

EPA-107-L102-02-A038

**107年度細懸浮微粒碳同位素分析
技術之發展與應用研究計畫**

執行單位：中央研究院環境變遷研究中心

執行期間：107 年 1 月 29 日至 107 年 12 月 31 日

計畫主持人：周崇光

協同主持人：李崇德、張士昱

行政院環境保護署 編印

中華民國 107 年 12 月 27 日

EPA-107-L102-02-A038

**107年度細懸浮微粒碳同位素分析
技術之發展與應用研究計畫**

執行單位：中央研究院環境變遷研究中心

執行期間：107 年 1 月 29 日至 107 年 12 月 31 日

計畫經費：NT\$3,800,000

計畫主持人：周崇光

協同主持人：李崇德、張士昱

委託單位：行政院環境保護署

執行單位：中央研究院

「107年度細懸浮微粒碳同位素分析技術之發展與應用研究計畫」

計畫期末報告基本資料表

委辦單位	行政院環境保護署			
執行單位	中央研究院環境變遷研究中心			
年 度	107	計畫編號	EPA-107-L102-02-A038	
研究性質	☐ 基礎研究 ☐ 應用研究 ☒ 技術發展			
研究領域	環境科學			
計畫屬性	☒ 科技類		☐ 非科技類	
全程期間	107 年 1 月～107 年 12 月			
本期期間	107 年 1 月～107 年 12 月			
本期經費	3800 千元			
	資本支出		經常支出	
	土地建築 0 元		人事費 1431 千元	
	儀器設備 0 元		業務費 1478.35 千元	
	其 他 0 元		材料費 0 元	
			其 他 890.65 千元	
摘要關鍵詞（中英文各三則） 同位素 (Isotope) 細懸浮微粒 (PM _{2.5}) 空氣污染辨識 (Air Pollution Forensics)				
參與計畫人力資料				
參與計畫 人員姓名	工作要項 或撰寫章節	現職與 簡要學經歷	參與時間 (人月)	連絡電話 e-mail
周崇光	計畫進度控管、解析同位素特徵、數據評析及報告撰寫	中央研究院環境變遷研究中心研究員	11	02-27875889 ckchou@rcec.sinica.edu.tw
李崇德	計畫品保查核和微粒分析技	中央大學環工所教授	11	ctlee@ncu.edu.tw

	術諮詢			
張士昱	懸浮微粒採樣和微粒成分分析技術諮詢	中山醫學大學公衛系教授	11	sychang@csmu.edu.tw
榮建誠	資料彙整、進行 PMF 受體模式推估、報告撰寫	成功大學環境微量毒物研究中心助理研究員	11	a2468126@gmail.com
黃譯堯	懸浮微粒採樣、金屬成分分析、數據評析和繪圖	中央研究院環境變中心研究助理	11	yitang@rcec.sinica.edu.tw
謝伯杰	懸浮微粒採樣、樣本分析	中央大學環工所研究助理	11	sta0715@gmail.com
陳美君	協助碳成分分析	中央研究院環境變中心研究助理	11	meijune@gate.sinica.edu.tw
黃萱如	協助採樣、行政事項	中央研究院環境變中心研究助理	11	weiru@gate.sinica.edu.tw
黃秋華	協助採樣、行政事項	中央大學環工所研究助理	11	cilia0110@gmail.com
陳盈君	資料彙整、行政事項	中山醫學大學公衛系臨時工	1	ch199434@gmail.com

行政院環境保護署專案工作計畫成果報告摘要 (簡要版)

一、中文計畫名稱：

107 年度細懸浮微粒碳同位素分析技術之發展與應用研究計畫

二、英文計畫名稱：

Development and application of carbon isotopes analysis technology in fine particles.

三、計畫編號：

EPA-107-L102-02-A038

四、執行單位：

中央研究院環境變遷研究中心

五、計畫主持人：

周崇光、李崇德、張士昱

六、執行開始時間：

107/1/29

七、執行結束時間：

107/12/31

八、報告完成日期：

107/12/25

九、報告總頁數：

380 頁

十、使用語文：

中文、英文

十一、報告電子檔名稱：

EPA-107-L102-02-A038.DOC

十二、報告電子檔格式：

WORD 2010

十三、中文摘要關鍵詞：

同位素，細懸浮微粒，空氣污染辨識

十四、英文摘要關鍵詞：

Isotope, PM_{2.5}, Air Pollution Forensics

十五、中文摘要

本計畫分別於 2018 年 3 月和 7 月期間，完成豐原、沙鹿、大里、彰化和線西等 5 站的大氣 $\text{PM}_{2.5}$ 採集，並分析其傳統化學組成和同位素特性 (碳與鉛)；此外，2018 年 4~5 月和 7~8 月期間，也陸續完成 2 次火力發電廠、鋼鐵廠和焚化爐煙道排放之 $\text{PM}_{2.5}$ 的採樣作業，及其傳統化學組成與同位素特性的分析。本計畫最後整合前期計畫的研究成果，以同位素和受體模式分析結果，共同討論中南部地區的 $\text{PM}_{2.5}$ 污染來源。

