

科技部補助專題研究計畫成果報告 期末報告

探討多環芳香烴化合物在不同大氣環境下其氣固分佈現象與逸散平衡之情形

計畫類別：個別型計畫
計畫編號：MOST 103-2111-M-040-001-
執行期間：103年08月01日至104年07月31日
執行單位：中山醫學大學公共衛生學系（所）

計畫主持人：郭崇義

計畫參與人員：碩士級-專任助理人員：溫敬峰
碩士級-專任助理人員：魏千岱
碩士班研究生-兼任助理人員：陳俊宇
博士後研究：許豪麟

處理方式：

1. 公開資訊：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，2年後可公開查詢
2. 「本研究」是否已有嚴重損及公共利益之發現：否
3. 「本報告」是否建議提供政府單位施政參考：否

中華民國 104 年 10 月 30 日

中文摘要：本計畫選擇臨海工業污染地區及內陸低污染城市各兩個測點作研究對象，預計執行三次採樣作業，每次採樣所採集之樣品包括氣態PAHs、TSP、PM_{2.5}與土壤等。

研究發現PM_{2.5}以及TSP中PAHs濃度多隨著微粒濃度增加而增加，TSP濃度值於空品不佳的情況下均會提高，氣態PAHs日間平均濃度皆高於夜間平均濃度，臨海污染源地區土壤中PAHs濃度約為內陸少污染地區的12 - 20倍以上；由FESEM分析結果推論空氣中能被風承載傳輸的顆粒粒徑大小為50 μm 粒徑以下。使用logK_p - logK_{oa}模式探討研究地區PAHs的氣固平衡狀態，發現第三次採樣的斜率值最大，顯示第三次採樣的樣品較前兩次更趨於平衡狀態，此可能與三次採樣期間其風速較低且為滯留型氣團有關。另利用逸散比值(fugacity ratios)來比較兩個研究地區之PAHs在土壤與大氣間平衡狀態，結果顯示兩個地區其PAHs在土壤與大氣間分佈均未達平衡，但臨海地區相較內陸地區其逸散比值較高。

中文關鍵詞：多環芳香烴；氣-固分佈係數；逸散

英文摘要：Two sites each in the industrial zone of near-shore and low pollution area of the inland city were chosen as study sites. Samples, include gas, TSP, PM_{2.5} and soil, were taken 3 times in this study. Results show that higher TSP concentrations are obtained in worse air quality. The concentrations of PAHs in PM_{2.5} and TSP increased with the concentration increase of particulates. The mean concentration of gas-phase PAHs in day-time is higher than that in night-time. The mean PAH concentration in the soil of near-shore zone is about 12 - 20 times higher than that in the inland zone. The FESEM results suggest that the particle size under 50 μm can be transferred by winds. The logK_p - logK_{oa} mode was used to explore the equilibrium status between gas-particle partitions at the study sites. The highest slop was obtained for the samples of the third sampling period, which suggests that the samples of the third sampling period more approach the condition of equilibrium than those of the other two periods. Lower wind speed and stationary air mass occurred in the third sampling period, which might be the factor leading to this result. The fugacity ratios of the PAHs between the soil and the gas phase in the two study areas indicate that these PAHs had an imbalance status between the two phases. However, higher fugacity ratios were found in the near-shore sites than the inland sites.

英文關鍵詞：Polycyclic aromatic hydrocarbons; Gas-particle partitioning

科技部補助專題研究計畫成果報告

(期中進度報告/期末報告)

探討多環芳香烴化合物在不同大氣環境下 其氣固分佈現象與逸散平衡之情形

計畫類別：個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：MOST 103-2111-M-040-001

執行期間：103 年 08 月 01 日至 104 年 07 月 31 日

執行機構及系所：中山醫學大學 公共衛生學系(所)

計畫主持人：郭崇義 教授

計畫參與人員：博士後研究員：許豪麟

研究助理人員：溫敬峰、魏千岱

碩士班研究生：陳俊宇

大學部學生：林韻庭、楊春霞、陳盈君

本計畫除繳交成果報告外，另含下列出國報告，共 0 份：

執行國際合作與移地研究心得報告

出席國際學術會議心得報告

期末報告處理方式：

1. 公開方式：

非列管計畫亦不具下列情形，立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權，一年 二年後可公開查詢

2. 「本研究」是否已有嚴重損及公共利益之發現：否 是

3. 「本報告」是否建議提供政府單位施政參考 否 是，_____（請列舉提供之單位；本部不經審議，依勾選逕予轉送）

中 華 民 國 一 零 四 年 十 月 三 十 日

摘要

本計畫選擇臨海工業污染地區及內陸低污染城市各兩個測點作研究對象，預計執行三次採樣作業，每次採樣所採集之樣品包括氣態 PAHs、TSP、PM_{2.5} 與土壤等。

研究發現 PM_{2.5} 以及 TSP 中 PAHs 濃度多隨著微粒濃度增加而增加，TSP 濃度值於空品不佳的情況下均會提高，氣態 PAHs 日間平均濃度皆高於夜間平均濃度，臨海汙染源地區土壤中 PAHs 濃度約為內陸少汙染地區的 12 - 20 倍以上；由 FESEM 分析結果推論空氣中能被風承載傳輸的顆粒粒徑大小為 50 μm 粒徑以下。使用 $\log K_p - \log K_{oa}$ 模式探討研究地區 PAHs 的氣固平衡狀態，發現第三次採樣的斜率值最大，顯示第三次採樣的樣品較前兩次更趨於平衡狀態，此可能與三次採樣期間其風速較低且為滯留型氣團有關。另利用逸散比值 (fugacity ratios) 來比較兩個研究地區之 PAHs 在土壤與大氣間平衡狀態，結果顯示兩個地區其 PAHs 在土壤與大氣間分佈均未達平衡，但臨海地區相較內陸地區其逸散比值較高。

關鍵字：多環芳香烴；氣-固分佈係數；逸散

Abstract

Two sites each in the industrial zone of near-shore and low pollution area of the inland city were chosen as study sites. Samples, include gas, TSP, PM_{2.5} and soil, were taken 3 times in this study. Results show that higher TSP concentrations are obtained in worse air quality. The concentrations of PAHs in PM_{2.5} and TSP increased with the concentration increase of particulates. The mean concentration of gas-phase PAHs in day-time is higher than that in night-time. The mean PAH concentration in the soil of near-shore zone is about 12 - 20 times higher than that in the inland zone. The FESEM results suggest that the particle size under 50 μm can be transferred by winds.

The $\log K_p - \log K_{oa}$ mode was used to explore the equilibrium status between gas-particle partitions at the study sites. The highest slop was obtained for the samples of the third sampling period, which suggests that the samples of the third sampling period more approach the condition of equilibrium than those of the other two periods. Lower wind speed and stationary air mass occurred in the third sampling period, which might be the factor leading to this result. The fugacity ratios of the PAHs between the soil and the gas phase in the two study areas indicate that these PAHs had an imbalance status between the two phases. However, higher fugacity ratios were found in the near-shore sites than the inland sites.

Keywords: Polycyclic aromatic hydrocarbons; Gas-particle partitioning coefficient; Fugacity

目 錄

中文摘要	-----	I
英文摘要	-----	II
目 錄	-----	III
圖 目 錄	-----	V
表 目 錄	-----	IX
第一章 緒 論	-----	1
1.1 前 言	-----	1
1.2 多環芳香烴化合物	-----	2
1.3 多環芳香烴化合物之來源及其特徵比值	-----	7
1.4 多環芳香烴於環境大氣中之分佈	-----	8
1.5 懸浮微粒(Particulate matter)與多環芳香烴	-----	12
1.6 多環芳香烴之危害	-----	14
1.7 研究動機、目的與方法	-----	17
第二章 研究方法與分析儀器	-----	18
2.1 採樣地點規劃	-----	18

2.2 採樣規劃-----	19
2.3 採樣設備與分析儀器-----	21
2.3.1 手動採樣儀器-----	21
2.3.2 PAHs 前處理與分析-----	24
2.3.3 場發射掃描式電子顯微鏡 (FE-SEM) 分析-----	27
2.4 品保品管-----	27
2.4.1 儀器與方法之偵測極限-----	29
第三章 結果與討論-----	32
3.1 採樣期間風速影響-----	32
3.2 採樣期間PM _{2.5} 懸浮微粒與其PAHs之濃度變化-----	36
3.3 採樣期間氣態PAHs之濃度變化-----	48
3.4 懸浮微粒中PAHs污染來源之特徵比值-----	52
3.5 懸浮微粒之FESEM分析圖-----	53
3.6 PAHs之氣固分佈與平衡-----	59
3.7 土壤中PAHs濃度與逸散分佈-----	65
第四章 總結-----	69
參考文獻-----	73

圖目錄

圖 2-1	採樣地理位置圖-----	19
圖 2-2	氣態 PAHs 低流量採樣器設備圖-----	22
圖 2-3	氣態 PAHs 之吸附套筒裝置圖-----	22
圖 2-4	PM _{2.5} 高流量採樣器-----	23
圖 2-5	總懸浮微粒採樣器-----	11
圖 3-1	採樣期間兩地區 PM _{2.5} 日間與夜間平均濃度比較圖-----	37
圖 3-2	採樣期間兩地區 PM _{2.5} 中 PAHs 之日間與夜間平均濃度比較圖-----	39
圖 3-3	採樣期間兩地區 TSP 日間與夜間平均濃度比較圖-----	43
圖 3-4	採樣期間兩地區 TSP 中 PAHs 之日間與夜間平均濃度比較圖-----	45
圖 3-5	兩地區氣態 PAHs 之日間與夜間平均濃度比較圖-----	49
圖 3-6	臨海污染地區於採樣期間 PM _{2.5} 中 PAHs 日間與夜間之特徵比值分佈圖-----	55
圖 3-7	臨海污染地區於採樣期間 TSP 中 PAHs 日間與夜間之特徵比值分佈圖-----	55

圖 3-8	內陸少汙染地區於採樣期間 $PM_{2.5}$ 中 PAHs 日間與夜間之特徵比值分佈圖-----	56
圖 3-9	內陸少汙染地區於採樣期間 TSP 中 PAHs 日間與夜間之特徵比值分佈圖-----	56
圖 3-10	臨海汙染源地區(a)低濃度與(b)高濃度 $PM_{2.5}$ 採樣濾紙之FESEM分析圖-----	57
圖 3-11	臨海汙染源地區(a)低濃度與(b)高濃度 TSP採樣濾紙之FESEM分析圖-----	57
圖 3-12	內陸少汙染地區(a)低濃度與(b)高濃度 $PM_{2.5}$ 採樣濾紙之FESEM分析圖-----	58
圖 3-13	內陸少汙染地區(a)低濃度與(b)高濃度 TSP採樣濾紙之FESEM分析圖-----	58
圖 3-14	第一批次臨海地區(a)日間與(b)夜間 之 $\log K_p - \log P_L^o$ 分佈圖-----	61
圖 3-15	第二批次臨海地區(a)日間與(b)夜間 之 $\log K_p - \log P_L^o$ 分佈圖-----	61
圖 3-16	第三批次臨海地區(a)日間與(b)夜間 之 $\log K_p - \log P_L^o$ 分佈圖-----	61

圖 3-17	第一批次內陸地區(a)日間與(b)夜間		
	之 $\log K_p - \log P_L^o$ 分佈圖	-----	62
圖 3-18	第二批次內陸地區(a)日間與(b)夜間		
	之 $\log K_p - \log P_L^o$ 分佈圖	-----	62
圖 3-19	第三批次內陸地區(a)日間與(b)夜間		
	之 $\log K_p - \log P_L^o$ 分佈圖	-----	62
圖 3-20	第一批次臨海地區(a)日間與(b)夜間		
	之 $\log K_p - \log K_{oa}$ 分佈圖	-----	63
圖 3-21	第二批次臨海地區(a)日間與(b)夜間		
	之 $\log K_p - \log K_{oa}$ 分佈圖	-----	63
圖 3-22	第三批次臨海地區(a)日間與(b)夜間		
	之 $\log K_p - \log K_{oa}$ 分佈圖	-----	63
圖 3-23	第一批次內陸地區(a)日間與(b)夜間		
	之 $\log K_p - \log K_{oa}$ 分佈圖	-----	64
圖 3-24	第二批次內陸地區(a)日間與(b)夜間		
	之 $\log K_p - \log K_{oa}$ 分佈圖	-----	64
圖 3-25	第三批次內陸地區(a)日間與(b)夜間		
	之 $\log K_p - \log K_{oa}$ 分佈圖	-----	64

圖 3-26 採樣期間兩地區三個批次土壤中之總PAHs平均濃度---- 65

圖 3-27 (a)第一批次、(b)第二批次與(c)第三批次之逸散分佈圖-- 68

表 目 錄

表 1-1	29 種 PAHs 之化學式、分子量及結構式-----	5
表 1-2	PAHs 依 IARC 與 USEPA 之致癌性分類-----	16
表 2-1	採樣時間及樣品數-----	20
表 2-2	PAHs 分析之品管要求項目、頻率及管制範圍-----	28
表 2-3	質譜掃描 29 種 PAHs 之母離子及定量離子-----	30
表 2-4	PAHs 之方法偵測極限-----	31
表 3-1	第一次採樣期間各地區日夜間風速風向資料-----	33
表 3-2	第二次採樣期間各地區日夜間風速風向資料-----	34
表 3-3	第三次採樣期間各地區日夜間風速風向資料-----	35
表 3-4	兩地區三次採樣之 PM _{2.5} 質量濃度(μg/m ³)-----	36
表 3-5	三次採樣兩地區日間 PM _{2.5} 中 PAHs 平均濃度(ng/m ³)-----	40
表 3-6	三次採樣兩地區夜間 PM _{2.5} 中 PAHs 平均濃度(ng/m ³)-----	41
表 3-7	兩地區三次採樣之 TSP 質量濃度(μg/m ³)-----	42
表 3-8	三次採樣兩地區日間 TSP 中 PAHs 平均濃度(ng/m ³)-----	46
表 3-9	三次採樣兩地區夜間 TSP 中 PAHs 平均濃度(ng/m ³)-----	47
表 3-10	三次採樣兩地區日間氣態 PAHs 平均濃度(ng/m ³)-----	50
表 3-11	三次採樣兩地區夜間氣態 PAHs 平均濃度(ng/m ³)-----	51

表 3-12 採樣期間兩地區三個批次土壤中 PAHs 平均濃度(ng/g)-- 66

第一章 緒論

1.1 前言

多環芳香烴化合物 (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs) 普遍存在於大氣環境中，為常見之半揮發性有機化合物，而雲林地區自從民國 60 年代開始興建工業區，開發至今已四十餘年，而離島工業區從民國 87 年開始營運後發產之迅速，主要以石化、油品及塑膠等重工業廠為主，離島工業區之工業密度極高，產生之 PAHs 受其工業種類不同，導致所排放之 PAHs 種類較為複雜，然而，PAHs 在各種基質間之分配情形並非一成不變，其分配特性會受環境條件改變之影響，基於欲瞭解污染物在環境中流佈、對污染物之控制以及評估暴露危害風險等之考量，充份掌握 PAHs 存在於各種大氣環境中之氣/固相分佈 (Gas-particle partition) 情形，成為極為重要之關鍵資訊。台灣近年因傳統產業與電子科技業的蓬勃發展下，排放於大氣中之 PAHs 含量已不容小覷，主要來源可分為汽機車排放之交通移動污染源、工業活動之固定污染源、火力發電與廢棄物燃燒等人為來源，以及森林火災與火山爆發等自然來源[1]。相關研究文獻指出台灣地區 21 種 PAHs 並估算出排放率，依序為工業重油燃燒 (10.2 kg day^{-1}) > 煤燃燒 > 天然氣燃燒 > 固體廢棄物 > 柴油燃燒 ($0.003 \text{ kg day}^{-1}$)，

顯示人為排放 PAHs 來源之以工業活動為大宗[2]。

1.2 多環芳香烴化合物 (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs)

PAHs 係指含兩個或兩個以上之苯環構造所鍵結而成之碳氫化合物族群的總稱，其同環之同分異構物結構複雜且種類數量龐大，2~8 環數之 PAHs 總計有 1896 種之多[3]；碳氫化合物在不完全燃燒或高溫熱解反應時產生 PAHs，普遍存在於大氣環境中，其分子結構大多具對稱性且偶極矩 (dipole moment) 較小，多為低極性或非極性物質，因此在低極性或非極性有機溶劑中之溶解度較大，而在水中的溶解度並不佳；25°C 下其飽和蒸氣壓介於 10^{-2} - 10^{-12} mmHg 之間，屬於半揮發性有機化合物 (Semi-volatile organic compounds, SVOCs)，常溫常壓下，PAHs 以氣相 (Gas phase) 與固相顆粒 (Particle phase) 共同存在，蒸氣壓大於 10^{-6} mmHg 且分子量較低之 PAHs 主要以氣相存在(如：Naphthalene)，而分子量或環數較大之 PAHs 則多以吸附或凝結作用覆著於大氣中懸浮微粒表面上，尤其易吸附於粒徑 < 10 μ m 之微粒上[4]，亦或因重力作用沉積於土壤或河川底質 (sediment) 中。

PAHs 雖具有 π 電子之共振效應，但親電性不高且不具官能基，所以化合物結構穩定，反應活性低，在環境中一般被認為是穩定性相當高及反應性不高之污染物，但其環狀結構卻會因吸收輻射能量或受

強酸而使其多環結構斷鍵進而形成解離態 (Dissociative state) 或激態 (Excited state)，當遇到大氣中如氮氧化物或臭氧等強氧化性污染物時，便會形成毒性較高之氧基多環芳香烴 (oxy-PAHs derivatives) 以及硝基衍生物 (nitro-PAHs derivatives) 等衍生性污染物質[5-6]，而 Behymer [7] 則指出大氣中 15 種吸附於灰燼上之 PAHs 會因陽光照射而產生光分解作用，使得其半衰期約為 40 小時；而 PAHs 也具有生物累積性[8]以及高生物濃縮係數[9]，分子量低的 PAHs 具有生物分解性，但分子量較高的 PAHs 卻不易被生物分解，環境檢驗所研究指出 PAHs 一旦吸附在沉積物上以及土壤之有機質中，便不易再與其他物質進行光分解與生物分解等作用[10]。PAHs 存在於自然界任何地方，分子量高的 PAHs 具有較高的吸附常數，極易吸附於空氣中之顆粒態懸浮微粒，藉由環境氣候因素流佈分散於大氣環境中，亦或因重力作用沉積於土壤或河川底質中，且由於 PAHs 極性較低而具有疏水性，極易從水中分配至生物體內、存在土壤或河川底質的有機質中；文獻研究指出總量 10% 以下的 PAHs 分佈於大氣中，而近 90% 以下的 PAHs 吸附於表層約 15 cm 的土壤及河川底質中，至於 PAHs 在土壤或河川底質的分佈情形，則是受到其中所含之有機質含量的影響而有所不同[10]。

由於 PAHs 化合物眾多，因其分子量高低有不同之熔點及沸點，故 PAHs 於氣態中之組成會有所差異，表 1-1 為本研究中 29 種 PAHs 化合物之化學式、分子量及結構式。因此本計畫後續討論針對 PAHs 組成分析，將表 1-1 中 29 種 PAHs 以分子量高低分成三個部份進行探討：NAP ~ 3,6-DMP 為低分子量 PAHs (Low molecule weight PAHs, L-PAHs, 分子量：128 ~ 206)、FLT ~ CHR 為中分子量 PAHs (Middle molecule weight PAHs, M-PAHs, 分子量：202 ~ 228) 以及 BbF ~ COR 為高分子量 PAHs (High molecule weight PAHs, H-PAHs, 分子量：252 ~ 300) 等[11-14]。

表 1-1 29 種 PAHs 之化學式、分子量及結構式 (1/2)

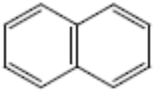
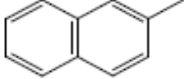
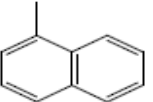
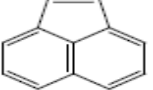
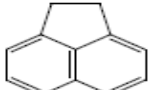
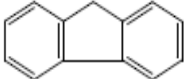
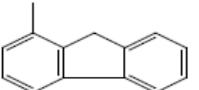
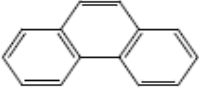
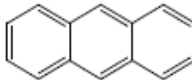
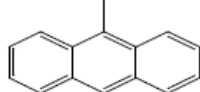
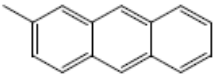
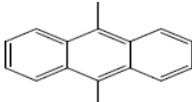
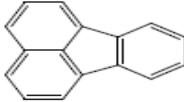
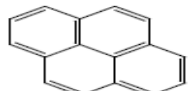
Compound of PAHs	Abbreviation	Formula	Molecular weight	Structure
Naphthalene	NAP	$C_{10}H_8$	128	
2-Methylnaphthalene	2-MeNAP	$C_{11}H_{10}$	142	
1-Methylnaphthalene	1-MeNAP	$C_{11}H_{10}$	142	
Acenaphthylene	ACPy	$C_{12}H_8$	152	
Acenaphthene	ACP	$C_{12}H_{10}$	154	
Fluorene	FLU	$C_{13}H_{10}$	166	
1-Methylfluorene	1-MeFLU	$C_{14}H_{12}$	180	
Phenanthrene	PHE	$C_{14}H_{10}$	178	
Anthracene	ANTHR	$C_{14}H_{10}$	178	
3-Methylphenanthrene (9-Methylanthracene)	3-MePHE	$C_{15}H_{12}$	192	
2-Methylphenanthrene (2-Methylanthracene)	2-MePHE	$C_{15}H_{12}$	192	
3,6-Dimethylphenanthrene (9,10-Dimethylanthracene)	3,6-MePHE	$C_{16}H_{14}$	206	
Fluoranthene	FLT	$C_{16}H_{10}$	202	
Pyrene	PYR	$C_{16}H_{10}$	202	

表 1-1 29 種 PAHs 之化學式、分子量及結構式 (2/2)

Compound of PAHs	Abbreviation	Formula	Molecular weight	Structure
Benzo[<i>c</i>]phenanthrene (Naphthacene)	BcPH	C ₁₈ H ₁₂	228	
Benzo[<i>b</i>]naphtha- (2,1-d)-thiophene	BNT	C ₁₆ H ₁₀ S	234	
Cyclopenta[<i>cd</i>]pyrene	CPP	C ₁₈ H ₁₀	226	
Benzo[<i>a</i>]anthracene	BaA	C ₁₈ H ₁₂	228	
Chrysene	CHR	C ₁₈ H ₁₂	228	
Benzo[<i>b</i>]fluoranthene	BbF	C ₂₀ H ₁₂	252	
Benzo[<i>k</i>]fluoranthene	BkF	C ₂₀ H ₁₂	252	
Benzo[<i>e</i>]pyrene	BeP	C ₂₀ H ₁₂	252	
Benzo[<i>a</i>]pyrene	BaP	C ₂₀ H ₁₂	252	
Indeno[1,2,3- <i>cd</i>]pyrene	IND	C ₂₂ H ₁₂	276	
Dibenz[<i>a,h</i>]anthracene	DBA	C ₂₂ H ₁₄	278	
Benzo[<i>ghi</i>]perylene	BghiP	C ₂₂ H ₁₂	276	
Anthanthrene	ANTHN	C ₂₂ H ₁₂	276	
Dibenzo[<i>a,l</i>]pyrene	DBaLP	C ₂₄ H ₁₄	302	
Coronene	COR	C ₂₄ H ₁₂	300	

