

嘉南藥理科技大學教師專題研究計畫成果報告

計畫名稱：都會區大氣中多環芳香烴化合物網格模式推估值之特徵分析

計畫編號：CNEV-89-02

執行期間：88年9月1日至89年6月30日

計畫類別：個別型 整合型

主持人：錢紀銘 副教授 計畫總主持人；

協同研究：米孝萱 助理教授 協同研究：

摘要

本研究係利用台灣地區南部某都市污染源排放係數(SPECIATE)資料庫及污染源排放 PAHs 資料庫連結進行網格模式估算，並配合市區空氣中 PAHs 濃度檢測數據進行迴歸分析。並針對交通尖峰期間以細部網格模式進一步探討高交通負荷區域排放之情形。本研究之結果顯示，網格(1公里×1公里)模式之結果顯示大氣中總 PAHs 濃度與網格排放量，線性關係良好($R^2 > 0.90$)。年排放量在 0.01 ton/yr/km^2 以上之網格(1公里×1公里)面積佔該區域總面積之 46.3%，而各網格 PAHs 之排放均源自於交通工具之貢獻為主。細部網格(100 m×100 m)模式中，總 PAHs 之排放率高達 2.02 mg/hr/m^2 ，而 $\Sigma\text{HM-PAHs}$ 之排放率高達 0.056 mg/hr/m^2 ，分別為該細部網格所在之 1 公里×1 公里大尺度網格平均時間 PAH 排放率之 28.9 及 50.9 倍，顯示出交通尖峰時期，都會區空氣中之 PAHs 負荷非常嚴重。

關鍵字：網格模式、多環芳香烴化合物及中型都會區

一、前言

機動車輛所排放之廢氣，已被公認為都會地區空氣品質惡化之主要原因[1~4]。然而無論是修改引擎設計或加裝觸媒轉化器來達到減少空氣污染物之排放，仍然無法降低快速增加之車輛數目所造成人體暴露之潛在危險。為更進一步解決因機動車輛所造成日益嚴重空氣毒物之問題，實有必要針對車輛引擎所造成之污染現狀，做一正確且深入之瞭解。根據過去之統計資料估算，機動車輛排放之 PAHs 佔總 PAHs 之貢獻量約 40%左右[5]，而本研究之目的，為利用網格(1 km×1 km)污染源資料庫模式，進行中型都會地區污染源排放 PAHs 之污染負荷估算，並與大氣中 PAHs 之實測濃度值進行迴歸分析。此外亦利用細部網格(100 m×100 m)分析交通尖峰時所造成污染負荷，並進行比較與討論。

二、實驗方法與設備

2-1 大氣之 PAHs 採樣設備[6]

周界大氣之採樣則以 PS-1 採樣器 (General Metal Work Co.) 為之，可同時收集粒狀物相與氣相中之 PAHs。其所利用之原理為：於入口處裝置玻璃纖維濾紙用以過濾粒狀物相之顆粒，並在喉部加裝玻璃套筒，套筒內填充泡棉(PUF)和 XAD-2 樹脂，以吸附氣相之 PAHs。

2-2 PAH 分析方法[6]

PAHs 之樣品經過樣品萃取、濃縮、淨化及再濃縮等過程，再以氣相層析質譜儀 (GC/MS) 進行 PAHs 之分析；GC 之型式為美國 HP 公司出品之 HP5890，配有 HP7673 自動注射器及電腦工作站，MS 之型式為 HP5972。PAHs 分析之種類共 21 種，包括 Nap, AcPy, Acp, Flu, PA, Ant, FL, Pyr, CYC, BaA, CHR, BbF, BkF, BeP, BaP, PER, IND, DBA, BbC, BghiP 及 COR。大氣中 Σ HM-PAHs 濃度定義為大氣中高分子量 PAHs，包括 CYC、BbF、BkF、BaP、BeP、PER、IND、DBA、BbC、BghiP 及 COR 等十種五環結構以上 PAHs 之濃度和。

2-3 周界大氣採樣點之選擇

周界大氣採樣點之選取，係以本研究區域內九處不同性質相異之點為研究目標，如表一所示。本研究之採樣地點涵蓋研究區域，其中以研究區域內較大石化污染源，道路交通污染源，特定工業區污染源，市郊及空氣品質較佳處，納入本研究之採樣點。

