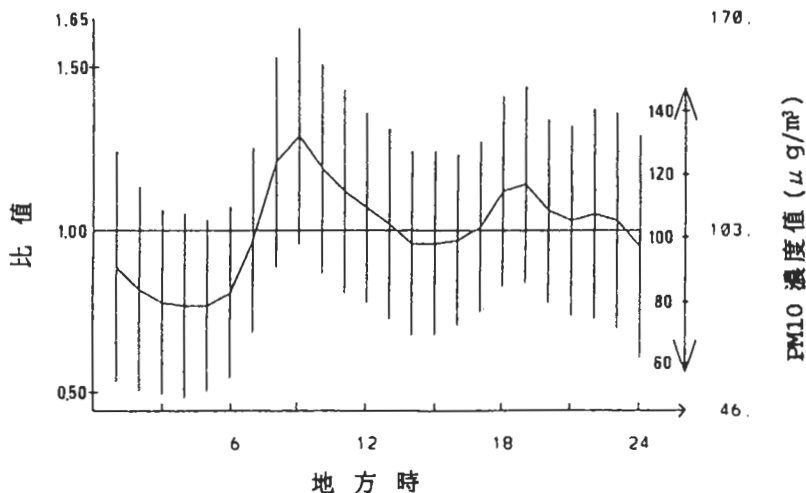


圖1 大台北地區日逐時PM10濃度變化趨勢，左縱座標為相對於日平均PM10濃度值之比值，右縱座標為平均PM10濃度值，圖中之直線表示標準偏差之範圍（資料時段為1987~1991）。

上班情況下，PM10濃度之逐時變化；結果顯示日逐時變化與圖1大致相同，但是休假日之上午交通繁忙時段之最大值不但遠較平時為小，其時間亦延後。以上之分析顯示，大台北地區PM10污染源，主要為人類之活動（尤其是機動車輛）；然而，氣象條件在污染物之傳送上也扮演著極重要之角色（鄭，1969；吳和王，1990；柯等，1991）。

氣象因子對大台北地區PM10濃度變化之影響，可由每月平均PM10濃度值看出。圖2為1987~1991年，大台北地區四監測站PM10濃度之月平均值，圖中亦以垂直線表示標準偏差之範圍，很明顯的大台北地區之空氣品質在9月至2月較3月至8月為佳，此種差異主要為冬、夏季風環流交替變化所致。一般自九月（尤其是下旬）以後，台灣地區易受到一波、一波大陸冷氣團南下所影響；由於冷高壓增強，台灣地區附近氣壓梯度增大，風速增強，而強烈的東北季風氣流自大台北盆地東方缺口長驅直入（蔡，1987），因此污染物不易累積；此外，局部地形的抬升作用，亦常造成降水而沖刷了部份污染物；因此，在這段季節中大台北地區的空氣品質較佳。

十、十一月時，由於低壓和鋒面系統常移行迅速，天氣變化較快，東北季風風速亦常顯著，使得

大台北地區之PM10濃度於十、十一月時，出現一年中之最低值；十二月、一月和二月之PM10濃度值仍低。到了三、四月，由於大陸冷高壓強度銳減且滯留性鋒面開始顯著，台灣地區附近氣壓梯度減弱，風速減小；故全省的空氣品質一般不佳，大台北地區空氣品質亦不例外。五、六月梅雨季時大台北地區之PM10濃度值仍高。至六月以後，太平洋高壓勢力增強，強盛的西南氣流使得位於背風面的大台北地區污染情形更形嚴重（常出現無風且有沈降逆溫情況）。由以上討論可知，季風環流和綜觀天氣型態對大台北地區空氣品質變化之影響。

三、邊界層氣象參數與日平均PM10濃度之關係

雖然理論上，局部地區PM10濃度和該地邊界層氣象狀況之關係非常密切，但因影響PM10濃度變化之（氣象）因子，並不單純，日平均PM10濃度與邊界層氣象參數之關係也變得頗難掌握；此外由於邊界層氣象參數的變化常遠甚於氣象資料所能提供的資訊，因此我們僅能就所提供之氣象資料，討論其與日平均PM10濃度之關係，此結果則可做為逐日空氣品質潛勢預報之參考。

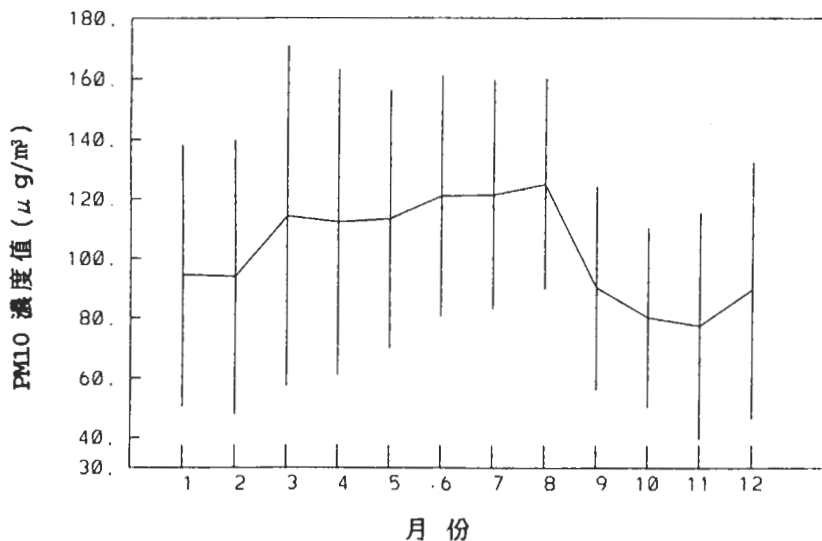


圖2 大台北地區PM10濃度(µg/m³)逐月(橫軸)趨勢圖，圖中直線代表標準偏差之範圍。

3.1 邊界層氣象參數與日平均PM10濃度之相關分析

首先，我們利用 1986年1月至1989年12月每日 0000UTC，中央氣象局板橋探空站(46692)之高空觀測電碼資料，根據理論上可能影響PM10濃度值的氣象條件來制定一些參數，並將它們分別與實際的大台北地區日平均PM10濃度值作相關分析。以下分別說明本分析中之各氣象參數之定義或求法：

- (1) 逆溫層底高度：指800mb以下，離地面最近之明顯逆溫層至地面之距離，有時並無逆溫層出現。
- (2) 逆溫層強度：係指上述之逆溫層內，每單位高度中溫度上升的多寡；逆溫層愈強，且厚度愈厚，熱對流愈不易衝破逆溫層。
- (3) 逆溫層底下之平均風速：將地面至逆溫層底（包括逆溫層底）各觀測層之風速資料，以氣壓層厚度為權重，計算平均風速。
- (4) 混合層最大高度：混合層的求法有許多種(Benkley and Schulman, 1979; 吳和王, 1990)，在此，我們採用目前廣被使用的 Holzworth (1962)方法，柯等(1991)亦採用相似求法。Holzworth 法乃考慮太陽加熱地表之熱力作用所導致的近地表混合作用，當日最高混合層乃利用當日之地面最高溫沿乾絕熱線（等位溫線），上升至與0000UTC之探空曲線相交的高度(Saucier, 1955)。
- (5) 最大混合層內的平均風速：處理方式與逆溫層者似。

理論上，當污染源排放速率固定且無降水時，某地區的逆溫層底（或混合層）高度較低，以及近地面風速較小時，其空氣品質較為惡劣；因此，目前廣被使用的通風指數定義為混合層厚度×混合層內平均風速（在此，僅考慮當日最大混合層高度）。此外，我們亦定義了 A、B 兩個指數，A 指數為逆溫層底下平均風速×逆溫層底高度，B 指數為逆溫層底下平均風速×逆溫層底高度÷逆溫層強度（考慮逆溫強度可能扮演之角色）。上述三個指數一併與日平均PM10濃度值做相關分析；基本上，指數值愈高，代表污染物的可稀釋空間愈大，PSI值或PM10濃度值應該愈低。