1.3 多環芳香烴化合物之來源及其特徵比值

大氣中多環芳香烴之主要來源可分為汽機車排放之交通移動污染源、工業活動之固定污染源、火力發電與廢棄物燃燒等人為來源，以及森林火災與火山爆發等自然來源[1]。依其產生途徑大致可分為石油揮發（Petrogenic）及熱裂解（Pyrogenic），石油揮發多由煉油廠、儲油槽及交通工具等逸散導致，其組成特徵多以 2~3 環 PAHs 或具有甲基化之 PAHs 為主，而熱裂解等燃燒、冶金等工業活動之排放則以 4 環以上之 PAHs 為主[15]。

由於不同污染源會產生不同比例之 PAHs 化合物，故部份文獻利用指標性之 PAHs 物種來研判污染物之來源，亦即藉由特徵比值（Characteristic ratio）來判別污染物之貢獻來源。Yunker 等人[16]指出 $FLT / (FLT+PYR)$ 之濃度比值為 0.4 - 0.5 時，其污染源為樹木、農廢等低溫生質燃燒；而 Pyysalo [17]則以 $FLT / (FLT+PYR)$ 之濃度比值為 0.74 時為木材燃燒所排放。然而 PAHs 特徵比值在應用上仍需要引用更具有特性之指標，並針對其在真實環境下所呈現之現象仔細加以研究評估才能較確實判別其貢獻來源，為了避免引用文獻而導致判斷污染物來源有所差異，故本計畫將利用兩種不同之比值以分別判定污染物之來源，將兩者繪製成特徵比值圖並進一步探討不同地

區污染物來源之趨勢，計畫中選擇之特徵比值有兩種，一為 ANTHR / (PHE+ANTHR)，因在熱力學之觀點下，PHE 會比其同分異構物 ANTHR 穩定，故比值 <0.1 時，污染物貢獻來源為石油揮發，若比值 >0.1 時，則以燃燒產生之來源為主[18]；而另一種特徵比值為 (BbF+BkF) / BghiP，BghiP 分子的化學性質相較於 BbF 及 BkF 等分子更加穩定，當比值 >7 時，污染物之來源貢獻多為工業煙囪排放導致，而比值 <7 則為煤碳、汽柴油車等混合來源為主[2]，故本計畫也將針對特徵比值來分析判別污染物之貢獻來源。

1.4 多環芳香烴於環境大氣中之分佈

PAHs 在各種基質間之分配情形並非一成不變，其分配特性會受環境條件改變之影響，基於欲瞭解污染物在環境中流佈、對污染物之控制以及評估暴露危害風險等之考量，充份掌握 PAHs 存在於各種大氣環境中之氣-固相分佈 (Gas-particle partition) 情形，成為極為重要之關鍵資訊。由於 PAHs 化合物種類數量龐大，各種化合物其飽和蒸氣壓之分佈範圍較大，其氣/固相之分佈情形易受大氣環境之變化而改變，有待進一步分析探討。Yamasaki [19]最早提出野外實驗以絕對溫度與總懸浮微粒 (TSP) 濃度來表示氣相與固相之分佈模式，在東京之採樣過程中，以高流量採樣器配合玻璃纖維濾紙及泡棉採樣 24

小時且為期一年，研究發現將 $\text{Log}[A(\text{TSP})/F]$ 對 $1/T$ 作圖可得到良好之線性相關，且一日內溫度變化範圍在 $2.2 - 2.5^\circ\text{C}$ 之間時，PAHs 蒸氣壓受到溫度變化之影響可減至最小；Yamasaki 以及 Pankow [19, 20-23] 等人整合溫度、熱力學、物種蒸氣壓/飽和蒸氣壓等相關參數所推衍提出之氣/固分佈係數(Gas-particle partitioning coefficient, K_p)之經驗式如式(1)：

$$K_p = \frac{(F/TSP)}{A} \text{-----} \quad (1)$$

其中 F 為化合物於微粒相之濃度 (ng m^{-3})，TSP 為大氣總懸浮微粒濃度 ($\mu\text{g m}^{-3}$)，A 為化合物於氣相之濃度 (ng m^{-3})，其意義為吸附於氣膠中固相顆粒上之 PAHs 濃度與大氣中氣態 PAHs 濃度之比值；但 PAHs 因其分子量越高，其蒸氣壓越小，因此高分子量之 PAHs 多以固相存在；而 Bidleman 提出二環 PAHs 多以氣相存在大氣中，三至四環以氣/固相共存較多，隨環數增加其佔固相之比例也隨之提高 [24]。然而，由於常溫常壓下 PAHs 多為固氣共存之型態，且純物質的脫附焓約等於液態化合物之蒸發熱，因此為了避免 PAHs 在常溫下部分揮發導致蒸氣壓被低估，所以大多利用過冷飽和蒸汽壓 (Sub-cooled liquid vapor pressure, P_L^o) 代替一般蒸氣壓進行計算，過冷飽和蒸汽壓為液態下所測得之蒸氣壓，可減少固體昇華導致蒸氣

壓減少而產生的影響，以獲得較穩定之參數，Mackay 與 Hinckley 等人[25-26]分別於1982年與1990年提出由過冷飽和蒸汽壓模式而得到之經驗式(2)為：

$$\ln\left(\frac{P_L}{P_S}\right) = \frac{\Delta S_f}{RT} \frac{(T_m - T)}{T_m} \cong -6.8\left(\frac{T}{T_m} - 1\right) \text{ ----- (2)}$$

$$\log K_p = m \times \log P_L^\circ + b \text{ ----- (3)}$$

其中 P_L 為液體蒸氣壓(torr)， P_S 為固體蒸氣壓(torr)， ΔS_f 為熔解焓， T_m 為固體熔點(K)， T 為大氣溫度(K)， R 為氣體常數，-6.8 而為經驗值；Pankow 等人[22]認為經驗式 (1) 與 (2) 並無法完全代表自然界有機物質分佈情形以及是否達到平衡之現象，因此提出 $\text{Log}K_p - \text{Log} P_L^\circ$ 模式來判別且可成功觀察到 PAHs 濃度於氣相/固相間是否達到平衡，由大氣分佈機制包含有機物質之間的吸附作用以及納入有機物質之有效濃度 (activity)、有效濃度係數 (activity coefficient)、莫耳分率與重量分率整合推導後得到之經驗式(3)，以 $\text{Log}K_p$ 對 $\text{Log} P_L^\circ$ 作圖且迴歸便可得到一線性關係，在無人為與儀器採樣誤差下便可判斷 PAHs 或 SVOCs 在氣相與固相之濃度分佈是否達到平衡 [20-23]。

當 PAHs 濃度在氣相與固相間之分佈達到平衡時，斜率 (slope，

m) 理論值為 -1，即 PAH 分子在固相顆粒表面上達到吸附與脫附之間的平衡，質傳與擴散等反應速率已非其達到平衡之決定因素，吸附與脫附速率才為其決定條件，且斜率與截距 (intercept, *b*) 會隨化合物本身與氣膠/固態顆粒表面之吸附能力、形成機制不同而改變。文獻指出通常多雨及溫度愈高的地區，低分子量的 PAHs 濃度增加，其迴歸線呈現平緩且迴歸斜率較小之趨勢，而低溫地區其低分子量的 PAHs 濃度會減少，其迴歸斜率較較大且迴歸線呈現陡峭的現象[27]。此外，SVOCs 容易與吸附於微粒上並以氣固相共存於大氣環境下，當整個程序主要由有機物質吸收所主導時，則以正辛醇-空氣分佈係數 (Octanol-air partitioning coefficient, K_{oa}) 來取代過冷飽和蒸汽壓 (P_L°) 來進行計算，並判斷在氣相與固相之濃度分佈是否達到平衡 [27]，即為研究上另一模式 $\text{Log}K_p - \text{Log}K_{oa}$ model，其作圖意義上大致與 $\text{Log}K_p - \text{Log}P_L^\circ$ 模式相同，其方程式類似經驗式(3)所示，只是將 P_L° 取代成 K_{oa} 來表示，然而當 PAHs 濃度在氣/固相間分佈達到平衡時，其斜率理論值為 +1 [25-27]，如經驗式(4)：

$$\log K_p = m \times \log K_{oa} + b \text{ ----- (4)}$$

由於上述之 $\text{Log}K_p - \text{Log}P_L^\circ$ 以及 $\text{Log}K_p - \text{Log}K_{oa}$ 兩種模式只能判別 PAHs 濃度在氣/固相之間分佈是否達到平衡以及 PAHs 化合物濃度

高或低，卻無法明確指出其於氣相或固相中所佔比例多寡，Demircioglu等人[28]研究提出逸散（fugacity, f ）比值來解釋PAHs濃度在氣/固相間之分佈，由此可成功判別其於氣相或固相中所佔比例之高低，判斷PAHs之氣固分佈，其公式如下：

$$f_S = \frac{C_S \rho_S}{K_{SA}} \text{-----} \quad (5)$$

$$f_A = C_A \text{-----} \quad (6)$$

C_S 為土中化合物之濃度 (ng g^{-1})， ρ_S 為土壤密度 (g m^{-3})， K_{SA} 為氣固分佈係數， C_A 為大氣中氣態化合物之濃度。當 f_{Soil}/f_{Air} 比值 > 1 時為 PAHs 大多存在於土壤中且容易揮發至大氣中；比值 < 1 為其多存在於大氣中且會沉降、吸附至土壤中；而比值等於 1 則為 PAHs 在土壤與大氣間分佈達平衡。

1.5 懸浮微粒（Particulate matter）與多環芳香烴

大氣中充滿不同粒徑大小的懸浮微粒（Particulate matter, PM），其主要對人體健康影響部位為呼吸系統，不同微粒的粒子對呼吸系統的衝擊危害也不完全相同， $10 \mu\text{m}$ 以上的微粒大都被鼻咽所清除，而 $10 \mu\text{m}$ 以下的細微粒則較會沉積於肺部的支氣管區。此外，懸浮微粒

微粒對人體健康的影響[29]，可以從許多流行病學的調查看出，研究指出死亡率的增加與微粒的暴露有關，尤其是PM_{2.5}以下的微粒對人體健康的影響最大。Schwartz等人[30]於美國哈佛大學附近六個城市進行採樣工作，利用 dichot 採樣器收集大氣微粒，以EDXRF去做化學物種的分析，研究結果顯示PM_{2.5}很容易進入肺中，因而引起一些肺中疾病及呼吸器官的慢性損害。在許多流行病學的調查中發現，只要空氣中的懸浮微粒濃度增加時，當地居民的總死亡率會隨之增加，而在肺部感染、心血管疾病、心肌梗塞、高血壓及中風的機率等也都會隨著微粒濃度增加而提高。人體呼吸道內是一高濕的環境，微粒粒徑在進入呼吸道後受到高濕特性的影響，會行潮解反應而造成微粒粒徑的成長，其成長可改變微粒在人體呼吸系統中的沉積行為，尤其是次微米以下的微粒經常由吸濕作用導致粒徑增大，進而改變微粒在肺部中沉積的位置。微粒粒徑會影響微粒的質傳反應，一般而言，細粒徑微粒較粗粒徑微粒具較佳的質傳效率，質傳效率的不同可導致人體呼吸系統內微粒沉積量的差異[31-32]。Wilson與Stockburger等人[33]指出無論是質量濃度、化學成分或是濃度分佈都具有日變化，亦即在探討微粒對健康的影響，需要考慮時間變化以及人類活動時間因素。綜合上述結果，懸浮微粒作用類似載體媒介物質，其對人體各器官之影響非常全面化，而其影響健康之程度也會因環境因素之變化及暴露

時間長短而有所不同，是值得深入研究的重要課題。

懸浮微粒其表面會因凡得瓦爾力 (Van der Waals' force) 進而與其他物質產生吸附作用，導致微粒本身作用類似載體之媒介物質，部份PAHs在大氣中以懸浮微粒為載體，隨著時間增長且微粒吸收水分的因素，小粒徑微粒會隨之增長成大粒徑顆粒[34]，Offenberg等人[35]研究發現高飽和蒸氣壓或低分子量的PAHs化合物，多分佈於大粒徑的懸浮微粒上，而低飽和蒸氣壓或分子量較高的PAHs化合物則多分佈於細粒徑懸浮微粒上。Venkataraman等人[36]針對加州地區進行大氣中懸浮微粒採樣，發現高分子量/多環數的PAHs多存在於 $<2\mu\text{m}$ 的微粒中(約68%)，而低分子量PAHs則多存在於 $2-10\mu\text{m}$ 的微粒中(約60%)，這些研究指出PAHs濃度分佈因分子量高低而與微粒粒徑大小呈現類似反比的現象，藉由1.4小節敘述之逸散比值關係可得知PAHs在土壤與大氣之間分佈是否達成平衡關係。

1.6 多環芳香煙之危害

PAHs於二十世紀初期被鑑定出為瀝青中之致癌物，PAHs中之部分化合物已證實對人體具有致突變性 (Mutation) 及致癌性 (Carcinogenic) 之潛在危險，美國環境保護署 (U.S. Environmental Protection Agency, USEPA) 與國際癌症研究中心 (International Agency

for Research on Cancer, IARC) 已確認PAHs含有許多潛在毒性物質，IARC將十六種PAHs列為優先管制污染物 (Priority pollutant) 之一，並根據其突變與致癌性分類四個等級，如表1-2所示。其中由焦油所分離出之Benzo[a]pyrene (BaP) 為證實具有致癌之活性且其毒性也最高[37-38]，而BaP之同分異構物DBaP、DBaP、DBaP、DBaP為新列入致癌分類之化合物，致癌性較高之PAHs主要分佈於四環以上，其較常吸附於細懸浮微粒中，當人類暴露此PAHs對皮膚、眼睛具刺激性，也會提升生殖系統、心血管系統、骨髓、抑制免疫系統、肝毒性與癌症等病變[39]，其中BaP進入人體後會與抑制肺癌腫瘤之基因鍵結，使其無法作用進而導致癌症發生[40]；此外NAP依USEPA與IARC分類為較低的致癌潛能，但於環境中NAP佔氣態PAHs中相當高的組成比例，因此其對於環境與人體健康可能造成之影響也不容小覷，人類暴露到空氣中PAHs會導致生殖系統、心血管系統、抑制免疫系統、肝毒性與罹患癌症等不良影響[39-41]。

表 1-2 PAHs 依 IARC 與 USEPA 之致癌性分類

Compound of PAHs	IARC ^a	USEPA ^b	TEF ^c
Naphthalene	2B	C	0.001
Acenaphthylene	—	D	0.001
Acenaphthene	3	—	0.001
Fluorene	3	D	0.001
Phenanthrene	3	D	0.001
Anthracene	3	D	0.01
Fluoranthene	3	D	0.001
Pyrene	3	D	0.001
Benzo[<i>c</i>]phenanthrene	2B	—	—
Cyclopenta[<i>cd</i>]pyrene	2A	—	—
Benz[<i>a</i>]anthracene	2B	B2	0.1
Chrysene	2B	B2	0.01; 0.001 ^d
Benzo[<i>b</i>]fluoranthene	2B	B2	0.1
Benzo[<i>k</i>]fluoranthene	2B	B2	0.1; 0.01 ^d
Benzo[<i>e</i>]pyrene	3	—	—
Benzo[<i>a</i>]pyrene	1	B2	1.0
Indeno[1,2,3- <i>cd</i>]pyrene	2B	B2	0.1
Dibenz[<i>a,h</i>]anthracene	2A	B2	5.0*; 1.0 ^d
Benzo[<i>ghi</i>]perylene	3	D	0.01
Anthanthrene	3	—	—
Dibenzo[<i>a,l</i>]pyrene	2A	—	—
Dibenzo[<i>a,e</i>]pyrene	3	—	—
Dibenzo[<i>a,i</i>]pyrene	2B	—	—
Dibenzo[<i>a,h</i>]pyrene	2B	—	—
Coronene	3	—	—

^aIARC, —: No data, carcinogenic potential: **1** > **2A** > **2B** > **3**.

^bUSEPA, —: No data, carcinogenic potential: **B2** > **C** > **D**.

^cToxic Equivalency Factor (TEF), —: No data; Nisbet, I.C.T., and LaGoy, P.K., 1992, *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 16: 290–300.

^dTEF suggested by USEPA; *Provisional Guidance for Quantitative Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*, 1993, EPA/600/R-93/089, USEPA.

* For low-level environmental exposures.

1.7 研究動機、目的與方法

本計畫研究選擇以石油揮發與熱裂解為主的雲林縣臨海工業污染地區（麥寮、台西）以及內陸少污染城市（古坑、林內）作為比對之對象，分別於不同之大氣條件（溫度、溼度、風速）之地點進行樣品採集，主要採集之環境樣品包括氣態 PAHs、懸浮微粒(TSP、PM_{2.5})與土壤等，並以氣相層析質譜儀分析其 29 種 PAHs 之化合物含量，比較在不同大氣環境下其濃度、組成及特徵比值等之差異，探討兩地區 PAHs 在氣/固態分佈之差異，以及不同大氣環境對兩地區氣/固態 PAHs 分佈之影響，並且計算逸散度來評估 PAHs 在土壤與大氣中之平衡狀態；另以 FESEM 觀察懸浮微粒之表面形態（Surface Morphology），提供佐證兩採樣地區在不同大氣條件下其懸浮微粒表面形態之差異，並探討其與 PAHs 吸附特性之差異。

計畫之主要研究目的如下：

1. 分析雲林縣臨海工業污染地區以及內陸少污染城市之大氣中氣態、懸浮微粒(PM_{2.5}、TSP)及土壤中之 PAHs 濃度變化。
2. 運用特徵比值分辨兩地區其污染來源。
3. 利用氣/固分佈模式探討兩地區其 PAHs 之分佈情形。
4. 利用逸散比值探討兩地區其 PAHs 之逸散狀況。

第二章 研究方法與分析儀器

本計畫研究擬選擇以石油揮發與熱裂解為主的臨海工業污染源附近地區以及內陸城市作為比對之對象，分別於不同之溫度、風速條件於上述二個地點進行採樣，主要採集之環境樣品包括氣體、TSP、PM_{2.5} 與土壤等，所採集之樣本經萃取純化後，分別使用氣相層析質譜儀來分析約 29 種 PAHs 化合物。比較兩地區在不同大氣環境下其濃度、組成及特徵比值等之差異，探討兩地區 PAHs 在氣/固態分佈之差異，以及不同大氣環境對兩地區氣/固態 PAHs 分佈之影響；另分析土壤等樣本之 PAHs，利用逸散係數來評估 PAHs 在乾沉降落塵與大氣中之平衡狀態或評估 PAHs 在土壤與大氣中之平衡狀態，以及利用場發射掃描式電子顯微鏡觀察懸浮微粒之表面形態，提供佐證兩採樣地區在不同大氣條件下其懸浮微粒表面形態之差異，並探討其與 PAHs 吸附特性之差異。

2.1 採樣地點規劃

本研究選擇在台灣省雲林縣作為採樣地點，分別是臨海工業污染源附近地區（麥寮與台西崙豐）及內陸地區（林內與古坑）等地點，採集氣態 PAHs、細粒徑（PM_{2.5}）、總懸浮微粒（TSP）及土壤等樣

採集為期六天之 PM_{2.5}、TSP 以及氣態 PAHs 樣本；第三批次採樣期間為 2015 年 03 月 26、27、30、31 日進行採集為期五天之 PM_{2.5}、TSP 以及氣態 PAHs 樣本。惟土壤樣品採集皆在採樣日期最後一天進行樣品採集。固態 PAHs 使用高流量採樣器進行採樣，此部份包括 TSP 與 PM_{2.5} 之採樣，氣態 PAHs 則使用低流量採樣器進行採集，而土壤樣品則以收集採樣器四週離地面 15 cm 以下的部分為主；採樣後之石英濾紙與吸附套桶樣品，以鋁箔紙妥善包覆保存於 0-4°C 下，並迅速送回實驗室於 -20°C 冰箱冷藏保存以利日後分析。

表 2-1 採樣時間及樣品數

		第一季	第二季	第三季
		103/8/26 - 103/8/29	103/10/28, 30 - 103/11/01-02	104/03/26-27 104/03/30-31
臨海工業 污染地區 (麥寮/崙豐)	PM _{2.5} *	16	15	16
	TSP*	16	16	16
	氣態 PAHs *	16	16	16
	土壤	2	2	2
內陸 少污染城市 (林內/古坑)	PM _{2.5} *	16	8	15
	TSP*	15	16	14
	氣態 PAHs *	16	8	15
	土壤	2	2	2

* 採集樣品分為日間時段：早上八點至下午四點，
夜間時段：晚上七點至隔天凌晨五點

2.3 採樣設備與分析儀器

2.3.1 手動採樣儀器

懸浮微粒之採樣方法係根據環檢所公告 NIEA A102.12A 高流量採樣法來進行，採樣設備為高流量採樣器(Thermo-Andersen/Model IP10 and Mass Flow Controlled System/ModelSA213、Tisch/Model IP10 and Mass Flow Controlled System/G25A SN 1532，Spring House，PA，USA)，搭配高流量衝擊板(Impactor)與分徑採樣器(Cascade Model1690)，將粗細粒徑分離後再收集 PM_{2.5} 之懸浮微粒；高流量採樣器於採樣前均會使用小孔流量計預先校正流量，其校正之相關係數均需 ≥ 0.995 以上方符合採樣管控，而採樣時放置經處理後之適當過濾紙，於體積流量約為 $1.2 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$ 下進行空氣中懸浮微粒之收集，並使用圓盤記錄紙來記錄採樣期間之流量變化以便確認。

氣態 PAHs 樣本採集係利用低流量採樣器 (Airpump SPP-25GA, Techno Takasuki) 搭配固態微粒濾頭及氣態 PAHs 之吸附裝置，係以 15 L min^{-1} 搭配一玻璃套筒，其中裝填離子交換樹脂 (Amberlite XAD-16, Sigma) 及聚氨酯泡棉 (Polyurethane foam, PUF) 採樣高度距離地面 1 公尺高進行氣態樣品之採集，如圖 2-2 所示。吸附裝置以玻璃套桶、離子交換樹脂及聚氨酯泡棉組合而成，如圖 2-3，需於

採樣前先洗淨，前處理方式依序以甲醇(Methyl Alcohol)、二氯甲烷(Dichloromethane, DCM)及正己烷(n-Hexane)進行超音波震盪，自然風乾後將 XAD-16 與 PUF 以夾層之方式組裝，圓筒狀之玻璃套桶內填充 XAD-16 約 4 cm，其上下端以 PUF 固定，組裝完成後以鋁箔紙包裝以備採樣之用。

