

「108 年臺中市細懸浮微粒(PM_{2.5})成分分析及空品預報計畫」

報告基本資料表

甲、委辦單位	臺中市政府環境保護局			
乙、執行單位	台灣綠仕科技有限公司			
丙、年 度	108	計畫編號	P1180	
丁、專案性質	應用研究			
戊、專案領域	大氣空氣			
己、計畫屬性	☒ 科技類		☐ 非科技類	
庚、全程期間	108 年 1 月～108 年 12 月			
辛、本期經費	12,500 千元			
	資本支出		經常支出	
	土地建築 千元		人事費 2,143.750 千元	
	儀器設備 千元		業務費 10,194.268 千元	
	其 他 千元		材料費 0 千元	
			其 他 1,161.982 千元	
壬、摘要關鍵詞	細懸浮微粒、管道細懸浮微粒採樣、可凝結性懸浮微粒、可過濾性懸浮微粒、PM _{2.5} 指紋資料			
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	聯絡電話及 e-mail 帳號
程萬里	1. 工作要項 ■ 計畫執行架構訂定與工作分派 ■ 報告審閱 2. 撰寫章節 ■ 計畫摘要	Atmospheric Science, Flinders University, Australia 博士 1. United Nations Environment Programme 1st Programme Officer 兼主管 2. 東海大學環境科學與工程學系教授兼系主任 3. 台灣綠基科技公司資深顧問 4. 台灣綠仕科技公司董事長	2 人/月	04-22994633 wlcheng@greentaiwan.com.tw
白珏玲	1. 工作要項 ■ 協助計畫執行架構訂定與工作分派 ■ 協助報告審閱 2. 撰寫章節 ■ 研析發現(第八章)	東海大學環境科學所碩士 1. 國立台灣大學專案助理 2. 祥威環境科技公司工程部課長 3. 台灣綠基科技公司副總經理 4. 台灣綠仕科技公司副總經理	2 人/月	04-22911616#36 lynn@greentaiwan.com.tw

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	聯絡電話及 e-mail 帳號
林家綾	1. 工作要項 ■ 採樣規劃 ■ 工作品質督導 ■ 蒐集國內外文獻 ■ 檢測數據品保 ■ 執掌環境大氣 PM_{2.5} 採樣工作報告撰寫 2. 撰寫章節 ■ 前言(第一章) ■ 空氣中 PM_{2.5} 手動採樣分析(第三章) ■ PM_{2.5} 自動站設置及運轉(第四章) ■ 公車站及其他指定地點 PM_{2.5} 調查(第六章) ■ 結論與建議(第九章) ■ 參考文獻	國立雲林科技大學環境與安全衛生工程系碩士 - 台灣綠碁科技公司專案工程師 - 台灣綠仕科技公司專案經理	10 人/月	04-22911616#31 chialing@greentaivan.com.tw
陳淑惠	1. 工作要項 ■ 協助環保局之行政專責人員 ■ 局內交辦之例行性文件報表彙整 2. 撰寫章節 ■ 空品預報及極端氣候預警(第七章)	弘光科技大學環境工程系 - 瑩諮科技股份有限公司計畫駐局(2008~2010 年) - 理虹工程顧問股份有限公司計畫駐局 (2011~2012 年) - 東禾工程顧問股份有限公司計畫經理 (2012~2013 年) - 臺中市政府環境保護局行政助理(2013~2015 年) - 台灣綠碁科技公司駐局人員 - 台灣綠仕科技公司駐局人員	10 人/月	04-22289111#66 223 jing9886@gmail.com
羅奕朋	1. 工作要項 ■ 執掌固定源 PM_{2.5} 採樣工作 2. 撰寫章節 ■ 背景資料(第二章) ■ 管道 PM_{2.5} 採樣(第五章)	國立臺灣海洋大學海洋環境資訊系學士 台灣綠仕科技公司專案工程師	4 人/月	04-22911616#35

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	聯絡電話及 e-mail 帳號
楊中明	1. 工作要項 ■ 儀器設備之品保品管 ■ 擬訂本計畫各作業準則 ■ 採樣工作規劃	亞東工專電機科副學士 1. 利得儀器公司技術工程師 2. 金輝企業公司工程部副課長 3. 台灣綠基科技公司中區經理 4. 台灣綠仕科技公司經理	4 人/月	04-22911616#32 young@greentaiwan.com.tw
顧長軒	1. 工作要項 ■ 環境大氣及管道 PM _{2.5} 採樣 ■ 公車站 PM _{2.5} 採樣	修平技術學院化學工程科系副學士 1. 宏瀨科技公司工程師 2. 台灣綠基科技公司技術工程師 3. 台灣綠仕科技公司技術工程師	5 人/月	04-22911616#37 kive@greentaiwan.com.tw

臺中市政府環境保護局計畫成果中英文摘要（簡要版）

一、中文計畫名稱：

108 年臺中市細懸浮微粒(PM_{2.5})成分分析及空品預報計畫

二、英文計畫名稱：

Composition Analysis of PM_{2.5} and Air Quality Forecasting for Taichung City in 2019

三、計畫編號：

P1180

四、執行單位：

台灣綠仕科技有限公司

五、計畫主持人：

程萬里

六、執行開始時間：

108/01/23

七、執行結束時間：

108/12/31

八、報告完成日期：

108/11/29

九、報告總頁數：

242 頁

十、使用語文：

中文，英文

十一、報告電子檔名稱：

P1180.DOCX

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、管道過濾性微粒、管道凝結性微粒、空氣品質預報

十四、英文摘要關鍵詞：

Composition of PM_{2.5}、Filterable Particulate Matter (FPM)、Condensable Particulate Matter (CPM)、Air Quality Forecast

十五、中文摘要

本研究有大氣PM_{2.5}化學組成調查，排放管道PM_{2.5}濃度檢測以及公車站PM_{2.5}濃度量測。另一重點是空品預報，當未來 48 小時空氣品質有惡化(AQI>150)之虞時，提前通知環保局採取應變措施。

后里、大里及東大站 PM_{2.5} 化學成分中有機碳含量介於 19.2~24.9%、硫酸根 20.0~23.3%、銨根 4.9~7.9%、元素碳 6.2~8.9%，硝酸根占比 3.5~6.5%，金屬成分占比 2.8~9.9%。台中電廠管道 PM_{2.5}108 年檢測結果顯示 FPM 介於 0.7 mg/Nm³~1.85 mg/Nm³，CPM 介於 11.9 mg/Nm³~24.4 mg/Nm³。

公車站早、中、晚三次 PM_{2.5} 量測結果顯示，晨峰期的濃度最高，昏峰期濃度最低，與 PM_{2.5} 鄰近大氣測站比較，當大氣測站 PM_{2.5} 濃度較高，公車站測值也偏高。

AQI 值預測準確率在 4 月份 55%，5 月份達 73%。4 月準確率較低的原因是受到春季的天氣系統變化快速影響，氣象預報誤差大間接影響空氣品質預測準確性，9 月份起，因加入 ECMWF 空氣品質預報模式輔助 CMAQ 預報，以及採用類神經網絡輔助修正預測數值，預測準確度大幅且穩定上升，10 月份達到 77%。

十六、英文摘要：

This study covers the analysis of atmospheric PM_{2.5} chemical composition, measurement of PM_{2.5} mass concentration in flue gas, monitoring of PM_{2.5} concentration near bus stops, as well as the forecast of air quality in Taichung. Whenever the air quality tends to deteriorate with Air Quality Index (AQI) higher than 150 within the next 48 hours, the Environmental Protection Bureau (EPB) of Taichung City Government will be notified in advance to take emergency measures.

The chemical composition of PM_{2.5} at Houli, Dali, and THU sites is analyzed. The ranges of relative amount for each component in PM_{2.5} are organic carbon (19.2-24.9%), sulfate (20.0-23.3%), ammonium (4.9-7.9%), elemental carbon (6.2-8.9%), nitrate (6.2-8.9%), and metallic elements (2.8-9.9%). The result of measuring PM_{2.5} in flue gas from Taichung Power Plant in 2019 shows that the mass concentrations of filterable particulate matters (FPM) and condensable particulate matters (CPM) fall in the ranges of 0.7-1.85 mg/Nm³ and 11.9-24.4 mg/Nm³, respectively.

The concentrations of PM_{2.5} are monitored at bus stops in the morning, at noon, and in the evening. The result indicates that the concentration of PM_{2.5} is highest during the commuting rush hours in the morning while that of PM_{2.5} is lowest during the heavy traffic in the evening, implying that the diurnal variation of PM_{2.5} cannot reflect the change in the volume of traffic flow. However, the trend of PM_{2.5} at bus stops is similar to that at ambient monitoring sites, which means that the influence of background atmosphere on the PM_{2.5}

concentration at bus stops is more significant than that of the volume of vehicles.

The accuracy of air quality forecast is 55% in April and 73% in May. The relatively lower accuracy in April was due to the capricious weather systems in spring along with the higher uncertainty of the weather forecast. The Community Multiscale Air Quality Modeling System (CMAQ) is integrated with the air quality forecasting model of the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) and adopts neural network to assist with the forecasting and correct the predicted numerical values since September. Afterwards, the accuracy of air quality forecast steadily increases and reaches 77% in October.

期末報告 目錄

頁次

期末報告基本資料表	
計畫成果中英文摘要(簡要版)	
章節目錄	
圖目錄	
表目錄	
報告大綱	
計畫成果中英文摘要(詳細版)	
成果摘要表	
服務建議評選意見回覆	
第一章 前言	1-1
1.1、計畫緣起	1-1
1.2、計畫目標	1-2
1.3、預期效益	1-2
1.4、工作項目	1-2
1.5、工作執行流程	1-7
1.6、經費、工作進度與報告章節對照	1-9
第二章 背景說明	2-1
2.1、環境特性	2-1
2.1.1、行政區劃分	2-2
2.1.2、氣候特性	2-3
2.1.3、工業區分佈	2-6
2.1.4、環境負荷	2-6
2.2、細懸浮微粒特性說明	2-8
2.2.1、對人體健康之危害	2-8
2.2.2、生成機制	2-9
2.2.3、來源分析	2-12
2.2.4、境外傳輸	2-15

2.3、本市 PM _{2.5} 現況.....	2-17
2.3.1、原生性 PM _{2.5} 排放量.....	2-17
2.3.2、濃度變化趨勢.....	2-19
2.4、六都 PM _{2.5} 成分及污染管制策略.....	2-26
2.4.1、PM _{2.5} 濃度現況.....	2-26
2.4.2、六都 PM _{2.5} 主要貢獻源及比例彙整比較.....	2-28
2.4.3、國內外文獻相關 PM _{2.5} 成分分析.....	2-30
2.4.4、國內外污染管制策略.....	2-34
第三章 空氣中 PM _{2.5} 手動採樣分析.....	3-1
3.1、執行方法及流程.....	3-2
3.2、採樣地點及時程.....	3-4
3.3、採樣分析作業.....	3-5
3.3.1、濾紙處理.....	3-5
3.3.2、採樣作業.....	3-7
3.3.3、品保品管.....	3-8
3.3.4、質量及成分檢測.....	3-10
3.4、檢測結果.....	3-16
3.4.1、手動 PM _{2.5} 質量濃度分析.....	3-16
3.4.2、PM _{2.5} 化學成分分析.....	3-20
3.5、採樣器維護.....	3-37
第四章 PM _{2.5} 自動站設置及運轉.....	4-1
4.1、設置地點.....	4-1
4.2、操作與維護.....	4-2
4.3、監測結果.....	4-5
第五章 管道 PM _{2.5} 採樣分析及排放清冊建置.....	5-1
5.1、台中電廠管道 PM _{2.5} 採樣分析.....	5-1
5.2、檢測結果.....	5-8
5.3、本市 PM _{2.5} 排放清冊.....	5-12
5.3.1、各業別 FPM 及 CPM 排放濃度.....	5-14
5.3.2、各業別 FPM 及 CPM 排放係數.....	5-17
第六章 公車站或指定地點 PM _{2.5} 調查.....	6-1

6.1、採樣地點、時程及設備	6-1
6.2、量測結果分析	6-3
第七章 空氣品質預測及極端氣候預警	7-1
7.1、空氣品質預測說明	7-1
7.2、空氣品質 AQI 預報準確率	7-5
7.3、空品不良通報與相關作為	7-10
第八章 研析發現	8-1
第九章 結論與建議	9-1
9.1、結論	9-1
9.2、建議	9-4
參考文獻	I

光碟內容

附錄一 報告本文(word 檔)

附錄二 評選意見回覆表

附錄三 SOP(全)附件

附錄四 環境 PM_{2.5} 檢測數據及 QAQC

附錄五 監測數值月報表

附錄六 PM_{2.5} 排放清冊

附錄七 管道檢測紀錄

附錄八 空氣品質預報影音紀錄及連結

附錄九 環保署考評及污防書資料

附錄十 東大各成分比例風花圖(107 年+108 年)

附錄十一 各業別 FPM 及 CPM 排放量推估

圖目錄

	頁次
圖 1.1、工作執行流程圖.....	1-8
圖 2.1、背景資料架構說明	2-1
圖 2.1.1、臺中市地理位置圖.....	2-2
圖 2.1.2、臺中市行政區劃分圖	2-2
圖 2.1.3、臺中市月平均氣溫統計圖	2-4
圖 2.1.4、臺中市月降雨量統計圖	2-5
圖 2.1.5、臺中市月平均相對溼度統計圖.....	2-5
圖 2.1.6、臺中市月日照時數統計圖	2-5
圖 2.1.7、臺中市工業區分佈概況	2-6
圖 2.2.1、細懸浮微粒生成機制	2-11
圖 2.2.2、環境中細懸浮微粒化學組成特性示意圖	2-11
圖 2.3.1、臺中市自動監測站分佈圖	2-20
圖 2.3.2、97 年~108 年臺中市環保署 PM _{2.5} 自動監測年平均值變化	2-22
圖 2.3.3、95 年~108 年臺中市環保署 5 座自動站 PM _{2.5} 日變化.....	2-23
圖 2.3.4、102 年~108 年臺中市環保局 6 座自動站 PM _{2.5} 日變化.....	2-24
圖 2.3.5、103 年~108 年臺中市 11 座 PM _{2.5} 自動測站月平均值.....	2-25
圖 2.4.1、95 年~108 年六都 PM _{2.5} 自動測值年平均值變化趨勢.....	2-27
圖 2.4.2、103 年~108 年六都 PM _{2.5} 手動測值年平均值變化趨勢.....	2-27
圖 3.1、PM _{2.5} 手動採樣分析工作架構圖	3-1
圖 3.1.1、Thermo 2000i 手動採樣器採樣設備	3-2
圖 3.1.2、PM _{2.5} 手動採樣分析工作執行流程圖	3-3
圖 3.2.1、PM _{2.5} 手動站位置圖	3-4
圖 3.3.1、濾紙前處理作業.....	3-5
圖 3.3.2、濾紙後處理作業.....	3-6
圖 3.3.3、質量分析用之無塵室及六位數天平	3-11
圖 3.3.4、有機碳/元素碳分析儀	3-13
圖 3.3.5、陰陽離子層析儀.....	3-14
圖 3.3.6、感應耦合電漿光學放射光譜儀.....	3-15

圖 3.4.1、108 年臺中市 PM _{2.5} 手動測值結果.....	3-16
圖 3.4.2、108 年臺中市 PM _{2.5} 手動測值與自動測值質量濃度趨勢	3-19
圖 3.4.3、PM _{2.5} 手動成分站歷次成分分析結果.....	3-22
圖 3.4.4、108 年 PM _{2.5} 手動站主要化學組成占比統計	3-25
圖 3.4.5、107 年~108 年 PM _{2.5} 硝酸鹽占比圖	3-31
圖 3.4.6、107 年~108 年 PM _{2.5} 硫酸鹽占比圖	3-32
圖 3.4.7、107 年~108 年 PM _{2.5} 地殼元素占比圖.....	3-33
圖 3.4.8、107 年~108 年有 PM _{2.5} 機碳占比圖	3-34
圖 3.4.9、107 年~108 年元素碳占比.....	3-35
圖 4.2.1、PM _{2.5} 自動站定期維護作業流程	4-3
圖 4.3.1、105 年~108 年 PM _{2.5} 自動站月平均值趨勢圖	4-5
圖 4.3.2、各站 PM ₁₀ 與 PM _{2.5} 月平均值趨勢圖	4-8
圖 5.1、PM _{2.5} 採樣及檢測分析工作架構圖	5-1
圖 5.1.1、管道之可凝結性微粒(CPM)濃度分析.....	5-6
圖 5.2.1、FPM 主要化學成分占比.....	5-11
圖 5.2.2、FPM 之金屬元素成分占比	5-11
圖 5.3.1、102 年~108 年臺中市管道 PM _{2.5} 檢測數量統計	5-12
圖 6.2.1、公車站 PM _{2.5} 量測結果與交通流量變化.....	6-5
圖 7.1、空氣品質預測及極端氣候預警架構圖	7-1
圖 7.1.1、CMAQ/Models-3 模擬各模組之關聯圖	7-3
圖 7.1.2、臺中市空氣品質預報分區示意圖.....	7-4
圖 7.1.3、空品預報影音點擊率統計	7-5
圖 7.3.1、每日空氣品質預報輔助說明(LINE 工作群組截圖)	7-14
圖 7.3.2、108 年 3 月 21 日中科異常空污事件	7-14
圖 7.3.3、108 年 5 月 7 日后里輪胎廠空污事件	7-15
圖 7.3.4、108 年 11 月上旬大肚山脈西側連續火燒山事件	7-16

表目錄

頁次

表 1.1、本計畫預定進度及查核點	1-9
表 1.2、工作實際進度及考核點	1-11
表 1.3、各項工作成果概要與報告章節對照	1-13
表 2.1.1、臺中市各行政區面積與人口數一覽表	2-3
表 2.1.2、臺中市 TEDS10.0 各污染物排放量一覽表	2-7
表 2.1.3、臺中市 TEDS10.0 各污染物排放量百分比	2-7
表 2.2.1、PM _{2.5} 對人體及環境之危害	2-8
表 2.2.2、固定污染源 PM _{2.5} 主要成分占比彙整表	2-13
表 2.2.3、交通源 PM _{2.5} 主要成分占比彙整表	2-13
表 2.2.4、不同污染源之金屬指標元素彙整表	2-14
表 2.2.5、國內污染源與境外污染源對各縣市 PM _{2.5} 濃度貢獻比例	2-16
表 2.2.6、國內污染源與境外污染源對各縣市 PM _{2.5} 濃度貢獻量	2-17
表 2.3.1、臺中市各類別污染源原生性 PM _{2.5} 排放量推估一覽表	2-18
表 2.3.2、臺中市原生性 PM _{2.5} 排放量前十五大行業別一覽表	2-19
表 2.3.3、臺中市空氣品質自動監測站監測項目現況表	2-20
表 2.3.4、臺中市歷年之固定式 PM _{2.5} 手動監測站資訊一覽表	2-21
表 2.3.5、102 年~108 年臺中市環保署 PM _{2.5} 手動年平均值	2-22
表 2.4.1、受體模式研究六都 PM _{2.5} 主要貢獻源一覽表	2-29
表 2.4.2、以源體模式模擬六都 PM _{2.5} 主要污染源貢獻比例表	2-30
表 2.4.3、國內外細懸浮微粒(PM _{2.5})化學組成比例	2-31
表 2.4.4、國際間有助 PM _{2.5} 減量之管制措施彙整表	2-35
表 2.4.5、各縣市之 PM _{2.5} 管制策略彙整表	2-40
表 3.1.1、本計畫 PM _{2.5} 採樣之設備規格與採樣資訊	3-2
表 3.2.1、PM _{2.5} 手動採樣站位址說明	3-4
表 3.3.1、採樣作業流程	3-7
表 3.3.2、濾紙保存溫度之要求	3-8
表 3.3.3、濾紙之保存時間	3-8
表 3.3.4、現場品管	3-9
表 3.3.5、碳成分分析之採樣設備規格與採樣資訊	3-11

表 3.3.6、碳分析儀分階加熱及量測說明.....	3-13
表 3.4.1、臺中市歷次 PM _{2.5} 手動採樣結果及相關資訊.....	3-17
表 3.4.2、108 年 PM _{2.5} 成分析率一覽表.....	3-20
表 3.4.3、PM _{2.5} 手動站主要化學成分占比及統計.....	3-23
表 3.4.4、近年臺中市 PM _{2.5} 成分調查報告之結果彙整表.....	3-26
表 3.4.5、后里、大里及東大站歷次 PM _{2.5} 金屬元素成分濃度一覽表.....	3-28
表 3.4.6、105 年~108 年手動站 PM _{2.5} 化學成分一覽表.....	3-30
表 3.4.7、本市 PM _{2.5} 化學成分與相關管制策略說明.....	3-36
表 3.5.1、各層級維護內容彙整表.....	3-37
表 3.5.2、各層級定期維護執行時程一覽表.....	3-38
表 4.1.1、PM _{2.5} 自動監測站採樣點適切性評估一覽表.....	4-2
表 4.2.1、PM _{2.5} 自動站各層級維護執行時間表及年度總數量.....	4-3
表 4.2.2、本計畫使用於 PM _{2.5} 自動站之校正設備清單.....	4-4
表 4.2.3、PM _{2.5} 自動站監測數據無效篩選原則.....	4-4
表 4.2.4、PM _{2.5} 自動站資料可用率一覽表.....	4-5
表 4.3.1、108 年 PM _{2.5} 自動站超標日數統計.....	4-6
表 4.3.2、PM _{2.5} /PM ₁₀ 比值彙整.....	4-7
表 5.1.1、環保署指定之六都 PM _{2.5} 檢測廠家.....	5-2
表 5.1.2、108 年台中電廠排放管道 PM _{2.5} 採樣情形及時程.....	5-2
表 5.2.1、108 年台中電廠燃煤鍋爐管道 PM _{2.5} 檢測結果一覽表.....	5-8
表 5.2.2、108 年台中電廠管道中可過濾 PM _{2.5} 成分濃度一覽表.....	5-9
表 5.2.3、108 年台中電廠管道中可過濾 PM _{2.5} 成分比例一覽表.....	5-10
表 5.3.1、歷年臺中市工廠管道 PM _{2.5} 檢測資訊一覽表.....	5-13
表 5.3.2、歷年臺中市管道 PM _{2.5} 檢測結果彙整表.....	5-16
表 5.3.3、管道中 FPM 及 CPM 排放係數一覽表.....	5-18
表 6.1.1、公車站 PM _{2.5} 量測時程及進度一覽表.....	6-2
表 6.1.2、公車站 PM _{2.5} 直讀計量測情形.....	6-2
表 6.2.1、106 年~107 年公車站量測結果彙整.....	6-3
表 6.2.2、108 年公車站量測結果統計表.....	6-4
表 7.2.1、臺灣空氣品質指數 AQI 及污染物濃度對應指數表.....	7-6
表 7.2.2、臺中市空品 AQI 預報準確率統計表.....	7-6

表 7.2.3、臺中市空品 AQI>100 之預報準確率統計表	7-7
表 7.3.1、空污事件文字說明.....	7-10
表 7.3.2、108 年 1~11 月空品不良與極端天氣通報圖卡	7-11

報告大綱

章節	內容主題	內涵
第一章 前言	1.計畫緣起及具體目標 2.計畫內容、時程及經費 3.執行流程及進度說明	摘錄計畫工作內容，並以邏輯性流程架構說明工作執行方法及查核點，以利掌握本計畫應達成之各項目標。
第二章 背景說明	1.本市環境特性說明 2.PM _{2.5} 特性說明 3.本市 PM _{2.5} 污染現況 4.六都 PM _{2.5} 管制策略	彙整 PM _{2.5} 重要的基本資訊，提供非環工人士瞭解本市 PM _{2.5} 來源及生成機制，以及本市 PM _{2.5} 污染現況。彙整六都及國外 PM _{2.5} 成分及管制策略資料，供比較參考。
第三章 空氣中 PM _{2.5} 手動採樣分析	1.工作執行流程 2.採樣地點及時程 3.採樣分析作業 4.檢測結果 5.採樣器維護	空氣中 PM _{2.5} 各種污染源不同貢獻綜整結果，藉由化學組成的掌握，找出 PM _{2.5} 主要污染成分，依 PM _{2.5} 組成特性追溯污染源，建議有效管制策略，加速本市 PM _{2.5} 改善。
第四章 PM _{2.5} 自動站設置及運轉	1.設置地點 2.操作與維護 3.監測結果	租用 2 座 PM _{2.5} 自動監測站。架設地點在東勢及和平區二處，監測本市東面 PM _{2.5} 濃度變化。
第五章 管道 PM _{2.5} 採樣分析及排放清冊建置	1.台中電廠管道 PM _{2.5} 採樣分析 2.本市 PM _{2.5} 排放清冊建置	完備本市固定源 PM _{2.5} 排放清冊建置，包括 FPM 及 CPM 排放濃度、排放係數、排放量以及 FPM 指紋資料(化學成分與比例)，作為本市管制及污染溯源的基礎。
第六章 公車站 PM _{2.5} 調查	1.採樣地點、時程及設備 2.量測結果分析	調查瞭解公車站 PM _{2.5} 濃度變化的情形。
第七章 空氣品質預測及極端氣候預警	1.空氣品質預測說明 2.空氣品質 AQI 預報準確率 3.空品不良通報與相關作為	提供分區空氣品質預報，讓民眾居家及外出規劃上，能掌握更充足的資訊並及早防範空氣品質轉變。
第八章 研析發現		由本計畫執行產出結果提出建議。
第九章 結論與建議		摘錄重要執行成果並提供管制建議。

計畫期末成果報告摘要（詳細版）

計畫名稱：108 年臺中市細懸浮微粒(PM_{2.5})成分分析及空品預報計畫

計畫編號：P1180

計畫執行單位：台灣綠仕科技有限公司

計畫主持人：程萬里

計畫期程：108 年 1 月 23 日起 108 年 12 月 31 日止

計畫經費：12,500 仟元

摘要

本研究有大氣PM_{2.5}化學組成調查，排放管道PM_{2.5}濃度檢測以及公車站PM_{2.5}濃度量測。另一重點是空品預報，當未來 48 小時空氣品質有惡化(AQI>150)之虞時，提前通知環保局採取應變措施。

后里、大里及東大站 PM_{2.5} 化學成分中有機碳含量介於 19.2~24.9%、硫酸根 20.0~23.3%、銨根 4.9~7.9%、元素碳 6.2~8.9%，硝酸根占比 3.5~6.5%，金屬成分占比 2.8~9.9%。台中電廠管道 PM_{2.5}108 年檢測結果顯示 FPM 介於 0.7 mg/Nm³~1.85 mg/Nm³，CPM 介於 11.9 mg/Nm³~24.4 mg/Nm³。

公車站早、中、晚三次 PM_{2.5} 量測結果顯示，晨峰期的濃度最高，昏峰期濃度最低，濃度變化未能反應交通流量的變化，但可發現公車站 PM_{2.5} 變化趨勢與大氣測站相似，顯示公車站 PM_{2.5} 受大氣背景濃度影響得幅度高於車輛數的影響。

AQI 值預測準確率在 4 月份 55%，5 月份達 73%。4 月準確率較低的原因是受到春季的天氣系統變化快速影響，氣象預報誤差大間接影響空氣品質預測準確性，9 月份起，因加入 ECMWF 空氣品質預報模式輔助 CMAQ 預報，以及採用類神經網絡輔助修正預測數值，預測準確度大幅且穩定上升，10 月份達到 77%。

This study covers the analysis of atmospheric PM_{2.5} chemical composition, measurement of PM_{2.5} mass concentration in flue gas, monitoring of PM_{2.5} concentration near bus stops, as well as the forecast of air quality in Taichung. Whenever the air quality tends to deteriorate with Air Quality Index (AQI) higher than 150 within the next 48 hours, the Environmental Protection Bureau (EPB) of Taichung City Government will be notified in advance to take

emergency measures.

The chemical composition of PM_{2.5} at Houli, Dali, and THU sites is analyzed. The ranges of relative amount for each component in PM_{2.5} are organic carbon (19.2-24.9%), sulfate (20.0-23.3%), ammonium (4.9-7.9%), elemental carbon (6.2-8.9%), nitrate (6.2-8.9%), and metallic elements (2.8-9.9%). The result of measuring PM_{2.5} in flue gas from Taichung Power Plant in 2019 shows that the mass concentrations of filterable particulate matters (FPM) and condensable particulate matters (CPM) fall in the ranges of 0.7-1.85 mg/Nm³ and 11.9-24.4 mg/Nm³, respectively.

The concentrations of PM_{2.5} are monitored at bus stops in the morning, at noon, and in the evening. The result indicates that the concentration of PM_{2.5} is highest during the commuting rush hours in the morning while that of PM_{2.5} is lowest during the heavy traffic in the evening, implying that the diurnal variation of PM_{2.5} cannot reflect the change in the volume of traffic flow. However, the trend of PM_{2.5} at bus stops is similar to that at ambient monitoring sites, which means that the influence of background atmosphere on the PM_{2.5} concentration at bus stops is more significant than that of the volume of vehicles.

The accuracy of air quality forecast is 55% in April and 73% in May. The relatively lower accuracy in April was due to the capricious weather systems in spring along with the higher uncertainty of the weather forecast. The Community Multiscale Air Quality Modeling System (CMAQ) is integrated with the air quality forecasting model of the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) and adopts neural network to assist with the forecasting and correct the predicted numerical values since September. Afterwards, the accuracy of air quality forecast steadily increases and reaches 77% in October.

前言

為瞭解本市PM_{2.5}貢獻來源，臺中市政府環境保護局(以下簡稱臺中環保局)積極，調查PM_{2.5}成分，解析不同污染源的貢獻比例，作為管制工作的參考，並分年建置固定源、逸散源及交通源PM_{2.5}排放係數及指紋資料，作為PM_{2.5}減量依據。

103年到107年臺中市空品改善幅度大，PM_{2.5}從27.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 降至18.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，期間臺中環保局除要求台中電廠降載及採用低硫煤各種措施之外，也戮力鼓勵中小型燃煤及燃油工廠改燃氣，減少空污排放，對於有空污排放不良廠家加強稽查。同樣的，對於交通源管制措施，包括垃圾車加裝濾煙器、推動車隊自主管理、提高電動公車運行數量、管制二行程機車等等。

長期PM_{2.5}管制工作不能只著重在濃度降低，相同PM_{2.5}濃度其毒性不同，對人體健康的衝擊自然不同，每個地區PM_{2.5}毒性與貢獻來源有關；相同PM_{2.5}濃度影響的能見度也會不同，這與不同成分有不同的消光能力有關。因此，管制與改善PM_{2.5}工作，區域長期的PM_{2.5}成分調查及解析是必要工作。

本計畫為延續型計畫，在管制工作方面，大氣及管道PM_{2.5}檢測工作持續進行，近 3 年更為配合空品惡化緊急應變，增加空氣品質預報工作，作為應變啟動的參考；在公眾健康方面，以PM_{2.5}直讀計調查生活周遭PM_{2.5}，提供市民更多的空品相關訊息，並透過每日空氣品質預報短片，提醒市民提前因應空污不良加以防護以及實施減污措施。

執行方法

大氣PM_{2.5}化學成分調查位置在后里、大里、東大 3 處，分季採樣分析PM_{2.5}化學組成。採樣依環檢所NIEA A205.11C方法執行，陰陽離子及金屬元素採環檢所公告之NIEA A451.10C以及NIEA A305.11C方法進行，PM_{2.5}碳組成以TOR分析。目的在藉由化學成分解析找出高貢獻的污染成分，追溯污染源予以管制。

東勢及和平設置PM_{2.5}自動測站，解決本市東側長期缺乏PM_{2.5}監測的問題，監測儀器原理符合環檢所 NIEA A206.10C方法，透過定期維護保養以及QAQC確保數據準確度。

依環保署考核項目辦理台中電廠 4 根次排放管道 PM_{2.5} 檢測，採樣以 NIEA A212.10B 及 NIEA A214.70C 方法進行，以瞭解 FPM 及 CPM 排放情形，提供環保署建置本土 PM_{2.5} 排放管道參數與 PM_{2.5}/TSP 粒狀物比例資料庫之用。採集之 FPM 需進行碳成分、陰陽離子及金屬成分分析，納入本市 PM_{2.5} 排放清冊，作為本市管制及污染溯源的基礎。。

為提高時間解析度，採用PM_{2.5}直讀計量測公車站PM_{2.5}濃度變化，量測時間選擇在晨峰、昏峰以及其他(非晨峰、昏峰時段)三個時段以瞭解公車站PM_{2.5}變化特徵。

結 果

1. 空氣中 PM_{2.5} 採樣分析

圖 1 採樣結果各站趨勢變化一致，僅大里站偶有高於豐原站及忠明站的情況，分析各站相關係數(R^2)在 0.88 以上，代表區域一致性良好。圖 2 為三站統計結果，有機碳含量介於 19.2~24.9%、硫酸根 20.0~23.3%、銨根 4.9~7.9%、元素碳 6.2~8.9%，硝酸根占比 3.5~6.5%，金屬成分占比 2.8~9.9%。本市在 PM_{2.5} 減量作為上，仍應朝硫酸根及有機碳減量努力。

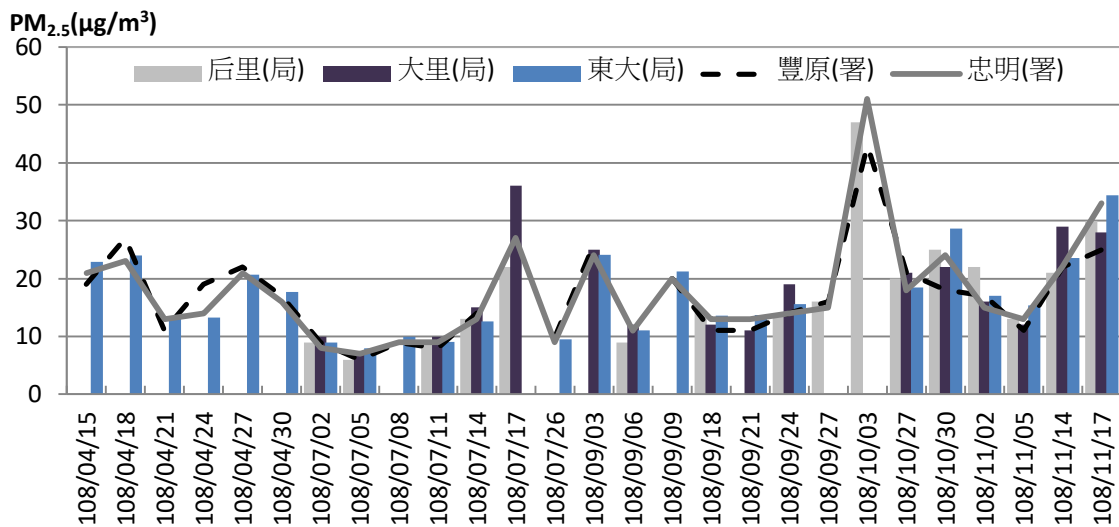


圖1、108年臺中市PM_{2.5}手動測值結果

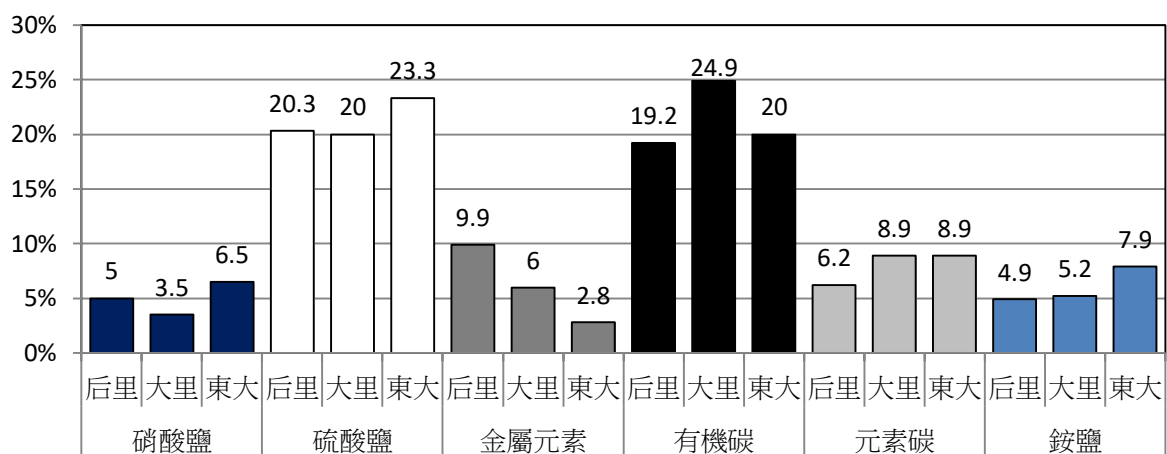


圖2、108年PM_{2.5}手動站主要化學組成占比統計

2. PM_{2.5}自動站設置及運轉

東勢及和平 PM_{2.5}自動站自 107 年 4 月開始運轉監測，圖 3 為近年 PM_{2.5}月平均值趨勢圖，整體而言，東勢站、和平站趨勢與環保署測站相似；108 年 6 月份多數測站 PM_{2.5}濃度明顯下降，除了管制效益之外，與當月梅雨季之降雨日數達 15 天，空氣污染物被雨水大量滌除有關。

8 月份東勢站與和平站 PM_{2.5}污染高於西面測站，係因 8/4~8/6 日受到熱帶性低氣壓極外圍環流影響，且風速低不利於擴散，污染物由海邊往內陸傳輸，造成污染物濃度累積。

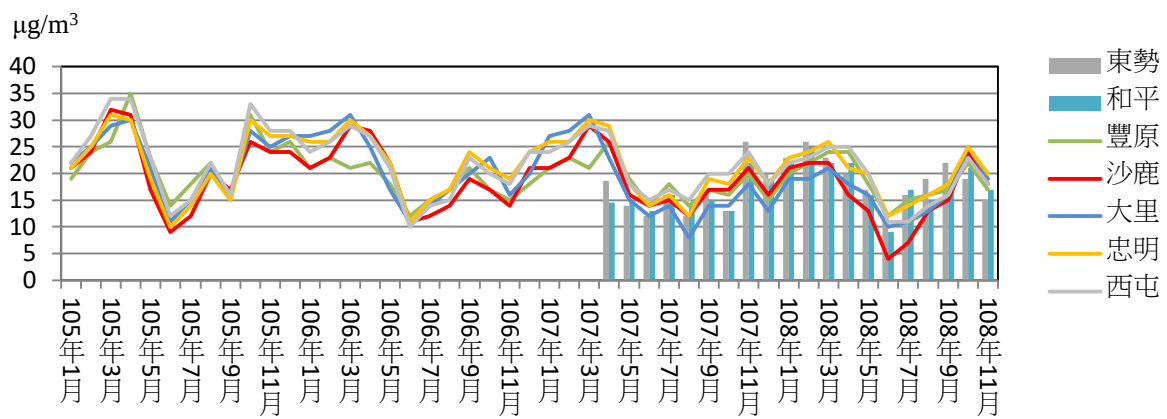


圖3、105年~108年PM_{2.5}自動站月平均值趨勢圖

3. 排放管道 PM_{2.5}採樣分析及排放清冊建置

108 年 4 根次排放管道 PM_{2.5}檢測結果如表 1，FPM 介於 0.7 mg/Nm³~1.85 mg/Nm³，CPM 介於 11.9 mg/Nm³~24.4 mg/Nm³，CPM(可凝結性微粒)高於 FPM (可過濾性微粒)。

表 1、108 年台中電廠燃煤鍋爐管道 PM_{2.5}檢測結果一覽表

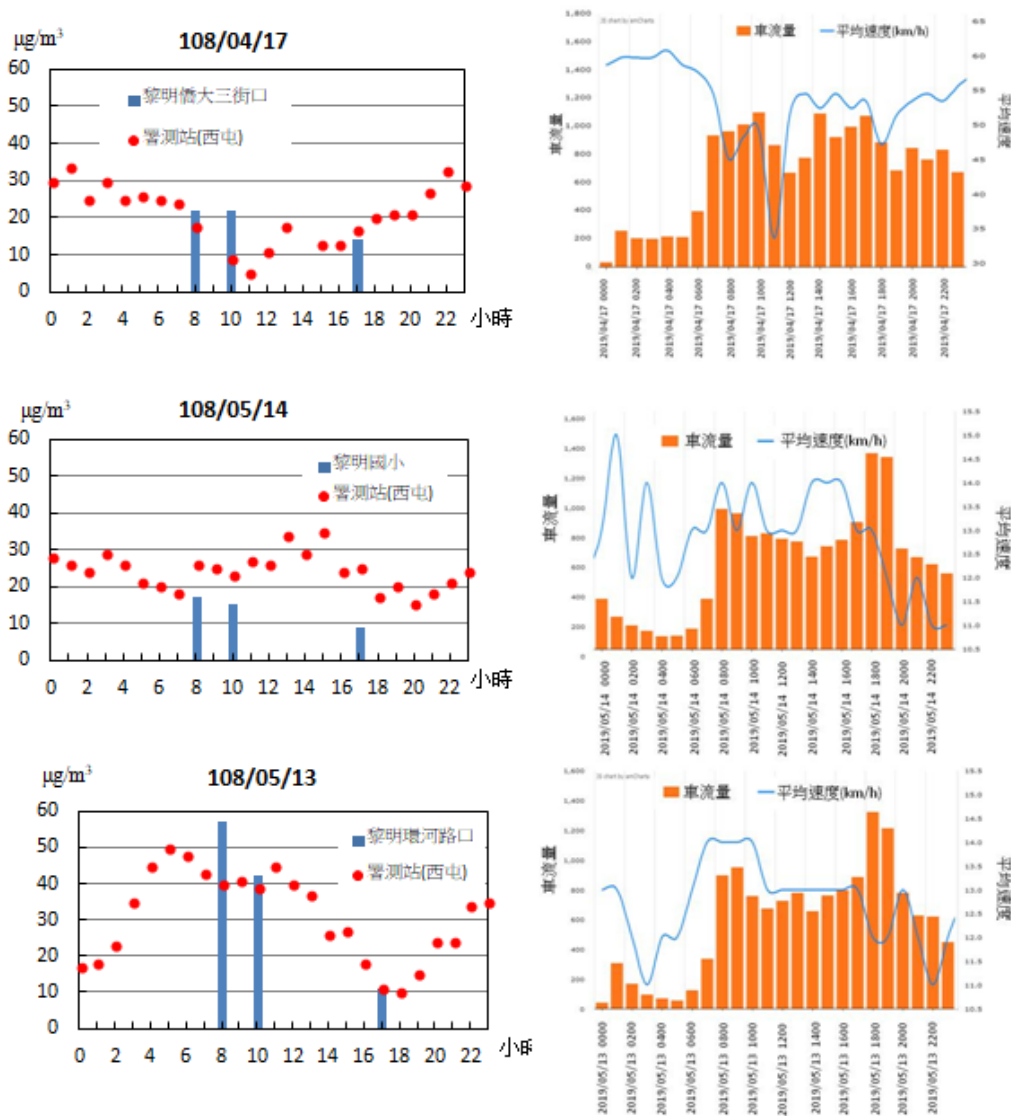
採樣日期	機組	FPM	CPM	採樣口平均 排氣溫度(℃)	微粒總量 FPM+CPM(mg/Nm³)	FPM:CPM
		(mg/Nm³)				
108/08/01-02	2 號機	1.06	11.9	99.9	12.96	1 : 11.2
108/03/14-15	4 號機	1.85	13.8	91.7	15.65	1 : 7.5
108/03/28-29	10 號機	1.47	12.5	101.2	13.97	1 : 8.5
108/08/08-09	10 號機	0.70	24.4	108.0	25.10	1 : 33.9

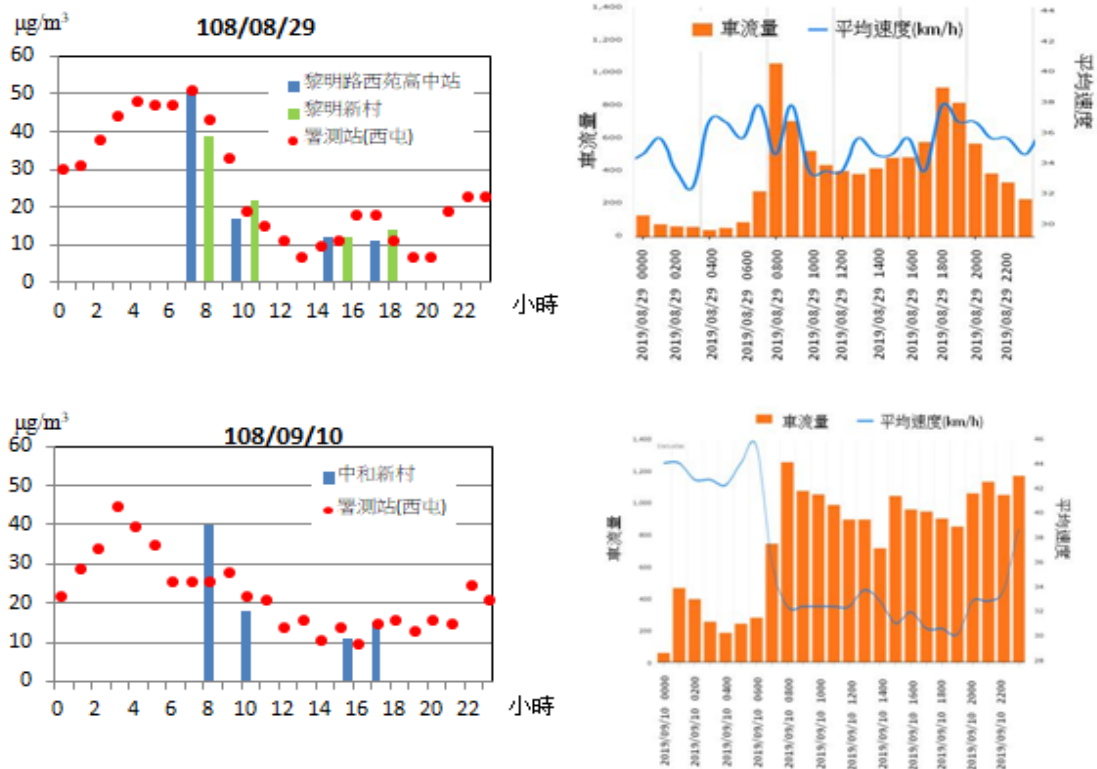
備註：1.本表濃度已經“含氧量”校正 2.採樣當日達到用量 8 成

3.108/08/08-09 採樣，CPM 有偏高現象，查當日管道 SO_x與 NO_x濃度並無偏高，引用單筆數據前請審慎評估

4. 公車站 PM_{2.5} 危害評估

本次量測結果如圖 4 所示，公車站 PM_{2.5} 測值介於 9~57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，每站每日分時段量測，趨勢上可知一天當中以晨峰期的濃度最高，昏峰期濃度最低。昏峰期濃度最低，比對風速風向結果，因氣象條件差異不大，昏峰期濃度較低，應是該時段大氣背景 PM_{2.5} 偏低影響。

圖4、公車站PM_{2.5}量測結果與交通流量變化(1/2)



續圖4、公車站PM_{2.5}量測結果與交通流量變化(2/2)

5. 空氣品質預測及極端氣候預警

本計畫自 108 年 1/23 開始執行，表 2 統計 2 月至 10 月每 3 小時一筆 AQI 值之預測準確率，4 月份準確率(55%)不佳，誤差較大原因在於春季的天氣系統變化快速，氣象預報誤差本身偏大，間接影響空氣品質預測準確性；5 月份因大氣環境逐漸穩定，加上春季小範圍系統時期已過，模式掌握度相對較好，整體預測準確率隨之上升達到 73%；9 月份空污季節起，因加入 ECMWF 空氣品質預報模式輔助 CMAQ 預報，以及採用類神經網絡輔助修正預測數值，預測準確度大幅且穩定上升，10 月份達到 77%。

表2、臺中市空品AQI預報準確率統計表

分區	站別	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	平均
海線	沙鹿	67%	64%	74%	74%	83%	83%	82%	76%	77%	79%	76%
山線	豐原	64%	69%	51%	73%	82%	83%	85%	76%	78%	79%	74%
市屯區	西屯	69%	70%	51%	74%	83%	84%	86%	73%	77%	80%	75%
	忠明	68%	70%	49%	74%	82%	83%	83%	73%	77%	81%	74%
	大里	61%	65%	51%	68%	82%	80%	82%	71%	77%	78%	72%
平均		66%	68%	55%	73%	82%	83%	84%	74%	77%	79%	74%

備註：1.山區無空氣品質監測站，無法計算準確率。

2.準確率計算方式為 $1 - (| \text{預測 AQI} - \text{實際 AQI} | / \text{實際 AQI})$ 。

結 論

一、空氣中PM_{2.5}檢測

1. M_{2.5} 手動採樣結果顯示各站趨勢變化一致，僅大里站偶有高於豐原站及忠明站的情況，分析各站相關係數(R²)在 0.88 以上，代表區域一致性良好。
2. PM_{2.5} 成分比例分析結果，總解析率介於 63.6%~109.7%。水溶性離子、碳組成、金屬成分占比平均為 42.9%、29.3%、5.8%，PM_{2.5} 化學成分以水溶性離子為主，次為碳組成。三站皆以有機碳及硫酸鹽占比最高，有機碳含量最高時可達 37.1%，硫酸鹽占 34.4%亦然，硝酸鹽 11.85%、銨鹽 13.4%、金屬 18.9%及元素碳 17.6%。
3. 由季節統計可知各測站成分特徵差異，后里及東大站以硫酸根占比最高，次為有機碳，大里站則以有機碳占比最高，次為硫酸根。
4. 當硝酸鹽(NO₃⁻)占比偏高，三站皆出現在 PM_{2.5} 事件日(>35 μg/m³)；PM_{2.5} 高於 35 μg/m³ 時，NO₃⁻占比大多會高於 10%，在 PM_{2.5} 事件日發生前夕，應加強氮氧化物的排放管制；硫酸鹽(SO₄²⁻)占比變化沒有如硝酸鹽在事件日大幅上升的特徵，硫酸鹽在本市的影響不論空品好壞，其占比都在 15%以上，107/3/15 日及 107/11/7 日 PM_{2.5} 事件日，硫酸鹽占比並未上升，因此，管制硫酸鹽須從平日做起，而不是在空品劣化時才加強管制；有機碳(OC)占比超過 30%的頻率，以大里較多，可推知有機物在大里 PM_{2.5} 貢獻上高於其他地區，有機物排放管制應優先在大里實施；元素碳(EC)占比超過 10%的頻率以東大最高，可推知元素碳在東大 PM_{2.5} 貢獻上高於其他地區，元素碳的來源為何，有待進一步調查。

二、PM_{2.5}自動站設置及運轉

1. 本市 PM_{2.5} 逐年改善，東勢站與和平站加入監測後，其濃度值與趨勢與環保署測站相似；108 年 6 月份 PM_{2.5} 濃度明顯下降，除了管制效益之外，也與當月梅雨季之降雨日數達 15 天，空氣污染物被雨水大量滌除有關。8 月份東勢站與和平站 PM_{2.5} 污染高於西面測站，係因 8/4~8/6 日受到熱帶性低氣壓極外圍環流影響，且風速低不利於擴散，污染物由海邊往內陸傳輸，造成污染物濃度累積。
2. 本市測站 PM_{2.5}/PM₁₀ 比值分析發現，署之大里站 106 年 11 月至 107 年 10 月比值一直低於 0.4，PM_{2.5} 過低或 PM₁₀ 過高，有必要進一步釐清；局之太平站、大甲站、霧峰站以及烏日站較常發生比值低於 0.4 的情形，應加強以上述測站 PM₁₀ 與 PM_{2.5} 的 QC 作業。
3. 環保署對於 PM_{2.5} 自動監測儀器，訂有 QC 程序，來確保自動測值與手動測值相近。本局有 6 座 PM_{2.5} 自動測站，建議未來參照環保署建置本市 PM₁₀ 及 PM_{2.5} 自動測值 QC 程序，並編列 QC 經費分年執行，確保本局測站 PM₁₀ 數據可靠性。

三、管道PM_{2.5}採樣分析

(一)、台中電廠排放管道PM_{2.5}採樣分析

1. 4號機與2號機FPM分別為1.85 mg/Nm³與1.47 mg/Nm³，CPM為13.8 mg/Nm³與12.5 mg/Nm³，CPM(可凝結性微粒)高於FPM(可過濾性微粒)。
2. FPM化學成分檢測結果顯示其化學成分以硫酸根占比最高，4號機4.54%、10號機20.54%，此與煤中含硫份有關，推測與使用煤料批次及煤配比不同所致。
3. FPM化學成分檢測結果其金屬元素總占比低於10%，重金屬鎘(Cd)、鉛(Pb)、砷(As)濃度皆低於管制標準。

(二)、本市PM_{2.5}排放清冊建置

1. 臺中市轄內固定污染源排放管道PM_{2.5}檢測102年至108年截止共完成 43 根次，涵蓋 16 種業別，針對本市 PM_{2.5} 排放量最大的電力業及鋼鐵業分別檢測 16 次及 9 次。
2. 台中電廠共進行 16 次檢測，FPM 濃度為 1.04±0.34 mg/Nm³，CPM 為 9.77±7.31 mg/Nm³。台中電廠屬大型工廠，設備的維護及更換上較落實，製程操作相對穩定，由標準差的數值可知，歷次 FPM 濃度檢測變異不大，而 CPM 變異相對較大；中龍鋼鐵因製程種類多元，共檢測 7 個不同製程，FPM 濃度以電弧爐 2.25 mg/Nm³ 最高，轉爐 0.28 mg/Nm³ 最低。豐興鋼鐵電弧爐共檢測 2 次，2 次檢測 FPM 濃度差異極大，調查結果為廢鐵進料品質差異大所致，FPM 平均濃度 1.95 mg/Nm³，

CPM 平均濃度 1.78 mg/Nm³。

四、公車站PM_{2.5}調查

1. 108 年 4~9 月期間公車站 PM_{2.5}測值介於 9~57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，一天當中，PM_{2.5}最高在晨峰期，昏峰期濃度最低。昏峰期濃度最低，比對風速、風向結果，因氣象條件差異不大，昏峰期濃度較低，不排除是該取樣期間適逢大氣背景 PM_{2.5}早上高而下午低所影響。
2. 公車站 PM_{2.5}濃度也受區域濃度的影響，另外，大氣測站監測高度雖在 12 公尺~15 公尺之間，PM_{2.5}濃度不一定比地面低，有時大氣測站測值高於地面。
3. 由交通局交通流量變化關係，可知8:00~9:00以及17:00:19:00為晨峰期及昏峰期。晨峰期可對應到高 PM_{2.5}，昏峰期 PM_{2.5}會上升但數值不高，這與風速、風向、混合層高度有關，也代表交通排放量高低會影響公車站 PM_{2.5}變化，但濃度值高低仍取決於氣象等其他因素。

五、空氣品質預測及極端氣候預警

1. 截至 108 年 11 月臺中市有空氣品質惡化事件發生並依照環保局需求提供額外圖卡製作，計共 18 次。除立即通知環保局外並配合製作預報通知，圖卡用於臉書發布或提供市府及相關單位將訊息快速發布給予民眾參考。
2. 臺中市提供分區空品預報短片，在臺中市政府網站、環保局網站及臺中市政府 LINE 皆可點閱觀看，提供臺中市民最新的空氣品質變化，截至 2019 年 11 月 27 點擊瀏覽次數達 742,350。
3. 統計 2 月至 10 月每 3 小時一筆 AQI 值之預測準確率，可知 4 月份準確率(55%)較差，5 月份則可達 73%。4 月誤差較大原因在於春季的天氣系統變化快速，氣象預報誤差大，間接影響空氣品質預測準確性。5 月份因大氣環境逐漸穩定，加上春季小範圍系統時期已過，模式掌握度相對較好。6 月後以 ECMWF 空氣品質預報模式輔助 CMAQ 預報，並逐漸以 ECMWF 預報為主要預報數值輸出。另於第四季起，採用類神經網絡輔助修正預測數值，7~10 月相對準確率為 79.5%，顯示預測模型與機器學習的調整對於準確率的提升具有顯著效果。

建議事項

1. PM_{2.5} 手動採樣結果顯示各站趨勢變化一致，代表區域一致性良好，未來市民質疑環保署手動站數據不具代表性時，可做為說明依據。
2. 依據化學成分特徵建議調整之管制措施

PM_{2.5} 化學成分調查結果顯示，本市 PM_{2.5} 以硫酸根與有機碳為主要，其前驅污染物 SO₂ 與 VOC 為管制重點。大里與其他區不同，對有機碳的管制比硫酸鹽更為重要，對工廠揮發性有機物減排、加強紙錢燃燒等工作應優先加強實施。有關本市各項既存之管制措施之外，因地制宜的管制調整建議如下：

化學成分特徵	最大排放源 (TEDS10)	本市對應最大排放源之 相關管制措施	大里	后里	東大	管制調整建議
硫酸根 1. 占比 21%~24%最高	工業 非公路傳輸 業	工業：燃油燃煤工廠改燃氣 空品預警期燃煤電廠降載 要求空污可行最佳控制技術	★	★	★	
		非公路傳輸業： 港口船舶船速管制 船舶之岸電使用 船舶使用低硫油(0.5%)				海區適用
有機碳 1. 占比 21~26%次高 2. OC/EC 比顯示受汽油車影響高於柴油車 3. 大里有機碳占比經常高於硫酸根	工業 商業 車輛	工業：工廠 VOC 逸散管制 空品預警工廠減產	★	★	★	大里應優先其他地區對工廠揮發性有機物減排
		商業：餐飲油煙防制設備加裝 紙錢燃燒	★	★	★	大里應加強管制紙錢燃燒
		車輛：二行程機車汰換 推電動公車與電動機車使用 柴油車加裝濾煙器 柴油車先保養後定檢	★	★	★	
硝酸根 1. 非事件日占比低 (3%~7%)，但 PM _{2.5} 事件日占比大幅上升	車輛 工業	車輛：二行程機車汰換 推電動公車與電動機車使用	★	★	★	空品不良預警階段，對擴散不良地區(如大里)，規劃老舊柴油車限行時間，並且輔以高密度攔檢作業。
		工業：要求空污可行最佳控制技術	★		★	

3. 環保署對於 PM_{2.5} 自動監測儀器，訂有 QC 程序，來確保自動測值與手動測值相近。本局有 6 座 PM_{2.5} 自動測站，建議未來參照環保署建置本市 PM_{2.5} 自動測值 QC 程序，並編列 QC 經費分年執行，確保本局測站 PM_{2.5} 數據可靠性。

4. 考量總 PM_{2.5} (FPM+CPM)排放濃度，本市在管制燃油及燃煤鍋爐後，建議下一階段管制鋼鐵業。
5. 102 年至 108 年對台中電廠共進行 16 次檢測，平均而言，FPM 濃度為 1.04 ± 0.34 mg/Nm³，CPM 為 9.77 ± 7.31 mg/Nm³，CPM 排放幾乎是 FPM 的 10 倍。國外採用管制排煙中 SO₃濃度來抑制 CPM 生成，台中電廠煙氣中 SO₃均以硫酸液滴形式存在，雖使用濕式煙氣脫硫法，能對 CPM 防制具有效益，但是，脫除效率會隨濕式煙氣脫硫設備的品質以及現場操作參數影響，未來對台中電廠 CPM 管制，可朝監測煙氣中硫酸霧滴作起。

期末報告執行成果摘要表

項次	工作項目	契約 目標量	現階段 執行量	達成率（%）	備註
1	PM _{2.5} 採樣及質量分析	56 點次	56 點次	100	
2	PM _{2.5} 採樣及碳組成分析	56 點次	56 點次	100	
3	PM _{2.5} 陰陽離子分析	56 點次	56 點次	100	
4	PM _{2.5} 金屬成分分析	56 點次	56 點次	100	
5	PM _{2.5} 採樣器定期維護保養及場租、電費	3 站次	3 站次	100	
6	排放管道 PM _{2.5} 採樣及成分分析	4 根次	4 根次	100	
7	公車站或指定地點 PM _{2.5} 調查	20 站次	20 站次	100	
8	進行每日空品預報及播送	343 天次	343 天次	100	
9	站房型 PM _{2.5} 自動監測-軟硬體租用	22 站月	22 站月	100	
10	站房型 PM _{2.5} 自動監測-維護檢修	22 站月	22 站月	100	
11	站房型 PM _{2.5} 自動監測-場租、通訊及電費	22 站月	22 站月	100	
12	配合本局交辦工作及環保署相關行政業務	1 式	1式	1式	
計畫整體達成率				100%	

統計期間：108 年 1 月 23 日~108 年 12 月 31 日

臺中市政府環境保護局 108 年臺中市細懸浮微粒(PM_{2.5}) 成分分析及空品預報
計畫

期末報告計畫執行成果摘要

計畫名稱：108 年臺中市細懸浮微粒(PM_{2.5})成分分析及空品預報計畫

計畫執行期程：108 年 1 月 23 日至 108 年 12 月 31 日

執行單位：台灣綠仕科技有限公司

計畫主持人：程萬里

計畫經費：壹仟貳佰伍拾萬元整

執行摘要：

本計畫於 108 年 1 月 23 日至 108 年 12 月 31 日止各項工作執行成果如下：

- 一、PM_{2.5}採樣及質量分析累計完成 56 點次
- 二、PM_{2.5}採樣及碳成分分析累計完成 56 點次
- 三、PM_{2.5}陰陽離子成分分析累計完成 56 點次
- 四、PM_{2.5}金屬成分分析累計完成 56 點次
- 五、PM_{2.5}採樣器定期維護保養及場租、電費 3 站
- 六、排放管道採樣及成分分析 4 根次
- 七、公車站或指定地點 PM_{2.5}調查 20 站次
- 八、進行每日空品預報及播送 343 天次
- 九、站房型 PM_{2.5}自動監測-軟硬體租用 22 站月
- 十、站房型 PM_{2.5}自動監測-維護檢修 22 站月
- 十一、站房型 PM_{2.5}自動監測-場租、通訊及電費 22 站月
- 十二、配合環保署空品區行動計畫及機關 SIP 計畫提交相關報表、督導、查核，暨配合執行與業務相關之突發事件、政策指定、臨時交辦之工作或配合支援機關及環保署相關之行政業務

受委託廠商：台灣綠仕科技有限公司 _____ 蓋大小章：

承辦人： _____ 股長： _____ 技正： _____ 科長： _____

計畫名稱：108 年臺中市細懸浮微粒(PM_{2.5})成分分析及空品預報計畫

委辦單位：台灣綠仕科技有限公司

臺中市政府環境保護局服務建議評選意見回覆/修正對照表

商文麟 委員	
審查意見	回覆
一、簡報中提到天然氣鍋爐仍有高 CPM 的排放，請說明 CPM 中的成分及燃油鍋爐排放量的比較？	依據學者楊錫賢研究指出，燃氣鍋爐其 CPM 成分以硫酸根、銨根及氯離子站最大宗，該報告檢測燃氣鍋爐得到 CPM 濃度 3635 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，當中硫酸根濃度為 674 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，佔 CPM 的 18.5%。(Yang et al., 2018)。彙整本市過去調查之結果可知，興農公司燃氣鍋爐 CPM 約 6.95mg/Nm ³ ，不同業別燃油鍋爐檢測 CPM 介於為 14.2~347mg/Nm ³ ，因排放量取決於排放濃度及排氣量，故提供濃度供參。
陳忠義 委員	
審查意見	回覆
一、空品預報如何研判或評估其準確度？	本計畫之 AQI 預報值將與環保署公布之逐時 AQI 值進行比較，計算準確度。
二、未來空品預報要如何把這些資訊讓民眾接受或獲得？	未來將外掛在臺中市政府的 LINE 中，供民眾點閱。
三、圖卡偏暗黑色系，與設計者偏愛有關，但 P3-39 雲全為黑雲，看久了會恐慌感，可適度調整。	謹遵辦理，詳 P3-39。
四、計畫執行至 12/31 止，未來預報將不足 365 天，未來恐減價收受，公司要有心理準備。	感謝委員提醒。
五、計畫可否做微觀的風場流向圖，從台電測站+局的測站(梧棲、龍井、大肚、文山、烏日)先惡化，剛好沿著烏溪河口灌入，是否有台電煙流因海陸風迎著河口流入台中盆地？	台電煙流高度大約在 500~600 公尺高度，僅就地面 10 公尺風速資料進行微觀流場流向解析，欲推論電廠煙流傳送，恐致誤導。且高空無氣象觀測，尚須借助氣象模式模擬解析，才能一窺真相。建議局端應採嚴謹之規劃後再以專案研究方式探討之。
魯臺營 委員	
審查意見	回覆
一、PM _{2.5} 的影響與氣候風向有極大相關，請團隊應增加氣象(尤其是區域氣流風向)專家	空品預報過程中會採三種氣象模擬結果判定，因按月計算預報準確度，若前三個月準

顧問，以利掌握氣象條件更準確空品預報及空品不良成因。	確度不佳，將依委員提點增加氣象顧問以提升預報品質。
二、台中外海及港區大型貨輪之排放數據亦請掌握。	CMAQ 空品模擬採用 TEDS9 排放量資料庫，該資料庫已納船舶排放量。
三、第五章針對每月空氣品質 AQI 得看總回顧，應有歷年之比較以便民眾了解改善情形。	謹遵辦理。
四、請建立特定公民團體及媒體溝通及公民參與管道。	本團隊將與局討論後視需求辦理。

莊永松 委員

審查意見	回覆
一、后里站 107 年分析金屬較 105、106 年偏高，其來源為何？(表 3.2-1)橫向與固定源計畫之查證？	依據 107 年期末報告總整分析結果，依風向鑑別，可以確認其來源為豐興鋼鐵。該結果已呈局供固定源計畫參採。
二、AQI 預報反應空品，是否結合其他相關計畫資料，逸散源管制計畫亦有每日空品預報？	已知局端採用之臺中市 AQI 每日預報為本計畫之工作項目，其他計畫應是引用本計畫預報資料。
三、市長政見改善空氣品質對於固定、移動及逸散源有其指示，惟表 2.3.2 電力業 PM _{2.5} 僅占 14%，其他重要 PM _{2.5} 產生源應先予以定位。	本表依照 TEDS9 換算，電力業確實為各業別中最大。
四、自動或固定站每週維護，如遇到連續雨天或空氣品質不良的情況下，如何機動維護。	儀器運轉不受雨天影響，對於特殊外在環境如颱風天，颱風次日會立即派員到場查看，連續高污日會增加採樣頭清潔頻率。

張立德 委員

審查意見	回覆
一、投標團隊具相關工作經驗。	謝謝委員。
二、碳組成分析的委託工作，請再補充執行研究室的介紹說明。	已補充說明，詳 P3-10。
三、創新作法如何與空品預報預警有效結合，請補充說明。	謹遵辦理，詳 P5-1。
四、微粒成分採樣與分析，本年度是否有擴充排放源清冊的規劃，亦或僅為舊有污染源的數據更新？	管道 PM _{2.5} 採樣分析工作，因環保署指定臺中市環保局對台中電廠進行採集，因此今年度屬於舊污染數據更新。

劉志堅 委員

審查意見	回覆
一、圖卡之顯示(P5-1)作法，不甚清楚。	謝謝委員指示，後續將提供不同版本供局挑

	選決定後再予發布。
二、宜補充空品預報之承攬公司昱豪數位公司及黃昱維君之經驗、資格資料。	謹遵辦理。
三、補充說明空品預報如何以 WRF、CMAQ 模式估每 3 小時做一次預報 AQI(含 PM _{2.5} 、O ₃ 、PM ₁₀ …項)？	謹遵辦理，詳 P3-40。
四、請說明本年度計畫之成果資料，如何與上年前年的 PM _{2.5} 成分分析計畫成果相比較、整合？若合適，應對上年先前的類似相關成果，回顧統整納入報告。	本計畫屬於延續性計畫，過去年度的期中、期末報告均納入歷年資料比較分析，未來亦然。服務建議書中未羅列，是因招標規範有頁數限制，而未能詳盡呈現。
五、P2-7 第一段(及表 2.1.2)，主要來源為”工廠”，應是工業才是。	感謝委員提點，已修正，詳 P2-7。
王進崇 委員	
一、P3-30 經指定之公車站測點與時間，相關採樣點之高度、口、距離等規範，是否有所依循？自備直讀計與署自動監測站進行 20 小時比對測值；如數據誤差在±10%以外時，檢討其可能主要原因為何？如何因應改善？	1. 環保署僅對一般空品測站予以規範，直讀計採樣高度口、距離則查無相關規定。 2. 未來若比對誤差高於±10%將予以檢討，並提因應方法。
二、每日空品預報值與署測站值，依目前 107 年度預報值是否皆在±10%以內，如何再精進縮小其差異值，以更符合署考評指標。	因今年度計畫首次嘗試與署 5 站逐時 AQI 進行準確度比較，尚無法得知是否能落在 10%誤差內，未來將每月檢討結果改善精進。
三、P3-20 固污煙道 PM _{2.5} 檢測表分析台中電廠、中龍鋼鐵、興農化工等使用原料、燃料、製程所產污染物仍含有機性有害物質。P3-26 管道採樣分析流程，僅淬取有機物質秤重來作有害性物質分析其濃度，美中不足，宜參採國內外資料作補述。又 P3-32 空氣品質預測使用四種以上模式模擬作預報作肯定，相對應對空氣 PM _{2.5} 健康風險評估方面，建議參採上項意見收蒐相關參數，作風險評估，更進一步了解其對人體健康之危害，以臻周全。	因涉及污染源排放型態其在大氣中擴散情況複雜，且健康風險評估有其醫學專業性，已知局端有一大型風險評估專案計畫負責此工作，過去亦由本計畫提供可應用之數據支援之，因此，本年度計畫僅就工作範疇進行管道檢測分析。
四、P2-16 境外傳輸污染物顯示，以金門、馬祖、基隆、臺東等佔 60%以上(至 96%)，如何驗證以上數據資料？至於 PM _{2.5} 排放彙整冊及建立之指紋污染物質中，皆屬國內數	該數據及引用環保署專案報告，已知為採用三維網格模式評估結果，且該模式經性能評估合格。