在進行相關分析時，我們考慮不同季節其邊界層特性可能不同，對空氣品質之影響可能亦不同；因此將全年畫分成五個季節，分別是冬季(12、1、2月)，春季(3、4月)，梅雨季(5、6月)，夏季(7、8、9月)和秋季(10、11月)。表二列出不同季節大台北地區，上述混合層與逆溫層內各氣象參數與日平均PM10濃度值之相關係數。

結果顯示，在這些參數中，相關係數值（負相關）最大的是0000 UTC之地面風速，而且不同季節之變化很小。各季中氣象參數與PM10濃度值的相關情形以秋季至春季較佳，夏季則相對較差。值得注意的是，最大混合層高度的相關情形，無論在任何季節，均悖於常理地出現了正相關（雖然相關係數很小），致使通風指數的相關係數值大為降低，此可能是每日最大混合層高度的代表性不足所導致；本文採用之Holzworth方法，所求得的是因熱對流作用所形成之當天最大混合層高度，並未考慮因地面摩擦等機械作用之影響；此外降水和溫度平流的效應(Benkley and Schulman, 1979)亦增加此相關分析之困難。

表二同時顯示逆溫層底高度、平均風速以及A指數與空氣品質的相關性均有明顯的季節性變化；春季較佳，秋、冬次之，而夏季較差。至於逆溫層強度則顯示非為一個理想的參數，它在各季的相關係數均趨近於零，因為單獨用此參數與污染物濃度做相關較不具意義，它必需在某些氣象條件（如較低的逆溫層底）下，方能對空氣品質有一定之影響；當逆溫層低時，逆溫層越強，則對流愈不易突破，將使空氣品質急速惡化；若逆溫層過高，因逆溫層底常僅表示近地面混合層往上發展的“可能”最大高度，其所扮演的角色很可能不太重要。由於上述逆溫層強度特性的影響，使B指數的相關情形一般甚差。

綜合而言，表二結果顯示，除地面風速外，其他各參數與PM10濃度值（或PSI值）之相關係數一般不高，且常隨季節而有變化；其原因可能為不同天氣型態下不同邊界層特性之影響，以及各參數取時，受資料限制所造成代表性不足之影響。例如，在同樣是蒙古冷高壓控制的冬季天氣型態下，除了逆溫層高度與平均風速外（此兩參數有較大之相關係數），高壓出海的位置（可能使台灣地區附近風向有不同之變化），以及鋒面過境時是否伴隨（

表二 混合層和逆溫層之各氣象參數與日平均PM10濃度值之相關係數，各參數求法見本文。

季 節 氣 象 參 數	冬季 12 1、2 月	春季 3、4 月	梅雨季 5、6 月	夏季 7 8、9 月	秋季 10、11 月
地面風速	-0.52	-0.53	-0.55	-0.47	-0.52
最大混合層厚度	0.12	0.28	0.32	0.19	0.19
最大混合層內 平均風速	-0.46	-0.30	-0.25	-0.35	-0.50
通風指數	-0.26	-0.01	-0.03	-0.23	-0.26
逆溫層底高度	-0.44	-0.51	-0.23	-0.08	-0.47
逆溫層強度	0.18	0.02	0.02	0.02	0.05
逆溫層底下 平均風速	-0.51	-0.57	-0.40	-0.29	-0.56
A 指數	-0.46	-0.53	-0.31	-0.29	-0.51
B 指數	-0.21	-0.24	-0.21	-0.20	-0.24

大範圍)降水等因素,都會影響PM10或污染物濃度的大小;另外,滯留的梅雨鋒面和颱風環流所帶來的雨量,以及局部地區的午後雷雨,均可能沖刷部份污染物,使(局部地區)污染物濃度急速下降,導致相關分析上的困難。因此,若能在各季節中區分不同的天氣類型,尋取不同的控制變因,應能較合理的掌握污染物濃度的變化情形。

3.2 近地面逆溫層對日平均PM10濃度變化之影響

由於逆溫層所代表的為“可能”之“最大擴散高度”,使上述分析中相關係數值明顯降低;因此在本節中,將以另一角度探討近地面逆溫層對PM10濃度值變化所造成之影響。首先,我們分析大台北地區在極端和持續污染個案中,板橋測站探空發生近地面強烈逆溫的頻率(表三);在此我們定義1000公尺以下,出現位溫垂直變化大於 $1.0^{\circ}\text{k}/100\text{m}$ 的情形為近地面強烈逆溫;此外,極端污染乃指大台北地區平均PM10濃度達 $190\mu\text{g}/\text{m}^3$ (或PSI值達120,此時可能已有單獨測站之PSI值達200),而持續污染則指區域平均PM10濃度達 $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ (PSI值100)且持續三天或以上者。

表三顯示,當大台北地區日平均PM10濃度達 $190\mu\text{g}/\text{m}^3$ 時,板橋之0000UTC(早上8點)探空顯示,近地面有71%之個案有強烈逆溫層出現,而1200UTC(晚上8點)探空則有41%出現逆溫;若考慮0000UTC或1200UTC,則逆溫出現頻率達79%。至於持續污染個案,三種情形之頻率分別為51%、35%和65%,較極端污染個案者稍低。因此,近地面逆溫層之存在仍是大台北地區PM10濃度值升高之一重要因素。

圖3進一步利用1987年之資料,將大台北地區日平均PM10濃度值根據對應之PSI值區分為不同區間,統計在該區間之日數中,於0000UTC和1200UTC板橋探空出現逆溫之頻率。結果顯示PM10濃度值愈高,伴隨有近地面逆溫層之頻率愈高,但PM10之PSI值在80~100和100以上兩區間則無差別;此外,0000UTC出現逆溫之頻率均較1200UTC者為高。

若將1987年資料區分為不同季節,則可顯示更多訊息,表四為1987年不同季節、不同PM10之PSI值區段中,板橋0000UTC探空出現近地面逆溫層之次數、頻率,以及逆溫出現時之地面風速;(1200UTC定性結果與0000UTC者相同,故不贅述

表三 大台北地區極端和持續污染個案中，板橋(46692)探空發生近地面強烈逆溫的頻率。括弧內數目表出現強烈逆溫個案數，資料時段為1987年1月至1990年7月。

發生時間	0000 UTC	1200 UTC	0000或1200 UTC
極端污染	71% (45)	41% (33)	79% (50)
持續污染	51% (40)	35% (27)	65% (51)

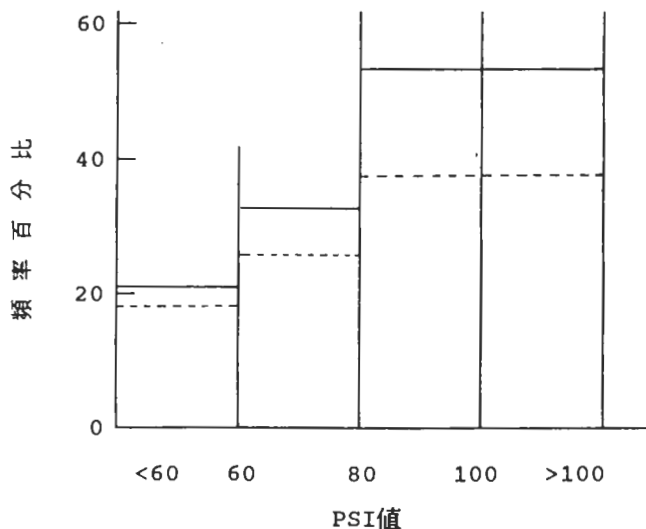


圖3 大台北地區不同PM10之PSI值區間，板橋探空於0000UTC(實)和1200UTC(虛)出現近地面逆溫層之頻率(資料時段1987年1~12月)。

)。表四除了顯示與圖3相似之結果外，亦顯示在秋、冬、春三季出現高污染的個案，經常伴隨著近地面強烈逆溫，尤其是冬季，使得表二中逆溫層底高度與PM10濃度之相關係數值亦較高。在梅雨季和夏季，近地面逆溫與污染物之堆積相關較低，有50%以上的個案均無強烈近地面逆溫發生，顯示此兩季造成污染物濃度升高的邊界層氣象條件與秋、冬、春三季稍有不同。不過表四中亦指出PM10之PSI值較低之個案，伴隨近地面強烈逆溫的比例較低，且地面風速大都在1.0 m/sec以上。

