EPA-107-L101-02-A024

107 年度細懸浮微粒($PM_{2.5}$)化學成分監測及分析計畫

計畫執行期間:107 年 1 月 9 日至 107 年 12 月 31 日

計畫執行單位:國立中央大學環境工程研究所

主 持 人: 李崇德 教 授

協同主持人: 王家麟 教 授

協同主持人: 周崇光 研究員

協同主持人: 張士昱 教 授

協同主持人: 蕭大智 副教授

協同主持人: 許文昌 助理教授

行政院環境保護署 編印

中華民國 107 年 12 月 31 日

EPA-107-L101-02-A024

107 年度細懸浮微粒($PM_{2.5}$)化學成分監測及分析計畫

計畫經費:**NT$18,370,000**

計畫執行期間:**107** 年 **1** 月 **9** 日至 **107** 年 **12** 月 **31** 日

計畫執行單位:國立中央大學環境工程研究所

主 持 人: 李崇德 教 授

協同主持人: 王家麟 教 授

協同主持人: 周崇光 研究員

協同主持人: 張士昱 教 授

協同主持人: 蕭大智 副教授

協同主持人: 許文昌 助理教授

委託單位:行政院環境保護署

執行單位:國立中央大學

107 年度細懸浮微粒（$PM_{2.5}$）化學成分監測與分析計畫」

107年度計畫報告基本資料表

甲、委辦單位	行政院環境保護署		
乙、執行單位	國立中央大學		
丙、年　　度	107 年度	計畫編號	EPA-107-L101-02-A024
丁、專案性質	應用研究		
戊、專案領域	環境監測及資訊處		
己、計畫屬性	■科技類	□非科技類	
庚、全程期間	107 年 01 月～ 107 年 12 月		
辛、本期期間	107 年 01 月～ 107 年 12 月		
壬、本期經費	壹仟捌佰參拾柒萬元整		
	資本支出	經常支出	
	土地建築 0 元	人事費 6,267,710 元	
	儀器設備 0 元	業務費 10,432,290 元	
	其　　他 0 千元	管理費 1,670,000 元	

癸、摘要關鍵詞（中英文各三則）

$PM_{2.5}$ 化學成分監測、$PM_{2.5}$ 化學成分時間與空間分布特徵、推估 $PM_{2.5}$ 污染源及能見度影響因子、金屬元素自動儀器監測評估

$PM_{2.5}$ chemical component monitoring, Characteristics of temporal and spatial distributions of $PM_{2.5}$ chemical components, $PM_{2.5}$ source apportionment and visibility influencing factors, Assessment of automated monitoring of metal elements

參與計畫人力資料：

參與計畫人員姓名	工作要項或撰稿章節	現職與簡要學經歷	參與時間(人月)	聯絡電話 e-mail 帳號
李崇德	計畫執行與整體計畫督導、報告指導及修改、監測技術資料收集及技術規範評估、實驗及數據分析及品質督導	中央大學環工所教授	12	03-4227151 ext 34657 ctlee@ncu.edu.tw

周崇光	計畫品保查核、金屬成分分析、碳成分分析技術諮詢	中央研究院環境變遷研究中心研究員	12	ckchou@rcec.sinica.edu.tw
張士昱	協助計畫品保查核、微粒水溶性離子分析技術諮詢	中山醫學大學公共衛生系教授	12	sychang@csmu.edu.tw
蕭大智	協助計畫品保查核、採樣儀器技術諮詢	中央大學環工所副教授	12	tchsiao@ncu.edu.tw
許文昌	協助計畫採樣、微粒金屬元素分析技術諮詢	大漢技術學院助理教授	12	
王　偉	協助資料彙整、進行 PMF 受體模式推估、協助報告撰寫	中央大學環工所專案經理	4	03-4227151 ext 34664
黃秋華	協助資料彙整、行政事項、協助報告撰寫、$PM_{2.5}$ 水溶性離子分析	中央大學環工所專任研究助理	12	03-4227151 ext 34652 cilia0110@gmail.com
謝柏邨	進行 $PM_{2.5}$ 採樣、協助 $PM_{2.5}$ 碳成分分析	中央大學環工所專任研究助理	12	03-4227151 ext 34652
侯宥琳	進行 $PM_{2.5}$ 採樣	中央大學環工所專任研究助理	12	03-4227151 ext 34652
謝伯杰	進行 $PM_{2.5}$ 採樣	中央大學環工所專任研究助理	12	03-4227151 ext 34652
謝坤龍	進行 $PM_{2.5}$ 採樣	中央大學環工所專任研究助理	12	03-4227151 ext 34652
林乃芸	協助數據處理	中央大學環工所專任研究助理	12	03-4227151 ext 34652
邱鈞煦	協助數據處理	中央大學環工所專任研究助理	3	03-4227151 ext 34652

張育仁	協助數據處理	中央大學環工所專任研究助理	1	03-4227151 ext 34664
孫紹恩	協助數據處理、$PM_{2.5}$碳成分分析	中央大學環工所兼任博士生研究助理	12	03-4227151 ext 34664
陳美君	協助$PM_{2.5}$碳成分品保分析	中央研究院環境變遷研究中心專任研究助理	12	03-4227151 ext 34652
黃譯樘	協助$PM_{2.5}$金屬元素分析	中央研究院環境變遷研究中心專任研究助理	12	03-4227151 ext 34652
陳建安	協助$PM_{2.5}$採樣	中央大學環工所兼任碩士生研究助理	2	03-4227151 ext 34652
翁子芩	協助$PM_{2.5}$採樣	中央大學環工所兼任碩士生研究助理	7	03-4227151 ext 34652
何怡慧	協助$PM_{2.5}$採樣	中央大學環工所兼任碩士生研究助理	7	03-4227151 ext 34652
吳俊彥	協助$PM_{2.5}$採樣品保查核	中央大學環工所兼任碩士生研究助理	12	03-4227151 ext 34652
楊孟樵	協助$PM_{2.5}$採樣品保查核	中央大學環工所兼任碩士生研究助理	12	03-4227151 ext 34652
王韋智	協助$PM_{2.5}$採樣	中央大學環工所兼任碩士生研究助理	12	03-4227151 ext 34652
林寬昱	協助$PM_{2.5}$採樣	中央大學環工所兼任碩士生研究助理	12	03-4227151 ext 34652

梁紹庭	協助 $PM_{2.5}$ 數據計算及彙整作圖、表	中央大學環工所兼任碩士生研究助理	5	03-4227151 ext 34652
許博鈞	協助 $PM_{2.5}$ 數據計算及彙整作圖、表	中央大學環工所兼任碩士生研究助理	5	03-4227151 ext 34652
林祐均	協助 $PM_{2.5}$ 採樣	中央大學環工所兼任碩士生研究助理	5	03-4227151 ext 34652
蔡伊亭	協助 $PM_{2.5}$ 採樣	中央大學環工所兼任碩士生研究助理	5	03-4227151 ext 34652
王靖萱	協助 $PM_{2.5}$ 秤重	中央大學環工所兼任碩士生研究助理	5	03-4227151 ext 34652

行政院環境保護署計畫成果中英文摘要

一、中文計畫名稱：

107 年度細懸浮微粒（$PM_{2.5}$）化學成分監測與分析計畫

二、英文計畫名稱：

The 2018 Project of Chemical Speciation Monitoring and Analysis of Fine Particulate Matter ($PM_{2.5}$)

三、計畫編號：

EPA-107-L101-02-A024

四、執行單位：

國立中央大學

五、計畫主持人：(包括協同主持人)

李崇德、周崇光、張士昱、蕭大智、許文昌

六、執行開始時間：

107/01/09

七、執行結束時間：

107/12/31

八、報告完成日期：

107/12/28

九、報告總頁數：

495

十、使用語言：

中文、英文

十一、報告電子檔名稱：

EPA-107- L101-02-A024.Adobe Acrobat.

十二、報告電子檔格式：

WORD 2007

十三、中文摘要關鍵詞：

$PM_{2.5}$ 化學成分監測、$PM_{2.5}$ 化學成分時間與空間分布特徵、推估 $PM_{2.5}$ 污染源及能見度影響因子、金屬元素自動儀器監測評估

十四、英文摘要關鍵詞：

$PM_{2.5}$ chemical component monitoring, Characteristics of temporal and spatial distributions of $PM_{2.5}$ chemical components, $PM_{2.5}$ source apportionment and visibility influencing factors, Assessment of automated monitoring of metal elements

十五、中文摘要：

本計畫呈現 2018 年 1 月到 2018 年 11 月(外加 2017 年 12 月)於板橋、忠明、斗六、嘉義、小港及花蓮測站 6 天 1 次例行採樣以及分析的 $PM_{2.5}$ 水溶性離子、碳成分、金屬元素等化學成分成果。此外，本年度還評估元素監測自動儀器適宜性及新增建置有機物分析方法。以所分析的水溶性離子成分、碳成分及金屬元素成分，本計畫配合天氣因子、風場模擬等資料，用來探討 $PM_{2.5}$ 質量濃度與化學成分時間與空間分布特性、解析污染來源及評估能見度影響因子。

結果顯示，$PM_{2.5}$ 濃度於採樣期間呈現由東(10 μg m^{-3})而北而南(24 μg m^{-3})遞增，花蓮、板橋、忠明站在春季濃度最高，斗六、嘉義、小港站以冬季最高，夏季則為各測站 $PM_{2.5}$ 濃度最低季節。各測站 $PM_{2.5}$ 化學成分多以 SO_4^{2-}與 OC 為主，但是斗六、嘉義及小港站的冬季以 NO_3^-為主。金屬成分可分成高、中、低濃度群，高濃度元素群來源多為自然源，中濃度金屬元素群多來自燃油燃燒、燃煤燃燒、金屬冶煉、交通排放，低濃度金屬元素群則來自燃煤燃燒、金屬表面塗敷、剎車及輪胎磨損。半揮發性離子修正結果顯示 NO_3^-和 Cl^-分別在夏季和春季揮發比例最高，NH_4^+則季節變化穩定；溫度、污染來源、揮發成分的化合物結合型態都是影響揮發特性的因子。石英濾紙吸附的碳成分正干擾變化穩定，在採集碳成分微粒揮發的負干擾主要受污染源及污染事件差異影響。有機物分析方法成功地利用以氣流型調制器為核心的全面二維氣相層析串連時間飛行質譜儀 (GC×GC-TOF MS)，分析微粒中微量有機成分，板橋站 $PM_{2.5}$ 有機物以含氮化合物以及塑化劑占最大比例。

解析採樣期間 $PM_{2.5}$ 大於 35 μg m^{-3} 的事件日，從北到南有逐漸增加趨勢，多數污染事件成因為環境擴散條件不佳受到在地污染累積影響，常從採樣前天夜晚累積延續到採樣日，區域污染傳輸則常與在地污染同日發生而加劇污染事件。此外，冬末春初污染事件常有高臭氧濃度。比較所有事件與非事件樣本 $PM_{2.5}$ 化學成分，NO_3^-濃度占比增大現象與過去三年研究結果一致。如果分季節，比較事件與當季非事件期間 $PM_{2.5}$ 化學成分濃度差異百分比，發現冬季污染事件 SO_4^{2-}和 NO_3^-增量相當，燃油與燃煤燃燒指標元素的增量較為明顯。春季污染事件以 NO_3^-與 Cl^-有明顯增量，SO_4^{2-}增量較小，碳成分中則以 EC 增量較大，交通排放與燃

油燃煤燃燒對於春季污染物濃度的貢獻十分顯著。秋季污染事件的 NO_3^-與 Cl^-增量明顯，SO_4^{2-}增量較小，各站有生質燃燒、工業排放及交通污染貢獻。

PMF 受體模式解析以「硫酸鹽與燃燒排放」、「硝酸鹽與燃燒排放」為前二高貢獻因子。板橋、忠明及花蓮站以「硫酸鹽與燃燒排放」因子為主，斗六、嘉義及小港站最高占比因子則是「硝酸鹽與燃燒排放」；顯示區域污染傳輸對於台中以北及花蓮地區影響程度大，雲林縣以南地區則受到擴散條件不佳，污染衍生物的在地影響程度大。為推估大氣消光係數(b_{ext})，各站以 $PM_{2.5}$ 化學成分、氣體分子、相對濕度代入修正的 IMPROVE 方程式，結果以硫酸鹽對 b_{ext} 貢獻最為穩定而顯著，但冬季斗六、嘉義及小港站硝酸鹽的貢獻較多。同樣地，SO_4^{2-}是統計迴歸分析影響能見度最為穩定而顯著因子，與修正的 IMPROVE 方程式推估結果一致。金屬元素自動儀器與手動儀器迴歸分析結果指出：相關性良好的元素，分別是來自交通排放 (Zn、Ba、V、Cu)、燃煤燃燒(Pb)、燃油燃燒(V)、生質燃燒(K)、金屬冶煉(Mn、Cu、Pb)等污染源，這些大多是大氣常見的金屬元素，因此自動儀器在定性污染源辨識上仍具有價值。

從污染成因和污染源管制角度來看，各項污染源燃燒排放及停滯環境是污染主要成因，NOx 及構成光化學反應前驅氣體的控制將有助於降低高 $PM_{2.5}$ 事件，公私場所在夜間作業應注意控制污染排放，塑化劑及含氮有機物的來源值得關注。

關鍵詞：$PM_{2.5}$ 化學成分監測、$PM_{2.5}$ 化學成分時間與空間分布特徵、推估 $PM_{2.5}$ 污染源及能見度影響因子、金屬元素自動儀器監測評估

十六、英文摘要：

This study presents the results of regular $PM_{2.5}$ (aerodynamic diameters equal to or smaller than 2.5 μm) collection at the Banqiao, Zongming, Douliu, Chiayi, Xiaogang, and Hualien sites in Taiwan every six days from January to November in 2018 (with the additional December 2017 data). $PM_{2.5}$ mass, water-soluble inorganic ions, carbonaceous contents, and metal elements were resolved for further analysis. In addition, the work also assessed the comparability of metal element monitoring from an automated instrument and established a new organic compound analytical method. Utilizing the analyzed water-soluble inorganic ions, carbonaceous contents, and metal elements, this study investigated the characteristics of temporal and spatial distributions of $PM_{2.5}$ mass and chemical components, apportioned source contributions, and evaluated atmospheric visibility influencing factors.

The results showed that $PM_{2.5}$ mass levels increased in the order from east (10 μg m^{-3}), north, to the south (24 μg m^{-3}) of Taiwan during the sampling period. The season of highest $PM_{2.5}$ mass levels at the Banqiao, Zongming, and Hualien sites were in spring, while that of the Douliu, Chiayi, and Xiaogan sites were in winter. Summer was the lowest season of $PM_{2.5}$ mass levels at all sites. In general, SO_4^{2-} and organic carbon were the two most abundant components at all sites except NO_3^- at the Douliu, Chiayi, and Xiaogan sites in winter. Among high, medium, and low concentration groups of metal elements, high concentration group was with natural origins, while medium concentration group was with contributions mostly from fuel oil and coal burnings, metal refining, and traffic emissions. In contrast, the low concentration group was with characteristics of coal burning, metal surface coating, and brake and tire wearing. The volatilizations of NO_3^- and Cl^- were the highest in summer and spring, respectively, while NH_4^+ was relatively stable across seasons. Influencing volatilization factors include ambient temperature, pollution sources, and chemical compound forms of volatilized components. Meanwhile, positive interferences of volatilized organic carbons adsorbed by quartz-fiber filters varied less than negative interferences from volatilization of the collected carbonaceous particles. Volatilization of the collected carbonaceous particles were primarily under the influences of pollution sources and events. For the trace contents of organic compounds, this study successfully utilized gas flow modulator as a core with a full fledge of two-dimension gas chromatography

coupled with time-flight mass spectrometry. The Qualitative organic contents of $PM_{2.5}$ comprised mostly nitrogenous and phthalate compounds at the Banqiao site.

During the sampling period, events with $PM_{2.5}$ greater than 35 μg m^{-3} tended to increase from north to south. Most events were under the influences of bad environmental ventilation and local source emissions and frequently originated from previous night of the sampling day. The events often got worse accompanied by regional pollution transport on the same day. In addition, high ozone concentration frequently occurred in the pollution events of late winter and early spring. From the resolved component ratios in $PM_{2.5}$, NO_3^- was the sole component increased greatly in all high $PM_{2.5}$ events in contrast to non-event samples, which was consistent with the findings over the past three years. For seasonal variations, the enhancements of SO_4^{2-}, NO_3^-, and fuel oil- and coal-burning tracers were predominant in winter. However, in spring, NO_3^-, Cl^-, EC, traffic emissions, fuel oil- and coal-burning tracers increased prevalently but with less SO_4^{2-} increase. Similarly, the enhancements of NO_3^-, Cl^-, biomass burning, industrial sources, and traffic emissions were significant but with less SO_4^{2-} in fall.

For source apportionment using positive matrix factorization, “sulfate and combustion emissions” and “nitrate and combustion emissions” were the two most significant factors at all sites. The factor of “sulfate and combustion emissions” was dominant at the Banqiao, Zongming, and Hualien sites in contrast to the dominance of “nitrate and combustion emissions” at the Douliu, Chiayi, and Xiaogang sites. This implies regional transport is prominent in the areas north to Taichung City and Hualien County, while accumulated pollutants derived from local sources are important in the areas south to Yulin County. To estimate atmospheric light extinction coefficient (b_{ext}), this study inserted $PM_{2.5}$ chemical components, gas species, and relative humidity (RH) into the revised Interagency Monitoring of Protected Visual Environments (IMPROVE) equation. Sulfate contributed b_{ext} the most of all components at all sites except nitrate at the Douliu, Chiayi, and Xiaogang sites in winter. Similarly, SO_4^{2-} was the most important factor in influencing atmospheric visibility from statistical regression analysis, which was consistent with the finding in the revised IMPROVE equation. The regression analysis of metal elements between automated and manual collection methods showed that metal elements with good correlation were those from sources of traffic emissions (Zn、Ba、V、Cu), coal burning (Pb), fuel-oil burning (V), biomass

burning (K), and metal smelting (Mn、Cu、Pb). As those elements are abundant in the atmosphere, the automated instrument is still valuable in qualitative identification of pollution sources.

Looking into the causes of pollution events and control measures, fuel burning emissions and stagnant environment are main causes of pollution. The control of NOx and ozone precursors will help in reducing high $PM_{2.5}$ events. Stringent control on evening emissions of public and private sectors is necessary. The origins of nitrogenous and phthalate compounds are of concern.

Keywords: $PM_{2.5}$ chemical component monitoring, Characteristics of temporal and spatial distributions of $PM_{2.5}$ chemical components, $PM_{2.5}$ source apportionment and visibility influencing factors, Assessment of automated monitoring of metal elements

目　錄

一、 背景.....1
二、 年度目標.....3
2.1 計畫工作內容.....3
2.2 目前工作進度及達成率.....6
三、 工作方法.....9
3.1 執行 $PM_{2.5}$ 化學成分採樣檢測作業.....9
3.1.1 採樣地點及時程規劃.....9
3.1.2 採樣及實驗分析人員及行程分配.....16
3.1.3 細懸浮微粒採樣設備及方法.....21
3.1.4 細懸浮微粒成分人工採樣去除大氣干擾物方法.....24
3.1.5 $PM_{2.5}$ 水溶性離子檢驗分析方法.....25
3.1.6 $PM_{2.5}$ 碳成分檢驗分析方法.....29
3.1.7 $PM_{2.5}$ 金屬元素成分檢驗分析方法.....33
3.1.8 微粒採樣及質量濃度檢驗分析方法品管.....37
3.1.9 實驗室檢測數據品保規劃簡要說明.....47
3.2 解析時間與空間分布特徵及影響因素.....57
3.2.1 污染事件分類與判別準則.....57
3.2.2 採用國際通用受體模式解析 $PM_{2.5}$ 化學成分，推估各監測地區 $PM_{2.5}$ 污染來源.....60
3.2.3 $PM_{2.5}$ 成分及氣象因子與能見度多元迴歸模式.....65
3.2.4 金屬元素污染來源.....68
3.2.5 分析結果，提供污染源管制策略評估之建議.....69
3.2.6 評估有機碳(OC)中有機物的採樣及分析之可行性.....70
3.3 評估微粒成分自動監測適宜性.....77
3.3.1 微粒元素成分自動監測可行性評估.....77
四、 結果與討論.....79
4.1 採樣前儀器平行比對.....80
4.1.1 採樣前平行比對各儀器等效性評估結果與 $PM_{2.5}$ 質量濃度.....82
4.1.2 採樣前儀器平行比對 $PM_{2.5}$ 化學成分濃度.....84
4.2 例行性採樣 $PM_{2.5}$ 化學成分.....88
4.2.1 板橋站.....88

4.2.2 忠明站.....104
4.2.3 斗六站.....121
4.2.4 嘉義站.....139
4.2.5 小港站.....157
4.2.6 花蓮站.....175
4.2.7 有機物分析方法建置.....189
4.3 $PM_{2.5}$ 化學成分特徵及引申意義.....215
4.3.1 $PM_{2.5}$ 質量濃度手動量測值與環保署自動監測值比對.....215
4.3.2 $PM_{2.5}$ 質量濃度及主要化學成分區域及季節變化特性.....218
4.3.3 $PM_{2.5}$ 金屬元素成分占比和富集因子區域及季節變化.....231
4.3.4 $PM_{2.5}$ 採樣微粒揮發與有機氣體吸附修正.....243
4.3.5 $PM_{2.5}$ 濃度大於 35 μg m^{-3} 污染事件來源及判別特徵.....249
4.3.6 各類型污染事件成因與差異探討.....257
4.3.7 低濃度和高濃度 $PM_{2.5}$ 化學成分占比變化.....282
4.4 各監測地區污染來源與影響能見度的 $PM_{2.5}$ 化學成分及天氣因子.....286
4.4.1 PMF 受體模式推估結果.....286
4.4.2 $PM_{2.5}$ 成分及氣象因子與能見度多元迴歸模式.....326
4.5 蒐集中國大陸、日本、韓國、美國及歐洲等國家執行 $PM_{2.5}$ 化學成分採樣檢測經驗與最新技術.....344
4.5.1 $PM_{2.5}$ 化學成分監測與影響因子.....344
4.5.2 $PM_{2.5}$ 化學成分與含水量和能見度關聯.....347
4.5.3 $PM_{2.5}$ 化學成分與雲和溫度變遷關聯.....351
4.5.4 $PM_{2.5}$ 化學成分與污染源解析及管制策略關聯.....356
4.5.5 $PM_{2.5}$ 化學成分與健康風險評估.....362
4.6 $PM_{2.5}$ 金屬元素成分自動採樣儀器適宜性評估.....365
4.6.1 自動儀器與手動採樣結果可比較性及相關性.....366
4.6.2 自動儀器採樣誤差與數據完整性.....369
五、 結論與建議.....372
5.1 結論.....372
5.2 建議.....376
六、 參考文獻.....377
附錄一「107 年度細懸浮微粒($PM_{2.5}$)化學成分監測及分析計畫」第一次工作進度會議審查意見及回覆.....393

附錄二「107 年度細懸浮微粒($PM_{2.5}$)化學成分監測及分析計畫」期中報告進度會議審查意見及回覆 395

附錄三「107 年度細懸浮微粒($PM_{2.5}$)化學成分監測及分析計畫」期末報告會議審查意見及回覆 401

附錄四 監測地區各月份 $PM_{2.5}$ 濃度最高日與污染時期(濃度大於 35 $\mu g\ m^{-3}$)逆軌跡圖與及採樣期間污染物時間序列變化 407

(一) 逆軌跡圖..... 407

(二) 污染物隨時間序列變化..... 426

附錄五 受體模式檢測結果 (BS 及 DISP) 450

附錄六 測站地圖及潛在排放源位置 451

附錄七 逆推氣流軌跡、樣本採集及實驗分析品保查核紀錄 (光碟)..... 456

圖 目 錄

圖 2.1 2018 年採樣監測時程規劃.....7
圖 3.1.1 採樣監測站地理位置(▓代表採樣地點，◎為主要分析實驗室).....10
圖 3.1.2 板橋站周圍環境影像.....12
圖 3.1.3 忠明站周圍環境影像.....12
圖 3.1.4 斗六站周圍環境影像.....13
圖 3.1.5 嘉義站周圍環境影像.....13
圖 3.1.6 小港站周圍環境影像.....14
圖 3.1.7 花蓮站周圍環境影像.....14
圖 3.1.8 細懸浮微粒（$PM_{2.5}$）化學成分採樣檢測作業執行程序.....15
圖 3.1.9 採樣計畫管理及樣本採樣前處理流程.....17
圖 3.1.10 樣本採集人員工作規劃.....18
圖 3.1.11 樣品及數據分析人員工作規劃.....19
圖 3.1.12 數據品保確認及報告人員工作規劃.....20
圖 3.1.13 MetOne E-FRM $PM_{2.5}$ 採樣器的外觀與儀器操作面板.....22
圖 3.1.14 MetOne SASS $PM_{2.5}$ 成分採樣器的外觀與儀器操作面板.....23
圖 3.1.15 MetOne SASS $PM_{2.5}$ 成分採樣器採樣套管配置.....23
圖 3.1.16 以石英濾採集微粒有機碳成分偏差示意圖.....24
圖 3.1.17 離子層析儀分析系統.....25
圖 3.1.18 碳分析儀 Model 2001A─氣膠有機碳、元素碳分析.....30
圖 3.1.19 DRI 2001A 碳分析儀分析結果圖譜範例.....31
圖 3.1.20 DRI 2001A 碳分析儀分析結果數據範例.....31
圖 3.1.21 Perkin-Elmer 公司型號 NexIon 300X 感應耦合電漿質譜儀.....33
圖 3.2.1 大尺度資料(上圖)與中尺度資料(下圖)範例.....59
圖 3.2.2 美國環保署 PMF 5.0 版操作流程-基本模式.....62
圖 3.2.3 美國環保署 PMF 5.0 版操作流程-Fpeak 模式.....63
圖 3.2.4 美國環保署 PMF 5.0 版操作流程-限制模態.....64
圖 3.2.5 二維氣相層析技術之學術文獻發表數量統計.....72
圖 3.2.6 二維氣相層析之數據訊號轉換示意圖.....72
圖 3.2.7 $PM_{2.5}$ 濾紙直接熱脫附操作.....73
圖 3.2.8 $PM_{2.5}$ 之 GC×GC 物種分析結果.....74
圖 3.2.9 $PM_{2.5}$ 有機溶劑萃取實驗流程示意圖.....75
圖 3.2.10 王家麟教授團隊 GC×GC-TOF 二維氣相層析-飛行時間質譜儀.....76
圖 3.2.11 $PM_{2.5}$ 有機溶劑萃取 GC×GC-TOF 圖譜.....76
圖 3.3.1 Cooper Environmental Services LLC 公司型號 Xact 625i 環境元素自動監測儀主要組件示意圖.....78
圖 4.1.1 MetOne SASS 成分採樣器平行比對設置情形.....81
圖 4.1.2 MetOne E-FRM 質量濃度採樣器平行比對設置情形.....81
圖 4.1.3 採樣前儀器平行比對期間 $PM_{2.5}$ 化學成分濃度隨時間變化.....84
圖 4.2.1 板橋站例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 成分濃度隨時間變化.....96
圖 4.2.2 板橋站例行性採樣期間 $PM_{2.5}$ 各金屬元素每日濃度.....103
圖 4.2.3 忠明站例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 成分濃度隨時間變化.....112
圖 4.2.4 忠明站例行性採樣期間 $PM_{2.5}$ 各金屬元素每日濃度.....120

圖 4.2.5 斗六站例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 成分濃度隨時間變化.....130
圖 4.2.6 斗六站例行性採樣期間 $PM_{2.5}$ 各金屬元素每日濃度.....138
圖 4.2.7 嘉義站例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 成分濃度隨時間變化.....149
圖 4.2.8 嘉義站例行性採樣期間 $PM_{2.5}$ 各金屬元素每日濃度.....156
圖 4.2.9 小港站例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 成分濃度隨時間變化.....166
圖 4.2.10 小港站例行性採樣期間 $PM_{2.5}$ 各金屬元素每日濃度.....174
圖 4.2.11 花蓮站例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 成分濃度隨時間變化.....181
圖 4.2.12 花蓮站例行性採樣期間 $PM_{2.5}$ 各金屬元素每日濃度.....188
圖 4.2.13 丙酮/正己烷 (對照組)萃取豐原和頭份採集的 PM_{10} 濾紙.....190
圖 4.2.14 丙酮/環己烷萃取豐原和頭份採集的 PM_{10} 濾紙 190
圖 4.2.15 丙酮/正己烷 (對照組)萃取生質燃燒事件採集的 PM_{10} 濾紙.....191
圖 4.2.16 甲醇/甲苯萃取生質燃燒事件採集的 PM_{10} 濾紙 191
圖 4.2.17 丙酮/甲苯萃取生質燃燒事件採集的 PM_{10} 濾紙 192
圖 4.2.18 丙酮/甲苯萃取實驗室空白 (Laboratory blank)濾紙 193
圖 4.2.19 丙酮/甲苯萃取生質燃燒事件日於鹿林山採集的 PM_{10} 濾紙 193
圖 4.2.20 生質燃燒事件日於鹿林山採集的 PM_{10} 初步定性結果 194
圖 4.2.21 丙酮/甲苯萃取現場空白(Field Blank)濾紙 197
圖 4.2.22 丙酮/甲苯萃取台中科技園區周界 $PM_{2.5}$ 濾紙.....197
圖 4.2.23 台中科技園區周界 $PM_{2.5}$ 初步定性結果.....198
圖 4.2.24 現場空白樣本加入 4 ng 的直鏈烷標準品.....201
圖 4.2.25 $PM_{2.5}$ 樣本加入 4 ng 的直鏈烷標準品.....201
圖 4.2.26 板橋周界環境 $PM_{2.5}$ 樣品.....202
圖 4.2.27 輕微共析的二維層析峰及個別對應的質譜.....205
圖 4.2.28 左圖為三明治注射法；右圖為 Florida TPRH Stardad.....206
圖 4.2.29 GC×GC TOF-MS 板橋周界環境 $PM_{2.5}$.....207
圖 4.2.30 GC×GC FID 板橋周界環境 $PM_{2.5}$.....208
圖 4.2.31 FID 定量流程 209
圖 4.2.32 Dibutyl phthalate 積分結果面積占有 1.44 % 211
圖 4.2.33 台中科技園區周界採樣群落分布.....213
圖 4.2.34 板橋周界環境採樣群落分布.....213
圖 4.2.35 以軟體方式得到群落積分.....214
圖 4.3.1 手動採樣數據(NCU)與環保署空氣品質監測站 $PM_{2.5}$ 濃度(EPA)季節變化趨勢比較.....216
圖 4.3.2 各測站 2016 年與 2017 年冬季 $PM_{2.5}$ 質量濃度變化與化學成分在 $PM_{2.5}$ 濃度占比.....227
圖 4.3.3 各測站 2017 年與 2018 年春季 $PM_{2.5}$ 質量濃度變化與化學成分在 $PM_{2.5}$ 濃度占比.....228
圖 4.3.4 各測站 2017 年與 2018 年夏季 $PM_{2.5}$ 質量濃度變化與化學成分在 $PM_{2.5}$ 濃度占比.....229
圖 4.3.5 各測站 2017 年與 2018 年秋季 $PM_{2.5}$ 質量濃度變化與化學成分在 $PM_{2.5}$ 濃度占比.....230
圖 4.3.6 $PM_{2.5}$ 各金屬元素濃度年度占比分布及觀測期間富集因子.....234
圖 4.3.7 各站例行性觀測期間 $PM_{2.5}$ 碳成分正、負干擾.....248
圖 4.3.8 2018 年 2 月 19 日風場與 $PM_{2.5}$ 濃度模擬.....259

圖 4.3.9 2018 年 2 月 19 日台灣各地區 $PM_{2.5}$ 濃度分布.....260
圖 4.3.10 2018 年 3 月 3 日風場與 $PM_{2.5}$ 濃度模擬.....261
圖 4.3.11 2018 年 3 月 3 日台灣各地區 $PM_{2.5}$ 濃度分布.....262
圖 4.3.12 2018 年 1 月 20 日風場與 $PM_{2.5}$ 濃度模擬.....266
圖 4.3.13 2018 年 1 月 20 日台灣各地區 $PM_{2.5}$ 濃度分布.....267
圖 4.3.14 2018 年 11 月 16 日風場與 $PM_{2.5}$ 濃度模擬.....268
圖 4.3.15 2018 年 11 月 16 日台灣各地區 $PM_{2.5}$ 濃度分布.....269
圖 4.3.16 2018 年 2 月 1 日風場與 $PM_{2.5}$ 濃度模擬.....273
圖 4.3.17 2018 年 2 月 1 日台灣各地區 $PM_{2.5}$ 濃度分布.....274
圖 4.3.18 2018 年 3 月 9 日風場與 $PM_{2.5}$ 濃度模擬.....275
圖 4.3.19 2018 年 3 月 9 日台灣各地區 $PM_{2.5}$ 濃度分布.....276
圖 4.3.20 2018 年 4 月 8 日風場與 $PM_{2.5}$ 濃度模擬.....277
圖 4.3.21 2018 年 4 月 8 日台灣各地區 $PM_{2.5}$ 濃度分布.....278
圖 4.3.22 高濃度($\geqq 35\ \mu g\ m^{-3}$)與低濃度($<35\ \mu g\ m^{-3}$)時期 $PM_{2.5}$ 化學成分占比 ..283
圖 4.3.23 採樣期間主要水溶性離子濃度與 $PM_{2.5}$ 濃度相關性 283
圖 4.3.24 各季節低濃度時期 $PM_{2.5}$ 質量濃度與化學成分占比.....284
圖 4.3.25 各季節高濃度時期 $PM_{2.5}$ 質量濃度與化學成分占比.....285
圖 4.4.1 六站因子數與臨界參數比值(Q_{true}/Q_{exp})變化以及受體模式預測濃度與觀測濃度散布圖.....287
圖 4.4.2 板橋站 PMF 推估 6 個因子(污染源)剖面.....291
圖 4.4.3 板橋站 PMF 推估 6 個因子貢獻時間變化趨勢.....292
圖 4.4.4 板橋站 CPF 推估 6 個因子來向與頻率 293
圖 4.4.5 忠明站 PMF 推估 6 個因子(污染源)剖面.....297
圖 4.4.6 忠明站 PMF 推估 6 個因子貢獻時間變化趨勢.....298
圖 4.4.7 忠明站 CPF 推估 6 個因子來向與頻率 299
圖 4.4.8 斗六站 PMF 推估 6 個因子(污染源)剖面.....303
圖 4.4.9 斗六站 PMF 推估 6 個因子貢獻時間變化趨勢.....304
圖 4.4.10 斗六站 CPF 推估 6 個因子來向與頻率 305
圖 4.4.11 嘉義站 PMF 推估 6 個因子(污染源)剖面.....309
圖 4.4.12 嘉義站 PMF 推估 6 個因子貢獻時間變化趨勢.....310
圖 4.4.13 嘉義站 CPF 推估 6 個因子來向與頻率 311
圖 4.4.14 小港站 PMF 推估 6 個因子(污染源)剖面.....316
圖 4.4.15 小港站 PMF 推估 6 個因子貢獻時間變化趨勢.....317
圖 4.4.16 小港站 CPF 推估 6 個因子來向與頻率 318
圖 4.4.17 花蓮站 PMF 推估 6 個因子(污染源)剖面.....322
圖 4.4.18 花蓮站 PMF 推估 6 個因子貢獻時間變化趨勢.....323
圖 4.4.19 花蓮站 CPF 推估 6 個因子來向與頻率 324
圖 4.4.20 板橋站 IMPROVE 模擬能見度與 $PM_{2.5}$ 質量濃度關係和各成分消光係數占比.....327
圖 4.4.21 忠明站 IMPROVE 模擬能見度與 $PM_{2.5}$ 質量濃度關係和各成分消光係數占比.....328
圖 4.4.22 斗六站 IMPROVE 模擬能見度與 $PM_{2.5}$ 質量濃度關係和各成分消光係數占比.....329

圖 4.4.23 嘉義站 IMPROVE 模擬能見度與 $PM_{2.5}$ 質量濃度關係和各成分消光係數占比.....330
圖 4.4.24 小港站 IMPROVE 模擬能見度與 $PM_{2.5}$ 質量濃度關係和各成分消光係數占比.....331
圖 4.4.25 花蓮站 IMPROVE 模擬能見度與 $PM_{2.5}$ 質量濃度關係和各成分消光係數占比.....332
圖 4.4.26 六個採樣地點氣象站觀測能見度與 IMPROVE 公式估算能見度關係334
圖 4.4.27 板橋站推估(Estimated)和觀測(Observed)能見度關係.....336
圖 4.4.28 忠明站推估(Estimated)和觀測(Observed)能見度關係.....337
圖 4.4.29 斗六站推估(Estimated)和觀測(Observed)能見度關係.....338
圖 4.4.30 嘉義站推估(Estimated)和觀測(Observed)能見度關係.....339
圖 4.4.31 小港站推估(Estimated)和觀測(Observed)能見度關係.....340
圖 4.4.32 花蓮站推估(Estimated)和觀測(Observed)能見度關係.....341
圖 4.4.33 斗六站風速和觀測能見度關係.....343
圖 4.4.34 忠明站風速和觀測能見度關係.....343
圖 4.6.1 手動、自動儀器金屬元素成分與 $PM_{2.5}$ 質量濃度趨勢.....367
圖 4.6.2 採樣期間自動儀器(Xact 625i)與手動採樣(ICP-MS)13 種 $PM_{2.5}$ 金屬元素濃度迴歸分析.....368

表 目 錄

表 2.1 計畫執行工作進度表.....8
表 3.1.1 採樣監測站相關資訊.....11
表 3.1.2 微粒水溶性離子以離子層析儀分析的方法偵測極限(MDL).....28
表 3.1.3 DRI 2001A 碳分析儀各加熱階段與溫度範圍.....30
表 3.1.4 濾紙樣本第一階段微波消化升溫設定條件.....34
表 3.1.5 濾紙樣本第二階段微波消化升溫設定條件.....34
表 3.1.6 感應耦合電漿質譜儀分析設定參數.....36
表 3.1.7 $PM_{2.5}$ 元素成分方法偵測極限.....36
表 3.1.8 濾紙準備與分析檢查項目.....38
表 3.1.9 現場採樣 QA/QC 檢查項目.....40
表 3.1.10 採樣程序檢查項目方法和頻率.....42
表 3.1.11 $PM_{2.5}$ 採樣器維護檢查項目.....45
表 3.1.12 實驗室 QA/QC 檢查項目.....46
表 3.1.13 各量測項目的數據品質目標.....47
表 3.1.14 $PM_{2.5}$ 化學成分各量測項目的數據品質目標符合度.....48
表 3.1.15 $PM_{2.5}$ 元素成分資料準確度與精密度.....49
表 3.1.16 現場取樣作業樣品管制.....50
表 3.1.17 檢驗室作業樣品管制.....50
表 3.1.18 儀器校正頻率.....53
表 3.1.19 績效查核與系統查核及頻率.....54
表 3.1.20 改正措施之依據及步驟.....55
表 3.2.1 PMF 濃度矩陣及不確定矩陣計算方法.....61
表 3.2.2 各污染源金屬元素濃度比值彙整.....69
表 3.2.3 $PM_{2.5}$ 濾紙化合物種表.....74
表 4.1.1 MetOne E-FRM 質量濃度採樣器等效性評估與質量濃度比對結果.....83
表 4.1.2 採樣前儀器平行比對 (12 月 25 日) $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度.....85
表 4.2.1 板橋站例行採樣期間空氣污染物濃度和氣象因子.....90
表 4.2.2 板橋站例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 各月份高濃度與污染事件採樣日特徵及污染來源推論.....93
表 4.2.3 板橋站 2017 年 12 月~2018 年 2 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度.....97
表 4.2.4 板橋站 2018 年 3~5 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度.....98
表 4.2.5 板橋站 2018 年 6~8 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度.....99
表 4.2.6 板橋站 2018 年 9~11 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度.....100
表 4.2.7 忠明站例行採樣期間空氣污染濃度和氣象因子.....106
表 4.2.8 忠明站例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 各月份高濃度與污染事件採樣日特徵及污染來源推論.....108
表 4.2.9 忠明站 2017 年 12 月~2018 年 2 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度.....113

表 4.2.10 忠明站 2018 年 3~5 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度 114
表 4.2.11 忠明站 2018 年 6~8 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度 115
表 4.2.12 忠明站 2018 年 9~11 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度 116
表 4.2.13 斗六站例行採樣期間空氣污染物濃度和氣象因子 123
表 4.2.14 斗六站例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 各月份高濃度與污染事件採樣日特徵及污染來源推論 125
表 4.2.15 斗六站 2017 年 12 月~2018 年 2 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度 131
表 4.2.16 斗六站 2018 年 3~5 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度 132
表 4.2.17 斗六站 2018 年 6~8 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度 133
表 4.2.18 斗六站 2018 年 9~11 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度 134
表 4.2.19 嘉義站例行採樣期間空氣污染物濃度和氣象因子 141
表 4.2.20 嘉義站例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 各月份高濃度與污染事件採樣日特徵及污染來源推論 143
表 4.2.21 嘉義站 2017 年 12 月~2018 年 2 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度 150
表 4.2.22 嘉義站 2018 年 3~5 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度 151
表 4.2.23 嘉義站 2018 年 6~8 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度 152
表 4.2.24 嘉義站 2018 年 9~11 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度 153
表 4.2.25 小港站例行採樣期間空氣污染物濃度和氣象因子 159
表 4.2.26 小港站例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 各月份高濃度與污染事件採樣日特徵及污染來源推論 161
表 4.2.27 小港站 2017 年 12 月~2018 年 2 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度 167
表 4.2.28 小港站 2018 年 3~5 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度 168
表 4.2.29 小港站 2018 年 6~8 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度 169
表 4.2.30 小港站 2018 年 9~11 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度 170
表 4.2.31 花蓮站例行採樣期間空氣污染物濃度和氣象因子 176
表 4.2.32 花蓮站例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 各月份高濃度與污染事件採樣日特徵及污染來源推論 178
表 4.2.33 花蓮站 2017 年 12 月~2018 年 2 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度 182
表 4.2.34 花蓮站 2018 年 3~5 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度 183

表 4.2.35 花蓮站 2018 年 6~8 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度 184
表 4.2.36 花蓮站 2018 年 9~11 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度 185
表 4.2.37 生質燃燒事件日於鹿林山採集的 PM_{10} 成分定性 194
表 4.2.38 台中科技園區的周界 $PM_{2.5}$ 成分定性 199
表 4.2.39 板橋周界 $PM_{2.5}$ 成分定性結果 203
表 4.2.40 樣本計算參數 209
表 4.2.41 板橋周界樣品有機物質群落分布占比 210
表 4.2.42 直鏈烷類的計算結果 212
表 4.2.43 挑選特定成分定量計算 212
表 4.3.1 本計畫手動採樣與環保署自動監測與常規手動採樣 $PM_{2.5}$ 濃度比對 ... 217
表 4.3.2 各站 2016 年與 2017 年冬季以及 2017 年與 2018 年春季例行性採樣期間 $PM_{2.5}$ 主要化學成分濃度 ($\mu g\ m^{-3}$)及 $PM_{2.5}$ 占比 (括弧內數字) 221
表 4.3.3 各站 2017 年與 2018 年夏、秋季例行性採樣期間 $PM_{2.5}$ 主要化學成分濃度 ($\mu g\ m^{-3}$)及 $PM_{2.5}$ 占比 (括弧內數字) 222
表 4.3.4 四站 2017 年與 2018 年四季 $PM_{2.5}$ 主要化學成分濃度 ($\mu g\ m^{-3}$)及 $PM_{2.5}$ 占比 (括弧內數字) 223
表 4.3.5 三站 2017 年與 2018 年四季 $PM_{2.5}$ 主要化學成分濃度 ($\mu g\ m^{-3}$)及 $PM_{2.5}$ 占比 (括弧內數字) 224
表 4.3.6 各站採樣期間 2016 冬季(2017 年 1、2 月)金屬元素濃度平均值 ($ng\ m^{-3}$)、$EF=\log_{10}$ (富集因子)與元素濃度占比(‰) 235
表 4.3.7 各站採樣期間 2017 冬季(2017 年 12 月~2018 年 2 月)金屬元素濃度平均值 ($ng\ m^{-3}$)、$EF=\log_{10}$ (富集因子)與元素濃度占比(‰) 236
表 4.3.8 各站採樣期間 2017 春季(2017 年 3~5 月)金屬元素濃度平均值 ($ng\ m^{-3}$)、$EF=\log_{10}$ (富集因子)與元素濃度占比(‰) 237
表 4.3.9 各站採樣期間 2018 春季(2018 年 3~5 月)金屬元素濃度平均值 ($ng\ m^{-3}$)、$EF=\log_{10}$ (富集因子)與元素濃度占比(‰) 238
表 4.3.10 各站採樣期間 2017 夏季(2017 年 6~8 月)金屬元素濃度平均值 ($ng\ m^{-3}$)、$EF=\log_{10}$ (富集因子)與元素濃度占比(‰) 239
表 4.3.11 各站採樣期間 2018 夏季(2018 年 6~8 月)金屬元素濃度平均值 ($ng\ m^{-3}$)、$EF=\log_{10}$ (富集因子)與元素濃度占比(‰) 240
表 4.3.12 各站採樣期間 2017 秋季(2017 年 9~11 月)金屬元素濃度平均值 ($ng\ m^{-3}$)、$EF=\log_{10}$ (富集因子)與元素濃度占比(‰) 241
表 4.3.13 各站採樣期間 2018 秋季(2018 年 9~11 月)金屬元素濃度平均值 ($ng\ m^{-3}$)、$EF=\log_{10}$ (富集因子)與元素濃度占比(‰) 242
表 4.3.14 兩個年度冬季與春季觀測期間各測站 $PM_{2.5}$ 水溶性離子揮發與修正 . 245
表 4.3.15 兩個年度夏、秋季觀測期間各測站 $PM_{2.5}$ 水溶性離子揮發與修正 246
表 4.3.16 各站例行性採樣期間 $PM_{2.5}$ 碳成分正(吸收)、負(揮發)干擾分布 249
表 4.3.17 例行性採樣期間 $PM_{2.5}$ 濃度大於 35 $\mu g\ m^{-3}$ 污染來源及判別特徵 251
表 4.3.18 例行性採樣期間各季節污染事件與非污染事件化學成分濃度增量百分比(%) 256
表 4.3.19 類型一污染事件與非污染事件時期 $PM_{2.5}$ 化學成分濃度差異百分比(%) 264

表 4.3.20 類型二污染事件與非污染事件時期 $PM_{2.5}$ 化學成分濃度差異百分比(%) 271
表 4.3.21 類型三污染事件與非污染事件時期 $PM_{2.5}$ 化學成分濃度差異百分比(%) 281
表 4.3.22 類型三污染事件日與事件前兩日上海市空氣品質.....282
表 4.4.1 板橋站 PMF 推估因子整年與季節貢獻占比.....292
表 4.4.2 忠明站 PMF 推估因子整年與季節貢獻占比.....298
表 4.4.3 斗六站 PMF 推估因子整年與季節貢獻占比.....304
表 4.4.4 嘉義站 PMF 推估因子整年與季節貢獻占比.....310
表 4.4.5 小港站 PMF 推估因子整年與季節貢獻占比.....317
表 4.4.6 花蓮站 PMF 推估因子整年與季節貢獻占比.....323
表 4.4.7 各觀測站受體模式推估因子濃度比例(%)比較.....325
表 4.4.8 各監測站大氣能見度迴歸模式及篩選出的自變數和相關統計資訊.....335
表 4.5.1 $PM_{2.5}$ 化學成分採樣檢測及最新技術發展範例.....346
表 4.5.2 $PM_{2.5}$ 含水量與能見度關聯性相關研究.....350
表 4.5.3 $PM_{2.5}$ 化學成分與雲和溫度變遷關聯性相關研究.....354
表 4.5.4 $PM_{2.5}$ 化學成分與污染控制及管制策略關聯性相關研究.....359
表 4.5.5 $PM_{2.5}$ 化學成分與健康風險評估.....364
表 4.6.1 自動儀器、手動採樣可分析金屬元素種類比較 (◎代表可分析).....366
表 4.6.2 自動儀器與手動採樣金屬元素濃度迴歸相關係數.....367
表 4.6.3 自動儀器日平均濃度與參考方法(ICP-MS)差異百分比(%).....369
表 4.6.4 監測期間儀器運轉率相關資料.....370
表 4.6.5 自動儀器監測各金屬元素低於偵測極限占比(%).....371

計畫名稱: **107 年度細懸浮微粒($PM_{2.5}$)化學成分監測及分析計畫**

計畫編號: EPA-107-L101-02-A024

計畫執行單位:國立中央大學

計畫主持人(包括協同主持人):

李崇德、王家麟、周崇光、張士昱、蕭大智、許文昌

計畫期程:2018 年 1 月 9 日起至 2018 年 12 月 31 日止

計畫經費:18,370,000 元

摘　要

本計畫呈現 2018 年 1 月到 2018 年 11 月(外加 2017 年 12 月)於板橋、忠明、斗六、嘉義、小港及花蓮測站 6 天 1 次例行採樣以及分析的 $PM_{2.5}$ 水溶性離子、碳成分、金屬元素等化學成分成果。此外，本年度還評估元素監測自動儀器適宜性及新增建置有機物分析方法。以所分析的水溶性離子成分、碳成分及金屬元素成分，本計畫配合天氣因子、風場模擬等資料，用來探討 $PM_{2.5}$ 質量濃度與化學成分時間與空間分布特性、解析污染來源及評估能見度影響因子。

結果顯示，$PM_{2.5}$ 濃度於採樣期間呈現由東(10 μg m^{-3})而北而南(24 μg m^{-3})遞增，花蓮、板橋、忠明站在春季濃度最高，斗六、嘉義、小港站以冬季最高，夏季則為各測站 $PM_{2.5}$ 濃度最低季節。各測站 $PM_{2.5}$ 化學成分多以 SO_4^{2-} 與 OC 為主，但是斗六、嘉義及小港站的冬季以 NO_3^- 為主。金屬成分可分成高、中、低濃度群，高濃度元素群來源多為自然源，中濃度金屬元素群多來自燃油燃燒、燃煤燃燒、金屬冶煉、交通排放，低濃度金屬元素群則來自燃煤燃燒、金屬表面塗敷、剎車及輪胎磨損。半揮發性離子修正結果顯示 NO_3^- 和 Cl^- 分別在夏季和春季揮發比例最高，NH_4^+ 則季節變化穩定；溫度、污染來源、揮發成分的化合物結合型態都是影響揮發特性的因子。石英濾紙吸附的碳成分正干擾變化穩定，在採集碳成分微粒揮發的負干擾主要受污染源及污染事件差異影響。有機物分析方法成功地利用以氣流型調制器為核心的全面二維氣相層析串連時間飛行質譜儀 (GC×GC-TOF MS)，分析微粒中微量有機成分，板橋站 $PM_{2.5}$ 有機物以含氮化合物以及塑化劑占最大比例。

解析採樣期間 $PM_{2.5}$ 大於 35 $\mu g\,m^{-3}$ 的事件日，從北到南有逐漸增加趨勢，多數污染事件成因為環境擴散條件不佳受到在地污染累積影響，常從採樣前天夜晚累積延續到採樣日，區域污染傳輸則常與在地污染同日發生而加劇污染事件。此外，冬末春初污染事件常有高臭氧濃度。比較所有事件與非事件樣本 $PM_{2.5}$ 化學成分，NO_3^-濃度占比增大現象與過去三年研究結果一致。如果分季節，比較事件與當季非事件期間 $PM_{2.5}$ 化學成分濃度差異百分比，發現冬季污染事件 SO_4^{2-}和 NO_3^-增量相當，燃油與燃煤燃燒指標元素的增量較為明顯。春季污染事件以 NO_3^-與 Cl^-有明顯增量，SO_4^{2-}增量較小，碳成分中則以 EC 增量較大，交通排放與燃油燃煤燃燒對於春季污染物濃度的貢獻十分顯著。秋季污染事件的 NO_3^-與 Cl^-增量明顯，SO_4^{2-}增量較小，各站有生質燃燒、工業排放及交通污染貢獻。

PMF 受體模式解析以「硫酸鹽與燃燒排放」、「硝酸鹽與燃燒排放」為前二高貢獻因子。板橋、忠明及花蓮站以「硫酸鹽與燃燒排放」因子為主，斗六、嘉義及小港站最高占比因子則是「硝酸鹽與燃燒排放」；顯示區域污染傳輸對於台中以北及花蓮地區影響程度大，雲林縣以南地區則受到擴散條件不佳，污染衍生物的在地影響程度大。為推估大氣消光係數(b_{ext})，各站以 $PM_{2.5}$ 化學成分、氣體分子、相對濕度代入修正的 IMPROVE 方程式，結果以硫酸鹽對 b_{ext} 貢獻最為穩定而顯著，但冬季斗六、嘉義及小港站硝酸鹽的貢獻較多。同樣地，SO_4^{2-}是統計迴歸分析影響能見度最為穩定而顯著因子，與修正的 IMPROVE 方程式推估結果一致。金屬元素自動儀器與手動儀器迴歸分析結果指出：相關性良好的元素，分別是來自交通排放 (Zn、Ba、V、Cu)、燃煤燃燒(Pb)、燃油燃燒(V)、生質燃燒(K)、金屬冶煉(Mn、Cu、Pb)等污染源，這些大多是大氣常見的金屬元素，因此自動儀器在定性污染源辨識上仍具有價值。

從污染成因和污染源管制角度來看，各項污染源燃燒排放及停滯環境是污染主要成因，NOx 及構成光化學反應前驅氣體的控制將有助於降低高 $PM_{2.5}$ 事件，公私場所在夜間作業應注意控制污染排放，塑化劑及含氮有機物的來源值得關注。

關鍵詞：$PM_{2.5}$ 化學成分監測、$PM_{2.5}$ 化學成分時間與空間分布特徵、推估 $PM_{2.5}$ 污染源及能見度影響因子、金屬元素自動儀器監測評估

英 文 摘 要

This study presents the results of regular $PM_{2.5}$ (aerodynamic diameters equal to or smaller than 2.5 μm) collection at the Banqiao, Zongming, Douliu, Chiayi, Xiaogang, and Hualien sites in Taiwan every six days from January to November in 2018 (with the additional December 2017 data). $PM_{2.5}$ mass, water-soluble inorganic ions, carbonaceous contents, and metal elements were resolved for further analysis. In addition, the work also assessed the comparability of metal element monitoring from an automated instrument and established a new organic compound analytical method. Utilizing the analyzed water-soluble inorganic ions, carbonaceous contents, and metal elements, this study investigated the characteristics of temporal and spatial distributions of $PM_{2.5}$ mass and chemical components, apportioned source contributions, and evaluated atmospheric visibility influencing factors.

The results showed that $PM_{2.5}$ mass levels increased in the order from east (10 μg m^{-3}), north, to the south (24 μg m^{-3}) of Taiwan during the sampling period. The season of highest $PM_{2.5}$ mass levels at the Banqiao, Zongming, and Hualien sites were in spring, while that of the Douliu, Chiayi, and Xiaogan sites were in winter. Summer was the lowest season of $PM_{2.5}$ mass levels at all sites. In general, SO_4^{2-} and organic carbon were the two most abundant components at all sites except NO_3^- at the Douliu, Chiayi, and Xiaogan sites in winter. Among high, medium, and low concentration groups of metal elements, high concentration group was with natural origins, while medium concentration group was with contributions mostly from fuel oil and coal burnings, metal refining, and traffic emissions. In contrast, the low concentration group was with characteristics of coal burning, metal surface coating, and brake and tire wearing. The volatilizations of NO_3^- and Cl^- were the highest in summer and spring, respectively, while NH_4^+ was relatively stable across seasons. Influencing volatilization factors include ambient temperature, pollution sources, and chemical compound forms of volatilized components. Meanwhile, positive interferences of volatilized organic carbons adsorbed by quartz-fiber filters varied less than negative interferences from volatilization of the collected carbonaceous particles. Volatilization of the collected carbonaceous particles were primarily under the influences of pollution sources and events. For the trace contents of organic compounds, this study successfully utilized gas flow modulator as a core with a full fledge of two-dimension gas chromatography

coupled with time-flight mass spectrometry. The Qualitative organic contents of $PM_{2.5}$ comprised mostly nitrogenous and phthalate compounds at the Banqiao site.

During the sampling period, events with $PM_{2.5}$ greater than 35 μg m^{-3} tended to increase from north to south. Most events were under the influences of bad environmental ventilation and local source emissions and frequently originated from previous night of the sampling day. The events often got worse accompanied by regional pollution transport on the same day. In addition, high ozone concentration frequently occurred in the pollution events of late winter and early spring. From the resolved component ratios in $PM_{2.5}$, NO_3^- was the sole component increased greatly in all high $PM_{2.5}$ events in contrast to non-event samples, which was consistent with the findings over the past three years. For seasonal variations, the enhancements of SO_4^{2-}, NO_3^-, and fuel oil- and coal-burning tracers were predominant in winter. However, in spring, NO_3^-, Cl^-, EC, traffic emissions, fuel oil- and coal-burning tracers increased prevalently but with less SO_4^{2-} increase. Similarly, the enhancements of NO_3^-, Cl^-, biomass burning, industrial sources, and traffic emissions were significant but with less SO_4^{2-} in fall.

For source apportionment using positive matrix factorization, “sulfate and combustion emissions” and “nitrate and combustion emissions” were the two most significant factors at all sites. The factor of “sulfate and combustion emissions” was dominant at the Banqiao, Zongming, and Hualien sites in contrast to the dominance of “nitrate and combustion emissions” at the Douliu, Chiayi, and Xiaogang sites. This implies regional transport is prominent in the areas north to Taichung City and Hualien County, while accumulated pollutants derived from local sources are important in the areas south to Yulin County. To estimate atmospheric light extinction coefficient (b_{ext}), this study inserted $PM_{2.5}$ chemical components, gas species, and relative humidity (RH) into the revised Interagency Monitoring of Protected Visual Environments (IMPROVE) equation. Sulfate contributed b_{ext} the most of all components at all sites except nitrate at the Douliu, Chiayi, and Xiaogan sites in winter. Similarly, SO_4^{2-} was the most important factor in influencing atmospheric visibility from statistical regression analysis, which was consistent with the finding in the revised IMPROVE equation. The regression analysis of metal elements between automated and manual collection methods showed that metal elements with good correlation were those from sources of traffic emissions (Zn、Ba、V、Cu), coal burning (Pb), fuel-oil burning (V), biomass

burning (K), and metal smelting (Mn、Cu、Pb). As those elements are abundant in the atmosphere, the automated instrument is still valuable in qualitative identification of pollution sources.

Looking into the causes of pollution events and control measures, fuel burning emissions and stagnant environment are main causes of pollution. The control of NOx and ozone precursors will help in reducing high $PM_{2.5}$ events. Stringent control on evening emissions of public and private sectors is necessary. The origins of nitrogenous and phthalate compounds are of concern.

Keywords: $PM_{2.5}$ chemical component monitoring, Characteristics of temporal and spatial distributions of $PM_{2.5}$ chemical components, $PM_{2.5}$ source apportionment and visibility influencing factors, Assessment of automated monitoring of metal elements

前 言

細懸浮微粒(氣動粒徑小於或等於 2.5 μm 懸浮微粒，或稱為 $PM_{2.5}$)對於大氣環境變遷和國民健康危害影響重大，每年在秋、冬之際氣流滯留環境下，發生 $PM_{2.5}$ 高濃度往往引起民眾高度關注，人人期待各地 $PM_{2.5}$ 能早日達到空氣品質標準。對於 $PM_{2.5}$ 空氣品質改善，污染來源解析可以提供重要指引訂定污染源管制策略，以減少 $PM_{2.5}$ 產生。然而，大氣環境中 $PM_{2.5}$ 來源廣泛，各種不同來源的匯集使 $PM_{2.5}$ 有不同化學成分，因此，剖析 $PM_{2.5}$ 化學成分為污染來源解析前必要的工作。為能確實監測大氣 $PM_{2.5}$ 化學成分，考量有些成分在量測時容易揮發或是受到前驅氣體干擾，必須審慎地進行採樣與實驗分析方能釐清其濃度。因此，進行微粒採樣及成分分析，需選擇能矯正 $PM_{2.5}$ 某些易揮發化學成分及去除其前驅氣體干擾的方法，而且還要能偵測出大部份 $PM_{2.5}$ 質量的化學成分。在過去，本計畫已使用能矯正各項成分干擾量測方法來監測大氣 $PM_{2.5}$ 化學成分(李等，2012; 2013; 2015; 2016; 2017)，並獲有相當成果，惟大氣 $PM_{2.5}$ 化學成分監測必須持續進行方能有效評估大氣環境變遷、國民健康效應、管制策略成效。本計畫旨在執行 $PM_{2.5}$ 化學成分採樣檢測作業、解析時間與空間分布特徵及影響因素、評估微粒成分自動監測適宜性。

執行方法

本計畫所使用的工作方法，分成 $PM_{2.5}$ 採樣計畫、實驗分析方法、數據分析方法。為執行細懸浮微粒（$PM_{2.5}$）化學成分採樣檢測作業，解析其時間與空間分布特徵及影響因素，本年度每 6 天一次在板橋、忠明、斗六、嘉義、小港、花蓮站進行「例行採樣」，並配合環保署於指定期間在小港站進行自動監測儀器適宜性評估工作。本工作方法敘述採樣地點選擇、採樣類型、時程規劃、採樣地點現勘、採樣及實驗分析人員及行程分配、$PM_{2.5}$ 採樣設備及方法、去除大氣干擾物方法、$PM_{2.5}$ 化學成分檢測方法、檢驗分析方法品管、檢測數據品保規劃說明、資料分析方法等項目。

結 果

依據工作目標執行相關 $PM_{2.5}$ 化學成分檢測及資料分析，主要成果包括：採樣前儀器平行比對、例行性採樣 $PM_{2.5}$ 化學成分檢測、$PM_{2.5}$ 化學成分特徵及引申意義、各監測地區 $PM_{2.5}$ 污染來源推估與影響能見度的 $PM_{2.5}$ 化學成分及天氣因子、蒐集國際間 $PM_{2.5}$ 化學成分監測經驗與最新技術發展、$PM_{2.5}$ 金屬元素成分自動採樣儀器適宜性評估。

採樣前平行比對顯示儀器質量濃度與化學成分分析結果一致。例行性採樣結果指出 $PM_{2.5}$ 濃度於採樣期間呈現由東($10\ \mu g\ m^{-3}$)而北而南($24\ \mu g\ m^{-3}$)遞增，花蓮、板橋、忠明站在春季濃度最高，斗六、嘉義、小港站以冬季最高，夏季則為各測站 $PM_{2.5}$ 濃度最低季節。各測站 $PM_{2.5}$ 化學成分以 SO_4^{2-} 與 OC 為主，但是斗六、嘉義及小港站，冬季以 NO_3^- 為主。金屬成分可分成高、中、低濃度群，高濃度元素群來源多為自然源，中濃度金屬元素群多來自燃油燃燒、燃煤燃燒、金屬冶煉、交通排放，低濃度金屬元素群則來自燃煤燃燒、金屬表面塗敷、剎車及輪胎磨損。半揮發性離子修正結果顯示 NO_3^- 和 Cl^- 分別在夏季和春季揮發比例最高，NH_4^+ 則季節變化穩定；溫度、污染來源、揮發成分的化合物結合型態都是影響揮發特性的因子。石英濾紙吸附的碳成分正干擾變化穩定，在採集碳成分微粒揮發的負干擾主要受污染源及污染事件差異影響。有機物分析方法成功地利用以氣流型調制器為核心的全面二維氣相層析串連時間飛行質譜儀 (GC×GC-TOF MS)，分析微粒中微量有機成分，板橋站 $PM_{2.5}$ 有機成分以含氮化合物以及塑化劑成分占最大比例。

解析採樣期間 $PM_{2.5}$ 大於 $35\ \mu g\ m^{-3}$ 的事件日，從北到南有逐漸增加趨勢，多數污染事件成因為環境擴散條件不佳受到在地污染累積影響，常從採樣前天夜晚累積延續到採樣日，區域污染傳輸則常與在地污染同日發生而加劇污染事件。此外，冬末春初污染事件常有高臭氧濃度。比較所有事件與非事件樣本 $PM_{2.5}$ 化學成分，NO_3^- 濃度占比增大現象與過去三年研究結果一致。如果分季節，比較事件與當季非事件期間 $PM_{2.5}$ 化學成分濃度差異百分比，發現冬季污染事件 SO_4^{2-} 和 NO_3^- 增量相當，燃油與燃媒燃燒指標元素的增量較為明顯。春季污染事件以 NO_3^- 與 Cl^- 有明顯增量，SO_4^{2-} 增量較小，碳成分中則以 EC 增量較大，交通排放與燃

油燃煤燃燒對於春季污染物濃度的貢獻十分顯著。秋季污染事件的 NO_3^-與 Cl^-增量明顯，SO_4^{2-}增量較小，各站有生質燃燒、工業排放及交通污染貢獻。

PMF 受體模式解析以「硫酸鹽與燃燒排放」、「硝酸鹽與燃燒排放」為前二高貢獻因子。板橋、忠明及花蓮站以「硫酸鹽與燃燒排放」因子為主，斗六、嘉義及小港站最高占比因子則是「硝酸鹽與燃燒排放」；顯示區域污染傳輸對於台中以北及花蓮地區影響程度大，雲林縣以南地區則受到擴散條件不佳，污染衍生物的在地影響程度大。為推估大氣消光係數(b_{ext})，各站以 $PM_{2.5}$ 化學成分、氣體分子、相對濕度代入修正的 IMPROVE 方程式，結果以硫酸鹽對 b_{ext} 貢獻最為穩定而顯著，但冬季南部各站硝酸鹽的貢獻較多。同樣地，SO_4^{2-}是統計迴歸分析影響能見度最為穩定而顯著因子，與修正的 IMPROVE 方程式推估結果一致。金屬元素自動儀器與手動儀器迴歸分析結果指出：相關性良好的元素，分別是來自交通排放 (Zn、Ba、V、Cu)、燃煤燃燒(Pb)、燃油燃燒(V)、生質燃燒(K)、金屬冶煉(Mn、Cu、Pb)等污染源，這些大多是大氣常見的金屬元素，因此自動儀器在定性污染源辨識上仍具有價值。在 $PM_{2.5}$ 化學成分技術評估方面，本年度彙整 30 篇相關國際文獻。

從污染成因和污染源管制角度來看，各項污染源燃燒排放及停滯環境是污染主要成因，NOx 及構成光化學反應前驅氣體的控制將有助於降低高 $PM_{2.5}$ 事件，公私場所在夜間作業應注意控制污染排放，塑化劑及含氮有機物的來源值得關注。

結 論

本報告完成 2018 年 1~11 月全台灣 6 個測站每 6 天一次的採樣成果分析，2017 年 12 月 $PM_{2.5}$ 採樣成果也在本報告一併說明，以進行完整的年度成果彙整。底下呈現重要的工作成果：

1. 本計畫執行期間各測站每 6 日 1 次手動採樣結果與環保署手動採樣結果有一致變動趨勢，且濃度比值趨近於 1，相對差異百分比在 9%以內，顯示本計畫採樣分析品質優良。另外，本計畫手動採樣與環保署連續自動監測濃度的比對，得出各測站與環保署自動監測 $PM_{2.5}$ 濃度季節變化趨勢一致，表示每 6 天 1 次手動採樣雖然頻率較低，但仍可代表連續變動的大氣 $PM_{2.5}$ 質量濃度。

2. $PM_{2.5}$ 採樣期間濃度呈現由花蓮站(10 μg m^{-3})而板橋站而小港站(24 μg m^{-3})遞增。季節最高 $PM_{2.5}$ 濃度是花蓮、板橋、忠明站春季濃度最高，斗六、嘉義、小港站以冬季最高。

3. 測站各化學成分濃度時間分布是板橋站 SO_4^{2-}、NO_3^-、NH_4^+、OC、EC 濃度最高季節是春季，花蓮站則是各季節各化學成分濃度穩定。中、南部各測站 SO_4^{2-}、NO_3^-、NH_4^+濃度高低變化不定，但 OC、EC 在中部的忠明、南部的斗六、嘉義、小港測站都是冬季較高。

4. 季節各化學成分濃度空間分布是冬季 SO_4^{2-}、NO_3^-、NH_4^+、OC、EC 濃度多呈現從北往南部增高現象，春季雖大略如此，但小港站濃度如同 $PM_{2.5}$，濃度低於斗六和嘉義站，夏季各站差異不大，秋季也多呈現從北往南部微幅增高現象，花蓮站濃度最低。

5. 各測站金屬元素總濃度，大致有從北往南增加的趨勢，不同地區呈現不同來源特徵。分析的金屬元素濃度可分成高、中、低三個群落，高濃度金屬元素群來源多數為自然源為主，中濃度金屬元素群較能反映各項人為污染源影響，如：燃油燃燒、燃煤燃燒、鋼鐵製造、非鐵金屬冶煉及交通排放；低濃度金屬元素群也反映了燃煤燃燒、金屬表面塗覆、半導體製程及剎車及輪圈磨損等人為活動影響。另外，生質燃燒、海鹽傳輸、炮竹煙火燃放也在特定採樣日呈現其影響。

6. 半揮發離子季節變化特性顯示，NO_3^-揮發占比夏季>秋季>春季>冬季，近兩年季節變化趨勢一致，主要受環境溫度影響；Cl^-揮發占比春季>夏季=秋季>冬季，除了冬季最低外，其餘三季占比接近，溫度、污染來源、揮發成分的化合物結合型態都是影響揮發特性的因子；NH_4^+揮發占比四季變化穩定，NH_4^+多與相對穩定的 SO_4^{2-}相結合，因此變動幅度較為穩定。測站半揮發離子的揮發比例春季都比冬季高，2018 年春季比 2017 年春季則都有上升的情況。

7. 各樣本 $PM_{2.5}$ 碳成分正干擾（吸附）與負干擾（揮發損失），顯示正干擾數值變化少較穩定，但相對地，負干擾較有高低起伏。負干擾受本地污染源貢獻較大，污染事件時通常濃度較高。解析正負干擾碳成分，發現都是以 OC3 最

高，顯示受到汽油車和生質燃燒排放影響。

8. 彙整 2017 年 12 月到 2018 年 11 月觀測資料，$PM_{2.5}$ 大於 35 μg m^{-3} 的事件日，從北到南有逐漸增加趨勢，多數污染事件成因為擴散條件不佳受到在地污染物累積影響，常從採樣前天夜晚累積延續到採樣日。區域污染傳輸為污染物濃度隨風速增高而增大，常與在地污染同日發生加劇污染事件。此外，冬末春初污染事件常有高臭氧濃度，顯示管制構成光化學反應前驅氣體應有助於降低污染事件發生頻率。

9. 在地污染事件發生時通常大環境風場為東風，西部地區位於背風側，造成擴散條件不佳；區域污染事件通常發生於東北風較強時期，氣流由北向南傳輸過程中會將北部污染物朝中部及雲嘉地區輸送，但小港位於氣流傳輸末端，受傳輸影響最小；境外傳輸事件沒有造成今年度觀測資料出現高濃度事件。

10. 分季節比較各測站各季節事件與當季非事件採樣日 $PM_{2.5}$ 各成分，冬季污染事件各站 SO_4^{2-}和 NO_3^-增量相當，燃油與煤碳燃燒指標元素的增量在各站較為明顯。春季各站污染事件以 NO_3^-與 Cl^-有明顯增量，SO_4^{2-}增量較小，碳成分中則以 EC 增量較大，交通排放與燃油煤碳燃燒對於春季污染物濃度的貢獻十分顯著。秋季各站污染事件的 NO_3^-與 Cl^-增量明顯，SO_4^{2-}增量較小，各站有生質燃燒、工業排放及交通污染，板橋站則沒有出現污染事件。

11. 本計畫成功利用氣流型調制器核心的全面二維氣相層析串連時間飛行質譜儀 (GC×GC-TOF MS)分析懸浮微粒中微量但種類繁多的有機成分，將眾多化合物有效的分離成個別的二維層析峰。分析 PM_{10} 與 $PM_{2.5}$ 中有機物的定性結果中，除烷烴類外，可以判別的分析物分別有 45 與 56 種，其中醇、醛、酮、酯類等含氧化合物占多數，但由於成分較為常見，難以判定來源，部份較為特殊的人造化合物，如：塑化劑及含氮化合物，其來源值得關注。

12. $PM_{2.5}$ 低濃度（＜35 μg m^{-3}）和高濃度（≧35 μg m^{-3}）樣本各化學成分在 $PM_{2.5}$ 占比與過去 3 年所發現特徵一致，NO_3^-濃度占比增量顯著(10%→23%)，其餘化學成分呈現持平或占比縮小；NO_3^-雖然在夏季受到高溫影響而減少，但是高濃度時期不論季節占比都呈現增量；NO_3^-於高濃度時與 $PM_{2.5}$ 質量濃度相關性良好，顯示 NOx 前驅物管控有助於污染減量。

13. PMF 受體模式解析有 6 大類因子，分別為「車輛排放」、「硫酸鹽與燃燒排放」、「硝酸鹽與燃燒排放」、「生質燃燒」、「海鹽」及「地殼元素」是各測站普遍存在的，其中以「硫酸鹽與燃燒排放」、「硝酸鹽與燃燒排放」為前二高貢獻因子。板橋、忠明及花蓮站以「硫酸鹽與燃燒排放」因子為主，斗六、嘉義及小港站最高占比因子則是「硝酸鹽與燃燒排放」，顯示區域污染傳輸對於台中以北及花蓮地區影響程度大，當雲嘉及高雄地區擴散不佳時，污染衍生物在地影響程度大。

14. 以 $PM_{2.5}$ 化學成分及氣體分子代入修正 IMPROVE 方程式估算的消光係數(b_{ext})，發現硫酸鹽對消光係數貢獻最為穩定而顯著。硝酸鹽的貢獻量在冬季特別多，這個現象在斗六、嘉義、小港測站更為顯著。

15. 前述估算能見度多比觀測值高，主要原因可能是 IMPROVE 估算方程式是依據美國監測站推算出來的經驗式，公式內的經驗數值要應用到台灣顯然必須經過調整；另外，各地無法找到足夠遠的目標物，因而使觀測得到的能見度較低，也是一個問題。不過，IMPROVE 估算方程式使用已知影響能見度各種因子來估算能見度，在定性上或是概念上還是具有參考價值。

16. 統計迴歸大氣能見度推估結果顯示各監測地區影響能見度的因子包括：SO_4^{2-}、修正 OC、相對濕度、溫度、風速，其中，SO_4^{2-}是各地區都有的影響因子，與修正的 IMPROVE 方程式推估結果一致。

17. 金屬元素自動儀器與手動採樣分析相關性比對結果，在兩儀器共同有量測的 13 種可比較金屬元素中，相關性大於 0.6 以上的元素中，分別是可作為交通排放 (Zn、Ba、V、Cu)、燃煤燃燒(Pb)、燃油燃燒(V)、生質燃燒(K)、金屬冶煉(Mn、Cu、Pb)等污染源指標，這些大多是大氣常見的金屬元素，因此自動儀器在定性污染源辨識仍具有價值。

18. 文獻研讀彙整含括：$PM_{2.5}$ 化學成分監測與影響因子、$PM_{2.5}$ 化學成分與含水量和能見度關聯、$PM_{2.5}$ 化學成分與雲和溫度變遷關聯、$PM_{2.5}$ 化學成分與污染控制及管制策略關聯、$PM_{2.5}$ 化學成分與健康風險等方面期刊論文。

建議事項

1. 排放 NOx 污染源需要積極進行管制。這是基於過去 3 年均發現 $PM_{2.5}$ 高濃度（≧35 μg m^{-3}）樣本 NO_3^-濃度占比增量顯著，且除了夏季外，其他季節占比也都呈現增量。

2. 加嚴管制夜間有污染排放公私場所。多數在地污染污染事件除了環境擴散條件不佳外，公私場所在夜間作業將增加污染累積殘存到次日。

3. 經過 2017 和 2018 年兩年的比對，自動金屬元素監測儀器在 2017 年金屬元素 As、Ba、K、V、Zn，差異百分比小於 45%，2018 年金屬元素 Cu、K、Mn、Pb、V、Zn，差異百分比小於 40%。兩年共同有的交集是 K、V、Zn，這三種金屬元素可將自動儀器監測濃度視為等似手動採樣的監測濃度。其餘相關性較佳元素(r>0.6)則可用來比較不同時間自動儀器監測值的相對大小，以瞭解污染源排放相對強度。

報告大綱

本報告分成六章，分別為背景、年度目標、工作方法、結果與討論、結論與建議、參考文獻。第一章「背景」，說明本計畫緣起、重要性、主要工作內容。第二章「年度目標」，列出本計畫三項主要目標、詳細工作內容、預定工作進度及查核要點。第三章提出本計畫「工作方法」，包括分成 $PM_{2.5}$ 採樣計畫、實驗分析方法、數據分析方法。為執行細懸浮微粒（$PM_{2.5}$）化學成分採樣檢測作業，解析其時間與空間分布特徵及影響因素，本年度自 2018 年 1 月份開始，每 6 天一次在板橋、忠明、斗六、嘉義、小港、花蓮站進行的「例行採樣」。本工作方法敘述採樣地點選擇、採樣類型、時程規劃、採樣地點現勘、採樣及實驗分析人員及行程分配、$PM_{2.5}$ 採樣設備及方法、去除大氣干擾物方法、$PM_{2.5}$ 化學成分檢測方法、檢驗分析方法品管、檢測數據品保規劃說明、資料分析方法等項目。第四章的「結果與討論」是本計畫最主要的成果展現，內容呈現各項儀器比對量測量化成果，包括採樣前儀器平行比對、例行採樣 $PM_{2.5}$ 化學成分檢測、評估有機物採樣及分析可行性、$PM_{2.5}$ 化學成分特徵及引申意義、各監測地區 $PM_{2.5}$ 污染來源與影響能見度的 $PM_{2.5}$ 化學成分及氣象因子、蒐集國際間 $PM_{2.5}$ 化學成分監測經驗與最新技術發展、評估微粒成分自動監測適宜性。第五章列出本計畫執行前述各項成果的「結論與建議」，第六章列出各項論述引用「參考文獻」。

執行摘要

計畫目的

本計畫旨在辦理 $PM_{2.5}$ 化學成分採樣與檢測作業，解析其時間與空間分布特徵及影響因素；推估各監測地區 $PM_{2.5}$ 污染來源與影響能見度之 $PM_{2.5}$ 化學成分和氣象因子，提供污染源管制策略評估之參考；彙集國際間 $PM_{2.5}$ 化學成分監測經驗與最新技術發展；評估微粒成分自動監測適宜性。

成果

依據工作目標執行相關 $PM_{2.5}$ 化學成分檢測及資料分析，主要成果包括：採樣前儀器平行比對、例行性採樣 $PM_{2.5}$ 化學成分檢測、$PM_{2.5}$ 化學成分特徵及引申意義、各監測地區 $PM_{2.5}$ 污染來源推估與影響能見度的 $PM_{2.5}$ 化學成分及氣象因子、蒐集國際間 $PM_{2.5}$ 化學成分監測經驗與最新技術發展、$PM_{2.5}$ 金屬元素成分自動採樣儀器適宜性評估等部分。

採樣前平行比對顯示儀器質量濃度與化學成分分析結果一致。例行性採樣結果指出 $PM_{2.5}$ 濃度於採樣期間呈現由東($10\ \mu g\ m^{-3}$)而北而南($24\ \mu g\ m^{-3}$)遞增，花蓮、板橋、忠明站在春季濃度最高，斗六、嘉義、小港站以冬季最高，夏季則為各測站 $PM_{2.5}$ 濃度最低季節。各測站 $PM_{2.5}$ 化學成分多以 SO_4^{2-} 與 OC 為主，但是斗六、嘉義及小港站的冬季以 NO_3^- 為主。金屬成分可分成高、中、低濃度群，高濃度元素群來源多為自然源，中濃度金屬元素群多來自燃油燃燒、燃煤燃燒、金屬冶煉、交通排放，低濃度金屬元素群則來自燃煤燃燒、金屬表面塗敷、剎車及輪胎磨損。半揮發性離子修正結果顯示 NO_3^- 和 Cl^- 分別在夏季和春季揮發比例最高，NH_4^+ 則季節變化穩定；溫度、污染來源、揮發成分的化合物結合型態都是影響揮發特性的因子。石英濾紙吸附的碳成分正干擾變化穩定，在採集碳成分微粒揮發的負干擾主要受污染源及污染事件差異影響。有機物分析方法成功地利用以氣流型調制器為核心的全面二維氣相層析串連時間飛行質譜儀 (GC×GC-TOF MS)分析微粒中微量有機物，板橋站 $PM_{2.5}$ 有機成分以含氮化合物以及塑化劑占最大比例。

解析採樣期間 $PM_{2.5}$ 大於 $35\ \mu g\ m^{-3}$ 的事件日，從北到南有逐漸增加趨勢，多數污染事件成因為環境擴散條件不佳受到在地污染累積影響，常從採樣前天夜晚累積延續到採樣日，區域污染傳輸則常與在地污染同日發生而加劇污染事件。此外，冬末春初污染事件常有高臭氧濃度。比較所有事件與非事件樣本 $PM_{2.5}$ 化學

成分，NO_3^-濃度占比增大現象與過去三年研究結果一致。如果分季節，比較事件與當季非事件期間 $PM_{2.5}$ 化學成分濃度差異百分比，發現冬季污染事件 SO_4^{2-}和 NO_3^-增量相當，燃油與燃煤燃燒指標元素的增量較為明顯。春季污染事件以 NO_3^-與 Cl^-有明顯增量，SO_4^{2-}增量較小，碳成分中則以 EC 增量較大，交通排放與燃油燃煤燃燒對於春季污染物濃度的貢獻十分顯著。秋季污染事件的 NO_3^-與 Cl^-增量明顯，SO_4^{2-}增量較小，各站有生質燃燒、工業排放及交通污染貢獻。

PMF 受體模式解析以「硫酸鹽與燃燒排放」、「硝酸鹽與燃燒排放」為前二高貢獻因子。板橋、忠明及花蓮站以「硫酸鹽與燃燒排放」因子為主，斗六、嘉義及小港站最高占比因子則是「硝酸鹽與燃燒排放」；顯示區域污染傳輸對於台中以北及花蓮地區影響程度大，雲林縣以南地區則受到擴散條件不佳，污染衍生物的在地影響程度大。為推估大氣消光係數(b_{ext})，各站以 $PM_{2.5}$ 化學成分、氣體分子、相對濕度代入修正的 IMPROVE 方程式，結果以硫酸鹽對 b_{ext} 貢獻最為穩定而顯著，但冬季南部各站硝酸鹽的貢獻較多。同樣地，SO_4^{2-}是統計迴歸分析影響能見度最為穩定而顯著因子，與修正的 IMPROVE 方程式推估結果一致。金屬元素自動儀器與手動儀器迴歸分析結果指出：相關性良好的元素，分別是來自交通排放 (Zn、Ba、V、Cu)、燃煤燃燒(Pb)、燃油燃燒(V)、生質燃燒(K)、金屬冶煉(Mn、Cu、Pb)等污染源，這些大多是大氣常見的金屬元素，因此自動儀器在定性污染源辨識上仍具有價值。在 $PM_{2.5}$ 化學成分技術評估方面，本年度彙整 30 篇相關國際文獻。

建議

1. 排放 NOx 污染源需要積極進行管制。這是基於過去 3 年均發現 $PM_{2.5}$ 高濃度（$\geqq 35\ \mu g\ m^{-3}$）樣本 NO_3^-濃度占比增量顯著，且除了夏季外，其他季節占比也都呈現增量。

2. 加嚴管制夜間有污染排放公私場所。多數在地污染污染事件除了環境擴散條件不佳外，公私場所在夜間作業將增加污染累積殘存到次日。

3. 經過 2017 和 2018 年兩年的比對，自動金屬元素監測儀器在 2017 年金屬元素 As、Ba、K、V、Zn，差異百分比小於 45%，2018 年金屬元素 Cu、K、Mn、Pb、V、Zn，差異百分比小於 40%。兩年共同有的交集是 K、V、Zn，

這三種金屬元素可將自動儀器監測濃度視為等似手動採樣的監測濃度。其餘相關性較佳元素(r>0.6)則可用來比較不同時間自動儀器監測值的相對大小，以瞭解污染源排放相對強度。

一、背景

章節摘要

本章簡述計畫背景，指出我國民眾關注 $PM_{2.5}$，環保署也顯示決心改善 $PM_{2.5}$ 空氣品質。對於 $PM_{2.5}$ 空氣品質改善，有賴於合理污染源管制策略的訂定，因此，$PM_{2.5}$ 污染來源解析不可或缺。解析污染來源前必須精確分析 $PM_{2.5}$ 化學成分，對於大氣 $PM_{2.5}$ 化學成分的精確分析，必須在微粒採樣及成分實驗分析方法選擇上，考量能矯正 $PM_{2.5}$ 某些易揮發化學成分及去除前驅氣體的干擾，而且還要能偵測出大部份 $PM_{2.5}$ 質量的化學成分，然後審慎地進行採樣與實驗分析方能釐清其濃度。本計畫旨在執行 $PM_{2.5}$ 化學成分採樣檢測作業、解析時間與空間分布特徵及影響因素、建置有機碳中有機物採樣方法與微粒成分自動監測適宜性。

細懸浮微粒(氣動粒徑小於或等於 2.5 μm 懸浮微粒，或稱為 $PM_{2.5}$)對於大氣環境變遷和國民健康危害影響重大，自從 2012 年 5 月 14 日環保署正式發布細懸浮微粒空氣品質標準以來，各地 $PM_{2.5}$ 質量濃度數值引起全民重視。近年來，台灣各地 $PM_{2.5}$ 質量濃度雖然持續降低，但仍然會有霧霾現象發生，2017 年 11 月 29 日便發生台灣西部全部霧霾壟罩現象。根據本計畫去年在台灣北、中、南、東部 6 個環保署測站 $PM_{2.5}$ 質量和化學成分採樣分析(李等，2017)，發現造成污染原因仍以在地污染影響發生頻率最高。環保署為了在 2018 年各縣市轄內環保署測站發生紅色警戒日數（當日 $PM_{2.5}$ 濃度大於 54 $\mu g\ m^{-3}$）要減少 20%，4 年內減少 50%，於 2017 年推出 14 項空氣污染防制策略及民間可以再增加解決 N 策略，稱為「14+N」方案，希望降低民眾暴露在 $PM_{2.5}$ 危害等級的機率，充分展現出改善空氣品質的決心與魄力。對於 $PM_{2.5}$ 空氣品質改善，有賴於合理污染源管制策略的訂定，因此，$PM_{2.5}$ 污染來源解析不可或缺。然而，大氣 $PM_{2.5}$ 來源廣泛，各種不同來源的匯集，使 $PM_{2.5}$ 在不同時間和地點有不同化學成分，因此，精確解析 $PM_{2.5}$ 化學成分成為一個重要工作。為能確實監測大氣 $PM_{2.5}$ 化學成分，必須考量有些化學成分在量測時容易揮發或是受到前驅氣體干擾，因此，在微粒採樣及成分實驗分析方法選擇上，必須能矯正 $PM_{2.5}$ 某些易揮發化學成分及去除前驅氣體的干擾，而且還要能偵測出占有大部份 $PM_{2.5}$ 質量的化學成分，然後審慎地進行採樣與實驗分析方能釐清其濃度。在過去，本計畫使用能矯正各項干擾的量

測方法監測大氣 $PM_{2.5}$ 化學成分(李等，2012; 2013; 2015; 2016; 2017)，已經獲有相當成果，本年度持續於台灣北至南及東部 6 個監測站，每 6 天同步採樣 1 次，期能建構我國 $PM_{2.5}$ 化學成分監測網，有效評估大氣環境變遷、國民健康效應、以及污染源管制策略成效。

整體而言，本計畫旨在執行 $PM_{2.5}$ 化學成分採樣檢測作業、解析時間與空間分布特徵及影響因素、評估微粒成分自動監測適宜性。

二、 年度目標

章節摘要

本章依據評選須知，列出年度工作目標含括執行 $PM_{2.5}$ 化學成分採樣檢測作業、解析其時間與空間分布特徵及影響因素、評估微粒成分自動監測適宜性。

本計畫經費為 18,370,000 元，主要分為人事費、業務費及管理費等，其中人事費用包含計畫主持人、共同主持人、研究助理及兼任助理等人員費用，業務費則為細懸浮微粒($PM_{2.5}$)化學成分採樣及檢測儀器維護、維修、零件更換與樣本運送、辦公相關郵資影印費、人員差旅費用及雜支，管理費則為校務內部執行業務使用。

根據服務投標須知相關規定，本計畫的年度目標如下：

一、執行 $PM_{2.5}$ 化學成分採樣檢測作業。

二、解析時間與空間分布特徵及影響因素。

三、評估微粒成分自動監測適宜性。

2.1 計畫工作內容

針對上述年度目標，依據服務投標須知相關規定，本計畫工作內容至少應包含下列各項:

一、各項工作內容說明

(一) 執行 $PM_{2.5}$ 化學成分採樣檢測作業

1. 採樣地點：本署板橋、忠明、斗六、嘉義、小港及花蓮站（得視需要調整地點）同步執行採樣工作。
2. 採樣儀器：使用上一年度本署所購置之 $PM_{2.5}$ 採樣器(MetOne E-FRM 以及 MetOne SASS)執行採樣作業，應定期維護清理採樣儀器，每次採樣前後應執行儀器測漏及流量校正。
3. 採樣頻率及數量：每個採樣地點每 6 天 1 次，高濃度季節視情況調整頻率。
4. $PM_{2.5}$ 化學成分分析

(1) 碳成分採樣及分析：以石英濾紙採集 $PM_{2.5}$ 樣品，並以不同溫度分析各種碳成分。選用的採樣分析方法須能矯正濾紙微粒揮發及空氣中揮發性有機物之干擾；選用之檢測分析方法同時進行裂解碳矯正。

(2) 水溶性陰陽離子與採樣及分析：以鐵氟龍濾紙採集 $PM_{2.5}$ 樣品，至少分析 Na^+、K^+、NH_4^+、Mg^{2+}、Ca^{2+}、Cl^-、SO_4^{2-}、NO_3^-等 8 項陰陽離子，並針對 NO_3^-、Cl^-和 NH_4^+ 等離子成分揮發進行修正。

(3) 金屬離子採樣及分析：以鐵氟龍濾紙採集 $PM_{2.5}$ 樣品，應至少分析 22 種元素。例如：鋁(Al)、鐵(Fe)、鈉(Na)、鎂(Mg)、鉀(K)、鈣(Ca)、鍶(Sr)、鋇(Ba)、鈦(Ti)、錳(Mn)、鎳(Ni)、銅(Cu)、鋅(Zn)、鉬(Mo)、鎘(Cd)、錫(Sn)、銻(Sb)、鉛(Pb)、釩(V)、鉻(Cr)、砷(As)、硒(Se)等元素。

(4) 結合氣象資料，解析 $PM_{2.5}$ 化學成分與質量濃度之時間與空間分布特徵及影響因子，提供污染管制策略修訂之參考。

(5) 依據 $PM_{2.5}$ 化學成分，並配合解析採樣地點污染之空間、時間分布特徵及影響因子。

5. 計畫書內容需包括 $PM_{2.5}$ 化學成分採樣及檢測分析之品保與品管規劃書。

(二) 解析時間與空間分布特徵及影響因素

1. 推估各監測地區 $PM_{2.5}$ 污染來源、與影響監測地區能見度之 $PM_{2.5}$ 化學成分及氣象因子，提供污染源管制策略評估之參考。
2. 採用國際通用受體模式解析 $PM_{2.5}$ 化學成分，推估各監測地區 $PM_{2.5}$ 污染來源。
3. 採用統計分析技術，推估影響監測地點鄰近氣象局儀器或人工觀測能見度之 $PM_{2.5}$ 化學成分及氣象因子。
4. 依上述分析結果，提供污染源管制策略評估之建議。
5. 蒐集比較中國大陸、日本、韓國、美國及歐洲等國家執行 $PM_{2.5}$ 化學成分採樣檢測經驗與最新技術，並蒐集細懸浮微粒監測相關文獻至少 30 篇。
6. 評估有機碳(OC)中有機物的採樣及分析之可行性。

(三) 評估微粒成分自動監測適宜性

1. 於 $PM_{2.5}$ 化學成分監測站網或本署指定測站（地點）擇 1 執行採樣，原則選定中部以南、高污染濃度地區，以評估自動監測可行性。

2. 採樣天數至少 40 天，實際採樣期間依本署指定日期為準，每次採樣 24 小時。

3. 租用設備應與國際上 $PM_{2.5}$ 化學成分採樣大多數測站使用的採樣器相同。

二、其他需求、配合事項

(一) 設備需求

1. 本署提供設備項目：

(1) $PM_{2.5}$ 手動質量濃度採樣器（MetOne E-FRM）及 $PM_{2.5}$ 微粒成分濃度採樣器（MetOne SASS）各 10 台，得標廠商應另負責相關採樣設備維護及儀器搬運安裝。

(2) 層流式一級標準流量計（Molbloc/Molbox1，附溫度及壓力計 1 組），提供流量追溯校正。

2. 得標廠商應自備設備項目（環保署提供項目外）包含：

(1) $PM_{2.5}$ 手動質量濃度採樣器（MetOne E-FRM）及 $PM_{2.5}$ 微粒成分濃度採樣器（MetOne SASS）維護零件及相關耗材。

(2) 傳輸標準氣體流量計（5 mL~30 L（準確度≦±1%），附溫度、壓力感應器，並可供正負壓二種氣源追溯校正；其中 1 組需為乾式氣體流量計，置於環保署品保室供追溯校正及稽查使用）

(3) 標準時鐘/計時器（≦±5 min）

(4) 大氣壓力計、乾濕度計、一級標準溫度計。

(二) 計畫執行及進度需求

1. 得標廠商需具備專業採樣技術及採樣器故障排除之專業技能，以確保採樣完整性。

2. 得標廠商應於得標後 1 個月內，完成品保規劃書修正定稿、採樣點現勘、儀器檢驗測試作業 SOP 初稿及相關採樣之預準備，並提交第 1 次工作報告。

3. 採樣及檢測方法：原則依環保署公告之採樣及檢驗方法為主，環保署未公告者依美國環保署或其他經政府機關認可之研究方法，得標廠商須依我國空品特性，建議合適之方法，經環保署同意後方可執行。

4. 計畫執行期間，如因天候因素或不可歸責於己之因素致無法完成採樣檢測，須於 1 週內提出理由說明及變更或補充採樣計畫。惟如截至計畫結

束前 1 個月，仍無法完成採樣檢測分析時，環保署依雙方議定合約中之單價及數量扣減費用。

5. 本計畫之品保等級為 A 級，得標廠商須依環保署環境檢驗所頒訂「環保署委託計畫品保規劃書撰寫要項」撰寫（格式可至環保署環境檢驗所網頁下載）品保規劃書，並於得標後 14 天內提交品保規劃書（應詳細說明各檢測項目分析原理、步驟），經環保署審核通過後據以執行。計畫執行期間，應嚴格執行各項品保品管措施。
6. 計畫執行期間除需落實各項品保、品管及安全措施外，並請注意符合智慧財產權相關規定。本計畫執行成果版權屬於環保署，未經環保署授權不得任意對外發布。
7. 得標廠商應指定專人負責本計畫協調聯繫工作，並配合環保署需求，召開工作檢討會議（含各項工作會議錄音、記錄及資料彙整等）。

2.2 目前工作進度及達成率

本計畫採樣時程配合各地手動檢測 $PM_{2.5}$ 時程，每 6 天採樣 1 次。由於本年度係延續上一年度 $PM_{2.5}$ 化學成分採樣檢測作業，採樣前儀器比對和上一年度採樣後儀器比對時間非常接近，因此，不再進行採樣前儀器比對工作。

本計畫依據評選須知要求，於 2018 年 1 月 1 日放置樣本，1 月 2 日開始採樣，然後在每個採樣站每 6 天採樣 1 次，高濃度季節再視情況調整頻率。依照定期採樣規劃，列出採樣時程如圖 2.1，其中，10 月 26 日補採忠明站 6 月 1 日(成分採樣器異常終止採樣)；12 月 7 日高濃度期間調整採樣；12 月 13 日補採 12 月 10 日花蓮站(測站電盤損壞)及 11 月 28 日嘉義站(成分採樣器異常終止)；12 月 19 日補採 8 月 30 日小港站樣本(小港站質量濃度採樣器異常終止)。表 2.1 列出本計畫執行工作進度表。

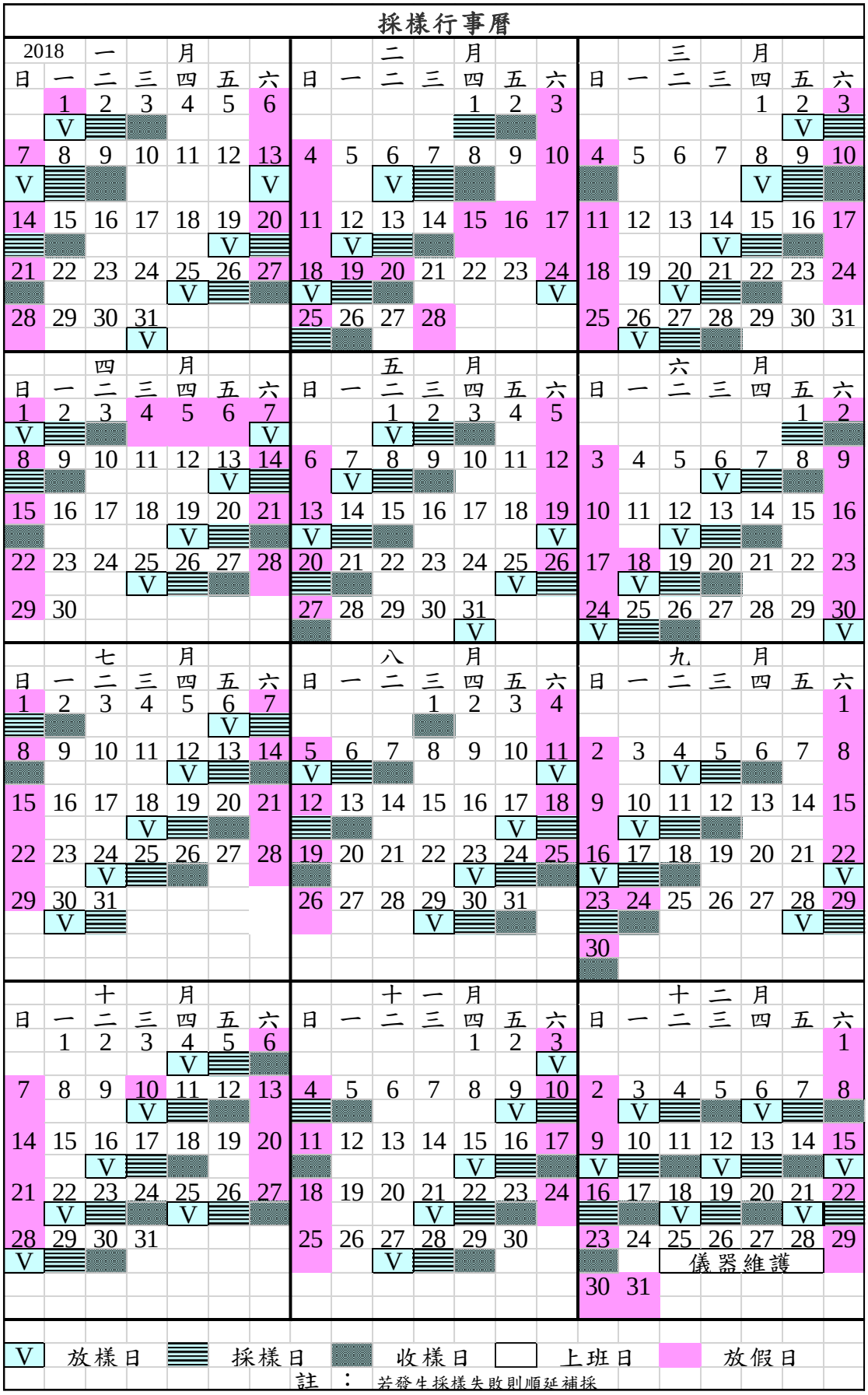


圖 2.1 2018 年採樣監測時程規劃

表 2.1 計畫執行工作進度表

工作內容項目	月次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	年別	107	107	107	107	07	107	107	107	107	107	107	107
	月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.同步執行 6 站 $PM_{2.5}$ 化學成分採樣檢測作業，分析水溶性陰陽離子、碳成分、有機物質及金屬元素，每 6 天執行 1 次。		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2.解析 $PM_{2.5}$ 化學成分與質量濃度時間與空間分布特徵及影響因子。		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3.推估各監測地區 $PM_{2.5}$ 污染來源、與影響監測地區能見度因子，提供污染源管制策略評估參考。		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4.評估有機碳(OC)中有機物的採樣及分析之可行性		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5.完成微粒元素成分自動監測適宜性評估。					■					■	■	■	
6.蒐集比較各國執行 $PM_{2.5}$ 化學成分採樣檢測經驗與最新技術，並蒐集細懸浮微粒監測相關文獻至少 30 篇。		■	■				■				■		
7 繳交第一次工作進度、期中、期末報告。			■				■						■
預定進度累積百分比（%）		10	20	25	30	40	45	50	55	60	75	90	100

查核點	預定完成時間	查核點內容說明
第一次工作進度報告	得標後 60 天內	完成品保規劃書及採樣相關事宜。
期中報告	完成 107 年 1 月至 6 月採樣作業	完成 1 月至 6 月採樣作業。
期末報告(定稿)	完成 4 季採樣	完成前 11 個月 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分分析成果。

三、 工作方法

章節摘要

本章敘述執行本計畫所使用的工作方法並分成三大部分，第一部分包括：執行 $PM_{2.5}$ 化學成分採樣檢測作業的地點、時程、作業程序、$PM_{2.5}$ 採樣規畫、採樣儀器介紹、採樣去除大氣干擾物方法、實驗分析方法、實驗分析方法品管、檢測數據品保規劃說明；第二部分包括：污染事件判別、受體模式、能見度模式及有機物分析與採樣；第三部分則為評估微粒成分自動監測適宜性等項目。

為執行細懸浮微粒（$PM_{2.5}$）化學成分採樣檢測作業，解析其時間與空間分布特徵及影響因素，本計畫每 6 天 1 次在板橋、忠明、斗六、嘉義、小港、花蓮 6 站同步採樣的「例行性採樣」；執行自動監測可行性評估則配合環保署指定期間於小港站執行至少 40 日採樣。

如前所述，本計畫年度目標包括：(一)、執行 $PM_{2.5}$ 化學成分採樣檢測作業；(二)、解析時間與空間分布特徵及影響因素；(三)、評估微粒成分自動監測適宜性；底下簡要列出本計畫達成年度目標的各種方法。

3.1 執行 $PM_{2.5}$ 化學成分採樣檢測作業

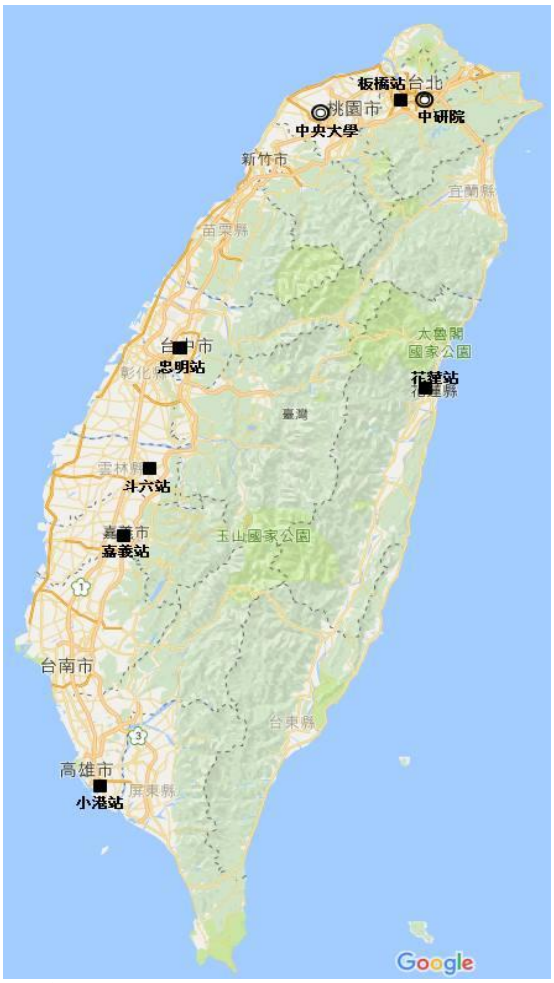
3.1.1 採樣地點及時程規劃

$PM_{2.5}$ 化學成分採樣計畫包括採樣地點及時程規劃、細懸浮微粒採樣設備及方法、檢驗分析方法介紹、採樣前所有儀器比對、採樣後儀器進行維護保養、採樣及樣品檢測人員工作分配及時程規畫、採樣品保執行的簡要描述。本計畫根據服務投標須知相關規定，延續 2017 年在板橋、忠明、小港、斗六、嘉義及花蓮測站每 6 天採樣 1 次的例行採樣計畫，2018 年開始同樣進行每 6 天採樣 1 次的例行採樣計畫，各採樣地點及主要的樣本分析實驗室地理位置如圖 3.1.1 所示。從民眾暴露 $PM_{2.5}$ 人數密度來看，板橋、忠明、小港站位於我國三大都會區內，考量 $PM_{2.5}$ 空氣品質標準的建立主要是保護民眾健康，從民眾暴露 $PM_{2.5}$ 人口密度及工業來源影響來評估，板橋站為北部地區適當採樣站點，板橋站同時是環保署 $PM_{2.5}$ 質量濃度常規監測站。忠明站位於台中都會區內，可以反映出中部地區民眾暴露 $PM_{2.5}$ 濃度，它也是一個 $PM_{2.5}$ 質量濃度常規監測站，是相當適合採樣站點。斗六、嘉義地區的 $PM_{2.5}$ 質量濃度，近年來在秋、冬季常有高濃度且比我

國空氣品質標準日平均值高，常態監測這兩個站點，可瞭解兩個地區高濃度期間 $PM_{2.5}$ 污染特性。小港站位於高雄市臨海重工業區，附近工廠林立人口也密集，可以同時反映民眾暴露於都市機動車輛和工業污染情形。花蓮縣 $PM_{2.5}$ 質量濃度接近空品標準日平均值，納入監測可做為與西部都會區比對的背景測站。各採樣站點位置、監測高度、空氣品質監測項目等資訊列於表 3.1.1，四方景象呈現在圖 3.1.2 至圖 3.1.7。

在採樣時程規劃上，由於本年度係延續上一年度 $PM_{2.5}$ 化學成分採樣檢測作業，採樣前儀器比對和上一年度採樣後儀器比對時間非常接近，因此，不再進行採樣前儀器比對工作。本計畫依據評選須知要求，2018 年 1 月 1 日放置樣本，於 1 月 2 日開始採樣，接著在每個採樣站每 6 天採樣 1 次，高濃度季節再視情況調整頻率。依照前述規劃結果，列出採樣時程如第 2.2 節圖 3.1.1。

為掌握本計畫現場作業執行程序，圖 3.1.8 將本計畫執行 $PM_{2.5}$ 化學成分採樣檢測作業地點、時程、工作量列出以供參考。



（地圖資料：https://www.google.com.tw/maps）

圖 3.1.1 採樣監測站地理位置(■代表採樣地點，◎為主要分析實驗室)

表 3.1.1 採樣監測站相關資訊

監測站	測站種類	監測項目	測站環境高度	測站位置	地 址
板橋	$PM_{2.5}$ 化學成分測站及質量濃度常規比對測站	SO_2, CO, O_3, PM_{10}, NOx, NO, NO_2, THC, NMHC, CH_4, $PM_{2.5}$ (自動), $PM_{2.5}$ (手動),溫度,濕度, 風速, 風向, 雨量	15 公尺	新北市立板橋高級中學	新北市板橋區文化路一段 25 號
忠明	$PM_{2.5}$ 化學成分測站及質量濃度常規比對測站	SO_2, CO, O_3, PM_{10}, NOx, NO, NO_2, THC, NMHC, CH_4, $PM_{2.5}$ (自動), $PM_{2.5}$ (手動), 溫度,濕度, 風速, 風向, 雨量	15 公尺	國立台中特殊教育學校	台中市南屯區公益路二段 296 號
斗六	$PM_{2.5}$ 化學成分測站及質量濃度常規比對測站	SO_2, CO, O_3, PM_{10}, NOx, NO, NO_2, $PM_{2.5}$ (自動), $PM_{2.5}$ (手動), 溫度,濕度, 風速, 風向, 雨量	10 公尺	斗六高中	雲林縣斗六市民生路 224 號
嘉義	$PM_{2.5}$ 化學成分測站及質量濃度常規比對測站	SO_2, CO, O_3, PM_{10}, NOx, NO, NO_2, THC, NMHC, CH_4, $PM_{2.5}$ (自動), $PM_{2.5}$ (手動), 溫度,濕度, 風速, 風向, 雨量	13 公尺	國立嘉義大學新民校區	嘉義市西區新民路 580 號
小港	$PM_{2.5}$ 化學成分測站	SO_2, CO, O_3, PM_{10}, NOx, NO, NO_2, THC, NMHC, CH_4, $PM_{2.5}$ (自動),溫度, 濕度, 風速, 風向, 酸雨, 雨量	15 公尺	小港國中	高雄市小港區平和南路 185 號
花蓮	$PM_{2.5}$ 化學成分測站及質量濃度常規比對測站	SO_2, CO, O_3, PM_{10}, NOx, NO, NO_2, $PM_{2.5}$ (自動), $PM_{2.5}$ (手動), 溫度,濕度, 風速, 風向, 雨量	11 公尺	中正國小	花蓮縣花蓮市中正路 210 號

1. 板橋站 (25°00’46.7”N，121°27’31.2”E)

板橋站(圖 3.1.2)位於新北市立板橋高級中學校舍 4 樓樓層，屬於一般大氣測站，採樣口離地面約 19.5 公尺，測站南方有一教學大樓，其餘部分為校園。

板橋站	
東	南
	
西	北
	

圖 3.1.2 板橋站周圍環境影像

2. 忠明站 (24°09’7.05”N，120°38’27.93”E)

忠明站(圖 3.1.3)位於台中市公益路與惠中路交叉口之特教學校三樓樓頂，測站西側約 20 公尺為 30 公尺寬的惠中路，南側 50 公尺處為 30 公尺寬的公益路，交通流量大。

忠明站	
東	南
	
西	北
	

圖 3.1.3 忠明站周圍環境影像

3. 斗六站 (23º42’42.67”N，120º32’41.98”E)

斗六站(圖 3.1.4)位於雲林縣斗六市斗六高中三樓頂，屬一般大氣監測站，採樣口離地面高約 12 米，附近車流量受上、下學影響較大。

斗六站	
東	南
	
西	北
	

圖 3.1.4 斗六站周圍環境影像

4. 嘉義站 (23º27’46”N，120º26’27”E)

嘉義站(圖 3.1.5) 本站位於嘉義大學新民校區管理學院 B 棟頂樓，屬一般大氣監測站，採樣口離地面高約 13 米。

嘉義站	
東	南
	
西	北
	

圖 3.1.5 嘉義站周圍環境影像

5. 小港站 (22º33’57”N，120º20’15.85”E)

位於小港區小港國中四樓頂，小港站(圖 3.1.6)北方距離 1.0 公里是小港機場，東方距 280 公尺是 35 公尺寬的大業北路，南面是臨海工業區中鋼、中船等大型工廠，西南側是台電火力發電廠。

小港站	
東	南
	
西	北
	

圖 3.1.6 小港站周圍環境影像

6. 花蓮站 (23º97’13.05”N，121º59’97.69”E)

花蓮站(圖 3.1.7)所在地點為中正國小，東面 1.5 公里處為太平洋，西邊為花蓮市區，南邊與北邊為一般道路。

花蓮站	
東	南
	
西	北
	

圖 3.1.7 花蓮站周圍環境影像

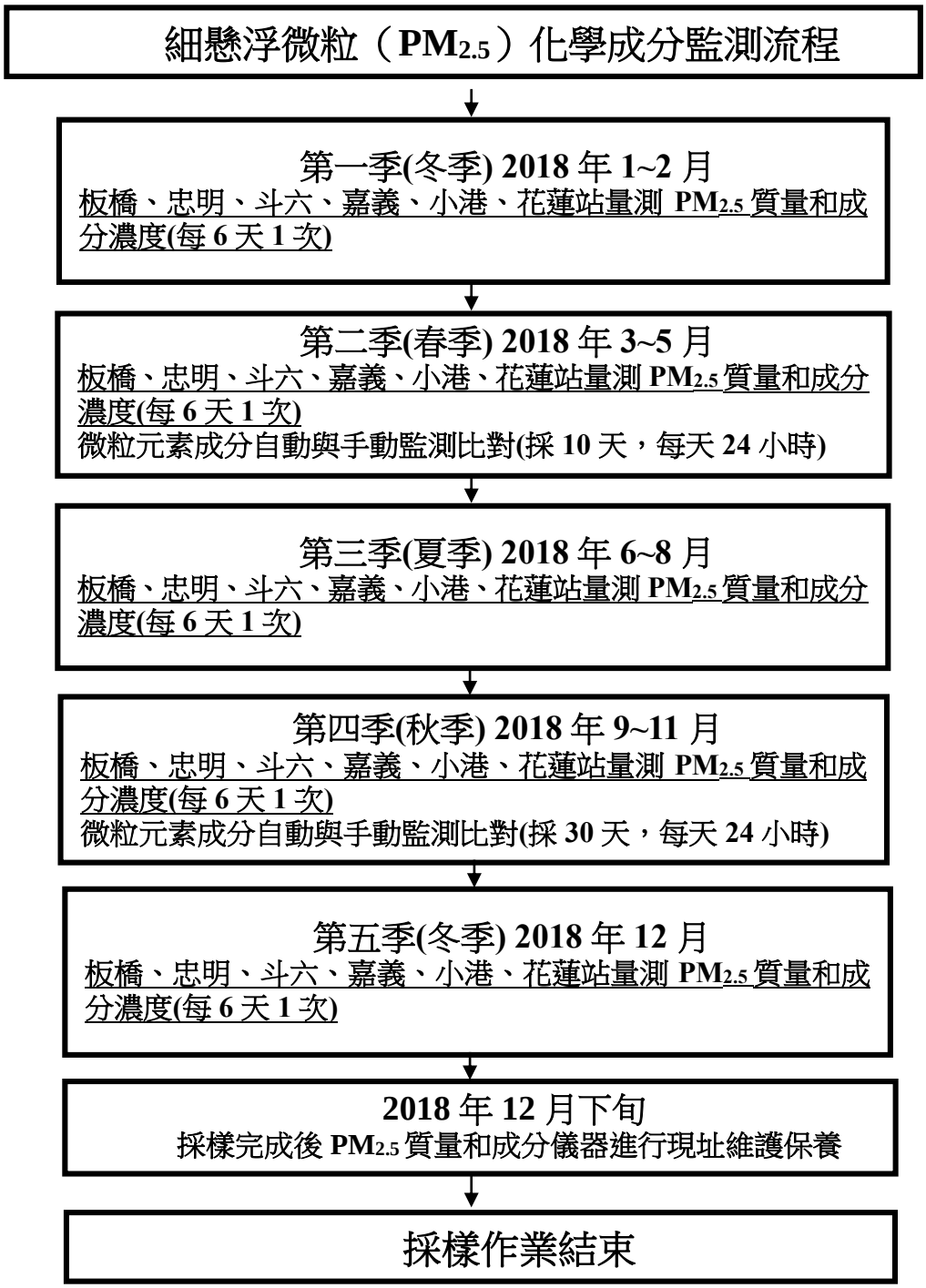


圖 3.1.8 細懸浮微粒（$PM_{2.5}$）化學成分採樣檢測作業執行程序

3.1.2 採樣及實驗分析人員及行程分配

採樣前本計畫須先進行地點現勘，針對各採樣地點分別確認採樣位置、電源供應、鄰近遮蔽物等影響因子，在彙整相關資料及取得必要的採樣設備後，把採樣器運送至採樣地點。

為採樣管理及樣本前處理流程，樣本採集人員安排如圖 3.1.9，圖中也列出各相關人員對應的主要工作項目。

本計畫每站點樣本採樣時間為 24 小時，採樣起迄時間的影響因素包括：採樣儀器測漏、流量校正、放置和取下 $PM_{2.5}$ 質量濃度採樣器採樣空白等工作，本計畫在採樣前一天設置好採樣器定時裝置，於採樣天零點起動，每個樣本採足 24 小時，然後於採樣結束後隔日，遵循採樣結束標準操作業程序，收取帶有微粒的濾紙樣本，接著記錄各項表單項目後，進行必要的採樣器維護保養，以等待下一次採樣工作，然後離開現場，除了板橋站樣本外，其他 5 站採樣樣本都以冷凍快捷郵遞方式寄送。

圖 3.1.10 列出樣品採集人員工作規劃，圖 3.1.11 列出樣本及數據分析人員工作規劃，圖 3.1.12 列出數據品保及報告人員工作規劃供參考。

本計畫另將成立機動小組，成員也具備有採樣和實驗分析專業技能，遇有緊急狀況時可以提前或適時應變，目前有中研院陳美君、黃薇如，中央大學孫紹恩及其他兼任助理等人。

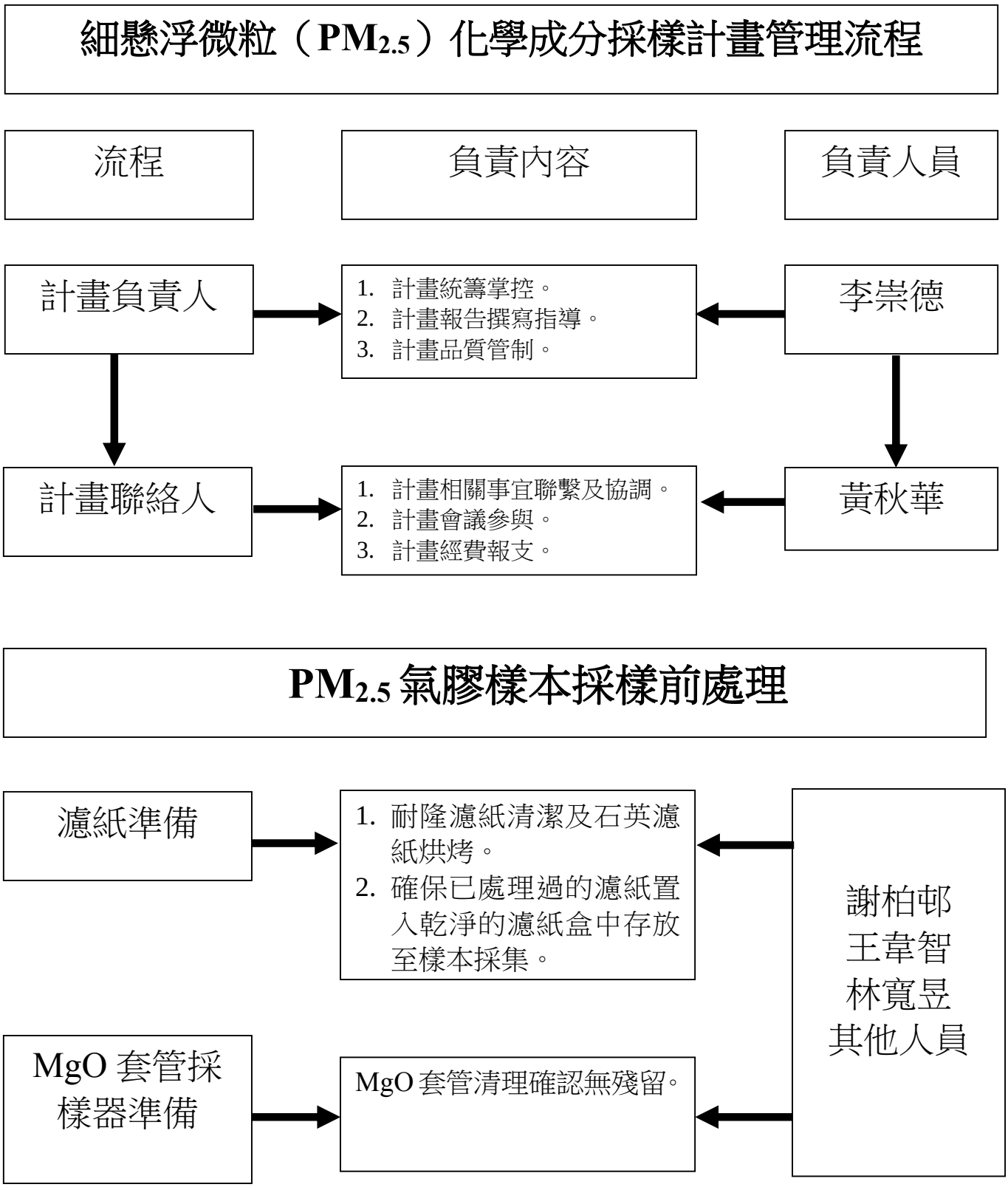


圖 3.1.9 採樣計畫管理及樣本採樣前處理流程

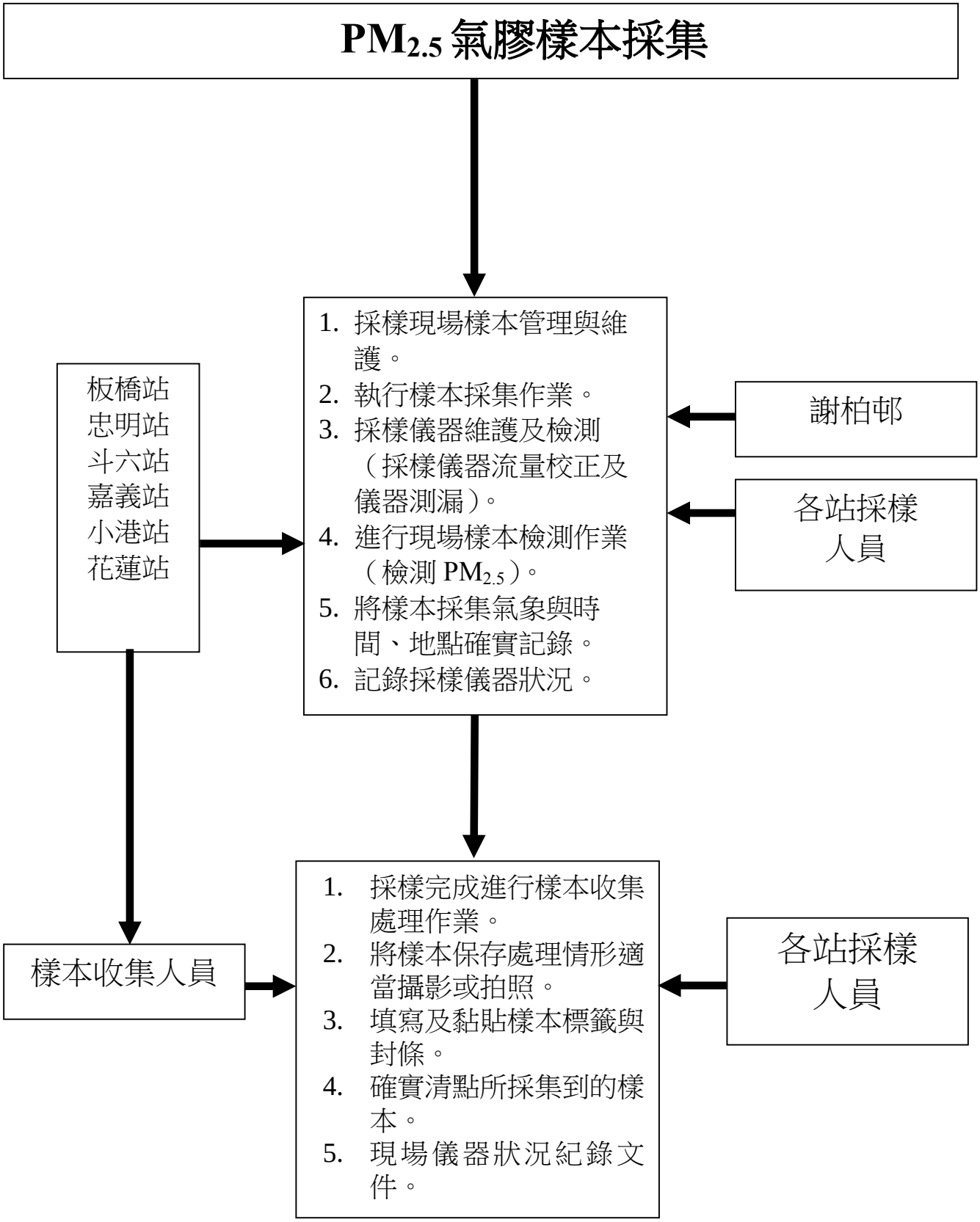


圖 3.1.10 樣本採集人員工作規劃

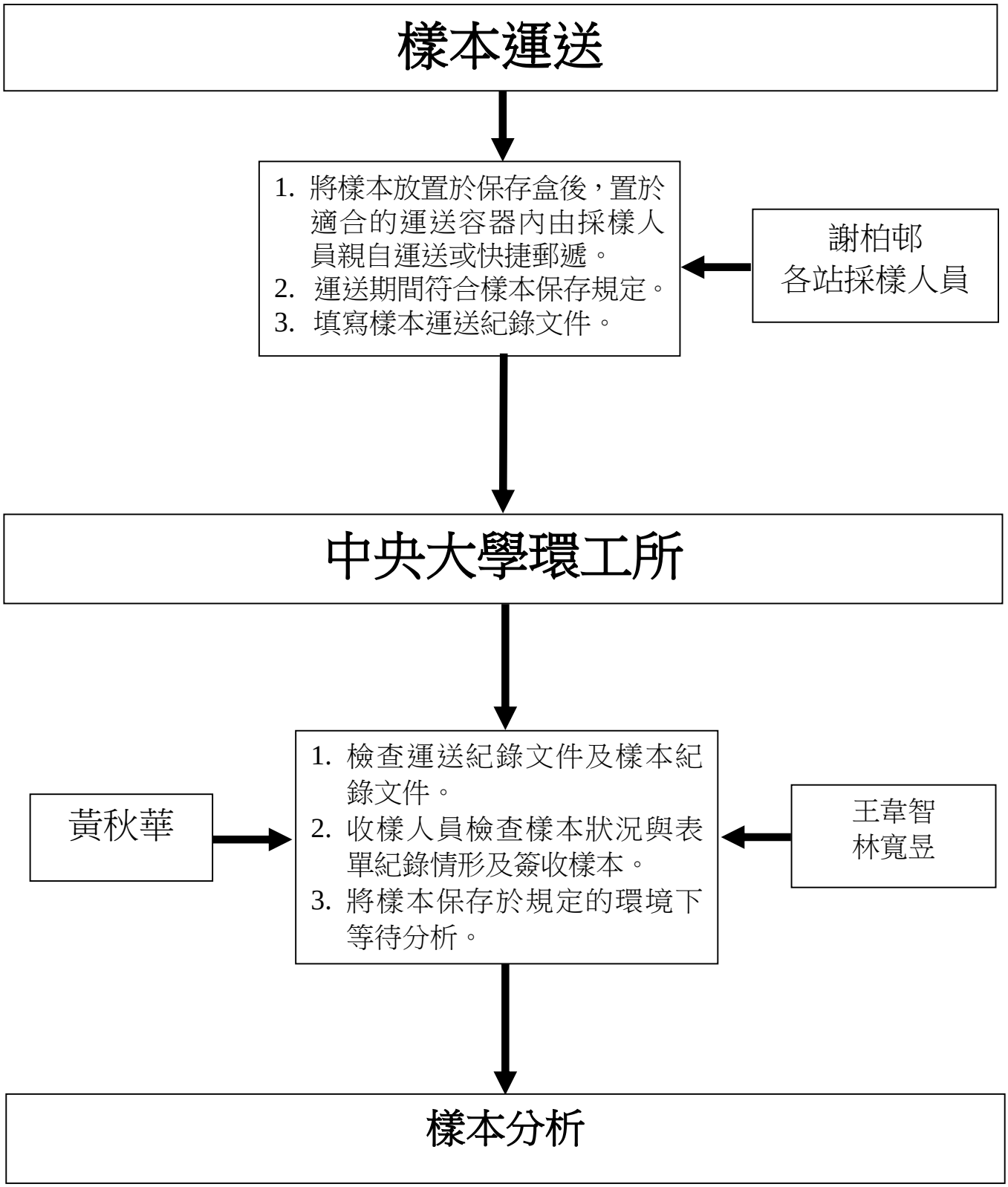


圖 3.1.11 樣品及數據分析人員工作規劃

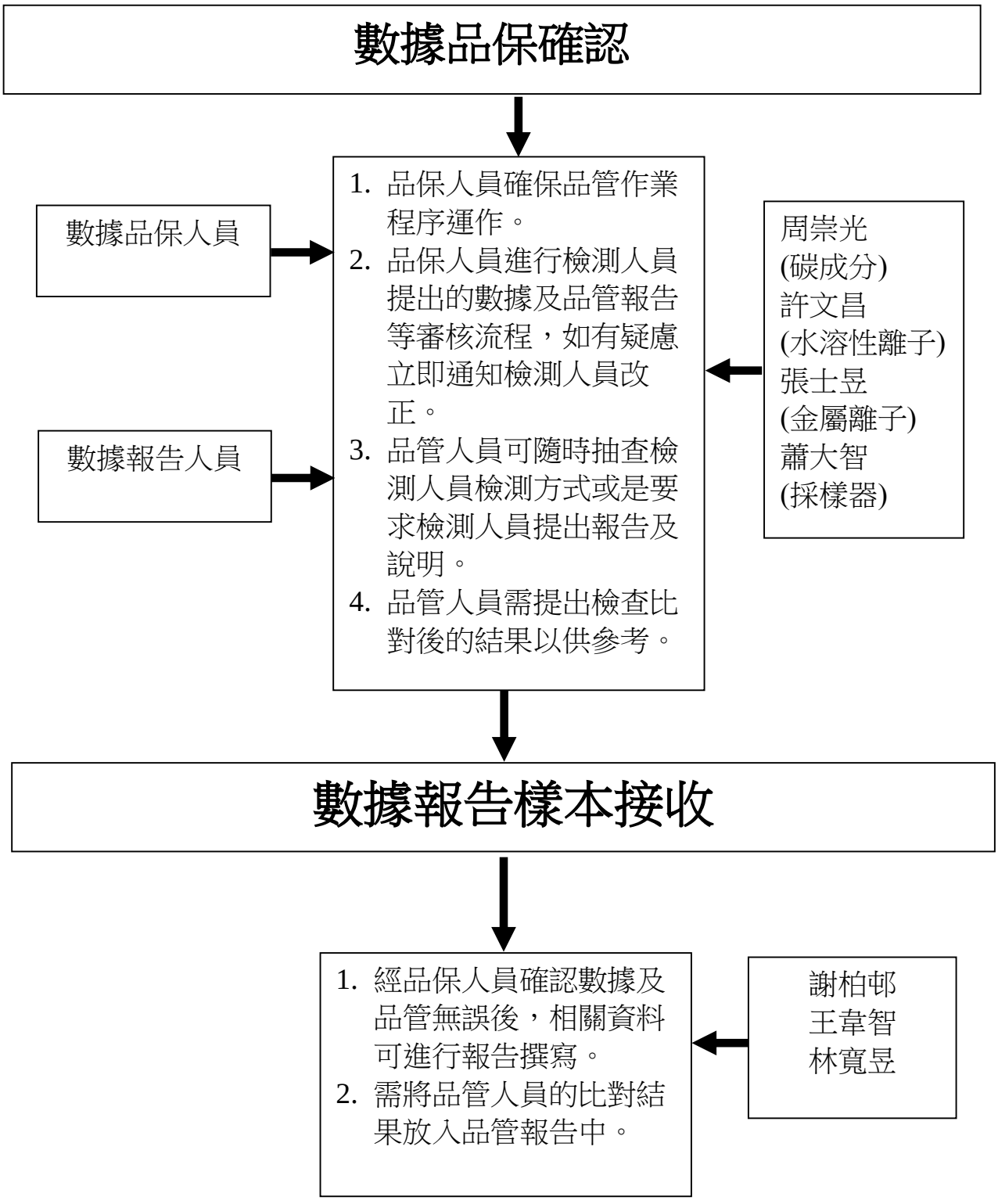


圖 3.1.12 數據品保確認及報告人員工作規劃

3.1.3 細懸浮微粒採樣設備及方法

本計畫依據李等(2015)年執行 $PM_{2.5}$ 化學成分檢測第一次研討會委員建議，為避免水溶性離子因等待秤重而有揮發損失，每站以 $PM_{2.5}$ MetOne E-FRM 採樣器採集微粒在鐵氟龍濾紙上，經過 A205.11C 方法規定調理環境及程序調理後，進行秤重決定 $PM_{2.5}$ 質量濃度，然後進行元素成分分析，水溶性離子和碳成分則另外使用化學成分採樣器採樣後，儘快進行實驗分析。2018 年執行板橋、忠明、斗六、嘉義、小港及花蓮站每 6 天同步採樣一次 $PM_{2.5}$ 化學成分，持續採用上年度計畫購置的 MetOne SASS Sepeciation sampler。採樣器標準操作步驟詳列於本計畫品保規劃書中。

1. MetOne E-FRM $PM_{2.5}$採樣器採樣原理

MetOne型號E-FRM採樣器(圖3.1.13)是通過美國環保署方法認證的$PM_{2.5}$ (RFPS-0315-221)和PM_{10}採樣器(RFPS-0216-231)，採樣器設計原則為符合美國環保署參考方法的單次濾紙採樣，並用以決定大氣每天$PM_{2.5}$或PM_{10}微粒濃度。儀器採用美國環保署放置單張47 mm鐵氟龍濾紙的濾紙匣，每次採樣由操作員手動更換濾紙。儀器以雙頭隔膜負壓幫浦將流率控制在16.67 L min^{-1} (變動比率± 2%，± 0.33 L min^{-1}，比FRM規範的± 5%，± 0.83 L min^{-1}準確)，樣本空氣抽進標準的PM_{10}入流口後，可經由BGI VSCC^{TM} (very-sharp-cut cyclone)或URG-2000-30EGN cyclone，或傳統的WINS Impactor進行$PM_{2.5}$粒徑切割，本計畫係採用VSCC，氣流然後經過濾紙，微粒被收集在濾紙上。經過24小時採完樣後取下濾紙，送往實驗室進行溫度和濕度調理，然後以± 1 μg靈敏度天平秤重，和空白濾紙採樣前秤重值相減，獲得大氣$PM_{2.5}$質量濃度(μg m^{-3})。

E-FRM採樣器可收折成較密實包裝，架設時再展開，運送方便。每次採樣操作時間可由操作員以程式設定，儀器可展現和儲存所有採樣過程流率、溫度、壓力、警告值，數據可透過個人電腦從RS-232或USB虛擬串聯口或甚至直接以USB隨身碟下載。



圖 3.1.13 MetOne E-FRM $PM_{2.5}$ 採樣器的外觀與儀器操作面板

2. MetOne SASS $PM_{2.5}$採樣器採樣原理

MetOne SASS是目前美國化學成分監測網(CSN)所使用的化學成分採樣器，採樣器外觀如圖3.1.14，MetOne SASS最多可使用5個濾紙採樣通道，進行24小時連續採樣。通道1至3以質量流控制器(mass flow controller)控制採樣流量為6.7 Lpm (通道1至3)，通道4與5則使用臨界小孔(critical orifice)，流量為6.9 Lpm，入流口都設置有sharp cut cyclone篩分出2.5 μm的微粒進來。採樣器配置如下圖3.1.15所示，通道1前端設置塗覆MgO的擴散管以去除環境酸性前驅氣體干擾，後端放置鐵氟龍後接耐隆濾紙，分析$PM_{2.5}$氣膠水溶性離子成分及揮發的硝酸根和氯離子；通道2設置2張石英濾紙，作為分析氣膠碳成分及微粒有機碳成分揮發補償使用；通道3保留可放置鐵氟龍濾紙作為額外分析質量或元素成分進行比對使用，通道4可放置石英濾紙作為分析氣膠有機物質使用，通道5可進行其他成分分析備用，通道6沒有氣流通過，放置1張石英濾紙，作為現場空白及被動揮發性有機氣體吸附評估使用。



圖 3.1.14 MetOne SASS $PM_{2.5}$ 成分採樣器的外觀與儀器操作面板

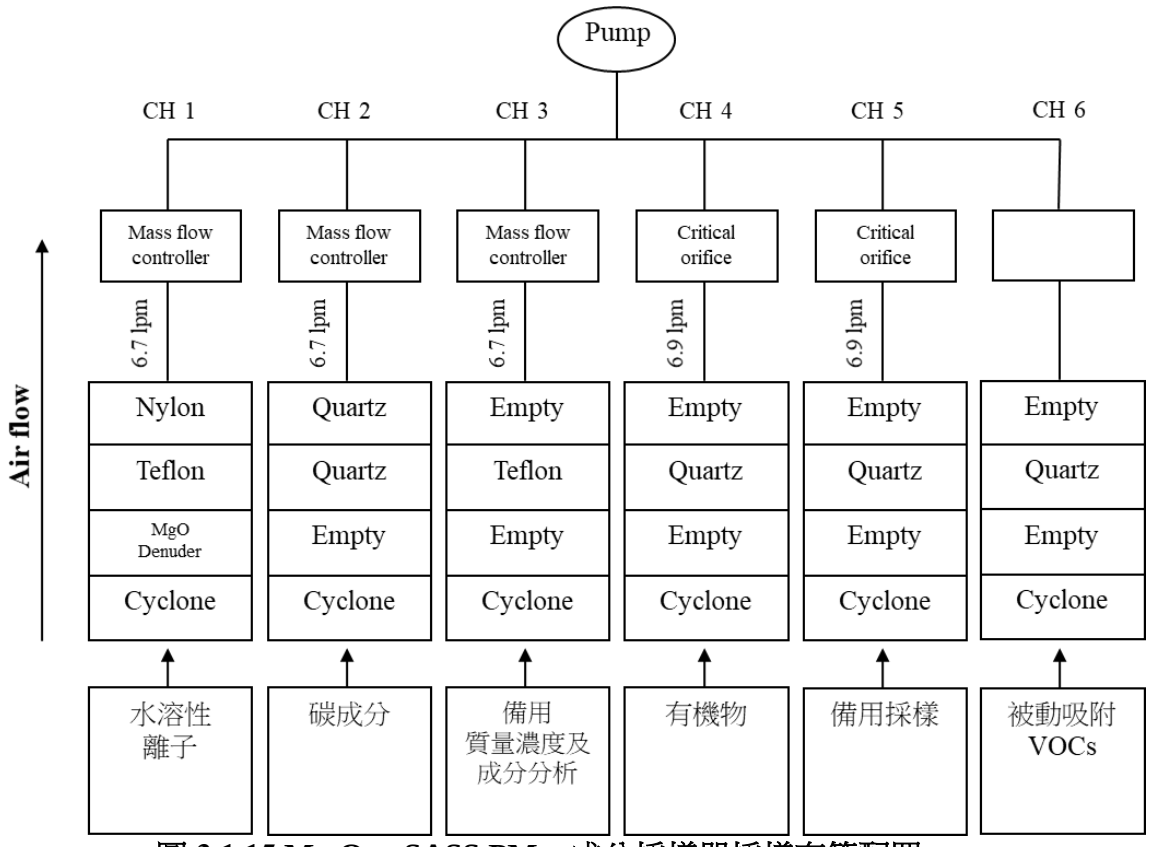


圖 3.1.15 MetOne SASS $PM_{2.5}$ 成分採樣器採樣套管配置

3.1.4 細懸浮微粒成分人工採樣去除大氣干擾物方法

本計畫在每次採樣時使用 SASS 成分採樣器 4 個通道，分別採集 $PM_{2.5}$ 水溶性離子、$PM_{2.5}$ 碳成分、備用 $PM_{2.5}$ 質量濃度及成分分析、$PM_{2.5}$ 有機物，對於 $PM_{2.5}$ 質量濃度及元素成分則另外使用 E-FRM 採樣器採集。

1. 矯正濾紙微粒揮發及空氣中揮發性有機物干擾

含碳氣膠通常分成有機碳(OC)和元素碳(EC)，兩者是 $PM_{2.5}$ 的主要成分。氣膠碳成分的 OC 包含半揮發性有機物，這些半揮發性有機物收集到石英濾紙上後會隨著採樣氣流流過而揮發，造成微粒質量損失，這種現象稱為負偏差(negative artifact)；此外，空氣中的揮發性有機物(VOCs, Volatile Organic Carbons)在採樣過程會吸附在石英濾紙上，導致實驗分析的 OC 高估，這種現象稱為正偏差(positive artifact)，這兩項偏差都會影響到實際微粒 OC 的量測(Turpin et al., 2000)，如圖 3.1.16 所示。本計畫在每次採樣時，在通道 2 裝置 2 張石英濾紙，進行 $PM_{2.5}$ 採集和評估採集過程碳成分負偏差，至於正偏差則以放置在通道 6 的石英濾紙進行 VOCs 被動吸附。

碳成分採集配合實驗分析要求，需使用石英濾紙，但石英濾紙在採樣時會吸附空氣中揮發性有機氣體，已採集在濾紙上微粒又會在採樣過程揮發，本計畫將以放置現場空白和串聯兩張石英濾紙進行補償修正，修正方式為：假設現場空白被動吸附 VOCs (OCFB)和濾紙採樣主動吸附 VOCs 濃度相等，修正 OC 以第一張石英濾紙(OCQ1)減 OCFB，加上第二張石英濾紙(OCQ2)減去 QCFB 計算獲得，亦即，修正 OC = (OCQ1-OCFB)+(OCQ2-OCFB)，當 OCQ2 小於 OCFB 時將視為幾乎沒有 OC 在採樣過程揮發，此時修正 OC = OCQ1-OCFB。

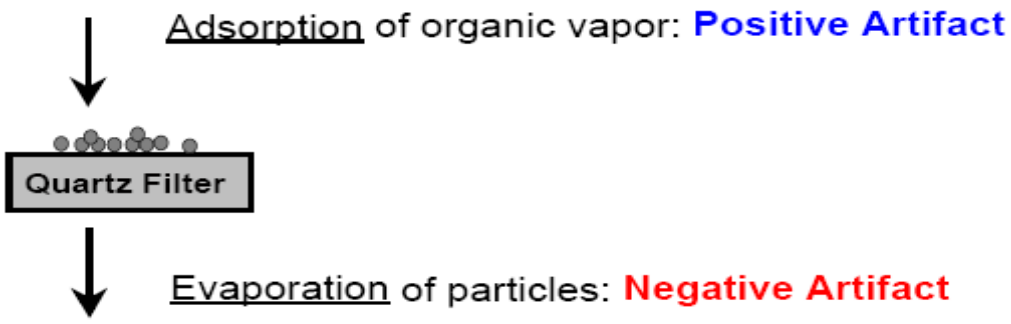


圖 3.1.16 以石英濾採集微粒有機碳成分偏差示意圖 (Turpin et al., 2000)

2. 去除大氣酸氣對微粒水溶性離子干擾及採集微粒揮發的硝酸氣和鹽酸氣

Met One SASS 只配備 MgO denuder 去除大氣酸性干擾氣體，對於大氣鹼性干擾氣體並無去除設備，微粒採集裝置則可串連兩張濾紙。本計畫以兩張濾紙採集水溶性無機離子成分，第 1 張裝設鐵氟龍濾紙，量測水溶性離子，第 2 張裝設耐隆濾紙，量測從第 1 張濾紙揮發的 NO_3^-和 Cl^-，並補償加回到第 1 張濾紙採集分析的 NO_3^-和 Cl^-。至於 NH_4^+離子的揮發補償，則因為無法裝置第 3 張濾紙，因此，計算與 NO_3^-和 Cl^-相匹配 NH_4^+離子濃度進行補償。

3.1.5 $PM_{2.5}$ 水溶性離子檢驗分析方法

1. 離子層析儀分析原理

$PM_{2.5}$ 水溶性離子是使用離子層析儀分析，離子層析儀是利用離子交換原理，當待測樣本通過分析管柱時，離子會與管柱中的樹脂產生交換作用，此時加入流洗液沖提，帶出不同導電度的離子，再使用導電度偵測器測定移動相中導電度的變化。典型的離子層析儀系統通常保含了流洗液、高壓幫浦、樣本注射器、保護管柱(Guard Column)和分離管柱(Separator Column)、抑制器(Suppressor)、導電度測定器(Conductivity Cell)及數據收集系統。

進行分析樣本前，需使用標準溶液進行標定。由已知標準濃度離子析出尖峰面積與時間，然後以樣本的析出時間和尖峰面積和標準溶液比較，樣本中的離子濃度就可以確認並定量。數據收集系統為電腦執行層析軟體，層析軟體包含樣本濃度的每支尖峰及運算出的結果。圖 3.1.17 為離子層析儀分析系統，分析程序可分為 6 個部份，說明如下:

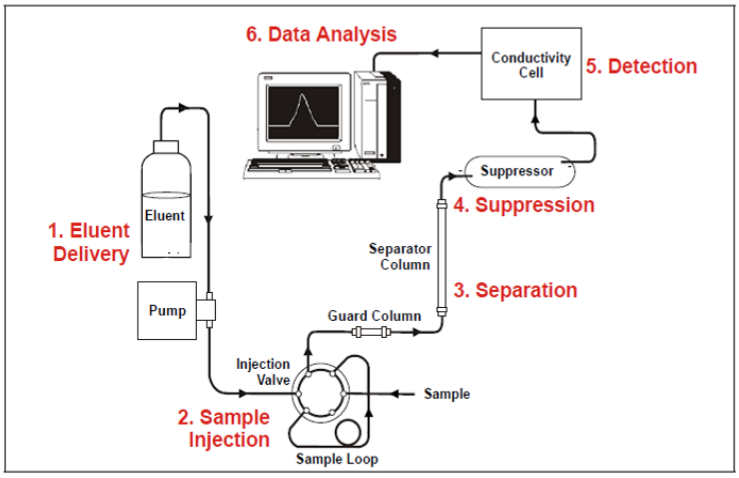


圖 3.1.17 離子層析儀分析系統

(1) **流洗液**：可幫助樣本中的離子分離並沖提樣本進入離子層析儀分析系統。

(2) **層析系統及樣本注射**：由手動或自動裝置將液狀的樣本注入系統流路中，當分析系統啟動時，樣本會進入流洗流程中，幫浦會推動流洗液及樣本進入保護管柱及分離管柱，保護管柱會移除可能傷害分離管柱的污染物。

(3) **分離**：當幫浦將流洗液及樣本沖提進入分離管柱時會分離樣本離子，這是因為不同的樣本離子經過分離管柱時，不同離子與管柱內樹脂離子進行交換，由於交換速度不一樣，不同離子通過分離管柱的時間不同。

(4) **抑制**：在流洗液及樣本中的離子離開分離管柱後，它們流經抑制器，抑制器會選擇性地加強樣本離子的偵測而抑制流洗液的導電度。

(5) **偵測**：當樣本離子離開抑制器，經過導電度偵測器會量測樣本離子的導電度，產生一個化學或物理特性訊號。

(6) **數據收集及分析**：導電度偵測器會傳送量測訊號到數據收集系統。數據收集系統確認離子成分析出時間，每一個成分的分析量，並比對標準樣品的尖峰面積及高度後，即可算出樣本中離子的濃度。

(7) **樣本前處理步驟**：

(1) 將濾紙取出並放到室溫

(2) 實驗操作前，操作人員需帶手套及口罩。

(3) 確認濾紙。

(4) 標示萃取瓶。

(5) 用石英剪刀，裁剪濾紙。

(6) 將裁剪過後的濾紙，塞進萃取瓶中(注意:萃取瓶的編號需要再次確認是否和濾紙編號相符。ps.需把濾紙塞入萃取瓶的最底部，以防濾紙震盪時，濾紙浮於水面上)。

(7) 加入 100 μL 的 Ethanol，均勻的滴於濾紙上 (ps.操作於鐵弗龍濾紙才需要此步驟。)

(8) 加入超純水於萃取瓶中(ps.一張濾紙加入 10 ml，半張濾紙加入 5 ml)。

(9) 將萃取瓶的蓋子鎖緊，以免下步驟，水溶液滴出，造成分析誤差。

(10) 將萃取瓶放入超音波震盪機(Sonicate)震盪 60 分鐘。

(備註:超音波槽的溫度不能超過 27 度，若超過需加冰塊降溫)

(11) 將超音波震盪完的萃取瓶放入震動機(shake)震動 60 分鐘。

將完成前述步驟的萃取瓶，放入冰箱冰存 12 小時以上，以備過濾。

(8) **樣本過濾步驟**：

(1) 實驗操作前，操作人員需帶手套及口罩。

(2) 準備第二組萃取瓶及小 VAIL 瓶。

(3) 標示第二組萃取瓶及小 VAIL 瓶，使其編號和萃取瓶上的編號相符。

(4) 準備三個燒杯，分別裝滿超純水，以備使用。

(5) 準備 2.5 ml 針筒及 0.45 μm 濾頭以備使用。

(6) 將燒杯分別標示(a)、 (b)、 (c)。拿取針筒及濾頭。

(7) 針筒及濾頭放於(a)燒杯內清洗外部。

(8) 接下來用針筒，抽取(b)燒杯的超純水，清洗內部 5 次。

(9) 再來用針筒，抽取(c)燒杯的水，清洗內部二次後。再抽 (c)燒杯的水，將針筒加濾頭清洗內部二次。

(10) 將萃取瓶的溶液適量倒出，用針筒取適量溶液，清洗針筒。加濾頭將內部溶液擠出。

(11) 將第一組萃取瓶溶液全部過濾到第二組備好的萃取瓶中。

(12) 再次拿去超音波震盪器中，振盪個 5~10 分鐘後，再次重覆 6-10 步驟後，用針筒押取溶液約 1.5 ml。將過濾液注入於小 VAIL 內。加蓋清洗小 VAIL 瓶。再將剩餘過濾液注入小 VAIL 瓶內。瓶蓋鎖緊。即完成過濾步驟。PS.每次過濾一個 SAMPLE 都需重覆(7)~(12)的步驟。

(13) 完成全部步驟後上機以待分析。

2. 離子層析儀標準操作程序

本儀器標準操作程序包括：(1)濾紙樣本前處理標準操作步驟，(2)實驗器材清洗，(3)離子層析儀操作設定步驟，(4)自動注射器操作設定步驟，(5)大氣氣膠水溶性離子濃度計算，(6)離子層析儀檢量線及偵測極限製作程序。本節只敘述大氣氣膠水溶性離子濃度計算和本計畫離子層析儀偵測極限，其餘詳列於本計畫品保規劃書。

(1) 離子層析儀大氣氣膠水溶性離子濃度計算

假設離子層析儀分析結果帶入檢量線可得出水溶性離子濃度 X (ppm or μg mL^{-3})，本計畫樣品中的水溶性離子係溶解在 10 mL 中，採樣時間為 T 小時，流量為 R Lpm，則帶入下列公式計算可獲得水溶液中各離子在空氣中的質量濃度：

$$\frac{X \times 10}{T \times 60 \times R \times 0.001} = \mu g \text{ m}^{-3}$$

(2) 離子層析儀偵測極限

本計畫離子層析儀偵測極限製作程序係參考環檢所「NIEA-PA107 環境檢驗方法偵測極限測定指引」。

A、儀器偵測極限測定步驟

注入由高濃度至低濃度的待測物標準品到儀器中，取在檢量線斜率呈現明顯變化濃度，亦即檢量線轉折處對應的濃度即為「儀器偵測極限」。

B、方法偵測極限(MDL)測定步驟

(a) 本計畫估算儀器本身偵測極限。

(b) 取儀器偵測極限的一～五倍濃度值，進行七重複分析。

(c) 計算重複分析的變異數（S^2）和標準偏差（S）如下：

$$S^2 = \frac{1}{n-1}\left[\sum_{i=1}^{n} X_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} X_i\right)^2}{n}\right] \qquad S = \left(S^2\right)^{1/2}$$

(d) MDL 的計算公式如下： MDL＝3S

表 3.1.2 為本計畫離子層析儀分析微粒水溶性離子的偵測極限。

表 3.1.2 微粒水溶性離子以離子層析儀分析的方法偵測極限(MDL)

分析項目	分析方法	MDL		MDL (空氣中)	
		數值	單位	數值	單位
Na^+	IC	0.010	mg L^{-1}	0.015	μg m^{-3}
NH_4^+	IC	0.025	mg L^{-1}	0.030	μg m^{-3}
K^+	IC	0.010	mg L^{-1}	0.020	μg m^{-3}
Mg^{2+}	IC	0.010	mg L^{-1}	0.020	μg m^{-3}
Ca^{2+}	IC	0.010	mg L^{-1}	0.020	μg m^{-3}
Cl^-	IC	0.010	mg L^{-1}	0.020	μg m^{-3}
NO_3^-	IC	0.025	mg L^{-1}	0.030	μg m^{-3}
SO_4^{2-}	IC	0.050	mg L^{-1}	0.060	μg m^{-3}

3.1.6 $PM_{2.5}$碳成分檢驗分析方法

1. 碳成分分析儀分析原理

氣膠碳成分分析是使用美國 DRI 碳分析儀(Thermal/Optical Carbon Analyzer, Model 2001A, Atmoslytic Inc., Calabasas, CA)進行分析(如圖 3.1.18 所示)，本碳分析儀是以 TOR (Thermal Optical Reflectance)方法使用電腦程式設定不同溫度來解析氣膠各種碳成分，避免只設定一個溫度缺乏客觀的判定基礎，分析過程並以雷射矯正有機碳(OC, Organic Carbon)分析過程所產生的裂解碳(在缺氧環境下)。TOR 方法是以 Chow et al. (1993)發表的碳成分分析技術為設計依據，將採集於石英濾紙上的微粒樣本先在反應腔導入純氦氣，腔內溫度會依據表 3.1.3 設定的分段升溫至 580ºC，在這段時間石英濾紙樣本上微粒的有機物成分會依蒸汽壓的差異在不同溫度下揮發出來，經氧化管氧化成 CO_2，並隨著攜帶氣流(He)導入還原管還原成 CH_4，然後由儀器的 FID (Flame Ionization Detector)連續偵測氣流中的 CH_4 濃度，再依據此濃度換算成在不同溫度下揮發出的“有機碳”各種成分(OC1~OC4)質量。

在樣品的加熱期間，一組 632.8 nm 雷射光源及偵測器將用於連續監測樣品表面對該雷射光束的反射量，依據 Chow et al. (1993)的研究結果，在 200°C 以上時，雷射光反射強度就會開始逐漸降低，顯示樣品中因為“元素碳” (EC, Elemental Carbon)含量增加導致對雷射光線吸收的加強，這些增加的“元素碳”含量其實是氣膠有機成分在缺氧環境中裂解“碳化”揮發所致。在 400~580°C 間，雷射光反射量在急遽降低後達到穩定，顯示樣本中的氣膠有機成分已經完全揮發或碳化。然後儀器導入 2%的氧氣和 98%氦氣，這時，樣本中的“元素碳”將被氧化而自濾紙揮發出來，也是由 FID 偵測其濃度。此一氧化過程使樣本“元素碳”含量降低，因此雷射光反射量急遽增加，當雷射光反射量回復至實驗初始微粒樣本的反射量時，代表氣膠有機成分裂解而在微粒表面增加的“元素碳”含量已被去除，在這過程中 FID 測得的 CH_4 濃度應該歸屬於有機碳的裂解碳值(OP, Pyrolized Organic Carbon)。

當雷射光反射量回復至初始樣本的反射量後，反應腔內的溫度則逐步分段增加至 840 °C，在分段加溫過程中樣本的“元素碳”會持續被氧化而自濾紙樣本中去除，雷射光反射量也會持續增加直到回復至空白濾紙的程度，這個過程中 FID 測

得的 CH_4 濃度可直接換算成各溫度條件下解析出的“元素碳”質量。整個分析過程可獲得微粒樣本在不同溫度下“碳成分”的解析質量，這個圖譜稱為“thermogram”。

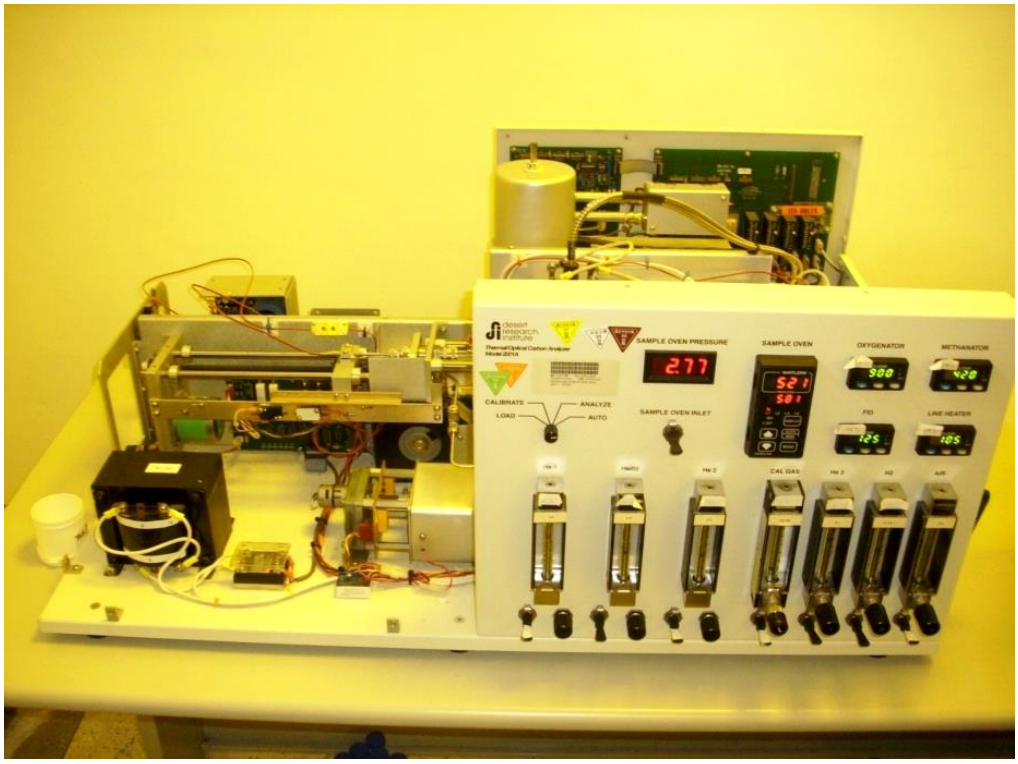


圖 3.1.18 碳分析儀 Model 2001A─氣膠有機碳、元素碳分析

表 3.1.3 DRI 2001A 碳分析儀各加熱階段與溫度範圍

Fraction	Pyrolized fraction	Temperature range(°C)	Setup condition
OC_1		Ambient to140	100% He
OC_2		141~280	
OC_3		281~480	
OC_4		481~580	
EC_1	OP	580	98% He、2% O_2
EC_2		581~740	
EC_3		741~840	

2. DRI 2001A 碳分析儀標準操作程序

本儀器標準操作程序包括：(1)儀器設定步驟，(2)完成分析圖譜及數據表，(3)大氣氣膠濃度計算，(4)儀器方法偵測極限及檢量線製作程序，底下列出完成分析圖譜(圖 3.1.19)及數據表(圖 3.1.20)、大氣氣膠濃度計算、以及儀器方法偵測極限，詳細步驟列於本計畫品保規劃書。

(1) 分析結果圖譜

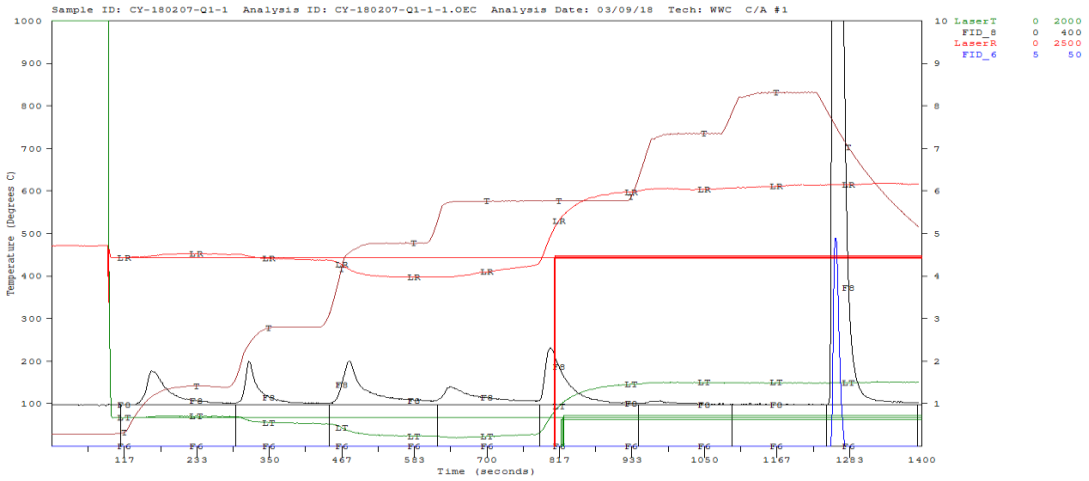


圖 3.1.19 DRI 2001A 碳分析儀分析結果圖譜範例

(2) 分析結果數據表及大氣氣膠碳成分濃度計算

CARBON ANALYSIS RESULTS

Analyzer #1 Technician: WWC

Analysis ID : CY-180207-Q1-1-1.OEC
Sample ID : CY-180207-Q1-1
Punch area : 0.531 cm2
Deposit area : 10.682 cm2

Analysis Start : 03/09/18 18:03 Calculation : 03/09/18 18:29
Analysis Stop : 03/09/18 18:29

Anal program ver: P6.0 (06/18/04) Parm file ver : V20040618
Calib. slope : 24.22 ug C/peak ratio Baseline time : 11 sec
Calib. intercept: 00.00 ug C
Reflectance unc.: 010 counts Transmission unc: 010 counts
Sample transit : 20 sec

Calibration peak area: 33386 millivolt-seconds
Initial FID baseline : 39 millivolts
Final FID baseline : 39 millivolts

Laser reflectance initial baseline : 1109 millivolts
Laser reflectance minimum : 992 millivolts at 625 sec
Laser reflectance final baseline : 1534 millivolts
Laser transmittance initial baseline : 135 millivolts
Laser transmittance minimum : 39 millivolts at 651 sec
Laser transmittance final baseline : 297 millivolts

	Reflect Split Time	Laser	FID Split Time
Lower split :	788 sec	1994 millivolts	808 sec
Regular split:	789 sec	1992 millivolts	809 sec
Upper split :	790 sec	1994 millivolts	810 sec

	Transmit Split Time	Laser	FID Split Time
Lower split :	800 sec	1263 millivolts	820 sec
Regular split:	802 sec	1265 millivolts	822 sec
Upper split :	804 sec	1264 millivolts	824 sec

		Peak Area		Carbon	
OC1	OC	1409 mv-secs	1.92 ug C/cm2	20.56	ug C/filter
OC2	OC	1165 mv-secs	1.59 ug C/cm2	17.00	ug C/filter
OC3	OC	1933 mv-secs	2.64 ug C/cm2	28.21	ug C/filter
OC4	OC	1270 mv-secs	1.73 ug C/cm2	18.53	ug C/filter
EC1	EC	2192 mv-secs	2.99 ug C/cm2	31.99	ug C/filter
EC2	EC	215 mv-secs	0.29 ug C/cm2	3.13	ug C/filter
EC3	EC	34 mv-secs	0.05 ug C/cm2	.49	ug C/filter
LRPyMin	Py	825 mv-secs	1.13 ug C/cm2	12.04	ug C/filter
LRPyMid	Py	872 mv-secs	1.19 ug C/cm2	12.72	ug C/filter
LRPyMax	Py	917 mv-secs	1.25 ug C/cm2	13.37	ug C/filter
LTPyMin	Py	1290 mv-secs	1.76 ug C/cm2	18.82	ug C/filter
LTPyMid	Py	1349 mv-secs	1.84 ug C/cm2	19.69	ug C/filter
LTPyMax	Py	1404 mv-secs	1.92 ug C/cm2	20.49	ug C/filter

****

OC = OC1 + OC2 + OC3 + OC4 + OCPyro
TC = OC1 + OC2 + OC3 + OC4 + EC1 + EC2 + EC3
EC = TC - OC

圖 3.1.20 DRI 2001A 碳分析儀分析結果數據範例

大氣氣膠碳成分濃度是從圖 3.1.20 分析得到的數據，進行換算獲得。

a. 各碳成分質量(μg C filter^{-1}) = 各碳成分單位面積碳濃度(μg C cm^{-2})×採樣濾紙面積(10.682 cm^2 filter^{-1})
b. 大氣碳成分濃度(μg C m^{-3}) = 各碳成分質量 (μg C filter^{-1}) ÷ 採樣體積(m^3 filter^{-1})
c. 有機碳(OC) = OC1 + OC2 + OC3 +OC4 +OP
d. 元素碳(EC) = (EC1-OP) + EC2 + EC3
e. 總碳(TC) = OC + EC

(3) DRI 2001A 碳分析儀方法偵測極限(MDL)

雖然分析結果分為有機碳（OC）和元素碳（EC），但都是以 FID 偵測燃燒轉換後的 CH_4，OC 與 EC 只是碳成分分別在有氧和無氧環境以及不同溫度區間解析出來的碳成分。因此，不論 OC、EC 或是總碳成分（TC）應該都有相同的檢量線以及 MDL。另外，碳成分分析儀雖然可以將 OC 和 EC 分成 8 個成分區間（OC：OC1~OC4、OP；EC：EC1-OP、EC2、EC3），但並沒有專屬各個區間的標準品，目前使用的標準品磷苯二甲酸氫鉀（KHP），分析結果包含 OC1~OC3 濃度，然而各 OC 成分分布不均勻且再現性不佳，倒是 OC 總量非常穩定，所以理論上只能計算 OC 的 MDL；不過，前述各碳成分都是轉換成 CH_4 再以 FID 偵測，因此，OC 的 MDL 同時也是 EC 和 TC 的 MDL。

檢量線製作濃度範圍為取90、180、225、450、900、1350、1800 ppm KHP 7 個濃度製作檢量線，換算成一張濾紙的碳成分質量濃度約介於1.9~37.5 μg m^{-3} (用 MetOne SASS採樣流率6.7 L min^{-1}計算，24小時採樣體積為9.648 m^3)，這個檢量線濃度範圍可涵括所有樣本濃度。方法偵測極限(MDL)的獲得是取檢量線最低點 90 ppm做7重複分析，得到平均值±標準差為0.93±0.04 μgC，以3倍標準差0.12 μgC 為MDL，若換算成一張濾紙採集的質量濃度偵測極限則是0.26 μg m^{-3}。

3.1.7 $PM_{2.5}$ 金屬元素成分檢驗分析方法

1. 感應耦合電漿質譜儀 $PM_{2.5}$ 金屬元素成分分析原理

本計畫 $PM_{2.5}$ 金屬元素成分定量分析，是使用 Perkin-Elmer 公司型號為 NexIon 300X 感應耦合電漿質譜儀(Induced Couple Plasma Mass Spectrography, ICP-MS)進行分析，如圖 3.1.21，本儀器具有可同時分析多元素濃度及靈敏度高的優點，NexIon 300X 具有動力反應腔，利用甲烷氣解除氬氣干擾，可將元素濃度解析度推至 ppt 等級。ICP-MS 的分析流程，係先以霧化器將待測消化液經霧化處理後，再以載送氣體輸送，將含待分析元素的氣膠輸送至電漿中，樣品受熱後，經由一系列去溶劑、分解、原子化/離子化等反應，使電漿中待分析元素形成單價正離子，再透過真空界面傳輸進入質譜儀，配合質量分析器將各特定質荷比的離子予以解析後，再以電子倍增器放大檢測，進行多元素的定性及定量。



圖 3.1.21 Perkin-Elmer 公司型號 NexIon 300X 感應耦合電漿質譜儀

2. 感應耦合電漿質譜儀 $PM_{2.5}$ 金屬元素成分分析程序

金屬元素的分析，是將採完樣後的整張鐵氟龍濾紙放置消化瓶進行消化，在每次消化程序進行前，為確保消化瓶不受污染，需進行酸洗步驟，於消化瓶(容量為 55 mL)依序添加 5 mL 的硝酸(Merck, 65 % GR for Analysis)及 4 mL 的去離子

水(阻抗值> 18.0 MΩ/cm)，微波功率設定在 1440 W 下，進行 20 分鐘的微波加熱，隨後以去離子水淋洗 2 次並晾乾，始可進行實際微粒樣本的消化。然後將濾紙樣本置入鐵氟龍消化瓶中，加入 4 mL 的硝酸(Merck, 60 % Ultrapur)與 2 mL 的氫氟酸(Merck, 48 % Ultrapur)，添加完畢後再以鎖瓶機(CEM)將消化瓶旋緊至可承受的壓抗，以避免各消化瓶因人為鎖瓶施力不同而使控制條件互異。隨後，以高輸出微波消化系統(CEM, MARS Xpress)進行消化，微波消化設定功率與升溫條件，如表 3.1.4 所示，共分兩階段加熱程序，第一階段功率設定在 1600 W，以 8 分鐘時間升溫(Ramp)至 170 °C，並以此功率維持(Hold on)7 分鐘後，接續進行第二階段升溫，其功率調升至 1600 W，以 7 分鐘時間升溫至 200 °C 後，維持 15 分鐘，待兩階段之加熱完畢後，進行降溫(Cool down)60 分鐘約至 40°C。樣本第一次消化冷卻完畢後，再將消化瓶依序裝入濃縮裝置附屬套件(CEM, XpressVapTM)，並置入一支備有溫感光纖(CEM, No. 431-6494)監測瓶進行趕酸步驟，趕酸過程中微波消化系統設定功率為 800 W，溫度設定在 80 °C，並配合經硼酸(Merck, GR for Analysis)與氫氧化鈉(Merck, GR for Analysis)曝氣進行趕酸，並將消化液濃縮趨近至蒸乾為止以去除氫氟酸，完成趕酸程序後，再依序添加 2.0 mL 的硝酸(Merck, 60 % Ultrapur)至樣本中，進行第二階段消化，其消化功率與升溫條件如表 3.1.5。

表 3.1.4 濾紙樣本第一階段微波消化升溫設定條件

	Max. power (W)	Power (%)	Ramp (min)	°C	Hold (min)	Cool down (min)
Stage 1	1600	90	8:00	170	7:00	---
Stage 2	1600	100	7:00	200	15:00	60:00

表 3.1.5 濾紙樣本第二階段微波消化升溫設定條件

	Max. power (W)	Power (%)	Ramp (min)	°C	Hold (min)	Cool down (min)
Stage 1	1600	100	15:00	200	10:00	60:00

待消化程序均已完成後，才進行定量步驟，本計畫係將消化液移入材質為聚丙烯的離心管中，同時添加15 ppb (配製濃度為5 ppm，加入150 μL)銦(In)作為內標準品，最後再以去離子水稀釋定量至50 mL，並冷藏於4°C直至上機分析，另外，

每一消化批次中也以相同消化程序，分析至少2個空白濾紙樣本及1個酸試劑空白樣本，並將實際微粒樣品的濃度扣除空白濾紙濃度即為樣品真實的濃度，以避免採樣介質與化學試劑的干擾。為確保離心管不受污染，使用前需浸泡在濃度為5%的硝酸(Merck, 65 % GR for Analysis)並浸泡16小時下，再以去離子水淋洗且晾乾後方可使用，另避免不同離心管的容量互異，於定量前及定量後均需秤重，以取得確切的定量體積。

本計畫一般會分析鋁(Al)、鐵(Fe)、鈉(Na)、鎂(Mg)、鉀(K)、鈣(Ca)、鍶(Sr)、鋇(Ba)、鈦(Ti)、錳(Mn)、鈷(Co)、鎳(Ni)、銅(Cu)、鋅(Zn)、鉬(Mo)、鎘(Cd)、錫(Sn)、銻(Sb)、鉈(Tl)、鉛(Pb)、釩(V)、鉻(Cr)、砷(As)、硒(Se)、釔(Y)、鋯(Zr)、銣(Rb)、鎵(Ga)、鍺(Ge)、銫(Cs)、鑭(La)、鈰(Ce)、釹(Nd)及磷(P)等34種元素，惟元素在$PM_{2.5}$含量較低者，可能會低於偵測極限。上機分析檢量線標準液配製，係將Merck公司出產各元素原始標準液(濃度為1000 ppm)混合，再依懸浮微粒中各元素的豐富度，區分主量元素、次量元素、微量元素及稀土元素，以1 %的硝酸(Merck, 60 % Ultrapur)稀釋配製成7種系列濃度，主量元素(Al、Fe、Na、Mg、K、Ca與P)的稀釋系列分別為0.1、1、10、100、200、500及1000 ppb，次量元素及微量元素(Sr、Ba、Ti、Mn、Co、Ni、Cu、Zn、Mo、Cd、Sn、Sb、Tl、Pb、V、Cr、As、Se、Y、Zr、Rb、Ga、Ge與Cs)的稀釋系列則分別為0.01、0.1、1、10、20、50及100 ppb，另，稀土元素(La、Ce及Nd)的稀釋系列則分別為0.01、0.1及1 ppb。此外，於每一分析批次中(約20個樣本)會安插一個查核標準品(NIST SRM 1648消化液)，以確保分析數據的品質。

為掌握分析儀器的性能，每日以10 $\mu g\ L^{-1}$校正液(含鎂(Mg)、銅(Cu)、Rh(銠)、鎘(Cd)、銦(In)、鈰(Ce)、鋇(Ba)、鉛(Pb)與鈾(U))，校正儀器訊號強度，使用ICP-MS分析設定條件如表3.1.6所示。上述方法與流程由Hsu et al. (2008)及Hsu et al. (2009)所建立，過去的分析利用NIST的標準品查核其分析方法回收率，各元素回收率絕大部分在100±10%，且精密度落在5%以內。

表 3.1.6 感應耦合電漿質譜儀分析設定參數

設定參數	設定數值
無線電功率 (W)	1200
電漿氣流-氬氣氣體流速 (L min^{-1})	15
載送氣流-氬氣氣體流速 (L min^{-1})	0.7-0.9
輔助氣流-氬氣氣體流速 (L min^{-1})	0.7-0.9
離子進樣深度	調至最強偵測訊號
離子束	調至最強偵測訊號且雜訊比最小
遲滯時間 (ms)	100
解析度 (amu)	0.7±0.1
掃描模式	多元素短暫快速掃瞄
樣品取樣速率 (L min^{-1})	1.2
操作壓力 (torr)	1.5×10^{-6}-2.5×10^{-6}
重複次數	3
掃描/讀值	3
取樣器	鉑錐 (1.1 mm)
削減器	鉑錐 (1.1 mm)

註: 自動取樣器型號為 S93 及 S10

3. 感應耦合電漿質譜儀 $PM_{2.5}$ 金屬元素成分方法偵測極限

表 3.1.7 為計畫元素成分方法偵測極限，估算方法為以 1/2 張濾紙進行消化，消化液定量至 15 mL，取得各元素於每張空白濾紙的含量(ng)，再除上濾紙面積求得，利用 7 張空白濾紙經消化處理後，取得此 7 次數據之標準偏差，再乘上 3 倍求得之數值，採樣體積以 24 m^3 計算。

表 3.1.7 $PM_{2.5}$ 元素成分方法偵測極限

元素	背景值 (ng cm^{-2})	MDL (ng m^{-3})	元素	背景值 (ng cm^{-2})	MDL (ng m^{-3})
Al	15.4±0.4	0.9	Sb	0.03±0.01	0.02
Fe	49.7±0.7	1.4	Tl	0.005±0.001	0.002
Na	18.6±4.9	10.5	Pb	0.16±0.04	0.08
Mg	3.3±1.0	2.2	V	0.06±0.01	0.02
K	12.7±1.9	4.2	Cr	2.4±0.2	0.4
Ca	39.1±3.5	7.5	As	0.12±0.02	0.04
Sr	0.12±0.01	0.02	Y	0.019±0.004	0.008
Ba	0.20±0.02	0.04	Se	0.27±0.03	0.07
Ti	1.3±0.4	0.8	Zr	0.45±0.08	0.17
Mn	0.45±0.05	0.10	Ge	0.007±0.001	0.002
Co	0.019±0.003	0.007	Rb	0.017±0.001	0.003
Ni	0.3±0.1	0.2	Cs	0.001±0.000	0.001
Cu	0.5±0.2	0.5	Ga	0.023±0.004	0.009
Zn	1.72±0.05	0.10	La	0.005±0.000	0.001

元素	背景值 (ng cm^{-2})	MDL (ng m^{-3})	元素	背景值 (ng cm^{-2})	MDL (ng m^{-3})
Mo	0.29±0.02	0.05	Ce	0.008±0.001	0.002
Cd	0.007±0.002	0.004	Nd	0.005±0.001	0.002
Sn	0.08±0.02	0.04	P	3.7±0.4	0.4

3.1.8 微粒採樣及質量濃度檢驗分析方法品管

本計畫採樣品管執行主要遵循環檢所公告的 NIEA A205.11C 方法，雖然這個方法是針對 $PM_{2.5}$ 質量濃度，但方法內容已經詳細規範各項採樣與品保需求，主要包括：適用範圍、干擾、設備與材料、試劑、採樣及保存、步驟結果處理，以及品質管制需求，對於本計畫工作內容中 NIEA A205.11C 方法未包含部分，則參考美國聯邦政府公告的參考方法及文件。

採樣品管主要執行工作為：1.濾紙準備與檢查，2.採樣流量校正與查證程序，3.採樣前、後檢查項目方法與頻率，4.濾紙空白，5.採樣器維護檢查，以及 6.實驗室品保品管一般原則。

1. 濾紙準備與分析檢查項目

購進後檢查

當購進新的一批濾紙後，必須先經過初步的穩定性測試，測試的目的是為了瞭解濾紙達到穩定平衡所需要的時間，執行步驟如下：

(1) 隨機選擇來自相同製造批號的濾紙3盒。

(2) 在每一個濾紙盒隨機選擇3張濾紙。

(3) 將濾紙放置在 Petrislides® 盒中，在秤重的環境下平衡24小時，然後再秤重。

(4) 秤重完此9張濾紙放回 Petrislides® 盒中，使他們繼續在秤重的環境下又平衡24小時，然後再秤重。

(5) 連續重複平衡 24小時後再秤重，持續5天後可繪出重量損失趨勢，假如5天後的重量變化趨勢仍為下降，仍必須繼續進行24小時的平衡再秤重。

(6) 當濾紙沒有重量下降的趨勢時(每張濾紙前後兩次秤重值差異均小於等於15 μg)，濾紙即達成平衡。

(7) 記錄這批濾紙須要達到平衡的時間，這時間為所有這批濾紙要達到平衡的最少需要時間。

(8) 當初步穩定性測試完畢，將未使用的濾紙盒放置於實驗室櫃子內，須記錄製

造商的批號、濾紙盒號、濾紙辨識碼、濾紙收到和穩定的時間。

濾紙採樣前檢查

濾紙採樣前必須先檢查，當有以下缺陷時即淘汰不使用：

(1) 針孔洞

(2) 濾紙與套環分離

(3) 粗糙表面或有閃光

(4) 鬆散的材質

(5) 濾紙脫色

(6) 濾紙不均勻性

(7) 其他怪異的情形

濾紙採樣前批次穩定性測試

採樣前濾紙的批次穩定性測試通常是在初步穩定性測試後進行，當已知一批新的濾紙重量達到穩定，不會隨著時間而下降後，此時就可進行採樣前濾紙批次穩定性試驗，每一批次的濾紙在採樣前 60 小時，須依照標準操作程序在秤重實驗室內達到平衡，另外，在進行採樣前濾紙的前秤重程序、濾紙採樣後秤重程序、秤重注意事項等(表 3.1.8)，詳細步驟均列於本計畫品保規畫書內。

表 3.1.8 濾紙準備與分析檢查項目

項目	方法與頻率	要求條件	修正動作
天平		解析度達 1 μg， 重複性達 1 μg	獲取適當的天平
天平環境		環境控制，空氣不流通的房間或是相同條件的艙房，天平周圍為乾淨的區域。	改善環境
質量參考標準	工作標準每 3 至 6 個月對照國家標準與技術研究所（NIST）的可追溯實驗室一級標準進行確認	濾紙重量標準類別，單一標準誤差< 25 μg，以光滑、非金屬、乾淨的鑷子拿取。	獲取適當的標準或鑷子
濾紙處理	遵照處理程序	使用無粉手套，光滑乾淨的鑷子。	丟棄處理不當的濾紙
濾紙完整檢查	目視檢查每張濾紙	無針孔，分離，雜物，鬆散材質，變色或濾紙不均勻。	丟棄有缺陷的濾紙
濾紙辨識	用永久性墨水在濾紙盒上撰寫濾紙編號並寫入實驗室數據格式	確認編號是清楚易讀的	更換標籤或正確的格式

項目	方法與頻率	要求條件	修正動作
採樣前濾紙調理	確定每一批新的濾紙正確的調理期間(至少 24 小時),觀察和記錄調理室的相對濕度和溫度;以實驗室數據的格式輸入	檢查每一批空白濾紙的穩定性，每星期平衡前後秤重變化應< 15 μg，平均相對濕度在 30 至 40%，且 24 小時內不超過±5%的變動,平均溫度應維持在 20 至 23℃，且 24 小時內不超過±2℃的變動	修改調理期間,重複調理。
採樣前、後濾紙秤重	遵守所有秤重程序。執行所有的品質控制（QC）的檢查	除去濾紙上的靜電，等到天平讀值顯示穩定，記錄數值	重複稱重，許多實驗室例行地執行重複秤重。
內部品質控制	每 10 次秤重後將天平歸零,然後重秤至少一個工作標準,每一批次秤重約需有 10%實驗室空白,在秤重完成時重秤一張重複秤重濾紙，秤重約 10%現場空白	工作標準秤重應在確認值的 3 μg 內。實驗室空白和重複秤重差距應在 15 μg 內。 現場空白秤重差距應在 30 μg 內	解決問題與採取品質保證企畫方案(QAPP)的適當修正動作以達到可接受的程度。不要修正或使 $PM_{2.5}$ 量測值無效，只因為有高空白值。
採樣後濾紙儲存	監視採樣與秤重間的時間	秤量應在採樣結束後 240 小時（10 天）內完成；除非濾紙從採樣器取回和開始調理這段期間都保持在 4℃以下,在這種情況下的秤重時間不得超過 30 天	解決問題與採取適當修正動作
採樣後的檢查，文件和確認	檢查濾紙和現場資料表格有正確和完整輸入。如果樣品由冷卻容器運送,確認有維持低溫。	濾紙無損壞，現場數據表完整，採樣工作順利	保存濾紙以供檢查，標示(flag)樣品，解決問題與採取適當修正動作
採樣後濾紙的平衡	平衡濾紙至少 24 小時。觀察和記錄平衡室的相對濕度和溫度;登入實驗室數據表。	平均相對濕度 30 至 40%,且 24 小時內不超過±5%變動,平均溫度應維持在 20 至 23℃，且 24 小時內不超過±2℃的變動。	重複平衡

資料來源：U.S. Environment Protection Agency (2009) Quality Assurance Guidance Document, Quality Assurance Project Plan for the Federal PM $_{2.5}$ Performance Evaluation Program. Office of Air Quality Planning and Standards Research Triangle Park, NC 27711.

2. 採樣流率校正與查證程序

進行現場採樣時，確保採樣器功能的正確是關鍵，表 3.1.9 列出現場採樣的儀器檢查項目，確實的執行足以確保採樣數據的品質。

表 3.1.9 現場採樣 QA/QC 檢查項目

項目 [a]	頻率	接受標準	CFR 文件	文件 2.12	提供的資料
校正標準					
流率傳輸標準	1 次/每年	±2%的可追溯 NIST 標準	Part 50, App. L, Sec 9.1,9.2	Sec 6.3.3	可追溯性的認證
野外溫度計	1 次/每年	±0.1℃解析度 ±0.5℃準確度	無描述	Sec 4.2.2 和 8.3.2.1	可追溯性的認證
野外氣壓計	1 次/每年	解析度±1 mmHg 準確度±5 mmHg		Sec 4.2.2 和 8.3.2.1	可追溯性的認證
校正/確認					
流率校正	如果多點失敗	±2% 傳輸標準	Part 50, App. L, Sec 9.2	Sec 6.3	校正飄移和記憶效應
流率多點確認	每次手動，1 次/每年	±2% 傳輸標準	Part 50, App. L, Sec 9.1,2	Sec 6.3 和 8.3	校正飄移和記憶效應
流率單點確認	1 次/每 4 星期	±2% 傳輸標準	Part 50,App. L, Sec 9.2.5		
外部測漏檢查	每採五個事件	80 mL/min	Part 50, App. L, Sec 7.4	Sec 6.3 和 8.3	採樣器功能
內部測漏檢查	每採五個事件	80 mL/min	Part 50, App. L, Sec 7.4	Sec 6.3 和 8.3	採樣器功能
溫度多點確認	安裝時，然後 1 次/每年	±2℃	Part 50, App L, Sec 9.3	Sec 6.4	校正飄移和記憶效應
溫度單點確認	1/每 4 星期	±4℃	Part 50, App L, Sec 9.3	Sec 6.4 和 8.2	校正飄移和記憶效應
壓力校正	安裝時，然後 1 次/每年	±10 mmHg	Part 50, App L, Sec 9.3	Sec 6.5	校正飄移和記憶效應
壓力確認	1 次/每 4 星期	±10 mmHg	Part 50, App L, Sec 9.3	Sec 8.2	校正飄移和記憶效應
時鐘/定時器確認	1 次/每 4 星期	1 分鐘/月	Part 50, App L, Sec 7.4	沒有描述	確認以確保功能正常
空白濾紙					

項目 [a]	頻率	接受標準	CFR 文件	文件 2.12	提供的資料
現場空白	約 10%	± 30 µg	Part 50, App L, Sec. 8.3.7.1	Sec 7.7	量測系統受到污染
精密度檢查					
併行採樣器	每六天	CV<10%	Part 58, App A, Sec 3.5, 5.5	Sec 10.2.2	量測系統的精密度
準確度					
流率查核	1 次/每 2 周(自動儀器) 1 次/每 3 個月(手動儀器)	±4%的查核標準	Part 58, App A, Sec 3.5.1	Sec 10.2.3	儀器偏差/準確度
外部測漏檢查	4 次/每年	<80 mL/min		Sec 6.6	採樣器功能
內部測漏檢查	4 次/每年	<80 mL/min	沒有描述	Sec 6.6	採樣器功能
溫度檢查	4 次/每年	±2℃	沒有描述	Sec 8.3	校正飄移和記憶效應
壓力檢查	4 次/每年	±10 mm Hg	沒有描述	Sec 8.3	校正飄移和記憶效應
稽核(外部評估)					
聯邦參考標準方法(FRM)績效評估	25%的測站 4 次/每年	±10%	Part 58, App A, Sec.3.5.3	Sec 10.2.3	量測系統偏差
外部測漏檢查	1 次/每年或有要求時	<80 mL/min	沒有描述	Sec 6.6.1	採樣器功能
內部測漏檢查	1 次/每年或有要求時	<80 mL/min	沒有描述	Sec 6.6.2	採樣器功能
溫度檢查	1 次/每年	±2℃	沒有描述	Sec 10.2.5	校正飄移和記憶效應
壓力檢查	1 次/每年	±10 mmHg	沒有描述	Sec 10.2.5	校正飄移和記憶效應

a **項目欄** 中的***粗斜體*** 指在更新版的 CFR (Code of Federal Register) 將會有改變
資料來源：U.S. Environment Protection Agency (2009) Quality Assurance Guidance Document, Quality Assurance Project Plan for the Federal $PM_{2.5}$ Performance Evaluation Program. Office of Air Quality Planning and Standards Research Triangle Park, NC 27711.

3. 採樣前、後檢查項目方法與頻率

除了現場採樣需維護儀器效能外，採樣前、後須進行的檢查項目的方法和頻率也應有所規範，表 3.1.10 列出採樣程序檢查項目方法和頻率。

表 3.1.10 採樣程序檢查項目方法和頻率

程序	方法與頻率	要求條件	修正動作
濾紙安裝(不要將濾紙從濾紙匣中移除供檢查)	目視檢查濾紙，穩穩地關閉濾紙夾	濾紙必須要能獨特地辨識，已稱重的，未損壞的，而且是在濾紙匣	退出濾紙並在濾紙匣內安裝替代的濾紙
樣品確認和文件化	目視檢查每個樣本和顯示幕或下載樣本數據以維持完整性	記錄採樣日期，濾紙和採樣器的辨識碼，採樣站的位置，流量，採樣時間，數據表或電腦螢幕不尋常的狀況	完成與修正文件，用單線劃掉無效的資訊，初始化跟日期的改變
採樣後的檢查	目視濾紙匣的濾紙是否撕裂、缺損或洩漏。再檢查採樣操作。	不應該有明顯的濾紙損壞或採樣器故障	標記有問題的樣本，修正故障原因
洩漏檢查	懷疑有洩漏時檢查是否有洩漏。	洩漏檢查結果必需符合製造商明確標示的參數內	確定洩漏原因並修正，確認和/或校正採樣器流量
流量檢查	至少每 4 個星期檢查流量或每月檢查一次採樣器	採樣流量指示必須在±4%的量測流量	修正問題。如果需要重新校正採樣器
現場空白檢查	每個稱重期間至少有一個現場空白。安裝然後立即從採樣器上移除，存放在有保護裝置的採樣盒內，或者是更好地能安裝在一個單張濾紙閒置的採樣器上 24 小時，然後移除處理。對於連續採樣器，安裝在一個未使用的濾紙夾內。	輪流將濾紙放置在不同採樣器內，因此所有的採樣器都會被檢查過。 對於連續採樣器的特殊要求： 每個批次要稱重的濾紙應該有一個或多個現場空白。	重新評估濾紙處理技術和貯存條件。

資料來源：U.S. Environment Protection Agency (2009) Quality Assurance Guidance Document, Quality Assurance Project Plan for the Federal PM $_{2.5}$ Performance Evaluation Program. Office of Air Quality Planning and Standards Research Triangle Park, NC 27711.

4. $PM_{2.5}$ 質量濃度樣品空白

有關本計畫樣品空白的施行方式，依照環檢所 NIEA A205.11C 方法指出：每 10 個樣品至少需進行 1 個現場空白（Field blank）樣品，現場空白樣品需和 $PM_{2.5}$ 採樣濾紙一起進行採樣前秤重，現場空白濾紙需被運送到採樣地點，裝進採樣器但不進行採樣，取出空白濾紙重新秤重作為現場空白，採樣後若較採樣前秤重值差超過 30 μg 時，表示過程中遭受污染，應予檢視排除。本計畫正常採樣情況下每個測站每 6 個樣本會進行一次現場空白。

NIEA A205.11C 方法又指出：每 10 個樣品至少需進行 1 個運送空白（Trip blank）樣品，運送空白樣品需和 $PM_{2.5}$ 採樣濾紙一起進行採樣前秤重，運送空白樣品需被運送到採樣地點，採樣後連同樣品一起運送回實驗室，採樣後若較採樣前秤重值差超過 30 μg 時，表示過程中遭受污染，應予檢視排除。本計畫運送空白與現場空白同時進行，每個測站每 6 個樣本會進行一次。

另外，每 10 個樣品至少需進行 1 個實驗室空白（Laboratory blank）樣品，實驗室空白樣品需和每一批 $PM_{2.5}$ 採樣濾紙一起進行採樣前秤重，在現場採樣期間實驗室空白濾紙置於保存容器中放置實驗室裡，並進行重新秤重以作為實驗室空白，採樣後若較採樣前秤重值差 15 μg 時，表示過程中遭受污染，應予檢視排除。本計畫實驗室空白與現場空白和運送空白同時進行。

有關「現場空白」的做法，美國 Chemical Speciation Network/Speciation Trends Network (CSN/STN)(Chow et al., 2010)是於正式採樣前將濾紙放入採樣器 15 分鐘，但不進行採樣，然後取下放入濾紙攜帶盒，再隨採樣樣本運送回來。本計畫將以靜置 24 小時方式進行「現場空白」。「運送空白」則是隨著採樣濾紙運去再運回，不從濾紙攜帶盒取出來。這些濾紙回到秤重實驗室後，都會和採樣樣本一樣，進行秤重。至於 NIEA A205.11C 方法規定的「實驗室空白」，本計畫也是除了不隨採樣濾紙運送外，其餘處理步驟應該都要和採樣濾紙「現場空白」、「運送空白」相同。

5. $PM_{2.5}$ 化學成分樣品空白

$PM_{2.5}$ 化學成分的標準或參考方法在我國和美國都還沒有公告，在美國 Chemical Speciation Network/Speciation Trend Network (CSN/STN)是取 10%樣本進行「現場空白」，「運送空白」則是 0~3% (Chow et al., 2010)，事實上，根據過去執行經驗，「現場空白」可以取代「運送空白」。本計畫為瞭解「現場空白」的影響，在所有 6 個 $PM_{2.5}$ 成分採樣站點，每次採樣選取 1 站，在微粒質量濃度、水溶性離子、碳成分測定的濾紙都對應有 1 張「現場空白」，這些「現場空白」濾紙將放置於成分採樣器空白採樣通道內，放置時間和採樣時間相同都是 24 小時。至於 1 張「運送空白」則只是隨著採樣樣本運送，在採樣過程並不拿出，「實驗室空白」也是每次採樣各成分對應有 1 張濾紙。

本計畫採樣人員都具備專業採樣技術，當採樣器發生故障時，本計畫採樣人員可以進行基本故障排除。2017 年採樣工作已開始使用 MetOne E-FRM、SASS 成分採樣器，本計畫團隊對該類儀器有多年採樣經驗，另外，本計畫團隊也擁有備源的微粒碳成分分析儀一部和離子成分層析儀多部。

為確保採樣品質，採樣品保工作將包含採樣口選擇應符合環保署規範、濾紙的選擇、檢查、採樣前、後濾紙的運送與儲存，採樣器標準操作程序、校正等項目，這些項目都需加以檢視和記錄。各項採樣相關的品管和品保檢查項目將詳列於本計畫品保規劃書內。針對天候或突發狀況影響採樣的補充採樣計畫將視需求提出。

6. 採樣器維護檢查

$PM_{2.5}$ 採樣器應維護檢查項目，項目將依照不同採樣器進行調整(表 3.1.11)。

表 3.1.11 $PM_{2.5}$ 採樣器維護檢查項目

E-FRM	
頻率 [a]	**維護項目 [b]**
每 5 個採樣天	1. 維護採樣器集水瓶
每月	1. 清潔採樣器入流口表面 2. 清潔 VSCC，檢查 O 型環 3. 清潔採樣器內部 4. 檢查樣本運送盒狀況
每季(每 3 個月)	1. 檢查入流口 O 型環，清除並薄塗一層真空油脂 2. 清潔採樣器空氣導管(downtube) 3. 檢查和維護在空氣導管進入採樣器內的密封防水墊片 4. 檢查和維護 VSCC 5. 檢查和維護採樣抽氣管線、接頭、以及其他連結到泵浦和電子組件 6. 檢查和維護排風出口濾網和風扇
SASS	
頻率 [a]	**維護項目 [b]**
每 5 個採樣天	1. 清潔各個採樣套管
每月	1. 清潔 VSCC 外部，檢查 O 型環 2. 檢查和維護採樣抽氣管線、接頭、以及其他連結到泵浦和電子組件
每季(每 3 個月)	1. 檢查 SASS 與套管連結處是否正常 2. 檢查採樣套管內部 O 型環 3. 清潔 VSCC 內部，檢查內部 O 型環並薄塗一層真空油脂 4. 檢查和維護採樣抽氣管線、接頭、以及其他連結到泵浦和電子組件
其他周期性維護	1. 依照採樣器手冊製造商的建議

[a] 頻率可依照天氣、空氣中微粒量、天氣等而變動

[b] 在維護任何上游採樣器組件前要移除衝擊器和濾紙夾

資料來源：U.S. Environment Protection Agency (2009) Quality Assurance Guidance Document, Quality Assurance Project Plan for the Federal PM $_{2.5}$ Performance Evaluation Program. Office of Air Quality Planning and Standards Research Triangle Park, NC 27711.

7. 實驗室品保品管一般原則

表 3.1.12 為 $PM_{2.5}$ 採樣分析實驗室品管品保(QA/QC) 檢查項目，主要敘述實驗室各個分析項目的一般性原則。

表 3.1.12 實驗室 QA/QC 檢查項目

項目	頻率	接受標準	CFR,2.12 文件	提供的資料
空白濾紙				
一批空白	一次(9 張/一批；3 盒，3 張/每盒)	小於 15 μg 差異/每星期	Part 50, App. L, Sec. 8.2 2.12, Sec. 7.7	濾紙運送穩定性；每批次獲得穩定重量的時間
實驗室空白	大約 10%/秤重進行	±15 μg 的差異	Part 50, App. L, Sec. 8.2 2.12, Sec. 7.7	實驗室污染
校正/確認				
天秤校正	1 次/每年	製造商的規格	2.12, Sec. 7.2	設備操作的確認
實驗室的溫度校正	3 個月	±2℃	品保計畫規畫(QAPP), Sec. 13/16	設備操作的確認
實驗室的濕度校正	3 個月	±2 %	QAPP, Sec. 13/16	設備操作確認
準確度				
天秤稽核	1 次/每年	±15 μg 未開封的濾紙	2.12, Sec. 10.2	實驗室人員技術操作
天秤檢查	秤重開始，每 10 個樣本，秤重結束	≤3 μg	2.12, Sec. 7.14	天秤的準確度/穩定度
校正標準				
工作質量標準	3-6 月	25 μg	2.12, Sec. 4.3 和 7.3	標準確認
主要質量標準	1 次/每年	25 μg	2.12, Sec. 4.3 和 7.3	主要標準確認
溫度標準	1 次/每年	±0.1℃解析度 ±0.5℃準確度	2.12, Sec.4.3.7 和 7.6	標準確認(檢查準確度)
相對濕度標準	1 次/每年	±0.5%解析度 ±2%準確度	2.12, Sec.4.3.7 和 7.6	標準驗證
精密度				
重複濾紙秤重	每次秤重	±15 μg 差異	2.12, Table 7-1 QAPP, Sec. 13/16	秤重可重複性/濾紙的穩定性

資料來源：U.S. Environment Protection Agency (2009) Quality Assurance Guidance Document, Quality Assurance Project Plan for the Federal PM $_{2.5}$ Performance Evaluation Program. Office of Air Quality Planning and Standards Research Triangle Park, NC 27711.