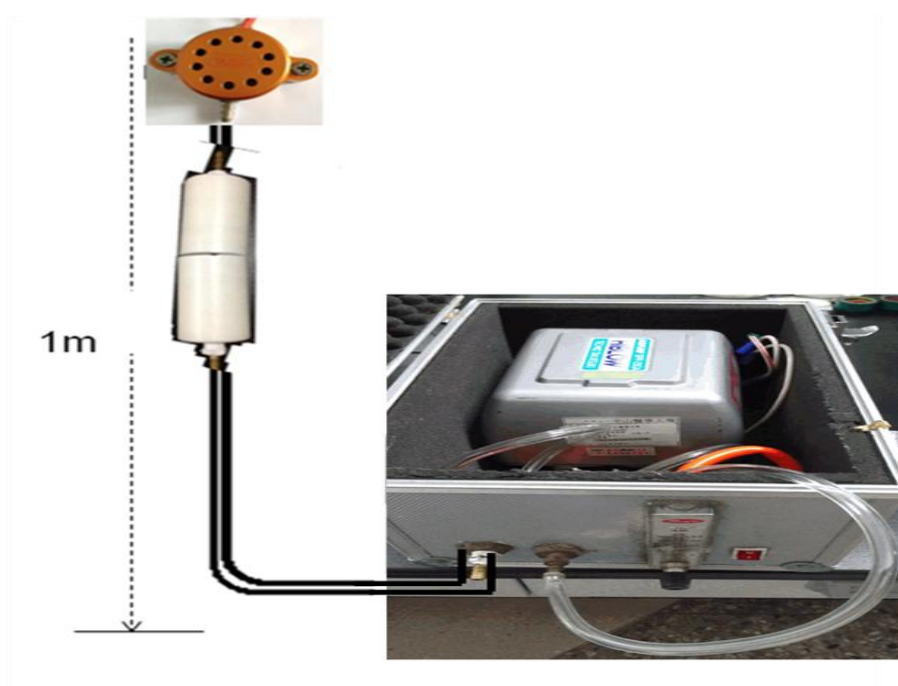


圖 2-2 氣態 PAHs 低流量採樣器設備圖

氣態PAHs吸附套筒



圖 2-3 氣態 PAHs 之吸附套筒裝置圖

大氣中 $PM_{2.5}$ 之樣本採集是以高流量採樣器(Andersen/Model IP10 mass Flow Controlled System and Model SA213) 如圖 2-4 所示；而圖 2-5 為總懸浮微粒(TSP)採樣器(KIMOTO, JIN TEN)，為一高流量採樣器，可採集粒徑 $100\mu m$ 以下之總懸浮微粒，搭配石英濾紙(Tissuquartz 2500QAT-UP, 8×10 inch)以 $1200 L min^{-1}$ 分別收集 $PM_{2.5}$ 及 TSP 之懸浮微粒。所使用之濾紙須於採樣前進行淨化，將石英濾紙置於 $800^{\circ}C$ 高溫爐中進行熱處理 4 小時，以除去空白之有機碳及其他雜質，處理後之濾紙置於一定室溫($22\pm 2^{\circ}C$)及相對溼度($45\pm 5\%$)下調理 24 小時以上，取出稱重並記錄重量及濾紙編號。採樣時需填寫樣品標籤，將採樣後之濾紙對摺置於樣品夾鏈袋中，並將樣品標籤貼上及覆蓋鋁箔紙以阻絕光線，放置於 $4^{\circ}C$ 環境之冰桶中，立即送回實驗室。回實驗室後亦於上述之溫度及相對溼度條件下調理 24 小時再稱後重，由前後重差計算 $PM_{2.5}$ 及 TSP 之重量。



圖 2-4 $PM_{2.5}$ 高流量採樣器



圖 2-5 總懸浮微粒採樣器

土壤樣品是以一不鏽鋼鐵鏟，於空氣採樣設備附近環境之土壤，取地表下約 15 公分左右之土壤，並以夾鏈袋盛裝樣品，放置於 4°C 環境之冰桶中，立即帶回實驗室放置於 -20°C 冰箱中等待分析。

2.3.2 PAHs 前處理與分析

PAHs 之樣本分析程序主要包括萃取、濃縮、活化/淨化、再濃縮及 GC/MS 儀器測定等步驟，以氣態 PAHs 為例，分析方法詳述如下：

(1) 超音波震盪萃取：

將採樣後之吸附套筒樣品置於棕色燒杯內，並加入萃取溶劑至完全淹沒樣品，吸附套筒之萃取溶劑則為 DCM：n-Hexane 體積比相同 (v：v =1：1) 的混合溶劑 200mL。使用超音波震盪 30 分鐘後，將萃取液倒入至濃縮瓶中，再加入萃取液重複震盪萃取，將第二次所得之萃取液亦倒入濃縮瓶混合之，此外需注意於前處理過程中，應盡量避免外在光線之照射，而降低 PAHs 之衰減或光裂解。

(2) 濃縮：

將超音波震盪二次後之萃取液以真空減壓濃縮法抽除有機溶劑且濃縮至約 2 或 3mL。

(3) 淨化：

將已處理過之 6 g 矽膠填充於淨化管中，先以 30 mL n-Hexane

潤洗活化之，再於矽膠上方填充覆蓋 2 g 無水硫酸鈉，再以 20 mL n-Hexane 潤洗；而淨化管中所填充之矽膠須先置於 105°C 之烘箱內乾燥處理 12 小時，而無水硫酸鈉則先置於 400°C 烘箱內烘乾 24 小時。樣品之淨化係利用正相矽膠法 (Silica gel) 來進行，以去除樣品中之水份或塵土顆粒干擾質。淨化管潤洗活化後，將上述之 2-3 mL 濃縮液倒入淨化管中，再使用 50 mL 之 n-Hexane 作為沖提液進行流洗沖提，並以濃縮瓶收集淨化液，再進行下一個再濃縮步驟。

(4) 再濃縮：

以孔徑 0.45 μm 之聚偏二氯乙烯濾紙過濾收集前述淨化後之濾液，並以真空減壓濃縮機抽除大量溶劑後，使用氮氣 (N_2) 吹拂至近乾，最後以 DCM 定量至 250 μL ，裝於密閉之棕色玻璃瓶中，置於冷凍庫中低溫保存待分析。

(5) 儀器測定：

PAHs 樣品分析係使用氣相層析質譜儀 (Gas Chromatography / Mass Spectrometer, GC/MS, VARIAN3900 / SATURN 2100T) 進行分析，層析毛細管柱 (Capillary column) 為 VF-5ht (30 m \times 0.25 mm ID, DF = 0.10 μm)，樣本溶液每次注入體積量為 1 μL ；其升溫程式為：初始溫度 50°C，停留 1 分鐘，以 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升到 100°C，再以 3 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升至 290 $^{\circ}\text{C}$ ，維持定溫約 15 分鐘，注射器溫度為 300 $^{\circ}\text{C}$ ，離子

阱質量分析器 (Ion trap mass analyzer) 溫度為 250 °C , Transfer line 溫度為 290 °C , 載流氣體為高純度氦氣(He) , 流量為 1.0 mL/min 。

為避免基質干擾及增加訊雜比 (S/N Ratio) , 以 MS/MS 方法進行 PAHs 分析 , 當化合物由層析管柱被分離出 , 進入離子阱質量分析器後 , 首先會經第一次電子撞擊 (Electron impact) 產生游離化 , 並由質量分析器篩選出欲分析之離子作為母離子 (Parent ions) , 再以適當碰撞誘導解離 (Collision induced dissociation) 能量做第二次電子撞擊 , 使該母離子進一步碎裂成子離子 (Productions) , 最後再由質量分析器進行子離子之質量分析及定量。此方法有效降低了背景雜訊之干擾 , 也提升特定離子之靈敏度 , 進而提高 S/N 值 , 並獲得清晰的 MS/MS 質譜圖。本計畫共分析 29 種 PAHs , 除主要 23 種 PAHs 化合物 , 包括 Naphthalene (NAP) , Acenaphthylene (ACPy) , Acenaphthene (ACP) , Fluorene (FLU) , Phenanthrene (PHE) , Anthracene (ANTHR) , Benzo(c)phenanthrene (BcPH) , Fluoranthene (FLT) , Benzo(b)naph(2,1-d)thiophene (BNT) , Cyclopenta(cd)pyrene (CPP) , Benz(a)anthracene (BaA) , Chrysene (CHR) , Benzo(b)fluoranthene (BbF) , Benzo(k)fluoranthene (BkF) , Pyrene (PYR) , Benzo(e)pyrene (BeP) , Benzo(a)pyrene (BaP) , Indeno(1,2,3-cd)pyrene (IND) , Benzo(ghi)perylene (BghiP) , Anthanthrene (ANTHN) ,

Dibenz(ah)anthracene (DBA) , Dbenzo(a,l)pyrene (DB(a,l)P) 及 Coronene (COR) ; 以及 6 種甲基化 PAHs 化合物(Methyl-PAHs) , 包括 1-Methylnaphthalene(1-MeNAP) , 2-Methylnaphthalene (2-MeNAP) , 1-Methylfluorene (1-MeFLU) , 2-Methylphenanthrene (2-MePHE) , 3-Methylphenanthrene (3-MePHE) 以及 3,6-Dimethylphenanthrene (3,6-MePHE) , 各化合物之母離子及子離子(定量離子)如表 2-2 所示 ; 此外 , 分析過程中加入 PAHs-d 同位素化合物內標準品 Naphthalene-D8 (NaP-D8) 、 Phenanthrene-D10 (PHEN-D10) 及 Perylene-D12(PER-D12)等 3 種 , 以確保分析過程之數據品質。

2.3.3 場發射掃描式電子顯微鏡 (FE-SEM)

取少量經採樣後之濾紙樣品 , 小心撕取且黏置於有碳膠之樣品座上 , 利用電子束之反射作用 , 產生 2D 圖像 , 以掃描式電子顯微鏡 (Field-emission scanning electron microscope , FE-SEM) 觀察奈米碳管整體的外部以及內部結構 , 確認碳管成長情形的優劣 , 作為改進碳管成長的依據。

2.4 品保品管

為確保計畫之數據能維持在一定的品質範圍之內，首先需確定本計畫之品保目標，其內容包括精密度、準確度、完整性、比較性及代表性等項目，以下分別就這些項目簡單說明其意義及本計畫所擬採行之方式。精密度係重覆分析同一樣品之再現性，可利用二重覆分析值的相對誤差來表示。準確度係指分析值與真值(True value)之重疊性，準確度之品保可以分析之回收率、標準品查核分析及樣品添加分析來確認，本計畫之準確度在考慮分析污染物之特性僅以回收率來表示。完整性係指本實驗所欲達到之整體目標，其定義如： $C(\%) = V / T \times 100\%$ ，C為完整性、V為實際完成之有效樣品數、T為預期完成之樣品數，本計畫之品管要求項目及品保管制範圍整理如表2-2。

表2-2 PAHs分析之品管要求項目、頻率及管制範圍

品管要求項目	頻率	管制範圍
檢量線製作	每批次均重新製作	相關係數 ≥ 0.990
檢量線查核	每批次	80-120%
空白分析	每批次或每 15 個樣品	\leq 方法偵測極限之三倍
重覆分析	每批次或每 15 個樣品	$\leq 20\%$
標準溶液萃取回收率	每批次	75-125%*
方法偵測極限	每年一次	—

*：NAP 和3,6-DMP 除外，因其易揮發與易受干擾而導致回收率偏低

2.4.6 儀器與方法之偵測極限

表 2-3 為質譜掃描 29 種 PAHs 之母離子及定量離子，實驗分析上之偵測極限通常分為儀器偵測極限(Instrument detection limit, IDL)與方法偵測極限兩種；IDL 為儀器本身對待測物之偵測極限，假若濃度低於 IDL，則儀器讀值顯示為零，以 ND 表示，而 MDL 則為包含待測物樣品之基質中，可偵測到待測物且訊號值大於零，其方法為建立 IDL 後，將包含待測物之樣品混合均於且分七份，以 GC/MS 分析後，計算其標準差(standard deviation, SD)，將 SD 乘上 3 倍後，即可得到 MDL，而表 2-4 為本次分析之 MDL。

表 2-3 質譜掃描 29 種 PAHs 之母離子及定量離子

Compounds of PAHs	Molecular Weight	Parent ions	Quan. ions
NAP	128	128	102
2-MeNAP	142	141	115
1-MeNAP	142	141	115
ACPy	152	152	150
ACP	154	153	151
FLU	166	165	163
1-MeFLU	180	180	165
PHE	178	178	176
ANTHR	178	178	176
3-MePHE	192	192	189
2-MePHE	192	192	189
3,6-MePHE	206	206	191
FLT	202	202	200
PYR	202	202	200
BcPH	228	228	226
BNT	234	234	232
CPP	226	226	224
BaA	228	228	226
CHR	228	228	226
BbF	252	252	250
BkF	252	252	250
BeP	252	252	250
BaP	252	252	250
IND	276	276	274
DBA	278	276	274
BghiP	276	276	274
ANTHN	276	276	274
DBaP	302	300	298
COR	300	300	298

表 2-4 PAHs 之方法偵測極限

Compound of 29 PAHs	mg L ⁻¹	ng m ⁻³
NAP	0.017	0.002
2-MeNAP	0.018	0.003
1-MeNAP	0.015	0.004
ACPy	0.002	0.001
ACP	0.009	0.003
FLU	0.007	0.003
1-MeFLU	0.016	0.007
PHE	0.010	0.006
ANTHR	0.006	0.003
3-MePHE	0.005	0.002
2-MePHE	0.004	0.002
3,6-DMP	0.002	0.004
FLT	0.003	0.002
PYR	0.013	0.006
BNT	0.011	0.004
BcPH	0.002	0.001
CPP	0.002	0.002
BaA	0.008	0.003
CHR	0.002	0.001
BbF	0.014	0.006
BkF	0.007	0.003
BeP	0.010	0.004
BaP	0.004	0.002
IND	0.003	0.001
DBA	0.011	0.005
BghiP	0.009	0.004
ANTHN	0.011	0.002
DBaP	0.006	0.003
COR	0.008	0.004

第三章 結果與討論

3.1 採樣期間風速影響

本計畫主要針對 PM_{2.5}、TSP 和氣態 PAHs 日間與夜間濃度變化進行採樣，分別於 103 年 08 月底至 104 年 03 月底，期間共進行 3 個批次之採樣，日間與夜間採樣時間配合每天海風與陸風之時段，以便區隔不同污染來源之樣品。蒲福氏風級(Beaufort wind scale)是於 1805 年根據風對地面物體或海面的影響程度而定出的風力等級，按強弱將風力劃為 0 ~ 12 級，共 13 個等級，即目前世界氣象組織所建議的分級；各地區三次採樣日夜間風速風向資料如表 3-1 至表 3-3 所示。三批次採樣期間臨海地區(台西與麥寮)日間與夜間都有較高之風速值，而內陸城市(林內與古坑)夜間相對較低為無風(風速小於 0.083 m/s，為風速風向計之最小啟動風速)或靜風之狀態，然就整體而言其風速皆未超過 3.0 m/s，顯示各地點於採樣日夜間風速多為靜風(calm)與微風(light breeze)之狀態。各地區之風速值皆為日間高於夜間之趨勢；在風向的部分，採樣期間顯示各地區日夜間風向皆以西南西與南南東為主，內陸城市地區夜間多為靜風狀態。林內地區可能氣流風向受到鄰近山勢以及地形的影響，日間夜間仍呈現明顯之海陸風，而日間與夜間之平均溫度分別約為 33°C 與 25°C。

表 3-1 第一次採樣期間各地區日夜間風速風向資料

日期	氣象條件	台 西*		麥 寮*		林 內		古 坑	
		日間	夜間	日間	夜間	日間	夜間	日間	夜間
2014/8/25	風速(m/s)	1.094	0.447	0.760	0.264	1.840	< 0.083 ^a	0.451	< 0.083 ^a
	風向	西北西	東南	西	東北東	西南	靜風	西北	靜風
2014/8/26	風速(m/s)	1.444	0.564	0.906	0.344	1.563	< 0.083 ^a	0.764	< 0.083 ^a
	風向	北北西	南南東	西南西	東北	西南	靜風	西	靜風
2014/8/27	風速(m/s)	1.093	0.475	0.604	0.336	1.389	< 0.083 ^a	0.174	< 0.083 ^a
	風向	西	東南東	西	東北東	西南	靜風	西南	靜風
2014/8/28	風速(m/s)	1.101	0.736	0.646	0.347	1.701	0.139	0.347	< 0.083 ^a
	風向	西北	東北	西北西	東北	西南	北北東	西南	靜風
2014/8/29	風速(m/s)	1.260	0.614	0.649	0.481	0.417	< 0.083 ^a	0.347	< 0.083 ^a
	風向	西北	南南東	西北西	南南東	西南西	靜風	西南	靜風

表 3-2 第二次採樣期間各地區日夜間風速風向資料

日期	氣象條件	台 西*		麥 寮*		古 坑	
		日間	夜間	日間	夜間	日間	夜間
2014/10/27	風速(m/s)	10.35	4.96	6.96	2.65	< 0.083 ^a	< 0.083 ^a
	風向	北北東	東北	東南東	東北	靜風	靜風
2014/10/28	風速(m/s)	6.86	2.50	4.63	1.16	3.90	0.11
	風向	北北東	北北東	東北	東北	東南東	北北西
2014/10/30	風速(m/s)	3.33	1.49	2.14	0.85	< 0.083 ^a	< 0.083 ^a
	風向	西北	南南東	西南西	東南	靜風	靜風
2014/10/31	風速(m/s)	3.78	1.77	2.26	1.01	3.74	< 0.083 ^a
	風向	西北	東北	西北西	東北	西南西	靜風
2014/11/1	風速(m/s)	4.43	1.65	2.83	0.88	< 0.083 ^a	< 0.083 ^a
	風向	西北	東	西北西	東北	靜風	靜風
2014/11/2	風速(m/s)	11.73	10.80	8.10	6.13	1.48	< 0.083 ^a
	風向	北北東	北北東	東	東北東	北北東	靜風

表 3-3 第三次採樣期間各地區日夜間風速風向資料

日期	氣象條件	台 西*		麥 寮*		林 內		古 坑	
		日間	夜間	日間	夜間	日間	夜間	日間	夜間
2015/3/26	風速(m/s)	3.87	1.37	1.19	0.85	< 0.083 ^a	< 0.083 ^a	0.52	< 0.083 ^a
	風向	西北	東	西北西	東北東	靜風	靜風	北風	靜風
2015/3/27	風速(m/s)	4.77	2.28	0.94	0.72	< 0.083 ^a	< 0.083 ^a	0.38	< 0.083 ^a
	風向	北北東	東北	東北東	東北	靜風	靜風	北風	靜風
2014/3/30	風速(m/s)	4.03	3.65	1.11	0.57	0.75	< 0.083 ^a	0.48	< 0.083 ^a
	風向	北北東	北北東	東北	東北	西北	靜風	西北西	靜風
2014/3/31	風速(m/s)	3.71	4.22	1.06	0.67	0.52	< 0.083 ^a	0.48	< 0.083 ^a
	風向	北北東	北北東	東北東	東北	西南	靜風	西北風	靜風

3.2 採樣期間 PM_{2.5} 懸浮微粒與其 PAHs 之濃度變化

採樣期間兩地區三次採樣之 PM_{2.5} 平均質量濃度如表 3-4 所示。第一批次日間與夜間的 PM_{2.5} 平均質量濃度差異並不大，可能因為颱風多雨季節的因素；第二批次日間與夜間的 PM_{2.5} 平均質量濃度差異較大，推論採樣期間其日間與夜間混合層高度差異較大造成之結果。第三批次採樣期間多為少雨狀態，臨海工業污染地區附近雖有工業排放源，但因位於沿海地區其風速較大，衍生性鹽類較不易在此區形成；反之，內陸城市地區雖離排放源較遠，但該地區較鄰近山區且工業區所排放之前驅污染物已有足夠時間形成衍生性鹽類，加上採樣期間遠離工業區之風速多為靜風狀態，故導致其日夜間 PM_{2.5} 濃度不易擴散且有累積的現象，使得內陸城市地區日夜間 PM_{2.5} 平均濃度高於臨海工業污染地區之濃度值。整體而言，日間的 PM_{2.5} 平均質量濃度最高值為內陸城市地區於第三批次採樣分析值(44.95 μg/m³)，夜間最高值為臨海工業污染地區於第二批次採樣分析值(66.04 μg/m³)。

表3-4 兩地區三次採樣之PM_{2.5}質量濃度 (μg/m³)

	第一次		第二次		第三次	
	日間	夜間	日間	夜間	日間	夜間
臨海工業污染地區	24.35±5.83	22.73±4.78	38.22±10.93	66.04±34.11	31.77±6.67	33.83±18.72
內陸少污染城市	26.52±2.42	20.74±5.68	39.16±13.82	56.09±16.10	44.95±8.50	40.72±14.34

採樣期間兩地區 PM_{2.5} 中 PAHs 之日間與夜間平均濃度比較如圖 3-1，可發現除第二次採樣外，其餘兩次採樣皆為日間高於夜間的現象，此變化趨勢與 PM_{2.5} 之變化趨勢相當符合。日間高於夜間的現象係由於日間排放源或人為活動強度較高所致，而第二次採樣呈現夜間 PAHs 高於日間之現象，此與 PM_{2.5} 之變化相似，均是混合層高度變化之影響。另由圖中之數據可現發現臨海工業地區 PAHs 之濃度其三次採樣分別高於其所對應內陸地區之 PAHs 濃度，顯示臨海工業污染地區排放較多之 PAHs。

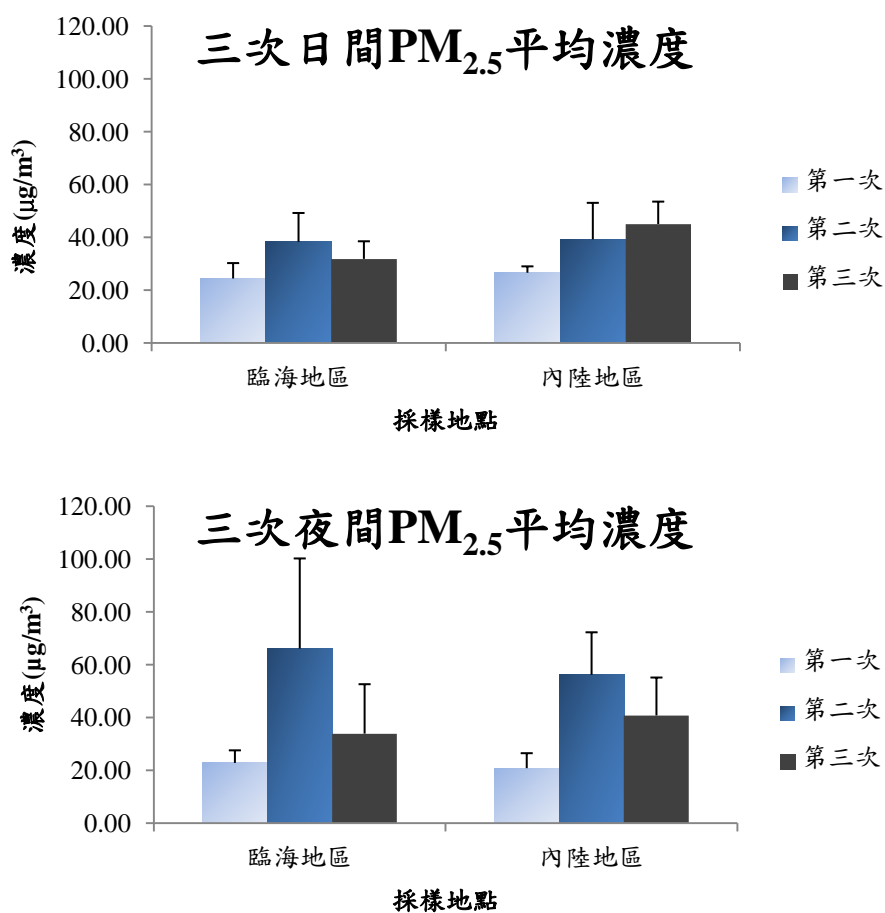


圖 3-1 採樣期間兩地區 PM_{2.5} 日間與夜間平均濃度比較圖

採樣期間兩地區 PM_{2.5} 中 PAHs 之日間與夜間平均濃度比較如圖 3-2，可發現三個批次採樣期間皆為日間高於夜間的現象，顯示除白天人為活動的影響之外，臨海工業污染地區產生的污染源也較內陸城市地區為高；也發現 PM_{2.5} 中 PAHs 濃度隨著 PM_{2.5} 濃度增加而提高，其趨勢相當符合，說明懸浮微粒本身可能作為載體進而吸附其他污染物，因此臨海工業污染地區附近有著眾多排放源且出現 PM_{2.5} 高濃度的情況下，其鄰近地區或遠離地區是否具有若干健康危害的可能性，是值得關注與後續持續監測分析之課題。

