

PM₁/PM_{2.5}/PM₁₀ 氣懸微粒致突變性之評估

計畫參與人員：黃明豐 博士班研究生

中 華 民 國 90 年 10 月 31 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

PM₁/PM_{2.5}/PM₁₀ 氣懸微粒致突變性之評估

計畫編號：NSC 89-2621-Z-002 -061

執行期限：89 年 8 月 1 日至 90 年 7 月 31 日

主持人：馬一中 副教授 台灣大學環境衛生研究所

計畫參與人員：黃明豐 博士班研究生 台灣大學環境衛生研究所

中文摘要

大氣懸浮微粒上含有許多微量的有機物質，目前已知在不完全燃燒的過程中會產生像是多環芳香族碳氫化合物 (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons ; PAHs) 等致突變性物質。本研究在台北市古亭國小四樓的環保署監測站旁進行 PM₁、PM_{2.5} 及 PM₁₀ 氣懸微粒的採樣。採樣時間為 2000 年 10 月以及 2001 年 3 月。樣本經萃取濃縮之後再以氣相層析質譜儀分析，研究目的是針對不同的採樣時間（春、秋兩季）多環芳香族在大氣氣懸微粒中的濃度分佈與微粒粒徑 (PM₁/PM_{2.5}/PM₁₀) 之間的關係。研究中的三個粒徑裡，濃度最高的高環數 PAHs 物種是 bazo(g,h,i)perylene，另外並將 PM₁ 中濃度最高的 B(g,h,i)P 的濃度設定為 1 求出 PM₁ 中各種 PAHs 的比例。空氣中各種 PAHs 在 PM₁ 與 PM_{2.5} 的濃度比例為 0.091 至 8.809 之間，微粒上各種 PAHs 在 PM₁ 與 PM_{2.5} 的濃度比例為 1.031 至 62.724。高環數的 PAHs 與有機碳及元素碳的 R² 值多在 0.5 左右。

英文摘要

The compositions of urban air pollutants are very complex, and include particulate matters containing organic compound formed by the condensation

or adsorption process, such as, PAHs.

This research uses trichotomous and UAS mode 310 sampler to collect PM₁/PM_{2.5}/PM₁₀ particle at a Taipei air quality monitoring station. Analysis of these sampler showed that the highest concentrations of high ring PAHs in all three particle size is bazo(g,h,i)perylene. If the concentration of bazo(g,h,i)perylene is 1, we calculate the percentage of other PAHs components. The PAHs in air and particle concentration ratio between PM₁ and PM_{2.5} is 0.091 to 8.809 and 1.031 to 62.724. The correlations between high ring PAHs and organic carbon and elemental carbon are best, with R² at about 0.5.

一、研究緣起

大氣懸浮微粒上含有許多微量的有機物質，這些物質的來源有交通工具的廢氣、工業製程中的燃燒行為、家庭中的烹煮燒烤廢氣、都市廢棄物焚化爐的廢氣等等。主要是化石燃料與其他有機物燃燒排放產生。目前已知在不完全燃燒的過程中會產生像是多環芳香族碳氫化合物 (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons ; PAHs) 或是多環芳香族碳氫化合物的衍生物，例如含甲基、氧基、或硝基的多環芳香族

物質^{1,2}，此外這些物質也會經由在大氣中的光化學反應而生成^{3,4}。在許多不同的環境中都可以偵測到這些多環芳香族及其衍生物，包括在都會地區的大氣之中。這些物質通常都以有機溶液萃取濃縮之後再經由氣相層析質譜儀分析。

二、研究目的

針對不同的採樣時間（春、秋兩季）多環芳香族在大氣氣懸微粒中的濃度分佈與微粒粒徑($PM_1/PM_{2.5}/PM_{10}$)之間的關係。

三、採樣策略

在台北市古亭國小四樓的環保署監測站旁進行 PM_1 、 $PM_{2.5}$ 及 PM_{10} 氣懸微粒的採樣。採樣時間為 2000 年 10 月底至 11 月初以及 2001 年 3 月。採樣儀器為 trichotomous(PM_1 ， $PM_{2.5-10}$) 及 UAS Mode 310($PM_{2.5}$ ， $PM_{2.5-10}$)。

四、樣本前處理

1. 稱重後的濾紙裁切成兩部分（各二分之一），一部分由子計畫三進行碳成分。分析另一部分則由本研究室進行多環芳香族分析
2. 濾紙加入 50mL 二氯甲烷超音波振盪 30 分鐘，重覆三次。
3. 萃取液減壓濃縮到微乾，樣本置換至 10ml 的離心瓶中
4. 離心 30 分鐘，取上清液，吹氮濃縮至 1mL 後再加入五種氘化多環芳香族物質作為內標，這五種氘化多環芳香族物質分別為 Naphthalene-d8、Acenaphthene-d10、Phenanthrene-d10、Chrysene-d12、Perylene-d2，vertex10h 秒鐘，再將這 1mL 樣品液置入 1.8ml 棕色樣本瓶中。

