第十五章　懸浮微粒物質災害

第一節　災害特性.....2-407

第二節　歷史災例.....2-409

第三節　災害境況分析.....2-412

第十五章 懸浮微粒物質災害

第一節　災害特性

一、空氣中存在許多污染物，其中漂浮在空氣中類似灰塵的粒狀物稱為懸浮微粒物質（particulate matter，PM），PM 粒徑大小有別，小於或等於 10 微米（μm）的粒子，就稱為 PM_{10}，單位以微克/立方公尺（$\mu g/m^3$）表示之，其直徑約為沙子直徑的 1/10，容易通過鼻腔之鼻毛與彎道到達喉嚨。PM 粒徑小於或等於 2.5 微米的粒子，就稱為 $PM_{2.5}$，通稱細懸浮微粒，它的直徑還不到人的頭髮絲粗細的 1/28，非常微細可穿透肺部氣泡，並直接進入血管中隨著血液循環全身，故對人體及生態所造成之影響是不容忽視的。

二、$PM_{2.5}$ 於空氣中的生命週期可達數周，傳送距離更是可超過 1,000 公里，其來源可分為自然界產出及人類行為產出。自然界產出主要由火山爆發、海鹽飛沫及地殼岩石風化而來，其中火山爆發是自然界製造懸浮微粒最猛烈的手段之一。人類行為產出主要由石化燃料及工業排放、移動源廢氣等燃燒行為而來。$PM_{2.5}$ 依其性質又可分成原生性（primary）及衍生性（secondary），皆可能由自然界或人類行為產生。原生性 $PM_{2.5}$ 係指在大氣中未經化學反應的微粒，主要來自物理破碎、風蝕逸散或一次污染所直接產生，包括火山爆發、海鹽飛沫、裸露地表經由風力作用所揚起的河川揚塵或營建工地粉塵，鍋爐及機動車輛之燃燒排放微粒等，而衍生性 $PM_{2.5}$ 則係指被釋出之非 $PM_{2.5}$ 之化學物質(稱為前驅物，可能為固體、液體或氣體)，在大氣環境中經過一連串極其複雜的化學變化與光化反應後成為 $PM_{2.5}$ 的微粒，主要為硫酸鹽、硝酸鹽、銨鹽及有機物質，以上污染來源除本地污染外，亦受到境外長程傳輸污染之影響。

三、臺灣由於地形、經濟發展與氣候等因素影響，空氣污染程度易受到各區域間氣流傳輸擴散條件影響，使我國 $PM_{2.5}$ 濃度分布呈現顯著的區域與季節性差異，秋冬東北季風期間易受長程污染傳輸及東北季風背風面擴散不佳影響；另河川揚塵則因地形、流域特性、氣候變遷、水資源調配、集水區管理和河川地墾殖開發等之影響，造成部分河川基流量銳減，加上地震後河床上升，下游河床裸露地增加，當颱風過後，河川上游沖刷大量的土石，秋冬少雨，乾涸的河床使得裸露面積加大，在強風吹拂下，容易出現揚沙現象。

四、雖然肉眼看不到空氣中的 $PM_{2.5}$，但當出現霾、沙塵暴等空氣中懸浮微粒物質，光線在環境中的傳輸受到影響形成不透光，影響能見度及視線，一般而言，懸浮微粒物質濃度越高能見度越低。

五、空氣中的懸浮微粒會經由鼻、咽及喉進入人體，10 微米以上的微粒可由鼻腔去除，較小的微粒則會經由氣管、支氣管經肺泡吸收進入人體內部。不同粒徑大小的懸浮微粒，可能會導致人體器官不同的危害。

六、近年來，許多流行病理學研究指出 $PM_{2.5}$ 對於人體健康可能造成的不良影響，包括：支氣管炎、氣喘、心血管疾病、癌症等，亦有學者指出長期或短期暴露在空氣污染物的環境下，可能會提高呼吸道疾病的風險及死亡率，尤其對敏感性族群的影響更為顯著。