採樣期間兩地區 PM_{2.5} 中 PAHs 之各批次日間與夜間平均濃度如表 3-5 與表 3-6 所示，可發現各批次於日間或夜間的 PAHs 濃度幾乎為臨海工業污染地區高於內陸城市地區，此外由分析結果發現 PM_{2.5} 微粒中幾乎 29 種 PAHs 化合物都有分析出，顯示臨海工業污染地區有著複雜之污染來源。文獻指出具工業性排放特徵的 PAHs (Industrial PAHs, Ind-PAHs) 包括 ACP、ACPy、ANTHR、PHE 及 FLT 共 5 個，由表中之數據知此 5 種 PAHs 中絕大部份之物種均呈現臨海工業地區高於內陸地區之現象，顯示臨海工業地區明顯遭受工業排放之影響。

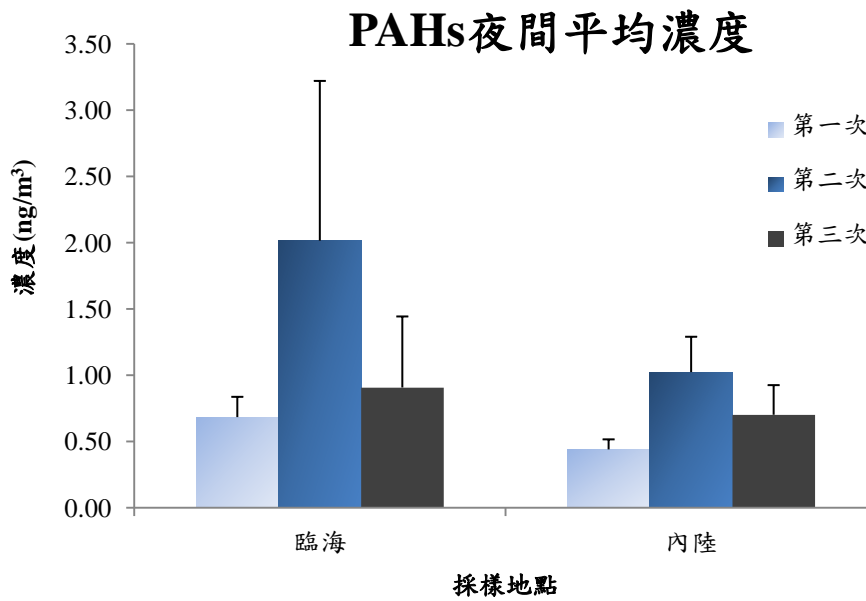
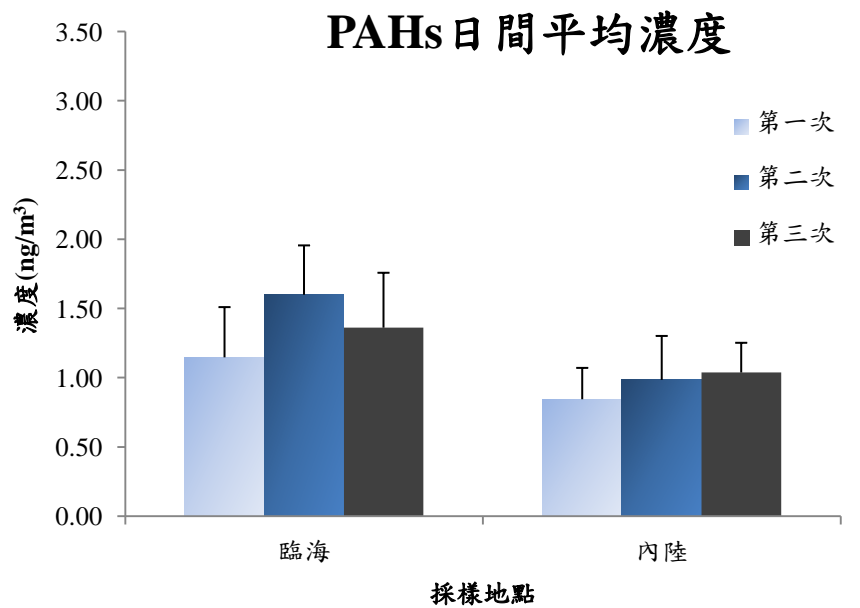


圖 3-2 採樣期間兩地區 PM_{2.5} 中 PAHs 之日間與夜間平均濃度比較圖

表 3-5 三次採樣兩地區日間 PM_{2.5} 中 PAHs 平均濃度(ng/m³)

29PAHs	第一次		第二次		第三次	
	臨海 (n=8)	內陸 (n=8)	臨海 (n=8)	內陸 (n=4)	臨海 (n=8)	內陸 (n=8)
NAP	0.020	0.015	0.028	0.012	0.027	0.017
2-MeNAP	0.015	0.013	0.025	0.011	0.019	0.013
1-MeNAP	0.011	0.010	0.019	0.009	0.015	0.010
ACPy	0.007	0.006	0.013	0.007	0.014	0.008
ACP	0.007	0.007	0.011	0.006	0.012	0.007
FLU	0.010	0.009	0.017	0.008	0.015	0.008
1-MeFLU	0.150	0.104	0.224	0.113	0.092	0.061
PHE	0.010	0.011	0.027	0.011	0.017	0.012
ANTHR	0.036	0.029	0.043	0.017	0.019	0.010
3-MePHE	0.014	0.014	0.032	0.012	0.027	0.017
2-MePHE	0.017	0.021	0.052	0.014	0.020	0.013
3,6-DMP	0.010	0.024	0.053	0.023	0.053	0.025
FLT	0.029	0.043	0.108	0.078	0.072	0.060
PYR	0.054	0.054	0.100	0.083	0.076	0.070
BNT	0.003	0.004	0.009	0.004	0.005	0.004
BcPH	0.006	0.007	0.011	0.007	0.008	0.007
CPP	0.005	0.010	0.008	0.012	0.010	0.009
BaA	0.012	0.020	0.023	0.026	0.031	0.021
CHR	0.010	0.011	0.016	0.010	0.018	0.011
BbF	0.071	0.095	0.225	0.101	0.190	0.148
BkF	0.015	0.022	0.034	0.017	0.041	0.034
BeP	0.053	0.035	0.080	0.029	0.054	0.047
BaP	0.044	0.038	0.056	0.032	0.044	0.041
IND	0.204	0.087	0.115	0.107	0.163	0.121
DBA	0.062	0.006	0.014	0.022	0.039	0.028
BghiP	0.205	0.091	0.085	0.100	0.162	0.113
ANTHN	0.005	0.015	0.007	0.013	0.020	0.044
DB(a,l)P	0.001	0.001	0.023	0.024	0.025	0.020
COR	0.084	0.062	0.140	0.077	0.071	0.056
T-PAHs	1.172	0.863	1.599	0.984	1.362	1.038
I-PAHs	0.089	0.096	0.203	0.119	0.134	0.097
I/T-PAHs(%)	7.6	11.1	12.7	12.1	9.9	9.3

表 3-6 三次採樣兩地區夜間 PM_{2.5} 中 PAHs 平均濃度(ng/m³)

29PAHs	第一次		第二次		第三次	
	臨海 (n=8)	內陸 (n=8)	臨海 (n=7)	內陸 (n=4)	臨海 (n=8)	內陸 (n=7)
NAP	0.017	0.010	0.017	0.013	0.015	0.015
2-MeNAP	0.017	0.008	0.015	0.012	0.010	0.011
1-MeNAP	0.012	0.006	0.011	0.008	0.008	0.008
ACPy	0.010	0.004	0.006	0.006	0.006	0.007
ACP	0.007	0.004	0.006	0.005	0.005	0.005
FLU	0.011	0.009	0.010	0.008	0.007	0.007
1-MeFLU	0.087	0.049	0.098	0.049	0.044	0.048
PHE	0.014	0.013	0.018	0.013	0.014	0.013
ANTHR	0.024	0.019	0.012	0.010	0.011	0.012
3-MePHE	0.011	0.009	0.016	0.008	0.018	0.022
2-MePHE	0.014	0.015	0.023	0.010	0.011	0.009
3,6-DMP	0.010	0.020	0.029	0.019	0.028	0.022
FLT	0.027	0.024	0.063	0.063	0.042	0.030
PYR	0.034	0.030	0.105	0.068	0.050	0.038
BNT	0.002	0.002	0.004	0.003	0.003	0.003
BcPH	0.006	0.007	0.007	0.007	0.007	0.008
CPP	0.014	0.012	0.015	0.014	0.010	0.009
BaA	0.019	0.018	0.038	0.024	0.024	0.020
CHR	0.008	0.007	0.009	0.008	0.007	0.008
BbF	0.055	0.036	0.182	0.140	0.123	0.081
BkF	0.012	0.007	0.038	0.019	0.027	0.017
BeP	0.032	0.010	0.113	0.031	0.039	0.023
BaP	0.021	0.010	0.088	0.026	0.035	0.021
IND	0.060	0.028	0.361	0.152	0.123	0.085
DBA	0.080	0.008	0.077	0.026	0.027	0.016
BghiP	0.041	0.040	0.254	0.091	0.106	0.080
ANTHN	0.026	0.011	0.038	0.012	0.013	0.019
DB(a,l)P	0.011	0.006	0.088	0.040	0.033	0.014
COR	0.039	0.026	0.377	0.136	0.061	0.042
T-PAHs	0.721	0.444	2.117	1.022	0.906	0.690
I-PAHs	0.082	0.062	0.105	0.098	0.079	0.066
I/T-PAHs(%)	11.4	14.1	5.0	9.5	8.7	9.6

3.2 採樣期間總懸浮微粒（TSP）與其 PAHs 之濃度變化

採樣期間兩地區三個批次採樣之總懸浮微粒（Total Suspended Particulate, TSP）平均質量濃度如表 3-7 所示。第一批次日間與夜間的 TSP 平均質量濃度差異並不大，可能因為颱風多雨季節的因素；第二批次臨海地區日間與夜間的 PM_{2.5} 平均質量濃度差異較大，推論係第二次採樣期間其日間風速很大造成日間有明顯之揚塵，而夜間風速很小，故其 TSP 質量濃度明顯下降。第三批次採樣期間多為少雨狀態，加上採樣期間內陸城市地區之風速多為靜風或無風狀態，故導致其日夜間 TSP 濃度不易擴散且有累積的現象。整體而言，日間的 TSP 平均質量濃度最高值為臨海工業污染地區於第二批次採樣分析值(206.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)，夜間最高值為內陸城市地區於第二批次採樣分析值(153.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)，當空品較差時，其 TSP 濃度值均會提高，較第一批次颱風多雨季節分析濃度值的 3 至 5 倍以上。

表3-7 兩地區三次採樣之TSP質量濃度

	第一次		第二次		第三次	
	日間	夜間	日間	夜間	日間	夜間
臨海工業 污染地區	47.87±15.76	45.07±14.32	206.8±184.1	150.3±43.53	89.92±44.12	82.60±28.34
內陸少污 染城市	46.51±12.09	40.38±16.29	131.5±42.38	153.4±44.66	76.03±13.26	51.81±35.14

採樣期間兩地區 TSP 中 PAHs 之日間與夜間平均濃度比較如圖 3-3，可發現第二批次採樣期間空品不佳的因素，導致兩個地區夜間濃度均較其他批次為高。TSP 平均濃度無隨著採樣區域愈靠近內陸有愈高的趨勢，有可能是因為總懸浮微粒為 100 μm 以下之微粒總和，其微粒重量較重因素，無法隨著風速而隨之移動，故 TSP 日間與夜間平均濃度皆為臨海工業污染地區高於內陸城市地區之結果。然摒除事件日的濃度不計，仍為日間高於夜間的現象，顯示白天因人為活動的影響會導致 TSP 濃度較夜間來得高

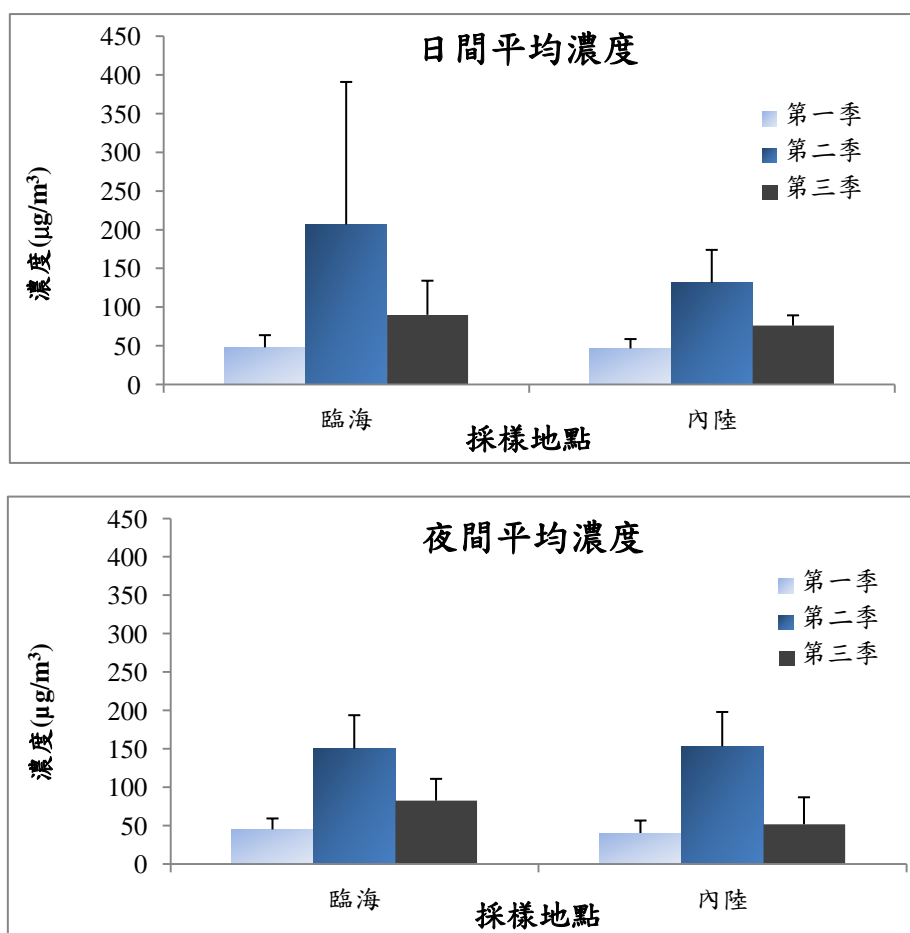


圖 3-3 採樣期間兩地區 TSP 日間與夜間平均濃度比較圖

採樣期間兩地區 TSP 中 PAHs 之日間與夜間平均濃度比較如圖 3-4，可發現三個批次採樣期間 TSP 中 PAHs 之日間與夜間平均濃度是臨海工業污染地區高於內陸城市地區的現象，且日間平均濃度多高於夜間的結果，顯示除白天人為活動的影響之外，臨海工業污染地區產生的污染源也較內陸城市地區為高。

採樣期間兩地區 TSP 中 PAHs 之各批次日間與夜間平均濃度如表 3-8 與表 3-9 所示，因 TSP 濃度較 $PM_{2.5}$ 為高，故可得到 PAHs 於 TSP 中的濃度值也較其於 $PM_{2.5}$ 中為大。除空品不佳的情形之外，可發現各批次於日間或夜間的 PAHs 濃度多為臨海工業污染地區高於內陸城市地區，也發現日間 PAHs 平均濃度均高於夜間之結果；此外除第三批外，皆為夜間高於日間的情形，可能因為白天海風吹拂傳輸，以及夜間因溫度較低，導致 PAHs 化合物自氣相轉換至固相 TSP 微粒顆粒上所致。採樣期間 5 種 Ind-PAHs 中大部份物種均是臨海工業地區高於內陸地區，顯示三次採樣工業污染排放均明顯影響到臨海地區之 PAHs 濃度。

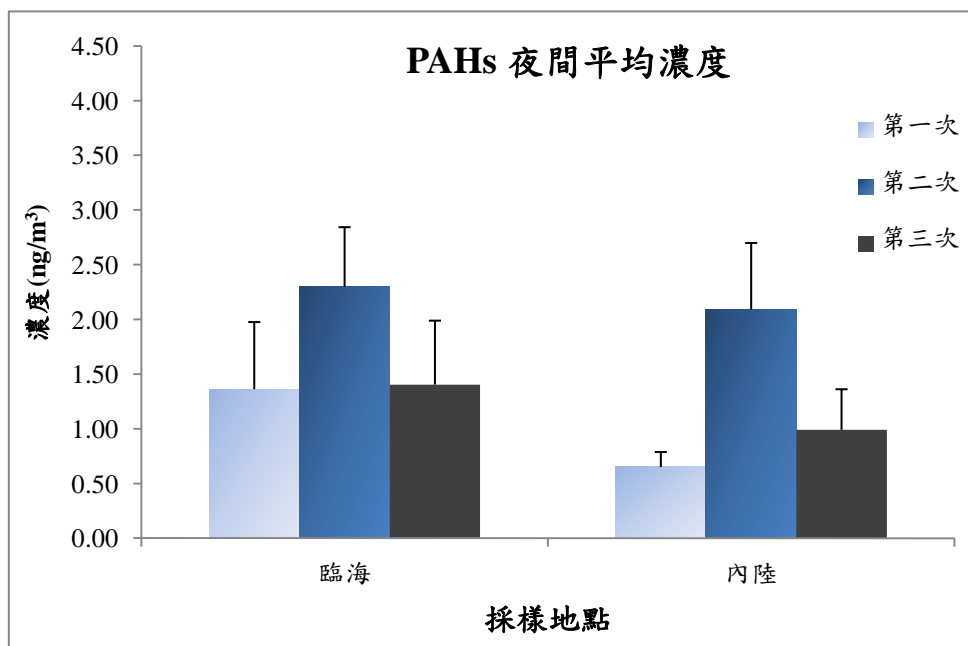
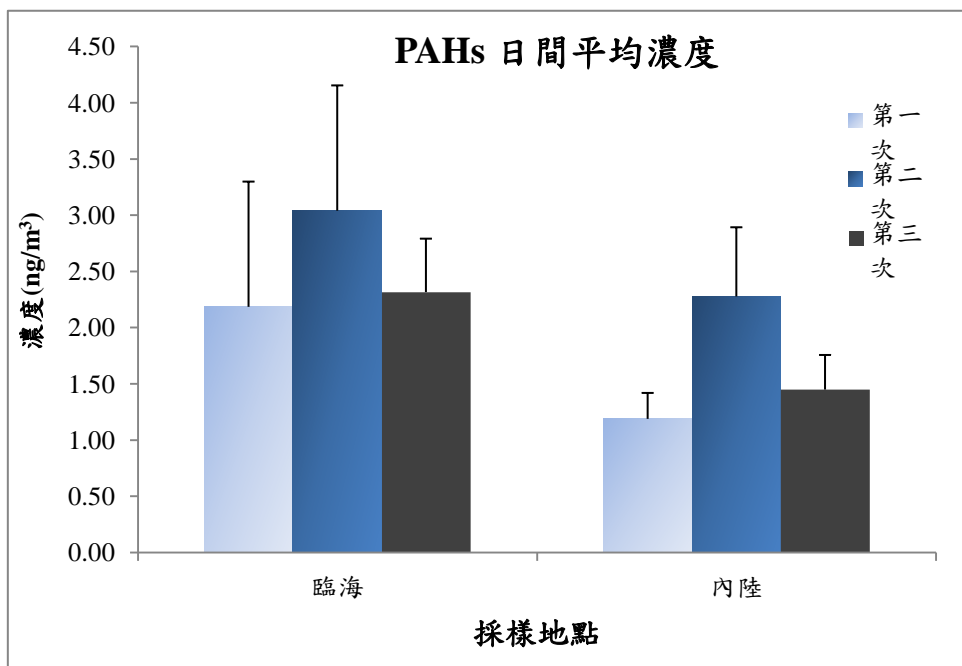


圖 3-4 採樣期間兩地區 TSP 中 PAHs 之日間與夜間平均濃度比較圖

表 3-8 三次採樣兩地區日間 TSP 中 PAHs 平均濃度(ng/m³)

29PAHs	第一次		第二次		第三次	
	臨海 (n=8)	內陸 (n=8)	臨海 (n=8)	內陸 (n=8)	臨海 (n=8)	內陸 (n=8)
NAP	0.035	0.024	0.041	0.027	0.016	0.016
2-MeNAP	0.029	0.018	0.050	0.024	0.026	0.021
1-MeNAP	0.019	0.013	0.036	0.017	0.023	0.019
ACPy	0.008	0.008	0.019	0.011	0.024	0.019
ACP	0.015	0.008	0.018	0.009	0.023	0.016
FLU	0.016	0.010	0.028	0.015	0.023	0.017
1-MeFLU	0.244	0.119	0.257	0.122	0.037	0.028
PHE	0.025	0.016	0.046	0.041	0.027	0.019
ANTHR	0.030	0.019	0.021	0.016	0.055	0.039
3-MePHE	0.026	0.017	0.044	0.021	0.048	0.030
2-MePHE	0.027	0.017	0.050	0.022	0.089	0.063
3,6-DMP	0.074	0.037	0.091	0.057	0.057	0.040
FLT	0.056	0.066	0.174	0.192	0.102	0.070
PYR	0.075	0.078	0.158	0.198	0.107	0.077
BNT	0.009	0.004	0.013	0.009	0.036	0.023
BcPH	0.009	0.008	0.014	0.015	0.041	0.028
CPP	0.012	0.009	0.012	0.025	0.123	0.084
BaA	0.043	0.024	0.048	0.060	0.091	0.068
CHR	0.018	0.012	0.021	0.020	0.033	0.025
BbF	0.226	0.138	0.188	0.327	0.159	0.093
BkF	0.040	0.029	0.031	0.059	0.123	0.066
BeP	0.098	0.037	0.049	0.090	0.117	0.078
BaP	0.081	0.040	0.033	0.090	0.157	0.105
IND	0.257	0.127	0.207	0.381	0.192	0.108
DBA	0.033	0.015	0.040	0.058	0.128	0.070
BghiP	0.258	0.138	0.151	0.280	0.036	0.021
ANTHN	0.024	0.018	0.013	0.036	0.151	0.075
DB(a,l)P	0.069	0.036	0.032	0.068	0.103	0.058
COR	0.326	0.104	0.151	0.209	0.168	0.071
T-PAHs	2.184	1.187	2.035	2.501	2.314	1.448
I-PAHs	0.134	0.117	0.279	0.268	0.231	0.163
I/T-PAHs(%)	6.1	9.8	13.7	10.7	10.0	11.3