3.3 降水對日平均PM10濃度變化之影響

降水活動對懸浮微粒會造成相當程度的沖刷效應，然而不同之降水強度和延時，對污染物的沖刷作用可能不同，因此，我們分析日降水量、日降水時數及日平均降水強度等三個參數，對日平均PM10濃度的影響；在此日平均降水強度定義為日降水量/日降水時數。

表五為1986年1月至1990年7月間，在不同降水量、降水時數及降水強度情況下，大台北地區日平均PM10濃度值與無降水日之日平均PM10濃度值

表四 1987年中不同季節下，大台北地區不同PM10之PSI值區間之個案數、板橋探空於0000UTC出現逆溫次數、頻率及出現逆溫時之平均地面風速

季節	PSI 區間	總個案數	出現逆溫次數	出現逆溫頻率	出現逆溫時之地面風速 (m/s)
冬季	PSI ≥ 100	5	5	100%	0.38
	80 ≤ PSI < 100	13	13	100%	0.25
	60 ≤ PSI < 80	20	6	30%	0.95
	PSI < 60	52	13	25%	1.44
春季	PSI ≥ 100	14	10	71%	0.32
	80 ≤ PSI < 100	14	9	64%	0.89
	60 ≤ PSI < 80	15	6	40%	1.23
	PSI < 60	18	5	28%	2.22
梅雨季	PSI ≥ 100	10	4	40%	0.10
	80 ≤ PSI < 100	21	10	48%	0.10
	60 ≤ PSI < 80	17	6	35%	1.75
	PSI < 60	12	2	17%	1.55
夏季	PSI ≥ 100	18	6	33%	0.42
	80 ≤ PSI < 100	26	8	31%	0.36
	60 ≤ PSI < 80	26	8	31%	1.65
	PSI < 60	22	5	23%	0.40
秋季	PSI ≥ 100	5	4	80%	0.20
	80 ≤ PSI < 100	7	5	71%	0.30
	60 ≤ PSI < 80	9	3	33%	1.63
	PSI < 60	40	5	13%	1.78

之比值。結果顯示，隨著降水時數的增加，日平均PM10濃度明顯降低；當降水時數為1~4小時，平均濃度比為0.94，當降水時數為10~15小時，平均濃度比降低為0.69，若日降水時數大於20小時，則比值降低為0.58。降水量雖然造成PM10濃度的降低，但濃度比值並未隨著降水量的增加而呈規律性的降低，例如日降雨量為1~4mm時，比值為0.8；但日雨量為10~15mm時，比值反上升為0.87，因此日降水量的大小與日平均PM10濃度之相關並不高，可能因日雨量較大的個案，大多為對流性之降水，其延時很短，因此對日平均PM10濃度值之減小作用不

大。另外，日平均降水強度自0.1~0.5mm/hr區間增大至1.0~2.0mm/hr時，平均濃度比自0.76遞增至0.81左右，若強度≥7mm/hr則比值上升至1.19，顯示降水強度愈弱，濃度比值有較低的傾向。如前所述日平均降水強度較大者，一般為對流性降水，延時較短，因此降水強度對PM10濃度的影響不若降水時數重要。有趣的是當降水強度增至7.0mm/hr以上時（個案數僅46個，或占8.4%），平均濃度比值竟高於1.0，表示一天中雖有短暫強烈降水，但停止下雨後，PM10濃度仍然可能會很快升高。

表五雖然顯示PM10平均濃度比值隨著降水時數

表五 大台北地區日平均PM10濃度值在不同降水情況下與無降水日之比值。表中降水時數1~4區段表示 ≥ 1 小時，但 < 4 小時，餘類推。(資料時段1986年1月~1990年7月)。

降水時數	1~4	4~7	7~10	10~15	15~20	≥ 20
濃度比值 (資料數)	0.94 (156)	0.81 (106)	0.84 (82)	0.69 (84)	0.64 (47)	0.58 (40)
降水量 (mm)	1~4	4~7	7~10	10~15	15~20	≥ 20
濃度比值 (資料數)	0.80 (133)	0.73 (50)	0.90 (46)	0.87 (50)	0.79 (35)	0.84 (124)
降水強度 (mm/hr)	0.1~ 0.5	0.5~ 1.0	1.0~ 2.0	2.0~ 4.0	4.0~ 7.0	≥ 7.0
濃度比值 (資料數)	0.76 (185)	0.78 (103)	0.81 (98)	0.89 (76)	0.95 (39)	1.19 (46)

表六 不同季節中，大台北地區日平均PM10濃度在不同降水時數區段中與無降水日之比值。表中降水時數1~3區段表示 ≥ 1 小時，但 < 3 小時，餘類推。(資料時段1986年1月~1990年7月)

降水時數 區間 (hr)	1~3	3~6	6~9	9~12	≥ 20
冬季 (12, 1, 2月)	0.85 (33)	0.77 (32)	0.81 (15)	0.72 (22)	0.65 (27)
春季 (3, 4月)	0.88 (11)	0.61 (15)	0.78 (17)	0.71 (16)	0.55 (26)
梅雨季 (5, 6月)	1.02 (29)	0.94 (23)	0.92 (23)	0.65 (6)	0.60 (25)
夏季 (7, 8, 9月)	1.07 (35)	0.90 (23)	0.83 (20)	0.76 (10)	0.63 (23)
秋季 (10, 11月)	0.74 (13)	0.74 (15)	0.77 (16)	0.68 (12)	0.75 (28)

的增加而大致呈規律的降低，但並非所有季節之情形均相同。如表六所示，在梅雨季和夏季，降水時數越大，PM10濃度比值越低，冬季和秋季亦呈現大致相似之趨勢，但在秋季時濃度比值大約在0.74左右，受降水時數的影響較小。有趣的是在梅雨季和夏季，當降水時數為1~3小時時，PM10濃度之比值反而稍大於1，（或較無降水日之平均值稍高）。此外，不同季節降水事件對懸浮微粒似具有不同程度的沖刷效應，例如當日降雨量大於1mm（或10mm）時，冬、春、梅、夏和秋季之濃度比值分別為0.76、0.69、0.84、0.88和0.73（或0.68、0.64、0.85、0.87和0.77）。意即，以相同的降水量而言，春雨具有較佳之降低日平均污染物濃度的能力，冬雨及秋雨次之，梅雨及夏雨之降低作用則較低。

雖然上述的分析提供一些降水量和日平均PM10濃度關係之初步資訊，但不同類型的降水對懸浮微粒之沖刷作用，仍有待做更詳細之研究。

四、大台北地區空氣品質劣化時所伴隨的綜觀天氣型態歸納和統計分析

一般情況下，局部區域的穩定度、風向、風速之大小及是否有降水，係由控制該地的綜觀天氣系統所支配；因此，在不考慮污染源之變化下，大台北地區逐日平均懸浮微粒濃度之變化，與綜觀天氣型態變化之關係將非常密切。國內已有一些研究嘗試探討天氣型態與空氣品質之關係（如，柯等，1991；張，1990）；國外則自1960年代即有這方面的研究，如Niemeyer（1960），Boettger（1961），Miller and Niemeyer（1962）和McCutchan and Schroeder（1973）。本研究在歸納伴隨大台北地區空氣品質劣化之天氣類型時，因考慮其在空氣品質潛勢預報上之可能應用，故分類時特別著重綜觀型態之演化特徵，同時並統計各劣化天氣型態出現時之PM10濃度分佈特徵。在分析時，首先定義污染天氣類型為當大台北地區平均PM10濃度達 $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ （或PSI值達80）時之綜觀天氣型態；在此條件下，大台北地區常有單獨監測站，其PM10之PSI值已達100（或空氣品質不良）之情形。

