

嘉南地區細懸浮微粒濃度與氣象因子相關性 分析：2006-2014

黃淑倫^{1,2,3,*} 林裕清^{3,4,5} 郭素娥^{1,2} 紀妙青^{2,4}
林玠模^{1,3,6} 周姜廷^{1,2} 黃友珊¹

目標：本研究探討嘉南地區大氣中細懸浮微粒(fine particulate matters, $PM_{2.5}$)濃度與氣象因子相關性分析。**方法：**研究蒐集並分析2006-2014年行政院環保署空氣品質監測站 $PM_{2.5}$ 與氣象資料(溫度、相對濕度、降雨量及風速)。研究區域為嘉南地區共計四縣市，分別為嘉義縣市(共3個測站：新港、朴子與嘉義)，台南縣市(共4個測站：新營、善化、安南與台南)。以四分位數(25%、50%及75%)、平均值、最小值及最大值進行 $PM_{2.5}$ 及氣象資料描述性資料分析。進一步以皮爾森積差相關(Pearson product correlation)，探討 $PM_{2.5}$ 濃度與氣象因子之相關性。**結果：**嘉南地區 $PM_{2.5}$ 日平均 $38 \mu g/m^3$ ，溫度日平均 $24^\circ C$ ，相對濕度日平均75%，累積降雨量日平均12.1 mm，風速日平均2.3 m/sec。嘉南地區 $PM_{2.5}$ 濃度與溫度($r = -0.446$)、相對濕度($r = -0.327$)、累積降雨量($r = -0.279$)與風速($r = -0.173$)呈現統計上顯著負相關。此外，東北季風期間，風速與 $PM_{2.5}$ 濃度之相關係數絕對值最大($r = -0.371$)。非東北季風期間，溫度與 $PM_{2.5}$ 濃度之相關係數絕對值最大($r = -0.525$)。**結論：**嘉南地區 $PM_{2.5}$ 濃度與氣象因子之風速與溫度相關性較高。(台灣衛誌 2016；35(6)：575-586)

關鍵詞：嘉南地區、細懸浮微粒、氣象因子

前 言

國際癌症研究署(International Agency for Research on Cancer, IARC)於2013年宣佈細懸浮微粒(fine particulate matters, $PM_{2.5}$)為

人類致癌物[1]。由於 $PM_{2.5}$ (微粒直徑小於2.5微米)粒徑極小，易隨呼吸連同吸附其上之有毒化學物質進入人體呼吸道深部肺泡，誘發身體內發炎反應[2,3]，成為威脅人類健康主要殺手之一。流行病學調查研究，結果顯示暴露於 $PM_{2.5}$ 可能增加呼吸系統疾病[2,4]、慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)[5,6]、心血管疾病[2]、中風住院風險[7]。近年，台灣地區分析全民健康保險研究資料庫，顯示 $PM_{2.5}$ 濃度增高可能增加死亡率[8]、呼吸系統疾病住院率與急診就醫率[5,6,8,9]。Lo等人[10]評估2014年台灣地區因 $PM_{2.5}$ 所造成的疾病死亡負擔，估計全台有6,286人死亡可能與大氣中 $PM_{2.5}$ 的暴露有關[10]。綜上所述，顯示 $PM_{2.5}$ 為影響台灣民眾健康之重要危險因子。

¹ 長庚科技大學嘉義分部護理系

² 長庚科技大學慢性疾病暨健康促進研究中心

³ 長庚紀念醫院嘉義分院胸腔內科

⁴ 長庚科技大學嘉義分部呼吸照護系

⁵ 長庚大學呼吸治療學系

⁶ 長庚大學醫學院臨床醫學研究所

* 通訊作者：黃淑倫

地址：嘉義縣朴子市嘉朴路西段2號

E-mail: slhuang@mail.cgu.edu.tw

投稿日期：2016年7月22日

接受日期：2016年11月2日

DOI:10.6288/TJPH201635105066



根據世界衛生組織(World Health Organization, WHO)空氣品質指引建議, $\text{PM}_{2.5}$ 日平均濃度 $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、年平均濃度 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [11]。並建議 $\text{PM}_{2.5}$ 日平均濃度超過 $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 需提高警覺, 超過 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 則可能對身體造成不良影響[11]。台灣位於西太平洋地區具海島氣候, 冬季盛行東北季風, 亞洲沙塵暴(Asia Dust Storm, ADS)侵襲台灣, 造成懸浮微粒濃度上升[12]。台灣地區對細懸浮微粒監測始於1997年, 並於2006年完成全國 $\text{PM}_{2.5}$ 監測系統的建立。我國行政院環境保護署(Environmental Protection Administration, EPA)於2012年正式將 $\text{PM}_{2.5}$ 納入空氣污染管制項目。現行管制標準為: 日平均 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、年平均 $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [13]。台灣受限於地形、工業化程度及氣象條件的不同, 導致 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度呈現地區性的差異。依據行政院環境保護署年報資料顯示, 2014年全台地區 $\text{PM}_{2.5}$ 年平均濃度 $25.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 嘉南地區 $\text{PM}_{2.5}$ 年平均濃度 24.1 (朴子測站)~ $28.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (善化測站)[14], 高於全台地區 $\text{PM}_{2.5}$ 年平均濃度。2006~2009年空氣品質監測站資料顯示, 台灣西南部 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度高於台灣其它地區[15]。另外, 近期研究也指出, 嘉南地區2008-2010年 $\text{PM}_{2.5}$ 日平均濃度高達 $39.37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [5], 是WHO標準的1.57倍。

氣象因子可能影響大氣中污染物的擴散、稀釋與累積[16]。研究指出, $\text{PM}_{2.5}$ 濃度與風速、風向、溫度、濕度、降雨等氣象因子密切相關[17-21]。高高屏地區, 溫度與 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度呈現負相關[17]; 濁水溪下游(崙背、台西和斗六), 溫度、濕度和風速與 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度呈現負相關[18]; 高屏地區, 秋末至春初期間(東北季風型態)懸浮微粒日平均濃度 $\geq 125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 之日期, $\text{PM}_{2.5}$ 濃度與風速呈負相關($r = -0.41 \sim -0.62$), 與相對濕度(relative humidity, RH)呈正相關($r = 0.33 \sim 0.61$)。秋末至梅雨期間(高壓迴流型態)懸浮微粒日平均濃度 $\geq 125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 之日期, $\text{PM}_{2.5}$ 濃度與風速($r = 0.75 \sim 0.86$)和相對濕度($r = 0.72 \sim 0.79$)呈現正相關[22]; 中部地區, 風速與 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度呈現高度負相關[19]。日本長崎地區研究指出, 溫度與 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度呈現正相