從上述各表格內的檢查項目可以清楚瞭解各項流程及操作方式，本計畫累積過去執行經驗，已經完成修正各式紀錄表格，例如濾紙檢查、秤重記錄表、測漏流量校正表、採樣器維護表等。

3.1.9 實驗室檢測數據品保規劃簡要說明

1. 數據品質目標

表 3.1.13 為本計畫各量測項目的數據品質目標，有關精密度和準確度在$PM_{2.5}$質量濃度方面將以樣品重複秤重為比較基礎，$PM_{2.5}$成分則為標準品重複分析。完整性為執行本計畫後，評估最終所得的有效數據數量與預期所得的數據數量的比值。比較性則以採樣點環保署監測站相對應儀器或是常規手動量測數據進行比較，以確認彼此監測品質。

表 3.1.13 各量測項目的數據品質目標

檢測項目	檢測方法	精密度	準確度	完整性	MDL 目標 ($\mu g\ m^{-3}$)
質量濃度	NIEA A205.11C	<20%	80-120%	90%	2.0
Cl^-	NIEA W415.52B	<20%	80-120%	90%	0.020
NO_3^-	NIEA W415.52B	<20%	80-120%	90%	0.030
SO_4^{2-}	NIEA W415.52B	<20%	80-120%	90%	0.060
Na^+	NIEA W415.52B	<20%	80-120%	90%	0.015
NH_4^+	NIEA W415.52B	<20%	80-120%	90%	0.030
K^+	NIEA W415.52B	<20%	80-120%	90%	0.020
Mg^{2+}	NIEA W415.52B	<20%	80-120%	90%	0.020
Ca^{2+}	NIEA W415.52B	<20%	80-120%	90%	0.020
有機碳(OC)	US IMPROVE A	<20%	80-120%	90%	0.26
元素碳(EC)	US IMPROVE A	<20%	80-120%	90%	0.26
總碳(TC)	US IMPROVE A	<20%	80-120%	90%	0.26
鉀(K)、磷(P)	NIEA A305.11C	<20%	80-120%	90%	0.009
鋁(Al)、鐵(Fe)、鈉(Na)、鈣(Ca)	NIEA A305.11C	<20%	80-120%	90%	0.004
鋇(Ba)、鋅(Zn)、鉻(Cr)、 鎂(Mg)	NIEA A305.11C	<20%	80-120%	90%	0.002
鈦(Ti)、錳(Mn)、鎳(Ni)、銅(Cu)、銻(Sb)、鉛(Pb)、釩(V)、砷(As)、硒(Se)、鍶(Sr)、鉬(Mo)、鎘(Cd)、錫(Sn)、	NIEA A305.11C	<20%	80-120%	90%	0.0002

註：實際方法偵測極限需小於方法偵測極限目標值

2. $PM_{2.5}$ 元素成分分析數據精準度與準確度

元素成分數據精確度是以重複樣品分析來確認分析儀器的精密度，本計畫每分析20個樣品後，選取其中一個樣品進行重複樣品分析查核工作，以確保分析品質，此兩組數據差異百分比需小於20 %才可被接受，重複樣品分析測定相對差異百分比(Relative Percent Difference, RPD)計算公式如下：

$$\text{RPD } (\%) = \frac{|x_1 - x_2|}{\frac{1}{2}|x_1 + x_2|} \qquad \text{公式 3.1.1}$$

其中，x_1 與 x_2 為同一樣品重覆分析兩次時，所得的測定值。

查核樣品分析是用來測定分析儀器準確度(Accuracy)，用以測定已知濃度標準樣品 NIST SRM 1648 的變化，本研究每分析 20 個樣品後，選取其中一個標準樣品進行查核樣品分析的查核以確保分析的品質，查核樣本回收率需在 80~120%才可被接受，查核樣品分析回收率(Recovery, R)計算公式如下：

$$\text{R } (\%) = \frac{X}{S} \times 100\,\% \qquad \text{公式3.1.2}$$

其中，X 為測定值，S 為標準樣品的濃度值。

3. $PM_{2.5}$ 化學成分分析數據品質目標符合度

表 3.1.14 彙整本年度 $PM_{2.5}$ 化學成分各量測項目的數據品質目標符合度，顯示都符合目標值，表 3.1.15 則指出 2017 年微粒元素成分分析樣本回收率與準確率都符合 NIEA A305.11C 規定須小於 20%內。

表 3.1.14 $PM_{2.5}$ 化學成分各量測項目的數據品質目標符合度

檢測項目	檢測方法	精密度	準確度	完整性
質量濃度	NIEA A205.11C	0.3%	-	>95%
Cl^-	NIEA W415.52B	2.8%	109%	>95%
NO_3^-	NIEA W415.52B	2.0%	89%	>95%
SO_4^{2-}	NIEA W415.52B	1.1%	92%	>95%
Na^+	NIEA W415.52B	1.4%	96%	>95%
NH_4^+	NIEA W415.52B	1.0%	98%	>95%
K^+	NIEA W415.52B	1.4%	89%	>95%
Mg^{2+}	NIEA W415.52B	1.2%	98%	>95%
Ca^{2+}	NIEA W415.52B	2.0%	102%	>95%
有機碳(OC)	US IMPROVE A	11%	98%	>95%
元素碳(EC)	US IMPROVE A	20%	98%	>95%
總碳(TC)	US IMPROVE A	12%	98%	>95%

目標值：精密度<20%，準確度為 80-120%，完整性為 90%

表 3.1.15 $PM_{2.5}$ 元素成分資料準確度與精密度

項目	Certified Values	This Study	準確度(%)	精密度(%)	MDL ($ng\ m^{-3}$)
Al	3.42±0.11# %	3.33±0.23 %	98	2.4	0.9
Fe	3.91±0.10 %	3.94±0.30 %	101	0.7	1.4
Na	0.425±0.002 %	0.43±0.03 %	100	0.1	10.5
Mg	8000 mg/kg*	8153±502 mg/kg	102	1.9	2.2
K	1.05±0.01 %	1.00±0.04 %	96	4.0	4.2
Ca	---**	6.99±0.23 %	---	---	7.5
Sr	---**	227±25 mg/kg	---	---	0.02
Ba	737 mg/kg*	722±17 mg/kg	98	2.0	0.04
Ti	4000 mg/kg*	3918±217 mg/kg	98	2.0	0.8
Mn	860 mg/kg*	757±28 mg/kg	96	3.7	0.1
Co	18 mg/kg*	18±1 mg/kg	99	0.9	0.007
Ni	82±3 mg/kg	82±3 mg/kg	100	0.3	0.2
Cu	609±27 mg/kg	588±38 mg/kg	97	3.4	0.5
Zn	4760±140 mg/kg	4743±408 mg/kg	100	0.4	0.1
Mo	---**	18±1 mg/kg	---	---	0.05
Cd	75±7 mg/kg	75±4 mg/kg	100	0.3	0.004
Sn	---**	125±5 mg/kg	---	---	0.04
Sb	45 mg/kg*	46±2 mg/kg	102	2.0	0.02
Tl	---**	3±0.2 mg/kg	---	---	0.002
Pb	6550±80 mg/kg	6955±327 mg/kg	106	6.2	0.08
V	140±3 mg/kg	124±8 mg/kg	97	2.5	0.02
Cr	403±12 mg/kg	4022±28 mg/kg	100	0.3	0.4
As	115±10 mg/kg	120±6 mg/kg	104	4.3	0.04
Y	---**	16±1 mg/kg	---	---	0.008
Se	27±1 mg/kg	26±1 mg/kg	96	4	0.07
Zr	---**	130±6 mg/kg	---	---	0.17
Ge	---**	12±1 mg/kg	---	---	0.002
Rb	52 mg/kg*	52±5 mg/kg	100	0.3	0.003
Cs	3 mg/kg*	3±0.14 mg/kg	96	4.0	0.001
Ga	---**	42±3 mg/kg	---	---	0.009
La	42 mg/kg*	41±2 mg/kg	97	2.9	0.001
Ce	55 mg/kg*	53±3 mg/kg	97	3.4	0.002
Nd	---**	30±1.44 mg/kg	---	---	0.002
P	---**	0.89±0.07 %	---	---	0.4

#一個標準偏差; *該元素僅提供參考值; **該元素無提供 NIST SRM 1648 認證值或參考值。

4. 樣品管制

樣品管制包括：(1)現場取樣作業和(2)檢驗室作業兩部份，茲分別簡述於表3.1.16及表3.1.17，詳細敘述則列於本計畫品保規畫書。

表 3.1.16 現場取樣作業樣品管制

樣品管制	作業事項	備註說明
現場取樣作業	MetOne SASS 採樣器	1. 於 MetOne SASS 儀器，取下採樣器並使用原廠套件將入口與出口端密封。 2. 放置冷藏櫃(≦4ºC)。 3. 將採樣器妥善放置儀器箱內，運送回實驗室。

表 3.1.17 檢驗室作業樣品管制

樣品管制	作業事項	備註說明
微粒質量濃度	人員管制	1. 進入微量天平秤重室，須先填寫天平室進出紀錄表。非實驗室人員需進入時，須由實驗室管理人同意並派實驗室人員陪同進入。 2. 須穿著乾淨的衣服和徹底清洗自己身體可能暴露在秤重的部位，進入微量天平室時，須穿著室內拖鞋。
	濾紙保存與環境條件控制	1. 濾紙由指定廠商送達天平室時，須確認購買的濾紙是否符合規定，包括濾紙尺寸、濾紙種類、濾紙廠商來源，購買數量。 2. 確認完畢須將購買濾紙放置天平室保存櫃中備用。 3. 天平室環境條件相對溼度須控制在 30-40%，溫度則須控制在 20-23ºC
	濾紙編號與調理濾紙	1. 新的一批濾紙必須給予新的批號，例如 14TA，14 取 2014 年後兩位數字，T 代表鐵氟龍濾紙，當使用石英濾紙時代號為 Q，使用耐隆濾紙時代號為 N；另外，A 代表此批濾紙的批號順序，當進行下一批濾紙時則改成 14TB，以此類推。 2. 假設每批鐵氟龍濾紙有 50 張，其中 3 張將選為空白濾紙，5 張為備份濾紙；因此，提供採樣批號號碼由 09 開始至 50，亦即，批號號碼由 14TA09 開始至 14TA50 結束。 3. 將濾紙放入恆溫恆濕箱中，開 3/4 的盒蓋，調理 72 小時。調理完畢，將濾紙盒蓋上，放置待量測的恆溫恆濕相中，等待秤重。
	濾紙初秤重	1. 確認環境條件相對溼度控制在 30-35%，溫度控制在 20-23 ºC，才能繼續秤重。 2. 先將濾紙在”去靜電機”上繞圈(水平及周圍) 30 秒以上，以去除靜電並將空的濾紙盒蓋好。

樣品管制	作業事項	備註說明
		3. 一人秤重兩次，此兩次重量不得超過標準操作程序規定數值，如兩次秤重超過規定數值，必須重新再去除靜電、秤重。 4. 第二人秤重至少間隔 24 小時，第二人秤重兩次重量不得超過規定數值，且與第一人秤重的平均重量不得相差超過規定數值。當都符合規定，表示初秤重完成。
	濾紙後秤重	1. 採樣後濾紙盒以 3/4 開放至調理櫃中至少 72 小時之後進行秤重。 2. 秤重方式與初秤重相同。
微粒碳成分	樣本品保人員確認樣品編號及數量	1. 確認樣品編號是否有誤。 2. 包裝是否完整密封。
	將樣本妥善冷藏保存	1. 冷藏溫度約 $< -15\,^{o}C$
	碳分析儀分析前置作業	1. 檢查鋼瓶是否足夠? 並檢查氣閥及浮子是否正確 2. 執行儀器測漏、FID 點火、啟動程式軟體，依照標準操作步驟設定儀器。
	樣本分析	1. 樣品至冷藏取出，並確認樣品編號。 2. 於儀器分析頁面輸入樣品編號、次數、使用者名稱。 3. 確認無誤，開始分析。
	碳分析儀校正作業	1. 配製 KHP 標準液 2. 配製七點檢量線($R^2 \geqq 0.995$) 3. 標準液誤差百分比需低於 5%
微粒無機水溶性離子	樣本保人員確認樣品編號及數量	1. 確認樣品編號是否有誤。 2. 包裝是否完整密封。
	將樣本妥善冷藏保存	1. 萃取前冷藏溫度 $< -15\,^{o}C$。 2. 萃取後冷藏溫度約 $4\,^{o}C$。
	樣本處理	1. 將樣本由冰箱中取出等待回溫。 2. 樣本剪開後置入萃取瓶中，並加入酒精及純水進行萃取。 3. 過濾萃取後的樣本液體等待分析。 4. 確認儀器狀態無誤後開起操作軟體進行分析。
	校正作業	1. 配製陰陽離子標準液(配製流程詳見 IC 標準程序)。 2. 配製濃度合宜的檢量線($R^2 \geqq 0.995$)。 3. 標準液誤差百分比需低於 10%。
微粒金屬元素	樣本品保人員確認樣品編號及數量	1. 確認樣品編號是否有誤。 2. 包裝是否完整密封

樣品管制	作業事項	備註說明
	將樣本妥善冷藏保存	1. 冷藏溫度約 4 ºC。 2. 樣本可存放期限約 3 個月。
	樣本處理	1. 將樣本由冰箱中取出等待回溫。 2. 樣本剪開後置入消化瓶中，並加入硝酸及氫氟酸進行消化。 3. 將樣本液體定量、稀釋至適當濃度。 4. 確認儀器狀態無誤後開起操作軟體進行分析。
	校正作業	1. 配製金屬元素標準液(配製流程詳見金屬元素標準程序)。 2. 配製濃度合宜的檢量線($R^2 \geqq 0.995$)。 3. 標準液誤差百分比需低於 10%。
微粒有機成分	樣本品保人員確認樣品編號及數量	1. 確認樣品編號是否有誤。 2. 包裝是否完整密封
	將樣本妥善冷藏保存	1. 冷藏溫度約-18 ºC。 2. 樣本可存放期限約 3 個月。
	樣本處理	1. 將實驗室空白濾紙（與欲萃取之 $PM_{2.5}$ 濾紙相等張數）剪碎，加入混合溶劑（丙酮和正己烷）25~50 mL（以溶劑量足以蓋過濾紙為主），封蓋後以 parafilm 纏繞封口，在瓶蓋上標示實驗編號。 2. 同上述步驟處理 $PM_{2.5}$ 濾紙，加入溶劑量相同。 3. 取相同溶劑量，不添加任何濾紙，封蓋後以 parafilm 纏繞封口，在瓶蓋上標示實驗編號，作為溶劑空白。 4. 將上述三個步驟所得的三罐樣品（溶劑空白、濾紙空白、$PM_{2.5}$ 樣品）置入超音波震盪儀，震盪輔助萃取 1hr。 5. 取出震盪後樣品，溶液部份轉移至梨形瓶，使用真空迴旋濃縮儀（水浴 40 ºC）將溶液濃縮至 0.2~1 mL（目測），取約 5 mL 混合溶劑將梨形瓶瓶壁上殘留樣品洗入濃縮液，再度濃縮至 0.1~0.3 mL。 6. 將濃縮完畢的樣品轉移至微量樣品瓶，瓶身標上實驗編號。
	校正作業	1. 使用 sigmaaldrich 的全氟三丁胺(PFTBA)標準品校正質子飄移問題

5. 校正程序及頻率

在本計畫中所使用設備可分為室外採樣設備與室內分析設備，室外採樣設備為 MetOne E-FRM 採樣器、MetOne SASS 採樣器，所需校正參數包括溫度、相對濕度、大氣壓力與採樣流量；室內分析設備則包括微量分析電子天平、離子層析儀、碳分析儀、感應耦合電漿質譜儀，各項儀器校正頻率如表 3.1.18 所列。

表 3.1.18 儀器校正頻率

儀器設備名稱	校正項目	校正頻率	標準品	校正方法或備註
MetOne E-FRM 採樣器	溫度	每年	專用且經校正的溫度計	由檢測人員執行
	相對溼度	每年	專用且經校正的相對溼度計	由檢測人員執行
	大氣壓力	每年	專用且經校正的大氣壓力計	由檢測人員執行
	採樣流量	每次	專用且經校正的氣體流量計	由檢測人員執行
MetOne SASS 採樣器	溫度	每年	專用且經校正的溫度計	由檢測人員執行
	相對溼度	每年	專用且經校正的相對溼度計	由檢測人員執行
	大氣壓力	每年	專用且經校正的大氣壓力計	由檢測人員執行
	採樣流量	每次	專用且經校正的氣體流量計	由檢測人員執行
微量分析電子天平	質量	每年或移動後	標準砝碼	TAF 認證(ISO/IEC 17025:2005)量測實驗室執行
	天平水平零點	每次使用前		檢驗室自行檢查
	再現性檢查	每半年		檢驗室自行檢查
離子層析儀	檢量線	每次使用前	各種離子標準液	由檢測人員執行
	精密度	每次使用前	各種離子標準液	由檢測人員執行
	準確度	每次使用前	各種離子標準液	由檢測人員執行
	再現性	每 10 個樣品	與樣品濃度相近的標準品	由檢測人員執行
碳分析儀	檢量線	每月配製	各種濃度標準液	由檢測人員執行
	精密度	每月配製	各種濃度標準液	由檢測人員執行
	準確度	每月配製	各種濃度標準液	由檢測人員執行
	再現性	每 10 個樣品	與樣品濃度相近的標準品	由檢測人員執行

儀器設備名稱	校正項目	校正頻率	標準品	校正方法或備註
感應耦合電漿質譜儀	流量校正	每季	專用且經校正的氣體流量計	由檢測人員執行
	檢量線	每次使用前	各種金屬元素標準液	由檢測人員執行
	精密度	每次使用前	標準參考樣本	由檢測人員執行
	準確度	每次使用前	標準參考樣本	由檢測人員執行
	再現性	每 20 個樣品	標準參考樣本	由檢測人員執行
全面二維氣相層析串連飛行時間質譜儀	準確度	每週	PFTBA 標準品	由檢測人員執行

6. 績效查核與系統查核及頻率

績效查核如：盲樣測試、實驗室間比對等，系統查核包括整個測定系統，如：實驗紀錄、數據管理、人員訓練、儀器設備運轉等，分別列於表 3.1.19。

表 3.1.19 績效查核與系統查核及頻率

儀器設備名稱	儀器設備運轉及測定系統	實驗紀錄及管理	人員訓練	績效查核
MetOne E-FRM 採樣器	操作人員進行相關測試及維護及確保儀器運轉	實驗紀錄由操作人員擔任，品保人員管理確認。	由專責人員詳細指導操作人員操作。	由品保人員實驗室進行查核
MetOne SASS 採樣器	操作人員進行相關測試及維護及確保儀器運轉	實驗紀錄由操作人員擔任，品保人員管理確認。	由專責人員詳細指導操作人員操作。	由品保人員實驗室進行查核
碳分析儀	由操作人員確認儀器運轉及維護。	實驗紀錄由操作人員擔任，於品保人員管理確認。	由專責人員詳細指導操作人員操作。	由品保人員實驗室進行查核或參與標準品盲樣測試
離子層析儀	操作人員進行相關測試及維護及確保儀器運轉	操作人員擔任，但是品保人員查核有疑慮時，需進行檢討及改善	參加原廠教育訓練	由品保人員實驗室進行查核或參與國際標準品盲樣測試

儀器設備名稱	儀器設備運轉及測定系統	實驗紀錄及管理	人員訓練	績效查核
感應耦合電漿質譜儀	操作人員進行相關測試及維護及確保儀器運轉	操作人員擔任，但是品保人員查核有疑慮時，需進行檢討及改善。	參加原廠教育訓練	由品保人員實驗室進行查核或參與國際標準品盲樣測試

7. 改正措施之依據及步驟

改正措施包括發生的問題、錯誤原因、改正步驟，分別列舉離子層析儀、碳分析儀與感應耦合電漿質譜儀改正措施如表 3.1.20。

表 3.1.20 改正措施之依據及步驟

儀器設備名稱	改正問題	錯誤原因	改正步驟
離子層析儀	低於檢量線的可適用範圍	原因應該來自樣品濃度過低，或是檢量線離子濃度過高。	使其適用範圍可包含低濃度的樣品；或另行配置低濃度檢量線。
	高於檢量線的可適用範圍	原因應該來自樣品濃度過高，或是檢量線離子濃度過低。	使其適用範圍可包含高濃度的樣品；或者將所要分析的樣品稀釋。
	水溶性陰陽離子當量平衡濃度比不在 0.8 與 1.2 間	當所分析樣品的陰陽離子平衡濃度比大於 1.2 或低於 0.8 時，需確認是否在分析過程發生錯誤。	量測實驗室空白值是否有背景離子濃度？確認分析程序是否有錯誤？檢討水質是否潔淨?容器是否清潔？人員配製方法是否有問題？樣本是否濃度極低？樣本是否鄰近污染源？如果發現有重大不可回復的情形，則原先分析的結果將摒棄不用。
	絕對酒精會干擾分析儀器訊號出現位置	絕對酒精會干擾 Cl^-，使得基線升高，影響 Cl^-積分位置。	調整絕對酒精稀釋倍數降低。
	添加樣品分析的執行方式	使用空白濾紙添加標準品後計算標準品回收率，無法得知添加標準品對實際樣品的影響。	數次調整標準品濃度值至適當濃度後再進行添加樣品分析的執行方式。

儀器設備名稱	改正問題	錯誤原因	改正步驟
		添加的標準品濃度值有些不符合實際樣品的濃度。	
	空白濾紙分析使用的濾紙廠牌為 PALL	與計畫採樣所用的 Whatman 濾紙廠牌不相同	使用與計畫採樣同廠牌的濾紙進行較為恰當
碳分析儀	檢量線未達標準($R^2 \geqq 0.995$)	配製標準液，其配製濃度與理論濃度差距過大，造成線性不佳。	重新分析標準液，若分析後還未達標準，應重新配置標準液，予以施打。
	誤差百分比超過 5%	配製標準液，其配製濃度與理論濃度差距過大，導致誤差百分比超過範圍值。	重新分析此標準液，若分析後還未達標準，需重新配置標準液。
	測漏未通過(30 秒壓力下降超過 0.06)	儀器設備有漏氣現象，導致壓力快速下降。	檢查儀器設備可能的漏氣部位將其鎖緊後，再測試是否有漏氣現象。
	空白值超過 0.2 μgC cm^{-2}	空白濾紙受到污染或是碳分析儀部分污染。	再次施打空白濾紙，觀察是否達到接受範圍，若未達到應更換空白濾紙並分析觀測是否達到接受範圍。
感應耦合電漿質譜儀	低於檢量線的可適用範圍	原因應該來自樣品濃度過低，或是檢量線金屬元素濃度過高。	使其適用範圍可包含低濃度的樣品；或另行配置低濃度檢量線。
	高於檢量線的可適用範圍	原因應該來自樣品濃度過高，或是檢量線金屬元素濃度過低。	使其適用範圍可包含高濃度的樣品；或者將所要分析的樣品稀釋。
	檢量線未達標準($R^2 \geqq 0.995$)	配製標準液，其配製濃度與理論濃度差距過大，造成線性不佳。	重新分析標準液，若分析後還未達標準，應重新配置標準液，予以施打。
	同位素干擾	不同元素之同位素形成相同整數（Nominal）質荷比之單價或二價離子，而無法被質譜儀解析所造成。	選擇其他天然豐度較大之同位素。

儀器設備名稱	改正問題	錯誤原因	改正步驟
	多原子離子干擾	因多個原子所形成之離子與待分析物之同位素具有相同之整數質荷比，而無法由質譜儀解析時。	此干擾亦可藉由質量分析器前之化學或碰撞反應室等相關設計消除。

3.2 解析時間與空間分布特徵及影響因素

本計畫分析空氣品質監測資料及氣象因子，釐清季節與環境條件對於 $PM_{2.5}$ 濃度影響，透過各地區 $PM_{2.5}$ 化學成分組成特性解析污染物空間分布影響因子，這些資訊可提供環保單位進行污染源管制策略設定或評估的參考。

3.2.1 污染事件分類與判別準則

本計畫將 $PM_{2.5}$ 質量濃度超出空氣品質日平均標準($PM_{2.5} \geq 35\ \mu g\ m^{-3}$) 定義為污染事件日，並且將污染事件依照形成原因分為在地污染、區域外污染傳輸及境外污染傳輸等三大類別。分類方法利用三種不同尺度資料，包括風場及 $PM_{2.5}$ 濃度模式模擬資料、逆推氣流軌跡、環保署測站監測資料小時值，解析污染物濃度上升原因，這些資料又可分為三種不同尺度資料，細節如下方說明：

(1) 大尺度資料 1：以 NOAA Air Resources Laboratory 所研發的 Hybrid Single-Particle Langrangian Integrated Trajectory 簡稱 HYSPLIT 模式。透過追溯 72 小時內氣流行經路線(圖 3.2.1 左上)，用以評估氣流傳輸至觀測地區前可能經過區域。

(2) 大尺度資料 2：以 https://earth.nullschool.net 所提供的區域風場及空氣品質模擬資料(圖 3.2.1 右上)，用以輔助判斷軌跡路線是否有誤差，以及境外氣流是否夾帶污染物。

(3) 中尺度資料：利用環保署監測站每小時全台灣污染物濃度分布圖(圖 3.2.1 下)瞭解污染物區域傳輸特性，並與資料(2)交互比對以減少模擬可能的誤差。

(4) 小尺度資料：使用採樣地點環保署空氣品質監測站自動監測資料小時值，判讀污染物小時濃度變化趨勢，瞭解 $PM_{2.5}$ 濃度與氣象因子及污染前驅物之間變化趨勢。

透過上述三種不同尺度資料交互評估，將污染事件可能成因及傳輸劃分為

境外傳輸事件、區域外傳輸事件 (由鄰近都會傳輸影響) 以及在地污染三種類型。各類污染成因判別依據說明如下：

1. 境外傳輸

若大尺度軌跡資料顯示氣流行經亞洲大陸且高度位在混合層下方，則可能攜帶污染物至觀測地區。若氣流行經高污染地區，測站將會受到境外污染物傳輸影響，此時亦可透過網站模擬資料，交互比對氣流來向以及污染物濃度移動趨勢；中尺度資料的污染物濃度分布將會出現各區域污染物濃度有階段上升現象；小尺度監測資料會出現污染物濃度隨風速上升現象，但也可能出現 $PM_{2.5}$ 濃度單獨隨風速上升現象。

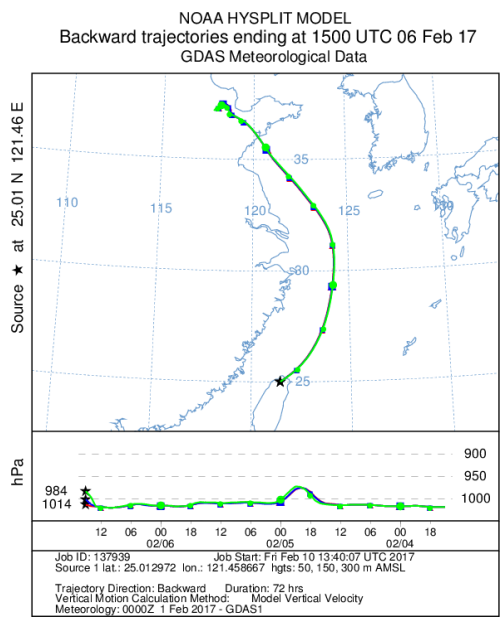
2. 區域外污染傳輸

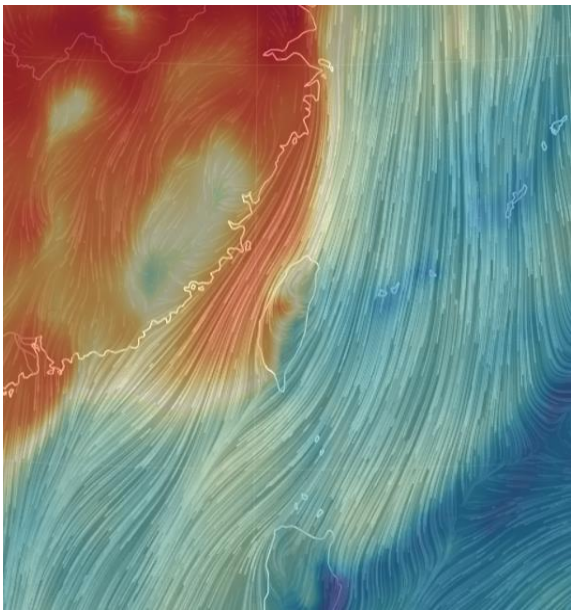
發生區域外污染傳輸時，大尺度資料的氣流軌跡來向以及網站模擬區域風場若顯示氣流來向為海面或是傳輸至觀測地區前未經過明顯污染地區，但可能行經台灣數個空品區；中尺度資料將顯示污染物濃度隨盛行風向發生跨區域階段延遲上升；小尺度監測資料則會出現 $PM_{2.5}$ 濃度隨風速上升現象。

3. 在地污染事件

大尺度資料顯示軌跡來向為海面或是傳輸至觀測地區前未經過明顯污染地區；中尺度資料將顯示 $PM_{2.5}$ 濃度上升僅在個別空品區內，或是污染物移動範圍較小；小尺度資料風速一般低於 $2\ m\ s^{-1}$ 並且 $PM_{2.5}$ 濃度時常於日間或夜間交通尖峰時段與 NO_x 及 CO 濃度一同上升，此時污染物濃度上升主要受到環境擴散條件不佳影響。除了擴散條件不佳，午後光化學作用也可能是污染物濃度上升原因，時常於日間臭氧濃度發生最大值後濃度升高。

大尺度資料：逆推氣流軌跡圖(左圖)；風場與濃度模擬(右圖)





中尺度資料：環保署監測資料污染物濃度分布

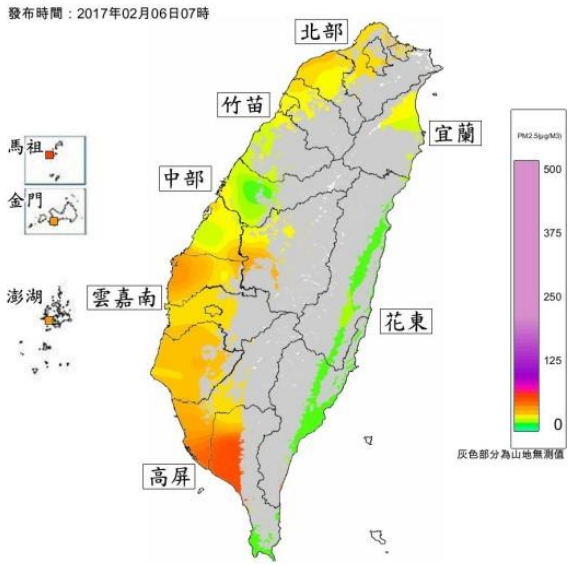


圖 3.2.1 大尺度資料(上圖)與中尺度資料(下圖)範例

3.2.2 採用國際通用受體模式解析 $PM_{2.5}$ 化學成分，推估各監測地區 $PM_{2.5}$ 污染來源

受體模型式以受體的角度，透過周界大氣量測的污染物物理與化學特性追朔污染來源。模式由數學或統計程序建立，利用化學成分的質量濃度與質量守恆理論，識別及量化受體所在位置的空氣污染物來源。

美國於監管大氣模式支援中心網站上公布的受體模式有：化學質量平衡模式(Chemical Mass Balance, CMB), UNMIX 和正矩陣因子法(Positive Matrix Factorization, PMF)。受體模式又可依據是否需要排放源化學成分資訊分成兩類，CMB 需要有研究區域中主要污染來源的化學成分與數量資料；多變量受體模式，像是因子分析模式(Factor Analysis, FA)、主成分分析模式(Principal Component Analysis, PCA)、PMF 和 UNMIX，則只需大氣環境檢測到的數據即可建立污染來源解析，UNMIX 和 PMF 都是 FA 模式，前者可消除因子旋轉的模糊問題(Lewis et al., 2003)，但目前最廣泛被使用的還是 PMF，因此，本計畫採用 PMF 來推估 $PM_{2.5}$ 污染來源。

PMF 是一個獨立加權因子分析模式，最初由 Paatero 和 Tapper (Paatero and Tapper, 1993, 1994)開發，之後由 Paatero 和 Hopke (Paatero and Hopke, 2003)進一步改進。PMF 可估計因子和因子的數量，這些因子可以解釋 $PM_{2.5}$ 化學成分數據的最大變異，根據質量守恆理論，可以將化學成分分解成貢獻矩陣、來源指紋(source profile)矩陣和殘差矩陣，一般以公式 3.2.1 表示(Norris et al., 2014)：

$$X_{ij} = \sum_{k=1}^{p} g_{ik} f_{kj} + e_{ij} \qquad \text{公式 3.2.1}$$

其中：

X_{ij}：第 i 個樣本中 j 成分濃度。

p：為解析出的因子總數，也就是地區污染源總數。

g_{ik}：第 k 個因子傳輸到第 i 個樣本的污染物濃度。

f_{kj}：第 k 個因子矩陣中 j 成分所占的指紋比例。

e_{ij}：第 i 個樣本中 j 成分的殘差。

PMF 進行運算時需要兩個檔案，分別為濃度矩陣檔案及不確定性矩陣檔案。濃度矩陣與不確定性矩陣的格式要一致，將變數/元素置於欄(columns)，日期/樣

本數置於列(rows)，單位可以置於第二欄，但也可不需要。PMF 不接受輸入檔案中含有缺值 (Blank cells)，數值的範圍不可小於-900 或大於 9000。不確定性計算方式以表 3.2.1 表示：

表 3.2.1 PMF 濃度矩陣及不確定矩陣計算方法

項目	濃度矩陣 ($\mu g\ m^{-3}$)	不確定性矩陣(uncertainty)
X>MDL	量測濃度值	$\sqrt{(\text{Error Fraction} \times \text{concentration})^2 + (0.5\text{MDL})^2}$
X<MDL	$\frac{1}{2}$ MDL	Uncertainty = $\frac{5}{6}$ MDL
缺值	濃度平均值	Uncertainty = 4 × 平均濃度

註：1.不確定性矩陣數值不得為 0 值或負值
2. X 代表某個成分濃度
3. MDL 為方法偵測極限
4. Error fraction = 變異係數

若模式模擬得好，殘差應該會很小，不確定性低，模式才是穩定的，所以 PMF 的目標函數為最小的 Q 值，Q 值如公式 3.2.2 所示：

$$Q = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}\left[\frac{e_{ij}}{u_{ij}}\right]^2 \qquad \text{公式 3.2.2}$$

其中 u_{ij}：第 i 個樣本中 j 成分的標準偏差，即為不確定性。

將公式 3.2.1 的 e_{ij} 帶入公式 3.2.2 可得：

$$Q = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}\left[\frac{x_{ij}-\sum_{k=1}^{p} g_{ik}\, f_{kj}}{u_{ij}}\right]^2 \qquad \text{公式 3.2.3}$$

上面問題可以由加權最小平方法疊代求出 Q 的收斂解。

美國環保署於 2014 年釋出 PMF 5.0 操作手冊，在操作上首先須輸入氣膠成分及每個成分的不準確度，同時選定因子數(介於 1 到 999)，方法上的因子即為可能的污染源，得到最小 Q 值後，做 Q 值與因子數的散布圖，當 Q 值忽然改變很大且後續變動不大時的因子數即為可能的污染源數目。決定因子數後就可開始執行模式，執行包含基本模式(Base model)、拔靴模式(Bootstrap model)、位移模式(Displacement)、拔靴-位移模式(BS-DISP model) (圖 3.2.2)。

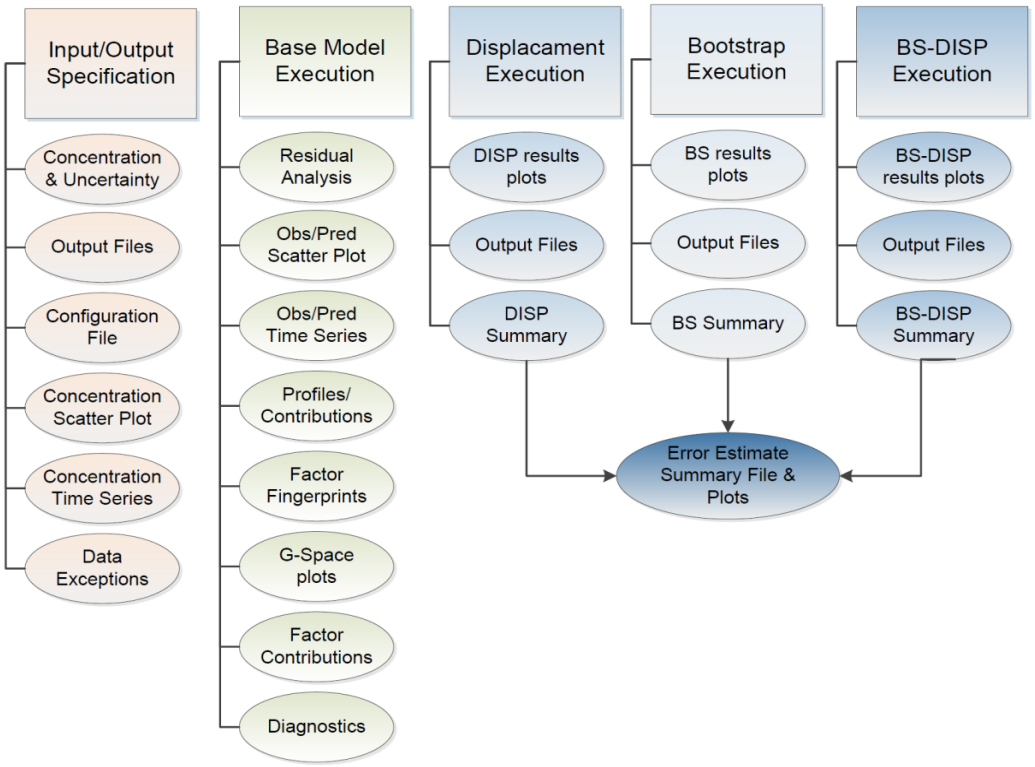


圖 3.2.2 美國環保署 PMF 5.0 版操作流程-基本模式 (Norris et al., 2014)

當我們以基本模式解析後，可由解析結果判斷因子間是否獨立?檢視各因子在每個樣本貢獻量的相關性，如果兩個因子在每個樣本貢獻量相關性高，則需使用 Fpeak 模式進行轉軸(圖 3.2.3)，改善因子間的相關性。Fpeak 基本概念為在不改變 Q 值的情況下，對 G 和 F 矩陣進行轉換，轉換後的矩陣為 G*和 F*，此過程稱為旋轉如公式 3.2.4 所示：

$$G^*=GT \quad 和 \quad F^*=T^{-1}F \qquad 公式\ 3.2.4$$

其中 T：轉置矩陣，為 P x P 非奇異矩陣。

但由於這不是一個嚴格的旋轉，因為 PMF 有非負值的限制，所以旋轉後 Q 值會有所改變。上述步驟完成後，最後執行拔靴(Bootstrap)模式。Bootstrap 的意思是從樣本數據中選擇不重疊的較小樣本區塊，形成新的數據組合，然後跑 PMF，Bootstrap 的因子和 base run 的因子進行 mapping，比較相同因子的貢獻度，如果兩個因子對各樣本貢獻度相關係數大於設定的門檻值(通常為 0.6)，則稱為 mapped，否則稱為 unmapped。拔靴模式可以用來判斷基本模式解析結果的不確定性和穩定性。

此外，PMF5.0 版提供了三種評估模式以輔助判斷因子間是否相互獨立？除了上述的拔靴(Bootstrap)模式外，位移(Displacement)模式是利用小幅度的 Q 值變化，檢測因子間的獨立性，如果在模式限制的 Q 值變化區間內，被探討的成分在因子內占比改變，則稱為 swap；在模式設定中通常限制 Q 值變化為 4，若有 swap 產生，則表示因子間該成分彼此不相互獨立。拔靴-移位模式(BS-DISP)模式則是連結 Bootstrap 以及 Displacement 兩者的特點，能夠探討模式中的隨機誤差以及因子間的獨立性。

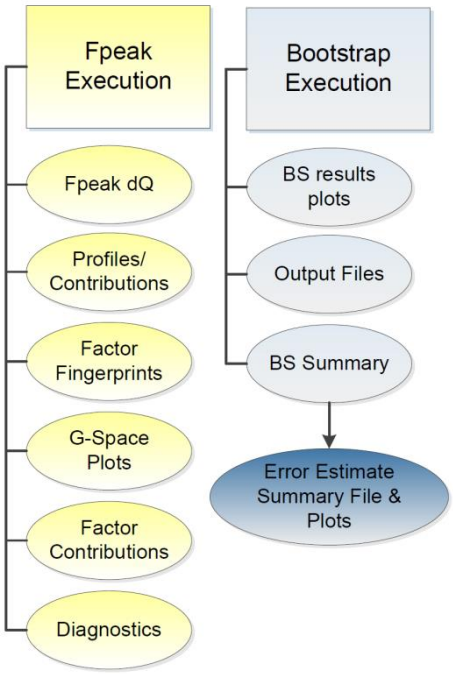


圖 3.2.3 美國環保署 PMF 5.0 版操作流程-Fpeak 模式 (Norris et al., 2014)

為了達到模式擬合良好的結果，PMF 提供了限制(Constraints)模式(圖 3.2.4)，能夠經由對數據的瞭解與相關知識對模式進行限制。透過限制特定日期的樣本或是因子中特定物種的貢獻度，來觀測模式結果的改變，經由模式改變可以發現，容易隨限制有明顯變化的數據稱為 weak，否則稱為 stiff。限制模式可以用來修正基本模式並且透過限制找出穩定的模式解。

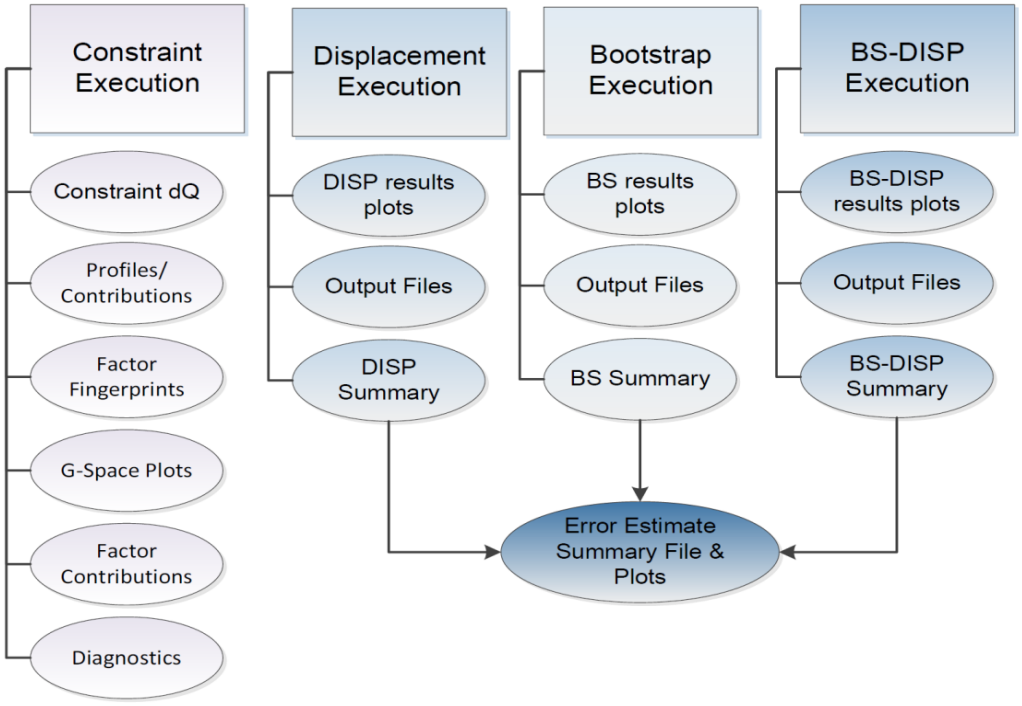


圖 3.2.4 美國環保署 PMF 5.0 版操作流程-限制模態 (Norris et al., 2014)

由於 PMF 只需要大氣污染物濃度資料即可解析，所以有越來越多的研究使用 PMF 模式做污染來源解析。Zhang et al. (2009)應用 PMF 模式(EPA PMF1.1)解析美國中西部測站，包含一個農村測站與四個城市測站，以 $PM_{2.5}$ 一次與二次有機氣膠資料，解析出主要的污染源貢獻量。Wang et al. (2012)在美國紐約州第三大城市 Rochester，由二次無機離子、微量元素、碳物種和光吸收數據，以 PMF (EPA PMF, 4.1 版)模式調查 $PM_{2.5}$ 的來源，結果解析出 8 個主要污染來源。Jeong et al. (2011)用加拿大五個城市測站的 $PM_{2.5}$ 化學成分數據，進行 PMF 模式分析，定義出主要的污染來源並估算出它們對 $PM_{2.5}$ 質量的貢獻量，在這個研究中，為了確定最有可能的污染源位置，還輔助運用條件機率函數(conditional probability function, CPF)和潛在源貢獻函數(potential source contribution function, PSCF)分析。CPF 是利用濃度較高成分的特定風向推算，因此能更好地與本地污染源相聯結，PSCF 則是使用逆軌跡與全球網格氣象數據(EDAS gridded meteorological data)推算，有助於確定可能的長程傳輸來源地，並作為 PMF 分析模擬輔助推估來源貢獻。Belis et al. (2013)彙整 1994 到 2012 年歐洲使用受體模式文獻，各項污染來源推估顯示主要污染源類別分成：二次無機氣膠、交通源、工業點源、生質燃燒、地殼礦物塵土、海鹽。

為了輔助確認 PMF 解析的本地污染來源風向及污染源位置，Kim et al. (2003)以 CPF 解析發生高濃度污染的主要風向，推估貢獻污染來位置，並將推估的方式以公式 3.2.5 進行計算。

$$\mathrm{CPF} = \frac{m_{\Delta\theta}}{n_{\Delta\theta}} \qquad \text{公式 3.2.5}$$

其中，Δθ 為以小時風向 22.5^0 進行分割，共分成 16 個區塊，也就是 16 個風向(北、北北東、東北、東北東、東、東南東、東南、南南東、南、南南西、西南，西南西、西、西北西、西北、北北西)，接著進行小時風速小於 1 m s^{-1} 的篩選，將採樣期間風速大於 1 m s^{-1} 的風向留下來討論；$n_{\Delta\theta}$ 為各個 PMF 解析的因子在整體採樣期間同樣風向的總小時數；$m_{\Delta\theta}$ 為篩選 PMF 解析因子貢獻濃度前 15 % 採樣天同樣風向的小時數。經計算後，可得到各來源因子主要貢獻濃度的風向，並可藉由該風向實際存在污染源進行輔助驗證 PMF 所推估結果的可靠性。例如：因子一在某一天貢獻濃度為該因子的前 15 %，當天有 15 小時吹東北風，於是 m_{45} 計數增加 15，當天有 9 小時吹北風，於是 m_0 計數增加 9。最後可統計出各因子發生高濃度的風向比例，然後尋找測站該風向是否有與因子相關的重要污染源存在而獲得定性的確認。

3.2.3 $PM_{2.5}$ 成分及氣象因子與能見度多元迴歸模式

以統計分析技術結合 $PM_{2.5}$ 化學成分及氣象因子推估地區能見度最廣被使用的方法是多元線性迴歸，例如：Lee and Shen (1995)和 Lee and Cheng (1996)以 $PM_{2.5}$ 化學成分及氣象因子推估台北都會地區能見度，Chan et al. (1999)對於澳洲布里斯本地區能見度進行研究。目前氣象局有白天能見度人工觀測數據，每 3 個小時觀測 1 筆數據。環保署空品站則有能見度儀監測數據，每個小時 1 筆數據。

能見度多元迴歸模式所篩選的 $PM_{2.5}$ 化學成分包含： Mg^{2+}、Cl^-、修正 NH_4^+、修正 NO_3^-、Ca^{2+}、SO_4^{2-}、EC、修正 OC，天氣因子包括：風速(WS)、環境溫度(T)、環境相對濕度(RH)。2017 年能見度監測數據選用中央氣象局在板橋、梧棲、嘉義、高雄、花蓮等觀測站所觀測的數據，這六站的能見度資料(斗六缺乏氣象站，使用嘉義站資料)只有梧棲站為人工觀測，其餘都是儀器自動觀測資料。各監測站數據經由 Backward Stepwise Regression 分析，所選取的自變數及統計結果，各測站的判定係數 R^2 至少都有 0.62 (李等，2017)。在 2017 年計畫所建立的能估

算大氣能見度的多元迴歸模式，多數測站多篩選出 NH_4^+或 SO_4^{2-}，但通常 NH_4^+主要是與 SO_4^{2-}結合，有多餘 NH_4^+才會與 NO_3^-結合成化合物(Mwaniki et al., 2014)，因此，NH_4^+是大氣氣膠硝酸銨和硫酸銨的代表，在 6 個地區能見度迴歸模式中，相對濕度和溫度分別扮演降低以及增高能見度角色，與 Lin et al. (2014)在中國上海地區對霧霾研究，發現低溫、低風速、高相對濕度有利於霧霾形成，大氣氣膠成分以二次無機氣膠污染影響能見度最大的研究成果一致。

大氣氣膠不同化學成分造成消光係數(Extinction Coefficient, b_{ext})差異，b_{ext} 結合大氣氣膠和氣體分子的消光效應，根據 Koschmieder 方程式：大氣能見度 = $3.912/b_{ext}$ (Seinfeld and Pandis, 1998)，顯然，b_{ext} 是影響大氣能見度最重要因子，Pitchford et al. (2007)以 revised IMPROVE (Interagency Monitoring of Protected Visual Environments)估算大氣氣膠各種成分(硫酸銨、硝酸銨、有機物、元素碳、土壤、海鹽、粗顆粒)的 b_{ext} 如下：

$$b_{ext} \approx 2.2 \times f_S(RH) \times [\text{Small Ammonium Sulfate}] + 4.8 \times f_L(RH) \times [\text{Large Ammonium Sulfate}] + 2.4 \times f_S(RH) \times [\text{Small Ammonium Nitrate}] + 5.1 \times f_L(RH) \times [\text{Large Ammonium Nitrate}] + 2.8 \times [\text{Small Organic Mass}] + 6.1 \times [\text{Large Organic Mass}] + 10 \times [\text{Elemental Carbon}] + 1 \times [\text{Fine Soil}] + 1.7 \times f_{SS}(RH) \times [\text{Sea Salt}] + 0.6 \times [\text{Coarse Mass}] + \text{Rayleigh Scattering (Site Specific)} + 0.33 \times [NO_2\ (\text{ppb})]$$

其中 $f_X(RH)$為氣膠主要吸濕化學成分(硫酸銨、硝酸銨)潮解成為水珠後，於各種相對濕度下相對於未潮解時散光係數的倍數。估算方式是藉由 AIM3 熱力學平衡模式模擬出氣膠化學成分在特定相對濕度的成長係數(亦即，在特定相對濕度的氣膠直徑/乾氣膠直徑)，藉由這個結果再個別測出不同相對濕度氣膠成分的散光係數。另外，剛從污染源排放的新鮮氣膠顆粒粒徑(幾何平均粒徑為 0.2 μm，幾何標準差為 2.2)較小，老化或經過雲處理(cloud processing)氣膠顆粒粒徑(幾何平均粒徑為 0.5 μm，幾何標準差為 1.5)較大，以米氏理論(Mie theory)計算 550 nm 光波波長及前述粒徑分布參數兩種模態的氣膠，可得到不同的氣膠成分質量散光效率分別成為 $f_X(RH)$前面的係數。大、小顆粒氣膠化學成分濃度分配是依據：將某一個氣膠化學成分濃度除以 20 $\mu g\ m^{-3}$，得到一個比例，再將該化學成分濃度乘上比例而得到大顆粒氣膠化學成分濃度；將該氣膠化學成分濃度減去大顆粒氣膠

化學成分濃度就得到小顆粒氣膠化學成分濃度。如果該氣膠化學成分濃度大於 20 $\mu g\ m^{-3}$，則該氣膠化學成分都在大顆粒模態。例如：OC 濃度是 4 $\mu g\ m^{-3}$，將 4 除以 20 得到 1/5，則大顆粒氣膠 OC 濃度是 4*1/5= 0.8 $\mu g\ m^{-3}$，小顆粒氣膠 OC 濃度為 3.2 $\mu g\ m^{-3}$，這個估算方式是依據美國 21 個 IMPROVE 監測站的氣膠散光係數和化學成分推算出來的經驗式(Pitchford et al., 2007)。

其餘各項參數定義如下：

1.假設所有硫酸鹽都是硫酸銨，即硫酸銨濃度=1.37× $[SO_4^{2-}]$ ($\mu g\ m^{-3}$)

2.假設所有硝酸鹽皆為硝酸銨，即硝酸銨濃度=1.29× $[NO_3^-]$ ($\mu g\ m^{-3}$)

3.有機物(OM)濃度=(1.6~2.1)× [OC] ($\mu g\ m^{-3}$)，本計畫採用 1.6。

4.元素碳(EC)濃度單位為 $\mu g\ m^{-3}$

5. [Fine Soil] = 6.6[Al] + 1.63[Ca] + 2.42[Fe] + 1.94[Ti]，濃度單位為 $\mu g\ m^{-3}$ (Frank, 2006)

6. [Sea Salt] = 1.8× $[Cl^-]$，單位是 $\mu g\ m^{-3}$ (Pitchford et al., 2007)

7. [Coarse Mass] = PM_{10} - $PM_{2.5}$，單位為 $\mu g\ m^{-3}$ (Pitchford et al., 2007)

8. Rayleigh Scattering，其值會因大氣密度而改變，Pitchford et al(2007)研究指出大約範圍是在 8~12 Mm^{-1}，本計畫使用 10 Mm^{-1} 進行計算

9. [NO_2 (ppb)]、RH 資料：本計畫使用環保署監測站數據，將每日小時值資料進行平均，採用日平均值進行計算。

前述結合大氣氣膠和氣體分子的消光效應估算大氣 b_{ext} 雖然是使用美國 IMPROVE 監測站數據的經驗式，但本計畫也做了一些監測站現場特性的調整，特別是監測氣膠化學成分及大氣相對濕度，因此可以嘗試和觀測能見度進行比較。

3.2.4 金屬元素污染來源

在微粒的金屬成分中，大致可分為兩大類，一類為來自地殼元素以 Si、Fe、Al、Ca、Mg 為主要元素，另一部分則是來自人為活動所排放的元素以 Cr、Cd、Pb、Mn、Zn、Sn、Ni、V、Sb 等元素為主，這些元素可能來自化石燃料、煤碳以及工業添加成分(Huang et al., 2011; Ntziachristos et al., 2007)。

$PM_{2.5}$來自多種污染源排放或衍生，不同排放源所排放的微粒主要成分會有相同，但也可能存在獨特成分，各污染源排放煙流在大氣經過混合後，到達採樣地點，分析採樣微粒的化學成分，如果受到主要污染源的影響，其特定成分就會凸顯出來，因此，可以利用這些特定成分做為主要污染源追蹤指標(tracer)。金屬元素性質穩定，常被用作追蹤指標。舉例來說，塵土元素的指標元素為 Al、Ca、Fe、K、Mg、Mn、Si、Sr 及 Ti 等 (Rahn, 1999)；海水飛沫的指標為 Na 及 Mg (Rahn, 1999)；交通排放源則有燃燒源及非燃燒源兩種，燃燒燃料可利用 Cu、Pb、Zn 作為指標元素(Salvador et al., 2004; Weckwerth, 2001)，非燃料燃燒的排放源則是由輪胎、剎車或零件磨損所產生，可利用 Ba、Cd、Cr、Cu、Pb、Sb、Sn、Zn 等元素作為指標(Almeida et al., 2005; Birmili et al., 2006; Hjortenkrans et al., 2007; Reff et al., 2009)；鋼鐵業可透過 As、Cu、Cr、Fe、Mn、Ni、Pb、Zn 等元素作為指標元素(Tian et al., 2010; Tsai et al., 2007; Yang et al., 2003)；煤碳燃燒在許多研究中發現其富含許多微量元素，大略可以 As、Cr、Cu、Hg、Sb、Se、Sn、Sr、Pb 等元素作為煤碳燃燒的指標元素(Querol et al., 2006)；垃圾焚化的指標元素可使用 As、Cd、Pb、Sb、Zn 等元素作為指標(Christian et al., 2010)，Hu et al. (2003)在研究中使用 Cd 做為台中地區焚化廠的排放指標。

由於各項元素來源可能彼此重疊，例如：元素 Cu 可作為燃煤、鋼鐵業以及交通非燃料燃燒指標元素，因此除了以指標元素判別污染來源，元素間的濃度比值可進一步驗證數據解析成果。本計畫將持續蒐集國內、外 $PM_{2.5}$ 金屬成分研究中各污染源常見金屬元素比值，用以提升對本計畫對金屬元素成分來源解析的準確性。表 3.2.2 中為目前蒐集金屬元素成分濃度比值，並將各類比值依照其污染來源分為 7 大類，包含：燃煤、燃油、塵土、道路揚塵、柴油車、交通排放及建築揚塵。納入比值分析的元素成分目前有元素 Cu、Pb、Zn、Sn、V、Ni、Zn、Fe、Al、Mn 及 As 等常見指標元素。

表 3.2.2 各污染源金屬元素濃度比值彙整

來源 / 比值	燃煤	燃油	塵土	道路揚塵	柴油車	交通排放	建築揚塵
Cu/Pb	—	—	0.017[a]	0.18[b] 1.83[d]	0.02-0.07[b]	—	44.83[b]
Cu/Sb	0.5[e]	71[b]	—	1.93[b] 23.07[d]	—	6.25[c]	1.06[b]
Cu/Zn	—	—	—	0.44[d]	—	—	0.03[b]
Cu/Fe	—	—	—	—	—	0.07[c]	—
Zn/Pb	1.9[e]	1.2[b]	1.82[a]	4.18[d]	0.01-0.61[b]	—	1537[b]
Sn/Cu	—	—	—	—	—	0.09-0.11[c]	—
Fe/Al	—	—	—	1.07[d]	—	—	—
As/V	4.8[e]	0.02[b]	—	5.48[b]	0.01-0.03[b]	—	0.07[b]
Mn/V	—	—	—	56.42[b]	0.08-0.18[b]	—	149[b]
V/Cu	—	—	—		—	—	—
V/Ni	0.7[e]	2-4[b]	—	1.6[d]	0.62-0.73[b]	—	0.78[b]

備註: a. Hsu et al. (2005)；b. Matawle et al. (2015)；c. Lin et al. (2015)；d. Zhang et al. (2018) ；e. Watson et al. (2001)

$PM_{2.5}$ 化學成分中的金屬元素成分雖然僅占質量濃度的 1~4%，但這些元素常可當成來源追蹤指標元素，一般依據來源可區分為地殼塵土與人為來源，透過富集因子(Enrichment factor, EF)計算(如：公式 3.2.6)，再依據 EF 值可輔助界定元素來源是否來自於地殼塵土或是人為來源，本計畫根據 Taylor (1964)將玄武岩與花崗岩依特定比例混合做為地殼元素的礦物組成，透過文獻中所彙整的資料，計算出各監測站金屬元素富集因子，選擇 Al 元素作為地殼元素代表，並以富集因子大於 10 時，代表受到人為源影響。

$$\text{Enrichment Factor} = \frac{\left(\frac{X}{Al}\right)_{Sample}}{\left(\frac{X}{Al}\right)_{Crustal}} \qquad \text{公式 3.2.6}$$

Sample: 樣本元素實際值

Crustal: 地殼元素參考值

X: 目標元素

3.2.5 分析結果，提供污染源管制策略評估之建議

從上年度計畫受體模式推估結果顯示，各都會區測站都推估出衍生污染物(二次硝酸鹽與二次硫酸鹽)有相當高占比，特別在冬季與春季，在這些衍生污染物相關因子中發現大多與各類燃料鍋爐燃燒及其衍生污染物有關，因此加嚴督導

管制相關產業使用能源的廢氣排放，將可改善 $PM_{2.5}$ 空氣品質。除了鍋爐排放外，交通車輛廢氣排放則不分四季，對於污染物濃度有相當穩定占比。另外，與二次硝酸鹽在高 $PM_{2.5}$ 濃度時期，如北部的冬季及春季、中部秋季、南部冬季，都有相當高占比(李等(2015；2016；2017))，因此硝酸鹽前驅物 NO_x 排放源應列為重要管制目標。對於污染貢獻來自外地傳輸或在地排放以及污染物是來自一次排放或是二次反應，單純從 $PM_{2.5}$ 化學成分解析並無法區分出來，本計畫結合氣流來源軌跡、氣象因子和空品監測站氣體成分濃度變化，以推估前述污染貢獻及類別。

3.2.6 評估有機碳(OC)中有機物的採樣及分析之可行性

$PM_{2.5}$ 的二次有機氣膠(Secondary Organic Aerosol, SOA)的生成是在大氣環境中，VOCs 經氣態-顆粒轉移過程(Gas-Particle Conversion Processes)所反應後而形成，其來源反應包含有成核(Nucleation)、凝結(Condensation)、異質(Heterogeneous)與多相化學反應(Multiphase Chemical Reaction)等等。SOA 的相關研究至今雖已廣泛於學界引發討論，只是仍有許多重要的機制尚未完全獲得解答(Kulmala et al., 2004)。隨著大氣 VOCs 的光化學特性以及生物毒性等特質逐漸被大眾所瞭解，如何確認其排放類別、來源與特性，對污染排放來源施行有效的監控與管制，進而降低其後續危害與影響便成為目前相當重要而迫切課題。由於 VOCs 物種多以氣態形式存在於環境週界大氣中，非常合適以氣相層析儀作為核心的關鍵分析技術，且分析方法中更可依照其各自待測目標物的特性，挑選適當的層析管柱將這些複雜的個別物種全然分離開來，搭配具選擇性且高靈敏度偵檢器，能在進行量測工作時對於定性結果的判別獲致頗高準確性與可信度；另外，倘若分析的物種分布與類別較廣泛，或分析未知污染物時，也可透過質譜偵測器的輔助，不僅能由層析管柱的樣品滯留時間鑑別物質的沸點或極性等特質，更能進一步利用質譜圖中獲得的離子碎片訊息，與資料庫中的指紋圖譜進行電腦比對，有助於判定出該物質的結構與分子式等，達到全面偵測目的。

由於 $PM_{2.5}$ 微粒的來源與成因甚為複雜，由最終的分析數據只能測得其最後於環境中的含量，若欲往前溯及其形成機制屬本地污染排放或境外長程傳輸，則必須細部深究 $PM_{2.5}$ 的化合物代表成分，方可一探其可能排放源，或再進一步結合氣象條件與數據等，綜合探討在大氣物理與化學中更詳盡的反應機制及衍生歷

程等。本計畫將導入超高解析化學分離及鑑定技術，針 $PM_{2.5}$ 樣品進行國內少有之有機化學成分分析。

傳統的層析分離技術，主要仰賴選用一適宜的分析管柱，透過該管柱內的靜相物質（Stationary Phase）與樣品中各物種的個別作用力之分佈差異，進而將原先混雜於一體之物質予以逐一分離開來，氣相層析技術因毛細分離管柱的導入後，可將管柱長度延伸至數十甚至上百米，大幅精進其物種解析效能，遂普遍用於複雜樣品的分析工作上，現今以單一管柱搭配單一偵測器進行樣品分析之系統稱之為一維氣相層析之概念(1D Gas Chromatography, 1D-GC)，當對於分析複雜程度較簡單的樣品，1D-GC 通常足以發揮分析效益，但當樣品複雜性提高，超越管柱之峰容量，或已超越單一管柱之分離能力極限，此時易發生層析峰的共析(Co-elute)現象，造成定性及定量上的困難，進而肇生分析誤差(Guiochon et al., 1983)。為改善共析現象，自 1980 年代後期開始出現少量的科學文獻針對多維度的分離技術進行討論，運用雙管柱的分析系統，以兩支不同分離特性的管柱，將分析物波峰切分後推送至適當的管柱內予以分析，可藉此提升系統的峰容量與分離效能，從上世紀 90 年代初期以後，越來越多的學者注意到此一技術並投入相關領域的發展，自此每年所發表的文獻數量也呈現出明顯的成長趨勢(Marriott et al., 2012)(圖 3.2.5)。

多維層析(Multidimensional Chromatography, MDC)的應用最早可追溯至 1950 年代後期(Simmons et al., 1958)，之後此一技術所廣為引用的定義則為 Giddings 於 1980 年代所發表(Giddings, 1984; Giddings, 1987)。所謂的多維層析即意指樣品中的個別物種，經由兩種或更多的分離機制加以分離，並且在後續的分離過程中，仍能保持先前已完成之分離機制的解析效能。第一套成功實現全面二維氣相層析(GC×GC)技術的系統是在 1990 年代初期，由 John Phillips 所發表(Liu and Phillips, 1991)，GC×GC 全面二維氣相層析技術透過採用不同的管柱，因其作用力相異而具備不同的分離選擇性，能大幅提升系統的分離能力與峰容量，將樣品中所有成分均利用兩支不同的管柱加以分離，將複雜樣品中每個物種的滯留時間於兩個平面維度(X - Y 軸)上攤灑開來，再以每個經分離後的物種其訊號強度作為 Z 軸，運用特定軟體的資料處理與繪圖技術製作成平面等值圖(Contour Plot)，亦即常見所謂的二維層析圖譜，藉由軟體的運算轉換，還能將二維的平面等值圖，進一步以立體空間圖(Surface Plot)做三度空間的展開(圖 3.2.5)。

由二維圖譜中所呈現出來各個類別的不同物種，各自於層析圖間之分布聚落，無論是對於特定分析物的定性鑑別或是各樣品之間的差異比較與指紋比對等，都能提供更豐富的數據訊息，並對於所得分析結果的解讀與判別，在準確性與便利度上也有明顯的改進(Cordero et al., 2010; Kiefl et al., 2012; Purcaro et al., 2014; Magagna et al., 2016; Cordero et al., 2017)，以峰容量的概念而言，每一支分離管柱的峰容量可視作線型單元的排列，而全面二維氣相層析技術則可獲得兩線型排列單元的峰容量相乘，輔之以應用不同性質的管柱採更多元較豐富的方式進行搭配組合，可有效強化與提升了更廣泛的分離特性。

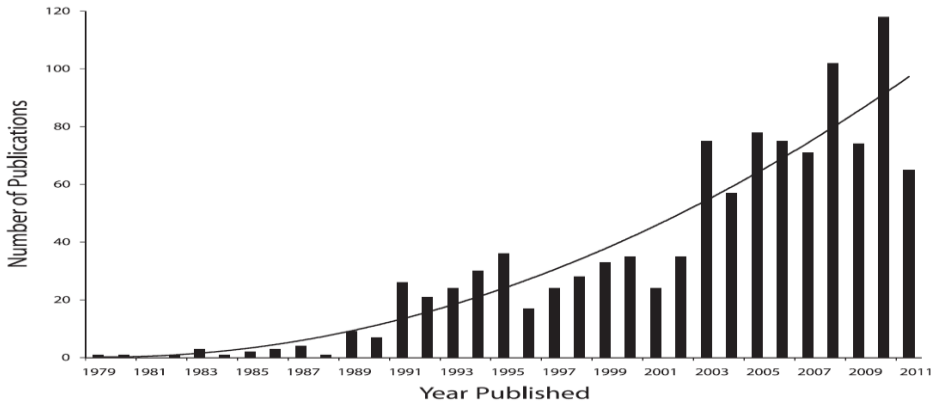
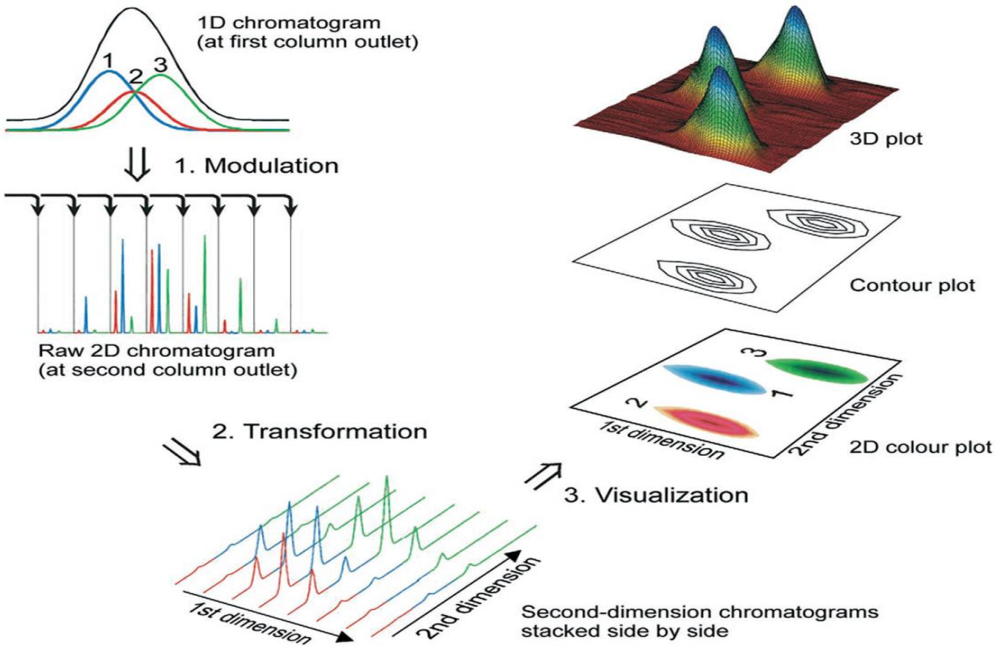


圖 3.2.5 二維氣相層析技術之學術文獻發表數量統計



J. Chromatogr. A 1000 (**2003**) 69–108.

圖 3.2.6 二維氣相層析之數據訊號轉換示意圖

王家麟教授團隊長期耕耘於氣相層析分離技術的方法研究與硬體系統開發，於 GC×GC 技術也投入長久的心力，並獲致相當成熟的經驗及成果(Liao et al., 2013; Ou-Yang et al., 2017)。早期於實驗室內的 GC×GC 系統於後端只能仰仗火焰離子偵測器，對特定物種的定性工作上顯得力有未逮；如前所言，GC×GC 技術其效能展現在複雜樣品的物種解析等工作上至為突出，極適合於分析高複雜性樣品，近年來研究團隊業已針對 $PM_{2.5}$ 濾紙，利用 GC×GC 技術開展了一系列前期的分析方法開發，發展出兩種針對 PM 濾紙的進樣方法，分別為: (1) 可熱脫附，與(2)不可熱脫附兩種技術。

針對(1)可熱脫附之物質，是將濾紙樣品直接放在密封腔體內加熱，脫附出濾紙上 VOC 物質後進入分析儀器;其實驗方法簡述為下，首先取 1/8 張的 150 mm 已採樣後濾紙，再裁剪成 7.5 cm × 0.5 cm 之細長條狀，將其置入空的採樣管內，於採樣管外部纏繞加熱帶，並以鋁箔紙包覆於加熱帶外以減少熱損失，藉此對採樣管進行加熱(圖 3.2.7)，當加熱的同時於採樣管內通入一股高純度氮氣，將濾紙所熱脫附出來的成分利用這股氣流導入後端氣相層析儀執行 GC×GC 的分析工作，最後的定性鑑別仰賴後端飛行時間質譜儀，進行電腦圖庫之圖譜比對與交互確認。由圖 3.2.8 所示分析結果，可見 $PM_{2.5}$ 上成份種類非常複雜，未來再對此熱脫附分析方法之眾多環節再做精進改善，後續並希冀可藉由改善熱脫附裝置之細部效能，將更多吸附在 $PM_{2.5}$ 上之物種予以脫附至系統內加以分析，貫徹以全面二維氣相層析分析複雜樣品之概念。(濾紙樣品初步物種定性結果於表 3.2.3)。



圖 3.2.7 $PM_{2.5}$ 濾紙直接熱脫附操作

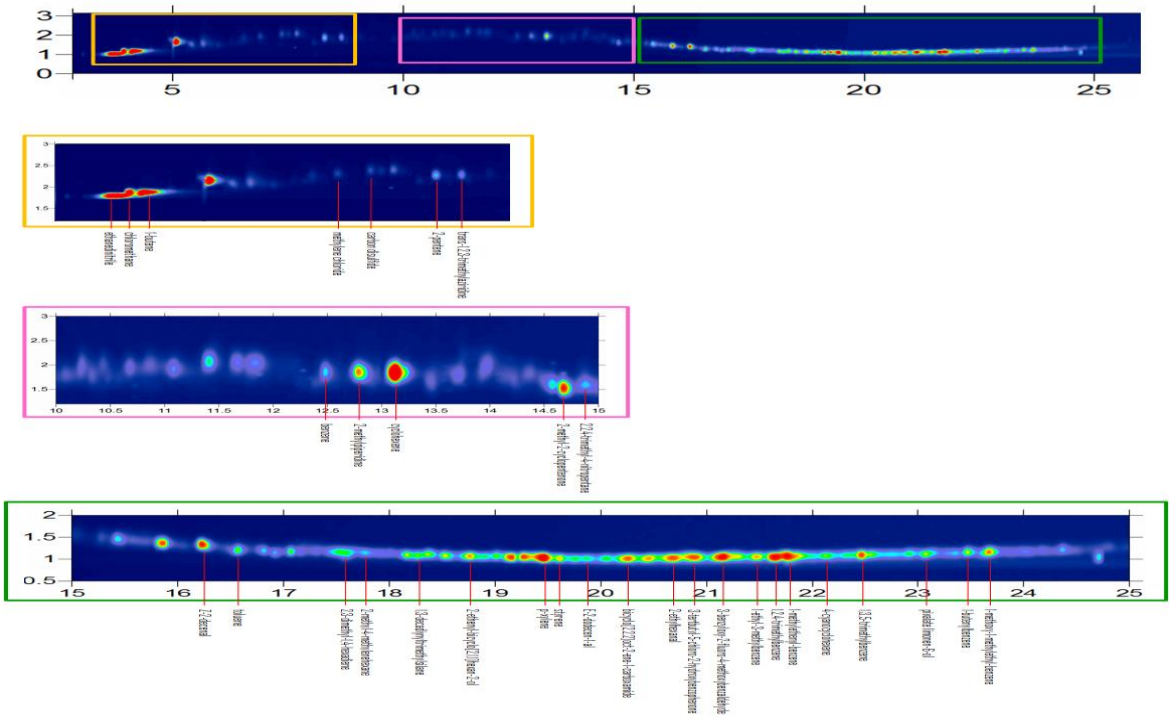


圖 3.2.8 $PM_{2.5}$ 之 GC×GC 物種分析結果

表 3.2.3 $PM_{2.5}$ 濾紙化合物種表

NO.	化 合 物 名 稱	NO.	化 合 物 名 稱
1	ethanedinitrile	18	2-ethenyl-bicyclo[2,1,1]hexan-2-ol
2	chloromethane	19	p-xylene
3	1-butene	20	styrene
4	methylene chloride	21	E-2-dodecen-1-al
5	carbon disulfide	22	bicyclo[2,2,2]oct-2-ene-1-carboxamide
6	2-pentene	23	2-ethylhexanal
7	trans-1,2,3-trimethylaziridine	24	3-tertbutyl-5-chloro-2-hydroxybenzophenone
8	benzene	25	3-benzyloxy-2-fluoro-4-methoxybenzaldehyde
9	2-methylpiperidine	26	1-ethyl-3-methylbenzene
10	cyclohexane	27	1,2,4-trimethylbenzene
11	2-methyl-2-cyclopentenone	28	1-methylethenyl-benzene
12	2,2,4-trimethyl-4-nitropentane	29	4-cyanocyclohexene
13	Z-2-decenal	30	1,3,5-trimethylbenzene
14	toluene	31	pivalate limonen-6-ol
15	2,3-dimethyl-1,4-hexadiene	32	1-butenylbenzene
16	2-methyl-4-methylenehexane	33	1-methoxy-1-methylethyl-benzene
17	1, 3-decadiynyltrimethylsilane	—	—

上述方法開發乃針對揮發性較高之有機物質，然對於沸點較高，無法順利熱脫附的有機物質，我們選擇方法(2)的分析方式，將濾紙進行有機溶劑萃取，減容濃縮後再將樣品溶液注入 GCxGC-TOF 內以鑑定成分(圖 3.2.9)，物種的定性鑑別

亦有賴於 2017 年研究團隊所引進的飛行式時間質譜儀(圖 3.2.10)，目前此一分析方法已能測量出眾多微量有機化合物成分(圖 3.2.11)，圖中可看到數以百計不同的化學物質被分離開來，分布在一 xy 平面上，而越往 x 軸右方的物質代表沸點越大，而越往 y 軸上方分布的物質則代表化學極性(polarity)越大，分子中帶氧原子的數目越多，表示在大氣中被氧化的程度越高；後續待更進一步的實驗參數優化後，將可對於其間的物種成分與組成，達成更精準的鑑定與判別。此套 GCxGC-TOF 設備是國內第一套可用於大氣有機污染物分析鑑定之利器，研究團隊將充分善用此一設備的超高分離、鑑定能力，將以往在 PM 上只能分析出有機碳濃度(OC)的基礎上，再進一步分析出 OC 內之詳細化學組成，此對於溯源工作與 SOA 的形成機理推敲極為關鍵，將會是國內將先進微量有機化學成分分析技術導入 PM 空污研究的創新嘗試。

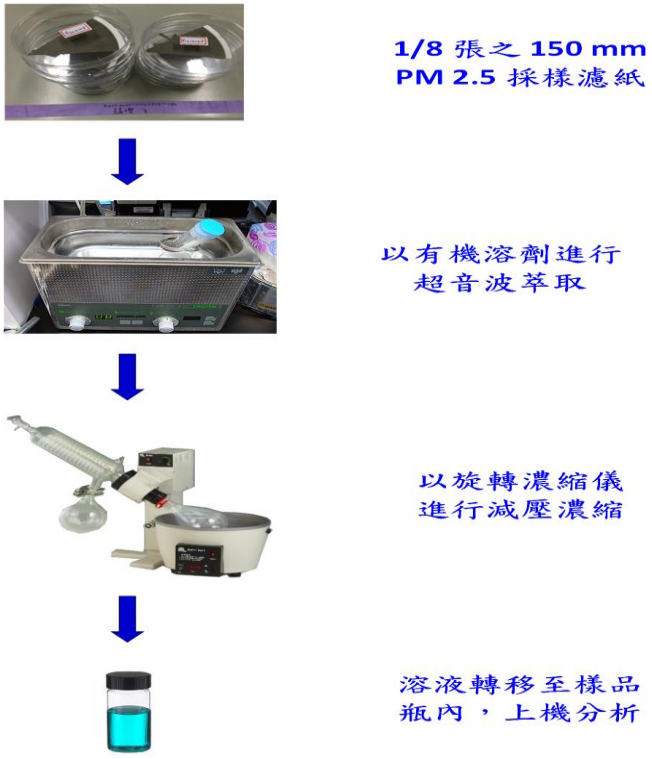


圖 3.2.9 $PM_{2.5}$ 有機溶劑萃取實驗流程示意圖



圖 3.2.10 王家麟教授團隊 GC×GC-TOF 二維氣相層析-飛行時間質譜儀

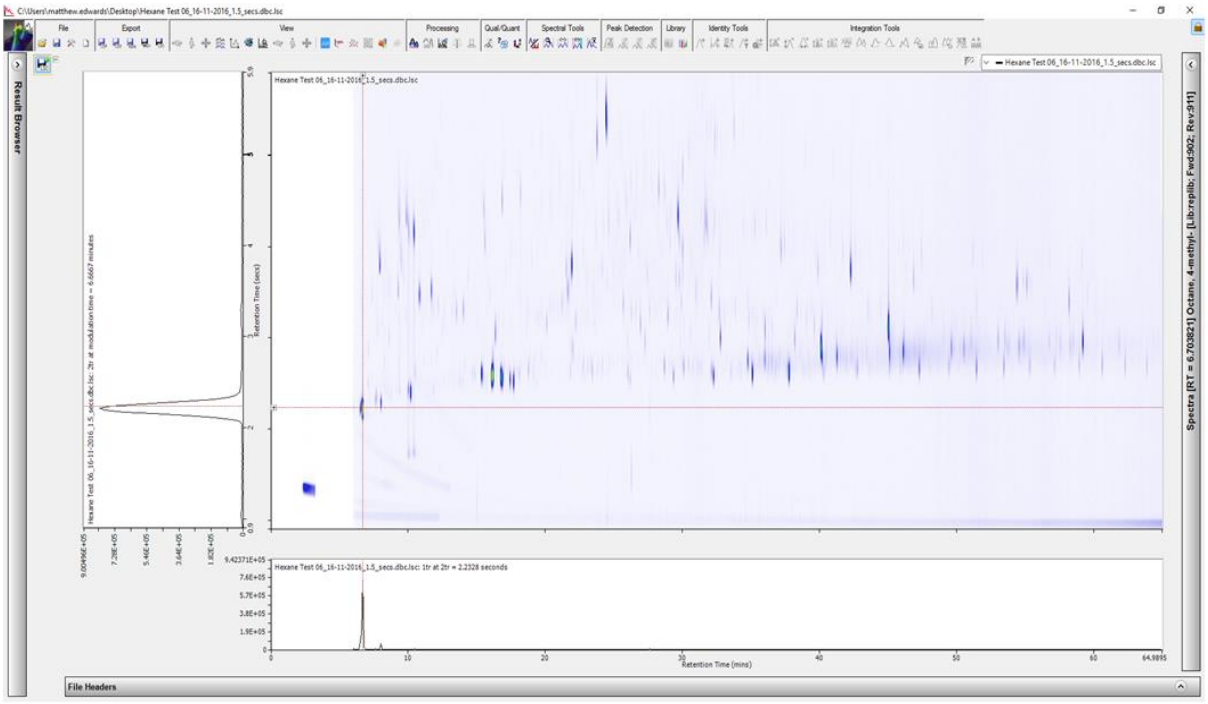


圖 3.2.11 $PM_{2.5}$ 有機溶劑萃取 GC×GC-TOF 圖譜。圖中可看到數以百計不同的化學物質被分離開來，分布在一 xy 平面上，而越往 x 軸右方的物質代表沸點越大，而越往 y 軸上方分布的物質則代表化學極性(polarity)越大，分子中帶氧原子的數目越多，表示在大氣中被氧化的程度越高。

3.3 評估微粒成分自動監測適宜性

微粒成分自動監測在先前有微粒超級測站的設置(李等, 2008; 2009; 2010, 2011, 2012)，提供小時時間尺度的微粒物理化學特性，對於微粒在大氣環境演化及健康風險提供評估數據。在微粒超級測站運轉時期，微粒金屬元素濃度自動監測技術尚未成熟，沒有商業化監測儀器，目前已有數種微粒金屬元素自動監測儀器問世，由於微粒重金屬元素往往是某些特定污染源標示物(tracer)且早已被公共衛生學者用於微粒健康風險評估，如果這些儀器可以和手動採樣監測成果相匹配，對於微粒健康風險和特定污染源排放影響評估將有很大助益。

3.3.1 微粒元素成分自動監測可行性評估

環境中污染源排放受到大氣擴散及氣流傳輸影響，變化迅速，手動監測一筆數據長達 24 小時，且需透過實驗分析相當耗時，有效的自動監測儀器只需短時間即可獲得一筆數據，更能反映出環境污染變化製訂出有效應變策略。

根據環保署要求，本計畫需於 $PM_{2.5}$ 化學成分監測站網或環保署指定測站(地點)擇 1 執行採樣，原則選定中部以南、高污染濃度地區，以評估自動監測可行性。採樣天數至少 40 天，實際採樣期間依環保署指定日期為準，每次採樣 24 小時。租用設備應與國際上 $PM_{2.5}$ 化學成分採樣大多數測站使用的採樣器相同。

本計畫上年度採用 Cooper Environmental Services LLC 公司型號 Xact 625i 元素自動監測儀進行微粒元素成分監測，儀器外觀及重要組件如圖 3.3.1 所示，該監測設備透過入流口篩選粒徑小於 2.5 μm 微粒，微粒收集於濾帶上並透過 XRF (X-ray Fluorescence)設備分析所選定金屬元素濃度，包括 Sb, As, Ba, Cd, Ca Cr, Co, Cu, Fe, Pb, Hg, Mn, Ni, Se, Ag, Sn, Ti, Tl, V, Zn 等元素。該儀器採樣頻率可分為 15、30、60、120、180、240 min/次，採樣流量為 16.7 Lpm，分析單位為 $ng\,m^{-3}$ ，進行長時間監測(240 分鐘)時，偵測極限最低可達 0.014 $ng\,m^{-3}$。儀器可同時監測高達 24 種元素，並且設有每種元素內標準品。由於儀器偵測極限和收集的微粒量有關，本計畫擬儘量調整儀器一次可採樣時間，以提升可比較性。



圖 3.3.1 Cooper Environmental Services LLC 公司型號 Xact 625i 環境元素自動監測儀主要組件示意圖 (Cooper Environmental Services LLC, 2017)

本計畫將以下列五項因子評估儀器效能。

1. **可比較性**–評估各項選定元素在自動儀器與手動儀器日平均值間線性迴歸分析結果(斜率、截距)。
2. **相關性**–透過線性迴歸分析自動與手動儀器結果的相關係數，並透過判定係數(the coefficient of determination, r^2)評估結果的相關性。
3. **誤差**–自動儀器日平均數據與參考方法(ICP-MS 分析結果)間的差距以百分比表示。
4. **數據完整性**–自動監測儀器所產生的有效數據以百分比表示，使用有效小時數據，每日須超過 12 小時(大於一半監測時間)數據稱為有效數據。
5. **操作因子**–由環保署人員評估儀器維護需求、操作便利性、數據採集有效性(effectiveness)。

四、 結果與討論

章節摘要

本章依據工作目標執行相關 $PM_{2.5}$ 化學成分檢測及資料分析，主要成果包括：採樣前儀器平行比對、例行性採樣 $PM_{2.5}$ 化學成分檢測、$PM_{2.5}$ 化學成分特徵及引申意義、各監測地區 $PM_{2.5}$ 污染來源推估與影響能見度的 $PM_{2.5}$ 化學成分及天氣因子、蒐集國際間 $PM_{2.5}$ 化學成分監測經驗與最新技術發展、$PM_{2.5}$ 金屬元素成分自動採樣儀器適宜性評估等。

採樣前平行比對顯示儀器質量濃度與化學成分分析結果一致。例行性採樣結果指出 $PM_{2.5}$ 濃度於採樣期間呈現由東($10\ \mu g\ m^{-3}$)而北而南($24\ \mu g\ m^{-3}$)遞增，花蓮、板橋、忠明站在冬季濃度最高，斗六、嘉義、小港站以春季最高，夏季則為各測站 $PM_{2.5}$ 濃度最低季節。各測站 $PM_{2.5}$ 化學成分多以 SO_4^{2-} 與 OC 為主，但是斗六、嘉義及小港站的冬季以 NO_3^- 為主。金屬成分可分成高、中、低濃度群，高濃度元素群來源多為自然源，中濃度金屬元素群多來自燃油燃燒、燃煤燃燒、金屬冶煉、交通排放，低濃度金屬元素群則來自燃煤燃燒、金屬表面塗敷、剎車及輪胎磨損。半揮發性離子修正結果顯示 NO_3^- 和 Cl^- 分別在夏季和春季揮發比例最高，NH_4^+ 則季節變化穩定；溫度、污染來源、揮發成分的化合物結合型態都是影響揮發特性的因子。石英濾紙吸附的碳成分正干擾變化穩定，在採集碳成分微粒揮發的負干擾主要受污染源及污染事件差異影響。有機物分析方法成功地利用以氣流型調制器為核心的全面二維氣相層析串連時間飛行質譜儀 (GC×GC-TOF MS)分析微粒中微量有機成分，板橋站 $PM_{2.5}$ 有機成分以含氮化合物以及塑化劑成分占最大比例。

解析採樣期間 $PM_{2.5}$ 大於 $35\ \mu g\ m^{-3}$ 的事件日，從北到南有逐漸增加趨勢，多數污染事件成因為環境擴散條件不佳受到在地污染累積影響，常從採樣前天夜晚累積延續到採樣日，區域污染傳輸則常與在地污染同日發生而加劇污染事件。此外，冬末春初污染事件常有高臭氧濃度。比較所有事件與非事件樣本 $PM_{2.5}$ 化學成分，NO_3^- 濃度占比增大現象與過去三年研究結果一致。如果分季節，比較事件與當季非事件期間 $PM_{2.5}$ 化學成分濃度差異百分比，發現冬季污染事件 SO_4^{2-} 和 NO_3^- 增量相當，燃油與燃煤燃燒指標元素的增量較為明顯。春季污染事件以 NO_3^- 與 Cl^- 有明顯增量，SO_4^{2-} 增量較小，碳成分中則以 EC 增量較大，交通排放與燃

油燃煤燃燒對於春季污染物濃度的貢獻十分顯著。秋季污染事件的 NO_3^-與 Cl^-增量明顯，SO_4^{2-}增量較小，各站有生質燃燒、工業排放及交通污染貢獻。

PMF 受體模式解析以「硫酸鹽與燃燒排放」、「硝酸鹽與燃燒排放」為前二高貢獻因子。板橋、忠明及花蓮站以「硫酸鹽與燃燒排放」因子為主，斗六、嘉義及小港站最高占比因子則是「硝酸鹽與燃燒排放」；顯示區域污染傳輸對於台中以北及花蓮地區影響程度大，雲林縣以南地區則受到擴散條件不佳，污染衍生物的在地影響程度大。為推估大氣消光係數(b_{ext})，各站以 $PM_{2.5}$ 化學成分、氣體分子、相對濕度代入修正的 IMPROVE 方程式，結果以硫酸鹽對 b_{ext} 貢獻最為顯著且穩定，但冬季南部各站硝酸鹽的貢獻較多。同樣地，SO_4^{2-}是統計迴歸分析影響能見度最顯著因子，與修正的 IMPROVE 方程式推估結果一致。金屬元素自動儀器與手動儀器迴歸分析結果指出：相關性良好的元素，分別是來自交通排放 (Zn、Ba、V、Cu)、燃煤燃燒(Pb)、燃油燃燒(V)、生質燃燒(K)、金屬冶煉(Mn、Cu、Pb)等污染源，這些大多是大氣常見的金屬元素，因此自動儀器在定性污染源辨識上仍具有價值。在 $PM_{2.5}$ 化學成分技術評估方面，本年度彙整 30 篇相關國際文獻。

4.1 採樣前儀器平行比對

正式採樣前、後，為了確認相同廠牌手動儀器結果的一致性及儀器狀況，本計畫在上一年度將 MetOne SASS $PM_{2.5}$ 成分採樣器 10 部、BGI PQ200 $PM_{2.5}$ 質量濃度採樣器 1 部及 MetOne E-FRM $PM_{2.5}$ 質量濃度採樣器 10 部放置在中央大學工程四館頂樓，進行採樣年度結束後儀器平行比對。採樣期間為 2017 年 12 月 25 日至 2017 年 12 月 27 日，共計獲得 119 個 24 小時樣本，其中 12 月 27 日採樣時儀器編號 2 號 MetOne E-FRM $PM_{2.5}$ 質量濃度採樣器發生故障。前述比對期間後，緊接著為 2018 年度採樣，因此，2018 年不再進行採樣前儀器比對，結束後則改為現址維護保養。圖 4.1.1 至圖 4.1.2 為平行比對期間各類型儀器擺設配置情形。



圖 4.1.1 MetOne SASS 成分採樣器平行比對設置情形



圖 4.1.2 MetOne E-FRM 質量濃度採樣器平行比對設置情形

4.1.1 採樣前平行比對各儀器等效性評估結果與 $PM_{2.5}$ 質量濃度

為瞭解比對採樣儀器是否符合定量規範，本計畫採用美國規範 $PM_{2.5}$ 質量濃度量測儀器等效性方法進行評估，其中定量規範如公式 4.1.1 和公式 4.1.2 式：

$$\bar{R}_j = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} R_{i,\,j} \qquad \text{公式 4.1.1}$$

i：FRM 採樣器數目編號，例如：第 i 部 FRM 採樣器，

j：比對天數編號，例如：第 j 次比對，

n：FRM 量測值總數量，

$\bar{R}_j$：第 j 天比對 FRM 採樣器的平均濃度，

$R_{i,\,j}$：第 i 部 FRM 採樣器在第 j 天量測濃度，

$$RP_j = \frac{1}{\bar{R}_j}\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} R_{i,j}{}^2 - \frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n} R_{i,j}\right)^2}{n-1}} \times 100\% \qquad \text{公式 4.1.2}$$

RP_j：第 j 天比對的 FRM 採樣器相對標準偏差

表 4.1.1 列出比對期間每日參考標準採樣儀器(Federal Reference Method, FRM)及成分採樣儀器，每天的平均質量濃度(R_j)、相對標準偏差(RP_j)、標準偏差以及各儀器所採集的質量濃度。根據美國評估規範，類型 I 等似儀器接受標準為 RP_j = 5%或標準偏差為 2 μg m^{-3}。在 12 月 25 日至 12 月 27 日平行比對期間，除了 12 月 27 日編號 2 號採樣器故障外(採樣中途停止運轉)，其他 10 部 FRM (含 PQ 200 採樣器)都有良好的結果，符合前述參考方法規範，顯示 FRM 採樣儀器的穩定性。12 月 27 日 E-FRM 根據紀錄在採樣 16 小時多後無預警停機，請廠商來檢修也未發現原因並且可以正常運轉，目前放置在實驗室繼續測試，當備用機使用，因此不會影響到採樣品質。

表 4.1.1 MetOne E-FRM 質量濃度採樣器等效性評估與質量濃度比對結果

日期 / 質量濃度	25-Dec-17	26-Dec-17	27-Dec-17
平鎮站數值	29	11	9
1- E-FRM	30	12	14
2- E-FRM	30	13	*
3- E-FRM	30	13	14
4- E-FRM	30	13	14
5- E-FRM	30	13	14
6- E-FRM	30	13	14
7- E-FRM	31	13	14
8- E-FRM	30	12	14
9- E-FRM	31	15	14
PQ 200	31	12	14
標準差	0.3	0.9	0.2
R_j (μg m^{-3})	30	13	14
RP_j	1.0%	7.1%	1.5%

*採樣器因不明原因中途中止採樣

4.1.2 採樣前儀器平行比對 $PM_{2.5}$ 化學成分濃度

圖 4.1.3 顯示例行採樣開始前儀器平行比對 $PM_{2.5}$ 化學成分分析結果，質量濃度都符合美國採樣儀器等似效能評估規範。整體儀器平行比對結果的化學成分變化趨勢一致，前一年度平行比對期間發生的新 MgO denuder 掉屑現象在 12 月 26 日編號 2、3、4、9 儀器又出現，Mg^{2+}有相對高值，然而 12 月 25 日與 27 日使用的同批次 MgO denuder，並未出現掉屑現象，顯示掉屑為隨機性，將針對掉屑的 MgO denuder 再次使用空壓機所產生的零值氣體除屑，後續使用新品，於正式採樣前需確認 denuder 是否還有殘留 MgO 碎屑。

平行比對期間 $PM_{2.5}$ 化學成分與質量濃度詳細分析數值呈現在表 4.1.2 (A)-(C)，10 部待測儀器 3 日平行比對期間分析樣本濃度分別占修正後 $PM_{2.5}$ 濃度 64%-67% (12 月 25 日、12 月 26 日)、59%-62% (12 月 27 日)，12 月 25 濃度較高。另外，SASS-2 在 12 月 26 日水溶性離子占比異常，只有 40%，雖然重複檢測分析多次，仍然無法確認造成異常的原因，可能該次樣本沒有完全萃取，該部儀器目前暫放在實驗室測試，當備用機使用，不影響例行採樣品質。

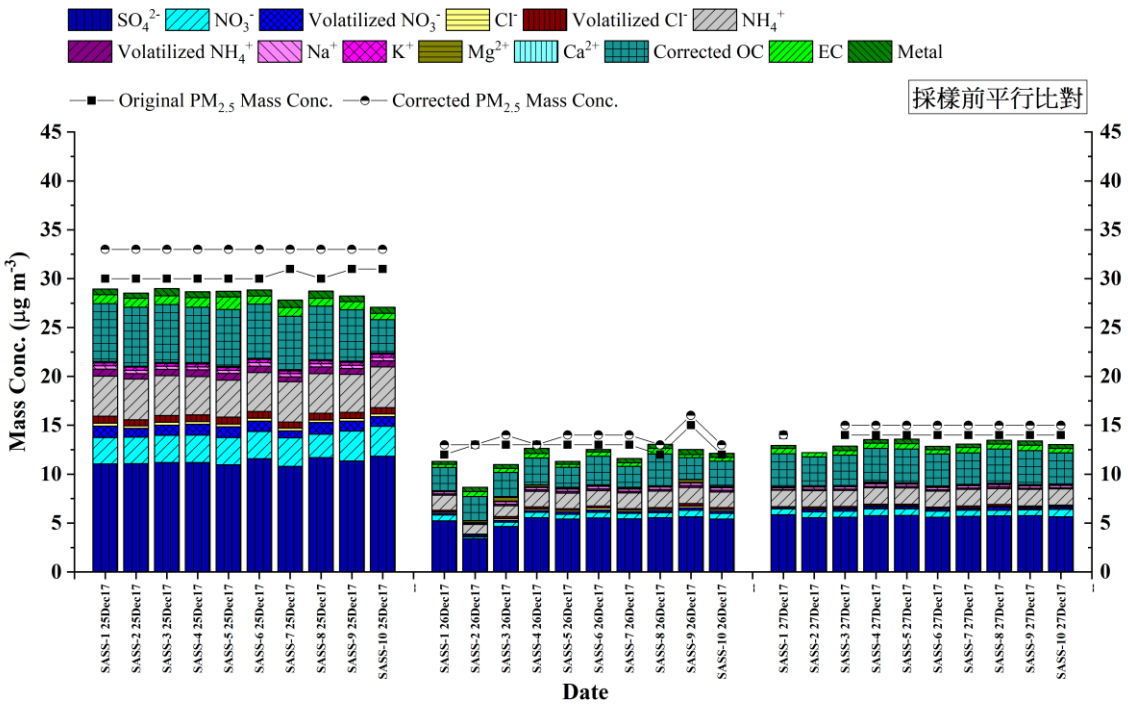


圖 4.1.3 採樣前儀器平行比對期間 $PM_{2.5}$ 化學成分濃度隨時間變化

表 4.1.2 (A) 採樣前儀器平行比對 (12 月 25 日) $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度

濾紙類型及項目 \ 儀器編號		SASS-1 (μg m^{-3})	SASS-2 (μg m^{-3})	SASS-3 (μg m^{-3})	SASS-4 (μg m^{-3})	SASS-5 (μg m^{-3})	SASS-6 (μg m^{-3})	SASS-7 (μg m^{-3})	SASS-8 (μg m^{-3})	SASS-9 (μg m^{-3})	SASS-10 (μg m^{-3})
第一張濾紙	$PM_{2.5}$ 未修正濃度	30	30	30	30	30	30	31	30	31	31
	Na^+	0.35	0.34	0.31	0.32	0.33	0.36	0.31	0.32	0.32	0.33
	NH_4^+	4.11	4.16	4.08	3.93	3.78	3.97	4.10	4.05	3.88	4.17
	K^+	0.29	0.31	0.29	0.28	0.28	0.31	0.29	0.30	0.28	0.32
	Mg^{2+}	0.07	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.07	0.03	0.07	0.07
	Ca^{2+}	0.08	0.07	0.07	0.08	0.09	0.10	0.07	0.09	0.07	0.07
	Cl^-	0.29	0.27	0.29	0.27	0.28	0.30	0.28	0.26	0.28	0.28
	NO_3^-	2.69	2.73	2.79	2.81	2.80	2.78	2.94	2.41	3.04	3.06
	SO_4^{2-}	11.05	11.07	11.19	11.19	10.95	11.58	10.79	11.69	11.36	11.83
	未修正離子濃度	18.94	18.98	19.06	18.91	18.53	19.42	18.84	19.15	19.30	20.13
	未修正 OC	6.14	6.23	6.20	6.03	6.05	5.78	5.66	5.62	5.49	3.64
	EC	0.93	0.94	0.89	0.98	1.29	0.82	0.90	0.81	0.84	0.63
	未修正碳成分濃度	7.07	7.17	7.10	7.01	7.34	6.60	6.56	6.43	6.33	4.27
	金屬元素濃度**	1.89	1.70	2.24	1.93	1.87	1.97	2.28	2.32	1.85	1.91
第二張濾紙	揮發 NH_4^+	0.71	0.57	0.65	0.67	0.68	0.66	0.52	0.69	0.61	0.62
	揮發 NO_3^-	1.18	0.88	1.03	1.10	1.10	1.06	0.71	1.18	1.03	0.99
	揮發 Cl^-	0.71	0.61	0.69	0.69	0.71	0.70	0.62	0.69	0.62	0.65
	修正後的 NH_4^+	4.82	4.72	4.72	4.60	4.46	4.63	4.62	4.74	4.49	4.79
	修正後的 NO_3^-	3.88	3.61	3.82	3.92	3.89	3.84	3.65	3.58	4.06	4.05
	修正後的 Cl^-	1.01	0.89	0.98	0.96	0.99	1.00	0.90	0.95	0.90	0.93
	修正後離子濃度	21.54	21.04	21.42	21.37	21.01	21.85	20.70	21.71	21.56	22.38
	(揮發離子)/ 未修正離子(%)	14%	11%	12%	13%	13%	12%	10%	13%	12%	11%
	修正後離子/ $PM_{2.5}$ 修正後濃度(%)	65%	64%	65%	64%	64%	67%	63%	66%	64%	68%
	第二張濾紙 OC	0.91	0.82	1.06	1.26	0.96	0.90	0.86	0.53	0.93	0.82
	揮發 OC	0.34	0.31	0.40	0.47	0.36	0.34	0.32	0.20	0.35	0.31
	修正後 OC	5.91	6.02	5.94	5.72	5.81	5.55	5.45	5.49	5.26	3.43
	(修正 OC-未修正 OC)/ 未修正 OC(%)	-4%	-3%	-4%	-5%	-4%	-4%	-4%	-2%	-4%	-6%
	修正後碳成分/ $PM_{2.5}$ 修正濃度(%)	21%	21%	21%	20%	22%	19%	19%	19%	18%	12%
	$PM_{2.5}$ 濃度修正 (%)***	10%	8%	9%	10%	9%	9%	7%	9%	8%	8%
	金屬元素濃度**	1.89	1.70	2.24	1.93	1.87	1.97	2.28	2.32	1.85	1.91
	金屬元素濃度/ $PM_{2.5}$ 修正濃度(%)	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
	(修正離子+修正 OC+EC+金屬)/修正 $PM_{2.5}$	88%	87%	88%	86%	87%	88%	85%	87%	84%	82%

表 4.1.2 (B) 採樣前儀器平行比對 (12 月 26 日) $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度

濾紙類型及項目 \ 儀器編號		SASS-1 (μg m^{-3})	SASS-2 (μg m^{-3})	SASS-3 (μg m^{-3})	SASS-4 (μg m^{-3})	SASS-5 (μg m^{-3})	SASS-6 (μg m^{-3})	SASS-7 (μg m^{-3})	SASS-8 (μg m^{-3})	SASS-9 (μg m^{-3})	SASS-10 (μg m^{-3})
第一張濾紙	$PM_{2.5}$ 未修正濃度	12	13	13	13	13	13	13	12	15	12
	Na^+	0.22	0.05	0.25	0.23	0.24	0.26	0.24	0.25	0.25	0.27
	NH_4^+	1.55	0.98	1.11	1.59	1.59	1.58	1.61	1.68	1.62	1.60
	K^+	0.04	0.04	0.08	0.07	0.09	0.10	0.09	0.09	0.07	0.09
	Mg^{2+}	0.05	0.18	0.37	0.19	0.05	0.03	0.06	0.03	0.29	0.03
	Ca^{2+}	0.03	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03
	Cl^-	0.14	0.02	0.17	0.16	0.15	0.19	0.14	0.14	0.18	0.17
	NO_3^-	0.58	0.17	0.42	0.55	0.47	0.59	0.55	0.50	0.66	0.56
	SO_4^{2-}	5.24	3.40	4.66	5.55	5.42	5.52	5.43	5.56	5.64	5.42
	未修正離子濃度	7.85	4.85	7.08	8.36	8.04	8.30	8.15	8.26	8.73	8.16
	未修正 OC	2.57	2.66	2.68	2.88	2.33	3.12	2.35	3.46	2.45	2.74
	EC	0.32	0.50	0.41	0.48	0.29	0.43	0.36	0.59	0.30	0.39
	未修正碳成分濃度	2.89	3.16	3.09	3.36	2.62	3.55	2.71	4.05	2.75	3.14
	金屬元素濃度**	1.02	1.42	1.32	1.60	1.06	0.99	1.43	1.36	1.55	1.26
第二張濾紙	揮發 NH_4^+	0.13	0.10	0.16	0.16	0.17	0.17	0.15	0.15	0.21	0.17
	揮發 NO_3^-	0.19	0.19	0.20	0.19	0.24	0.23	0.18	0.20	0.27	0.23
	揮發 Cl^-	0.15	0.09	0.21	0.20	0.20	0.21	0.18	0.19	0.26	0.20
	修正後的 NH_4^+	1.68	1.08	1.27	1.75	1.76	1.75	1.76	1.83	1.83	1.76
	修正後的 NO_3^-	0.77	0.35	0.62	0.74	0.71	0.82	0.73	0.70	0.93	0.79
	修正後的 Cl^-	0.29	0.11	0.37	0.36	0.35	0.40	0.32	0.33	0.44	0.37
	修正後離子濃度	8.33	5.23	7.64	8.90	8.65	8.92	8.65	8.80	9.47	8.75
	(揮發離子)/ 未修正離子(%)	6%	8%	8%	7%	8%	7%	6%	7%	8%	7%
	修正後離子/ $PM_{2.5}$ 修正後濃度(%)	64%	40%	55%	66%	64%	64%	64%	68%	58%	67%
	第二張濾紙 OC	0.82	0.69	0.62	0.59	1.09	0.81	0.85	0.87	0.93	0.75
	揮發 OC	0.31	0.26	0.23	0.22	0.41	0.30	0.32	0.33	0.35	0.28
	修正後 OC	2.37	2.49	2.53	2.73	2.06	2.92	2.14	3.25	2.22	2.56
	(修正 OC-未修正 OC)/ 未修正 OC(%)	-8%	-6%	-6%	-5%	-12%	-6%	-9%	-6%	-10%	-7%
	修正後碳成分/ $PM_{2.5}$ 修正濃度(%)	21%	23%	21%	24%	17%	24%	18%	29%	15%	23%
	$PM_{2.5}$ 濃度修正 (%)***	6%	5%	6%	6%	8%	7%	6%	7%	7%	7%
	金屬元素濃度**	1.02	1.42	1.32	1.60	1.06	0.99	1.43	1.36	1.55	1.26
	金屬元素濃度/ $PM_{2.5}$ 修正濃度(%)	2%	3%	3%	4%	2%	2%	3%	3%	3%	3%
	(修正離子+修正 OC+EC+金屬)/修正 $PM_{2.5}$	86%	66%	78%	94%	83%	90%	85%	100%	77%	93%
	$PM_{2.5}$ 修正後濃度*	13	13	14	13	14	14	14	13	16	13

表 4.1.2 (C) 採樣前儀器平行比對 (12 月 27 日) $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度

濾紙類型及項目 \ 儀器編號		SASS-1 (μg m^{-3})	SASS-2 (μg m^{-3})	SASS-3 (μg m^{-3})	SASS-4 (μg m^{-3})	SASS-5 (μg m^{-3})	SASS-6 (μg m^{-3})	SASS-7 (μg m^{-3})	SASS-8 (μg m^{-3})	SASS-9 (μg m^{-3})	SASS-10 (μg m^{-3})
第一張濾紙	$PM_{2.5}$ 未修正濃度	14	---	14	14	14	14	14	14	14	14
	Na^+	0.19	0.23	0.23	0.24	0.23	0.23	0.23	0.21	0.22	0.23
	NH_4^+	1.67	1.66	1.63	1.67	1.65	1.63	1.70	1.62	1.70	1.67
	K^+	0.03	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
	Mg^{2+}	0.02	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03
	Ca^{2+}	0.05	0.05	0.04	0.09	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05
	Cl^-	0.05	0.08	0.08	0.10	0.08	0.07	0.06	0.09	0.08	0.10
	NO_3^-	0.58	0.61	0.63	0.70	0.65	0.64	0.62	0.58	0.58	0.76
	SO_4^{2-}	5.86	5.55	5.60	5.76	5.79	5.59	5.69	5.73	5.77	5.64
	未修正離子濃度	8.45	8.26	8.30	8.68	8.55	8.29	8.45	8.39	8.50	8.57
	未修正 OC	3.59	3.02	3.17	3.53	3.55	3.46	3.47	3.71	3.65	3.35
	EC	0.56	0.43	0.46	0.52	0.54	0.45	0.56	0.51	0.55	0.47
	未修正碳成分濃度	4.15	3.45	3.64	4.05	4.09	3.91	4.03	4.22	4.20	3.82
	金屬元素濃度**	1.14	---	1.45	1.26	1.41	1.17	1.22	1.18	1.37	1.23
第二張濾紙	揮發 NH_4^+	0.07	0.15	0.15	0.15	0.16	0.13	0.15	0.19	0.12	0.12
	揮發 NO_3^-	0.14	0.24	0.22	0.21	0.24	0.19	0.19	0.32	0.17	0.22
	揮發 Cl^-	0.06	0.17	0.17	0.17	0.17	0.15	0.18	0.19	0.15	0.11
	修正後的 NH_4^+	1.74	1.81	1.77	1.81	1.80	1.76	1.85	1.81	1.82	1.79
	修正後的 NO_3^-	0.72	0.85	0.85	0.91	0.90	0.83	0.81	0.90	0.75	0.98
	修正後的 Cl^-	0.11	0.25	0.24	0.27	0.25	0.23	0.25	0.29	0.23	0.21
	修正後離子濃度	8.73	8.82	8.83	9.20	9.12	8.77	8.98	9.09	8.93	9.02
	(揮發離子)/ 未修正離子(%)	3%	7%	6%	6%	7%	6%	6%	8%	5%	5%
	修正後離子/ $PM_{2.5}$ 修正後濃度(%)	61%	---	60%	62%	62%	59%	60%	61%	59%	62%
	第二張濾紙 OC	0.90	0.31	0.34	0.40	0.37	0.67	1.01	0.88	0.69	0.73
	揮發 OC	0.34	0.12	0.13	0.15	0.14	0.25	0.38	0.33	0.26	0.27
	修正後 OC	3.36	2.94	3.09	3.43	3.46	3.29	3.21	3.49	3.48	3.17
	(修正 OC-未修正 OC)/ 未修正 OC(%)	-6%	-3%	-3%	-3%	-3%	-5%	-7%	-6%	-5%	-5%
	修正後碳成分/ $PM_{2.5}$ 修正濃度(%)	27%	---	24%	26%	27%	25%	25%	27%	27%	25%
	$PM_{2.5}$ 濃度修正 (%)***	4%	---	5%	5%	5%	5%	6%	7%	5%	5%
	金屬元素濃度**	1.14	---	1.45	1.26	1.41	1.17	1.22	1.18	1.37	1.23
	金屬元素濃度/ $PM_{2.5}$ 修正濃度(%)	2%	---	3%	3%	3%	2%	2%	3%	3%	3%
	(修正離子+修正 OC+EC+金屬)/修正 $PM_{2.5}$	90%	---	87%	91%	93%	86%	87%	91%	89%	90%
	$PM_{2.5}$ 修正後濃度*	14	---	15	15	15	15	15	15	15	15

註:
1. 揮發 NH_4^+：假設耐隆濾紙所分析出 NO_3^-與 Cl^-皆為 NH_4NO_3與 NH_4Cl 推估而得。
2. **金屬元素質量濃度：包含和水溶性離子重複者，但計算各成分加總占 $PM_{2.5}$ 修正濃度百分比時，金屬元素質量濃度不包含和水溶性離子重複者。
3. 揮發 OC：第二張 OC – 0.625 倍第二張 OC
4. 修正後 OC：(第一張 OC–0.625 倍第二張 OC) + 揮發 OC。(李等，2016)
5. *$PM_{2.5}$ 修正後濃度：$PM_{2.5}$ 未修正濃度+揮發離子+揮發 OC。$PM_{2.5}$ 未修正濃度是由鐵氟龍濾紙秤重獲得，鐵氟龍濾紙不會吸附 VOCs。
6. ***$PM_{2.5}$ 濃度修正(%)：(揮發離子+揮發 OC)/ $PM_{2.5}$ 未修正濃度。

4.2 例行性採樣 $PM_{2.5}$ 化學成分

本計畫延續上一年度儀器配置，將採樣器分別設置於板橋、忠明、斗六、嘉義、小港及花蓮測站，於計畫執行期間，每 6 天採集 1 次 $PM_{2.5}$ 質量濃度與化學成分，每次採樣皆由 0 時啟動並持續採集 24 小時，完成採樣後，進行分析 $PM_{2.5}$ 樣本質量濃度及水溶性無機離子、碳成分、有機成分、金屬元素等化學成分。

本節分別敘述各測站採樣化學成分分析結果，每個測站結果可分為三個部分，第一部分「空氣品質監測資料與污染時期環境特徵」列出各監測站每個採樣日空氣品質與天氣因子監測資料日平均值，並彙整各月份 $PM_{2.5}$ 日平均最高值與 $PM_{2.5}$ 濃度大於 35 $\mu g\ m^{-3}$ 樣本的軌跡來向及路徑、$PM_{2.5}$ 濃度上升時段、濃度上升時段風向和風速變化，以及當時段主要氣態污染物進行彙整分類，藉此推論當天污染濃度上升主因是境外(模式顯示大陸污染傳輸)、在地(風速多低於 2 m s^{-1})或是區域污染傳輸(當風速高於 2 m s^{-1}，$PM_{2.5}$ 隨風速增加)類型；第二部分「$PM_{2.5}$ 化學成分檢測濃度」列出各監測站每個採樣日水溶性無機離子與碳成分分析結果與各季化學成分組成特徵，金屬元素分析結果則陳列於各測站敘述的第三部分。2017 年 12 月數據是因為上年度期末報告定稿本來不及放進去，因此放在本年度報告內做說明。

4.2.1 板橋站

1. 空氣品質監測資料與污染時期環境特徵

表 4.2.1 彙整各採樣日 $PM_{2.5}$ 質量及其他污染物濃度日平均值與天氣因子，各月份 $PM_{2.5}$ 質量濃度最高日以灰色標註分別為 2017 年 12 月 09 日、2018 年 1 月 20 日、2 月 19 日、3 月 3 日、4 月 2 日、5 月 14 日、6 月 13 日、7 月 25 日、8 月 12 日、9 月 5 日、10 月 23 日與 11 月 16 日。其中，2 月 19 日及 3 月 3 日這兩天 $PM_{2.5}$ 日平均值更超過 35 $\mu g\ m^{-3}$ 成為板橋站觀測的污染事件日。這些各月份 $PM_{2.5}$ 質量濃度最高日風向多為東北東和西風。

表 4.2.2 透過環保署監測資料與 3 日逆推氣流軌跡將觀測期間各月份 $PM_{2.5}$ 濃度最高日與 $PM_{2.5}$ 濃度(手動或自動監測值)大於 35 $\mu g\ m^{-3}$ 時期污染來源推論按照軌跡起源和入台路徑、$PM_{2.5}$ 濃度上升時段的風向和風速以及當時段主要氣態污染物進行分類，藉此區分當天污染濃度上升來源為境外、在地或是跨縣市污染區域傳輸，相關資料可由附錄四查照。冬季觀測期間(2017 年 12 月~2018 年 2 月)

各月份 $PM_{2.5}$ 濃度較高時期，氣流主要來向為大陸華中至華北一帶，顯示當時環境主要受到東北季風影響，由於 3 天逆推氣流起點在大陸高程不高，因此當地若有較高污染濃度，可能將境外污染物傳輸至台灣。另一方面，監測資料顯示，除了 12 月 9 日這天污染型態屬於在地污染外，1 月 20 日及 2 月 19 日接受到跨縣市污染傳輸影響，監測資料顯示，污染物濃度皆有隨風速上升的現象。在冬季觀測期間，2 月 19 日 $PM_{2.5}$ 濃度為該季最高，當天至 0 點起就可發現前日所殘留的污染物，上午 5 至 10 時更受到晨間交通排放影響使濃度持續上升，午後的 14 至 16 時則受到較高風速東北風影響，將跨區污染物帶入板橋測站，由於整日受到前日污染、上午及傍晚擴散條件不佳以及午後跨區污染傳輸等原因影響，導致這天 $PM_{2.5}$ 日平均值高達 37 $\mu g\ m^{-3}$。

春季觀測期間(2018 年 3 月~5 月)東北季風逐漸減弱轉為弱東風，但測站端則受地形影響未能顯示東風，各月份污染物濃度較高日氣流來向分別為，華中、西太平洋海面與華南沿海，各月份污染濃度最高日多有 $PM_{2.5}$ 濃度隨風速上升的跨縣市區域傳輸；此外，臭氧最高值相較於冬季也明顯提高，顯示光化學作用正逐漸加強。值得注意的是，當風向來自測站西方時可觀測到 SO_2 上升現象，可能與上風處固定排放源有關。3 月 3 日這天 $PM_{2.5}$ 濃度高達 66 $\mu g\ m^{-3}$，為春季觀測期間最高日，當天擴散條件不佳，前日適逢元宵假期，各地施放煙火，導致環境中殘留相當高 $PM_{2.5}$ 濃度，監測資料顯示自 3 月 2 日夜間開始，污染物濃度增幅已經相當明顯，3 月 3 日 0 時風速甚低，不利污染擴散，環境中更是殘留較高 $PM_{2.5}$ 濃度，上午時段 $PM_{2.5}$ 濃度雖短暫隨風速上升，但盛行風向為西北風，可能反而將林口一帶工業排放傳輸至板橋，傍晚至夜間又因擴散條件差導致濃度上升。這天的高污染事件主要成因為前天污染殘留及環境擴散條件不佳。

值得注意的是冬季與春季採樣期間觀測到兩次境外傳輸事件(2 月 1 日及 3 月 9 日)，此二日 $PM_{2.5}$ 日平均值約在 30 $\mu g\ m^{-3}$ 上下，軌跡資料顯示氣流行經路徑涵蓋華中沿海，另外，比對天氣因子資料可發現，這兩日風速約 1.9~2.2 $m\ s^{-1}$ 與其他非事件時期相近，但 $PM_{2.5}$ 濃度明顯較高，模式模擬顯示受到境外污染物傳輸影響。

夏季觀測期間(2018 年 6 月~8 月)$PM_{2.5}$ 濃度普遍低於 20 $\mu g\ m^{-3}$，由於夏季採樣期間環境溫度約為 28~37 ℃，混合層高度大於冬季與春季採樣期間，因此有助於污染物擴散，就算風速不高的觀測日(如：7 月 7 日、8 月 30 日) $PM_{2.5}$ 濃度

也無明顯增加。另外，夏季觀測期間氣流主要來自海面，因此污染源主要是在地排放，特別是上午與傍晚交通尖峰時段為 $PM_{2.5}$ 濃度上升影響主因。比較特殊的情況如 8 月 12 日，這天板橋站東北方有一低壓環流，0 時開始風向主要為西至西北風，並且夜間發現 SO_2 濃度一度高達 14 ppb 為平日監測濃度數倍，顯示此時受到上風處工業排放影響，致使這天雖有 8 月觀測期間最高日平均風速(2.4 m s^{-1})，但 $PM_{2.5}$ 濃度相對其他觀測日高出不少。

秋季觀測期間(2018 年 9 月~11 月)$PM_{2.5}$ 濃度與夏季相近，這段期間雖然有較強的東北季風，但氣流來向多為海面，因此板橋站並未受到境外污染物影響，期間最高濃度為 21 μg m^{-3}，出現在 10 月 23 日，主要污染來源應為在地排放源，當天 $PM_{2.5}$ 濃度隨 CO 與 NO_x 同步上升顯示，上升時段為日、夜間交通尖峰時段，因此來源為在地交通排放。11 月 16 日是 11 月濃度最高日，污染源與 10 月 23 日相近，$PM_{2.5}$ 濃度隨 CO 與 NO_x 上升，同時氣流來自海面，因此這天為在地污染型態。

表 4.2.1 板橋站例行採樣期間空氣污染物濃度和氣象因子

Date	測站	$PM_{2.5}$ (μg m^{-3})	CO (ppm)	NO_x (ppb)	SO_2 (ppb)	O_{3max} (ppb)	風向	風速 (m s^{-1})	溫度 (℃)	最高溫度 (℃)	RH (%)	雨量 (mm)
3-Dec-17	板橋	8	0.4	18.8	2.7	39	東	2.1	21	22	82	0.4
9-Dec-17	板橋	15	0.6	31.6	3.0	36	東北東	1.8	16	17	79	3.2
15-Dec-17	板橋	7	0.6	30.6	2.3	37	東北東	2.5	22	25	68	NR
18-Dec-17	板橋	7	0.4	25.1	2.9	39	東	2.3	16	16	81	1.0
21-Dec-17	板橋	15	0.4	17.4	1.8	44	東北東	3.4	17	19	52	NR
2-Jan-18	板橋	12	0.4	16.9	1.8	41	東北東	2.8	21	24	65	NR
8-Jan-18	板橋	8	0.8	43.0	2.0	24	北	1.5	18	20	89	82.8
14-Jan-18	板橋	8	0.4	23.3	1.9	41	東北東	1.9	17	22	63	NR
20-Jan-18	板橋	24	0.5	17.3	2.0	47	東北東	3.0	20	21	83	0.6
26-Jan-18	板橋	6	0.3	16.7	2.1	40	東	3.1	17	18	77	NR
1-Feb-18	板橋	31	0.7	28.9	2.4	38	東	1.9	12	14	82	4.2
7-Feb-18	板橋	20	0.5	26.8	2.3	43	東	1.7	12	13	75	14.4
13-Feb-18	板橋	20	0.5	---	1.5	53	東北	2.3	17	19	53	NR
19-Feb-18	板橋	37	0.8	38.9	3.8	56	西	1.4	22	29	66	NR
25-Feb-18	板橋	24	0.5	23.5	1.8	38	北	1.7	16	17	86	6.6
3-Mar-18	板橋	66	1.2	57.3	6.0	39	北	1.5	23	27	79	0.0
9-Mar-18	板橋	30	0.5	22.1	1.8	50	東	2.2	14	15	56	NR
15-Mar-18	板橋	27	0.7	35.6	4.1	54	西	1.6	23	27	72	1.8
21-Mar-18	板橋	12	0.5	15.2	1.8	53	西北	2.8	16	17	63	0.2

Date	測站	$PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	CO (ppm)	NO_x (ppb)	SO_2 (ppb)	O_{3max} (ppb)	風向	風速 ($m\ s^{-1}$)	溫度 (℃)	最高溫度 (℃)	RH (%)	雨量 (mm)
27-Mar-18	板橋	26	0.6	29.7	2.8	55	東	1.9	22	26	70	NR
2-Apr-18	板橋	33	0.5	23.6	3.2	93	北北西	1.7	25	30	59	NR
8-Apr-18	板橋	18	0.4	16.0	1.8	58	東	2.2	20	25	49	NR
14-Apr-18	板橋	24	0.9	43.3	4.4	34	---	---	30	33	79	1.0
20-Apr-18	板橋	17	0.4	18.9	0.7	50	東	2.2	25	29	61	NR
26-Apr-18	板橋	21	0.5	22.5	3.5	70	東	2.4	23	28	60	NR
2-May-18	板橋	27	0.5	27.2	5.0	62	西南西	2.3	29	34	68	NR
8-May-18	板橋	11	0.4	21.0	2.6	51	東南	2.7	26	31	75	18.0
14-May-18	板橋	28	0.5	24.5	6.4	79	西	1.9	29	34	66	NR
20-May-18	板橋	---	0.3	15.5	4.7	56	西北	2.4	31	34	66	NR
26-May-18	板橋	16	0.4	18.5	5.6	54	西南西	2.5	31	34	65	NR
1-Jun-18	板橋	9	0.4	19.0	3.5	64	東	2.7	26	28	75	1.2
7-Jun-18	板橋	9	0.3	18.1	2.9	37	東北東	2.8	30	34	70	NR
13-Jun-18	板橋	21	0.4	15.6	1.6	83	東	2.6	29	31	57	NR
19-Jun-18	板橋	5	0.3	18.0	2.5	43	西南西	2.6	30	33	69	NR
25-Jun-18	板橋	19	0.5	22.6	3.8	82	北	1.6	31	35	71	1.8
1-Jul-18	板橋	9	0.3	14.2	4.0	46	西	2.7	31	35	67	NR
7-Jul-18	板橋	10	0.6	28.7	4.8	83	西	1.4	29	34	73	75.6
13-Jul-18	板橋	6	0.3	16.2	1.6	22	東南	2.3	32	35	58	NR
19-Jul-18	板橋	4	0.2	13.9	1.9	18	東	2.8	32	35	64	NR
25-Jul-18	板橋	17	0.6	25.7	3.5	75	西	1.7	30	34	74	11.8
31-Jul-18	板橋	17	0.3	16.3	5.3	75	西	2.7	33	37	62	NR
6-Aug-18	板橋	13	0.3	18.0	3.0	66	東	1.9	32	34	64	0.4
12-Aug-18	板橋	22	0.4	16.4	4.5	48	西南西	2.4	31	32	72	3.2
18-Aug-18	板橋	12	0.5	21.6	3.8	68	西南西	2.0	30	33	74	NR
24-Aug-18	板橋	8	0.5	26.3	4.5	46	西南西	1.8	29	31	81	3.0
30-Aug-18	板橋	8	0.6	30.3	3.4	59	東	1.4	28	32	80	25.6
5-Sep-18	板橋	18	0.5	24.2	3.1	91	東	1.8	31	35	67	6.4
11-Sep-18	板橋	7	0.5	25.4	1.6	39	東	2.0	30	34	66	NR
17-Sep-18	板橋	14	0.5	22.6	2.7	114	北	1.6	32	37	63	NR
23-Sep-18	板橋	9	0.3	16.3	2.6	56	東	1.8	30	34	74	8.4
29-Sep-18	板橋	14	0.5	28.2	3.3	44	西南西	1.8	25	27	75	10.2
5-Oct-18	板橋	20	0.5	26.7	3.9	88	西南西	2.1	26	30	63	0.6
11-Oct-18	板橋	10	0.5	27.5	2.1	45	東南東	1.6	21	22	86	19.8
17-Oct-18	板橋	10	0.6	29.5	2.0	47	北北西	1.4	22	22	87	38.2
23-Oct-18	板橋	21	0.7	33.1	3.1	35	西	1.4	24	25	82	5.8
29-Oct-18	板橋	16	0.4	20.3	2.6	70	東	2.5	22	26	44	NR
4-Nov-18	板橋	8	0.4	20.3	2.2	31	東	1.6	25	27	79	NR
10-Nov-18	板橋	14	0.5	18.6	1.7	42	東北東	3.0	25	28	74	0.4

Date	測站	$PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	CO (ppm)	NO_x (ppb)	SO_2 (ppb)	O_{3max} (ppb)	風向	風速 ($m\ s^{-1}$)	溫度 (℃)	最高溫度 (℃)	RH (%)	雨量 (mm)
16-Nov-18	板橋	18	0.5	28.0	3.1	47	東北東	1.9	25	28	70	NR
22-Nov-18	板橋	12	0.5	26.3	2.4	37	東南東	1.9	19	22	82	17.6
28-Nov-18	板橋	17	0.5	28.5	1.3	36	東	1.4	20	21	76	4.0

註：灰階表示當次樣本為月最大濃度，『NR』表示該時段無降雨；『－』表示數據不足或缺值。

表 4.2.2 板橋站例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 各月份高濃度與污染事件採樣日特徵及污染來源推論

日期	自動 $PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	修正後 $PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	O_{3max} (ppb)	氣流起源	入台路徑	濃度上升時段	風向	風速變化 ($m\ s^{-1}$)	主要氣態污染物	來源推論
09-Dec-17	15	16	36	華北	基隆→板橋	1. 17-21	1. ENE-SW	1. 1.3→2.1→1.6	1. CO、NO_x	◆ 在地
20-Jan-18	24	22	47	黃海	基隆→板橋	1. 5-12	1. ENE-NE	1. 2.3→4.4	1. CO、NO_x、O_3	◆ 在地 ◆ 區域
19-Feb-18	37	36	56	華中沿海	宜蘭→板橋	1. 0 2. 5-10 3. 14-16 4. 19-22	1. WSW 2. W 3. NNE-NE 4. SW-NW	1. 1.4 2. 1→0.9 3. 2.9→2.5 4. 0.5→1.7	1. — 2. SO_2、CO、NO_x 3. SO_2、CO、NO_x 4. CO、NO_x	◆ 殘留 ◆ 在地 ◆ 區域
03-Mar-18	66	82	39	華中	新北→板橋	1. 0-2 2. 5-7 3. 16-22	1. WSW-WNW 2. WSW-NW 3. WNW-NNE	1. 1→0.7 2. 1.3→2.1 3. 1.5→1.9→1	1. O_3 2. O_3 3. SO_2、CO、NO_x	◆ 殘留 ◆ 在地
02-Apr-18	33	34	93	西太平洋	花蓮→板橋	1. 2-5 2. 9-13	1. SW-W 2. N-NNW	1. 1.4→1 2. 1.3→3.4	1. SO_2、CO、NO_x 2. SO_2、O_3	◆ 在地 ◆ 區域
14-May-18	28	28	79	華南沿海	桃園→板橋	1. 6-8 2. 13-16	1. WSW 2. NNW-N	1. 1.9→1.8 2. 1.1→3	1. SO_2、CO、NO_x 2. SO_2	◆ 在地 ◆ 區域
13-Jun-18	21	23	83	華中沿海	基隆→板橋	1. 5-8 2. 11-13	1. ENE-E 2. SSE-E	1. 1.6→3.4 2. 3	1. CO、NO_x、O_3 2. —	◆ 區域 ◆ 在地
25-Jul-18	17	23	75	南海	宜蘭→板橋	1. 5-8 2. 9-12 3. 17-19	1. SW-W 2. N-NNW 3. SE-SW	1. 1.2→0.8 2. 3→3.4 3. 1	1. SO_2、CO、NO_x 2. SO_2、O_3 3. CO、NO_x	◆ 區域 ◆ 在地
12-Aug-18	22	26	48	華中沿海	新北→板橋	1. 17-20 2. 0-8	1. WSW-SE 2. WSW-WNW	1. 1.4→2.1 2. 1.9-3.6	1. CO、NO_x 2. SO_2	◆ 在地 ◆ 區域
05-Sep-18	18	20	91	華南沿海	雲林→板橋	1. 7-9 2. 10-12	1. SE-NE 2. WNW-N	1. 1.4→2.1 2. 2.1→4	1. NO_x、SO_2 2. SO_2、O_3	◆ 在地 ◆ 區域
23-Oct-18	21	22	35	東海	新北→板橋	1. 6-10 2. 15-17	1. ENE-WSW 2. N-W	1. 1.3 2. 1.9→0.5	1. CO、NO_x 2. CO、NO_x	◆ 在地
16-Nov-18	18	15	47	東海	宜蘭→板橋	1. 0-2 2. 7-8	1. ENE-S 2. ESE-S	1. 1.4→0.8 2. 0.7→0.9	1. CO、NO_x 2. CO、NO_x	◆ 在地

註:

1. 「殘留」指 0 點起 $PM_{2.5}$ 濃度監測值已大於 35 $\mu g\ m^{-3}$；修正後 $PM_{2.5}$ 濃度為本計畫手動量測並經過揮發與吸附修正結果。
2. 「氣流來向」指 72 小時前，氣流軌跡起始點所在區域。
3. 「主要氣態污染物」指隨 $PM_{2.5}$ 濃度上升的氣態污染物。

2. $PM_{2.5}$ 化學成分檢測濃度

數據分析期間(2017 年 12 月至 2018 年 11 月)手動採樣 $PM_{2.5}$ 原始質量濃度(■)、修正後質量濃度(☆)、環保署公告手動採樣質量濃度(△)比對及 $PM_{2.5}$ 化學成分分析結果如圖 4.2.1 所示，本計畫的 $PM_{2.5}$ 質量濃度與環保署公告手動採樣質量濃度數值及時間變化趨勢一致，各化學成分濃度、化學成分占 $PM_{2.5}$ 質量濃度比例及化學成分修正前後差異等詳細資料如表 4.2.3 至表 4.2.6 所示。

冬季觀測期間主要化學成分為 SO_4^{2-}以及 OC，在 2 月過後 NO_3^-濃度明顯上升，$PM_{2.5}$ 濃度也相較於 12 月及 1 月份高，特別在 2 月 1 日這天，從監測資料得知這天受到境外污染傳輸影響，雖然 $PM_{2.5}$ 濃度偏高，但未達事件等級；另一方面，境外污染影響時段為午後，但是在上午觀測到相當高濃度的 NO_x 與 CO，較高的前驅氣體也反映在其衍生污染物上，這天 NO_3^-濃度 6.07 $\mu g\ m^{-3}$，是冬季觀測期間最高值。值得注意的是 2 月 19 日 K^+有明顯增量，當天適逢農曆新年期間(正月初四)，推測受到炮竹煙火施放影響。化學成分分析結果顯示，水溶性離子占比為 15~57%，若扣除占比最低日則為 31~57%，水溶性離子占比最低日，可能受到降雨影響，屬於較為特殊的結果。碳成分占比於冬季觀測期間為 19~68%，變動幅度大，大致呈現與 $PM_{2.5}$ 濃度反比的變化趨勢。另外，表 4.2.3 下半部呈現第二層濾紙修正結果，其中，離子揮發比例為 1~25%，多數觀測日低於 10%，揮發比例最高日在 1 月 8 日，如前段所述，這天水溶性離子濃度相當低，因此微量的揮發都將展現出較高的占比。占比第二高的觀測日則在 2 月 19 日，這天為冬季溫度最高日，日間溫度達攝氏 29 度，因此有較多的 NO_3^-與 Cl^-受到環境溫度影響而揮發。最後，表 4.2.3 下半部，碳成分修正結果顯示冬季觀測期間大多為正值，顯示有機碳揮發量大於吸附量，有機碳成分揮發量高低，受環境溫度影響較小，應該與污染源特性有關。

春季觀測期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度略高於冬季，主要化學成分仍以 SO_4^{2-}以及 OC 為主，3 月 3 日受到低風速以及前日污染殘留影響，這天有相當高濃度 NO_3^-，值得注意的是，當日 NO_x 峰值發生在夜晚且濃度接近 120 ppb，當日平均相對濕度高於 3 月其他觀測日，因此高濃度 NO_3^-可能有來自夜間 N_2O_5 水解現象。另外在表 4.2.4 上半部為各化學成分占比，其中，水溶性離子與碳成分占比分別為 35~62%及 10~52%，水溶性離子占比變化穩定，碳成分占比則與 $PM_{2.5}$ 濃度變化趨勢相反。化學成分修正結果顯示揮發離子占比於春季觀測期間為 5~23%，若排

除低濃度時期影響，則為 5~17%，揮發量最高日在 5 月 14 日，高占比主要來自於揮發 NO_3^-。另外，碳成分修正結果與冬季相近，修正比例為-18~15%，較多觀測日呈現正值，顯示有機碳成分揮發量仍大於吸附量。

夏季觀測期間由於環境溫度較高，NO_3^-濃度明顯減少，主要化學成分以 SO_4^{2-}以及 CO 為主。其中，8 月 12 日 SO_4^{2-}濃度最高，由前述污染時期特徵可知這天夜間受到上風處工業排放影響，0 點開始環境中 SO_2 與 $PM_{2.5}$ 濃度分別為 5~14 ppb 及 26~28 μg m^{-3}，較高的污染前驅氣體可能是這天高 SO_4^{2-}濃度的主因。在主要化學成分占比方面顯示水溶性離子於夏季觀測期間占比約 27~59 %，占比低的觀測日出現在 8 月 24、30 日，這兩天都受到降雨影響因此有較低的 $PM_{2.5}$ 濃度，這樣的現象在冬季也曾發現。另外，碳成分占比 15~54%，大致與 $PM_{2.5}$ 濃度成反比，僅有少數觀測日呈現低 $PM_{2.5}$ 濃度同時低碳成分占比，顯示污染源與其他觀測日略有差異，下段將透過元素分析結果釐清污染源差異。表 4.2.5 下半部呈現化學成分修正結果，揮發離子占比在進入夏季後有些微提升，占比為 5~34%。碳成分修正結果則在進入夏季後明顯轉為負值，顯示被動吸附有機碳濃度大於有機碳成分揮發量，然而對照不同季節間被動吸附 VOCs 濃度可發現，其數值約為 0.17~0.99 μg m^{-3}，並未隨季節有太大變動，而有機碳揮發則隨季節降低，顯示影響修正比例的多寡並非環境溫度，可能是污染源的差異與其他因子影響。

秋季觀測期間各觀測日主要以 OC 為主要化學成分，少數如 9 月 5 日有較高的 SO_4^{2-}濃度，此外，有幾天有較高的 EC，顯示這幾天在地有交通排放。另外，9 月 5 日這天由前述污染時期特徵可知，中午左右受到西北風影響，較高濃度 SO_2 傳入板橋站，由於前驅氣體濃度提升，間接使這天有較高 SO_4^{2-}濃度。在主要成分占比部分，水溶性離子與碳成分分別為 30~54%及 20~56%，兩者占比相近，在低濃度時，甚至碳成分占比將大於水溶性離子占比，屬於較少見的情況。表 4.2.6 下半部呈現化學成分修正比例，結果顯示揮發離子占比約為 7~20%，變化量穩定，NO_3^-依舊為濃度最高的揮發離子。有機碳成分修正結果則與夏季相似，主要以負值為主，被動吸附 VOCs 濃度並未有太大起伏，有機碳揮發量則與第一層濾紙有機碳濃度有關。

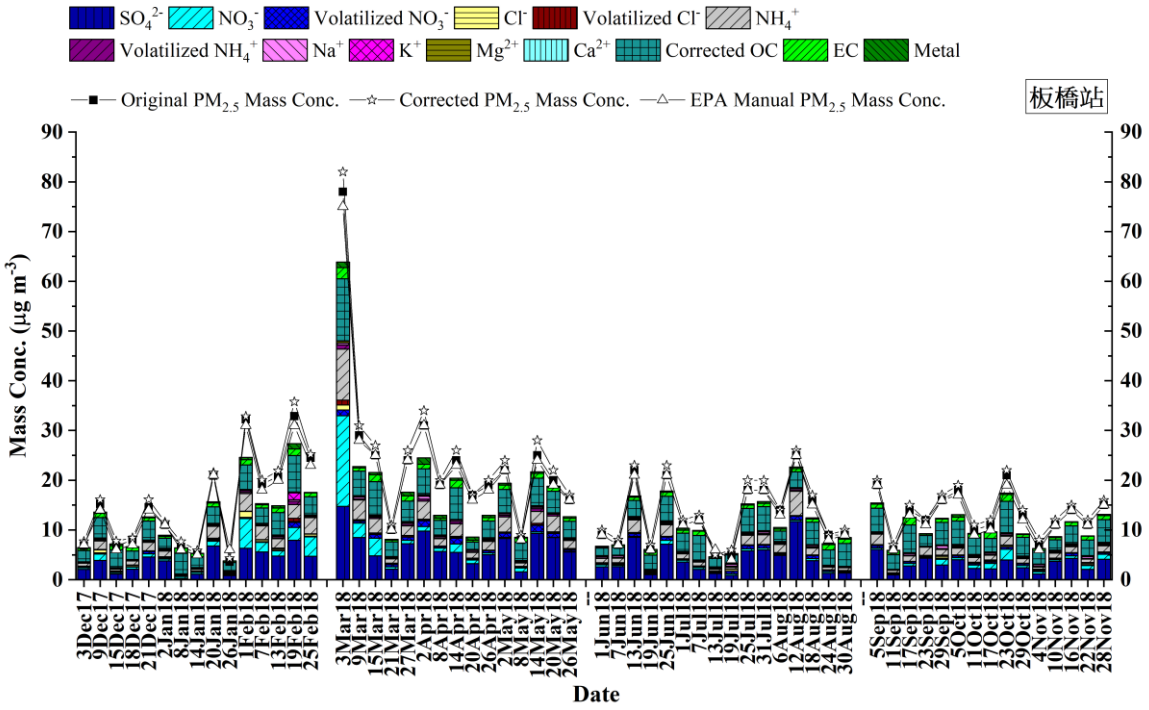


圖 4.2.1 板橋站例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 成分濃度隨時間變化

表 4.2.3 板橋站 2017 年 12 月~2018 年 2 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度

濾紙類型及項目 \ Date		03Dec17	09Dec17	15 Dec17	18 Dec17	21Dec17	2-Jan-18	8-Jan-18	14-Jan-18	20-Jan-18	26-Jan-18	1-Feb-18	7-Feb-18	13-Feb-18	19-Feb-18	25-Feb-18
濃度及占比	$PM_{2.5}$ 未修正濃度($\mu g\ m^{-3}$)	7	15	7	8	15	11	7	5	21	4	32	19	21	33	24
	$PM_{2.5}$ 修正後濃度 [1]($\mu g\ m^{-3}$)	8	16	8	8	16	12	8	6	22	4	33	20	22	36	25
	$PM_{2.5}$ 濃度修正 [2] (%)	12	6	16	5	11	5	16	10	3	20	2	4	6	9	3
	已解析成分 [3] (%)	84	84	92	79	78	77	85	90	73	88	75	76	68	77	70
	修正後離子占比 [4] (%)	47	52	31	48	49	55	15	42	53	44	55	57	41	49	52
	修正後碳成分占比 [5] (%)	35	31	56	29	28	21	68	48	19	44	19	19	25	24	18
	金屬元素占比 [6] (%)	2	2	5	2	1	2	3	0	1	1	1	1	2	3	0
單張濾紙	Na^+($\mu g\ m^{-3}$)	0.15	0.22	0.10	0.15	0.17	0.25	0.04	0.17	0.17	0.14	0.26	0.18	0.25	0.35	0.23
	NH_4^+ ($\mu g\ m^{-3}$)	0.62	1.67	0.37	0.79	1.68	1.14	0.12	0.35	2.35	0.22	3.53	2.74	1.88	2.75	3.26
	K^+ ($\mu g\ m^{-3}$)	0.06	0.22	0.10	0.04	0.07	0.05	0.02	0.12	0.24	0.11	0.30	0.18	0.21	1.36	0.04
	Mg^{2+} ($\mu g\ m^{-3}$)	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.12	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.04	0.12	0.10
	Ca^{2+} ($\mu g\ m^{-3}$)	0.00	0.04	0.01	0.00	0.03	0.01	0.01	0.02	0.04	0.01	0.05	0.05	0.11	0.07	0.10
	Cl^- ($\mu g\ m^{-3}$)	0.13	0.60	0.08	0.29	0.03	0.18	0.06	0.08	0.19	0.14	1.32	0.34	0.26	0.17	0.43
	NO_3^- ($\mu g\ m^{-3}$)	0.34	1.28	0.27	0.41	0.65	0.40	0.36	0.39	0.96	0.21	5.96	1.96	1.06	2.59	3.93
	SO_4^{2-} ($\mu g\ m^{-3}$)	2.09	3.90	1.18	2.13	4.56	3.77	0.30	1.09	6.79	0.86	6.33	5.56	4.73	7.92	4.68
	未修正離子濃度($\mu g\ m^{-3}$)	3.39	7.95	2.13	3.82	7.20	5.94	0.92	2.23	10.77	1.70	17.76	11.04	8.54	15.33	12.78
	未修正 OC ($\mu g\ m^{-3}$)	2.23	4.00	3.15	2.05	3.27	2.25	3.63	2.16	3.92	1.53	5.02	3.03	4.29	7.36	3.56
	EC ($\mu g\ m^{-3}$)	0.47	0.85	0.80	0.73	0.62	0.40	1.05	0.65	0.81	0.30	1.10	0.67	0.91	1.31	0.78
	未修正碳成分濃度($\mu g\ m^{-3}$)	2.70	4.85	3.96	2.78	3.89	2.65	4.69	2.81	4.73	1.83	6.12	3.69	5.20	8.67	4.33
	金屬元素濃度 [7] ($\mu g\ m^{-3}$)	0.48	0.73	0.57	0.33	0.94	0.60	0.43	0.13	0.50	0.19	1.07	0.61	1.06	4.17	0.38
多張濾紙	揮發 NH_4^+ ($\mu g\ m^{-3}$)	0.05	0.12	0.07	0.06	0.20	0.10	0.05	0.06	0.16	0.04	0.06	0.08	0.12	0.63	0.06
	揮發 NO_3^- ($\mu g\ m^{-3}$)	0.15	0.20	0.24	0.10	0.45	0.17	0.18	0.10	0.25	0.10	0.12	0.14	0.18	1.02	0.13
	揮發 Cl^- ($\mu g\ m^{-3}$)	0.01	0.12	0.00	0.05	0.13	0.10	0.00	0.06	0.17	0.03	0.05	0.07	0.13	0.65	0.04
	修正後的 NH_4^+ ($\mu g\ m^{-3}$)	0.67	1.79	0.44	0.85	1.88	1.24	0.18	0.41	2.51	0.26	3.59	2.82	1.99	3.38	3.32
	修正後的 NO_3^- ($\mu g\ m^{-3}$)	0.48	1.48	0.51	0.51	1.10	0.57	0.54	0.49	1.21	0.31	6.07	2.10	1.23	3.61	4.07
	修正後的 Cl^- ($\mu g\ m^{-3}$)	0.15	0.72	0.08	0.34	0.15	0.27	0.06	0.14	0.37	0.17	1.37	0.41	0.39	0.82	0.47
	修正後離子濃度($\mu g\ m^{-3}$)	3.61	8.39	2.44	4.03	7.98	6.29	1.15	2.44	11.34	1.87	17.99	11.34	8.96	17.63	13.01
	揮發離子修正 [8] (%)	6	5	14	5	11	6	25	10	5	10	1	3	5	15	2
	第二張濾紙 OC ($\mu g\ m^{-3}$)	1.28	0.75	1.10	0.65	1.05	0.58	1.16	0.58	0.73	1.01	0.75	0.89	1.27	1.18	0.93
	揮發 OC ($\mu g\ m^{-3}$)	0.64	0.43	0.76	0.17	0.80	0.18	0.84	0.30	0.05	0.53	0.39	0.47	0.75	0.58	0.51
	被動吸附 VOCs ($\mu g\ m^{-3}$)	0.64	0.33	0.34	0.48	0.24	0.40	0.32	0.28	0.68	0.47	0.36	0.42	0.52	0.60	0.42
	修正後 OC ($\mu g\ m^{-3}$)	2.23	4.10	3.58	1.74	3.83	2.03	4.15	2.17	3.29	1.59	5.06	3.08	4.52	7.34	3.64
	揮發 OC 占比 [9] (%)	29	11	24	8	24	8	23	14	1	35	8	16	18	8	14
	被動吸附 VOCs 占比 [10](%)	29	8	11	23	7	18	9	13	17	31	7	14	12	8	12
	OC 揮發與吸附修正 [11] (%)	0	3	13	-15	17	-10	14	1	-16	4	1	2	5	0	3

表 4.2.4 板橋站 2018 年 3~5 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度

濾紙類型及項目 \ Date		3-Mar-18	9-Mar-18	15-Mar-18	21-Mar-18	27-Mar-18	2-Apr-18	8-Apr-18	14-Apr-18	20-Apr-18	26-Apr-18	2-May-18	8-May-18	14-May-18	20-May-18	26-May-18
濃度及占比	$PM_{2.5}$ 未修正濃度(μg m^{-3})	78	29	25	10	24	31	19	24	17	19	22	8	25	20	16
	$PM_{2.5}$ 修正後濃度 [1](μg m^{-3})	82	31	27	11	26	34	20	26	17	20	24	9	28	22	17
	$PM_{2.5}$ 濃度修正 [2] (%)	6	5	7	14	6	9	4	11	2	5	8	9	11	10	5
	已解析成分 [3] (%)	78	74	79	72	68	72	66	78	49	66	80	98	77	87	73
	修正後離子占比 [4] (%)	58	55	48	41	45	51	46	46	35	42	55	45	53	62	49
	修正後碳成分占比 [5] (%)	18	18	30	29	20	18	17	30	10	21	23	52	23	24	22
	金屬元素占比 [6] (%)	1	1	2	1	3	4	3	2	4	2	1	2	1	1	2
單張濾紙	Na^+(μg m^{-3})	0.36	0.36	0.17	0.13	0.30	0.54	0.26	0.25	0.31	0.18	0.26	0.11	0.30	0.16	0.20
	NH_4^+ (μg m^{-3})	10.32	3.93	2.92	0.87	1.95	3.63	1.48	2.52	1.15	1.74	3.05	0.66	2.39	3.14	1.61
	K^+ (μg m^{-3})	0.05	0.03	0.01	0.04	0.05	0.03	0.12	0.01	0.03	0.12	0.12	0.21	0.12	0.08	0.09
	Mg^{2+} (μg m^{-3})	0.35	0.12	0.05	0.01	0.06	0.10	0.04	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.11	0.02	0.04
	Ca^{2+} (μg m^{-3})	0.07	0.08	0.12	0.05	0.16	0.24	0.19	0.08	0.15	0.07	0.07	0.10	0.10	0.05	0.07
	Cl^- (μg m^{-3})	1.03	0.10	0.15	0.07	0.08	0.11	0.11	0.15	0.15	0.05	0.06	0.07	0.09	0.05	0.05
	NO_3^- (μg m^{-3})	18.22	2.91	3.56	0.49	0.70	0.95	0.70	1.67	0.74	0.34	0.25	0.81	0.29	0.04	0.14
	SO_4^{2-} (μg m^{-3})	14.73	8.47	4.79	2.11	7.25	9.76	5.67	5.50	3.23	5.05	8.28	1.57	9.33	8.49	5.60
	未修正離子濃度(μg m^{-3})	45.13	15.99	11.77	3.79	10.54	15.36	8.58	10.22	5.80	7.58	12.14	3.55	12.73	12.04	7.80
	未修正 OC (μg m^{-3})	10.86	4.64	7.02	2.93	4.51	4.95	2.95	6.63	1.77	3.60	4.66	3.65	5.43	4.30	3.70
	EC (μg m^{-3})	2.25	0.64	1.36	0.35	1.06	0.95	0.41	1.50	0.37	0.71	0.86	0.82	0.97	0.83	0.60
	未修正碳成分濃度(μg m^{-3})	13.11	5.28	8.38	3.28	5.57	5.91	3.36	8.13	2.14	4.31	5.52	4.46	6.41	5.13	4.30
	金屬元素濃度 [7] (μg m^{-3})	2.55	0.79	0.98	0.38	1.64	3.38	0.94	1.52	1.49	1.60	1.06	0.37	1.10	0.52	1.31
多張濾紙	揮發 NH_4^+ (μg m^{-3})	0.81	0.22	0.29	0.23	0.30	0.43	0.10	0.46	0.08	0.18	0.32	0.09	0.54	0.37	0.18
	揮發 NO_3^- (μg m^{-3})	1.15	0.38	0.71	0.45	0.60	1.13	0.25	1.16	0.14	0.42	0.82	0.17	1.32	0.80	0.29
	揮發 Cl^- (μg m^{-3})	0.95	0.22	0.17	0.20	0.25	0.20	0.05	0.25	0.07	0.11	0.17	0.08	0.31	0.27	0.18
	修正後的 NH_4^+ (μg m^{-3})	11.13	4.15	3.22	1.10	2.25	4.06	1.58	2.99	1.23	1.92	3.38	0.75	2.93	3.51	1.79
	修正後的 NO_3^- (μg m^{-3})	19.37	3.28	4.26	0.94	1.30	2.08	0.95	2.82	0.88	0.76	1.07	0.98	1.61	0.85	0.43
	修正後的 Cl^- (μg m^{-3})	1.98	0.32	0.31	0.27	0.33	0.30	0.16	0.40	0.22	0.16	0.23	0.15	0.40	0.32	0.24
	修正後離子濃度(μg m^{-3})	48.03	16.81	12.94	4.66	11.68	17.10	8.99	12.09	6.09	8.29	13.45	3.90	14.90	13.48	8.45
	揮發離子修正 [8] (%)	6	5	10	23	11	11	5	18	5	9	11	10	17	12	8
	第二張濾紙 OC (μg m^{-3})	1.96	0.76	1.26	1.00	1.18	1.81	0.72	1.73	0.49	0.71	1.01	0.72	1.20	1.03	0.86
	揮發 OC (μg m^{-3})	1.78	0.55	0.51	0.52	0.38	1.01	0.36	0.74	0.09	0.30	0.54	0.38	0.63	0.51	0.22
	被動吸附 VOCs (μg m^{-3})	0.18	0.21	0.74	0.48	0.80	0.81	0.36	0.99	0.40	0.41	0.47	0.34	0.57	0.52	0.63
	修正後 OC (μg m^{-3})	12.46	4.99	6.79	2.96	4.09	5.15	2.95	6.38	1.46	3.49	4.73	3.68	5.49	4.30	3.29
	揮發 OC 占比 [9] (%)	16	12	7	18	8	20	12	11	5	8	12	10	12	12	6
	被動吸附 VOCs 占比 [10](%)	2	4	11	16	18	16	12	15	23	11	10	9	10	12	17
	OC 揮發與吸附修正 [11] (%)	15	7	-3	1	-9	4	0	-4	-18	-3	2	1	1	0	-11

表 4.2.5 板橋站 2018 年 6~8 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度

濾紙類型及項目 \ Date		1-Jun-18	7-Jun-18	13-Jun-18	19-Jun-18	25-Jun-18	1-Jul-18	7-Jul-18	13-Jul-18	19-Jul-18	25-Jul-18	31-Jul-18	6-Aug-18	12-Aug-18	18-Aug-18	24-Aug-18	30-Aug-18
濃度及占比	$PM_{2.5}$ 未修正濃度(μg m^{-3})	9	7	22	6	21	11	12	5	5	18	18	14	25	16	9	9
	$PM_{2.5}$ 修正後濃度 [1](μg m^{-3})	10	8	23	7	23	12	13	5	6	20	20	14	26	17	9	10
	$PM_{2.5}$ 濃度修正 [2] (%)	5	12	6	11	7	9	5	8	19	9	11	4	6	10	9	10
	已解析成分 [3] (%)	70	84	72	92	78	84	76	91	91	76	78	74	87	72	77	84
	修正後離子占比 [4] (%)	50	59	55	31	52	47	30	51	57	48	49	54	71	41	31	27
	修正後碳成分占比 [5] (%)	18	24	17	55	26	35	45	40	33	27	28	18	15	30	44	54
	金屬元素占比 [6] (%)	1	1	1	6	1	3	1	1	1	1	2	2	1	1	2	3
單張濾紙	Na^+(μg m^{-3})	0.27	0.30	0.20	0.10	0.20	0.20	0.10	0.20	0.38	0.20	0.31	0.24	0.25	0.27	0.13	0.07
	NH_4^+ (μg m^{-3})	0.87	0.92	2.55	0.22	2.35	0.97	0.79	0.35	0.33	1.90	1.97	1.62	4.88	1.37	0.52	0.57
	K^+ (μg m^{-3})	0.06	0.04	0.11	0.04	0.09	0.11	0.04	0.09	0.04	0.09	0.13	0.13	0.11	0.11	0.04	0.06
	Mg^{2+} (μg m^{-3})	0.03	0.02	0.02	0.08	0.02	0.02	0.08	0.02	0.04	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.01
	Ca^{2+} (μg m^{-3})	0.10	0.08	0.11	0.07	0.12	0.11	0.07	0.12	0.08	0.12	0.10	0.14	0.08	0.08	0.05	0.04
	Cl^- (μg m^{-3})	0.17	0.19	0.07	0.08	0.06	0.10	0.10	0.15	0.37	0.03	0.01	0.07	0.01	0.04	0.02	0.01
	NO_3^- (μg m^{-3})	0.44	0.31	0.19	0.16	0.79	0.34	0.41	0.20	0.32	0.42	0.38	0.22	0.32	0.42	0.28	0.22
	SO_4^{2-} (μg m^{-3})	2.57	2.62	8.51	1.03	7.15	3.57	2.06	1.26	0.87	5.79	5.99	4.91	11.70	3.82	1.32	1.35
	未修正離子濃度(μg m^{-3})	4.51	4.49	11.76	1.79	10.77	5.43	3.66	2.40	2.42	8.57	8.91	7.35	17.39	6.14	2.39	2.33
	未修正 OC (μg m^{-3})	1.89	1.81	3.41	3.13	5.12	3.65	5.44	2.06	2.17	4.51	3.98	2.49	3.23	4.32	3.45	4.20
	EC (μg m^{-3})	0.24	0.33	0.65	0.73	0.79	0.62	0.87	0.26	0.21	0.69	0.66	0.40	0.63	0.63	1.06	0.86
	未修正碳成分濃度(μg m^{-3})	2.13	2.15	4.07	3.86	5.92	4.27	6.31	2.32	2.38	5.20	4.64	2.89	3.86	4.95	4.51	5.06
	金屬元素濃度 [7] (μg m^{-3})	0.46	0.33	0.55	0.81	0.65	0.95	0.49	0.49	0.46	0.82	0.79	0.75	0.80	0.93	0.38	0.75
多張濾紙	揮發 NH_4^+ (μg m^{-3})	0.10	0.13	0.24	0.08	0.23	0.07	0.08	0.04	0.21	0.25	0.23	0.09	0.28	0.22	0.14	0.09
	揮發 NO_3^- (μg m^{-3})	0.12	0.15	0.54	0.11	0.62	0.14	0.15	0.10	0.51	0.65	0.54	0.19	0.76	0.62	0.28	0.21
	揮發 Cl^- (μg m^{-3})	0.13	0.16	0.17	0.09	0.10	0.07	0.06	0.02	0.12	0.13	0.16	0.07	0.11	0.09	0.11	0.05
	修正後的 NH_4^+ (μg m^{-3})	0.97	1.05	2.79	0.30	2.58	1.05	0.87	0.39	0.54	2.15	2.20	1.71	5.16	1.59	0.65	0.66
	修正後的 NO_3^- (μg m^{-3})	0.56	0.47	0.73	0.27	1.41	0.48	0.57	0.30	0.83	1.07	0.92	0.41	1.08	1.04	0.56	0.43
	修正後的 Cl^- (μg m^{-3})	0.30	0.36	0.24	0.16	0.16	0.17	0.16	0.17	0.48	0.16	0.16	0.14	0.13	0.12	0.13	0.06
	修正後離子濃度(μg m^{-3})	4.86	4.94	12.72	2.07	11.72	5.71	3.95	2.55	3.25	9.60	9.84	7.70	18.55	7.06	2.92	2.68
	揮發離子修正 [8] (%)	8	10	8	15	9	5	8	6	34	12	10	5	7	15	22	15
	第二張濾紙 OC (μg m^{-3})	0.67	1.02	0.87	0.99	1.00	1.51	1.22	0.75	0.67	1.13	1.21	0.76	0.83	1.06	0.89	0.73
	揮發 OC (μg m^{-3})	0.15	0.45	0.35	0.37	0.47	0.76	0.38	0.21	0.10	0.67	1.03	0.18	0.40	0.62	0.26	0.56
	被動吸附 VOCs (μg m^{-3})	0.52	0.57	0.53	0.61	0.54	0.76	0.85	0.54	0.57	0.46	0.18	0.58	0.43	0.44	0.64	0.17
	修正後 OC (μg m^{-3})	1.51	1.70	3.23	2.89	5.05	3.65	4.97	1.74	1.70	4.72	4.84	2.08	3.19	4.50	3.07	4.60
	揮發 OC 占比 [9] (%)	8	25	10	12	9	21	7	10	5	15	26	7	12	14	7	13
	被動吸附 VOCs 占比 [10](%)	28	31	15	20	10	21	16	26	26	10	4	23	13	10	18	4
	OC 揮發與吸附修正 [11] (%)	-20	-6	-5	-8	-1	0	-9	-16	-22	5	21	-16	-1	4	-11	9

表 4.2.6 板橋站 2018 年 9~11 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度

濾紙類型及項目 \ Date		5-Sep-18	11-Sep-18	17-Sep-18	23-Sep-18	29-Sep-18	5-Oct-18	11-Oct-18	17-Oct-18	23-Oct-18	29-Oct-18	4-Nov-18	10-Nov-18	16-Nov-18	22-Nov-18	28-Nov-18
濃度及占比	$PM_{2.5}$ 未修正濃度(μg m^{-3})	19	6	14	12	16	18	10	11	21	13	7	11	14	11	15
	$PM_{2.5}$ 修正後濃度 [1](μg m^{-3})	20	7	15	12	17	19	11	12	22	14	8	12	15	12	16
	$PM_{2.5}$ 濃度修正 [2] (%)	5	13	10	5	7	5	8	9	7	7	15	5	9	6	9
	已解析成分 [3] (%)	75	87	82	75	71	70	83	82	79	66	83	75	77	73	81
	修正後離子占比 [4] (%)	47	30	36	54	41	38	45	48	43	34	42	52	48	40	46
	修正後碳成分占比 [5] (%)	27	56	46	20	30	29	37	34	35	31	41	22	28	32	33
	金屬元素占比 [6] (%)	1	1	1	0	1	3	1	0	1	1	1	2	1	1	1
單張濾紙	Na^+(μg m^{-3})	0.10	0.02	0.32	0.02	0.56	0.26	0.26	0.26	0.29	0.14	0.31	0.27	0.23	0.35	0.22
	NH_4^+ (μg m^{-3})	2.13	0.48	1.10	1.66	1.17	1.34	0.94	0.96	1.80	0.93	0.38	1.02	1.21	0.70	1.22
	K^+ (μg m^{-3})	0.10	0.03	0.08	0.07	0.06	0.17	0.09	0.09	0.06	0.12	0.05	0.09	0.08	0.07	0.09
	Mg^{2+} (μg m^{-3})	0.03	0.02	0.05	0.02	0.07	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.09
	Ca^{2+} (μg m^{-3})	0.06	0.02	0.04	0.02	0.06	0.10	0.08	0.08	0.14	0.10	0.07	0.11	0.09	0.10	0.14
	Cl^- (μg m^{-3})	0.08	0.01	0.05	0.01	0.37	0.04	0.19	0.22	0.29	0.03	0.13	0.04	0.02	0.25	0.09
	NO_3^- (μg m^{-3})	0.33	0.18	0.52	0.24	1.11	0.40	0.71	1.09	2.15	0.45	0.46	0.31	0.52	0.76	1.04
	SO_4^{2-} (μg m^{-3})	6.10	0.98	2.76	4.35	2.98	4.01	2.26	2.18	3.98	2.41	1.18	3.70	4.30	2.10	4.10
	未修正離子濃度(μg m^{-3})	8.93	1.72	4.91	6.39	6.38	6.36	4.55	4.90	8.74	4.20	2.61	5.57	6.47	4.39	7.00
	未修正 OC (μg m^{-3})	4.94	2.98	5.38	2.62	4.56	5.16	3.52	3.26	6.01	3.68	2.47	2.35	3.33	3.31	3.86
	EC (μg m^{-3})	0.85	0.81	1.46	0.29	0.67	0.79	0.74	1.26	1.35	0.56	0.36	0.45	0.72	0.77	0.86
	未修正碳成分濃度(μg m^{-3})	5.79	3.79	6.84	2.91	5.22	5.95	4.26	4.52	7.36	4.24	2.83	2.81	4.05	4.09	4.72
	金屬元素濃度 [7] (μg m^{-3})	0.53	0.14	0.46	0.15	0.79	0.96	0.49	0.13	0.65	0.35	0.60	0.71	0.28	0.36	0.75
多張濾紙	揮發 NH_4^+ (μg m^{-3})	0.18	0.08	0.13	0.09	0.18	0.19	0.13	0.19	0.18	0.14	0.15	0.11	0.21	0.14	0.14
	揮發 NO_3^- (μg m^{-3})	0.43	0.20	0.30	0.21	0.23	0.39	0.25	0.28	0.40	0.35	0.23	0.17	0.47	0.20	0.24
	揮發 Cl^- (μg m^{-3})	0.10	0.04	0.08	0.06	0.23	0.16	0.12	0.21	0.12	0.07	0.15	0.12	0.14	0.15	0.13
	修正後的 NH_4^+ (μg m^{-3})	2.31	0.55	1.23	1.75	1.35	1.54	1.07	1.15	1.98	1.06	0.53	1.13	1.42	0.84	1.36
	修正後的 NO_3^- (μg m^{-3})	0.76	0.38	0.81	0.44	1.34	0.79	0.95	1.37	2.55	0.81	0.70	0.48	0.99	0.96	1.29
	修正後的 Cl^- (μg m^{-3})	0.18	0.04	0.13	0.07	0.60	0.21	0.31	0.43	0.42	0.10	0.28	0.16	0.16	0.40	0.22
	修正後離子濃度(μg m^{-3})	9.64	2.04	5.42	6.75	7.03	7.10	5.04	5.58	9.44	4.75	3.14	5.98	7.29	4.87	7.51
	揮發離子修正 [8] (%)	8	18	10	6	10	12	11	14	8	13	20	7	13	11	7
	第二張濾紙 OC (μg m^{-3})	0.89	0.92	1.56	0.98	1.14	0.86	0.82	1.05	1.20	0.63	0.71	0.61	0.62	0.58	0.87
	揮發 OC (μg m^{-3})	0.34	0.46	0.87	0.25	0.55	0.20	0.33	0.25	0.77	0.36	0.48	0.16	0.41	0.19	0.78
	被動吸附 VOCs (μg m^{-3})	0.55	0.46	0.69	0.73	0.59	0.67	0.49	0.79	0.43	0.27	0.23	0.45	0.21	0.38	0.09
	修正後 OC (μg m^{-3})	4.72	2.98	5.56	2.14	4.51	4.69	3.35	2.72	6.34	3.78	2.71	2.07	3.53	3.12	4.55
	揮發 OC 占比 [9] (%)	7	15	16	10	12	4	9	8	13	10	19	7	12	6	20
	被動吸附 VOCs 占比 [10](%)	11	16	13	28	13	13	14	24	7	7	9	19	6	12	2
	OC 揮發與吸附修正 [11] (%)	-4	0	3	-18	-1	-9	-5	-17	6	3	10	-12	6	-6	18

備註:

1. $PM_{2.5}$ 修正後濃度=$PM_{2.5}$ 未修正濃度+揮發離子+揮發 OC。未修正濃度是由鐵氟龍濾紙採集獲得，鐵氟龍濾紙不會吸附 VOCs。
2. $PM_{2.5}$ 修正(%)=(揮發離子+揮發 OC)/$PM_{2.5}$ 未修正濃度。
3. 已解析成分(%)=[金屬元素濃度(不含水溶性成分已分析者)+修正後離子濃度+修正後 OC+EC]/$PM_{2.5}$ 修正後濃度。
4. 修正後離子占比(%)=(揮發離子+原始離子)/$PM_{2.5}$ 修正後濃度。
5. 修正後碳成分占比(%)=(揮發 OC+未修正 OC+EC)/$PM_{2.5}$ 修正後濃度。
6. 金屬元素占比(%)=金屬元素濃度(不含水溶性成分已分析者)/$PM_{2.5}$ 修正後濃度。
7. 金屬元素濃度=包含水溶性離子解析成分
8. 揮發離子修正(%)=揮發離子/未修正離子濃度。
9. 揮發 OC 占比(%)=揮發 OC/未修正 OC。
10. 被動吸附 VOCs 占比=被動吸附 VOCs/未修正 OC。
11. OC 揮發與吸附修正(%)=(修正後 OC-未修正 OC)/修正後 OC

3. 金屬元素成分分析結果

圖 4.2.2 為板橋站 2017 年 12 月到 2018 年 11 月採樣期間各樣本各金屬元素濃度(ng m^{-3})變化及富集因子(Enrichment factor, ☆)平均值，板橋站採樣期間的金屬濃度介於 0.10~4.17 μg m^{-3} 之間，金屬元素濃度高低差異甚大，為了容易檢視，本計畫根據金屬元素濃度變化範圍，劃分為高、中、低三段濃度群。富集因子輔助判別物種是否受人為活動影響，本計畫以取對數 EF 值 1 為界線，大於 1 代表受到人為活動影響，同時圖中數值經過對數處理，因此本段講述數值將以取對數後 EF 為主。圖 4.2.2 上半部顯示高濃度金屬元素群只有 Zn 的 Log EF 值接近 3，顯示受到人為影響程度相當高，Zn 為交通排放、輪胎和剎車磨損、垃圾焚化、二次冶煉指標金屬元素。中間濃度群以燃煤和工業排放指標金屬元素 Pb 濃度和富集因子最高，交通排放或燃煤電廠排放指標金屬元素 Mo 有相對較高的富集因子(Log EF>2)但濃度不高，其他受人為活動影響金屬元素 Ni、Cu、V、Cr 也有大於 1 的數值，Ni 及 V 主要來自燃油燃燒，金屬元素 Cu 可能來自工業影響或是汽車剎車墊片磨損產生，Cr 主要來自鋼鐵業、交通及燃煤。低濃度群中 Sr、Co、Rb、Ce 及 Nd 等元素富集因子較低，受人為活動影響較小，其他元素如 Se、Sn 濃度及富集因子較高，Se 主要來源為燃煤燃燒、Sn 則可能來自交通排放、燃煤燃燒及非鐵金屬製造。

2017 年冬季觀測期間，板橋站金屬元素總濃度都不高，多數觀測日濃度都在 1 μg m^{-3} 以下，濃度較高時期，如：2 月 19 日，濃度高達 4.17 μg m^{-3}、，是冬季濃度最高一天，當天指標元素呈現高濃度的元素 K、Ba、Sr、Cu 及 Pb，若只有元素 K 濃度較高則可能僅為生質燃燒影響，透過其他中、低濃度群指標元素的

高濃度，推測這天可能受到炮竹煙火施放的影響，如前段所述 2 月 19 日為農曆新年期間，因此不排除受炮竹影響。

2018 年春季觀測期間，金屬濃度較高時期為 3 月 3 日及 4 月 2 日。3 月 3 日這天指標元素濃度分布與 2 月 19 日相近，由於 3 月 2 日為元宵節，因此不排除這天受到前日污染影響，因此有較高的炮竹指標元素濃度。4 月 2 日較高的指標元素為塵土元素 Na、Fe、Al、Ca、Ti，當天近中午有較強的北風，在中午一度大於 3 m s^{-1}，應為強風所造成的揚塵影響。

2018 年夏季由於中央研究院實驗室搬遷，春季自 4 月上旬至夏季元素成分分析工作轉由中山醫學大學-健康醫學中心分析環境檢測機構，兩個實驗室於樣本消化過程有所差異，因此濃度值略有改變，部分成分無法分析故呈現空白值。夏季期間金屬元素濃度變化較小，各濃度群濃度相對高的指標元素分別為 Al、Na、Mn、Cu、Pb，V、Sn 及 Se，這些指標元素大多為塵土、燃煤與燃油燃燒或車輛逸散(零件損耗)，但 Al 和 Na 也可能來自燃煤或垃圾焚化爐(羅等，2018)，此外夏季污染物來源大多屬於在地排放源，較高的 V、Pb、Se 則可能來自板橋外圍工業區，燃料燃燒排放。

2018 年秋季板橋站元素濃度相當低，主要原因與這段期間雖然東北季風逐漸增加，污染物擴散條件好，尚未受到污染傳輸影響，整季 $PM_{2.5}$ 濃度與夏季相近。9 月 23 日雖然元素總濃度低，但元素 V 和 Ni 有較明顯的濃度，顯示低濃度時期仍可觀察到在地燃油鍋爐排放的影響。另外秋季元素 Ti 濃度異常高值，後續仍會再以同時採樣樣本進行分析以確認數值正確性。

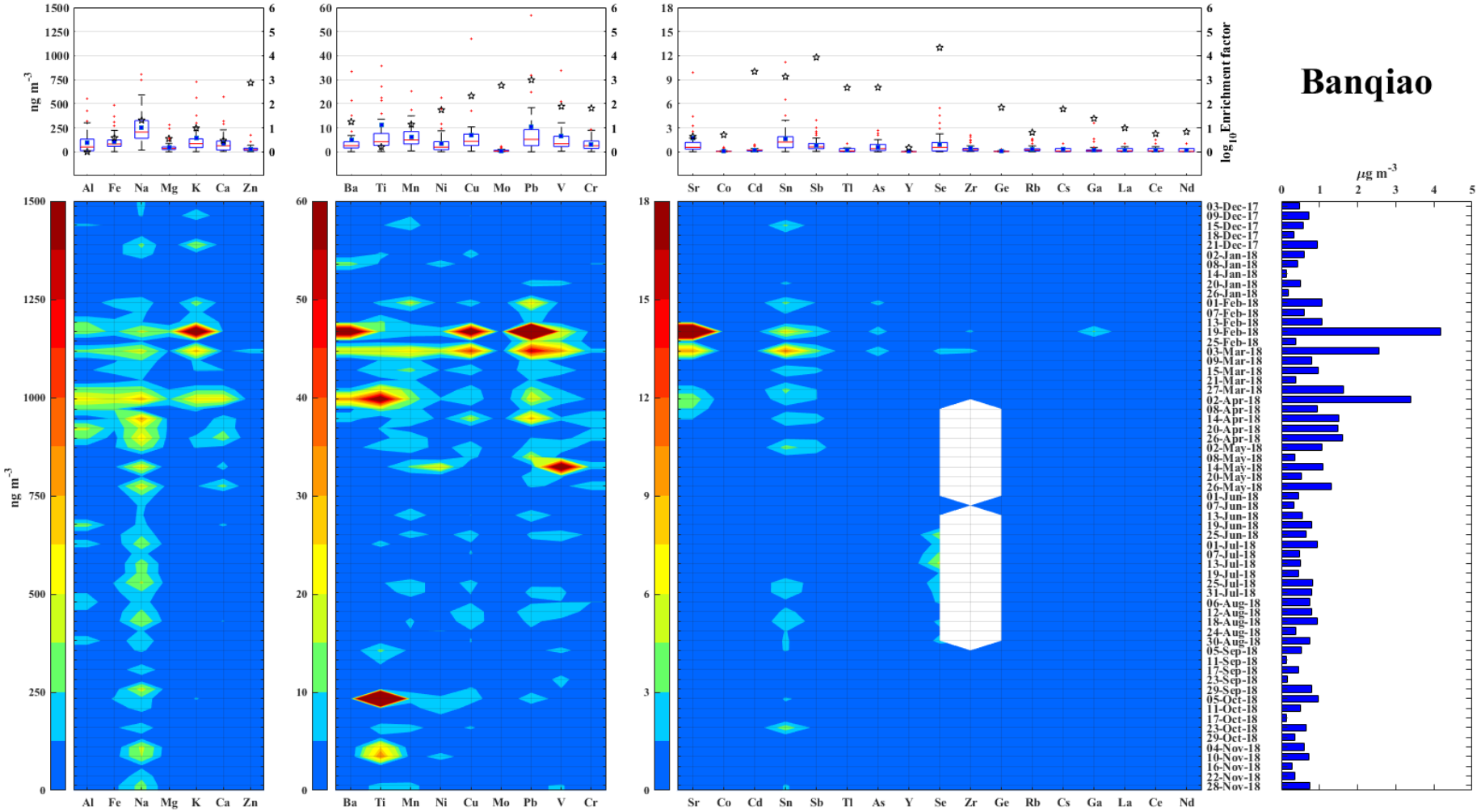


圖 4.2.2 板橋站例行性採樣期間 $PM_{2.5}$ 各金屬元素每日濃度(中圖)，上圖的盒鬚為每個金屬元素在採樣期間濃度(ng m^{-3})分布，星號表示每個金屬元素在採樣期間富集因子(Enrichment Factor, EF)平均數值，右圖為採樣期間每個樣本全部金屬元素濃度(μg m^{-3})。

***圖中白框為 4 月上旬至夏季金屬元素成分分析轉由中山醫學大學-健康醫學中心分析環境檢測機構，該機構無分析 Zr 元素。**

4.2.2 忠明站

1. 空氣品質監測資料與污染時期環境特徵

表 4.2.7 彙整各採樣日 $PM_{2.5}$ 質量及其他污染物濃度日平均值與天氣因子，各月份 $PM_{2.5}$ 濃度最高值以灰色標註，其中，$PM_{2.5}$ 日平均值(手動或自動監測值)超過 35 μg m^{-3} 的觀測日分別為 1 月 20 日、2 月 25 日、3 月 3 日、3 月 15 日、3 月 27 日、4 月 2 日、4 月 20 日、10 月 26 日及 11 月 10 日。

表 4.2.8 透過環保署監測資料與 3 日逆推氣流軌跡將觀測期間各月份 $PM_{2.5}$ 濃度最高日與 $PM_{2.5}$(手動或自動監測值)濃度大於 35 μg m^{-3} 時期污染來源推論按照軌跡起源和入台路徑、$PM_{2.5}$ 濃度上升時段的風向和風速以及當時段主要氣態污染物進行分類，藉此區分當天污染濃度上升來源為境外、在地或是跨縣市污染區域傳輸，相關資料可由附錄四查照。

冬季觀測期間(2017 年 12 月~2018 年 2 月)忠明站共觀測到 2 次事件日，分別為 1 月 20 日與 2 月 25 日。這兩日氣流來向皆為海面，因此可排除受到境外污染源影響，但是氣流軌跡行經路徑包含忠明以北都會區，當 $PM_{2.5}$ 濃度隨風速上升時，顯示受到跨區污染傳輸影響。1 月 20 日由於晨間風速趨緩，導致交通尖峰時段有明顯 $PM_{2.5}$ 濃度上升現象，當日午後受到北風較高風速影響，可能將上風都會區污染傳輸至觀測站；2 月 25 日受到夜間污染殘留影響，0 點起環境中已存在前日殘留污染物，雖然早上風速一度高達 4.1 m s^{-1}，但 $PM_{2.5}$ 濃度並未下降，顯示受到上風處污染傳輸影響。

春季觀測期間(2018 年 3 月~5 月)共觀測到 4 次事件日，分別為 3 月 3 日、3 月 15 日、4 月 2 日及 4 月 20 日，這幾天環保署監測值濃度分別為 53、39、38 及 44 μg m^{-3}。3 月 3 日出現春季觀測期間最高濃度，主要受到前日元宵節擴散條件不佳影響，加上各地可能施放煙火或交通流量上升，因此自 0 時起環境中 NO_x 濃度高達 90 ppb，同時有相當高的 $PM_{2.5}$ 濃度(78 μg m^{-3})，因此當天污染來源主要來自在地污染源；3 月 15 日、4 月 2 日及 4 月 20 日氣流起源皆為海面，故排除境外污染源的影響，值得注意的是這幾日污染物濃度除了晨間與傍晚交通尖峰時段與 CO 及 NO_x 濃度一同上升外，當風速約 2 m s^{-1} 左右且環境風向為西風與西南風時，可發現污染濃度上升現象，顯示受到台中地區固定源排放影響。另外，

4 月 20 日有較高臭氧濃度($O_{3,\,max}$= 90 ppb)，$PM_{2.5}$ 濃度明顯高於其他在地污染時期，推測這天受到光化學作用影響，衍生污染物增加使整體 $PM_{2.5}$ 濃度相對提高。

夏季觀測期間(2018 年 6 月~8 月)$PM_{2.5}$ 濃度普遍低於 20 μg m^{-3}，由於夏季採樣期間環境溫度較高，混合層高度大於冬季與春季觀測期間，因此有助於污染物擴散，少數 $PM_{2.5}$ 濃度大於 20 μg m^{-3} 的採樣日如 6 月 13 日、7 月 13 日及 8 月 12 日，這三天濃度分別為 26、22、32 μg m^{-3}，這幾日污染來源檢核監測與軌跡資料推測為在地排放與區域傳輸的混合型態，值得注意的是，這三天當吹拂西北風時，$PM_{2.5}$ 濃度皆隨風速上升，此時 SO_2 與 O_3 也將隨盛行風共同上升，因此推測污染源可能為西北方工業排放，值得注意的是這幾段期間 $O_{3,\,max}$ 濃度分別為 96、83、74 ppb 濃度高，因此，這幾段期間污染物濃度還可能受到光化學作用影響。

秋季觀測期間(2018 年 9 月~11 月)雖然環境風場對比夏季已有不少轉變，盛行風向已轉為西北與東北風，但 $PM_{2.5}$ 濃度仍與夏季相近，少數如 9 月 23 日、10 月 26 日、11 月 10 日及 11 月 16 日濃度較為接近事件等級，這幾天污染型態同屬在地與區域污染傳輸影響，皆在中午左右受到海陸風交替影響，將西北風污染物傳入觀測區使 $PM_{2.5}$ 濃度隨風速上升，午後較高的 O_3 濃度也可能有衍生污染物生成的影響。值得注意的是 11 月 10 日這天氣流來源為中國山東，途經華中傳輸至觀測地區，若氣流起源地區有較高污染物濃度則這天可能受到境外污染傳輸影響。

表 4.2.7 忠明站例行採樣期間空氣污染濃度和氣象因子

Date	測站	$PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	CO (ppm)	NO_x (ppb)	SO_2 (ppb)	O_{3max} (ppb)	風向	風速 ($m\ s^{-1}$)	溫度 (℃)	最高溫度 (℃)	RH (%)	雨量 (mm)
3-Dec-17	忠明	10	0.3	12.4	1.7	36	北北東	2.3	22	25	77	NR
9-Dec-17	忠明	17	0.6	33.0	2.5	38	北北東	1.8	15	17	83	2.0
15-Dec-17	忠明	26	0.5	32.9	2.8	77	東北	1.7	20	25	79	NR
18-Dec-17	忠明	6	0.3	15.9	2.1	35	北北東	2.6	17	20	69	NR
21-Dec-17	忠明	14	0.4	21.2	2.4	53	北北東	2.5	17	22	56	NR
2-Jan-18	忠明	26	0.9	52.1	2.7	56	西北	1.3	20	25	73	NR
8-Jan-18	忠明	11	0.7	44.6	1.7	21	南	1.4	19	22	94	33.2
14-Jan-18	忠明	15	0.5	39.5	1.7	60	西北	1.4	16	22	64	NR
20-Jan-18	忠明	38	0.5	21.5	2.1	54	北	1.8	21	24	78	NR
26-Jan-18	忠明	7	0.3	15.3	1.6	39	北	2.8	18	21	72	NR
1-Feb-18	忠明	22	0.7	21.1	2.0	34	北北東	2.9	13	15	77	1.8
7-Feb-18	忠明	25	0.7	50.6	2.8	36	北北西	1.3	13	14	74	2.6
13-Feb-18	忠明	31	0.5	30.5	2.8	63	西南	1.5	17	22	58	NR
19-Feb-18	忠明	26	0.8	51.5	1.9	19	西北	1.4	24	30	58	NR
25-Feb-18	忠明	35	0.5	29.1	2.3	33	北	2.3	19	23	76	NR
3-Mar-18	忠明	53	0.7	37.2	3.0	52	西南西	1.4	26	31	69	0.0
9-Mar-18	忠明	30	0.4	15.9	1.7	51	北北東	2.8	15	19	56	NR
15-Mar-18	忠明	39	0.7	45.5	2.8	55	北北西	1.3	23	28	70	29.4
21-Mar-18	忠明	10	0.5	12.5	2.1	60	北北東	2.8	18	21	61	NR
27-Mar-18	忠明	34	0.4	22.9	2.1	71	北	1.9	23	26	67	NR
2-Apr-18	忠明	38	0.5	21.6	6.0	65	南	1.9	25	28	65	NR
8-Apr-18	忠明	19	0.3	15.5	2.9	73	西南	1.8	21	26	44	NR
14-Apr-18	忠明	15	0.3	14.3	2.5	41	南	1.9	29	33	71	NR
20-Apr-18	忠明	44	0.6	21.5	3.9	90	南	1.4	27	31	64	NR
26-Apr-18	忠明	32	0.5	29.2	2.9	99	北北西	1.6	26	31	61	NR
2-May-18	忠明	15	0.3	14.5	2.3	43	西	2.1	30	33	67	NR
8-May-18	忠明	8	0.3	16.2	2.7	49	南南東	2.0	27	30	75	28.8
14-May-18	忠明	18	0.3	16.2	2.0	69	南	1.8	29	34	65	NR
20-May-18	忠明	18	0.2	13.8	3.4	50	西北	1.8	31	34	65	NR
26-May-18	忠明	14	0.2	11.6	2.4	42	南	2.5	31	34	65	NR
1-Jun-18	忠明	16	0.3	14.6	2.3	82	北北西	2.5	29	33	69	NR
7-Jun-18	忠明	19	0.3	15.0	2.5	76	西北	2.1	31	34	69	NR
13-Jun-18	忠明	26	0.4	17.4	4.2	96	北北西	1.9	31	34	55	NR
19-Jun-18	忠明	4	0.3	13.5	1.7	27	東南	1.9	26	28	86	52.6
25-Jun-18	忠明	13	0.3	15.0	1.4	58	南南西	1.8	30	35	67	NR
1-Jul-18	忠明	7	0.2	8.9	1.5	43	南	1.8	29	34	74	6.2
7-Jul-18	忠明	9	0.3	11.9	1.1	46	南	1.8	30	35	71	31.0
13-Jul-18	忠明	22	0.4	22.4	5.1	83	南	1.6	30	34	71	NR

Date	測站	$PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	CO (ppm)	NO_x (ppb)	SO_2 (ppb)	O_{3max} (ppb)	風向	風速 ($m\ s^{-1}$)	溫度 (℃)	最高溫度 (℃)	RH (%)	雨量 (mm)
19-Jul-18	忠明	14	0.3	13.3	2.5	56	西北	2.1	32	35	66	NR
25-Jul-18	忠明	13	0.3	16.8	2.5	39	南南東	1.6	30	33	71	NR
31-Jul-18	忠明	18	0.2	12.1	2.5	56	南	2.0	32	36	67	NR
6-Aug-18	忠明	13	0.3	12.3	1.5	60	西北	2.0	31	34	68	NR
12-Aug-18	忠明	32	0.3	10.7	1.6	74	南	1.8	31	34	68	NR
18-Aug-18	忠明	8	0.3	13.5	2.2	47	南南東	1.8	30	34	73	7.0
24-Aug-18	忠明	3	0.2	10.5	1.5	39	東南	2.3	25	27	92	87.6
30-Aug-18	忠明	10	0.4	25.0	1.9	37	南南西	1.5	28	31	73	NR
5-Sep-18	忠明	23	0.4	15.7	3.5	61	南南東	1.8	30	35	73	NR
11-Sep-18	忠明	19	0.3	15.8	3.2	66	南	1.6	29	32	73	NR
17-Sep-18	忠明	16	0.4	18.4	1.8	56	西北	1.9	30	34	70	0.4
23-Sep-18	忠明	27	0.3	13.0	2.3	96	南南西	1.8	30	33	68	NR
29-Sep-18	忠明	11	0.2	11.6	1.0	59	東北	2.7	26	29	53	NR
5-Oct-18	忠明	22	0.4	16.6	2.2	81	西北	2.2	26	29	58	NR
11-Oct-18	忠明	9	0.3	14.3	1.8	54	東北	3.0	24	26	70	NR
17-Oct-18	忠明	10	0.4	16.9	2.1	47	北北東	2.6	23	26	75	NR
23-Oct-18	忠明	19	0.3	15.8	2.1	61	北北東	2.4	25	29	70	NR
26-Oct-18	忠明	32	0.5	27.6	2.8	89	西北	1.7	26	30	71	NR
29-Oct-18	忠明	11	0.4	20.4	2.7	76	北	1.7	22	28	43	NR
4-Nov-18	忠明	11	0.3	13.0	1.7	55	北北西	1.9	25	29	75	NR
10-Nov-18	忠明	34	0.6	27.1	2.7	81	南	1.4	25	28	74	NR
16-Nov-18	忠明	32	0.6	33.8	3.3	71	北北西	1.7	25	28	72	NR
22-Nov-18	忠明	14	0.4	16.0	1.4	40	東北	2.9	21	23	69	NR
28-Nov-18	忠明	14	0.4	26.2	2.3	31	北北東	1.7	20	22	79	5.0

註：灰階表示當次樣本為月最大濃度，『NR』表示該時段無降雨；『－』表示數據不足或缺值。

表 4.2.8 忠明站例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 各月份高濃度與污染事件採樣日特徵及污染來源推論

日期	自動 $PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	修正後 $PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	O_{3max} (ppb)	氣流起源	入台路徑	濃度上升時段	風向	風速變化 ($m\ s^{-1}$)	主要氣態污染物	來源推論
15-Dec-18	26	32	77	中國東北	宜蘭→忠明	1. 7-9 2. 10-12 3. 15-18	1. NE-SSE 2. SE-NW 3. N-WNW	1. 0.6→1.2 2. 1.6→2.1 3. 2.1→1.8	1. SO_2、CO、NO_x 2. O_3 3. CO、NO_x	◆ 在地 ◆ 區域
20-Jan-18	38	47	54	黃海	基隆→忠明	1. 7-11 2. 16-19	1. NNE-W 2. NNW-N	1. 2.9→1.4 2. 1.7→2.5	1. CO、NO_x 2. —	◆ 在地 ◆ 區域
25-Feb-18	35	38	33	東海	桃園→忠明	1. 0-5 2. 7-10	1. N-NNE 2. NNE-NNW	1. 1→1.5 2. 2.7→4.1→1.5	1. — 2. O_3	◆ 殘留 ◆ 在地 ◆ 區域
03-Mar-18	53	55	52	中國華中	桃園→忠明	1. 0-2 2. 5-7 3. 18-22	1. ESE-SW 2. NW-WSW 3. WSW-SSW	1. 0.8→0.7 2. 1.2 3. 1.6→0.8	1. — 2. CO、NO_x 3. SO_2、CO、NO_x	◆ 殘留 ◆ 在地
15-Mar-18	39	43	55	華南沿海	苗栗→忠明	1. 0-3 2. 6-9 3. 16-17	1. SSW-SW 2. N-NE 3. NW-NNW	1. 1.1→1 2. 0.8→1 3. 3.2→1.5	1. — 2. SO_2、CO、NO_x 3. CO、NO_x	◆ 殘留 ◆ 在地
27-Mar-18	34	36	71	西太平洋	桃園→忠明	1. 0 2. 6-9 3. 12-16 4. 19-22	1. E 2. S-NNW 3. NNW-N 4. NNE	1. 0.9 2. 0.6→1.6 3. 2.9→3.5→2.9 4. 2.1→2.4	1. — 2. CO、NO_x、SO_2 3. NO_x 4. —	◆ 殘留 ◆ 在地 ◆ 區域
02-Apr-18	38	39	65	西太平洋	台中→忠明	1. 0-2 2. 9-12 3. 17-22	1. S 2. WSW-W 3. WNW-SSW	1. 1.4→1.5 2. 2.6→1.8→2.2 3. 2.2→1.2	1. — 2. O_3 3. CO、NO_x	◆ 殘留 ◆ 在地 ◆ 區域
20-Apr-18	44	47	90	西太平洋	宜蘭→忠明	1. 0-3 2. 6-9 3. 15-18	1. SSE-S 2. WSW-SSW 3. WSW-WNW	1. 1.2→1 2. 1.4→1.5 3. 1.5→2.5	1. — 2. SO_2、O_3 3. CO、NO_x、SO_2	◆ 殘留 ◆ 在地
14-May-18	18	18	69	華南沿海	彰化→忠明	1. 6-8 2. 10-13	1. S-WSW 2. WSW-WNW	1. 1.1→1.4 2. 1.9→2.4	1. CO、NO_x、SO_2 2. O_3	◆ 在地 ◆ 區域
13-Jun-18	26	26	85	華中沿海	花蓮→忠明	1. 0 2. 6-7 3. 10-13 4. 15-17	1. ESE 2. NE-E 3. WNW-N 4. NNE-N	1. 0.5 2. 0.6→1.1 3. 2 4. 1.7→3.2	1. — 2. CO、NO_x、SO_2 3. SO_2、O_3 4. NO_x	◆ 殘留 ◆ 在地 ◆ 區域
13-Jul-18	22	22	83	台灣南方海面	花蓮→忠明	1. 6-9 2. 12-13 3. 16-19	1. S 2. WNW-NW 3. NW	1. 1.5→1.4 2. 3.3→3.6 3. 1.7→0.8	1. NO_x、CO、、SO_2 2. NO_x、CO、、SO_2 3. NO_x、CO、、SO_2	◆ 在地 ◆ 區域

日期	自動 $PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	修正後 $PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	O_{3max} (ppb)	氣流起源	入台路徑	濃度上升時段	風向	風速變化 ($m\ s^{-1}$)	主要氣態污染物	來源推論
12-Aug-18	32	31	74	華南沿海	海面→忠明	1. 0-3 2. 8-11 3. 20-23	1. SSW-SSE 2. SSW-NNW 3. S	1. 1.7→1.1 2. 2.1→1.3→2.6 3. 2.3→1.6	1. O_3 2. CO、NO_x、SO_2 3. SO_2、O_3	◆ 在地 ◆ 區域
23-Sep-18	27	24	96	台灣東部海面	苗栗→忠明	1. 7-10 2. 11-13 3. 17-19	1. SSW-NNE 2. W-NW 3. NNW-NNE	1. 2.4→1.5 2. 1.7→3.2 3. 1.9→1.3	1. SO_2、O_3 2. NO_x 3. CO、NO_x	◆ 在地 ◆ 區域
26-Oct-18	32	36	89	中國華中	基隆→忠明	1. 0-2 2. 8-12 3. 21-23	1. S-WNW 2. SSE-NW 3. NNE	1. 0.6→1.1 2. 1.1→2.6 3. 2→1.4	1. CO、NO_x、SO_2 2. SO_2、O_3 3. SO_2、CO	◆ 在地 ◆ 區域
10-Nov-18	34	38	81	山東	基隆→忠明	1. 8-10 2. 12-15 3. 19-22	1. WNW-SW 2. S-WSW 3. NW-SSW	1. 1.4→1.2 2. 2→2.3→1.4 3. 0.9→1.6	1. CO、NO_x 2. O_3 3. CO、NO_x	◆ 在地 ◆ 區域

註:

1. 「殘留」指 0 點起 $PM_{2.5}$ 濃度監測值已大於 35 $\mu g\ m^{-3}$；修正後 $PM_{2.5}$ 濃度為本計畫手動量測並經過揮發與吸附修正結果。
2. 「氣流來向」指 72 小時前，氣流軌跡起始點所在區域。
3. 「主要氣態污染物」指隨 $PM_{2.5}$ 濃度上升的氣態污染物。

2. $PM_{2.5}$ 化學成分檢測濃度

數據分析期間(2017 年 12 月至 2018 年 11 月)手動採樣 $PM_{2.5}$ 質量濃度(■) 、修正後質量濃度(☆)、環保署公告手動採樣質量濃度(△)比對及 $PM_{2.5}$ 化學成分分析結果如圖 4.2.3 所示，本計畫於 $PM_{2.5}$ 質量濃度比對時間變化趨勢與環保署公告手動採樣質量濃度數值變化一致。此外，6 月 1 日化學成分採樣器異常中止，因此無化學成分分析結果，損失數據已於 10 月 26 日增加一日觀測日，用以補足樣本數。計畫執行期間各化學成分濃度、化學成分占 $PM_{2.5}$ 質量濃度比例及化學成分修正前後差異等詳細資料如表 4.2.9 至表 4.2.12 所示。

冬季觀測期間主要化學成分為 OC，其次為 SO_4^{2-}，部分採樣日 NO_3^-為濃度次高或最高物種，如：12 月 15 日、1 月 20 日、2 月 25 日。對比同時期北部板橋站，忠明有更高的 NO_3^-以及 EC 濃度，較高的 EC 可能與交通排放與一次燃燒活動有關，而 NO_3^-則可能來自移動源衍生污染物，相對高的污染濃度與忠明站地理位置有關，除了在地污染影響外，還可能受到北部污染區域傳輸影響。表 4.2.9 上半部呈現冬季觀測期間 $PM_{2.5}$ 化學成分占比，水溶性離子與碳成分占比分別為，42~60%及 16~43%，水溶性離子占比相較於碳成分穩定，碳成分占比高低與 $PM_{2.5}$ 質量濃度較有關連，如：1 月 20 日為 $PM_{2.5}$ 冬季最高濃度，當天占比 16%，另外，濃度相對低的觀測日如 12 月 18 日及 1 月 14 日占比則高達 43%，某些低 $PM_{2.5}$ 濃度的觀測日甚至碳成分占比大於水溶性離子占比，而高濃度的 OC 及 EC 除了來自於固定排放源的污染外，還有部分來自露天燃燒、移動污染源排放等人為活動。在表 4.2.9 下半部則呈現化學成分修正結果，從結果中可發現有機碳成分修正比例逾半數觀測日呈現正值，代表揮發濃度高於吸附濃度，由於冬季溫度較低，顯示環境溫度影響相對小。

春季觀測期間污染事件發生頻率明顯高於冬季，15 日採樣期間共有 5 次污染事件分別出現於 3 月 3 日、15 日、27 日及 4 月 2 日與 20 日，根據污染事件的差異，當受到區域污染傳輸影響時，SO_4^{2-}濃度明顯上升，如：3 月 27 日及 4 月 2 日。主要污染源為在地排放的事件則以 NO_3^-為主，如：3 月 3 日、15 日及 4 月 20 日。另外，非污染事件時期主要化學成分為 SO_4^{2-}與 OC，雖然與區域污染事件日類似，但 SO_4^{2-}濃度受到區域傳輸影響，在事件日時明顯大於非污染事件時期，顯示跨區傳輸的污染物，來源大多為化石燃料燃燒時所產生的廢氣。另一方面，$PM_{2.5}$ 主要化學成分中，水溶性離子與碳成分占比分別為 36~71%及 11~34%

(表 4.2.10 上半部)，此結果顯示春季水溶性離子占比變動幅度較大，這可能與春季受到不同類型污染事件影響，SO_4^{2-}或是 NO_3^-濃度變化量較大，導致此結果，而碳成分則相對穩定，非污染事件時期占比約為 25~34%，污染事件時為 18~27%，顯示總量的增幅受到事件影響較小。在水溶性離子與有機碳成分修正比例則分別為 8~30%及-16~7%，其中，揮發離子占比相比於冬季有些微成長，主要與四月過後環境溫度上升有關，三月前的高占比則與低濃度較有關連；有機碳成分修正比例於春季仍呈現負值比較多的情況，代表吸附量大於揮發，顯示透過多層濾紙可減少樣本濃度高估情況。

夏季觀測期間主要化學成分與春季非污染時其相似，主要為 SO_4^{2-}其次為 OC，由於環境溫度增加，濾紙所採集到的 NO_3^-濃度明顯降低並且大多為揮發 NO_3^-。在夏季污染物濃度最高的一日(8 月 12 日)，前述污染特徵指出，當天為區域與在地污染混合型態，中午風速較高時段帶來濃度較高的硫氧化物以及 $PM_{2.5}$，因此這天有相當高的 SO_4^{2-}濃度。另外，8 月 12 日還可發現有夏季觀測期間濃度最高的揮發 NO_3^-，當天 8 時至 11 時從西邊有強風吹進來，水溶性離隨著海風傳輸，由於這天環境溫度最高達攝氏 34 度，因此既有微粒受到溫度影響而揮發。表 4.2.11 呈顯水溶性離子與碳成分於 $PM_{2.5}$ 中占比，兩者分別為 30~69%及 17~39%，兩者變動幅度較大，其中，水溶性離子占比較低時期都為 $PM_{2.5}$ 濃度低於 10 μg m^{-3} 時，僅有 7 月 1 日這天較為特別，這天 K^+與 Cl^-屬於夏季濃度相近時期較高值，顯示受到生質燃燒影響，因此有較高的水溶性離子占比。另外，碳成分的占比則與 $PM_{2.5}$ 濃度成反比，低濃度樣本占比較高，一般樣本約為 20%上下。水溶性離子與有機碳成分修正比例分別為 2~65%與-42~9%。揮發離子占比受到溫度影響因此揮發量較高，主要揮發物種為 NO_3^-其次是 Cl^-，而有機碳成分修正結果負值天數較多，代表被動吸附濃度普遍高於揮發有機物濃度，特別在低濃度樣本，由於濾紙上碳成分濃度低，因此修正比例呈現相當高的負值，如 6 月 19 日、7 月 7 日、8 月 24 日。

秋季觀測期間 $PM_{2.5}$ 化學成分組成仍與先前相似，主要為 SO_4^{2-}其次為 OC。10 月 26 日及 11 月 10 日 $PM_{2.5}$ 濃度達污染事件等級，修正後 $PM_{2.5}$ 濃度都大於 35 μg m^{-3}，11 月 16 日同樣有接近污染事件的濃度，整體而言，10 月份主要化學成分仍為 SO_4^{2-}與 OC 主，11 月過後則以 NO_3^-為主。另外，10 月 26 日監測資料(附錄四)可看出當天 0 點起環境中已有不低的 NO_x 濃度，濃度約為 47 ppb，相較

於日間濃度高出許多，濃度於日間隨 O_3 濃度增加而減少，顯示當天有光化學反應，環境中衍生污染物增加，因此當天有較高濃度的 NO_3^-。在化學成分占比部分，水溶性離子與碳成分分別占 $PM_{2.5}$ 質量濃度 35~55%及 16~37%，除了 10 月 29 日外，都是水溶性離子占比較高。秋季觀測期間離子與有機碳成分修正結果則與夏季相近，揮發離子占比為 7~35%。碳成分修正比例則與前兩季相似，呈現吸附量大於揮發量的現象，修正後多呈現負值，同時低濃度時期有較高的修正比例。

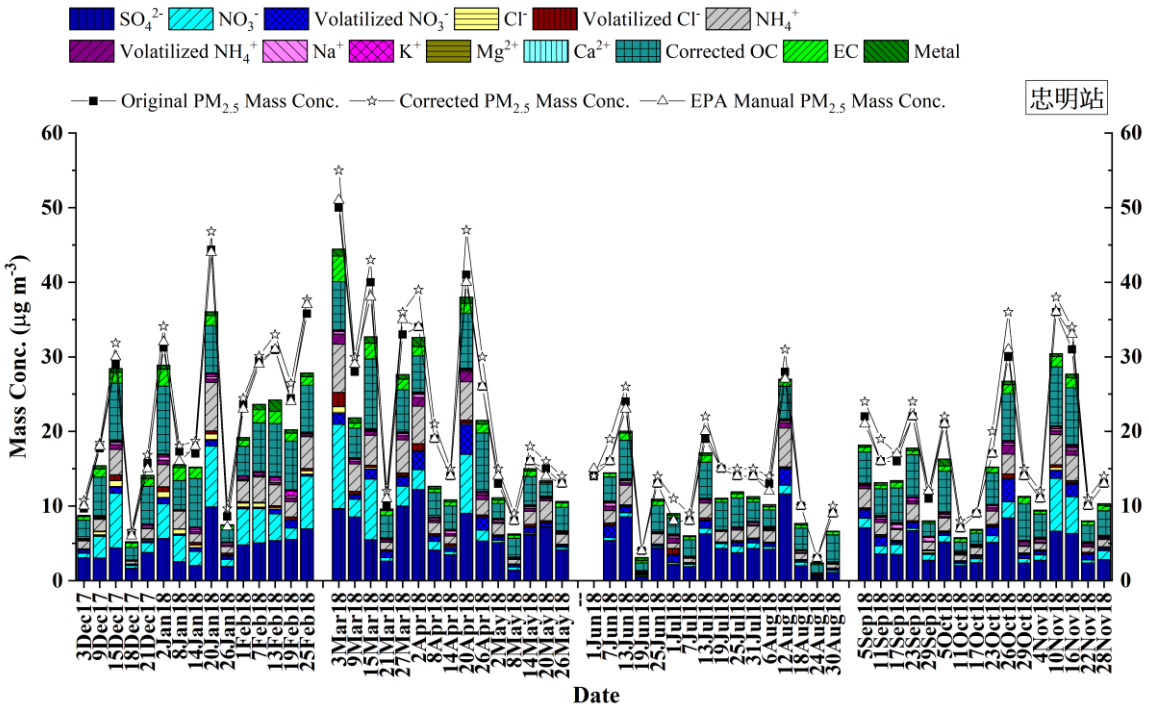


圖 4.2.3 忠明站例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 成分濃度隨時間變化

表 4.2.9 忠明站 2017 年 12 月~2018 年 2 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度

濾紙類型及項目 \ Date		03Dec17	09Dec17	15 Dec17	18 Dec17	21Dec17	2-Jan-18	8-Jan-18	14-Jan-18	20-Jan-18	26-Jan-18	1-Feb-18	7-Feb-18	13-Feb-18	19-Feb-18	25-Feb-18
濃度及占比	$PM_{2.5}$ 未修正濃度(μg m^{-3})	10	18	29	6	16	31	17	17	44	9	24	29	31	24	36
	$PM_{2.5}$ 修正後濃度 [1](μg m^{-3})	11	18	32	7	17	34	18	19	47	10	24	30	33	26	38
	$PM_{2.5}$ 濃度修正 [2] (%)	11	4	10	4	7	9	4	10	6	12	3	2	7	8	5
	已解析成分 [3] (%)	81	84	89	79	84	85	86	81	77	77	78	78	73	76	74
	修正後離子占比 [4] (%)	53	47	59	42	45	50	53	38	60	54	57	48	42	46	53
	修正後碳成分占比 [5] (%)	27	34	29	34	36	33	31	43	16	22	20	28	26	29	20
	金屬元素占比 [6] (%)	1	2	2	2	3	1	2	0	1	1	1	2	5	2	1
單張濾紙	Na^+(μg m^{-3})	0.12	0.15	0.32	0.11	0.23	0.44	0.08	0.24	0.32	0.24	0.19	0.17	0.33	0.28	0.19
	NH_4^+ (μg m^{-3})	1.07	1.57	3.41	0.37	1.32	2.97	2.38	1.17	6.50	0.87	2.80	3.41	2.83	2.06	4.26
	K^+ (μg m^{-3})	0.03	0.11	0.15	0.04	0.24	0.26	0.05	0.25	0.34	0.12	0.28	0.34	0.32	0.67	0.01
	Mg^{2+} (μg m^{-3})	0.01	0.02	0.02	0.00	0.03	0.12	0.02	0.02	0.09	0.01	0.01	0.01	0.04	0.04	0.10
	Ca^{2+} (μg m^{-3})	0.01	0.17	0.05	0.01	0.04	0.04	0.01	0.03	0.08	0.02	0.03	0.05	0.11	0.04	0.07
	Cl^- (μg m^{-3})	0.08	0.41	0.87	0.08	0.19	0.81	0.66	0.38	0.85	0.16	0.55	0.57	0.24	0.03	0.46
	NO_3^- (μg m^{-3})	0.62	2.90	7.33	0.37	1.34	4.64	3.51	1.91	8.16	0.95	4.86	4.58	3.61	1.54	7.08
	SO_4^{2-} (μg m^{-3})	3.07	3.05	4.39	1.68	3.77	5.66	2.57	2.03	9.90	1.90	4.79	5.09	5.37	5.54	6.95
	未修正離子濃度(μg m^{-3})	5.00	8.37	16.55	2.66	7.16	14.94	9.29	6.03	26.23	4.26	13.51	14.22	12.83	10.20	19.12
	未修正 OC (μg m^{-3})	2.42	5.34	7.45	1.95	4.74	8.82	3.72	6.34	6.18	2.09	4.18	6.96	6.50	6.97	5.30
	EC (μg m^{-3})	0.50	1.08	1.48	0.62	0.99	2.28	1.77	1.46	1.35	0.55	0.83	1.80	1.63	1.09	1.17
	未修正碳成分濃度(μg m^{-3})	2.92	6.42	8.93	2.58	5.72	11.10	5.49	7.80	7.53	2.63	5.01	8.75	8.13	8.06	6.47
	金屬元素濃度 [7] (μg m^{-3})	0.41	0.83	1.13	0.31	1.09	1.47	0.58	0.30	1.29	0.45	0.72	1.45	3.26	1.41	1.29
多張濾紙	揮發 NH_4^+ (μg m^{-3})	0.16	0.10	0.63	0.04	0.11	0.57	0.06	0.31	0.43	0.25	0.15	0.09	0.29	0.49	0.24
	揮發 NO_3^- (μg m^{-3})	0.43	0.21	0.82	0.11	0.27	0.82	0.18	0.48	0.77	0.43	0.23	0.18	0.61	1.07	0.25
	揮發 Cl^- (μg m^{-3})	0.07	0.08	0.77	0.01	0.07	0.66	0.02	0.34	0.41	0.25	0.16	0.07	0.22	0.36	0.32
	修正後的 NH_4^+ (μg m^{-3})	1.23	1.67	4.04	0.41	1.43	3.54	2.44	1.48	6.93	1.12	2.95	3.50	3.12	2.55	4.50
	修正後的 NO_3^- (μg m^{-3})	1.04	3.11	8.15	0.49	1.61	5.46	3.70	2.39	8.94	1.38	5.09	4.76	4.22	2.61	7.32
	修正後的 Cl^- (μg m^{-3})	0.15	0.49	1.64	0.08	0.26	1.47	0.68	0.71	1.26	0.42	0.71	0.64	0.45	0.38	0.78
	修正後離子濃度(μg m^{-3})	5.66	8.76	18.77	2.81	7.61	16.99	9.55	7.15	27.85	5.20	14.05	14.56	13.95	12.11	19.93
	揮發離子修正 [8] (%)	13	5	13	6	6	14	3	19	6	22	4	2	9	19	4
	第二張濾紙 OC (μg m^{-3})	0.87	0.83	1.07	0.50	0.98	1.36	0.87	0.96	1.48	0.70	0.73	1.01	1.34	0.61	1.18
	揮發 OC (μg m^{-3})	0.45	0.31	0.65	0.09	0.65	0.82	0.50	0.57	0.84	0.12	0.26	0.32	0.97	0.10	1.06
	被動吸附 VOCs (μg m^{-3})	0.43	0.52	0.42	0.41	0.33	0.54	0.37	0.39	0.64	0.59	0.47	0.70	0.38	0.51	0.11
	修正後 OC (μg m^{-3})	2.44	5.13	7.69	1.63	5.05	9.11	3.85	6.53	6.37	1.62	3.98	6.58	7.09	6.57	6.25
	揮發 OC 占比 [9] (%)	18	6	9	5	14	9	13	9	14	6	6	5	15	1	20
	被動吸附 VOCs 占比 [10](%)	18	10	6	21	7	6	10	6	10	28	11	10	6	7	2
	OC 揮發與吸附修正 [11] (%)	1	-4	3	-16	7	3	3	3	3	-22	-5	-5	9	-6	18

表 4.2.10 忠明站 2018 年 3~5 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度

濾紙類型及項目 \ Date		3-Mar-18	9-Mar-18	15-Mar-18	21-Mar-18	27-Mar-18	2-Apr-18	8-Apr-18	14-Apr-18	20-Apr-18	26-Apr-18	2-May-18	8-May-18	14-May-18	20-May-18	26-May-18
濃度及占比	$PM_{2.5}$ 未修正濃度(μg m^{-3})	50	28	40	10	33	34	19	14	41	26	13	8	16	15	13
	$PM_{2.5}$ 修正後濃度 [1](μg m^{-3})	55	30	43	12	36	39	21	15	47	30	15	9	18	16	14
	$PM_{2.5}$ 濃度修正 [2] (%)	10	6	8	16	8	14	7	11	16	12	8	13	14	9	7
	已解析成分 [3] (%)	80	73	76	81	77	83	61	71	81	72	76	72	82	84	77
	修正後離子占比 [4] (%)	61	55	48	48	56	65	42	45	61	40	57	36	56	71	48
	修正後碳成分占比 [5] (%)	18	15	27	31	20	16	17	24	19	30	17	34	25	11	27
	金屬元素占比 [6] (%)	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1
單張濾紙	Na^+(μg m^{-3})	0.34	0.26	0.16	0.11	0.29	0.44	0.22	0.36	0.19	0.23	0.23	0.09	0.24	0.15	0.13
	NH_4^+ (μg m^{-3})	6.49	3.69	4.01	1.00	4.46	5.04	1.50	1.03	5.15	2.07	1.54	0.63	1.75	2.68	1.36
	K^+ (μg m^{-3})	0.04	0.02	0.03	0.04	0.02	0.07	0.19	0.09	0.16	0.20	0.11	0.03	0.09	0.09	0.10
	Mg^{2+} (μg m^{-3})	0.09	0.07	0.07	0.03	0.09	0.10	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.01	0.03	0.02	0.02
	Ca^{2+} (μg m^{-3})	0.10	0.11	0.11	0.08	0.14	0.13	0.20	0.08	0.09	0.08	0.09	0.06	0.08	0.06	0.06
	Cl^- (μg m^{-3})	0.94	0.06	0.24	0.06	0.14	0.14	0.09	0.16	0.18	0.09	0.11	0.05	0.06	0.05	0.07
	NO_3^- (μg m^{-3})	11.29	2.40	8.12	0.48	2.68	2.67	1.15	0.47	7.91	1.47	0.33	0.43	0.19	0.05	0.32
	SO_4^{2-} (μg m^{-3})	9.67	8.53	5.50	2.62	10.00	12.23	4.13	3.46	9.04	5.33	5.10	1.41	6.19	7.17	4.16
	未修正離子濃度(μg m^{-3})	28.96	15.13	18.25	4.43	17.81	20.82	7.51	5.69	22.75	9.50	7.55	2.70	8.63	10.27	6.22
	未修正 OC (μg m^{-3})	6.80	3.91	8.78	3.14	5.43	5.05	3.65	3.20	7.02	7.57	2.28	2.34	3.42	1.65	3.22
	EC (μg m^{-3})	3.44	0.70	2.14	0.66	1.41	1.23	0.47	0.52	1.37	1.19	0.45	0.41	0.71	0.21	0.60
	未修正碳成分濃度(μg m^{-3})	10.24	4.61	10.93	3.80	6.85	6.29	4.11	3.72	8.39	8.75	2.72	2.75	4.13	1.86	3.82
	金屬元素濃度 [7] (μg m^{-3})	2.13	1.57	1.53	0.37	1.24	2.95	0.57	1.03	1.73	1.07	0.85	0.56	1.19	0.58	0.50
多張濾紙	揮發 NH_4^+ (μg m^{-3})	1.37	0.36	0.52	0.34	0.54	1.16	0.31	0.32	1.35	0.60	0.21	0.12	0.40	0.28	0.13
	揮發 NO_3^- (μg m^{-3})	1.44	0.59	1.36	0.79	1.26	2.40	0.71	0.54	4.01	1.69	0.47	0.27	0.79	0.53	0.21
	揮發 Cl^- (μg m^{-3})	1.88	0.38	0.26	0.21	0.34	0.91	0.21	0.32	0.37	0.22	0.14	0.08	0.33	0.25	0.13
	修正後的 NH_4^+ (μg m^{-3})	7.86	4.05	4.54	1.34	5.00	6.20	1.81	1.35	6.50	2.67	1.75	0.74	2.14	2.97	1.49
	修正後的 NO_3^- (μg m^{-3})	12.72	2.98	9.48	1.27	3.95	5.07	1.86	1.01	11.93	3.17	0.80	0.70	0.98	0.57	0.53
	修正後的 Cl^- (μg m^{-3})	2.82	0.43	0.50	0.27	0.48	1.05	0.30	0.48	0.55	0.31	0.25	0.13	0.39	0.31	0.20
	修正後離子濃度(μg m^{-3})	33.65	16.46	20.39	5.77	19.95	25.30	8.75	6.87	28.49	12.01	8.37	3.16	10.15	11.33	6.69
	揮發離子修正 [8] (%)	16	9	12	30	12	22	16	21	25	26	11	17	18	10	8
	第二張濾紙 OC (μg m^{-3})	0.92	0.51	1.55	0.74	1.06	0.79	0.81	0.82	1.06	1.31	0.80	0.92	0.97	0.48	0.86
	揮發 OC (μg m^{-3})	0.28	0.28	1.04	0.30	0.64	0.30	0.11	0.39	0.69	0.76	0.26	0.54	0.69	0.22	0.39
	被動吸附 VOCs (μg m^{-3})	0.64	0.23	0.50	0.44	0.42	0.50	0.70	0.43	0.37	0.55	0.54	0.37	0.28	0.26	0.47
	修正後 OC (μg m^{-3})	6.45	3.96	9.32	2.99	5.65	4.85	3.06	3.17	7.34	7.78	1.99	2.51	3.83	1.62	3.14
	揮發 OC 占比 [9] (%)	4	7	12	9	12	6	3	12	10	10	11	23	20	13	12
	被動吸附 VOCs 占比 [10](%)	9	6	6	14	8	10	19	13	5	7	24	16	8	16	15
	OC 揮發與吸附修正 [11] (%)	-5	1	6	-5	4	-4	-16	-1	5	3	-12	7	12	-2	-2