五、分析方法

樣本經過超音波萃取及濃縮之後，以氣相層析質譜儀進行 PAHs 的分析，質譜儀的操作模式為選擇離子模式(Selected Ion Monitoring; SIM)，分析管柱為 Rtx5MS，長 30m，內徑 0.25mm，內膜厚度 0.25 μ m。

六、結果與討論

本次研究中的三個粒徑裡，濃度最高的高環數 PAHs 物種是 bazo(g,h,i)perylene(簡稱 B(g,h,i)P)， PM_1 中高環數的 PAHs 濃度在 1.160ng PAHs/ m^3 air (40.239ng PAHs/mg aerosol) 以下，B(g,h,i)P 的秋季及春季平均濃度分別為 0.447ng PAHs/ m^3 air (23.956ng PAHs/mg aerosol) 及 1.160 ng PAHs/ m^3 air (40.239ng PAHs/mg aerosol)。 $PM_{2.5}$ 中高環數的 PAHs 濃度在 1.675ng PAHs/ m^3 air (10.486 ng PAHs/mg aerosol) 以下，B(g,h,i)P 的秋季及春季平均濃度分別為 0.298ng PAHs/ m^3 air (5.427ng PAHs/mg aerosol) 及 1.675ng PAHs/ m^3 air (10.486 ng PAHs/mg aerosol)。在 $PM_{2.5-10}$ 的部分，trichotomas 樣本上的高環數 PAHs 濃度在 0.101ng PAHs/ m^3 air (4.593ng PAHs/mg aerosol) 以下，B(g,h,i)P 的秋季及春季平均濃度分別為 0.039ng PAH s/ m^3 air (3.207ng PAHs/mg aerosol) 及 0.101ng PAHs/ m^3 air (4.593 ng PAHs/mg aerosol)，UAS 樣本上的高環數 PAHs 濃度在 0.109ng PAHs/ m^3 air (4.532ng PAHs/mg aerosol) 以下，B(g,h,i)P 的秋季及春季平均濃度分別為 0.109ng PAHs/ m^3 air (4.532ng PAHs/mg aerosol) 及 0.037ng PAHs/ m^3 air (3.036 ng PAHs/mg aerosol)。此外如果將 PM_1 中濃度最高的 B(g,h,i)P 的濃度設定為 1 則各種 PAHs 的比例則如圖 1 及圖 2 所示。在此次研究中並沒有偵測到硝基多環芳香族，推測其原因可能是環境中的硝基多環芳香族

濃度較低，以及其它有機物干擾所造成。

在過去的研究中認為低揮發性的多環芳香族因為會附著在氣懸微粒的表面上，所以表面積較大的細粒徑微粒會附著比較多的多環芳香族物質⁵。在本研究中，空氣中各種 PAHs 在 PM_1 與 $PM_{2.5}$ 的濃度比例為 0.091 至 8.809 之間，中位數為 0.69， R^2 為 0.771。微粒上各種 PAHs 在 PM_1 與 $PM_{2.5}$ 的濃度比例為 1.031 至 62.724，中位數為 3.68。 R^2 為 0.660，此一結果與文獻中的結果相符。

此外本研究還配合子計畫三「 $PM_1/PM_{2.5}/PM_{10}$ 無機性氣懸微粒總暴露量之評估」中所取得的微粒中碳成分分析結果，進行 PM_1 微粒中 PAHs 與碳成分的相關性探討，結果發現除了 DBA 之外，高環數的 PAHs 與有機碳及元素碳的 R^2 值多在 0.5 左右。PAHs 與有機碳的 R^2 值最高的是 BaA、BbF 及 BkF，分別為 0.6817、0.6166 及 0.6083；與 EC 的相關性最高的是 BaP、BghiP 及 IND， R^2 分別為 0.5740、0.4812 及 0.4744，而上述的迴歸方程式的斜率多數為正值。

OC 的來源包括了汽機車排放未完全燃燒之有機物、焚化爐、生物體燃燒和生物性微粒等等所產生之有機物在空氣中結合而成之化合物⁷，所以在微粒中 PAHs 與有機碳呈現正相關應屬合理現象。

元素碳與 PAHs 具正相關性可能是因為元素碳本身的高比表面積特性使其能吸附較多的 PAHs。由於元素碳不會因為光化學反應而降低含量⁸，會使 EC 能夠有效地進行長程傳輸，而吸附在其上的有機物便因此能進行長距離的傳輸。