據，其境外傳輸污染物宜一併建立其資料庫，以便追蹤及驗證其污染來源。	
-----------------------------------	--

計畫名稱：108 年臺中市細懸浮微粒(PM_{2.5})成分分析及空 品預報計畫

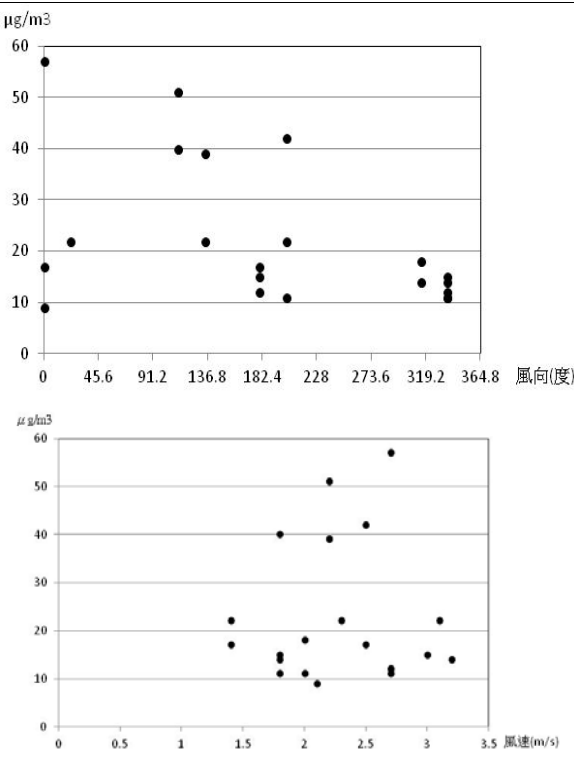
委辦單位：台灣綠仕科技有限公司

期中報告意見回覆/修正對照表

王宗邦 委員	
審查意見	回覆
一、東大站進行成分分析，結果硫酸鹽及有機碳較高，請協助比對本局測站依風向分析是否有受台中工業區排放特定污染物，以利本局後續對污染源管制。	謹遵辦理，期末報告納入夏、秋、冬三季結果後做整體分析呈現。
二、PM _{2.5} /PM ₁₀ 本局數個測站比值分析低於 0.4，請業務科將此一結果橫向聯繫檢驗科處理。	本計畫將協助業務科提供必要數據佐證。
三、東勢及和平站設置地點請再補充說明，另空污季 PM _{2.5} 高於其他測站，是設置地點不洽當又或其他原因請進一步分析。	測站設置地點已新增於圖 4.1.1，詳 P4-1。設置地點符合設置規範要求，東勢、和平 PM _{2.5} 高於其他測站與季節氣象有關，期末報告予以季節變化分析時，一併說明。 經納入下半年數據後，東勢及和平站並未高過其他測站，僅東勢站 2 年監測中有 4 個月略高於署測站；如以事件日統計結果來看，兩站每月 PM _{2.5} 事件日數皆未高於其他測站。
陳忠義 委員	
審查意見	回覆
一、Ch4 對監測站的數值比較，希望能完整年度比較(P4-5)，另降雨天數在報告中指出 108 年較多造成 PM _{2.5} 明顯下降，僅作 2 個年度比較，彷彿這半年的努力是白做的，建議多幾個年度比較。	謹遵辦理，自動站監測始於 107 年 4 月份，未來將持續納入監測資料。 108 年 6 月份 PM _{2.5} 濃度降低，除管制效益之外，亦受雨除貢獻影響。
二、PM _{2.5} /PM ₁₀ 比值來評估各測站 QC 的判斷，小於 0.4 即不合理？是否有學術研究基礎？報告 P4-7 所列的報告是統計結果？還是分析數據？做出不合理的結	比值 0.4-0.6 為學術研究結果，且查為工研院建議環保署未來對自動站粒狀物 QC 之原則。(備註：工研院 量測技術發展中心 (2019)，Met One BAM 1020 零點調整與量測

論，局端就要橫向聯繫環檢科注意，環保署則請環檢科轉達。	品質確效原則設計)
三、這次以東大站做解析，很好，評估一下未來針對署測站作細部解析的可能性？讓環保局能對症下藥作改善。若以前年度有，在期末報告綜整一下。	署(豐原、忠明)手動測站無 PM _{2.5} 化學成分分析，故無法做貢獻源解析，然而，過去署西屯測站與大里測站做化學組成解析，期末報告時一併補入。
四、利用銅/鋅、鋅/鉛比值做判斷來源貢獻，是否有學理基礎？補充一下。(報告引用研究結果作判斷，是否有區域性?)	PM _{2.5} 化學成分中的金屬元素常被使用作為污染源的追蹤指標，此為印度、中國及美國科羅拉多之文獻研究結果。 本計畫目前僅就東大分析，待期末報告可納入大里及后里資料，屆時可一併探討是否屬於區域性特徵，而非廣泛性。
五、P3-23 文獻指出柴油車銅/鋅值 0.22~0.07 由大至小的表示方式，0.07 是否誤植？	感謝委員提點，已修正，詳 P3-23。
莊永松 委員	
審查意見	回覆
一、PV PM _{2.5} 採樣分析元素碳(10.6%)最高含量僅 1 成另與圖 2 東大站 PM _{2.5} 化學成分分析結果是採平均值，與文字說明不一致，如鉍鹽 13.4%圖為 9.20%。	感謝委員提點，已修正，詳 PV。
二、Pviii 空氣品質預測的參數項目較不確定可再修正。表 3 AQI 之預報率 4、5 月準確率差異大？	已加入參數說明，詳 Pviii。 4 月份預測誤差較大，主要是該月天氣系統變化快速，氣象場的準確度掌握較差所致，5 月份天氣系統相對穩定，預測準確度相對提升。
三、以東大站 PM _{2.5} 化學成分分析受地勢影響上坡段 OC/EC 比較率還好惟金屬元素銅、鋅、鉛，其主要來源以揚塵及車輛排放，該類金屬元素產生源可再考量？	感謝委員提點，後續將收集鄰近工業區資料，以探討是否為鄰近工廠影響而非道路揚塵與車輛排放。 東大站金屬元素經蒐集鄰近工廠金屬排放資料比對，與工廠相關難以顯現。有關成分與風向關係以風花圖表示，詳附錄十。
四、公車站 PM _{2.5} 測值 3 個時段 17~19 時最低可探討其原因。(正確以時取代點)	謹遵辦理。

五、計畫執行進度可再加強?	因部分工作量需配合其他計畫在 7 月啟動，固 6 月 30 日進度僅 38%，目前計畫執行進度可符合契約要求。
盧重興 委員	
審查意見	回覆
一、海線 AQI 預測準確度最高，應說明原因。	由於海線測站地理位置受到「綜觀天氣」氣象條件影響大，預測準確度高；相較於海線，內陸測站多位於都市建築內，包含移動污染源的移動、局部環流、海陸風進入內陸後，具備較多重的不確定性，因此顯得數據變化掌握度偏低，相關說明已加入說明，詳 P7-6。
二、天氣即時報內容經常與附近環保署(局)大氣測站不一致，易引起疑惑，這可能與瞬間值與小時平均值有關，有必要說明清楚。	感謝委員提點，未來本計畫引用天氣即時報資料，將加註警語並且教育民眾即時值、平均值對於健康影響的涵義與解讀意義，以提升民眾科普素養。
三、PM _{2.5} 自動與手動監測原理與方法並不一樣，因此以手動數據作為自動監測數據品質管理，仍有討論空間。自動監測數據應以美國 EPA 自動監測標準方法 FEM 來進行自動監測數據品質管理。	感謝委員指導，期末報告將作成建議案納入本報告中。詳期末報告 P8-1
四、公車站 PM _{2.5} 調查建議如下： (1) 直讀儀與西屯測站比對時間建議增長並進行校正。 (2) 17~19 點為下班時段，監測數值應與 7-9 點同樣為高值。 (3) 圖 6.2.1 每公車站皆僅三點數據，建議能夠每一小時都能夠有量測數據。 (4) 公車數(污染產生量)與風速如能納入分析才有辦法解釋數據。	感謝委員指導。公車站量測因經費編列極有限，每一公車站由三個時段延長至每小時量測，設備及人力負荷有執行上之困難。後續將增加直讀計與測站比對時間。另有關下班時段 PM _{2.5} 濃度低於上班時段應是受到區域背景值影響，此 3 案例日傍晚時間大氣 PM _{2.5} 濃度亦下降，應是大氣環境特性導致，今年度 20 點次全數完成，納入氣象條件(風速與風向)，發現濃度與風速風向並無直接關係，如下圖。

	
五、東大站為大氣測站 PM _{2.5} 化學組成調查較無法反應交通污染源。	因東大站採樣高度離地 3 米，緊鄰道路，偏屬交通站，可以反應交通污染源的污染。
席行正 委員	
審查意見	回覆
一. 期中報告內容充實，特別在文獻收集解析與過往台中空品成因掌握度極高值得肯定。	感謝委員肯定。
二. PM _{2.5} 採樣規劃以每季採樣一次(四、七、九、十一月)，一月份採樣並未執行，如何維持內容完整性與呈現 108 年 PM _{2.5} 濃度與成分時序變化請考量，因為一般空品不良季多於每年 11 至隔年 3 月最顯著。	感謝委員指導，採樣期程受計畫發包及結案限制，將作成建議案呈環保局參考。
三. 部分背景說明內容可進一步更新，例如 P2-39 中所提” 14+N” ，目前該名詞已不復見。	感謝委員提點，已修正，詳 P2-39。
四. P4-6~4-7:以 PM _{2.5} /PM ₁₀ <0.4 做為數據 QC 不佳是否可行有無更有力之數據/立論支持?以此做為大里測站 106 年 11 月至	比值 0.4-0.6 為國外學術研究結果，且為國內工研院建議環保署未來 QC 原則，此為工研院量測技術發展中心 2019 年之 Met One

107 年 10 月數據存疑易引起爭議。此外 $PM_{2.5}/PM_{10}<0.4$，是否評估可能為 $PM_{2.5}$ 低估或 PM_{10} 高估？	BAM 1020 零點調整與量測品質有確效原則設計資訊，另外該文件也提及 $PM_{2.5}/PM_{10}$ 超過 0.4~0.6，可能是 $PM_{2.5}$ 過低，也可能是 PM_{10} 太高，需透過零點測試加以判定後進行調整。
五. P5-15:燃油鍋爐 FPM 與 CPM 變異性極大，同樣為重油鍋爐且無防制設備但變異高，可進一步討論其可能原因。此外鋼鐵廠一般 CPM 亦遠較電廠為低，可能原因也可加以討論。	重油鍋爐除了無防制設備導致變異較高之外，也與鍋爐運轉時間有關，對於非 24 小時運轉或間歇性開爐者，會因為燃燒不完全導致 FPM 與 CPM 增加。而鋼鐵業 CPM 低於電廠與製程有關，已知 NIEA A214.70C 採集 CPM 方法，對於在煙氣中存有 SO_2、SO_3 者，其異相反應將增加，而導致 CPM 上升，鋼鐵業製程排放煙氣中不含 SO_2、SO_3，其 CPM 形成相對少很多，以上說明已加入文中，詳 P5-14。
六. 本計畫之預報工作用意為何？與目前大署所做之前三日之每日 AQI 預報主要差別性？有無統計方式比較兩者之一致性與偏差性？未來建議民眾以何者為準？	有別於環保署預報是空品區「如中彰投」，本預報是根據空品區再細分縣市，並依照生活圈、地表樣貌分為四區，且環保署預報多為單一數值表示「當天可能出現之最大值」，而本預報是根據 3 小時為一單位產出，一天 8 筆預報數值，預報較精細。關於「一致性、偏差性」，由於預報的時間解析度不同，較難比較。建議民眾仍以環保署為基礎參考，再對照本局所提供之詳細說明預報，就能夠對空品有很好的掌握。
七. 公車族 $PM_{2.5}$ 量測之選點原則為何？其時序變化(7~9 點 $PM_{2.5}$ 最高，17~19 點最低)差異大，可能原因為車流變化或氣象條件影響？	本計畫屬延續型計畫，前二年已針對本市台灣大道、文心路、中清路…等高交通量路段進行調查，今年度選擇黎明路。基於前期計畫經驗，公車站選點不僅要考量不影響路上交通以及店家進出動線，並盡量選擇離學校、市場等搭車人數較多的公車站。
八. 報告內容錯字仍多，請再確認與修正。	謹遵辦理。

劉邦裕 委員	
審查意見	回覆
一、民眾對於 PM _{2.5} 定義及標準、污染來源的認識、健康影響等概念並不十分清楚，常以為能見度不佳就是 PM _{2.5} 所造成；本計畫能否提供相關科學數據和能見度的相對關係以教導民眾對 PM _{2.5} 的正確觀念。	因能見度與 PM _{2.5} 之關係環保局另有專案計畫執行，本計畫若得環保局同意，未來可將其調查結果納入第二章背景資料中。另 106 年度起本計畫陸續建立 PM _{2.5} 宣導之相關影音檔案，將擇適當時機提供予市民。
二、對於 PM _{2.5} 高敏感及高暴露族群，如何將預防保健常識一併納入計畫宣導短片內，以維護市民健康(譬如公車族群每日適宜暴露劑量及時間)。	本意見轉呈環保局，經局端評估合適，本計畫可配合辦理。
三、依目前監測數據可以推斷移動源為本市 PM _{2.5} 之主要貢獻來源，如何積極管制，建議提出削減策略提供環保局參考。	謹遵辦理，削減管制策略建議於期末報告中呈現。詳期末報告 P8-1
四、貴團隊能否將歷年來監測資料，期末報告時彙整提出台中市 PM _{2.5} 成分變化與管制策略之成效分析。	謹遵辦理，本計畫將嘗試將 PM _{2.5} 成分變化與管制策略進行連結，希冀能於期末報告中呈現。
五、(P7-7)依表 7.2.2 空品預報準確率平均僅 66%，能否再提升？又表 7.2.3 顯示 AQI 介於 101~150 時準確率為 68~81%，AQI>150 時，準確率提高為 79~87%，為何 AQI 愈大準確率愈高？	空品預報準確率是能再提升的，AQI<100 時的預報準確低，與模式預測到當空氣良好時，給予 AQI 預報數值為 50 有關。因準確度計算公式，當 AQI 實際=30，而預報給出 50 時，只有 60%的準確度。此部分已透過調整模式將 AQI=良好時，再細分 25, 30, 35, 40, 45，以達成更好的準確度。
羅金翔 委員	
一、書面資料尚有誤植，文字敘述不清部分，建議於期末時通篇檢正；另參考文獻宜完成比對本計畫引用。	謹遵辦理，於提交期末報告初稿時，通篇檢正。
二、宜再說明本計畫目標二，空品預測及"極端氣候"「預警」的實質作法。	關於極端氣候，可分為下列：低溫、高溫、強風、颱風、豪雨、嚴重空污(境內、境外)等等。在當天預報搜集相關預報資料後，若有上述較劇烈的變化時，皆會於下列提醒：

	1. 當日影音預報口述。 2. 當日影音預報文字小叮嚀。 3. 環保局臉書貼文之文字輔助說明。 來提醒民眾可能遭遇的劇烈天氣、空氣變化。 而碰到嚴重的「空污」事件時，則會適時給予圖卡說明，提供給環保局臉書、市政府 LINE 發佈推播使用，以便民眾更快速瞭解未來的天氣、空氣變化。
三、對於文獻回顧分析及各縣市 PM_{2.5} 管制作為(2、4 章節)，宜提出: 1. 量化、質化(行政面)效能及年限的交互比較 2. 各面向宜與本計畫要求目標有所呼應。	謹遵辦理，將彙整相關資料(效能及年限)於期末報告中呈現。
四、第六章提公車站 PM_{2.5} 濃度調查，採樣策略似嫌簡略，建議: 1. 釐清採樣目的，乘客的個人暴露或是公車進、出站，(惰轉)怠速的污染衝擊，或是…? 2. 交通量的車輛密度(或相關周遭貢獻源)的分析。 3. 採樣時段的微氣象特徵(風向風速相對濕度)	感謝委員指正，於第六章(P6-5)起始部分加入前兩期本計畫的調查及分析成果，說明長期以來公車站 PM_{2.5} 調查工作的脈絡與成果，待年度工作 20 點次完成時，將交通量與採樣時段微氣象特徵一併分析呈現。
空噪科審查意見：	
一、中英文摘要簡要版及詳細版錯誤內容請修正，台中電廠管道 PM_{2.5} 檢測結果顯示 4 號機與” 2” 號機 FEM 分別為……、for the No.4 and ” No.2” 。	已修正，詳摘要簡要版及詳細版 Pvi。
二、期中成果摘要(詳細版)-前言錯誤內容請修正，以及 105 年 5 月” 12(13)” 日的排放管道中” 缺一個字(可)” 凝結性微粒檢測方法。	已修正，詳摘要詳細版 Piii。

三、期中成果摘要(詳細版)-結果-1.空氣中 PM _{2.5} 採樣分析所述 PM _{2.5} 化學成分比率與圖 2 所顯示比率不符合，請修正。	已修正，詳摘要詳細版 Pv。
四、期中成果摘要(詳細版)-結果-3.排放管道 PM _{2.5} 採樣分析及排放清冊建置，其內容有誤請修正，4 號機與” 2” 號 FEM…。	已修正，詳摘要詳細版 Pvi。
五、期中成果摘要(詳細版)-結論-一、空氣中 PM _{2.5} 檢測-(一)、108 年檢測結果-1.…”東大站變化趨勢與兩站一致，PM _{2.5} 濃度污染並未高於豐原站及忠明站」此句話似乎與同段第 4 行「6 次採樣平均以忠明 18.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 最低，豐原站 19.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 濃度最高，東大站介於兩者之間」似乎有矛盾，請再釐清。	已修正，詳摘要詳細版 Pvi。
六、期中成果摘要(詳細版)-結論-內容有誤請修正，三、管道 PM _{2.5} 採樣分析-(一)、108 年管道 PM _{2.5} 採樣分析結果-1.4 號機與” 2” 號機 FEM…。	已修正，詳摘要詳細版 Pvi。
七、P2-2 第 2 行，「是臺灣人口第三多的直轄市」，請修正內容，臺中市已成為全臺人口第 2 多的都市。	已修正，詳 P2-2。
八、P2-19 第 2 行，「該標準適用於 101 年” 4” 月” 24” 日公告」，請修正為正確公告日。	已修正，詳 P2-19。
九、P2-21 表 2.3.4 與其備註：2.西屯、” 后里” 已於 106 年 12 月撤站，內容不符合，請修正。	已修正，詳 P2-21。
十、P3-17 及 P3-27 之內容：「東大站變化趨勢與兩站一致，PM _{2.5} 濃度污染並未高於豐原站及忠明站」此句話似乎與同段第 4 行「四月份 6 次採樣平均以忠明 18.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 最低，豐原站 19.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 濃度最高，東大站介於兩者之間」似乎有矛盾，請再釐清。	已修正，詳 P3-17 及 P3-27。

十一、 P5-8 之 5.1.3、檢測結果第 1 段第 1 行內容有誤請修正，4 號機與” 2” 號 FEM 分別為…。	已修正，詳 P5-8。
十二、 P5-13 表 5.2.1 管道合計為 40 根，請釐清缺少哪一根次並將其資料補齊至表 5.2.1 表格中。(應為中聯資源)	已修正，詳 P5-13。
十三、 P5-14 第 2 段第 5 行所述「轉爐 0.28mg/Nm ³ 最低」此句話與 P5-15 表 5.2.2 、歷年臺中市管道 PM _{2.5} 檢測結果彙整表所呈現數據有違，請釐清並修改相關內容。	已修正，詳 P5-14。
十四、 P7-6 第 4 段第 3 行所述「AQI > 150 為 79%~” 89%” 」與 P7-7 表 7.2.3 內容不符合，請修正。	謹遵辦理，已修正，詳 P7-6。
十五、 P9-1 及 P9-2 各項結論請依上開意見，釐清後再一一修正。	已修正，詳 P9-1 及 P9-2。

畫名稱：108 年臺中市細懸浮微粒（PM_{2.5}）成分分析及 空品預報計畫

委辦單位：台灣綠仕科技有限公司

期末報告意見回覆/修正對照表

王崇邦 委員	
審查意見	回覆
一、計畫摘要.建議事項 2.提及空品不良前夕，柴油車排放量最大，因此「空品不良前夕限制該車種行駛」，目前具可行性嗎？法規有依據嗎？有無規劃配套措施？	該建議已調整文字內容為，於空品不良預警階段，對擴散不良地區(如大里)，規劃老舊柴油車限行時間，並且輔以高密度攔檢作業。 過去臺北、臺南及高雄有劃定特別區，在特定時段禁止二行程機車進入，桃園、嘉義有空品淨區禁行老舊柴油車措施，可行性與法規依據則視地方政府的事前規劃與協調以及實施的決心。實施方法若以試點及循序漸進方式進行，加上事前與區域廠家研商取得共識，整體推動進程應該相對較為順利。
二、另簡報第 8 頁有列出管制措施，但未看到可推動或可行性措施，請補充說明並列入該表。	已補充說明，詳 P3-36。
三、東大測站分析（P.3-32）元素碳高於其它地區，來源車輛、燃燒、燃油燃煤工廠，又有大量車流、中科、火葬場以及臺中工業區，元素碳來源為何？待釐清。期中報告中本人有要求分析東大站是否能分析為臺中工業區於特定月份為重大貢獻源，但期末結果是無法分析，是否意味該站為不適合？	東大站元素碳與風花圖關係詳如附錄十，由風花圖與成分關係比對鄰近工業區之位置，無法判斷污染來源。 此站鄰近污染源極多，加上監測點樹木極多(東海大學圍牆旁)，氣流角度明顯受阻，以風向溯源更顯困難。因其離地表近(3.5 公尺)，架設在人行道上，比鄰台灣大道路(2 公尺)，受交通源影響相對大里及后里而言較大。當初此點是支援合科技部能見度調查計畫增設，該計畫於 108 年底結案，東大站今年底同時撤站。
陳忠義 委員	

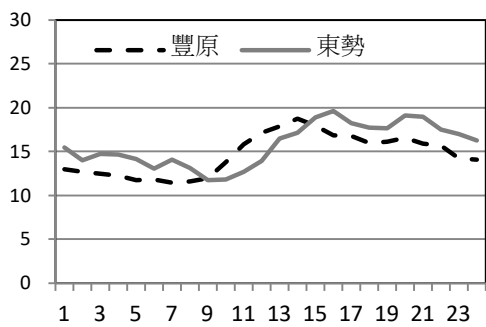
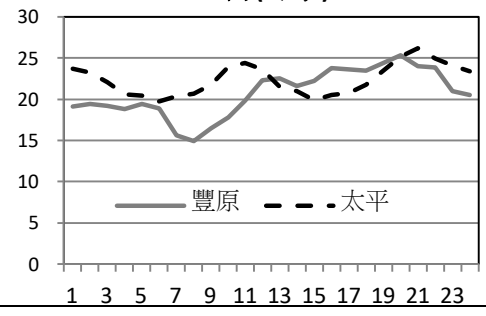
審查意見	回覆
一、因計畫執行至 12/31，期末報告定稿是否可以補充 Ch2 的數據資料，讓計畫資料得完整性。	謹遵辦理。
二、針對台中電廠的採樣 PM _{2.5} 分析，請歸納分析數據及檢測報告，環保局發文給台電公司，納為改善參考。#10 發生何種問題？特別高！可解析？	謹遵辦理，彙整後文件提交環保局處理。有關 CPM 高一事，查當日 CEMS 的 SO _x 與 NO _x 亦無偏高。 彙整文件交環保局時，將蒐集其他電廠資料進行比較，以瞭解偏高程度。
三、表 5.3.3 表頭排放係數（有 g/ton、g/KL、m ³ /Hr），排放係數如何得出，建議文中再補充說明，有算式但過於簡便。重油鍋爐偏高，但部分已改天然氣，建議加備註方式說明一下，熱區是否會改變？建議圖示方式表示。	排放係數若為固體單位使用 g/ton，液體單位使用 g/KL，天然氣單位則使用 m ³ /Hr 計算。重油鍋爐改燃氣廠家已標註，詳 P5-18。經與固定污染源計畫聯繫後，取得相關資料分析，熱區順序無改變。因燃油鍋爐改燃氣的減量效益與本計畫相關較低，與環保局討論後，本資料移置固定污染源計畫期末報告呈現。
四、圖卡要讓人一目瞭然，圖卡會透過 Line 再轉傳，有時效性，有些圖卡只寫周三（13 日），周二…… 是哪一個月，哪一周？須要注意！	謹遵辦理，往後圖卡會附註詳細的日期。
莊永松 委員	
審查意見	回覆
一、各測站採樣點高低不一，其結果是具代表性。	東大測站為配合科技部計畫安排採樣點於監測車上，表 3.2.1 內亦有採樣高度說明。
二、東大站硝酸鹽、硫酸、元素碳、銨鹽皆大於后里及大里站其主要來源是否可追蹤？	謹遵辦理，東大站各成分與風花圖關係詳附錄十，由風花圖與成分關係比對鄰近工業區之位置，無法追蹤污染來源。
三、東勢站、和平站 PM _{2.5} 皆高於西面測站，請明確。	東勢及和平站 PM _{2.5} 並未每月都高於西面測站，有高於西面測站於月報中皆已分析探討。
四、台中火力發電廠 10 號機組 FPM/CPM 比 1:33.9 相較於 10 號機組 3 月份的比值差異大其原因，另採樣日期請修正。	謹遵辦理，已修正日期，詳 P5-8。有關 CPM 高一事，查當日 CEMS 的 SO _x 與 NO _x 亦無偏高。
五、公車站的採樣分析含車行種類，可與 TEDS 係數結合。	TEDS 交通排放係數單位為 g/km，再以車輛年行駛里程數換算整年排放量，無法利用

	該係數換算車輛經過公車站貢獻的 $PM_{2.5}$。因此，本計畫採車輛當量數與 $PM_{2.5}$ 濃度進行相關分析，兩者相關不明顯，如下圖。 $\mu g/m^3$ 西苑高中 車輛當量數 <table border="1"><thead><tr><th>時段</th><th>PCU (車輛當量數)</th><th>$PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$)</th></tr></thead><tbody><tr><td>晨峰</td><td>125</td><td>52</td></tr><tr><td>其他(上午)</td><td>80</td><td>40</td></tr><tr><td>其他(下午)</td><td>60</td><td>30</td></tr><tr><td>昏峰</td><td>125</td><td>25</td></tr></tbody></table> $\mu g/m^3$ 黎明新村 車輛當量數 <table border="1"><thead><tr><th>時段</th><th>PCU (車輛當量數)</th><th>$PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$)</th></tr></thead><tbody><tr><td>晨峰</td><td>125</td><td>40</td></tr><tr><td>其他(上午)</td><td>80</td><td>45</td></tr><tr><td>其他(下午)</td><td>60</td><td>30</td></tr><tr><td>昏峰</td><td>125</td><td>25</td></tr></tbody></table>	時段	PCU (車輛當量數)	$PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$)	晨峰	125	52	其他(上午)	80	40	其他(下午)	60	30	昏峰	125	25	時段	PCU (車輛當量數)	$PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$)	晨峰	125	40	其他(上午)	80	45	其他(下午)	60	30	昏峰	125	25
時段	PCU (車輛當量數)	$PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$)																													
晨峰	125	52																													
其他(上午)	80	40																													
其他(下午)	60	30																													
昏峰	125	25																													
時段	PCU (車輛當量數)	$PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$)																													
晨峰	125	40																													
其他(上午)	80	45																													
其他(下午)	60	30																													
昏峰	125	25																													
六、宣導成效包括 Line，其點閱次 742,350 其統計時間起點？	統計期間為 1 月 23 日至 11 月 25 日。																														
盧重興 委員																															
審查意見	回覆																														
一、交通空品測站受車流量影響較大，因次經常顯示硝酸鹽濃大於硫酸鹽濃度。本計畫東大測站應屬於大氣空品測站。	感謝委員指教。																														
二、CPM 占比經常遠大於 FPM 占比，因此僅分析 FPM 成分分析較無代表性。	感謝委員指教。																														
三、表 5.3.4 本計畫台中電廠 FPM+CPM 排放量經常 TEDS10 排放量有很大差異（尤其是台中發電廠差距甚大），建議再確認推估數據準確性。	此部分與環保局研議本表放置於附錄並加註說明，由於其計算方式不同，所以推估與實測值本具差異。																														
四、第六章交通時段建議以晨峰、其他、昏峰及離峰（深夜與清晨）來區分及數據分析。	謹遵辦理。																														
五、每一天 $PM_{2.5}$ 小時值大小趨勢通常為：晨峰>昏峰>其他>離峰。另外，如果離	感謝委員提點。																														

峰時段風速為靜風時，有可能大於其他時段。	
六、建議未來能夠加測氣體濃度如 CO、NO ₂ 、TVOCs 會有較顯著成果。	感謝委員指點及建議，本工作項原意在協助其他局處進行 PM _{2.5} 量測，包括交通局、教育局、衛生局等等，今年因無局處提出申請，故以量測公車站 PM _{2.5} 變化，已知此工作項，未來不再執行。
七、計畫中之論述「當大氣測站 PM _{2.5} 濃度較高，公車站測值也偏高」，建議刪除。	謝謝委員提醒，與環保局研議後，進行修正或刪除，詳 P6-4。
劉邦裕 委員	
審查意見	回覆
一. 公車族 PM _{2.5} 量測地點往前針對本市臺灣大道、中清路等高流量路段進行調查，今年基於考量不影響車流量順暢及店家出入動線，而改選擇避開學校市場候車人數較少及公車停留較短暫之黎明路，量測結果與往年車流量大的路段測值之差異如何進一步比較分析，請補充。	謹遵辦理，詳 P6-3。
二. 貴團隊有無分析近年本計畫預報與環保署空品預報數據平均誤差與最大誤差值範圍是多少？照理說本預報較精細為何遇到兩者有明顯差異時，貴團隊又建議仍以環保署為參考基準，請說明。	由於本計畫與環保署預報的基準點較不相同，環保署是預報「當日最大值」，而本計畫是預報「逐三小時平均值」，因此在統計上若要一起計算，必然有誤差。因此本計畫計算之準確度方法為： $\{1-(\text{實際 AQI}-\text{預測 AQI 的絕對值})\} / \text{實際 AQI}$ 因此在本計畫準確度計算方法之下，能夠準確校驗每三小時平均值預報的準確度是否正確。 依照「空氣品質嚴重惡化緊急防制辦法」規範，地方環保局是依照環保署預報來進行應變，因此應以環保署預報為基準。但在本計畫預報資訊下，可提供更精細的預報時間點，如：空氣下午開始轉差、空氣上午轉好、主要影響為內陸市區等資訊。
三. (P13-17) 表 3.4.1 今年度環境大氣中	謹遵辦理。

PM_{2.5} 的採樣分析時間由108/04/15~108/10/03未能涵蓋10月~3月之空品不良季節，致採樣分析結果未能完整呈現整年度的濃度變化，未來採樣時間的安排建議再檢討，最好能有全年度之數據。	
四. 空品預報準確率之提升有賴對氣象資料及排放量資料能否完整與精確掌握，目前氣象資料掌握較精確，惟獨污染源之排放量皆引用往年老舊資料，無法配合即時更新，僅揣賴模擬數據進行適度修正，誤差難免，未來如何提升準確率？貴團隊對此有何建議。	排放源的更新需仰賴環保署的統計資訊，但其資訊較難精確與事實符合。因此本預報採用過去3年歷史空氣觀測資料，並加入風向、風速、溫度、濕度等觀測資訊進行機器學習，藉由找出空氣變化特徵值來修正預報資訊。在此作法之下，假設有排放源未經精確掌握，則可以透過污染排放造成之空氣污染數值推估該區域的污染排放權重與排放量，以解決排放資料不能及時更新與掌握之盲點。 藉由輸入更多的歷史資料及找到更多的空氣污染變化特徵值，對於準確率的提升則有正向的幫助。
五. (P7-7 表 7.2.3) 貴團隊推論海線 AQI 預報準確率較高之主要原因來自氣象條件影響，但依據 7.2.3 統計資料看來，108 年 3 月及 8 月似乎山線與市屯區比海線測站準確率高；另外下半年（6~10 月）準確率普遍提升之原因又為何？請說明。	截至目前為止，海線的平均預報實為最高，但各個季節因大環境風場、氣象條件的特性與差異，可能有不同區域的預報準確度升降，但總體來說，還是以海線預報相對較容易掌握。 準確度提升的原因，為導入 ECMWF 之空氣預報模式及機器學習的校正所致。
羅金翔 委員	
審查意見	回覆
一、計畫成果彙整建議避免誤讀（誤解或疑問），例如表 3.4.2（P3-20）及表 3.4.3（P3-22），尤其 C 及金屬組成。	已修改，詳 P3-20。
二、燃煤鍋爐已有專案（連續兩年）補助更換較清潔燃料，建議可提出相關熱點區供後續比對。	謝謝委員提點及寶貴建議，經與固定污染源計畫聯繫後，取得相關資料分析，熱區順序無改變。因燃油鍋爐改燃氣的減量效益與本計畫相關較低，與環保局討論後，

	本資料移置固定污染源計畫期末報告呈現。																					
三、針對硫酸鹽（SO ₄ ²⁻ ）及硝酸鹽（NO ₃ ⁻ ）的佔比與 PM _{2.5} 事件日的關係，建議：若有 O ₃ 事件日，可加以對照，因光化學反應彼此牽涉。	分析相關資料，但兩者相關並不明確。																					
四、東勢測站事件日宜釐清是否具特殊性？例如其他測站與東勢測站的趨勢不一致。	今年度東勢測站 8 月份月平均值比其他測站高，係因 8 月初熱帶性低氣壓及外圍環流影響造成，夜間高值持續時間較長所致，查東勢測站整體趨勢與其他測站相似。																					
鄭文伯 委員																						
一、后里、東大及大里測站 PM _{2.5} 成份代表意義請就成份特徵、冬夏二季差異及全市特徵做更完整說明。	依委員之建議依成份特徵及冬夏差異說明之，詳 P3-27。																					
二、PM _{2.5} /PM ₁₀ 比值之文獻彙整建議能蒐集更多文獻資料。	謹遵辦理，詳 P4-7。																					
三、局測站常出現 PM _{2.5} /PM ₁₀ 比值低於0.4狀況，請說明是否因 PM _{2.5} 或 PM ₁₀ 值數據異常造成，並就設備之機齡做檢討分析。	謹遵辦理，PM_{2.5}機齡一致，太平及烏日 PM₁₀機齡確實較大，但霧峰及大甲 PM₁₀機齡淺，可見機齡並非問題來源的關鍵因素。由環保署經驗顯示主要還是儀器零點未定期校正的問題。 <table><tr><td>測站</td><td>PM_{2.5}機齡</td><td>PM₁₀機齡</td></tr><tr><td>文山</td><td>6</td><td>4</td></tr><tr><td>大甲</td><td>6</td><td>4</td></tr><tr><td>太平</td><td>6</td><td>19</td></tr><tr><td>霧峰</td><td>6</td><td>5</td></tr><tr><td>烏日</td><td>6</td><td>14</td></tr><tr><td>后里</td><td>6</td><td>6</td></tr></table>	測站	PM _{2.5} 機齡	PM ₁₀ 機齡	文山	6	4	大甲	6	4	太平	6	19	霧峰	6	5	烏日	6	14	后里	6	6
測站	PM _{2.5} 機齡	PM ₁₀ 機齡																				
文山	6	4																				
大甲	6	4																				
太平	6	19																				
霧峰	6	5																				
烏日	6	14																				
后里	6	6																				
四、台電煙道 FPM:CPM 數據 10 號機組 8/8-09 之比值明顯與其它數據不同，請說明是否與管道溫度有關或與其它因	CPM 高，查當日 CEMS 的 SO _x 與 NO _x 並無偏高情形。																					

素有關，此時 CEMS 中 SO₂ 濃度是否有差異性，請做比對。	
五、管道 CPM 排放量推估大都比 TEDS10 高，請說明對全市排放量之影響性，並請就推估數據可信賴區間範圍做說明。	TEDS10 PM_{2.5} 為 TSP 換算比例而得，TSP 數據來自工廠定檢報告或 CEMS 資料之提報；本計畫是採集煙道 PM_{2.5} 濃度換算成年度排放量，採樣方法不同，推估方法不同，都是差異的來源。
六、公車站 PM_{2.5} 圖 6.2.1 之平均速度均偏低請說明如何計算。	圖 6.2.1 為查詢臺中市即時交通資訊網圖資，應無錯誤。
七、PM_{2.5} 於高值時，測站 NO_x 值之狀況是否有差異，請說明。	東勢及和平站僅有 PM_{2.5} 監測，無 NO_x 監測，恕無法比較。
八、東勢、太平測站之測值與豐原測站 PM_{2.5} 比值請就夏、冬分別比較，以瞭解傳輸差異。	謹遵辦理。 依據資料分析，夏季有傳輸現象，但冬季無傳輸之現象，詳如下圖。 6-8月(夏季)  1-2月(冬季) 
空噪科審查意見：	
一、報告摘要文字請再酌修。	此部分與環保局研議後已修正，詳摘要。
二、空氣品質預測加入 ECMWF 的原因為何？	由於 CMAQ 對於污染變化的大趨勢掌握度較差，時常有高估污染的狀況發生，因此採用 ECMWF 空氣預報模式歸納出空氣品

	質變化趨勢方向，再經由 CMAQ 模式導出污染數值與 ECMWF 對照，最後經由機器學習校正數值。 ECMWF 於 9 月逐步採用並加強其預報數值採用的權重，經由計算，整體預報準確度皆有提升，因此未來將持續朝此方向修正。
三、本局 6 座自動測站環檢科應訂有相關 QC 程序，與環保署 QC 程序有何差異建議瞭解後再提。	因 109 年開始，PM _{2.5} 簡易站移撥環檢科維護，本計畫將提供環保署完整 QC 資料供期參考。
四、P.3-35 小結 4.硫酸鹽占比變化沒有硝酸鹽的特徵？是否表達有誤，請說明。	此句表達無誤，意為” 硫酸鹽(SO ₄ ²⁻)占比變化沒有如硝酸鹽在事件日大幅上升的特徵” 已將此句修正，詳 P3-39。
五、P.5-16 表 5.3.2 歷年臺中市管道檢測結果，在化學業、印染業、飲料製造業，FPM+CPM 相當高，目前的改善現況為何？是否有建議改善的方向？	經查，飲料製造業(宏全國際)已改天然氣；印染業(汰源實業)未改善；化學業(金隆化學幼獅廠)已改天然氣、三晃(大甲廠)已改天然氣，三晃之太平分廠及太平燃油鍋爐已拆除。
六、P.9-1 二 2.分析年份 106、107 年是否未更新？	分析月份有更新至 108 年 11 月，文意為此段時間比值低於 0.4。

第一章 前言

—章節摘要—

本章主述 108 年臺中市細懸浮微粒(PM_{2.5})成分分析及空品預報計畫成案緣由，包含主要工作內容、執行流程、各期查核重點以及執行現況，分項工作均依預計進度執行，無任何落後情形發生。

1.1、計畫緣起

PM_{2.5}可穿透肺部肺泡進入血管，隨血液循環全身危害人體健康，增加患病率及減少壽命，PM_{2.5}也是導致大氣能見度降低的主因。行政院環保署於民國101年5月14日修正公告空氣品質標準，正式將PM_{2.5}納入空氣品質標準。

為瞭解本市PM_{2.5}貢獻來源，臺中市政府環境保護局(以下簡稱臺中環保局)積極，調查PM_{2.5}成分，解析不同污染源的貢獻比例，作為管制工作的參考，並分年建置固定源、逸散源及交通源PM_{2.5}排放係數及指紋資料，作為PM_{2.5}減量依據。

103年到107年臺中市空品改善幅度大，PM_{2.5}從27.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 降至18.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，期間臺中環保局除要求台中電廠降載及採用低硫煤各種措施之外，也戮力鼓勵中小型燃煤及燃油工廠改燃氣，減少空污排放，對於有空污排放不良廠家加強稽查。同樣的，對於交通源管制措施，包括垃圾車加裝濾煙器、推動車隊自主管理、提高電動公車運行數量、管制二行程機車等等。

長期PM_{2.5}管制工作不能只著重在濃度降低，相同PM_{2.5}濃度其毒性不同，對人體健康的衝擊自然不同，每個地區PM_{2.5}毒性與貢獻來源有關；相同PM_{2.5}濃度影響的能見度也會不同，這與不同成分有不同的消光能力有關。因此，管制與改善PM_{2.5}工作，區域長期的PM_{2.5}成分調查及解析是必要工作。

本計畫為延續型計畫，在管制工作方面，大氣及管道PM_{2.5}檢測工作持續進行，近 3 年更為配合空品惡化緊急應變，增加空氣品質預報工作，作為應變啟動的參考；在公眾健康方面，以PM_{2.5}直讀計調查生活周遭PM_{2.5}，提供市民更多的空品相關訊息，並透過每日空氣品質預報短片，提醒市民提前因應空污不良加以防護以及實施減污措施。

1.2、計畫目標

- 一、持續本市高污染區域 PM_{2.5} 成分調查，掌握全市 PM_{2.5} 空間分布，作為評估重大污染源管制效益及管制方向修正。
- 二、預測臺中市分區空氣品質及極端氣候，空氣品質超過標準時提出預警，作為提前啟動應變計劃之參考，亦提供市民更細緻化的空氣品質預測及極端氣候預警。
- 三、對民眾生活周遭環境量測 PM_{2.5}，提供市民更多空品訊息。

1.3、預期效益

- 一、掌握全市 PM_{2.5} 空間分布，評估重大污染源管制效益。
- 二、提供市民細緻化空氣品質預測及極端氣候預警資訊。
- 三、宣導市民正確空氣品質知識，並行銷空氣品質改善成果相關訊息。
- 四、建置臺中市固定源 PM_{2.5} 排放係數並推估實際排放量，完備臺中市 PM_{2.5} 排放資料庫。
- 五、評估臺中市通勤族之 PM_{2.5} 危害影響，作為交通減量、宣導及管制之參考。

1.4、工作項目

- 一、蒐集及調查環境背景資料
 - (一) 調查蒐集 6 都、環保署及國外文獻有關 PM_{2.5} 成份及污染管制策略相關資料、差異分析及建議。
 - (二) 彙整過去 3 年本市有關 PM_{2.5} 監測地點及結果，並提出分析報告。
 - (三) 蒐集本計畫相關工作項目近 3 年執行之「計畫成果亮點分析」，如重點工作、執行成果及特色作法，分析其成效全國比較或歷年比較。
- 二、辦理本局重要管制
 - (一) 完成辦理本計畫 108 年空氣污染防制計畫書目標之工作項目。
 - (二) 辦理本計畫各項污染源或本計畫所研訂之計畫目標、管制對策
 1. 計畫各項作業依據本局既有標準作業程序執行；應於簽約後 1 個月內完成各項成分分析及調查工作之標準作業程序修訂，並依修訂後之標準作業程序執行。
 2. 依本計畫 108 年目標提供至少 2 項特色亮點。

三、 本計畫重點管制

1. 每季 PM_{2.5} 手動採樣及成分分析

- (1) 依本局指定3處進行PM_{2.5}手動採樣、檢測，需取得PM_{2.5}手動採樣法(NIEA A205.11C)認證之檢測業採樣並質量分析，濾紙(石英濾紙、鐵氟龍濾紙)由廠商自備，本局如有特殊需求不在此限。
- (2) 採樣設備：使用本局提供之採樣器（每台儀器含採樣所需濾紙匣配備2份，如不敷使用得標廠商應自備），其他採樣所需零件、耗材（如採樣濾紙、墊片等）、流量計、壓力計及溫度計等設備，廠商須自行準備，本局不另提供，各項設備品質須符合標準檢驗方法規定。
- (3) 監測頻率：每季採樣約4天，採樣時程若本局另有指示，不在此限。年度樣品總分析量需達56點次。
- (4) 採樣時間：每次採樣日期為凌晨零時至24時。
- (5) 分析項目：
 - (1) 質量分析。
 - (2) 碳分析方法：須以加熱光學反射法(Thermal Optical Reflectance, TOR)分析樣品中有機碳(OC)和元素碳(EC)含量。
 - (3) 陰陽離子分析方法：以離子層析儀(Ion Chromatography, IC)進行陰陽離子成分分析，項目包括氟離子、氯離子、溴離子、硫酸根、硝酸根、亞硝酸根、亞硫酸根、銨離子、鈉離子、鎂離子、鉀離子..等。
 - (4) 金屬成分分析：須以感應耦合電漿質譜儀(Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry, ICP-MS)進行，應先分析污染來源，再選定檢測項目，檢測項目應包括：Al、Ca、Cd、Cr、Cu、Fe、K、Mg、Mn、Na、Ni、Pb、Zn、As、Ba、Co、Sb、Se、Sn、Sr、V等項目。本項需取得粒狀物中微量元素檢測法(NIEA A305.11C)認證之檢測業分析。

2. PM_{2.5} 採樣器定期維護保養

- (1) 維護頻率：每月一次月維護，每 3 個月一次季維護，每 6 個月一次半年維護，一年一次年度維護。
- (2) 月維護內容：
 - (1) 清潔濾紙匣
 - (2) 清潔VSCC PM_{2.5}篩分器

- (3) 清潔PM10採樣頭
- (4) V型密封圈的清洗和更換
- (5) 洩漏測試
- (6) 溫度比對
- (7) 壓力比對
- (8) 流量校正 (標準±4%)

(3) 季維護內容：

- (1) 環境溫度校正
- (2) 濾紙溫度校正
- (3) 壓力校正
- (4) 流量校正 (標準±4%)
- (5) 時間校準

(4) 半年維護內容：

- (1) 更換PM₁₀採樣頭O-ring
- (2) 更換VSCC PM_{2.5}篩分器 O-ring
- (3) 更換採樣馬達過濾器
- (4) 更換質子流量控制器過濾器

(5) 年維護內容：

- (1) 更換質子流量控制器過濾器。
- (6) 故障維修：計畫期間經本局通知儀器異常或故障後，應於2日內(含星期例假日、國定假日或其他休息日)到站修復或先以備機替換，於7日內(含星期例假日、國定假日或其他休息日)完成修復及書面回報，修復期間廠商應提供功能正常之替代設備供本計畫使用，至本局設備功能恢復正常為止。
- (7) 廠商應負責108年全年度測站之場租費及電費。
- (8) 廠商應自備標準品如標準溫度計、標準壓力計、標準流量計，並送至TAF校正實驗室追溯校驗，追溯校驗證明之效期需符合本計畫執行期程。
- (9) 配合環保署地方查核作業中有關PM_{2.5}採樣器之查核，查核缺失需在缺失出現後7個工作天內完成缺失改善並提交改善結果。

3. 排放管道 PM_{2.5}採樣及成分分析，持續擴充本市 PM_{2.5}排放清冊及指紋資料庫

- (1) 本市固定污染源排放管道PM_{2.5}採樣及成分分析4根次，管道檢測單位需經環檢所TSP、FPM及CPM標準方法認證。
 - (2) 以NIEA A212.10B方法和NIEA A214.70C方法進行煙道PM_{2.5}採樣，測項包括：總粒狀物（Total Particle Matter，簡稱TPM）、可過濾性微粒（Filterable Particulate Matter，簡稱FPM）、可凝結性微粒（Condensable Particulate Matter，簡稱CPM），並建立FPM及CPM排放係數與PM_{2.5}/TPM排放係數比例，推估管道PM_{2.5}排放量，納入本市PM_{2.5}排放清冊。
 - (3) 排放管道採集之FPM需進行成分分析，分析項目包括：OC、EC、硫酸鹽、硝酸鹽、氯鹽、鈉鹽、銨鹽、鉀鹽、鎂鹽、鈣鹽…等陰陽離子成分。金屬成分分析需以感應耦合電漿質譜儀(ICP-MS)進行，建立固定污染源排放管道PM_{2.5}排放指紋資料。
4. 公車站或指定地點 PM_{2.5} 調查
- (1) 依本局指定之公車站或其他地點以直讀計量測PM_{2.5}濃度變化，共計20站次。
 - (2) 每一測點量測至少30分鐘，採樣前提交採樣規劃，量測期間需全程錄影。
 - (3) 廠商自備直讀計，直讀計需擇一環保署自動監測站進行比對至少20小時，誤差需在±10%以內。
 - (4) 搭配即時顯示看板，讓民眾瞭解該區之PM_{2.5}濃度變化。
5. 進行每日空品預報及播送
- (1) 於簽約後14天提出規劃書送本局核備，其重點為：預測本市空氣品質與極端天氣，超過標準時提出預警，以及宣導市民正確空氣品質知識，建立正確健康風險概念，並行銷本市空氣品質改善成果。
 - (2) 分析臺中市每日空氣品質：預測本市未來48小時、24小時空品狀況以及24小時極端天氣(包括熱浪、寒流、紫外線等)發生機會，並於預測將會發生時通知本局據以因應。
 - (3) 製作/錄製預報空品影音播報檔。
 - (4) 履約期間，每日（日曆天）下午5時以前於局網及提供其他管道播送本市空氣品質預報影音。
 - (5) 配合本局應變工作，適時提供AQI情資分析。
-

- (6) 計畫期間應按月提交與署測站監測值之準確率分析報告，並於次月15日前(含)提報。

6. PM_{2.5} 自動監測站設備租用及維護檢修

- (1) 租用2座PM_{2.5}自動監測站，PM_{2.5}監測原理須符合環檢所 NIEA A206.10C方法，該機須為107年1月之後出廠新機且為FEM機型(檢附該機進口證明)，計畫期滿須無償提供本局使用至本局購置新設備為止。
- (2) 兩座PM_{2.5}自動監測站(東勢、和平)租用時間自履約日起至108年12月31日。租用設備包括空調監測站房、PM_{2.5}自動監測設備、資料蒐集器、風速風向計、資料傳輸系統、穩壓器、不斷電系統、冷氣機…等必要設施，計畫期滿須無償提供本局使用至本局購置新設備為止。
- (3) PM_{2.5}自動測站應每小時主動將資料送回監測中心，本工作涉及結構簽證、用電申請、電力系統架設、接地系統架設、站房基座水泥施工、測站安裝、資料傳輸費用、電費、場地租用費……等由廠商負責，本局提供行政支援，但不另支付費用。
- (4) 計畫期間各測項每月資料可用率必須達90%，如未達90%依約扣款，另屬於不可抗力之因素造成，需佐證資料提交本局認可，得不扣款。
- (5) 計畫期間廠商應負責2座PM_{2.5}自動監測站之操作維護及故障檢修，本局不另支付相關之耗材零件費用。維護及檢修規範如下：

(1) 週維護

PM_{2.5}分析儀：執行採樣口清潔、積水檢查、幫浦運轉檢查、濾紙帶運轉檢查、流量檢查。

風速風向計：風向計及風速計之感測功能檢查。

資料蒐集及傳輸系統：收集器功能檢查、通訊檢查、4G或ADSL傳輸系統功能檢查、電腦軟硬體功能檢查。

(2) 雙週維護

PM_{2.5}分析儀：採樣時間設定誤差檢查、壓力、溫度、 β -Count檢查、標準測試片校正檢查、流量校正及計算偏差百分比。

(3) 月維護

PM_{2.5}分析儀：Pump及管線路固定良好檢查

風速風向計：感測器轉動功能檢查、支架及基座固定檢查。

(4)季維護

PM_{2.5}分析儀：採樣頭清理、管路清理

風速風向計：支撐架垂直及水平目視檢查、風向四方位校正檢查、風速執行高中低轉速校正。

(5)半年維護

PM_{2.5}分析儀：過濾器檢查、CPU電池檢查、幫浦效能測試、溫度、壓力檢查、儀器內部管路及採樣管清潔、內部濾材清理更換、採樣動作檢查、篩分過濾器墊圈檢查更換。

風速風向計：支撐架垂直及水平檢查、感應器軸承潤滑。

(6)故障檢修：測站測值異常時，經本局通知應於24小時到場，3日內完修，若無法3日內修復，應以備機替代，門禁問題不在此限。

計畫期間應按月提交維護紀錄、數據月報、資料可用率及測值分析報告，並於次月15日前(含)提報。

- 7.廠商於履約期限及履約期間或結束時，如有不符服務項目之工作量，且非歸責得標廠商責任，本局依契約標價清單工作項目單價或依實際完成量按比利於期末款中扣除，不加計 50%扣罰懲罰性違約金。

1.5、工作執行流程

本計畫範疇涵蓋採樣檢測以及空氣品質預報，工作類別概分五大項：一、大氣環境PM_{2.5}採樣檢測，二、管道PM_{2.5}採樣檢測，三、公車站或指定地點PM_{2.5}調查，四、每日空氣品質預報及播送，五、PM_{2.5}自動監測站租設，工作流程圖如圖1.1所示。

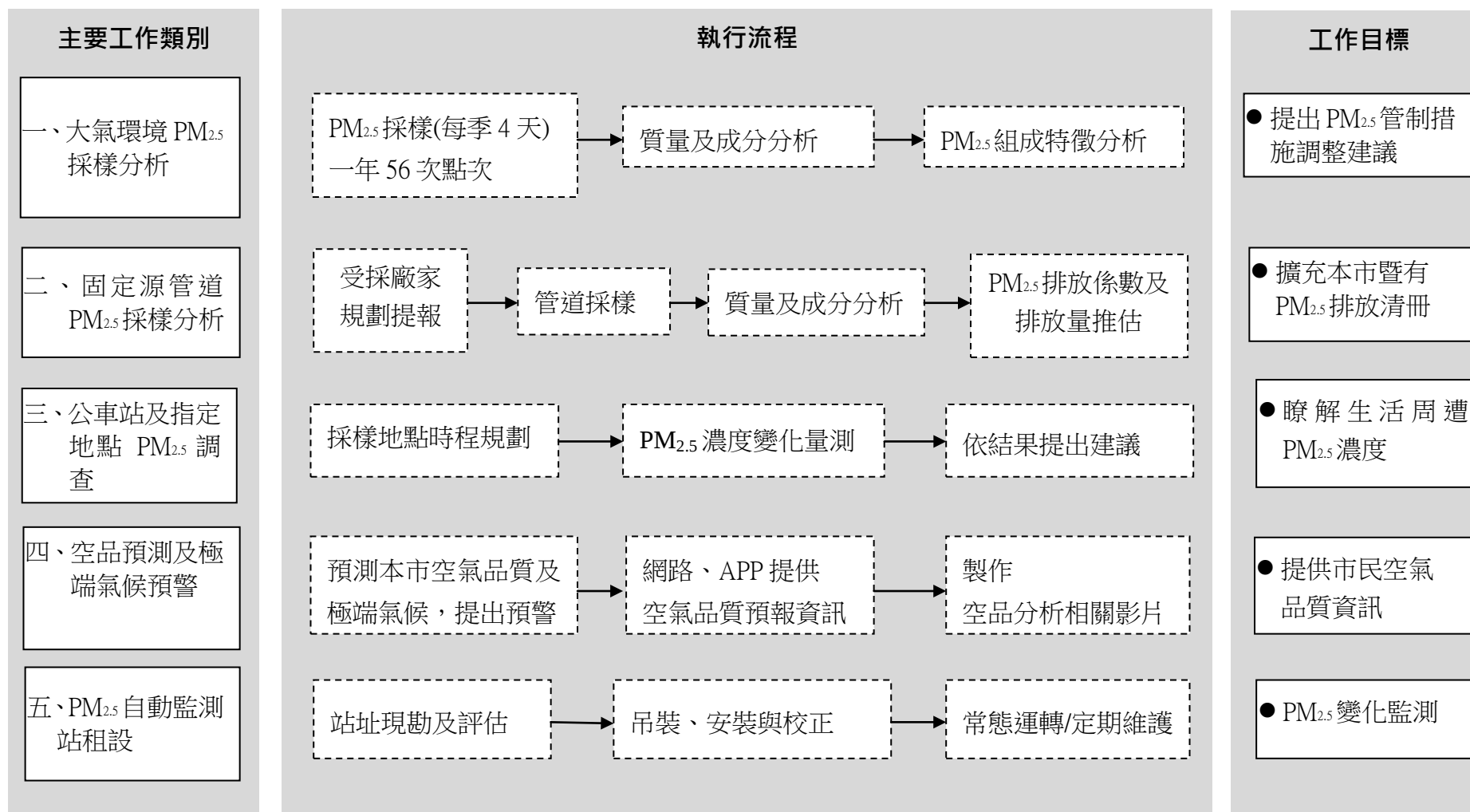


圖 1.1、工作執行流程圖

1.6、經費、工作進度與報告章節對照

計畫經費1,250萬元，計畫期程自108年1月23日~108年12月31日，表1.2為本計畫工作進度表及查核點，表1.3為工作的實際進度及考核點一覽表，計畫執行進度已達合約要求。各項工作成果概要與報告章節對照如表1.4。

表 1.1、本計畫預定進度及查核點(1/2)

預定進度													
工作內容項目	年 別	108											
	月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. PM _{2.5} 採樣及質量分析													
2. PM _{2.5} 採樣及碳成分分析													
3. PM _{2.5} 陰陽離子成分分析													
4. PM _{2.5} 金屬成分分析													
5. PM _{2.5} 採樣器定期維護保養及場租、電費													
6. 排放管道PM _{2.5} 採樣及成分分析													
7. 公車站或指定地點PM _{2.5} 調查													
8. 進行每日空品預報及播送													
9. PM _{2.5} 自動站設置、監測及維護													
10. 配合本局交辦工作及環保署相關行政業務													
11. 期中、期末報告													
預定進度累積百分比(%)		1.3	4.0	8.3	13.6	29.7	37.6	46.5	56.8	68.3	81.0	94.1	100

續表 1.1、本計畫預定進度及查核點(2/2)

查核點	
第一期請款： 108 年 06 月 10 日	1. 完成 PM _{2.5} 採樣及質量分析(依實際量) 2. 完成 PM _{2.5} 採樣及碳組成分析(依實際量) 3. 完成 PM _{2.5} 陰陽離子分析(依實際量) 4. 完成 PM _{2.5} 金屬成分分析(依實際量) 5. 完成 PM _{2.5} 採樣器定期維護保養及場租、電費共 12 站月 6. 完成排放管道 PM _{2.5} 採樣及成分分析共 2 根次 7. 完成公車站或指定地點 PM _{2.5} 調查共 8 站次 8. 完成每日空品預報及播送 130 天次 9. 完成站房型 PM _{2.5} 自動監測-軟硬體租用 8 站月 10. 完成站房型 PM _{2.5} 自動監測-維護檢修 8 站月 11. 完成站房型 PM _{2.5} 自動監測-場租、通訊及電費 8 站月 12. 配合環保署及 SIP 提交相關報表及配合業務執行(依實際量)
期中：108 年 07 月 15 日	提送期中報告
第二期請款： 108 年 11 月 04 日	1. 完成 PM _{2.5} 採樣及質量分析(依實際量) 2. 完成 PM _{2.5} 採樣及碳組成分析(依實際量) 3. 完成 PM _{2.5} 陰陽離子分析(依實際量) 4. 完成 PM _{2.5} 金屬成分分析(依實際量) 5. 完成 PM _{2.5} 採樣器定期維護保養及場租、電費共 24 站月 6. 完成排放管道 PM _{2.5} 採樣及成分分析共 3 根次 7. 完成公車站或指定地點 PM _{2.5} 調查共 18 站次 8. 完成每日空品預報及播送 277 天次 9. 完成站房型 PM _{2.5} 自動監測-軟硬體租用 18 站月 10. 完成站房型 PM _{2.5} 自動監測-維護檢修 18 站月 11. 完成站房型 PM _{2.5} 自動監測-場租、通訊及電費 18 站月 12. 配合環保署及 SIP 提交相關報表及配合業務執行(依實際量)
期末：108 年 11 月 29 日	提送期末報告
第三期款請領： 108 年 12 月 31 日	1. 完成 PM _{2.5} 採樣及質量分析共 56 點次 2. 完成 PM _{2.5} 採樣及碳組成分析共 56 點次 3. 完成 PM _{2.5} 陰陽離子分析共 56 點次 4. 完成 PM _{2.5} 金屬成分分析共 56 點次 5. 完成 PM _{2.5} 採樣器定期維護保養及場租、電費 3 站共 33 站月 6. 完成排放管道 PM _{2.5} 採樣及成分分析共 4 根次 7. 完成公車站或指定地點 PM _{2.5} 調查共 20 站次 8. 完成每日空品預報及播送共 365 天次 9. 完成站房型 PM _{2.5} 自動監測-軟硬體租用 22 站月 10. 完成站房型 PM _{2.5} 自動監測-維護檢修 22 站月 11. 完成站房型 PM _{2.5} 自動監測-場租、通訊及電費 22 站月 12. 配合環保署及 SIP 提交相關報表及配合業務執行(依實際量)

表 1.2、工作實際進度及考核點(1/2)

契約書之預定進度累積百分比(%)					實際執行 進度(%)		
工作內容項目	實際執行情形	差異分析(打√)			落後原因	困難檢討 及對策	預計改善 完成日期
		符合	落後	超前			
1. PM _{2.5} 採樣及質量分析	目標數共 56 點次，達成率 100%	✓			無		
2. PM _{2.5} 採樣及碳成分分析	目標數共 56 點次，達成率 100%	✓			無		
3. PM _{2.5} 陰陽離子成分分析	目標數共 56 點次，達成率 100%	✓			無		
4. PM _{2.5} 金屬成分分析	目標數共 56 點次，達成率 100%	✓			無		
5. PM _{2.5} 採樣器定期維護保養及場租、電費	目標數共 3 站，(保持設備正常運作) 達成率 100%	✓			無		
6. 排放管道 PM _{2.5} 採樣及成分分析	目標數共 4 根次，達成率 100%	✓			無		
7. 公車站或指定地點 PM _{2.5} 調查	目標數共 20 站次，達成率 100%	✓			無		
8. 進行每日空品預報及播送	目標數共 343 天次，達成率 100%	✓			無		
9. PM _{2.5} 自動站設置、監測及維護	目標數共 22 站月，達成率 100%	✓			無		
10. 配合本局交辦工作及環保署相關行政業務	目標數共 1 式，達成率 100%	✓			無		

續表 1.2、工作實際進度及考核點(2/2)

查核點	預定完成時間	查核點內容說明(工作項目之相關文件)
查核點一	108 年 6 月 10 日	完成 PM _{2.5} 採樣及質量分析(依實際量)、完成 PM _{2.5} 採樣及碳組成分析(依實際量)、完成 PM _{2.5} 陰陽離子分析(依實際量)、完成 PM _{2.5} 金屬成分分析(依實際量)、完成 PM _{2.5} 採樣器定期維護保養及場租、電費共 15 站月、完成排放管道 PM _{2.5} 採樣及成分分析共 2 根次、完成公車站或指定地點 PM _{2.5} 調查共 8 站次、完成每日空品預報及播送 129 天次、完成站房型 PM _{2.5} 自動監測-軟硬體租用 8 站月、完成站房型 PM _{2.5} 自動監測-維護檢修 8 站月、完成站房型 PM _{2.5} 自動監測-場租、通訊及電費 8 站月、配合環保署及 SIP 提交相關報表及配合業務執行(依實際量)、提送成果摘要、成果報告及成果光碟。
查核點二	108 年 7 月 15 日	提送期中報告
查核點三	108 年 11 月 4 日	完成 PM _{2.5} 採樣及質量分析(依實際量)、完成 PM _{2.5} 採樣及碳組成分析(依實際量)、完成 PM _{2.5} 陰陽離子分析(依實際量)、完成 PM _{2.5} 金屬成分分析(依實際量)、完成 PM _{2.5} 採樣器定期維護保養及場租、電費共 30 站月、完成排放管道 PM _{2.5} 採樣及成分分析共 4 根次、完成公車站或指定地點 PM _{2.5} 調查共 21 站次、完成每日空品預報及播送 282 天次、完成站房型 PM _{2.5} 自動監測-軟硬體租用 18 站月、完成站房型 PM _{2.5} 自動監測-維護檢修 18 站月、完成站房型 PM _{2.5} 自動監測-場租、通訊及電費 18 站月、配合環保署及 SIP 提交相關報表及配合業務執行(依實際量)、提送成果摘要、成果報告及成果光碟。
查核點四	108 年 11 月 29 日	提送期末報告
查核點五	108 年 12 月 31 日	完成 PM _{2.5} 採樣及質量分析共 56 點次、完成 PM _{2.5} 採樣及碳組成分析共 56 點次、完成 PM _{2.5} 陰陽離子分析共 56 點次、完成 PM _{2.5} 金屬成分分析共 56 點次、完成 PM _{2.5} 採樣器定期維護保養及場租、電費 3 站共 33 站月、完成排放管道 PM _{2.5} 採樣及成分分析共 4 根次、完成公車站或指定地點 PM _{2.5} 調查共 20 站次、完成每日空品預報及播送共 365 天次、完成站房型 PM _{2.5} 自動監測-軟硬體租用 22 站月、完成站房型 PM _{2.5} 自動監測-維護檢修 22 站月、完成站房型 PM _{2.5} 自動監測-場租、通訊及電費 22 站月、配合環保署及 SIP 提交相關報表及配合業務執行(依實際量)、提送成果摘要、成果報告及成果光碟。

表 1.3、各項工作成果概要與報告章節對照

工作內容項目	報告內容	報告章節
1. PM _{2.5} 採樣及質量分析	1.工作執行流程 2.採樣地點及時程 3.採樣分析作業 4.檢測結果 5.採樣器的搬遷及維護	第三章 附錄三 SOP 附件 附錄四 環境檢測數據及 QAQC 紀錄
2. PM _{2.5} 採樣及碳成分分析		
3. PM _{2.5} 陰陽離子成分分析		
4. PM _{2.5} 金屬成分分析		
5. PM _{2.5} 採樣器定期維護及場租、電費		
6. 排放管道 PM _{2.5} 採樣及成分分析	1.採樣方法說明 2.檢測結果 3.歷年管道 PM _{2.5} 檢測結果 4.排放係數推估 5.排放量推估	第五章 附錄六 PM _{2.5} 排放清冊 附錄七 管道檢測紀錄
7. 公車站或指定地點 PM _{2.5} 調查	1.採樣地點、時程及設備 2.量測結果分析 3.暴露評估	第六章
8. 進行每日空品預報及播送	1.空氣品質預測 2.極端氣候預測 3.空氣品質與極端天氣通報	第七章 附錄八 空氣品質預報 影音紀錄及連結
9. PM _{2.5} 自動站設置、監測及維護	1.自動站設置與安裝 2.操作維護 3.監測結果	第四章 附錄五 監測數值月報表
10. 配合本局交辦工作及環保署相關行政業務	1.環保署考評提交資料 2.污防書達成率說明	附錄九 環保署考評及污防書資料

第二章 背景說明

彙整對臺中市PM_{2.5}濃度具有影響的資訊，包括地理特性、氣象以及污染源等基礎資料，作為PM_{2.5}污染貢獻源分析之參考，圖2.1為本章背景資料架構說明。

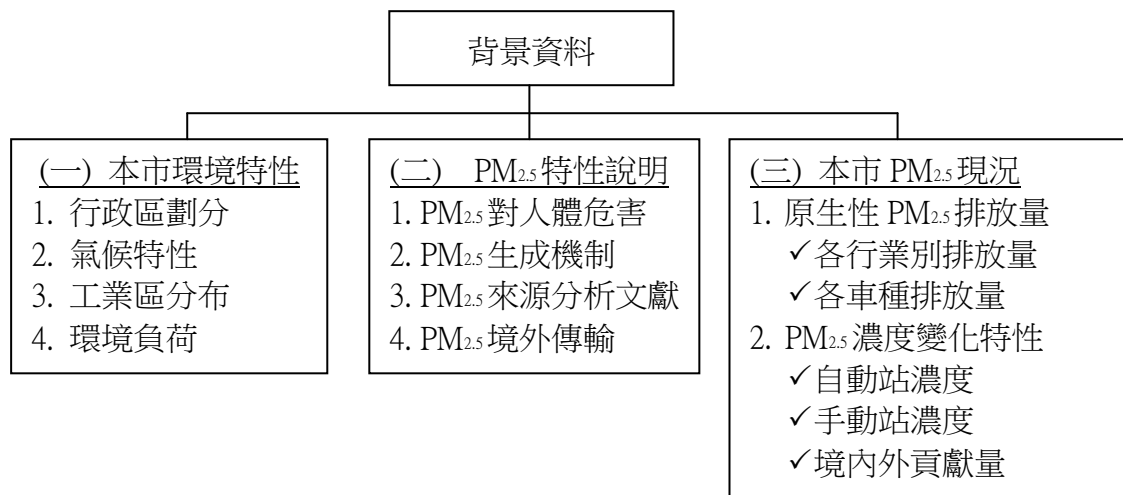


圖2.1、背景資料架構說明

2.1、環境特性

臺中市轄區原分屬臺灣省轄之臺中市及臺中縣，於 2010 年 12 月 25 日合併改制升格為直轄市。如圖2.1.1 臺中市位於臺灣西部的中段偏北，介於大安溪與大肚溪之間，地形東西狹長，最寬可達 99 公里，而南北窄短，最短只有 15.75 公里。

臺中市東以中央山脈毗鄰花蓮縣，西濱臺灣海峽，北接苗栗縣，南臨彰化、南投等縣。極東為東經121°27'00"，北緯24°22'00"（和平鄉南湖大山東方）；極西為東經120°29'00"，北緯24°12'30"（龍井鄉塗葛堀西方）；極南為東經120°42'00"，北緯24°01'10"（霧峰鄉象鼻坑南方）；極北為東經120°37'00"，北緯24°26'00"（大甲鎮船頭埔北方）。

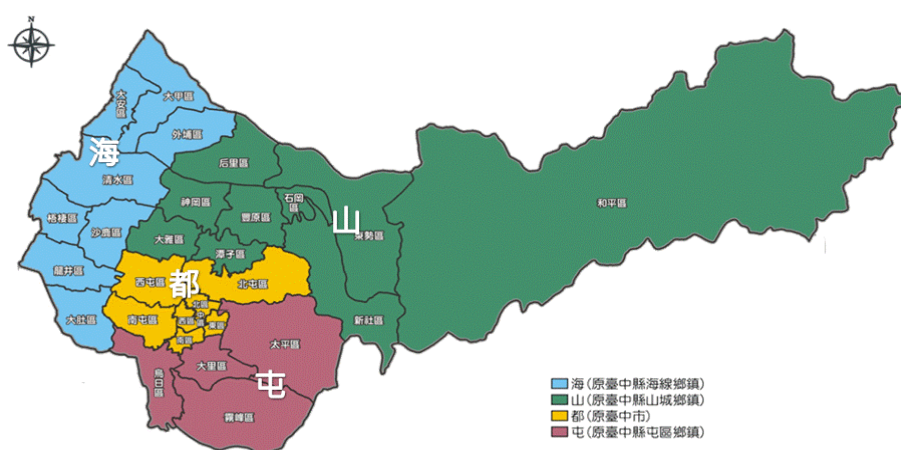
全市面積約為 2214.90 km²。地形變化大體由東向西漸緩，由西向東可分成西部沿海平原、西部臺地、臺中盆地、丘陵地、山地五個地區。



圖2.1.1、臺中市地理位置圖

2.1.1、行政區劃分

如圖2.1.2 臺中市共區分為 29 個行政區，人口數約 274 萬人，是臺灣人口第二多的直轄市。表2.1.1 為行政區面積與人口數一覽表，其中以和平區面積 1037.819 平方公里最大，中區面積 0.8803 平方公里最小；人口密度以北區每平方公里達 21,297 人最高，和平區每平方公里僅 11 人為最低。本市空間結構上分為「山、海、屯、都」，以都區的人口密度較高。