七、依據空氣品質嚴重惡化警告發布及緊急防制辦法第 4 條第 2 項規定，「於空氣品質預報資料顯示隔日各空氣品質區空氣品質可能達預警或嚴重惡化等級，該空氣品質區內之直轄市、縣（市）主管機關應發布對應類別等級之空氣品質預警或嚴重惡化警告。於空氣污染物濃度條件達預警或嚴重惡化等級，且預測未來 12 小時空氣品質無減緩惡化之趨勢，直轄市、縣（市）主管機關應依空氣品質監測站涵蓋區域，發布對應類別等級之空氣品質預警或嚴重惡化警告」。

表 1 空氣品質各級預警與嚴重惡化警告之空氣污染物濃度條件

項目		預警		嚴重惡化			單位
		初級	中級	輕度	中度	重度	
粒徑小於等於 10 微米(μm)之懸浮微粒(PM_{10})	小時平均值	-	-	-	1,050 連續 2 小時	1,250 連續 3 小時	$\mu g/m^3$ (微克/立方公尺)
	24 小時平均值	101	255	355	425	505	
粒徑小於等於 2.5 微米(μm)之細懸浮微粒($PM_{2.5}$)	24 小時平均值	35.5	54.5	150.5	250.5	350.5	$\mu g/m^3$ (微克/立方公尺)

資料來源：空氣品質嚴重惡化警告發布及緊急防制辦法

第二節　歷史災例

我國位處於亞洲大陸東南隅，使得境外污染物常伴隨東北季風長程輸送而影響空氣品質。98 年 4 月 25 日發生來自中國大陸沙塵暴嚴重影響台灣空氣品質事件，本市 9 個空氣品質監測站之空氣品質指標值超過 150（AQI>150，空氣品質達對所有族群不健康等級），指標污染物為 PM_{10}，以萬里監測站監測最高小時 PM_{10} 濃度為 1,000 μg/m^3(如圖 1)。此次沙塵暴，主要是地面強風吹起內、外蒙和河套區大量沙塵，伴隨鋒面東移至大陸東岸往南出海後，鋒後大陸冷高壓前緣西北轉北及東北氣流，將沙塵帶向台灣，範圍及強度比往年來的大。