由於台灣地區位處於全球最大洲（歐亞陸地）

和最大洋（太平洋）之交界，冬、夏季風特徵明顯，主導台灣地區天氣主要為蒙古（西伯利亞）冷氣團和太平洋暖氣團兩者之變遷。在冬半季台灣地區主要受到蒙古大陸冷氣團之影響，而夏半季主要係受太平洋暖氣團之影響，春季、梅雨季和秋季事實上均屬於轉變之季節；因此，下述的天氣型態分類中，僅分成冬半季和夏半季，冬半季大略包含秋、冬和春等三個大陸冷氣團與鋒面主導較重要之季節，而夏半季則指太平洋暖氣團和颱風主導之季節。月份的劃分並非絕對，因為梅雨季或春、秋季時皆可能出現冷或暖氣團主導之天氣型態，而夏天亦可能出現大陸冷高壓主導之狀況。

4.1 劣化綜觀天氣類型特徵

經過詳細分析後，針對冬半季和夏半季，各分別歸納出四種劣化天氣類型，稱之A1~A4（冬），與B1~B4（夏）類型，其綜觀特徵如圖4和圖5所示。以下分別敘述各天氣類型之重要特徵或天氣型態之演變過程：

(1) 類型A1—極地分裂高壓出海型(圖4a)：

在冬季至梅雨季，當極地分裂高壓在長江口一帶出海且中心移至東經125°以東時，台灣地區氣壓梯度變小，盛行風向常偏南，但風力微弱。

(2) 類型A2—華南波動型(圖4b)：

在冬末、春初至梅雨季，當高壓出海後，常因高壓迴流而在華南地區形成低壓波（華南波）；當此低壓波向偏東北向移動時，台灣因位於冷鋒前方之暖區中，風向多偏南且風速不強。

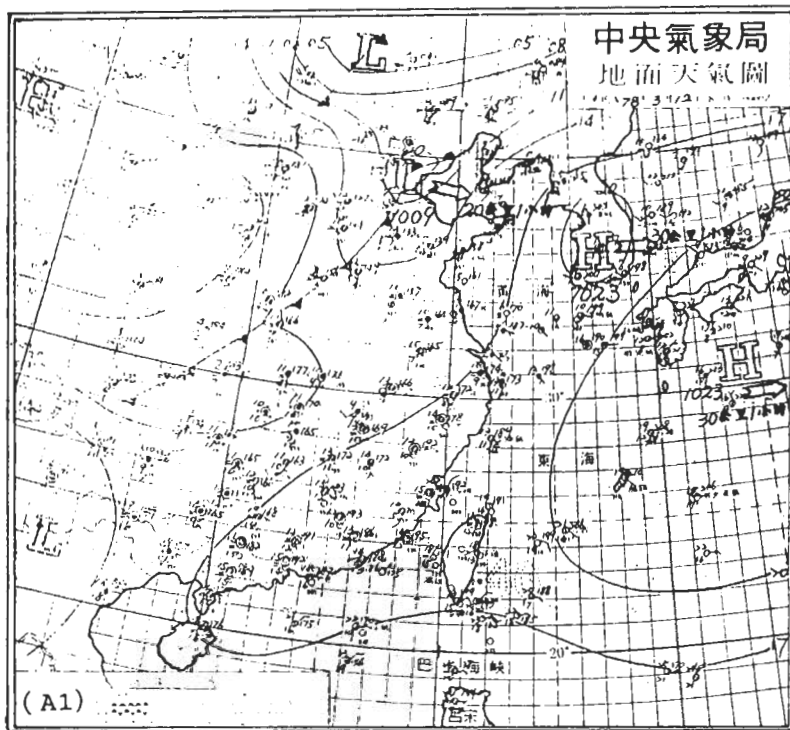
(3) 類型A3—台灣北部海面鋒面徘徊型(圖4c)：

在春季和梅雨季，當分裂高壓出海後，大陸地區常無明顯冷空氣南下，有時在華南以至台灣北部近海有微弱低壓或鋒面活動；台灣位於鋒面南方，氣壓梯度微弱，多偏南風且風速微弱，故大台北地區（有時台灣中、南部地區）常發生顯著PM10濃度值升高之情形；此狀況下，因鋒後氣壓梯度亦很微弱，即使鋒面通過台灣地區，PM10濃度亦無明顯降低情形。