圖片引用:<http://tp.longi.tw/plan.php>

圖2.1.2、臺中市行政區劃分圖

表2.1.1、臺中市各行政區面積與人口數一覽表

行政區	面積 (km ²)	人口 (人)	密度 (人/km ²)	行政區	面積 (km ²)	人口 (人)	密度 (人/km ²)
中區	0.8803	18,334	20,827	神岡區	35.0445	65,635	1,873
東區	9.2855	76,025	8,187	潭子區	25.8497	109,352	4,230
南區	6.8101	126,551	18,583	大雅區	32.4109	95,694	2,953
西區	5.7042	115,295	20,212	新社區	68.8874	24,326	353
北區	6.9376	147,440	21,252	石岡區	18.2105	14,793	812
西屯區	39.8467	230,006	5,772	外埔區	42.4098	32,261	761
南屯區	31.2578	172,648	5,523	大安區	27.4045	19,110	697
北屯區	62.7034	282,804	4,510	烏日區	43.4032	75,500	1,740
豐原區	41.1845	166,880	4,052	大肚區	37.0024	57,192	1,546
東勢區	117.407	49,850	425	龍井區	38.0377	77,901	2,048
大甲區	58.5192	76,923	1,314	霧峰區	98.0779	65,363	666
清水區	64.1709	87,469	1,363	太平區	120.747	193,366	1,601
沙鹿區	40.4604	94,629	2,339	大里區	28.8759	212,713	7,366
梧棲區	16.6049	58,860	3,545	和平區	1037.82	10,921	11
后里區	58.9439	54,666	927				

資料來源：臺中市政府民政局網站(108年09月全部各區人口結構)

2.1.2、氣候特性

臺中市氣候受地形影響甚大，高山、海岸、丘陵及臺地各有差異。大體而言，本市氣溫及濕度均高，全市氣候大致可分為三區：西海岸區，季風強而雨量少；中部盆地，夏多雨冬乾旱；東部丘陵山地，夏冬有雨。西海岸及中部盆地在冬季常有長期的乾旱，尤以西海岸為甚。

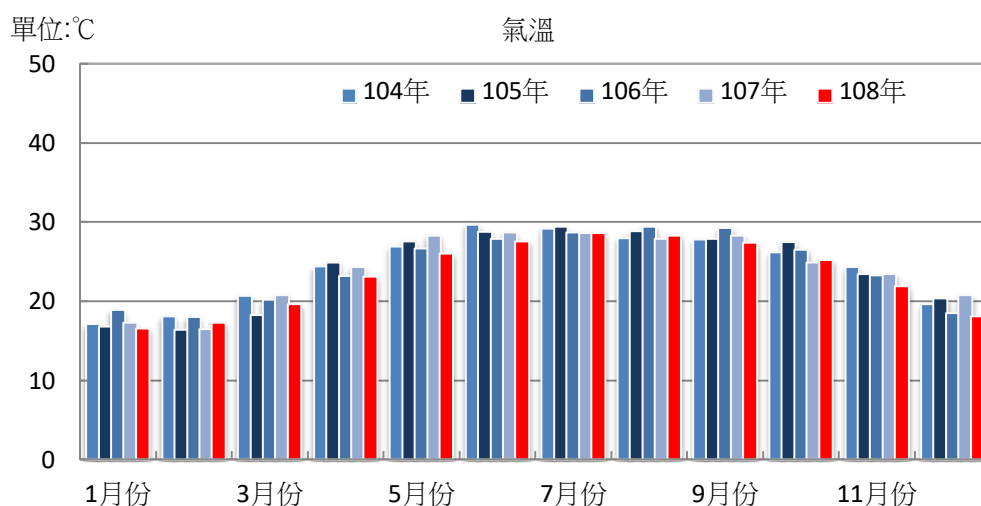
冬季雨源受地形阻擋，雨量少；夏季則因雨源受地形阻擋不大，且多颱風，故夏雨豐沛。氣候特徵為夏雨冬乾，每年年雨量集中在 5~9 月。年平均颱風侵襲頻率為 5.6 次，9 月至翌年 5 月的冬季季風，常被地形約束成北風；每年 6 月至 8 月的夏季季風，也常被地形被約束為南風。臺中市盛行風向因受地形約束，使北風和南風的頻率最高。

依據中央氣象局臺中氣象站觀測結果統計，最近 30 年 (1981~2010年) 臺中市年平均溫度攝氏 23.3 度、年平均相對濕度 75.6 %、年平均降雨量 1,773 mm、年平均風速1.5 m/s。

統計臺中氣象站近 5 年監測結果，圖2.1.3 為每月平均氣溫統計，最冷月在 1 月，最熱月在 7 月。圖2.1.4 為每月累計降雨量統計，5~8 月總雨量約占全年總降

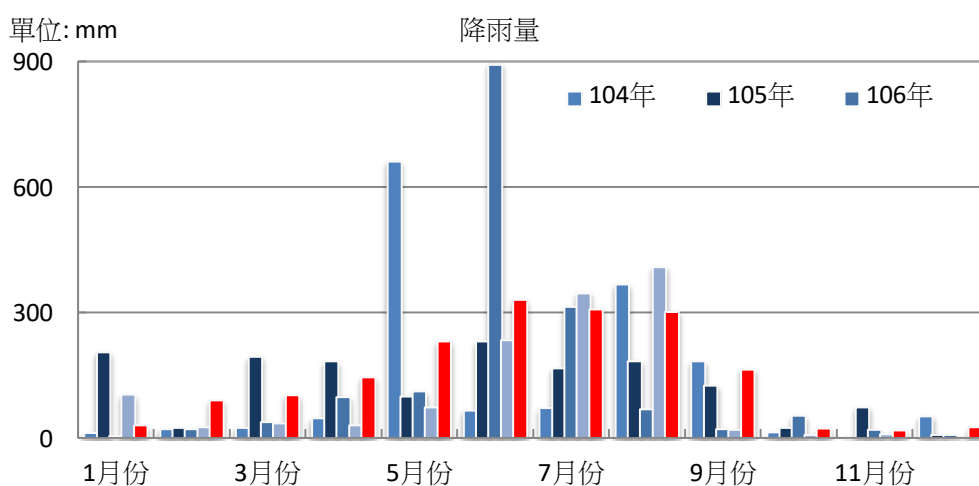
雨量 7 成;反之,9 月至翌年 4 月為乾季,8 個月的總降雨量,約占年降雨量3 成。降雨集中、乾溼分明、乾季綿長,是本市主要降雨特性。

圖2.1.5 為相對濕度統計,每月平均相對濕度在 70% 以上的月份至少 10 個月,且最高、最低之間的變化幅度不大。圖2.1.6 為日照時數統計,以 4 月日照小時數較短,8~12月日照小時數較高。



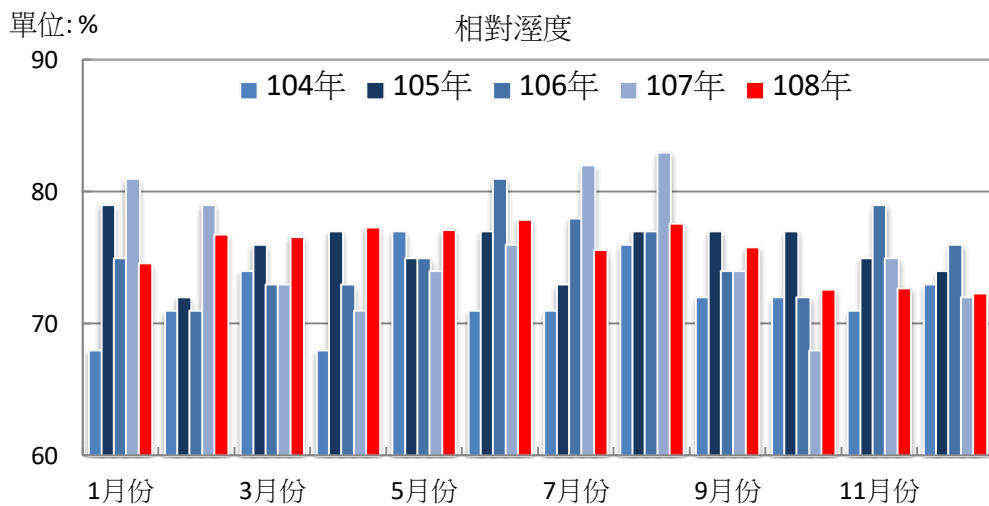
- 說明：1.統計期間：104年1月1日~108年12月31日
 2.數據來源：中央氣象局網站<http://www.cwb.gov.tw/V7/index.htm>
 3.計算方式：採臺中氣象站月觀測資料統計

圖2.1.3、臺中市月平均氣溫統計圖



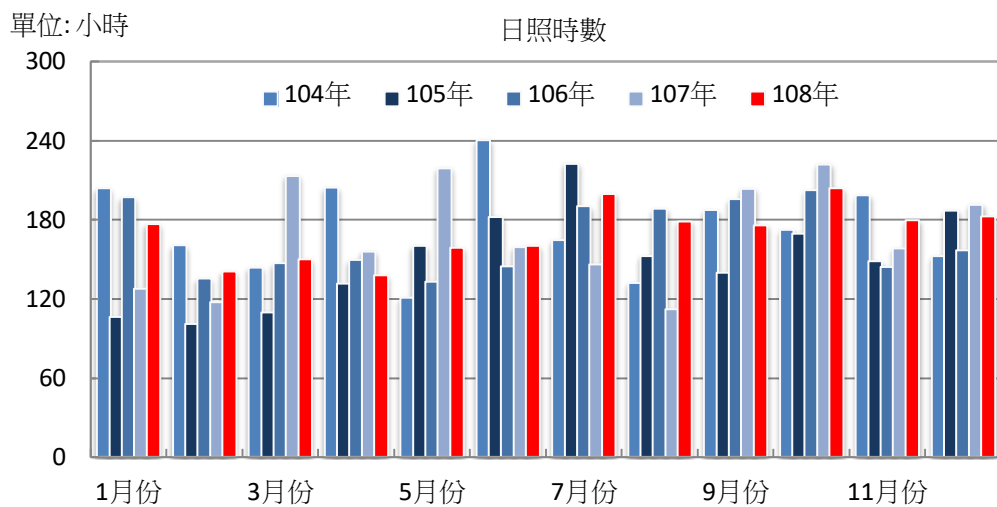
- 說明：1.統計期間：104年1月1日~108年12月31日
 2.數據來源：中央氣象局網站<http://www.cwb.gov.tw/V7/index.htm>
 3.計算方式：採臺中氣象站月觀測資料統計

圖2.1.4、臺中市月降雨量統計圖



說明：1.統計期間：104年1月1日~108年12月31日
 2.數據來源：中央氣象局網站<http://www.cwb.gov.tw/V7/index.htm>
 3.計算方式：採臺中氣象站月觀測資料統計

圖2.1.5、臺中市月平均相對溼度統計圖



說明：1.統計期間：104年1月1日~108年12月31日
 2.數據來源：中央氣象局網站<http://www.cwb.gov.tw/V7/index.htm>
 3.計算方式：採臺中氣象站月觀測資料統計

圖2.1.6、臺中市月日照時數統計圖

2.1.3、工業區分布

圖2.1.7 為臺中市工業區分布概況，本市轄內含臺中港區計有 13 座工業區。以本市家數而言，金屬基本工業家數所占比率最高；商業家數、工商服務業家次之；以上三種類別的工廠數占本市總列管家數的40.3%。以行業別規模而言，電力業及鋼鐵業最大，是本市特色工業。

目前已經通過環境影響評估之重大開發案，有中科園區台中基地（第一期及第二期）、中科園區后里基地（第三期）、中科園區七星基地（第三期）、中龍鋼鐵公司（位臺中港特定區）第二期擴廠計畫以及神岡豐洲科技工業區開發。未來陸續開發後，施工及營運期間直接排放(原生性)粒狀物，對空氣品質勢必有不良影響。營運後排放SO_x、NO_x、VOC等污染物亦會轉化衍生成懸浮微粒，其產生的量亦不容忽視。



圖2.1.7、臺中市工業區分布概況

2.1.4、環境負荷

依TEDS10.0 彙整本市總懸浮微粒（TSP）、懸浮微粒（PM₁₀）、細懸浮微粒（PM_{2.5}）、硫氧化物（SO_x）、氮氧化物（NO_x）、非甲烷碳氫化合物（NMHC）排放量於表2.1.2及表2.1.3；TSP年總排放量 38,308.6 公噸，主要來源為營建/道路揚塵占 72.5%，次為工業排放占 15.0%。PM₁₀年總排放量 17,134.9 公噸，主要來源為營建/道路揚塵占 57.4%，次為工業排放占21.4%。PM_{2.5}年總排放量 7,712.5 公噸，主要來源為工業占 35.7%，次為營建/道路揚塵及車輛排放各占 26.3%及 26.0%。

SO_x 年總排放量 19,389.7 公噸，主要來源為工業占 83.0%，其次為非公路運輸占 14.8%。NO_x 年總排放量 53,914 公噸，主要來源為工業占 51.9%，其次為車輛占 39.9%。NMHC年總排放量 62,689.2 公噸，以工業占 37.3% 最大。

表2.1.2、臺中市TEDS10.0各污染物排放量一覽表

單位：公噸/年

類別		TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO _x	NO _x	NMHC
固定	工業	5,735.1	3,660.0	2,755.8	19,389.7	27,974.7	23,397.5
移動	車輛	3,598.8	2,494.6	2,002.6	17.6	21,519.8	13,034.2
	非公路運輸	343.0	343.0	276.0	3,459.6	2,573.3	107.9
逸散	商業	435.3	409.5	287.0	286.8	473.1	21,111.7
	營建/道路揚塵	27,779.6	9,841.0	2,026.4	0.0	0.0	4,823.5
	露天燃燒	318.9	300.8	287.8	78.3	251.3	133.5
其他	其他	98.0	85.8	77.0	125.3	1,121.7	80.8
總排放量		38,308.6	17,134.9	7,712.5	23,357.4	53,914.0	62,689.2

備註：本表不含船舶離岸排放量

表2.1.3、臺中市TEDS10.0各污染物排放量百分比

單位：%

類別		TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO _x	NO _x	NMHC
固定	工業	15.0%	21.4%	35.7%	83.0%	51.9%	37.3%
移動	車輛	9.4%	14.6%	26.0%	0.1%	39.9%	20.8%
	非公路運輸	0.9%	2.0%	3.6%	14.8%	4.8%	0.2%
逸散	商業	1.1%	2.4%	3.7%	1.2%	0.9%	33.7%
	營建/道路揚塵	72.5%	57.4%	26.3%	0.0%	0.0%	7.7%
	露天燃燒	0.8%	1.8%	3.7%	0.3%	0.5%	0.2%
其他	其他	0.3%	0.5%	1.0%	0.5%	2.1%	0.1%
總排放量		100%	100%	100%	100%	100%	100%

備註：本表不含船舶離岸排放量

2.2、細懸浮微粒特性說明

細懸浮微粒(Fine Particulate Matters)係指懸浮在空氣中氣動粒徑小於 2.5 μm 以下的粒子(簡稱 PM_{2.5} 或微粒)。PM_{2.5} 大都發生在燃燒的過程中，隨著工商經濟活動增加，工廠及汽機車的排放日趨大量的狀況下，除對人體健康有不良作用之外，大氣中 PM_{2.5} 濃度增加導致能見度下降，進而造成日照時數的縮短，影響農作物生長，表 2.2.1 為 PM_{2.5} 對人體及環境之危害。

表2.2.1、PM_{2.5}對人體及環境之危害

類別	說明
健康	加重呼吸道症狀，如咳嗽、呼吸困難、肺功能下降、加劇哮喘、慢性支氣管炎的發展、心律不整等。
環境	能見度差。
生態	粒子沈降於地面或水面上造成湖泊和河流酸化，消耗土壤的養分，導致森林和農作物生長遲緩或不良；和影響生態的多樣性。
經濟	污染和破壞材料，如雕像和建築物古蹟。

2.2.1、對人體健康之危害

由於 PM_{2.5} 容易深入人體肺部，進而引起一些肺中疾病及呼吸器官的慢性損害，故對健康危害大，若微粒上又附著其他污染物，將更加深對呼吸系統之危害，如微粒加上酸性的特性會引起心臟血管的發炎 (Schwartz, 1996)。

流行病學研究證實大氣懸浮微粒與心血管及呼吸道疾病有關，一般健康族群受影響程度不大，然而已具有呼吸道、心血管疾病者及老年人等則屬於易受微粒空氣污染物影響的族群。

而患有糖尿病、粥狀動脈硬化、心律不整、腦血管疾病、血栓性栓塞疾病、心臟衰竭、氣喘以及慢性阻塞性肺疾病等人，也易受到空氣中的微粒影響 (Dockery *et al*, 1993；Samet *et al*, 2000)。

國內有關空氣微粒與心血管效應之研究顯示，冠心病患者是空氣微粒及二氧化氮污染的易感族群，對心跳、血壓有不良影響 (Chan *et al*. 2005；Chuang *et al*. 2005^{a,b})；都市的空氣污染造成冠心病患者血栓溶解功能下降 (Su *et al*. 2006；鄭尊仁，1998)；對於大學生，當其暴露到都市的空氣污染時，其血液中之發炎指標、氧化壓力、血液凝固因子及自主神經功能，皆會受到影響 (Chuang *et al*. 2007)；暴露於

PM_{2.5}空氣污染後，血液中發炎、凝血及血栓指標提高(國立臺灣大學，1997)，近期研究顯示與孕婦早產及嬰兒壽命減少有關(kampa et al., 2008)。

根據 Miller 等人在 1994 年至 1998 年對美國 36 個大都市中的女性居民，進行暴露評估，且在經過校正性別、種族、抽煙狀態、教育程度、家庭收入、BMI 和糖尿病、高血壓及高膽固醇血的有無後，結果發現 PM_{2.5} 每增加 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 暴露的婦女會增加 24% 心血管疾病的發生率，增加 76 % 因心血管疾病而死亡的發生，停經後婦女也有增加罹患心血管疾病的危險性(Miller et al., 2007)。

2.2.2、生成機制

PM_{2.5} 包含許多化學性物質，其中經光化反應後，常見形成組成有原生性有機碳、衍生性有機碳、元素碳、硫酸鹽、硝酸鹽、及其他離子性物質，反應生成機制如圖2.2.1。

細懸浮微粒 (PM_{2.5}) 來源可分為原生性及衍生性兩類；原生性PM_{2.5}係指由污染源排放到大氣時，即為粒徑等於或小於2.5 μm 的固體或液體，衍生性PM_{2.5}為污染源排放出的氣體，經過物理反應（如凝結）或化學反應（如光化學反應）形成的PM_{2.5}，又稱二次氣膠（Secondary Aerosol）。

衍生性PM_{2.5}是SO₂、NO_x、VOCs與NH₃等氣態前驅物在大氣中經過複雜化學反應形成，其反應過程包括氣相光化學反應、液相反應與氣固相反應與不同反應物間之競合作用等，反應機制如圖2.2.1(Mangelson *et al.*, 1997)。因PM_{2.5}濃度與前驅物排放量之間存在非線性關係，使得PM_{2.5}的管制工作相當困難。

環境中細懸浮微粒化學組成如圖2.2.2所示，原生性PM_{2.5}與衍生性PM_{2.5}主要的化學組成分與來源說明如下：

(一) 原生性PM_{2.5}

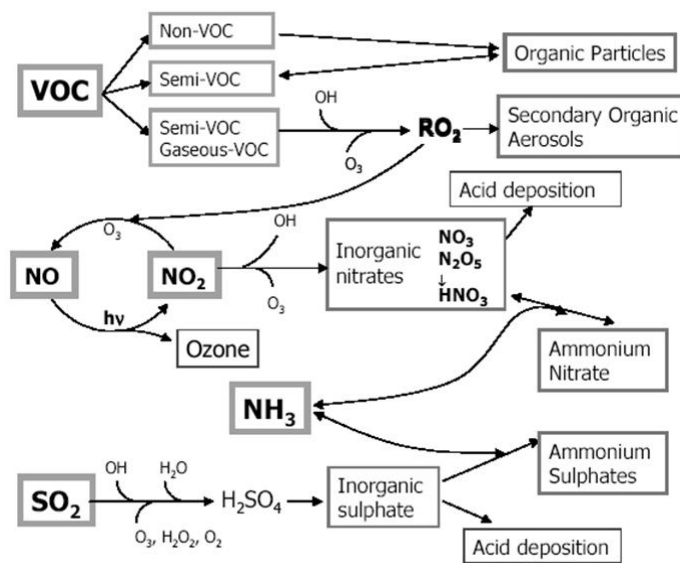
1. 營建／道路揚塵：營建工地以及裸露地表經由風力或其他機械力，例如人為走動或車行經過、震動等作用所揚起的揚塵，經由此一作用所揚起的微粒含有大量的地殼元素如矽、鈣、鎂及鋁等。
2. 汽機車之排放：汽機車引擎在燃燒化石燃料過程當中，可能產生不完全燃燒態，包含有機碳及元素碳，因此在大量使用汽、柴油車輛的地區，PM_{2.5}

中有機碳及元素碳占比也相對較高。另外，車輛行駛時輪胎及剎車皮磨損後成為微粒，亦是 PM_{2.5} 貢獻來源之一。

3. 工廠鍋爐和火力發電廠：燃燒重油的鍋爐以及燃煤發電在不完全燃燒狀態，會排放出有機碳及元素碳，因煤中含有比汽油更多的 S、N 以及微量金屬，因此排放出原生性 PM_{2.5} 組成中會有較多的硫酸鹽、硝酸鹽及金屬微粒等成分。
4. 海水飛沫：因風力作用將海水揚起的海水飛沫，水分蒸發後形成海鹽懸浮粒子。海水因溶有大量氯化鈉等物質，因此海鹽微粒會含有鈉離子與氯離子成分。
5. 其他原生性來源：其他諸如火山爆發、森林大火與自然風化微粒等自然界發生源，電鍍、煉鋼等產業均會產生原生性微粒。

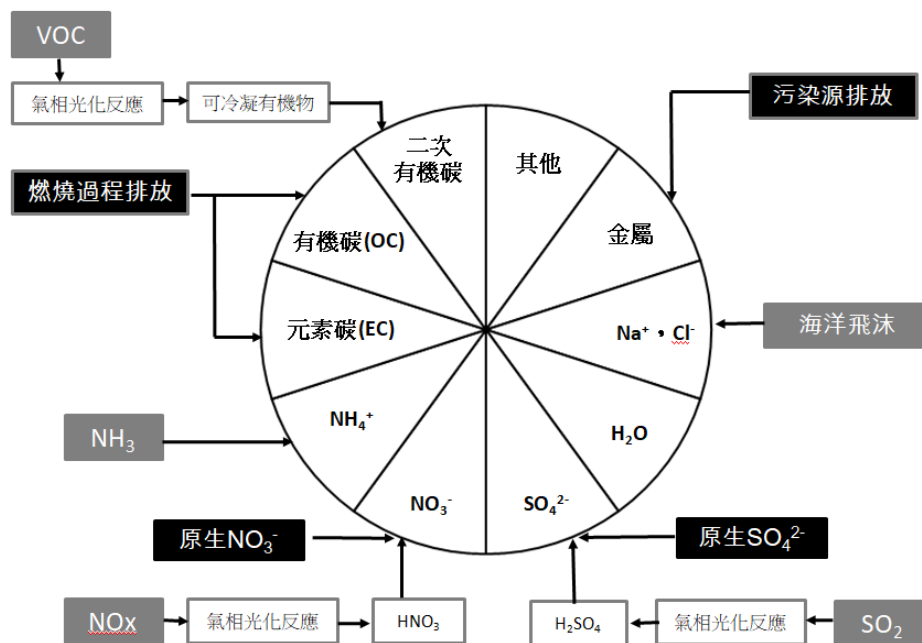
(二) 衍生性 PM_{2.5}

1. 硫酸鹽：其主要來源為化石燃料燃燒產生硫氧化物(SO₂與SO₃，合稱為SO_x)，經由氣相或液相反應而成。液相反應較氣相反應迅速，在相對濕度高的地區，液相反應機制尤為重要。
2. 硝酸鹽：主要來源是燃料高溫燃燒時空氣中的氮和氧反應產生之氮氧化物（包含NO與NO₂，合稱為NO_x），再經過反應所形成。
3. 銨鹽：其前驅物為氨氣。主要來源為農牧業的動植物殘體或排泄物分解所產生，其次為工業人為活動所排放。氨氣於大氣環境所扮演的角色相當重要，為中和大氣酸性物質的主要物種，例如硫酸與硝酸均主要與氨氣進行中和反應而形成微粒。
4. 二次有機氣膠：大氣中有機氣體經過光化學作用，與臭氧及氫氧自由基反應產生半揮發性有機物，可與大氣中既存之微粒形成有機氣膠，或凝核直接產生有機氣膠。



資料來源：http://air.epa.gov.tw/Public/suspended_particles.aspx

圖2.2.1、細懸浮微粒生成機制



圖片參考 <http://scitechreports.blogspot.tw/2018/01/pm25.html>

圖2.2.2、環境中細懸浮微粒化學組成特性示意圖

2.2.3、來源分析

氣象條件、工業生產、工業燃燒、汽機車尾氣排放等都是導致大氣中 PM_{2.5} 濃度增加的原因。近十年國內對於 PM_{2.5} 成分研究分析顯示：PM_{2.5} 其的主要成分包括地殼元素、硫酸鹽、硝酸鹽、有機碳(OC)及元素碳(EC)等，其組成比例則因季節、區域、污染源及粒徑而異。

對於工業排出的 PM_{2.5} 組成會因燃料及原料的不同而有不同特徵，表 2.2.2 為彙整各縣市管道 PM_{2.5} 組成比例，可知不同污染源排放的 PM_{2.5} 組成中幾乎都含有硫酸鹽、硝酸鹽、有機碳(OC)及元素碳(EC)成分，唯在比例上有差異。例如燃煤電廠排放的 PM_{2.5} 以有機碳及金屬成分占比最高，各在 2 成左右；鋼鐵業電弧爐則是金屬元素占比高達 7 成，而有機碳、硫酸鹽含量不高；燃油鍋爐則是硫酸鹽含量最高，約 3 成，其次為有機碳。(李奎廷，2014；台灣綠基科技股份有限公司，2015、2016；南台灣環境科技股份有限公司，2016)

對於車輛排出的 PM_{2.5} 以有機碳及元素碳為主要特徵(陳等，2005；許翔璽，2006)，學者常利用 OC/EC 比值來判斷是否為車輛的排放。(Wei *et al.*, 1993；Lee *et al.*, 1995；Wu, 1997；Tsai and Cheng, 1998；鄭尊仁，1998；林立偉等，1999；林能暉等，2000；李崇德，2003)。如高雄地區研究結果顯示，氣膠成分的 OC/EC 在 1.4~2.6 之間，屬於二次氣膠的污染現象(Chen *et al.*, 1996；袁等，1998、1999；黃等，1999)。表 2.2.3 可知無論是柴油車或汽油車排放 PM_{2.5} 中含碳成分(元素碳+有機碳)占 6~8 成左右。

鑒於硫酸鹽、硝酸鹽、有機碳、元素碳是許多污染源的共同成分，藉之污染溯源極為困難。許多研究微粒來源的報告指出，利用不同污染源排放特徵金屬元素，由微粒中的金屬元素成份差異，可以有效追溯污染貢獻來源。例如自然界地面揚塵所含之微量金屬成份主要是 Fe、Mn、Zn、Pb、V、Cr、Ni、Cu、Co、Hg 及 Cs 等；海水飛沫所含的微量金屬成份則是 Fe、Mn、Pb、V 及 Zn；燃煤電廠所排出則含有 Fe、Zn、Pb、V、Mn、Cr、Cu、Ni、As、Co、Cd、Ti 及 Hg 元素；燃油工廠所排放的金屬成份則為 V、Fe、Zn、Pb、Cu、As、Co、Cr、Mn 及 Ti 等元素。(Chow *et al.*, 1993)

近年環檢所委託中研院對國內行業別的指標元素予以調查，研究指出臺灣的燃煤電廠指標元素是 As、Se 與 Ge，鋼鐵廠電弧爐製程是 Fe、Mn、Pb、Cr、Zn、及 Sn，鋼鐵廠煉焦製程是 Ca 及 Ba，鋼鐵廠燒結製程是 K、Cd、Rb 及 Cs，水泥廠生料製程是 Ca、Sr、Ti、Tl 及 Cs，水泥熟料 Ca、Tl 及 Cs，石油煉製(重油燃燒)是 Co、Sb、Ni、V、La 及 P，石油煉製(觸媒裂解)是 La、Ce 及 Nd；對於指標元素特別貧乏

者，例如水泥業，則可選用Tl作為潛力指標特徵(周崇光，2014)。國內調查行業製程的金屬指標元素與國外文獻略具差異，詳表2.2.4。

表 2.2.2、固定污染源 PM_{2.5} 主要成分占比彙整表

單位：%

項目名稱	金屬元素 Metal	元素碳 EC	有機碳 OC	硝酸根 NO ₃ ⁻	硫酸根 SO ₄ ²⁻
電廠燃煤鍋爐	21.3	13.9	24.2	0.99	15.3
工業燃煤鍋爐	13.2	9.0	9.8	/	12.6
燃油鍋爐	11.0	7.1	18.3	0.8	32.5
鋼鐵業電弧爐	67.3	4.0	7.8	1.89	2.0
鋼鐵業煉焦爐	2.9	13.5	24.4	7.6	12.0
鋼鐵業轉爐	5.9	19.8	25.4	7.7	7
造紙業流體化床	7.9	17.4	21.4	1.6	3.7
焚化爐	33.0	12.4	17.2	1.7	3.8
玻璃熔解窯	24.1	1.6	2.9	/	37.1
柴油鍋爐	0.7	/	29.0	/	1.8
爐石研磨機	27.3	9.7	7.4	4.0	7.2
鋁二級冶煉	29.9	0.7	0.4	0.3	0.2

表 2.2.3、交通源 PM_{2.5} 主要成分占比彙整表

單位：%

項目名稱	金屬元素 Metal	元素碳 EC	有機碳 OC	硝酸根 NO ₃ ⁻	硫酸根 SO ₄ ²⁻
柴油車 ¹	9	24	41	<2	
柴油車 ²	0.4~6.9	70~79		0.04~3.1	
機車 ³	未說明	15~20	60	0.02~0.08	

參考文獻：

1. 陳康興，陳瑞仁、林銳敏、黃國林 (2005) 高屏地區大氣細微粒(PM_{2.5})特徵及來源分析研究子計畫一：高屏地區大氣細微粒(PM_{2.5})化學組成特性時空變化調查分析、來源模擬及成因探討研究，國科會 NSC 94-EPA-Z-110-001。
2. 勤智興業有限公司 (2016) 雲林縣細懸浮微粒(PM_{2.5})污染來源調查分析暨空品預警應變計畫，雲林縣環境保護局。
3. 許翔璽 (2006) 四行程機車引擎排放粒狀污染物特徵研究，國立臺北科技大學碩士論文。

表 2.2.4、不同污染源之金屬指標元素彙整表

製程	金屬指標元素	參考文獻
發電廠燃煤鍋爐	Fe、Ca、Al、K、Na	楊錫賢等(2014)
	As、Se、Ge	周崇光等人(2014)
	As、Be、Cd、Co、Cr、Cu、Ge、Ni、Pb、Mn、V、Zn	Yan et al.(1998)
	As、Se、Cr	Zhao et al.(2017)
	Al、Mn、Cr、As、V	程萬里等人(2017)
重油鍋爐	Ni、Fe、Al、Ca、V	楊錫賢等(2014)
	Ni、V	黃俊彥(2001)；Ogulei et al.(2005)
	Ni、Fe、Al、Ca、V	程萬里等人(2017)
鋼鐵廠電弧爐	Fe、Mn、Pb、Cr、Zn、Sn	周崇光等人(2014)
	Ni、Zn、Pb	吳沛愉(2014)
	Zn、Pb、Mn、Ni	程萬里等人(2017)
鋼鐵廠煉焦	Ca、Ba	周崇光等人(2014)
	Al、Fe、Ca	吳沛愉(2014)
	Ba、Se、Mn、Pb	程萬里等人(2017)
鋼鐵廠燒結	K、Cd、Rb、Cs	周崇光等人(2014)
	Cd、Se、Mn、Sr	程萬里等人(2017)
鋼鐵廠轉爐煉鋼	Ca	吳沛愉(2014)
	Sn、Zn、Ni、Mn、Pb	程萬里等人(2017)
水泥廠生料製程	Ca、Sr、Ti、Tl、Cs	周崇光等人(2014)
水泥熟料	Ca、Tl、Cs	
石油煉製(重油燃燒)	Co、Sb、Ni、V、La、P	
石油煉製(觸媒裂解)	La、Ce、Nd	
焚化爐	Fe、Al、Ca、Zn、Pb	Han et al.(2005)
	Fe、Al、Ca、As	程萬里等人(2017)
交通源	Ba、Sb	Lin et al.(2014)
	Ba、Sb、Cu	Pio et al.(2013)
	Pb、Zn	Lee et al.(1999)
農廢燃燒	K	Watson and Chow et al.(2001)

國內以 PM_{2.5} 成分特徵及含量推估污染源貢獻類別及占比相當多，臺北案例研究顯示：PM_{2.5} 中水溶性離子占總量 35%、碳含量占 31%、金屬元素占 12%、含水量為 2%，模式推估顯示，以二次光化反應、揚塵為最主要的污染源，交通來源與工業污染為次要來源（王俊凱，2000）。新北市機動車輛貢獻占 15%，烹飪占 11%。（中興工程顧問股份有限公司，2012）。桃園案例研究顯示 PM_{2.5} 污染來源機動車輛貢獻比為 15~38%，街道揚塵的貢獻比約 10~31%（環科工程顧問股份有限公司，2011）。

中部案例研究結果顯示：硫酸鹽及硝酸鹽是 $PM_{2.5}$ 主要物種 (吳啟文, 1996; Tsai and Cheng, 1997), 105 年臺中市密集的採樣結果顯示以硫酸鹽、有機碳以及硝酸鹽占比最高(郭崇義, 2017; 台灣綠基科技股份有限公司, 2016), 貢獻來源分析顯示：工業污染源影響比例 4.67~13.47%, 交通影響比例 22.53~33.14%, 地殼元素影響比例 1.42~5.10%, 海洋飛沫影響比例 3.38~6.27%。(上境科技股份有限公司, 2016)

高雄案例研究結果顯示： $PM_{2.5}$ 主要由硫酸鹽、硝酸鹽、銨鹽、OC、EC組成 (Lin, 2002)。潮州 $PM_{2.5}$ 主要來自機動車輛的排放，占 92.1%貢獻量；另一個次要來源是海水飛沫，占 4.1% (李崇德, 2003)。高雄小港案例研究顯示當地 $PM_{2.5}$ 來自汽油車及柴油車貢獻各為43%及17% (王文正, 2008)。

臺灣細懸浮微粒 ($PM_{2.5}$) 的3大成分為「硫酸鹽」、「有機碳」跟「硝酸鹽」，以周崇光團隊 (周崇光, 2017) 對中南部大氣環境 $PM_{2.5}$ 調查結果中指出，硫酸鹽占大氣細懸浮微粒質量約20%；有機碳占15%-20%；硝酸鹽占23%。根據該研究發現硫酸鹽及硝酸鹽跟工廠、交通有關，有機碳則來自生質燃燒貢獻較大。

2.2.4、境外傳輸

東北季風吹時，每年9月到隔年4、5月，空氣品質較容易受到來自中國沿海污染排放的影響。東南亞生質燃燒主要來自越南、泰國、緬甸，每年影響臺灣最明顯的季節是3月份。

環保署專案調查指出(張良輝等人, 2017)，以99年1、4、7、10月四個月的分析平均統計，臺灣 $PM_{2.5}$ 的貢獻來源，臺灣自身排放約佔66%，境外傳輸影響約34%。其中30%來自中國，而日本及韓國分別貢獻0.14%、0.24%，其他國家及海鹽影響約為2%。且境外傳輸影響程度隨依季節而變化，在冬季最嚴重($13.8 \mu g/m^3$ ，佔39%)，次為秋季($8.5 \mu g/m^3$ ，35%)，再次為春季($6.4 \mu g/m^3$ ，27%)，夏季影響最小($0.7 \mu g/m^3$ ，5%)。中國傳輸影響主要在臺灣西半部，解析其對 $PM_{2.5}$ 組成的影響，以硫酸鹽影響最高，增量介於 $0.9\sim 2.4 \mu g/m^3$ 之間，次為原生性 $PM_{2.5}$ ($0.35\sim 2.8 \mu g/m^3$)，二次有機氣膠影響量最低($0.64 \mu g/m^3$ 以下)。

表2.2.5及表2.2.6為吳義林團隊(吳義林, 2014)之研究結果，將污染源區分為國內污染源與境外，國內污染源依上述模式模擬結果再區分為原生性與衍生性，表2.2.5是依縣市區域統計分析其轄區內之結果。結果顯示境外傳輸對縣市細懸浮微粒濃度的貢獻比例均超過 30%，而且北部縣市較中南部縣市高。

環保署將 102 年手動法監測結果配比表 2.2.6 的貢獻比例，推估各縣市細懸浮微粒來自國內原生性排放源、衍生性排放源與境外傳輸之貢獻濃度，以提供各縣市作為減量參考。臺中市 PM_{2.5} 年平均值 26.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，其中 8.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 來自境外移入貢獻，臺灣自己排放造成的污染為 17.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，當中又可分 13.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 為原生性 PM_{2.5}、4.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 為衍生性 PM_{2.5}。此代表管制原生性 PM_{2.5} 排放，對改善 PM_{2.5} 成效最為直接。

表 2.2.5、國內污染源與境外污染源對各縣市 PM_{2.5} 濃度貢獻比例

單位：%

縣市別	國內污染源		境外
	原生	衍生	
基隆市	30	8	63
新北市	47	7	46
臺北市	50	8	42
桃園市	52	7	41
新竹縣	51	7	42
新竹市	48	12	40
苗栗縣	50	10	40
臺中市	52	16	33
彰化縣	50	11	39
南投縣	42	22	36
雲林縣	42	18	40
嘉義縣	34	22	44
嘉義市	40	25	35
臺南市	39	26	36
高雄市	40	32	28
屏東縣	33	34	32
臺東縣	33	7	60
花蓮縣	42	8	50
宜蘭縣	36	8	56
澎湖縣	—	—	57
金門縣	—	—	96
連江縣	—	—	95

資料來源：吳義林等人 (2014) 細懸浮微粒(PM_{2.5})管制策略研擬及減量成效分析，環保署 EPA-102-FA11-03-A082。

表2.2.6、國內污染源與境外污染源對各縣市PM_{2.5}濃度貢獻量單位：μg/m³

縣市別	年平均值	原生	衍生	境外
基隆市	18.7	5.5	1.4	11.7
新北市	21.6	10.1	1.6	9.9
臺北市	19.6	9.8	1.6	8.2
桃園市	23.8	12.3	1.8	9.7
新竹縣	20.2	10.3	1.5	8.4
新竹市	23.3	11.3	2.7	9.3
苗栗縣	23.9	11.9	2.5	9.5
臺中市	26.1	13.5	4.1	8.5
彰化縣	29.1	14.6	3.1	11.3
南投縣	30.4	12.6	6.8	11.0
雲林縣	34.3	14.5	6.2	13.6
嘉義縣	29.4	10.1	6.5	12.8
嘉義市	33.5	13.5	8.5	11.6
臺南市	31.1	12.0	8.0	11.1
高雄市	30.7	12.4	9.8	8.5
屏東縣	33.6	11.2	11.5	10.8
臺東縣	10.9	3.6	0.8	6.5
花蓮縣	13.1	5.5	1.0	6.6
宜蘭縣	15.3	5.5	1.2	8.6

資料來源：張良輝 (2013) 102 年竹竹苗空品區細懸浮微粒(PM_{2.5})管制策略交流暨低碳永續家園推動座談會議

2.3、本市 PM_{2.5}現況

2.3.1、原生性 PM_{2.5}排放量

PM_{2.5}產生源與型態極多，人為污染排放可以分為固定源排放以及移動污染源排放。固定源眾多排放源中，有一大部分來自火力發電廠、石化廠、煉鋼廠等工業，而且工業排放的細懸浮微粒中又含有較多有害物質(如戴奧辛、重金屬成分)，一旦沉降到地面後，對工廠附近居民的健康風險也比較高。移動源產生 PM_{2.5} 主要是引擎燃燒汽油或柴油後，其中尾氣中主要成分為含碳的顆粒物、揮發性的有機物、氮氧化合物、二氧化硫、碳氫有機物，車輛的輪胎及剎車磨損亦會產生 PM_{2.5}。

依據 TEDS10.0 推估結果：臺中市 PM_{2.5}的年排放量為 7,712 公噸，其中固定污染源之年排放量約 5,433 公噸，交通污染源之年排放量約 2,278 公噸。如表 2.3.1 所

示，依 TEDS 污染種類區分表列，固定污染源分 8 類，移動污染源分 7 類，固定源排放原生性 PM_{2.5} 占全市總排放量 70%，移動源占 30%。以行業分類而言，工業排放占 35.74% 最高，次為營建(含車行揚塵/裸露地表)占 26.28%，再次為柴油車占 15.38%。

表2.3.1、臺中市各類別污染源原生性PM_{2.5}排放量推估一覽表

類別	TEDS 資料庫行業分類	公噸/年	百分比(%)	小計(%)
固定污染源	1.工 業	2,755	35.74	70
	2.商 業(含加油站/餐飲業)	286	3.72	
	3.營 建(含車行揚塵/裸露地表)	2,026	26.28	
	4.住 宅	29	0.39	
	5.焚化爐	3	0.04	
	6.露天燃燒	287	3.73	
	7.垃圾場逸散	0	0.00	
	8.其 他	43	0.57	
移動污染源	1.汽油車	563	7.30	30
	2.柴油車	1,185	15.38	
	3.機 車	250	3.24	
	4.清潔燃料車輛	3	0.05	
	5.農業機械/施工機具	2	0.03	
	6.火 車	0	0.00	
	7.船 舶、航空器	273	3.55	
合計		7,712	100	100.0

備註：資料統計自 TEDS 10.0

表 2.3.2 為臺中市原生性 PM_{2.5} 不同行業別的排放量排序，以製造業占 22.7% (1,749 公噸/年) 最高，次為家庭 18.3% (1,413 公噸/年)，再次為陸上運輸業占 17.6% (1,353 公噸/年)，營造業 11.8% (912 公噸/年) 名列第四，第五大排放源為電力及燃氣供應業占 11.1% (855 公噸/年)。

表2.3.2、臺中市原生性PM_{2.5}排放量前十大行業別一覽表

序號	種 類	公噸/年	百分比(%)
1	製造業	1749	22.68
2	家庭	1413	18.32
3	陸上運輸業	1353	17.55
4	營造業	912	11.82
5	電力及燃氣供應業	855	11.09
6	農、林、魚、牧業	471	6.12
7	住宿及餐飲業	286	3.72
8	水上運輸業	272	3.53
9	裸露地表風蝕	245	3.18
10	礦石及土石採取業	92	1.19

備註：資料統計自 TEDS 10.0

2.3.2、濃度變化趨勢

PM_{2.5} 24 小時值標準 35 μ g/m³，年平均值標準 15 μ g/m³。該標準適用於 NIEA A205.11C(空氣中懸浮微粒檢測方法—手動採樣法) 檢測之數據，環保署 102 年在臺中市設置 2 座 PM_{2.5} 手動監測。

如圖 2.3.1 為本市空品自動站分布，環保署有 5 站，臺中市環保局有 6 站，表 2.3.3 為空品自動測站位址及污染物監測項目，11 座自動監測站中，均裝設有「貝他射線衰減法」之監測設備，可每小時監測 PM_{2.5} 濃度，該檢測值稱為小時值，此值須經手動迴歸式修正後，才能與上述空氣品質標準比較。

臺中市PM_{2.5}自動監測最早於忠明站開始，民國 84 年即開始監測，豐原、沙鹿、西屯、大里民國 94 年開始監測，大甲、后里、文山、太平、霧峰及烏日較晚，民國 102 年 10 月開始監測。

環保署於本市設忠明及豐原 2 座手動站，因 PM_{2.5} 問題為市民所重視，臺中環保局在 105 年增設 4 座，表 2.3.4 為本市 6 座 PM_{2.5} 手動站的設置/異動/停測說明。豐原及忠明手動站自 101 年 11 月開始，其餘 4 站自 105 年 1 月開始監測。

圖2.3.2為統計歷年PM_{2.5}年平均值變化情形，本市無論5座自動監測站監測值(原始值)，或經手動迴歸式換算(手動迴歸值)或2座手動監測值其年平均值均高於15 μ g/m³空氣品質標準。

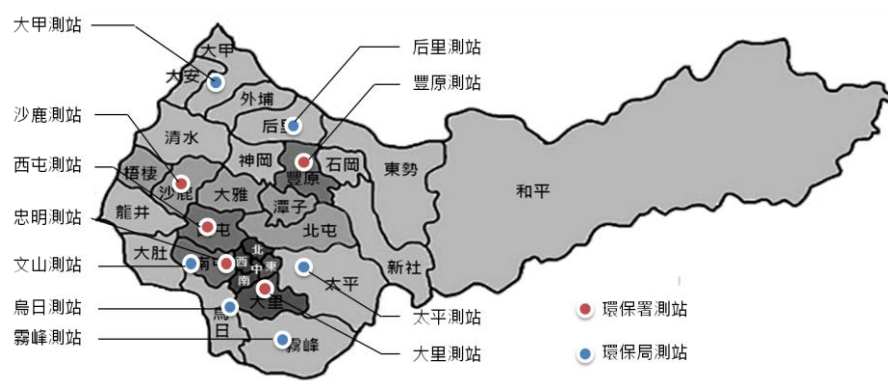


圖2.3.1、臺中市自動監測站分布圖

表2.3.3、臺中市空氣品質自動監測站監測項目現況表

基本資料				測站監測項目													
分類	分區	設置單位	測站名稱	SO ₂	CO	O ₃	NO _x	HC	PM ₁₀	PM _{2.5} 自動	PM _{2.5} 手動	酸雨	雨量	風向	風速	溫度	紫外線
都區	1 西屯區	署	西屯	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	
	2 南屯區	署	忠明	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓署		✓	✓	✓	✓	
	3 南屯區	局	文山	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	
海區	4 大甲區	局	大甲	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	
	5 沙鹿區	署	沙鹿	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓
山區	6 后里區	局	后里	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓局		✓	✓	✓	✓	
	7 豐原區	署	豐原	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓署		✓	✓	✓	✓	
屯區	8 烏日區	局	烏日	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	
	9 霧峰區	局	霧峰	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	
	10 太平區	局	太平	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	
	11 大里區	署	大里	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓局		✓	✓	✓	✓	

備註：臺中市政府環境保護局PM_{2.5}自動監測(小時值)於102年10月開始。

表 2.3.4、臺中市 PM_{2.5}手動監測站異動資訊表

分類	分區	設置單位	測站名稱	地址	監測時間	現況
都區	西屯區	局	西屯	西屯區安和路 1 號	105 年 01 月~106 年 12 月	撤站
		局	東大交通	西屯區臺灣大道四段 1727 號	107 年 03 月~迄今	運轉中
	南屯區	署	忠明	南屯區公益路二段 296 號	101 年 11 月~迄今	運轉中
海區	梧棲區	局	梧棲	龍井區南堤路三段 300 號	105 年 01 月~106 年 12 月	撤站
山區	后里區	局	后里	后里區文化路 30 號	105 年 01 月~迄今	運轉中
	豐原區	署	豐原	豐原市水源路 150 號	101 年 11 月~迄今	運轉中
屯區	大里區	局	大里	大里區大里路 289 號	105 年 01 月~106 年 01 月	撤站
				大里區大新街 36 號	106 年 03 月~迄今	運轉中

備註：大里PM_{2.5}手動監測站因大里路消防分隊大樓重建工程，故移機大新街大里區公所監測。

統計環保署PM_{2.5}自動測值變化趨勢，如圖2.3.2所示，近幾年PM_{2.5}污染已明顯下降。101 年之前大里站是 5 站中PM_{2.5}污染最高測站，近幾年污染下降後，107年大里站PM_{2.5}濃度已低於忠明測站。李奇等人(2019)以102年與105年觀測值相比，認為全台測站PM_{2.5}年平均濃度下降部分與氣象變化有關，以中部空品區而言，因氣象變化導致PM_{2.5}下降約1.9 μ g/m³；全台因人為排放減量使PM_{2.5}下降介於

0.48-9.2 μ g/m³。

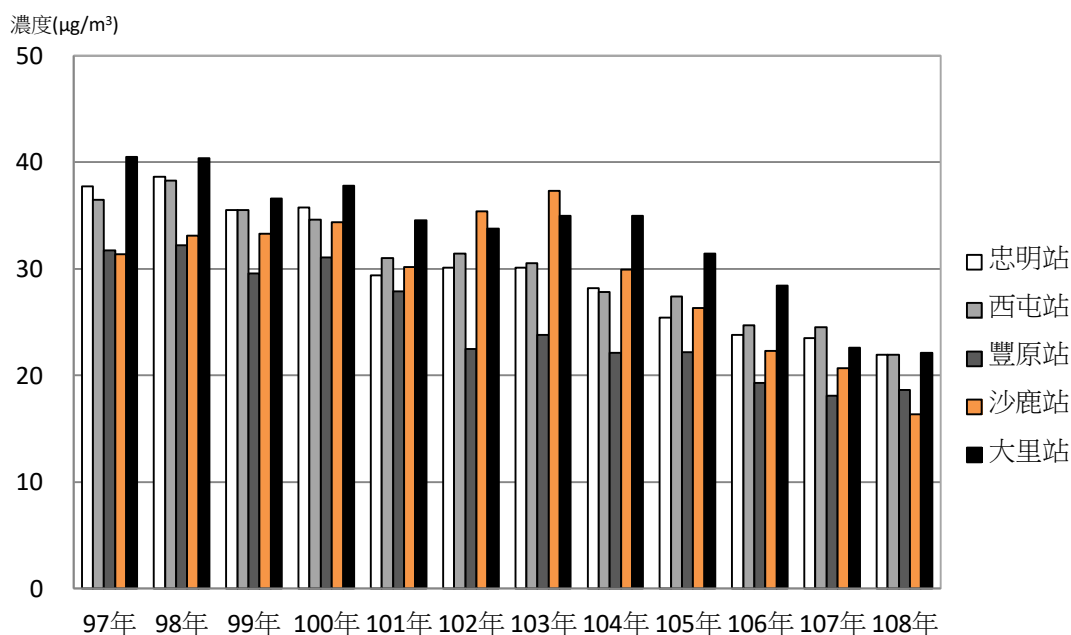
表2.3.5為本市PM_{2.5}手動監測年平均值，107 年PM_{2.5}手動監測年平均值為 19.1 μ g/m³。本市無論 5 座自動站測值(原始值)或經手動回歸式換算(手動回歸值)，年平均值均高於15 μ g/m³空氣品質標準。顯示本市仍須加強PM_{2.5}改善。

圖2.3.3為環保署PM_{2.5}自動監測站 24 小時變化圖，大里、忠明、豐原及西屯測站日變化型態相同，屬於都會型的污染型態，清晨PM_{2.5}濃度最低，隨著人為活動的開始，PM_{2.5}濃度逐漸增加。沙鹿測站日夜濃度差異不大，該站因鄰近本市最大工業區—臺中港工業區，推論與大型排放源 24 小時連續運轉有關。

圖2.3.4為臺中市環保局PM_{2.5}自動監測站 24 小時變化圖，平均而言，大甲測站濃度最高，整體趨勢而言，與署測站相同，清晨PM_{2.5}濃度最低，隨人為活動開始(約為上午 8 點)，PM_{2.5}濃度逐漸增加，約中午(12點、1點)出現高值，應與光化學反應有關。夜間濃度較清晨高，應與夜間混合層高度降低且污染物難以稀釋擴散有關。PM_{2.5}日變化型態為雙峰特性，清晨6~7點之間濃度值最低，夜間 21~22 點濃度值最

高。5 站中除沙鹿測站濃度起伏不明顯外，其他 4 站均有明顯的 24 小時人為活動週期變化。

臺中市環保局PM_{2.5}自動監測開始於102年為10月，圖2.3.5 將環保署及環保局自動站PM_{2.5}測值彙整，藉以瞭解長期趨勢變化特徵，圖中可看出除了文山站、后里站及烏日站在107年年初污染上升之外，各站皆呈現逐年下降趨勢。



說明：1.統計期間：97年1月1日~ 108年11月30日

2.數據來源：<http://taqm.epa.gov.tw/taqm/zh-tw/YearlyDataDownload.aspx>。

3.計算方式：採忠明、西屯、大里、沙鹿、豐原5座環保署自動站PM_{2.5}日平均原始值(未經手動回歸式換算)計算，年平均值為本計畫自行統計。

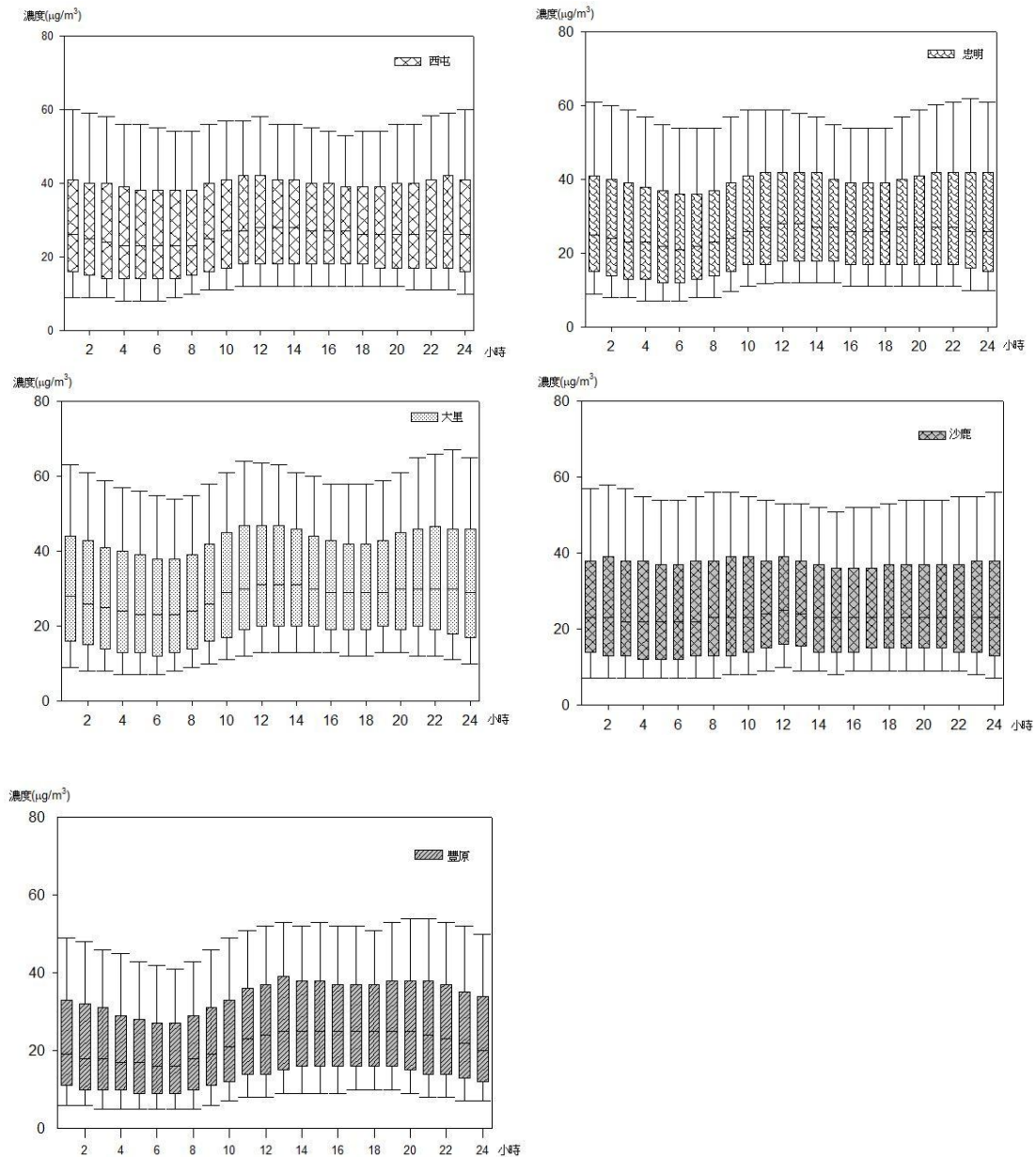
4.豐原測站102年2月自臺中市衛生局搬遷至豐原高中。忠明測站100年8月自忠明國小搬遷至臺中特殊教育學校(搬遷資訊來源：環保署空氣品質監測年報)。

圖2.3.2、97年~108年臺中市環保署PM_{2.5}自動監測年平均値變化

表 2.3.5、102 年~108 年臺中市環保署 PM_{2.5}手動測値年平均値

		單位：µ g/m ³					
名稱	年度	102 年	103	104	105	106	108 (1/1~11/29 平均)
忠明		27.4	27.0	25.6	23.5	19.7	18.2
豐原		24.0	23.8	23.5	20.1	18.7	16.7
平均值		25.7	25.4	24.6	21.8	19.2	17.4

備註：測値引用環保署空氣品質監測年報數據。

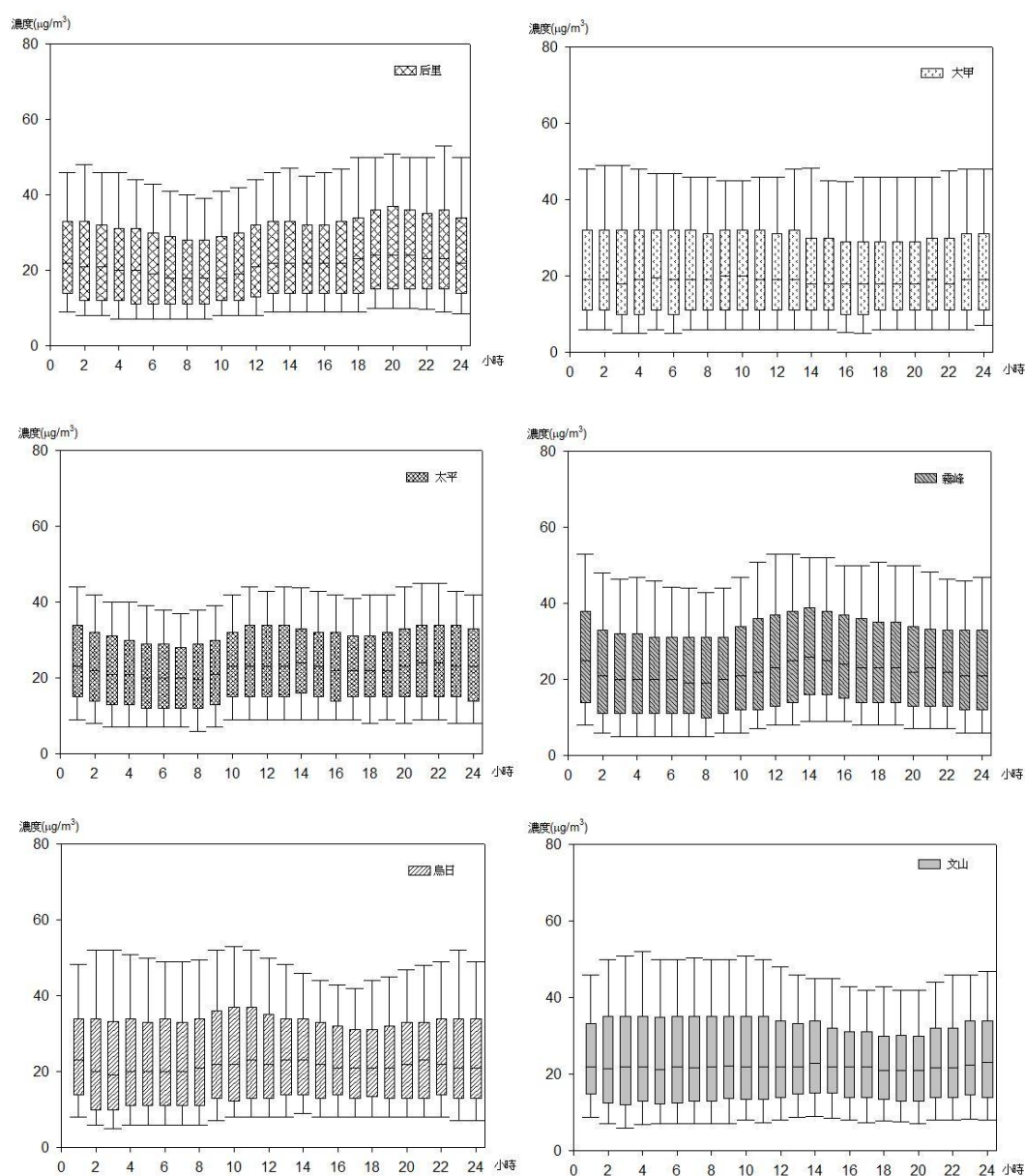


說明：1.統計期間：95年1月1日~108年11月30日

2.資料來源：<http://taqm.epa.gov.tw/taqm/zh-tw/YearlyDataDownload.aspx>

3.計算方式：自動站5站為忠明、西屯、大里、沙鹿、豐原小時平均值統計，未經手動迴歸式換算。

圖2.3.3、95年~108年臺中市環保署5座自動站PM_{2.5}日變化



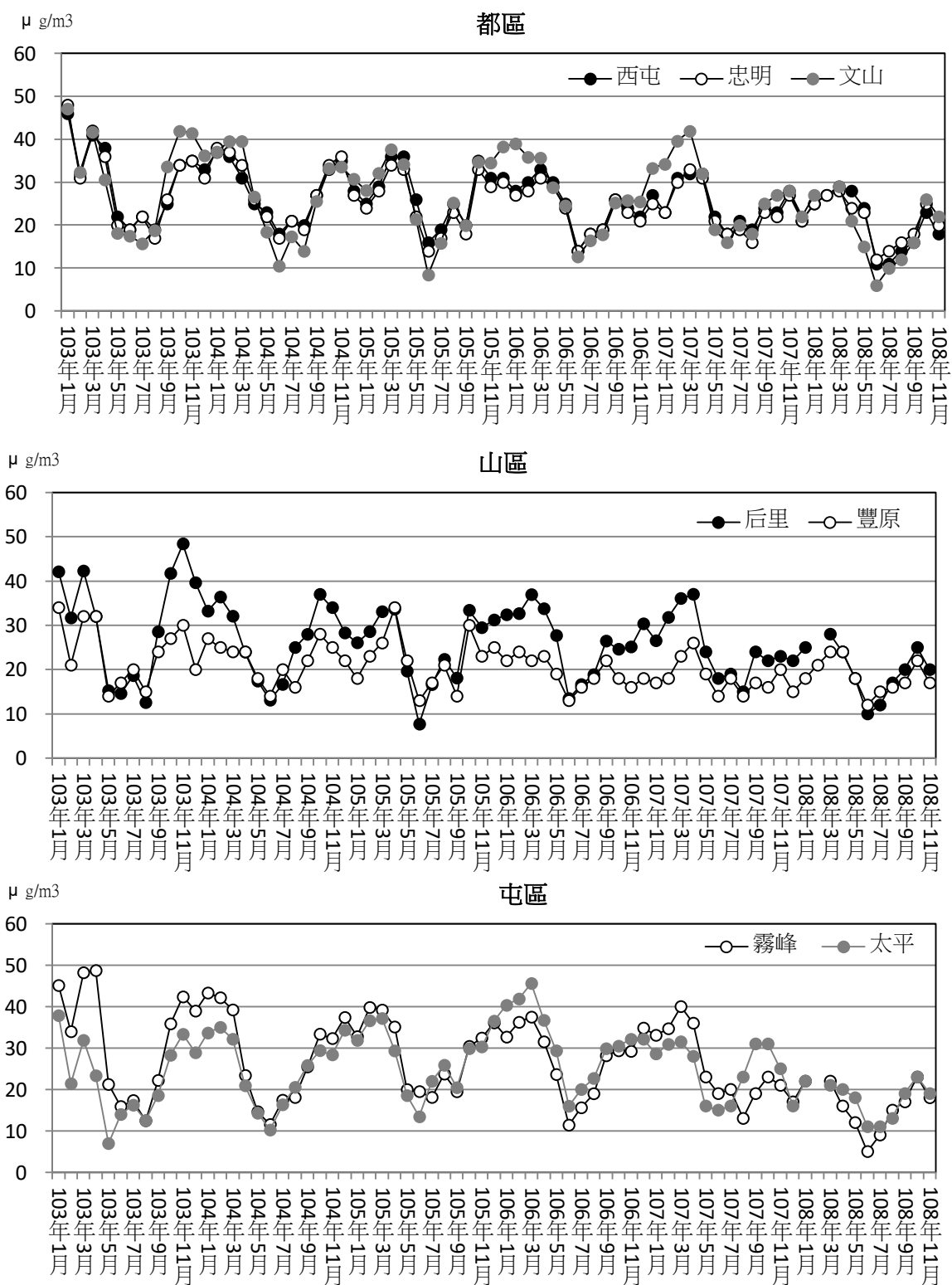
說明：1.統計期間：102年10月8日~ 108年11月30日

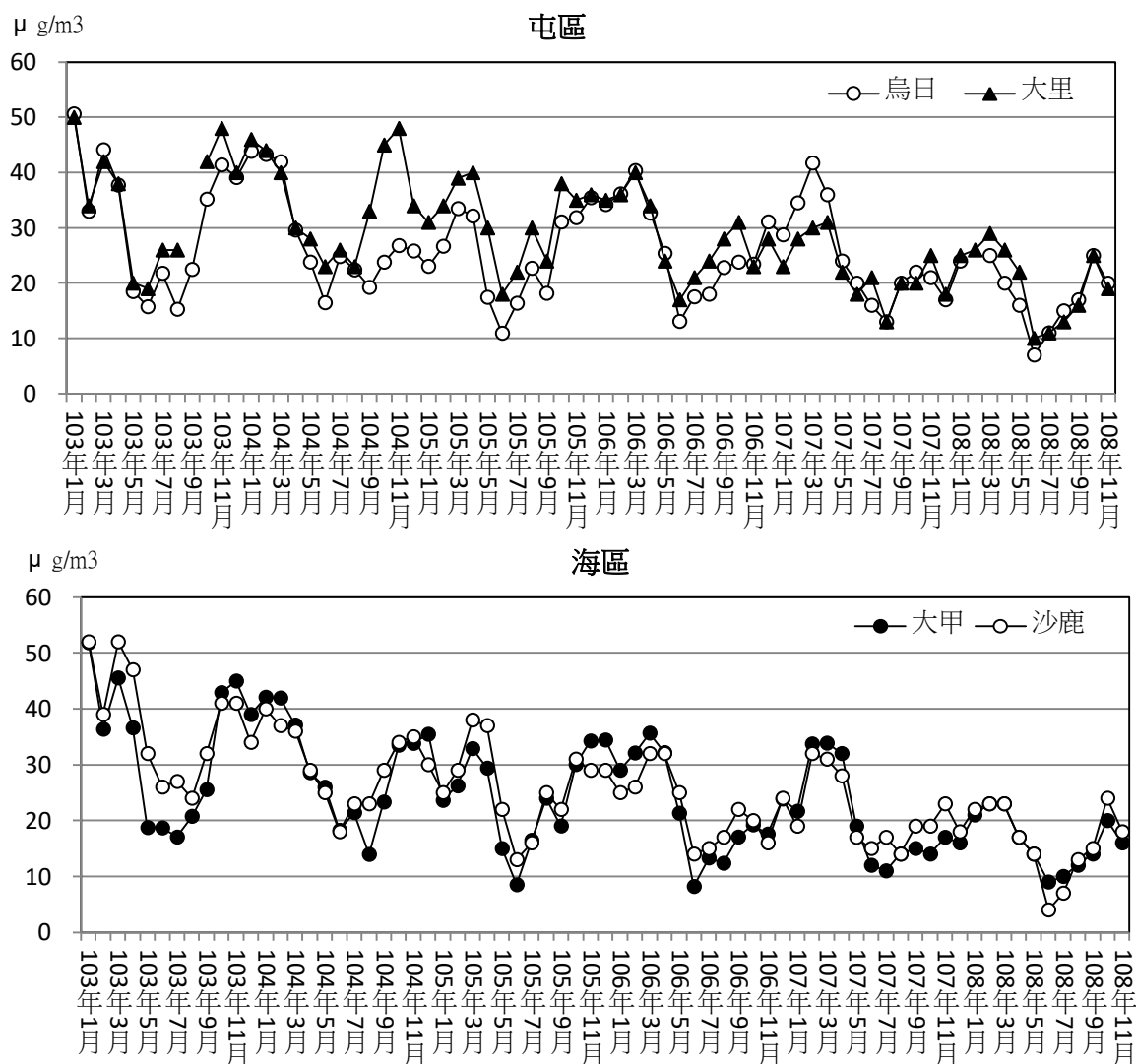
2.資料來源：<http://taqm.epa.gov.tw/taqm/zh-tw/EpbDataHourly.aspx>

3.計算方式：自動站6站為文山、大甲、太平、烏日、霧峰、后里PM_{2.5}原始值(未經手動回歸式換算)統計。

4.環保局所屬大甲、后里、文山、太平、霧峰及烏日測站PM_{2.5}監測儀器自102年10月起運轉監測。

圖2.3.4、102年~108年臺中市環保局6座自動站PM_{2.5}日變化

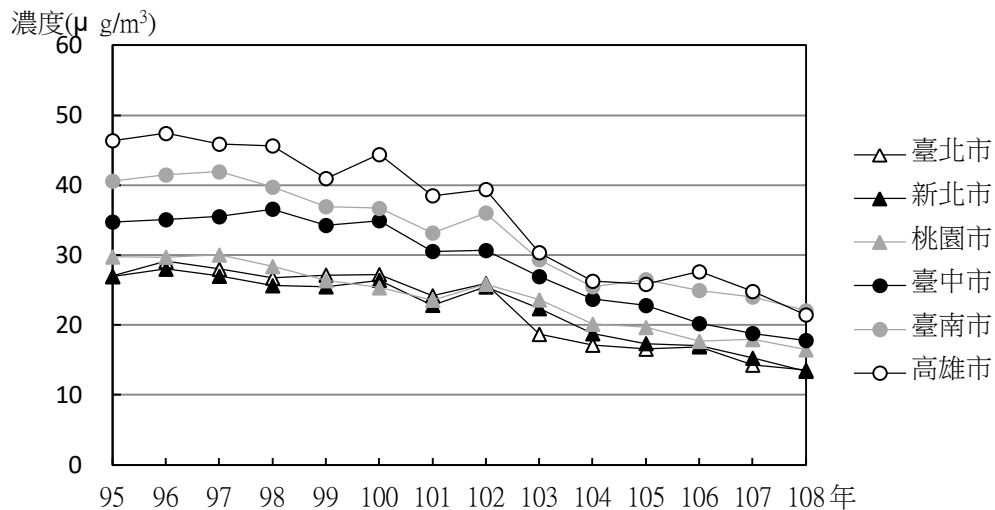
圖2.3.5、103年~108年臺中市11座PM_{2.5}自動測站月平均值(1/2)

