

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(IV)

計畫編號：NSC 90-2621-Z-002 -029-

執行期限：90 年 8 月 1 日至 91 年 7 月 31 日

主持人：李芝珊

國立台灣大學環境衛生研究所

E-mail:csli@ccms.ntu.edu.tw

一、中文摘要

大氣中含碳氣膠的來源極為複雜，以細粒徑微粒來說，大部份是由燃燒過程產生，如柴油車、汽機車等交通工具、燃料煤、油的燃燒。本研究利用微孔均勻沉積衝擊器(MOUDI™)來評析交通運輸工具(柴油車及機車)排煙氣懸微粒之粒徑分佈特性，進而進行質量濃度之分析探討，研究結果顯示柴油車排煙平均質量濃度為 9166 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；二行程機車引擎之排煙平均質量濃度為 3310 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；四行程機車引擎之排煙平均質量濃度為 1257 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

另外利用總有機碳分析儀附加固態樣品單元，分析微粒樣本中之 EC 及 OC 之濃度，研究結果顯示，四行程機車參數組合為 98 無鉛汽油、1500 rpm 及柴油車 EC/TC 之比值為最高，分別為 0.45 及 0.43；而 OC/TC 之比值以二行程機車排煙為最高，OC/TC 範圍為 0.82~0.92。

關鍵詞：氣懸微粒、柴油車、含碳物質、元素碳、有機碳。

Abstract

The ways of aerosol carbons is very complex. For example the fine particular, most of these are created from the process of combustion. From transportation like the diesel cars, the automobiles and the motorcycle on when burning flues like coal and oil.

This research uses MOUDI to arbitrate the expel vapor of transportation and the spread characteristics of fine particular. To proceed to the next step requires analyzing and discussing the mass concentration. Research shows that average mass concentration of expelled vapor for diesel cars is 9166 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, for a vehicle with two engines it is 3310 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

and for a vehicle with four engines it is 1257 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Particles samples were analyzed for element carbon (EC) and organic carbon (OC) by a Total Organic Carbon Analyzer Equipped with a Solid Sample Module. The research results show that Mobile Sources, the four engine monocycle and diesel car have the highest ratio. The ratios 0.45 and 0.43 are parameters which compose 98 ultra unleaded, 1500 rpm and EC/TC of diesel car. The ratio of OC/TC with two engines expels the highest amount of vapor. The range is between 0.82 to 0.92.

This article provides guidance for report writing under the Grant of National Science Council beginning from fiscal year 1998.

Keywords: particular matter、diesel cars、carbonaceous materials、element carbon (EC)、organic carbon (OC)

二、緣由與目的

近年來，隨著經濟的發展、工商社會的進步及大台北都會區之形成，致使都會區中商業活動頻繁、往來於縣市間之通勤人口大幅增加，因而造成機動車輛的快速成長。研究顯示，氣懸微粒對人體健康、動植物生長及建築物均會造成傷害及損失，並會降低大氣能見度，造成視覺障礙、影響能見度之好壞。

許多研究指出，氣懸微粒含有許多有害物質，除了重金屬外，最主要之物質即為含碳化合物，一般可區分為總碳化合物(total carbon, TC)、有機碳化合物(organic carbon, OC)及元素碳化合物(elemental carbon, EC)。目前已有研究指出含碳之氣懸微粒對人體肺臟可能有致發炎及致腫瘤之特性，並會造成人類細胞的基因突變等。

因此，對於大氣中 EC、OC 質量濃度之控制已日益重要，EC 和 OC 可做為空氣品質及特殊污染排放源之指標，並有助於總量分析之探討。所以本研究為了能對污染物的特徵做更深入的瞭解，將針對移動污染源(柴油車、機車)排放之氣懸微粒，探討其粒徑分佈及各種不同粒徑大小之含碳成份特性，期能評析移動污染源(柴油車、機車)排放之氣懸微粒對於都會區大氣氣懸微粒之貢獻性。

三、結果與討論

(一)柴油車、機車微粒排放質量濃度粒徑分佈

1.柴油車

本研究隨機地選擇 32 台柴油引擎車輛進行採樣，且為配合柴油車動力計電腦檢測程序，乃採全程檢測之採樣，採樣時間為 3-6 分鐘，柴油引擎車之排煙口離採樣點約為 220-330 cm，而排煙口離地隨車輛而有所不同，約為 30-50 cm。表 1 為柴油車排煙之氣懸微粒質量濃度及其比值。柴油車之質量濃度粒徑分佈為一雙峰分佈如圖 1 所示，波峰位於 0.32~0.56 μm 、10~15 μm 。