關, 降雨(雪)量則與 $\text{PM}_{2.5}$ 呈現負相關[21]。

地區不同, 氣象因子對 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度及組成成份的影響可能不同。國內研究, 顯示氣溫或季節可能影響 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度與組成成份[5,8,12], 造成 $\text{PM}_{2.5}$ 毒性不同, 進一步影響其對人類健康效應[5,6,8,9]。Tsai等人[6]探討台北地區大氣中 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度對民眾COPD住院風險影響, 結果顯示溫度較高時, $\text{PM}_{2.5}$ 對COPD住院影響較大; $\text{PM}_{2.5}$ 每增加 $17.46 \mu\text{g}/\text{m}^3$, COPD住院風險分別增加12%($\geq 23^\circ\text{C}$)與3%($< 23^\circ\text{C}$)。然而, 高雄地區研究[9], 指出當溫度較低時($< 25^\circ\text{C}$), $\text{PM}_{2.5}$ 每增加 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, COPD、氣喘與肺炎住院風險分別增加11%、10%與12%; 當溫度較高時($< 25^\circ\text{C}$), $\text{PM}_{2.5}$ 對呼吸系統疾病住院風險則無統計上顯著相關。另外, Hwang等人[5]研究發現, 台灣西南部 $\text{PM}_{2.5}$ 對COPD住院影響可能存在季節效應。 $\text{PM}_{2.5}$ 每增加 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, COPD住院相對風險分別為1.25(春天)與1.24(冬天)。顯示, 台灣本島氣溫對 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度及其健康效應的影響, 可能因地區而有所差異, 值得進一步探討。

台灣嘉南地區位處東北季風背風區, 受地理位置、東北季風及高壓迴流氣候型態(synoptic weather typing)等影響, 易發生懸浮微粒不易擴散現象, 導致嘉南地區 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度高於台灣現行管制標準[5,13], 且超過WHO規範的警戒值[11], 危害民眾健康。此外, 曾秉澤[23]分析雲嘉南地區2004-2013年空氣品質監測站 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度變化趨勢, 指出 $\text{PM}_{2.5}$ 以嘉義市超標時數最多; 分析雲嘉南空氣品質區懸浮微粒排放量, 發現懸浮微粒總排放量以台南市最多。另外, 衛生福利部統計處死因統計資料顯示, 2015年慢性下呼吸道疾病位居嘉南地區十大死因排名之第六(嘉義縣)與第七名(嘉義市和台南市)[24]。最近一篇研究, 估計2014年嘉義(縣、市)320人死亡、台南市531人死亡可能與大氣中 $\text{PM}_{2.5}$ 的暴露有關[10]。研究進一步指出, $\text{PM}_{2.5}$ 對台灣西南部造成的疾病死亡負擔較為嚴重。其中, 嘉南地區有19~21%慢性病死亡(缺血性心臟病、中風、肺癌與慢性阻塞性肺病)與 $\text{PM}_{2.5}$ 有關。

綜觀國內近年研究結果發現，PM_{2.5}對嘉南地區民眾健康的影響可能較為嚴重。高雄地區PM_{2.5}每增加10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，COPD住院風險增加11%[9]；嘉南地區PM_{2.5}每增加10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，COPD住院風險則增加25%(春天)與24%(冬天)[5]。顯示，PM_{2.5}為影響嘉南地區民眾健康之重要危險因子，是嘉南地區重要公共衛生議題應該被重視。另一方面，研究指出，雲林地區PM_{2.5}濃度可能受氣象因子(如，溫度、濕度與風速)的影響[18]。曾秉澤[23]研究發現，雲嘉南地區PM_{2.5}濃度與降雨量有關。此外，東北季風為影響雲嘉南地區PM_{2.5}濃度增高的重要因子。然而，截至目前，有關嘉南地區氣象因子對PM_{2.5}濃度的影響，及特定氣候型態條件下(如，東北季風)，氣象因子如何影響嘉南地區PM_{2.5}濃度，仍無相關研究發表。因此，本研究以嘉南地區為研究區域，探討大氣中PM_{2.5}濃度及其與氣象因子之相關分析，進一步分析東北季風條件下，氣象因子對PM_{2.5}濃度影響的相關性。實務面上，研究結論可協助瞭解並提供影響嘉南地區PM_{2.5}濃度因素之參考依據。期望藉由本研究結論，提供相關政府單位空氣品質控制策略與管理參考，促使民眾落實健康自主管理，降低民眾暴露於PM_{2.5}的風險，進而提升民眾健康。

材料與方法

一、空氣汙染物與氣象因子資料來源

本研究蒐集並分析2006至2014年行政院環保署空氣品質監測站之細懸浮微粒(PM_{2.5}) (自動監測數據)及氣象資料(溫度、相對濕度、降雨量及風速)。研究區域為嘉南地區四縣市，分別為嘉義縣市(共3個測站)：新港、朴子與嘉義；台南縣市(共4個測站)：新營、善化、安南與台南。研究區域空氣品質監測站位置請見圖一。

嘉南地區7個空氣品質監測站皆為一般測站。新港測站：位於新港國小校舍頂樓，測站接近省道，車流量較大。朴子測站：位於朴子市公所頂樓，位於朴子市中心，交通流量大。嘉義測站：位於嘉義大學新民校區

頂樓。新營測站：位於臺南市新營區新營國小東側校舍二樓頂。善化測站：位於善化亞洲蔬菜中心試驗農場中央。安南測站：位於臺南安南區安順國小之樓頂。台南測站：位於中山國中崇華樓教室頂樓，四周皆為住宅區，附近車流量不大[14]。

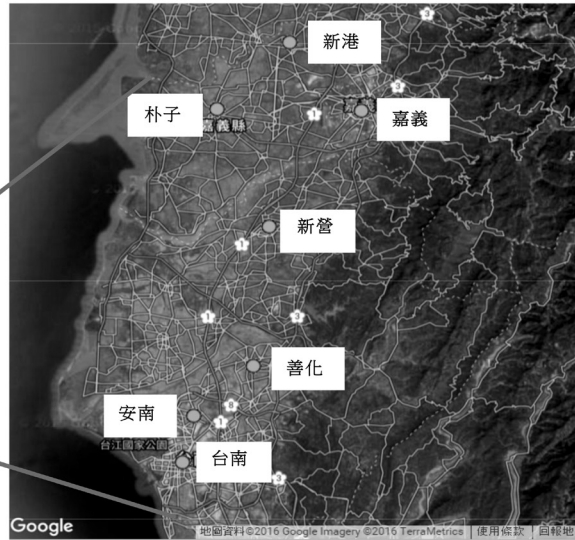
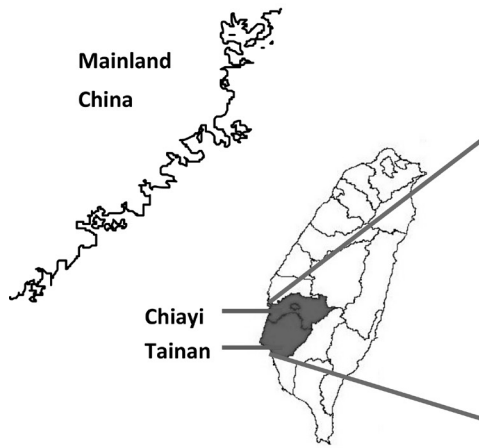
二、資料分析

