

國立台灣大學公共衛生學院職業醫學與工業衛生研究所

碩士論文

Graduate Institute of Occupational Medicine and Industrial Hygiene


College of Public Health

National Taiwan University

Master Thesis

巴士站及寺廟懸浮微粒之粒徑分布與成分特性之研究

Particle size distribution and composition analysis of bus
station and temple



陳冠宇

Kuan-Yu Chen

指導教授：詹長權 博士

Advisor: Chang-Chuan Chan, Ph.D.

中華民國 99 年 7 月

July, 2010

摘要

背景：根據交通部與主計處民國 96 年統計，全台搭乘巴士人數約為 1020 百萬人次，寺廟信徒人數約 968 萬人，由此可知寺廟拜香及搭乘巴士的族群在台灣為數眾多；而拜香與柴油引擎經由燃燒會產生像是多環芳香烴化合物(PAHs)或金屬等等對人體有害的物質。台北地狹人稠，但是有關於台北地區巴士站及寺廟的微粒成分以及其粒徑分布資料尚嫌不足，且其暴露族群的健康效應亦尚待釐清。

目的：在台北的寺廟與巴士站進行空氣採樣進而了解兩地之懸浮微粒粒徑及其陳份特性之比較。

材料與方法：本次研究於艋舺龍山寺以及國光巴士台北西站進行各二十日的採樣，使用十階微孔均勻沉積衝擊採樣器(MOUDI)來進行空氣採樣，將其十階粒徑範圍分為 PM_1 、 $PM_{1-2.5}$ 和 $PM_{2.5-10}$ ，經過秤重及前處理後，使用氣象層析質譜儀(GC/MS)分析美國環保署公告的 16 種 PAHs 和感應耦合電漿質譜儀(ICP/MS)來分析 17 種金屬，並利用因素分析(FA)界定現場的環境的主要污染源為何，所有的統計分析都是由 SAS 統計軟體來進行，並使用 Sigma Plot 繪圖軟體製作圖表。

結果：在巴士站方面，質量濃度以 PM_1 最高(36.59 ± 27.71) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，PAHs 以及總金屬的濃度也是以 PM_1 最高，分別為(74.82 ± 69.28) ng/m^3 、(114.51 ± 67.34) ng/m^3 ，PAHs 的主要成分是 4-6 ring 的 PAH，金屬是則由 Zn、Pb、Ni、Mn 跟 Cu 為其主要成分。在寺廟方面，微粒質量濃度、PAHs 及總金屬濃度也跟巴士站以 PM_1 最高的結果相似，分別為(182.27 ± 61.47) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、(425.31 ± 312.48) ng/m^3 、(83.06 ± 63.21) ng/m^3 ；PAHs 以 4-6 ring 的 PAH 為主，金屬以 Zn 及 Pb 為主。

結論：本研究顯示寺廟與巴士站之懸浮微粒的粒徑分佈主要集中於較具危害性的 PM_1 。而寺廟的 PM_1 質量濃度遠高於巴士站，亦超出國內外法定 24 小時 PM_{10} 的日平均空氣品質標準。此外，寺廟的 PM_1 中 PAHs 的濃度值也遠高於巴士站。就總金屬濃度而言，寺廟與巴士站並無明顯差異。

關鍵字：寺廟、巴士站、懸浮微粒、多環芳香烴化合物、金屬、粒徑分佈、 PM_1

Abstract

Background : According to the data from Ministry of Transportation and Communications (MOTC) and Directorate-General of Budget, Accounting and Statistics (DGBAS) in 2007, the number of worshippers were 968 thousand, the times of taking bus were 1020 million person-time and. There are many people taking bus and using joss stick in bus station and temple in Taiwan. Joss stick and diesel engine generate the hazardous materials by combustion, such as Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and metal. Taipei is small city with highly populated, but the information of the particle size distribution and composition in temple and bus station in Taipei were very rare. And, the health effect of exposure from the temple and bus station on population in Taipei is still unclear.

Objective : By conducting the Air sampling in the temple and bus station in Taipei, we could clarify exposure scenario in both locations.

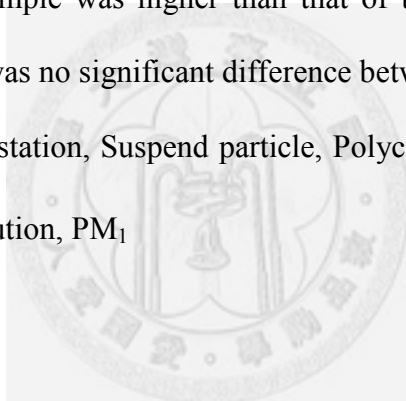
Materials and methods : This study conducted air sampling separately in Lungshan temple and Kuo-Kuang bus station by ten-stage micro-orifice uniform deposit impactor (MOUDI) for twenty days, and distinguished ten-stage into PM₁, PM_{1-2.5}, PM_{2.5-10}. 16 PAHs listed by USEPA and 17 metal elements were analyzed by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) and Inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP/MS), respectively. In addition, we use the Factor analysis (FA) to define the major source of PAHs and metals in both locations. All statistical analyses were undertaken by SAS software, and all figures were designed by Sigma Plot.

Result : In the bus station, the highest mass concentration (36.59 ± 27.71) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ was found in PM₁, and the highest concentration of PAHs and total metal, (74.82 ± 69.28) ng/m^3 and (114.51 ± 67.34) ng/m^3 were also shown in PM₁. Furthermore, 4-6 ring PAHs, Ni,

Pb, Mn, Cu and Zn were the main component in the bus station. In the temple, it demonstrated similar results. Mass concentration, PAHs and total metal concentration all had the highest concentration in PM₁, (182.27 ± 61.47) µg/m³, (425.31 ± 312.48) ng/m³, and (83.06 ± 63.21) ng/m³, respectively. And, 4-6 ring PAHs, Zn and Pb were the main component in the temple.

Conclusion : This study showed that the suspended particles of the temple and the bus station were concentrated in PM₁, which is more hazardous than the other particle size. Besides, the PM₁ mass concentration of the temple was higher than that of the bus station, it was even over the 24-hours air quality standard of PM₁₀. In addition, the PAHs concentration of PM₁ in temple was higher than that of the bus station. For the total metal concentration, there was no significant difference between two locations.

Key words : Temple, Bus station, Suspended particle, Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), Metal, Size distribution, PM₁



目錄

摘要	I
Abstract	II
圖目錄	VI
表目錄	VII
1. 前言	1
1.1. 懸浮微粒造成之健康效應	1
1.2. 微粒粒徑大小對健康效應的影響	3
1.3. 微粒成分對人體造成之健康效應	4
1.4. 巴士站及寺廟的暴露情形	5
2. 材料與方法	7
2.1. 採樣地點	7
2.2. 採樣時間	8
2.3. 採樣方法	8
2.4. 樣本保存及運送	9
2.5. PAHs 與金屬的萃取方法	9
2.6. PAHs 與金屬的分析方法	11
2.7. 品保品管	12
2.8. 統計分析方法	12
2.9. 因素分析 (Factor Analysis).....	14
3. 研究結果	19
3.1. 巴士站微粒特性	19
3.1.1 巴士站空氣微粒之濃度分布	19
3.1.2 巴士站空氣微粒中 PAHs 的濃度分布	21
3.1.3 巴士站空氣微粒中金屬元素濃度分布	30
3.2 寺廟微粒特性描述	38
3.2.1 寺廟空氣微粒之質量濃度分布	38
3.2.2 寺廟空氣微粒中 PAHs 濃度分布	40
3.2.3 寺廟空氣微粒中金屬元素濃度分布	49
4. 討論	57
4.1 巴士站及寺廟空氣微粒之質量濃度分布	57
4.2 巴士站及寺廟空氣微粒中 PAHs 濃度分布	59
4.3 巴士站及寺廟空氣微粒中金屬元素濃度分布	66
4.4 研究限制	72
5. 結論	73
6. 未來建議	75

7. 參考文獻	76
8. 附錄	86
附錄一 濾紙秤重的標準程序	86
附錄二 濾紙震盪的標準程序	87
附錄三 PAHs 化學結構與物理特性	88
附錄四 金屬元素與 PAHs 的方法偵測極限值	90
附錄五 因素分析表	90
附錄六 國光巴士台北西站及艋舺龍山寺空氣微粒中個別金屬元素與 PAH 不同粒徑的濃度值	95



圖目錄

圖 2-1 艋舺龍山寺平面圖以及採樣儀器擺設位置	15
圖 2-2 艋舺龍山寺香客拜香情況(a)以及採樣儀器放置位置(b)	16
圖 2-3 國光巴士台北西站平面圖以及採樣儀器擺設位置	17
圖 2-4 吹氮裝置以及氮氣鋼瓶	18
圖 3-1 國光巴士台北西站空氣微粒之十日平均質量濃度粒徑分布圖	20
圖 3-2 國光巴士台北西站空氣微粒之十日平均質量濃度累積分布圖	20
圖 3-3 國光巴士台北西站空氣微粒中十日平均總 PAHs 濃度粒徑分布圖	21
圖 3-4 國光巴士台北西站空氣微粒中總 PAHs 十日平均濃度累積分布圖	22
圖 3-5 國光巴士台北西站空氣微粒中 16 種 PAHs 在 PM_1 、 $PM_{1-2.5}$ 及 $PM_{2.5-10}$ 十日濃度平均值	23
圖 3-6 國光巴士台北西站在 PM_1 、 $PM_{1-2.5}$ 及 $PM_{2.5-10}$ ，不同環數的 PAHs 佔該粒徑範圍總 PAHs 的百分比	24
圖 3-7 國光巴士台北西站空氣微粒中 16 種 PAHs 十日平均濃度粒徑分佈圖	26
圖 3-8 國光巴士台北西站空氣微粒中 16 種 PAH 濃度累積分布圖	28
圖 3-9 國光巴士台北西站空氣微粒中十日平均總金屬元素濃度分布圖	30
圖 3-10 國光巴士台北西站空氣微粒十日平均總金屬元素濃度累積分布圖	31
圖 3-11 國光巴士台北西站空氣微粒中 17 種金屬元素在 PM_1 、 $PM_{1-2.5}$ 及 $PM_{2.5-10}$ 十日濃度平均值	32
圖 3-12 國光巴士台北西站 17 種金屬元素濃度粒徑分布圖	34
圖 3-13 國光巴士台北西站空氣微粒中 17 種金屬元素濃度累積分布圖	36
圖 3-14 艋舺龍山寺空氣微粒之十日平均質量濃度粒徑分布圖	38
圖 3-15 艋舺龍山寺空氣微粒之十日平均質量濃度累積分布圖	39
圖 3-16 艋舺龍山寺空氣微粒中十日平均總 PAHs 濃度粒徑分布圖	40
圖 3-17 艋舺龍山寺空氣微粒中總 PAHs 十日平均濃度累積分布圖	41
圖 3-18 艋舺龍山寺空氣微粒中 16 種 PAHs 在 PM_1 、 $PM_{1-2.5}$ 及 $PM_{2.5-10}$ 十日濃度平均值	42
圖 3-19 艋舺龍山寺在 PM_1 、 $PM_{1-2.5}$ 及 $PM_{2.5-10}$ ，不同環數的 PAHs 佔該粒徑範圍總 PAHs 的百分比	43
圖 3-20 艋舺龍山寺空氣微粒中 16 種 PAHs 濃度粒徑分佈圖	45
圖 3-21 艋舺龍山寺空氣微粒中 16 種 PAHs 濃度平均累積分布圖	47
圖 3-22 艋舺龍山寺空氣微粒中十日平均總金屬元素濃度分布圖	49
圖 3-23 艋舺龍山寺空氣微粒中十日平均總金屬元素濃度累積分布圖	50
圖 3-24 艋舺龍山寺空氣微粒中 17 種金屬元素在三種粒徑下十日的濃度平均值	51
圖 3-25 艋舺龍山寺空氣微粒中 17 種金屬元素濃度粒徑分布圖	53
圖 3-26 艋舺龍山寺空氣微粒中 17 種金屬元素濃度平均累積分布圖	55

表目錄

表 4-1 國光巴士台北西站與艋舺龍山寺之質量濃度與國內外 24 小時日平均質量濃度標準之比較	58
表 4-2 國光巴士台北西站與艋舺龍山寺不同粒徑質量濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)之比較 (Mean \pm SD) (n=10)	58
表 4-3 艋舺龍山寺及國光巴士台北西站其空氣微粒在不同粒徑下總 PAHs 濃度 (ng/m^3)之比較(Mean \pm SD)(n=10)	62
表 4-4 艋舺龍山寺及國光巴士台北西站 PM_1 (individual PAH)濃度 (ng/m^3)之比較 (Mean \pm SD)(n=10)	62
表 4-5 艋舺龍山寺及國光巴士台北西站 $\text{PM}_{1-2.5}$ (individual PAH)濃度(ng/m^3)之比較 (Mean \pm SD)(n=10)	63
表 4-6 艋舺龍山寺及國光客運台北西站 $\text{PM}_{2.5-10}$ (individual PAH)濃度 (ng/m^3)之比較(Mean \pm SD)(n=10)	63
表 4-7 世界各地不同污染源的 PAHs 濃度之比較 (ng/m^3).....	64
表 4-8 PAHs diagnostic ratios used as source indicator	65
表 4-9 艋舺龍山寺及國光巴士台北西站其空氣微粒在不同粒徑下總金屬元素濃度 (ng/m^3)之比較(Mean \pm SD)(n=10)	68
表 4-10 艋舺龍山寺及國光巴士台北西站 PM_1 (individual element)濃度(ng/m^3)之比較(Mean \pm SD)(n=10)	68
表 4-11 艋舺龍山寺及國光巴士台北西站 $\text{PM}_{1-2.5}$ (individual element)濃度(ng/m^3)之比較(Mean \pm SD)(n=10)	69
表 4-12 艋舺龍山寺及國光巴士台北西站 $\text{PM}_{2.5-10}$ (individual element)濃度(ng/m^3)之比較(Mean \pm SD)(n=10)	70
表 4-13 各種污染源的金属指標元素	71

1. 前言

在過去細胞毒理、動物實驗及流行病學的研究中發現，暴露於空氣中懸浮微粒會對人體產生不良健康效應，像是心血管、呼吸道方面的疾病。但過去研究主要偏向粒徑較大的微粒，如 TSP、PM₁₀ 以及 PM_{2.5}，較少 PM₁ 以下的研究，近年來研究發現較小的微粒會對人體健康具有更大的影響，PM₁ 微粒人體吸入後會沉積在下呼吸道進而造成呼吸道直接性的傷害，同時也有可能間接造成呼吸道和肺泡的發炎反應，細胞毒理研究也發現 PM₁ 微粒會引起發炎反應以及內皮細胞功能異常；流行病學發現，長期暴露於 PM₁ 微粒下，在有心血管疾病的族群會造成心跳變異率的下降，也具有較高的心肺疾病致死率。

成分也是影響微粒毒性大小的重要因素，多環芳香烴(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs)經國際癌症研究中心(The International Agency for Research on Cancer, IARC)證實具有致癌性、致突變性以及致畸形性，金屬成分也在許多研究中發現會對人體產生不良的健康效應。近年來，交通污染源已經成為世界各地大氣環境中主要的微粒污染源，台灣地狹人稠，根據交通部 2007 年統計，台灣平均每公里的道路有 170.6 輛車，交通密度為亞洲第三高，而眾多的交通工具中，以搭乘巴士的人數最多，在 96 年一共有 1020 百萬人次搭乘，除了交通污染源之外，寺廟的拜香祭祀行為在亞洲地區十分盛行，台灣 96 年底已登記之寺廟總數為 1 萬 1,651 座，平均每縣市有六百座，寺廟密度為世界之冠。

過去在寺廟以及巴士站所進行的研究，大多著重在這些地方會產生何種的不良健康效應，但對於這些地點的粒徑分佈跟成分組成，資料尚嫌不足，因此，本研究針對拜香行為以及巴士進行環境採樣，以期能了解其粒徑分布以及成分的組成，進而探討與比較。

1.1. 懸浮微粒造成之健康效應

自從空氣污染議題受到重視之後，微粒造成健康危害的相關研究也逐漸增多，最早且最常被提出的健康問題多著重在肺部與呼吸道，由於空氣會經由人體吸入，從鼻腔、咽喉最後進入到支氣管、肺部底下，因此上述的呼吸系統將會最先受到傷害。隨後開始有研究指出除了肺功能以及呼吸道的傷害之外，微粒似乎

也會對於心臟、血管、血液造成一些代謝性傷害，甚至生殖研究上面也對於微粒有諸多探討。

Dockery 等人在 1993 年所進行的探討空氣污染和死亡率之研究，在全美六個城市(Harriman, Steubenville, St. Louis, Portage, Watertown, and Topeka)隨機選了 8,111 個年齡在 25 歲到 74 歲之間的個案來進行前瞻性世代研究(prospective cohort study)，每個個案追蹤了 14 到 16 年，經過性別、年齡、抽煙習慣、教育程度、BMI (body-mass index)和職業暴露的校正後發現，增加 PM 濃度的暴露量與增加其死亡率以及致死率具有其相關性[1]，PM 的長期暴露跟心血管方面的疾病相關，其中包含像是缺血性心臟病 (Ischemic heart disease)、節律障礙 (dysrhythmias)、心臟衰竭 (heart failure)以及心臟停止 (cardiac arrest) [2]，血壓以及心跳率上升、內皮細胞受損以及動脈血管收縮[3]，也會造成心跳變率(HRV)的下降[4]。

PM 依照粒徑大小來分可分為 PM₁₀(氣動粒徑 < 10 μm)、PM_{2.5}(氣動粒徑 < 2.5 μm)以及 PM₁(氣動粒徑 < 1 μm)三種粒徑範圍，而這三種粒徑大小的微粒也經過實驗證實都會對人產生不良的健康效應，以下針對這三種粒徑所造成的健康效應來進行探討。

在 PM₁₀ 的部分，Yang 等人對一群 20-50 歲第一次懷孕的婦女進行研究，這些婦女都是住在空氣測站周圍兩公里的地區，藉由空氣測站的資料來了解母親暴露在 PM₁₀ 微粒下與嬰兒出生體重的相關性，發現嬰兒出生前三個月，媽媽暴露在 PM₁₀ 下，濃度每增加 1 μg/m³，嬰兒出生體重則減少 0.52 g[5]，Sun 等人針對 55 歲以下的氣喘急診病患進行研究，觀察空氣污染物的指標和急診率的相關性，作者將年齡層分為 16 歲以下的兒童以及 16-55 歲的成人兩部份，空氣污染物的濃度，是從環保署的環境監測站取得，比對發現，氣喘兒童的急診率跟 PM₁₀ 濃度的 R 值為 0.63 [6]，Schwartz 在 1980 年到 1989 年對底特律所有醫院中超過 65 歲的老年人進行空氣污染對於老人住院率相關性研究，作者發現，每當 PM₁₀ 上升 32 μg/m³ 會造成缺血性心臟病的病患住院率上升 2 % [7]。

在 PM_{2.5} 的部分，Lu Ma 對 19 位年齡範圍在 8-15 歲長期住在醫院的氣喘病患進行研究，氣喘兒童每天都會進行 PEF 以及 Wheezing 的測量，在跟醫院內的 PM_{2.5} 的濃度做比較，經過年齡、性別、溫度及溼度的校正，發現暴露在 PM_{2.5} 之下跟 PEF 下降以及 Wheezing 的盛行率有達到顯著的相關(P-value < 0.001)[8]。另外，Pope 在美國癌症協會取得美國 50 州一共 151 個城市超過 50 萬個成年人的長期追

蹤資料，一共追蹤了 16 年，作者發現，長期暴露在 $PM_{2.5}$ 之下，濃度每增加 $10 \mu g/m^3$ 會引發缺血性心臟病、節律障礙、心臟衰竭以及心臟停止的死亡率約上升 8 %-18 % [2]。

在 PM_{10} 的部份，詹等人招募了 9 個年齡範圍在 19-29 歲的年輕健康受試者(其中有兩名女性)以及 10 個年齡範圍在 42-97 歲肺功能受損的男性年長受試者，使用 P-Trak Ultrafine particle Counter(TSI Inc.)在白天進行採樣，測量 PM_{10} 粒徑的顆粒濃度，另外，受測者佩帶可移動式 ECG 偵測器來評估受測者的 HRV，經過年齡、性別、BMI、香煙暴露以及溫度的校正，作者發現暴露於每立方公分 10000 顆的 $NC_{0.02-1}$ (粒徑範圍在 $0.02 \mu m - 1 \mu m$) 的微粒之下，兩個族群的受測者都會造成的 HRV 指標的下降，年輕受測者在過去 1-4 小時平均暴露在每立方公分 10000 顆的 $NC_{0.02-1}$ ，會造成 SDNN 以及 r-MSSD 下降 0.68 %-1.35 %和 1.85 %-2.58 %；年長受測者在過去 1-3 小時平均暴露在每立方公分 10000 顆的 $NC_{0.02-1}$ ，會造成 SDNN 以及 r-MSSD 下降 1.72 %-3.00 %和 2.72 %-4.65 % [9]，在相同的暴露條件下，受測者換成 10 位肺功能受損的病患，發現心跳、血壓也有明顯的上升 [10]，都可證明暴露在懸浮微粒下，會產生健康上的危害。

1.2. 微粒粒徑大小對健康效應的影響

近年來，各方學者已經從空氣污染會對人體產生健康效應的研究，轉變成探討何種粒徑大小會對人體產生不良的健康效應，越小的粒徑產生的毒性也較高，這個論點已經在動物實驗、流行病學研究、細胞毒理等等研究中都已經受到證實。

細微粒(fine particle)經由人體吸入之後，會到達人體的肺部，而粗微粒(coarse particle)吸入後只會落在人體的上呼吸道 [11]，這也代表著，微粒越小越容易進入到人體內部的器官，相對的產生較高的危害。Brook 等人在 2004 年對於暴露到空氣微粒所引發的呼吸系統與心血管系統傷害進行了一些推論，吸入空氣微粒後，粒徑較小的微粒可能會沉積在肺部還有呼吸道上面進而造成呼吸道直接的傷害，同時也有可能間接的造成呼吸道和肺泡的發炎反應。發炎反應產生後會進一步釋放一些細胞調節激素與物質，而使得局部的微血管和周邊血液組織通透性上升，更為細小的微粒即有機會經由擴散的方式進入人體，隨著循環系統被帶到身體的其他部位。同時發炎部位釋放的細胞調節激素也可能會經由代謝而影響自主神經

系統、身體器官以及其他尚待研究的組織[12]。

在動物實驗中，Huang 等人利用 trichotomous 採樣器採集都市、交通、工業區和背景空氣監測站的 $PM_{2.5-10}$ 、 $PM_{1-2.5}$ 、 PM_1 ，分別暴露於人體支氣管內皮細胞 BEAS-2B 和老鼠嗜菌體 RAW264.7 後，分析 BEAS-2B 產生的 Tumor necrosis factor- α (TNF- α)，結果發現 $PM_{1.0}$ 下 IL-8 和 Lipid peroxidation 的產生會顯著增加 [3]。將老鼠暴露在 200 μg 的 TiO₂ 和 carbon black particles 的超細微粒下，會導致呼吸道發炎的現象 [13]。在老鼠肺臟部份，微粒的大小也會影響發炎作用的活性以及反應 [14]， PM_1 相較於 $PM_{2.5}$ 對老鼠更容易引發免疫球蛋白(IgE)近而提高過敏反應[15]。

在流行病學上，lag 1 每增加濃度 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ， $PM_{2.5}$ 所增加的心肺疾病死亡率 0.38 %比 PM_{10} 的 0.24 %要來的高[16]。Chuang 等人在 2002 年 11 月到 2003 年三月針對易感受族群暴露空氣微粒和 HRV 變化進行暴露評估研究，研究分別找了 10 位有冠狀動脈疾病、16 位有高血壓或高血壓前期症狀的病患，每天 7:00 AM 到 11:00 PM 進行空氣微粒採樣，同時在採樣期間持續監測受試者的 HRV 生理指標，其中包含了 r-MSSD、SDNN、HF、LF、LF:HF ratio。結果顯示在 $PM_{0.3-1.0}$ 、 $PM_{1.0-2.5}$ 、 $PM_{2.5-10}$ 當中， $PM_{0.3-1.0}$ 的上升會造成心臟或是高血壓病患的 SDNN、r-MSSD 下降，同時在高血壓病患身上也會看到 LF、HF 下降，這些結果是在 $PM_{1.0-2.5}$ 或 $PM_{2.5-10}$ 所看不到的，這表示了 $PM_{0.3-1.0}$ 的微粒確實會造成易感受族群 HRV 的下降，且小於 PM_1 之粒徑可能有更大的影響力[17]。

1.3. 微粒成分對人體造成之健康效應

除了微粒粒徑大小會影響毒性，成分也是影響毒性的因素之一，許多研究發現，環境中的金屬以及 PAHs 化合物會對人體產生不良的健康效應，在金屬方面，急性鉛中毒會造成腦水腫，並且伴隨著腦脫疝(herniation)、心室壓迫以及淤青出血等症狀[18, 19]。Prieditis 等人將已知濃度的金屬 Zn、Pb、Cu、Fe、Ni 和 V 溶入水中，將其注入老鼠(Swiss mice)體內，發現到 Pb 與 Cu 相較於其他金屬，在相同的濃度下，較容易引發肺部受損以及發炎反應的產生[20]。Huang 等人在動物實驗中發現，造成老鼠 IL-8 的釋放和鉻、錳有關，TNF- α 的釋放則和鐵、鉻有關[3]，慢性鉍中毒的會造成腸胃炎、腹瀉、便秘、嘔吐以及腹部疼痛(ATSDR 1992)，暴露

於鎳跟鋅都會造成的肺部器官受損，像是肺纖維化、氣喘病、鼻竇炎及呼吸道發炎等疾病[21-23]，此外，鎳也被國際癌症研究中心歸類為 Group1 的致癌物(IARC, 1990)。

多環芳香烴化合物(PAHs)，存在於環境中的環狀有機化合物，主要是因為有機物質經由燃燒不完全所產生，PAHs 是此類物質的通稱，通常是指兩個到七個苯環所組成的的碳氫化合物，經由人為行為像是汽機車等交通工具引擎的排放、焚化爐的焚燒、農田稻草的燃燒、寺廟祭祀所使用的香等等都會產生 PAHs 化合物。PAHs 在許多研究都證實了會對人體產生不良的健康效應，美國環保署根據 PAHs 在環境中的濃度以及致癌強度、致突變強度，列出十六種 PAHs 作為污染時必須優先處理掉的物質，而這十六種 PAHs 也經 IARC 公告歸類為人類致癌物以及可能造成人類致癌物，除了具有致癌性，代謝活化之後的 PAHs 也會造成 DNA 的受損，進而導致突變以及畸形[24]。芳香族的暴露也和動脈硬化等心血管疾病發生有關[25]，細胞毒理的研究中，莊等人使用 MOUDI 在寺廟進行採樣，將採集回來的微粒來進行細胞實驗，發現到寺廟採集到的微粒中 PAHs 皆會引起人類冠狀動脈內皮細胞產生發炎反應與內皮細胞功能異常的現象 [26]。

1.4. 巴士站及寺廟的暴露情形

當我們了解到金屬與 PAHs 會對人體產生種種不良的健康效應，而大量的金屬以及 PAHs 產生的來源就是我們需要關切的，許多研究中發現，巴士站以及寺廟的空氣中比起周邊大氣環境含有較高的 PAHs 以及金屬成分。

在金屬部分，石化燃料含有許多的金屬成分，而這些金屬成分會經由燃燒而散佈到空氣中[27]，交通工具所使用的潤滑油以及輪胎跟烤漆的磨損，催化劑的使用，也都會產生金屬成分並散佈至大氣中[28]。

寺廟所使用的香以及紙錢，經由燃燒也會產生金屬成分，但由於每種香與紙錢所組成的成分比例皆不同，因此在不同的研究中所測量到的金屬濃度都有所不同，Lin 在 2003 年針對台灣較常使用香進行研究，作者選了三種不同成分組成的香將其燃燒採樣，分析燃燒所產生的金屬成分，發現所收集到的金屬中以鉻跟鎳所產生的量最高(Lin et al., 2003)，Lau 以及 luk 在香港的寺廟進行研究，在寺廟所使用的香以及香紙燃燒後所產生的灰中發現大量銅、鉛跟鋅等金屬物質[29]。

在 PAHs 的部份，早先在世界各國已有許多研究針對交通污染源會造成 PAHs 的排放而進行研究，也經過證實，油類燃燒後，確實會產生 PAHs[24, 30-32]，另外，Lin 等人對台南的寺廟內、外做了 21 種 PAHs 的成分分析，發現寺廟內 PAHs 的濃度遠高於寺廟外，大約是 27 倍之多[33]，也可證明拜香行為確實會造成 PAHs 濃度上升。

巴士站以及寺廟的暴露族群十分廣大，交通部在 96 年統計了搭乘交通工具的人數，搭乘巴士人數約為 1020 百萬人次，搭乘台鐵人數為 600 百萬人次，搭乘台北捷運人數為 416 百萬人次(交通部 96 年統計)，從搭乘人數就可得知巴士在長程交通運輸上，具有有重要的地位。華人的宗教信仰以及民間祭祀中，無論是家庭還是寺廟，燃燒拜香行為都是十分普遍的，從台灣 96 年底已登記之寺廟總數計有 1 萬 1,651 座，平均每個縣市有六百座寺廟；信徒總人數為 96 萬 8,085 人(內政部主計處)，就不難發現，宗教信仰在台灣的重要性。

現階段的研究都只有指出巴士站的柴油引擎以及寺廟拜香行為所產生的懸浮微粒會對人體產生不良健康效應，或者僅有在實驗室燃燒香及模仿柴油車排放來探討其產生的污染物質成分，很少是針對真實環境所做的研究，即使有在現場進行採樣的研究，也沒有細分粒徑來探討其分布，或者沒完整的探討微粒中 PAHs 和金屬濃度的分布，再加上台北地狹人稠，在交通以及宗教的暴露族群密度相較於台灣其他城市跟其他國家也相對來的高，因此，了解台北地區這些暴露族群的暴露環境，並將現場環境微粒的成份以及粒徑分布情形清楚呈現出來，對於此類的研究有一定的貢獻。本次研究將對此兩地點進行採樣，對其粒徑分布以及成分組成來進行探討。

2. 材料與方法

本次研究的採樣地點為艋舺龍山寺以及國光巴士台北西站進行四十日的採樣，使用的採樣儀器為 MOUDI(micro-orifice uniform deposit impactor)微孔均勻沉積衝擊器，將採集後含有微粒的濾紙進行秤重以及成分的分析，成分分析的物質為 PAHs 以及金屬，分別使用正修科技大學超微量研究科技中心的 GC/MS 以及工業技術研究院的 ICP/MS 來進行分析，將所得到的數據使用 SAS 統計軟體來進行統計分析，並使用 Sigma Plot 繪圖軟體製作圖表。

2.1. 採樣地點

艋舺龍山寺

龍山寺圖 2-2，為北台灣宗教信仰的重心和觀光景點，周邊有熱鬧的華西街夜市，平日香客絡繹不絕，外國香客以日本人居多，寺廟總面積為 6200 平方公尺，為開放式空間，寺廟裡有七座香爐，兩座在正殿前，五座在正殿後，各別供奉著不同的神明。將 MOUDI 放置在正殿後方的一個 1.6 m 高的高台上，距離最近的香爐為 5 m，儀器擺設位置如圖 2-1，距離最近的道路-西園路為 29 m。此外，龍山寺規定不能燃燒紙錢，只能燒香，一個香爐插一支香，一個香客一共使用七支香。龍山寺中所用的香，其成分主要由竹子為香腳，檀木粉跟楠木皮粉為附著劑，裡頭通常會再添加一些中藥粉末來增加燃燒時的香味，其添加的比例以及種類各家廠商都不相同。

國光巴士台北西站

國光巴士台北西站圖 2-3 被三條道路所環繞，西邊為重慶北路二段，北邊為北平西路，南邊為忠孝西路一段，此三路段尖峰時段小、大型車、機車的平均車流量分別為 2249 輛/小時、1212 輛/小時、917 輛/小時，北平西路以及重慶北路二段為單行道，只有忠孝西路為雙向通行，而忠孝西路管制規定只有汽車能行駛，巴士站與台北火車站相距 130 m，重慶南路的對街還有國道巴士總站，而台汽西站是台北市民眾搭乘的巴士站之中，較大型的巴士站之一，巴士站主體為 L 型，其中包括辦公區、及司機休息區，建築內部高度約 5 m，另外一弧形部份為乘客候車

區以及停車月台，其建築高度約 10 m，所有候車的旅客均在該區域，平均一日發車量高達 268 班次，本實驗將 MOUDI 放在乘客搭車的月台邊，是巴士司機休息及收票人員取票最常停留的地方，距離最近的遊覽車排氣口約為 14 m，在此進行採樣，可以了解工作人員以及乘客的暴露情形。

2.2. 採樣時間

採樣期間由 2007 年 8 月 1 日至 2008 年 2 月 28 日，在巴士站以及寺廟個別進行十天的平日採樣以及十天的特殊日採樣，兩個地點的平日選為星期一至星期四，寺廟特殊日選定為初一、十五所舉辦的慶典(中元普渡、千佛法會)，巴士站則選擇周五及週日作為尖峰時間，選擇這些時間的主要原因是，拜香活動盛行於祭祀等慶典，拜拜人數增加，香的使用量也會比平時來的高，也可因此得到，燒香對微粒濃度所造成的貢獻度，另外，每當週末，返鄉人數增加，搭乘長途巴士的人也相對提升，此尖峰時段的開車班數會因此而增加，平日每日發車數平均為 257 班，特殊日每日發車數平均為 297 班，故選定這些時段進行採樣。參考先前研究結果所得到的濃度值，將採樣時間由早上八點到晚上八點共計 12 小時，採樣時間為期 40 天共 480 小時，一天一個樣本，共計 40 個樣本。