2-4 PAHs 之排放量推估[7]

(1) 網格模式

利用「空氣污染物排放量資料庫(TEDS 3.1)」中之點源資料庫，計算研究區域內各 PAHs 之年排放量。固定污染源之推估過程依 AIRS Facility System 所建立污染源分類代碼(Source Classification Code, SCC)，將研究地區各工廠污染源亦予以編碼(83 年點源資料庫之製程代碼)。再由 SPECIATE 資料庫找出相對之鍋爐型式、操作時間以作為資料選取之用。排放量推估方式敘述如下：

$$E_{\text{PAHs}} = \sum (ER_i \times AI \times CF)$$

其中 E_{PAHs} ：點源 PAHs 年排放量。

ER_i ：單位時間之污染物平均排放率。

AI ：操作時間或間隔。

CF ：平均控制因子，若無控制設備則設定為 1.0。

而移動性污染源排放量則考慮研究區域內主要道路之交通流量、道路長度、援用

各類車輛於不同車速之 PAHs 排放係數。車速之考量乃依國道(70 km/hr)、省道(50 km/hr)、縣道(30 km/hr)及市道(30 km/hr)為之。有關各種交通工具之 PAHs 排放特徵依本研究之機動車輛排放係數，由 SPECIATE 資料庫及相關車輛資料而得。排放量推估式如下：

$$E_{PAHs} = \sum(EF_{ij} \times VMT_{ij} \times L_j)$$

其中 E_{PAHs} ：道路 PAHs 年排放量

EF_{ij} ：第 i 種車第 j 種道路 PAHs 排放係數

VMT_{ij} ：第 i 種車第 j 種道路之平均車流量

L_j ：第 j 種道路長度

依過去資料指出，不同車速所造成 21 種 PAHs 之排放組成亦不相同，因此推估交通排放量亦需考慮車速之影響，配合調查所得車流量及每一網格內之各類道路長度，即可得到 21 種個別 PAHs 之排放量。

(2) 細部網格模式

細部網格 PAHs 排放量推估方法為選取網格中心，並實際量測周邊道路長度與車道數。計算道路有效長度。合理假設機動車輛長度與機動車輛數量比例。以各型機動車輛惰轉狀況下總 PAHs 排放率(mg/hr)與機動車輛數目進行每單位面積排放率之估算。本研究估算條件：道路長度約為 525 m(包括圓環)。快車道及慢車道數均為來去雙線道。小型客貨車長度以 4.6 m 計(包括前後車距)，大型客貨車長度以 9.5 m 計(包括前後車距)，機車長度以 2.0 m 計(包括前後車距)。細部網格內機動車輛數量比例以研究區域各型登記車輛數比例估算之。

三、結果與討論

3.1 研究區域區大氣中 PAHs 採樣分析結果

大氣中 PAHs 之濃度高低及分佈與採集地點呈現相關性[1]。本研究計進行四次採樣分析，其中大氣中總 PAHs 及 ΣHM -PAHs 濃度之範圍、平均值及相對標準偏差列於表一。顯示在交通密集區有較高之 PAHs 濃度，其中以 C 點之總 PAHs 平均濃度值最高，為 3460 ng/m³；其次為 G 點及 H 點，總 PAHs 平均濃度值分別為 1920 及 1380 ng/m³。而代表固定污染源區之 D 點之總 PAHs 平均濃度值亦高達 1190 ng/m³。

3.2 排放網格分析

網格模式估算之結果以網格分佈圖進行說明。研究區域總 PAHs 之點源與線源總排放量推估網格資料，其污染較嚴重地區主要分佈於市中心火車站前人口密集處，而排放量呈現以市中心環狀向外降低之趨勢。靠近研究區域東面邊界，由於鄰近山區，人口、車輛明顯降低，故 PAHs 之排放量亦低。

表一 研究區域周界空氣之總 PAHs 及 Σ HM-PAHs 濃度測值及相對標準偏差(RSD)

