

臺中都會區空氣品質劣化日與天氣類型相關性之研究

曾揚智

空軍第三基地天氣中心

摘要

臺中都會區因科學園區運作及周邊鄰近縣市嚴重的空氣污染，使得環境負荷日益嚴重，各縣市不同之污染源特性依縣市而異。空氣品質劣化經常受到各地污染特性，地形、氣象等因素影響，實有針對臺中都會區地形與氣象因子加以分析之必要。研究採用2002年至2013年環保署設置於臺中都會區5處監測站資料加以篩選，並與天氣類型相關性進行統計分析。對應其發生空氣品質劣化之日期，配合中央氣象局在臺中及梧棲之地面氣象測站，找出當日各項氣象因子之監測數據，探討其相關性。

關鍵詞：空氣品質劣化日、天氣類型、臭氧、懸浮微粒

一、前言

污染物於大氣中因輸送、擴散、轉化及移除等四種作用，而直接或間接反映當時的空氣品質，其中以輸送及擴散作用的影響最大，而輸送、擴散所涉及之因子(如：風速、風向及穩定度等)皆與天氣型態有密切關係，亦即綜觀尺度之天氣型態，對污染物擴散之影響相當大。從地面天氣圖上高、低壓及冷、暖鋒之分布及移動趨勢，除可預測天氣變化外，更可以將其歸納分類以探討空氣品質劣化與天氣型態之關係。

近來因臺中工業區與中部科學園區的開發，造成臺中都會區的空氣品質劣化，根據環保署民國91至102年(2002-2013)空氣品質監測資料顯示，中部地區之空氣污染指標(Pollutant Standards Index, PSI)，主要以懸浮微粒(PM10)及臭氧(O3)為當日之指標污染物，除了PM10及O3等污染物的增加外，天氣型態亦將影響污染物之堆積與擴散。

氣象條件為影響污染物在當地累積或擴散的主因，在傳輸上占一重要角色。不利擴散的氣象條件常造成部分地區空氣品質之惡化，又此局部之氣象條件主受綜觀天氣型態之影響。故本文為分析臺中都會區空氣品質劣化日與天氣型態及氣象因子之關係。

歷年來PM10及O3是造成各地區空氣品質不良的主要指標污染物，經過環保署近幾年所推行的各種管制政策，使得由PM10所

造成PSI大於100的情況已經得到大幅的改善，但O3的污染情形則尚未有明顯的變化。

本研究篩選PM10及O3兩大污染指標物，針對臺中都會區過去12年(91-102年)之空氣劣化日(PSI>100)加以統計研究，比對其天氣型態，探討不同天氣型態與空氣品質劣化之相關性，並對照其氣象因子之彙整，都會區內空氣品質劣化日發生之氣象因子參數範圍，分析相關氣象因子之條件差異，以提供後續相關研究參數設定之依據，並期作為相關環保單位對空氣品質監測及預警管制之參考。

二、臺中都會區地形環境與氣候特徵

(一)地形環境

臺灣位於歐亞大陸的東南緣北緯21°53'42"至25°17'48"之間，地屬熱帶與亞熱帶氣候，其中北部為副熱帶季風氣候區，南部則為熱帶季風氣候區。北回歸線橫貫臺灣中央，面積三萬六千餘平方公里，但地形、氣候皆極為複雜，臺灣本島山地及丘陵地形佔了46%，南北縱走的中央山脈、雪山山脈和玉山山脈，都是高度在3000m以上的山岳地帶；在西部尚有高度約在1000~2000m之間的阿里山山脈，這些對臺灣氣候均有重大影響，使臺灣山區和平地，北部和南部，東部和西部呈現截然不同的降雨型態和溫度變化之氣候特性。