2.3. 採樣方法

本次的研究是使用微孔均勻沉積衝擊器 micro-orifice uniform deposit impactor (MOUDI)，利用懸浮微粒在氣流中移動的慣性原理，氣動直徑較大的懸浮微粒因為具有較大的慣性力，會脫離氣流而衝擊到衝擊板上而被捕集，粒徑較小的微粒則會穿過孔洞來到下一階層。本儀器共分為十階，可採集 18 μm 、10 μm 、5.6 μm 、3.2 μm 、1.8 μm 、1 μm 、0.56 μm 、0.32 μm 、0.18 μm 、0.1 μm 、0.056 μm 之 50%切割粒徑(cut-off size)的微粒粒徑範圍，本次研究將這些粒徑範圍合併為 PM_{2.5-10}(粒徑範圍為 5.6 μm -10 μm 、3.2 μm - 5.6 μm 的加總)、PM_{1-2.5}(粒徑範圍為 1.0 μm -1.8 μm 、1.8 μm -3.2 μm)以及 PM₁(粒徑範圍為 0.56 μm -1.0 μm 、0.32 μm -0.56 μm 、0.18 μm -0.32 μm 、0.1 μm -0.18 μm 、0.056 μm -0.1 μm 的加總)，採樣前後均會使用乾式流量器(Dry gas meter, Shinagawa Co., Japan)校正流量，MOUDI 的標準採樣流量為

30 L/min，而流量在採樣前後差不得高於 5%，也就是 1.5 L/min，若採樣後流量低於一開始採樣流量 5%時，代表儀器之衝擊板堵塞所造成，那次的實驗數據將不得使用，儀器也必須馬上帶回實驗室進行清洗。採樣期間，設定衝擊板每 30 分鐘旋轉 20 秒，使微粒能夠均勻的分布在採樣的濾紙上，進而達到最高的採集效率。

本次採樣的濾紙是使用鐵氟龍濾紙(直徑 37 mm、孔徑 1 μm)進行微量金屬分析、鋁箔濾紙(直徑 37 mm)做 PAHs 的分析，以及鐵氟龍濾紙(直徑 37 mm、孔徑 2 μm with-ring)做為 MOUDI 的後濾，作為微粒的最後採集，預防微粒進入到 pump 之中，造成儀器損壞。

濾紙在使用前後均需要秤重，秤重前會將濾紙放入濾紙匣中，放入溫度為 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，相對溼度 $50\% \pm 5\%$ 的乾燥箱中靜置兩天，然後在天平室進行前秤，天平室也必須控制在溫度為 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，相對溼度 $50\% \pm 5\%$ 的狀態下，使用靈敏度 1 μg 的電子天平儀器進行秤重，本次研究所使用的後濾濾紙，由於有 ring 的關係，在秤重時，受到天秤室氣流的影響，天秤的讀值會不斷的跳動，造成無法計算採集下來的微粒重量，因此只有分析 0.056 μm -18 μm 此十階的濾紙。在採樣之後，一樣將濾紙放入濾紙匣中靜置於乾燥箱兩天後再秤重一次，採樣後所秤得的重量減掉採樣前所秤得的重量，將可得知採集到的質量重，代入總採氣體積(m^3)以及採樣時間，可以求得採樣期間懸浮微粒的質量濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)。

2.4. 樣本保存及運送

採樣完畢後，將濾紙裝入濾紙匣中，並以石蠟膜密封，再裝入深色的容器中進行搬運，搬運的過程中，將整組的濾紙匣固定住，預防濾紙匣因為震動而造成採集到的微粒從濾紙上掉落。將濾紙匣回到實驗室後，放入包有鋁箔紙的乾燥箱中以防止陽光照射而造成 PAHs 的逸散，靜置兩天後進行秤重，秤重後，立即將濾紙匣放入 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冷藏櫃中直到進行分析。

2.5. PAHs 與金屬的萃取方法

本次實驗分析的物質有 PAHs 與金屬，而兩種物質的特性不同，因此萃取以及分析的方法也有所不同，首先由 PAHs 開始介紹。

本次研究，參考美國 EPA Method 3550c 中的萃取方法，經由多次實驗，將溶劑的比例以及超音波震盪時間做了些許的改變，求得較高的萃取回收率，PAHs 極性低，較容易溶解在弱極性或是非極性的溶劑中，所以使用 1:1 的丙酮 (J.T.Baker, USA) 和二氯甲烷 (J.T.Baker, USA) 於裝有鋁箔濾紙的圓底試管內 5 mL，使用超音波震盪 3 分鐘，停置 1 分鐘，再震盪 3 分鐘。使用乳頭滴管將萃取液取出到乾淨的圓底試管內。再加入 5 mL 的正己烷 (J.T.Baker, USA) 到有濾紙的圓底試管內震盪，將此步驟的萃取液加到已濃縮的圓底試管內，重複上述步驟 2 次。最後將萃取液吹氮濃縮到 1 mL，本次研究的吹氮實驗，是在勞工安全研究所進行實驗，吹氮裝置如圖 2-4，此吹氮裝置能保持恆溫，本次實驗將溫度控制在室溫 25 度，避免吹氮時溫度急速下降而造成溶劑結冰的現象，吹氮裝置共有 24 管出氣口，每管的出氣量都相同，氮氣鋼瓶上裝有壓力閥，可以控制出氣量，每個樣本進行吹氮時，壓力皆控制在 30 psi，氮氣吹在樣本上只有些許的波紋，不會因出氣量太大，而造成樣本飛濺到試管管壁上，造成 PAHs 逸散。

為了避免水分以及其他高極性物質的影響，先將無水硫酸鈉 (Yakuri pure chemicals Co., Japan) 以及矽膠 (70-230 mesh, Silicycle Inc., USA) 放到烘箱內乾燥。將玻璃纖維 (Supelco Inc., USA) 加入淨化管柱內，以矽膠填充於管柱內 2 cm，再加入無水硫酸鈉 0.5 cm 以配置淨化管柱，先取 5 mL 的正己烷清洗淨化管柱。將萃取濃縮液加到淨化管柱內，使用尖底試管盛裝淨化後的淨化液。加入 1 mL 含有 30 % 二氯甲烷的正己烷溶液沖提圓底試管，將沖提液加入到淨化管柱內，此步驟重複 2 次。最後利用氮氣將淨化後的淨化液濃縮到 100 μ L，處理後的樣本保存於 4 $^{\circ}$ C 中。

金屬成分的萃取中，將裝有採樣後及秤重過的濾紙的濾紙匣內，加入 1 ml 的去離子水，跟濾紙採集表面接觸，再使用 paraffin 將濾紙匣緊密的密封，預防在震盪的時候，水從濾紙匣的縫隙中穿透，之後放入超音波震盪器，震盪 30 分鐘，用 pipette 將震盪後的去離子水取出到乾淨的離心管內，重覆此步驟兩次，最後用 0.5 ml 的去離子水沖洗濾紙採集面，用 pipette 取出到裝有樣本的離心管中，最後加入 2.5 ml 的 5 % 濃硝酸，使其樣本維持在 PH < 2 的狀態下，可以確保金屬物質均勻的溶入樣本之中，不會有沉澱的狀態發生，最後使用 0.22 μ m 孔徑的過濾針頭 (ChromTech)，過濾樣本中大粒徑的物質，避免 ICP/MS 因為進入的顆粒過大而造成阻塞。

2.6. PAHs 與金屬的分析方法

PAHs 前處理後的樣本皆保存於 4 °C 的冰箱中，以氣相層析質譜儀 (Gas Chromatography/Mass Spectrometry, GC/MS) 進行分析。本研究所採用的 GC/MS (GC6890 及 MS5975) 由 Agilent Technologies 所製造。注射針於每次樣品注射前皆以正己烷和二氯甲烷清洗。樣品以 splitless 模式注射 2 μ L 到 30 m \times 0.25 mm ID \times 0.25 μ m 的毛細管柱 (J&W DB-5MS)，注射口溫度為 250 °C。升溫條件為初使溫度 50 °C，停留 1 分鐘後以每分鐘 30 °C 升溫到 140 °C 後停留 2 分鐘，再以每分鐘 20 °C 升溫到 220 °C 後停留七分鐘，最後以每分鐘 10 °C 升溫到 310 °C 後停留六分鐘。針對質量選擇偵測器 (Mass Selective Detector) 無法區分的異構物、滯留時間較長的 PAHs 或分離狀況較差而不易定性者，利用選擇離子偵測型式 (Selected Ion Monitoring, SIM) 依據滯留時間和選擇離子相對比的判斷來定性，這些樣本皆在高雄正修科技大學超微量研究科技中心進行分析。

本研究所分析的 PAHs 是 1982 年美國環保署 (USEPA) 所列出的 16 種 PAHs，其中包括了 naphthalene (Nap)、acenaphthylene (Acy)、acenaphthene (Acp)、fluorene (Flu)、phenanthrene (Phe)、anthracene (Ant)、fluoranthene (Fl)、pyrene (Pyr)、benz[a]anthracene (B[a]A)、chrysene (Chry)、benzo[b]fluoranthene (B[b]F)、benzo[k]fluoranthene (B[k]F)、benzo[a]pyrene (B[a]P)、dibenz[a,h]anthracene (DBA)、indeno[1,2,3-c,d]pyrene (Ind) 及 benzo[g,h,i]perylene (B[ghi]P)，其物化特性以及化學結構如附錄。本研究採用了 16 種 PAHs 標準品混合液 (48473) 以及內標準品 (internal standard, IS) phenanthrene-D10 (442753)、pyrene-D10 (442846) 和 benzo[a]pyrene-D12 (442847)，這些標準品都是跟 Supelco 公司購買。

PAHs 標準品混合液稀釋後配製成 0.01 ppm、0.05 ppm、0.5 ppm、1 ppm 和 2 ppm 後，利用 GC/MS 分析後將積分的面積和濃度對應作直線回歸，並讓直線通過原點求得檢量線，GC/MS 得到的數據積分皆用 Environmental ChemStation 程式處理。

分析金屬成分的濾紙，經過震盪之後，放入乾燥箱中靜置兩天，再進行稱重，以計算萃取時的震盪效率，詳細計算方式如同附錄，本研究分析的金屬成分為銀 (Ag)、砷 (As)、鉍 (Be)、鎘 (Cd)、鈷 (Co)、鉻 (Cr)、銅 (Cu)、錳 (Mn)、鎳 (Ni)、鉛 (Pb)、鋅 (Zn)、釩 (V)、鉍 (Tl)、硒 (Se)、鉬 (Mo)、鈾 (U)、鎘 (Cd) 等 17 種成分，所使用的分析儀器為工研院的 Inductively coupled plasma-mass

spectrometry(ICP/MS ; AGILENT 7500 S) 感應耦合電漿質譜儀，每次開機後，都需要熱機 15 分鐘以上，樣本上機前，需作調機的動作，本次研究的調機報告，將置於附錄處。ICP/MS 分析使用全定量分析，關於檢量線的配製，是使用混合標準品將其稀釋到濃度為 1 ppb、2 ppb、4 ppb、6 ppb、8 ppb、10 ppb、20 ppb、40 ppb、60 ppb、80 ppb、100 ppb，來製作其檢量線，檢量線以及濃度數據的轉換使用離線資料分析(Offline Data Analysis)以及(Multiple ICPMS Data File Viewer)軟體來處理。

2.7. 品保品管

本次實驗的品保品管，分別在實驗期間的前後進行，在每次採樣之前，均會準備一片空白濾紙，帶至採樣現場後將濾紙匣打開，放置採樣期間結束，再將濾紙匣緊密送回實驗室，作為現場空白，利用前後秤重算出在採樣時，濾紙被現場環境污染的程度。在做 PAHs、微量金屬分析時的前處理時，以空白濾紙進行實驗，藉以得知空白濾紙的背景成分。加入已知濃度的標準品，可以得知前處理過程中，會造成多少濃度的流失，藉以計算出其回收率。本次研究 16 種 PAHs 的回收率介於 80.4% (Acy) 到 97.8% (B(b)F)，平均回收率 87%。GC/MS 連續分析 12 小時樣本之後，需注射 1 ppm 的標準品來評估檢量線，若減量線變異差異大於 20 % 時則必須檢視此檢量線是否可用；將震盪之後的濾紙進行秤重，除以採樣回來後秤重的重量，可以得知其震盪效率，本次研究的超音波震盪回收率 75 %-88 %，濃度越高的階層，震盪效率越好。IPC/MS 分析金屬時，每分析十個樣本，放入一個查核樣本，結果的誤差需落在百分比 10 % 以內，若超出 10 %，則需重新配置檢量線。此外，金屬成分分析所使用的過濾針頭，以去離子水進行過濾，將過濾後的去離子水做為濾頭的空白。

2.8. 統計分析方法

本次研究共分為三部分，懸浮微粒分析、PAHs 分析以及金屬分析，採樣日期一共為 40 天寺廟以及巴士站分別各為 20 天，而其中鐵弗龍濾紙與鋁箔濾紙各佔 10 天，分別用來分析金屬濃度和 PAHs 濃度，由於鋁箔濾紙在採集時會產生微粒彈跳現象，使得所得到的質量濃度會有所偏差，因此，在懸浮微粒的質量濃度部分，

只採用鐵氟龍濾紙來進行分析，採樣後的鐵弗龍濾紙利用前後秤重算出採集到的微粒重量，並且依照當日的採樣流量以及時間來換算其質量濃度，最後將採樣日期、樣本編號、濃度、採樣天候環境狀況等數值，利用Microsoft excel軟體建檔。PAHs以及金屬分析的部分，利用GC/MS以及ICP/MS的專用軟體得到濃度等數據，若分析結果為ND值，則帶入二分之一偵測極限值作為替代，本研究之金屬元素的偵測極限範圍為0.03~0.9 (ng/mL)；PAHs的偵測極限為0.03~0.06 (ng/mL)，詳細偵測極限數值請參照附錄四。同樣使用Microsoft excel軟體建檔，最後使用SAS統計軟體以及sigma plot繪圖軟體進行分析與繪圖。

用SAS統計軟體進行描述性統計分析，計算兩地的質量濃度、PAHs以及金屬元素濃度平均值以及標準差，另外將16種粒狀PAHs濃度的加總命名為總PAHs；將17種金屬元素濃度的加總命名為總金屬元素濃度。再將每階層粒徑的濃度平均值加總來計算PM₁(粒徑範圍為0.56 μm -1.0 μm、0.32 μm-0.56 μm、0.18 μm-0.32 μm、0.1 μm-0.18 μm、0.056 μm-0.1 μm的加總)、PM_{1-2.5}(粒徑範圍為1.0 μm-1.8 μm、1.8 μm-3.2 μm)及PM_{2.5-10}(粒徑範圍為5.6 μm-10 μm、3.2 μm- 5.6μm的加總)之濃度值，最後用總濃度值得知每階層粒徑濃度佔了總濃度的百分比為何，進而計算質量中數粒徑(MMD Mass Medium Diameter)值。

利用sigma plot繪圖軟體將質量濃度、總PAHs濃度、個別PAH濃度、總金屬元素濃度及個別金屬元素濃度在不同粒徑範圍所得到的濃度平均值及不同粒徑範圍的濃度在總濃度所佔的百分比用粒徑分布圖和濃度累積分布圖來呈現，兩種圖的x軸皆為取log的粒徑值。此外針對個別的PAHs及金屬元素，繪製PM₁、PM_{1-2.5}、PM_{2.5-10}的複數直方圖，來比較此三種粒徑的濃度值以何者為高。另外將相同環數的PAHs濃度做加總，計算不同環數的PAHs佔總PAHs濃度的百分比為何，再繪製其比例分佈圖。

最後為了了解巴士站與寺廟兩地的濃度差異，並且考量到樣本數不足的情況，因而採用無母數統計中的Wilcoxon Rank Sums test來進行統計分析，分析PM₁、PM_{1-2.5}、PM_{2.5-10}及每階層的粒徑中，兩地的質量濃度、PAHs濃度跟金屬元素濃度是否有達到顯著的差異。

2.9. 因素分析 (Factor Analysis)

因素分析是一種透過互依分析的技術，可用來了解不同成分間複雜的相關性，本次研究將巴士站和寺廟的金屬以及PAHs濃度值，利用因素分析法，找出特徵值(Eigenvalue)高於1的主要汙染來源，並且了解哪些物種彼此間具有高度相關(負荷值大於0.7)，將其區分為同一類型的汙染來源。



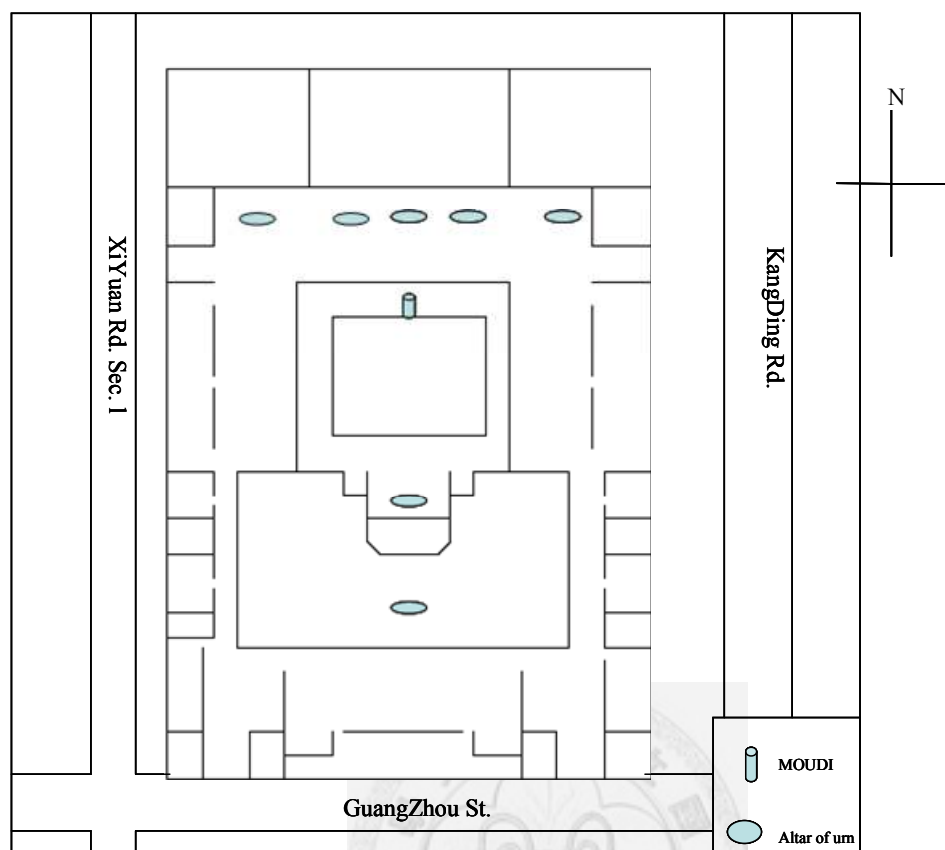


圖 2-1 艋舺龍山寺平面圖以及採樣儀器擺設位置

a



b



圖 2-2 艋舺龍山寺香客拜香情況(a)以及採樣儀器放置位置(b)

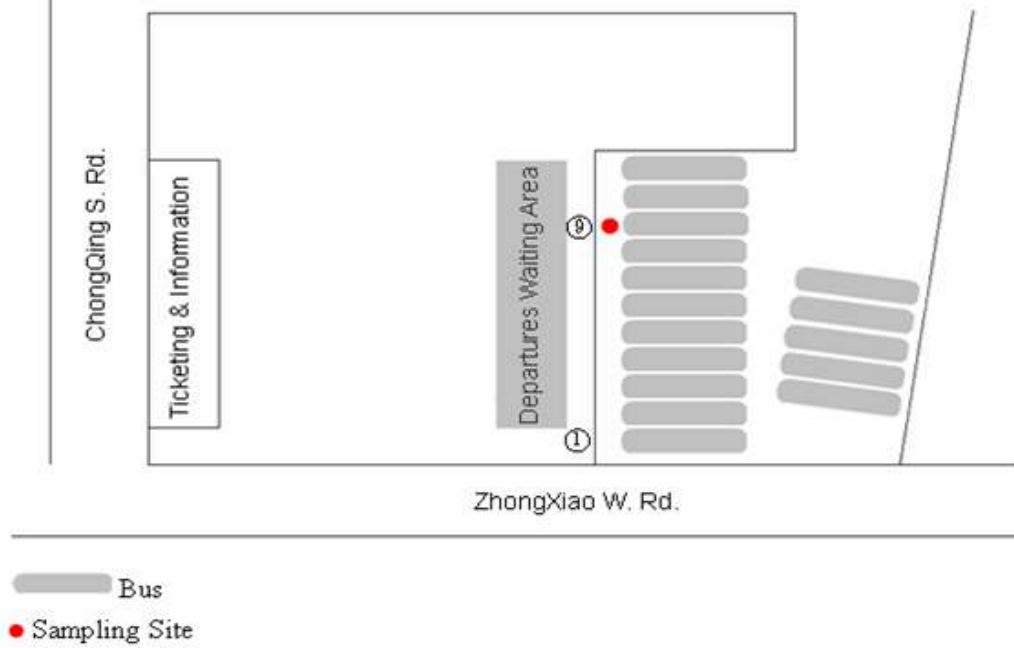


圖 2-3 國光巴士台北西站平面圖以及採樣儀器擺設位置



圖 2-4 吹氮裝置以及氮氣鋼瓶

3. 研究結果

由於本次研究在巴士站以及寺廟兩個不同污染源的地點進行研究，因此針對這兩地點的微粒特性分開描述。

3.1. 巴士站微粒特性

巴士站的懸浮微粒、PAHs 和金屬元素成分的分布情形、採樣期間的氣候條件、微粒質量濃度的質量中數粒徑跟不同成分在各種粒徑範圍的濃度分布等等的結果將在此描述說明。

3.1.1 巴士站空氣微粒之濃度分布

本研究在巴士站採樣期間溫度、相對溼度及風速為 $23.2\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 4.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $69.3\% \pm 9.9\%$ 和 $2.8\text{ m/s} \pm 0.9\text{ m/s}$ 。圖 3-1 中顯示巴士站所測得的懸浮微粒以粒徑 $0.56\text{ }\mu\text{m} - 1\text{ }\mu\text{m}$ 的濃度最高，質量中數粒徑(Mass Medium Diameter)約為 $1.5\text{ }\mu\text{m}$ (圖 3-2)。巴士站懸浮微粒的粒徑分布，以個別階層粒徑來看，可看出在粒徑範圍 $0.18\text{ }\mu\text{m} - 0.32\text{ }\mu\text{m}$ 、 $0.56\text{ }\mu\text{m} - 1\text{ }\mu\text{m}$ 和 $3.2\text{ }\mu\text{m} - 5.6\text{ }\mu\text{m}$ 各有一個波峰值分別為 $7.82\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $18.57\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ 跟 $13.4\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。PM₁、PM_{1-2.5} 及 PM_{2.5-10} 的質量濃度各別為 $(36.59 \pm 27.71)\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $(13.98 \pm 12.18)\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 $(28.42 \pm 10.93)\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，三種粒徑分別佔了 PM₁₀ 的 46%、18% 及 36%。

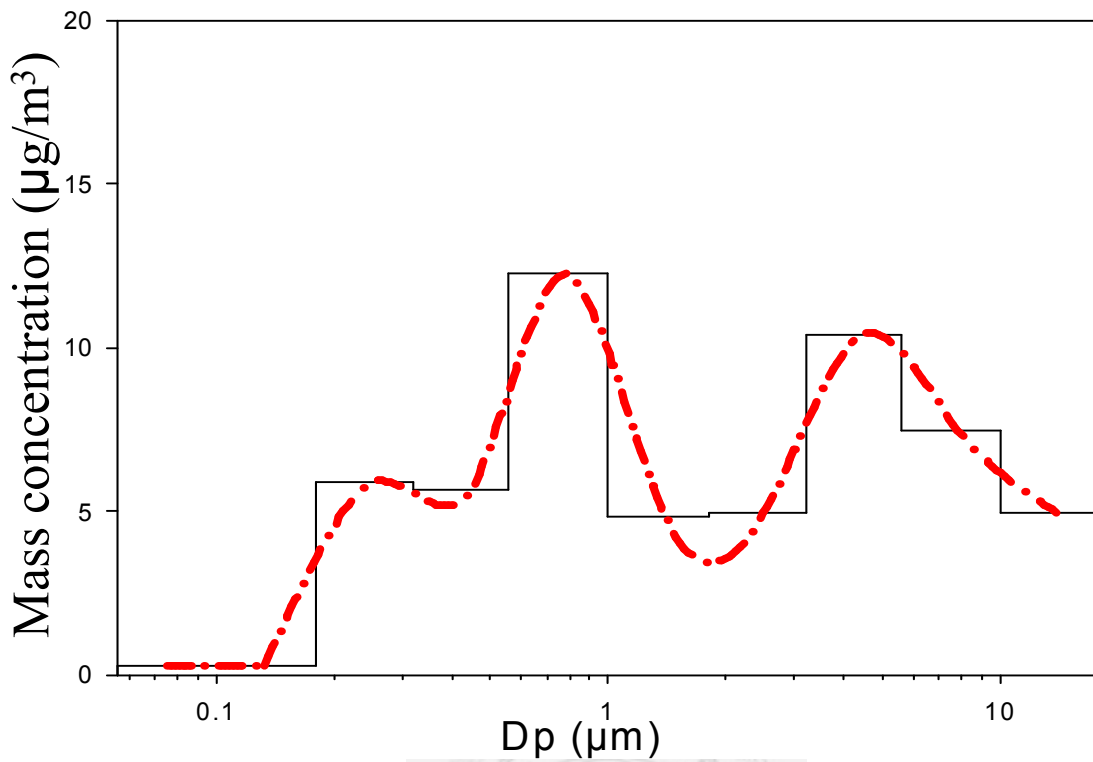


圖 3-1 國光巴士台北西站空氣微粒之十日平均質量濃度粒徑分布圖

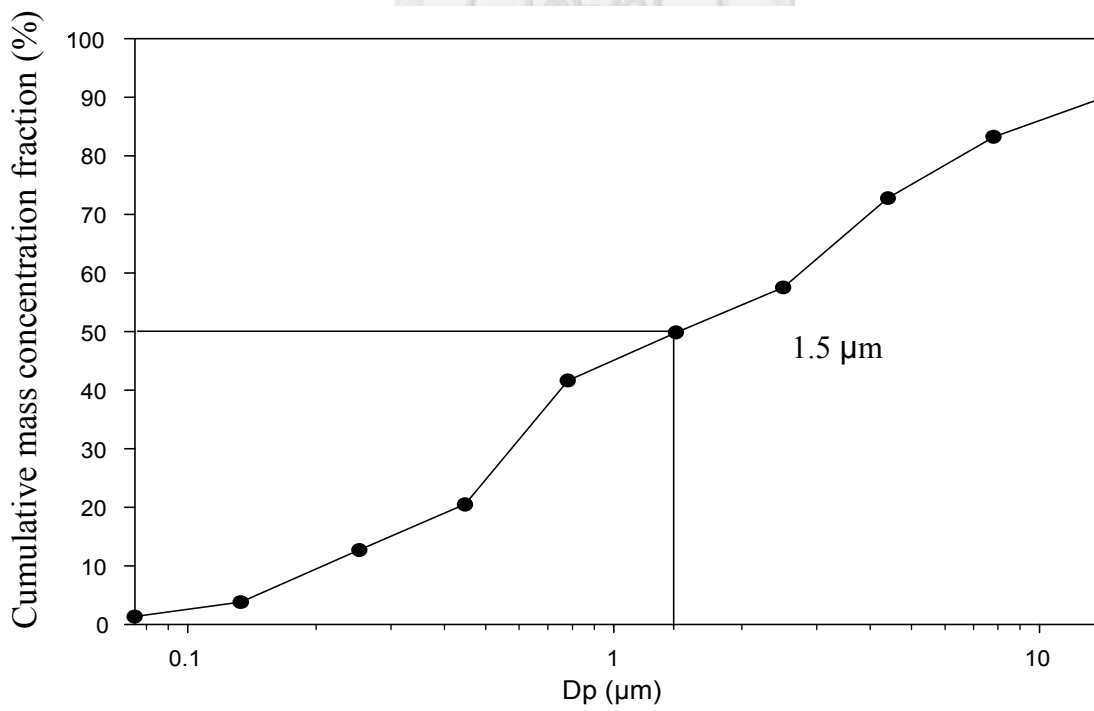


圖 3-2 國光巴士台北西站空氣微粒之十日平均質量濃度累積分布圖

3.1.2 巴士站空氣微粒中 PAHs 的濃度分布

圖 3-3 中顯示，MOUDI 採集懸浮微粒的粒徑區間，柴油引擎懸浮微粒中的總 PAHs 濃度在粒徑 $0.18\ \mu\text{m} - 0.32\ \mu\text{m}$ 下最高，約為 $35\ \text{ng}/\text{m}^3$ ，在粒徑 $0.56\ \mu\text{m} - 1\ \mu\text{m}$ 又產生一個波峰值，約為 $16\ \text{ng}/\text{m}^3$ 。

巴士站懸浮微粒中 16 種 PAHs 總濃度在 PM_{10} 、 $\text{PM}_{1-2.5}$ 、 $\text{PM}_{2.5-10}$ 分別為 $74.82\ \text{ng}/\text{m}^3 \pm 69.28\ \text{ng}/\text{m}^3$ 、 $10.36\ \text{ng}/\text{m}^3 \pm 6.05\ \text{ng}/\text{m}^3$ 和 $10.24\ \text{ng}/\text{m}^3 \pm 4.77\ \text{ng}/\text{m}^3$ ，分別佔了 PM_{10} 的 78 %、11 % 以及 11 %。2 ring 的 Nap 以及 4 ring 以上的 PAHs 是 PM_{10} 的主要來源，其中又以 Nap 在 PM_{10} 中的濃度最高，佔了總 PAHs 濃度的 19.6 %。

另外將總 PAHs 濃度以累積分布圖來表示，如圖 3-4，國光巴士站台北西站空氣微粒中總 PAHs 濃度的 MMD 值為 $0.176\ \mu\text{m}$ 。

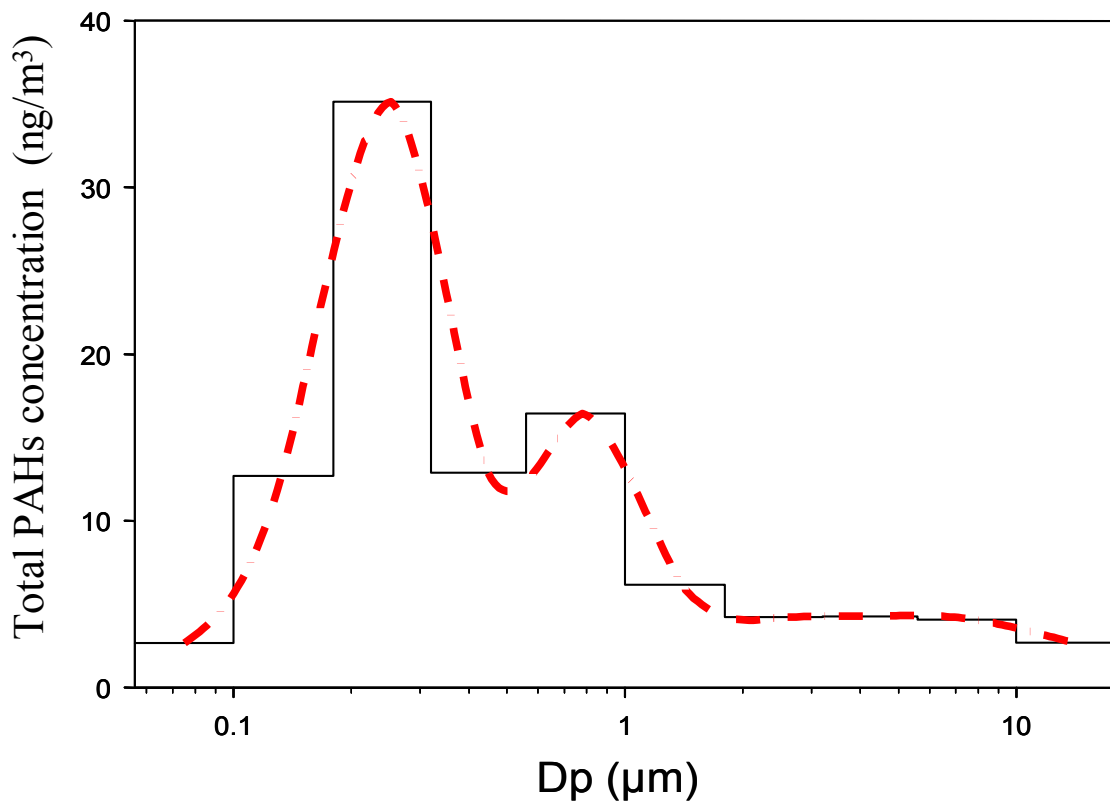


圖 3-3 國光巴士台北西站空氣微粒中十日平均總 PAHs 濃度粒徑分布圖

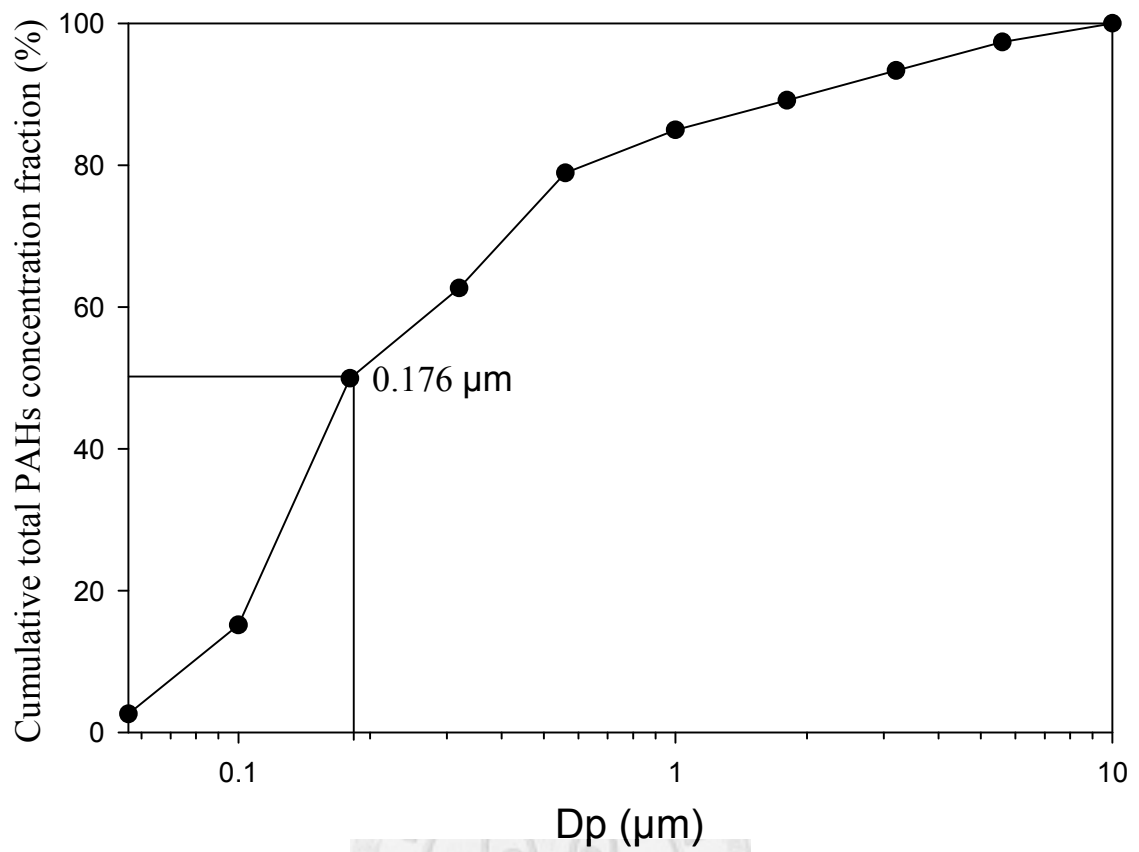


圖 3-4 國光巴士台北西站空氣微粒中總 PAHs 十日平均濃度累積分布圖

如圖 3-5 所示，粒狀 PAHs 在 PM_1 、 $PM_{1-2.5}$ 、 $PM_{2.5-10}$ 三種不同粒徑下的濃度，以 PM_1 的濃度值為最高。另外比較 16 種 PAHs 在 PM_1 、 $PM_{1-2.5}$ 、 $PM_{2.5-10}$ 三種不同粒徑下，在 PM_{10} 所佔的百分比，2 ring 的 Nap 以及 3 ring 的 Acy、Flu、Ant 在 PM_1 所佔的百分比最高，分別為 79%、50%、48%、61%，3 ring 的 Acp 以及 Phe 則是在 $PM_{2.5-10}$ 所佔的百分比最高，約為 55% 以及 62%，4 ring 以上的 PAH 在 PM_1 所佔的百分比更為顯著，分別為 Fl (65%)、Pyr (80%)、B[a]A (82%)、Chry (82%)、B[b]F (71%)、B[k]F (87%)、B[a]P (76%)、Ind (84%)、DBA (77%)、B[ghi]P (87%)。