表 4.2.11 忠明站 2018 年 6~8 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度

濾紙類型及項目 \ Date		1-Jun-18	7-Jun-18	13-Jun-18	19-Jun-18	25-Jun-18	1-Jul-18	7-Jul-18	13-Jul-18	19-Jul-18	25-Jul-18	31-Jul-18	6-Aug-18	12-Aug-18	18-Aug-18	24-Aug-18	30-Aug-18
濃度及占比	$PM_{2.5}$ 未修正濃度(μg m^{-3})		14	16	24	4	13	8	8	19	15	14	14	13	28	10	3	9
	$PM_{2.5}$ 修正後濃度 [1](μg m^{-3})		14	19	26	4	14	11	9	22	15	15	15	14	31	10	3	10
	$PM_{2.5}$ 濃度修正 [2] (%)		---	16	8	6	6	37	4	13	5	10	7	8	13	6	16	11
	已解析成分 [3] (%)		---	77	78	74	80	85	71	80	72	78	76	75	87	75	69	64
	修正後離子占比 [4] (%)		---	57	53	32	48	59	39	51	45	47	54	53	69	41	30	24
	修正後碳成分占比 [5] (%)		---	20	24	31	30	23	31	27	27	29	20	20	17	32	37	39
	金屬元素占比 [6] (%)		---	0	1	10	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	0
單張濾紙	Na^+(μg m^{-3})		---	0.43	0.27	0.09	0.08	0.27	0.09	0.08	0.08	0.08	0.23	0.17	0.22	0.21	0.03	0.10
	NH_4^+ (μg m^{-3})		---	1.66	2.64	0.14	1.40	0.69	0.59	2.00	1.40	1.40	1.61	1.54	5.21	0.82	0.06	0.50
	K^+ (μg m^{-3})		---	0.08	0.15	0.02	0.04	0.15	0.02	0.04	0.04	0.04	0.09	0.05	0.11	0.07	0.04	0.05
	Mg^{2+} (μg m^{-3})		---	0.09	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
	Ca^{2+} (μg m^{-3})		---	0.11	0.10	0.09	0.06	0.10	0.09	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.06	0.07	0.08	0.04
	Cl^- (μg m^{-3})		---	0.11	0.10	0.07	0.02	0.14	0.06	0.05	0.15	0.05	0.08	0.04	0.10	0.02	0.02	0.04
	NO_3^- (μg m^{-3})		---	0.43	0.55	0.17	0.21	0.26	0.34	0.74	0.63	0.90	0.73	0.37	1.16	0.47	0.13	0.29
	SO_4^{2-} (μg m^{-3})		---	5.38	8.56	0.53	4.40	2.16	1.88	6.29	4.34	3.75	4.33	4.21	11.65	2.01	0.29	1.10
	未修正離子濃度(μg m^{-3})		---	8.29	12.38	1.12	6.21	3.79	3.08	9.27	6.71	6.28	7.18	6.47	18.54	3.68	0.65	2.13
	未修正 OC (μg m^{-3})		---	3.57	5.35	1.73	3.57	2.34	2.91	4.54	3.54	3.90	2.82	2.33	4.24	3.20	1.59	3.33
	EC (μg m^{-3})		---	0.48	0.99	0.30	0.61	0.36	0.41	0.94	0.39	0.59	0.41	0.41	0.75	0.37	0.16	0.43
	未修正碳成分濃度(μg m^{-3})		---	4.06	6.34	2.02	4.19	2.70	3.31	5.49	3.92	4.49	3.23	2.74	4.98	3.58	1.75	3.76
	金屬元素濃度 [7] (μg m^{-3})		---	0.40	0.71	0.83	0.57	0.64	0.48	0.94	0.64	0.72	0.80	0.47	0.50	0.86	0.08	0.21
多張濾紙	揮發 NH_4^+ (μg m^{-3})		---	0.58	0.31	0.07	0.10	0.69	0.06	0.45	0.03	0.24	0.20	0.18	0.72	0.12	0.10	0.10
	揮發 NO_3^- (μg m^{-3})		---	1.53	0.79	0.07	0.22	0.97	0.08	1.02	0.05	0.47	0.45	0.44	2.18	0.26	0.20	0.20
	揮發 Cl^- (μg m^{-3})		---	0.28	0.17	0.10	0.06	0.81	0.07	0.31	0.03	0.21	0.13	0.09	0.17	0.08	0.09	0.08
	修正後的 NH_4^+ (μg m^{-3})		---	2.24	2.95	0.21	1.50	1.38	0.65	2.46	1.44	1.64	1.81	1.72	5.93	0.93	0.16	0.60
	修正後的 NO_3^- (μg m^{-3})		---	1.96	1.33	0.24	0.43	1.23	0.42	1.77	0.69	1.36	1.18	0.81	3.34	0.74	0.33	0.49
	修正後的 Cl^- (μg m^{-3})		---	0.39	0.26	0.17	0.08	0.95	0.13	0.36	0.18	0.25	0.21	0.13	0.27	0.10	0.10	0.13
	修正後離子濃度(μg m^{-3})		---	10.68	13.65	1.36	6.59	6.25	3.30	11.06	6.83	7.19	7.96	7.19	21.60	4.14	1.03	2.52
	揮發離子修正 [8] (%)		---	29	10	21	6	65	7	19	2	14	11	11	17	12	59	18
	第二張濾紙 OC (μg m^{-3})		---	0.88	1.34	0.72	0.95	1.06	0.99	1.08	0.99	1.05	0.57	0.71	0.91	0.56	0.62	0.95
	揮發 OC (μg m^{-3})		---	0.27	0.57	0.00	0.43	0.41	0.14	0.68	0.59	0.50	0.18	0.35	0.57	0.14	0.08	0.62
	被動吸附 VOCs (μg m^{-3})		---	0.61	0.77	0.72	0.53	0.64	0.85	0.41	0.41	0.55	0.39	0.37	0.34	0.41	0.54	0.33
	修正後 OC (μg m^{-3})		---	3.23	5.15	1.01	3.48	2.11	2.20	4.81	3.72	3.86	2.60	2.31	4.47	2.93	1.12	3.63
	揮發 OC 占比 [9] (%)		---	8	11	0	12	18	5	15	17	13	6	15	14	4	5	19
	被動吸附 VOCs 占比 [10](%)		---	17	14	42	15	27	29	9	11	14	14	16	8	13	34	10
	OC 揮發與吸附修正 [11] (%)		---	-10	-4	-42	-3	-10	-24	6	5	-1	-8	-1	6	-8	-29	9

表 4.2.12 忠明站 2018 年 9~11 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度

濾紙類型及項目 \ Date		5-Sep-18	11-Sep-18	17-Sep-18	23-Sep-18	29-Sep-18	5-Oct-18	11-Oct-18	17-Oct-18	23-Oct-18	26-Oct-18	29-Oct-18	4-Nov-18	10-Nov-18	16-Nov-18	22-Nov-18	28-Nov-18
濃度及占比	$PM_{2.5}$ 未修正濃度(μg m^{-3})	22	16	16	22	11	21	7	9	17	30	14	11	36	31	10	13
	$PM_{2.5}$ 修正後濃度 [1](μg m^{-3})	24	19	17	24	12	22	8	9	20	36	15	12	38	34	11	14
	$PM_{2.5}$ 濃度修正 [2] (%)	10	14	6	9	6	5	6	8	12	17	7	10	7	10	14	9
	已解析成分 [3] (%)	76	71	78	75	67	73	74	73	77	75	73	77	80	81	70	74
	修正後離子占比 [4] (%)	55	47	45	48	50	41	50	52	52	53	35	48	54	53	45	43
	修正後碳成分占比 [5] (%)	20	22	31	26	16	28	22	20	25	21	37	28	24	26	24	29
	金屬元素占比 [6] (%)	1	2	1	1	1	4	2	1	0	1	1	1	1	1	1	2
單張濾紙	Na^+(μg m^{-3})	0.12	0.26	0.53	0.09	0.50	0.25	0.17	0.14	0.25	0.28	0.22	0.30	0.29	0.30	0.19	0.15
	NH_4^+ (μg m^{-3})	2.59	1.63	1.44	2.24	1.07	1.76	0.75	0.98	1.78	2.69	0.89	0.86	4.07	3.40	0.72	1.00
	K^+ (μg m^{-3})	0.12	0.10	0.13	0.43	0.06	0.20	0.05	0.04	0.07	0.20	0.21	0.10	0.26	0.22	0.04	0.05
	Mg^{2+} (μg m^{-3})	0.04	0.07	0.07	0.06	0.06	0.03	0.05	0.04	0.02	0.04	0.03	0.06	0.04	0.04	0.02	0.02
	Ca^{2+} (μg m^{-3})	0.06	0.06	0.07	0.05	0.05	0.08	0.06	0.05	0.09	0.11	0.11	0.18	0.09	0.12	0.07	0.09
	Cl^- (μg m^{-3})	0.08	0.10	0.10	0.02	0.30	0.06	0.05	0.05	0.14	0.07	0.06	0.10	0.41	0.17	0.00	0.05
	NO_3^- (μg m^{-3})	1.29	1.06	1.34	0.33	0.80	0.88	0.30	0.56	0.94	2.16	0.61	0.75	7.11	4.92	0.44	1.20
	SO_4^{2-} (μg m^{-3})	7.09	3.61	3.53	6.70	2.74	5.19	2.02	2.40	5.12	8.43	2.37	2.74	6.62	6.34	2.36	2.84
	未修正離子濃度(μg m^{-3})	11.39	6.89	7.20	9.93	5.59	8.44	3.45	4.27	8.42	13.98	4.49	5.11	18.88	15.50	3.85	5.41
	未修正 OC (μg m^{-3})	4.25	3.78	4.77	5.38	1.89	5.82	2.15	2.11	4.42	6.25	5.37	3.19	7.74	7.81	2.67	3.17
	EC (μg m^{-3})	0.64	0.46	0.79	0.54	0.26	0.73	0.49	0.40	0.70	1.19	0.88	0.41	1.37	1.32	0.49	0.71
	未修正碳成分濃度(μg m^{-3})	4.89	4.24	5.56	5.92	2.14	6.55	2.64	2.51	5.12	7.43	6.25	3.60	9.12	9.13	3.15	3.89
	金屬元素濃度 [7] (μg m^{-3})	0.63	0.74	1.12	1.11	0.56	1.31	0.30	0.25	0.26	1.28	0.47	0.35	1.26	1.10	0.42	0.53
多張濾紙	揮發 NH_4^+ (μg m^{-3})	0.41	0.45	0.15	0.33	0.11	0.19	0.12	0.17	0.44	1.18	0.23	0.20	0.47	0.65	0.34	0.17
	揮發 NO_3^- (μg m^{-3})	1.11	1.20	0.29	0.77	0.17	0.38	0.20	0.31	1.15	3.07	0.53	0.40	1.07	1.69	0.78	0.29
	揮發 Cl^- (μg m^{-3})	0.18	0.21	0.14	0.22	0.11	0.15	0.12	0.15	0.21	0.57	0.15	0.16	0.31	0.31	0.22	0.16
	修正後的 NH_4^+ (μg m^{-3})	3.01	2.08	1.59	2.58	1.18	1.94	0.86	1.14	2.22	3.87	1.12	1.06	4.54	4.05	1.06	1.16
	修正後的 NO_3^- (μg m^{-3})	2.40	2.26	1.63	1.10	0.97	1.26	0.50	0.87	2.08	5.23	1.14	1.16	8.18	6.60	1.23	1.49
	修正後的 Cl^- (μg m^{-3})	0.26	0.31	0.23	0.24	0.41	0.21	0.17	0.20	0.35	0.64	0.21	0.25	0.72	0.48	0.22	0.22
	修正後離子濃度(μg m^{-3})	13.09	8.75	7.78	11.25	5.97	9.16	3.88	4.89	10.21	18.80	5.40	5.86	20.73	18.15	5.18	6.03
	揮發離子修正 [8] (%)	15	27	8	13	7	8	13	15	21	34	20	15	10	17	35	12
	第二張濾紙 OC (μg m^{-3})	1.09	1.12	0.99	1.04	0.80	0.86	0.88	0.80	0.92	0.92	0.67	0.86	0.90	0.95	0.63	0.92
	揮發 OC (μg m^{-3})	0.51	0.44	0.43	0.66	0.30	0.27	0.00	0.09	0.37	0.48	0.10	0.37	0.55	0.43	0.10	0.55
	被動吸附 VOCs (μg m^{-3})	0.59	0.68	0.56	0.38	0.50	0.59	0.88	0.71	0.55	0.44	0.57	0.49	0.35	0.52	0.53	0.37
	修正後 OC (μg m^{-3})	4.17	3.55	4.63	5.65	1.70	5.49	1.27	1.48	4.24	6.28	4.90	3.08	7.94	7.71	2.24	3.35
	揮發 OC 占比 [9] (%)	12	12	9	12	16	5	0	4	8	8	2	12	7	5	4	17
	被動吸附 VOCs 占比 [10](%)	14	18	12	7	26	10	41	34	12	7	11	15	5	7	20	12
	OC 揮發與吸附修正 [11] (%)	-2	-6	-3	5	-10	-6	-41	-30	-4	1	-9	-4	3	-1	-16	6

備註:

1. $PM_{2.5}$ 修正後濃度=$PM_{2.5}$ 未修正濃度+揮發離子+揮發 OC。未修正濃度是由鐵氟龍濾紙採集獲得，鐵氟龍濾紙不會吸附 VOCs。
2. $PM_{2.5}$ 修正(%)=(揮發離子+揮發 OC)/$PM_{2.5}$ 未修正濃度。
3. 已解析成分(%)=[金屬元素濃度(不含水溶性成分已分析者)+修正後離子濃度+修正後 OC+EC]/$PM_{2.5}$ 修正後濃度。
4. 修正後離子占比(%)=(揮發離子+原始離子)/$PM_{2.5}$ 修正後濃度。
5. 修正後碳成分占比(%)=(揮發 OC+未修正 OC+EC)/$PM_{2.5}$ 修正後濃度。
6. 金屬元素占比(%)=金屬元素濃度(不含水溶性成分已分析者)/$PM_{2.5}$ 修正後濃度。
7. 金屬元素濃度=包含水溶性離子解析成分
8. 揮發離子修正(%)=揮發離子/未修正離子濃度。
9. 揮發 OC 占比(%)=揮發 OC/未修正 OC。
10. 被動吸附 VOCs 占比=被動吸附 VOCs/未修正 OC。
11. OC 揮發與吸附修正(%)=(修正後 OC-未修正 OC)/修正後 OC

3. 金屬元素成分分析結果

圖 4.2.4 為忠明站 2017 年 12 月到 2018 年 11 月採樣期間各樣本各金屬元素濃度(ng m^{-3})變化及富集因子(Enrichment factor, ☆)平均值，金屬元素濃度高低差異甚大，為了容易檢視，本計畫根據金屬元素濃度變化範圍，劃分為高、中、低三段濃度群。富集因子輔助判別物種是否受人為活動影響，本計畫以取對數後 EF 值 1 為界線，大於 1 代表受到人為活動影響，同時圖中數值經過對數處理，本段講述數值將以取對數後 EF 為主。圖 4.2.4 上半部顯示高濃度金屬元素群只有 Zn 的 Log EF 值接近 3，顯示受到人為影響程度相當高，Zn 為交通排放、輪胎和剎車磨損、垃圾焚化、二次冶煉指標金屬元素，其餘高濃度元素群多數來自然來源，並以元素 Na 濃度最高。中間濃度群除元素 Ti 外，多數元素受人為活動影響，以燃煤和工業排放指標金屬元素 Pb 濃度次高和富集因子最高，元素 Mn Log EF 值略大於 1，同時濃度為中濃度群次高，這顯示忠明地區元素 Mn 除了揚塵貢獻外，可能與鋼鐵業有關。交通排放或燃煤電廠排放指標金屬元素 Mo 有相對較高的富集因子(Log EF>2)但濃度不高，其他受人為活動影響金屬元素 Ni、Cu、V、Cr 也有大於 1 的富集因子，Ni 及 V 主要來自燃油燃燒，金屬元素 Cu 可能來自工業影響或是汽車剎車墊片磨損產生，Cr 主要來自鋼鐵業、交通及燃煤。低濃度群中 Sr、Co、Rb、Ce 及 Nd 等元素富集因子較低，受人為活動影響較小，其他元素如 Se、Sn 濃度及富集因子較高，Se 主要來源為燃煤燃燒、Sn 則可能來自交通排放、燃煤燃燒及非鐵金屬製造。

2017 年冬季觀測期間，忠明站金屬元素濃度約在 2 μg m^{-3} 以內，除 2 月 13 日濃度有顯著增加外，其餘觀測日濃度相對穩定。2 月 13 日這天觀測資料顯示當天為 2 月份觀測期間 $PM_{2.5}$ 濃度次高日，濃度較高的指標元素大致分為兩大類，

塵土元素 Al、Fe、Na、Ti 與燃料燃燒指標元素 Pb、Sr、Se，由於當日曾有段期間受西南風影響，帶來較高的濃度，可能將西南方工業污染傳輸至觀測區。另外，冬季污染期間，如 1 月 20 日，事件成因推測這天受到區域污染物影響，這天燃煤燃燒指標元素 As、Se、Sn、Pb 都有較高的濃度(可透過圖中色塊看出)，顯示受到北部工業排放影響，另外元素 Fe、Cu、Mn 及 Pb 較高的濃度同時可能受到在地鋼鐵工業影響，這顯示污染事件不單為區域性的影響。

2018 年春季觀測期間，金屬濃度較高時期為 3 月 3 日及 4 月 2 日。3 月 3 日西部各觀測站都出現在地污染事件，這天忠明站除了與北部板橋站相似，有較高的 K、Sr、Ba 等炮竹指標元素外，元素 Sn、Cr、Cu 等元素偏高，則代表可能受到交通逸散源的影響，這些元素與車輛輪胎、剎車及軸承損耗有關。4 月 2 日屬於春季元素濃度及 $PM_{2.5}$ 質量濃度最高日，事件推論指出這天可能受到在地與區域污染共同影響。指標元素則呈現有相當高的 Al、Fe、Ca 等元素，應為污染傳輸時所夾帶的沙塵，另外，當天較高的元素 Sr、Se、Pb 則顯示受到燃煤燃燒排放影響，此外還可從濃度較高的元素中看見元素 Ba、Cu、Sb 等常見車輛剎車損耗所逸散的元素，藉由這些指標元素可更了解污染時期，影響空氣品質的污染源。

2018 年夏季元素平均濃度相對於春季及冬季有明顯的增加，由於中央研究院實驗室搬遷，春季自 4 月上旬至夏季元素成分分析工作轉由中山醫學大學-健康醫學中心分析環境檢測機構，兩個實驗室於樣本消化過程有所差異，因此濃度值略有改變空白值係因中山醫學大學無分析 Zr 元素。夏季金屬元素主要以元素 Na、Mn、V 及 Se 有較高的濃度，這些指標元素分別可代表，海鹽，工業製程及燃料燃燒。元素濃度於 6 月 7 日及 8 月 30 日都相當高，這兩日皆非污染事件日，8 月 24 日則受到降雨影響，這天除了元素濃度相當低，其他 $PM_{2.5}$ 化學成分同樣呈現相當低的濃度。6 月 7 日有相對高的元素 Al、Na、Ca 及 Ti，這些指標元素主要來自揚塵，另外較高 Se 與 Sn 則顯示受到在地燃煤燃燒影響。在 8 月 30 日同樣可看見與 6 月 7 日相似的元素指紋，高元素濃度來源主要為揚塵。

2018 年秋季金屬元素總濃度相當低，特別是 10 月 11 日至 23 日這段期間，主要原因是這段期間雖然東北季風逐漸增加，污染物擴散條件好，沒有受到污染傳輸影響，$PM_{2.5}$ 濃度只稍高於夏季。9 月 23 日為中秋節前夕，K、Ba、Pb、Sr 有較高濃度，凸顯爆竹煙火釋放的 $PM_{2.5}$ 成分。10 月 26 日、11 月 10 日及 11 月 16 日這三天無論 $PM_{2.5}$ 與金屬元素總濃度都是當月相對高值且其中兩日為污染

事件日，元素濃度以煉鋼、海鹽或燃煤指標元素 Fe、Na、Mn 有較高濃度，其他尚有生質燃燒指標元素 K 以及燃煤指標元素 Pb、Sn 與燃油燃燒指標元素 V 在這天有較高濃度，前述採樣資料顯示這天受到北部區域污染傳輸影響，透過指標元素的增量可發現這天的污染影響因子大多為揚塵與燃料燃燒排放。另外秋季元素 Ti 濃度異常高值，待分析同時採樣備用樣本方能確認數值正確性。

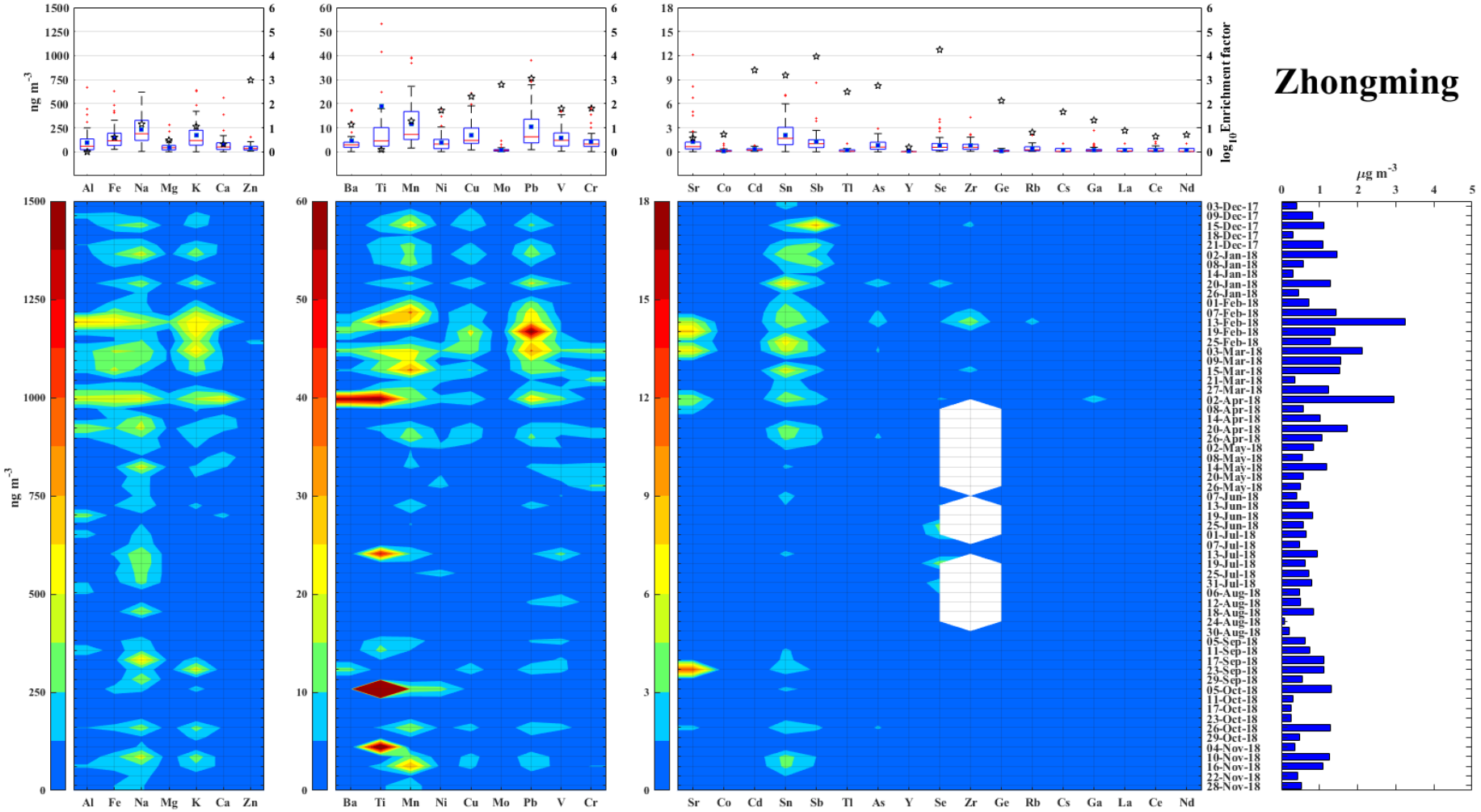


圖 4.2.4 忠明站例行性採樣期間 $PM_{2.5}$ 各金屬元素每日濃度(中圖)，上圖的盒鬚為每個金屬元素在採樣期間濃度(ng m^{-3})分布，星號表示每個金屬元素在採樣期間富集因子(Enrichment Factor, EF)平均數值，右圖為採樣期間每個樣本全部金屬元素濃度 (μg m^{-3})。

*圖中白框為 4 月上旬至夏季金屬元素成分分析轉由中山醫學大學-健康醫學中心分析環境檢測機構，該機構無分析 Zr 元素。

4.2.3 斗六站

1. 空氣品質監測資料與污染時期環境特徵

表 4.2.13 彙整各採樣日 $PM_{2.5}$ 質量及其他污染物濃度日平均值與天氣因子，各月份 $PM_{2.5}$ 濃度最高日以灰色標註，風向多為北北東，日平均風速多在 1.6 m s^{-1} 以下。

表 4.2.14 來源推論，透過環保署監測資料與 3 日逆推氣流軌跡將觀測期間各月份 $PM_{2.5}$ 濃度最高日與 $PM_{2.5}$ 濃度(手動或自動監測值)大於 35 μg m^{-3} 時期污染來源推論按照軌跡起源和入台路徑、$PM_{2.5}$ 濃度上升時段的風向和風速以及當時段主要氣態污染物進行分類，藉此區分當天污染濃度上升來源為境外、在地或是跨縣市污染區域傳輸，相關資料可由附錄四查照。2017 年 12 月至 2018 年 11 月共觀測到 17 次污染事件，分別為 12 月 9 日、12 月 15 日、1 月 2 日、1 月 20 日、2 月 7 日、2 月 13 日、2 月 25 日、3 月 3 日、3 月 15 日、3 月 27 日、4 月 2 日、4 月 20 日、4 月 26 日、8 月 12 日、10 月 29 日、11 月 10 日及 11 月 16 日。

冬季觀測期間(2017 年 12 月~2018 年 2 月)共觀測到 7 次事件日，其中 1 月 20 日 $PM_{2.5}$ 濃度為冬季採樣期間最高值，手動監測日平均濃度高達 59 μg m^{-3}。期間氣流主要起源於華中與華北地區，傳輸至台灣後由宜蘭、基隆一帶向南傳輸至斗六測站，沿途將傳輸台灣北部污染近來。另一方面，污染濃度較高樣本日平均風速普遍低於 1.5 m s^{-1}，主要原因可能與環境風場改變有關，當東北風轉為弱東風時，台灣西部地區位於背風側，風速將明顯降低，導致環境擴散條件轉差，使污染物濃度易於累積上升。當發生污染物傳輸時可發現 SO_2 或 O_3 與風速一同上升，並且當風向為北風時更為明顯，這種現象可於 1 月 20 日、2 月 7 日、2 月 13 日及 2 月 25 日發現，顯示影響斗六地區的跨區污染物主要來自測站北方的固定排放源。

春季觀測期間(2018 年 3 月~5 月)氣流來向逐漸由華中與華北地區轉為台灣東北方至西方海面，顯示東北季風正逐漸轉弱，期間共觀測到 6 次事件日，3 月 3 日這天手動監測 $PM_{2.5}$ 濃度為 53 μg m^{-3}，是春季採樣期間最高值，主要原因除了擴散條件不佳(濃度上升時段風速都減弱)，前日元宵節所施放煙火影響同為主要影響因子，這污染物來源主要為在地排放與前日污染殘留。其餘春季污染事件中，多可發現前日污染殘留的現象，顯示污染多不易消散；另外，進入春季後環

境中 O_3 濃度明顯高於冬季，如 4 月 26 日更高達 111 ppb，當天 $PM_{2.5}$ 濃度為春季第二高濃度，顯示受到光化學反應的影響，使原本累積於環境中的氣態污染物轉化為 $PM_{2.5}$ 和其他污染物。春季斗六站污染型態仍與冬季相似，但光化學作用的影響更加明顯。跨區污染傳輸的現象，普遍出現於下午時段，當吹拂北風至西北風時，污染物濃度隨風速上升有明顯增加，還可發現 SO_2 濃度也在此時與 $PM_{2.5}$ 濃度共同上升。

夏季觀測期間 (2018 年 6 月~8 月)僅有 8 月 12 日這天 $PM_{2.5}$ 濃度較高為 31 $\mu g\ m^{-3}$，整體空氣品質良好。8 月 12 日這天台灣東北方存在低壓中心，因此斗六測站位於盛行風向背風側，環境擴散條件不佳。由氣流軌跡路徑短，可知風速不高。從監測資料則可發現中午時段，風向由南風轉為東北風，同時風速明顯從 1.5 $m\ s^{-1}$ 上升到 3 $m\ s^{-1}$，此時 $PM_{2.5}$ 濃度隨這波高風速的東北風一同上升，O_3 與 SO_2 也有上升的現象，不排除受到上風處污染傳輸影響。綜合氣流軌跡與監測資料顯示這天污染來源主要為在地與跨區域傳輸。

秋季觀測期間(2018 年 9 月~11 月)盛行風向開始由夏季的南風風系轉為東北風，進入 10 月下旬後東北季風的影響不斷增加，因此 10 月中下旬開始，$PM_{2.5}$ 濃度日平均值明顯上升。如：10 月 23 日及 10 月 29 日，這兩日空品站自動監測濃度分別為 30 及 37 $\mu g\ m^{-3}$，污染來源型態透過各項觀測資料推論為在地與區域混合型，區域傳輸現象主要發生於中午時段。另外，比較 10 月份觀測期間濃度較高這兩日，10 月 29 日受到夜間擴散條件不佳影響，0 時起環境中 $PM_{2.5}$ 濃度已高達 40 $\mu g\ m^{-3}$，再加上日間臭氧濃度也略高於 10 月 23 日，導致這天有較高 $PM_{2.5}$ 濃度。11 月過後 $PM_{2.5}$ 濃度與冬季相似，其中又以 11 月 10 日與 16 日這兩天為秋季最高濃度，不過這兩天的高濃度成因略有差異，11 月 10 日這天軌跡資料顯示氣流來自山東，但整體大環境風場屬於高壓出海型態，因次氣流主要由海面傳輸至觀測站，對照監測資料顯示當日污染物隨風速上升時段多主要為午間受到海陸風交替影響，吹拂西至西南風時 SO_2 與 O_3 濃度皆與 $PM_{2.5}$ 一同上升，顯示受到沿海地區工業排放影響，因此這天屬於在地與區域污染共同影響的污染型態。11 月 16 日自 0 點開始環境中以有不低的 $PM_{2.5}$ 濃度，顯示夜間擴散條件不佳，午間東風轉強，污染物濃度隨風速持續上升，由當時風向推測這天可能受到北部污染物傳輸影響。

表 4.2.13 斗六站例行採樣期間空氣污染物濃度和氣象因子

Date	測站	$PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	CO (ppm)	NO_x (ppb)	SO_2 (ppb)	O_{3max} (ppb)	風向	風速 ($m\ s^{-1}$)	溫度 (℃)	最高溫度 (℃)	RH (%)	雨量 (mm)
3-Dec-17	斗六	25	0.3	16.3	2.1	62	北北東	2.0	22	27	78	NR
9-Dec-17	斗六	30	0.5	22.6	2.7	29	北北東	1.2	15	19	85	1.8
15-Dec-17	斗六	34	0.5	25.9	3.5	67	北	1.4	21	26	80	NR
18-Dec-17	斗六	14	0.3	18.3	2.4	49	北	2.3	18	22	69	NR
21-Dec-17	斗六	28	0.3	19.1	2.1	65	北北東	1.8	18	23	60	NR
2-Jan-18	斗六	38	0.6	24.0	4.1	63	北北東	1.3	20	26	76	NR
8-Jan-18	斗六	10	0.4	18.7	2.6	27	北北東	1.6	21	26	87	13.8
14-Jan-18	斗六	22	0.3	14.5	1.1	72	北北東	1.3	15	23	69	NR
20-Jan-18	斗六	52	0.5	20.6	2.7	54	北北東	1.6	21	24	82	NR
26-Jan-18	斗六	17	0.3	19.9	0.8	43	北	2.7	19	23	76	NR
1-Feb-18	斗六	26	0.6	20.8	2.2	36	北北東	2.3	14	16	81	3.0
7-Feb-18	斗六	40	0.5	35.8	3.2	25	北北東	1.4	12	14	81	4.2
13-Feb-18	斗六	39	0.4	20.7	3.3	74	北	1.3	17	23	65	NR
19-Feb-18	斗六	29	0.5	20.0	4.1	65	北	1.5	23	31	67	NR
25-Feb-18	斗六	36	0.5	21.9	2.7	56	北	2.4	21	27	77	NR
3-Mar-18	斗六	55	0.6	23.9	2.9	61	西	1.3	26	32	74	NR
9-Mar-18	斗六	31	0.4	17.2	1.6	57	北北東	2.0	15	19	66	NR
15-Mar-18	斗六	43	0.4	19.4	4.4	85	北	1.6	22	28	73	22.2
21-Mar-18	斗六	14	0.4	13.3	2.9	68	北北東	3.3	19	22	67	NR
27-Mar-18	斗六	46	0.4	17.5	2.1	97	北	1.9	23	29	73	NR
2-Apr-18	斗六	38	0.3	10.1	2.4	69	南	1.4	26	30	69	NR
8-Apr-18	斗六	26	0.4	12.5	2.9	81	北北東	1.6	21	27	57	NR
14-Apr-18	斗六	11	0.2	10.1	1.9	48	西南西	1.7	29	34	72	NR
20-Apr-18	斗六	33	0.3	12.3	2.3	69	東南東	1.3	26	30	68	NR
26-Apr-18	斗六	49	0.5	22.2	5.3	111	北	1.4	26	32	67	NR
2-May-18	斗六	16	0.3	9.6	2.0	58	西南西	1.6	30	34	69	NR
8-May-18	斗六	9	0.2	11.8	2.8	51	北	1.7	29	33	74	22.0
14-May-18	斗六	18	0.3	10.2	2.2	68	東南東	1.4	29	34	71	NR
20-May-18	斗六	21	0.2	10.0	2.3	48	北北東	1.7	31	34	71	NR
26-May-18	斗六	13	0.2	9.2	2.2	43	西南西	1.8	31	34	69	NR
1-Jun-18	斗六	24	0.3	13.7	1.8	103	北	2.3	30	35	73	NR
7-Jun-18	斗六	23	0.3	13.7	2.6	84	南	1.6	31	35	76	1.0
13-Jun-18	斗六	30	0.4	12.4	1.5	114	北北東	1.9	31	36	64	NR
19-Jun-18	斗六	4	0.2	8.9	1.6	34	南南西	2.0	26	28	88	99.6
25-Jun-18	斗六	14	0.2	9.5	1.3	62	東南	1.4	30	37	73	7.4
1-Jul-18	斗六	10	0.2	7.7	2.1	42	東南	1.4	29	36	78	37.8
7-Jul-18	斗六	8	0.2	9.2	1.8	57	西南西	1.6	30	36	73	4.6
13-Jul-18	斗六	21	0.3	12.9	3.2	77	南	1.4	30	35	75	NR

Date	測站	$PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	CO (ppm)	NO_x (ppb)	SO_2 (ppb)	O_{3max} (ppb)	風向	風速 ($m\ s^{-1}$)	溫度 (℃)	最高溫度 (℃)	RH (%)	雨量 (mm)
19-Jul-18	斗六	18	0.2	6.8	2.2	73	南南西	1.7	32	37	68	NR
25-Jul-18	斗六	8	0.2	8.8	1.2	50	東南東	1.4	30	36	76	11.0
31-Jul-18	斗六	12	0.2	7.0	2.9	45	西	1.7	32	37	69	NR
6-Aug-18	斗六	14	0.2	8.5	1.2	77	東北	1.8	31	36	70	NR
12-Aug-18	斗六	38	0.3	7.3	3.2	80	西南	1.6	31	35	71	11.2
18-Aug-18	斗六	9	0.2	9.5	3.6	48	南南東	1.2	28.9	26	80	9.4
24-Aug-18	斗六	4	0.2	5.7	2.2	45	南南西	3.4	25	27	92	192.8
30-Aug-18	斗六	8	0.3	11.8	2.5	26	西	1.2	28	31	78	0.2
5-Sep-18	斗六	19	0.3	9.6	3.6	60	西南	1.3	30	35	78	7.8
11-Sep-18	斗六	20	0.3	11.4	3.5	52	南南西	1.4	29	32	80	NR
17-Sep-18	斗六	14	0.3	11.0	3.7	71	東北	1.5	30	35	75	NR
23-Sep-18	斗六	23	0.3	8.5	3.3	70	東南	1.4	30	34	72	0.2
29-Sep-18	斗六	13	0.3	7.2	2.1	72	東北東	3.6	27	31	62	NR
5-Oct-18	斗六	22	0.3	14.5	3.9	97	北	2.1	26	31	64	NR
11-Oct-18	斗六	12	0.3	11.3	2.5	72	北北東	2.4	25	29	73	NR
17-Oct-18	斗六	21	0.4	14.8	2.8	78	北	2.0	25	29	78	NR
23-Oct-18	斗六	30	0.3	16.8	3.0	80	北北東	1.8	26	31	75	NR
29-Oct-18	斗六	37	0.4	19.5	3.2	99	北北東	1.5	22	29	63	NR
4-Nov-18	斗六	30	0.3	11.7	2.1	64	北北東	1.3	26	31	79	NR
10-Nov-18	斗六	44	0.5	16.8	2.2	85	西南西	1.2	25	29	78	NR
16-Nov-18	斗六	44	0.5	24.6	4.7	92	北	1.5	26	30	76	NR
22-Nov-18	斗六	24	0.5	18.5	3.1	64	北	2.6	23	27	72	NR
28-Nov-18	斗六	16	0.3	23.8	2.5	32	北	1.7	21	23	85	12.6

註：灰階表示當次樣本為月最大濃度，『NR』表示該時段無降雨；『－』表示數據不足或缺值。

表 4.2.14 斗六站例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 各月份高濃度與污染事件採樣日特徵及污染來源推論

日期	自動 $PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	修正後 $PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	O_{3max} (ppb)	氣流起源	入台路徑	濃度上升時段	風向	風速變化 ($m\ s^{-1}$)	主要氣態污染物	來源推論
09-Dec-18	30	38	29	華北	宜蘭→斗六	1. 4-6 2. 9-13 3. 17-20	1. NE-ESE 2. E-NNE 3. NNE	1. 0.8→0.6 2. 0.9→1.5 3. 1.3→0.9	1. CO、NO_x 2. CO、NO_x、SO_2 3. CO、NO_x、SO_2	◆ 在地
15-Dec-18	34	45	67	黃海	基隆→斗六	1. 0-2 2. 6-9 3. 14-19	1. SE-NW 2. NNE-S 3. NNW-NNE	1. 0.7→1 2. 0.7→0.9 3. 1.8→3.1→2	1. — 2. CO、NO_x、SO_2 3. CO、NO_x	◆ 在地 ◆ 區域
02-Jan-18	38	43	63	華北	宜蘭→斗六	1. 1-4 2. 18-22	1. NNE-E 2. NNE-S	1. 0.6→0.9 2. 0.6→0.8	1. — 2. CO、NO_x	◆ 在地
20-Jan-18	52	59	54	黃海	基隆→斗六	1. 2-7 2. 10-15 3. 17-20	1. N-NE 2. NNE 3. N-NNE	1. 1.2→0.6→2.3 2. 1.9→1.1→2.1 3. 2.5→2.2	1. SO_2、CO、NO_x 2. O_3 3. —	◆ 在地 ◆ 區域
07-Feb-18	40	46	25	華中	基隆→斗六	1. 2-6 2. 8-12 3. 15-18	1. NE-SE 2. NNE 3. N-NNE	1. 0.6→1.3 2. 1.2→1.9 3. 1.5→2	1. — 2. — 3. SO_2、CO、NO_x	◆ 殘留 ◆ 在地 ◆ 區域
13-Feb-18	39	43	74	華中	基隆→斗六	1. 3-9 2. 12-15 3. 18-21	1. N-E 2. W-WNW 3. N-NE	1. 1.7→0.8 2. 2.5→1.5→2.4 3. 2.2→0.7	1. SO_2、CO、NO_x 2. O_3 3. SO_2、CO、NO_x	◆ 殘留 ◆ 在地 ◆ 區域
25-Feb-18	36	44	56	黃海	桃園→斗六	1. 0-1 2. 6-9	1. N-NE 2. N-NNE	1. 0.7→1 2. 1.6→3.5	1. — 2. SO_2、CO、NO_x	◆ 殘留 ◆ 在地 ◆ 區域
03-Mar-18	55	53	61	華中	台中→斗六	1. 0-2 2. 4-6 3. 18-21	1. NE-NNE 2. N-ESE 3. WNW-SE	1. 1.1→0.8 2. 1.8→0.9 3. 1.4→0.8	1. SO_2、CO 2. CO、NO_x 3. —	◆ 殘留 ◆ 在地
15-Mar-18	43	44	85	華南沿海	台中→斗六	1. 0-4 2. 6-8 3. 10-13 4. 15-18	1. ESE-NE 2. NE-E 3. WNW-N 4. N-NNE	1. 0.5→1.8→1.3 2. 0.6→2.8 3. 2 4. 1.7→2.5	1. — 2. CO、NO_x 3. SO_2、O_3 4. —	◆ 殘留 ◆ 在地 ◆ 區域
27-Mar-18	46	48	97	台灣東北方海域	台中→斗六	1. 0 2. 10-12 3. 14-15 4. 18-19	1. SSE 2. NNE 3. N 4. NNE-NE	1. 0.6 2. 2.8→3.1 3. 4.8→4.2 4. 2→1.4	1. — 2. O_3 3. SO_2、CO、NO_x 4. CO、NOx	◆ 殘留 ◆ 在地 ◆ 區域

日期	自動 $PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	修正後 $PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	O_{3max} (ppb)	氣流起源	入台路徑	濃度上升時段	風向	風速變化 ($m\ s^{-1}$)	主要氣態污染物	來源推論
02-Apr-18	38	35	69	西太平洋	雲林→斗六	1. 0 2. 11-17 3. 20-22	1. SSW 2. W-N 3. SE-S	1. 0.7 2. 1.7→2.4 3. 0.9→1	1. — 2. CO、NO_x 3. —	◆ 殘留 ◆ 在地 ◆ 區域
20-Apr-18	33	40	69	台灣東北方海面	基隆→斗六	1. 6-8 2. 14-19	1. ESE-WSW 2. N	1. 0.7→1.6 2. 1.5	1. CO、NO_x、SO_2 2. CO、NO_x、SO_2	◆ 在地
26-Apr-18	49	46	111	華北	基隆→斗六	1. 0-3 2. 4-9 3. 12-15	1. NNE-S 2. N-NNW 3. NNW-N	1. 0.9→0.6 2. 1.1→1.4 3. 2.1→3.3→2.6	1. — 2. SO_2、CO、NO_x 3. SO_2、O_3	◆ 在地 ◆ 區域
20-May-18	21	18	48	華南沿海	嘉義→斗六	1. 8-11 2. 17-20	1. WSW-WNW 2. NNW-N	1. 1.5→2.5 2. 2.1→1.2	1. SO_2 2. CO、NO_x	◆ 在地 ◆ 區域
13-Jun-18	30	28	85	華中沿海	宜蘭→斗六	1. 0 2. 6-7 3. 10-13 4. 15-18	1. ESE 2. NE-E 3. WNW-N 4. N	1. 0.5 2. 0.6→1.1 3. 2 4. 1.7→3.2→2.5	1. — 2. CO、NO_x 3. SO_2、O_3 4. CO、NO_x	◆ 殘留 ◆ 在地 ◆ 區域
13-Jul-18	21	18	77	華南沿海	台中→斗六	1. 4-7 2. 10-11 3. 17-19	1. SSW-S 2. NNE 3. SE-E	1. 1→0.7 2. 2→1.9 3. 1.4→1.2	1. SO_2、CO、NO_x 2. — 3. SO_2、CO、NO_x	◆ 在地 ◆ 區域
12-Aug-18	38	31	80	華南沿海	台中→斗六	1. 9-14 2. 19-21	1. S-NE 2. SE-SW	1. 1.5→3 2. 0.6→1.5	1. SO_2、O_3 2. CO、NO_x	◆ 在地 ◆ 區域
23-Sep-18	23	24	70	台灣東部海面	宜蘭→斗六	1. 6-9 2. 12-15	1. SE-NNW 2. NNW-N	1. 0.5→1.5 2. 2.8→3.1	1. SO_2 2. —	◆ 在地 ◆ 區域
29-Oct-18	37	35	99	山西	基隆→斗六	1. 0 2. 12-15 3. 18-21	1. NE 2. NNW-N 3. N-NE	1. 0.5 2. 1.5→3.8 3. 1.1→0.7	1. O_3、NO_x 2. O_3、NO_x 3. CO、NO_x	◆ 殘留 ◆ 區域 ◆ 在地
10-Nov-18	44	45	85	山東	基隆→斗六	1. 1-5 2. 6-7 3. 11-13 4. 18-21	1. NE-SSW 2. SW-NNE 3. WSW-W 4. WNW-SSW	1. 0.6→0.9 2. 0.8→1.1 3. 1.9→2.3 4. 1.2→1	1. — 2. CO、NO_x 3. SO_2、O_3 4. CO、NO_x	◆ 在地 ◆ 區域
16-Nov-18	44	48	92	東海	基隆→斗六	1. 0 2. 6-9 3. 11-12	1. WSW 2. NE-SSE 3. N-NNW	1. 0.5 2. 1.3→0.9 3. 1.6→2.1	1. — 2. CO、NO_x 3. O_3	◆ 殘留 ◆ 在地 ◆ 區域

日期	自動 $PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	修正後 $PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	O_{3max} (ppb)	氣流起源	入台路徑	濃度上升時段	風向	風速變化 ($m\ s^{-1}$)	主要氣態污染物	來源推論
						4. 15-17	4. NNW-N	4. 2.2→2	4. NO_x	
						5. 19-21	5. N-NNE	5. 1.8→2.1	5. —	

註:

1. 「殘留」指 0 點起 $PM_{2.5}$ 濃度監測值已大於 35 $\mu g\ m^{-3}$；修正後 $PM_{2.5}$ 濃度為本計畫手動量測並經過揮發與吸附修正結果。
2. 「氣流來向」指 72 小時前，氣流軌跡起始點所在區域。
3. 「主要氣態污染物」指隨 $PM_{2.5}$ 濃度上升的氣態污染物。

2. $PM_{2.5}$ 化學成分檢測濃度

數據解析期間(2017 年 12 月至 2018 年 11 月)手動採樣 $PM_{2.5}$ 質量濃度(■)、修正後質量濃度(☆)、環保署公告手動採樣質量濃度(△)比對及 $PM_{2.5}$ 化學成分分析結果如圖 4.2.5 所示，本計畫於 $PM_{2.5}$ 質量濃度比對時間變化趨勢與環保署公告手動採樣質量濃度數值變化一致。執行期間各項化學成分濃度、化學成分占 $PM_{2.5}$ 質量濃度比例及化學成分修正前後差異等詳細資料如表 4.2.15 至表 4.2.18 所示。

圖表資料顯示，冬季觀測期間，斗六站化學成分主要以 OC 為主，其次為 NO_3^-，到了 2 月份主要化學成分由 OC 轉為 NO_3^-，對照前述污染事件成因特徵，自 2 月份起，污染事件都發現有夜間污染殘留現象，因此這些 NO_3^-可能來自夜間移動排放源所產生的污染物轉化。另外，表 4.2.15 上半部顯示冬季觀測期間化學成分占 $PM_{2.5}$ 質量濃度比例，整體來看，水溶性離子約占 43~57%，碳成分占 15~36%，其中，碳成分占比較高的觀測日為 12 月 3 日與 12 月 18 日，占比皆為 36%，這兩日都屬於 $PM_{2.5}$ 濃度相對低的觀測日。表 4.2.15 下半部顯示揮發離子修正比例為 1~17%，多數觀測日都低於 10%以下，有機碳成分揮發與吸附修正比例多數為正值，代表揮發量大於吸附量，在冬季低溫下顯示碳成分的揮發似乎與溫度無直接關聯。

春季觀測期間主要化學成分若發生污染事件時多以 NO_3^-為主(但 5 月份轉為以 OC 為主)，污染事件都有前日污染殘留以及日間 $PM_{2.5}$ 濃度隨 CO 與 NO_x 共同上升的現象，顯示高 NO_3^-主要與環境擴散條件不佳及移動污染源排放有關。非污染事件時則以 SO_4^{2-}及 OC 為主，此二類物種來源主要是化石燃料燃燒，表示低污染時期影響 $PM_{2.5}$ 濃度的來源與區域工業污染排放較有關。在離子占比部分，春季水溶性離子占 $PM_{2.5}$ 質量濃度 36~65%，變動幅度大於冬季，占比較低採樣日，如：4 月 8 日，環境擴散條件普通，無前日污染殘留，$PM_{2.5}$ 濃度主要隨日夜交通尖峰時段與中午風速較高時區域傳輸有關，當日化學成分資料顯示，NO_3^-濃度不高，水溶性離子占比多寡可能與 NO_3^-增量有關。春季碳成分占比 14~31%，與冬季相似，呈現 $PM_{2.5}$ 質量濃度高，碳成分占比低，反之則高的現象，顯示碳成分來源貢獻量穩定。表 4.2.16 下半部則顯示水溶性離子揮發離子修正比例為 3~19%，整體揮發比例於 3 月 15 日前約為 3~7%，此後多數觀測日大於 10%，環境溫度於 3 月中旬過後，明顯上升至 27~34 度，顯示水溶性離子揮發主要受溫度

影響。有機碳成分揮發與吸附修正比例則呈現負值天數多於正值天數，代表揮發量低於吸附量，此外，呈現正值的觀測日多數為污染事件日，此結果顯示有機碳成分修正結果與溫度無關外，有機碳成分揮發特性應與污染源本身特性有關。

夏季觀測期間主要化學成分為 SO_4^{2-}，其次為 OC，少數觀測日以 OC 為主，這顯示低濃度時期影響斗六站的污染源主要來自燃燒化石燃料。在夏季 $PM_{2.5}$ 濃度相對高的觀測日，如 8 月 12 日，這化學成分雖然同樣以 SO_4^{2-}為主，但是 NO_3^-有明顯增量，屬於夏季觀測期間最高濃度。對照監測資料與前述污染事件成因分析，可以發現當天除了中午的區域污染傳輸外，夜間受到交通排放影響，是造成較高 NO_3^-濃度的原因。表 4.2.17 上半部，水溶性離子占比約為 27~77%，水溶性離子占比變化幅度相當大，占比最低的一日出現在 8 月 30 日，當天空氣品質良好 $PM_{2.5}$ 濃度僅 7 μg m^{-3}，這天主要物種為有機碳成分與金屬元素，另一方面，水溶性離子占比最高日出現在 8 月 12 日，這天是夏季污染濃度最高採樣日，水溶性離子占比增高，這天除了 SO_4^{2-}濃度對比濃度次高日(6 月 13 日)的 8.89 μg m^{-3} 也上升了 3.46 μg m^{-3}，增加幅度約占 $PM_{2.5}$ 濃度 11%外，NO_3^-也有明顯上升；然而，有機碳成分(OC)與元素碳成分(EC)在這天卻無明顯增加，此結果與前述冬、春兩季水溶性離子增量特徵一致。碳成分占比在夏季觀測期間為 14~41%，由於夏季 $PM_{2.5}$ 濃度明顯降低，碳成分整體占比也因此提升，顯示各季節碳成分來源貢獻量穩定，少數如 8 月 24 日當日 $PM_{2.5}$ 濃度雖然僅有 2 μg m^{-3}，但是受到降雨影響，離子與碳成分占比都相當低。表格下半部顯示揮發離子修正比例於夏季觀測為 5~35%，揮發比例相較於春季顯著提升，主因於夏季環境溫度除降雨日外，都大於攝氏 29 度，當日最高溫度可達攝氏 37 度，受到溫度影響，化學成分中 NO_3^-濃度明顯少於冬季與春季，透過第二層濾紙蒐集成分也有明顯揮發現象。有機碳成分揮發與吸附修正則幾乎呈現負值，表示吸附的有機氣體較多於揮發有機碳成分，夏季由於污染物濃度降低，蒐集到的微粒碳成分，多為環境中固定存在背景值。

秋季觀測期間，OC 為主要化學成分，其次為 NO_3^-或 SO_4^{2-}。進入秋季後，$PM_{2.5}$ 濃度開始有微幅增加，除了環境溫度的影響外，盛行風向由西南轉東偏北，微弱的東風不利污染物擴散，同時風速高的時段將傳送區域污染物，因此 NO_3^-濃度開始明顯上升。表 4.2.18 顯示秋季水溶性離子占比為 36~58%，碳成分占比為 17~36%，整體碳成分占比變化較為穩定，與前三季相似。值得注意的是，水

溶性離子占比在 10 月 29 日僅 36%，這天 $PM_{2.5}$ 濃度為 35 μg m^{-3}，屬於秋季污染事件日，與前述污染事件時期，水溶性離子占比增量敘述相左，原因可透過前述污染成因解析得知，這天 $PM_{2.5}$ 濃度上升時段主要與 NO_x 濃度變化趨勢相近，顯示受到固定排放源影響較小，與秋季其他觀測日相比，這天 SO_4^{2-}濃度較低，因此整體水溶性離子占比偏低。11 月份的污染事件日不論 SO_4^{2-}與 NO_3^-增量相較於 10 月污染事件更為顯著，這兩個月份的污染事件成因略有差異，其中，10 月 29 日與 11 月 16 日較為相似，但後者環境擴散條件以及環境 NO_x 濃度高於前者；另外，更高的 K^+濃度與 OC 濃度則可能與生質燃燒有關，這些結果導致 11 月 16 日為秋季濃度最高日。另一方面，11 月 10 日雖然同樣有受到區域污染物傳輸影響，但污染源來向與其他兩日相異，使得這天雖然與 10 月 29 日有相似的環境條件，但卻有不同的成分特徵。表格下半部顯示秋季揮發離子占比為 7~31%，與夏季相近，有機碳成分同樣呈現負值觀測日較多的現象，表示環境中被動吸附有機碳大於有機碳揮發量。

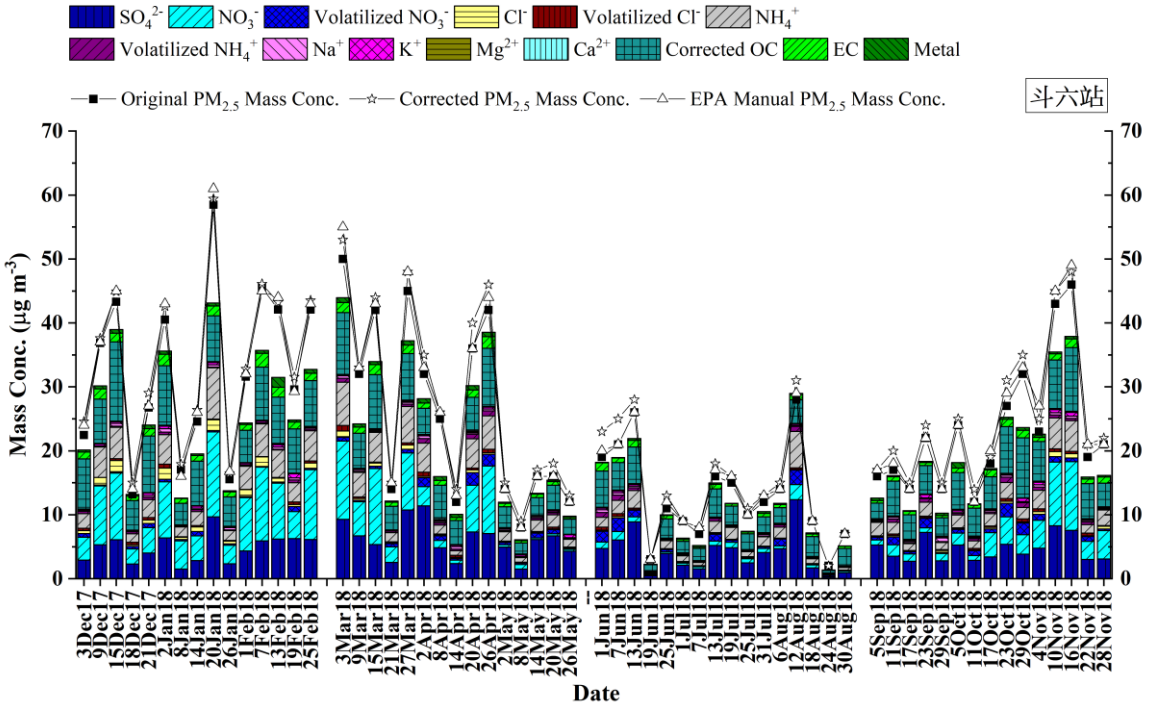


圖 4.2.5 斗六站例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 成分濃度隨時間變化

表 4.2.15 斗六站 2017 年 12 月~2018 年 2 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度

濾紙類型及項目 \ Date		03Dec17	09Dec17	15 Dec17	18 Dec17	21Dec17	2-Jan-18	8-Jan-18	14-Jan-18	20-Jan-18	26-Jan-18	1-Feb-18	7-Feb-18	13-Feb-18	19-Feb-18	25-Feb-18
濃度及占比	$PM_{2.5}$ 未修正濃度(μg m^{-3})	22	37	43	13	27	41	17	25	58	16	32	46	42	30	42
	$PM_{2.5}$ 修正後濃度 [1](μg m^{-3})	25	38	45	15	29	43	18	26	59	16	33	46	43	32	44
	$PM_{2.5}$ 濃度修正 [2] (%)	9	2	4	14	9	5	5	7	2	6	4	1	3	7	3
	已解析成分 [3] (%)	82	80	87	88	83	84	71	74	73	83	74	77	73	79	75
	修正後離子占比 [4] (%)	44	56	55	51	46	56	47	43	57	50	55	54	49	52	55
	修正後碳成分占比 [5] (%)	36	23	31	36	34	26	23	30	15	33	18	23	20	25	19
	金屬元素占比 [6] (%)	1	1	1	2	2	1	0	1	1	1	1	1	4	1	1
單張濾紙	Na^+(μg m^{-3})	0.18	0.15	0.40	0.13	0.28	0.53	0.08	0.24	0.35	0.36	0.17	0.15	0.35	0.31	0.22
	NH_4^+ (μg m^{-3})	2.28	4.76	4.91	1.33	2.78	4.60	1.56	2.19	8.02	1.55	3.59	5.10	4.29	3.02	4.73
	K^+ (μg m^{-3})	0.15	0.28	0.27	0.10	0.37	0.39	0.08	0.33	0.37	0.17	0.27	0.26	0.38	0.67	0.01
	Mg^{2+} (μg m^{-3})	0.01	0.03	0.03	0.01	0.02	0.08	0.03	0.03	0.05	0.02	0.01	0.05	0.05	0.04	0.13
	Ca^{2+} (μg m^{-3})	0.01	0.06	0.08	0.02	0.06	0.05	0.01	0.04	0.08	0.03	0.04	0.06	0.14	0.05	0.06
	Cl^- (μg m^{-3})	0.46	1.18	1.80	0.26	0.54	1.76	0.36	0.71	1.70	0.42	1.08	1.49	0.60	0.31	0.82
	NO_3^- (μg m^{-3})	3.57	9.18	10.39	2.37	3.99	8.77	4.43	3.86	13.30	2.92	8.33	11.52	8.74	4.23	10.92
	SO_4^{2-} (μg m^{-3})	2.91	5.31	6.11	2.30	4.01	6.40	1.50	2.85	9.66	2.33	4.34	5.92	6.21	6.26	6.13
	未修正離子濃度(μg m^{-3})	9.57	20.95	23.98	6.52	12.05	22.58	8.06	10.24	33.54	7.80	17.84	24.56	20.74	14.89	23.03
	未修正 OC (μg m^{-3})	7.57	6.80	11.88	4.21	8.40	9.27	3.53	6.60	7.27	4.44	4.58	8.59	7.15	7.16	6.79
	EC (μg m^{-3})	1.05	1.63	1.35	0.74	1.13	1.82	0.74	0.91	1.54	0.80	0.87	2.16	1.55	1.08	1.16
	未修正碳成分濃度(μg m^{-3})	8.62	8.43	13.23	4.95	9.54	11.09	4.27	7.51	8.81	5.24	5.46	10.75	8.70	8.24	7.95
	金屬元素濃度 [7] (μg m^{-3})	1.05	1.14	2.15	0.37	1.66	1.61	0.22	0.71	1.21	0.43	0.57	0.93	3.27	1.22	1.49
多張濾紙	揮發 NH_4^+ (μg m^{-3})	0.36	0.05	0.19	0.31	0.39	0.42	0.09	0.30	0.11	0.12	0.08	0.06	0.11	0.43	0.23
	揮發 NO_3^- (μg m^{-3})	0.58	0.16	0.20	0.37	0.64	0.38	0.21	0.69	0.20	0.19	0.18	0.12	0.18	0.80	0.21
	揮發 Cl^- (μg m^{-3})	0.37	0.00	0.27	0.40	0.41	0.61	0.06	0.20	0.10	0.12	0.05	0.05	0.12	0.39	0.33
	修正後的 NH_4^+ (μg m^{-3})	2.64	4.81	5.10	1.64	3.17	5.02	1.65	2.50	8.13	1.66	3.67	5.16	4.40	3.45	4.96
	修正後的 NO_3^- (μg m^{-3})	4.15	9.34	10.58	2.74	4.63	9.15	4.64	4.55	13.49	3.11	8.51	11.64	8.91	5.03	11.13
	修正後的 Cl^- (μg m^{-3})	0.84	1.18	2.07	0.67	0.94	2.37	0.42	0.91	1.81	0.54	1.13	1.54	0.72	0.70	1.15
	修正後離子濃度(μg m^{-3})	10.88	21.15	24.65	7.60	13.48	23.99	8.41	11.44	33.95	8.22	18.15	24.79	21.15	16.50	23.80
	揮發離子修正 [8] (%)	14	1	3	17	12	6	4	12	1	5	2	1	2	11	3
	第二張濾紙 OC (μg m^{-3})	1.32	0.95	1.34	1.08	1.24	1.28	1.12	0.96	1.13	0.85	1.28	0.90	1.36	0.93	0.98
	揮發 OC (μg m^{-3})	0.81	0.53	0.92	0.74	0.84	0.66	0.49	0.64	0.51	0.49	0.88	0.31	0.72	0.34	0.67
	被動吸附 VOCs (μg m^{-3})	0.52	0.42	0.41	0.35	0.40	0.62	0.63	0.32	0.62	0.36	0.40	0.59	0.63	0.59	0.31
	修正後 OC (μg m^{-3})	7.86	6.91	12.39	4.60	8.84	9.31	3.39	6.92	7.16	4.57	5.06	8.31	7.24	6.92	7.16
	揮發 OC 占比 [9] (%)	11	8	8	18	10	7	14	10	7	11	19	4	10	5	10
	被動吸附 VOCs 占比 [10](%)	7	6	3	8	5	7	18	5	9	8	9	7	9	8	5
	OC 揮發與吸附修正 [11] (%)	4	2	4	9	5	0	-4	5	-2	3	10	-3	1	-3	5

表 4.2.16 斗六站 2018 年 3~5 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度

濾紙類型及項目 \ Date		3-Mar-18	9-Mar-18	15-Mar-18	21-Mar-18	27-Mar-18	2-Apr-18	8-Apr-18	14-Apr-18	20-Apr-18	26-Apr-18	2-May-18	8-May-18	14-May-18	20-May-18	26-May-18
濃度及占比	$PM_{2.5}$ 未修正濃度(μg m^{-3})	50	32	42	14	45	32	25	12	36	42	14	8	16	16	12
	$PM_{2.5}$ 修正後濃度 [1](μg m^{-3})	53	33	44	15	48	35	26	14	40	46	15	9	17	18	13
	$PM_{2.5}$ 濃度修正 [2] (%)	7	3	4	9	5	9	6	10	10	9	10	6	10	9	5
	已解析成分 [3] (%)	83	73	78	79	78	81	61	74	76	83	77	68	78	88	78
	修正後離子占比 [4] (%)	60	52	54	50	59	65	36	39	59	58	52	43	58	61	55
	修正後碳成分占比 [5] (%)	21	19	23	28	18	14	23	31	16	24	24	24	19	25	21
	金屬元素占比 [6] (%)	1	2	1	1	1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	2
單張濾紙	Na^+(μg m^{-3})	0.38	0.24	0.14	0.09	0.32	0.44	0.21	0.38	0.21	0.26	0.23	0.11	0.23	0.16	0.16
	NH_4^+ (μg m^{-3})	6.79	3.85	4.67	1.41	5.72	4.55	1.40	0.73	4.59	5.20	1.46	0.72	1.79	1.93	1.23
	K^+ (μg m^{-3})	0.04	0.01	0.03	0.01	0.09	0.01	0.20	0.21	0.18	0.31	0.14	0.22	0.10	0.21	0.47
	Mg^{2+} (μg m^{-3})	0.11	0.10	0.11	0.01	0.12	0.08	0.08	0.05	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.04
	Ca^{2+} (μg m^{-3})	0.08	0.09	0.12	0.09	0.13	0.12	0.20	0.07	0.10	0.11	0.08	0.09	0.06	0.08	0.05
	Cl^- (μg m^{-3})	1.01	0.30	0.51	0.13	0.66	0.22	0.10	0.16	0.44	0.27	0.10	0.04	0.07	0.10	0.17
	NO_3^- (μg m^{-3})	12.25	5.33	11.87	2.43	8.90	3.00	1.14	0.52	7.30	10.56	0.38	0.72	0.26	0.32	0.29
	SO_4^{2-} (μg m^{-3})	9.27	6.71	5.34	2.55	10.75	11.40	4.85	2.38	7.32	7.05	4.94	1.51	6.12	6.71	4.29
	未修正離子濃度(μg m^{-3})	29.93	16.63	22.79	6.73	26.69	19.82	8.18	4.50	20.17	23.79	7.35	3.43	8.66	9.53	6.71
	未修正 OC (μg m^{-3})	8.79	5.44	7.57	3.79	6.64	4.88	5.32	3.99	5.20	9.27	3.08	2.52	2.96	4.21	2.49
	EC (μg m^{-3})	1.56	0.96	1.56	0.62	1.33	0.81	0.76	0.47	1.15	1.84	0.53	0.37	0.52	0.58	0.25
	未修正碳成分濃度(μg m^{-3})	10.36	6.40	9.13	4.41	7.96	5.69	6.09	4.46	6.34	11.11	3.61	2.90	3.48	4.79	2.75
	金屬元素濃度 [7] (μg m^{-3})	2.22	1.16	1.25	0.38	1.39	1.64	1.86	1.12	1.74	1.89	0.74	0.54	0.98	0.56	1.55
多張濾紙	揮發 NH_4^+ (μg m^{-3})	0.60	0.18	0.17	0.24	0.33	0.72	0.30	0.25	0.71	0.81	0.16	0.11	0.30	0.33	0.08
	揮發 NO_3^- (μg m^{-3})	0.58	0.20	0.37	0.49	0.60	1.40	0.72	0.27	1.97	1.83	0.36	0.22	0.75	0.64	0.08
	揮發 Cl^- (μg m^{-3})	0.84	0.24	0.13	0.19	0.31	0.62	0.19	0.33	0.27	0.54	0.11	0.10	0.17	0.28	0.11
	修正後的 NH_4^+ (μg m^{-3})	7.39	4.03	4.85	1.65	6.05	5.27	1.70	0.97	5.30	6.01	1.62	0.84	2.09	2.26	1.31
	修正後的 NO_3^- (μg m^{-3})	12.84	5.53	12.24	2.92	9.50	4.40	1.86	0.79	9.27	12.39	0.75	0.94	1.00	0.96	0.37
	修正後的 Cl^- (μg m^{-3})	1.85	0.54	0.64	0.33	0.97	0.84	0.29	0.49	0.71	0.82	0.21	0.14	0.24	0.38	0.28
	修正後離子濃度(μg m^{-3})	31.95	17.25	23.46	7.65	27.94	22.56	9.39	5.35	23.12	26.97	7.99	3.87	9.88	10.79	6.97
	揮發離子修正 [8] (%)	7	4	3	14	5	14	15	19	15	13	9	13	14	13	4
	第二張濾紙 OC (μg m^{-3})	1.72	0.92	1.46	0.88	1.41	1.17	0.78	1.11	0.93	1.59	1.31	0.91	0.69	0.66	0.88
	揮發 OC (μg m^{-3})	1.30	0.49	1.17	0.39	1.02	0.19	0.34	0.44	0.48	0.69	0.74	0.05	0.26	0.14	0.37
	被動吸附 VOCs (μg m^{-3})	0.41	0.43	0.28	0.49	0.38	0.98	0.44	0.67	0.45	0.89	0.57	0.85	0.42	0.52	0.51
	修正後 OC (μg m^{-3})	9.68	5.49	8.46	3.69	7.28	4.09	5.22	3.76	5.23	9.07	3.25	1.72	2.80	3.82	2.35
	揮發 OC 占比 [9] (%)	15	9	15	10	15	4	6	11	9	7	24	2	9	3	15
	被動吸附 VOCs 占比 [10](%)	5	8	4	13	6	20	8	17	9	10	18	34	14	12	20
	OC 揮發與吸附修正 [11] (%)	10	1	12	-3	10	-16	-2	-6	1	-2	6	-32	-5	-9	-6

表 4.2.17 斗六站 2018 年 6~8 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度

濾紙類型及項目 \ Date		1-Jun-18	7-Jun-18	13-Jun-18	19-Jun-18	25-Jun-18	1-Jul-18	7-Jul-18	13-Jul-18	19-Jul-18	25-Jul-18	31-Jul-18	6-Aug-18	12-Aug-18	18-Aug-18	24-Aug-18	30-Aug-18
濃度及占比	$PM_{2.5}$ 未修正濃度(μg m^{-3})	19	21	26	3	11	9	7	16	15	10	12	14	28	9	2	7
	$PM_{2.5}$ 修正後濃度 [1](μg m^{-3})	23	25	28	3	13	9	8	18	16	11	13	15	31	9	2	7
	$PM_{2.5}$ 濃度修正 [2] (%)	19	18	8	13	9	6	7	14	8	7	5	13	12	9	19	12
	已解析成分 [3] (%)	80	76	77	67	80	71	66	83	73	70	82	77	92	76	60	69
	修正後離子占比 [4] (%)	49	56	52	38	50	45	36	53	52	43	56	56	77	37	40	27
	修正後碳成分占比 [5] (%)	30	20	24	28	28	23	27	28	20	26	24	19	14	37	19	41
	金屬元素占比 [6] (%)	0	0	1	1	1	3	3	1	1	1	2	1	0	2	1	0
單張濾紙	Na^+(μg m^{-3})	0.44	0.39	0.24	0.10	0.09	0.16	0.10	0.09	0.09	0.09	0.25	0.07	0.18	0.17	0.03	0.09
	NH_4^+ (μg m^{-3})	1.54	2.08	2.76	0.11	1.26	0.89	0.49	1.78	1.89	0.81	1.47	1.71	5.69	0.74	0.04	0.40
	K^+ (μg m^{-3})	0.24	0.27	0.26	0.04	0.07	0.09	0.04	0.07	0.07	0.07	0.11	0.09	0.20	0.06	0.02	0.07
	Mg^{2+} (μg m^{-3})	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
	Ca^{2+} (μg m^{-3})	0.12	0.11	0.10	0.10	0.05	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05	0.12	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05
	Cl^- (μg m^{-3})	0.17	0.25	0.09	0.09	0.03	0.04	0.07	0.04	0.03	0.08	0.04	0.03	0.09	0.03	0.03	0.03
	NO_3^- (μg m^{-3})	1.02	1.34	0.77	0.14	0.24	0.32	0.33	0.68	0.84	0.64	0.66	0.42	2.36	0.44	0.11	0.25
	SO_4^{2-} (μg m^{-3})	4.73	6.06	8.89	0.49	3.94	2.13	1.55	5.19	4.85	2.47	4.09	4.69	12.35	1.70	0.25	0.94
	未修正離子濃度(μg m^{-3})	8.29	10.53	13.13	1.08	5.69	3.75	2.69	7.91	7.83	4.22	6.78	7.10	20.95	3.22	0.54	1.85
	未修正 OC (μg m^{-3})	5.29	4.39	6.25	1.17	3.25	2.43	2.17	4.70	2.84	2.84	3.02	2.98	3.99	3.17	0.94	2.31
	EC (μg m^{-3})	1.28	0.69	1.04	0.00	0.53	0.30	0.22	0.71	0.33	0.31	0.54	0.49	0.83	0.39	0.06	0.38
	未修正碳成分濃度(μg m^{-3})	6.58	5.08	7.29	1.17	3.78	2.73	2.39	5.41	3.16	3.15	3.56	3.48	4.82	3.56	0.99	2.69
	金屬元素濃度 [7] (μg m^{-3})	0.38	0.41	0.92	0.15	0.39	0.84	0.97	0.84	0.54	0.60	0.69	0.32	0.44	0.67	0.09	0.08
多張濾紙	揮發 NH_4^+ (μg m^{-3})	0.74	0.82	0.43	0.06	0.16	0.08	0.04	0.43	0.15	0.09	0.11	0.37	0.80	0.07	0.09	0.04
	揮發 NO_3^- (μg m^{-3})	1.66	2.09	1.04	0.06	0.38	0.11	0.07	1.10	0.33	0.16	0.22	1.10	2.27	0.15	0.22	0.11
	揮發 Cl^- (μg m^{-3})	0.50	0.42	0.25	0.07	0.10	0.10	0.04	0.21	0.10	0.08	0.09	0.10	0.27	0.05	0.05	0.02
	修正後的 NH_4^+ (μg m^{-3})	2.28	2.90	3.19	0.16	1.42	0.97	0.53	2.21	2.04	0.90	1.58	2.08	6.49	0.81	0.13	0.45
	修正後的 NO_3^- (μg m^{-3})	2.68	3.42	1.81	0.20	0.62	0.44	0.40	1.79	1.17	0.79	0.88	1.52	4.62	0.60	0.32	0.37
	修正後的 Cl^- (μg m^{-3})	0.67	0.67	0.34	0.16	0.13	0.14	0.11	0.25	0.13	0.17	0.13	0.13	0.37	0.08	0.08	0.06
	修正後離子濃度(μg m^{-3})	11.19	13.86	14.84	1.27	6.33	4.05	2.83	9.65	8.41	4.55	7.19	8.67	24.29	3.49	0.89	2.03
	揮發離子修正 [8] (%)	35	32	13	18	11	8	5	22	7	8	6	22	16	8	64	10
	第二張濾紙 OC (μg m^{-3})	1.25	0.92	1.39	0.60	1.07	1.00	1.01	1.23	1.22	1.12	0.86	0.84	0.55	1.03	0.58	0.80
	揮發 OC (μg m^{-3})	0.81	0.41	0.45	0.19	0.42	0.18	0.36	0.46	0.67	0.37	0.16	0.15	0.12	0.48	0.01	0.60
	被動吸附 VOCs (μg m^{-3})	0.44	0.50	0.94	0.41	0.65	0.82	0.65	0.77	0.55	0.75	0.70	0.69	0.42	0.55	0.57	0.20
	修正後 OC (μg m^{-3})	5.66	4.31	5.75	0.94	3.02	1.79	1.89	4.38	2.96	2.46	2.48	2.45	3.69	3.10	0.38	2.71
	揮發 OC 占比 [9] (%)	15	9	7	16	13	8	17	10	24	13	5	5	3	15	1	26
	被動吸附 VOCs 占比 [10](%)	8	11	15	35	20	34	30	16	19	26	23	23	11	17	61	9
	OC 揮發與吸附修正 [11] (%)	7	-2	-8	-19	-7	-26	-13	-7	4	-13	-18	-18	-7	-2	-60	17

表 4.2.18 斗六站 2018 年 9~11 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度

濾紙類型及項目 \ Date		5-Sep-18	11-Sep-18	17-Sep-18	23-Sep-18	29-Sep-18	5-Oct-18	11-Oct-18	17-Oct-18	23-Oct-18	29-Oct-18	4-Nov-18	10-Nov-18	16-Nov-18	22-Nov-18	28-Nov-18
濃度及占比	$PM_{2.5}$ 未修正濃度(μg m^{-3})	16	17	14	22	14	24	12	18	27	32	23	43	46	19	21
	$PM_{2.5}$ 修正後濃度 [1](μg m^{-3})	17	20	15	24	15	25	14	19	31	35	25	45	48	21	22
	$PM_{2.5}$ 濃度修正 [2] (%)	5	17	6	12	5	5	13	7	16	11	9	6	4	11	3
	已解析成分 [3] (%)	75	80	71	75	68	72	86	92	82	67	89	79	78	76	74
	修正後離子占比 [4] (%)	56	49	40	54	45	43	49	58	54	36	60	59	54	45	51
	修正後碳成分占比 [5] (%)	17	31	29	20	21	26	36	33	27	30	27	19	23	30	21
	金屬元素占比 [6] (%)	2	1	1	3	3	3	1	1	1	1	2	1	1	1	1
單張濾紙	Na^+(μg m^{-3})	0.13	0.31	0.24	0.14	0.57	0.23	0.19	0.22	0.31	0.21	0.37	0.36	0.34	0.21	0.15
	NH_4^+ (μg m^{-3})	2.12	1.83	1.10	2.21	1.14	2.00	1.18	1.93	2.53	1.79	2.91	4.84	4.80	1.33	2.41
	K^+ (μg m^{-3})	0.13	0.11	0.10	0.47	0.16	0.27	0.11	0.13	0.17	0.47	0.39	0.46	0.60	0.17	0.10
	Mg^{2+} (μg m^{-3})	0.03	0.04	0.04	0.06	0.07	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.06	0.04	0.05	0.03	0.02
	Ca^{2+} (μg m^{-3})	0.08	0.04	0.05	0.05	0.07	0.13	0.07	0.11	0.09	0.06	0.13	0.08	0.13	0.11	0.10
	Cl^- (μg m^{-3})	0.11	0.23	0.06	0.13	0.30	0.07	0.08	0.23	0.34	0.19	0.46	0.77	0.69	0.10	0.41
	NO_3^- (μg m^{-3})	0.78	1.81	1.15	0.70	1.12	1.87	0.75	3.79	4.31	3.05	4.36	9.94	10.74	2.81	4.42
	SO_4^{2-} (μg m^{-3})	5.28	3.51	2.74	7.25	2.81	5.28	2.89	3.40	5.37	3.84	4.77	8.28	7.56	3.02	3.09
	未修正離子濃度(μg m^{-3})	8.66	7.88	5.48	11.01	6.24	9.88	5.30	9.83	13.15	9.64	13.45	24.78	24.91	7.79	10.70
	未修正 OC (μg m^{-3})	3.15	4.98	4.26	4.75	3.09	6.06	4.70	5.81	6.82	9.68	6.44	7.12	9.58	5.49	4.26
	EC (μg m^{-3})	0.40	0.67	0.55	0.45	0.34	0.71	0.57	1.10	1.16	1.18	0.67	0.99	1.37	0.73	0.97
	未修正碳成分濃度(μg m^{-3})	3.55	5.65	4.81	5.20	3.43	6.77	5.27	6.91	7.98	10.86	7.11	8.11	10.96	6.23	5.23
	金屬元素濃度 [7] (μg m^{-3})	0.82	0.59	0.50	0.70	0.95	1.29	0.24	0.45	0.89	1.57	1.24	1.44	1.36	0.89	0.57
多張濾紙	揮發 NH_4^+ (μg m^{-3})	0.18	0.48	0.15	0.54	0.12	0.25	0.35	0.28	0.82	0.75	0.48	0.47	0.35	0.43	0.14
	揮發 NO_3^- (μg m^{-3})	0.44	1.19	0.35	1.47	0.18	0.56	0.75	0.60	2.09	1.81	0.92	0.88	0.57	0.78	0.27
	揮發 Cl^- (μg m^{-3})	0.10	0.26	0.10	0.22	0.13	0.18	0.26	0.21	0.42	0.45	0.41	0.43	0.36	0.41	0.13
	修正後的 NH_4^+ (μg m^{-3})	2.29	2.31	1.25	2.75	1.26	2.25	1.53	2.22	3.35	2.55	3.39	5.31	5.15	1.76	2.55
	修正後的 NO_3^- (μg m^{-3})	1.22	3.00	1.51	2.18	1.30	2.43	1.50	4.39	6.40	4.87	5.28	10.81	11.31	3.59	4.69
	修正後的 Cl^- (μg m^{-3})	0.20	0.50	0.16	0.35	0.43	0.25	0.34	0.45	0.76	0.63	0.88	1.20	1.05	0.51	0.53
	修正後離子濃度(μg m^{-3})	9.38	9.81	6.09	13.25	6.67	10.87	6.65	10.92	16.48	12.65	15.26	26.55	26.19	9.41	11.23
	揮發離子修正 [8] (%)	8	24	11	20	7	10	26	11	25	31	13	7	5	21	5
	第二張濾紙 OC (μg m^{-3})	0.78	1.37	0.90	1.01	0.85	0.74	0.69	0.97	1.18	1.13	0.94	1.15	1.23	0.95	0.93
	揮發 OC (μg m^{-3})	0.04	0.93	0.27	0.35	0.31	0.21	0.19	0.08	0.82	0.42	0.34	0.83	0.79	0.46	0.19
	被動吸附 VOCs (μg m^{-3})	0.74	0.45	0.63	0.65	0.54	0.53	0.50	0.88	0.36	0.71	0.60	0.31	0.44	0.49	0.74
	修正後 OC (μg m^{-3})	2.45	5.46	3.90	4.45	2.87	5.73	4.39	5.01	7.28	9.39	6.18	7.64	9.94	5.46	3.71
	揮發 OC 占比 [9] (%)	1	19	6	7	10	3	4	1	12	4	5	12	8	8	4
	被動吸附 VOCs 占比 [10](%)	23	9	15	14	17	9	11	15	5	7	9	4	5	9	17
	OC 揮發與吸附修正 [11] (%)	-22	10	-8	-6	-7	-5	-7	-14	7	-3	-4	7	4	-1	-13

備註:

1. $PM_{2.5}$ 修正後濃度=$PM_{2.5}$ 未修正濃度+揮發離子+揮發 OC。未修正濃度是由鐵氟龍濾紙採集獲得，鐵氟龍濾紙不會吸附 VOCs。
2. $PM_{2.5}$ 修正(%)=(揮發離子+揮發 OC)/$PM_{2.5}$ 未修正濃度。
3. 已解析成分(%)=[金屬元素濃度(不含水溶性成分已分析者)+修正後離子濃度+修正後 OC+EC]/$PM_{2.5}$ 修正後濃度。
4. 修正後離子占比(%)=(揮發離子+原始離子)/$PM_{2.5}$ 修正後濃度。
5. 修正後碳成分占比(%)=(揮發 OC+未修正 OC+EC)/$PM_{2.5}$ 修正後濃度。
6. 金屬元素占比(%)=金屬元素濃度(不含水溶性成分已分析者)/$PM_{2.5}$ 修正後濃度。
7. 金屬元素濃度=包含水溶性離子解析成分
8. 揮發離子修正(%)=揮發離子/未修正離子濃度。
9. 揮發 OC 占比(%)=揮發 OC/未修正 OC。
10. 被動吸附 VOCs 占比=被動吸附 VOCs/未修正 OC。
11. OC 揮發與吸附修正(%)=(修正後 OC-未修正 OC)/修正後 OC

3. 金屬元素成分分析結果

圖 4.2.6 為斗六站 2017 年 12 月到 2018 年 11 月採樣期間各樣本金屬元素濃度(ng m^{-3})變化及富集因子(Enrichment factor, ☆)平均值，由於各金屬元素濃度高低差異甚大，本計畫根據金屬元素濃度變化範圍，劃分為高、中、低三種濃度群。富集因子輔助判別物種是否受人為活動影響，本計畫以取對數後 EF 值 1 為界線，大於 1 代表受到人為活動影響，同時圖中數值經過對數處理，本段講述數值將以取對數後 EF 為主。圖 4.2.6 上半部顯示高濃度金屬元素群只有 Zn 的 EF 值接近 3，顯示受到人為影響程度相當高，Zn 為交通排放、輪胎和剎車磨損、垃圾焚化、二次冶煉指標金屬元素，其餘高濃度元素群多數來自然來源，高濃度元素群 Na 濃度最高，可作為塵土或海鹽指標元素。中間濃度群除元素 Ti 外，多數元素受人為活動影響，以燃煤和工業排放指標金屬元素 Pb 濃度次高和富集因子最高，另外，交通排放或燃煤電廠排放指標金屬元素 Mo 有相對較高的富集因子(EF>2)但濃度不高，其他受人為活動影響金屬元素 Ni、Cu、V、Cr 也有大於 1 的富集因子，Ni 及 V 主要來自燃油燃燒，金屬元素 Cu 可能來自工業影響或是汽車剎車墊片磨損產生，Cr 主要來自鋼鐵業、交通及燃煤。低濃度群中 Sr、Co、Rb、Ce 及 Nd 等元素富集因子較低，受人為活動影響較小，其他元素如 Se、Sn 濃度及富集因子較高，Se 主要來源為燃煤燃燒、Sn 則可能來自交通排放、燃煤燃燒及非鐵金屬製造。

2017 年冬季觀測期間各日金屬元素濃度落差相當大，但元素濃度與 $PM_{2.5}$ 濃度變化趨勢並不一致。元素濃度最高日出現在 2 月 13 日，當日污染事件主要受到前日污染殘留及日間的區域污染傳輸影響，對比其他同樣受到區域污染傳輸影響的事件日，如 1 月 20 日及 2 月 7 日，這天揚塵指標元素，如：Al、Fe、Ca、

Ti 等元素濃度相對其他時間高出少許，但 Al、Fe、Ca 也可能來自燃煤或垃圾焚化爐(羅等，2018)。另外較高的 K 及 Rb 則顯示受到生質燃燒影響。另外，在冬季部分污染時期，如 12 月 9 日、12 月 15 日、1 月 2 日及 20 日，都可發現較高的元素 Pb 及 Sn 濃度，雖然元素 As 與 Se 由於濃度低較難從色塊中看出，但是在 $PM_{2.5}$ 濃度最高的 1 月 20 日中仍可看出元素 As 與 Se 的同樣有較為突出的濃度，透過這些指標元素可發現燃煤鍋爐排放的影響，在污染時間較為明顯。

2018 年春季觀測期間以 3 月 3 日及 4 月 8 日有較高的元素濃度，其中 3 月 3 日這天屬於在地污染事件，並且為春季 $PM_{2.5}$ 濃度最高日，元素濃度剖面與板橋略有相似之處，煙火炮竹指標元素 K、Sr、Ba 有相對春季其他時期高的濃度，除此之外，燃煤與燃油燃燒指標元素 As、Sn、Pb 及 V 較高的濃度，則代表在地工業排放的影響。揚塵指標元素較高的濃度，則使這天金屬元素濃度明顯提高。4 月 8 日為台灣受到境外傳輸後一日，因此環境風場呈現風速較高的北北東風，金屬元素雖然與受到炮竹影響時相似，但較高的 Al、Fe、Mn 及 Cu 顯示這天受到較多沙塵影響因此有較高的元素濃度。

2018 年夏季元素平均濃度相對於春季及冬季有明顯的增加，由於中央研究院實驗室搬遷，春季自 4 月上旬至夏季元素成分分析工作轉由中山醫學大學-健康醫學中心分析環境檢測機構，兩個實驗室於樣本消化過程有所差異，因此濃度值略有改變，空白值係因中山醫學大學未分析 Zr 元素。觀測期間以 6 月 7 日有最高的金屬元素濃度，這天高濃度元素群以 Al、Na、K、Ca 為主，並且濃度約在 750 ng m^{-3} 以上，從指標元素推測這天主要受到揚塵影響。中濃度元素群 Ba 與 Cr 有較高濃度，反映出當地交通源的排放，綜合各類指標元素，推測這天較高的金屬元素濃度主要來自道路揚塵。值得注意的是 8 月 24 日這天雖然受到降雨影響，$PM_{2.5}$ 濃度相當低，但元素濃度卻為夏季次高，這有相當高的元素 Ca 及 Al，主要來源應為揚塵。前述 Al、Ca、K、Na 也可能來自燃煤或垃圾焚化爐(羅等，2018)。

2018 年秋季金屬元素濃度整體略高於夏季，但是 9 月 17 至 10 月 17 日這段期間，由於環境擴散條件良好，因此濃度低；不過，9 月 23 日為中秋節前夕，K、Ba、Pb、Sr 有較高濃度，呼應爆竹煙火釋放的 $PM_{2.5}$ 成分。10 月 29 日至 11 月 16 日元素 K 濃度明顯增量，顯示這天可能受到生質燃燒影響，其中，10 月 29 日其餘濃度明顯增量的因子還有燃煤或塵土指標元素 Al、Mn、Ti 等，這可能是

當天中午受到有較高的小時風速(3.8 m s^{-1})所帶起的揚塵。另外秋季元素 Ti 濃度異常高值，待分析同時採樣備用樣本方能確認數值正確性。

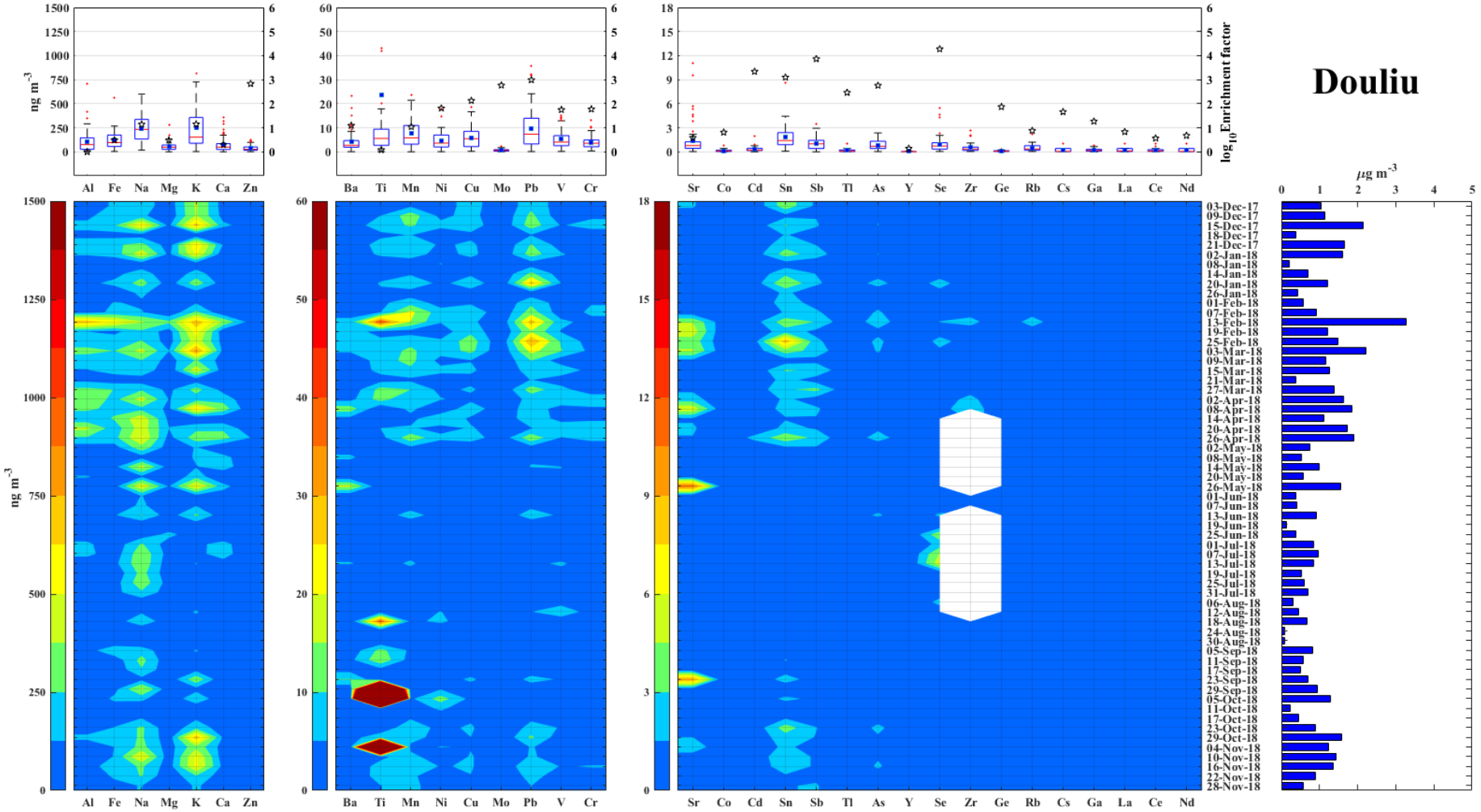


圖 4.2.6 斗六站例行性採樣期間 $PM_{2.5}$ 各金屬元素每日濃度(中圖)，上圖的盒鬚為每個金屬元素在採樣期間濃度(ng m^{-3})分布，星號表示每個金屬元素在採樣期間富集因子(Enrichment Factor, EF)平均數值，右圖為採樣期間每個樣本全部金屬元素濃度 (μg m^{-3})。

*圖中白框為 4 月上旬至夏季金屬元素成分分析轉由中山醫學大學-健康醫學中心分析環境檢測機構，該機構無分析 Zr 元素。

4.2.4 嘉義站

1. 空氣品質監測資料與污染時期環境特徵

表 4.2.19 彙整各採樣日 $PM_{2.5}$ 質量及其他污染物濃度日平均值與天氣因子，各月份 $PM_{2.5}$ 濃度最高日以灰色標註，風向多為北風風系，風速多在 2 m s^{-1} 以下。

表 4.2.20 透過環保署監測資料與 3 日逆推氣流軌跡將觀測期間各月份 $PM_{2.5}$ 濃度最高日與 $PM_{2.5}$ 濃度大於 35 μg m^{-3} 時期污染來源推論按照軌跡起源和入台路徑、$PM_{2.5}$ 濃度上升時段的風向和風速以及當時段主要氣態污染物進行分類，藉此區分當天污染濃度上升來源為境外、在地或是跨縣市污染區域傳輸，相關資料可由附錄四查照。2017 年 12 月至 2018 年 11 月共觀測到 16 次污染事件($PM_{2.5}$ 手動或自動監測濃度大於 35 μg m^{-3})，分別為 2017 年 12 月 9 日、12 月 15 日、2018 年 1 月 2 日、1 月 20 日、2 月 1 日、2 月 7 日、2 月 13 日、2 月 19 日、2 月 25 日、3 月 3 日、3 月 9 日、3 月 15 日、3 月 27 日、4 月 26 日、11 月 10 日及 11 月 16 日。污染事件主要集中於 2017 年冬季與 2018 年春季，夏季與秋季空氣品質則相對良好。

冬季觀測期間(2017 年 12 月~2018 年 2 月)共觀測到 9 次事件日，氣流來向主要為中國華北、華中與黃海一帶，氣流傳輸至台灣後，除 2 月 25 日由桃園向南傳輸外，其餘事件日皆由基隆或宜蘭一帶跨過中央山脈傳輸至嘉義站。當氣流路徑為前述形式時，代表嘉義站位處盛行風背風側，因此污染物不易擴散稀釋。從表中可發現 1 月 20 日、2 月 7 日、2 月 13 日及 2 月 25 日由於環境擴散條件不佳，從 0 時開始環境中已存在不低的污染物濃度，對比地理位置相近的斗六站，嘉義站 0 點已出現較高 $PM_{2.5}$ 濃度的頻率更高。此外，相同污染事件日中，嘉義站也有更高的污染物濃度，推測與此處較差的擴散條件有關。在冬季採樣期間，嘉義站污染事件都受到在地與區污染傳輸交互影響。

春季觀測期間(2018 年 3 月~5 月)共觀測到 5 次事件日，這段期間氣流來向由中國華中與華北一帶改變至台灣周遭沿海，代表受到境外污染影響的機會逐漸降低。在 5 次事件中，3 月 3 日這天 $PM_{2.5}$ 濃度為 57 μg m^{-3}，是春季採樣期間最高值，其他北、中部測站同樣出現高 $PM_{2.5}$ 濃度，當天污染事件成因主要為前日污染殘留與在地污染排放，3 月 2 日適逢元宵節慶，各地多有施放煙火炮竹，導致夜間污染濃度明顯高於平日，加上 0 點過後風速僅有 1.3 m s^{-1} 並且持續下降，

此外，日間在地污染排放持續產生污染物，導致 $PM_{2.5}$ 濃度居高不下。其餘事件日污染成因主要與夜間擴散條件不佳有關以及午後多出現較高風速西北風或北風導致 $PM_{2.5}$ 濃度隨風速上升而增加的現象有關，當出現此現象時，常伴隨 SO_2 增加，推測主要受到嘉義北部工業排放影響。另外，4 月 26 日 $PM_{2.5}$ 日平均值為春季採樣期間次高，當天除了受到在地污染與區域污染傳輸影響外，O_3 最大值為 94 ppb，顯示旺盛的光化學反應導致這天污染濃度相較於其他事件日高。

夏季觀測期間(2018 年 6 月~8 月) $PM_{2.5}$ 濃度普遍降低，各觀測日 $PM_{2.5}$ 濃度都在 30 $\mu g\ m^{-3}$ 以下，其中，6 月 13 日與 8 月 12 日濃度分別為 28 $\mu g\ m^{-3}$ 與 27 $\mu g\ m^{-3}$，為夏季觀測期間最高與次高，6 月 13 日這天平均風速約 2.1 $m\ s^{-1}$ 擴散條件良好，但當日位處東風背風側，同時台灣南方有一低壓帶，氣流受到南方低壓牽引，使北部污染物向南傳輸，提高當日污染物濃度。對比冬季與春季，夏季 $PM_{2.5}$ 濃度明顯降低，主要原因應與環境擴散條件明顯改善有關。

秋季觀測期間(2018 年 9 月~11 月)盛行風向已轉變為東北風及北風，$PM_{2.5}$ 濃度在 9 月下旬前大致良好，最高僅 16 $\mu g\ m^{-3}$，與夏季濃度相似，到了九月下旬，東北季風轉強，平均風速約在 2 $m\ s^{-1}$ 以上，雖然風速高，但區域污染物的傳輸，使得這段期間污染濃度高於夏季。在 10 月下旬的 10 月 23 日與 10 月 29 日，以 10 月 23 日為例，這段期間風速雖高，但氣流來向為黃海海域，因此無境外傳輸影響的疑慮，不過，強勁風力將嘉義以北區域污染物向南傳輸，使當天有相對高的 $PM_{2.5}$ 濃度。進入 11 月後環境條件大致與 10 月下旬相近，但是 11 月 16 日這天較高的 $PM_{2.5}$ 濃度主要來自在地與區域污染物傳輸相互累積所造成，這天對比 10 月 23 日，東北季風風速稍弱，環境中 NO_x 與 CO 濃度略高於 10 月份，推測在地排放影響大於 10 月 23 日，因此有較高的污染物濃度。此外，對比忠明與斗六地區觀測結果，嘉義站於 11 月 16 日有最高的濃度，這樣的現象與 1 月 20 日相似，主要與污染物區域傳輸現象有關。

表 4.2.19 嘉義站例行採樣期間空氣污染物濃度和氣象因子

Date	測站	$PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	CO (ppm)	NO_x (ppb)	SO_2 (ppb)	O_{3max} (ppb)	風向	風速 ($m\ s^{-1}$)	溫度 (℃)	最高溫度 (℃)	RH (%)	雨量 (mm)
3-Dec-17	嘉義	24	0.4	17.7	3.1	56	北	2.5	22	27	77	NR
9-Dec-17	嘉義	34	0.6	27.3	2.6	29	北	1.5	14	17	92	2.6
15-Dec-17	嘉義	33	0.6	29.9	4.4	71	北	1.7	19	24	86	NR
18-Dec-17	嘉義	20	0.4	20.9	3.7	43	北	2.7	16	20	74	NR
21-Dec-17	嘉義	27	0.4	23.7	4.7	65	北	2.0	16	21	62	NR
2-Jan-18	嘉義	41	0.6	25.0	3.4	54	北北西	1.4	18	24	81	NR
8-Jan-18	嘉義	12	0.4	19.7	3.0	28	東北	2.1	20	25	86	9.0
14-Jan-18	嘉義	25	0.5	19.1	2.6	69	北	1.6	14	20	72	NR
20-Jan-18	嘉義	59	0.6	22.4	4.0	52	北	1.9	19	22	86	NR
26-Jan-18	嘉義	19	0.4	19.9	3.6	43	北	3.1	18	22	79	NR
1-Feb-18	嘉義	32	0.7	24.1	2.3	35	北	2.7	13	15	85	3.2
7-Feb-18	嘉義	48	0.7	43.6	5.5	23	北	1.7	12	13	85	2.4
13-Feb-18	嘉義	37	0.5	23.4	3.3	72	北	1.8	16	22	64	NR
19-Feb-18	嘉義	34	0.5	18.6	3.3	66	西北	1.6	23	29	66	NR
25-Feb-18	嘉義	45	0.6	22.1	4.1	48	北	2.6	20	25	79	NR
3-Mar-18	嘉義	57	0.5	21.7	4.2	58	西	1.5	25	30	74	0.0
9-Mar-18	嘉義	32	0.5	18.7	2.6	63	北北東	2.4	14	19	66	0.2
15-Mar-18	嘉義	44	0.6	22.0	3.7	75	東南東	1.7	22	27	71	23.6
21-Mar-18	嘉義	12	0.5	13.7	2.9	63	北北東	4.1	18	21	65	NR
27-Mar-18	嘉義	47	0.5	17.9	2.1	84	北	2.1	22	27	72	NR
2-Apr-18	嘉義	36	0.3	10.2	2.5	56	西南西	1.6	25	28	67	NR
8-Apr-18	嘉義	21	0.4	14.3	2.5	72	北	1.9	20	25	52	NR
14-Apr-18	嘉義	11	0.2	9.5	3.7	47	西	1.9	28	32	71	NR
20-Apr-18	嘉義	28	0.4	13.7	2.7	59	東南東	1.5	25	28	66	NR
26-Apr-18	嘉義	50	0.5	20.7	5.4	94	西北	1.7	26	30	65	NR
2-May-18	嘉義	13	0.3	8.4	2.8	52	西南西	2.0	28	32	68	NR
8-May-18	嘉義	---	0.2	9.9	2.6	46	西	1.8	28	31	74	38.2
14-May-18	嘉義	16	0.3	11.5	3.3	61	西南西	1.7	28	32	71	NR
20-May-18	嘉義	19	0.2	9.3	3.8	42	西北西	1.7	30	32	68	NR
26-May-18	嘉義	9	0.2	8.9	3.3	39	西南	2.1	29	32	69	NR
1-Jun-18	嘉義	25	0.4	15.5	5.1	86	北	2.7	29	33	70	NR
7-Jun-18	嘉義	18	0.3	11.0	2.9	79	東南東	1.5	29	34	72	NR
13-Jun-18	嘉義	28	0.4	10.9	2.4	91	北北東	2.1	30	34	60	NR
19-Jun-18	嘉義	6	0.2	7.9	1.7	36	東南東	1.6	25	26	93	122.6
25-Jun-18	嘉義	10	0.2	10.5	4.0	55	東	1.6	29	33	74	12.4
1-Jul-18	嘉義	6	0.1	7.1	2.5	37	東南東	1.7	27	32	81	23.6
7-Jul-18	嘉義	5	0.1	8.3	2.2	40	東南	1.9	28	33	72	3.6
13-Jul-18	嘉義	19	0.3	12.5	3.3	72	東	1.4	28	33	80	14.4

Date	測站	$PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	CO (ppm)	NO_x (ppb)	SO_2 (ppb)	O_{3max} (ppb)	風向	風速 ($m\ s^{-1}$)	溫度 (℃)	最高溫度 (℃)	RH (%)	雨量 (mm)
19-Jul-18	嘉義	13	0.2	8.0	2.5	57	東南東	1.6	29	34	72	2.2
25-Jul-18	嘉義	8	0.3	12.6	2.0	45	東南東	1.2	28	34	78	15.6
31-Jul-18	嘉義	9	0.1	6.2	3.7	39	西南西	1.8	30	33	73	NR
6-Aug-18	嘉義	15	0.3	---	2.8	68	東南東	1.6	29	34	73	1.6
12-Aug-18	嘉義	27	0.2	7.2	4.2	73	東南	1.3	30	33	70	NR
18-Aug-18	嘉義	5	0.2	7.6	3.3	40	西南	1.7	29	31	76	NR
24-Aug-18	嘉義	4	0.2	6.2	2.4	42	南	2.2	24	24	97	360.0
30-Aug-18	嘉義	5	0.2	10.6	2.2	17	西南	1.7	25	28	84	1.0
5-Sep-18	嘉義	11	0.2	9.8	4.3	52	東南東	1.4	29	33	80	4.8
11-Sep-18	嘉義	16	0.3	13.0	2.9	44	北北東	1.6	28	30	81	NR
17-Sep-18	嘉義	11	0.4	14.0	3.6	78	東南東	1.5	28	33	81	21.4
23-Sep-18	嘉義	25	0.3	11.3	2.2	66	東南東	1.5	29	33	70	NR
29-Sep-18	嘉義	12	0.3	12.0	1.7	70	北北東	3.7	27	30	60	NR
5-Oct-18	嘉義	23	0.4	16.1	2.6	92	北	2.6	25	29	61	NR
11-Oct-18	嘉義	15	0.4	17.7	3.2	73	北	2.6	25	28	72	NR
17-Oct-18	嘉義	21	0.4	19.2	4.1	74	北	2.3	25	29	78	NR
23-Oct-18	嘉義	33	0.4	19.7	6.3	74	北	2.3	25	29	74	NR
29-Oct-18	嘉義	33	0.5	25.0	4.6	87	北	1.9	22	27	59	NR
4-Nov-18	嘉義	31	0.4	16.8	3.5	56	北北西	1.6	25	29	82	NR
10-Nov-18	嘉義	36	0.5	19.1	4.6	77	西南	1.5	24	28	79	NR
16-Nov-18	嘉義	47	0.6	25.2	6.9	76	北	1.8	25	28	78	NR
22-Nov-18	嘉義	22	0.5	20.5	3.7	65	北	3.0	22	26	71	NR
28-Nov-18	嘉義	17	0.4	28.1	3.0	25	北	2.0	21	23	86	2.2

註：灰階表示當次樣本為月最大濃度，『NR』表示該時段無降雨；『－』表示數據不足或缺值

表 4.2.20 嘉義站例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 各月份高濃度與污染事件採樣日特徵及污染來源推論

日期	自動 $PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	修正後 $PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	O_{3max} (ppb)	氣流起源	入台路徑	濃度上升時段	風向	風速變化 ($m\ s^{-1}$)	主要氣態污染物	來源推論
09-Dec-18	34	42	29	華北	宜蘭→嘉義	1. 9-12 2. 13-16 3. 17-20	1. NW-E 2. N 3. N-NE	1. 1.6→1.3 2. 1.3→2.5→1.9 3. 2.2→1.3	1. CO、NO_x 2. CO、NO_x、SO_2 3. CO、NO_x、SO_2	◆ 在地 ◆ 區域
15-Dec-18	33	43	71	黃海	基隆→嘉義	1. 1-3 2. 7-8 3. 9-11 4. 17-19	1. N 2. NE 3. W-SW 4. NW-N	1. 1.3→1.9 2. 0.4→0.8 3. 1.3→2.2 4. 1.6→1→2.3	1. NO_x、SO_2 2. CO、NO_x 3. SO_2、CO 4. SO_2	◆ 在地 ◆ 區域
02-Jan-18	41	43	54	華北	宜蘭→嘉義	1. 5-8 2. 15-18 3. 19-20	1. ENE-N 2. NNW-NNE 3. NNW-ESE	1. 0.6→1.6 2. 3.2→1.6 3. 1.1→0.7	1. CO、NO_x 2. CO、NO_x 3. SO_2、CO、NO_x	◆ 在地 ◆ 區域
20-Jan-18	59	66	52	黃海	基隆→嘉義	1. 0 2. 5-8 3. 10-16 4. 17-20	1. N 2. NNW-NNE 3. NNE-NNW 4. N	1. 2.1 2. 1.6→1.5 3. 1.4→3.2 4. 2.3→2.2	1. — 2. SO_2、CO、NO_x 3. O_3 4. CO、NO_x	◆ 殘留 ◆ 在地 ◆ 區域
01-Feb-18	32	37	35	華中	新北→嘉義	1. 9-18	1. N	1. 3.4→1.8→2.7	1. CO、NO_x	◆ 在地 ◆ 區域
07-Feb-18	48	53	23	華中	基隆→嘉義	1. 0 2. 3-8 3. 9-13 4. 15-18	1. NE 2. ENE-NW-ESE 3. N 4. NE-N	1. 2.4 2. 0.8→1.1 3. 1.7→2→1.5 4. 1.9→3.2	1. — 2. SO_2、CO、NO_x 3. SO_2、CO、NO_x 4. CO、NO_x	◆ 殘留 ◆ 在地 ◆ 區域
13-Feb-18	37	41	72	華中	基隆→嘉義	1. 0 2. 15-18 3. 19-23	1. N 2. NNW-NNE 3. NW-ENE	1. 1.8 2. 2.5→3.4→2.4 3. 1.9→0.4	1. — 2. CO、NO_x 3. CO、NO_x	◆ 殘留 ◆ 區域 ◆ 在地
19-Feb-18	34	37	36	黃海	台中→嘉義	1. 3-6 2. 8-11 3. 19-22	1. N-ESE 2. NW-N 3. NNE-SE	1. 1→1.1 2. 2.4→1.4→2.3 3. 2→0.4	1. — 2. SO_2 3. CO、NO_x	◆ 區域 ◆ 在地
25-Feb-18	45	48	48	黃海	桃園→嘉義	1. 0 2. 7-10 3. 16-19	1. E 2. N 3. N-NNE	1. 0.8 2. 1.9→3.4 3. 4.1→3	1. — 2. CO、SO_2 3. —	◆ 殘留 ◆ 在地 ◆ 區域
03-Mar-18	57	52	58	華中	台中→嘉義	1. 0 2. 3-8 3. 18-21	1. N-ENE 2. NE-NNW 3. WNW-ESE	1. 1.3 2. 0.4→1.5 3. 0.4→0.7	1. — 2. SO_2、CO、NO_x 3. CO、NO_x	◆ 殘留 ◆ 在地
09-Mar-18	32	35	63	黃海-華中	基隆→嘉義	1. 1-7	1. N-NNE	1. 2.4→3.9→2.4	1. CO、NO_x	◆ 區域

日期	自動 $PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	修正後 $PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	O_{3max} (ppb)	氣流起源	入台路徑	濃度上升時段	風向	風速變化 ($m\ s^{-1}$)	主要氣態污染物	來源推論
						2. 11-14 3. 16-22	2. NNE-E 3. N-NE	2. 2.8→1.5→2.1 3. 2.4→2	2. SO_2 3. —	◆ 在地
15-Mar-18	44	44	75	華南沿海	台中→嘉義	1. 0 2. 7-11 3. 13-16	1. E 2. ENE-S-NW 3. N	1. 1.2 2. 1.1→1.5 3. 2.6→2.5	1. — 2. SO_2、CO、NO_x 3. SO_2、CO、NO_x	◆ 殘留 ◆ 在地 ◆ 區域
27-Mar-18	47	48	84	台灣東北方海域	台中→嘉義	1. 0 2. 3-8 3. 9-12 4. 14-16 5. 19-22	1. SW 2. SE-N 3. NNW-N 4. N 5. NNE-ESE	1. 0.7 2. 0.5→2.1 3. 2.4→4.1 4. 4.9 5. 1.8→0.5	1. — 2. SO_2、CO、NO_x 3. O_3 4. — 5. —	◆ 殘留 ◆ 在地 ◆ 區域
02-Apr-18	36	31	56	西太平洋	雲林→嘉義	1. 0 2. 13-15	1. SSW 2. NW	1. 1 2. 3.1→3.3	1. — 2. SO_2	◆ 殘留 ◆ 在地 ◆ 區域
26-Apr-18	50	43	94	華北	基隆→嘉義	1. 0-3 2. 6-7 3. 8-11 4. 12-15 5. 19-22	1. ENE-SW 2. WSW-WNW 3. NW-WSW 4. WSW-NNW 5. NNW-ESE	1. 0.7→1 2. 0.6→2.1 3. 1.4 4. 1.7→3.1 5. 1.4→0.7	1. — 2. SO_2、CO、NO_x 3. O_3 4. SO_2、O_3 5. SO_2、CO、NO_x	◆ 殘留 ◆ 區域 ◆ 在地
20-May-18	19	19	42	台灣西南沿海	台南→嘉義	1. 3-4 2. 7-9 3. 16-18	1. S-WNW 2. ENE-WSW 3. WNW-N	1. 1.2→0.6 2. 0.7→1.6 3. 2.5→2.2	1. — 2. — 3. CO、NO_x	◆ 在地 ◆ 區域
13-Jun-18	28	27	91	華中沿海	雲林→嘉義	1. 4-6 2. 7-13 3. 18-22	1. E-N 2. N-NW 3. N-W	1. 1.3→1.1 2. 3→3.4 3. 2→1.7	1. CO、NO_x 2. SO_2 3. O_3、CO、NO_x	◆ 在地 ◆ 區域
13-Jul-18	19	18	72	台灣西南沿海	花蓮→嘉義	1. 0-2 2. 10-12 3. 17-19	1. W-SSW 2. NNW 3. NE-NNE	1. 0.4→0.6 2. 1.4→2.7 3. 2.2→1.8	1. — 2. — 3. CO、NO_x	◆ 在地 ◆ 區域
12-Aug-18	27	28	73	華南沿海	雲林→嘉義	1. 5-8 2. 10-13 3. 17-19	1. SE-SW 2. W-NNW 3. W-NW	1. 0.5→1.7 2. 1.5→3.1→1.4 3. 1.8→1.6	1. CO、NO_x 2. SO_2、O_3、CO 3. CO、NO_x、SO_2	◆ 在地 ◆ 區域
23-Sep-18	25	22	66	華南沿海	新竹→嘉義	1. 0 2. 6-8 3. 11-14 4. 18-21	1. SSE 2. E-WSW 3. NW-NNW 4. ENE-N	1. 0.4 2. 1→1.6 3. 2.1→2.9 4. 1.2	1. — 2. CO、NO_x 3. CO、NO_x、SO_2 4. CO、NO_x、SO_2	◆ 殘留 ◆ 區域 ◆ 在地

日期	自動 $PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	修正後 $PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	O_{3max} (ppb)	氣流起源	入台路徑	濃度上升時段	風向	風速變化 ($m\ s^{-1}$)	主要氣態污染物	來源推論
23-Oct-18	33	33	74	東海	新竹→嘉義	1. 0-1 2. 5-8 3. 18-20	1. N-NE 2. NE-NNE 3. NNW-N	1. 1.6→1.4 2. 1.5→2→1.8 3. 3.4→2.7	1. NO_x、SO_2 2. CO、NO_x 3. CO、NO_x、SO_2	◆ 在地 ◆ 區域
10-Nov-18	36	38	77	山東	基隆→嘉義	1. 6-9 2. 13-15 3. 19-21	1. S-SE 2. SW-WNW 3. N-SW	1. 0.6→1.3 2. 2.9→3.2 3. 0.9→1.4	1. SO_2、CO 2. O_3 3. —	◆ 在地 ◆ 區域
16-Nov-18	47	51	76	東海	基隆→嘉義	1. 0-3 2. 7-9 3. 11-16	1. WSW-NE 2. WSW-SSE 3. NNW-N	1. 1.2→1.3 2. 1.6→0.6 3. 3→2.6	1. CO、NO_x、SO_2 2. CO、NO_x 3. O_3	◆ 在地 ◆ 區域

註:

1. 「殘留」指 0 點起 $PM_{2.5}$ 濃度監測值已大於 35 $\mu g\ m^{-3}$；修正後 $PM_{2.5}$ 濃度為本計畫手動量測並經過揮發與吸附修正結果。
2. 「氣流來向」指 72 小時前，氣流軌跡起始點所在區域。
3. 「主要氣態污染物」指隨 $PM_{2.5}$ 濃度上升的氣態污染物。

2. $PM_{2.5}$ 化學成分檢測濃度

數據分析期間(2017 年 12 月至 2018 年 11 月)手動採樣 $PM_{2.5}$ 質量濃度(■) 、修正後質量濃度(☆)、環保署公告手動採樣質量濃度(△)比對及 $PM_{2.5}$ 化學成分分析結果如圖 4.2.7，本計畫於 $PM_{2.5}$ 質量濃度比對時間變化趨勢與環保署公告手動採樣質量濃度數值變化一致。執行期間各化學成分濃度、化學成分占 $PM_{2.5}$ 質量濃度比例及化學成分修正前後差異等詳細資料如表 4.2.21 至表 4.2.24 所示。

冬季觀測期間，嘉義站主要化學成分為 NO_3^-，其次為 OC 或 SO_4^{2-}，值得注意的是，冬季 9 次事件都以 NO_3^-為主要化學成分，這些採樣日都可觀測到 $PM_{2.5}$ 隨 CO 及 NO_x 上升的情況，比較特別的是，2 月 1 日於北部觀測到境外傳輸影響，當天北部雖未達污染事件等級，但是強勁的氣流將嘉義以北都會區 NO_x 向南傳輸，使當天日間至午後 18 時前，NO_x 都是逐漸上升的狀態，這可能為影響當天出現高濃度的 NO_3^- (10.31 μg m^{-3})主因。另外，1 月 20 日為冬季污染濃度最高日(66 μg m^{-3})，當天除了高濃度的 NO_3^- (16.89 μg m^{-3})外，還有相當高的 SO_4^{2-} (10.90 μg m^{-3})與 OC (9.36 μg m^{-3})，從前述事件成因解析可發現，當天屬於區域污染傳輸型態，因此受到上風處固定排放源燃燒的化石燃料影響使這天有較高的 OC 及 SO_4^{2-}。2 月 19 日除了濃度較低的污染事件外，還發現 K^+濃度相較於一般情況有所上升，顯示這天可能受到生質燃燒的影響。表 4.2.21 上半部呈現冬季嘉義站主要化學成分占比，其中水溶性離子成分占比為 46~63%，污染事件採樣日受到 NO_3^- 濃度增量影響，水溶性離子占比約為 53~63%。另外，碳成分占比為 14~33%，大致呈現與 $PM_{2.5}$ 濃度成反比的特徵。表 4.2.21 下半部為使用第二層濾紙修正離子揮發與碳成分揮發及吸附的結果，其中，揮發性離子修正比例為 1-14%。有機碳成分揮發及吸附修正比例為-14%~14%，大多呈現正值，代表揮發量大於吸附量，呈現正值的觀測日主要集中於污染事件日中，不過揮發量並未隨 $PM_{2.5}$ 濃度增減有固定變化趨勢，因此，有機碳揮發特性除了與有機碳總量有些許關聯，主要影響因子應為污染源本身差異。

春季觀測期間，化學成分主要以 SO_4^{2-}為主，其次為 OC 或 NO_3^-，在污染事件時期主要化學成分與冬季相似，以 NO_3^-為主。期間 $PM_{2.5}$ 濃度最高日出現在 3 月 3 日，當天西部各監測地區環境擴散條件不佳，並且都出現污染事件，這天屬於在地污染型態，當天監測資料顯示，0 點起環境中有相當高濃度 $PM_{2.5}$ 與 NO_x，

同時風速不高，使污染物易於累積衍生二次污染，最終使這天有相當高的 NO_3^- 濃度(14.26 μg m^{-3})，占 $PM_{2.5}$ 質量濃度 27%，這顯示若能於環境擴散條件轉差時，減少前驅氣體 NO_x 排放，可有效的使 $PM_{2.5}$ 濃度下降。表 4.2.22 上半部呈現春季觀測期間水溶性離子與碳成分占 $PM_{2.5}$ 比例，其中，水溶性離子成分占 38~65%，於污染事件時普遍大於 56%以上，非事件時水溶性離子占比變化量則較大，如 5 月 8 日對比 5 月 26 日，主要影響因子為 SO_4^{2-}，占比較高日當天可能受到化石燃料燃燒影響較多，因而有較高占比。另一方面，碳成分占比於春季約為 14-36%，占比最高日為春季觀測期間空氣品質最佳日(5 月 8 日)，OC 為主要物種，由於這天 SO_4^{2-}濃度較低，顯示此處 OC 可能來自移動污染源所貢獻。表 4.2.22 下半部呈現揮發性離子與有機碳成分修正結果。春季揮發離子占比約為 5~17%，比例略高於冬季，有機碳成分修正幅度則為-28~5%，多數採樣日為負值，代表濾紙吸附有機碳成分濃度大於有機碳成分揮發量，這樣的現象在 4 月 1 日與 5 月 26 日最為顯著，兩日修正比例分別為-28%與-27%，原因應與這兩日空氣品質良好有關，$PM_{2.5}$ 濃度約為 10 μg m^{-3}，碳成分整體占比，因此些微的吸附量都可能使數值被高估。

夏季觀測期間，$PM_{2.5}$ 化學成分組成主要以 SO_4^{2-}為主，其次為 OC，少數採樣日則以 OC 為主要化學成分，比對各採樣日化學成分可發現，$PM_{2.5}$ 濃度低於 10 μg m^{-3} 的採樣日，主要物種皆為 OC，若濃度超過 10 μg m^{-3} 時，主要物種則為 SO_4^{2-}，顯示化石燃料燃燒產生物應為嘉義地區低濃度時期影響空氣品質的主因，另一方面，6 月 1 日這天有較高的 EC 濃度，同時 OC 與 NO_3^-也屬於夏季高值，顯示這天除了化石燃料燃燒的影響外，也包含了移動污染源的衍生污染物。8 月 12 日為夏季污染物濃度最高日，這天中午受到區域污染傳輸影響，監測資料顯示 $PM_{2.5}$ 濃度隨 SO_2 有明顯上升趨勢，同時這天 SO_4^{2-}濃度是夏季觀測期間最高值，SO_4^{2-}濃度值約占當日 $PM_{2.5}$ 濃度 5 成，顯示工業排放影響相當大。表 4.2.23 上半部分為夏季觀測期間嘉義 $PM_{2.5}$ 化學成分占比，其中，水溶性離子占比約為 35-73%，占比最高日為前述 8 月 12 日，影響因子為 SO_4^{2-}明顯高於其他 $PM_{2.5}$ 濃度相近的採樣日(6 月 1 日、6 月 13 日)，同時當天 NO_3^-濃度為夏季第二高值，這也是當天有較高水溶性離子占比的原因。另外，$PM_{2.5}$ 碳成分占比約為 10~32%，占比最高日發生在 $PM_{2.5}$ 濃度最低日(6 月 19 日)，當天受到降雨影響，環境中並

無太多污染。濃度占比最低日則為 8 月 12 日，前述結果指出這天受到區域污染傳輸影響，水溶性離子有較高占比，OC 與 EC 濃度對比其他濃度相近時期，甚至低於其他採樣日，因此有較低的碳成分占比。表 4.2.23 下半部為使用第二層濾紙修正微粒離子揮發與有機碳揮發及被動吸附，其結果顯示夏季揮發性離子占比約為 4~34%，多數揮發量較低採樣日空氣品質良好，水溶性離子成分中主要為 SO_4^{2-}因此有較低揮發量，而揮發量較高的採樣日如 6 月 1 日、6 月 7 日，則可發現有較高的揮發 NO_3^-，顯示 NO_3^-較容易受到環境溫度影響。在有機碳成分修正結果可發現，夏季修正比例為-35~16%，多數觀測日呈現負值，顯示濾紙吸附有機碳成分大於樣本揮發量。

秋季 $PM_{2.5}$ 主要化學成分為 OC 與 SO_4^{2-}，在 9 月份以 SO_4^{2-}為主，10 月份過後則為 OC，另一方面，NO_3^-濃度於 10 月中旬開始明顯增加，可能原因與 10 月開始環境溫度已降低至攝氏 30 度以下，因此採集到的 NO_3^-微粒明顯增加，別是在 11 月 16 日這天，污染事件成因推論顯示這天受到區域與在地污染共同影響，導致 $PM_{2.5}$ 濃度為秋季最高，區域傳輸影響時間不長，因此 SO_4^{2-}未有顯著增量，但這天清晨與日間都呈現低風速的環境條件，有利在地污染物累積上升，也因此有較高的 NO_3^-濃度；另外，EC 濃度為秋季最高顯示這天的在地污染與柴油引擎車輛排放有關。透過表 4.2.24 上半部可看出秋季水溶性離子占比為 41~65%，自 10 月中旬過後占比約在 55%以上，僅有一日稍低，主要與較高的 NO_3^-濃度有關。另外，碳成分占比為 13~30%。最高與最低占比日皆屬於濃度較低期間，$PM_{2.5}$ 濃度分別為 15 與 16 μg m^{-3}，這兩日於第一層濾紙所採集 EC 與 OC 相差約一倍，顯示這兩天影響 $PM_{2.5}$ 濃度相近但來源不同。表 4.2.24 下半部為使用第二層濾紙針對揮發離子與碳成分吸附與揮發修正的結果，可以看出水溶性離子揮發占比為 9~30%，占比最高日為 10 月 29 日，這天有 2.02 μg m^{-3} 的 NO_3^-透過第二層濾紙修正而不被低估，其他離子揮發比例較低的樣本，都呈現 NO_3^-濃度較低的情況，因此離子的揮發，主要來自於 NO_3^-。碳成分修正結果則顯示修正比例為-24~1%，代表被動吸附的影響仍大於有機碳揮發，而吸附有機碳濃度為 0.34~0.75 μg m^{-3}，整體濃度變化不大，顯示環境中 VOCs 含量相當穩定。

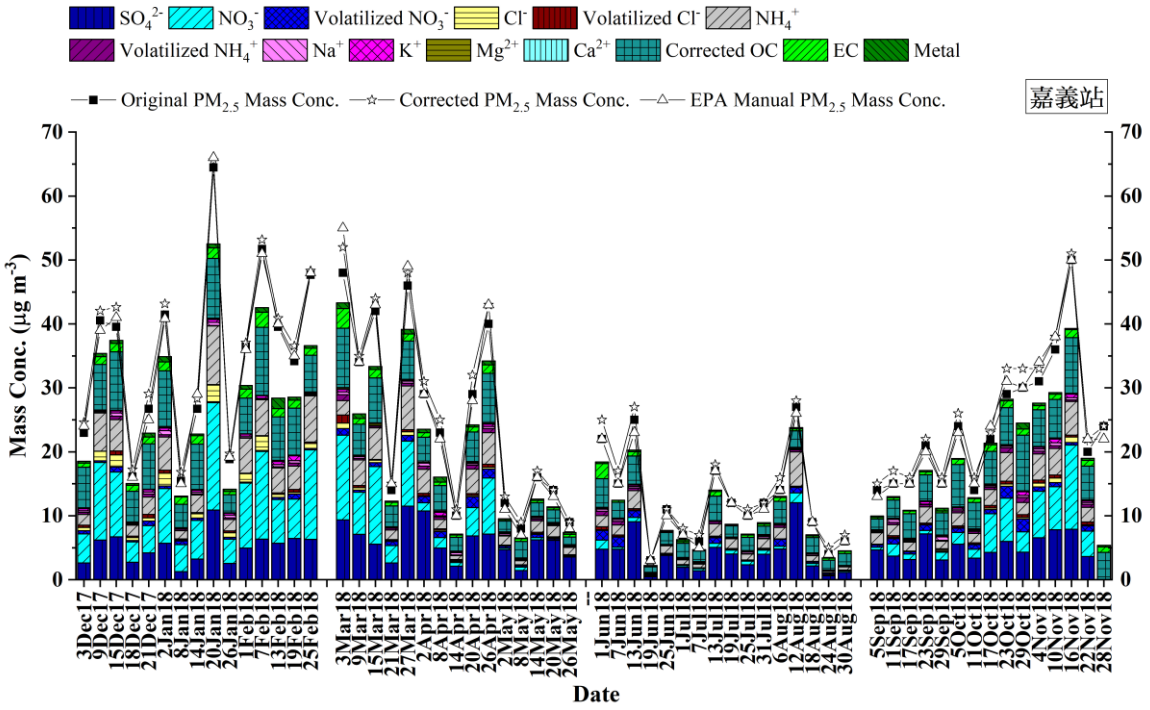


圖 4.2.7 嘉義站例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 成分濃度隨時間變化

表 4.2.21 嘉義站 2017 年 12 月~2018 年 2 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度

濾紙類型及項目 \ Date		03Dec17	09Dec17	15 Dec17	18 Dec17	21Dec17	2-Jan-18	8-Jan-18	14-Jan-18	20-Jan-18	26-Jan-18	1-Feb-18	7-Feb-18	13-Feb-18	19-Feb-18	25-Feb-18
濃度及占比	$PM_{2.5}$ 未修正濃度(μg m^{-3})	23	41	40	16	27	41	15	27	64	19	36	52	40	34	48
	$PM_{2.5}$ 修正後濃度 [1](μg m^{-3})	25	42	43	17	29	43	17	28	66	20	37	53	41	37	48
	$PM_{2.5}$ 濃度修正 [2] (%)	7	4	8	7	9	4	9	6	2	5	2	3	3	7	1
	已解析成分 [3] (%)	75	84	88	87	79	81	78	80	80	72	82	80	69	78	76
	修正後離子占比 [4] (%)	46	63	62	53	49	55	48	50	62	53	62	54	46	53	61
	修正後碳成分占比 [5] (%)	28	20	25	33	28	23	29	30	17	17	19	24	20	24	14
	金屬元素占比 [6] (%)	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	1	4	1	1
單張濾紙	Na^+(μg m^{-3})	0.26	0.15	0.48	0.19	0.31	0.64	0.09	0.26	0.50	0.43	0.24	0.18	0.37	0.38	0.20
	NH_4^+ (μg m^{-3})	1.69	5.97	4.91	1.70	2.72	5.19	1.30	2.73	9.20	1.79	5.46	5.63	3.90	3.66	7.21
	K^+ (μg m^{-3})	0.31	0.19	0.34	0.13	0.36	0.42	0.07	0.31	0.44	0.28	0.32	0.37	0.46	0.75	0.04
	Mg^{2+} (μg m^{-3})	0.03	0.01	0.04	0.01	0.02	0.18	0.05	0.03	0.09	0.03	0.02	0.03	0.06	0.05	0.13
	Ca^{2+} (μg m^{-3})	0.12	0.04	0.07	0.02	0.06	0.05	0.01	0.05	0.10	0.04	0.04	0.06	0.13	0.05	0.06
	Cl^- (μg m^{-3})	0.48	1.49	1.87	0.46	0.50	2.00	0.18	0.67	2.64	0.72	1.31	2.28	0.52	0.27	0.81
	NO_3^- (μg m^{-3})	4.54	12.12	10.12	3.17	4.26	8.56	4.21	6.04	16.78	3.79	10.15	13.73	6.83	6.17	13.99
	SO_4^{2-} (μg m^{-3})	2.64	6.22	6.70	2.73	4.19	5.71	1.26	3.25	10.90	2.55	4.95	6.33	5.71	6.46	6.31
	未修正離子濃度(μg m^{-3})	10.06	26.20	24.54	8.41	12.41	22.75	7.18	13.33	40.64	9.63	22.49	28.62	17.98	17.79	28.76
	未修正 OC (μg m^{-3})	6.41	6.25	8.43	4.68	6.85	8.62	3.55	6.54	9.07	3.30	5.80	9.97	6.86	7.15	6.21
	EC (μg m^{-3})	0.67	1.24	1.34	0.92	1.05	1.39	1.16	1.33	1.65	0.51	1.40	2.37	1.28	1.25	1.11
	未修正碳成分濃度(μg m^{-3})	7.08	7.50	9.77	5.60	7.90	10.01	4.71	7.87	10.72	3.81	7.20	12.33	8.14	8.41	7.33
	金屬元素濃度 [7] (μg m^{-3})	1.01	1.46	1.77	0.53	2.22	2.91	0.32	0.68	1.69	0.85	1.36	1.54	3.62	1.63	1.06
多張濾紙	揮發 NH_4^+ (μg m^{-3})	0.33	0.07	0.54	0.18	0.48	0.35	0.24	0.21	0.07	0.24	0.09	0.06	0.18	0.45	0.17
	揮發 NO_3^- (μg m^{-3})	0.50	0.25	0.81	0.25	0.73	0.39	0.57	0.35	0.10	0.30	0.16	0.12	0.31	0.77	0.21
	揮發 Cl^- (μg m^{-3})	0.36	0.00	0.61	0.21	0.52	0.46	0.14	0.21	0.08	0.29	0.08	0.04	0.18	0.46	0.21
	修正後的 NH_4^+ (μg m^{-3})	2.02	6.04	5.45	1.88	3.20	5.54	1.54	2.94	9.27	2.02	5.55	5.68	4.09	4.11	7.38
	修正後的 NO_3^- (μg m^{-3})	5.04	12.38	10.93	3.42	4.99	8.95	4.78	6.39	16.89	4.09	10.31	13.86	7.15	6.93	14.20
	修正後的 Cl^- (μg m^{-3})	0.84	1.49	2.49	0.68	1.02	2.47	0.32	0.87	2.72	1.01	1.40	2.32	0.70	0.73	1.03
	修正後離子濃度(μg m^{-3})	11.26	26.52	26.50	9.05	14.15	23.95	8.13	14.10	40.90	10.46	22.82	28.84	18.66	19.47	29.35
	揮發離子修正 [8] (%)	12	1	8	8	14	5	13	6	1	9	1	1	4	9	2
	第二張濾紙 OC (μg m^{-3})	0.97	1.51	1.54	0.81	0.95	0.99	0.75	1.14	1.40	0.53	0.85	1.79	1.41	1.27	0.53
	揮發 OC (μg m^{-3})	0.43	1.19	1.12	0.46	0.60	0.53	0.43	0.85	0.85	0.03	0.31	1.24	0.68	0.74	0.03
	被動吸附 VOCs (μg m^{-3})	0.53	0.32	0.42	0.35	0.35	0.46	0.32	0.29	0.55	0.50	0.54	0.55	0.73	0.53	0.50
	修正後 OC (μg m^{-3})	6.31	7.12	9.13	4.79	7.10	8.70	3.65	7.10	9.36	2.83	5.57	10.65	6.81	7.36	5.75
	揮發 OC 占比 [9] (%)	7	19	13	10	9	6	12	13	9	1	5	12	10	10	1
	被動吸附 VOCs 占比 [10](%)	8	5	5	7	5	5	9	4	6	15	9	6	11	7	8
	OC 揮發與吸附修正 [11] (%)	-2	14	8	2	4	1	3	8	3	-14	-4	7	-1	3	-7

表 4.2.22 嘉義站 2018 年 3~5 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度

濾紙類型及項目 \ Date		3-Mar-18	9-Mar-18	15-Mar-18	21-Mar-18	27-Mar-18	2-Apr-18	8-Apr-18	14-Apr-18	20-Apr-18	26-Apr-18	2-May-18	8-May-18	14-May-18	20-May-18	26-May-18
濃度及占比	$PM_{2.5}$ 未修正濃度(μg m^{-3})	48	34	42	14	46	29	23	10	29	40	12	8	16	14	9
	$PM_{2.5}$ 修正後濃度 [1](μg m^{-3})	52	35	44	15	48	31	25	11	32	43	13	9	17	14	9
	$PM_{2.5}$ 濃度修正 [2] (%)	7	3	4	11	4	7	8	4	11	8	6	7	7	5	3
	已解析成分 [3] (%)	84	74	76	80	81	76	64	66	76	79	74	76	73	79	78
	修正後離子占比 [4] (%)	58	56	56	54	65	60	43	41	58	56	58	38	57	62	58
	修正後碳成分占比 [5] (%)	24	16	19	25	15	14	18	23	17	21	15	36	14	16	17
	金屬元素占比 [6] (%)	2	2	1	1	1	2	3	2	1	1	1	2	1	1	3
單張濾紙	Na^+(μg m^{-3})	0.43	0.29	0.14	0.10	0.34	0.45	0.18	0.39	0.24	0.32	0.24	0.10	0.24	0.14	0.15
	NH_4^+ (μg m^{-3})	2.26	3.99	4.95	1.49	6.82	3.76	1.45	0.58	3.84	4.94	1.42	0.66	1.81	1.77	1.17
	K^+ (μg m^{-3})	0.38	0.01	0.02	0.04	0.02	0.03	0.53	0.07	0.17	0.37	0.12	0.08	0.11	0.12	0.08
	Mg^{2+} (μg m^{-3})	0.22	0.10	0.30	0.01	0.11	0.08	0.07	0.06	0.04	0.03	0.09	0.01	0.04	0.02	0.02
	Ca^{2+} (μg m^{-3})	0.09	0.11	0.10	0.06	0.15	0.23	0.17	0.10	0.12	0.15	0.07	0.06	0.06	0.09	0.12
	Cl^- (μg m^{-3})	0.89	0.40	0.39	0.13	0.57	0.11	0.22	0.19	0.24	0.27	0.10	0.06	0.08	0.05	0.07
	NO_3^- (μg m^{-3})	13.25	6.61	12.15	2.73	10.19	1.28	1.63	0.58	4.43	8.75	0.27	0.53	0.35	0.10	0.14
	SO_4^{2-} (μg m^{-3})	9.36	7.08	5.56	2.61	11.49	10.75	4.96	2.11	6.84	7.15	4.69	1.43	6.24	6.18	3.55
	未修正離子濃度(μg m^{-3})	26.88	18.60	23.61	7.18	29.67	16.69	9.21	4.08	15.92	21.98	7.00	2.92	8.92	8.47	5.30
	未修正 OC (μg m^{-3})	9.45	5.12	6.77	3.45	6.10	4.42	4.32	2.97	4.39	7.59	2.07	3.13	2.41	2.17	1.59
	EC (μg m^{-3})	3.08	0.91	1.34	0.58	1.08	0.72	0.53	0.36	0.80	1.34	0.20	0.44	0.37	0.31	0.42
	未修正碳成分濃度(μg m^{-3})	12.53	6.03	8.11	4.03	7.18	5.15	4.84	3.33	5.19	8.93	2.28	3.57	2.78	2.47	2.01
	金屬元素濃度 [7] (μg m^{-3})	3.57	1.55	0.98	0.30	1.64	1.46	1.81	0.72	0.97	1.39	0.51	0.53	0.80	0.52	0.68
多張濾紙	揮發 NH_4^+ (μg m^{-3})	0.92	0.26	0.23	0.28	0.43	0.49	0.39	0.11	0.62	0.65	0.13	0.11	0.26	0.14	0.06
	揮發 NO_3^- (μg m^{-3})	1.01	0.30	0.58	0.63	0.88	0.96	0.93	0.15	1.68	1.40	0.26	0.22	0.52	0.20	0.04
	揮發 Cl^- (μg m^{-3})	1.24	0.34	0.12	0.19	0.34	0.42	0.23	0.14	0.27	0.48	0.10	0.08	0.22	0.16	0.10
	修正後的 NH_4^+ (μg m^{-3})	3.19	4.25	5.18	1.77	7.25	4.25	1.84	0.69	4.47	5.59	1.54	0.76	2.07	1.92	1.24
	修正後的 NO_3^- (μg m^{-3})	14.26	6.91	12.74	3.37	11.06	2.24	2.56	0.72	6.10	10.15	0.53	0.76	0.88	0.30	0.18
	修正後的 Cl^- (μg m^{-3})	2.13	0.74	0.51	0.32	0.91	0.53	0.45	0.33	0.51	0.75	0.20	0.14	0.29	0.21	0.17
	修正後離子濃度(μg m^{-3})	30.05	19.49	24.55	8.28	31.32	18.57	10.76	4.48	18.50	24.52	7.48	3.34	9.92	8.98	5.50
	揮發離子修正 [8] (%)	12	5	4	15	6	11	17	10	16	12	7	14	11	6	4
	第二張濾紙 OC (μg m^{-3})	0.63	0.66	1.19	0.91	0.92	1.06	0.87	0.95	1.16	1.48	0.91	0.75	0.71	0.66	0.49
	揮發 OC (μg m^{-3})	0.22	0.17	0.71	0.36	0.41	0.18	0.26	0.06	0.69	0.82	0.27	0.13	0.20	0.23	0.03
	被動吸附 VOCs (μg m^{-3})	0.40	0.48	0.48	0.55	0.51	0.88	0.61	0.89	0.47	0.66	0.64	0.62	0.51	0.43	0.46
	修正後 OC (μg m^{-3})	9.28	4.81	7.00	3.26	6.00	3.72	3.96	2.14	4.61	7.75	1.70	2.65	2.10	1.97	1.16
	揮發 OC 占比 [9] (%)	2	3	10	10	7	4	6	2	16	11	13	4	8	11	2
	被動吸附 VOCs 占比 [10](%)	4	9	7	16	8	20	14	30	11	9	31	20	21	20	29
	OC 揮發與吸附修正 [11] (%)	-2	-6	3	-6	-2	-16	-8	-28	5	2	-18	-15	-13	-9	-27

表 4.2.23 嘉義站 2018 年 6~8 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度

濾紙類型及項目 \ Date		1-Jun-18	7-Jun-18	13-Jun-18	19-Jun-18	25-Jun-18	1-Jul-18	7-Jul-18	13-Jul-18	19-Jul-18	25-Jul-18	31-Jul-18	6-Aug-18	12-Aug-18	18-Aug-18	24-Aug-18	30-Aug-18
濃度及占比	$PM_{2.5}$ 未修正濃度(μg m^{-3})	22	15	25	3	11	7	6	17	12	10	12	14	27	9	4	6
	$PM_{2.5}$ 修正後濃度 [1](μg m^{-3})	25	17	27	3	11	8	7	18	12	11	12	16	28	9	5	7
	$PM_{2.5}$ 濃度修正 [2] (%)	15	18	9	9	4	13	8	10	6	4	3	15	6	8	23	6
	已解析成分 [3] (%)	73	71	75	69	70	78	69	76	71	67	73	79	84	74	73	68
	修正後離子占比 [4] (%)	45	55	55	35	50	43	42	51	55	43	56	53	73	44	32	34
	修正後碳成分占比 [5] (%)	27	16	19	32	18	31	27	25	16	23	15	25	10	28	40	33
	金屬元素占比 [6] (%)	1	0	1	2	2	4	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1
單張濾紙	Na^+(μg m^{-3})	0.33	0.26	0.24	0.09	0.08	0.16	0.18	0.08	0.08	0.25	0.24	0.12	0.17	0.19	0.08	0.07
	NH_4^+ (μg m^{-3})	1.76	1.56	2.83	0.11	1.18	0.77	0.58	1.94	1.55	0.93	1.48	1.79	5.37	0.87	0.24	0.48
	K^+ (μg m^{-3})	0.15	0.12	0.22	0.02	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.06	0.06	0.07	0.12	0.08	0.05	0.07
	Mg^{2+} (μg m^{-3})	0.04	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.04	0.04	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01
	Ca^{2+} (μg m^{-3})	0.09	0.09	0.10	0.06	0.04	0.07	0.07	0.04	0.04	0.13	0.10	0.06	0.07	0.05	0.03	0.04
	Cl^- (μg m^{-3})	0.09	0.08	0.07	0.09	0.02	0.08	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.01	0.07	0.06	0.02	0.05
	NO_3^- (μg m^{-3})	1.44	0.33	0.69	0.12	0.14	0.26	0.31	0.65	0.60	0.56	0.65	0.43	1.55	0.40	0.13	0.20
	SO_4^{2-} (μg m^{-3})	4.76	4.76	9.06	0.48	3.82	1.93	1.40	5.04	4.01	2.34	3.97	4.79	12.03	2.16	0.63	1.17
	未修正離子濃度(μg m^{-3})	8.66	7.22	13.22	0.98	5.32	3.34	2.69	7.85	6.37	4.37	6.59	7.30	19.40	3.82	1.18	2.09
	未修正 OC (μg m^{-3})	4.30	2.78	4.48	1.32	2.39	1.75	1.81	4.50	1.93	2.35	2.15	3.11	2.91	2.51	1.31	1.91
	EC (μg m^{-3})	2.34	0.28	0.67	0.18	0.15	0.24	0.20	0.74	0.16	0.37	0.33	0.61	0.33	0.24	0.32	0.36
	未修正碳成分濃度(μg m^{-3})	6.63	3.06	5.15	1.50	2.55	1.99	2.00	5.25	2.09	2.73	2.48	3.73	3.23	2.75	1.63	2.27
	金屬元素濃度 [7] (μg m^{-3})	0.94	0.28	0.71	0.08	0.47	0.95	0.27	0.70	0.53	0.63	0.52	0.49	0.57	0.76	0.07	0.27
多張濾紙	揮發 NH_4^+ (μg m^{-3})	0.68	0.59	0.42	0.05	0.06	0.03	0.04	0.35	0.08	0.05	0.09	0.35	0.31	0.09	0.08	0.04
	揮發 NO_3^- (μg m^{-3})	1.51	1.58	1.03	0.06	0.09	0.06	0.06	0.88	0.13	0.07	0.17	1.09	0.86	0.20	0.21	0.09
	揮發 Cl^- (μg m^{-3})	0.47	0.25	0.24	0.06	0.06	0.04	0.05	0.18	0.07	0.07	0.08	0.07	0.12	0.07	0.05	0.02
	修正後的 NH_4^+ (μg m^{-3})	2.44	2.15	3.24	0.16	1.24	0.80	0.62	2.29	1.62	0.99	1.56	2.14	5.68	0.96	0.33	0.52
	修正後的 NO_3^- (μg m^{-3})	2.95	1.92	1.72	0.18	0.23	0.32	0.37	1.53	0.73	0.63	0.82	1.52	2.40	0.60	0.34	0.29
	修正後的 Cl^- (μg m^{-3})	0.56	0.33	0.30	0.16	0.08	0.12	0.10	0.24	0.12	0.13	0.13	0.09	0.18	0.12	0.06	0.07
	修正後離子濃度(μg m^{-3})	11.32	9.64	14.90	1.15	5.53	3.47	2.83	9.26	6.65	4.57	6.92	8.82	20.68	4.18	1.52	2.23
	揮發離子修正 [8] (%)	31	34	13	17	4	4	5	18	4	4	5	21	7	9	29	7
	第二張濾紙 OC (μg m^{-3})	0.99	0.89	0.97	0.67	0.88	1.16	0.91	1.12	0.94	0.76	0.78	1.04	0.81	0.75	0.88	0.56
	揮發 OC (μg m^{-3})	0.59	0.29	0.46	0.11	0.18	0.83	0.38	0.21	0.39	0.23	0.04	0.69	0.24	0.32	0.55	0.25
	被動吸附 VOCs (μg m^{-3})	0.40	0.60	0.51	0.57	0.71	0.33	0.53	0.91	0.55	0.53	0.74	0.35	0.57	0.43	0.33	0.32
	修正後 OC (μg m^{-3})	4.49	2.47	4.43	0.86	1.86	2.24	1.65	3.80	1.77	2.06	1.45	3.45	2.57	2.40	1.53	1.84
	揮發 OC 占比 [9] (%)	14	10	10	8	7	47	21	5	20	10	2	22	8	13	42	13
	被動吸附 VOCs 占比 [10](%)	9	22	11	43	30	19	29	20	28	22	34	11	20	17	25	17
	OC 揮發與吸附修正 [11] (%)	5	-11	-1	-35	-22	28	-9	-16	-8	-13	-33	11	-12	-5	16	-4

表 4.2.24 嘉義站 2018 年 9~11 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度

濾紙類型及項目 \ Date		5-Sep-18	11-Sep-18	17-Sep-18	23-Sep-18	29-Sep-18	5-Oct-18	11-Oct-18	17-Oct-18	23-Oct-18	29-Oct-18	4-Nov-18	10-Nov-18	16-Nov-18	22-Nov-18	28-Nov-18
濃度及占比	$PM_{2.5}$ 未修正濃度(μg m^{-3})	14	15	15	21	15	24	14	22	29	30	31	36	50	20	24
	$PM_{2.5}$ 修正後濃度 [1](μg m^{-3})	15	17	16	22	16	26	16	23	33	33	33	38	51	22	24
	$PM_{2.5}$ 濃度修正 [2] (%)	5	11	5	7	6	7	12	8	11	12	7	5	4	10	2
	已解析成分 [3] (%)	68	77	69	77	69	73	82	91	86	73	83	77	76	85	22
	修正後離子占比 [4] (%)	53	57	41	55	43	44	51	64	65	42	63	58	57	56	---
	修正後碳成分占比 [5] (%)	13	19	27	20	23	29	30	26	21	29	19	18	19	28	21
	金屬元素占比 [6] (%)	1	1	1	1	3	0	1	1	1	3	1	1	0	1	1
單張濾紙	Na^+(μg m^{-3})	0.09	0.46	0.19	0.08	0.55	0.24	0.18	0.22	0.24	0.32	0.36	0.48	0.34	0.30	---
	NH_4^+ (μg m^{-3})	1.78	1.71	1.42	2.52	1.19	2.03	1.45	2.50	4.50	1.90	4.08	4.13	5.29	2.31	---
	K^+ (μg m^{-3})	0.09	0.10	0.10	0.41	0.15	0.27	0.13	0.17	0.17	0.57	0.26	0.57	0.53	0.23	---
	Mg^{2+} (μg m^{-3})	0.03	0.06	0.04	0.06	0.08	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.05	0.07	0.06	0.03	---
	Ca^{2+} (μg m^{-3})	0.08	0.05	0.10	0.05	0.05	0.08	0.06	0.07	0.08	0.11	0.09	0.11	0.11	0.13	---
	Cl^- (μg m^{-3})	0.03	0.19	0.04	0.08	0.23	0.10	0.06	0.25	0.38	0.24	0.59	0.71	0.85	0.16	---
	NO_3^- (μg m^{-3})	0.44	1.87	0.87	0.55	1.22	1.80	1.41	6.06	6.78	3.18	7.27	6.76	13.20	3.97	---
	SO_4^{2-} (μg m^{-3})	4.65	3.71	3.16	7.17	3.09	5.57	3.37	4.27	5.98	4.31	6.55	7.80	7.87	3.63	---
	未修正離子濃度(μg m^{-3})	7.19	8.15	5.92	10.91	6.56	10.12	6.68	13.57	18.16	10.68	19.24	20.62	28.25	10.75	---
	未修正 OC (μg m^{-3})	2.22	3.19	4.14	4.54	3.53	6.71	4.23	5.49	5.90	8.58	5.56	6.09	8.15	5.33	4.13
	EC (μg m^{-3})	0.27	0.39	0.45	0.49	0.30	0.84	0.60	1.06	1.07	1.00	0.64	0.83	1.26	0.91	0.84
	未修正碳成分濃度(μg m^{-3})	2.48	3.58	4.59	5.03	3.83	7.55	4.83	6.55	6.98	9.57	6.21	6.91	9.41	6.24	4.97
	金屬元素濃度 [7] (μg m^{-3})	0.56	0.58	0.41	1.19	1.27	0.47	0.34	0.68	0.72	2.52	1.03	1.50	0.72	1.01	0.70
多張濾紙	揮發 NH_4^+ (μg m^{-3})	0.16	0.38	0.13	0.36	0.12	0.33	0.32	0.38	0.74	0.80	0.44	0.43	0.25	0.46	---
	揮發 NO_3^- (μg m^{-3})	0.35	0.82	0.33	0.85	0.17	0.71	0.71	0.65	1.84	2.02	0.69	0.62	0.39	0.83	---
	揮發 Cl^- (μg m^{-3})	0.10	0.29	0.07	0.21	0.14	0.24	0.23	0.37	0.41	0.42	0.47	0.49	0.27	0.43	---
	修正後的 NH_4^+ (μg m^{-3})	1.93	2.10	1.55	2.88	1.32	2.36	1.77	2.88	5.25	2.70	4.52	4.56	5.54	2.77	---
	修正後的 NO_3^- (μg m^{-3})	0.80	2.68	1.20	1.40	1.39	2.51	2.12	6.71	8.62	5.20	7.96	7.38	13.59	4.80	---
	修正後的 Cl^- (μg m^{-3})	0.13	0.48	0.11	0.29	0.37	0.34	0.29	0.62	0.79	0.66	1.06	1.19	1.12	0.59	---
	修正後離子濃度(μg m^{-3})	7.80	9.63	6.45	12.33	7.00	11.40	7.94	14.97	21.16	13.91	20.83	22.16	29.17	12.48	---
	揮發離子修正 [8] (%)	9	18	9	13	7	13	19	10	16	30	8	7	3	16	---
	第二張濾紙 OC (μg m^{-3})	0.65	0.74	0.67	0.67	1.06	0.82	0.89	1.10	0.91	0.76	1.08	0.80	1.22	0.82	0.79
	揮發 OC (μg m^{-3})	0.06	0.18	0.20	0.09	0.50	0.36	0.41	0.35	0.38	0.43	0.61	0.36	0.88	0.38	0.47
	被動吸附 VOCs (μg m^{-3})	0.59	0.56	0.47	0.58	0.56	0.45	0.48	0.75	0.53	0.34	0.47	0.44	0.33	0.44	0.32
	修正後 OC (μg m^{-3})	1.69	2.81	3.86	4.05	3.47	6.62	4.15	5.09	5.75	8.67	5.71	6.01	8.70	5.28	4.28
	揮發 OC 占比 [9] (%)	3	6	5	2	14	5	10	6	6	5	11	6	11	7	11
	被動吸附 VOCs 占比 [10](%)	27	18	11	13	16	7	11	14	9	4	8	7	4	8	8
	OC 揮發與吸附修正 [11] (%)	-24	-12	-7	-11	-2	-1	-2	-7	-3	1	3	-1	7	-1	4

備註:

1. $PM_{2.5}$ 修正後濃度=$PM_{2.5}$ 未修正濃度+揮發離子+揮發 OC。未修正濃度是由鐵氟龍濾紙採集獲得，鐵氟龍濾紙不會吸附 VOCs。
2. $PM_{2.5}$ 修正(%)=(揮發離子+揮發 OC)/$PM_{2.5}$ 未修正濃度。
3. 已解析成分(%)=[金屬元素濃度(不含水溶性成分已分析者)+修正後離子濃度+修正後 OC+EC]/$PM_{2.5}$ 修正後濃度。
4. 修正後離子占比(%)=(揮發離子+原始離子)/$PM_{2.5}$ 修正後濃度。
5. 修正後碳成分占比(%)=(揮發 OC+未修正 OC+EC)/$PM_{2.5}$ 修正後濃度。
6. 金屬元素占比(%)=金屬元素濃度(不含水溶性成分已分析者)/$PM_{2.5}$ 修正後濃度。
7. 金屬元素濃度=包含水溶性離子解析成分
8. 揮發離子修正(%)=揮發離子/未修正離子濃度。
9. 揮發 OC 占比(%)=揮發 OC/未修正 OC。
10. 被動吸附 VOCs 占比=被動吸附 VOCs/未修正 OC。
11. OC 揮發與吸附修正(%)=(修正後 OC-未修正 OC)/修正後 OC。

3. 金屬元素成分分析結果

圖 4.2.8 為嘉義站 2017 年 12 月到 2018 年 11 月採樣期間各樣本金屬元素濃度(ng m^{-3})變化及富集因子(Enrichment factor, ☆)平均值，由於各金屬元素濃度高低差異甚大，本計畫根據金屬元素濃度變化範圍，劃分為高、中、低三種濃度群。富集因子輔助判別物種是否受人為活動影響，本計畫以取對數後 EF 值 1 為界線，大於 1 代表受到人為活動影響，本段講述數值將以取對數後 EF 為主。圖 4.2.8 上半部顯示高濃度金屬元素群只有 Zn 的 EF 值接近 3，顯示受到人為影響程度相當高，Zn 為交通排放、輪胎和剎車磨損、垃圾焚化、二次冶煉指標金屬元素，其餘高濃度元素群多數來自然來源，並且以元素 Na 濃度最高，可作為塵土或海鹽指標元素，濃度次高是元素 K，當 EF 值大於 1 時，可作為生質燃燒指標元素。中間濃度群除元素 Ti，多數元素受人為活動影響，以燃煤和工業排放指標金屬元素 Pb 濃度次高和富集因子最高，元素 Ba 與 Mn 濃度僅次於元素 Pb，元素 Ba 的富集因子略大於 1，可能受到交通排放影響，元素 Mn 富集因子約為 1，受到人為活動影響較小。中濃度群中，交通排放或燃煤電廠排放指標金屬元素 Mo 有相對較高的富集因子(EF>2)但濃度不高，其他受人為活動影響金屬元素 Ni、Cu、V、Cr 也有大於 1 的富集因子，Ni 及 V 主要來自燃油燃燒，金屬元素 Cu 可能來自工業影響或是汽車剎車墊片磨損產生，Cr 主要來自鋼鐵業、交通及燃煤。低濃度群中 Sr、Co、Rb、Ce 及 Nd 等元素富集因子較低，受人為活動影響較小，其他元素如 Se、Sn 濃度及富集因子較高，Se 主要來源為燃煤燃燒、Sn 則可能來自交通排放、燃煤燃燒及非鐵金屬製造。

2017 年冬季觀測期間，嘉義站時常受到區域污染物傳輸影響，不過從污染濃度與元素濃度相近的兩日，12 月 9 日與 12 月 15 日可發現，潛在污染源卻略

有差異，12 月 15 日對比 12 月 9 日有較高的燃煤指標元素 Pb 及 Sn，燃油指標元素 V，而 12 月 9 日則是元素 Mn 濃度較高，顯示 12 月 15 日受到燃料燃燒影響較大。在 1 月 2 日則為冬季期間元素濃度次高日，這天同樣為嘉義站污染事件日，元素濃度剖面指出這天在生質燃燒(K)、道路揚塵與交通逸散(Ba、Ti、Mn、Sb、Cu)、燃煤燃燒(As、Pb、Sn)等污染源都有冬季較高的濃度。1 月 20 日這天是冬季金屬元素濃度與 $PM_{2.5}$ 濃度最高日，各標元素中以燃煤燃燒指標元素 Pb、Sn、As 及 Se 都有冬季觀測期間較高的濃度，這似乎顯示這次的區域污染事件中，主要影響因子為燃料燃燒。

2018 年春季觀測期間是嘉義站污染事件發生頻率最高的時期，其中又以 3 月 3 日的在地污染事件最為嚴重，如前段分析結果，這天由於環境擴散條件不佳，再加上前日為元宵節，因此在地排放濃度相較於一般時期高出少許，同時還可能受到施放煙火影響，在金屬元素濃度分布中可發現，這天元素 K、Ba、Sr 都有相當高的濃度(深紅色)，這些元素雖然可分別作為生質燃燒或交通排放等指標，但同時出現高濃度時則可能與煙火施放有關。

2018 年夏季採樣期間元素平均濃度低於春季與冬季，由於中央研究院實驗室搬遷，春季自 4 月上旬至夏季的金屬元素分析工作轉由中山醫學大學-健康醫學中心分析環境檢測機構，兩個實驗室於樣本消化過程有所差異，因此濃度值略有改變，空白值係因中山醫學大學無分析 Zr 元素。觀測期間以 6 月 1 日與 7 日以及 8 月 30 日有較高的元素濃度，圖中可看出這幾天有相當高的元素 Na 及 Ca，另外 6 月 7 日還有相當高濃度的 Al，從指標元素推測，這兩天受到揚塵影響相當顯著，但 Al、Ca、Na 也可能來自燃煤或垃圾焚化爐(羅等，2018)。

2018 年秋季觀測期間，各類金屬元素濃度普遍不高，但是在 9 月 23 日為中秋節前夕，K、Ba、Pb、Sr 有較高濃度，表示有爆竹煙火的釋放。這天也是 9 月份 K^+濃度最高日，可能也有受到生質燃燒影響。另外，這天元素群中有較高的 Ba、Cu 及 V 交通揚塵與燃油鍋爐的指標元素。10 月 29 日由於受到區域污染傳輸影響，當天金屬元素濃度為秋季最高值，除了生質燃燒指標元素 K 濃度明顯增加外，Pb 濃度高達 1000 ng m^{-3} 以上，Ba 和 Sr 有較高濃度，有爆竹煙火釋放的可能，Sn 呈現較高濃度顯示燃煤燃燒也是呈現影響。另外秋季元素 Ti 濃度異常高值，待分析同時採樣備用樣本方能確認數值正確性。

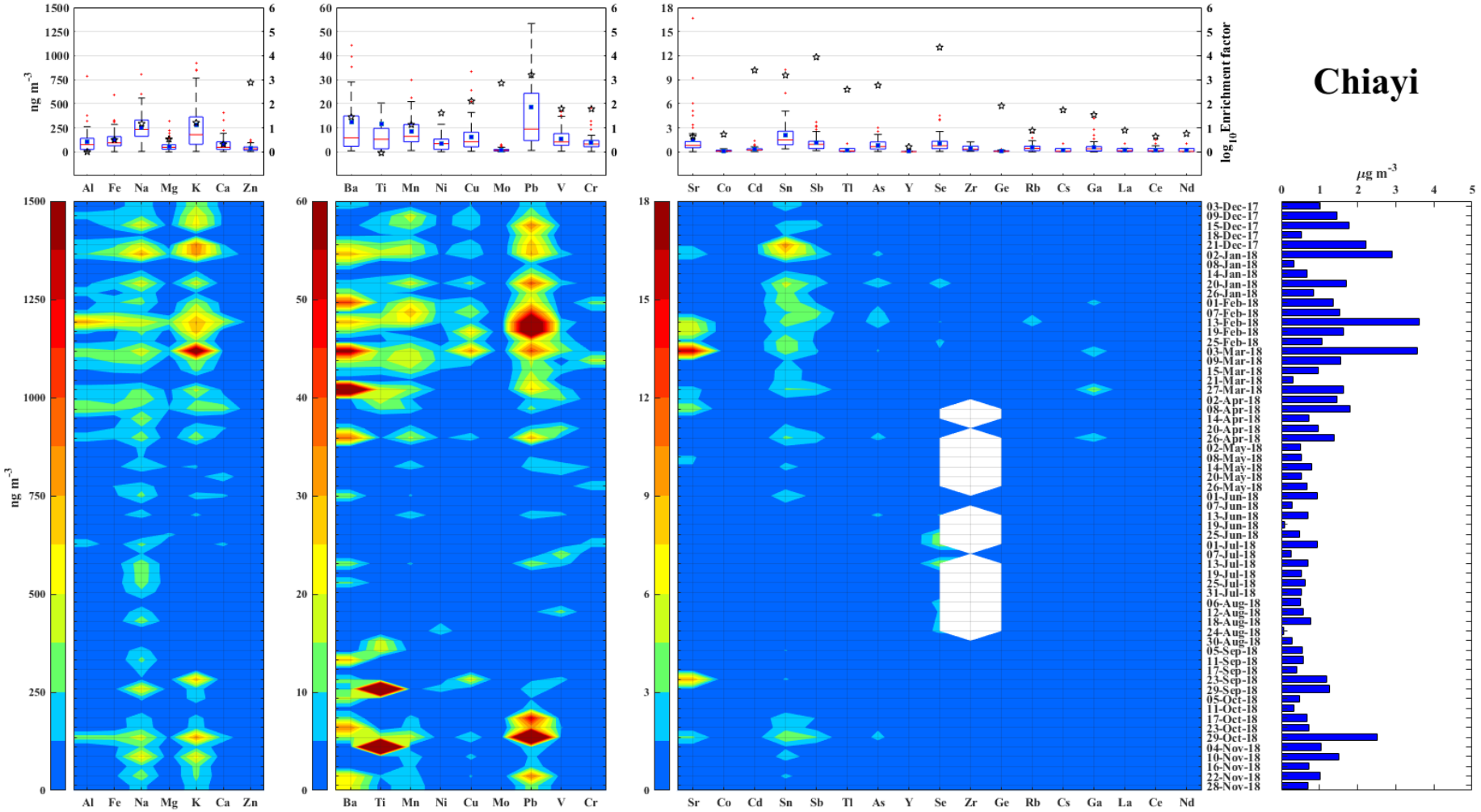


圖 4.2.8 嘉義站例行性採樣期間 $PM_{2.5}$ 各金屬元素每日濃度(中圖)，上圖的盒鬚為每個金屬元素在採樣期間濃度(ng m^{-3})分布，星號表示每個金屬元素在採樣期間富集因子(Enrichment Factor, EF)平均數值，右圖為採樣期間每個樣本全部金屬元素濃度 (μg m^{-3})。

***圖中白框為 4 月上旬至夏季金屬元素成分分析轉由中山醫學大學-健康醫學中心分析環境檢測機構，該機構無分析 Zr 元素。**

4.2.5 小港站

1. 空氣品質監測資料與污染時期環境特徵

表 4.2.25 彙整各採樣日 $PM_{2.5}$ 質量及其他污染物濃度日平均值與天氣因子，各月份濃度最高日以灰色標註，主要風向是東北風和西南風，風速多在 2 m s^{-1} 上下。

表 4.2.26 透過環保署監測資料與 3 日逆推氣流軌跡將觀測期間各月份 $PM_{2.5}$ 濃度最高日與 $PM_{2.5}$ 濃度大於 35 μg m^{-3} 時期污染來源推論按照軌跡起源和入台路徑、$PM_{2.5}$ 濃度上升時段的風向和風速以及當時段主要氣態污染物進行分類，藉此區分當天污染濃度上升來源為境外、在地或是跨縣市污染區域傳輸，相關資料可由附錄四查照。2017 年 12 月至 2018 年 11 月共觀測到 16 次污染事件($PM_{2.5}$ 手動或自動監測濃度大於 35 μg m^{-3})，分別為 2017 年 12 月 3 日、12 月 9 日、12 月 15 日、2018 年 1 月 2 日、1 月 20 日、2 月 1 日、2 月 7 日、2 月 13 日、2 月 19 日、2 月 25 日、3 月 9 日、3 月 15 日、3 月 27 日、11 月 4 日、11 月 16 日、11 月 22 日。事件主要集中於冬季與春季，特別是冬季採樣期間，幾乎每個採樣日都有相當高 $PM_{2.5}$ 濃度。

冬季採樣期間(2017 年 12 月~2018 年 2 月)共有 10 次事件日，這段期間氣流軌跡來向主要為中國東北、華北及華中等地，透過附錄四事件日軌跡資料顯示氣流抵達小港前都出現氣壓值驟降的情況，代表受到地形阻隔，因此小港站風速相較於其他西部測站略低，這代表小港站環境擴散條件較差，特別是 2 月份所觀測到污染事件，污染物來源主要為在地排放與區域污染物傳輸，除了 2 月 1 日外，其餘採樣日自 0 點開始環境中 $PM_{2.5}$ 濃度已高達 41~96 μg m^{-3} 顯示環境擴散條件十分不理想，這樣的現象在 1 月份污染事件中也可發現。另外，在冬季採樣期間當環境風向來自小港站西側時，如：12 月 15 日、1 月 2 日及 1 月 20 日等，接近中午時 SO_2 與 $PM_{2.5}$ 皆會出現上升現象，推測受測站西側港口以及工業區污染排放影響。值得注意的是冬季觀測期間，小港站半數事件日 $O_{3,\,max}$ 濃度相較於其餘他北部測站明顯較高，這樣的現象或許和前驅污染物的排放如 NO_x 及 VOCs 較高有關，這些前驅污染物可能來自高雄在地工業排放。

春季採樣期間(2018 年 3 月~5 月)共觀測到 3 次事件日，3 次污染事件 $PM_{2.5}$ 濃度分別為 38、46 及 43 μg m^{-3} 並且集中在三月份，這段時期氣流主要來自黃海

與台灣東部沿海，顯示污染源主要為在地排放源。與冬季相似，當風向來自測站西側時(西風至西南西風) SO_2 與 $PM_{2.5}$ 隨風速上升的現象十分明顯，顯示受到港口船隻或工業排放影響，如：3 月 27 日上午 7 至 12 時。在低風速時段則可觀測到 CO 與 NO_x 與 $PM_{2.5}$ 共同上升的現象，這表示受到交通排放影響。

夏季採樣期間(2018 年 6 月~8 月)$PM_{2.5}$ 濃度普遍偏低，環境擴散條件良好，但吹拂西南風時，時常可發現高風速伴隨 $PM_{2.5}$ 濃度上升得現象，其中 SO_2 濃度同樣隨著微粒濃度上升，顯示受到西南方固定排放源影響。夏季採樣期間，6 月 13 日 $PM_{2.5}$ 濃度最高，濃度為 20 $\mu g\ m^{-3}$，這天位於盛行風背風側，其他西部觀測地區多有夏季最高濃度出現，不過位於南台灣的小港站，當日除了台灣東北方有低壓環流外，台灣西南方同樣有低壓帶，氣流受要低壓牽引，小港站的污染物由陸地向海面吹，因此小港站擴散條件優於其他西部測站，污染物濃度因而較低。

秋季採樣期間(2018 年 9 月~11 月)由於盛行風向逐漸改變，污染濃度又逐漸回升，進入 10 月後，除了 10 月 5 日，其他採樣日都大於 25 $\mu g\ m^{-3}$。秋季污染物濃度提升的原因主要與氣流來向改變有關，夏季採樣期間小港站氣流來向多為海面，並由海面直接進入高雄地區。秋季過後北風增強，氣流由小港北方傳入，因而傳輸跨區污染物，這樣的現象在 11 月過後更加明顯，除了 11 月 4 日外，其他 11 月份污染事件都受到測站北部污染傳輸影響，特別是 11 月 16 日這天西部各觀測站都出現明顯的區域傳輸污染事件，由於小港站位於台灣南端，因此氣流傳輸至小港時已減弱不少，對比嘉義站，受到區域污染傳輸影響時間也減少許多。此外，由於夜間溫度明顯降低，混合層高度受氣溫影響下降，當風速較低污染物易於累積上升，如：10 月 11 日及 11 月 4 日、16 日、22 日及 28 日夜間，自 0 時起小港站已有不低的 $PM_{2.5}$ 濃度，顯示夜間擴散條件不佳。

表 4.2.25 小港站例行採樣期間空氣污染物濃度和氣象因子

Date	測站	$PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	CO (ppm)	NO_x (ppb)	SO_2 (ppb)	O_{3max} (ppb)	風向	風速 ($m\ s^{-1}$)	溫度 (℃)	最高溫度 (℃)	RH (%)	雨量 (mm)
3-Dec-17	小港	39	0.6	29.4	7.3	81	北	1.8	25	29	74	NR
9-Dec-17	小港	47	0.7	40.7	5.3	37	北	1.6	19	22	70	NR
15-Dec-17	小港	39	0.5	35.7	6.1	71	北北東	2.1	23	25	76	NR
18-Dec-17	小港	29	0.5	33.6	4.1	51	北	2.1	20	24	61	NR
21-Dec-17	小港	32	0.5	39.6	6.6	62	北	1.7	20	23	63	NR
2-Jan-18	小港	44	0.7	41.7	7.8	77	西	1.8	21	24	73	NR
8-Jan-18	小港	16	0.6	30.7	6.7	27	北	2.0	24	28	79	0.4
14-Jan-18	小港	29	0.4	23.8	3.7	69	北北東	1.9	17	21	59	NR
20-Jan-18	小港	55	0.6	32.1	6.8	66	西	1.8	23	25	80	NR
26-Jan-18	小港	33	0.5	34.5	3.5	62	北	2.0	21	26	69	NR
1-Feb-18	小港	42	0.7	39.1	4.0	36	北	2.0	16	19	80	0.6
7-Feb-18	小港	44	0.7	53.1	4.5	24	北	1.6	15	18	71	0.2
13-Feb-18	小港	42	0.7	44.1	5.5	69	北北東	1.9	18	21	62	NR
19-Feb-18	小港	37	0.6	29.0	3.9	77	北北東	1.6	25	30	62	NR
25-Feb-18	小港	46	0.6	23.7	2.8	69	北	1.9	24	28	70	NR
3-Mar-18	小港	23	0.5	27.8	8.3	36	東北	1.9	27	30	73	0.0
9-Mar-18	小港	38	0.6	36.0	5.7	60	北北西	1.6	16	20	72	1.4
15-Mar-18	小港	46	0.5	33.3	6.9	81	西南西	2.0	24	28	68	31.4
21-Mar-18	小港	22	0.5	21.3	3.4	66	北	3.1	21	24	60	NR
27-Mar-18	小港	43	0.5	28.5	5.6	83	西	2.0	25	28	62	NR
2-Apr-18	小港	27	0.3	18.9	4.2	—	西	2.1	26	28	67	NR
8-Apr-18	小港	29	0.4	—	6.5	75	西	2.1	22	25	56	NR
14-Apr-18	小港	9	0.2	13.3	13.1	23	南南東	2.4	29	32	73	NR
20-Apr-18	小港	24	0.4	24.4	6.2	61	西北西	2.0	27	30	61	NR
26-Apr-18	小港	19	0.4	19.1	7.8	86	西南西	2.2	27	29	74	NR
2-May-18	小港	11	0.2	20.4	8.4	30	西南西	2.2	29	32	70	NR
8-May-18	小港	8	0.2	34.0	16.8	21	西南西	1.4	28	30	85	38.4
14-May-18	小港	16	0.3	17.1	10.1	55	西南西	1.8	29	32	73	NR
20-May-18	小港	7	0.2	12.5	9.2	31	西	2.1	30	33	70	NR
26-May-18	小港	4	0.1	10.5	3.7	30	西	2.7	31	32	68	NR
1-Jun-18	小港	17	0.4	20.2	5.6	74	北	2.1	32	35	68	NR
7-Jun-18	小港	15	0.3	20.1	6.3	58	西南西	2.0	32	35	67	NR
13-Jun-18	小港	22	0.4	18.4	6.1	83	西南西	2.1	31	34	65	NR
19-Jun-18	小港	5	0.2	24.3	6.5	25	東北東	1.8	27	29	99	129.0
25-Jun-18	小港	9	0.2	16.7	6.9	24	北北東	1.8	31	34	76	NR
1-Jul-18	小港	5	0.2	14.8	5.2	32	北北東	2.4	30	33	83	NR
7-Jul-18	小港	7	0.4	19.7	9.9	21	東北	1.7	29	31	92	40.2
13-Jul-18	小港	10	0.3	20.7	7.4	38	北北西	2.2	31	35	75	8.4

Date	測站	$PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	CO (ppm)	NO_x (ppb)	SO_2 (ppb)	O_{3max} (ppb)	風向	風速 ($m\ s^{-1}$)	溫度 (℃)	最高溫度 (℃)	RH (%)	雨量 (mm)
19-Jul-18	小港	9	0.2	17.7	5.2	33	西南西	2.2	31	34	77	64.4
25-Jul-18	小港	11	0.4	21.6	5.2	34	東北	1.7	29	33	86	NR
31-Jul-18	小港	9	0.2	11.4	4.0	28	西	2.5	32	34	71	0.6
6-Aug-18	小港	8	0.3	—	4.3	69	北北東	2.0	30	35	71	NR
12-Aug-18	小港	12	0.2	12.8	5.6	60	西	2.2	31	34	70	NR
18-Aug-18	小港	7	0.4	18.4	6.2	26	東北	1.4	29	32	92	NR
24-Aug-18	小港	9	0.0	20.6	5.0	46	北北東	1.7	27	28	99	149.0
30-Aug-18	小港	16	0.0	47.2	14.1	11	東北	2.2	27	29	96	15.8
5-Sep-18	小港	9	0.5	15.2	6.8	31	西	1.8	31	33	82	1.0
11-Sep-18	小港	10	0.5	23.4	8.9	33	東北	1.3	30	33	85	6.2
17-Sep-18	小港	12	0.4	18.6	7.9	49	東北	1.5	31	35	74	1.2
23-Sep-18	小港	22	0.3	17.4	11.8	77	東北東	1.9	31	33	83	3.6
29-Sep-18	小港	14	0.3	13.9	2.9	76	西北	3.3	29	33	58	NR
5-Oct-18	小港	19	0.4	16.5	3.0	92	北	3.4	27	30	58	NR
11-Oct-18	小港	32	0.5	27.2	7.2	80	北北東	1.6	28	31	70	NR
17-Oct-18	小港	31	0.5	29.0	6.0	78	北北西	1.7	28	31	72	NR
23-Oct-18	小港	27	0.4	25.5	6.4	88	北	1.7	28	31	64	NR
29-Oct-18	小港	26	0.5	31.1	6.4	88	北	1.6	26	29	49	NR
4-Nov-18	小港	36	0.5	31.8	8.0	50	西	1.6	28	30	82	NR
10-Nov-18	小港	30	0.6	26.1	6.1	65	北北東	1.9	27	29	78	NR
16-Nov-18	小港	43	0.6	31.2	9.4	98	東北	1.6	28	31	68	NR
22-Nov-18	小港	37	0.7	30.6	4.7	—	北	2.0	26	30	67	NR
28-Nov-18	小港	31	0.6	43.4	5.6	42	北北東	1.7	25	27	71	NR

註：灰階表示當次樣本為月最大濃度，『NR』表示該時段無降雨；『－』表示數據不足或缺值。

表 4.2.26 小港站例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 各月份高濃度與污染事件採樣日特徵及污染來源推論

日期	自動 $PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	修正後 $PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	O_{3max} (ppb)	氣流起源	入台路徑	濃度上升時段	風向	風速變化 ($m\ s^{-1}$)	主要氣態污染物	來源推論
03-Dec-17	39	42	81	中國東北	宜蘭→小港	1. 6-10 2. 11-13 3. 15-18	1. N-NNW 2. N 3. WSW-WNW	1. 2.1→1.7 2. 1.9→1.6 3. 2.6→1.6	1. CO、NO_x 2. O_3 3. SO_2、NO_x 、CO	◆ 在地
09-Dec-17	47	53	37	華北	宜蘭→小港	1. 6-8 2. 9-11 3. 15-17 4. 18-22	1. N-NE 2. NE-NNW 3. NW-N 4. N	1. 1.2→1.7 2. 2→2.4 3. 1.9 4. 1.5→2.4	1. CO、NO_x 2. SO_2、CO、NO_x、O_3 3. NO_x 4. SO_2、CO、NO_x	◆ 在地 ◆ 區域
15-Dec-17	39	40	71	黃海	基隆→小港	1. 0 2. 5-9 3. 10-12 4. 18-21	1. N 2. NNE-NE 3. W 4. N	1. 0.9 2. 0.9→0.8 3. 2.4→2.9 4. 3.3→1→2	1. — 2. CO、NO_x 3. SO_2 4. CO、NO_x	◆ 殘留 ◆ 在地 ◆ 區域
02-Jan-18	44	49	77	華北	新北→小港	1. 0-3 2. 6-9 3. 9-11 4. 21-23	1. N 2. N-W 3. W 4. NE	1. 1.7→1 2. 1→1.8 3. 1.8→3.5 4. 0.8→0.5	1. — 2. CO、NO_x 3. SO_2 4. CO、NO_x	◆ 殘留 ◆ 在地 ◆ 區域
20-Jan-18	55	62	66	台灣東北方海域	新北→小港	1. 0-5 2. 6-9 3. 12-16 4. 18-23	1. W-NNW 2. NNW-WSW 3. WSW-WNW 4. NW-N	1. 1.4→1.6 2. 1.2→2.2 3. 2.7→3.5→1.9 4. 1→1.7→1.1	1. — 2. SO_2、CO、NO_x 3. O_3 4. CO	◆ 殘留 ◆ 在地 ◆ 區域
01-Feb-18	42	46	36	華北	新北→小港	1. 6-8 2. 13-16 3. 17-19	1. NW-N 2. W-WNW 3. WNW	1. 2→2.5 2. 1.8→1.1→2.4 3. 1.5→2.7	1. CO、NO_x 2. SO_2、NO_x 3. CO、NO_x	◆ 區域 ◆ 在地
07-Feb-18	44	50	24	華中	基隆→小港	1. 0-4 2. 6-9 3. 13-16 4. 18-20	1. NNW-E 2. NNE-N 3. NNW-N 4. NNW	1. 1.6→0.8 2. 1.3→1 3. 1.8→2.6 4. 2.2→1.2	1. — 2. SO_2、CO、NO_x 3. CO、NO_x 4. —	◆ 殘留 ◆ 在地 ◆ 區域
13-Feb-18	42	46	69	華中沿海	基隆→小港	1. 0-4 2. 7-11 3. 18-21	1. NNW-NNE 2. N-WSW 3. NW-N	1. 1.9→1.3 2. 1.5→2.9 3. 1.7→0.9	1. — 2. SO_2、CO、NO_x 3. CO、NO_x	◆ 殘留 ◆ 在地 ◆ 區域
19-Feb-18	37	35	77	台灣東北方海域	苗栗→小港	1. 0-4 2. 19-23	1. N-NNE 2. NNW-NNE	1. 1.2→1.5 2. 0.7→0.8	1. — 2. CO、NO_x	◆ 殘留 ◆ 在地

日期	自動 $PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	修正後 $PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	O_{3max} (ppb)	氣流起源	入台路徑	濃度上升時段	風向	風速變化 ($m\ s^{-1}$)	主要氣態污染物	來源推論
25-Feb-18	46	46	69	台灣東北方海域	苗栗→小港	1. 0 2. 10-12 3. 15-21	1. N 2. NW-WNW 3. WNW-N	1. 1.5 2. 2.1→3.3 3. 3.1→1.6	1. — 2. SO_2、O_3 3. SO_2、CO、NO_x	◆ 殘留 ◆ 在地 ◆ 區域
09-Mar-18	38	42	60	黃海	華中→新北→小港	1. 6-12 2. 17-22	1. NNW-WSW 2. NE-E-NW	1. 1.8→1.2→1.8 2. 0.8→1.7	1. SO_2、CO、NO_x 2. CO、NO_x	◆ 在地
15-Mar-18	46	45	81	西太平洋	台東→小港	1. 0-2 2. 6-8	1. NNE-ENN 2. WSW-W	1. 1.5→1.3 2. 0.4→1.6	1. O_3 2. SO_2、CO、NO_x	◆ 殘留 ◆ 在地
27-Mar-18	43	44	83	西太平洋	基隆→台中→小港	1. 0 2. 7-12 3. 18-23	1. W 2. NE-WSW 3. W-E-W	1. 1.2 2. 1.8→3.3 3. 1.7→0.9→1.2	1. — 2. SO_2、O_3 3. SO_2、CO、NO_x	◆ 殘留 ◆ 在地 ◆ 區域
8-Apr-18	29	29	75	華北	基隆→小港	1. 0 2. 6-8	1. NNE 2. NNE-W	1. 1.9 2. 0.9→2.1	1. — 2. SO_2、CO、NO_x	◆ 殘留 ◆ 在地
14-May-18	16	19	55	台灣東部海面	海面→小港	1. 1-4 2. 15-16	1. SSE-N 2. WSW	1. 0.9→1.3 2. 3.5→3.3	1. SO_2、CO、NO_x 2. CO、O_3	◆ 在地
13-Jun-18	22	26	83	華中沿海	嘉義→小港	1. 5-7 2. 8-10 3. 16-18	1. NNE-NE 2. NNW-WSW 3. WSW-W	1. 0.8→1.8 2. 2.4→3.7 3. 2.5→3.3→0.5	1. CO、NO_x 2. SO_2 3. SO_2、O_3	◆ 區域 ◆ 在地
25-Jul-18	11	13	34	南海	海面→小港	1. 8-9 2. 10-12	1. WNW-WSW 2. SW-WSW	1. 1.1→2 2. 1.6→2.7	1. SO_2、CO、NO_x 2. —	◆ 在地 ◆ 區域
30-Aug-18	16	21	11	南海	海面→小港	1. 2-5 2. 6-8 3. 9-10 4. 16-19	1. NNE-NE 2. NE-NNE 3. NE 4. NNE-NE	1. 2.3→3.4 2. 3.4→3 3. 1.5→0.9 4. 1.1→1.2	1. SO_2、CO、NO_x 2. SO_2、CO、NO_x 3. NO_x 4. SO_2、CO、NO_x	◆ 區域 ◆ 在地
23-Sep-18	22	26	77	華南沿海	雲林→小港	1. 6-8 2. 10-13 3. 17-18	1. SSW 2. WSW-W 3. NE	1. 0.9→1.4 2. 3.1→4.5 3. 1.4→2.7	1. CO、NO_x 2. SO_2、O_3 3. CO	◆ 在地 ◆ 區域
11-Oct-18	32	32	80	台灣東北方海面	宜蘭→小港	1. 0 2. 2-4 3. 8-11	1. NE 2. NNE 3. E-SW	1. 0.8 2. 0.9→1 3. 1.5→2	1. — 2. SO_2、CO、NO_x 3. SO_2、NO_x	◆ 殘留 ◆ 在地
4-Nov-18	36	41	50	東海	苗栗→小港	1. 0-4 2. 6-8 3. 10-14 4. 20-22	1. N-NE 2. NNW 3. WSW-W 4. N-NE	1. 1.1 2. 0.9→1.5 3. 2.8→2.2 4. 1.2→1	1. — 2. CO、NO_x 3. SO_2、O_3 4. —	◆ 殘留 ◆ 在地 ◆ 區域
16-Nov-18	43	48	98	東海	基隆→小港	1. 0-3	1. ENE-NE	1. 1.8→1.2	1. O_3	◆ 殘留

日期	自動 $PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	修正後 $PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	O_{3max} (ppb)	氣流起源	入台路徑	濃度上升時段	風向	風速變化 ($m\ s^{-1}$)	主要氣態污染物	來源推論
						2. 4-10	2. NNE-NNW	2. 0.8→1.4	2. CO、NO_x	◆ 在地
						3. 12-14	3. W-WNW	3. 2.6→2.5	3. O_3	◆ 區域
						1. 0-3	1. N	1. 3.4→2.1	1. CO、NO_x	◆ 殘留
22-Nov-18	37	36	—	東海	苗栗→小港	2. 6-8	2. N	2. 1.9→2.9	2. CO、NO_x	◆ 區域
						1. 18-21	1. NNW-N	1. 1.2→1.3	1. CO、NO_x	◆ 在地

註:

1. 「殘留」指 0 點起 $PM_{2.5}$ 濃度監測值已大於 35 $\mu g\ m^{-3}$；修正後 $PM_{2.5}$ 濃度為本計畫手動量測並經過揮發與吸附修正結果。
2. 「氣流來向」指 72 小時前，氣流軌跡起始點所在區域。
3. 「主要氣態污染物」指隨 $PM_{2.5}$ 濃度上升的氣態污染物。

2. $PM_{2.5}$ 化學成分檢測濃度

數據解析期間(2017 年 12 月至 2018 年 11 月)手動採樣 $PM_{2.5}$ 質量濃度(■)、修正後質量濃度(☆)、環保署公告手動採樣質量濃度(△)比對及 $PM_{2.5}$ 化學成分分析結果如圖 4.2.9 所示，由於環保署並未於小港站架設 $PM_{2.5}$ 手動採樣設備，因此小港站 $PM_{2.5}$ 質量濃度比對數值參考依據為環保署空氣品質監測站自動監測儀器數值。計畫執行期間手動量測 $PM_{2.5}$ 質量濃度數值略大於環保署自動監測數值，但是整體變化趨勢一致，誤差應為儀器間差異所造成。執行期間各化學成分濃度、化學成分占 $PM_{2.5}$ 質量濃度比例及化學成分修正前後差異等詳細資料如表 4.2.27 至表 4.2.30。

冬季採樣期間小港站超過 6 成觀測日 $PM_{2.5}$ 濃度大於 35 $\mu g\, m^{-3}$，從化學成分分析結果發現，小港站冬季主要化學成分與其他西部測站略有差異， $PM_{2.5}$ 主要化學成分為 NO_3^-，其次是 OC。小港站於冬季污染事件中，多數為在地和區域污染事件，同時監測資料可看出小港站 NO_x 日平均對比其他西部測站明顯高出許多，高出的 NO_x 可能不是來自於交通排放，而是固定排放源。另外，表 4.2.27 上半部顯示冬季觀測期間主要化學成分占比。其中，水溶性離子占比約為 49~62%，與其他西部測站相近，水溶性離子占比高的觀測日皆為污染事件日，占比增加原因主要為成分中 NO_3^-濃度增加。碳成分占比約為 15~31%，占比最高日出現在 1 月 8 日，當天 $PM_{2.5}$ 濃度為 14 $\mu g\, m^{-3}$，顯示低污染時期化學成分為碳成分中的有機碳。表 4.2.27 下半部為觀測期間透過第二層濾紙修正離子揮發與有機碳揮發及吸附作用的結果，顯示揮發離子占比為 1~54%，多數觀測日約在 10%上下，揮發量多寡主要與第二層濾紙所解析出 NO_3^-有關。碳成分修正結果則顯示冬季小港站修正比例為-9~9%，多數觀測日呈現正值，代表揮發量大於吸附量，此外，冬季均溫為攝氏 15 至 25 度，屬於較低溫時期，有機碳成分較高的揮發比例代表影響有機碳成分的揮發多寡的因子，不完全為環境溫度，也可能與污染源有關。

春季採樣期間 $PM_{2.5}$ 主要化學成分在多數採樣日中為 SO_4^{2-}，其次為 CO，這樣的轉變主要因為位於南部的小港地區，在春季 3 月中旬過後，環境溫度已可達到攝氏 30 度，加上日平均風速也顯著提升，環境擴散條件明顯改善，因此污染物濃度明顯下降，春季採樣期間僅 3 次污染事件發生，2 次在三月中旬前，同時 NO_3^-為污染事件時主要化學成分，都屬於在地污染型態，主因與擴散條件不佳有關。另有 1 次污染事件發生於 3 月 27 日，對比前 2 次事件，從前述成因解析中

可知，這天日間 $PM_{2.5}$ 隨西南風上升，當時有較高的 SO_2 濃度，因此推論受到港區污染傳輸影響，也使得這天有較高的 SO_4^{2-} 濃度。在表 4.2.28 上半部，顯示春季水溶性離子與碳成分於 $PM_{2.5}$ 質量濃度中占比，水溶性離子成分約占 41~63% 與冬季相似，占比高低主要影響因子 SO_4^{2-} 濃度多寡，濃度達污染事件時期，水溶性離子占比則相對穩定。另一方面，碳成分占比約為 16~33%，與各採樣站結果相似，碳成分來源貢獻量較為固定。表 4.2.28 下半部為使用第二層濾紙修正微粒揮發損失與被動吸附的結果，可看出離子揮發占比為 3~37%，對比冬季有明顯提升，不過 3 月 9 日揮發占比僅 4%主要與日均溫僅攝氏 16 度有關，另外，其他揮發占比低於 10%的觀測日(4 月 14 日、5 月 2 日、5 月 8 日等)皆因為所採集成分中 NO_3^- 濃度相當低，因而占比低，顯示 NO_3^- 為影響離子揮發比例主要因子。有機碳成分修正比例約為-15~9%，多數採樣日呈現正值，顯示此時期有機碳成分揮發量仍大於吸附量，對照斗六及嘉義站分析結果，小港站似乎呈現不一樣的趨勢，這顯示小港站有機碳成分似乎揮發性較高？後續將透過受體模式持續解析污染源差異。

夏季採樣期間，小港站 $PM_{2.5}$ 化學成分主要以 SO_4^{2-} 為主，其次是 OC。在 6 月 13 日這天出現夏季 $PM_{2.5}$ 濃度最高日，同時當天 SO_4^{2-} 濃度高達 9.78 $\mu g\ m^{-3}$，占當日 $PM_{2.5}$ 濃度近 4 成，顯示這天污染主要來自燃燒化石燃料，前述污染成因指出這天 $PM_{2.5}$ 上升時段主要吹拂西南風，從風向推斷，可能受到港邊工業或船隻排放影響，因而有相當高的 SO_4^{2-}。從表 4.2.29 上半部可看出夏季期間 $PM_{2.5}$ 化學成分中水溶性離子與碳成分分別占 $PM_{2.5}$ 質量濃度 38~59%及 15~35%，水溶性離子占比皆大於碳成分。另外，表 4.2.29 下半部為夏季觀測期間，使用第二層濾紙對於揮發離子與有機碳成分吸附及揮發修正結果，從結果中可發現離子揮發比例為 4~17%，雖然整體看似相較於冬季及春季低，主要原因與小港站夏季均溫普遍大於攝氏 30 度有關，炎熱的環境，使 NO_3^- 微粒於環境中揮發，因而收集到濾紙上的微粒濃度明顯低於前兩季，因此較低的 NO_3^- 濃度，若有揮發產生，則數值易受低分母影響有高估的現象。另外，碳成分修正比例於夏季採樣期間為-33~4%，與前兩季有明顯差異，主要呈現負值，從表中 VOCs 濃度可發現，濃度變化為 0.40~0.85 $\mu g\ m^{-3}$，變化幅度不大，並且濃度與冬季及春季相近，代表濾紙被動吸附有機碳含量相當固定，修正比例呈現負值與主因為夏季污染濃度低，蒐集於濾紙上碳成分濃度減少間接使揮發總量下降有關。

秋季採樣期間 $PM_{2.5}$ 化學成分組成與夏季相似，主要物種為 SO_4^{2-}及 OC，顯示這段期間污染源主要為固定排放源。進入 10 月後，可發現 NO_3^-濃度增加，除了環境溫度降低外，夜間污染殘留的現象，也可從監測資料中發現，這些都可能是 NO_3^-增量的環境特徵。11 月份採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度明顯提升至 34~48 μg m^{-3}，對比濃度較低採樣日 NO_3^-與 OC 有了明顯的提升，另外 EC 也有微幅增量，這些化學成分共同提升的現象可能受到交通排放衍生污染物的影響，推測環境擴散條件轉差，移動源排放污染物較不易擴散至高空，因此堆積於環境中，因而產生更多的衍生污染物。表 4.2.30 上半部可看出水溶性離子與碳成分占比變化，水溶性離子占比為 39~66%，碳成分為 16~27%，顯示碳成分變動較離子穩定。表 4.2.30 下半部則顯示揮發離子占比為 7~45%，占比明顯增加，同時集中於 10 月至 11 月份，主因與 10 月過後 NO_3^-濃度增量相當顯著有關，而有機碳成分修正結果則如同夏季時，以負值為主，代表吸附量依舊高於揮發量。

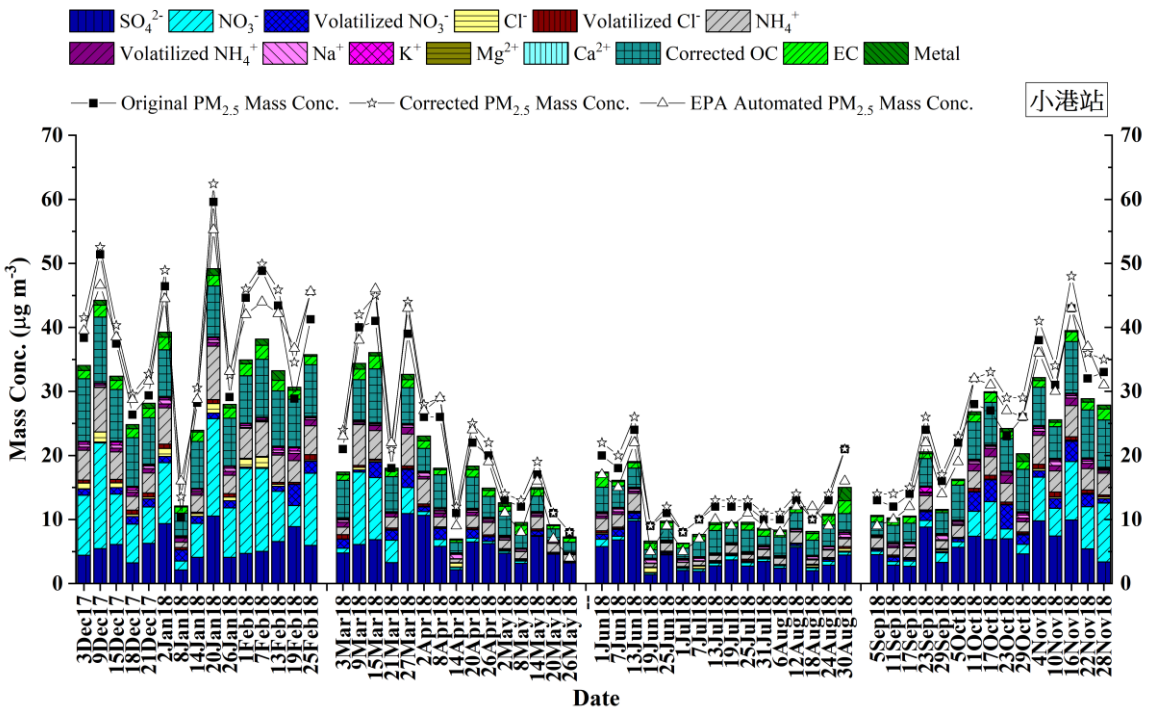


圖 4.2.9 小港站例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 成分濃度隨時間變化

表 4.2.27 小港站 2017 年 12 月~2018 年 2 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度

濾紙類型及項目 \ Date		03Dec17	09Dec17	15 Dec17	18 Dec17	21Dec17	2-Jan-18	8-Jan-18	14-Jan-18	20-Jan-18	26-Jan-18	1-Feb-18	7-Feb-18	13-Feb-18	19-Feb-18	25-Feb-18
濃度及占比	$PM_{2.5}$ 未修正濃度(μg m^{-3})	38	51	37	26	29	46	10	28	60	29	45	49	43	29	41
	$PM_{2.5}$ 修正後濃度 [1](μg m^{-3})	42	53	40	30	33	49	14	31	62	33	46	50	46	35	46
	$PM_{2.5}$ 濃度修正 [2] (%)	8	2	8	12	11	5	32	8	5	12	3	2	6	20	10
	已解析成分 [3] (%)	82	84	80	84	86	80	90	78	79	86	76	76	72	89	78
	修正後離子占比 [4] (%)	53	60	55	51	57	60	55	49	62	56	54	52	47	62	57
	修正後碳成分占比 [5] (%)	27	23	24	31	27	19	33	29	15	28	20	23	22	26	21
	金屬元素占比 [6] (%)	2	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	2	3	1	1
單張濾紙	Na^+(μg m^{-3})	0.43	0.29	0.50	0.30	0.41	0.65	0.17	0.23	0.44	0.49	0.28	0.18	0.39	0.40	0.28
	NH_4^+ (μg m^{-3})	4.65	6.96	4.27	2.13	3.10	5.66	0.81	2.65	8.38	2.86	4.69	5.42	4.27	3.38	4.50
	K^+ (μg m^{-3})	0.35	0.24	0.45	0.39	0.18	0.30	0.07	0.29	0.33	0.24	0.30	0.29	0.40	0.46	0.03
	Mg^{2+} (μg m^{-3})	0.03	0.03	0.07	0.03	0.03	0.17	0.06	0.07	0.05	0.05	0.03	0.09	0.05	0.13	0.15
	Ca^{2+} (μg m^{-3})	0.06	0.09	0.11	0.07	0.07	0.09	0.01	0.05	0.10	0.08	0.06	0.07	0.16	0.05	0.09
	Cl^- (μg m^{-3})	0.93	1.56	0.73	0.38	0.29	1.27	0.04	0.45	1.51	0.57	1.23	1.60	0.32	0.02	0.21
	NO_3^- (μg m^{-3})	9.36	16.49	7.85	6.05	5.68	9.52	1.40	5.31	15.21	7.74	13.30	12.97	7.84	3.28	11.28
	SO_4^{2-} (μg m^{-3})	4.43	5.45	6.10	3.23	6.28	9.34	2.11	4.07	10.55	4.07	4.69	5.02	6.55	8.89	5.94
	未修正離子濃度(μg m^{-3})	20.25	31.12	20.08	12.60	16.04	26.99	4.68	13.12	36.56	16.10	24.58	25.64	19.99	16.62	22.48
	未修正 OC (μg m^{-3})	9.02	9.88	7.98	7.33	6.88	7.99	3.48	7.06	7.63	6.86	6.96	8.86	8.28	6.98	7.57
	EC (μg m^{-3})	1.26	1.88	1.44	1.39	1.48	1.98	0.97	1.49	1.67	1.63	1.86	2.18	1.66	1.39	1.32
	未修正碳成分濃度(μg m^{-3})	10.27	11.75	9.42	8.72	8.35	9.97	4.45	8.56	9.31	8.49	8.82	11.04	9.94	8.37	8.90
	金屬元素濃度 [7] (μg m^{-3})	2.42	1.96	1.76	1.75	1.95	2.35	0.37	0.64	2.31	1.20	1.22	1.94	3.05	1.30	0.56
多張濾紙	揮發 NH_4^+ (μg m^{-3})	0.51	0.05	0.58	0.66	0.70	0.61	0.68	0.43	0.55	0.61	0.12	0.09	0.38	1.12	0.96
	揮發 NO_3^- (μg m^{-3})	0.97	0.17	1.03	1.17	1.25	0.98	1.71	1.10	0.85	1.10	0.19	0.15	0.79	3.30	1.86
	揮發 Cl^- (μg m^{-3})	0.46	0.00	0.56	0.64	0.66	0.65	0.37	0.22	0.60	0.57	0.14	0.10	0.30	0.31	0.83
	修正後的 NH_4^+ (μg m^{-3})	5.17	7.01	4.86	2.79	3.80	6.27	1.49	3.08	8.92	3.47	4.81	5.51	4.65	4.49	5.46
	修正後的 NO_3^- (μg m^{-3})	10.33	16.65	8.88	7.23	6.93	10.49	3.11	6.42	16.06	8.84	13.49	13.12	8.63	6.58	13.15
	修正後的 Cl^- (μg m^{-3})	1.39	1.56	1.28	1.02	0.95	1.92	0.41	0.66	2.11	1.14	1.37	1.69	0.62	0.34	1.04
	修正後離子濃度(μg m^{-3})	22.19	31.33	22.25	15.07	18.65	29.23	7.44	14.87	38.56	18.38	25.02	25.98	21.46	21.34	26.12
	揮發離子修正 [8] (%)	10	1	11	20	16	8	59	13	5	14	2	1	7	28	16
	第二張濾紙 OC (μg m^{-3})	1.70	1.43	1.32	1.13	1.16	1.25	0.92	0.95	1.37	1.76	1.39	1.28	1.66	1.44	0.89
	揮發 OC (μg m^{-3})	1.24	0.91	0.70	0.75	0.76	0.27	0.50	0.59	0.83	1.17	0.93	0.74	0.99	0.96	0.69
	被動吸附 VOCs (μg m^{-3})	0.46	0.51	0.63	0.38	0.40	0.99	0.42	0.35	0.54	0.60	0.47	0.54	0.66	0.48	0.20
	修正後 OC (μg m^{-3})	9.80	10.28	8.05	7.70	7.23	7.27	3.55	7.30	7.92	7.43	7.42	9.06	8.61	7.46	8.05
	揮發 OC 占比 [9] (%)	14	9	9	10	11	3	14	8	11	17	13	8	12	14	9
	被動吸附 VOCs 占比 [10](%)	5	5	8	5	6	12	12	5	7	9	7	6	8	7	3
	OC 揮發與吸附修正 [11] (%)	9	4	1	5	5	-9	2	3	4	8	7	2	4	7	6

表 4.2.28 小港站 2018 年 3~5 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度

濾紙類型及項目 \ Date		3-Mar-18	9-Mar-18	15-Mar-18	21-Mar-18	27-Mar-18	2-Apr-18	8-Apr-18	14-Apr-18	20-Apr-18	26-Apr-18	2-May-18	8-May-18	14-May-18	20-May-18	26-May-18
濃度及占比	$PM_{2.5}$ 未修正濃度(μg m^{-3})	21	40	41	18	39	26	26	11	22	20	13	12	17	11	8
	$PM_{2.5}$ 修正後濃度 [1](μg m^{-3})	24	42	45	21	44	28	29	12	25	22	14	13	19	11	8
	$PM_{2.5}$ 濃度修正 [2] (%)	17	3	10	19	11	7	12	5	12	8	5	5	10	6	9
	已解析成分 [3] (%)	71	82	79	85	74	82	62	60	74	67	92	75	79	82	86
	修正後離子占比 [4] (%)	42	61	55	53	57	63	41	41	48	47	55	44	60	60	58
	修正後碳成分占比 [5] (%)	28	19	23	30	16	17	21	17	24	19	33	28	18	20	26
	金屬元素占比 [6] (%)	2	2	1	2	2	3	1	2	2	2	4	3	1	1	2
單張濾紙	Na^+(μg m^{-3})	0.39	0.21	0.20	0.14	0.37	0.54	0.24	0.67	0.31	0.26	0.30	0.30	0.26	0.20	0.14
	NH_4^+ (μg m^{-3})	1.19	6.37	4.45	1.71	4.97	3.90	1.53	0.58	1.89	1.93	1.32	1.11	1.90	1.37	1.04
	K^+ (μg m^{-3})	0.17	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.24	0.06	0.16	0.10	0.10	0.05	0.06	0.05	0.06
	Mg^{2+} (μg m^{-3})	0.09	0.10	0.12	0.02	0.07	0.09	0.06	0.09	0.04	0.04	0.18	0.04	0.08	0.06	0.02
	Ca^{2+} (μg m^{-3})	0.08	0.11	0.12	0.08	0.16	0.20	0.23	0.09	0.12	0.10	0.10	0.07	0.11	0.12	0.09
	Cl^- (μg m^{-3})	0.05	0.43	0.22	0.12	0.17	0.09	0.06	0.58	0.07	0.05	0.17	0.13	0.06	0.08	0.06
	NO_3^- (μg m^{-3})	0.75	11.29	9.71	3.49	4.08	0.61	1.08	0.33	0.61	0.39	0.29	0.33	0.10	0.09	0.09
	SO_4^{2-} (μg m^{-3})	4.77	6.11	6.85	3.28	10.94	10.65	5.81	2.17	6.49	6.22	4.75	3.17	7.40	4.60	3.22
	未修正離子濃度(μg m^{-3})	7.49	24.65	21.68	8.85	20.77	16.12	9.24	4.56	9.68	9.08	7.21	5.21	9.98	6.58	4.72
	未修正 OC (μg m^{-3})	5.58	6.22	8.19	5.15	5.88	3.94	5.23	1.91	4.61	3.27	3.70	2.48	2.57	1.64	1.43
	EC (μg m^{-3})	0.88	1.64	2.07	0.99	1.24	1.21	0.78	0.36	1.14	0.92	0.80	1.44	1.10	0.51	0.64
	未修正碳成分濃度(μg m^{-3})	6.47	7.86	10.26	6.14	7.12	5.15	6.01	2.27	5.74	4.19	4.49	3.92	3.67	2.15	2.08
	金屬元素濃度 [7] (μg m^{-3})	1.03	1.66	1.11	0.63	1.76	1.93	0.66	1.06	1.02	1.07	1.02	1.01	0.52	0.94	0.81
多張濾紙	揮發 NH_4^+ (μg m^{-3})	0.74	0.25	0.82	0.57	1.02	0.39	0.60	0.06	0.51	0.32	0.09	0.09	0.33	0.06	0.06
	揮發 NO_3^- (μg m^{-3})	1.39	0.34	2.39	1.54	2.78	0.71	1.71	0.10	1.32	0.70	0.13	0.14	0.70	0.02	0.02
	揮發 Cl^- (μg m^{-3})	0.66	0.29	0.25	0.25	0.42	0.36	0.19	0.07	0.24	0.23	0.10	0.09	0.26	0.10	0.10
	修正後的 NH_4^+ (μg m^{-3})	1.93	6.62	5.28	2.29	5.99	4.29	2.12	0.64	2.40	2.25	1.41	1.20	2.24	1.43	1.10
	修正後的 NO_3^- (μg m^{-3})	2.14	11.63	12.10	5.03	6.86	1.33	2.79	0.42	1.93	1.09	0.42	0.47	0.79	0.12	0.11
	修正後的 Cl^- (μg m^{-3})	0.71	0.72	0.47	0.36	0.58	0.45	0.25	0.66	0.31	0.28	0.27	0.22	0.32	0.18	0.17
	修正後離子濃度(μg m^{-3})	10.27	25.52	25.15	11.21	24.98	17.58	11.74	4.80	11.75	10.32	7.54	5.53	11.27	6.76	4.91
	揮發離子修正 [8] (%)	37	4	16	27	20	9	27	5	21	14	4	6	13	3	4
	第二張濾紙 OC (μg m^{-3})	1.22	0.96	1.09	1.58	0.89	1.34	1.05	0.83	0.94	0.93	0.67	0.82	0.91	0.76	0.90
	揮發 OC (μg m^{-3})	0.74	0.53	0.64	0.95	0.30	0.46	0.53	0.28	0.59	0.47	0.37	0.24	0.35	0.45	0.51
	被動吸附 VOCs (μg m^{-3})	0.48	0.43	0.45	0.63	0.59	0.88	0.52	0.56	0.35	0.46	0.30	0.59	0.56	0.31	0.39
	修正後 OC (μg m^{-3})	5.83	6.32	8.38	5.46	5.59	3.52	5.24	1.62	4.85	3.28	3.76	2.14	2.37	1.78	1.56
	揮發 OC 占比 [9] (%)	13	9	8	18	5	12	10	14	13	14	10	10	14	28	36
	被動吸附 VOCs 占比 [10](%)	9	7	6	12	10	22	10	29	8	14	8	24	22	19	27
	OC 揮發與吸附修正 [11] (%)	5	2	2	6	-5	-11	0	-15	5	0	2	-14	-8	9	9