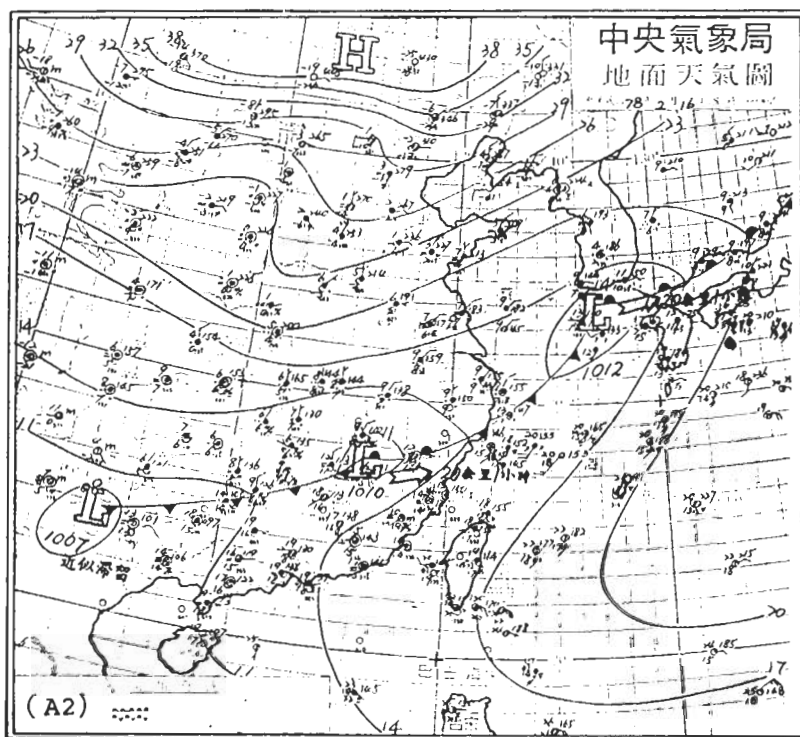
(4) 類型A4—台灣東方高壓西伸型(圖4d)：

此種高壓脊線多由極地大陸高壓出海後變性而成，非由太平洋高壓西伸(B1)所致，當此種類型發生時，台灣天氣多良好。

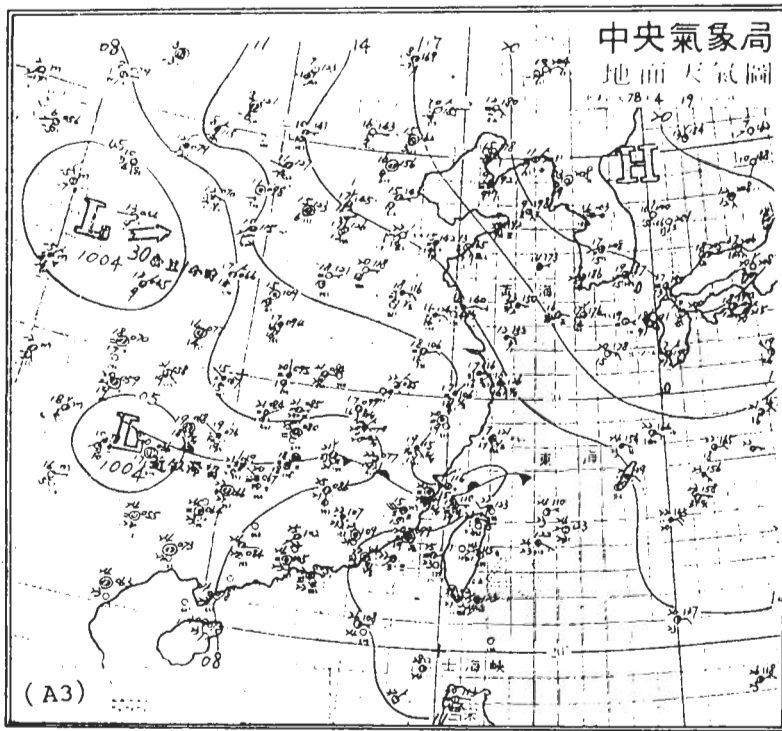
(5) 類型B1—太平洋高壓西伸型(圖5a)：



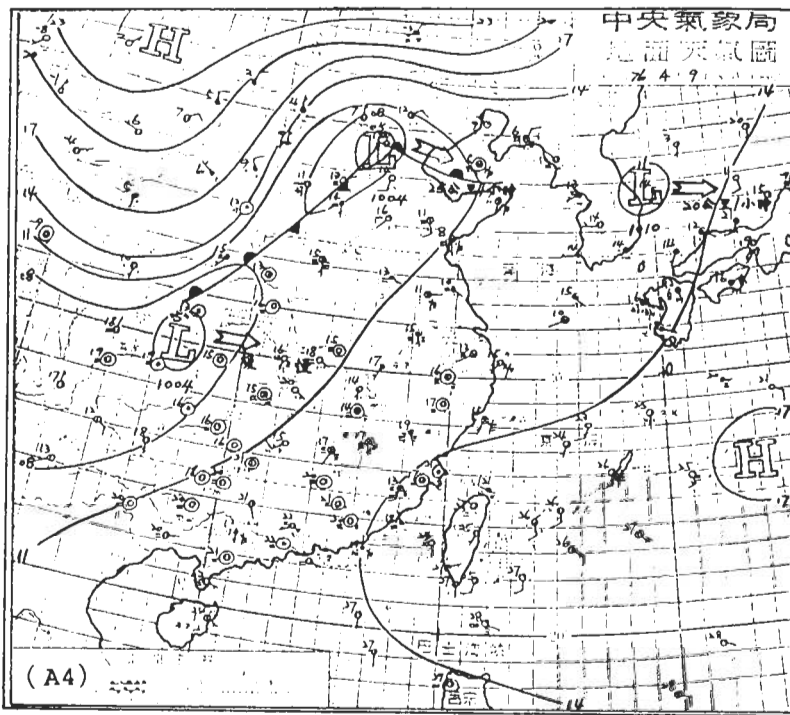
(a) 極地分裂高壓出海型 (A1)



(b) 華南波動型 (A2)

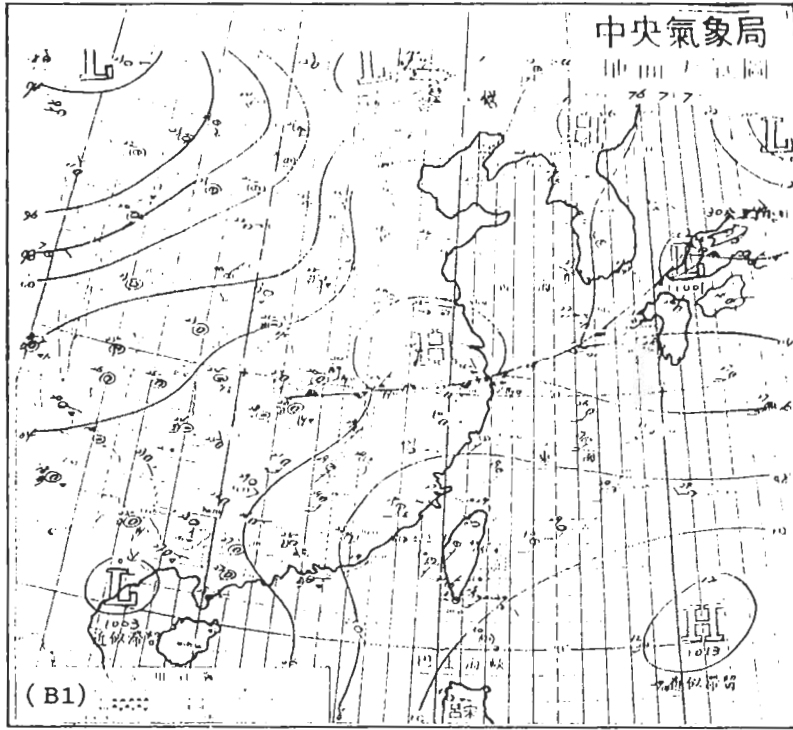


(c) 台灣北部海面鋒徘徊型 (A3)



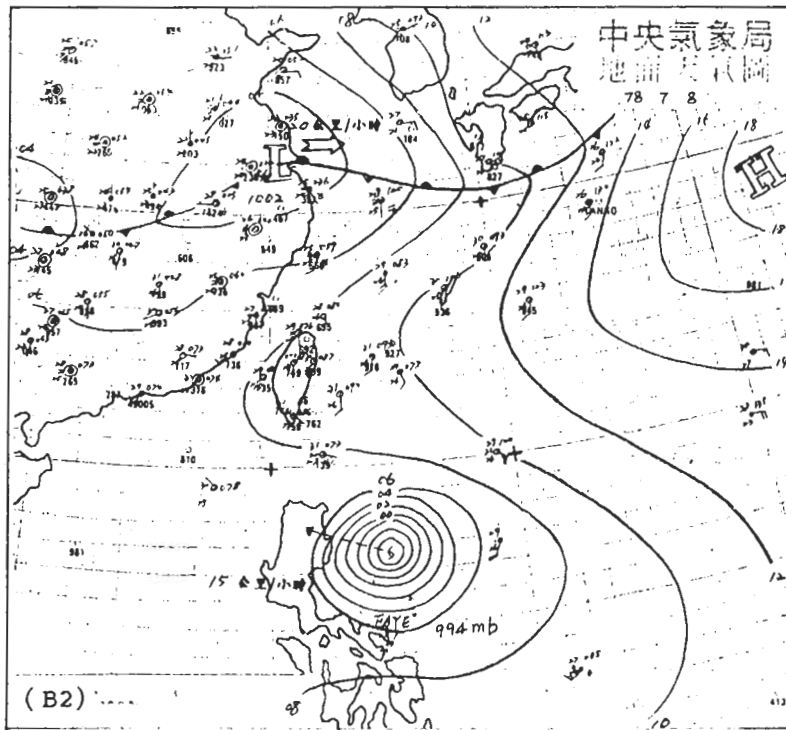
(d) 台灣東方高壓西伸型 (A4)

圖4 冬半季伴隨大台北地空氣品質劣化之綜觀天氣型態



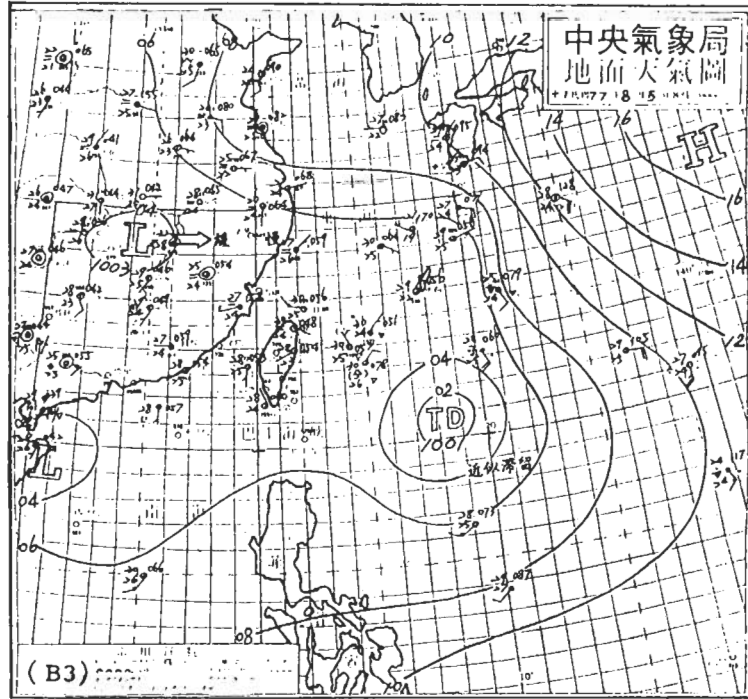
(a) 太平洋高壓西伸型

(B1)

