

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

PM1/PM2.5/PM10 無機性氣懸微粒 總暴露量之評估 (II)

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 89-2621-Z-002-028

執行期間：88年8月1日至89年7月31日

個別型計畫：計畫主持人：李芝珊
共同主持人：

整合型計畫：總計畫主持人：
子計畫主持人：

註：整合型計畫總報告與子計畫成果報告請分開編印各成一冊，彙整一起繳送國科會。

處理方式： 可立即對外提供參考
 一年後可對外提供參考
 兩年後可對外提供參考
(必要時，本會得展延發表時限)

執行單位：台灣大學環境衛生研究所

中華民國 89年6月15日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告
臭氧及PM1/PM2.5/PM10氣懸微粒之暴露及健康風險評估-子計畫三：
PM1/PM2.5/PM10無機性氣懸微粒總暴露量之評估 (II)
計畫編號：NSC-89-2621-Z-002-028

執行期限：88年8月1日至89年7月31日

主持人：李芝珊 台大公共衛生學院環境衛生研究所

一、中文摘要

本研究使用 Trichotomous 分道採樣器，在台灣北區具代表性的環保署監測站進行大氣環境採樣，並藉以瞭解 PM10、PM2.5 及 PM1 氣懸微粒的質量濃度及化學特性。進而提供具本土性及代表性的 PM1 及 PM2.5 的數據，用以評估建立我國 PM2.5 氣懸微粒的空氣品質標準。

中山測站 PM1 質量濃度均值介於 9.6-14.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，相較於大同站的均值 29.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，大同站的 PM1 質量濃度約為中山站的 2 倍；而中山測站 PM2.5 質量濃度均值介於 12.7-29.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，大同站的均值為 34.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；若以 PM10 微粒濃度來看，中山站皆低於大同站。中山站的 PM1/PM10 比值平均值分佈於 0.39-0.52，而大同站的 PM1/PM10 比值平均值分佈於 0.53-0.64，比值分佈很接近(標準差為 0.04)，都在 0.5 以上。由此可知，大同站(交通污染源)的微粒濃度比中山站(一般來源)高，且有 50% 以上屬於 1 μm 以下的微粒。

關鍵詞：PM10、PM2.5、PM1、質量濃度、化學特性。

Abstract

The Trichotomous sampler was used to evaluate the PM1/PM2.5/PM10 characteristics in two EPA monitoring stations. Regarding PM1, the mean concentrations ranged from 9.6 to 14.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in the General station and 29.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in the Traffic station. In regard to PM2.5, the concentrations in Traffic station (34.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) were two times higher than those observed in the General station (12.7-29.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Concerning PM10, the Traffic station

had higher levels than those found in the General station. In regard to PM1/PM10 ratios, more than 50% particles are smaller than 1 μm . Therefore, it is necessary to further evaluate the chemical compositions of PM1 and related health effects.

二、緣由與目的

細微粒與粗微粒具有不同的物理及化學特性，並且各有不同的污染來源。雖然分別探討細微粒與粗微粒的特性大家均有共識，但是如何選擇一個好的截取粒徑卻在過去幾年廣泛引起學界的討論。大部份的科學家同意截取粒徑應落在 1.0-2.5 μm 之間，同時這個截取粒徑應能包括所有的細微粒且含極少的粗粒徑微粒(Lundgren et al, 1996)。

愈來愈多的流行病學的報告顯示氣懸微粒對健康的影響包括呼吸道的疾病甚或死亡。因此各國紛紛針對流行病學的研究開始檢討其國內的空氣品質標準。例如在美國，原有的 PM10 氣懸微粒標準的年平均值為 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 小時平均值為 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)，加州為 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，德國為 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。但 Spurny(1996)則認為若欲降低因吸入微粒引起的死亡或罹病率，則標準應訂定的更嚴格，例如 PM10 的年平均值應為 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，PM2.5 的年平均值應為 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。此外，美國環保署過去幾年曾提出訂定 PM2.5 氣懸微粒的空氣品質標準，以取代原有的 PM10 氣懸微粒的標準，建議值設定在 PM2.5 氣懸微粒的 24 小時標準在 25-85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之間；而年平均值則在 15-30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之間。