表 4.2.29 小港站 2018 年 6~8 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度

濾紙類型及項目 \ Date		1-Jun-18	7-Jun-18	13-Jun-18	19-Jun-18	25-Jun-18	1-Jul-18	7-Jul-18	13-Jul-18	19-Jul-18	25-Jul-18	31-Jul-18	6-Aug-18	12-Aug-18	18-Aug-18	24-Aug-18	30-Aug-18
濃度及占比	$PM_{2.5}$ 未修正濃度($\mu g\ m^{-3}$)	20	18	24	9	11	8	10	12	12	12	10	10	13	10	13	21
	$PM_{2.5}$ 修正後濃度 [1]($\mu g\ m^{-3}$)	22	20	26	9	12	8	10	13	13	13	11	11	14	10	14	21
	$PM_{2.5}$ 濃度修正 [2] (%)	9	12	8	4	7	3	4	8	8	10	5	5	8	5	9	3
	已解析成分 [3] (%)	79	80	75	72	80	75	76	76	76	72	81	76	83	78	79	71
	修正後離子占比 [4] (%)	51	59	59	43	55	47	42	38	51	38	56	40	60	42	43	39
	修正後碳成分占比 [5] (%)	28	20	15	26	22	27	31	35	24	32	23	34	22	33	34	22
	金屬元素占比 [6] (%)	1	1	1	4	2	1	3	3	1	2	3	2	1	3	2	10
單張濾紙	Na^+($\mu g\ m^{-3}$)	0.32	0.43	0.32	0.52	0.14	0.32	0.38	0.14	0.14	0.14	0.29	0.14	0.26	0.38	0.37	0.52
	NH_4^+ ($\mu g\ m^{-3}$)	1.91	1.95	2.77	0.54	1.29	0.63	0.64	0.83	1.28	0.78	1.15	1.00	1.75	0.70	1.19	1.23
	K^+ ($\mu g\ m^{-3}$)	0.14	0.12	0.14	0.06	0.04	0.14	0.08	0.04	0.04	0.04	0.07	0.07	0.08	0.09	0.09	0.23
	Mg^{2+} ($\mu g\ m^{-3}$)	0.02	0.04	0.02	0.06	0.01	0.02	0.05	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	0.02	0.04	0.02	0.06
	Ca^{2+} ($\mu g\ m^{-3}$)	0.12	0.11	0.12	0.12	0.06	0.12	0.14	0.06	0.06	0.06	0.12	0.09	0.05	0.07	0.04	0.19
	Cl^- ($\mu g\ m^{-3}$)	0.20	0.14	0.09	0.74	0.02	0.18	0.41	0.13	0.12	0.12	0.06	0.01	0.04	0.27	0.19	0.42
	NO_3^- ($\mu g\ m^{-3}$)	1.15	0.59	0.32	0.25	0.17	0.31	0.37	0.43	0.63	0.54	0.41	0.33	0.25	0.42	0.59	0.48
	SO_4^{2-} ($\mu g\ m^{-3}$)	5.77	6.80	9.78	1.42	4.47	2.06	1.90	2.76	3.71	2.73	3.43	2.42	5.67	2.01	2.89	4.43
	未修正離子濃度($\mu g\ m^{-3}$)	9.63	10.18	13.57	3.70	6.22	3.78	3.97	4.41	6.00	4.43	5.56	4.09	8.12	3.98	5.38	7.56
	未修正 OC ($\mu g\ m^{-3}$)	4.24	3.28	3.12	1.72	2.05	2.35	2.68	3.43	2.62	3.25	1.89	3.23	2.28	2.88	3.14	3.34
	EC ($\mu g\ m^{-3}$)	2.20	0.68	0.83	1.03	1.01	0.70	0.75	0.93	0.61	0.92	0.96	0.83	0.63	1.03	1.46	1.98
	未修正碳成分濃度($\mu g\ m^{-3}$)	6.43	3.96	3.95	2.75	3.06	3.06	3.43	4.36	3.22	4.18	2.85	4.06	2.90	3.91	4.60	5.32
	金屬元素濃度 [7] ($\mu g\ m^{-3}$)	0.45	0.41	0.67	0.94	0.54	0.33	0.64	0.73	0.57	0.82	0.68	0.49	0.49	0.75	0.68	3.28
多張濾紙	揮發 NH_4^+ ($\mu g\ m^{-3}$)	0.40	0.43	0.37	0.07	0.16	0.05	0.07	0.11	0.11	0.17	0.10	0.08	0.12	0.12	0.13	0.19
	揮發 NO_3^- ($\mu g\ m^{-3}$)	0.79	1.06	0.90	0.07	0.21	0.06	0.06	0.14	0.15	0.18	0.15	0.16	0.29	0.16	0.28	0.16
	揮發 Cl^- ($\mu g\ m^{-3}$)	0.34	0.24	0.21	0.10	0.20	0.06	0.11	0.13	0.12	0.22	0.10	0.07	0.06	0.15	0.10	0.28
	修正後的 NH_4^+ ($\mu g\ m^{-3}$)	2.30	2.38	3.14	0.61	1.45	0.67	0.71	0.93	1.39	0.95	1.25	1.08	1.87	0.82	1.32	1.42
	修正後的 NO_3^- ($\mu g\ m^{-3}$)	1.93	1.64	1.22	0.31	0.38	0.37	0.42	0.58	0.78	0.72	0.57	0.49	0.54	0.58	0.87	0.65
	修正後的 Cl^- ($\mu g\ m^{-3}$)	0.53	0.38	0.30	0.83	0.22	0.24	0.52	0.26	0.24	0.34	0.17	0.08	0.10	0.42	0.29	0.70
	修正後離子濃度($\mu g\ m^{-3}$)	11.15	11.91	15.05	3.93	6.78	3.95	4.21	4.79	6.38	5.00	5.92	4.40	8.59	4.41	5.89	8.19
	揮發離子修正 [8] (%)	16	17	11	6	9	4	6	9	6	13	6	8	6	11	9	8
	第二張濾紙 OC ($\mu g\ m^{-3}$)	0.95	0.88	1.03	0.62	0.79	0.91	0.51	1.02	1.27	1.20	0.64	0.73	1.03	0.73	1.13	0.59
	揮發 OC ($\mu g\ m^{-3}$)	0.30	0.46	0.45	0.11	0.22	0.07	0.11	0.54	0.56	0.64	0.11	0.19	0.62	0.11	0.63	0.00
	被動吸附 VOCs ($\mu g\ m^{-3}$)	0.64	0.42	0.58	0.51	0.56	0.85	0.40	0.48	0.71	0.55	0.52	0.54	0.40	0.62	0.51	0.59
	修正後 OC ($\mu g\ m^{-3}$)	3.90	3.32	2.99	1.32	1.71	1.57	2.39	3.49	2.46	3.35	1.48	2.88	2.49	2.37	3.26	2.75
	揮發 OC 占比 [9] (%)	7	14	15	6	11	3	4	16	21	20	6	6	27	4	20	0
	被動吸附 VOCs 占比 [10](%)	15	13	19	30	27	36	15	14	27	17	28	17	18	21	16	18
	OC 揮發與吸附修正 [11] (%)	-8	1	-4	-23	-17	-33	-11	2	-6	3	-22	-11	10	-18	4	-18

表 4.2.30 小港站 2018 年 9~11 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度

濾紙類型及項目 \ Date		5-Sep-18	11-Sep-18	17-Sep-18	23-Sep-18	29-Sep-18	5-Oct-18	11-Oct-18	17-Oct-18	23-Oct-18	29-Oct-18	4-Nov-18	10-Nov-18	16-Nov-18	22-Nov-18	28-Nov-18
濃度及占比	$PM_{2.5}$ 未修正濃度(μg m^{-3})	13	12	14	24	16	22	28	27	23	26	38	31	43	32	33
	$PM_{2.5}$ 修正後濃度 [1](μg m^{-3})	14	14	15	26	17	23	32	33	29	29	41	34	48	36	35
	$PM_{2.5}$ 濃度修正 [2] (%)	5	13	6	10	6	6	18	23	24	10	7	11	13	12	6
	已解析成分 [3] (%)	76	75	70	78	66	72	83	91	83	71	78	75	82	80	80
	修正後離子占比 [4] (%)	54	47	43	57	45	44	60	66	61	39	60	57	62	54	52
	修正後碳成分占比 [5] (%)	20	26	26	19	21	27	21	25	21	27	17	16	20	24	26
	金屬元素占比 [6] (%)	1	2	1	1	1	1	1	0	2	4	1	1	0	2	2
單張濾紙	Na^+(μg m^{-3})	0.17	0.30	0.46	0.08	0.63	0.29	0.36	0.31	0.30	0.49	0.41	0.64	0.35	0.34	0.20
	NH_4^+ (μg m^{-3})	1.66	1.15	1.54	2.21	1.23	1.85	2.69	2.87	2.95	1.56	4.51	3.30	4.86	3.32	3.39
	K^+ (μg m^{-3})	0.11	0.07	0.11	0.78	0.10	0.19	0.19	0.15	0.23	0.28	0.26	0.27	0.25	0.30	0.18
	Mg^{2+} (μg m^{-3})	0.00	0.05	0.07	0.11	0.10	0.03	0.04	0.03	0.03	0.05	0.06	0.08	0.05	0.04	0.04
	Ca^{2+} (μg m^{-3})	0.00	0.06	0.07	0.05	0.13	0.13	0.11	0.11	0.10	0.18	0.14	0.15	0.11	0.16	0.17
	Cl^- (μg m^{-3})	0.11	0.11	0.13	0.13	0.24	0.05	0.06	0.12	0.05	0.18	0.31	0.25	0.20	0.12	0.30
	NO_3^- (μg m^{-3})	0.55	0.58	0.81	1.04	1.49	0.86	3.90	5.91	1.54	1.51	6.83	4.33	9.10	6.60	9.22
	SO_4^{2-} (μg m^{-3})	4.52	2.88	2.71	8.82	3.32	5.68	7.39	6.88	6.98	4.62	9.78	7.42	9.94	5.41	3.36
	未修正離子濃度(μg m^{-3})	7.12	5.20	5.91	13.23	7.24	9.10	14.74	16.38	12.20	8.87	22.30	16.44	24.86	16.29	16.86
	未修正 OC (μg m^{-3})	2.37	2.79	3.21	4.47	3.38	5.37	6.33	6.35	5.60	6.94	6.03	5.11	7.92	7.65	7.42
	EC (μg m^{-3})	0.85	0.85	0.95	0.75	0.32	0.71	1.16	1.49	1.08	1.20	1.03	0.66	1.54	1.20	1.71
	未修正碳成分濃度(μg m^{-3})	3.22	3.64	4.16	5.22	3.70	6.09	7.49	7.84	6.68	8.14	7.06	5.77	9.46	8.84	9.14
	金屬元素濃度 [7] (μg m^{-3})	0.47	0.79	0.63	0.88	1.00	0.76	1.11	0.39	1.27	2.85	1.46	1.71	0.48	1.34	1.40
多張濾紙	揮發 NH_4^+ (μg m^{-3})	0.12	0.30	0.15	0.48	0.16	0.22	1.14	1.30	1.28	0.58	0.65	0.82	1.18	0.84	0.34
	揮發 NO_3^- (μg m^{-3})	0.24	0.68	0.25	1.34	0.22	0.45	3.01	3.39	3.78	1.45	1.01	1.54	3.15	1.94	0.66
	揮發 Cl^- (μg m^{-3})	0.10	0.20	0.16	0.18	0.19	0.18	0.52	0.62	0.36	0.32	0.70	0.74	0.53	0.55	0.29
	修正後的 NH_4^+ (μg m^{-3})	1.78	1.44	1.70	2.69	1.39	2.07	3.83	4.16	4.24	2.14	5.16	4.13	6.05	4.16	3.73
	修正後的 NO_3^- (μg m^{-3})	0.79	1.25	1.06	2.38	1.71	1.31	6.90	9.30	5.33	2.96	7.84	5.88	12.25	8.54	9.88
	修正後的 Cl^- (μg m^{-3})	0.21	0.31	0.28	0.31	0.43	0.23	0.58	0.73	0.41	0.51	1.02	0.99	0.73	0.68	0.59
	修正後離子濃度(μg m^{-3})	7.58	6.37	6.47	15.22	7.81	9.95	19.40	21.69	17.62	11.23	24.66	19.56	29.73	19.63	18.16
	揮發離子修正 [8] (%)	7	23	9	15	8	9	32	32	45	27	11	19	20	20	8
	第二張濾紙 OC (μg m^{-3})	0.80	0.89	0.85	0.98	0.98	0.73	0.98	1.43	0.87	0.76	1.02	0.71	0.77	1.36	1.28
	揮發 OC (μg m^{-3})	0.22	0.41	0.30	0.40	0.43	0.40	0.23	0.84	0.15	0.22	0.49	0.28	0.46	0.60	0.62
	被動吸附 VOCs (μg m^{-3})	0.57	0.48	0.55	0.57	0.55	0.33	0.74	0.59	0.72	0.54	0.53	0.43	0.31	0.76	0.66
	修正後 OC (μg m^{-3})	2.02	2.71	2.97	4.31	3.26	5.45	5.82	6.60	5.03	6.62	6.00	4.96	8.07	7.49	7.39
	揮發 OC 占比 [9] (%)	9	15	9	9	13	8	4	13	3	3	8	5	6	8	8
	被動吸附 VOCs 占比 [10](%)	24	17	17	13	16	6	12	9	13	8	9	8	4	10	9
	OC 揮發與吸附修正 [11] (%)	-15	-3	-8	-4	-4	1	-8	4	-10	-5	-1	-3	2	-2	0

備註:

1. $PM_{2.5}$ 修正後濃度=$PM_{2.5}$ 未修正濃度+揮發離子+揮發 OC。未修正濃度是由鐵氟龍濾紙採集獲得，鐵氟龍濾紙不會吸附 VOCs。
2. $PM_{2.5}$ 修正(%)=(揮發離子+揮發 OC)/$PM_{2.5}$ 未修正濃度。
3. 已解析成分(%)=[金屬元素濃度(不含水溶性成分已分析者)+修正後離子濃度+修正後 OC+EC]/$PM_{2.5}$ 修正後濃度。
4. 修正後離子占比(%)=(揮發離子+原始離子)/$PM_{2.5}$ 修正後濃度。
5. 修正後碳成分占比(%)=(揮發 OC+未修正 OC+EC)/$PM_{2.5}$ 修正後濃度。
6. 金屬元素占比(%)=金屬元素濃度(不含水溶性成分已分析者)/$PM_{2.5}$ 修正後濃度。
7. 金屬元素濃度=包含水溶性離子解析成分
8. 揮發離子修正(%)=揮發離子/未修正離子濃度。
9. 揮發 OC 占比(%)=揮發 OC/未修正 OC。
10. 被動吸附 VOCs 占比=被動吸附 VOCs/未修正 OC。
11. OC 揮發與吸附修正(%)=(修正後 OC-未修正 OC)/修正後 OC

3. 金屬元素成分分析結果

圖 4.2.10 為為小港站 2017 年 12 月到 2018 年 11 月採樣期間各樣本金屬元素濃度(ng m^{-3})變化及富集因子(Enrichment factor, ☆)平均值，由於各金屬元素濃度高低差異甚大，本計畫根據金屬元素濃度變化範圍，劃分為高、中、低三種濃度群。富集因子輔助判別物種是否受人為活動影響，本計畫以取對數後 EF 值 1 為界線，大於 1 代表受到人為活動影響，本段講述數值將以取對數後 EF 為主。圖 4.2.10 上半部顯示高濃度金屬元素群只有 Zn 的 EF 值接近 3，顯示受到人為影響程度相當高，Zn 為交通排放、輪胎和剎車磨損、垃圾焚化、二次冶煉指標金屬元素，其餘高濃度元素群多數來自然來源，高濃度元素群 Na 濃度最高，可作為塵土或海鹽指標元素，值得注意的是，小港站元素 Na 平均濃度為六站中最高，可能與小港站與港口相近，當海陸風交替時，受到海鹽影響較大。中間濃度群除元素 Ti，多數元素受人為活動影響，以燃煤和工業排放指標金屬元素 Pb 濃度次高和富集因子最高，濃度次高的則為 Mn，此外，小港站由於本地工業組成與其他觀測站有明顯差異，從指標元素中可發現，元素 Mn、V、Ni 及 Cr 中都比其他觀測站有更高的濃度與 EF 值，這些指標元素如 Mn 可作為鋼鐵業指標外、V 及 Ni 為燃油指標元素、Cr 則可用做燃煤指標元素。低濃度群中 Sr、Co、Rb、Ce 及 Nd 等元素富集因子較低，受人為活動影響較小，其他元素如 Se、Sn 濃度及富集因子較高，Se 主要來源為燃煤燃燒、Sn 則可能來自交通排放、燃煤燃燒及非鐵金屬製造。

2017 年冬季觀測期間，小港站出現污染事件頻率相當高，主要成因為在地污染影響，這段期間元素濃度變化較為穩定，濃度約為 2 μg m^{-3} 上下，其中僅有 1 月 8 日與 1 月 14 日兩天濃度相當低，同時這兩天也非污染事件日，並且 1 月

8 日受到降雨影響因此為冬季最低濃度。12 月份的元素濃度剖面顯示，各污染事件日來源組成十分相似，較高的元素 K、Pb 及 Sn 顯示受到燃料鍋爐影響，如燃材與燃煤、較高的 Mn 與 Cr 濃度則推測可能受到鋼鐵業製程排放影響。1 月份的元素濃度剖面則可發現在 1 月 20 日這天，西部各觀測區受到強勁季風影響，都發生區域污染傳輸事件，但小港站由於地理位置較為南端，因此受到影響較小，甚至從觀測資料可發現，這天污染事件仍為在地的污染型態，透過元素資料可發現，這天的元素濃度分布與 12 月份污染事件相似，主要污染源是在地工業排放，不過這天的濃度資料顯示，元素 Ni 及 V 有較高的濃度，推測燃油鍋爐的影響更為顯著。

2018 年春季觀測期間，小港站空氣品質對比冬季有逐漸改善趨勢，4 月起就無污染事件發生。3 月份污染事件時，元素濃度剖面顯示元素 Fe、Mn、Cr 等鋼鐵工業指標與燃油、燃煤指標元素 Pb、V、Ni 有較高的濃度，顯示污染源主要以在地工業為主。到了 4 月份，元素 Na 濃度有明顯上升趨勢，可能這段期間受到海鹽或揚塵影響較多。5 月份過後，小港站指標元素則以燃油與燃煤鍋爐指標元素 Pb 及 V 有較明顯濃度，顯示低濃度時期，仍可觀測到地鍋爐排放的影響。

2018 年夏季採樣期間，金屬元素濃度比冬季與春季並未下降太多，如前段所述，這段期間由於中央研究院實驗室搬遷，因此委託中山醫學大學分析，兩個實驗室於樣本消化過程有所差異，因此濃度值略有改變，空白值係因中山醫學大學無分析 Zr 元素。從圖 4.2.10 中可發現，夏季高濃度元素群中 Na 濃度比春季與冬季高出許多，可能與夏季較高的環境溫度，使得海陸風交替作用更為明顯，因此有較高的 Na。此外元素 V 於夏季也有相當高的濃度，顯示當盛行風向為西南風時，似乎帶來更多油料燃燒的影響，可能與港口船隻排放有關。值得注意的是夏季和整年濃度最高日出現在 8 月 30 日，這天雖有零星降雨，但對於元素濃度並未造成太大影響，多種指標元素於這天有相當高濃度，由於元素 Al、Fe、Ca 及 Ti 濃度在這天都相當高，因此可能受到揚塵影響，導致高濃度的出現，從採樣紀錄單(附錄七)中確認這天受到小港測站周圍施工影響，較高的揚塵指標元素可能是受到工地揚塵逸散所致。此外前述 Al、Fe、Ca、Na 也可能來自燃煤或垃圾焚化爐(羅等，2018)。

2018 年秋季採樣期間金屬元素總濃度與夏季相近，9 月 23 日為中秋節前夕，K、Ba、Pb、Sr 有較高濃度，呼應爆竹煙火釋放的 $PM_{2.5}$ 成分。秋季以 10 月 29

日元素總濃度最高，這天以金屬元素 Al、Fe、Na、K、Ti 等元素濃度有明顯增量，大多數是揚塵指標元素，採樣紀錄紙顯示採樣日前後時段有施工，因此揚塵可能來自施工影響，較高的 K 主要來自生質燃燒，Pb、Sn、Se 有增量，則可能受到燃媒燃燒和交通排放影響。11 月份元素濃度大致相似，各觀測日大致呈現有較高的 Fe、Na、Mn、Pb、V 及 Sn 等元素，這些元素除了揚塵與海鹽的自然來源，較高的元素 V 濃度則可能受到燃油燃燒影響，Al、Fe、Ca、Na 也可能來自燃煤或垃圾焚化爐，較高的 Fe、Mn 及 Sn 也可能來自鋼鐵業。值得注意的是 11 月 16 日雖然為秋季小港站 $PM_{2.5}$ 濃度最高日，但是元素濃度相當低，由於當天有 0 點起可發現污染殘留，日間受海陸風交替影響僅有短暫的區域污染傳輸現象同時污染上升時段環境風速不高，因此占元素濃度較高的地殼元素濃度明顯減少，導致這天元素濃度較低，較高的 $PM_{2.5}$ 濃度可能大多來自於衍生污染物。另外秋季元素 Ti 濃度異常高值，待分析同時採樣備用樣本方能確認數值正確性。

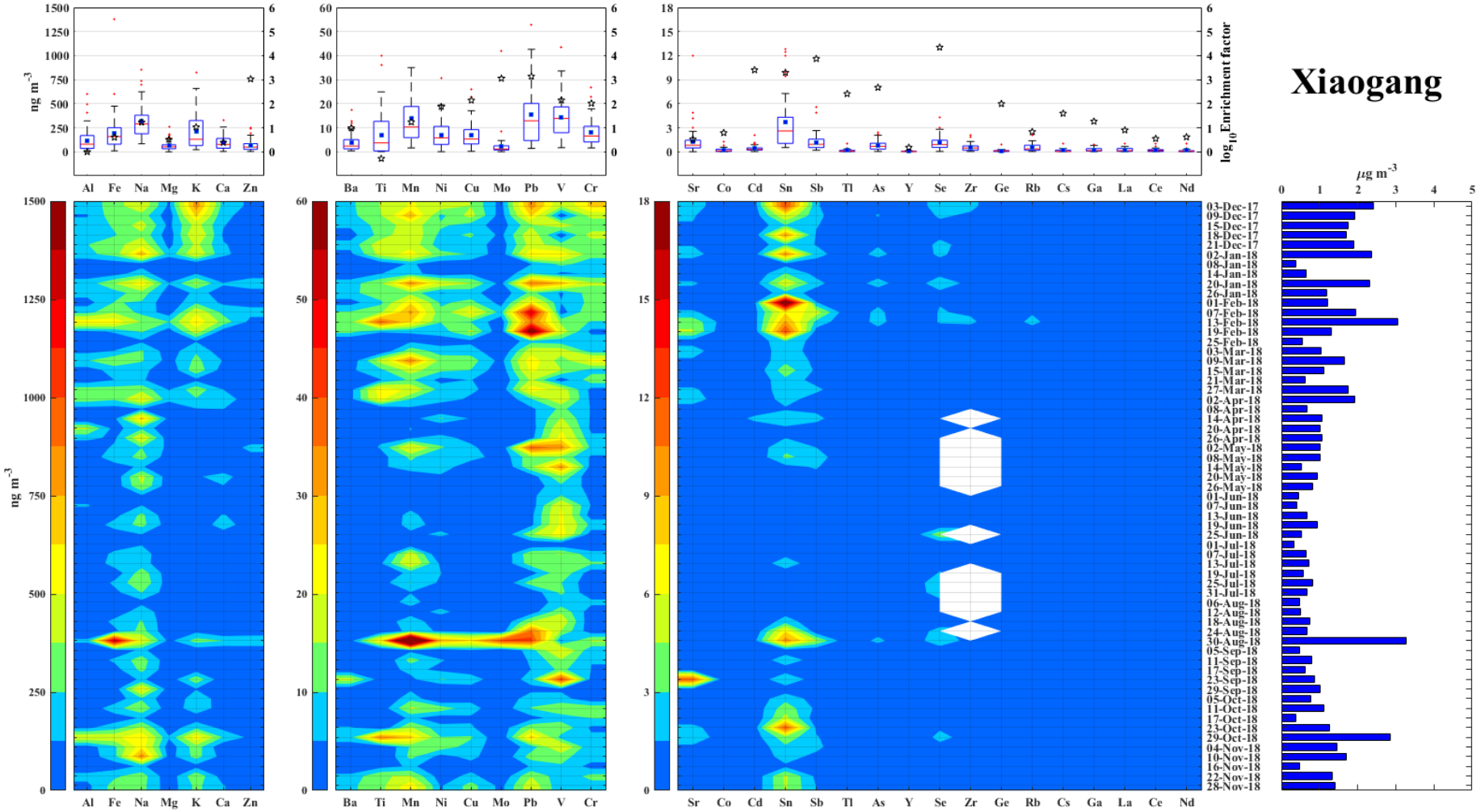


圖 4.2.10 小港站例行性採樣期間 $PM_{2.5}$ 各金屬元素每日濃度(中圖)，上圖的盒鬚為每個金屬元素在採樣期間濃度(ng m^{-3})分布，星號表示每個金屬元素在採樣期間富集因子(Enrichment Factor, EF)平均數值，右圖為採樣期間每個樣本全部金屬元素濃度 (μg m^{-3})。

*圖中白框為 4 月上旬至夏季金屬元素成分分析轉由中山醫學大學-健康醫學中心分析環境檢測機構，該機構無分析 Zr 元素。

4.2.6 花蓮站

1. 空氣品質監測資料與污染時期環境特徵

表 4.2.31 彙整各採樣日 $PM_{2.5}$ 質量及其他污染物濃度日平均值與天氣因子，各月份 $PM_{2.5}$ 質量濃度最高日以灰色標註，分別為 2017 年 12 月 21 日、2018 年 1 月 2 日、2 月 13 日、3 月 9 日、4 月 26 日、5 月 14 日、6 月 13 日、7 月 1 日、8 月 12 日、9 月 17 日、10 月 23 日及 11 月 28 日。觀測期間並未出現 $PM_{2.5}$ 大於 35 $\mu g\ m^{-3}$ 的事件日，顯示花蓮站空氣品質相當良好，其中原因除了當地污染源較少外，所處位置以及觀測期間環境風速普遍大於 2 $m\ s^{-1}$，環境擴散條件相當良好。

表 4.2.32 透過環保署監測資料與 3 日逆推氣流軌跡將觀測期間各月份 $PM_{2.5}$ 濃度最高日污染來源推論按照軌跡起源和入台路徑、$PM_{2.5}$ 濃度上升時段的風向和風速以及當時段主要氣態污染物進行分類，藉此區分當天污染濃度上升來源為境外、在地或是跨縣市污染區域傳輸，相關資料可由附錄四查照。

冬季採樣期間(2017 年 12 月~2018 年 2 月)各月份 $PM_{2.5}$ 濃度較高時期，氣流主要來向為華中至華北一帶，當時環境主要受到東北季風影響。各月份 $PM_{2.5}$ 濃度較高時期污染來源都屬於在地污染排放，並且集中於晨間 5 至 9 時及午後 17 至 20 時，這段期間多可觀測到 $PM_{2.5}$ 濃度隨 CO 及 NO_x 共同上升的現象，顯出當地交通排放對 $PM_{2.5}$ 濃度的貢獻。

春季採樣期間(2018 年 3 月~5 月)各月份污染物濃度較高日氣流主要經由海面傳輸至花蓮站，污染型態與冬季相似，但增加了區域傳輸影響，花蓮站春季濃度相較於冬季高出少許， $PM_{2.5}$ 濃度小於 10 $\mu g\ m^{-3}$ 的採樣日僅剩 4 日，並且有三分之一的採樣日濃度大於等於 20 $\mu g\ m^{-3}$；3 月 9 日氣流來自黃海與華中一帶，高程不高，當天可能有境外污染物影響，污染濃度上升時段為上午 7 至 11 時，風向於短時間內由西南改變至東北，風速由 2.1 上升至 4.1 $m\ s^{-1}$，$PM_{2.5}$ 濃度並未隨風速下降，反而由 12 上升 34 $\mu g\ m^{-3}$，顯示這段時間的確受到傳輸污染影響。

夏季採樣期間(2018 年 6 月~8 月)氣流主要來向為海面，並由花蓮外海傳輸至觀測站點，$PM_{2.5}$ 濃度都低於 15 $\mu g\ m^{-3}$，$PM_{2.5}$ 濃度上升時段主要集中於日間與午後交通尖峰時段與 CO 及 NO_x 一同上升，另外，夏季吹拂東北風或北風時段，觀測到 SO_2 與 $PM_{2.5}$ 共同上升的現象，可能受到港口排放或是區域外污染傳輸影響。

秋季採樣期間(2018 年 9 月~11 月)$PM_{2.5}$ 濃度仍為全台各站間最低，9 月份大環境風場為風速不高的東風，西部測站位處東風背風側，因此在地污染影響較高，花蓮站位處迎風面，擴散條件良好，並無污染事件發生，進入 10 月過後除了 11 月 22 日有較強勁的東北風，其他各觀測日監測資料大多顯示東北風與西南風交替的型態，當吹拂西南風時風速普遍不高，可能氣流傳輸至花蓮站後受地形影響所致。秋季各月份濃度最高日 $PM_{2.5}$ 濃度分別為 12、11 及 9 μg m^{-3}，濃度不高，監測資料顯示，$PM_{2.5}$ 濃度上升時段為日、夜交通尖峰時段，顯示在地交通排放為影響因子。

表 4.2.31 花蓮站例行採樣期間空氣污染物濃度和氣象因子

Date	測站	$PM_{2.5}$ (μg m^{-3})	CO (ppm)	NO_x (ppb)	SO_2 (ppb)	O_{3max} (ppb)	風向	風速 (m s^{-1})	溫度 (℃)	最高溫度 (℃)	RH (%)	雨量 (mm)
3-Dec-17	花蓮	7	0.2	7.9	1.5	42	東北	2.7	23	25	80	NR
9-Dec-17	花蓮	14	0.4	13.3	1.7	35	西南西	1.7	17	19	81	1.6
15-Dec-17	花蓮	9	0.3	13.5	1.5	43	西北西	1.8	20	22	85	3.2
18-Dec-17	花蓮	7	0.3	11.0	1.7	40	東北	2.5	18	20	74	NR
21-Dec-17	花蓮	14	0.3	11.2	2.2	46	東北	2.3	18	20	56	NR
2-Jan-18	花蓮	12	0.4	9.9	1.6	45	西南西	1.7	19	20	85	0.6
8-Jan-18	花蓮	7	0.4	10.4	2.3	35	西南	2.5	20	22	89	9.0
14-Jan-18	花蓮	7	0.2	7.1	1.9	48	西南	2.5	16	20	67	NR
20-Jan-18	花蓮	11	0.4	12.9	2.1	47	東北東	1.5	21	22	89	NR
26-Jan-18	花蓮	7	0.2	5.8	1.0	42	東北東	3.6	19	21	79	NR
1-Feb-18	花蓮	9	0.6	10.6	1.1	44	東北東	2.4	16	17	79	0.8
7-Feb-18	花蓮	12	0.4	16.4	1.3	34	西南	1.4	13	15	82	19.0
13-Feb-18	花蓮	16	0.3	8.6	1.3	57	西南	1.8	15	18	75	2.4
19-Feb-18	花蓮	11	0.3	6.0	1.0	55	西南	2.3	22	25	75	NR
25-Feb-18	花蓮	5	0.3	5.2	1.7	49	東北東	2.7	20	23	84	1.8
3-Mar-18	花蓮	14	0.3	6.6	1.9	63	東北	2.2	24	27	79	0.0
9-Mar-18	花蓮	19	0.4	8.6	1.6	49	西南西	2.7	15	16	70	0.4
15-Mar-18	花蓮	6	0.2	8.3	1.9	39	西南	2.0	22	24	84	18.8
21-Mar-18	花蓮	8	0.4	9.8	1.5	50	東北東	2.0	18	19	82	2.2
27-Mar-18	花蓮	10	0.2	4.0	1.4	47	西南	2.4	22	25	73	8.0
2-Apr-18	花蓮	13	0.2	4.2	2.1	48	西南	2.4	23	26	66	NR
8-Apr-18	花蓮	17	0.3	6.8	1.3	65	西南西	1.7	18	21	66	NR
14-Apr-18	花蓮	4	0.2	6.0	2.0	27	西南	2.7	26	29	79	NR
20-Apr-18	花蓮	12	0.3	9.2	2.1	50	西南西	1.6	23	25	82	NR
26-Apr-18	花蓮	18	0.4	7.7	1.8	74	西南	1.7	23	24	75	NR
2-May-18	花蓮	5	0.2	4.4	1.8	23	東南東	2.3	28	30	75	NR

Date	測站	$PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	CO (ppm)	NO_x (ppb)	SO_2 (ppb)	O_{3max} (ppb)	風向	風速 ($m\ s^{-1}$)	溫度 (℃)	最高溫度 (℃)	RH (%)	雨量 (mm)
8-May-18	花蓮	7	0.2	6.8	2.1	59	西南	2.6	26	29	80	6.0
14-May-18	花蓮	8	0.2	4.2	1.7	38	東南東	2.0	28	30	75	NR
20-May-18	花蓮	5	0.2	5.3	1.8	26	南南東	2.2	28	31	75	0.2
26-May-18	花蓮	4	0.2	5.6	1.8	28	東	2.3	29	31	70	NR
1-Jun-18	花蓮	5	0.3	6.6	1.7	67	東北	2.9	26	29	83	3.0
7-Jun-18	花蓮	2	0.2	6.3	2.0	29	東南東	1.8	29	31	75	16.2
13-Jun-18	花蓮	14	0.4	6.9	1.7	102	北	2.6	26	30	74	1.2
19-Jun-18	花蓮	3	0.2	6.7	1.7	25	西南	1.9	28	29	82	NR
25-Jun-18	花蓮	3	0.1	2.9	1.6	33	東南	2.4	29	31	74	NR
1-Jul-18	花蓮	9	0.2	4.8	2.7	55	西南	2.1	29	31	76	3.8
7-Jul-18	花蓮	5	0.2	5.9	1.7	36	南南東	2.3	29	31	76	NR
13-Jul-18	花蓮	1	0.1	2.9	1.7	21	東南	2.2	28	31	78	0.2
19-Jul-18	花蓮	2	0.1	5.7	1.5	21	西南	2.4	28	31	75	0.6
25-Jul-18	花蓮	8	0.2	5.3	1.9	35	東南東	2.2	29	32	75	NR
31-Jul-18	花蓮	6	0.2	5.2	1.8	35	西南	2.2	30	33	67	NR
6-Aug-18	花蓮	5	0.1	3.9	1.9	33	西南	2.4	29	32	73	1.6
12-Aug-18	花蓮	12	0.2	7.4	2.0	49	西南	2.2	30	32	65	NR
18-Aug-18	花蓮	3	0.2	5.5	1.2	42	西南	2.5	28	32	82	78.4
24-Aug-18	花蓮	1	0.2	5.6	1.2	35	東北	2.2	27	29	82	11.4
30-Aug-18	花蓮	2	0.2	6.0	1.4	27	西南	2.2	26	30	82	24.0
5-Sep-18	花蓮	9	0.2	5.9	2.1	40	東	2.3	29	32	73	NR
11-Sep-18	花蓮	4	0.2	4.6	1.4	28	西南	2.2	27	30	80	0.6
17-Sep-18	花蓮	12	0.2	4.5	1.2	23	南南東	2.4	28	31	79	0.6
23-Sep-18	花蓮	2	0.2	5.9	1.8	32	西南	2.1	28	31	77	1.8
29-Sep-18	花蓮	7	0.2	4.7	2.0	45	西南	1.4	27	30	80	25.0
5-Oct-18	花蓮	11	0.2	6.0	1.4	67	東南東	1.9	26	29	75	7.4
11-Oct-18	花蓮	5	0.3	5.8	1.3	55	東北東	2.7	23	26	80	0.6
17-Oct-18	花蓮	7	0.4	8.8	1.4	58	西南西	1.9	24	25	81	0.6
23-Oct-18	花蓮	11	0.3	8.6	1.7	52	西南西	1.6	25	27.3	79	0.4
29-Oct-18	花蓮	8	0.3	7.5	1.4	69	東北東	2.5	22	26	56	NR
4-Nov-18	花蓮	3	0.2	8.3	1.5	39	西南	1.8	24	27	81	NR
10-Nov-18	花蓮	4	0.3	9.0	1.9	34	西南	1.7	24	28	78	92.2
16-Nov-18	花蓮	6	0.3	9.1	1.6	40	西南	1.5	24	27	75	NR
22-Nov-18	花蓮	6	0.4	7.9	1.5	44	東北東	3.2	22	24	74	NR
28-Nov-18	花蓮	9	0.3	11.6	1.6	47	西南西	1.4	20	22	85	1.2

註：灰階表示當次樣本為月最大濃度，『NR』表示該時段無降雨；『－』表示數據不足或缺值。

表 4.2.32 花蓮站例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 各月份高濃度與污染事件採樣日特徵及污染來源推論

日期	自動 $PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	修正後 $PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	O_{3max} (ppb)	氣流起源	入台路徑	濃度上升時段	風向	風速變化 ($m\ s^{-1}$)	主要氣態污染物	來源推論
21-Dec-17	14	14	46	華北	基隆→花蓮	1. 17-19	1. NW-WSW	1. 1.8→1.4	1. CO、NO_x	◆ 在地
02-Jan-18	12	12	45	華北	海面→花蓮	1. 5-7 2. 16-18 3. 19-20	1. N-WSW 2. NW-W 3. SW	1. 2.1→1 2. 2→1.4 3. 2.4→2.3	1. SO_2、CO、NO_x 2. O_3 3. —	◆ 在地
19-Feb-18	16	14	57	華中	海面→花蓮	1. 7-9 2. 17-20	1. SW-SSW 2. SSE-SSW	1. 3.3→1.2 2. 0.8→1.9	1. CO、NO_x 2. CO、NO_x	◆ 在地
09-Mar-18	19	22	49	黃海-華中	海面→花蓮	1. 7-11	1. SW-NE	1. 2.1→4.4	1. CO、NO_x、O_3	◆ 境外 ◆ 區域 ◆ 在地
26-Apr-18	18	24	74	北韓	華中→花蓮	1. 5-7 2. 18-20	1. SW-NNW 2. SW	1. 1.4→0.9 2. 0.9→2.5	1. CO、NO_x 2. —	◆ 在地
14-May-18	8	13	38	西太平洋	海面→花蓮	1. 4-8	1. WSW-NNW	1. 2→1.3→2.9	1. SO_2、CO、NO_x	◆ 在地 ◆ 區域
13-Jun-18	14	20	102	華中沿海	海面→花蓮	1. 12-15	1. N-NE	1. 2.8→3.3	1. SO_2、CO、NO_x	◆ 在地 ◆ 區域
01-Jul-18	9	17	55	菲律賓北部海面	海面→花蓮	1. 5-7 2. 15-17	1. SW-SSW 2. NW-SW	1. 2.2→1.4 2. 1.4→1.8	1. CO、NO_x 2. CO、NO_x	◆ 在地
12-Aug-18	12	20	49	台灣北部海面	基隆→花蓮	1. 5-8 2. 19-21	1. SW 2. N-NNW	1. 2.9→1.8 2. 1.7→1.8	1. CO、NO_x 2. SO_2	◆ 在地 ◆ 區域
17-Sep-18	12	8	23	菲律賓海	海面→花蓮	1. 7-8 2. 16-20	1. SSW-ESE 2. SSE-S	1. 3.3→2.3 2. 2.5→0.8	1. NO_x、SO_2 2. CO、NO_x、SO_2	◆ 在地
23-Oct-18	11	9	52	黃海	基隆→花蓮	1. 7-9 2. 15-17	1. SSW-N 2. N-NW	1. 1→1.9 2. 2.7→0.9	1. CO、NO_x、SO_2 2. CO、NO_x	◆ 在地
28-Nov-18	9	12	47	東海	宜蘭→花蓮	1. 8-10 2. 13-15	1. SW-NW 2. NW	1. 0.8→1.4 2. 1.5→0.8	1. SO_2、NO_x 2. CO、NO_x	◆ 在地

註:

1. 「殘留」指 0 點起 $PM_{2.5}$ 濃度監測值已大於 35 $\mu g\ m^{-3}$；修正後 $PM_{2.5}$ 濃度為本計畫手動量測並經過揮發與吸附修正結果。
2. 「氣流來向」指 72 小時前，氣流軌跡起始點所在區域。
3. 「主要氣態污染物」指隨 $PM_{2.5}$ 濃度上升的氣態污染物。

2. $PM_{2.5}$ 化學成分檢測濃度

數據分析期間(2017 年 12 月至 2018 年 11 月)手動採樣 $PM_{2.5}$ 質量濃度(■)、修正後質量濃度(☆)、環保署公告手動採樣質量濃度(△)比對及 $PM_{2.5}$ 化學成分分析結果如圖 4.2.11 所示，本計畫度比對採樣的 $PM_{2.5}$ 質量濃度時間變化趨勢與環保署公告手動採樣質量濃度數值變化一致。執行期間各化學成分濃度、化學成分占 $PM_{2.5}$ 質量濃度比例及化學成分修正前後差異等詳細資料如表 4.2.33 至表 4.2.36 所示。

冬季採樣期間，花蓮站主要化學成分為 OC，其次是 SO_4^{2-}，另外，當 $PM_{2.5}$ 濃度大於 10 μg m^{-3} 以上的觀測日，如：12 月 21 日、1 月 2 日、2 月 7 日至 25 日，這幾天以 SO_4^{2-}為主，顯示冬季污染物濃度相對高採樣日，受燃燒化石燃料影響大；另一方面，濃度相對低時，這些 OC 可能來自移動排放源。$PM_{2.5}$ 成分化學成分中水溶性離子與碳成分濃度占比分別為 30~63%與 20~48% (表 4.2.33 上半部)，此結果與其他站點有所差異，主因是花蓮站 $PM_{2.5}$ 濃度較低，化學成分濃度稍有變化就會造成較大的占比變動。表 4.2.33 下半部為第二層濾紙修正揮發離子與有機碳成分揮發及吸附結果，其中，揮發離子占比為 2~26%，揮發占比最高日為 1 月 8 日，當天水溶性離子濃度相當低 (1.07 μg m^{-3})，因而有較高占比。碳成分修正比例主要呈現負值，比例變動範圍約-28~3%，代表吸附量高於揮發量，此結果與西部地區較為不同，可理解的是花蓮站污染濃度較低，較低的碳成分總量也使得揮發量較少。

春季採樣期間，主要化學成分為 SO_4^{2-}，其次是 OC，由於 SO_4^{2-}主要來自燃燒化石燃料，屬於區域性污染物，顯示這段期間可能受到區域污染傳輸影響，或是受花蓮站盛行風向上風處固定污染源影響。前述 3 月 9 日受境外傳輸影響，這天有相當高的 SO_4^{2-}濃度，另外也分析出春季採樣期間最高的 NO_3^-濃度，當天環境溫度低，同時風速減弱後，有濃度較高的 NO_x 與 CO 出現，顯示這些硝酸鹽主要來自交通排放。春季水溶性離子與碳成分占比分別為 38~57%及 10~36%，水溶性離子占變化相較於冬季穩定，各採樣日都可發現占比穩定的 SO_4^{2-}。另外，揮發離子占比為 3~19%，揮發比例最高日出現在 3 月 21 日，原因與冬季相似，當天水溶性離子濃度不高，因此數值受分母影響而放大。碳成分修正比例與冬季相似，主要為負值，有機碳吸附量依舊大於揮發量。

夏季採樣期間主要化學成分以 SO_4^{2-}為主，其次是 OC，顯示污染源與春季相

似，不過夏季期間並未受到境外污染物影響，在幾個濃度較高的採樣日中，如：6 月 13 日與 8 月 12 日，這兩日於其他西部測站也可發現夏季較高的污染物濃度，這兩天環境特徵相似，盛行風向為東風，花蓮站雖屬於迎風面，但仍有偏高的濃度，特別是 SO_4^{2-}與 OC 有明顯增量，對照前述監測資料可發現，這兩天花蓮站 $PM_{2.5}$ 都受到區域污染傳輸影響。$PM_{2.5}$ 化學成分占比分析結果則顯示，水溶性離子占比為 34~76%，碳成分占比 13~33%，兩者都有相當高的變動量，其中，水溶性離子占比最高日出現在 6 月 7 日，當天 $PM_{2.5}$ 濃度相當低，但是水溶性離子中有較高的 Ca^{2+}濃度，同時元素濃度占比偏高，可能受到揚塵影響，屬於較為特殊的情況。另外，碳成分占比變化量大致呈現 $PM_{2.5}$ 濃度低時有高占比，反之則有較低占比，顯示碳成分來源貢獻量相對穩定，因此在 $PM_{2.5}$ 濃度占比和 $PM_{2.5}$ 濃度呈現反比現象，可能來源為當地移動污染源。

秋季採樣期間主要化學成分與春季及夏季相似，以 SO_4^{2-}為主，其次是 OC，顯示污染來源變動不大，濃度相對低的時期，SO_4^{2-}濃度明顯降低，變動大；不過 OC 變動量則不如 SO_4^{2-}顯著，顯示來源貢獻量相當固定，可能為來自在地移動排放源。在化學成分占比方面，水溶性離子占比約為 36~59%，碳成分占比為 11~28%，各採樣日都以水溶性離子占比較高。水溶性離子與碳成分修正結果則顯示秋季水溶性離子揮發量為 4~19%。另外，碳成分修正比例為-44~0%，顯示濾紙吸附濃度高於碳成分揮發濃度，但也應注意較低的 OC 濃度會使占比數值放大。

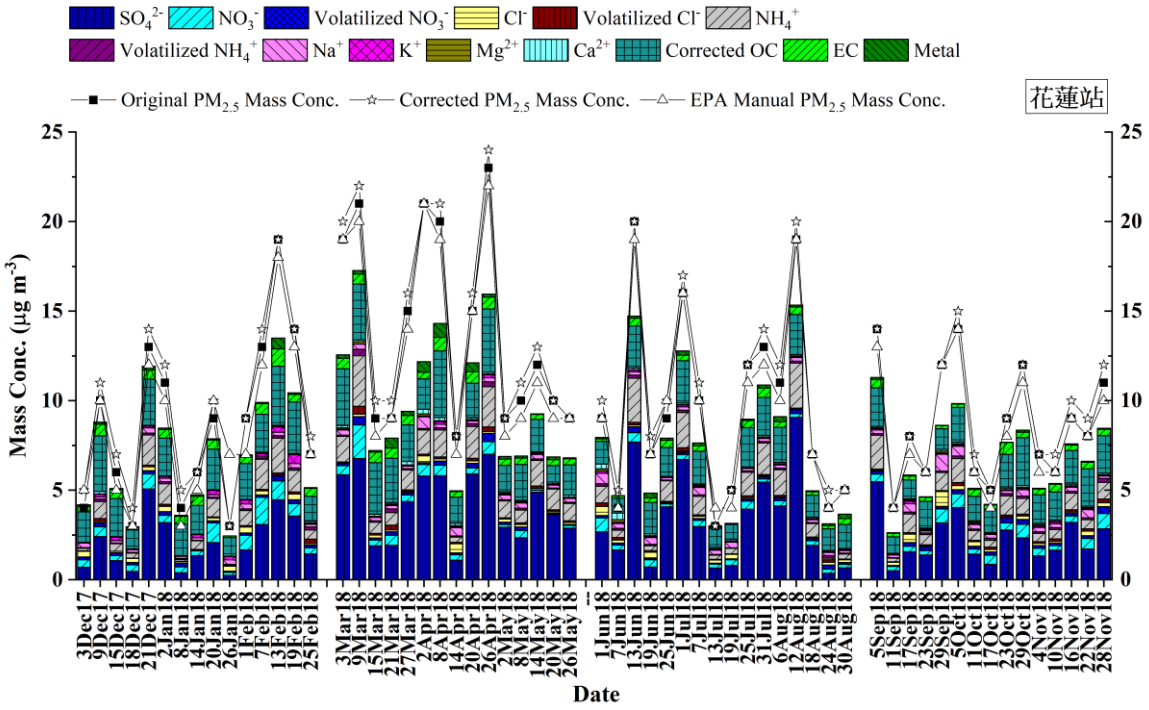


圖 4.2.11 花蓮站例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 成分濃度隨時間變化

表 4.2.33 花蓮站 2017 年 12 月~2018 年 2 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度

濾紙類型及項目 \ Date		03Dec17	09Dec17	15 Dec17	18 Dec17	21Dec17	2-Jan-18	8-Jan-18	14-Jan-18	20-Jan-18	26-Jan-18	1-Feb-18	7-Feb-18	13-Feb-18	19-Feb-18	25-Feb-18
濃度及占比	$PM_{2.5}$ 未修正濃度(μg m^{-3})	4	10	6	3	13	11	4	6	9	3	9	13	19	14	7
	$PM_{2.5}$ 修正後濃度 [1](μg m^{-3})	5	11	7	4	14	12	5	6	10	3	9	14	19	14	8
	$PM_{2.5}$ 濃度修正 [2] (%)	10	7	9	14	5	6	13	4	4	7	6	5	4	4	11
	已解析成分 [3] (%)	88	80	78	81	87	73	78	74	81	81	76	71	70	73	68
	修正後離子占比 [4] (%)	44	45	37	47	63	50	30	40	52	43	49	51	45	49	43
	修正後碳成分占比 [5] (%)	42	34	40	33	23	22	48	33	29	38	26	20	22	23	24
	金屬元素占比 [6] (%)	2	1	1	1	2	1	1	1	1	0	1	0	3	1	0
單張濾紙	Na^+(μg m^{-3})	0.26	0.13	0.14	0.16	0.30	0.19	0.12	0.14	0.15	0.25	0.28	0.09	0.19	0.25	0.15
	NH_4^+ (μg m^{-3})	0.14	0.94	0.42	0.27	1.68	1.15	0.10	0.49	1.03	0.05	0.85	1.69	1.95	1.22	0.51
	K^+ (μg m^{-3})	0.03	0.14	0.18	0.03	0.09	0.10	0.04	0.18	0.24	0.18	0.22	0.14	0.29	0.49	0.04
	Mg^{2+} (μg m^{-3})	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.06	0.02	0.03	0.04
	Ca^{2+} (μg m^{-3})	0.00	0.15	0.02	0.00	0.03	0.01	0.00	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.07	0.04	0.08
	Cl^- (μg m^{-3})	0.35	0.08	0.09	0.23	0.21	0.29	0.09	0.04	0.17	0.29	0.34	0.23	0.05	0.32	0.08
	NO_3^- (μg m^{-3})	0.42	0.55	0.28	0.37	0.84	0.41	0.33	0.27	1.11	0.17	0.81	1.52	1.05	0.69	0.33
	SO_4^{2-} (μg m^{-3})	0.69	2.41	1.07	0.46	5.07	3.19	0.39	1.34	2.07	0.24	1.67	3.08	4.46	3.56	1.45
	未修正離子濃度(μg m^{-3})	1.90	4.40	2.22	1.54	8.24	5.37	1.07	2.49	4.79	1.20	4.19	6.81	8.06	6.59	2.68
	未修正 OC (μg m^{-3})	1.83	3.39	2.05	1.20	2.64	2.26	2.05	1.76	2.46	1.46	2.09	2.47	4.08	3.38	1.40
	EC (μg m^{-3})	0.29	0.66	0.51	0.14	0.50	0.48	0.43	0.51	0.51	0.08	0.41	0.61	0.97	0.41	0.45
	未修正碳成分濃度(μg m^{-3})	2.12	4.05	2.56	1.34	3.14	2.74	2.48	2.26	2.97	1.54	2.50	3.08	5.05	3.79	1.85
	金屬元素濃度 [7] (μg m^{-3})	0.55	0.48	0.16	0.18	0.82	0.23	0.31	0.33	0.27	0.10	0.38	0.66	1.30	0.55	0.13
多張濾紙	揮發 NH_4^+ (μg m^{-3})	0.04	0.14	0.04	0.04	0.10	0.12	0.06	0.02	0.06	0.03	0.08	0.08	0.14	0.12	0.17
	揮發 NO_3^- (μg m^{-3})	0.13	0.21	0.15	0.13	0.18	0.20	0.22	0.03	0.11	0.06	0.12	0.13	0.28	0.22	0.16
	揮發 Cl^- (μg m^{-3})	0.02	0.17	0.00	0.02	0.10	0.12	0.00	0.01	0.05	0.02	0.08	0.08	0.12	0.11	0.25
	修正後的 NH_4^+ (μg m^{-3})	0.18	1.08	0.46	0.32	1.79	1.27	0.16	0.50	1.08	0.08	0.93	1.77	2.09	1.34	0.69
	修正後的 NO_3^- (μg m^{-3})	0.55	0.75	0.42	0.50	1.02	0.60	0.55	0.30	1.22	0.23	0.93	1.64	1.32	0.91	0.49
	修正後的 Cl^- (μg m^{-3})	0.37	0.24	0.09	0.24	0.31	0.41	0.09	0.05	0.22	0.31	0.42	0.31	0.17	0.43	0.34
	修正後離子濃度(μg m^{-3})	2.09	4.92	2.41	1.73	8.63	5.80	1.36	2.55	5.00	1.31	4.47	7.09	8.59	7.05	3.26
	揮發離子修正 [8] (%)	10	12	8	12	5	8	26	2	4	9	7	4	7	7	22
	第二張濾紙 OC (μg m^{-3})	0.64	0.78	0.59	0.67	0.69	0.53	0.76	0.51	0.48	0.58	0.58	1.10	1.19	0.59	0.34
	揮發 OC (μg m^{-3})	0.25	0.24	0.33	0.27	0.32	0.19	0.24	0.18	0.14	0.09	0.24	0.37	0.20	0.04	0.17
	被動吸附 VOCs (μg m^{-3})	0.39	0.54	0.26	0.40	0.37	0.34	0.52	0.34	0.33	0.50	0.33	0.73	0.98	0.54	0.17
	修正後 OC (μg m^{-3})	1.70	3.10	2.12	1.06	2.58	2.11	1.77	1.60	2.27	1.05	2.00	2.11	3.30	2.88	1.40
	揮發 OC 占比 [9] (%)	14	7	16	22	12	8	12	10	6	6	12	15	5	1	12
	被動吸附 VOCs 占比 [10](%)	21	16	13	33	14	15	25	19	14	34	16	29	24	16	12
	OC 揮發與吸附修正 [11] (%)	-7	-9	3	-11	-2	-7	-14	-9	-8	-28	-4	-15	-19	-15	0

表 4.2.34 花蓮站 2018 年 3~5 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度

濾紙類型及項目 \ Date		3-Mar-18	9-Mar-18	15-Mar-18	21-Mar-18	27-Mar-18	2-Apr-18	8-Apr-18	14-Apr-18	20-Apr-18	26-Apr-18	2-May-18	8-May-18	14-May-18	20-May-18	26-May-18
濃度及占比	$PM_{2.5}$ 未修正濃度(μg m^{-3})	19	21	9	9	15	21	20	8	15	23	9	10	12	10	9
	$PM_{2.5}$ 修正後濃度 [1](μg m^{-3})	20	22	10	10	16	21	21	8	16	24	9	11	13	10	9
	$PM_{2.5}$ 濃度修正 [2] (%)	2	6	12	11	5	2	6	6	4	5	6	7	5	3	6
	已解析成分 [3] (%)	64	78	74	80	60	57	67	59	76	67	77	64	72	69	73
	修正後離子占比 [4] (%)	44	60	38	44	42	44	43	37	57	48	55	41	56	55	51
	修正後碳成分占比 [5] (%)	19	17	36	31	16	10	21	21	16	18	20	22	16	13	22
	金屬元素占比 [6] (%)	1	1	1	6	1	3	4	0	3	1	2	1	0	2	0
單張濾紙	Na^+(μg m^{-3})	0.30	0.29	0.19	0.19	0.13	0.65	0.20	0.45	0.15	0.23	0.26	0.30	0.25	0.16	0.21
	NH_4^+ (μg m^{-3})	1.44	2.83	0.63	0.70	1.11	1.35	1.51	0.29	1.78	2.25	0.94	0.71	1.44	1.16	0.97
	K^+ (μg m^{-3})	0.03	0.01	0.04	0.02	0.05	0.06	0.15	0.06	0.05	0.17	0.07	0.03	0.04	0.06	0.04
	Mg^{2+} (μg m^{-3})	0.08	0.12	0.03	0.06	0.02	0.11	0.05	0.06	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.02	0.03
	Ca^{2+} (μg m^{-3})	0.13	0.10	0.11	0.08	0.19	0.25	0.18	0.13	0.10	0.11	0.07	0.07	0.06	0.09	0.11
	Cl^- (μg m^{-3})	0.03	0.14	0.16	0.10	0.07	0.38	0.12	0.51	0.14	0.10	0.18	0.14	0.08	0.08	0.11
	NO_3^- (μg m^{-3})	0.51	1.87	0.31	0.56	0.37	0.64	0.59	0.31	0.33	0.70	0.15	0.41	0.11	0.04	0.15
	SO_4^{2-} (μg m^{-3})	5.86	6.77	1.90	1.92	4.36	5.79	5.81	1.09	5.91	7.01	2.93	2.34	4.89	3.64	2.88
	未修正離子濃度(μg m^{-3})	8.40	12.12	3.36	3.65	6.30	9.23	8.59	2.91	8.48	10.60	4.64	4.04	6.90	5.24	4.51
	未修正 OC (μg m^{-3})	3.64	3.45	2.66	2.66	1.99	2.33	3.39	1.96	2.22	3.84	1.71	2.26	1.91	1.37	1.84
	EC (μg m^{-3})	0.59	0.56	0.60	0.57	0.53	0.37	0.76	0.31	0.64	0.67	0.35	0.35	0.28	0.33	0.34
	未修正碳成分濃度(μg m^{-3})	4.23	4.01	3.25	3.23	2.53	2.71	4.15	2.27	2.86	4.50	2.06	2.61	2.19	1.69	2.18
	金屬元素濃度 [7] (μg m^{-3})	0.91	0.58	0.46	1.24	0.45	1.73	1.27	0.17	1.26	0.44	0.78	0.79	0.13	0.65	0.55
多張濾紙	揮發 NH_4^+ (μg m^{-3})	0.06	0.36	0.08	0.20	0.08	0.08	0.12	0.07	0.15	0.27	0.07	0.10	0.07	0.06	0.07
	揮發 NO_3^- (μg m^{-3})	0.12	0.46	0.12	0.20	0.13	0.11	0.23	0.10	0.26	0.46	0.13	0.20	0.02	0.06	0.06
	揮發 Cl^- (μg m^{-3})	0.05	0.44	0.09	0.27	0.09	0.09	0.10	0.08	0.14	0.26	0.07	0.09	0.13	0.08	0.09
	修正後的 NH_4^+ (μg m^{-3})	1.50	3.19	0.71	0.90	1.20	1.42	1.62	0.36	1.93	2.51	1.01	0.81	1.51	1.22	1.04
	修正後的 NO_3^- (μg m^{-3})	0.63	2.32	0.43	0.77	0.50	0.75	0.82	0.41	0.59	1.16	0.28	0.61	0.13	0.10	0.21
	修正後的 Cl^- (μg m^{-3})	0.09	0.58	0.25	0.37	0.16	0.47	0.21	0.59	0.28	0.37	0.25	0.23	0.21	0.15	0.20
	修正後離子濃度(μg m^{-3})	8.63	13.37	3.64	4.32	6.60	9.50	9.03	3.16	9.03	11.58	4.91	4.44	7.12	5.43	4.73
	揮發離子修正 [8] (%)	3	10	9	19	5	3	5	9	6	9	6	10	3	4	5
	第二張濾紙 OC (μg m^{-3})	0.79	0.51	1.27	0.87	0.79	0.76	1.24	0.90	0.48	0.81	0.64	0.87	0.82	0.67	0.78
	揮發 OC (μg m^{-3})	0.16	0.09	0.74	0.35	0.42	0.07	0.78	0.19	0.09	0.25	0.20	0.31	0.37	0.11	0.32
	被動吸附 VOCs (μg m^{-3})	0.63	0.42	0.53	0.52	0.37	0.69	0.46	0.70	0.39	0.56	0.44	0.56	0.45	0.56	0.46
	修正後 OC (μg m^{-3})	3.17	3.13	2.87	2.48	2.04	1.71	3.72	1.46	1.93	3.53	1.47	2.01	1.83	0.92	1.69
	揮發 OC 占比 [9] (%)	4	3	28	13	21	3	23	10	4	7	12	14	19	8	17
	被動吸附 VOCs 占比 [10](%)	17	12	20	20	19	30	14	36	17	15	26	25	23	41	25
	OC 揮發與吸附修正 [11] (%)	-13	-9	8	-7	2	-27	10	-26	-13	-8	-14	-11	-4	-33	-8

表 4.2.35 花蓮站 2018 年 6~8 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度

濾紙類型及項目 \ Date		1-Jun-18	7-Jun-18	13-Jun-18	19-Jun-18	25-Jun-18	1-Jul-18	7-Jul-18	13-Jul-18	19-Jul-18	25-Jul-18	31-Jul-18	6-Aug-18	12-Aug-18	18-Aug-18	24-Aug-18	30-Aug-18
濃度及占比	$PM_{2.5}$ 未修正濃度(μg m^{-3})	9	4	20	7	9	16	10	3	5	12	13	11	19	7	4	5
	$PM_{2.5}$ 修正後濃度 [1](μg m^{-3})	10	5	20	8	10	17	11	3	5	12	14	12	20	7	5	5
	$PM_{2.5}$ 濃度修正 [2] (%)	9	9	4	7	3	5	4	9	2	7	4	7	3	3	12	7
	已解析成分 [3] (%)	80	96	72	64	82	74	72	86	64	73	79	79	77	68	68	71
	修正後離子占比 [4] (%)	65	76	58	34	60	57	50	52	46	51	58	57	63	47	36	34
	修正後碳成分占比 [5] (%)	14	20	14	27	21	16	21	33	18	21	19	20	13	19	30	33
	金屬元素占比 [6] (%)	1	0	1	4	1	1	1	2	0	1	1	3	1	1	2	5
單張濾紙	Na^+(μg m^{-3})	0.59	0.26	0.19	0.39	0.14	0.19	0.43	0.24	0.32	0.14	0.18	0.18	0.21	0.16	0.18	0.14
	NH_4^+ (μg m^{-3})	0.93	0.42	2.46	0.27	1.15	1.97	1.04	0.23	0.30	1.32	1.76	1.43	2.52	0.76	0.10	0.29
	K^+ (μg m^{-3})	0.12	0.08	0.10	0.06	0.02	0.10	0.05	0.05	0.05	0.02	0.06	0.04	0.07	0.05	0.03	0.06
	Mg^{2+} (μg m^{-3})	0.12	0.14	0.01	0.04	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01
	Ca^{2+} (μg m^{-3})	0.27	0.37	0.09	0.10	0.04	0.09	0.07	0.07	0.08	0.04	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06	0.04
	Cl^- (μg m^{-3})	0.51	0.17	0.11	0.36	0.04	0.07	0.13	0.18	0.25	0.08	0.03	0.04	0.02	0.05	0.16	0.16
	NO_3^- (μg m^{-3})	0.79	0.27	0.52	0.41	0.17	0.27	0.35	0.22	0.32	0.45	0.18	0.29	0.20	0.26	0.23	0.19
	SO_4^{2-} (μg m^{-3})	2.67	1.67	7.69	0.70	4.07	6.71	2.97	0.65	0.79	3.94	5.45	4.12	9.07	1.92	0.36	0.67
	未修正離子濃度(μg m^{-3})	6.01	3.37	11.17	2.32	5.64	9.42	5.07	1.66	2.15	6.00	7.76	6.21	12.20	3.28	1.15	1.57
	未修正 OC (μg m^{-3})	1.38	1.26	2.81	2.07	1.98	2.85	2.42	1.58	1.50	2.11	2.42	1.92	2.45	1.90	1.73	1.65
	EC (μg m^{-3})	0.13	0.13	0.43	0.26	0.41	0.32	0.31	0.08	0.05	0.40	0.52	0.32	0.41	0.19	0.18	0.34
	未修正碳成分濃度(μg m^{-3})	1.52	1.39	3.24	2.32	2.39	3.16	2.73	1.67	1.54	2.52	2.94	2.24	2.87	2.09	1.91	2.00
	金屬元素濃度 [7] (μg m^{-3})	0.71	0.20	0.56	0.84	0.42	0.76	0.72	0.37	0.37	0.51	0.43	0.86	0.46	0.51	0.34	0.74
多張濾紙	揮發 NH_4^+ (μg m^{-3})	0.14	0.10	0.17	0.07	0.04	0.13	0.07	0.04	0.03	0.08	0.08	0.09	0.10	0.05	0.13	0.05
	揮發 NO_3^- (μg m^{-3})	0.12	0.11	0.33	0.07	0.05	0.13	0.10	0.05	0.06	0.11	0.13	0.17	0.22	0.11	0.23	0.10
	揮發 Cl^- (μg m^{-3})	0.20	0.13	0.14	0.09	0.04	0.19	0.07	0.04	0.03	0.10	0.08	0.09	0.07	0.04	0.13	0.03
	修正後的 NH_4^+ (μg m^{-3})	1.07	0.52	2.62	0.34	1.18	2.10	1.11	0.27	0.34	1.40	1.84	1.52	2.62	0.81	0.23	0.33
	修正後的 NO_3^- (μg m^{-3})	0.91	0.38	0.85	0.48	0.22	0.40	0.45	0.28	0.37	0.56	0.30	0.46	0.43	0.37	0.45	0.30
	修正後的 Cl^- (μg m^{-3})	0.71	0.30	0.24	0.45	0.08	0.26	0.20	0.23	0.28	0.18	0.11	0.13	0.09	0.09	0.29	0.19
	修正後離子濃度(μg m^{-3})	6.47	3.71	11.80	2.55	5.76	9.87	5.31	1.80	2.27	6.30	8.05	6.57	12.60	3.48	1.63	1.75
	揮發離子修正 [8] (%)	8	10	6	10	2	5	5	8	6	5	4	6	3	6	42	12
	第二張濾紙 OC (μg m^{-3})	0.78	0.54	0.80	0.83	0.67	1.17	0.88	0.80	0.68	0.94	0.74	0.70	0.59	0.67	0.52	0.60
	揮發 OC (μg m^{-3})	0.33	0.06	0.18	0.26	0.15	0.34	0.16	0.15	0.00	0.52	0.22	0.37	0.19	0.00	0.00	0.14
	被動吸附 VOCs (μg m^{-3})	0.45	0.48	0.62	0.58	0.52	0.83	0.72	0.66	0.68	0.43	0.52	0.34	0.40	0.67	0.52	0.46
	修正後 OC (μg m^{-3})	1.27	0.83	2.37	1.75	1.61	2.36	1.86	1.07	0.82	2.20	2.12	1.95	2.24	1.23	1.21	1.34
	揮發 OC 占比 [9] (%)	24	5	6	13	7	12	7	9	0	24	9	19	8	0	0	9
	被動吸附 VOCs 占比 [10](%)	32	38	22	28	26	29	30	41	45	20	21	18	16	35	30	28
	OC 揮發與吸附修正 [11] (%)	-8	-34	-16	-15	-19	-17	-23	-32	-45	4	-12	2	-8	-35	-30	-19

表 4.2.36 花蓮站 2018 年 9~11 月份例行採樣期間 $PM_{2.5}$ 質量濃度及化學成分濃度

濾紙類型及項目 \ Date		5-Sep-18	11-Sep-18	17-Sep-18	23-Sep-18	29-Sep-18	5-Oct-18	11-Oct-18	17-Oct-18	23-Oct-18	29-Oct-18	4-Nov-18	10-Nov-18	16-Nov-18	22-Nov-18	28-Nov-18
濃度及占比	$PM_{2.5}$ 未修正濃度(μg m^{-3})	14	4	8	6	12	14	6	5	9	12	7	6	9	8	11
	$PM_{2.5}$ 修正後濃度 [1](μg m^{-3})	14	4	8	6	12	15	7	5	9	12	7	7	10	9	12
	$PM_{2.5}$ 濃度修正 [2] (%)	3	6	7	9	3	6	9	10	7	7	10	10	6	9	11
	已解析成分 [3] (%)	78	65	72	72	69	67	77	77	84	68	71	78	76	74	69
	修正後離子占比 [4] (%)	59	36	56	45	59	52	49	48	56	42	44	48	53	46	48
	修正後碳成分占比 [5] (%)	18	28	16	27	11	15	27	28	28	24	27	29	22	27	20
	金屬元素占比 [6] (%)	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0
單張濾紙	Na^+(μg m^{-3})	0.21	0.16	0.48	0.12	0.95	0.55	0.25	0.21	0.16	0.36	0.25	0.21	0.23	0.45	0.15
	NH_4^+ (μg m^{-3})	1.89	0.21	1.05	0.57	1.02	1.33	0.55	0.38	1.07	0.88	0.46	0.52	0.94	0.51	0.94
	K^+ (μg m^{-3})	0.07	0.03	0.14	0.06	0.06	0.06	0.04	0.03	0.04	0.08	0.07	0.10	0.05	0.07	0.04
	Mg^{2+} (μg m^{-3})	0.04	0.01	0.06	0.02	0.10	0.06	0.08	0.02	0.02	0.04	0.08	0.03	0.03	0.05	0.02
	Ca^{2+} (μg m^{-3})	0.08	0.04	0.06	0.07	0.11	0.09	0.05	0.06	0.09	0.11	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09
	Cl^- (μg m^{-3})	0.05	0.18	0.48	0.05	0.83	0.23	0.25	0.14	0.06	0.19	0.12	0.10	0.08	0.25	0.22
	NO_3^- (μg m^{-3})	0.43	0.24	0.31	0.24	0.78	0.77	0.29	0.51	0.40	0.76	0.43	0.26	0.36	0.60	0.86
	SO_4^{2-} (μg m^{-3})	5.47	0.50	1.56	1.39	3.17	4.03	1.43	0.86	2.78	2.34	1.33	1.65	3.20	1.71	2.84
	未修正離子濃度(μg m^{-3})	8.24	1.37	4.16	2.51	7.02	7.11	2.94	2.22	4.62	4.75	2.83	2.94	4.97	3.72	5.15
	未修正 OC (μg m^{-3})	2.48	1.66	1.41	1.88	1.43	2.11	1.64	1.88	2.37	2.66	1.72	1.68	2.02	1.88	1.99
	EC (μg m^{-3})	0.46	0.20	0.21	0.24	0.18	0.19	0.38	0.23	0.67	0.31	0.33	0.43	0.30	0.37	0.35
	未修正碳成分濃度(μg m^{-3})	2.94	1.87	1.62	2.12	1.61	2.30	2.01	2.11	3.05	2.97	2.05	2.10	2.32	2.26	2.35
	金屬元素濃度 [7] (μg m^{-3})	0.52	0.13	0.39	0.10	0.81	0.43	0.20	0.17	0.12	0.54	0.25	0.26	0.40	0.84	0.21
多張濾紙	揮發 NH_4^+ (μg m^{-3})	0.09	0.02	0.10	0.09	0.07	0.15	0.08	0.12	0.13	0.13	0.09	0.11	0.10	0.11	0.21
	揮發 NO_3^- (μg m^{-3})	0.15	0.06	0.20	0.21	0.15	0.23	0.15	0.18	0.27	0.27	0.15	0.13	0.14	0.15	0.38
	揮發 Cl^- (μg m^{-3})	0.08	0.02	0.07	0.06	0.04	0.17	0.08	0.13	0.10	0.10	0.09	0.14	0.12	0.13	0.20
	修正後的 NH_4^+ (μg m^{-3})	1.98	0.23	1.15	0.66	1.09	1.48	0.63	0.50	1.20	1.00	0.54	0.63	1.04	0.62	1.16
	修正後的 NO_3^- (μg m^{-3})	0.57	0.30	0.52	0.44	0.93	1.01	0.44	0.69	0.67	1.03	0.59	0.39	0.49	0.76	1.25
	修正後的 Cl^- (μg m^{-3})	0.14	0.20	0.56	0.10	0.87	0.40	0.33	0.27	0.16	0.28	0.20	0.24	0.20	0.38	0.42
	修正後離子濃度(μg m^{-3})	8.56	1.46	4.53	2.86	7.28	7.67	3.25	2.64	5.13	5.24	3.16	3.32	5.33	4.12	5.95
	揮發離子修正 [8] (%)	4	7	9	14	4	8	10	19	11	10	12	13	7	11	15
	第二張濾紙 OC (μg m^{-3})	0.63	1.02	0.59	0.71	0.56	0.66	0.74	0.75	0.69	0.65	0.85	0.61	0.57	0.56	0.84
	揮發 OC (μg m^{-3})	0.16	0.14	0.13	0.16	0.14	0.25	0.26	0.08	0.09	0.33	0.36	0.25	0.22	0.38	0.47
	被動吸附 VOCs (μg m^{-3})	0.47	0.87	0.46	0.55	0.42	0.41	0.49	0.67	0.59	0.32	0.49	0.36	0.35	0.18	0.36
	修正後 OC (μg m^{-3})	2.16	0.93	1.07	1.49	1.15	1.95	1.41	1.30	1.87	2.67	1.59	1.57	1.89	2.08	2.10
	揮發 OC 占比 [9] (%)	6	9	9	9	10	12	16	4	4	12	21	15	11	20	24
	被動吸附 VOCs 占比 [10](%)	19	53	33	29	29	20	30	36	25	12	28	21	17	9	18
	OC 揮發與吸附修正 [11] (%)	-13	-44	-24	-21	-19	-8	-14	-31	-21	0	-8	-6	-7	11	6

備註:

1. $PM_{2.5}$ 修正後濃度=$PM_{2.5}$ 未修正濃度+揮發離子+揮發 OC。未修正濃度是由鐵氟龍濾紙採集獲得，鐵氟龍濾紙不會吸附 VOCs。
2. $PM_{2.5}$ 修正(%)=(揮發離子+揮發 OC)/$PM_{2.5}$ 未修正濃度。
3. 已解析成分(%)=[金屬元素濃度(不含水溶性成分已分析者)+修正後離子濃度+修正後 OC+EC]/$PM_{2.5}$ 修正後濃度。
4. 修正後離子占比(%)=(揮發離子+原始離子)/$PM_{2.5}$ 修正後濃度。
5. 修正後碳成分占比(%)=(揮發 OC+未修正 OC+EC)/$PM_{2.5}$ 修正後濃度。
6. 金屬元素占比(%)=金屬元素濃度(不含水溶性成分已分析者)/$PM_{2.5}$ 修正後濃度。
7. 金屬元素濃度=包含水溶性離子解析成分
8. 揮發離子修正(%)=揮發離子/未修正離子濃度。
9. 揮發 OC 占比(%)=揮發 OC/未修正 OC。
10. 被動吸附 VOCs 占比=被動吸附 VOCs/未修正 OC。
11. OC 揮發與吸附修正(%)=(修正後 OC-未修正 OC)/修正後 OC

3. 金屬元素成分分析結果

圖 4.2.12 為花蓮站 2017 年 12 月到 2018 年 11 月採樣期間各樣本金屬元素濃度(ng m^{-3})變化及富集因子(Enrichment factor, ☆)平均值，由於各金屬元素濃度高低差異甚大，本計畫根據金屬元素濃度變化範圍，劃分為高、中、低三種濃度群。富集因子輔助判別物種是否受人為活動影響，本計畫以取對數後 EF 值 1 為界線，大於 1 代表受到人為活動影響，本段講述數值將以取對數後 EF 為主。圖 4.2.12 上半部顯示高濃度金屬元素群只有 Zn 的 EF 值接近 3，顯示受到人為影響程度相當高，Zn 為交通排放、輪胎和剎車磨損、垃圾焚化、二次冶煉指標金屬元素，其餘高濃度元素群多數來自然來源，並且以元素 Na 濃度最高，可作為塵土或海鹽指標元素。中間濃度群以元素 Ti 有最高濃度，同時受人為活動影響較小。元素 Pb、Mo、Cu、V、Ni 及 Cr 則受人為活動影響較多。其中，V 及 Ni 為燃油指標元素、Cr 則可用做燃煤指標元素。低濃度群中 Sr、Co、Rb、Ce 及 Nd 等元素富集因子較低，受人為活動影響較小，其他元素如 Se、Sn 濃度及富集因子較高，Se 主要來源為燃煤燃燒、Sn 則可能來自交通排放、燃煤燃燒及非鐵金屬製造。

2017 年冬季觀測期間，花蓮站由於空氣品質良好，污染物濃度都低於西部觀測站，指標元素中僅可看出零星濃度，其中以元素 Na、K 濃度較高，顯示影響源主要為海鹽與生質燃燒活動。另外 2 月 1 日為境外傳輸污染日，不過東部的花蓮站並未發生污染事件，從指標元素濃度中可發現較高的元素 Cr 顯示可能受到燃煤燃燒的影響。2 月 13 日則是冬季元素濃度最高日，這天同樣有較高的 $PM_{2.5}$ 濃度，從附錄四監測資料中可看出，這天自夜間環境中已有不少污染物殘留，受到上午西南風影響，$PM_{2.5}$ 濃度達到當日峰值，這天的指標元素以 Al、Fe、Ti 及

Ca 等揚塵指標元素為主，值得注意的是，當日也有不低的元素 K 及 Pb，顯示可能受到生質燃燒與燃煤燃燒的影響。

2018 年春季觀測期間，整體元素濃度略高於冬季，春季期間以 4 月 2 日這天元素濃度最高，這天有較高的揚塵指標元素，對照監測資料可發現這天最高小時風速為 4 m s^{-1} 左右，沙塵可能受強風影響，因此有較高濃度，另外，較高的 K、Ca、Pb、Sr 及 As 則顯示可能受到燃料燃燒影響，推測與當地的水泥廠有關，因此有較高的 Ca 濃度。在 3 月 21 日這天為春季觀測期間元素濃度次高日，濃度較高的指標元素大多為揚塵指標元素，如：Al、Fe、Na、Ca 及 Ti，顯示受到揚塵影響導致元素濃度增加，同時相當高的 Ba 與 Cr 則可能與交通排放有關，這些指標元素可能來自剎車或輪胎磨損。但 Al、Fe、Na、Ca 也可能來自燃煤或垃圾焚化爐(羅等，2018)。

2018 年夏季採樣期間，因中央研究院實驗室搬遷，因此委託中山醫學大學分析，兩個實驗室於樣本消化過程有所差異，因此濃度值略有改變，空白值係因中山醫學大學無分析 Zr 元素，元素濃度略高於前者所分析結果，但從指標元素分布仍可作污染源推論。夏季元素剖面顯示有較高的 Na 濃度，表示受到海鹽影響大，進入夏季之後 Se 濃度大增，對比於其他西部測站屬於相當特殊的現象，過去發現較高 Se 濃度時大多受到燃煤燃燒或境外傳輸污染影響，花蓮站較高的 Se 濃度可能須透過後續樣本重複檢測，才可確定是來自人為活動或者是花東地區沙塵組成特性。對比其他季節，夏季有較高的 V 與 Ni，顯示受到燃油鍋爐影響，這可能與夏季海陸風交替作用，使測站容易受到港口船隻排放影響有關。

2018 年秋季採樣期間，元素總濃度低於夏季觀測期間，並與冬季觀測期間相近，主要原因與板橋站相似，這段期間雖然東北季風逐漸增加，無境外污染傳輸反而提升環境擴散條件，因此金屬元素濃度低。金屬元素濃度分別於 9 月 29 日與 10 月 29 日為秋季濃度最高與次高日，9 月 29 日這天有秋季採樣日最高元素濃度，主要受到海鹽影響，當天有相當高的 Na，同時離子成分中也顯示當天有較高的 Na^{+}與 Cl^{-}。10 月 29 日這天則是受到揚塵影響，元素 Ti 有較高的濃度。

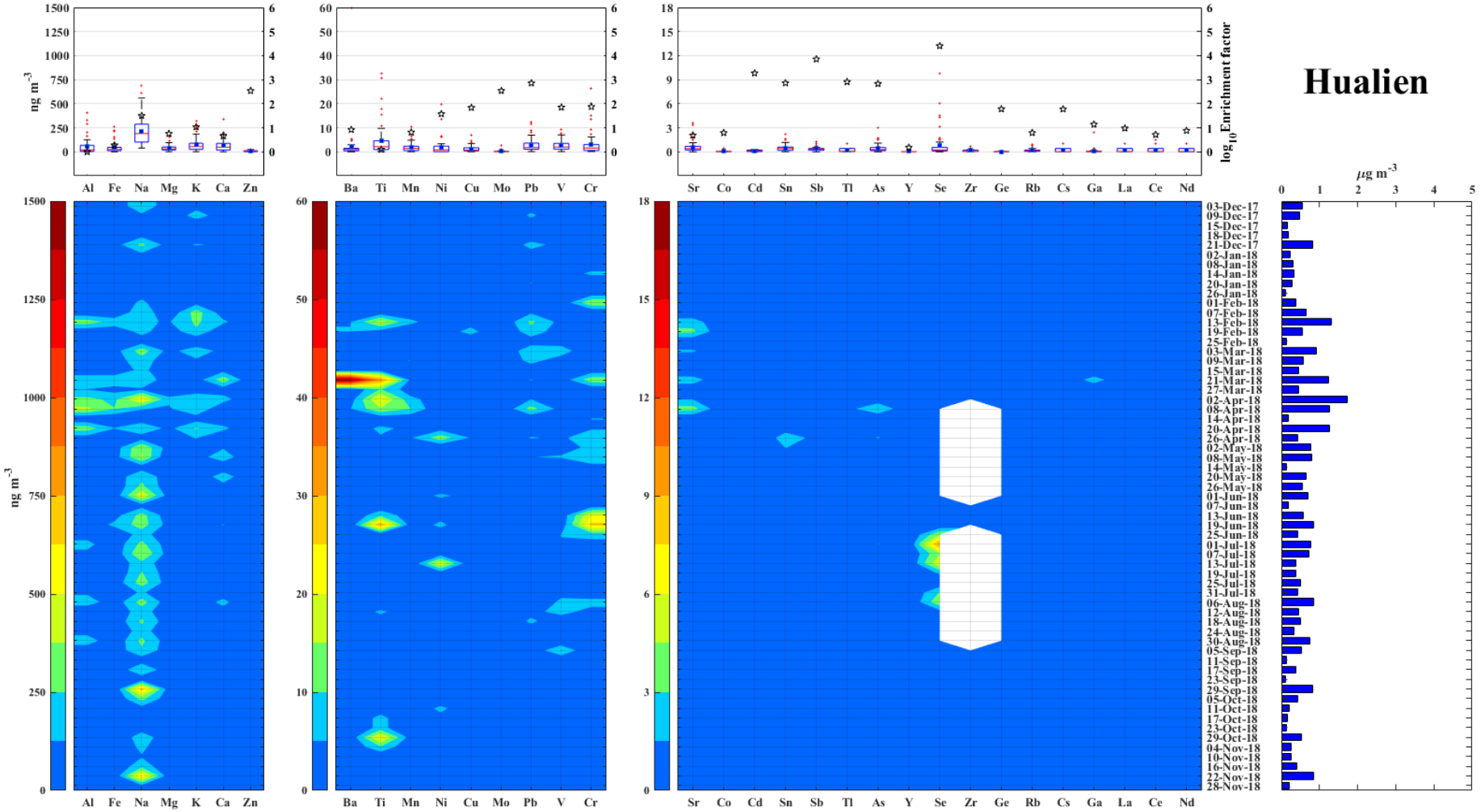


圖 4.2.12 花蓮站例行性採樣期間 $PM_{2.5}$ 各金屬元素每日濃度(中圖)，上圖的盒鬚為每個金屬元素在採樣期間濃度(ng m^{-3})分布，星號表示每個金屬元素在採樣期間富集因子(Enrichment Factor, EF)平均數值，右圖為採樣期間每個樣本全部金屬元素濃度 (μg m^{-3})。

*圖中白框為 4 月上旬至夏季金屬元素成分分析轉由中山醫學大學-健康醫學中心分析環境檢測機構，該機構無分析 Zr 元素。

4.2.7 有機物分析方法建置

本計畫過去沒有分析過有機物，所以濾紙萃取方法、分析方法以及儀器偵測極限等都需要進一步測試。由於需要足夠濃度高過儀器偵測極限，才能呈現定量結果，目前分析結果雖有訊號出現，但仍處於未知階段，因此，本計畫將濃度較高的樣本合在一起萃取後分析，希望透過多個高濃度樣本混合可以增加待測物的濃度，以達到可量化的目標。

目前嘗試過，只用丙酮與正己烷混合液進行萃取，分析結果後因濃度不足，沒有訊號出現，推測可能是由於濾紙上的微粒沒有完全被萃取出來，或是微粒未能有效溶解到有機溶劑當中所導致。所以後續嘗試使用丙酮與正己烷混合液進行第一次萃取後倒出，再使用甲醇進行第二次萃取，然後將兩次萃取液濃縮至 2 c.c 後分析，但依然沒有訊號。

沒有能讓分析儀器出現訊號，可能的原因在於：所建置的分析方法希望能夠將有機物成分更細分出不同物種，所以即使樣本有較高的有機物濃度，但由於是數種有機成分總合而成，當細分成各有機成分濃度時，可能無法達到儀器偵測極限。理論上，各有機成分只要有 1 ng，就足夠被 FID 偵測到，因此，不排除是萃取方法上的問題，因此決定測試不同的萃取方法。

經過萃取方法的溶劑選擇最佳化以及採樣濃度上的調整，選取較高濃度樣本進行測試，目的是釐清濃度不足抑或是萃取方式導致無法分析出結果，以下針對溶劑最佳化測試並以其方法進行濾紙測試所獲得初步結果進行討論。

1. 萃取溶劑最佳化

參考 Carvalho、Kallio、Kendall 以及 Simoneit 等人研究所使用的萃取溶劑，包括單一溶劑二氯甲烷 (Dichloromethane) (Carvalho et al., 2003)，以及混合溶劑如丙酮/正己烷(Kallio et al., 2006)、甲醇 (Methanol)/甲苯 (Toluene)(Kendall et al., 2001)、異丙醇 (2-propanol)/苯 (Benzene) (Rogge et al., 1991)。因為苯的毒性較高，所以本計畫以毒性較低的甲苯及環己烷 (Cyclohexane)取代之。

萃取溶劑最佳化以二種溶劑條件為一組，而每組當中又以丙酮/正己烷等體積混合溶劑作為實驗對照。第一組測試的溶劑組合為丙酮/正己烷 (對照組，圖 4.2.13)、丙酮/環己烷 (圖 4.2.14)，混合的兩張 PM_{10} 濾紙的採集地點分別是豐原和頭份。為了避

免轉換成二維圖譜時每張圖規一化使相同色距所代表的實際層析峰訊號豐度(Abundance)不一，因此將二維層析圖以一維調制峰展現。

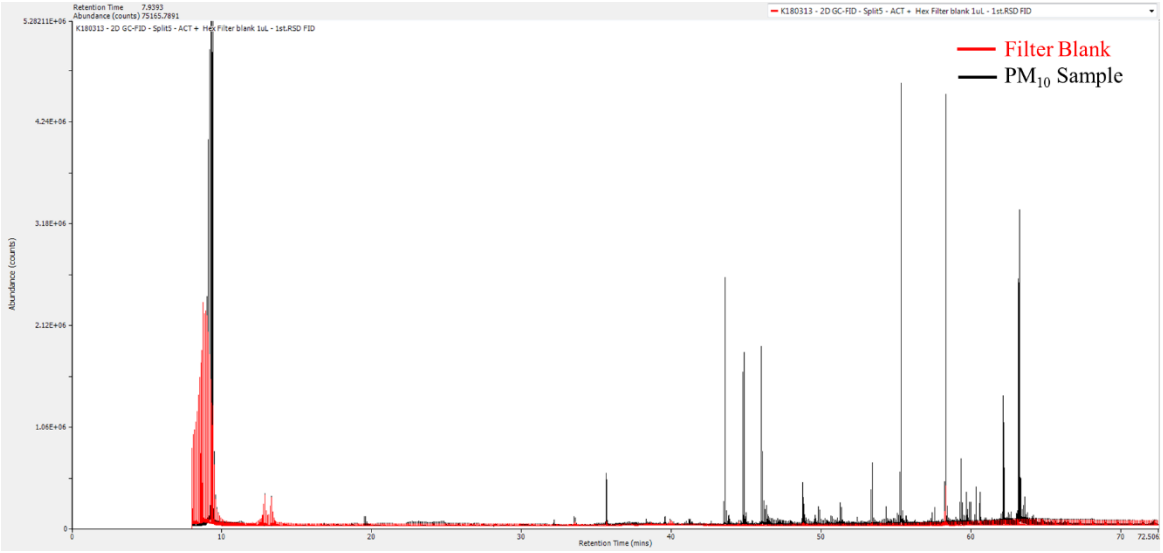


圖 4.2.13 丙酮/正己烷 (對照組)萃取豐原和頭份採集的 PM_{10} 濾紙

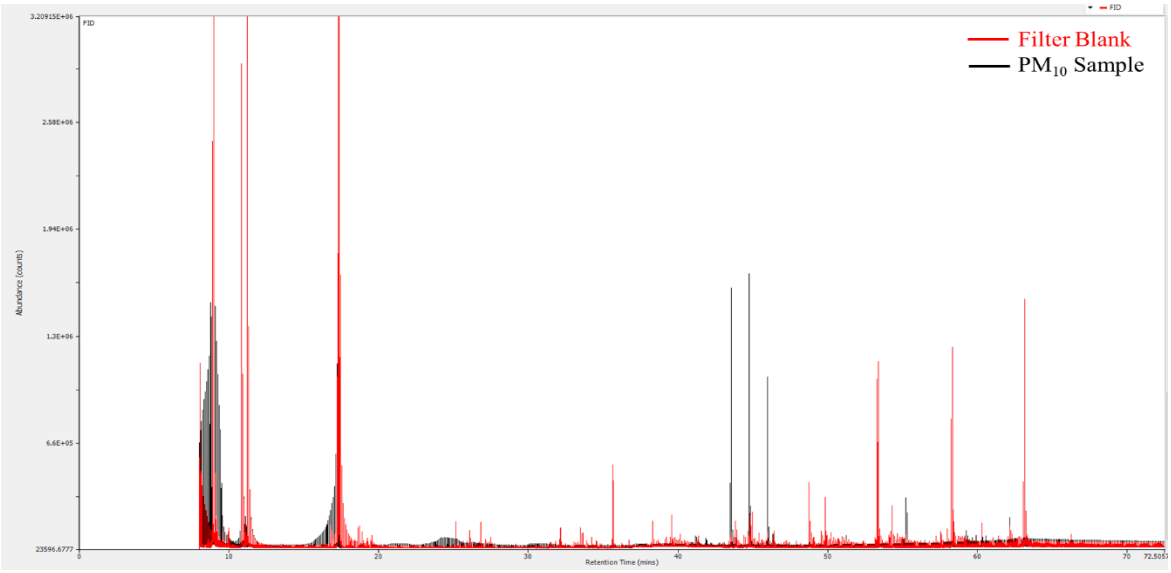


圖 4.2.14 丙酮/環己烷萃取豐原和頭份採集的 PM_{10} 濾紙

藉由疊合濾紙空白的方式，可以看出環己烷的溶劑雜質較多，而比較圖 4.2.13 和圖 4.2.14 可知同樣搭配丙酮的情況下，環己烷萃取出的溶質數量及濃度都低於正己烷。第二組實驗則是選用生質燃燒事件日於鹿林山採樣的 PM_{10} 樣本，兩張濾紙的採樣時間分別是 2015 年 3 月 7 日及 3 月 21 日，以丙酮/正己烷 (對照組，圖 4.2.15)、甲醇/甲苯 (圖 4.2.16)還有丙酮/甲苯 (圖 4.2.17)進行萃取。

其中甲醇/甲苯的效果不佳，而丙酮/正己烷和丙酮/甲苯萃取出的溶質數量及濃度都比較高，將這兩張圖上訊雜比為 10 的位置 (層析圖的基線訊號豐度約為 5000)畫條線進行比較：對照組大於 52000 訊號豐度的溶質有 7 個，而丙酮/甲苯則有約 30 個，以此看來丙酮/甲苯是萃取溶劑更好的選擇，故後續實驗皆以丙酮/甲苯作為萃取溶劑。

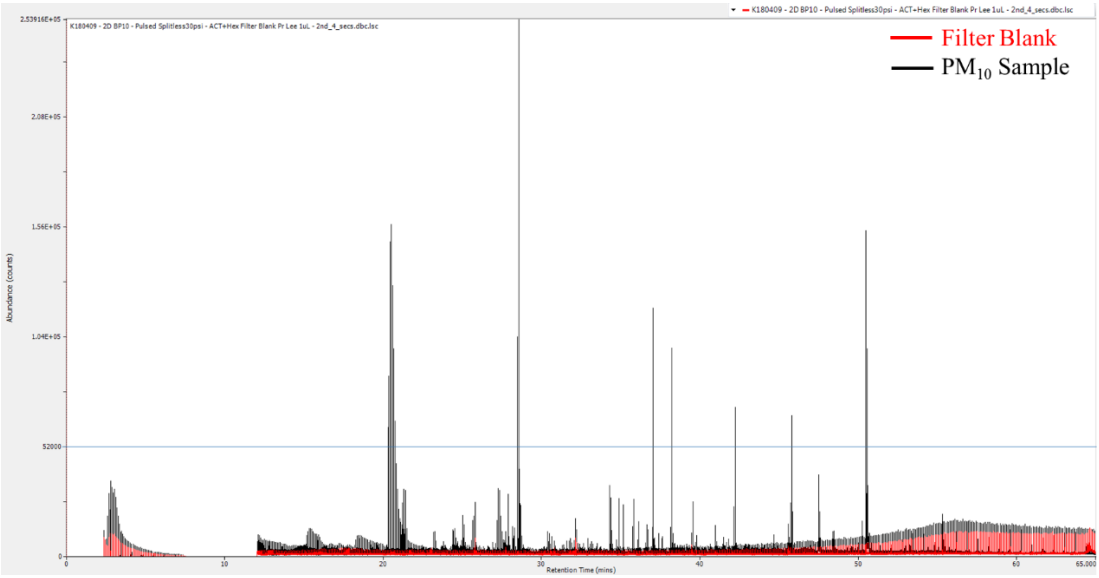


圖 4.2.15 丙酮/正己烷 (對照組)萃取生質燃燒事件採集的 PM_{10} 濾紙

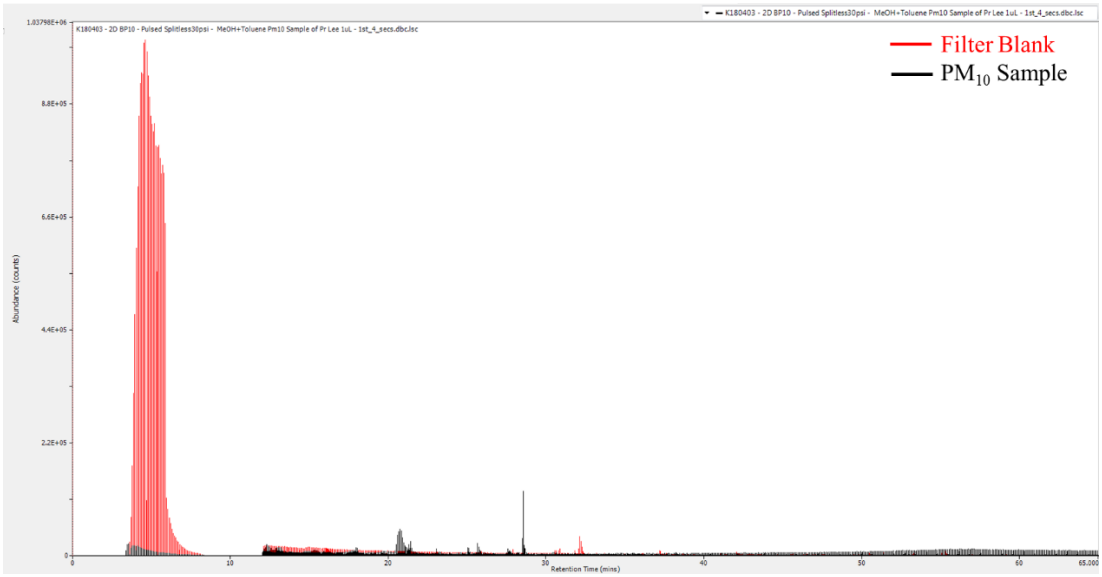


圖 4.2.16 甲醇/甲苯萃取生質燃燒事件採集的 PM_{10} 濾紙

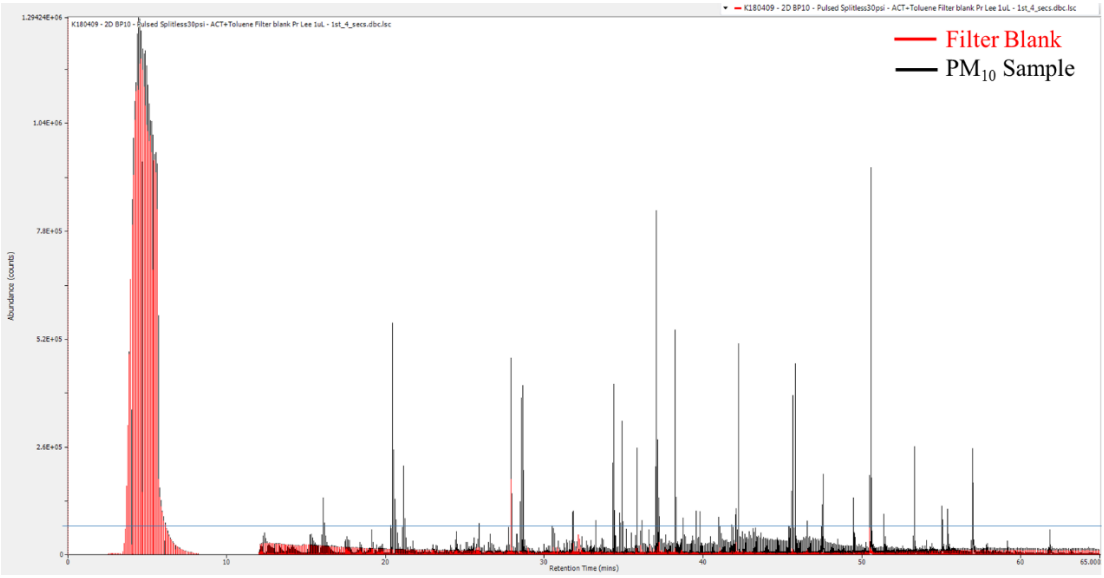


圖 4.2.17 丙酮/甲苯萃取生質燃燒事件採集的 PM_{10} 濾紙

2. PM_{10} 濾紙樣本——生質燃燒事件(鹿林山)

圖 4.2.19 為丙酮/甲苯萃取 2015 年的 3 月 7 日及 21 日採集的 PM_{10} 濾紙，皆為生質燃燒事件日於鹿林山採集而來，而圖 4.2.18 為其濾紙空白的結果。將濾紙空白中相同物質且峰面積相近的層析峰物質扣除後，以質譜定性，將可以辨識的成分給予編號(圖 4.2.20)，並將其化學名稱列於表 4.2.37 中。烷類成份基於其支鏈與直鏈結構較難從質譜區分，於後續添加標準品的方式作為定性依據。

其中比較特殊的成份如：具有 Phthalates 結構的成份 (如：Diethyl phthalate、Dibutyl phthalate 等)，係常見作為塑化劑的人造化合物，在 Harrison 等人(Alam et al., 2013)及 Wang 等人(Wang et al., 2007)萃取分析 $PM_{2.5}$ 濾紙的結果中也有出現多種類且高濃度的 Phthalates 成分。磷酸三苯酯 (Triphenyl phosphate，TPP)則是人造的無鹵素阻燃劑，也是在 2010 年 Bi 等人研究中國電子產品回收站因不當處理產生空氣污染懸浮微粒中的主要成分(Bi et al., 2010)，該研究指出：TPP 或許能夠視為電子廢棄物不當處理的排放標記物 (Marker)。乙二醇醚類結構 (Glycol ether，如：Diethylene glycol butyl ether)則是在剎車片的磨損顆粒中測出。

而較常見的成份有：飽和一元醛 (如：Nonanal)、飽和一元酮 (如：2-Pentadecanone 以及 6,10,14-Trimethyl-2-pentadecanone 等)、一元酯(如：Hexadecanoic acid，methyl ester)、以及醯胺類 (如： 13-Docosenamide)，在既往研究中也經常出現，算是較不具排放代表性的成份，苯和 PAH 類化合物 (如：1-Benzyl-2-methylbenzene)則是常見的汽車尾氣、生質燃燒及燃煤排放成份(He et al., 2014)。

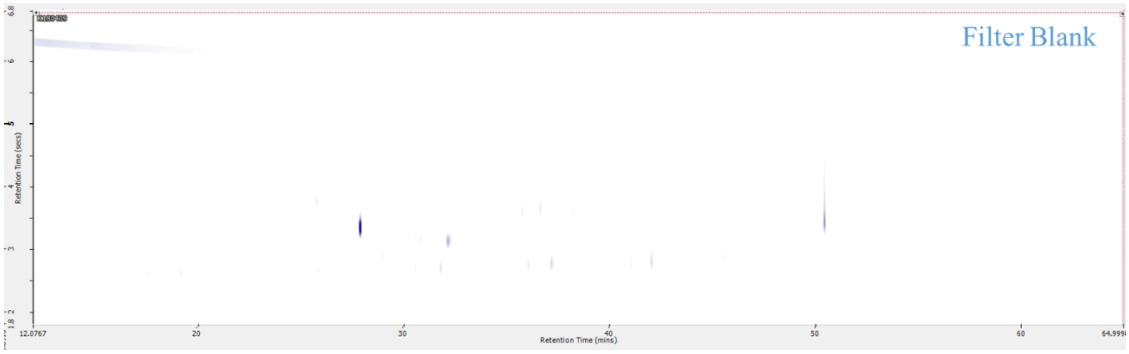


圖 4.2.18 丙酮/甲苯萃取實驗室空白 (Laboratory blank)濾紙

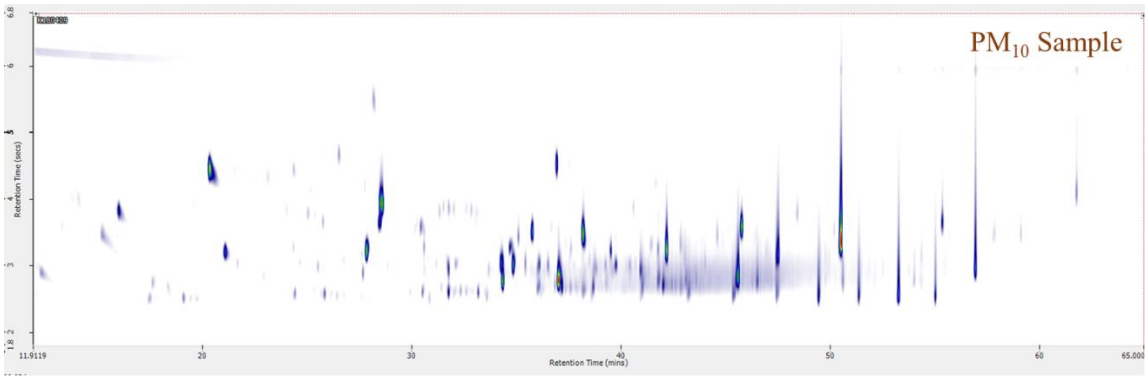


圖 4.2.19 丙酮/甲苯萃取生質燃燒事件日於鹿林山採集的 PM_{10} 濾紙

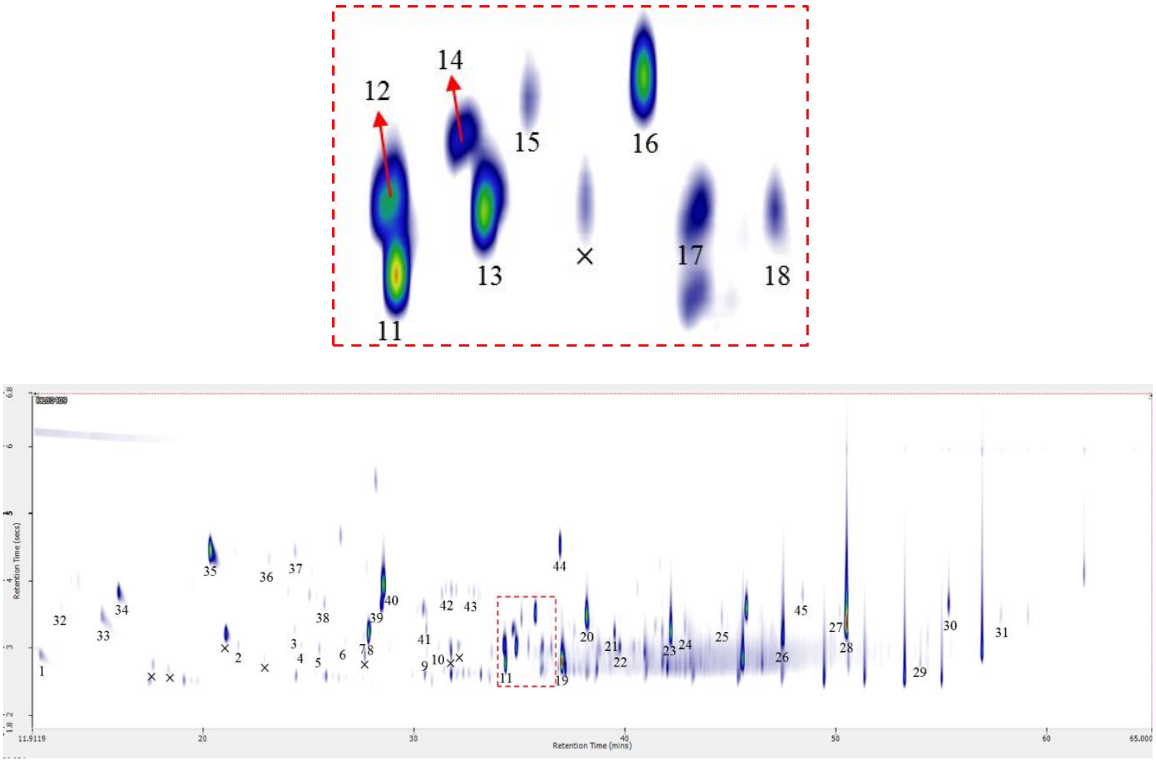


圖 **4.2.20** 生質燃燒事件日於鹿林山採集的 **PM_{10}** 初步定性結果，虛線紅框區域放大於上方，避免密集的層析峰造成編號混淆

表 **4.2.37** 生質燃燒事件日於鹿林山採集的 **PM_{10}** 成分定性

No.	Compound (Identified)
1	Nonanal
2	1,7,7-Trimethylbicyclo[2.2.1]hept-2-yl acrylate
3	2,6-Ditert-butylbenzo-1,4-quinone
4	1-Dodecanol
5	2,2'-Dimethylbiphenyl[a]
6	1-Benzyl-2-methylbenzene
7	2-(2-Butoxyethoxy)ethyl benzoate
8	3-(Isobutyryloxy)-1-isopropyl-2,2-dimethylpropyl 2-methylpropanoate
9	3,7,11-Trimethyl-1-dodecanol[a]
10	2-Pentadecanone
11	Tetradecanoic acid, 1-methylethyl ester
12	Tetraethylene glycol di-2-ethylhexoate
13	6,10,14-Trimethyl-2-pentadecanone
14	(2-Phenoxyethoxy)benzene
15	1-Tetradecanol

No.	Compound (Identified)
16	Diisobutyl phthalate
17	Benzoic acid, dec-2-yl ester
18	2-Heptadecanone
19	Hexadecanoic acid, methyl ester
20	Dibutyl phthalate
21	2-(4-Methylphenoxy)-N-(4-pyridinyl)acetamide
22	3,4a,7,7,10a-Pentamethyl-3-vinyldodecahydro-1H-benzo[f]chromene
23	Bis(2-ethylhexyl) maleate
24	Hexadecanoic acid, ethyl ester
25	Tributyl acetylcitrate
26	Hexanedioic acid, dioctyl ester
27	2,4-Bis(1-methyl-1-phenylethyl)phenol
28	Dioctyl phthalate
29	Tetracosanoic acid, methyl ester
30	13-Docosenamide
31	Hexacosanoic acid, methyl ester
32	3,5,5-Trimethyl-2-cyclohexenone
33	Diethylene glycol butyl ether
34	Thiocyanic acid, phenylmethyl ester
35	Phthalic anhydride
36	4-Methyl-2-benzofuran-1,3-dione
37	5-Methyl-2-benzofuran-1,3-dione
38	2,4-Di-tert-butylphenol
39	Diethyl Phthalate
40	Triethylene glycol butyl ether[a]
41	2,4-Ditert-butyl-6-nitrophenol
42	4-(1,1,3,3-Tetramethylbutyl)phenol[a]
43	4-(1,1,3,3-Tetramethylbutyl)phenol[a]
44	7,9-Di-tert-butyl-1-oxaspiro[4.5]deca-6,9-diene-2,8-dione
45	Triphenyl phosphate

[a] 官能基相同的結構異構物

3. $PM_{2.5}$ 濾紙樣本——台中科技園區與板橋周界樣品

$PM_{2.5}$ 濾紙是在台中科技園區周界採集來的樣本 (圖 4.2.22)，實驗前處理及分析方法與上述鹿林山 PM_{10} 樣本相同，唯一差別是濾紙空白並非使用實驗室空白，而是將調理過的濾紙帶到採樣現場並安裝到懸浮微粒採樣器後，隨即從採樣器取下封裝保存的現場空白 (Field Blank)，分析結果如圖 4.2.21。

經質譜定性後結果如圖 4.2.23，排除了烷類以及成分濃度與現場濾紙空白相近的化合物後，經編號後將化學式列於表 4.2.38 中。可辨識成份有 56 種，比 PM_{10} 多了 11 種，但兩者都仍有許多無法被判別的物質。在組成上多了許多含氮的化合物，如雜環類的 2-Benzothiazolinone 等，較難斷定其來源(Ge et al., 2011)。而鄰二苯酸酯類成分在 $PM_{2.5}$ 濾紙及現場濾紙空白上濃度約相差 10 倍，其主要來源是採集器本身、採集器長久未清理導致舊樣本的沾附，抑或懸浮微粒所攜帶，此問題仍需後續實驗證明後才能釐清。有機磷阻燃劑成分如 Tris(2-chloroisopropyl)phosphate 在 2014 年 Yang 等人分析室內懸浮微粒時也曾被檢出(Yang et al., 2014)。Triacetin 通常作為香菸濾嘴的塑化劑，2007 年 Barsanti 等人使用二維 NMR 以及一維 GC-MS 分析香煙產生的懸浮微粒組成時也有發現。樅酸 (Abietic acid)結構如 Methyl dehydroabietate 則經常出現於生質燃燒的懸浮微粒中。

添加約 4 ng 的長碳鏈烷類標準品後，樣品於二維層析圖的群落分布如圖 4.2.25 所示，由於成分種類較零散，因此較難展現出二維層析的群落分布效果。其中層析峰編號為 1 的 Dicyclohexylamine 出現在靠近烷類分布位置附近 (Y 軸最下層)，應是其與二維管柱 BP-1701 的靜相物質作用力過強，無法在調制週期的 5 秒內析出至偵測器，導致層析峰出現在下個調制週期的開端部份，並覆蓋了該調制週期析出的烷類化合物。此現象可以透過延長調制週期改善，但延長調制週期主要是增加調制器在填充期的時間，會造成更多樣本的流失。另一解決方法為增加儲樣管的容積並延長調制週期，此舉可以避免樣本的大量流失，但是濃度高的化合物可能因為儲樣量增加使進入二維管柱的量提升，造成其層析峰在 Y 軸上峰寬變大，進而降低二維的峰容量。

本計畫將台中科技園區以及板橋周界樣品進行比對，板橋周界樣品經質譜定性後結果如圖 4.2.26，編號後將化學式列於表 4.2.38 中，台中科技園區的圖譜結果可參考圖 4.2.23，定性結果可參考表 4.2.38，在組成上同樣偵測到不少含氮的化合物，與台中科技園區相同均測到雜環類的 2-Benzothiazolinone 的樣品。在 2015 年 Herrington 等人利用 TD-GCMS 對電子煙霧進行測試(Herrington and Myers, 2015)，總共偵測到 82 個

物種，其中之一即為 Pyridine, 3-(1-methyl-2-pyrrolidinyl)-, (S)-，推測此物質可能來自於人類吸菸排放煙霧的結果，由於兩個樣品位於不同地點進行採樣，可能因與大氣氣膠多次進行化學反應而形成較不同的化學成分，因此所偵測到的成分會有些微不同。

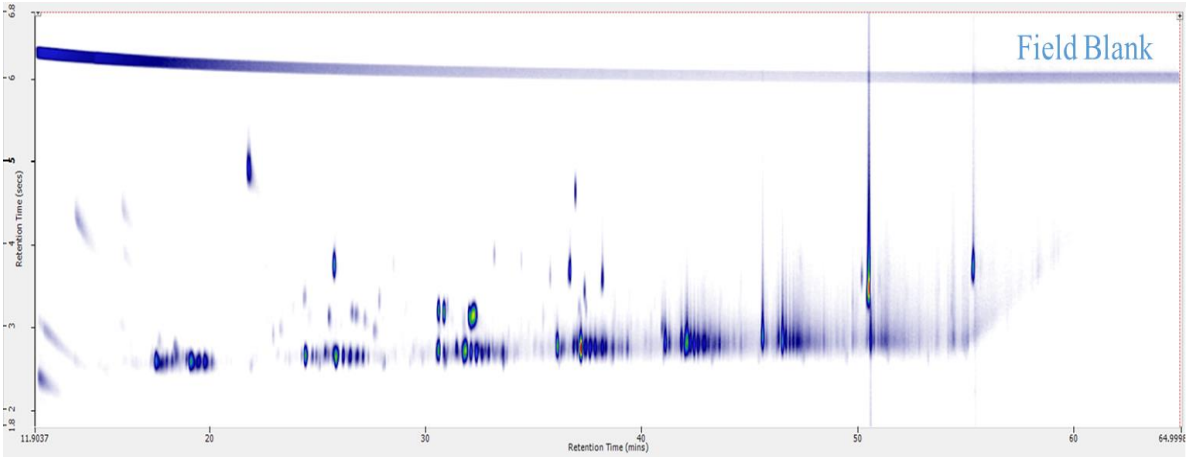


圖 4.2.21 丙酮/甲苯萃取現場空白(Field Blank)濾紙

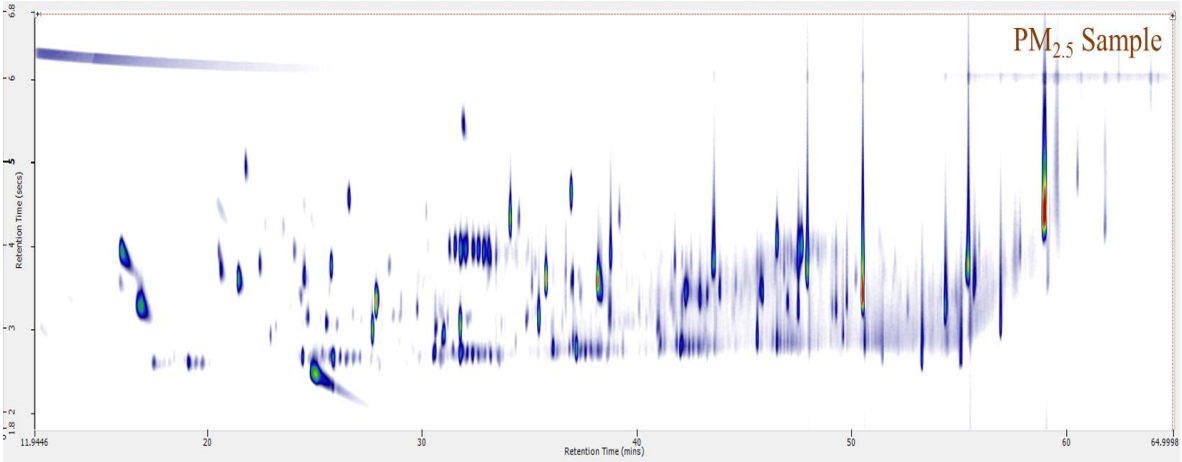


圖 4.2.22 丙酮/甲苯萃取台中科技園區周界 $PM_{2.5}$ 濾紙

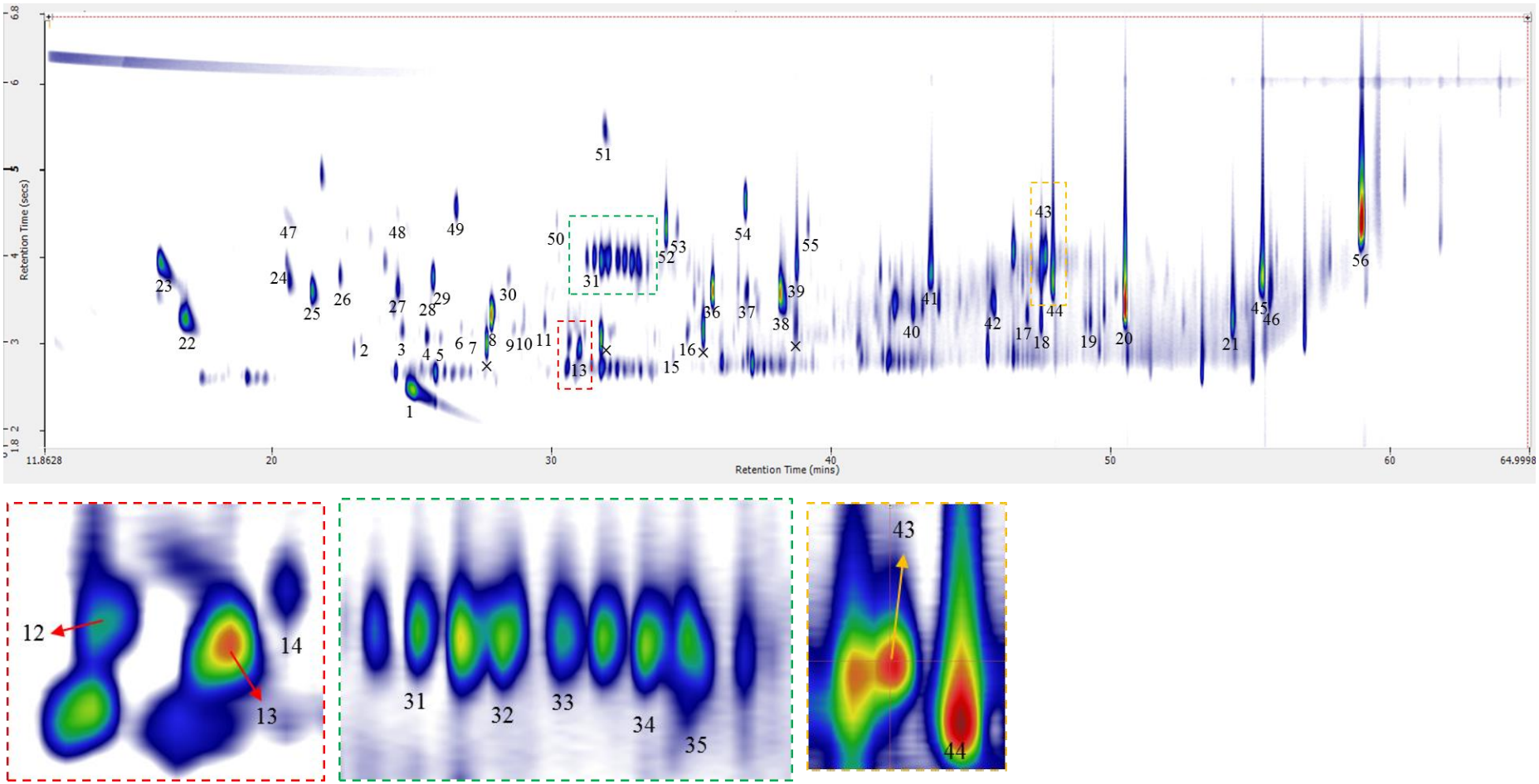


圖 4.2.23 台中科技園區周界 **$PM_{2.5}$** 初步定性結果，×是管柱剝離物；虛線框區域放大於下，避免密集的層析峰造成編號混淆

表 4.2.38 台中科技園區的周界 $PM_{2.5}$ 成分定性

No	Compound (Identified)
1	Dicyclohexylamine
2	2,2'-Dimethylbiphenyl[a]
3	1-Dodecanol
4	2,2'-Dimethylbiphenyl[a]
5	2,2'-Dimethylbiphenyl[a]
6	2-Benzyltoluene
7	1-Benzyl-3-methylbenzene[a]
8	3-(Isobutyryloxy)-1-isopropyl-2,2-dimethylpropyl 2-methylpropanoate
9	3,4'-Dimethyl-1,1'-biphenyl[a]
10	4,4'-Dimethylbiphenyl[a]
11	Hexanedioic acid, bis(2-methylpropyl) ester
12	3,7,11-Trimethyl-1-dodecanol
13	2-Propenoic acid, dodecyl ester
14	2-Pentadecanone
15	Tetradecanoic acid, 1-methylethyl ester
16	6,10,14-Trimethyl-2-pentadecanone
17	Methyl dehydroabietate
18	Hexanedioic acid, dioctyl ester
19	1,2-Cyclohexanedicarboxylic acid, bis(2-ethylhexyl) ester
20	Bis(2-ethylhexyl) phthalate
21	Bis(2-ethylhexyl) isophthalate
22	Dipropylene glycol, butyl ether
23	Thiocyanic acid, phenylmethyl ester
24	Triacetin
25	Propanoic acid, 2-methyl-, 3-hydroxy-2,2,4-trimethylpentyl ester
26	2,4,7,9-Tetramethyl-5-decyn-4,7-diol
27	Triethylene glycol butyl ether
28	Dimethoxytetraethylene glycol
29	2,4-Di-tert-butylphenol
30	Diethyl Phthalate
31	4-(1,1,3,3-Tetramethylbutyl)phenol[a]

No	Compound (Identified)
32	4-(1,1-Dimethylpropyl)phenol[a]
33	4,4'-(1,2-Diethyl-3-methyltrimethylene)diphenol[a]
34	4-(1,1,3,3-Tetramethylbutyl)phenol[a]
35	2-Methyl-4-tert-octylphenol[a]
36	Diisobutyl phthalate
37	Butyl octyl phthalate
38	Dibutyl phthalate
39	Tetradecanamide
40	Octadecanoic acid
41	Hexadecanamide
42	Tert-octyldiphenylamine
43	Palustric acid
44	Octadecanamide
45	13-Docosenamide
46	Didecyl phthalate
47	Phthalic anhydride
48	4-Methylphthalic anhydride
49	1,2-Cyclohexanedicarboximide
50	Hexamethylbenzene
51	2-Benzothiazolinone
52	Tris(2-chloroisopropyl)phosphate
53	Tris(2-chloroisopropyl)phosphate[a]
54	7,9-Di-tert-butyl-1-oxaspiro[4.5]deca-6,9-diene-2,8-dione
55	3-Methoxy-5-[(6-methoxy-1,2,3,4-tetrahydro-1-isoquinolinyl)methyl]phenol
56	4-Octyl-N-(4-octylphenyl)aniline

[a] 官能基相同的結構異構物

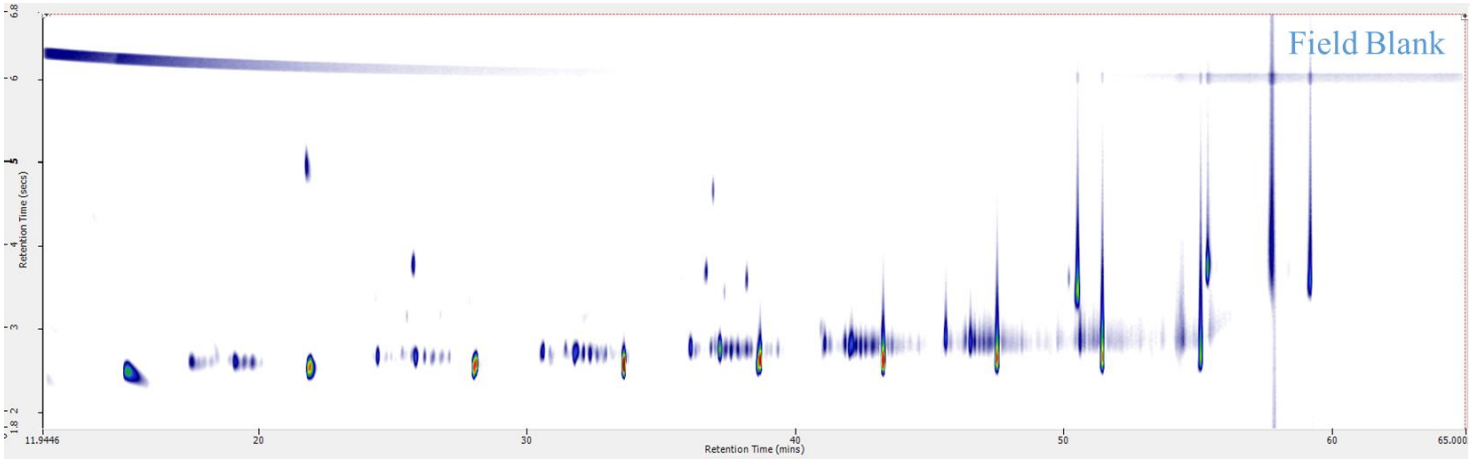


圖 4.2.24 現場空白樣本加入 4 ng 的直鏈烷標準品

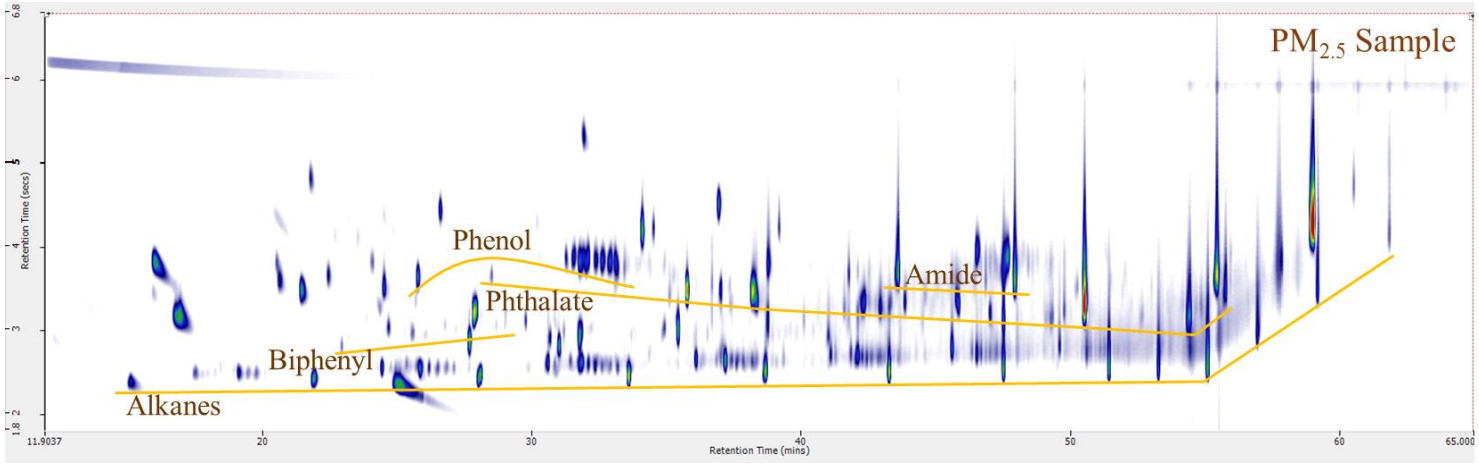


圖 4.2.25 $PM_{2.5}$ 樣本加入 4 ng 的直鏈烷標準品

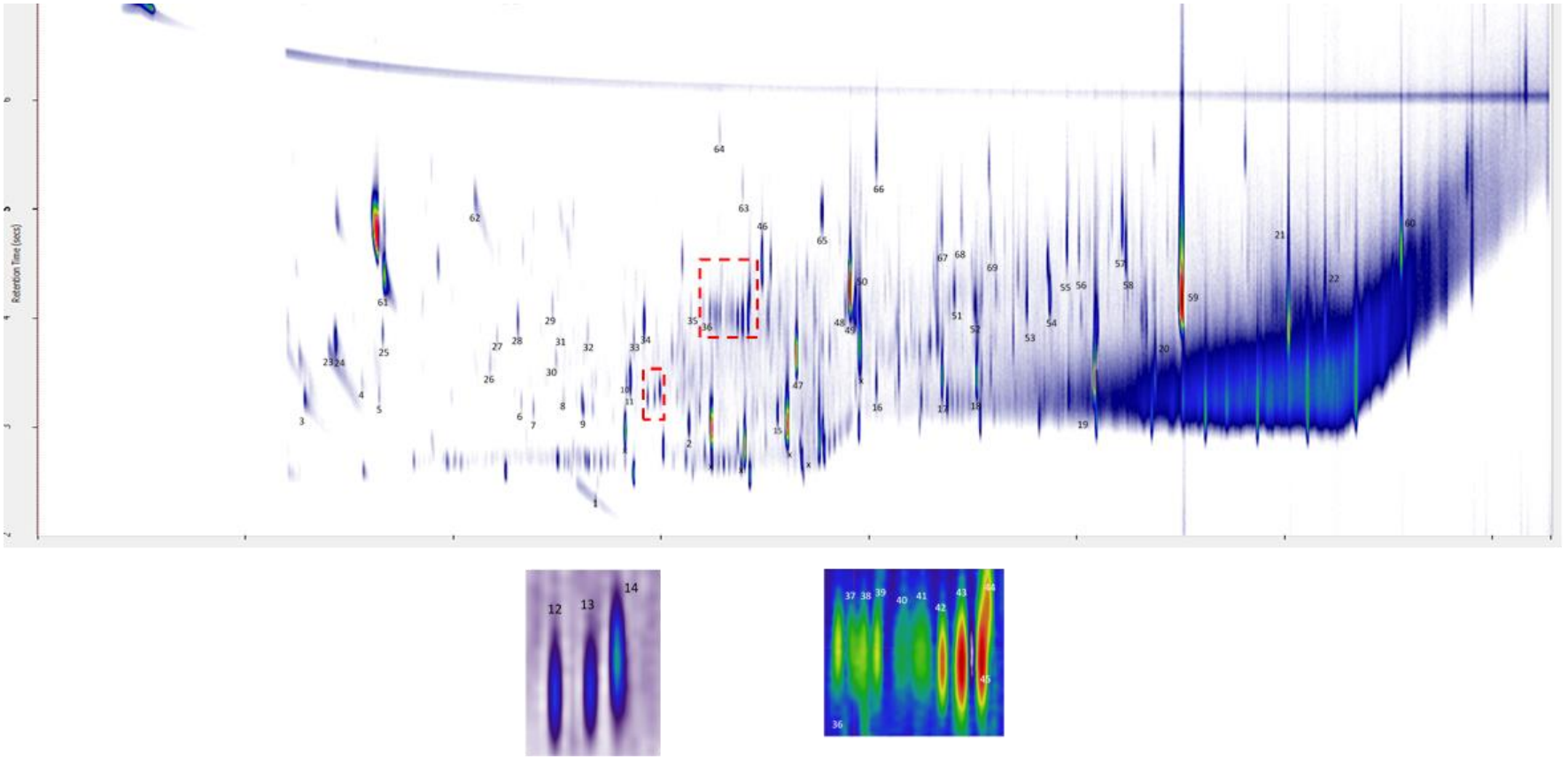


圖 4.2.26 板橋周界環境 $PM_{2.5}$ 樣品

表 4.2.39 板橋周界 $PM_{2.5}$ 成分定性結果

No.	Compound (Identified)
1	Dicyclohexylamine
2	3,7,11-Trimethyl-1-dodecanol
3	Nonanal
4	2-Isopropyl-5-methylcyclohexanol
5	n-Decanal
6	Tetradecanal
7	2,2'-Dimethylbiphenyl
8	1-Tetradecanol
9	2,2'-Dimethylbiphenyl
10	2-(2-Butoxyethoxy)ethyl benzoate
11	2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate
12	3,3'-Dimethylbiphenyl
13	4,4'-Dimethylbiphenyl
14	Cedran-8-ol
15	6,10,14-Trimethyl-2-pentadecanone
16	Isopropyl palmitate
17	Octadecanoic acid, methyl ester
18	Palmitic acid, butyl ester
19	Octadecanoic acid, butyl ester
20	Docosanoic acid, 1,2,3-propanetriyl ester
21	Bis(2-ethylhexyl) isophthalate
22	Didecyl phthalate
23	2,2,6,6-Tetramethyl-4-piperidone
24	2,6-Dimethyl-6-nitro-2-hepten-4-one
25	1,3-Dimethyl cyclohexene
26	Pyridine, 3-(1-methyl-2-pyrrolidinyl)-, (S)-
27	1,3-Pentanediol, 2,2,4-trimethyl-, 1-isobutyrate
28	2,4,7,9-Tetramethyl-5-decyne-4,7-diol
29	24,25-Dihydroxycholecalciferol
30	2,4-Dimethylquinoline
31	2-Hydroxymyristic acid
32	2,4-Di-tert-butylphenol
33	1-(2,6,6-Trimethyl-2-cyclohexen-1-yl)acetone
34	Diethyl Phthalate
35	7-Methoxy-1-methyl-9H-beta-carboline
36	Phenol, 4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)-
37	2,4,7,14-Tetramethyl-4-vinyl-tricyclo[5.4.3.0(1,8)]tetradecan-6-ol
38	4-tert-Octyl-o-Cresol
39	Spiro-1-(cyclohex-2-ene)-2'-(5'-oxabicyclo[2.1.0]pentane), 1',4',2,6,6-pentamethyl-
40	1-[3-(2,6,6-Trimethyl-2-cyclohexen-1-yl)-4,5-dihydro-3H-pyrazol-4-yl]ethanone
41	3-Buten-2-one, 4-(2,2,3-trimethyl-6-methylenecyclohexyl)-
42	Phenol, p-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)-

No.	Compound (Identified)
43	Phenol, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-4-ethyl-
44	Dodecanamide
45	E,E,Z-1,3,12-Nonadecatriene-5,14-diol
46	Phosphoric acid, tris(2-chloro-1-methylethyl) ester
47	Phthalic acid, diisobutyl ester
48	Bis(2-ethyl-1-hexyl) phosphite
49	Dibutyl phthalate
50	n-Hexadecanoic acid
51	17,21-Dihydroxypregn-4-ene-3,20-dione bis(O-methyloxime)
52	Palmitic acid, ethyl ester
53	Diethyllauramide
54	Tert-octyldiphenylamine
55	4-Octadecanolide
56	.5-Methyl-5-(4,8,12-trimethyltridecyl)dihydro-2(3H)-furanone
57	Triphenyl phosphate
58	Phosphoric acid, 2-ethylhexyl diphenyl ester
59	Bis(2-ethylhexyl) phthalate
60	p,p-Dioctyldiphenylamine
61	Thiocyanic acid, phenylmethyl ester
62	Phthalic anhydride
63	1,2-Diaminopropane-N,N,N',N'-tetraacetic acid
64	2-Benzothiazolinone
65	7,9-Di-tert-butyl-1-oxaspiro(4,5)deca-6,9-diene-2,8-dione
66	1-(3,5-Dimethoxybenzyl)-6-methoxy-1,2,3,4-tetrahydroisoquinoline
67	9-Hexadecenoic acid
68	6-Nonyltetrahydro-2H-pyran-2-one
69	Hexadecanamide

4. PM_{10} 與 $PM_{2.5}$ 濾紙分析結果比較

因光煙霧腔 (Smoke Chamber or Aerosol Chamber)的二次有機氣膠成分形成機制相關研究中指出(Barsanti and Pankow, 2006; Hu et al., 2007; Ng et al., 2007)：經光化反應後的二次有機成分大多有兩個以上的含氧官能基，如二元醛、二元酮、多元醇等，然而在本計畫可定性成分多為單一官能基的有機化合物，依此推論所分析的濾紙組成主要為直接排放的原生有機氣膠 (primary organic aerosol，POA)為主。

將 PM_{10} 的實驗室空白濾紙樣本及 $PM_{2.5}$ 的現場空白濾紙樣本相互比較，可見即便只是把濾紙短時間置於採樣器，就會增加許多污染物，如：烷類及鄰苯二甲酸酯類的塑化劑成分，雖然層析峰高至少差了 10 倍，但是不能排除懸浮微粒

採樣器製造污染或是採樣器久未清理導致舊樣本污染新樣本的可能性，若是問題出在前者，塑化劑成分可能並非源自懸浮微粒，則採樣方法仍須改良；但若是源於舊樣本的污染，則塑化劑成分應是源於周界空氣，即可判定塑化劑除了作為常見的水污染化合物之一，亦飄散至空氣中成為新興空氣污染物。基於 Simoneit 等人(Rogge et al., 1991)的研究將鄰苯二甲酸酯類成分視為前處理導致的分析污染物，但近年來的研究，如 Harrison 等人(Alam et al., 2013)則將其視為懸浮微粒的成分，因此其來源需要後續的實驗加以佐證才能定論。

兩個樣本的二維層析圖中都有部分層析峰輕微共析的現象(圖 4.2.27)，此現象並不影響質譜定性分析。

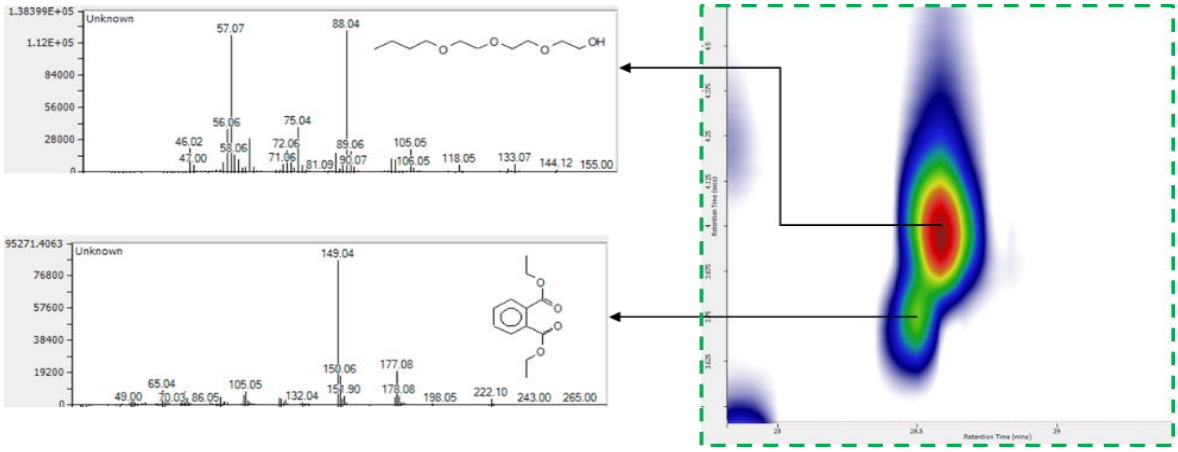


圖 4.2.27 輕微共析的二維層析峰及個別對應的質譜

5. 懸浮微粒中的氮化物

在 2016 年 Susanne E. Bauer 等人提出了在歐洲空氣污染與懸浮微粒的關聯性，研究指出，農業施作肥料與畜牧業排泄為主要來源。相比台灣現今情況，農業、畜牧業可能不致於造成台灣空氣品質下降。

農業中肥料的氮肥主要成分為硝酸銨，部分未被植物吸收的肥料即會變為氮肥，由土壤吸收後會以氣態的形式排放氨至大氣中，而細懸浮微粒的主要化學成分為硫酸銨以及硝酸銨，其中氨的來源即有來自農牧業。

在 2017 年由 Mustafa Z. O¨ zel 等人，發表了利用 GC x GC-TOF/MS 進行 $PM_{2.5}$ 樣品分析(Ö zel et al., 2010)，採樣地點位於英國伯明翰，其中由質譜儀鑑定出含有 27 種不同的有機氮化物，約占其樣品全物種中的 7%，該文獻指出，有機化合物與氮化物進行反應後不僅會對空氣造成污染，甚至對於人類健康有更大的

危害，因此了解來源和分佈是相當重要。因此本計畫將會特別關注氮化合物占所有樣品中的含量多寡。

(1) 定量方法

定量之前，先以 GC×GC TOF-MS 以及 GC×GC FID 兩者結果圖譜進行比對，如圖 4.2.29 及圖 4.2.30，以 GC×GC TOF-MS 進行定性並找到標準品的特徵訊號對應到 FID 的圖譜結果，利用 FID 對於碳氫化合物 (Hydrocarbons)的感度佳且感度與樣品碳數成正比之優勢，進行定量計算。若單用質譜儀無法達到標準的定量方法，由於質譜儀對於每個物種會因每次離子化的程度不同而有不一樣的感度，因此若要進行較標準的定量方法，須使用 FID 較為準確。取樣部分在先前有提及標準品不溶於濾紙萃取濃縮後樣本，因此本實驗利用三明治注射法 (空氣-標準品-空氣-樣本-空氣的狀態，示意圖如圖 4.2.28)一同注入注射埠，標準品為 Florida TPRH Stardad 含有 17 種直鏈烷。

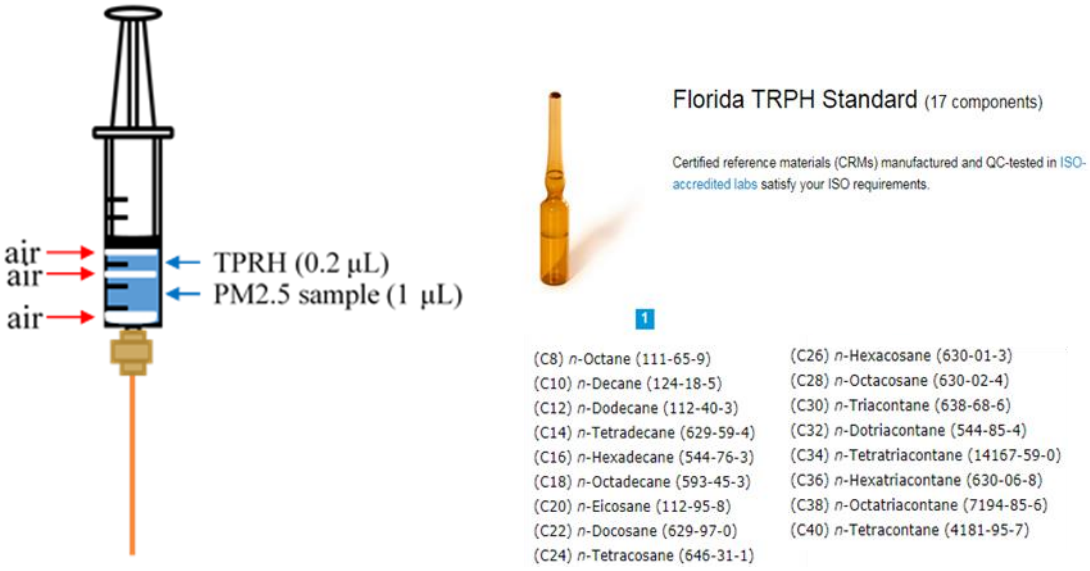


圖 4.2.28 左圖為三明治注射法；右圖為 Florida TPRH Stardad

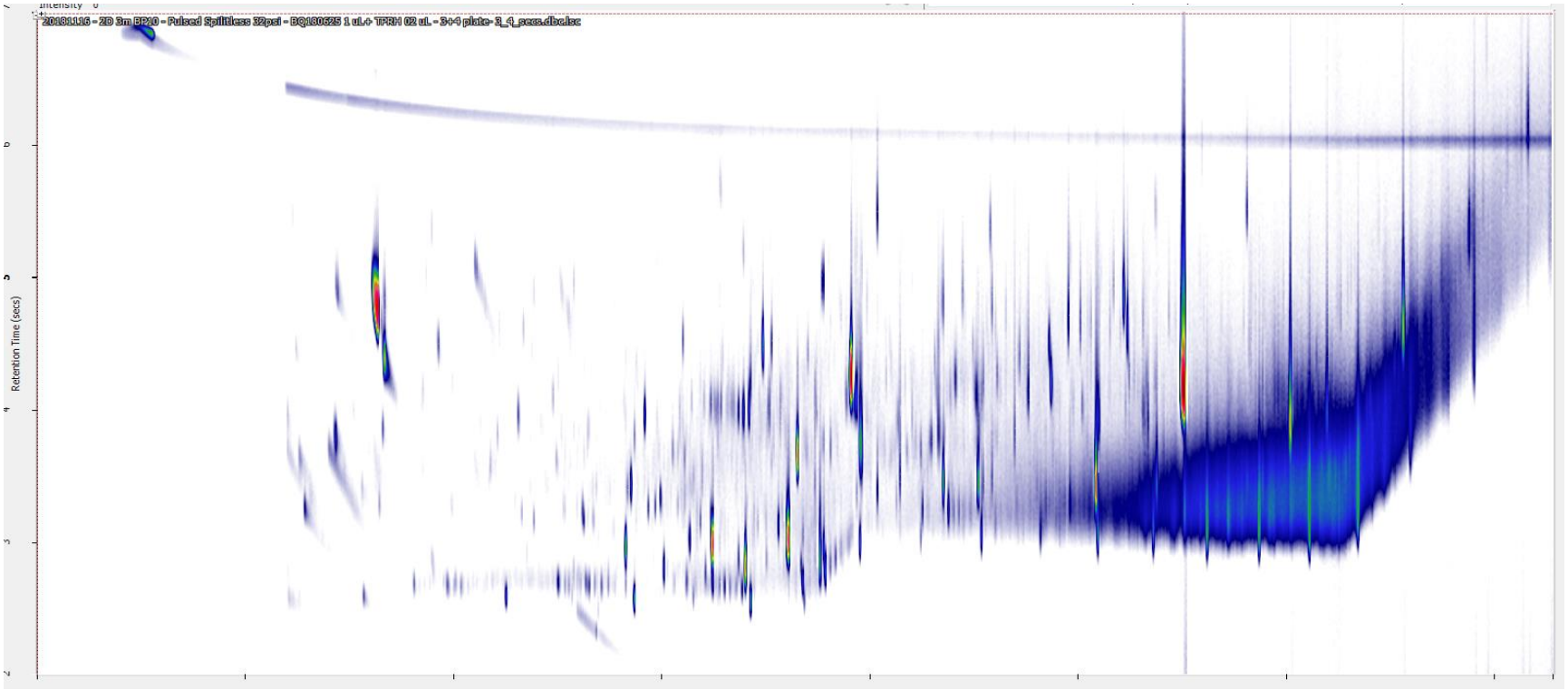


圖 4.2.29 GC×GC TOF-MS 板橋周界環境 $PM_{2.5}$ (有加入 4 ng 標準品)

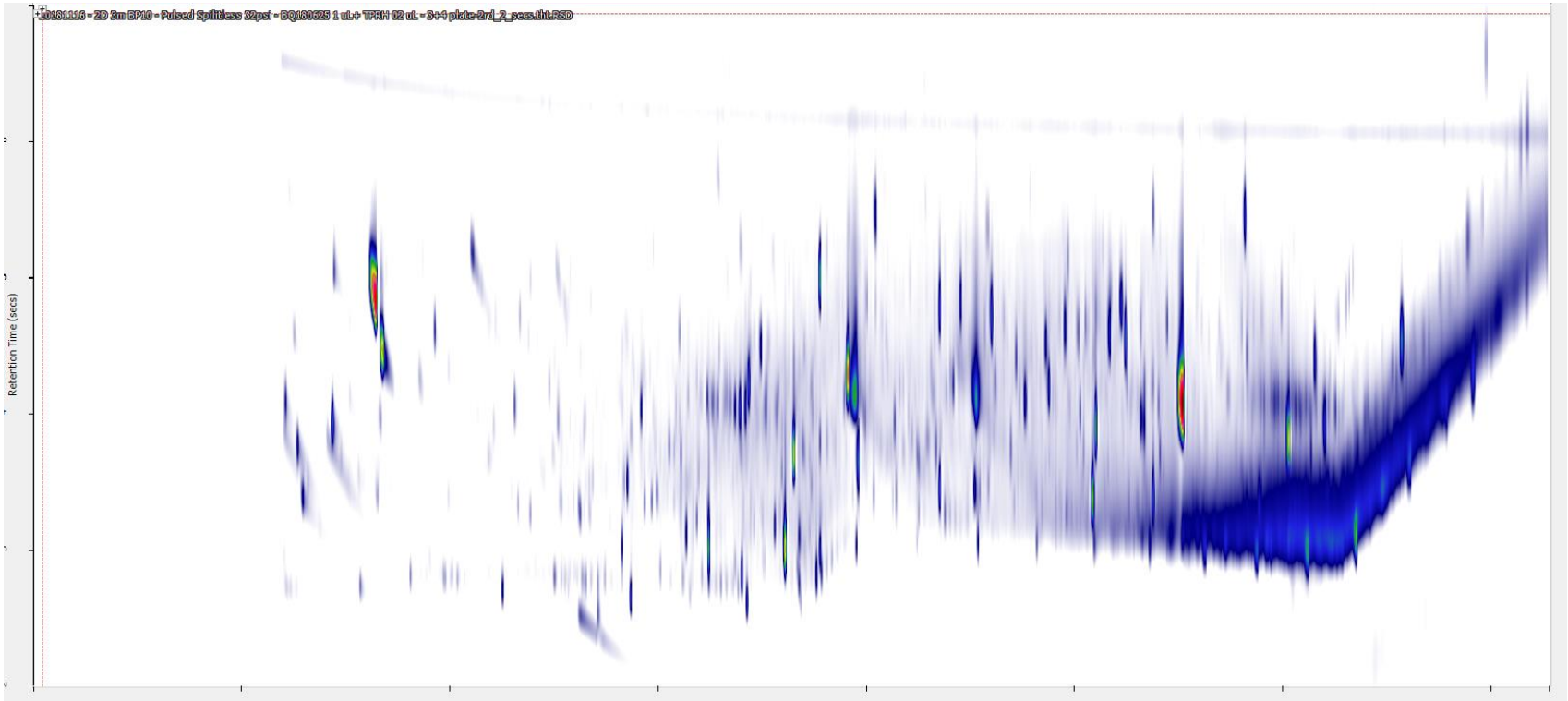


圖 4.2.30 GC×GC FID 板橋周界環境 $PM_{2.5}$ (有加入 4 ng 標準品)

(2) 對分析樣品進行之計算方式

利用 GC×GC FID 進行分析得到圖譜後，如圖 4.2.30，利用軟體將所有成分進行自動積分，接著利用一連串的計算方式得到樣品的濃度，步驟如下，首先第一步先計算已知濃度標準品所計算出的克數，本計畫取標準品 0.2 μL 濃度為 20 μg mL^{-1} (約為 4 ng)，將此重量除以各成分分子量得到其莫耳數，再乘以亞佛加厥數，得到該成分分子數，再乘以其碳數，即可得到各標準品含有的碳數；第二步利用內建軟體(Chromspace by Markes)功能可求得各成分在全圖譜中占有多少百分比，以比例方式推斷其樣品成分碳數，再除以該成分的碳數後回推成分分子數，除上總採樣體積分子數(採樣流量為 40 ft^3 min^{-1} 須換算為分子數，如表 4.2.40)，即可推出該成分在大氣中的濃度或混合比(mixing ratio)，後面將利用其中一分析物 Dibutyl phthalate 為例來進行逐步說明，定量流程如圖 4.2.31 所示。

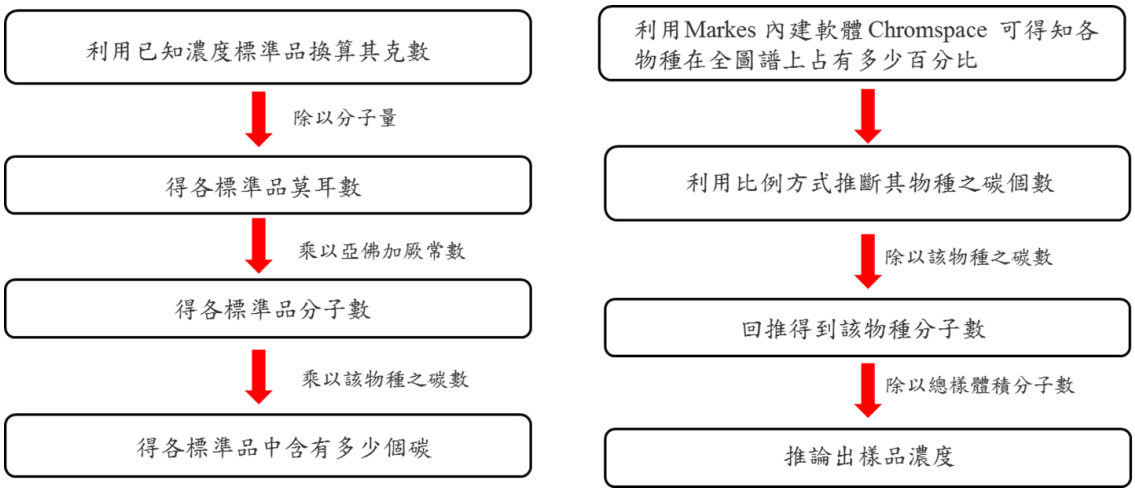


圖 4.2.31 FID 定量流程(左邊為步驟一，右邊為步驟二)

表 4.2.40 樣本計算參數

項目(單位)	數值
採樣流量(ft^3 min^{-1})	40
採樣時間(hr)	24
總採體積量(m^3)	1631.04
莫耳數(mol)	72.81
分子數	4.39E+25

(3) 以 Dibutyl phthalate 進行說明

標準品計算結果如表 4.2.42 所示，接著先以質譜儀內建軟體進行質接定性找出 Dibutyl phthalate，如圖 4.2.32，再以軟體進行直接積分得到該化合物占多

少面積百分比，面積占為 1.44 %，經計算結果可換算出 Dibutyl phthalate 濃度約為 2.68 ppt。我們挑選出幾個具特徵性成分來進行計算，計算結果如表 4.2.43 所示，結果顯示濃度較高得多為鄰苯二甲酸酯這是常見的塑化劑成分，與先前有提及的結果有呼應，但確切原因來源還尚待討論。

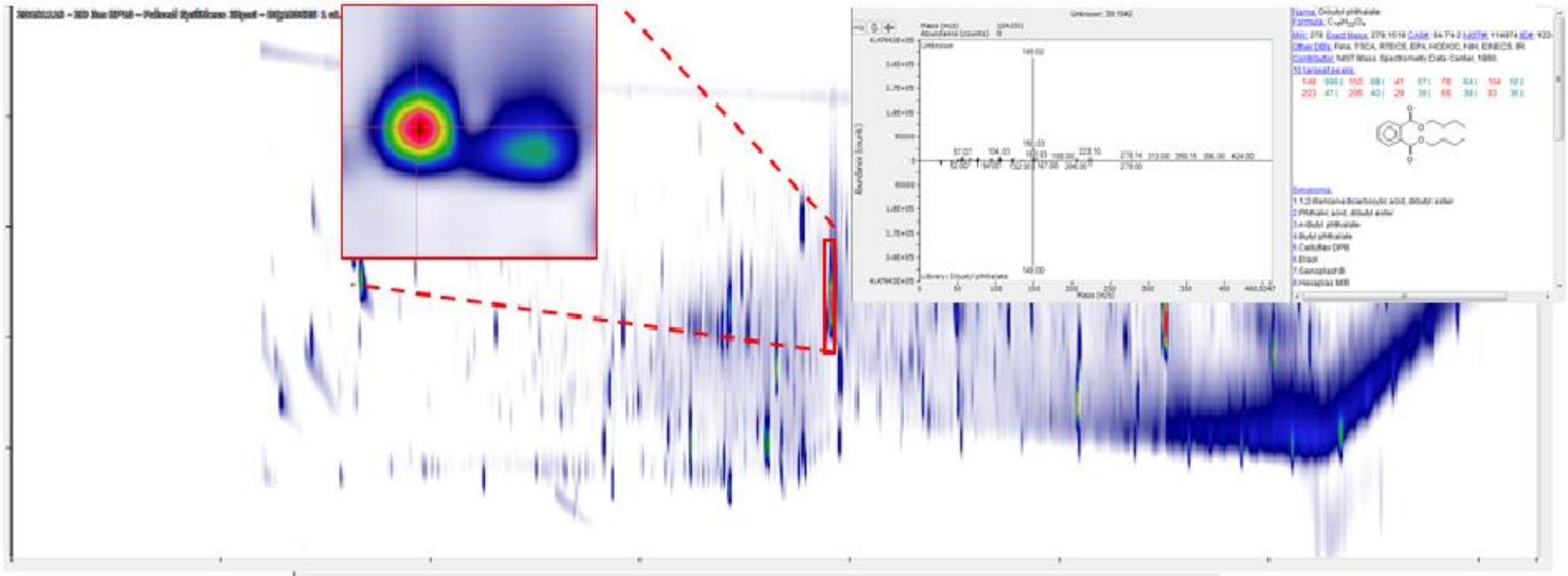
(4) 群落分布之比較

在本次實驗中我們還利用了軟體規劃出各自群落的分布，如圖 4.2.33 及圖 4.2.34，由於兩個樣品位於不同地點進行採樣，可能因與大氣中的粒子多次進行化學反應而形成較不同的化學成分，因此所偵測到的物種會有些微不同，但群落分布來說兩者之間差異不大，只有些微出入，因此大致上可以當作初步的 $PM_{2.5}$ 模組圖譜。

實驗中利用軟體圈出特定群落範圍及可得到該群落在總樣品中占有多少百分比，如圖 4.2.35，積分結果如表 4.2.41 所示，可發現含氮化合物以及鄰苯二甲酸酯類的塑化劑成分占最大比例，但其中鄰苯二甲酸酯類的塑化劑成分來源相當多，在前面也有提及來，可能來自於懸浮微粒採樣器製造污染或是採樣器久未清理導致舊樣本污染新樣本的可能性，亦可能是真實飄散在空中的新興空氣污染物，確切來源還需要進行後續進一步的確認。

表 4.2.41 板橋周界樣品有機物質群落分布占比

群落名稱	面積比例(%)
Nitrogenous	2.53
Nitrogenous and Sulfide	0.33
Phenol	2.68
Phthalate	5.12



Area Percent

Peak #	Source	RT	^1t_R	^2t_R	Area %	Status	Sub peaks
236	DBC FID	39.1414	39.0697	4.2999	1.44	Unspecified	Sub peaks
237	DBC FID	39.3156	39.2965	1.1499	0.04	Unspecified	Sub peaks
238	DBC FID	39.39	39.3333	3.3999	0.03	Unspecified	Sub peaks
239	DBC FID	39.4154	39.3457	4.181	1.69	Unspecified	Sub peaks
240	DBC FID	39.4638	39.4446	1.1499	0.04	Unspecified	Sub peaks
241	DBC FID	39.5508	39.5	3.0499	0.08	Unspecified	Sub peaks
242	DBC FID	39.6186	39.5573	3.6745	0.37	Unspecified	Sub peaks
243	DBC FID	39.6692	39.6567	0.1499	0.05	Unspecified	Sub peaks
244	DBC FID	39.9	39.8333	3.9999	0.09	Unspecified	Sub peaks

圖 4.2.32 Dibutyl phthalate 積分結果面積占有 1.44 %

表 **4.2.42** 直鏈烷類的計算結果(以 **n-Hexadecane** 為後續主要對應之化合物

物種名	克數(ng)	分子量 (g/mole)	莫耳數	分子數	碳數	總碳數
n-Dodecane	4	170.34	2.35E-11	1.41E+13	12	1.70E+14
n-Tetradecane	4	198.38	2.02E-11	1.21E+13	14	1.70E+14
n-Hexadecane	4	226.41	1.77E-11	1.06E+13	16	1.70E+14
n-Octadecane	4	254.50	1.57E-11	9.46E+12	18	1.70E+14
n-Eicosane	4	282.55	1.42E-11	8.56E+12	20	1.71E+14

表 **4.2.43** 挑選特定成分定量計算

物種名	克數(ng)	分子量(g $mole^{-1}$)	莫耳數	分子個數	濃度(ppt)
2,2'-Dimethylbiphenyl	6.04	222.24	2.33E-11	1.40E+13	0.37
3,3'-Dimethylbiphenyl	4.25	182.27	7.77E-12	4.68E+12	0.32
4,4'-Dimethylbiphenyl	1.42	182.27	7.77E-12	4.68E+12	0.11
Phosphoric acid, tris(2-chloro-1-methylethyl) ester	1.42	182.27	4.60E-11	2.76E+13	0.11
Octadecanoic acid, methyl ester	15.04	327.57	2.86E-11	1.72E+13	0.63
Palmitic acid, butyl ester	8.54	298.51	1.01E-10	6.09E+13	0.39
Octadecanoic acid, butyl ester	31.60	312.54	6.82E-11	4.11E+13	1.39
Phthalic acid, diisobutyl ester	23.23	340.59	9.24E-11	5.57E+13	0.94
Bis(2-ethylhexyl) phthalate	25.72	278.35	3.20E-10	1.93E+14	1.27
Diethyl Phthalate	124.90	390.56	2.61E-10	1.57E+14	4.39
1-(3,5-Dimethoxybenzyl)-6-methoxy-1,2,3,4-tetrahydroisoquinoline	57.99	222.24	1.95E-11	1.17E+13	3.58
Tert-octyldiphenylamine	6.09	313.00	2.83E-11	1.70E+13	0.27
Triphenyl phosphate	7.94	281.00	3.50E-11	2.11E+13	0.39
Phosphoric acid, 2-ethylhexyl diphenyl ester	11.43	326.28	2.17E-11	1.31E+13	0.48

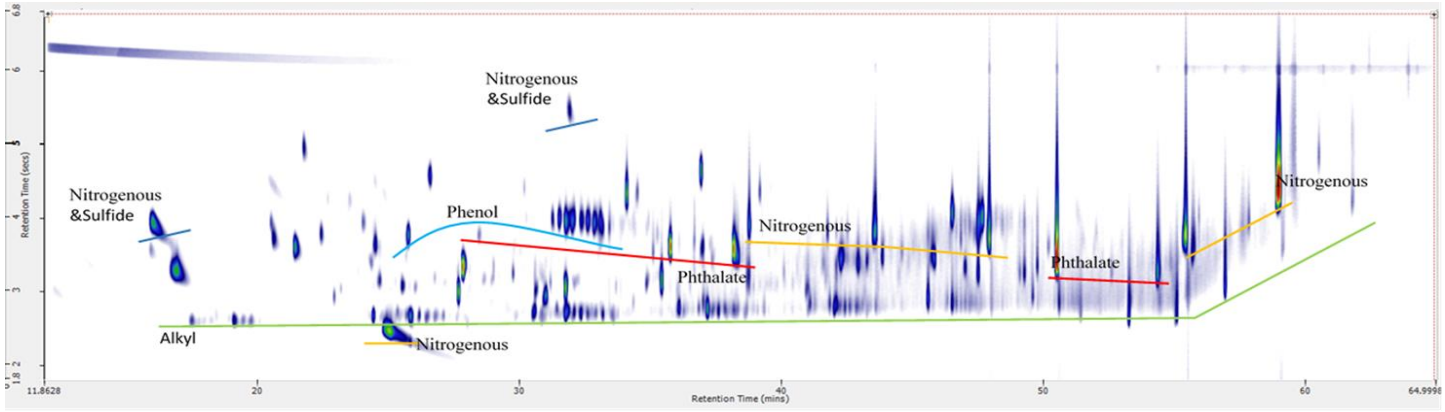


圖 4.2.33 台中科技園區周界採樣群落分布

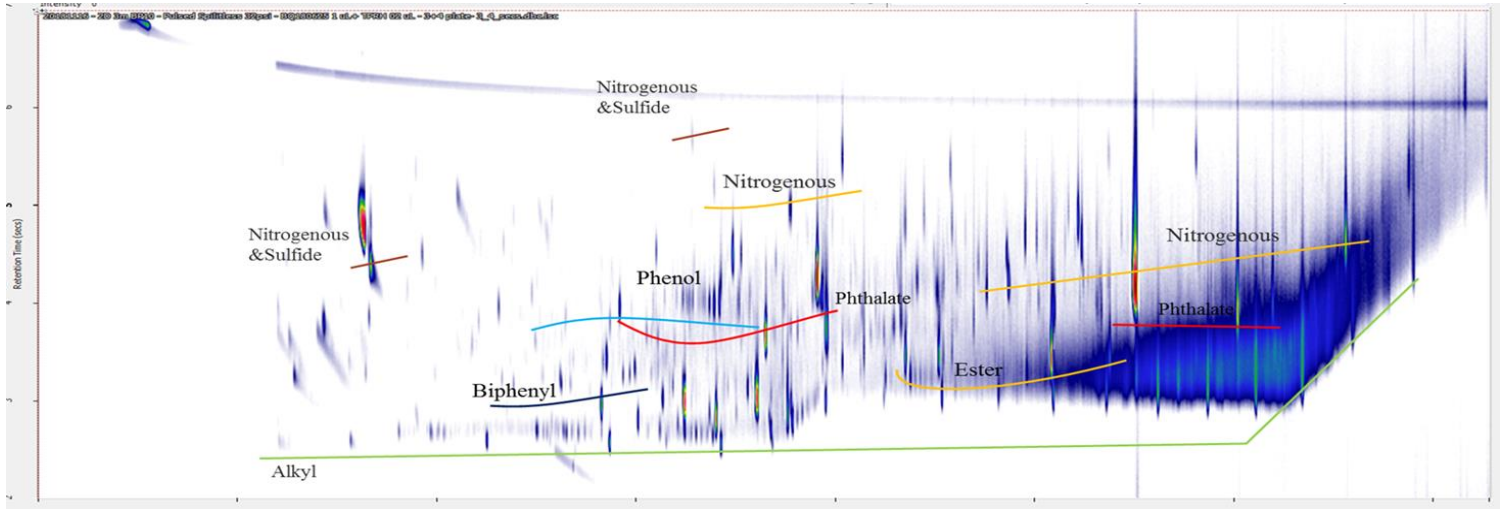
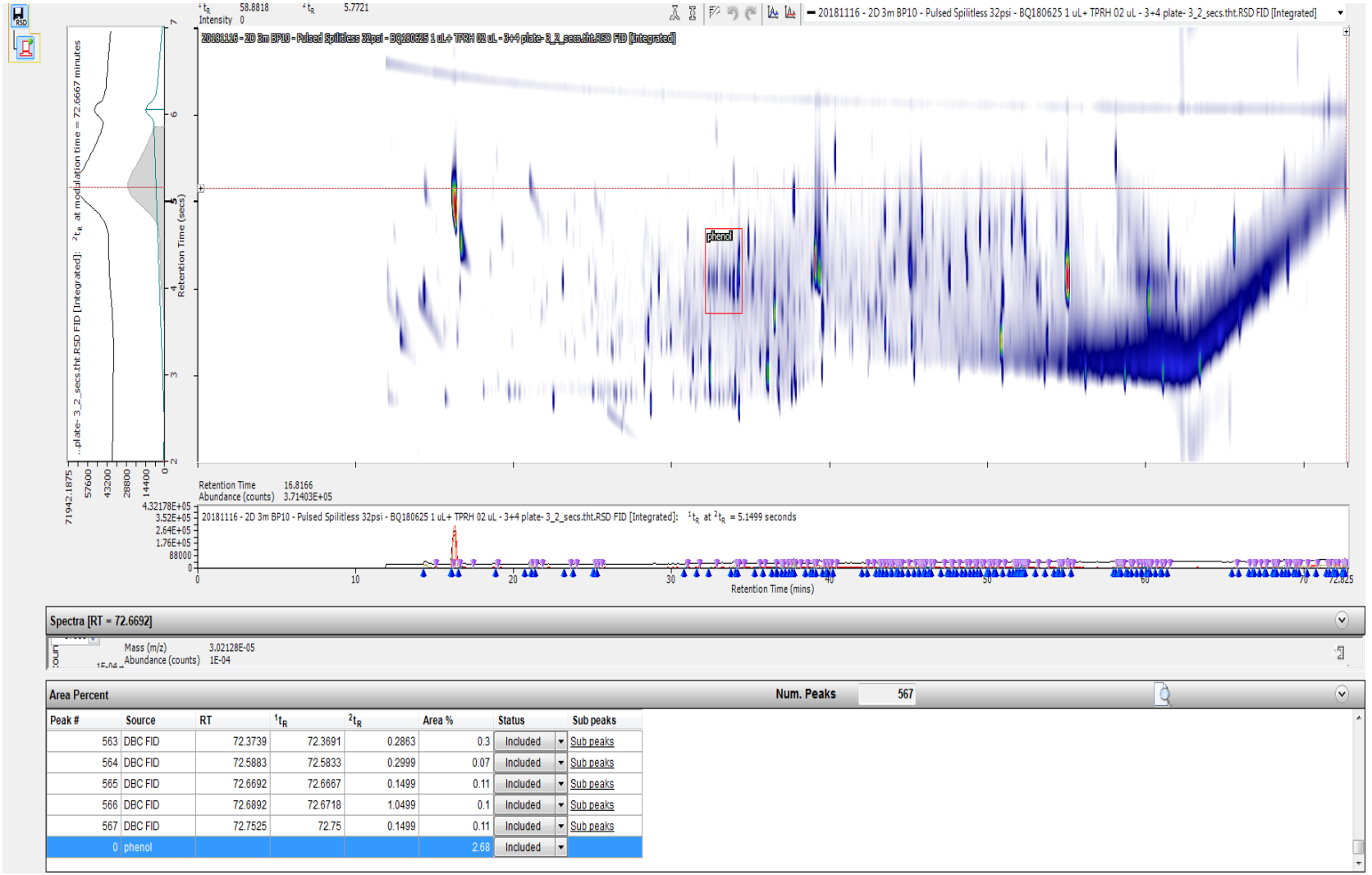


圖 4.2.34 板橋周界環境採樣群落分布



Peak #	Source	RT	^1t_R	^2t_R	Area %	Status	Sub peaks
563	DBC FID	72.3739	72.3691	0.2863	0.3	Included	Sub peaks
564	DBC FID	72.5883	72.5833	0.2999	0.07	Included	Sub peaks
565	DBC FID	72.6692	72.6667	0.1499	0.11	Included	Sub peaks
566	DBC FID	72.6892	72.6718	1.0499	0.1	Included	Sub peaks
567	DBC FID	72.7525	72.75	0.1499	0.11	Included	Sub peaks
0	phenol				2.68	Included	

圖 4.2.35 以軟體方式得到群落積分

4.3 $PM_{2.5}$化學成分特徵及引申意義

本節彙整各站採樣成果，檢視整體檢測結果呈現的環境意義。

4.3.1 $PM_{2.5}$質量濃度手動量測值與環保署自動監測值比對

本計畫執行期間手動採樣頻率為每 6 天 1 次，環保署監測站因使用自動連續監測設備，每 1 小時有 1 筆數據輸出。為確認手動採樣 $PM_{2.5}$ 質量濃度與環保署連續監測數值是否具有相同季節變化特性，本計畫比較計畫執行期間(2017 年 12 月至 2018 年 11 月)手動採樣量測數值與環保署連續監測數據差異，結果如圖 4.3.1 所示，圖中橫軸為季節代號，S1 指 2017 年 12 月~2018 年 2 月、S2 指 2018 年 3 月~2018 年 5 月、S3 指 2018 年 6 月~2018 年 8 月、S4 指 2018 年 9 月~2018 年 11 月，共計 12 個月。從圖左側可看出 6 個採樣站 $PM_{2.5}$ 濃度季節變化趨勢與環保署自動監測濃度值相當一致，顯示本計畫手動量測雖非連續測定，但仍可代表大氣 $PM_{2.5}$ 質量濃度連續變化趨勢。

表 4.3.1 顯示各站每 6 天 1 次手動採樣結果與環保署自動連續監測濃度於各測站整年度約有± 2 μg m^{-3} 的差異，東部花蓮站由於濃度低，各季差異有-2~6 μg m^{-3} 的差異。從比值與相對差異百分比(RPD)比較可發現除花蓮站外，各測站普遍是自動監測大於手動採樣濃度果(比值大於 1)，兩種檢測方法 RPD 值除了板橋站冬季、小港站夏季與花蓮站大於 20%外，其餘各站各季節以及整年度平均濃度比對都呈現相當良好的結果。若將本計畫手動採樣與環保署常規手動採樣結果相比較(取同一日量測數據比較)，則 5 個測站各季節質量濃度與環保署常規手動採樣結果相當一致，濃度間僅有 ± 1 μg m^{-3} 的差異，即使是低濃度的花蓮站，RPD 仍然在 7%以下，小港站由於環保署未架設常規手動採樣點，因此無數據比對結果。手動採樣結果與環保署手動採樣結果相當一致，濃度比值趨近於 1，手動採樣監 RPD 值明顯降低，兩種方法間差異在 9%以內。

彙整不同採樣和監測結果可以發現：本計畫執行期間各測站每 6 日 1 次手動採樣結果與環保署手動採樣結果有一致變動趨勢，且濃度比值趨近於 1，相對差異百分比 9%以內，顯示本計畫採樣分析品質優良。自動儀器量測原理不同，每小時公布數值可能受限於儀器偵測極限，在低濃度的花蓮站與夏季容易出現低估現象，導致與手動採樣結果差異較大。

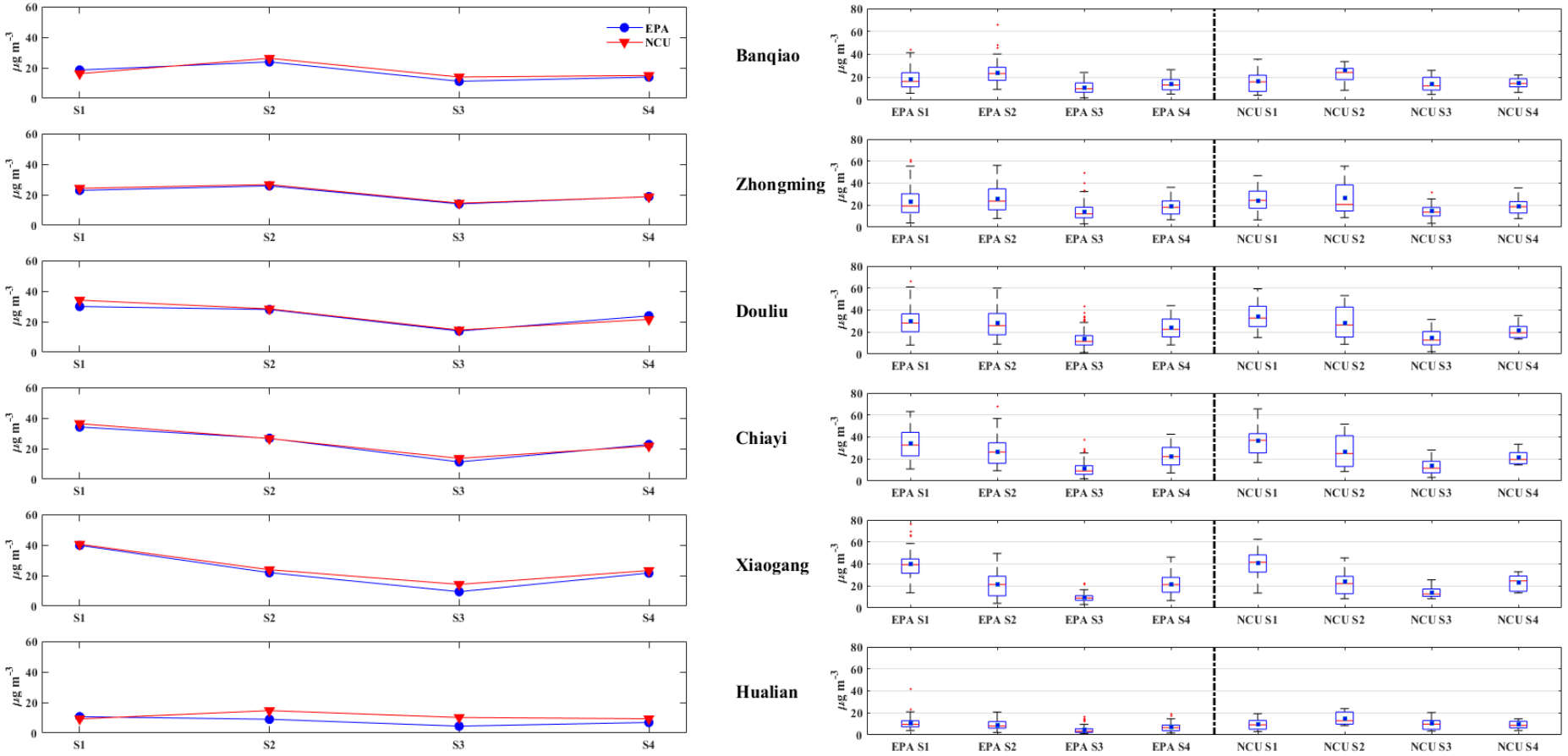


圖 4.3.1 手動採樣數據(NCU)與環保署空氣品質監測站 $PM_{2.5}$ 濃度(EPA)季節變化趨勢比較 (左圖：各季節平均濃度的比較，右圖：各季節各樣本濃度頻率分布的比較)

表 4.3.1 本計畫手動採樣與環保署自動監測與常規手動採樣 $PM_{2.5}$ 濃度比對

比對方式		測站 / 季節	板橋	忠明	斗六	嘉義	小港	花蓮
本計畫與自動監測比對	濃度比較(一)	冬季	15 (19)	23 (23)	33 (30)	35 (35)	38 (40)	9 (11)
		春季	24 (24)	24 (26)	26 (27)	25 (26)	22 (21)	14 (9)
		夏季	13 (11)	13 (14)	13 (14)	12 (11)	13 (9)	10 (4)
		秋季	13 (15)	18 (20)	23 (28)	24 (26)	25 (25)	9 (6)
		整年度	16 (17)	19 (21)	24 (25)	24 (24)	24 (24)	10 (8)
	比值與 RPD(一)	冬季	1.24 (21)	1.02 (2)	0.93 (7)	1.00 (0)	1.07 (7)	1.21 (19)
		春季	0.96 (4)	1.06 (6)	1.04 (4)	1.05 (4)	0.99 (2)	0.64 (43)
		夏季	0.86 (15)	1.07 (7)	1.06 (6)	0.91 (10)	0.72 (33)	0.46 (73)
		秋季	1.12 (11)	1.13 (12)	1.20 (18)	1.07 (7)	0.99 (1)	0.70 (35)
		整年度	1.04 (4)	1.07 (6)	1.05 (5)	1.02 (2)	0.99 (1)	0.73 (31)
本計畫與常規手動採樣比對	濃度比較(二)	冬季	15 (15)	23 (23)	33 (34)	35 (35)	—	9 (8)
		春季	24 (24)	24 (24)	26 (27)	25 (26)	—	14 (13)
		夏季	13 (13)	13 (13)	13 (14)	12 (13)	—	10 (9)
		秋季	13 (12)	18 (18)	23 (23)	24 (23)	—	9 (8)
		整年度	16 (16)	19 (19)	24 (25)	24 (24)	—	10 (10)
	比值與 RPD(二)	冬季	0.95 (5)	1.00 (0)	1.04 (4)	0.99 (1)	—	0.94 (6)
		春季	0.97 (3)	1.00 (0)	1.04 (4)	1.02 (2)	—	0.96 (4)
		夏季	1.03 (2)	1.01 (1)	1.09 (9)	1.01 (1)	—	0.97 (3)
		秋季	0.94 (6)	1.00 (0)	0.99 (1)	0.95 (5)	—	0.94 (7)
		整年度	0.99 (1)	1.00 (0)	1.05 (5)	1.00 (0)	—	0.96 (4)

備註：

1. 濃度比較(一)：本計畫手動濃度 (環保署自動監測濃度)
2. 比值與 RPD(一)：自動監測濃度÷本計畫手動濃度比值 (RPD %)
3. 相對差異百分比，RPD (%)(一) = ｜手動濃度-自動濃度｜÷〔0.5× (手動濃度+自動濃度)〕
4. 濃度比較(二)：本計畫手動濃度 (常規手動濃度)
5. 比值與 RPD(二)：常規手動濃度÷本計畫手動濃度比值 (RPD %)
6. 相對差異百分比，RPD (%)(二) = ｜手動濃度-常規濃度｜÷〔0.5× (手動濃度+常規濃度)〕
7. 小港站無常規手動採樣
8. 為求相同比較基準，本計畫手動濃度為未經揮發修正 $PM_{2.5}$ 質量濃度

4.3.2 $PM_{2.5}$ 質量濃度及主要化學成分區域及季節變化特性

表 4.3.2~4.3.4 彙整計畫執行期間各採樣站點 $PM_{2.5}$ 質量濃度、化學成分濃度及占比。透過相同季節不同站點以及相同站點不同季節化學成分濃度及占比比較，可釐清污染物的地理與季節分布特性，同時與上年度計畫所彙整資料共同比對。

1． 季節 $PM_{2.5}$ 質量濃度地理分布

西部地區冬季 $PM_{2.5}$ 質量濃度地理分布呈現由北向南增加 (2016 年西部各測站：18→52 μg m^{-3}；2017 年西部各測站：16→40 μg m^{-3})，小港站濃度最高，東部花蓮站為六站最低，2016 年與 2017 年結果相似。春季 $PM_{2.5}$ 質量濃度地理分布呈現由北向南增加，但小港站低於雲嘉地區的斗六及嘉義站 (2017 年西部各測站：27→36 μg m^{-3}，小港：31 μg m^{-3}；2018 年西部各測站：26→27 μg m^{-3}，小港：24 μg m^{-3})，小港站濃度較低的原因初步判斷是進入春季風向轉為以西風風系為主，風速稍有增加，溫度又明顯上升，造成了與冬季不同的差異；2018 年斗六、嘉義及小港站，濃度低於 2017 年度，花蓮站則兩年度春季皆為最低濃度。夏季 $PM_{2.5}$ 質量濃度地理分布呈現西部測站濃度相近，東部花蓮站也低於其他五站，2017 年與 2018 年趨勢相近，但 2017 年板橋站夏季濃度最高 (18 μg m^{-3})。秋季 $PM_{2.5}$ 質量濃度地理分布在 2017 和 2018 年度是由北部板橋站至南部小港站增加，花蓮於近兩年濃度還是六站中最低。比較兩個年度，2018 年各站 $PM_{2.5}$ 質量濃度多比 2017 年低，各化學成分濃度也多有降低。

2． 測站 $PM_{2.5}$ 質量濃度季節分布

花蓮站春季是濃度最高季節，近兩年春季平均值同為 15 μg m^{-3}，冬季平均值約在 10 μg m^{-3} 上下，夏季與秋季則分別為 2017 年與 2018 年濃度最低季節。板橋站兩個年度都是以春季濃度最高(2017：27 μg m^{-3}；2018：26 μg m^{-3})，2017 年春季以外的三季濃度差異不大，2018 年夏季濃最低；忠明站 2018 年濃度最高季節在春季 (27 μg m^{-3})，但 2016 年冬季與 2017 年春季同為平均濃度最高季 (28 μg m^{-3})，平均濃度最低季節於近兩年度皆為夏季(14 μg m^{-3})；斗六站平均濃度最高季節皆為冬季(2016：38 μg m^{-3}；2017：34 μg m^{-3})，兩年度的夏季都是平均濃度最低季節(2017：13 μg m^{-3}；2018：15 μg m^{-3})；嘉義站平均濃度最高季節皆在冬季(2016：41 μg m^{-3}；2017：36 μg m^{-3})，濃度最低季節則在夏季(2017：12 μg m^{-3}；

2018：14 μg m^{-3})；小港站平均濃度最高季節皆在冬季 (2016：52 μg m^{-3}；2017：40 μg m^{-3})，夏季為濃度最低季節兩個年度平均濃度皆為 14 μg m^{-3}。

3． 季節 $PM_{2.5}$ 化學成分濃度地理分布

(1) SO_4^{2-}

冬季 SO_4^{2-}濃度呈現由北向南遞增的現象，以小港站濃度最高，花蓮站濃度最低，這樣的現象近兩年一致，主因與冬季強勁東北季風，有利於污染物向南傳輸，並且與在地污染相疊加，因此南部有較高濃度。春季 SO_4^{2-}濃度分布呈現 2017 年與冬季相似，但 2018 年春季則呈現由北、南變化各異，兩個年度差異可能與今年春季受到強東北季風影響，區域傳輸事件減少有關，但各站 SO_4^{2-}濃度以春季最高；夏季 SO_4^{2-}濃度分布呈現各站濃度相近，花蓮站濃度最低，大致呈現由北向南遞減，2018 年度西部各測站濃度約 3.89~4.06 μg m^{-3}；秋季濃度變化趨勢與冬季相似，大致呈現由北向南略增的現象，同時花蓮站濃度最低。由於 SO_4^{2-}是 $PM_{2.5}$ 的主要成分，在各站季節變化和 $PM_{2.5}$ 質量濃度變化是一致的。

(2) NO_3^-

冬季濃度西部地區站點地理分布呈現北至南遞增(2017 年：1.62~9.99 μg m^{-3})，花蓮站濃度最低(0.76 μg m^{-3})，冬季是各觀測站 NO_3^-濃度最高季節，NO_3^-通常可視為在地排放污染物，主要來自移動排放源，冬季有較高濃度可能與環境溫度較低，NO_3^-呈現氣膠狀態，加上冬季擴散條件差，因此污染物易於環境中累積；春季濃度呈現由北向南，先增後減的趨勢，板橋站至忠明站遞增，斗六站至小港站遞減，花蓮濃度最低，對比 2017 年，總濃度與地理分布特性皆有所不同，同時 2018 年 NO_3^-濃度明顯低於上一年度；夏季各觀測地區濃度差異不大，2018 年夏季六站 NO_3^-濃度範圍約 0.45~1.35 μg m^{-3}，斗六最高，花蓮最低，整體濃度對比冬季與春季明顯下降，主要受環境溫度上升影響；秋季濃度地理分布呈現由北至南遞增(2018 年 0.98~5.16 μg m^{-3})，特性與冬季相似，從監測資料可發現，秋季以後開始出現擴散條件不佳的情況，部分測站出現夜間污染殘留，顯示秋季後在地污染排放的影響逐漸增加，但濃度比冬季與春季低。

(3) OC

冬季濃度地理分布呈現由北至南遞增，但嘉義站於 2016 及 2017 年冬季皆略低於斗六站，濃度以小港站最高，整體趨勢與 SO_4^{2-} 相近，顯示受到盛行風向影響，污染物有向南累積的現象，另外，OC 濃度在兩個年度都是花蓮站最低，2017 年各站濃度範圍約 2.07~7.81 μg m^{-3}；春季濃度地理分布呈現 2018 年斗六站最高、2017 年則為板橋站最高，西部各測站間差異不大，花蓮站濃度最低，近兩年都是 2.26 μg m^{-3}；夏季濃度地理分布呈現由北至南遞減，2018 年濃度為 2.43~3.34 μg m^{-3}，但嘉義略低於小港站，花蓮站濃度 1.64 μg m^{-3}，2017 年夏季濃度趨勢與 2018 年相近，但高出少許；秋季濃度地理分布與春季相似，各測站濃度相近，斗六站濃度最高，花蓮站濃度最低。OC 也有揮發和吸附修正問題，因此和 $PM_{2.5}$ 質量濃度變化不完全一致。

(4) EC

冬季濃度地理分布呈現由北至南遞增，小港站濃度最高，花蓮站濃度最低，2017 年冬季濃度約為 0.46~1.57 μg m^{-3}，2016 年濃度則略高 2017 年少許；春季濃度地理分布呈現，小港站濃度最高，板橋至嘉義站由北向南遞減，花蓮站濃度最低，2018 年各站濃度約在 0.48~1.05 μg m^{-3}；夏季濃度地理分布呈現由板橋至嘉義站逐漸遞減，2018 年各站濃度約 0.60~0.47 μg m^{-3}，小港站濃度最高，約為 1.04 μg m^{-3}；秋季濃度地理分布呈現 2018 年西部各站濃度接近約為 0.71~1.03 μg m^{-3}，並以小港站最高，板橋站次高，濃度最低測站則在東部花蓮站。EC 較穩定，大致隨著 $PM_{2.5}$ 質量濃度變化而改變，但也不完全一致。

表 4.3.2 各站 2016 年與 2017 年冬季以及 2017 年與 2018 年春季例行性採樣期間 $PM_{2.5}$ 主要化學成分濃度 (μg m^{-3})及 $PM_{2.5}$ 占比 (括弧內數字)

季節	測站	$PM_{2.5}$	SO_4^{2-}	NO_3^-	NH_4^+	OC	EC
2016 冬	花蓮	12	3.41 (30%)	0.74 (6%)	1.38 (12%)	2.42 (21%)	0.52 (5%)
	板橋	18	5.02 (28%)	1.81 (10%)	2.27 (13%)	3.51 (20%)	0.82 (5%)
	忠明	28	6.08 (22%)	4.81 (17%)	3.22 (12%)	5.38 (19%)	1.26 (5%)
	斗六	38	6.16 (16%)	8.52 (22%)	4.57 (12%)	6.65 (17%)	1.39 (4%)
	嘉義	41	6.64 (16%)	10.38 (25%)	5.13 (12%)	6.56 (16%)	1.54 (4%)
	小港	52	8.29 (16%)	13.87 (27%)	6.36 (12%)	7.85 (15%)	2.35 (5%)
	六站	31	5.92 (19%)	6.63 (21%)	3.80 (12%)	5.38 (17%)	1.31 (4%)
2017 冬	花蓮	9	2.08 (22%)	0.76 (8%)	0.92 (10%)	2.07 (22%)	0.46 (5%)
	板橋	16	3.73 (23%)	1.62 (10%)	1.69 (10%)	3.49 (22%)	0.76 (5%)
	忠明	24	4.38 (18%)	4.02 (17%)	2.73 (11%)	5.33 (22%)	1.24 (5%)
	斗六	34	4.82 (14%)	7.44 (22%)	3.86 (11%)	7.11 (21%)	1.24 (4%)
	嘉義	36	5.06 (14%)	8.69 (24%)	4.45 (12%)	6.81 (19%)	1.25 (3%)
	小港	40	5.78 (14%)	9.99 (25%)	4.79 (12%)	7.81 (19%)	1.57 (4%)
	六站	27	4.31 (16%)	5.42 (20%)	3.07 (11%)	5.44 (20%)	1.09 (4%)
2017 春	花蓮	15	4.11 (28%)	1.38 (9%)	1.59 (11%)	2.26 (15%)	0.66 (4%)
	板橋	27	6.62 (24%)	3.29 (12%)	2.96 (11%)	5.29 (19%)	1.40 (5%)
	忠明	28	6.61 (23%)	5.06 (18%)	3.41 (12%)	4.67 (16%)	1.38 (5%)
	斗六	36	6.73 (19%)	8.75 (24%)	4.46 (12%)	5.21 (14%)	1.28 (4%)
	嘉義	36	6.86 (19%)	8.84 (25%)	4.43 (12%)	5.18 (15%)	1.17 (3%)
	小港	31	6.21 (20%)	6.55 (21%)	3.49 (11%)	4.83 (16%)	1.60 (5%)
	六站	29	6.19 (21%)	5.64 (20%)	3.39 (12%)	4.57 (16%)	1.25 (4%)
2018 春	花蓮	15	4.21 (29%)	0.65 (4%)	1.40 (10%)	2.26 (15%)	0.48 (3%)
	板橋	26	6.65 (25%)	2.77 (11%)	3.06 (12%)	4.81 (18%)	0.91 (3%)
	忠明	27	6.30 (24%)	3.80 (14%)	3.36 (13%)	4.51 (17%)	1.03 (4%)
	斗六	28	6.08 (21%)	5.05 (18%)	3.42 (12%)	5.06 (18%)	0.89 (3%)
	嘉義	27	6.00 (23%)	4.85 (18%)	3.07 (12%)	4.14 (16%)	0.83 (3%)
	小港	24	5.76 (24%)	3.15 (13%)	2.75 (12%)	4.11 (17%)	1.05 (4%)
	六站	24	5.83 (24%)	3.38 (14%)	2.84 (12%)	4.15 (17%)	0.87 (4%)

註：
1. 2016 冬季為 2017 年 1 月~2 月；2017 冬季為 2017 年 12 月~2018 年 2 月；春季為 3 月~5 月
2. $PM_{2.5}$ 質量濃度為經揮發修正結果

表 4.3.3 各站 2017 年與 2018 年夏、秋季例行性採樣期間 $PM_{2.5}$ 主要化學成分濃度 ($\mu g\ m^{-3}$)及 $PM_{2.5}$ 占比 (括弧內數字)

季節	測站	$PM_{2.5}$	SO_4^{2-}	NO_3^-	NH_4^+	OC	EC
2017 夏	花蓮	9	2.60 (30%)	0.42 (5%)	0.84 (10%)	1.76 (21%)	0.46 (5%)
	板橋	18	4.48 (26%)	0.97 (6%)	1.58 (9%)	5.01 (29%)	1.20 (7%)
	忠明	14	3.42 (24%)	1.11 (8%)	1.32 (9%)	3.20 (22%)	0.97 (7%)
	斗六	13	3.32 (25%)	0.93 (7%)	1.28 (10%)	2.92 (22%)	0.67 (5%)
	嘉義	12	3.23 (27%)	0.74 (6%)	1.18 (10%)	2.49 (20%)	0.66 (5%)
	小港	14	3.84 (27%)	0.79 (5%)	1.31 (9%)	2.61 (18%)	1.08 (8%)
	六站	13	3.48 (26%)	0.83 (6%)	1.25 (9%)	3.00 (22%)	0.84 (6%)
2018 夏	花蓮	10	3.34 (33%)	0.45 (4%)	1.14 (11%)	1.64 (16%)	0.28 (3%)
	板橋	14	4.03 (29%)	0.70 (5%)	1.54 (11%)	3.34 (24%)	0.60 (4%)
	忠明	14	4.06 (28%)	1.09 (8%)	1.71 (12%)	3.11 (21%)	0.51 (4%)
	斗六	15	4.02 (28%)	1.35 (9%)	1.76 (12%)	3.00 (21%)	0.51 (3%)
	嘉義	14	3.90 (29%)	1.03 (8%)	1.67 (12%)	2.43 (18%)	0.47 (3%)
	小港	14	3.96 (28%)	0.75 (5%)	1.40 (10%)	2.56 (18%)	1.01 (7%)
	六站	13	3.87 (29%)	0.89 (7%)	1.53 (11%)	2.66 (20%)	0.57 (4%)
2017 秋	花蓮	9	2.19 (25%)	0.79 (9%)	0.82 (9%)	1.75 (20%)	0.38 (4%)
	板橋	17	4.33 (26%)	1.18 (7%)	1.72 (10%)	3.91 (23%)	0.95 (6%)
	忠明	21	5.08 (24%)	2.51 (12%)	2.19 (10%)	4.52 (22%)	1.06 (5%)
	斗六	26	5.26 (20%)	4.05 (16%)	2.80 (11%)	5.73 (22%)	1.03 (4%)
	嘉義	26	5.51 (21%)	4.11 (16%)	2.87 (11%)	5.01 (19%)	0.93 (4%)
	小港	27	6.04 (22%)	4.32 (16%)	3.08 (11%)	4.95 (18%)	1.32 (5%)
	六站	21	4.74 (23%)	2.83 (13%)	2.25 (11%)	4.31 (21%)	0.94 (4%)
2018 秋	花蓮	9	2.28 (25%)	0.67 (7%)	0.93 (10%)	1.68 (18%)	0.32 (3%)
	板橋	14	3.16 (22%)	0.98 (7%)	1.28 (9%)	3.79 (27%)	0.80 (6%)
	忠明	20	4.38 (22%)	2.38 (12%)	2.09 (11%)	4.23 (21%)	0.71 (4%)
	斗六	25	4.61 (18%)	4.30 (17%)	2.66 (11%)	5.59 (22%)	0.79 (3%)
	嘉義	26	5.08 (20%)	4.74 (18%)	3.01 (12%)	5.13 (20%)	0.72 (3%)
	小港	28	5.98 (21%)	5.16 (18%)	3.24 (11%)	5.25 (18%)	1.03 (4%)
	六站	20	4.24 (21%)	3.01 (15%)	2.19 (11%)	4.27 (21%)	0.73 (4%)

註：夏季為 6 月~8 月；秋季為 9 月~11 月

表 4.3.4 四站 2017 年與 2018 年四季 $PM_{2.5}$ 主要化學成分濃度 ($\mu g\ m^{-3}$)及 $PM_{2.5}$ 占比 (括弧內數字)

測站	季節	$PM_{2.5}$	SO_4^{2-}	NO_3^-	NH_4^+	OC	EC
花蓮	2016 冬	12	3.41 (30%)	0.74 (6%)	1.38 (12%)	2.42 (21%)	0.52 (5%)
	2017 春	15	4.11 (28%)	1.38 (9%)	1.59 (11%)	2.26 (15%)	0.66 (4%)
	2017 夏	9	2.60 (30%)	0.42 (5%)	0.84 (10%)	1.76 (21%)	0.46 (5%)
	2017 秋	9	2.19 (25%)	0.79 (9%)	0.82 (9%)	1.75 (20%)	0.38 (4%)
	2017 冬	9	2.08 (22%)	0.76 (8%)	0.92 (10%)	2.07 (22%)	0.46 (5%)
	2018 春	15	4.21 (29%)	0.65 (4%)	1.40 (10%)	2.26 (15%)	0.48 (3%)
	2018 夏	10	3.34 (33%)	0.45 (4%)	1.14 (11%)	1.64 (16%)	0.28 (3%)
	2018 秋	9	2.28 (25%)	0.67 (7%)	0.93 (10%)	1.68 (18%)	0.32 (3%)
板橋	2016 冬	18	5.02 (28%)	1.81 (10%)	2.27 (13%)	3.51 (20%)	0.82 (5%)
	2017 春	27	6.62 (24%)	3.29 (12%)	2.96 (11%)	5.29 (19%)	1.40 (5%)
	2017 夏	18	4.48 (26%)	0.97 (6%)	1.58 (9%)	5.01 (29%)	1.20 (7%)
	2017 秋	17	4.33 (26%)	1.18 (7%)	1.72 (10%)	3.91 (23%)	0.95 (6%)
	2017 冬	16	3.73 (23%)	1.62 (10%)	1.69 (10%)	3.49 (22%)	0.76 (5%)
	2018 春	26	6.65 (25%)	2.77 (11%)	3.06 (12%)	4.81 (18%)	0.91 (3%)
	2018 夏	14	4.03 (29%)	0.70 (5%)	1.54 (11%)	3.34 (24%)	0.60 (4%)
	2018 秋	14	3.16 (22%)	0.98 (7%)	1.28 (9%)	3.79 (27%)	0.80 (6%)
忠明	2016 冬	28	6.08 (22%)	4.81 (17%)	3.22 (12%)	5.38 (19%)	1.26 (5%)
	2017 春	28	6.61 (23%)	5.06 (18%)	3.41 (12%)	4.67 (16%)	1.38 (5%)
	2017 夏	14	3.42 (24%)	1.11 (8%)	1.32 (9%)	3.20 (22%)	0.97 (7%)
	2017 秋	21	5.08 (24%)	2.51 (12%)	2.19 (10%)	4.52 (22%)	1.06 (5%)
	2017 冬	24	4.38 (18%)	4.02 (17%)	2.73 (11%)	5.33 (22%)	1.24 (5%)
	2018 春	27	6.30 (24%)	3.80 (14%)	3.36 (13%)	4.51 (17%)	1.03 (4%)
	2018 夏	14	4.06 (28%)	1.09 (8%)	1.71 (12%)	3.11 (21%)	0.51 (4%)
	2018 秋	20	4.38 (22%)	2.38 (12%)	2.09 (11%)	4.23 (21%)	0.71 (4%)
斗六	2016 冬	38	6.16 (16%)	8.52 (22%)	4.57 (12%)	6.65 (17%)	1.39 (4%)
	2017 春	36	6.73 (19%)	8.75 (24%)	4.46 (12%)	5.21 (14%)	1.28 (4%)
	2017 夏	13	3.32 (25%)	0.93 (7%)	1.28 (10%)	2.92 (22%)	0.67 (5%)
	2017 秋	26	5.26 (20%)	4.05 (16%)	2.80 (11%)	5.73 (22%)	1.03 (4%)
	2017 冬	34	4.82 (14%)	7.44 (22%)	3.86 (11%)	7.11 (21%)	1.24 (4%)
	2018 春	28	6.08 (21%)	5.05 (18%)	3.42 (12%)	5.06 (18%)	0.89 (3%)
	2018 夏	15	4.02 (28%)	1.35 (9%)	1.76 (12%)	3.00 (21%)	0.51 (3%)
	2018 秋	25	4.61 (18%)	4.30 (17%)	2.66 (11%)	5.59 (22%)	0.79 (3%)

表 4.3.5 三站 2017 年與 2018 年四季 $PM_{2.5}$ 主要化學成分濃度 ($\mu g\ m^{-3}$)及 $PM_{2.5}$ 占比 (括弧內數字)

測站	季節	$PM_{2.5}$	SO_4^{2-}	NO_3^-	NH_4^+	OC	EC
嘉義	2016 冬	41	6.64 (16%)	10.38 (25%)	5.13 (12%)	6.56 (16%)	1.54 (4%)
	2017 春	36	6.86 (19%)	8.84 (25%)	4.43 (12%)	5.18 (15%)	1.17 (3%)
	2017 夏	12	3.23 (27%)	0.74 (6%)	1.18 (10%)	2.49 (20%)	0.66 (5%)
	2017 秋	26	5.51 (21%)	4.11 (16%)	2.87 (11%)	5.01 (19%)	0.93 (4%)
	2017 冬	36	5.06 (14%)	8.69 (24%)	4.45 (12%)	6.81 (19%)	1.25 (3%)
	2018 春	27	6.00 (23%)	4.85 (18%)	3.07 (12%)	4.14 (16%)	0.83 (3%)
	2018 夏	14	3.90 (29%)	1.03 (8%)	1.67 (12%)	2.43 (18%)	0.47 (3%)
	2018 秋	26	5.08 (20%)	4.74 (18%)	3.01 (12%)	5.13 (20%)	0.72 (3%)
小港	2016 冬	52	8.29 (16%)	13.87 (27%)	6.36 (12%)	7.85 (15%)	2.35 (5%)
	2017 春	31	6.21 (20%)	6.55 (21%)	3.49 (11%)	4.83 (16%)	1.60 (5%)
	2017 夏	14	3.84 (27%)	0.79 (5%)	1.31 (9%)	2.61 (18%)	1.08 (8%)
	2017 秋	27	6.04 (22%)	4.32 (16%)	3.08 (11%)	4.95 (18%)	1.32 (5%)
	2017 冬	40	5.78 (14%)	9.99 (25%)	4.79 (12%)	7.81 (19%)	1.57 (4%)
	2018 春	24	5.76 (24%)	3.15 (13%)	2.75 (12%)	4.11 (17%)	1.05 (4%)
	2018 夏	14	3.96 (28%)	0.75 (5%)	1.40 (10%)	2.56 (18%)	1.01 (7%)
	2018 秋	28	5.98 (21%)	5.16 (18%)	3.24 (11%)	5.25 (18%)	1.03 (4%)
六站	2016 冬	31	5.92 (19%)	6.63 (21%)	3.80 (12%)	5.38 (17%)	1.31 (4%)
	2017 春	29	6.19 (21%)	5.64 (20%)	3.39 (12%)	4.57 (16%)	1.25 (4%)
	2017 夏	13	3.48 (26%)	0.83 (6%)	1.25 (9%)	3.00 (22%)	0.84 (6%)
	2017 秋	21	4.74 (23%)	2.83 (13%)	2.25 (11%)	4.31 (21%)	0.94 (4%)
	2017 冬	27	4.31 (16%)	5.42 (20%)	3.07 (11%)	5.44 (20%)	1.09 (4%)
	2018 春	24	5.83 (24%)	3.38 (14%)	2.84 (12%)	4.15 (17%)	0.87 (4%)
	2018 夏	13	3.87 (29%)	0.89 (7%)	1.53 (11%)	2.66 (20%)	0.57 (4%)
	2018 秋	20	4.24 (21%)	3.01 (15%)	2.19 (11%)	4.27 (21%)	0.73 (4%)

4. 季節 $PM_{2.5}$ 化學成分占比地理分布

圖 4.3.2 至圖 4.3.5 呈現本年度和上一年度各測站 $PM_{2.5}$ 質量濃度盒鬚圖與主要化學成分占比，透過成分占比資料，可瞭解各站點在不同季節間主要污染物類型，與上一年度計畫執行期間比對，可瞭解年度間的差異。

2017 年冬季主要化學成分變化趨勢呈現 SO_4^{2-} 由北部至南部逐步下降，NO_3^- 則由北至南逐漸上升，OC 各站濃度占比相近約為 19~22%。各測站主要化學成分分別為北部板橋站及花蓮站主要化學成分是 SO_4^{2-}，忠明站為 OC，雲嘉地區的斗六站及嘉義站與南部小港站則以 NO_3^- 為主，這樣的結果顯示在冬季時，中部

以北地區，包含花蓮站受到燃燒化石燃料的影響較大，這些污染源除了在地的工業鍋爐外，可能包含區域污染傳輸，採樣期間除了 2 月 1 日受到境外傳輸影響外，由監測資料可看出當東北季風較強時，板橋站可能會受到基隆一帶的污染影響，而忠明站同樣可能受到台中以北都會區污染傳輸影響，但影響幅度可能不大。中部以南的站點由於所處地理位置在季風強度不足時，時常是風速相對低的區域，若擴散條件不佳時，環境中有較高濃度的 NO_x 則可能停滯於環境中，並生成衍生污染物，這樣的現象從冬季的污染事件中時常可見，這表示雲嘉至南部地區的 NO_x 減量，可有助於減少冬季污染事件的 $PM_{2.5}$ 濃度。此外 2017 年冬季的主要化學成分變化趨勢與 2016 年相近，在北部及東部花蓮都是以 SO_4^{2-}為主，占比由北至南遞減，而南部測站以 NO_3^-為主，NO_3^-占比由北至南上升，顯示北部污染主要來自固定源及區域型污染，中部以南呈現在地污染影響較高的型態。

2018 年春季主要化學成分占比變化趨勢與冬季相似，各觀測站主要化學成分皆為 SO_4^{2-}。SO_4^{2-}占比從板橋站至斗六站逐漸下降，斗六站至小港站逐漸上升，並以花蓮站最高，而且濃度及占比都大於冬季，顯示春季的污染源大多來自燃燒化石燃料。另外，NO_3^-雖然占比相較於冬季下降，但變化趨勢仍呈現由北至南逐漸上升，但小港站低於嘉義站，原因可能與春季後期季風影響減弱，小港站污染上升時段大多受西風至西南風影響，因此受到港區船隻與工業排放影響較多，導致有較高的 SO_4^{2-}占比。春季 OC 占比於六站濃度占比接近，以花蓮站占比最低，西部各測站占比相近約為 17~18%，OC 大多來自於固定源或移動源燃料燃燒，對比冬季占比與濃度，並未與 SO_4^{2-}有一同上升的趨勢，顯示此處 OC 可能受在地移動源排放影響較多。對比 2017 年春季，今年春季中部至南部測站 $PM_{2.5}$ 濃度明顯低於前一年度，其中 NO_3^-占比降低的現象，由中部至南部逐漸加大，顯示今年中部至南部觀測站受到在地排放的影響減少許多。

2018 年夏季各觀測站主要化學成分為 SO_4^{2-}，其次是 OC，各觀測站主要化學成分組成差異不大，對比冬季與春季，夏季受到溫度影響以及環境擴散條件改善，NO_3^-占比大幅下降，同時金屬元素占比明顯增加，可能與夏季揚塵較多有關。

對比 2017 年夏季除了板橋站 OC 占比下降較為明顯，但各站化學成分組成十分一致，夏季皆以 SO_4^{2-}為主要化學成分，顯示固定排放源所產生的污染物，為濃度較低時期的主要影響因子。

2018 年秋季各觀測站主要化學成分占比呈現花蓮、忠明及小港以 SO_4^{2-}為主，板橋、嘉義、斗六以 OC 為主。另外，受到盛行風向改變影響，加上 10 月過後溫度開始下降，NO_3^-占比明顯增加，同時由北至南占比逐漸增加，這與秋季中部與南部各測站開始出現污染殘留現象有關，顯示秋季過後環境擴散條件轉差，有利環境中的 NO_x 生成衍生污染物。對比 2017 年秋季，板橋站 $PM_{2.5}$ 濃度略高，但其餘各站濃度皆有下降，兩年度間的濃度差異透過比對成分占比發現，2018 年 NO_3^-占比些微下降，可能在地排放減量因此有較低的污染物濃度，另一方面，從 2018 年板橋站秋季化學成分占比中發現，OC 與 EC 有較大的占比，推測秋季污染受移動污染源影響較多。