續圖2.3.5、103年~108年臺中市11座PM_{2.5}自動測站月平均值(2/2)

2.4、六都 PM_{2.5} 成分及污染管制策略

2.4.1、PM_{2.5} 濃度現況

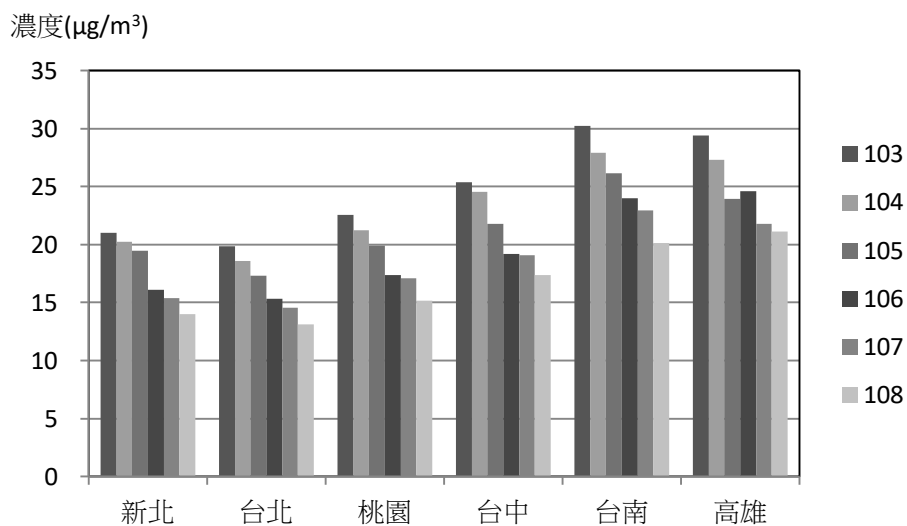
圖2.4.1為六都近年PM_{2.5}自動監測值年平均變化趨勢，六都皆呈下降趨勢，高雄市與臺南市PM_{2.5}濃度高於臺中市，臺北市及新北市濃度最低。圖2.4.2為六都PM_{2.5}濃度「手動採樣法」月趨勢變化圖。



說明：1.統計期間：95年 1月1日~ 108年11月30日

2.資料來源：<http://taqm.epa.gov.tw/taqm/zh-tw/EpbDataHourly.aspx>

圖2.4.1、95年~108年六都PM_{2.5}自動測值年平均變化趨勢



說明：1.統計期間：103年1月1日~ 108年12月5日

2.資料來源：<http://taqm.epa.gov.tw/taqm/zh-tw/EpbDataHourly.aspx>

圖2.4.2、103年~108年六都PM_{2.5}手動測值年平均變化趨勢

2.4.2、六都 PM_{2.5} 主要貢獻源及比例彙整比較

表2.4.1為六都運用受體模式研究PM_{2.5}主要貢獻源的彙整內容，以受體模式推估結果的文獻顯示，大氣中PM_{2.5}來自二次衍生PM_{2.5}的比例高於原生性PM_{2.5}，在都會區最大PM_{2.5}貢獻來源為交通排放。臺中市PM_{2.5}貢獻源以交通排放與二次衍生PM_{2.5}為主，兩者貢獻總和介於 50~70%之間。

表2.4.2為環保署委託顧問公司以CMAQ空氣品質模式模擬八種污染源(柴油車、汽油車、營建/道路揚塵、露天燃燒、電力業、石化業、鋼鐵業及水泥業等)對PM_{2.5}貢獻量，表中可知衍生性PM_{2.5}貢獻來源柴油車(4.8%)貢獻占比最大，其次為電力業(3.4%)、石化業(2.8%)、汽油車(2.5%)，逸散源污染貢獻占比最低。六都仍以交通排放(柴油車+汽油車)的貢獻最大。(鼎環工程顧問股份有限公司，2015，2018)

表 2.4.1、受體模式研究六都 PM_{2.5} 主要貢獻源一覽表

縣市	分析結果	文獻出處
新北市	二次氣膠(硫酸鹽及硝酸鹽)占38%，機動車輛占15%，烹飪占11%。	中興工程顧問公司(2012)
	板橋之「燃油鍋爐與二次氣膠」占比穩定，年度貢獻約29%，「交通排放、揚塵、工業排放」占比穩定，年貢獻25%。「二次硝酸鹽、揚塵、工業排放」在2016年春季占比明顯提升，當時污染受到當地污染源影響占比較高。	李崇德(2016)
	板橋站以「硫酸鹽與燃燒排放」因子為主，顯示區域污染傳輸對於臺中以北及花蓮地區影響程度大。	李崇德(2017)
臺北市	最大污染源為二次氣膠、海水飛沫及機動車輛來源。	黃瓊慧(2001)
	主要污染來源為交通排放源與揚塵。	王嘉弘(2009)
桃園縣	機動車輛排放為PM _{2.5} 主要污染貢獻源，其貢獻比例分別為24~58%。 一般空氣品質狀態下，次要污染貢獻源為街道揚塵，佔約16~43%；而於空氣品質不良事件情形，次要貢獻源則為二次衍生性氣膠，貢獻百分比約為22~33%。	環科工程顧問公司(2011)
臺中市	大里和豐原 PM _{2.5} 中的交通排放的貢獻量分別為46~52%和43~57%，燃煤電廠貢獻量則以臺中火力發電廠下風處的大肚山最為顯著，其貢獻量為1~2%，海鹽以沿海地區的清水最高。	黃柏翔(2011)
	沿海地區 PM _{2.5} 主要的污染源為二次氣膠(硫酸鹽與硝酸鹽)及農廢燃燒，都會地區則是交通排放與硫酸鹽。	許美華(2008)
	全市平均而言，衍生性(二次氣膠)PM _{2.5} 占52.3%，原生性PM _{2.5} 占47.7%。	台灣綠基科技公司(2013)
	高污時期梧棲主要受交通源及電弧爐煉鋼影響，后里主要受交通源及農廢燃燒影響，西屯主要受交通源及燃煤鍋爐影響，而大里主要受交通源、塵土及農廢燃燒影響。	台灣綠基科技公司(2016)
	忠明以二次氣膠貢獻占比最高，其餘污染因子有14~19%不等的年貢獻量。2015與2016年秋季的污染事件，二次硝酸鹽占比明顯提高，污染主要來自於本地影響，夏季與秋季受當地的工業鍋爐與交通排放占比穩定。	李崇德(2016)
	忠明站以「硫酸鹽與燃燒排放」因子為主，顯示區域污染傳輸對於臺中以北及花蓮地區影響程度大。	李崇德(2017)
	工業污染源影響比例4.67~13.47%，交通影響比例22.53~33.14%，地殼元素影響比例1.42~5.10%，海洋飛沫影響比例3.38~6.27%。	上境科技公司(2016)
臺南市	主要貢獻源為交通排放，次為光化產物影響。	尤嵩博(2012)
	交通源占40.8%最大，次為地殼元素約占10%。	立境環境科技公司(2014)
高雄市	小港以汽油車及柴油車為主(汽油車43%；柴油車17%)。	王文正(2008)
	主要污染源為二次光化產物與交通，其次為逸散性塵土。	黃堯聖(2006)
	小港以「二次氣膠與海水飛沫」占比最高，達32.3%。其次為「燃油鍋爐與二次硫酸鹽」占25%。夏季低濃度時期「燃油鍋爐與二次硫酸鹽」有較高占比。	李崇德(2016)
	小港站最高占比因子則是「硝酸鹽與燃燒排放」，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。	李崇德(2017)

表2.4.2、以源體模式模擬六都PM_{2.5}主要污染源貢獻比例表

單位：%

縣市	柴油車	汽油車	營建/道路揚塵	露天燃燒	電力業	石化業	鋼鐵業	水泥業	國內其他	境外
臺北市	7.8	12.0	11.0	1.9	2.2	1.8	0.8	1.1	19.4	42
新北市	8.3	10.2	10.6	2.1	2.5	2.7	0.9	0.9	15.9	46
桃園市	8.8	7.5	11.6	2.4	2.5	6.0	1.4	0.7	18.1	41
臺中市	13.5	10.9	10.7	4.8	3.2	2.9	2.8	1.3	16.7	33
臺南市	13.0	8.4	8.7	1.3	7.1	5.4	2.7	0.6	17.0	36
高雄市	12.9	8.5	9.1	1.4	5.2	7.5	12.8	0.8	13.8	28

註 1：該模擬值是選擇 2010 年污染較輕微的 7 月以及較嚴重的 1 月模擬。該模擬結果將與觀測資料進行比較與性能評估，以瞭解模式模擬之準確性。觀測資料則是採用環保署測站資料，性能評估的方式按照「空氣品質模式模擬規範」的內容進行。

註 2：其他污染源估算係扣除模擬之八種污染源與境外衍生比率所得。

資料來源：1.鼎環工程顧問股份有限公司 (2015) 整合及考評地方政府執行空氣污染防治成效，環保署 EPA-103-FA15-03-A237。

2.鼎環工程顧問股份有限公司 (2018) 地方政府執行空氣品質維護及改善工作成效檢討，環保署 EPA-107-FA15-03-A010。

2.4.3、國內外文獻相關 PM_{2.5} 成分分析

細懸浮微粒(PM_{2.5})之組成會因污染源、地理環境及氣候條件不同而有所差異，一般而言，PM_{2.5} 化學主要物種為含碳成分、水溶性陰陽離子、微量元素及含水量等。表 2.4.3 為彙整國內外 PM_{2.5} 化學組成調查結果，臺灣以陰陽離子占比高，國外部份地區則有碳組成占比較高情形，如美國紐約皇后區，碳組成占比在近年上升，原因於 SO₂ 與 NO_x 排放的大量管制與減排，因此陰陽離子含量下降。阿根廷為工業區採樣結果，該工業區有大量玻璃產業、石膏產業以及輪胎製造業。

表 2.4.3、國內外細懸浮微粒(PM_{2.5})化學組成比例

地區	PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	陰陽離子 %	碳組成 %	微量元素 %	參考文獻
臺灣新北(板橋)	17.6	46.2	30.3	1.6	李崇德(2017)
臺灣臺中(忠明)	21.1	49.3	25.7	1.8	
臺灣雲林(斗六)	25.3	50.7	24.9	1.4	
臺灣雲林(嘉義)	25.3	52.5	22.4	1.4	
臺灣高雄(小港)	26.6	52.1	24.1	1.9	
臺灣花蓮(花蓮)	10.9	49.0	23.6	1.2	
臺灣新北(板橋)	16.2	43.0	30.4	1.9	李崇德(2016)
臺灣臺中(忠明)	24.6	45.3	28.7	1.8	
臺灣高雄(前金)	29.9	48.4	24.3	2.4	
臺灣臺中(后里、西屯、大雅、港區)	29.4	36.5	19.6	9.0	郭崇義(2017)
臺灣臺中(梧棲)	22.7	46.2	21.4	6.7	台灣綠基科技公司(2016)
臺灣臺中(大里)	22.8	39.6	37.0	3.9	
臺灣臺中(后里)	22.5	43.6	26.1	5.5	
臺灣臺中(西屯)	22.0	43.4	31.4	4.3	
臺灣臺中(全市平均)	40.2	54.1	13.5	2.3	台灣綠基科技公司(2013)
臺灣臺中沿海	48.6	29-35	30	3	許美華(2008)
臺灣宜蘭	16.6	30	15	8	葉青峯(2015)
臺灣臺南	22.7	37.9	20.4	13.7	立境環境科技公司(2014)
臺灣高雄	57.1	45	8	15	吳家安(2013)
臺灣金門	23.8	49	25	3	立境環境科技公司(2013)
中國北京	79.4	48.3	18.4	-	Zheng et al. (2016)
中國廣州	54.0	29.7	17.9	-	
中國深圳	45.9	28.3	18.2	-	
中國香港	68	47	40	-	Kuang (2015)
日本橫濱	20.6	34.1	31.2	-	Khan et al. (2010)
歐洲中部城區	/	33	36	-	Putaud et al. (2010)
墨西哥 Escobedo	37.8	37	50	1	Martinez et al. (2012)
墨西哥 Santa Catarina	36.2	51	48	1	
美國紐約(Queens)	<10	39.6	56.8	4.6	Oliver et al. (2016)
阿根廷 Cordoba	48.1	4.2	54.8	6.1	Lanzaco et al.(2017)
西班牙 Barcelona	18.6	27.4	22.6	2.9	Salameh et al.(2015)
法國 Marseille	19.6	28.6	40.3	9.2	
捷克 Košetice	15.7	42.9	29.9	8.7	Schwarz et al.(2016)
希臘 Thessaloniki	37.7	33.1	21.0	13.0	Tolis et al.(2015)

一、歐美地區

Lewandowski et al. (2007)調查美國北卡羅萊納州(North Carolina)於 2003 年夏季 PM_{2.5} 之組成，此地區 PM_{2.5} 濃度範圍為 6.4~31.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，微粒組成以有機物質最多約佔 41%，硫酸鹽 37%次之，銨鹽約為 12%。

Oliver et al. (2016)調查 2012~2013 年美國紐約 PM_{2.5} 組成，此地區 PM_{2.5} 濃度<10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，微粒組成以有機物質最多約佔 49.5%，硫酸鹽 17.5%次之，硝酸鹽為 14.7%，元素碳 7.3%，金屬元素 4.6%。

Glavas et al. (2008)於歐洲東南部之希臘雅典地區，調查半農村地區 PM_{2.5} 質量及化學組成與季節差異、自然因素或人為污染傳輸與區域污染來源，PM_{2.5} 平均濃度為 $13.9 \pm 6.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，溫暖乾燥之夏季其 PM_{2.5} 濃度高於冬季。水溶性離子約佔 PM_{2.5} 之 45%，其中以 SO_4^{2-} 為主，約佔 PM_{2.5} 質量 23.3%， NO_3^- 與 Cl^- 分別佔 3.3%、1.2%。陽離子則以 NH_4^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 為主，各佔 PM_{2.5} 的 11.2%、3.1 %、2.7%。依氣團軌跡模擬結果顯示，PM 是經由長距離傳輸所致。PM_{2.5} 的污染估計貢獻來源，人為污染約占 40%、地殼物質 25%及海鹽 4.3%。瑞士地區都會區(Bern)碳組成高於鄉村(Chanmont)，水溶性離子則以鄉村(Chanmont)高於都會區(Bern)(Hueglin et al., 2005)。

Martinez et al. (2012)調查墨西哥兩大城市 PM_{2.5} 組成，平均而言，PM_{2.5} 濃度範圍為 $25.2 \sim 50.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，微粒組成以有機物質最多約占 42%，硫酸鹽 23%次之，硝酸鹽約為 13%，元素碳 7%。

Lee et al. (2003)調查加拿大多倫多 PM_{2.5} 組成，PM_{2.5} 濃度約 $12.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，微粒組成以有機物質最多約占 34.6%，硫酸鹽 17.9%次之，硝酸鹽約為 14.5%，元素碳 3.6%。

Querol et al. (2004)調查西班牙巴塞隆納 PM_{2.5} 組成，PM_{2.5} 濃度約 $27.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，微粒組成以有機物質最多約占 44.3%，硫酸鹽 15.2%次之，硝酸鹽約為 8.3%，元素碳無檢出。

Lonati et al. (2008)調查義大利米蘭 PM_{2.5} 組成，PM_{2.5} 濃度約 $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，微粒組成以有機物質最多約占 38.7%，硝酸鹽 21.8%次之，硫酸鹽約為 11.8%，元素碳 3.5%。

二、亞洲地區

Cao et al. (2012) 調查中國各大都市 PM_{2.5} 組成，上海 PM_{2.5} 濃度約 $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，微粒組成以有機物質最多約占 28%，硫酸鹽 18%次之，硝酸鹽約為 14%，元素碳 5%；北京 PM_{2.5} 濃度約 $132 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，微粒組成以有機物質最多約占 33%，硫酸鹽 18%次之，硝酸鹽約為 12%，元素碳 5%；西安 PM_{2.5} 濃度約 $103 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，微粒組成以有機物質最多約占 45%，硫酸鹽 15%次之，硝酸鹽約為 8%，元素碳 6%；

Zhao et al. (2013) 探討北京地區整年度 PM_{2.5} 之化學組成，包括碳成分、水溶性離子、微量元素，其中以水溶性離子，約占 46%；碳成分為次，約占 24.5%，水溶性離子則以 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 及 NH_4^+ 為主。碳成分則具有顯著的季節變化，以春夏兩季明顯低於秋冬之季，地殼元素(Al、Ca、Fe、Mg、Ti、Ba 及 Sr)，因受沙塵暴之影響，於春秋兩季含量較多。

Kim et al. (2007) 調查韓國首爾 $PM_{2.5}$ 濃度及組成，研究期間 $PM_{2.5}$ 平均濃度約 $43\mu g/m^3$ ， $PM_{2.5}$ 中以 OC 為主，約占 24%。 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、EC 及微量元素，分別約占 $PM_{2.5}$ 18%、17%、10%及 11%；硫酸鹽(SO_4^{2-})濃度於夏季最高，可能與夏季光化反應增強有關。

Heo et al. (2009) 調查韓國首爾 $PM_{2.5}$ 組成， $PM_{2.5}$ 濃度範圍為 $37.6\mu g/m^3$ ，微粒組成以有機物質最多約占 30.2%，硫酸鹽 15.3%次之，硝酸鹽約為 13.8%，元素碳 7.7%。

Takahashi et al. (2008) 調查日本交通源及都會區微粒組成，顯示交通源(Noge)之碳組成比例高於都會區(Kudan)，尤其是元素碳(EC)。

三、國內研究

(一)北部縣市

新北市調查結果： $PM_{2.5}$ 主要污染來源以二次硫酸鹽、機動車輛與烹飪為最大(中興工程顧問股份有限公司，2012)。臺北市調查結果：中山、萬華、古亭及松山 $PM_{2.5}$ 主要污染來源為交通排放源與揚塵(王嘉弘，2009)。桃園市調查結果顯示：於一般空氣品質狀況下， $PM_{2.5}$ 主要污染源以二次硫酸鹽占 27.7~35.2%為主，其次是車輛排放占 22~32.8%(康廷工程顧問企業有限公司，2012)。新竹縣調查結果： $PM_{2.5}$ 主要來源為衍生性氣膠、移動源與工業燃燒(康城工程顧問股份有限公司，2013)。

(二)中部縣市

102 年臺中市調查結果：原生性 $PM_{2.5}$ 污染來源以交通排放占 15.6%為主，次為地殼元素占 14.3%(台灣綠基科技股份有限公司，2013)，而在 105 年的大規模調查 $PM_{2.5}$ 組成，整年度分析顯示 $PM_{2.5}$ 來自交通影響比例占 22.53~33.14%，工業污染源 4.67~13.47%，地殼元素 1.42~5.10%，海洋飛沫 3.38~6.27% (上境科技股份有限公司，2016)。

南投縣調查結果：草屯、竹山、南投市、埔里及水里 $PM_{2.5}$ 污染來源以交通排放占 51.1~59.5%為主，二次衍生性污染次之占 31.8~35.9%，另有少量地殼元素(指營建、車行揚塵、風蝕之總和)所貢獻(林明德，2015)。彰化縣調查結果： $PM_{2.5}$ 主要污染源為交通排放及衍生性 $PM_{2.5}$ ，次為農廢露天燃燒、燃油鍋爐及焚化爐(台境企業股份有限公司，2014)。

(三)南部縣市

嘉義市調查結果：興嘉、育人、宏仁及蘭潭 PM_{2.5} 污染來源以交通排放占 49.3~50.1%最高，次為衍生性 PM_{2.5} 占 26.1~31.5%，生質燃燒及海鹽飛沫占 4.2~12.3%，水泥業、電力業及鋼鐵業占 0.1~9.1%(王琳麒，2013)。臺南市調查結果：原生性 PM_{2.5} 污染來源以交通源占 40.8%最大，次為地殼元素約占 1 成。(立境環境科技股份有限公司，2014)。高雄市調查結果：小港、屏東及潮州 PM_{2.5} 主要污染來源為交通排放(王文正，2008)。前鎮 PM_{2.5} 主要污染來源以交通排放占 45%為主，次為二次衍生性氣膠占 27%(袁中新等，1998)。

2.4.4、國內外污染管制策略

PM_{2.5} 分為原生性及衍生性二類，施政單位長期對於 SO_x、NO_x、TSP、VOC (衍生性 PM_{2.5} 的前驅物)的管制措施，對降低環境中 PM_{2.5} 都有幫助。以下為國內外的管制措施及經驗的彙整。

一、國外管制措施及經驗

國際間針對 PM_{2.5} 管制不論歐美、日本或香港等國家，皆特別加強移動污染源之管制工作，各國實施之管制策略如表 2.4.4，實施措施與經驗說明如下：

表 2.4.4、國際間有助 PM_{2.5} 減量之管制措施彙整表(1/3)

國家	固定源	移動源
美國	1. 針對大型電廠提升防制效率 2. 電廠區域小型化與替代性潔淨燃料推廣 3. 增加天然氣發電比例 4. 固定源燃料油品改善 5. 推廣替代性潔淨燃料 6. 民生消費商品管制 7. VOC 逸散管制 8. 黑煙管制 9. 露天燃燒管制 10. 逸散揚塵管制 11. 車行揚塵防制 12. 對消費性商品、殺蟲劑規範 13. 住宅木柴燃燒及餐飲等控制 14. 綠色廢棄物堆廢減排 15. 動物廢棄物減排	一、車輛 4. 柴油含硫管制 5. 非柴油移動源污染管制 6. 非道路移動機械用柴油機排氣污染物排放管制 7. 管制重型車輛排放 8. 學校老舊校車汰舊換新 9. 限制營業小客車車齡期限6年(紐約) 10. 推廣氣壓混合動力車 11. 獎勵低污染車輛措施 12. 研發交通零排放技術 二、船舶 1. 加嚴港區船舶排放標準 2. 港區船舶污染管制 3. 加嚴遊艇排放標準 三、飛機 1. 加嚴航空引擎廢氣排放標準 2. 機場自願性減量 3. 機場地勤支援設備排放管制
中國香港	1. 增加天然氣發電比例至 50% 2. 加嚴電廠排放標準 3. 管制建築業揮發性有機化合物 4. 管制輸入香港或在香港生產的潤版液及印刷機清潔劑的揮發性有機化合物含量。	一、車輛 1. 推廣使用混合動力/電動車輛 2. 推行石油氣的士與小巴計劃 3. 長怠速重型柴油車輛安裝減排設備 4. 嚴格管理和淘汰高車齡柴油貨車 5. 環保汽油私家車稅務寬減 6. 禁止汽車引擎空轉 7. 2019 年年底分階段淘汰 82000 輛歐盟四期以前柴油商業車； 8. 路邊遙測儀器加強管制汽油車和石油氣車的廢氣排放 9. 資助專營巴士公司約 1100 輛歐盟二期及三期專營巴士加裝選擇性催化還原器 10. 2017 年 7 月開始分階段收緊新登記車輛廢氣排放標準至歐盟六期。 二、船舶 1. 本地銷售的船用輕柴油含硫量不得超過 0.05% 2. 遠洋船在香港水域停泊期間必須轉用低硫燃料（即含硫量不超過 0.5%）

續表 2.4.4、國際間有助 PM_{2.5} 減量之管制措施彙整表(2/3)

國家	固定源	移動源
中國 香港		三、飛機 強制所有停泊在停機位的飛機使用固定地面供電系統及預調空氣系統
歐盟	1. 加裝防制設備	一、車輛 1. 車輛加裝污染防治設備 2. 使用低污染車輛 3. 鼓勵使用 LNG 燃料(挪威) 4. 限制營業小客車車齡期限 15 年(倫敦) 5. 管制車輛進入環境管制區(德國) 6. 建設公共交通網(德國) 7. 開徵汽油稅(德國) 8. 限制市區道路行駛速度 30km(德國) 9. 建自行車專用道(德國) 10. 公共自行出租賃(法國) 11. 禁止污染性汽車進入特定區域(法國) 12. 柴油車未加裝濾煙器需加稅 13. 實行擁擠收費(瑞典、英國) 14. 非道路移動機械用柴油機排氣污染物排放管制 15. 推廣共乘制度(英國) 16. 禁止使用燃油車輛 二、船舶 1. 加嚴船種燃油含硫量上限至 0.5% 2. 硫排放管制區域，停泊的船隻須使用含硫量在 0.1%以內的燃油
中國	1. 煤炭消費總量控制 2. 嚴重污染期間時採取停工、限產、限排、限行措施 3. 推動燃油發電機組轉換為燃氣發電機組 4. 加嚴電廠排放標準 5. 加強工業鍋爐及重點行業（如石化、水泥、陶瓷、傢具製造及印刷等）排放管制 6. 監管重點企業有機溶劑使用及排放控制登記制度 7. 實施平原村煤改清潔能源(無煤化) 8. 禁燃區燃氣（油）鍋爐低氮燃燒技術推進	一、車輛 1. 推行機動車環保標誌管理 2. 提高車用燃油品質 3. 加嚴柴油車排放標準 4. 實施重型柴油車國四標準 5. 嚴重污染期間黨政機關和企業單位 30% 公務用車需停駛 6. 限制貨車車齡不得超過 15 年 7. 機動車保有量控制 8. 非道路移動機械用柴油機排氣排放管制 9. 劃定高排放非道路移動機械禁止區域 10. 公交車須符合第五階段機動車排放標準 11. 車用燃油總量比 2012 年降低 40% 12. 機動車單雙號限行

續表 2.4.4、國際間有助 PM_{2.5} 減量之管制措施彙整表(3/3)

國家	固定源	移動源
中國	9. 20 噸以下燃煤鍋爐改用天然氣、電等清潔能源替代 10. 加強經營性餐飲油煙污染控制	二、船舶 1. 船舶停泊期間需使用岸電系統 2. 船舶在排放控制區內使用燃料油的硫含量需在 0.1% 以下。
新加坡	—	1. 限制旅遊巴士及貨車車齡期限為 20 年 2. 限制車輛年增率 3. 鼓勵使用節能車輛 4. 擁出證制度+擁車證公開標售制度 5. 徵收通行費 6. 發展大眾運輸 7. 加嚴汽車排放標準
日本	—	1. 購買環保汽車課以輕稅，對於環境有重大負荷舊式汽車課以重稅 2. 低公害車中的電氣、壓縮天然瓦斯、甲醇車：減稅 50% (2 年內) 3. 實施自動車 NO _x -PM 排放管制法 4. 實行擁擠收費 5. 季節性以交通管制降低交通量(東京)

資料來源：

- 1.環科工程顧問股份有限公司 (2008) 空氣品質指標調整規劃及細懸浮微粒(PM_{2.5}) 空氣品質改善策略推動與效期評估。
- 2.環科工程顧問股份有限公司(2011)推動總量管制及細懸浮微粒管制策略。
- 3.香港環保署網站 <http://www.epd.gov.hk>。
- 4.中國國際貿易促進委員會 (2013) 新加坡節能環保調研報告 <http://big5.hdcmr.com/bgfree22658.html>。
- 5.中華人民共和國環境保護部網站 <http://www.zhb.gov.cn>。
- 6.經濟部能源局 (2011) 能源報導－能源油蹤 <http://energymonthly.tier.org.tw>。
- 7.經濟部能源局 (2007) 運輸車輛能源管理 <https://auto.itri.org.tw/research>。
- 8.日本環境省網站 <http://www.env.go.jp/air/car/pamph2/index.html>
- 9.劉駿賢、莊紹權、陳佳玫 (2012) 國內外柴油車環保法規趨勢與管制現況，車輛研究測試中心。

(一) 美國

以美國對 PM_{2.5} 前趨物管制策略為例，其東岸工廠密度高且大型電廠林立，管制對象以加強電廠、石化廠等重工業，主要減量為硫氧化物；西岸人口密集，車輛活動頻繁及港口運輸活絡，管制對象以柴油車、飛機、大型船隻及長途火車等移動源為主，減量考量以氮氧化物為主。

美國內華達州的雷諾市會根據天氣預報，如果即將出現逆溫層的話，就執行預防措施，如“請你不要開車”，提供免費公車；報紙刊登“使用壁爐”預警訊

息，綠燈可以使用壁爐，紅燈禁止燃燒，黃燈盡量不要燒，紅燈時期燒壁爐被舉報則須繳納罰款。

車輛管制措施則有柴油含硫管制、非道路移動機械用柴油機排氣污染物排放管制、重型車輛排放管制、鼓勵學校老舊校車汰舊換新、紐約限制營業小客車車齡期限 6 年、推廣氣壓混合動力車、獎勵低污染車輛措施、研發交通零排放技術。

(二) 歐洲

作法是承諾大型電廠、焚化爐在 10~15 年達成減量目標。丹麥、挪威、比利時、荷蘭及英國發展風力發電，減少燃煤發電量。離岸風力發電量在丹麥已佔該國總用電量 42%，而歐盟地區總計達總發電量 10%。

歐洲的車輛與非道路車輛用油硫份管制，分別在 97 年及 100 年達成含硫量小於 10 ppm 目標；同時推動交通管理、車輛油品提升、航空器、船舶、道路交通工具管制策略，減少 PM_{2.5} 前趨物產生。

德國柏林劃分環境管制區，車輛必須符合廢氣排放標準才可進入至管制區內，否則不得駛入管制區內。若於指定時間(95年~98年)內加裝柴油濾煙器可享補貼，未加裝濾煙器則必須加稅，每百立方厘米排放量收 1.2 歐元。

瑞典斯德哥爾摩市針對市中心交通擁堵區的通行車輛，徵收交通擁堵稅，每天最高 6 歐元。同樣徵收擁擠收費的還有英國倫敦，倫敦市區(Zone1- Zone2)在星期一至星期五 7 時至 18 時期間駕車進入須繳付「擁塞稅」(Congestion Charge，週末則免繳費)，每日 11.5 英鎊。

英國規劃 2020 年開始，禁止內燃機車輛進入市中心，2035 年正式實施禁止汽柴油車使用。挪威、荷蘭宣布 114 年(西元 2025 年)年開始禁售汽油車，德國與印度則訂為 119 年(西元 2030 年)，法國預計在 129 年(西元 2040 年)年跟進。

歐盟各國達成協議，109 年開始降低所有船種燃油的含硫量上限至 0.5%，目前貨船的上限約為 3.5%、客船為 1.5%。在硫排放管制區域，由目前的 1%，預備於 104 年採行 0.1%的超嚴格管制。

除車輛排放之外，歐洲管制船種燃油含硫量上限至 0.5%，在硫排放管制區域停泊的船隻須使用含硫量在 0.1%以內的燃油。

(三) 亞洲

鄰近國家如日本與新加坡，主要控制移動污染源排放來改善 PM_{2.5} 污染，因其 PM_{2.5} 多由碳、硫氧化物、氮氧化物、氨、VOCs 等構成，減量策略即著重減少前趨物產生。

新加坡研究顯示該國一半的 PM_{2.5} 來源為柴油車，故引進 Euro IV 柴油車排放標準來降低移動源污染排放。另外也限制車輛年增率和增加車輛擁有人的負擔

(擁車證制度)，車輛配額系統和擁車證制度有效控制了長期的車輛數的增加，並促使民眾選擇大眾運輸工具。在嚴格限制汽車輛的同時，新加坡政府除引導人民購買經濟型汽車，對高耗能汽車徵收懲罰性稅賦，對購買混合動力車者，退 40% 汽車價格的稅給車主。

中國香港自 99 年起推行石油氣營業小客車與小巴士計畫，政府提供資助，將柴油營業小客車及公共小巴士更換為石油氣車輛。目前超過 99% 的營業小客車及超過 60% 的公共小巴士使用石油氣。另對長怠速重型柴油車輛必須安裝認可減少排放物器件，長怠速歐盟前期重型柴油車輛包括重逾四公噸，登記車身類型為機動式起重吊車、混凝土車、溝渠清潔車或壓縮缸車。

中國自 102 年起規劃多項改善 PM_{2.5} 污染措施，措施包含煤炭消費總量控制，控制污染物增量排放，對 PM_{2.5} 污染嚴重的城市，對新建專案實行區域內「倍量替代」。近期更要求 20 噸以下燃煤鍋爐改用天然氣、電等清潔能源替代，以降低燃煤產生的污染。

機動車防治上，全面推行機動車環保標誌管理(綠標車及黃標車)，加速「黃標車」(不符合排放標準之車輛)淘汰進程，初期擬實行「黃標車」區域禁行措施。其他相關措施還包括提高車用燃油品質以及實施重型柴油車國四標準。

在嚴重污染發生時的應急處置工作上，規劃採取停工、限產、限排、限行等措施因應，如土方施工，冶金、建材、化工行業的污染減量必須達 30%，黨政機關和企業單位 30% 公務用車需停駛。

102 年日本還為強化減少 PM_{2.5} 生成，通過修訂「汽車 NO_x、PM 法」及修改總量削減基本方針，積極致力於削減氮氧化物及顆粒物，還對工廠的揮發性有機化合物排放量進行規範。

與國際上相比，臺灣的固定污染源管制措施與國際相當，而移動污染源管制措施推動上則較緩慢，作法採取和緩措施，如加嚴出廠車輛排放標準，鼓勵並補助汰換老舊車輛……等；對於手段強烈作法如徵收擁車稅、塞車稅、限制車輛成長率、限制營業小客車車齡……等措施不敢輕易舉揭推動；在船舶污染管制則著重在碼頭貨物裝卸設備電氣化比例以及推動船舶岸電系統，而飛機污染管制至今尚無減量措施啟動。

二、國內六都 PM_{2.5}管制措施

民國 106 年 12 月 21 日行政院推出「空氣污染防制行動方案」，訂為「紅害減半大作戰」，目標為 108 年讓 PM_{2.5} 紅害減半。針對排放量大之污染源提出具體管制措施，包括推動國營事業污染超低排放、全面禁止烏賊車上路、加強餐飲業油煙、道路、營建工程及河川揚塵的管理等。除前述共通性的措施之外，本計畫彙整各縣市的 PM_{2.5} 管制措施摘要於表 2.4.5。

表 2.4.5、各縣市之 PM_{2.5} 管制策略彙整表(1/10)

縣市名	管制策略
基隆市	固定源 1. 增加行業/製程活動強度合理範圍、公私場所歷年申報合理分析，並結合管理資料庫勾稽比對。 逸散源 1. 提出「以善代金」政策，並加強宣導民眾配合將祭祀紙錢交由環保局收運送至天外天焚化廠集中焚燒。 移動源 1. 車辨綠能稽查： 稽查人員騎乘安裝行車紀錄器電動機車，前往檢舉熱區、學校傳統市場及火車站，跟拍行駛中二行程機車，找出未定檢車輛改善。 2. 港區運輸車輛管制： 提升港區運輸車輛防制措施符合率。 3. 提升使用中柴油車納管率 4. 轄區內使用中柴油車自主到檢率 5. 基隆市客、貨運業者車輛自主管理簽署數 6. 與航港局、港務公司辦理聯合稽查作業，執行港區逸散性管理辦法查核管控港區逸散性污染外，同時追蹤落實岸電、船舶減速、低硫油品作業。
臺北市	固定源 1. 北部六縣市「世大運空污減排行動」： 轄內大型固定源減排，管制 98 家大型工廠安排歲修、調整產能等措施推動所列管重油鍋爐業者使用低污染燃料(天然氣、柴油) 2. 住宅區餐飲業應使用電力或低污染性氣體燃料。 3. 加嚴鍋爐 SO_x 排放標準至 50 ppm，並提升焚化廠防制效能。 4. 針對餐飲業污染管理，公告「臺北市餐飲業油煙異味防制設備技術指引」，藉以促使餐飲業者採行有效污染防制技術，降低油煙異味污染。 移動源 1. 訂定「臺北市宜居永續城市環境管理自治條例(草案)」： (1) 106 年 2 月公告 1 線(新生南路至松江路段)2 站(臺北及市府轉運站)6 處(臺北 101、故宮、陽明山、中正紀念堂、國父紀念館、忠烈祠)為低排放區。106 年 7 月 1 日正式執法上路。107 年底將原有低污染排放示範區擴大為「三橫三縱三站六處」空氣品質維護區，禁止老舊柴油車及二行程機車進入。 (2) 強制設置一定比例之低碳停車格。 2. 松山機場航空燃油自主管理降低航空油品含硫量 42%。

續表 2.4.5、各縣市之 PM_{2.5} 管制策略彙整表(2/10)

縣市名	管制策略
臺北市	- 為推動電動機車使用率，提升充電站設置密度，亦提供電動機車停車免費優惠。此外輔導業者建置共享運輸服務網。 3 橫 3 縱 3 站 6 處空氣品質維護區： 劃定交通主要道路區域，配合空污法修正管制高污染車輛。
新北市	固定源 「企業總量管理」： 協議空污排放濃度降至加嚴排放標準，台電林口廠 PM 排放應低於 8mg/Nm³、硫氧化物應低於 20ppm、氮氧化物應低於 20ppm；南亞企業燃煤鍋爐 109 年 1 月起粒狀物、硫氧化物及氮氧化物排放濃度須降至 10mg/Nm³、30ppm、45ppm，備用鍋爐應於 108 年 1 月前更換燃料為燃氣鍋爐。 - 商業鍋爐更換為熱泵系統(電力)。 - 停發生煤許可，既有小型燃煤鍋爐之生煤使用許可期限統一至 108 年底。 - 改善瀝青業異味污染問題，設立瀝青業燃料油改天然氣補助政策。 移動源 - 空品淨區設車辨監控系統： 8個空品淨區(瑞芳、平溪、雙溪、貢寮、板橋、中和、三重、新莊、臺北港)。設監控系統，掌握進入管制區車輛車牌號碼，以電腦連線分析排氣檢驗記錄，抓出高污染車。 - 大型企業柴油車污染減量協談： 宣導一、二期老舊柴油車汰舊補助，三期車加裝濾煙器政策，鼓勵企業使用四、五期車，已取得15家聲明書。 推動長期污染減量工作(空品不良應變應365天皆有執行)：(一)低污染源物料(二)集氣及處理效率提升(三)管末選用確實具防制效率之防制設備措施。 - 環保局全面汰換一、二期柴油垃圾車，並引進Hybrid油電混合動力垃圾車，在低速行駛時可以純電動運行，減少收運時的污染排放。 - 於交通稠密區推動電動公車，降低通勤民眾的污染暴露，並設置「手機預約下車服務」，透過手機、平板即時接收到站通知。 - 於板橋、三重等空品淨區共14處地點，集中設置路邊電動機車專用格，並推出車主線上申辦電動汽車三小時路邊停車免費、電動機車當日免費優惠。 - 透過運輸模式(TRTS-4S)模擬106年路網之活動強度及行駛速率，並結合環保署TEDS9.0版線源排放係數，並以實際路網呈現新北市106年各路段空氣污染排放總量。 - 公告「新北市機車排氣檢驗站許可審查原則」要求排氣分析儀機齡不得大於15年，標示動線須採金屬框材料，並架設攝影機。 逸散源 - 瀝青業燃料油改氣： 藉由經濟誘因，獎勵瀝青業更換為天然氣。 - 禁止使用2003/10以前出廠之施工機具，且排放標準不透光率需達到2.8 m-1以下。 - 要求大型工地及公共工程須將施工機具規格納入契約規範，並以專案輔導加裝濾煙器。 - 公告「新北市政府辦理住宅區餐飲業燒烤店空氣污染防制管理作業要點」，將油煙防制設備納入內部稽核管理，新設店面將設置油煙防制設備，既存店面則逐步改善。

續表 2.4.5、各縣市之 PM_{2.5} 管制策略彙整表(3/10)

縣市名	管制策略
桃園市	固定源 1. 大廠減量協談： 完成大園汽電、中油桃煉廠、義芳化學及正隆大園廠協談，未來與華亞汽電、南亞錦興、正隆大園廠、台灣科慕、亞東石化及利芃一廠、中油桃煉廠及台電大潭廠協談。 2. 開發 Mini-CEMS 監測管道 VOCs： 與崑山科大合作開發小型連續監測系統(Mini-CEMS)管道智慧監控，克服煙道中高濕度、高粉塵及高濃度等問題，採用半導體感測器搭配連續性抽氣採樣設施，長期監測管道 VOCs 濃度，透過雲端系統回傳數據，掌握排放資訊。 3. 焚化爐 CO 小時值線上即時監控： 因戴奧辛排放濃度與 CO 濃度呈正相關性，4 座次焚燒固體廢棄物，藉由公告「桃園市固定污染源及防制設備即時監控管理自治條例」監控，減少污染源戴奧辛異常排放之情形。 4. 木屑鍋爐不透光率監控： 公告修正「使用木屑為燃料之固定污染源設置與操作許可證申請文件審查原則」(106 年 11 月)，要求木屑鍋爐監控不透光率。 5. 砂石場裝設監控攝影： 共 16 家砂石採集處理業，於出入口及洗車平台完成 CCTV 裝設，並與環保局連線予以監控。 6. 營建工地裝設監控攝影： 20 處營建工地出入口處設置 CCTV 結合路面污染辨識系統，連線監控管制。 7. 推動寺廟智慧空品監測系統： 公告「細懸浮微粒連續自動監測設施補助計畫」，補助 18 家寺廟裝設 PM_{2.5} 監測及排煙設備。 8. 一年一行業清查減量 透過原物料供應鏈，全面清查。 9. 修正公告「桃園市燃燒設備改燃乾淨燃料補助計畫」，屬生煤、木屑或重油為燃料之燃燒設備改燃乾淨燃料者，可申請每座 30 到 60 萬補助。 10. 加強列管稽查檢測不合格頻率高之木屑鍋爐，以達到戴奧辛污染減量。 移動源 1. 柴油車加強管理 2. 針對定檢不合格機車，要求機車定檢站確實開立複驗查核表外，屆期前 10 日仍未改善者，再以電話通知提醒車主，藉此使告發數量大幅減少。 3. 整合市府 3 新 6 線政策，107 年加碼實施持市民卡搭乘區間公車免費、機場捷運 8 折優惠、市區公車買一送一及機場捷運雙向轉乘優惠。
新竹市	移動源 1. 科學園區空品淨區管制： 推動園區企業於運輸合約加入「自主管理方案」條款及四、五期柴油大貨車作為載運貨物優先考量。 2. 環保柴油車車隊： 12 家業者簽屬配合進行大型柴油車汰舊、3 期加裝濾煙器補助方案及使用四、五期車輛。 逸散源 1. 城隍廟低油煙商圈推動： 共管收集處理 25 家餐飲攤商油煙。 2. 餐飲陳情套圖分級管制 依據陳情資料分級管制。 3. 輔導營建工地架設空氣盒子，透過即時資訊針對異常數值，立即通知現場進行灑水作業，並派員到場查核防制設備，提升預警能力，達到污染掌握有效輔導。 4. 推動內湖夜市及富美宮夜市自主改善示範專區。

續表 2.4.5、各縣市之 PM_{2.5} 管制策略彙整表(4/10)

縣市名	管制策略
新竹市	固定源 1. 於加油槍跳停後，執行加油槍中殘油量實測調查。 其他 1. 配合經濟部推動智慧節電計畫，全市節電率達 0.96%。 2. 建立首座「數位智能親子館」，打造智能科技全自動管控室內空氣品質托育資源中心。
新竹縣	固定源 1. 清潔燃料，能源整合： 天然氣管線區域整合、輔導改用低污染性燃料。 2. VOC 管制污染減量： 由專家學者輔導評鑑、減量協商，促使工廠完成改善。 3. 輔導工廠改採低 VOCs 含量塗裝原料： 對轄內 VOCs 排放量前 20 大工廠清查產品塗料類型，輔導工廠改採低 VOCs 含量塗裝原料。 4. 攜帶型連續自動監測系統： 了解活性炭吸附設備處理效率是否符合許可規範。 5. 針對使用活性炭吸附設備之工廠，執行防制設備效率驗證。 6. 推動加油站自行運用直讀式檢測儀器進行油氣逸散自主檢測。 逸散源 1. 推動營建工地使用市電： 轄內一、二級營建工程承商提前向台電申請市電，減少發電機使用率。 2. 輔導設置監視系統與環保局連線： 針對高陳情、污染大、違規多之營建工地全面監控，與環保局即時監視系統連線。 3. 透過固定式監視系統、移動式監視系統、空拍輔助等方式提高稽查量能，並輔導業者採用高防制效率防塵布。 4. 擬定營建工地緊鄰住宅周界管理辦法，並透過使用強化式防塵布進行阻隔周界圍籬，降低缺失案件。 5. 推動轄區大型工地提早申請臨時用電。 移動源 1. 推動汰舊換新補助方案、建置充電站、電動機車試乘體驗活動及相關文宣等，提升民眾換購低污染車輛之意願。 2. 提供免費搭乘公車、科學園區巡迴巴士及高鐵快捷公車。 淨化區 1. 透過「企業抵稅」及其他有助於彰顯提升企業形象方式，推動企業認養。
苗栗縣	固定源 1. 降低陳情案件地方特色創新做法(推動煙「硝」雲散、徹底掃「黃」)： 強化科管局許可會審機制、NO_x/NO₂納入許可管制、半導體製造業加嚴 NO_x/NO₂排放標準。 前往偏鄉執行戶外定檢服務。 2. 鷹眼熱像儀，杜絕非法： 紅外線空拍攝影機確認異常操作熱源。 3. 降低長春苗栗廠生煤年使用量，鍋爐發電程序增設 SCR、MGGH、WESP 等防制設備。 4. 進入廠區查核前，利用搭載紅外線熱像儀之空拍機至廠區周圍進行巡航拍攝，拍攝後立即與業者確認空氣污染防制設備運作情形。 逸散源 1. 縮時攝影監控、加速查污： 可機動架設連續監控，縮時記錄可改善監控系統之檔案龐大處理問題，減少人工影像辨識作業時間。

續表 2.4.5、各縣市之 PM_{2.5} 管制策略彙整表(5/10)

縣市名	管制策略
苗栗縣	逸散源 建置寺廟室內空氣品質連續自動監測系統輔導設置作業。 2. 於尚在初期工程之建築工地適當位置，設置空氣盒子作為「鼻」、CCTV 當「眼」，進行空品惡化監測及應變處置作為。 移動源 1. 定檢觀念從小做起問券宣導：執行偏遠鄉鎮 25 所中小學問卷宣導活動，提升偏鄉到檢率。 2. 主題性空氣品質維護區：與鄉鎮公所、國際文化觀光局、轄區客運及縣府其他單位合作，管制活動接駁車，提升活動接駁車輛之到檢率。 3. 偏鄉定檢服務讚車輛納管無死角。 4. 辦理大型活動要求各單位使用車輛，需取得柴油車自主管理標章或使用低污染車輛。
臺中市	固定源 1. 電力設施污染管制：推動生煤自治條例及第三次電力業加嚴標準。 2. 高額補助廠助燃油鍋爐改燃氣 3. 強化有害空氣污染物納管：透過許可法規平台，有效管制有害污染物。 4. 固定污染源稽查管理 5. 核定削減台中電廠生煤許可年用量，由2,100萬噸降至1,600萬噸，達到源頭管制降低生煤使用量。 6. 訂定生煤品質規範，每月針對台中電廠使用之生煤進行含硫份抽測。 7. 規定市內共20家生煤堆置場所應依生煤自治條例改為封閉式建築物。 8. 二次加嚴污染物排放標準，使台中電廠更新防制設備，並於107年11月14日將第三次加嚴污染物排放標準送環保署核定。 移動源 1. 加碼補助淘汰老舊車輛 2. 清潔車及大型施工機具加裝濾煙器 3. 烏賊車有效攔獲數-柴油車 4. 跨局處推廣綠色運輸 5. 透過加碼補助獎勵措施及管制雙管齊下，加強二行程機車淘汰率，並辦理定檢站檢驗獎勵計畫，提高機車定檢率。 6. 透過協談請台中電廠及中龍鋼鐵配合門哨通行管制，要求大型柴油車須經環保機關檢測合格始予以通行。 7. 臺中港區執行管制：船舶減速、岸電管制、船舶目判及採油分析含硫量。 8. 推動各項綠色運輸政策，包含公車10公里免費、公共自行車iBike 啟用、補助更換電動巴士降低污染排放。 逸散源 1. 推動市府主辦公共工程加嚴管制 2. 跨局處辦理餐飲油煙輔導管制 3. 輔導民眾改採環保祭祀 4. 輔導農民勿露天燃燒改用益菌肥翻耕 5. 河川高灘地許可 市府工程加嚴規範工程車行路徑及裸露地表防制比例，第一級80%提升至85%、第二級50%提升至80%，要求契約經費編列空染防制設施費用，另訂定督導管理規範，要求大型施工機具排氣不透光率須小於0.6m-1，未符合排放規定，即加裝濾煙器。 6. 跨局處合作，補助稻草剪段、推廣就地翻耕、補助綠肥、宣導不露燃，經查獲露燃行為，則農業局取消公糧補助。於露燃好發期間空拍，用移動式網路攝影機執行稽查進行蒐證。 7. 補助購買益菌肥，並設置外埔綠能園區，兼顧農廢處理及再利用發電。 8. 要求裝卸業者於 108/1起採不揚塵、不落地、密閉式或袋式包裝裝卸。

續表 2.4.5、各縣市之 PM_{2.5} 管制策略彙整表(6/10)

縣市名	管制策略
彰化縣	固定源 1. 「輪」番上陣：制定輪胎製程空氣污染防制規範，透過製程總體檢及許可審查作業，要求符合規範。 2. 去油改氣：透過加嚴粒狀污染物及硫氧化物排放標準，要求公司場所改用潔淨燃料或加裝空氣污染防制設備。 3. 「專」案改善，持續減「載」：針對高潛勢污染源進行燃料查核及稽查檢測。 4. 加嚴鍋爐製程粒狀污染物、硫氧化物及氮氧化物排放標準。 5. 進行戴奧辛稽查檢測作業，針對嚴重超標之業者聯合檢警進行偵辦，並確認燃料及防制設備耗材之來源與進貨量、使用量與庫存量比對。 6. 輔導業者裝設活性碳監測儀錶、集塵灰清運量及暫存量比對，委託專家學者協助定檢監督，以精進戴奧辛管制查核工作。 7. 推動輪胎廠總體檢，提升收集處理效率，並要求設置管末處理設備。 移動源 1. 老舊四行程機車，「污」所遁形：鼓勵民眾淘汰高車齡四行程機車，特編列補助經費，設置補助收件單一窗口，並聯合機車定檢站辦理補助收件。 2. 建立簡化綠能運具補助 SOP 流程及輔導行銷人員補助收件服務。 3. 訂定「移動污染源自主管理計畫」，選擇中科二林園區作為示範，初期要求使用柴油車每年完成自動到檢合格，最終要求廠商自主使用四期以後柴油車或電動車。 逸散源 1. 結合代耕業，農友免燒：結合代耕業於翻耕使用分解腐化菌。
南投縣	移動源 1. 日月潭風景區管理處擬定「日月潭推動電動船行動策略方案」及「日月潭發展電動載客船舶補助要點」政策，提高遊艇業者選擇電動船舶。 2. 一、二期大型柴油車輛淘汰及三型大型柴油車輛加裝濾煙器多元推廣由公部門單位配合車隊推廣。 固定源 1. 於畜牧場周界設置黑網與噴霧、畜舍周遭接設置圍網或圍籬阻隔異味、堆肥舍與固液分離機周遭設置噴霧等。 逸散源 1. 推廣施工機具加裝濾煙器： 於疏濬工程宣導說明會宣導施工機具加裝濾煙器，訂定施工機具加裝濾煙器規定納入公共工程合約內。 2. 結合農政單位宣導減少露天燃燒： 結合民政處輔導屢遭陳情廟宇，以環境教育方式輔導指南宮裝設 AI 智慧機器人，提醒香客祭拜時將紙錢及香支減量。 3. 提升疏濬工程揚塵防制：試辦二階段轉運減少揚塵及道路髒污。 4. 調查疏濬工程自動洗車設備規格及效能審視，辦理分級檢視疏濬工程之洗車台效能。 5. 加強道路洗掃作業，積極推動企業認養道路洗掃。

續表 2.4.5、各縣市之 PM_{2.5} 管制策略彙整表(7/10)

縣市名	管制策略
雲林縣	固定源 - 公告「雲林縣加熱設施排放管道空氣污染物排放標準」草案：全縣燃燒源排放，硫氧化物及氮氧化物比照氣體燃料排放標準(100ppm/150ppm)，粒狀污染物則加嚴至 30 mg/Nm³。 - 簽訂「能源轉型備忘錄」：與麥寮汽電公司簽訂能源轉型備忘錄(106 年 9 月)，訂 2025 年完成燃氣機組建置營運。 - 推動全區均為燃氣鍋爐推動輔導燃油鍋爐汰換或停用。 - 訂定加熱設施排放管道空污排放標準，要求符合天然氣鍋爐之標準。 - 雲林科技工業區全數使用乾淨燃料，107/11 後台塑已停止使用石油焦。 移動源 - 訂定「西螺果菜市場進出車輛管理自治條例」：107 年起禁止未檢測合格之柴油車入場，108 年起柴油拼裝車及二行程機車禁止入場。 - 公告「雲林離島式基礎工業區及雲林科技工業區為空氣品質維護區」：管制柴油車排。 - 麥寮港所有自有船舶全面使用低硫油品(含硫份< 0.5%)。 逸散源 - 工地施工機具加裝濾煙器，且替代方案之施工機具強制加裝濾煙器。 - 符合「特定營建工程空氣汙染防制自治條例」條件之營建工程，應設置綠圍籬或彩繪圍籬，並執行周邊道路認養洗掃作業。 - 依據「濁水溪揚塵防制及改善行動方案」，107~109 年執行： (1)水利：執行水覆蓋、河道整理、疏濬工程。 (2)造林：種植防洪林帶、綠覆蓋、加強造林及撫育管理等造林計畫。 (3)防災應變：執行預警通報、環境監測、民眾宣導及環境清理、緊急應變抑塵措施(施用三仙膠)、稻草捆綁及運送。
嘉義市	- 與企業簽訂「配合意向書」：11 間企業簽訂配合意向書逐步採用第四、五期柴油車輛載運貨物。 逸散源 - 定檢通知 E 化，定檢 APP，設定年度檢測提醒
嘉義縣	固定源 - 簽訂「台化新港廠共同簽署友善及保護環境協定」：汽電共生程序使用生煤含硫份降至 0.84%及自主加嚴 SO_x、NO_x 排放。 - 以超排標準氣體查核 CEMS 糾舉不法：對 CEMS 連線工廠 4 廠 10 根次以超過排放標準之氣體，測試系統是否有異常，杜絕廠商以儀器寫入計算參數功能，將逾限值剷除，規避超標排放之監控。 移動源 - 公告「焚化廠區劃設為空氣品質維護區」：106 年進出柴油車須符合五期排放標準，增加濾煙器補助，化解 1/4 車輛無法符合規定之壓力。 二、四行程機車，經路攔查檢不合格或逾期未定檢均告發，15 日內報廢可免罰。 - 推動檢驗站實行保檢合一制度，先保養維修機車再進行檢測，降低不合格率。 - 替阿里山小火車戴上「防污口罩」：(1)第一階段：採 2 組無線傳輸訊號監控濾煙器並聯處理。(2)第二階段：帶動還在使用老舊柴油引擎的支線火車，編列預算加裝濾煙器。(3)第三階段：針對林管處未安裝之小火車檢測不透光煙度，不合格者要求改善提出因應處理措施(建議裝濾煙器)。 - 試辦台糖農耕機具加裝濾煙器，且設備設有即時接收傳輸監控，確實監控濾煙器操作狀況，確保處於最佳操作狀況。

續表 2.4.5、各縣市之 PM_{2.5} 管制策略彙整表(8/10)

縣市名	管制策略
臺南市	固定源 1. 針對光化污染物之甲苯來源調查與塗裝製程查核 2. 特殊性工業區硫酸監控查緝 3. 針對生煤使用(主要為電力業、磚瓦窯業、紡織業)，藉由效率驗證、許可期限限縮、排放量不增量、許可量限縮管制作法，減少生煤許可量。 4. 為加速鍋爐符合加嚴排放標準，進行源頭油品含硫份抽測、管末管道 PSN 抽測，及加強許可管制力道審查要求業者汰換低污染燃料。 5. 持續稽查抽測監督加油站油氣回收設備，並導入科學儀器 FLIR 輔助確認站內 PV 閥是否損壞，造成持續洩漏情形。 移動源 1. 劃設 12 處柴油車空品淨區，柴油車需符合 5 期標準 2. 劃設 2 處行人徒步區為空氣品質淨區，國華街假日禁止汽車進入；正興區假日禁止全部車輛進入 3. 於南科及國華街商圈設置「空氣品質示範區」，並於示範區內架設車辨系統，分析區域內柴油車及機車的期別與車種使用情形，針對未定檢機車告發處分。 4. 推動企業或車隊簽署汰換或使用四五期柴油車之承諾，並配合受理大型柴油車一二期淘汰與加裝濾煙器補助案件之辦理。 逸散源 1. 稻米製作班與農戶所簽訂的製作合約中納入「不可露天燃燒」條款 2. 專案管制 4 家電弧爐煉鋼業，配合夜間操作加強稽查稽查 3. 農廢不燃燒，活化再利用：加工製作成稻草蓆與生物炭。 4. 推動米廠合約增訂稻草切割掩埋條文，並收購稻草編織成稻草蓆，覆蓋於營建工地。 5. 官田公所合作燒製胡麻桿並運用於田間土壤改良、低污染拜香等用途。 6. 結合官田菱炭(菱角殼炭化製成)研製菱炭香，降低農廢露天及拜香燃燒問題。 7. 跨科室跨局處管制餐飲業，包括與市場處會審夜市清潔計畫；經發局於工商登記時即提供餐飲業調查表供餐飲業自主確認。
高雄市	固定源 1. 要求國營企業承諾減量： 中鋼、台電、中油、台船均表達全力配合市府減排降載政策，同時研擬短、中、長程具體改善規劃，送交環保局。 2. 108 年中實施三度加嚴「電力設施空氣污染物排放標準」以三年為期分二階段再加嚴，屆時不論燃煤、燃油，排放濃度皆須下修至現行標準至少 50 % 以下。 3. 106 年公告「燃燒空氣污染物排放標準」，所有既設設備需再 107 年 7 月起符合加嚴規定，並制定「高雄市燃燒設備改用低污染性氣體燃料補助辦法」。 4. 興達電廠生煤使用許可量，106 年 12 月透過許可管制降至 105 年實際用量，107 年 12 月起，進一步於秋冬季節再減煤至 30%。 5. 設置 CEMS、OP-FTIR、移動式測站、CCTV 監控系統及微型感測器，監督各工業區之污染物排放情形，並加強稽查作業。 7. 對前 20 大廠商進行跨計畫聯合稽查作業，並針對臨海、林園、仁武、大寮四大工業區，發動跨局處擴大稽查。 8. 於臨海及林園等地區執行「特殊性工業區陳情稽查計畫」，指派專人 24 小時駐守工業區，接獲居民陳情時立即抵達現場處理。

續表 2.4.5、各縣市之 PM_{2.5} 管制策略彙整表(9/10)

縣市名	管制策略
高雄市	移動源 1. 哈瑪星生態交通盛典： 辦理環境教育及低碳運輸展覽，體驗先進交通運輸服務。 2. 冬季大眾運輸免費措施： 冬天空品不良期間，實施捷運免費搭乘措施。 3. 電動公車取代柴油公車 4. 建置機車定檢站錄影監視系統，把關定檢站品保品管。 5. 透過港市平台，要求高雄港進行多元污染管制(裝卸作業採行複合式逸散防制措施、油品抽驗、公告為低污染運具示範運行區、透過車辦系統及 CCTV 監視、船舶減速等) 空品 1. 空氣品質影音預報： 提供民眾未來兩日當地之空品預報，展現應變成效。 逸散源 1. 結合無人飛行器空拍作業及衛星航照圖，分析裸露河床面積並劃定河川揚塵潛勢區位，掌握近兩年裸露地改善面積。 2. 補助農民購置破碎機，避免以焚燒方式處理農業廢棄物。 3. 第一殯儀館所有金爐均設置污染防制設備，且館內全面禁止露天燃燒車錢。
屏東縣	固定源 1. 高污染特性鍋爐管制： 縮短核發許可有限期限至二年，高污染特性鍋爐屢遭陳情工廠將於許可審查時要求符合最佳可行控制技術。 1. 建置公私場所應變回報系統，提供各應變工廠進行線上回報及後端查核。 移動源 1. 觀光區空品淨區推動 2. 提升柴油車使用中車輛管制 3. 加強高污染柴油車管制 逸散源 1. 建置農廢物聯網電子資訊系統，規劃 5 條免費清運路線及設置 6 處集中場，協調跨單位處理農業廢棄物。 2. 建置南州農業廢棄物妥善處理示範專區。 3. 推動進階式砂石場防制規範，包含砂石洗選製程設備應以半密閉式包覆、出入口車行路徑應設置完整鋼筋混凝土鋪面。
宜蘭縣	固定源 1. 水泥業加嚴標準推動及實施宜蘭水泥業空氣污染排放標準 2. 訂定「改造成汰換旅宿業醫療社會福利機構學校燃油鍋爐補助辦法」 3. 修訂宜蘭縣許可審查原則，針對許可有效期間內違反空污法、稽查檢測排放濃度 90% 以上、排放量潛勢達 90% 以上及使用廢棄物作為原物料、燃料之高污染潛勢業者，限縮許可年限為 3 年。 4. 要求台泥蘇澳廠生煤室外堆置全數移除。

續表 2.4.5、各縣市之 PM_{2.5} 管制策略彙整表(10/10)

縣市名	管制策略
宜蘭縣	移動源 - 移動源管制： 107 年全數汰除 1-3 期垃圾車。 - 要求利澤焚化爐環境教育參訪行程使用 4-5 期車。 - 提升縣內柴油車主動到檢率 - 以限制通行磁卡方式，將進出蘇澳港、利澤焚化廠、疏濬工程和蘇花改工程之柴油車，要求至環保局柴油車動力計站進行檢測。 - 建置二行程機車地理資訊系統，找出設籍熱點區域，並透過路邊攔檢、通知及派員協助未使用之二行程機車辦理報廢。 逸散源 - 蘇澳港運輸管制： 港勤、海巡等公務船已使用低硫燃油。 - 協調蘇澳港規劃及採行最佳之空氣污染防制設施方案，現已增設自動洗車設備、移動式噴霧機、貨櫃防塵網等控制污染逸散。
花蓮縣	固定源 - 五大廠深度查核取代管末控制： 針對五大廠中的台泥和平廠及中華紙漿廠執行深度查核，包含 24 小時駐廠。 - 直讀式儀器輔助檢測 逸散源 - 移動式無線攝影監測系統遠端 APP 監控： 和仁地區攝影監控以提升灑水頻率。

資料來源：1.107 年度直轄市、縣(市)政府執行空氣品質績效展現成果會議書面資料。
2.107 年地方政府執行空氣品質維護及改善工作成效檢討。
3.107 年度「臺南市空氣品質考核及管理計畫」。

小結

- 一、彙整環保署及環保局自動站 PM_{2.5} 原始值，以瞭解長期趨勢變化特徵發現，各站皆呈現逐年下降趨勢，顯示本市 PM_{2.5} 是全面性的改善。
- 二、彙整國外 PM_{2.5} 化學組成發現臺灣以水溶性離子占比最高，國外部份地區則有碳組成占比較高情形，如美國紐約皇后區，碳組成占比近年上升，原因於 SO₂ 與 NO_x 排放的大量管制與減排，因此陰陽離子含量下降。阿根廷工業區採樣結果，該工業區有大量玻璃產業、石膏產業以及輪胎製造業，PM_{2.5} 以碳組成占最大宗。
- 三、與國際上 PM_{2.5} 管制策略相比，臺灣的固定污染源管制措施與國際相當，而移動污染源管制措施推動上則較緩慢，且作法皆採取和緩措施，如加嚴出廠車輛排放標準，鼓勵汰換老舊車輛……等。對於手段強烈作法如徵收擁車稅、塞車稅、限制車輛成長率、限制營業小客車車齡……等措施則不敢輕易舉揭推動。106 年 12 月行政院宣布朝 119 年(西元 2030 年)公務車輛和公車全面電動化，124 年新售機車全面電動化、129 年新售汽車全面電動化，首次在移動污染源管制上提出願景。在船舶污染管制則著重在碼頭貨物裝卸設備電氣化比例以及推動船舶岸電系統，而飛機污染管制至今仍未規劃減量措施。
- 四、縣市 PM_{2.5} 管制特色措施之亮點，交通源以臺北市訂定「臺北市宜居永續城市環境管理自治條例(草案)」最具特色。臺北市針對交通污染的改善，在 106 年 7 月實施之 1 線(新生南路至松江路段)、2 站(臺北及市府轉運站)、6 處(臺北 101、故宮、陽明山、中正紀念堂、國父紀念館、忠烈祠)為低排放區，107 年底將其低污染排放示範區擴大為「三橫三縱三站六處」，禁止老舊柴油車及二行程機車進入，最引人注目。
- 五、固定源 PM_{2.5} 管制特色以嘉義市的超排標準氣體查核 CEMS 糾舉不法最吸睛，對 CEMS 連線工廠以超過排放標準之氣體，測試系統是否有異常設定，杜絕廠商以儀器寫入計算參數功能，將逾限值剷除，規避超標排放之監控。
- 六、逸散源管制以南投縣訂定施工機具加裝濾煙器規定並要求納入公共工程合約內，最特別，另外，臺南市實施稻米契作班與農戶所簽訂的契作合約中納入「不可露天燃燒」條款亦具特色。

第三章 空氣中 PM_{2.5} 手動採樣分析

— 章節摘要 —

空氣中PM_{2.5}化學組成是各種污染源貢獻的綜合結果，管制應用上可以對PM_{2.5}占比高的物種追溯貢獻源並加以管制。長期PM_{2.5}化學組成觀測效益在於透過組成的比例變化，評估特定管制措施對PM_{2.5}減量是否具成效。

臺中市環保局自設有 3 座(后里、大里、東大)PM_{2.5}手動成分監測站，定期採樣並分析其化學組成。圖3.1為PM_{2.5}手動採樣分析工作之架構圖，工作包含採樣器維護及PM_{2.5}採樣分析。

后里、大里自105年起設站監測，該 2 站將納入歷史資料一併分析。東大站107年設置，為配合科技部/環保署之「台中地區細懸浮微粒氣膠物化特性時空變化與能見度劣化之關係」計畫(以下簡稱台中能見度計畫)。

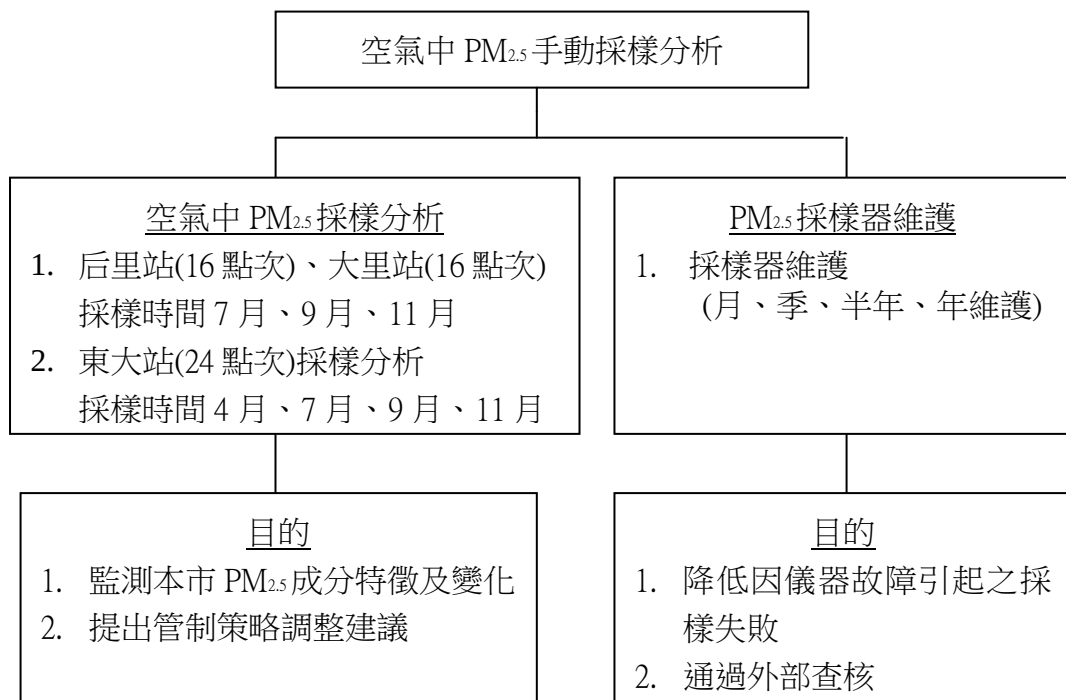


圖 3.1、PM_{2.5} 手動採樣分析工作架構圖

3.1、執行方法及流程

PM_{2.5} 手動採樣器為 Thermo 2000i (圖 3.1.1)，規格及性能符合環檢所 NIEA A205.11C 要求。Thermo 2000i 手動採樣器採樣原理是以 16.7LPM 定流量抽引空氣進入進氣口，經 PM_{2.5} 旋風分徑器分離，氣動粒徑小於或等於 2.5 微米(μm)的微粒 (PM_{2.5})被收集於濾紙上。收集之 PM_{2.5} 微粒淨重，除以採氣總體積即為 PM_{2.5} 質量濃度。

採樣頻率為每 6 天一次，每次採樣 24 小時(凌晨 0 時至 24 時)。採樣濾紙為聚四氟乙烯(或鐵氟龍)，符合環檢所公告之規範。相關採樣設備零件耗材，包含：濾紙、墊片、流量計、壓力計及溫度計等皆由本團隊負責，表 3.1.1 為 PM_{2.5} 採樣採用之儀器規範及採樣資訊規範。圖 3.1.2 為 PM_{2.5} 手動採樣分析工作執行流程。