表 3-9 三次採樣兩地區夜間 TSP 中 PAHs 平均濃度(ng/m^3)

29PAHs	第一次		第二次		第三次	
	臨海 (n=8)	內陸 (n=7)	臨海 (n=8)	內陸 (n=8)	臨海 (n=8)	內陸 (n=6)
NAP	0.030	0.020	0.031	0.028	0.010	0.011
2-MeNAP	0.022	0.015	0.033	0.022	0.012	0.013
1-MeNAP	0.014	0.011	0.023	0.015	0.011	0.011
ACPy	0.011	0.009	0.016	0.010	0.011	0.011
ACP	0.008	0.007	0.012	0.007	0.009	0.010
FLU	0.012	0.011	0.020	0.014	0.011	0.011
1-MeFLU	0.098	0.105	0.136	0.095	0.017	0.016
PHE	0.020	0.017	0.041	0.049	0.016	0.014
ANTHR	0.017	0.018	0.016	0.017	0.025	0.023
3-MePHE	0.011	0.011	0.020	0.021	0.018	0.016
2-MePHE	0.012	0.017	0.021	0.024	0.037	0.036
3,6-DMP	0.039	0.029	0.065	0.052	0.024	0.020
FLT	0.065	0.028	0.158	0.164	0.059	0.041
PYR	0.088	0.033	0.159	0.168	0.064	0.048
BNT	0.004	0.003	0.011	0.007	0.015	0.012
BcPH	0.015	0.005	0.020	0.014	0.018	0.016
CPP	0.074	0.009	0.028	0.033	0.062	0.060
BaA	0.074	0.020	0.056	0.069	0.051	0.040
CHR	0.013	0.008	0.014	0.017	0.018	0.014
BbF	0.075	0.072	0.141	0.238	0.132	0.076
BkF	0.020	0.013	0.017	0.030	0.084	0.056
BeP	0.106	0.014	0.031	0.048	0.099	0.063
BaP	0.063	0.011	0.021	0.037	0.101	0.067
IND	0.163	0.032	0.218	0.415	0.182	0.086
DBA	0.021	0.015	0.042	0.047	0.064	0.042
BghiP	0.094	0.039	0.114	0.170	0.032	0.026
ANTHN	0.010	0.018	0.010	0.023	0.100	0.053
DB(a,l)P	0.045	0.020	0.065	0.113	0.054	0.040
COR	0.138	0.028	0.182	0.272	0.069	0.057
T-PAHs	1.362	0.639	1.717	2.219	1.405	0.990
I-PAHs	0.121	0.078	0.243	0.248	0.120	0.099
I/T-PAHs(%)	8.9	12.2	14.1	11.2	8.6	10.0

3.3 採樣期間氣態 PAHs 之濃度變化

圖 3-5 為採樣期間其日間與夜間氣態 PAHs 平均濃度分佈圖，可看出氣態 PAHs 日間平均濃度皆高於夜間平均濃度，說明日間較易受到人為活動因素影響，而圖中顯示總平均氣態 PAHs 濃度多以臨海工業污染地區為高，內陸少污染地區則較低，且夜間其趨勢較為明顯。第二批次可能受到較大風速的影響，導致兩個地區的氣態 PAHs 日間與夜間平均濃度皆下降。採樣期間的 29 種 PAHs 日間夜間分析結果如表 3-10 及表 3-11 所示。表中可發現氣態 PAHs 主要組成以 NAP 與 Me-NAP 為主，佔 95% 以上，分子量較大的 PAHs 化合物較不易被分析得到，說明氣態 PAHs 組成以低分子量的 PAHs 化合物為大宗，高分子量的 PAHs 不易形成氣態存在大氣中；且氣態 PAHs 日間平均濃度皆高於夜間平均濃度，顯示日間較易受到人為活動因素影響。

氣態 PAHs 於環境中流佈狀況或與懸浮微粒分佈不盡相同，PM_{2.5} 與 TSP 懸浮微粒表面吸附少量 PAHs 後受重力影響沉降至接近地表被採集，而氣態 PAHs 多存在高空環境中，可能無法真實說明兩地區間 PAHs 濃度與流佈或趨勢；當溫度較低時，部份低分子量與中分子量的氣態 PAHs 飽和蒸汽壓相對較低，可能於夜間溫度較低溫時而大量析出導致夜間濃度相較日間濃度為高，故持續進行監測分析較有助於釐清現象。

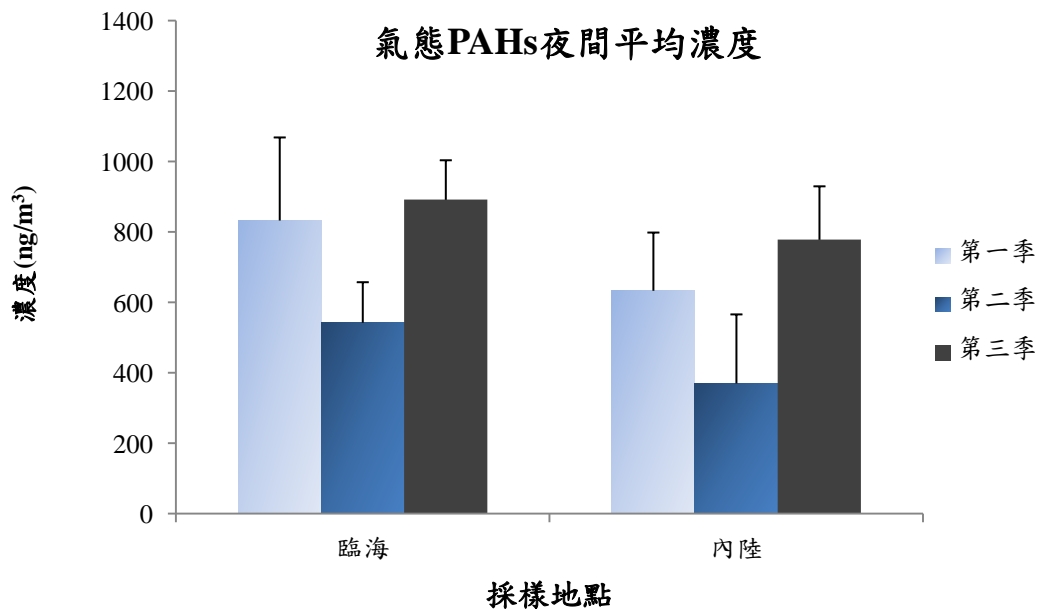
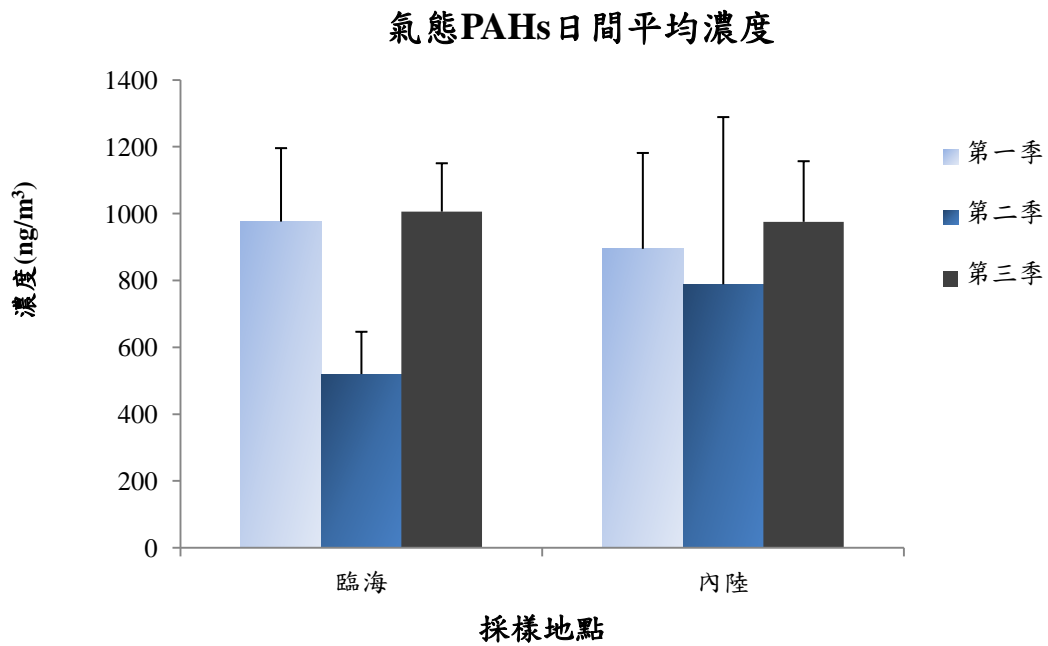


圖 3-5 採樣期間兩地區氣態 PAHs 之日間與夜間平均濃度比較圖

表 3-10 三次採樣兩地區日間氣態 PAHs 平均濃度(ng/m³)

29PAHs	第一次		第二次		第三次	
	臨海 (n=8)	內陸 (n=8)	臨海 (n=8)	內陸 (n=4)	臨海 (n=8)	內陸 (n=8)
NAP	954	871	498	769	957	926
2-MeNAP	13.0	5.34	9.8	7.30	27.0	26.8
1-MeNAP	4.12	8.75	4.88	3.73	13.8	15.2
ACPy	0.20	0.16	0.47	0.34	1.69	1.89
ACP	0.03	0.23	0.34	0.18	2.31	1.98
FLU	0.70	1.32	1.34	1.52	1.23	1.03
1-MeFLU	0.14	0.17	0.28	0.27	0.22	0.23
PHE	1.29	2.23	1.79	2.13	0.63	0.71
ANTHR	0.32	0.37	0.16	0.14	0.11	0.19
3-MePHE	0.11	0.14	0.09	0.09	0.19	0.19
2-MePHE	0.19	0.27	0.05	0.04	0.24	0.24
3,6-DMP	ND	ND	0.08	0.08	ND	0.05
FLT	0.32	0.73	0.45	0.67	0.36	0.27
PYR	0.65	2.43	1.39	1.59	0.66	0.11
BNT	0.01	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02
BcPH	0.06	0.07	0.06	0.05	0.03	0.02
CPP	0.05	0.27	0.14	0.13	0.04	ND
BaA	0.04	0.14	0.02	0.01	0.03	0.03
CHR	0.11	0.13	0.08	0.07	0.04	0.04
BbF	0.06	0.04	0.04	0.09	0.01	0.01
BkF	0.08	0.09	0.12	0.01	0.04	0.03
BeP	0.02	0.09	0.04	0.01	ND	ND
BaP	0.12	0.30	0.04	0.05	0.01	0.01
IND	0.04	0.02	0.02	0.04	ND	ND
DBA	0.02	0.02	ND	ND	ND	ND
BghiP	0.04	0.01	0.02	0.02	0.01	ND
ANTHN	ND	ND	0.01	ND	ND	ND
DB(a,l)P	ND	0.06	0.02	0.04	ND	ND
COR	ND	ND	0.01	0.01	ND	ND
T-PAHs	976	894	519	788	1006	975

表 3-11 三次採樣兩地區夜間氣態 PAHs 平均濃度(ng/m^3)

29PAHs	第一次		第二次		第三次	
	臨海 (n=8)	內陸 (n=8)	臨海 (n=8)	內陸 (n=4)	臨海 (n=8)	內陸 (n=7)
NAP	789	603	504	340	807	595
2-MeNAP	23.1	13.7	17.1	13.1	47.5	44.0
1-MeNAP	10.9	6.84	9.32	8.02	28.7	28.5
ACPy	1.10	1.24	1.00	0.42	0.53	1.96
ACP	0.28	1.81	0.69	0.49	2.43	2.94
FLU	1.92	2.19	2.95	2.24	1.43	2.50
1-MeFLU	0.28	0.16	0.55	0.47	0.16	0.30
PHE	3.29	2.59	3.43	3.10	1.14	2.24
ANTHR	0.40	0.24	0.13	0.09	1.17	1.29
3-MePHE	0.10	0.08	0.07	0.07	0.25	0.32
2-MePHE	0.23	0.16	0.07	0.06	0.30	0.39
3,6-DMP	ND	ND	0.06	0.07	0.01	0.04
FLT	0.73	0.42	0.49	0.68	0.51	0.85
PYR	1.02	0.76	0.78	1.19	0.51	0.85
BNT	0.02	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01
BcPH	0.07	0.05	0.09	0.04	0.02	0.02
CPP	0.04	0.04	0.27	0.09	0.02	0.05
BaA	0.07	0.04	0.13	ND	0.02	0.03
CHR	0.13	0.10	0.09	0.07	0.03	0.03
BbF	0.06	0.07	0.08	0.07	0.01	0.03
BkF	0.05	0.05	0.49	0.03	0.03	0.04
BeP	0.01	0.03	0.09	0.02	ND	0.01
BaP	0.07	0.06	0.39	ND	0.01	0.02
IND	0.02	0.03	ND	ND	ND	0.01
DBA	0.01	ND	ND	ND	ND	ND
BghiP	0.02	0.01	ND	0.01	0.01	0.01
ANTHN	ND	ND	ND	ND	ND	ND
DB(a,l)P	0.01	0.02	ND	ND	ND	ND
COR	0.02	ND	ND	ND	ND	ND
T-PAHs	833	633	543	370	892	681

3.4 懸浮微粒中 PAHs 污染來源之特徵比值

不同污染物在不同燃燒條件下所產生之 PAHs 其組成具有其特殊性質，故相關研究逐漸建立了 PAHs 之特徵比值（Diagnostic/Characteristic Ratio），本計畫參照文獻中之特徵比值，用以評估臨海工業污染地區與內陸少污染地區其 PAHs 可能來源之差異，考慮研究兩個地區之污染源特性，其污染源包括固定污染源及移動污染源，固定污染源主要以煤炭、石化燃料之燃燒、煙囪排放等，而移動源以交通污染之排放為主，故選擇 $BbF+BkF/BghiP$ 與 $ANTHR/PHE+ANTHR$ 兩個比值 [42]，並進行交叉比對判定其來源。研究指出當 $BbF+BkF/BghiP < 1$ 時，可歸類主要為汽油燃料所排放，若當 $1 < BbF+BkF/BghiP$ 時，則歸類為柴油燃料之主要來源；此外，當 $ANTHR/PHE+ANTHR$ 比值 < 0.1 時，其來源為液態石化燃料中原本已存在之 PAHs 揮發所導致，比值 > 0.1 則為燃燒所產生之 PAHs。

採樣期間兩個地區各批次懸浮微粒中 PAHs 污染來源之特徵比值如圖 3-6 至圖 3-9 所示，兩個地區第一批次採樣 $PM_{2.5}$ 中的 PAHs 特徵比值與另兩批次具有較大差異，其比值較為分散，不若其他較為集中於 $BbF+BkF/BghiP = 1$ 的比值線，顯示兩個地區於少雨環境下可能因 $PM_{2.5}$ 微粒載體而趨於混合來源結果；內陸城市地區在 TSP 微粒中日間與夜間 PAHs 特徵比值比較上，可發現日間分佈傾向工業排放

與汽柴油混合燃燒之結果，夜間分佈則多為汽柴油混合燃燒之結果；臨海汙染源地區於 PM_{2.5} 與 TSP 特徵比值則多分佈於工業排放與汽柴油混合燃燒之結果。除此之外，由臨海汙染源地區及內陸城市地區於第二批次 TSP 的特徵比值比較圖中可發現兩者比值分佈趨勢極為相近，說明出現空品不佳的情況時，兩個地區可能因傳輸影響而導致汙染源因而傳輸擴散，是未來值得持續監測的現象。

3.5 懸浮微粒之 FESEM 分析圖

本計畫藉由場發射掃描式電子顯微鏡(Field-Emission Scanning Electron Microscope, FESEM)來觀察所收集懸浮微粒表面形態，利用電子束之反射作用產生二次電子形成的二維圖像，探討懸浮微粒與 PAHs 吸附機制之可能性；圖 3-10 與圖 3-11 為臨海汙染源地區在低濃度與高濃度 PM_{2.5} 以及 TSP 採樣濾紙之 FESEM 分析圖，而圖 3-12 與圖 3-13 為內陸少汙染地區低濃度與高濃度之 PM_{2.5} 以及 TSP 採樣濾紙之 FESEM 分析圖，各圖中線狀條狀物質為石英濾紙之原始材質 (SiO_x) 與結構，未採樣之空白濾紙經過能量散射光譜儀 (Energy Dispersive Spectrometer, EDS) 元素分析只有 Si 與 O 元素。PM_{2.5} 濾紙經衝擊板後採集的顆粒粒徑範圍為 2.5 μm 以下，而 TSP 濾紙所採集的顆粒粒徑範圍為 100 μm 以下，由各圖中可發現兩個地區的 PM_{2.5}

濾紙採集的顆粒粒徑不大於 2.5 μm ，然 TSP 濾紙採集的顆粒粒徑卻多小於 20 μm 以下，即使空品不佳的情形下也多小於 30 - 50 μm ，推論空氣中能被風承載傳輸的顆粒粒徑大小為 50 μm 粒徑以下。圖中皆可觀察出高濃度的濾紙所採集的顆粒數較低濃度濾紙微粒為多且體積較為大顆，顯示在高濃度的條件下會使得大氣中細小的微粒成為類似晶種顆粒，經由水氣、溫度與碰撞條件會成核更大的顆粒懸浮於大氣環境中，形成過程中可能因此吸附 PAHs 化合物。

臨海汙染源地區與內陸少汙染地區經採樣的 $\text{PM}_{2.5}$ 濾紙顆粒（如各圖中之十字標記）經 EDS 元素分析發現於低濃度時元素多為相近，然臨海地區在高濃度時分析出的元素為 C、O、Si、S、Fe、Na、Mg 與 S，和內陸地區分析出的元素（C、O、Si、Al 與 Ca）不盡相同。此外臨海地區採集的低濃度 TSP 濾紙顆粒經 EDS 元素分析有 C、O、Si、Na、K、Mg、Al、Fe 與 Cl，而內陸地區採集的低濃度 TSP 濾紙顆粒為 C、O、Si、Na、K、Mg、Al、S、Br 與 Cl；高濃度的 TSP 採樣濾紙經分析後，臨海地區有 C、O、Si、Na、K、Mg、Al、S、Ca 與 Cl，而內陸地區為 C、O、Si、Na、K、Mg、Al、S、Ca 與 Fe 等元素。