2.機車

本研究機車引擎組之排煙研究參數如下：二行程 50 c.c 機車引擎組操作參數：92/95 無鉛汽油、Castrol/Essco 機油、1500/4000 rpm；四行程 125 c.c 機車引擎組操作參數：95/98 無鉛汽油、1500/4000 rpm。以下將分別探討二行程 50 c.c 及四行程 125 c.c 引擎於不同參數組合之機車排氣懸微粒質量濃度粒徑分佈。

(1).二行程 50 c.c 機車引擎組

結果顯示，八組二行程機車引擎組之排煙氣懸微粒質量濃度粒徑分佈皆為一雙峰分佈(如圖 2 所示)，其主要之波峰涵蓋大部份細粒徑之微粒，且波峰皆位於 0.18~0.32 μm 、10~15 μm 。表 1 及表 2 為二行程機車排煙之氣懸微粒質量濃度及比值。

以下將分別討論於不同變項(轉速、機油及汽油)下影響機車引擎組之排煙氣懸微粒質量濃度大小：

a.惰轉(1500 rpm)與非惰轉(4000 rpm)之比較：經由統計分析結果，於一定機油及汽油的條件下，參數組合為(92 無鉛汽油、Esso

機油)及(95 無鉛汽油、Esso 機油)時當轉速為 4000 rpm 時氣懸微粒之質量濃度皆顯著大於轉速為 1500 rpm。這可能是因為當轉速高時，燃燒較不完全，致使機車排煙之氣懸微粒質量濃度較高。

b.兩種機油(Esso 與 Castrol)之比較

於相同轉速及汽油的條件下，參數組合為(4000 rpm、92 無鉛汽油)及(4000 rpm、95 無鉛汽油)時，當添加 Esso 機油時，氣懸微粒之質量濃度顯著大於添加 Castrol 機油。由此可知因二行程機車引擎結構其燃燒過程亦將提供潤滑作用之機油一起燃燒而排放，所以，不同成份之機油將會影響機車排煙之氣懸微粒濃度。

c.兩種汽油(92 與 95 無鉛汽油)之比較

於定轉速及機油之條件下，經由統計分析結果得知，在各組不同參數組合中，添加兩種汽油所排放之氣懸微粒質量濃度都非常接近，沒有達到統計上顯著的差異。

(2).四行程 125 c.c 機車引擎組

研究顯示，四組不同參數組合之四行程機車引擎組排煙之氣懸微粒質量濃度之粒徑分佈如圖 3 所示，為一雙峰分佈，表 3 為四行程機車排煙之氣懸微粒質量濃度及比值，由此可知，四行程機車引擎組之排煙氣懸微粒亦偏向於小於 1 μm 之微粒。

以下將分別討論於不同變項(轉速及汽油)下影響四行程機車引擎組氣懸微粒質量濃度大小之因子：

a.惰轉(1500 rpm)與非惰轉(4000 rpm)之比較：

經由統計分析結果，於一定汽油的條件下，參數組合為(98 無鉛汽油)時當轉速為 4000 rpm 時氣懸微粒之質量濃度皆顯著大於轉速為 1500 rpm。這可能是因為當轉速高時，燃燒較不完全，致使機車排煙之氣懸微粒質量濃度較高。

b.兩種汽油(95 與 98 無鉛汽油)之比較

當於定轉速之條件下，經由統計分析結果得知，參數組合為(4000 rpm)時，添加 98 無鉛汽油時氣懸微粒之質量濃度皆顯著大於添加 95 無鉛汽油。

(二)柴油車、機車微粒排放含碳成份粒徑分佈

1. 柴油車

柴油車之氣懸微粒排放中含碳成份粒徑分佈為一雙峰分佈(如圖 4 所示), 碳成份有相同之波峰分佈, 主要之波峰涵蓋了大部份的細粒徑微粒, 波峰分別位於 0.18~0.32 μm 及 10~15 μm 。表 4 顯示, 柴油車排煙氣懸微粒之含碳成份特性。

2. 機車

(1). 二行程 50 c.c 機車引擎組

研究結果顯示, 八組二行程機車引擎組之氣懸微粒排放中含碳成份之粒徑分佈皆為一雙峰分佈(圖 5)。表 5 顯示, 二行程機車排煙氣懸微粒之含碳成份特性。

以下將分別討論於不同變項(轉速、機油及汽油)下影響機車引擎組之排煙氣懸微粒含碳成份之特性:

a. 惰轉(1500 rpm)與非惰轉(4000 rpm)之比較:

經由統計分析結果, 於一定機油及汽油的條件下, 參數組合為(92 無鉛汽油、Esso 機油)及(95 無鉛汽油、Esso 機油)時當轉速為 4000 rpm 時 PM10、PM3.2 及 PM1 之氣懸微粒總碳及有機碳質量濃度皆顯著大於轉速為 1500 rpm。

b. 兩種機油(Esso 與 Castrol)之比較

於相同轉速及汽油的條件下, 參數組合為(4000 rpm、92 無鉛汽油)及(4000 rpm、95 無鉛汽油)時, 當添加 Esso 機油時氣懸微粒總碳及有機碳質量濃度顯著大於添加 Castrol 機油。此結果與微粒之質量濃度相同, 由此可知因二行程機車引擎結構其燃燒過程亦將提供潤滑作用之機油一起燃燒而排放, 所以, 不同成份之機油將會影響機車排煙之氣懸微粒濃度, 且因機油之成份不同亦將影響微粒之含碳量。

c. 兩種汽油(92 與 95 無鉛汽油)之比較

於定轉速及機油之條件下, 經由統計分析結果得知, 在各組不同參數組合中, 添加兩種汽油所排放之氣懸微粒含碳成份質量濃度都非常接近, 沒有達到統計上顯著的差異。

(2). 四行程 125 c.c 機車引擎組

四組不同參數組合之四行程機車引擎組之氣懸微粒排放中含碳成份之粒徑分佈皆為一雙峰分佈(如圖 6 所示)。表 6 顯示四行程機車排煙之氣懸微粒總碳質量濃度佔微

粒質量濃度的比值。

以下將分別討論於不同變項(轉速及汽油)下影響四行程機車引擎組氣懸微粒質量濃度大小之因子:

a. 惰轉(1500 rpm)與非惰轉(4000 rpm)之比較:

經由統計分析結果, 參數組合為 98 無鉛汽油, 轉速為 4000 rpm 時氣懸微粒之元素碳質量濃度皆顯著大於轉速為 1500 rpm, 此與微粒之質量濃度結果相似。

b. 兩種汽油(95 與 98 無鉛汽油)之比較

經由統計分析結果得知, 參數組合 4000 rpm, 添加 98 無鉛汽油時 PM10、PM3.2 及 PM1 之元素碳質量濃度皆顯著大於添加 95 無鉛汽油, 此與微粒之質量濃度結果相似。

四、計畫成果自評

由本計畫得知, 二行程機車排煙中之氣懸微粒絕大部份為含碳物質, 且 OC/TC 之比值平均在 0.90 以上, 因二行程機車之引擎結構不同於其他機動車輛, 其燃燒過程亦將提供潤滑作用之機油一起燃燒排放, 而這些機油之含碳量亦極高, 但也有可能因為本實驗之機車引擎組為老舊車輛之引擎, 由採樣分析過程中發現, 微粒部份大都為引擎未完全燃燒而排放之黃色油滴, 因而造成分析結果 OC/TC 的高估, 但是, 機動車輛排煙中之細粒徑微粒含碳成份遠高於其它的排放源, 所以機動車輛排煙之物理、化學及生物特性亟待進一步之研究。

五、參考文獻

- [1] Hildemann, L. M., G. R. Markowski and G. R. Cass(1991). "Chemical composition of emissions from urban sources of fine organic aerosol." Environ. sci. Technol., Vol. 25, pp. 744-759.
- [2] Kim, Y. P., Moon, K. C., Lee, J. H. and Baik N. J. (1999) "Concentrations of Carbonaceous Species in Particles at Seoul and Cheju in Korea", Atmospheric Environment, Vol. 33, pp. 2751-2758.
- [3] Wolff, G. T. and Korson, P. E. (1985) "Estimates of the Contributions of Sources to Inhalable Particulate Concentrations in Detroit" Atmospheric Environment, Vol. 19, pp. 1399-1409.
- [4] Tasi, Y. I. and M. T. Cheng (1999) "Visibility and Aerosol Chemical Compositions near the Coastal Area in Central Taiwan", Sci. Total Environ., Vol. 231, pp. 37-51.