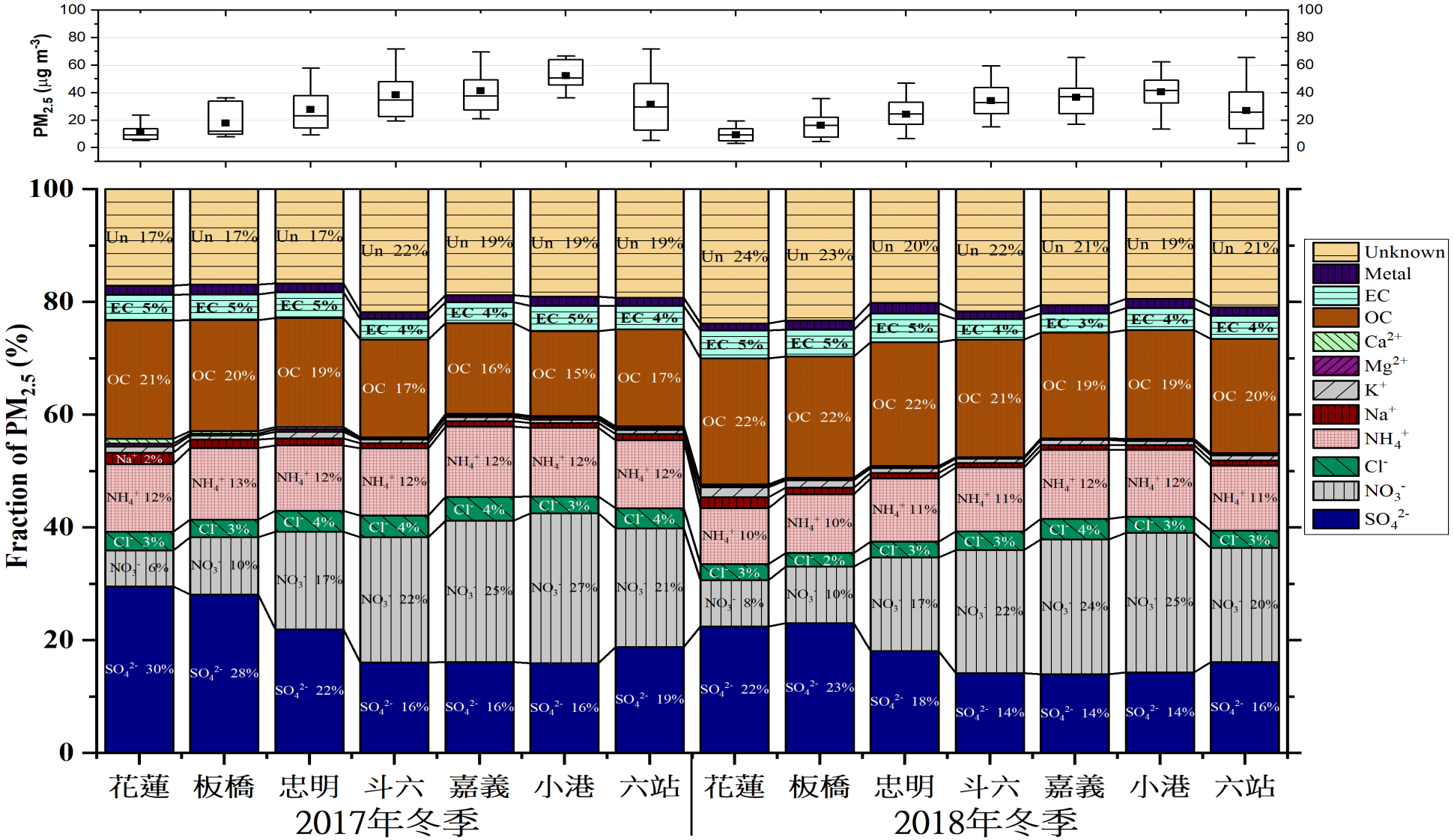


圖 4.3.2 各測站 2016 年與 2017 年冬季 $PM_{2.5}$ 質量濃度變化與化學成分在 $PM_{2.5}$ 濃度占比

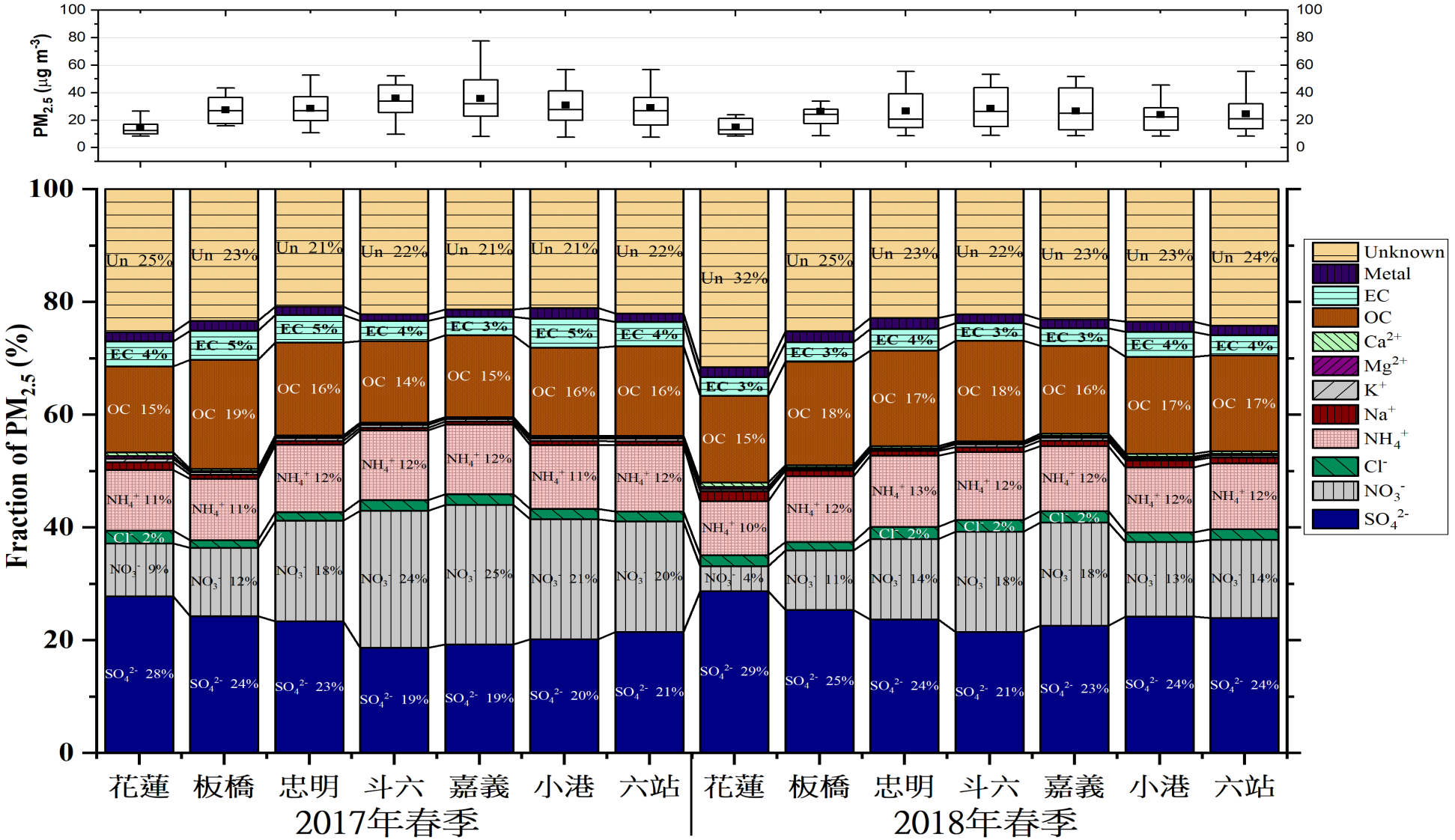


圖 4.3.3 各測站 2017 年與 2018 年春季 $PM_{2.5}$ 質量濃度變化與化學成分在 $PM_{2.5}$ 濃度占比

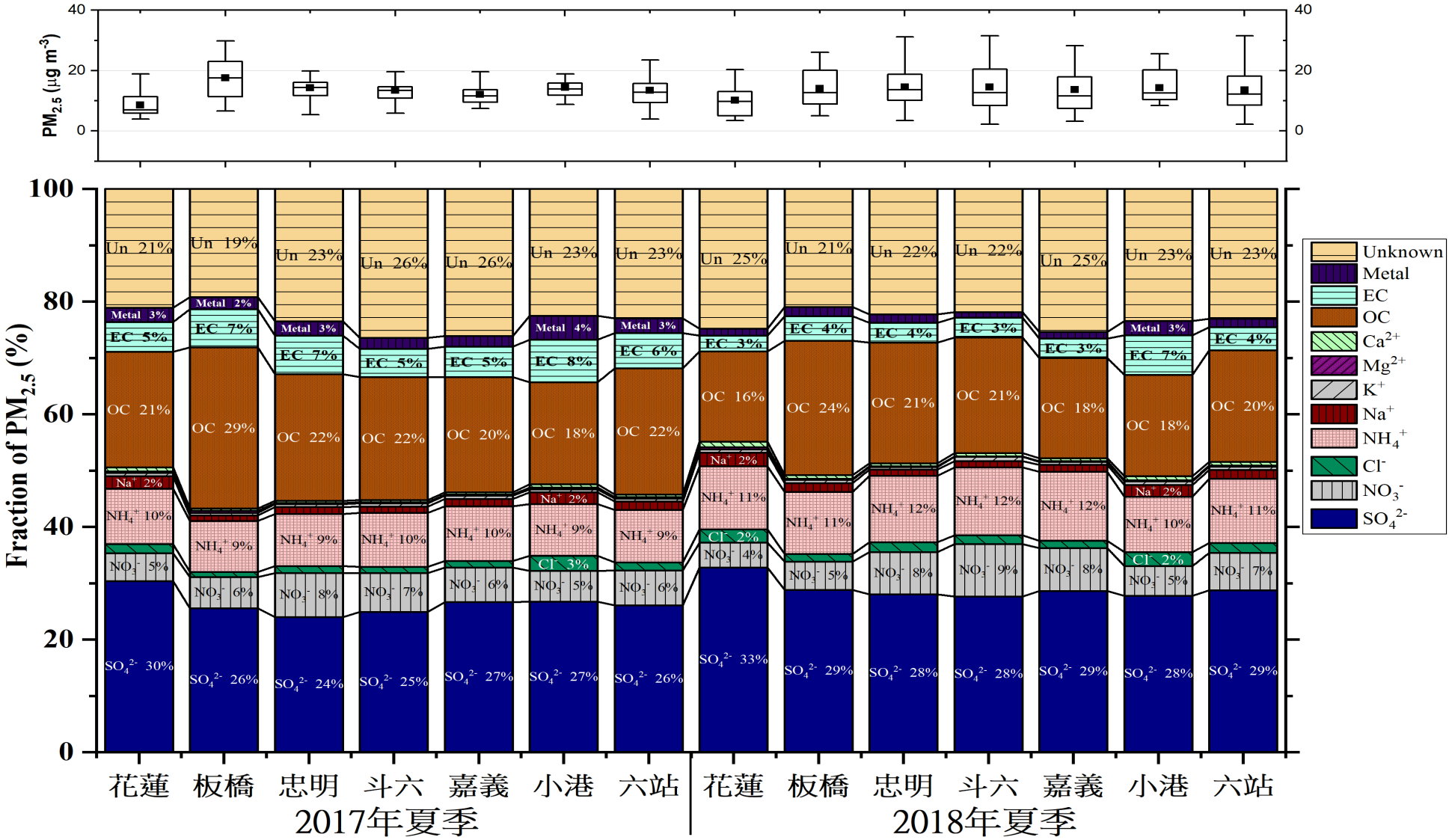


圖 4.3.4 各測站 2017 年與 2018 年夏季 $PM_{2.5}$ 質量濃度變化與化學成分在 $PM_{2.5}$ 濃度占比

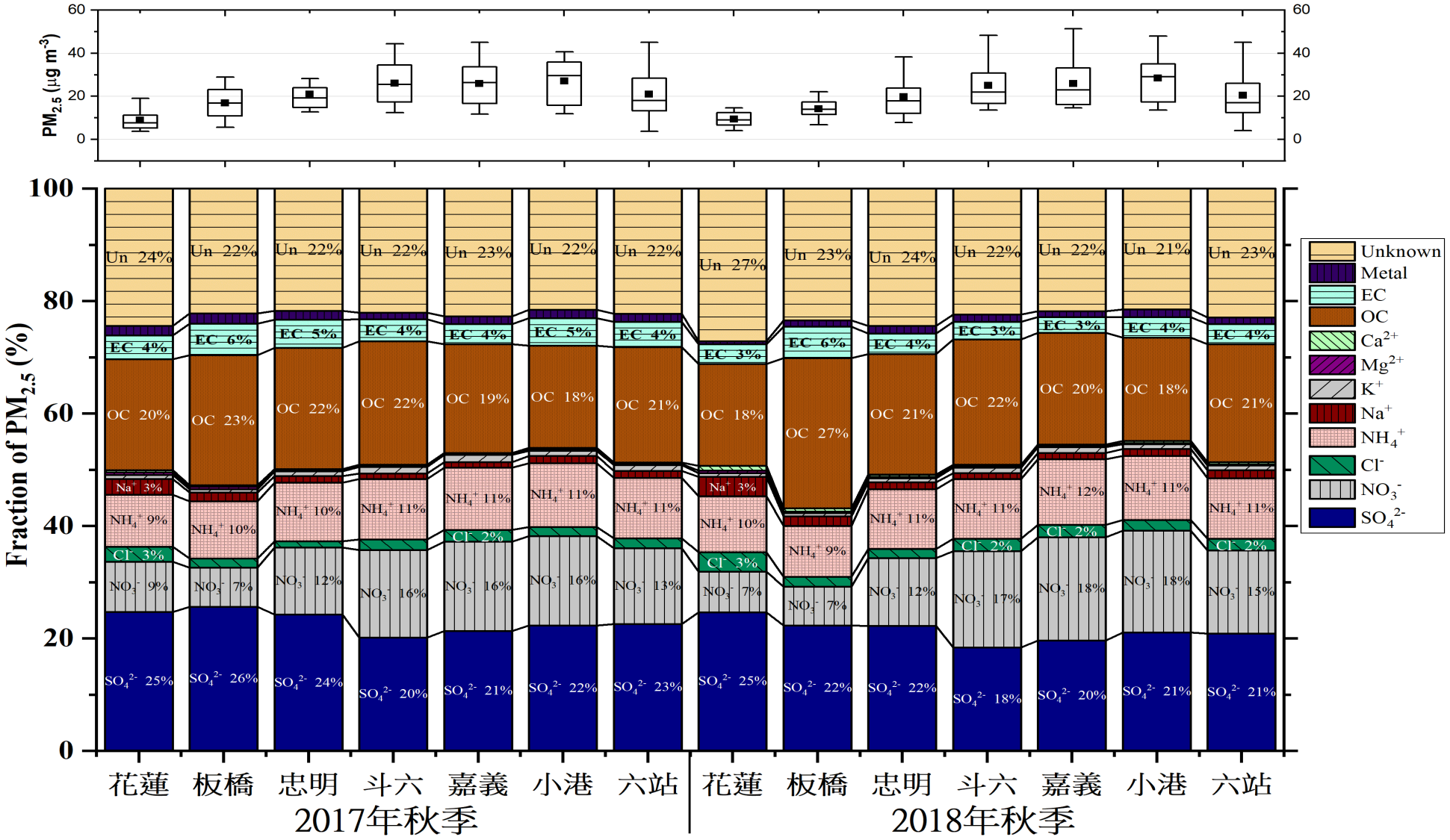


圖 4.3.5 各測站 2017 年與 2018 年秋季 $PM_{2.5}$ 質量濃度變化與化學成分在 $PM_{2.5}$ 濃度占比

4.3.3 $PM_{2.5}$ 金屬元素成分占比和富集因子區域及季節變化

圖 4.3.6 上半部彙整各季節與各站金屬元素 EF 值(圖內數值為 $log_{10}EF$)，列於表 4.3.6 至表 4.3.11，顯示高濃度金屬元素群來源多數為自然源為主，僅有 Zn 的 EF 值大於 10，但其濃度為高濃度群中最低者，另外，較高的 EF 值代表受人為活動影響程度較高；中濃度金屬元素群 EF 值大於 10 的元素有 Ni、Cu、Mo、Pb、V 及 Cr，其中以 Pb 的 EF 值最高，這些元素大致來自燃油燃燒(Ni、V)、燃煤燃燒(Pb、Cr、Cu)、金屬冶煉(Cu、Mo、Cr)及交通排放(含車輛零件磨損)(Cu、Mo、Cr)；低濃度金屬元素群多數受人為活動影響，EF 值大於 10 的元素有 Cd、Sn、Sb、Tl、As、Se、Ge、Cs 及 Ga，並且以 Se 最高，其次為 Sb 及 Cd 這三種元素受人為活動影響最高，EF 值都大於 1000。另外，濃度占比則以 Sn 最高，低濃度元素群分析結果顯示，主要污染源為燃煤燃燒(Se、As、Cd)、金屬表面塗覆(Sb、Ti)、半導體製程(As、Ga)及剎車及輪圈磨損(Sb、Cd)等人為活動影響。

元素於 $PM_{2.5}$ 化學成分中占比穩定，各測站於 2016 冬季至 2018 春季占比約在 $PM_{2.5}$ 質量濃度 4%上下，季節間濃度呈現冬季>春季>秋季>夏季的趨勢(圖 4.3.6 右)，各測站元素濃度區域分布特性呈現冬季與秋季，由北至南遞增，小港濃度最高，春季與夏季差異不大，但是小港站夏季濃度明顯高於其他測站，或許與當地工業結構有關。季節濃度分布特徵可能受季節盛行風向影響，冬季與秋季主要為東北季風，這也導致污染物容易向南傳輸累積。自 2018 年夏季起，部分元素濃度顯著提升，主要原因是原金屬元素成分分析單位-中央研究院，因實驗室搬遷緣故，春季自 4 月上旬至夏季元素成分分析工轉由中山醫學大學-健康醫學中心(環境檢測業)分析，然而分析方法雖同為 ICP-MS，但受到樣本消化程序差異影響，因此在元素分析結果上有一些差異，特別是低濃度元素群的 Se，在整體濃度變化上呈現倍增的現象，本計畫將請中研院分析備採樣本，以降低誤差。

圖 4.3.6 中間部分呈現各類元素於不同測站季節濃度占比。**2017 年冬季**高濃度元素群中的 Na、K 及 Fe 有較高的濃度占比。元素 Na 和 Fe 濃度由北至南呈現先低後高的變化趨勢，其中忠明站與小港站 Fe 與 Mn 占比分屬各站間第二與第一高，可能與當地鋼鐵業有關，由於 EF 值小於 10，可能來自海鹽和塵土。元素 K 區域分布均勻，冬季較高的元素 K 可能與農廢燃燒或傳統節慶炮竹及煙火施放有關；中濃度元素群主要以 Pb 有較高占比，濃度占比板橋最高，各地區呈現

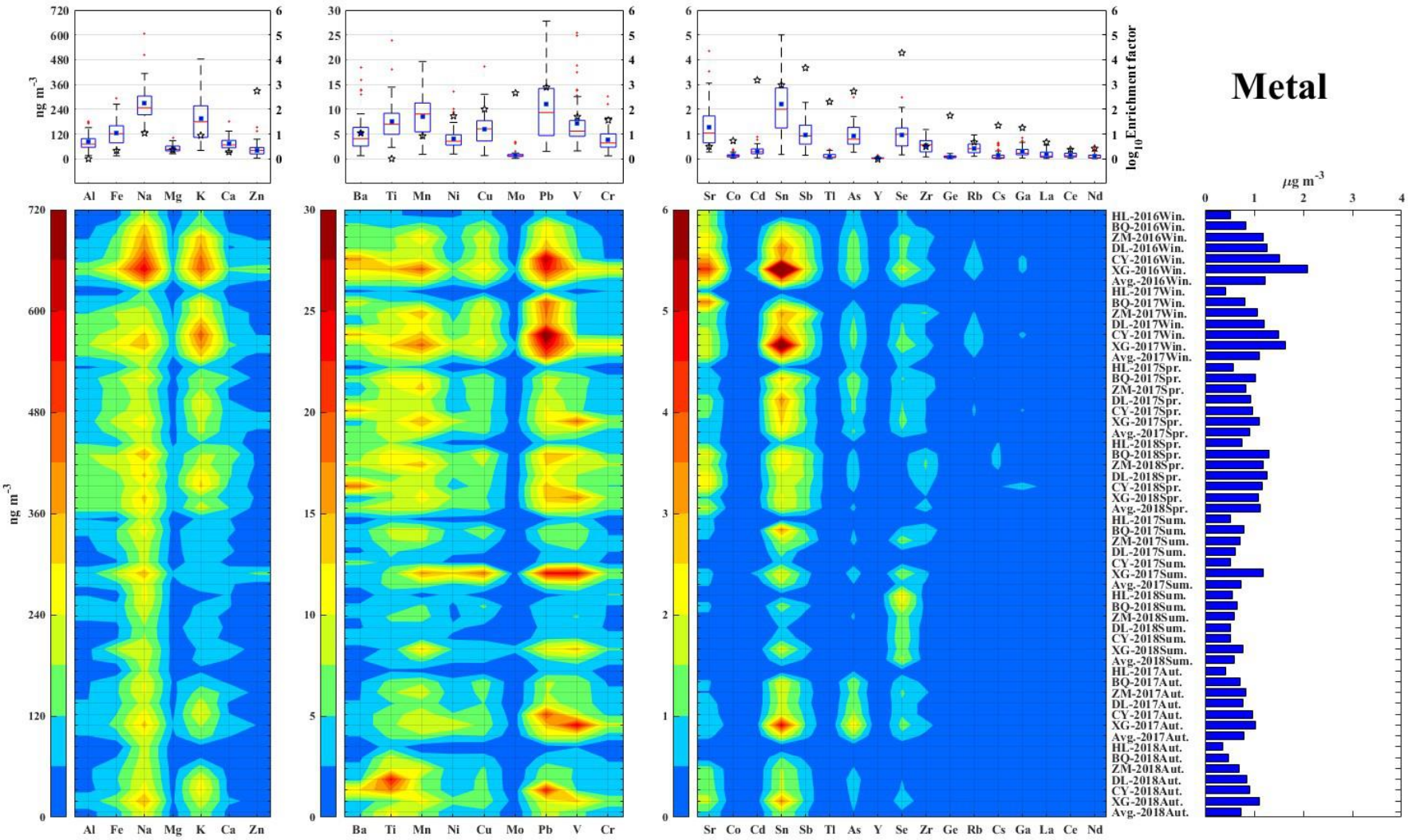
先下降後上升的趨勢，Pb 主要來自燃煤燃燒、垃圾焚化及剎車磨損，透過板橋站其他占比較高的元素發現，冬季時 Ba、及 Cu 也有較高的占比，顯示板橋站的 Pb 可能有部分受到車輛零件磨損影響，在多種來源的貢獻下，因而有較高的濃度占比，同樣的現象在 2016 年冬季也可發現，但是 2017 年冬季有較高的元素 Pb 濃度占比，另外忠明站元素 Sb 與 Ti 占比為六站中最高，可能與當地產業金屬表面塗覆製程有關；低濃度元素群於冬季有較高占比的為 Sr、Sn、As 及 Se，大多為燃煤燃燒指標元素，這些燃煤指標元素大致呈現北部及東部濃度占比高，南部濃度占比較低，濃度占比最高的測站為花蓮站，顯示冬季受到盛行風向影響，板橋站及花蓮站上風處大陸燃煤燃燒污染源的排放，可透過元素分析結果發現其影響。另外，元素 Sn 在小港站有最高的占比，配合 As、Se 的高濃度，顯示與金屬製造、燃煤燃燒排放有關，另外 Querol et al., (2007)也指出，較高的 Sn 濃度與鋼鐵業有關，這樣的元素的區域分布特徵對比 2016 年冬季也有同樣的結果。

2018 年春季元素濃度占比在高濃度元素群中與冬季相似，Na 及 K 為占比最高成分，由於富集因子沒有大於 10，因此主要影響因子應為海鹽和塵土等自然來源。元素 Na 區域分布與冬季相似，呈現由北至南先降後升的趨勢，比較不同的是元素 K 濃度占比與濃度在斗六及嘉義地區濃度較高，應屬於雲嘉地區的生質燃燒影響或是當地可能設有燃材鍋爐等設施影響；中濃度元素群濃度占比較高元素有 Pb、Mn 及 Ti，這些元素於花蓮及雲嘉地區濃度占比低，其他地區有較高占比，其中，忠明站及小港站在 Ti、Fe、Mn 都有較高的濃度占比，同時高濃度群中較高的 Fe 濃度占比，這些指標元素，除了可作為揚塵指標元素外，若同時有較高貢獻量，則可能與鋼鐵業有關，顯示春季因環境擴條件不佳，在地污染排放的影響變得較為顯著。此外，小港地區的元素 V 有較高的濃度占比，主要與燃油燃燒有關；低濃度元素群濃度占比以 Sn、Sr 較高，Sr 大多與燃煤燃燒有關，Sn 來源較為分歧，來源包含交通、金屬製造與燃煤燃燒。

2018 年夏季高、中、低三種族全元素濃度都有明顯增加，如前段所述，雖然無法與其他季節分析濃度占比進行比對，但元素間與測站間數值趨勢仍具有其參考價值。高濃度元素群在夏季同樣以元素 Na 為主要物種，但濃度占比次高的元素由 K 轉變為 Al，同時元素 Ca 也有相當高的濃度占比，這樣的改變似乎顯示夏季 $PM_{2.5}$ 中富含較多的揚塵，此外元素 Ca 區域分布呈現中部至南部偏高的情

況，由於夏季屬於豐水期，較不可能受到來自河床揚塵影響，同時 Ca 富集因子低於 1，非受人為活動所影響，因此可能與道路揚塵有關。另外對照 2017 年夏季分析結果高濃度占比元素相似，同時元素 K 區域分布特性皆呈現雲嘉地區有較高濃度占比，但 2018 年元素 Ca 濃度占比增加較為明顯，不過區域特性同樣為花蓮、斗六及小港三地區有較高濃度占比。中濃度元素群區域分布特徵與春季相近，濃度占比較高的元素同為 Mn、Pb，並且於忠明站及小港站有較高的濃度占比及 EF 值，推測與鋼鐵工業有關。另外元素 V 及 Ni 在小港站有較高的占比，顯示小港地區夏季燃油燃燒的影響相當顯著，並且此二類元素於其他測站濃度占比明顯較低，顯示燃油燃燒屬於小港在地污染。低濃度元素群高占比元素為 Sr、Sn、Se，這些指標元素來源大多為燃煤燃燒與非鐵金屬的製程或車輛零件磨損，主要元素雖然相近，但區域分布特性顯示，元素 Sr 與元素 Se 於忠明站及小港站有較高占比，同時元素 As 占比於這兩站同樣高於其他地區，此二地區的污染都受到燃媒鍋爐排放影響。另一方面，Sn 在小港站有較高占比，相似的現象可於各季節中發現，元素 Sn 來源眾多，但小港站有較高的 Sn、Fe、Mn 等金屬元素，不排除與當地鋼鐵業排放有關。

2018 年秋季金屬元素濃度占比約在 4%左右，與冬季及春季相似。高濃度元素群中以 Na 與 K 為主，對照 2017 年秋季也有相同的濃度分布趨勢。測站間斗六站以南 K 濃度占比較高，顯示受到生質燃燒影響大於北部地區，Na 則以花蓮站有最高濃度占比，同時代表花蓮站受到海鹽影響程度較高。中濃度元素群濃度占比較高的元素以 Pb 為主，Mn 及 Ti 濃度占比則不如夏季與春季，代表秋季受到揚塵影響程度較小，同時較高的 Pb 占比又以嘉義及小港站最為顯著，小港站除了 Pb 以外，V 同樣具有較高濃度占比，顯示這兩個地區受到工業鍋爐與燃油燃燒的影響較多。低濃度元素群高占比元素以 Sr 及 Sn 為主，比較 2017 年秋季，燃煤指標元素 As 與 Se 濃度占比略微降低，可能是觀測期間秋季區域污染事件較少，在區域污染傳輸事件時可發現由北向南遞減的現象。



HL：花蓮站，BQ：板橋站，ZM：忠明站，DL：斗六站，CY：嘉義站，XG：小港站；Win：冬季，Spr：春季，Sum：夏季

圖 4.3.6 $PM_{2.5}$ 各金屬元素濃度年度占比分布及觀測期間富集因子(Enrichment Factor, EF，★)平均值(上圖)；各元素區域及季節占比變化(中圖)；區域及季節元素平均占比(右圖)

表 4.3.6 各站採樣期間 2016 冬季(2017 年 1、2 月)金屬元素濃度平均值 (ng m^{-3})、EF=log_{10} (富集因子)與元素濃度占比(‰)

			Al	Fe	Na	Mg	K	Ca	Zn	Ba	Ti	Mn	Ni	Cu	Mo	Pb	V	Cr	Sr	Co	Cd	Sn	Sb	Tl	As	Y	Se	Zr	Ge	Rb	Cs	Ga	La	Ce	Nd
16年冬季	板橋	conc.	48.2	99.9	329.3	46.0	175.4	50.1	28.4	5.5	4.5	6.4	3.6	7.1	0.3	11.9	3.9	1.2	1.6	0.1	0.3	1.9	1.0	0.1	1.1	0.0	0.7	0.5	0.1	0.4	0.0	0.4	0.1	0.1	0.0
		EF	0.00	0.48	1.33	0.53	1.16	0.31	2.84	1.35	0.01	1.06	1.92	2.34	2.60	3.21	1.69	1.30	0.87	0.79	3.45	3.20	3.94	2.40	3.00	-0.06	4.40	0.75	1.93	0.91	1.42	1.60	0.82	0.53	0.41
		占比	2.70	5.60	18.45	2.58	9.83	2.81	1.59	0.31	0.25	0.36	0.20	0.40	0.02	0.67	0.22	0.07	0.09	0.01	0.02	0.10	0.06	0.00	0.06	0.00	0.04	0.03	0.00	0.02	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00
	忠明	conc.	57.7	134.2	377.4	59.7	346.8	70.9	59.0	6.5	6.8	12.8	3.4	9.8	0.6	12.4	4.8	2.0	2.4	0.1	0.5	2.6	1.5	0.1	1.4	0.0	1.3	0.9	0.2	0.6	0.0	0.4	0.1	0.1	0.0
		EF	0.00	0.53	1.31	0.56	1.37	0.39	3.08	1.34	0.11	1.29	1.81	2.40	2.74	3.15	1.71	1.45	0.95	0.85	3.57	3.26	4.03	2.36	3.04	0.05	4.55	0.88	2.19	0.98	1.36	1.60	0.72	0.43	0.33
		占比	2.08	4.83	13.60	2.15	12.50	2.56	2.13	0.24	0.25	0.46	0.12	0.35	0.02	0.45	0.17	0.07	0.09	0.00	0.02	0.09	0.05	0.00	0.05	0.00	0.05	0.03	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	斗六	conc.	79.9	141.5	413.4	57.9	375.4	59.9	70.3	6.2	7.0	9.8	2.6	8.9	0.5	14.8	5.1	2.1	2.1	0.1	0.6	3.6	1.6	0.1	1.5	0.0	1.2	0.7	0.1	0.7	0.1	0.4	0.1	0.1	0.0
		EF	0.00	0.41	1.21	0.41	1.27	0.17	3.01	1.18	-0.02	1.03	1.55	2.22	2.55	3.09	1.59	1.33	0.76	0.76	3.49	3.27	3.93	2.26	2.93	0.02	4.41	0.64	1.94	0.90	1.27	1.44	0.62	0.33	0.25
		占比	2.08	3.69	10.77	1.51	9.78	1.56	1.83	0.16	0.18	0.26	0.07	0.23	0.01	0.39	0.13	0.05	0.05	0.00	0.02	0.09	0.04	0.00	0.04	0.00	0.03	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	嘉義	conc.	94.5	148.4	500.8	76.8	446.0	80.5	74.9	16.0	8.3	10.7	3.4	9.4	0.6	27.8	5.6	2.1	3.1	0.1	0.6	3.2	1.7	0.1	1.5	0.0	1.2	0.6	0.1	0.9	0.1	0.7	0.1	0.1	0.1
		EF	0.00	0.36	1.22	0.46	1.27	0.23	2.97	1.51	-0.01	0.99	1.60	2.17	2.54	3.29	1.56	1.27	0.85	0.70	3.42	3.14	3.88	2.23	2.86	-0.06	4.33	0.52	1.87	0.92	1.26	1.62	0.60	0.34	0.26
		占比	2.29	3.59	12.12	1.86	10.79	1.95	1.81	0.39	0.20	0.26	0.08	0.23	0.01	0.67	0.14	0.05	0.07	0.00	0.01	0.08	0.04	0.00	0.04	0.00	0.03	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
	小港	conc.	169.4	291.0	606.7	103.0	483.1	129.4	153.8	12.9	14.5	19.6	6.8	13.0	3.0	24.0	12.5	11.0	4.3	0.4	0.9	10.0	2.2	0.1	1.6	0.1	1.9	0.9	0.2	1.0	0.1	0.7	0.2	0.2	0.1
		EF	0.00	0.40	1.05	0.33	1.05	0.18	3.03	1.17	-0.03	1.00	1.65	2.06	2.99	2.97	1.65	1.73	0.75	0.88	3.33	3.38	3.73	2.03	2.65	-0.02	4.28	0.44	1.76	0.71	1.12	1.37	0.53	0.28	0.22
		占比	3.25	5.58	11.64	1.98	9.27	2.48	2.95	0.25	0.28	0.38	0.13	0.25	0.06	0.46	0.24	0.21	0.08	0.01	0.02	0.19	0.04	0.00	0.03	0.00	0.04	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	花蓮	conc.	21.4	35.6	207.1	29.5	130.2	46.8	16.2	3.4	2.9	1.9	2.2	3.4	0.1	4.1	1.7	0.6	1.7	0.0	0.1	0.4	0.3	0.1	0.9	0.0	0.7	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
		EF	0.00	0.39	1.48	0.69	1.38	0.64	2.95	1.49	0.17	0.89	2.06	2.37	2.52	3.11	1.68	1.37	1.24	0.67	3.41	2.85	3.76	2.69	3.26	-0.16	4.75	0.60	1.99	1.03	1.49	1.67	0.62	0.47	0.36
		占比	1.86	3.08	17.94	2.56	11.27	4.06	1.41	0.30	0.25	0.17	0.19	0.29	0.01	0.36	0.15	0.05	0.15	0.00	0.01	0.03	0.03	0.01	0.07	0.00	0.06	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
	六站	conc.	78.5	141.7	405.8	62.2	326.2	72.9	67.1	8.4	7.3	10.2	3.7	8.6	0.9	15.9	5.6	3.2	2.5	0.2	0.5	3.6	1.4	0.1	1.3	0.0	1.2	0.6	0.1	0.6	0.1	0.5	0.1	0.1	0.1
		EF	0.00	0.42	1.21	0.45	1.21	0.27	3.00	1.32	0.01	1.05	1.71	2.21	2.78	3.12	1.64	1.52	0.85	0.81	3.43	3.28	3.87	2.25	2.89	-0.02	4.40	0.61	1.92	0.87	1.27	1.51	0.63	0.36	0.28
		占比	2.49	4.50	12.88	1.97	10.36	2.32	2.13	0.27	0.23	0.32	0.12	0.27	0.03	0.50	0.18	0.10	0.08	0.00	0.02	0.11	0.04	0.00	0.04	0.00	0.04	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00

表 4.3.7 各站採樣期間 2017 冬季(2017 年 12 月~2018 年 2 月)金屬元素濃度平均值 (ng m^{-3})、EF=log_{10} (富集因子)與元素濃度占比(‰)

			Al	Fe	Na	Mg	K	Ca	Zn	Ba	Ti	Mn	Ni	Cu	Mo	Pb	V	Cr	Sr	Co	Cd	Sn	Sb	Tl	As	Y	Se	Zr	Ge	Rb	Cs	Ga	La	Ce	Nd
17年冬季	板橋	conc.	82.6	100.1	162.9	47.4	275.1	53.8	22.7	9.1	5.1	5.4	2.7	9.1	0.4	19.8	4.8	2.7	3.5	0.1	0.2	1.5	0.6	0.1	0.7	0.0	0.6	0.4	0.1	0.4	0.0	0.4	0.1	0.1	0.0
		EF	0.00	0.25	0.79	0.31	1.12	0.11	2.51	1.33	-0.17	0.75	1.55	2.22	2.39	3.20	1.55	1.42	0.97	0.46	3.01	2.87	3.50	2.22	2.57	-0.34	4.05	0.40	1.63	0.65	1.05	1.47	0.35	0.16	0.03
		占比	5.10	6.18	10.06	2.93	17.00	3.33	1.40	0.56	0.31	0.33	0.16	0.56	0.02	1.22	0.30	0.16	0.22	0.00	0.01	0.09	0.04	0.00	0.04	0.00	0.04	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00
	忠明	conc.	119.4	191.0	217.5	57.4	256.6	83.8	54.0	5.2	9.6	15.4	3.3	11.0	1.0	18.4	4.4	4.0	1.6	0.2	0.4	3.2	2.3	0.1	1.1	0.0	0.9	1.2	0.2	0.6	0.1	0.4	0.1	0.1	0.1
		EF	0.00	0.37	0.76	0.23	0.93	0.14	2.73	0.93	-0.05	1.05	1.48	2.14	2.66	3.01	1.36	1.44	0.47	0.75	3.17	3.05	3.89	2.22	2.62	-0.12	4.11	0.69	1.99	0.69	1.09	1.22	0.35	0.21	0.11
		占比	4.92	7.88	8.97	2.37	10.58	3.46	2.23	0.21	0.40	0.64	0.14	0.45	0.04	0.76	0.18	0.17	0.07	0.01	0.02	0.13	0.09	0.00	0.05	0.00	0.04	0.05	0.01	0.03	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
	斗六	conc.	147.6	172.9	242.0	64.0	361.5	78.4	56.6	4.4	9.2	11.4	5.3	9.3	0.7	17.4	5.0	4.4	1.5	0.2	0.5	3.0	1.4	0.1	1.2	0.0	1.2	0.6	0.1	0.8	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1
		EF	0.00	0.23	0.71	0.19	0.98	0.02	2.65	0.76	-0.17	0.83	1.59	1.97	2.44	2.89	1.31	1.39	0.36	0.60	3.11	2.92	3.60	2.19	2.57	-0.15	4.11	0.31	1.73	0.68	1.07	1.08	0.33	0.12	0.06
		占比	4.33	5.07	7.10	1.88	10.61	2.30	1.66	0.13	0.27	0.34	0.15	0.27	0.02	0.51	0.15	0.13	0.04	0.01	0.01	0.09	0.04	0.00	0.04	0.00	0.03	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	嘉義	conc.	173.0	196.9	317.2	84.6	466.1	101.6	61.0	13.8	9.2	13.7	4.9	10.2	0.8	33.4	5.0	4.1	1.8	0.2	0.5	3.7	1.7	0.1	1.3	0.0	1.2	0.6	0.1	1.0	0.1	0.7	0.1	0.2	0.1
		EF	0.00	0.22	0.76	0.24	1.03	0.07	2.62	1.19	-0.23	0.84	1.49	1.94	2.41	3.10	1.25	1.29	0.35	0.59	3.07	2.94	3.61	2.20	2.54	-0.18	4.06	0.24	1.67	0.71	1.06	1.36	0.36	0.15	0.08
		占比	4.76	5.42	8.73	2.33	12.83	2.80	1.68	0.38	0.25	0.38	0.13	0.28	0.02	0.92	0.14	0.11	0.05	0.01	0.01	0.10	0.05	0.00	0.04	0.00	0.03	0.02	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
	小港	conc.	180.6	264.3	349.6	88.1	399.2	134.2	95.2	6.7	13.4	19.0	9.4	11.1	3.2	25.9	11.8	12.6	1.8	0.4	0.6	7.4	1.8	0.1	1.2	0.1	1.5	0.8	0.2	0.9	0.1	0.5	0.2	0.2	0.1
		EF	0.00	0.33	0.78	0.24	0.94	0.17	2.79	0.86	-0.09	0.96	1.76	1.96	2.98	2.98	1.60	1.76	0.33	0.81	3.12	3.23	3.60	2.18	2.50	-0.12	4.14	0.37	1.73	0.67	1.10	1.15	0.45	0.20	0.13
		占比	4.46	6.53	8.65	2.18	9.87	3.32	2.35	0.17	0.33	0.47	0.23	0.27	0.08	0.64	0.29	0.31	0.04	0.01	0.01	0.18	0.04	0.00	0.03	0.00	0.04	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
	花蓮	conc.	47.8	35.2	132.4	32.3	103.4	51.9	7.9	1.7	3.1	1.7	1.0	1.7	0.1	3.8	1.6	2.6	0.7	0.1	0.1	0.4	0.3	0.1	0.4	0.0	0.4	0.2	0.0	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
		EF	0.00	0.03	0.94	0.38	0.93	0.33	2.29	0.84	-0.14	0.49	1.36	1.72	2.12	2.72	1.31	1.65	0.48	0.71	2.83	2.50	3.41	2.52	2.63	-0.21	4.11	0.25	1.55	0.63	1.04	1.05	0.25	0.13	0.11
		占比	5.15	3.80	14.28	3.48	11.15	5.59	0.85	0.18	0.34	0.18	0.11	0.18	0.01	0.41	0.17	0.28	0.07	0.01	0.01	0.04	0.03	0.01	0.05	0.00	0.04	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
	六站	conc.	125.2	160.1	236.9	62.3	310.3	83.9	49.6	6.8	8.3	11.1	4.4	8.7	1.0	19.8	5.4	5.1	1.8	0.2	0.4	3.2	1.3	0.1	1.0	0.0	1.0	0.6	0.1	0.7	0.1	0.4	0.1	0.1	0.1
		EF	0.00	0.27	0.77	0.25	0.99	0.12	2.67	1.02	-0.14	0.89	1.59	2.02	2.66	3.02	1.42	1.52	0.50	0.68	3.09	3.02	3.65	2.23	2.56	-0.16	4.10	0.40	1.75	0.68	1.07	1.25	0.37	0.17	0.09
		占比	4.68	5.98	8.85	2.33	11.60	3.14	1.85	0.26	0.31	0.42	0.16	0.33	0.04	0.74	0.20	0.19	0.07	0.01	0.01	0.12	0.05	0.00	0.04	0.00	0.04	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00

表 4.3.8 各站採樣期間 2017 春季(2017 年 3~5 月)金屬元素濃度平均值 (ng m^{-3})、EF=log_{10} (富集因子)與元素濃度占比(‰)

			Al	Fe	Na	Mg	K	Ca	Zn	Ba	Ti	Mn	Ni	Cu	Mo	Pb	V	Cr	Sr	Co	Cd	Sn	Sb	Tl	As	Y	Se	Zr	Ge	Rb	Cs	Ga	La	Ce	Nd
17年春季	板橋	conc.	96.9	174.7	273.6	46.7	186.5	128.3	45.7	5.9	11.6	12.4	4.2	7.2	0.6	8.7	6.3	3.2	1.1	0.1	0.4	2.8	1.5	0.1	1.5	0.0	1.1	0.9	0.1	0.6	0.1	0.4	0.2	0.2	0.1
		EF	0.00	0.42	0.95	0.23	0.88	0.42	2.74	1.07	0.12	1.04	1.67	2.05	2.53	2.77	1.60	1.43	0.40	0.70	3.23	3.07	3.79	2.22	2.86	0.01	4.29	0.67	1.75	0.78	1.25	1.38	0.68	0.45	0.36
		占比	3.55	6.41	10.03	1.71	6.84	4.70	1.67	0.22	0.43	0.45	0.15	0.26	0.02	0.32	0.23	0.12	0.04	0.01	0.01	0.10	0.05	0.00	0.06	0.00	0.04	0.03	0.00	0.02	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00
	忠明	conc.	64.9	173.9	194.5	31.6	184.6	59.2	51.8	3.8	9.4	13.8	3.6	7.0	0.8	8.1	5.9	3.2	0.9	0.2	0.3	2.2	1.0	0.1	1.4	0.0	1.0	0.9	0.2	0.5	0.0	0.3	0.1	0.1	0.1
		EF	0.00	0.59	0.97	0.24	1.05	0.26	2.97	1.06	0.20	1.27	1.79	2.21	2.81	2.91	1.74	1.61	0.47	0.91	3.34	3.14	3.81	2.24	3.01	0.14	4.42	0.85	2.15	0.89	1.28	1.42	0.70	0.46	0.38
		占比	2.29	6.13	6.86	1.12	6.51	2.09	1.83	0.14	0.33	0.49	0.13	0.25	0.03	0.28	0.21	0.11	0.03	0.01	0.01	0.08	0.04	0.00	0.05	0.00	0.04	0.03	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	斗六	conc.	92.1	153.9	207.1	37.4	256.8	62.8	50.1	5.7	8.8	9.1	3.7	6.9	0.7	9.9	5.6	3.5	1.3	0.2	0.4	3.4	1.1	0.1	1.2	0.0	1.1	0.6	0.1	0.6	0.0	0.4	0.1	0.1	0.1
		EF	0.00	0.39	0.85	0.16	1.04	0.13	2.81	1.08	0.02	0.93	1.64	2.05	2.61	2.85	1.57	1.49	0.50	0.81	3.25	3.19	3.68	2.09	2.78	-0.01	4.30	0.52	1.84	0.78	1.16	1.36	0.54	0.30	0.26
		占比	2.56	4.27	5.75	1.04	7.13	1.74	1.39	0.16	0.24	0.25	0.10	0.19	0.02	0.27	0.16	0.10	0.04	0.00	0.01	0.10	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	嘉義	conc.	91.4	156.2	229.1	38.5	245.1	87.8	57.1	14.0	9.4	10.5	3.4	6.1	0.9	11.0	5.5	2.9	1.2	0.2	0.4	2.9	1.0	0.1	1.2	0.0	1.2	0.6	0.1	0.7	0.1	0.7	0.1	0.2	0.1
		EF	0.00	0.40	0.89	0.17	1.02	0.28	2.87	1.47	0.05	1.00	1.61	2.00	2.71	2.90	1.57	1.42	0.48	0.78	3.25	3.12	3.66	2.10	2.79	0.02	4.32	0.54	1.83	0.82	1.18	1.60	0.61	0.36	0.32
		占比	2.56	4.37	6.42	1.08	6.87	2.46	1.60	0.39	0.26	0.29	0.10	0.17	0.02	0.31	0.15	0.08	0.03	0.00	0.01	0.08	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
	小港	conc.	98.4	209.7	274.7	45.9	198.8	90.5	91.8	4.4	9.9	15.1	8.9	6.1	1.6	10.8	18.8	7.7	1.1	0.3	0.4	2.7	1.2	0.1	1.0	0.0	1.3	0.6	0.1	0.6	0.0	0.3	0.2	0.2	0.1
		EF	0.00	0.49	0.94	0.22	0.90	0.26	3.04	0.93	0.04	1.12	2.00	1.96	2.95	2.86	2.07	1.81	0.37	0.96	3.22	3.05	3.71	2.00	2.65	0.08	4.33	0.48	1.82	0.74	1.13	1.25	0.76	0.33	0.30
		占比	3.19	6.80	8.91	1.49	6.45	2.94	2.98	0.14	0.32	0.49	0.29	0.20	0.05	0.35	0.61	0.25	0.03	0.01	0.01	0.09	0.04	0.00	0.03	0.00	0.04	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00
	花蓮	conc.	55.9	74.4	193.6	31.5	114.5	64.7	12.3	1.7	5.1	3.9	1.1	2.0	0.2	3.6	2.9	1.0	0.6	0.1	0.2	0.6	0.4	0.1	0.8	0.0	0.7	0.3	0.0	0.4	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0
		EF	0.00	0.29	1.03	0.30	0.91	0.36	2.41	0.76	0.00	0.79	1.33	1.72	2.24	2.63	1.50	1.18	0.40	0.62	3.05	2.66	3.46	2.25	2.83	-0.11	4.34	0.37	1.67	0.77	1.18	1.17	0.47	0.30	0.25
		占比	3.78	5.03	13.08	2.13	7.73	4.37	0.83	0.11	0.34	0.27	0.07	0.13	0.01	0.25	0.20	0.07	0.04	0.00	0.01	0.04	0.03	0.00	0.06	0.00	0.05	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
	六站	conc.	83.3	157.1	228.8	38.6	197.7	82.2	51.5	5.9	9.0	10.8	4.2	5.9	0.8	8.7	7.5	3.6	1.0	0.2	0.3	2.4	1.0	0.1	1.2	0.0	1.1	0.7	0.1	0.6	0.0	0.4	0.1	0.1	0.1
		EF	0.00	0.44	0.93	0.21	0.97	0.29	2.86	1.14	0.08	1.05	1.74	2.02	2.71	2.84	1.74	1.55	0.44	0.82	3.24	3.08	3.71	2.15	2.82	0.03	4.33	0.59	1.86	0.79	1.20	1.40	0.65	0.37	0.31
		占比	2.89	5.45	7.94	1.34	6.86	2.85	1.79	0.20	0.31	0.37	0.14	0.20	0.03	0.30	0.26	0.12	0.04	0.01	0.01	0.08	0.04	0.00	0.04	0.00	0.04	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00

表 4.3.9 各站採樣期間 2018 春季(2018 年 3~5 月)金屬元素濃度平均值 (ng m^{-3})、EF=log_{10} (富集因子)與元素濃度占比(‰)

			Al	Fe	Na	Mg	K	Ca	Zn	Ba	Ti	Mn	Ni	Cu	Mo	Pb	V	Cr	Sr	Co	Cd	Sn	Sb	Tl	As	Y	Se	Zr	Ge	Rb	Cs	Ga	La	Ce	Nd
18年春季	板橋	conc.	182.5	179.6	369.5	79.5	185.2	179.0	44.7	6.7	12.4	10.0	5.2	9.4	0.7	14.2	12.8	5.0	2.2	0.1	0.3	2.5	1.6	0.3	0.7	0.2	0.4	1.1	0.1	0.5	0.7	0.3	0.6	0.4	0.5
		EF	0.00	0.16	0.80	0.19	0.60	0.29	2.46	0.85	-0.13	0.68	1.49	1.89	2.31	2.71	1.63	1.36	0.42	0.37	2.85	2.75	3.55	2.48	2.25	0.32	3.58	0.48	1.38	0.42	2.00	0.94	0.92	0.48	0.88
		占比	6.95	6.84	14.08	3.03	7.06	6.82	1.70	0.26	0.47	0.38	0.20	0.36	0.03	0.54	0.49	0.19	0.08	0.00	0.01	0.10	0.06	0.01	0.03	0.01	0.02	0.04	0.00	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02
	忠明	conc.	151.5	218.7	264.5	69.4	209.7	130.6	55.7	7.8	12.1	14.2	6.5	7.7	0.8	13.1	8.0	7.8	1.7	0.1	0.3	2.6	1.5	0.3	0.8	0.2	0.5	1.2	0.1	0.5	0.7	0.3	0.5	0.4	0.5
		EF	0.00	0.32	0.74	0.21	0.74	0.23	2.64	1.00	-0.06	0.91	1.67	1.88	2.44	2.76	1.51	1.63	0.39	0.48	2.92	2.85	3.60	2.54	2.36	0.40	3.71	0.59	1.59	0.50	2.07	1.09	0.97	0.52	0.96
		占比	5.69	8.21	9.93	2.61	7.87	4.90	2.09	0.29	0.45	0.53	0.24	0.29	0.03	0.49	0.30	0.29	0.06	0.01	0.01	0.10	0.06	0.01	0.03	0.01	0.02	0.04	0.00	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02
	斗六	conc.	176.3	159.3	318.0	78.3	294.9	130.1	41.7	5.9	6.6	9.0	5.3	6.7	0.9	10.9	7.5	5.1	2.3	0.1	0.4	2.0	1.6	0.2	0.8	0.1	0.4	1.1	0.1	0.6	0.6	0.2	0.4	0.3	0.4
		EF	0.00	0.12	0.75	0.20	0.82	0.17	2.44	0.81	-0.39	0.65	1.52	1.76	2.46	2.61	1.41	1.38	0.46	0.40	2.95	2.66	3.57	2.35	2.31	0.27	3.61	0.48	1.41	0.50	1.96	0.78	0.82	0.30	0.81
		占比	6.22	5.62	11.21	2.76	10.40	4.59	1.47	0.21	0.23	0.32	0.19	0.24	0.03	0.39	0.26	0.18	0.08	0.00	0.01	0.07	0.06	0.01	0.03	0.00	0.02	0.04	0.00	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
	嘉義	conc.	140.4	154.4	246.8	73.0	315.8	108.6	37.5	18.4	8.1	10.0	3.9	6.1	1.1	14.3	7.2	5.0	2.3	0.1	0.2	2.0	1.3	0.3	0.7	0.1	0.4	0.8	0.1	0.6	0.6	0.9	0.5	0.3	0.5
		EF	0.00	0.21	0.74	0.26	0.95	0.19	2.50	1.40	-0.20	0.79	1.48	1.81	2.63	2.83	1.50	1.47	0.56	0.44	2.86	2.76	3.59	2.65	2.36	0.36	3.71	0.44	1.49	0.57	2.06	1.52	0.98	0.53	0.98
		占比	5.28	5.81	9.28	2.75	11.88	4.09	1.41	0.69	0.30	0.37	0.15	0.23	0.04	0.54	0.27	0.19	0.09	0.00	0.01	0.07	0.05	0.01	0.03	0.00	0.02	0.03	0.00	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02
	小港	conc.	138.3	155.1	322.4	68.8	163.3	91.9	58.6	2.6	6.9	11.6	7.3	5.4	1.2	13.7	17.5	7.2	1.0	0.1	0.4	2.2	1.3	0.2	0.6	0.1	0.5	0.6	0.1	0.5	0.5	0.2	0.5	0.3	0.4
		EF	0.00	0.21	0.86	0.24	0.67	0.12	2.70	0.56	-0.26	0.86	1.77	1.76	2.67	2.82	1.89	1.63	0.21	0.52	3.10	2.82	3.58	2.44	2.27	0.33	3.77	0.34	1.53	0.51	2.01	0.80	0.96	0.43	0.92
		占比	5.81	6.51	13.54	2.89	6.86	3.86	2.46	0.11	0.29	0.49	0.31	0.22	0.05	0.58	0.73	0.30	0.04	0.01	0.02	0.09	0.05	0.01	0.02	0.00	0.02	0.03	0.00	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02
	花蓮	conc.	115.2	89.5	227.0	54.0	118.2	107.1	12.1	5.2	7.5	3.5	1.9	1.4	0.3	4.2	3.4	4.3	1.0	0.1	0.2	1.0	0.8	0.4	0.5	0.1	0.2	0.3	0.0	0.3	0.6	0.2	0.5	0.4	0.5
		EF	0.00	0.06	0.79	0.22	0.61	0.27	2.09	0.94	-0.14	0.42	1.27	1.26	2.11	2.38	1.25	1.48	0.29	0.50	2.73	2.54	3.44	2.79	2.34	0.47	3.36	0.07	1.34	0.35	2.18	1.01	1.04	0.65	1.12
		占比	7.85	6.10	15.48	3.68	8.06	7.30	0.83	0.36	0.51	0.24	0.13	0.10	0.02	0.28	0.23	0.29	0.07	0.01	0.01	0.07	0.05	0.03	0.04	0.01	0.01	0.02	0.00	0.02	0.04	0.01	0.03	0.03	0.04
	六站	conc.	150.7	159.4	291.4	70.5	214.5	124.6	41.7	7.8	8.9	9.7	5.0	6.1	0.8	11.7	9.4	5.7	1.8	0.1	0.3	2.0	1.3	0.3	0.7	0.1	0.4	0.8	0.1	0.5	0.6	0.3	0.5	0.3	0.4
		EF	0.00	0.19	0.78	0.22	0.75	0.21	2.51	1.00	-0.19	0.75	1.56	1.78	2.47	2.71	1.58	1.50	0.41	0.45	2.92	2.74	3.56	2.55	2.31	0.36	3.65	0.44	1.46	0.48	2.04	1.10	0.94	0.49	0.94
		占比	6.18	6.54	11.95	2.89	8.80	5.11	1.71	0.32	0.37	0.40	0.21	0.25	0.03	0.48	0.38	0.24	0.07	0.01	0.01	0.08	0.05	0.01	0.03	0.01	0.02	0.03	0.00	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02

表 4.3.10 各站採樣期間 2017 夏季(2017 年 6~8 月)金屬元素濃度平均值 (ng m^{-3})、EF=log_{10} (富集因子)與元素濃度占比(‰)

			Al	Fe	Na	Mg	K	Ca	Zn	Ba	Ti	Mn	Ni	Cu	Mo	Pb	V	Cr	Sr	Co	Cd	Sn	Sb	Tl	As	Y	Se	Zr	Ge	Rb	Cs	Ga	La	Ce	Nd
17年夏季	板橋	conc.	70.6	122.7	277.6	44.3	116.3	69.9	38.2	3.8	8.4	8.7	3.8	7.7	0.5	6.9	6.8	2.4	0.8	0.1	0.3	3.4	1.1	0.0	0.6	0.0	0.7	1.1	0.1	0.3	0.0	0.3	0.1	0.1	0.0
		EF	0.00	0.41	1.09	0.35	0.81	0.29	2.80	1.02	0.11	1.03	1.77	2.21	2.60	2.81	1.77	1.45	0.38	0.82	3.18	3.30	3.79	2.00	2.61	-0.06	4.24	0.91	1.70	0.65	0.97	1.34	0.68	0.38	0.25
		占比	4.03	7.00	15.84	2.53	6.64	3.99	2.18	0.22	0.48	0.49	0.22	0.44	0.03	0.39	0.39	0.14	0.04	0.01	0.01	0.19	0.06	0.00	0.04	0.00	0.04	0.06	0.00	0.02	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00
	忠明	conc.	56.7	120.2	226.7	42.4	111.7	58.9	52.4	3.4	7.3	8.2	3.1	4.8	0.6	5.7	6.0	2.7	0.6	0.1	0.2	1.8	1.4	0.0	0.7	0.0	1.4	0.8	0.1	0.3	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0
		EF	0.00	0.49	1.10	0.42	0.89	0.31	3.04	1.06	0.15	1.10	1.78	2.10	2.74	2.82	1.81	1.60	0.37	0.79	3.14	3.11	4.00	1.65	2.76	-0.12	4.62	0.83	1.87	0.64	0.83	1.33	0.47	0.35	0.26
		占比	3.98	8.44	15.92	2.98	7.85	4.14	3.68	0.24	0.51	0.58	0.22	0.34	0.04	0.40	0.42	0.19	0.04	0.01	0.01	0.12	0.10	0.00	0.05	0.00	0.10	0.05	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00
	斗六	conc.	56.0	76.3	211.5	38.0	110.3	75.0	14.6	2.1	5.5	3.6	2.8	2.7	0.5	3.0	4.9	2.6	0.6	0.1	0.1	1.3	0.3	0.0	0.5	0.0	0.5	0.3	0.0	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0
		EF	0.00	0.30	1.07	0.38	0.89	0.42	2.49	0.85	0.03	0.74	1.74	1.86	2.65	2.54	1.73	1.58	0.34	0.70	2.90	2.99	3.31	1.47	2.62	-0.14	4.16	0.48	1.47	0.60	0.77	1.14	0.44	0.19	0.14
		占比	4.19	5.71	15.83	2.84	8.26	5.61	1.09	0.15	0.41	0.27	0.21	0.20	0.03	0.22	0.37	0.20	0.04	0.01	0.01	0.10	0.02	0.00	0.04	0.00	0.04	0.03	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	嘉義	conc.	37.7	57.9	208.0	29.9	104.4	43.2	12.3	5.7	4.6	3.4	2.1	1.7	0.5	3.6	5.0	1.5	0.5	0.1	0.1	0.9	0.2	0.0	0.5	0.0	0.4	0.3	0.0	0.2	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0
		EF	0.00	0.35	1.24	0.45	1.04	0.36	2.58	1.46	0.13	0.90	1.79	1.83	2.83	2.80	1.91	1.53	0.48	0.74	2.95	2.99	3.41	1.46	2.76	-0.18	4.29	0.66	1.57	0.74	0.86	1.64	0.50	0.25	0.19
		占比	3.11	4.77	17.15	2.46	8.60	3.57	1.01	0.47	0.38	0.28	0.17	0.14	0.04	0.30	0.41	0.13	0.04	0.01	0.01	0.07	0.02	0.00	0.04	0.00	0.04	0.03	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
	小港	conc.	97.5	203.4	349.1	69.7	106.3	95.5	135.1	3.2	5.7	16.5	13.5	18.6	1.1	24.1	24.8	7.5	0.7	0.3	0.8	2.2	0.8	0.1	0.9	0.0	1.6	0.7	0.1	0.4	0.0	0.2	0.3	0.1	0.0
		EF	0.00	0.48	1.05	0.40	0.63	0.29	3.21	0.81	-0.19	1.17	2.18	2.46	2.78	3.21	2.19	1.80	0.20	0.97	3.51	2.97	3.53	2.10	2.62	-0.24	4.44	0.56	1.75	0.55	1.03	1.08	0.95	0.08	0.00
		占比	6.79	14.16	24.31	4.85	7.40	6.65	9.41	0.23	0.40	1.15	0.94	1.29	0.08	1.68	1.73	0.52	0.05	0.02	0.05	0.15	0.06	0.00	0.06	0.00	0.11	0.05	0.01	0.03	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00
	花蓮	conc.	62.1	39.7	221.7	35.3	71.3	64.8	10.1	1.4	3.5	1.5	2.0	0.9	0.1	2.0	4.2	1.0	0.7	0.1	0.1	0.2	0.3	0.0	0.5	0.0	0.3	0.3	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
		EF	0.00	-0.03	1.05	0.30	0.66	0.32	2.28	0.64	-0.21	0.33	1.54	1.32	1.91	2.32	1.62	1.11	0.42	0.68	2.70	2.19	3.31	1.88	2.57	-0.10	3.88	0.32	1.00	0.34	0.45	0.84	0.23	-0.11	-0.18
		占比	7.25	4.64	25.88	4.13	8.33	7.57	1.18	0.16	0.41	0.18	0.23	0.10	0.01	0.23	0.49	0.11	0.09	0.01	0.01	0.03	0.04	0.00	0.06	0.00	0.03	0.03	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	六站	conc.	63.4	103.4	249.1	43.3	103.4	67.9	43.8	3.3	5.8	7.0	4.5	6.1	0.5	7.6	8.6	3.0	0.7	0.1	0.2	1.6	0.7	0.0	0.6	0.0	0.8	0.6	0.1	0.3	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0
		EF	0.00	0.38	1.09	0.38	0.81	0.33	2.91	1.00	0.00	0.98	1.90	2.16	2.66	2.89	1.92	1.58	0.35	0.82	3.20	3.03	3.64	1.89	2.65	-0.14	4.34	0.67	1.65	0.59	0.88	1.25	0.66	0.21	0.12
		占比	4.75	7.74	18.64	3.24	7.74	5.08	3.28	0.24	0.44	0.52	0.34	0.45	0.04	0.57	0.65	0.22	0.05	0.01	0.02	0.12	0.05	0.00	0.05	0.00	0.06	0.04	0.00	0.02	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00

表 4.3.11 各站採樣期間 2018 夏季(2018 年 6~8 月)金屬元素濃度平均值 (ng m^{-3})、EF=log_{10} (富集因子)與元素濃度占比(‰)

			Al	Fe	Na	Mg	K	Ca	Zn	Ba	Ti	Mn	Ni	Cu	Mo	Pb	V	Cr	Sr	Co	Cd	Sn	Sb	Tl	As	Y	Se	Zr	Ge	Rb	Cs	Ga	La	Ce	Nd
18年夏季	板橋	conc.	86.0	74.5	248.0	36.8	71.1	65.4	30.0	2.9	3.0	5.5	2.2	5.6	0.5	5.0	4.1	2.5	0.7	0.1	0.2	1.4	0.7	0.4	0.6	0.0	2.1	0.4	0.0	0.2	0.4	0.2	0.4	0.4	0.4
		EF	0.00	0.10	0.96	0.18	0.51	0.18	2.61	0.82	-0.42	0.74	1.45	1.99	2.50	2.58	1.46	1.37	0.24	0.37	3.02	2.83	3.52	2.93	2.47	-0.03	4.60	0.41	1.39	0.33	2.10	1.04	1.10	0.80	1.13
		占比	6.15	5.32	17.73	2.63	5.09	4.68	2.14	0.21	0.21	0.39	0.16	0.40	0.04	0.36	0.29	0.18	0.05	0.00	0.02	0.10	0.05	0.03	0.04	0.00	0.15	0.03	0.00	0.01	0.03	0.01	0.03	0.03	0.03
	忠明	conc.	71.9	75.4	202.8	40.3	76.6	53.6	29.0	2.6	5.5	6.2	2.2	3.6	0.7	4.0	5.2	2.3	0.6	0.1	0.2	0.9	0.5	0.3	0.7	0.0	1.4	0.5	0.1	0.2	0.3	0.1	0.3	0.3	0.3
		EF	0.00	0.19	0.95	0.30	0.62	0.17	2.68	0.85	-0.07	0.87	1.53	1.87	2.70	2.56	1.65	1.43	0.25	0.51	3.07	2.73	3.49	2.90	2.62	-0.04	4.50	0.51	1.72	0.34	2.07	0.99	1.09	0.79	1.11
		占比	4.97	5.21	14.02	2.78	5.30	3.71	2.00	0.18	0.38	0.43	0.15	0.25	0.05	0.28	0.36	0.16	0.04	0.00	0.01	0.06	0.04	0.02	0.05	0.00	0.09	0.03	0.00	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02
	斗六	conc.	47.2	50.6	179.5	46.3	93.0	54.2	18.5	2.3	4.4	3.8	2.9	2.1	0.5	3.4	4.0	2.2	0.6	0.1	0.2	0.7	0.4	0.3	0.5	0.0	1.5	0.3	0.0	0.2	0.3	0.1	0.3	0.3	0.3
		EF	0.00	0.20	1.08	0.54	0.89	0.36	2.66	0.98	0.01	0.84	1.82	1.83	2.77	2.67	1.71	1.59	0.42	0.73	3.18	2.77	3.56	3.05	2.72	-0.19	4.71	0.49	1.59	0.59	2.23	1.15	1.23	0.94	1.26
		占比	3.24	3.48	12.34	3.18	6.39	3.72	1.27	0.16	0.31	0.26	0.20	0.15	0.03	0.23	0.28	0.15	0.04	0.01	0.01	0.05	0.03	0.02	0.04	0.00	0.10	0.02	0.00	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02
	嘉義	conc.	44.5	55.4	188.1	42.8	79.2	51.7	19.0	4.2	3.1	3.8	2.2	2.0	0.7	4.4	5.1	3.2	0.5	0.0	0.3	0.9	0.5	0.3	0.6	0.0	1.6	0.3	0.0	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3
		EF	0.00	0.26	1.12	0.53	0.85	0.36	2.70	1.26	-0.12	0.87	1.74	1.83	2.93	2.82	1.84	1.77	0.43	0.55	3.38	2.91	3.63	3.12	2.76	0.15	4.77	0.45	1.60	0.59	2.29	1.37	1.30	1.00	1.32
		占比	3.27	4.07	13.82	3.14	5.82	3.80	1.40	0.31	0.23	0.28	0.16	0.15	0.05	0.32	0.37	0.23	0.04	0.00	0.02	0.06	0.03	0.02	0.04	0.00	0.12	0.02	0.00	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02
	小港	conc.	48.4	185.0	240.1	41.4	66.7	78.7	50.6	1.6	3.0	13.5	4.9	4.4	3.4	11.3	14.0	5.2	0.5	0.1	0.3	2.0	0.8	0.2	0.6	0.0	1.4	0.3	0.1	0.2	0.2	0.1	0.3	0.2	0.2
		EF	0.00	0.75	1.19	0.48	0.73	0.51	3.09	0.80	-0.16	1.38	2.04	2.13	3.59	3.19	2.25	1.95	0.34	1.01	3.38	3.24	3.83	2.89	2.76	-0.18	4.68	0.44	2.20	0.67	2.06	1.21	1.16	0.78	1.07
		占比	3.40	13.01	16.89	2.91	4.69	5.53	3.56	0.11	0.21	0.95	0.34	0.31	0.24	0.79	0.99	0.37	0.03	0.01	0.02	0.14	0.06	0.01	0.04	0.00	0.10	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01
	花蓮	conc.	60.1	35.9	267.3	40.1	44.6	66.2	8.3	1.1	4.2	1.5	3.4	1.1	0.3	1.8	3.0	5.2	0.5	0.1	0.2	0.4	0.4	0.3	0.4	0.0	2.5	0.2	0.0	0.1	0.3	0.1	0.3	0.3	0.3
		EF	0.00	-0.06	1.14	0.37	0.47	0.34	2.21	0.55	-0.12	0.33	1.79	1.45	2.41	2.31	1.48	1.85	0.25	0.51	3.10	2.46	3.44	3.02	2.50	0.14	4.83	0.19	1.47	0.21	2.19	0.73	1.19	0.89	1.22
		占比	5.89	3.52	26.21	3.93	4.37	6.49	0.82	0.11	0.41	0.15	0.33	0.11	0.03	0.18	0.29	0.51	0.05	0.01	0.02	0.04	0.04	0.03	0.04	0.00	0.24	0.02	0.00	0.01	0.03	0.01	0.03	0.03	0.03
	六站	conc.	59.5	79.5	221.2	41.3	71.8	61.7	25.9	2.5	3.9	5.7	3.0	3.1	1.0	5.0	5.9	3.4	0.6	0.1	0.2	1.1	0.6	0.3	0.6	0.0	1.7	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.3	0.3	0.3
		EF	0.00	0.29	1.07	0.39	0.68	0.31	2.71	0.90	-0.15	0.92	1.74	1.90	2.97	2.74	1.78	1.68	0.31	0.63	3.18	2.86	3.58	2.98	2.63	-0.01	4.68	0.40	1.72	0.46	2.15	1.10	1.17	0.86	1.18
		占比	4.41	5.89	16.38	3.06	5.32	4.57	1.92	0.18	0.29	0.42	0.22	0.23	0.07	0.37	0.44	0.26	0.04	0.01	0.02	0.08	0.04	0.02	0.04	0.00	0.13	0.02	0.00	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02

表 4.3.12 各站採樣期間 2017 秋季(2017 年 9~11 月)金屬元素濃度平均值 (ng m^{-3})、EF=log_{10} (富集因子)與元素濃度占比(‰)

			Al	Fe	Na	Mg	K	Ca	Zn	Ba	Ti	Mn	Ni	Cu	Mo	Pb	V	Cr	Sr	Co	Cd	Sn	Sb	Tl	As	Y	Se	Zr	Ge	Rb	Cs	Ga	La	Ce	Nd
17年秋季	板橋	conc.	58.7	105.8	250.2	56.1	100.9	51.8	35.1	2.4	5.8	7.0	3.2	6.4	0.5	7.7	7.0	2.2	0.7	0.1	0.2	2.2	0.8	0.1	1.5	0.0	1.0	0.5	0.1	0.3	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0
		EF	0.00	0.42	1.12	0.53	0.83	0.24	2.85	0.89	0.03	1.02	1.77	2.21	2.66	2.94	1.86	1.49	0.40	0.78	3.21	3.18	3.74	2.22	3.08	-0.11	4.44	0.59	1.76	0.72	1.24	1.19	0.64	0.39	0.27
		占比	3.47	6.26	14.79	3.32	5.96	3.06	2.07	0.14	0.34	0.41	0.19	0.38	0.03	0.46	0.41	0.13	0.04	0.01	0.01	0.13	0.05	0.00	0.09	0.00	0.06	0.03	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00
	忠明	conc.	60.9	112.9	252.2	44.7	152.9	107.2	44.4	2.4	7.3	9.3	3.4	5.7	0.6	7.6	6.7	3.0	0.6	0.1	0.2	1.9	0.9	0.0	1.3	0.0	1.2	0.7	0.1	0.4	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0
		EF	0.00	0.43	1.11	0.41	0.99	0.54	2.93	0.88	0.12	1.12	1.79	2.15	2.75	2.91	1.82	1.61	0.34	0.72	3.21	3.11	3.79	2.07	3.00	-0.10	4.50	0.75	2.01	0.73	1.12	1.18	0.52	0.27	0.16
		占比	2.90	5.38	12.02	2.13	7.29	5.11	2.12	0.11	0.35	0.44	0.16	0.27	0.03	0.36	0.32	0.14	0.03	0.00	0.01	0.09	0.04	0.00	0.06	0.00	0.06	0.03	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	斗六	conc.	63.3	100.0	207.5	43.9	212.8	54.9	41.1	2.6	4.8	6.4	3.8	5.1	0.5	8.3	6.5	3.5	0.9	0.1	0.3	1.8	0.8	0.0	1.5	0.0	1.1	0.4	0.1	0.4	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0
		EF	0.00	0.36	1.01	0.39	1.12	0.24	2.88	0.90	-0.08	0.94	1.82	2.08	2.66	2.94	1.79	1.66	0.48	0.80	3.28	3.07	3.72	2.06	3.05	-0.12	4.44	0.47	1.86	0.78	1.11	1.19	0.52	0.22	0.13
		占比	2.43	3.84	7.96	1.68	8.16	2.11	1.57	0.10	0.18	0.25	0.15	0.19	0.02	0.32	0.25	0.13	0.03	0.00	0.01	0.07	0.03	0.00	0.06	0.00	0.04	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	嘉義	conc.	79.1	122.3	271.0	52.5	254.0	63.8	46.5	4.0	6.4	9.0	5.2	6.1	1.1	21.0	8.2	4.4	0.9	0.1	0.4	2.0	1.0	0.0	1.7	0.0	1.1	0.4	0.1	0.5	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0
		EF	0.00	0.35	1.03	0.37	1.10	0.20	2.84	0.99	-0.05	1.00	1.86	2.06	2.87	3.24	1.80	1.66	0.41	0.78	3.27	3.03	3.70	2.06	2.99	-0.14	4.35	0.37	1.75	0.75	1.09	1.22	0.44	0.20	0.14
		占比	3.06	4.72	10.47	2.03	9.81	2.46	1.80	0.15	0.25	0.35	0.20	0.23	0.04	0.81	0.32	0.17	0.04	0.01	0.01	0.08	0.04	0.00	0.07	0.00	0.04	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	小港	conc.	84.1	136.7	325.0	65.0	190.4	70.5	62.3	3.6	7.0	9.9	10.2	6.5	1.5	14.1	25.3	8.3	1.0	0.4	0.5	5.0	1.1	0.1	2.5	0.0	1.3	0.8	0.1	0.4	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0
		EF	0.00	0.38	1.08	0.44	0.95	0.22	2.94	0.91	-0.04	1.01	2.12	2.06	3.00	3.04	2.26	1.91	0.44	1.14	3.39	3.39	3.74	2.12	3.13	-0.08	4.40	0.70	1.77	0.66	1.05	1.18	0.59	0.19	0.13
		占比	3.10	5.04	11.98	2.40	7.02	2.60	2.30	0.13	0.26	0.36	0.37	0.24	0.06	0.52	0.93	0.30	0.04	0.01	0.02	0.18	0.04	0.00	0.09	0.00	0.05	0.03	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	花蓮	conc.	27.2	30.3	198.2	41.3	56.2	42.7	9.7	1.1	2.3	1.8	1.4	1.0	0.1	3.3	3.6	1.4	0.3	0.1	0.1	0.3	0.2	0.1	0.6	0.0	0.4	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
		EF	0.00	0.21	1.36	0.73	0.91	0.49	2.62	0.91	-0.03	0.75	1.74	1.74	2.45	2.90	1.90	1.63	0.44	0.83	3.06	2.65	3.54	2.56	2.99	-0.12	4.41	0.28	1.61	0.63	1.07	1.11	0.61	0.23	0.13
		占比	3.07	3.41	22.33	4.65	6.33	4.81	1.09	0.13	0.26	0.20	0.15	0.11	0.02	0.37	0.40	0.16	0.04	0.01	0.01	0.03	0.03	0.01	0.07	0.00	0.05	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	六站	conc.	62.3	101.3	250.7	50.6	161.2	65.2	39.8	2.7	5.6	7.2	4.5	5.1	0.7	10.3	9.5	3.8	0.7	0.1	0.3	2.2	0.8	0.0	1.5	0.0	1.0	0.5	0.1	0.4	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0
		EF	0.00	0.38	1.10	0.46	1.01	0.32	2.88	0.92	-0.01	1.00	1.90	2.09	2.81	3.04	1.97	1.70	0.42	0.89	3.27	3.16	3.72	2.16	3.05	-0.11	4.42	0.58	1.82	0.72	1.12	1.19	0.55	0.25	0.16
		占比	2.97	4.83	11.95	2.41	7.68	3.11	1.90	0.13	0.27	0.34	0.22	0.24	0.03	0.49	0.46	0.18	0.04	0.01	0.01	0.11	0.04	0.00	0.07	0.00	0.05	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00

表 4.3.13 各站採樣期間 2018 秋季(2018 年 9~11 月)金屬元素濃度平均值 (ng m^{-3})、EF=log_{10} (富集因子)與元素濃度占比(‰)

			Al	Fe	Na	Mg	K	Ca	Zn	Ba	Ti*	Mn	Ni*	Cu	Mo	Pb	V	Cr	Sr	Co*	Cd	Sn	Sb	Tl	As	Y	Se	Zr	Ge	Rb	Cs	Ga	La	Ce	Nd
18年秋季	板橋	conc.	22.1	64.7	214.4	26.6	61.0	33.9	17.3	2.0	9.0	3.9	3.3	3.7	0.4	3.5	4.0	2.3	0.4	0.1	0.1	1.2	0.5	0.0	0.4	0.0	0.4	0.2	0.1	0.2	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0
		EF	0.00	0.63	1.48	0.63	1.04	0.48	2.96	1.25	0.65	1.18	2.21	2.39	2.98	3.02	2.05	1.93	0.55	1.04	3.42	3.33	3.97	2.40	2.94	0.01	4.46	0.63	2.09	0.87	1.23	1.45	0.67	0.53	0.47
		占比	1.56	4.57	15.13	1.88	4.31	2.40	1.22	0.14	0.63	0.28	0.23	0.26	0.03	0.25	0.29	0.16	0.03	0.01	0.01	0.08	0.04	0.00	0.03	0.00	0.03	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	忠明	conc.	56.6	99.8	227.8	36.4	151.3	39.1	28.7	3.2	10.4	10.7	2.8	5.3	0.5	6.4	4.8	3.0	1.3	0.1	0.3	1.7	0.8	0.0	0.7	0.0	0.5	0.3	0.1	0.3	0.0	0.2	0.0	0.1	0.0
		EF	0.00	0.41	1.10	0.36	1.02	0.14	2.78	1.04	0.31	1.21	1.73	2.15	2.72	2.87	1.71	1.64	0.70	0.90	3.27	3.08	3.77	2.03	2.72	-0.20	4.20	0.49	2.14	0.70	0.93	1.27	0.37	0.20	0.15
		占比	2.87	5.06	11.55	1.84	7.67	1.98	1.46	0.16	0.53	0.54	0.14	0.27	0.03	0.32	0.24	0.15	0.07	0.01	0.01	0.08	0.04	0.00	0.03	0.00	0.03	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	斗六	conc.	54.0	117.5	240.1	39.0	255.9	44.8	27.0	3.8	23.8	6.7	3.9	5.5	0.5	7.4	4.5	4.0	1.3	0.2	0.3	1.7	0.9	0.0	0.9	0.0	0.6	0.2	0.1	0.4	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0
		EF	0.00	0.50	1.14	0.41	1.27	0.22	2.77	1.14	0.69	1.03	1.90	2.18	2.74	2.95	1.71	1.78	0.74	1.05	3.31	3.11	3.82	2.14	2.87	-0.05	4.28	0.35	2.00	0.84	1.04	1.32	0.44	0.26	0.25
		占比	2.15	4.69	9.57	1.56	10.20	1.79	1.08	0.15	0.95	0.27	0.16	0.22	0.02	0.29	0.18	0.16	0.05	0.01	0.01	0.07	0.03	0.00	0.03	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	嘉義	conc.	52.7	92.7	272.6	41.8	286.6	42.2	27.9	13.0	18.1	7.4	3.5	5.8	0.5	23.4	4.6	3.1	1.5	0.1	0.3	1.7	0.9	0.0	0.8	0.0	0.7	0.2	0.1	0.4	0.0	0.5	0.0	0.1	0.0
		EF	0.00	0.41	1.21	0.45	1.33	0.20	2.79	1.68	0.58	1.09	1.86	2.22	2.75	3.47	1.73	1.68	0.79	0.83	3.36	3.12	3.86	2.20	2.84	-0.01	4.33	0.31	1.96	0.87	1.08	1.72	0.37	0.28	0.31
		占比	2.05	3.60	10.59	1.63	11.14	1.64	1.09	0.51	0.70	0.29	0.14	0.22	0.02	0.91	0.18	0.12	0.06	0.00	0.01	0.07	0.04	0.00	0.03	0.00	0.03	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
	小港	conc.	95.9	165.7	365.2	53.4	224.6	72.5	48.4	4.7	5.3	11.9	5.8	6.5	1.6	10.7	13.8	6.8	1.8	0.2	0.4	3.5	0.9	0.1	0.7	0.1	0.9	0.3	0.1	0.5	0.0	0.3	0.1	0.1	0.1
		EF	0.00	0.40	1.08	0.29	0.96	0.18	2.77	0.98	-0.22	1.03	1.83	2.01	2.96	2.86	1.94	1.77	0.61	0.77	3.19	3.17	3.60	2.01	2.53	0.13	4.20	0.22	1.82	0.67	1.02	1.19	0.54	0.26	0.28
		占比	3.37	5.82	12.84	1.88	7.89	2.55	1.70	0.17	0.19	0.42	0.21	0.23	0.06	0.37	0.48	0.24	0.06	0.01	0.01	0.12	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	花蓮	conc.	15.9	14.6	213.4	24.9	41.1	31.9	2.9	0.6	3.7	0.9	1.1	0.7	0.1	1.5	2.5	0.7	0.3	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.3	0.0	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		EF	0.00	0.13	1.62	0.74	1.01	0.60	2.33	0.89	0.41	0.69	1.89	1.79	2.54	2.80	1.98	1.55	0.58	0.75	3.00	2.66	3.58	2.53	2.89	-0.10	4.35	0.40	1.66	0.78	1.07	1.08	0.48	0.27	0.26
		占比	1.72	1.58	23.03	2.69	4.44	3.44	0.31	0.07	0.40	0.10	0.12	0.07	0.01	0.16	0.27	0.07	0.03	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.03	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	六站	conc.	49.6	92.6	255.3	37.0	169.9	44.0	25.4	4.6	11.4	7.0	3.4	4.6	0.6	8.8	5.7	3.3	1.1	0.1	0.2	1.6	0.7	0.0	0.6	0.0	0.6	0.2	0.1	0.3	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0
		EF	0.00	0.44	1.21	0.42	1.13	0.25	2.78	1.25	0.40	1.08	1.88	2.14	2.84	3.07	1.84	1.74	0.68	0.89	3.27	3.13	3.76	2.16	2.76	0.00	4.27	0.37	1.98	0.77	1.04	1.38	0.47	0.28	0.28
		占比	2.43	4.54	12.52	1.81	8.33	2.16	1.25	0.22	0.56	0.34	0.17	0.22	0.03	0.43	0.28	0.16	0.05	0.01	0.01	0.08	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00

備註：「*」元素部分數據尚待確認

4.3.4 $PM_{2.5}$ 採樣微粒揮發與有機氣體吸附修正

為了確實監測大氣 $PM_{2.5}$ 化學成分，必須考量部分具半揮發特性的水溶性離子和有機碳成分在量測時容易揮發或是受到酸、鹼性前驅氣體及濾紙被動吸附有機氣體干擾，因此本計畫在微粒採樣及成分實驗分析方法採用雙層濾紙配置，藉此矯正 $PM_{2.5}$ 化學成分中的易揮發成分，並透過採樣器前端擴散管所塗覆 MgO 去除前驅氣體干擾，本節將針對揮發性離子及有機碳成分的修正結果進行討論。

1． 水溶性離子揮發與修正

表 4.3.14 至表 4.3.15 為觀測期間各季節揮發性離子濃度與其揮發比例，本節根據 2018 年計畫執行期間，揮發離子成分濃度季節變化以及濃度區域變化特性進行討論，最後在將結果與上年度計畫揮發離子分析結果比較。

NO_3^-在四季中以冬季濃度最高，六站平均值為 4.97 μg m^{-3}，同時揮發比例僅有 8%是揮發比例最低的季節。春季六站平均濃度 2.67 μg m^{-3} 是四季中次高，揮發比例 21%為四季中次低。夏季六站平均濃度 0.47 μg m^{-3} 是四季中最低，揮發比例 48%是四季中最高。秋季 6 站平均濃度 2.26 μg m^{-3} 是四季次低，揮發比例 25%為四季中次高。濃度變化趨勢呈現冬季>春季>秋季>夏季，揮發比例呈現夏季>秋季>春季>冬季，對比上年度計畫成果，NO_3^-季節變化趨勢不變，結果顯示 NO_3^-易受到環境溫度影響。再比較 NO_3^-濃度較高時期的冬季，6 個採樣站點揮發比例為 4~20%，其中嘉義站揮發比例最低，東部花蓮站揮發比例最高，位於北部的板橋站也有 14%的揮發比例，同樣的現象 2016 年冬季也呈現相近的結果，當年度板橋站冬季揮發比例 18%為六站中最高，嘉義站揮發比例 2%為六站中最低。雖然冬季板橋、嘉義及花蓮 3 站 NO_3^-濃度差異相當大，可能因此產生誤差，但比對春季觀測結果可發現，當時各站 NO_3^-濃度相近，西部測站濃度約為 2.12~4.35 μg m^{-3}，雖然小港占揮發比例 30%為最高，但位於雲嘉地區的斗六及嘉義兩站揮發比例仍為六站中最低者，因此由地理位置來看，位處北部的板橋站冬季溫度應相較於嘉義站低，這顯示 NO_3^-揮發比例除了受溫度影響，NO_3^-結合型態以及環

境條件也可能是其揮發特性的影響因子。另外，測站間相似的揮發特性似乎也暗示斗六站與嘉義站有相近的氮氧化物排放源。

Cl^-是揮發離子中濃度最低的物種，6 站四季平均濃度約為 0.11~0.60 μg m^{-3} 季節趨勢呈現冬季>春季>秋季>夏季，6 站四季揮發比例為 27~58%，季節趨勢呈現春季>夏季、秋季>冬季，但春季、夏及秋季揮發比例差異不大，三季約為 54~58%，整體季節變化趨勢與上年度一致。從測站間的揮發特性可發現，位於雲嘉地區的斗六及嘉義站，冬季揮發比例分別為 21 及 19%，其他測站則約為 38~49%，這樣的現象與 NO_3^-相似，從此結果可發現 Cl^-揮發比例除了受季節間溫度差異影響外，來源及結合型態也為其揮發特性影響因子，同時地區間共同的特性也可能與區域間共同的排放源有關。

NH_4^+六站季節平均濃度為 1.34~2.83 μg m^{-3}，季節變化趨勢呈現冬季>春季>秋季>夏季，6 站季節揮發比例為 8~17%，季節變化趨勢為秋季>夏季>春季>冬季，六站平均值顯示，NH_4^+季節揮發比例差異不大，雖然環境溫度仍將影響其揮發量，但對比 NO_3^-與 Cl^-，NH_4^+揮發比例相對穩定，這樣的結果與 NH_4^+結合特性有關，NH_4^+多與相對穩定的 SO_4^{2-}相結合，同時 SO_4^{2-}為 $PM_{2.5}$ 中主要化學成分之一，於各季節皆有最高或次高占比，因此 NH_4^+揮發比例雖會隨季節有所改變，但比例變動幅度卻較為穩定。

表 4.3.14 兩個年度冬季與春季觀測期間各測站 $PM_{2.5}$ 水溶性離子揮發與修正

季節	測站	原始 NH_4^+ ($\mu g\ m^{-3}$)	原始 NO_3^- ($\mu g\ m^{-3}$)	原始 Cl^- ($\mu g\ m^{-3}$)	揮發 NH_4^+ ($\mu g\ m^{-3}$)	揮發 NO_3^- ($\mu g\ m^{-3}$)	揮發 Cl^- ($\mu g\ m^{-3}$)	揮發 NH_4^+ (%)	揮發 NO_3^- (%)	揮發 Cl^- (%)
2016 冬	板橋	2.06 (1.57)	1.48 (1.87)	0.34 (0.15)	0.20 (0.21)	0.33 (0.51)	0.21 (0.17)	9%	18%	38%
	忠明	2.87 (2.01)	4.31 (4.25)	0.62 (0.57)	0.35 (0.22)	0.50 (0.41)	0.41 (0.25)	11%	10%	40%
	斗六	4.33 (2.05)	8.25 (4.94)	1.17 (0.80)	0.24 (0.12)	0.28 (0.15)	0.31 (0.17)	5%	3%	21%
	嘉義	4.42 (3.15)	9.13 (6.27)	1.31 (0.76)	0.20 (0.09)	0.21 (0.14)	0.27 (0.12)	4%	2%	17%
	小港	5.69 (1.34)	12.68 (2.71)	0.91 (0.35)	0.67 (0.18)	1.19 (0.49)	0.64 (0.12)	11%	9%	41%
	花蓮	1.27 (1.30)	0.64 (0.31)	0.23 (0.10)	0.11 (0.09)	0.10 (0.05)	0.16 (0.17)	8%	13%	41%
	六站	3.44 (2.45)	6.08 (5.75)	0.76 (0.65)	0.29 (0.24)	0.43 (0.49)	0.33 (0.23)	8%	7%	30%
2017 冬	板橋	1.57 (1.16)	1.39 (1.64)	0.29 (0.32)	0.12 (0.15)	0.23 (0.23)	0.11 (0.16)	7%	14%	27%
	忠明	2.47 (1.57)	3.56 (2.53)	0.42 (0.29)	0.26 (0.19)	0.46 (0.30)	0.25 (0.23)	10%	11%	38%
	斗六	3.65 (1.81)	7.10 (3.61)	0.90 (0.56)	0.22 (0.14)	0.34 (0.22)	0.23 (0.18)	6%	5%	21%
	嘉義	4.20 (2.30)	8.30 (4.32)	1.08 (0.79)	0.24 (0.16)	0.39 (0.23)	0.26 (0.19)	5%	4%	19%
	小港	4.25 (1.91)	8.89 (4.33)	0.74 (0.56)	0.54 (0.30)	1.11 (0.78)	0.42 (0.24)	11%	11%	36%
	花蓮	0.83 (0.62)	0.61 (0.38)	0.19 (0.11)	0.08 (0.05)	0.15 (0.06)	0.08 (0.07)	9%	20%	29%
	六站	2.83 (2.08)	4.97 (4.51)	0.60 (0.58)	0.24 (0.23)	0.45 (0.48)	0.23 (0.21)	8%	8%	27%
2017 春	板橋	2.67 (1.18)	2.63 (1.90)	0.19 (0.15)	0.29 (0.21)	0.66 (0.54)	0.19 (0.14)	10%	20%	49%
	忠明	2.94 (1.67)	3.79 (4.01)	0.21 (0.22)	0.47 (0.37)	1.27 (1.09)	0.21 (0.15)	14%	25%	49%
	斗六	4.04 (2.37)	7.71 (7.50)	0.45 (0.38)	0.42 (0.36)	1.04 (1.01)	0.23 (0.17)	9%	12%	34%
	嘉義	4.07 (2.45)	7.96 (7.76)	0.47 (0.40)	0.36 (0.33)	0.88 (0.93)	0.20 (0.15)	8%	10%	30%
	小港	2.92 (1.55)	5.06 (5.25)	0.30 (0.36)	0.57 (0.47)	1.49 (1.42)	0.27 (0.16)	16%	23%	47%
	花蓮	1.49 (0.82)	1.20 (1.23)	0.24 (0.27)	0.10 (0.07)	0.18 (0.12)	0.10 (0.09)	6%	13%	29%
	六站	3.02 (1.94)	4.73 (5.69)	0.31 (0.32)	0.37 (0.35)	0.92 (1.02)	0.20 (0.15)	11%	16%	39%
2018 春	板橋	2.76 (2.31)	2.12 (4.57)	0.16 (0.24)	0.31 (0.20)	0.65 (0.40)	0.23 (0.21)	10%	23%	60%
	忠明	2.83 (1.84)	2.66 (3.53)	0.16 (0.22)	0.53 (0.42)	1.14 (0.99)	0.40 (0.45)	16%	30%	71%
	斗六	3.07 (2.04)	4.35 (4.60)	0.29 (0.27)	0.35 (0.24)	0.70 (0.58)	0.30 (0.22)	10%	14%	51%
	嘉義	2.73 (1.86)	4.20 (4.74)	0.25 (0.23)	0.34 (0.25)	0.65 (0.48)	0.30 (0.29)	11%	13%	54%
	小港	2.35 (1.72)	2.22 (3.58)	0.16 (0.15)	0.39 (0.31)	0.93 (0.89)	0.24 (0.15)	14%	30%	61%
	花蓮	1.27 (0.66)	0.47 (0.44)	0.16 (0.13)	0.12 (0.09)	0.18 (0.13)	0.14 (0.11)	9%	27%	47%
	六站	2.50 (1.86)	2.67 (3.99)	0.19 (0.21)	0.34 (0.29)	0.71 (0.70)	0.27 (0.27)	12%	21%	58%

註:

1.各成分括弧內數字為各季節樣本濃度的標準偏差，各成分修正後成分=原始成分+揮發成分

2.揮發(%)=揮發成分/修正後成分

表 4.3.15 兩個年度夏、秋季觀測期間各測站 $PM_{2.5}$ 水溶性離子揮發與修正

季節	測站	原始 NH_4^+ ($\mu g\ m^{-3}$)	原始 NO_3^- ($\mu g\ m^{-3}$)	原始 Cl^- ($\mu g\ m^{-3}$)	揮發 NH_4^+ ($\mu g\ m^{-3}$)	揮發 NO_3^- ($\mu g\ m^{-3}$)	揮發 Cl^- ($\mu g\ m^{-3}$)	揮發 NH_4^+ (%)	揮發 NO_3^- (%)	揮發 Cl^- (%)
2017夏	板橋	1.38 (0.86)	0.45 (0.31)	0.06 (0.04)	0.20 (0.12)	0.52 (0.32)	0.10 (0.06)	13%	54%	60%
	忠明	1.05 (0.55)	0.40 (0.21)	0.07 (0.04)	0.26 (0.20)	0.71 (0.63)	0.11 (0.06)	20%	64%	62%
	斗六	0.31 (0.14)	0.57 (0.15)	1.08 (0.62)	0.38 (0.13)	0.06 (0.04)	0.20 (0.20)	16%	59%	56%
	嘉義	1.02 (0.50)	0.33 (0.13)	0.07 (0.05)	0.16 (0.14)	0.42 (0.41)	0.07 (0.04)	13%	56%	49%
	小港	1.12 (0.50)	0.32 (0.09)	0.26 (0.31)	0.20 (0.21)	0.47 (0.66)	0.12 (0.06)	15%	59%	32%
	花蓮	0.79 (0.60)	0.31 (0.17)	0.10 (0.09)	0.05 (0.03)	0.11 (0.07)	0.04 (0.02)	6%	26%	29%
	六站	1.07 (0.62)	0.36 (0.19)	0.11 (0.15)	0.18 (0.17)	0.46 (0.51)	0.09 (0.06)	14%	56%	45%
2018夏	板橋	1.39 (1.19)	0.34 (0.15)	0.09 (0.09)	0.15 (0.08)	0.36 (0.24)	0.10 (0.04)	10%	51%	52%
	忠明	1.45 (1.26)	0.49 (0.29)	0.07 (0.04)	0.26 (0.24)	0.60 (0.61)	0.18 (0.19)	15%	55%	72%
	斗六	1.48 (1.35)	0.66 (0.56)	0.07 (0.06)	0.28 (0.28)	0.69 (0.75)	0.15 (0.14)	16%	51%	68%
	嘉義	1.47 (1.26)	0.53 (0.42)	0.06 (0.03)	0.21 (0.21)	0.51 (0.56)	0.12 (0.12)	12%	49%	67%
	小港	1.23 (0.63)	0.44 (0.23)	0.20 (0.19)	0.17 (0.13)	0.30 (0.33)	0.16 (0.08)	12%	41%	45%
	花蓮	1.06 (0.80)	0.32 (0.16)	0.15 (0.13)	0.08 (0.04)	0.13 (0.07)	0.09 (0.05)	7%	29%	39%
	六站	1.34 (1.10)	0.47 (0.35)	0.11 (0.12)	0.19 (0.19)	0.43 (0.51)	0.13 (0.12)	12%	48%	55%
2017秋	板橋	1.53 (1.07)	0.67 (0.65)	0.19 (0.18)	0.19 (0.18)	0.52 (0.60)	0.08 (0.04)	11%	44%	29%
	忠明	1.76 (0.92)	1.25 (1.17)	0.10 (0.08)	0.43 (0.26)	1.26 (0.92)	0.13 (0.07)	20%	50%	57%
	斗六	2.35 (1.07)	2.83 (1.97)	0.31 (0.27)	0.45 (0.30)	1.22 (1.01)	0.19 (0.15)	16%	30%	38%
	嘉義	2.41 (1.07)	2.89 (2.11)	0.32 (0.29)	0.46 (0.35)	1.22 (1.22)	0.22 (0.19)	16%	30%	40%
	小港	2.43 (1.11)	2.58 (2.27)	0.15 (0.11)	0.65 (0.41)	1.75 (1.15)	0.28 (0.24)	21%	40%	64%
	花蓮	0.77 (0.56)	0.69 (0.67)	0.19 (0.20)	0.05 (0.02)	0.10 (0.06)	0.05 (0.03)	6%	12%	20%
	六站	1.88 (1.13)	1.82 (1.85)	0.21 (0.21)	0.37 (0.34)	1.01 (1.04)	0.16 (0.16)	17%	36%	43%
2018秋	板橋	1.14 (0.47)	0.69 (0.51)	0.12 (0.12)	0.15 (0.04)	0.29 (0.10)	0.13 (0.05)	12%	30%	51%
	忠明	1.74 (1.01)	1.54 (1.85)	0.11 (0.11)	0.35 (0.27)	0.84 (0.74)	0.21 (0.11)	17%	35%	65%
	斗六	2.28 (1.16)	3.44 (3.12)	0.28 (0.22)	0.39 (0.21)	0.86 (0.56)	0.27 (0.13)	15%	20%	49%
	嘉義	2.63 (1.31)	3.96 (3.66)	0.28 (0.26)	0.38 (0.20)	0.78 (0.53)	0.30 (0.14)	13%	17%	52%
	小港	2.61 (1.15)	3.62 (3.17)	0.16 (0.08)	0.64 (0.43)	1.54 (1.24)	0.38 (0.22)	20%	30%	70%
	花蓮	0.82 (0.43)	0.48 (0.22)	0.22 (0.20)	0.11 (0.04)	0.19 (0.08)	0.10 (0.05)	11%	28%	32%
	六站	1.86 (1.18)	2.26 (2.78)	0.19 (0.18)	0.33 (0.29)	0.75 (0.79)	0.23 (0.16)	15%	25%	54%

註:

1.各成分括弧內數字為各季節樣本濃度的標準偏差，各成分修正後成分=原始成分+揮發成分

2.揮發(%)=揮發成分/修正後成分

2． $PM_{2.5}$碳成分吸附與揮發修正

圖 4.3.7 顯示 6 個測站 2017 年 12 月至 2018 年 11 月底採樣期間，各樣本 $PM_{2.5}$碳成分正干擾（吸附）與負干擾（揮發損失）時間序列變化。6 個觀測地區，正、負干擾變化趨勢呈現，正干擾變化穩定起伏不大，負干擾無季節變化趨勢，若有較高負干擾時多數為污染事件發生時期，如：3 月 3 日板橋站與斗六站在地污染濃度較高期間有相當高負干擾，當天污染特徵為前日殘留與在地污染排放；忠明站負干擾較高期間同樣為前日污染殘留與在地污染影響較為嚴重時期(2 月 25 日、3 月 15 日)；嘉義站 12 月與 1 月份也有較高的負干擾，但當時多為在地與區域外污染傳輸共同影響所造成的高濃度；小港站的高負干擾則多發生在地污染事件。

從各觀測地區負干擾數值變化特性可發現，污染事件與季節的劃分仍難以掌握其特性，雖然發生污染事件時通常有較高的負干擾，但低濃度時期也可能量測到相對高的負干擾數值，如：板橋站 7 月 25 日及 31 日、花蓮站 3 月 15 日及 4 月 8 日。這顯示各地區負干擾數值的高低，與當地產業特性較有關，如：小港站污染濃度較高時期，負干擾一致較高，污染濃度較低時期，則一致較低，其他觀測地區則不一定隨污染濃度或污染類型有穩定變動。因此進一步分析 $PM_{2.5}$碳成分正干擾（吸附）與負干擾（揮發損失）在各站分布(表 4.3.16)，各揮發碳成分濃度以 OC3 (281~480℃析出)最高，並且各站皆以 OC3 有較高數值，OC3 屬於含碳數較高有機物，因此揮發性較低，量測到較高的揮發量顯示原本捕集於第一層濾紙微粒應有相當高 OC3 濃度。另外，OC3 來源多為汽油車和生質燃燒排放，是否各觀測地區有較高負干擾時期多為交通和生質燃燒排放影響？此部分由受體模式結果可得到驗證。

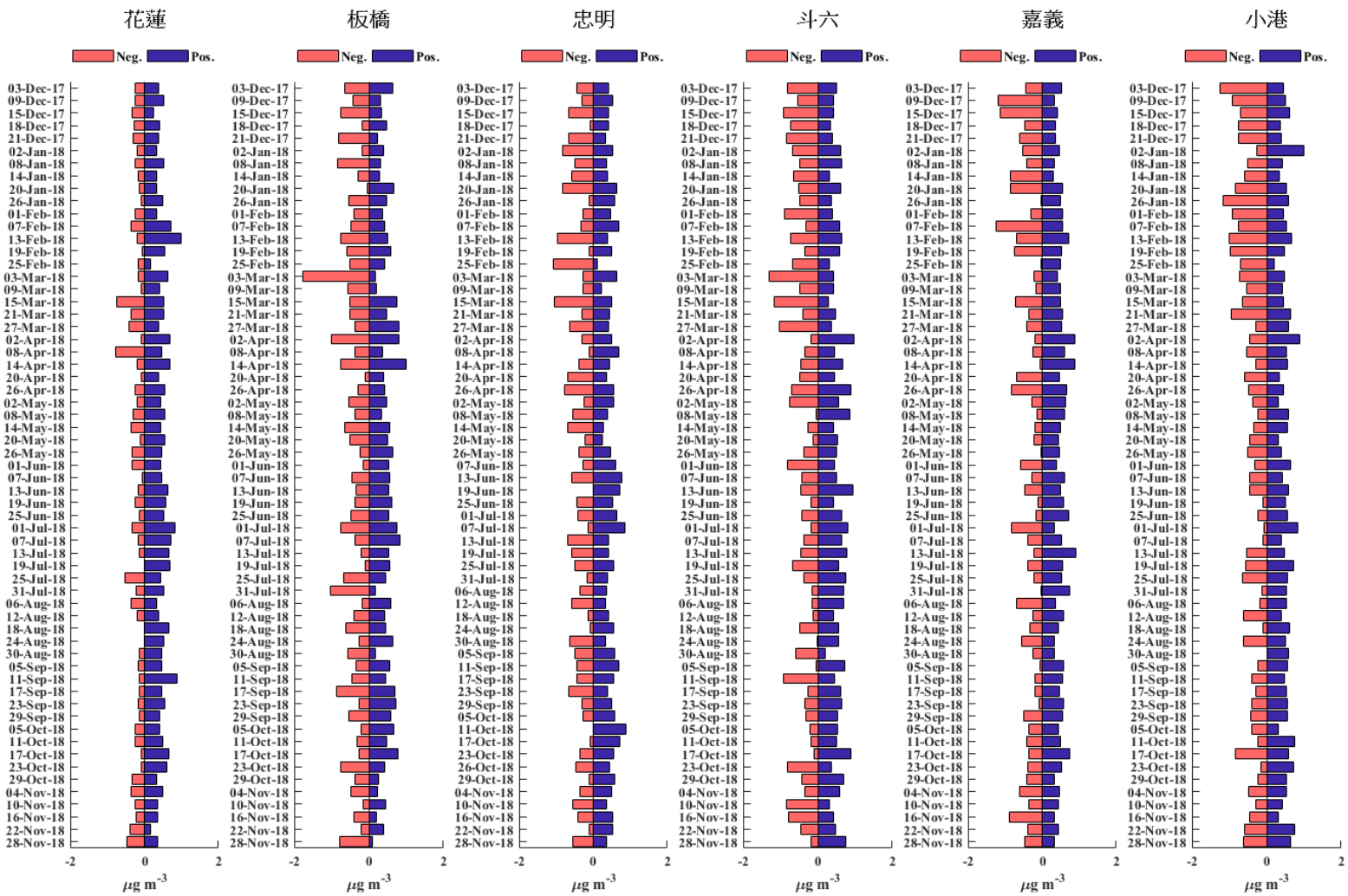


圖 4.3.7 各站例行性觀測期間 $PM_{2.5}$ 碳成分正、負干擾 (pos：濾紙吸附；neg：成分揮發)時間序列變化

表 4.3.16 各站例行性採樣期間 $PM_{2.5}$ 碳成分正(吸收)、負(揮發)干擾分布

μg m^{-3}	項目	OC1	OC2	OC3	OC4	OP
板橋	揮發	0.14 (0.11)	0.13 (0.09)	0.19 (0.12)	0.02 (0.03)	0.00 (0.00)
	吸附	0.14 (0.08)	0.16 (0.06)	0.19 (0.09)	0.00 (0.02)	0.00 (0.00)
忠明	揮發	0.12 (0.10)	0.11 (0.08)	0.18 (0.12)	0.01 (0.02)	0.00 (0.00)
	吸附	0.14 (0.06)	0.16 (0.06)	0.19 (0.07)	0.00 (0.01)	0.00 (0.00)
斗六	揮發	0.12 (0.10)	0.13 (0.09)	0.23 (0.13)	0.02 (0.03)	0.00 (0.00)
	吸附	0.16 (0.07)	0.18 (0.06)	0.20 (0.07)	0.01 (0.02)	0.00 (0.00)
嘉義	揮發	0.09 (0.09)	0.12 (0.08)	0.19 (0.13)	0.02 (0.03)	0.00 (0.00)
	吸附	0.16 (0.07)	0.16 (0.05)	0.19 (0.06)	0.00 (0.01)	0.00 (0.00)
小港	揮發	0.14 (0.11)	0.13 (0.07)	0.22 (0.12)	0.01 (0.02)	0.00 (0.00)
	吸附	0.17 (0.07)	0.17 (0.05)	0.20 (0.06)	0.00 (0.01)	0.00 (0.00)
花蓮	揮發	0.04 (0.04)	0.07 (0.05)	0.12 (0.09)	0.01 (0.02)	0.00 (0.00)
	吸附	0.15 (0.08)	0.16 (0.05)	0.19 (0.07)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)
六站	揮發	0.11 (0.10)	0.11 (0.08)	0.19 (0.12)	0.01 (0.03)	0.00 (0.00)
	吸附	0.15 (0.07)	0.16 (0.05)	0.19 (0.07)	0.00 (0.01)	0.00 (0.00)

4.3.5 $PM_{2.5}$ 濃度大於 35 μg m^{-3} 污染事件來源及判別特徵

表 4.3.8 彙整 2017 年 12 月到 2018 年 11 月採樣日中環保署監測站 $PM_{2.5}$ 日平均值或本計畫手動採樣 $PM_{2.5}$ 質量濃度大於 35 μg m^{-3} 的事件日（以下簡稱高濃度事件），同時列出採樣期間以逆軌跡、監測站氣象因子及污染物監測資料推論的事件特徵。

6 個測站中空氣品質最好的測站是花蓮站，沒有發生任何高濃度事件，其他 5 個監測站，$PM_{2.5}$ 高濃度事件發生頻率明顯由北往南遞增。採樣期間特別是中部及雲嘉地區，污染事件主要集中於春季(3 至 5 月)。

本計畫將事件劃分為三大類型，在地污染、區域外污染傳輸以及境外污染傳輸。從表格彙整結果顯示在地污染現象特徵主要為 $PM_{2.5}$ 濃度與各類移動源與固定源前驅污染物變化相似，此類現象於各地都有出現，特別是雲嘉地區以及小港站，與固定排放源氣態污染物變化趨勢相似的現象多於其他地區。區域外污染傳輸現象在忠明站及斗六及嘉義站出現頻率較高，時常觀測到 $PM_{2.5}$ 濃度隨風速上升的現象，除了與上風處污染源排放有關，東北季風時期，中部地區主要以北風為主，因此吹拂北風時可能受到上風處污染傳輸影響，同時將出現污染物濃度由

北至南遞增的現象，如：1 月 20 日及 3 月 27 日等事件日。另外，氣流傳輸至小港地區時風速已下降不少，因此小港站於其他中部及雲嘉測站發生區域污染傳輸事件時，污染事件特徵仍以在地污染為主，$PM_{2.5}$ 上升時段多為低風速，小港站監測資料顯示，這天 $PM_{2.5}$ 濃度隨風速上升時主要吹拂西風，因此受到北部都會污染傳輸影響的機會較低，這些區域外污染物主要來自測站西邊港口。計畫執行期間於 2 月 1 日和 3 月 9 日觀測到北部測站受到境外傳輸污染影響，但是這兩天都未達事件濃度，嘉義站在兩次事件中有受到區域污染傳輸影響，並達到事件等級，小港站僅在 2 月 1 日受到影響，原因如同前述結果，強勁東北季風傳輸至小港地區時，風速明顯下降，因此影響範圍大多只影響至雲嘉地區，3 月 9 日小港站主要為擴散條件不佳所形成的在地污染事件為主。

除了前述三種事件類型，夜間污染殘留與日間光化學反應也是影響 $PM_{2.5}$ 濃度的一大因子，這些現象在各事件特徵中都可發現，其中，污染殘留主要原因為夜間污染物擴散條件不佳，由監測資料中發現風速常低於 1 m s^{-1}，$PM_{2.5}$ 濃度相當高的情況(此處定義為 0 點小時值大於 35 μg m^{-3})，顯示污染物無法透過風力擴散稀釋，造成污染物於環境中不斷累積升高；日間的光化學反應在冬末春初的事件期間時常發生，這些事件臭氧濃度普遍高於其他時期，環境中較高的臭氧濃度將加速污染前驅氣體轉化為微粒使空氣品質惡化。

綜合前述結果，大多數污染事件主要成因與在地排放源有關，雖無法改善環境擴散條件，但可針對各項污染前驅氣體排放源進行管制，除了固定源與移動源外，構成光化學反應的相關前驅氣體，如 NO_x 及 VOCs 的排放減量對於減少 $PM_{2.5}$ 濃度或降低事件發生頻率應有相當助益。

表 4.3.17 例行性採樣期間 $PM_{2.5}$ 濃度大於 35 μg m^{-3} 污染來源及判別特徵
(灰色為濃度大於 54.5 μg m^{-3})

日期	$PM_{2.5}$ 濃度	來源	$PM_{2.5}$ 濃度變化特徵
			板橋站
2018/02/19	36	在地	前日殘留、與 NO_x 及 CO 變化相似
2018/03/03	82	在地	前日殘留、與 NO_x 及 CO 變化相似
			忠明站
2018/01/20	47	在地、區域	隨風速上升、與 NO_x 及 CO 變化相似
2018/02/25	38	在地	前日殘留、與 NO_x 及 CO 變化相似
2018/03/03	55	在地	前日殘留、與 NO_x 及 CO 變化相似
2018/03/15	43	在地	前日殘留、與 NO_x 及 CO 變化相似
2018/03/27	36	在地、區域	前日殘留、隨風速上升、與 NO_x、CO 及 SO_2 變化相似、光化學
2018/04/02	39	在地、區域	前日殘留、 與 NO_x 及 CO 變化相似、隨風速上升
2018/04/20	41	在地	前日殘留、 與 NO_x 及 CO 變化相似、光化學
2018/10/26	36	在地、區域	隨風速上升、與 NO_x、CO 及 SO_2 變化相似、光化學
2018/11/10	38	在地、區域	隨風速上升、與 NO_x 及 CO 變化相似、光化學
			斗六站
2017/12/09	38	在地	與 NO_x 及 CO 變化相似
2017/12/15	45	在地	與 NO_x、CO 及 SO_2 變化相似、光化學
2018/01/02	43	在地	與 NO_x 及 CO 變化相似
2018/01/20	59	在地、區域	隨風速上升、與 NO_x 及 CO 變化相似
2018/02/07	46	在地、區域	前日殘留、隨風速上升、與 NO_x、CO 及 SO_2 變化相似
2018/02/13	43	在地、區域	前日殘留、光化學、隨風速上升
2018/02/25	44	在地、區域	前日殘留、隨風速上升、與 NO_x、CO 和 SO_2 變化相似
2018/03/03	53	在地	前日殘留、與 NO_x 和 CO 變化相似
2018/03/15	44	在地、區域	前日殘留、光化學、隨風速上升、與 NO_x 及 CO 變化相似
2018/03/27	48	在地、區域	前日殘留、隨風速上升、光化學、與 NO_x、CO 及 SO_2 變化相似
2018/04/20	40	在地、區域	與 NO_x、CO 和 SO_2 變化相似
2018/04/26	46	在地、區域	與 NO_x、CO 及 SO_2 變化相似、光化學、隨風速上升
2018/10/29	35	在地、區域	前日殘留、隨風速上升、光化學、與 NO_x 及 CO 變化相似
2018/11/10	45	在地、區域	隨風速上升、光化學、與 NO_x 及 CO 變化相似
2018/11/16	48	在地、區域	前日殘留、隨風速上升、光化學、與 NO_x 及 CO 變化相似
			嘉義站
2017/12/09	42	在地、區域	隨風速上升、與 NO_x、CO 和 SO_2 變化相似
2017/12/15	43	在地、區域	隨風速上升、與 NO_x、CO 和 SO_2 變化相似、光化學
2018/01/02	43	在地、區域	隨風速上升、與 NO_x 和 CO 變化相似
2018/01/20	66	在地、區域	前日殘留、隨風速上升、與 NO_x 和 CO 變化相似
2018/02/01	37	在地、區域	隨風速上升、與 NO_x 和 CO 變化相似
2018/02/07	53	在地、區域	前日殘留、與 NO_x、CO 和 SO_2 變化相似、隨風速上升

日期	$PM_{2.5}$ 濃度	來源	$PM_{2.5}$ 濃度變化特徵
2018/02/13	41	在地、區域	前日殘留、與 NO_x 及 CO 變化相似、 隨風速上升、光化學
2018/02/19	37	在地	隨風速上升、與 NO_x 和 CO 變化相似
2018/02/25	48	在地、區域	前日殘留、隨風速上升
2018/03/03	52	在地	前日殘留、與 NO_x、CO 和 SO_2 變化相似
2018/03/09	35	在地、區域	隨風速上升、與 NO_x 和 CO 變化相似
2018/03/15	44	在地、區域	前日殘留、隨風速上升、與 NO_x、CO 和 SO_2 變化相似、光化學
2018/03/27	48	在地、區域	前日殘留、隨風速上升、與 NO_x、CO 和 SO_2 變化相似、光化學
2018/04/26	43	在地、區域	前日殘留、隨風速上升、與 NO_x、CO 和 SO_2 變化相似、光化學
2018/11/10	38	在地、區域	隨風速上升、與 NO_x、CO 和 SO_2 變化相似、光化學
2018/11/16	51	在地、區域	隨風速上升、與 NO_x、CO 和 SO_2 變化相似、光化學
			小港站
2017/12/03	42	在地	與 NO_x、CO 和 SO_2 變化相似、光化學
2017/12/09	53	在地、區域	隨風速上升、與 NO_x、CO 和 SO_2 變化相似
2017/12/15	40	在地、區域	隨風速上升、與 NO_x、CO 和 SO_2 變化相似、光化學
2018/01/02	49	在地、區域	隨風速上升、前日殘留、與 NO_x、CO 和 SO_2 變化相似、光化學
2018/01/20	62	在地、區域	隨風速上升、前日殘留、與 NO_x、CO 和 SO_2 變化相似、光化學
2018/02/01	46	在地、區域	隨風速上升、與 NO_x、CO 和 SO_2 變化相似
2018/02/07	50	在地、區域	前日殘留、隨風速上升、與 NO_x、CO 和 SO_2 變化相似
2018/02/13	46	在地、區域	隨風速上升、前日殘留、與 NO_x、SO_2 和 CO 變化相似、光化學
2018/02/19	35	在地	前日殘留、 與 NO_x 和 CO 變化相似、光化學
2018/02/25	46	在地、區域	隨風速上升、前日殘留、與 NO_x、SO_2 和 CO 變化相似、光化學
2018/03/09	42	在地	與 NO_x、SO_2 和 CO 變化相似
2018/03/15	45	在地	前日殘留、與 NO_x、SO_2 和 CO 變化相似、光化學
2018/03/27	44	在地、區域	隨風速上升、前日殘留、與 NO_x、SO_2 和 CO 變化相似、光化學
2018/11/04	41	在地、區域	前日殘留、隨風速上升、與 NO_x 和 CO 變化相似
2018/11/16	48	在地、區域	前日殘留、隨風速上升、與 NO_x 和 CO 變化相似、光化學
2018/11/22	36	在地、區域	前日殘留、隨風速上升、與 NO_x 和 CO 變化相似

註:

1. 此處 $PM_{2.5}$ 濃度為本計畫手動量測並經過揮發與吸附修正結果。
2. 「前日殘留」指 0 點起 $PM_{2.5}$ 濃度監測值已大於 35 $\mu g\ m^{-3}$。
3. 「光化學」指日間 O_3 達 65 ppb 以上。

表 4.3.18 彙整計畫執行期間各測站各季節污染事件發生次數、質量濃度與化學成分濃度與當季非污染事件樣本差異。**冬季觀測期間**污染事件發生次數以雲嘉到高雄地區發生頻率最高，北部板橋僅出現 2 月 19 日一天污染事件，污染事件期間各類型化學成分普遍呈現增量的現象，板橋站 K^+以及 K、Sr、Ba、Pb 元素濃度數十倍的增量顯示受到生質燃燒與炮竹施放影響，此外 Co、Cd、Sb、V 元素濃度約有 4 倍以上增量，這些元素與交通、金屬製造以及燃油燃燒有關，來源相當分歧。忠明站冬季污染事件出現兩次，化學成分的變化與板橋有相當大差異，大多數金屬元素呈現負成長，但是元素 Co、Zn、V、As 及 Se 增幅約 1 倍以上，這些成分大多屬於燃油與煤碳燃燒指標元素，其中 Co 及 Zn 雖可作為交通源指標，但此處其他交通源指標元素卻為負成長，顯示受到交通排放影響有限，離子成分除了 Mg^{2+}外，SO_4^{2-}及 NO_3^-也呈現增量的現象，顯示固定源直接排放與環境中衍生污染物濃度明顯上升，因此冬季的忠明污染事件應與工業排放有關。雲嘉地區的斗六站與嘉義站顯示出兩地區在冬季污染事件化學成分增益污染物具有同源的可能性，但斗六站似乎在 Ca^{2+}與元素 Al 及 Ti 等揚塵指標物種有更明顯的增益，可能與當地揚塵較多有關，嘉義站則有較高的元素 Sr，其他共同有明顯增量的成分為 Ni、V、As、Cd 等常見燃油與燃煤指標元素，另外無機鹽類的 SO_4^{2-}與 NO_3^-同樣增量約一倍，嘉義站較高，顯示兩地同受工業排放衍生污染影響但嘉義站有些成分增量較大。小港站在冬季污染事件時各類化學成分增量較北部及中部測站不明顯，這可能與小港站冬季平均污染濃度較高有關，污染事件時小港站 Co、Ni、Zn、Cd、Sb 及 As 增量最為明顯，這些指標元素主要與交通排放及燃料燃燒有關，另外離子成分中 Cl^-、NH_4^+與 NO_3^-的增量較大，這顯示小港站污染事件時以在地排放衍生物為主。彙整來說，冬季污染事件各站 SO_4^{2-}和 NO_3^-增量相當，但小港站 SO_4^{2-}和 NO_3^-的增量較其他測站低，可能與小港站冬季平均污染濃度較高有關，元素 Co、Zn、Ni 及 As 的增量是各站較為明顯的物種，並且增量幅度多在 90%以上，針對這些金屬元素來源管制，可能有助於降低冬季污染濃度。

春季觀測期間各地污染事件頻率呈現中部以南各地區有明顯減少的趨勢，並以小港站減少最多，板橋站同樣只發生一次污染事件，為 3 月 3 日的在地型態污染事件，離子成分增量以 NO_3^-、Cl^-及 Mg^{2+}最為明顯，較高的 NO_3^-顯示受到在地

工業與交通排放影響較多，Cl^-及 Mg^{2+}則可能受到海鹽的影響，這天是元宵節隔日，各類型元素濃度在這天都有相當顯著的增量，這些指標元素分別為交通來源(Cu、Zn、Ba)、燃煤燃燒(Cd、Sn、As、Se)及燃油燃燒(V、Ni)。忠明站在春季污染事件 NO_3^-增量為無機離子中最為顯著的物種，顯示當時在地排放影響較為嚴重，此外 EC 也高達兩倍以上的增量，可能與交通排放等原生排放源有關，前述污染事件特徵可發現這些採樣日忠明站都出現有前日污染殘留現象，各金屬元素普遍呈現增量現象，除了揚塵指標元素 Al、Ti 外，燃煤燃燒指標元素 Al、Sr、Cd、Pb、As 及 Se 都有明顯的增量，並且以元素 Se 增量近六倍最為顯著，交通來源指標元素 Cu、Ba、Co 的增量也同樣約有 2.7 至 6 倍的增量。斗六站春季污染事件與忠明站雷同，NO_3^-與 EC 是離子與碳成分中濃度增量最多的成分，顯示在地排放的影響在春季較為顯著，金屬元素成分增量比起冬季則有明顯不同，主要以交通來源指標元素 Zn、Mo、Cd、Cu 及 Sn 增量最為明顯，燃煤燃燒指標元素 Se 與 As 的增量也相較於冬季明顯提高。嘉義站春季污染事件時主要增量成分除了前述測站的 NO_3^-與 EC 有明顯增量外，離子 K^+與元素 K 的增量也十分明顯，指出嘉義站受到生質燃燒的影響比其他地區更為突出，金屬元素成分中，元素 Cu，Ba、As 及 Se 是增量幅度較高的物種，顯示車輛剎車磨損與燃煤燃燒是當時影響污染物濃度的主要因子。小港站離子成分的增量主要以 NO_3^-為主，增量幅度高達 6 倍以上，碳成分中則以 OC 的增量略高於 EC，SO_4^{2-}的增量較小，顯示小港站春季主要受到地污染源排放衍生的影響，金屬元素部分呈現元素 Co、Mo、As 及 Se 增量較為顯著。綜合春季各測站污染事件增量成分，可以發現春季以 NO_3^-的增量最為明顯，SO_4^{2-}增量較小，碳成分中則以 EC 增量較大，似乎暗示春季污染事件大多數與在地污染事件為主，而增量的 EC 則可能與交通排放有關，特別是柴油引擎車輛，各類型指標元素的增量，除了揚塵指標元素外，各地區 Co、Cu、As、Se、Pb 增量幅度最為顯著，增量幅度都在 1 倍以上，並且為各站都增量的成分，顯示交通排放與燃煤燃燒對於春季污染物濃度的貢獻十分顯著。

秋季觀測期間西部測站除了板橋站以外都出現污染事件，整體 $PM_{2.5}$ 濃度增幅低於春季但與冬季相近，其中以小港站增幅最小，主要原因與秋季小港站非污染事件樣本濃度較高有關，隨污染事件而濃度增量明顯的離子為 NO_3^-與 Cl^-，兩類離子於四個測站間增量比例皆超過 1 倍以上，特別是硝酸鹽放大的現象更為明

顯，此外 SO_4^{2-}雖然也有增量，但幅度約在 90%以內，並且由中至南遞減，顯示區域污染對於雲嘉以南地區影響有限，值得注意的是雲嘉兩站 K^+ 增量幅度顯著，高達 165%與 171%，這顯示當地受到生質燃燒影響，因此秋季農廢燃燒的管制，可有助於降低雲嘉等地秋季污染程度。金屬元素成分在秋季污染事件時增量幅度以忠明站最為顯著，斗六及嘉義站元素增幅則呈現向南遞減的現象，這些元素大多與生質燃燒、工業排放及交通指標元素有關，元素濃度變化有隨區域遞減現象，推測與秋季污染成因大多為區域污染物交互影響有關，由於小港站較為南方，受到季風影響程度小，多數元素更呈現減少的現象，與其他測站事件特徵不同，可能僅受到在地擴散條件不佳影響，元素僅有 Sb、K、Cr 等元素微幅上升，這些元素為交通排放指標(Sb、Cr)與生質燃燒指標元素。綜合各站秋季污染時期特徵可發現，NO_3^-與 Cl^-隨污染事件而濃度增量明顯，特別是硝酸鹽放大的現象更為明顯，此外 SO_4^{2-}雖然也有增量，但幅度較小。中部及雲嘉地區受到季風傳輸影響導致濃度增加，但小港站仍以在地排放的影響性較為顯著。另外，雲嘉地區秋季有生質燃燒、工業排放及交通污染，板橋站則沒有出現污染事件。

表 **4.3.18** 例行性採樣期間各季節污染事件與非污染事件化學成分濃度增量百分比**(%)**

季節	冬季					春季					秋季			
測站	板橋	忠明	斗六	嘉義	小港	板橋	忠明	斗六	嘉義	小港	忠明	斗六	嘉義	小港
事件次數	**1**	**2**	**7**	**9**	**9**	**1**	**5**	**5**	**4**	**3**	**2**	**3**	**2**	**3**
$PM_{2.5}$	142	97	87	101	66	270	146	136	143	132	114	108	96	66
Na^+	96	14	40	36	15	43	41	15	34	-17	14	18	67	3
K^+	971	-21	6	52	10	-33	-34	-18	62	-81	77	165	171	21
Mg^{2+}	300	260	168	135	20	591	137	76	234	41	-15	5	69	-9
Ca^{2+}	111	64	130	36	62	-37	25	15	14	11	20	4	55	27
SO_4^{2-}	131	124	97	138	35	142	93	54	63	53	91	59	84	64
NH_4^+	116	152	111	160	84	347	196	172	135	207	135	93	105	84
NO_3^-	145	140	127	136	89	1120	522	476	440	635	280	188	200	135
Cl^-	127	63	102	115	92	623	251	166	204	70	153	115	163	73
OC	128	22	39	48	25	192	97	119	157	96	86	90	56	51
EC	81	2	75	54	22	176	225	152	234	84	103	70	52	28
Al	391	-13	135	96	56	61	270	107	112	82	79	156	-47	6
Fe	144	-17	129	123	83	122	144	61	50	130	136	49	6	9
Na	203	48	104	84	39	28	54	27	38	-23	90	69	66	-3
Mg	806	0	177	177	99	82	134	41	52	30	64	54	-21	-28
K	1588	59	92	97	67	395	166	85	359	162	149	242	67	19
Ca	135	-27	144	117	77	-31	131	24	-34	29	141	130	-75	-52
Sr	7455	20	49	196	22	506	206	-25	295	40	8	-26	-54	-60
Ba	2181	2	47	64	30	276	726	-41	827	62	41	0	-83	-25
Ti	179	-25	134	61	58	81	445	106	88	288	-92	-91	-93	25
Mn	108	-13	145	126	99	186	141	115	126	184	120	110	35	-10
Co	434	479	126	94	130	335	281	73	116	362	23	-15	-32	47
Ni	342	71	96	121	97	318	60	86	142	72	5	-37	-67	14
Cu	1931	70	81	127	52	602	173	125	335	140	115	56	6	-1
Zn	127	153	205	105	99	402	85	243	160	89	135	71	35	-5
Mo	144	-13	47	42	52	237	56	148	-22	301	98	72	30	4
Cd	441	64	163	89	95	244	120	247	85	-4	215	109	4	-11
Sn	490	167	69	4	62	492	176	132	117	54	140	70	-11	-16
Sb	560	-16	106	136	128	184	75	126	97	17	183	75	-4	42
Pb	2902	52	117	145	31	408	168	89	233	110	149	106	-68	-11
V	477	180	117	159	48	199	186	116	73	-15	42	-3	-17	-8
Cr	76	20	63	67	41	44	-8	21	-26	100	56	12	3	8
As	325	141	168	197	119	363	271	268	307	166	160	100	23	-4
Se	60	148	86	77	51	594	447	86	200	240	137	87	24	-12

4.3.6 各類型污染事件成因與差異探討

計畫執行觀測期間 $PM_{2.5}$ 濃度大於 54.4 μg m^{-3}（AQI 紅色層級）北、中、南部的測站都各有一天，板橋站和忠明站是 2018 年 3 月 3 日，$PM_{2.5}$ 濃度分別是 82 μg m^{-3} 和 55 μg m^{-3}；當天的高濃度事件特徵為風速低擴散條件不佳，以在地污染為主，除了小港站外，其它 4 個測站日平均濃度都超過空氣品質標準，斗六站和嘉義站 $PM_{2.5}$ 濃度雖超出空品標準數值但未達 AQI 紅色層級。1 月 20 日則是斗六、嘉義和小港站濃度依序為 59 μg m^{-3}、66 μg m^{-3} 以及 62 μg m^{-3}，當天明顯有區域傳輸發生，較高的風速將污染物由北往南傳輸，雖然小港站當天也有高濃度，但風速與 $PM_{2.5}$ 濃度變化有相反的趨勢，可能主要受在地污染貢獻。另一方面，採樣期間觀測到 3 次境外傳輸事件(2 月 1 日、3 月 9 日及 4 月 8 日)，這 3 日各地區空氣品質並未超出日平均值標準，因此並未於 4.2 節中特別提出討論，然而境外傳輸對於空氣品質的影響仍為近年國內所關注議題，因此本節將列出 3 次境外傳輸期間相關資料與分析結果。

本節將污染事件類型化分為三大類別，類型一，在地污染，主要成因為環境擴散條件不佳，事件特徵為低風速，受到低風速影響使污染物不易擴散稀釋，因而發生污染事件。類型二，區域外污染傳輸，事件特徵為 $PM_{2.5}$ 濃度隨風速上升，一般而言，環境風速高時，污染物可藉由風力擴散，使環境中 $PM_{2.5}$ 濃度不易累積，也因此空氣品質普遍良好，但發生區域外污染傳輸時，$PM_{2.5}$ 濃度將隨風速上升而增高。類型三，境外傳輸，事件特徵可藉由軌跡資料與模擬資料得知，發生境外傳輸時，與類型二事件相似，但軌跡來向多為華中與華北地區，時常發生於冬季與春季期間。

針對上述三類型事件的解析分為兩大部分，第一部份透過環保署空品監測網所提供的全台 24 小時 $PM_{2.5}$ 濃度分布以及網路提供的全世界環境風場及 $PM_{2.5}$ 濃度分布模擬結果（https://earth.nullschool.net）進行污染時環境風場與污染物傳輸解析；第二部分將比對事件期間與非事件期間 $PM_{2.5}$ 化學成分組成差異。本計畫列舉的事件日主要發生於 1 至 3 月，這段期間環境氣候十分相似，因此以 2017 年 12 月至 3 月份空氣品質符合日平均標準($PM_{2.5}$ 濃度小於 35 μg m^{-3})期間視為非事件期間，做為比較基礎。

1． 類型一 （在地污染排放）

(1) 環境風場模擬與污染物濃度分布

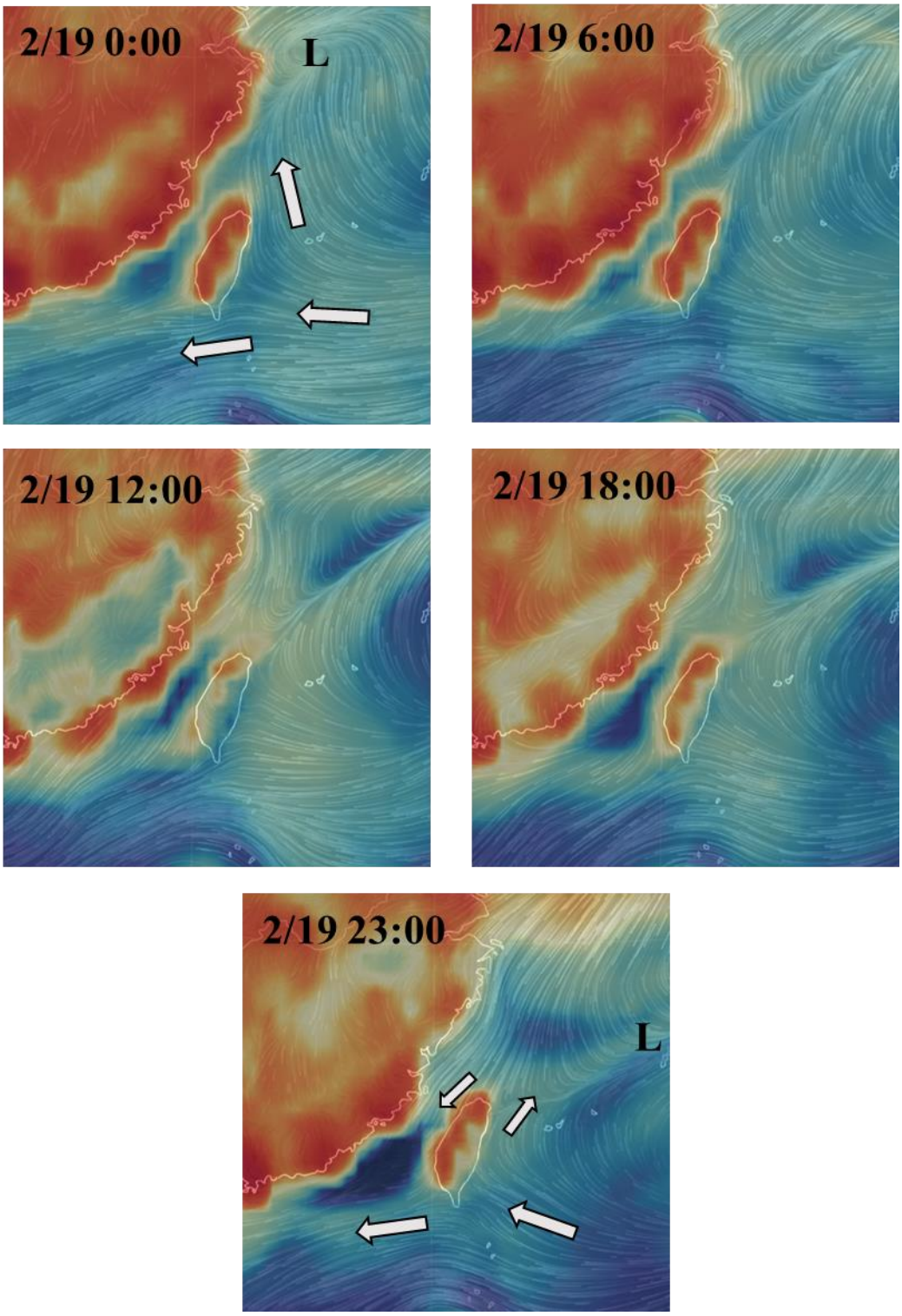
2018 年採樣期間觀測到數次各地區測站因環境擴散條件不佳導致 $PM_{2.5}$ 濃度持續在環境中累積上升的現象，本節選擇兩日具代表性採樣日，其中 3 月 3 日為春季採樣期間各觀測地區最高濃度，並且為元宵節次日；2 月 19 日則為農曆新年期間。因此，除了關注 $PM_{2.5}$ 濃度受到環境擴散條件改變而上升的現象外，傳統節慶帶來的污染物特徵也是本計畫所關注的項目。

2 月 19 日這天適逢正月初四，多數產業還在休假，因此污染排放源應相對平日減少許多，然而這天除了迎風面的花蓮站外，西部各測站 $PM_{2.5}$ 濃度普遍高於 35 μg m^{-3}，透過 4.2 節測站天氣因子可知，西部測站日平均風速為 1.4 至 1.6 m s^{-1}，污染濃度上升主要原因為環境擴散條件不佳。圖 4.3.8 風場與 $PM_{2.5}$ 質量濃度模擬資料可以看出當天台灣東北方外海有一低壓帶，氣流受到低壓牽引，西太平洋氣流由東分往西北與西南移動，因此各西部各站位於中央山脈背側的靜風區，污染物無法藉由風力擴散稀釋。雖然低壓帶有逐漸向太平洋西南移動，但背山靜風區塊並未有太大改變，導致整日污染物不易擴散。

從各地區監測資料中可發現這樣的現象自 0 時起便開始影響花蓮以外地區，污染持續時間相當長，午後西部地區污染濃度有些許下降，推測是受到地表溫度上升，空氣對流較為旺盛使污染物得以稀釋的影響，環境溫度最高達 29 至 30 度，大約傍晚時，污染物濃度稍有再上升(圖 4.3.9)。

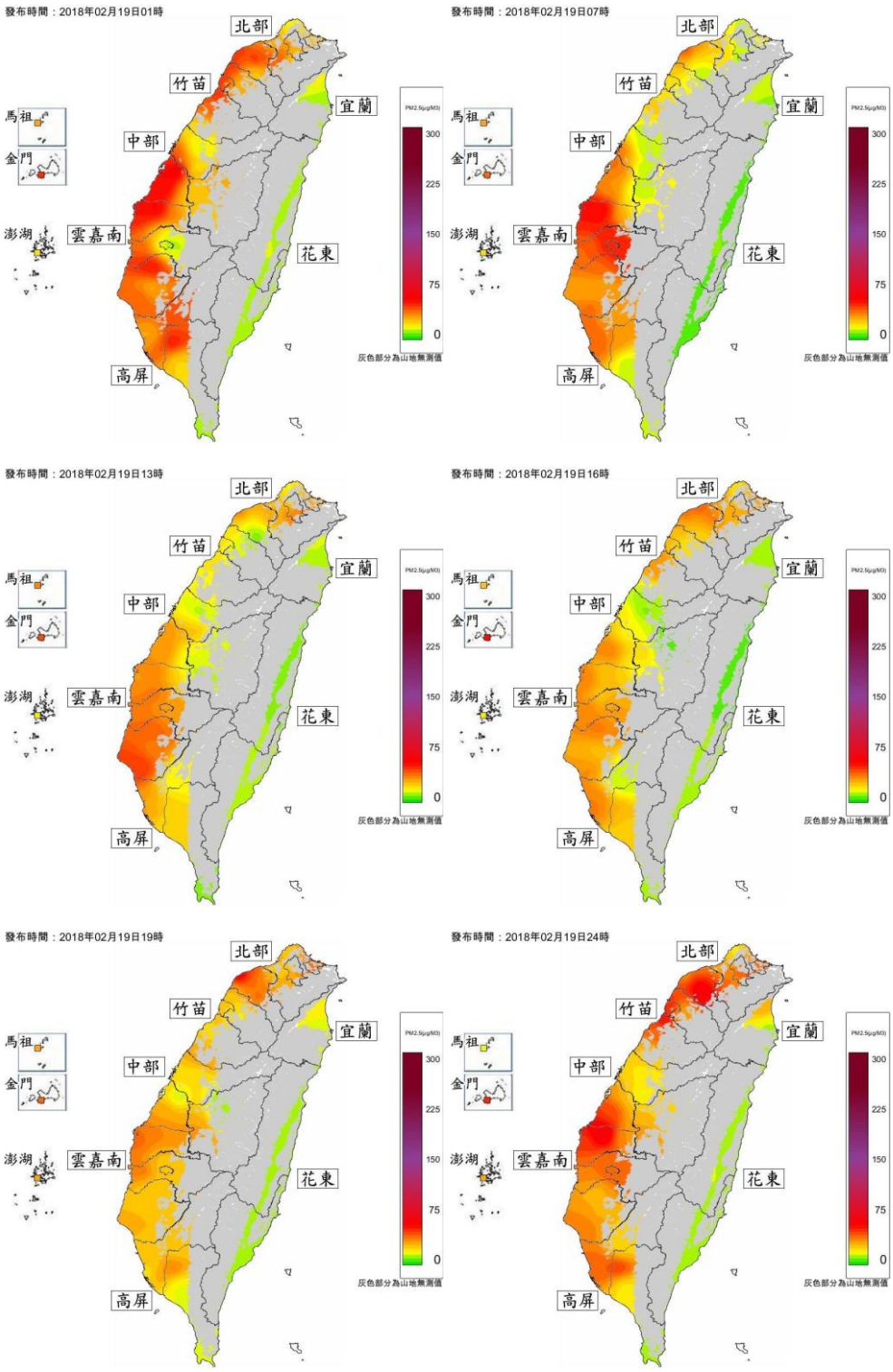
圖 4.3.10 顯示 3 月 3 日台灣北方有一低壓，氣流受到低壓牽引，導致台灣西部地區位於背風側，風速較低、擴散條件不佳。這樣的現象與 2 月 19 日十分相似，污染物同樣於午後下降，並在傍晚上升。圖 4.3.11 顯示這天除了高屏地區與花蓮地區以外，各西部都會區 0 時開始便存在相當高 $PM_{2.5}$ 濃度，0 時起 $PM_{2.5}$ 濃度已有 70 μg m^{-3} 以上，較高的起始濃度與擴散條件不佳的影響下，使這天北部至中部地區都達到春季採樣期間最高濃度。0 時 $PM_{2.5}$ 高濃度值，推測受到前日元宵節各地都有相關慶典以及煙火施放活動，再加上慶祝期間多於夜間進行，污染物擴散條件不如日間，因而容易使污染物累積。這天高屏地區受到影響的程度較小，透過圖 4.3.10 可知，當天中午過後中部地區氣流來向為台灣海峽，並由西

向東吹拂，使污染物不易擴散，而小港地區盛行風向則為東北風，有助於將污染物往沿海擴散，因此濃度較低。



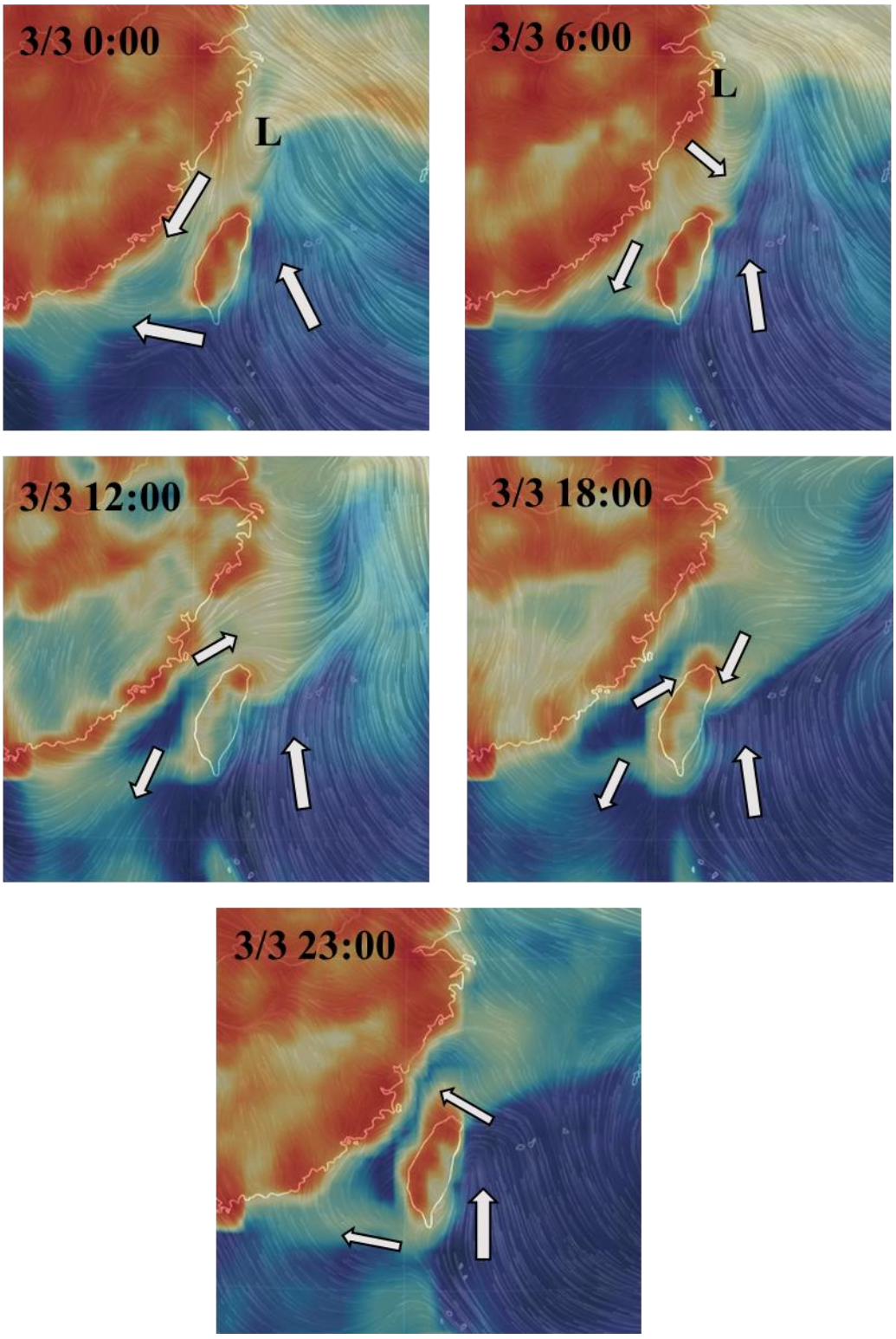
（資料來源：https://earth.nullschool.net）

圖 4.3.8 2018 年 2 月 19 日風場與 $PM_{2.5}$ 濃度模擬



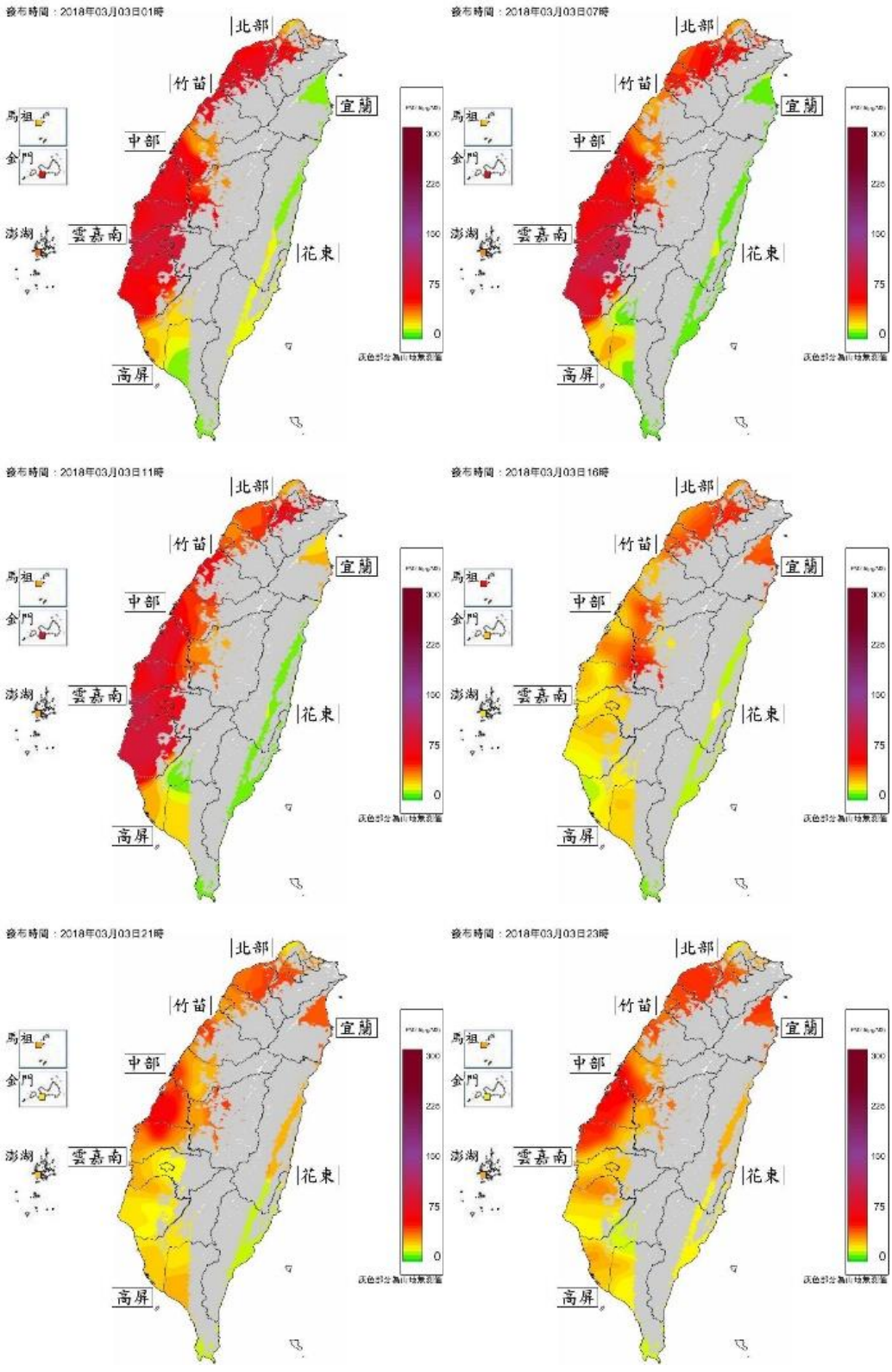
（資料來源：環保署 https://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/ContourMap.aspx）

圖 4.3.9 2018 年 2 月 19 日台灣各地區 $PM_{2.5}$ 濃度分布



（資料來源：https://earth.nullschool.net）

圖 4.3.10 2018 年 3 月 3 日風場與 $PM_{2.5}$ 濃度模擬



（環保署 https://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/ContourMap.aspx）

圖 4.3.11 2018 年 3 月 3 日台灣各地區 $PM_{2.5}$ 濃度分布

(2) $PM_{2.5}$化學成分差異

表 4.3.19 比較污染事件與非事件期間 $PM_{2.5}$ 濃度與化學成分濃度差異百分比，兩個事件日各地區除花蓮站，都受到低風速影響，因此擴散條件不佳，導致污染濃度累積升高。兩次事件日中特別是板橋站於 $PM_{2.5}$ 質量濃度的增幅最為明顯，在高占比離子成分中，2 月 19 日以 SO_4^{2-}增量最為明顯，3 月 3 日則為 NO_3^-，這樣的差異顯示兩次污染事件雖然都是起因於擴散條件不佳，但污染源卻不盡相同，以 2 月 19 日為例，當天為農曆春節期間，除了硫酸鹽類的增量，各觀測站皆可發現 K^+相較於當季平均值高出數倍，僅有小港地區增量幅度較小，金屬元素 K、Sr 及 Ba 等同樣有濃度倍的現象，這些指標元素除了元素 K 可作為生質燃燒指標元素外，當有共同高值時則可能與煙火及炮竹施放有關，另外各觀測站 Pb、Cu 及 V 的增量同樣值得注意，這些指標元素可能與交通排放的燃料燃燒以及零件損耗有關，此外，元素 V 亦可作為燃油燃燒指標元素。

3 月 3 日離子成分增量以 NO_3^-、Cl^-及 Mg^{2+}最為明顯，較高的 NO_3^-顯示受到在地工業與交通排放影響較多，Cl^-及 Mg^{2+}則可能受到海鹽的影響，另外嘉義站的元素 K 以及 K^+為各觀測站間增量最明顯的地區，顯示當地生質燃燒影響較為顯著。值得注意的是這天屬於元宵節隔日，監測資料顯示自 0 點開始環境中已有相當高污染物濃度，同時與 2 月 19 日相似都有較高的 Sr 及 Ba 濃度增量，因此不排除受到節慶期間施放煙火炮竹影響。另外，各類型元素濃度於 3 月 3 日這天都有相當顯著的增量，這些指標元素分別為交通來源(Cu、Zn、Ba)、燃煤燃燒(Cd、Sn、As、Se)及燃油燃燒(V、Ni)，顯示 3 月 3 日這天受到擴散條件不佳影響，各類型污染物濃度因此累積升高。

這兩日的在地污染型態化學成分增量，差異顯示，2 月 19 日 SO_4^{2-}增量較 NO_3^-明顯可能受到固定排放源影響較大，指標元素中有較高燃油指標元素 V 顯示重油燃燒是主要影響因子之一。另一方面 3 月 3 日較高的 NO_3^-與微粒碳成分，似乎顯示受到移動污染源排放影響較為顯著，不過各類型金屬元素增量相較於 2 月 19 日明顯，則可能與大環境擴散條件較差使污染濃度累積升高有關，燃料燃燒與移動污染源排放同屬這天主要污染影響因子。

表 4.3.19 類型一污染事件與非污染事件時期 $PM_{2.5}$ 化學成分濃度差異百分比(%)

日期	2 月 19 日						3 月 3 日					
測站	板橋	忠明	斗六	嘉義	小港	花蓮	板橋	忠明	斗六	嘉義	小港	花蓮
$PM_{2.5}$	142	23	30	62	19	55	270	210	172	168	29	34
Na^+	96	26	41	50	19	35	43	70	67	86	23	14
K^+	971	205	152	206	71	205	-33	-55	-77	214	84	-48
Mg^{2+}	300	37	69	90	104	75	591	187	140	342	33	64
Ca^{2+}	111	-5	57	11	-9	10	-37	11	-13	-13	-29	13
SO_4^{2-}	131	47	89	133	86	72	142	101	80	82	-9	39
NH_4^+	116	13	35	81	41	46	347	287	240	41	-1	8
NO_3^-	145	-23	8	45	1	20	1120	817	558	539	54	-3
Cl^-	127	-39	-9	-7	-55	60	623	815	394	501	105	-70
OC	128	27	15	39	10	39	192	90	167	218	69	40
EC	81	-12	18	33	0	-12	176	483	165	501	-1	22
Al	391	23	44	41	-13	-40	61	176	84	114	-38	-33
Fe	144	-32	-11	5	-17	-28	122	173	69	83	-17	-22
Na	203	-2	38	36	-4	30	28	66	49	82	-33	45
Mg	806	28	103	130	23	18	82	130	79	168	-26	45
K	1588	169	120	149	56	131	395	367	245	1063	53	83
Ca	135	-51	-7	-26	-32	-89	-31	14	-10	-16	-66	-25
Sr	7455	421	330	644	210	412	506	570	60	1059	53	71
Ba	2181	226	159	38	112	209	276	656	10	858	5	-62
Ti	179	-38	-3	8	-39	-16	81	412	91	76	-77	-40
Mn	108	-72	-40	-42	-50	-29	186	157	124	143	29	7
Co	434	-31	-19	-27	-21	-71	335	552	251	288	86	98
Ni	342	14	-2	24	33	91	318	168	147	177	14	67
Cu	1931	142	89	343	91	319	602	293	239	901	71	171
Zn	127	-57	-13	-21	-53	-41	402	120	291	185	34	30
Mo	144	-48	-39	-14	-36	-64	237	101	89	26	23	-7
Cd	441	106	43	21	51	57	244	220	195	200	-42	-1
Sn	490	-1	6	-28	137	223	492	221	204	164	30	9
Sb	560	-51	15	69	-19	34	184	98	125	66	-52	-30
Pb	2902	282	85	388	203	113	408	351	175	391	47	112
V	477	103	108	206	99	30	199	211	178	144	0	132
Cr	76	-35	-69	-45	-57	-25	44	119	9	7	20	-87
As	325	27	61	93	37	5	363	336	473	346	-22	15
Se	60	-29	9	4	-18	16	594	657	398	608	187	234

註: 差異百分比(%) = (測站事件日濃度－測站當季非事件平均濃度)÷測站當季非事件平均濃度

2． 類型二 （區域外污染傳輸）

(1) 環境風場模擬與污染物濃度分布

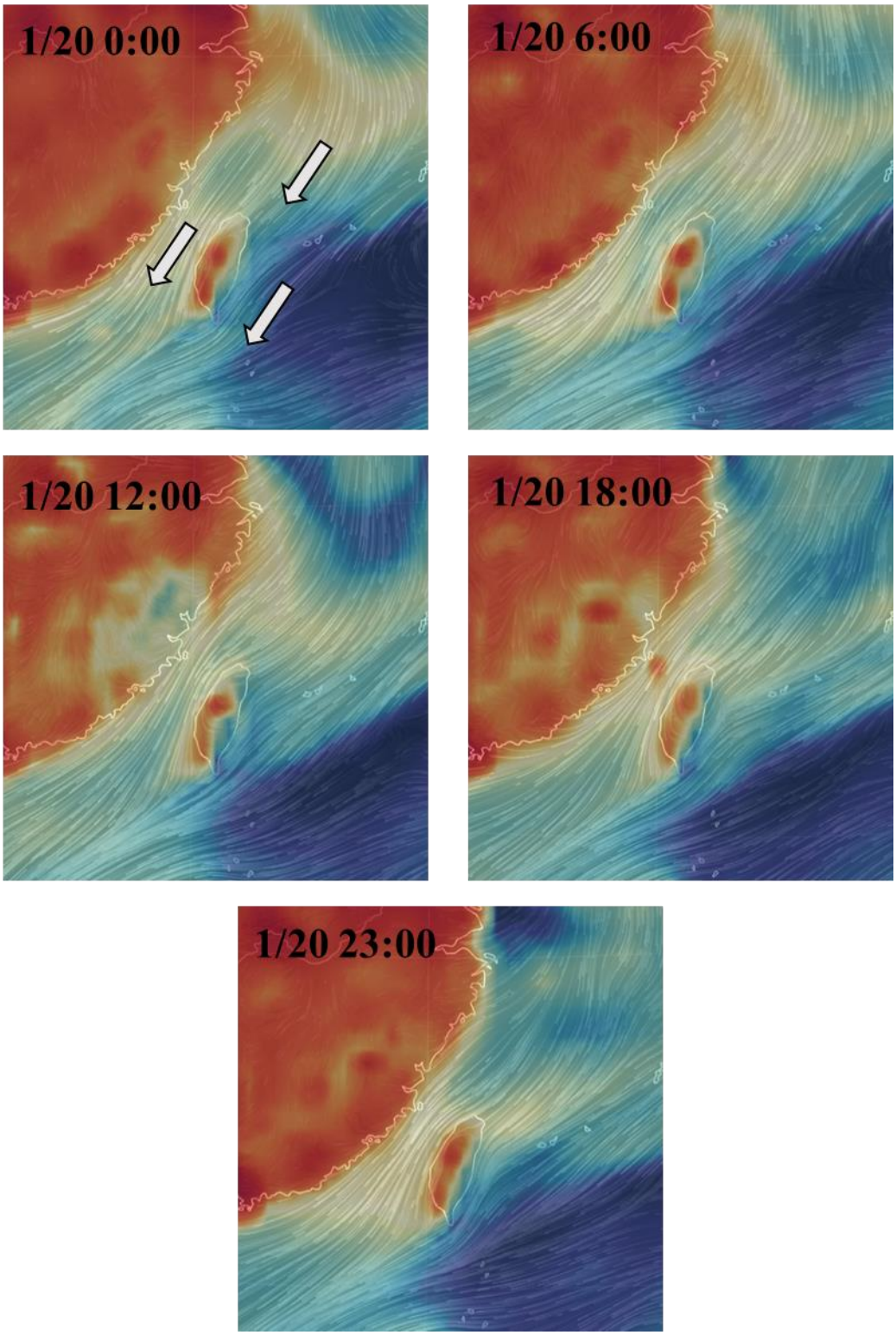
區域傳輸事件日氣流軌跡資料顯示氣流主要來自台灣東北方海面，因此受到境外污染物影響的可能性相當低，然而受到由北至南傳輸的氣流影響，各監測地區污染物濃度由北至南有逐漸遞增的現象，其中 1 月 20 日以及 11 月 16 日觀測期間較為典型的區域污染傳輸事件日 ，因此選擇這天作為案例。**(資料來源：https**://earth.nullschool.net)

圖 4.3.12 顯示 1 月 20 日清晨開始就有較強勁的東北季風，氣流來自海面，並快速從東北往西南移動，未夾帶中國境外污染物，由於台灣北部位於迎風面，監測資料顯示日平均風速高達 3 m s^{-1}，因此北部板橋站這天 $PM_{2.5}$ 濃度僅 22 μg m^{-3}。中部地區位於氣流下風處，接收來自北部的污染物，圖 4.3.13 顯示下午開始，中部以南除了高屏地區外，$PM_{2.5}$ 都明顯升高，顯示各地區除了在地排放影響外，都受到區域外污染物傳輸影響，導致高濃度發生。南部的小港站位於氣流傳輸尾端，因此受到傳輸影響最小，再透過 4.2.5 節分析結果指出當天污染物隨風速上升時段風向屬於西風，研判當日小港地區僅受到在地污染排放影響。

圖 4.3.14 顯示 11 月 16 日這天環境風場自 0 點起呈現盛行東風的型態，因此西部各觀測站自忠明以南都有不低的 $PM_{2.5}$ 濃度，花蓮站則是各觀測站濃度最低站，主要原因與當時位於迎風面有關。大環境風場一直至當天中午東北風才逐漸加強，西部五個觀測站自中午起皆可發現 $PM_{2.5}$ 由北向南延遲遞增的現象，顯示受到北部污染物傳輸影響，不過區域污染物對於小港站影響仍不顯著，當日僅受到約 2 小時區域污染物影響，下午 15 時過後風速降低至 2 m s^{-1} 污染物濃度便逐漸降低，顯示小港站仍以在地污染排放影響為主。區域污染物對於中部及雲嘉地區觀測站的影響一直持續至下午 17 時過後才減緩，北部板橋站則持續至 23 時皆呈現高風速狀態，因此當天板橋站並沒有較高 $PM_{2.5}$ 濃度出現。

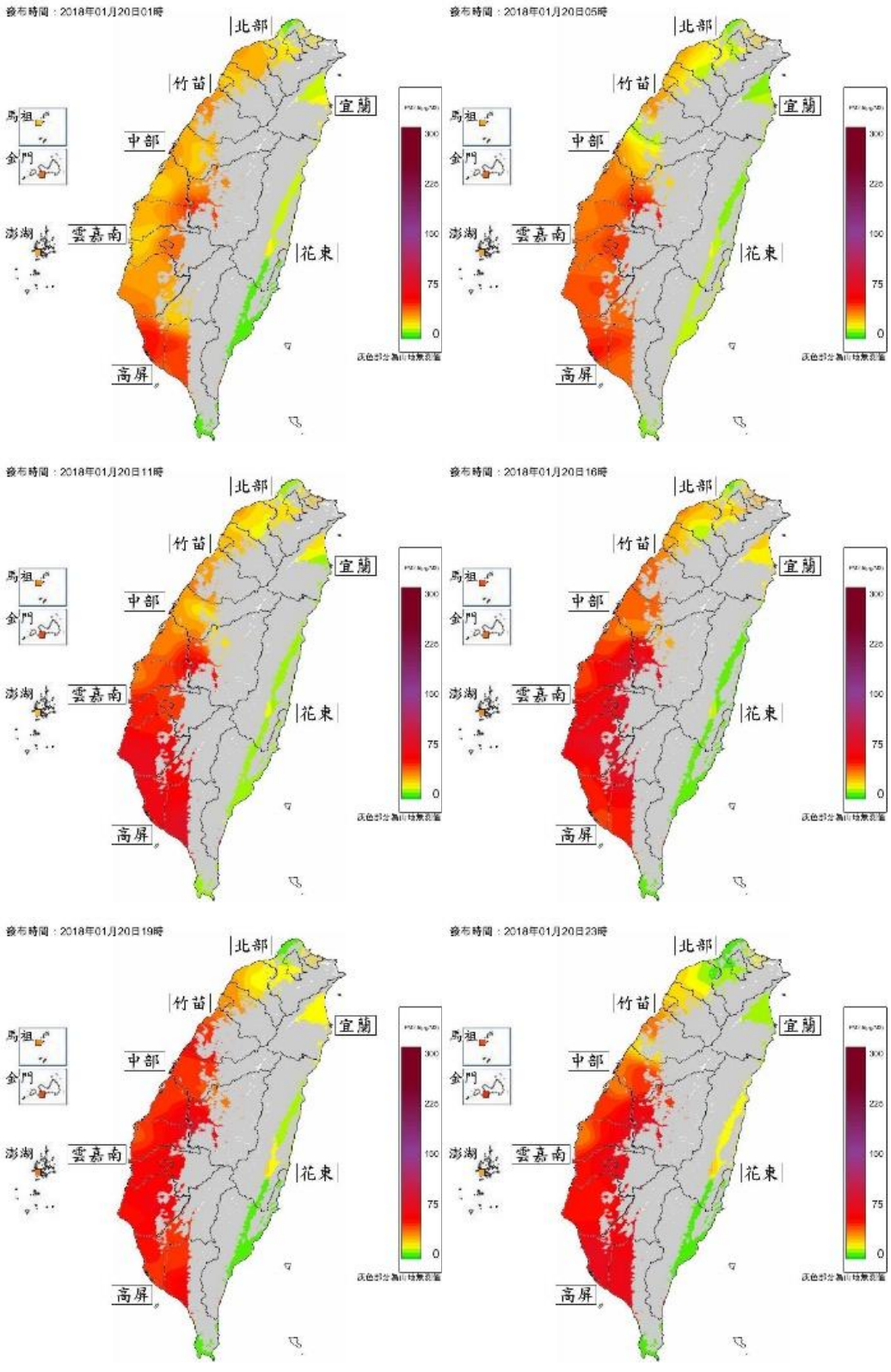
透過模擬與監測站資料分析這兩次污染事件資料可得知，在強勁東北季風時期，若氣流來向非中國內陸時，台灣西部各地特別是中部各站點將受到區域外污染傳輸影響，$PM_{2.5}$ 濃度也將呈現由板橋至嘉義站逐漸上升的現象，西部各地

$PM_{2.5}$ 濃度由板橋至嘉義呈現延遲上升的現象，這兩天小港雖然同樣出現區域傳輸現象，但是與北部傳輸氣流相異，小港站污染源主要來自測站西方港口區。



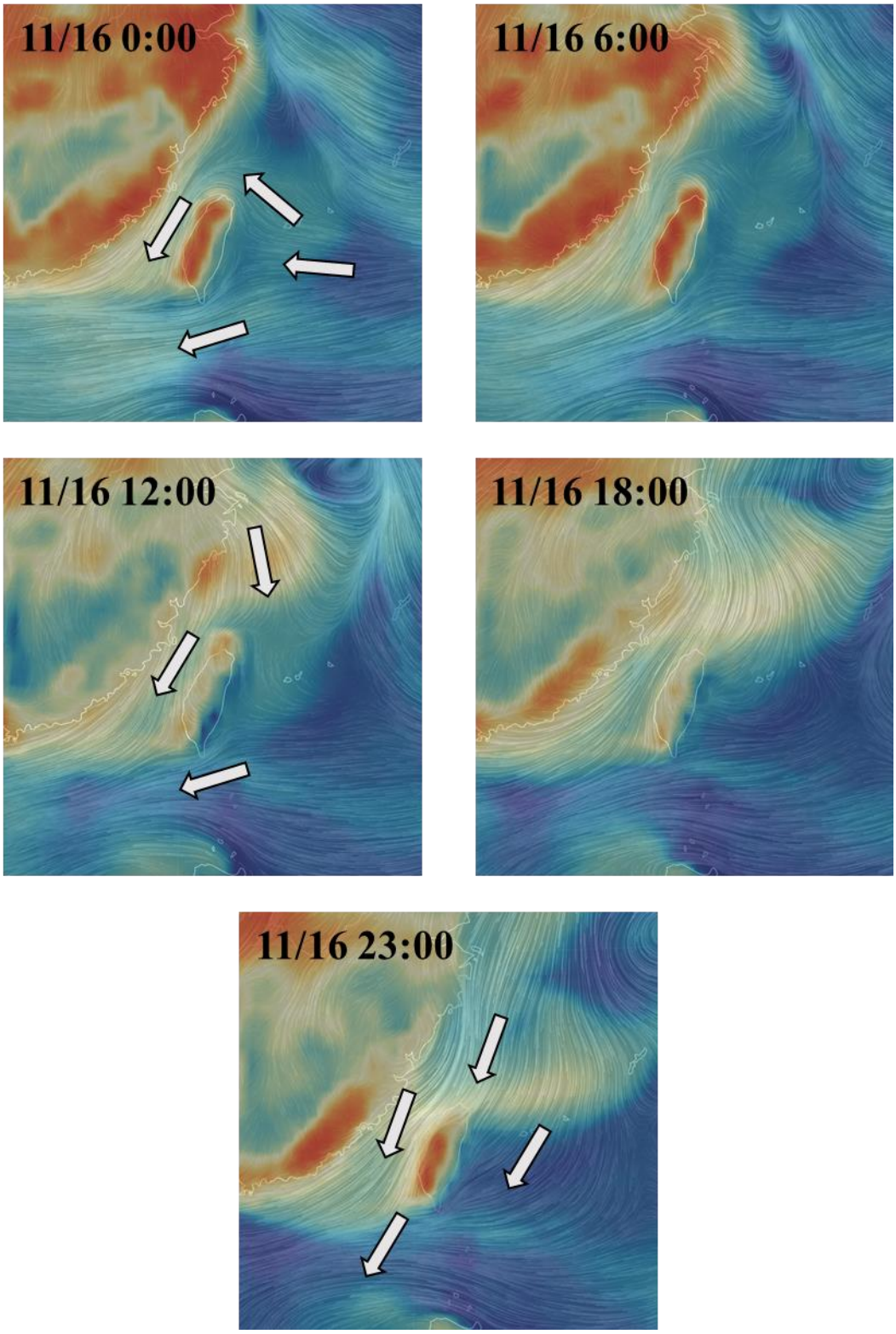
(資料來源：https://earth.nullschool.net)

圖 4.3.12 2018 年 1 月 20 日風場與 $PM_{2.5}$ 濃度模擬



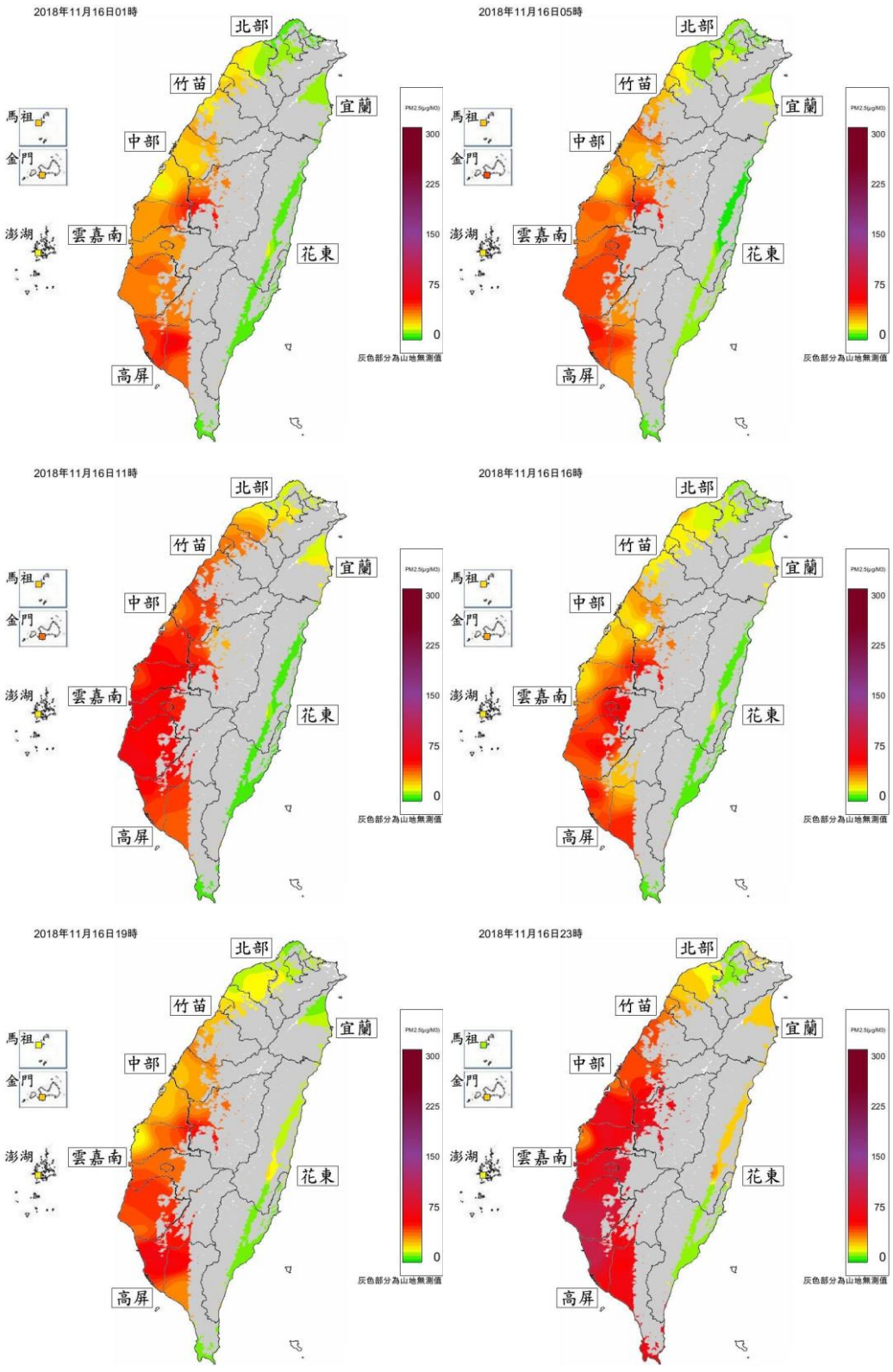
（資料來源：環保署 https://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/ContourMap.aspx）

圖 4.3.13 2018 年 1 月 20 日台灣各地區 $PM_{2.5}$ 濃度分布



(資料來源：https://earth.nullschool.net)

圖 4.3.14 2018 年 11 月 16 日風場與 $PM_{2.5}$ 濃度模擬



（資料來源：環保署 https://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/ContourMap.aspx）

圖 4.3.15 2018 年 11 月 16 日台灣各地區 $PM_{2.5}$ 濃度分布

(2) $PM_{2.5}$化學成分差異

表 4.3.20 比較區域污染事件與非事件期間 $PM_{2.5}$ 化學成分差異，結果顯示西部各測站 $PM_{2.5}$ 質量濃度成現由北至南逐漸遞增的現象，如果前述結果，污染物受到盛行風向影響，由北向南傳輸，並與各地區在地排放污染物相累積。1 月 20 日這天水溶性無機離子以 SO_4^{2-}與 NO_3^-兩者有較明顯增幅，其中北部板橋站可能位於迎風面，因此僅有來自區域外傳輸污染 SO_4^{2-}有增加，花蓮地區則如同前述污染物分布圖，並未受到上風污染源影響，當天污染來源以在地排放為主，嘉義站則為增加量最高的地區，可能與污染物向南傳輸過程不斷累積有關，而小港站位於最南端,因此受到區域外污染傳輸影響程度最小。各觀測地區指標元素以 V、As、Se 增加幅度較為一致，增加幅度都大於 90%以上，這些指標元素可能來自燃料燃燒，其中，嘉義站在這三種元素的增幅為各站最高，可能與污染物向南傳輸過程不斷累積有關，小港站則是有其他其他類元素增加較為顯著的現象，如元素 Ni、Zn 及 Mn，顯示與小港以北地區污染源相異，對照前述監測資料，這些指標元素應來自小港地區在地排放影響。

11 月 16 日這天主要以雲嘉地區至小港地區出現污染事件，$PM_{2.5}$ 濃度於嘉義站最高，小港站略低於嘉義及斗六。對比 1 月 20 日，各類成分增量及區域成分變動特徵有著顯著的差異，這樣的增量特徵卻與 4.3.5 節的秋季污染事件期間特徵相近，由於 11 月 16 日屬於秋季後半時期，季風正逐漸轉強，但對比 1 月仍有落差，風場模擬資料中也可看出此趨勢，這樣的結果導致這天位於迎風面的板橋由於擴散條件良好，因此 $PM_{2.5}$ 濃度並未有明顯增加，而忠明至嘉義地區則受到區域傳輸影響，特別是 K^+以及 NO_3^-等離子有明顯增量，此外區域傳輸時間僅發生於下午至傍晚，因此 SO_4^{2-}僅微幅增加，不過嘉義站增幅約 95%可能與污染物傳輸至嘉義累積有關。另外元素成分除了揚塵指標外，As、Se 等燃煤燃燒指標元素忠明、斗六有明顯增加現象，嘉義站微幅上升，可能受季風傳遞影響，值得注意的是 Mn、Fe、Sn 等元素在忠明站共同上升，則顯示可能受鋼鐵業排放影響。小港地區在本次污染事件受到風處污染傳輸影響較小，僅離子成分呈現增量現象，這些污染物可能屬於當地排放的衍生污染物，這也顯示小港地區污染物濃度上升主要還是受到在地排放及擴散條件不佳影響。

表 4.3.20 類型二污染事件與非污染事件時期 $PM_{2.5}$ 化學成分濃度差異百分比(%)

日期	1 月 20 日						11 月 16 日					
測站	板橋	忠明	斗六	嘉義	小港	花蓮	板橋	忠明	斗六	嘉義	小港	花蓮
$PM_{2.5}$	46	118	145	190	116	5	7	99	134	126	91	8
Na^+	-3	42	60	95	33	-21	-5	21	33	39	-2	-28
K^+	87	53	39	78	22	52	-7	73	211	162	11	-16
Mg^{2+}	-43	239	133	208	-16	-59	-24	-14	32	61	-7	-35
Ca^{2+}	26	77	145	100	72	-35	12	40	48	55	2	6
SO_4^{2-}	98	163	192	294	121	0	36	61	84	85	95	40
NH_4^+	60	206	219	309	180	18	11	126	130	125	118	12
NO_3^-	-18	164	189	253	146	59	2	274	262	289	202	-27
Cl^-	1	102	135	243	180	-19	-36	79	135	154	57	-38
OC	2	23	19	77	17	9	-7	102	110	84	69	12
EC	13	9	68	76	20	11	-10	110	98	84	57	-8
Al	-10	-12	16	13	42	-65	-26	193	134	-50	-57	7
Fe	-7	-1	47	95	113	-51	-35	122	62	-26	-56	83
Na	-7	65	86	129	113	-35	-45	12	28	-8	-56	-4
Mg	-15	16	93	146	161	-61	-59	98	92	-59	-77	-6
K	-21	42	28	59	43	-17	-39	76	208	13	-56	79
Ca	-39	-25	21	-4	56	-50	-44	175	153	-92	-72	7
Sr	-39	-26	-24	12	15	-41	-40	-53	-36	-90	-81	3
Ba	-60	-3	-6	-5	46	-66	-45	13	-16	-88	-63	20
Ti	-18	5	35	42	47	16	-89	-81	-90	-87	-21	-35
Mn	-7	4	106	154	183	-37	-36	299	121	10	-46	61
Co	-9	191	50	128	121	-5	-42	13	6	-11	-37	8
Ni	14	59	35	137	227	-29	-71	47	29	-35	-42	-25
Cu	-4	42	87	130	81	-37	-58	86	60	-34	-45	-46
Zn	-15	74	242	180	313	45	-10	108	119	14	-42	154
Mo	-35	-15	27	49	76	-69	-20	143	157	8	-32	14
Cd	76	104	176	157	118	58	-59	120	71	-31	-54	126
Sn	76	168	98	42	15	-65	-72	152	67	-50	-64	34
Sb	21	-3	91	169	110	15	-43	120	72	-15	-41	54
Pb	33	42	182	141	66	41	-33	93	124	-66	-42	82
V	115	152	122	236	219	25	26	19	48	-13	-27	11
Cr	34	13	-2	87	57	-93	-17	169	99	-18	-41	42
As	94	212	230	406	229	-31	23	128	138	28	-30	188
Se	124	230	182	210	141	35	-42	108	107	10	-16	-32

註: 差異百分比(%) = (測站事件日濃度－測站當季非事件平均濃度)÷測站當季非事件平均濃度

3． 類型三 （境外傳輸）

(1) 環境風場模擬與污染物濃度分布

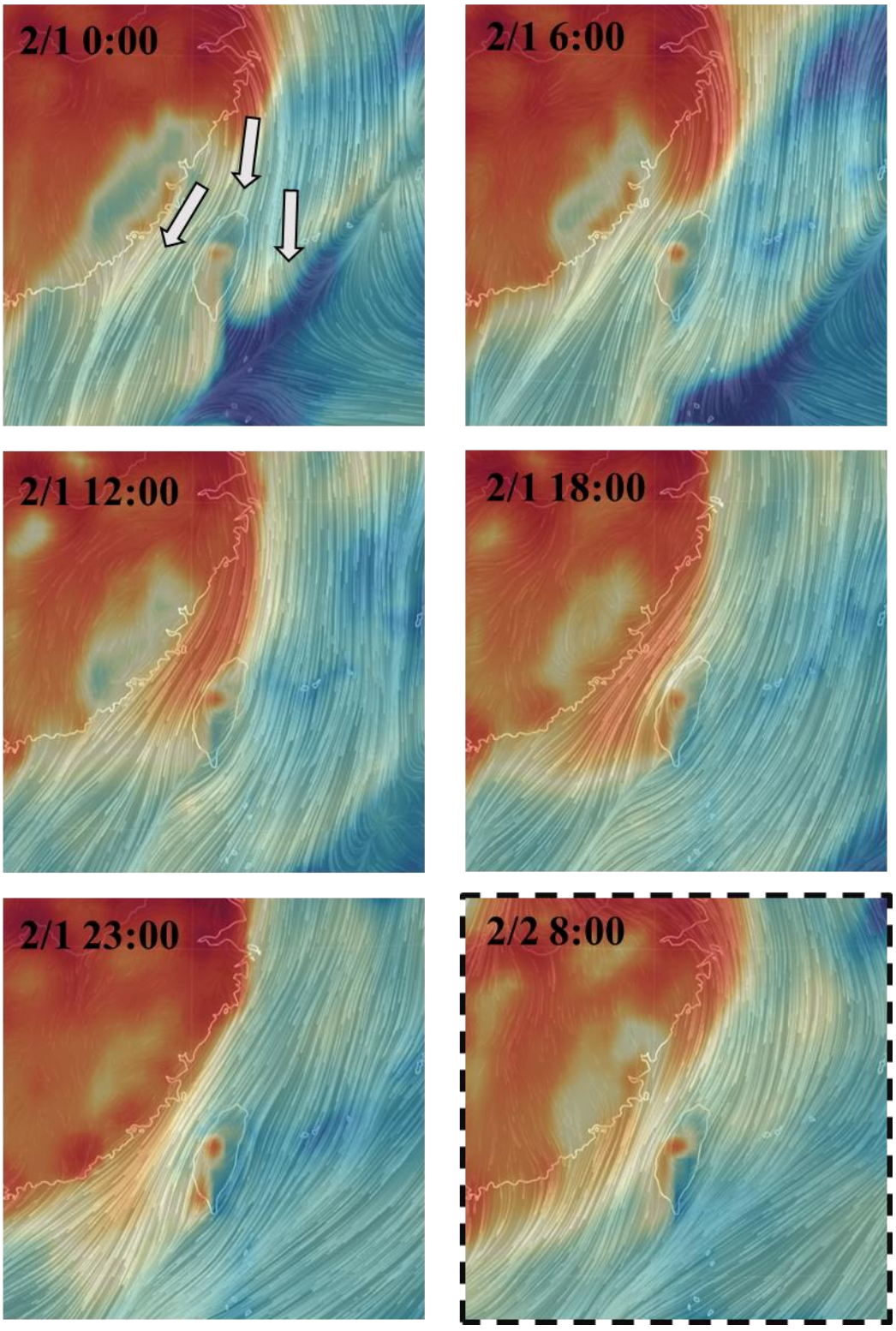
境外傳輸事件通常發生於冬季與春季期間，氣流軌跡資料多由華中地區由陸地向台灣傳輸，傳輸過程與區域傳輸污染時其相似，主要差異為氣流來向。2018年採樣期間透過逆推氣流軌跡、各監測站資料與風場模擬資料補捉到採樣期間共發生三次境外傳輸事件，分別於 2 月 1 日、3 月 9 日與 4 月 7 日。整體而言，境外傳輸污染影響期間，$PM_{2.5}$ 濃度超出日平均值 35 $\mu g\ m^{-3}$ 的地區較少，因此於前述章節並未列入污染事件中。

圖 4.3.16 顯示 2 月 1 日氣流自華中內陸向外傳輸，台灣從中午至晚間 18 時受到境外污染傳輸影響。由 4.2 節各站監測資料得知這天平均風速都大於 2 $m\ s^{-1}$，環境擴散條件良好，然而受到境外傳輸污染影響，各地區污染物濃度普遍大於 30 $\mu g\ m^{-3}$。此外，氣流傳輸過程中也可能將污染物跨區傳輸至下風處，因此與區域傳輸相似，中部至南部測站 $PM_{2.5}$ 濃度呈現由北向南遞增的現象。圖 4.3.17 顯示 0 時除高屏地區外全台空氣品質相當良好；中午過後，受到傳輸氣流影響，各地 $PM_{2.5}$ 濃度驟升，18 時過後北部污染濃度下降，中南部地區受到傳輸影響，濃度有延遲上升的現象，直至夜間仍有不低的 $PM_{2.5}$ 濃度。另外，與 4.2.5 節小港站監測資料比對可發現，入夜後由於受到區域傳輸影響 $PM_{2.5}$ 濃度有上升現象。

3 月 9 日境外傳輸事件發生時段為清晨至中午(圖 4.3.18)。圖 4.3.19 也可發現與模擬圖相似現象，北部至 0 時開始 $PM_{2.5}$ 濃度逐漸上升，並在中午時達到最高，此後逐漸降低，中、南部地區則在下午過後濃度逐漸提升，顯示污染物藉由高風速向南傳輸，使得中、南部有較高的污染物濃度。另外 4.2.5 節指出，小港站夜間高濃度主要成因與本地交通排放源有關，同時整日 $PM_{2.5}$ 濃度並無明顯隨風速上升時段，代表這天的高濃度主要來自在地排放，受到區域外傳輸污染物影響較小。

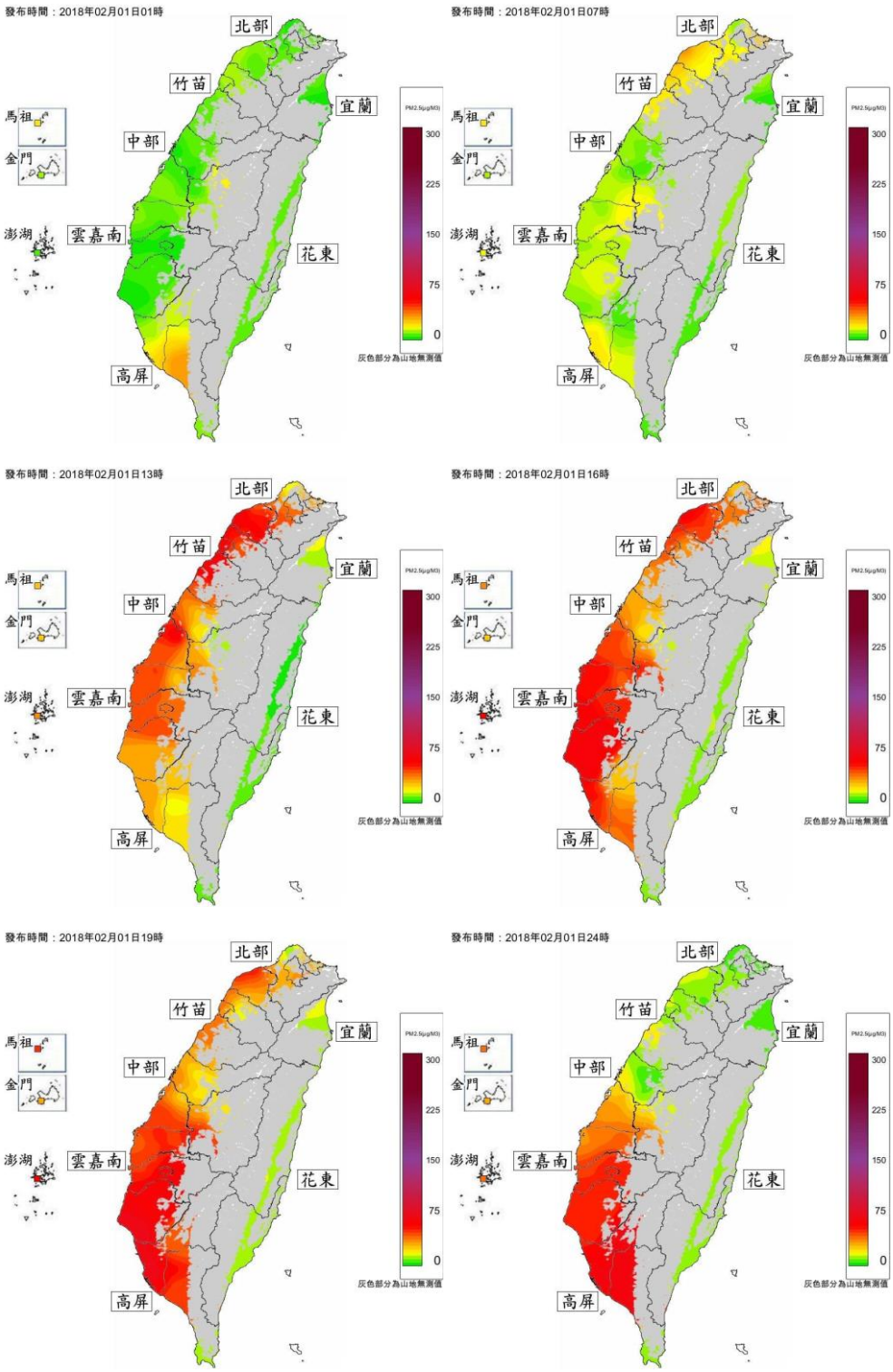
4 月 7 日境外傳輸事件風場模擬資料顯示與 2 月 1 日及 3 月 9 日的事件略有差異，從圖 4.3.20 可發現當天自 0 時開始已受到境外污染物影響，影響範圍涵蓋至中、南部地區一直到下午 18 時過後，影響才逐漸減弱。再由 23 時的資料可看出高壓中心正逐漸往東方移動，高壓出海後影響台灣的氣流主要來自海面。圖 4.3.21 顯示這天境外傳輸影響期間，北部於上午 13 時達到最高濃度，北部濃度

下降後，中南部濃度逐漸上升，從圖中可看出 19 時起北部色塊轉淡(濃度下降)，中部以南則逐漸加深(濃度上升)。



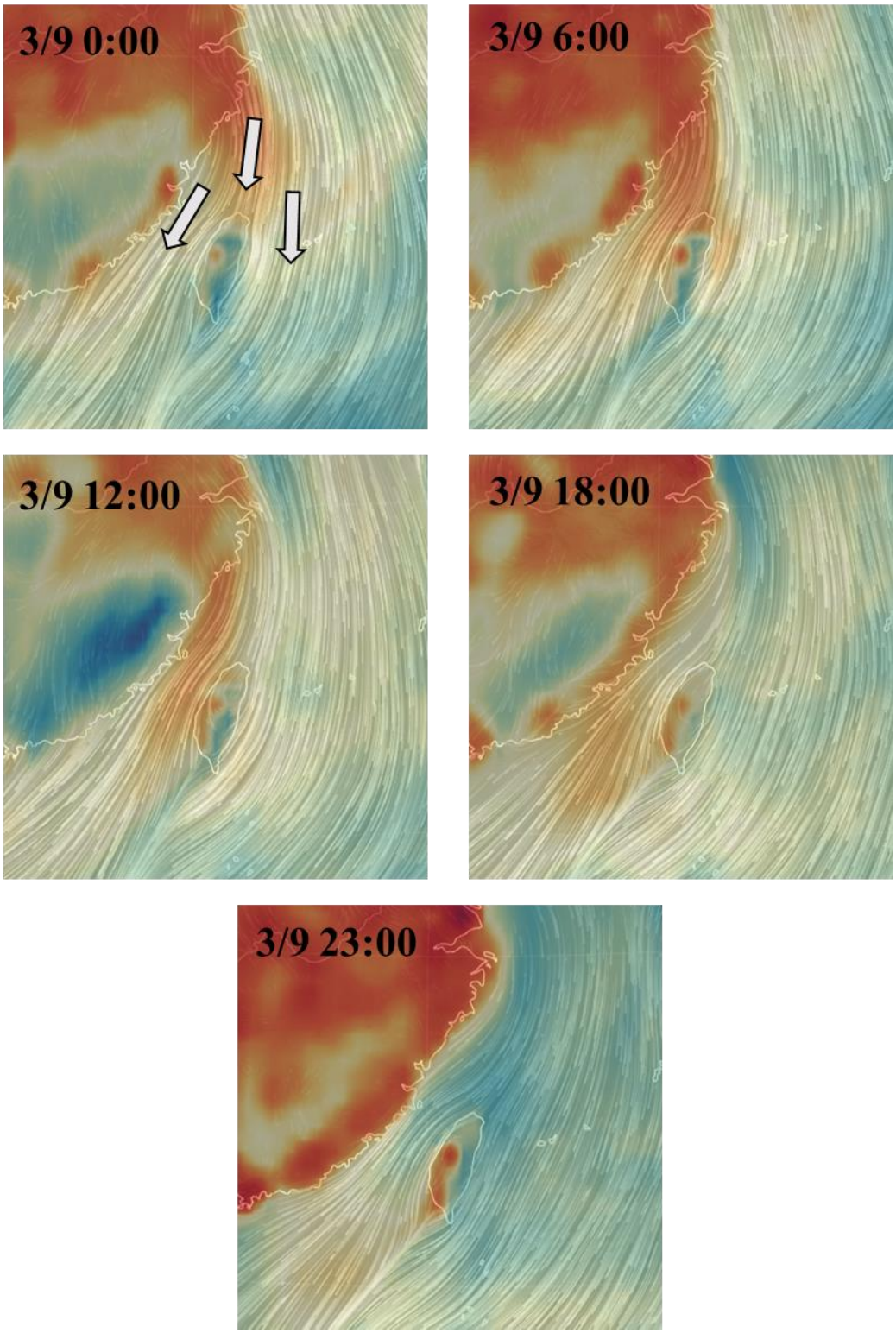
（資料來源：https://earth.nullschool.net）

圖 4.3.16 2018 年 2 月 1 日風場與 $PM_{2.5}$ 濃度模擬



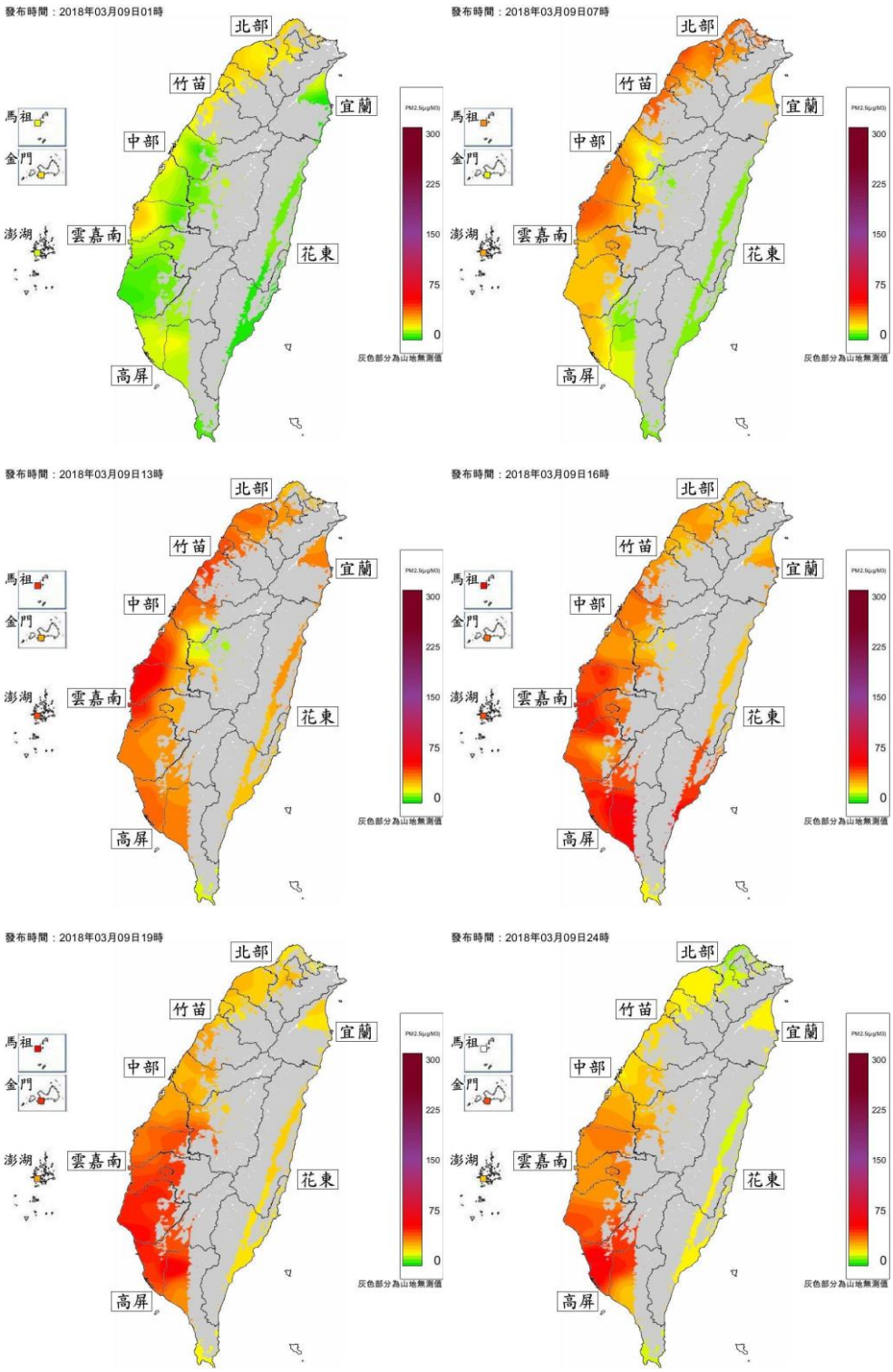
（資料來源：環保署 https://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/ContourMap.aspx）

圖 4.3.17 2018 年 2 月 1 日台灣各地區 $PM_{2.5}$ 濃度分布



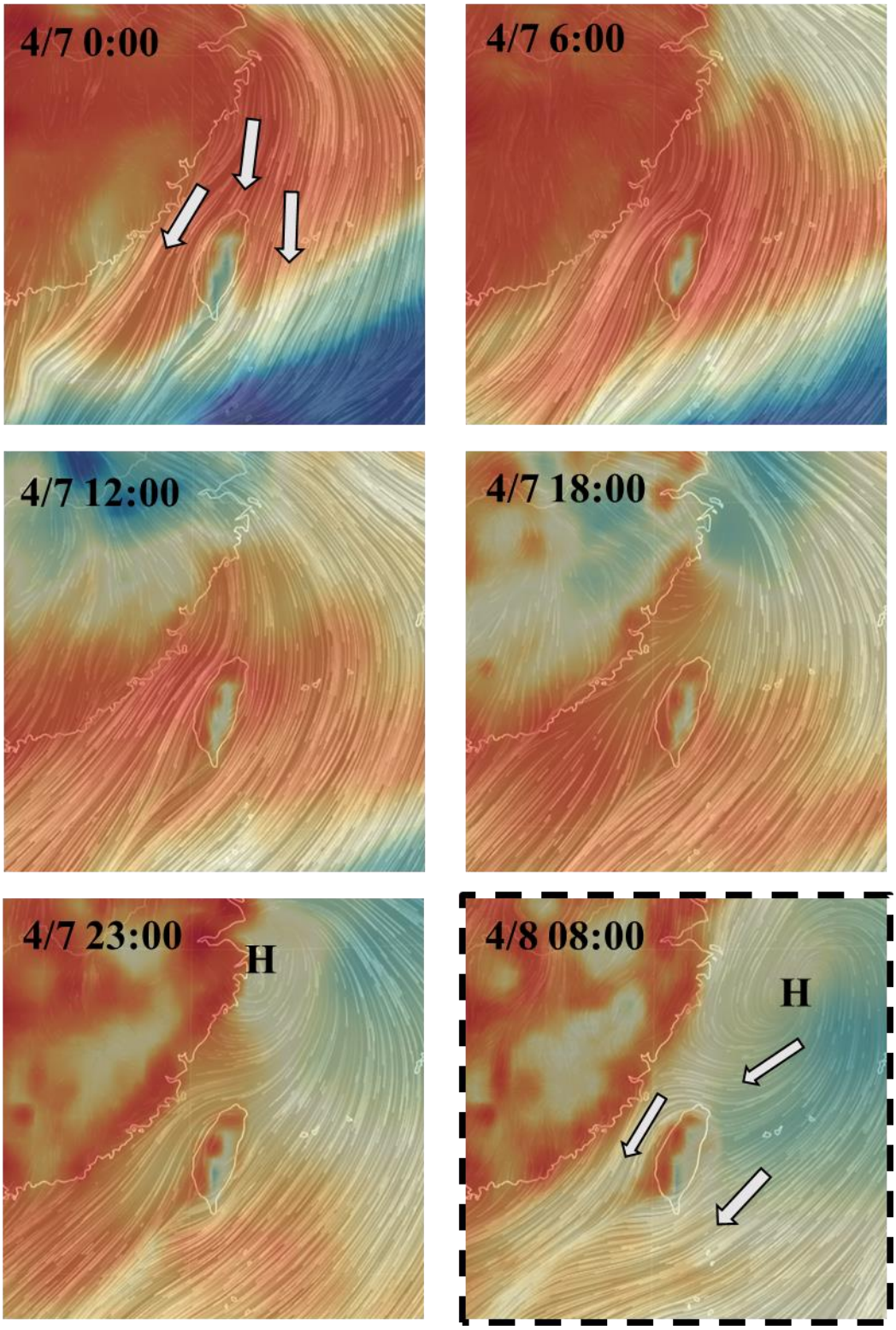
（資料來源：https://earth.nullschool.net）

圖 4.3.18 2018 年 3 月 9 日風場與 $PM_{2.5}$ 濃度模擬



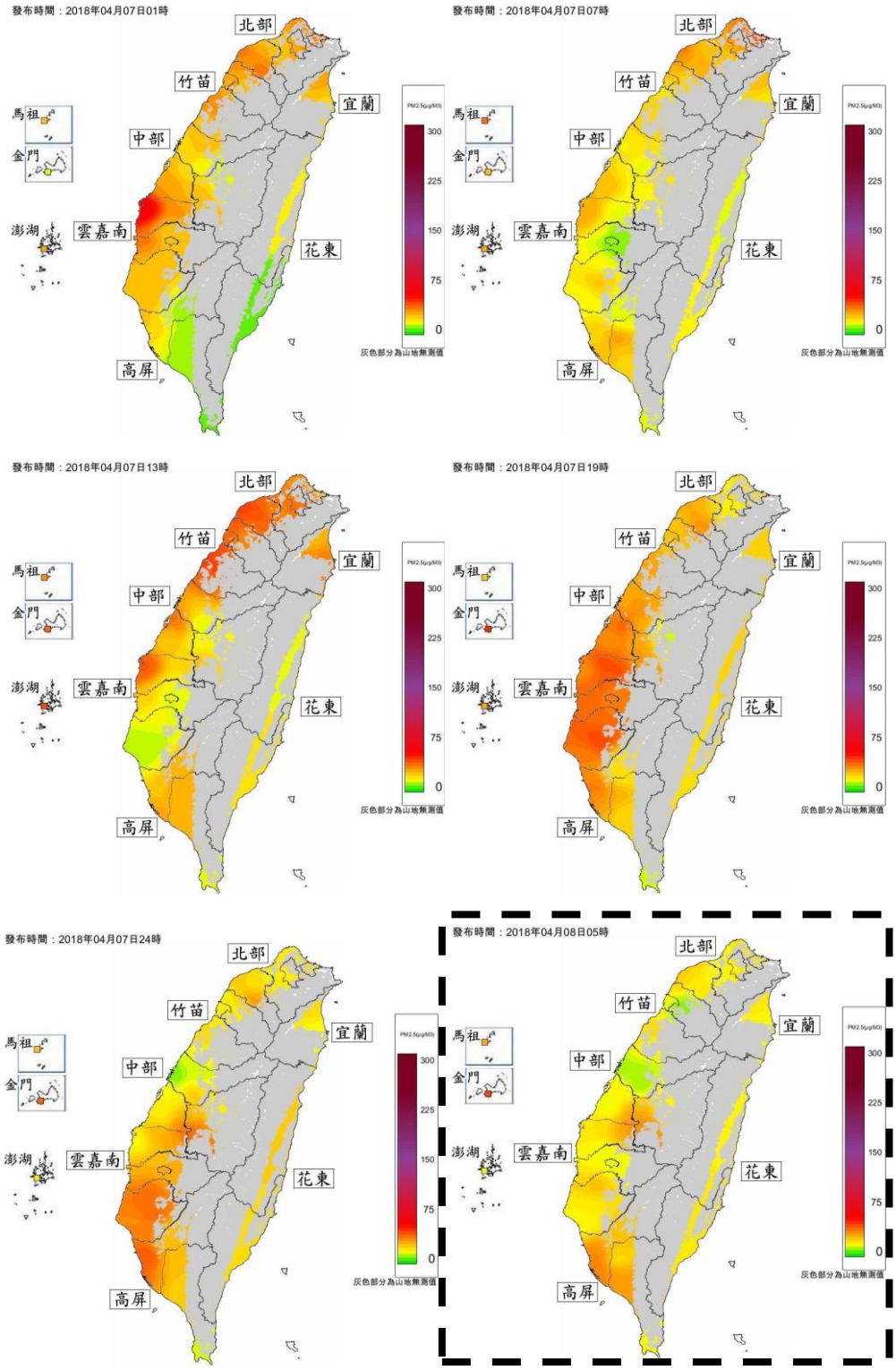
（資料來源：環保署 https://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/ContourMap.aspx）

圖 4.3.19 2018 年 3 月 9 日台灣各地區 $PM_{2.5}$ 濃度分布



（資料來源：https://earth.nullschool.net）

圖 4.3.20 2018 年 4 月 8 日風場與 $PM_{2.5}$ 濃度模擬



（資料來源：環保署 https://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/ContourMap.aspx）

圖 4.3.21 2018 年 4 月 8 日台灣各地區 $PM_{2.5}$ 濃度分布

(2) $PM_{2.5}$化學成分差異

境外傳輸事件(類型三)期間與區域污染傳輸(類型二)大環境條件相似，本年度所觀測到三次境外傳輸事件中，2 月 1 日與 3 月 9 日皆為例行採樣期間，4 月 8 日則在境外傳輸事件日後一天。然而計畫執行期間所觀測到境外污染傳輸事件在 $PM_{2.5}$ 濃度增幅卻不如區域污染傳輸事件明顯，境外傳輸期間各地 $PM_{2.5}$ 濃度則十分接近，這可能與傳輸期間環境風場風速有關，風速日平均值顯示在區域污染傳輸期間，風速在氣流向南傳遞期間有逐漸遞減的趨勢，然而在境外傳輸期間(4 月 8 日除外)，各地風速普遍在 2 m s^{-1}，擴散條件優於區域污染傳輸期間，使得發生境外傳輸事件時，空氣品質相對優於區域污染傳輸期間。

表 4.3.21 指出 2 月 1 日這天各地離子成分增量以 NO_3^-與 SO_4^{2-}最為顯著，其中板橋站兩種離子成分增量幅度最高，分別為 311%及 85%，此外小港站 SO_4^{2-}增量則呈現負值，代表小港站受到區域污染影響程度較小。污染事件期間以板橋站各類型化學成分增量最為顯著，這些金屬元素成分來源廣泛，主要與燃煤燃燒指標元素有關(As、Se、Pb、Cd 等)，但燃油指標元素 V 在這天卻無明顯增加，這樣的結果是否代表境外污染源主要以燃煤燃燒為主？此外忠明站及斗六站金屬元素大致呈現負成長，嘉義站則在 NO_3^-及各類金屬指標元素有明顯增加，小港站與嘉義站也有相似的現象，但兩個觀測區濃度增量金屬於元素略有差異，顯示兩地並非受到同源污染物影響，最後從各站的化學成分增量現象可發現這次的境外傳輸污染事件對於中部以南地區似乎影響不大。對照監測資料也可發現當天板橋站受到境外氣流傳輸的時期相當短暫，日間風速一度由 1.5 上升至 2.8 m s^{-1}，但 $PM_{2.5}$ 濃度僅由 17 上升至 22 μg m^{-3}，風速降低後，環境中 NO_x 濃度由 16 上升至 48 ppb，同時 CO 濃度也由 0.68 上升至 1.1 ppm 這顯示當天雖然受到境外氣流影響，但在風速降低時期，環境擴散條件改變，導致影響 $PM_{2.5}$ 濃度的主要來源仍為在地排放。中部及雲嘉地區，則受到盛行風向影響，$PM_{2.5}$ 濃度於吹拂北風時有明顯上升，顯示受到傳輸污染物影響，綜合這些結果與前述化學成分解析結果推測這天受到在地污染源排放影響較多。

