

探討高雄地區氣象因子及空氣汙染物對能見度之相關性

李鴻斌 宋偉國

國立成功大學地球科學研究所

摘 要

空氣品質的數據指標在近年已明顯影響著人民的生活及各機場航行之能見度，能見度為大氣現象的表徵之一，也是氣象觀測人員判斷大氣穩定度的重要依據之一。

本研究擇選高雄岡山地區2015年氣象觀測員實施每日定時觀測資料，當作資料分析樣本，選定18處觀測標的物，觀測發現於東北季風盛行之秋、冬季節，懸浮微粒不僅為空氣品質不良之主因並影響人體健康，更為造成能見度下降因素之一。

以環保署高雄監測站數據當作事件日統計分析資料來源，高雄PM2.5監測站共計12站，分別選用北：橋頭、中：復興、南：林園，來當作懸浮微粒事件日的統計分析之濃度表徵，事件日發生月份集中1、2、3、10、11、12月份；在分析結果中發現PM2.5濃度在1700時後濃度有上升趨勢，相對能見度亦有下降情況，其影響時間可來到隔日1000時前，PM2.5濃度下降及能見度回升情況，其原因初估，大氣於入夜後混和層下降並配合季節性系統為垂直下沉穩定氣流，氣溫於入夜有降溫效果，導致於汙染物在成霧條件有利環境下，使PM2.5微粒持續增生在近地面層，致使水平能見度亦為下降情況。由分析統計資料初估，PM2.5濃度當達 $36\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，能見度將開始下降至5000M以下，由此將可預判做為能見度升降目視儀器範圍之參考依據。

一、前言

在日常生活中大家所認知的細懸浮微粒所帶來的影響，大多是人體呼吸道影響，鮮少人會留意空氣中PM2.5也會帶來視覺上能見度遠近的影響；近年來發現秋冬能見度變化不單單只是因水汽受溫度降低凝結成霧而出現的低能見度，更是會因空氣汙染(PM2.5)的因素而使能見度有下降變化且影響時間加長，其影響層面輕微從地面走路開車到嚴重的空中航空器起落飛行，在航空器飛行起落時為對人機風險最大的時間點，一旦有危害此刻飛行天氣因素出現時，將會大大對航空器造成莫大的傷害。對於此，觀測天氣之氣象人員將面臨嚴峻的考驗，機場航空器飛行前都需參考氣象資料來作為起降依據，若未達標準將影響每日航空器排定的航次起降，因此氣象觀測員及預報員對當地機場目視觀

測相對顯著重要。目前機場觀測作業由自動觀測系統儀器為主，人工目視觀測為輔。而氣象預報員對於預報作業，除運用每日氣象情資，且參照各家氣象預報模式提供當地機場天氣預報，對於不熟悉當地天氣概況的新進人員來說，氣象預報作業將相對的陌生，在空氣汙染與日俱增下，機場能見度的掌握度將面臨莫大的挑戰，如境外汙染物移入，將在極短時間內造成影響地區水平能見度有驟降的情況，又如當地汙染源增生，且空氣擴散條不佳時，將會使低能見度影響時間拉長，因此氣象預報人員往往忽略了當地汙染源所帶來的影響，常會使預報數據與實際天氣有著相當差異。本文將透過數據統計結果及歸納出其數據對照性，並分析其影響規則，以探討高雄岡山地區天氣觀測資料與高雄地區空氣汙染細懸浮微粒對能見度之相關性，並藉此提升能見度預報準確度。

二、研究方法

(一)能見度觀測位置

當觀測員須以肉眼目視觀測能見度輔助修正儀器觀測時，往往因觀測員本身視覺及感受不同，易出現誤差，因此氣象觀測員為有效提高目視觀測準確度，在觀測標的物的選擇上必須增加其數量以利觀測。

本研究選擇高雄岡山地區 2015 年氣象觀測員實施每日定時觀測資料當作資料分析樣本，本測站約位在高雄岡山火車站西偏南 4 公里處，實施天氣觀測之地點必須空曠且能 360° 水平方式觀測四周各地區情況。(如圖 1)及選用中央氣象局橋頭、復興、林園三站監測站的氣象資料(如圖 2)。



圖 1 紅色星點處為人工觀測點中心點位置。



圖 2 中央氣象局橋頭、復興、林園三站監測站位置。

(二)能見度標的物選定條件

本研究於高雄地區選定 18 處觀測標的物，為使測得能見度數值具有代表性，能見度目標物選擇視角為 0.5 至 5° 者為佳，為求精確測定能見度，目標物選擇黑色或暗色無反光物體，且以天空為背景，例如近距離房屋、樹木、距測站點周邊設施；中距離村落、高

樓、尖塔；遠處小丘、山嶺等。若選擇淡色或會反光物體，則所觀測能見度差距過大，其分佈共環繞高雄北至興達港煙囪距 11,309M，南至 85 大樓距 18,435M，西至凡響企業距 2,967M，東至小崗山距 8,671M 及大崗山距 11,002M。其餘各觀測標的地點(如表 1)。