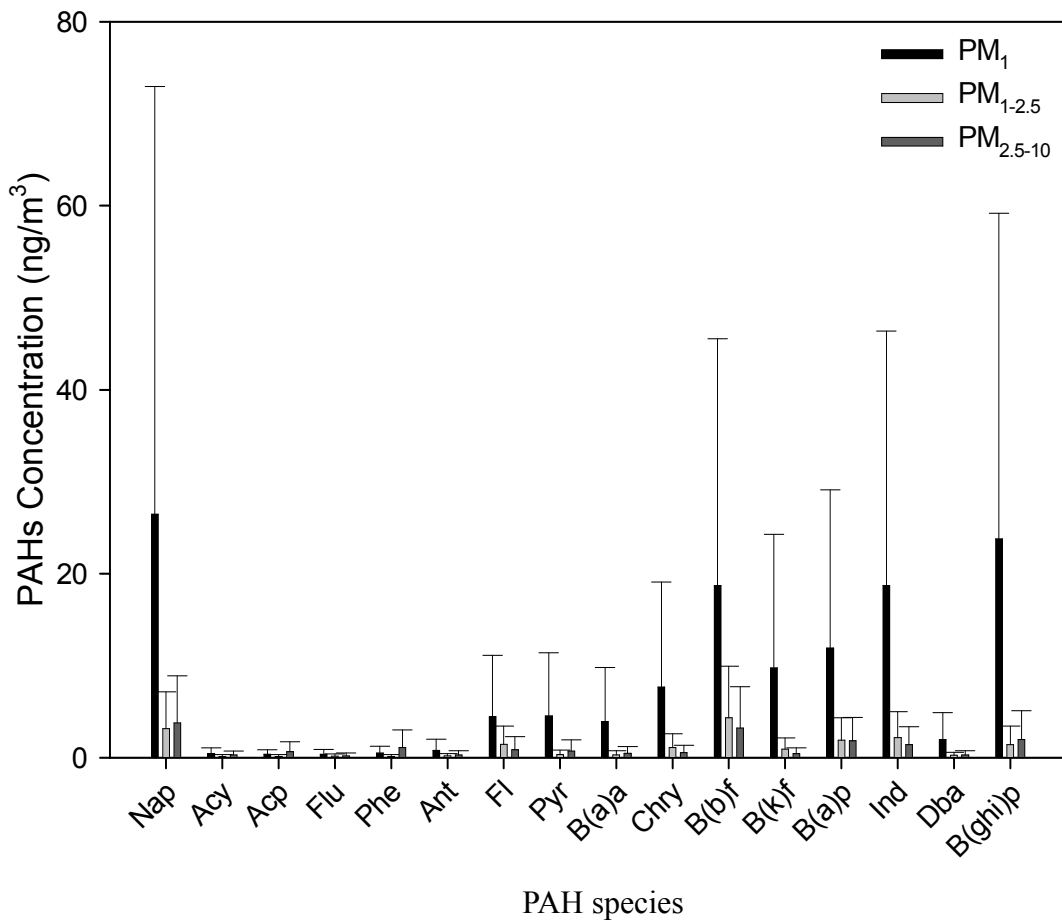


圖 3-5 國光巴士台北西站空氣微粒中 16 種 PAHs 在 PM_1 、 $PM_{1-2.5}$ 及 $PM_{2.5-10}$ 十日濃度平均值

將 PAHs 依照化學結構環數進行分類，如圖 3-6 所示，除了 PM_{10} 在 6 ring 所佔的比例些許高於 5 ring 之外， $PM_{1-2.5}$ 以及 $PM_{2.5-10}$ 都以 5 ring 所佔的百分比最高

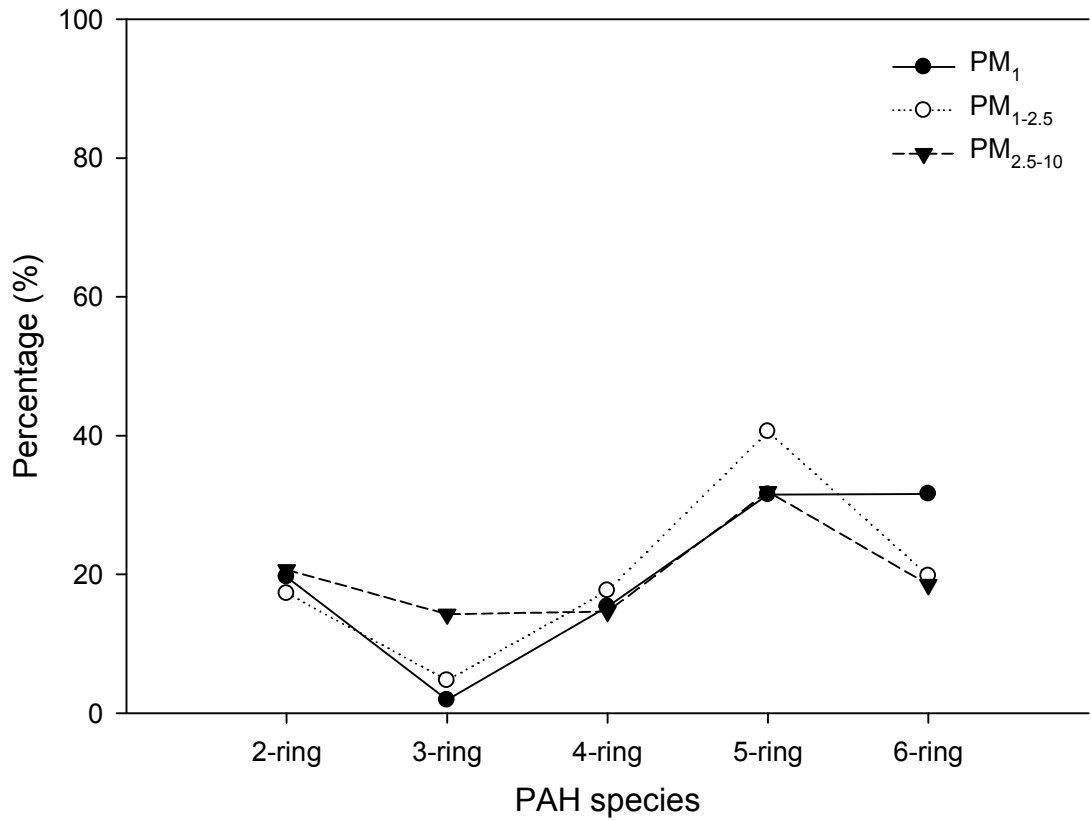
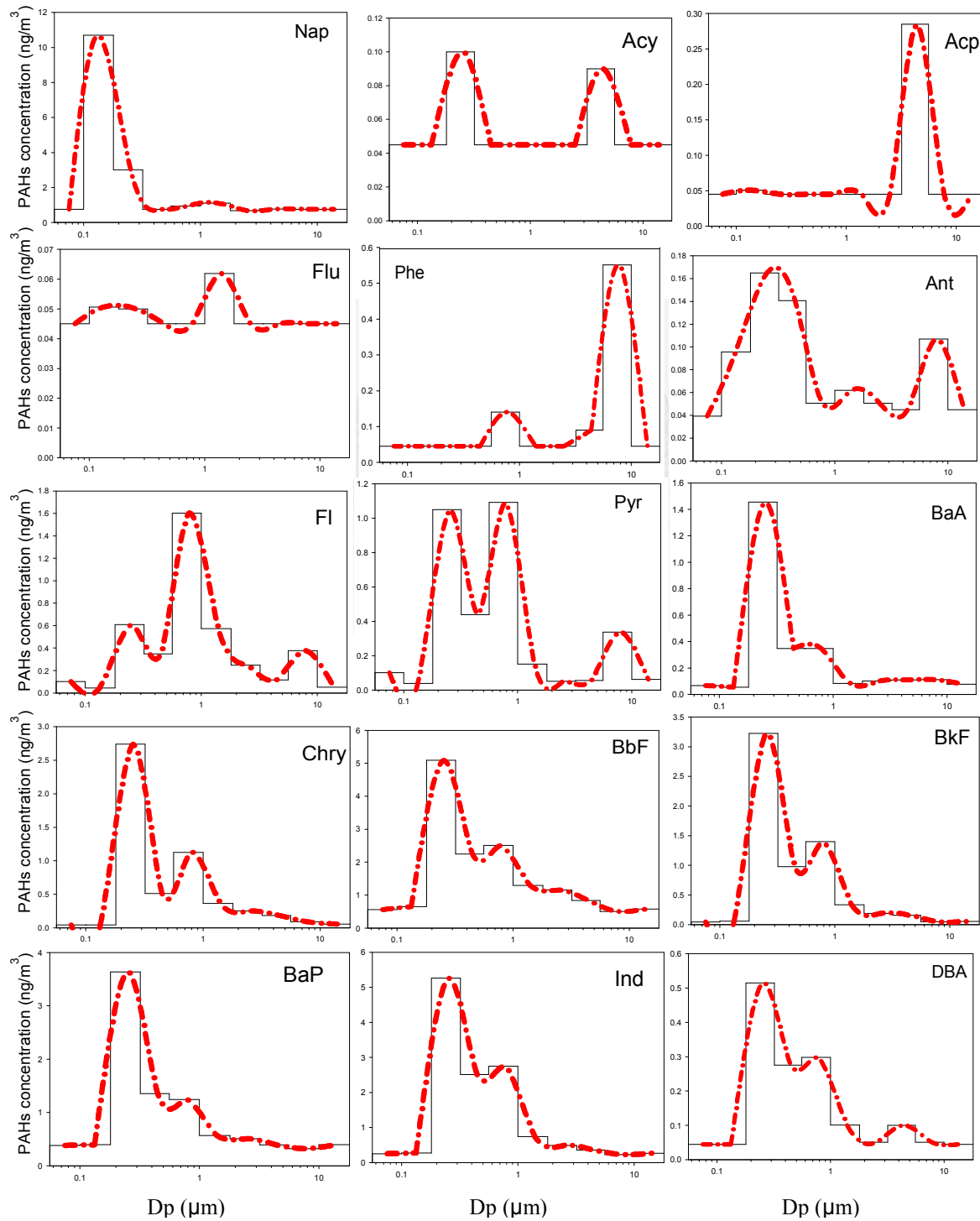


圖 3-6 國光巴士台北西站在 PM_{10} 、 $PM_{1-2.5}$ 及 $PM_{2.5-10}$ ，不同環數的 PAHs 佔該粒徑範圍總 PAHs 的百分比

將 16 種 PAHs 分階層來看各階層的濃度，發現 2 ring 的 Nap 最高濃度落在 $0.1 \mu\text{m} - 0.18 \mu\text{m}$ 的粒徑範圍中，是全部 PAHs 中粒徑最小也是濃度最高的，3 ring 的 Acy、Acp、Flu 和 Phe 在本次研究，許多粒徑階層的濃度值皆為 ND，而 4 - 6 ring 的 PAHs 中，除了 Fl 和 Pyr 的最高濃度落在 $0.56 \mu\text{m} - 1 \mu\text{m}$ 的粒徑範圍之內，其餘的 PAHs 以及 3 ring 的 Ant 的最高濃度皆落在 $0.18 \mu\text{m} - 0.32 \mu\text{m}$ 粒徑範圍裡面。



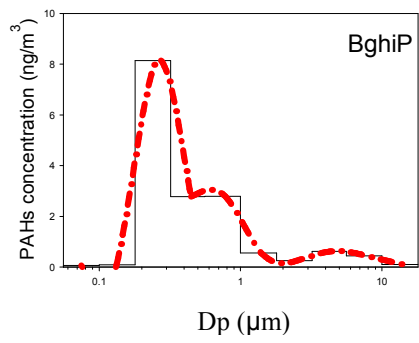
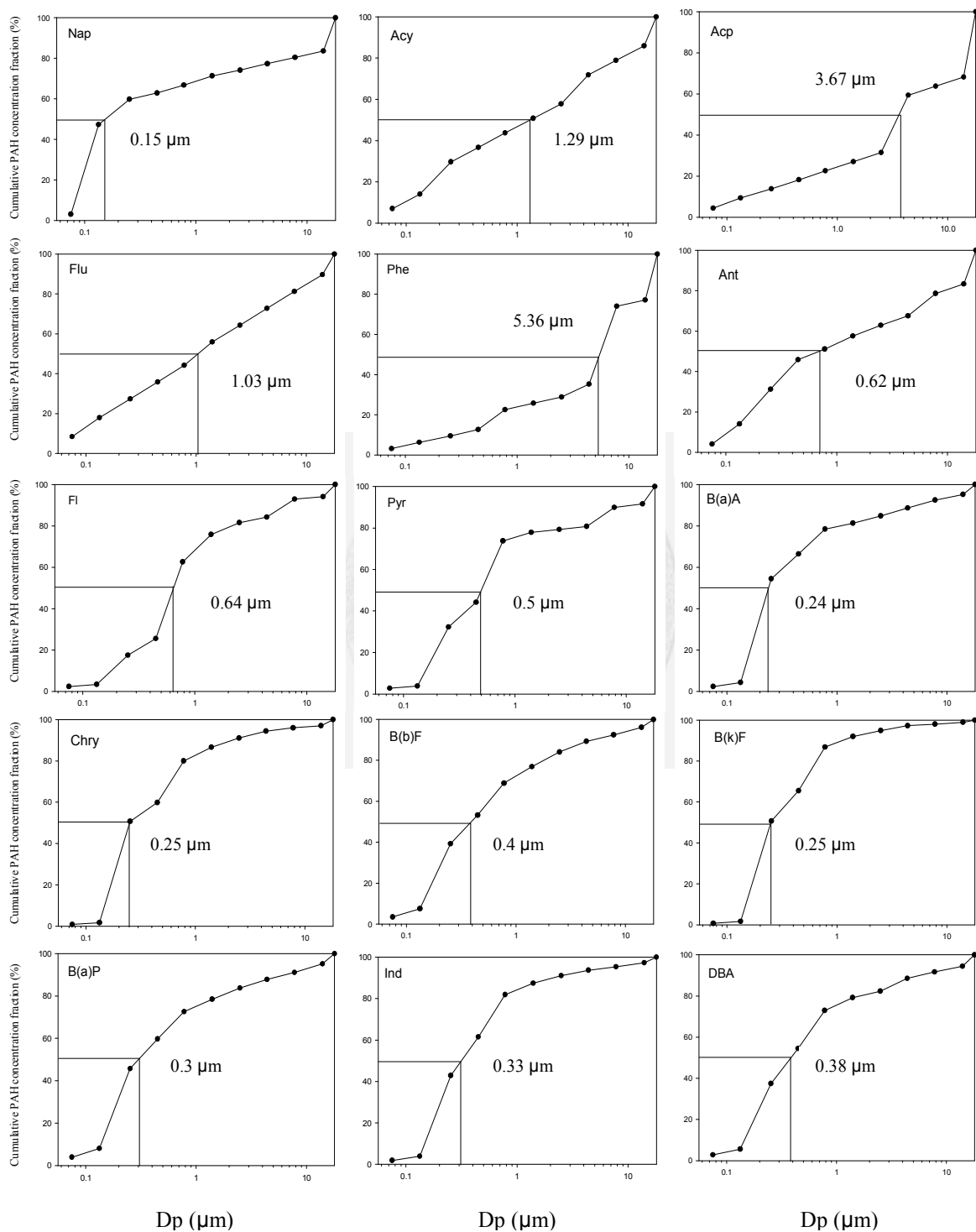


圖 3-7 國光巴士台北西站空氣微粒中 16 種 PAHs 十日平均濃度粒徑分佈圖



巴士站空氣微粒中 16 種 PAHs 的濃度累積分布圖，如圖 3-8 所示，其 MMD 範圍為 0.15 μm ~5.36 μm ，Nap 的值最小，Phe 最大，3 ring 的 PAHs 除了 Ant 以外其 MMD 都大於 1 μm ，2 ring 的 Nap 及 4 ring 以上的 PAHs 都在 1 μm 以下。



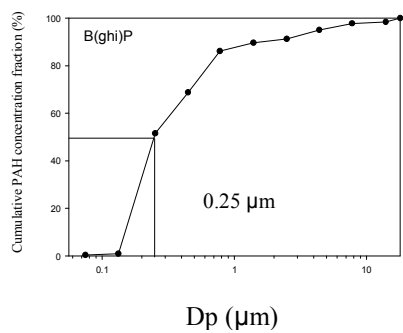


圖 3-8 國光巴士台北西站空氣微粒中 16 種 PAH 濃度累積分布圖



巴士站空氣微粒中 PAHs 因素分析結果

將巴士站所測得的 PAHs 濃度依照粒徑大小區分為 PM_1 、 $PM_{1-2.5}$ 及 $PM_{2.5-10}$ ，使用因素分析求得因素分析表，利用 16 種 PAHs 的負荷值來決定這主要成分裡的組合，本次研究將負荷值超過 0.7 的化合物定為主成分中顯著的代表物。

在 PM_1 的部份，共有兩大主成分，第一主成分可以解釋 62.6 % 的總變異數，第二主成分可以解釋 22.07 % 的總變異數，兩個主成分累積可解釋 84.67 % 的總變異數，第一主成分中主要由四到六環的 PAHs 所組成，如 Benzo(a) pyrene (0.99)、Benzo(a)anthracene (0.98)、Benzo(b)fluoranthene (0.99)、Benzo(g,h,i) perylene (0.98)、Benzo(k)fluoranthene (0.99)、Chrysene (0.99)、Dibenzo(a,h)anthracene (0.98)、Fluoranthene (0.96)、Indeno(1,2,3-cd) pyrene (0.99) 以及 Pyrene (0.98) 為顯著的代表物質，第二主成分主要由 Acenaphthene (0.89)、Anthracene (0.76)、Fluorene (0.96) 和 Naphthalene (0.73) 所組成。

$PM_{1-2.5}$ 中，第一主成分可以解釋 66.6 % 的總變異數，第二主成分能解釋 21.61 % 的總變異數，兩個主成分累積能解釋 88.22 % 的總變異數，第一主成分主要是由 Benzo(a) pyrene (0.84)、Benzo(b)fluoranthene (0.96)、Benzo(g,h,i) perylene (0.97)、Benzo(k)fluoranthene (0.93)、Chrysene (0.99)、Dibenzo(a,h)anthracene (0.94)、Fluoranthene (0.92)、Indeno(1,2,3-cd) pyrene (0.98) 以及 Pyrene (0.82) 所組成，第二主成分則是由 Anthracene (0.91)、Fluorene (0.91)、Naphthalene (0.93) 所組成。

$PM_{2.5-10}$ ，第一主成分可以解釋 45.76 % 的總變異數，第二主成分為 26.3 %，一共累積 72.06 % 的總變異數解釋力，第一主成分主要由 Anthracene (0.72)、Benzo(a) pyrene (0.79)、Benzo(a)anthracene (0.83)、Benzo(k)fluoranthene (0.82)、Chrysene (0.77)、Indeno(1,2,3-cd) pyrene (0.77)、Pyrene (0.71) 所組成，第二主成分則是由 Acenaphthene (0.77)、Acenaphthylene (0.77)、Dibenzo(a,h)anthracene (0.8) 為主要組成物。

3.1.3 巴士站空氣微粒中金屬元素濃度分布

巴士站空氣微粒中所測得的 17 種金屬元素總濃度，在 PM_1 、 $PM_{1-2.5}$ 、 $PM_{2.5-10}$ 分別為 $114.51 \text{ ng/m}^3 \pm 67.34 \text{ ng/m}^3$ 、 $47.29 \text{ ng/m}^3 \pm 55.73 \text{ ng/m}^3$ 和 $18.57 \text{ ng/m}^3 \pm 10.92 \text{ ng/m}^3$ ，分別在 PM_{10} 中所佔的比例為 65 %、27 % 以及 8 %，圖 3-9 中顯示，粒徑範圍 $0.56 \mu\text{m}$ - $1 \mu\text{m}$ 的濃度最高，濃度為 76.16 ng/m^3 ，在粒徑範圍 $0.056 \mu\text{m}$ - $0.1 \mu\text{m}$ 有另一個波峰值濃度為 3.06 ng/m^3 。另外將總金屬元素濃度以累積分布圖來表示，如圖 3-10，國光巴士站台北西站總金屬元素濃度的 MMD 值為 $0.472 \mu\text{m}$ 。

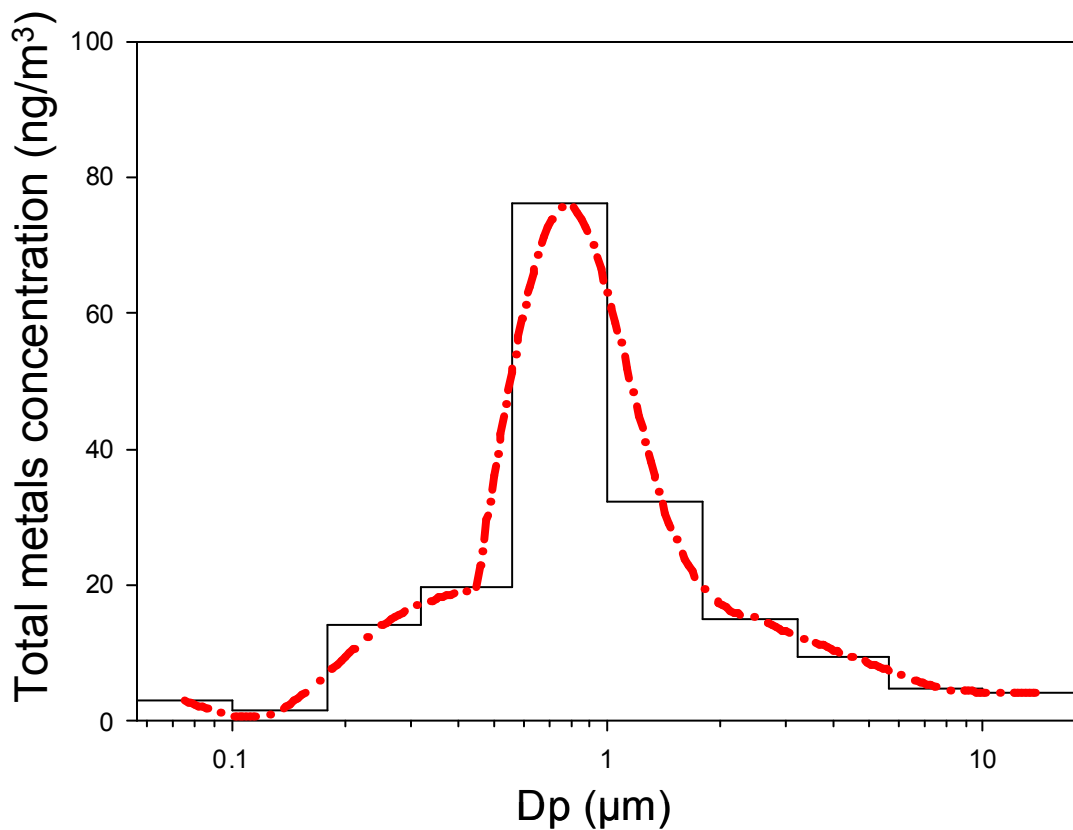


圖 3-9 國光巴士台北西站空氣微粒中十日平均總金屬元素濃度分布圖

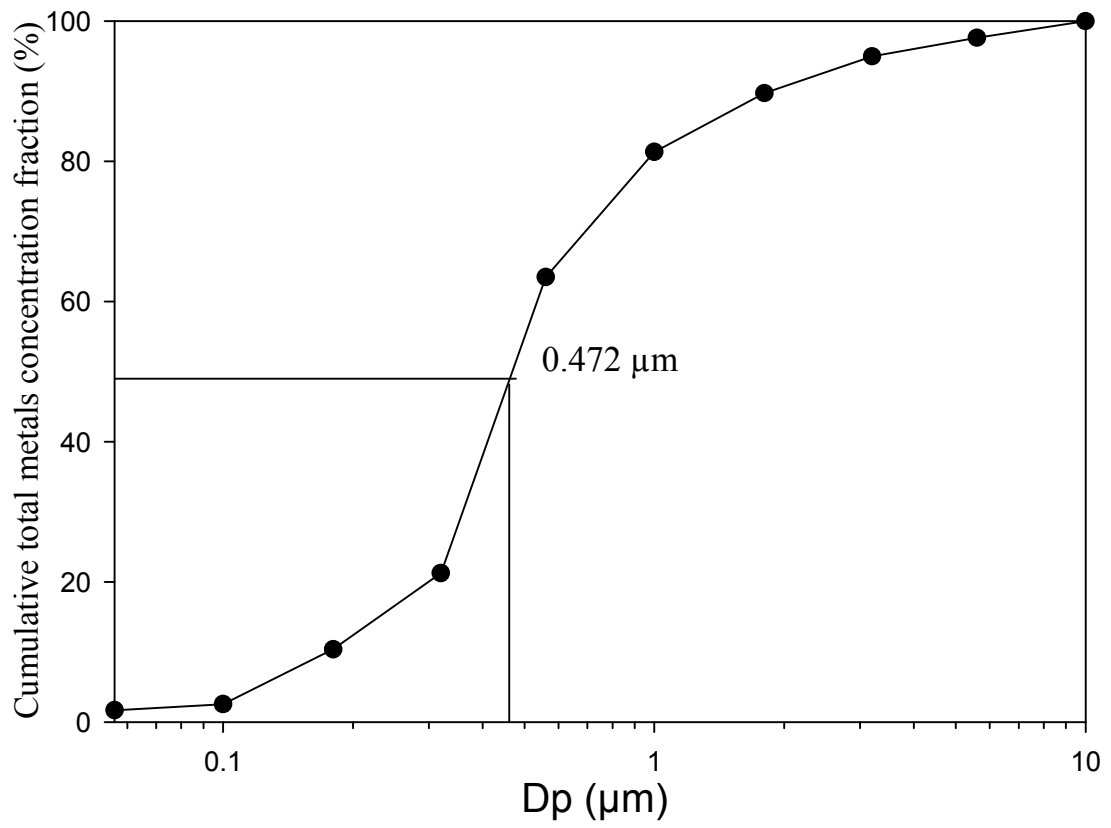


圖 3-10 國光巴士台北西站空氣微粒十日平均總金屬元素濃度累積分布圖



巴士站的懸浮微粒中各種金屬元素濃度如圖 3-11，Zn、Pb、Ni、Mn 以及 Cu 在所測得的金屬元素中有著較高的濃度。而 Zn 在 PM₁ 及 PM_{2.5} 中較其他元素濃度為高，分別為 53.4 ng/m³、24.3 ng/m³，個別金屬元素 PM₁ 在 PM₁₀ 中所佔的百分比分別為 Ag (44%)、As (62%)、Be (51%)、Cd (50%)、Cr (53%)、Cu (29%)、Ga (46%)、Mn (61%)、Mo (45%)、Ni (66%)、Pb (69%)、Se (61%)、Tl (38%)、U (52%)、V (82%)、Zn (66%)，整體而言，除了 Cu 和 Ag 兩個元素在 PM_{2.5-10} 的粒徑下濃度最高，分別佔 37 % 以及 51 % 以外，全部金屬元素的濃度在 PM₁ 的濃度值皆高於 PM_{1-2.5} 以及 PM_{2.5-10}。