計算空氣品質監測站之PM_{2.5}日平均濃度、溫度、相對濕度、累積降雨量與風速之日平均值。分別以四分位數(25%、50%及75%)、平均值、最小值及最大值進行描述性資料分析。進一步以皮爾森積差相關(Pearson product correlation)探討PM_{2.5}濃度與氣象因子之相關性。考量PM_{2.5}濃度與氣象因子的相關性，可能受氣候型態的影響。研究進一步分析東北季風期間(十月到隔年二月)與非東北季風期間(三月到九月)[25]，PM_{2.5}濃度與氣象因子的相關性。以SPSS 19.0 for Windows進行數據處理與分析，並取 $\alpha=0.05$ 作為統計上顯著之判定水準。

結 果

表一為2006-2014年嘉南地區空氣品質監測站PM_{2.5}與氣象因子(溫度、相對濕度、累積降雨量與風速)之描述性資料分析。結果顯示，日平均PM_{2.5} 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，中位數(50%) 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，最大值148 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，最小值5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。日平均溫度24°C，中位數26°C，最大值32°C，最小值11°C。日平均相對濕度75%，中位數75%，最大值95%，最小值43%。日平均累積降雨量12.1 mm，中位數3.1 mm，最大值417.0 mm，最小值0.2 mm。日平均風速2.3 m/sec，中位數2.1 m/sec，最大值8.6 m/sec，最小值0.9 m/sec。

PM_{2.5}日平均濃度，嘉義縣市(38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)略高於台南縣市(37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)；日平均溫度，嘉義縣市(24°C)低於台南縣市(25°C)；日平均相對濕度，嘉義縣市(74%)低於台南縣市(76%)；日平均累積降雨量，嘉義縣市(13.6 mm)低於台南縣市(13.8 mm)；日平均風速，嘉義縣市(2.2 m/s)低於台南縣市(2.4 m/s)。嘉義縣市



測站	經緯度
嘉義縣市	
新港	23° 33'17.42"N, 120° 20'43.91"E
朴子	23° 27'55.11"N, 120° 14'50.46"E
嘉義	23° 27'46"N, 120° 26'27"E
台南縣市	
新營	23° 18'20.28"N, 120° 19'2.10"E
善化	23° 06'54.35"N, 120° 17'49.71"E
安南	23° 02'53.51"N, 120° 13'03.00"E
台南	22° 59'04.49"N, 120° 12'09.42"E

圖一 嘉南地區空氣品質監測站相關位置圖
(資料來源：行政院環境保護署[14])

3個測站資料顯示， $PM_{2.5}$ 以嘉義測站濃度最高(日平均 $43 \mu g/m^3$)，朴子測站濃度最低(日平均 $35 \mu g/m^3$)。台南縣市4個測站資料顯示， $PM_{2.5}$ 以台南測站濃度最高(日平均 $38 \mu g/m^3$)，新營、善化及安南測站日平均濃度皆為 $37 \mu g/m^3$ 。

表二為 $PM_{2.5}$ 與氣象因子之相關分析，顯示嘉南地區 $PM_{2.5}$ 濃度與氣象因子呈現統計上顯著相關。 $PM_{2.5}$ 與溫度($r = -0.446, p < 0.01$)、相對濕度($r = -0.327, p < 0.01$)、累積降雨量($r = -0.279, p < 0.01$)及風速($r = -0.173, p < 0.01$)皆呈現負相關且達統計上顯著意義。各別測站資料，顯示嘉義縣市3個測站(新港、朴子與嘉義)， $PM_{2.5}$ 濃度與溫度、相對濕度、累積降雨量及風速皆呈現統計上顯

著負相關；台南縣市4個測站(新營、善化、安南與台南)， $PM_{2.5}$ 濃度與溫度、相對濕度、累積降雨量及風速皆呈現統計上顯著負相關。其中，嘉南地區以台南測站 $PM_{2.5}$ 濃度與溫度的相關係數絕對值最大($r = -0.463, p < 0.01$)，新港測站 $PM_{2.5}$ 濃度與溫度的相關係數絕對值最小($r = -0.370, p < 0.01$)；台南測站 $PM_{2.5}$ 濃度與相對濕度的相關係數絕對值最大($r = -0.380, p < 0.01$)，朴子測站 $PM_{2.5}$ 濃度與相對濕度的相關係數絕對值最小($r = -0.216, p < 0.01$)；新營測站 $PM_{2.5}$ 濃度與累積降雨量的相關係數絕對值最大($r = -0.267, p < 0.01$)，安南測站 $PM_{2.5}$ 濃度與累積降雨量的相關係數絕對值最小($r = -0.242, p < 0.01$)；嘉義測站 $PM_{2.5}$ 濃度與風速的相關係數絕對值最大($r = -0.270, p < 0.01$)，新營測站 $PM_{2.5}$ 濃度與風速的相關係數絕對值最小($r = -0.051, p < 0.01$)。另一方面，嘉南地區各氣象因子間相關性，顯示溫度與相對濕度($r = 0.142, p < 0.01$)及累積降雨量呈正相關($r = 0.090, p < 0.01$)，與風速呈負相關($r = -0.353, p < 0.01$)。相對濕度與累積降雨量呈正相關($r = 0.459, p < 0.01$)。累積降雨量與風速呈正相關($r = 0.329, p < 0.01$)。

表三為進一步分析東北季風條件下， $PM_{2.5}$ 濃度與氣象因子之相關性。顯示東北

表一 嘉南地區空氣品質監測站PM_{2.5}與氣象因子之描述性資料(2006-2014年)