表 1 18 處觀測標的物距離位置表。

編號	觀測標的物	距離 (m)	距測站方位
t1	焚化爐煙囪	1024	東北方
t2	輝興企業煙囪	1105	東南方
t3	蔡尚正醫院	1196	南方
t4	梓官國中	1383	南方
t5	漂底山	1391	西南方
t6	新光人壽大樓	1792	北方
t7	凡響企業	2967	西北方
t8	展群機械	3600	北方
t9	亞熱帶社區	3791	南方
t10	國精化學	4037	西北方
t11	群創光電公司 F 廠	6887	北方
t12	小崗山	8671	東北方
t13	楠梓焚化爐煙囪	8876	東南方
t14	半屏山	9571	東南方
t15	大崗山	11002	東北方
t16	興達港煙囪	11309	西北方
t17	高雄壽山	14748	西南方
t18	85 大樓	18435	南南東方

(三)環保署空氣汙染監測站

台灣空氣汙染指標於 1993 年創立，為空氣汙染指標之一項，由中華民國行政院環境保護署於 1993 年擴充測站後推出，目標藉由測站系統監控全台灣地區的空氣品質並通報以改善為目的。

空氣汙染指標是依據空汙監測資料將當日空氣中懸浮微粒(PM10)、二氧化硫(SO₂)

、二氧化氮(NO₂)、一氧化碳(CO)等空氣汙染物濃度數值，分別透過公式換算出不同汙染物之副指標值，及其對人體健康影響程度，再以當日各副指標值之最大值做為該測站當日之空氣汙染指標值(PSI)。將每個空汙監測區取三個指標值最大的測站平均成為該監測區的指標值並轉化為一個由 0 至 500 的單一數字，按照指數高低劃分良好、普通、不良、非常不良和有害五種級別。

觀測發現於東北季風盛行之秋、冬季節，懸浮微粒往往成為空氣品質不良之主因。而粒徑小於 2.5 微米的細懸浮微粒，對人體健康也有著一定程度之影響，因此環保署自 2014 年 10 月 1 日起實施「細懸浮微粒(PM_{2.5})指標」，為即將到來的秋、冬季節前，與現有空氣汙染指標(PSI)併行，提升對人民的健康保障並在網站上提供即時的 PM_{2.5} 細懸浮微粒空氣品質指標資訊，並參採英國每日空氣品質指標(Daily Air Quality Index, DAQI)的細懸浮微粒(PM_{2.5})預警濃度分級，將指標區分為 10 級並以顏色示警，如當濃度達 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (第 4 級)起，敏感性族群需開始注意戶外活動及身體情況，而一般健康民眾則於第 7 級(54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)需開始注意戶外活動的強度。

空氣品質測站種類分為：一般空氣品質監測站、工業空氣品質監測站、交通空氣品質監測站、國家公園空氣品質監測站、背景空氣品質監測站五種類別。有部分的測站會兼具兩種類別。全台灣分成七個空氣品質監測區，北部地區、新竹苗栗地區、中部地區、雲林嘉義台南地區、高雄屏東地區、宜蘭地區、花蓮台東地區。

本研究運用環保署空氣品質監測站擇選北為橋頭，橋頭測站位於橋頭區公所，東側橋頭糖廠(2M)，南方為運動公園，北方為十層以上住宅區，西邊為甘蔗園。中為復興，東邊：住商大樓距站房 15M 西邊：勞工公園及獅甲國中南邊：民權路為主要道路北邊：

學校教室及廚房。南為林園，位於林園區汕尾國小北側校舍走廊平台頂，北方與林園石化工業區相距約 2km，東面為高屏溪出海口，南方汕尾魚港及大海，西面為運動場及校門口之道路。

(四)認識懸浮微粒

空氣中存在許多汙染物，其中漂浮在空氣中類似灰塵的粒狀物稱為懸浮微粒(Suspended Particulate Matter; 簡稱 PM)。懸浮微粒有大小不同的粒子直徑(簡稱粒徑)，而且通常用微米(1/106 公尺即萬分之一公分，英文單位縮寫為 μm)作為粒徑大小單位。例如，懸浮在空氣中的海灘沙粒之粒徑大約是 90 μm ，漂浮花粉之粒徑則是 30 μm 。粒徑小於 10 μm 的微粒被稱為 PM₁₀；當粒徑小於或等於 2.5 微米就是一般常說的「細懸浮微粒」，簡稱 PM_{2.5}(如表 2)。

表 2 細懸浮微粒大小說明圖。

粒徑	粒徑大小說明
<100	稱作總懸浮微粒，例如海灘沙粒，可懸浮於空氣中。
<10	稱作懸浮微粒(PM ₁₀)，大約是沙子直徑的 1/10，容易通過鼻腔之鼻毛，到達喉嚨。
2.5~10	稱作粗懸浮微粒(PM _{2.5-10})，約頭髮直徑的 1/8~1/20 大小，可以被吸入並且附着在人體較深的呼吸道，例如氣管、支氣管。
<2.5	稱作細懸浮微粒(PM _{2.5})，比頭髮直徑 1/28 還小，可以穿透肺泡，直接進入血管中隨著血液循環全身。

(五)PM_{2.5} 的來源為何?