3 月 9 日的境外傳輸污染日主要離子濃度增量以 NO_3^-、Cl^-及 Mg^{2+}最為明顯，另外各觀測站 SO_4^{2-}濃度也有 17~77%的增加幅度，以小港站增幅最小，離子成分中以 NO_3^-增加量最為顯著，代表這天仍是在地污染排放的影響幅度較大。各地

區金屬元素成分的增加量不如 2 月 1 日境外傳輸事件，元素 K、As 及 Se 是這次污染事件中各地增幅都呈現正值的元素，較高的元素 K 可能與生質燃燒或揚塵有關，不過此處 K^+部位有明顯增量，推測這邊的元素 K 應來自塵土元素，較高的元素 As 與 Se 可能受到燃煤燃燒影響，從指標元素濃度增量推測境外氣流所帶來污染來源主要為燃煤燃燒。另外，各地區金屬元素濃度增量現象則呈現板橋以南測站有較多增幅，並且以嘉義與小港站最為明顯，與上次污染事件相似的是，嘉義站與小港站濃度增加的元素種類略有差異，嘉義站在車輛零件磨損指標元素 Ba 與 Cd 有較大的增量，小港站則以元素 Mo、Mn 及 Co 的增量最為顯著，可能與當地鋼鐵業有關，這些元素的增量皆顯示這些地區受到在地污染源影響較大。

4 月 8 日受到傳輸影響時間相當短暫，境外傳輸事件發生期間為 4 月 6 日至 4 月 7 日，因此這天各觀測站 $PM_{2.5}$ 濃度普遍在 20 $\mu g\ m^{-3}$ 上下，離子成分除了 K^+ 與 Mg^{2+}外，大多呈現負成長，金屬元素成分則以地殼元素增加幅度最高，並大於前次境外傳輸事件日，顯示這波境外氣流可能以沙塵為主。

最後比較上海環境保護局歷史資料(表 4.3.22)與事件期間台灣北部 $PM_{2.5}$ 濃度資料，結果顯示 2 月 1 日上海當地濃度高達 123 $\mu g\ m^{-3}$，3 月 9 日僅 39 $\mu g\ m^{-3}$，兩段期間 $PM_{2.5}$ 濃度有相當大差異，然而板橋站在這兩段期間濃度增加幅度卻十分相似，推測境外污染物於傳輸期間大多可能沉降，因此氣流傳輸至台灣後，對於台灣北部空氣品質影響有限，主要污染來源仍為在地排放為主。

表 4.3.21 類型三污染事件與非污染事件時期 $PM_{2.5}$ 化學成分濃度差異百分比(%)

日期	2月1日						3月9日						4月8日					
測站	板橋	忠明	斗六	嘉義	小港	花蓮	板橋	忠明	斗六	嘉義	小港	花蓮	板橋	忠明	斗六	嘉義	小港	花蓮
$PM_{2.5}$	122	14	35	64	59	-2	38	68	71	81	121	52	-12	16	35	30	54	45
Na^+	44	-13	-21	-8	-17	49	41	31	7	27	-32	11	5	9	-9	-20	-24	-24
K^+	134	27	1	33	9	40	-56	-81	-93	-92	-74	-79	52	100	28	330	163	153
Mg^{2+}	-36	-59	-41	-44	-55	-43	129	131	121	112	46	134	-12	14	73	48	-14	-4
Ca^{2+}	50	-34	16	-18	9	-46	-26	23	-1	-2	-8	-19	77	118	114	60	99	50
SO_4^{2-}	85	27	31	79	-2	-20	39	77	30	38	17	61	-7	-14	-6	-3	12	38
NH_4^+	129	30	44	145	51	1	67	99	85	88	241	128	-37	-11	-22	-18	9	16
NO_3^-	311	50	82	115	107	22	107	115	183	210	739	260	-40	34	-5	15	102	27
Cl^-	277	14	47	76	82	59	18	41	45	108	107	97	-41	-2	-22	27	-28	-27
OC	57	-23	-16	5	9	-4	17	16	52	65	83	38	-31	-10	44	36	52	64
EC	52	-33	-5	49	34	-11	-22	19	63	78	83	16	-50	-21	30	3	-13	57
Al	0	-69	-52	-23	-34	-44	-53	202	13	53	49	-43	57	21	253	154	232	254
Fe	129	-16	27	122	48	-23	-24	97	38	95	116	-12	61	32	147	124	167	191
Na	50	-23	-31	37	-14	16	-31	41	-15	28	-34	-17	-95	-95	-41	-16	-19	-40
Mg	43	-67	-54	8	-29	-40	-20	134	5	2	1	-10	14	-23	122	101	126	105
K	128	-30	-54	24	-17	-28	7	125	12	121	82	-12	30	12	185	98	149	106
Ca	67	-53	5	56	22	2	-77	45	-23	-27	-1	-56	-94	-89	-52	168	126	-90
Sr	17	-75	-76	42	-45	-69	-57	53	-63	-18	-19	-44	101	142	223	211	249	257
Ba	-35	-40	-56	343	-27	-94	-99	-98	-99	179	-33	-99	-15	18	243	-18	172	-6
Ti	64	-35	-2	29	-7	-71	-43	206	85	94	169	-36	34	49	115	63	134	103
Mn	242	24	68	169	108	-19	-7	153	139	164	242	49	13	-30	87	46	67	195
Co	258	102	48	174	184	99	-24	151	126	286	508	-54	-60	-42	-58	-51	-49	-63
Ni	77	24	8	219	62	33	-61	-42	17	196	77	-44	-99	-60	-99	-86	-39	-98
Cu	115	-29	-18	81	42	-49	-42	44	41	141	161	31	-39	-27	202	41	26	97
Zn	172	27	17	108	70	-29	-16	75	106	113	100	29	-24	-42	64	-3	-4	149
Mo	316	13	64	109	66	51	-10	45	44	-20	461	20	-93	-93	-93	-96	-94	-85
Cd	365	-10	1	52	157	-53	-20	73	53	93	-8	-13	-23	-4	15	11	-52	38
Sn	230	16	0	24	289	47	-84	-25	-43	12	29	-99	-45	-36	-17	-32	-49	7
Sb	250	-50	-3	73	62	-67	-57	-14	-5	31	-10	-52	-25	-12	-1	-3	-22	36
Pb	267	2	12	36	10	-60	-14	165	67	93	96	66	-13	-31	81	49	25	197
V	9	-14	4	17	-34	-49	-73	-36	-45	-48	-32	-29	-77	-52	-44	-52	-39	-11
Cr	93	83	96	339	17	478	-50	-31	22	194	244	-42	6	-35	9	-98	-5	-39
As	285	8	33	139	71	-39	58	236	266	223	170	20	-93	-90	-85	-89	-89	442
Se	158	80	55	50	28	-34	183	427	218	332	493	266	-86	-78	-84	-81	-80	-74

註: 差異百分比(%) = (測站事件日濃度－測站當季非事件平均濃度)÷測站當季非事件平均濃度

表 4.3.22 類型三污染事件日與事件前兩日上海市空氣品質

地區 / 日期	上海市	板橋	萬里
	$PM_{2.5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)		
1/30	189	11	9
1/31	173	9	7
2/1	123	31	29
3/7	20	13	15
3/8	46	11	15
3/9	39	30	30
4/6	50	23	23
4/7	23	27	30
4/8	35	18	16

(上海空氣品質資料來源: http://www.semc.gov.cn/aqi/Home/historyData)

4.3.7 低濃度和高濃度 $PM_{2.5}$ 化學成分占比變化

在過去三年的計畫（李等，2015；李等，2016；李等，2017）中，透過彙整採樣期間 $PM_{2.5}$ 低濃度（＜35 $\mu g\ m^{-3}$）和高濃度（≧35 $\mu g\ m^{-3}$）的樣本各化學成分占 $PM_{2.5}$ 比例（如圖 4.3.22），發現：$PM_{2.5}$ 高濃度群比起低濃度群，有明顯 NO_3^- 增大現象，其餘化學成分占比大多為縮小或比例不變。本年度目前樣本分析至 11 月底，低濃度群樣本有 285 筆，平均 $PM_{2.5}$ 濃度為 16 $\mu g\ m^{-3}$；高濃度群樣本有 51 筆，平均濃度為 45 $\mu g\ m^{-3}$，兩者各項化學成分相比之下最大差異在於 NO_3^- 占比大幅增加（10%→23%）、NH_4^+ 為些微增加(11%→12%)、SO_4^{2-} 縮小（24%→17%）、OC 縮小（23%→21%）、EC 微幅縮小（4%→3%），與過去三年結果相似。

圖 4.3.23 為修正後 NH_4^+ 濃度、SO_4^{2-} 濃度以及修正後 NO_3^- 濃度分別與修正後 $PM_{2.5}$ 濃度相關性，可以明顯看到修正後 NO_3^- 在 $PM_{2.5}$ 低濃度群的斜率比高濃度群小，但 SO_4^{2-} 則相反，在低濃度群斜率較大，NH_4^+ 沒有明顯差異，這表示在 $PM_{2.5}$ 高濃度事件中，NO_3^- 不只是與 $PM_{2.5}$ 等比例增加，而是更擴增其在 $PM_{2.5}$ 的占比，進一步來看，NO_3^- 與 $PM_{2.5}$ 的相關性在高濃度事件中也有提升（R^2：0.59→0.69），除了顯示兩者具有一定關聯性外，更確認高 $PM_{2.5}$ 濃度與 NO_3^- 的相關性良好，因此，NO_3^- 前驅氮氧化物排放管制應該更加強。

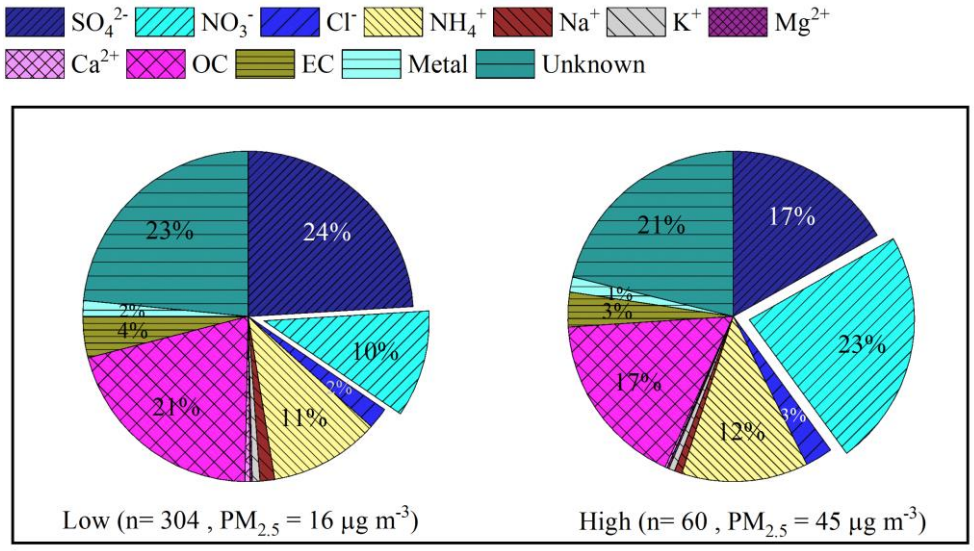


圖 4.3.22 高濃度(≧35 μg m^{-3})與低濃度(<35 μg m^{-3})時期 PM$_{2.5}$ 化學成分占比

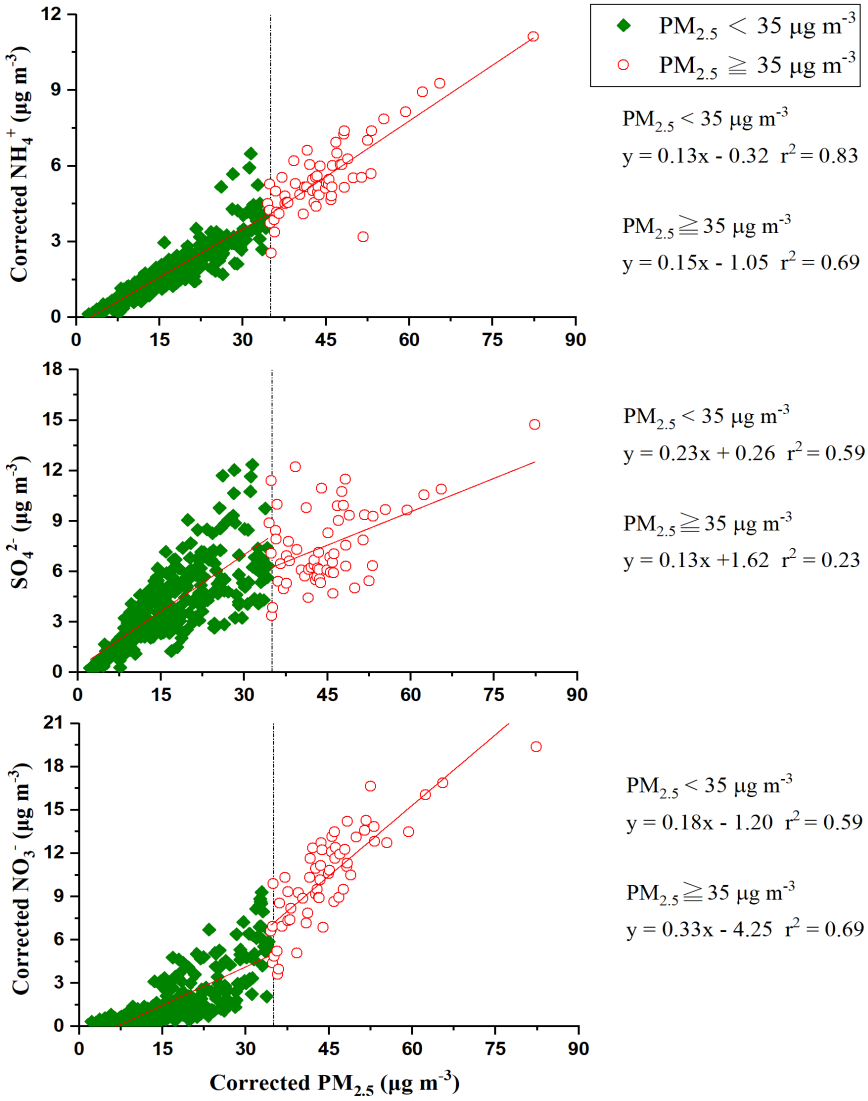


圖 4.3.23 採樣期間主要水溶性離子濃度與 PM$_{2.5}$ 濃度相關性

比較各季節低濃度與高濃度時期，$PM_{2.5}$ 質量濃度與化學成分組成，結果如圖 4.3.24 至圖 4.3.25，低濃度時期主要化學成分以 OC 或 SO_4^{2-}為主，占比第三高物種是 NO_3^-。受到環境溫度影響，夏季時 NO_3^-占比是主要離子成分中最低者，而硫酸鹽占比高達 28.8%，這顯示夏季低濃度時期，燃燒石化燃料所造成的環境影響最大。

$PM_{2.5}$ 高濃度時期大部分出現在冬季，其次是春季，夏季未發生高濃度的情況。比較各季節主要化學成分，高濃度時期 SO_4^{2-}濃度占比相較於低濃度時期減少 2.5~8.1%，反觀 NO_3^-於冬、春及秋等三季節增加占比為 7.8%、15.2%及 9.7%，這顯示 SO_4^{2-}總濃度雖然在污染事件時增加，但影響程度卻不及 NO_3^-。從結果來看，NO_3^-增量現象除了與季節溫度有關，在相同季節高濃度時期顯著的占比增量，顯示 NO_3^-前驅氣體排放管制對比管制 SO_4^{2-}前驅氣體可更有效減緩污染時期 $PM_{2.5}$ 濃度增量。

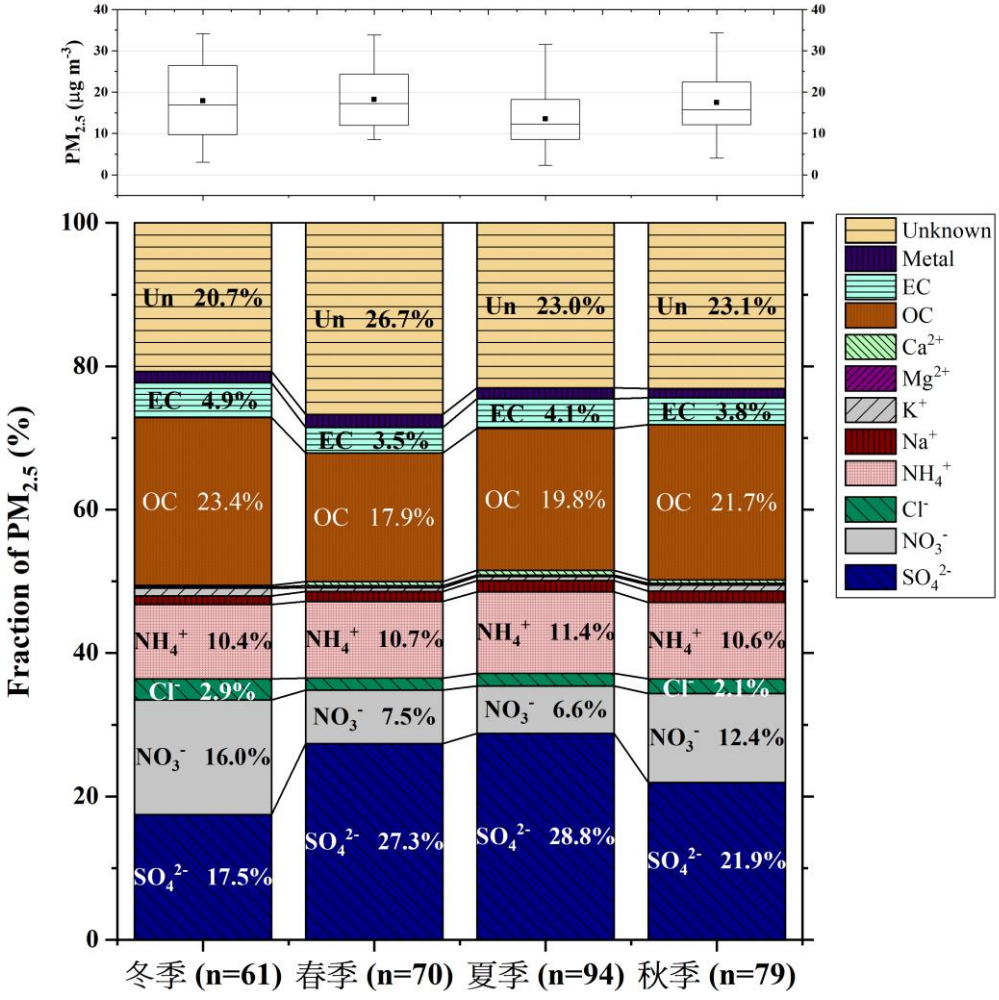


圖 4.3.24 各季節低濃度時期 $PM_{2.5}$ 質量濃度與化學成分占比

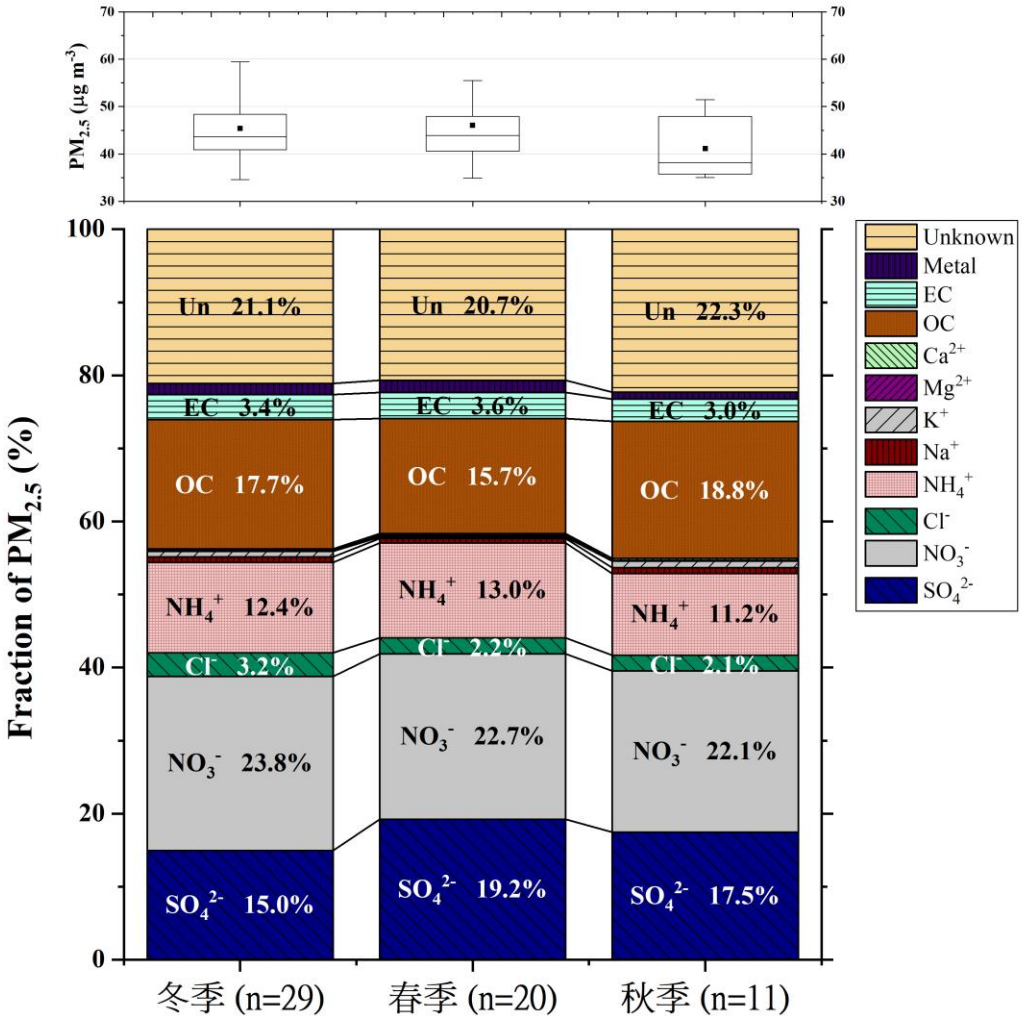


圖 4.3.25 各季節高濃度時期 $PM_{2.5}$ 質量濃度與化學成分占比

4.4 各監測地區污染來源與影響能見度的 $PM_{2.5}$ 化學成分及天氣因子

4.4.1 PMF 受體模式推估結果

本計畫利用 PMF 受體模式推估北部(板橋)、中部(忠明)、雲嘉(斗六、嘉義)、高屏(小港)及花東(花蓮)等 6 個測站所代表地區 $PM_{2.5}$ 污染源類別，受體模式使用樣本期間為 2017 年 12 月至 2018 年 11 月底，共計 12 個月，各觀測站都有 56 筆樣本。6 個地區推估污染源類別(因子)都有 6 個因子，每個因子以 $PM_{2.5}$ 化學成分占比最高成分(指標成分)的主要污染貢獻源作為命名依據，由於環境中污染源繁多，每項因子除了主要指標成分貢獻來源外，還可能包含其他占比較低成分的次要貢獻來源，為了進一步掌握可能污染源特性，也將使用成分間比值作為輔助判別污染源類別方法，指標元素及污染源比值請參考 3.2.4 節所彙整指標元素來源，以及指標元素濃度比值來源參考資料，底下不再引述參考文獻來源。

根據 Norris et al. (2014)於 PMF5.0 版手冊中指出，因子數選取可根據對於當地環境及污染源等認知進行選擇。Brown et al. (2015) 指出根據受體模式實際臨界參數 Q_{true} 與預期臨界參數 Q_{exp} (Q_{exp}=樣本數*成分數-{(樣本數*因子數)+(成分數*因子數)})間的比值可作為選取依據，當兩者比值變化幅度越小，所對應的因子數或其前、後即為可能的因子數。6 站 Q_{true}/Q_{exp} 和因子數關係如圖 4.4.1 所示，各監測站 Q_{true}/Q_{exp} 都呈現出 6 個因子數過後至 7 個因子數時 Q_{true}/Q_{exp} 比值變化開始趨緩，因此各站都選取 6 個因子。各觀測站 PMF 預測濃度與實際觀測值都有良好相關性，圖左上至右下 R^2 分別為 0.977、0.976、0.964、0.979、0.967、0.928，顯示預測結果相當良好。

為了推估因子潛在位置及來源，本計畫採用條件機率函數(conditional probability function, CPF)，輔助判讀受體模式推估結果，計算所需數據為觀測期間高貢獻濃度因子其逐時風向資料，納入計算的觀測日為因子貢獻濃度前 15% 觀測日及其風向監測資料。

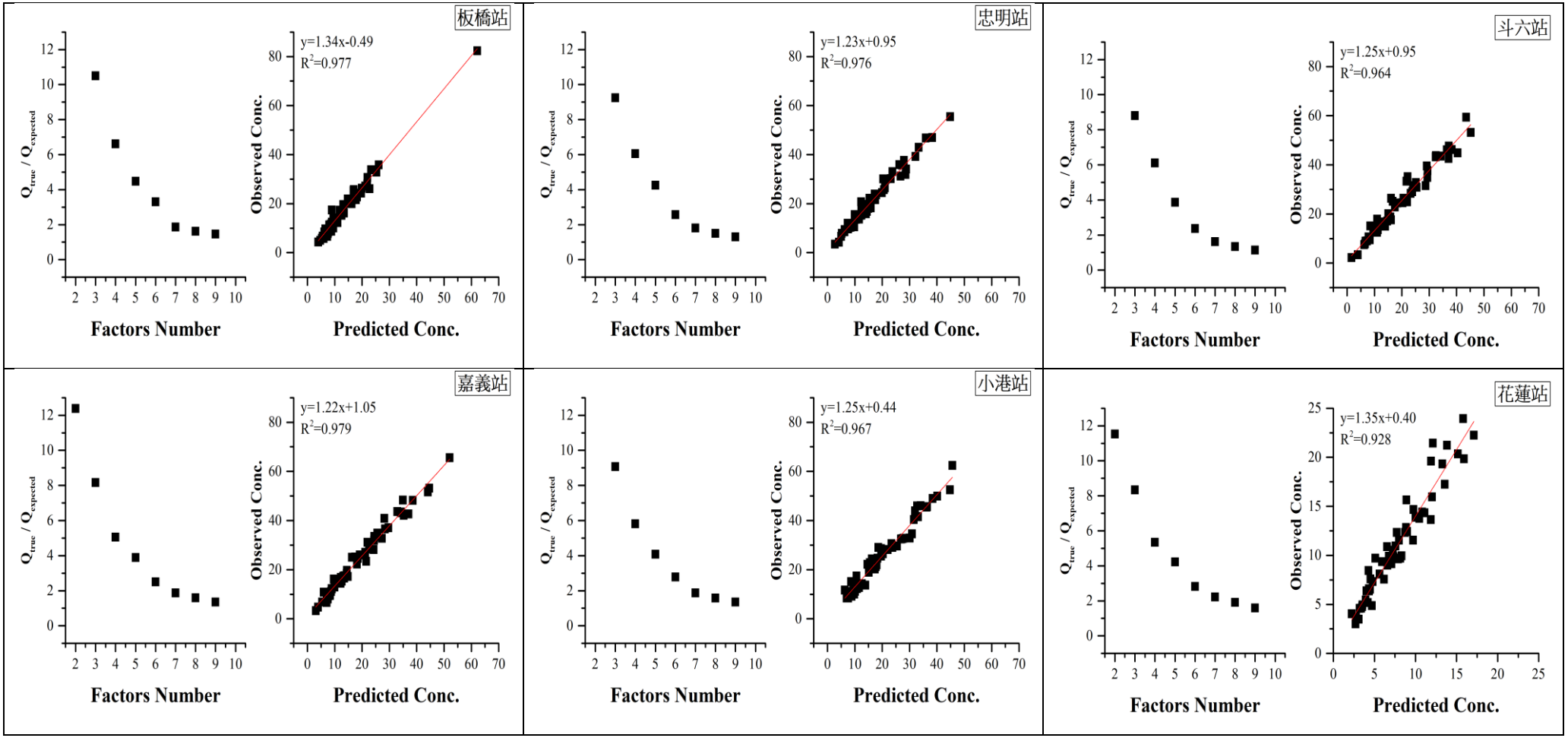


圖 4.4.1 六站因子數與臨界參數比值(Q_{true}/Q_{exp})變化以及受體模式預測濃度與觀測濃度散布圖

當決定出因子後還需透過 PMF 5.0 版所提供的檢測方法，評估模式可能出現的隨機誤差與轉軸模糊現象(因子獨立性不足，有換位現象)是否在 PMF 使用手冊所規定的合理範圍內 (亦即，Bootstrap 檢測結果，經重複取樣後，因子間相關性大於 0.6 者超過取樣次數的 80%；DISP 限制 Q 值變化區間內，未曾發生過因子換位現象)，誤差分析結果彙整於附錄五，各測站推估污染源結果敘述如下：

1． 板橋站 $PM_{2.5}$ 污染來源

(1) 因子命名

圖 4.4.2 顯示板橋站解析出的 6 個因子及各因子內各化學成分剖面，分別代表各類不同污染源類別，因子命名方式依據因子主要成分判別，並透過次要成分及成分間比值輔助判斷可能貢獻源。以下分別針對 6 項因子命名程序進行說明。

因子 1－「硫酸鹽與燃燒排放」：高占比 SO_4^{2-} (60%)及 NH_4^+ (46%)，兩者濃度比值 3.11，表示部分 SO_4^{2-}被中和，主要成分為 $(NH_4)_2SO_4$，這顯示因子包含原生與衍生燃燒排放污染物，另外因子中尚有高占比 K (43%)、V (57%)及 Cr (30%)，這些元素可作為燃油、燃煤燃燒與生質燃燒指標元素。Zn/Pb 元素濃度比值為 3，接近垃圾焚化與燃煤燃燒污染源指標元素比值，顯示因子 2 貢獻源可能為板橋地區鍋爐或周遭焚化廠。

因子 2－「硝酸鹽與燃燒排放」：因子中主要成分 NO_3^- (62%)、Cl^- (30%)及 NH_4^+ (21%)，三種主要無機離子具有相當高貢獻比例，主要成分可能為 NH_4NO_3 及 NH_4Cl，來自於工業排放衍生污染。另外，各類燃油及燃煤指標元素貢獻占比 As (24%)、Ni (44%)、V (21%)則可能來自於燃料燃燒。計算貢獻占比低的元素比值，Cu/Sb 為 9.38，顯示影響源有部分來自道路揚塵，此因子屬於固定與移動源衍生污染物。

因子 3－「車輛排放」:根據因子中高貢獻占比碳成分 OC (44%)及 EC (45%)，次要成分 Cr (27%)、Ba (34%)常作為車輛零件或輪胎磨損指標元素，綜合結果推測因子為車輛尾氣與零件磨損所產生的移動污染源。

因子 4－「海鹽與生質燃燒」：高貢獻占比的 Cl^- (52%)、Na^+ (53%)以及 K^+ (36%)，為本因子主要特徵，其中 Cl^-/Na^+ 比值 1.3，與海鹽比值接近，另外因子中含有零星硫酸鹽與硝酸鹽，可能為生質燃燒衍生污染物，如：K_2SO_4，由於因

子包含兩種污染元特徵，因此命名為「海鹽與生質燃燒」，同時顯示此因子可能屬於板橋地區外污染物。

因子 5－「地殼元素」：高貢獻占比的地殼元素 Al (91%)、Fe (50%)及 Mn (35%)，顯示因子來源主要為沙塵，另外，以主要金屬元素及貢獻占比低的元素透過比值分析，可發現 Fe/Al 比值 0.82 以及 Cu/Sb 為 7.2，顯示此因子主要受到地面揚塵影響。

因子 6－「混合污染源」: 各金屬元素高貢獻占比，如：Mn (42%)、Cu (44%)、Mo (65%)、Sb (45%)、Sn (83%)、As (75%)及 Pb (38%)等金屬元素都超過 40%，這些指標元素多數可做為車輛剎車及輪胎磨損、車輛潤滑消耗等以及燃煤指標元素，另外少量的，SO_4^{2-}與 NO_3^-由於濃度比值接近 2.7 屬於硫酸鹽被完全中和，可能來自傳輸污染物。金屬元素質量濃度比值 Cu/Pb 為 1.02、Cu/Sb 為 6.58、Cu/Fe 為 0.08 以及 Sn/Cu 為 0.47 比值接近交通排放與道路揚塵，這些比值都與文獻中，道路揚塵及非車輛尾氣排放指標元素比值接近。

(2) 因子季節變化趨勢

表 4.4.1 彙整板橋站 6 項因子於各季節及整年期間占比變化，配合各因子隨時間變化趨勢(圖 4.4.3)，可了解各季節及污染事件時，主要影響因子。圖 4.4.4 則彙整 CPF 推估板橋 6 項因子潛在來向，透過比對附錄六各觀測站鄰近污染源分布及前 20 大排放源位置圖，進而找出潛在污染源。

因子 1「硫酸鹽與燃燒排放」是板橋濃度占比最高因子，若以季節來看，四季都是占比最高因子，從冬季至秋季分別占 32%、44%、36%及 26%，這顯示板橋站受到工業影響相當大，從時間序列中可看出，因子變化量相當穩定。特別是受到區域污染影響的觀測日，濃度有明顯增加的現象，如：1 月 20 日、3 月 9 日及 8 月 12 日。從污染源潛在來向中可發現風向為西風至西北西風時頻率約為 30%，這些方位上大致為林口與樹林等工業區，同時相對位置在向外延伸尚有焚化廠，可能受到這些地區焚化爐排放影響。

因子 2「硝酸鹽與燃燒排放」是年占比第二高的因子，冬季及春季時都為占比第二高因子，如前段所述，主要富含 NO_3^-與 Cl^-因此較容易受到溫度影響而揮發，所以夏季及秋季溫度相對高的季節，影響性下降。從圖 4.4.3 可發現在冬季及春季期間的在地污染事件有相當高的濃度，特別是 3 月 3 日這天，由於環境擴

散條件不佳，前面章節推論這天污染影響因子主要來自板橋本地排放影響。透過CPF 推估結果則顯示污染來向主要為測站北方，頻率高最高方位為北北西方，頻率接近 40%，與附錄六地圖資料比對後可發現板橋站北方為頂崁及五股工業區，同時有交通幹道，可能受到固定或移動污染源衍生污染物影響。

因子 3「車輛排放」年占比 17%，是占比第三高因子，主要於秋季及夏季有較高占比，兩季分別為 22%與 26%，這代表低污染時期車輛排放的影響不亞於工業污染的影響。CPF 推估結果則顯示污染潛在來向為測站南方與北方，頻率為20~30%，對照地圖資料可知，板橋站位處交通要衝，南、北方為台 3 線延伸，因此有較高的交通排放影響。

因子 4「生質燃燒與海鹽」年占比約 13%，是板橋站年占比次低因子，在夏季與秋季有較高的占比，由於因子為生質燃燒與海鹽指標成分所組成，同時具有部分傳輸污染成分，特別在夏季與秋季採樣日有較高的濃度貢獻量，如 6 月上旬以及 9 月下旬至 10 月中，透過 CPF 推估污染來向可發現特別是在西南風時其有較高頻率(49%)，另外，吹拂東南東風時也有約 25%機會帶來影響。將推估結果與地圖比對後可知，板橋站西南方為樹林至鶯歌地區，當地有較多田地與陶瓷燒窯廠，可能與燃燒農廢或燃材鍋爐有關；另外因子的海鹽成分可能與風向東南風時期有關，由於板橋站吹拂東南風時大環境大多為弱東風，此時則可能將海鹽傳入。

因子 5「地殼元素」是測站年占比最低因子，主要為自然或人為活動所產生的揚塵，這些人為活動除了車輛行駛所產生外，金屬製造業也可能產生，季節占比變化不大。透過CPF 推估結果可發現因子來向為測站四周，各方位皆有 20~30%貢獻頻率。

因子 6「混合污染源」是板橋站年占比次低因子，季節占比變化不大，在夏季與秋季有較高占比，分別為 19%與 14%。對照圖 4.4.3 可發現各季節濃度占比較高日為冬季 2 月 1 日、春季 3 月 3 日、夏季 6 月 13 日以及秋季 10 月 23 日，這些時期大多為在地污染時期。圖 4.4.4 則顯示當吹拂北北東風時也較高的機會帶來因子 6 的影響，由於測站北北東方至東北方設有焚化爐外，台北市區同樣位處測站東北方，這也正解釋了因此組成特徵較為多樣的原因。

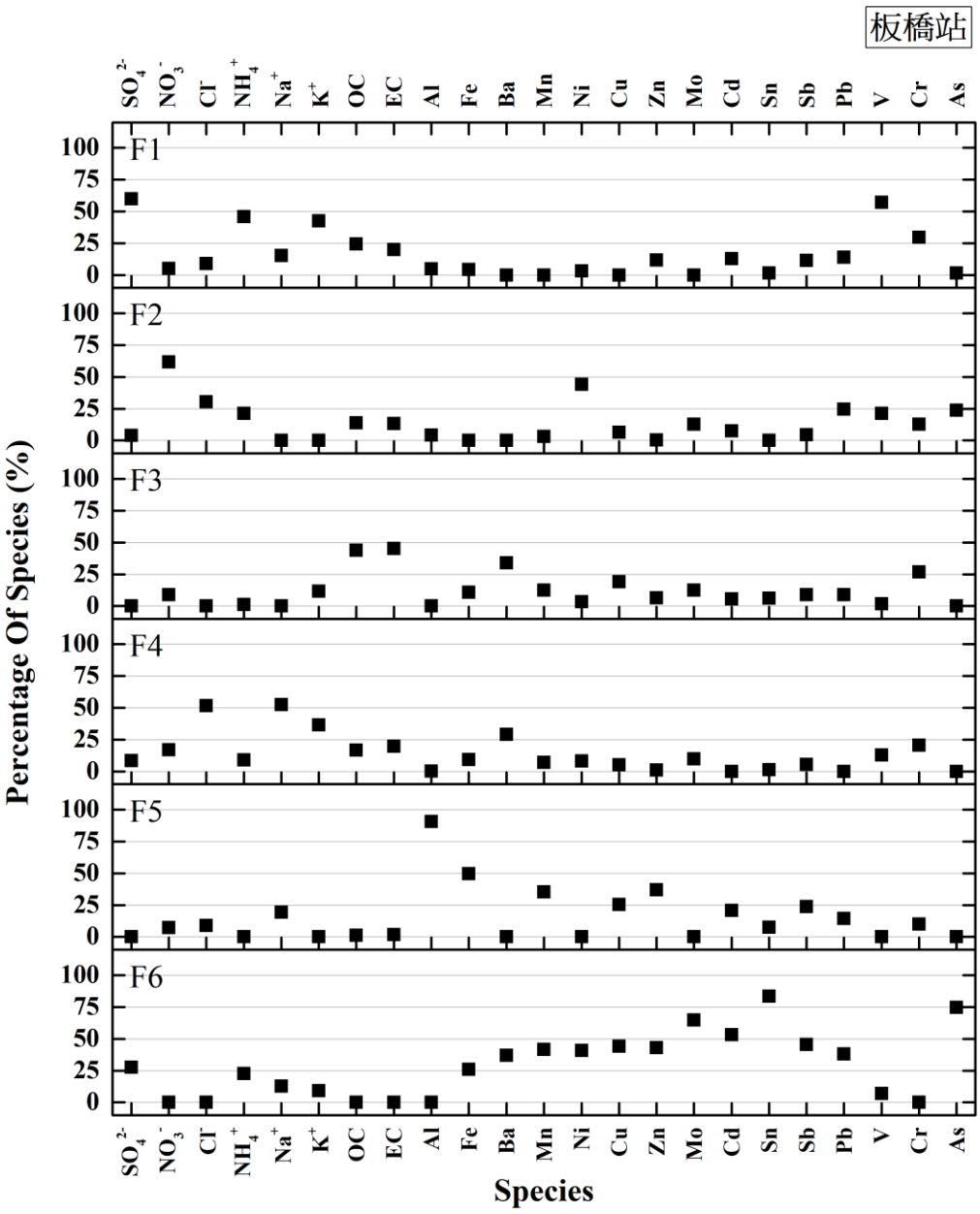


圖 4.4.2 板橋站 PMF 推估 6 個因子(污染源)剖面

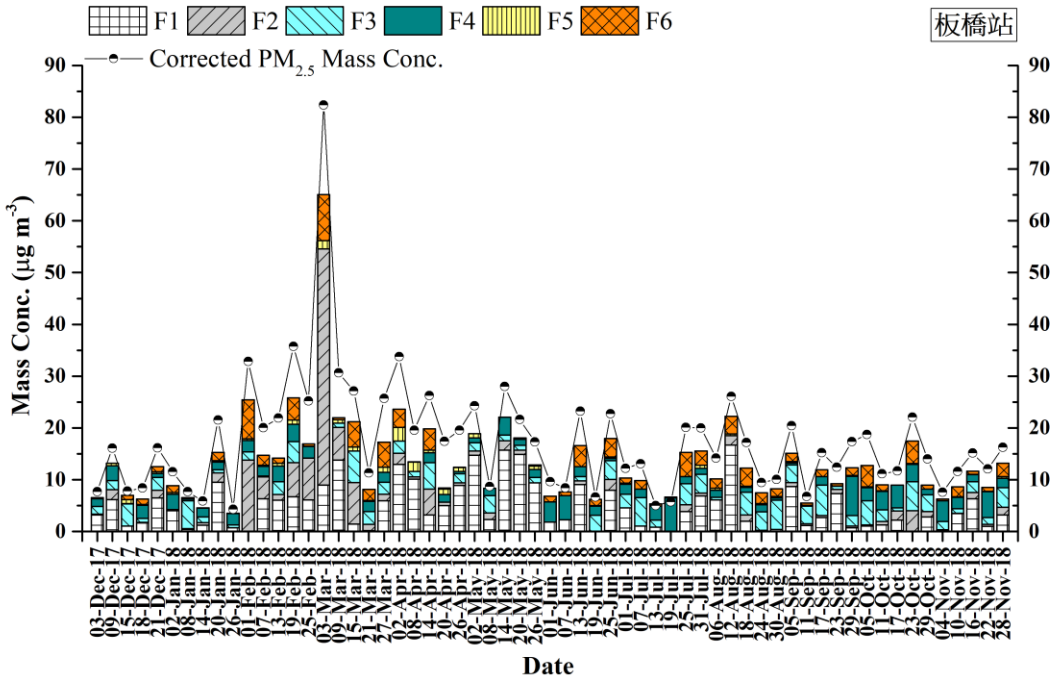


圖 4.4.3 板橋站 PMF 推估 6 個因子貢獻時間變化趨勢

表 4.4.1 板橋站 PMF 推估因子整年與季節貢獻占比

季節	F1 硫酸鹽與燃燒排放	F2 硝酸鹽與燃燒排放	F3 車輛排放	F4 生質燃燒與海鹽	F5 地殼元素	F6 混合污染源
整年	37%	18%	17%	13%	3%	13%
冬季	33%	22%	15%	16%	3%	12%
春季	44%	26%	10%	6%	4%	10%
夏季	36%	4%	22%	18%	1%	19%
秋季	26%	8%	26%	25%	1%	14%

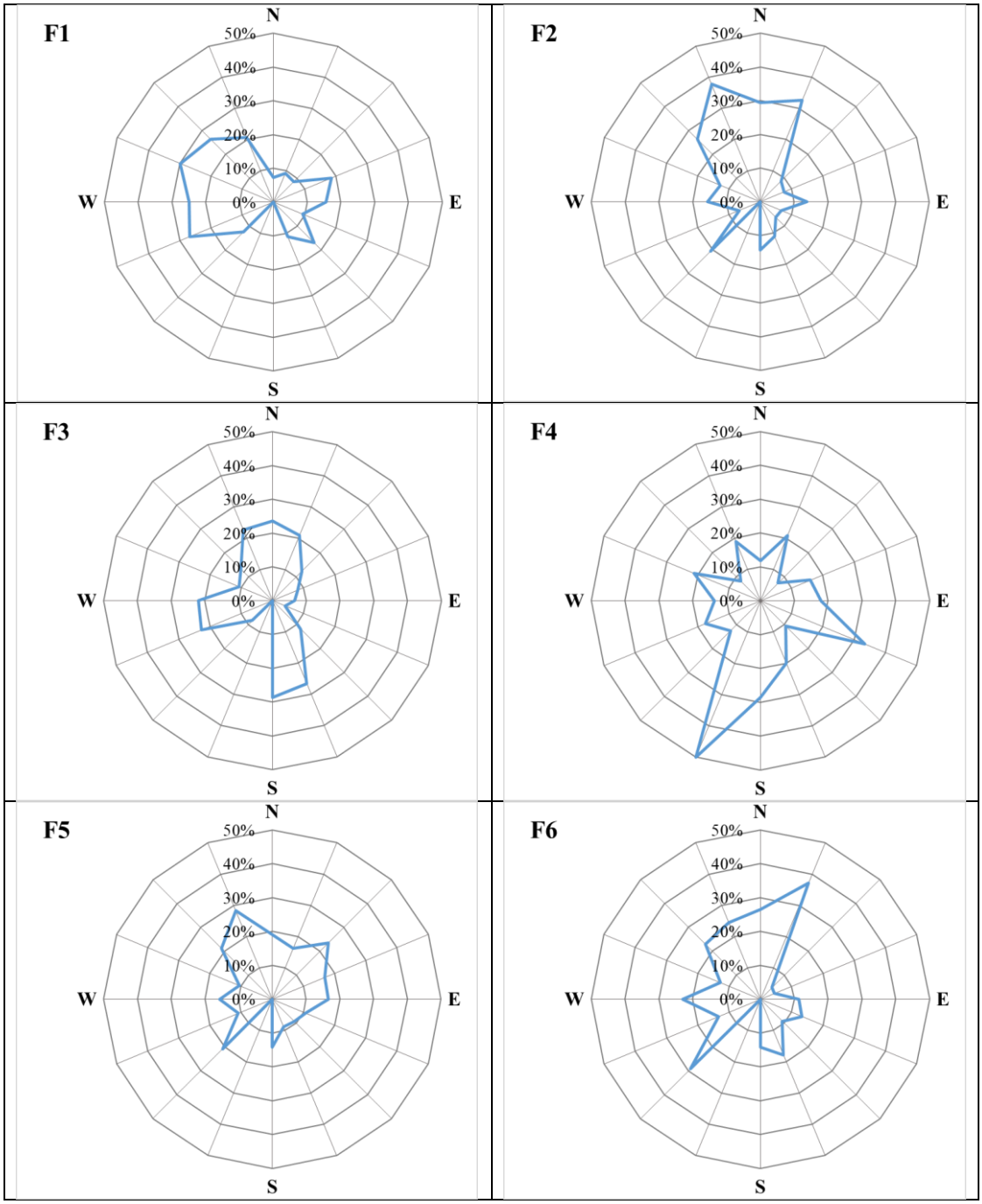


圖 4.4.4 板橋站 CPF 推估 6 個因子來向與頻率

2． 忠明站 $PM_{2.5}$ 污染來源

(1) 因子命名

圖 4.4.5 顯示忠明站解析出的 6 個因子及各因子內各化學成分剖面，分別代表各類不同污染來源，因子命名方式依據因子占比高的主要成分判別，並透過次高占比成分及成分間比值輔助判斷可能影響來源。以下分別針對 6 項因子命名程序進行說明。

因子 1－「硫酸鹽與燃燒排放」：高貢獻占比 SO_4^{2-} (61%)及 NH_4^+ (39%)，兩者濃度比值 3.12，換算莫耳比即表示 SO_4^{2-}被完全中和，推論主要成分為$(NH_4)_2SO_4$，另外因子中有高占比 V (70%)，顯示污染源可能為燃燒燃油所產生的污染物。

因子 2－「硝酸鹽與燃燒排放」：因子主要成分 NO_3^- (52%)及 NH_4^+ (34%)，顯示主要成分可能為 NH_4NO_3，來自於工業與車輛排放衍生污染。另外，高貢獻占比 As (51%)可能來自燃煤鍋爐，V (20%)及 Ni (54%)則可能來自於燃油鍋爐。透過比值分析其他金屬元素次要占比成分，結果 Sn/Cu 為 0.42、Cu/Pb 為 0.70，顯示與道路揚塵有關，所以因子 2 屬於固定與移動污染源源衍生污染物。

因子 3－「車輛排放」:根據因子中高貢獻占比碳成分 OC (49%)及 EC (42%)，次要占比成分 Sb (43%)、Cu (33%)、Zn (42%)等常作為車輪、剎車磨損指標元素，NO_3^- (25%)則可能來自車輛排放氮氧化物的衍生污染，其他還有 Fe、Mn 等金屬元素，都有 30%以上高貢獻度，這些指標元素來廣泛，除了地殼元素，也可能來自車輛零件耗損與油料添加物，如輪胎、軸承、潤滑油及汽油添加劑。透過比值分析發現 Cu/Sb 為 4.74 及 Sn/Cu 為 0.29 兩者與文獻中交通排放源相近，因而命名為「車輛排放」。

因子 4－「生質燃燒」:高貢獻占比生質燃燒指標成分 K^+ (84%)及 OC (25%)，為因子主要特徵，因而命名。另外，因子中低貢獻占比 SO_4^{2-}，可能來自老化生質燃燒氣膠 K_2SO_4，推測此因子主要來自於忠明周遭區域傳輸污染物，其餘次要占比成分包含部分金屬元素 Sn、Sb 及 Ba 等，這些金屬元素則可能來自揚塵與燃料燃燒或是煙火施放(Ba)。

因子 5－「海鹽」：高貢獻占比的 Cl^- (56%)、Na^+ (20%)為因子主要特徵，其他尚有相當高的 Mo (73%)與貢獻占比不低的 EC (23%)、Cr (19%)及 NO_3^- (15%)，次要成分 Mo 及 Cr 可能來自鋼鐵業或車輛零件及汽油添加物所產生，此處並無

其他燃煤或燃料鍋爐指標，但有較高的硝酸鹽與 EC，推測受到交通排放影響，應是污染源由海面傳輸至測站時，於傳輸路徑上加入的污染物。

因子 6－「地殼元素」：高貢獻占比的地殼元素 Al (84%)、Fe (54%)及 Mn (34%)，顯示因子來源主要為地表揚塵。另外，其他金屬元素如 Zn (33%)、Cr (23%)、Pb (33%)等，都有不低的貢獻占比，來源可能為車輛零件損耗。透過比值分析，可發現 Mn/V 比值約 9.5、Fe/Al 為 1.33 以及 Cu/Sb 為 5.87，代表因子主要受到道路揚塵影響。

(2) 因子季節變化趨勢與來源潛勢

表 4.4.2 彙整忠明站 6 項因子於各季節及整年期間占比變化，配合各因子隨時間變化趨勢(圖 4.4.6)，可了解各季節及污染事件時，主要影響因子。圖 4.4.7 彙整 CPF 推估忠明站 6 項因子潛在來向，透過比對附錄六各觀測站鄰近污染源分布及前 20 大排放源位置圖，進而找出潛在污染源。

因子 1「硫酸鹽與燃燒排放」是年占比最高的因子，於四季中，只有冬季占比最低，其餘三季都是季節占比最高因子，顯示忠明地區各季節都受到工業燃料鍋爐排放的影響，從圖 4.4.6 中來看，3 月 27 日、6 月 13 日及 8 月 12 日都有較高的濃度，這三日於前述污染來源推論中推定為區域污染，顯示因子 1 屬於忠明地區外圍污染源，在風速高時對於觀測區有較大影響。CPF 推估結果顯示因子 1 來向大多為測站西方及西北西方與南方，頻率約為 20%，透過附錄六的圖資料顯示測站西方為南屯區，西北西延伸則為龍井及梧棲區，同時此地區設有許多高排放源，如：鋼鐵廠及火力發電廠等，測站南方則可能受到來自烏日或台中市以南的污染物排放影響。

因子 2「硝酸鹽與燃燒排放」年占比第二高，僅次於因子１，並且於冬季及春季都是占比最高的因子，分別為 24%與 26%，到了夏季由於因子組成成分硝酸銨受到溫度影響，大量揮發損失導致夏季占比最低，到了秋季 10 月下旬，從圖 4.4.6 中可看出，因子濃度因環境溫度下降，有了明顯的增加。在因子隨時間變化趨勢中可發現，濃度較高的觀測日有 1 月 20 日、3 月 3 日、3 月 15 日、4 月 20 日以及 11 月 10 日等，其中，3 月及 4 月份期間的污染事件日多數為典型的在地污染事件，其餘則為區域污染日，由於因子組成成分為 NO_3^-，代表主要受本地排放影響，由污染事件日的因子分布可發現，區域污染事件時仍是以本地污染為大

宗。透過 CPF 分析結果顯示因子來向大致可分為測站西側、東北東及北方，頻率都在 20%以上，潛在污染源可能包含了台中港區的固定污染源、測站北方則有中科后里園區、東方則為台中市區，因此當來自這些方位的氣流可能夾帶氮氧化物的衍生污染物影響測站周遭地區空氣品質。

因子 3「車輛排放」是忠明地區占比第二高因子，季節占比變化不明顯，這顯示因子貢獻量相當穩定，同時在四季中皆為占比第二或第三高污染源，可見其影響性。從圖 4.4.6 來看，各時期有穩定的濃度存在，為受到污染事件影響較小的在地型污染。CPF 推估結果與因子 2 相似，但因子來向更為廣泛，僅有南方與東北東方頻率較低，由測站四周的圖可知，西方為國道 1 號，東方則近台中市區，都屬交通繁忙路段，這也導致污染來向較為分歧。

因子 4「生質燃燒」是年占比第三高的污染源，秋季與冬季都有相對高的貢獻濃度，從圖 4.4.6 來看，冬季以 2 月 19 日濃度貢獻量最為顯著，這天為農曆春節期間，除了生質燃燒外還可能受到炮竹施放影響。CPF 分析結果則顯示因子來向主要為測站東方及西北西方，頻率高達 33%，另外西南方也有不低的頻率，此結果與附錄六的圖比對後可發現，設站西北西方與西南方皆有農田，因此不排除受到農廢燃燒影響，另外，測站東方並無田地，因此較不可能受到生質燃燒影響，來自測站東方的高頻率，則可能為高估的現象，由於計畫執行期間，風向資料有效小時數據約 1300 筆，但東風與東北東風僅 15 筆左右，因此數值可能高估，但仍然顯示極少次數的東風所帶來的影響仍不可忽視，這些來自測站東方的生質燃燒影響可能為累積於山邊的污染，透過秋冬時期的弱東風傳輸至觀測站。

因子 5「海鹽」是忠明站貢獻濃度次低的因子，主要在冬季有較高的濃度貢獻，冬季主要盛行東北季風，但忠明站東北方主要為陸地，理論上受到海鹽影響應該比較少，比對時序圖中可發現，濃度較高時期如 12 月 15 日、1 月 2 日及 3 月 3 日這幾天從監測資料上可發現中午時段可能因海風影響，風向轉為西北或西南風，而忠明站西側主要為海面，這也解釋了為什麼在盛行東北季風時期卻有高占比的海鹽。CPF 推估結果則顯示影響頻率最高方位以東南東方較為顯著，另外，測站西方與西南西方也有約 20%的影響頻率，這與前述透過監測資料所觀測的現象相當吻合。當吹拂東風時有較高的影響頻率則如圖因子 4 的結果相似，主要受東風分母數較低所影響。

因子 6「地殼元素」是年占比最低因子，冬季與春季有較高的貢獻濃度，其他季節則都是貢獻濃度最低，這樣的季節分布可能受到風速較高的東北風影響，較高的風速因此帶起更多的揚塵，此外，今年雨量較為集中於 8 月下旬，因此 8 月 12 日至 8 月 24 日這段期間因子貢獻量較小。CPF 推估結果則顯示因子影響頻率較高的方位除了東方至南南西方以外，大多有 20%上下的機會有來自地殼元素的影響。

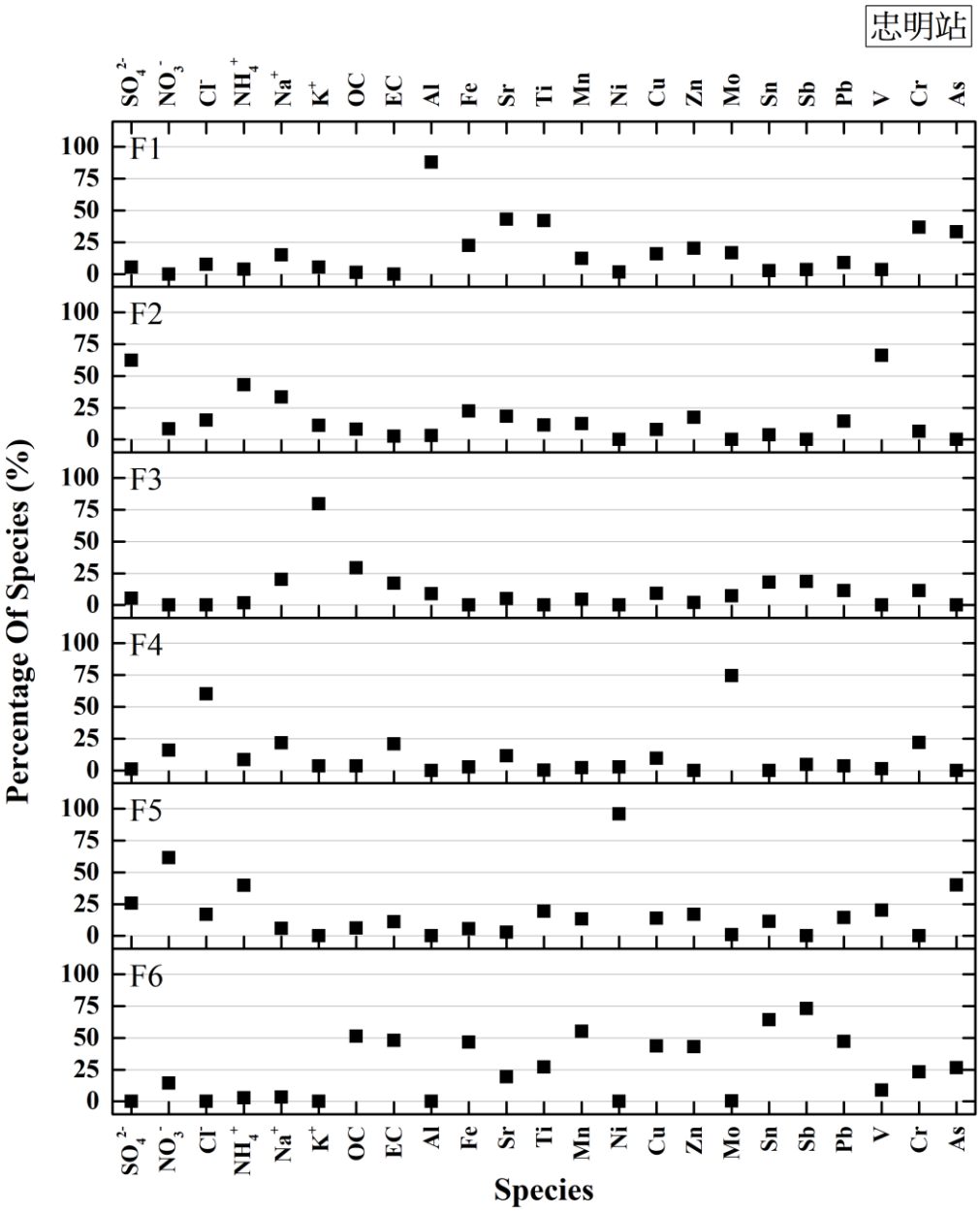


圖 4.4.5 忠明站 PMF 推估 6 個因子(污染源)剖面

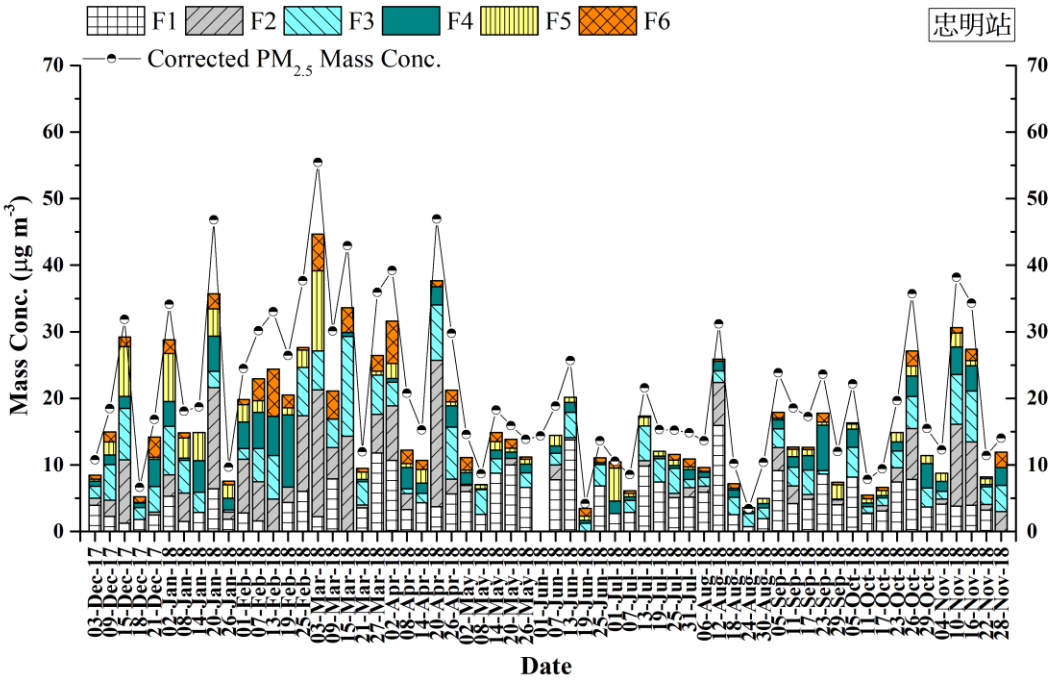


圖 4.4.6 忠明站 PMF 推估 6 個因子貢獻時間變化趨勢

表 4.4.2 忠明站 PMF 推估因子整年與季節貢獻占比

季節	F1 硫酸鹽與燃燒排放	F2 硝酸鹽與燃燒排放	F3 車輛排放	F4 生質燃燒	F5 海鹽	F6 地殼元素
整年	31%	20%	20%	11%	9%	8%
冬季	15%	24%	20%	18%	13%	9%
春季	28%	26%	21%	6%	7%	11%
夏季	52%	8%	21%	7%	8%	4%
秋季	33%	19%	21%	15%	7%	5%

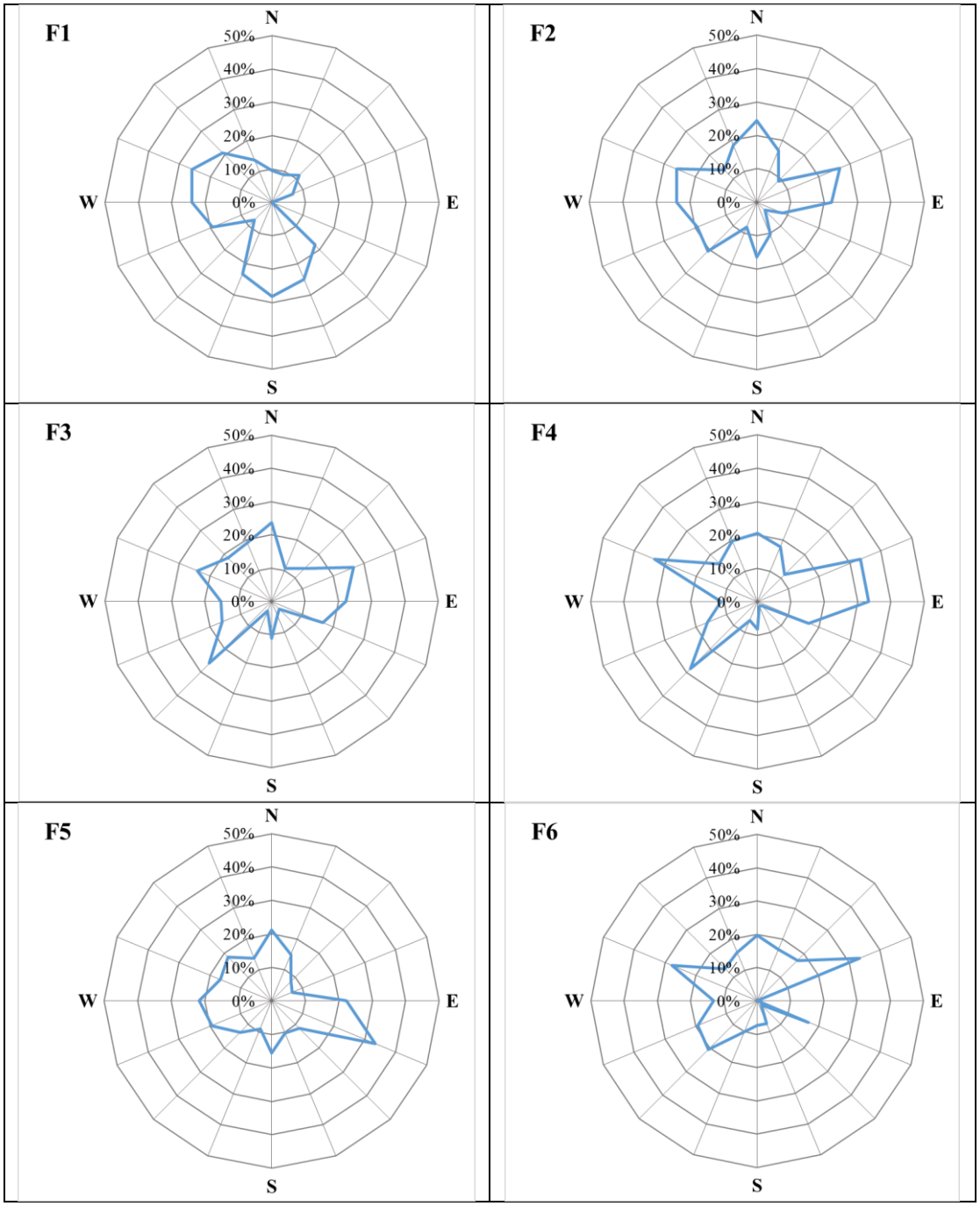


圖 4.4.7 忠明站 CPF 推估 6 個因子來向與頻率

3． 斗六站 $PM_{2.5}$ 污染來源

(1) 因子命名

圖 4.4.8 顯示斗六站解析出的 6 個因子及各因子內各化學成分剖面，分別代表各類不同污染源。因子命名方式依據因子占比高成分判別，並透過占比較低的次要成分及成分間比值輔助判斷可能影響污染源。以下分別針對 6 個因子命名程序進行說明。

因子 1－「硫酸鹽與燃燒排放」：高貢獻占比 SO_4^{2-} (59%)及 NH_4^+ (36%)，兩者濃度比值 2.75，換算莫耳比即表示 SO_4^{2-}被完全中和，主要成分為 $(NH_4)_2SO_4$，另外因子中尚有高占比 V (65%)，元素 V 可作為燃油燃燒指標元素，顯示硫酸鹽主要因工業鍋爐排放所形成。

因子 2－「硝酸鹽與燃燒排放」：因子主要成分 NO_3^- (68%)及 NH_4^+ (46%)，主要無機離子具有相當高貢獻比例，顯示主要成分可能為 NH_4NO_3，可能來自於工業與車輛排放衍生污染。另外，高濃度貢獻的 Cl^- (29%)推測主要成分中尚有 NH_4Cl，可能來自於工業排放衍生污染。金屬元素則有高濃度占比的 Ni、Mo、As 與 Cu，顯示影響源包含了燃油、燃煤燃燒以及交通排放。

因子 3－「車輛排放」:根據因子中高貢獻占比碳成分 OC (43%)及 EC (29%)，較高的碳成分與零星 NO_3^- (8%)可能來自車輛尾氣排放。金屬元素 Mo (26%)、及 Cr (44%)，這些元素常作為車輪磨損或燃料添加物指標元素，透過比值分析發現 Sn/Cu 為 0.04 及 Cu/Fe 為 0.11 兩者與文獻中交通排放源及道路揚塵相近，因而命名為「車輛排放」。

因子 4－「生質燃燒」：高貢獻占比生質燃燒指標成分 K^+ (88%)為因子主要特徵，因而命名。另外，因子中低貢獻占比 SO_4^{2-}，可能來自老化生質燃燒氣膠 K_2SO_4，推測因子主要來自於斗六周遭區域傳輸污染物，其餘次要成分包含部分金屬元素 Sn、Sb 及 Ba 等，當此三種金屬元素同時較高時顯示來源與交通排放有關，可能受到斗六站周遭道路影響。

因子 5－「海鹽」：因子中富含高貢獻占比的 Cl^- (46%)、Na^+ (22%)成為因子主要特徵，可作為受到海鹽影響的推估依據，透過比值分析發現兩者濃度比值為 6.45，高於海鹽比值，表示 Cl^-還有來自工業排放，如燃燒化石燃料等。因子中還

有占比不低 Ni (46%)代表可能受到燃油燃燒影響。從因子的貢獻濃度來看，仍以海鹽貢獻量較高，因而命名為海鹽。

因子 6－「地殼元素」：高貢獻占比的地殼元素 Al (79%)顯示因子來源主要為沙塵。另外，透過比值分析，可發現 Cu/Sb 比值約 10.28、Fe/Al 為 0.19 都十分接近文獻中所提及道路揚塵與塵土元素比值，因此命名為地殼元素。

(2) 因子季節變化趨勢

表 4.4.3 彙整斗六站 6 項因子於各季節及整年期間占比變化，配合各因子隨時間變化趨勢(圖 4.4.9)，可了解各季節及污染事件時，主要影響因子。圖 4.4.10 則彙整 CPF 推估斗六 6 項因子潛在來向，透過比對附錄六的圖資料進而找出潛在污染源。

因子 1「硫酸鹽與與燃燒排放」是斗六站濃度占比第二高因子，僅次於因子 2「硝酸鹽與燃燒排放」，四季中以冬季最低，夏季占比 55%最高。從圖 4.4.9 可發現各季節中污染濃度較高的區域污染事件日都有較高濃度，如： 3 月 27 日、4 月 2 日及 8 月 12 日等，顯示因子屬於區域型污染源。CPF 推估結果顯示當風向為西風至西北西風以及東南東至東南有較高頻率，對照的附錄六地圖資料推測污染源可能為斗六工業區以及西部沿海工業區。

因子 2「硝酸鹽與燃燒排放」為斗六站主要污染因子，年占比 34%是 6 個因子中最高的，並且於冬季、春季及秋季都是各因子間有最高占比，但夏季受到環境溫度影響，僅剩下 12%，原因與因子主要成分 NO_3^-容易受氣溫影響而揮發有關。從時間序列圖中可看到因子於冬季及春季污染事件日有相當高的濃度，這些污染事件日涵蓋了在地與區域傳輸事件日，由因子彼此間濃度變化可看出，即使受到區域污染影響，在地的污染排放及其衍生物仍為主要的污染源。CPF 推估結果顯示因子主要來向為測站北方，頻率約為 25%，測站北方有埤頭工業區、雲林科技工業區，主要為金屬製品製造業，另外向北延伸則有焚化爐，顯示可能受到固定排放源衍生污染物影響。除測站北方外，測站西北西方以及東南東方也有約 20%貢獻頻率，此二方位則鄰近斗六市區，可能受到交通排放衍生污染物的影響。

因子 3「車輛排放」是斗六站濃度占比第 3 高因子，年占比 18%，四季變化穩定，各季節濃度占比變化穩定，約為 16~23%。由圖 4.4.9 中同樣呈現此結果，

若從濃度來看，少數污染事件日可發現濃度明顯增加，這可能與事件日大多為在地污染型態影響程度較高有關。CPF 推估結果顯示因子 3 主要受西北風影響最高，頻率為 37%，其次為東風及北風，頻率約為 25~33%，透過地圖比對可知測站西側主要為國道 1 號並且與測站東側多屬街道密度較高區塊，因此有較高貢獻頻率，另一方面因子貢獻濃度較高時期大多為秋冬兩季，這也導致來自南風的貢獻頻率趨近於 0%。

因子 4「生質燃燒」占比為斗六次低的因子，年占比 8%，秋季與冬季有較高的貢獻占比，這可能與休耕期農廢燃燒或廢材鍋爐燃燒有關。另外從因子時序變化可發現，2 月 19 日這天有最高的濃度，前段化學成分分析指出，這段時間為農曆新年期間，因此這天的高濃度可能由施放炮竹或焚香等傳統儀式慶典所造成。CPF 推估結果顯示吹拂西北風時有高達 38%機率影響到觀測站，由於測站北面大多為農田，因此在北風較為強勁的冬季與秋季對於斗六站影響較大。

因子 5「海鹽」是 6 個因子中占比第四高的因子，在冬季有本因子最高的濃度占比(17%)，同時也是冬季 6 個因子占比次高因子，四季濃度占比約為 5~17%，冬季以外各季節差異不大，受到季節變換影響較小，在冬季與春季的污染事件日中都有相當高的貢獻濃度，從 CPF 推估資料中可發現，主要受北北東及西北風影響頻率最高。由於因子除海鹽特徵外還包含些許工業指標元素，這可能為傳輸過程中受到沿海工業區排放影響，也導致在污染事件時有較高的貢獻濃度。

因子 6「地殼元素」是因子中占比最低的因子，各季節差異不大，約為 1~2%。從 CPF 推估結果可看出因子來向主要分布於北風時期頻率較高，南風時期則相對低，可能因東北風整體風速較高，加上該時期為濁水溪枯水期，因此帶來的揚塵較多，導致吹拂北風時有較高的影響頻率。

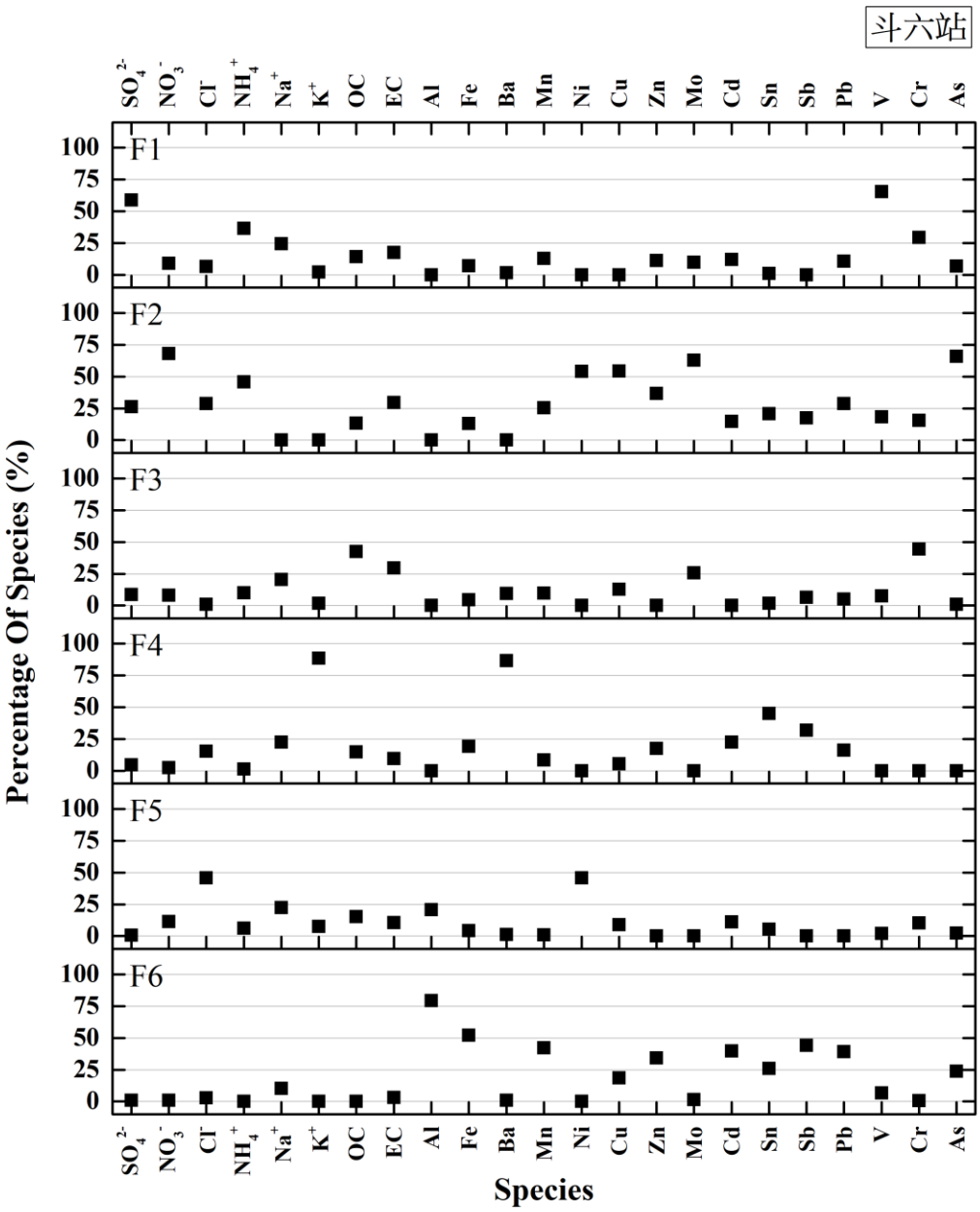


圖 4.4.8 斗六站 PMF 推估 6 個因子(污染源)剖面

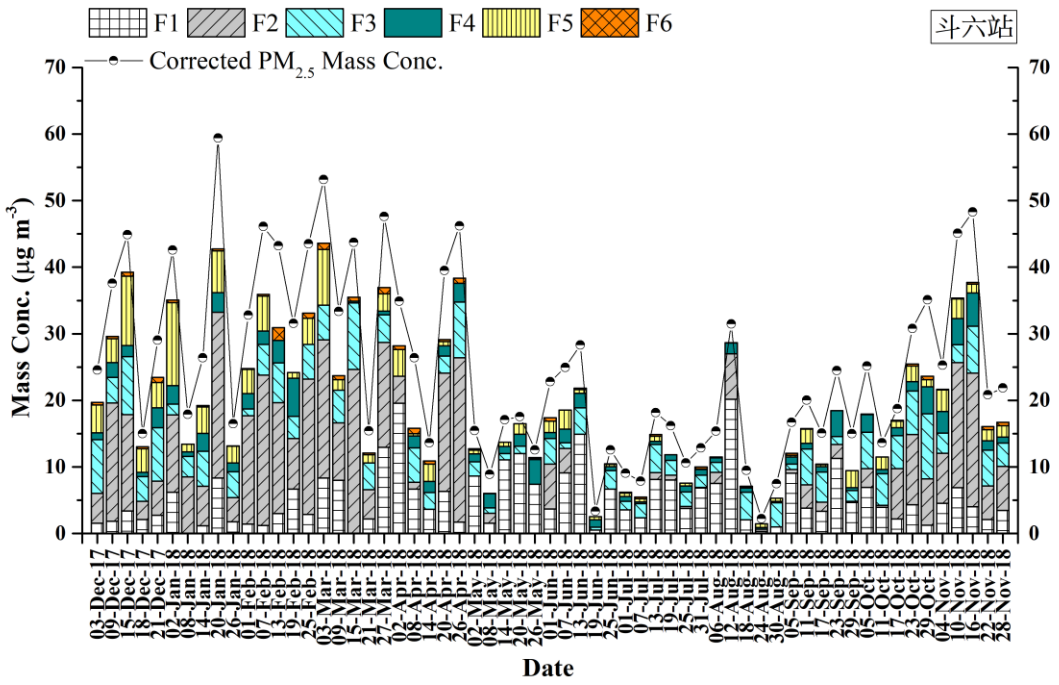


圖 4.4.9 斗六站 PMF 推估 6 個因子貢獻時間變化趨勢

表 4.4.3 斗六站 PMF 推估因子整年與季節貢獻占比

季節	F1 硫酸鹽與燃燒排放	F2 硝酸鹽與燃燒排放	F3 車輛排放	F4 生質燃燒	F5 海鹽	F6 地殼元素
整年	28%	34%	18%	8%	10%	2%
冬季	11%	46%	17%	8%	17%	2%
春季	33%	37%	16%	6%	7%	2%
夏季	55%	12%	19%	8%	5%	1%
秋季	25%	32%	23%	11%	8%	1%

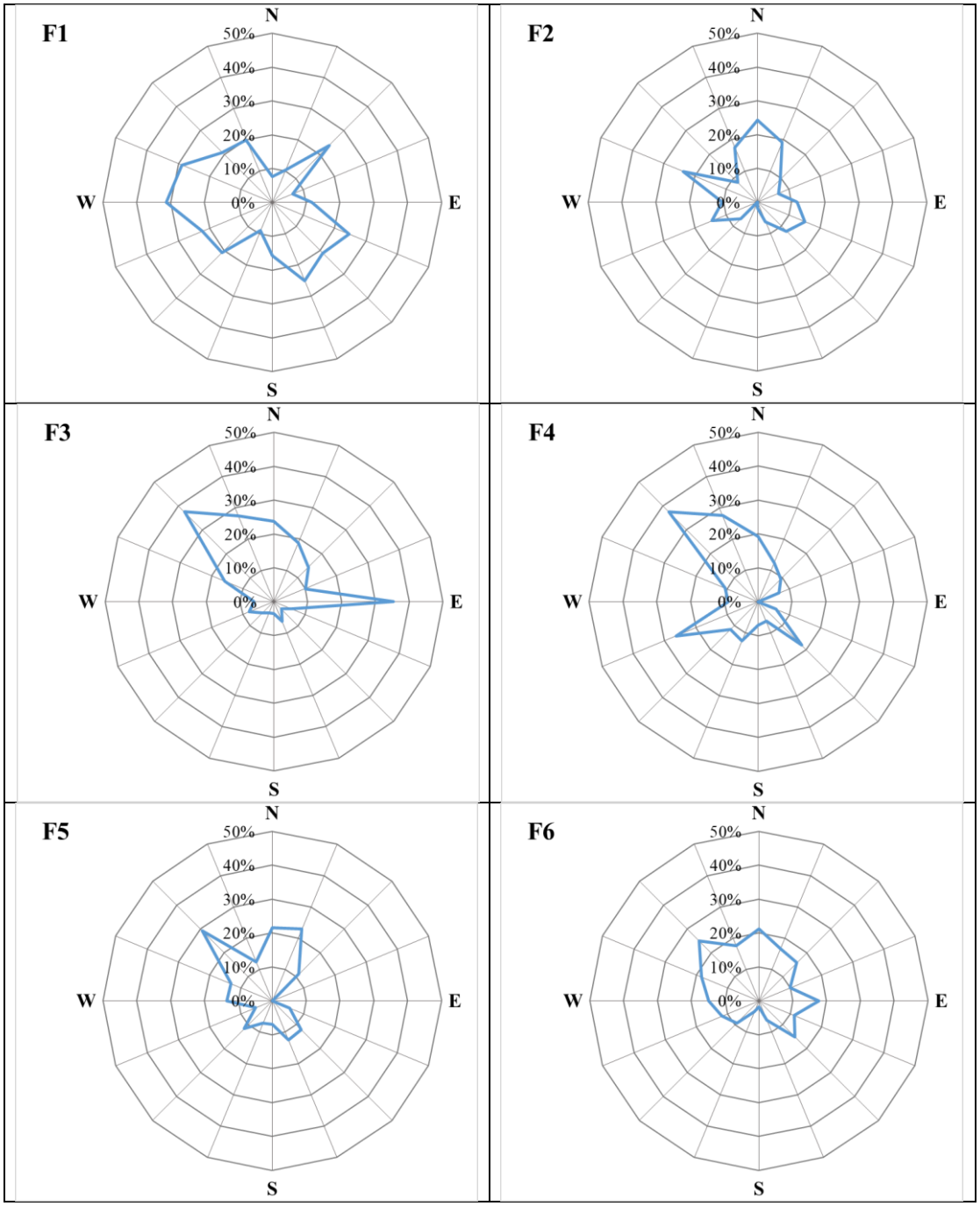


圖 4.4.10 斗六站 CPF 推估 6 個因子來向與頻率

4． 嘉義站 $PM_{2.5}$ 污染來源

(1) 因子命名

圖 4.4.11 顯示嘉義站解析出的 6 個因子及各因子內各化學成分剖面，分別代表各類不同污染源，因子命名方式依據因子占比高成分判別，並透過占比較低的次要成分及成分間比值輔助判斷可能影響污染源。以下分別針對 6 個因子命名程序進行說明。

因子 1－「硫酸鹽與燃燒排放」：高貢獻占比 SO_4^{2-} (55%)及 NH_4^+ (34%)，兩者濃度比值 2.86，換算莫耳比表示 SO_4^{2-}被完全中和，主要成分為 $(NH_4)_2SO_4$。另外，因子中尚有高占比 V (63%)，元素 V 可作為燃油燃燒指標元素，顯示還有燃油工業鍋爐排放。因子中還包含其他燃煤指標元素 Pb (16%)、Cr (25%)及 Sn (17%)，這些元素來源廣泛，固定污染源或移動污染源都有其蹤跡，因此將此因子命名為硫酸鹽與燃燒排放。

因子 2－「硝酸鹽與燃燒排放」:因子主要成分為 NO_3^- (75%)及 NH_4^+ (31%)，顯示主要成分可能為 NH_4NO_3，來自於工業與車輛排放衍生污染。次要成分如：OC (31%)與 EC (39%)則可能經由燃燒燃料產生，可能來自於工業排放衍生污染。金屬元素則有高濃度占比的 Zn、Cu、Pb 及 As，顯示影響源為車輛零件耗損、燃煤燃燒等人為活動，透過比值分析發現 Zn/Pb 比值 1.68、As/V 為 4.16 及 V/Ni 比值 2.19，十分接近垃圾焚化與燃煤及燃油燃燒比值，顯示此因子屬於固定與移動污染源衍生污染物。

因子 3－「車輛排放」：因子有高貢獻占比碳成分 OC (32%)及 EC (29%)，較高的碳成分與 NO_3^- (13%)可能來自車輛尾氣排放。其他次要成分如金屬元素 Mo (67%)，常作為車輛汽油添加物，Sn(35%)、Cu (21%)及 Sb (24%)，這些元素常作為車輪或其他零件磨損指標元素。透過比值分析發現 Sn/Cu 為 0.65 及 Cu/Pb 為 0.70，顯示來源為道路揚塵，因而命名為「車輛排放」。

因子 4－「生質燃燒」：高貢獻占比生質燃燒指標成分 K^+ (81%)為因子主要特徵，因而命名。因子中還有其他次要成分如 Cl^- (25%)、OC (27%)、SO_4^{2-} (24%)以及 NO_3^- (14%)，顯示因子為原生與衍生的生質燃燒氣膠混合型，可能藉由傳輸影響到嘉義站。

因子 5－「海鹽」：因子中富含高貢獻占比的 Cl^- (55%)、Na^+ (21%)為因子主要特徵，此二項離子可作為海鹽指標成分，因而命名海鹽。其他次要成分還包含 Fe (24%)、Mo (41%)及 Cr (29%)，可能來自揚塵、交通排放及工業程序，推測傳輸至測站時受到其他污染源干擾，因而包含於因子 5 中。

因子 6－「地殼元素」：高貢獻占比的地殼元素 Al (76%)顯示因子來源主要為沙塵。其他地殼元素同樣具有不低的貢獻比例，如：Al (80%)、Fe (54%)，另外，透過比值分析，可發現 Cu/Sb 比值約 6、Fe/Al 為 0.98 都十分接近文獻中所提及道路揚塵與塵土元素比值，因此命名為地殼元素。

(2) 因子季節變化趨勢

表 4.4.4 彙整嘉義站 6 項因子於各季節及整年期間占比變化，配合各因子隨時間變化趨勢(圖 4.4.12)，可了解各季節及污染事件時，主要影響因子。圖 4.4.13 彙整 CPF 推估嘉義 6 項因子潛在來向，透過比對 CPF 推估結果與附錄六地圖進而找出潛在污染源。

因子 1「硫酸鹽與與燃燒排放」是嘉義站濃度第二高因子，四季中以冬季最低，夏季占比 52%最高。從圖 4.4.12 中可發現各季節中污染濃度較高的區域污染事件日都可發現有較高的濃度，如： 3 月 27 日、4 月 2 日、6 月 13 日及 8 月 12 日等，顯示因子是屬於區域型污染物。CPF 推估結果顯示當風向來自西北西約有 40%機率受到因子 1 的影響，是貢獻頻率最高的方位，對照附錄六地圖資料顯示，測站西北西方是新港與嘉太工業區，另外，嘉義地區以外則尚有麥寮工業園區，這些地區工廠可能使用燃油或燃煤等化石燃料，所產生的污染物透過氣流傳輸影響嘉義測站。

因子 2「硝酸鹽與與燃燒排放」為嘉義站主要污染因子，年占比 36%是 6 個因子中最高的，並且於冬季與春季占比最高，特別是冬季濃度占比高達 49%，顯示半數污染都來自此因子，由於因子具有各類衍生污染物的特性，顯示嘉義地區於冬季擴散條件十分不良，因此才有如此多的衍生污染物。到了夏季則受到環境溫度影響，僅剩下 10%，原因與因子主要成分 NO_3^-容易受氣溫影響而揮發有關。從圖 4.4.12 中可看到因子於冬季及春季污染事件日時有相當高的濃度，進入秋季 10 月下旬過後同樣有較高濃度，這些觀測日大多包含在地與區域傳輸事件日，

由因子彼此間濃度變化可看出，即使受到區域污染影響，在地的污染排放及其衍生物仍為主要的污染源。CPF 推估結果顯示當吹拂北風時有 30%機率帶來因子 2 的影響，從地圖資料中可看出嘉義站北方主要為嘉義市區屬於人口密度較高地區，在往北延伸則有民雄與橋頭工業區，由於因子 2 屬於移動與固定排放源衍生污染物，因此來自上述地區所產生的排放皆有可能對測站周遭空氣品質造成影響。

因子 3「車輛排放」是嘉義站年污染濃度貢獻第四高因子，年占比 12%，夏季是因子占比最高季節，並且為 6 個因子夏季次高占比。從圖 4.4.12 可看出，觀測期間每天都有相對固定的車輛排放因子貢獻量，少數如 8 月 12 日，受到區域污染影響較為嚴重的觀測日則會有較低的濃度，可能受到當時環境條件變化的影響，因子的貢獻量轉為其他衍生污染物的型態呈現。CPF 推估結果與因子 2 相似，大多受到北風影響，有較高的頻率帶來貢獻濃度，這與嘉義站所處位置較有關係，嘉義站北邊屬於人口密集區，因此交通流量較高，影響頻率相對低的測站南方則大多以農田為主。

因子 4「生質燃燒」年占比 20%，在秋季與冬季有較高的濃度占比，主要應該受到當地農地休耕期間燃燒農廢有關，此外，年節慶典焚燒金紙與施放煙火也可能有相似的指標成分出。從圖 4.4.12 可發現，2 月 19 日(農曆新年期間)為濃度最高日，表示生質燃燒的影響在這天最為顯著，顯示節日期間施放的煙火與燃燒金紙等活動都會加劇生質燃燒對空氣品質影響。CPF 推估結果顯示當風向為西北風時有超過 30%以上的機率受到高濃度的生質燃燒污染源影響，對照附錄六地圖資料，雖然嘉義站都會區外圍都屬於農地，但受到西北方生質燃燒影響頻率較高，主要原因為秋、冬兩季較容易受到季風傳輸影響有關，同時相比於夏季，污染物擴散條件同樣有所差異，導致秋冬時有較高頻率容易捕捉到因子 4 的影響。

因子 5「海鹽」是 6 個因子中占比最低的因子，在冬季有本因子最高的濃度占比(7%)，夏季濃度占比 2%則是最低占比的季節。台灣由於地形狹長，西部各觀測站都鄰近海域，因此海鹽的影響相當固定，冬季有較高濃度占比可能受盛行季風影響，氣流在傳輸路徑上攜帶其他污染物，導致冬季有較高的濃度占比，也使得海鹽因子的組成可測得其他污染源指標元素。CPF 推估結果顯示當北風及東北風有相對於其他方位風向有較高的影響頻率，頻率約為 30%上下。

因子 6「地殼元素」是因子中占比最低的因子，各季節差異不大，占比變化約為 2~4%，冬季與春季較高的占比可能受到東北季風傳輸影響，再加上此二季節屬於河川枯水期，因此揚塵相對較多。CPF 推估結果顯示當風向來自西北至北北東時約有 20~30%受到影響，主要是受到貢獻濃度較高季節盛行風向影響。

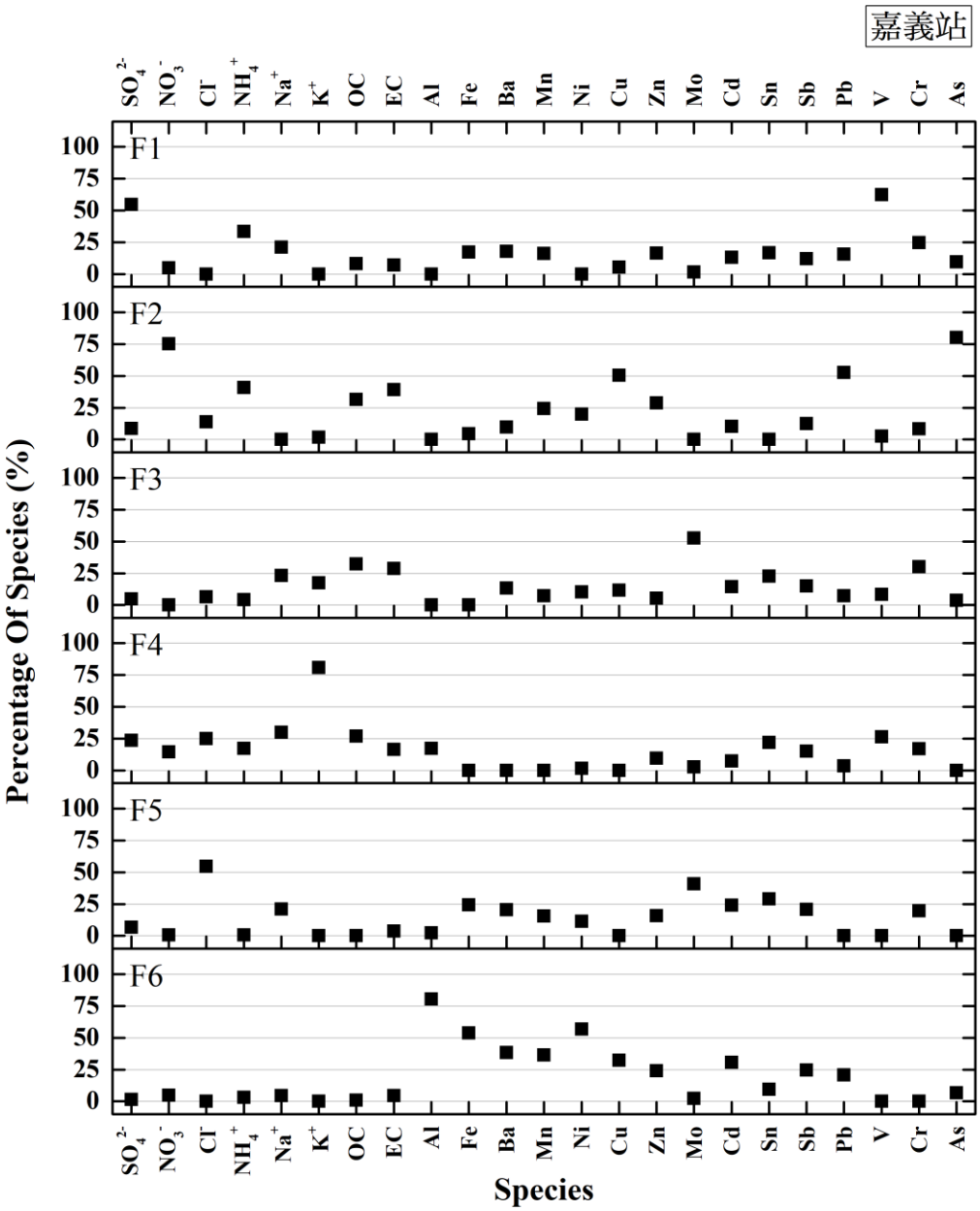


圖 4.4.11 嘉義站 PMF 推估 6 個因子(污染源)剖面

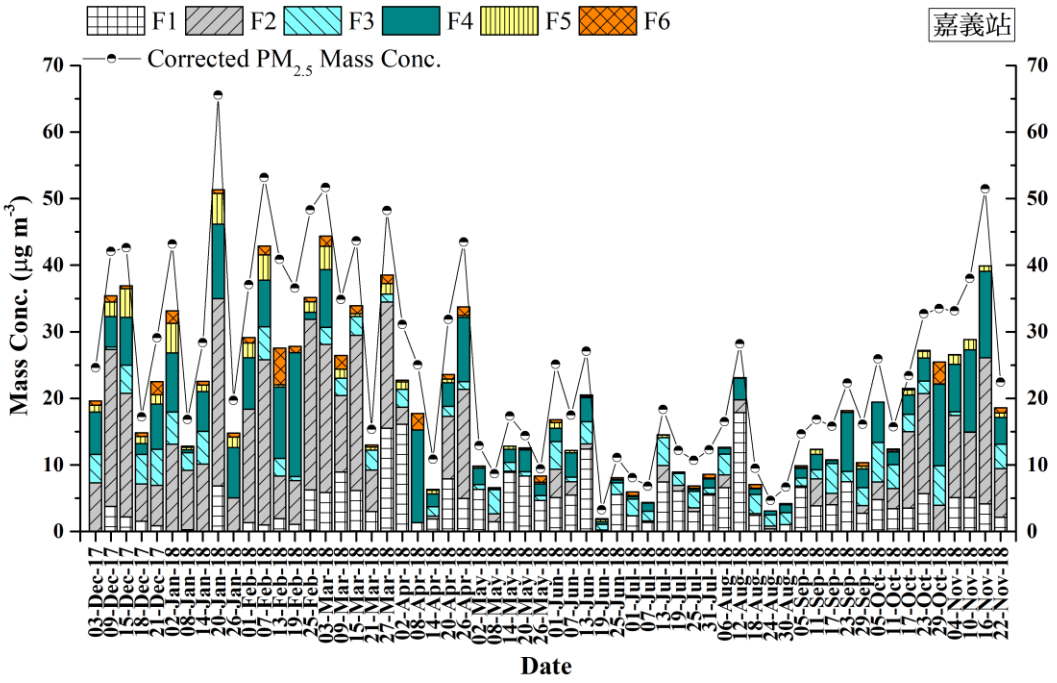


圖 4.4.12 嘉義站 PMF 推估 6 個因子貢獻時間變化趨勢

表 4.4.4 嘉義站 PMF 推估因子整年與季節貢獻占比

季節	F1 硫酸鹽與 燃燒排放	F2 硝酸鹽與 燃燒排放	F3 車輛排放	F4 生質燃燒	F5 海鹽	F6 地殼元素
整年	24%	36%	12%	20%	4%	4%
冬季	6%	49%	9%	25%	7%	4%
春季	33%	36%	8%	15%	4%	4%
夏季	52%	10%	21%	13%	2%	2%
秋季	21%	34%	13%	28%	3%	2%

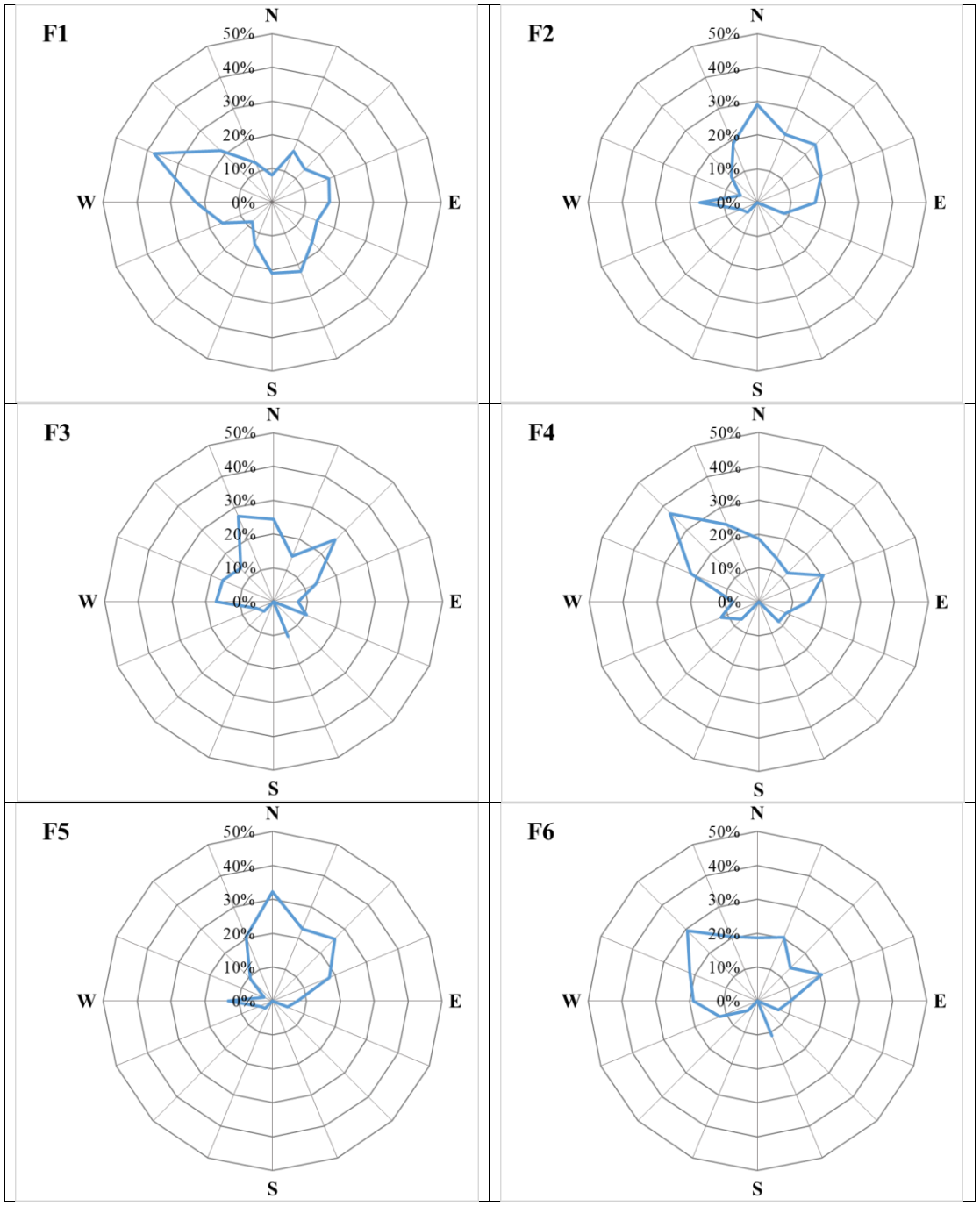


圖 4.4.13 嘉義站 CPF 推估 6 個因子來向與頻率

5． 小港站 $PM_{2.5}$ 污染來源

(1) 因子命名

圖 4.4.14 顯示小港站解析出的 6 個因子及各因子內各化學成分剖面，分別代表各類不同污染源，因子命名方式依據因子占比高成分判別，並透過占比較低的次要成分及成分間比值輔助判斷可能影響污染源。以下分別針對 6 個因子命名程序進行說明。

因子 1－「硫酸鹽與燃燒排放」：高貢獻占比 SO_4^{2-} (64%)及 NH_4^+ (40%)，兩者濃度比值 2.89，換算莫耳比即表示 SO_4^{2-}被完全中和，主要成分為 $(NH_4)_2SO_4$，另外因子中尚有極高占比 V (76%)，元素 V 可作為燃油燃燒指標元素，顯示硫酸鹽主要因燃油工業鍋爐排放所形成。因子中還包含其他成分如 OC (26%)、EC (30%)，顯示與化石燃料燃燒有關。

因子 2－「硝酸鹽與燃燒排放」:因子內占比高的主要成分 NO_3^- (78%)及 NH_4^+ (46%)，可能為 NH_4NO_3，推論來自工業與車輛排放衍生污染。次要成分如：OC (27%)及 EC (15%)可能來自化石燃料燃燒，另外相當高的金屬元素 Mo (64%)可能來自生產不銹鋼時的添加物或車輛機油添加物，高貢獻占比元素 As (51%)通常做為燃煤燃燒指標元素。比值分析結果則顯示 Cu/Pb、Cu/Sb、Sn/Cu 等次要成分比值接近道路揚塵，綜合各類成分特性可知，因子 1 主要來自固定及移動污染源燃燒排放衍生污染。

因子 3－「車輛排放」：因子中高占比碳成分 OC (30%)及 EC (34%)，可能來自柴油引擎車輛尾氣排放。其他次要成分如金屬元素 Sn (21%)、Cu (40%)、Zn (37%)，這些元素常作為車輪或其他零件磨損指標元素。元素間比值 Cu/Pb 為 0.69，數值介於車輛排放與道路揚塵間，Sn/Cu 濃度比值為 0.24 與交通排放接近，顯示因子來源為道路交通廢氣與揚塵。

因子 4－「生質燃燒」：高貢獻占比生質燃燒指標成分 K^+ (66%)及 OC (16%)為因子主要特徵，因子中低占比的 SO_4^{2-}則顯示生質燃燒氣膠可能因傳輸而老化，形成 K_2SO_4，提高了因子本身的濃度占比，其他低占比金屬元素，則可能在因子傳輸至觀測站前受到其他污染源影響所致。

因子 5－「海鹽」：因子中富含高貢獻占比的 Cl^- (61%)、Na^+ (30%)可作為海鹽指標成分，因而命名海鹽。其他次要成分還包含 As (27%)及 Cr (31%)，可能來自揚塵與工業鍋爐，整體而言，因子仍以海鹽成分為主，故命名為海鹽。

因子 6－「地殼元素」：高貢獻占比的地殼元素 Fe (64%)顯示因子來源主要為塵土。其他地殼元素同樣具有不低的貢獻比例，如：Mn、Ba、Ni、Cu 及 Zn 等都有 30%以上貢獻比例，這些元素來源眾多，可作為揚塵、移動源以及鍋爐排放指標，但此處燃煤與燃油指標元素 V 以及 As 占比及低，推測這些元素大多可能來自於塵土，同時元素濃度比值顯示 Cu/Zn 為 0.06 及 Cu/Sb 為 3.32 都十分接近道路揚塵比值，因此命名為地殼元素。

(2) 因子季節變化趨勢

表 4.4.5 彙整小港站 6 項因子於各季節及整年期間占比變化，配合各因子隨時間變化趨勢(圖 4.4.15)，可了解各季節及污染事件時，主要影響因子。圖 4.4.16 彙整 CPF 推估小港站 6 項因子潛在來向，透過比對附錄六各觀測站鄰近污染源分布及前 20 大排放源位置圖，進而找出潛在污染源。

因子 1「硫酸鹽與燃燒排放」是 6 個因子中濃度占比次高的因子，除了冬季與秋季，其他季節都有相當高的濃度貢獻，並且為春季及夏季主要污染因子。冬季較低的濃度貢獻可能受到因子 1「硝酸鹽與燃燒排放」的影響，因為冬季環境擴散條件較差，觀測地區受到多種污染源相當程度的影響，但仍可看出冬季受到各類衍生污染物相當高影響(因子 1+因子 2)，另外從圖 4.4.15 中可看出進入春季四月份過後，因盛行風向轉變，因子占比驟升似乎與小港區西側至西南側工業排放有關，因為因子中有相當高的燃油燃燒指標，可能受到進港船隻燃油燃燒影響，這樣的現象持續至 11 月上旬過後，整個環境風場風向改變後，因子的貢獻濃度才開始下降。CPF 推估結果與上述結果相印證，當風向為西南西至西南方時，影響頻率超過 30%以上，測站南方及東北東方也有約 20%影響頻率，若比對地圖資料可發現，除了西南方為高雄港，南方為煉油廠及電廠，東北東方則有大發工業區，可能受到上述這些地區燃燒化石燃料影響，導致風向為前述來向時，都有較高的污染貢獻頻率。

因子 2「硝酸鹽與燃燒排放」是小港站 6 個因子中占比最高者，年占比達 36%，在冬季占比更高達 58%，顯示小港地區在冬季擴散條件不佳時以工業及車輛衍生污染物影響最大，此外，春季與秋季也有不低的濃度占比，但是到了夏季受到環境溫度上升影響，硝酸鹽揮發，因子濃度占比明顯下降，僅剩下 2%。從圖 4.4.15 中可看出冬季小港站各污染事件中，因子都有相當高的濃度占比，比較特別的是春季 3 月 3 日這天，雖然其他西部地區因擴散條件不佳都出現嚴重的在地污染事件，但是這天小港站擴散條件普通，中午受到港區傳輸污染物影響，$PM_{2.5}$ 濃度並不高，當天主要污染源為因子 1 的「硫酸鹽與燃燒排放」。到了 4 月份過後可發現因子 1 影響性大幅下降，除了溫度上升外，盛行風向的轉變使得影響小港地區的污染物主要以因子 1 的「硫酸鹽與燃燒排放」為主。進入秋季後特別是在 10 月中旬過後，因子 1 貢獻濃度才再次上升，主要原因為受到東北季風影響，環境溫度下降，再加上小港站位於盛行風向傳輸的末端，因此風速不如夏季，環境擴散轉差導致衍生污染物濃度再次上升。CPF 推估結果顯示風向為北風至西北風時有較高的影響頻率，由地圖資料可知，測站北方至西北方延伸主要為高雄市區，以及小港機場，若偏西側則為加工出口區，潛在污染來源應為交通排放，比對因子組成特徵也可發現許多車輛排放指標元素，這顯示因子 2 為移動污染源衍生污染。

因子 3「車輛排放」年占比 12%，是小港站第三高，主要在夏季有最高的貢獻濃度，同時是夏季第二高貢獻濃度因子，若對比圖 4.4.15 可發現，車輛排放應屬於因子 2 的原生污染物，當硝酸鹽微粒因環境溫度而揮發時，則以 OC 及 EC 為主要成分的車輛排放取代。透過因子時序圖可發現，因子 3 於各觀測日濃度變化較小，貢獻量穩定，可能是因為屬於柴油引擎車輛排放的因子，少數擴散條件不佳觀測日因子貢獻濃度明顯下降，改以因子 2「硝酸鹽與燃燒排放」的形式呈現，如：3 月 9 日、3 月 15 日、10 月 17 日及 11 月 16 日等。CPF 推估結果則顯示與因子 2 相似的分布，代表與因子 2 來源極為相似，但影響頻率較高方位則在測站北方，頻率約 33%，另外，當風向為東南東方時則有約 25%機率受到影響，比對原始資料得知，觀測期間吹拂東南東風有效小時數僅 4 筆，恰巧於 11 月 28 日這天(因子 3 貢獻濃度前 15%觀測日)，剛好有 1 小時東南東方數據，進而使推估結果有高估的現象。

因子 4「生質燃燒」年占比 8%是 6 個因子中次低，冬季與秋季有較高的濃度占比，可能與農廢燃燒與燃材鍋爐有關，因子時間序列中同樣可看出冬季與秋季觀測日都有相當穩定的濃度貢獻量。從 CPF 推估結果中可看出當吹拂北風以及南南西風時有超過 20%機率受到較高貢獻濃度的生質燃燒污染源影響，透過地圖資料比對測站周遭環境可知，測站北方鳳山地區有較多農地，也導致北風時有較高貢獻頻率，另外，南南西風時的高貢獻頻率主要與因子 3 吹拂東南風時相似，為觀測日中零星的南南西風導致高估(兩個高貢獻濃度觀測日中僅 4 小時)。

因子 5「海鹽」年占比僅低於因子 3 地殼元素 1%，是小港站濃度次低的因子，因子四季占比變化小，濃度占比為 3~7%，主因與觀測站點鄰近海域，因此四季都可受到穩定的海鹽影響，但整體影響並不大，夏季較高海鹽貢獻占比可能受海陸風交替影響。透過圖 4.4.15 則可看出各觀測日都有穩定因子 5 貢獻濃度，可能因小港站為鄰近港口有關。CPF 推估結果則顯示，西北西風時期貢獻頻率較高，整體而言以風向偏西風時約有 10~27%貢獻頻率，另外，風向為東南方時趨近 40%的貢獻頻率，主因仍是偏東風時有效數據小時數較少，容易造成高估，比對貢獻濃度較高的日期皆為夏季，也可能來自高屏地區沿海的海鹽傳輸影響。

因子 6「地殼元素」是小港站濃度占比最低的因子，年占比僅 5%，四季中以夏季有最高占比，主要原因與夏季整體 $PM_{2.5}$ 濃度較低有關，整體貢獻濃度於四季相當固定。CPF 推估結果顯示吹拂西北西風時貢獻頻率最高，約為 30%，由於貢獻濃度前 15%觀測日主要集中於冬季於春季觀測日，這也導致風向篇西北西時有較高的影響頻率。

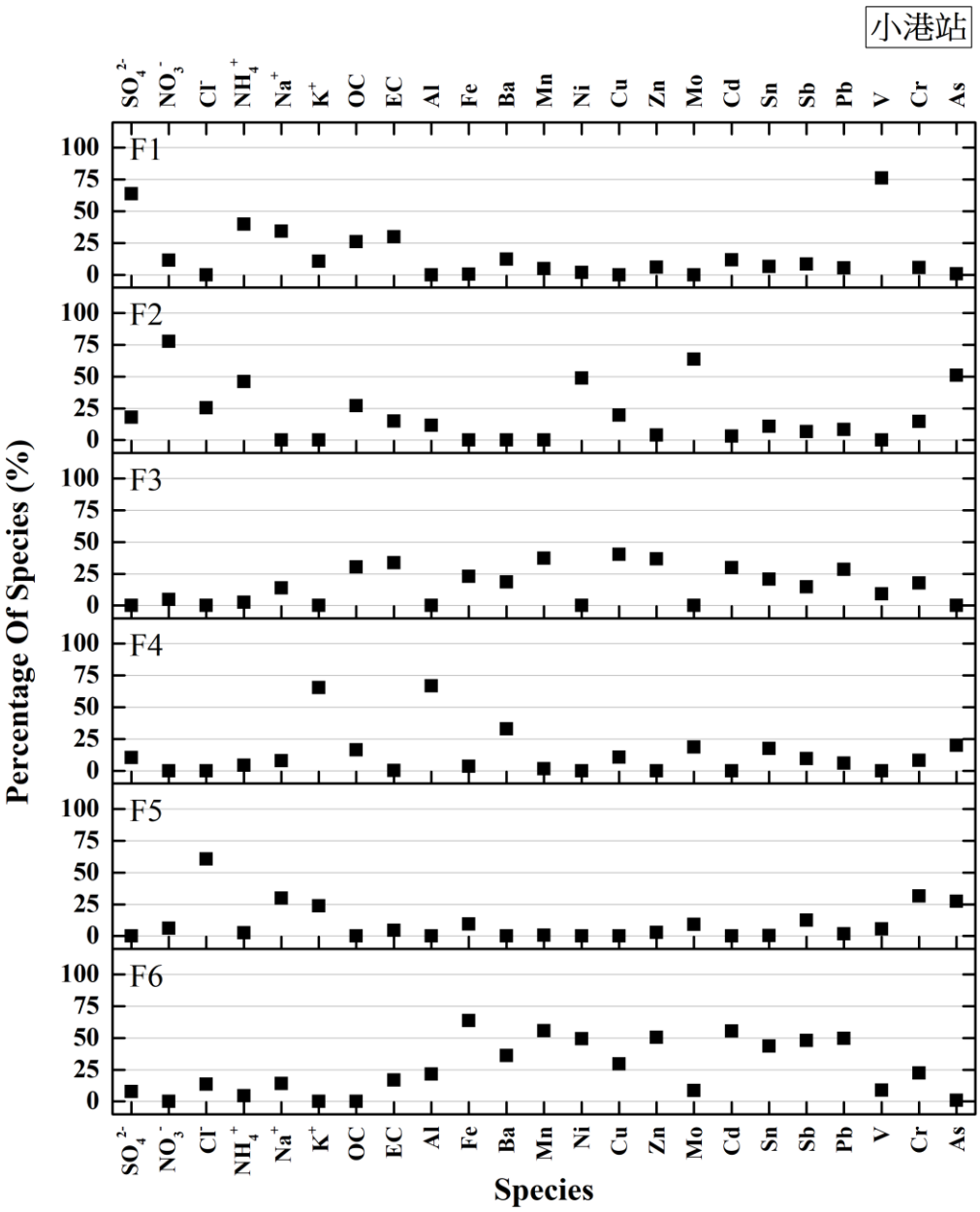


圖 4.4.14 小港站 PMF 推估 6 個因子(污染源)剖面

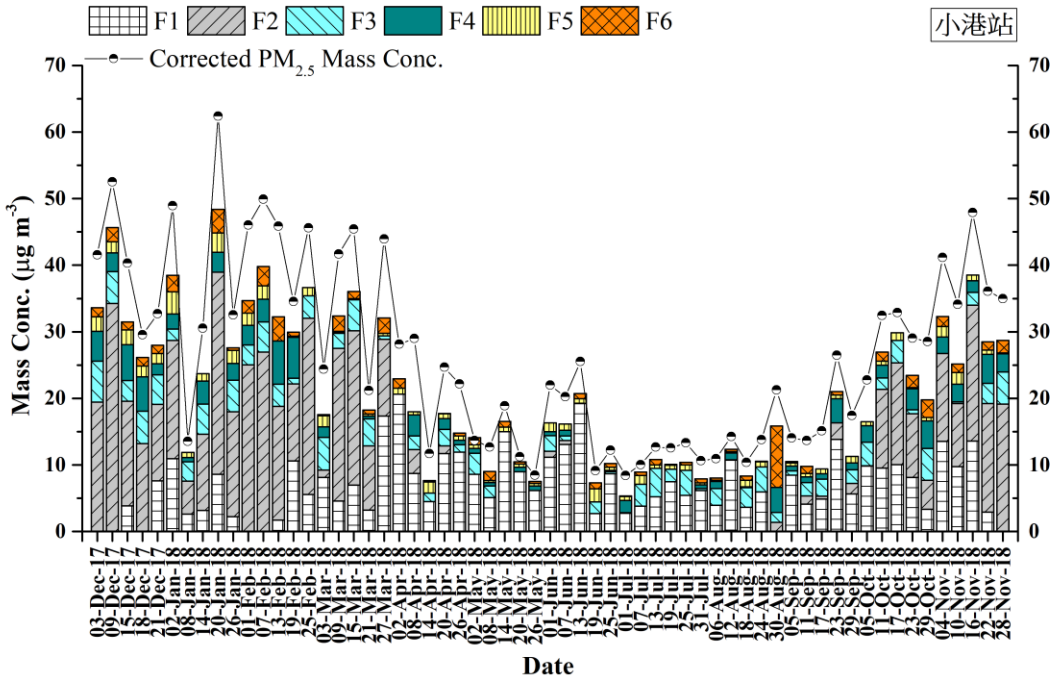


圖 4.4.15 小港站 PMF 推估 6 個因子貢獻時間變化趨勢

表 4.4.5 小港站 PMF 推估因子整年與季節貢獻占比

季節	F1 硫酸鹽與燃燒排放	F2 硝酸鹽與燃燒排放	F3 車輛排放	F4 生質燃燒	F5 海鹽	F6 地殼元素
整年	34%	36%	12%	8%	5%	5%
冬季	12%	58%	11%	10%	5%	5%
春季	51%	27%	10%	4%	3%	5%
夏季	61%	2%	16%	6%	7%	9%
秋季	35%	38%	9%	10%	3%	4%

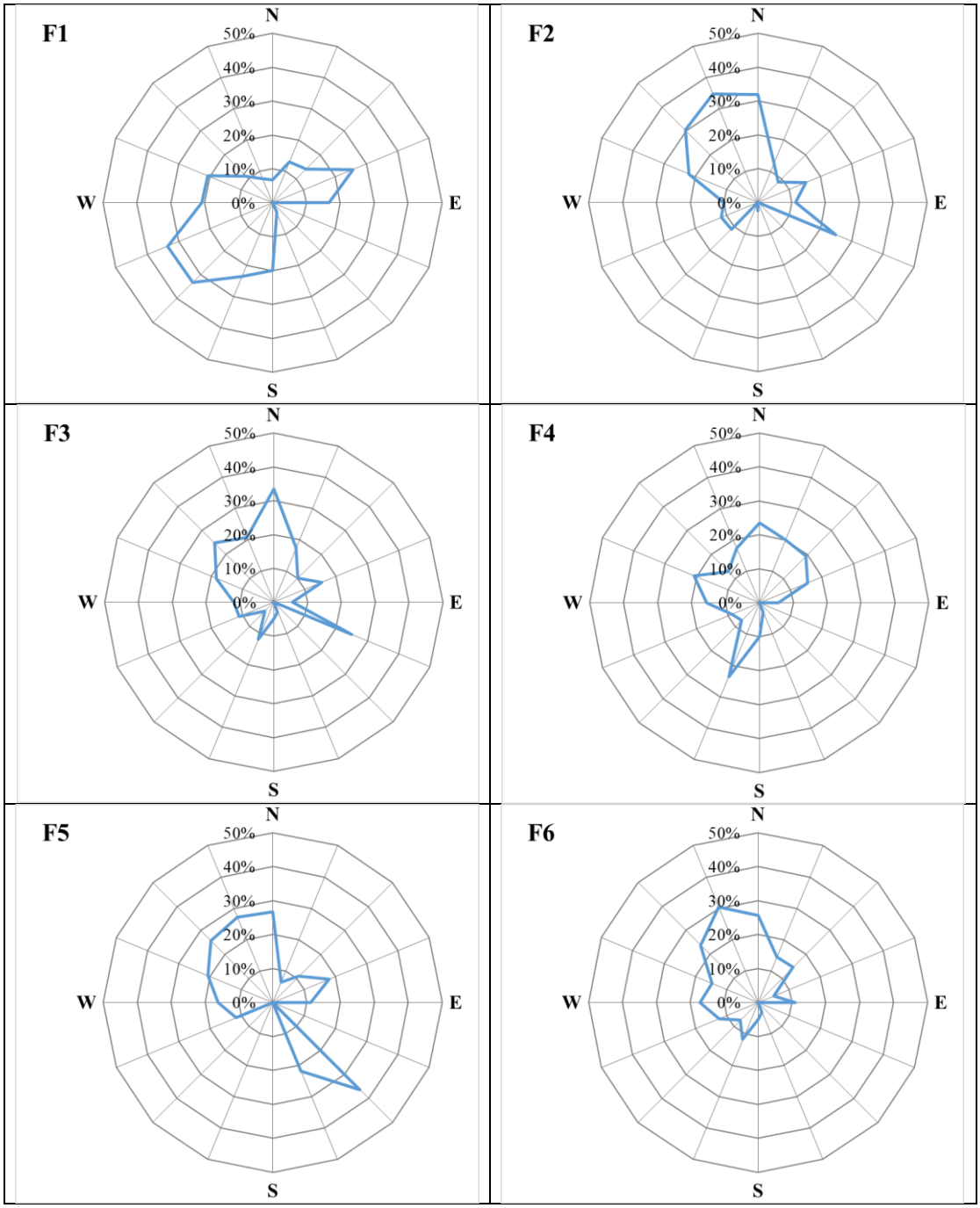


圖 4.4.16 小港站 CPF 推估 6 個因子來向與頻率

6． 花蓮站 $PM_{2.5}$ 污染來源

(1) 因子命名

圖 4.4.17 顯示花蓮站解析出的 6 個因子及各因子內各化學成分剖面，分別代表各類不同污染源，因子命名方式依據因子占比高成分判別，並透過占比較低的次要成分及成分間比值輔助判斷可能影響污染源。以下分別針對 6 個因子命名程序進行說明。

因子 1－「硫酸鹽與燃燒排放」：高貢獻占比 SO_4^{2-} (78%)及 NH_4^+ (73%)為因子主要成分，因子中還包含其他成分如 OC (23%)、EC (26%)，顯示與燃燒化石燃料有關。較高的元素 As (25%)顯示與燃煤燃燒有關，因子命名為硫酸鹽與燃燒排放。

因子 2－「硝酸鹽與燃燒排放」：因子占比最高成分 NO_3^- (60%)相當高，其他如 Cl^- (38%)及 Na^+ (24%)也有不低的占比，比值約為 2，顯示除了海鹽外，還受到其他工業排放影響。另外，高貢獻比例的碳成分 OC (28%)及 EC (19%)可能來自化石燃料燃燒。金屬元素 Ni (26%)與 V (36%)可能來自燃油燃燒，高貢獻占比尚有元素 As (30%)，通常做為燃煤燃燒指標元素。

因子 3－「車輛排放」：根據因子中碳成分 OC (27%)與 EC (28%)有不低的站比，金屬元素，如：Ba、Sn、Cr、Sb 及 Mo，這些元素同時有較高占比時可能來自車輛零件磨損以及車輛添加物，少量的硫酸鹽與銨鹽可能受到傳輸污染物影響，由於因子中燃煤與燃油燃燒指標元素並未同時有較高占比，因此交通排放特徵較為顯著，故命名為車輛排放。

因子 4－「生質燃燒」：高貢獻占比生質燃燒指標成分 K^+ (67%)為因子主要特徵，K^+ 為常見生質燃燒指標元素，碳成分 OC 與 EC 皆有 20%以上占比，顯示與燃燒活動有關。另外，因子中較高濃度占比的元素 Ni (53%)、V (16%)及 Cu (29%)，則可能來交通源以及燃油燃燒影響，由於因子中相當高 K^+占比顯示主要來源為生質燃燒，因而命名。

因子 5－「海鹽」：因子中富含高貢獻占比的 Cl^- (60%)、Na^+ (53%)為海鹽指標成分，同時元素比值 1.43，十分接近海鹽比值，因而命名海鹽。

因子 6－「地殼元素」：殼元素 Al (28%)、Fe (79%)及 Mn (57%)顯示因子來源主要為塵土。其他地殼元素同樣具有不低的貢獻比例，如：Fe (27%)、Ti (29%)及 Mn (37%)，因此命名為地殼元素。

(2) 因子季節變化趨勢

表 4.4.6 彙整花蓮站 6 項因子於各季節及整年期間占比變化，配合各因子隨時間變化趨勢(圖 4.4.18)，可了解各季節及污染事件時，主要影響因子。圖 4.4.19 彙整 CPF 推估花蓮 6 項因子潛在來向，透過分析污染來源進而找出潛在污染源。

因子 1「硫酸鹽與與燃燒排放」是花蓮站最主要污染因子，是各季節貢獻濃度最高的污染源，這顯示區域型的污染物是花蓮地區主要影響因子，因子貢獻濃度較高的觀測日，如：3 月 9 日、6 月 13 日、8 月 12 日等(圖 4.4.18)，似乎在不同盛行風時期都有可能產生因子 2 的影響，顯示因子 2 可能與花蓮外圍的工業或是燃料鍋爐及船舶排放所使用的含硫燃料有關，因此不論季節與盛行風向都造成相當顯著的影響。CPF 推估結果顯示吹拂北風時接近 40%的貢獻頻率，顯示花蓮站較容易受到花蓮以北傳輸污染物影響。

因子 2「硝酸鹽與燃燒排放」是花蓮站 6 個因子中濃度占比第三高因子，冬季與秋季有較高的占比，分別為 19%與 24%，主要與因子富含硝酸鹽有關，從圖 4.4.18 可以看出因子貢獻濃度於 4 月過後濃度占比明顯下降，到了秋季的 9 月中旬才又再次上升。顯示夏季受到環境溫度影響，硝酸鹽揮發，因子貢獻占比因而下降。CPF 推估結果顯示因子主要來向主要以測站北方為主，由北北東至西北西都有接近 30%的貢獻頻率，由於花蓮站以北為花蓮市區，相較於測站南方人口密度更高，也可能因此較容易有更多的車輛排放衍生污染物，同時吹拂北風時其大多分布於冬季及春季，也因此有較多的衍生污染物影響。

因子 3「車輛排放」是花蓮站濃度占比第二高的因子，主要在春季與夏季有較高的濃度占比，屬於這兩個季節占比的二高因子，從圖 4.4.18 可發現，冬季與秋季似乎因車輛排放的污染物大多形成衍生污染(因子 2)，因此因子 3 的濃度占比明顯降低，整體濃度也偏低。CPF 推估結果則顯示因子來向主要為測站四周，各方位除了西方以外都有約 20%上下的影響頻率，同時花蓮站四周多為街道，因此受到各方影響頻率差異不大。

因子 4「生質燃燒」是 6 個因子中濃度貢獻第四高因子，在冬季占比 9%是因子四季占比最高的季節，其中農曆新年期間(2 月 19 日)是因子濃度最高採樣日，顯示生質燃燒也包括傳統節日祭典所燃燒的金紙與施放炮竹所產生的污染。CPF 推估結果顯示因子來向大多為西北西方，頻率接近 40%，透過地圖資料可知花蓮站西側有較多農田，也因此燃燒農廢時較容易影響至觀測地區。

因子 5「海鹽」年占比只有 4%，是花蓮站占比次低因子，四季比例變化在 4~7%，這樣的特性與花蓮站靠海的地理位置有關，無論任何季節都會受到來自海面氣流影響，由於夏季溫差較大，還可能包含海陸風交替影響。CPF 推估結果顯示因子來項主要為測站東側(北北東與南南東)，約有 20~40%機率吹拂北北東至南南東時受到海鹽的影響，相當吻合花蓮站與海面相對位置。

因子 6「地殼元素」年占比 3%，是花蓮站年貢獻占比最低因子，各季節濃度占比變化約為 1~4%，受到春季與冬季季風影響有較高的濃度占比，圖 4.4.18 顯示各觀測日因子 6 濃度變化穩定，但是在春季 4 月 8 日則有較高濃度，在 4.3.6 節提及這天為境外傳輸後一日，各地受到強風影響都出現較高地殼元素濃度，這也導致這天因子濃度較高。CPF 推估結果顯示因子各方位貢獻頻率相近，約為 20%上下，以南風時期頻率最低，這可能與花蓮站北方靠近宜蘭地區有較多水泥礦場，這也間接導致當北風較強時容易將沙塵傳輸到觀測地區。

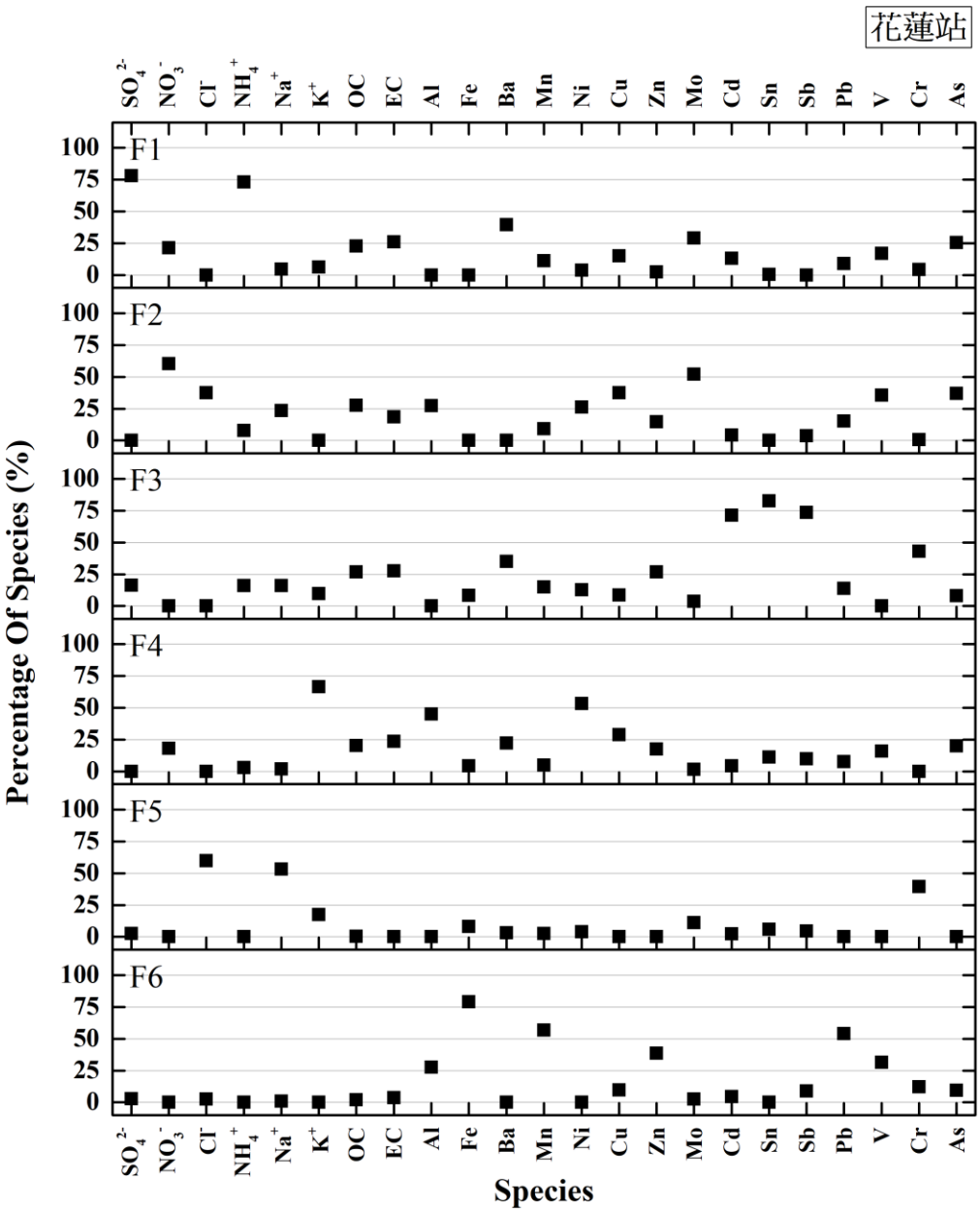


圖 4.4.17 花蓮站 PMF 推估 6 個因子(污染源)剖面

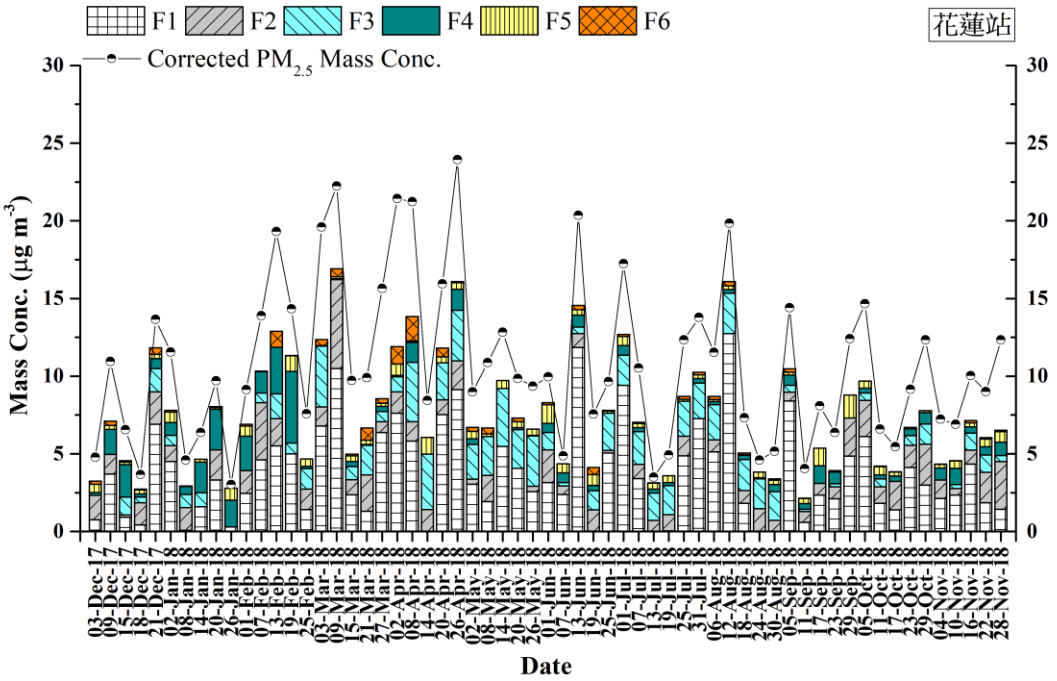


圖 4.4.18 花蓮站 PMF 推估 6 個因子貢獻時間變化趨勢

表 4.4.6 花蓮站 PMF 推估因子整年與季節貢獻占比

季節	F1 硫酸鹽與燃燒排放	F2 硝酸鹽與燃燒排放	F3 車輛排放	F4 生質燃燒	F5 海鹽	F6 地殼元素
整年	50%	15%	18%	9%	5%	3%
冬季	41%	19%	9%	23%	5%	2%
春季	51%	14%	24%	3%	4%	4%
夏季	55%	11%	23%	4%	5%	2%
秋季	51%	24%	7%	9%	7%	1%

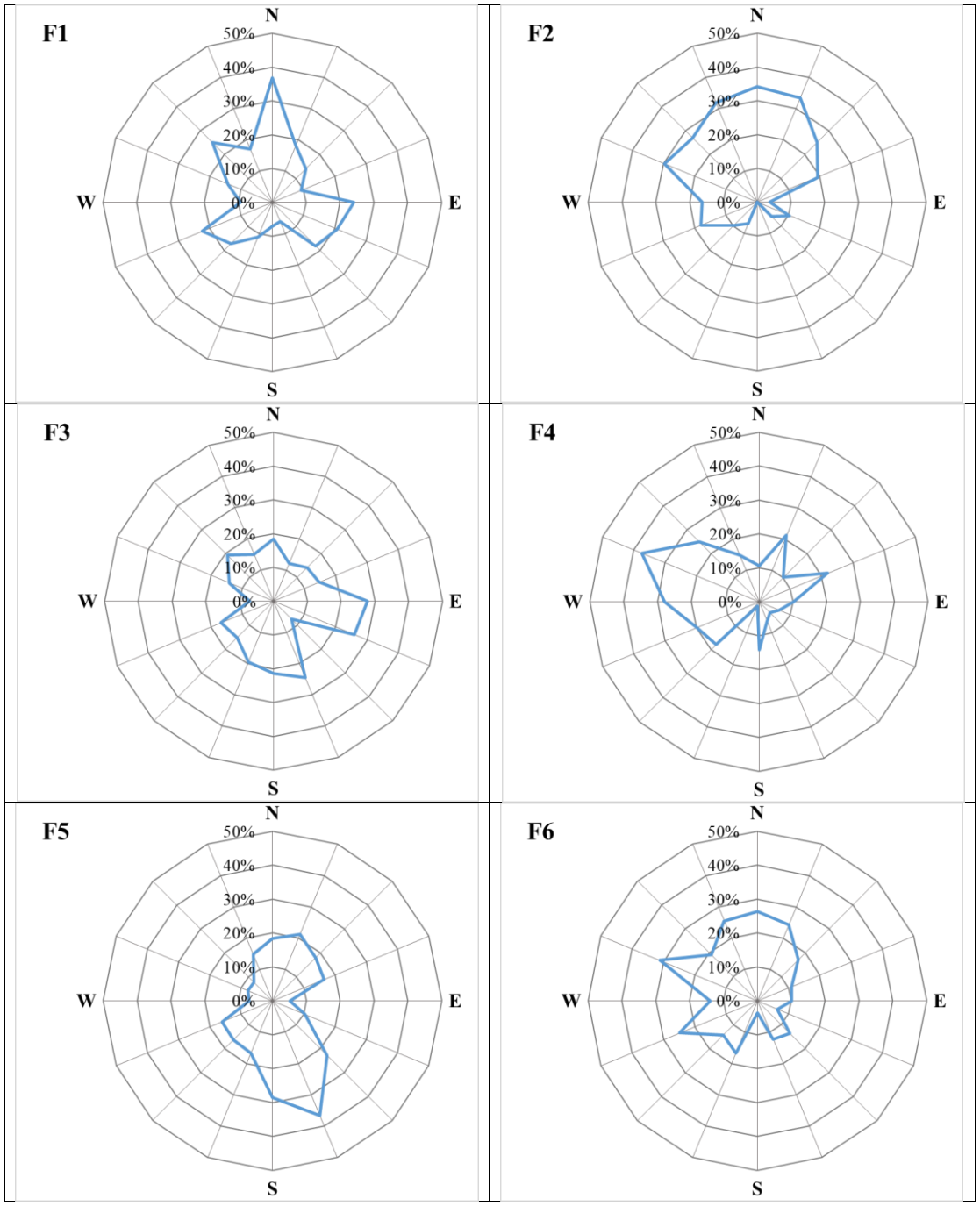


圖 4.4.19 花蓮站 CPF 推估 6 個因子來向與頻率

7． 各觀測站推估因子貢獻比例比較

表 4.4.7 比較六個觀測地區各因子年貢獻量，可看出**「硫酸鹽與燃燒排放」**由花蓮及板橋站往中、南部各觀測站貢獻比例逐漸降低，小港站則大於忠明站，並且為各觀測站年貢獻比例最高或次高因子，此因子為區域型污染物，因此由區域分布結果來看，顯示北台灣受到區域污染物影響較大，同時區域污染物的影響由北向中部及雲嘉地區遞減的趨勢，小港站又再次上升的比例則顯示小港地區的區域污染源應與小港以北地區有所差異。**「硝酸鹽與燃燒排放」**區域變化趨勢則與「硫酸鹽與燃燒排放」剛好相反，由於因子組成包含各類污染物指標物種，同時因子具有冬季與春季衍生污染物的特性，較高的貢獻比例代表中、南部地區受要衍生污染物的影響較北部地區嚴重。**「車輛排放」**因子於各觀測地區差異不大，比例約為 12~20%，但是嘉義站及小港站貢獻比例較低顯示出其他因子影響為小港地區主要污染來源，同時受到衍生污染物的影響，因此部分濃度占比可能與「硝酸鹽與燃燒排放」相重疊，導致因子占比較低。**「海鹽」**與**「地殼元素」**皆為各觀測地區濃度占比低的因子，同時各區域占比差異不大，由於台灣四周環海，因此不論四季皆可發現海鹽的影響，另外這結果也顯示各地區屬於自然來源的 $PM_{2.5}$ 約占有 8~17%上下。

表 4.4.7 各觀測站受體模式推估因子濃度比例(%)比較

測站	硫酸鹽與燃燒排放	硝酸鹽與燃燒排放	車輛排放	生質燃燒	海鹽	地殼元素	工業混合污染源
花蓮	50%	15%	18%	9%	5%	3%	－
板橋	37%	18%	17%	13%		3%	13%
忠明	31%	20%	20%	11%	9%	8%	－
斗六	28%	34%	18%	8%	10%	2%	－
嘉義	24%	36%	12%	20%	4%	4%	－
小港	34%	36%	12%	8%	5%	5%	－

4.4.2 $PM_{2.5}$ 成分及氣象因子與能見度多元迴歸模式

1． 修正 IMPROVE 方程式推估能見度

$PM_{2.5}$ 化學成分會影響大氣微粒消光係數導致能見度下降，天氣因子的風速(WS)、溫度(T)、相對濕度(RH)以及空氣分子和氣體污染物 NO_2 也都是影響能見度的因子，為了瞭解監測地區(板橋、忠明、斗六、嘉義、小港、花蓮各測站所在地區)$PM_{2.5}$ 化學成分與天氣因子和大氣能見度關係，本計畫使用 Revised IMPROVE (Interagency Monitoring of Protected Visual Environments)，再藉由 Koschmieder equation (Visibility = $3.912/b_{ext}$)推算能見度，然後由氣膠化學成分推算出大氣能見度(推算方法詳見 3.2.3 節)。

當 $PM_{2.5}$ 質量濃度甚至化學成分相同，但相對濕度較高時，會有較大的 b_{ext}，因而降低能見度。因此，本計畫依據三種相對濕度群組 (△：RH<65%，□：65%≦RH<75%，○：RH>75%)將每天估算的能見度分類，用以比較相對濕度對能見度的影響。此外，藉由各種主要氣膠化學成分貢獻的消光係數占比、季節占比，可觀察監測地區消光係數影響較為顯著的氣膠化學成分。

(1) 板橋站

在板橋站，$PM_{2.5}$ 質量濃度跟估算能見度有很好的指數相關($R^2 > 0.88$)。當 $PM_{2.5}$ 質量濃度低(小於 20 μg m^{-3})，相對濕度較低有較佳的能見度(曲線Δ>□>○)；當 $PM_{2.5}$ 質量濃度漸漸提高，三條曲線則趨向一致，顯示能見度受到相對濕度的影響會隨著 $PM_{2.5}$ 質量濃度的提升而漸漸變小。化學成分對於氣膠消光係數的貢獻，在板橋站以春季最高，其他三季差異不大，化學成分以硫酸鹽、有機物、硝酸鹽最為顯著，分別占了消光係數的 35%、20%、13% (圖 4.4.20)。

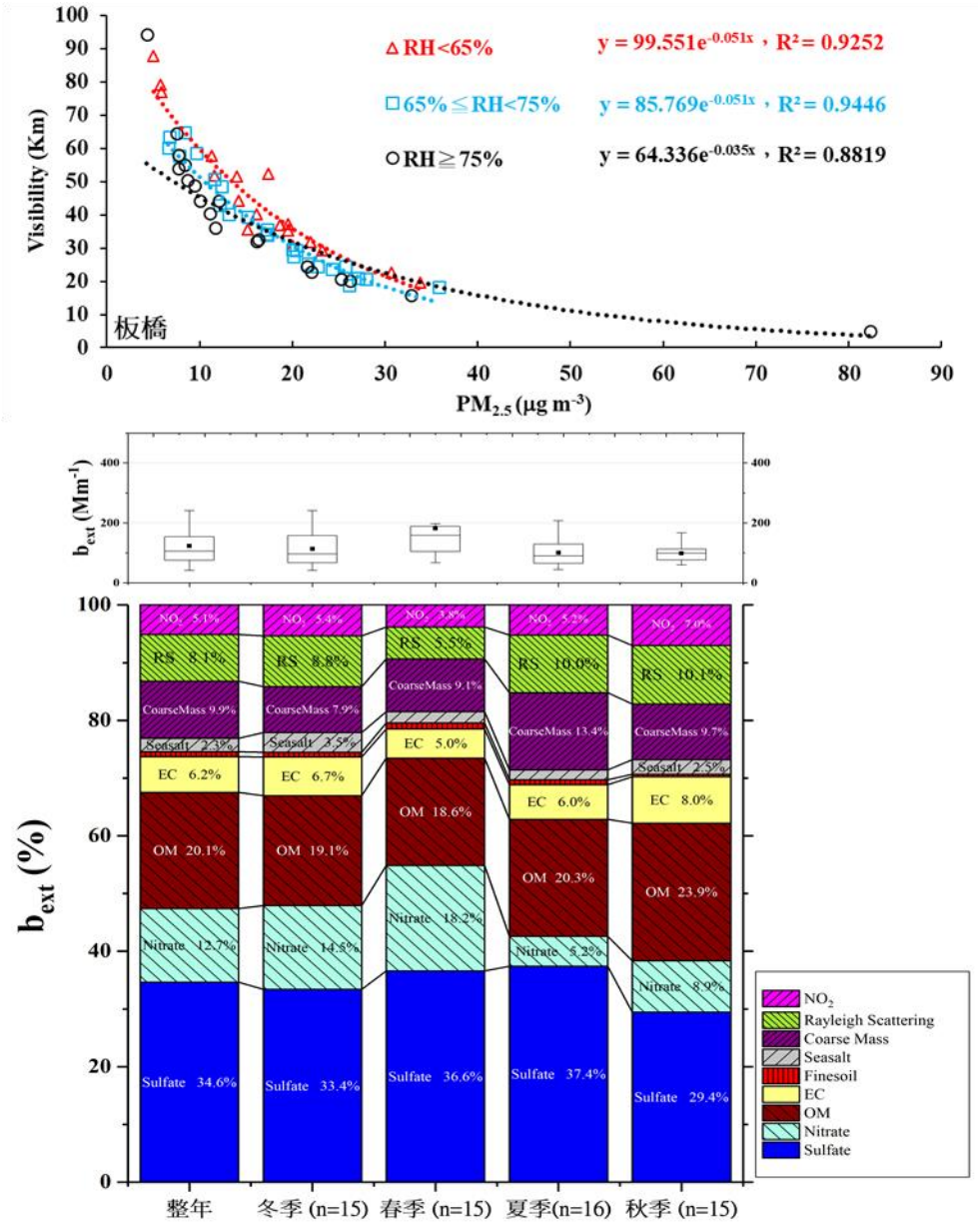


圖 4.4.20 板橋站 IMPROVE 模擬能見度與 $PM_{2.5}$ 質量濃度關係和各成分消光係數占比

(2) 忠明站

忠明站 $PM_{2.5}$ 質量濃度跟估算的能見度具有很好的指數相關性($R^2 > 0.81$)，但 $PM_{2.5}$ 質量濃度在不同相對濕度對能見度影響較為接近，顯示忠明站能見度受相對濕度影響較不明顯。然而，消光係數受化學成分的影響，在忠明站以冬季和春季最大，其次為秋季，但和夏季差異不大，各化學成分以硫酸鹽、硝酸鹽、有機物影響最為顯著，分別占了消光係數的 32%、19%、21% (圖 4.4.21)。

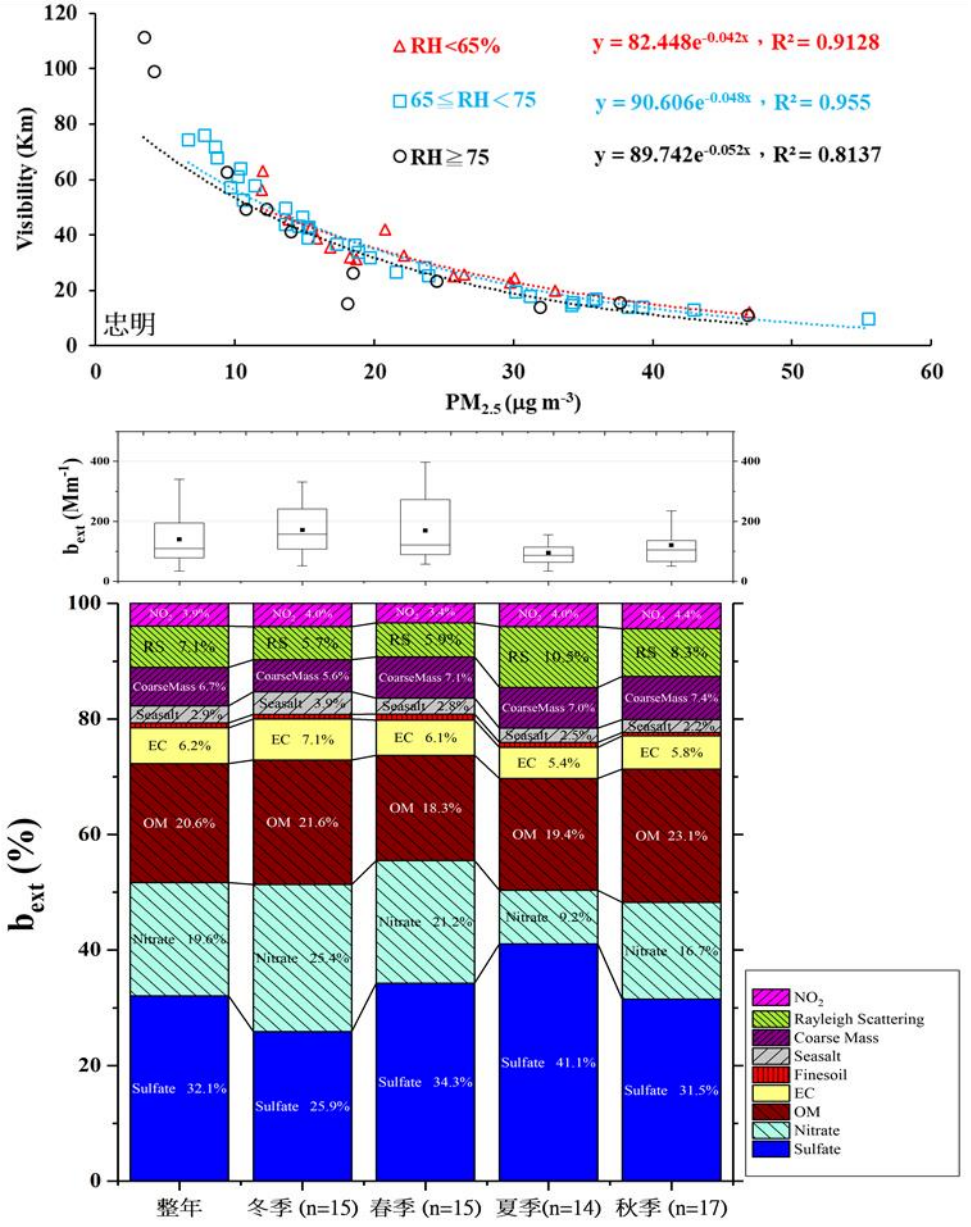


圖 4.4.21 忠明站 IMPROVE 模擬能見度與 $PM_{2.5}$ 質量濃度關係和各成分消光係數占比

(3) 斗六站

斗六站 $PM_{2.5}$ 質量濃度與估算能見度有極佳的指數相關性($R^2 > 0.91$)，斗六測站低相對濕度較少(ΔRH<65%，N=7)，在本站相對濕度大於 65%曲線彼此接近(□與○曲線幾乎重疊)。化學成分對於氣膠消光係數的貢獻，在斗六站以冬季最高，其次為春季、秋季、夏季。對 $PM_{2.5}$ 消光係數的貢獻以硫酸鹽、硝酸鹽、有機物為主，分別占了 28%、27%及 20%。但是，冬季硝酸鹽對消光係數的貢獻格外突出，占了 36%，比硫酸鹽(20%)還要來得高，顯示斗六測站冬季硝酸鹽大大氣能見度影響顯著，值得注意 (圖 4.4.22)。

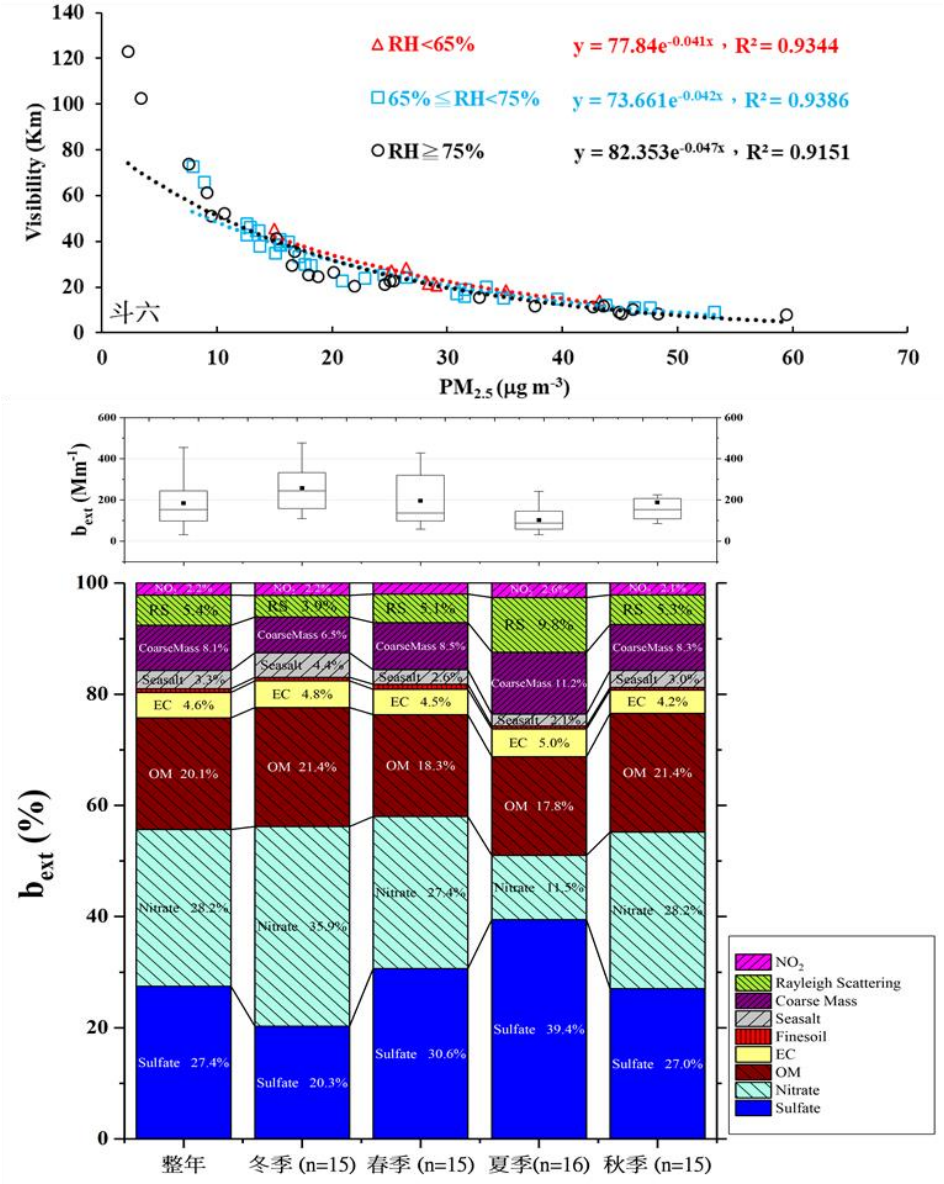


圖 4.4.22 斗六站 IMPROVE 模擬能見度與 $PM_{2.5}$ 質量濃度關係和各成分消光係數占比

(4) 嘉義站

嘉義站估算的能見度與 $PM_{2.5}$ 質量濃度具有極佳的指數關係(R^2>0.92)，呈現的趨勢與斗六站類似，低相對濕度也是較少(ΔRH<65%，N=9)。化學成分對於氣膠消光係數的貢獻，在嘉義站也是以冬季最高，其次為春季、秋季、夏季。對 $PM_{2.5}$ 消光係數的貢獻以硝酸鹽占比最高，硫酸鹽次之，再其次為有機物，依序貢獻了30%、27%、16%。冬季與斗六站相似，硝酸鹽貢獻消光係數達 42%，特別突出(圖 4.4.23)。

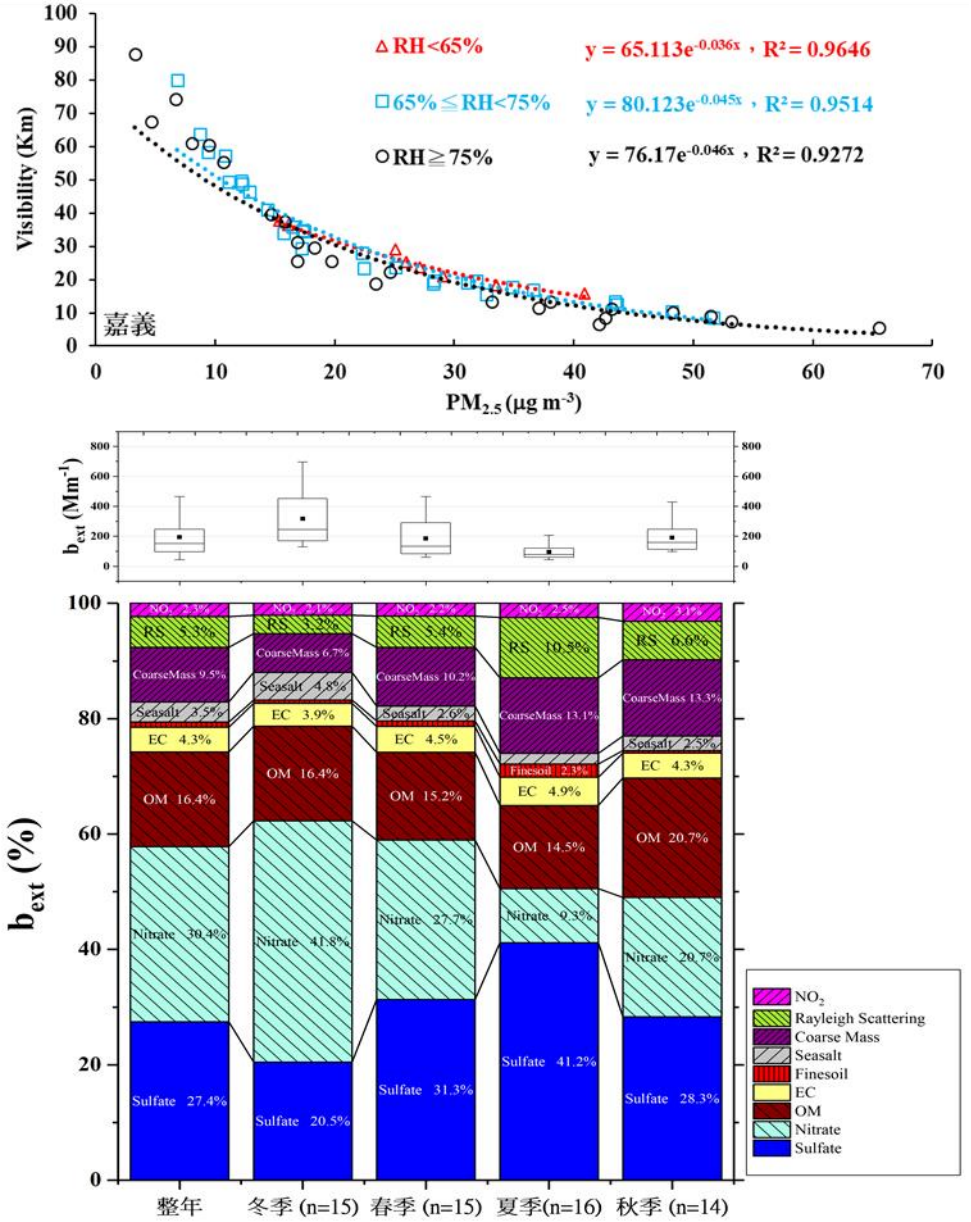


圖 4.4.23 嘉義站 IMPROVE 模擬能見度與 $PM_{2.5}$ 質量濃度關係和各成分消光係數占比

(5) 小港站

以 IMPROVE 方程式估算的能見度與 $PM_{2.5}$ 質量濃度關係在小港站也相當好(R^2>0.87)，小港站 $PM_{2.5}$ 質量濃度和相對濕度較高，Δ(RH<65%)較少低濃度樣本，在低濃度區間($PM_{2.5}$ 質量濃度小於 20 μg m^{-3})，隨著相對濕度越高，能見度越差；當濃度提升，三條曲線逐漸趨於一致，與板橋觀察到的現象相似。化學成分對於氣膠消光係數的貢獻，以冬季最高，其次依序為秋季、春季、夏季，但差異不大。對 $PM_{2.5}$ 消光係數的貢獻以硫酸鹽、硝酸鹽、有機物為主，分別占了 28%、26% 及 18%。冬季 $PM_{2.5}$ 質量濃度較高，硝酸鹽貢獻的消光係數也提升至 39% (圖 4.4.24)。

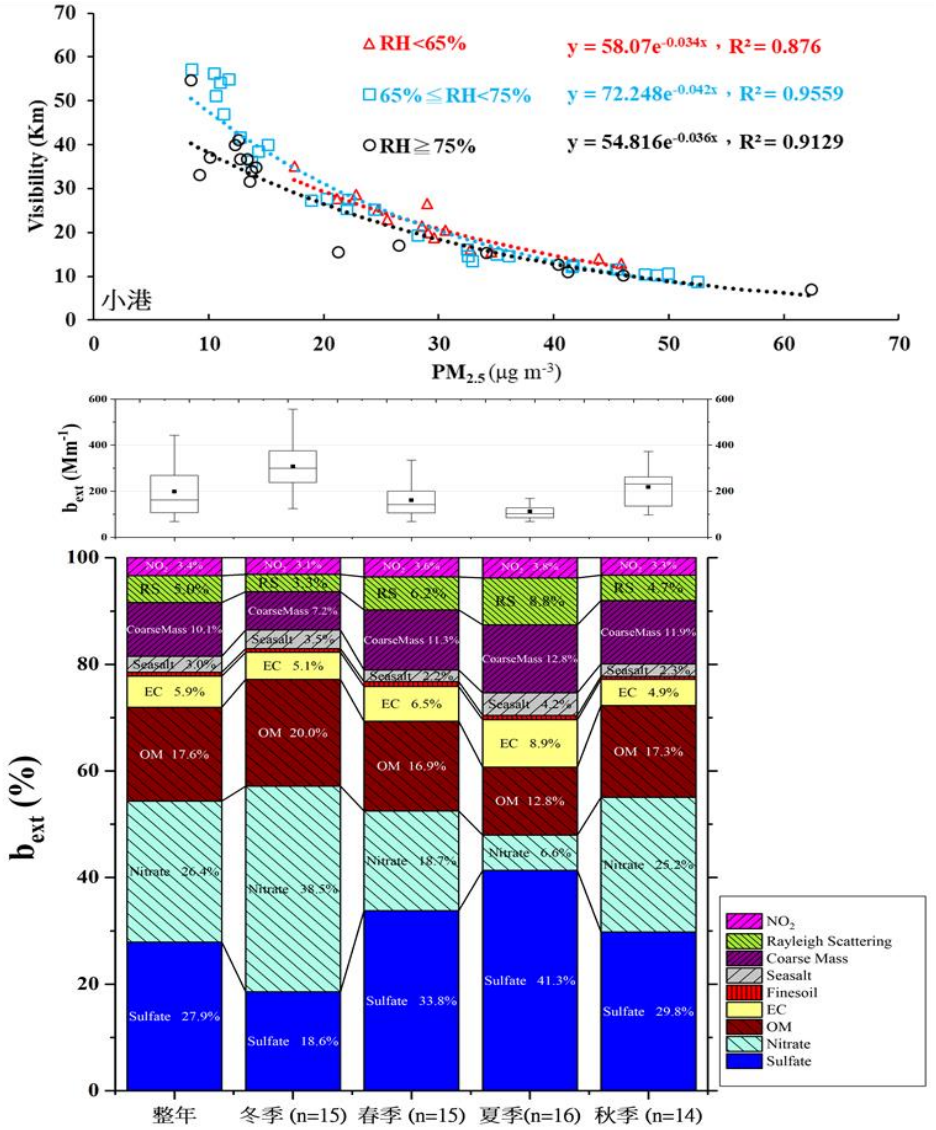


圖 4.4.24 小港站 IMPROVE 模擬能見度與 $PM_{2.5}$ 質量濃度關係和各成分消光係數占比

(6) 花蓮站

花蓮站以 IMPROVE 方程式估算的能見度與 $PM_{2.5}$ 質量濃度關係也有良好相關性(R^2>0.88)，花蓮測站 $PM_{2.5}$ 質量濃度較低(平均濃度=11 μg m^{-3})，相對濕度低的數據相當少(ΔRH<65%，N=2)，不過，還是呈現相同的 $PM_{2.5}$ 質量濃度，相對濕度較高則能見度較低(□曲線在○曲線上方)。化學成分對於氣膠消光係數的貢獻，以春季最高，其他三季差異不大。除了冬季硝酸鹽對氣膠消光係數的貢獻占比略為增加外，大致上以硫酸鹽貢獻為主(38%) (圖 4.4.25)。

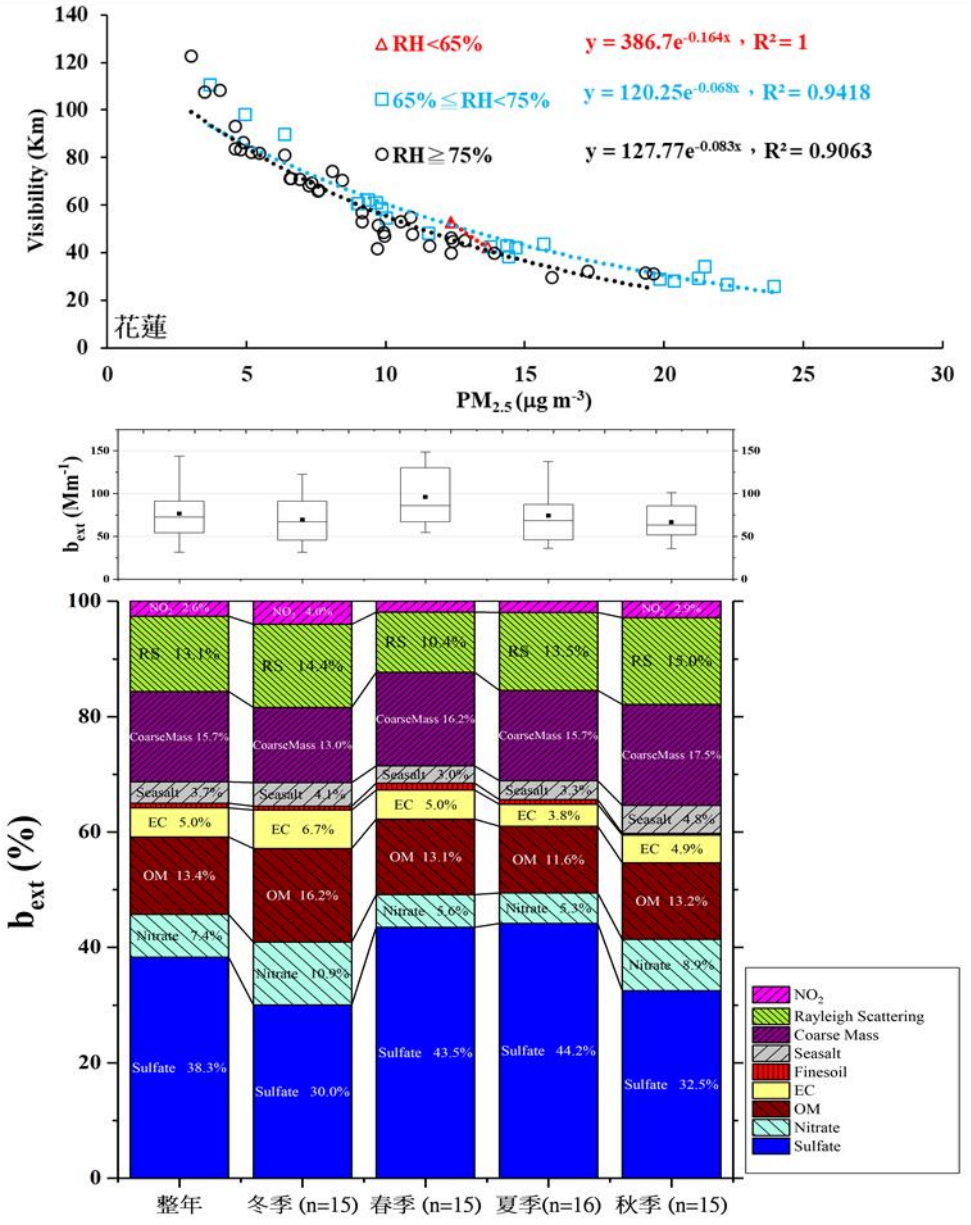


圖 4.4.25 花蓮站 IMPROVE 模擬能見度與 $PM_{2.5}$ 質量濃度關係和各成分消光係數占比

前述分析指出：監測地區(板橋、忠明、斗六、嘉義、小港、花蓮站) 能見度與 $PM_{2.5}$ 質量濃度和相對濕度相關性良好(R^2>0. 81)，當濃度較低時，影響能見度主要因素為相對濕度(相對濕度越高，能見度越差)，隨著 $PM_{2.5}$ 質量濃度增加，相對濕度造成的影響漸漸減少，在較高濃度區間三條曲線幾乎重疊(△RH<65%，□65%≦RH<75%，○RH>75%)。

$PM_{2.5}$ 化學成分與消光係數(b_{ext})間的關係，以硫酸鹽對消光係數貢獻最為顯著，接著是硝酸鹽與有機物。硫酸鹽是 $PM_{2.5}$ 的主要成分，在各站季節變化和 $PM_{2.5}$ 質量濃度變化相當一致，而且硫酸鹽對 b_{ext} 的貢獻穩定。硝酸鹽主要來自當地污染源排放衍生，由於冬季環境溫度較低，NO_3^- 呈現氣膠狀態，加上擴散條件不佳，導致污染物容易在環境中累積，因此硝酸鹽的貢獻量在冬季特別多，這個現象在南部各測站(嘉義、斗六、小港)更為顯著。

以 $PM_{2.5}$ 化學成分及氣體數據代入修正後的 IMPROVE 方程式估算出能見度後，可以和氣象站的能見度觀測結果(台北、台中、嘉義、高雄、花蓮都有氣象站觀測資料，斗六則沒有氣象站觀測資料，所以使用嘉義站資料)進行比較。氣象站的能見度觀測資料是以人眼對已知距離目標物進行辨識，有些地方受限於景物的遮蔽或地形的限制，無法找到足夠遠的目標物，因此，即使能見度夠好，也無法記錄下真正的能見度。

圖 4.4.26 列出 6 個站估算和觀測能見度的比較，很明顯地可以看出估算的能見度相當高估觀測能見度，主要原因可能是 IMPROVE 估算方程式是依據美國 21 個 IMPROVE 監測站的氣膠散光係數和化學成分推算出來的經驗式(Pitchford et al., 2007)，公式內的經驗數值要應用到台灣顯然必須經過調整，但在各地無法找到足夠遠的目標物使觀測得到的能見度較低，也是一個問題。不過，小港站的相關性(R^2 > 0.665)很不錯，可能的原因是小港站能見度較差，人工觀測少可達到高值，$PM_{2.5}$ 濃度較高，估算能見度相對較低。花蓮站相關性最差(R^2 僅有 0.12)，可能的原因是花蓮氣象站周圍群山環繞，無法找到足夠遠的目標物，能見度觀測上限值受到限制，加上污染較低，由化學成分推估的能見度相對較高。即使能見度估算的正確性受到限制，IMPROVE 估算方程式使用已知影響能見度各種因子來估算能見度，在定性上或是概念上還是具有參考價值，這也是有不少論文使用

這個方法估算能見度發表在學術期刊上，例如：Khanna et al. (2018), Li et al. (2018), Wang et al. (2015)。

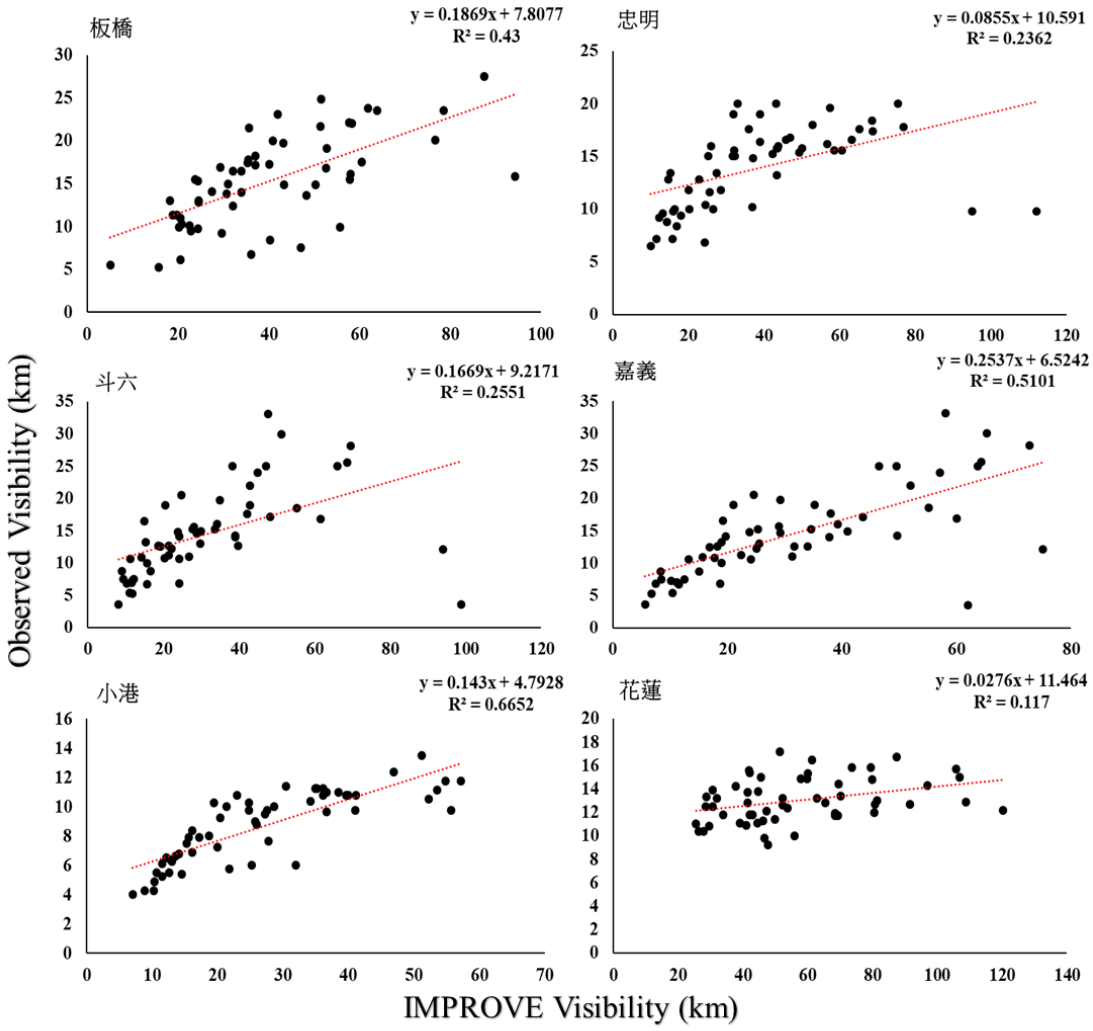


圖 4.4.26 六個採樣地點氣象站觀測能見度與 IMPROVE 公式估算能見度關係

2． 能見度影響因子多元迴歸分析

本計畫使用多元迴歸分析的 Backward Stepwise Regression，篩選出對大氣能見度影響顯著的 $PM_{2.5}$ 化學成分及天氣因子，建立估算大氣能見度的多元迴歸模式。

能見度多元迴歸模式所篩選的 $PM_{2.5}$ 的化學成分包含： Mg^{2+}、Cl^-、修正 NH_4^+、修正 NO_3^-、SO_4^{2-}、EC、修正後 OC，單位都是 $\mu g\ m^{-3}$；天氣因子(因子單位)包括：風速(WS，$m\ s^{-1}$)、環境溫度(T，℃)、環境相對濕度(RH，%)。能見度監測數據選用中央氣象局在板橋、台中、嘉義、高雄、花蓮等觀測站所觀測的數據(斗六缺乏氣象站，使用嘉義站資料)，這 5 個觀測站能見度資料都以人工進行觀測。表 4.4.8 為各監測站篩選出來的自變數及統計結果。

表 4.4.8 各監測站大氣能見度迴歸模式及篩選出的自變數和相關統計資訊

站名	自變數	R	R^2	Adj. R^2	F
板橋	SO_4^{2-}、T、RH	0.90	0.81	0.80	75.27
忠明	SO_4^{2-}、WS、T、RH	0.80	0.64	0.62	23.13
斗六	SO_4^{2-}、WS、RH、修正後 OC	0.80	0.64	0.61	22.88
嘉義	SO_4^{2-}、RH、修正後 OC	0.74	0.54	0.52	20.78
小港	SO_4^{2-}、修正後 OC、RH	0.88	0.77	0.76	58.84
花蓮	SO_4^{2-}、T、RH	0.76	0.58	0.55	23.87

註:

1. 各測站檢測結果 $p < 0.0000$；各測項 $p < 0.05$
2. 自變數單位：T(℃)、RH(%)、SO_4^{2-}及修正後 OC ($\mu g\ m^{-3}$)、WS ($m\ s^{-1}$)

(1) 板橋站能見度與 $PM_{2.5}$ 化學成分及天氣因子多元迴歸模式

板橋站能見度多元迴歸模式得出影響能見度的顯著自變數有 SO_4^{2-}、溫度及相對濕度，SO_4^{2-}每增加 1 μg m^{-3}，能見度會降低 0.56 km，溫度每增加 1 ℃，能見度會增加 0.37 km，環境相對濕度每增加 1%，會導致能見度減少 0.65 km，各自變數以相對濕度對能見度影響的靈敏度最高(公式 4.4.1)。圖 4.4.27 為板橋站推估(Estimated)和觀測(Observed)能見度關係，彼此相關性對應相當良好，$R^2 = 0.81$，採樣期間推估最低能見度約為 5 公里，最高可達 28 公里。

Visibility (km) = 35.58 - 0.56 SO_4^{2-} + 0.37 T- 0.65 RH 公式 4.4.1

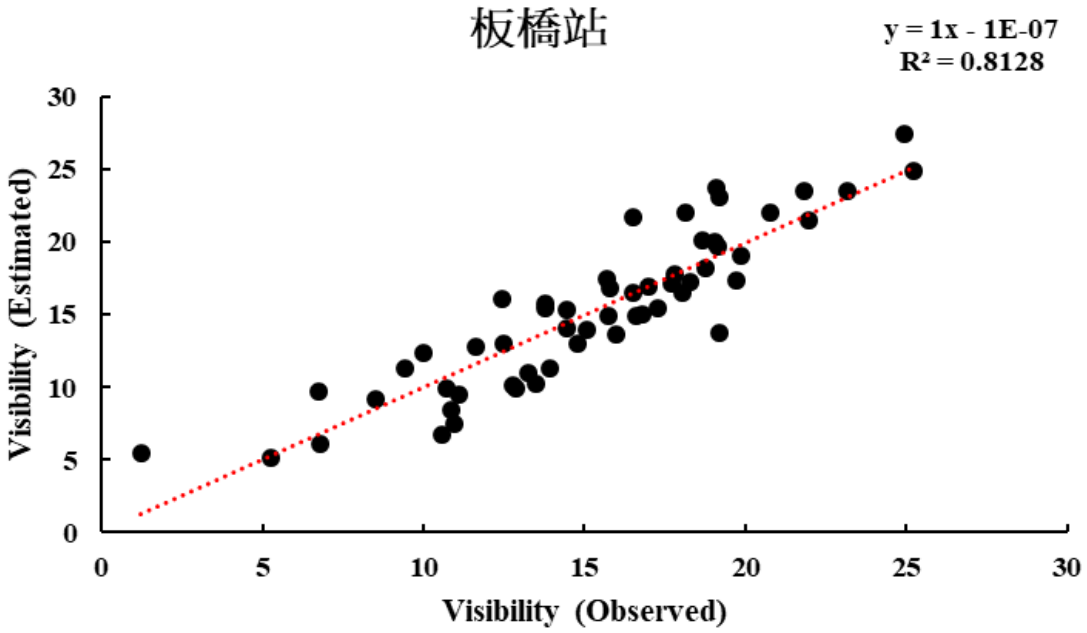


圖 4.4.27 板橋站推估(Estimated)和觀測(Observed)能見度關係

(2) 忠明站能見度與 $PM_{2.5}$ 化學成分及天氣因子多元迴歸模式

影響能見度的顯著自變數為 SO_4^{2-}、風速(WS)、溫度與相對濕度，SO_4^{2-}每增加 1 μg m^{-3}，能見度會減少 0.48 km，風速(WS)每增加 1 m s^{-1}，能見度會增加 0.38 km，溫度每上升 1℃，會導致能見度上升 0.37 km，環境相對濕度提升 1%，會造成能見度下降 0.44 km，各自變數以 SO_4^{2-}對能見度影響的靈敏度最高(公式 4.4.2)。圖 4.4.28 為忠明站推估和觀測能見度關係，彼此相關性對應尚稱良好，$R^2 = 0.64$，採樣期間推估最低能見度約為 7.6 公里，最高為 16.7 公里。

Visibility (Km) = 13.99 - 0.48 SO_4^{2-} + 0.38 WS + 0.37 T- 0.44 RH 公式 4.4.2

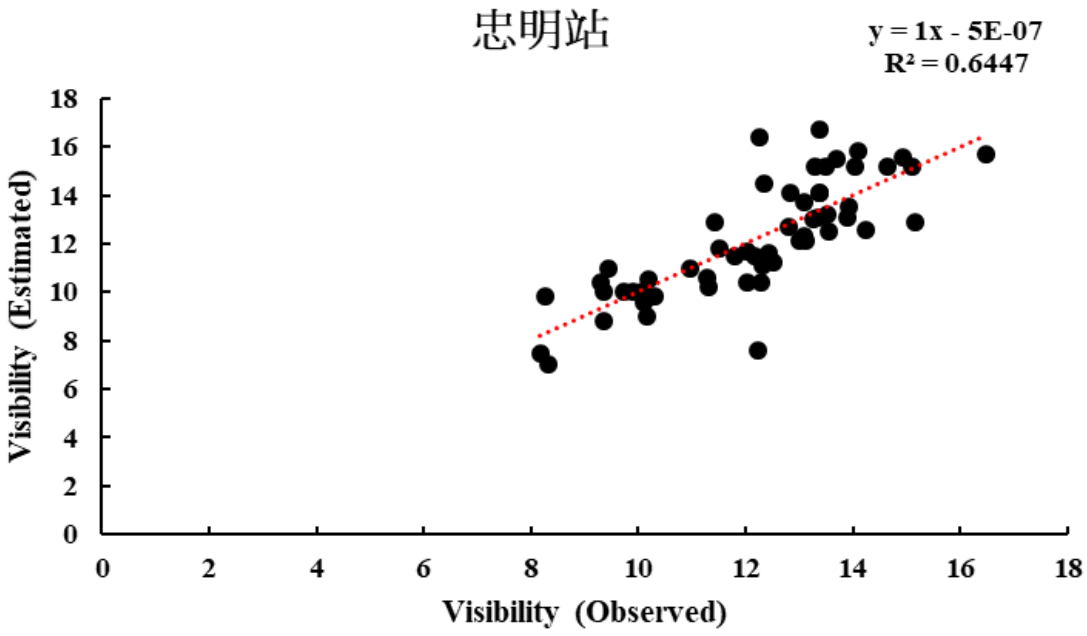


圖 4.4.28 忠明站推估(Estimated)和觀測(Observed)能見度關係

(3) 斗六站能見度與 $PM_{2.5}$ 化學成分及天氣因子多元迴歸模式

斗六站影響能見度的自變數為 SO_4^{2-}、風速、相對濕度、修正後 OC，SO_4^{2-}每增加 1 μg m^{-3}，能見度會減少 0.45 km，風速每上升 1 m s^{-1}，能見度會降低 0.41 km，環境相對濕度每增加 1%，會導致能見度降低 0. 44 km，修正後 OC 每增加 1 μg m^{-3}，能見度會減少 0.53 km，各自變數以修正後 OC 影響能見度的靈敏度最高(公式 4.4.3)。圖 4.4.29 為斗六站推估和觀測能見度關係，彼此相關性對應尚稱良好，R^2 = 0.64，採樣期間推估最低能見度約為 3.5 公里，是各站最低能見度，但最高為 33.1 公里，也是各站最高能見度。

Visibility (km) = 67.21 - 0.45 SO_4^{2-} - 0.41 WS - 0.44 RH– 0.53 修正 OC 公式 4.4.3

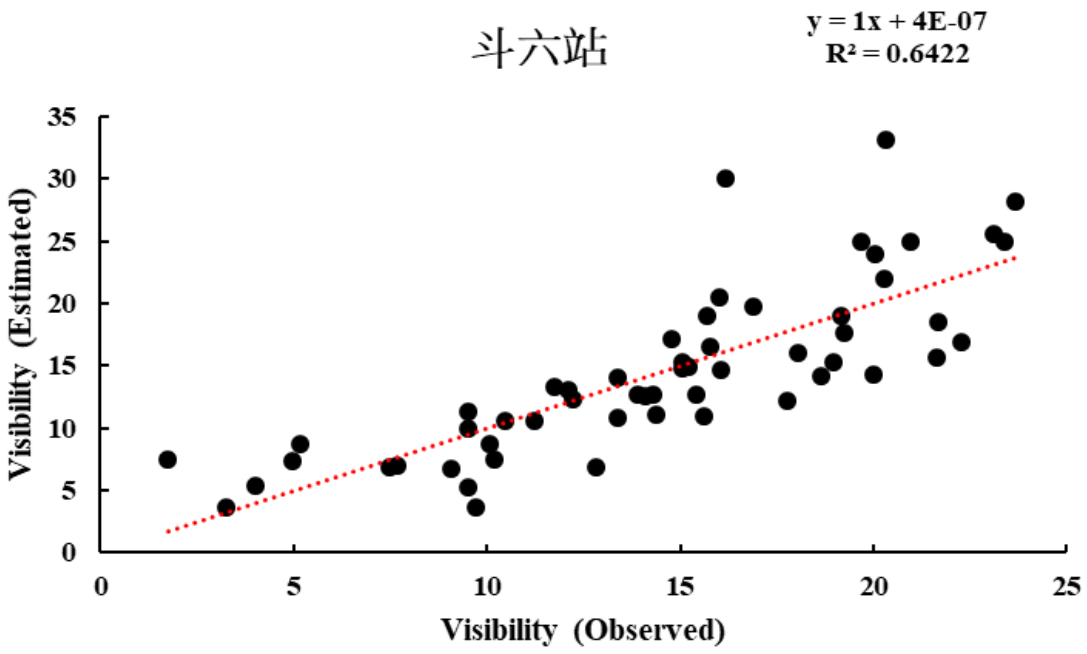


圖 4.4.29 斗六站推估(Estimated)和觀測(Observed)能見度關係

(4) 嘉義站能見度與 $PM_{2.5}$ 化學成分及天氣因子多元迴歸模式

影響嘉義站能見度的自變數為 SO_4^{2-}、環境濕度及修正後 OC，其中 SO_4^{2-}每增加 1 μg m^{-3}，能見度會減少 0.39 km，環境相對濕度每增加 1%，會導致能見度降低 0. 37 km，修正後 OC 每增加 1 μg m^{-3}，能見度會下降 0.43 km，各自變數以修正後 OC 影響能見度的靈敏度最高(公式 4.4.4)。圖 4.4.30 為嘉義站推估和觀測能見度關係，彼此相關性對應尚佳，R^2 = 0.55，採樣期間推估最低能見度約為 3.5 公里，是各站最低能見度，但最高為 33.1 公里，也是各站最高能見度。

Visibility (km) = 44.95 - 0.39 SO_4^{2-} - 0.37 RH – 0.43 修正 OC 公式 4.4.4

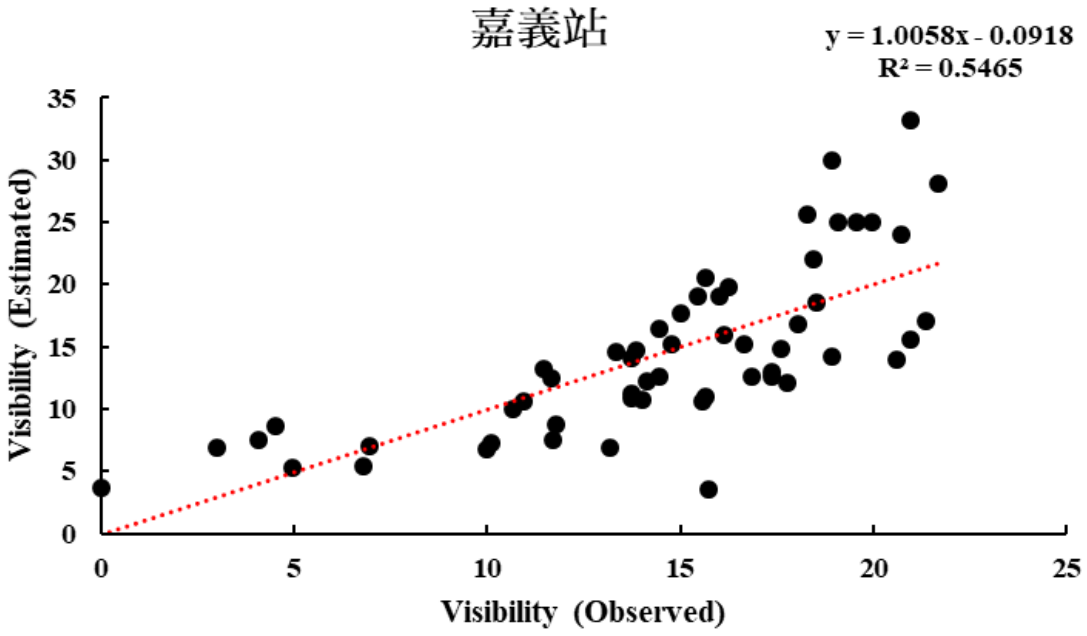


圖 4.4.30 嘉義站推估(Estimated)和觀測(Observed)能見度關係

(5) 小港站能見度與 $PM_{2.5}$ 化學成分及天氣因子多元迴歸模式

影響能見度的自變數為 SO_4^{2-}、相對濕度與修正後 OC，其中 SO_4^{2-}每增加 1 μg m^{-3}，能見度會降低 0.21 km，環境相對濕度每增加 1%，會導致能見度降低 0.49，修正後 OC 每增加 1 μg m^{-3}，會造成能見度會減少 0.86 km，各自變數以修正後 OC 影響能見度的靈敏度最高(公式 4.4.5)。圖 4.4.31 為小港站推估和觀測能見度關係，彼此相關性對應佳，R^2 = 0.77，採樣期間最低能見度約為 4 公里，最高為 12.4 公里，小港站採樣期間觀測和推估能見度最低。

Visibility (km) = 21.9 - 0.21 SO_4^{2-} - 0.49 RH – 0.86 修正 OC 公式 4.4.5

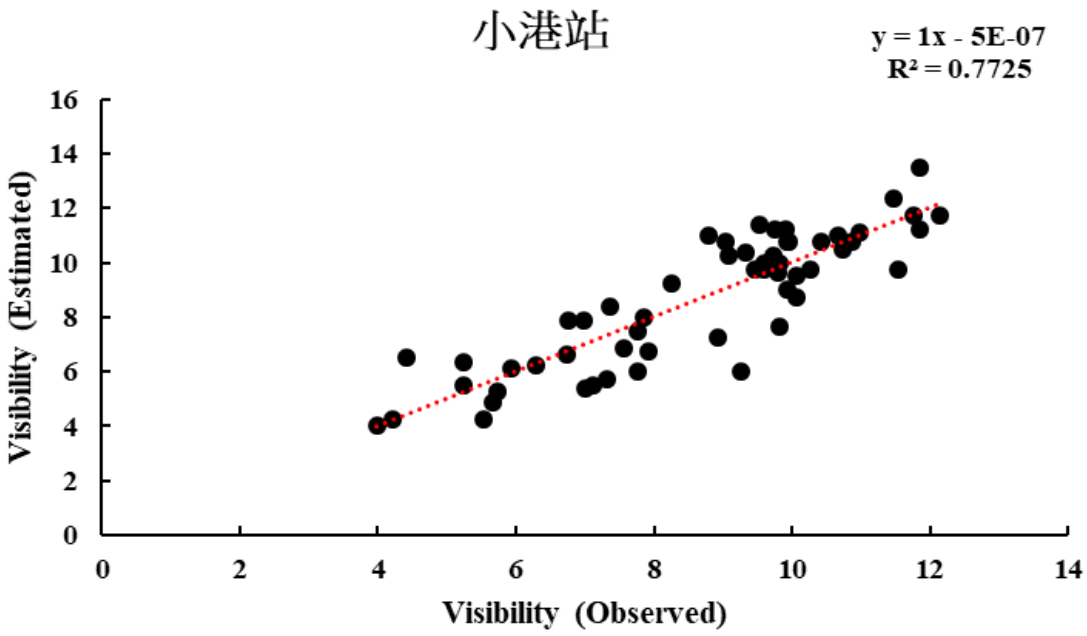


圖 4.4.31 小港站推估(Estimated)和觀測(Observed)能見度關係

(6) 花蓮站能見度與 $PM_{2.5}$ 化學成分及天氣因子多元迴歸模式

影響能見度的多元迴歸模式(公式 4.4.6)，顯著自變數為 SO_4^{2-}、溫度、相對濕度，其中 SO_4^{2-}每增加 1 μg m^{-3}，能見度會降低 0.51 km，溫度每增加 1℃，能見度會增加 0.44 km，環境相對濕度每增加 1%，會導致能見度減少 0.67 km，各自變數以環境相對濕度影響能見度的靈敏度最高。圖 4.4.32 為花蓮站推估和觀測能見度關係，彼此相關性對應好，R^2 = 0.58，採樣期間推估最低能見度約為 9.2 公里，最高為 17.2 公里。花蓮站可能受限於地形，能見度觀測目標物的距離有上限，因此，即使環境能見度很好，最高觀測能見度也無法因而提高。

Visibility (km) = 24.81 - 0.51 SO_4^{2-} + 0.44 T - 0.67 RH 公式 4.4.6

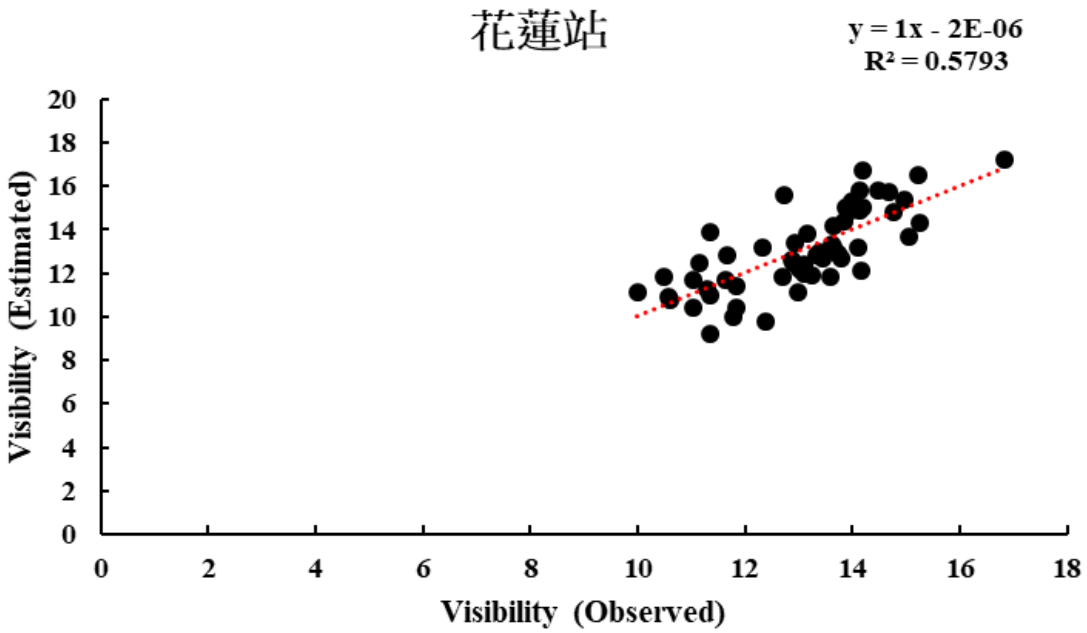


圖 4.4.32 花蓮站推估(Estimated)和觀測(Observed)能見度關係

各測站能見度迴歸方程式彙整如表 4.5.8，各 $PM_{2.5}$ 化學成分與天氣因子當中，以硫酸鹽、修正 OC、相對濕度、溫度、風速為影響能見度顯著的因子。板橋與花蓮站影響能見度最靈敏的因子為環境相對濕度，南部測站(斗六、嘉義、小港)都是修正 OC 影響能見度最靈敏，忠明站則是硫酸鹽對能見度造成的影響最靈敏。值得一提的是，硫酸鹽在每個測站都是影響能見度的重要因子($P < 0.05$)。修正的 IMPROVE 方程式估算能見度最靈敏的化學成分也是硫酸鹽，與迴歸的結果相似，顯示能見度迴歸方程式具有參考價值。

表 4.5.8 各監測站能見度迴歸方程式彙整

站名	迴歸方程式
板橋	Vis. = 35.58 - 0.56 SO_4^{2-} + 0.37 T - 0.65 RH
忠明	Vis. = 13.99 - 0.48 SO_4^{2-} + 0.38 WS + 0.37 T - 0.44 RH
斗六	Vis. = 67.21 - 0.45 SO_4^{2-} - 0.41 WS - 0.44 RH – 0.53 修正 OC
嘉義	Vis. = 44.95 - 0.39 SO_4^{2-} - 0.37 RH – 0.43 修正 OC
小港	Vis. = 21.9 - 0.21 SO_4^{2-} - 0.49 RH – 0.86 修正 OC
花蓮	Vis. = 24.81 - 0.51 SO_4^{2-} + 0.44 T- 0.67 RH

註：各測站檢測結果 $p < 0.0000$；各測項 $p < 0.05$；各項目單位：Vis. (km)，SO_4^{2-} (μg m^{-3})，RH (%)，WS (m s^{-1})，修正 OC (μg m^{-3})，T (℃)

各年度各測站能見度迴歸式影響因子都是使用當年度數據，使用的統計方法都是 Backward Stepwise Regression，所篩選出的自變數都是對能見度變異有最大解釋能力者，有些未被選入自變數其實也是具有解釋能見度變異能力，惟將與具有最大解釋變異能力的自變數造成共線性(重複解釋能見度的變異)，因而在迴歸過程遭到剔除。因此，各年度所篩選的自變數不盡相同。SO_4^{2-}在大氣中通常是與 NH_4^+結合，當 SO_4^{2-}被選入模式時，NH_4^+通常不會被選入以免造成共線性。

風速通常有助於環境擴散，隨著風速增加，能見度會下降。本年度斗六站風速和能見度成反比關係，和忠明站得到的結果不同，其原因可能是斗六站風速約略與能見度有負相關(圖 4.4.33)，忠明站風速也被選為顯著自變數，代表風速和能見度有正相關(圖 4.4.34)。斗六站附近氣象局由於沒有能見度觀測資料，能見度是取自嘉義站，或許也造成一些誤差。

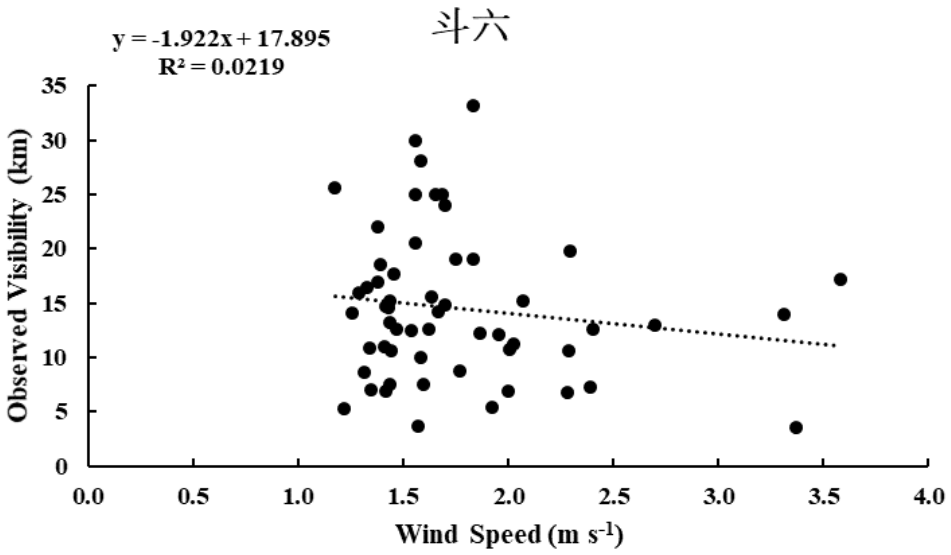


圖 4.4.33 斗六站風速和觀測能見度關係

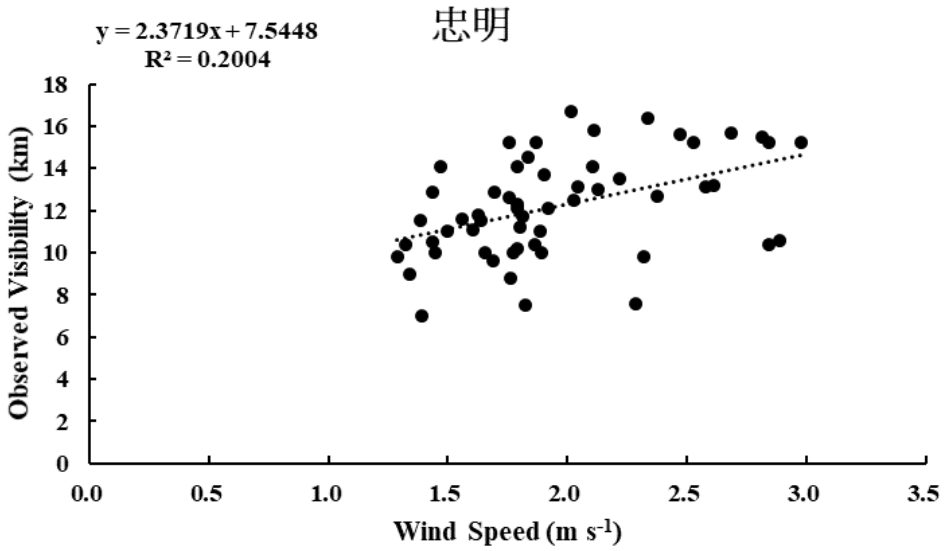


圖 4.4.34 忠明站風速和觀測能見度關係

4.5 蒐集中國大陸、日本、韓國、美國及歐洲等國家執行 $PM_{2.5}$ 化學成分採樣檢測經驗與最新技術

$PM_{2.5}$ 是造成霧霾的主要致因，其健康風險更為民眾所關切，因此，世界各國紛紛頒布 $PM_{2.5}$ 空氣品質標準，監測 $PM_{2.5}$ 質量濃度；對於 $PM_{2.5}$ 產生源進行排放管制是削減 $PM_{2.5}$ 的最有效手段，但研擬污染源與評估管制策略，仍必須有 $PM_{2.5}$ 化學成分監測數據。正因為 $PM_{2.5}$ 化學成分複雜，有時間和空間尺度分布差異，採樣時又有前驅氣體干擾及微粒揮發等問題，增加採樣及實驗分析難度，因此，在 $PM_{2.5}$ 化學成分監測技術上一直有持續的進展。

4.5.1 $PM_{2.5}$ 化學成分監測與影響因子

在過去幾年 $PM_{2.5}$ 化學成分的量測發現硝酸根離子在 $PM_{2.5}$ 質量濃度占比會隨著 $PM_{2.5}$ 質量濃度增加而增大許多，針對 2005 年 5 月 6 日到 6 月 15 日在上海，6 月 29 日到 8 月 2 日 2005 年在北京量測到高濃度硝酸根離子濃度，但無法用同質氨氣和硝酸氣反應產生硝酸銨氣膠的現象來解釋，Pathak et al. (2011)進行探討。採樣當時是一個氨氣缺乏(gas $NH_3 < 10$ ppb)高濕度的環境，研究先使用盒形模式發現：硝酸根離子可能在硫酸鹽微粒的表面形成，本文推測是晚上在潮解氣膠表面 N_2O_5 水解造成(當時還有晚上高濃度臭氧和 NOy)。接著使用熱力平衡模式 AIM 發現：晚上 N_2O_5 水解貢獻 50-100%晚上增益(enhancement)的硝酸根離子濃度，氣膠含水量顯著地有利於晚上 N_2O_5 水解形成硝酸根離子。研究者還發現：晚上硝酸根離子的形成是在較大粒徑，例如：上海事件 2 的硝酸根離子尖峰粒徑是在 0.73 μm，硫酸根離子和銨根離子的尖峰粒徑則是在 0.43 μm；北京事件 1 的硝酸根離子尖峰粒徑是在 1.34 μm，硫酸根離子和銨根離子的尖峰粒徑則是在 0.73 μm，顯示硝酸根離子在潮解的硫酸鹽氣膠表面形成。值得注意的是，含硝酸根離子氣膠會因氣膠含水量中的氫離子濃度而和硝酸氣達成平衡狀態($H^+ + NO_3^- \leftrightarrows HNO_{3(aq)} \leftrightarrows HNO_{3(g)}$)，含水量增加有利於硝酸氣溶解到水相而增加氣膠硝酸根離子，因此，氣膠含水量有很大的影響。

Morgan et al. (2015)對於晚上 N_2O_5 水解做更深入的研究，當定義 $\gamma(N_2O_5)$為 N_2O_5 在氣膠表面的水解效率時，$\gamma(N_2O_5)$主要受到氣膠含水量和硝酸銨氣膠的影響，以基於氣膠含水量和硝酸根離子濃度比值(H_2O: NO_3^- molar ratio)的參數化方

案，並忽略 Cl^-濃度，可得到合理的 $\gamma(N_2O_5)$變化符合度。不同於氣膠含水量，增加硝酸根離子濃度反而會抑制 $\gamma(N_2O_5)$值，另外，氣膠表面積無法單獨主控 $\gamma(N_2O_5)$值。N_2O_5 水解的淨反應式是 $N_2O_5+H_2O$ (異質)$\leftrightarrows 2HNO_{3(aq)}$。