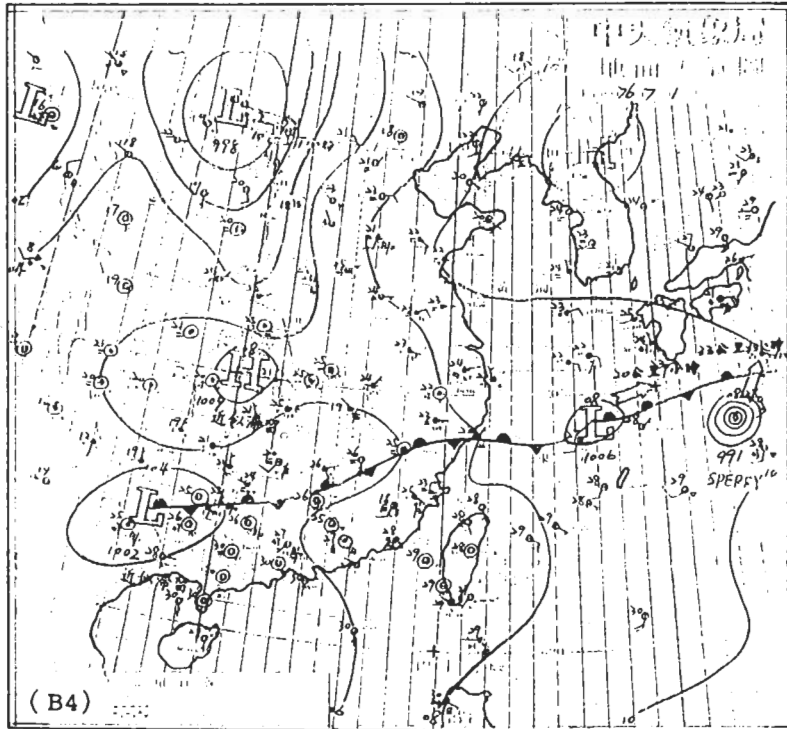


(b) 南北兩低壓系統台灣脊線型

(B2)



(c) 高/低壓系統間台灣微弱氣壓梯度型 (B3)



(d) 低壓鋒面系統南方台灣微弱氣壓梯度型 (B4)

圖5 夏半季伴隨大台北地空氣品質劣化之綜觀天氣型態

在夏季，當太平洋高壓脊西伸經過台灣中、南部或巴士海峽時，盛行西南氣流受地形阻擋而無法吹入台北盆地，大台北地區污染物濃度明顯增加，此種天氣型態一般持續時間較久，常在3~5天間。

(6) 類型B2—南北方低壓系統、台灣脊線型(圖5b)：

在炎夏季節，菲律賓東方、以至南海一帶，常為颱風或熱帶性低壓(TD)活動範圍，太平洋高壓脊西伸至台灣中、南部及巴士海峽一帶，若北緯30°左右(台灣北部海上)有低壓或鋒面活動，則台灣北部盛行西南氣流，台北盆地一般風力微弱。因南、北方之低壓系統少有明顯的南北位移，故太平洋高壓脊控制台灣的時間較久；但若台灣北方之低壓為

尺度較小之颱風(或TD)，則此持續時間較短；此外，需注意台灣不能位於颱風環流範圍內。

(7) 類型B3—高/低壓系統間台灣微弱氣壓梯度型(圖5c)：

在炎夏季節，當太平洋高壓勢力東退，台灣附近之廣大海域常為許多低壓的活動帶(可能有TD或颱風)，此時大陸亦多為熱低壓所佔據(有時或有填補性高壓存在)，台灣地區常無明顯的氣壓梯度與風向，風速亦弱，大台北地區便可能產生污染的狀況。然而空氣品質劣化程度不如太平洋高壓脊線西伸的個案(參閱表七)，因此時台灣地區基本上仍受低壓影響，天氣多不穩定且局部雷陣雨的機會

表七 八種污染天氣於各季出現之總日數(上排)，出現時PM10濃度 $\geq 110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (中排)和 $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (下排)之日數。右邊三欄則為上述三種情形出現之總日數(括弧內為所占百分比)。

出現 日數 天 氣 類 型	季 節					出 現 總 日 數	PM10 之PSI ≥ 80 日數 (%)	PM10 之PSI ≥ 100 日數 (%)
	冬 (12,1,2月)	春 (3,4月)	梅 (5,6月)	夏 (7,8,9月)	秋 (10,11月)			
A1	25 24 7	30 26 19	7 6 0	2 2 0	5 5 3	69	63 (91)	29 (42)
A2	39 37 21	33 31 16	13 12 7		12 11 4	97	91 (94)	48 (50)
A3	10 7 2	22 22 14	31 25 5	2 2 2	8 6 2	73	62 (85)	25 (34)
A4	2 2 1	5 5 2	7 6 2			14	13 (93)	5 (36)
B1		4 4 4	47 38 8	64 56 8		115	98 (85)	30 (26)
B2			23 18 6	50 45 19		73	63 (86)	25 (34)
B3	1 1 1		6 6 0	26 24 4	1 1 0	34	32 (94)	5 (15)
B4			21 18 7	21 18 5		42	36 (86)	12 (29)

較大，緩和了空氣品質劣化的情形。

(8) 類型B4—低壓鋒面系統南方台灣微弱氣壓梯度型(圖5d)：

在梅雨季和初夏，當低壓及滯留鋒面於華南及台灣北部海上徘徊時，台灣及其附近海域，等壓線極為稀疏，亦無封閉高壓存在。此種天氣型態與冬季之A3類型(台灣北部海面鋒面徘徊型)有些類似，但本類型中位於台灣北部之鋒面低壓帶，其形成過程與冬季者頗有不同，且台灣之東方海域亦可能有颱風出現。

4.2 劣化天氣類型伴隨之PM10濃度分佈特徵

統計分析時，乃根據1986年1月至1990年7月，

每日0000 UTC中央氣象局發佈的區域地面天氣圖，研判該日天氣型態是否可歸類為上述八種劣化的天氣型態，然後配合同日大台北地區四測站日平均PM10濃度值進行各項統計分析(詳細結果請參閱李等，1991)。當然0000UTC天氣型態並無法完全代表全日的天氣型態演變，但本文之劣化天氣型態其演變一般較緩慢(因而才易造成高污染情況)，且為求客觀，以每日0000UTC天氣圖(和日平均PM10濃度)代表一個資料個數。

表七為八種天氣類型於各季中出現之次數，出現時PM10濃度達 $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\text{PSI} \geq 80$)和 $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\text{PSI} \geq 100$)之次數。由表中可見B類型僅出現在梅雨季和夏季(除B3曾於秋季與冬季各出現一次)，

表八 不同季節下大台北地區日平均PM10濃度大於 $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 之所有日數中，實際發生高污染之各天氣類型出現頻率；括號內為該天氣類型出現時之平均PM10濃度(單位為 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)。

頻 率 天 氣 類 型	季 節				
	冬 (12,1,2月)	春 (3,4月)	梅 (5,6月)	夏 (7,8,9月)	秋 (10,11月)
A1	0.24 (147)	0.26 (175)	0.04 (112)	0.01 (129)	0.19 (150)
A2	0.37 (163)	0.31 (163)	0.09 (155)		0.42 (153)
A3	0.07 (129)	0.22 (155)	0.18 (131)	0.01 (156)	0.23 (134)
A4	0.02 (196)	0.05 (162)	0.04 (129)		
B1		0.04 (176)	0.28 (130)	0.35 (140)	
B2			0.13 (131)	0.28 (145)	
B3	0.01 (184)		0.04 (120)	0.15 (137)	0.04 (126)
B4			0.13 (142)	0.11 (136)	
八種類 型之總 頻率	0.71	0.88	0.93	0.91	0.88

而A類型出現的季節分佈較廣，A1和A2最常出現在冬季和春季，A3和A4則在春季和梅雨季。各類型中以B1出現之總次數最多達115次，A4最少僅14次；當出現該天氣類型時，PM10之PSI值達80之比例以A2和B3較高，皆達94%（A4亦高，但個案數較少）；至於PM10之PSI值達100之比例則以A2最高，接近50%；B3最低，僅15%（出現34次中，僅5次其PSI達100），其餘類型則大都在25%至40%之間。