PM_{2.5} 細懸浮微粒的來源包含由自然界釋出與人為活動產出等二種。舉例說明，火山爆發、森林或草原大火、海洋飛沫，以及地殼岩石風化等都是自然界產出來源。而工業使用化石燃料、水泥粉碎和研磨、工廠煙囪廢氣、家戶燃煤烹調、戶外烤肉、燃燒垃圾或稻草、拜香、吸菸、燃燒汽、汽機車

排放柴油之廢氣、營造工地施工與道路揚塵等都是人為活動來源，而且人為活動是產生PM2.5的主要原因。以上產生的PM2.5被稱為原生性PM2.5。

而如果空氣中的原生性PM2.5再受到其他因素，例如受日光照射發生化學反應，或與液相水分子發生液象化學反應，就會形成新二化學物質，如二氧化硫衍生為硫酸鹽，這一類PM2.5被稱為衍生性PM2.5。衍生性PM2.5的成分通常含有化學反應後的物質，例如硫酸鹽、硝酸鹽、銨鹽。中國大陸的沙塵暴中也有粒徑較小的PM2.5，原生性或衍生性微粒均都存在。此地區微粒因受大氣季風氣流可以將這些微粒傳送到較遠的地區，例如韓國、日本與台灣，因此台灣在11月-5月冬季有大陸性冷高壓南下時，容易出現PM2.5濃度上升的情形，這是境外移入來源。近年來，中國華東(江蘇、浙江、上海)與華南地區(廣東、海南)開發了許多工業區，包括石化工業、鋼鐵工業等，所產生的工業細懸浮微粒污染會藉由大氣的氣流運輸，飄過台灣海峽而到達台灣，影響我們的空氣品質。

三、結果分析與討論

(一)大氣懸浮微粒濃度(PM2.5)與氣象因子關聯性探討:

本研究以環保署高雄監測站數據當作事件日統計分析來源處，高雄PM2.5監測站共計12站，分別選用北：橋頭(一般測站)、中：復興(交通測站)、南：林園(工業測站)，來當作懸浮微粒事件日的統計分析之濃度表徵，首先分析2015年PM2.5濃度超過 $36\mu\text{g}/\text{m}^3$ 事件日發生月份集中在1、2、3、10、11、12月份，監測數據資料如圖3至圖5所示。

橋頭監測站數據顯示，PM2.5濃度高於 $36\mu\text{g}/\text{m}^3$ 事件日有83組，低於 $36\mu\text{g}/\text{m}^3$ 計183組，大於 $36\mu\text{g}/\text{m}^3$ 佔全年度22%，以下擇選6日

事件日分析探討其日事件PM2.5濃度變化(如表3至表8)：

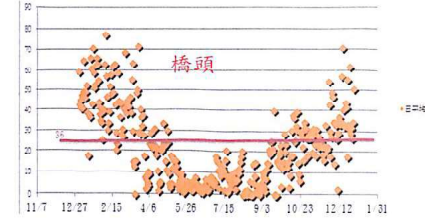


圖3 橋頭監測站PM2.5濃度日平均分布圖

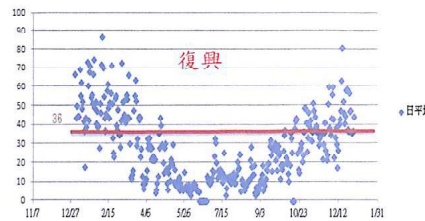


圖4 復興監測站PM2.5濃度日平均分布圖

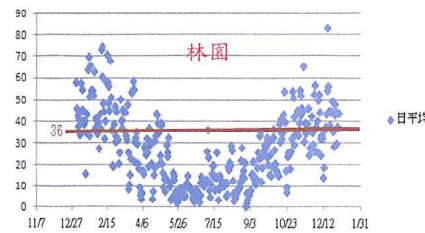


圖5 林園監測站PM2.5濃度日平均分布圖

1.2015年12月20日，從逐日監測濃度觀察出，微粒事件日發生時，出現在日間(0800-2000)共有5組，微粒濃度在上午(0800-1400)呈現2組，(1400-2000)呈現3組，說明在日間微粒事件日發生時段並非整個白天皆呈現高濃度狀態。觀察夜間(2000-0800)發生微粒事件日共計7組，微粒濃度夜晚(2000-0200)呈現4組，夜間(0200-0800)呈現3組，特別是在2000後濃度比起日間高出許多，最高來到 $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。由監測數據顯示於夜間發生微粒高濃度視事件，呈現出高值且長時間影響。

2.2015年12月21日橋頭監測站數據顯示，從逐日監測濃度觀察出，微粒事件日發生時，出現在日間(0800-2000)共有13組，微粒濃度在上午(0800-1400)呈現7組，(1400-2000)呈現6組，說明在日間微粒事件日發生時段為整個白天皆呈現高濃度狀態。觀察夜間21日清晨(0000-0800)發生微粒事件日共計7組，微粒濃度夜晚(2100-2400)呈現4組，夜間(0200-0800)呈現3組，前晚20日夜間至21日0800時前濃度均為 $44-75\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，相較21日當晚2100-2400時濃度卻相比較高，為 $36-40\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，顯示其濃度有下降趨勢。由監測數據顯示於日間發生微粒高濃度視事件，呈現出高值 $76\mu\text{g}/\text{m}^3$ 長時間影響。

3.2015年12月22日橋頭監測站數據顯示，從逐日監測濃度觀察出，微粒事件日發生時，出現在日間(0800-2000)共有13組，微粒濃度在上午(0800-1400)呈現7組，(1400-2000)呈現11組，說明在日間微粒事件日發生時段為整個白天幾乎呈現高濃度狀態。觀察夜間21日清晨(0000-0800)發生微粒事件日共計10組，微粒濃度夜晚(2100-2400)呈現3組，夜間(0200-0800)呈現7組，22日夜間濃度均為 $60-67\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，相較22日清晨0100-0700時濃度確相較較高，為 $38-46\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，顯示其濃度有上升趨勢。由監測數據顯示於日間發生微粒高濃度事件日，呈現出高值 $92\mu\text{g}/\text{m}^3$ 且長時間影響。