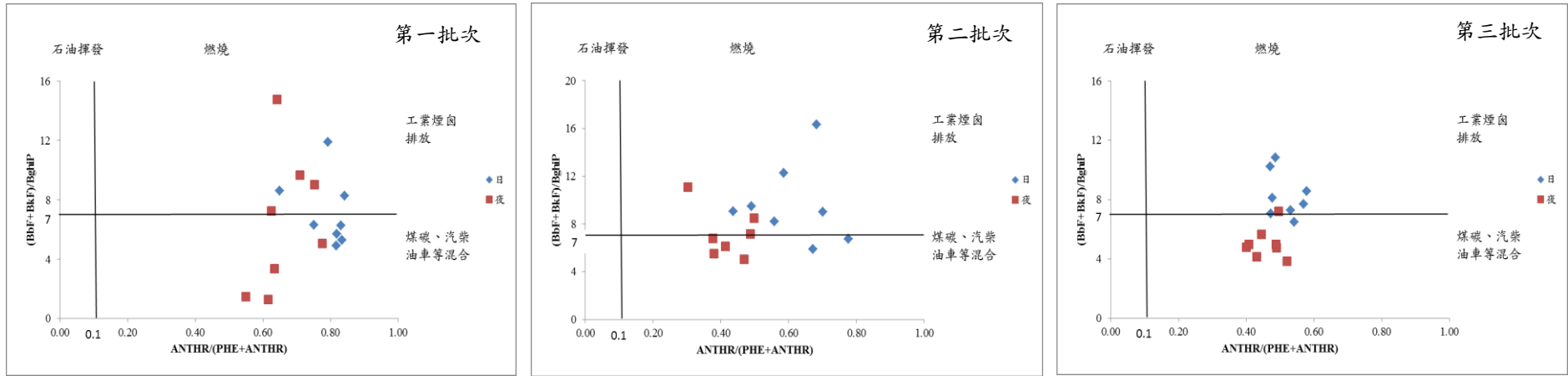


圖 3-6 臨海污染地區於採樣期間 PM_{2.5} 中 PAHs 日間與夜間之特徵比值分佈圖

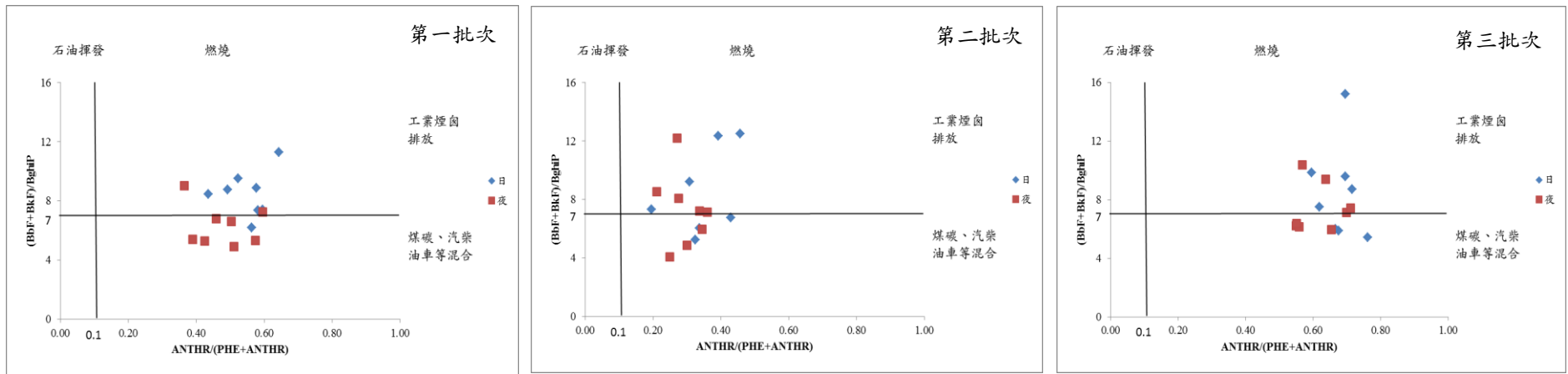


圖 3-7 臨海污染地區於採樣期間 TSP 中 PAHs 日間與夜間之特徵比值分佈圖

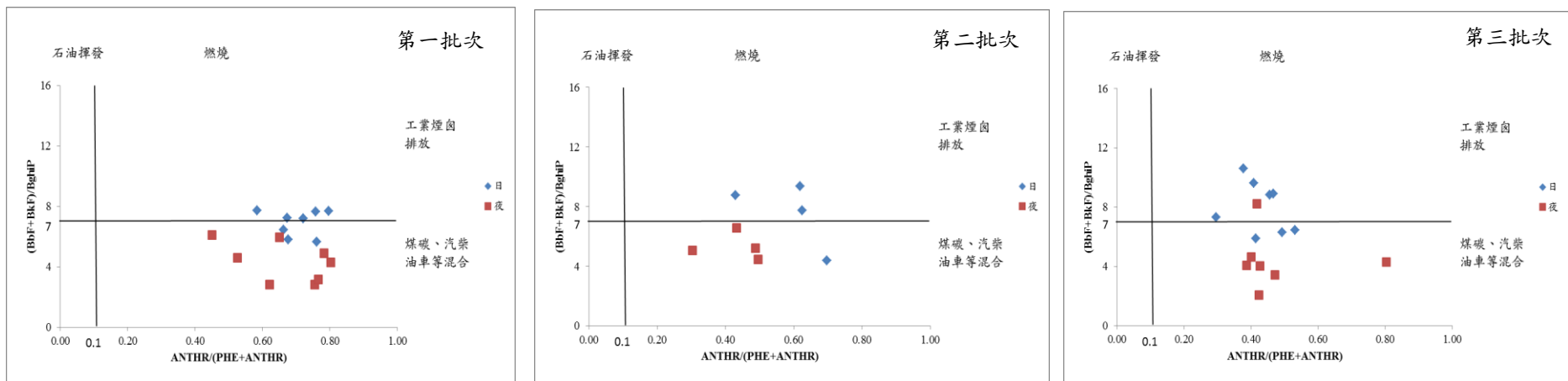


圖 3-8 內陸少污染地區於採樣期間 $PM_{2.5}$ 中 PAHs 日間與夜間之特徵比值分佈圖

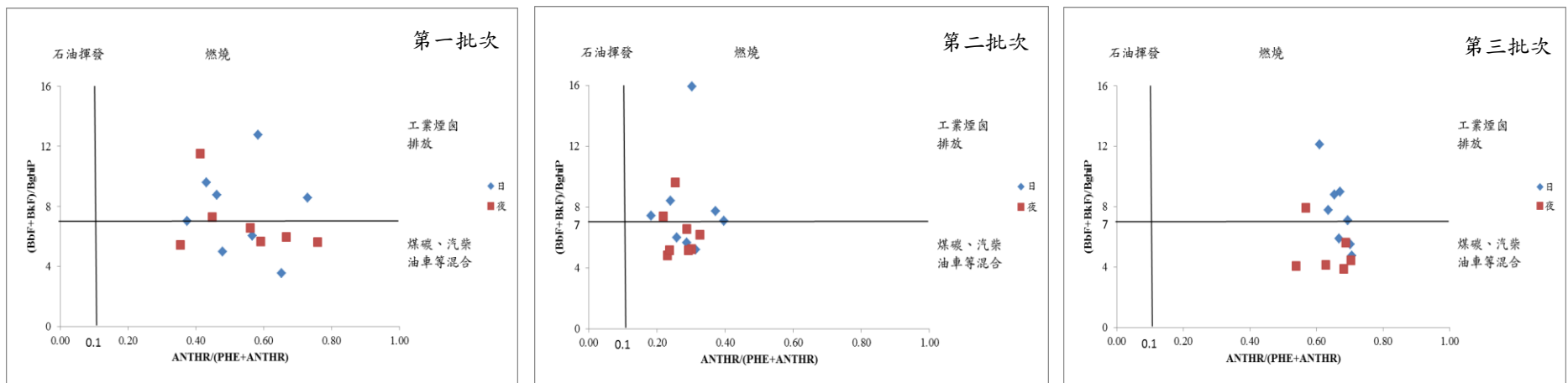


圖 3-9 內陸少污染地區於採樣期間 TSP 中 PAHs 日間與夜間之特徵比值分佈圖

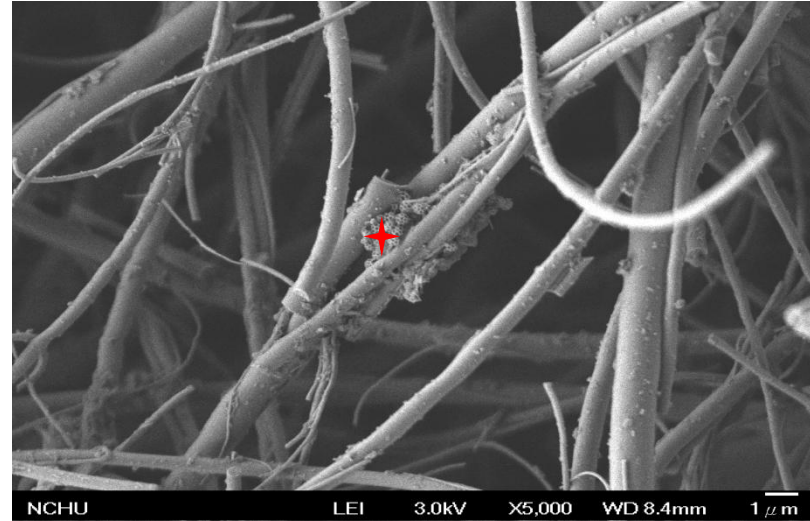
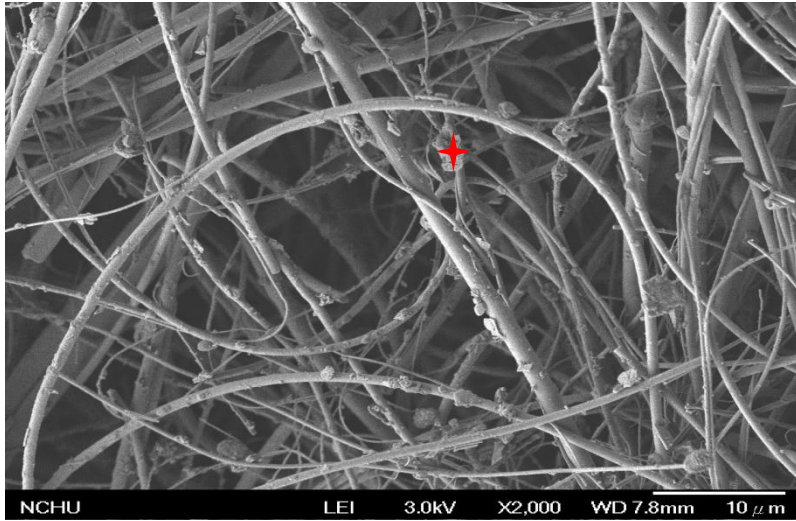


圖 3-10 臨海汙染源地區(a)低濃度與(b)高濃度 PM_{2.5} 採樣濾紙之 FESEM 分析圖

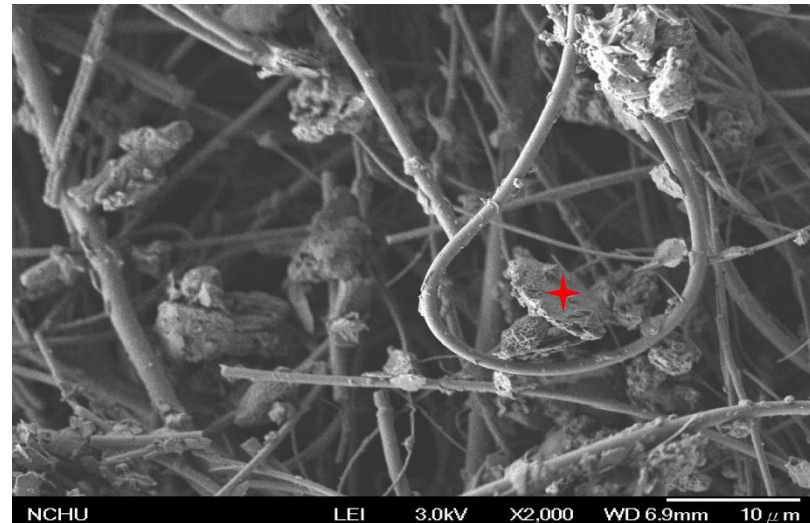
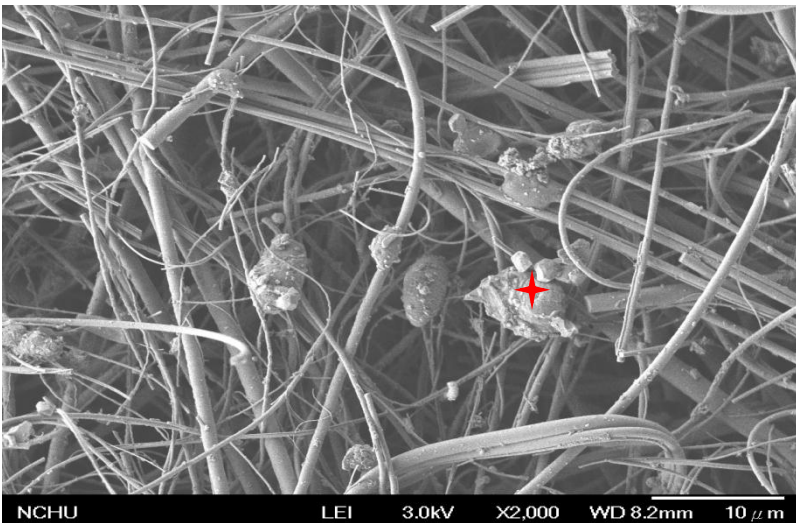


圖 3-11 臨海汙染源地區(a)低濃度與(b)高濃度 TSP 採樣濾紙之 FESEM 分析圖

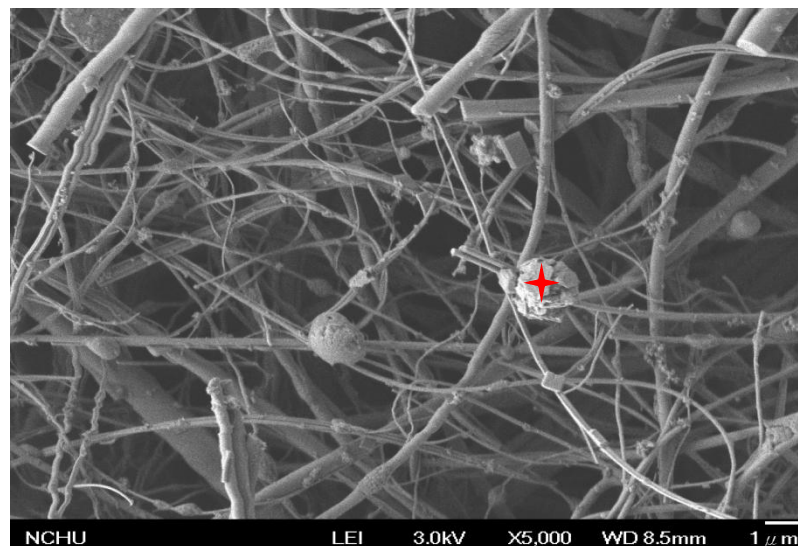
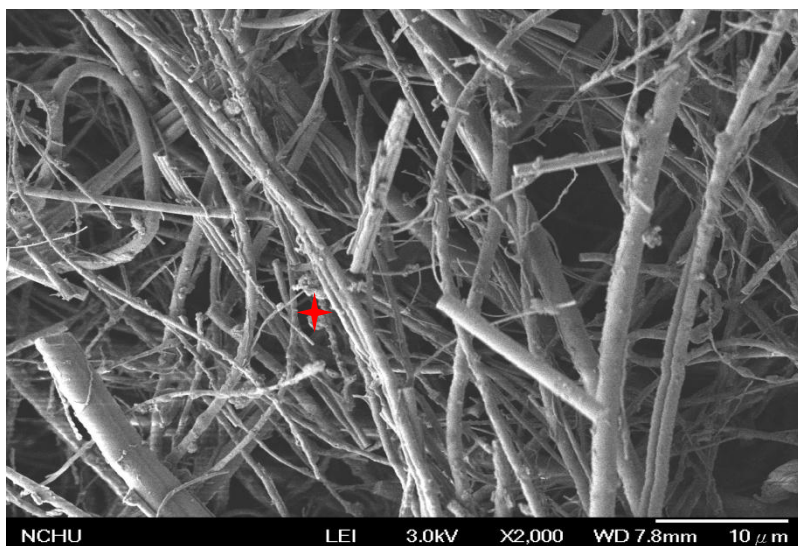


圖 3-12 內陸少污染地區(a)低濃度與(b)高濃度 PM_{2.5} 採樣濾紙之 FESEM 分析圖

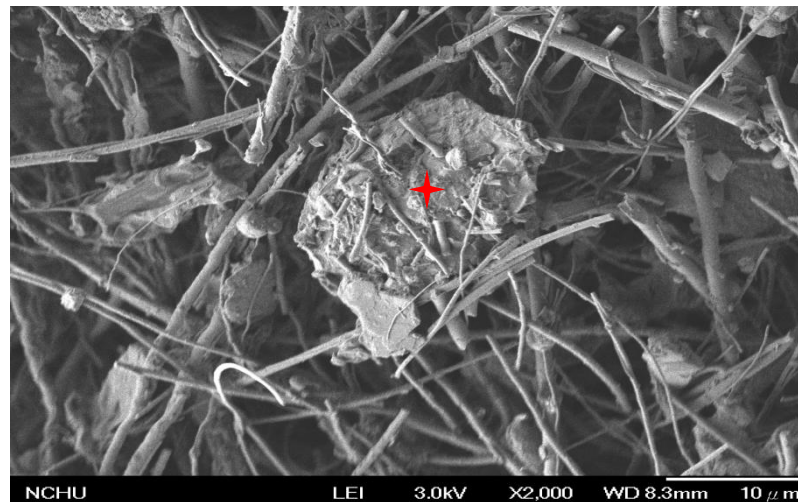
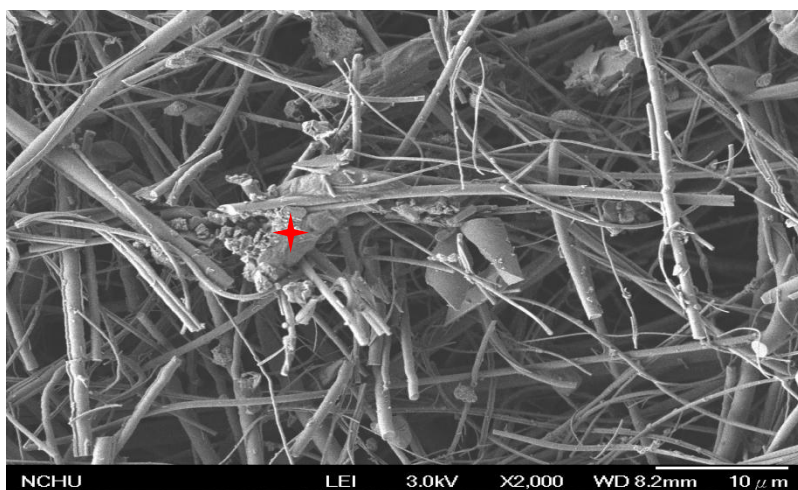


圖 3-13 內陸少污染地區(a)低濃度與(b)高濃度 TSP 採樣濾紙之 FESEM 分析圖

3.6 PAHs 之氣固分佈與平衡

由 1.4 小節敘述之理論與經驗式，嘗試藉由 $\log K_p - \log P_L^{\circ}$ 模式來判別與觀察 PAHs 濃度於氣相/固相 (TSP) 之間是否達到平衡，以 $\log K_p$ 對 $\log P_L^{\circ}$ 作圖迴歸可得到一線性關係，當 PAHs 濃度在氣相與固相間之分佈達到平衡時，斜率理論值為 -1，即 PAH 分子在固相顆粒表面上達到吸附與脫附之間的平衡；此外，PAHs 容易與吸附於微粒上並以氣固相共存於大氣環境下，當整個程序主要由有機物質吸收所主導時，則以正辛醇-空氣分佈係數 (Octanol-air partitioning coefficient, K_{oa}) 來取代過冷飽和蒸汽壓 (P_L°) 來進行計算，並判斷在氣相與固相之濃度分佈是否達到平衡[27]，即為研究上另一模式 $\log K_p - \log K_{oa}$ 模式，作圖意義上大致與 $\log K_p - \log P_L^{\circ}$ 模式相同，當 PAHs 濃度在氣/固相間分佈達到平衡時，其斜率理論值為 +1 [25-27]，以利判別平衡結果。

臨海汙染源地區各個批次的日間與夜間 $\log K_p - \log P_L^{\circ}$ 分佈圖如圖 3-14 至圖 3-16 所示，第一批次與第三批次夜間斜率較日間大，顯示高分子量的 PAHs 較多，低分子量的 PAHs 較少；而第三批次的斜率最高，日間與夜間的斜率分別為 -0.744 與 -0.763，較為接近平衡狀態。內陸少汙染地區各個批次的日間與夜間 $\log K_p - \log P_L^{\circ}$ 分佈圖如圖 3-17 至圖 3-19 所示，第二批次日間斜率較夜間大，顯示日間時段

高分子量的 PAHs 較多，低分子量的 PAHs 較少，第三批次日間與夜間的斜率最高，其斜率分別為-0.659 與-0.667，較為接近平衡狀態。

圖 3-20 至圖 3-22 為臨海污染源地區各個批次的日間與夜間 $\log K_p - \log K_{oa}$ 分佈圖，而內陸少污染地區各個批次的日間與夜間 $\log K_p - \log K_{oa}$ 分佈圖則如圖 3-23 至圖 3-25。臨海污染源地區第三批次的斜率為各個批次中最大值，日間與夜間的斜率分別為 0.729 與 0.785，顯示夜間時段的高分子量 PAHs 較多，低分子量的 PAHs 較少，較為接近平衡狀態，第二批次可能受到風速較大的因素而導致 PAHs 平衡狀況降低。內陸少污染地區第三批次的斜率仍為各個批次中最大值，日間與夜間的斜率分別為 0.756 與 0.715，顯示日間時段其高分子量的 PAHs 較多，低分子量的 PAHs 較少，較為接近平衡狀態，第二批次可能受到風速較大的因素而導致高分子量 PAHs 降低，低分子量的 PAHs 增加，使得 PAHs 平衡狀況降低。

使用 $\log K_p - \log K_{oa}$ 模式判別氣固分佈平衡時，可發現兩個地區各個批次日間與夜間時段之斜率均較使用 $\log K_p - \log P_L^o$ 模式之斜率為大，顯示判別 PAHs 的氣固分佈平衡時，使用 $\log K_p - \log K_{oa}$ 模式是較佳的模式，因 PAHs 容易與吸附於微粒上且當整個程序主要由有機物質吸收所主導時，其飽和蒸汽壓以正辛醇-空氣分佈係數判別較佳。