測站		測項 ^a	最小值	四分位數			最大值	平均值
				25%	50%	75%		
嘉南地區		PM _{2.5} (μg/m ³)	5.0	23.0	35.0	49.0	148.0	38.0
		溫度 (°C)	11.0	21.0	26.0	28.0	32.0	24.0
		相對濕度 (%)	43.0	72.0	75.0	79.0	95.0	75.0
		累積降雨量 (mm)	0.2	0.7	3.1	11.2	417.0	12.1
		風速 (m/sec)	0.9	1.8	2.1	2.6	8.6	2.3
嘉義縣市	全部測站	PM _{2.5} (μg/m ³)	4.0	23.0	35.0	49.0	153.0	38.0
		溫度 (°C)	11.0	20.0	25.0	28.0	32.0	24.0
		相對濕度 (%)	41.0	71.0	74.0	78.0	94.0	74.0
		累積降雨量 (mm)	0.2	0.8	3.6	13.2	387.1	13.6
		風速 (m/sec)	0.8	1.7	2.0	2.5	8.5	2.2
	新港	PM _{2.5} (μg/m ³)	5.0	22.0	33.0	47.0	151.0	37.0
		溫度 (°C)	10.0	20.0	25.0	28.0	32.0	24.0
		相對濕度 (%)	42.0	71.0	75.0	79.0	100.0	75.0
		累積降雨量 (mm)	0.2	1.0	4.4	17.6	402.0	17.1
		風速 (m/sec)	0.6	1.8	2.2	2.8	10.9	2.4
	朴子	PM _{2.5} (μg/m ³)	0.0	21.0	32.0	45.0	143.0	35.0
		溫度 (°C)	11.0	20.0	25.0	29.0	33.0	24.0
		相對濕度 (%)	39.7	71.9	76.1	80.4	96.8	75.8
		累積降雨量 (mm)	0.2	0.8	3.6	14.0	364.6	15.1
		風速 (m/sec)	0.7	1.6	2.0	2.5	7.4	2.1
	嘉義	PM _{2.5} (μg/m ³)	4.0	25.0	40.0	57.0	164.0	43.0
		溫度 (°C)	10.0	20.0	25.0	28.0	32.0	24.0
		相對濕度 (%)	39.0	68.0	72.0	77.0	95.0	72.0
		累積降雨量 (mm)	0.2	1.0	4.6	16.4	439.2	17.4
		風速 (m/sec)	0.5	1.6	1.8	2.2	7.4	2.0
台南縣市	全部測站	PM _{2.5} (μg/m ³)	5.0	22.0	35.0	48.0	144.0	37.0
		溫度 (°C)	11.0	21.0	26.0	29.0	31.0	25.0
		相對濕度 (%)	44.0	72.0	76.0	80.0	96.0	76.0
		累積降雨量 (mm)	0.2	0.7	3.1	12.0	554.3	13.8
		風速 (m/sec)	0.9	1.8	2.1	2.7	9.6	2.4
	新營	PM _{2.5} (μg/m ³)	5.0	22.0	35.0	48.0	142.0	37.0
		溫度 (°C)	11.0	21.0	25.0	28.0	32.0	24.0
		相對濕度 (%)	6.0	72.0	76.0	81.0	98.0	76.0
		累積降雨量 (mm)	0.2	0.8	4.0	16.8	356.4	17.2
		風速 (m/sec)	0.7	1.7	1.9	2.4	7.3	2.1
	善化	PM _{2.5} (μg/m ³)	2.0	21.0	34.0	48.0	151.0	37.0
		溫度 (°C)	10.0	21.0	26.0	28.0	33.0	24.0
		相對濕度 (%)	48.0	75.0	79.0	83.0	98.0	78.0
		累積降雨量 (mm)	0.2	0.8	3.6	15.2	650.4	16.6
		風速 (m/sec)	0.6	1.9	2.4	3.2	14.3	2.7
	安南	PM _{2.5} (μg/m ³)	3.0	22.0	34.0	48.0	148.0	37.0
		溫度 (°C)	10.0	21.0	26.0	29.0	33.0	25.0
		相對濕度 (%)	43.0	69.0	73.0	78.0	95.0	73.0
		累積降雨量 (mm)	0.2	0.8	4.0	16.9	588.2	17.5
		風速 (m/sec)	0.9	1.9	2.3	2.8	9.2	2.4
	台南	PM _{2.5} (μg/m ³)	4.0	23.0	36.0	50.0	137.0	38.0
		溫度 (°C)	11.0	21.0	26.0	29.0	33.0	25.0
		相對濕度 (%)	39.0	71.0	75.0	80.0	98.0	75.0
		累積降雨量 (mm)	0.2	1.0	4.2	18.4	638.2	20.1
		風速 (m/sec)	0.6	1.7	2.0	2.5	8.5	2.2

^a 日平均值。

表二 嘉南地區空氣品質監測站PM_{2.5}與氣象因子之相關分析(2006-2014年)

測站	測項	PM _{2.5}	溫度	相對濕度	累積降雨量	風速
嘉南地區						
	PM _{2.5}	1.00	-0.446**	-0.327**	-0.279**	-0.173**
	溫度		1.00	0.142**	0.090**	-0.353**
	相對濕度			1.00	0.459**	0.028
	累積降雨量				1.00	0.329**
	風速					1.00
嘉義縣市						
新港	PM _{2.5}	1.00	-0.370**	-0.258**	-0.261**	-0.216**
	溫度		1.00	0.066**	0.101**	-0.323**
	相對濕度			1.00	0.335**	-0.055**
	累積降雨量				1.00	0.342**
	風速					1.00
朴子	PM _{2.5}	1.00	-0.380**	-0.216**	-0.258**	-0.269**
	溫度		1.00	0.092**	0.106**	-0.235**
	相對濕度			1.00	0.437**	-0.050**
	累積降雨量				1.00	0.357**
	風速					1.00
嘉義	PM _{2.5}	1.00	-0.431**	-0.269**	-0.247**	-0.270**
	溫度		1.00	0.057**	0.081**	-0.157**
	相對濕度			1.00	0.400**	0.089**
	累積降雨量				1.00	0.357**
	風速					1.00
台南縣市						
新營	PM _{2.5}	1.00	-0.436**	-0.273**	-0.267**	-0.051**
	溫度		1.00	0.058**	0.105**	-0.452**
	相對濕度			1.00	0.379**	0.017
	累積降雨量				1.00	0.214**
	風速					1.00
善化	PM _{2.5}	1.00	-0.459**	-0.291**	-0.257**	-0.074**
	溫度		1.00	0.201**	0.088**	-0.368**
	相對濕度			1.00	0.344**	-0.037**
	累積降雨量				1.00	0.328**
	風速					1.00
安南	PM _{2.5}	1.00	-0.443**	-0.328**	-0.242**	-0.167**
	溫度		1.00	0.144**	0.075**	-0.335**
	相對濕度			1.00	0.478**	0.046**
	累積降雨量				1.00	0.301**
	風速					1.00
台南	PM _{2.5}	1.00	-0.463**	-0.380**	-0.254**	-0.061**
	溫度		1.00	0.228**	0.114**	-0.426**
	相對濕度			1.00	0.486**	0.014
	累積降雨量				1.00	0.305**
	風速					1.00

* p < 0.05 ; ** p < 0.01

表三 嘉南地區空氣品質監測站於東北季風與非東北季風時期，PM_{2.5}與氣象因子之相關分析 (2006-2014年)。

測站測項	東北季風期間 ^a					非東北季風期間 ^b				
	PM _{2.5}	溫度	相對濕度	累積降雨量	風速	PM _{2.5}	溫度	相對濕度	累積降雨量	風速
嘉南地區										
PM _{2.5}	1.00	0.011	-0.241**	-0.197**	-0.371**	1.00	-0.525**	-0.379**	-0.270**	-0.182**
溫度		1.00	0.141**	0.134*	-0.449**		1.00	0.071**	-0.051	-0.187**
相對濕度			1.00	0.326**	-0.033			1.00	0.534**	0.119**
累積降雨量				1.00	0.168**				1.00	0.442**
風速					1.00					1.00
嘉義縣市										
PM _{2.5}	1.00	0.028	-0.201**	-0.190**	-0.409**	1.00	-0.496**	-0.312**	-0.252**	-0.268**
溫度		1.00	0.136**	0.138*	-0.370**		1.00	-0.012	-0.052	-0.107**
相對濕度			1.00	0.333**	-0.087**			1.00	0.477**	0.104**
累積降雨量				1.00	0.266**				1.00	0.431**
風速					1.00					1.00
台南縣市										
PM _{2.5}	1.00	-0.001	-0.262**	-0.194**	-0.326**	1.00	-0.536**	-0.406**	-0.256**	-0.107**
溫度		1.00	0.139**	0.171**	-0.488**		1.00	0.123**	-0.062	-0.233**
相對濕度			1.00	0.329**	-0.004			1.00	0.530**	0.098**
累積降雨量				1.00	0.105				1.00	0.423**
風速					1.00					1.00