中部地區位處臺灣的中心，南北交通往來的中繼站，西臨臺灣海峽，東隔中央山脈，同時擁有盆地及丘陵地形。臺中市處在臺中縣腹地之內，屬於盆地地形，有容易造成污染物不易擴散的情況出現。臺中都會區右臨中央山脈，西為大肚山臺地，整體呈現漏斗形狀，當中部地區環流微弱且呈現北風時，再與海風結合，會造成污染物自漏斗開口處（梧棲、沙鹿）往漏斗深處（大里、南投、竹山）傳輸且造成累積。

臺中縣位於臺中市的外圍，境內地形變化大體由東向西漸緩，由西向東大致上可分成：西部沿海平原、西部臺地、臺中盆地、丘陵地、山地五個區域，如圖1所示。



圖1 臺中都會區氣象測站相關位置分佈圖。

(二) 污染情況之季節變化

氣象因子可造成污染物濃度累積或降低，其影響程度會隨季節而變化。北、中、南三地主要污染物PM10及O₃的濃度高低變化，隨著季節的不同，也有著相當顯著的差異。

黃怡嘉、程萬里(2001)分析中部空品區，發現其O₃濃度年變化趨勢呈雙峰型，分別在春、秋兩季有較高之濃度，和高屏地區之趨勢相似，但和臺北地區以夏季為高濃度之單峰型態之趨勢不同，因臺灣在夏季吹西南風，故北部之盛行風場較微弱，降雨較冬半季為少，在強日照下易造成高O₃之形成；中部地區在夏季降雨日明顯較多，再加上地表受熱強烈引發熱對流旺盛，垂直擴散不受限制，導致夏季不易有高污染生成。

莊寶玉(2005)統計分析1998-2002年中部空品區不同季節臭氧濃度，結果顯示秋

季的平均濃度最高(62.58ppm)，主要因臺灣的秋季氣候穩定，較乾爽，降雨時段明顯比其他季節少，因此有利於臭氧光化學生成作用。而臭氧濃度平均值最低反而出現在日照強、溫度高的夏季，主要原因應該與夏季期間臺灣洽為梅雨季節及颱風頻繁的氣候，雖日照強烈且平均日溫度較高，但因降雨量多的關係，使得臭氧生成條件反而不若秋季良好。

于培倫(2010)根據歷年統計資料指出中部地區懸浮微粒在秋末至隔年的春季有較高的濃度，而臭氧濃度值較高的季節則為秋季；夏季地表受熱造成旺盛熱對流，邊界層較不穩定，污染物在垂直方向有較大的擴散空間，再加上颱風季節降雨量增加，其所帶來的降雨不利污染物的累積，故夏季較不易有高污染事件發生。利用主成份分析臺灣地區之PM10污染，找出了全區PM10季平均最高的季節，北部地區為春季，中部地區為春季，南部地區為冬季。

陳昭良(2000)同時針對北部、中部、南部地區不同的氣象因子及區域環流作為統計分析，發現臺中彰化地區以梅雨季(5-6月)及秋季嚴重污染次數最多。在PM10污染方面，北、中、南三區均以冷季高污染次數最多。

三、監測資料蒐集與彙整

(一) 臺中都會區各測站資料

目前設置之空氣品質監測站共分為六種類型，分別為一般空氣品質監測站、交通空氣品質監測站、工業空氣品質監測站、國家公園空氣品質監測站、背景空氣品質監測及特殊測站。而由於空氣品質不良率的計算是利用一般測站，因一般測站是設置於人口密集、可能發生高污染或能反映較大區域空氣品質分布狀況之地區，所以本研究使用的測站資料排除其他五種類型測站，全數採用一般測站監測資料。

監測項目依測站類型而有不同，主要包括粒徑十微米以下之懸浮微粒(PM10)、一氧化碳、二氧化硫、氮氧化物、臭氧(O₃)