表1 移動污染源PM1/PM3.2/PM10/PM15氣態微粒質量濃度及比值

	二行程機車									
	柴油車		(92-C-1500)		(92-C-4000)		(92-E-1500)		(92-E-4000)	
	Mean	S.D	Mean	S.D	Mean	S.D	Mean	S.D	Mean	S.D
PM15	9166	7068	2025	565	2031	391	1624	264	7218	1533
PM10	8321	6603	1974	593	2005	405	1553	215	7065	1497
PM3.2	6652	5146	1861	620	1894	489	1375	218	6707	1413
PM1	5029	3845	1641	634	1660	505	1140	203	6193	1316
PM10/PM15	0.89	0.06	0.98	0.01	0.99	0.01	0.96	0.03	0.98	0.01
PM3.2/PM10	0.81	0.07	0.94	0.03	0.94	0.06	0.88	0.05	0.95	0.01
PM1/PM10	0.62	0.08	0.83	0.03	0.82	0.10	0.73	0.08	0.88	0.01
PM1/PM3.2	0.77	0.07	0.88	0.01	0.87	0.05	0.83	0.05	0.92	0.02

註1:質量濃度單位為 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
註2:PM10/PM15、PM3.2/PM10、PM1/PM10、PM1/PM3.2為質量濃度相除後得到的比值

表2 移動污染源PM1/PM3.2/PM10/PM15氣態微粒質量濃度及比值

參數組合	二行程機車							
	(95-C-1500)		(95-C-4000)		(95-E-1500)		(95-E-4000)	
	Mean	S.D	Mean	S.D	Mean	S.D	Mean	S.D
PM15	3436	925	2282	423	1695	492	6167	3211
PM10	3381	873	2240	418	1575	446	6058	3237
PM3.2	3253	750	2123	441	1332	403	5808	3278
PM1	2971	601	1978	472	1071	328	5387	3241
PM10/PM15	0.99	0.01	0.98	0.01	0.93	0.01	0.97	0.03
PM3.2/PM10	0.97	0.02	0.95	0.02	0.84	0.02	0.94	0.06
PM1/PM10	0.89	0.05	0.88	0.05	0.68	0.02	0.85	0.12
PM1/PM3.2	0.92	0.03	0.93	0.03	0.80	0.02	0.90	0.07

註1:質量濃度單位為 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

表3 移動污染源PM1/PM3.2/PM10/PM15氣態微粒質量濃度及比值

參數組合	四行程機車							
	(98-4000)		(98-1500)		(95-1500)		(95-4000)	
	Mean	S.D	Mean	S.D	Mean	S.D	Mean	S.D
PM15	3227	81	558	30	459	65	782	28
PM10	2934	98	504	36	427	60	741	32
PM3.2	2289	107	394	20	339	47	549	30
PM1	1671	135	281	19	232	40	386	31
PM10/PM15	0.91	0.01	0.90	0.02	0.93	0.01	0.95	0.01
PM3.2/PM10	0.78	0.01	0.78	0.04	0.79	0.02	0.74	0.01
PM1/PM10	0.57	0.03	0.56	0.02	0.54	0.03	0.52	0.02
PM1/PM3.2	0.73	0.03	0.71	0.02	0.68	0.04	0.70	0.02

註1:質量濃度單位為 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

表4 柴油車排煙PM15、PM10、PM3.2、PM1之質量濃度及含碳成份特性

	PM15		PM10		PM3.2		PM1	
	Mean	S.D	Mean	S.D	Mean	S.D	Mean	S.D
質量濃度	9166	7068	8321	6603	6652	5146	5029	3845
TC	10509	3655	9722	3505	8014	3186	6244	2618
EC	4642	2283	4379	2241	3805	2122	3032	1830
OC	5867	2272	5343	2131	4209	1873	3211	1610
TC/PM	1.57	0.79	1.64	0.86	1.64	0.85	1.66	0.90
EC/TC	0.44	0.12	0.44	0.13	0.47	0.14	0.48	0.16
OC/TC	0.56	0.12	0.56	0.13	0.54	0.14	0.52	0.16
OC/EC	1.48	0.70	1.45	0.69	1.34	0.70	1.36	0.91