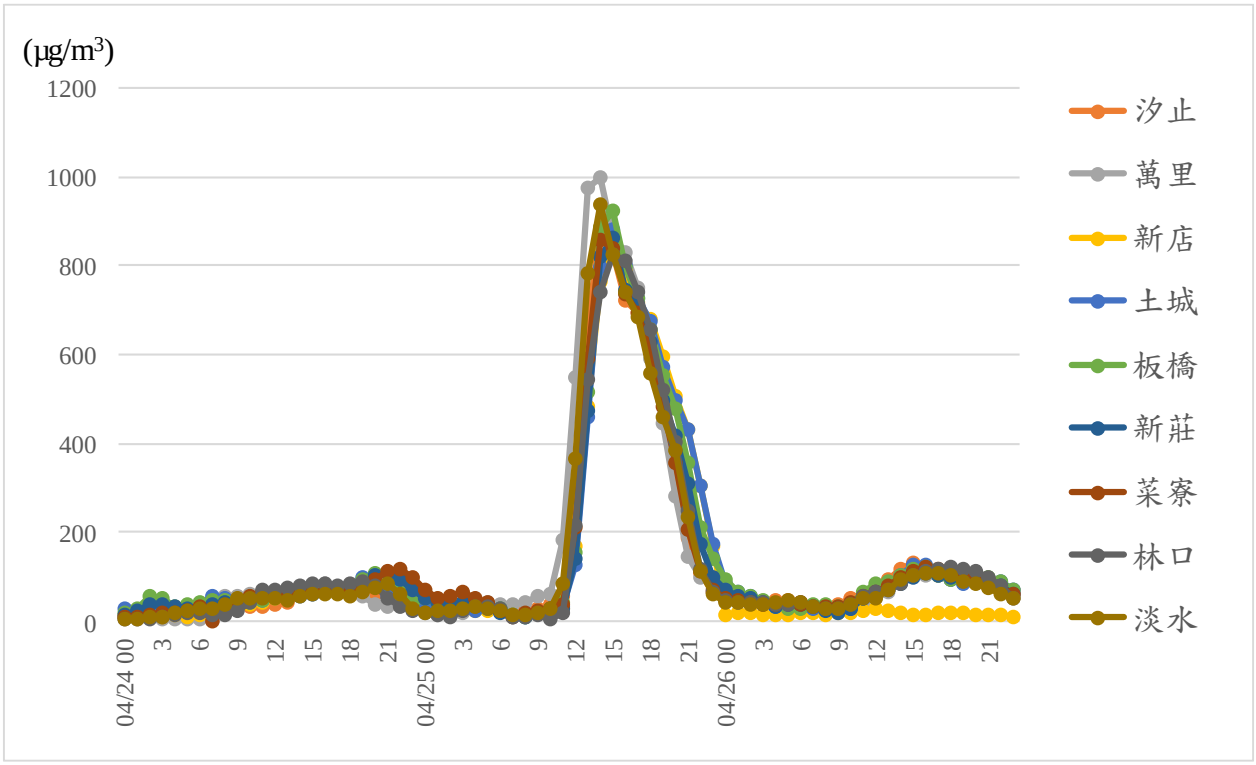

圖 1 98 年 4 月 25 日空氣品質嚴重不良事件日 PM_{10} 濃度變化

99 年 3 月 21 日更發生有史以來最嚴重的沙塵暴，受到中國大陸內蒙及華北地區沙塵暴影響，本市 6 個空氣品質監測站之 AQI 達 500（空氣品質達危害等級），當日 PM_{10} 日平均濃度達 628 μg/m^3 以上(如圖 2)，$PM_{2.5}$ 也同步上升，日平均濃度達 111 μg/m^3 以上，在強烈沙塵暴的影響之下，市區內能見度一度降到只有 2 公里，影響範圍遠達東沙島，該次沙塵影響程度及規模為近年來最大。

經查本市歷年空氣品質監測結果(如圖 3)，PM_{10} 及 $PM_{2.5}$ 等空氣污染物濃度均呈現改善趨勢。截至 113 年已較 99 年改善 50%以上，$PM_{2.5}$ 自 108 年起皆符合國家標準，顯示近年相關管制工作推動已獲得初步成效。