、碳氫化合物、鉛及酸雨等；另亦包括風向、風速、大氣壓力、太陽輻射、溫度、露點、雨量等輔助性氣象參數。在彙整過程發現有部分測站之氣象監測項目可能因人為、儀器設備或其他因素之關係，並無法取得相關數據參數，為考量後續統計連貫性及能作為參考之依據，因此在氣象數據上採用的是中央氣象局的氣象測站數據。

表1 臺中都會區一般監測站一覽表

臺中都會區（包括臺中市縣）				
測站編號	測站名稱	所在縣市	東經	北緯
28	豐原	臺中縣	220.1	2682.8
29	沙鹿	臺中縣	204.1	2680.4
30	大里	臺中市	216.4	2666.3
31	忠明	臺中市	214.5	2672.9
32	西屯	臺中市	210.3	2673.2

(二)中央氣象局的氣象測站資料

氣象測站的選取，臺中都會區內計有兩個地理條件較為相似且較符合代表性的測站，排除海拔高度特殊之測站，以避免其測值影響平均氣象數據。選取的氣象測站為臺中站梧棲站。資料範圍為2002-2013年所監測之氣象數據，採用項目包含平均測站氣壓、平均乾球氣溫、最高氣溫、最低氣溫、平均相對溼度、平均風速、平均風向、累積降雨量、累積日照時數、平均能見度、平均雲量等11項氣象因子。

表2 氣象局地面逐日測站資料

站號	站名	城市	東經	北緯
467490	臺中	臺中市	217.819	2671.681
467770	梧棲	臺中縣	202.618	2684.645

(三)空氣品質劣化日之篩選

空氣污染指標（Pollutant Standards Index，簡稱PSI）為國內評估各地區空氣品質優劣之主要依據。所謂空氣污染指標（PSI）值係依據監測資料，將當日空氣中懸浮微粒（PM10，不包括粒徑10微米以上之粗粒子）、二氧化硫（SO₂）、二氧化氮（NO₂）、一氧化碳（CO）及臭氧（O₃）等污染物濃度值，以其對人體健康之影響程度，換算出各污染物之副指標值，再以當日各副指標值之最

大值做為該測站當日之空氣污染指標值，各污染物濃度與污染副指標之對照如表3。

PSI值大於100則表示該測站當日空氣品質不佳，列為空氣品質劣化日，為空氣品質不良日。在本研究中，當臺中都會區內有三個（含）以上一般監測站當日PSI值大於100時，即定義當日為該空品區之空氣品質劣化日

表3 污染物濃度與污染副指標值對照表資料來源：行政院環保署

PSI值	PM10	SO ₂	CO	O ₃	NO ₂
	24H平均值	24H平均值	最大8H平均值	最大小時值	最大小時值
	μg/m ³	ppb	ppm	ppb	ppb
50	50	30	4.5	60	-
100	150	140	9	120	-
200	350	300	15	200	600
300	420	600	30	400	1200
400	500	800	40	500	1600
500	600	1000	50	600	2000

(四)綜觀天氣型態分類

空氣污染物之傳送、擴散、累積、轉化或物理移除等機制與整個大氣環境之動力與熱力過程息息相關，其中傳送、擴散作用對污染物在大氣中的衰減及影響空氣品質的程度最大，涉及的因子如風速、風向、降雨、大氣穩定度等，與當下存在的氣團有密切關係，亦即受綜觀尺度之天氣型態影響相當大。過去臺灣天氣類型的分類研究著述甚多，本文於探討空氣品質劣化與天氣型態之關係時，主要參考楊宏宇（1993）及其後續歷年所綜整出之27種天氣型態，如表4所示

表4 天氣類型分類表

代碼	代表天氣類型	代碼	代表天氣類型
A1	鋒面過境型	A16	熱帶系統外圍環流及鋒前暖區混合型
A2	鋒前暖區型	A17	高壓迴流和鋒前暖區混合型
A3	鋒面滯留型	A18	東北季風和颱風混合型
A4	熱帶低壓系統外圍環流型	A19	臺灣近海鋒面型
A5	強烈東北季風型	A20	太平洋高壓型
A6	標準東北季風型	A21	偏南氣流型