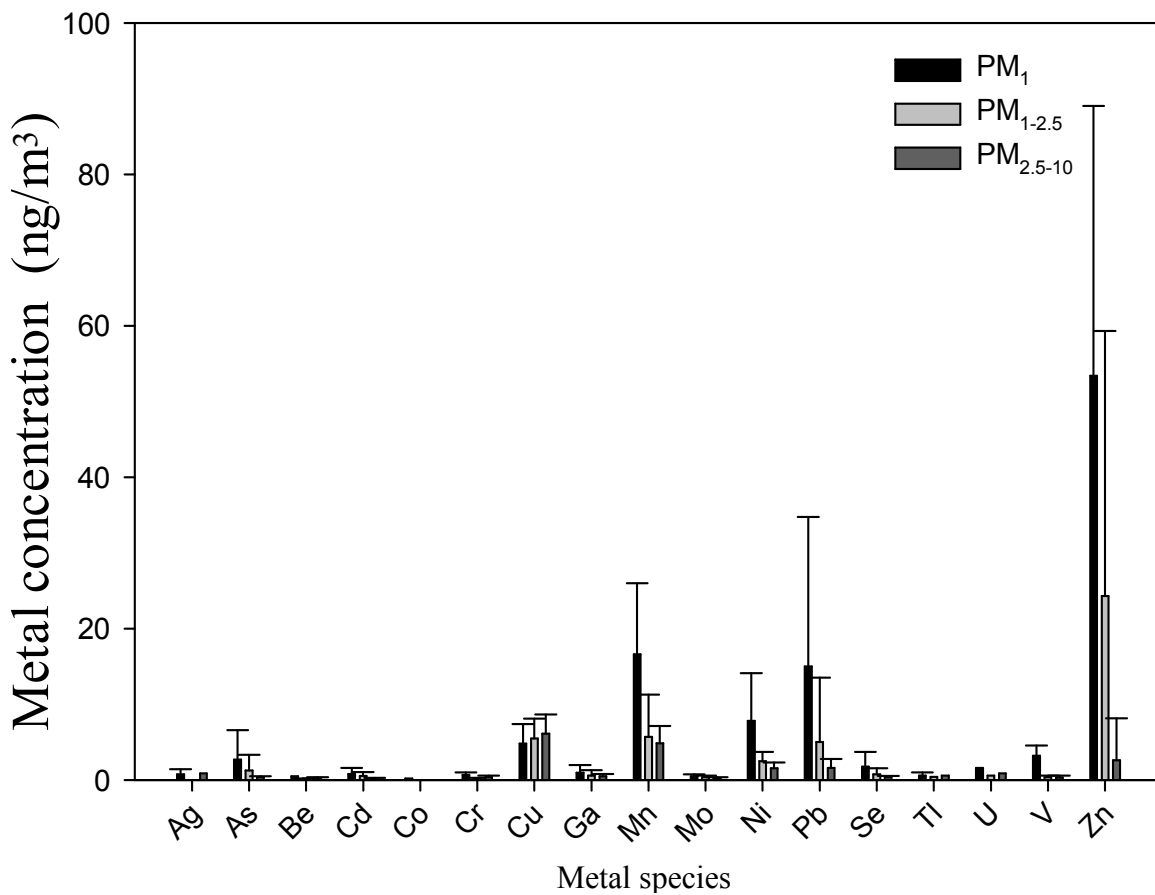
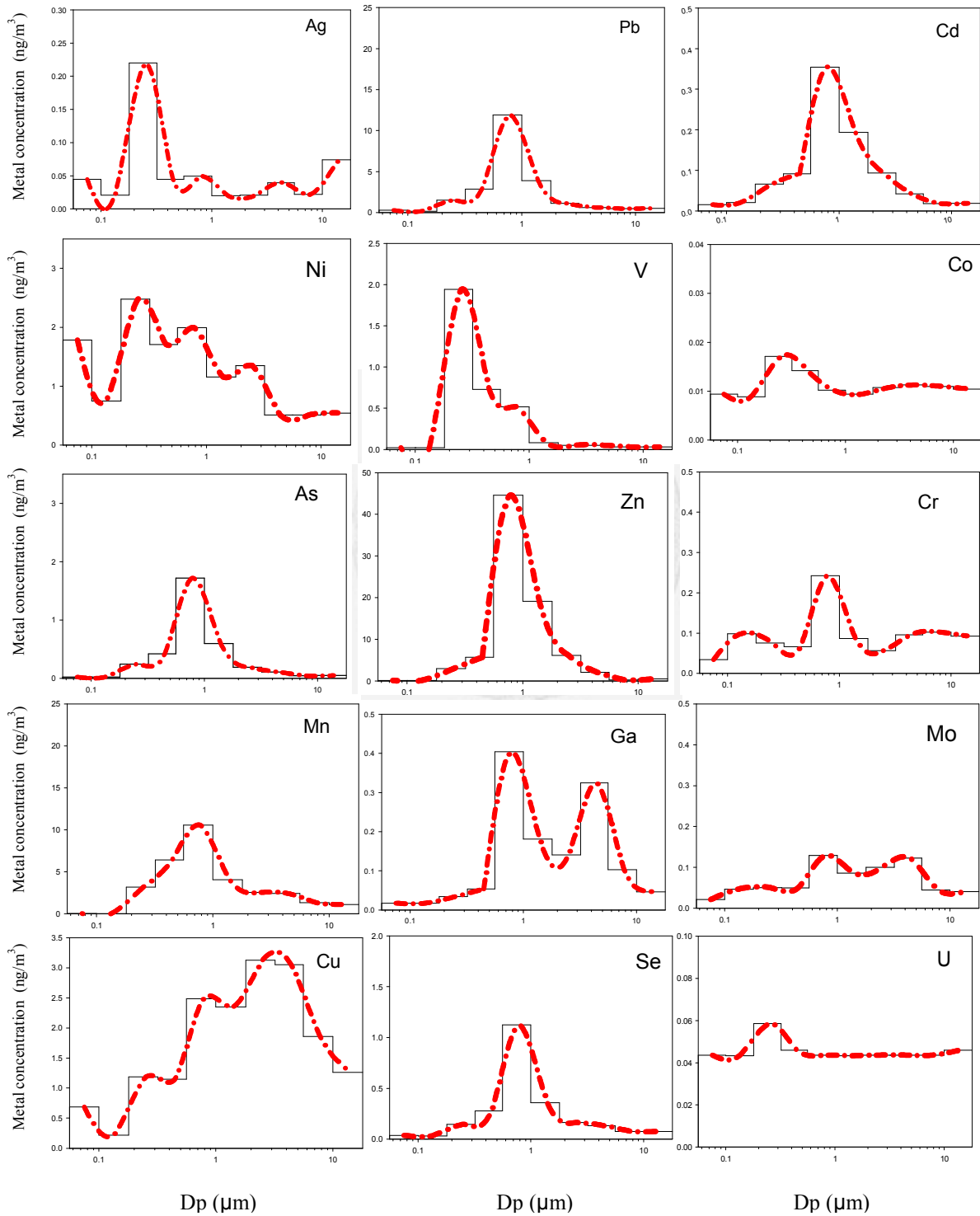


圖 3-11 國光巴士台北西站空氣微粒中 17 種金屬元素在 PM₁、PM_{1-2.5} 及 PM_{2.5-10} 十日濃度平均值

將每個金屬元素以各別切割粒徑範圍來區分並製作分布圖，如圖 3-12 所示，Ag、Co、Ni 及 V 則是以 0.18 μm - 0.32 μm 濃度最高，Zn、Pb、Cd、As、Cr、Ga、Mo、Se 以及 Mn 在 0.56 μm - 1 μm 的粒徑大小的濃度最高，Cu 主要分布在 3.2 μm - 5.6 μm 粒徑之下。



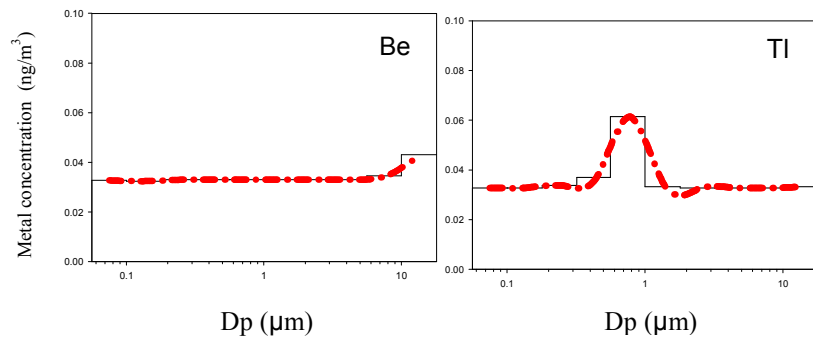
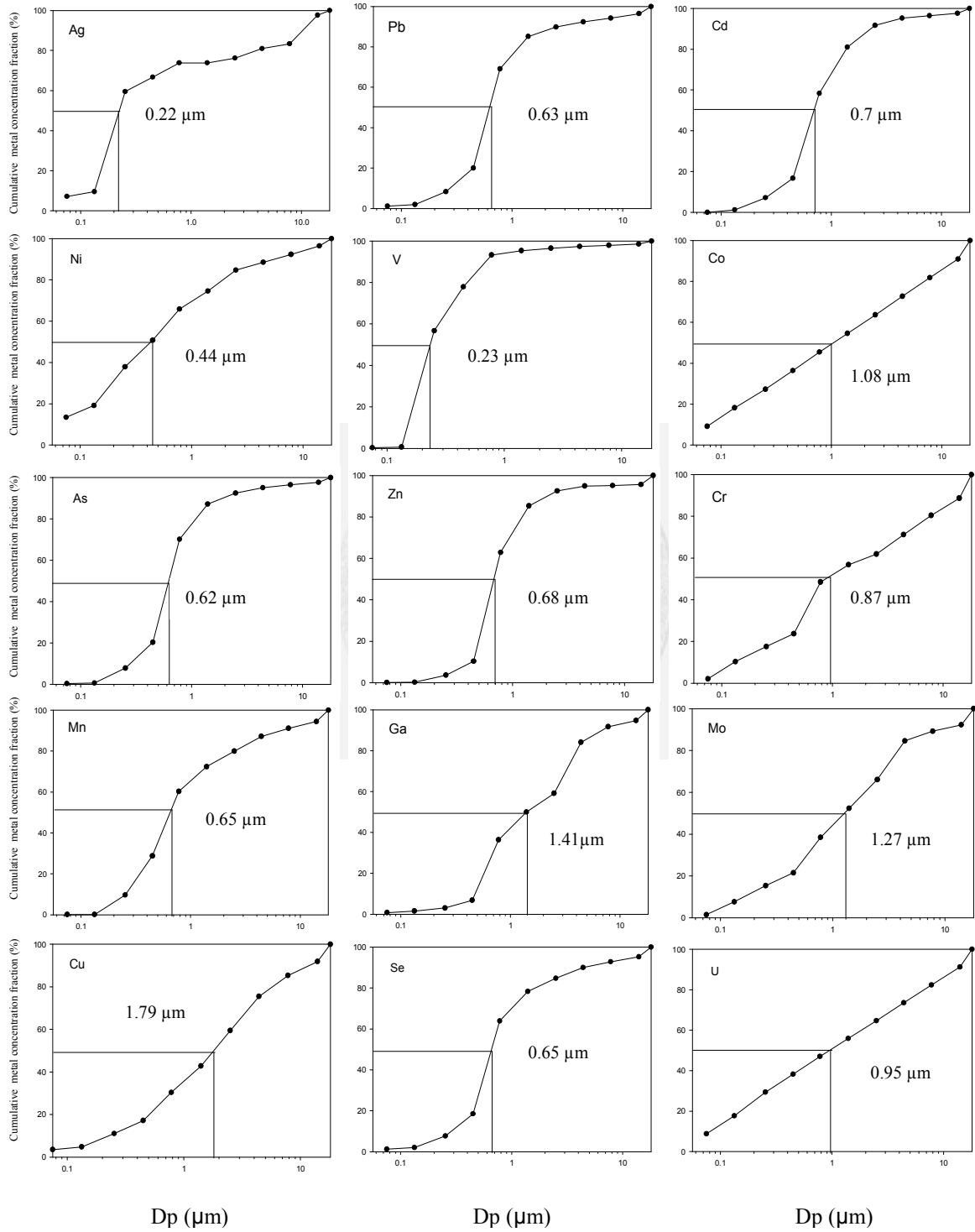


圖 3-12 國光巴士台北西站 17 種金屬元素濃度粒徑分布圖



巴士站空氣微粒中 16 種 PAHs 的 MMD 值，如圖 3-12 所示，除了 Co、Ga、Mo、Cu 及 Be 的 MMD 大於 1 μm 之外，其餘金屬元素皆小於 1 μm ，介於 0.22 μm ~1.79 μm 之間，Ag 的 MMD 值最小，Cu 最大。



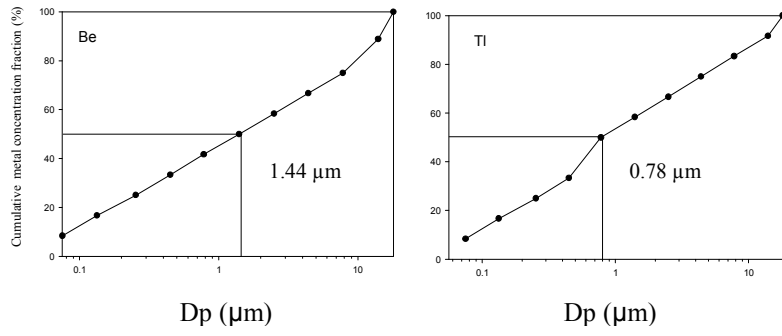


圖 3-13 國光巴士台北西站空氣微粒中 17 種金屬元素濃度累積分布圖



巴士站空氣微粒中金屬元素成分因素分析結果

將巴士站所測得的金屬元素濃度依照粒徑大小區分為 PM_1 、 $PM_{1-2.5}$ 、 $PM_{2.5-10}$ ，使用因素分析之後，發現此三種粒徑下都有三個主成分。

在 PM_1 的部份，第一到第三主成分對總變異數的解釋力分別為 49.33 %、25.6 % 以及 8.53 %，一共累積 83.45 % 的解釋力，在第一主成分中，As (0.94)、Cd (0.96)、Cr (0.87)、Cu (0.83)、Ga (0.94)、Mo (0.85)、Pb (0.93)、Se (0.96)、V (0.81) 以及 Zn (0.92) 為主要的組成物，第二主成分的主要組成為 Ag (0.9)、Co (0.99)、Tl (0.95) 和 U (0.99)，第三主成分以 Be (0.76) 為主要的組成物。

$PM_{1-2.5}$ 中，第一到第三主成分對總變異的解釋力分別為 57.16 %、23.14 %、11.91 %，三個主成分累積解釋力為 92.21 %，在第一主成分中，As (0.97)、Cd (0.98)、Cr (0.84)、Ga (0.98)、Mn (0.95)、Mo (0.94)、Pb (0.97)、Se (1)、V (0.86) 以及 Zn (0.94) 為主要的組成，第二主成分的主要組成為 Ag (0.94)、Tl (0.94) 和 U (0.94)，第三主成分則是以 Cu (0.71) 跟 Ni (0.75) 為主要組成。

$PM_{2.5-10}$ ，第一主成分到第三主成分總變異數的解釋力分別為 43.45 %、25.41 %、14.05 %，累積的解釋力為 82.92 %，第一主成分中，As (0.79)、Cr (0.75)、Ga (0.98)、Mo (0.85)、Se (0.95) 為主要組成物，第二主成分中，並未發現任何顯著的金屬元素組成物，第三主成分中，Be (0.87) 為主要的組成物。

3.2 寺廟微粒特性描述

寺廟微粒特性描述如同巴士站之呈現方式。

3.2.1 寺廟空氣微粒之質量濃度分布

寺廟在採樣期間的溫度、相對溼度以及風速為 $24.7\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 6.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $72.8\% \pm 11.1\%$ 和 $2.1\text{ m/s} \pm 0.9\text{ m/s}$ 。圖 3-14 中顯示寺廟所測得的懸浮微粒以粒徑 $0.18\text{ }\mu\text{m} - 1\text{ }\mu\text{m}$ 有較高的濃度值，MMD 為 $0.44\text{ }\mu\text{m}$ (圖 3-15)。懸浮微粒質量濃度在 PM_1 、 $\text{PM}_{1-2.5}$ 、 $\text{PM}_{2.5-10}$ 各別為 $(182.27 \pm 61.47)\text{ }\mu\text{g/m}^3$ 、 $(18.18 \pm 8.67)\text{ }\mu\text{g/m}^3$ 和 $(24.49 \pm 9.98)\text{ }\mu\text{g/m}^3$ ，分別佔了 PM_{10} 的 81%、8% 以及 11%。

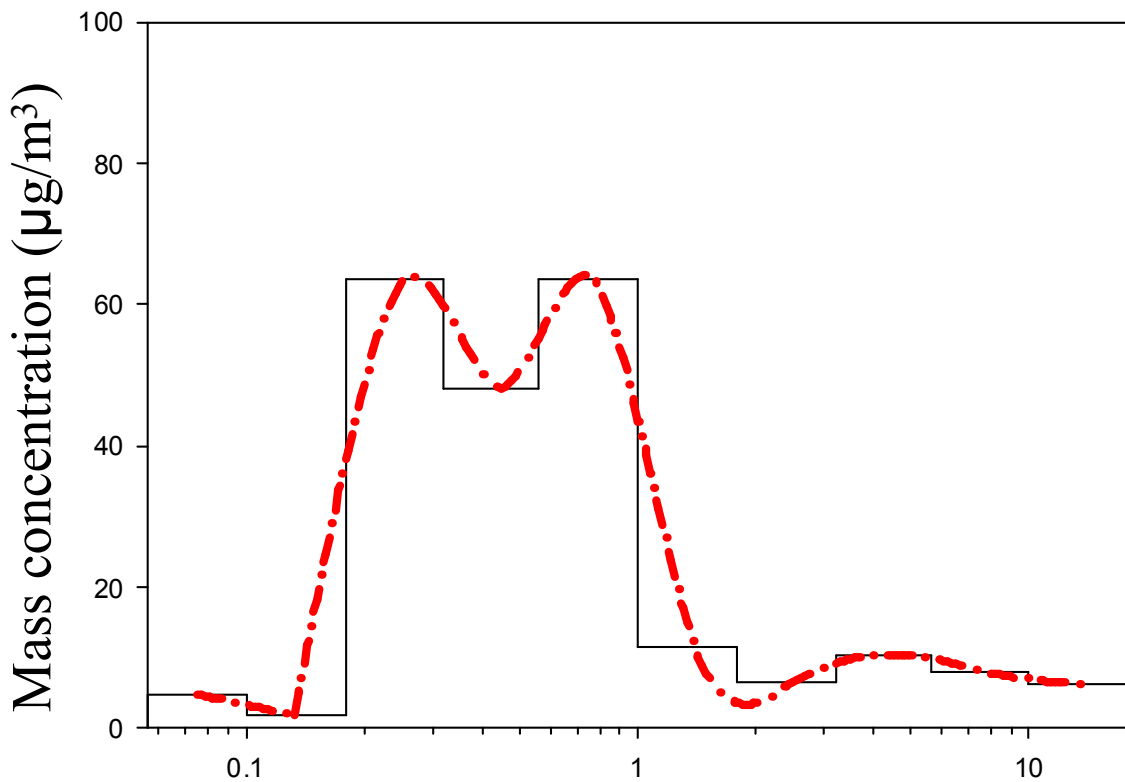


圖 3-14 艋舺龍山寺空氣微粒之十日平均質量濃度粒徑分布圖

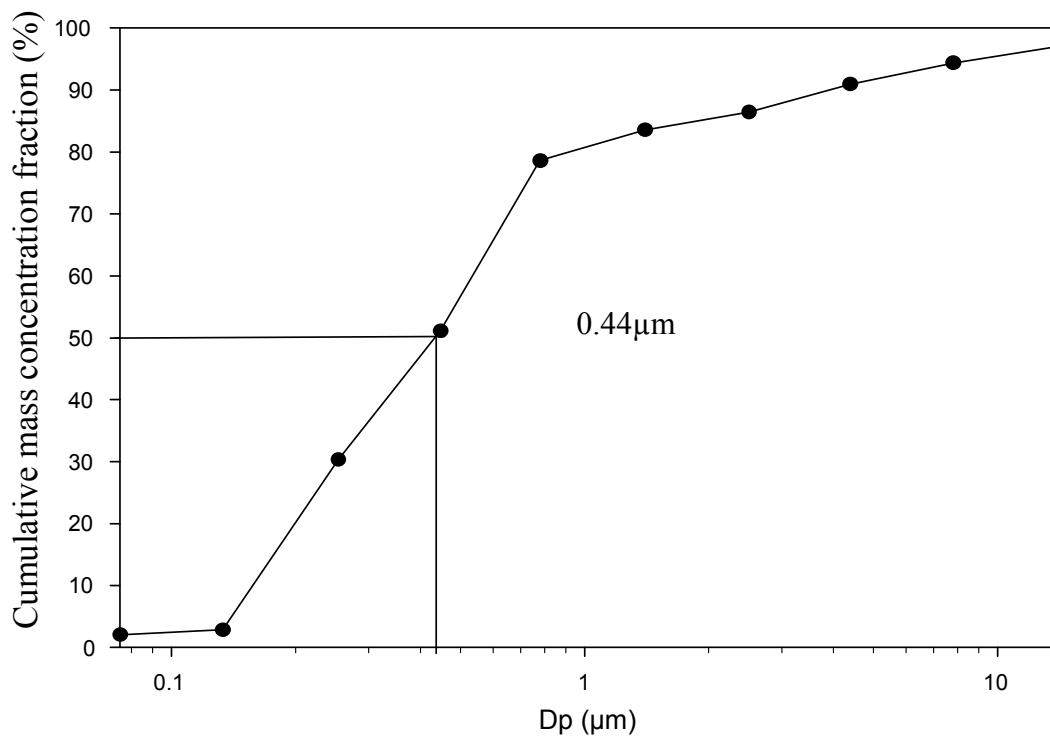


圖 3-15 艋舺龍山寺空氣微粒之十日平均質量濃度累積分布圖



3.2.2 寺廟空氣微粒中 PAHs 濃度分布

由圖 3-16 中可以發現，寺廟內的懸浮微粒中 16 種 PAHs 總濃度在各階層粒徑的濃度在粒 0.18 μm - 0.32 μm 最高，約為 250 ng/m^3 ，另外在 PM_{10} 、 $\text{PM}_{1-2.5}$ 、 $\text{PM}_{2.5-10}$ 的濃度為 $425.31 \text{ ng}/\text{m}^3 \pm 312.48 \text{ ng}/\text{m}^3$ 、 $25.01 \text{ ng}/\text{m}^3 \pm 29.84 \text{ ng}/\text{m}^3$ 與 $9.21 \text{ ng}/\text{m}^3 \pm 5.02 \text{ ng}/\text{m}^3$ 。另外將總 PAHs 濃度以累積分布圖來表示，如圖 3-17，艋舺龍山寺空氣微粒中總 PAHs 濃度的 MMD 值為 0.156 μm 。

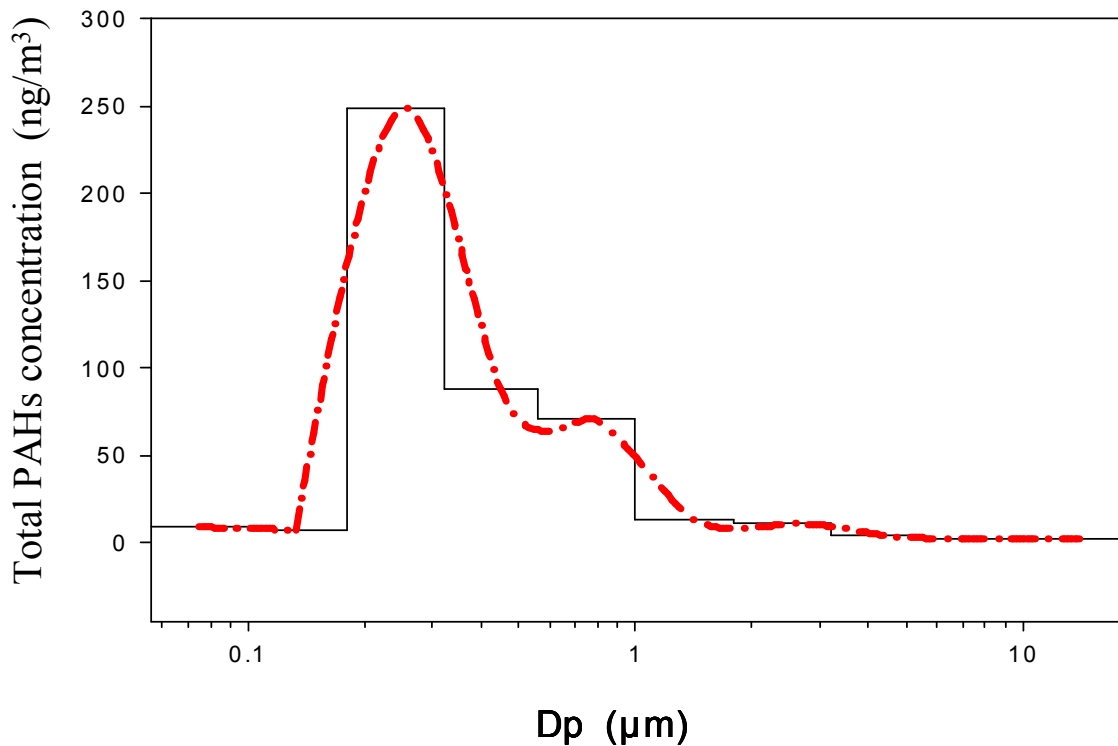


圖 3-16 艋舺龍山寺空氣微粒中十日平均總 PAHs 濃度粒徑分布圖

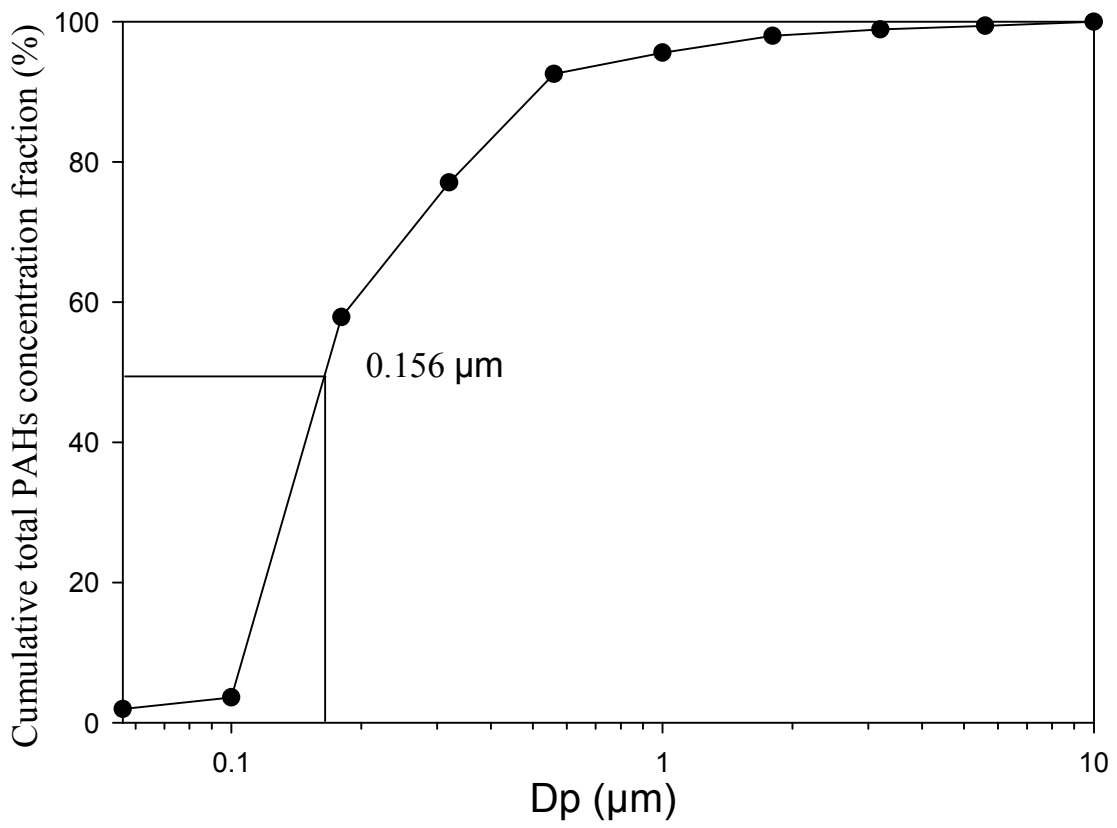


圖 3-17 艋舺龍山寺空氣微粒中總 PAHs 十日平均濃度累積分布圖



如圖 3-18 所示，在 PM_1 粒徑的濃度中，2 ring 的 Nap 以及 4 ring 以上的 PAH 比起其他粒徑大小具有較高的濃度值，而寺廟裡，濃度最高的 PAH 為 Chry，佔了總 PAHs 的 15.4 %。

比較 16 種 PAHs 在 PM_1 、 $PM_{1-2.5}$ 、 $PM_{2.5-10}$ 三種不同粒徑下的濃度，在 PM_{10} 所佔的百分比，2 ring 的 Nap 以及 3 ring 的 Acy、Acp、Flu、和 Phe 主要以 PM_1 為最多，分別佔有 62 %、72 %、44 %、47 %、66 %。而在 4ring 以上的 PAHs 分佈於 PM_1 的現象更為顯著，分別為 Fl (91 %)、Pyr (93 %)、B(a)a (98 %)、Chry (97 %)、B(b)f (97 %)、B(k)f (93 %)、B(a)p (96 %)、Ind (95 %)、Db a (95 %)、B(ghi)p (97 %)。由此可知，4 ring 以上的 PAHs 主要存在於 PM_1 之中。

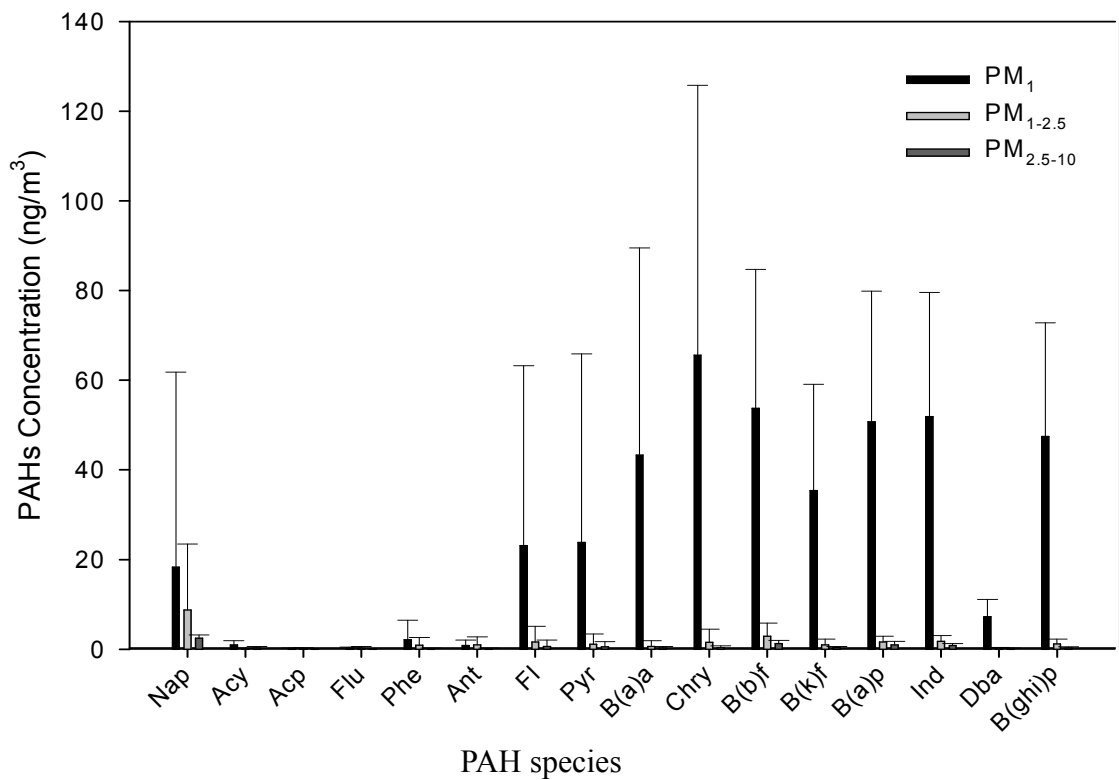


圖 3-18 艋舺龍山寺空氣微粒中 16 種 PAHs 在 PM_1 、 $PM_{1-2.5}$ 及 $PM_{2.5-10}$ 十日濃度平均值

將粒徑 PM_1 、 $PM_{1-2.5}$ 以及 $PM_{2.5-10}$ 以 PAH 的環數來區分，如圖 3-19， PM_1 以 4 ring 的 PAHs 所佔的百分比最高，佔了 36.65 %； $PM_{1-2.5}$ 則以 2 ring 為主，佔了 35 %；而 $PM_{2.5-10}$ 以 5 ring 為主，佔了 30.4 %。

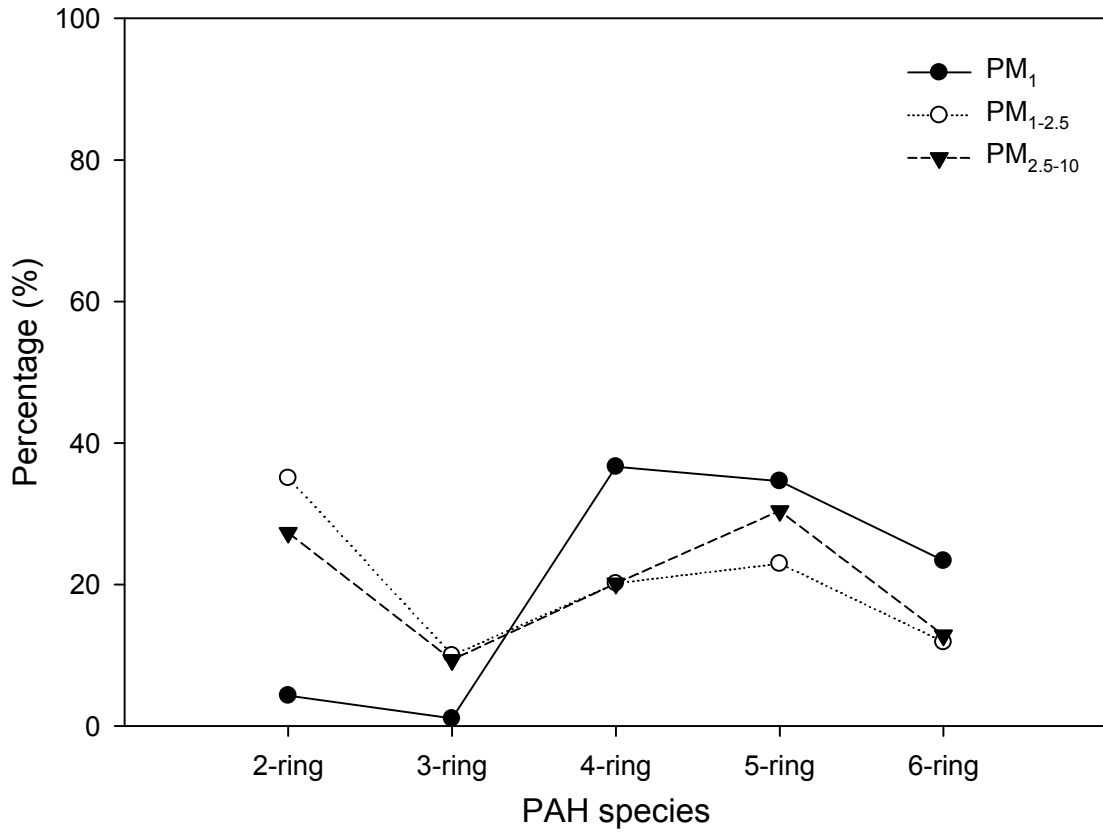
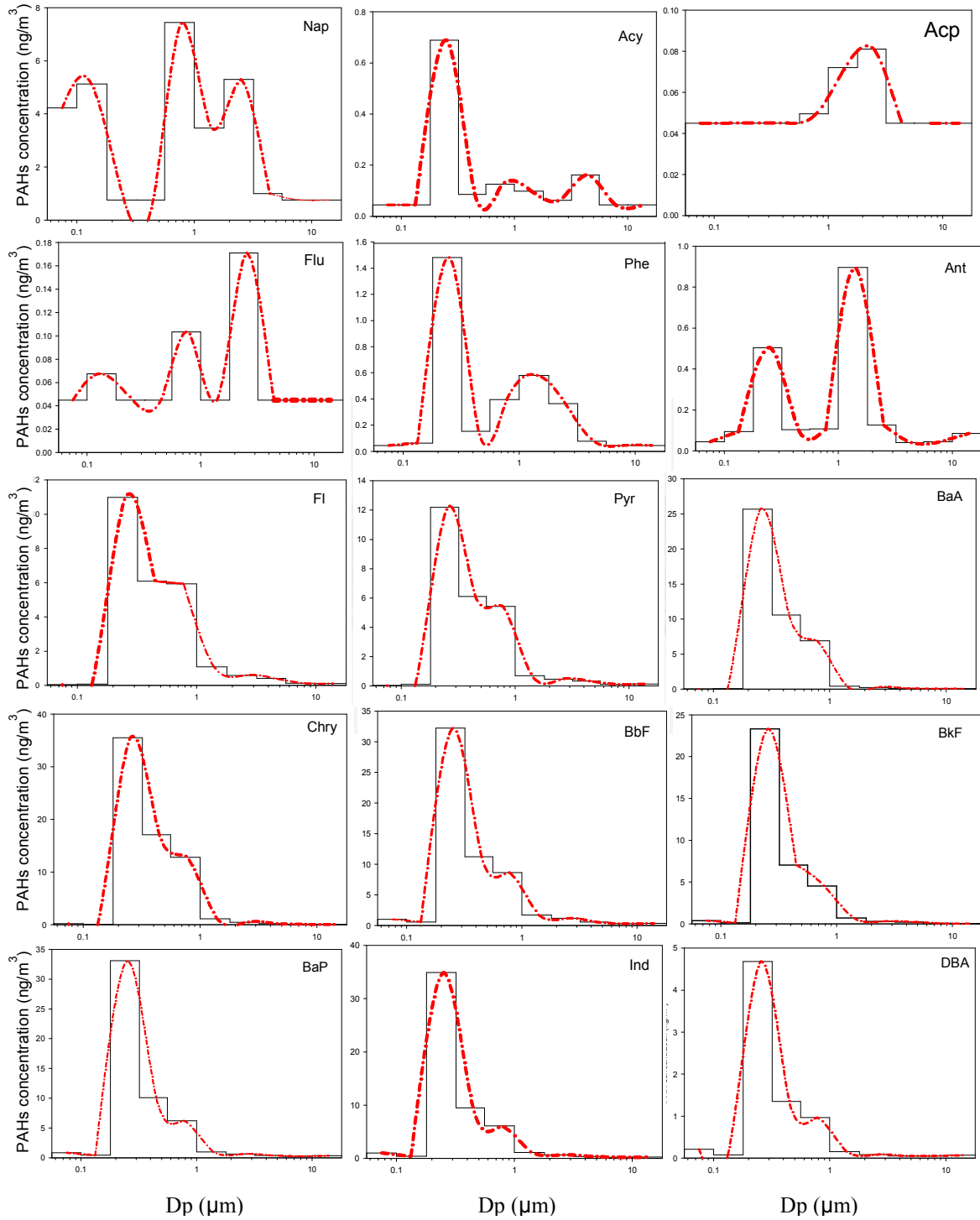