七、計畫自評

本計畫已完成計畫申請書中預定的「建立氣懸微粒中多環芳香族的採

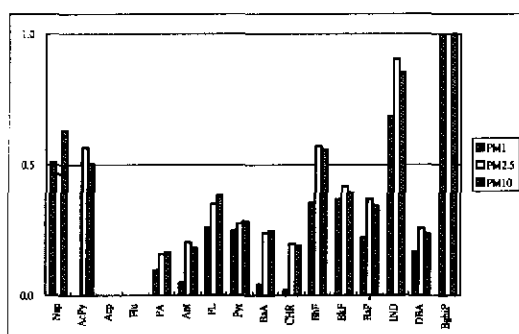
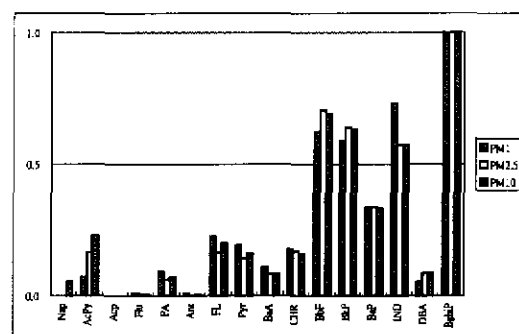
樣分析方法」、「多環芳香族在大氣懸微粒中濃度分佈，並探討濃度分佈與微粒粒徑分佈($PM_1/PM_{2.5}/PM_{10}$)之間的關係」，以後可將這部分的結果將作為台北都會地區居民健康風險評估的背景資料。配合子計畫三的懸浮微粒中碳成分分析的結果，本研究也完成多環芳香族與碳成分的相關性研究。在「硝基多環芳香族的分析」上可能是因為環境中的硝基多環芳香族濃度偏低，且有其它有機物干擾的問題所以並沒有找到一個適當的方法進行測量分析。在「致突變性試驗」的部分則是因研究經費不足，目前只完成各粒徑氣懸微粒萃取液的處理及保存。

參考文獻

- 1 Choudhury, D. R.; *Environment Science & Technology*, 1982, 16:102-106
- 2 Grimmer, G.; Jacob, J.; Naujack, K.W.; *Fresenius Z. Analytical Chemistry*, 1985, 322: 595-602
- 3 Niesen, T.; Ramdahl, T.; Bjorseth, A.; *Environment Health Perspectives*, 1983, 47: 103-114
- 4 Pitts, J.N.; *Environment Health Perspectives*, 1983, 47: 115-140
- 5 劉正仁，李經民，交通污染源 $PM_{2.5}$ 、 $PM_{2.5\sim 10}$ ，與 TSP 微粒 PAHs 成份特徵之研究，一九九九年氣膠科技國際研討會論文集，第 319~324 頁
- 6 蕭欣杰，室內環境固相多環芳香烴特性之研究，碩士論文，台灣大學環境衛生研究所，民國八十六年
- 7 Gray, H.A., Cass, G.R., and Huntzicker, J.J., *Environmental Science & Technology*, 1986, 20, 580-589
- 8 Vendataraman, C. and Friedlander, S.K., *Environmental Science & Technology*, 1994, 28, 56.-572

表 1 古亭國小大氣中的 PAHs 濃度

	秋季						春季					
	空氣中PAHs的濃度 (ng PAHs/m ³ air)			微粒上PAHs的濃度 (ng PAHs/mg aerosol)			空氣中PAHs的濃度 (ng PAHs/m ³ air)			微粒上PAHs的濃度 (ng PAH/mg aerosol)		
	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM ₁	PM _{2.5}	PM ₁₀
Nap	0.228	0.138	0.211	15.87	2.516	8.302	0.000	0.000	0.096	0.000	0.000	3.466
AcPy	0.000	0.168	0.168	0.000	2.489	2.489	0.083	0.279	0.413	2.707	1.427	5.878
Acp	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Flu	0.000	0.000	0.000	0.000	0.110	0.110	0.011	0.013	0.013	0.336	0.036	0.036
PA	0.044	0.047	0.055	2.860	0.690	1.377	0.107	0.104	0.129	4.187	0.724	1.680
Ant	0.022	0.061	0.061	1.368	1.078	1.078	0.012	0.001	0.012	0.407	0.010	0.418
FL	0.117	0.104	0.128	7.888	1.616	3.581	0.262	0.275	0.358	9.921	1.827	4.966
Pyr	0.111	0.082	0.095	6.878	1.338	2.355	0.224	0.237	0.288	8.556	1.520	3.497
BaA	0.019	0.071	0.082	1.228	1.269	2.170	0.127	0.141	0.153	4.359	0.822	1.277
CHR	0.009	0.059	0.064	0.484	0.934	1.333	0.205	0.283	0.285	7.821	1.833	1.902
BbF	0.158	0.170	0.186	9.071	3.122	4.474	0.722	1.180	1.232	24.423	7.546	9.556
BkF	0.164	0.124	0.132	9.046	2.329	2.999	0.682	1.071	1.125	23.176	6.872	9.096
BaP	0.100	0.110	0.115	5.223	2.238	2.662	0.390	0.566	0.591	12.954	3.490	4.523
IND	0.306	0.269	0.285	16.783	3.795	5.200	0.844	0.956	1.020	28.971	6.231	8.906
DBA	0.074	0.077	0.079	4.268	1.267	3.151	0.062	0.144	0.157	2.312	0.957	1.535
BghiP	0.447	0.298	0.335	23.956	5.427	8.463	1.160	1.675	1.784	40.239	10.486	14.838
Total	1.797	1.778	1.997	104.92	30.218	49.745	4.889	6.925	7.656	170.369	43.782	71.573

圖 1 大氣濃度中各種 PAHs 所佔的比例
(秋季, PM₁)圖 2 微粒上各種 PAHs 所佔的比例
(秋季, PM₁)