圖 3.1.1、Thermo 2000i 手動採樣器採樣設備

表 3.1.1、本計畫 PM_{2.5} 採樣之設備規格與採樣資訊

項目	設備規格與內容
採樣設備	PM _{2.5} 手動採樣器
型號	Thermo 2000i
抽氣量	16.7 LPM $\pm$ 5%
微粒分徑器	Very Sharp Cut Cyclone (VSCC)
濾紙材質	聚四氟乙烯(或鐵氟龍)
濾紙大小/孔徑	46.2 $\pm$ 0.25 mm / 2 μm
單次採樣時間	凌晨 0 時至 24 時，24 小時連續採樣

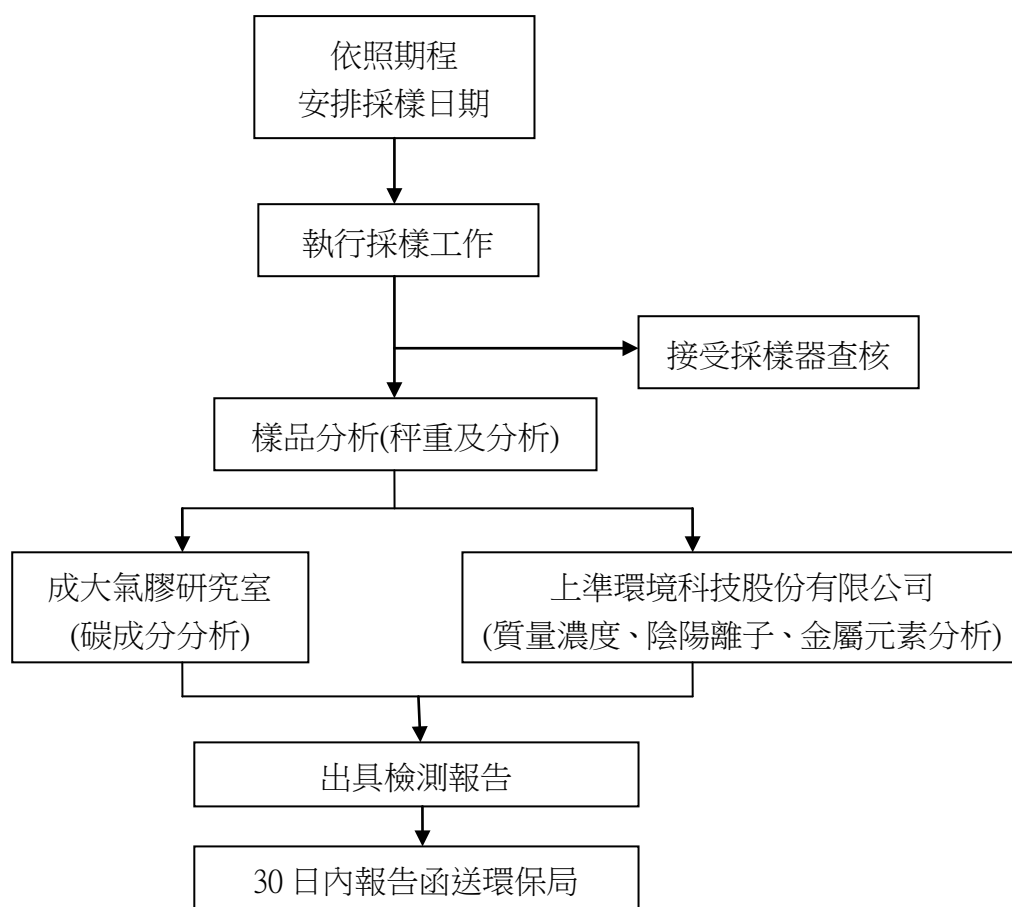


圖 3.1.2、PM_{2.5} 手動採樣分析工作執行流程圖

3.2、採樣地點及時程

臺中市環保局自設之后里、大里及東大 PM_{2.5} 手動成分站位置如圖 3.2.1 所示。后里測站位於后里區內埔國小，大里測站位於大里區公所，東大測站位於東海大學鄰近臺灣大道處，表 3.2.1 為 PM_{2.5} 手動成分站與鄰近 PM_{2.5} 自動站的距離，作為後續分析手動站與自動站測值的參考。

臺中市環保局設置后里、大里及東大 PM_{2.5} 手動成分站(簡稱手動站)位置如圖 3.2.1 所示，三站分別位於后里區內埔國民小學、大里區公所、以及東海大學鄰近臺灣大道旁。

採樣日期安排在 4 月、7 月、9 月、10 月、11 月，無季節規律性之原因，是因為採樣時間尚需配合兩個計畫需求。(備註：臺中地區能見度與細懸浮微粒氣膠物化特性時空變化之關係、108 年臺中市重點污染源對能見度之影響評估計畫)

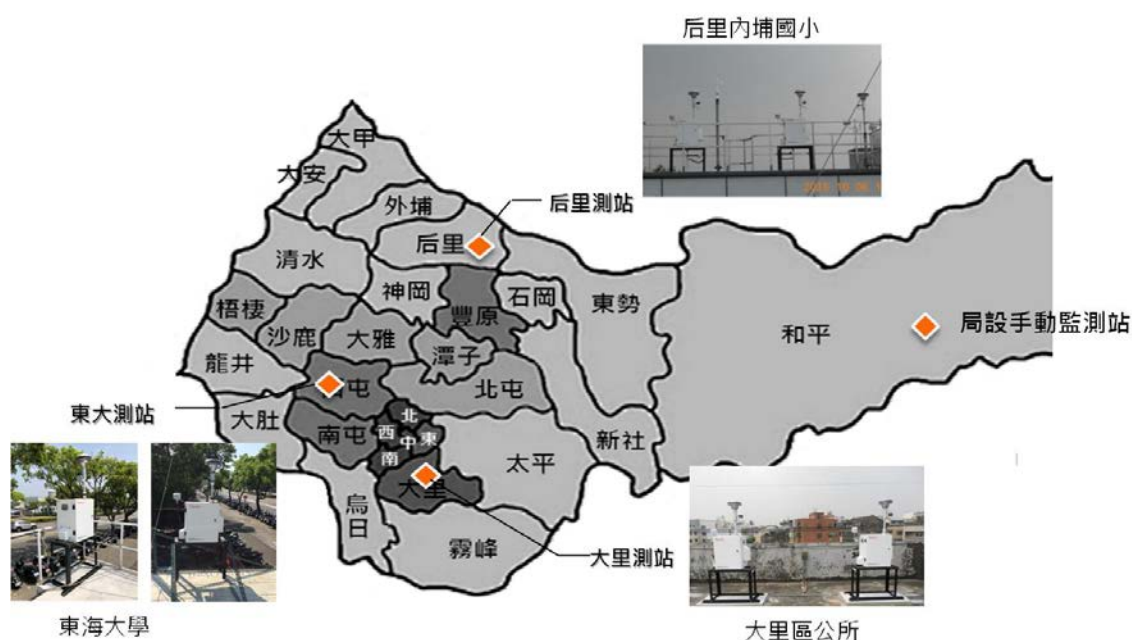


圖 3.2.1、PM_{2.5} 手動站位置圖

表 3.2.1、PM_{2.5} 手動採樣站位址說明

測站	設置點	採樣口 離地高度	鄰近空品自動站(車)	與自動站 距離
后里	內埔國民小學	10m	環保局 后里測站	0.05 Km
東大	東海大學	3m	環保局 東大交通監測車	0.03 Km
大里	大里區公所	12m	環保署 大里測站	0.05 Km

3.3、採樣分析作業

3.3.1、濾紙處理

採樣前，濾紙置無塵室調理濾紙 24 小時以上，進行精秤，秤重後保存於無塵室中。採樣前再移置濾紙閘或適當容器中供採樣人員取用。濾紙秤重環境溫度維持在 20~23℃，24 小時溫度變化 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ；相對溼度介於 30~40%，24 小時相對濕度變化 $\pm 5\%$ 。濾紙處理及秤重作業流程詳圖 3.3.1 及圖 3.3.2。取得濾紙 PM_{2.5} 微粒淨重後，除以 24 小時採樣總體積即得到 PM_{2.5} 質量濃度。

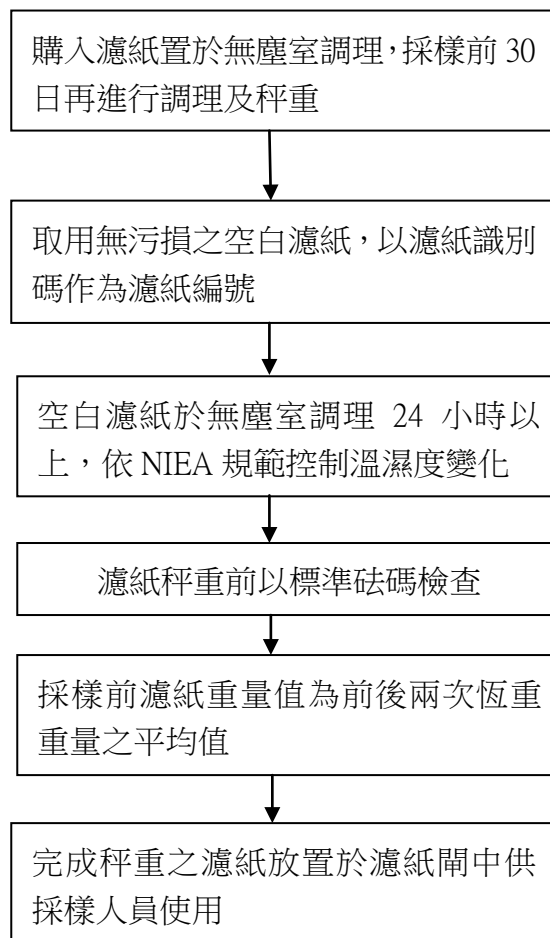


圖 3.3.1、濾紙前處理作業

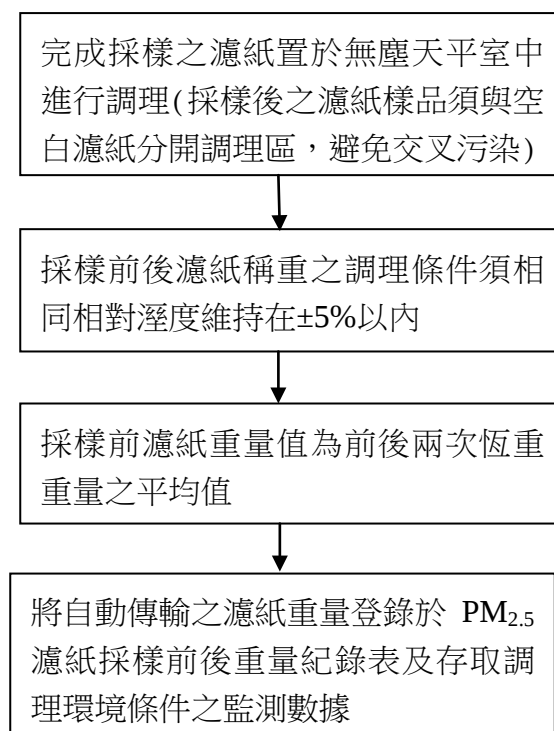


圖 3.3.2、濾紙後處理作業

3.3.2、採樣作業

依據環保署環境檢驗所(以下簡稱環檢所)公告之「空氣中懸浮微粒(PM_{2.5})檢測方法—手動採樣法(NIEA A205.11C)」採樣，採樣流程說明如下表 3.3.1 所示。

表 3.3.1、採樣作業流程

流程	說明
外部測漏	用抽氣馬達將採樣器抽部分真空，並在濾紙匣下游維持 2 分鐘負壓> 75 cmH ₂ O，前後差值< 5 cmH ₂ O。
內部測漏	用抽氣馬達將採樣器抽部分真空，並在濾紙匣下游維持 2 分鐘負壓> 75 cmH ₂ O，前後差值< 5 cmH ₂ O。
採樣前檢查大氣壓力及溫度	每次採樣前後比對壓力計及標準溫度計，壓力差超過 10 mmHg 或溫差超過 2°C，則需要校正。(壓力計及標準溫度計須經校正並可追溯至國家或國際標準)
多點流量校正	1. 流量標準件每季送南區品保室進行校正。 2. 採樣器確認通過測漏試驗，執行採樣器之測漏。 3. 採樣器之多點流量校正每季執行 1 次。 4. 以 16.7 (L/min) 10%內的三個不同之流量進行校正，每個流量測量三次，取其平均值。
流量查核	1. 每次採樣前後均進行採樣流量之查核。 2. 若採樣器流量差超過 16.7 (L/min) 4%，須重新執行多點流量校正及後續查核；若採樣器流量差超過 16.7 (L/min) 2%，須調整採樣器流量至 16.7 L/min。 3. 完成流量校正或查核後，移除流量標準件、重新裝上採樣器進氣口，以乾淨濾紙量測採樣器流量。
執行現場空白	1. 將現場空白濾紙裝進採樣器但不進行採樣，取出空白濾紙重新稱重作為現場空白。 2. 若採樣後較採樣前之稱重值差超過 30 μg 時，表示過程中遭受污染，應檢視排除。
執行現場採樣	1. 將濾紙自樣品保存盒(濾紙匣)取出後，目視濾紙表面是否破損，並裝入採樣器中 2. 確認採樣器顯示之時間、日期與採樣流率 16.7 L/min 無誤，採樣時間達 24 小時後停止採樣(23~25 小時)。 3. 採樣器應進入等待狀態，時間到開始進行採樣，採樣後回收樣品，於 12 小時內將濾紙置於保護容器中保存，並於 24 小時內送回調理室進行處理。

3.3.3、品保品管

為確保數據準確度與可信度，依 NIEA A205.11C 規範，記錄採樣時作業情況，包含氣候條件(溫度、大氣壓力)及儀器情況執行儀器內外部測漏、採樣前後流量查核及多點流量校正等。此外，濾紙空白樣品之分析，確保採樣期間樣品之品保品管，包含：每 10 個樣本至少 1 個現場空白(Field blank)樣品、每 10 個樣品至少 1 個實驗室空白(Laboratory blank)樣品、每 10 個樣品至少 1 個運送空白(Trip blank)樣品及濾紙批號空白(Lot blank)。

採樣結束後，濾紙自採樣器取出至調理之前必須被保存在低於 4℃ 以下，濾紙須在採樣結束時起 30 天內完成調理及秤重，若全程保存於 4~25℃ 中，則濾紙樣品必須在採樣結束時起 10 天內完成調理及秤重，各階段濾紙保存溫度要求彙整如表 3.3.2 所示。

取樣後濾紙連同濾紙匣放入夾鏈袋中，並貼上樣品封條及標籤，再將樣品置於低溫行動冰箱中，以專人專車或快遞之方式將樣品儘速運送回檢驗室，濾紙之容許保存時間為表 3.3.3 所示。

表 3.3.2、濾紙保存溫度之要求

項目	溫度要求
採樣中與採樣後尚未自採樣器取出濾紙前	不可超過環境溫度5℃且持續超過30分鐘
濾紙自採樣器取出到開始調理之間	避免暴露於溫度超過25℃之環境
採樣結束起30日內完成濾紙調理和秤重	全程保存於4℃以下

表 3.3.3、濾紙之保存時間

項目	開始時間	結束時間	容許保存時間
濾紙初重	初重日	採樣日	≤30天
濾紙回收	採樣結束	濾紙回收	≤96小時
濾紙運送	濾紙回收完成	濾紙置入調理室	<24小時
保存於4~25℃之樣品	採樣完成	末重日期	≤10天

因檢測過程仍可能有許多原因造成誤差，包括干擾效應、儀器異常、人為因素等，如表 3.3.4 所示，實驗室內建立品保品管程序，以期把這些誤差降到最低。

表 3.3.4、現場品管

項目	執行時機	允收規範
校正標準件		
流量傳遞標準件	每季一次	國家實驗室比對±1%
現場溫度計	每6個月一次	解析度0.1℃ 準確度±2℃
現場大氣壓力計	每次使用前	解析度5 mmHg 準確度±10 mmHg
校正/確認		
多點流量校正	1.每季一次 2.採樣器經機電維護或運送過程後 3.採樣流量之查證超出規範	執行範圍應包含3個不同流量且須平均分布於16.7 L/min之±10%以內
流量查核	採樣前後	量測值差<16.7 L/min之±4%
外部測漏	執行校正、查核、採樣前	洩漏率< 80 mL/min
內部測漏	執行校正、查核、採樣前	洩漏率< 80 mL/min
採樣器環境溫度	採樣前後	溫度差異<±2℃
採樣器大氣壓力量測系統	採樣前後	壓力差異<±10 mmHg
採樣器時間	採樣前	1分鐘/月
空白		
現場空白	每個測站皆執行1個現場空白	採樣前後差值<±30 μg
精密度確認		
採集的樣品	每站次	CV<2%

3.3.4、質量及成分檢測

一、質量濃度分析

PM_{2.5} 質量分析由合作團隊上準環境科技股份有限公司(以下簡稱上準公司)執行，採用環檢所 NIEA A205.11C 方法。

上準公司實驗室具有等級 1000(Class 1000)的潔淨無塵室，放置六位數天平(METTLER/XP26) (圖 3.3.3)，無塵室內控制溫溼度變化，溫度標準需介於 20~23℃，24 小時內平均溫度變化在±2℃。溼度標準介於 30~40%，24 小時內平均溼度變化在±5%。

六位數天平定期進行維護與校正，濾紙前、後秤重及每 10 個樣品均需以可追溯至國家或國際標準之 100 mg 及 200 mg 標準砝碼進行天平準確度檢查，其測值與標準砝碼之報告不得超過 3 μg。每批次或每十個樣品至少應執行一個樣品重複秤重，兩次重量差值應小於或等於 10 μg。

採樣前濾紙要先進行外觀審視，確認濾紙無破損、污染，再將每張濾紙編號以予識別。濾紙採樣前後皆須予以 24 小時調理。採樣前濾紙需重複調理及精稱至前後兩次相差小於或等於 5 μg 視為恆重，兩次重量值之平均值為採樣前濾紙重量值，濾紙前後兩次稱重前之調理時間至少 12 小時。

採樣後濾紙後重樣品應先進行調理與稱重，於無塵室內進行調理 24 小時後進行精稱，重複調理及精稱步驟至前後兩重量值相差小於或等於 15 μg 視為恆重，濾紙前後兩次稱重前之調理時間至少 12 小時，兩次重量值之平均值為採樣前濾紙重量值。

稱重結果與採樣期間之流量進行 PM_{2.5} 質量濃度運算式如下：

$$PM_{2.5} = (W_f - W_i) / V_a$$

式中：PM_{2.5} = PM_{2.5} 質量濃度(μg/m³)

W_f = 採樣後濾紙樣品重量(μg)

W_i = 採樣前濾紙樣品重量(μg)

V_a = 採樣總體積(m³)



圖 3.3.3、質量分析用之無塵室及六位數天平

二、PM_{2.5} 碳成分分析

PM_{2.5} 碳成分分析由國立成功大學環境工程學系氣膠研究室協助，採 TOR 分析方法。欲分析濾紙上 PM_{2.5} 的碳成分，採樣濾紙需為石英材質，不適合使用鐵氟龍材質的濾紙，因鐵氟龍濾紙為含碳化合物，影響分析結果。

石英濾紙因背景組成成分較為複雜，故採樣前濾紙須以高溫爐 900°C 烘烤 2 小時，去除濾紙上有機碳化合物之干擾，降低濾紙含碳之空白值。碳成分分析之採樣設備規格與資訊詳表 3.3.5。分析頻率每 12 天一次，每次採樣時間為 24 小時 (凌晨 0 時至 24 時連續採樣)。

表 3.3.5、碳成分分析之採樣設備規格與採樣資訊

項目	設備規格與內容
採樣設備	PM _{2.5} 手動採樣器
型號	Thermo 2000i
抽氣量	16.7 LPM $\pm$ 5%
微粒分徑器	Very Sharp Cut Cyclone (VSCC)
濾紙材質	石英濾紙
濾紙大小/孔徑	46.2 $\pm$ 0.25 mm / 2 μ m
單次採樣時間	指定日凌晨 0 時至 24 時，24 小時連續採樣

常用碳成分分析法有元素分析法(Elemental Analyzer, EA)與熱光反射法(Thermal Optical Reflectance, TOR)。文獻指出，兩種方法的分析原理不同，對 OC

及 EC 定量雖具差異，但在季節分布規律相同(吳琳等，2010)。EA 方法分析得到的 OC 與 TC 濃度較 TOR 高，約為 TOR 的 1.52 倍及 1.15 倍，而碳成分分析較理想的方法是熱分解光學反射法(TOR) (Birch, 1996)。

EA 則基於熱氧化分解法，分別測得總碳(TC)及元素碳(EC)再以兩者相減獲得有機碳(OC)含量。作法是將部分樣本濾紙送入設定 340°C 高溫爐加熱 100 分鐘，分析所得即為 EC 含量，樣本直接進行分析則為 TC 濃度，兩者間相減則為 OC 濃度 (Lin, 2002；Countess, 1990；Guo et al., 2016)。

TOR 分析原理是在無氧的純氮氣環境中逐步(溫度梯度)加熱，有機碳/元素碳分析儀如圖 3.3.4。將 0.53 cm²的濾紙上微粒碳轉化為二氧化碳(CO₂)；然後再將樣品在含 2% 氧氣的氮氣環境下逐步(溫度梯度)加熱，此時樣品中的元素碳釋放出來。上述各個溫度梯度下產生的 CO₂，經氧化爐(MnO₂) 催化，於還原環境下轉化為可通過火焰離子化檢測器 (FID) 檢測的甲烷(CH₄)。

樣品在加熱過程中，部分有機碳可發生裂解現象而形成黑碳，使濾膜變黑，導致圖譜上的有機碳和元素碳峰不易區分。因此，在測量過程中，採用 633 nm 的氦-氖激光監測濾紙的反射光強度變化，明確指示出元素碳氧化的起始點。有機碳裂解過程中形成的碳化物稱之為裂解碳 (OPC)。當一個樣品完成測試時，同時獲得有機碳和元素碳的 8 個組分 (OC1、OC2、OC3、OC4、EC1、EC2、EC3、OPC)。

分析過程總碳(Total Carbon)被分成七個部份(詳表 3.3.6)，每階段的碳成分為溫度與氧化環境的函數，在純 He 環境下，溫度從 25 °C 升溫至 140 °C (OC1)，141 °C~280 °C (OC2)，281 °C~480 °C (OC3)，以及 481 °C~580 °C (OC4)，OC1 和 OC2 所花的時間不少於 80 秒，不大於 580 秒，(EC1 則不大於 850 秒)，當此條件到達 OC4 部份時，接著進入 10% O₂/90% He 的環境下，峰值分別在 580 °C、740 °C、840 °C 下積分，直到每一個條件下，FID 的反應回到基線或零斜率。分析儀中光學部分主要的功能是校正熱解時的 OC，避免被歸類為 EC 而導致 OC 低估。

此方法採用波長 632.8 nm 的氦氖雷射作為光源，分析過程中，雷射光垂直照射在樣品濾紙上，並且持續監測自濾紙反射的光強度，光反射程度主要是由元素碳和吸光性質的有機物質所主導，熱解發生時光反射降低，而吸光的碳被燒掉時則增加，假設每單位質量熱解產生碳的消光，與每單位質量去除碳的消光效率相同，則經由偵測反射程度回到起始值的時間可分辨因 OC 熱解增加的 EC 濃度。

熱光反射法(TOR)為美國環保署 Interagency Monitoring of Protected Visual Environment (IMPROVE)監測網使用，是國內外最推廣的碳成分分析法(Birch, 1996；Cao et al., 2003；Chou et al., 2010；Ammerlaan et al., 2015)。



圖 3.3.4、有機碳/元素碳分析儀

表 3.3.6、碳分析儀分階加熱及量測說明

成分	溫度	導入氣體
OC1	~140°C	100% He
OC2	141~280°C	
OC3	281~480°C	
OC4	481~580°C	
EC1 /OPC	580°C	90% He、10%O ₂
EC2	581~740°C	
EC3	741~840°C	

三、陰陽離子及金屬成分分析

陰陽離子及金屬成分分析將由合作團隊上準公司分析。依據環檢所公告之 NIEA A451.10C 方法進行，空氣中粒狀污染物由適當之採樣器收集於採集用濾紙，使用試劑水加熱回流萃取陰離子後，成為水溶液樣品，水樣中之待測陰離子，隨碳酸鈉－碳酸氫鈉移動相溶液經一系列之低容薄層離子交換層析管時，因與樹脂間親和力不同而分離。分離後之待測陰離子再流經一高容量之陽離子交換樹脂之抑制裝置，被轉換成具高導電度酸之形態，而移動相溶液則轉換成低導電度之碳酸。經轉換後之待測陰離子再流經電導度偵測器，即可依其滯留時間及波峰面積、高度或感應強度予以定性及定量。

利用離子層析儀(Ion Chromatography; IC)(圖 3.3.5)分析陰陽離子成份，成份包括 F⁻、Cl⁻、NO₂⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻、Na⁺、NH₄⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺等離子。分析原理是利

用各離子在固定相及移動相間之平衡常數不同，且對於移動相之親和力不同，因此使得不同離子在管柱中的滯留時間不同，而達到分離之目的。



圖 3.3.5、陰陽離子層析儀

金屬元素分析依據環檢所公告之 NIEA A305.11C 方法進行，空氣中粒狀污染物以 PM_{2.5} 採樣器，將空氣粒狀物採集於濾紙上，經微波消化或熱酸萃取或熱酸萃取前處理程序前處理後，使樣品溶解或消化後，再利用感應耦合電漿質譜儀 (Inductively coupled plasma-mass spectrometry, ICP-MS)(圖 3.3.6)檢測空氣中粒狀污染物之微量元素含量。分析原理是將分析樣品以 5000~10000°K 之高溫原子化予以激發，處於激發態之原子將以不同型式之能量返回基態，偵測各金屬元素發出不同波長之光線強度，以做定量分析。

感應耦和電漿質譜儀(Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry, ICP-MS)主要區分為三大部分，分別為樣品導入系統、感應耦和電漿離子源及質譜儀。運用 1500 瓦產生氬氣電漿焰炬(Torch),在 5000~10000K 的高溫電漿中，分解、游離樣本，成為正離子，作為質譜儀之離子源，並抽入真空系統，經由質量分析器及離子偵測器，由質荷比與離子數進行定性與定量。

濾紙以熱酸消化法進行前處理，濾紙中金屬成分萃取時，是將濾紙放入燒杯中，先添加 500 mL 去離子水，再分別加入 55.5 mL HNO₃以及 166.5 mL HCl(HCl 為試藥級，37%；HNO₃為試藥級，70%)，最後以去離子水定量至 1000 mL。該溶液置於加熱板加熱萃取 30 分鐘，以約 10 mL 試劑水於燒杯淋洗剩餘之濾紙殘留物，靜置冷卻 30 分鐘，以飛碟濾頭過濾萃取液，將過濾後的萃取液裝盛至 15 mL 試劑管，準備進行感應耦和電漿質譜儀分析。

ICP-MS 以霧化器將樣品溶液先經霧化處理後，再配合載送氣流輸送，將所形成含待分析元素之氣膠輸送至電漿中。樣品受熱後，經由一系列去溶劑、分解、原子化/離子化等反應，將位於電漿中之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，繼而配合質量分析器將各特定質荷比之離子予以解析後，再以電子倍增器加以檢測，來進行多元素之定性及定量。

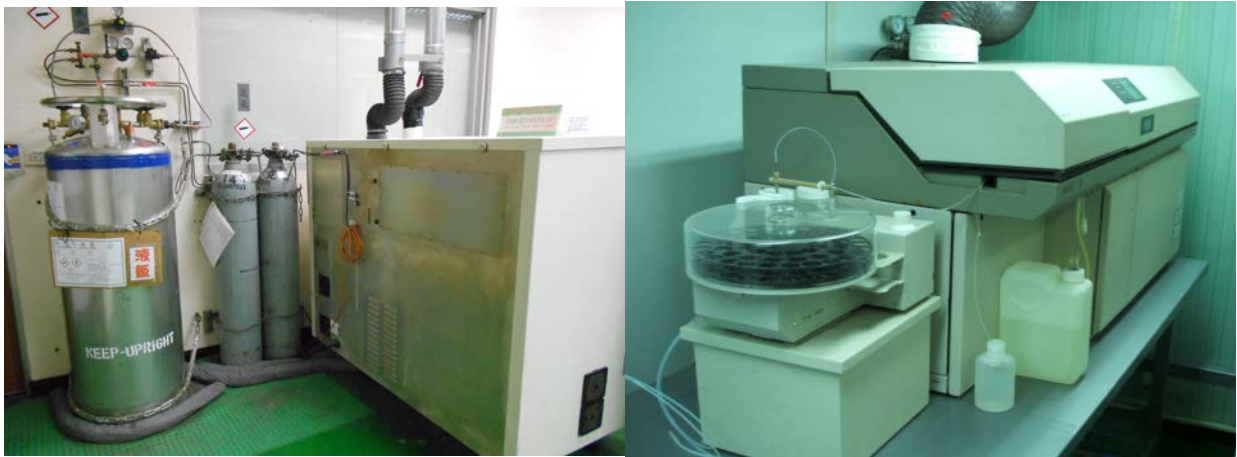


圖 3.3.6、感應耦合電漿光學放射光譜儀

3.4、檢測結果

3.4.1、手動 PM_{2.5} 質量濃度分析

本市目前共有 5 座 PM_{2.5} 手動站，3 座(后里站、大里站及東大站)為環保局設置，2 座(豐原站、忠明站)為環保署設置。環保局手動站具質量及成分濃度分析，環保署僅質量濃度分析。

一、與環保署手動站比較

本計畫之東大、后里及大里站採樣結果，與環保署豐原及忠明手動站比較，可瞭解不同行政區 PM_{2.5} 的差異，由圖 3.4.1 可知不同測站 PM_{2.5} 趨勢相當，僅大里站偶有高於豐原站及忠明站的情況，分析各站相關係數(R²)在 0.88 以上，可見趨勢一致性良好。

表 3.4.1 為 4~11 月採樣結果與氣象資訊，108/4/18 臺灣受高壓迴流天氣影響，不利污染擴散，PM_{2.5} 偏高；108/4/21 日降雨多，PM_{2.5} 相對較低。平均而言，5 處的手動採樣結果，以東大站及豐原站 17.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 最低，后里站 18.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 濃度最高。

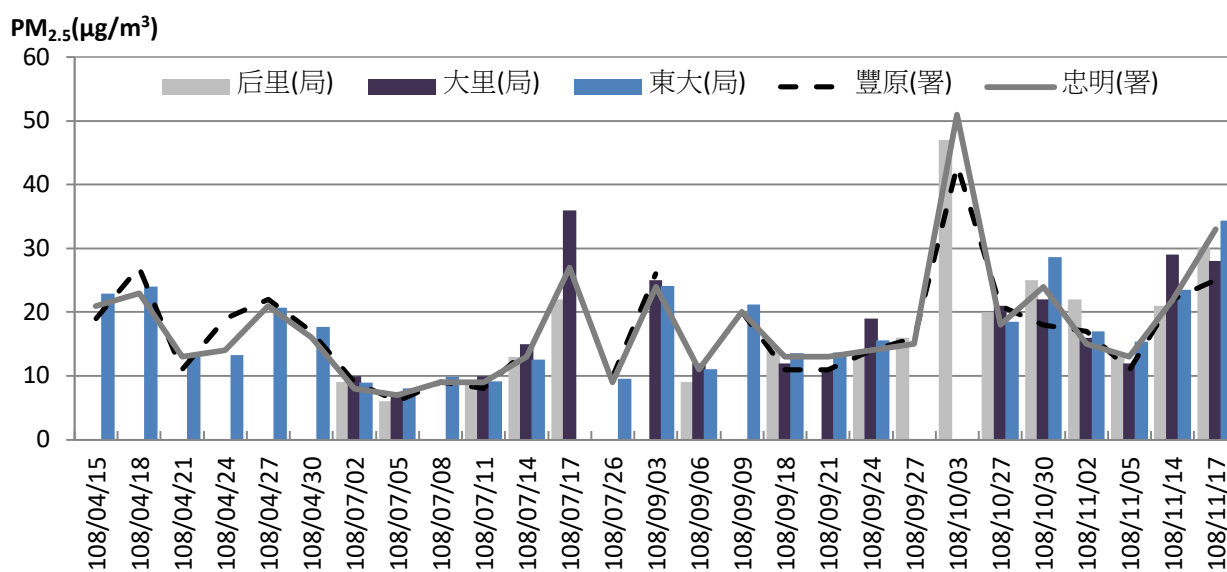


圖 3.4.1、108 年臺中市 PM_{2.5} 手動測值結果

表 3.4.1、臺中市歷次 PM_{2.5} 手動採樣結果及相關資訊

類別 日期	PM _{2.5} (μg/m ³)					降雨 (mm)	天氣類型
	豐原(署)	忠明(署)	本計畫執行				
			東大 (局)	后里(局)	大里(局)		
108/04/15	19	21	23	-	-	1.5	高壓出海
108/04/18	27	23	24	-	-	0	高壓迴流
108/04/21	11	13	14	-	-	33	東海低壓
108/04/24	19	14	13	-	-	0	東海低壓
108/04/27	22	21	21	-	-	0	高壓出海
108/04/30	17	16	18	-	-	0	臺灣低壓
108/07/02	9	8	9	9	<u>10</u>	0	南海低壓
108/07/05	6	7	<u>8</u>	6	7	6.5	台灣低壓
108/07/08	9	9	10	-	-	T	台灣低壓
108/07/11	8	9	9	9	<u>10</u>	9.5	台灣低壓
108/07/14	14	13	13	13	<u>15</u>	T	台灣低壓
108/07/17	31	27	-	22	36	0	熱低壓外圍環流
108/07/26	10	9	10	-	-	T	熱低壓外圍環流
108/09/03	26	24	24	-	25	T	熱低壓外圍環流
108/09/06	-	11	11	9	<u>12</u>	4.5	熱低壓外圍環流
108/09/09	20	20	21	-	-	0	東海低壓
108/09/18	11	13	<u>14</u>	<u>14</u>	12	0	熱低壓外圍環流
108/09/21	11	13	14	-	11	T	颱風外圍環流
108/09/24	14	14	16	14	<u>19</u>	0	東北季風
108/09/27	16	15	-	16	-	0	西南氣流
108/10/03	43	51	-	47	-	0	高壓出海
108/10/27	<u>21</u>	18	19	20	<u>21</u>	0	高壓出海
108/10/30	18	24	<u>29</u>	25	22	0	東北季風
108/11/02	17	15	17	<u>22</u>	16	0	偏東風
108/11/05	11	13	<u>15</u>	13	12	0	東北季風
108/11/14	22	22	24	21	<u>29</u>	0	東北季風
108/11/17	25	33	<u>34</u>	30	28	0	高壓迴流

備註:1.” - “表示無監測 2. 降雨資料採台中氣象站資料，T 表示微量(小於 0.1mm)

二、手動測值與自動測值比較

PM_{2.5} 自動監測儀對濕度控制較差，含水量偏高是導致自動測值高於手動測值的主因，環保署為使自動測值與手動測值趨於一致，參考美國環保署作法，找出各自動監測站與手動監測站數據的線性迴歸式(關係式)，將自動測值(原始值)以線性迴歸式調整，產生自動測值(校正值)。透過手動測值與自動測值(校正值)比較，瞭解兩者間一致性如何，作為調校 PM_{2.5} 自動測值的參考。

圖 3.4.2 為本市 PM_{2.5} 手動測值與自動測值(校正值)比較，自動測值(校正值)仍高於手動測值，意味本市 PM_{2.5} 自動測值仍高於環境實際濃度。

有鑑於自動測值與手動測值存在系統性的差異，美國視 PM_{2.5} 人工採樣測定為標準方法(FRM)，並訂定一法定評量標準提供給 PM_{2.5} 之自動監測儀器認證，亦即在一定的條件下，自動監測儀與 FRM 比測後，符合認證規範者，視為 FEM(等效方法)機型。

環保署將已於 108 年 10 月 27 日將監測網全面更新為 FEM 機型，自動測值趨近手動測值，惟局之 6 座自動測站 PM_{2.5} 監測儀器早期購買，非 FEM 機型，自動測值(原始值)仍需持續線性校正。

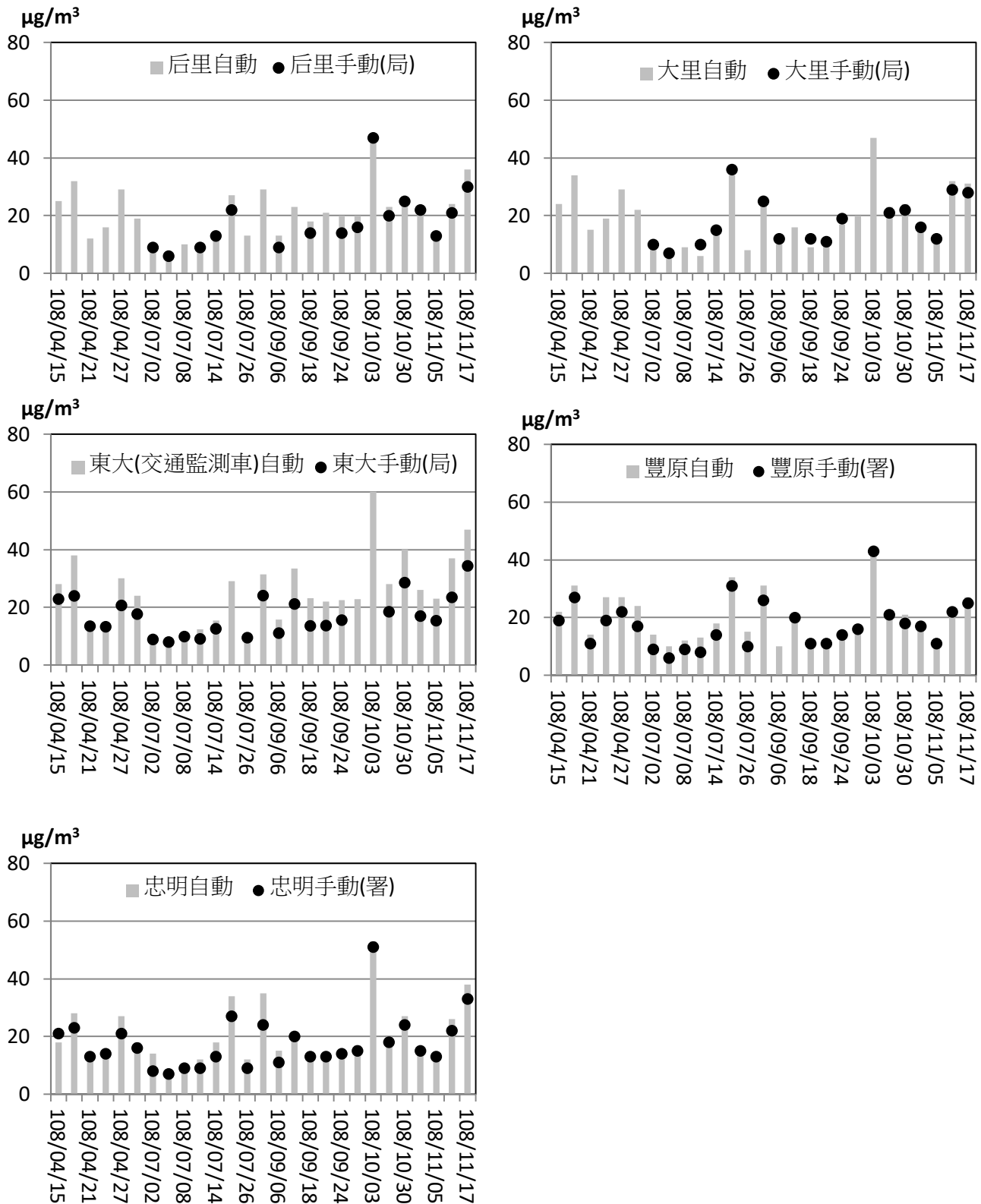


圖 3.4.2、108 年臺中市 PM_{2.5} 手動測值與自動測值濃度趨勢

3.4.2、PM_{2.5}化學成分分析

表 3.4.2 彙整歷次 PM_{2.5} 成分比例分析結果，總解析率介於 58.6%~109.7%。水溶性離子(硫酸根、硝酸根、銨根等之總合)、碳組成(元素碳、有機碳之總和)、金屬成分占比平均為 42.9%、29.3%、5.8%，PM_{2.5} 化學成分以水溶性離子為主，次為碳組成。

表 3.4.2、108 年 PM_{2.5} 成分析率一覽表(1/2)

日期	測站	PM _{2.5} 濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	水溶性離子(%)	金屬成分(%)	碳組成(%)	總解析率(%)
108/04/15	東大	23	36.77	2.66	26.38	65.80
108/04/18	東大	24	28.96	3.24	31.88	64.08
108/04/21	東大	14	38.30	1.78	35.48	75.56
108/04/24	東大	13	78.95	3.68	25.26	107.89
108/04/27	東大	21	44.35	2.71	30.87	77.92
108/04/30	東大	18	55.31	2.70	23.73	81.74
108/07/02	后里	9	29.44	8.18	30.33	67.96
	大里	10	35.60	6.80	37.80	80.20
	東大	9	46.40	4.60	33.93	84.93
108/07/05	后里	6	49.00	11.67	36.00	96.67
	大里	7	27.29	9.73	42.86	79.87
	東大	8	41.13	3.54	31.25	75.91
108/07/08	東大	10	56.67	2.45	26.57	85.69
108/07/11	后里	9	32.22	9.90	33.22	75.34
	大里	10	27.40	7.44	44.10	78.94
	東大	9	48.24	2.81	41.65	92.70
108/07/14	后里	13	49.46	9.48	20.92	79.86
	大里	15	38.80	8.13	30.53	77.46
	東大	13	58.57	0.13	19.76	78.47
108/07/17	后里	22	36.59	6.92	31.50	75.01
	大里	36	42.00	5.09	31.67	78.76
108/07/26	東大	10	67.82	4.05	35.75	107.62
108/09/03	大里	25	50.84	2.00	25.20	78.04
	東大	24	48.30	1.73	27.39	77.41
108/09/06	后里	9	66.78	9.88	32.22	108.88
	大里	12	28.00	7.54	40.33	75.88
	東大	11	62.34	2.38	44.95	109.68
108/09/09	東大	21	64.91	1.19	25.42	91.52
108/09/18	后里	14	43.29	8.07	12.21	63.57
	大里	12	46.08	5.64	19.42	71.14
	東大	14	53.53	3.26	12.13	68.92
108/09/21	大里	11	32.82	6.15	36.45	75.42
	東大	14	40.88	2.74	30.29	73.91
108/09/24	后里	14	42.07	13.20	22.71	77.98
	大里	19	27.89	5.74	34.37	68.00
	東大	16	50.96	3.71	29.04	83.71
108/09/27	后里	16	27.69	10.50	30.56	68.75
108/10/03	后里	47	47.02	3.55	20.06	70.64

續表 3.4.2、108 年 PM_{2.5} 成分解析率一覽表(2/2)

日期	測站	PM _{2.5} 濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	水溶性離子(%)	金屬成分(%)	碳組成(%)	總解析率(%)
108/10/27	后里	20	35.25	13.45	24.70	73.40
	大里	21	37.19	4.86	37.48	79.53
	東大	19	51.73	0.85	27.84	80.42
108/10/30	后里	25	27.56	11.47	19.56	58.59
	大里	22	26.05	6.47	27.00	59.51
	東大	29	35.49	5.79	22.06	63.35
108/11/02	后里	22	36.91	18.96	23.18	79.05
	大里	16	33.75	6.44	42.75	82.94
	東大	17	43.35	2.86	33.94	80.16
108/11/05	后里	13	52.69	9.41	18.85	80.94
	大里	12	35.92	5.64	24.42	65.97
	東大	15	44.55	2.66	20.32	67.53
108/11/14	后里	21	43.90	6.14	23.48	73.53
	大里	29	33.21	4.83	30.72	68.76
	東大	24	48.21	3.35	26.51	78.08
108/11/17	后里	30	34.87	7.59	28.07	70.53
	大里	28	37.82	4.30	35.07	77.19
	東大	34	43.52	1.72	30.99	76.22
平均值			42.94	5.75	29.31	77.99

圖 3.4.3 為三處手動站歷次採樣 PM_{2.5} 化學成分百分比圖，表 3.4.3 詳細摘列數據，三站皆以有機碳及硫酸根占比最高，有機碳含量最高時可達 37.1%，硫酸根占 34.4%亦然，硝酸根 10.6%、銨根 13.4%、金屬 13.2%及元素碳 17.6%。

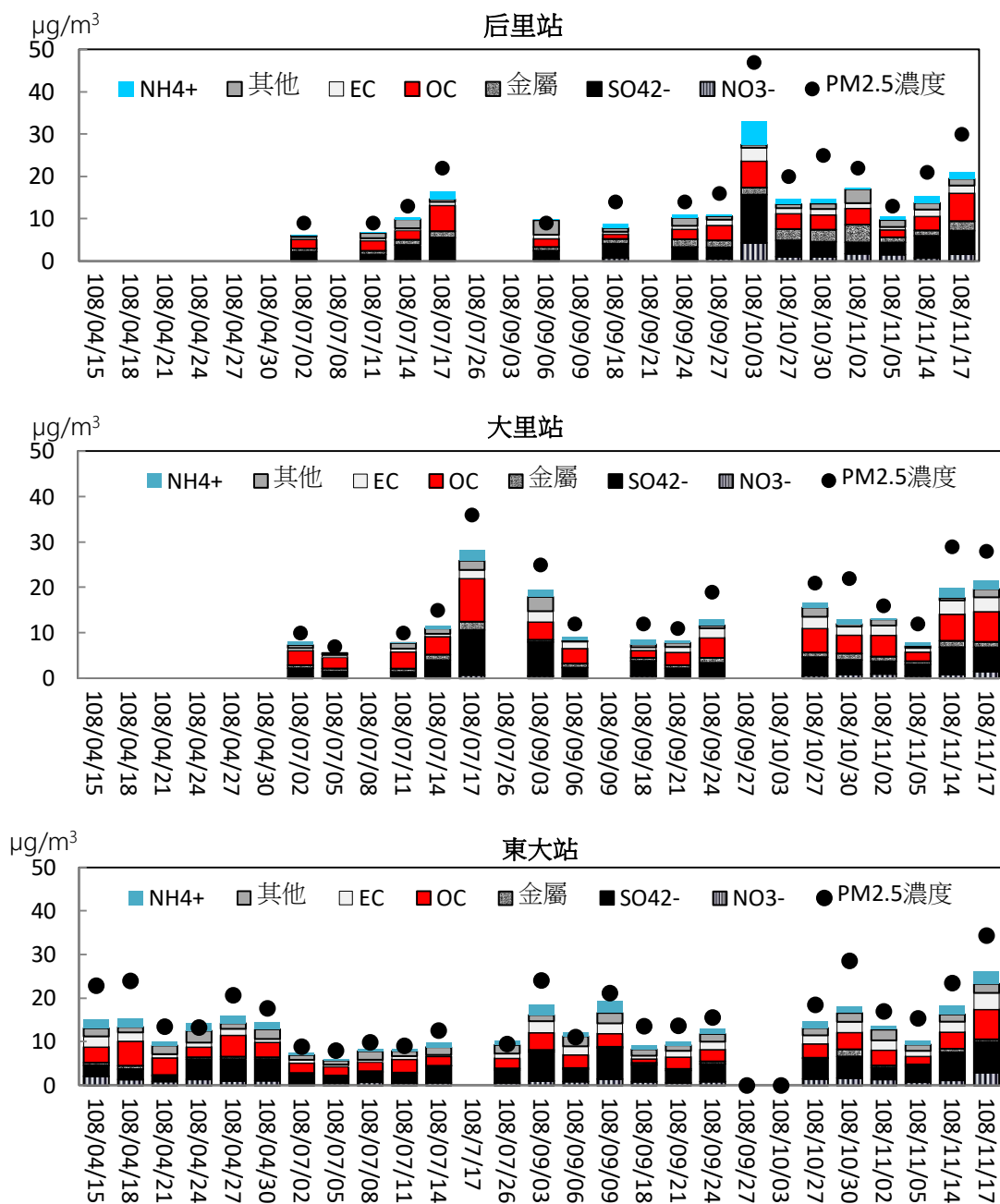


圖 3.4.3、PM_{2.5} 手動成分站歷次成分分析結果

表 3.4.3、PM_{2.5} 手動站主要化學成分占比及統計(1/2)

日期	測站	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	金屬	OC	EC	A/C 比	OC/EC 比
108/04/15	東大	9.20%	11%	8.40%	2.70%	15.80%	10.60%	0.59	1.49
108/04/18	東大	5.80%	9.90%	8.10%	3.20%	23.50%	8.40%	0.53	2.8
108/04/21	東大	6.90%	9.10%	7.50%	1.80%	29.30%	6.20%	0.68	4.73
108/04/24	東大	10.60%	34.40%	13.40%	3.70%	17.70%	7.60%	1.15	2.33
108/04/27	東大	5.10%	24.10%	8.90%	2.70%	23.80%	7.10%	0.89	3.35
108/04/30	東大	6.30%	27.60%	8.80%	2.70%	19.40%	4.30%	1.18	4.51
108/07/02	后里	3.22%	21.67%	0.89%	8.18%	24.33%	6.00%	2.22	4.06
	大里	2.90%	19.50%	6.60%	6.80%	32.20%	5.60%	0.73	5.75
	東大	3.80%	23.80%	6.30%	4.60%	25.70%	8.20%	1.04	3.14
108/07/05	后里	5.50%	19.33%	4.17%	11.67%	27.33%	8.67%	0.55	3.15
	大里	6.60%	14.90%	0.00%	9.70%	35.70%	7.10%	1.38	5.00
	東大	6.50%	18.50%	4.10%	3.50%	25.60%	5.60%	1.07	4.56
108/07/08	東大	7.80%	22.80%	6.20%	2.50%	21.50%	5.10%	0.97	4.26
108/07/11	后里	2.33%	14.78%	1.33%	9.90%	26.89%	6.33%	0.55	4.25
	大里	2.10%	12.00%	0.80%	7.40%	37.10%	7.00%	0.37	5.30
	東大	5.80%	23.70%	5.70%	2.80%	33.60%	8.00%	0.95	4.19
108/07/14	后里	3.54%	25.85%	3.54%	9.48%	17.23%	3.69%	0.63	4.67
	大里	3.30%	23.50%	4.10%	8.10%	26.50%	4.10%	0.93	6.51
	東大	5.00%	30.80%	8.50%	0.10%	17.20%	2.50%	0.99	6.78
108/07/17	后里	0.95%	24.32%	8.32%	6.92%	27.77%	3.73%	0.84	7.45
	大里	2.10%	27.60%	6.70%	5.10%	26.40%	5.30%	1.03	5.03
108/07/26	東大	6.10%	31.10%	9.70%	4.00%	24.50%	11.30%	0.99	2.18
108/09/03	大里	2.20%	29.90%	6.20%	2.00%	15.80%	9.40%	0.67	1.67
	東大	4.40%	27.80%	10.2%	1.70%	16.50%	10.90%	0.93	1.51
108/09/06	后里	5.11%	22.11%	1.33%	9.88%	21.89%	10.33%	0.28	2.12
	大里	2.10%	17.70%	6.60%	7.50%	27.80%	12.60%	0.90	2.21
	東大	8.10%	25.60%	7.70%	2.40%	27.40%	17.60%	0.91	1.56
108/09/09	東大	6.90%	33.70%	13.00%	1.20%	14.40%	11.00%	1.06	1.30
108/09/18	后里	5.36%	24.00%	7.71%	8.07%	8.21%	4.00%	0.88	2.05
	大里	4.50%	27.70%	8.70%	5.60%	13.60%	5.80%	0.90	2.33
	東大	6.30%	28.50%	7.70%	3.30%	6.80%	5.30%	1.11	1.29
108/09/21	大里	2.60%	17.70%	3.70%	6.10%	25.80%	10.60%	0.65	2.43
	東大	4.50%	20.60%	6.40%	2.70%	19.90%	10.40%	0.87	1.92
108/09/24	后里	2.64%	21.07%	4.71%	13.20%	17.00%	5.71%	0.53	2.98
	大里	1.50%	16.60%	6.50%	5.70%	23.30%	11.10%	0.75	2.11
	東大	5.70%	26.00%	7.80%	3.70%	17.40%	11.60%	1.00	1.50
108/09/27	后里	3.88%	16.31%	2.31%	10.50%	22.19%	8.38%	1.06	2.65
108/10/03	后里	9.19%	24.26%	12.00%	3.55%	13.36%	6.70%	0.90	1.99
108/10/27	后里	5.20%	19.30%	6.00%	13.45%	18.30%	6.40%	0.96	2.86
	大里	3.0%	19.4%	5.1%	4.9%	25.3%	12.2%	0.59	2.07
	東大	8.1%	25.4%	9.0%	0.9%	17.4%	10.5%	1.08	1.65
108/10/30	后里	4.16%	14.12%	4.16%	11.47%	14.04%	5.52%	0.92	2.54
	大里	4.0%	14.5%	4.9%	6.5%	18.5%	8.5%	1.05	2.16
	東大	5.9%	17.3%	5.1%	5.8%	13.5%	8.5%	1.06	1.59

續表 3.4.3、PM_{2.5}手動站主要化學成分占比及統計(2/2)

日期	測站	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	金屬	OC	EC	A/C 比	OC/EC 比
108/11/02	后里	7.91%	12.27%	1.68%	18.96%	17.64%	5.55%	1.29	3.18
	大里	6.3%	17.4%	1.6%	6.4%	29.4%	13.3%	0.93	2.21
	東大	8.2%	15.9%	4.7%	2.9%	20.8%	13.1%	1.24	1.59
108/11/05	后里	11.85%	22.00%	6.08%	9.41%	13.77%	5.08%	1.02	2.71
	大里	4.5%	21.4%	6.6%	5.6%	16.9%	7.5%	1.04	2.26
	東大	5.1%	23.6%	6.5%	2.7%	12.2%	8.1%	1.16	1.50
108/11/14	后里	3.57%	24.90%	7.90%	6.14%	15.81%	7.67%	0.72	2.06
	大里	3.0%	20.8%	7.6%	4.8%	20.2%	10.5%	0.96	1.92
	東大	5.1%	27.4%	8.6%	3.4%	16.3%	10.2%	1.02	1.61
108/11/17	后里	5.53%	18.40%	5.53%	7.59%	22.07%	6.00%	0.97	3.68
	大里	5.5%	19.0%	6.8%	4.3%	23.8%	11.3%	0.72	2.12
	東大	8.5%	20.5%	8.4%	1.7%	20.0%	11.0%	1.01	1.81
最大值		11.85%	34.40%	13.40%	18.96%	37.10%	17.60%	2.22	7.45
最小值		0.95%	9.10%	0%	0.10%	6.80%	2.50%	0.28	1.29

備註：統計時間為 108/04/15~108/11/17

根據 Cesari et al. (2018)的研究表示，受柴油車排放影響較大，其 OC/EC 之比值介於 0.3 至 1；汽油車排放 OC/EC 之比值通常為 1.4 至 5；生物質燃燒排放 OC/EC 之比值介於 5 和 12 之間。東大站位在臺灣大道旁，歷次採樣之 OC/EC 比值介於 1.29~6.78 之間，僅有一次 OC/EC 比值為 6.78(>5)，可見東大受汽油車貢獻大於柴油車以及生質燃燒。后里站 OC/EC 比值介於 1.99~7.45 之間，可見主要來自汽油車貢獻，僅有一次 OC/EC 比值為 7.45(>5)，因此后里受汽油車的排放影響明顯。大里站 OC/EC 比值 1.67~6.51 之間，且比值>5 次數較多，大里 PM_{2.5} 有來自汽油車與生質燃燒的貢獻。

圖 3.4.4 為三站統計結果，有機碳含量介於 19.2~24.9%、硫酸根 20.0~23.3%、銨根 4.9~7.9%、元素碳 6.2~8.9%，硝酸根占比 3.5~6.5%，金屬成分占比 2.8~9.9%。本市在 PM_{2.5} 減量作為上，仍應朝硫酸根及有機碳減量努力。

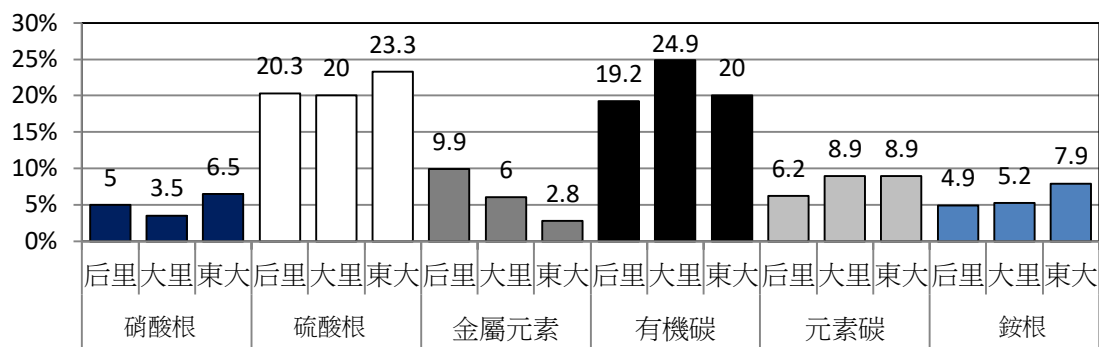


圖 3.4.4、108 年 PM_{2.5} 手動站主要化學成分占比統計

表 3.4.4 為近年臺中市 PM_{2.5} 成分調查專案結果彙整，各專案依其研究目的，使用不同採樣器或不同分析方法，解析本市 PM_{2.5} 化學成分結果雖略具差異，但硫酸根占比最高，有機碳次之是共同點。值得注意的是，環保署專案計畫(李崇德等人，2018；李崇德等人，2016)於專案調查中指出，以 PM_{2.5} 標準方法採樣時，因使用單張濾紙分析，未矯正該濾紙微粒揮發及空氣中揮發性有機物干擾的結果，水溶性離子可能在 NH₄⁺ 濃度低估 11~37%，NO₃⁻ 濃度低估 21~91%，Cl⁻ 濃度低估 41~90%。經補償後，仍可歸納出本市 PM_{2.5} 以硫酸根及有機碳含量最高。

表 3.4.4、近年臺中市 PM_{2.5}成分調查報告之結果彙整表

採樣地點	項目	占比(%)	資料來源
本計畫 (后里、大里、東大)	SO ₄ ²⁻	20~23	本報告(2019)
	NO ₃ ⁻	3~7	
	NH ₄ ⁺	5~8	
	OC	19~24	
	EC	6~9	
環保署固定站 (忠明)	SO ₄ ²⁻	18~28	李崇德等人(2018)
	NO ₃ ⁻	8~18	
	NH ₄ ⁺	9~13	
	OC	16~22	
	EC	4~7	
環保局固定站 (后里、大里、東大)	SO ₄ ²⁻	25~29	程萬里等人(2018)
	NO ₃ ⁻	5~7	
	NH ₄ ⁺	9~10	
	OC	18~23	
	EC	5~10	
環保局固定站 (梧棲、后里、西屯、大里)	SO ₄ ²⁻	26~27	程萬里等人(2017)
	NO ₃ ⁻	3~4	
	NH ₄ ⁺	2~14	
	OC	18~29	
	EC	4~6	
環保署固定站 (忠明)	SO ₄ ²⁻	20~31	李崇德等人(2016)
	NO ₃ ⁻	6~11	
	NH ₄ ⁺	9~12	
	OC	17~25	
	EC	6~8	
計畫自設移動站 (港區、后里區、 西屯區、大雅區) (設點 41 處)	SO ₄ ²⁻	14~31	郭崇義等人(2016)
	NO ₃ ⁻	1~14	
	NH ₄ ⁺	2~15	
	OC	9~20	
	EC	4~10	
環保署固定站(忠明、豐原)	SO ₄ ²⁻	28~29	吳義林等人(2015)
	NO ₃ ⁻	10~12	
	NH ₄ ⁺	15~16	

備註: 1. 李崇德等人(2016)(2018)計畫、吳義林等人(2015)、程萬里等人(2017)等人以標準方法之採樣器採樣，碳組成以熱光學反射法分析。

2. 郭崇義等人(2017)之計畫以高量採樣器採樣，碳組成以元素分析儀分析。

3. 李崇德等人(2018)之計畫，數據統計之季節為 2017 年至 2018 年秋季截止。

PM_{2.5} 化學成分中的金屬元素常被使用作為污染源的追蹤指標，例如海水飛沫為 Na 及 Mg (Rahn, 1999)；塵土為 Ca、Fe、Al、Si、K、Mg、Sr、Mn (Rahn, 1999)；燃煤為 As、Cr、Cu、Hg、Sb、Se、Sn、Sr、Pb (Querol et al., 2007)；車輛廢氣為 Zn、Cu、Pb (Salvador et al., 2004)，鋼鐵業為 As、Cu、Cr、Fe、Mn、Ni、Pb、Zn (Tian et al., 2010)；垃圾焚化為 As、Cd、Pb、Sb、Zn (Christian et al., 2010)；道路揚塵為 Ba、Cd、Sn、Cr、Pb、Zn、Sb 等 (Hjortenkrans et al., 2007; Reff et al., 2009)。但不同污染源的指標金屬元素可能彼此重疊，因此，利用元素間的濃度比值可進一步解析污染來源。

依據美國、印度、中國及歐洲等研究指出由金屬成分比例，可約略推估受到何種污染源的影響較大；受柴油車影響時，銅/鋅值為 0.07-0.22、道路揚塵為 0.18~1.93、營建工程為 44.83(Matawle et al., 2015)，表 3.4.5 統計結果可知，三站 PM_{2.5} 受到道路揚塵及柴油車排放影響較明顯；另外，依據中國天津及山東研究指出，鋅/鉛比值亦可作為指標，燃煤鍋爐為 1.9、燃油鍋爐為 1.2、道路揚塵 4.18、柴油車為 0.01-0.61 (Zhang et al., 2018; Watson et al., 2001)，此指標則說明三站受到道路揚塵影響較明顯，可見大里、后里及東大 PM_{2.5} 改善除管制柴油車很重要之外，也需增加對道路揚塵的管制。

由表 3.4.6 統計來看測站間的成分特徵，表中已灰格表示成分占比最高的物種，可知后里及東大站以硫酸根占比最大的頻率最高，次為有機碳，大里站則以有機碳占比最大的頻率最高，其次才是硫酸根，說明大里的 PM_{2.5} 主要貢獻源與后里及東大不大相同，在管制措施的實施上也應該因地制宜，調整比重，大里應該加強有機碳管制的力道。

長期資料統計顯示，后里站、大里站以及東大站硫酸根占比在夏季(6~8 月)偏高，硝酸根占比最低。夏季硝酸根含量低與硝酸根微粒高溫易解離特性有關。有機碳占比在夏季較高，與高溫加速有機碳反應有關，PM_{2.5} 組成季節變統計詳圖 3.4.7~圖 3.4.9。

表 3.4.5、后里、大里及東大站歷次 PM_{2.5} 金屬元素成分濃度一覽表(1/2)

日期	測站	銅(Cu)	鉛(Pb)	鋅(Zn)	銅/鋅比	鋅/鉛比
		單位：μg/m ³				
108/04/15	東大	0.02	0.01	0.06	0.33	6.00
108/04/18	東大	0.02	0.02	0.09	0.22	4.50
108/04/21	東大	0.01	0.008	0.03	0.33	3.75
108/04/24	東大	0.02	0.02	0.10	0.20	5.00
108/04/27	東大	0.02	0.01	0.06	0.33	6.00
108/04/30	東大	0.009	0.02	0.11	0.08	5.50
108/07/02	東大	0.008	0.13	0.04	0.19	0.32
108/07/05	東大	0.008	0.008	0.04	0.18	5.50
108/07/08	東大	0.008	0.008	0.04	0.22	4.50
108/07/11	東大	0.008	0.008	0.04	0.19	5.25
108/07/14	東大	0.008	0.008	0.01	1.00	1.00
108/07/26	東大	0.008	0.008	0.04	0.23	4.38
108/09/03	東大	0.010	0.008	0.072	0.14	9.00
108/09/06	東大	0.008	0.008	0.041	0.20	5.13
108/09/09	東大	0.010	0.009	0.044	0.23	4.89
108/09/18	東大	0.008	0.008	0.024	0.33	3.00
108/09/21	東大	0.008	0.01	0.05	0.17	4.60
108/09/24	東大	0.008	0.011	0.045	0.18	4.09
108/10/27	東大	0.003	ND	0.05	0.06	/
108/10/30	東大	0.003	0.001	0.044	0.07	44.00
108/11/02	東大	0.004	0.008	0.049	0.08	6.13
108/11/05	東大	0.008	0.008	0.02	0.40	2.50
108/11/14	東大	0.01	0.012	0.054	0.19	4.50
108/11/17	東大	0.012	0.013	0.067	0.18	5.15
東大統計		0.003~0.02	0.001~0.13	0.008~0.11	0.06~1.00	0.32~44.00
108/07/02	后里	ND	0.018	0.077	/	4.28
108/07/05	后里	ND	0.0083	0.036	/	4.34
108/07/11	后里	ND	0.0095	0.06	/	6.32
108/07/14	后里	ND	0.0083	0.033	/	3.98
108/07/17	后里	0.017	0.01	0.2	0.09	20
108/09/06	后里	ND	0.0083	0.041	/	4.94
108/09/18	后里	ND	0.0084	0.042	/	5
108/09/24	后里	0.033	0.014	0.047	0.70	3.36
108/09/27	后里	0.021	0.017	0.2	0.11	11.76
108/10/03	后里	0.017	0.033	0.2	0.09	6.06
108/10/27	后里	0.04	0.062	0.5	0.08	8.06
108/10/30	后里	0.023	0.054	0.4	0.06	7.41
108/11/02	后里	0.056	0.092	0.9	0.06	9.78
108/11/05	后里	0.017	0.019	0.1	0.17	5.26
108/11/14	后里	ND	0.013	0.062	/	4.77
108/11/17	后里	0.035	0.07	0.5	0.07	7.14
后里統計		0.017~0.056	0.0083~0.092	0.033~0.9	0.06~0.7	3.36~20

續表 3.4.5、后里、大里及東大站歷次 PM_{2.5} 金屬元素成分濃度一覽表(2/2)

日期	測站	銅(Cu)	鉛(Pb)	鋅(Zn)	銅/鋅比	鋅/鉛比
		單位：μg/m ³				
108/07/02	大里	ND	ND	0.037	/	/
108/07/05	大里	ND	0.0083	0.033	/	3.98
108/07/11	大里	ND	0.0083	0.04	/	4.82
108/07/14	大里	ND	0.0083	0.033	/	3.98
108/07/17	大里	0.026	0.011	0.1	0.26	9.09
108/09/03	大里	ND	ND	0.033	/	/
108/09/06	大里	ND	0.0083	0.055	/	6.63
108/09/18	大里	ND	0.0083	0.033	/	3.98
108/09/21	大里	ND	0.0094	0.047	/	5
108/09/24	大里	0.017	0.015	0.082	0.21	5.47
108/10/27	大里	0.017	0.014	0.07	0.24	5.00
108/10/30	大里	ND	0.013	0.067	/	5.15
108/11/02	大里	0.017	0.0086	0.07	0.24	8.14
108/11/05	大里	ND	0.0083	0.043	/	5.18
108/11/14	大里	0.017	0.017	0.085	0.20	5.00
108/11/17	大里	0.017	0.019	0.077	0.22	4.05
大里統計		0.017~0.026	0.0083~0.019	0.033~0.1	0.20~0.26	3.98~9.09

表 3.4.6、105 年~108 年手動站 PM_{2.5} 化學成分一覽表

測站	季節 (月份)	年度	N	質量濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	金屬	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	OC	EC
					%						
后里	春(3~5)	105	13	28.3±14.1	4.32	20.89	12.1	10.31	1.02	17.49	3.49
		106	6	24.7±10.3	5.26	25.93	8.26	9.81	1.42	17.69	3.20
		107	7	21.7±7.7	6.1	25.60	6.54	8.92	0.73	18.15	4.71
	夏(6~8)	105	12	15.0±5.8	4.99	25.51	3.60	8.11	0.40	22.4	4.79
		106	6	14.5±3.0	5.31	28.72	1.70	8.20	3.05	26.59	4.80
		107	4	14.0±5.0	6.28	30.44	2.38	10.04	-	24.68	5.26
		108	1	22.0	6.92	24.32	0.95	8.32	-	27.77	3.73
	秋(9~11)	105	13	22.1±16.4	5.75	22.01	7.78	8.09	1.16	23.27	4.90
		106	7	19.1±6.4	8.45	25.66	4.43	6.23	2.23	19.6	5.40
		107	4	22.3±16.5	11.05	22.79	6.57	8.20	-	17.9	4.12
		108	7	24.0±12.0	9.15	19.77	6.45	6.26	0.84	15.99	6.01
	冬(12~2)	105	9	27.7±17.9	10.25	19.34	8.73	8.61	1.70	16.8	3.94
		106	4	16.0±7.5	13.94	24.25	5.17	8.81	1.34	17.42	4.21
		107				無採樣					
大里	春(3~5)	105	9	27.6±16.0	3.33	19.27	11.16	8.65	1.36	23.55	5.94
		106	6	22.3±8.9	3.88	27.14	5.57	9.78	1.20	24.59	4.91
		107	7	24.3±10.7	4.50	28.30	5.80	9.30	0.80	22.40	5.50
	夏(6~8)	105	13	14.8±4.4	4.62	23.71	2.53	7.57	1.08	29.89	6.25
		106	7	14.7±4.8	3.38	24.07	1.22	7.22	1.98	33.98	7.37
		107	3	15.3±5.7	5.30	31.10	2.40	8.90	-	27.00	4.70
		108	2	25.5±14.8	6.60	25.55	2.70	5.40	-	26.45	4.70
	秋(9~11)	105	11	27.9±17.7	3.78	21.69	6.93	7.24	0.76	30.19	7.13
		106	6	21.3±7.8	5.05	26.74	3.37	8.55	1.40	26.03	6.19
		107	3	32.3±22.9	4.10	20.90	10.60	10.00	-	22.70	6.60
		108	7	17.4±6.43	6.01	19.44	3.70	6.07	-	21.39	9.90
	冬(12~2)	105	7	33.0±17.9	6.56	16.70	10.02	8.79	0.67	25.04	6.74
		106	3	36.3±18.1	15.03	16.73	4.44	6.69	1.52	23.53	6.47
		107				無採樣					
東大	春(3~5)	107	5	24.2±11.1	5.58	26.80	7.10	9.80	1.30	23.10	8.80
		108	3	18.7±4.6	3.00	28.70	7.30	10.40	0.80	20.30	6.30
	夏(6~8)	107	5	17.6±8.6	5.30	29.20	4.70	100	1.40	24.80	8.00
		108	6	9.67±1.57	2.90	25.10	5.80	6.70	2.20	24.70	6.80
	秋(9~11)	107	9	24.0±16.8	4.90	17.40	8.90	8.20	0.60	17.40	9.30
		108	12	19.73±6.89	2.70	24.36	6.40	7.93	1.30	16.88	10.68
	冬(12~2)	107				無採樣					