目前對於PM10的研究相當的多，但是對於PM2.5氣懸微粒的研究就非常的少，對於PM1氣懸微粒的研究則在全世界到目前為止僅進行一次實測(Lundgren et al, 1996)。而台灣地區目前環保署的監測站只有評估PM10的質量濃度，沒有評估其化學組成特性，且鮮少有研究PM2.5及PM1的質量濃度及化學組成。

本研究將評估大氣環境PM10、PM2.5及PM1氣懸微粒的質量濃度、化學特性，以了解台灣地區氣懸微粒的特性及其分布；研擬PM2.5氣懸微粒的空氣品質標準；研發室內PM1採樣器；並且進行室內外環境的PM10、PM2.5及PM1氣懸微粒特性之評估，進而評估台灣地區一般大眾氣懸微粒的總暴露量。同時藉瞭解重要污染源PM1、PM2.5及PM10排放特性(尤其是重金屬)及利用受體模式，可評估各重要污染源之貢獻量。

三、研究方法

本研究使用Trichotomous採樣器，用以區分粒徑小於1 μm 的氣懸微粒、1-2.5 μm 的氣懸微粒及2.5-10 μm 的氣懸微粒(Lundgren et al, 1996)。此採樣器操作在40CFM(1132 lpm)流量及110V, 60Hz。而Trichotomous採樣器所使用的濾紙有三種尺寸，分別為47mm的濾紙9張，其中有兩張濾紙無氣流通過，以做為對照；還有2.5 in.X7 in.與8 in.X10 in.的濾紙各一張，採樣一次共需11張濾紙。

在採樣點的選擇上，我們選擇環保署的中山及大同空氣品質監測站，進行連續七天，每天24小時的採樣。中山空氣品質監測站是屬於一般測站，大同空氣品質監測站屬於交通測站，用以比較PM特性差異。

四、結果與討論

本研究分別於1999年4月、9-10月、12月及2000年4月間分別在環保署的中山空氣品質監測站及大同監測站進行大氣氣懸微粒採樣。

中山站春季

由表一可知PM1微粒質量濃度範圍為9.8-17.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，平均值為14.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，標準差為5.9；PM2.5微粒質量濃度範圍為13.3-26.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，平均值為20.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，標準差為3.9；而PM10微粒質量濃度範圍為24.5-43.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，平均值為35.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，標準差為5.8。而PM1質量與PM10質量比例(PM1/PM10 Ratio)範圍為0.32-0.43，平均值為0.40，標準差為0.20；PM2.5質量與PM10質量比例(PM2.5/PM10 Ratio)範圍為0.50-0.61，平均值為0.56，標準差為0.28；PM1質量與PM2.5質量比例(PM1/PM2.5 Ratio)範圍為0.64-0.76，平均值為0.71，標準差為0.36。

中山站夏季

由表二可知PM1微粒質量濃度範圍為7.4-21.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，平均值為13.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，標準差為5.3；PM2.5微粒質量濃度範圍為8.3-23.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，平均值為14.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，標準差為5.7；而PM10微粒質量濃度範圍為12.8-33.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，平均值為21.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，標準差為6.7。PM1質量與PM10質量比例(PM1/PM10 Ratio)範圍為0.42-0.60，平均值為0.52，標準差為0.06；PM2.5質量與PM10質量比例(PM2.5/PM10 Ratio)範圍為0.48-0.66，平均值為0.58，標準差為0.06；PM1質量與PM2.5質量比例(PM1/PM2.5 Ratio)範圍0.89-0.92，平均值為0.90，標準差為0.01。夏季PM1的部份比例較春季高，推測可能因光化學反應強烈，導致大氣中較多二次污染物產生，使得PM1的部份比例較春季增加。

大同站秋季

由表三可知PM1微粒質量濃度範圍為22.4-36.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，平均值為29.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，標準差為6.0；PM2.5微粒質量濃度範圍為27.3-42.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，平均值為34.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，標準差為7.1；而PM10微粒質量濃度範圍為35.8-66.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，平均值為46.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，標準差為12.2。而PM1質量與PM10質量比例(PM1/PM10 Ratio)範圍0.53-0.64，