註1:質量濃度、TC、EC、OC之單位皆為 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

表5 機車排煙PM15、PM10、PM3.2、PM1之質量濃度及含碳成份特性
二行程機車

	PM15		PM10		PM3.2		PM1	
	Mean	S.D	Mean	S.D	Mean	S.D	Mean	S.D
質量濃度	3140	2240	3065	2218	2885	2173	2606	2079
TC	2508	1422	2424	1423	2253	1402	2017	1345
EC	237	87	218	81	185	70	158	64
OC	2272	1384	2206	1388	2068	1373	1860	1318
TC/PM	0.86	0.24	0.85	0.23	0.83	0.20	0.83	0.18
EC/TC	0.11	0.05	0.11	0.05	0.10	0.04	0.10	0.05
OC/TC	0.89	0.05	0.89	0.05	0.90	0.04	0.90	0.05
OC/EC	10.07	5.78	10.55	6.19	11.63	7.19	12.26	7.79

註1:質量濃度、TC、EC、OC之單位皆為 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

表6 機車排煙PM15、PM10、PM3.2、PM1之質量濃度及含碳成份特性
四行程機車

	PM15		PM10		PM3.2		PM1	
	Mean	S.D	Mean	S.D	Mean	S.D	Mean	S.D
質量濃度	1256	1196	1151	1083	893	848	642	626
TC	727	684	665	619	528	486	387	359
EC	298	325	271	297	231	265	171	198
OC	428	386	394	345	297	246	216	178
TC/PM	0.59	0.11	0.59	0.12	0.61	0.13	0.63	0.13
EC/TC	0.39	0.07	0.39	0.08	0.40	0.10	0.40	0.13
OC/TC	0.63	0.22	0.64	0.24	0.63	0.25	0.64	0.29
OC/EC	1.72	0.87	1.80	0.98	1.75	1.12	1.93	1.47

註1:質量濃度、TC、EC、OC之單位皆為 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

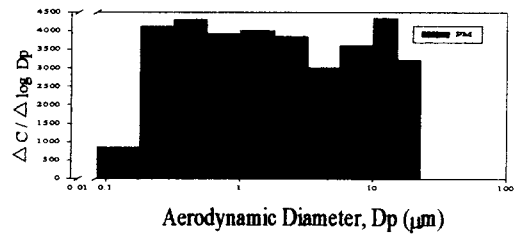


圖1 柴油車微粒排放之質量濃度粒徑分佈圖

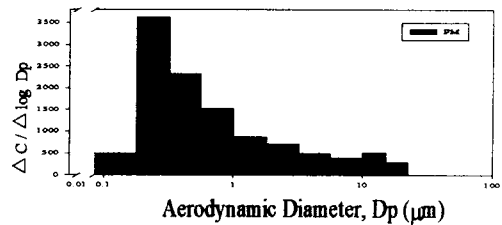


圖2 二行程機車微粒排放之質量濃度粒徑分佈圖

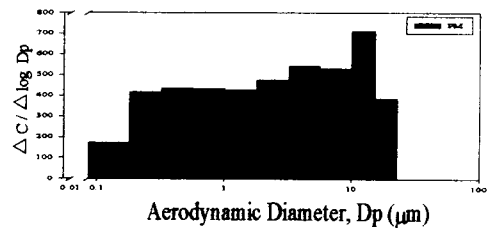


圖3 四行程機車微粒排放之質量濃度粒徑分佈圖

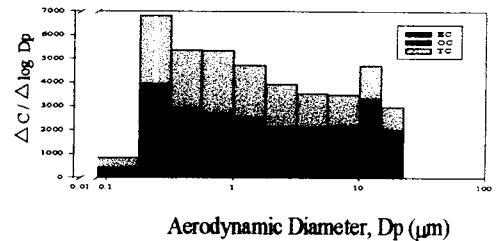


圖4 柴油車排煙之含碳成份粒徑分佈圖

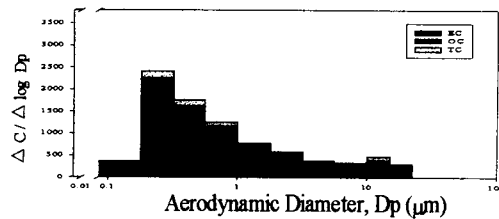


圖5 二行程機車排煙之含碳成份粒徑分佈圖

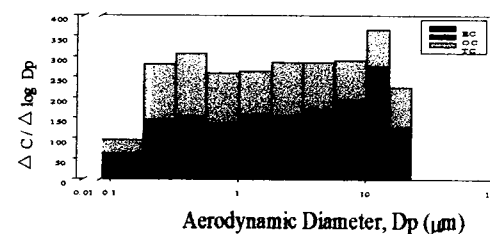


圖6 四行程機車排煙之含碳成份粒徑分佈圖