採樣點	總 PAHs 濃度(ng/m^3)			Σ HM-PAHs 濃度(ng/m^3)		
	範圍	平均值	RSD(%)	範圍	平均值	RSD(%)
A.	180~1290	525	100	10.5~14.5	11.9	15.3
B.	189~654	445	50.0	5.41~25.4	16.0	52.5
C.	2860~3920	3460	12.9	55.1~302	174	64.0
D.	738~1800	1190	40.3	20.4~79.6	39.6	77.4
E.	284~838	561	69.8	10.6~30.5	20.6	68.5
E.	324~846	586	63.1	5.36~46.4	25.9	112
F.	124~194	161	22.9	4.60~9.88	9.20	36.3
G.	961~3590	1920	60.0	25.0~96.2	55.0	56.9
H.	262~3630	1380	111	6.58~47.7	22.6	78.2
總平均值	1160			41.3		

總 PAHs 點源部分之排放網格數據，其中污染最嚴重區分別為鄰近研究區域中心之某煉製工廠區與研究區域區北方之後湖工業區，其間零星散佈較低排放量於市中心西北方向二三公里處。

同時，經由分析研究區域網格排放量與網格數之關係，在總排放量(包括點源及線源)中以 $0.1\sim 0.5 \text{ ton}/\text{yr}/\text{km}^2$ 之網格數目最多，佔總網格數目 80 個之 17.5%，而年排放量在 $0.01 \text{ ton}/\text{yr}/\text{km}^2$ 以上之網格面積約為研究區域總面積之 46.3%，顯示都會地區受 PAHs 污染負荷相當沉重。就點源與線源網格數之分析看來，年排放量在 $0.01 \text{ ton}/\text{yr}/\text{km}^2$ 以上之網格面積亦為研究區域總面積之 46.3%，與總排放源之情形相當，此一現象更明確說明主要 PAHs 污染負荷之主要關鍵即為線源之污染排放。

3.3 周界空氣 PAHs 濃度與網格 PAHs 排放量關係

為進一步說明及驗證研究區域區大氣濃度與污染排放量之關係，以線性迴歸對研究區域區不同地點之大氣中 PAHs 濃度及相對應之網格區域排放量進行分析，結果中顯示此二者線性關係良好，其間最大可能變異原因為網格間排放量因空氣污染物擴散關係而導致污染物濃度相互影響。就總排放量與線源排放量對大氣中總 PAHs 濃度之關係可看出均呈現一次線性關係，可證明總 PAHs 排放量與周界空氣中總 PAHs 濃度成正比關係。但以 Σ HM-PAHs 之周界濃度對網格區域排放量之迴歸關係卻顯示出僅線源具較好之線性關係，而總排放源卻顯示出較大之變異度，因此點源排放對周界大氣之貢獻可能因不同風向之擴散作用而導致排放量並不完全於檢測之樣品中顯現。

3.4 細部網格估算

網格估算之結果僅能說明研究區域區之總排放量，但於每日交通尖峰期間之排放情形卻

無法說明其間之差異，本研究為進一步探討高交通流量區域排放之情況，選定研究區域區中心處 100 m × 100 m 內之可用道路面積進行交通工具急速排放估算，並與網格估算結果進行比較，如表二及表三所示。經實際量測道路面積與合理假設後估算之結果為尖峰排放量總 PAHs 約為 2.02 mg/hr/m²，若以每日尖峰時間兩小時計算，則每年之排放量約為 1.47 g/m²，與大尺度網格(1 km × 1 km)估算市中心總 PAHs 排放量平均每小時 0.07 mg/m²，細部網格(100 m × 100 m)尖峰時間之排放量為大尺度網格(1 km × 1 km)平均時間排放率之 28.9 倍。而細部網格尖峰時段之 ΣHM-PAHs 排放率約為 0.056 mg/hr/m²，若亦以每日尖峰時間兩小時計算，則每年之排放量為 0.041 g/m²，與大尺度網格(1 km × 1 km)估算市中心 ΣHM-PAHs 排放量平均每小時為 0.0011 mg/m²。細部網格(100 m × 100 m)尖峰時間之排放量為大尺度網格(1 km × 1 km)平均時間排放量之 50.9 倍。因此，於交通繁忙之路口交通尖峰時期對空氣中 ΣHM-PAHs 濃度之增量非常可觀。