說明：1. 后里站、大里站 105 年設站，該 2 站納入歷史資料分析。東大站為 107 年新設測點，僅 107~108 年採樣結果呈現。

2. 因計畫發包到決標在每年 12 月至 2 月期間，計畫空窗期無法執行採樣。

備註：1. 本表為 A/C 值介於 0.75~1.25 之數據統計

2. 灰格為該季成分占比最高者

3. -ND 未檢出

由圖 3.4.5 可看到 107/3/15 日及 107/11/7 日硝酸鹽(NO₃⁻)占比偏高，三站皆達到 PM_{2.5} 事件日(>35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)等級；PM_{2.5} 高於 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 時，NO₃⁻占比大多會高於 10%，因此在 PM_{2.5} 事件日發生前夕，也應增加對氮氧化物的排放管制。

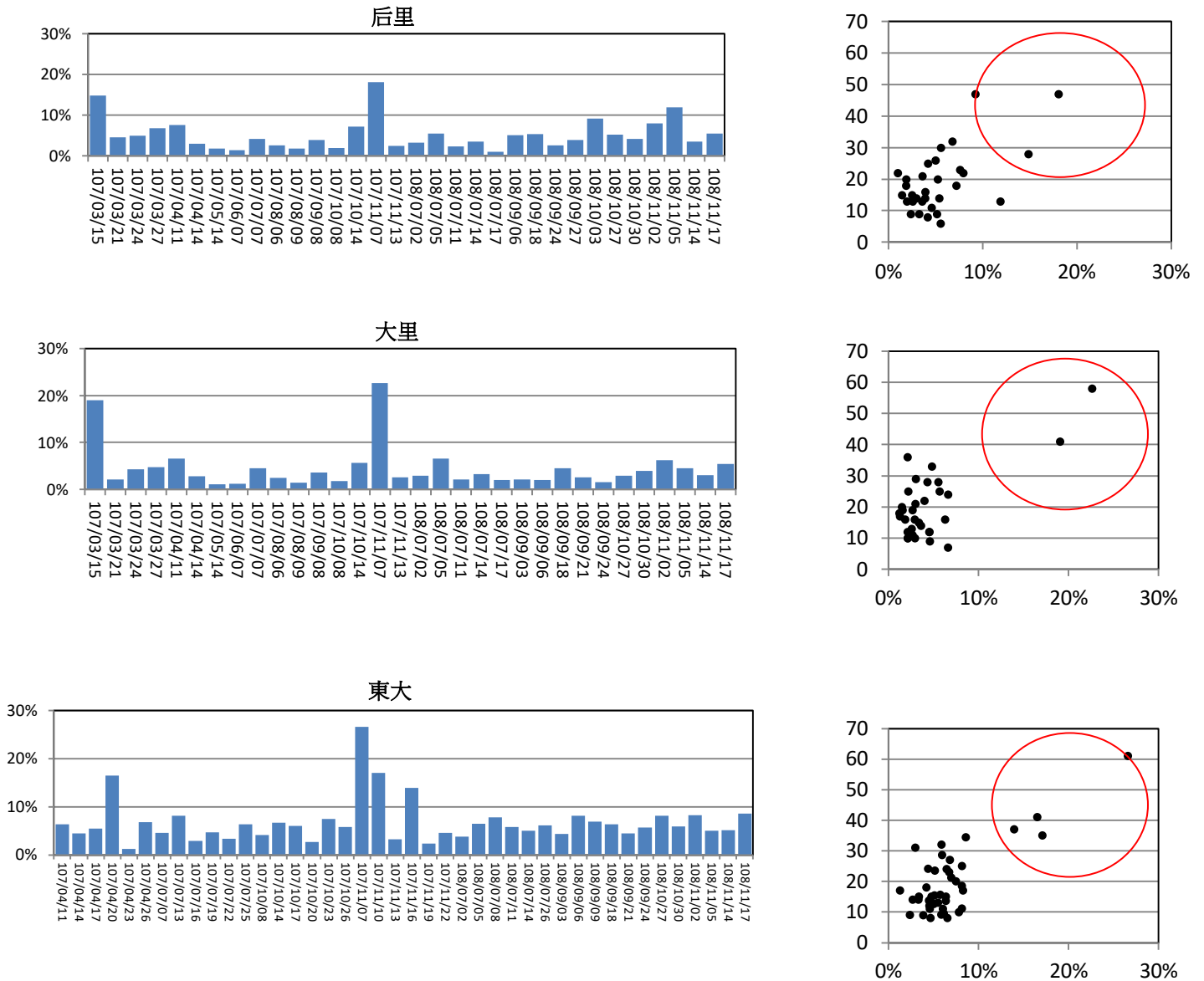


圖 3.4.5、107 年~108 年 PM_{2.5} 硝酸鹽占比圖

由圖 3.4.6 可看到三站之硫酸鹽(SO₄²⁻)占比變化沒有硝酸鹽的特徵，硫酸鹽在本市的影響不論空品好壞，其占比都在 15%以上，比對 107/3/15 日及 107/11/7 日 PM_{2.5}事件日，硫酸鹽占比並未上升，因此，管制硫酸鹽須從平日做起，而不是在空品劣化時才加以管制。

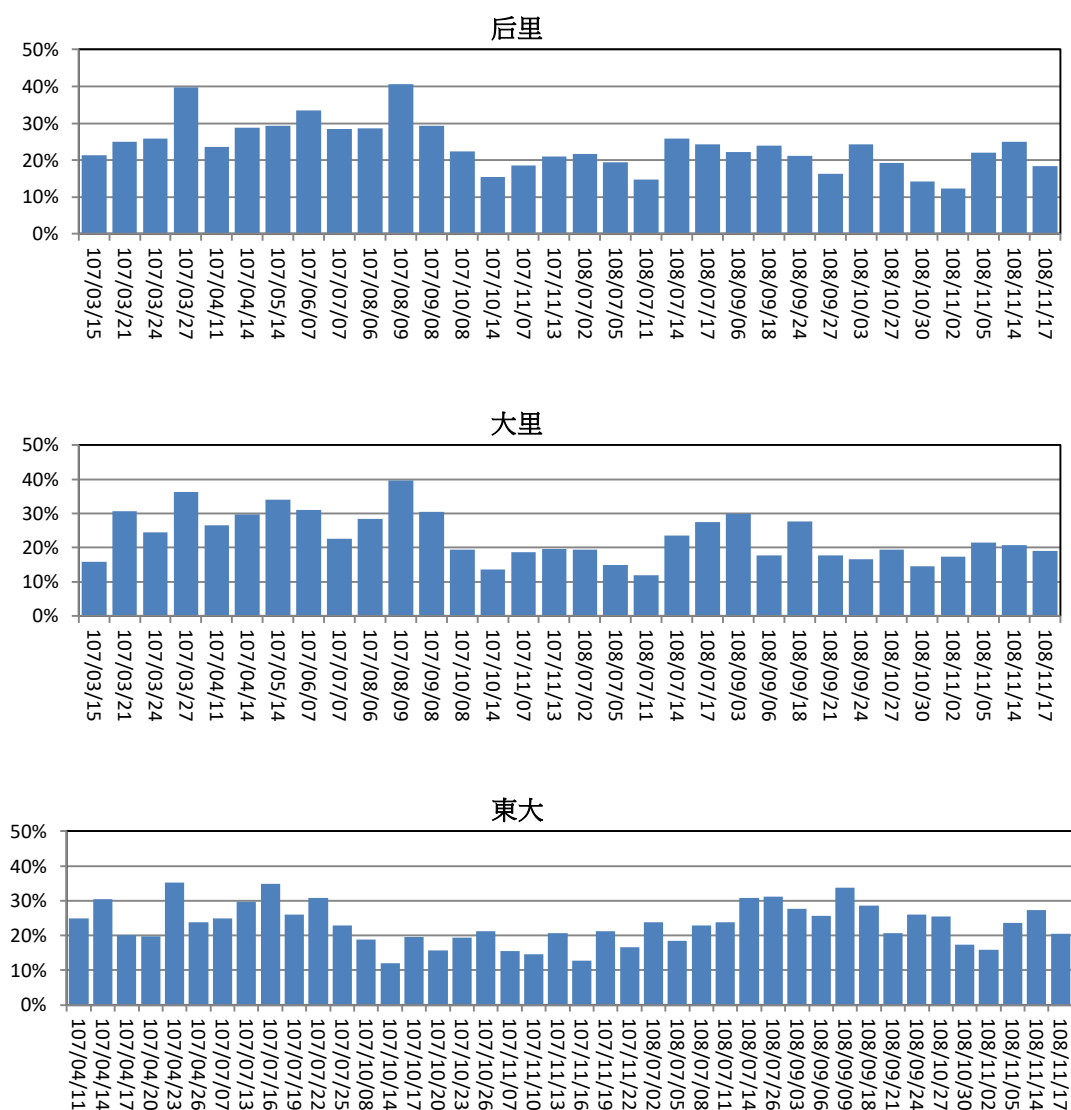


圖 3.4.6、107 年~108 年 PM_{2.5} 硫酸鹽占比圖

為瞭解營建工程對各站的影響，以金屬元素推估地殼元素(CM)，計算方式如下： $CM = 1.89 \times Al + 1.21 \times K + 1.43 \times Ca + 1.66 \times Mg + 1.7 \times Ti + 2.14 \times Si$ ；Si 及 Ti 在地殼中的含量分別以 Al 的 3.41 倍及 0.05 倍(Hueglin et al.,2005)估算。由圖 3.4.7 可看到三站之地殼元素(CM)占比在后里、大里及東大站差異不大。

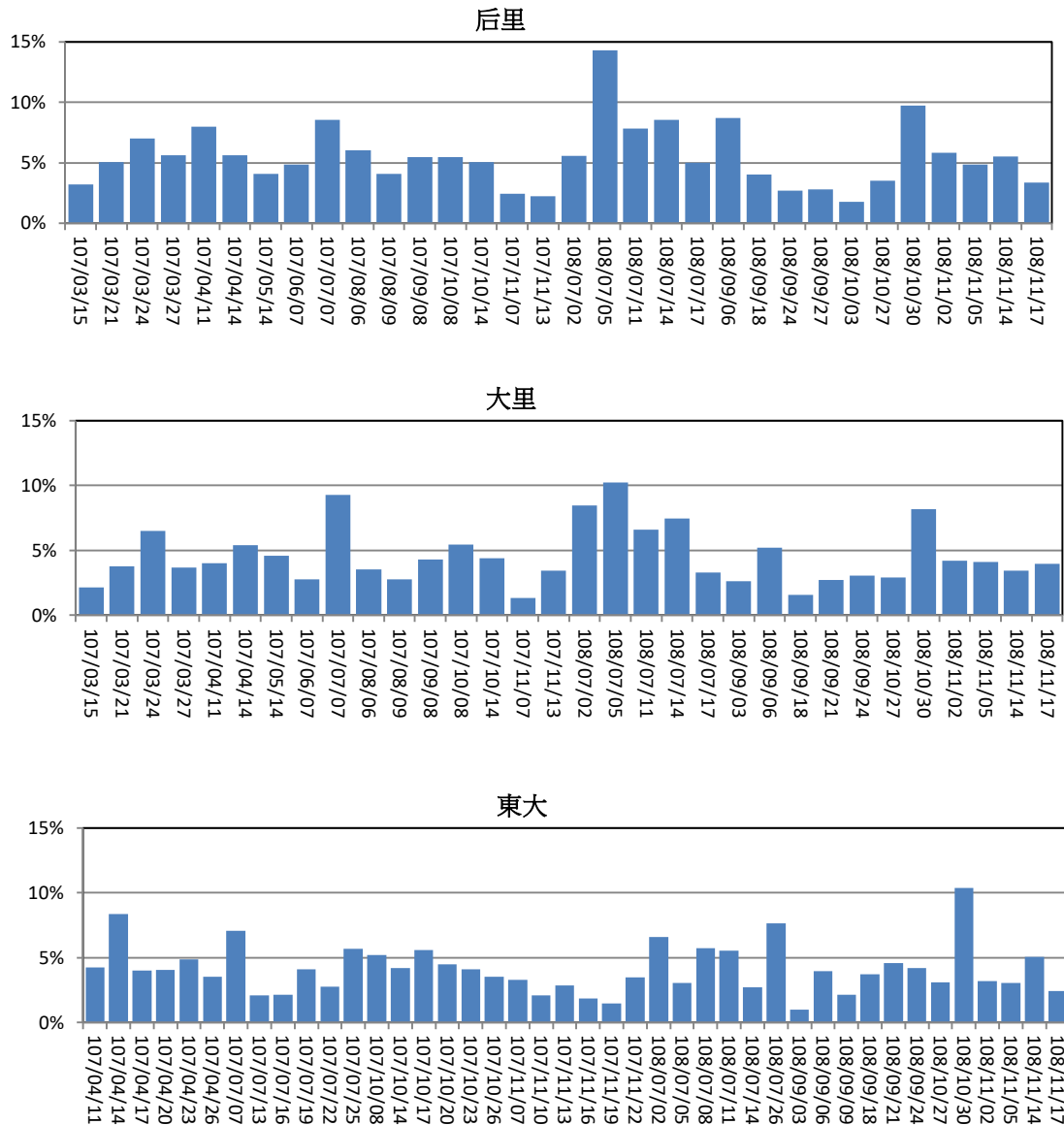


圖 3.4.7、107 年~108 年 PM_{2.5} 地殼元素占比圖

由圖 3.4.8 為三站之有機碳(OC)占比，占比超過 30%的頻率以大里多，可推知有機物在大里 PM_{2.5}貢獻上高於其他地區，有機物排放管制應優先在大里實施。有機物排放管制包括；工廠揮發性有機物減排、生質燃燒減量(大里有稻草燃燒及紙錢燃燒問題)、車輛排放的降低。

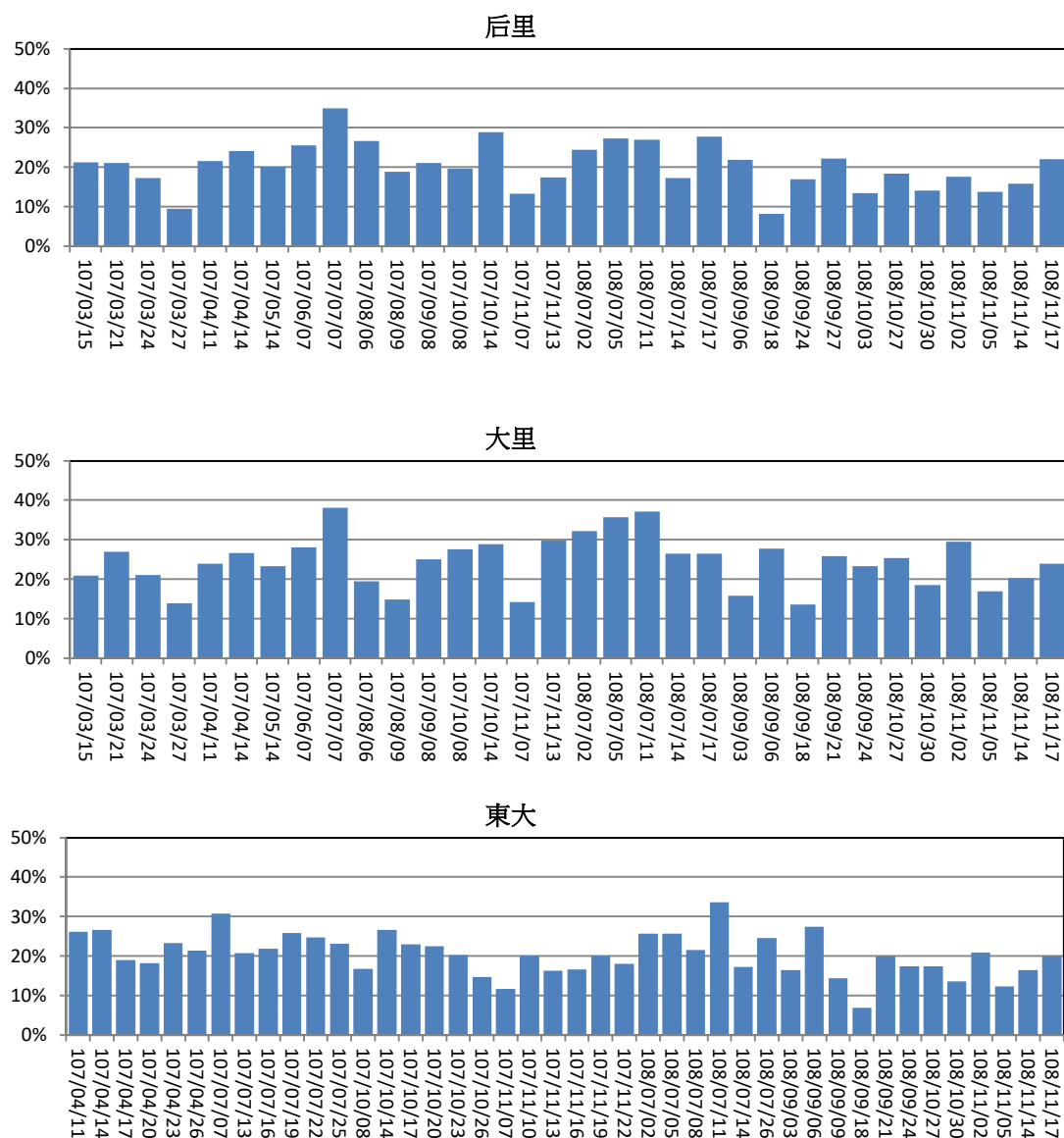


圖 3.4.8、107 年~108 年有 PM_{2.5} 機碳占比圖

由圖 3.4.9 三站之元素碳(EC)占比，超過 10%的頻率以東大最高，東大占比平均為 9.14%，可推知元素碳在東大 PM_{2.5} 貢獻上高於其他地區。元素碳來源有車輛，生質燃燒以及燃油或燃煤工廠。因東大測點緊鄰交通要道(台灣大道)，車流量大，加上附近有台中工業區、中部科學園區以及台中火葬場，因此元素碳的來源為何，以及何者貢獻量多少，有待未來進一步研究。

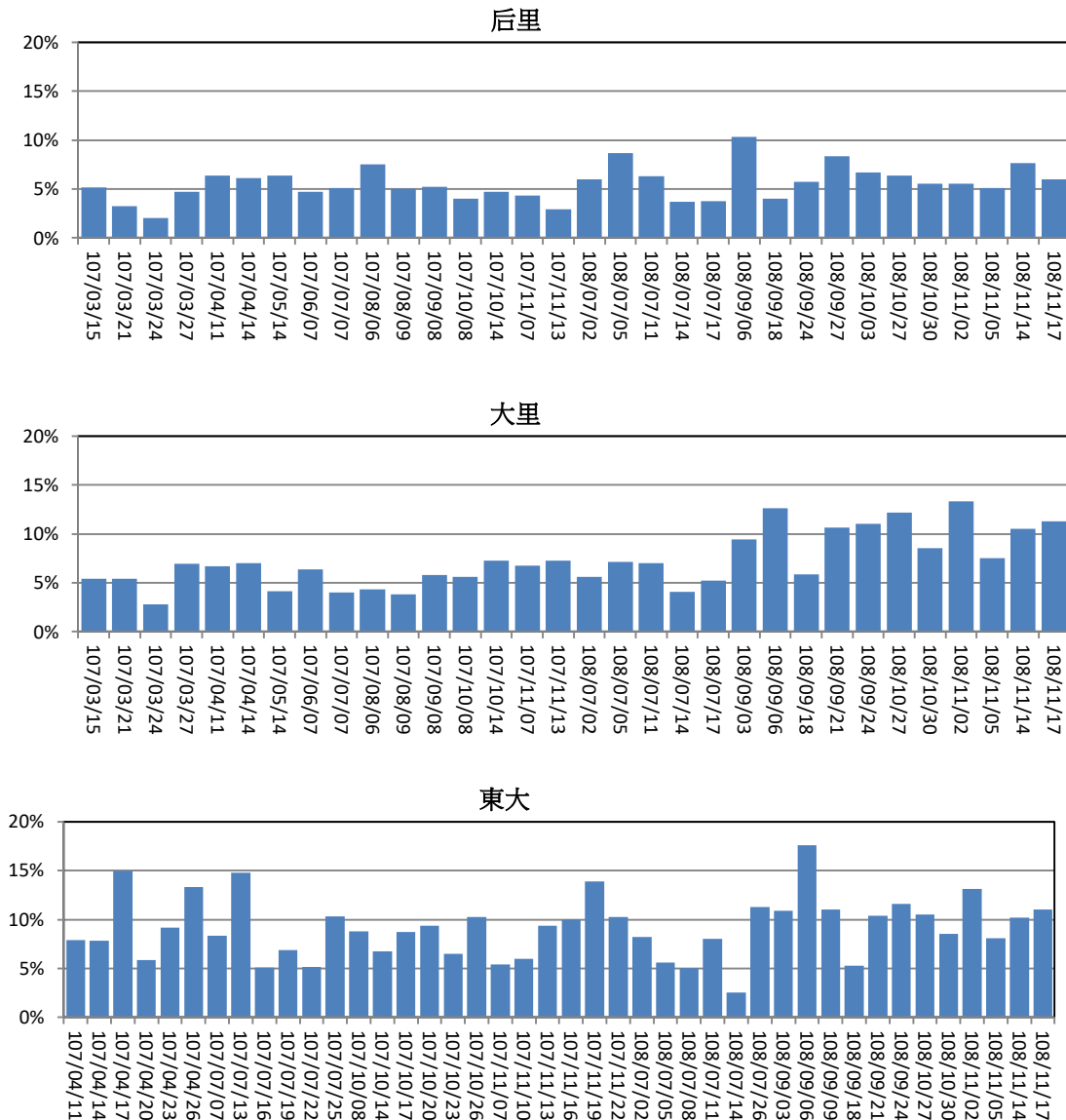


圖 3.4.9、107 年~108 年元素碳占比

歷年之 PM_{2.5} 化學成分調查結果顯示，本市 PM_{2.5} 以硫酸根與有機碳為主要，其前驅污染物 SO₂ 與 VOC 為管制重點。大里與其他區不同，對有機碳的管制比硫酸鹽更為重要，對工廠揮發性有機物減排、加強紙錢減燒等工作應優先加強實施。

表 3.4.7 列出該污染物在本市的最大排放源以及本市的主要管制措施，在此化學成分比例特徵下，除持續推動表中各項既存之管制措施之外，因地制宜的管制調整建議如下：

表 3.4.7、本市 PM_{2.5} 化學成分與相關管制策略說明

化學成分特徵	最大排放源 (TEDS10)	本市對應最大排放源之 相關管制措施	大 里	后 里	東 大	管制調整建議
硫酸根 1. 占比 21%~24% 最高	工業 非公路運輸業	工業：燃油燃煤工廠改燃氣 空品預警期燃煤電廠降載 要求空污可行最佳控制技術	★	★	★	
		非公路運輸業： 港口船舶船速管制 船舶之岸電使用 船舶使用低硫油(0.5%)				海區適用
有機碳 1. 占比 21~26%次 高 2. OC/EC 比顯示 受汽油車影響 高於柴油車 3. 大里有機碳占 比經常高於硫 酸根	工業 商業 車輛	工業：工廠 VOC 逸散管制 空品預警工廠減產	★	★	★	大里應優先其 他地區對工廠 揮發性有機物 減排
		商業：餐飲油煙防制設備加裝 紙錢燃燒	★	★	★	大里應加強管 制紙錢燃燒
		車輛：二行程機車汰換 推電動公車與電動機車使用 柴油車加裝濾煙器 柴油車先保養後定檢	★	★	★	
硝酸根 1. 非事件日占比 低(3%~7%)，但 PM _{2.5} 事件日占 比大幅上升	車輛 工業	車輛：二行程機車汰換 推電動公車與電動機車使用	★	★	★	空品不良預警 階段，對通風 較差地區(如 大里)，規劃老 舊柴油車限行 時間，並且輔 以高密度攔檢 作業。
		工業：要求空污可行最佳控制技術	★	★	★	

3.5、採樣器維護

為維持儀器的正常運轉，必須有完整常態的維護作業程序，以降低發生異常及故障機率，提高監測數據之品質。

本計畫負責 6 台 PM_{2.5} 採樣器維護工作，各層級維護作業內容及時程如表 3.5.1 及表 3.5.2 所示，月維護每月一次，季維護每 3 個月一次，半年維護每 6 個月一次，年度維護一年一次。採樣器準確度方面必須接受第三單位的外部查核，目前歷經 2 次外部查核皆無缺失發生，可見維護品質良好。

表 3.5.1、各層級維護內容彙整表

執行項目	內 容	維護照片
月維護	1. 清潔濾紙匣 2. 清潔 PM ₁₀ 採樣頭 3. 清潔 VSCC PM _{2.5} 篩分器 4. V 型密封圈的清洗和更換 5. 洩漏測試 6. 溫度比對 7. 壓力比對 8. 流量比對	
季維護	1. 環境溫度校正 2. 濾紙溫度校正 3. 壓力校正 4. 流量三點校正	
半年維護	1. PM ₁₀ 採樣頭 O-ring 更換 2. VSCC 篩分器 O-ring 更換 3. 採樣馬達過濾器更換 4. 質子流量控制器過濾器更換	
年維護	1. 採樣馬達活塞檢查不良更換。 2. 更換質子流量控制器過濾器。	

表 3.5.2、各層級定期維護執行時程一覽表

108 年/月份	月	季	半年	年度
1 月份	✓			
2 月份	✓			
3 月份	✓	✓		
4 月份	✓		✓	
5 月份	✓			
6 月份	✓	✓		
7 月份	✓			
8 月份	✓			
9 月份	✓	✓		
10 月份	✓		✓	
11 月份	✓			✓
12 月份	✓	✓		
應完成站次數	36	12	6	3
已完成次數	36	12	6	3

小結

一、空氣中 PM_{2.5} 採樣分析

1. 採樣結果顯示各站趨勢變化一致，僅大里站偶有高於豐原站及忠明站的情況，分析各站相關係數(R^2)在 0.88 以上，代表區域一致性良好。
2. PM_{2.5} 成分比例分析結果，總解析率介於 63.6%~109.7%。水溶性離子、碳組成、金屬成分占比平均為 42.9%、29.3%、5.8%，PM_{2.5} 化學成分以水溶性離子為主，次為碳組成。三站皆以有機碳及硫酸鹽占比最高，有機碳含量最高時可達 37.1%，硫酸鹽占 34.4%亦然，硝酸鹽 11.85%、銨鹽 13.4%、金屬 18.9% 及元素碳 17.6%。
3. 由季節統計可知各測站成分特徵差異，后里及東大站以硫酸根占比最高，次為有機碳，大里站則以有機碳占比最高，次為硫酸根。
4. 當硝酸鹽(NO_3^-)占比偏高，三站皆出現在 PM_{2.5} 事件日($>35 \mu\text{g}/\text{m}^3$)；PM_{2.5} 高於 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 時， NO_3^- 占比大多會高於 10%，在 PM_{2.5} 事件日發生前夕，應加強氮氧化物的排放管制；硫酸鹽(SO_4^{2-})占比變化沒有如硝酸鹽在事件日大幅上升的特徵，硫酸鹽在本市的影響不論空品好壞，其占比都在 15%以上，107/3/15 日及 107/11/7 日 PM_{2.5} 事件日，硫酸鹽占比並未上升，因此，管制硫酸鹽須從平日做起，而不是在空品劣化時才加強管制；有機碳(OC)占比超過 30%的頻率，以大里較多，可推知有機物在大里 PM_{2.5} 貢獻上高於其他地區，有機物排放管制應優先在大里實施；元素碳(EC)占比超過 10%的頻率以東大最高，可推知元素碳在東大 PM_{2.5} 貢獻上高於其他地區，元素碳的來源為何，有待進一步調查。
5. 依據化學成分特徵建議調整之管制措施

PM_{2.5} 化學成分調查結果顯示，本市 PM_{2.5} 以硫酸根與有機碳為主要，其前驅污染物 SO_2 與 VOC 為管制重點。大里與其他區不同，對有機碳的管制比硫酸鹽更為重要，對工廠揮發性有機物減排、加強紙錢減燒等工作應優先加強實施。有關本市各項既存之管制措施之外，因地制宜的管制調整建議如下：

化學成分特徵	最大排放源 (TEDS10)	本市對應最大排放源之 相關管制措施	大 里	后 里	東 大	管制調整建議
硫酸根 1. 占比 21%~24% 最高	工業 非公路傳輸 業	工業：燃油燃煤工廠改燃氣 空品預警期燃煤電廠降載 要求空污可行最佳控制技術	★	★	★	
		非公路傳輸業： 港口船舶船速管制 船舶之岸電使用 船舶使用低硫油(0.5%)				海區適用
有機碳 1. 占比 21~26%次 高 2. OC/EC 比顯示 受汽油車影響 高於柴油車 3. 大里有機碳占 比經常高於硫 酸根	工業 商業 車輛	工業：工廠 VOC 逸散管制 空品預警工廠減產	★	★	★	大里應優先其 他地區對工廠 揮發性有機物 減排
		商業：餐飲油煙防制設備加裝 紙錢燃燒	★	★	★	大里應加強管 制紙錢燃燒
		車輛：二行程機車汰換 推電動公車與電動機車使用 柴油車加裝濾煙器 柴油車先保養後定檢	★	★	★	
硝酸根 1. 非事件日占比 低(3%~7%)，但 PM _{2.5} 事件日占 比大幅上升	車輛 工業	車輛：二行程機車汰換 推電動公車與電動機車使用	★	★	★	空品不良預警 階段，對擴散 不良地區(如 大里)，規劃老 舊柴油車限行 時間，並且輔 以高密度攔檢 作業。
		工業：要求空污可行最佳控制技術	★	★	★	

二、採樣器維護及搬遷

1. PM_{2.5}採樣器維護依進度完成。
2. PM_{2.5}採樣器接受外部查核，結果均符合數據品質標準，顯示保養維護工作落實執行，採樣設備品質可信賴。

第四章 PM_{2.5}自動站設置及運轉

—章節摘要—

本工作項含東勢及和平共 2 座 PM_{2.5} 自動監測站 (以下簡稱 PM_{2.5} 自動站) 租賃及保養維護，監測設備含 PM_{2.5} 監測儀、風速計、風向計，PM_{2.5} 監測原理符合環檢所 NIEA A206.10C 方法。

4.1、設置地點

臺中市轄內具 PM_{2.5} 監測之自動監測站共 16 座，分別隸屬於行政院環保署、臺中市政府環保局、台灣電力公司，圖 4.1.1 為測站分布圖，測站集中在西半側，東半側長期以來無 PM_{2.5} 監測，本計畫負責在東勢及和平設置 2 座 PM_{2.5} 自動站以瞭解東面 PM_{2.5} 污染概況。

東勢及和平設置點選擇以能代表該區大氣環境為主，選點上參考「環保署空氣品質監測站選站程序與採樣口之設置原則」，以及「特殊性工業區緩衝地帶及空氣品質監測設施設置標準」進行，適切性評估結果如表 4.1.1；

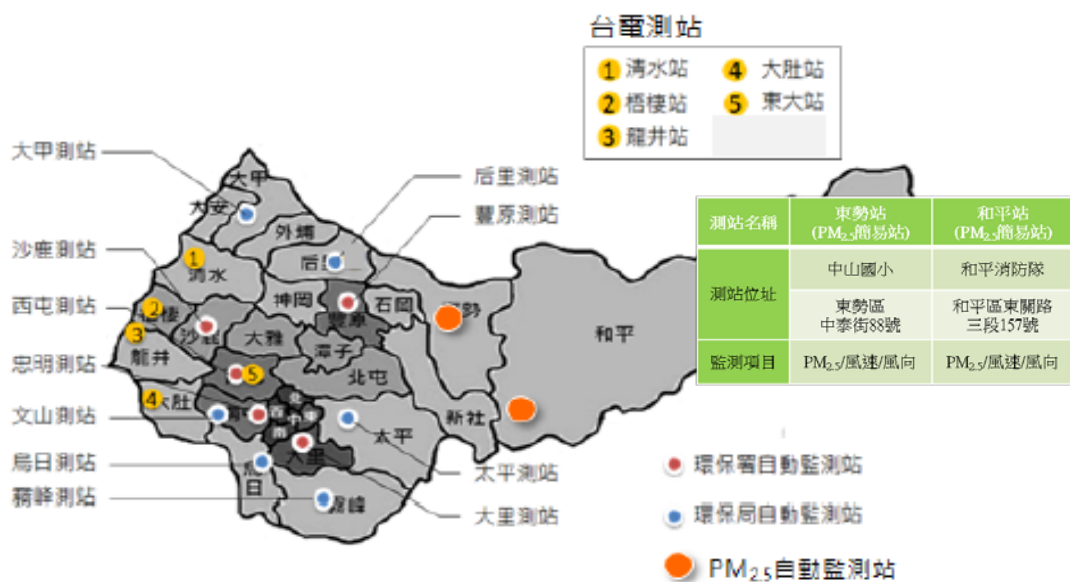


圖 4.1.1、臺中市 PM_{2.5} 自動監測站及簡易站相關位置圖

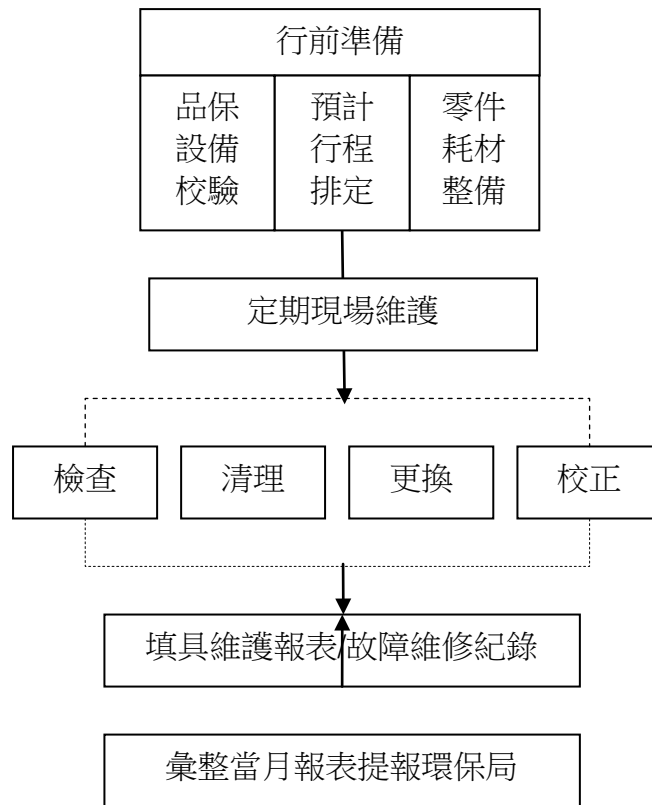
表 4.1.1、PM_{2.5}自動監測站採樣點適切性評估一覽表

適切性說明	東勢	和平
1. 1500 公尺內無大型點排放源，且 500 公尺內無小型點排放源	✓	✓
2. 道路平日平均交通流量<10000 輛者	✓	✓
3. 採樣器距地面高度介於 2-15 公尺	✓	✓
4. 200 公尺內無大面積裸露地、學校砂質操場或大型停車場	✓	✓
5. 自由氣流角度>270 度且包括最高污染季節的盛行風向	✓	✓
6. 採樣器與附近道路之最小距離>10 公尺	✓	✓
7. 採樣器與支持物垂直距離須大於 1 公尺以上。	✓	✓
8. 採樣口與牆壁、閣樓等障礙物之水平距離，不得小於 2 公尺。	✓	✓
9. 採樣管與鄰近樹線得大於 20 公尺以上，且與附近構成阻礙之樹線應大於 10 公尺以上。	✓	✓
10. 粒狀污染物之採樣口，應避免受到地表塵土之影響。	✓	✓
11. 測點具安全性(有門禁系統或人員管理之場所)	✓	✓

4.2、操作與維護

PM_{2.5}自動站的定期維護乃參照原廠操作手冊建議與實務操作經驗，擬定維護內容，依事先排定的層級維護內容執行，定期清理、檢查並更換問題組件，目的在降低設備故障發生率，將可預期的故障提前修復，提升監測及數據品質。PM_{2.5}自動站定期維護作業流程如圖 4.2.1。

各層級維護執行時間表依表 4.2.1 執行，表 4.2.2 為維護需使用到校正設備，包括校正 PM_{2.5} 流量的乾式流量計、校正風向的經緯儀以及校正風速的轉速計，表中校正設備都需確保在追溯效期內，確保測站數據品質。

圖4.2.1、PM_{2.5}自動站定期維護作業流程表 4.2.1、PM_{2.5}自動站各層級維護執行時間表及年度總數量

層級	週維護	雙週維護	月維護	季維護	半年維護
2 月	✓	✓	✓	✓	
3 月	✓	✓	✓		
4 月	✓	✓	✓		✓
5 月	✓	✓	✓	✓	
6 月	✓	✓	✓		
7 月	✓	✓	✓		
8 月	✓	✓	✓	✓	
9 月	✓	✓	✓		
10 月	✓	✓	✓		✓
11 月	✓	✓	✓	✓	
12 月	✓	✓	✓		
年度總執行次數	88	44	22	8	4
已完成次數	84	42	20	8	4

表 4.2.2、本計畫使用於 PM_{2.5} 自動站之校正設備清單

設備	廠牌	追溯 頻率	驗證單位
1. 標準流量計 (活塞式流量計)	BIOS 530-H/127294 530-L/127507	1 年	TAF 校正實驗室
2. 電子經緯儀	PENTAX ETH10B/ 731242	1 年	TAF 校正實驗室
3. 轉速計	Young 18802/CA03412	1 年	TAF 校正實驗室
4. 溫度計	CHY801B K/ 110055	1 年	TAF 校正實驗室
5. 大氣壓力計	DIGITRON	1 年	TAF 校正實驗室

每月 5 日前針對前月監測數據進行篩選，篩選原則如表 4.2.3 所示，表 4.2.4 為 108 年 1 月到 5 月資料可用率一覽表。和平站 108 年 6 月份 PM_{2.5} 資料可用率 95.3% 最低，原因該月份受多日降雨以及雨勢過大影響，PM_{2.5} 零星負值出現，加上多日降雨，環境濕度高，PM_{2.5} 濾帶因受潮易斷，和平站 6/22 濾帶斷帶，6/23 日接回，導致資料可用率較前幾月降低，但仍符合契約規範(不低於 90%)。

表 4.2.3、PM_{2.5} 自動站監測數據無效篩選原則

PM _{2.5}	
合理性檢定	連續 3 小時或以上數值無變化
極值檢驗	事先設定 PM _{2.5} 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 為最高小時濃度值，若超過此標準則需到現場進行儀器功能及環境調查。
區域比對	與臺中市其他 PM _{2.5} 自動測站濃度比較，包括小時變化情形、高值出現時間等。
氣象	
合理性檢定	1. 風向 0~360° 2. 濕度 45~100% 3. 連續 5 小時無變化
極值檢驗	1. 風速>10m/s 2. 風向連續 3 小時無變化

備註：PM_{2.5} 自動站之監測設備含 PM_{2.5} 監測儀、風速計、風向計。

表 4.2.4、PM_{2.5}自動站資料可用率一覽表

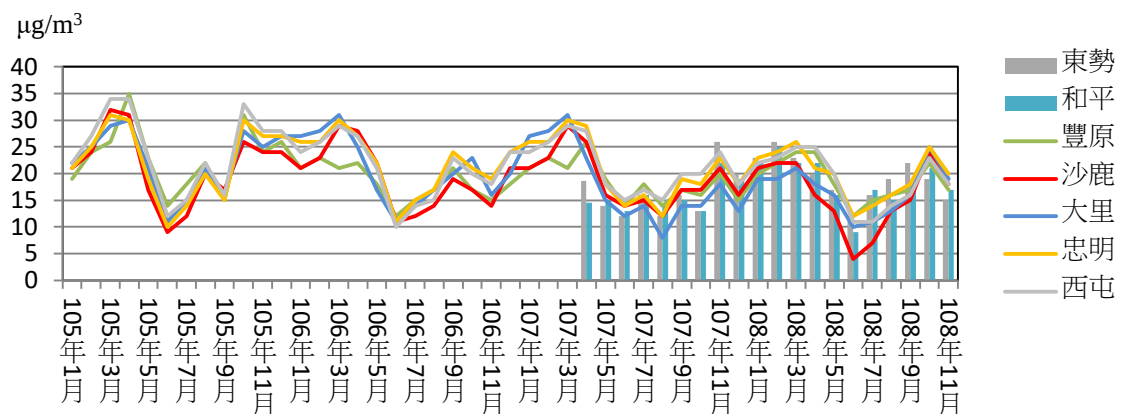
分項 月份	東勢站			和平站		
	PM _{2.5}	風速	風向	PM _{2.5}	風速	風向
108 年 1 月	98.7%	99.2%	99.2%	99.2%	100%	100%
108 年 2 月	99.3%	99.4%	99.4%	99.6%	100%	100%
108 年 3 月	96.1%	99.1%	99.1%	98.1%	99.9%	99.9%
108 年 4 月	97.8%	100%	100%	99.7%	100%	100%
108 年 5 月	90.5%	98.7%	98.7%	98.7%	99.3%	99.3%
108 年 6 月	99.0%	99.0%	99.0%	95.3%	99.9%	99.9%
108 年 7 月	98.4%	99.6%	99.6%	97.6%	99.2%	99.2%
108 年 8 月	99.5%	99.7%	99.7%	99.2%	100%	100%
108 年 9 月	98.9%	99.2%	99.2%	98.2%	99.4%	99.4%
108 年 10 月	98.1%	100%	100%	98.9%	100%	100%
108 年 11 月	95.8%	99.3%	99.3%	92.2%	98.8%	98.8%

4.3、監測結果

一、與本市各測站比較

東勢及和平 PM_{2.5}自動站自 107 年 4 月開始運轉監測，圖 4.3.1 為近年 PM_{2.5}月平均值趨勢圖，整體而言，東勢站、和平站趨勢與環保署測站相似，兩站的 PM_{2.5}並未高於其他測站，2 年監測結果，僅東勢有 4 個月份 PM_{2.5}略高於環保署測站；108 年 6 月份多數測站 PM_{2.5}濃度明顯下降，除了管制效益之外，與當月梅雨季之降雨日數達 15 天，空氣污染物被雨水大量滌除有關。

108 年 8 月份東勢站與和平站 PM_{2.5}污染高於西面測站，係因 8/4~8/6 日受到熱帶性低氣壓極外圍環流影響，且風速低不利於擴散，污染物由海邊往內陸傳輸，造成污染物濃度累積。



備註：本圖測站資料下載環保署空氣品質監測網小時值統計，均為修正回歸值。另小時值<1 視為無效數值。東勢、和平測站108/02/01~25日套用大里測站回歸式修正，108/02/26~28 後因更新為FEM新機，測值不需回歸。

圖4.3.1、105年~108年PM_{2.5}自動站月平均值趨勢圖

表 4.3.1 統計全市 13 個測站 108 年超標日數，以忠明站超標日數 32 最多，再次為文山站 28 日，由超標日數看來，東勢與和平 PM_{2.5} 污染並未高於其他地方。

表 4.3.1、108 年 PM_{2.5} 自動站超標日數統計

分項	測站	超標日數(日平均>35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)											合計
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	
本計畫	東勢	1	4	4	2	0	0	1	0	1	2	0	15
	和平	2	3	1	2	1	0	2	1	0	2	0	14
環保署測站	豐原	1	1	4	3	0	0	0	0	0	4	1	14
	沙鹿	4	3	3	1	0	0	0	0	0	7	2	20
	大里	1	1	2	0	0	0	0	0	0	6	2	12
	忠明	4	6	8	3	2	0	0	1	2	6	3	35
	西屯	4	5	7	3	0	0	0	0	0	6	2	27
環保局測站	后里	5	3	7	3	0	0	0	0	0	5	2	25
	霧峰	3	3	3	0	0	0	0	0	0	4	1	14
	文山	8	5	7	2	0	0	0	0	0	6	4	32
	太平	2	2	2	0	0	0	0	0	0	4	1	11
	大甲	4	3	2	1	0	0	0	0	0	2	0	12
	烏日	5	5	7	1	0	0	0	0	0	6	2	26

二、本市 PM_{2.5} 自動測值合理性評估

各縣市致力於 PM_{2.5} 濃度的改善，成效評估需採環保署 PM_{2.5} 自動測值(校正值)計算，但自動測值(校正值)是否合理，屢受質疑。釐清自動測值是否正確的最佳驗證方式是以手動採樣方法比對，其次是利用 PM_{2.5}/PM₁₀ 比值，作為評估各站 PM_{2.5} 測值合理性的判定。

如表 4.3.2 資料所示，一般而言，大氣測站 PM_{2.5}/PM₁₀ 合理值介於 0.4~0.8 之間，台灣以 0.4~0.6 為主，本市測站 PM_{2.5}/PM₁₀ 比值分析(圖 4.3.2)結果發現，大里測站 106 年 11 月至 107 年 10 月比值一直低於 0.4，與台灣長期統計結果該筆值介於 0.45~0.65 之間(蕭慧娟，2007)，有偏低現象，至於 PM_{2.5} 過低或 PM₁₀ 過高，有必要進一步釐清；另外，太平站、大甲站、霧峰站以及烏日站較常發生比值低於 0.4 的情形，上述測站 PM₁₀ 與 PM_{2.5} 的 QC 作業應該予以加強。

環保署已著手建置一套 PM₁₀ 與 PM_{2.5} 自動測值的 QC 方法，方法一：以 PM_{2.5} 手動採樣方法 QC 測站 PM₁₀ 或 PM_{2.5}；方法二：以自動游校機 QC 測站 PM₁₀ 或 PM_{2.5}，自動游校機事先需經手動採樣方法比對。各縣市擇污染最高測站 1~2 站執行，每年每站執行四次，每次執行至少 10 天。

除環保署 5 座測站外，本市尚有局屬 6 座測站、台電 5 座以及 2 座 PM_{2.5} 自動站，建議未來參照環保署建置本市 PM₁₀ 及 PM_{2.5} 自動測值 QC 程序，並編列 QC 經費分年執行，確保本局測站 PM₁₀ 與 PM_{2.5} 數據可靠性。因局測站配置 PM_{2.5} 監測儀器

為 Metone1020 廠牌，建議本市 QC 程序至少應包含以下二種：

一、零值 HEPA 測試：

目的：確認儀器之零點準確性

Metone 原廠指出，儀器 HEPA 測試為監測前 QA/QC 必要程序，作為零點調教的依據。主要目的是微調 BAM-1020 中的背景偏移 (BKGD)值，以補償局部場地條件的微小變化

作法：是將外部採樣頭取下，裝上 HEPA 連續運轉 48~72 小時後，計算 σ 值，可瞭解儀器的偵測極限(LLD，即 2σ)及穩定度(Noise，即 σ)，測試以每年或每半年重複一次，以驗證設備的零值準確度。

允收標準：

零值平均：在 $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以內，並依零點偏差值進行調整

σ ： $< 2.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$

2σ ： $< 4.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$

二、手動方法平行比對：

目的：確認測值合理性

作法：將 PM_{2.5}手動採樣器搬至自動監測站旁執行手動採樣，再比對自動測值與手動測值差異。每年擇 2 站以手動方法比測，每站每季執行至少 6 次。

允收標準：計算線性迴歸式

斜率： 1 ± 0.1

截距： 0.1 ± 5

相關係數：0.95

表 4.3.2、PM_{2.5}/PM₁₀比值彙整

地區	PM _{2.5} /PM ₁₀	資料來源
台灣 高雄	0.42-0.73	王晴昀，2017
台灣 北中南	0.45~0.65	蕭慧娟，2007
台灣 台中	沙塵暴事件日 0.47 農廢燃燒事件日 0.81	蘇怡如，2006
台灣	一般測站 0.56；交通測站 0.58	林家和，2000
台灣 台北	非降雨日 >0.50	陳志傑等人，1999
潮州	>0.6	林志科，2005
希臘	都市 0.49~0.86	Maraziotis, E. et. al., 2008
中國北京	0.71	Wang, Y., et. al., 2006
歐洲	區域背景站 0.6-0.8；都市 0.4~0.8	Querol, X., et. al., 2004

108 年臺中市細懸浮微粒(PM_{2.5})成分分析及空品預報計畫

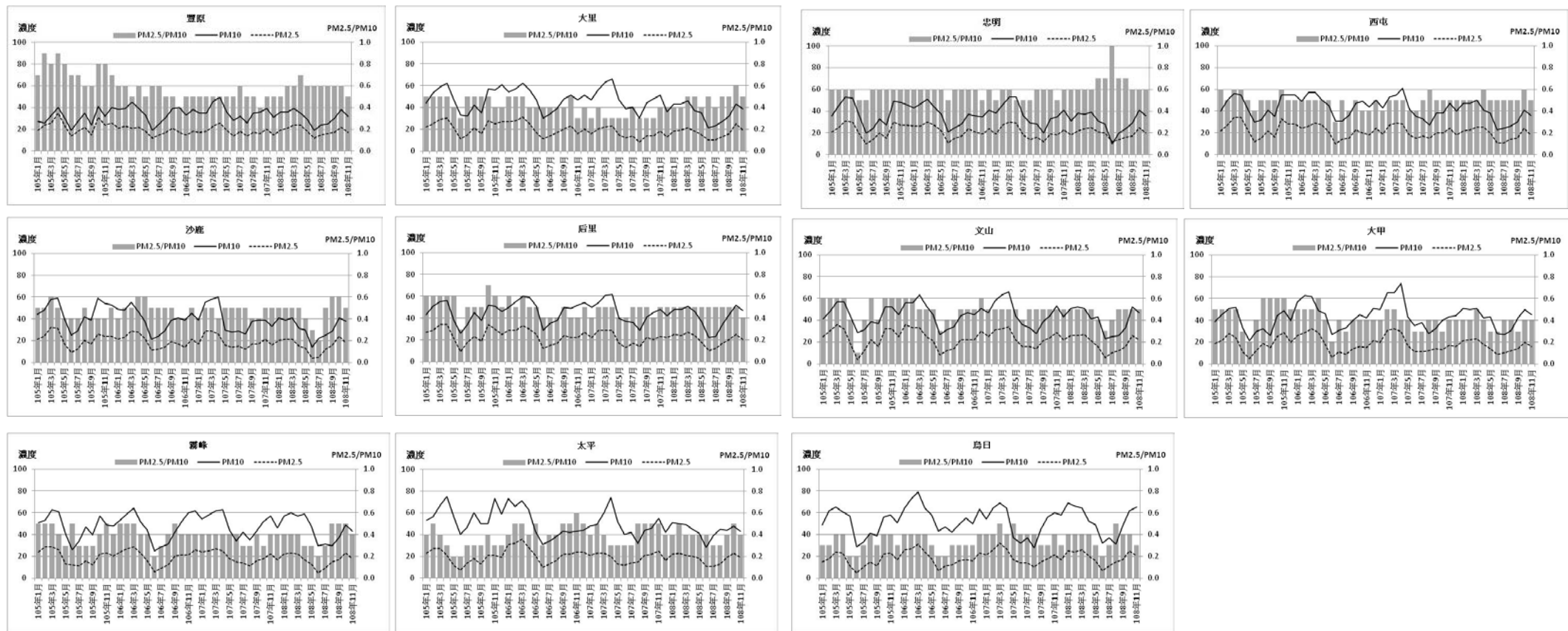


圖4.3.2、各站PM₁₀與PM_{2.5}月平均值趨勢圖

小結

- 一、本市 PM_{2.5} 逐年改善，東勢站與和平站加入監測後，其濃度值與趨勢與環保署測站相似；108 年 6 月份 PM_{2.5} 濃度明顯下降，除了管制效益之外，也與當月梅雨季之降雨日數達 15 天，空氣污染物被雨水大量滌除有關。8 月份東勢站與和平站 PM_{2.5} 污染高於西面測站，係因 8/4~8/6 日受到熱帶性低氣壓極外圍環流影響，且風速低不利於擴散，污染物由海邊往內陸傳輸，造成污染物濃度累積。
- 二、本市測站 PM_{2.5}/PM₁₀ 比值分析發現，署之大里站 106 年 11 月至 107 年 10 月比值一直低於 0.4，PM_{2.5} 過低或 PM₁₀ 過高，有必要進一步釐清；局之太平站、大甲站、霧峰站以及烏日站較常發生比值低於 0.4 的情形，應加強以上述測站 PM₁₀ 與 PM_{2.5} 的 QC 作業。
- 三、環保署對於 PM_{2.5} 自動監測儀器，訂有 QC 程序，來確保自動測值與手動測值相近。本局有 6 座 PM_{2.5} 自動測站，建議未來參照環保署建置本市 PM₁₀ 及 PM_{2.5} 自動測值 QC 程序，並編列 QC 經費分年執行，確保本局測站 PM₁₀ 及 PM_{2.5} 數據可靠性。

第五章 管道 PM_{2.5}採樣分析及排放清冊建置

—章節摘要—

瞭解管道 PM_{2.5} 實際排放量以及訂管道排放標準是管制固定污染源重要的工作之一，近年中央與地方都積極展開管道 PM_{2.5} 調查工作。臺中市 102~107 年共執行 39 根次檢測，涵蓋 16 個業別，固定源 PM_{2.5} 排放清冊建置工作已接近尾聲，108 年主要依環保署考核項目辦理台中電廠 4 根次檢測，圖 5.1 為本章內容架構。

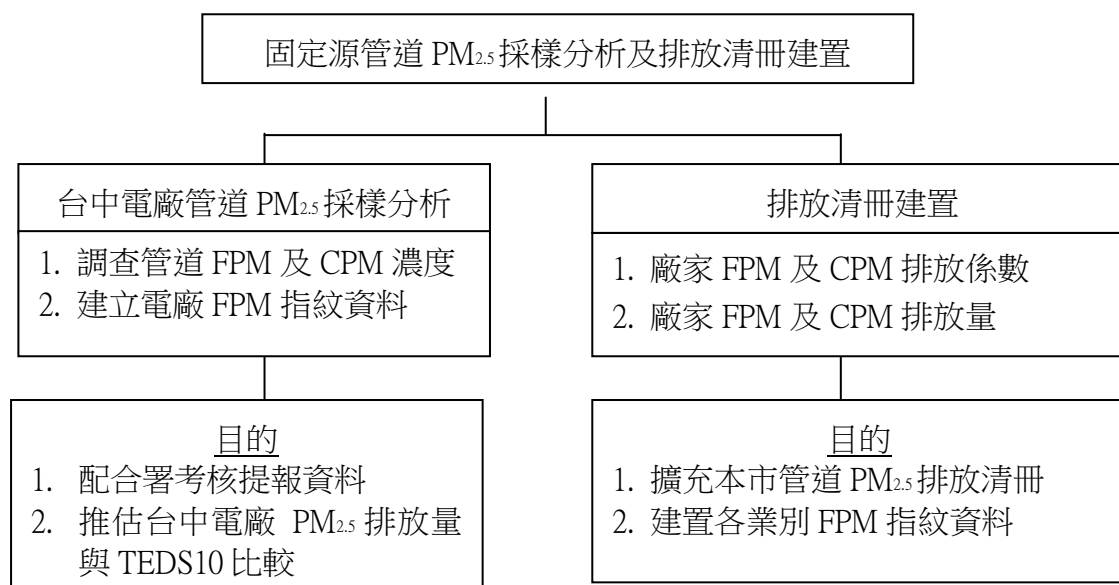


圖 5.1、PM_{2.5} 採樣及檢測分析工作架構圖

5.1、台中電廠管道 PM_{2.5} 採樣分析

環保署為建置本土 PM_{2.5} 排放管道參數與 PM_{2.5}/TSP 粒狀物比例資料庫，自 107 年起，提供地方環保局 PM_{2.5} 指定管道檢測名單，要求地方環保局每年提報最新檢測結果，規範內容如下：

- 1、各縣市每年調查提報對象由環保署指定，每一根次至少完成 2 次採樣，1 次採樣指需依標準方法檢測包括 TSP、PM_{2.5} 與 CPM 污染物，管道檢測單位需經環檢所 TSP 標準方法認證。
- 2、107 年~109 年規劃指定調查對象如下：
 - (1) 107 年六都之檢測對象如表 5.1.1 所示。

表 5.1.1、環保署指定之六都 PM_{2.5} 檢測廠家

縣市	列管場所名稱	管制編號	管道編號
臺北市	內湖垃圾焚化廠	A4200130	P003
高雄市	興達發電廠	S3200688	P002
新北市	林口發電廠	F1700736	P601
桃園市	大潭發電廠	H5307960	P001
臺中市	台中發電廠	L0200473	P701
臺南市	森霸電力股份有限公司	R0503072	P002

(2) 108 年檢測對象為 107 年指定檢測管道公私場所之全廠管道檢測，不包括 107 年指定管道。

(3) 109 年為鋼鐵業、水泥製造業等管道粒狀物主要污染源。

依上述規則，臺中市 108 年檢測對象為台中發電廠。以環檢所公告「排放管道中細懸浮微粒（PM_{2.5}）檢測方法」（NIEA A212.10B）採集管道中可過濾性微粒（Filterable Particulate Matter, FPM），以「排放管道中可凝結性微粒檢測方法」（NIEA A214.70C）採集可凝結性微粒（Condensable Particulate Matter, CPM），採樣工作委託具該方法認證檢測業—上準環境科技公司。採樣日期及照片記錄如表 5.1.2 所示。

表 5.1.2、108 年台中電廠排放管道 PM_{2.5} 採樣情形及時程

廠家	採樣日期	採樣情形	
台中電廠 2 號機	108/08/01-02		
台中電廠 4 號機	108/03/14-15		
台中電廠 10 號機	108/03/28-29 108/08/08-09		

備註：本表依發電機組編號排列

一、可過濾性微粒(FPM)質量濃度分析

在排放管道中以固態或液態微粒型態存在，可被微粒收集設備的濾紙捕集之微粒稱為可過濾微粒。本計畫依據環檢所公告「NIEA A212.10B」進行可過濾性微粒(FPM)採樣，質量濃度分析流程說明下：

1. 採樣濾紙前處理及秤重

採樣使用石英濾紙，採集前先置放高溫爐以 800 ~ 900°C 高溫持續烘燒 2 小時，秤重前濾紙調理條件如下：溫度介於 20~ 23°C，且 24 小時內之小時平均溫度變化在 $\pm 2^\circ\text{C}$ ，相對溼度介於 30 至 40% 之間，且 24 小時內之小時平均相對溼度變化在 $\pm 5\%$ 。若採樣期間採樣環境相對溼度小於 30% 時，則調理時之相對溼度可以為採樣環境之小時平均相對溼度之 $\pm 5\%$ 內，但不得低於 20%。調理後濾紙以精密天平(五位數天平)秤重，秤重完畢即可進行採樣。採樣完畢仍須再放入恆濕乾燥箱中進行 24 小時平衡即可進行採樣後秤重。

2. 可過濾性微粒(FPM)濃度計算公式如下：

$$C_{fpm} = \frac{m_d}{V}$$

$$V_s = V_m \times \frac{100}{100 - X_w} \times \frac{273 + \theta_s}{273 + \theta_m} \times \frac{P_a + P_m - P_v}{P_a + P_s} \times 10^{-3}$$

式中 C_{fpm} ：管道在氣體狀態下濕基排氣中粒狀物濃度 (mg / m^3)

m_d ：捕集之粒狀物質量 (mg)

V_s ：將吸引氣體量換算成排放管道中氣體狀態值 (m^3)

V_m ：吸引之氣體量 (濕式流量計之讀值) (L)

X_w ：排氣中水蒸氣之體積百分率 (%)

θ_s ：排氣溫度 ($^\circ\text{C}$)

θ_m ：在濕式流量計上吸引氣體溫度 ($^\circ\text{C}$)

P_a ：大氣壓 (mmHg)

P_s ：在測定點之靜壓 (mmHg)

P_m ：在濕式流量計上氣體之表壓 (mmHg)

P_v ： θ_m 時之飽和水蒸氣壓 (mmHg)

於計算 FPM 濃度時，依水分含量將管道排氣體積轉換為乾基排放體積，以得到乾基 PM_{2.5}微粒濃度。參考方法 NIEA A101.75C 之規定，計算之標準狀態設定為 1 atm 與 0°C。

二、可凝結性微粒(CPM)質量濃度分析

因管道的氣相物質在煙囪口釋出時，瞬間遇大量空氣冷卻，會產生固態或液態之微粒，我們稱為 CPM，CPM 屬於排放管道「直接排放 PM_{2.5}」的一部分，因此，若排煙管道氣體溫度不超過 30℃，則不須進行 CPM 檢測。本計畫以公告「NIEA A214.70C」進行可採樣。

CPM 以乾式衝擊瓶及濾紙收集，乾式衝擊瓶採集之物質包括有機與無機組成，有機、無機和 CPM 濾紙加總即為總 CPM，方法流程如圖 5.1.1 所示，測定方法說明如下；

1. CPM 無機物組成測定方法

(1) CPM Container #1，水溶性衝擊瓶

將 CPM Filter 前的 Dropout 及 Backup Impinger 之液體倒至乾淨且不漏的容器中。以水將採樣管線(包括 FPM 濾紙夾板後半部、冷凝管前管路、冷凝管，每個 Impinger 與連接管路、CPM Filter 濾紙夾前半部)，清洗兩次，將清洗液加入 Container #1 容器中，標示液面高度。

(2) CPM Container #2，有機溶劑沖洗

Container #1 之所有組件以水洗過後再以 Acetone 清洗一次，清洗液盛裝於乾淨且不漏的 Container #2 容器中。接著以 Hexane 清洗兩次，清洗液亦倒入 Container #2 中，標示液面高度。

(3) CPM Container #3，CPM 濾紙樣品

以濾紙夾將 CPM Filter 夾起放在培養皿中。

(4) CPM Container #4，冷凝衝擊瓶樣品

Container #4 是 CPM Filter 後的衝擊瓶。採樣後現場量測體積或重量，量測後則此衝擊瓶中之水可丟棄。CPM Container #4 為收集前面兩個衝擊瓶沒收集到的水份。

(5) CPM Container #5，含水量測定(矽膠吸濕法)

用以檢測管道氣中之水份。可於採樣現場量測採樣前後之重量，量測後可丟棄或重覆使用。

2. CPM 有機物組成測定方法

(1) CPM 濾紙測定

將 CPM 濾紙摺成 1/4 大小放在 50 mL 的萃取管中，加入約 10 mL 的去離子水覆蓋濾紙，以超音波萃取至少 2 mins，將萃取液倒入 Container #1，重複萃取 3 次。

將 CPM 濾紙摺成 1/4 的大小放在 50 mL 的萃取管中，加入約 1/3 Hexane 覆蓋濾紙，以超音波萃取至少 2 mins，將萃取液倒入 Container #2，重複萃取 3 次。

(2) 衝擊瓶與 CPM 濾紙合併測定

Container #1 中的物質移至分液漏斗，加入約 30 mL Hexane，混合均勻，將下層的有機相排出。重複 3 次共產生約 90 mL 有機溶劑，將有機溶劑與 Container #2 合併。

- (a) 將分液萃取後之水相部分移至 500 mL 或更小的燒杯，放在加熱板或 105°C 的烘箱中蒸發至 < 10 mL，然後移至乾燥箱中乾燥（溫度 < 30°C）。於 Desiccator 中平衡至少 24 hr 後秤重至 < 0.1 mg，將

$$C_{cpm} = \frac{m_{cpm}}{V_{m(std)}} \quad \text{此秤重值記錄於 CPM 採樣紀錄表。如果秤重值無法固定恆重，則須以 100 mL 去離子水加入後執行(2)的步驟。}$$

- (b) 以滴定法中和樣品中的酸及移去水的水合作用。以 0.1 N NH₄OH 滴定至 pH = 7.0，以 pH Meter 或指示劑判定滴定終點，記錄滴定量。
- (c) 以加熱板或 105°C 烘箱將液體蒸發至約 10 mL，移至乾淨並先稱重之 50 mL 鋁箔盤於室溫 (< 30°C) 之抽氣櫃中蒸發至乾燥。於乾燥箱中平衡至少 24 hr，而後每隔至少 6 hr 稱重一次直至恆重。
- (d) 以公式 1 計算校正係數以扣除樣品中的 NH₄⁺。

$$m_c = 17.03 \times V_t \times N$$

$$m_c = \text{NH}_4^+ \text{ 加入樣品中所生成之 Ammonium Sulfate (mg)}$$

$$V_t = \text{滴定量}$$

3. CPM 濃度計算

- (1) 氨校正質量 $m_c = 17.03 \times V_t \times N$ ----- (公式 1)
- (2) 現場管線回收空白的質量(mg) $m_{fb} = m_{ib} + m_{ob}$ ----- (公式 2)
- (3) 無機物 CPM 的質量(mg) $m_i = m_r - m_c$ ----- (公式 3)
- (4) CPM 的總質量(mg) $m_{cpm} = m_i + m_o - m_{fb}$ ----- (公式 4)
- (5) CPM 的濃度 (mg/dscf) ----- (公式 5)

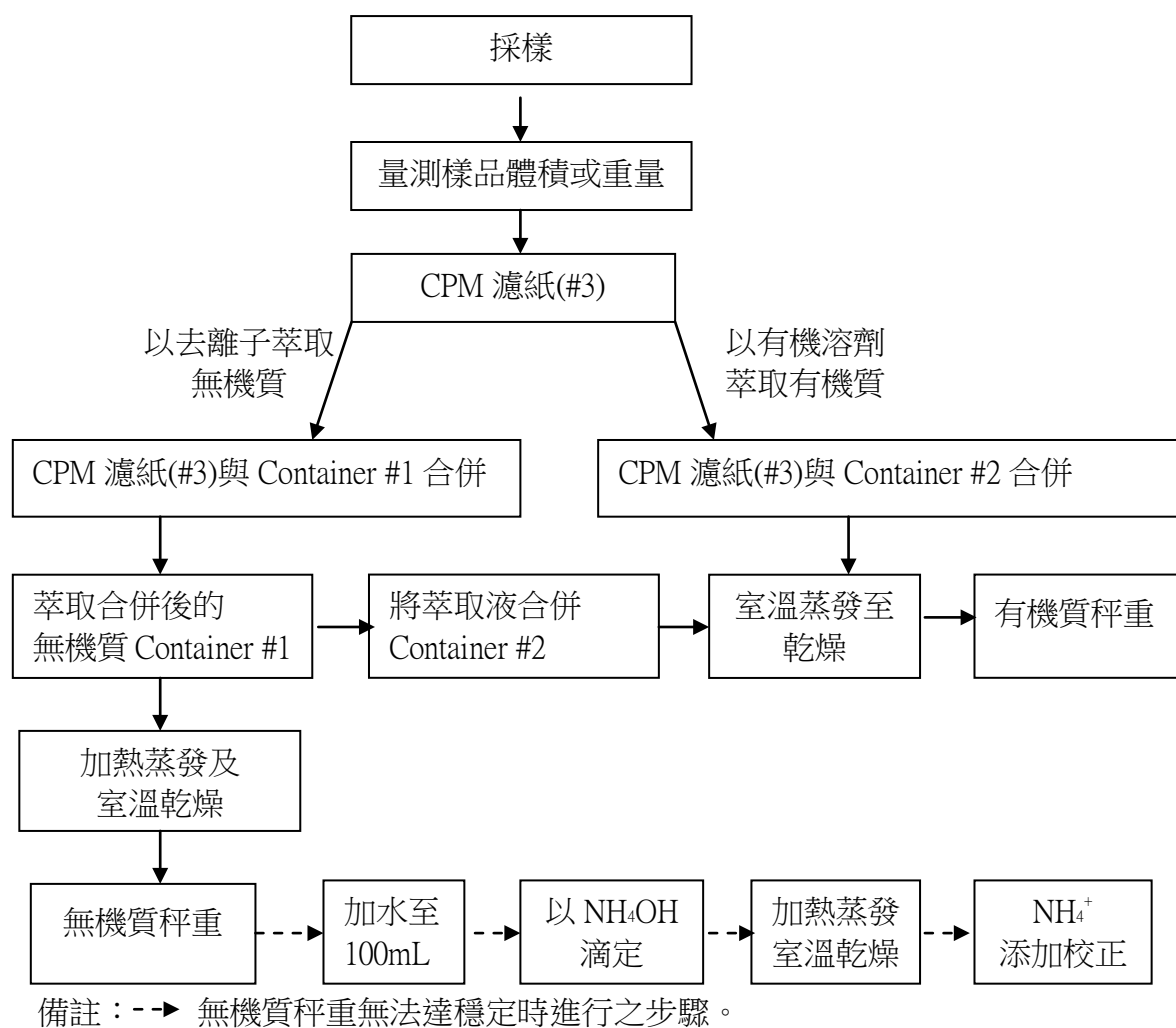


圖 5.1.1、管道之可凝結性微粒(CPM)濃度分析

三、FPM 成分分析

FPM 成分分析包括元素碳及有機碳、金屬元素、水溶性陰離子與陽離子，儀器種類及分析原理說明如下：

(1)、有機碳/元素碳分析

以碳分析儀分析，分析方式是取 0.53 cm²的濾紙，送入儀器內部，樣品在無氧的純氮氣環境中逐步(溫度梯度)加熱，濾紙上的微粒有機碳將轉化為二氧化碳(CO₂)；然後再通入含 2%氧氣的氮氣環境下逐步(溫度梯度)加熱，此時樣品中的元素碳釋放出來。上述各個溫度梯度下產生的 CO₂，經氧化爐(MnO₂)催化，於還原環境下轉化為可通過火焰離子化檢測器(FID)檢測的甲烷(CH₄)。

樣品在加熱過程中，部分有機碳可發生裂解現象而形成黑碳，使濾膜變黑，導致圖譜上的有機碳和元素碳峰不易區分，因此，在測量過程中，採用 633 nm 的氦-氖激光監測濾紙的反射光強度變化，明確指示出元素碳氧化的起始點。有機碳裂解過程中形成的碳化物稱之為裂解碳(OPC)。當一個樣品完成測試時，可以得到有機碳和元素碳共 8 個組成(OC1、OC2、OC3、OC4、EC1、EC2、EC3、OPC) 定量結果。

(2)、金屬元素分析

以感應偶和電漿質譜儀分析，感應偶和電漿質譜儀(Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry, ICP-MS)主要區分為三大部分，分別為樣品導入系統、感應偶和電漿離子源及質譜儀。運用 1500 瓦產生氬氣電漿焰炬(Torch)，在 5000~10000K 的高溫電漿中，分解、游離樣本，成為正離子，作為質譜儀之離子源，並抽入真空系統，經由質量分析器及離子偵測器，由質荷比與離子數進行定性與定量。