^a 東北季風期間：十月到隔年二月；^b 非東北季風期間：三月到九月。

* $p < 0.05$ ；** $p < 0.01$

季風期間，嘉南地區、嘉義縣市與台南縣市PM_{2.5}濃度與相對濕度、累積降雨量與風速皆呈現負相關且達統計上顯著意義。嘉南地區：PM_{2.5}與相對濕度($r = -0.241$, $p < 0.01$)、累積降雨量($r = -0.197$, $p < 0.01$)及風速($r = -0.371$, $p < 0.01$)。嘉義縣市：PM_{2.5}與相對濕度($r = -0.201$, $p < 0.01$)、累積降雨量($r = -0.190$, $p < 0.01$)及風速($r = -0.409$, $p < 0.01$)。台南縣市：PM_{2.5}與相對濕度($r = -0.262$, $p < 0.01$)、累積降雨量($r = -0.194$, $p < 0.01$)及風速($r = -0.326$, $p < 0.01$)。非東北季風期間，嘉南地區、嘉義縣市與台南縣市PM_{2.5}濃度與溫度、相對濕度、累積降雨量與風速皆呈現負相關且達統計上顯著意義。嘉南地區：PM_{2.5}與溫度($r = -0.525$, $p < 0.01$)、相對濕度($r = -0.379$, $p < 0.01$)、累積降雨量($r = -0.270$, $p < 0.01$)及風速($r = -0.182$, $p < 0.01$)。嘉義縣市：PM_{2.5}與溫度($r = -0.496$, $p < 0.01$)、相對濕度($r = -0.312$, $p < 0.01$)、累積降雨量($r =$

-0.252 , $p < 0.01$)及風速($r = -0.268$, $p < 0.01$)。台南縣市：PM_{2.5}與溫度($r = -0.536$, $p < 0.01$)、相對濕度($r = -0.406$, $p < 0.01$)、累積降雨量($r = -0.256$, $p < 0.01$)及風速($r = -0.107$, $p < 0.01$)。

討 論

研究發現，嘉南地區PM_{2.5}濃度(38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)超過行政院環保署現行管制標準。近年台灣地區分析全民健康保險研究資料庫，結果指出PM_{2.5}的暴露可能增加民眾慢性病死亡率[8,10]、呼吸系統疾病之住院率[5,6,8,9]與急診就醫率[8]。台北地區研究發現，大氣中PM_{2.5}濃度達30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 時，心臟疾病死亡風險為1.16倍；大氣中PM_{2.5}濃度達30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 時，呼吸道疾病急診就醫風險為5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 時的1.27倍[8]。Lo等人[10]分析台灣空氣品質監測站及死亡資料，評估台灣各縣市因PM_{2.5}所造成的慢性病死亡負擔。結果顯示，

PM_{2.5}所造成的疾病負擔有明顯的縣市差異。PM_{2.5}濃度較高的縣市，PM_{2.5}所造成的疾病負擔愈大。嘉南地區PM_{2.5}所造成的慢性病死亡負擔約19-21%。Hwang等人[5]研究指出，嘉南地區於春天(二至四月)與冬天(十一至一月)，PM_{2.5}濃度每增加10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，慢性阻塞性肺病住院率風險分別增加為1.25與1.24。綜上所述，顯示大氣中PM_{2.5}濃度可能影響嘉南地區民眾健康，是重要公共衛生議題應該被重視。

本研究分析發現，氣象因子對嘉南地區PM_{2.5}濃度的影響可能受到氣候型態(如，東北季風)的影響。東北季風期間，風速與PM_{2.5}濃度之相關係數絕對值最大，嘉南地區($r = -0.371$)、嘉義縣市($r = -0.409$)與台南縣市($r = -0.326$)。非東北季風期間，氣溫與PM_{2.5}濃度之相關係數絕對值最大，嘉南地區($r = -0.525$)、嘉義縣市($r = -0.496$)與台南縣市($r = -0.536$)。曾秉澤[23]研究指出，東北季風為影響雲嘉南地區PM_{2.5}濃度增高的重要因子。然而，曾秉澤[23]的研究缺乏探討東北季風條件下，氣象因子對於PM_{2.5}濃度的影響。台灣地區有關氣象因子對PM_{2.5}濃度與組成成份的研究，可能因受限於氣候型態(如東北季風、高壓迴流、沙塵暴及颱風)、境外污染物傳輸及特殊地形效應等多項複雜因素的影響。目前國內尚缺乏完整的全國性調查研究。期望本研究之結論可提供未來相關研究參考依據。

研究發現，東北季風期間，風速與PM_{2.5}之相關係數絕對值最大。風速與PM_{2.5}濃度呈現負相關。風速愈大，PM_{2.5}濃度愈低。與國內濁水溪下游(崙背、台西和斗六)[18]及日本長崎[21]研究結果一致；研究進一步指出，風速對懸浮微粒濃度的影響可能存在閾值。日本研究發現風速高於3 m/sec時，風速與PM_{2.5}濃度呈正相關[21]。國內研究則提出當風速高於5 m/sec時，風速與PM_{2.5}濃度呈正相關，但若超過某特定風速上限則恢復呈負相關[18]。本研究區域平均風速為2.3 m/sec，並未將風速進行分組，缺乏探討不同風速區間對PM_{2.5}濃度的影響。

非東北季風時期，溫度與PM_{2.5}之相關

係數絕對值最大。溫度與PM_{2.5}濃度呈現負相關。溫度愈高，PM_{2.5}濃度愈低。此結果與國內高高屏地區及濁水溪下游地區(崙背、台西與斗六)研究結果相似[17,18]。翁叔平等人[17]調查高高屏地區發生PM_{2.5}污染事件研究指出，白天時段溫度與PM_{2.5}濃度呈現負相關；錢滄海和陳奕愷[18]以迴歸分析探討濁水溪下游地區PM_{2.5}與氣象因子關係，結果證實PM_{2.5}與溫度呈現負相關。溫度並非直接影響懸浮微粒濃度，主要是因為區域性大氣層溫度的差異，導致熱對流的產生，促使大氣中懸浮微粒因熱對流而增加擴散或傳送，造成懸浮微粒濃度下降的現象[22]。此外，天氣型態及地形效應亦可能造成嘉南地區溫度對PM_{2.5}濃度的影響。台灣於夏季期間盛行西南季風，熱帶海洋低氣壓導致對流效應及大氣擴散條件良好，並經常出現午後雷陣雨，可能導致嘉南地區PM_{2.5}濃度較低的原因。台灣於冬季期間盛行東北季風，大陸冷高壓壟罩造成對流效應降低；此外，嘉南地區位處中央山脈背風區，不利於懸浮微粒的傳輸與擴散，可能導致低溫天氣型態PM_{2.5}濃度較高的原因。溫度對PM_{2.5}濃度的影響可能受限於不同天氣型態及地形效應而有所差異，建議後續研究可進一步探討。