2014年8月31日至9月21日Wang et al. (2017)在中國天津以碘離子-化學離子化質譜儀(Iodide-chemical ionization mass spectrometry, CIMS)進行五氧化二氮(N_2O_5)和丁腈橡膠($ClNO_2$)的實場量測，$ClNO_2$是N_2O_5在氣膠表面發生異質反應的產物，在夜間大氣邊界層化學扮演重要腳色。觀測到的氣膠表面N_2O_5濃度很低，夜間平均值只有22 pptv，雖然NO_2和O_3濃度非常高。N_2O_5濃度在初晚就達到尖峰值，是火力發電廠煙團和殘留O_3結合而成，但N_2O_5經由氣膠表面反應消逝很快，估計N_2O_5攝取係數在0.042-0.092間，與環境濕度成正比，最高值發生在地面。在高氣膠濃度可發生快速的N_2O_5異質反應，產生高$ClNO_2$夜間濃度平均為132 pptv，但即使有高氣膠氯離子濃度，$ClNO_2$產生率在兩次案例分別為0.014和0.082，遠低於從實驗係數導出的計算值，在污染的城市空氣，氯離子活化受抑制可能和潮解性、溶解性、氯離子活度有關。

亞硝酸(HONO)光解是低層大氣氫氧游離基(OH)的重要來源，特別是冬季其他 OH 產生源較弱時。在過去數十年，已知白天 HONO 有未能辨識出的產生源，但卻無法獲知確切產生機制。Tsai et al. (2018)於 2012 年 1~3 月在美國猶他州研究不同高度(距離地面 2 公尺 至 31 公尺, 45 公尺, 68 公尺)冬天 O_3 的形成，研究地點海拔有 1570 公尺，使用長光徑差異光學吸收光譜儀(LP-DOAS)，白天 HONO 濃度在 2-31 公尺是 8 ppt，在 19 公尺處量測到向上的 HONO 通量，中午時候最高。使用光靜態分析顯示表面通量接近 HONO 收支，整天可以量測到 63 ±32%的未能辨識 HONO 白天產生源，接近中午甚至高達 90±30%，因此確認地表異質化學反應是迷失的 HONO 白天產生源，在高濃度 NO_2 濃度，太陽輻射將地表面的 NO_2 轉化為白天 HONO 產生源，在中等到低 NO_2 濃度，地表面 HNO_3 的光解是 HONO 主要產生源。

晚上 HONO 的累積是一個白天 OH 游離基的重要來源，白天 HONO 也可由車輛排放，或是由排放的 NO_2 在氣膠表面形成，但必須具有足夠的相對濕度，氣膠亞硝酸根離子(NO_2^-)在酸性和高相對濕度環境下，也會形成 HONO。Wang et al. (2015)於 2013 年 11 月 26 日至 2014 年 1 月 5 日在中國濟南離地面大約 20 公尺

高，以離子層析儀(MarGA AD12081)和濕式旋轉滌除器結合蒸氣噴流氣膠收集器(SJAC)量測 $PM_{2.5}$ 水溶性離子和酸、鹼性前驅氣體，HONO 的量測是使用 H_2O_2 當吸收劑。結果顯示 HONO 在 7:00 最高，13:00 最低；NO_2^-在 8:00 最高，15:00 最低。HONO 和 NO_2^-濃度在晚上更高，NO_2 和 NO_3^-濃度則是在白天較高。一般而言，NO_2 轉化為 NO_2^-的效率在鹼性和氧化較少的氣膠表面含水層較高，NO_2^-氣膠濃度隨著自由陽離子濃度提升而增高。

表 4.5.1 $PM_{2.5}$ 化學成分採樣檢測及最新技術發展範例

地點及結果	意涵	文獻
2005 年 5 月 6 日到 6 月 15 日在上海，6 月 29 日到 8 月 2 日 2005 年在北京量測到高濃度硝酸根離子濃度，但無法用同質氨氣和硝酸氣反應產生硝酸銨氣膠的現象來解釋，進行探討。	在一個氨氣缺乏(gas NH_3 < 10 ppb)高濕度的環境，夜晚在潮解氣膠表面 N_2O_5 水解產生硝酸根離子(同時會有晚上高濃度臭氧和 NOy)。接著使用熱力平衡模式 AIM 發現：晚上 N_2O_5 水解貢獻 50-100%的晚上硝酸根離子增益量，氣膠含水量顯著地有利於晚上 N_2O_5 水解形成硝酸根離子。	Pathak et al. (2011)
2010 年 7 月 16~29 日在英國東南部海岸以一架研究飛機 BAe-146 飛行進行 9 次採樣，發現：不同於氣膠含水量，增加硝酸根離子濃度會抑制 $\gamma(N_2O_5)$值，$\gamma(N_2O_5)$為 N_2O_5 在氣膠表面的水解效率。另外，氣膠表面積無法單獨主控 $\gamma(N_2O_5)$值。	雖然 N_2O_5 水解是發生在潮解氣膠表面，但單獨 RH 及氣膠表面積無法主控 $\gamma(N_2O_5)$值。	Morgan et al. (2015)
2014 年 8 月 31 日至 9 月 21 日在中國天津進行五氧化二氮(N_2O_5)和丁腈橡膠($ClNO_2$)的實場量測，觀測到的氣膠表面 N_2O_5 濃度很低，但 N_2O_5 經由氣膠表面反應消逝很快。	$ClNO_2$ 是 N_2O_5 在氣膠表面發生異質反應的產物，在夜間大氣邊界層化學扮演重要腳色。在高氣膠濃度可發生快速的 N_2O_5 異質反應，但即使有高氣膠氯離子濃度，$ClNO_2$ 產生率在兩次案例遠低於從實驗係數導出的計算值，在污染的城市空氣，氯離子活化受抑制可能和潮解性、溶解性、氯離子活度有關。	Wang et al. (2017)

2012 年 1~3 月在美國猶他州研究不同高度(距離地面 2 公尺至 31 公尺, 45 公尺, 68 公尺)冬天 O_3 的形成，研究地點海拔有 1570 公尺，使用長光徑差異光學吸收光譜儀(LP-DOAS) 量測到向上的 HONO 通量。	亞硝酸(HONO)光解是低層大氣氫氧游離基(OH)的重要來源，特別是冬季其他 OH 產生源較弱時。在過去數十年，已知白天 HONO 有未能辨識出的產生源，但卻無法獲知確切產生機制。在 19 公尺處量測到向上的 HONO 通量，整天可以量測到 63±32%的未能辨識 HONO 白天產生源，接近中午甚至高達 90±30%，因此確認地表異質化學反應是迷失的 HONO 白天產生源。	Tsai et al. (2018)
2013 年 11 月 26 日至 2014 年 1 月 5 日在中國濟南離地面大約 20 公尺高，以離子層析儀(MarGA AD12081)和濕式旋轉滌除器結合蒸氣噴流氣膠收集器(SJAC)量測 $PM_{2.5}$ 水溶性離子和酸、鹼性前驅氣體，HONO 的量測是使用 H_2O_2 當吸收劑。結果顯示 HONO 在 7:00 最高，13:00 最低；NO_2^- 在 8:00 最高，15:00 最低。	晚上 HONO 的累積是一個白天 OH 游離基的重要來源，白天 HONO 也可由車輛排放，或是由排放的 NO_2 在氣膠表面形成，但必須具有足夠的相對濕度，氣膠亞硝酸根離子(NO_2^-)在酸性和高相對濕度環境下，也會形成 HONO。HONO 和 NO_2^- 濃度在晚上更高，NO_2 和 NO_3^- 濃度則是在白天較高。一般而言，NO_2 轉化為 NO_2^- 的效率在鹼性和氧化較少的氣膠表面含水層較高，NO_2^- 氣膠濃度隨著自由陽離子濃度提升而增高。	Wang et al. (2015)

4.5.2 $PM_{2.5}$ 化學成分與含水量和能見度關聯

對於 $PM_{2.5}$，人們最直接的感受是察覺能見度的變化，由於近年社會大眾逐漸意識到空污的存在以及對身體健康的影響，能見度低時會非常容易與 $PM_{2.5}$ 高濃度連結。從過去的研究得知，$PM_{2.5}$ 影響能見度的關鍵在於氣膠本身的消光程度，消光係數是氣膠吸光係數與散光係數的總和，除了 $PM_{2.5}$ 濃度越高會提高消光係數導致能見度降低外，當大氣相對濕度增高，氣膠吸收水蒸氣而潮解，含水量增加，甚至形成水珠，增加對陽光散射而增大氣膠散光係數降低能見度。氣膠含水特性主要是化學成分在主導，目前已知水溶性離子中的 NO_3^- 與 SO_4^{2-} 吸水性最好，在高環境相對濕度(RH)的情況下易吸水潮解。

Deng et al. (2016)使用 MARGA 量測短時間氣膠水溶性離子成分變化，並利用熱力學模式 ISORROPIA II 推算氣膠含水量與 $PM_{2.5}$ 質量濃度比較，發現在 RH 低於 80%時，氣膠含水量與 $PM_{2.5}$ 質量濃度相關性非常好比值在 1 左右；但 RH

高於 80%時，氣膠含水量與 $PM_{2.5}$ 質量濃度相關性則非常差，比值最高甚至超過 6，代表氣膠吸收了大量的水，此時，能見度比 RH 低於 80%的期間下降許多，說明氣膠含水量對於能見度有顯著的影響。

Khanna et al. (2018)的研究指出，$PM_{2.5}$ 與能見度用有非常好的相關性 $R^2 > 0.75$，除此之外，將 $PM_{2.5}$ 化學成分使用 IMPROVE 的方法重組氣膠消光係數，與能見度估算的消光係數比較也有非常良好的相關性($R^2 > 0.75$)。IMPROVE 方法的公式中顯示主要影響消光係數的物種是有機物(OM)，接著是硫酸銨、硝酸銨以及元素碳等，其中，硫酸銨與硝酸銨需考慮 RH 對氣膠粒徑增長的影響，也可以說是受氣膠含水量影響。因此，$PM_{2.5}$ 對能見度的影響除了要考慮氣膠含水量，碳成分對於能見度的影響也不容忽視。

比較能見度差和好的氣膠成分，才能瞭解影響能見度的氣膠成分。Cheng et al. (2018)於 2011 年 4 月 1 日至 2012 年 3 月 30 日在上海環境科學研究院進行空氣污染物與大氣能見度觀測研究，藉由逐時量測探討三個低能見度事件(沙塵暴、秋季霧霾事件、冬季霧霾事件)和一個低污染事件期間的大氣消光係數的影響因子。在沙塵暴事件中，塵土和粗顆粒占 PM_{10} 質量 90%和總消光係數的 62%。二次無機氣膠和有機物在秋、冬季霧霾事件中占主導地位，分別占 $PM_{2.5}$ 質量的 52%和 31%，消光係數的 35%和 27%。然而，秋季霧霾事件因較高的相對濕度使水溶性無機氣膠因吸濕效應而增強對於能見度衰減的貢獻，有機物對能見度衰減的影響百分比則相對較少。冬季霧霾事件各成分對消光程度的貢獻相對於低能見度皆增加，且增加的比例穩定。此外，發現 $PM_{2.5}$ 化學成分的質量消光效率隨著 $PM_{2.5}$ 濃度的累積而增加。這些發現說明在秋季或冬季霧霾事件期間，降低有機物和無機氣膠的質量濃度的重要性，尤其在相對濕度較高的秋季事件中，控制硫、氮氧化物前驅物也許能更有效地提高能見度。

相對濕度增強氣膠對於能見度的衰減雖然是已知事實，但量化其影響程度仍然是有意義工作。ten Brink et al. (2018)於荷蘭研究煙火對於能見度的影響，調查時間為 2009 年新年夜，地點位於該國中心並遠離特定地區污染源。施放煙火產生的氣膠將吸收與散射可見光，產生低能見度事件。作者評估氣膠成分對能見度的影響，發現由 open-air scatterometer 在實際大氣環境下所測得的散射值相較於 integrating nephelometer 量測氣膠乾燥去除水分後的散射值高出 5 倍，此一差異

來自氣膠中鹽類的吸濕性。荷蘭新年夜期間為靜滯的氣象環境，氣膠濃度和相對濕度皆高，同時煙火產生的氣膠中含有大量的硫酸鉀、鎂和氯化物等吸濕性鹽類，當此一吸濕性鹽類增加含水量後，將主導低能見度事件的發生。

Wang et al. (2015)在北京的研究指出：季節 $PM_{2.5}$ 質量濃度大小依序為冬季＞春季＞夏季＞秋季，水溶性無機離子(WSII)與碳成分為 $PM_{2.5}$ 主要成分，個別占了 $PM_{2.5}$ 的 45.9 與 28.9%，其中 SNA (SO_4^{2-}、NO_3^-、NH_4^+)為主要的水溶性離子，累積占了 WSII 約 80%。除此之外，利用 Revised IMPROVE 公式計算消光係數(b_{ext})，以冬季最高、秋季最低。整體而言$(NH_4)_2SO_4$ 為 b_{ext} 最大貢獻者占 29%，接著是 NH_4NO_3 與 OM 分別貢獻了 24.4%與 19.5%。在空氣品質較好的情況下 b_{ext} 由 coarse mass 與 Rayleigh 主導，然而隨著污染嚴重，b_{ext} 則以$(NH_4)_2SO_4$ 與 NH_4NO_3 為主，合計貢獻了 67%。

Yu et al. (2016)於南京進行大氣能見度研究，研究期間能見度介於 1.2 km~18.4 km 之間。相對溼度(RH)及氣膠成分濃度為影響能見度的重要因素，能見度與 $PM_{2.5}$ 質量濃度呈現指數負相關趨勢，然而，RH>80%時，即使濃度很低，此相對濕度區間能見度也不是很好，顯示能見度受 RH 影響十分顯著。南京地區有機物(OM)對能見度影響最為顯著，貢獻 35.7%的 b_{ext}，$(NH_4)_2SO_4$ 與 NH_4NO_3 分別貢獻了 28.8%以及 24.1%。此外，Visiblity 大於 10 km 時，OM 的影響較大；當 Visiblity 小於 5 km 時，則 OM 與$(NH_4)_2SO_4$ 為主要影響因素。

Li et al. (2018)的研究指出：利用氣膠化學成分，以 IMPROVE 方法進行消光係數重組，估算結果與能見度每日自動觀測數據(由小時值平均)有良好的相關性(R^2>0.79)。在空氣品質較好的時候 OM 對 b_{ext} 貢獻最多，約為 30.1%，接著是$(NH_4)_2SO_4$ 與 NH_4NO_3 分別貢獻了 18.4%與 15.6%；隨著 $PM_{2.5}$ 質量濃度的上升，在高污染期間$(NH_4)_2SO_4$ 與 NH_4NO_3 對 b_{ext} 貢獻分別提升到 34.4%及 35.7%，OM 則降至 18.4%，這是因為 $PM_{2.5}$ 的增加主要是由 WSII 貢獻，本區主要接收燃煤、農廢燃燒、工業區傳輸來的 SO_2、NO_2、NH_3，經由化學反應轉化形成 SO_4^{2-}、NO_3^-、NH_4^+，進而影響能見度。

表 4.5.2 $PM_{2.5}$ 含水量與能見度關聯性相關研究

地點及結果	意涵	文獻
2013 年 12 月 8 日至 15 日在廣州量測氣膠光學特性、水溶性離子與能見度，並探討彼此間關聯性	在相對濕度高於 80%的情況下，以 NO_3^-和 SO_4^{2-}為主的 $PM_{2.5}$ 含水量可能比 $PM_{2.5}$ 質量濃度高 6 倍，此時能見度下降會非常明顯，即使 $PM_{2.5}$ 質量濃度比相對濕度低於 80%的時期低，能見度依然更低。顯示氣膠含水量對於能見度的影響在高相對濕度的環境下非常顯著。	Deng et al. (2016)
2013 年 12 月到 2014 年 1 月以及 2014 年 5、6 月在印度德里進行夏季與冬季採樣，探討 $PM_{2.5}$ 化學成分與能見度和消光係數的關聯性	$PM_{2.5}$ 與能見度有非常好的相關性($R^2 > 0.75$)，此外，IMPROVE 的方法可以將 $PM_{2.5}$ 成分換算成消光係數，並且與能見度量測值換算的消光係數也有非常好的相關性($R^2 > 0.75$)。結果顯示 OM、硫酸銨、硝酸銨、元素碳是 $PM_{2.5}$ 中影響能見度的主要成分。其中，硫酸銨與硝酸銨需考慮氣膠含水特性對散光係數的影響。	Khanna et al. (2018)
2011 年 4 月 1 日至 2012 年 3 月 30 日在上海進行空氣污染物與大氣能見度觀測研究，在沙塵暴事件中，塵土和粗顆粒占 PM_{10} 質量 90%和總消光係數的 62%。二次無機氣膠和有機物在秋、冬季霧霾事件中占主導地位，分別占 $PM_{2.5}$ 質量的 52%和 31%，消光係數的 35%和 27%。	在秋季或冬季霧霾事件期間，降低有機物和無機氣膠的質量濃度的重要性，尤其在相對濕度較高的秋季事件中，控制硫、氮氧化物前驅物也許能更有效地提高能見度。	Cheng et al. (2018)
於荷蘭研究煙火對於能見度的影響，調查時間為 2009 年新年夜，地點位於該國中心並遠離特定地區污染源。實際大氣環境下所測得的散射值相較於量測氣膠乾燥去除水分後的散射值高出 5 倍，此一差異來自氣膠中鹽類的吸濕性。	煙火產生的氣膠中含有大量的硫酸鉀、鎂和氯化物等吸濕性鹽類，當此一吸濕性鹽類在高濕度環境中將增加含水量，主導低能見度事件的發生。	ten Brink et al. (2018)

地點及結果	意涵	文獻
2012 年 6 月至 2013 年 4 月分四季於北京航空航天大學進行採樣，討論能見度季節變化與影響能見度的化學成分。	利用 Revised IMPROVE 公式計算消光係數，以冬季最高、秋季最低。整體而言$(NH_4)_2SO_4$ 為 b_{ext} 最大貢獻者占 29%，接著是 NH_4NO_3 與 OM 分別貢獻了 24.4% 與 19.5%。在空氣品質較好的情況下 b_{ext} 由 coarse mass 與 Rayleigh 主導，然而隨著污染嚴重，bext 則以 $(NH_4)_2SO_4$ 與 NH_4NO_3 為主，合計貢獻了 67%。	Wang et al. (2015)
2013 年 5 月到 2014 年 5 月，在南京大學氣象大樓頂樓進行樣本採集，探討化學成分與能見度關係。	能見度與 $PM_{2.5}$ 質量濃度呈現指數負相關趨勢，RH>80%，即使濃度很低，這個 RH 區間能見度也不是很好，顯示能見度受 RH 影響十分顯著。除此之外，Visiblity 大於 10 km 時，OM 的影響較大；當 Visiblity 小於 5 km 則是 OM 與 $(NH_4)_2SO_4$ 為主要影響因素。	Yu et al. (2016)
2016 年 11 月 15 至 12 月 31 日，在北京師範大學頂樓採集樣本，討論消光係數與化學成分的關聯。	IMPROVE 方法推估的能見度與自動儀器觀測值相關性良好 (R^2>0.79)，空氣品質較好的時候 OM 對 b_{ext} 貢獻最多，隨著 $PM_{2.5}$ 質量濃度的上升，在高污染期間 $(NH_4)_2SO_4$ 與 NH_4NO_3 對 b_{ext} 貢獻分別提升到 34.4%及 35.7%，OM 則降至 18.4%，主要是因為本區接收到傳輸而來的 SO_2、NO_2、NH_3，經由轉化形成 SO_4^{2-}、NO_3^-、NH_4^+，進而影響能見度。	Li et al. (2018)

4.5.3 $PM_{2.5}$ 化學成分與雲和溫度變遷關聯

氣膠化學成分和雲的交互作用將影響到氣膠形成雲滴潛力及改變雲滴對太陽輻射散射及吸收，影響大氣環境溫度。

Feng et al. (2018)在 2014 年 3 月 1 日至 5 月 31 日於幾乎未受污染的亞馬遜馬瑙斯（Manaus）周邊地區研究超細微粒和暴風雨雲的關係，馬瑙斯是亞馬遜最大的城市，人口超過 200 萬。亞馬遜熱帶雨林為氣膠研究者提供了獨特的天然實驗室。在這裡科學家難得可以在工業化前的環境中觀察污染對大氣過程的影響，

並精確辨識出除了溫度和濕度等其他因素外，懸浮微粒造成的效應。科學家過去已經了解，較大的懸浮顆粒的形成使水蒸氣凝結放熱，促使強大上升氣流形成雲，進而形成水滴，最終降雨。但過去一直不曾觀察到的是小於 50 奈米的顆粒（如車輛和工業過程產生的顆粒）是否具有相同的效果。藉由精細的電腦模擬，科學家展示了超細微粒如何影響暴風雨雲的產生─溫暖潮濕的環境中沒有較大顆粒的存在，超細微粒就有機會形成雲滴；而在相對濕度超過 100%的溫暖潮濕高空環境中，大顆粒氣膠濃度低會導致大量多餘的水蒸氣，也會使超細顆粒轉變成雲滴。這些超細顆粒尺寸雖小但數量龐大，因此可以形成許多小水滴，讓過量的水蒸氣在其上凝結。如此的凝結過程將釋放更多的熱量，使得上升氣流更加強大。更多的暖空氣被拉入雲中，將更多的水滴拉到高空，產生更多的冰珠、霰、閃電和雨水。這樣的結果，本研究稱為「強化對流」（invigorated convection），意味著產生更強的風暴。這項研究結果顯示，在缺乏粗顆粒氣膠的乾淨環境中，超細微粒刺激雲層的威力比較大的顆粒更强。

Ueda et al. (2011)為了探討雲間隙氣膠可溶和不可溶物質的混合狀態，於2007年6月在日本立山(Mt. Tateyama, 2,300 m a.s.l.)以切割粒徑>10 μm的霧採樣器觀測，從相對濕度88%粒徑小於0.56 μm的較不增長(less-grown, LG)微粒，量測出乾微粒數目濃度(0.3–0.5 μm粒徑)，以量化雲間隙微粒的成長特性，有粒徑區隔的碳黑微粒(<0.4 μm和<1.1 μm)質量濃度也加以量測以評估雲間隙微粒。在發生霧的情況，大於0.3 μm的氣膠數目減少10-100倍。採樣三個88%雲間隙LG微粒在穿透式電子顯微鏡下以透析(萃取)方法分析水可溶和不可溶物質，其中一個顯微鏡樣本，取自高強度降雨(2–6 mm/h)，有高占比的LG微粒和高碳黑質量濃度，大部分微粒(0.1–0.5 μm)是水不可溶，有超過一半的水不可溶微粒是碳黑微粒，在顯微鏡下呈現電子不穿透圓球體鏈狀聚合物，顯示LG微粒和水不可溶微粒有關。其他兩個顯微鏡樣本有低占比的LG微粒取自低強度降雨(1 mm/h)，表示微粒大多可以增長，大部分微粒是部分水可溶。在雲降水的掃除程序可以改變留下來的微粒數目，根據雲形成狀況，可優先讓不可溶微粒留下來，碳黑微粒因此可以在雲降水後留在雲間隙微粒而傳輸到遠距離。

黑碳是氣膠的主要吸光成分，但一部分有機碳稱為褐碳也會吸光，吸光氣膠的天氣敏感度隨著高度而增加，但褐碳在上層大氣的量測很少。Zhang et al. (2017)

在2012年5和6月於美國以DC3飛機觀測垂直氣膠分布，顯示對光會吸收的褐碳在對流層相當盛行，在5到12公里高層比黑碳還要吸收更多短波輻射。本研究發現褐碳是被深度對流傳輸到這個高度，而且雲內異質處理可能產生褐碳。輻射傳輸計算指出褐碳占了對流層頂黑碳和褐碳暖化效應總和的24%，大約2/3的褐碳作用力發生在5公里以上，雖然大部分褐碳是在5公里以下。最大輻射吸收發生在一個野火事件煙團，本研究認為生質燃燒的高層褐碳是一個未被解析氣候驅動力的成分。

濕沉降是大氣氣膠和可溶氣體的重要沉陷源，Hou et al. (2018)以GEOSChem模式研究大氣氣膠生命期靈敏度和降水強度和頻率關係，發現大氣氣膠生命期受降水頻率影響較降水強度來得大，也就是說同樣降水量可能導致不同大氣氣膠移除效率。基於觀測資料的分析顯示，北美洲西南地區、中非洲、南太平洋在過去的14年降水頻率降低了，大氣氣膠生命期增長；相反地，北美洲北部地區、南美洲的西北和南部地區、南非洲、北太平洋的大氣氣膠生命期降低。

Samset (2018)發表在Science的文章評估降低空氣污染雖然對環境品質改善和民眾健康有利，但卻可能改變天氣。他指出：在全球尺度，大氣氣膠可降低溫室氣體排放的暖化效應，因此降低空氣污染會使達成全球天氣和環境目標更困難，例如：巴黎協定想控制暖化在2℃以內的目標。自從1880年以來，溫室氣體和氣膠的淨效應是使全球只暖化1℃，當然，單一溫室氣體和氣膠的貢獻是不確定的。近年來天氣模式模擬指出：沒有人為排放氣膠，全球地面平均溫度會至少再上升0.5℃，降水改變會更大，但很多氣膠的天氣效應是區域尺度而不是全球尺度，主要溫室效應氣體的分布是全球性的，而氣膠從大氣移除卻是在幾天之內，所以如果增溫是因為移除氣膠的冷卻減低，這個效應是不同的。根據最近研究，中國SO_2排放從2007年以來降低了75%，但同一段期間印度卻增加50%。氣膠也影響到特定區域的氣候和天氣現象，例如：南亞的季風，從1950年以來，印度夏季季風的降水已經穩定地降低，模式模擬顯示氣膠輻射驅動力在解釋這個降低趨勢扮演重要角色。氣膠誘導的地面冷卻是導致區域氣流循環型態異常的主因，從印度洋來的濕氣循環減弱，造成季風降水的減少。此外，吸收太陽輻射的黑碳氣膠會改變大氣溫度剖面，因而改變氣流循環、雲的形成、和降水。這些程序很可能影響到

南非自從1950年代以來呈現的乾燥趨勢，同樣地，黑碳氣膠沉降在冰雪上也造成了1980年代以來北極的暖化。

表 4.5.3 $PM_{2.5}$ 化學成分與雲和溫度變遷關聯性相關研究

地點及結果	意涵	文獻
2014 年 3 月 1 日至 5 月 31 日於幾乎未受污染的亞馬遜馬瑙斯（Manaus）周邊地區研究超細微粒和暴風雨雲的關係，藉由精細的電腦模擬，科學家展示了超細微粒如何影響暴風雨雲的產生─溫暖潮濕的環境中沒有較大顆粒的存在，超細微粒就有機會形成雲滴。這項研究結果顯示，在缺乏粗顆粒氣膠的乾淨環境中，超細微粒刺激雲層的威力比較大的顆粒更強。	這些超細顆粒尺寸雖小但數量龐大，因此可以形成許多小水滴，讓過量的水蒸氣在其上凝結。超細顆粒的凝結過程將釋放更多的熱量，使得上升氣流更加強大。更多的暖空氣被拉入雲中，將更多的水滴拉到高空，產生更多的冰珠、霰、閃電和雨水，造成「強化對流」產生更強的風暴。	Feng et al. (2018)
於 2007 年 6 月研究者在日本立山 (Mt. Tateyama, 2,300 m a.s.l.) 探討雲間隙氣膠可溶和不可溶物質的混合狀態。取自高強度降雨(2–6 mm/h)，有高占比的較不增長微粒和高碳黑質量濃度，大部分微粒(0.1–0.5 μm)是水不可溶，有超過一半的水不可溶微粒是碳黑微粒。低占比的較不增長微粒取自低強度降雨(1 mm/h)，微粒大多可以增長，大部分微粒是部分水可溶。	取自高強度降雨，大部分微粒 (0.1–0.5 μm)是水不可溶碳黑微粒，在顯微鏡下呈現電子不穿透圓球體鏈狀聚合物，顯示較不增長微粒和水不可溶微粒有關。低強度降雨(1 mm/h)，微粒大多可以增長，大部分微粒是部分水可溶。在雲降水的掃除程序可以改變留下來的微粒數目，根據雲形成狀況，可優先讓不可溶微粒留下來，碳黑微粒因此可以在雲降水後留在雲間隙微粒而傳輸到遠距離。	Ueda et al. (2011)
2012 年 5 和 6 月研究團隊於美國以 DC3 飛機觀測垂直氣膠分布，發現褐碳是被深度對流傳輸到 5 到 12 公里高層高度，比黑碳還要吸收更多短波輻射，而且雲內異質處理可能產生褐碳。	輻射傳輸計算指出褐碳占了對流層頂黑碳和褐碳暖化效應總和的 24%，大約 2/3 的褐碳作用力發生在 5 公里以上，雖然大部分褐碳是在 5 公里以下。本研究認為生質燃燒的高層褐碳是一個未被解析氣候驅動力的成分。	Zhang et al. (2017)

以 GEOSChem 模式研究大氣氣膠生命期靈敏度和降水強度和頻率關係，基於觀測資料的分析顯示，北美洲西南地區、中非洲、南太平洋在過去的 14 年降水頻率降低了，大氣氣膠生命期增長；相反地，北美洲北部地區、南美洲的西北和南部地區、南非洲、北太平洋的大氣氣膠生命期降低。	濕沉降是大氣氣膠和可溶氣體的重要沉陷源，發現大氣氣膠生命期受降水頻率影響較降水強度來得大，也就是說同樣降水量可能導致不同大氣氣膠移除效率。	Hou et al. (2018)
近年來天氣模式模擬指出：沒有人為排放氣膠，全球地面平均溫度會至少再上升 0.5℃，降水改變會更大，但很多氣膠的天氣效應是區域尺度而不是全球尺度，主要溫室效應氣體的分布是全球性的，而氣膠從大氣移除卻是在幾天之內，所以如果增溫是因為移除氣膠的冷卻減低，這個效應是不同的。	降低空氣污染雖然對環境品質改善和民眾健康有利，但卻可能改變天氣。氣膠會影響到特定區域的氣候和天氣現象，例如：從 1950 年以來，印度夏季季風的降水已經穩定地降低，模式模擬顯示氣膠輻射驅動力在解釋這個降低趨勢扮演重要角色。氣膠誘導的地面冷卻是導致區域氣流循環型態異常的主因，從印度洋來的濕氣循環減弱，造成季風降水的減少。	Samset (2018)

4.5.4 $PM_{2.5}$ 化學成分與污染源解析及管制策略關聯

$PM_{2.5}$ 化學成分與污染源解析及管制策略擬定具有密切關聯，執行 $PM_{2.5}$ 化學成分觀測並透過化學成分特性解析污染源有助於管制策略的擬定，探討彼此關聯藉此改善空氣品質。

Gao et al. (2018)從冶金產業產生很多金屬廢棄物，金屬塵粒含有大量金屬氧化物如：Fe_2O_3、 CaO、SiO_2、Al_2O_3 以及其他稀有金屬氧化物，在燃煤廢氣中噴入金屬塵粒可以降低 NO 排放，NO 排放曲線可以分成快速產生期(400−600°C)以及較慢釋放期(800−900°C)，NO 的降解受到溫度、揮發成分，O_2 和 CO 濃度顯著影響，CO 有很重大的催化作用可還原 NO 成 N_2。金屬塵粒所含鐵鈦化合物可以和 NO 反應產生 TiN。另外，金屬塵粒中的 Na, K,和 Ca 可以催化 NO 前驅物而抑制 NO 的排放。這些結果顯示，在燃煤製程中，金屬塵粒是便宜和高效率控制 NO 排放的抑制劑。

Wang et al. (2017)回顧2005-2014年中國微粒污染和控制策略成效，在這段時間，中國東部和中部$PM_{2.5}$年平均濃度普遍在100 μg m^{-3}以上，在2013年只有4.1%城市的$PM_{2.5}$年平均濃度可在35 μg m^{-3}以下。在一年當中有10-60%日子有新微粒形成，但在大部分地區，新微粒形成頻率並沒有如高$PM_{2.5}$濃度的頻繁。水溶性無機離子是$PM_{2.5}$占比最高成分，其次是有機物、塵土、元素碳。針對高污染情況，中國採取積極管制措施降低了初始排放污染物濃度，造成北京、上海、廣州$PM_{2.5}$有明顯的濃度降低。然而，未來$PM_{2.5}$濃度的降低須結合節能和管末控制方能有效。本文提出5項建議：(1)須執行$PM_{2.5}$化學成分觀測及污染來源推估，(2)行動計畫須能將污染源導向控制轉化成空氣品質導向控制，(3)須有效降低揮發性有機氣體和氨氣，(4)針對冬季高濃度需加強加熱鍋爐、小熱爐、交通管制、禁制一些工業製程，(5)結合節能和管末控制。

Saraga et al, (2018) 於希臘北部最大城-賽薩洛尼基進行為期一年的 $PM_{2.5}$ 化學成分監測，監測地點分別選在城鎮港口與市中心，並將化學成分分析結果透過受體模式解析其污染來源，最後於港口區及市中心分別解析出 6 個及 5 個因子(污染源)，發現車輛排放與生質燃燒兩者相加超過 70%總貢獻量，是該城冬季兩大在地污染源。進港船隻所產生的原生與衍生污染物貢獻 $PM_{2.5}$ 質量濃度 9~13%，

並透過燃料轉換係數計算，推估船隻排放影響以原生污染物為主。道路揚塵所產生的 $PM_{2.5}$ 在港區與市中心則出現不同的指紋及貢獻量(港區 19.7%，市中心 7.4%)。最後發現港區與市中心的二次氣膠除了來自長程傳輸外，也包含部分交通排放貢獻。該研究目的在於提供受體模式量化準則，並訂定港口城市空氣品質與公共衛生指引。

空氣污染衍生出的健康議題是目前眾多國家所面臨的議題，在希臘雅典也同樣面臨著同樣的情況，因此解析氣膠化學成分組成及其來源特性是一個相當重要的課題。Grivas et al. (2018)於雅典觀測道路與都市背景地區 PM_{10} 及 $PM_{2.5}$ 化學成分，分析物種為元素及碳成分，最後透過受體模式解析及量化當地污染貢獻量，研究中指出交通排放源與富含硫的區域型氣膠為 $PM_{2.5}$ 中主要污染源，此外研究中共定義出 6 種污染源，分別是交通排放、富含硫氣膠、生質燃燒、重油燃燒、沙塵及海鹽，並發現交通測站在道路揚塵及車輛排放指標元素濃度增量超過兩倍，對比都市背景站，這些成分分別為 BC、Cu、Zn、Fe 及 Ca。研究中透過發散係數(coefficients of divergence, COD)及相關係數(R^2)發現道路測站與都市背景測站在交通排放源因子間有良好相關性，分析結果顯示交通相關排放源，主要是透過風力傳輸影響到下風處背景區。

化學成分平衡法(Chemical Mass Balance, CMB)在解析有機碳成分污染源有良好的表現，但是在解析 $PM_{2.5}$ 中無機離子則否，主要原因與缺乏相關污染源指紋有關，另一方面，正矩陣因子法(Positive Matrix Factorization, PMF)可正確的解析原生與衍生的無機離子，但對於物種繁多的有機成分解析能力卻相當有限，因此 Lu et al. (2018)將 2011 年至 2012 年於中國武漢所蒐集的 $PM_{2.5}$ 化學成分資料，包含有機物、無機離子、金屬元素使用 CMB 解析有機成分，以建立有機物來源指紋，再將其他成分輸入 PMF 中輔助來源解析。透過兩種受體模式方法學的結合藉此提升受體模式解析能力。研究就結果指出，這種方法可解析約 70~80%化學成分來源，並可建立獨特的污染來源，希望新方法的建立可用作污染源排放管制法規的優化。

Zhang et al. (2018)在 2015 年冬、春、夏季於中國天津市 4 個道路旁進行採樣(次要道路 BD、主要道路 FK、JY 高速公路及 WH 外環道)，PM_{10} 及 $PM_{2.5}$ 濃度分別為 186、78.9 μg m^{-3}，發現三個季節 $PM_{2.5}/PM_{10}$ 的比值非常接近，判斷四個地區皆無其他污染來源，利用富集因子判斷元素是否為人為污染；並以元素比值判斷其污染來源，$PM_{2.5}$ 中 Cu/Zn (0.44) 及 Cu/Pb (1.83) 遠高於其他文獻，大氣環境 Cu/Zn (0.19) 及 Cu/Pb (0.64)、道路塵土 Cu/Zn (0.17) 及 Cu/Pb (0.96)、輕型柴油車排放 Cu/Zn (0.25) 及 Cu/Pb (0.59)，代表 Cu、Zn、Pb 的來源主要為汽機車煞車、輪胎磨損及尾氣排放；最後將 As、Ba、Co、Cd、Cr、Mn、Ni、Sb 及 V 九種元素進行健康風險評估，Cr 及 As 的癌症風險超出風險值(10^{-6})。

Zhang et al. (2018)於 2006 年 3 月至 2007 年 2 月每六天於山東四個都會區及一個鄉下地區採集 $PM_{2.5}$ 元素成分進行分析，$PM_{2.5}$ 質量濃度以冬、春季濃度較高，夏季較低，山東元素成分以 S、K 較高，非地殼元素則以 Zn、Pb、Mn 為主，並利用受體模式 PMF 進行污染來源判別，各站都定義出五個來源，分別為塵土、二次形成(海鹽老化)、燃煤、焚化(金屬冶煉)、工業(海鹽、生質燃燒)，各站都以二次形成、燃煤及工業污染為主。並將 As、Cd、Cr、Ni、Co、Pb、Mn、V、Zn 進行健康風險評估，而 As 及 Pb 於成人及小孩有癌症風險，特別是鉛對於小孩有嚴重的影響。

Mamoudou et al. (2018)在 2016 年於中國洋山港採集 $PM_{2.5}$ 樣本，並進行水溶性、碳成分及元素成分分析，$PM_{2.5}$ 濃度為春季高夏季低，並以受體模式進行污染來源分析，共有 8 個污染來源，地殼元素、鋼鐵工業、汽油車排放、有色金屬工業、塵土、燃煤、船排放、生質燃燒，主要為有色金屬工業(Cu、As、Pb、Zn)占比達 73%。另外將兩種方法推估的濃度進行比較，第一種燃油排放以 V 當指標元素，進行 $PM_{2.5}$ 濃度估計，每日濃度貢獻為 0.02~0.73 μg m^{-3} 並與第二種方法 PMF 推估出的結果 0.02~9.15 μg m^{-3}，兩者相關性相關良好，代表洋山港受船舶影響相當嚴重。

Petit et al. (2014) 在法國巴黎進行採樣，並使用 ACSM 分析出有機物以及無機離子成分，由於解析出的氣膠成分中有機氣膠（Organic aerosol, OA）占比非常高，因此，先使用 PMF 對有機物進行分析，得到三類有機物 hydrocarbon-like OA (HOA)、biomass burning OA (BBOA) 以及 oxygenated OA (OOA)。接著，再將分

析出來的三個因子結合水溶性無機離子、氣膠光學資料再進行一次 PMF 分析，更好的解析出巴黎的可能污染源，包含 semi-volatile secondary aerosol（含有較高的 NO_3^-）、low-volatile secondary aerosol（含有較高濃度的 OOA 和 SO_4^{2-}）、Wood burning（OOA 和 BBOA 為主）以及 Traffic（NO_3^-和 BC）等因子，進一步搭配風速及風向解析各因子的可能來向與距離（該文獻中圖 8）。

污染物的化學成分非常重要，但若能結合風速、風向分析污染來向和距離遠近，可以更有效的指出潛在的污染源區域，Masiol et al. (2015) 使用群聚分析將在威尼斯採樣期間的 HYSPLIT 逆軌跡分成四類，再針對這四組數據繪製風花圖以及化學成分剖面圖（該文獻中圖 3），可以明顯看到不同風速風向的群組有不同特徵的污染源（例如：海鹽、玻璃工廠、塵土等）。另一篇在北京的研究 Tiang et al. (2015) 則把各污染物以及氣膠光學數據結合風速和風向繪製風花圖（該文獻中圖 3、圖 6），從各污染物濃度及吸光和散光等數值的分布情形來看，分布相近的有可能來受同樣的污染源影響，或著有不同風向帶來不同化學成分的污染有不同的光學特性。

這些不同分析方法的使用與結合，都提供數據解析的方向，可以加強對於氣膠化學成分的分析與解釋，讓結果更明確也更具參考價值。

表 4.5.4 $PM_{2.5}$ 化學成分與污染控制及管制策略關聯性相關研究

地點及結果	意涵	文獻
冶金產業產生很多金屬廢棄物，金屬塵粒含有大量金屬氧化物如：Fe_2O_3、 CaO、SiO_2、Al_2O_3 以及其他稀有金屬氧化物，在燃煤廢氣中噴入金屬塵粒可以降低 NO 排放，NO 排放曲線可以分成快速產生期(400−600°C)以及較慢釋放期(800−900°C)，NO 的降解受到溫度、揮發成分，O_2 和 CO 濃度顯著影響，CO 有很重大的催化作用可還原 NO 成 N_2。	金屬塵粒所含鐵鈦化合物可以和 NO 反應產生 TiN。另外，金屬塵粒中的 Na, K,和 Ca 可以催化 NO 前驅物而抑制 NO 的排放。這些結果顯示，在燃煤製程中，金屬塵粒是便宜和高效率控制 NO 排放的抑制劑。	Gao et al. (2018)

地點及結果	意涵	文獻
回顧 2005-2014 年中國微粒污染和控制策略成效，在這段時間，中國東部和中部 $PM_{2.5}$ 年平均濃度普遍在 100 μg m^{-3} 以上，在 2013 年只有 4.1%城市的 $PM_{2.5}$ 年平均濃度可在 35 μg m^{-3} 以下。針對高污染情況，中國採取積極管制措施降低了初始排放污染物濃度，造成北京、上海、廣州 $PM_{2.5}$ 有明顯的濃度降低。	未來 $PM_{2.5}$ 濃度的降低須結合節能和管末控制方能有效。本文提出 5 項建議：(1)須執行 $PM_{2.5}$ 化學成分觀測及污染來源推估，(2)行動計畫須能將污染源導向控制轉化成空氣品質導向控制，(3)須有效降低揮發性有機氣體和氨氣，(4)針對冬季高濃度需加強加熱鍋爐、小熱爐、交通管制、禁制一些工業製程，(5)結合節能和管末控制。	Wang et al. (2017)
2011 年 6 月至 2012 年 1 月於希臘北部港口城市進行化學成分監測，運用 PMF 受體模式解析污染來源。 研究結果發現機動車與生質燃燒為該城市兩大污染源。並發現港口與都會區道路揚塵貢獻量有著顯著差異，推測港口卡車進出頻繁使微粒再懸浮作用持續發生，因此產生較高濃度。	研究中於各類型污染源推估過程使用多種化學成分比值分析方法解析污染源，透過 OC/EC 確認生質燃燒或交通排放，V/Ni、V/Cu 比值用作船隻排放判別方法，並使用重油燃燒轉換係數推估燃料燃燒所產生原生 $PM_{2.5}$ 濃度，藉此評估原生與衍生污染貢獻量。最後使用受體模式結果與天氣因子相關性分析，解析影響污染物濃度的環境因子。	Saraga et al. (2018)
2011 年 5 月至 2012 年 4 月於雅典進行觀測，採樣頻率為 3 天 1 次，研究中輪胎磨損指標元素主要貢獻於細微粒中($PM_{2.5}$)。PMF 分析結果指出雅典地區點源排放稀少，交通排放為當地污染主要影響因子，同時在兩個觀測區的交通排放源具有同源性，因此管制具相當的潛在效能，有助於降低區域污染濃度。自然來源的微粒貢獻 25~32%濃度，其中道路揚塵屬於地方型態的自然來源，可透過推動相關減緩措施使污染降低。	為解析污染物區域特性，研究中透過使用發散係數(coefficients of divergence, COD)、相關係數(R^2)與上下風處污染源貢獻量比值，藉此評估受體模式所解析污染因子區域影響性，並量化其跨區增量程度。	Grivas et al. (2018)

地點及結果	意涵	文獻
2011 年 10 月至 2012 年 2 月於中國武漢市選擇工業區、市中心及公園作為觀測點。結果發現使用 CMB 解析有機成分，PMF 解析無機離子與重金屬可得出更多污染源指紋，研究中解析出區域型二次有機和無機氣膠(28.3%)、交通源(13.3%)、揚塵(8.7%)、工業源(7.7%)、餐飲業(5.5%)、燃煤燃燒(2.2%)、生質燃燒(2.8%)。	新型態的受體模式使用方法，透過既有污染源指紋使用 CMB 解析有機碳成分，再將有機碳成分與金屬元素及無機水溶性離子共同輸入 PMF 中解析，以此高解析百分比的污染源指紋。最後將 PMF 結果，透過質量重組的方式，解析 $PM_{2.5}$ 主要成分來源。	Lu et al. (2018)
2015 年冬、春、夏季於中國天津市 4 個道路旁進行採樣(次要道路 BD、主要道路 FK、JY 高速公路及 WH 外環道)，採集 $PM_{2.5}$ 及 PM_{10} 金屬元素樣本，探討可能污染來源及健康風險指標。	$PM_{2.5}$ 中 Cu/Zn (0.44) 及 Cu/Pb (1.83) 遠高於其他文獻，大氣環境 Cu/Zn (0.19) 及 Cu/Pb (0.64)、道路塵土 Cu/Zn (0.17) 及 Cu/Pb (0.96)、輕型柴油車排放 Cu/Zn (0.25) 及 Cu/Pb (0.59)，代表 Cu、Zn、Pb 的來源主要為汽機車煞車、輪胎磨損及尾氣排放；最後將 As、Ba、Co、Cd、Cr、Mn、Ni、Sb 及 V 九種元素進行健康風險評估，Cr 及 As 的癌症風險超出風險值(10^{-6})。	Zhang et al. (2018a)
2006 年 3 月至 2007 年 2 月每六天於山東四個都會區及一個鄉下地區採集 $PM_{2.5}$ 元素成分進行分析，$PM_{2.5}$ 質量濃度以冬、春季濃度較高，夏季較低，山東元素成分以 S、K 較高，非地殼元素則以 Zn、Pb、Mn 為主，並利用 PMF 進行污染來源分析，及健康風險評估。	各站都定義出五個來源，分別為塵土、二次形成(海鹽老化)、燃煤、焚化(金屬冶煉)、工業(海鹽、生質燃燒)，各站都以二次形成、燃煤及工業污染為主。並將 As、Cd、Cr、Ni、Co、Pb、Mn、V、Zn 進行健康風險評估，而 As 及 Pb 於成人及小孩有癌症風險，特別是鉛對於小孩有嚴重的影響。	Zhang et al. (2018b)
Mamoudou et al. (2018)在 2016 年於中國洋山港採集 $PM_{2.5}$ 樣本，並進行水溶性、碳成分及元素成分分析，$PM_{2.5}$ 濃度為春季高夏季低，並以受體模式進行污染來源分析及燃油排放 V 做指標推估 $PM_{2.5}$ 濃度。	洋山港受體模式進行污染來源分析，共有 8 個污染來源，地殼元素、鋼鐵工業、汽油車排放、有色金屬工業、塵土、燃煤、船排放、生質燃燒，主要為有色金屬工業(Cu、As、Pb、Zn)占比達 73%。另外將兩種方法推估的濃度進行比較，第一種燃油排放以 V 當指標元素，進行 $PM_{2.5}$ 濃度估計，每日濃度貢獻為 0.02~0.73 $\mu g\ m^{-3}$ 並與第二種方法 PMF 推估出的結果	Mamoudou et al. (2018)

地點及結果	意涵	文獻
	0.02~9.15 μg m^{-3}，兩者相關性相關良好，代表洋山港受船舶影響相當嚴重。	
2007 年 10 月至 2008 年 1 月份在威尼斯的一個燈塔上進行採樣，分析 PM 金屬成分及來源。	利用群聚分析，將採樣期間的 HYSPLIT 逆軌跡進行分類，進一步分析各群集的風速風向分布已及金屬成分剖面，找到潛在的污染源。	Masiol et al. (2015)
2012 年 1 月 31 日到 2012 年 3 月 26 日，在法國巴黎進行採樣，分析氣膠化學成分、光學特性以及推估污染源。	先使用一次 PMF 將有機氣膠分成三個成分因子，接著加入離子成分以及光學數值做第二次 PMF 分析，得到 4 個可能的污染源因子。再將四個因子結合風速風向，分析各因子在各風向與風速區間的貢獻濃度分布。	Petit et al. (2014)
2012 年 5 月 26 日到 2012 年 6 月 30 日，在北京中國科學院進行採樣，分析氣膠化學成分以及光學特性的關連。	將各污染物及光學資料結合風速風向繪製濃度分布圖，比對不同物種、吸光、散光等分布探討可能的污染源及其光學特性。	Tiang et al. (2015)

4.5.5 $PM_{2.5}$ 化學成分與健康風險評估

$PM_{2.5}$ 化學成分分析、污染原推估以及對環境的影響（如能見度、輻射效應）已經有許多研究和探討，但對於人體健康的影響還需要更多的分析。

Janssen et al. (2014)和 Fujitani et al. (2016)利用不同實驗來檢定環境氣膠對於人體細胞的影響，並以氧化能力（oxidative ability/potential）來量化不同成分的影響程度。其中，Fujitani et al.（2016）於 2014、2015、2016 年比較鄰近日本川崎的交通幹道採樣的交通污染源、筑波區域的住宅區污染和實驗室製造的二次污染物 $PM_{2.5}$ 氧化能力差異。結果顯示在環境採樣中，$PM_{2.5}$ 來自交通污染源的氧化能力比住宅區強，而環境採樣的 $PM_{2.5}$ 氧化能力又比實驗室人為模擬的污染強，他們發現主要的差異在於 4 種過渡金屬元素 Cu、Fe、Ni、Mn，貢獻了大部分的氧化能力，而實驗室模擬的二次污染物以及住宅區的樣本缺少這些金屬元素，所以有相對低的氧化能力。更進一步分析，當樣本都去除這些過渡金屬元素後，氧化能力與有機碳、水可溶有機碳、有機氣膠有好的相關性，元素碳以及無機離子則

沒有，這說明了上述 4 種金屬元素雖然微量但對人體的影響能力不容忽視，有機物又比無機物對人體可能有較大的影響。

Fujitani et al.（2016）的研究是使用單一檢定方法（dithiothreitol，DDT）進行不同污染源比較，Janssen et al.（2014）則在 2009 年 3 月~10 月於荷蘭選取 5 個不同特徵採樣點(地鐵站、動物農場、市中心十字路口、隧道出口和都市背景)，並使用三種檢定方法分析，希望能夠比較不同方法對 PM 氧化能力的評估差異。結果指出，$PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 在地鐵站內的氧化能力比室外都高，有兩種檢定方法顯示農場樣本的氧化能力高於都市背景樣本，三種檢定方法都都指出快速道路（隧道出口）的樣本氧化能力最高。

前述兩篇研究都指出不能小看交通排放對人體可能造成的危害，可能是受到過渡金屬元素（Cu、Fe、Ni、Mn）影響，排除元素的影響後，二次有機物濃度與 $PM_{2.5}$ 氧化能力有不錯的相關性，代表二次有機物對人體也會造成影響。

Sánchez-Soberón et al. (2015)於 2013~2014 年不同季節在兩個水泥廠附近採集 PM_{10}、$PM_{2.5}$ 和 PM_1 樣本，以瞭解 PM_{10}、$PM_{2.5}$ 和 PM_1 的化學組成，並透過風險評估推估污染源不同粒徑中有害微量金屬元素，對人體健康的潛在風險。冬季的質量濃度高於其他季節，PM_{10}、$PM_{2.5}$ 和 PM_1 分別為 51.2 ± 13.9、31.9 ± 9.9 及 31.3 ± 7.1 μg m^{-3}，主要化學組成為有機物。致癌風險(CR, carcinogenic risk)的評估是針對七種金屬元素濃度(As、Be、Cd、Co、Cr^{6+}、Ni、Pb)進行，結果只有 Cr^{6+} 超出西班牙的癌症風險標準(10^{-5})，大部分的金屬元素都於冬季有較高的致癌風險，且冬季受燃燒所影響主要成分為有機物，可能也是導致高致癌風險的原因。

表 4.5.5 $PM_{2.5}$ 化學成分與健康風險評估

地點及結果	意涵	文獻
2009 年 3 月~10 月在荷蘭的地鐵站、快速道路隧道出口、市中心十字路口、動物農場、都市背景等 5 個地區進行採樣,結果顯示,地鐵站 PM 的氧化能力最強，室外地區以交通測站為最高，都市背景比動物農場高。不同 PM 氧化能力的檢定方法會有些微的差異，可以補足彼此的缺失，更完整的了解 PM 對人體可能的影響能力。	氣膠氧化能力提供我們不同污染特性對於人體健康影響能力的評估，目前以交通污染源的 PM 有較高的氧化能力，二次有機物與氣膠氧化能力也有不錯的相關性。不同氧化能力檢定方法可以提供不同的人體危害風險資訊，可以互補彼此的不足。	Janssen et al.（2014）
2014、2015、2016 年比較臨近日本交通川崎交通幹道採樣、筑波住宅區採樣和實驗室人為產生的 $PM_{2.5}$ 氧化能力差異。結果指出交通污染源的 $PM_{2.5}$ 有較高的氧化能力，而現地採樣的氣膠氧化能力又比實驗室產生的二次氣膠高，過渡元素（Mn、Fe、Ni、Cu）對氣膠氧化能力的貢獻非常大，去除過渡元素的影響，$PM_{2.5}$ 氧化能力與有機物等有良好的相關但與元素碳、無機離子相關不佳。	氣膠氧化能力在交通污染源的樣本中較高，與樣本中的 4 種過渡金屬元素有很大的關係，代表元素農度雖然微量，但對人體健康的影響不容忽視，而撇除金屬元素的影響，有機氣膠濃度與氧化能力有不錯的關性，元素碳和無機離子則沒有，說明有機氣膠相對於無機氣膠對人體健康可能有更大的影響。	Fujitani et al.（2016）
2013~2014 年不同季節在兩個水泥廠附近採集 PM_{10}、$PM_{2.5}$ 和 PM_1 樣本，發現冬季的質量濃度高於其他季節，PM_{10}、$PM_{2.5}$ 和 PM_1 分別為 51.2 ± 13.9、31.9 ± 9.9 及 31.3 ± 7.1 μg m^{-3}，主要化學組成為有機物。	致癌風險的評估是針對七種金屬元素濃度(As、Be、Cd、Co、Cr^{6+}、Ni、Pb)進行，結果只有 Cr^{6+}超出西班牙的癌症風險標準(10^{-5})，大部分的金屬元素都於冬季有較高的致癌風險，且冬季受燃燒所影響主要成分為有機物，可能也是導致高致癌風險的原因。	Sánchez-Soberón et al. (2015)

4.6 $PM_{2.5}$ 金屬元素成分自動採樣儀器適宜性評估

環境中污染源排放後受到大氣擴散及氣流傳輸影響，變化迅速，手動監測一筆數據長達 12~24 小時，且需透過實驗分析相當耗時，有效的自動監測儀器只需短時間即可獲得一筆數據，較能反映出短時間環境污染變化，在發生緊急污染事件能制訂出有效應變策略。

根據環保署要求，本計畫需選擇環保署位於中、南部高污染物濃度地區一個測站，租用 $PM_{2.5}$ 金屬元素自動監測儀器，評估該儀器與手動採樣監測一致性。採樣頻率為連續監測，每次監測 24 小時，總共需採集 40 天。目前依照環保署要求，於 2018 年 4 月 25 日至 5 月 4 日、10 月 1 日至 11 月 2 日於高雄市小港區小港國中以 Cooper Environmental 公司的 Xact 625i 金屬元素自動採樣儀與手動採樣使用 ICP-MS 分析的金屬元素數據進行比對。

儀器可行性評估參考 Cooper Environmental 公司於 2012 年參與美國環保署的環境科技驗證計畫(Environmental Technology Verification，簡稱 ETV)資料，並以下列五項因子評估儀器效能。

1. 可比較性：評估各項選定金屬元素在自動儀器與手動採樣日平均值間線性迴歸分析結果(斜率、截距)。
2. 相關性：以線性迴歸分析評估自動儀器與手動採樣結果的相關性(相關係數(R)或判定係數(coefficient of determination, R^2))。
3. 誤差：自動儀器與手動採樣日平均值間的差距，以百分比表示。
4. 數據完整性：以百分比表示的自動儀器所產生的有效數據，每日須有超過 12 小時(大於一半監測時間)數據，方為有效數據。
5. 操作因子：評估儀器維護需求、操作便利性、數據採集有效性(effectiveness)。

4.6.1 自動儀器與手動採樣結果可比較性及相關性

1． 儀器間分析金屬元素差異及相關性比對

表 4.6.1 分別代表 Xact 625i 金屬元素自動儀器可分析 31 種金屬元素、手動採樣使用 ICP-MS 可分析 32 種金屬元素種類。在解析種類上，ICP-MS 具有解析較多金屬元素優勢，且自動儀器使用分析方法為 XRF (X-ray Fluorescence)，在偵測極限上略遜於 ICP-MS，因此，本計畫以手動採樣搭配 ICP-MS 分析方法與自動儀器使用 XRF 監測結果比較，可評估自動儀器解析金屬元素的效能與穩定性。

表 4.6.1 自動儀器、手動採樣可分析金屬元素種類比較 (◎代表可分析)

	手動採樣	自動儀器		手動採樣	自動儀器		手動採樣	自動儀器
Ag		◎	Ge	◎		S		◎
Al	◎	◎	Hg		◎	Sb	◎	◎
As	◎	◎	I		◎	Se	◎	◎
Au		◎	K	◎	◎	Si		◎
Ba	◎	◎	La	◎		Sn	◎	◎
Ca	◎	◎	Mg	◎		Sr	◎	
Cd	◎	◎	Mn	◎	◎	Te		◎
Ce	◎		Mo	◎	◎	Ti	◎	◎
Co	◎	◎	Na	◎		Tl	◎	◎
Cr	◎	◎	Nd	◎		V	◎	◎
Cs	◎	◎	Ni	◎	◎	Y	◎	
Cu	◎	◎	Pb	◎	◎	Zn	◎	◎
Fe	◎	◎	Pd		◎			
Ga	◎	◎	Rb	◎				

圖 4.6.1 為 2018 年 4 月 25 日至 5 月 4 日、10 月 1 日至 11 月 2 日小港採樣期間，自動儀器元素濃度日平均值、手動採樣元素濃度與本計畫手動採樣修正後 $PM_{2.5}$ 質量濃度時間序列圖，比對元素為兩台儀器所共有的金屬元素，共計 13 種。結果顯示，自動儀器與 $PM_{2.5}$ 濃度變化趨勢較手動採樣接近，雖與手動採樣結果有大略一致的時間變化趨勢，但在各採樣日比較上多有一些小出入。這表示自動儀器在占比較大的 Al, Fe, K, Ca, Zn 金屬元素濃度加總較手動採樣接近 $PM_{2.5}$ 濃度變化趨勢。

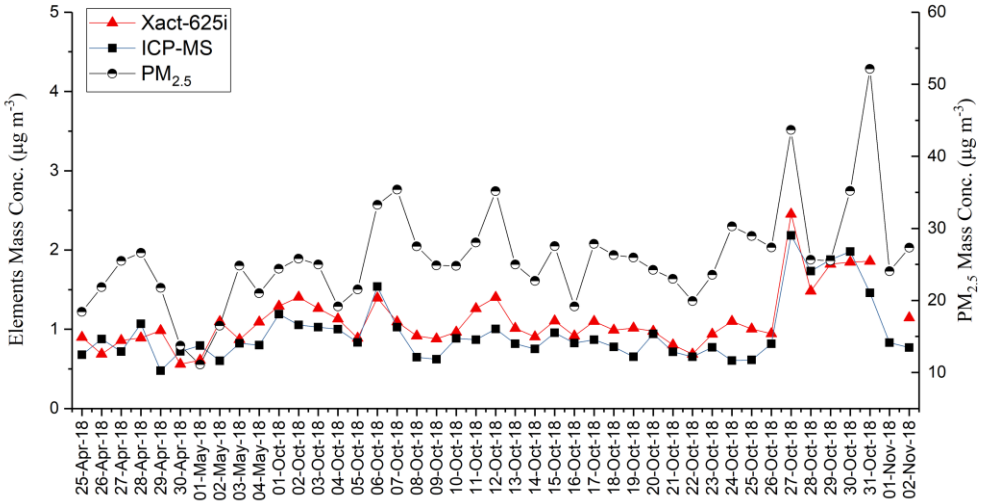


圖 4.6.1 手動、自動儀器金屬元素成分與 $PM_{2.5}$ 質量濃度趨勢 (本次只有 42 筆樣本，兩台儀器可進行比對的金屬元素有 Cr、Cu、Zn、Ca、K、Fe、Mn、Ni、Ti、V、Al、Ba 及 Pb)，元素質量濃度為 13 種元素總和。

表 4.6.2 為小港採樣期間自動儀器與手動採樣分析結果相關性比對結果，在兩儀器共同有量測的 13 種可比較金屬元素中，具有良好相關性(相關係數在 0.8 以上)的元素有 6 個。相關性大於 0.6 以上的元素中，分別是可作為交通排放 (Zn、Ba、V、Cu)、燃煤燃燒(Pb)、燃油燃燒(V)、生質燃燒(K)、金屬冶煉(Mn、Cu、Pb)等污染源指標，顯示自動儀器有相當程度應用面。

表 4.6.2 自動儀器與手動採樣金屬元素濃度迴歸相關係數

元素	相關係數	元素	相關係數
Al	0.38	Mn	0.91
As	---	Mo	---
Ba	0.86	Ni	0.23
Ca	0.38	Pb	0.70
Cd	---	Sb	---
Co	---	Se	---
Cr	0.57	Sn	---
Cs	---	Ti	0.56
Cu	0.85	Tl	---
Fe	0.86	V	0.87
Ga	---	Zn	0.76
K	0.92		

註:「--」代表可共同量測金屬元素，但自動儀器低於定量偵測極限過多者；灰色代表相關係數大於 0.8

2． 自動儀器與手動採樣 13 種金屬元素日平均值線性迴歸分析 (斜率、截距)

圖 4.6.2 為採樣期間自動儀器與手動採樣共有的 13 種金屬元素濃度迴歸分析結果，在相關性好(R^2＞0.7)的元素如：V、Fe、Mn，斜率多介於 0.70~0.92，顯示自動儀器對這 3 種金屬元素濃度高估，K、Ba、Cu 的斜率為 1.09~1.19，則表示對這 3 種金屬元素濃度可能低估。整體比對結果以元素 K 與 Mn 有較好的結果(R^2>0.8)，兩者斜率分別為 1.19 與 0.92。元素 Al 與 Ca 濃度比較高，但是比對結果很不理想，自動儀器幾乎高估了 50%，可能與檢測方法有關。其餘相關性較差的金屬元素大多濃度較低，如 Ti、Cr、Ni 等金屬元素，受限於自動儀器偵測極限，若要評估這類金屬元素檢測結果，可能需要將自動儀器分析間隔時間加長。雖然自動儀器與手動採樣結果迴歸分析結果，彼此間檢測濃度高估或是低估的現象不一致，但相關性良好的元素，大多是常見的指標金屬元素，因此定性上仍具有參考價值。

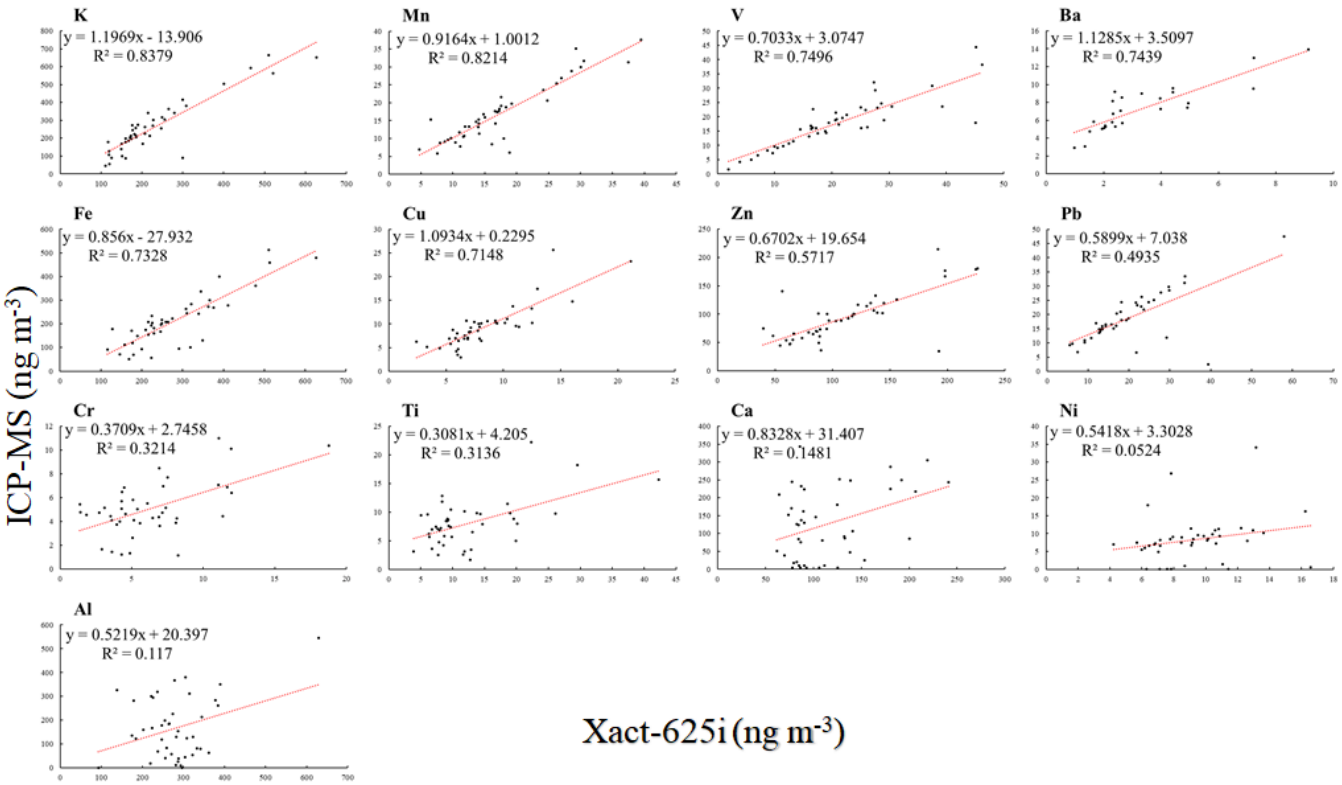


圖 4.6.2 採樣期間自動儀器(Xact 625i)與手動採樣(ICP-MS)13 種 $PM_{2.5}$ 金屬元素濃度迴歸分析

4.6.2 自動儀器採樣誤差與數據完整性

1． 手動採樣與自動儀器日平均濃度差異百分比

為了評估手動採樣與自動儀器量測誤差，將自動儀器與手動採樣日平均數據間的差異以相對差異百分比(RPD)表示，RPD 計算方式如下列公式 4.6.1，其中 X_1 與 X_2 為兩種儀器量測值。

表 4.6.3 為自動儀器與手動採樣結果相對差異百分比，結果顯示自動儀器所測結果與手動採樣分析結果間 RPD 值較佳者如：金屬元素 Cu、Fe、K、Mn、Pb、V、Zn，差異百分比小於 40%，其中以屬於中濃度群的元素 Mn、V 和 Pb 結果最佳，另外 Al、Ba、Ca 等金屬元素，相對差異百分比大於 70%，其中 Ba 元素屬於中濃度群，Al 與 Ca 元素屬於高濃度群，顯示在不同濃度群都各有差異大或小的元素。

$$\mathrm{RPD}(\%) = \frac{|X_1 - X_2|}{\frac{1}{2}|X_1 + X_2|} \qquad \text{公式 4.6.1}$$

表 4.6.3 自動儀器日平均濃度與參考方法(ICP-MS)差異百分比(%)

金屬元素	RPD(%)	金屬元素	RPD(%)
Al	83%	Mn	16%
As	---	Mo	---
Ba	80%	Ni	53%
Ca	79%	Pb	20%
Cd	---	Sb	---
Co	---	Se	---
Cr	47%	Sn	---
Cs	---	Ti	48%
Cu	23%	Tl	---
Fe	35%	V	18%
Ga	---	Zn	26%
K	26%		

註:「--」代表可共同量測金屬元素，但自動儀器低於定量偵測極限過多者

2. 自動儀器運轉率及數據有效性評估

為了瞭解自動儀器金屬元素監測運轉率以及數據有效性，以運轉率的計算將儀器有效運轉時間量化，運轉率公式如以下：

$$運轉率(\%) = \frac{(A)-(B)-(C)-(D)}{(A)-(B)-(C)} \times 100\% \qquad 公式\ 4.6.2$$

其中，運轉時數=日曆天數 ×24 小時/天；停電時數=停電、天災等人力不可抗拒之無法運轉時數；業務需要停止時數=環保署同意的停機保養時數；未運轉時數=設備故障、當機、耗材更換、零組件更換施作、資料漏失未儲存等得標廠商維護不周全造成。相關計算參數資料如表 4.6.4 所示。評估儀器運轉率期間為手動採樣期間，共計 42 日，另外，每日的 23 時與 0 時的樣本受到自動校正影響，前者僅分析半小時，後者僅採樣半小時，因此每日有效樣本小時數為 22 筆。自動儀器於比對採樣期間停機換濾紙 2 小時，數據缺失共計 24 小時，與儀器錯誤訊號有關。儀器運轉率都維持 97.4%以上，顯示儀器運轉穩定。

表 4.6.4 監測期間儀器運轉率相關資料

(A) 運轉時數 (hr)	(B) 停電時數 (hr)	(C) 業務需要停止時數(hr)	(D) 未運轉時數 (hr)	運轉率 (%)
1008	0	86	24	97.4

為了評估儀器數據有效率，計算監測比對期間各金屬元素小時值濃度低於偵測極限占比，結果彙整於表 4.6.5 中，顯示自動儀器雖可監測 38 種金屬元素，但 Ag、Au、Bi、Cd、Ce、Co、Cs、Ga、Ge、Hg、In、P、Pd、Rb、Sb、Sn、Sr、Tl、Y 低於偵測極限比例高於 50%，占可監測金屬元素數目的 47%。

表 **4.6.5** 自動儀器監測各金屬元素低於偵測極限占比**(%)**

金屬元素	占比	金屬元素	占比
Ag	86%	K	0%
Al	36%	Mn	0%
As	0%	Ni	0%
Au	100%	P	99%
Ba	48%	Pb	3%
Bi	90%	Pd	69%
Br	0%	Rb	88%
Ca	0%	S	0%
Cd	97%	Sb	88%
Ce	100%	Se	4%
Cl	1%	Si	24%
Co	99%	Sn	70%
Cr	6%	Sr	64%
Cu	1%	Ti	0%
Fe	0%	Tl	100%
Ga	100%	V	0%
Ge	91%	W	35%
Hg	99%	Y	98%
In	100%	Zn	0%

五、 結論與建議

章節摘要

本章綜合彙整本計畫 $PM_{2.5}$ 化學成分檢測及資料分析整體成果，各項結論呈現係依照年度工作目標順序，可濃縮歸納為：採樣前儀器平行比對並無系統性偏差，例行性手動採樣 $PM_{2.5}$ 質量濃度與環保署測站連續監測濃度季節變化趨勢相當一致，北、中、南部 $PM_{2.5}$ 質量濃度有季節變化趨勢，成功利用以氣流型調制器核心的全面二維氣相層析串連時間飛行質譜儀 (GC×GC-TOF MS)分析懸浮微粒中微量有機成分。各站各季節 $PM_{2.5}$ 化學成分濃度占比有區域性差異，若無干擾修正水溶性離子將低估，碳成分因季節或污染型態差異將低估或高估，各季節高濃度樣本 NO_3^- 占 $PM_{2.5}$ 質量濃度比例增大，大部分 $PM_{2.5}$ 事件都是在地擴散不佳、區域傳輸的因素造成。PMF 受體模式推估指出「硫酸鹽與燃燒排放」、「硝酸鹽與燃燒排放」是最主要污染類別，能見度迴歸模式與 IMPROVE 經驗式推估結果都顯示硫酸鹽對於消光係數(b_{ext})具穩定貢獻，自動監測器適宜性評估顯示在指標元素量測上具定性參考價值、本年度有 30 篇國際文獻彙整。

5.1 結論

本報告完成 2018 年 1~11 月全台灣 6 個測站每 6 天一次的採樣成果分析，2017 年 12 月 $PM_{2.5}$ 採樣成果也在本報告一併說明，以進行完整的年度成果彙整。底下呈現重要的工作成果：

1. 本計畫執行期間各測站每 6 日 1 次手動採樣結果與環保署手動採樣結果有一致變動趨勢，且濃度比值趨近於 1，相對差異百分比在 9%以內，顯示本計畫採樣分析品質優良。另外，本計畫手動採樣與環保署連續自動監測濃度的比對，得出各測站與環保署自動監測 $PM_{2.5}$ 濃度季節變化趨勢一致，表示每 6 天 1 次手動採樣雖然頻率較低，但仍可代表連續變動的大氣 $PM_{2.5}$ 質量濃度。

2. $PM_{2.5}$ 採樣期間濃度呈現由花蓮站(10 μg m^{-3})而板橋站而小港站(24 μg m^{-3})遞增。季節最高 $PM_{2.5}$ 濃度是花蓮、板橋、忠明站春季濃度最高，斗六、嘉義、小港站以冬季最高。

3. 測站各化學成分濃度時間分布是板橋站 SO_4^{2-}、NO_3^-、NH_4^+、OC、EC 濃度最高季節是春季，花蓮站則是各季節各化學成分濃度穩定。中、南部各測站 SO_4^{2-}、NO_3^-、NH_4^+濃度高低變化不定，但 OC、EC 在中部的忠明、南部的斗六、嘉義、小港測站都是冬季較高。

4. 季節各化學成分濃度空間分布是冬季 SO_4^{2-}、NO_3^-、NH_4^+、OC、EC 濃度多呈現從北往南部增高現象，春季雖大略如此，但小港站濃度如同 $PM_{2.5}$，濃度低於斗六和嘉義站，夏季各站差異不大，秋季也多呈現從北往南部微幅增高現象，花蓮站濃度最低。

5. 各測站金屬元素總濃度，大致有從北往南增加的趨勢，不同地區呈現不同來源特徵。分析的金屬元素濃度可分成高、中、低三個群落，高濃度金屬元素群來源多數為自然源為主，中濃度金屬元素群較能反映各項人為污染源影響，如：燃油燃燒、燃煤燃燒、鋼鐵製造、非鐵金屬冶煉及交通排放；低濃度金屬元素群也反映了燃煤燃燒、金屬表面塗覆、半導體製程及剎車及輪圈磨損等人為活動影響。另外，生質燃燒、海鹽傳輸、炮竹煙火燃放也在特定採樣日呈現其影響。

6. 半揮發離子季節變化特性顯示，NO_3^-揮發占比夏季>秋季>春季>冬季，近兩年季節變化趨勢一致，主要受環境溫度影響；Cl^-揮發占比春季>夏季=秋季>冬季，除了冬季最低外，其餘三季占比接近，溫度、污染來源、揮發成分的化合物結合型態都是影響揮發特性的因子；NH_4^+揮發占比四季變化穩定，NH_4^+多與相對穩定的 SO_4^{2-}相結合，因此變動幅度較為穩定。測站各半揮發離子的揮發比例春季都比冬季高，2018 年春季比 2017 年春季則都有上升的情況。

7. 各樣本 $PM_{2.5}$ 碳成分正干擾（吸附）與負干擾（揮發損失），顯示正干擾數值變化少較穩定，但相對地，負干擾較有高低起伏。負干擾受本地污染源貢獻較大，污染事件時通常濃度較高。解析正負干擾碳成分，發現都是以 OC3 最高，顯示受到汽油車和生質燃燒排放影響。

8. 彙整 2017 年 12 月到 2018 年 11 月觀測資料，$PM_{2.5}$ 大於 35 μg m^{-3} 的事件日，從北到南有逐漸增加趨勢，多數污染事件成因為擴散條件不佳受到在地污染物累積影響，常從採樣前天夜晚累積延續到採樣日。區域污染傳輸為污染物濃度隨風速增高而增大，常與在地污染同日發生加劇污染事件。此外，冬末春初污染事件常有高臭氧濃度，顯示管制構成光化學反應前驅氣體應有助於降低污染事件發生頻率。

9. 在地污染事件發生時通常大環境風場為東風，西部地區位於背風側，造成擴散條件不佳；區域污染事件通常發生於東北風較強時期，氣流由北向南傳輸過程中會將北部污染物朝中部及雲嘉地區輸送，但小港位於氣流傳輸末端，受傳輸影響最小；境外傳輸事件沒有造成今年度觀測資料出現高濃度事件。

10. 分季節比較各測站各季節事件與當季非事件採樣日 $PM_{2.5}$ 各成分，冬季污染事件各站 SO_4^{2-}和 NO_3^-增量相當，燃油與煤碳燃燒指標元素的增量在各站較為明顯。春季各站污染事件以 NO_3^-與 Cl^-有明顯增量，SO_4^{2-}增量較小，碳成分中則以 EC 增量較大，交通排放與燃油煤碳燃燒對於春季污染物濃度的貢獻十分顯著。秋季各站污染事件的 NO_3^-與 Cl^-增量明顯，SO_4^{2-}增量較小，各站有生質燃燒、工業排放及交通污染，板橋站則沒有出現污染事件。

11. 本計畫成功利用氣流型調制器核心的全面二維氣相層析串連時間飛行質譜儀 (GC×GC-TOF MS)分析懸浮微粒中微量但種類繁多的有機成分，將眾多化合物有效的分離成個別的二維層析峰。分析 PM_{10} 與 $PM_{2.5}$ 中有機物的定性結果中，除烷烴類外，可以判別的分析物分別有 45 與 56 種，其中醇、醛、酮、酯類等含氧化合物占多數，但由於成分較為常見，難以判定來源，部份較為特殊的人造化合物，如：塑化劑及含氮化合物，其來源值得關注。

12. $PM_{2.5}$ 低濃度（＜35 μg m^{-3}）和高濃度（≧35 μg m^{-3}）樣本各化學成分在 $PM_{2.5}$ 占比與過去 3 年所發現特徵一致，NO_3^-濃度占比增量顯著(10%→23%)，其餘化學成分呈現持平或占比縮小；NO_3^-雖然在夏季受到高溫影響而減少，但是高濃度時期不論季節占比都呈現增量；NO_3^-於高濃度時與 $PM_{2.5}$ 質量濃度相關性良好，顯示 NOx 前驅物管控有助於污染減量。

13. PMF 受體模式解析有 6 大類因子，分別為「車輛排放」、「硫酸鹽與燃燒排放」、「硝酸鹽與燃燒排放」、「生質燃燒」、「海鹽」及「地殼元素」是各測站普遍存在的，其中以「硫酸鹽與燃燒排放」、「硝酸鹽與燃燒排放」為前二高貢獻因子。板橋、忠明及花蓮站以「硫酸鹽與燃燒排放」因子為主，斗六、嘉義及小港站最高占比因子則是「硝酸鹽與燃燒排放」，顯示區域污染傳輸對於台中以北及花蓮地區影響程度大，當雲嘉及高雄地區擴散不佳時，污染衍生物在地影響程度大。

14. 以 $PM_{2.5}$ 化學成分及氣體分子代入修正 IMPROVE 方程式估算的消光係數(b_{ext})，發現硫酸鹽對消光係數貢獻最為穩定而顯著。硝酸鹽的貢獻量在冬季特別多，這個現象在斗六、嘉義、小港測站更為顯著。

15. 前述估算能見度多比觀測值高，主要原因可能是 IMPROVE 估算方程式是依據美國監測站推算出來的經驗式，公式內的經驗數值要應用到台灣顯然必須經過調整；另外，各地無法找到足夠遠的目標物，因而使觀測得到的能見度較低，也是一個問題。不過，IMPROVE 估算方程式使用已知影響能見度各種因子來估算能見度，在定性上或是概念上還是具有參考價值。

16. 統計迴歸大氣能見度推估結果顯示各監測地區影響能見度的因子包括：SO_4^{2-}、修正 OC、相對濕度、溫度、風速，其中，SO_4^{2-}是各地區都有的影響因子，與修正的 IMPROVE 方程式推估結果一致。

17. 金屬元素自動儀器與手動採樣分析相關性比對結果，在兩儀器共同有量測的 13 種可比較金屬元素中，相關性大於 0.6 以上的元素中，分別是可作為交通排放 (Zn、Ba、V、Cu)、燃煤燃燒(Pb)、燃油燃燒(V)、生質燃燒(K)、金屬冶煉(Mn、Cu、Pb)等污染源指標，這些大多是大氣常見的金屬元素，因此自動儀器在定性污染源辨識仍具有價值。

18. 文獻研讀彙整含括：$PM_{2.5}$ 化學成分監測與影響因子、$PM_{2.5}$ 化學成分與含水量和能見度關聯、$PM_{2.5}$ 化學成分與雲和溫度變遷關聯、$PM_{2.5}$ 化學成分與污染控制及管制策略關聯、$PM_{2.5}$ 化學成分與健康風險等方面期刊論文。

5.2 建議

1. 排放 NOx 污染源需要積極進行管制。這是基於過去 3 年均發現 $PM_{2.5}$ 高濃度（≧35 μg m^{-3}）樣本 NO_3^-濃度占比增量顯著，且除了夏季外，其他季節占比也都呈現增量。

2. 加嚴管制夜間有污染排放公私場所。多數在地污染污染事件除了環境擴散條件不佳外，公私場所在夜間作業將增加污染累積殘存到次日。

3. 經過 2017 和 2018 年兩年的比對，自動金屬元素監測儀器在 2017 年金屬元素 As、Ba、K、V、Zn，差異百分比小於 45%，2018 年金屬元素 Cu、K、Mn、Pb、V、Zn，差異百分比小於 40%。兩年共同有的交集是 K、V、Zn，這三種金屬元素可將自動儀器監測濃度視為等似手動採樣的監測濃度。其餘相關性較佳元素(r>0.6)則可用來比較不同時間自動儀器監測值的相對大小，以瞭解污染源排放相對強度。

六、 參考文獻

Alam, M.S., West, C.E., Scarlett, A.G., Rowland, S.J., Harrison, R.M., (2013). Application of 2D-GCMS reveals many industrial chemicals in airborne particulate matter. Atmospheric Environment 65, 101-111.

Arakaki, T., Azechi, S., Somada, Y., Ijyu, M., Nakaema, F., Hitomi, Y., Handa, D., Oshiro, Y., Miyagi, Y., Tsuhako, A., Murayama, H., Higaonna, Y., Tanahara, A., Itoh, A., Fukushima, S., Higashi, K., Henza, Y., Nishikawa, R., Shinjo, H., Wang, H., (2014). Spatial and temporal variations of chemicals in the TSP aerosols simultaneously collected at three islands in Okinawa, Japan. Atmospheric Environment 97, 479 – 485.

Bae, M.-S., Schwab, J. J., Zhang, Q., Hogrefe, O., Demerjian, K.L., Weimer, S., Rhoads, K., Orsini, D., Venkatachari, P., Hopke, P. K., (2007). Interference of organic signals in highly time resolved nitrate measurements by low mass resolution aerosol mass spectrometry. Journal of Geophysical Research 112, D22305.

Barsanti, K. C.; Pankow, J. F., Thermodynamics of the formation of atmospheric organic particulate matter by accretion reactions—Part 3: Carboxylic and dicarboxylic acids. Atmospheric Environment 2006, 40 (34), 6676-6686.

Bi, X., Simoneit, B.R.T., Wang, Z., Wang, X., Sheng, G., Fu, J., (2010). The major components of particles emitted during recycling of waste printed circuit boards in a typical e-waste workshop of South China. Atmospheric Environment 44, 4440-4445.

Birmili, W., Allen, A.G., Bary, F., Harrison, R.M., (2006). Trace metal concentrations and water solubility in size-fractionated atmospheric particles and influence of road traffic. Environmental science & technology 40, 1144-1153.

Brechtel Manufacturing Inc, BMI Co.http://www.brechtel.com/chemistry.html

Buset, K. C., Evans, G. J., Leaitch, R., W., Brook, J. R., Toom-Sauntry, D., (2006). Use of advanced receptor modelling for analysis of an intensive 5-week aerosol sampling campaign. Atmospheric Environment, 40, 482 – 499.

Carvalho, A., Pio, C., Santos, C., (2003). Water-soluble hydroxylated organic compounds in German and Finnish aerosols. Atmospheric Environment 37, 1775-1783.

Chan, Y.C., Simpson, R.W., Mctainsh, G.H., Vowles, P.D., Cohen, D.D., Bailey, G.M., (1999). Source apportionment of visibility degradation problems in Brisbane (Australia) using the multiple linear regression techniques. Atmospheric Environment 33, 3237 – 3250.

Chang, S.-C., Lin, T.-H., Young, C.-Y., Lee, C.-T., (2011). The impact of ground-level fireworks (13 km long) display on the air quality during the traditional Yanshui Lantern Festival in Taiwan. Environmental monitoring and assessment 172, 463 – 479.

Cheng Y., He K.B., Du Z.Y., Zhang M., Duan F.K., Ma Y.L., (2016). Humidity plays an important role in the $PM_{2.5}$ pollution in Beijing. Environmental Pollution 197, 68 – 75.

Cheng, Z., Wang, S., Qiao, L., Wang, H., Zhou, M., Fu, X., Lou, S., Luo, L., Jiang, J., Chen, C., Wang, X., Hao, J., (2018). Insights into extinction evolution during extreme low visibility events: Case study of Shanghai, China. Science of The Total Environment 618, 793-803.

Chow, J.C., Wang, X., Sumlin, B., Gronstal, S.B., Chen, L.-W. A., Trimble, D.L., Kohl, S.D., Mayorga, S.R., Riggio, G., Hurbain, P.R., Johnson, M., Zimmermann, R., Watson, J.G., (2015). Optical calibration and equivalence of a multiwavelength thermal/optical carbon analyzer. Aerosol and Air Quality 15, 1145 – 1159.

Chow, J.C., Watson, J.G., Pritchett, L.C., Pierson, W.R., Frazier, C.A., Purcell, R.G., (1993). The DRI Thermal/Optical Reflectance Carbon Analysis System: Description, Evaluation and Applications in U.S. Air Quality Studies. Atmospheric Environment 27, 1185 – 1201.

Chow, J.C., Watson, J.G., (1998). Guideline on Speciated Particulate Monitoring. In preparation for EPA, OAQPS, Research Triangle Park, NC, by Desert Research Institute, Reno, NV. August, 1998.

Chow, J.C., Watson, J.G., Chen, L.-W.A., Rice, J., Frank, N.H., (2010). Quantification of $PM_{2.5}$ Organic Carbon Sampling Artifacts in US Networks. Atmospheric Chemistry and Physics 10, 5223 – 5239.

Cooper Environmental Services LLC, (2017). Xact 625i Ambient Metals Monitor, Operational Manual.

Cordero, C., Liberto, E., Bicchi, C., Rubiolo, P., Reichenbach, S.E., Tian, X., Tao, Q., (2010). Targeted and Non-Targeted Approaches for Complex Natural Sample Profiling by GC×GC–qMS. Journal of Chromatographic Science 48, 251 – 261.

Cordero, C., Rubiolo, P., Reichenbach, S.E., Carretta, A., Cobelli, L., Giardina, M., Bicchi, C., (2017). Method translation and full metadata transfer from thermal to differential flow modulated comprehensive two dimensional gas chromatography: Profiling of suspected fragrance allergens. Journal of Chromatography A 1480, 70 – 82.

De Gouw, J.A., Brock, C.A., Atlas, E.L., Bates, T.S., Fehsenfeld, F.C., Goldan, P.D., Holloway, J.S., Kuster, W.C., Lerner, B.M., Matthew, B.M., Middlebrook, A.M., Onasch, T.B., Peltier, R.E., Quinn, P.K., Senff, C.J., Stohl, A., Sullivan, A.P., Trainer, M., Warneke, C., Weber, R.J., Williams, E.J., (2008). Sources of particulate matter in the northeastern United States in summer: Direct emissions and secondary formation of organic matter in urban plumes. J. Geophysical Research 113, D08301.

Deng, S., Shi, Y., Liu, Y., Zhang, C., Wang, X., Cao, Q., Li, S., Zhang, F., 2014. Emission characteristics of Cd, Pb and Mn from coal combustion: Field study at coal-fired power plants in China. Fuel Processing Technology 126, 469-475.

Deng, H., Tan. H., Li, F.,Cai, M., Chan, P.W., Xu, H., Huang, X., Wu, D., (2016). Impact of relative humidity on visibility degradation during a haze event: A case study. Science of the Total Environment, volumes 569–570.

DieselNet http://www.dieselnet.com/standards/eu/ld.php

European Committee for Standardization, (2005). European PM Standards for $PM_{2.5}$ (EN 14907).

Feng, Z., Gao, W., Gomes, H.B., Mei, F., Pöhlker, C., Pöhlker, M.L., Pöschl, U., de Souza, R.A.F., (2018). Substantial convection and precipitation enhancements by ultrafine aerosol particles. Science 359, 411-418.

Fujitani, Y., Furuyama, A., Tanabe, K., Hirano, S., 2017. Comparison of oxidative abilities of PM2. 5 collected at traffic and residential sites in Japan. Contribution of transition metals and primary and secondary aerosols. Aerosol Air Qual. Res 17, 574-587.

Furger, M., Minguillón, M.C., Yadav, V., Slowik, J.G., Hüglin, C., Fröhlich, R., Petterson, K., Baltensperger, U., Prévôt, A.S.H., (2017). Elemental composition of ambient aerosols measured with high temporal resolution using an online XRF spectrometer. Atmospheric Measurement Techniques 10, 2061 – 2076.

Fu, X., Guo, H., Wang, X., Ding, X., He, Q., Liu, T., Zhang, Z., (2015). $PM_{2.5}$ acidity at a background site in the Pearl River Delta region in fall-winter of 2007-2012. Journal of Hazardous Materials 286, 484 – 492.

Gao, J., Tian, H., Cheng, K., Lu, L., Zheng, M., Wang, S., Hao, J., Wang, K., Hua, S., Zhu, C., Wang, Y., (2015). The variation of chemical characteristics of $PM_{2.5}$ and PM_{10} and formation causes during two haze pollution events in urban Beijing, China. Atmospheric Environment 107, 1 – 8.

Gao, Z.-F., Long, H.-M, Chun, T.-J, Wu, Z.-J., Yu, Z.-W, (2018). Effect of metallurgical dust on NO emissions during coal combustion process. Journal of Iron and Steel Research International 25, 19–27.

Ge, X., Wexler, A.S., Clegg, S.L., 2011. Atmospheric amines–Part I. A review. Atmospheric Environment 45, 524-546.

Giddings, J.C., (1984). Two-Dimensional Seperations: Concept and Promise. Analytical Chemistry 56, 1258A – 1270A.

Giddings, J.C., (1987). Concepts and comparisons in multidimensional separation. Journal of High Resolution Chromatography 10, 319 – 323.

Grivas, G., Cheristanidis, S., Chaloulakou, A., Koutrakis, P., Mihalopoulos, N., (2018). Elemental composition and source apportionment of fine and coarse particles at traffic and urban background locations in Athens, Greece. Aerosol and Air Quality Research 18, 1642-1659.

Guan, Q., Cai, A., Wang, F., Yang, L., Xu, C., Liu, Z., (2017). Spatio-temporal variability of particulate matter in the key part of Gansu Province, Western China. Environmental Pollution 230, 189 – 198.

Guiochon, G., Gonnord, M.F., Zakaria, M., Beaver, L.A., Siouffi, A.M., (1983). Chromatography with a two-dimensional column. Chromatographia 17, 121-124.

Han, L., Cheng, S., Zhuang, G., Ning, H., Wang, H., Wei, W., Zhao, X., (2015). The changes and long-range transport of $PM_{2.5}$ in Beijing in the past decade. Atmospheric Environment 110, 186 – 195.

Hanninen, O.O., Koistinen, K. J., Kousa, A., Keiski-Karhu, J., Jantunen, M. J., (2002). Quantitative Analysis of Environmental Factors in Differential Weighing of Blank Teflon Filters. J. Air and Waste Management Association, 52, 134-139.

Han, Y.-J., Kim, H.W., Cho, S.-H., Kim, P.-R., Kim, W.-J., (2015). Metallic elements in $PM_{2.5}$ in different functional areas of Korea: Concentrations and source identification. Atmospheric Research 153, 416 – 428.

He, J., Fan, S., Meng, Q., Sun, Y., Zhang, J., Zu, F., (2014). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) associated with fine particulate matters in Nanjing, China: distributions, sources and meteorological influences. Atmospheric Environment 89, 207-215.

Heo, J. B., Hopke, P. K., Yi, S. M., (2009). Source apportionment of $PM_{2.5}$ in Seoul, Korea. Atmospheric Chemistry & Physics Discussions 9, 4957 – 4971.

Herrington, J.S., Myers, C., 2015. Electronic cigarette solutions and resultant aerosol profiles. Journal of chromatography A 1418, 192-199

Hjortenkrans, D.S., Bergbäck, B.G., Häggerud, A.V., (2007). Metal emissions from brake linings and tires: case studies of Stockholm, Sweden 1995/1998 and 2005. Environmental Science & Technology 41, 5224-5230.

Hobbs, P.V., Garrett, T.J., Ferek, R.J., Strader S.R., Hegg, D.A., Frick, G.M., Hoppel, W.A., Gasparovic, R.F., Russell, L.M., Johnson, D.W., O'Dowd, C., Durkee, P.A., Nielson, K.E., Innis, G., (2000). Emissions from ships with respect to their effects on clouds. Journal of the Atmospheric Sciences 57, 2570 – 2590.

Hou, P., Wu, S., McCarty, J.L., Gao, Y., (2018) Sensitivity of atmospheric aerosol scavenging to precipitation intensity and frequency in the context of global climate change. Atmospheric Chemistry and Physics 18, 8173–8182.

Hsu, S.-C., Liu, S.C., Jeng, W.-L., Lin, F.-J., Huang, Y.-T., Candice Lung, S.-C., Liu, T.-H., Tu, J.-Y., (2005). Variations of Cd/Pb and Zn/Pb ratios in Taipei aerosols reflecting long-range transport or local pollution emissions. Science of The Total Environment 347, 111-121.

Hsu, S.C., Liu, S.C., Huang, Y.T., Chou, C.C., Lung, S., Liu, T.H., Tu, J.Y., Tsai, F., (2009). Long-range southeastward transport of Asian biosmoke pollution:

Signature detected by aerosol potassium in northern Taiwan. Journal of Geophysical Research-Atmospheres, 114:D14301,DOI: 10.1029/2009jd011725.

Hsu, S.C., Liu, S.C., Huang, Y.T., Lung, S.C.C., Tsai, F., Tu, J.Y., Kao, S.J., (2008). A criterion for identifying Asian dust events based on Al concentration data collected from northern Taiwan between 2002 and early 2007. Journal of Geophysical Research-Atmospheres, 113(D18):D18306,DOI: 10.1029/2007jd009574.

Hu, D.; Tolocka, M.; Li, Q.; Kamens, R. M., (2007). A kinetic mechanism for predicting secondary organic aerosol formation from toluene oxidation in the presence of NOx and natural sunlight. Atmospheric Environment, 41 (31), 6478-6496.

Isakson, J., Persson, T.A., Lindgren, E.S., (2001). Identification and assessment of ship emissions and their effects in the harbour of Goteborg, Sweden. Atmospheric Environment 35, 3659 – 3666.

Janssen, N.A.H., Yang, A., Strak, M., Steenhof, M., Hellack, B., Gerlofs-Nijland, M.E., Kuhlbusch, T., Kelly, F., Harrison, R., Brunekreef, B., Hoek, G., Cassee, F., (2014). Oxidative potential of particulate matter collected at sites with different source characteristics. Science of The Total Environment 472, 572-581.

Jeong, C.-H., McGuire, M.K., Herod, D., Dann, T., Dabek–Zlotorzynska, E. Wang, D., Ding, L., Celo, V., Mathieu, D., Evans, G., (2011). Receptor model based identification of $PM_{2.5}$ sources in Canadian cities. Atmospheric Pollution Research 2, 158 – 171.

Kallio, M., Jussila, M., Rissanen, T., Anttila, P., Hartonen, K., Reissell, A., Vreuls, R., Adahchour, M., Hyotylainen, T., (2006). Comprehensive two-dimensional gas chromatography coupled to time-of-flight mass spectrometry in the identification of organic compounds in atmospheric aerosols from coniferous forest. J Chromatogr A 1125, 234-243.

Kelly, J.T., Chuang, C.C., Wexler, A.S., (2007). Influence of Dust Composition on Cloud Droplet Formation. Atmospheric Environment 41, 2904 – 2916.

Kendall, M., Hamilton, R.S., Watt, J., Williams, I.D., (2001). Characterisation of selected speciated organic compounds associated with particulate matter in London. Atmospheric Environment 35, 2483-2495.

Khan, M.F., Latif, M.T., Saw, W.H., Amil, N., Nadzir, M.S.M., Sahani, M., Tahir, N.M., Chung, J.X., (2016). Fine particulate matter in the tropical environment: monsoonal effects, source apportionment, and health risk assessment. Atmospheric Chemistry and Physics 16, 597 – 617.

Khlystov, A., Wyers, G. P., Slanina, J., (1995). The Steam-Jet Aerosol Collector, Atmospheric Environment 29, 2229 – 2234.

Kiefl, J., Cordero, C., Nicolotti, L., Schieberle, P., Reichenbach, S.E., Bicchi, C., (2012). Performance evaluation of non-targeted peak-based cross-sample analysis for comprehensive two-dimensional gas chromatography–mass spectrometry data and

application to processed hazelnut profiling. Journal of Chromatography A 1243, 81 – 90.

Kim, E., Hopke, P.K., Edgerton, E.S., (2003). Source identification of Atlanta aerosol by positive matrix factorization. Journal of the Air & Waste Management Association 53, 731 – 739.

Koutrakis, P. Sioutas, C., Ferguson, S.T., Wolfson J.M., Mullk, J.D. Burton, R.M., (1993). Development and Evaluation of a Glass Honeycomb Denuder Filter Pack System to Collect Atmospheric Gases and Particles. Environmental Science and Technology 27, 2497 – 2501.

Kulmala, M., Vehkamäki, H., Petäjä, T., Dal Maso, M., Lauri, A., Kerminen, V.M., Birmili, W., McMurry, P.H., (2004). Formation and growth rates of ultrafine atmospheric particles: a review of observations. Journal of Aerosol Science 35, 143 – 176.

Kuokka, S., Teinil, A.K., Saarnio, K., Aurela, M., Sillanp, A.M., Hillamo, R., Kerminen, V.-M., Pyy, K., Vartiainen, E., Kulmala, M., Skorokhod, A. I., Elansky, N.F., Belikov, I.B., (2007). Using a moving measurement platform for determining the chemical composition of atmospheric aerosols between Moscow and Vladivostok. Atmospheric Chemistry and Physics 7, 4793 – 4805.

Lai, L.W., (2015). Fine particulate matter events associated with synoptic weather patterns, long-range transport paths and mixing height in the Taipei Basin, Taiwan. Atmospheric Environment 113, 50 – 62.

Lee, C.-T., Cheng, J.-P., (1996). The effects of aerosol species and meteorological factors on visibility in Taipei metropolitan area. Journal of Chinese Institute Engineering, 6, 21 – 30.

Lee, C.-T., Shen, C.-T., (1995). Visibility and its estimating model in Taipei metropolitan area. Proceedings of the National Science Council, 19, 506 – 513.

Lee, K.W. Ramamurthi, M., (1993). Filter Collection in Aerosol Measurement - Principles, Techniques, and Applications. Edited by Willeke, K. and Baron¸ P.A. Van Nostrand Reinhold, New York, N.Y.

Lee, T., Yu, X.-Y., Kreidenweis, S. M., Malm, W. C., Collett, J.L., (2008). Semi-continuous measurement of $PM_{2.5}$ ionic composition at several rural locations in the United States. Atmospheric Environment 42, 6655 – 6669.

Lewis, C.W., Norris, G.A., Conner, T.L., Henry, R.C., (2003). Source Apportionment of Phoenix $PM_{2.5}$ Aerosol with the Unmix Receptor Model Journal of the Air & Waste Management Association, 53, 325 – 338.

Li, X., He, K., Li, C., Yang, F., Zhao, Q., Ma, Y., Cheng, Y., Ouyang, W., Chen, G., (2013). $PM_{2.5}$ mass, chemical composition, and light extinction before and during the 2008 Beijing Olympics, J. Geophysical Research Atmosphere, 118, 12,158 – 12,167.

Li, H., Zhang, Q., Zheng, B., Chen, C., Wu, N., Guo, H., Zhang, Y., Zheng, Y., Li, X., He, K., (2018). Nitrate-driven urban haze pollution during summertime over the North China Plain. Atmospheric Chemistry and Physics, 18, 5293–5306.

Li, X., Li, S., Xiong, Q., Yang, X., Qi, M., Zhao, W., Wang, X., (2018). Characteristics of $PM_{2.5}$ chemical compositions and their effect on atmospheric visibility in urban Beijing, China during the heating season. International Journal of Environmental Research and Public Health 15, 1924.

Liao, W.C., Ou-Yang, C.F., Wang, C.H., Chang, C.C., Wang, J.L., (2013). Two-dimensional gas chromatographic analysis of ambient light hydrocarbons. Journal of Chromatography A 1294, 122 – 129.

Lin, Y., Huang, K., Zhuang, G., Fu, J.S., Wang, Q., Liu, T., Deng, C., Fu, Q., (2014). A multi-year evolution of aerosol chemistry impacting visibility and haze formation over an Eastern Asia megacity, Shanghai. Atmospheric Environment 92, 76 – 86.

Lin, Y.-C., Tsai, C.-J., Wu, Y.-C., Zhang, R., Chi, K.-H., Huang, Y.-T., Lin, S.-H., Hsu, S.-C., (2015). Characteristics of trace metals in traffic-derived particles in Hsuehshan Tunnel, Taiwan: size distribution, potential source, and fingerprinting metal ratio. Atmospheric Chemistry and Physics 15, 4117-4130.

Liu, Z., Phillips, J.B., (1991). Comprehensive two-dimensional gas chromatography using an on-column thermal modulator interface. Journal of Chromatographic Science 29, 227 – 231.

Lu, Z., Liu, Q., Xiong, Y., Huang, F., Zhou, J., Schauer, J.J., (2018). A hybrid source apportionment strategy using positive matrix factorization (PMF) and molecular marker chemical mass balance (MM-CMB) models. Environmental Pollution 238, 39-51.

Mamoudou, I., Zhang, F., Chen, Q., Wang, P., Chen, Y., (2018). Characteristics of PM 2.5 from ship emissions and their impacts on the ambient air: A case study in Yangshan Harbor, Shanghai. Science of The Total Environment 640, 207-216.

Manousakas, M., Papaefthymiou, H., Diapouli, E., Migliori, A., Karydas, A.G., Bogdanovic-Radovic, I., Eleftheriadis, K., (2017). Assessment of PM2.5 sources and their corresponding level of uncertainty in a coastal urban area using EPA PMF 5.0 enhanced diagnostics. Science of Total Environment 574, 155 – 164.

Masiol, M., Squizzato, S., Ceccato, D., Pavoni, B., (2015). The size distribution of chemical elements of atmospheric aerosol at a semi-rural coastal site in Venice (Italy). The role of atmospheric circulation. Chemosphere 119, 400-406.

Matawle, J.L., Pervez, S., Dewangan, S., Shrivastava, A., Tiwari, S., Pant, P., Deb, M.K., Pervez, Y., (2015). Characterization of PM2. 5 source profiles for traffic and dust sources in Raipur, India. Aerosol and Air Quality Research 15, 2537-2548.

Magagna, F., Valverde-Som, L., Ruíz-Samblás, C., Cuadros-Rodríguez, L., Reichenbach, S.E., Bicchi, C., Cordero, C., (2016). Combined untargeted and

targeted fingerprinting with comprehensive two-dimensional chromatography for volatiles and ripening indicators in olive oil. Analytica Chimica Acta 936, 245 – 258.

Marriott, P.J., Chin, S.-T., Maikhunthod, B., Schmarr, H.-G., Bieri, S., (2012). Multidimensional gas chromatography. TrAC Trends in Analytical Chemistry 34, 1 – 21.

Morgan, W.T., Ouyang, B., Allan, J.D., Aruffo, E., Carlo, P.Di, Kennedy, O.J., Lowe, D., Flynn, M.J., Rosenberg, P.D., Williams, P.I., Jones, R., McFiggans, G.B., Coe, H., (2015). Influence of aerosol chemical composition on N_2O_5 uptake: airborne regional measurements in northwestern Europe. Atmospheric Chemistry and Physics 15, 973 – 990.

Mwaniki, G.R., Rosenkrance, C., Wallace, H.W., Jobson, B.T., Erickson, M.H., Lamb, B.K., Hardy, R.J., Zalakeviciute, R., VanReken, T.M., (2014). Factors contributing to elevated concentrations of $PM_{2.5}$ during wintertime near Boise, Idaho. Atmospheric Pollution Research, 5, 96 – 103.

Nakayama, T., Matsumi, Y., Kawahito, K., Watabe, Y., (2017). Development and evaluation of a palm-sized optical $PM_{2.5}$ sensor. Aerosol Science and Technology, DOI: 10.1080/02786826.2017.1375078

Ng, N. L.; Chhabra, P. S.; Chan, A. W. H.; Surratt, J. D.; Kroll, J. H.; Kwan, A. J.; McCabe, D. C.; Wennberg, P. O.; Sorooshian, A.; Murphy, S. M.; Dalleska, N. F.; Flagan, R. C.; Seinfeld, J. H., Effect of NOx level on secondary organic aerosol (SOA) formation from the photooxidation of terpenes. Atmospheric Chemistry and Physics 2007, 7 (19), 5159-5174.

Niu, J., Rasmussen, P.E., Wheeler, A., Williams, R., Chenier, M., (2010). Evaluation of airborne particulate matter and metals data in personal, indoor and outdoor environments using ED-XRF and ICP-MS and co-located duplicate samples. Atmospheric Environment 44, 235 – 245.

Noble, C.A., Vanderpool, R.W., Peters, T.M., McElroy, F.F., Gemmill, D.B. Wiener, R.W., (2001). Federal Reference and Equivalent Methods for Measuring Fine Particulate Matter. Aerosol Science & Technology 34, 457 – 464.

Norris, G., Vedantham, R., Wade, K., Brown, S., Prouty, J., Foley, C., Martin, L., (2014). EPA Positive Matrix Factorization (PMF) 5.0 Fundamentals and User Guide. National Exposure Research Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency, EPA 600/R-14/108, Research Triangle Park, NC 27711, U.S.A.

Orsini, D., Ma, Y., Sullivan, A., Sierau, B., Baumann, K., Weber, R., (2003). Refinements to the particle-into-liquid sampler (PILS) for ground and airborne measurements of water-soluble aerosol composition. Atmospheric Environment 37, 1243 – 1259.

Ou-Yang, C.-F., Hua, H.-C., Chou, Y.-C., Teng, M.-K., Liu, W.-T., Wang, J.-L., (2017). Two-dimensional gas chromatography with electron capture detection for the

analysis of atmospheric ozone depleting halocarbons. Journal of Chromatography A 1499, 158 – 164.

Özel, M.Z., Ward, M.W., Hamilton, J.F., Lewis, A.C., Raventós-Duran, T., Harrison, R.M., 2010. Analysis of organic nitrogen compounds in urban aerosol samples using GCxGC-TOF/MS. Aerosol Sci. Technol. 44, 109-116.

Paatero, P., Tapper, U., (1993). Analysis of different modes of factor-analysis as least squares fit problems. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems 18, 183 – 194.

Paatero, P., Tapper, U., (1994). Positive Matrix Factorization - a nonnegative factor model with optimal utilization of error-estimates of data values. Environmetrics 5, 111 – 126.

Paatero, P., Hopke, P.K., (2003). Discarding or downweighting high-noise variables in factor analytic models. Analytica Chimica Acta 490, 277 – 289.

Pang, Y., Ren, Y., Obeidi, F., Hastings, R., Eatough, D.J., Wilson, W.E., (2001). Semi-volatile species in $PM_{2.5}$: comparison of integrated and continuous samplers for $PM_{2.5}$ research or monitoring. Journal of Air & Waste Management Association 51, 25 – 36.

Park, S.S., Son, S.-C., (2017). Relationship between carbonaceous components and aerosol light absorption during winter at an urban site of Gwangju, Korea. Atmospheric Research 185, 73 – 83.

Parworth, C. L., Young, D.E., Kim, H., Zhang, X., Cappa, C.D., Collier, S., Zhang, Q., (2017). Wintertime water-soluble aerosol composition and particle water content in Fresno, California. Journal of Geophysical Research Atmosphere 122, 3155 – 3170.

Pathak, R.K., Wang, T., Wu, W.S., (2011). Nighttime enhancement of $PM_{2.5}$ nitrate in ammonia-poor atmospheric conditions in Beijing and Shanghai: Plausible contributions of heterogeneous hydrolysis of N_2O_5 and HNO_3 partitioning. Atmospheric Environment 45, 1183 – 1191.

Paw-Armart, I., Yoshizumi, K., (2013). Size Distributions of Atmospheric Aerosol Compositions in Saitama, Japan. Open Journal of Air Pollution 2, 1 – 6.

Petit, J.-E., Favez, O., Sciare, J., Canonaco, F., Croteau, P., Močnik, G., Jayne, J., Worsnop, D., Leoz-Garziandia, E., (2014). Submicron aerosol source apportionment of wintertime pollution in Paris, France by double positive matrix factorization (PMF 2) using an aerosol chemical speciation monitor (ACSM) and a multi-wavelength Aethalometer. Atmospheric Chemistry and Physics 14, 13773-13787.

Pitchford, M., Malm, W., Schichtel, B., Kumar, N., Lowenthal, D., Hand, J., (2007). Revised algorithm for estimating light extinction from IMPROVE particle speciation data. Journal of the Air & Waste Management Association 57, 1326-1336.

Purcaro, G., Cordero, C., Liberto, E., Bicchi, C., Conte, L.S., (2014).Toward a definition of blueprint of virgin olive oil by comprehensive two-dimensional gas chromatography. Journal of Chromatography A 1334, 101 – 111.

Querol, X., Viana, M., Alastuey, A., Amato, F., Moreno, T., Castillo, S., Pey, J., de la Rosa, J., Sánchez de la Campa, A., Artíñano, B., Salvador, P., García Dos Santos, S., Fernández-Patier, R., Moreno-Grau, S., Negral, L., Minguillón, M.C., Monfort, E., Gil, J.I., Inza, A., Ortega, L.A., Santamaría, J.M., Zabalza, J., (2007). Source origin of trace elements in PM from regional background, urban and industrial sites of Spain. Atmospheric Environment 41, 7219-7231.

Rattanavaraha, W., Chu, K., Budisulistiorini, S. H., Riva, M., Lin, Y.-H., Edgerton, E. S., Baumann, K., Shaw, S. L., Guo, H., King, L., Weber, R. J., Neff, M. E., Stone, E. A., Offenberg, J. H., Zhang, Z., Gold, A., Surratt, J. D., (2016). Assessing the impact of anthropogenic pollution on isoprene-derived secondary organic aerosol formation in PM2.5 collected from the Birmingham, Alabama, ground site during the 2013 Southern Oxidant and Aerosol Study. Atmospheric Chemistry and Physics 16, 4897 – 4914.

Ricciardelli, I., Caboo, D., Rinaldi, M., Bonafe, G., Scotto, F., Trentini, A., Bertacci, G., Ugolini, P., Zigola, C., Rovere, F., Maccone, C., Pironi, C., Poluzzi, V., (2017). A three-year investigation of daily $PM_{2.5}$ main chemical components in four sites: the routine measurement program of the Supersito Project (Po Valley, Italy). Atmospheric Environment 152, 418 – 430.

Rogge, W.F., Hildemann, L.M., Mazurek, M.A., Cass, G.R., Simoneit, B.R.T., (1991). Sources of fine organic aerosol. 1. Charbroilers and meat cooking operations. Environmental Science & Technology 25, 1112-1125.

Rouillon, M., Taylor, M.P., (2016). Can field portable X-ray fluorescence (pXRF) produce high quality data for application in environmental contamination research? Environmental Pollution 214, 255 – 264.

RTI International, (1999). Standard Operating Procedures for Procurement and Acceptance Testing of Teflon, Nylon, and Quartz Filters. Environmental and Industrial Sciences Division, RTI International, Research Triangle Park, North Carolina.

RTI International, (2003). Standard Operating Procedure for $PM_{2.5}$ Gravimetric Analysis. Environmental and Industrial Sciences Division RTI International, Research Triangle Park, North Carolina.

Samset, B.H., (2018). How cleaner air changes the climate – Air quality improvements affect regional climate in complex ways. Science 360, 148-150.

Saraga, D.E., Tolis, E.I., Maggos, T., Vasilakos, C., Bartzis, J.G., (2018). $PM_{2.5}$ source apportionment for the port city of Thessaloniki, Greece. Science of The Total Environment 650, 2337-2354.

Sánchez-Soberón, F., Rovira, J., Mari, M., Sierra, J., Nadal, M., Domingo, J.L., Schuhmacher, M., (2015). Main components and human health risks assessment of PM_{10}, $PM_{2.5}$, and PM_1 in two areas influenced by cement plants. Atmospheric Environment 120, 109-116.

Seinfeld, J.H., Pandis, S.N., (1998) Atmospheric chemistry and physics: From air pollution to climate change. A Wiley-Interscience publication, John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, U.S.A.

Shen, Z., Cao, J., Zhang, L., Zhang, Q., Huang, R.-J., Liu, S., Zhao, Z., Zhu, C., Lei, Y., Xu, H., Zheng, C., (2016). Retrieving historical ambient PM2.5 concentrations using existing visibility measurements in Xi'an, Northwest China. Atmospheric Environment 126, 15 – 20.

Shiraiwa, M., Li, Y., Tsimpidi, A. P., Karydis, V. A., Berkemeier, T., Pandis, S. N., Lelieveld, J., Koop, T., Poschl, U., (2017). Global distribution of particle phase state in atmospheric secondary organic aerosols. Nature Communications 8:15002.

Simmons, M.C., Snyder, L.R., (1958). Two-Stage Gas-Liquid Chromatography. Analytical Chemistry 30, 32 – 35.

Simon, P.K., Dasgupta, P.K., (1995). Continuous automated measurement of the soluble fraction of atmospheric particulate matter, Analytical Chemistry 67, 71 – 78.

Sioutas, C., Wang, P.Y., Ferguson, S.T., Koutrakis, P., (1996). Laboratory and field evaluation of an improved glass honeycomb denuder/filter pack sampler. Atmospheric Environment 30, 885 – 895.

Sorooshian, A., Ng, N.L., Chan, A.W.H., Feingold, G., Flagan, R.C., Seinfeld, J.H., (2007). Particulate organic acids and overall water-soluble aerosol composition measurements from the 2006 Gulf of Mexico Atmospheric Composition and Climate Study (GoMACCS). J. Geophysical Research 112, D13201.

Souri, A. H., Choi, Y., Jeon, W., Kochanski, A. K., Diao, L., Mandel, J., Bhave, P. V., Pan, S., (2017). Quantifying the impact of biomass burning emissions on major inorganic aerosols and their precursors in the U.S. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 122. https://doi.org/10.1002/2017JD026788

Souto-Oliveira, C.E., Andrade, M. de F., Kumar, P., Lopes, F.J. da S., Babinski, M., Landulfo, E., (2016). Effect of vehicular traffic, remote sources and new particle formation on the activation properties of cloud condensation nuclei in the megacity of São Paulo, Brazil. Atmospheric Chemistry and Physics 16, 14635 – 14656.

Sörme, L., Bergbäck, B., Lohm, U., (2001). Goods in the anthroposphere as a metal emission source a case study of Stockholm, Sweden. Water, air and soil pollution: Focus 1, 213-227.

Sternbeck, J., Sjödin, Å., Andréasson, K., 2002. Metal emissions from road traffic and the influence of resuspension—results from two tunnel studies. Atmospheric Environment 36, 4735-4744.

Taylor, S., (1964). Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table. Geochimica et cosmochimica acta 28, 1273 – 1285.

Ten Brink, H., Henzing, B., Otjes, R., Weijers, E., (2018). Visibility in the Netherlands during New Year's fireworks: The role of soot and salty aerosol products. Atmospheric Environment 173, 289-294.

Tian, P., Wang, G., Zhang, R., Wu, Y., Yan, P., (2015). Impacts of aerosol chemical compositions on optical properties in urban Beijing, China. Particuology 18, 155-164.

Tian, H., Cheng, K., Wang, Y., Zhao, D., Lu, L., Jia, W., Hao, J., 2012. Temporal and spatial variation characteristics of atmospheric emissions of Cd, Cr, and Pb from coal in China. Atmospheric Environment 50, 157-163.

Timonen, H., Aurela, M., Carbone, S., Saarnio, K., Saarikoski, S., Mäkelä, T., Kulmala, M., Kerminen, V.-M., Worsnop, D. R., and Hillamo, R, (2010). High time-resolution chemical characterization of the water-soluble fraction of ambient aerosols with PILS-TOC-IC and AMS. Atmospheric Measurement Technology Discussion, 3, 1775 – 1805.

Timonen, H., Carbone, S., Aurela, M., Saarnio, K., Saarikoski, S., Ng, N. L., Hillamo, R., (2012). Characteristics, sources and water-solubility of ambient submicron organic aerosol in springtime in Helsinki, Finland. Journal of Aerosol Science, 21 June 2012.

Tiwari, S., Jopke, P.K., Pipal, A.S., Srivastava, A.K., Bisht, D.S., Tiwari, S., Singh, A.K., Soni, V.K., atrri, S.D., (2015). Intra-urban variability of particulate matter (PM2.5 and PM10) and its relationship with optical properties of aerosols over Delhi, India. Atmospheric Research 166, 223 – 232.

Tsai, C., Spolaor, M., Colosimo, S.F., Pikelnaya, O., Cheung, R., Williams, E., Gilman, J.B., Lerner, B.M., Zamora, R.J., Warneke, C., Roberts, J.M., Ahmadov, R., Gouw, J.d., Bates, T., Quinn, P.K., Stutz, J., (2018). Nitrous acid formation in a snow-free wintertime polluted rural area. Atmosperic Chemistry and Physics 18, 1977–1996.

Turpin, B.J., Saxena, P., Andrews, E., (2000). Measuring and simulating particulate organics in the atmosphere: problems and prospects. Atmospheric Environment 34, 2983 – 3013.

Ueda, S., Osada, K., Okada, K., (2011). Mixing states of cloud interstitial particles between water-soluble and insoluble materials at Mt. Tateyama, Japan: Effects of meteorological conditions. Atmospheric Research 99, 325–336.

U.S. Environment Protection Agency, (1998). Quality Assurance Guidance Document 2.12 Monitoring $PM_{2.5}$ in Ambient Air Using Designated Reference or Class I Equivalent Methods.

U.S. Environment Protection Agency, (1998). Air Pollution Training Institute training course: 435 Atmospheric Sampling. (http://www.epa.gov/eogapti1/catalog/cc435Manuals.html)

U.S. Environment Protection Agency, (1999). Air Quality Criteria for Particulate Matter Volume 1. EPA/600/P-99/002a, Office of Research and Development, Washington, DC, U.S.A.

U.S. Environmental Protection Agency, (2005). Comparison of Integrated Filter and Semi-Continuous Measurements of $PM_{2.5}$ Nitrate, Sulfate, and Carbon Aerosols in the Speciation Trends Network (STN).EPA Office of Air Quality Planning and Standards Emissions, Monitiring and Analysis Division Reasearch Triangle Park, NC 27711, U.S.A.

U.S. Environment Protection Agency, (2009). Quality Assurance Guidance Document, Quality Assurance Project Plan for the Federal PM $_{2.5}$ Performance Evaluation Program. Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC 27711, U.S.A.

U.S. Environment Protection Agency, (2011). Code of Federal Register, Title 40 Volume 5 Part 53 Ambient Air Momitoring Reference and Equivalent Methoods.

U.S. Environment Protection Agency, (2012). List of Designated Reference and Equivalent Methods. National Exposure research Laboratory, Human Exposure and Atmospheric Sciences Division (MD-D205-03) Office of Research and Development, Washington, DC, U.S.A.

Wang G., Cheng S., Lang J., Yang X., Wang X., Chen G., Liu X., Zhang H., (2017). Characteristics of PM2.5 and Assessing Effects of Emissions-Reduction Measures in the Heavy Polluted City of Shijiazhuang, before, during, and after the Ceremonial Parade 2015. Aerosol and Air Quality Research 17, 499 – 512.

Wang, G., Kawamura, K., Zhao, X., Li, Q., Dai, Z., Niu, H., (2007). Identification, abundance and seasonal variation of anthropogenic organic aerosols from a mega-city in China. Atmospheric Environment 41, 407-416.

Wang, H., Tian, M., Li, X., Chang, Q., Cao, J., Yang, F., Ma, Y., He, K., (2015). Chemical composition and light extinction contribution of $PM_{2.5}$ in urban Beijing for a 1-year period. Aerosol and Air Quality Research 15, 2200-2211.

Wang, J., Zhao, B., Wang, S., Yang, F., Xing, J., Morawska, L., Ding, A., Kulmala, M., Kerminen, V.-M., Kujansuu, J., Wang, Z., Ding, D., Zhang, X., Wang, H. Tian, M., Petäjä, Jiang, J., Hao, J., (2017). Particulate matter pollution over China and the effects of control policies. Science of the Total Environment 584–585, 426–447.

Wang, L., Wen, L., Xu, C., Chen, J., Wang, X., Yang, L., Wang, W., Yang, X., Sui, X., Yao, L., Zhang, Q., (2015). HONO and its potential source oarticulate nitrite at an urban site in North China during the cold season. Science of the Total Environment 538, 93-101.

Wang, X., Hayeck, N., Brüggemann, M., Yao, L., Chen, H., Zhang, C., Emmelin, C., Chen, J., George, C., Wang, L., (2017). Chemical characteristics of organic aerosols in shanghai: A study by ultrahigh-performance liquid chromatography coupled with Orbitrap mass spectrometry. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 122. https://doi.org/10.1002/2017JD026930

Wang, X., Wang, H., Xue, L., Wang, T., Wang, L., Gu, R., Wang, W. Tham, Y. J., Wang, Z., Yang, L., Chen, J., Wang, W., (2017). Observations of N_2O_5 and $ClNO_2$ at a polluted urban surface site in North China: High N_2O_5 uptake coefficients and low $ClNO_2$ product Yields. Atmospheric Environment 156, 125-134.

Wang, Y.C., Huang, R.J., Ni, H.Y., Chen, Y., Wang, Q.Y., Li, G.H., Tie, X.X., Shen Z.X., Huang, Y., Liu, S.X., Dong, W.M., Xue, P., Frohlich, R., Canonaco, F., Elser, M., Daellenbach, K.R., Bozzetti, C., El Haddad, I., Prevot, A.S.H., Canagaratna, M.R., Worsnop, D.R., Cao, J.J., (2017). Chemical composition, sources and secondary processes of aerosols in Baoji city of northwest China. Atmospheric Environment 158, 128 – 137.

Wang, Y., Hopke, P. K., Xia, X., Rattigan, O.V., Chalupa, D.C., Utell, M.J., (2012). Source apportionment of airborne particulate matter using inorganic and organic species as tracers. Atmospheric Environment 55, 525 – 532.

Watson, J.G., Chow, J.C., Houck, J.E., 2001. $PM_{2.5}$ chemical source profiles for vehicle exhaust, vegetative burning, geological material, and coal burning in Northwestern Colorado during 1995. Chemosphere 43, 1141-1151.

Weber, R.J., Orsini, D., Daun, Y., Lee, Y.-N., Klotz, P.J., Brechtel, F., (2001). A particle-into-liquid collector for rapid measurement of aerosol bulk chemical composition, Aerosol Science and Technology 35, 718 – 727.

Wehner, B., Philippin, S., Wiedensohler, A., Scheer, V., Vogt, R., (2004.) Variability of non-volatile fractions of atmospheric aerosol particles with traffic influence. Atmospheric Environment 38, 6081 – 6090.

Wen, W., Cheng, S., Chen, X., Wang, G., Li, S., Wang, X., Liu, X., (2016). Impact of emission control on PM2.5 and the chemical composition change in Beijing-Tianjin-Hebei during the APEC summit 2014. Environmental Science and Pollution Research 23, 4509 – 4521.

Yan, C., Zheng, M., Bosch, C., Andersson, A., Desyaterik, Y., Sullivan, A. P., Collett, J. L., Zhao, B., Wang, S., He, K., Gustafsson, O., (2017). Important fossil source contribution to brown carbon in Beijing during winter. Scientific Reports 7: 43182.

Yu, X., Ma, J., An, J., Yuan, L., Zhu, B., Liu, D., Wang, J., Yang, Y., Cui, H., (2016). Impacts of meteorological condition and aerosol chemical compositions on visibility impairment in Nanjing, China. Journal of Cleaner Production 131, 112-120.

Zhang, Y., Forrister, H., Liu, J., Dibb, J., Anderson, B., Schwarz, J.P., Perring, A.E., Jimenez, J.L., Campuzano-Jost, P.,Wang, Y., Nenes, A.,Weber, R.J., (2017). Top-

of-atmosphere radiative forcing affected by brown carbon in the upper troposphere. Nature Geoscience 10, 486-491.

Zhang, Y., Sheesley, R.J., Schauer, J.J., Lewandowski, M., Jaoui, M., Offenberg, J.H., Edney, E.O., (2009). Source apportionment of primary and secondary organic aerosols using positive matrix factorization (PMF) of molecular markers. Atmospheric Environment 43, 5567 – 5574

Zhang, J., Wu, L., Fang, X., Li, F., Yang, Z., Wang, T., Mao, H., Wei, E., 2018a. Elemental composition and health risk assessment of PM10 and PM2. 5 in the roadside microenvironment in Tianjin, China. Aerosol and Air Quality Research 18, 1817-1827.

Zhang, J., Zhou, X., Wang, Z., Yang, L., Wang, J., Wang, W., 2018b. Trace elements in PM 2.5 in Shandong Province: Source identification and health risk assessment. Science of The Total Environment 621, 558-577.

Zhu, Y., Yan, C., Zhang, R., Wang, Z., Zhang, M., Gao, H., Gao, Y., Yao, X., (2017). Simultaneous measurements of new particle formation at 1 s time resolution at a street site and a rooftop site. Atmospheric Chemistry and Physics, 17, 9469 – 9484.

Zong, Z., Wang, X., Tian, C., Chen, Y., Qu, L., Ji, L., Zhi, G., Li, J., Zhang, G., (2016). Source apportionment of $PM_{2.5}$ at a regional background site in North China using PMF linked with radiocarbon analysis: insight into the contribution of biomass burning. Atmospheric Chemistry and Physics 16, 11249 – 11265.

大氣中微小粒子状物質($PM_{2.5}$) 質量濃度測定方法暫定マニュアル(改定版) (2007) 日本環境省。

環保署環境檢驗所 (2003) 空氣中粒狀污染物中硫酸鹽、氯鹽、硝酸鹽檢測方法－離子層析法 (NIEA A451.10C)，中華民國92年12月10日起實施。

環保署環境檢驗所 (2005) 水中陰離子檢測方法－離子層析法 (NIEA A415.52B)，中華民國 94 年 08 月 15 日起實施。

環保署環境檢驗所 (2005) 環境樣品採集及保存作業指引 (NIEA-PA102)，中華民國 94 年 1 月 15 日起實施。

環保署環境檢驗所 (2005) 環境檢驗檢量線製備及查核指引 (NIEA-PA103)，中華民國 94 年 1 月 15 日起實施。

環保署環境檢驗所 (2005) 環境檢驗品管分析執行指引 (NIEA-PA104)，中華民國 94 年 1 月 15 日起實施。

環保署環境檢驗所 (2005) 環境檢驗品管制圖建立指引(NIEA-PA105)，中華民國 94 年 1 月 15 日起實施。

環保署環境檢驗所 (2005) 環境檢驗器皿清洗及校正指引(NIEA-PA106)，中華民國 94 年 1 月 15 日起實施。

環保署環境檢驗所 (2005) 環境檢驗品方法偵測極限測定指引(NIEA-PA107)，中華民國 94 年 1 月 15 日起實施。

環保署環境檢驗所 (2012) 空氣中懸浮微粒($PM_{2.5}$)檢測方法－手動採樣法(NIEA A205.11C)，中華民國 102 年 1 月 15 日起實施。

李崇德、周崇光、張士昱、溫志雄、羅莉雯、陳永盛、林琴軒 (2008) “九十六及九十七年度北部微粒超級監測站操作品保及數據分析計畫”， 九十七年度期末報告，EPA-96-FA11-03-A007，台北，97 年 12 月。

李崇德、周崇光、張士昱、溫志雄、羅莉雯、林琴軒、鄭瑞仁 (2009) “九十八年度北部微粒超級監測站操作品保及數據分析計畫”， 九十八年度期末報告，EPA-98-FA11-03-A016，台北，98 年 12 月。

李崇德、周崇光、張士昱、溫志雄、黃秋華、吳克清、鄭瑞仁、陳聖中、施韋羽 (2011) “99 年度微粒超級監測站品保作業計畫”， 九十九年度期末報告，EPA-99-FA11-03-A025，台北，100 年 12 月。

李崇德、吳義林、周崇光、張士昱(2012) “細懸浮微粒($PM_{2.5}$)質量濃度與成分人工採樣分析先驅計畫(暨後續擴充)”， 總結報告，環保署 EPA-100-FA11-03-A088，台北，101 年 6 月。

李崇德、周崇光、張士昱 (2013) “細懸浮微粒($PM_{2.5}$)儀器比對及化學成分觀測網規劃作業計畫”，期末報告(定稿本)，環保署 EPA-101-FA11-03-A262，台北，102 年 11 月。

李崇德、周崇光、張士昱、蕭大智(2015) “細懸浮微粒($PM_{2.5}$)化學成分監測計畫”，期末報告(定稿本)，環保署 EPA-103-FA11-03-A119，台北，104 年 3 月。

李崇德、周崇光、張士昱、蕭大智(2016) “104-105 年細懸浮微粒($PM_{2.5}$)化學成分專案工作計畫”，期末報告(定稿本)，環保署 EPA-104-L102-02-103，台北，105 年 12 月。

李崇德、周崇光、張士昱、蕭大智、許文昌(2017) “細懸浮微粒($PM_{2.5}$)化學成分監測及分析計畫”，期末報告(定稿本)，環保署 EPA-105-U102-03-A284，台北，106 年 12 月。

周崇光、李崇德、林傳堯、沈川洲、林煜棋、黃譯樘、陳美君、蔡朝陽 (2016)，“以同位素分析鑑別細懸浮微粒($PM_{2.5}$)污染來源先期計畫”，期末報告(定稿本)，環保署 EPA-104-FA11-03-A261，台北，105 年 8 月。

周崇光、李崇德、李經民、張士昱、榮建誠、黃譯樘 (2017)，“細懸浮微粒碳及鉛同位素分析技術發展與應用計畫”，期末報告(定稿本)，環保署 EPA-105-U101-02-A272，台北，106 年 12 月。

梁志鋒(2006)，受體模式 CMB 與 PMF 之比較與驗證。國立中興大學環境工程研究所碩士論文。

施韋羽(2013)，台灣都會區細懸浮微粒($PM_{2.5}$)濃度變化影響因子、污染來源及其對大氣能見度影響。國立中央大學環境工程研究所碩士論文。

羅鈞、鄭玟芩、陳怡伶(2018)我國固定污染源細懸浮微粒($PM_{2.5}$)排放特性之研究分析。中興工程，第 140 期，PP. 47-62。

附錄一「107 年度細懸浮微粒($PM_{2.5}$)化學成分監測及分析計畫」第一次工作進度會議審查意見及回覆

項目	審查意見	意見回覆
1	成分監測計畫之結果目前已累積有1年資料，今年之採樣規劃是否有別於去年方法與規劃?	本計畫負責運作環保署細懸浮微粒($PM_{2.5}$)化學成分監測網，主要工作是提供持續而正確的 $PM_{2.5}$ 化學成分監測數據。今年度採樣規劃及方法和去年度相同，在工作項目上，今年度增加 $PM_{2.5}$ 有機碳化學成分檢測及分析方法開發。
2	成分直讀只分析金屬，是否考慮納入OC/EC、水溶性離子，讓國家在成分監測上有較新的方法測試與發展，讓來源解析之時間更細，短時間高污染(Episode)的事件能被鑑別。	本計畫符應美國環保署化學成分監測網操作運轉方式，係以執行手動採樣監測分析為主。直讀式量測在目前已停止的環保署微粒超級測站曾經操作運轉多年，數據運用成果有多篇 SCI 期刊文獻發表，可參考引用。
3	金屬直讀儀器(XRF)結果與濾紙收集之金屬(ICP-MS)之相關性只有某些金屬較好（例 As、V），從結果而言，該儀器未來之適用性與應用如何?	上年度金屬直讀儀器(XRF)結果與濾紙收集金屬(ICP-MS)在四個季節 40 個樣本比對結果，相關性較佳(R>0.6)的金屬元素有 As、Ba、Ca、Cu、Fe、K、Mn、Pb、Rb、Sr、Ti、V、Zn，其中 V、As 相關係數(R)高達 0.9。由於每季只比對 10 天，直讀儀器須設定調整，或許穩定性較差，今年將儘量拉長連續監測比對時間。
4	請說明濾紙有機物的分析後之應用及應用上之限制?如污染源鑑定。	濾紙 $PM_{2.5}$ 有機碳化學成分檢測及分析方法開發為了能獲得更多污染源指紋(示蹤物)，希望能對污染來源鑑定更為多元。
5	各站 $PM_{2.5}$ 化學成分季節變化，建議就本處所提供境外污染影響之日期，請執行單位另外分析境外污染事件時之成分。	會後已經收到監資處提供的境外污染影響日期，本次工作報告分析的 106 年 12 月數據都不在境外污染影響日期內。
6	本署「$PM_{2.5}$ 健康影響及建置新式空氣品質指標之研究推動小組」會議中有委員建議將 $PM_{2.5}$ 成分結合污染源排放及氣象條件等影響，合併分析較易了解污染來源，請執行單位評估執行方法可行性。	$PM_{2.5}$ 污染來源有長程傳輸、台灣本島區域傳輸、在地污染，污染排放源可分為固定污染源(點源)、移動污染源(線源)、逸散污染源(面源)，各污染排放源有原生污染物和前驅污染物排放。欲瞭解各類污染物從各類污染源排放的影響，除了污染源排放量以外，還牽涉到氣象條件、物理變化和化學反應機制，因此，非進行三維化學反應模式模擬無法估算，這是模式模擬專家的工作，本計畫為採樣及實

項目	審查意見	意見回覆
		驗分析工作，惟為幫助解釋 $PM_{2.5}$ 污染來源，將參考相關模式模擬成果，嘗試配合解析本計畫 $PM_{2.5}$ 化學成分時空變化。
7	本署即將公開 $PM_{2.5}$ 成分監測網頁，並要固定時間更新成分分析數據，請執行單位儘快確認 CDX 上傳方式，以利後續資料公開。另網頁上有設置 Q&A 專欄，請提供相關常見問題及回覆，讓閱讀者能更快瞭解計畫執行重點。	本計畫將配合環保署資料公開作業時間。針對網頁上設置的 Q&A 專欄，本計畫將提供相關常見問題及回覆，讓閱讀者能更快瞭解本計畫執行重點。
8	成分自動監測比對因儀器租用問題，除趕在5月可能還有高濃度時期採集部分樣本，現另有日本廠商願意提供儀器一同比較，將請廠商與執行單位聯繫，或許能在 4 月進行採樣作業。	關於金屬元素成分自動監測比對，本計畫歡迎任何廠商提供儀器一同比較。
9	有關有機物分析無法得到物種訊號，萃取方式可另參考國內有其他學者所使用於海水檢驗的「半蒸餾法」。	謝謝提供有機物萃取方法！本計畫協同主持人王家麟教授對於有機物萃取，已經有相當把握。

附錄二「107 年度細懸浮微粒($PM_{2.5}$)化學成分監測及分析計畫」期中報告進度會議審查意見及回覆

項目	審查意見	意見回覆
1	本計畫已依規定進行各項工作，在各檢測項目、分析方法、統計分析討論之成果均有相當豐碩成果，值得肯定與嘉許。	謝謝委員肯定。
2	報告敘述文字，請考量修正： 1.摘要中加入說明本計畫於哪六處測站執行採樣檢測。 2.P.2 計畫工作內容每 6 天/次，應為每 6 天一次。 3.P.11 表 3.1.1 中小港站監測項目 $PM_{2.5}$ 為自動或手動或兼具可予寫明。 4.P.97 圖 4.2.1 圖說漏列 3 月 2 日。	感謝委員建議，本計畫已經依照委員意見修改完成。 原圖 4.2.1 多列 3 月 2 日 UTC 時間 16:00，該時間為台灣時間 3 月 3 日 0:00，為避免困擾，將該圖刪除。
3	本計畫討論事件日之污染物變化，由於 3 月 3 日嘉義以北測值均高，風速低擴散情況不佳，在地污染較明顯，請再就各項污染源之主要指標項目與計畫分析之濃度高低變化再深入探討，以作為在污染源管制上之參考。	在污染源管制上，本計畫將待期末報告作出 PMF 受體模式解析出各類污染源貢獻，方能針對 3 月 3 日各類污染源進行管制建議。
4	在各站中 $PM_{2.5}$ 濃度之變化中成分濃度之 SO_4^{2-} 值變化與占比及其來源請再予探討。	本計畫將待期末報告以 PMF 受體模式解析出各類污染源貢獻，才有可能釐清 $PM_{2.5}$ 濃度中 SO_4^{2-} 值變化與占比和來源關係。
5	除特殊節慶日外，其他 $PM_{2.5}$ 高值日之污染物濃度變化（包括各陰陽離子、金屬元素等）與可能之來源，請持續就檢測數據進行探討分析，以作為未來管制之參考。	感謝委員建議！本計畫將持續就各種事件污染來源進行瞭解彼此間可能的成分變化。
6	摘要第一段中敘述 $PM_{2.5}$ 的水溶性離子、碳成分、金屬元素等化學成分，建立有機物分析方法。因為 $PM_{2.5}$ 的水溶性離子、碳成分、金屬元素皆非有機物，所以可改為“，另建立有機分析方法”。	謝謝委員指導！期末報告摘要第一段更改為：本計畫完成 2018 年 1 月到 10 月於板橋、忠明、斗六、嘉義、小港及花蓮站 6 天 1 次例行採樣以及小港站元素監測自動儀器適宜性評估。例行採樣分析 $PM_{2.5}$ 的水溶性離子、碳成分、金屬元素等化學成分，此外，為瞭解有機物污染來

項目	審查意見	意見回覆
		源，本年度新增有機物分析方法建置。所分析的離子成分、碳成分及金屬元素成分，本計畫配合天氣因子、風場模擬等監測資料，用來探討 $PM_{2.5}$ 質量濃度與化學成分時間與空間分布特性、解析污染來源及評估能見度影響因子。
7	P.39 的 MDL 單位請修正為 $^{ng}/_{m^3}$。	謝謝委員指正！已經修改。
8	P.34 中 OC、EC、TC 的最低可量測極限(LQL)的檢測方法，可以補充說明如何執行及計算方式。	檢量線製作濃度範圍為取 90、180、225、450、900、1350、1800 ppm KHP 7 個濃度製作檢量線，換算成一張濾紙的碳成分質量濃度約介於 1.9~37.5 μg m^{-3} (用 MetOne SASS 採樣流率 6.7 L min^{-1} 計算，24 小時採樣體積為 9.648 m^3)，這個檢量線濃度範圍可涵括所有樣本濃度。方法偵測極限(MDL)得獲得是取檢量線最低點 90 ppm 做 7 重複分析，得到平均值±標準差為 0.93±0.04 μgC，以 3 倍標準差 0.12 μgC 為 MDL，若換算成一張濾紙採集的質量濃度偵測極限則是 0.26 μg m^{-3}。
9	P.81 表 3.2.4 的 $PM_{2.5}$ 濾紙化合物物種表上所列 33 種化合物來自 GC×GC/MS，則 Q-Value 是多少?	Q-Value 在 70 以上。
10	P.137 中“$PM_{2.5}$ 未修正濃度”建議直接以“$PM_{2.5}$ 質量濃度”表示。	本計畫 $PM_{2.5}$ 化學成分採樣有修正採樣過程半揮發成分揮發及石英濾紙吸附有機物的現象，這有別於一般以單張濾紙進行採樣。表中所列“$PM_{2.5}$ 未修正濃度”係指以單張濾紙採樣，所獲得的 $PM_{2.5}$ 質量濃度，修正後才是在空氣中的 $PM_{2.5}$ 質量濃度，因此，必須有所標示才能有區別。
11	有機物分析方法建置工作目前結果顯示溶劑萃取效率為影響物種是否可偵測出的重要關鍵，請問如何確認本計畫所使用各種溶劑之萃取效率?是否有 SRM 可使用?直接以實際樣品來評估萃取率是否恰當?	在萃取溶劑選取上，必須考慮不同極性的複雜有機成分，故需尋找極性適當之萃取溶劑，在嘗試數種雙溶劑組合後，例如二氯甲烷，正已烷，甲醇等，最後發現以 acetone 與 toluene1:1 之比例為最適之組合，可發揮最佳之萃取效率，由 GCxGC 分析結果可看出感度明顯高於其他溶劑。

項目	審查意見	意見回覆
		目前在 SRM 上使用了直鏈烷烴，從 C8 至 C30，將之添加至樣品中一同以 GCxGC-ToFMS 分析，進而得知大部份有機分析物皆落在此碳數範圍，由於碳數高於 12 之有機物質蒸氣壓極低，不容易進入大氣，然而卻發現微粒上含有非常高碳數之有機分析物，此結果顯示光化過程將 VOC 前驅物逐漸轉化成高碳數之低揮發性有機物質。我們亦將在未來添加其他為定量目的而添加之內標物質，可由 FID 側之 GCxGC 結果計算回收率，以及各重要分析物濃度。
12	$PM_{2.5}$ 化學成分分析結果顯示中南部大氣 $PM_{2.5}$ 中以 NO_3^- 為主，在高 $PM_{2.5}$ 濃度時更明顯，主要為在地污染源所貢獻。可否進一步評估主要貢獻來源?	$PM_{2.5}$ NO_3^- 的前驅物為 NOx，主要貢獻來源是固定和移動污染源，由於 NO_3^- 是 NOx 經由光化學反應形成，若要進一步評估 NO_3^- 主要貢獻來源需藉助模式模擬，本計畫將待期末報告作出 PMF 受體模式解析出各類污染源貢獻，方能瞭解與 NO_3^- 相關的主要貢獻來源。
13	摘要提及季節 $PM_{2.5}$ 濃度，小港站在 2016 年與 2017 年春季濃度低於斗六和嘉義站，其可能之原因，建議可於報告中做個研判。	謝謝委員建議！本計畫初步分析：小港站 2016 年與 2017 年進入春季的 4~5 月呈現 CO 和 NOx 濃度降低，風向多轉成來自海面的西南西風，風速並沒有特別明顯增高。CO 濃度降低較為明顯，這除了顯示車輛排放可能降低，但同時也表示大氣混合效應的增強使 CO 濃度降低。
14	第三章有關提供污染源管制策略評估之建議，由於單純從 $PM_{2.5}$ 之化學成分分析，並不足以區分出係在地排放或外地傳輸，以及污染物是否為一次排放或是二次反應物，針對上述困難，除從氣象或其他周邊因素推測評估外，有無尚需補足或加強掌握之事項，以及據此提出污染源管制策略評估建議，其周延性如何?	單純從 $PM_{2.5}$ 化學成分分析的成果來思考，本計畫目前已經就所能蒐集到輔助資料進行了科學性判斷，後續可從模式模擬方式進行污染來源解析，但也必須注意到模式模擬也有其誤差和不準確度問題。
15	第三章 3.3 有關微粒元素成分自動監測之可行性評估，本計畫規劃在何時間?那一測站?以何種採樣器?執行本項工作，建議可做一交代。	期中報告針對微粒元素成分自動監測可行性於 2018 年 4 月 25 日至 5 月 4 日在小港站進行了 10 天次比對，其成果呈現在期中報告 4.5.1 節(238~245 頁)，請參考。

項目	審查意見	意見回覆
16	有關文獻之蒐集彙整，目前對於 $PM_{2.5}$ 各項相關之課題均有所蒐集及摘述，如何多蒐集些國內外與台灣本地地形、氣候型態、污染源特性，較相近之文獻，預計蒐集多少數量?請承辦之團隊規劃安排。	本計畫工作內容為"蒐集比較中國大陸、日本、韓國、美國及歐洲等國家執行 $PM_{2.5}$ 化學成分採樣檢測經驗與最新技術"，文獻蒐集通常以發表在學術前刊論文為主，屬於議題式的蒐集，若要依照多項客觀條件蒐集，恐有難度。
17	目錄六、參考文獻，附錄頁數順序顛倒，建請於未來期末報告中修正。	謝謝委員指正！未來期末報告將仔細校對。
18	該成分監測計畫除了結果提供國衛院人群健康研究計畫外，其結果讓環保署在未來施政上之幫忙?例如污染源控制、持續監測之應用性。	本計畫在施政上可由化學成分的監測瞭解高濃度事件成因、評估污染源管制成效、瞭解能見度和 $PM_{2.5}$ 化學成分關聯等方面而有幫助。
19	研究團隊不管在質量分析或成分分析上之 QA/QC 與比對皆有不錯成效，肯定團隊之成果。	謝謝委員肯定！
20	$PM_{2.5}$ 有機成分分析在該計畫之目的與後續應用為何?	以往大部份 $PM_{2.5}$ 的成分分析項目有 NO_3^-，SO_4^{2-}，NH_4^+等陰陽離子，金屬元素，EC 與 OC 等項目，然 EC 與 OC 僅反映有機物質的碳含量，並無提供有機成分訊息。而細懸浮微粒的形成有一部分是源自於有機前驅物經過光化反應而形成，必須揭露出有機物成分才有可能進一步推論光化學演變過程，鑑定排放源，或透露旅行歷程。我們在 $PM_{2.5}$ 樣品上發現遠比 PM_{10} 更多更爲複雜的有機成分，可能是因為 $PM_{2.5}$ 有更多的光化衍生歷程。
21	$PM_{2.5}$ 金屬成分能代表特定污染排放特徵，在簡報或報告中對於汽機車燃燒排放著墨較少，是否能補充說明?工業排放是否能細分依金屬特徵?	$PM_{2.5}$ 金屬元素雖能代表特定污染源排放，但有些較高濃度金屬元素常無專一性或獨特性，較低濃度金屬元素常接近偵測極限，本計畫將蒐集更多文獻來源，儘量以數種金屬元素來標定特定污染來源，如：相對高濃度的 K, Pb, Ba, Sr 代表炮竹煙火來源。
22	$PM_{2.5}$ 有機成分在報告中列出許多定性成分，不知未來在定量上呈現與應用?未來是否能與 OC1、…、OC4 之比較。	目前的分析技術無法將分析的成分歸屬於碳成分分析的 OC1、…、OC4，但可由 OC1 的揮發性最高，推論其為低碳數有機成分；OC4 的揮發性最低，推論其為高碳數有機成分。待有機物分析技術成熟，分析樣本較多，或許可篩選單一種有

項目	審查意見	意見回覆
		機碳成分極高樣本，比較當天有機物分析結果，也可約略得出有機碳成分(OC1、…、OC4)對應的有機物。
23	在與環保署測站比對上，環保署資料是否為校正後之監測值?若是，其結果呈現應以團隊結果為標準，作為提供 EPA 校正係數修正之可能。	本計畫採樣的 $PM_{2.5}$ 質量濃度係與環保署另外的每 3 天一次手動採樣結果。基本上，環保署自動測站監測值即是以每 3 天一次手動採樣結果進行修正。
24	空品不良區分為境外移入與本地排放擴散不良，不知在成分分析上是否有其特殊性?	一般而言，境外移入 SO_4^{2-} 濃度會有加強，本地排放擴散不良 NO_3^- 濃度會較高，惟有時候可能是多種成因的匯聚造成 $PM_{2.5}$ 濃度的上升。
25	P.17，離子層析儀標準操作程序，建議參考 P.35 金屬成分分析程序撰寫方式補充。	謝謝委員指正！本計畫已經依照委員建議辦理補充。
26	有部分內文格式錯亂(P.49、P.56、P.58、P.96)，建議修正。	謝謝委員指正！本計畫已經修正。
27	目前 $PM_{2.5}$ 成分資料已上傳至 CDX，而成分監測（測試）網站所展示的資料也已從 CDX 介接取得，未來應每月固定時間上傳（如月底上傳 3 個月前資料），以利網站維運承商能設定自動存取（如每月第 1 天），未來網站公開後也可加註更新時間，使民眾較能掌握。如後續資料有重複檢驗、修正亦可更新上傳。	本計畫將儘量遵照月底上傳 3 個月前資料的作業型態辦理 $PM_{2.5}$ 化學成分資料上傳。
28	本計畫有機物化學分析之工作項目為先前立委要求，請在 9 月開議前提供重點摘要，以利備詢之用。	目前有機物已經建立萃取方法，立委垂詢進度，本計畫王家麟教授樂意提供成果。
29	目前已有特殊事件日的案例分析，是否可以整理純交通污染的重金屬成分趨勢。	本計畫已在桃園市中壢區進行先導性採樣分析，期望可整理出純交通污染重金屬成分趨勢。
30	特殊事件日的污染濃度相當高，請另分析非特殊事件情況，污染事件特徵類型請分析包括「純污染累積」、「境外污染」及「北中南差異」等。	本計畫將持續彙整分析各污染事件類型特徵，並另分析非特殊事件情況。
31	請再整理提供修正和未修正濃度的偏差。	本計畫將持續彙整修正和未修正濃度的偏差數值和占比。
32	金屬元素自動儀器和手動採樣結果，可否找出幾項比對較理想的物種。	2017 年比對 40 個樣本相關性較佳(R>0.7)、高於偵測極限、且較有濃度變化的元素為 Fe, K, Sr, Cu, Zn, V, As，本年度期中報告目前只完成 10 個樣本，符合

項目	審查意見	意見回覆
		上述標準的金屬元素有 K, Cu, Zn, V。但，新增 Mn 和 Ni 符合上述標準。
33	4 月 2 日看起來應是境外污染影響，因重金屬的趨勢比較不同，請再確認。	謝謝委員指導！4 月 2 日中午 12:00 至下午 16:00 隨著風速增高，板橋站 $PM_{2.5}$ 濃度升高，CO 及 NOx 濃度低，$O_{3,max}$ 達 93 ppb，主要風向為北北西，有境外沙塵污染傳輸的特徵，當日塵土相關元素 Na、Fe、Al、Ca、Ti 濃度高，Ca^{2+}濃度也偏高。

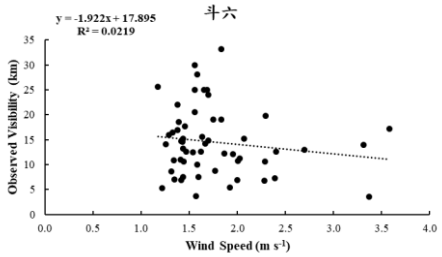
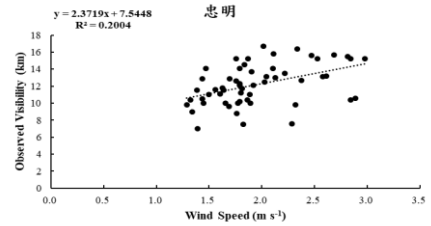
附錄三「107 年度細懸浮微粒($PM_{2.5}$)化學成分監測及分析計畫」期末報告會議審查意見及回覆

	審查意見	意見回覆
1	本計畫已執行第 3 年，工作內容符合規劃，就實際執行成果在污染事件成因評估，由消光係數推估能見度影響等，也將有助於未來制定空污之管制策略。	本計畫雖為常規 $PM_{2.5}$ 化學成分監測，但仍將監測結果所呈現的環境意義充分地進行解析，期望有助於未來制定空污管制策略。
2	P.346，Ti、Cr、Ni 等元素，受限於自動儀器偵測極限較高，若要評估自動/手動檢測結果，可能需要將自動儀器分析間隔時間加長。未來有需求時，可增加測試所關注元素需要加長的間隔時間。	金屬元素自動儀器(Xact 625i)監測，經過以手動採樣搭配 ICP-MS 檢測，2017 年在雲林縣麥寮與大城地區共 4 季比對，相關性較佳(r>0.6)的金屬元素有 As、Ba、Ca、Cu、Fe、K、Mn、Pb、Rb、Sr、Ti、V、Zn，其中 V、As 相關係數(R)高達 0.9，斜率分別為 0.84 與 0.65 (ICP-MS 值為 X 軸)。2018 年在高雄市小港站比對 42 個樣本，相關性較佳(r>0.6)的金屬元素，分別是 Zn、Ba、V、Cu、Pb、K、Mn 等污染源指標，大多是常見的指標金屬元素，因此定性上仍具有參考價值。兩年的比對具有交集的金屬元素是 Zn、Ba、V、Cu、Pb、K、Mn。
3	P.351─結論 2.手動採樣 $PM_{2.5}$ 濃度與自動監測濃度的比對，得出 $PM_{2.5}$ 濃度季節變化趨勢一致，但比值如何?或平均值差值如何?	為回覆這個問題，本計畫在期末報告定稿本 4.3.1 節，新增表 4.3.1 比較本計畫手動採樣與環保署自動監測與常規手動採樣 $PM_{2.5}$ 濃度比對。結果顯示：各站每 6 天 1 次手動採樣結果與環保署自動連續監測濃度於各測站整年度約有± 2 $\mu g\ m^{-3}$ 的差異，各測站普遍是自動監測大於手動採樣濃度果(比值大於 1)。5 個測站各季節質量濃度與環保署常規手動採樣結果相當一致，濃度間僅有 $\pm 1\ \mu g\ m^{-3}$ 的差異，即使是低濃度的花蓮站，仍然維持極低差異，小港站由於環保署未架設常規手動採樣點，因此無數據比對結果。手動採樣彼此間比較結果與自動監測比較結果；手動採樣結果與環保署手動採樣結果相當一致，濃度比值趨近於 1，其餘請詳見期末報告定稿本 4.3.1 節。

	審查意見	意見回覆
4	中央大學團隊已依規定進行相當多之檢測分析、模擬、研發檢測方法等成果豐碩，工作值得肯定與嘉許。	謝謝委員肯定！
5	對於主要指標污染物，在摘要-1 中板橋交通指標元素為 Sn，摘要-2 中交通排放為 Zn、Ba、V、Cu，簡報列出 Cu、Mo、Cr 等，並不相同。請說明其差異。另簡報 P.13，主元素來源之元素項目請再查。	機動車輛排放有尾氣排放、車輛組件於車行磨耗、車行揚塵等，所排放金屬元素繁多，很難有專一性，本計畫儘量蒐集各種文獻，交通指標元素 Sn 是因為輪胎和剎車磨損(Lin et al., 2015)，Zn 為輪胎和剎車磨損 (Sternbeck et al., 2002；Hjortenkrans et al., 2007)，Ba 和 Cu 為輪胎和剎車磨損 (Birmili et al., 2006；Sternbeck et al., 2002)，V 為車輛油料燃燒(Lin et al., 2015)，Mo 為汽車尾氣、輪胎磨損(Lin et al., 2015)，Cr 為輪胎、剎車磨損(Sternbeck et al., 2002)。為了增加辨別性，未來還可探討特定污染源不同元素比值特徵。
6	對於本計畫中之分析(簡報 P.18 高污染案例中)，區域污染大多來自北部污染傳輸之狀況，是否再深入探討。	區域污染大多來自北部污染傳輸狀況是指中部忠明站的區域傳輸是來自北部污染的傳輸。
7	對於事件成因 3/3 在地污染，板橋之值遠高於其他地區，在各成分上 NO_3^-亦高於其他區域二倍以上，其原因及來源請協助了解。	3/3 板橋站在地污染事件成因在期末報告各處多有說明，茲將各處敘述彙整如下： 以大尺度來看：3 月 3 日台灣北方有一低壓，氣流受到低壓牽引，導致台灣西部地區位於背風側，風速較低、擴散條件不佳，中午過後中部地區氣流來向為台灣海峽，並由西向東吹拂，使污染物不易擴散。這天除了高屏地區與花蓮地區以外，各西部都會區 0 時開始便存在相當高 $PM_{2.5}$ 濃度，較高的起始濃度與擴散條件不佳的影響下，使這天北部至中部地區都達到春季採樣期間最高濃度。 以板橋站監測資料來看：3 月 3 日當天擴散條件不佳，前日適逢元宵假期，各地施放煙火，導致環境中殘留相當高 $PM_{2.5}$ 濃度，監測資料顯示自 3 月 2 日夜間開始，污染物濃度增幅已經相當明顯，3 月 3 日 0 時風速甚低，不利污染擴散，環境中更

	審查意見	意見回覆
		是殘留較高 $PM_{2.5}$ 濃度，上午時段 $PM_{2.5}$ 濃度雖短暫隨風速上升，但盛行風向為西北風，可能反而將林口一帶工業排放傳輸至板橋，傍晚至夜間又因擴散條件差導致濃度上升。這天的高污染事件主要成因為前天污染殘留及環境擴散條件不佳。 檢視板橋站 $PM_{2.5}$ 化學成分：3 月 3 日有相當高濃度 NO_3^-，值得注意的是，當日 NO_x 峰值發生在夜晚且濃度接近 120 ppb，當日平均相對濕度高於 3 月其他觀測日，因此高濃度 NO_3^-可能有來自夜間 N_2O_5 水解現象。金屬元素成分中則可發現 Sr 及 Cu 等元素有明顯的增加趨勢，這些元素常做煙火、炮竹指標元素，推測事件日期間適逢傳統節日，鄰近地區的慶祝活動將導致這些微量元素的增加。較高的 Ni 與 V 則可能來自重油燃燒所產生的指標元素。
8	本計畫在檢測方式及程序上宜詳細建立及記錄，以作為未來檢測及比較之參考。	本計畫在檢測方式及程序上均有詳細紀錄彙整在隨附光碟內。
9	PMF 受體模式中的因子，其他兩個重要因子：「硫酸鹽與燃燒排放」及「硝酸鹽與燃燒排放」，是否可將「燃燒排放」獨立出來?	「燃燒排放」是指工業鍋爐燃燒油料和煤碳，其特徵成分多為金屬元素。由於 PMF 受體模式模擬時，是將 $PM_{2.5}$ 所有化學成分放進來，當因子剖面含有工業鍋爐燃燒油料和煤碳的特徵金屬元素成分時，便會命名為「燃燒排放」。
10	第五章結論，可否增加建議內容?	本計畫將增加相關建議。
11	表 4.6.2 自動儀器與手動採樣金屬元素濃度迴歸相關係數，請說明表中"---"的意義。	---代表可共同量測金屬元素，但自動儀器低於定量偵測極限過多者，本計畫已經在定稿本表 4.6.2 及 4.6.3 分別加註在表頭說明文字內。
12	自動儀器與手動採樣金屬元素濃度迴歸相關係數，Ba 達 0.86，但是兩者的差異百分比(RPD，%)高達 80%(表 4.6.2)，請檢視數據是否正確。	Ba 的自動儀器與手動採樣金屬元素濃度迴歸相關係數雖達 0.86，但是兩者的差異百分比(RPD，%)高達 80%，從圖 4.6.2 兩種儀器相關性分析可看出，自動儀器監測濃度低估，造成 RPD 偏高。

	審查意見	意見回覆
13	P.30 PMF 結果在台北有各因子之佔比，其中硫酸鹽、硝酸鹽之燃燒排放是否可歸因於特定污染源?團隊對於該結果是否有信心下一定論。	這個部分是有困難的，因為 PMF 只能推估出大類，無法歸因於特定污染源。
14	該研究比對 43 天的自動與手動金屬檢測，有些金屬手自動間相關性不錯，大部分則否。在最後結論上，研究團隊會如何建議自動金屬分析儀器在未來之適用性?	經過 2017 和 2018 年兩年的比對，自動金屬元素監測儀器在 2017 年金屬元素 As、Ba、K、V、Zn，差異百分比小於 45%，2018 年金屬元素 Cu、K、Mn、Pb、V、Zn，差異百分比小於 40%。兩年共同有的交集是 K、V、Zn，這三種金屬元素可將自動儀器監測濃度視為等似手動採樣的監測濃度。其餘相關性較佳元素(r>0.6)則可用來比較不同時間自動儀器監測值的相對大小，以瞭解污染源排放相對強度。
15	手動成分分析通常耗費人力、經費，自動金屬分析儀是不錯的開始，對於監測技術之發展，除金屬外，未來建議應把 OC/EC 及離子自動監測方法也納入，讓國家在 $PM_{2.5}$ 成分自動監測技術往前推進一步。	OC/EC 及離子自動監測在過去超級測站都有設置，現今 OC/EC 自動監測儀器主要為光學法，和手動採樣使用的燃燒法有所不同；水溶性無機離子自動監測在技術上相對成熟，但專業人力維護仍然是一件吃重工作。
16	不是很清楚利用 IMPROVE 方程式推估能見度與本土氣象因子推估能見度，在不同方法上表現結果，未來是要解決何種問題?及未來之應用?	兩種方法不同點在於：IMPROVE 方程式連結 $PM_{2.5}$ 化學成分、氣象因子、氣體成分推估大氣能見度，不必先有能見度，且每種因子都能有不同程度的貢獻；迴歸模式則是以 $PM_{2.5}$ 化學成分、氣象因子、氣體成分解釋觀測能見度變異，需先有能見度，而且常常只能選入解釋程度較大因子。目前氣象局觀測能見度多以人工和短光徑消光儀進行，前者受限於觀測頻率和目標物距離，後者代表性較不足。IMPROVE 方程式推估能見度可和較有代表性的長光徑消光儀進行比較，瞭解影響因素大的因子，這是長光徑消光儀所無法得知者。
17	P.16 圖 3.1.9，「$PM_{2.5}$ 氣膠樣本採樣前處理」流程中，部分文字方塊內容為空白，建請確認。	這個缺失是報告印製錯誤，會在定稿本特別注意。

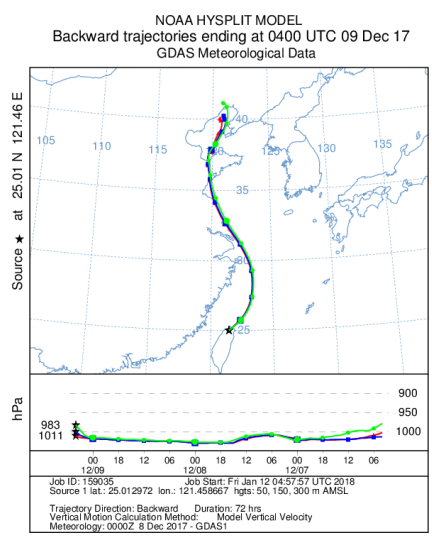
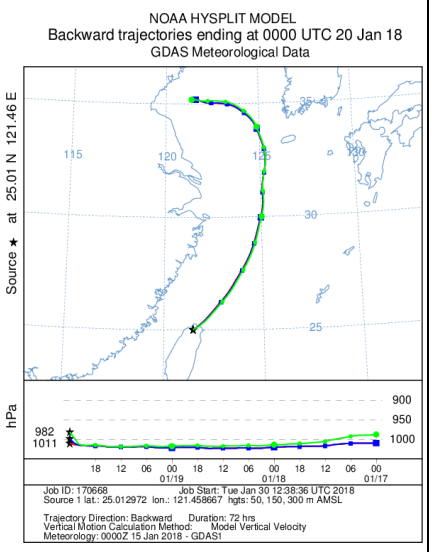
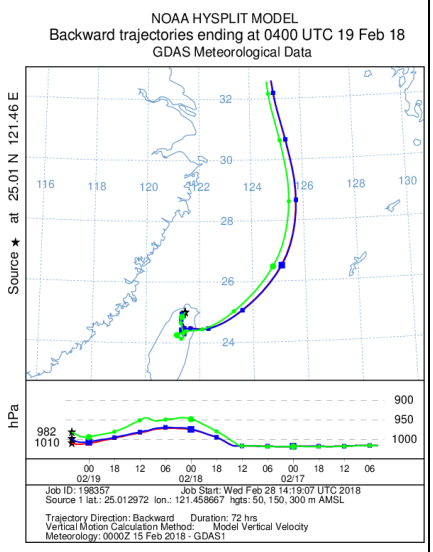
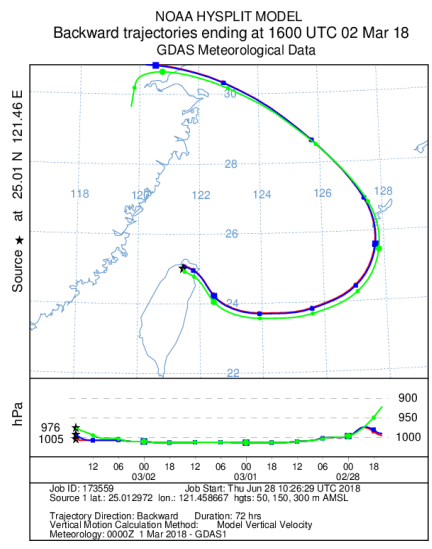
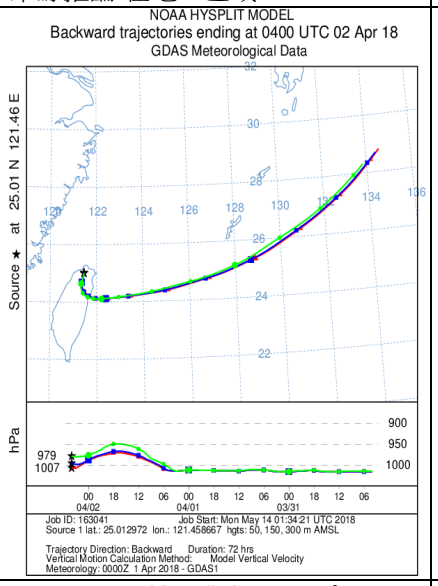
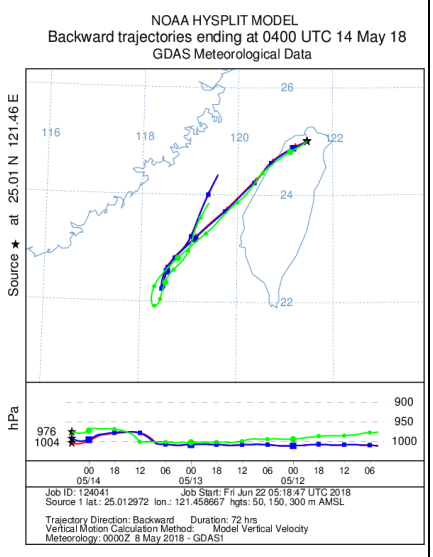
	審查意見	意見回覆
18	2017 年各站能見度影響因子迴歸式是只有使用 2017 年資料?還是有加入 2016 年資料?與 2016 年比較，2017 年自變數幾乎皆變成 SO_4^{2-}（部分增加 OC），請說明 NH_4^+（2016 年板橋、小港）影響減少的原因；另請說明斗六站的風速增加，能見度卻下降之原因。	各年度各測站能見度迴歸式影響因子都是使用當年度數據，使用的統計方法都是 Backward Stepwise Regression，所篩選出的自變數都是對能見度變異有最大解釋能力者，有些未被選入自變數其實也是具有解釋能見度變異能力，惟將與具有最大解釋變異能力的自變數造成共線性(重複解釋能見度的變異)，因而在迴歸過程遭到剔除。因此，各年度所篩選的自變數不盡相同。SO_4^{2-}在大氣中通常是與 NH_4^+結合，當 SO_4^{2-}被選入模式時，NH_4^+通常不會被選入以免造成共線性。 風速通常有助於環境擴散，隨著風速增加，能見度會下降。本年度斗六站風速和能見度成反比關係，和忠明站得到的結果不同，其原因可能是斗六站風速約略與能見度有負相關如下圖一，忠明站風速也被選為顯著自變數，下圖二顯示風速和能見度有正相關。斗六站附近氣象局由於沒有能見度觀測資料，能見度是取自嘉義站，或許也造成一些誤差。 **圖一**  **圖二** 
19	有機碳(OC)中的有機物，那些群組在質量上比較多，可與管制作為的關聯性?	有機物的分析在本年度主要是分析方法的建置，分析出的有機物尚未能進行數量統計，後續將檢視占比較大有機物群組以連結管制作為。

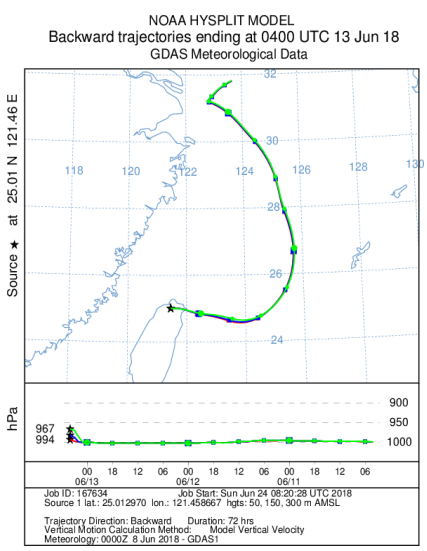
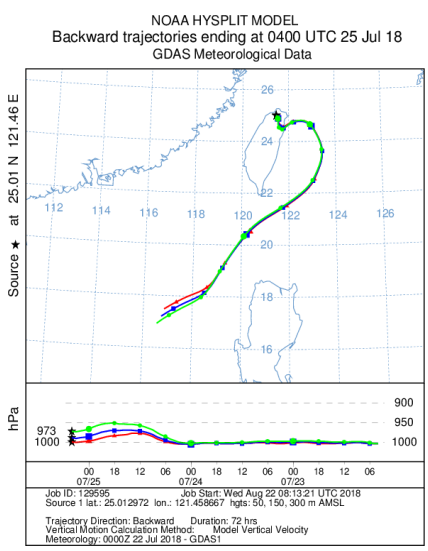
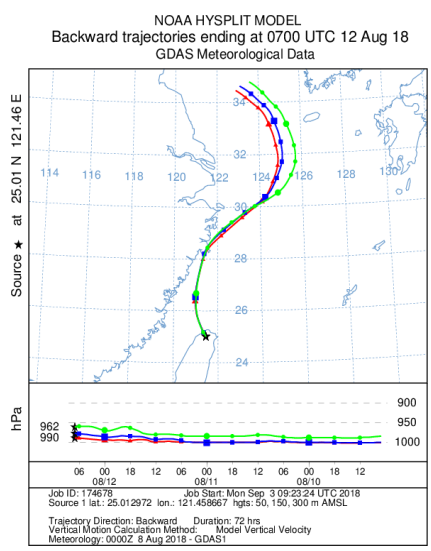
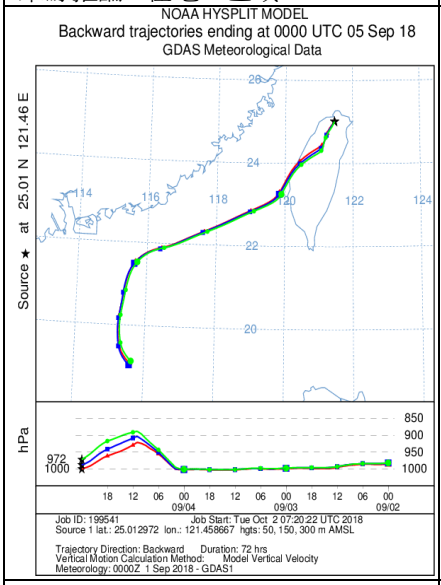
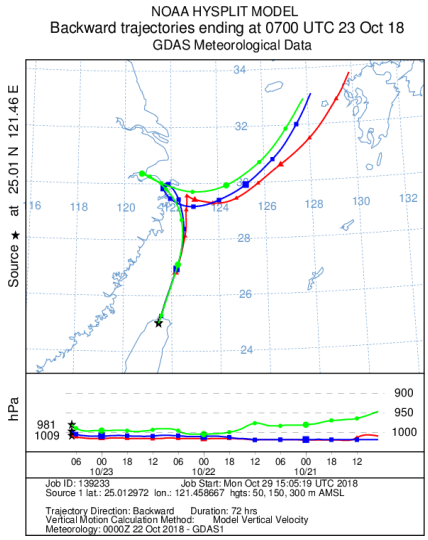
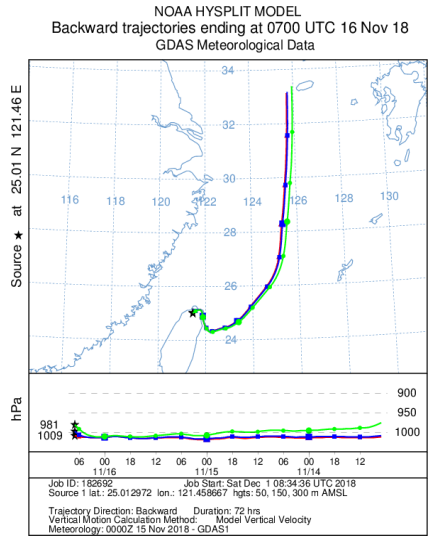
	審查意見	意見回覆
20	請再整理 $PM_{2.5}$ 中各成分、重金屬在空氣好時和空氣有變異（如本地污染累積、境外污染傳輸、特殊節慶活動等）的差異?以時間、空間來做分類。	各測站各季節 $PM_{2.5}$ 各成分事件與當季非事件採樣日比較列於定稿本表 4.3.18，彙整來說，冬季污染事件各站 SO_4^{2-}和 NO_3^-增量相當，但小港站 SO_4^{2-}和 NO_3^-的增量較其他測站低，可能與小港站冬季平均污染濃度較高有關，元素 Co、Zn、Ni 及 As 的增量是各站較為明顯的物種，並且增量幅度多在 90%以上，針對這些金屬元素來源管制，可能有助於降低冬季污染濃度。 綜合春季各測站污染事件增量成分，可以發現春季以 NO_3^-的增量最為明顯，碳成分中則以 EC 增量較大，似乎暗示春季污染事件大多數與在地污染事件為主，而增量的 EC 則可能與交通排放有關，特別是柴油引擎車輛，各類型指標元素的增量，除了揚塵指標元素外，各地區 Co、Cu、As、Se 增量幅度最為顯著，增量幅度都在 1 倍以上，並且為各站都增量的成分，顯示交通排放與燃煤燃燒對於春季污染物濃度的貢獻十分顯著。 綜合秋季各站污染時期特徵可發現，NO_3^-與 Cl^-隨污染事件而濃度增量明顯，特別是硝酸鹽放大的現象更為明顯，此外 SO_4^{2-}雖然也有增量，但幅度較小。中部及雲嘉地區受到季風傳輸影響導致濃度增加，但小港站仍以在地排放的影響性較為顯著。另外，雲嘉地區秋季有生質燃燒、工業排放及交通污染，板橋站則沒有出現污染事件。
21	請再檢視報告中錯字及誤植之文字，並予以調整或刪除。	感謝委員提醒，本計畫將再檢視報告中錯字及誤植文字予以修正。

附錄四 監測地區各月份 $PM_{2.5}$ 濃度最高日與污染時期(濃度大於 35 μg m^{-3})逆軌跡圖與及採樣期間污染物時間序列變化

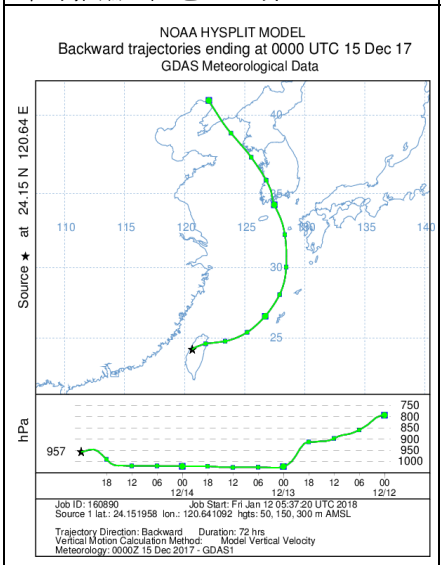
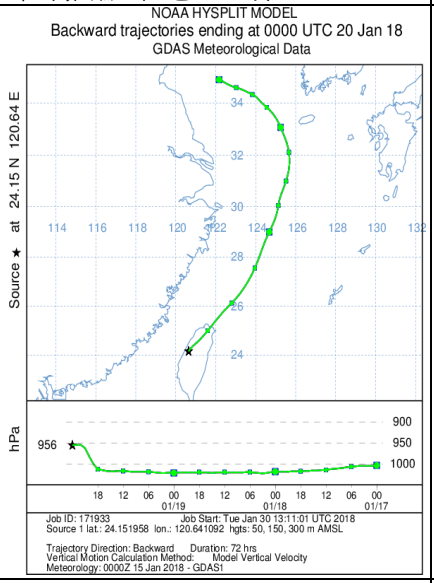
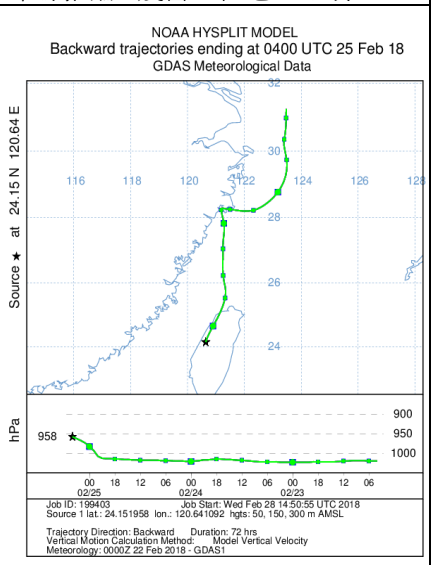
(一) 逆軌跡圖

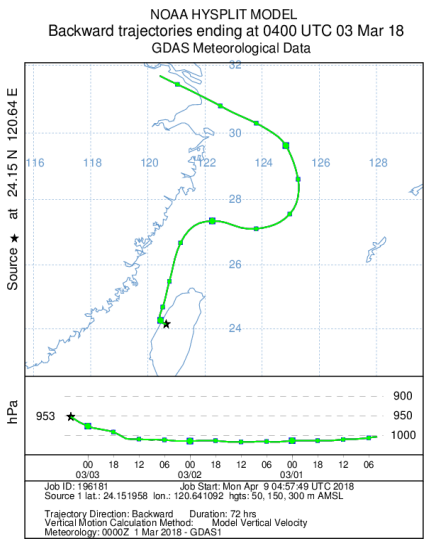
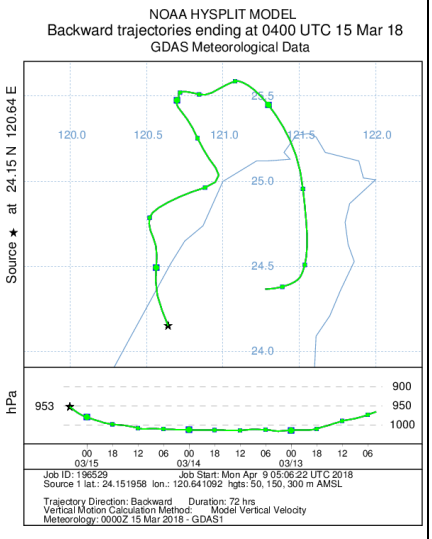
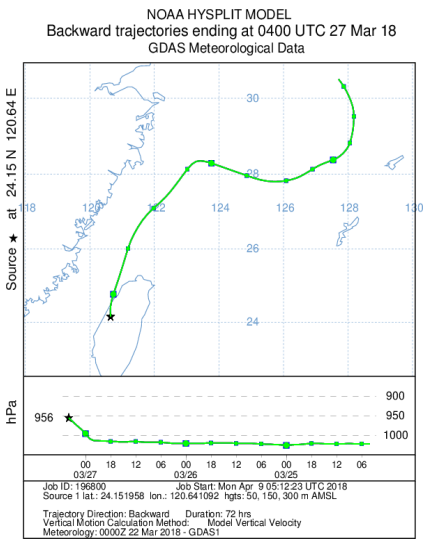
1． 板橋站

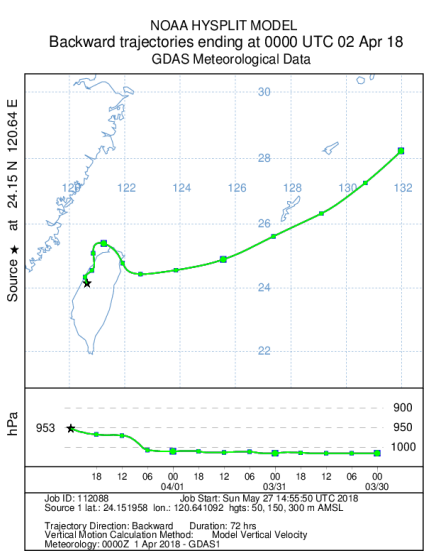
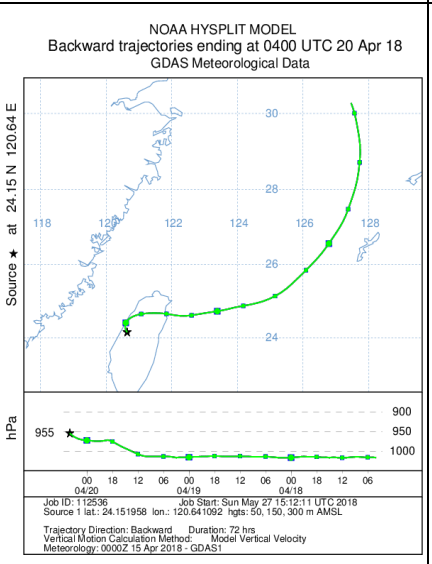
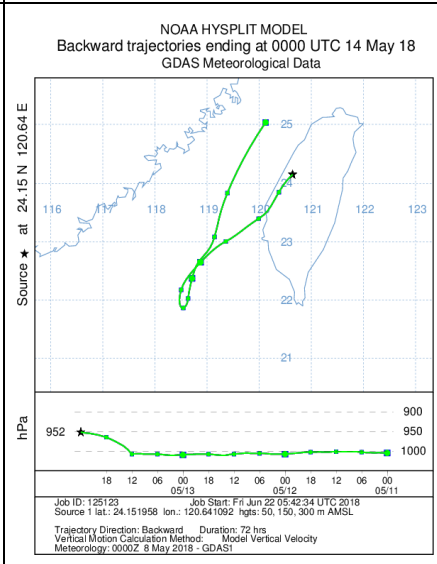
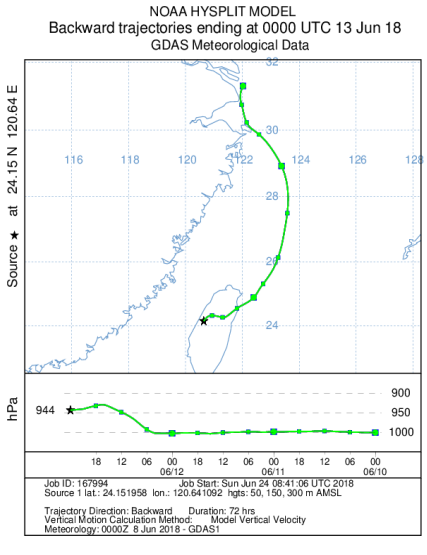
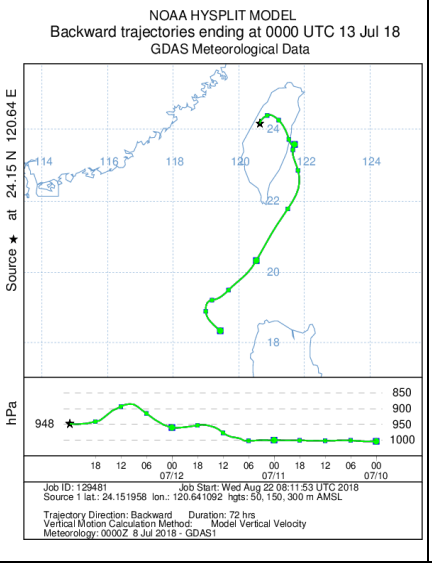
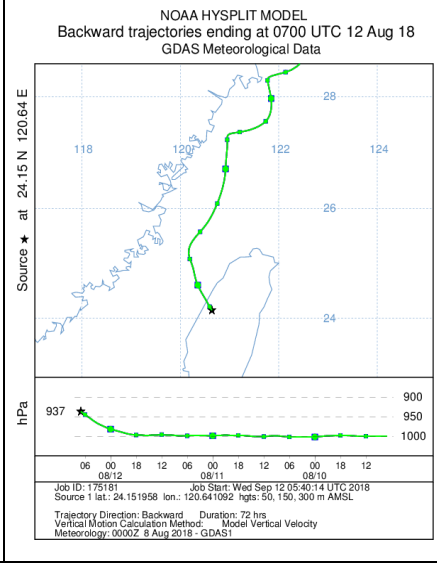
12 月 9 日	1 月 20 日	2 月 19 日
來源推論:在地	來源推論:在地、區域	來源推論:殘留、在地、區域
		
$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	$PM_{2.5}$ 質量濃度(μg m^{-3})
自動：15 手動：16	自動：37 自動：37	自動：37 手動：36
3 月 3 日	**4 月 2 日**	**5 月 14 日**
來源推論:殘留、在地	來源推論:在地、區域	來源推論: 在地、區域
		
$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})
自動：66 手動：82	自動：33 手動：34	自動：28 手動：28

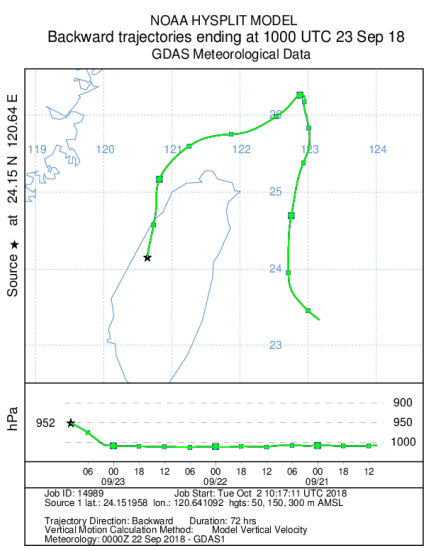
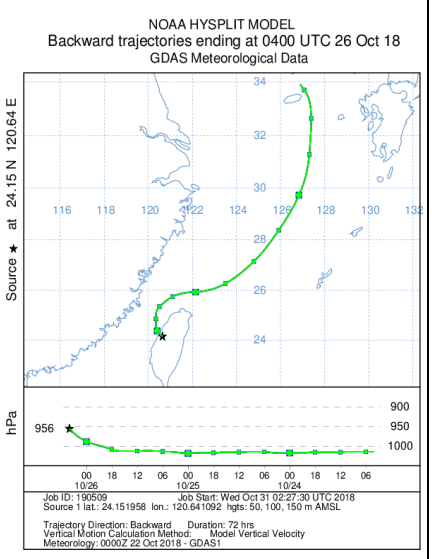
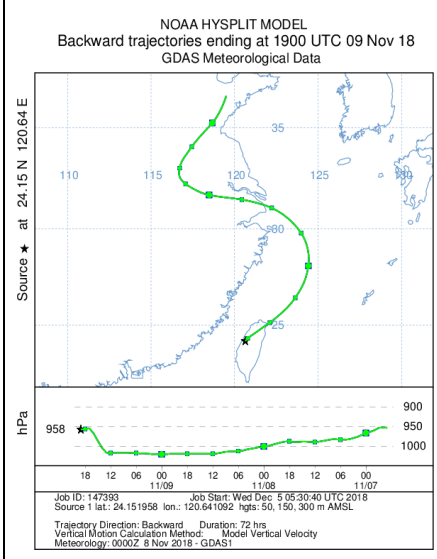
6 月 13 日		7 月 25 日		8 月 12 日	
來源推論: 在地、區域		來源推論: 在地、區域		來源推論: 在地、區域	
				
$PM_{2.5}$ 質量濃度 ($\mu g\ m^{-3}$)		$PM_{2.5}$ 質量濃度 ($\mu g\ m^{-3}$)		$PM_{2.5}$ 質量濃度($\mu g\ m^{-3}$)	
自動：21	手動：23	自動：17	手動：23	自動：22	手動：26
9 月 5 日		**10 月 23 日**		**11 月 16 日**	
來源推論: 在地、區域		來源推論: 在地		來源推論: 在地	
				
$PM_{2.5}$ 質量濃度 ($\mu g\ m^{-3}$)		$PM_{2.5}$ 質量濃度 ($\mu g\ m^{-3}$)		$PM_{2.5}$ 質量濃度 ($\mu g\ m^{-3}$)	
自動：18	手動：20	自動：21	手動：22	自動：18	手動：15

2． 忠明站

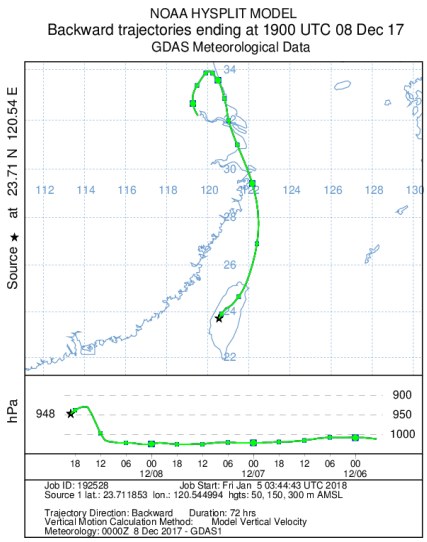
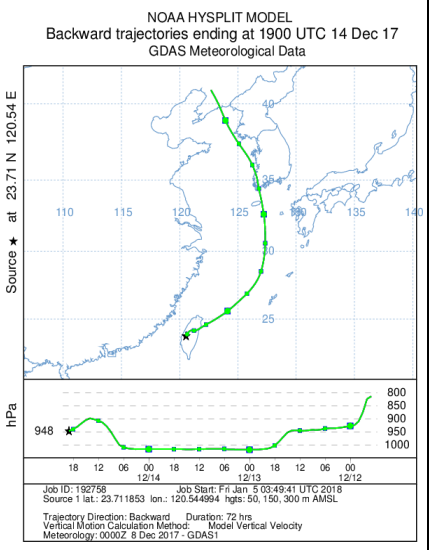
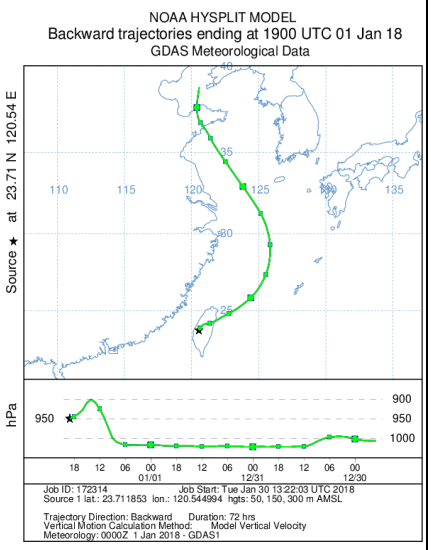
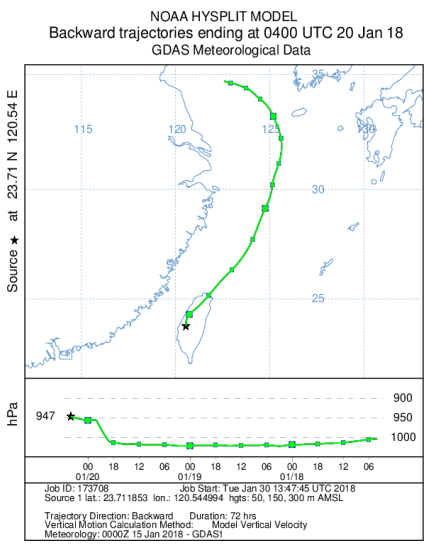
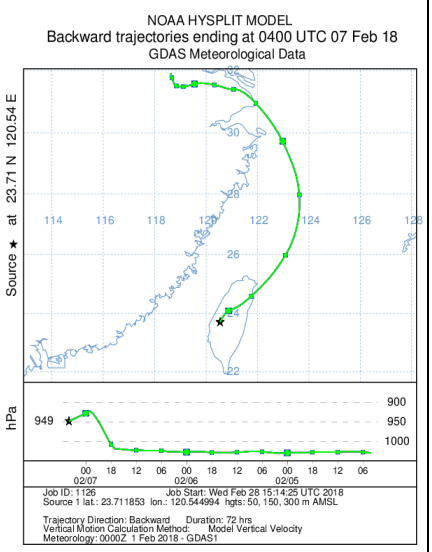
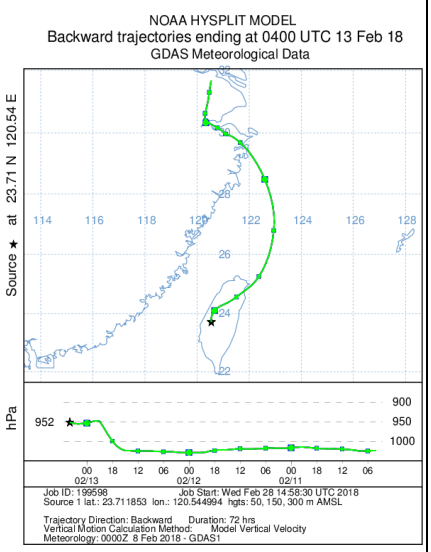
12 月 15 日	1 月 20 日	2 月 25 日
來源推論: 在地、區域	來源推論: 在地、區域	來源推論: 殘留、在地、區域
		
$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})
自動：26 手動：32	自動：38 手動：47	自動：35 手動：38

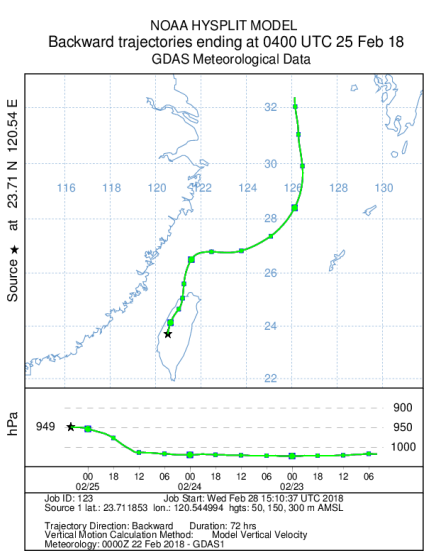
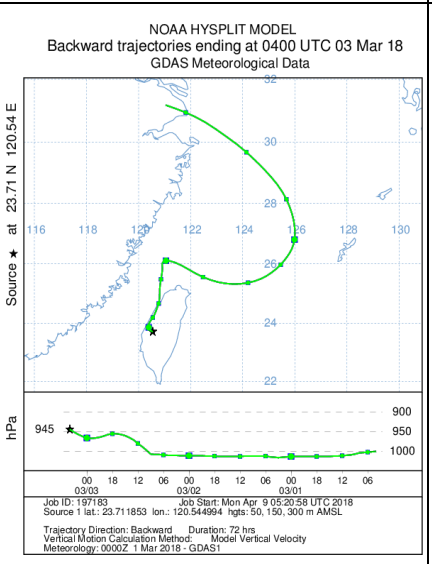
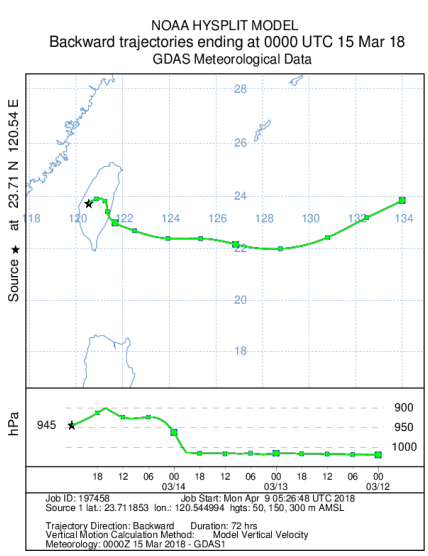
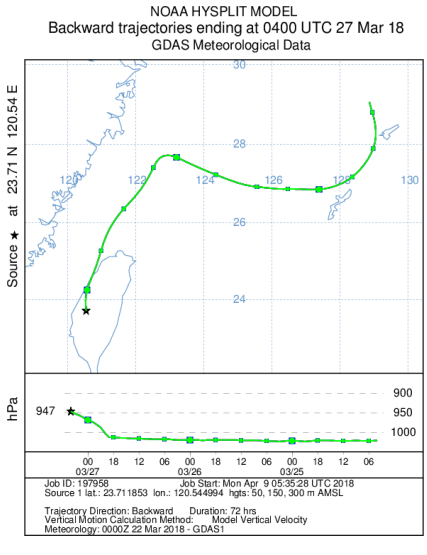
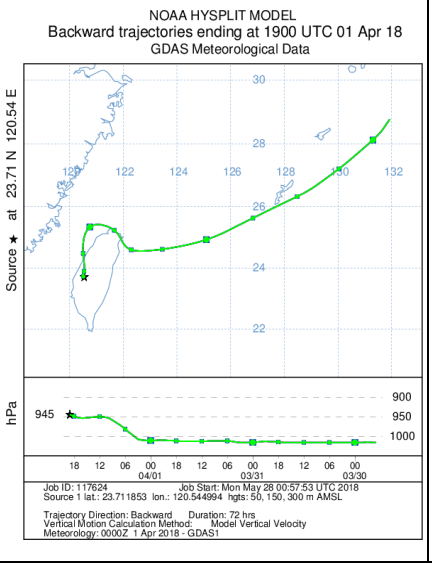
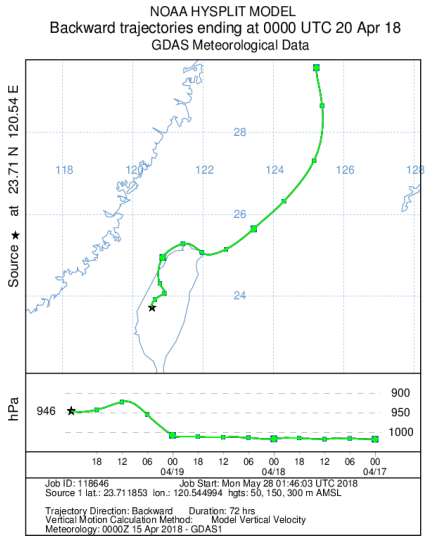
3 月 3 日	3 月 15 日	3 月 27 日
來源推論: 殘留、在地	來源推論: 殘留、在地	來源推論: 殘留、在地、區域
		
$PM_{2.5}$ 質量濃度(μg m^{-3})	$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})
自動：53 手動：55	自動：39 手動：43	自動：34 手動：36

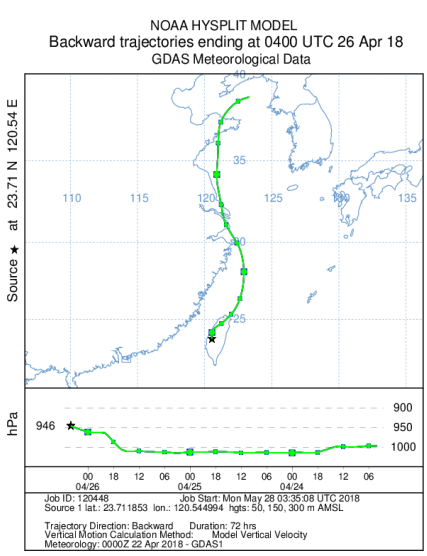
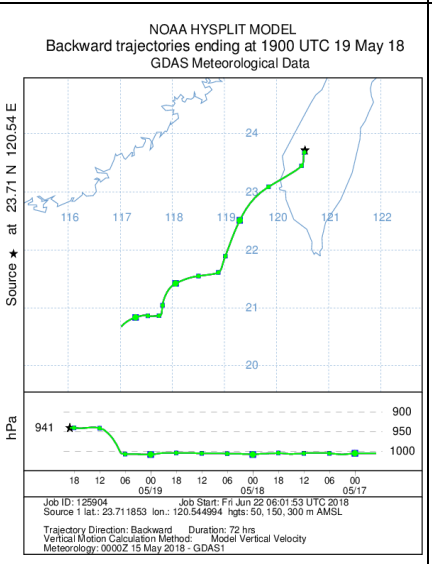
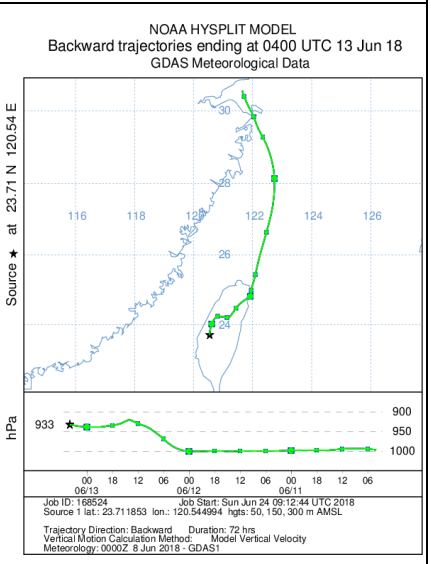
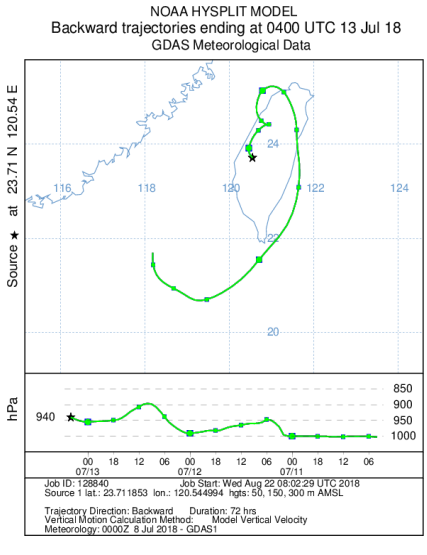
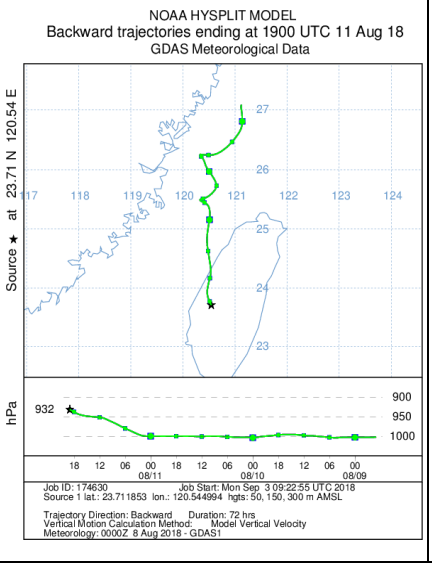
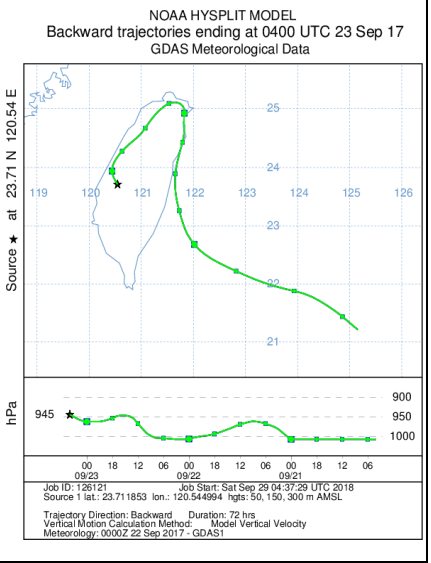
4 月 2 日		4 月 20 日		5 月 14 日	
來源推論: 殘留、在地、區域		來源推論: 殘留、在地		來源推論: 在地、區域	
					
$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	
自動：38	手動：39	自動：44	手動：47	自動：18	手動：18
6 月 13 日		**7 月 13 日**		**8 月 12 日**	
來源推論: 殘留、在地、區域		來源推論: 在地、區域		來源推論: 在地、區域	
					
$PM_{2.5}$ 質量濃度(μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	
自動：26	手動：26	自動：22	手動：22	自動：32	手動：31

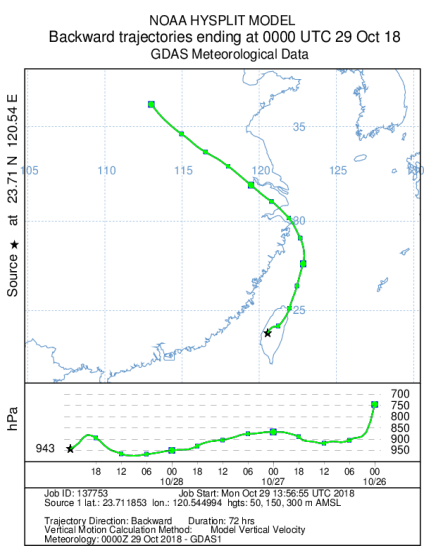
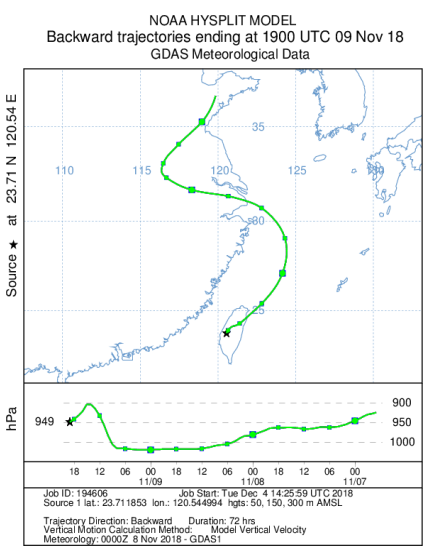
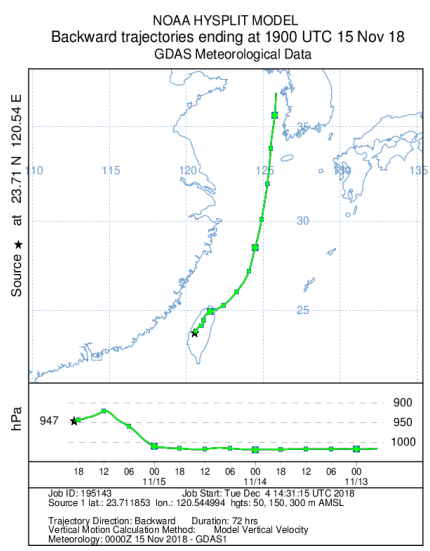
9 月 23 日		10 月 26 日		11 月 10 日	
來源推論: 在地、區域		來源推論: 在地、區域		來源推論: 在地、區域	
					
$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	
自動：27	手動：24	自動：32	自動：32	自動：34	自動：38