4.2015年12月23日橋頭監測站數據顯示，從逐日監測濃度觀察出，微粒事件日發生時，出現在日間(0800-2000)共有3組，微粒濃度在上午(0800-1400)呈現3組，(1400-2000)呈現0組，說明在日間微粒事件日發生時段為上半天呈現高濃度狀態。觀察夜間23日清晨(0100-0700)發生微粒事件日共計7組，微粒濃度夜晚(2100-2400)呈現0組，23日清晨濃度均為 $39-67\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，相較23日夜晚

2100-2400時濃度確相較較高，為 $20-31\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，顯示其濃度有下降趨勢。由監測數據顯示於清晨發生微粒高濃度事件日，呈現出高值 $67\mu\text{g}/\text{m}^3$ 且長時間影響。

5.2015年02月23日橋頭監測站數據顯示，從逐日監測濃度觀察出，微粒事件日發生時，出現在日間(0800-2000)共有13組，微粒濃度在上午(0800-1400)呈現7組，(1400-2000)呈現6組，說明在日間微粒事件日發生時段整個白天皆呈現高濃度狀態。觀察夜間23日清晨(0100-0700)發生微粒事件日共計7組，微粒濃度夜晚(2100-2400)呈現4組，23日夜間濃度均為 $57-75\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。由監測數據顯示於清晨及夜間發生微粒高濃度事件日，呈現出高值 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ 且長時間影響。

6.2015年02月24日橋頭監測站數據顯示，從逐日監測濃度觀察出，微粒事件日發生時，出現在日間(0800-2000)共有6組，微粒濃度在上午(0800-1400)呈現6組，(1400-2000)呈現0組，說明在日間微粒事件日發生時段並非整個白天皆呈現高濃度狀態。觀察夜間24日清晨(0100-0700)發生微粒事件日共計7組，微粒濃度夜晚(2100-2400)呈現3組，24日夜間濃度為 $36-64\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。由監測數據顯示於清晨及夜間發生微粒高濃度事件日，呈現出高值 $64\mu\text{g}/\text{m}^3$ 且長時間影響。

復興監測站數據顯示，PM2.5濃度高於 $36\mu\text{g}/\text{m}^3$ 事件日有131組，低於 $36\mu\text{g}/\text{m}^3$ 計220組，大於 $36\mu\text{g}/\text{m}^3$ 佔全年度37%，以下擇選6日事件日分析探討其日事件PM2.5濃度變化：

1.從2015年12月20日逐日監測濃度觀察出，微粒事件日發生時，出現在日間(0800-2000)共有4組，微粒濃度在上午(0800-1400)呈現3組，(1400-2000)呈現1組，說明在日間微粒事件日發生時段並非整個白天皆呈現高濃度狀態。觀察夜間(2000-0800)發生微粒

事件日共計11組，微粒濃度夜晚(2100-2400)呈現4組，夜間(0100-0700)呈現7組，特別是在2000後濃度比起日間高出許多，最高來到 $93\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。由監測數據顯示於夜間發生微粒高濃度視事件，呈現出高值且長時間影響。

2. 從逐日2015年12月21日復興監測站數據顯示，監測濃度觀察出，微粒事件日發生時，出現在日間(0800-2000)共有10組，微粒濃度在上午(0800-1400)呈現7組，(1400-2000)呈現3組，說明在日間微粒事件日發生時段為整個白天幾乎呈現高濃度狀態。觀察夜間21日清晨(0000-0800)發生微粒事件日共計7組，微粒濃度夜晚(2100-2400)呈現4組，21日夜間濃度均為高濃度 $51-73\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。由監測數據顯示於日間及夜間均發生微粒高濃度視事件，日間呈現出高值 $78\mu\text{g}/\text{m}^3$ 且長時間影響。
3. 從2015年12月22日逐日復興監測站數據顯示監測濃度觀察出，微粒事件日發生時，出現在日間(0800-2000)共有11組，微粒濃度在上午(0800-1400)呈現7組，(1400-2000)呈現4組，說明在日間微粒事件日發生時段為整個白天幾乎呈現高濃度狀態。觀察夜間22日清晨(0100-0700)發生微粒事件日共計7組，微粒濃度夜晚(2100-2400)呈現4組，22日夜間濃度均為 $53-80\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，夜間及日間幾乎呈現高濃度狀態。由監測數據顯示於夜間發生微粒高濃度事件日，呈現出高值 $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ 且長時間影響。
4. 從2015年12月23日逐日復興監測站數據顯示，監測濃度觀察出，微粒事件日發生時，出現在日間(0800-2000)共有3組，微粒濃度在上午(0800-1400)呈現3組，(1400-2000)呈現0組，說明在日間微粒事件日發生時段上半年呈現高濃度狀態。觀察夜間23日清晨(0100-0700)發生微粒事件日共計7組，微

粒濃度夜晚(2100-2400)呈現0組，23日清晨濃度均為 $58-78\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，相較23日夜晚2100-2400時濃度確相較較高，為 $13-24\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，顯示其濃度有下降趨勢。由監測數據顯示於清晨發生微粒高濃度事件日，呈現出高值 $78\mu\text{g}/\text{m}^3$ 且長時間影響。