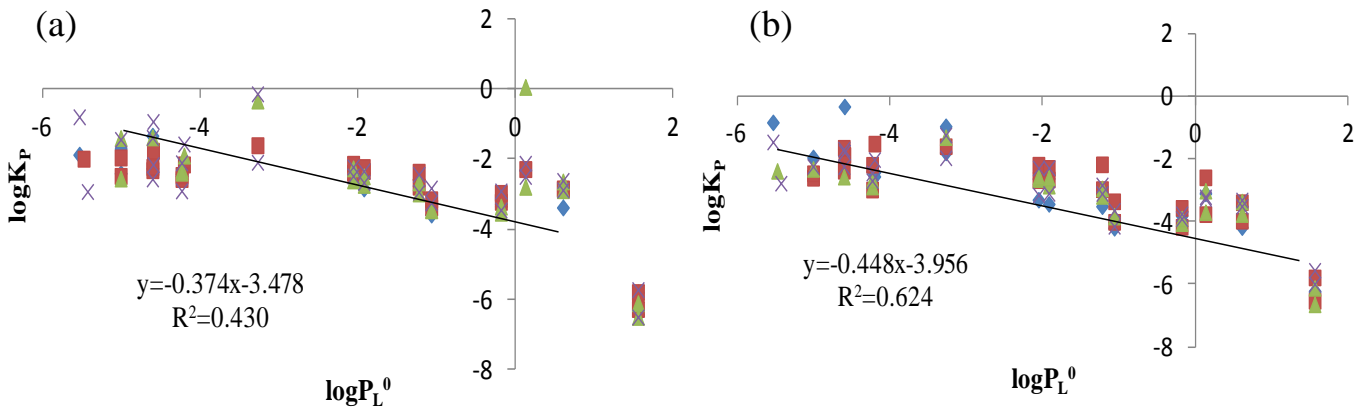


圖 3-14 第一批次臨海地區(a)日間與(b)夜間之 $\log K_p - \log P_L^0$ 分佈圖

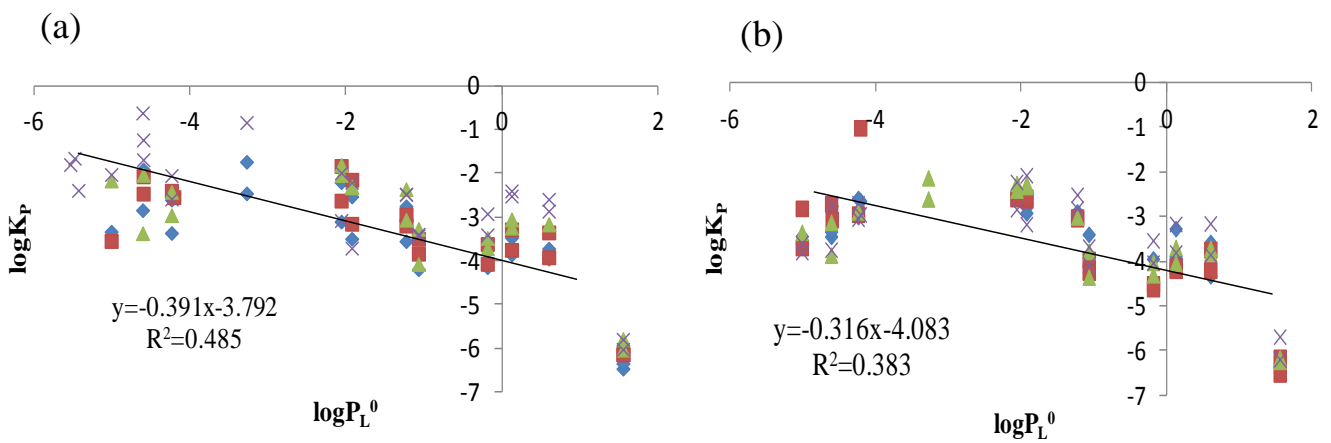


圖 3-15 第二批次臨海地區(a)日間與(b)夜間之 $\log K_p - \log P_L^0$ 分佈圖

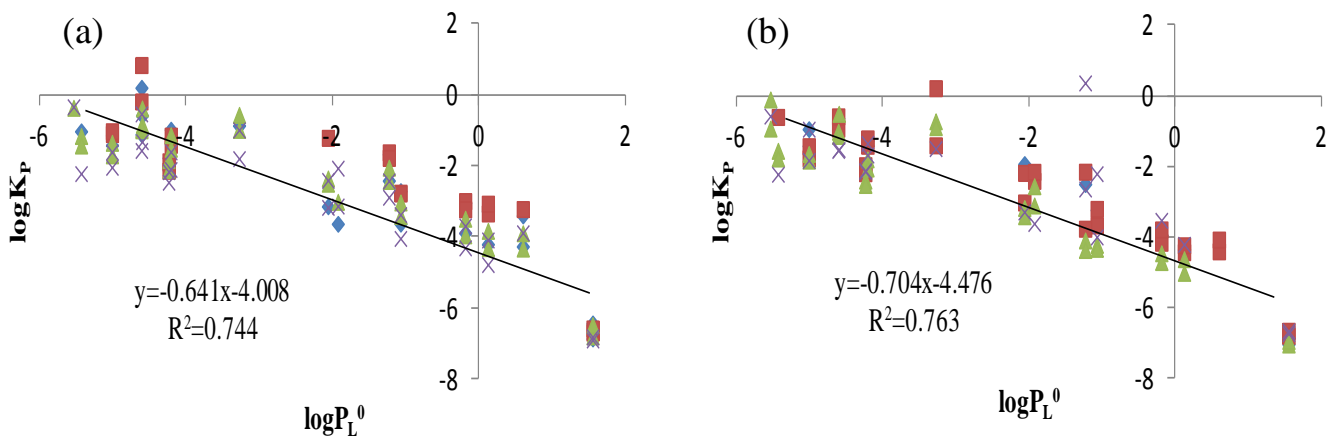


圖 3-16 第三批次臨海地區(a)日間與(b)夜間之 $\log K_p - \log P_L^0$ 分佈圖

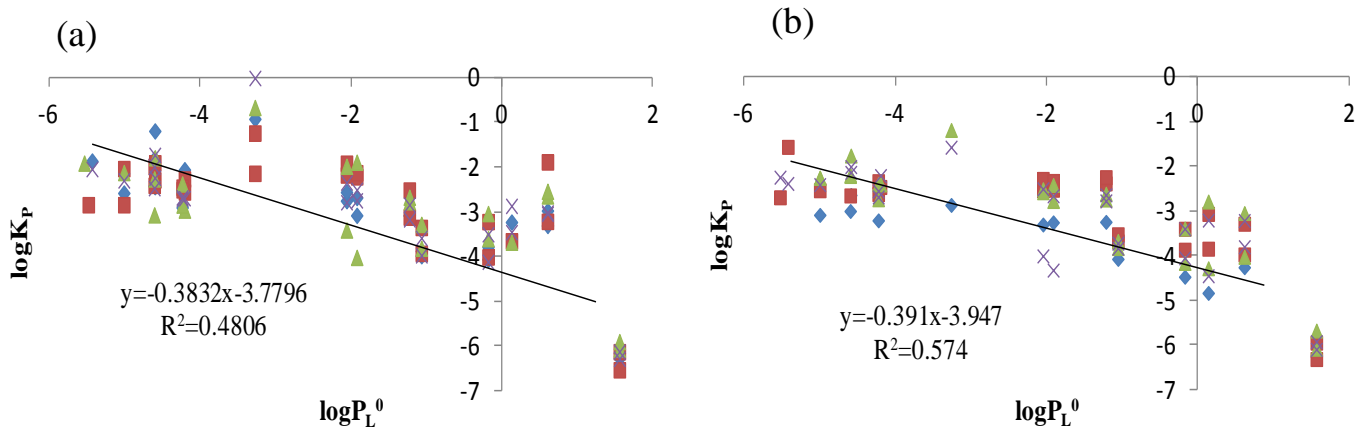


圖 3-17 第一批次內陸地區(a)日間與(b)夜間之 $\log K_p - \log P_L^0$ 分佈圖

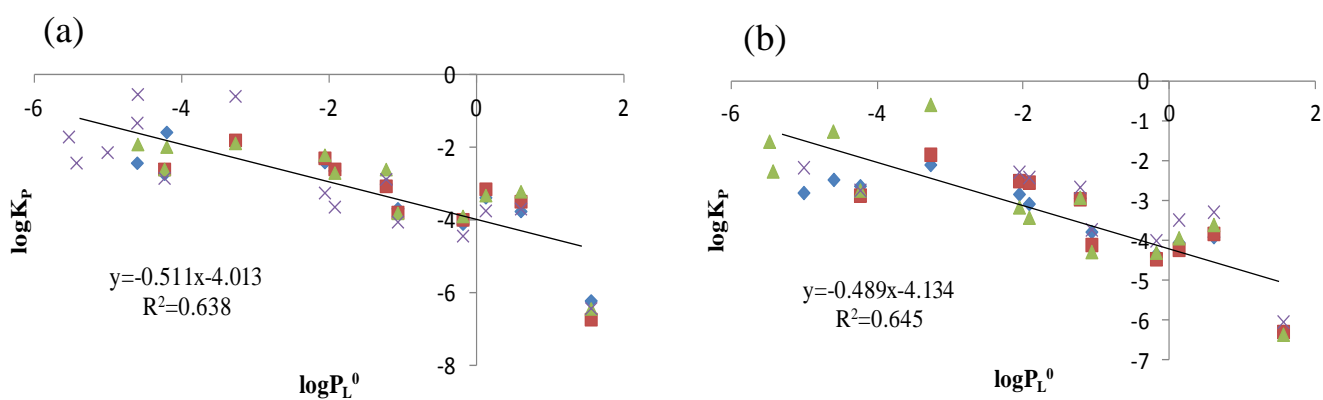


圖 3-18 第二批次內陸地區(a)日間與(b)夜間之 $\log K_p - \log P_L^0$ 分佈圖

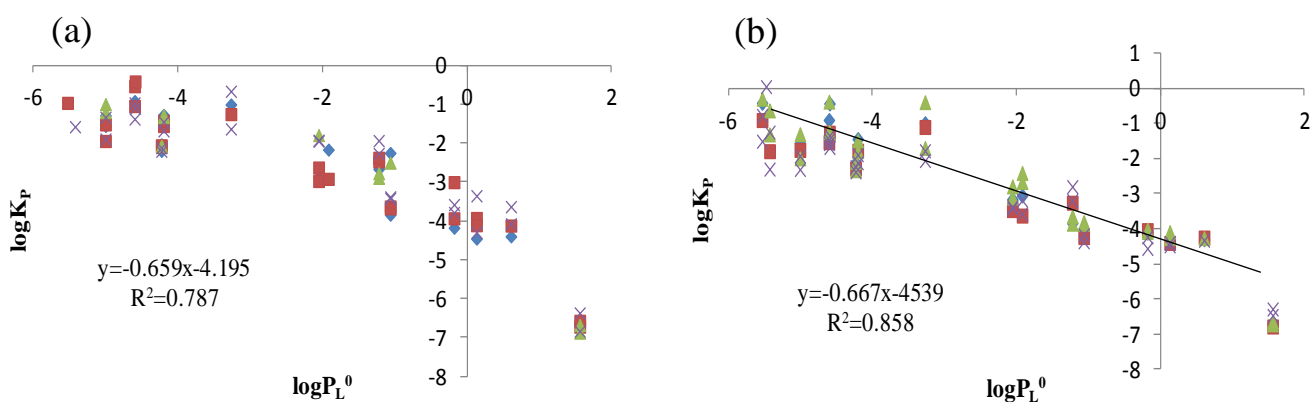


圖 3-19 第三批次內陸地區(a)日間與(b)夜間之 $\log K_p - \log P_L^0$ 分佈圖

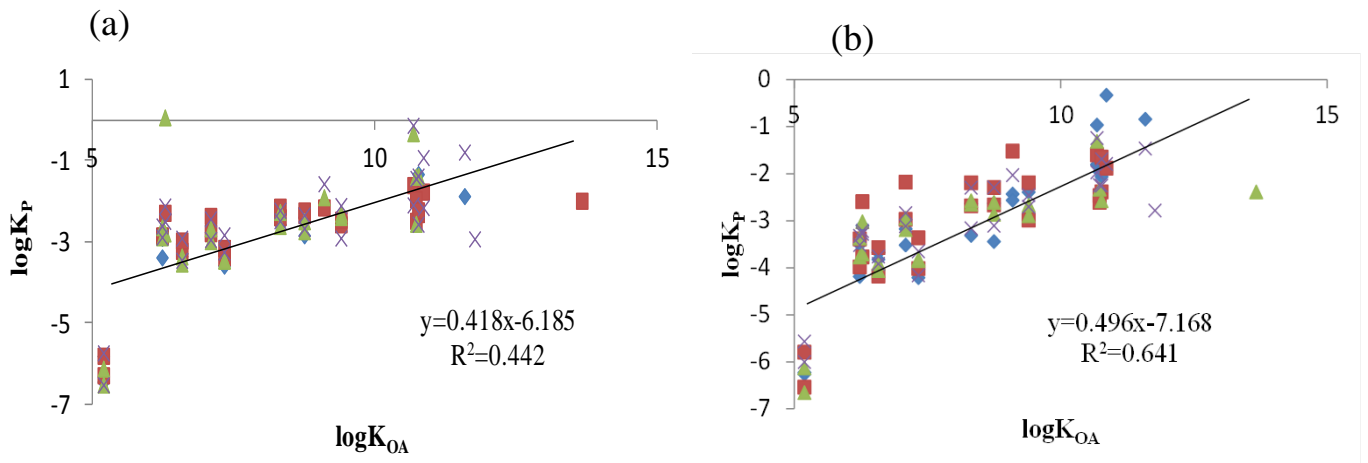


圖 3-20 第一批次臨海地區(a)日間與(b)夜間之 $\log K_p - \log K_{oa}$ 分佈圖

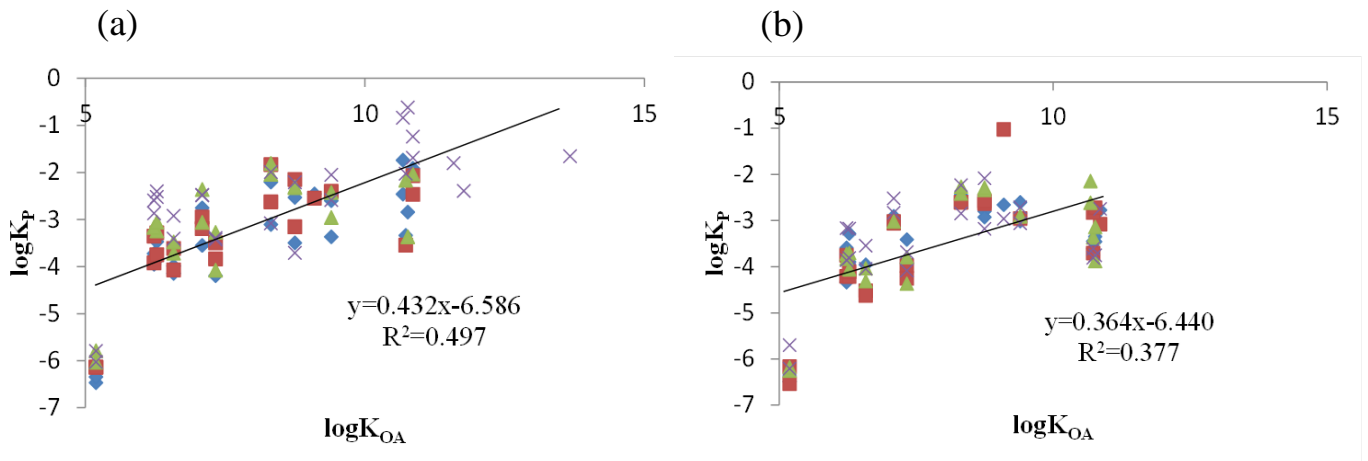


圖 3-21 第二批次臨海地區(a)日間與(b)夜間之 $\log K_p - \log K_{oa}$ 分佈圖

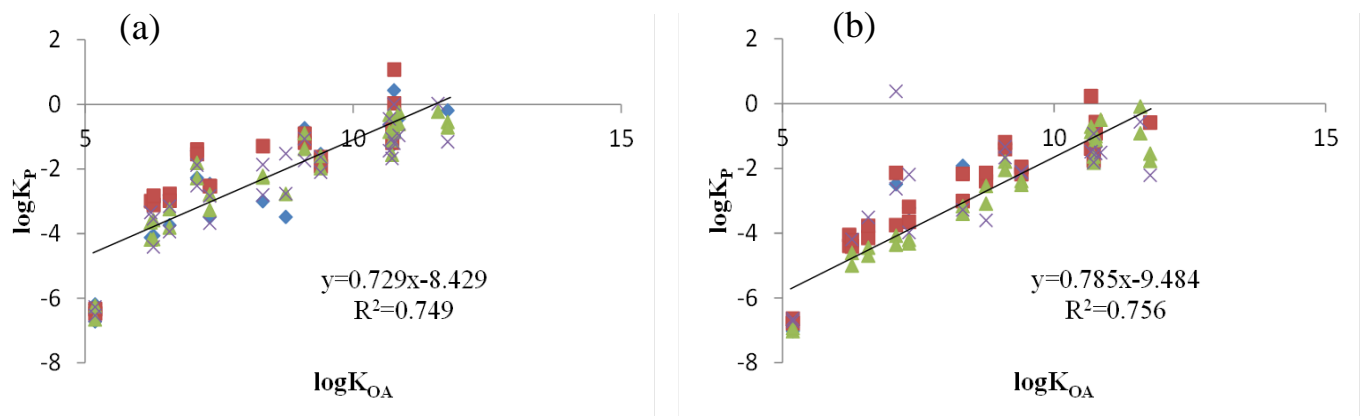


圖 3-22 第三批次臨海地區(a)日間與(b)夜間之 $\log K_p - \log K_{oa}$ 分佈圖

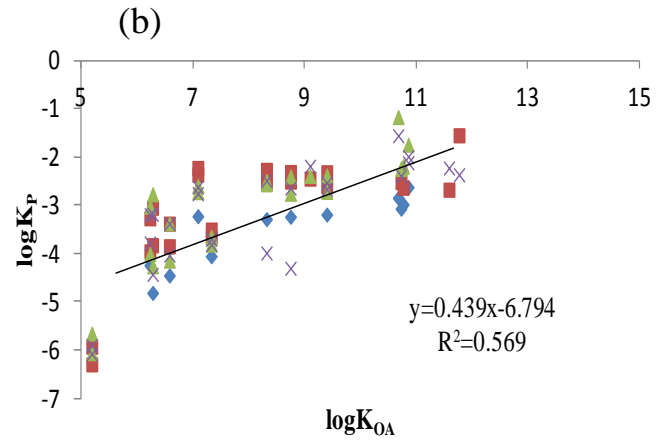
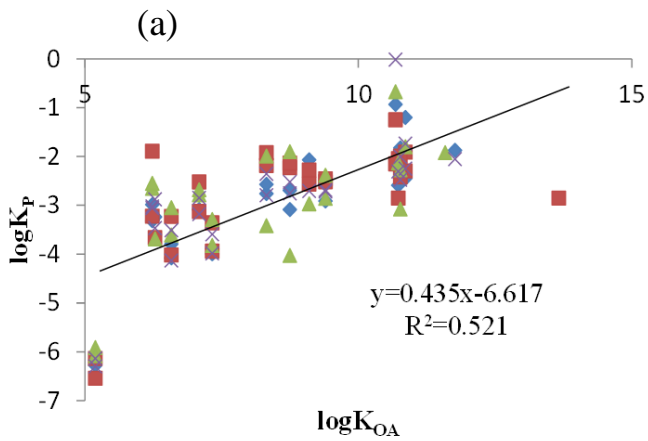


圖 3-23 第一批次內陸地區(a)日間與(b)夜間之 $\log K_p - \log K_{oa}$ 分佈圖

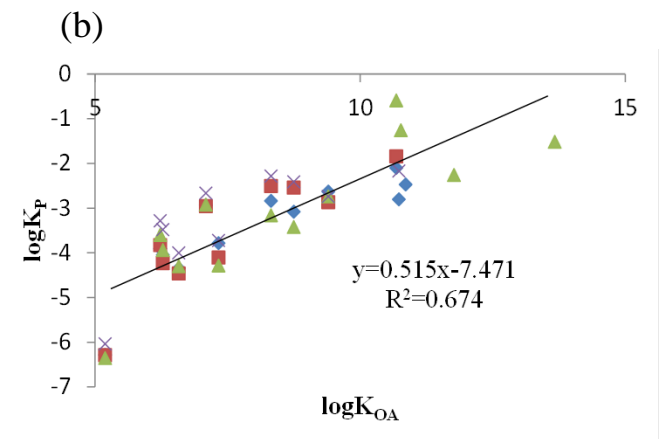
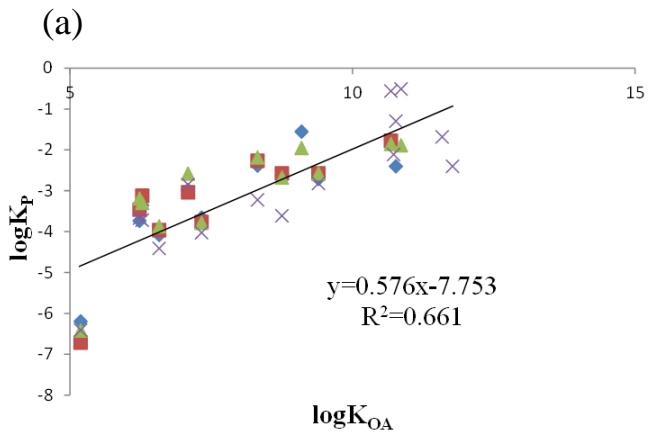


圖 3-24 第二批次內陸地區(a)日間與(b)夜間之 $\log K_p - \log K_{oa}$ 分佈圖

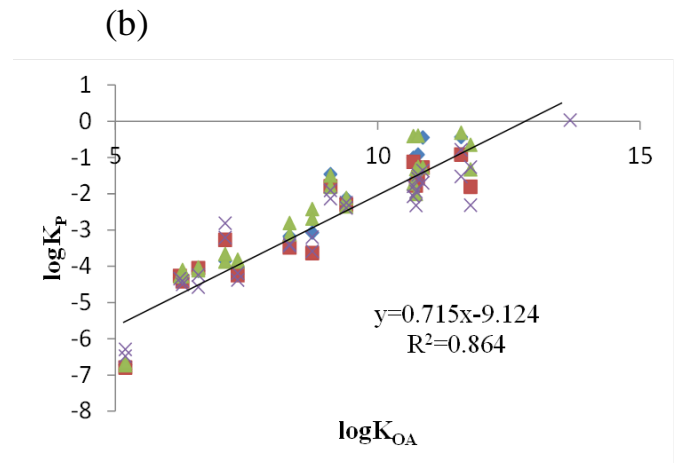
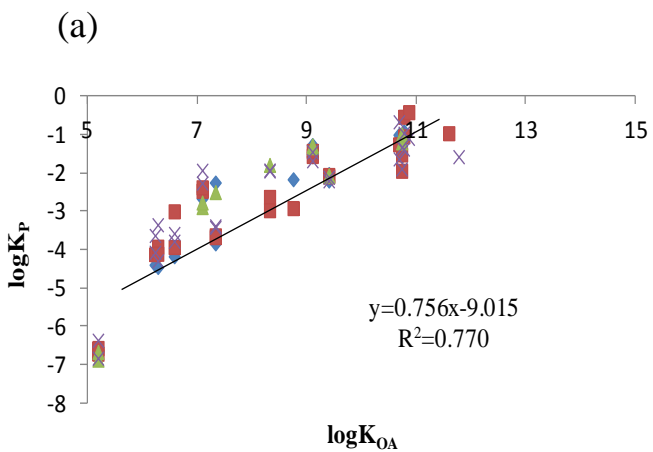


圖 3-25 第三批次內陸地區(a)日間與(b)夜間之 $\log K_p - \log K_{oa}$ 分佈圖

3.7 土壤中 PAHs 濃度與逸散分佈

表 3-12 為採樣期間臨海汙染源地區與內陸少汙染源地區的三個批次土壤中之 29 種 PAHs 平均濃度，可發現臨海汙染源地區除 ANTHN 之外，其他 PAHs 皆有分析得到濃度值，而內陸少汙染源地區約分析得到 20 種 PAHs 化合物，顯示兩地區間土壤存在差異性，而採樣期間臨海汙染源地區與內陸少汙染源地區的三個批次土壤中之總 PAHs 平均濃度如圖 3-26，可觀察到兩地區間土壤中 PAHs 濃度差異極大，除第二批次臨海地區約為內陸地區的 12 倍之外，其他二批次皆差距 20 倍以上，顯示空品不佳的情況會導致土壤中 PAHs 總濃度降低，相關原因值得後續探討深入研究。

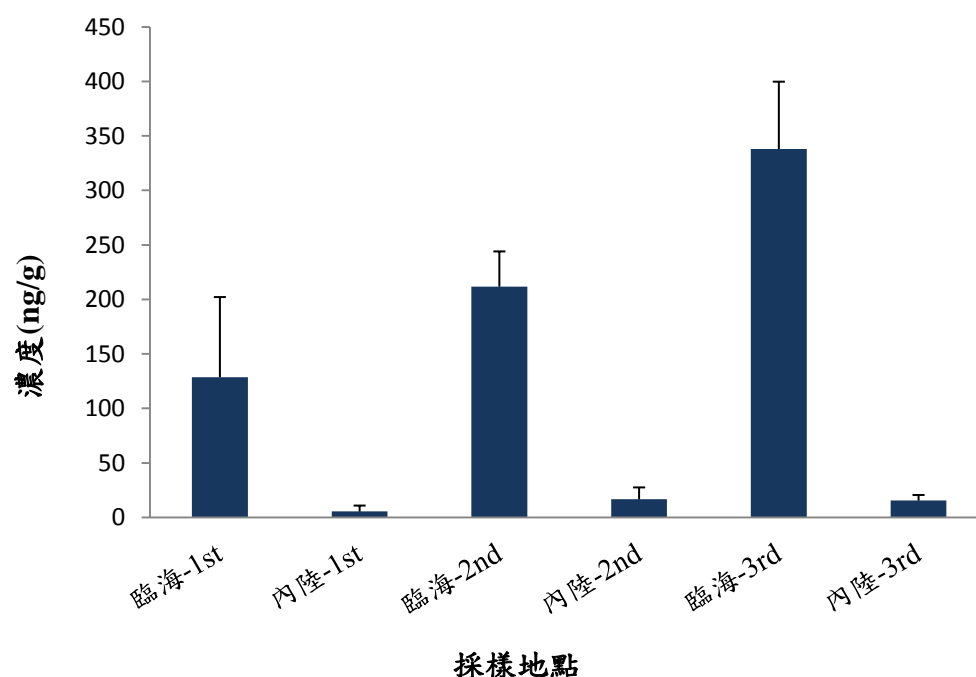


圖 3-26 採樣期間兩地區三個批次土壤中之總 PAHs 平均濃度

表 3-12 採樣期間兩地區三個批次土壤中 PAHs 平均濃度(ng/g)

29 PAHs	第一次		第二次		第三次	
	臨海	內陸	臨海	內陸	臨海	內陸
	(n=2)	(n=2)	(n=2)	(n=2)	(n=2)	(n=2)
NAP	2.03	0.27	2.91	0.89	5.30	1.78
2-MeNAP	1.93	0.51	3.30	0.88	6.12	1.56
1-MeNAP	1.21	0.37	1.84	0.65	3.43	1.13
ACPy	0.12	ND	0.27	ND	0.40	ND
ACP	0.11	ND	0.12	ND	0.30	ND
FLU	0.59	ND	0.56	0.25	0.87	0.35
1-MeFLU	1.39	0.55	31.2	0.75	1.69	1.14
PHE	4.60	0.61	5.25	1.30	11.7	1.62
ANTHR	0.49	ND	0.45	ND	0.18	0.13
3-MePHE	0.85	0.20	0.84	0.36	1.95	0.47
2-MePHE	0.62	0.20	0.59	0.35	1.17	0.46
3,6-DMP	0.45	0.12	1.21	ND	1.15	0.32
FLT	6.43	0.49	5.37	1.52	9.30	0.85
PYR	5.00	0.61	5.37	1.86	8.48	0.89
BNT	0.59	ND	2.14	0.17	1.21	0.13
BcPH	0.38	ND	0.30	0.12	0.93	ND
CPP	0.34	ND	0.50	ND	0.86	ND
BaA	2.40	0.42	2.19	0.59	4.06	1.09
CHR	1.82	0.30	0.96	0.76	3.15	0.50
BbF	19.6	0.31	16.2	2.16	33.2	0.86
BkF	1.37	ND	2.55	1.11	2.86	0.27
BeP	5.04	ND	5.73	0.48	10.7	0.29
BaP	6.03	0.23	4.45	0.95	7.32	1.07
IND	25.7	ND	25.2	0.54	58.3	0.11
DBA	6.03	ND	7.63	ND	19.5	ND
BghiP	13.0	ND	10.3	0.52	17.9	0.11
ANTHN	ND	ND	ND	ND	ND	ND
DB(a,l)P	6.16	ND	6.86	ND	13.9	ND
COR	14.4	0.29	67.4	0.39	112	0.35
T-PAHs	129	5.47	212	16.6	338	15.5