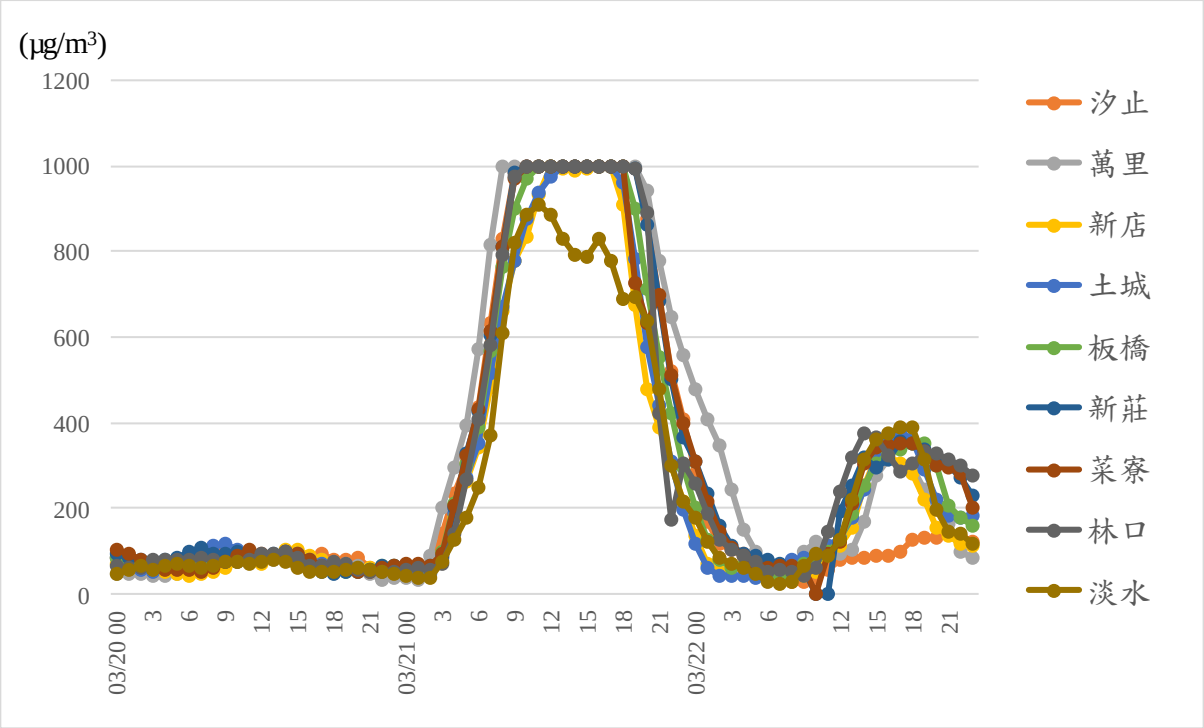

圖 2 99 年 3 月 21 日空氣品質嚴重不良事件日 PM_{10} 濃度變化

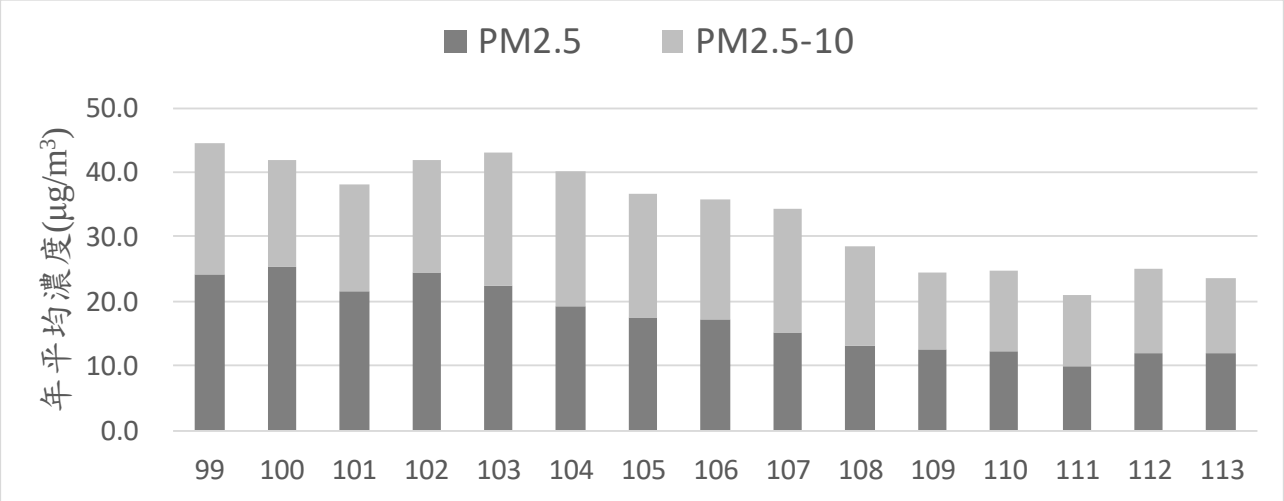

圖 3 本市空氣品質之懸浮微粒(PM_{10}、$PM_{2.5}$)監測結果

另茲蒐集羅列境外發生懸浮微粒物質事件狀況供各單位參考借鏡。

一、2013 年中國大陸東北霧霾事件

2013 年 10 月 20 日，中國大陸東北地區哈爾濱、吉林省、黑龍江省、遼寧省等地區，由於普遍燃燒褐煤取暖，大量煙塵因此直接排到空中，發生的大規模霧霾污染。在哈爾濱市，$PM_{2.5}$ 濃度 24 小時平均值一度達到 1,000 μg/m³。能見度大幅下降，機場被迫關閉，2,000 多所學校停課，各大醫院的呼吸系統疾病患者激增。霧霾也導致黑龍江省境內多條高速公路被迫關閉。

二、2013 年中國大陸中東部霧霾事件

2013 年 12 月 2 日至 12 月 14 日，中國大陸入冬後最大範圍的霧霾污染，幾乎涉及中東部所有地區。上海市在 12 月 6 日 $PM_{2.5}$ 濃度 24 小時平均值到 600 $\mu g/m^3$ 以上。南京市 $PM_{2.5}$ 瞬時濃度達到 943 $\mu g/m^3$，12 月 5 日至 6 日南京中小學、幼兒園全面停課。天津 12 月 8 日凌晨途徑天津的高速公路全部關閉，天津濱海國際機場能見度為 300 米左右，部分航班不能正常起降。江蘇省多條高速封閉，蘇北高速幾乎全部封閉，導致南京中央門汽車站、汽車南站等數十條長途班線延誤。