表八為不同季節下大台北地區日平均PM10濃度大於 $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ （ $\text{PSI} \geq 80$ ）之所有日數中，出現各污染天氣類型之頻率，括弧內為出現時之平均PM10濃度，（各類型之出現日數可參考表七）。最下面一欄為該季出現污染時，八種天氣類型出現所佔之總頻率，亦即在冬季，當大台北空氣品質劣化時，71%之日數，其天氣型態可歸納為八種污染天氣類型之一，梅雨季時則高達93%；至於其餘7%（ $1.0-0.93$ ）至29%（ $1.0-0.71$ ）之天氣型態，並不能歸納於上述八種綜觀天氣型態中。

由表七和表八中可見，在秋、冬和春季，出現之污染天氣類型以A類型為主，尤其是A1和A2（A4則出現次數較低）；秋季則因天氣型態變化較快，出現污染天氣類型之次數相對較低。夏季則以B

類型為主，尤其是B1和B2；夏季出現污染時，B1和B2兩天氣類型出現頻率分別為0.35與0.28，而此兩種類型又由太平洋高壓動向所控制；亦即在夏季，太平洋高壓的動向，對大台北地區之空氣品質有相當大的影響。至於春夏之間的梅雨季則各種污染天氣型態皆可能出現，但以A3和B1為最多。

從表八中各天氣類型出現時之平均PM10濃度一欄中可見，A1出現於春、秋兩季時導致的污染情形較為嚴重，平均PM10濃度分別為 175 與 $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ （但秋季出現次數較少，僅五次）；其次為冬季，平均PM10濃度為 $147 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。A2類型出現時，一般均導致相當嚴重的污染，尤以冬、春為首（其平均PM10濃度皆達 $163 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）。A3與A4則於春季出現時有較高污染（平均PM10濃度分別為 155 和 $162 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）。值得注意的是，A天氣類型在春季出現時，所導致的空氣品質劣化情形較在其他各季出現時為嚴重，其平均PM10濃度分別達 175 、 163 、 155 與 $162 \mu\text{g}/\text{m}^3$ （在此，我們忽略各類型出現頻率低於0.05的結果）。

B類型天氣型態於夏季出現時所導致之污染情形，較出現於其他季節者嚴重（B4例外）；然而，平均PM10濃度僅分別達 140 、 145 、 137 與 $142 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，

表九 各季之Threat-Score (TS)前估、後符以及計算TS之各參數值
(A, B和C參數之定義見本文)。

		冬	春	梅雨	夏	秋
TS	$A / (B+C)$	0.67	0.83	0.80	0.82	0.79
前估	A / B	0.71	0.88	0.93	0.91	0.88
後符	$A / (A+C)$	0.92	0.94	0.83	0.89	0.88
	A	71	88	129	147	23
	B	100	100	136	161	26
	C	6	6	26	18	3

其導致之污染程度並不及A類型於冬、春出現時所伴隨的污染情況，但圖2則顯示夏季之PM10濃度平均較冬季高約 $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。此結果指出夏季西南季風期間，大台北地區空氣品質普遍較不佳，其中偶有較嚴重劣化之情形，但劣化程度仍有限；至於冬季東北季風期間，大台北地區空氣品質普遍較佳，但若出現劣化天氣型態而導致空氣品質劣化時，其情形常非常嚴重，因此空氣品質潛勢預報在冬天反比在夏天更為重要。

最後，我們利用Threat-Score (TS)來校驗各季中污染天氣類型所能反應實際污染狀況之技術得分，TS定義為：

$$TS = \frac{A}{B+C}$$

其中A為預報污染正確的天數，即出現八種天氣類型時，PM10濃度大於 $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 之天數，B為實際發生污染（PM10濃度高於 $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）之天數，C為預報污染錯誤或污染天氣類型出現時，日平均PM10濃度低於 $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 的天數。此外，前估和後符分別定義為A/B和A/(A+C)，前估表示實際出現污染狀況的次數中，出現污染天氣類型之百分比；而後符表示，出現污染天氣類型的總次數中，實際出現污染次數之百分比。

結果顯示(表九)，冬、春、梅雨、夏、秋五季所得的Threat-Score分別為0.67、0.83、0.80、0.82與0.79。因為此八種天氣類型並無法涵蓋所有的空氣污染事件（有些污染的發生是由小尺度的局部環流或污染源排放所引起），我們可以統計在各季實際發生污染的天數中，污染天氣類型出現的比例（即表九中之前估一欄或表八中之最下一欄），其值從冬季至秋季依次為0.71、0.88、0.93、0.91和0.88。此外，各季之後符值分別為0.92、0.94、0.83、0.89與0.88，此結果表示當污染天氣類型出現時，當日出現污染狀況之比例非常高。然而在冬季，前估和後符值分別為0.71和0.92，即有低預報（under-forecast）之情形，在梅雨季分別為0.93和0.83，則有過度預報之情形（over-forecast）；其他各季則前估和後符頗為接近，且均在0.9左右；此結果顯示，此八大天氣類型在掌握空氣污染事件上具有相當高的意義，而在配合數值天氣預報圖之應用後，在空氣品質潛勢預報上有相當高之參考價值。

五、討論與結論

本文從邊界層氣象條件和綜觀天氣型態兩方面，探討影響大台北地區懸浮微粒含量變化之氣象因素，重點則在討論導致大台北地區空氣品質劣化之氣象條件。雖然各部份研究所採用之資料時段稍有不同，但所得之結果皆顯示氣象條件（尤其是綜觀天氣型態）之變異，為導致大台北地區空氣品質劣化之重要因素。由於強調綜觀天氣型態之影響，本研究結果除了具有學術意義外，在空氣品質潛勢預報上，亦有極高之應用價值。

因為本研究主要考慮綜觀天氣型態之影響（無法完全反映局部地區特性），而且為了與邊界層氣象參數進行相關分析，我們將大台北地區環保署之松山、板橋、三重和永和等四監測站之PM10濃度值取平均，以代表大台北地區之空氣品質（或PM10濃度），此項考慮雖然忽略了個別測站之區域特性和污染源變化，但卻能反應大台北地區在氣象條件變異時所導致之PM10濃度變化，而且討論亦能較為深入；例如，柯等(1991)僅分析不同月份之通風指數變化，而本研究則能分析PM10濃度和氣象參數之相關係數；此外，Miller and Niemeier (1962)和柯等(1991)在分析空氣品質劣化天氣型態時，均僅列出出現高污染之個別測站之濃度值，而忽略了個別測站濃度值之升高可能為局部污染源變化所導致，並非純由氣象條件變異所引起，本研究則除了分析劣化之天氣型態外，亦統計出現各劣化天氣型態之個案中，PM10濃度之分佈特徵。

由於大台北地區之污染源和一般大眾活動有關，因此PM10濃度之日夜變化和一般大眾作息關係非常密切，高峰值出現在上午和傍晚交通和商業活動繁忙時段，劉和鄭(1988)之分析亦顯示相同之結果。值得注意的是，每日PM10濃度之最低值，大台北地區平均出現在清晨，但大高雄地區則出現在午後(李等，1992)，此可能與局部（海陸風）環流和邊界層穩定度之變化有關。

大台北地區月平均PM10濃度值之變化和大尺度季風環流之變化關係密切，夏季西南季風明顯之月份，大台北地區因位於背風面之下沈氣流區，天氣穩定且風速較弱，污染物較不易擴散，因此PM10濃度值較高（最高值出現在8月）。而在冬季，東北

季風沿基隆河谷吹入大台北地區，使污染物不易累積，故PM10濃度值較低，最低值出現在東北季風顯著且天氣系統變化快速之11月。雖然大尺度季風環流主宰著月平均PM10濃度值之變化，但逐日PM10濃度值之變化，則受移動性天氣系統之影響；當系統移速較慢時，空氣常較遲滯（水平風弱）且持續時間較久，導致污染物擴散不易；若有逆溫層出現，則空氣品質易劣化。本文和其他之研究（如柯等，1991；Boettger, 1961；Niemyer, 1960等）皆得到相似之結果。綜合說來，大台北地區空氣品質劣化的綜觀條件為(1)水平氣壓梯度弱，盛行地面風速常在1m/s以下；(2)風向偏南；若(3)高壓脊通過台灣（出現沈降逆溫），則空氣品質劣化將會更嚴重。