圖 3-19 艋舺龍山寺在 PM_1 、 $PM_{1-2.5}$ 及 $PM_{2.5-10}$ ，不同環數的 PAHs 佔該粒徑範圍總 PAHs 的百分比

寺廟空氣微粒中，PAHs 在不同粒徑下的最高濃度值，2 ring 的 Nap 落在粒徑 0.56 μm - 1 μm ，3 ring 的 Acp 和 Flu 落在 1.8 μm - 3.2 μm ，3ring 的 Ant 落在 1 μm - 1.8 μm ，其餘的 PAHs 皆落在 0.18 μm - 0.32 μm 。



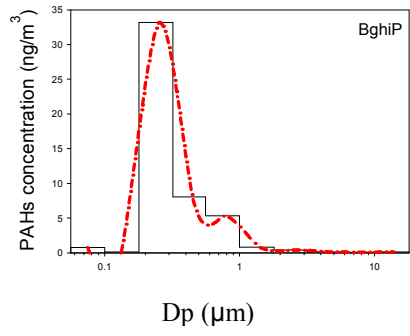
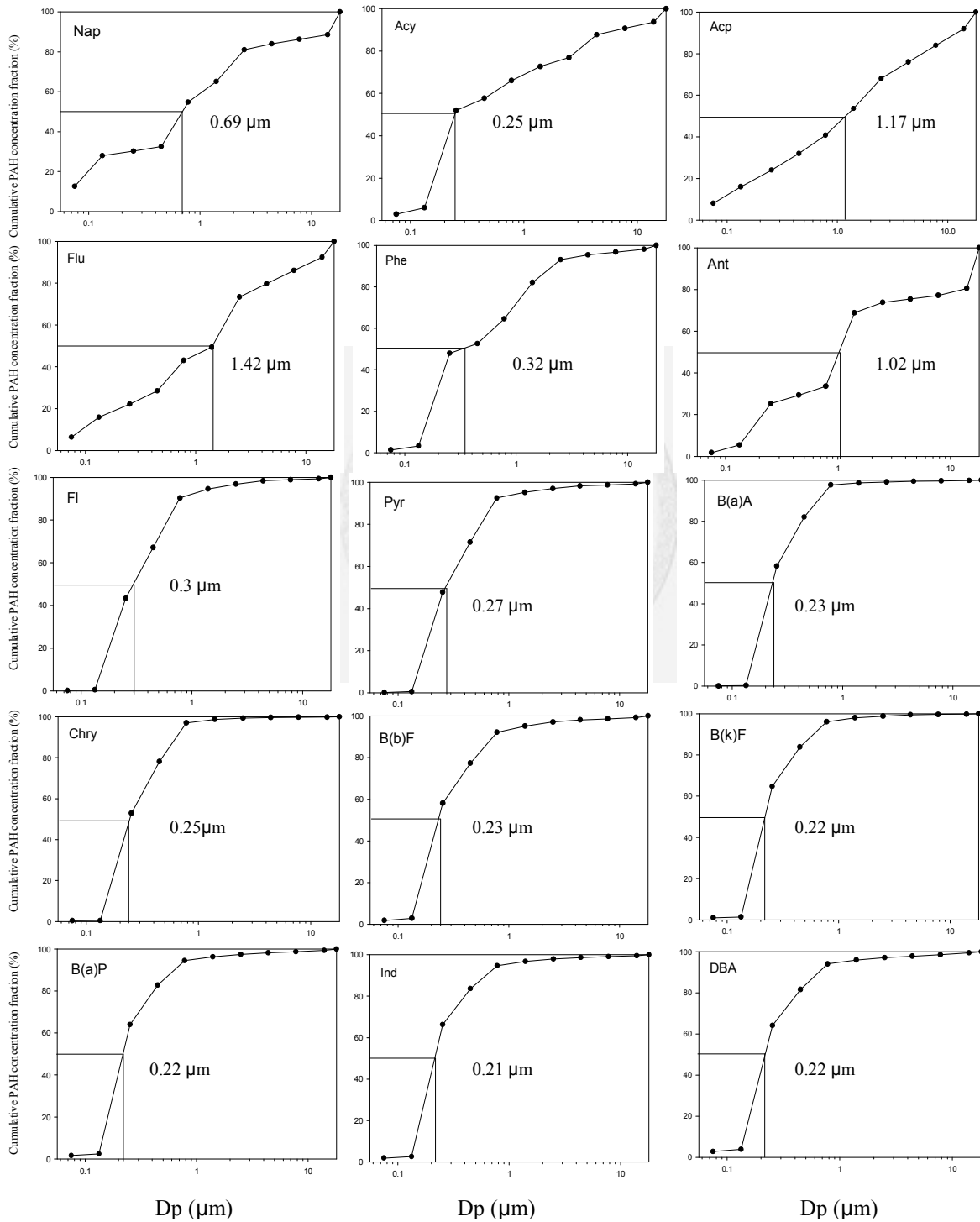


圖 3-20 艋舺龍山寺空氣微粒中 16 種 PAHs 濃度粒徑分佈圖



寺廟空氣微粒中 16 種 PAHs 的 MMD 值，如圖 3-21 所示，介於 $0.21\ \mu\text{m}$ ~ $1.42\ \mu\text{m}$ 之間，Ind 的 MMD 值最小；Flu 最大。除了 Acp、Flu 及 Ant 這些 3 ring 的 PAHs 其 MMD 大於 $1\ \mu\text{m}$ 之外，其餘 PAHs 的 MMD 值皆小於 $1\ \mu\text{m}$ ，4 ring 以上的 PAHs 其 MMD 十分相近，介於 $0.21\ \mu\text{m}$ ~ $0.3\ \mu\text{m}$ 。



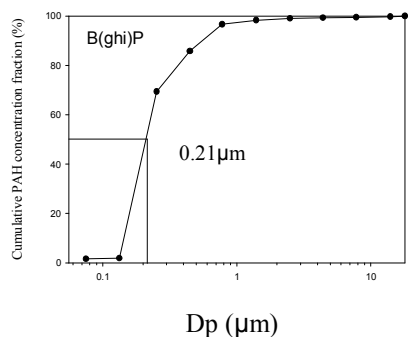


圖 3-21 艋舺龍山寺空氣微粒中 16 種 PAHs 濃度平均累積分布圖



寺廟 PAHs 因素分析結果

將寺廟所測得的 PAHs 濃度依照粒徑大小區分為 PM₁、PM_{1-2.5}、PM_{2.5-10}，使用因素分析，求得其因素分析表。

在粒徑 PM₁ 中，第一主成分對於總變異數有 69.6 % 的解釋力，第二主成分有 16.92 % 的解釋力，兩個主成分共有 86.52 % 的解釋力。而第一主成分主要由 Acenaphthylene (0.81)、Benzo(a) pyrene (0.99)、Benzo(a)anthracene (0.99)、Benzo(b)fluoranthene (0.99)、Benzo(g,h,i) perylene (0.91)、Benzo(k)fluoranthene (0.99)、Chrysene (0.99)、Dibenzo(a,h)anthracene (0.91)、Fluoranthene (0.93)、Indeno(1,2,3-cd) pyrene (0.94)、Phenanthrene (0.85) 以及 Pyrene (0.93) 所組成，而這些 PAHs 為在第二主成分中，則是由 Fluorene (0.92) 跟 Naphthalene (0.8) 兩者所組成。

在 PM_{1-2.5} 裡，第一主成分對於總變異數有 61.27 % 的解釋力，第二主成分有 23.19 % 的解釋力，一共有 84.46 % 的解釋力。第一主成分，主要由 Benzo(a) pyrene (0.98)、Benzo(a)anthracene (0.97)、Benzo(b)fluoranthene (0.97)、Benzo(g,h,i) perylene(0.94)、Benzo(k)fluoranthene(0.95)、Chrysene(0.95)、Dibenzo(a,h)anthracene(0.84)、Fluoranthene(0.97)、Indeno(1,2,3-cd) pyrene(0.93) 和 Pyrene (0.95) 所組成，第二主成分，是由 Acenaphthene(0.98)、Fluorene(0.98)、Naphthalene(0.79) 以及 Phenanthrene(0.74) 所組成的。

PM_{2.5-10}，第一主成分解釋 49.05 % 的總變異數，第二主成分解釋了 18.91 % 的總變異數，兩個主成分累積能解釋 67.95 % 的總變異數。第一主成分主要是由 Benzo(a) pyrene(0.84)、Benzo(a)anthracene(0.97)、Benzo(b)fluoranthene(0.74)、Chrysene(0.89)、Fluoranthene(0.93)、Indeno(1,2,3-cd)pyrene(0.83)、Phenanthrene(0.91)、Pyrene(0.95)，第二主成分中沒發現任何具有顯著組成的化合物。

3.2.3 寺廟空氣微粒中金屬元素濃度分布

寺廟空氣微粒中 17 種總金屬元素濃度在 PM_{1} 、 $PM_{1-2.5}$ 、 $PM_{2.5-10}$ 分別為 $83.06 \text{ ng/m}^3 \pm 63.21 \text{ ng/m}^3$ 、 $28.51 \text{ ng/m}^3 \pm 50.75 \text{ ng/m}^3$ 和 $19.03 \text{ ng/m}^3 \pm 8.68 \text{ ng/m}^3$ ，在 PM_{10} 中所佔的比例為 66%、23% 以及 11% 如圖 3-22，在粒徑 $0.056 \mu\text{m}$ - $0.1 \mu\text{m}$ 、 $0.18 \mu\text{m}$ - $0.32 \mu\text{m}$ 、 $0.56 \mu\text{m}$ - $1 \mu\text{m}$ 下分別都有波峰值的產生，濃度分別為 5.29 ng/m^3 、 18.07 ng/m^3 、 46.6 ng/m^3 ，其中又以 $0.56 \mu\text{m}$ - $1 \mu\text{m}$ 的粒徑範圍濃度最高。另外將總金屬元素濃度以累積分布圖來表示，如圖 3-23，艋舺龍山寺空氣微粒中總金屬元素濃度的 MMD 值為 $0.457 \mu\text{m}$ 。

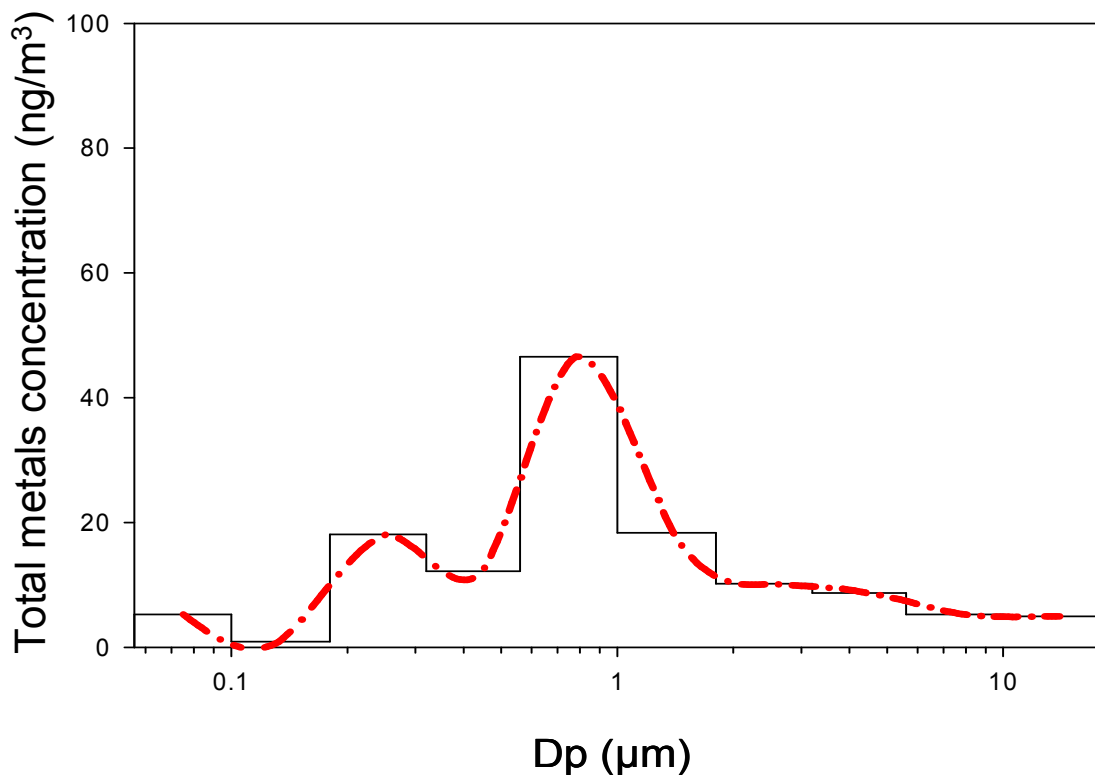


圖 3-22 艋舺龍山寺空氣微粒中十日平均總金屬元素濃度分布圖

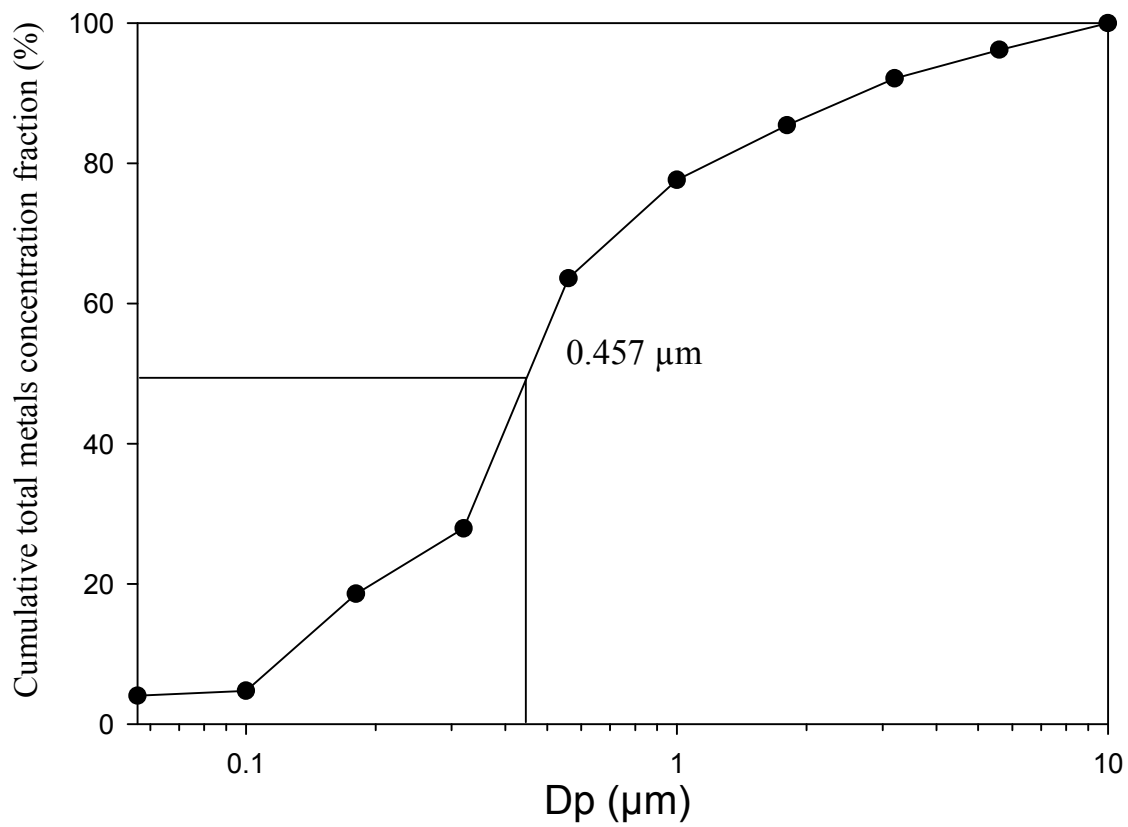


圖 3-23 艋舺龍山寺空氣微粒中十日平均總金屬元素濃度累積分布圖



寺廟空氣微粒的金屬元素濃度，如圖 3-24 所示，Zn、Pb 相較於其他金屬元素，PM₁ 佔有較高的濃度，分別為 29.9 ng/m³、25.1 ng/m³，個別金屬元素在 PM₁、PM_{1-2.5} 以及 PM_{2.5-10} 所佔的百分比，除了 Cu (45%) 以及 Mn (42%) 兩個元素在 PM_{2.5-10} 的濃度最高，U (48%) 在 PM_{1-2.5} 的濃度最高，其餘的金屬元素濃度主要分布在 PM₁ 之中，分別是 Ag (71%)、As (63%)、Be (50%)、Cd (62%)、Cr (41%)、Ga (47%)、Mo (43%)、Ni (67%)、Pb (80%)、Se (61%)、Tl (70%)、V (62%)、Zn (82%)。

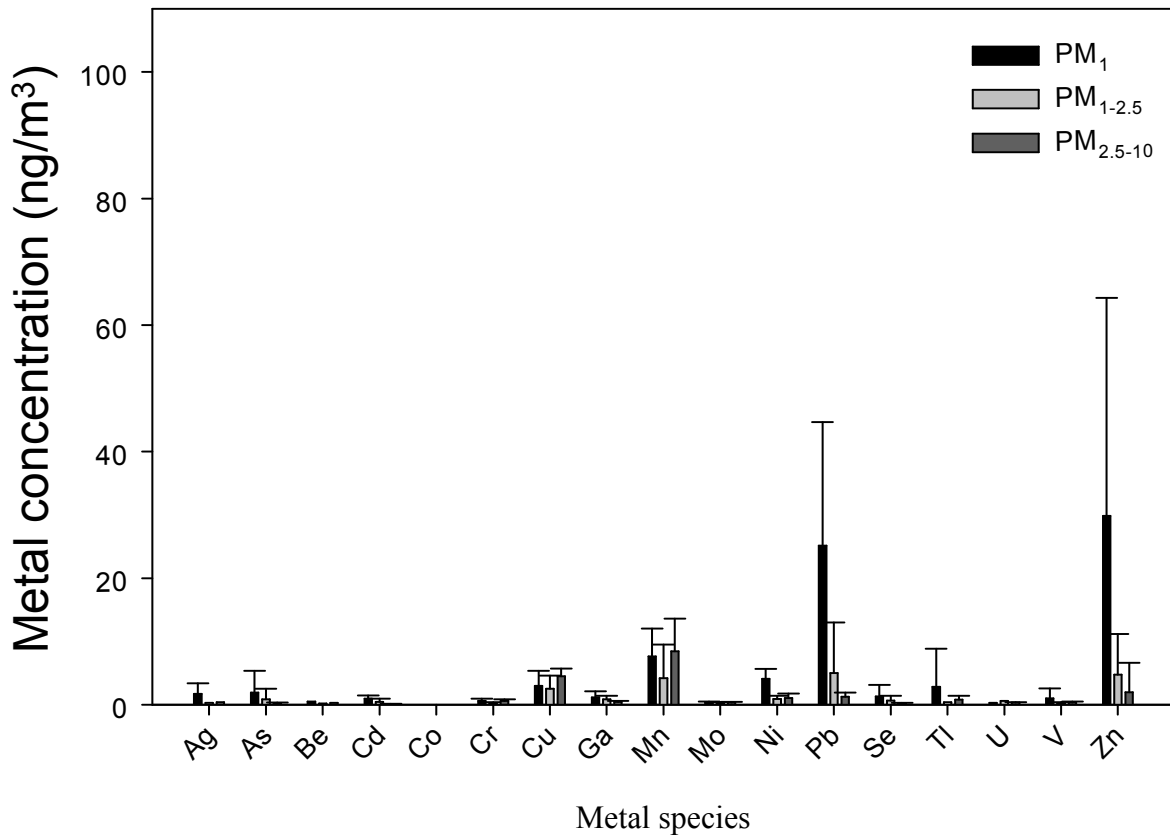
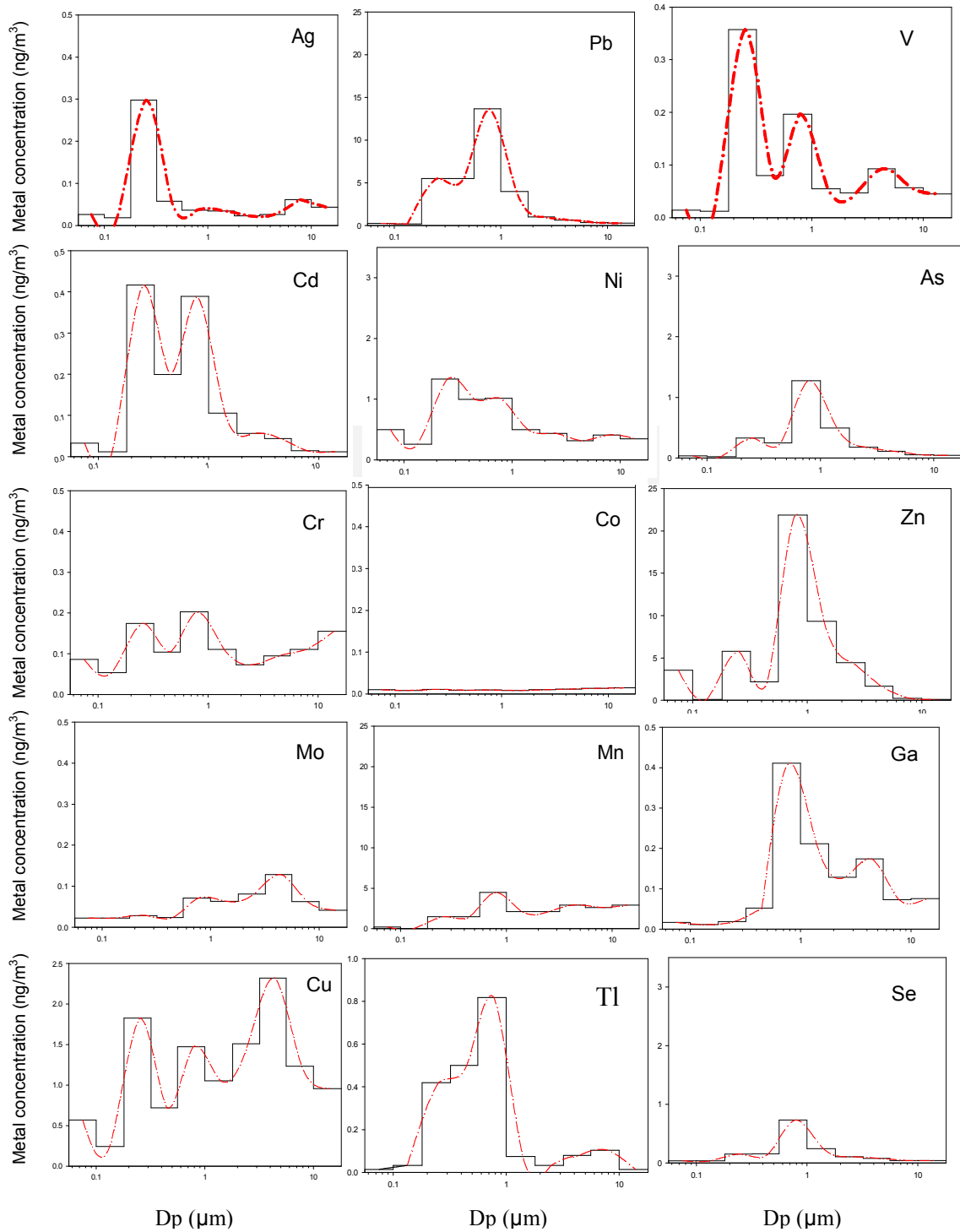


圖 3-24 艋舺龍山寺空氣微粒中 17 種金屬元素在三種粒徑下十日的濃度平均值

個別金屬在寺廟中最高濃度的分布，如圖 3-25 所示，Ag、Ni、Cd 及 V 分布在粒徑 0.18 μm -0.32 μm ，Pb、As、Zn、Cr、Ga、Mn、Se 和 Tl 分布在粒徑 0.56 μm -1 μm ，U、Cu 以及 Mo 分布在 3.2 μm -5.6 μm 。



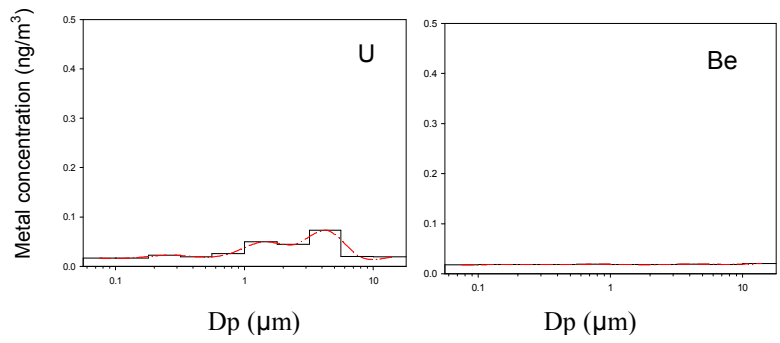
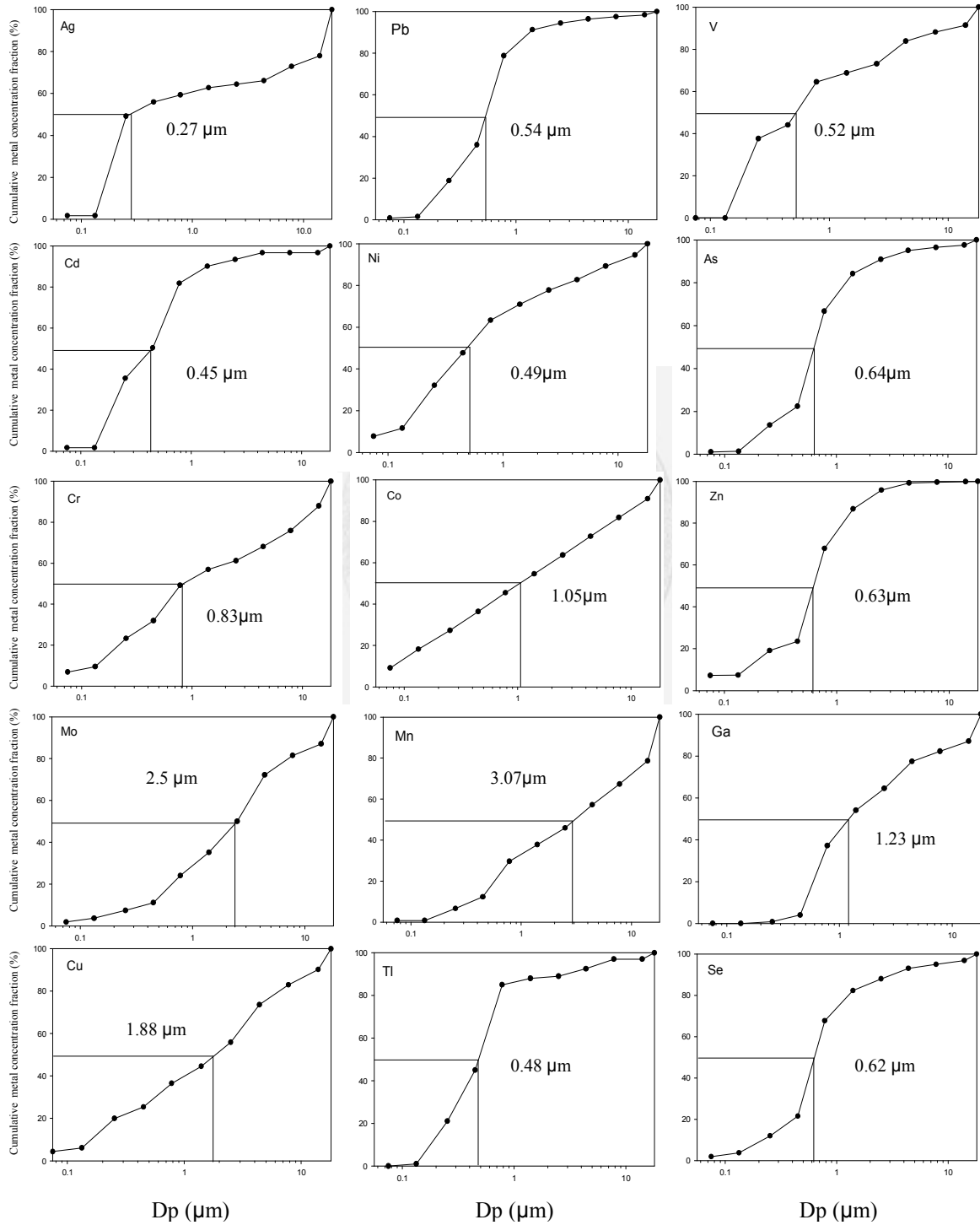


圖 3-25 艋舺龍山寺空氣微粒中 17 種金屬元素濃度粒徑分布圖



寺廟空氣微粒中金屬元素濃度的 MMD 值，如圖 3-26 所示，範圍為 $0.27\ \mu\text{m}$ - $3.07\ \mu\text{m}$ ，Ag 的值最小，Mn 的值最大，大部份的金屬元素的 MMD 值皆小於 $1\ \mu\text{m}$ ，其餘的金屬元素像是 Co、Mo、Mn、Ga、Cu、U 和 Be 則大於 $1\ \mu\text{m}$ 。



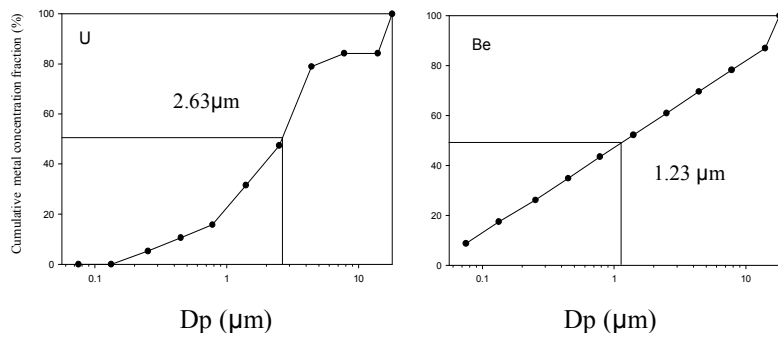


圖 3-26 艋舺龍山寺空氣微粒中 17 種金屬元素濃度平均累積分布圖



寺廟金屬元素成分因素分析結果

將寺廟所測得的金屬元素濃度依照粒徑大小區分為 PM_1 、 $PM_{1-2.5}$ 、 $PM_{2.5-10}$ ，使用因素分析求得因素分析表，在寺廟中同樣發現，金屬元素可區分為三個主要成分組成。

PM_1 中，第一主成分對於總變異數的解釋力為 46.85 %；第二主成分為 22.25 %，第三主成分為 13.36 %，三者累積的解釋力為 82.46 %。第一主成分主要由 As (0.95)、Cd (0.91)、Ga (0.91)、Mn (0.97)、Pb (0.76)、Se (0.95)、V (0.93)和 Zn (0.92)所組成，第二主成分由 Ag (0.92)、Tl (0.92)跟 U (0.92)所組成，第三主成分則是由 Be (0.73)以及 Ni (0.79)所組成。