3． 斗六站

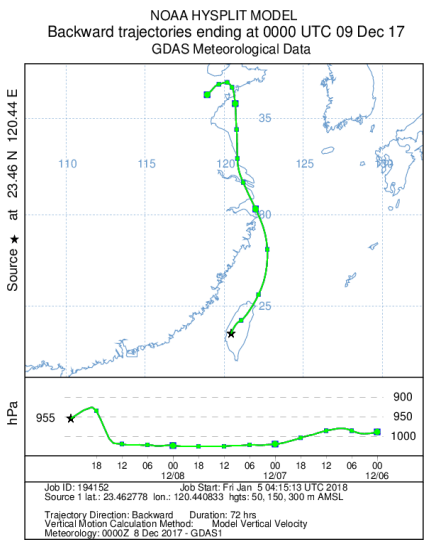
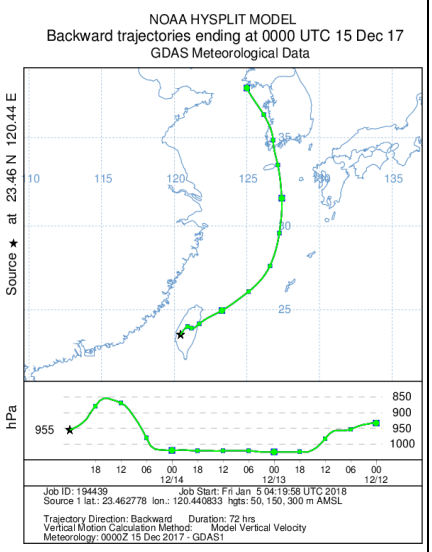
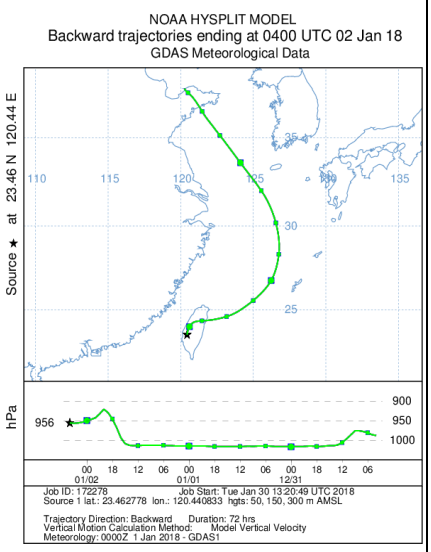
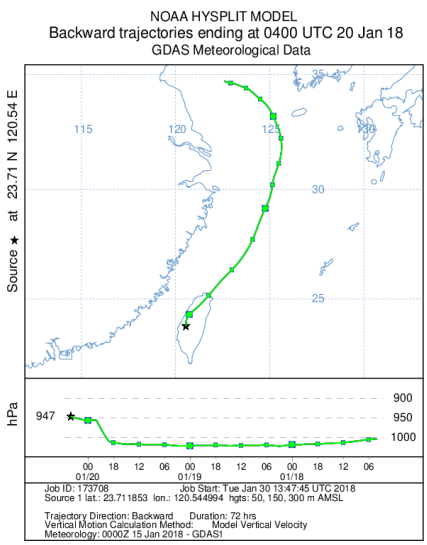
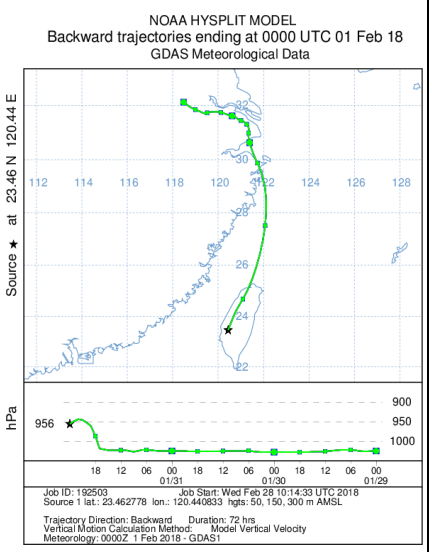
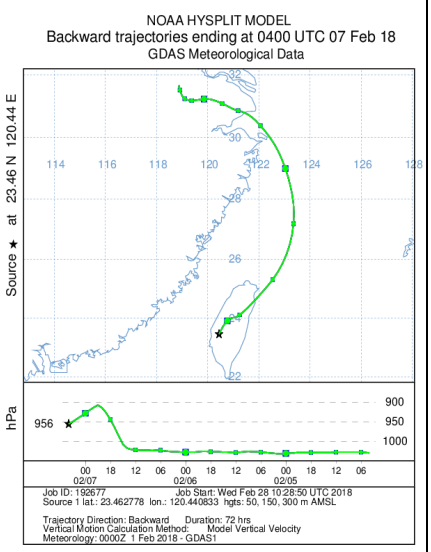
12 月 9 日	12 月 15 日	1 月 2 日
來源推論:在地	來源推論:在地、區域	來源推論:在地
		
$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})
自動：30 手動：38	自動：34 手動：45	自動：38 手動：43
1 月 20 日	**2 月 7 日**	**2 月 13 日**
來源推論:在地、區域	來源推論:殘留、在地、區域	來源推論: 殘留、在地、區域
		
$PM_{2.5}$ 質量濃度(μg m^{-3})	$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})
自動：52 手動：59	自動：40 手動：46	自動：39 手動：43

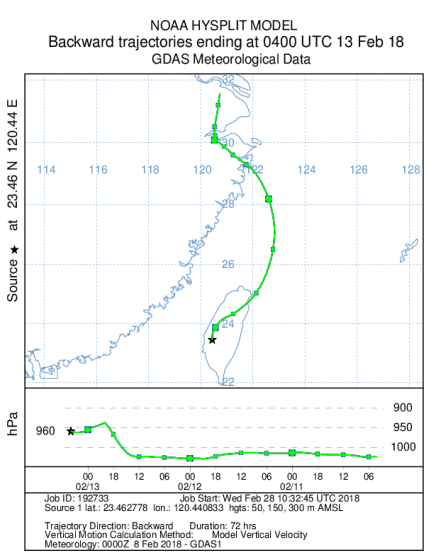
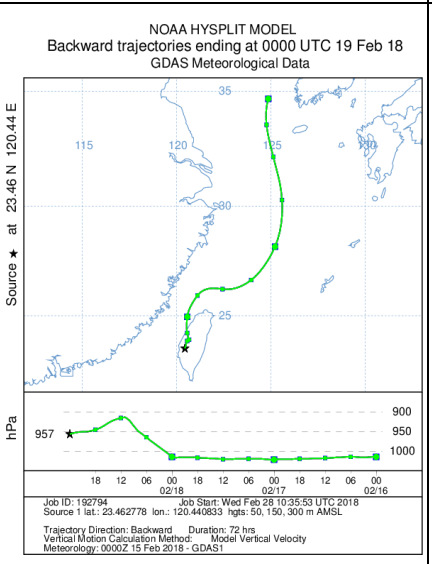
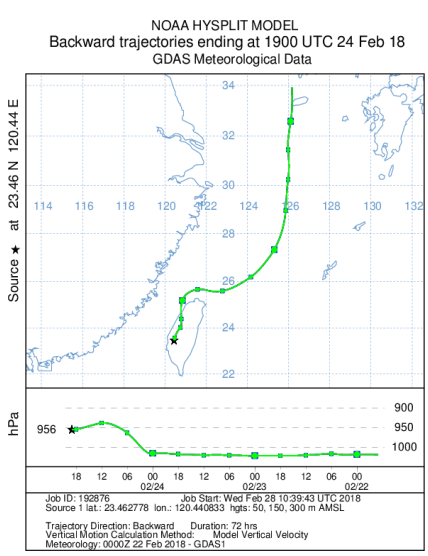
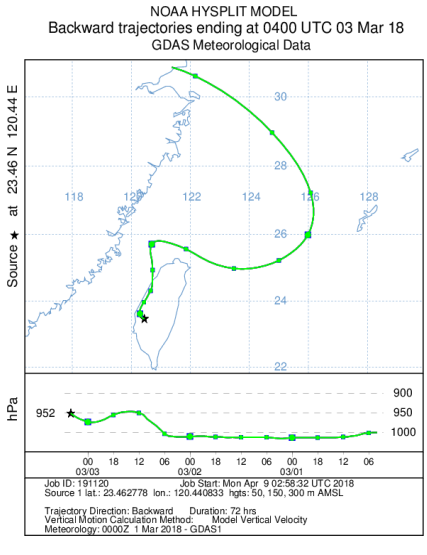
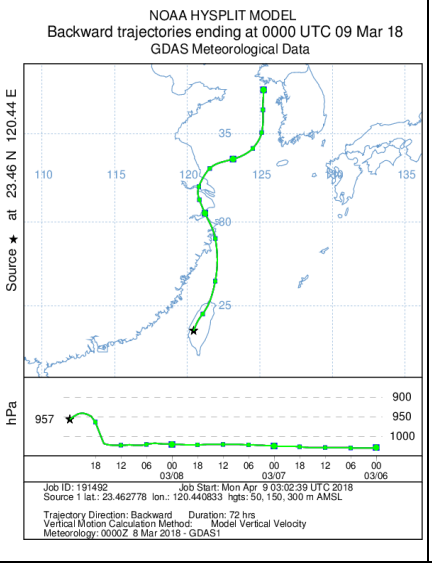
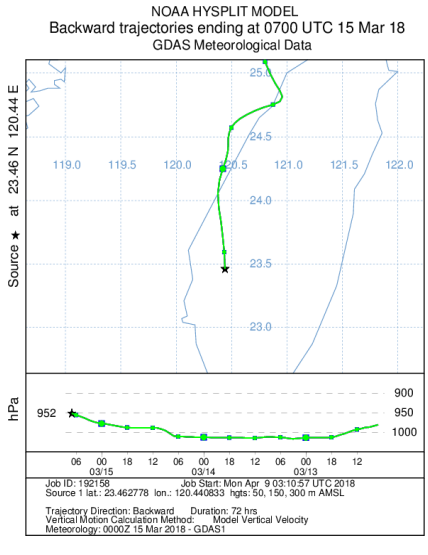
2 月 25 日		3 月 3 日		3 月 15 日	
來源推論: 殘留、在地、區域		來源推論: 殘留、在地		來源推論: 殘留、在地、區域	
					
$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	
自動：36	手動：44	自動：55	手動：53	自動：43	手動：44
3 月 27 日		**4 月 2 日**		**4 月 20 日**	
來源推論: 殘留、在地、區域		來源推論: 殘留、在地、區域		來源推論:在地	
					
$PM_{2.5}$ 質量濃度(μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	
自動：46	手動：48	自動：38	手動：35	自動：33	手動：40

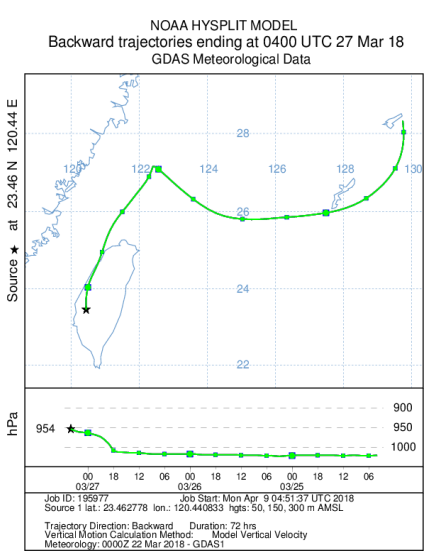
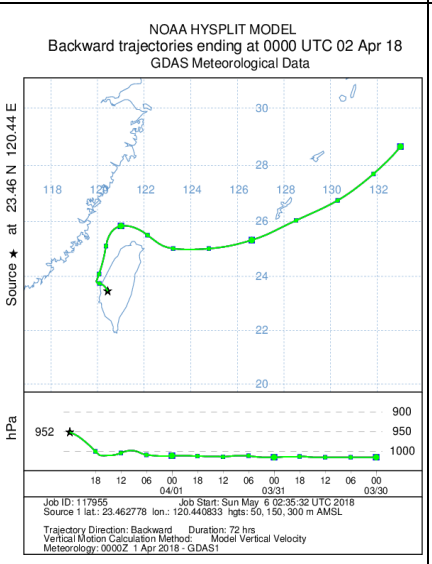
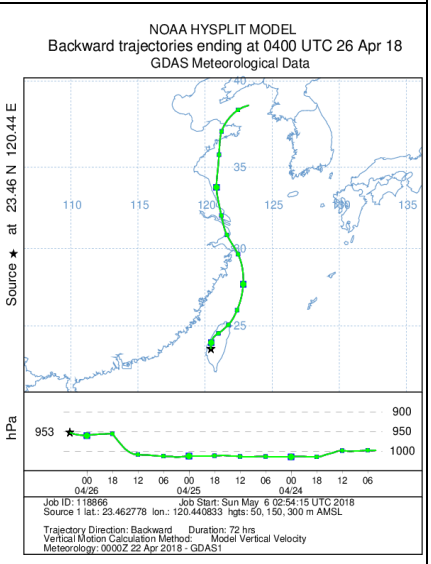
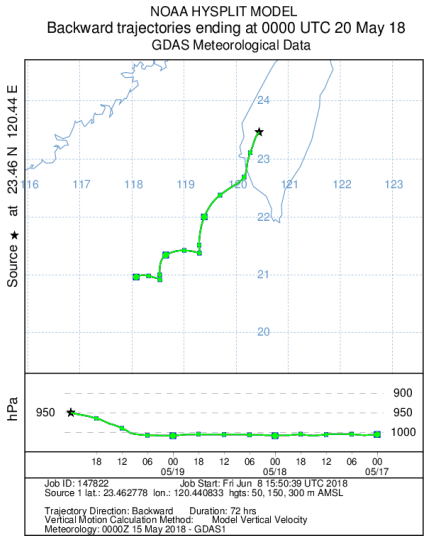
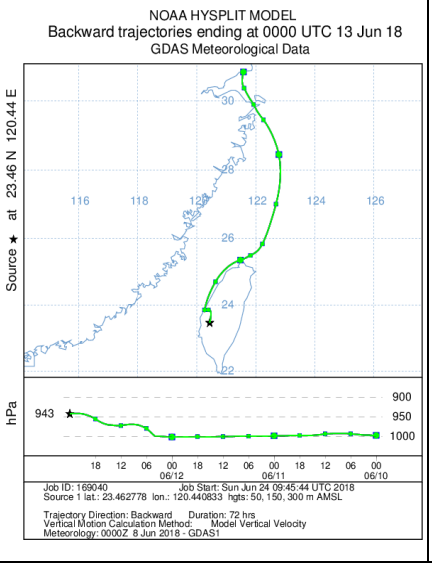
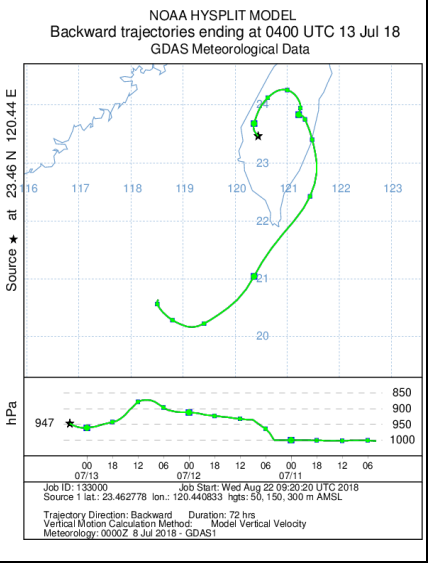
4 月 26 日		5 月 20 日		6 月 13 日	
來源推論:在地、區域		來源推論: 在地、區域		來源推論:殘留、在地、區域	
				
$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	
自動：49	手動：46	自動：21	手動：18	自動：30	手動：28
7 月 13 日		**8 月 12 日**		**9 月 23 日**	
來源推論:在地、區域		來源推論: 在地、區域		來源推論: 在地、區域	
				
$PM_{2.5}$ 質量濃度(μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	
自動：21	手動：18	自動：38	手動：31	自動：23	手動：24

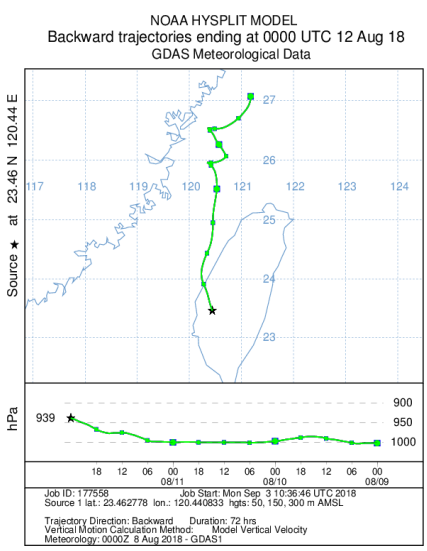
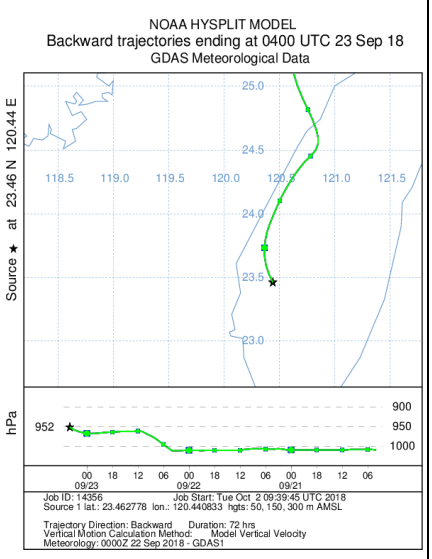
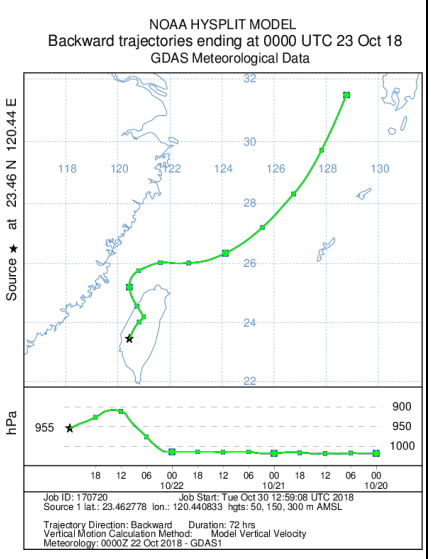
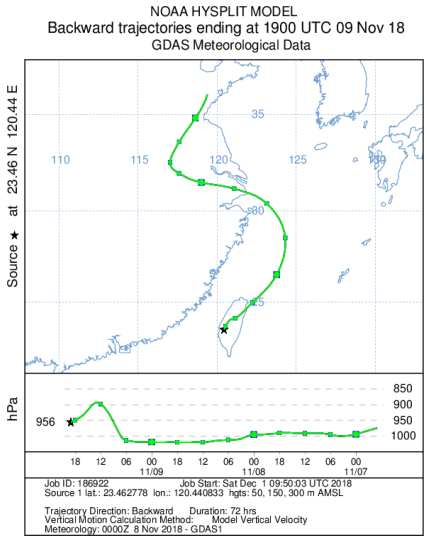
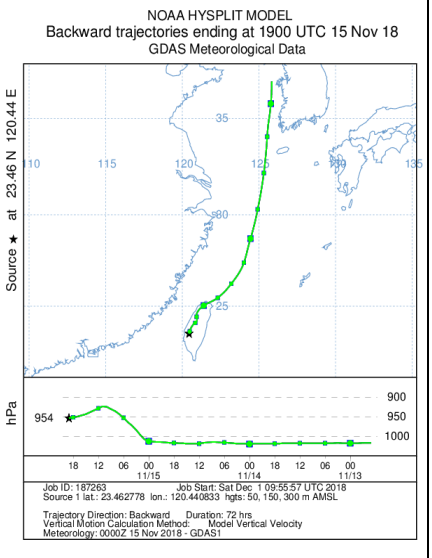
10 月 29 日		11 月 10 日		11 月 16 日	
來源推論:殘留、在地、區域		來源推論:在地、區域		來源推論:殘留、在地、區域	
					
$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	
自動：37	手動：35	自動：44	手動：45	自動：44	手動：48

4． 嘉義站

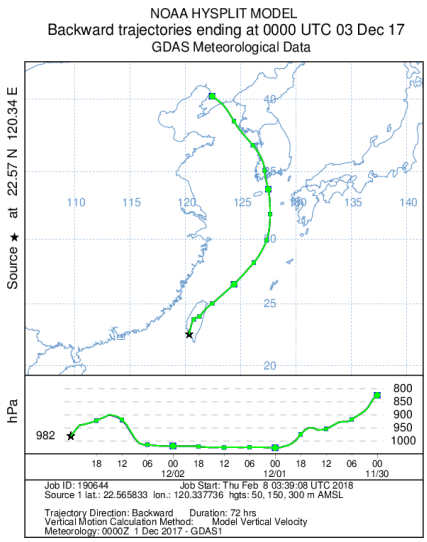
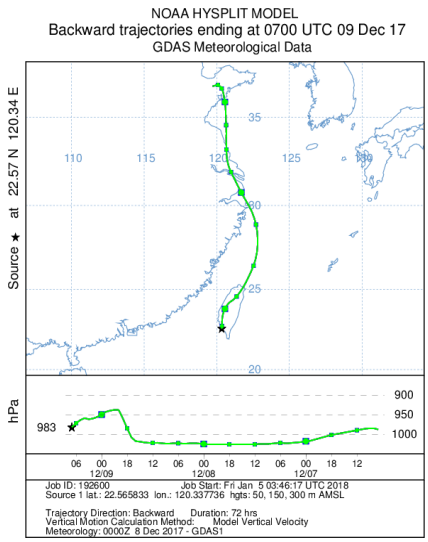
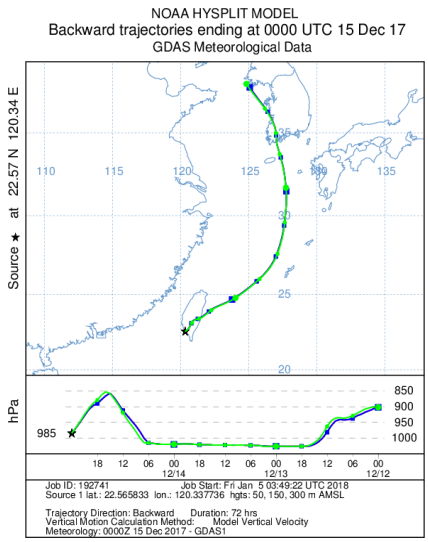
12 月 9 日		12 月 15 日		1 月 2 日	
來源推論: 在地、區域		來源推論: 在地、區域		來源推論: 在地、區域	
					
$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	
自動：34	手動：42	自動：33	手動：43	自動：41	手動：43
1 月 20 日		**2 月 1 日**		**2 月 7 日**	
來源推論: 殘留、在地、區域		來源推論: 在地、區域		來源推論: 殘留、在地、區域	
					
$PM_{2.5}$ 質量濃度(μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	
自動：59	手動：66	自動：32	手動：37	自動：48	手動：53

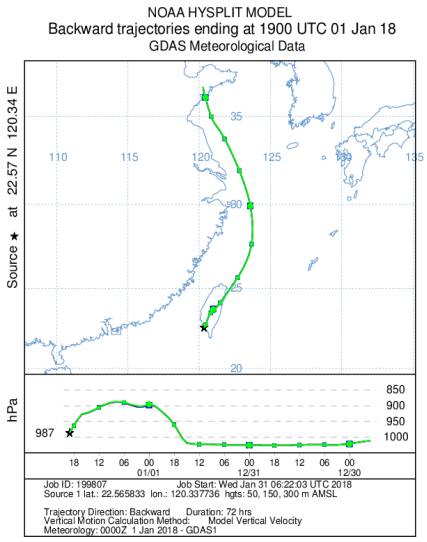
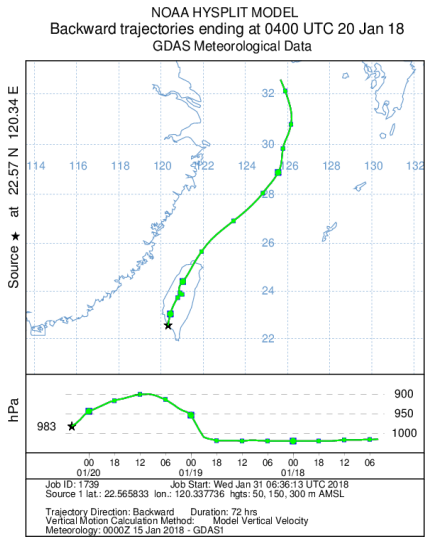
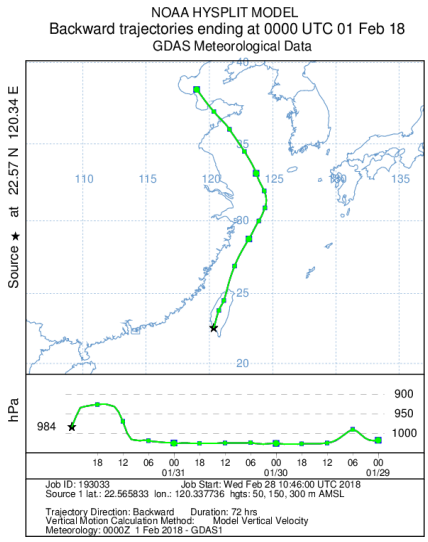
2 月 13 日		2 月 19 日		2 月 25 日	
來源推論: 殘留、在地、區域		來源推論: 在地、區域		來源推論: 殘留、在地、區域	
					
$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	
自動：37	手動：41	自動：34	手動：37	自動：45	手動：48
3 月 3 日		**3 月 9 日**		**3 月 15 日**	
來源推論: 殘留、在地		來源推論: 在地、區域		來源推論: 殘留、在地、區域	
					
$PM_{2.5}$ 質量濃度(μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	
自動：57	手動：52	自動：32	手動：35	自動：44	手動：44

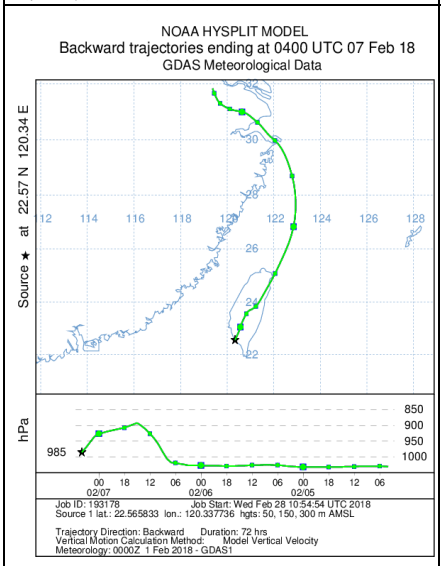
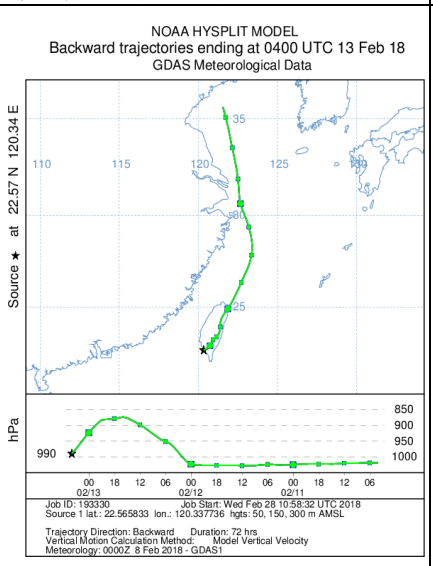
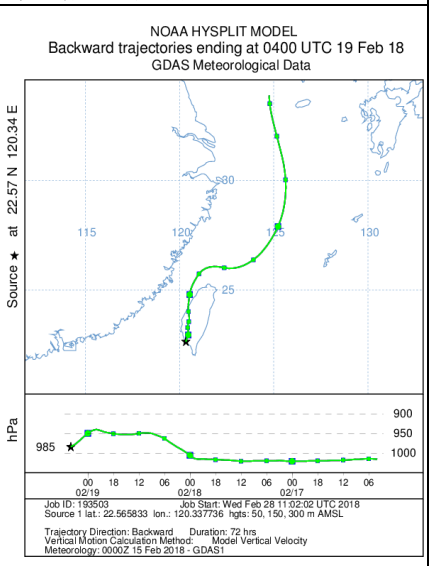
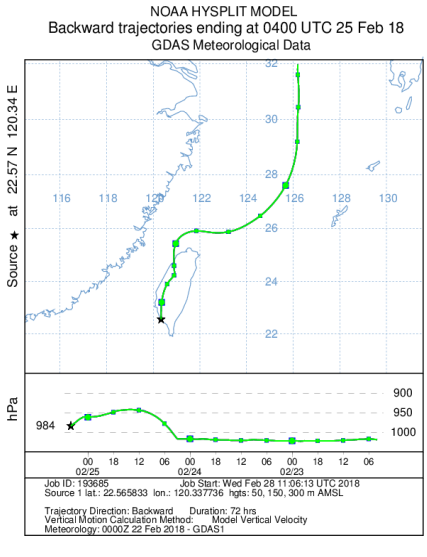
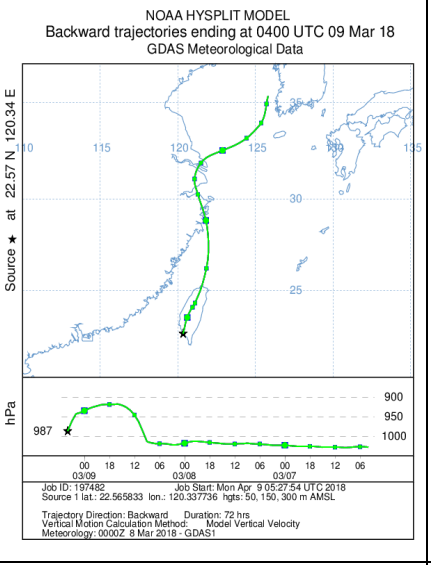
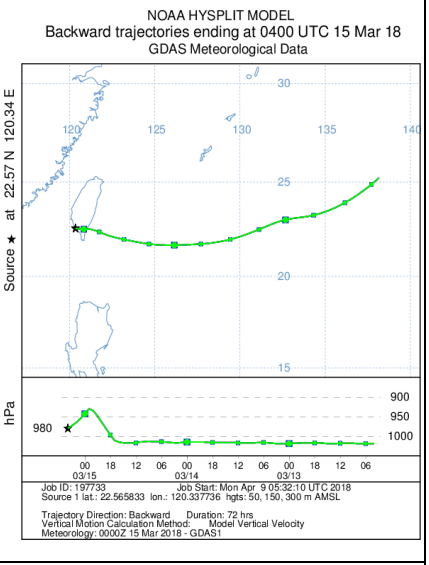
3 月 27 日		4 月 2 日		4 月 26 日	
來源推論: 殘留、在地、區域		來源推論: 殘留、在地、區域		來源推論: 殘留、在地、區域	
					
$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	
自動：47	手動：48	自動：36	手動：31	自動：50	手動：43
5 月 20 日		**6 月 13 日**		**7 月 13 日**	
來源推論: 在地、區域		來源推論: 在地、區域		來源推論: 在地、區域	
					
$PM_{2.5}$ 質量濃度(μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	
自動：19	手動：19	自動：28	手動：27	自動：19	手動：18

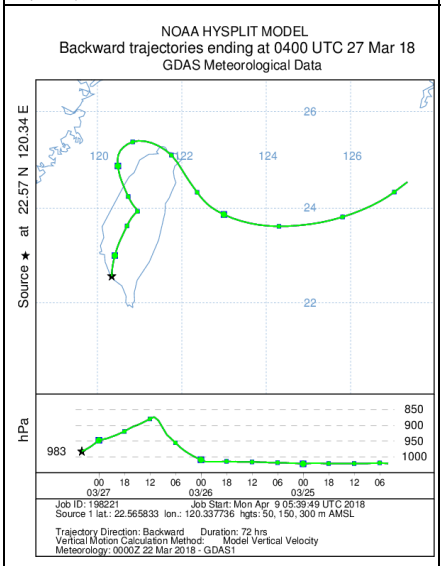
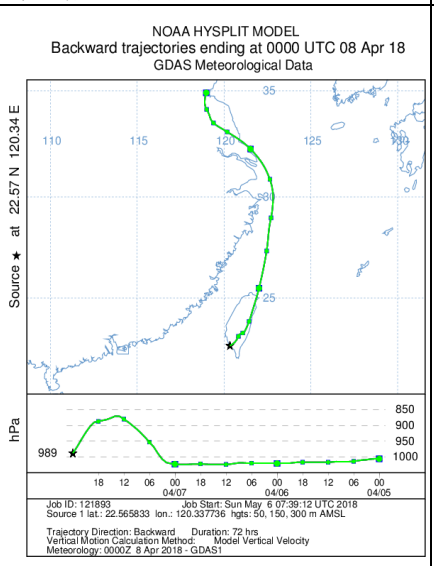
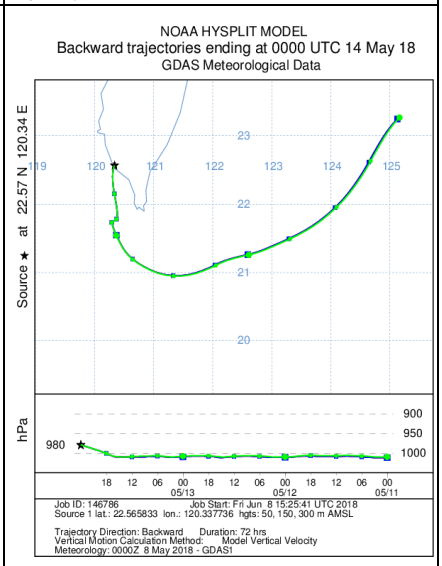
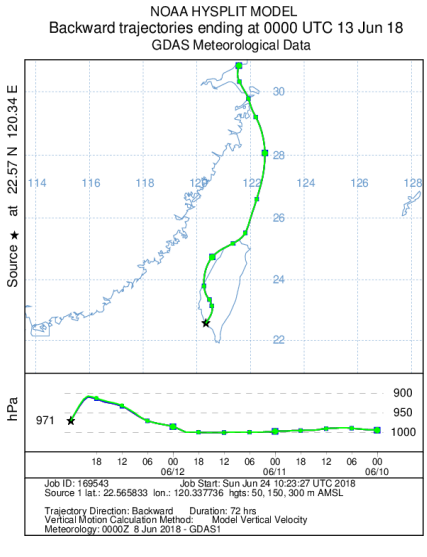
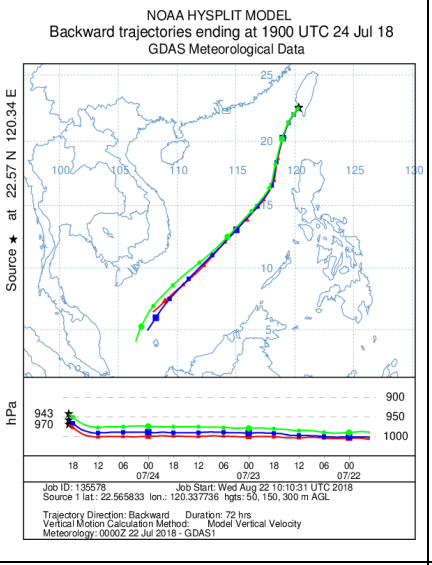
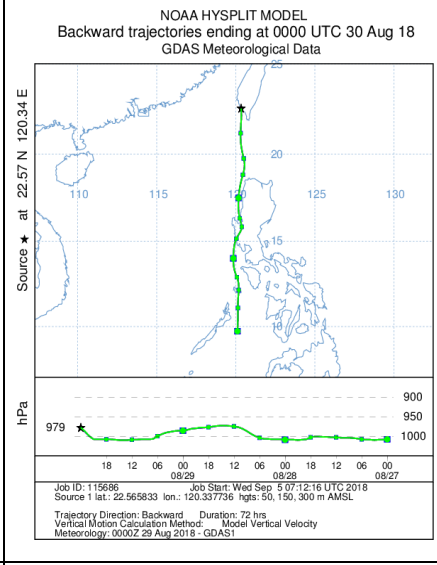
8 月 12 日		9 月 23 日		10 月 23 日	
來源推論: 在地、區域		來源推論: 殘留、在地、區域		來源推論:在地、區域	
				
$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	
自動：27	手動：28	自動：25	手動：22	自動：33	手動：33
11 月 10 日		**11 月 16 日**			
來源推論:在地、區域		來源推論:在地、區域			
					
$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})			
自動：36	手動：38	自動：47	手動：51		

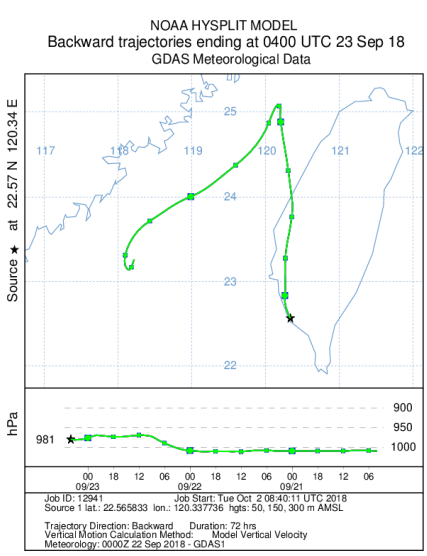
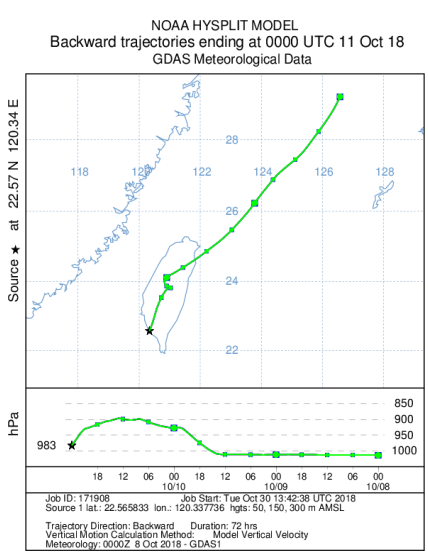
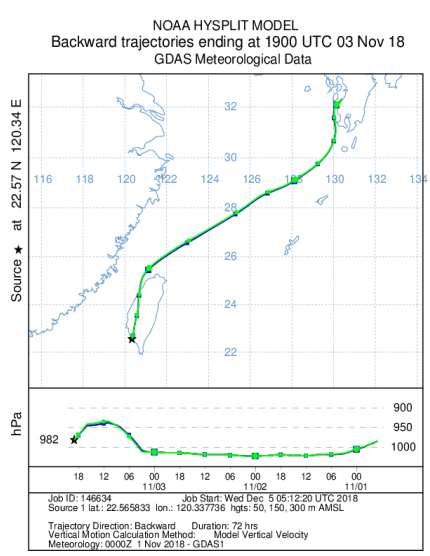
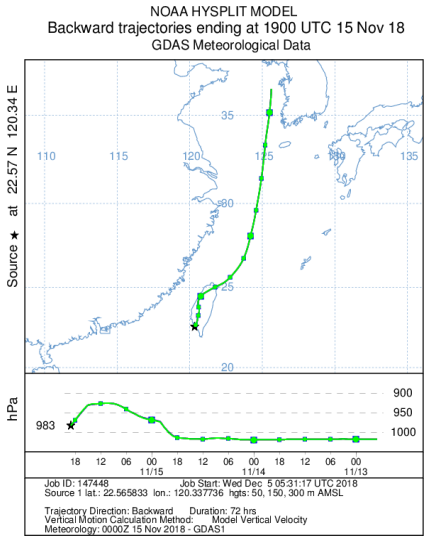
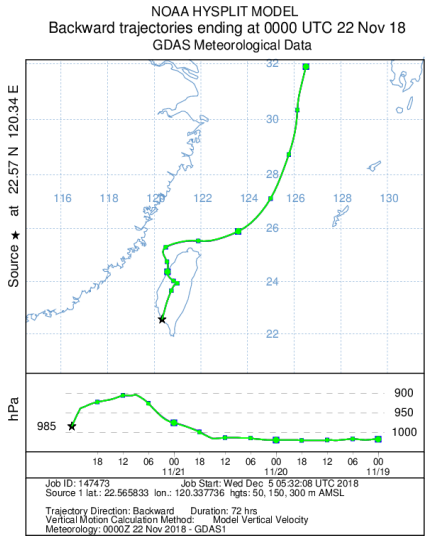
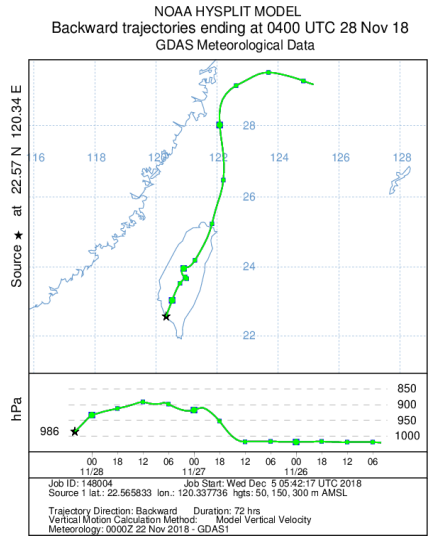
5． 小港站

12 月 3 日	12 月 9 日	12 月 15 日
來源推論:在地	來源推論: 在地、區域	來源推論: 殘留、在地、區域
		
$PM_{2.5}$ 質量濃度 ($\mu g\ m^{-3}$)	$PM_{2.5}$ 質量濃度 ($\mu g\ m^{-3}$)	$PM_{2.5}$ 質量濃度 ($\mu g\ m^{-3}$)
自動：39 手動：42	自動：47 手動：53	自動：39 手動：40

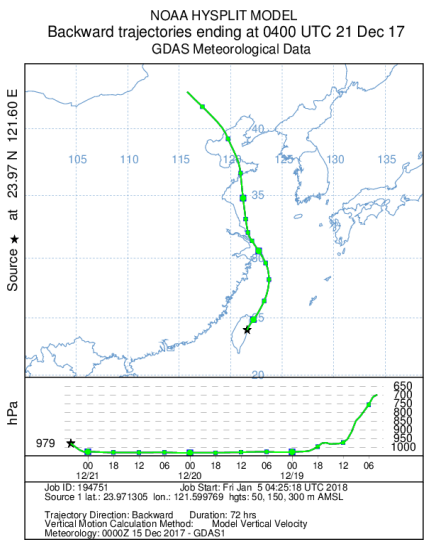
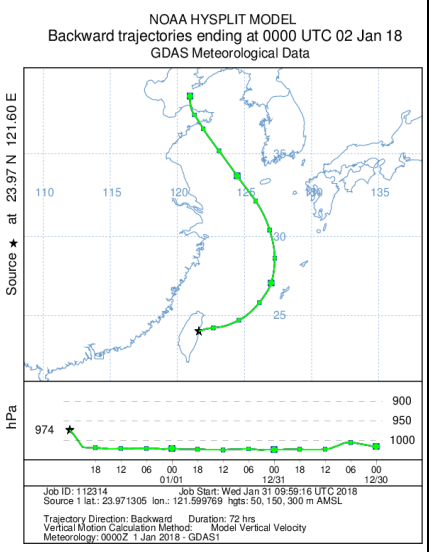
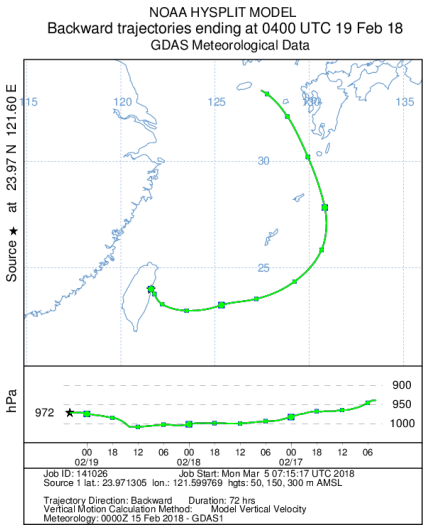
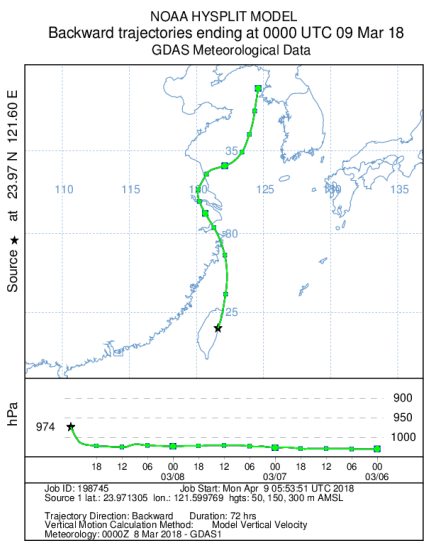
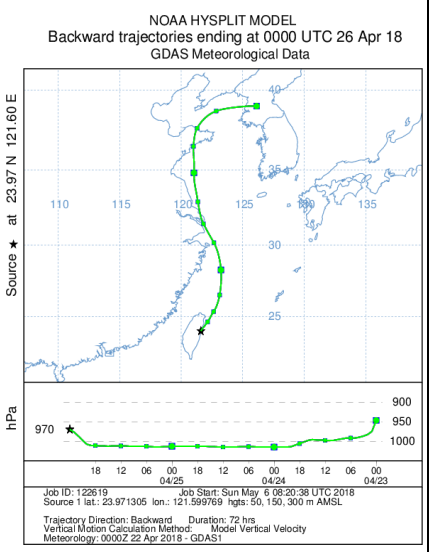
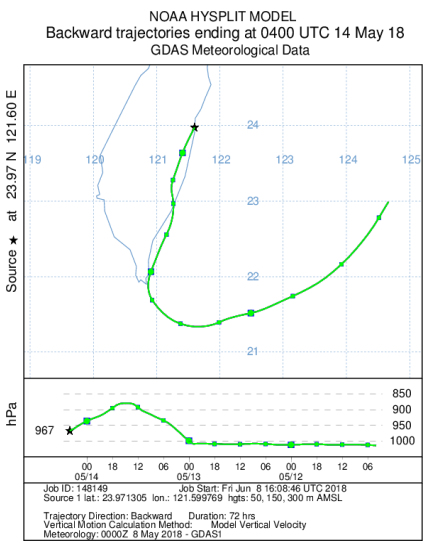
1 月 2 日	1 月 20 日	2 月 1 日
來源推論: 殘留、在地、區域	來源推論: 殘留、在地、區域	來源推論: 在地、區域
		
$PM_{2.5}$ 質量濃度($\mu g\ m^{-3}$)	$PM_{2.5}$ 質量濃度 ($\mu g\ m^{-3}$)	$PM_{2.5}$ 質量濃度 ($\mu g\ m^{-3}$)
自動：44 手動：49	自動：55 手動：62	自動：42 手動：46

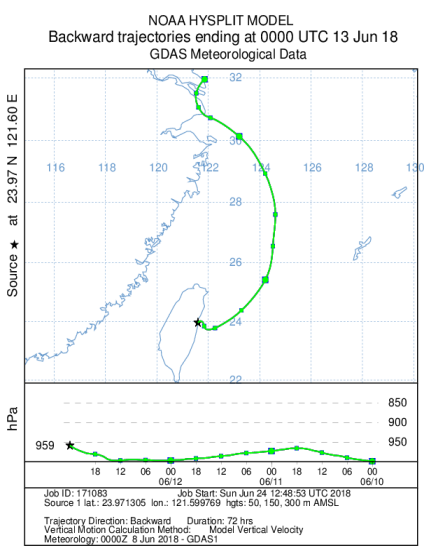
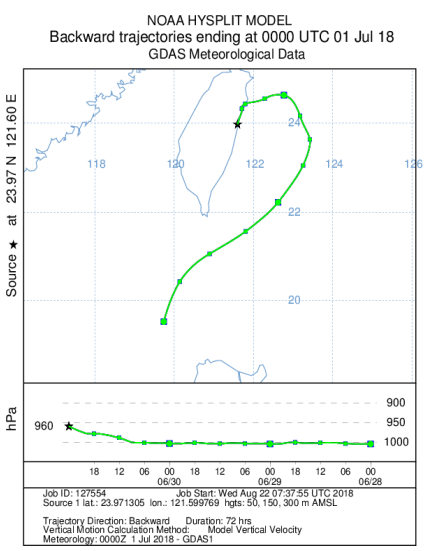
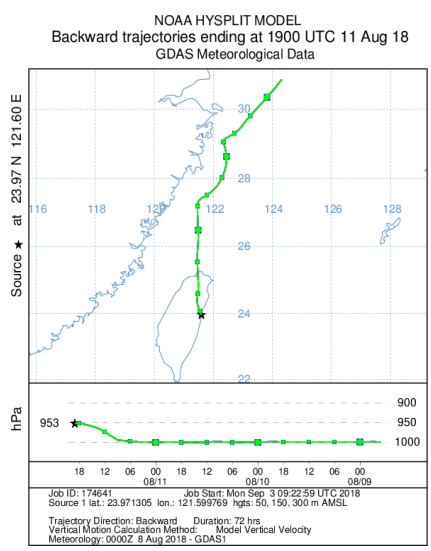
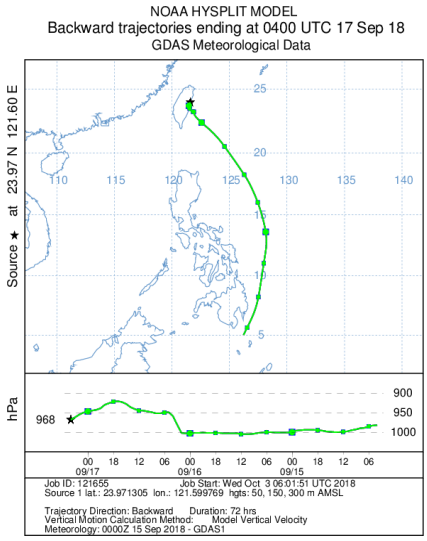
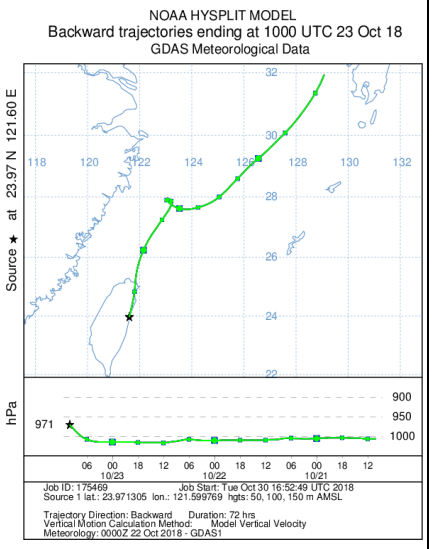
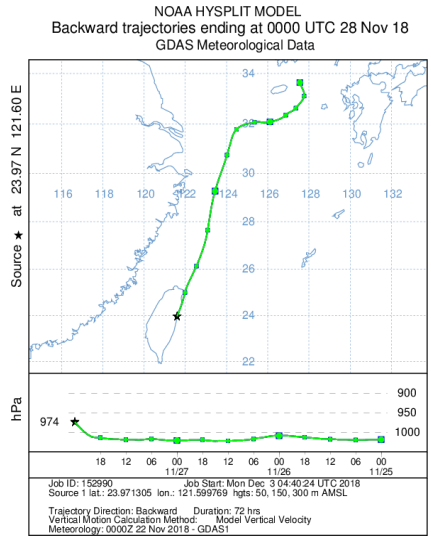
2 月 7 日		2 月 13 日		2 月 19 日	
來源推論: 殘留、在地、區域		來源推論: 殘留、在地、區域		來源推論: 殘留、在地	
					
$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	
自動：44	手動：50	自動：42	手動：46	自動：37	手動：35
2 月 25 日		**3 月 9 日**		**3 月 15 日**	
來源推論: 殘留、在地、區域		來源推論: 在地		來源推論: 殘留、在地	
					
$PM_{2.5}$ 質量濃度(μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	
自動：46	手動：46	自動：38	手動：42	自動：46	手動：45

3 月 27 日		4 月 8 日		5 月 14 日	
來源推論: 殘留、在地、區域		來源推論: 殘留、在地		來源推論: 在地	
				
$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	
自動：43	手動：44	自動：29	手動：29	自動：16	手動：19
6 月 13 日		**7 月 25 日**		**8 月 30 日**	
來源推論: 在地、區域		來源推論: 在地、區域		來源推論: 在地、區域	
				
$PM_{2.5}$ 質量濃度(μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	
自動：22	手動：26	自動：11	手動：13	自動：16	手動：21

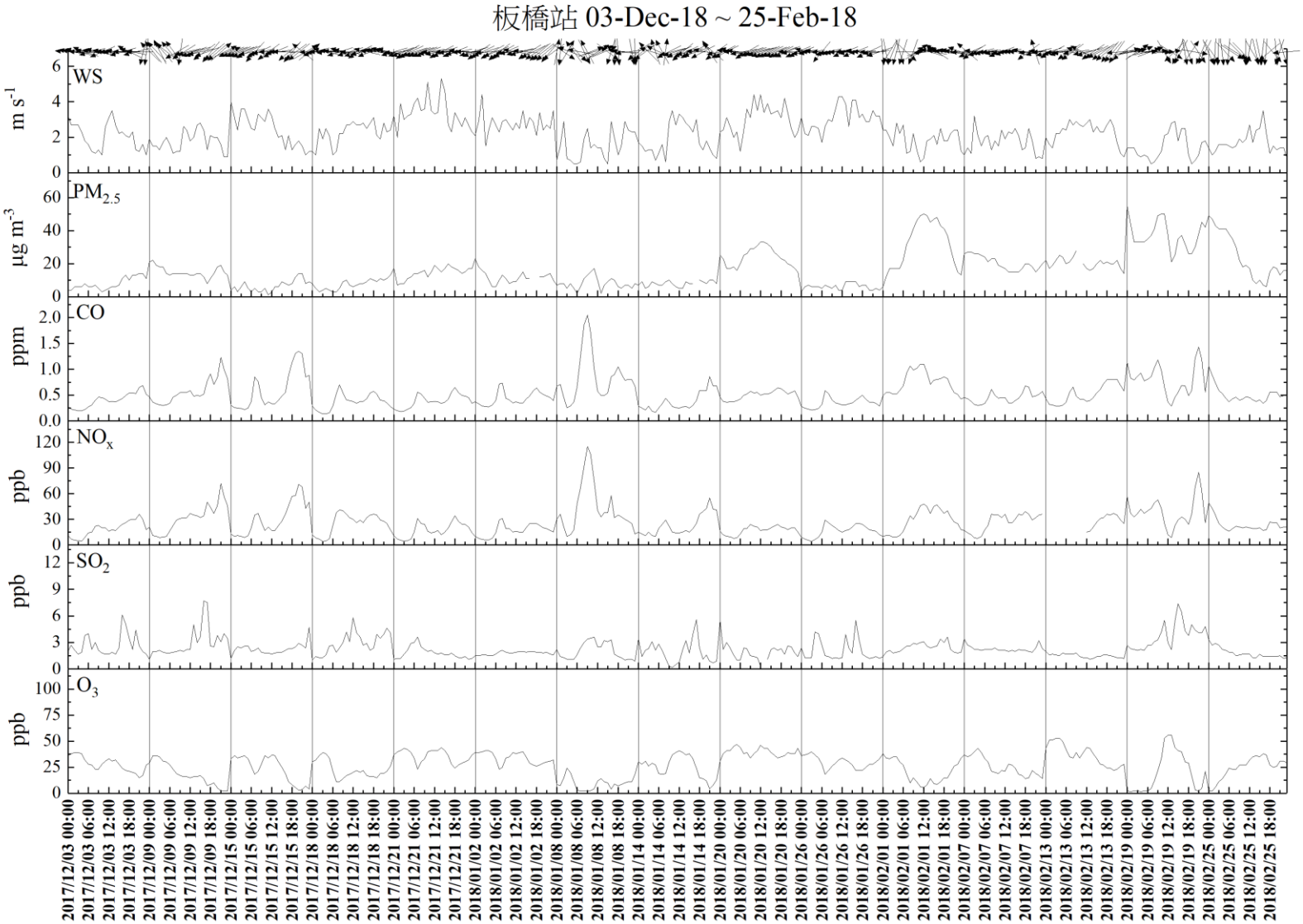
9 月 23 日		10 月 11 日		11 月 4 日	
來源推論: 在地、區域		來源推論: 殘留、在地		來源推論: 殘留、在地、區域	
					
$PM_{2.5}$ 質量濃度 ($\mu g\ m^{-3}$)		$PM_{2.5}$ 質量濃度 ($\mu g\ m^{-3}$)		$PM_{2.5}$ 質量濃度 ($\mu g\ m^{-3}$)	
自動：22	手動：26	自動：32	手動：32	自動：36	手動：41
11 月 16 日		**11 月 22 日**		**11 月 28 日**	
來源推論: 殘留、在地、區域		來源推論: 殘留、在地、區域		來源推論: 殘留、在地、區域	
					
$PM_{2.5}$ 質量濃度 ($\mu g\ m^{-3}$)		$PM_{2.5}$ 質量濃度 ($\mu g\ m^{-3}$)		$PM_{2.5}$ 質量濃度 ($\mu g\ m^{-3}$)	
自動：43	手動：48	自動：37	手動：36	自動：31	手動：35

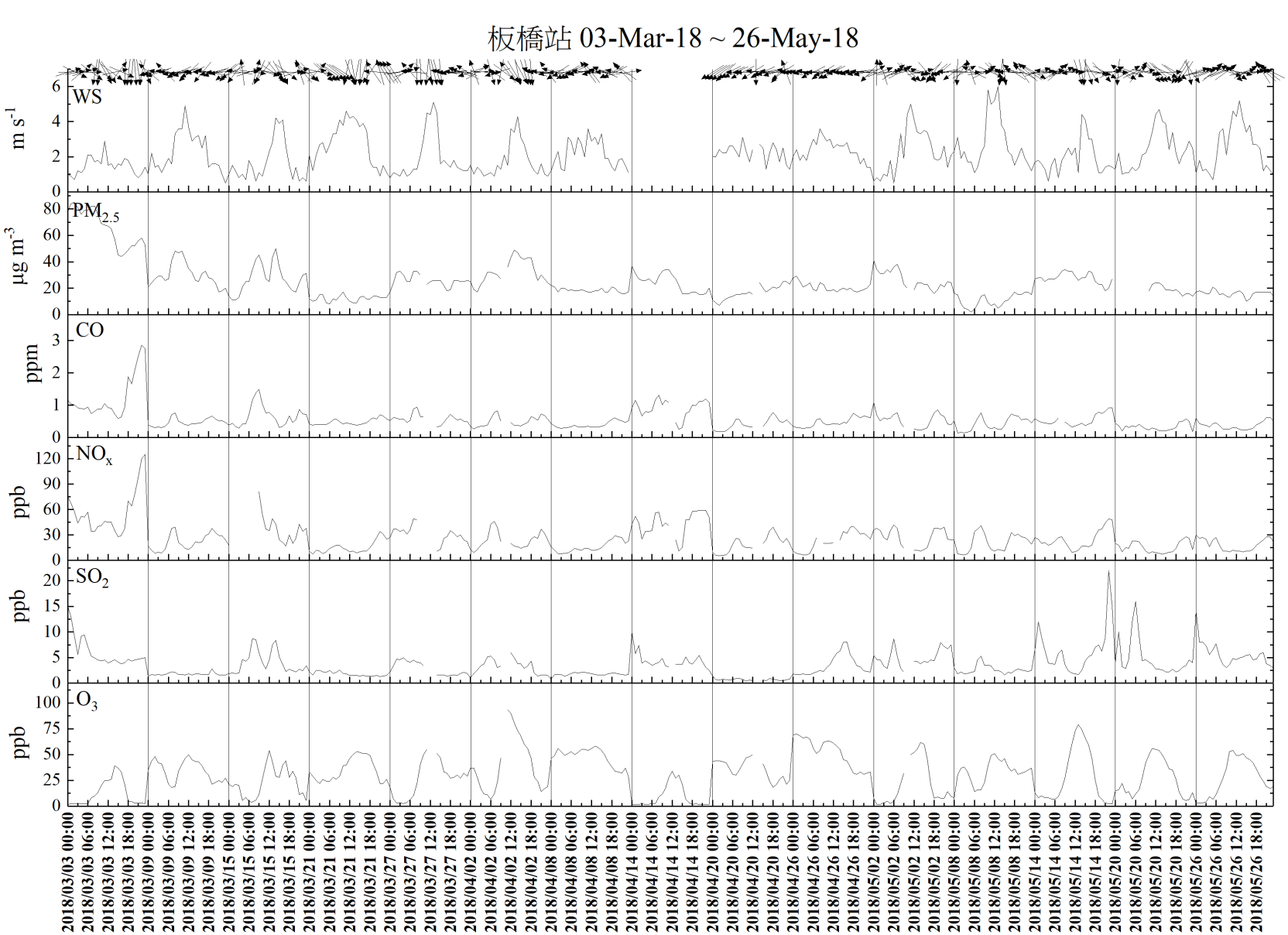
6． 花蓮站

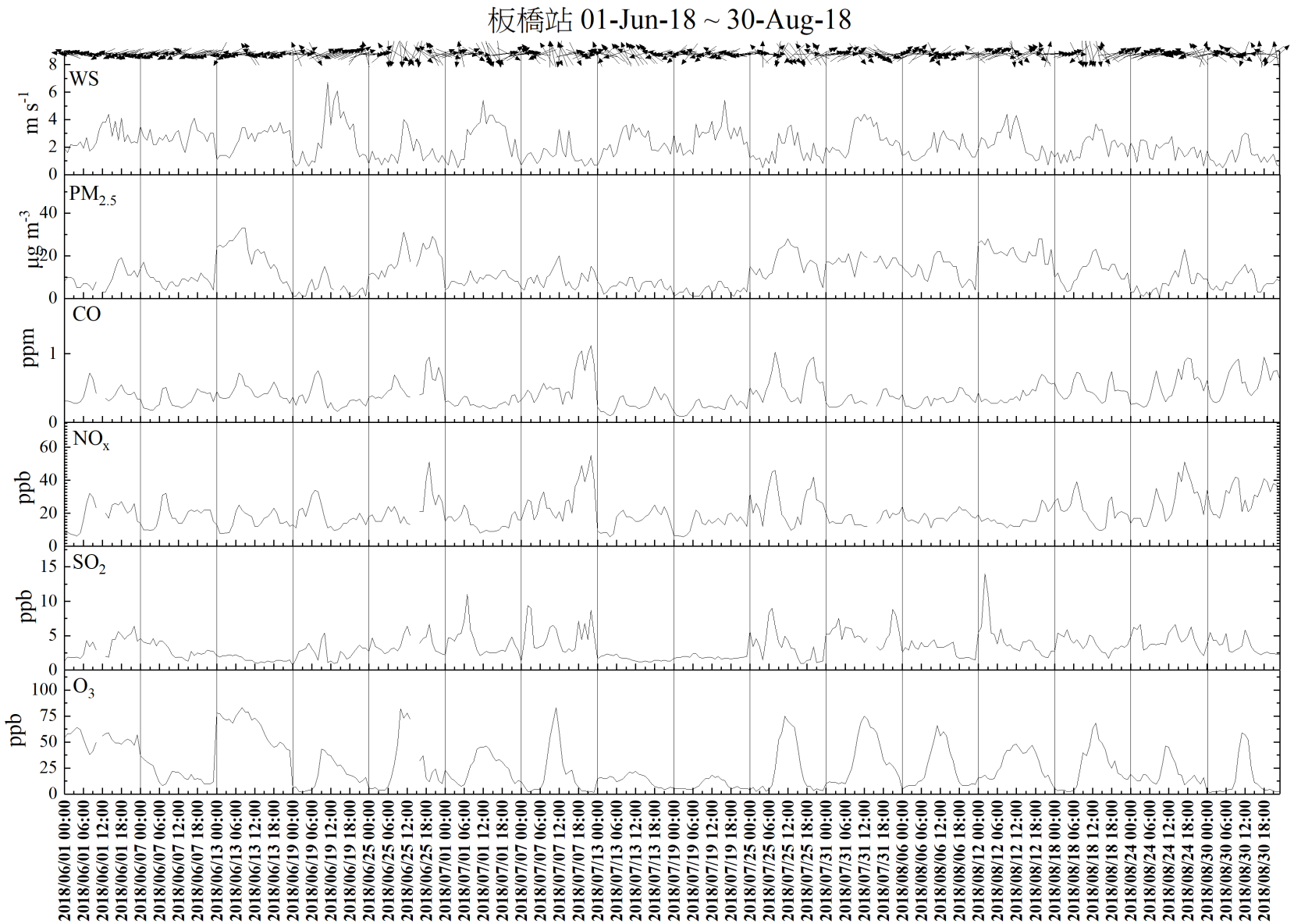
12 月 21 日	1 月 2 日	2 月 19 日
來源推論:在地	來源推論: 在地	來源推論: 在地
		
$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})
自動：14 手動：14	自動：12 手動：12	自動：16 手動：14
3 月 9 日	**4 月 26 日**	**5 月 14 日**
來源推論:境外、區域、在地	來源推論:在地	來源推論:在地、區域
		
$PM_{2.5}$ 質量濃度(μg m^{-3})	$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})
自動：19 手動：22	自動：18 手動：24	自動：8 手動：13

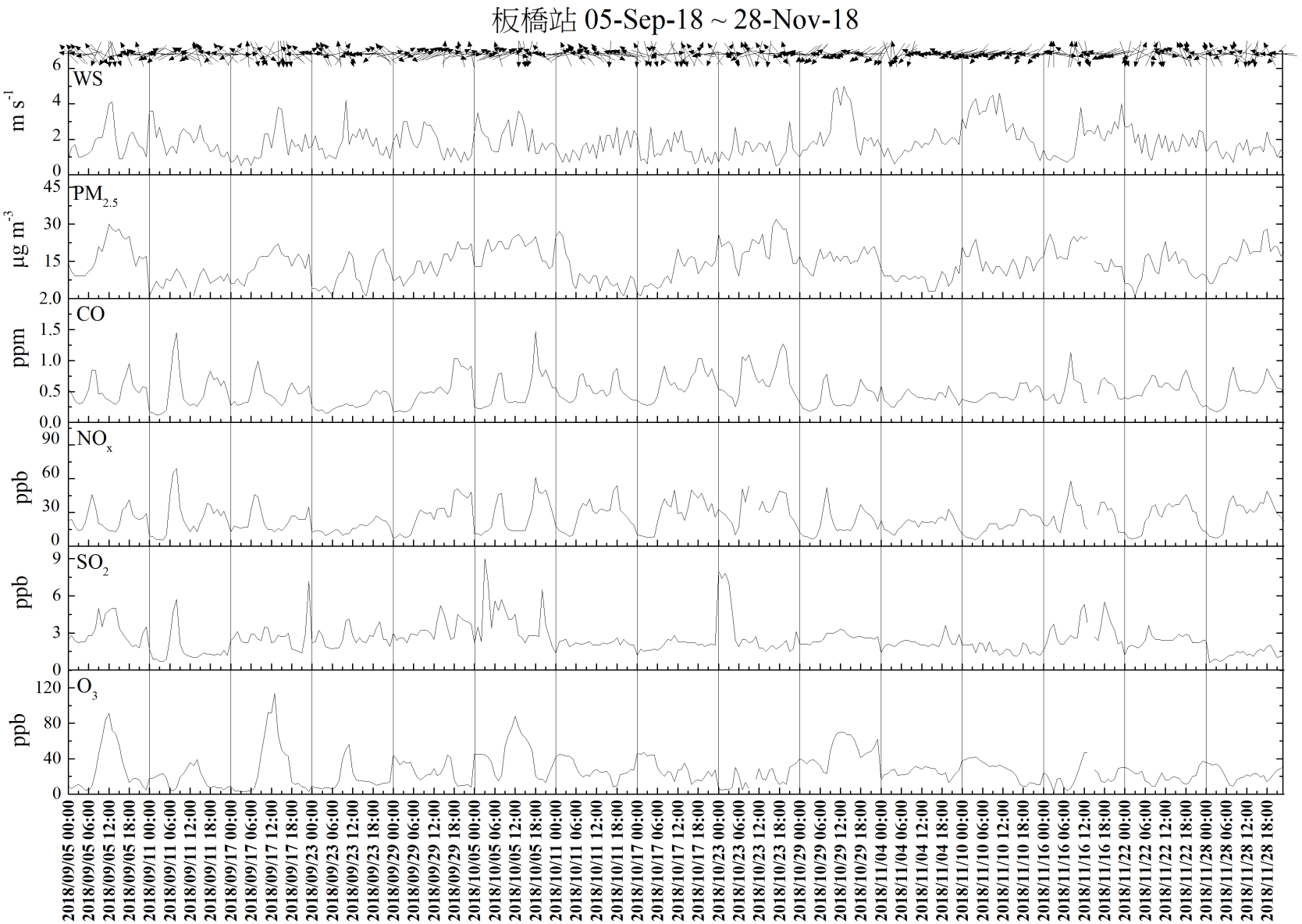
6 月 13 日		7 月 1 日		8 月 12 日	
來源推論: 在地、區域		來源推論:在地		來源推論: 在地、區域	
				
$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	
自動：14	手動：20	自動：9	手動：17	自動：12	手動：20
9 月 17 日		**10 月 23 日**		**11 月 28 日**	
來源推論: 在地		來源推論: 在地		來源推論: 在地	
				
$PM_{2.5}$ 質量濃度(μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})		$PM_{2.5}$ 質量濃度 (μg m^{-3})	
自動：12	手動：8	自動：11	手動：9	自動：9	手動：12

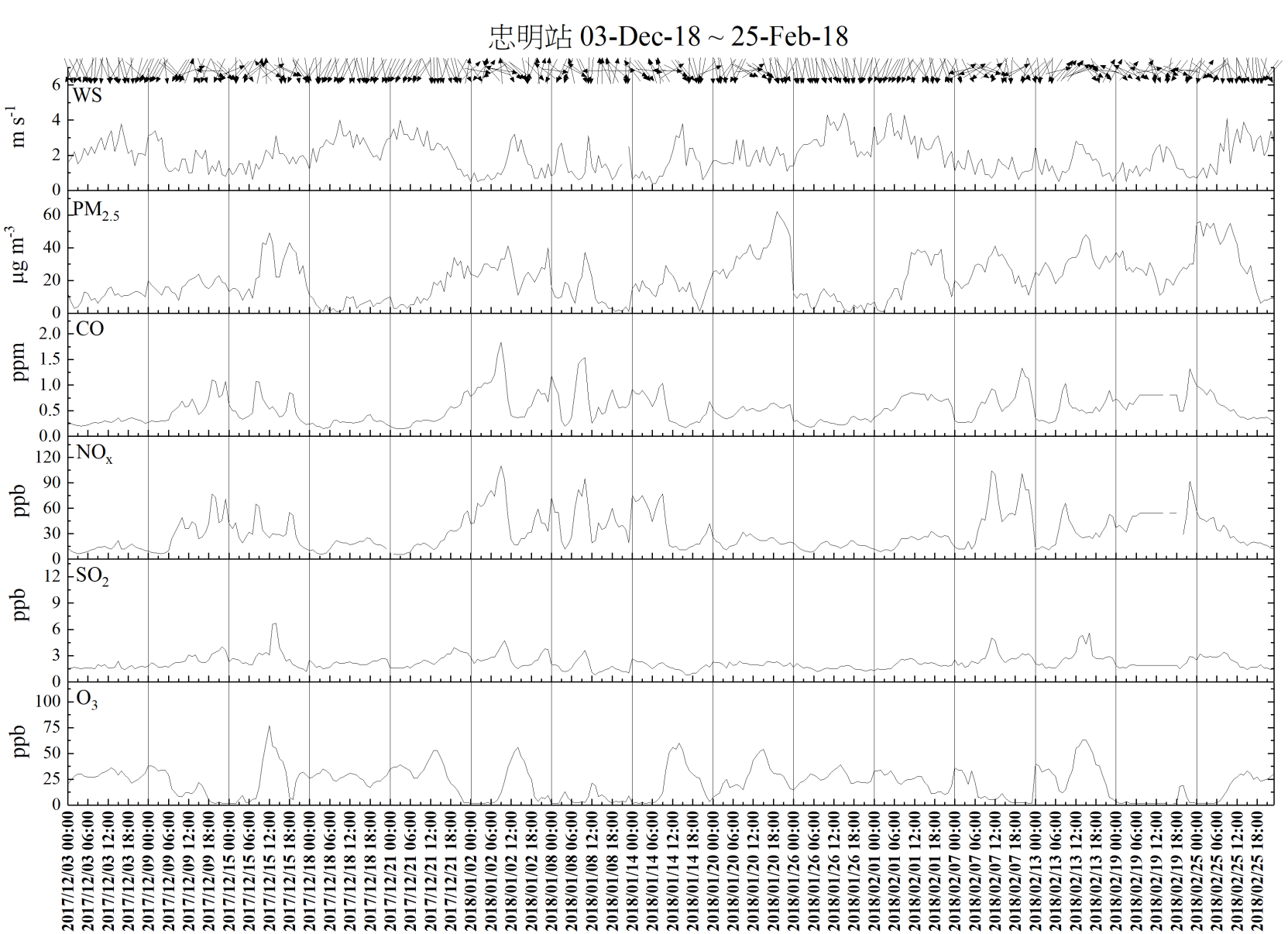
(二) 污染物隨時間序列變化

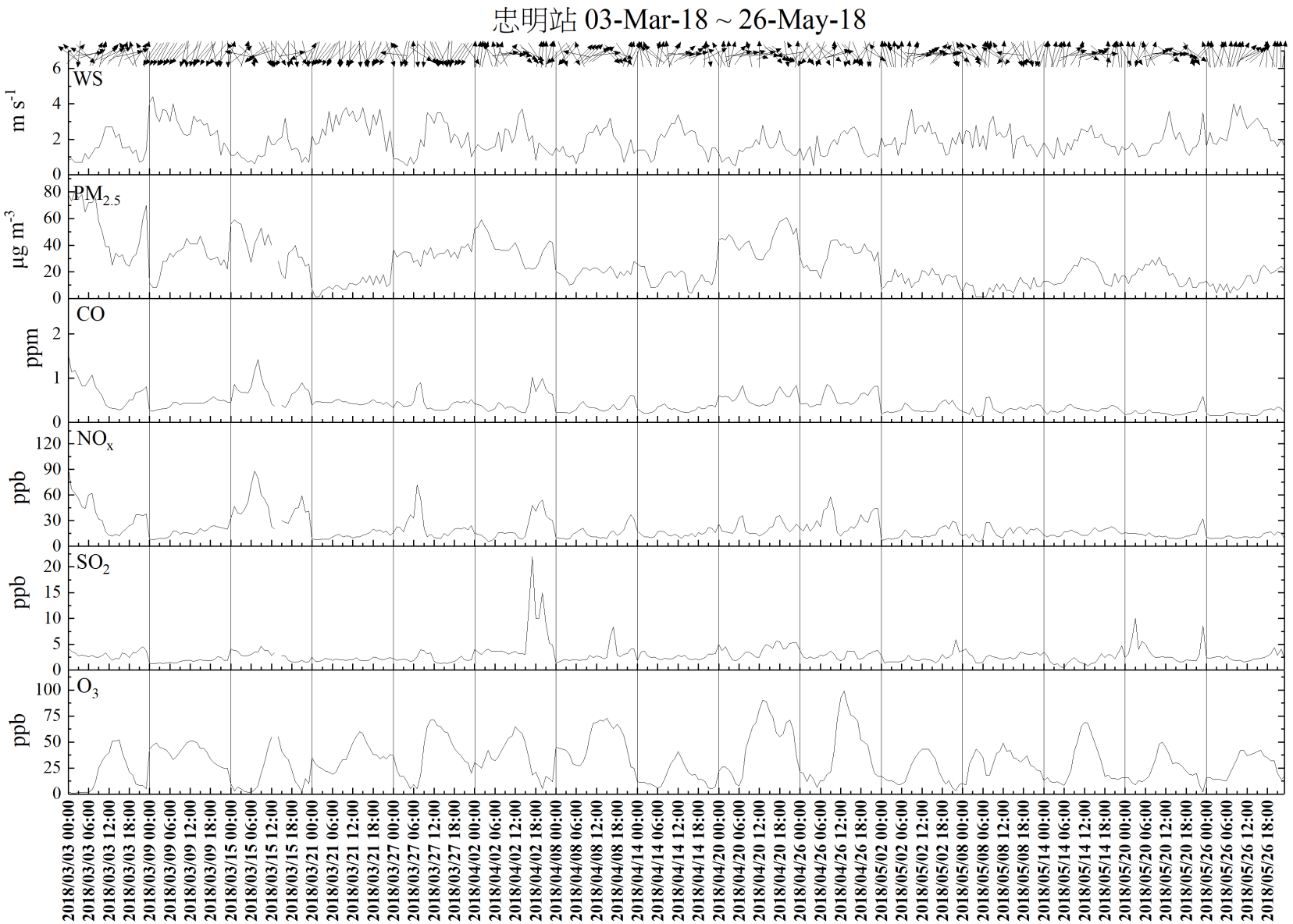


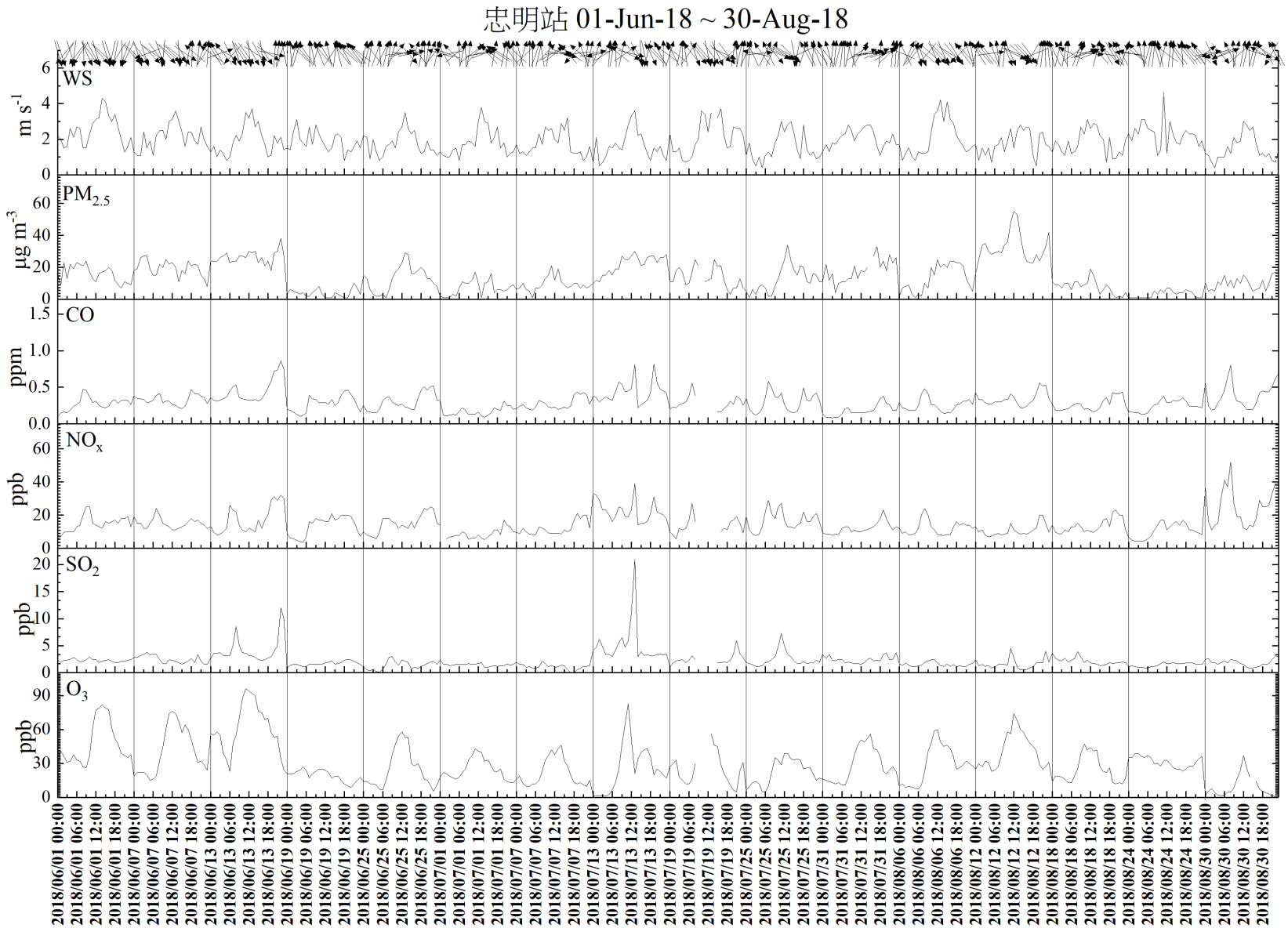

板橋站 03-Mar-18 ~ 26-May-18
WS
m s-1
PM2.5
μg m-3
CO
ppm
NOx
ppb
SO2
ppb
O3
ppb
2018/03/03 00:00
2018/03/03 06:00
2018/03/03 12:00
2018/03/03 18:00
2018/03/09 00:00
2018/03/09 06:00
2018/03/09 12:00
2018/03/09 18:00
2018/03/15 00:00
2018/03/15 06:00
2018/03/15 12:00
2018/03/15 18:00
2018/03/21 00:00
2018/03/21 06:00
2018/03/21 12:00
2018/03/21 18:00
2018/03/27 00:00
2018/03/27 06:00
2018/03/27 12:00
2018/03/27 18:00
2018/04/02 00:00
2018/04/02 06:00
2018/04/02 12:00
2018/04/02 18:00
2018/04/08 00:00
2018/04/08 06:00
2018/04/08 12:00
2018/04/08 18:00
2018/04/14 00:00
2018/04/14 06:00
2018/04/14 12:00
2018/04/14 18:00
2018/04/20 00:00
2018/04/20 06:00
2018/04/20 12:00
2018/04/20 18:00
2018/04/26 00:00
2018/04/26 06:00
2018/04/26 12:00
2018/04/26 18:00
2018/05/02 00:00
2018/05/02 06:00
2018/05/02 12:00
2018/05/02 18:00
2018/05/08 00:00
2018/05/08 06:00
2018/05/08 12:00
2018/05/08 18:00
2018/05/14 00:00
2018/05/14 06:00
2018/05/14 12:00
2018/05/14 18:00
2018/05/20 00:00
2018/05/20 06:00
2018/05/20 12:00
2018/05/20 18:00
2018/05/26 00:00
2018/05/26 06:00
2018/05/26 12:00
2018/05/26 18:00

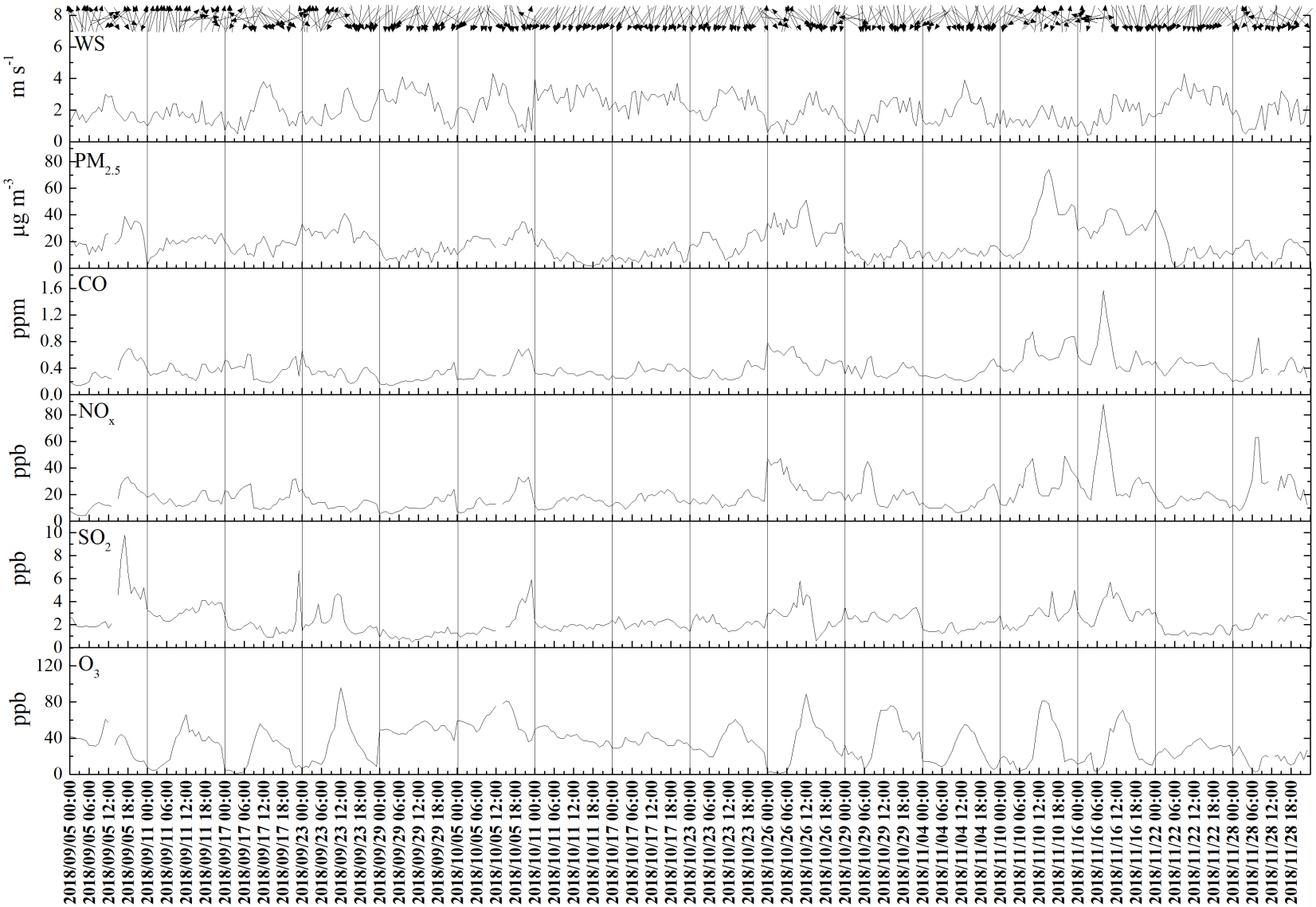

板橋站 01-Jun-18 ~ 30-Aug-18
WS
m s-1
PM2.5
μg m-3
CO
ppm
NOx
ppb
SO2
ppb
O3
ppb
2018/06/01 00:00
2018/06/01 06:00
2018/06/01 12:00
2018/06/01 18:00
2018/06/07 00:00
2018/06/07 06:00
2018/06/07 12:00
2018/06/07 18:00
2018/06/13 00:00
2018/06/13 06:00
2018/06/13 12:00
2018/06/13 18:00
2018/06/19 00:00
2018/06/19 06:00
2018/06/19 12:00
2018/06/19 18:00
2018/06/25 00:00
2018/06/25 06:00
2018/06/25 12:00
2018/06/25 18:00
2018/07/01 00:00
2018/07/01 06:00
2018/07/01 12:00
2018/07/01 18:00
2018/07/07 00:00
2018/07/07 06:00
2018/07/07 12:00
2018/07/07 18:00
2018/07/13 00:00
2018/07/13 06:00
2018/07/13 12:00
2018/07/13 18:00
2018/07/19 00:00
2018/07/19 06:00
2018/07/19 12:00
2018/07/19 18:00
2018/07/25 00:00
2018/07/25 06:00
2018/07/25 12:00
2018/07/25 18:00
2018/07/31 00:00
2018/07/31 06:00
2018/07/31 12:00
2018/07/31 18:00
2018/08/06 00:00
2018/08/06 06:00
2018/08/06 12:00
2018/08/06 18:00
2018/08/12 00:00
2018/08/12 06:00
2018/08/12 12:00
2018/08/12 18:00
2018/08/18 00:00
2018/08/18 06:00
2018/08/18 12:00
2018/08/18 18:00
2018/08/24 00:00
2018/08/24 06:00
2018/08/24 12:00
2018/08/24 18:00
2018/08/30 00:00
2018/08/30 06:00
2018/08/30 12:00
2018/08/30 18:00

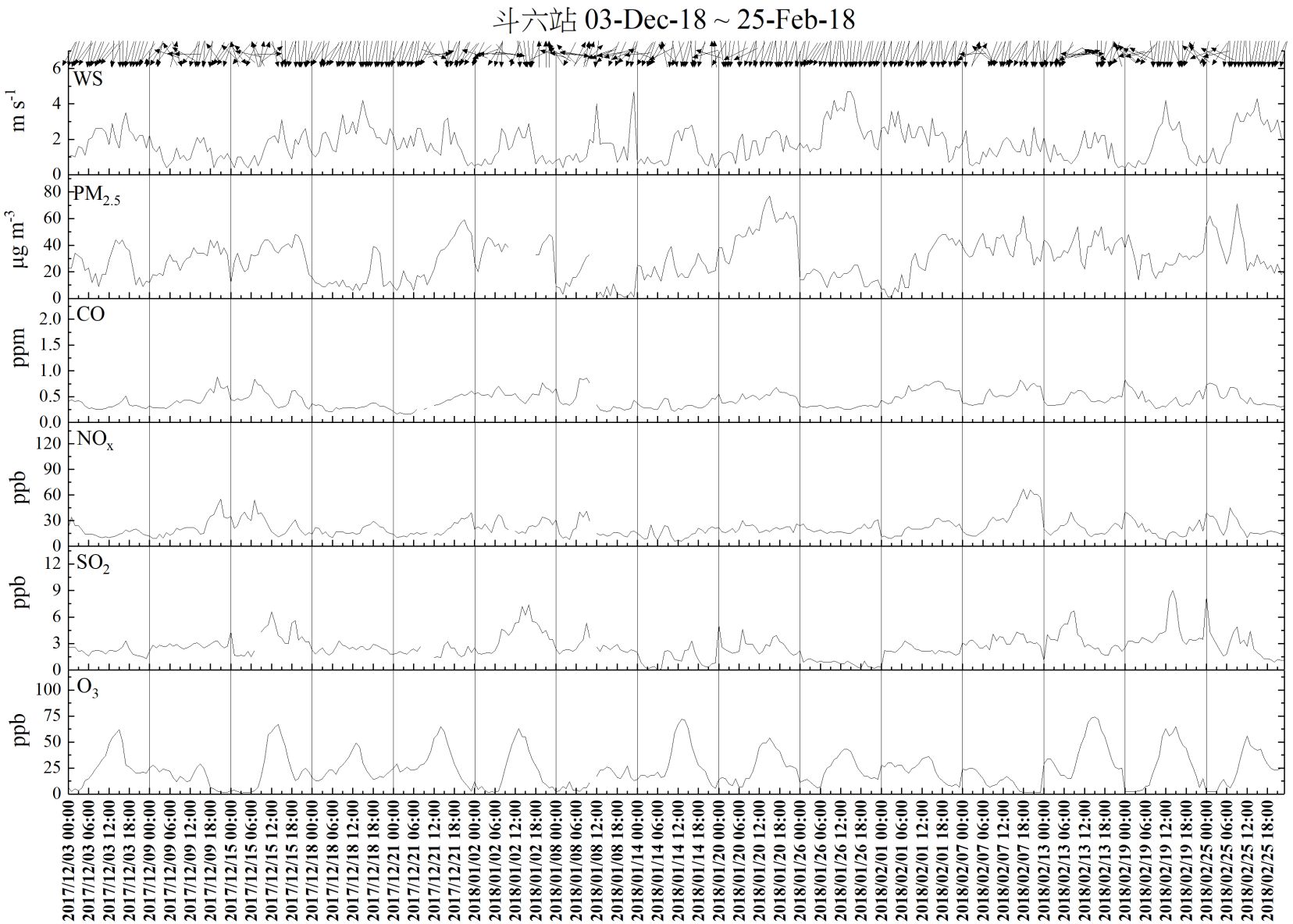

板橋站 05-Sep-18 ~ 28-Nov-18
WS
m s-1
PM2.5
μg m-3
CO
ppm
NOx
ppb
SO2
ppb
O3
ppb
2018/09/05 00:00
2018/09/05 06:00
2018/09/05 12:00
2018/09/05 18:00
2018/09/11 00:00
2018/09/11 06:00
2018/09/11 12:00
2018/09/11 18:00
2018/09/17 00:00
2018/09/17 06:00
2018/09/17 12:00
2018/09/17 18:00
2018/09/23 00:00
2018/09/23 06:00
2018/09/23 12:00
2018/09/23 18:00
2018/09/29 00:00
2018/09/29 06:00
2018/09/29 12:00
2018/09/29 18:00
2018/10/05 00:00
2018/10/05 06:00
2018/10/05 12:00
2018/10/05 18:00
2018/10/11 00:00
2018/10/11 06:00
2018/10/11 12:00
2018/10/11 18:00
2018/10/17 00:00
2018/10/17 06:00
2018/10/17 12:00
2018/10/17 18:00
2018/10/23 00:00
2018/10/23 06:00
2018/10/23 12:00
2018/10/23 18:00
2018/10/29 00:00
2018/10/29 06:00
2018/10/29 12:00
2018/10/29 18:00
2018/11/04 00:00
2018/11/04 06:00
2018/11/04 12:00
2018/11/04 18:00
2018/11/10 00:00
2018/11/10 06:00
2018/11/10 12:00
2018/11/10 18:00
2018/11/16 00:00
2018/11/16 06:00
2018/11/16 12:00
2018/11/16 18:00
2018/11/22 00:00
2018/11/22 06:00
2018/11/22 12:00
2018/11/22 18:00
2018/11/28 00:00
2018/11/28 06:00
2018/11/28 12:00
2018/11/28 18:00

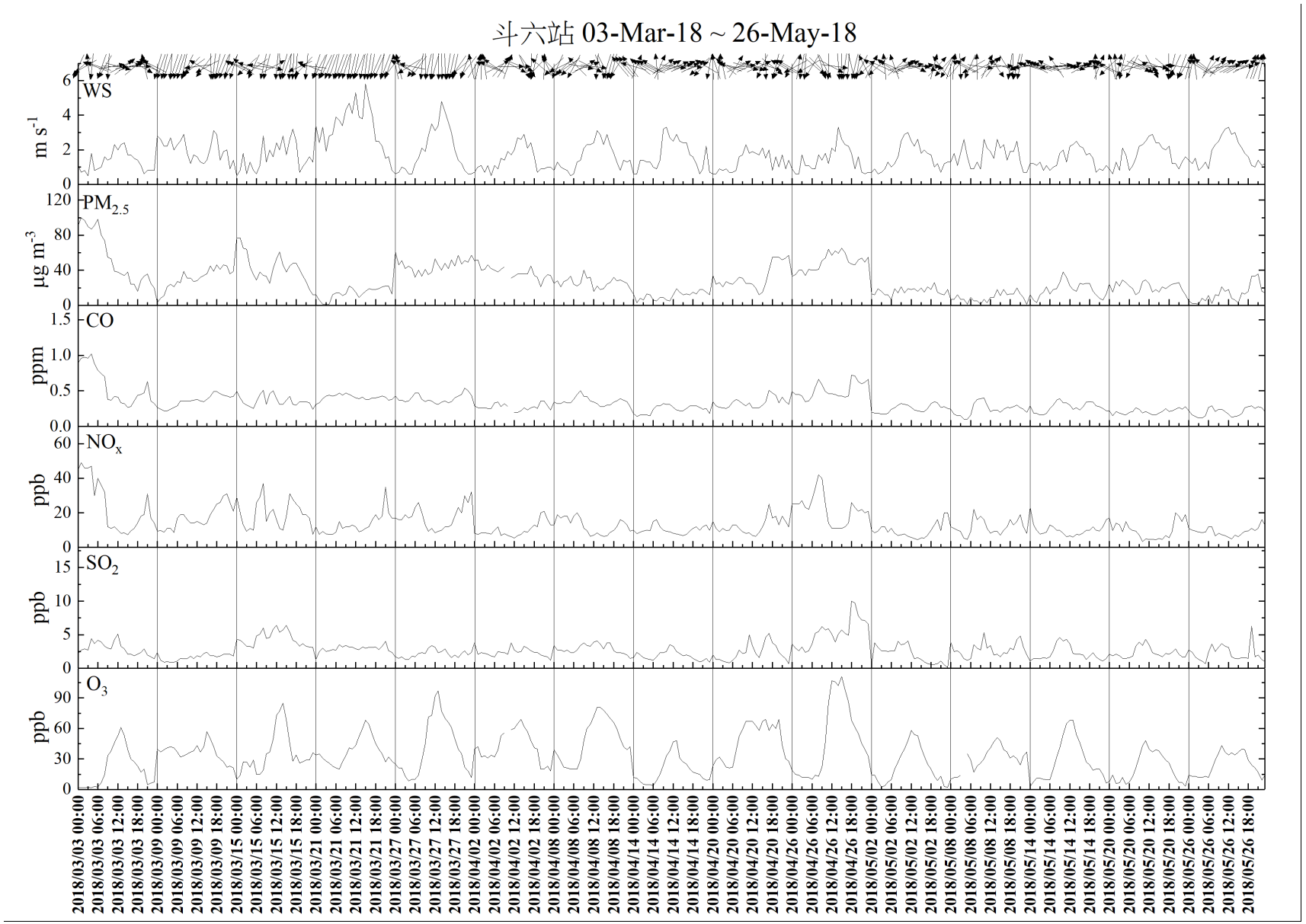

忠明站 03-Dec-18 ~ 25-Feb-18
WS
m s-1
PM2.5
μg m-3
CO
ppm
NOx
ppb
SO2
ppb
O3
ppb
2017/12/03 00:00
2017/12/03 06:00
2017/12/03 12:00
2017/12/03 18:00
2017/12/09 00:00
2017/12/09 06:00
2017/12/09 12:00
2017/12/09 18:00
2017/12/15 00:00
2017/12/15 06:00
2017/12/15 12:00
2017/12/15 18:00
2017/12/18 00:00
2017/12/18 06:00
2017/12/18 12:00
2017/12/18 18:00
2017/12/21 00:00
2017/12/21 06:00
2017/12/21 12:00
2017/12/21 18:00
2018/01/02 00:00
2018/01/02 06:00
2018/01/02 12:00
2018/01/02 18:00
2018/01/08 00:00
2018/01/08 06:00
2018/01/08 12:00
2018/01/08 18:00
2018/01/14 00:00
2018/01/14 06:00
2018/01/14 12:00
2018/01/14 18:00
2018/01/20 00:00
2018/01/20 06:00
2018/01/20 12:00
2018/01/20 18:00
2018/01/26 00:00
2018/01/26 06:00
2018/01/26 12:00
2018/01/26 18:00
2018/02/01 00:00
2018/02/01 06:00
2018/02/01 12:00
2018/02/01 18:00
2018/02/07 00:00
2018/02/07 06:00
2018/02/07 12:00
2018/02/07 18:00
2018/02/13 00:00
2018/02/13 06:00
2018/02/13 12:00
2018/02/13 18:00
2018/02/19 00:00
2018/02/19 06:00
2018/02/19 12:00
2018/02/19 18:00
2018/02/25 00:00
2018/02/25 06:00
2018/02/25 12:00
2018/02/25 18:00

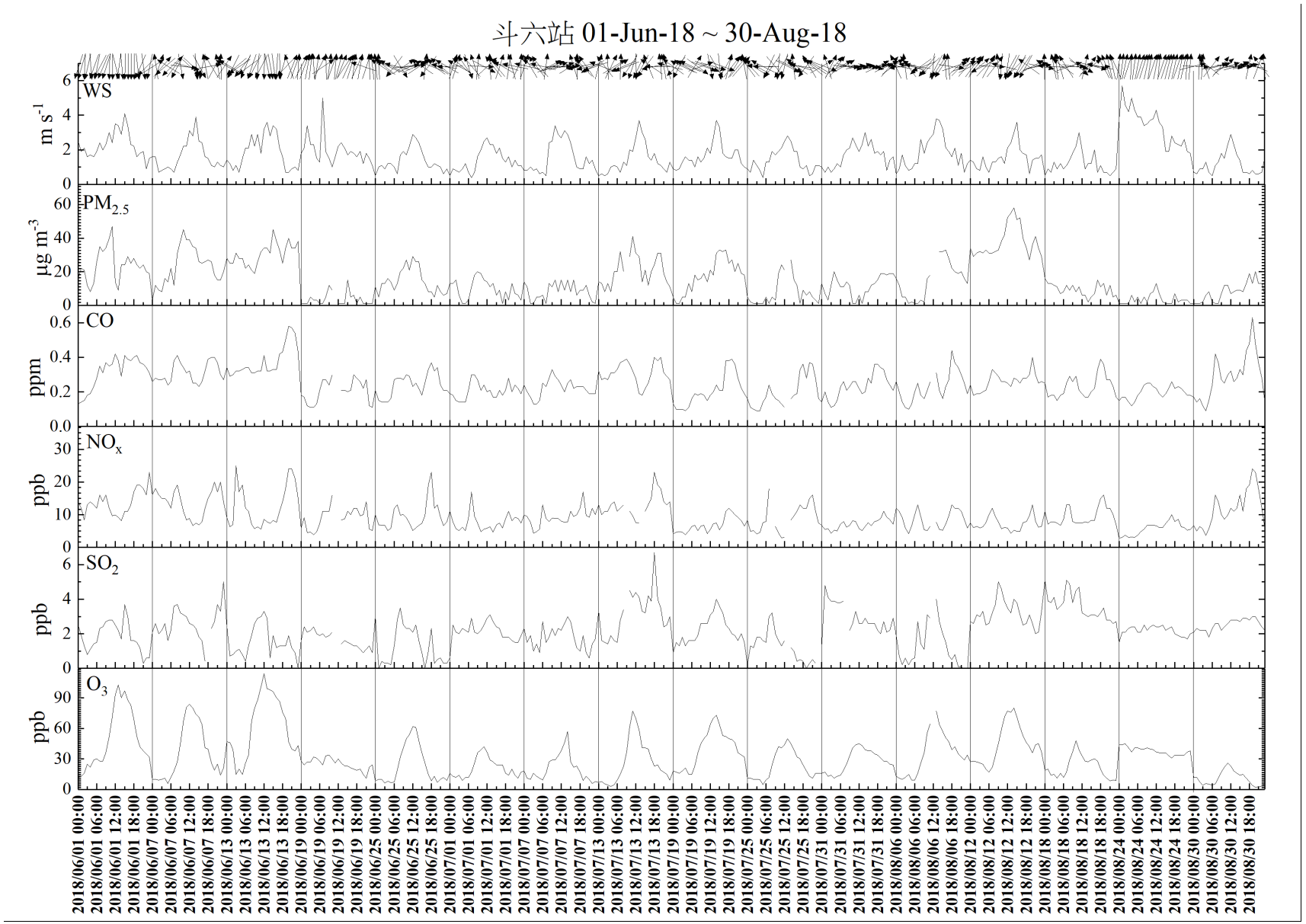

忠明站 03-Mar-18 ~ 26-May-18
WS
m s-1
PM2.5
μg m-3
CO
ppm
NOx
ppb
SO2
ppb
O3
ppb
2018/03/03 00:00
2018/03/03 06:00
2018/03/03 12:00
2018/03/03 18:00
2018/03/09 00:00
2018/03/09 06:00
2018/03/09 12:00
2018/03/09 18:00
2018/03/15 00:00
2018/03/15 06:00
2018/03/15 12:00
2018/03/15 18:00
2018/03/21 00:00
2018/03/21 06:00
2018/03/21 12:00
2018/03/21 18:00
2018/03/27 00:00
2018/03/27 06:00
2018/03/27 12:00
2018/03/27 18:00
2018/04/02 00:00
2018/04/02 06:00
2018/04/02 12:00
2018/04/02 18:00
2018/04/08 00:00
2018/04/08 06:00
2018/04/08 12:00
2018/04/08 18:00
2018/04/14 00:00
2018/04/14 06:00
2018/04/14 12:00
2018/04/14 18:00
2018/04/20 00:00
2018/04/20 06:00
2018/04/20 12:00
2018/04/20 18:00
2018/04/26 00:00
2018/04/26 06:00
2018/04/26 12:00
2018/04/26 18:00
2018/05/02 00:00
2018/05/02 06:00
2018/05/02 12:00
2018/05/02 18:00
2018/05/08 00:00
2018/05/08 06:00
2018/05/08 12:00
2018/05/08 18:00
2018/05/14 00:00
2018/05/14 06:00
2018/05/14 12:00
2018/05/14 18:00
2018/05/20 00:00
2018/05/20 06:00
2018/05/20 12:00
2018/05/20 18:00
2018/05/26 00:00
2018/05/26 06:00
2018/05/26 12:00
2018/05/26 18:00

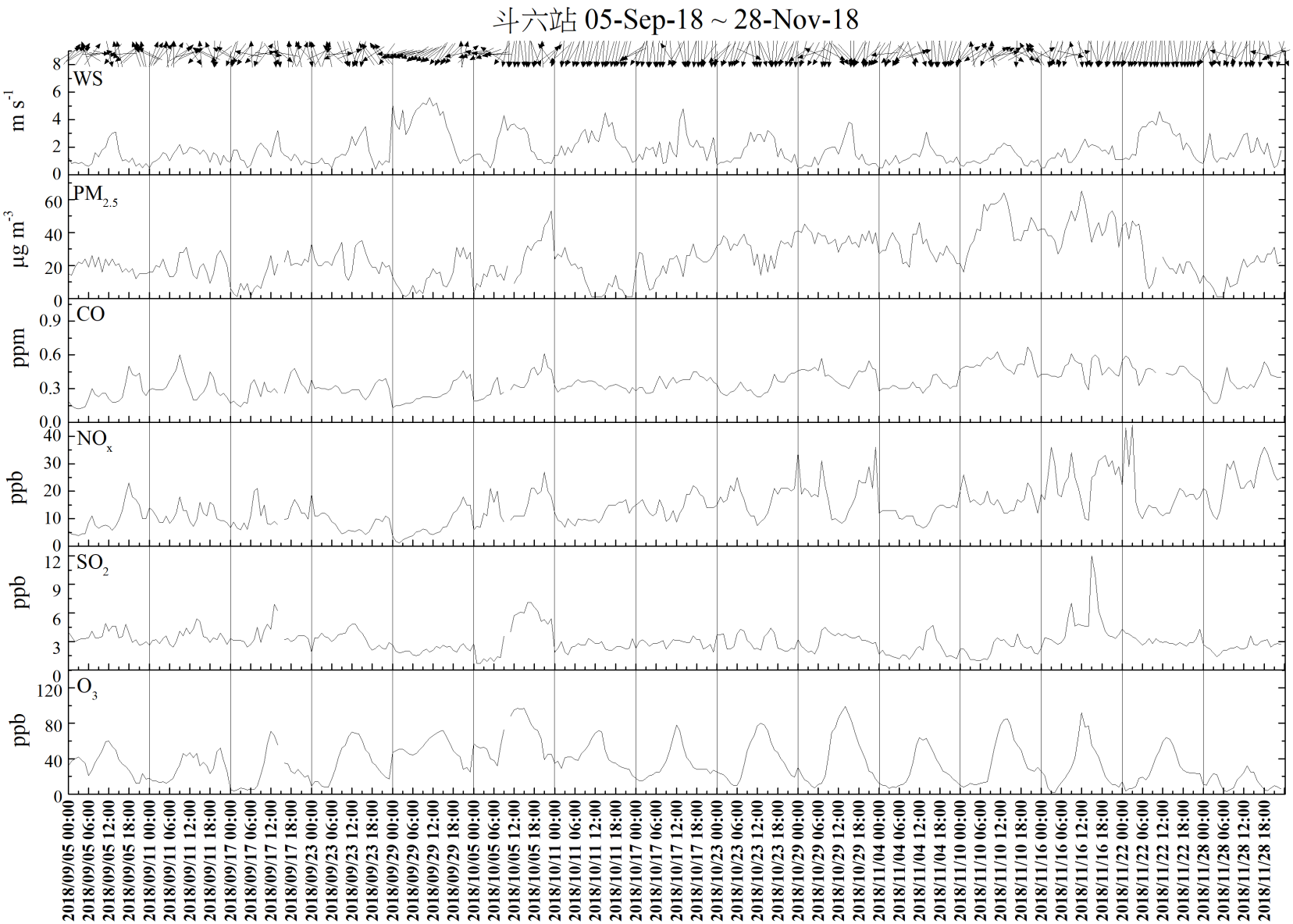

忠明站 01-Jun-18 ~ 30-Aug-18
WS
m s-1
PM2.5
μg m-3
CO
ppm
NOx
ppb
SO2
ppb
O3
ppb
2018/06/01 00:00
2018/06/01 06:00
2018/06/01 12:00
2018/06/01 18:00
2018/06/07 00:00
2018/06/07 06:00
2018/06/07 12:00
2018/06/07 18:00
2018/06/13 00:00
2018/06/13 06:00
2018/06/13 12:00
2018/06/13 18:00
2018/06/19 00:00
2018/06/19 06:00
2018/06/19 12:00
2018/06/19 18:00
2018/06/25 00:00
2018/06/25 06:00
2018/06/25 12:00
2018/06/25 18:00
2018/07/01 00:00
2018/07/01 06:00
2018/07/01 12:00
2018/07/01 18:00
2018/07/07 00:00
2018/07/07 06:00
2018/07/07 12:00
2018/07/07 18:00
2018/07/13 00:00
2018/07/13 06:00
2018/07/13 12:00
2018/07/13 18:00
2018/07/19 00:00
2018/07/19 06:00
2018/07/19 12:00
2018/07/19 18:00
2018/07/25 00:00
2018/07/25 06:00
2018/07/25 12:00
2018/07/25 18:00
2018/07/31 00:00
2018/07/31 06:00
2018/07/31 12:00
2018/07/31 18:00
2018/08/06 00:00
2018/08/06 06:00
2018/08/06 12:00
2018/08/06 18:00
2018/08/12 00:00
2018/08/12 06:00
2018/08/12 12:00
2018/08/12 18:00
2018/08/18 00:00
2018/08/18 06:00
2018/08/18 12:00
2018/08/18 18:00
2018/08/24 00:00
2018/08/24 06:00
2018/08/24 12:00
2018/08/24 18:00
2018/08/30 00:00
2018/08/30 06:00
2018/08/30 12:00
2018/08/30 18:00

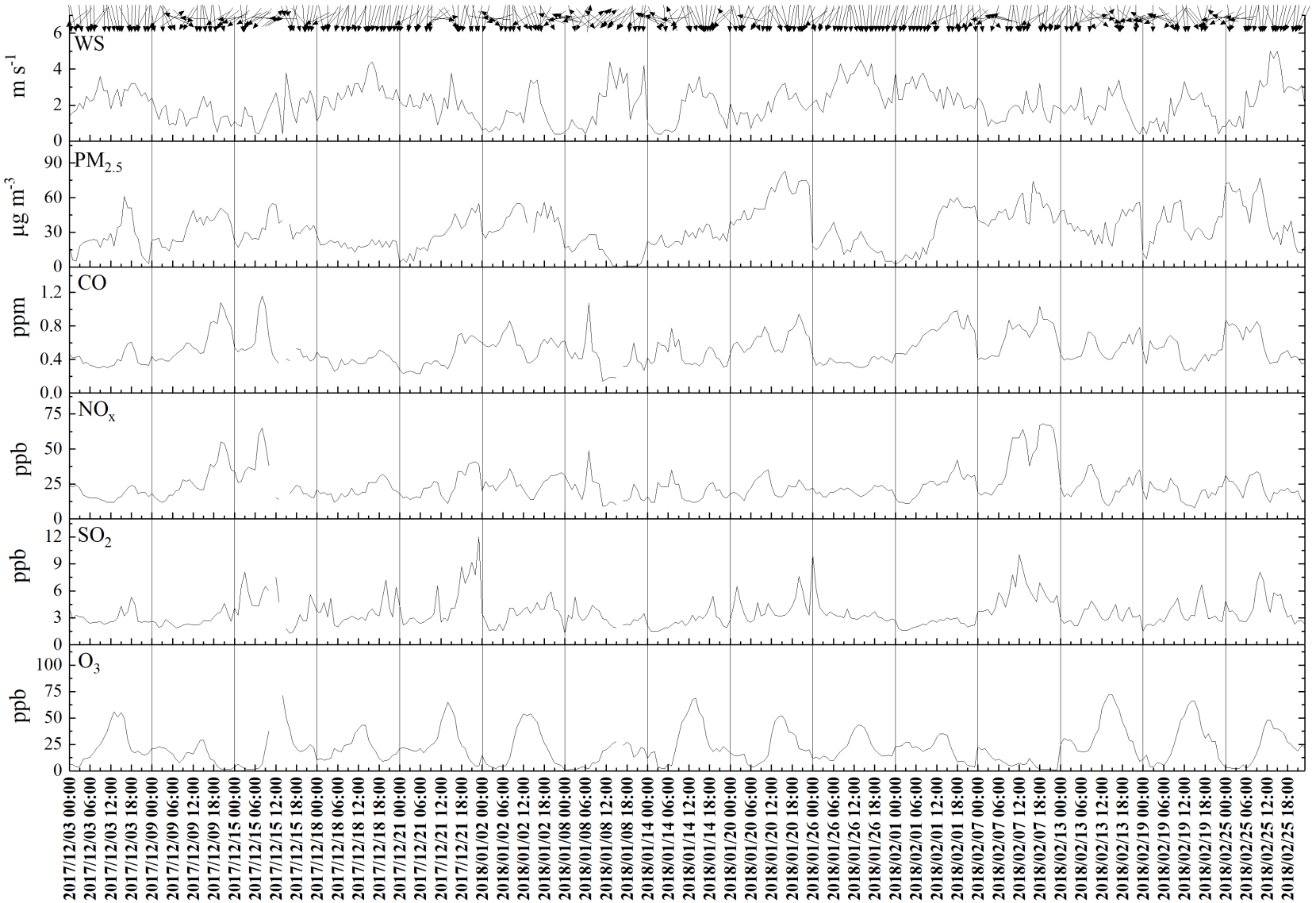

忠明 05-Sep-18 ~ 28-Nov-18
WS
m s-1
PM2.5
μg m-3
CO
ppm
NOx
ppb
SO2
ppb
O3
ppb
2018/09/05 00:00
2018/09/05 06:00
2018/09/05 12:00
2018/09/05 18:00
2018/09/11 00:00
2018/09/11 06:00
2018/09/11 12:00
2018/09/11 18:00
2018/09/17 00:00
2018/09/17 06:00
2018/09/17 12:00
2018/09/17 18:00
2018/09/23 00:00
2018/09/23 06:00
2018/09/23 12:00
2018/09/23 18:00
2018/09/29 00:00
2018/09/29 06:00
2018/09/29 12:00
2018/09/29 18:00
2018/10/05 00:00
2018/10/05 06:00
2018/10/05 12:00
2018/10/05 18:00
2018/10/11 00:00
2018/10/11 06:00
2018/10/11 12:00
2018/10/11 18:00
2018/10/17 00:00
2018/10/17 06:00
2018/10/17 12:00
2018/10/17 18:00
2018/10/23 00:00
2018/10/23 06:00
2018/10/23 12:00
2018/10/23 18:00
2018/10/26 00:00
2018/10/26 06:00
2018/10/26 12:00
2018/10/26 18:00
2018/10/29 00:00
2018/10/29 06:00
2018/10/29 12:00
2018/10/29 18:00
2018/11/04 00:00
2018/11/04 06:00
2018/11/04 12:00
2018/11/04 18:00
2018/11/10 00:00
2018/11/10 06:00
2018/11/10 12:00
2018/11/10 18:00
2018/11/16 00:00
2018/11/16 06:00
2018/11/16 12:00
2018/11/16 18:00
2018/11/22 00:00
2018/11/22 06:00
2018/11/22 12:00
2018/11/22 18:00
2018/11/28 00:00
2018/11/28 06:00
2018/11/28 12:00
2018/11/28 18:00

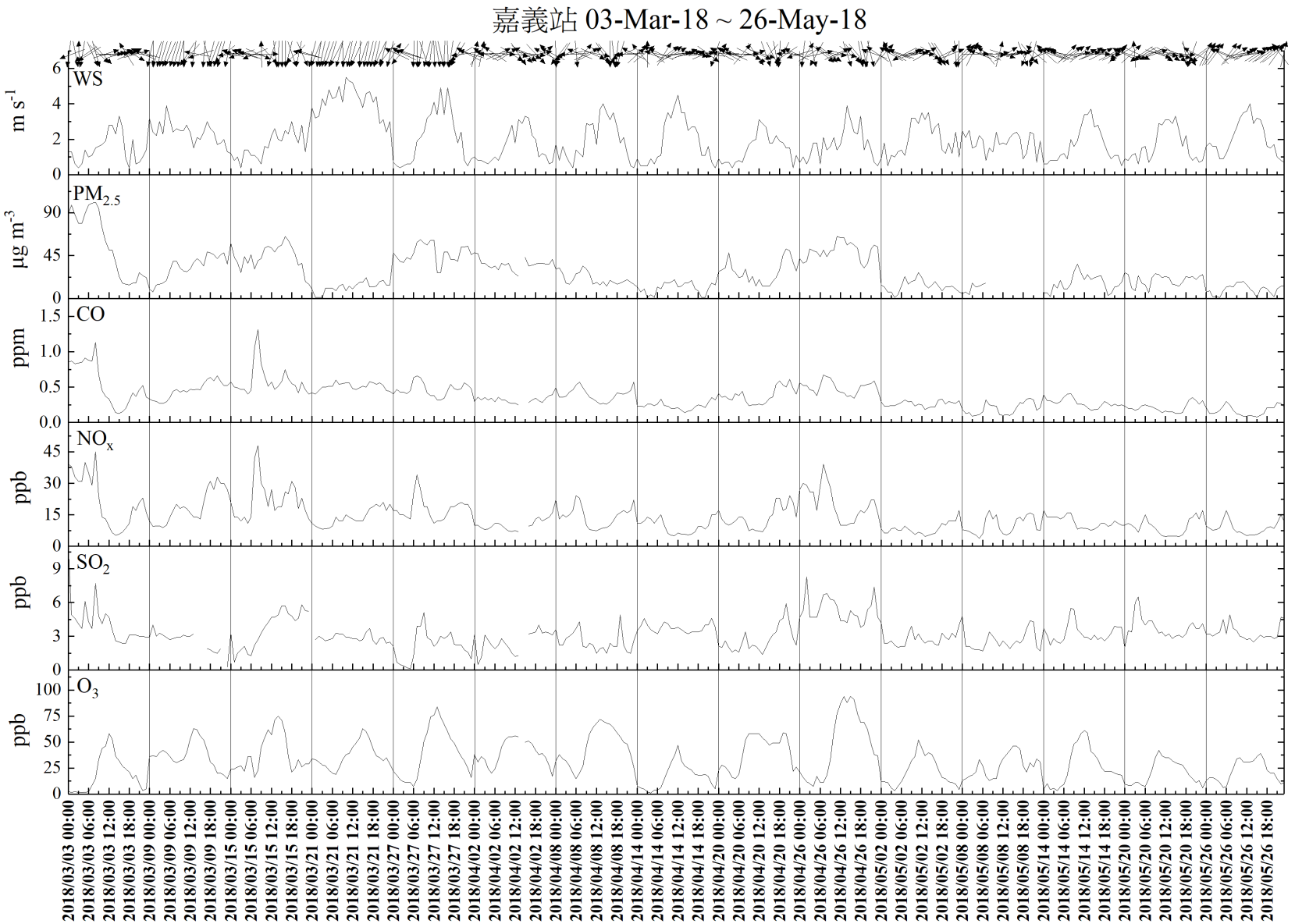

斗六站 03-Dec-18 ~ 25-Feb-18
WS
m s-1
PM2.5
μg m-3
CO
ppm
NOx
ppb
SO2
ppb
O3
ppb
2017/12/03 00:00
2017/12/03 06:00
2017/12/03 12:00
2017/12/03 18:00
2017/12/09 00:00
2017/12/09 06:00
2017/12/09 12:00
2017/12/09 18:00
2017/12/15 00:00
2017/12/15 06:00
2017/12/15 12:00
2017/12/15 18:00
2017/12/18 00:00
2017/12/18 06:00
2017/12/18 12:00
2017/12/18 18:00
2017/12/21 00:00
2017/12/21 06:00
2017/12/21 12:00
2017/12/21 18:00
2018/01/02 00:00
2018/01/02 06:00
2018/01/02 12:00
2018/01/02 18:00
2018/01/08 00:00
2018/01/08 06:00
2018/01/08 12:00
2018/01/08 18:00
2018/01/14 00:00
2018/01/14 06:00
2018/01/14 12:00
2018/01/14 18:00
2018/01/20 00:00
2018/01/20 06:00
2018/01/20 12:00
2018/01/20 18:00
2018/01/26 00:00
2018/01/26 06:00
2018/01/26 12:00
2018/01/26 18:00
2018/02/01 00:00
2018/02/01 06:00
2018/02/01 12:00
2018/02/01 18:00
2018/02/07 00:00
2018/02/07 06:00
2018/02/07 12:00
2018/02/07 18:00
2018/02/13 00:00
2018/02/13 06:00
2018/02/13 12:00
2018/02/13 18:00
2018/02/19 00:00
2018/02/19 06:00
2018/02/19 12:00
2018/02/19 18:00
2018/02/25 00:00
2018/02/25 06:00
2018/02/25 12:00
2018/02/25 18:00

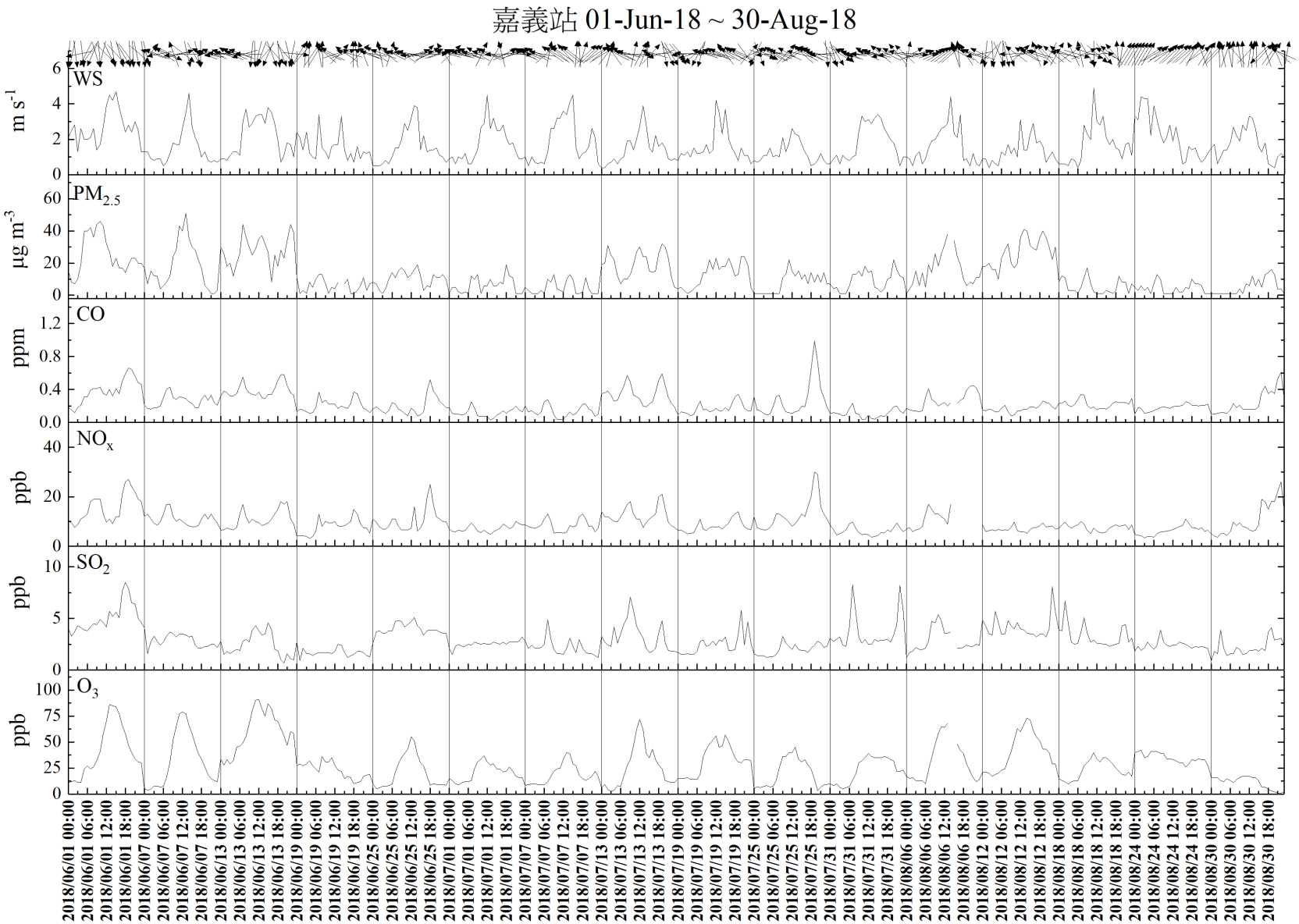

斗六站 03-Mar-18 ~ 26-May-18
WS
m s-1
PM2.5
μg m-3
CO
ppm
NOx
ppb
SO2
ppb
O3
ppb
2018/03/03 00:00
2018/03/03 06:00
2018/03/03 12:00
2018/03/03 18:00
2018/03/09 00:00
2018/03/09 06:00
2018/03/09 12:00
2018/03/09 18:00
2018/03/15 00:00
2018/03/15 06:00
2018/03/15 12:00
2018/03/15 18:00
2018/03/21 00:00
2018/03/21 06:00
2018/03/21 12:00
2018/03/21 18:00
2018/03/27 00:00
2018/03/27 06:00
2018/03/27 12:00
2018/03/27 18:00
2018/04/02 00:00
2018/04/02 06:00
2018/04/02 12:00
2018/04/02 18:00
2018/04/08 00:00
2018/04/08 06:00
2018/04/08 12:00
2018/04/08 18:00
2018/04/14 00:00
2018/04/14 06:00
2018/04/14 12:00
2018/04/14 18:00
2018/04/20 00:00
2018/04/20 06:00
2018/04/20 12:00
2018/04/20 18:00
2018/04/26 00:00
2018/04/26 06:00
2018/04/26 12:00
2018/04/26 18:00
2018/05/02 00:00
2018/05/02 06:00
2018/05/02 12:00
2018/05/02 18:00
2018/05/08 00:00
2018/05/08 06:00
2018/05/08 12:00
2018/05/08 18:00
2018/05/14 00:00
2018/05/14 06:00
2018/05/14 12:00
2018/05/14 18:00
2018/05/20 00:00
2018/05/20 06:00
2018/05/20 12:00
2018/05/20 18:00
2018/05/26 00:00
2018/05/26 06:00
2018/05/26 12:00
2018/05/26 18:00

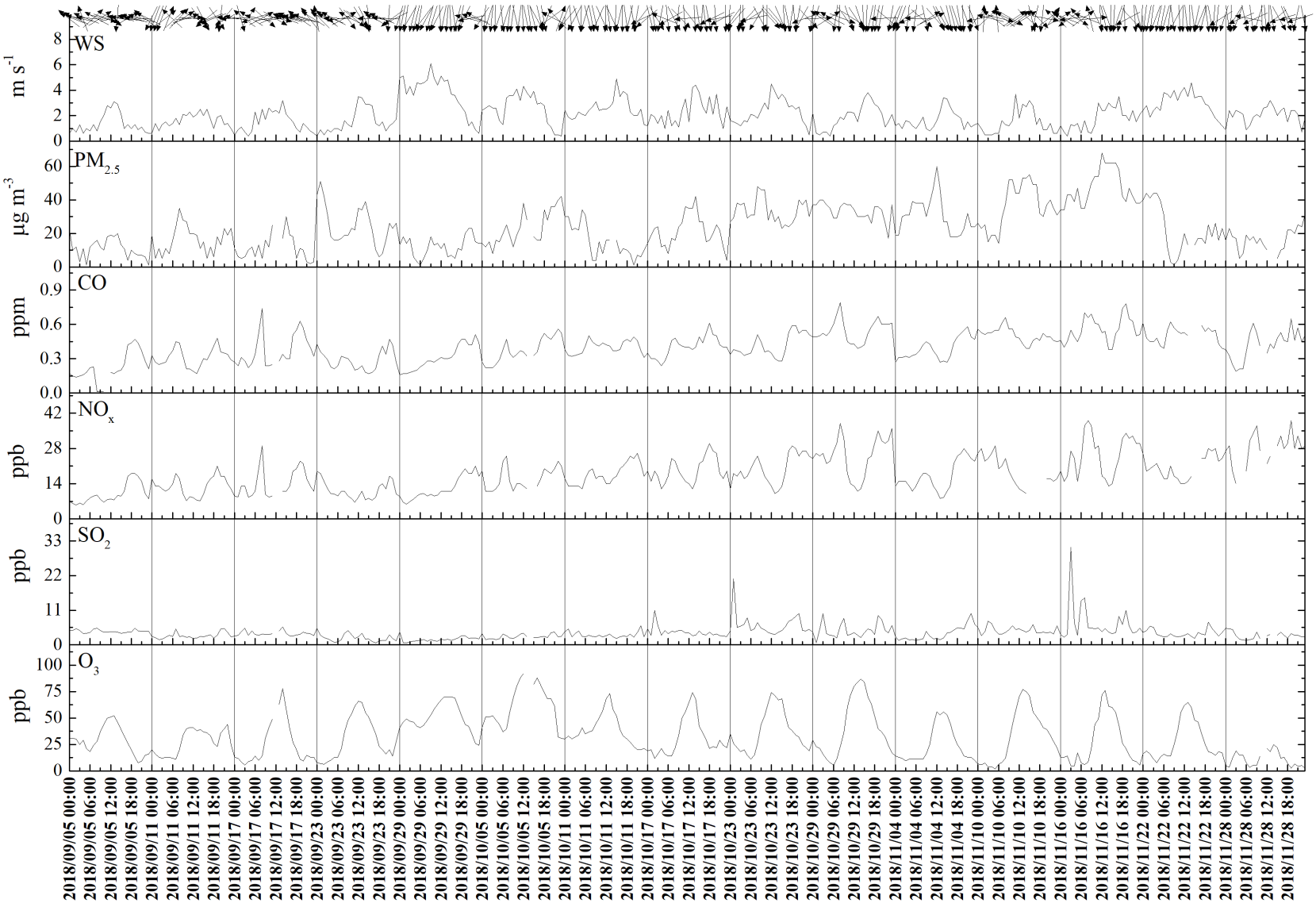

斗六站 01-Jun-18 ~ 30-Aug-18
WS
m s-1
PM2.5
μg m-3
CO
ppm
NOx
ppb
SO2
ppb
O3
ppb
2018/06/01 00:00
2018/06/01 06:00
2018/06/01 12:00
2018/06/01 18:00
2018/06/07 00:00
2018/06/07 06:00
2018/06/07 12:00
2018/06/07 18:00
2018/06/13 00:00
2018/06/13 06:00
2018/06/13 12:00
2018/06/13 18:00
2018/06/19 00:00
2018/06/19 06:00
2018/06/19 12:00
2018/06/19 18:00
2018/06/25 00:00
2018/06/25 06:00
2018/06/25 12:00
2018/06/25 18:00
2018/07/01 00:00
2018/07/01 06:00
2018/07/01 12:00
2018/07/01 18:00
2018/07/07 00:00
2018/07/07 06:00
2018/07/07 12:00
2018/07/07 18:00
2018/07/13 00:00
2018/07/13 06:00
2018/07/13 12:00
2018/07/13 18:00
2018/07/19 00:00
2018/07/19 06:00
2018/07/19 12:00
2018/07/19 18:00
2018/07/25 00:00
2018/07/25 06:00
2018/07/25 12:00
2018/07/25 18:00
2018/07/31 00:00
2018/07/31 06:00
2018/07/31 12:00
2018/07/31 18:00
2018/08/06 00:00
2018/08/06 06:00
2018/08/06 12:00
2018/08/06 18:00
2018/08/12 00:00
2018/08/12 06:00
2018/08/12 12:00
2018/08/12 18:00
2018/08/18 00:00
2018/08/18 06:00
2018/08/18 12:00
2018/08/18 18:00
2018/08/24 00:00
2018/08/24 06:00
2018/08/24 12:00
2018/08/24 18:00
2018/08/30 00:00
2018/08/30 06:00
2018/08/30 12:00
2018/08/30 18:00

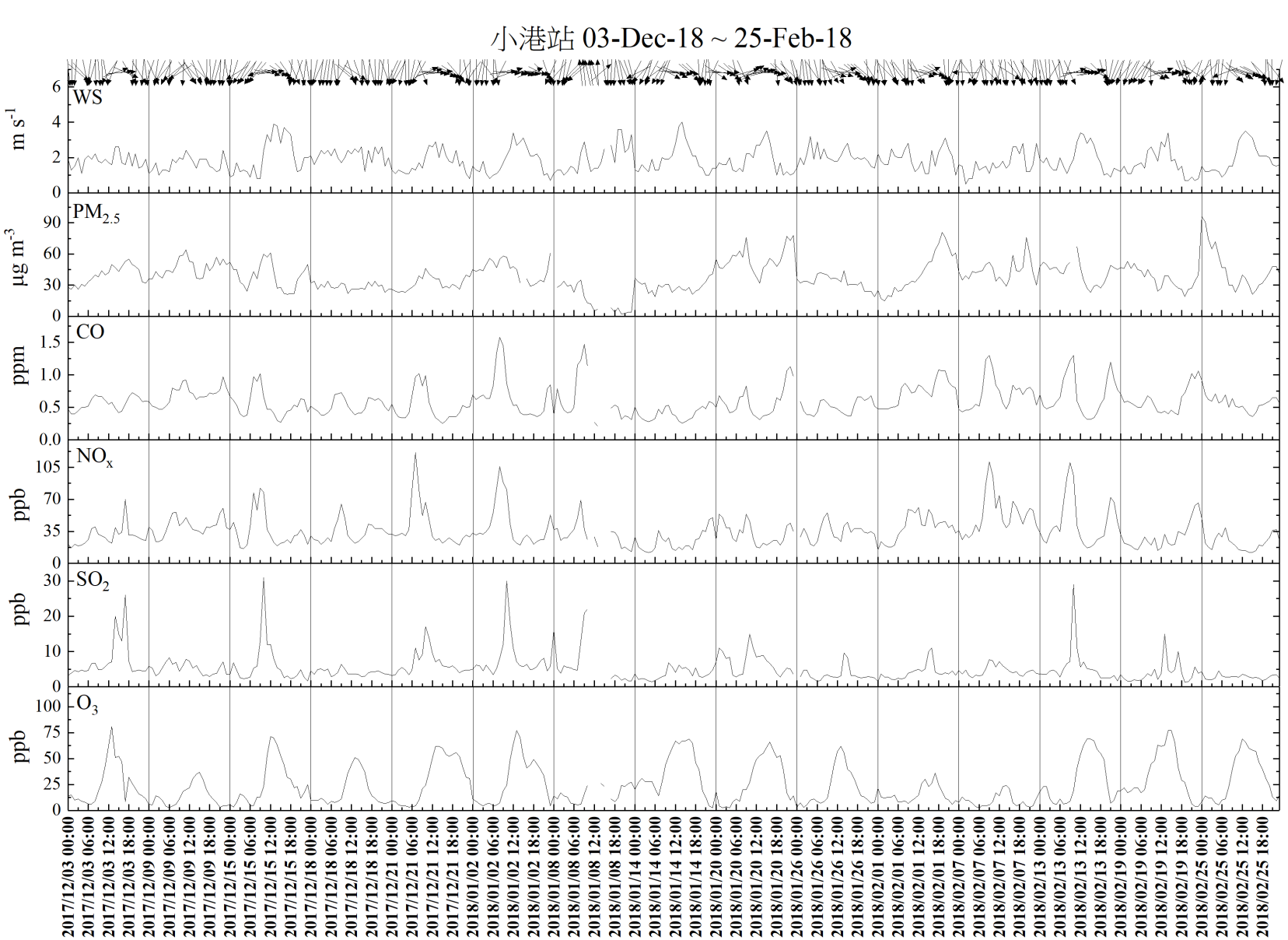

斗六站 05-Sep-18 ~ 28-Nov-18
WS
m s-1
PM2.5
μg m-3
CO
ppm
NOx
ppb
SO2
ppb
O3
ppb
2018/09/05 00:00
2018/09/05 06:00
2018/09/05 12:00
2018/09/05 18:00
2018/09/11 00:00
2018/09/11 06:00
2018/09/11 12:00
2018/09/11 18:00
2018/09/17 00:00
2018/09/17 06:00
2018/09/17 12:00
2018/09/17 18:00
2018/09/23 00:00
2018/09/23 06:00
2018/09/23 12:00
2018/09/23 18:00
2018/09/29 00:00
2018/09/29 06:00
2018/09/29 12:00
2018/09/29 18:00
2018/10/05 00:00
2018/10/05 06:00
2018/10/05 12:00
2018/10/05 18:00
2018/10/11 00:00
2018/10/11 06:00
2018/10/11 12:00
2018/10/11 18:00
2018/10/17 00:00
2018/10/17 06:00
2018/10/17 12:00
2018/10/17 18:00
2018/10/23 00:00
2018/10/23 06:00
2018/10/23 12:00
2018/10/23 18:00
2018/10/29 00:00
2018/10/29 06:00
2018/10/29 12:00
2018/10/29 18:00
2018/11/04 00:00
2018/11/04 06:00
2018/11/04 12:00
2018/11/04 18:00
2018/11/10 00:00
2018/11/10 06:00
2018/11/10 12:00
2018/11/10 18:00
2018/11/16 00:00
2018/11/16 06:00
2018/11/16 12:00
2018/11/16 18:00
2018/11/22 00:00
2018/11/22 06:00
2018/11/22 12:00
2018/11/22 18:00
2018/11/28 00:00
2018/11/28 06:00
2018/11/28 12:00
2018/11/28 18:00

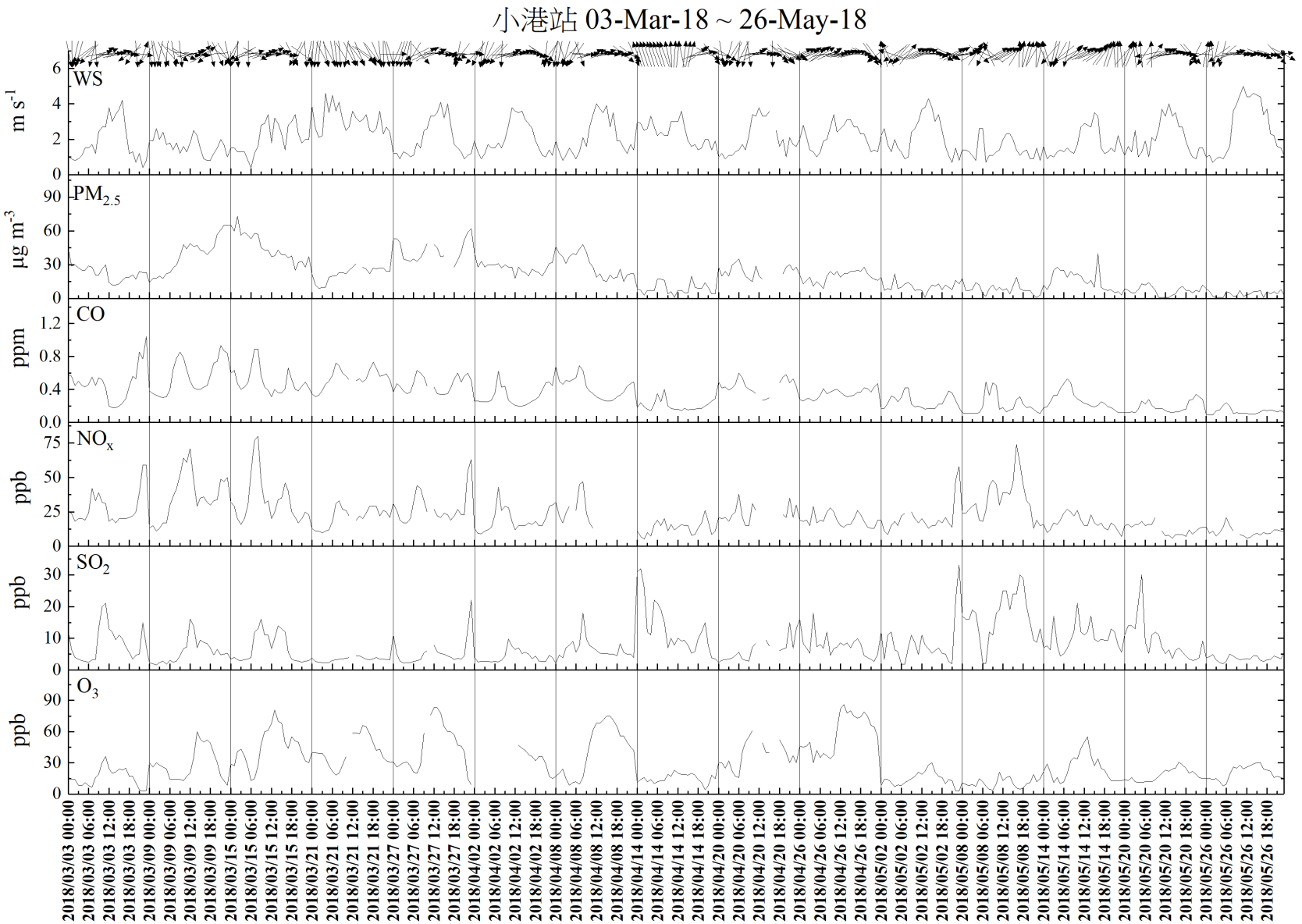

嘉義站 03-Dec-18 ~ 25-Feb-18
WS
m s-1
PM2.5
μg m-3
CO
ppm
NOx
ppb
SO2
ppb
O3
ppb
2017/12/03 00:00
2017/12/03 06:00
2017/12/03 12:00
2017/12/03 18:00
2017/12/09 00:00
2017/12/09 06:00
2017/12/09 12:00
2017/12/09 18:00
2017/12/15 00:00
2017/12/15 06:00
2017/12/15 12:00
2017/12/15 18:00
2017/12/18 00:00
2017/12/18 06:00
2017/12/18 12:00
2017/12/18 18:00
2017/12/21 00:00
2017/12/21 06:00
2017/12/21 12:00
2017/12/21 18:00
2018/01/02 00:00
2018/01/02 06:00
2018/01/02 12:00
2018/01/02 18:00
2018/01/08 00:00
2018/01/08 06:00
2018/01/08 12:00
2018/01/08 18:00
2018/01/14 00:00
2018/01/14 06:00
2018/01/14 12:00
2018/01/14 18:00
2018/01/20 00:00
2018/01/20 06:00
2018/01/20 12:00
2018/01/20 18:00
2018/01/26 00:00
2018/01/26 06:00
2018/01/26 12:00
2018/01/26 18:00
2018/02/01 00:00
2018/02/01 06:00
2018/02/01 12:00
2018/02/01 18:00
2018/02/07 00:00
2018/02/07 06:00
2018/02/07 12:00
2018/02/07 18:00
2018/02/13 00:00
2018/02/13 06:00
2018/02/13 12:00
2018/02/13 18:00
2018/02/19 00:00
2018/02/19 06:00
2018/02/19 12:00
2018/02/19 18:00
2018/02/25 00:00
2018/02/25 06:00
2018/02/25 12:00
2018/02/25 18:00

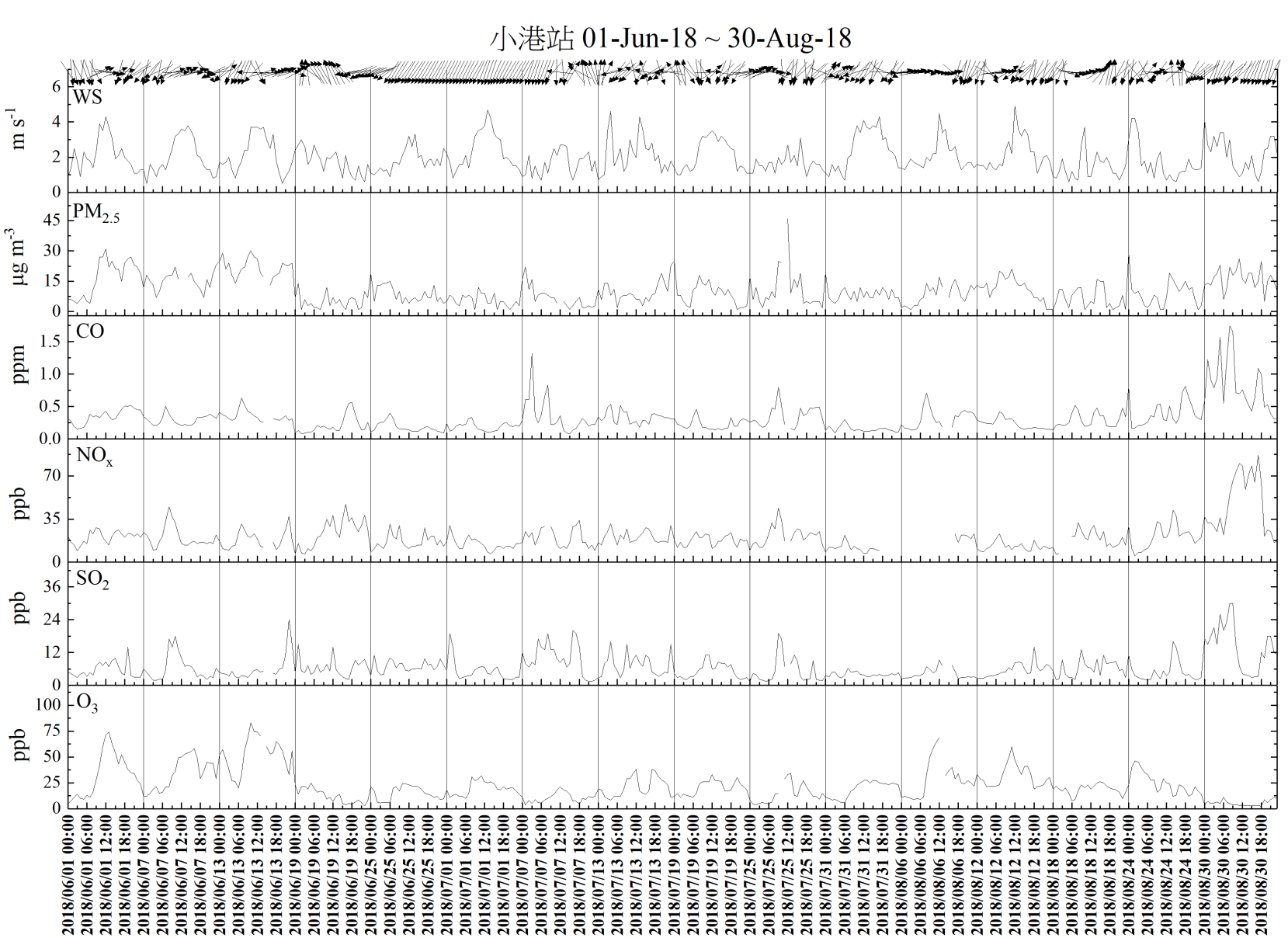

嘉義站 03-Mar-18 ~ 26-May-18
WS
m s-1
PM2.5
μg m-3
CO
ppm
NOx
ppb
SO2
ppb
O3
ppb
2018/03/03 00:00
2018/03/03 06:00
2018/03/03 12:00
2018/03/03 18:00
2018/03/09 00:00
2018/03/09 06:00
2018/03/09 12:00
2018/03/09 18:00
2018/03/15 00:00
2018/03/15 06:00
2018/03/15 12:00
2018/03/15 18:00
2018/03/21 00:00
2018/03/21 06:00
2018/03/21 12:00
2018/03/21 18:00
2018/03/27 00:00
2018/03/27 06:00
2018/03/27 12:00
2018/03/27 18:00
2018/04/02 00:00
2018/04/02 06:00
2018/04/02 12:00
2018/04/02 18:00
2018/04/08 00:00
2018/04/08 06:00
2018/04/08 12:00
2018/04/08 18:00
2018/04/14 00:00
2018/04/14 06:00
2018/04/14 12:00
2018/04/14 18:00
2018/04/20 00:00
2018/04/20 06:00
2018/04/20 12:00
2018/04/20 18:00
2018/04/26 00:00
2018/04/26 06:00
2018/04/26 12:00
2018/04/26 18:00
2018/05/02 00:00
2018/05/02 06:00
2018/05/02 12:00
2018/05/02 18:00
2018/05/08 00:00
2018/05/08 06:00
2018/05/08 12:00
2018/05/08 18:00
2018/05/14 00:00
2018/05/14 06:00
2018/05/14 12:00
2018/05/14 18:00
2018/05/20 00:00
2018/05/20 06:00
2018/05/20 12:00
2018/05/20 18:00
2018/05/26 00:00
2018/05/26 06:00
2018/05/26 12:00
2018/05/26 18:00

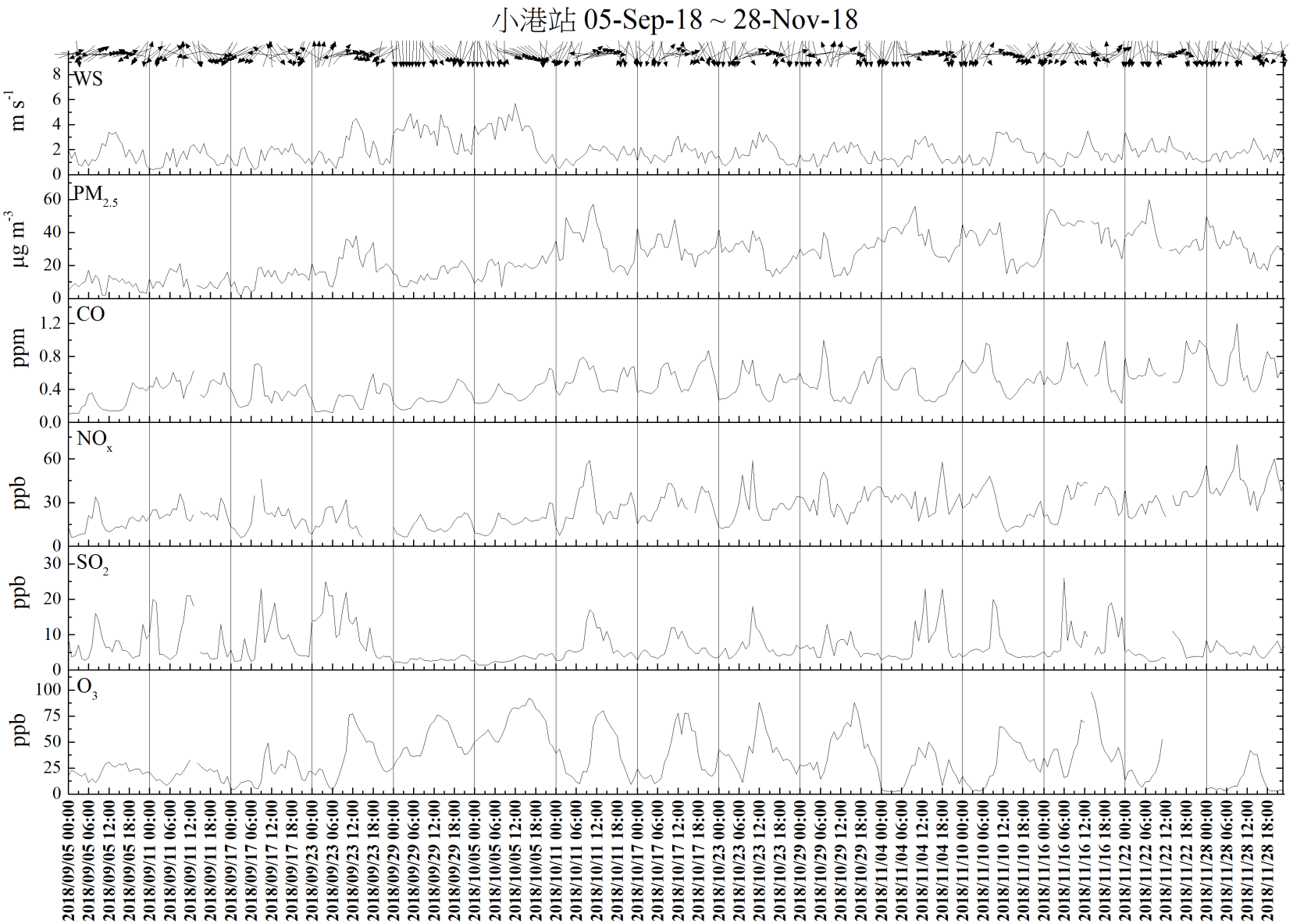

嘉義站 01-Jun-18 ~ 30-Aug-18
WS
m s-1
PM2.5
μg m-3
CO
ppm
NOx
ppb
SO2
ppb
O3
ppb
2018/06/01 00:00
2018/06/01 06:00
2018/06/01 12:00
2018/06/01 18:00
2018/06/07 00:00
2018/06/07 06:00
2018/06/07 12:00
2018/06/07 18:00
2018/06/13 00:00
2018/06/13 06:00
2018/06/13 12:00
2018/06/13 18:00
2018/06/19 00:00
2018/06/19 06:00
2018/06/19 12:00
2018/06/19 18:00
2018/06/25 00:00
2018/06/25 06:00
2018/06/25 12:00
2018/06/25 18:00
2018/07/01 00:00
2018/07/01 06:00
2018/07/01 12:00
2018/07/01 18:00
2018/07/07 00:00
2018/07/07 06:00
2018/07/07 12:00
2018/07/07 18:00
2018/07/13 00:00
2018/07/13 06:00
2018/07/13 12:00
2018/07/13 18:00
2018/07/19 00:00
2018/07/19 06:00
2018/07/19 12:00
2018/07/19 18:00
2018/07/25 00:00
2018/07/25 06:00
2018/07/25 12:00
2018/07/25 18:00
2018/07/31 00:00
2018/07/31 06:00
2018/07/31 12:00
2018/07/31 18:00
2018/08/06 00:00
2018/08/06 06:00
2018/08/06 12:00
2018/08/06 18:00
2018/08/12 00:00
2018/08/12 06:00
2018/08/12 12:00
2018/08/12 18:00
2018/08/18 00:00
2018/08/18 06:00
2018/08/18 12:00
2018/08/18 18:00
2018/08/24 00:00
2018/08/24 06:00
2018/08/24 12:00
2018/08/24 18:00
2018/08/30 00:00
2018/08/30 06:00
2018/08/30 12:00
2018/08/30 18:00

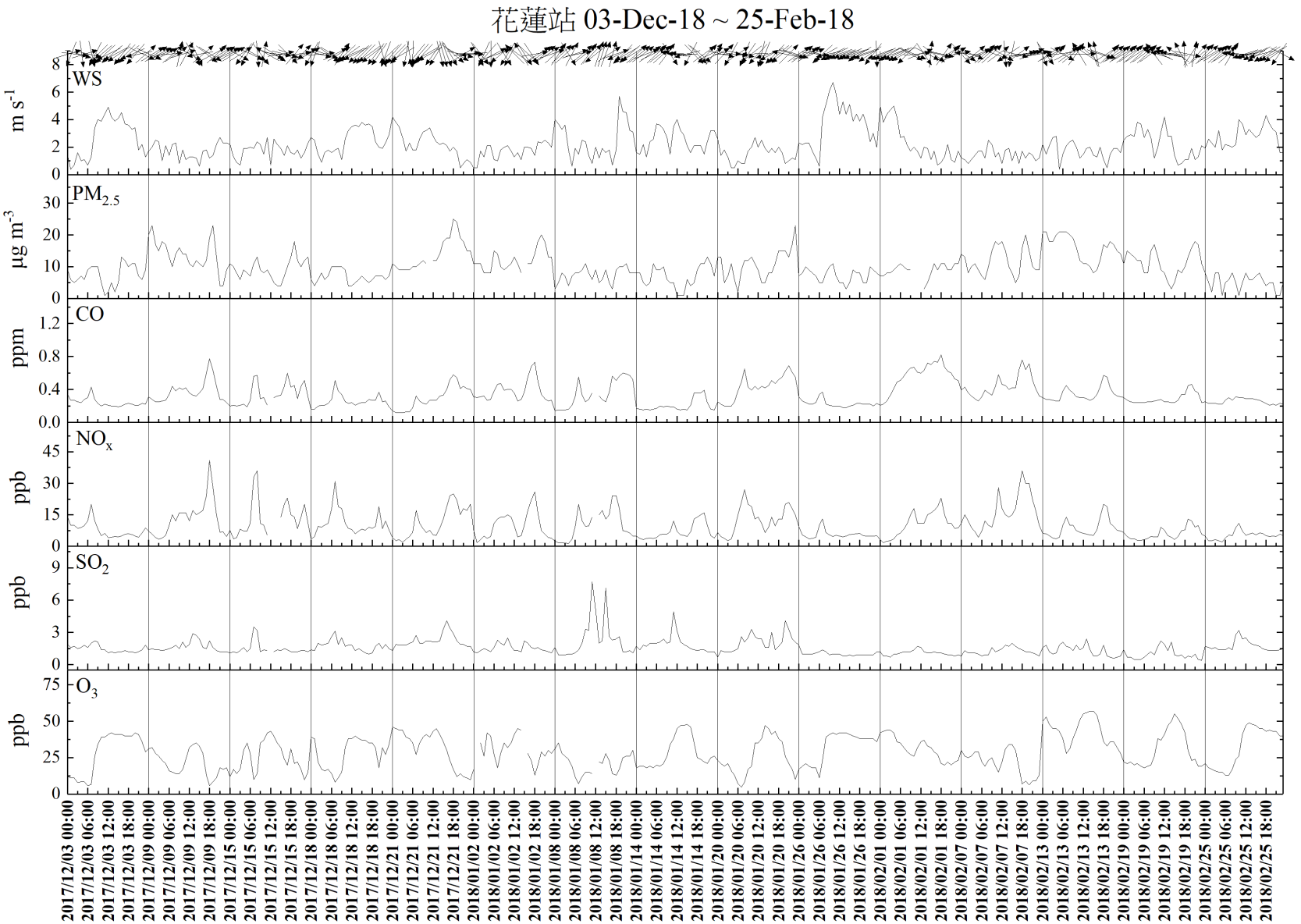

嘉義站 05-Sep-18 ~ 28-Nov-18
WS
m s-1
PM2.5
μg m-3
CO
ppm
NOx
ppb
SO2
ppb
O3
ppb
2018/09/05 00:00
2018/09/05 06:00
2018/09/05 12:00
2018/09/05 18:00
2018/09/11 00:00
2018/09/11 06:00
2018/09/11 12:00
2018/09/11 18:00
2018/09/17 00:00
2018/09/17 06:00
2018/09/17 12:00
2018/09/17 18:00
2018/09/23 00:00
2018/09/23 06:00
2018/09/23 12:00
2018/09/23 18:00
2018/09/29 00:00
2018/09/29 06:00
2018/09/29 12:00
2018/09/29 18:00
2018/10/05 00:00
2018/10/05 06:00
2018/10/05 12:00
2018/10/05 18:00
2018/10/11 00:00
2018/10/11 06:00
2018/10/11 12:00
2018/10/11 18:00
2018/10/17 00:00
2018/10/17 06:00
2018/10/17 12:00
2018/10/17 18:00
2018/10/23 00:00
2018/10/23 06:00
2018/10/23 12:00
2018/10/23 18:00
2018/10/29 00:00
2018/10/29 06:00
2018/10/29 12:00
2018/10/29 18:00
2018/11/04 00:00
2018/11/04 06:00
2018/11/04 12:00
2018/11/04 18:00
2018/11/10 00:00
2018/11/10 06:00
2018/11/10 12:00
2018/11/10 18:00
2018/11/16 00:00
2018/11/16 06:00
2018/11/16 12:00
2018/11/16 18:00
2018/11/22 00:00
2018/11/22 06:00
2018/11/22 12:00
2018/11/22 18:00
2018/11/28 00:00
2018/11/28 06:00
2018/11/28 12:00
2018/11/28 18:00

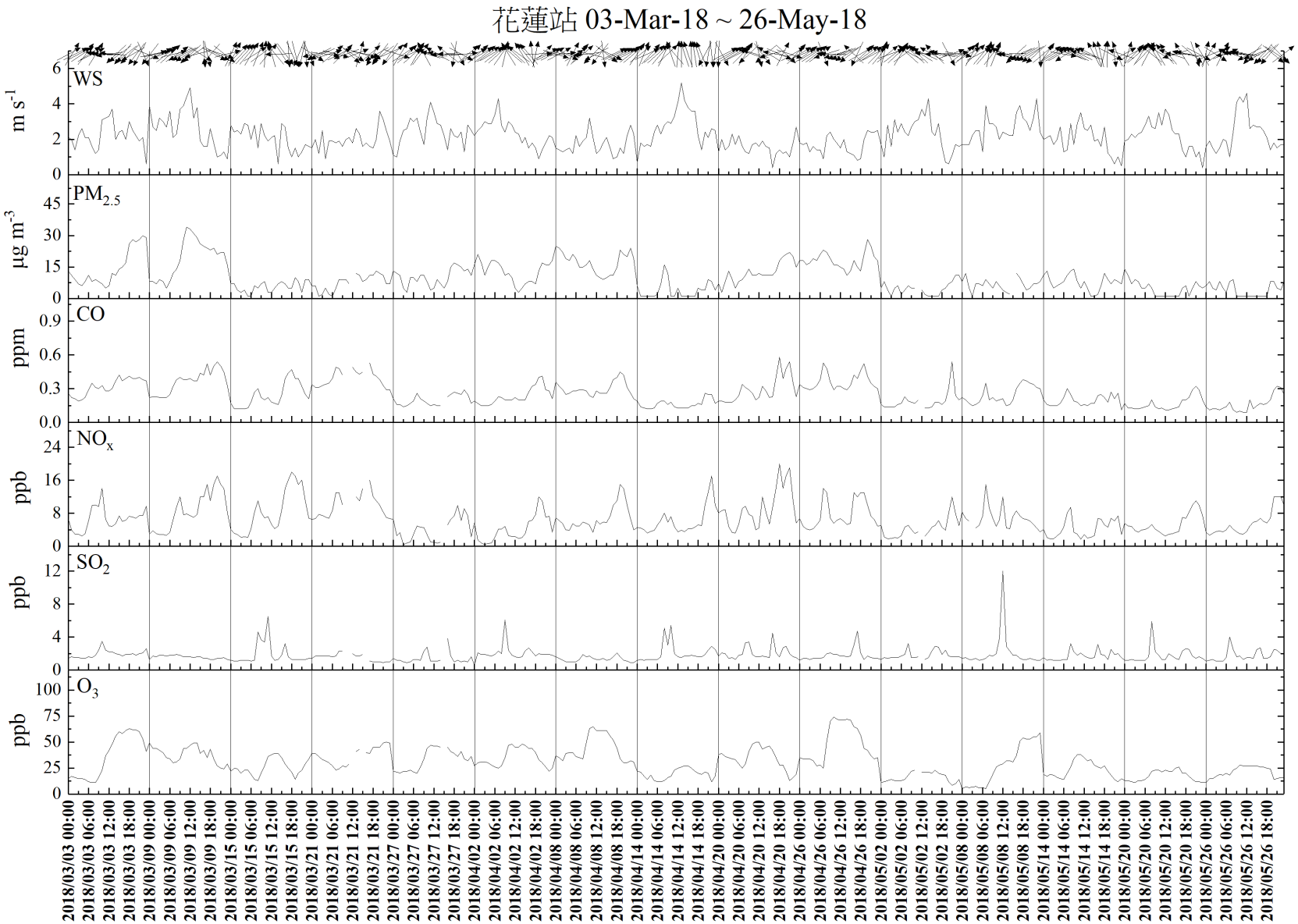

小港站 03-Dec-18 ~ 25-Feb-18
WS
m s-1
PM2.5
μg m-3
CO
ppm
NOx
ppb
SO2
ppb
O3
ppb
2017/12/03 00:00
2017/12/03 06:00
2017/12/03 12:00
2017/12/03 18:00
2017/12/09 00:00
2017/12/09 06:00
2017/12/09 12:00
2017/12/09 18:00
2017/12/15 00:00
2017/12/15 06:00
2017/12/15 12:00
2017/12/15 18:00
2017/12/18 00:00
2017/12/18 06:00
2017/12/18 12:00
2017/12/18 18:00
2017/12/21 00:00
2017/12/21 06:00
2017/12/21 12:00
2017/12/21 18:00
2018/01/02 00:00
2018/01/02 06:00
2018/01/02 12:00
2018/01/02 18:00
2018/01/08 00:00
2018/01/08 06:00
2018/01/08 12:00
2018/01/08 18:00
2018/01/14 00:00
2018/01/14 06:00
2018/01/14 12:00
2018/01/14 18:00
2018/01/20 00:00
2018/01/20 06:00
2018/01/20 12:00
2018/01/20 18:00
2018/01/26 00:00
2018/01/26 06:00
2018/01/26 12:00
2018/01/26 18:00
2018/02/01 00:00
2018/02/01 06:00
2018/02/01 12:00
2018/02/01 18:00
2018/02/07 00:00
2018/02/07 06:00
2018/02/07 12:00
2018/02/07 18:00
2018/02/13 00:00
2018/02/13 06:00
2018/02/13 12:00
2018/02/13 18:00
2018/02/19 00:00
2018/02/19 06:00
2018/02/19 12:00
2018/02/19 18:00
2018/02/25 00:00
2018/02/25 06:00
2018/02/25 12:00
2018/02/25 18:00

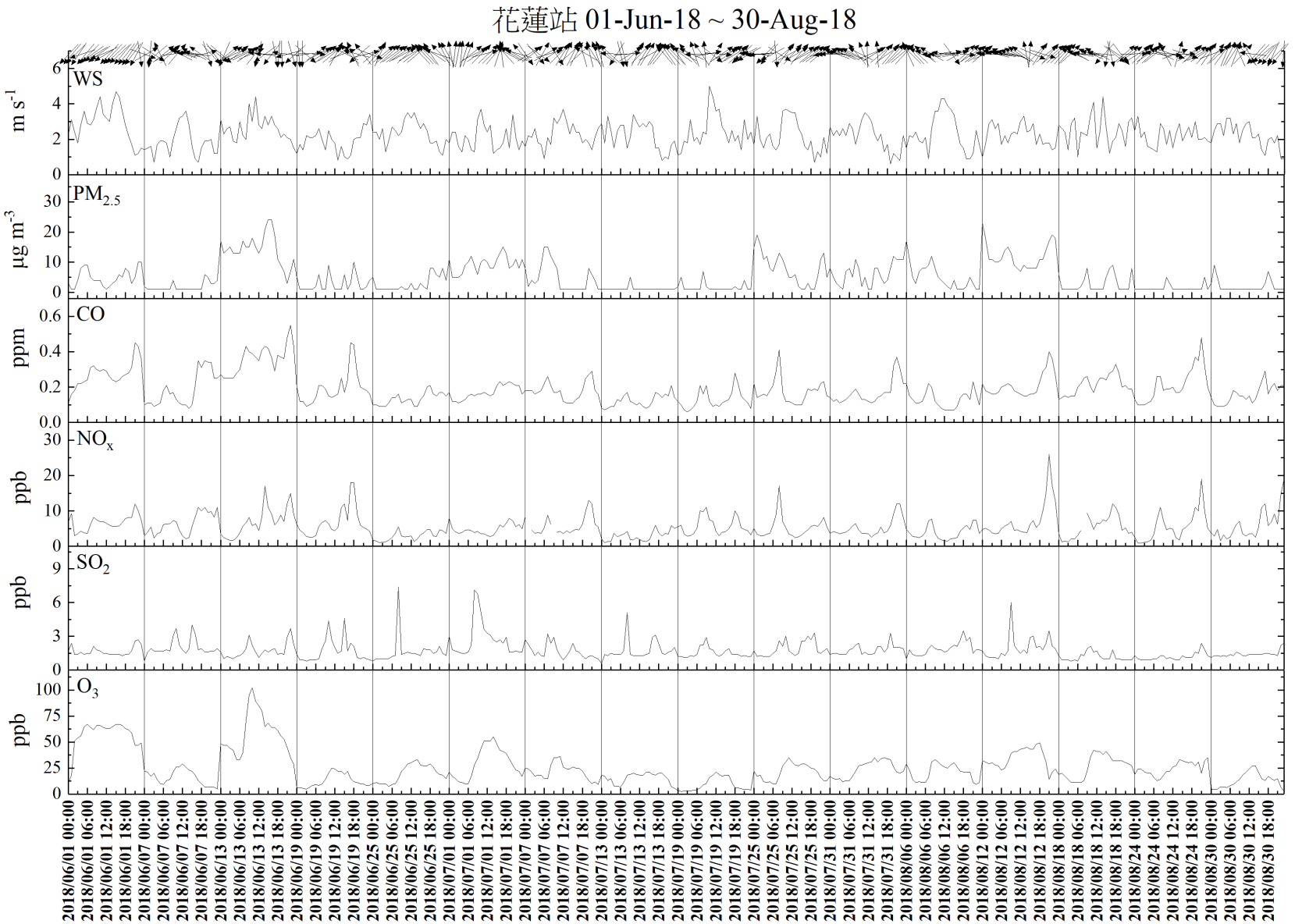

小港站 03-Mar-18 ~ 26-May-18
WS
m s-1
PM2.5
μg m-3
CO
ppm
NOx
ppb
SO2
ppb
O3
ppb
2018/03/03 00:00
2018/03/03 06:00
2018/03/03 12:00
2018/03/03 18:00
2018/03/09 00:00
2018/03/09 06:00
2018/03/09 12:00
2018/03/09 18:00
2018/03/15 00:00
2018/03/15 06:00
2018/03/15 12:00
2018/03/15 18:00
2018/03/21 00:00
2018/03/21 06:00
2018/03/21 12:00
2018/03/21 18:00
2018/03/27 00:00
2018/03/27 06:00
2018/03/27 12:00
2018/03/27 18:00
2018/04/02 00:00
2018/04/02 06:00
2018/04/02 12:00
2018/04/02 18:00
2018/04/08 00:00
2018/04/08 06:00
2018/04/08 12:00
2018/04/08 18:00
2018/04/14 00:00
2018/04/14 06:00
2018/04/14 12:00
2018/04/14 18:00
2018/04/20 00:00
2018/04/20 06:00
2018/04/20 12:00
2018/04/20 18:00
2018/04/26 00:00
2018/04/26 06:00
2018/04/26 12:00
2018/04/26 18:00
2018/05/02 00:00
2018/05/02 06:00
2018/05/02 12:00
2018/05/02 18:00
2018/05/08 00:00
2018/05/08 06:00
2018/05/08 12:00
2018/05/08 18:00
2018/05/14 00:00
2018/05/14 06:00
2018/05/14 12:00
2018/05/14 18:00
2018/05/20 00:00
2018/05/20 06:00
2018/05/20 12:00
2018/05/20 18:00
2018/05/26 00:00
2018/05/26 06:00
2018/05/26 12:00
2018/05/26 18:00

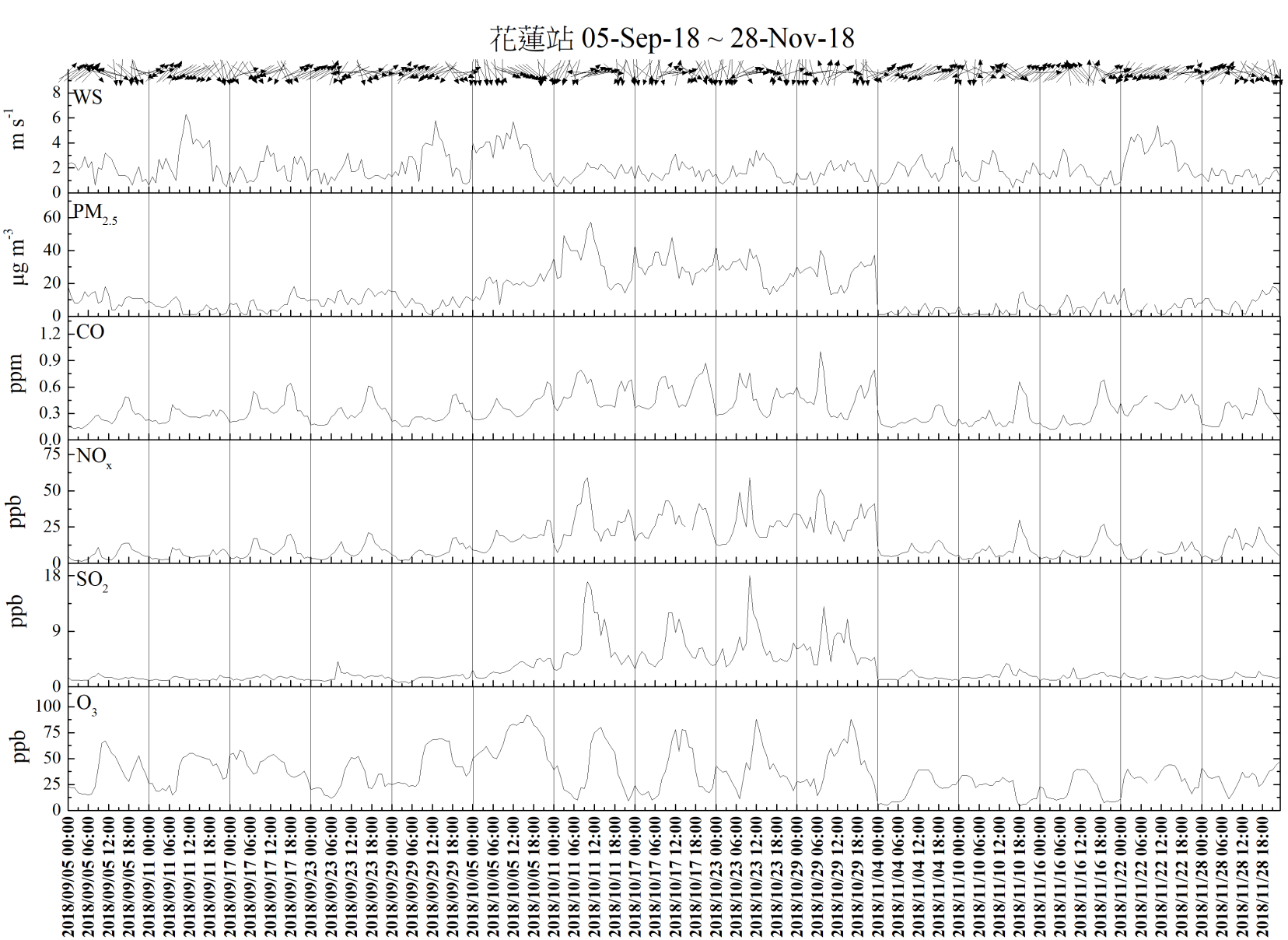

小港站 01-Jun-18 ~ 30-Aug-18
WS
m s-1
PM2.5
μg m-3
CO
ppm
NOx
ppb
SO2
ppb
O3
ppb
2018/06/01 00:00
2018/06/01 06:00
2018/06/01 12:00
2018/06/01 18:00
2018/06/07 00:00
2018/06/07 06:00
2018/06/07 12:00
2018/06/07 18:00
2018/06/13 00:00
2018/06/13 06:00
2018/06/13 12:00
2018/06/13 18:00
2018/06/19 00:00
2018/06/19 06:00
2018/06/19 12:00
2018/06/19 18:00
2018/06/25 00:00
2018/06/25 06:00
2018/06/25 12:00
2018/06/25 18:00
2018/07/01 00:00
2018/07/01 06:00
2018/07/01 12:00
2018/07/01 18:00
2018/07/07 00:00
2018/07/07 06:00
2018/07/07 12:00
2018/07/07 18:00
2018/07/13 00:00
2018/07/13 06:00
2018/07/13 12:00
2018/07/13 18:00
2018/07/19 00:00
2018/07/19 06:00
2018/07/19 12:00
2018/07/19 18:00
2018/07/25 00:00
2018/07/25 06:00
2018/07/25 12:00
2018/07/25 18:00
2018/07/31 00:00
2018/07/31 06:00
2018/07/31 12:00
2018/07/31 18:00
2018/08/06 00:00
2018/08/06 06:00
2018/08/06 12:00
2018/08/06 18:00
2018/08/12 00:00
2018/08/12 06:00
2018/08/12 12:00
2018/08/12 18:00
2018/08/18 00:00
2018/08/18 06:00
2018/08/18 12:00
2018/08/18 18:00
2018/08/24 00:00
2018/08/24 06:00
2018/08/24 12:00
2018/08/24 18:00
2018/08/30 00:00
2018/08/30 06:00
2018/08/30 12:00
2018/08/30 18:00


小港站 05-Sep-18 ~ 28-Nov-18
WS
m s-1
PM2.5
μg m-3
CO
ppm
NOx
ppb
SO2
ppb
O3
ppb
2018/09/05 00:00
2018/09/05 06:00
2018/09/05 12:00
2018/09/05 18:00
2018/09/11 00:00
2018/09/11 06:00
2018/09/11 12:00
2018/09/11 18:00
2018/09/17 00:00
2018/09/17 06:00
2018/09/17 12:00
2018/09/17 18:00
2018/09/23 00:00
2018/09/23 06:00
2018/09/23 12:00
2018/09/23 18:00
2018/09/29 00:00
2018/09/29 06:00
2018/09/29 12:00
2018/09/29 18:00
2018/10/05 00:00
2018/10/05 06:00
2018/10/05 12:00
2018/10/05 18:00
2018/10/11 00:00
2018/10/11 06:00
2018/10/11 12:00
2018/10/11 18:00
2018/10/17 00:00
2018/10/17 06:00
2018/10/17 12:00
2018/10/17 18:00
2018/10/23 00:00
2018/10/23 06:00
2018/10/23 12:00
2018/10/23 18:00
2018/10/29 00:00
2018/10/29 06:00
2018/10/29 12:00
2018/10/29 18:00
2018/11/04 00:00
2018/11/04 06:00
2018/11/04 12:00
2018/11/04 18:00
2018/11/10 00:00
2018/11/10 06:00
2018/11/10 12:00
2018/11/10 18:00
2018/11/16 00:00
2018/11/16 06:00
2018/11/16 12:00
2018/11/16 18:00
2018/11/22 00:00
2018/11/22 06:00
2018/11/22 12:00
2018/11/22 18:00
2018/11/28 00:00
2018/11/28 06:00
2018/11/28 12:00
2018/11/28 18:00


花蓮站 03-Dec-18 ~ 25-Feb-18
WS
m s-1
PM2.5
μg m-3
CO
ppm
NOx
ppb
SO2
ppb
O3
ppb
2017/12/03 00:00
2017/12/03 06:00
2017/12/03 12:00
2017/12/03 18:00
2017/12/09 00:00
2017/12/09 06:00
2017/12/09 12:00
2017/12/09 18:00
2017/12/15 00:00
2017/12/15 06:00
2017/12/15 12:00
2017/12/15 18:00
2017/12/18 00:00
2017/12/18 06:00
2017/12/18 12:00
2017/12/18 18:00
2017/12/21 00:00
2017/12/21 06:00
2017/12/21 12:00
2017/12/21 18:00
2018/01/02 00:00
2018/01/02 06:00
2018/01/02 12:00
2018/01/02 18:00
2018/01/08 00:00
2018/01/08 06:00
2018/01/08 12:00
2018/01/08 18:00
2018/01/14 00:00
2018/01/14 06:00
2018/01/14 12:00
2018/01/14 18:00
2018/01/20 00:00
2018/01/20 06:00
2018/01/20 12:00
2018/01/20 18:00
2018/01/26 00:00
2018/01/26 06:00
2018/01/26 12:00
2018/01/26 18:00
2018/02/01 00:00
2018/02/01 06:00
2018/02/01 12:00
2018/02/01 18:00
2018/02/07 00:00
2018/02/07 06:00
2018/02/07 12:00
2018/02/07 18:00
2018/02/13 00:00
2018/02/13 06:00
2018/02/13 12:00
2018/02/13 18:00
2018/02/19 00:00
2018/02/19 06:00
2018/02/19 12:00
2018/02/19 18:00
2018/02/25 00:00
2018/02/25 06:00
2018/02/25 12:00
2018/02/25 18:00


花蓮站 03-Mar-18 ~ 26-May-18
WS
m s-1
PM2.5
μg m-3
CO
ppm
NOx
ppb
SO2
ppb
O3
ppb
2018/03/03 00:00
2018/03/03 06:00
2018/03/03 12:00
2018/03/03 18:00
2018/03/09 00:00
2018/03/09 06:00
2018/03/09 12:00
2018/03/09 18:00
2018/03/15 00:00
2018/03/15 06:00
2018/03/15 12:00
2018/03/15 18:00
2018/03/21 00:00
2018/03/21 06:00
2018/03/21 12:00
2018/03/21 18:00
2018/03/27 00:00
2018/03/27 06:00
2018/03/27 12:00
2018/03/27 18:00
2018/04/02 00:00
2018/04/02 06:00
2018/04/02 12:00
2018/04/02 18:00
2018/04/08 00:00
2018/04/08 06:00
2018/04/08 12:00
2018/04/08 18:00
2018/04/14 00:00
2018/04/14 06:00
2018/04/14 12:00
2018/04/14 18:00
2018/04/20 00:00
2018/04/20 06:00
2018/04/20 12:00
2018/04/20 18:00
2018/04/26 00:00
2018/04/26 06:00
2018/04/26 12:00
2018/04/26 18:00
2018/05/02 00:00
2018/05/02 06:00
2018/05/02 12:00
2018/05/02 18:00
2018/05/08 00:00
2018/05/08 06:00
2018/05/08 12:00
2018/05/08 18:00
2018/05/14 00:00
2018/05/14 06:00
2018/05/14 12:00
2018/05/14 18:00
2018/05/20 00:00
2018/05/20 06:00
2018/05/20 12:00
2018/05/20 18:00
2018/05/26 00:00
2018/05/26 06:00
2018/05/26 12:00
2018/05/26 18:00


花蓮站 01-Jun-18 ~ 30-Aug-18
WS
m s-1
PM2.5
μg m-3
CO
ppm
NOx
ppb
SO2
ppb
O3
ppb
2018/06/01 00:00
2018/06/01 06:00
2018/06/01 12:00
2018/06/01 18:00
2018/06/07 00:00
2018/06/07 06:00
2018/06/07 12:00
2018/06/07 18:00
2018/06/13 00:00
2018/06/13 06:00
2018/06/13 12:00
2018/06/13 18:00
2018/06/19 00:00
2018/06/19 06:00
2018/06/19 12:00
2018/06/19 18:00
2018/06/25 00:00
2018/06/25 06:00
2018/06/25 12:00
2018/06/25 18:00
2018/07/01 00:00
2018/07/01 06:00
2018/07/01 12:00
2018/07/01 18:00
2018/07/07 00:00
2018/07/07 06:00
2018/07/07 12:00
2018/07/07 18:00
2018/07/13 00:00
2018/07/13 06:00
2018/07/13 12:00
2018/07/13 18:00
2018/07/19 00:00
2018/07/19 06:00
2018/07/19 12:00
2018/07/19 18:00
2018/07/25 00:00
2018/07/25 06:00
2018/07/25 12:00
2018/07/25 18:00
2018/07/31 00:00
2018/07/31 06:00
2018/07/31 12:00
2018/07/31 18:00
2018/08/06 00:00
2018/08/06 06:00
2018/08/06 12:00
2018/08/06 18:00
2018/08/12 00:00
2018/08/12 06:00
2018/08/12 12:00
2018/08/12 18:00
2018/08/18 00:00
2018/08/18 06:00
2018/08/18 12:00
2018/08/18 18:00
2018/08/24 00:00
2018/08/24 06:00
2018/08/24 12:00
2018/08/24 18:00
2018/08/30 00:00
2018/08/30 06:00
2018/08/30 12:00
2018/08/30 18:00


花蓮站 05-Sep-18 ~ 28-Nov-18
WS
m s-1
PM2.5
μg m-3
CO
ppm
NOx
ppb
SO2
ppb
O3
ppb
2018/09/05 00:00
2018/09/05 06:00
2018/09/05 12:00
2018/09/05 18:00
2018/09/11 00:00
2018/09/11 06:00
2018/09/11 12:00
2018/09/11 18:00
2018/09/17 00:00
2018/09/17 06:00
2018/09/17 12:00
2018/09/17 18:00
2018/09/23 00:00
2018/09/23 06:00
2018/09/23 12:00
2018/09/23 18:00
2018/09/29 00:00
2018/09/29 06:00
2018/09/29 12:00
2018/09/29 18:00
2018/10/05 00:00
2018/10/05 06:00
2018/10/05 12:00
2018/10/05 18:00
2018/10/11 00:00
2018/10/11 06:00
2018/10/11 12:00
2018/10/11 18:00
2018/10/17 00:00
2018/10/17 06:00
2018/10/17 12:00
2018/10/17 18:00
2018/10/23 00:00
2018/10/23 06:00
2018/10/23 12:00
2018/10/23 18:00
2018/10/29 00:00
2018/10/29 06:00
2018/10/29 12:00
2018/10/29 18:00
2018/11/04 00:00
2018/11/04 06:00
2018/11/04 12:00
2018/11/04 18:00
2018/11/10 00:00
2018/11/10 06:00
2018/11/10 12:00
2018/11/10 18:00
2018/11/16 00:00
2018/11/16 06:00
2018/11/16 12:00
2018/11/16 18:00
2018/11/22 00:00
2018/11/22 06:00
2018/11/22 12:00
2018/11/22 18:00
2018/11/28 00:00
2018/11/28 06:00
2018/11/28 12:00
2018/11/28 18:00

附錄五 受體模式檢測結果 (BS 及 DISP)

板橋							
DISP Diagnostics:							
	Error Code:	0					
	%dQ:	-0.03					
	Swaps by Factor:	0	0	0	0	0	0
BS Mapping:							
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Unmapped
Boot Factor 1	100	0	0	0	0	0	0
Boot Factor 2	1	95	1	0	1	0	2
Boot Factor 3	0	0	98	1	1	0	0
Boot Factor 4	0	0	0	100	0	0	0
Boot Factor 5	0	0	1	0	98	1	0
Boot Factor 6	1	2	11	2	1	83	0

嘉義							
DISP Diagnostics:							
	Error Code:	0					
	%dQ:	-0.04					
	Swaps by Factor:	0	0	0	0	0	0
BS Mapping:							
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Unmapped
Boot Factor 1	97	3	0	0	0	0	0
Boot Factor 2	0	95	0	0	0	0	0
Boot Factor 3	0	0	100	0	0	0	0
Boot Factor 4	0	0	0	95	0	0	0
Boot Factor 5	0	0	0	0	100	0	0
Boot Factor 6	0	0	0	0	0	100	0

忠明							
DISP Diagnostics:							
	Error Code:	0					
	%dQ:	0.00					
	Swaps by Factor:	0	0	0	0	0	0
BS Mapping:							
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Unmapped
Boot Factor 1	100	0	0	0	0	0	0
Boot Factor 2	0	100	0	0	0	0	0
Boot Factor 3	0	1	98	1	0	0	0
Boot Factor 4	0	0	0	100	0	0	0
Boot Factor 5	0	0	0	0	100	0	0
Boot Factor 6	0	0	0	0	1	99	0

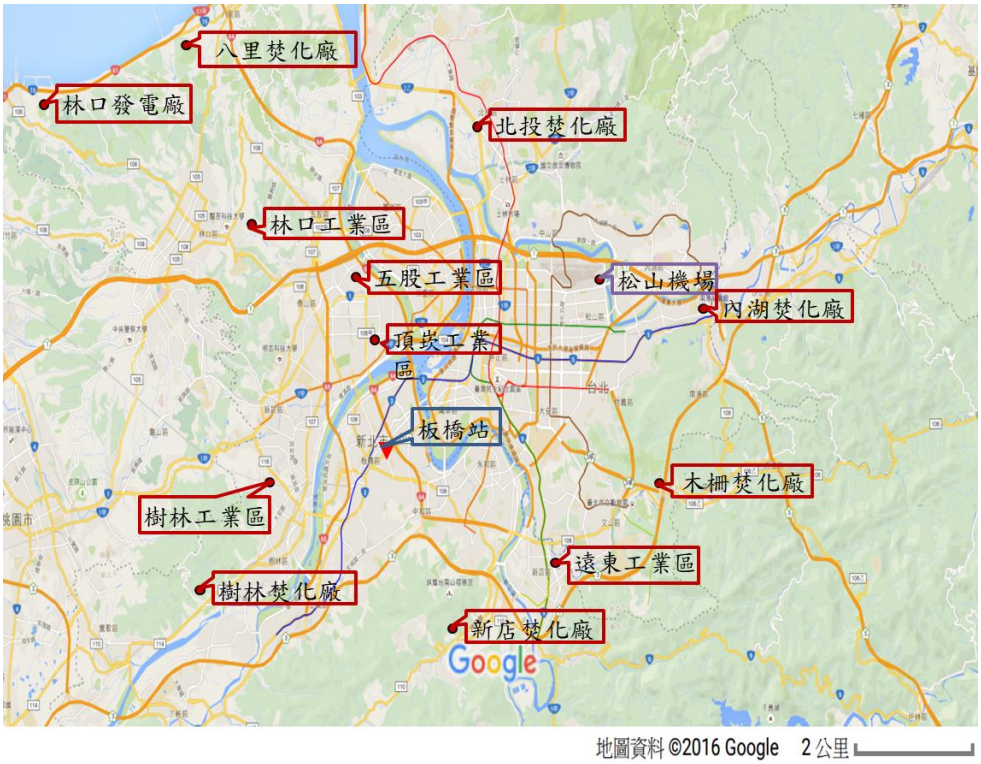
小港							
DISP Diagnostics:							
	Error Code:	0					
	%dQ:	0					
	Swaps by Factor:	0	0	0	0	0	0
BS Mapping:							
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Unmapped
Boot Factor 1	100	0	0	0	0	0	0
Boot Factor 2	1	98	0	0	1	0	0
Boot Factor 3	0	0	100	0	0	0	0
Boot Factor 4	1	0	0	94	4	1	0
Boot Factor 5	0	0	0	0	100	0	0
Boot Factor 6	0	0	0	1	0	98	1

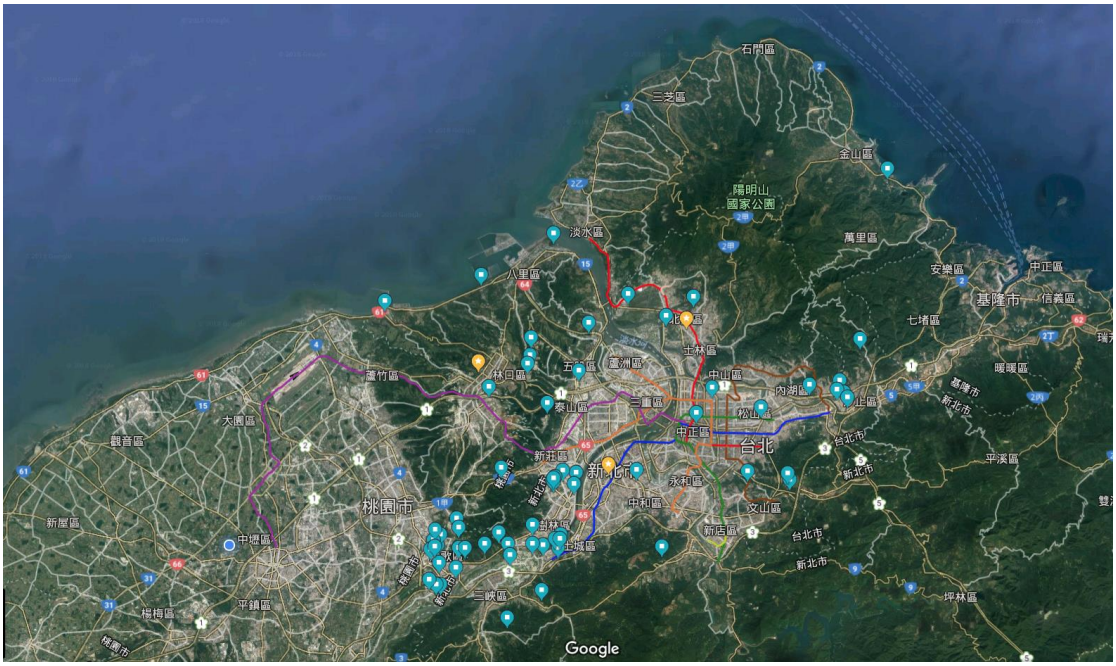
斗六							
DISP Diagnostics:							
	Error Code:	0					
	%dQ:	-0.04					
	Swaps by Factor:	0	0	0	0	0	0
BS Mapping:							
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Unmapped
Boot Factor 1	100	0	0	0	0	0	0
Boot Factor 2	0	98	0	1	0	1	0
Boot Factor 3	0	0	100	0	0	0	0
Boot Factor 4	1	7	3	88	0	1	0
Boot Factor 5	0	3	1	0	96	0	0
Boot Factor 6	0	0	0	1	0	99	0

花蓮							
DISP Diagnostics:							
	Error Code:	0					
	%dQ:	-0.003					
	Swaps by Factor:	0	0	0	0	0	0
BS Mapping:							
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Unmapped
Boot Factor 1	100	0	0	0	0	0	0
Boot Factor 2	15	85	0	0	0	0	0
Boot Factor 3	0	0	100	0	0	0	0
Boot Factor 4	0	0	0	100	0	0	0
Boot Factor 5	0	1	0	0	99	0	0
Boot Factor 6	0	0	0	0	0	100	0

附錄六 測站地圖及潛在排放源位置

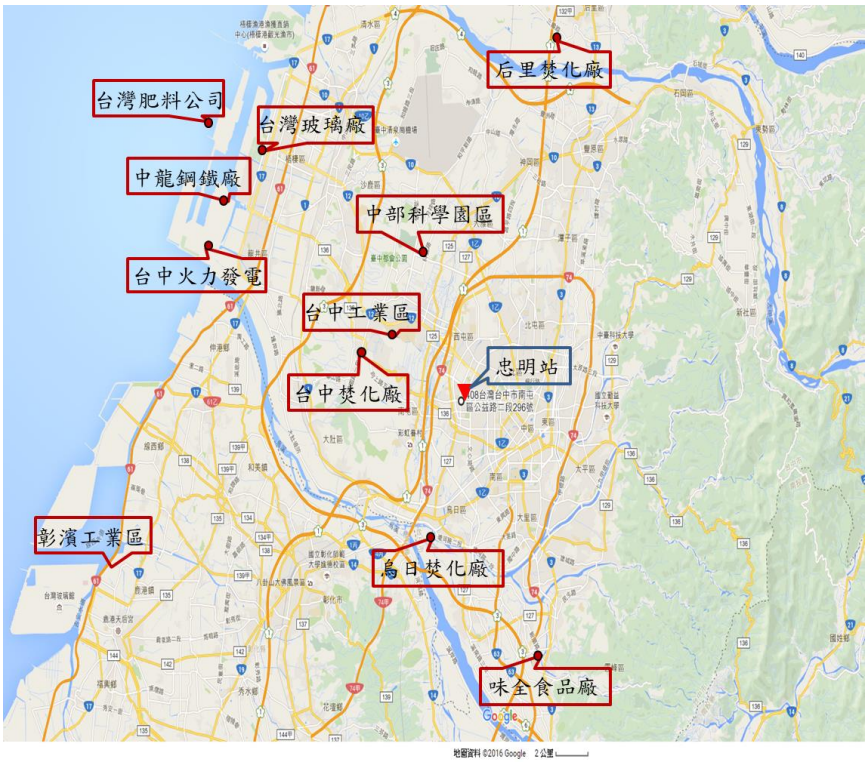
板橋站

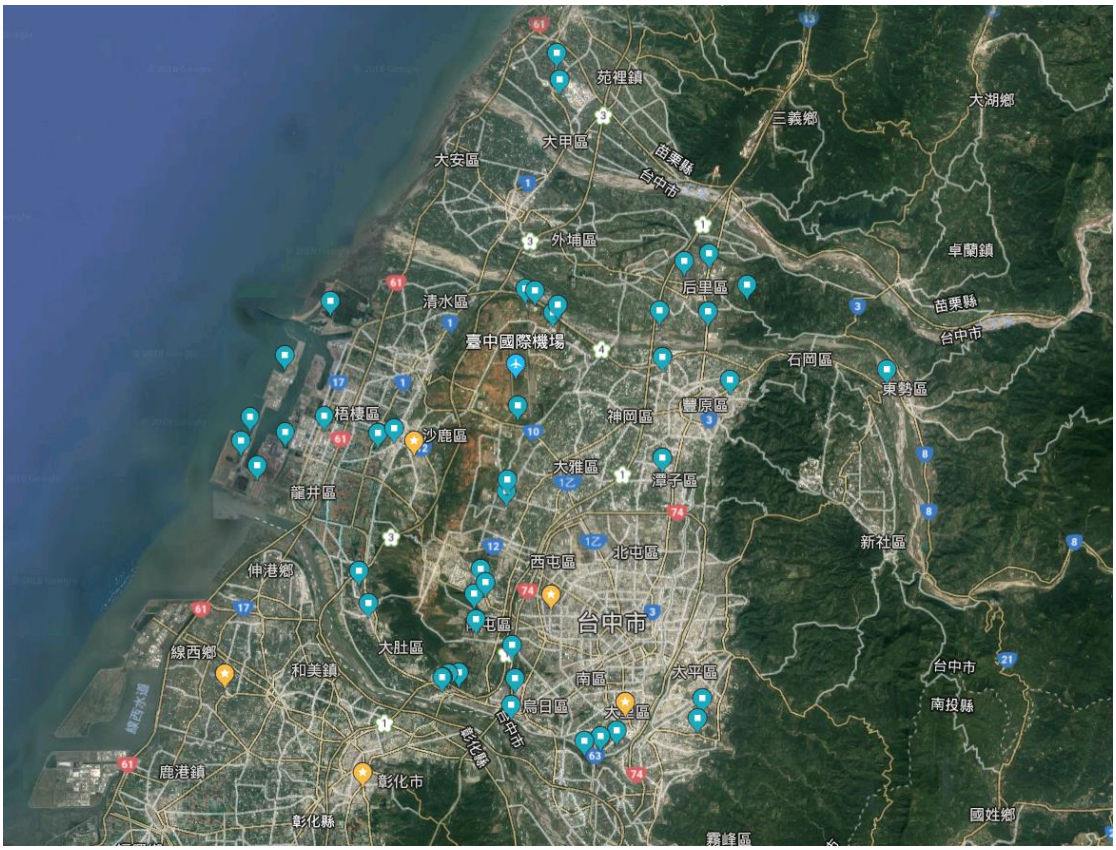




地圖資料來源: https://www.google.com.tw/maps

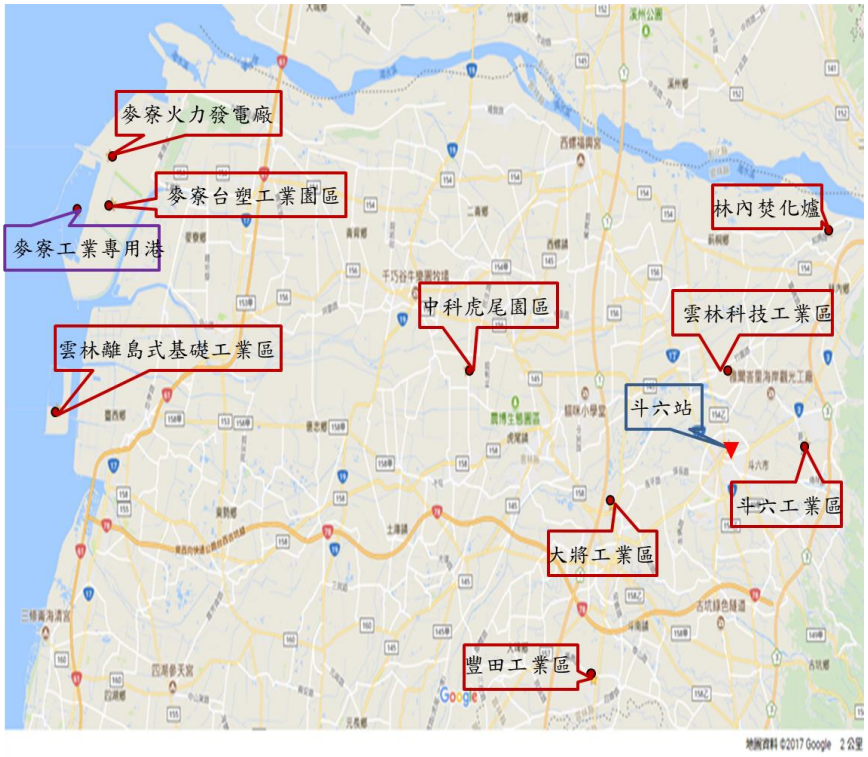
忠明站



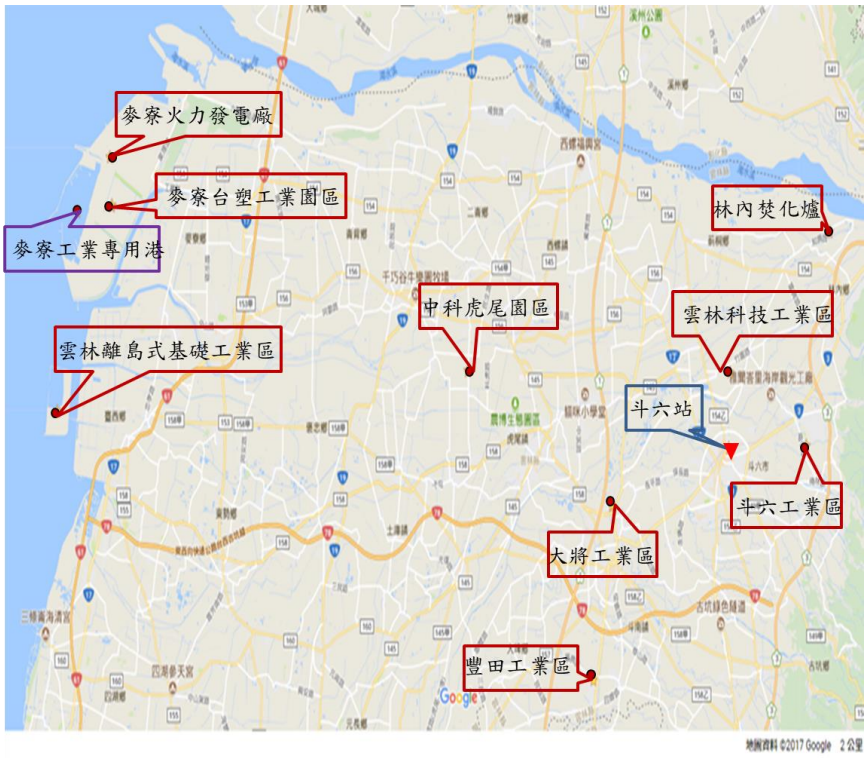


地圖資料來源:　https://www.google.com.tw/maps

斗六站

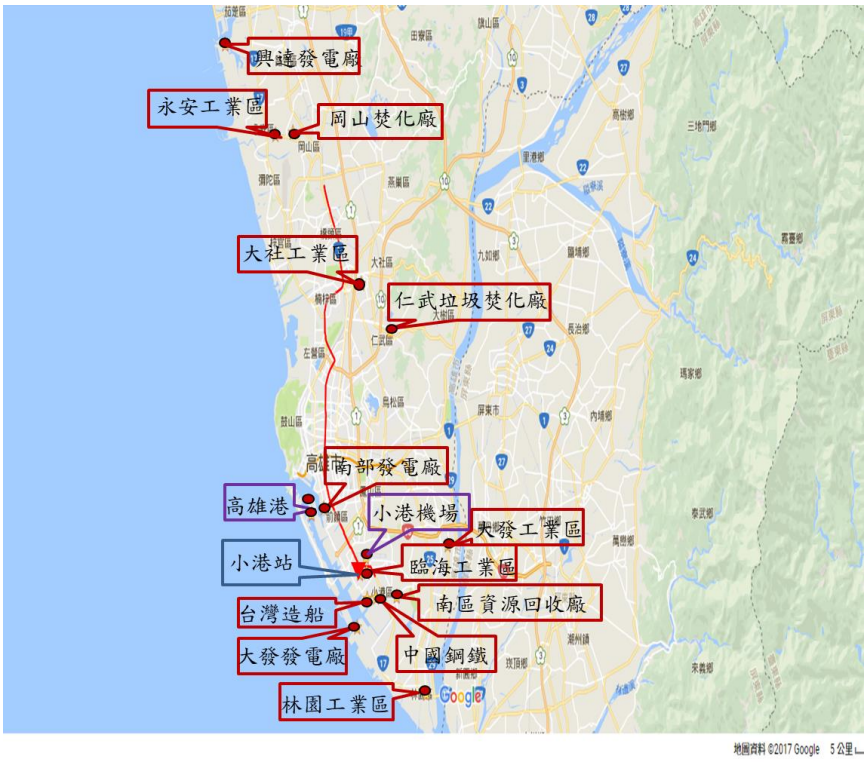


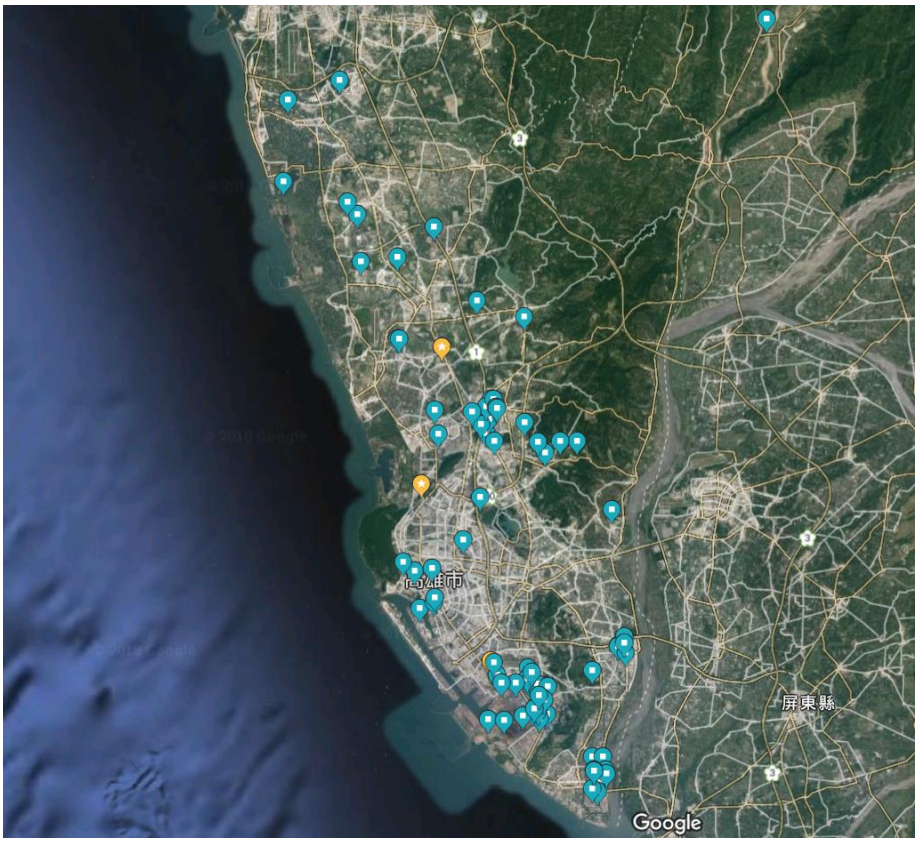
嘉義站



地圖資料來源:　https://www.google.com.tw/maps

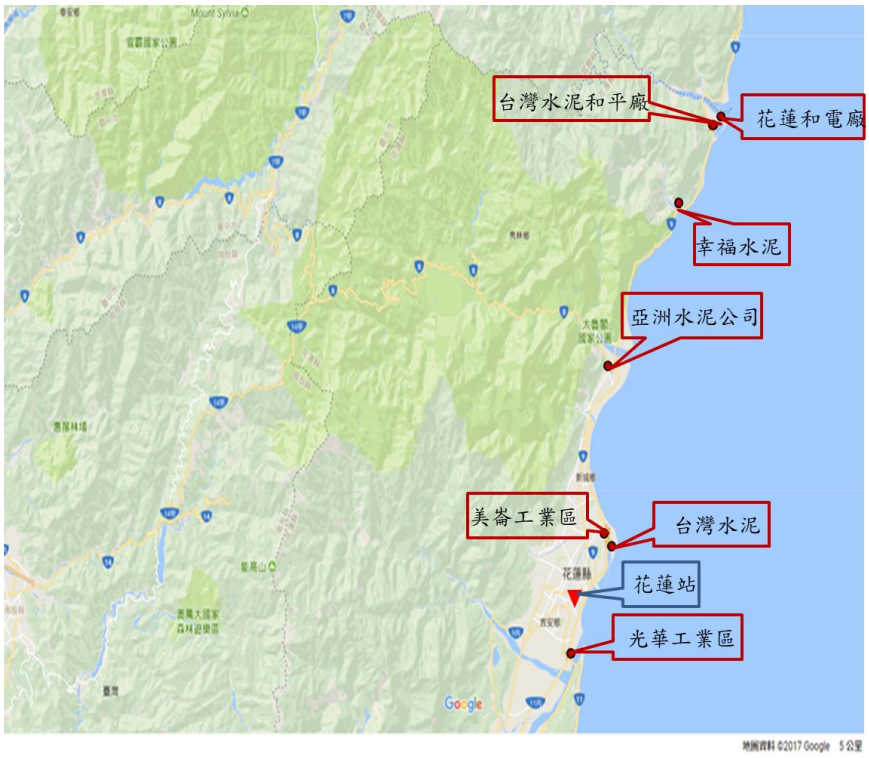
小港站





地圖資料來源: https://www.google.com.tw/maps

花蓮站



地圖資料來源:　https://www.google.com.tw/maps

附錄七 逆推氣流軌跡、樣本採集及實驗分析品保查核紀錄 (光碟)

7.1 細懸浮微粒採樣監測分析品保作業

7.1.1 $PM_{2.5}$ 質量秤重品保作業

7.1.2 $PM_{2.5}$ 水溶性離子分析品保作業

7.1.3 $PM_{2.5}$ 碳成分熱光學分析有機碳及元素碳品保作業

7.1.4 $PM_{2.5}$ 元素分析品保作業

7.1.5 $PM_{2.5}$ 質量濃度和成分的現場空白與旅運空白變化

7.1.6 採樣期間 E-FRM 質量濃度採樣器儀器查核結果

7.2 計畫執行期間逆推氣流軌跡圖、儀器查核與採樣記錄及採樣本接收單

7.2.1 逆推氣流軌跡圖

7.2.2 E-FRM、SASS、氣膠成分採樣器採樣前、後流量查核表

7.2.3 離子層析儀查核表

7.2.4 碳成分分析儀查核表

7.2.5 重金屬分析儀查核表

7.2.6 EFRM 採樣器採樣過程紀錄表

7.2.7 SASS 採樣器採樣過程紀錄表

7.2.8 重金屬樣本接收單

7.2.9 樣本轉移紀錄紙(空白濾紙)

7.2.10 樣本轉移紀錄紙(樣本濾紙)

7.3 107 年度細懸浮微粒($PM_{2.5}$)化學成分監測及分析計畫