錢滄海和陳奕愷[18]針對高高屏地區研究指出，溫度與PM_{2.5}濃度有明顯相關[17]。北部空氣品質區污染物濃度變化與氣象因子的相關性研究發現，風速是最具顯著的影響因素[26]。中部地區臭氧空氣品質監測數據分析結果，顯示降雨、溫度及季節與最大臭氧濃度發生有關[27]。美國地區研究發現，降雨(雪)量與PM_{2.5}濃度有很強的負相關[20]。綜合本研究與其它研究結果，顯示氣象因子對PM_{2.5}濃度的影響可能具空間變異性[18,20,22,28]，主要取決於不同地區PM_{2.5}各成分之組成比例。探討細懸浮微粒的來源與成份分析，將有助於釐清氣象因子對PM_{2.5}濃度影響之關係。因此，建議探討氣象因子對PM_{2.5}濃度影響，應考慮PM_{2.5}成份組成，以釐清兩者之相關性。另外，Tai等人[20]研究發現，溫度、相對濕度、降雨(雪)與環流可共同解釋美國全境PM_{2.5}濃度超過50%

的變異量。本研究僅針對個別氣象因子與 $PM_{2.5}$ 濃度之相關性分析，缺乏結合溫度、相對濕度、降雨量、風速和風向等因子對 $PM_{2.5}$ 濃度的影響。建議未來可進一步分析探討。

國內外研究指出，溫度可能影響 $PM_{2.5}$ 所含之硝酸鹽(nitrate)、硫酸鹽(sulfate)、有機碳(organic carbon, OC)與元素碳(elemental carbon, EC)濃度[19,20]。國內調查發現[8]，死亡率與急診就醫率與 $PM_{2.5}$ 所含nitrate、sulfate、OC與EC濃度有關。nitrate濃度達 $1 \mu g/m^3$ ，老年人死亡率(所有死因)相對風險為1.12；OC濃度超過 $15 \mu g/m^3$ ，死亡率風險增高。sulfate濃度達 $7 \mu g/m^3$ ，心臟疾病死亡率相對風險為1.31；nitrate濃度超過 $8 \mu g/m^3$ ，心臟疾病死亡率風險增高。OC濃度達 $4 \mu g/m^3$ ，急診就醫相對風險為1.03；EC濃度達 $2 \mu g/m^3$ ，急診就醫相對風險為1.08；nitrate濃度超過 $6 \mu g/m^3$ 、sulfate濃度超過 $8 \mu g/m^3$ ，急診就醫風險增高。進一步探討嘉南地區於不同溫度或季節，大氣中 $PM_{2.5}$ 組成成份將有助於瞭解 $PM_{2.5}$ 對民眾之健康效應。

濕度與 $PM_{2.5}$ 濃度呈現負相關。相對濕度愈高， $PM_{2.5}$ 濃度愈低。與國內濁水溪下游地區(崙背、台西與斗六)研究結果相似[18]。張立農等人[29]調查台灣地區交通空氣品質監測站，發現相對濕度增加會使懸浮微粒增加質量，導致沉降速度增加，降低大氣中懸浮微粒濃度。日本長崎地區研究，指出濕度高於70%時， $PM_{2.5}$ 濃度與濕度有強的負相關[21]。本研究結果發現，嘉南地區相對濕度較高(平均值75.14%)，高濕度容易加速大氣中懸浮微粒沉降，可能因此導致大氣中懸浮微粒濃度下降的原因。另外，相對濕度高時，降雨的機會也隨之增高，一旦降雨，大氣中 $PM_{2.5}$ 可能因為濕沉降而大為減少。蔡瀛逸[30]研究指出，在低濕度下(RH < 70%)，容易產生二次氣膠，懸浮微粒濃度也會上升。曾韋勳[22]研究發現，高屏地區 $PM_{2.5}$ 濃度與相對濕度呈正相關。曾韋勳[22]研究之季節為發生懸浮微粒事件較多的春季與冬季，此兩季節南部地區大致為晴到多雲天氣。可能導致與本研究結果不一致的原因，值得進一步探討。

目前國內有關降雨量與 $PM_{2.5}$ 濃度之相關性探討較少，主要侷限於探討相對濕度與 $PM_{2.5}$ 濃度之相關性。本研究發現，累積降雨量與 $PM_{2.5}$ 濃度呈現負相關。累積降雨量愈多， $PM_{2.5}$ 濃度愈低。與美國[20]及日本長崎[21]研究結果一致。曾秉澤[23]研究指出，降雨量愈大， $PM_{2.5}$ 濃度愈低，地理位置不同，亦影響其相關係數。本研究顯示，嘉南地區不同測站累積降雨量對 $PM_{2.5}$ 濃度的影響程度不同。嘉義縣市($r = -0.247 \sim -0.261$)、台南縣市($r = -0.242 \sim -0.267$)，新營測站相關係數絕對值最大($r = -0.267$)，安南測站相關係數絕對值最小($r = -0.242$)。另外，國內研究認為，適度的降雨雖有助於降低大氣中 $PM_{2.5}$ 濃度，然而極大降雨反而可能破壞植被，促使揚塵增加，進而提升 $PM_{2.5}$ 濃度[23]。極端降雨情形對台灣 $PM_{2.5}$ 濃度影響值得後續進一步探討。

結論

本研究分析環保署空氣品質監測站之 $PM_{2.5}$ 與氣象資料，探討嘉南地區大氣中 $PM_{2.5}$ 濃度與氣象因子之相關性分析。研究結果發現，嘉南地區 $PM_{2.5}$ 濃度超過現行環保署管制標準，可能影響民眾健康。風速、溫度、相對濕度與累積降雨量可能影響嘉南地區 $PM_{2.5}$ 濃度，且均呈現負相關。其中，東北季風期間，風速與 $PM_{2.5}$ 之相關係數絕對值最大；非東北季風期間，溫度與 $PM_{2.5}$ 之相關係數絕對值最大。顯示風速與溫度對嘉南地區 $PM_{2.5}$ 濃度的影響可能較大。氣候型態(東北季風)可能影響氣象因子對 $PM_{2.5}$ 濃度的相關性。此外，氣象條件對 $PM_{2.5}$ 濃度的影響可能存在空間變異性。因此，本研究結果僅顯示嘉南地區現象，無法推論至台灣其它地區。另外，本研究僅以相關分析探討氣象因子(溫度、濕度、降雨量與風速)個別對 $PM_{2.5}$ 濃度的影響。僅分析東北季風條件下，氣象因子對於 $PM_{2.5}$ 濃度的影響。缺乏針對其它氣候型態(synoptic weather typing)、特殊氣候(颱風、沙塵暴)及境外污染物傳輸等因素，評估氣象因子對大氣 $PM_{2.5}$ 濃度之影響。因此，本研究結果可能無法