四、結論

本研究目標研究區域之周界大氣中 PAHs 之分析結果顯示，都會區受交通污染源排放 PAHs 之影響至為明確，分析數據中顯示在交通密集區均顯示有較高之 PAHs 濃度，總 PAHs 平均濃度值為 1160 ng/m³。而網格模式分析之結果亦顯示出都會區之 PAHs 污染負荷與其活動形態呈現正相關(R²=0.94)，經由分析研究區域網格排放量與網格數之關係，年排放量在 0.01 ton/yr/km² 以上之網格面積約為研究區域總面積之 46.3%，主要 PAHs 污染負荷之主要關鍵即為移動性污染源之污染排放，顯示都會地區受交通污染源之 PAHs 污染負荷相當沉重。

大氣中 PAHs 濃度及相對應之網格區域排放量進行分析，顯示此二者呈良好之線性關係(R²=0.92)，而部分檢測值最大可能變異原因為網格間排放量因空氣污染物擴散關係而導致污染物濃度相互影響。

細部網格分析模式中，於交通尖峰時段，總 PAHs 之排放率高達 2.02 mg/hr/m²，而同條件下 ΣHM-PAHs 之排放率高達 0.056 mg/hr/m²，分別為大尺度網格(1 km × 1 km)平均時間排放量之 28.9 及 50.9 倍，顯示出交通繁忙路段尖峰時期對空氣中 ΣHM-PAHs 濃度之增量非常可觀。此推估過程所提供之背景資料與方法步驟可為未來 PAHs 污染推估之範例。

表二 研究區域區尖峰流量惰轉狀況排放總 PAHs 估算數據

項目	HDD 引擎	汽油引擎	4-Stroke 機車	2-Stroke 機車	合計
惰轉排放率(mg/hr)	2919	10.36	7.68	3.91	----
車輛數量	6	114	132	134	386
總 PAHs 排放量 (mg/hr/m ²)	1.7514	0.1181	0.1014	0.0524	2.023
排放量比例(%)	86.6	5.84	5.01	2.59	100

表三 研究區域區尖峰流量惰轉狀況排放ΣHM-PAHs 估算數據

項目	HDD 引擎	汽油引擎	4-Stroke 機車	2-Stroke 機車	合計
惰轉排放率(mg/hr)	63.3	0.54	0.31	0.61	----
車輛數量	6	114	132	134	386
ΣHM-PAHs 排放量(mg/hr/m ²)	0.038	0.006	0.004	0.008	0.056
排放量比例(%)	67.9	10.7	7.14	14.3	100

參考文獻

1. Lee, W. J.; Wang, Y. F.; Lin, T. C.; Chen, Y. Y.; Lin, W. C.; Ku, C. C.; Cheng, J. T., "PAH Characteristics in the Ambient Air of Traffic-Source", *The Science of Total Environment*, Vol. **159**, pp.185-200 (1995).
2. Van Vaeck, L.; Broddin, G.; Cauwenberghe, V. K., "Differences in Particle Size Distributions of Major Pollutants in Ambient Aerosols in Urban, Rural, and Seashore Areas", *Environmental Science & Technology*, Vol. **13**, No. 12, pp.1494-1502 (1979).
3. Venkataraman, C.; Lyons, T. M.; Friedlander, S. K., "Size Distribution of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Elemental Carbon 1. Sampling Measurement Methods and Source Characterization", *Environmental Science & Technology*, Vol. **28**, No. 4, pp.555-562 (1994).
4. Tuominen, J.; Salomaa, S.; Pyysalo, H.; Skytta, E.; Tikkanen, L.; Nurmela, T.; Sorsa, M.; Pohjola, V.; Sauri, M.; Himberg, K., "Polynuclear Aromatic Compounds and Genotoxicity in Particulate and Vapor Phases of Ambient Air: Effect of Traffic, season, and Meteorological Conditions", *Environmental Science & Technology*, Vol. **22**, No. 10, pp.1228-1234 (1988).
5. Bjørseth, A.; Ramdahl, T., "Handbook of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons", Vol. 1, MerceL Dekker Inc., New York and Basel, (1983).
6. Sheu, H. L.; Lee, W. J.; Tsai, C. H.; Fan, Y. C.; Su, C. C.; Chao, H. R., "Particle Size Distribution of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Ambient Air of a Traffic Intersection", *Journal of Environmental Science and Health Part A - Environmental*

Science and Engineering, Vol. **31**, No. 6, pp.1293-1316 (1996).

7. 米孝萱，「移動性污染源排放多環芳香烴化合物之特徵」，博士論文，國立成功大學環境工程學系，台南(1998)。