本計畫嘗試利用逸散比值來探討土壤與氣態 PAHs 濃度在氣/固相間之分佈，藉以判別其於氣相或固相中所佔比例之高低，當 $f_{\text{Soil}}/f_{\text{Air}}$ 比值 >1 時為 PAHs 大多存在於土壤中且容易揮發至大氣中；比值 <1 為其多存在於大氣中且會沉降、吸附至土壤中；而比值等於 1 則為 PAHs 在土壤與大氣間分佈達平衡。經過計算後將三個批次的逸散分佈作圖，如圖 3-27 所示，可觀察出三個批次 PAHs 的 $\log f_S/\log f_A$ 比值皆為臨海地區較內陸地區為高，說明在 PAHs 濃度在氣/固相間之分佈，以臨海地區較接近平衡，然兩個地區的比值皆 <1 ，顯示臨海污染源地區以及內陸少污染地區，目前大氣環境中的 PAHs 在土壤與大氣間分佈未達平衡，多存在於大氣中沉降、吸附至土壤中之狀態。

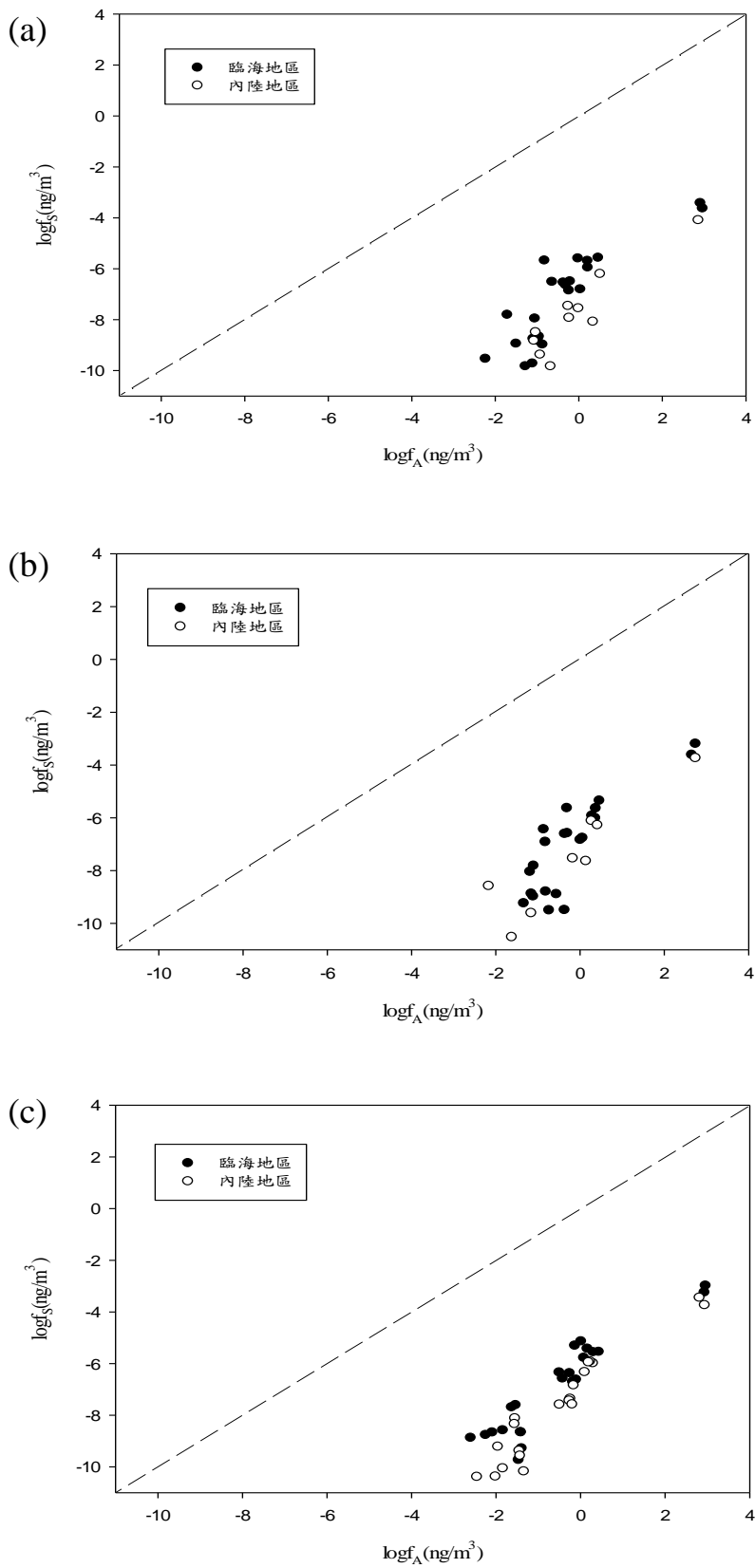


圖 3-27 (a)第一批次、(b)第二批次與(c)第三批次之逸散分佈圖

第四章 總結

各地區之風速值皆為日間高於夜間之趨勢；在風向的部分，採樣期間顯示各地區日夜間風向皆以西南西與南南東為主，內陸城市地區夜間多為靜風狀態。林內地區可能氣流風向受到鄰近山勢以及地形的影響，日間夜間仍呈現明顯之海陸風。整體而言，日間的 $PM_{2.5}$ 平均質量濃度最高值為內陸城市地區於第三批次採樣分析值(44.95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)，夜間最高值為臨海工業污染地區於第二批次採樣分析值(66.04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)，當空品較差時，其 $PM_{2.5}$ 卻在夜間時出現高濃度的結果，其成因有待往後更多監測與分析結果進行確認以及後續持續監測分析為佳。日間的 TSP 平均質量濃度最高值為臨海工業污染地區於第二批次採樣分析值(206.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)，夜間最高值為內陸城市地區於第二批次採樣分析值(153.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)，當空品較差時，其 TSP 濃度值均會提高，可能較第一批次颱風多雨季節分析濃度值的 3 至 5 倍以上，TSP 平均濃度無隨著採樣區域愈靠近內陸有愈高的趨勢，有可能是因為總懸浮微粒為 100 μm 以下之微粒總和，其微粒重量較重因素，無法隨著風速而隨之移動，故 TSP 日間與夜間平均濃度皆為臨海工業污染地區高於內陸城市地區。

採樣期間兩地區 $PM_{2.5}$ 中 PAHs 之各批次日間與夜間平均濃度發

現各批次於日間或夜間的PAHs濃度幾乎為臨海工業污染地區高於內陸城市地區，可能因鄰近眾多排放源之因素而導致，PM_{2.5}微粒中幾乎29種PAHs化合物都有分析出，顯示臨海工業污染地區有著大量污染來源，必須加以重視為佳，I-PAHs夜間平均濃度皆為內陸城市地區高於臨海工業污染地區，可能因為白天海風吹拂傳輸，以及夜間因溫度較低，導致PAHs化合物自氣相轉換至固相所致。兩地區TSP中PAHs之各批次於日間或夜間的PAHs濃度多為臨海工業污染地區高於內陸城市地區，也發現日間PAHs平均濃度均高於夜間之結果，各批次的I-PAHs夜間平均濃度，除第三批次外，皆為夜間高於日間的情形。氣態PAHs主要組成以NAP與Me-NAP為主，佔95%以上，分子量較大的PAHs化合物較不易被分析得到，說明氣態PAHs組成以低分子量的PAHs化合物為大宗，高分子量的PAHs不易形成氣態存在大氣中，且氣態PAHs日間平均濃度皆高於夜間平均濃度，顯示日間較易受到人為活動因素影響。三個批次土壤中之總PAHs平均濃度顯示兩地區間土壤中PAHs濃度差異極大，除第二批次臨海地區約為內陸地區的12倍之外，其他二批次皆差距20倍以上，顯示空品不佳的情況會導致土壤中PAHs總濃度降低。

兩個地區懸浮微粒中PAHs污染來源之特徵比值分佈方面，內陸城市地區在TSP微粒中日間與夜間PAHs特徵比值比較上，可發現日

間分佈傾向工業排放與汽柴油混合燃燒之結果，夜間分佈則多為汽柴油混合燃燒之結果；臨海汙染源地區於 PM_{2.5} 與 TSP 特徵比值則多分佈於工業排放與汽柴油混合燃燒之結果。藉由場發射掃描式電子顯微鏡觀察推論空氣中能被風承載傳輸的顆粒粒徑大小為 50 μm 粒徑以下；臨海汙染源地區與內陸少汙染地區經採樣的 PM_{2.5} 濾紙顆粒經 EDS 元素分析發現於低濃度時元素多為相近，然臨海地區在高濃度時分析出的元素為 C、O、Si、S、Fe、Na、Mg 與 S，和內陸地區分析出的元素（C、O、Si、Al 與 Ca）不盡相同；此外臨海地區採集的低濃度 TSP 濾紙顆粒經 EDS 元素分析有 C、O、Si、Na、K、Mg、Al、Fe 與 Cl，而內陸地區採集的低濃度 TSP 濾紙顆粒為 C、O、Si、Na、K、Mg、Al、S、Br 與 Cl；高濃度的 TSP 採樣濾紙經分析後，臨海地區有 C、O、Si、Na、K、Mg、Al、S、Ca 與 Cl，而內陸地區為 C、O、Si、Na、K、Mg、Al、S、Ca 與 Fe 等元素。

臨海汙染源地區各個批次的日間與夜間 $\log K_p - \log P_L^o$ 分佈圖顯示第三批次的斜率最高，日間與夜間的斜率分別為 -0.744 與 -0.763，內陸少汙染地區其斜率分別為 -0.659 與 -0.667，較為接近平衡狀態。在 $\log K_p - \log K_{oa}$ 分佈方面，臨海汙染源地區第三批次的斜率為各個批次中最大值，日間與夜間的斜率分別為 0.729 與 0.785，顯示夜間時段的高分子量 PAHs 較多，低分子量的 PAHs 較少，較為接近平衡狀態，

第二批次可能受到風速較大的因素而導致 PAHs 平衡狀況降低。內陸少污染地區第三批次的斜率仍為各個批次中最大值，日間與夜間的斜率分別為 0.756 與 0.715，顯示日間時段其高分子量的 PAHs 較多，低分子量的 PAHs 較少，較為接近平衡狀態，第二批次可能受到風速較大的因素而導致高分子量 PAHs 降低，低分子量的 PAHs 增加，使得 PAHs 平衡狀況降低。由將三個批次的逸散分佈圖可觀察出三個批次 PAHs 的 $\log f_s / \log f_A$ 比值皆為臨海地區較內陸地區為高，說明在 PAHs 濃度在氣/固相間之分佈，以臨海地區較接近平衡，然兩個地區的比值皆 < 1 ，顯示臨海污染源地區以及內陸少污染地區，目前大氣環境中的 PAHs 在土壤與大氣間分佈未達平衡，多存在於大氣中沉降、吸附至土壤中之狀態。

參 考 文 獻

1. Li,B., Feng,C., Li,X., Chen,Y., Niu,J., Shen, Z., 2012. Spatial distribution and source apportionment of PAHs in surficial sediments of the Yangtze Estuary, China. *Marine Pollution Bulletin* 64:636-643.
2. Yang, H.H. and Chen,C.M.,2004. Emission inventory and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in the atmosphere at a suburban area in Taiwan. *Chemosphere* 56:879-887.
3. Zandere, M., 1985. *Physical and Chemical Properties of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*. Marcel Dekker Inc.
4. Keller, C.D., Bidleman, T.F., 1984. Collection of airborne polycyclic aromatic hydrocarbons and other organic with a glass fiber filter-polyurethane foam system. *Atmospheric Environment* 18:827-845.
5. Nishioka, M.G., Lewtas, J., 1992. Quantification of nitro- and hydroxylated nitro-aromatic/polycyclic aromatic hydrocarbons in selected ambient air daytime winter sample. *Atmospheric Environment* 26: 2077-2087.
6. Hecht, S.S., 1988. Potential carcinogenic effects of polynuclear aromatic hydrocarbons and nitro-aromatic in mobile and public health. *Environmental Science & Technology*, 555-567.
7. Behymer, T.D., Hites, R.A., 1985. Photolysis of polycyclic aromatic hydrocarbons adsorbed on simulated atmospheric particulates. *Environmental Science & Technology* 19:1004-1006.
8. Barron, M.C., 1990. Bioconcentration. *Environmental Science & Technology* 24:1612-1618.
9. Oliver, B.G., Nilmi, A.J., 1998. Trophodynamic analysis of polychlorinated biphenyls congeners and other chlorinated hydrocarbons in the Lake Ontario. *Environmental Science & Technology* 4:388-397.
10. 張碧芬、袁紹英，多環芳香烴化合物之環境流佈及其生物分解，*環境檢驗通訊雜誌*，第22期。
11. Ravindra, K., Sokhi, R., Grieken, R.V., 2008. Review: atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: source attribution, emission

- factors and regulation. *Atmospheric Environment* 42, 2895-2921.
12. Ravindra, K., Wauters, E., Van Grieken, R., 2008. Variation in particulate PAHs levels and their relation with the transboundary movement of the air masses. *Science of the Total Environment* 396, 100-110.
 13. Yang, H.H., Lee, W.J., Chen, S.J., Lai, S.O., 1998. PAH emission from various industrial stacks. *Journal of Hazardous Materials* 60, 159-174.
 14. Kong, S., Shi, J., Lu, B., Qiu, W., Zhang, B., Peng, Y., Zhang, B., Bai, Z., 2011. Characterization of PAHs within PM10 fraction for ashes from coke production, iron smelt, heating station and power plant stacks in Liaoning Province, China. *Atmospheric Environment* 45, 3777-3785.
 15. Neff, J.M., 1979. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment, sources, fates, and biological effects. *Applied Science* 262.
 16. Yunker, M.B., Macdonald, R.W., Vingarzan, R., Mitchell, R.H., Goyette, D., Sylvestre, S., 2002. PAHs in the Fraser River basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition. *Organic Geochemistry* 33:489-515.
 17. Pyyssalo, H., Tuominen, J., Wickstrom, K., Skytta, E., Tikkanen, L., Salomaa, S., Sorsa, M., Pohjola, V., 1987. Polycyclic organic material (POM) in urban air Fractionation, chemical analysis and genotoxicity of particulate and vapor phase in an industrial town in Finland. *Atmospheric Environment* 21:1167-1180.
 18. Budzinski, H., Jones, I., Bellocq, J., Pièrard, C., Garrigues, P., 1997. Evaluation of sediment contamination by polycyclic aromatic hydrocarbons in the Gironde estuary. *Marine Chemistry* 58:85-97.
 19. Yamasaki, H., Kawata, K., Miyamoto, H., 1982. Effects of ambient temperature on aspects of airborne polycyclic aromatic hydrocarbons. *Environmental Science & Technology* 16:189-194.
 20. Pankow, J.F., 1987. Review and comparative analysis of the theories on partitioning between the gas and aerosol particle in the atmosphere. *Atmospheric Environment* 21:2275-2283.
 21. Pankow, J.F., 1991. Common y-intercept and single compound regressions of gas-particle partitioning data vs 1/T. *Atmospheric Environment* 25:2229-2239.
 22. Pankow, J.F., 1994. An absorption model of gas/particle partitioning

- of organic compounds in the atmosphere. *Atmospheric Environment* 28:185-188.
23. Pankow, J.F., 1998. Further discussion of the octanol/air partition coefficient K_{oa} as a correlating parameter for gas/particle partitioning coefficients. *Atmospheric Environment* 32:1493-1497.
 24. Bidleman, T.F., Billings, W.N., Foreman, W.T., 1986. Vapor-particle Partitioning of semi-volatile organic compounds: Estimates from Field collections. *Environmental Science and Technology* 20:1038-1043.
 25. Mackay, D., Borba, A., Shiu, W.Y., 1982. Relationships between Aqueous Solubility and Octanol-Water Partition Coefficients. *Chemospheres* 9:701-711.
 26. Hinckley, D.A., Bidleman, T.E., Foreman, W.T., 1990. Determination of Vapor Pressures for Nonpolar and Semipolar Organic Compounds from Gas Chromatographic Retention Data. *Journal of Chemical Engineering Data* 35:232-237.
 27. Ma, W.L., Sun, D.Z., Shen, W.G., Yang, M., Qi, H., Liu, L.Y., Shen, J. M., Li, Y. F., 2011. Atmospheric concentrations, sources and gas-particle partitioning of PAHs in Beijing after the 29th Olympic Games. *Environmental Pollution* 159:1794-1801.
 28. Demircioglu, E., Sofuoglu, A., Odabas, M., 2011. Particle-phase dry deposition and air-soil gas exchange of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Izmir, Turkey. *Journal of Hazardous Materials* 186:328-335.
 29. Harrison, R.M., Tilling, R., Callén Romero, M.S., Harrad, S., Jarvis, K., A study of trace metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in the roadside environment. *Atmospheric Environment* 2003, 37, 2391-2402.
 30. Schwartz, J., Dockery, D.W., Neas, L.M., 1996. Is daily mortality associated specifically with fine particles? *Journal of the Air and Waste Management Association* 46, 927-939.
 31. Broday, D.M., Georgopoulos, P.G., Growth and deposition of hygroscopic particulate matter in the human lungs. *Aerosol Science and Technology* 2001, 34, 144-159.
 32. Schroeter, J.D., Musante, C.J., Hwang, D., Burton, R., Guilmette, R., Martonen, T.B., Hygroscopic growth and deposition of inhaled secondary cigarette smoke in human nasal pathways. *Aerosol Science and Technology* 2001, 34, 137-143.

33. Wilson, W.E., Stockburger, L., Diurnal variations in aerosol composition and concentration in aerosols. Science, industry, health and environment, in Proceedings of the Third International Aerosol Conference, Kyoto, Japan, September 1990, S. Masuda and K. Takahashi, (Eds.), 962–965.
34. Keywood, M.D., Athers, G.P., Gras, J.L., Gillett, R.W., Cohen, D.D., 1999. Relationship between size segregated mass concentration data and ultrafine particle number concentrations in urban areas. *Atmospheric Environment* 33:2907-2913.
35. Offenberg J.H., Baker, J.E., 2002. The influence of aerosol size and organic carbon content on gas/particle partitioning of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). *Atmospheric Environment* 36:1205-1220.
36. Venkataraman, C., Thomas, S., Kulkarni, P., 1999. Size distributions of polycyclic aromatic hydrocarbons-gas/particle partitioning to urban aerosol. *Journal of Aerosol Science* 30:759-770.
37. IARC, 2012. Agents Classified by the IARC Monographs:1-105.
38. Cook, J.W., Hewett, C.L. and Hieger, I., 1933. The isolation of cancer-producing hydrocarbon from coal tar, part I, II and III. *Journal of Chemical Society*:395-421.
39. Collins, J., Brown, J., Alexeeff, G., Salmon, A., 1998. Potency equivalency factors for some polycyclic aromatic hydrocarbons and polycyclic aromatic hydrocarbon derivatives. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 28:45-54.
40. Denissenko, M.F., Pao, A., Tang, M.S., Pfeifer, G.P., 1996. Preferential formation of benzo[a]pyrene adducts at lung cancer mutational hotspots in P53. *Science* 274:430-432.
41. Peters, A., Klot, V.S., Heier, M., Trentinaglia, I., Hormann, A., Wichmann, H.E., Lowel, H., 2004. Exposure to traffic and the onset of myocardial infarction. *New England Journal of Medicine* 351:1721-1730.
42. Kuo C. Y., Chien P. S., Kuo W. C., Wei C. T., Rau J. Y., 2012. Comparison of Polycyclic aromatic hydrocarbon emissions on gasoline and diesel-dominated routes. *Environmental Monitoring and Assessment* 185:5749-5761.

科技部補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現（簡要敘述成果是否有嚴重損及公共利益之發現）或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

- 達成目標
 未達成目標（請說明，以 100 字為限）
 實驗失敗
 因故實驗中斷
 其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

- 論文：已發表 未發表之文稿 撰寫中 無
專利：已獲得 申請中 無
技轉：已技轉 洽談中 無
其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性），如已有嚴重損及公共利益之發現，請簡述可能損及之相關程度（以 500 字為限）

本計畫已建立以石油揮發與熱裂解為主的工業污染源以及排放污染源較少之內陸城市等兩個地點其 TSP、PM_{2.5}、氣態及土壤中 PAHs 濃度之基本資料，且比較兩採樣地區 TSP、PM_{2.5}、氣態及土壤中 PAHs 其濃度、組成及特徵比值之差異，探討並瞭解影響其差異之原因；再以氣固分佈模式推估兩地區間 PAHs 之氣固分佈係數，評估兩地區在不同大氣條件下其氣態與固態 PAHs 之濃度分佈達到平衡之狀態。以 FESEM 技術創新觀察懸浮微粒之表面形態，提供佐證兩採樣地區在不同大氣條件下其懸浮微粒表面形態之差異，並探討其與 PAHs 吸附特性之差異。

科技部補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2015/10/26

科技部補助計畫	計畫名稱: 探討多環芳香烴化合物在不同大氣環境下其氣固分佈現象與逸散平衡之情形
	計畫主持人: 郭崇義
	計畫編號: 103-2111-M-040-001- 學門領域: 大氣化學
無研發成果推廣資料	

103年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：郭崇義		計畫編號：103-2111-M-040-001-					
計畫名稱：探討多環芳香烴化合物在不同大氣環境下其氣固分佈現象與逸散平衡之情形							
成果項目		量化			單位	備註（質化說明： 如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	1	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	1	100%		
		研討會論文	0	1	100%		
		專書	0	0	100%	章/本	
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	1	1	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	1	1	100%		
國外	論文著作	期刊論文	0	1	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%	章/本	
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
其他成果 （無法以量化表達之 成果如辦理學術活動 、獲得獎項、重要國 際合作、研究成果國 際影響力及其他協助 產業技術發展之具體 效益事項等，請以文 字敘述填列。）		無					

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科教處計畫加填項目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

科技部補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以100字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以100字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以500字為限）

本計畫已建立以石油揮發與熱裂解為主的工業污染源以及排放污染源較少之內陸城市等兩個地點其TSP、PM2.5、氣態及土壤中PAHs濃度之基本資料，且比較兩採樣地區TSP、PM2.5、氣態及土壤中PAHs其濃度、組成及特徵比値之差異，探討並瞭解影響其差異之原因；再以氣固分佈模式推估兩地區間PAHs之氣固分佈係數，評估兩地區在不同大氣條件下其氣態與固態PAHs之濃度分佈達到平衡之狀態。以FESEM技術創新觀察懸浮微粒之表面形態，提供佐證兩採樣地區在不同大氣條件下其懸浮微粒表面形態之差異，並探討其與PAHs吸附特性之差異。