完整呈現氣象因子對PM_{2.5}的影響程度。另外，PM_{2.5}成份也可能影響PM_{2.5}與氣象子之相關性，有待後續研究進一步釐清。

致 謝

本研究得以順利完成，感謝長庚紀念醫院(CMRPF6C0083)提供經費贊助，特此致謝。

參考文獻

1. International Agency for Research on Cancer (IARC). IARC: outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths. Available at http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2013/pdfs/pr221_E.pdf. Accessed July 22, 2016.
2. Dominici F, Peng RD, Bell ML, et al. Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases. *JAMA* 2006;**295**:1127-34. doi:10.1001/jama.295.10.1127.
3. 行政院環境保護署：104年空氣品質年報。台北：行政院環境保護署，2015。
Environmental Protection Administration, Executive Yuan, R.O.C. (Taiwan). Air Quality Annual Report of R.O.C. (Taiwan), 2015. Taipei: Environmental Protection Administration, Executive Yuan, R.O.C. (Taiwan), 2015. [In Chinese: English abstract]
4. Halonen JI, Lanki T, Yli-Tuomi T, Tiittanen P, Kulmala M, Pekkanen J. Particulate air pollution and acute cardiorespiratory hospital admissions and mortality among the elderly. *Epidemiology* 2009;**20**:143-53. doi:10.1097/EDE.0b013e31818c7237.
5. Hwang SL, Guo SE, Chi MC, et al. Association between atmospheric fine particulate matter and hospital admissions for chronic obstructive pulmonary disease in southwestern Taiwan: a population-based study. *Int J Environ Res Public Health* 2016;**13**:366. doi:10.3390/ijerph13040366.
6. Tsai SS, Chang CC, Yang CY. Fine particulate air pollution and hospital admissions for chronic obstructive pulmonary disease: a case-crossover study in Taipei. *Int J Environ Res Public Health* 2013;**10**:6015-26. doi:10.3390/ijerph10116015.
7. Wellenius GA, Schwartz J, Mittleman MA. Air pollution and hospital admissions for ischemic and hemorrhagic stroke among medicare beneficiaries. *Stroke* 2005;**36**:2549-53. doi:10.1161/01.STR.0000189687.78760.47.
8. Wang YC, Lin YK. Mortality and emergency room visits associated with ambient particulate matter constituents in metropolitan Taipei. *Sci Total Environ* 2016;**569-570**:1427-34. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.06.230.
9. Cheng MH, Chiu HF, Yang CY. Coarse particulate air pollution associated with increased risk of hospital admissions for respiratory diseases in a tropical city, Kaohsiung, Taiwan. *Int J Environ Res Public Health* 2015;**12**:13053-68. doi:10.3390/ijerph121013053.
10. Lo WC, Shie RH, Chan CC, Lin HH. Burden of disease attributable to ambient fine particulate matter exposure in Taiwan. *J Formos Med Assoc* 2016;pii:S0929-6646(15)00414-3. doi:10.1016/j.jfma.2015.12.007. [Epub ahead of print]
11. WHO. Air quality guidelines-global update 2005. Available at http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf. Accessed July 22, 2016.
12. Tsai JH, Huang KL, Lin NH, et al. Influence of an Asian dust storm and southeast Asian biomass burning on the characteristics of seashore atmospheric aerosols in southern Taiwan. *Aerosol Air Qual Res* 2012;**12**:1105-15. doi:10.4209/aaqr.2012.07.0201.
13. 行政院環境保護署：空氣品質標準，2012。
<http://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/b0206.aspx>。引用 2016/07/22。
Environmental Protection Administration, Executive Yuan, R.O.C. (Taiwan). Air Quality Standards, 2012. Available at: <http://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/b0206.aspx>. Accessed July 22, 2016.
14. 行政院環境保護署：空氣品質監測網，2016。
<http://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/default.aspx>。引用 2016/07/22。
Environmental Protection Administration, Executive Yuan, R.O.C. (Taiwan). Taiwan Air Quality Monitoring Net. Available at: <http://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/default.aspx>. Accessed July 22, 2016.
15. 周崇光：「細懸浮微粒」：空氣品質管理的新重心。中央研究院週報 2010；(1276)：4-6。
Chou CCK. "Fine particulate matter": the new focus of air quality management. *Academia Sinica E-News* 2010;(1276):4-6. [In Chinese]
16. Pohjola MA, Kousa A, Kukkonen J, et al. The spatial and temporal variation of measured urban PM₁₀ and PM_{2.5} in the helsinki metropolitan area. *Water Air Soil Pollut Focus* 2002;**2**:189-201. doi:10.1007/978-94-010-0312-4_14.
17. 翁叔平、郭乃文、呂珮雯：高高屏地區細懸浮微粒(PM_{2.5})污染事件的綜觀環境分析。大氣科學 2013；**41**：43-64。
Weng SP, Kuo NW, Lu PW. The synoptic environ-