5. 從2015年02月23日逐日復興監測站數據顯示，監測濃度觀察出，微粒事件日發生時，出現在日間(0800-2000)共有9組，微粒濃度在上午(0800-1400)呈現5組，(1400-2000)呈現4組，說明在日間微粒事件日發生時段幾乎整個白天皆呈現高濃度狀態。觀察夜間23日清晨(0100-0700)發生微粒事件日共計7組，微粒濃度夜晚(2100-2400)呈現4組，24日夜間濃度為 $44-85\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。由監測數據顯示於清晨及夜間發生微粒高濃度事件日，呈現出高值 $85\mu\text{g}/\text{m}^3$ 且長時間影響。
6. 從2015年02月24日復興逐日監測站數據顯示，監測濃度觀察出，微粒事件日發生時，出現在日間(0800-2000)共有6組，微粒濃度在上午(0800-1400)呈現6組，(1400-2000)呈現0組，說明在日間微粒事件日發生時段上半年呈現高濃度狀態。觀察夜間24日清晨(0100-0700)發生微粒事件日共計7組，微粒濃度夜晚(2100-2400)呈現0組，24日清晨濃度為 $79-96\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。由監測數據顯示於清晨至日間1400時前發生微粒高濃度事件日，呈現出高值 $96\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

林園監測站數據顯示，PM2.5濃度高於 $36\mu\text{g}/\text{m}^3$ 事件日有113組，低於 $36\mu\text{g}/\text{m}^3$ 計250組，大於 $36\mu\text{g}/\text{m}^3$ 佔全年度31%，以下擇選6日事件日分析探討其日事件PM2.5濃度變化：

1. 從2015年12月20日逐日林園監測濃度觀察出，微粒事件日發生時，出現在日間(0800-2000)共有6組，微粒濃度在上午(0800-1400)呈現1組，(1400-2000)呈現5組，說明在日間微粒事件日發生時段並非整

個白天皆呈現高濃度狀態。觀察夜間(2100-0700)發生微粒事件日共計11組，微粒濃度清晨(0100-0700)呈現7組，夜間(2100-2400)呈現4組，特別是在2100後濃度比起日間高出許多，最高來到 $92\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。由監測數據顯示於夜間發生微粒高濃度事件日，呈現出高值且長時間影響。

2. 從2015年12月21日林園逐日監測站數據顯示，監測濃度觀察出，微粒事件日發生時，出現在日間(0800-2000)共有5組，微粒濃度在上午(0800-1400)呈現3組，(1400-2000)呈現2組，說明在日間微粒事件日發生時段並非整個白天皆呈現高濃度狀態。觀察夜間21日清晨(0000-0800)發生微粒事件日共計5組，微粒濃度夜晚(2100-2400)呈現3組，21日清晨濃度均為 $45-71\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，21日當晚濃度為 $31-73\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。由監測數據顯示於日間及夜間均發生微粒高濃度事件，呈現出高值 $77\mu\text{g}/\text{m}^3$ 且長時間影響。
3. 從2015年12月22日逐日林園監測站數據顯示，監測濃度觀察出，微粒事件日發生時，出現在日間(0800-2000)共有8組，微粒濃度在上午(0800-1400)呈現6組，(1400-2000)呈現2組，說明在日間微粒事件日發生時段為整個白天幾乎呈現高濃度狀態。觀察夜間21日清晨(0000-0800)發生微粒事件日共計7組，微粒濃度夜晚(2100-2400)呈現4組，22日夜間濃度均為 $61-70\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，相較22日清晨0100-0700時濃度確相較較高，為 $39-57\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，顯示其濃度有上升趨勢。由監測數據顯示於日間發生微粒高濃度事件日，呈現出高值 $94\mu\text{g}/\text{m}^3$ 且長時間影響。
4. 從2015年12月23日逐日林園監測站數據顯示，監測濃度觀察出，微粒事件日發生時，出現在日間(0800-2000)共有3組，微粒濃度在上午(0800-1400)呈現3組，(1400-2000)呈現0組，說明在日間微粒事件日發生時段為上半年呈現高濃度狀態。觀察夜間23日

清晨(0100-0700)發生微粒事件日共計7組，微粒濃度夜晚(2100-2400)呈現2組，23日夜間濃度均為 $15-43\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。由監測數據顯示於發生微粒高濃度事件，呈現出高值 $63\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

5. 從2015年02月23日逐日林園監測站數據顯示，監測濃度觀察出，微粒事件日發生時，出現在日間(0800-2000)共有6組，微粒濃度在上午(0800-1400)呈現2組，(1400-2000)呈現4組，說明在日間微粒事件日發生時段幾乎白天皆呈現高濃度狀態。觀察夜間23日清晨(0100-0700)發生微粒事件日共計3組，微粒濃度夜晚(2100-2400)呈現4組，24日夜間濃度為 $64-67\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。由監測數據顯示於夜間發生微粒高濃度事件，呈現出高值 $67\mu\text{g}/\text{m}^3$ 且長時間影響。
6. 從2015年02月24日逐日林園監測站數據顯示，監測濃度觀察出，微粒事件日發生時，出現在日間(0800-2000)共有5組，微粒濃度在上午(0800-1400)呈現2組，(1400-2000)呈現3組，說明在日間微粒事件日發生時段並非整個白天皆呈現高濃度狀態。觀察夜間24日清晨(0100-0700)發生微粒事件日共計3組，微粒濃度夜晚(2100-2400)呈現4組，24日夜間濃度為 $60-67\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。由監測數據顯示於發生微粒高濃度事件日，呈現出高值 $71\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

表 3 12 月 20 日各空汙監測站 PM2.5 濃度與高雄岡山能見度對照表。

Table with 5 columns: 時間, 能見度, 橋頭PM2.5, 復興PM2.5, 林園PM2.5. Rows show hourly data for Dec 20, 2016.