平均值為 0.59，標準差為 0.04；PM_{2.5} 質量與 PM₁₀ 質量比例 (PM_{2.5}/PM₁₀ Ratio) 範圍為 0.64-0.79，平均值為 0.69，標準差為 0.05；PM₁ 質量與 PM_{2.5} 質量比例 (PM₁/PM_{2.5} Ratio) 範圍為 0.82-0.89，平均值為 0.86，標準差為 0.03。此筆數據顯示交通來源產生的微粒質量濃度較一般來源大，且集中在 2.5 μm 以下，小於 1 μm 的微粒濃度更為一般來源的 2 倍以上。

中山站冬季

由表四可知 PM₁ 微粒質量濃度範圍為 8.1-10.7 μg/m³，平均值為 9.7 μg/m³，標準差為 3.5；PM_{2.5} 微粒質量濃度範圍為 8.7-15.8 μg/m³，平均值為 12.7 μg/m³，標準差為 5.0；而 PM₁₀ 微粒質量濃度範圍為 15.5-36.2 μg/m³，平均值為 26.4 μg/m³，標準差為 13.4。而 PM₁ 質量與 PM₁₀ 質量比例 (PM₁/PM₁₀ Ratio) 範圍 0.30-0.54，平均值為 0.39，標準差為 0.19；PM_{2.5} 質量與 PM₁₀ 質量比例 (PM_{2.5}/PM₁₀ Ratio) 範圍為 0.40-0.67，平均值為 0.50，標準差為 0.24；PM₁ 質量與 PM_{2.5} 質量比例 (PM₁/PM_{2.5} Ratio) 範圍為 0.63-0.93，平均值為 0.78，標準差為 0.35。由結果可看出冬季 PM₁ 與 PM_{2.5} 的質量濃度佔 PM₁₀ 的比例，明顯比春季及夏季來的低，而 PM₁、PM_{2.5}、PM₁₀ 的質量濃度也比春季、夏季低。

中山站春季

由表五可知 PM₁ 微粒質量濃度範圍為 10.9-31.2 μg/m³，平均值為 19.2 μg/m³，標準差為 5.9；PM_{2.5} 微粒質量濃度範圍為 18.4-45.8 μg/m³，平均值為 29.9 μg/m³，標準差為 9.9；而 PM₁₀ 微粒質量濃度範圍為 33.5-87.7 μg/m³，平均值為 53.1 μg/m³，標準差為 19.0。PM₁ 質量與 PM₁₀ 質量比例 (PM₁/PM₁₀ Ratio) 範圍為 0.22-0.48，平均值為 0.40，標準差為 0.08；PM_{2.5} 質量與 PM₁₀ 質量比例 (PM_{2.5}/PM₁₀ Ratio) 範圍為 0.38-0.75，平均值為 0.61，標準差為 0.12；PM₁ 質量與 PM_{2.5} 質量比例 (PM₁/PM_{2.5} Ratio) 範圍為 0.51-0.79，平均值為 0.67，標準差為 0.10。此數據在

PM_{2.5}-10 的濃度部份高出一倍左右，因採樣期間受到大陸沙塵暴的影響，導致 PM_{2.5}-10 的濃度暴增，也由此可顯示沙塵微粒大小介於 2.5-10 μm 之間；根據環保署提供的資料顯示，沙塵暴在冬末春季較易發生，但台灣地區並非沙塵暴發生後向外傳送的主要地區，僅在特殊氣象條件配合下才會發生。中山站微粒的質量濃度沒有明顯的季節變化趨勢，若比較 PM₁/PM₁₀、PM_{2.5}/PM₁₀、PM₁/PM_{2.5} 比值，結果顯示夏季光化學反應強烈，導致大氣中二次污染物較易產生，使得細微粒 (PM₁、PM_{2.5}) 部份比例比其他季節高。

五、建議

本研究針對大氣一般測站與交通測站評估 PM₁/PM_{2.5}/PM₁₀ 氣懸微粒的質量濃度，發現其質量濃度比例 (PM₁/PM_{2.5}、PM_{2.5}/PM₁₀、PM₁/PM₁₀) 在兩測站的分佈有其一定的範圍，未來可繼續累積相關資料 (PM₁、PM_{2.5}、PM₁₀ 質量濃度)，建立本土化的資料庫，可根據不同性質污染源判斷推估微粒各粒徑分佈的比例。