三、2013 年東南亞霧霾事件

東南亞霧霾主要因印尼農民常以火大面積的燒芭（火耕）方式清理農地。大量的煙塵隨季風飄散，危害當地民眾健康，造成龐大經濟損失，鄰近新加坡、馬來西亞等東南亞國家皆受波及。新加坡樟宜機場能見度降低，部分航班延誤，居民須佩戴口罩才能踏出家門，空氣品質指標（Pollution Standards Index，PSI）曾一度升至 400 以上，新加坡政府宣布民眾應儘量待在家中、部分學校停課。

四、2019 年澳洲森林大火

從 108 年 9 月至 109 年 1 月 7 日，澳洲叢林大火已燃燒超過 840 萬公頃土地，範圍大於 2.3 個臺灣面積，失控 大火造成嚴重空污，雪梨天空一片橘紅，濃煙甚至飄散到 2,000 公里外的紐西蘭。澳洲首都坎培拉面臨近 20 年來，最嚴重的森林大火威脅，該政府於 109 年 1 月 31 日宣布進入緊急狀態。

五、2024 年深坑工業區大火

2024 年 2 月 20 日下午，深坑工業區連棟式建築物地下室起火，消防隊員到現場發現，建物內存放大量電子通訊產品和電器用品，內有大量鋰電池，增加滅火困難度，一直到 21 日上午仍持續在悶燒。大火產生的濃煙及異味，往下風處的文山區、新店以及中永和擴散，由於當天北台灣處於背風側，偏東南風，加上風速緩慢，台北市文山、大安、中正、萬華，以及本市新店、永和、中和等行政區一整晚都籠罩在刺鼻臭味中，異味直到 22 日東北季風增強才有所改善。

第三節　災害境況分析

空氣品質不良之發生與天氣型態有相當大的關聯性，易發生懸浮微粒空氣品質不良之天氣型態可大致分為三類，春季及秋季主要為大陸高壓迴流型及鋒面前緣型；冬季則主要為東北季風型。而東北季風型常由境外傳入污染物，致空氣品質嚴重惡化，而大陸高壓迴流型及鋒面前緣型則常有天氣穩定，污染物難以擴散狀況，致空氣品質不良。

一、空氣品質嚴重惡化主因

依據歷年空氣品質統計資料，空氣品質達嚴重惡化等級之主因為境外污染物隨東北季風進入本市所致，高濃度污染物處於冷鋒前緣，且風力常相當強勁，雖然帶來的污染物濃度很高，但空氣品質惡化的持續時間約為一天內。

以 99 年 3 月 21 日為例，當中國大陸沙塵暴隨著東北季風至臺灣時，本市東北角沿海行政區(萬里測站)首當其衝，後沿著基隆河及淡水河河谷進入臺北盆地內及影響海拔較高之林口區，並持續由強勁風速送往南邊的土城及新店測站區域。