- mental settings of PM_{2.5} contamination events in the Kaohsiung-Pingtung areas. *Atmos Sci* 2013;**41**:43-64. [In Chinese: English abstract]
18. 錢滄海、陳奕愷：濁水溪下游懸浮微粒與氣象因子關係之研究。水土保持學報 2012；**44**：391-406。
Chien CH, Chen YK. A study of relationship among the suspended particles and meteorological factors at downstrem of Jhuoshei River. *Shui Tu Bao Chi Xue Bao* 2012;**44**:391-406. [In Chinese: English abstract]
19. 于培倫：中部空品區天氣型態與二次氣膠之探討分析。台中：東海大學環境科學與工程學系碩士論文，2010。
Yu BR. Discussion and analysis between synoptic weather types and secondary aerosol in central Taiwan [Dissertation]. Taichung: Department of Environmental Science and Engineering, Tunghai University, 2010. [In Chinese: English abstract]
20. Tai APK, Mickley LJ, Jacob DJ. Correlations between fine particulate matter (PM_{2.5}) and meteorological variables in the United States: implications for the sensitivity of PM_{2.5} to climate change. *Atmos Environ* 2010;**44**:3976-84. doi:10.1016/j.atmosenv.2010.06.060.
21. Wang J, Ogawa S. Effects of meteorological conditions on PM_{2.5} concentrations in Nagasaki, Japan. *Int J Environ Res Public Health* 2015;**12**:9089-101. doi:10.3390/ijerph120809089.
22. 曾韋勳：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。台南：國立成功大學環境工程學系碩士論文，2012。
Tseng WH. Characteristics of airborne particulates in different synoptic patterns and the relationship with meteorological parameters in southern Taiwan [Dissertation]. Tainan: Department of Environmental Engineering, National Cheng Kung University, 2012. [In Chinese: English abstract]
23. 曾秉澤：台灣雲嘉南地區近年懸浮微粒濃度及空氣品質變化趨勢分析。雲林：國立雲林科技大學環境與安全衛生工程系碩士論文，2014。
Tseng PT. Variation of suspended particulate concentrations and air quality at southwest Taiwan in the recent decade [Dissertation]. Yunlin: Department and Graduate School of Safety Health and Environmental Engineering, National Yunlin University of Science and Technology, 2014 [In Chinese: English abstract]
24. 衛生福利部統計處：民國104年死因統計年報。
<http://www.mohw.gov.tw>。引用2016/07/22。
Department of Statistics, Ministry of Health and Welfare, R.O.C. (Taiwan). Annual report on the cause of death statistics in 2015. Available at: <http://www.mohw.gov.tw>. Accessed July 22, 2016. [In Chinese]
25. 楊淑明：宜蘭與蘇澳東北季風時期之降水分析。北市教大社教學報 2011；**(10)**：157-79。
Yang SM. An analysis of precipitation in Yilan and Su-ao during the northeast monsoon period. *Bei Shi Jiao Da She Jiao Xue Bao* 2011;**(10)**:157-79. [In Chinese: English abstract]
26. 王嘉弘：氣象條件對空氣品質的影響。台北：中國文化大學地學研究所碩士論文，1990。
Wnag JH. The effect of weather conditions on air quality [Dissertation]. Taipei: Graduate School of Earth Science, Chinese Culture University, 1990. [In Chinese]
27. 莊寶玉：空氣品質資料分析—以中部空品區臭氧為例。台中：朝陽科技大學環境工程與管理系碩士論文，2005。
Chuang PY. Ambient O₃ concentration [Dissertation]. Taichung: Department of Environmental Engineering and Management, Chaoyang University of Technology, 2005. [In Chinese: English abstract]
28. 魏致中、陳宛青、王秋森：台灣麥寮地區大氣中懸浮微粒化學組成之探討。中華衛誌 1996；**15**：124-33。doi:10.6288/CJPH1996-15-02-03。
Wei CC, Chen WC, Wang CS. Chemical compositions of ambient aerosols in the Meliao area. *Chinese J Public Health* 1996;**15**:124-33. doi:10.6288/CJPH1996-15-02-03. [In Chinese: English abstract]
29. 張立農、江孟玲、林昭遠：台灣交通空氣品質監測站PM₁₀變異影響因素之研究。水土保持學報 2015；**47**：1235-46。
Zhang LO, Chiang ML, Lin CY. Factors affecting suspended particulate matter (PM₁₀)—a case study of traffic air quality monitoring stations in Taiwan. *Shui Tu Bao Chi Xue Bao* 2015;**47**:1235-46. [In Chinese: English abstract]
30. 蔡瀛逸：台灣中部都會及沿海地區能見度與大氣氣膠化學特性關係之研究。台中：國立中興大學環境工程學系博士論文，1999。
Tsai YI. Relationship of visibility and chemical properties of ambient aerosols in urban and coastal areas of central Taiwan [Thesis]. Taichung: Department of Environmental Engineering, National Chung Hsing University, 1999. [In Chinese: English abstract]

Correlations between atmospheric fine particulate matter and meteorological variables in the Chia-Nan Area of Taiwan, 2006-2014

SU-LUN HWANG^{1,2,3,*}, YU-CHING LIN^{3,4,5}, SU-ER GUO^{1,2}, MIAO-CHING CHI^{2,4},
CHIEH-MO LIN^{1,3,6}, CHIANG-TING CHOU^{1,2}, YU-SHAN HUANG¹

Objectives: This article explores correlations between the fine particulate matter (PM_{2.5}) level and meteorological variables in the Chia-Nan area of Taiwan. **Methods:** Data regarding PM_{2.5} and meteorological variables (*i.e.*, temperature, relative humidity, rainfall, and wind speed) between 2006 and 2014 were obtained from Environmental Protection Administration monitoring stations. The region studied is located in 4 southwestern districts (Chiayi City, Chiayi County, Tainan City, and Tainan County) and includes 3 ambient air quality-monitoring stations in Chiayi (Chiayi, Xingan, and Puzi stations) and 4 stations in Tainan (Xinying, Shanhua, Annan, and Tainan stations). Quartiles (25%, 50%, and 75%) and mean, minimum, and maximum levels were used to describe the characteristics of PM_{2.5} and meteorological variables, respectively. The relationship between PM_{2.5} and meteorological variables was estimated using the Pearson product correlation. **Results:** During the study period, the overall mean daily average level of PM_{2.5}, temperature, relative humidity, cumulative level of rainfall, and wind speed were 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 24°C, 75%, 12.1 mm, and 2.3 m/s, respectively. In the Chia-Nan area of Taiwan, PM_{2.5} was negatively correlated with temperature ($r = -0.446$), relative humidity ($r = -0.327$), cumulative rainfall ($r = -0.279$), and wind speed ($r = -0.173$). During the Northeast Monsoon period, the absolute value of the correlation between wind speed and PM_{2.5} level was the largest ($r = -0.371$). However, during the Non-Northeast Monsoon period, the absolute value of the correlation between temperature and PM_{2.5} concentrations was the largest ($r = -0.525$). **Conclusions:** Wind speed and temperature have higher correlations with PM_{2.5} levels than do relative humidity and cumulative rainfall in the Chia-Nan area of Taiwan. (*Taiwan J Public Health*. 2016;35(6):575-586)

Key Words: Chia-Nan Area, fine particulate matter, meteorological variables

¹ Department of Nursing, Chang Gung University of Science and Technology, Chia-Yi Campus, No. 2, Sec. W., Jiapu Rd., Puzi, Chia-Yi, Taiwan, R.O.C.

² Chronic Diseases and Health Promotion Research Center, Chang Gung University of Science and Technology, Chia-Yi, Taiwan, R.O.C.

³ Division of Pulmonary and Critical Care Medicine, Chang Gung Memorial Hospital, Chia-Yi, Taiwan, R.O.C.

⁴ Department of Respiratory Care, Chia-Yi Campus, Chang Gung University of Science and Technology, Chia-Yi, Taiwan, R.O.C.

⁵ Department of Respiratory Therapy, Chang Gung University, Taoyuan, Taiwan, R.O.C.

⁶ Graduate Institute of Clinical Medical Sciences, College of Medicine, Chang Gung University, Taoyuan, Taiwan, R.O.C.

* Correspondence author. E-mail: slhuang@mail.cgu.edu.tw

Received: Jul 22, 2016 Accepted: Nov 2, 2016

DOI:10.6288/TJPH201635105066