表 4 12 月 21 日各空汙監測站 PM2.5 濃度與高雄岡山能見度對照表。

Table with 5 columns: 時間, 能見度, 橋頭PM2.5, 復興PM2.5, 林園PM2.5. Rows show hourly data for Dec 21, 2016.

表 5 12 月 22 日各空汙監測站 PM2.5 濃度與高雄岡山能見度對照表。

Table with 5 columns: 時間, 能見度, 橋頭PM2.5, 復興PM2.5, 林園PM2.5. Rows show hourly data for Dec 22, 2016.

表 6 12 月 23 日各空汙監測站 PM2.5 濃度與高雄岡山能見度對照表。

Table with 5 columns: 時間, 能見度, 橋頭PM2.5, 復興PM2.5, 林園PM2.5. Rows show hourly data for Dec 23, 2016.

表 7 02 月 23 日各空汙監測站 PM2.5 濃度與高雄岡山能見度對照表。

Table with 5 columns: 時間, 能見度, 橋頭PM2.5, 復興PM2.5, 林園PM2.5. Rows show hourly data for Feb 23, 2017.

表 8 02 月 24 日各空汙監測站 PM2.5 濃度與高雄岡山能見度對照表。

Table with 5 columns: 時間, 能見度, 橋頭PM2.5, 復興PM2.5, 林園PM2.5. Rows show hourly data for Feb 24, 2017.

(二)氣象因子分析探討

本次研究採用 2015 年高雄岡山地區氣象觀測單位每日逐時目視氣象資料做為統計分析的樣本，其項目包含風向、風速、能見度、天氣現象、雲量雲高、溫度及濕度等...

1. 天氣系統與懸浮微粒分析：

統計 2015 年系統類型各有 23 類別，東北季風 67 日佔 19%，微弱東北季風 56 日佔 16%，偏南氣流 32 日佔 9%，西南氣流 28 日佔 8%，大陸冷高壓 27 日佔 8%，餘等...

(1)分析橋頭監測站 PM2.5 濃度 36µg/m³ 以下事件日為 183 日佔 69%，36-70µg/m³ 事件日為 83 日佔 31%，並分析出平均濃度 36µg/m³ 以下事件日均發生在 4、5、6、7、8、9 月份...

(2)分析復興監測站 PM2.5 濃度 36µg/m³ 以下事件日為 220 日佔 63%，36-70µg/m³ 事件日為 133 日佔 37%，並分析出平均濃度 36µg/m³ 以下事件日均發生在 1、2、3、10、11、12 月份...

日為 133 日佔 37%，並分析出平均濃度 36µg/m³ 以下事件日均發生在 4、5、6、7、8、9 月份，平均濃度 36µg/m³ 以上事件日均發生在 1、2、3、10、11、12 月份...

(3)分析林園監測站 PM2.5 濃度 36µg/m³ 以下事件日為 250 日佔 69%，36-70µg/m³ 事件日為 113 日佔 31%，並分析出平均濃度 36µg/m³ 以下事件日均發生在 4、5、6、7、8、9 月份...

2. 氣象因子與懸浮微粒 PM2.5 濃度相關性探討：

(1)依統計分析 PM2.5 濃度高於 36µg/m³ 以上事件日好發日出現在 1、2、3、10、11、12 月份，其中在 2 月 6 日為當年度濃度最高平均日，探討其高濃度原因...

度，降幅達 3 度，由以上種種氣象因子分析顯見出 2 月 5 日至 2 月 6 日受強烈大陸冷氣團南下伴隨將大陸懸浮微粒吹送至臺灣南部地區，導致懸浮微粒影響時段近 24 小時，因本次研究汙染來源為原生汙染，故排除境外汙染源事件日為研究樣本(如表 9)。

表 9 2 月 5 日至 2 月 6 日樣本情況。

日期	測站	測項	日平均
2015/02/05	橋頭	PM2.5	62.958333
2015/02/06	橋頭	PM2.5	77.208333
2015/02/05	復興	PM2.5	72.25
2015/02/06	復興	PM2.5	86.541667
2015/02/05	林園	PM2.5	73.1
2015/02/06	林園	PM2.5	75

(2)李厚文(2011)高雄地區大氣環境中細微粒之特性研究結果指出，在高雄地區 PM2.5 質量濃度冬季為高濃度趨勢，可能受到大陸冷氣團南下及季風影響，使得冬季懸浮微粒濃度常有升高現象，使微粒擴散能力差而造成懸浮微粒易滯留而累積。因此由 1、2、3、10、11、12 月份系統類型中排除強烈大陸冷氣團類型，樣本數放在大陸高壓出海減弱類型，或微弱東北季風類型及高壓迴流類型事件日共計有 75 天，從中事件日擇選 12 月 20 日、12 月 21 日、12 月 22 日、2 月 23 日及 2 月 24 日事件日分析探討。

3.氣象因子與懸浮微粒事件日相關性探討：

探討 12 月 20 日、12 月 21 日、12 月 22 日、12 月 23 日、2 月 23 日及 2 月 24 日各系統分別為微弱東北季風及南方雲系、微弱東北季風、高壓迴流、高壓迴流及鋒面接近、東北季風減弱及華南雲帶遠離及微弱東北季風，分析事件日氣象因子風向以北風為主(300-030)佔 62%，如圖 6 所示。