參考文獻

- 1) Lundren DA, Hlaing DN, Rich TA and Marple VA, (1996) "PM₁₀/PM_{2.5}/PM₁ Data from a Trichotomous Sampler", *Aerosol Science and Technology* 25:353-357.
- 2) Chow, J.C., J.C. Waston, E.M. Fujita, Z.Lu, and D.R. Lawson, (1994). "Temporal and Spatial Variation of PM_{2.5} and PM₁₀ Aerosol in the Southern California Air Quality Study", *Atmospheric Environment*, Vol.28, pp.2061-2080.
- 3) Chan, Y.C., R.W.Simpson, G.H. Mctainsh, P.H. Vowles, D.D. Cohen, G.M. Bailey, (1999). "Source Apportionment of PM_{2.5} and PM₁₀ Aerosols in Brisbane (Australia) by receptor Model", *Atmospheric Environment*, Vol.33, pp.3251-3268.

表四 中山站冬季PM1/PM2.5/PM10懸浮微粒質量濃度及質量比值(1999年12月份)

日期	PM1		PM2.5		PM10		監測站PM10		PM1/PM2.5/PM10	
	1-2.5	2.5-10	1-2.5	2.5-10	PM10	(sum)	24小時平均值	PM1/PM10	PM2.5/PM10	
第一天	10.3	1.6	14.4	13.7	25.6	34.5	0.40	0.56	0.72	
第二天	8.1	0.8	8.7	7.3	16.2	15.5	19.1	0.50	0.54	
第三天	9.9	1.4	12.8	17.0	28.3	26.4	34.3	0.35	0.45	
第四天	10.7	1.8	14.2	23.3	35.8	34.3	44.0	0.30	0.40	
第五天	10.0	1.6	15.8	20.7	32.3	36.2	47.3	0.31	0.49	
第六天	9.2	1.7	11.1	19.8	30.6	28.7	39.2	0.30	0.36	
第七天	9.5	1.1	11.7	6.9	17.5	18.3	21.8	0.54	0.67	
平均	9.7	1.4	12.7	15.5	26.6	26.4	34.3	0.39	0.50	

註1:質量濃度單位為 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
 註2:PM10的質量濃度sum為 $(\text{PM1}+\text{PM1}-2.5+\text{PM2.5}-10)$, measured為直接測得的數據;
 註3:PM1/PM10、PM2.5/PM10、PM1/PM2.5 ratio為質量濃度相除後得到的比值

表五 中山站夏季PM1/PM2.5/PM10懸浮微粒質量濃度及質量比值(2000年4月份)

日期	PM1		PM2.5		PM10		監測站PM10		PM1/PM2.5/PM10	
	1-2.5	2.5-10	1-2.5	2.5-10	PM10	(sum)	24小時平均值	PM1/PM10	PM2.5/PM10	
第一天	10.9	4.6	18.4	13.8	32.2	33.5	37.6	0.34	0.57	
第二天	21.4	5.6	28.0	18.8	45.8	48.4	39.3	0.47	0.61	
第三天	16.1	3.9	20.4	17.8	37.8	39.5	45.4	0.43	0.54	
第四天	14.8	3.4	22.7	15.6	33.7	35.3	41.4	0.44	0.67	
第五天	17.4	8.5	30.1	53.0	78.9	87.7	98.1	0.22	0.38	
第六天	27.0	8.5	45.1	20.8	56.3	69.3	105.6	0.48	0.80	
第七天	17.8	5.0	23.4	23.7	46.5	46.2	61.1	0.38	0.50	
第八天	31.2	6.3	45.8	30.3	67.9	76.8	98.5	0.46	0.68	
第九天	17.9	7.6	35.2	21.0	46.6	56.9	81.7	0.39	0.75	
第十天	17.8	3.8	23.0	18.8	40.3	37.5	53.1	0.44	0.57	
平均	19.2	5.7	29.9	23.3	48.6	53.1	53.1	0.40	0.61	

註1:質量濃度單位為 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
 註2:PM10的質量濃度sum為 $(\text{PM1}+\text{PM1}-2.5+\text{PM2.5}-10)$, measured為直接測得的數據;
 註3:PM1/PM10、PM2.5/PM10、PM1/PM2.5 ratio為質量濃度相除後得到的比值

表一 中山站春季PM1/PM2.5/PM10懸浮微粒質量濃度及質量比值(1999年4月份)