$PM_{1-2.5}$ ，第一主成分到第三主成分的解釋力分別為 54.26 %、20 %以及 11.97 %，累積解釋力為 86.23 %，第一主成分是由 As (0.97)、Cd (0.97)、Cu (0.84)、Ga (0.89)、Mn (0.98)、Mo (0.89)、Pb (0.93)、Se (0.97)、V (0.73)和 Zn (0.97)所組成，第二主成分由 Ag (0.95)、Tl (0.75)、U (0.95)組成，第三主成分由 Cr (0.89)所組成。

$PM_{2.5-10}$ ，第一主成分到第三主成分的解釋力分別為 33.87 %、21.67 %以及 16.93 %，累積的解釋力為 72.48 %，第一主成分是由 Cr (0.9)、Ga (0.73)、Mo (0.85)、U (0.73)和 V (0.91)所組成的，第二主成分是由 Cu (0.72)、Pb (0.89)跟 Zn (0.75)組成，第三主成分則是由 Cd (0.76)所組成。

4. 討論

針對早期拜香行為以及柴油引擎使用之研究結果以及本次研究所得之結果，來進行懸浮微粒的特性以及成分組成之探討，將本章節共分為三個部份，巴士站以及寺廟之微粒濃度分布、PAHs 濃度分布與金屬元素濃度分布，依序進行探討。

4.1 巴士站及寺廟空氣微粒之質量濃度分布

將本次研究結果跟先前范所做的結果來做比較，可以發現，在巴士站方面，本次研究的 PM₁₀ 質量濃度為 56.85 μg/m³ 與 2007 年在國光巴士台汽西站進行採樣所得到 59.2 μg/m³ 相近，除了本次研究相較早期研究在粒徑 0.18 μm - 0.32 μm 多了波峰值，其餘的粒徑分佈的圖形都十分相似，都在粒徑範圍 0.56 μm - 1 μm 和 3.2 μm - 5.6 μm 下產生濃度波峰值[34]。在龍山寺所得的質量濃度值約為 224 μg/m³，是莊等人在 2004 年在龍山寺進行採樣所作結果的 1.4 倍，粒徑分布有點不同，莊等人所做的結果，呈雙峰分布，主要高峰粒徑區間為 0.18 μm - 0.32 μm 以及 3.2 μm - 5.6 μm，而本次研究高峰粒徑區間為 0.056 μm - 0.1 μm、0.18 μm - 0.32 μm、0.56 μm - 1 μm 以及 3.2 μm - 5.6 μm [26]，本研究與莊與范等人採樣點架設地點相同，會造成研究結果不同的原因可能受到當地大氣微粒背景濃度、溫濕度不同等因素影響。

將兩地質量濃度與現有對於空氣品質的法規以及相關研究做比較，如表 4-1 採樣期間龍山寺內 PM₁₀ 懸浮微粒質量濃度比國內針對 PM₁₀ 所規定的日平均或 24 小時平均 125 μg/m³ 以及台灣其他地區研究發現的 PM₁₀ 質量濃度高出許多 [35-37]，然而，世界衛生組織(WHO)對於 24 小時日平均容許濃度有更嚴格的標準，若以 WHO 的標準來看，巴士站及寺廟在 PM₁₀ 與 PM_{2.5} 都超出其標準，目前國內外都沒有針對 PM₁ 來訂定其容許標準，但我們在本次研究結果中發現兩地 PM₁ 的濃度值甚至還高於 PM_{2.5} 的容許標準。

比較寺廟以及巴士站空氣微粒的粒徑分佈情形，寺廟與巴士站的 MMD 分別為 0.44 μm 以及 1.5 μm，PM₁/PM₁₀ 分別為(81.03 ± 0.04)%以及(46.± 0.12)%，由此看出，寺廟相較於巴士站，產生的微粒粒徑較小，在 PM₁ 以下所佔的比例較高。此外，使用無母數統計比較寺廟以及巴士站空氣微粒在不同粒徑下質量濃度的差異，如表 4-2，在 PM₁、PM_{1-2.5}、PM_{2.5-10} 中，僅有 PM₁ 的質量濃度有顯著的差異，

P-value 值為 0.0003，PM₁ 質量濃度值寺廟為巴士站的六倍之多，而 PM₁ 中，每個粒徑區間也都達到顯著差異。從粒徑分佈以及質量濃度上來看，寺廟不僅僅質量濃度高於客運站，連產生的微粒粒徑都小於巴士站。

表 4-1 國光巴士台北西站與艋舺龍山寺之質量濃度與國內外 24 小時日平均質量濃度標準之比較

Mean mass concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
Size	bus station	temple	EPA (Taiwan)	WHO
PM ₁	36.59	182.27	-	-
PM _{2.5}	50.57	200.44	-	25
PM ₁₀	78.99	224.93	125	50

表 4-2 國光巴士台北西站與艋舺龍山寺不同粒徑質量濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 之比較 (Mean \pm SD) (n=10)

Size(μm)	bus station	temple	p-value
PM ₁	36.59 \pm 29.20	182.27 \pm 64.79	0.0003***
PM _{1-2.5}	13.98 \pm 12.84	18.17 \pm 9.13	0.0588
PM _{2.5-10}	28.42 \pm 11.52	24.49 \pm 10.51	0.1736
0.056-0.1	1.15 \pm 2.87	4.76 \pm 3.67	0.0019**
0.1-0.18	2.18 \pm 5.92	1.9 \pm 1.68	0.0283*
0.18-0.32	7.82 \pm 5.38	63.66 \pm 21.72	0.0002***
0.32-0.56	6.86 \pm 2.73	48.24 \pm 19.53	0.0002***
0.56-1	18.57 \pm 21.89	63.7 \pm 22.68	0.0019**
1-1.8	7.22 \pm 8.24	11.46 \pm 7.12	0.0233*
1.8-3.2	6.76 \pm 4.75	6.71 \pm 2.47	0.4497
3.2-5.6	13.4 \pm 6.51	10.41 \pm 4.19	0.1509
5.6-10	9.22 \pm 3.78	7.94 \pm 3.62	0.1736
10-18	5.79 \pm 2.61	6.13 \pm 3.77	0.2265
>18	8.95 \pm 7.06	6.92 \pm 5.24	0.7055

* : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001

4.2 巴士站及寺廟空氣微粒中 PAHs 濃度分布

將本次研究的 PAHs 濃度與其他研究來做比較，如表 4-7 所示，無論亞洲地區還是歐美地區，拜香行為相較於交通、工業以及住家等污染源，都產生較高的 PAHs 濃度值。

Schnelle 在 1996 發現都市環境中總 PAHs 濃度最高的粒徑為 $0.28\ \mu\text{m} - 0.4\ \mu\text{m}$ 之間，而本次研究中的巴士站以及寺廟都以粒徑 $0.18\ \mu\text{m} - 0.32\ \mu\text{m}$ 粒徑範圍下的總 PAHs 濃度為最高，這些許的差異，有可能是因為儀器本身在粒徑範圍切割上的不同所造成。Zielinska 等人利用 MOUDI 採集柴油和汽油引擎微粒，發現柴油引擎所產生的 PAHs 主要集中在 $0.1\ \mu\text{m} - 0.56\ \mu\text{m}$ 之間[38]，而本次在巴士站的採樣，PAHs 的濃度集中在 $0.1\ \mu\text{m} - 1\ \mu\text{m}$ 之間，兩者結果相近。

用無母數統計比較本次在寺廟以及巴士站的結果，在濃度方面，如表 4-3 寺廟在 PM_1 、 $\text{PM}_{1-2.5}$ 、 $\text{PM}_{2.5-10}$ 僅有 PM_1 的 PAHs 濃度有顯著的差異，P-value 值為 0.0008， PM_1 的 PAHs 濃度約為巴士站的六倍之多，以個別的 PAH 來看，如表 4-4、表 4-5 以及表 4-6，也僅有在 PM_1 有看到顯著的差異，而這些有顯著差異的物質，有 3 ring 的 Acy，以及一些 4 - 6 ring 的 PAH，都以寺廟的濃度較高；在粒徑分布方面，兩個地方的總 PAHs 濃度都以 PM_1 最高，這結果跟過去針對交通污染源所做的研究發現一致[31, 39]，寺廟以及交通污染源的懸浮微粒中總 PAHs 濃度皆集中在 PM_1 的粒徑之下。

當我們了解了 PAHs 在巴士站以及寺廟主要分布在 PM_1 之下後，我們想了解 PM_1 之中又以哪些成分居多，於是我們發現，4 - 6 ring 的 PAHs 所佔的比例最高，會照成這樣的原因，主要是跟 PAHs 的分子量有關，分子量高的 PAHs 由於較重不易揮發，比起分子量低的 PAHs 較容易附著在粒狀污染物之上，再加上本次研究主要是採集空氣中的懸浮微粒，為粒狀污染物，因此得到的 PAHs 濃度都以 4 ring 以上的 PAHs 為主，而這些 4 ring 以上的 PAHs 在濃度的粒徑分布上，不管在巴士站還是寺廟，也大多分布在粒徑為 $0.18\ \mu\text{m} - 0.32\ \mu\text{m}$ 。

早期的研究指出，可以利用特定的 PAH 物種的濃度比值用來界定污染源，如表 4-8 所示，於是本研究計算出在巴士站中 PM_1 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_{10} 這三種粒徑下 Ind/B(ghi)P、BaP/(BaP+Chr)、Ind/(ind+BghiP)以及 BbF/BkF 的比值，Ind/B(ghi)P 在 PM_1 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_{10} 比值分別為 0.78、1.51 以及 0.71；BaP/(BaP+Chr)在 PM_1 、

PM_{2.5}、PM₁₀ 比值分別為 0.6、0.63、0.76；Ind/(ind+BghiP) 在 PM₁、PM_{2.5}、PM₁₀ 比值分別為 0.44、0.6 以及 0.41；BbF/BkF 在 PM₁、PM_{2.5}、PM₁₀ 比值分別為 1.91、4.62 以及 7，由此結果來推斷巴士站所產生的懸浮微粒，PM₁ 以下較有可能是由柴油引擎所產生。

巴士站及寺廟空氣微粒中總 PAHs 的 MMD 值，分別為 0.176 μ m 及 0.156 μ m，這跟兩地在質量濃度所得到的 MMD 的結果比較上相同，都是寺廟所產生的粒徑比巴士站要來的小。另外觀察巴士站及寺廟空氣微粒中 16 種 PAHs 之 MMD 值，我們發現 2 ring 跟 4 ring 以上的 PAHs 其 MMD 值在巴士站及寺廟皆小於 1 μ m，3 ring 的 PAHs 則大多都大於 1 μ m，代表 2 ring 跟 4 ring 以上的 PAHs 在 1 μ m 以下的粒徑有著較高的濃度值。另外我們將巴士站和寺廟空氣微粒中 16 種 PAHs 的 MMD 值結果來做比較，發現 2 ring 的 Nap 在巴士站有著較小的 MMD 值，這可能跟巴士站空氣微粒中的 Nap 在粒徑 0.1 μ m – 0.18 μ m 相對其他較大的粒徑有著較高的濃度值有關，3 ring 的 PAHs，其 MMD 值較為不規則，這跟 3 ring 的 PAHs 在本次研究所得到的濃度值大多為 ND 有關，有些許的濃度值被分析出現在某粒徑時，此粒徑的 PAHs 即佔有總 PAHs 中較高的百分比，4 ring 以上的 PAHs，其 MMD 值在寺廟比在巴士站來的低，這跟總 PAHs 在兩地比較上的結果相同，都是以寺廟空氣微粒中的 PAHs 存在於較小的粒徑之中。比較 16 種 PAHs 在兩地 MMD 值的大小，寺廟的 Nap、Flu 及 Ant 有著較高的 MMD 值；巴士站的 Acy、Acp、Phe、Fl、Pyr、B(a)A、Chry、B(b)F、B(k)F、B(a)P、Ind、DBA 及 B(ghi)P 有著較高的 MMD 值。

我們利用因素分析來辨別污染源，發現巴士站 PM₁ 的第一主成分是由 4 - 6 ring 高分子量的 PAHs 所組成，這些 4 - 6 ring 的 PAHs 是典型高溫熱解或者非完全燃燒下的產物，在過去研究指出，4 - 6 ring 的 PAHs 中的 Chr、BaA、Fl、Phe 與 Pyr 為柴油引擎中 PAHs 的特徵物[40, 41]，由此可推斷，巴士站的第一主成分的來源很可能為柴油引擎所貢獻，而第二主成分是由 3 ring 以下分子量較低的 PAHs 所組成，由 Khalili 於 1990-1992 年在芝加哥，採集不同污染源來做成分分析以及 Valavanidis 在德國針對柴油跟汽油引擎所排放的 PAHs 所得到的結果來看，這些分子量較低的 PAHs 很可能是由使用汽油的汽機車所產生[41, 42]，另外我們發現，PM₁ 跟 PM_{1-2.5} 在第一主成分以及第二主成分上所組成的成分都很相似，因此推斷在 PM_{1-2.5} 的第一及第二主成分的來源跟 PM₁ 相同，是由柴油引擎以及汽機車所貢

獻。而 $PM_{2.5-10}$ 的第一、第二主成分就跟 $PM_{1-2.5}$ 跟 PM_1 組成有些許差異，但也發現了柴油引擎以及汽機車污染源的特徵物，因此，同樣推斷為柴油引擎以及汽機車所貢獻。雖然說巴士站的 PAHs 濃度，主要分布在 PM_1 以下， $PM_{1-2.5}$ 及 $PM_{2.5-10}$ 的濃度值相對的非常低，但我們還是可以藉由此因素分析來說明，柴油引擎以及汽機車引擎的燃燒行為，還是會影響到 PM_1 以上的 PAHs 濃度值。

寺廟在 PM_1 、 $PM_{1-2.5}$ 與 $PM_{2.5-10}$ 的第一主成分也是由 4-6 ring 的 PAHs 所組成，這跟以往針對不同種類的拜香所燃燒產生的 PAHs 主要為 Chr、BaP、Ind、BghiP、Fl 以及 Pyr 的結果相似[43, 44]，因此推斷寺廟在 PM_1 、 $PM_{1-2.5}$ 與 $PM_{2.5-10}$ 的第一主成分為拜香所貢獻。另外， PM_1 跟 $PM_{1-2.5}$ 的第二主成分與巴士站相似，也是由 3 ring 以下的 PAHs 組成，加上寺廟周邊環境也跟巴士站相似，有交通污染源的產生，因此推斷為汽機車所貢獻， $PM_{2.5-10}$ 的第二主成分，沒有發現到任何特徵物，因此無法斷定污染源為何。



表 4-3 艋舺龍山寺及國光巴士台北西站其空氣微粒在不同粒徑下總 PAHs 濃度 (ng/m³)之比較(Mean±SD)(n=10)

Size	Bus station	temple	P-value
PM ₁ (Σ16PAHs)***	74.82±73.48	425.3±329.38	0.0008
PM _{1-2.5} (Σ16PAHs)	10.35±6.46	25.01±31.46	0.2478
PM _{2.5-10} (Σ16PAHs)	10.24±5.06	9.207±5.29	0.5399

* : p-value<0.05, ** : p-value<0.01, *** : p-value<0.001

表 4-4 艋舺龍山寺及國光巴士台北西站 PM₁(individual PAH)濃度 (ng/m³)之比較 (Mean±SD)(n=10)

Compound	bus station	temple
Acenaphthene	0.21±0.02	0.23±0.004
Acenaphthylene***	0.26±0.03	0.99±0.31
Anthracene	0.45±0.18	0.85±0.40
Benzo(a) pyrene***	6.64±2.37	50.73±9.7
Benzo(a)anthracene***	2.18±1.00	43.28±15.41
Benzo(b)fluoranthene***	10.4±3.67	53.76±10.32
Benzo(g,h,i) perylene**	13.22±5.80	47.49±8.42
Benzo(k)fluoranthene***	5.43±2.37	35.42±7.90
Chrysene***	4.27±1.86	65.62±20.05
Dibenzo(a,h)anthracene***	1.10±0.44	7.30±1.28
Fluoranthene*	2.47±1.14	23.12±13.37
Fluorene	0.21±0.02	0.30±0.06
Indeno(1,2,3-cd) pyrene***	10.4±4.43	51.87±9.24
Naphthalene	14.71±11.26	18.32±14.49
Phenanthrene	0.29±0.089	2.13±1.44
Pyrene*	2.53±1.16	23.86±13.99

* : p-value<0.05, ** : p-value<0.01, *** : p-value<0.001

表 4-5 艋舺龍山寺及國光巴士台北西站 PM_{1-2.5}(individual PAH)濃度(ng/m³)之比較
(Mean±SD)(n=10)

Compound	bus station	temple
Acenaphthene	0.09±0.00	0.15±0.06
Acenaphthylene	0.09±0.00	0.16±0.05
Anthracene	0.11±0.02	1.02±0.57
Benzo(a) pyrene	1.07±0.23	1.60±0.43
Benzo(a)anthracene	0.18±0.07	0.65±0.43
Benzo(b)fluoranthene	2.44±0.65	2.90±0.98
Benzo(g,h,i) perylene	0.81±0.34	1.18±0.37
Benzo(k)fluoranthene	0.53±0.16	1.00±0.42
Chrysene	0.62±0.25	1.58±0.96
Dibenzo(a,h)anthracene	0.15±0.03	0.24±0.06
Fluoranthene	0.82±0.32	1.66±0.15
Fluorene	0.10±0.01	0.21±0.12
Indeno(1,2,3-cd) pyrene	1.23±0.33	1.78±0.42
Naphthalene	1.79±0.26	8.76±4.91
Phenanthrene	0.09±0.00	0.94±0.57
Pyrene	0.20±0.08	1.15±0.76

表 4-6 艋舺龍山寺及國光客運台北西站 PM_{2.5-10}(individual PAH)濃度 (ng/m³)之比較
(Mean±SD)(n=10)

Compound	bus station	temple
Acenaphthene	0.36±0.23	0.13±0.00
Acenaphthylene	0.17±0.03	0.25±0.11
Anthracene	0.18±0.06	0.17±0.04
Benzo(a) pyrene	1.02±0.24	1.01±0.25
Benzo(a)anthracene	0.28±0.1	0.29±0.10
Benzo(b)fluoranthene	1.80±0.42	1.25±0.24
Benzo(g,h,i) perylene	1.10±0.61	0.32±0.07
Benzo(k)fluoranthene	0.25±0.06	0.35±0.09
Chrysene	0.31±0.10	0.33±0.15
Dibenzo(a,h)anthracene	0.18±0.03	0.18±0.03
Fluoranthene	0.50±0.29	0.65±0.46
Fluorene	0.12±0.01	0.13±0.00
Indeno(1,2,3-cd) pyrene	0.79±0.17	0.86±0.14
Naphthalene	2.11±0.16	2.51±0.22
Phenanthrene	0.62±0.48	0.16±0.03
Pyrene	0.41±0.26	0.58±0.38

表 4-7 世界各地不同污染源的 PAHs 濃度之比較 (ng/m³)

Location	year	p-PAHs	particle size
(a)Asia area			
Urban Seoul, Korea ^[45]	2000	66	TSP(Σ15PAHs)
Urban Kuala Lumpur, Malaysia ^[46]	1998-1999	6.3	PM ₁₀ (Σ17PAHs)
Rural Yangsuri, Korea ^[45]	2000	96.6	TSP(Σ15PAHs)
Rural Yangpyoung, Korea ^[45]	2000	195	TSP(Σ15PAHs)
Rural Kuala Lumpur, Malaysia ^[46]	2000	0.3	PM ₁₀ (Σ17PAHs)
Residential Mumbai, India ^[47]	1996-1997	24.5	PM ₁₀ (Σ7PAHs)
Inchon, Korea (Industrial city) ^[45]	2000	255.5	TSP(Σ15PAHs)
Industrial Taichung, Taiwan ^[48]	2002-2003	129.1	TSP(Σ21PAHs)
Temple, Tainan Taiwan ^[33]	2002	490	TSP (Σ21PAHs)
Longshine Temple, Taipei Taiwan (this study)	2007-2008	459.52	PM ₁₀ (Σ16PAHs)
Bus station, Brazil ^[49]	2002	42.62	TSP(Σ16PAHs)
Bus station, Taipei Taiwan (this study)	2007-2008	94.27	PM ₁₀ (Σ16PAHs)
(b) Europe and America			
Industrial Naples, Italy ^[30]	1996-1997	39.5	TSP(Σ17PAHs)
Residential Naples, Italy ^[30]	1996-1997	22.7	TSP(Σ17PAHs)
Rome, Italy ^[50]	1993-1998	6.88	PM ₁₀ (Σ7PAHs)
Urban Baltimore, America ^[51]	1997	2.13	TSP(Σ23PAHs)
Traffic Naples, Italy ^[30]	1996-1997	54.8	TSP(Σ17PAHs)
Traffic tunnel in Gothenburg, Sweden ^[31]	2000	152.6	TSP(Σ29PAHs)
Traffic Copenhagen, Denmark ^[32]	1992-1993	77.36	TSP(Σ21PAHs)
Park in Copenhagen, Denmark ^[32]	1992-1993	22	TSP(Σ21PAHs)

表 4-8 PAHs diagnostic ratios used as source indicator

diagnosis ration	Value	Sources	References
Ind/(ind+BghiP)	0.18	Car	[52-55]
	0.37	Diesel	
	0.56	Coal	
	0.62	Wood burning	
BaP/(BaP+Chr)	0.35-0.7	Diesel emissions	
	0.5	diesel	[42, 56]
BbF/BkF	0.73	Gasoline	[57, 58]
	>0.5	Diesel	
Ind/BghiP	<0.4	Gasoline	[30]
	~1	Diesel	

4.3 巴士站及寺廟空氣微粒中金屬元素濃度分布

某些金屬元素相對於其他金屬元素有著較高的濃度，像是在巴士站，Zn、Pb、Ni、Mn 以及 Cu 就有著較高的濃度，其中 Zn 的濃度最高，Lowenthal 等人在 south Phoenix 利用 11 部使用柴油的卡車以及大客車，以動力計研究柴油車排放粒狀物中各種成分之平均排放係數，在粒狀物中對人體毒性較高的元素中，以 Zn 的排放量最高，跟本次研究的結果相同，而作者也發現，除了 Zn 之外，Cu、Cd 以及 Mn 也有較高的排放量，與本次研究相比，Cu 與 Mn 也有較高的濃度，但 Cd 的濃度卻十分的低[59]。影響巴士站環境中金屬元素濃度的因素很多，其中包括了油品、潤滑油、油料觸媒添加劑、以及引擎的摩擦損失等等，而造成本次研究結果跟其他研究有些許差距的原因，應該是跟油品的內含物差別有關。

寺廟的金屬元素濃度中，Zn 以及 Pb 相較於其他金屬元素有著較高的濃度值，其中又以 Zn 的濃度最高，這結果跟 Fang 在台中紫雲巖寺廟所做的結果相似[60]。會造成 Zn 跟 Pb 有著較高濃度的原因，跟拜香燃燒後其金屬元素成分存在於底灰或者飛灰有很大的關係，在先前研究中，燃燒五種不同成分組成的香，對底灰以及飛灰進行採樣分析，發現香中的金屬元素在燃燒之後，大多都存在於底灰之中，唯有 Pb 在底灰中僅佔有 11%，其次是 Zn，底灰之中僅有一半的濃度值[61]，其他都飛散到空氣中，或許這是造成 Zn 及 Pb 的濃度較其他金屬元素高的原因。

巴士站及寺廟的總金屬元素濃度，從粒徑分布來看，除了寺廟在粒徑 0.18 μm - 0.32 μm 時有額外的波峰產生，呈現三個波峰，兩地的粒徑分佈圖形相似，最高濃度都分佈在粒徑 0.56 μm - 1 μm 。另外，經由無母數統計來比較兩地總金屬元素濃度的差異，如表 4-9 僅有 $\text{PM}_{1-2.5}$ 達到顯著的差異，p-value 為 0.0494。若以個別金屬元素來看，如表 4-10、表 4-11 以及表 4-12 所示，巴士站 PM_1 的 Mn、V、Ni 以及 $\text{PM}_{1-2.5}$ 的 Zn、Cu 跟 Ni 濃度高於寺廟，達到顯著差異，寺廟 PM_1 的 Cd 和 $\text{PM}_{2.5-10}$ 的 Mn 濃度則高於巴士站，達到顯著差異，其他元素皆未達到顯著差異。

巴士站及寺廟空氣微粒中總金屬元素的 MMD 值，分別為 0.472 μm 及 0.456 μm ，雖然巴士站總金屬元素的濃度高於寺廟，但我們從 MMD 值中可以發現，寺廟空氣微粒中的金屬元素還是存在於較小的粒徑之中。此外，我們觀察 Pb、Mn、Cu、Ni 跟 Zn 這五種相較於其他金屬元素有著較高的濃度值的金屬元素中發現，Pb、Ni 和 Zn 在巴士站及寺廟的 MMD 值皆低於 1 μm ，Cu 則高於 1 μm ，於是推

斷這跟產生的行為有關，Pb、Ni 和 Zn 在本次研究主要由燃燒行為所產生，微粒主要產生在 1 μm 以下，Cu 則是由摩擦行為所產生，產生的粒徑比較大，因此有著較高的 MMD 值，此外，Mn 在兩地的 MMD 值有著很大的差異，分別在巴士站及寺廟為 0.65 μm 和 3.07 μm ，造成這樣的原因跟 Mn 在寺廟 $\text{PM}_{2.5-10}$ 有著較其他粒徑高的濃度值有關。比較 17 種金屬元素在兩地 MMD 值的大小，寺廟的 U、Ag、V、Ni、As、Mo、Mn 和 Cu 有著較高的 MMD 值；巴士站的 Be、Pb、Cd、Cr、Co、Zn、Ga、Tl 和 Se 有著較高的 MMD 值。

巴士站在金屬元素因素分析部份，由表 4-13 所整理出的結果來推估， PM_1 的第一主成分跟柴油引擎的特徵物較為相似，因此推斷為柴油所貢獻，而第二主成分主要由 Ag、Co、U 以及 Tl 所組成，目前還未找出這些金屬元素的主要來源，因此為未知污染源，第三主成分推斷為石化燃料所貢獻。 $\text{PM}_{1-2.5}$ 的第一主成分也跟 PM_1 的第一主成分的組成相似，因此為柴油引擎所貢獻，第二主成分同樣為未知污染源，第三主成分推斷為煞車行為所貢獻。 $\text{PM}_{2.5-10}$ 第一主成分為煤油燃燒所貢獻；第二主成分沒有特徵物，無法判斷污染源為何；第三主成分為石化燃料所貢獻。

早期研究指出，寺廟拜香經由燃燒會產生 Cu、Mn、Zn 跟 Pb[29, 44]，而這些金屬物質跟本次在寺廟 PM_1 及 $\text{PM}_{1-2.5}$ 所做的因素分析中的第一主成分相似，因而推斷 PM_1 及 $\text{PM}_{1-2.5}$ 的第一主成分為拜香燃燒。而 PM_1 以及 $\text{PM}_{1-2.5}$ 第二主成分都是由 Ag、U 和 Tl 所組成，這跟巴士站的結果一樣，考量兩地方的共同污染源，很可能為周邊汽機車污染源，但目前沒有文獻指出，此污染源會造成 Ag、Tl 以及 U 產生，因此有待後續的研究來釐清， PM_1 和 $\text{PM}_{1-2.5}$ 的第三主成分，推斷為石化燃料所貢獻。 $\text{PM}_{2.5-10}$ 的第一主成分為汽油燃燒，第二主成分為拜香燃燒，第三主成分為汽機車輛所貢獻。

表 4-9 艋舺龍山寺及國光巴士台北西站其空氣微粒在不同粒徑下總金屬元素濃度 (ng/m³)之比較(Mean±SD)(n=10)

Size	Bus station	temple	P-value
PM ₁ (Σ17elements)	114.5±67.34	83.06±63.21	0.0696
PM _{1-2.5} (Σ17elements)*	47.29±55.73	28.51±50.75	0.0494
PM _{2.5-10} (Σ17elements)	18.57±10.92	19.03±8.68	0.623

* : p-value<0.05, ** : p-value<0.01, *** : p-value<0.001

表 4-10 艋舺龍山寺及國光巴士台北西站 PM₁(individual element)濃度(ng/m³)之比較(Mean±SD)(n=10)

element	bus station	Temple
Se	1.59±0.64	1.07±0.57
Tl	0.12±0.10	1.7±1.62
U	0.16±0.16	0.03±0.03
V**	3.21±0.45	0.6±0.45
Zn	53.4±11.88	33.47±11.14
Ag	0.31±0.19	0.35±0.34
As	2.42±1.26	1.91±0.16
Be	0.15±0.07	0.10±0.06
Cd**	0.49±0.24	0.99±0.15
Co	0.02±0.02	0.00±0.00
Cr	0.47±0.14	0.57±0.12
Cu	5.73±0.92	4.82±1.86
Ga	0.48±0.29	0.46±0.28
Mn**	20.2±2.12	7.66±1.46
Mo	0.25±0.10	0.13±0.07
Ni*	8.72±1.98	4.08±0.53
Pb	16.79±6.28	25.12±6.52

* : p<0.05 ; ** : p<0.01 ; *** : p<0.001

表 4-11 艋舺龍山寺及國光巴士台北西站 PM_{1-2.5} (individual element)濃度(ng/m³)之比較(Mean±SD)(n=10)

element	bus station	temple
Se	0.52±0.25	0.32±0.21
Tl	0.04±0.04	0.08±0.05
U	0.06±0.06	0.06±0.06
V	0.11±0.07	0.08±0.04
Zn*	25.22±11.50	13.76±10.34
Ag	0.01±0.01	0.03±0.03
As	0.77±0.57	0.69±0.51
Be	0.06±0.03	0.04±0.02
Cd	0.28±0.14	0.14±0.12
Co	-	-
Cr	0.13±0.04	0.14±0.05
Cu**	5.49±0.87	2.56±0.68
Ga	0.3±0.19	0.34±0.18
Mn	6.61±1.83	4.21±1.76
Mo	0.18±0.08	0.14±0.06
Ni**	2.5±0.40	0.93±0.17
Pb	5.01±2.83	4.99±2.67

* : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001

表 4-12 艋舺龍山寺及國光巴士台北西站 PM_{2.5-10} (individual element)濃度(ng/m³)之比較(Mean±SD)(n=10)

element	bus station	temple
Se	0.26±0.07	0.14±0.04
Tl	0.06±0.06	0.16±0.14
U	0.09±0.09	0.07±0.05
V	0.07±0.06	0.17±0.07
Zn	2.63±1.84	1.97±1.55
Ag	0.09±0.09	0.08±0.05
As	0.18±0.06	0.19±0.04
Be	0.11±0.05	0.06±0.04
Cd	0.05±0.03	0.04±0.02
Co	-	-
Cr	0.26±0.08	0.31±0.12
Cu	6.12±0.85	4.53±0.40
Ga	0.47±0.10	0.28±0.09
Mn*	4.85±0.76	8.48±1.70
Mo	0.17±0.05	0.20±0.06
Ni	1.55±0.26	1.08±0.23
Pb	1.61±0.39	1.27±0.21

表 4-13 各種污染源的金屬指標元素

Sources	Indicatory Elements	References
Vehicle emissions	Br, Pb, Cu, Fe, K, Zn, Ni, Cd, Ti, Sn, Ba, Mn	[28, 62-67]
Industrial	Zn, Mn, As, Cr, Cu	[62, 64]
Power plants	Cr	[65]
Fossil fuel	Cr, Be, Co, Hg, Mo, Ni, Sb, Se, Sn, V, Fe, Mn	[63-67]
Coal	As, Se	[66, 67]
Type wear	Zn	[64-67]
Brake	Fe, Cu, Sb	[67, 68]
Diesel	Fe, Ca, Al, Si, Mo, Cr, Mg, Ni, Zn, Cu, Mn, Sr, Co, Sb, Ti, Pb	[66, 67, 69]
Gasoline	Ca, Al, Mg, Si, Fe, Ba, Sr, Zn, Cr, Mo, Ti, Pb	[66, 70]
Insense burning	Cu, Mn, Pb, Zn	[29, 44]

4.4 研究限制

本研究由於儀器及天候限制，採樣期間由 2007 年 8 月 1 日至 2008 年 2 月 28 日，季節橫跨夏季、秋季以及冬季，其中遇到許多天下雨而中止採樣，因而在環境溫、濕度上面有很大的差異性存在，除了氣候方面的差異會造成結果差異之外，以下列出一些研究上的限制條件：

1. 本次研究使用的 MOUDI 僅有一台，無法在同一地點設置兩台，因而無法了解現場環境同一天的 PAHs 及金屬元素濃度。
2. MOUDI 利用慣性衝擊的原理採集微粒時，會有微粒彈跳的情況，通常會抹上矽油來增加黏著力，但由於本次研究需要做成分分析，擔心添加矽油會影響分析結果，因而沒有使用矽油來增加附著力，或許這會造成濃度的結果被低估。
3. 由於本研究在採樣時並未紀錄當時氣流場的方向，只有選用鄰近空氣測站的氣象資料，現場的氣流場的流動也會因採樣地點的地形以及建築物結構等等因素造成影響，因此此氣象資料僅能用來初步了解當時採樣環境中的風速及風向為何，是本研究較為遺憾的地方。
4. 本次研究採樣點的選定是以不妨礙巴士站及寺廟的營運並考量暴露族群真實暴露環境為優先，因而無法控制兩地採樣點跟污染源有著一樣的距離，對於污染源排放強度的比較上會有所影響，但對於兩地濃度的比較可解釋為兩地暴露族群暴露情形的比較，採樣地點的選取雖受到限制，但已經過審慎考量而選定的。
5. 根據以往的研究指出，大氣中的 PAHs 主要分為粒狀跟氣狀，主要以氣相存在著，佔全部 PAHs 的九成，以低分子量的 PAHs 為主，但本次研究的重點為微粒組成的探討，因此沒有做氣相 PAHs 的採集，僅有採集粒狀的 PAHs 來做探討。