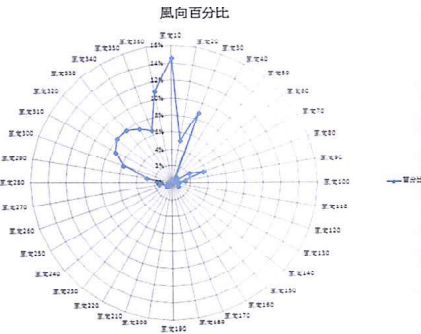


圖 6 事件日風向分析圖

事件日風速分析 1-4 哩佔 55%，5-12 哩佔 43%，13 哩以上佔 2%，如圖 7 所示。

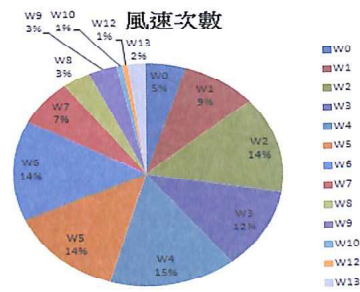


圖 7 事件日風速分析圖

事件日溫度露點差分析，1 以內佔 19%，1.1-2 間佔 26%，2.1-3 間佔 14%，如圖 8 所示。



圖 8 事件日溫露點差分析圖

事件日能見度分析，能見度低於 1600m 天數有 10 天佔 7%，1600-4800m 天數 74 天佔 51%，5000-9000m 天數 43 天佔 30%，9999 以上天數 18 天佔 12%，如圖 9 所示。

能見度次數

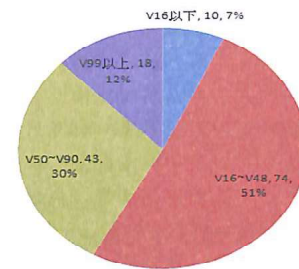


圖 9 事件日能見度分析圖

4.能見度與懸浮微粒事件日濃度相關性探討：

(1) 12 月 20 日事件日 PM2.5 濃度與能見度關係圖顯示，清晨 00-08 時，能見度均為在 4000-5000M 間，監測站濃度多落在 30-58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 間；傍晚 18-24 時，能見度均位在 4000-6000M，監測站濃度多落在 27-93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 間。期間發現 PM2.5 濃度高於 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 後，能見度有明顯突破目視能見度(5000M)標準，在降至 4000M 的情況。

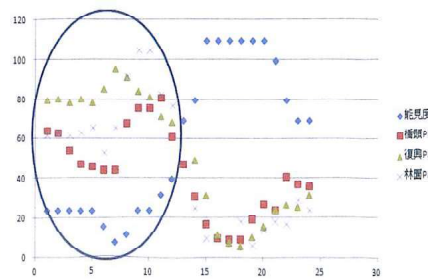


圖 10 12 月 20 日 PM2.5 濃度與能見度關係圖

(2) 12 月 21 日事件日 PM2.5 濃度與能見度關係圖顯示，清晨 00-10 時，能見度位在

1600-4000M 間，監測站濃度落在 44-77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 間，期間能見度最低來到 1600M，有一部分原因則為清晨輻射冷卻影響。傍晚 18-24 時間，能見度為 6000-4000M，監測站濃度落在 25-73 間。

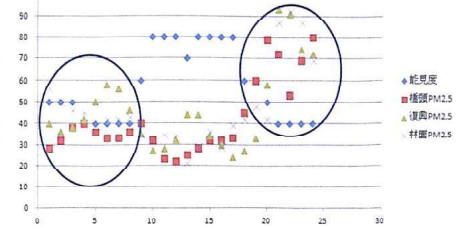


圖 11 12 月 21 日 PM2.5 濃度與能見度關係圖

(3) 12 月 22 日事件日 PM2.5 濃度與能見度關係圖顯示，清晨 00-14 時，能見度均為在 1600-4800M 間，監測站濃度多落在 38-94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 間；15-18 時，因 PM2.5 濃度略降至 13-49 間，使能見度略升至 7000M，傍晚 18-24 時，能見度均位在 4000-6000M，監測站濃度多落在 27-93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 間。期間發現 PM2.5 濃度高於 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 後，能見度有明顯突破目視能見度(5000M)標準，在降至 4000M 的情況。

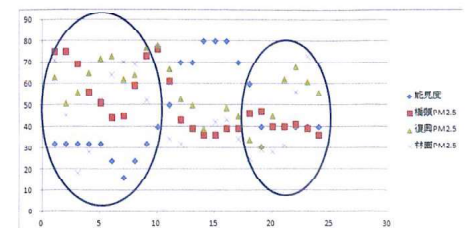


圖 12 12 月 22 日 PM2.5 濃度與能見度關係圖

(4) 12 月 23 日事件日 PM2.5 濃度與能見度關係圖顯示，清晨 00-09 時，能見度位在 1200-2000M 間，監測站濃度落在 39-78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 間，期間能見度最低來到 1200M，有一部分原因則為清晨輻射冷卻

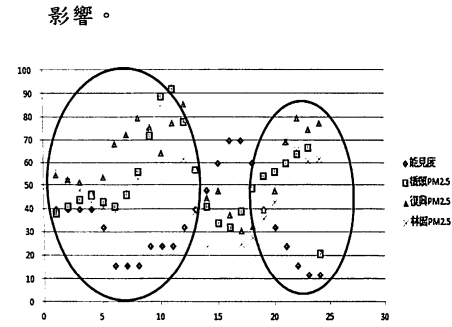


圖 13 12 月 23 日 PM2.5 濃度與能見度關係圖

(5) 2 月 23 日事件日 PM2.5 濃度與能見度關係圖顯示，清晨 00-10 時，能見度位在 2400-3200M 間，監測站濃度落在 31-70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 間，11-17 時，PM2.5 濃度略降能見度略回升 5000-6000M，傍晚 18-24 時間，能見度為 2400-3200M，監測站濃度落在 56-85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 間。