日期	PM1		PM2.5		PM10		監測站PM10		PM1/PM2.5/PM10	
	1-2.5	2.5-10	1-2.5	2.5-10	PM10	(sum)	24Hrs 平均值	PM1/PM10	PM2.5/PM10	
第一天	16.3	5.7	22.0	16.6	38.6	38.6	44.8	0.42	0.57	
第二天	15.0	4.9	19.9	14.9	34.8	34.8	38.2	0.43	0.57	
第三天	14.1	5.7	19.8	13.4	33.2	33.2	38.8	0.42	0.60	
第四天	-	2.1	21.8	12.5	-	34.3	53.7	-	-	
第五天	9.8	3.5	13.3	11.3	24.5	24.5	39.1	0.40	0.54	
第六天	17.0	9.2	26.2	17.1	43.3	43.3	65.7	0.39	0.61	
第七天	11.9	6.6	18.4	18.7	37.1	37.1	59.1	0.32	0.50	
平均	14.0	5.4	20.2	14.9	35.2	35.1	48.5	0.40	0.56	

註1:質量濃度單位為 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
 註2:PM10的質量濃度sum為 $(\text{PM1}+\text{PM1}-2.5+\text{PM2.5}-10)$, measured為直接測得的數據;
 註3:PM1/PM10、PM2.5/PM10、PM1/PM2.5 ratio為質量濃度相除後得到的比值

表二 中山站夏季PM1/PM2.5/PM10懸浮微粒質量濃度及質量比值(1999年9月份)

日期	PM1		PM2.5		PM10		監測站PM10		PM1/PM2.5/PM10	
	1-2.5	2.5-10	1-2.5	2.5-10	PM10	(sum)	24hrs 平均值	PM1/PM10	PM2.5/PM10	
第一天	7.4	0.9	8.3	6.9	15.1	12.8	17.9	0.42	0.57	
第二天	11.2	1.4	12.6	10.0	22.6	19.7	27.2	0.43	0.57	
第三天	21.7	2.0	23.7	12.3	36.0	33.4	-	0.42	0.60	
第四天	12.9	1.4	14.3	9.4	23.7	18.3	-	-	-	
第五天	9.0	1.0	10.0	7.0	17.0	16.6	-	0.40	0.54	
第六天	19.1	1.9	21.2	11.2	32.1	24.1	36.8	0.39	0.61	
第七天	10.4	1.5	11.8	13.1	24.9	24.0	36.7	0.32	0.50	
平均	13.1	1.4	14.5	10.0	24.5	21.3	29.7	0.40	0.56	

註1:質量濃度單位為 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
 註2:PM10的質量濃度sum為 $(\text{PM1}+\text{PM1}-2.5+\text{PM2.5}-10)$, measured為直接測得的數據;
 註3:PM1/PM10、PM2.5/PM10、PM1/PM2.5 ratio為質量濃度相除後得到的比值

表三 大同站夏季PM1/PM2.5/PM10懸浮微粒質量濃度及質量比值(1999年10月份)

日期	PM1		PM2.5		PM10		監測站PM10		PM1/PM2.5/PM10	
	1-2.5	2.5-10	1-2.5	2.5-10	PM10	(sum)	(measured)	PM1/PM10	PM2.5/PM10	
第一天	36.2	4.4	41.6	21.6	62.2	66.1	66.1	0.58	0.67	
第二天	35.1	7.2	42.9	12.2	54.5	55.1	55.1	0.64	0.79	
第三天	33.5	4.1	37.7	16.5	54.2	44.7	44.7	0.62	0.70	
第四天	25.5	3.3	28.8	14.3	43.1	37.6	37.6	0.59	0.67	
第五天	24.6	3.8	28.4	15.9	44.3	36.9	36.9	0.56	0.64	
第六天	22.4	2.9	27.3	16.9	42.3	35.8	35.8	0.55	0.65	
平均	29.5	4.3	34.4	16.2	50.1	46.0	46.0	0.59	0.69	

註1:質量濃度單位為 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
 註2:PM10的質量濃度sum為 $(\text{PM1}+\text{PM1}-2.5+\text{PM2.5}-10)$, measured為直接測得的數據;
 註3:PM1/PM10、PM2.5/PM10、PM1/PM2.5 ratio為質量濃度相除後得到的比值;
 註4:此樣本期間大同站監測值均為無效值,故不列出參考