A7	微弱東北季風型	A22	華南兩區東移型
A8	高壓出海型 I	A23	東海低壓或臺灣低壓型
A9	高壓出海型 II	A24	東北季風及颱風外圍環流型
A10	高壓出海型 III	A25	颱風外圍環型
A11	高壓迴流型	A26	東北季風及華南兩區東移型
A12	太平洋高壓西伸型	A27	東北季風及南方雲系北移型
A13	鋒面及颱風混合型		
A14	颱風型		
A15	西南氣流型		

四、空氣品質劣化日天氣類型統計結果分析

依據楊宏宇(1993)對綜觀尺度(synoptic scale)之天氣型態所作分類分成27類。並以上述分類標準將民國91-102年間之綜觀天氣圖進行整理及研判。從地面天氣圖上高、低氣壓及冷、暖鋒之分佈及移動趨勢，除可預測天氣變化外，更可以將其歸納分類以探討空氣品質惡化與天氣型態之關係。本項作業係將天氣型態從民國91-102年間之總日數為4,384天。各種天氣型態發生日數如表5所示，在91-102年間所累積的天氣類型，預測各類天氣型態污染發生狀況，造成空氣品質不良發生比例。

表5 91-102年天氣型態分類統計

天氣類型分類	天氣類型發生數					發生任一測站不良天氣類型				
	第一季	第二季	第三季	第四季	累計	第一季	第二季	第三季	第四季	累計
鋒面過境	54	7	21	36	118	2	0	2	2	6
鋒前暖區	111	14	46	60	231	2	0	4	1	7
鋒面滯留	22	44	2	4	72	0	0	0	0	0
熱帶低壓系統外圍環流	22	153	105	1	281	2	5	10	0	17
強烈東北季風	33	0	24	230	287	0	0	0	4	4
標準東北季風	99	1	230	326	656	2	0	12	7	21
微弱東北季風	97	14	190	149	450	5	4	32	6	47
高壓出海型 I	24	0	3	19	46	3	0	0	2	5

高壓出海型 II	31	1	10	21	63	4	1	3	1	9
高壓出海型 III	19	2	3	8	32	2	0	2	0	4
高壓迴流	173	7	135	178	493	16	1	20	17	54
太平洋高壓西伸	88	241	34	7	370	12	5	2	1	20
鋒面及颱風混合	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
颱風	0	14	8	1	23	0	0	0	0	0
西南氣流	39	236	28	0	303	2	1	2	0	5
熱帶系統外圍環流及鋒前暖區混合	1	0	2	0	3	0	0	0	0	0
高壓環流和鋒前暖區混合	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
東北季風及颱風混合	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
臺灣近海鋒面	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0
太平洋高壓	56	107	108	1	272	7	4	14	0	25
偏南氣流	109	130	11	11	261	4	4	1	1	10
華南兩區東移	99	1	3	6	109	5	0	0	0	5
東海低壓或臺灣低壓	1	9	2	0	12	0	0	0	0	0
東北季風及颱風外圍環流	8	0	41	1	50	1	0	3	0	4
颱風外圍環流	7	112	79	1	199	0	5	5	1	11
東北季風及華南兩區東移	7	2	2	18	29	0	0	0	1	1
東北季風及南方雲系北移	4	9	3	5	21	0	0	0	0	0
累計	1104	1104	1092	1084	4384	69	30	112	44	255

就氣象因數而言，臺灣地區第一季(3-5月)、第四季(12-2月)空氣品質尚可，除鋒前暖區天氣形態及鋒面過境北部時因風速小對空氣品質造成不良影響；第一季主要為滯留鋒面及華南雲雨帶東移之天氣型態。若滯留鋒面徘徊於臺灣地區，造成連續性降水，則各地空氣品質皆相當良好；但滯留鋒面如徘徊於東海附近，臺灣地區附近氣壓梯度