取樣品濾紙先以熱酸消化法進行前處理，萃取濾紙中金屬成分，萃取液過濾後裝盛至試劑管，送進 ICP-MS 分析。ICP-MS 以霧化器將樣品溶液先霧化處理，再配合載送氣流輸送，將所形成含待分析元素之氣膠輸送至電漿中。樣品受熱後，經由一系列去溶劑、分解、原子化/離子化等反應，將位於電漿中之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，繼而配合質量分析器將各特定質荷比之離子予以解析後，再以電子倍增器加以檢測，來進行多元素之定性及定量。

(3)、陰陽離子分析

以離子層析儀(Ion Chromatography; IC)分析，分析 F⁻、Cl⁻、NO₂⁻、Br⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻、Na⁺、NH₄⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺等離子。分析原理是利用各離子在固定相及移動相

間之平衡常數不同，且對於移動相之親和力不同，因此使得不同離子在管柱中的滯留時間不同，而達到分離之目的。

CPM 不做成分分析，原因有二，1. CPM 採集後的取樣過程，使用到有機溶劑萃取，加上樣品在鋁箔上加熱固化，鋁箔無法送入熱光反射原理的碳分析儀中分析，

5.2、檢測結果

108 年 4 根次排放管道 PM_{2.5} 檢測結果如表 5.2.1，FPM 介於 0.7 mg/Nm³~1.85 mg/Nm³，CPM 介於 11.9 mg/Nm³~24.4 mg/Nm³，CPM(可凝結性微粒)高於 FPM (可過濾性微粒)。CPM 高，查當日 CEMS 的 SO_x 與 NO_x 並無偏高情形。

表 5.2.2 為 FPM 化學成分檢測結果，重金屬鎘(Cd)、鉛(Pb)、砷(As)濃度皆低於管制標準。表 5.2.3 為成分百分比資料，可知 FPM 化學成分以硫酸根占比最高，此與煤中含硫份有關。2 號機硫酸根比例為 47.36%，10 號機硫酸根 20.54%高於 4 號機 4.54%，推測是使用煤料批次及煤配比不同導致，此結果與雲林燃煤電廠檢測含 30%硫酸根(勤智興業有限公司，2016)相比，數值仍屬合理。

圖 5.2.1 與圖 5.1.3 的條圖表示可知，台中電廠 4 次採樣顯示不同機組其 FPM 組成占比含量高低的順序變化不大，但占比數值變化很大。

表 5.2.1、108 年台中電廠燃煤鍋爐管道 PM_{2.5} 檢測結果一覽表

採樣日期	機組	FPM	CPM	SO ₂ / NO _x	採樣口平均 排氣溫度(℃)	微粒總量 FPM+CPM (mg/Nm ³)	FPM:CPM	燃料	防制設備
		(mg/Nm ³)		(ppm)					
108/08/01-02	2 號機	1.06	11.9	21 / 32	99.9	12.96	1 : 11.2	煙煤	排煙脫硝設備 靜電集塵器 排煙脫硫設備
108/03/14-15	4 號機	1.85	13.8	35 / 75	91.7	15.65	1 : 7.5		
108/03/28-29	10 號機	1.47	12.5	32 / 42	101.2	13.97	1 : 8.5		
108/08/08-09	10 號機	0.7	24.4	30 / 38	108.0	25.10	1 : 33.9		

備註：1. 本表濃度已經“含氧量”校正
 2. 採樣當日達到用量 8 成
 3. 108/08/08-09 採樣，CPM 有偏高現象，查當日管道 SO_x與 nox 濃度並無偏高，引用單筆數據前請審慎評估

表 5.2.2、108 年台中電廠管道中可過濾 PM_{2.5}成分濃度一覽表單位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$

廠家 成分	台中電廠 (2 號機)	台中電廠 (4 號機)	台中電廠 (10 號機)1	台中電廠 (10 號機)2	管制 標準
FPM	1060	1850	1470	700	
金屬元素					
Al	7.1	71.1	42.9	11.5	
Cd	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	1000
Co	<0.1	<0.1	<0.9	<0.1	50
Cr	0.3	0.5	1.2	0.4	1000
Cu	<0.3	<0.3	0.4	<0.1	200
Fe	18.7	51.0	33.5	27.4	
Mg	<0.4	16.8	8.6	13.8	
Mn	0.2	0.6	0.3	0.4	1000
Ni	0.2	0.6	1.3	0.2	1000
Pb	<0.3	<0.3	<0.3	<0.1	50
Zn	2.6	4.9	1.9	3.6	
As	<0.03	0.1	<0.1	<0.03	10
Ba	0.4	7	2.4	1.5	500
Sb	<0.1	<0.1	<0.03	<0.03	
V	0.1	0.3	0.1	0.1	
Se	0.2	0.5	0.2	0.3	
有機碳/元素碳					
EC	7.84	41.21	13.51	3.50	
OC	4.71	3.82	12.16	9.42	
陰陽離子					
Na ⁺	<8.0	<6.0	<7.0	19.0	
NH ₄ ⁺	<8.0	10.0	25.0	<8.0	
K ⁺	10.0	<6.0	<7.0	<8.0	
Mg ²⁺	<8.0	16.0	8.0	9.0	
Ca ²⁺	39.0	37.0	24.0	60.0	
Cl ⁻	<8.0	<6.0	<7.0	12.0	
NO ₃ ⁻	<8.0	<6.0	<7.0	134	
SO ₄ ²⁻	502	84	302	117	

備註：/ 表示未檢出

表 5.2.3、108 年台中電廠管道中可過濾 PM_{2.5} 成分比例一覽表

單位：%

廠家 成分	台中電廠 (2 號機)	台中電廠 (4 號機)	台中電廠 (10 號機)1	台中電廠 (10 號機)2
金屬元素				
Al	0.67%	3.84%	2.92%	1.64%
Cd	<0.003%	<0.002%	<0.002%	<0.004%
Co	<0.01%	<0.01%	<0.06%	<0.01%
Cr	0.01%	0.03%	0.08%	0.01%
Cu	<0.02%	<0.02%	0.03%	<0.01%
Fe	1.76%	2.76%	2.28%	3.91%
Mg	<0.04%	0.91%	0.59%	1.97%
Mn	0.02%	0.03%	0.02%	0.06%
Ni	0.02%	0.03%	0.09%	0.03%
Pb	<0.03%	<0.02%	<0.02%	<0.01%
Zn	0.25%	0.26%	0.13%	0.51%
As	<0.003%	0.01%	<0.01%	<0.004%
Ba	0.04%	0.38%	0.16%	0.21%
Sb	<0.01%	<0.01%	<0.002%	<0.004%
V	0.01%	0.02%	0.01%	0.01%
Se	0.02%	0.03%	0.01%	0.04%
有機碳/元素碳				
EC	0.74%	2.23%	0.92%	0.50%
OC	0.44%	0.21%	0.83%	1.35%
陰陽離子				
Na ⁺	<0.75%	<0.32%	<0.48%	2.71%
NH ₄ ⁺	<0.75%	0.54%	1.70%	<1.14%
K ⁺	0.94%	<0.32%	<0.48%	<1.14%
Mg ²⁺	<0.75%	0.86%	0.54%	1.29%
Ca ²⁺	3.68%	2.00%	1.63%	8.57%
Cl ⁻	<0.57%	<0.32%	<0.48%	0.85%
NO ₃ ⁻	<0.57%	<0.32%	<0.48%	9.54%
SO ₄ ²⁻	47.36%	4.54%	20.54%	16.71%

備註：/ 表示未檢出。

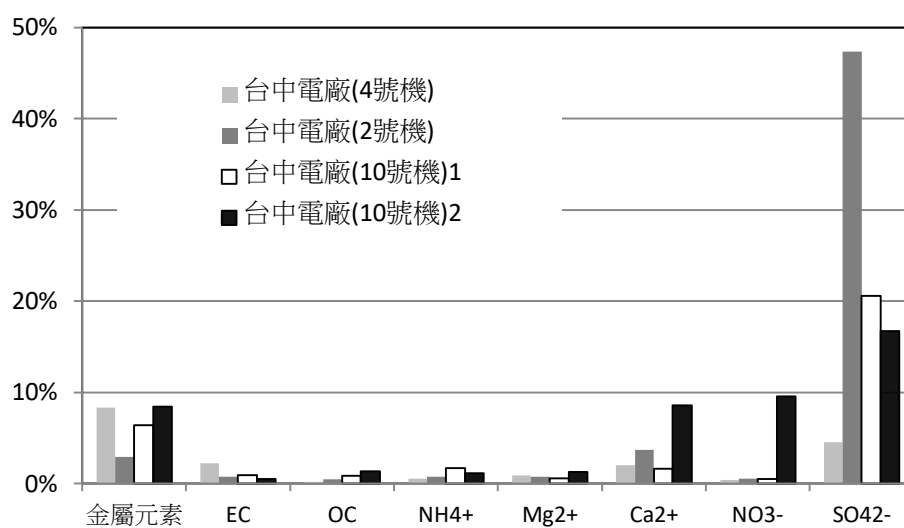


圖 5.2.1、FPM 主要化學成分占比

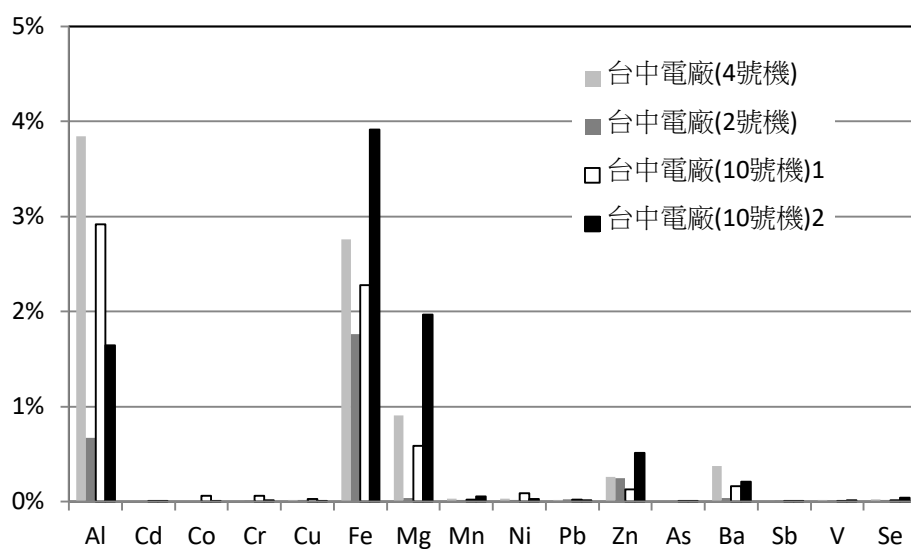


圖 5.2.2、FPM 之金屬元素成分占比

5.3、本市 PM_{2.5} 排放清冊

本市 PM_{2.5} 排放清冊建置主要對象是工廠，內容包括 FPM 及 CPM 排放濃度、排放係數、排放量以及 FPM 指紋資料(化學成分與比例)，作為本市管制及污染溯源的基礎。

本市自 102 年起陸續對轄內不同業別進行 PM_{2.5} 檢測，截至 108 年 8 月已完成 16 個業別管道 PM_{2.5} 檢測，而總 PM_{2.5} (FPM+CPM) 排放量最大的電力業及鋼鐵業則分別檢測 16 次及 9 次，業別及數量統計如圖 5.3.1 所示。表 5.3.1 為歷年臺中市受採廠家資訊表，至今本市共執行 43 根次的管道 PM_{2.5} 檢測。

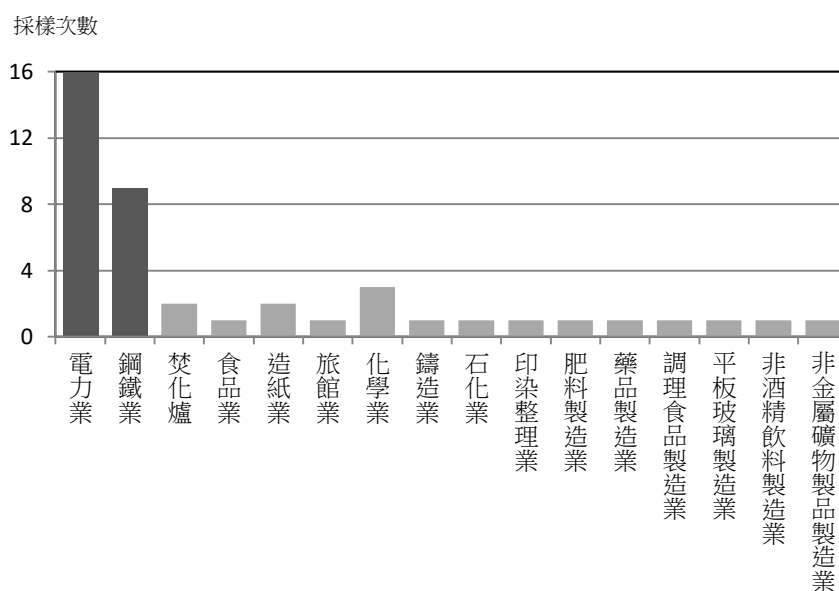


圖 5.3.1、102 年~108 年臺中市管道 PM_{2.5} 檢測數量統計

表 5.3.1、歷年臺中市工廠管道 PM_{2.5} 檢測資訊一覽表

年度	業別	廠家名稱	數量	製程	污染源
102	電力業	台中電廠	3	鍋爐發電	燃煤鍋爐
	鋼鐵業	中龍鋼鐵	2	電弧爐/燒結煉鋼	電弧爐、燒結製程
		豐興鋼鐵	1	電弧爐煉鋼	電弧爐
	食品業	臺中酒廠	1	鍋爐蒸氣	燃油鍋爐(重油)
	焚化爐	烏日焚化爐	1	廢棄物焚化處理	機械式焚化爐
103	電力業	台中電廠	2	鍋爐發電	燃煤鍋爐
	鋼鐵業	中龍鋼鐵	3	焦炭製造/副產品 鐵初級熔煉/熔礦/煉鋼	煉焦爐、轉爐、盛鋼桶作業區
		豐興鋼鐵	1	電弧爐煉鋼	電弧爐
	造紙業	廣源造紙	1	鍋爐汽電共生	流體化床鍋爐
	旅館業	全國大飯店	1	鍋爐蒸氣產生	燃油鍋爐(重油)
	化學業	三晃公司	1	鍋爐蒸氣產生	燃油鍋爐(重油)
104	電力業	台中電廠	1	鍋爐發電	燃煤鍋爐
	鋼鐵業	中龍鋼鐵	1	鐵初級熔煉/熔礦	高爐
	印染整理業	汰原實業	1	鍋爐發電	燃煤鍋爐
	調理食品製造業	味全食品	1	鍋爐蒸氣共生	燃油鍋爐(重油)
	平板玻璃製品製造業	台灣玻璃	1	浮式平板玻璃製造	玻璃熔解窯
	肥料製造業	台灣肥料	1	鍋爐蒸氣共生	燃油鍋爐(重油)
	非金屬礦物製品製造業	中聯資源	1	事業廢棄物再利用 (爐石研磨)	特殊製程
105	電力業	台中電廠	1	鍋爐發電	燃煤鍋爐
	鋼鐵業	中龍鋼鐵	1	鍋爐汽電共生	高爐氣鍋爐
	造紙業	正隆紙業	1	鍋爐汽電共生	燃煤鍋爐
	非酒精飲料製造業	宏全國際	1	鍋爐蒸氣共生	燃油鍋爐(重油)
	石化業	台灣中油	1	鍋爐蒸氣共生	燃油鍋爐(柴油)
106	電力業	台中電廠	1	鍋爐發電	燃煤鍋爐
	焚化爐	文山焚化爐	1	廢棄物焚化處理	多層床式焚化爐
	化學業	金隆化學	1	鍋爐蒸氣產生	燃油鍋爐(重油)
		陸昌化工	1	鍋爐蒸氣產生	燃氣鍋爐
	藥品製造業	興農公司	1	鍋爐蒸氣產生	燃氣鍋爐
	鑄造業	台中精機	1	灰鐵鑄造	熔鐵爐
107	電力業	台中電廠	4	鍋爐發電	燃煤鍋爐
108	電力業	台中電廠	4	鍋爐發電	燃煤鍋爐
合計共 43 根次					

5.3.1、各業別 FPM 及 CPM 排放濃度

表 5.3.2 為臺中市轄內 7 年(102 年至 108 年)的排放管道 PM_{2.5} 檢測結果統計，台中電廠與中龍鋼鐵為本市總 PM_{2.5} (FPM+CPM) 排放量最大廠家，分配的檢測數量較多，其他行業別管道 PM_{2.5} 檢測次數僅 1-2 次，以代表性而言，應屬電力業代表性最高，其他業別因為製程多元、燃料不同、防制設備差異等等因素交叉出現，就代表性而言，尚屬不足。

台中電廠共進行 16 次檢測，平均而言，FPM 濃度為 $1.04 \pm 0.34 \text{ mg/Nm}^3$ ，CPM 為 $9.77 \pm 7.31 \text{ mg/Nm}^3$ 。台中電廠屬大型工廠，設備的維護及更換上較落實，製程操作相對穩定，由標準差的數值可知，歷次 FPM 濃度檢測變異不大，而 CPM 變異相對較大；中龍鋼鐵因製程種類多元，共檢測 7 個不同製程，FPM 濃度以電弧爐 2.25 mg/Nm^3 最高，高爐 0.05 mg/Nm^3 最低。豐興鋼鐵電弧爐共檢測 2 次，2 次檢測 FPM 濃度差異極大，調查結果為廢鐵進料品質差異大所致，FPM 平均濃度 1.95 mg/Nm^3 ，CPM 平均濃度 1.78 mg/Nm^3 。

承上，鋼鐵業 CPM 低於電廠與製程有關，與煙氣中 SO₂、SO₃ 含量有關，含量較高者 CPM 上升，鋼鐵業製程排煙中含 SO₂、SO₃ 量極少，其 CPM 形成相對少很多。

燃煤電廠使用 SCR 脫硝設備會將煙氣中 SO₂ 氧化為 SO₃ ($2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$)。SO₂ 氧化率受煙氣中 SO₂ 濃度、反應器溫度、催化劑特性的影響。SO₃ 的產生率正比於煙氣中 SO₂ 的濃度，增加反應溫度也會加快 SO₂ 的氧化，當溫度超過 371°C 時，氧化速率將迅速增加。國外採用管制排煙中 SO₃ 濃度來抑制 CPM 生成，美國有 22 個州頒佈燃煤電廠 SO₃ 排放標準；中國衡水市規定燃煤電廠排放煙氣中 SO₃ 不得高於 5 mg/m^3 。在監測技術上，已知國際上已有煙氣中 SO₃ 的自動連續監測設備，但 CPM 沒有。

對去除煙氣中 SO₃ 具有效益的防制設施；包括低溫電除塵器、濕式電除塵器、電袋複合除塵器和濕式煙氣脫硫，但只有以硫酸液滴形式存在的 SO₃，才易被這些設施協同脫除。台中電廠排煙溫度 $< 110^\circ\text{C}$ ，煙氣中 SO₃ 均以硫酸液滴形式存在(煙氣中 $< 200^\circ\text{C}$ 均以硫酸霧滴形式存在)，加上使用濕式煙氣脫硫法，能對 CPM 減排具有效益。然而，濕式煙氣脫硫法對硫酸霧滴脫除效率與操作參數密切相關，脫除效率可從 16.3% 變化到 86.9%，未來對台中電廠 CPM 管制，可朝管制煙氣中硫酸霧滴作起。

表 5.3.2 也可看出 FPM 及 CPM 檢測值在 10 mg/Nm^3 以上者，皆以重油為燃料，且無加裝防制設備，或僅安裝多管式旋風分離器，另外，調查顯示重油鍋爐除了

無防制設備導致變異較高之外，也與當日鍋爐運轉時間有關，對於非 24 小時運轉或間歇性開爐者，會因為燃燒不完全導致 FPM 與 CPM 增加。

以 FPM 論之，可見燃油鍋爐 FPM 排放濃度高。目前，臺中市環保局針對燃油鍋爐業者提供高額補助，鼓勵更換為燃氣鍋爐，補助要點執行累計至 108 年 10 月底已有 198 家業者申請補助，其中 163 家改善完成。另鍋爐加嚴標準管制 181 座(2 噸以上的)，截止 10 月底，16 座因廠內停止生產已拆除或停止操作，1 座改為柴油鍋爐、10 座改為備用鍋爐，11 座符合排放標準及 41 座已提出改善期限延長。

除燃油鍋爐外，臺中市政府以「無煤台中」願景，鎖定中火減煤外，今年將輔導全市 7 家業者、共 18 座燃煤工業鍋爐，轉型為非生煤燃料。以總 PM_{2.5} (FPM+CPM) 排放濃度而言，繼燃油及燃煤管制後，下一階段管制對象建議為鋼鐵業。

表 5.3.2、歷年臺中市管道 PM_{2.5} 檢測結果彙整表

行業別	廠家名稱	數量	製程	FPM (mg/Nm ³)	CPM (mg/Nm ³)	FPM+CPM (mg/Nm ³)	燃料	防制設備
電力業	台中電廠	16	燃煤鍋爐	1.04±0.34	9.77±7.31	10.81	煙煤	脫硝設備、靜電集塵器、脫硫設備
鋼鐵業	中龍鋼鐵	1	電弧爐	2.25	4.26	6.51	重油	CO 燃燒塔、冷卻塔、袋式集塵器
		1	燒結廠	0.69	2.16	2.85	焦炭、煉焦爐氣	脫硝設備、脫硫設備、脫戴奧辛設備、靜電集塵器
		1	煉焦爐	0.37	9.03	9.40	混合氣、煉焦爐氣	/
		1	高爐出鐵間	0.16	1.15	1.31	/	出鐵間集塵器
		1	轉爐	0.15	0.4	0.55	/	次集塵器
		1	高爐(熱風爐區)	0.05	5.17	5.22	熱風爐混合氣	/
		1	高爐氣鍋爐	0.28	5.07	5.35	煉焦爐氣、高爐氣、天然氣	選擇性觸媒還原設備
	豐興鋼鐵	2	電弧爐	1.95±2.4	1.78±1.6	3.73	天然氣	CO 轉化槽、袋式集塵器
造紙業	廣源造紙	1	流體化床鍋爐	0.46	2.91	3.37	重油、煙煤、廢木材、廢橡膠	袋式集塵器、濕式排煙脫硫設備
	正隆紙業	1	燃煤鍋爐	3.63	5.81	9.44	煙煤	洗滌塔、靜電集塵器
食品業	台中酒廠	1	燃油鍋爐	3.65	1.05	4.70	重油	袋式集塵器
	味全食品	1	燃油鍋爐	25.0	14.5	39.5	重油	/
化學業	三晃公司	1	燃油鍋爐	16.5	347	363.5	重油	/
	金隆化學	1	燃油鍋爐	11.7	14.2	25.9	重油	/
	陸昌化工	1	燃氣鍋爐	0.73	5.67	6.40	天然氣	/
肥料業	台灣肥料	1	燃油鍋爐	13.3	143	156.3	重油	/
焚化爐	烏日焚化廠	1	垃圾焚化爐	0.31	0.35	0.66	垃圾、柴油	半乾式洗滌塔、脫硝系統、袋式集塵器
	文山焚化廠	1	垃圾焚化爐	0.08	12.78	12.86	垃圾、柴油	半乾式洗滌塔、脈動式袋式集塵器
印染業	太原實業	1	燃煤鍋爐	0.46	30.9	31.36	煙煤	旋風分離器、洗滌塔、袋式集塵器
非金屬製造業	中聯資源	1	爐石研磨機	6.43	55	61.43	生煤	袋式集塵器
平板玻璃業	台灣玻璃	1	玻璃熔解窯	2.4	83.4	85.80	重油	洗滌塔、靜電集塵器
飲料製造業	宏全國際	1	燃油鍋爐	43.5	100.3	143.80	重油	/
旅館業	全國大飯店	1	燃油鍋爐	22.6	84.2	106.80	重油	多管式旋風分離器
石化業	台灣中油	1	燃油鍋爐	0.27	7.67	7.94	柴油	/
農藥製造業	興農公司	1	燃氣鍋爐	0.26	6.95	7.21	天然氣	/
鑄造業	台中精機	1	熔鐵爐	0.73	5.49	6.22	焦炭	脫硝系統、靜電集塵器、排煙脫硫系統

備註: 1.本表重油油品皆為 4~6 號重油。2. / : 以無防制設備

5.3.2、各業別 FPM 及 CPM 排放係數

排放係數 (Emission Factor, EF) 為計算空氣污染物排放至大氣中排放量大小的計算參數，其定義為污染源因某種活動導致空氣污染物排放至大氣中的排放量化代表值，計算公式如下：

$$\text{排放係數 (EF)} = \frac{\text{檢測期間污染物排放量}}{\text{檢測期間產品產量或原(物)料使用量}}$$

計算結果彙整如表 5.3.3 所示；電力業以煙煤作為燃料，煙煤使用主要以澳洲煤、印尼煤為主。各地區煤礦特性有所差異，因此不同時期排放係數有所差異。台中電廠燃煤鍋爐的 FPM 排放係數 5.3~17.3 g/ton 煤，其 FPM 組成而言，陰陽離子比例較高，碳成分次之。

中龍鋼鐵 7 個不同製程 FPM 排放係數 0.08~2.10g/ton。中龍鋼鐵與豐興鋼鐵結有電弧爐製程，電弧爐以廢鐵為原料，廢鋼鐵來源複雜，包括拆船廢鐵、汽車廢鐵、壓鑄廢鐵、民間廢鐵...等，電弧爐 FPM 排放係數介於 0.77 ~ 2.61 g/ton，其 FPM 組成中金屬比例佔 50%或以上。

本市近年的燃煤鍋爐檢測對象中，以正隆紙業的燃煤鍋爐排放管道的 FPM 排放係數 23.7 g/ton 最高；燃煤鍋爐若以重油為燃料，排放管道的 FPM 排放係數介於 30.86~535 g/ton 最高，若以柴油為燃料，FPM 排放係數降至 4.12 g/ton。

表 5.3.3、管道中 FPM 及 CPM 排放係數一覽表

採樣廠家/製程		排放係數(g/Ton 或 g/KL 或 m³/Hr)					排放係數(g/千卡)		
		CPM	FPM				計算基準單位	CPM	FPM
			總和	碳成分	陰陽離子	金屬			
台中電廠	燃煤鍋爐 1 號	54.6	9.60	4.09	2.96	1.56	煙煤使用量 g/Ton	9.56E-06	1.68E-06
	燃煤鍋爐 1 號	91.9	10.9	0.70	3.98	0.79		1.61E-05	1.91E-06
	燃煤鍋爐 2 號	96.4	10.6	0.13	5.87	0.31		1.69E-05	1.86E-06
	燃煤鍋爐 4 號	129	17.3	0.42	1.63	1.44		2.26E-05	3.03E-06
	燃煤鍋爐 6 號	129	13.1	2.33	4.62	1.63		2.26E-05	2.30E-06
	燃煤鍋爐 7 號	71.3	9.49	3.56	1.98	1.79		1.25E-05	1.66E-06
	燃煤鍋爐 7 號	58.5	9.50	0.89	3.07	1.86		1.03E-05	1.67E-06
	燃煤鍋爐 7 號	65.2	9.98	0.85	2.71	2.67		1.14E-05	1.75E-06
	燃煤鍋爐 8 號	8.62	7.34	3.18	1.19	2.25		1.51E-06	1.29E-06
	燃煤鍋爐 8 號	16.5	5.34	2.40	1.44	0.81		2.90E-06	9.37E-07
	燃煤鍋爐 9 號	87.4	6.89	1.04	3.21	1.33		1.53E-05	1.21E-06
	燃煤鍋爐 10 號 1	95.8	11.3	0.20	2.98	0.72		1.68E-05	1.98E-06
	燃煤鍋爐 10 號 2	182.2	9.49	0.18	3.98	0.80		3.19E-05	1.66E-06
中龍鋼鐵	電弧爐	1.46	0.77	0.06	0.03	0.58	鋼鐵產量 g/Ton	/	/
	燒結廠	1.87	1.66	0.19	0.25	1.01	燒結礦產量 g/Ton	/	/
	煉焦爐	53.4	2.10	0.80	0.91	0.06	焦炭產量 g/Ton	7.35E-06	3.00E-07
	高爐出鐵間	3.12	0.47	0.19	0.13	0.06	鐵水產量 g/Ton	/	/
	轉爐	0.97	0.36	0.16	0.11	0.02	鋼液產量 g/Ton	/	/
	熱風爐作業區	8.30	0.08	0.03	0.02	0.02	鐵水產量 g/Ton	/	/
	高爐氣鍋爐	7.77	0.43	0.23	0.17	0.004	水蒸氣產量 g/Ton	/	/
豐興鋼鐵	電弧爐	5.19	2.29	0.15	0.09	1.86	廢鐵使用量 g/Ton	/	/
	電弧爐	5.83	2.61	0.44	0.52	1.25		/	/
台中酒廠	燃油鍋爐(重油)	8.89	30.86	3.01	19.1	5.94	重油使用量 g/KL	/	/
烏日焚化廠	垃圾焚化爐	0.07	0.07	0.02	0.02	0.03	垃圾投入量 g/Ton	/	/
文山焚化廠	垃圾焚化爐	74.7	0.50	0.08	0.12	0.23		/	/
廣源造紙	流體化床鍋爐	92.3	14.99	5.82	5.75	1.19	煙煤使用量 g/Ton	1.54E-05	2.46E-06
正隆紙業	燃煤鍋爐	38.0	23.7	2.16	5.05	2.99	煙煤使用量 g/Ton	6.24E-06	3.89E-06
全國大飯店	燃油鍋爐(重油)	2506	482	131	226	29.0	重油使用量 g/KL	/	/
三晃公司	燃油鍋爐(重油)	5770	296	80.7	131	41.0		/	/
金隆化學	燃油鍋爐(重油)	338	280	79.3	112	34.4		/	/
台灣肥料	燃油鍋爐(重油)	3349	281	70.4	83.5	40.9		/	/
中聯資源	爐石研磨機	3.98	0.47	0.08	0.2	0.1	爐石使用量 g/Ton	/	/
汰原實業	燃煤鍋爐	22.7	0.34	0.07	0.03	0.05	煙煤使用量 g/Ton	3.72E-06	5.57E-08
台灣玻璃	玻璃熔解窯	622	17.9	0.79	8.69	4.32	平板玻璃產量 g/Ton	/	/
味全食品	燃油鍋爐(重油)	215	334	52.1	184	36.7	重油使用量 g/KL	2.02E-05	3.48E-05
宏全國際	燃油鍋爐(重油)	1234	535	245	71.0	44.1		/	/
台灣中油	燃油鍋爐(柴油)	116	4.12	1.20	0.07	0.03	柴油使用量 g/KL	1.38E-05	4.90E-07
陸昌化工	燃氣鍋爐(天然氣)	0.02	0.003	0.002	0	0	天然氣使用量 m³/Hr	2.50E-09	3.75E-10
興農公司	燃氣鍋爐(天然氣)	0.27	0.01	0.001	0.003	0.003		3.38E-08	1.25E-09
台中精機	熔鐵爐	37.0	0.22	0.03	0.08	0.06	鐵水-使用量 g/Ton	/	/

備註:灰底廠家為已將燃油鍋爐改燃氣鍋爐

小結

一、 台中電廠排放管道PM_{2.5}採樣分析

1. 4號機與2號機FPM分別為1.85 mg/Nm³與1.47 mg/Nm³，CPM為13.8 mg/Nm³與12.5 mg/Nm³，CPM(可凝結性微粒)高於FPM (可過濾性微粒)。
2. FPM化學成分檢測結果顯示其化學成分以硫酸根占比最高，4號機4.54%、10號機20.54%，此與煤中含硫份有關，推測與使用煤料批次及煤配比不同所致。
3. FPM化學成分檢測結果其金屬元素總占比低於10%，重金屬鎘(Cd)、鉛(Pb)、砷(As)濃度皆低於管制標準。

二、 本市PM_{2.5}排放清冊建置

1. 臺中市轄內固定污染源排放管道 PM_{2.5} 檢測 102 年至 108 年截止共完成 43 根次，涵蓋 16 種業別，針對本市 PM_{2.5} 排放量最大的電力業及鋼鐵業分別檢測 16 次及 9 次。
2. 台中電廠共進行 16 次檢測，FPM 濃度為 1.04±0.34 mg/Nm³，CPM 為 9.77±7.31 mg/Nm³。台中電廠屬大型工廠，設備的維護及更換上較落實，製程操作相對穩定，由標準差的數值可知，歷次 FPM 濃度檢測變異不大，而 CPM 變異相對較大；中龍鋼鐵因製程種類多元，共檢測 7 個不同製程，FPM 濃度以電弧爐 2.25 mg/Nm³ 最高，轉爐 0.28 mg/Nm³ 最低。豐興鋼鐵電弧爐共檢測 2 次，2 次檢測 FPM 濃度差異極大，調查結果為廢鐵進料品質差異大所致，FPM 平均濃度 1.95 mg/Nm³，CPM 平均濃度 1.78 mg/Nm³。
3. 以總 PM_{2.5} (FPM+CPM) 排放濃度而言，在管制燃油及燃煤鍋爐後，建議下一階段管制鋼鐵業。
4. 國外採用管制排煙中 SO₃ 濃度來抑制 CPM 生成。台中電廠排煙溫度<110℃(備註:煙氣中<200℃均以硫酸霧滴形式存在)，煙氣中 SO₃ 均以硫酸液滴形式存在，加上使用濕式煙氣脫硫法，能對 CPM 減排具有效益。然而，濕式煙氣脫硫法對硫酸霧滴脫除效率與設備品質及現場操作參數密切相關，脫除效率可從 16.3%變化到 86.9%，未來對台中電廠 CPM 管制，可朝管制煙氣中硫酸霧滴作起。

第六章 公車站或指定地點 PM_{2.5} 調查

—章節摘要—

環保署交通測站 PM_{2.5} 是一般測站的 2 倍多，當一般測站 PM_{2.5} 超過空氣品質標準時，廣大的公車族可能暴露在更高的 PM_{2.5} 當中。一般測站多設於學校、機關樓頂，採樣口離地約 12~15 公尺，反映較大環境空氣品質狀況。交通測站設在道路旁，採樣口離地約 3~4 公尺，反映局部區域受交通機具影響的空氣品質。公車族呼吸離地約 2 公尺的空氣，接觸到 PM_{2.5} 濃度相對較高。本章以直讀計量測探討公車站 PM_{2.5} 濃度變化。

6.1、採樣地點、時程及設備

本計畫選用 Metone Aerocet-831 掌上型 PM_{2.5} 直讀式光學量測儀器測量空氣中 PM_{2.5} 濃度，是以光學散射法進行微粒量測，當微粒通過集中之光束時，使得原本集中之光束發生散射現象，此被散射之光線形成不同角度之光向，經由偵測後轉為訊號，並於儀器設備內建程式計算粒徑大小、粒徑數量及粒徑密度後得知 PM_{2.5} 質量濃度。光學量測散光原理會因物質本身散光特性而造成結果有所差異，但量測結果仍適用於比較不同地點之濃度高低，惟不適合直接與空氣品質標準比較。

因國內尚無 PM_{2.5} 微粒濃度驗證實驗室，Metone Aerocet-831 在 QA/QC 管控上作法有二：一、於每批次採樣前後，將儀器安裝於本市空氣品質自動監測站進行 4 小時比測，確認直讀計測值與自動站測值有一致性，可接受誤差為 ±15%；二、於每個地點採樣前，採樣頭安裝 HEPA 進行零點測試。

公車站 PM_{2.5} 量測，選擇在交通量高的黎明路量測，採樣位置需考量不影響交通車輛行進以及店家進出，以學校附近或搭乘人數較多公車站為主。表 6.1.1 為量測時程及進度說明，表 6.1.2 為公車站量測概況。

PM_{2.5} 直讀計分析原理與標準方法不同，直讀計測值不宜以空氣品質標準直接比較與論述。為瞭解直讀計與自動監測方法測值間差異，本團隊在后里測站架設直讀計與該站 PM_{2.5} 自動監測儀數據比對，以瞭解期間差異，比對結果如圖 6.1.1 所示。

表 6.1.1、公車站 PM_{2.5} 量測時程一覽表

公車站				監測期段選擇
批次	採樣時間	目標數	實際完成數	
第一批	04/17~05/14	9 站次	9 站次	晨峰時間：7:00~9:00 昏峰時間：16:30~19:00 其他(非晨峰、昏峰時間)
第二批	08/29、09/10	11 站次	12 站次	
總計		20 站次	21 站次	

表 6.1.2、公車站 PM_{2.5} 直讀計量測情形



6.2、量測結果分析

表6.2.1為歷年計畫執行結果，包括對本市交通量最大的台灣大道調查、柴油車與電動公車進站時，對站亭PM_{2.5}影響…等等。本次量測結果如表6.2.2所示，108年4~9月期間公車站PM_{2.5}測值介於9~57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，每站每日分三~四個時段量測，趨勢上可知一天當中以晨峰期的濃度最高，昏峰期濃度最低。

表 6.2.1、106 年~108 年公車站量測結果彙整

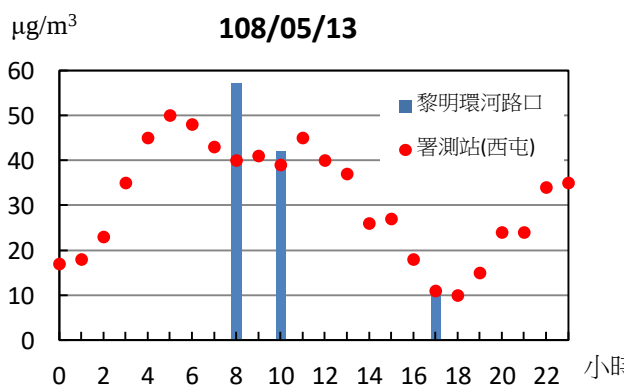
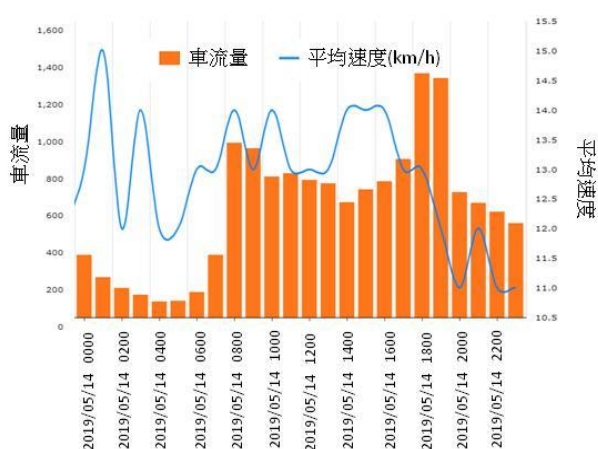
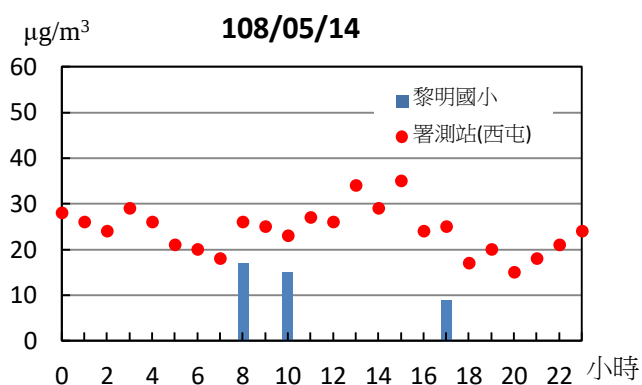
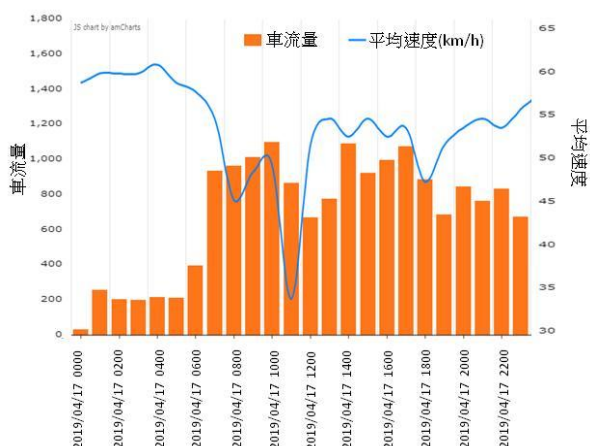
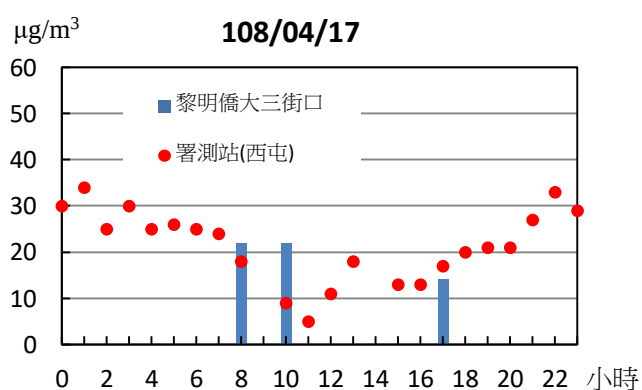
年份	採樣之路段	車流量	濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	採樣 (點次)	結論
106	台灣大道	高	4~160	208	1. 公車站 PM_{2.5} 是大氣測站 1.3~4.0 倍。 2. 公車站 PM_{2.5} 上、下班期間高於其他時段。 3. 公車站 PM_{2.5} 濃度不僅受交通量影響，大氣環境背景空氣品質也是重要影響因子。
107	文心路 中清路 公益路 英才路 五權路 大型候車亭	中	7~78	100	1. 大型候車站 PM_{2.5} 累積與候車亭之通風設計有關，豐原客運總站旁多圍牆與民宅，車輛廢氣不易擴散，而豐原車站為開放式候車亭，車輛廢氣易擴散稀釋。豐原客運總站周邊民宅林立，以健康角度而言，建議豐原客運總站應予遷移。 2. 柴油公車進站時，PM_{2.5} 濃度上升約 4~9$\mu\text{g}/\text{m}^3$，電動公車沒有上升情形，建議對於搭乘人數多的公車站應優先將柴油公車改換為電動公車載運。 3. 反向候車亭內、外濃度同步量測，亭內 PM_{2.5} 濃度較低。建議擁塞道路兩旁之公車站，應優先設置反向候車亭，可呼籲呼吸道敏感族群在反向候車亭內等車，可降低車輛排放廢氣的衝擊。
108	黎明路	低	9~57	20	1. 一天當中，PM_{2.5} 最高在晨峰期，昏峰期濃度最低。 2. 公車站 PM_{2.5} 濃度受區域濃度的影響，當鄰近大氣測站量測到較高 PM_{2.5} 濃度，近地面公車站測值也有偏高情形 3. 交通排放量高低會影響公車站 PM_{2.5} 變化，但濃度值高低仍取決於氣象等其他因素。

表 6.2.2、108 年公車站量測結果統計表

採樣日期	時間 站別	項目	晨峰期 (上班時段)	其他 (離峰時段)	昏峰期 (下班時段)
4月17日	黎明橋大三街口	PM _{2.5} (μ g/m ³)	22	22	14
		風速(m/s) / 風向	2.3 / 北北東	3.1 / 北	3.2 / 北
5月13日	黎明環河路口	PM _{2.5} (μ g/m ³)	57	42	11
		風速(m/s) / 風向	2.7 / 東南東	2.5 / 南東	2 / 東南東
5月14日	黎明國小	PM _{2.5} (μ g/m ³)	17	15	9
		風速(m/s) / 風向	2.5 / 南東	3 / 南南西	2.1 / 南
8月29日	黎明西苑高中	PM _{2.5} (μ g/m ³)	51	17、12	11
		風速(m/s) / 風向	2.2/南	1.4/南南西、 2.7/西北	1.8/北北西
	黎明新村	PM _{2.5} (μ g/m ³)	39	22、12	14
		風速(m/s) / 風向	2.2/南	1.4/南南西、 2.7/西北	1.8/北北西
9月10日	黎明中和新村	PM _{2.5} (μ g/m ³)	40	18、11	15
		風速(m/s) / 風向	1.8/北	2.0/北北西、 2.7/北北西	1.8/北北西
監測站次數			6	9	6
合計總站次數			21		

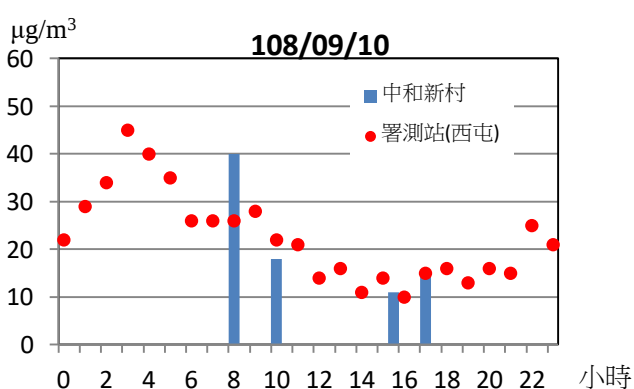
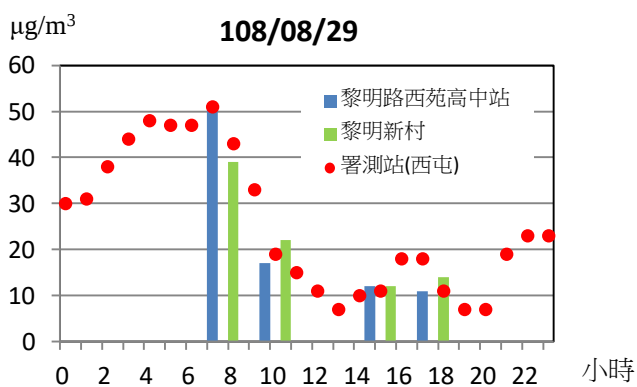
昏峰期濃度最低，比對風速風向結果，因氣象條件差異不大，昏峰期濃度較低，應是該時段大氣背景PM_{2.5}偏低影響，由圖6.2.1公車站與鄰近大氣測站PM_{2.5}濃度變化趨勢可看到此現象，公車站PM_{2.5}濃度受區域濃度的影響，當鄰近大氣測站量測到較高PM_{2.5}濃度，近地面公車站測值也有偏高情形，另外，大氣測站監測高度雖在12公尺~15公尺之間，PM_{2.5}濃度不一定比地面低，量測顯示有時大氣測站測值高於近地面，可能與路面車輛行駛時引起氣流有關。

圖6.2.2為鄰近採樣點之主要道路(黎明路)交通流量變化，可知8:00~9:00以及17:00~19:00為晨峰及昏峰期。以交通量與公車站PM_{2.5}濃度關係而言，晨峰期可對應到高PM_{2.5}，昏峰期，PM_{2.5}會上升但數值不高，這與風速、風向、混合層高度有關，也代表交通排放量高低會影響公車站PM_{2.5}變化，但濃度值的高低仍取決於氣象等其他因素。



車流量資料來源：臺中市即時交通資訊網

圖6.2.1、公車站PM_{2.5}量測結果與交通流量變化(1/2)



車流量資料來源：臺中市即時交通資訊網

續圖6.2.1、公車站PM_{2.5}量測結果與交通流量變化(2/2)

小結

1. 108年4~9月期間公車站PM_{2.5}測值介於9~57 μ g/m³，一天當中，PM_{2.5}最高在晨峰期，昏峰期濃度最低。昏峰期濃度最低，比對風速、風向結果，因氣象條件差異不大，昏峰期濃度較低，不排除是該取樣期間適逢大氣背景PM_{2.5}早上高而下午低所影響。
2. 公車站PM_{2.5}濃度受區域濃度的影響，當鄰近大氣測站量測到較高PM_{2.5}濃度，近地面公車站測值也有偏高情形，另外，大氣測站監測高度雖在12公尺~15公尺之間，PM_{2.5}濃度不一定比地面低，有時大氣測站測值高於地面。
3. 由交通局交通流量變化關係，可知8:00~9:00以及17:00:19:00為晨峰期及昏峰期。晨峰期可對應到高PM_{2.5}，昏峰期PM_{2.5}會上升但數值不高，這與風速、風向、混合層高度有關，也代表交通排放量高低會影響公車站PM_{2.5}變化，但濃度值高低仍取決於氣象等其他因素。

第七章 空氣品質預測及極端氣候預警

—章節摘要—

近年來，民眾關注 PM_{2.5} 污染問題，自身保護意識也逐漸提高，空氣品質預報需求應運而生。106 年起臺中市開始以分區方式對進行每日空氣品質指標(AQI)預報播放，讓民眾居家及外出規劃上，能掌握更充足的資訊並及早防範空氣品質轉變。預報工作能提前預警可能出現之空氣品質惡化事件及成因分析，進而啟動有效之對應變工作，以達抑制惡化之效。本章節說明空氣品質預報方式、超標預警程序，以及製作空品相關短片等工作及成效。整體執行架構如圖 7.1 所示。

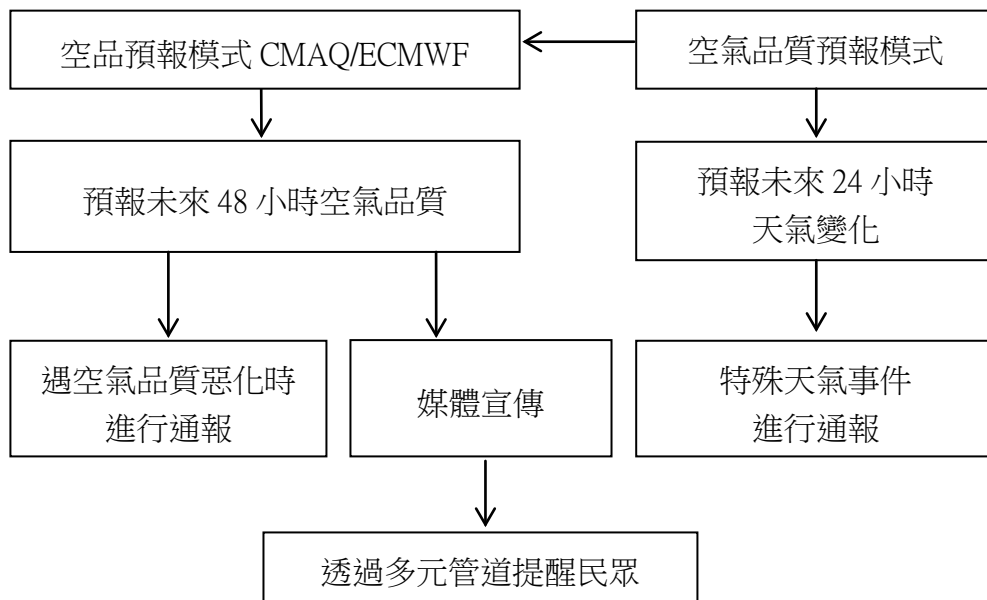


圖 7.1、空氣品質預測及極端氣候預警架構圖

7.1、空氣品質預測說明

本工作項透過空氣品質模式，進行空氣品質指標預報作業。空氣品質模式採用區域多尺度空氣品質模式(Models-3/ Community Multiscale Air Quality Modeling System, Models-3/CMAQ)之網格模式進行空氣品質模擬預報。

Models-3/CMAQ (EPA Third-Generation Air Quality Modeling System)主要運算核心為 CMAQ，整體運作如圖 7.1.1 所示。由 WRF 取得之氣象資料與 SMOKE 運算之排放量資料，最後均輸入 CMAQ 中，以進行化學機制之模擬。整個模擬工作可約略分為四大部分：

第一部分 氣象模組

CMAQ 以 WRF 模式作為氣象資料的提供者。WRF 除了提供氣象資料外，亦提供模式所需的土地利用型態及巢狀網格資訊。CMAQ 以 MCIP (Meteorological-ChemistryInterface Processor)模組進行 WRF 資料轉換，同時，在 MCIP 模組中可重新計算混合層高度。以 MCIP 轉換後的氣象資料提供排放資料庫處理及最後化學機制模擬之用。經過 MCIP 產生的檔案為模式所需要氣象資料檔，裡面包含有雲層厚度資料、風速風向、土地利用型態、及地形高層資料等等資訊，這些資訊提供排放源處理(SMOKE)及模式核心模擬(CCTM)所需參數。

第二部分 排放量資料

CMAQ 以 Sparse Matrix Operator Kernel Emissions System (SMOKE)模組進行排放量處理。SMOKE 的處理分為四部分：點源、線源、面源及生物源，點源部分除了較面源多考慮了氣團的煙流上升效應外，另外加入了氣團對於網格化的影響(Plume in Grid)；在移動源(線源)的模擬情況中，SMOKE 可將移動源分兩種輸入模式進行模擬，第一種使用機動車輛行駛里程數及車輛型態進行模擬(MVK)，第二種則直接以排放量進行模擬。

第三部分 化學傳輸模擬

CMAQ Chemical-Transport Modeling System (CCTM)模組為整個模式的處理核心，CCTM 中包含了擴散、傳輸、化學反應機制、雲程序及氣膠反應等等模組。

第四部份 輸出介面

由於 Models-3 的輸出檔亦為 I/O API 介面，因而資料的使用需要經過轉換，轉換後的資料可以 SAS 或其他相關的統計軟體進行分析，或直接以 PAVE 等繪圖軟體進行資料轉換。

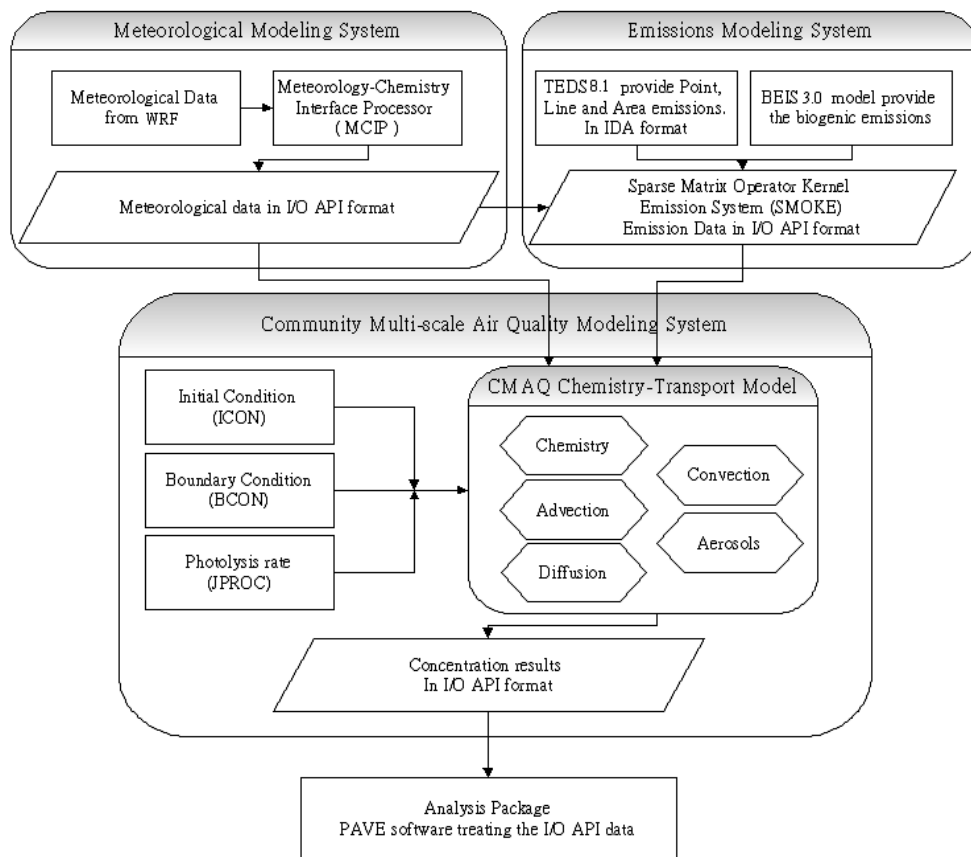


圖7.1.1、CMAQ/Models-3 模擬各模組之關聯圖

每年9月到隔年4月是臺中市空氣不良發期。9月下旬至10月初，西南季風逐漸退去之際，北方槽線漸趨活躍，東北季風便成為主導台灣天氣的重要因素。尤其在大陸冷高壓中心出海後，隨著高壓中心的東移，氣流經中央山脈地形使東北風過山沉降，臺中市位在背風下沉區，大氣條件不利於空氣污染物擴散，常是導致本市空氣不良的要因之一。

空氣品質模擬預測主要採用CMAQ模式，產出預報值再依據電廠降載減排情況適度調整。有別於現行環保署大尺度之空氣品質預報，本工作提供細緻化之分區預報，亦即將臺中市分為海線、山區、山線及市屯區4區進行空氣品質預報，且每3小時預報一筆數值，預報畫面如圖7.1.2所示。分區所涵蓋之行政區如下所示：

- (1) 海線：大甲、大安、外埔、清水、梧棲、沙鹿、龍井、大肚。
- (2) 市屯區：西屯、南屯、烏日、霧峰、太平、北屯、北區、西區、中區、東區、南區、大里。
- (3) 山線：后里、石岡、新社、豐原、潭子、神岡、大雅。
- (4) 山區：東勢、和平。

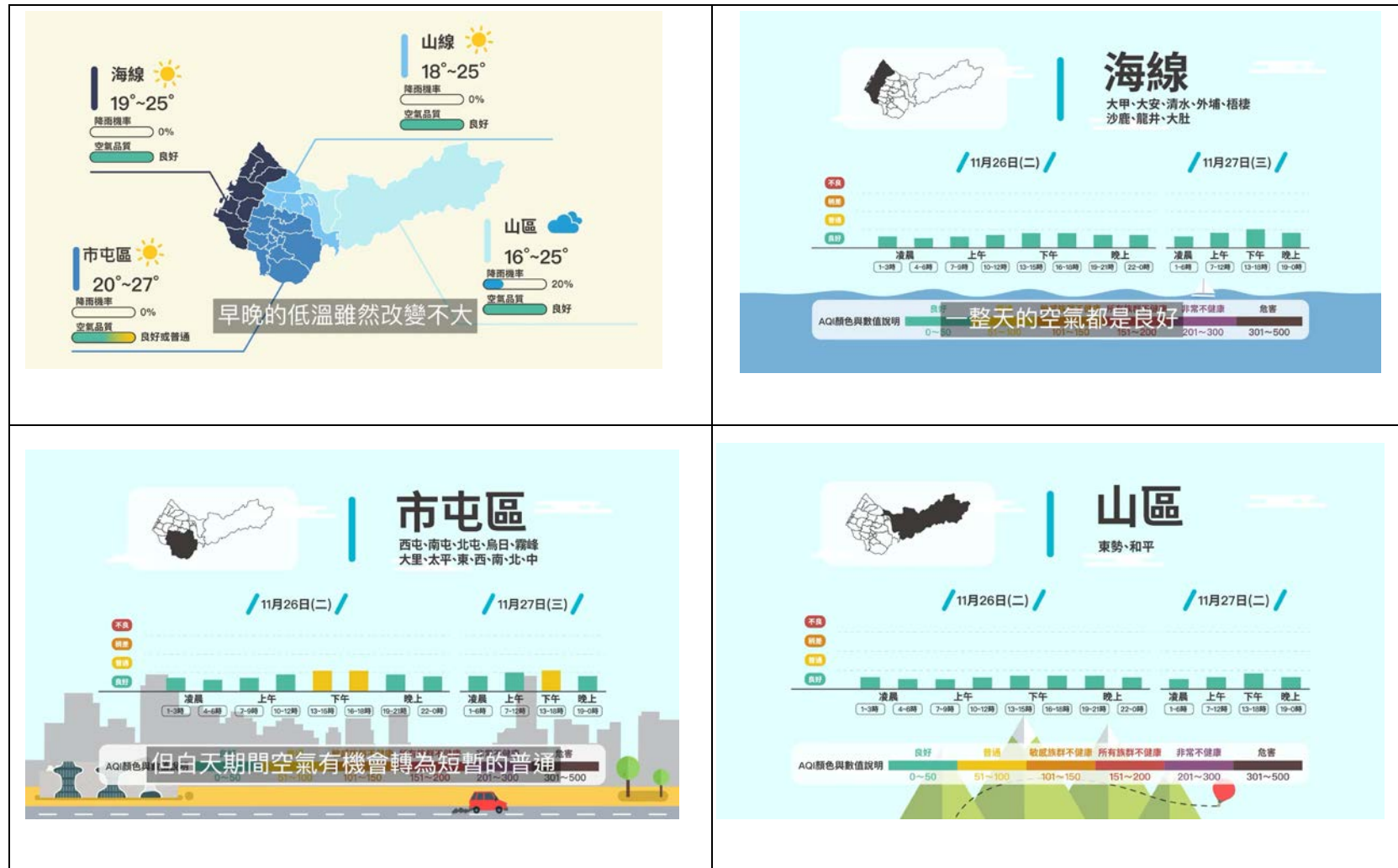


圖7.1.2、臺中市空氣品質預報分區示意圖

每日「空品預報短片」觀看平台為 Youtube，主要導流民眾進入的網址有：1. <http://bit.ly/2CXfbTZ>，從「市政府、市長」LINE 頻道選單進入；2. <http://bit.ly/2TO3muW>，從「市政府、環保局」官網進入。截至 2019 年 11 月 25 日，總點擊次數為 742,350 次，LINE 點擊率約占 62.6%，而官網平台連結空品預報影音之服務自 108 年 5 月才開始，所以點擊率約占 37.4%，占比如圖 7.1.3 所示。

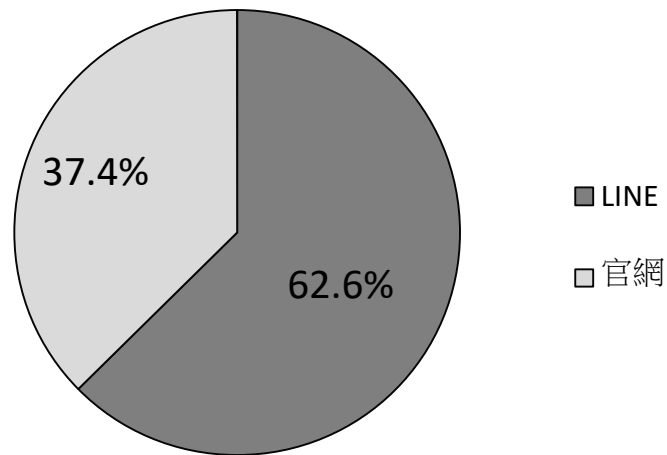


圖7.1.3、空品預報影音點擊率統計

7.2、空氣品質 AQI 預報準確率

本工作是將預報 48 小時先作時間間隔，0~24 小時，每 3 小時提供 AQI 預報區間平均數值；25~48 小時：每 6 小時提供 AQI 預報區間平均數值。有別於過去，改以時間解析度較高的方式，提供污染物變化趨勢。

預報數值，為該區間可能達到之「區間平均值」，如：3 時~5 時，模擬 AQI 為 100, 110, 120，則 AQI 預報數值為 110。

準確度評估方式以每 3 小時實際發生之「AQI 平均值」與「AQI 預報數值」比較。如：3 時~5 時，實際 AQI 為 100, 110, 120，則此時間區間 AQI 標準值為 110，再將 AQI 數值對照 AQI 指標顏色(詳表 7.2.1)以“燈號”呈現，預測燈號與實際燈號相同，視為準確。

本計畫自 108 年 1/23 開始執行，表 7.2.2 統計 2 月至 10 月每 3 小時一筆 AQI 值之預測準確率，4 月份準確率(55%)不佳，誤差較大原因在於春季的天氣系統變

化快速，氣象預報誤差本身偏大，間接影響空氣品質預測準確性；5 月份因大氣環境逐漸穩定，加上春季小範圍系統時期已過，模式掌握度相對較好，整體預測準確率隨之上升達到 73%；9 月份空污季節起，因加入 ECMWF 空氣品質預報模式輔助 CMAQ 預報，以及採用類神經網絡輔助修正預測數值，預測準確度大幅且穩定上升，10 月份達到 77%。

分區預報而言，海線測站地理位置受到「綜觀天氣」氣象條件影響大，預測準確度高；相較於海線，內陸測站多位於都市建築內，包含移動污染源的移動、局部環流、海陸風進入內陸後，具備較多重的不確定性，因此數據變化顯得掌握度偏低。

空品預測目的是在空品不良日來臨前能預做準備，因此，對於 AQI>100 準確率相對重要，表 7.2.3 為 AQI>100 之預報準確率統計，每月 AQI 介於 101~150 之準確率 68~89%，AQI>150 為 79%~92%，準確率於下半年皆有顯著提升。

AQI 指標	O ₃ (ppb) 8 小時平均值	O ₃ (ppb) 小時平均值 ^(a)	PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 24 小時平均值	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 24 小時平均值	CO (ppm) 8 小時平均值	SO ₂ (ppb) 小時平均值	NO ₂ (ppb) 小時平均值
0~50 良好	0 - 54	-	0.0 - 15.4	0 - 54	0 - 4.4	0 - 35	0 - 53
51~100 普通	55 - 70	-	15.5 - 35.4	55 - 125	4.5 - 9.4	36 - 75	54 - 100
101~150 對敏感族群不健康	71 - 85	125 - 164	35.5 - 54.4	126 - 254	9.5 - 12.4	76 - 185	101 - 360
151~200 對所有族群不健康	86 - 105	165 - 204	54.5 - 150.4	255 - 354	12.5 - 15.4	186 - 304 ^(b)	361 - 649
201~300 非常不健康	106 - 200	205 - 404	150.5 - 250.4	355 - 424	15.5 - 30.4	305 - 604 ^(b)	650 - 1249
301~500 危害	^(c)	405 - 504	250.5 - 350.4	425 - 504	30.5 - 40.4	605 - 804 ^(b)	1250 - 1649
401~500 危害	^(c)	505 - 604	350.5 - 500.4	505 - 604	40.5 - 50.4	805 - 1004 ^(b)	1650 - 2049

- 一般以臭氧(O₃)8 小時值計算各地區之空氣品質指標(AQI)。但部分地區以臭氧(O₃)小時值計算 AQI 是更具有預警性，在此情況下，臭氧(O₃)8 小時與臭氧(O₃)1 小時之 AQI 則皆計算之，取兩者之最大值作為 AQI。
- 空氣品質指標(AQI)301 以上之指標值，是以臭氧(O₃)小時值計算之，不以臭氧(O₃)8 小時值計算之。
- 空氣品質指標(AQI)200 以上之指標值，是以二氧化硫(SO₂)24 小時值計算之，不以二氧化硫(SO₂)小時值計算之。

表 7.2.1、臺灣空氣品質指數 AQI 及污染物濃度對應指數表

表 7.2.2、108 年臺中市空品 AQI 預報準確率統計表

分區	站別	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	平均
海線	沙鹿	67%	64%	74%	74%	83%	83%	82%	76%	77%	79%	76%
山線	豐原	64%	69%	51%	73%	82%	83%	85%	76%	78%	79%	74%
市屯區	西屯	69%	70%	51%	74%	83%	84%	86%	73%	77%	80%	75%
	忠明	68%	70%	49%	74%	82%	83%	83%	73%	77%	81%	74%
	大里	61%	65%	51%	68%	82%	80%	82%	71%	77%	78%	72%
平均		66%	68%	55%	73%	82%	83%	84%	74%	77%	79%	74%

備註：山區無空氣品質監測站，無法計算準確率

表 7.2.3、108 年臺中市空品 AQI>100 之預報準確率統計表(1/2)

月份	分區	站別	AQI =101~150		AQI>150	
2 月	海線	沙鹿測站	79%	78%	86%	85%
	山線	豐原測站	77%		85%	
	市屯區	西屯測站	79%		86%	
		忠明測站	77%		85%	
		大里測站	78%		85%	
3 月	海線	沙鹿測站	76%	77%	84%	85%
	山線	豐原測站	78%		85%	
	市屯區	西屯測站	78%		85%	
		忠明測站	78%		85%	
		大里測站	77%		85%	
4 月	海線	沙鹿測站	83%	68%	89%	79%
	山線	豐原測站	65%		77%	
	市屯區	西屯測站	64%		76%	
		忠明測站	62%		75%	
		大里測站	68%		79%	
5 月	海線	沙鹿測站	83%	81%	89%	87%
	山線	豐原測站	81%		87%	
	市屯區	西屯測站	81%		87%	
		忠明測站	81%		87%	
		大里測站	79%		86%	
6 月	海線	沙鹿測站	89%	78%	93%	85%
	山線	豐原測站	87%		91%	
	市屯區	西屯測站	86%		92%	
		忠明測站	87%		91%	
		大里測站	88%		92%	
7 月	海線	沙鹿測站	89%	88%	93%	92%
	山線	豐原測站	88%		92%	
	市屯區	西屯測站	88%		92%	
		忠明測站	87%		92%	
		大里測站	87%		91%	
8 月	海線	沙鹿測站	88%	89%	92%	92%
	山線	豐原測站	89%		93%	
	市屯區	西屯測站	88%		92%	
		忠明測站	88%		92%	
		大里測站	89%		93%	

續表 7.2.3、108 年臺中市空品 AQI>100 之預報準確率統計表(2/2)

月份	分區	站別	AQI =101~150		AQI>150	
9 月	海線	沙鹿測站	87%	89%	91%	90%
	山線	豐原測站	86%		91%	
	市屯區	西屯測站	85%		90%	
		忠明測站	84%		89%	
		大里測站	84%		89%	
10 月	海線	沙鹿測站	83%	89%	89%	89%
	山線	豐原測站	85%		90%	
	市屯區	西屯測站	83%		89%	
		忠明測站	83%		88%	
		大里測站	83%		89%	
11 月	海線	沙鹿測站	88%	88%	92%	92%
	山線	豐原測站	89%		92%	
	市屯區	西屯測站	88%		92%	
		忠明測站	88%		92%	
		大里測站	87%		92%	

備註：山區無空氣品質監測站，無法計算準確率

統計 2 月至 10 月每 3 小時一筆 AQI 值之預測準確率較有誤差之時間點，以空品事件分類說明如下：

- (1) 冬末初春境內污染累積，受鋒面影響快速遞減過程。
- (2) 初春南風盛行，推進西半部污染堆積於臺中的累積、遞減過程。
- (3) 夏季颱風自台灣東方通過，內陸臭氧高速累積過程、極值預估。
- (4) 夏季大範圍強東風吹拂，全區臭氧、PM_{2.5}大範圍累積過程。
- (5) 秋季微弱東北風吹拂，豐原、大里測站臭氧高度累積過程、極值預估。

主要原因為空品模擬所涵蓋之範圍、變化性多為尺度較大之大氣系統主導，對於臺中市山、海線之細部地貌變化，須經由空品模式預測後，再經過數值微調(人工經驗或天氣類型)，方能得出符合地域性的空品預報。