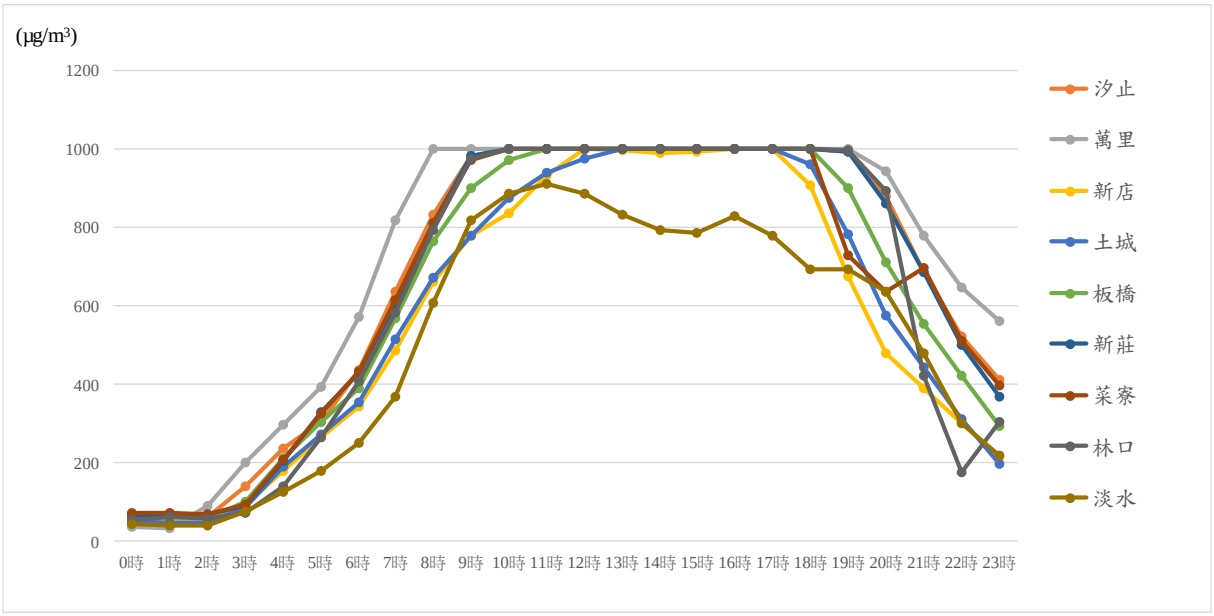

圖 4 99 年 3 月 21 日空氣品質嚴重不良事件日 PM_{10} 逐時濃度變化

二、空氣品質達預警等級原因

依據歷年空氣品質統計資料，本市空氣品質易達預警等級之天氣型態為大陸高壓迴流型及鋒面前緣型，大陸高壓迴流型為因移動性高氣壓中心從東海向東走，地面風向會由東風轉為東南風，偏東風越過中央山脈背風面導致氣流高壓下沉，進而造成背風側的西部地區幾乎呈現無風狀況，使得懸浮微粒物質迅速累積。

鋒面前緣型則因冷暖風推擠下造成大氣穩定且天氣晴朗的狀況，污染物又開始累積，加上強烈太陽光照射下產生衍生性 $PM_{2.5}$，使得空氣品質更加不良。

以 107 年 3 月 3 日為例，當天天氣型態為高壓迴流型，中午過後各區風速偏低，污染物開始累積，晚上逆溫層高度下降至 200 公尺高度範圍，加上元宵節各地燃放鞭炮及煙火，再累積污染物又無法擴散導致當天空品嚴重惡化。