5. 結論

本次研究，我們使用 MOUDI 得到了寺廟以及巴士站現場環境的懸浮微粒質量濃度值以及 PAHs 跟金屬元素的濃度值，並且利用了因素分析確認了這兩地方的主要污染來源分別為拜香以及柴油引擎微粒，這跟以往買香在實驗室進行採樣或者是用單一柴油車排放廢氣進行採樣分析完全不同，本次研究清楚呈現了現場環境的暴露情形，而經由本次研究的結果以及討論，得到一些結論：

1. 寺廟相較於巴士站，產生的微粒粒徑較小，且濃度較高，在 PM_1 的濃度就高出巴士站六倍，統計上達到顯著差異， PM_{10} 的濃度值也將近為國內日平均容許濃度標準的兩倍，甚至為 WHO 所訂定標準的四倍，相較其他研究結果也有較高的濃度值。
2. 寺廟粒狀總 PAHs 的粒徑分佈為單峰分佈，巴士站為雙峰分佈，兩地的主峰都在 $0.18\ \mu\text{m}$ - $0.32\ \mu\text{m}$ ，寺廟在 PM_1 的 PAHs 的濃度高於巴士站，達到顯著差異，其他粒徑則未達到顯著差異。寺廟產生的粒狀 PAHs 濃度值相較於其他國家像是交通污染源、工業污染源、城鄉住宅區等等的不同污染源的研究有著較高的濃度值，而巴士站的濃度值則低於工業污染源，高於城鄉住宅區以及一些國家的交通污染源。
3. 兩地的粒狀 PAHs 都主要分布在 PM_1 ，主要組成為 4-6 ring 的 PAH，而這些 4-6 ring 的 PAH 不管是在寺廟或是巴士站最高濃度都在粒徑 $0.18\ \mu\text{m} - 0.32\ \mu\text{m}$ ，值得注意的是，4 ring 以上的 PAHs 具有較高的毒性，具有致癌性，而這些 PAHs 的粒徑大小很可能被人體吸入到肺部 ($<1\ \mu\text{m}$)，目前國內並沒有訂定 PAHs 的容許濃度值，或許政府在未來施政與制定法律時可以各國之管制標準為考，制訂相關之法令，藉此降低環境中 PAHs 的濃度值，以保障國民身體之健康。
4. 寺廟微粒上之 PAHs 主要是由拜香以及汽機車所貢獻，巴士站則是由柴油引擎以及汽機車所貢獻。雖然主要 PAHs 濃度都分布在 PM_1 ，但這些污染源對於粒徑大於 PM_1 的濃度值還是會造成影響。
5. 寺廟在總金屬元素濃度的粒徑分布上為三峰分佈，巴士站為雙峰分佈，兩地最高總金屬元素濃度值都位於 $0.56\ \mu\text{m} - 1\ \mu\text{m}$ ，巴士站以及寺廟的總金屬元素濃度在 PM_1 、 $PM_{1-2.5}$ 以及 $PM_{2.5-10}$ 皆未達到顯著差異，但從個別金屬元素來看，

巴士站 PM_1 的 Mn、V、Ni 以及 $PM_{1-2.5}$ 的 Zn、Cu 跟 Ni 濃度高於寺廟；寺廟 PM_1 的 Cd 和 $PM_{2.5-10}$ 的 Mn 濃度則高於巴士站，達到顯著差異。

6. 寺廟微粒中的主要金屬元素成分為 Zn 跟 Pb，巴士站為 Zn、Pb、Ni、Mn 以及 Cu。
7. 拜香燃燒與柴油引擎確實為巴士站及寺廟貢獻金屬元素成分的主要污染源，此兩個污染源對於 $PM_{2.5}$ 粒徑以下有著較高的影響力。



6. 未來建議

巴士站及寺廟的 16 種總 PAHs 以及 17 種總金屬元素的濃度，僅分別佔其質量濃度的 0.2 %、0.046% 以及 0.2%、0.31%，雖說本次研究並沒有將所有的 PAHs 以及金屬元素來做探討，但由此比例結果來看，PAHs 以及金屬元素僅佔微粒中較小的比例，還有許多其他成分組成存在著，像是元素碳、有機碳、氮鹽基類、氯化物、地殼物質、硝酸鹽類、硫酸鹽類、金屬離子等等成分來組成微粒的，然而這些其他物質也建議之後的研究來做更進一步的探討。



7. 參考文獻

1. Dockery DW, Pope CA, 3rd, Xu X, Spengler JD, Ware JH, Fay ME, Ferris BG, Jr., Speizer FE, Dockery DW, Pope CA, 3rd *et al*: **An association between air pollution and mortality in six U.S. cities.**[see comment]. *N Engl J Med* 1993, **329**(24):1753-1759.
2. Pope C, Burnett R, Thurston G, Thun M, Calle E, Krewski D, Godleski J: **Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease.** In., vol. 109: Am Heart Assoc; 2004: 71-77.
3. Huang SL, Hsu MK, Chan CC, Huang S-L, Hsu M-K, Chan C-C: **Effects of submicrometer particle compositions on cytokine production and lipid peroxidation of human bronchial epithelial cells.** *Environmental Health Perspectives* 2003, **111**(4):478-482.
4. Chuang KJ, Chan CC, Su TC, Lin LY, Lee CT: **Associations between particulate sulfate and organic carbon exposures and heart rate variability in patients with or at risk for cardiovascular diseases.** *J Occup Environ Med* 2007, **49**(6):610-617.
5. Yang C, Tseng Y, Chang C: **Effects of air pollution on birth weight among children born between 1995 and 1997 in Kaohsiung, Taiwan.** *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* 2003, **66**(9):807-816.
6. Sun HL, Chou MC, Lue KH, Sun H-L, Chou M-C, Lue K-H: **The relationship of air pollution to ED visits for asthma differ between children and adults.** *American Journal of Emergency Medicine* 2006, **24**(6):709-713.
7. Schwartz J: **Air pollution and blood markers of cardiovascular risk.** *Environmental Health Perspectives* 2001, **109**(Suppl 3):405.

8. Ma L, Shima M, Yoda Y, Yamamoto H, Nakai S, Tamura K, Nitta H, Watanabe H, Nishimuta T: **Effects of airborne particulate matter on respiratory morbidity in asthmatic children.** *Journal of Epidemiology* 2008(0):805150020.
9. Chan CC, Chuang KJ, Shiao GM, Lin LY, Chan C-C, Chuang K-J, Shiao G-M, Lin L-Y: **Personal exposure to submicrometer particles and heart rate variability in human subjects.** *Environmental Health Perspectives* 2004, **112**(10):1063-1067.
10. Chuang KJ, Chan CC, Shiao GM, Su TC, Chuang K-J, Chan C-C, Shiao G-M, Su T-C: **Associations between submicrometer particles exposures and blood pressure and heart rate in patients with lung function impairments.** *Journal of Occupational & Environmental Medicine* 2005, **47**(11):1093-1098.
11. Gutierrez-Castillo ME, Roubicek DA, Cebrian-Garcia ME, De Vizcaya-Ruiz A, Sordo-Cedeno M, Ostrosky-Wegman P: **Effect of chemical composition on the induction of DNA damage by urban airborne particulate matter.** *Environ Mol Mutagen* 2006, **47**(3):199-211.
12. Brook R, Franklin B, Cascio W, Hong Y, Howard G, Lipsett M, Luepker R, Mittleman M, Samet J, Smith S: **Air Pollution and Cardiovascular Disease A Statement for Healthcare Professionals From the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association.** In., vol. 109: Am Heart Assoc; 2004: 2655-2671.
13. De Haar C, Hassing I, Bol M, Bleumink R, Pieters R: **Ultrafine but not fine particulate matter causes airway inflammation and allergic airway sensitization to co-administered antigen in mice.** *Clinical & Experimental Allergy* 2006, **36**(11):1469-1479.

14. Happo MS, Salonen RO, Halinen AI, Jalava PI, Pennanen AS, Kosma VM, Sillanpaa M, Hillamo R, Brunekreef B, Katsouyanni K *et al*: **Dose and time dependency of inflammatory responses in the mouse lung to urban air coarse, fine, and ultrafine particles from six European cities.** *Inhalation Toxicology* 2007, **19**(3):227-246.
15. Alberg T, Cassee FR, Groeng EC, Dybing E, Lovik M: **Fine ambient particles from various sites in europe exerted a greater IgE adjuvant effect than coarse ambient particles in a mouse model.** *J Toxicol Environ Health A* 2009, **72**(1):1-13.
16. Dominici F, Peng RD, Zeger SL, White RH, Samet JM, Dominici F, Peng RD, Zeger SL, White RH, Samet JM: **Particulate air pollution and mortality in the United States: did the risks change from 1987 to 2000?[see comment].** *American Journal of Epidemiology* 2007, **166**(8):880-888.
17. Chuang KJ, Chan CC, Chen NT, Su TC, Lin LY, Chuang K-J, Chan C-C, Chen N-T, Su T-C, Lin L-Y: **Effects of particle size fractions on reducing heart rate variability in cardiac and hypertensive patients.** *Environmental Health Perspectives* 2005, **113**(12):1693-1697.
18. Stru y ska L, Walski M, Gadamski R, Dabrowska-Bouta B, Rafa owska U: **Lead-induced abnormalities in blood-brain barrier permeability in experimental chronic toxicity.** *Molecular and Chemical Neuropathology* 1997, **31**(3):207-224.
19. Pentschew A: **Morphology and morphogenesis of lead encephalopathy.** *Acta Neuropathologica* 1965, **5**(2):133-160.
20. Frieditis H, Adamson I: **Comparative pulmonary toxicity of various soluble metals found in urban particulate dusts.** *Experimental lung research* 2002,

- 28(7):563-576.
21. Dunnick J, Elwell M, Benson J, Hobbs C, Hahn F, Haly P, Cheng Y, Eidson A: **Lung toxicity after 13-week inhalation exposure to nickel oxide, nickel subsulfide, or nickel sulfate hexahydrate in F344/N rats and B6C3F1 mice.** *Fundamental and Applied Toxicology* 1989, **12**(3):584-594.
 22. Kodavanti U, Jaskot R, Costa D, Dreher K: **Pulmonary proinflammatory gene induction following acute exposure to residual oil fly ash: roles of particle-associated metals.** *Inhalation Toxicology* 1997, **9**(7):679-701.
 23. Adamson I, Prieditis H, Hedgecock C, Vincent R: **Zinc is the toxic factor in the lung response to an atmospheric particulate sample.** *Toxicology and applied pharmacology* 2000, **166**(2):111-119.
 24. Nielsen T: **Traffic contribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in the center of a large city.** *Atmospheric Environment* 1996, **30**(20):3481-3490.
 25. Binkova B: **DNA-adducts and atherosclerosis: a study of accidental and sudden death males in the Czech Republic.** *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis* 2002, **501**(1-2):115-128.
 26. 莊校奇: **寺廟中微粒對人體冠狀動脈內皮細胞發炎反應與內皮細胞功能異常之研究.** 2005.
 27. Leygonie R: **Heavy metals in the atmosphere: Sources, emissions, measurement, effects.** *Pollution Atmospherique* 1993, **35**(139):63-74.
 28. Monaci F, Moni F, Lanciotti E, Grechi D, Bargagli R: **Biomonitoring of airborne metals in urban environments: new tracers of vehicle emission, in place of lead.** *Environmental Pollution* 2000, **107**(3):321-327.
 29. Lau O, Luk S: **Leaves of Bauhinia blakeana as indicators of atmospheric pollution in Hong Kong.** *Atmospheric Environment* 2001, **35**(18):3113-3120.

30. Caricchia AM, Chiavarini S, Pezza M: **Polycyclic aromatic hydrocarbons in the urban atmospheric particulate matter in the city of Naples (Italy).** *Atmospheric Environment* 1999, **33**(23):3731-3738.
31. Wingfors H, Sjodin A, Haglund P, Brorstrom-Lunden E: **Characterisation and determination of profiles of polycyclic aromatic hydrocarbons in a traffic tunnel in Gothenburg, Sweden.** *Atmospheric Environment* 2001, **35**(36):6361-6369.
32. Nielsen T, Jorgensen H, Larsen J, Poulsen M: **City air pollution of polycyclic aromatic hydrocarbons and other mutagens: occurrence, sources and health effects.** *Science of the total environment* 1996, **189**:41-49.
33. Lin TC, Chang FH, Hsieh JH, Chao HR, Chao MR, Lin T-C, Chang F-H, Hsieh J-H, Chao H-R, Chao M-R: **Characteristics of polycyclic aromatic hydrocarbons and total suspended particulate in indoor and outdoor atmosphere of a Taiwanese temple.** *Journal of Hazardous Materials* 2002, **95**(1-2):1-12.
34. 范瀟文: 柴油排放微粒成份對於人類冠狀動脈內皮細胞毒性之研究. 2007.
35. Fang G, Chang C, Wu Y, Yang C, Chang S, Yang I: **Suspended particulate variations and mass size distributions of incense burning at Tzu Yun Yen temple in Taiwan, Taichung.** *The Science of the total environment* 2002, **299**(1-3):79.
36. Fang GC, Wu YS, Fu PP, Yang IL, Chen MH, Fang G-C, Wu Y-S, Fu PP-C, Yang IL, Chen M-H: **Polycyclic aromatic hydrocarbons in the ambient air of suburban and industrial regions of central Taiwan.** *Chemosphere* 2004, **54**(4):443-452.
37. Fang G, Chang C, Chu C, Wu Y, Pi-Cheng Fu P, Chang S, Yang I: **Fine (PM_{2.5}),**

- coarse (PM_{2.5-10}), and metallic elements of suspended particulates for incense burning at Tzu Yun Yen temple in central Taiwan. *Chemosphere* 2003, **51**(9):983-991.
38. Zielinska B, Sagebiel J, Arnott W, Rogers C, Kelly K, Wagner D, Lighty J, Sarofim A, Palmers G: **Phase and size distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in diesel and gasoline vehicle emissions.** *Environ Sci Technol* 2004, **38**(9):2557-2567.
39. Gutierrez-Daban A, Fernandez-Espinosa A, Ternero-Rodriguez M, Fernandez-Alvarez F: **Particle-size distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in urban air in southern Spain.** *Analytical and bioanalytical chemistry* 2005, **381**(3):721-736.
40. Fang G, Wu Y, Chen M, Ho T, Huang S, Rau J: **Polycyclic aromatic hydrocarbons study in Taichung, Taiwan, during 2002-2003.** *Atmospheric Environment* 2004, **38**(21):3385-3391.
41. Valavanidis A, Fiotakis K, Vlahogianni T, Bakeas EB, Triantafillaki S, Paraskevopoulou V, Dassenakis M: **Characterization of atmospheric particulates, particle-bound transition metals and polycyclic aromatic hydrocarbons of urban air in the centre of Athens (Greece).** *Chemosphere* 2006, **65**(5):760-768.
42. Khalili NR, Scheff PA, Holsen TM: **PAH source fingerprints for coke ovens, diesel and, gasoline engines, highway tunnels, and wood combustion emissions.** *Atmospheric Environment* 1995, **29**(4):533-542.
43. Lin T, Chang F, Hsieh J, Chao H, Chao M: **Characteristics of polycyclic aromatic hydrocarbons and total suspended particulate in indoor and outdoor atmosphere of a Taiwanese temple.** *Journal of hazardous materials*

- 2002, **95**(1-2):1-12.
44. 楊奇儒: **低污染拜香研發: 拜香主要成分對拜香燃煙特徵之影響**. 2006.
45. Bae S, Yi S, Kim Y: **Temporal and spatial variations of the particle size distribution of PAHs and their dry deposition fluxes in Korea**. *Atmospheric Environment* 2002, **36**(35):5491-5500.
46. Omar N, Abas M, Ketuly K, Tahir N: **Concentrations of PAHs in atmospheric particles (PM-10) and roadside soil particles collected in Kuala Lumpur, Malaysia**. *Atmospheric Environment* 2002, **36**(2):247-254.
47. Kulkarni P, Venkataraman C: **Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons in Mumbai, India**. *Atmospheric Environment* 2000, **34**(17):2785-2790.
48. 楊易霖: **台灣台中地區市郊及工業區大氣中多環芳香族碳氫化合物之特性及來源鑑定**. 2003.
49. Pereira PAD, de Andrade JB, Miguel AH: **Measurements of semivolatile and particulate polycyclic aromatic hydrocarbons in a bus station and an urban tunnel in Salvador, Brazil**. *Journal of Environmental Monitoring* 2002, **4**(4):558-561.
50. Menichini E, Monfredini F, Merli F: **The temporal variability of the profile of carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons in urban air: a study in a medium traffic area in Rome, 1993-1998**. *Atmospheric Environment* 1999, **33**(23):3739-3750.
51. Gustafson R, Walker K, Macdonald G: **Automotive sources of carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons associated with particulate matter in the Chesapeake Bay region**. *Environmental science & technology* 2000, **34**:21.
52. Grimmer G, Jacob J, Naujack K: **Profile of the polycyclic aromatic compounds from crude oils**. *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry* 1983,

- 314(1):29-36.
53. Ravindra K, Bencs L, Wauters E, De Hoog J, Deutsch F, Roekens E, Bleux N, Berghmans P, Van Grieken R: **Seasonal and site-specific variation in vapour and aerosol phase PAHs over Flanders (Belgium) and their relation with anthropogenic activities.** *Atmospheric Environment* 2006, **40**(4):771-785.
54. Ravindra K, Wauters E, Tyagi S, Mor S, Van Grieken R: **Assessment of air quality after the implementation of compressed natural gas (CNG) as fuel in public transport in Delhi, India.** *Environmental Monitoring and Assessment* 2006, **115**(1):405-417.
55. Kavouras I, Koutrakis P, Tsapakis M, Lagoudaki E, Stephanou E, Von Baer D, Oyola P: **Source apportionment of urban particulate aliphatic and polynuclear aromatic hydrocarbons (PAHs) using multivariate methods.** *Environ Sci Technol* 2001, **35**(11):2288-2294.
56. Guo H, Lee S, Ho K, Wang X, Zou S: **Particle-associated polycyclic aromatic hydrocarbons in urban air of Hong Kong.** *Atmospheric Environment* 2003, **37**(38):5307-5317.
57. Pandey P, Patel K, Lenicek J: **Polycyclic aromatic hydrocarbons: need for assessment of health risks in India? Study of an urban-industrial location in India.** *Environmental Monitoring and Assessment* 1999, **59**(3):287-319.
58. Park S, Kim Y, Kang C: **Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons in Seoul, Korea.** *Atmospheric Environment* 2002, **36**(17):2917-2924.
59. Lowenthal D, Zielinska B, Chow J, Watson J, Gautam M, Ferguson D, Neuroth G, Stevens K: **Characterization of heavy-duty diesel vehicle emissions.** *Atmospheric environment(1994)* 1994, **28**(4):731-743.
60. Fang GC, Chu CC, Wu YS, Fu PPC: **Emission characters of particulate**

- concentrations and dry deposition studies for incense burning at a Taiwanese temple. *Toxicology and Industrial Health* 2002, **18**(4):183-190.
61. 周文傑: 燃燒金紙與拜香所產生氣態污染物及飛灰中金屬成分分布. 2007.
62. Marcazzan G, Vaccaro S, Valli G, Vecchi R: **Characterisation of PM10 and PM2.5 particulate matter in the ambient air of Milan (Italy).** *Atmospheric Environment* 2001, **35**(27):4639-4650.
63. Al-Momani I: **Trace elements in atmospheric precipitation at Northern Jordan measured by ICP-MS: acidity and possible sources.** *Atmospheric Environment* 2003, **37**(32):4507-4515.
64. Pacyna J: **Atmospheric trace elements from natural and anthropogenic sources.** *Toxic metals in the atmosphere* 1986:33–52.
65. Singh M, Jaques P, Sioutas C: **Size distribution and diurnal characteristics of particle-bound metals in source and receptor sites of the Los Angeles Basin.** *Atmospheric Environment* 2002, **36**(10):1675-1689.
66. Swietlicki E, Puri S, Hansson H, Edner H: **Urban air pollution source apportionment using a combination of aerosol and gas monitoring techniques.** *Atmospheric Environment* 1996, **30**(15):2795-2809.
67. Manoli E, Voutsas D, Samara C: **Chemical characterization and source identification/apportionment of fine and coarse air particles in Thessaloniki, Greece.** *Atmospheric Environment* 2002, **36**(6):949-961.
68. Weckwerth G: **Verification of traffic emitted aerosol components in the ambient air of Cologne (Germany).** *Atmospheric Environment* 2001, **35**(32):5525-5536.
69. Wang Y, Huang K, Li C, Mi H, Luo J, Tsai P: **Emissions of fuel metals content from a diesel vehicle engine.** *Atmospheric Environment* 2003,

37(33):4637-4643.

70. Chen J: **Characteristics of Metal Elements in both Gasoline and Engine Exhaust.** 2002.



8. 附錄

附錄一 濾紙稱重的標準程序

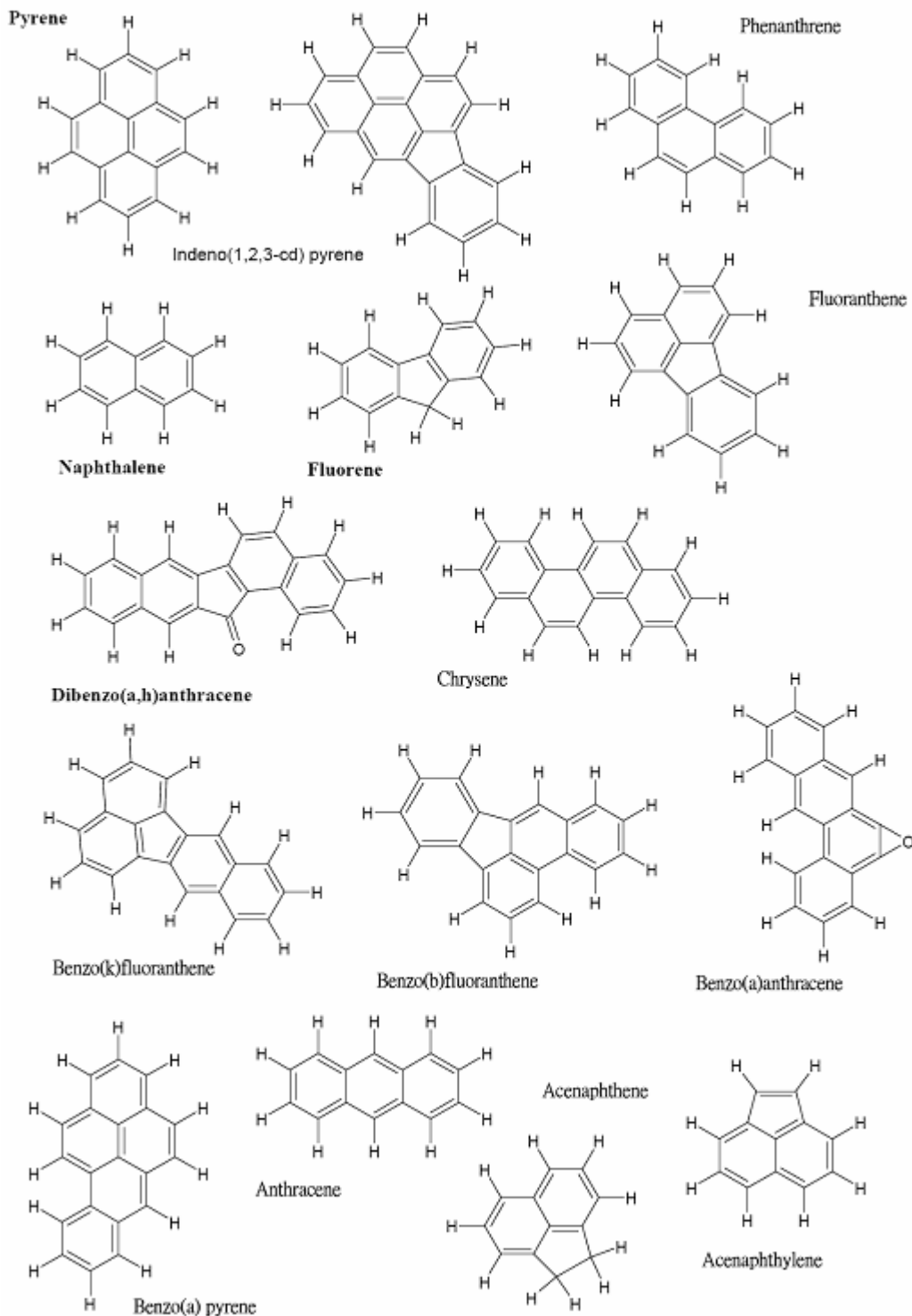
1. 濾紙於稱重前 48 小時即放入乾燥箱 (condition chamber) 內調理，將相對濕度保持在 $50\% \pm 5\%$ ，溫度在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之間。
2. 選用 37 mm 沒有 ring 的 Teflon 濾紙，並用微量天平稱重，其靈敏度為 $1\text{ }\mu\text{g}$ 。
3. 先將稱重間除濕機開啟，並設定相對濕度於 50，等待相對濕度於 50 時再開始稱重，並在記錄簿上登記。
4. 記錄選用的濾紙品牌、編號等，以及將所有需要使用於實驗的濾紙編號
5. 濾紙稱重步驟為先除靜電，再將濾紙放於微量天平上，稱重時儘量將濾紙放於同一位置上。
6. 使用同一批濾紙中選任一空白濾紙作為標準濾紙片，將標準片稱重 30 次，以其稱重結果求得標準偏差。
7. 將每一片濾紙編號並稱重二次，二次重量相差不得大於標準片之三倍標準差。
8. 每稱 10 片濾紙即取標準片再稱一次，若標準片稱重結果大於三倍標準差，則前面 10 片濾紙需再重新稱重，以確保稱重過程穩定性及稱重數據品質。
9. 採樣後將濾紙放於乾燥箱 (condition chamber) 調理 48 小時後再進行稱重。
10. 採樣前後將濾紙稱重，並將前後稱重值相減得採集微粒之重量，配合採樣總流量計算採集空氣微粒之濃度。

附錄二 濾紙震盪的標準程序

1. 在採樣後，將放入濾紙的濾紙匣放入乾燥箱中（condition chamber）內調理，將相對濕度保持在 50 % ± 5 %，溫度在 20 °C–25 °C 之間至少 48 小時。
2. 使用靈敏度 1 μg 的電子天秤來量秤濾紙。
3. 在裝有濾紙的濾紙匣中加入 2 mL 的去離子水。
4. 濾紙匣使用石蠟膜密封兩次，然後震盪 30 分鐘。
5. 震盪 30 分鐘之後，將含有微粒的去離子水用 Pipet 加入到離心管中，於是再加入 2 mL 的乾淨去離子水到濾紙匣中
6. 重複步驟四
7. 震盪完之後，將去離子水裝到離心管中，最後使用 0.5 ml 的去離子水，沖洗濾紙表面，再裝入離心管中。
8. 加 2.5 ml 的 5 % 硝酸到樣本之中，使其保持在 PH < 2 之下，可以維持金屬呈現穩定狀態。
9. 使用 0.22 μm 的過慮針頭過濾。
10. 將使用過的濾紙保存在 25 °C ± 5 °C 以及 50 ± 5 % 溼度的乾燥箱中，靜置 48 小時
11. 秤重去計算其震盪效率。

$$\left[\frac{\text{weight of filters before sonication} - \text{weight of filters after sonication}}{\text{weight of filters before sampling} - \text{weight of filters after sampling}} \times 100\% \right]$$

附錄三 PAHs 化學結構與物理特性



16 種 PAHs 的化學結構

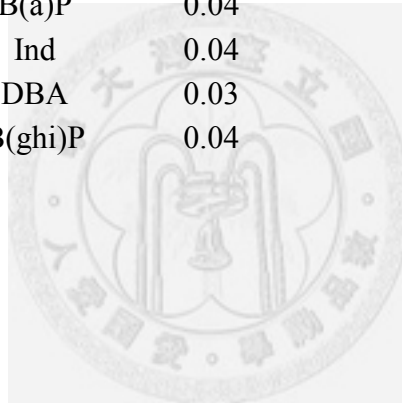
16 種 PAHs 的物理特性

Name of PAHs	Abbreviation	Ring structure	Molecular weight (g)	Boiling point	Toxic equivalency factor	Carcinogenic to humans (IARC)
Naphthalene	Nap	2	128.2	217.9	0.001	Group 2B
Acenaphthylene	Acy	3	152.2	279	0.001	
Acenaphthene	Acp	3	154.2	279	0.001	
Fluorene	Flu	3	166.2	295	0.001	Group 3
Phenanthrene	Phe	3	178.2	340	0.001	Group 3
Anthracene	Ant	3	178.2	339.9	0.01	Group 3
Fluoranthene	Fl	4	202.3	393	0.001	Group 3
Pyrene	Pyr	4	202.1	360	0.001	Group 3
Benz(a)anthracene	B(a)A	4	228.3	435	0.1	Group 2A
Chrysene	Chry	4	228.3	448	0.01	Group 3
Benzo(b)fluoranthene	B(b)F	5	252.3	481.2	0.1	Group 2B
Benzo(k)fluoranthene	B(k)F	5	252.3	481	0.1	Group 2B
Benzo(a) pyrene	B(a)P	5	252.3	495.5	1.0	Group 2A
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	Ind	6	276.3	534	0.1	Group 2B
Dibenz(a,h)anthracene	DBA	5	278.3	535	1.0	Group 2A
Benzo(g,h,i) perylene	B(ghi)P	6	276.4	542	0.01	Group 3

附錄四 金屬元素與 PAHs 的方法偵測極限值

elements MDLs(ng/mL) compounds MDLs(ng/mL)

Ag	0.08	Nap	0.06
As	0.07	Acy	0.04
Be	0.03	Acp	0.05
Cd	0.05	Flu	0.05
Co	0.05	Phe	0.05
Cr	0.14	Ant	0.04
Ga	0.06	Fl	0.04
Mn	0.07	Pyr	0.05
Mo	0.06	B(a)A	0.03
Ni	0.11	Chry	0.04
Pb	0.90	B(b)F	0.04
Se	0.12	B(k)F	0.04
Tl	0.08	B(a)P	0.04
U	0.08	Ind	0.04
V	0.07	DBA	0.03
Zn	0.58	B(ghi)P	0.04



附錄五 因素分析表

國光巴士台北西站金屬因素分析表

variables	PM ₁			PM _{1-2.5}			PM _{2.5-10}		
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 1	Factor 2	Factor 3
	Ag	0.15	0.90	0.10	0.02	0.94	0.34	0.63	-0.76
As	0.94	-0.19	-0.15	0.97	-0.08	-0.17	0.79	0.40	-0.18
Be	-0.06	-0.19	0.76	-0.08	-0.44	0.62	0.13	0.28	0.87
Cd	0.96	-0.10	-0.08	0.98	-0.04	-0.11	0.33	0.45	-0.45
Co	0.08	0.99	-0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.87	0.24	0.21	0.84	0.13	0.18	0.75	0.06	0.50
Cu	0.83	-0.24	0.05	0.49	-0.37	0.71	0.48	0.63	0.22
Ga	0.94	-0.02	-0.23	0.98	0.14	-0.11	0.98	0.05	-0.06
Mn	0.25	-0.15	0.57	0.95	-0.18	0.10	0.59	0.56	-0.07
Mo	0.85	0.22	0.00	0.94	0.04	-0.07	0.85	0.04	-0.01
Ni	-0.30	0.23	0.46	-0.07	-0.61	0.75	0.54	-0.08	0.64
Pb	0.93	-0.25	-0.16	0.97	-0.15	-0.08	0.64	0.63	-0.17
Se	0.96	-0.26	-0.01	1.00	-0.08	0.01	0.95	0.09	0.17
Tl	0.25	0.95	-0.11	0.02	0.94	0.34	0.63	-0.76	-0.11
U	0.08	0.99	-0.05	0.02	0.94	0.34	0.63	-0.76	-0.11
V	0.81	0.41	0.37	0.86	0.48	0.02	0.68	-0.68	-0.22
Zn	0.92	-0.23	0.15	0.94	-0.15	0.00	0.34	0.56	-0.63
Eigenvalue	8.39	4.35	1.45	9.15	3.70	1.91	6.95	4.07	2.25
propotion of variance (%)	49.33	25.60	8.53	57.16	23.14	11.91	43.45	25.41	14.05
cumulative (%)	49.33	74.92	83.45	57.16	80.30	92.21	43.45	68.87	82.92
Source	Diesel	Unknown	Fossil fuel	Diesel	Unknown	Brake	Coal	Unknown	Fossil fuel

艋舺龍山寺金屬元素因素分析表

Variables	PM ₁			PM _{1-2.5}			PM _{2.5-10}		
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Ag	-0.27	0.92	-0.19	-0.13	0.95	0.05	0.41	-0.20	-0.11
As	0.95	0.14	0.03	0.97	0.04	-0.02	0.36	0.63	0.20
Be	-0.05	-0.17	0.73	-0.13	-0.38	0.38	0.30	0.41	-0.70
Cd	0.91	0.02	0.00	0.97	0.00	0.04	0.62	-0.08	0.76
Co	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.18	0.63	0.60	0.16	-0.26	0.89	0.90	0.04	-0.31
Cu	0.54	-0.17	-0.54	0.84	-0.06	-0.36	-0.13	0.72	0.23
Ga	0.91	0.05	-0.31	0.89	0.14	-0.22	0.73	0.42	0.25
Mn	0.97	0.19	0.08	0.98	-0.04	-0.11	0.43	0.35	-0.36
Mo	0.53	0.57	0.01	0.89	0.01	0.43	0.85	0.06	-0.24
Ni	-0.13	0.11	0.79	0.40	-0.40	0.50	0.61	-0.09	-0.12
Pb	0.76	-0.36	-0.14	0.93	-0.03	-0.28	-0.16	0.89	0.34
Se	0.95	0.12	0.14	0.97	0.04	0.10	0.48	0.57	-0.46
Tl	-0.26	0.92	-0.19	-0.17	0.75	0.49	0.61	-0.40	0.51
U	-0.26	0.92	-0.19	-0.13	0.95	0.05	0.73	-0.44	0.49
V	0.93	0.18	0.08	0.73	0.66	0.16	0.91	-0.10	-0.06
Zn	0.92	0.01	0.26	0.97	-0.03	0.07	-0.11	0.75	0.60
Eigenvalue	7.50	3.56	2.14	8.68	3.20	1.92	5.42	3.47	2.71
proportion of variance (%)	46.85	22.25	13.36	54.26	20.00	11.97	33.87	21.67	16.93
cumulative (%)	46.85	69.10	82.46	54.26	74.26	86.23	33.87	55.55	72.48
Source	Incense burning	Unknown	Fossil fuel	Incense burning	Unknown	Fossil fuel	Gasoline	Incense burning	Vehicle