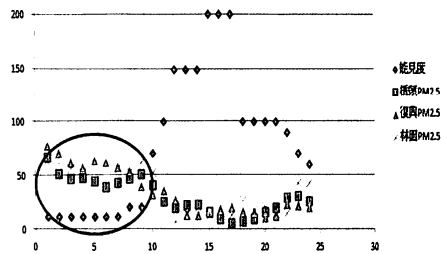


圖 14 02 月 23 日 PM2.5 濃度與能見度關係圖

(6) 2 月 24 日事件日 PM2.5 濃度與能見度關係圖顯示，清晨 00-12 時，能見度位在 0800-4000M 間，監測站濃度落在 44-105 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 間，11-17 時，PM2.5 濃度略降能見度略回升 5000-6000M，傍晚 18-24 時間，能見度為 2400-3200M，監測站濃度落在 56-85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 間。如圖所示。

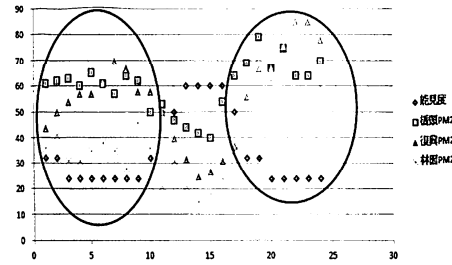


圖 15 02 月 24 日 PM2.5 濃度與能見度關係圖

四、結論

本研究運用 2015 年高雄地區 PM2.5 濃度監測站數據做為分析統計依據，首先將境外污染物事件日排除，主要研究當地污染源與氣象因子之能見度相關，在分析結果中發現，PM2.5 濃度在傍晚入夜 1700 後濃度有上升趨勢，相對能見度亦有下降情況，其影響時間可來到隔日 1000 時前，PM2.5 濃度下降及能見度才有回升情況，其原因初估大氣於入夜後混和層下降並配合季節性系統為垂直下沉穩定氣流，氣溫於入夜有降溫效果，導致於污染物在成霧條件有利環境下，使細懸浮微粒和空氣中水汽結合並增生在近地面層，致使水平能見度為下降趨勢。由分析統計資料初估，PM2.5 濃度當達 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，能見度將開始下降至 5000m，若濃度持續上升，水平能見度降會再降至更低，由此將可預判做為能見度升降目視儀器範圍之參考依據。

五、參考文獻

江勝偉，2007，氣象因子與大氣懸浮微粒含碳量變異關聯性研究，國立成功大學環境工程研究所碩士論文。
 吳家安，2013，高雄地區大氣中懸浮微粒之監測分析及管制策略，國立中山大學環境工程研究所碩士論文。

李厚文，2011，高雄地區大氣環境中細懸浮微粒之特性研究，輔英科技大學，碩士論文。
 張瑞喬，2014，大氣 pm2.5 水溶性無機鹽微粒與前驅氣體之半連續監測系統，國立交通大學環境工程研究所。
 許旭亨，2013，斗六地區大氣 pm2.5 微粒季節化學特徵之探討，國立雲林科技大學環境與安全衛生工程系碩士論文。
 陳品含，2012，屏東地區大氣粗細氣膠特性之長時間密集觀測，國立屏東科技大學環境工程與科學系碩士論文。
 陳廣仁，2008，高屏地區 pm10 事件日來源，成分組成與粒徑分布，國立成功大學碩士論文。
 曾韋勳，2012，高屏大氣懸浮微粒於不同天氣型態之特徵與氣象因子關聯性研究，國立成功大學環境工程研究所碩士論文。

Discussion on the Kaohsiung area meteorological factors and air pollutants on the relevance of visibility

Hong-Bin Li, Wei-Guo Song

Department of Earth Sciences ,NCKU

ABSTRACT

Air Quality data indicator has significantly affected the visibility of people's lives and flights in recent years. Visibility is one of atmospheric phenomena and also one of the most important sources for meteorological personnel to observe to judge the stability of atmosphere.

The study chooses data base of daily observations at a certain time by the meteorological personnel as the analysis samples in 2015. By the 18 observation targets, the major reason resulting in poor air quality is the aerosols during fall and winter by the northeast monsoon. Aerosols with the radius less than 2.5 μm are the reasons of the decreasing of visibility.

There are 12 stations with PM 2.5 choosing data of EPA Kaohsiung observing stations as the source of daily analysis. Qiaotou, Fuhsing, Lin Yaun are chosen as the characterize analysis of concentration. From the result of analysis, PM 2.5 has the increasing trend after five o'clock in the afternoon and the relative visibility also has the decreasing trend in January, February, March, October, November, and December. The effected can remain until ten o'clock next day and the PM 2.5 concentration will decrease as well as visibility increases. The reason is that Mixed layer declines after nightfall and seasonal system is vertical subsidence steady airflow. The temperature will drop after nightfall, which results in a beneficial environment for fogs. PM 2.5 aerosols keeps increasing around the ground, which results in the decreasing of visibility. From the statistics analysis, the visibility will drop to 5000m or less when the concentration of PM2.5 achieves 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. This can be the reference to predict the visibility of the instrument.