微弱，造成臺灣各地皆位於暖區、風速小、則空氣品質皆會較差。

第一季末與第二季(5-8月)空氣品質較佳，但當颱風外圍環流影響時臭氧濃度升高，若颱風中心位於臺灣東南方，外圍環流越過中央山脈時所形成的下沉氣流更會導致焚風現象不利於污染物擴散。臺灣地區主要受太平洋副熱帶高壓及西南季風之影響。西南季風有較大之風速，且午後對流旺盛，空氣品質普遍較佳。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，其影響程度則需視副高壓之強度及其高壓脊所在之位置而定。此外，此季節常會受颱風之影響，當颱風侵襲時，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，則臺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。

第三季(9-11月)時期，臺灣地區主要受鋒面及東北季風影響，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，清晨近地面即易形成逆溫層，不利於污染物之擴散，空氣品質較差。此外，在微弱東北季風及高壓迴流的天氣型態下，因中央山脈之阻擋，西部地區之污染物濃度相當容易累積，尤其是中部及雲嘉地區易有污染物濃度高值出現。

在臺灣冬半年容易發生的大氣類型，主要受到強烈東北季風影響時，由於風速較大，污染物不易滯留累積，空氣品質較佳；如受到高壓迴流的天氣型態影響時，由於大陸高壓以順時針氣流帶進臺灣地區，造成臺灣呈現下沉氣流，污染物不易排除，此時中南部空氣品質較惡劣。而在夏半年容易發生的天氣類型，受到西南氣流影響，氣流由西南往東北吹，此時中南部空氣品質較佳；受到太平洋高壓籠罩整個臺灣時，全臺呈現一高壓下沉氣流，整個臺灣地區空氣品質呈現不良情形。

五、結語與展望

與空氣品質劣化日有關係之天氣類型有18種，整體而言，最易出現空氣品質劣化日之天氣類型總括有：(A11)高壓迴流型佔全部劣化日255天中的54天(21.2%)、(A7)微弱東北季風型佔47天(18.4%)、(A12)太平洋高壓型佔25天(9.8%)、(A6)標準東北季風型佔21天(8.2%)、(A12)太平洋高壓西伸型佔20天(7.8%)。

依據統計臺中都會區五測站，每月發生空氣品質劣化日，懸浮微粒(PM10)造成空氣品質劣化之季節為9~11月及12~2月(秋、冬兩季)，其中以第四季發生空氣品質劣化日之機率最高。其可能原因為秋末正逢二期稻作收割季節，露天燃燒行為嚴重。

臭氧(O3)每月發生空氣品質劣化主要發生在3~5月及9~11月(春夏交接、秋兩季)，主要發生於擴散較差、日照時間較長、溫度較高之季節，而其中又以秋季發生機率最高，但由於發生臭氧事件日因素太多，預防較不易。

本研究僅就發生空氣品質劣化日之天氣類型及其相對應之氣象因子進行分析，並無針對污染物濃度進行推估，未來可嘗試其它統計模式搭配天氣系統預測研究推估空氣品質劣化日污染物濃度及發生機率，提高劣化日預報之可能性。

六、參考文獻

- 于培倫，中部空品區天氣型態與二次氣膠之探討分析，東海大學環境科學與工程學系碩士論文，2010
- 陳昭良，伴隨全臺空氣高污染之綜觀天氣分析，文化大學地學研究所大氣科學組碩士論文，2000
- 莊寶玉，空氣品質資料分析-以中部空品區臭氧為例，朝陽科技大學環境工程與管理系碩士論文，2005
- 黃怡嘉，中部空品區天氣型對臭氧濃度相關之解析，東海大學環境科學系碩士論文，2001
- 楊宏宇，臺灣地區空氣品質與天氣類型分類

相關性分析，中國文化大學地學研究所博士論文，1993