國光巴士台北西站 PAHs 因素分析表

variables	PM ₁		PM _{1-2.5}		PM _{2.5-10}	
	Factor 1	Factor 2	Factor 1	Factor 2	Factor 1	Factor 2
Acenaphthene	0.28	0.89	0.00	0.00	-0.63	0.77
Acenaphthylene	-0.34	-0.77	0.00	0.00	-0.63	0.77
Anthracene	0.10	0.76	-0.42	0.91	0.72	0.23
Benzo(a) pyrene	0.99	-0.04	0.84	0.39	0.79	0.18
Benzo(a)anthracene	0.98	0.00	0.65	-0.01	0.83	0.33
Benzo(b)fluoranthene	0.99	-0.10	0.96	0.00	0.64	0.44
Benzo(g,h,i) perylene	0.98	-0.11	0.97	0.14	-0.14	-0.19
Benzo(k)fluoranthene	0.99	-0.07	0.93	-0.03	0.82	0.11
Chrysene	0.99	-0.10	0.99	0.13	0.77	0.47
Dibenzo(a,h)anthracene	0.98	-0.13	0.94	0.13	-0.53	0.80
Fluoranthene	0.96	-0.09	0.92	0.05	0.64	0.44
Fluorene	0.21	0.96	-0.42	0.91	0.63	-0.77
Indeno(1,2,3-cd) pyrene	0.99	-0.09	0.98	0.15	0.77	0.31
Naphthalene	-0.17	0.73	-0.37	0.93	0.69	-0.71
Phenanthrene	0.26	0.19	0.00	0.00	0.58	0.44
Pyrene	0.98	-0.01	0.82	0.28	0.71	0.35
Eigenvalue	10.02	3.53	8.66	2.81	7.32	4.21
propotion of variance (%)	62.60	22.07	66.60	21.61	45.76	26.30
cumulative (%)	62.60	84.67	66.60	88.22	45.76	72.06
Source	Diesel	Gasoline	Diesel	Gasoline	Diesel	Gasoline

艋舺龍山寺 PAHs 因素分析表

variables	PM ₁		PM _{1-2.5}		PM _{2.5-10}	
	Factor1	Factor 2	Factor 1	Factor 2	Factor 1	Factor 2
Acenaphthene	0.05	-0.39	0.01	0.98	0.00	0.00
Acenaphthylene	0.81	-0.10	-0.07	-0.33	-0.17	0.57
Anthracene	0.69	0.64	-0.20	-0.08	0.24	-0.76
Benzo(a) pyrene	0.99	-0.08	0.98	-0.06	0.84	-0.02
Benzo(a)anthracene	0.99	0.06	0.97	-0.05	0.97	0.09
Benzo(b)fluoranthene	0.99	-0.09	0.97	-0.13	0.74	-0.55
Benzo(g,h,i) perylene	0.91	-0.30	0.94	-0.26	0.65	-0.56
Benzo(k)fluoranthene	0.99	-0.07	0.95	-0.27	0.26	0.55
Chrysene	0.99	-0.06	0.95	-0.19	0.89	0.33
Dibenzo(a,h)anthracene	0.91	-0.30	0.84	-0.34	-0.02	0.23
Fluoranthene	0.93	0.28	0.97	0.17	0.93	0.28
Fluorene	0.01	0.92	0.01	0.98	0.00	0.00
Indeno(1,2,3-cd) pyrene	0.94	-0.25	0.93	-0.29	0.83	-0.19
Naphthalene	-0.31	0.80	0.61	0.79	-0.14	0.62
Phenanthrene	0.85	0.46	0.67	0.74	0.91	0.35
Pyrene	0.93	0.29	0.95	0.28	0.95	0.22
Eigenvalue	11.13	2.71	9.80	3.71	6.87	2.65
Proportion of variance (%)	69.60	16.92	61.27	23.19	49.05	18.91
Cumulative (%)	69.60	86.52	61.27	84.46	49.05	67.95
Source	Incense burning	Gasoline	Incense burning	Gasoline	Incense burning	Unknown

附錄六 國光巴士台北西站及艋舺龍山寺空氣微粒中個別金屬元素與 PAH 不同粒徑的濃度值

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺總金屬元素在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	Total metals concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	3.06 \pm 2.44	5.29 \pm 10.76
0.1-0.18	1.56 \pm 0.72	0.92 \pm 0.64
0.18-0.32	14.13 \pm 6.21	18.07 \pm 12.06
0.32-0.56	19.6 \pm 9.78	12.19 \pm 6.13
0.56-1	76.16 \pm 54.17	46.59 \pm 52.64
1-1.8	32.2 \pm 35.2	18.33 \pm 31.5
1.8-3.2	15.09 \pm 18.45	10.18 \pm 16.7
3.2-5.6	9.51 \pm 8.79	8.74 \pm 7.12
5.6-10	4.77 \pm 2.66	5.3 \pm 2.31
10-18	4.29 \pm 2.45	4.99 \pm 3.25
>18	9.07 \pm 7.99	8.64 \pm 9.05

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺總 PAHs 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	Total PAHs concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	2.65 \pm 0.85	9.1 \pm 11.09
0.1-0.18	12.68 \pm 26.38	7.56 \pm 13.68
0.18-0.32	35.15 \pm 34.63	249.25 \pm 204.51
0.32-0.56	12.87 \pm 14.26	88.26 \pm 71.94
0.56-1	16.42 \pm 18.49	71.13 \pm 51.98
1-1.8	6.15 \pm 4.13	13.97 \pm 20.41
1.8-3.2	4.2 \pm 2.12	11.04 \pm 15.73
3.2-5.6	4.25 \pm 2.18	4.23 \pm 3.53
5.6-10	4.06 \pm 3.73	2.36 \pm 1.03
10-18	2.68 \pm 0.83	2.62 \pm 1.19
>18	7.66 \pm 11.69	6.53 \pm 9.66

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 Ag 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	Ag concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	0.03 \pm 0.04	0.01 \pm 0.03
0.1-0.18	0.01 \pm 0.03	-
0.18-0.32	0.21 \pm 0.38	0.28 \pm 0.84
0.32-0.56	0.03 \pm 0.06	0.04 \pm 0.12
0.56-1	0.03 \pm 0.09	0.02 \pm 0.06
1-1.8	-	0.02 \pm 0.06
1.8-3.2	0.01 \pm 0.03	0.01 \pm 0.03
3.2-5.6	0.02 \pm 0.06	0.01 \pm 0.03
5.6-10	0.01 \pm 0.03	0.04 \pm 0.09
10-18	0.06 \pm 0.18	0.03 \pm 0.09
>18	0.01 \pm 0.03	0.13 \pm 0.32

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 As 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	As concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	0.01 \pm 0.03	0.03 \pm 0.04
0.1-0.18	0.01 \pm 0.03	0.01 \pm 0.03
0.18-0.32	0.25 \pm 0.28	0.35 \pm 0.21
0.32-0.56	0.43 \pm 0.47	0.25 \pm 0.42
0.56-1	1.72 \pm 3.08	1.27 \pm 2.88
1-1.8	0.59 \pm 1.31	0.5 \pm 1.2
1.8-3.2	0.18 \pm 0.4	0.19 \pm 0.34
3.2-5.6	0.09 \pm 1.14	0.12 \pm 0.11
5.6-10	0.05 \pm 0.05	0.04 \pm 0.05
10-18	0.04 \pm 0.05	0.03 \pm 0.04
>18	0.08 \pm 0.1	0.07 \pm 0.09

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 Be 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	Be concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	0.03 \pm 0.04	0.04 \pm 0.05
0.1-0.18	0.03 \pm 0.04	0.02 \pm 0.04
0.18-0.32	0.03 \pm 0.04	0.02 \pm 0.04
0.32-0.56	0.03 \pm 0.04	0.02 \pm 0.04
0.56-1	0.03 \pm 0.04	0.02 \pm 0.04
1-1.8	0.03 \pm 0.04	0.02 \pm 0.04
1.8-3.2	0.03 \pm 0.04	0.02 \pm 0.04
3.2-5.6	0.03 \pm 0.04	0.02 \pm 0.04
5.6-10	0.03 \pm 0.04	0.02 \pm 0.04
10-18	0.05 \pm 0.07	0.02 \pm 0.04
>18	0.04 \pm 0.05	0.03 \pm 0.04

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 As 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	Cd concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	-	0.02 \pm 0.06
0.1-0.18	0.01 \pm 0.03	-
0.18-0.32	0.05 \pm 0.07	0.41 \pm 0.18
0.32-0.56	0.08 \pm 0.11	0.18 \pm 0.11
0.56-1	0.35 \pm 0.57	0.38 \pm 0.45
1-1.8	0.19 \pm 0.29	0.1 \pm 0.24
1.8-3.2	0.09 \pm 0.15	0.04 \pm 0.12
3.2-5.6	0.03 \pm 0.06	0.04 \pm 0.07
5.6-10	0.01 \pm 0.03	-
10-18	0.01 \pm 0.03	-
>18	0.02 \pm 0.04	0.03 \pm 0.07

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 Co 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	Co concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	-	-
0.1-0.18	-	-
0.18-0.32	0.01 \pm 0.03	-
0.32-0.56	0.01 \pm 0.03	-
0.56-1	-	-
1-1.8	-	-
1.8-3.2	-	-
3.2-5.6	-	-
5.6-10	-	-
10-18	-	-
>18	-	-

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 Cu 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	Cu concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	0.66 \pm 0.53	0.57 \pm 0.45
0.1-0.18	0.24 \pm 0.14	0.23 \pm 0.35
0.18-0.32	1.18 \pm 0.69	1.83 \pm 3.97
0.32-0.56	1.15 \pm 0.59	0.72 \pm 0.48
0.56-1	2.5 \pm 1.88	1.47 \pm 1.92
1-1.8	2.35 \pm 1.42	1.06 \pm 1.13
1.8-3.2	3.14 \pm 1.37	1.5 \pm 0.92
3.2-5.6	3.03 \pm 1.11	2.34 \pm 0.95
5.6-10	1.85 \pm 1.08	1.23 \pm 0.28
10-18	1.24 \pm 0.67	0.96 \pm 0.34
>18	1.54 \pm 0.9	1.29 \pm 0.91

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 Cr 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	Cr concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	0.02 \pm 0.04	0.08 \pm 0.12
0.1-0.18	0.08 \pm 0.13	0.03 \pm 0.05
0.18-0.32	0.07 \pm 0.08	0.16 \pm 0.14
0.32-0.56	0.06 \pm 0.07	0.1 \pm 0.1
0.56-1	0.24 \pm 0.26	0.2 \pm 0.18
1-1.8	0.08 \pm 0.09	0.09 \pm 0.1
1.8-3.2	0.05 \pm 0.05	0.05 \pm 0.07
3.2-5.6	0.09 \pm 0.09	0.08 \pm 0.1
5.6-10	0.09 \pm 0.1	0.09 \pm 0.1
10-18	0.08 \pm 0.12	0.14 \pm 0.16
>18	0.11 \pm 0.14	0.14 \pm 0.12

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 Ga 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	Ga concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	0.01 \pm 0.03	-
0.1-0.18	0.01 \pm 0.03	-
0.18-0.32	0.02 \pm 0.04	0.01 \pm 0.03
0.32-0.56	0.05 \pm 0.1	0.04 \pm 0.07
0.56-1	0.39 \pm 0.76	0.41 \pm 0.79
1-1.8	0.18 \pm 0.41	0.21 \pm 0.39
1.8-3.2	0.12 \pm 0.19	0.13 \pm 0.18
3.2-5.6	0.33 \pm 0.18	0.16 \pm 0.16
5.6-10	0.1 \pm 0.1	0.06 \pm 0.09
10-18	0.04 \pm 0.07	0.06 \pm 0.1
>18	0.07 \pm 0.09	0.16 \pm 0.26

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 Mn 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	Mn concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	0.02 \pm 0.04	0.2 \pm 0.47
0.1-0.18	0.01 \pm 0.03	0.01 \pm 0.03
0.18-0.32	3.19 \pm 1.21	1.51 \pm 2.01
0.32-0.56	6.43 \pm 2.74	1.46 \pm 1.3
0.56-1	10.55 \pm 4.68	4.48 \pm 3.89
1-1.8	4.06 \pm 3.33	2.11 \pm 3.25
1.8-3.2	2.55 \pm 2.2	2.1 \pm 2.09
3.2-5.6	2.42 \pm 1.33	2.93 \pm 1.46
5.6-10	1.32 \pm 0.71	2.62 \pm 1.67
10-18	1.11 \pm 0.75	2.93 \pm 2.67
>18	1.87 \pm 1.65	5.52 \pm 7.03

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 Mo 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	Mo concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	0.01 \pm 0.03	0.01 \pm 0.03
0.1-0.18	0.04 \pm 0.07	0.01 \pm 0.03
0.18-0.32	0.05 \pm 0.08	0.02 \pm 0.04
0.32-0.56	0.04 \pm 0.07	0.02 \pm 0.04
0.56-1	0.11 \pm 0.18	0.07 \pm 0.15
1-1.8	0.09 \pm 0.12	0.06 \pm 0.09
1.8-3.2	0.09 \pm 0.12	0.08 \pm 0.09
3.2-5.6	0.12 \pm 0.1	0.12 \pm 0.12
5.6-10	0.03 \pm 0.04	0.05 \pm 0.05
10-18	0.02 \pm 0.04	0.03 \pm 0.04
>18	0.05 \pm 0.08	0.07 \pm 0.08

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 Ni 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	Ni concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	1.78 \pm 2.63	0.5 \pm 0.48
0.1-0.18	0.75 \pm 0.62	0.25 \pm 0.31
0.18-0.32	2.49 \pm 1.67	1.32 \pm 1.09
0.32-0.56	1.7 \pm 1.57	1.0 \pm 0.67
0.56-1	2.0 \pm 1.46	1.01 \pm 0.5
1-1.8	1.15 \pm 0.68	0.49 \pm 0.28
1.8-3.2	1.35 \pm 0.58	0.44 \pm 0.26
3.2-5.6	0.5 \pm 0.17	0.32 \pm 0.16
5.6-10	0.51 \pm 0.36	0.42 \pm 0.4
10-18	0.54 \pm 0.4	0.34 \pm 0.35
>18	0.47 \pm 0.26	0.35 \pm 0.26

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 Pb 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	Pb concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	0.3 \pm 0.24	0.27 \pm 0.18
0.1-0.18	0.19 \pm 0.07	0.21 \pm 0.03
0.18-0.32	1.53 \pm 1.53	5.5 \pm 3.46
0.32-0.56	2.85 \pm 2.44	5.5 \pm 3.55
0.56-1	11.92 \pm 14.86	13.66 \pm 14.56
1-1.8	3.88 \pm 6.57	3.98 \pm 6.37
1.8-3.2	1.13 \pm 1.95	1.01 \pm 1.71
3.2-5.6	0.62 \pm 0.72	0.63 \pm 0.55
5.6-10	0.46 \pm 0.28	0.35 \pm 0.17
10-18	0.53 \pm 0.5	0.29 \pm 0.07
>18	0.87 \pm 0.83	0.52 \pm 0.47

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 Se 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	Se concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	0.03 \pm 0.05	0.03 \pm 0.05
0.1-0.18	0.02 \pm 0.04	0.03 \pm 0.05
0.18-0.32	0.14 \pm 0.17	0.13 \pm 0.13
0.32-0.56	0.27 \pm 0.26	0.15 \pm 0.21
0.56-1	1.13 \pm 1.52	0.73 \pm 1.44
1-1.8	0.36 \pm 0.57	0.23 \pm 0.5
1.8-3.2	0.16 \pm 0.2	0.09 \pm 0.14
3.2-5.6	0.13 \pm 0.1	0.08 \pm 0.06
5.6-10	0.07 \pm 0.08	0.03 \pm 0.05
10-18	0.06 \pm 0.08	0.03 \pm 0.05
>18	0.12 \pm 0.12	0.05 \pm 0.07

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 Tl 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	Tl concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	0.02 \pm 0.06	-
0.1-0.18	0.02 \pm 0.06	0.02 \pm 0.06
0.18-0.32	0.02 \pm 0.06	0.4 \pm 1.17
0.32-0.56	0.02 \pm 0.06	0.48 \pm 1.28
0.56-1	0.04 \pm 0.08	0.8 \pm 2.37
1-1.8	0.02 \pm 0.06	0.06 \pm 0.13
1.8-3.2	0.02 \pm 0.06	0.02 \pm 0.06
3.2-5.6	0.02 \pm 0.06	0.07 \pm 0.15
5.6-10	0.02 \pm 0.06	0.09 \pm 0.27
10-18	0.02 \pm 0.06	-
>18	0.02 \pm 0.06	0.06 \pm 0.18

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 U 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	U concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	0.03 \pm 0.09	-
0.1-0.18	0.03 \pm 0.09	-
0.18-0.32	0.04 \pm 0.12	0.01 \pm 0.03
0.32-0.56	0.03 \pm 0.09	0.01 \pm 0.03
0.56-1	0.03 \pm 0.09	0.01 \pm 0.03
1-1.8	0.03 \pm 0.09	0.03 \pm 0.09
1.8-3.2	0.03 \pm 0.09	0.03 \pm 0.09
3.2-5.6	0.03 \pm 0.09	0.06 \pm 0.12
5.6-10	0.03 \pm 0.09	0.01 \pm 0.03
10-18	0.03 \pm 0.09	-
>18	0.03 \pm 0.09	0.03 \pm 0.06

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 V 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	V concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	0.01 \pm 0.03	-
0.1-0.18	0.01 \pm 0.03	-
0.18-0.32	1.93 \pm 0.65	0.35 \pm 0.7
0.32-0.56	0.73 \pm 0.4	0.06 \pm 0.18
0.56-1	0.53 \pm 0.49	0.19 \pm 0.47
1-1.8	0.07 \pm 0.13	0.04 \pm 0.09
1.8-3.2	0.04 \pm 0.08	0.04 \pm 0.07
3.2-5.6	0.03 \pm 0.06	0.1 \pm 0.11
5.6-10	0.02 \pm 0.06	0.04 \pm 0.07
10-18	0.02 \pm 0.06	0.03 \pm 0.04
>18	0.05 \pm 0.07	0.08 \pm 0.15

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 Zn 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	Zn concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	0.1 \pm 1.39E-17	3.55 \pm 10.35
0.1-0.18	0.1 \pm 1.39E-17	0.1 \pm 1.39E-17
0.18-0.32	2.92 \pm 3.19	5.77 \pm 4.51
0.32-0.56	5.69 \pm 6.84	2.18 \pm 3.18
0.56-1	44.59 \pm 28.94	21.87 \pm 30.13
1-1.8	19.12 \pm 22.54	9.33 \pm 19.47
1.8-3.2	6.1 \pm 12.95	4.43 \pm 11.63
3.2-5.6	2.02 \pm 5.56	1.66 \pm 4.68
5.6-10	0.17 \pm 0.21	0.21 \pm 0.33
10-18	0.44 \pm 0.99	0.1 \pm 1.39E-17
>18	3.72 \pm 4.26	0.1 \pm 1.39E-17

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 Se 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	Acenaphthene concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	0.04 \pm 7.41799E-18	0.04 \pm 7.31424E-18
0.1-0.18	0.05 \pm 0.01	0.04 \pm 7.31424E-18
0.18-0.32	0.04 \pm 7.36E-18	0.04 \pm 7.31424E-18
0.32-0.56	0.04 \pm 7.41799E-18	0.04 \pm 7.31424E-18
0.56-1	0.04 \pm 7.41799E-18	0.05 \pm 0.01
1-1.8	0.04 \pm 7.41799E-18	0.07 \pm 0.08
1.8-3.2	0.04 \pm 7.41799E-18	0.08 \pm 0.11
3.2-5.6	0.28 \pm 0.72	0.04 \pm 7.31424E-18
5.6-10	0.04 \pm 7.41799E-18	0.04 \pm 7.31424E-18
10-18	0.04 \pm 7.41799E-18	0.04 \pm 7.31424E-18
>18	0.32 \pm 0.84	0.04 \pm 7.31424E-18

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 Acenaphthylene 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	Acenaphthylene concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	0.04 \pm 7.41799E-18	0.04 \pm 7.31424E-18
0.1-0.18	0.04 \pm 7.41799E-18	0.04 \pm 7.31424E-18
0.18-0.32	0.1 \pm 0.16	0.69 \pm 0.88
0.32-0.56	0.04 \pm 7.41799E-18	0.08 \pm 0.11
0.56-1	0.04 \pm 7.41799E-18	0.13 \pm 0.26
1-1.8	0.04 \pm 7.41799E-18	0.1 \pm 0.11
1.8-3.2	0.04 \pm 7.41799E-18	0.06 \pm 0.06
3.2-5.6	0.09 \pm 0.13	0.16 \pm 0.37
5.6-10	0.04 \pm 7.41799E-18	0.04 \pm 7.31424E-18
10-18	0.04 \pm 7.41799E-18	0.04 \pm 7.31424E-18
>18	0.09 \pm 0.13	0.09 \pm 0.16



國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 Anthracene 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	Anthracene concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	0.04 \pm 0.01	0.04 \pm 7.31424E-18
0.1-0.18	0.09 \pm 0.14	0.09 \pm 0.16
0.18-0.32	0.16 \pm 0.24	0.5 \pm 1.21
0.32-0.56	0.14 \pm 0.2	0.1 \pm 0.17
0.56-1	0.05 \pm 0.01	0.11 \pm 0.1
1-1.8	0.06 \pm 0.05	0.89 \pm 1.85
1.8-3.2	0.05 \pm 0.01	0.13 \pm 0.23
3.2-5.6	0.04 \pm 7.35981E-18	0.04 \pm 0.01
5.6-10	0.11 \pm 0.17	0.04 \pm 7.31424E-18
10-18	0.04 \pm 7.41799E-18	0.08 \pm 0.13
>18	0.16 \pm 0.26	0.49 \pm 1.27

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 Benzo(a) pyrene 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	Benzo(a) pyrene concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	0.38 \pm 0.22	0.85 \pm 0.56
0.1-0.18	0.39 \pm 0.23	0.44 \pm 0.26
0.18-0.32	3.64 \pm 3.94	33.1 \pm 21.57
0.32-0.56	1.35 \pm 1.62	10.1 \pm 7.34
0.56-1	1.24 \pm 1.45	6.24 \pm 3.55
1-1.8	0.57 \pm 0.4	0.98 \pm 0.94
1.8-3.2	0.51 \pm 0.28	0.62 \pm 0.46
3.2-5.6	0.39 \pm 0.28	0.4 \pm 0.31
5.6-10	0.32 \pm 0.3	0.27 \pm 0.25
10-18	0.39 \pm 0.22	0.34 \pm 0.31
>18	0.46 \pm 0.26	0.35 \pm 0.3

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 Benzo(a)anthracene 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	Benzo(a)anthracene concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Size(μm)
0.056-0.1	0.07 \pm 0.06	0.05 \pm 0.3
0.1-0.18	0.06 \pm 0.02	0.02 \pm 0.09
0.18-0.32	1.45 \pm 1.97	25.66 \pm 31.76
0.32-0.56	0.35 \pm 0.54	10.57 \pm 10.98
0.56-1	0.35 \pm 0.57	6.91 \pm 6.78
1-1.8	0.08 \pm 0.1	0.41 \pm 0.96
1.8-3.2	0.1 \pm 0.11	0.23 \pm 0.42
3.2-5.6	0.11 \pm 0.14	0.13 \pm 0.22
5.6-10	0.11 \pm 0.11	0.07 \pm 0.08
10-18	0.08 \pm 0.09	0.08 \pm 0.1
>18	0.14 \pm 0.15	0.1 \pm 0.14

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 Benzo(b)fluoranthene 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	Benzo(b)fluoranthene concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	0.56 \pm 0.52	1.03 \pm 0.72
0.1-0.18	0.65 \pm 0.54	0.6 \pm 0.35
0.18-0.32	5.09 \pm 5.25	32.23 \pm 21.02
0.32-0.56	2.25 \pm 2.24	11.23 \pm 7.78
0.56-1	2.51 \pm 2.97	8.66 \pm 5.48
1-1.8	1.29 \pm 1.07	1.72 \pm 2
1.8-3.2	1.15 \pm 0.79	1.17 \pm 1.13
3.2-5.6	0.84 \pm 0.71	0.58 \pm 0.4
5.6-10	0.51 \pm 0.47	0.3 \pm 0.24
10-18	0.58 \pm 0.38	0.38 \pm 0.31
>18	0.63 \pm 0.51	0.44 \pm 0.35

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 Benzo(g,h,i) perylene 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	Benzo(g,h,i) perylene concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	0.07 \pm 0.07	0.76 \pm 0.98
0.1-0.18	0.09 \pm 0.1	0.13 \pm 0.09
0.18-0.32	8.14 \pm 9.81	33.19 \pm 18.23
0.32-0.56	2.77 \pm 4.05	8.05 \pm 6.47
0.56-1	2.79 \pm 3.76	5.35 \pm 3.44
1-1.8	0.56 \pm 0.7	0.81 \pm 0.82
1.8-3.2	0.25 \pm 0.29	0.37 \pm 0.37
3.2-5.6	0.62 \pm 0.1.02	0.13 \pm 0.14
5.6-10	0.44 \pm 0.9	0.08 \pm 0.05
10-18	0.11 \pm 0.09	0.1 \pm 0.1
>18	0.25 \pm 0.22	0.16 \pm 0.1

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 Chrysene 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	Chrysene concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	0.04 \pm 7.41799E-18	0.21 \pm 0.45
0.1-0.18	0.04 \pm 7.41799E-18	0.06 \pm 0.06
0.18-0.32	2.74 \pm 3.26	35.5 \pm 37.63
0.32-0.56	0.51 \pm 0.83	17.06 \pm 15.82
0.56-1	1.12 \pm 1.7	12.79 \pm 11.5
1-1.8	0.36 \pm 0.47	1.12 \pm 2.13
1.8-3.2	0.25 \pm 0.26	0.46 \pm 0.93
3.2-5.6	0.18 \pm 0.2	0.2 \pm 0.39
5.6-10	0.09 \pm 0.09	0.07 \pm 0.08
10-18	0.06 \pm 0.03	0.05 \pm 0.02
>18	0.16 \pm 0.18	0.12 \pm 0.23

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 Dibenzo(a,h)anthracene 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	Dibenzo(a,h)anthracene concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	0.04 \pm 7.41799E-18	0.22 \pm 0.27
0.1-0.18	0.04 \pm 7.41799E-18	0.08 \pm 0.08
0.18-0.32	0.51 \pm 0.64	4.68 \pm 2.72
0.32-0.56	0.27 \pm 0.36	1.35 \pm 0.99
0.56-1	0.3 \pm 0.35	0.97 \pm 0.57
1-1.8	0.1 \pm 0.08	0.15 \pm 0.14
1.8-3.2	0.05 \pm 0.01	0.08 \pm 0.06
3.2-5.6	0.1 \pm 0.13	0.05 \pm 0.02
5.6-10	0.05 \pm 0.01	0.05 \pm 0.03
10-18	0.04 \pm 7.41799E-18	0.07 \pm 0.07
>18	0.09 \pm 0.13	0.04 \pm 7.31424E-18

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 Fluoranthene 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	Fluoranthene concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	0.1 \pm 0.16	0.04 \pm 7.31424E-18
0.1-0.18	0.04 \pm 7.41799E-18	0.08 \pm 0.11
0.18-0.32	0.61 \pm 0.97	10.98 \pm 20.78
0.32-0.56	0.35 \pm 0.47	6.08 \pm 10.96
0.56-1	1.6 \pm 2.26	5.93 \pm 10.65
1-1.8	0.57 \pm 0.7	1.08 \pm 2.47
1.8-3.2	0.25 \pm 0.23	0.57 \pm 1.17
3.2-5.6	0.11 \pm 0.11	0.41 \pm 1.15
5.6-10	0.38 \pm 0.94	0.13 \pm 0.26
10-18	0.05 \pm 0.02	0.11 \pm 0.15
>18	0.25 \pm 0.56	0.17 \pm 0.38

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 Fluorene 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	Fluorene concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	0.04 \pm 7.41799E-18	0.04 \pm 7.31424E-18
0.1-0.18	0.05 \pm 0.02	0.07 \pm 0.07
0.18-0.32	0.05 \pm 0.01	0.04 \pm 7.31424E-18
0.32-0.56	0.04 \pm 7.41799E-18	0.04 \pm 7.31424E-18
0.56-1	0.04 \pm 7.41799E-18	0.1 \pm 0.13
1-1.8	0.06 \pm 0.05	0.04 \pm 7.31424E-18
1.8-3.2	0.04 \pm 7.41799E-18	0.17 \pm 0.4
3.2-5.6	0.04 \pm 7.41799E-18	0.04 \pm 7.31424E-18
5.6-10	0.04 \pm 7.41799E-18	0.04 \pm 7.31424E-18
10-18	0.04 \pm 7.41799E-18	0.04 \pm 7.31424E-18
>18	0.05 \pm 0.03	0.05 \pm 0.03

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 Indeno(1,2,3-cd) pyrene 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	Indeno(1,2,3-cd) pyrene concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	0.25 \pm 0.15	1.03 \pm 0.88
0.1-0.18	0.27 \pm 0.17	0.4 \pm 0.22
0.18-0.32	5.26 \pm 6.54	34.88 \pm 19.93
0.32-0.56	2.51 \pm 3.3	9.48 \pm 7.04
0.56-1	2.75 \pm 3.52	6.09 \pm 3.78
1-1.8	0.74 \pm 0.63	1.12 \pm 0.92
1.8-3.2	0.49 \pm 0.32	0.66 \pm 0.43
3.2-5.6	0.35 \pm 0.24	0.39 \pm 0.2
5.6-10	0.22 \pm 0.2	0.22 \pm 0.15
10-18	0.26 \pm 0.14	0.25 \pm 0.17
>18	0.36 \pm 0.17	0.27 \pm 0.2

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 Naphthalene 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	Naphthalene concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	0.76 \pm 0.04	4.23 \pm 10.96
0.1-0.18	10.7 \pm 28.1	5.12 \pm 13.79
0.18-0.32	3.02 \pm 6.75	0.76 \pm 0.04
0.32-0.56	0.76 \pm 0.04	0.76 \pm 0.04
0.56-1	0.93 \pm 0.48	7.45 \pm 21.13
1-1.8	1.11 \pm 0.97	3.46 \pm 8.57
1.8-3.2	0.68 \pm 0.24	5.3 \pm 13.29
3.2-5.6	0.76 \pm 0.04	0.99 \pm 0.73
5.6-10	0.76 \pm 0.04	0.76 \pm 0.04
10-18	0.76 \pm 0.04	0.76 \pm 0.04
>18	3.97 \pm 9.61	3.83 \pm 9.69

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 Phenanthrene 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	Phenanthrene concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	0.04 \pm 7.41799E-18	0.04 \pm 7.31424E-18
0.1-0.18	0.04 \pm 7.41799E-18	0.06 \pm 0.06
0.18-0.32	0.04 \pm 7.35981E-18	1.48 \pm 3.69
0.32-0.56	0.04 \pm 7.41799E-18	0.15 \pm 0.23
0.56-1	0.14 \pm 0.27	0.4 \pm 0.81
1-1.8	0.04 \pm 7.41799E-18	0.58 \pm 1.15
1.8-3.2	0.04 \pm 7.41799E-18	0.36 \pm 0.79
3.2-5.6	0.09 \pm 0.13	0.08 \pm 0.1
5.6-10	0.55 \pm 1.43	0.3 \pm 0.24
10-18	0.04 \pm 7.41799E-18	0.04 \pm 7.31424E-18
>18	0.32 \pm 0.84	0.04 \pm 7.31424E-18

國光巴士台北西站及艋舺龍山寺 Pyrene 在不同粒徑的十日平均濃度

Size(μm)	Pyrene concentration (ng/m^3)	
	Bus station	Temple
0.056-0.1	0.1 \pm 0.16	0.04 \pm 7.31424E-18
0.1-0.18	0.04 \pm 0.02	0.11 \pm 0.2
0.18-0.32	1.05 \pm 1.52	12.19 \pm 23.49
0.32-0.56	0.44 \pm 0.62	6.1 \pm 10.92
0.56-1	1.09 \pm 1.61	5.43 \pm 10
1-1.8	0.15 \pm 0.24	0.7 \pm 1.61
1.8-3.2	0.05 \pm 0.02	0.46 \pm 1.61
3.2-5.6	0.05 \pm 0.04	0.33 \pm 0.9
5.6-10	0.34 \pm 0.83	0.12 \pm 0.23
10-18	0.06 \pm 0.05	0.14 \pm 0.22
>18	0.31 \pm 0.62	0.2 \pm 0.35