且受限於氣象預報模式之預測極限，也進而導致空品預報的誤差出現，如：(1) 之污染物遞減過程，初春鋒面多數冷鋒，由於地表污染物淺薄，因此地面鋒線通過時容易快速降低污染物，期間 AQI 數值之變化程度可能於 12 小時內大於 100，因此當氣象模式對於鋒面通過時間點掌握有些許誤差，則會影響空品預報的準確率。

有鑑於此，上述第 3.點 所提到之預報系統改用，相較於 CMAQ 能夠較精確掌

握大範圍趨勢之污染背景值與變化；後續數值調整，則以機器學習並輸入過去三年之空品觀測資料為輔助，找尋空氣變化之特徵值與關鍵條件，能在相似的大氣環境出現時提供更精準的預報，避免人工經驗調整之盲區或誤判情況出現。

7.3、空品不良通報與相關作為

除空氣品質預報及播放外，在特殊空氣污染事件發生時，亦額外協助製作圖卡，提供市政府作為訊息發布之用、並概略分析空氣品質狀況，以利訊息快速並有效率地傳遞。

一、文字提供：

每當嚴重空污事件發生時，提供文字說明檔如表 7.3.1 所示，讓環保局掌握整體空品不良原因，提供對外說明的參考。

表 7.3.1、空污事件文字說明

預報時間：2019.03.03(日) 預報有效期間：2019.03.03(日) 預報類型：台中市空氣污染特殊通知 一、預估空氣污染時程： 最為嚴重：即刻～週日凌晨。 稍微緩和：週日上午。 明顯緩和：週日下午。 二、原因： 週五少量境外污染自海峽移入，墊高整體污染物數值。週五晚至週六，南北風轉換期，春雨鋒面前暖區，容易起霧、風速微弱。 三、詳細說明： 由於週五微弱東北風南下時，挾帶少量境外污染，並滯留於西半部，隨北風減弱，境內污染與境外污染開始堆積。週六上半天起，大環境轉為東南風吹拂，繞山北風減弱，嘉義以南位於底層東南風之背風面，空氣水平流動效率因底層南風無法北上而相當差，污染物持續累積。週六夜間，濕度持續增高，海風減弱，混合層高度降低，空氣污染達到極值。 四、預估 AQI 高值： 週日(03 日)凌晨：170~180(海線)、160~170(屯區、山線)、110~115(山區)。 週日(03 日)上午：140~150(海線)、130~140(屯區、山線)、100~110(山區)。 週日(03 日)晚間：90~100(海線)、80~90(屯區、山線)、70~80(山區)。 五、建議與民眾溝通文字： 受到鋒面接近，南北風轉換期，風速明顯減弱下，中北部污染物滯留，空氣污染持續中。預計：中午起，鋒面通過，帶來降雨並帶動北風增強，空氣將大幅緩解。環保局自昨日皆已啟動各項應變措施，提醒民眾，中午前空氣仍差，請避免戶外劇烈運動，外出配戴口罩，以保自身健康。
--

二、圖片提供：

依據當時監測資料及預報數據製作清晰、易懂、具設計感的圖卡(如表 7.3.2)，提供市府與民眾溝通之用。

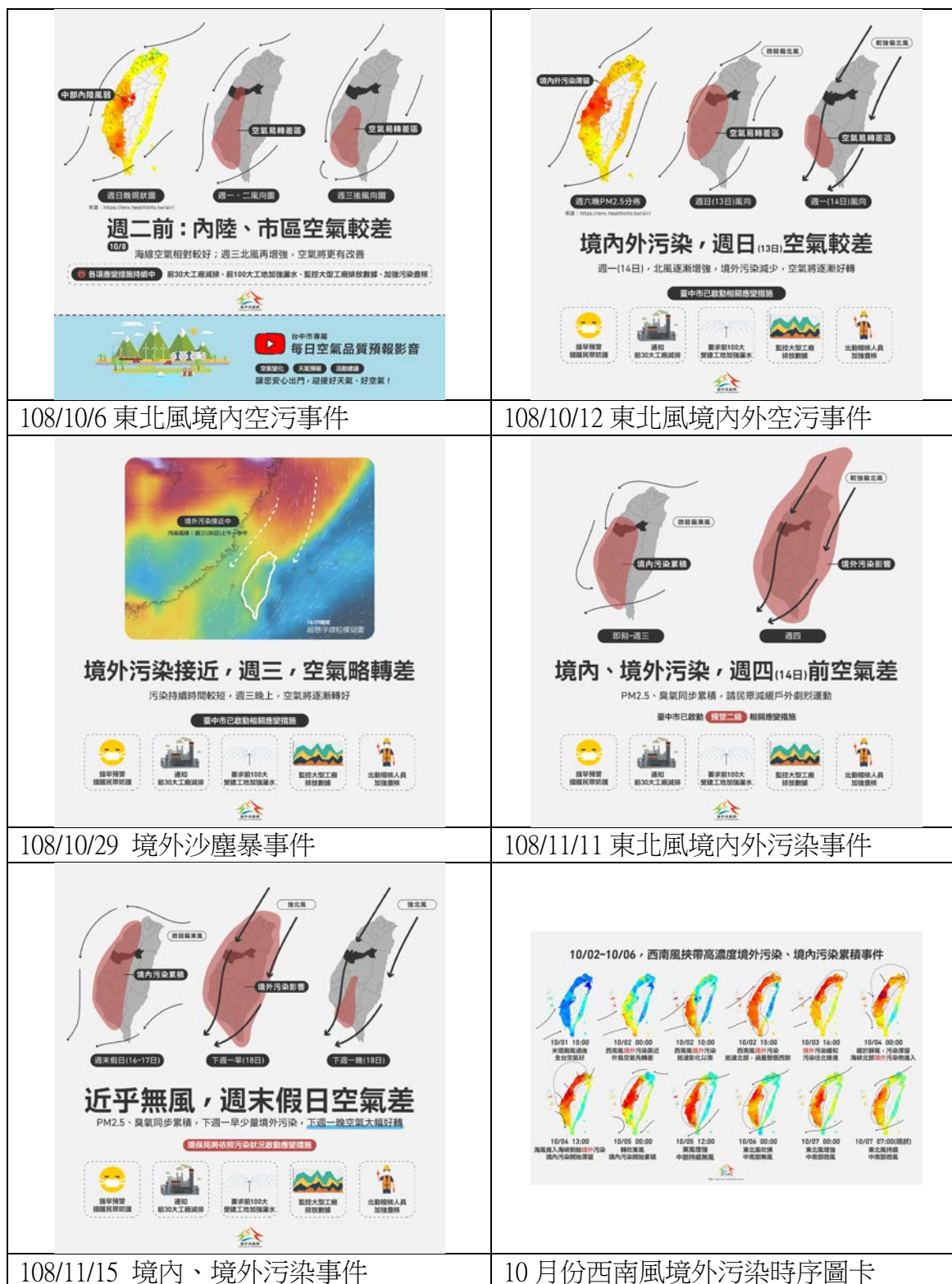
表 7.3.2、108 年 1~11 月空品不良與極端天氣通報圖卡(1/3)

中北部嚴重空污，午後空氣轉好 預計：週日中午起，春雨鋒面帶來降雨，空氣污染可望大幅緩和 環保局應變措施 週六(02日)，上午07:00起 成立跨局處應變小組 台中火力發電廠 停機3部機組 提早預警 提醒民眾防護 通知前30大 工廠減排 要求前20大 營運工地加強灑水 監控大型工廠 排放數據 出動稽核人員 加強查核	週一、週二，注意空氣大幅惡化 鋒面前進，天氣穩定，污染物不易擴散，易形成局部高度污染 環保局應變措施 週一(17日)上午07:00起 成立跨局處應變小組 台中火力發電廠 停機3部機組 提早預警 提醒民眾防護 通知前30大 工廠減排 要求前20大 營運工地加強灑水 監控大型工廠 排放數據 出動稽核人員 加強查核
108/3/2 南風帶起中北部境內空污事件 週四前，空氣容易轉差 大環境轉吹東風~東南風，且台灣附近無明顯盛行風向，易造成累積，空氣轉差 臺中市應變措施 週二(02日) 提早預警 提醒民眾防護 通知前30大 工廠減排 要求前100大 營運工地加強灑水 監控大型工廠 排放數據 出動稽核人員 加強查核	108/3/17~18 嚴重境內空污事件 週二上午前，注意空氣高度惡化 近乎無風，污染物僅能依靠海陸風小區域、東西移動堆積，週一由午後，空氣大幅轉差 臺中市應變措施 週一(17日)上午07:00起 成立跨局處應變小組 台中火力發電廠 停機3部機組 提早預警 提醒民眾防護 通知前30大 工廠減排 要求前100大 營運工地加強灑水 監控大型工廠 排放數據 出動稽核人員 加強查核
108/4/2~4 高壓迴流嚴重境內空污事件 週五~週日，風速較弱，中部空氣稍轉差 空氣不至於高度惡化，但仍提醒民眾注意 臺中市應變措施 週五(10日)~週六(11日)風向轉差 根據行政院環保署預報 提早預警 提醒民眾防護 通知前30大 工廠減排 要求前100大 營運工地加強灑水 監控大型工廠 排放數據 出動稽核人員 加強查核	108/4/7 弱綜觀嚴重境內空污事件 週末假日，風速較弱，中部空氣稍轉差 空氣不至於高度惡化，但仍提醒民眾注意 臺中市應變措施 週六(11日)~週日(12日)風向轉差 根據行政院環保署預報 提早預警 提醒民眾防護 通知前30大 工廠減排 要求前100大 營運工地加強灑水 監控大型工廠 排放數據 出動稽核人員 加強查核
108/5/10 境外、境內空污事件	108/5/11 境外、境內空污事件

續表 7.3.2、108 年 1~11 月空品不良與極端天氣通報圖卡(2/3)

先酷熱，再大雨 週三~週四 酷熱高溫 空氣稍轉差 週四晚~週五 颱風侵襲 中部降雨將顯著 No.5 丹娜絲Danas 提醒市民朋友做好相關防颱措施	白鹿颱風，逐漸接近 背風區域，空氣轉差 颱風環流東風，週五、週六注意空污 日照強烈，週五午後「臭氧」濃度高，請民眾避免戶外劇烈運動
108/7/17 丹娜絲颱風風雨、空氣提醒	108/8/23 白鹿颱風風雨、空氣提醒
西半部空氣明顯惡化 風向紊亂，風速弱，污染物容易堆積 趨於靜風，未來數天空氣品質不佳 臺中市已啟動相關應變措施	境內、境外臭氧同步累積 週日~週二，注意午後空氣轉差 空氣污染以「臭氧」為主 呼吸道較敏感的民眾，避免下午~潮入夜，在戶外活動
108/8/29 境內空污事件	108/9/22 塔巴颱風境外臭事件
西南風帶來華南沿岸污染，週五前空氣差 PM2.5、臭氧皆需注意 提醒所有民眾：週五前，避免戶外劇烈運動	週五空氣仍差，週六漸改善 西半部近乎無風，境外、境內污染同步累積，除了東部，其餘空氣皆高度惡化
108/10/2 西南風境外污染事件	108/10/3 西南風境外污染事件延續通知

續表 7.3.2、108 年 1~11 月空品不良與極端天氣通報圖卡(3/3)



三、臉書(FB)每日貼文輔助說明

因每日空氣品質預報短片需上傳至臺中市環保局臉書(臺中好環保)，有鑑於過去作法，皆輔助說明，民眾較難快速抓取重點，自 108 年 3 月 6 日主動提供額外協助，於每日 17 時前協助撰寫提供輔助說明，呈現如下：

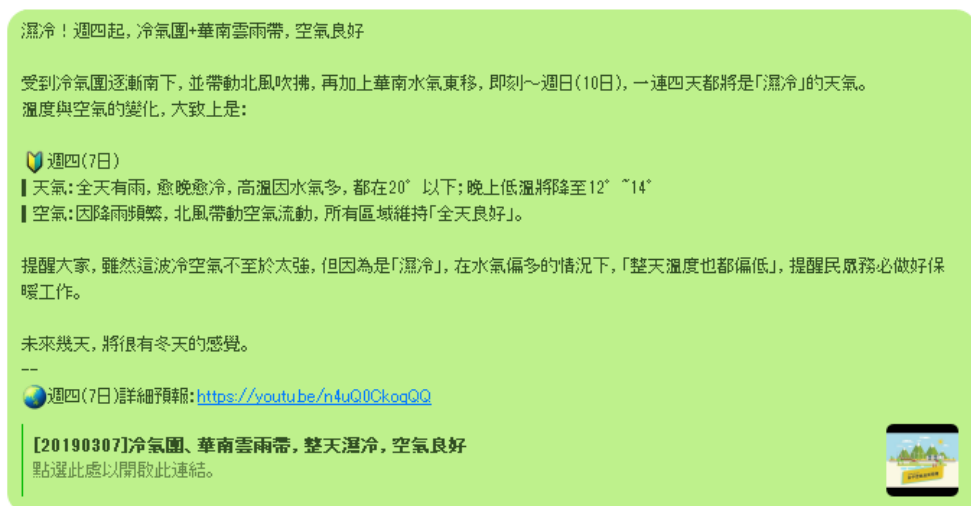


圖7.3.1、每日空氣品質預報輔助說明(LINE工作群組截圖)

四、特殊事件輿情提供

若於網路或現場，有發現大型空氣污染事件，皆會蒐集數據並額外協助，回傳於工作群組之中，以便相關人員快速掌握狀況。如：108 年 3 月 21 日，於空氣盒子發現異常數值，為查明空氣污染原因，立即前往現場勘查，並發現是清明節將至，民眾焚燒金紙引發之大火，如圖 7.3.2 所示：

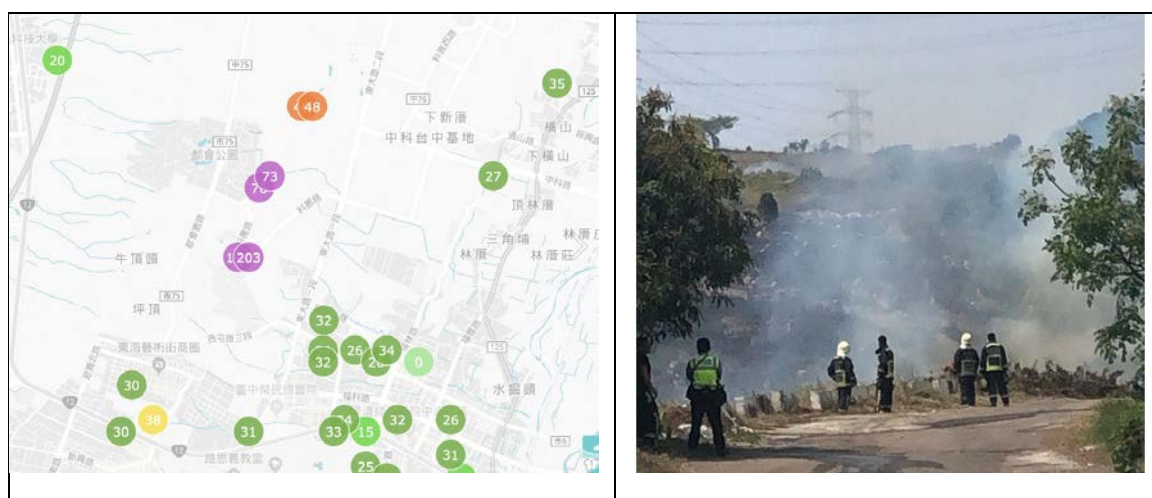


圖7.3.2、108年3月21日中科異常空污事件

圖 7.3.3 為后里區 108 年 5 月 7 日發生輪胎廠大火，造成臺中市嚴重空污，於異味飄散至整個臺中市前，率先於工作群組中傳遞輿情訊息，隨後，依照觀測資料製作圖片，供訊息發布之用。



圖7.3.3、108年5月7日后里輪胎廠空污事件

圖 7.3.4 為后里區 108 年 11 月大肚山西側火燒山事件，亦於工作群組中傳遞輿情訊息，及時提供消息予局端。

▶▶ 2019/11/04 15:00:52 火災	雜草 (含廢 棄物、 墓地)	台中市清水區清水 (嘉陽高中對面) 第一公墓[台中市清 水區中航路	龍井分隊	已出動
----------------------------------	-----------------------------------	--	-------------	------------

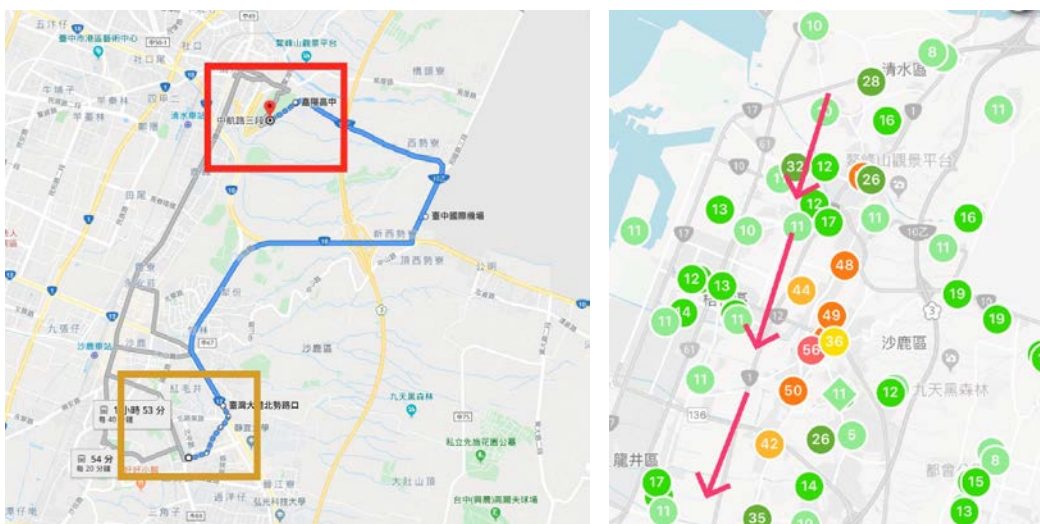


圖7.3.4、108年11月上旬大肚山脈西側連續火燒山事件

本計畫期間，如有突發性的空污事件，不論是人為、境外污染，皆會隨時提供訊息，除了每日預報短片之外，即時訊息更能夠瞭解當下空氣狀況，讓環保局能有最佳的應變效率。

小結

1. 截至 108 年 11 月臺中市有空氣品質惡化事件發生並依照環保局需求提供額外圖卡製作，計共 18 次。除立即通知環保局外並配合製作預報通知，圖卡用於臉書發布或提供市府及相關單位將訊息快速發布給予民眾參考。
2. 臺中市提供分區空品預報短片，在臺中市政府網站、環保局網站及臺中市政府 LINE 皆可點閱觀看，提供臺中市民最新的空氣品質變化，截至 2019 年 11 月 27 點擊瀏覽次數達 742,350。
3. 統計 2 月至 10 月每 3 小時一筆 AQI 值之預測準確率，可知 4 月份準確率(55%)較差，5 月份則可達 73%。4 月誤差較大原因在於春季的天氣系統變化快速，氣象預報誤差大，間接影響空氣品質預測準確性。5 月份因大氣環境逐漸穩定，加上春季小範圍系統時期已過，模式掌握度相對較好。6 月後以 ECMWF 空氣品質預報模式輔助 CMAQ 預報，並逐漸以 ECMWF 預報為主要預報數值輸出。另於第四季起，採用類神經網絡輔助修正預測數值，7~10 月相對準確率為 79.5%，顯示預測模型與機器學習的調整對於準確率的提升具有顯著效果。

第八章 研析發現

一、手動站PM_{2.5}化學成分調查

1. 研析發現：

- (1) 大里、后里、東大 PM_{2.5} 中硫酸鹽(SO₄²⁻)占比大，不論空品好壞其占比都在 15% 以上，因此，管制硫酸鹽須從平日做起，而不是在空品劣化時才加強管制。
- (2) 大里、后里、東大 PM_{2.5} 中硝酸鹽(NO₃⁻)占比最小，但 PM_{2.5} 事件日(>35 μg/m³) 時硝酸鹽(NO₃⁻)占比上升，且幅度大，三站有一致的情況皆出現。
- (3) 大里有機碳(OC)占比常有高於硫酸鹽的情形，后里及東大無此現象。

2. 建議：

- (1) PM_{2.5} 減量管制首重減少硫酸鹽產生，而且必須從平日做起，而不是在空品劣化時才加強管制，作法是持續管制燃油、燃煤工廠以及船舶用油。
- (2) 硝酸鹽占比低，PM_{2.5} 事件日時可觀察到占比上升，且幅度大，因此，空品不良前夕，應加強氮氧化物的管制。依 TEDS10 排放量統計，柴油大貨車排放量最大，因此，空品不良前夕就要限制該車種行駛，特別是高齡車。
- (3) 有機碳占比在大里 PM_{2.5} 貢獻上高於硫酸鹽，因此除前述管制措施外，大里應該立即對當地有機物排放進行管制。

(4) 管制策略

化學成分特徵	最大排放源 (TEDS10)	本市對應最大排放源之 相關管制措施	大 里	后 里	東 大	管制調整建議
硫酸根 1. 占比 21%~24%最高	工業 非公路傳輸 業	工業：燃油燃煤工廠改燃氣 空品預警期燃煤電廠降載 要求空污可行最佳控制技術	★	★	★	
		非公路傳輸業： 港口船舶船速管制 船舶之岸電使用 船舶使用低硫油(0.5%)				海區適用
有機碳 1. 占比 21~26%次高 2. OC/EC 比顯示受 汽油車影響高於 柴油車 3. 大里有機碳占比 經常高於硫酸根	工業 商業 車輛	工業：工廠 VOC 逸散管制 空品預警工廠減產	★	★	★	大里應優先其 他地區對工廠 揮發性有機物 減排
		商業：餐飲油煙防制設備加裝 紙錢燃燒	★	★	★	大里應加強管 制紙錢燃燒
		車輛：二行程機車汰換	★	★	★	

		推電動公車與電動機車使用 柴油車加裝濾煙器 柴油車先保養後定檢				
硝酸根 1. 非事件日占比低 (3%~7%)，但 PM _{2.5} 事件日占比大幅 上升	車輛 工業	車輛：二行程機車汰換 推電動公車與電動機車使用	★	★	★	空品不良預警 階段，對擴散 不良地區(如 大里)，規劃老 舊柴油車限行 時間，並且輔 以高密度攔檢 作業。
		工業：要求空污可行最佳控制技術	★	★	★	

二、PM_{2.5} 自動監測數據品質

1. 研析發現：

本市測站 PM_{2.5}/PM₁₀ 比值分析發現，署之大里站 106 年 11 月至 107 年 10 月比值一直低於 0.4，需進一步釐清是 PM_{2.5} 測值偏低或 PM₁₀ 測值偏高。局之太平站、大甲站、霧峰站以及烏日站也較常發生比值低於 0.4 的情形，亦應加強以上述測站 PM₁₀ 與 PM_{2.5} 的 QC 作業。

2. 建議：

參照環保署建置本市 PM₁₀ 及 PM_{2.5} 自動測值 QC 程序，編列 QC 經費分年執行，確保本局測站 PM₁₀ 與 PM_{2.5} 數據可靠性，QC 程序至少應包含以下二種：

(1) 零值 HEPA 測試：

目的：確認儀器之零點準確性

Metone 原廠指出，儀器 HEPA 測試為監測前 QA/QC 必要程序，作為零點調教的依據。主要目的是微調 BAM-1020 中的背景偏移 (BKGD) 值，以補償局部場地條件的微小變化

作法：是將外部採樣頭取下，裝上 HEPA 連續運轉 48~72 小時後，計算 σ 值，可瞭解儀器的偵測極限(LLD，即 2σ)及穩定度(Noise，即 σ)，測試以每年或每半年重複一次，以驗證設備的零值準確度。

允收標準：

零值平均：在 $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以內，並依零點偏差值進行調整

σ ： $< 2.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$

2σ ： $< 4.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$

(2) 手動方法平行比對：

目的：確認測值合理性

作法：將 PM_{2.5} 手動採樣器搬至自動監測站旁執行手動採樣，再比對自動測值與手動測值差異。每年擇 2 站以手動方法比測，每站每季執行至少 6 次。

允收標準：計算線性迴歸式

斜率： 1 ± 0.1

截距： 01 ± 5

相關係數：0.95

三、台中電廠管道 PM_{2.5} 排放

1. 研析發現：

102 年至 108 年對台中電廠共進行 16 次檢測，平均而言，FPM 濃度為 1.04 ± 0.34 mg/Nm³，CPM 為 9.77 ± 7.31 mg/Nm³，CPM 排放幾乎是 FPM 的 10 倍。

2. 建議：

國外採用管制排煙中 SO₃ 濃度來抑制 CPM 生成。台中電廠煙氣中 SO₃ 均以硫酸液滴形式存在，雖使用濕式煙氣脫硫法，能對 CPM 防制具有效益，但是，脫除效率會隨濕式煙氣脫硫設備的品質以及現場操作參數影響，未來對台中電廠 CPM 管制，可朝監測煙氣中硫酸霧滴作起。

第九章 結論與建議

9.1、結論

一、空氣中PM_{2.5}採樣分析

1. PM_{2.5}手動採樣結果顯示各站趨勢變化一致，僅大里站偶有高於豐原站及忠明站的情況，分析各站相關係數(R²)在 0.88 以上，代表區域一致性良好。
2. PM_{2.5}成分比例分析結果，總解析率介於 63.6%~109.7%。水溶性離子、碳組成、金屬成分占比平均為 42.9%、29.3%、5.8%，PM_{2.5}化學成分以水溶性離子為主，次為碳組成。三站皆以有機碳及硫酸鹽占比最高，有機碳含量最高時可達 37.1%，硫酸鹽占 34.4%亦然，硝酸鹽 11.85%、銨鹽 13.4%、金屬 18.9%及元素碳 17.6%。
3. 由季節統計可知各測站成分特徵差異，后里及東大站以硫酸根占比最高，次為有機碳，大里站則以有機碳占比最高，次為硫酸根。
4. 當硝酸鹽(NO₃⁻)占比偏高，三站皆出現在 PM_{2.5} 事件日(>35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)；PM_{2.5} 高於 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 時，NO₃⁻占比大多會高於 10%，在 PM_{2.5} 事件日發生前夕，應加強氮氧化物的排放管制；硫酸鹽(SO₄²⁻)占比變化沒有如硝酸鹽在事件日大幅上升的特徵，硫酸鹽在本市的影響不論空品好壞，其占比都在 15%以上，107/3/15 日及 107/11/7 日 PM_{2.5}事件日，硫酸鹽占比並未上升，因此，管制硫酸鹽須從平日做起，而不是在空品劣化時才加強管制；有機碳(OC)占比超過 30%的頻率，以大里較多，可推知有機物在大里 PM_{2.5}貢獻上高於其他地區，有機物排放管制應優先在大里實施；元素碳(EC)占比超過 10%的頻率以東大最高，可推知元素碳在東大 PM_{2.5}貢獻上高於其他地區，元素碳的來源為何，有待進一步調查。

二、PM_{2.5}自動站設置及運轉

1. 本市 PM_{2.5}逐年改善，東勢站與和平站加入監測後，其濃度值與趨勢與環保署測站相似；108 年 6 月份 PM_{2.5}濃度明顯下降，除了管制效益之外，也與當月梅雨季之降雨日數達 15 天，空氣污染物被雨水大量滌除有關。8 月份東勢站與和平站 PM_{2.5}污染高於西面測站，係因 8/4~8/6 日受到熱帶性低氣壓極外圍環流影響，且風速低不利於擴散，污染物由海邊往內陸傳輸，造成污染物濃度累積。
2. 本市測站 PM_{2.5}/PM₁₀比值分析發現，署之大里站 106 年 11 月至 107 年 10 月

比值一直低於 0.4，PM_{2.5} 過低或 PM₁₀ 過高，有必要進一步釐清；局之太平站、大甲站、霧峰站以及烏日站較常發生比值低於 0.4 的情形，應加強以上述測站 PM₁₀ 與 PM_{2.5} 的 QC 作業。

三、管道PM_{2.5}採樣分析

(一)、台中電廠排放管道PM_{2.5}採樣分析

1. 4號機與2號機FPM分別為1.85 mg/Nm³與1.47 mg/Nm³，CPM為13.8 mg/Nm³與12.5 mg/Nm³，CPM(可凝結性微粒)高於FPM(可過濾性微粒)。
2. FPM化學成分檢測結果顯示其化學成分以硫酸根占比最高，4號機4.54%、10號機20.54%，此與煤中含硫份有關，推測與使用煤料批次及煤配比不同所致。
3. FPM化學成分檢測結果其金屬元素總占比低於10%，重金屬鎘(Cd)、鉛(Pb)、砷(As)濃度皆低於管制標準。

(二)、本市PM_{2.5}排放清冊建置

1. 臺中市轄內固定污染源排放管道 PM_{2.5} 檢測 102 年至 108 年截止共完成 43 根次，涵蓋 16 種業別，針對本市 PM_{2.5} 排放量最大的電力業及鋼鐵業分別檢測 16 次及 9 次。
2. 台中電廠共進行 16 次檢測，FPM 濃度為 1.04±0.34 mg/Nm³，CPM 為 9.77±7.31 mg/Nm³。台中電廠屬大型工廠，設備的維護及更換上較落實，製程操作相對穩定，由標準差的數值可知，歷次 FPM 濃度檢測變異不大，而 CPM 變異相對較大；中龍鋼鐵因製程種類多元，共檢測 7 個不同製程，FPM 濃度以電弧爐 2.25 mg/Nm³ 最高，轉爐 0.28 mg/Nm³ 最低。豐興鋼鐵電弧爐共檢測 2 次，2 次檢測 FPM 濃度差異極大，調查結果為廢鐵進料品質差異大所致，FPM 平均濃度 1.95 mg/Nm³，CPM 平均濃度 1.78 mg/Nm³。

四、公車站PM_{2.5}調查

1. 108 年 4~9 月期間公車站 PM_{2.5} 測值介於 9~57 μg/m³，一天當中，PM_{2.5} 最高在早上交通尖峰期，傍晚交通尖峰期濃度最低。傍晚交通尖峰期濃度最低，比對風速、風向結果，因氣象條件差異不大，傍晚交通尖峰期濃度較低，不排除是該取樣期間適逢大氣背景 PM_{2.5} 早上高而下午低所影響。
2. 當大氣測站量測到較高 PM_{2.5} 濃度，近地面公車站測值也有偏高情形，可見公車站 PM_{2.5} 濃度也受區域濃度的影響，另外，大氣測站監測高度雖在 12 公尺~15 公尺之間，PM_{2.5} 濃度不一定比地面低，有時大氣測站測值高於地

面。

3. 由交通局交通流量變化關係，可知 8:00~9:00 以及 17:00:19:00 為上、下午交通尖峰期。上午交通尖峰期可對應到高 $PM_{2.5}$ ，下午交通尖峰期 $PM_{2.5}$ 會上升但數值不高，這與風速、風向、混合層高度有關，也代表交通排放量高低會影響公車站 $PM_{2.5}$ 變化，但濃度值高低仍取決於氣象等其他因素。

五、空氣品質預測及極端氣候預警

1. 截至 108 年 11 月臺中市有空氣品質惡化事件發生並依照環保局需求提供額外圖卡製作，計共 18 次。除立即通知環保局外並配合製作預報通知，圖卡用於臉書發布或提供市府及相關單位將訊息快速發布給予民眾參考。
2. 臺中市提供分區空品預報短片，在臺中市政府網站、環保局網站及臺中市政府 LINE 皆可點閱觀看，提供臺中市民最新的空氣品質變化，截至 2019 年 11 月 27 點擊瀏覽次數達 742,350。
3. 統計 2 月至 10 月每 3 小時一筆 AQI 值之預測準確率，可知 4 月份準確率(55%)較差，5 月份則可達 73%。4 月誤差較大原因在於春季的天氣系統變化快速，氣象預報誤差大，間接影響空氣品質預測準確性。5 月份因大氣環境逐漸穩定，加上春季小範圍系統時期已過，模式掌握度相對較好。6 月後以 ECMWF 空氣品質預報模式輔助 CMAQ 預報，並逐漸以 ECMWF 預報為主要預報數值輸出。另於第四季起，採用類神經網絡輔助修正預測數值，7~10 月相對準確率為 79.5%，顯示預測模型與機器學習的調整對於準確率的提升具有顯著效果。

9.2、建議

1. PM_{2.5}手動採樣結果顯示各站趨勢變化一致，代表區域一致性良好，未來市民質疑環保署手動站數據不具代表性時，可做為說明依據。
2. 依據化學成分特徵建議調整之管制措施

PM_{2.5}化學成分調查結果顯示，本市 PM_{2.5} 以硫酸根與有機碳為主要，其前驅污染物 SO₂ 與 VOC 為管制重點。大里與其他區不同，對有機碳的管制比硫酸鹽更為重要，對工廠揮發性有機物減排、加強紙錢減燒等工作應優先加強實施。有關本市各項既存之管制措施之外，因地制宜的管制調整建議如下：

化學成分特徵	最大排放源(TEDS10)	本市對應最大排放源之相關管制措施	大里	后里	東大	管制調整建議
硫酸根 1. 占比 21%~24%最高	工業 非公路傳輸業	工業：燃油燃煤工廠改燃氣 空品預警期燃煤電廠降載 要求空污可行最佳控制技術	★	★	★	
		非公路傳輸業： 港口船舶船速管制 船舶之岸電使用 船舶使用低硫油(0.5%)				海區適用
有機碳 1. 占比 21~26%次高 2. OC/EC 比顯示受汽油車影響高於柴油車 3. 大里有機碳占比經常高於硫酸根	工業 商業 車輛	工業：工廠 VOC 逸散管制 空品預警工廠減產	★	★	★	大里應優先其他地區對工廠揮發性有機物減排
		商業：餐飲油煙防制設備加裝 紙錢燃燒	★	★	★	大里應加強管制紙錢燃燒
		車輛：二行程機車汰換 推電動公車與電動機車使用 柴油車加裝濾煙器 柴油車先保養後定檢	★	★	★	
硝酸根 1. 非事件日占比低(3%~7%)，但 PM _{2.5} 事件日占比大幅上升	車輛 工業	車輛：二行程機車汰換 推電動公車與電動機車使用	★	★	★	空品不良預警階段，對擴散不良地區(如大里)，規劃老舊柴油車限行時間，並且輔以高密度攔檢作業。
		工業：要求空污可行最佳控制技術	★	★	★	

3. 環保署對於 PM_{2.5} 自動監測儀器，訂有 QC 程序，來確保自動測值與手動測值相近。本局有 6 座 PM_{2.5} 自動測站，建議未來參照環保署建置本市 PM_{2.5} 自動測值 QC 程序，並編列 QC 經費分年執行，確保本局測站 PM_{2.5} 數據可靠性。
4. 以總 PM_{2.5} (FPM+CPM) 排放濃度而言，在管制燃油及燃煤鍋爐後，建議下一階段管制鋼鐵業。
5. 國外採用管制排煙中 SO₃ 濃度來抑制 CPM 生成。台中電廠排煙溫度<110℃(備註:煙氣中<200℃均以硫酸霧滴形式存在)，煙氣中 SO₃ 均以硫酸液滴形式存在，加上使用濕式煙氣脫硫法，能對 CPM 減排具有效益。然而，濕式煙氣脫硫法對硫酸霧滴脫除效率與設備品質及現場操作參數密切相關，脫除效率可從 16.3%變化到 86.9%，未來對台中電廠 CPM 管制，可朝管制煙氣中硫酸霧滴作起。

參考文獻

1. Ammerlaan, B.A.J., Jedynska, A.D., Henzing, J.S., Holzinger, R., (2015). On a possible bias in elemental carbon measurements with the Sunset thermal/optical carbon analyser caused by unstable laser signal. *Atmospheric Environment*, 122, 571-576.
2. Birch, M.E., Cary, R.A., (1996). Elemental carbon-based method for monitoring occupational exposures to particulate diesel exhaust. *Aerosol Science. Technol*, 25, 221 – 241.
3. Bao, J., Mao, L., Zhang, Y., Fang, H., Shi, Y., Yang, L., Yang, H., (2016). Effect of Selective Catalytic Reduction System on Fine Particle Emission Characteristics. *Energy & Fuels*, 30, 1325-1334.
4. Christian, T.J., Yokelson, R., Cárdenas, B., Molina, L., Engling, G., Hsu, S.-C., (2010). Trace gas and particle emissions from domestic and industrial biofuel use and garbage burning in central Mexico. *Atmospheric Chemistry and Physics* 10, 565-584.
5. Cesari, D., De Benedetto, G., Bonasoni, P., Busetto, M., Dinoi, A., Merico, E., Chirizzi, D., Cristofanelli, P., Donato, A., Grasso, F., (2018). Seasonal variability of PM_{2.5} and PM₁₀ composition and sources in an urban background site in Southern Italy. *Science of the Total Environment*, 612, 202-213.
6. Cao J.J., Lee S.C., Hoa K.F., Zhang X.Y., Zou S.C., Kochy Fung, Chow J. C., Watson, John G., (2003). Characteristics of carbonaceous aerosol in Pearl River Delta Region, China during 2001 winter period. *Atmospheric Environment*, 37, 11, 1451 – 1460.
7. Cao, J.J., Shen, Z.X., Chow, J.C., Watson, J.G., Lee, S.C., Tie, X.X., Ho, K.F., Wang, G.H., Han, Y.M., (2012). Winter and Summer PM_{2.5} Chemical Compositions in Fourteen Chinese Cities. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 62, 1214-1226.
8. Chou C. C.-K., Lee C. T., Cheng M. T., Yuan C. S., Chen S. J., Wu Y. L., Hsu W. C., Lung S. C., Hsu S. C., Lin C. Y., Liu S. C., (2010). Seasonal variation and spatial distribution of carbonaceous aerosols in Taiwan. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10, 9563 – 9578.
9. Cass, G.R., Hughes, L.A., Bhave, P., Kleeman, M.J., Allen, J.O., Salmon, L.G., (2000). The chemical composition of atmospheric ultrafine particles. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A*, 358, 2581-2592.

10. Chan, C.C., Chuang, K.J., Su, T.C. and Lin, L.Y., (2005). Association between nitrogen dioxide and heart rate variability in susceptible population, *European Journal of Preventive Cardiology*, 12, 580-586.
11. Chen, S.J., Liao, S.H., Jian, W.J. and Chiu, S.C., (1996). Characteristics of organic and elemental carbon in The ambient air of traffic-intersection. 1996 International Conference on Aerosol Science and Technology, Taipei.
12. Cheng, M.T., Chou, W.C., Chio, C.P., Hsu, S.C., Su, Y.R., Kuo, P.H., Tsuang, B.J., Lin S.H., Chou, C.C.K., (2008). Compositions and source apportionments of atmospheric aerosol during Asian dust storm and local pollution in central Taiwan. *Journal of Atmospheric Chemistry*, 61, 155-173.
13. Chow, J.C., J. G. Watson, J.E. Houck., (1993). A Laboratory Resuspension Chamber to Measure Fugitive Dust Size Distributions and Chemical Composition. *Atmospheric Environment*, 28, 21, 3463 ~ 3481.
14. Chuang, K.J., Chan, C.C., Shiao, G.M. and Su, T.C., (2005a). Associations between submicrometer particles exposures and blood pressure and heart rate in patients with lung function impairments, *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 47, 1093-1098.
15. Chuang, K.J., Chan, C.C., Chen, N.T., Su, T.C. and Lin, L.Y., (2005b). Effects of particle size fractions on reducing heart rate variability in cardiac and hypertensive patients, *Environmental Health Perspectives*, 113, 1693-1697.
16. Chuang, K.J., Chan, C.C., Su, T.C., Lee, C.T., and Tang, C.S., (2007). Urban air pollution, inflammation, oxidative stress, coagulation and autonomic dysfunction in young adults, *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 176, 370-376.
17. Countess, R.J., (1990). Interlaboratory Analyses of Carbonaceous Aerosol Samples. *Aerosol Science and Technology*, 12, 1, 114-121.
18. Crosby K. J., England G. C., (2017). An Emerging Technique for Low-Concentration Measurement of Particulate Emissions From Gas-Fired Gas Turbines. *The American Society of Mechanical Engineers*, 4B, 66-76.
19. Dockery, D.W., Pope, C.A., Xu, X., Spengler, J.D., Ware, J.H., Fay, M.E., Ferris, B.G. and Speizer, F.E., (1993). An association between air pollution and mortality in six US cities. *The New England Journal of Medicine*, 329, 1753-1759.

20. Duan, F.K., He, K.B., Ma, Y.L., Yang, F.M., Yu, X.C., Cadle, S.H., Chan, T., Mulawa, P.A., (2006). Concentration and chemical characteristics of PM_{2.5} in Beijing China:2001-2002. *Science of the Total Environment*, 355, 264-275.
21. England G.G.C., Zielinska B., Loos K., Crane I., Ritter K., (2000). Characterizing PM_{2.5} emission profiles for stationary sources: comparison of traditional and dilution sampling techniques. *Fuel Processing Technology*, 65-66, 177-188.
22. Glavas, S.D., Nikolakis, P., Ambatzoglou, D., Mihalopoulos, N., (2008). Factors affecting the seasonal variation of mass and ionic composition of PM_{2.5} at a central Mediterranean coastal site. *Atmospheric Environment*, 42, 5365-5373.
23. Guo ,Z., Jiang, W., Chen, S., Sun, D., Shi, L., Zeng, G., Rui, M., (2016). Stable isotopic compositions of elemental carbon in PM_{1.1} in north suburb of Nanjing Region, China. *Atmospheric Research*, 168, 105 – 111.
24. 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.
25. He, K., Yang, F., Ma, Y., Zhang, Q., Yao, X., Chan, C.K., Cadle, S., Chan, T., Mulawa, P., (2001). The characteristics of PM_{2.5} in Beijing, China, *Atmos. Environ*, 35: 4959-4970.
26. Ho, K.F., Cao, J.J., Lee, S.C., Chan, C.K., (2006^a). Source apportionment of PM_{2.5} in urban area of Hong Kong. *Journal of Hazardous Materials*, 138, 73-85.
27. Ho, K.F., Lee, S.C., Cao, J.J., Chow, J. C., Watson, J.G., Chan, C.K., (2006^b). Seasonal variations and mass closure analysis of particulate matter in Hong Kong. *Science of the Total Environment*, 355, 276-287.
28. Heo, J.B., Hopke, P.K., Yi, S.M., (2009). Source apportionment of PM_{2.5} in Seoul, Korea. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 9, 4957-4971.
29. Hueglin, C., Gehrig, R., Baltensperger, U., Gysel, M., Monnd, C. and Vonmonta, H., (2005). Chemical Characterisation of PM_{2.5}, PM₁₀ and Coarse Particles at Urban, Near-city and Rural Sites in Switzerland. *Atmospheric Environment*, 39, 637-651.
30. Han, J.S., Moon, K.J., Lee, S.J., Kim, Y.J., Ryu, S.Y., Cliff, S.S., YI, S.M., (2005). Size-resolved source apportionment of ambient particles by positive matrix factorization. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 5, 5223-5252.
31. Kampa, M. and Castanas E., (2008). Human health effects of air pollution,

- Environmental Pollution, 151, 362-367.
32. Kim, H.S., Huh, J.B., Hopke, P. K., Holsen, T. M., Yi, S.M., (2007). Characteristics of the major chemical constituents of PM_{2.5} and smog events in Seoul, Korea in 2003 and 2004. *Atmospheric Environment*, 41, 6762-6770.
 33. Khan, M.F., Hirano, K. and Masunaga, S., (2010). Quantifying the Sources of Hazardous Elements of Suspended Particulate Matter Aerosol Collected in Yokohama, Japan. *Atmos. Environ* 44 : 2646 – 2657.
 34. Kuang, B.Y., Lin, P., Huang, X.H., Yu Z.J., (2015). Sources of humic-like substances in the Pearl River Delta, China: positive matrix factorization analysis of PM_{2.5} major components and source markers. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15, 1995-2008.
 35. Matawle, J.L., Pervez, S., Dewangan, S., Shrivastava, A., Tiwari, S., Pant, P., Deb, M.K., Pervez, Y., (2015). Characterization of PM_{2.5} source profiles for traffic and dust sources in Raipur, India. *Aerosol and Air Quality Research* 15, 2537-2548.
 36. Maraziotis, E., Sarotis, L., Marazioti, C., Marazioti, P., (2008), Statistical analysis of inhalable (PM₁₀) and fine particles (PM_{2.5}) concentrations in urban region of Patras, Greece. *Global Nest Journal*, 10(2) P123-131.
 37. Miller, K. A., Siscovick, D. S., Sheppard, L., Shepherd, K., Sullivan, J. H., Anderson, G. L., and Kaufman, J. D., (2007), Long-term exposure to air pollution and incidence of cardiovascular events in women. *The New England Journal of Medicine*, 356, 447-458.
 38. Martinez, M.A., Caballero, P., Carrillo, O., Mendoza, A., Mejia, G.M., (2012). Chemical characterization and factor analysis of PM_{2.5} in two sites of Monterrey, Mexico. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 62, 817-827.
 39. Lee, C.T., Hsu, W.C. and Lin, N.H., (1995). The chemical contents and source apportionment of Taichung aerosols. 1995 International Conference on Aerosol Science and Technology, Taipei.
 40. Lee, E., Chan, C.K., Paatero, P., (1999). Application of positive matrix factorization in source apportionment of particulate pollutants in Hong Kong. *Atmospheric Environment*, 33, 3201-3212.
 41. Lee, P.K.H., Brook, J.R., Dabek-Zlotorzynska, E., Mabury, S.A., (2003). Identification of the major sources contributing to PM_{2.5} observed in Toronto. *Environmental Science & Technology*, 37, 4831-4840.
 42. Lewandowski, M., Jaoui, M., Kleindienst, T.E., Offenberg, J.H., Edney, E.O., (2007). B-caryophyllinic acid: An atmospheric tracer for b-caryophyllene secondary organic

- aerosol. *Geophysical Research Letters*, 34.
43. Lin, J.J., (2002). Characterization of the major chemical species in PM_{2.5} in the Kaohsiung City, Taiwan. *Atmospheric Environment*, 36, 1911-1920.
44. Lin, Y.C., Tsai, C.J., Wu, Y.C., Zhang, R., Chi, K.H., Huang, Y.T., Lin, S.H., Hsu, S.C., (2014). Characteristics of trace metals in traffic-derived particles in Hsuehshan Tunnel, Taiwan: size distribution, fingerprinting metal ratio, and emission factor. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussion*, 14, 13963-14004.
45. Lanzaco, B.L., Olcese, L.E., Querol, X., Toselli, B.M., (2017). Analysis of PM_{2.5} in Córdoba, Argentina under the effects of the El Niño Southern Oscillation. *Atmospheric Environment*, 171, 46-58.
46. Lonati, G., Giugliano, M., Butelli, P., Romele, L., Tardivo, R., (2005). Major chemical components of PM_{2.5} in Milan (Italy). *Atmospheric Environment*, 39, 1925-1934.
47. Lonati, G., Giugliano, M., Ozgen, S., (2008). Primary and secondary components of PM_{2.5} in Milan (Italy). *Environment International*, 34, 665-670.
48. Li, Z., Jiang, J., Ma, Z., Wang, S., Duan, L., (2015). Effect of selective catalytic reduction (SCR) on fine particle emission from two coal-fired power plants in China. *Atmospheric Environment*, 120, 227-233.
49. Mangelson, N., Lewis, F. L., Joseph J.M., Cui W., Machir J., Williams N. W., Eatough D.J., Rees L.B., Wilkerson T. and Jensen D.T., (1997). The contribution of sulfate and nitrate to atmospheric fine particles during winter inversion fogs in Cache Valley, Utah, *Journal of the Air and Waste Manage, Association*, 47, 167-175.
50. Ogulei, D., Hopke, P.K., Zhou, L., Paatero, P., Park, S.S., Ondov, J. M., (2005). Receptor modeling for multiple time resolved species: The Baltimore supersite. *Atmospheric Environment*, 39, 3751-3762.
51. Putaud J.P., Van Dingenen, R., Alastuey, A., Bauer, H., Birmili, W., Cyrys, J., et al., (2010). A European aerosol phenomenology - 3: physical and chemical characteristics of particulate matter from 60 rural, urban, and kerbside sites across Europe. *Atmospheric Environment*, 44, 1308-1320.
52. Pio, C., Mirante, F., Oliveira, C., Matos, M., Caseiro, A., Oliveira, C., Querol, X., Alves, C., Martins, N., Cerqueira, M., Camões, F., Silva, H., Plana, F., (2013). Size-segregated chemical composition of aerosol emissions in an urban road tunnel in Portugal. *Atmospheric Environment*, 71, 15-25.
53. 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.
54. Querol, X., Alastuey, A., Viana, M.M., Rodriguez, S., Artinano, B., Salvador, P., do Santos, S.G., Patier, R.F., Ruiz, C.R., de la Rosa, J., de la Campa, A.S., Menendez, M., Gil, J.I., (2004). Speciation and origin of PM₁₀ and PM_{2.5} in Spain. *Journal of Aerosol Science*, 35, 1151-1172.
55. Querol, X., Alastuey, A., Ruiz, C.R., Artinano, B., Hansson, F.C., Harrison, R.M., Buringh, E., ten Brink, H.M., Lutz, M., Bruckmann, P., Straehl, P., (2004). Speciation and origin of PM₁₀ and PM_{2.5} in Selected European cities, *Atmospheric Environment*, 38(38), P6547-6555.
56. Rahn, K.A., (1999). A graphical technique for determining major components in a mixed aerosol. I. Descriptive aspects. *Atmospheric Environment* 33, 1441-1455.
57. Salvador, P., Artíñano, B., Alonso, D.G., Querol, X., Alastuey, A., (2004). Identification and characterisation of sources of PM₁₀ in Madrid (Spain) by statistical methods. *Atmospheric Environment* 38, 435-447.
58. Samet, J.M., Dominici, F., Curriero, F.C., Coursac, I. and Zeger, S.L., (2000). Fine particulate air pollution and mortality in 20 U.S. cities, 1987-1994. *The New England Journal of Medicine*, 343, 1742-1749.
59. Schwartz, J., Dockery, D.W. and Neas, L.M., (1996). Is Daily Mortality associated specifically with fine particles? *Journal of the Air and Waste Manage. Association*, 46, 927-939.
60. Schwartz, J., Cusack, M., Karban, J., Chalupníčková, E., Havránek, V., Smolík, J., Ždímal, V., (2016). PM_{2.5} chemical composition at a rural background site in Central Europe, including correlation and air mass back trajectory analysis. *Atmospheric Research*, 176-177, 108-120.
61. Salameh, D., Detournay, A., Pey, J., Pérez, N., Liguori, F., Saraga, D., et al., (2015). PM_{2.5} chemical composition in five European Mediterranean cities: A 1-year study. *Atmospheric Research*, 155, 102-117.
62. Sheya, S.A., Glowacki, C., Chang, M.C.O., Chow, J.C. Watson, J.G., (2008). Hot filter/impinger and dilution sampling for fine particulate matter characterization from
-

-
- ferrous metal casting processes. *Journal of the Air & Waste Management Association* 58, 553-561.
63. Su, T.C., Chan, C.C., Liao, C.S., Lin, L.Y., Chuang, K.J. and Kao, H.L., (2006). Urban air pollution increases plasma activator inhibitor-1 and fibrinogen levels in susceptible patients. *European journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, 13,849-852.
 64. Tian, H., Wang, Y., Xue, Z., Cheng, K., Qu, Y., Chai, F., Hao, J., (2010). Trend and characteristics of atmospheric emissions of Hg, As, and Se from coal combustion in China, 1980 – 2007. *Atmospheric Chemistry and Physics* 10, 11905-11919.
 65. Takahashi, K., Minoura, H., Sakamoto, K., (2008). Chemical composition of atmospheric aerosols in the general environment and around a trunk road in the Tokyo metropolitan area. *Atmospheric Environment*, 42, 113-125.
 66. Tsai, Y.I., Cheng, M.T., (1998). Visual degradation and aerosol characteristics of ambient high-polluted events in Taichung metropolitan basin. 1998年氣膠研討會，屏東。
 67. Tsai, Y.I., Cheng, C.L., (1997). Characterization of Asian dust storm and non-Asian dust storm PM_{2.5} aerosol in southern Taiwan. *Atmospheric Environment*, 40, 4734-4750.
 68. Tsai, Y.I., Chen, C.L., (2006), Characterization of Asian dust storm and non-Asian dust storm PM_{2.5} aerosol in southern Taiwan. *Atmospheric Environment*, 40, 4734-4750.
 69. Tolis, E.I., Saraga, D.E., Lytra, M.K., Papathanasiou, A.Ch., Bougaidis, P.N., Prekas-Patronakis, O.E., Ioannidis, I.I., Ioannidis, J.G., (2015). Concentration and chemical composition of PM_{2.5} for a one-year period at Thessaloniki, Greece: A comparison between city and port area. *Atmospheric Environment*, 113, 197-207.
 70. 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.
 71. Wang, Y., Zhuang, G.S., Chen S., An, ZS., Zheng, A.H., (2006), Characteristics and Sources of formic, acetic and Oxalic Acids in PM_{2.5} and PM₁₀ aerosols in Beijing, china. *Atmospheric Research*, 84(2), P169-181.
 72. Wei, C.C., Chen, W.C., Li, C.S. and Wang, C.S., (1993). Application of chemical mass balances to the Mailiao aerosols. 1993 International Conference on Aerosol Science and Technology, Taichung.
 73. Wu, Y.L., (1997). The diurnal variations of mode diameters for nitrate and sulfate in the ambient atmosphere, 1997 International Conference on Aerosol Science and
-

- Technology, Tainan.
74. Wu, Y.S., Fang G.C., Lee, W.J., Lee, J.F., Chang, C.C., Lee, C.Z., (2007). A review of atmospheric fine particulate matter and its associated trace metal pollutants in Asian countries during the period 1995-2005. *Journal of Hazardous Materials*, 143, 511-515.
 75. Watson, J.G., J.C. Chow., (2001). Source characterization of major emission sources in the Imperial and Mexicali valleys along the US/Mexico border. *Sciences of the Total Environment*, 276, 33-47.
 76. Wien, S., England, G., (2016). PM_{2.5} Speciation Profiles and Emission Factors from Petroleum Industry Gas-Fired Sources. *GE Energy and Environmental Research*, 18 , Mason, Irvine.
 77. Yan, R., Lu, X., Zeng, H., (1998). Trace Elements in Chinese Coals and their Partitioning During Coal Combustion. *Combustion of Science and Technology*, 145, 57-81.
 78. Hsi-Hsien Yang*, S. Md. Arafath, Kuei-Ting Lee, Yueh-Shu Hsieh, Yi-Te Han, (2018). Chemical Characteristics of Filterable and Condensable PM_{2.5} Emissions from Industrial Boilers with Five Different Fuels, *Fuel*, 232, 415-422.
 79. Zheng, I., Hu, M., Peng, J., Wu, Z., Kumar, P., Li, M., Wang, Y., Guo, S., (2016). Spatial Distributions and Chemical Properties of PM_{2.5} based on 21 Field Campaigns at 17 Sites in China , *Surrey Research Insight. Chemosphere*, 159, 480-487.
 80. Zhao, P., Dong, F., He, D., Zhao, X., Zhang, X., Zhang, W., Yao, Q., Liu, H., (2013). Characteristics of concentrations and chemical compositions for PM_{2.5} in the region of Beijing, Tianjin, and Hebei, China. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13, 4631-4644.
 81. Zhao, Y., Yan, J., Ma, S., Zhang, S., Liu, H., (2017). Emission controls of mercury and other trace elements during coal combustion in China: a review. *International Geology Review*, 1-33.
 82. 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 PM_{2.5} in the roadside microenvironment in Tianjin, China. *Aerosol and Air Quality Research* 18, 1817-1827.
 83. 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.
 84. 上境科技股份有限公司 (2016) , 105年臺中市空氣品質暨細懸浮微粒(PM_{2.5}) 綜

- 合管理計畫。臺中市政府環境保護局。
85. 王俊凱 (2000)，臺灣地區大氣氣膠之研究-高雄、臺北都會區氣膠特性與污染來源推估。中央大學環境工程研究所碩士論文。
86. 王文正 (2008)，以空氣品質模式及受體模式解析懸浮微粒排放源之貢獻量。國立中山大學環境工程研究所碩士論文。
87. 王琳麒(計畫主持人) (2013)，嘉義市 PM_{2.5} 管制策略及健康風險評估計畫。嘉義市政府環境保護局。
88. 王智 (2005)，燃煤電站鍋爐及 SCR 脫硝中 SO₃ 的生成及危害。2005 年第 9 期東北電力技術。
89. 王晴昀 (2017)，高雄市細懸浮微粒(PM_{2.5})空氣品質監測結果分析。高雄市政府環境保護局。
90. 周崇光(計畫主持人) (2014) “懸浮微粒污染源特徵指標技術之建置與評析研究案”，環保署 EPA-103-1602-02-06。
91. 中華人民共和國環境保護部網站 <http://www.zhb.gov.cn>。
92. 中興工程顧問股份有限公司 (2009)，臺北市空氣品質改善計畫規劃整合暨成效評核計畫。臺北市政府環境保護局。
93. 中興工程顧問股份有限公司(2009)，臺北市空氣品質改善計畫規劃整合暨成效評核計畫。臺北市政府環境保護局。
94. 中興工程顧問股份有限公司 (2012)，101 年度新北市空氣品質維護改善規畫整合計畫。新北市政府環境保護局。
95. 中國國際貿易促進委員會 (2013) 新加坡節能環保調研報告 <http://big5.hdcmr.com/bgfree22658.html>。
96. 中興工程顧問股份有限公司(2016)，105 年度臺北市政府環境保護局-空氣品質改善維護計畫整合暨成效評核計畫。臺北市環境保護局。
97. 尤嵩博 (2012)，市區秋季之大氣氣膠化學組成及粒徑分佈之特性研究。嘉南科技大學環境工程與科學系碩士論文。
98. 日本環境省網站 <http://www.env.go.jp/air/car/pamph2/index.html>。
99. 內政部統計處 (2017) 內政統計通報，106 年第 38 週。
100. 立境環境科技股份有限公司 (2013)，空氣中細懸浮微粒監測及分析計畫。金門縣環境保護局。
101. 立境環境科技股份有限公司 (2014)，103 年度臺南市空氣品質考核及管理計畫。臺南市政府環境保護局。
102. 立境環境科技股份有限公司 (2018)，107 年度臺南市空氣品質考核及管理計畫。

- 臺南市政府環境保護局。
103. 台境企業股份有限公司 (2014)，103 年度彰化縣細懸浮微粒(PM_{2.5})來源分析及管制計畫。彰化縣政府環境保護局。
 104. 台灣綠基科技股份有限公司 (2013)，102 年臺中市 PM_{2.5} 來源分析及管制計畫調查分析結果。臺中市政府環境保護局。
 105. 台灣綠基科技股份有限公司 (2014)，103 年臺中市細懸浮微粒(PM_{2.5})排放清冊建置暨減量措施推動計畫。臺中市政府環境保護局。
 106. 台灣綠基科技股份有限公司 (2015)，104 年臺中市細懸浮微粒(PM_{2.5})管制計畫。臺中市政府環境保護局。
 107. 台灣綠基科技股份有限公司 (2016)，105 年臺中市細懸浮微粒(PM_{2.5})採樣分析計畫。臺中市政府環境保護局。
 108. 台灣大學公共衛生學院健康風險及政策評估中心 (2008)，台灣一般民眾暴露參數彙編。
 109. 交通部統計處 (2017)，機車使用狀況調查報告。
 110. 李奇、李嘉宏、蔡長祐、陳杜甫、張艮輝 (2019)，量化分析氣象與排放因素對臺灣 PM_{2.5} 濃度改善之影響，大氣氣膠與空氣品質及 PM_{2.5} 管制策略研討會，台灣氣膠研究學會。
 111. 正修科技大學 (2013)，嘉義市 PM_{2.5} 管制策略及健康風險評估計畫。嘉義市政府環境保護局。
 112. 南台灣環境科技股份有公司 (2016)，104 年度臺南市細懸浮微粒固定污染源排放特徵與管制措施研擬計畫。臺南市政府環境保護局。
 113. 香港環保署網站 <http://www.epd.gov.hk>。
 114. 康廷工程顧問企業有限公司 (2011)，桃園縣空氣中細懸浮微粒之污染來源調查分析。桃園縣政府環保局。
 115. 康廷工程顧問企業有限公司 (2012)，空氣污染綜合防制暨應變計畫。桃園市政府環境保護局。
 116. 康城工程顧問股份有限公司 (2013)，空氣品質綜合管理計畫。新竹縣政府環境保護局。
 117. 吳啟文 (1996)，台灣中部都會區氣懸浮微粒粒徑分佈之污染物特性分析。國立中央大學環境工程研究所碩士論文。
 118. 吳琳、馮銀廠、葉文媛、朱坦、劉雙喜(2010) “大氣顆粒物中碳組分測定結果比較：元素分析和熱光反射方法”，環境科學研究，23，1481-1487。
 119. 吳沛愉 (2014)，鋼鐵業煙道排放粒狀物之物化指紋特徵分析。中山大學碩士

- 論文。
120. 吳至晏 (2017)，燃煤鍋爐及燃油鍋爐細懸浮微粒排放檢測與特性分析比較。朝陽科技大學環境工程與管理系碩士論文。
 121. 吳家安 (2013)，高雄地區大氣中細懸浮微粒之監測分析及管制策略。國立中山大學環境工程研究所碩士論文。
 122. 吳義林(計畫主持人) (2014) “細懸浮微粒(PM_{2.5})管制策略研擬及減量成效分析”，環保署 EPA-102-FA11-03-A082。
 123. 吳義林(計畫主持人) (2015) “臺灣細懸浮微粒(PM_{2.5})成分與形成速率分析”，環保署 EPA-103-FA11-03-A321。
 124. 李崇德(計畫主持人) (2003) “空氣污染涵容量研究-子計畫二：PM_{2.5} 氣膠碳成分之生成機制、監測技術及對於空氣品質之影響”，環保署 91-EPA-Z-008-003。
 125. 李崇德(計畫主持人) (2016) “104-105 年細懸浮微粒(PM_{2.5})化學成分監測專案工作計畫”，環保署 EPA-104-L102-02-103。
 126. 李崇德(計畫主持人) (2018) “107 年度細懸浮微粒(PM_{2.5})化學成分監測及分析計畫”，環保署 EPA-107-L101-02-A024。
 127. 李奎廷 (2014)，固定污染源細懸浮微粒排放特徵與化學成份分析研究。朝陽科技大學環境工程與管理系碩士論文。
 128. 李俊璋、張偉翔、劉希平、陳錦煌、許惠敏、吳俊儀、鄭福田 (2012)，健康風險評估在空氣品質管理之應用。
 129. 林明德(計畫主持人) (2015) 南投縣 PM_{2.5} 貢獻源鑑別及來源推估計畫。南投縣政府環境保護局。
 130. 林家和 (2000)，PM₁/PM_{2.5}/PM₁₀ 氣懸微粒特性之探討。台灣大學環境衛生研究所碩士論文。
 131. 林志科 (2005)，潮州地區大氣粗細微粒化學組成特性探討。屏東科技大學，環境工程與科學系碩士論文。
 132. 周崇光(計畫主持人) (2017) “細懸浮微粒碳及鉛同位素分析技術發展與應用計畫”，環保署 EPA-105-U101-02-A272。
 133. 林立偉、李崇德、宋鎮宇 (1999)，墾丁地區大氣氣膠粒徑分布及氣象因子對散光係數之影響。1999 年氣膠科技國際研討會。
 134. 林能暉、吳承翰、彭啟明 (2000)，2000 年亞洲沙暴侵襲台灣。2000 年氣膠科技研討會。
 135. 高雄市環境保護局 (2015)，104~109 年版高雄市空氣污染防制計畫書。
 136. 袁中新、張章堂、員景嵩、黃明和 (1998)，高屏地區氣膠物化特徵探討。1998

- 年氣膠研討會。
137. 袁中新、張瑞正、袁菁 (1999)，能見度與氣膠物化特徵之相關性探討。1999 年氣膠科技國際研討會。
138. 袁中新、袁嵩嵩、黃明和、張瑞正 (1998) “南高屏地區空氣污染總量管制研究-整合型計畫空氣品質觀測組子題 B5：大氣中 PM_{2.5} 及 PM₁₀ 特徵成份濃度時空分佈觀測研究”，環保署 EPA-87-FA42-03-F5-B5。
139. 周雅容 (2013)，大氣中懸浮微粒無機鹽離子平衡之研究。國立高雄第一科技大學碩士論文。
140. 郭崇義(計畫主持人) (2017)，105 年臺中市后里區、西屯區、大雅區及港區（大肚、清水、沙鹿、梧棲、龍井）居民空氣污染物暴露評估計畫。臺中市政府環境保護局。
141. 郭承彬、蔡志賢、張章堂 (2016)，本土固定污染源 PM_{2.5} 檢測係數與美國 PM Calculator 資料庫比較。105 年綠色技術與工程實務研討會。
142. 許美華 (2008)，應用 CMB 受體模式解析中台灣沿海與都會區空氣懸浮微粒污染來源。國立中興大學環境工程學系碩士論文。
143. 許翔璽 (2006)，四行程機車引擎排放粒狀污染物特徵研究。國立台北科技大學碩士論文。
144. 陳康興，陳瑞仁、林銳敏、黃國林 (2005) “高屏地區大氣細微粒(PM_{2.5})特徵及來源分析研究子計畫一：高屏地區大氣細微粒(PM_{2.5})化學組成特性時空變化調查分析、來源模擬及成因探討研究”，環保署 NSC 94－EPA－Z－110－001。
145. 陳志傑 (1999)，臭氧及 PM₁/PM_{2.5}/PM₁₀ 氣懸微粒之暴露及健康風險評估－子計畫二：PM₁/PM_{2.5}/PM₁₀ 氣懸微粒粒徑分佈特性之評估，NSC 88-2621-Z-002-011。
146. 張艮輝 (2013)，102 年竹竹苗空品區細懸浮微粒(PM_{2.5})管制策略交流暨低碳永續家園推動座談會議。
147. 黃建達、林宗毅、林銳敏 (1999)，不同空氣品質測站粗細微粒碳成分分佈分析。1999 年氣膠科技國際研討會。
148. 黃瓊慧 (2001)，台灣地區大氣氣膠特性之研究-台北高雄地區單顆粒氣膠與混合相氣膠污染來源推估。國立中央大學碩士論文。
149. 黃堯聖 (2006)，大氣懸浮微粒化學組成及來源推估。輔英科技大學碩士論文。
150. 黃柏翔 (2011)，台中及南海地需大氣懸浮微粒的化學組成及其污染源貢獻量解析。國立中興大學碩士論文。
151. 黃俊彥 (2001)，固定污染源煙道排放之TSP、PM₁₀及PM_{2.5}微粒成份組成分析。
-

- 國立中興大學碩士論文。
152. 程萬里(計畫主持人) (2017)，106 年臺中市細懸浮微粒(PM_{2.5})採樣分析計畫。臺中市政府環境保護局。
 153. 程萬里(計畫主持人) (2017)，燃煤電廠空污排放對PM_{2.5}影響之調查研究。台灣電力股份有限公司。
 154. 葉青峯 (2015)，宜蘭縣細懸浮微粒空氣品質檢測與成因分析計畫。宜蘭縣政府環境保護局。
 155. 詹長權(計畫主持人) (1997) “微粒空氣污染特性、毒性和健康風險之研究/計畫一：微粒空氣污染物人體心血管毒性研究”，環保署 NSC 95-EPA-Z-002-010。
 156. 鄭尊仁(計畫主持人) (1998) “微粒空氣污染特性、毒性和健康風險之研究”，環保署 NSC 96-EPA-Z-002-002。
 157. 國家衛生研究院 (2009)，國民健康訪問調查。
 158. 國立中興大學 (2015)，南投縣 PM_{2.5} 貢獻源鑑別及來源推估計畫。南投縣政府環境保護局。
 159. 國家衛生研究院 (2013)，國民健康訪問調查。
 160. 國立台灣大學公共衛生學院健康風險及政策評估中心 (2008)，台灣一般民眾暴露參數彙編。
 161. 臺中市政府環境保護局 (2016)，104~109 年版臺中市空氣污染防制計畫書。
 162. 環科工程顧問股份有限公司 (2008) “空氣品質指標調整規劃及細懸浮微粒(PM_{2.5})空氣品質改善策略推動與效期評估”，環保署 EPA-96-FA11-03-A186。
 163. 環科工程顧問股份有限公司 (2011) “推動總量管制及細懸浮微粒管制策略”，環保署 EPA-98-FA11-03-A176。
 164. 環興科技股份有限公司 (2016)，105 年度臺北市空氣品質改善維護計畫整合暨成效評核計畫。臺北市政府環境保護局。
 165. 環興科技股份有限公司 (2017)，新設燃煤發電機組空氣污染防制設備排放特性調查工作，第二次期中報告。台灣電力股份有限公司。
 166. 蔣靖坤、鄧建國、李振、李興華、段雷、郝吉明 (2014)，固定污染源排氣中 PM_{2.5} 採樣方法綜述。環境科學。
 167. 勤智興業有限公司 (2016)，雲林縣細懸浮微粒(PM_{2.5})污染來源調查分析暨空品預警應變計畫。雲林縣環境保護局。
 168. 戴家偉、邱一展、李彥璋、陳俊宇 (2006)，濾紙裁剪變異量對空氣中懸浮微粒(PM_{2.5}/PM₁₀)分析偏差值探討。

169. 羅紹璋 (2016)，垃圾焚化爐稀釋採樣之細懸浮微粒成份分析研究。朝陽科技大學環境工程與管理系碩士論文。
170. 鼎環工程顧問股份有限公司 (2015) “整合及考評地方政府執行空氣污染防治成效”，環保署 EPA-103-FA15-03-A237。
171. 經濟部能源局 (2011) 能源報導－能源油蹤 <http://energymonthly.tier.org.tw>。
172. 經濟部能源局 (2007) 運輸車輛能源管理 <https://auto.itri.org.tw/research>。
173. 劉駿賢、莊紹權、陳佳玫 (2012)，國內外柴油車環保法規趨勢與管制現況。車輛研究測試中心。
174. 楊錫賢、陳俐禎、陳恩諭、蕭亦辰、徐嘉佑 (2014)，工業鍋爐細懸浮微粒排放特性與化學成份分析研究。朝陽科技大學環境工程與管理系專題期末報告。
175. 謝岳書 (2013)，大氣細懸浮微粒金屬成份特徵及來源貢獻分析研究。朝陽科技大學，環境工程與管理系碩士論文。
176. 蕭慧娟 (2007)，空氣品質監測。財團法人孫運璿學術基金會。