近地層逆溫之存在，為大台北地區空氣品質劣化之一重要因素，但尚需考慮水平風速之大小以及其他氣象條件之影響，尤其是梅雨季和夏季，因太陽照射強烈，在早上探空出現的逆溫層常為熱對流所破壞，使得上午8時之逆溫層高度與PM10濃度值之相關很低，在夏季相關係數僅及-0.06；然而在春季，則相關係數達到-0.51。至於考慮降水對污染物之沖刷作用時，需注意日降雨時數常較日降雨量來得重要，且需注意其降水型態；不同季節因降水型態常有所差異，降雨對於日平均PM10濃度之降低作用亦有所不同。

本文在劣化綜觀天氣型態分析上與其他研究最大之不同點在於，本研究從天氣系統演變之觀點分類（冬、夏各僅四種污染天氣類型），在應用上較有價值。目前48~72小時內之數值天氣預報圖，在綜觀型態演化之掌握上，有相當高之參考價值；因此可由數值天氣預報圖，判斷天氣型態之演變，以掌握劣化天氣型態出現之時段，提高空氣品質潛勢預報之意義。

此外，本研究亦進行各類污染天氣類型出現頻率和伴隨之PM10濃度之統計分析；結果顯示，大台北地區在冬季各月之平均PM10濃度值雖較夏季各月者為低，但當劣化天氣型態(A1~A4)出現時，大台北地區之懸浮微粒含量常急速上升，導致空氣品質嚴重劣化，此情形說明了逐日空氣品質潛勢預報之重要性。結果同時顯示，除冬季外，其他季節出現空氣品質劣化之個案中（以平均PSI \geq 80代表），有百分之九十之個案，其綜觀天氣型態可歸為

上述八種天氣型態之一（冬季為71%），亦即利用綜觀天氣型態預估空氣品質劣化之前估值為0.9；反過來說，具有污染天氣型態之個案中，亦有百分之九十的個案，實際上出現了污染之情形（後符值亦為0.9）；而技術得分（Threat-Score），則在0.8左右，遠較目前氣象上對豪雨預報之技術得分為高。至於其他特殊的情形（有污染天氣型態但無污染出現，或相反情形），則可能為局部污染源變化或局部環流、邊界層特性之影響所造成，未來我們將針對此等個案詳細探討，以瞭解局部環流在大台北地區空氣品質劣化時所扮演之角色。

致 謝

本研究承蒙中央氣象局和環境保護署提供寶貴資料，謹此誌謝。俞家忠先生、陳麗禾小姐、雷孟岳先生和劉韶郁小姐在天氣分析和資料整理以及文稿準備上皆付出極大心力，在此謹致最誠摯的謝意，本研究乃在行政院環境保護署支持下完成；計畫編號EPA-79-007-11-162, EPA-80-L201-09-07和EPA-81-E3L1-09-02。

參考文獻

- 李清勝，陳泰然和俞家忠，1990：即時氣象資訊應用在空氣品質分析之研究與實驗（I）。環保署研究報告EPA-79-007-11-162, 210頁。
- 李清勝，陳泰然和俞家忠，1991：即時氣象資訊應用在空氣品質分析之研究與實驗（II）。環保署研究報告EPA-80-L201-09-07, 227頁。
- 李清勝，陳泰然和俞家忠，1992：即時氣象資訊應用在空氣品質分析之研究與實驗（III）。環保署研究報告EPA-81-E3L1-09-02, 241頁。
- 吳清吉和王嘉弘，1990：氣象條件對空氣品質的影響。第七屆空氣污染控制技術研討會論文專輯，229-244。
- 柯文雄，蔡清彥和王永壯，1991：台北盆地空氣品質劣化期間之天氣類型分析。氣象學報，37, 1, 22-32。
- 張能復，1990：台灣地區空氣污染預警系統建置之

- 研究專案研究計畫(二)。環保署研究報告，254頁。
- 蔡清彥，1987：台灣北部地區局部環流之研究。大氣科學，15, 2, 179-198頁。
- 鄭子政，1969：台北都市氣候與空氣污染關係。氣象學報，15, 1-7。
- 劉志堅和鄭福田，1988：台北市地區空氣品質監測資料之一氧化碳、二氧化硫及粒狀物濃度之變化特性研究。第五屆空氣污染控制技術研討會，162-191。
- 環保署，1990：都會地區空氣品質改善。全國第四次科學技術會議第四中心議題：環境保護科技，105-144。
- Benkley, C. N. and L. L. Schulman, 1979: Estimating hourly mixing depths from historical meteorological data. *J. Appl. Meteor.*, 18, 772-780.
- Boettger, 1961: Air pollution potential east of the Rocky Mountains. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 42, 615-620.
- Holzworth, G. C., 1962: A study of air pollution potential for the western United States., *J. Appl. Meteor.*, 1, 366-382.
- McCutchan, M. H. and M. J. Schroeder, 1973: Classification of meteorological patterns in southern California by discriminant analysis. *J. Appl. Meteor.*, 12, 571.
- Miller, M. E. and L. E. Niemeyer, 1962: Air pollution potential forecasts - A year's experience. Paper presented at the 55th annual meeting of Air Pollution Control Association (APCA). 22-27.
- Niemeyer, 1960: Forecasting air pollution potential. *Mon. Wea. Rev.*, 88, 88-96.
- Ott, W. R. and W. F. Hunt, Jr., 1976: A quantitative evaluation of the Pollutant Standards Index. *J. Air Pollut. Control Ass.*, 26, 11, 1050-1054。
- Saucier, W. J., 1955: Principles of Meteorological Analysis. The University of Chicago Press, Chicago & London., 438PP.

Meteorological Influences on the Changes of Suspended Particulate Concentration in the Great Taipei Area

Cheng-shang Lee

Department of Atmospheric Sciences
National Taiwan University
Taipei, Taiwan 107 R.O.C.

(manuscript received 20 August 1992; in final form 27 October 1992)

ABSTRACT

This paper discusses the influences of boundary layer parameters and synoptic patterns on the air quality of the Great Taipei area or the daily average concentration of PM₁₀ (suspended particulate matter with diameter less than 10 micrometers). Focus is placed on the analysis of the meteorological conditions associated with the air pollution episode. Results show that near-surface inversion and light wind are two most important factors leading to the local air pollution event. However, the influences of the inversion height on the air quality is more on the qualitative sense. The value of negative correlation coefficient between the inversion height and the daily average PM₁₀ concentration is generally less than 0.5 and varies with season. The influence of rainfall on the daily average PM₁₀ concentration also varies with season and precipitation type. But, the washout effect of rainfall generally increases as the daily rainfall period becomes longer.

The seasonal variations of PM₁₀ concentration in the Great Taipei area are controlled primarily by the monsoon circulation (and Taiwan topography). The PM₁₀ concentration is higher during the summer southwest monsoon season and lower during the winter northeast monsoon season. However, the changes in the daily average PM₁₀ concentration are controlled by the moving synoptic systems. The air quality is generally poor when the synoptic systems are moving slowly with weak pressure gradient and southerly over Taiwan area. The air pollution condition will become more severe if the ridge is across Taiwan area and causes the inversion to occur. In our analysis, we classify all synoptic conditions, which are associated with the air pollution episodes in the Great Taipei area, into four synoptic patterns in winter and summer, individually. The PM₁₀ concentration associated with these eight synoptic patterns are also summarized and discussed. Results show that the threat score of these eight synoptic patterns in predicting the air pollution event reaches 0.8 (0.7 in winter). These results suggest that the prediction of the pollution synoptic patterns using numerical weather prediction charts is helpful to the daily operation of air quality potential forecasts.

Key Words: Air Pollution episode, Boundary layer parameter, Synoptic pattern