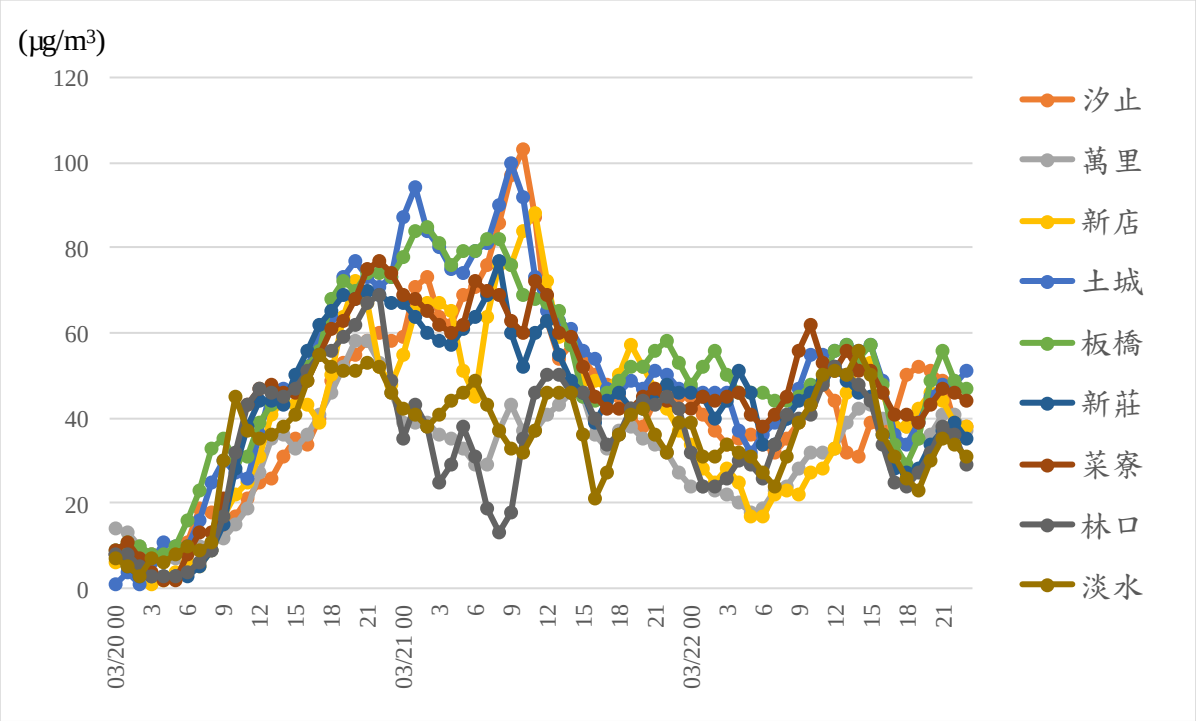

圖 5 99 年 3 月 21 日空氣品質嚴重不良事件日 PM_{10} 逐時濃度變化

三、近五年災害等級

統計近五年本市轄內各測站發生空氣品質預警及嚴重惡化等級占全年比例如表 2，可以發現近年各測站並未發生嚴重惡化等級，而主要以發生預警-初級為主，平均每年發生預警等級之占比為 5%，即每年約有 18 天是空氣品質不良的狀態。因應變條件逐年加

嚴，故近年各測站發生預警之機率上升，但仍皆在 5%以下。

表 2 空氣品質各級預警與嚴重惡化警告之空氣污染物濃度條件

測站	年度	預警-初級	預警-中級	嚴重惡化-輕度	嚴重惡化-中度	嚴重惡化-重度	加總
汐止	109 年	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	110 年	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	111 年	1%	0%	0%	0%	0%	1%
	112 年	2%	0%	0%	0%	0%	2%
	113 年	2%	0%	0%	0%	0%	2%
萬里	109 年	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	110 年	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	111 年	4%	0%	0%	0%	0%	4%
	112 年	4%	1%	0%	0%	0%	5%
	113 年	4%	0%	0%	0%	0%	4%
新店	109 年	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	110 年	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	111 年	2%	0%	0%	0%	0%	2%
	112 年	3%	1%	0%	0%	0%	4%
	113 年	4%	1%	0%	0%	0%	5%
土城	109 年	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	110 年	1%	0%	0%	0%	0%	1%
	111 年	2%	1%	0%	0%	0%	3%
	112 年	4%	0%	0%	0%	0%	4%
	113 年	4%	0%	0%	0%	0%	4%
板橋	109 年	1%	0%	0%	0%	0%	1%
	110 年	2%	0%	0%	0%	0%	2%
	111 年	2%	0%	0%	0%	0%	2%
	112 年	4%	0%	0%	0%	0%	4%
	113 年	4%	0%	0%	0%	0%	4%
新莊	109 年	1%	0%	0%	0%	0%	1%
	110 年	1%	0%	0%	0%	0%	1%
	111 年	2%	0%	0%	0%	0%	2%
	112 年	2%	0%	0%	0%	0%	2%
	113 年	3%	0%	0%	0%	0%	3%
菜寮	109 年	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	110 年	1%	0%	0%	0%	0%	1%
	111 年	2%	1%	0%	0%	0%	3%
	112 年	2%	0%	0%	0%	0%	2%
	113 年	2%	0%	0%	0%	0%	2%
林口	109 年	1%	0%	0%	0%	0%	1%
	110 年	1%	0%	0%	0%	0%	1%
	111 年	2%	0%	0%	0%	0%	0%
	112 年	2%	0%	0%	0%	0%	2%
	113 年	2%	0%	0%	0%	0%	2%
淡水	109 年	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	110 年	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	111 年	1%	0%	0%	0%	0%	1%
	112 年	1%	0%	0%	0%	0%	1%
	113 年	2%	0%	0%	0%	0%	2%

註：113 年統計至 11 月底。