分析結果顯示，春季密集採樣期間的 $\text{PM}_{2.5}$ 污染情形較夏季嚴重 (春季： $34.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，夏季： $14.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$)。五個測站 $\text{PM}_{2.5}$ 中的主要化學組成均為硫酸鹽、硝酸鹽、銨鹽和有機碳，其質量濃度分別佔 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度的 30% (20~44%)、11% (3~24%)、12% (8~17%) 和 26% (12~54%)；以現代碳比例換算的現代碳和化石碳濃度也分別佔 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度的 15% (7~31%) 和 16% (9~30%)，顯示現代碳和化石碳對當地碳的污染貢獻相當。無論春季或夏季，當以 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度標準將採樣結果劃分為 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日和非事件日時 (夏季量測結果均無超過國家標準，故以夏季 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度的中位數劃分)，分析發現相較於非事件日，事件日期間的硫酸鹽、硝酸鹽和銨鹽濃度加總的上升比例最大 (34~73%之間)，現代碳和化石碳的上升比例也在 3~23% 之間，顯示當地或長程傳輸所貢獻的光化反應產物或特定污染源直接排放的鹽類 (如煉油廠排放的硫酸鹽) 和燃燒行為是造成當地高 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度的主因之一。此外，本計畫的分析結果也發現 Levoglucosan 和 Mannosan 濃度比值 (平均 9.4，範圍 3.6~18.8) 接近木材燃燒的結果，和前期計畫研究成果一致，反映木材燃燒可能是增加當地碳濃度的重要因素之一。

碳同位素分析發現，春季和夏季的 $\delta^{13}\text{C}$ 平均值及其範圍分別為 -25.7‰ (-28.2 至 -23.6‰) 和 -25.5‰ (-28.7 至 -20.7‰)。 ^{14}C 的分析結果發現春季和夏季的現代碳平均比例與範圍分別為 47% (38~57%) 和 48% (42~61%)，代表就整個區域而言，化石燃料和非化石燃料燃燒所貢獻的碳相當，且無顯著的季節差異。鉛同位素分析結果顯示，春季和夏季的 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 之平均比值分別為 1.1522 (1.1415~1.1638) 和 1.1427 (1.1243~1.1638)， $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 之平均比值分別為 2.4335 (2.4145~2.4507) 和 2.4167 (2.3863~2.4374)。

本計畫完成 3 個中部重要微粒污染源的採樣和同位素及傳統化學組成的分析，

結果顯示：1.) 火力電廠排放的 $PM_{2.5}$ 主要成分為金屬元素，佔 $PM_{2.5}$ 排放質量濃度的 22%，主要的特徵元素包括 Se、Zn、Mo、Ge、Sn 和 As 等，硫酸鹽約占 4%，無機鹽類（硝酸鹽、銨鹽和氯鹽）和總碳各占 1%；排放的碳以化石碳為主，現代碳的百分比佔 35~49%之間； $^{206}Pb/^{207}Pb$ 比值範圍為 1.1604~1.2229， $^{208}Pb/^{207}Pb$ 比值範圍為 2.4141~2.4806；2.) 鋼鐵廠排放的 $PM_{2.5}$ 主要成分為金屬元素，佔 $PM_{2.5}$ 排放質量的 41%，特徵元素包括 Zn、Pb、Mn、Ni 和 Cr 等，硫酸鹽占 13%，無機鹽類（硝酸鹽、銨鹽和氯鹽）和總碳各占 3%和 8%；現代碳比例為 9%， $^{206}Pb/^{207}Pb$ 比值範圍為 1.1321~1.1854， $^{208}Pb/^{207}Pb$ 比值範圍為 2.4039~2.4277；3.) 焚化爐排放的 $PM_{2.5}$ 之主要成分為金屬元素，特徵元素包括 Cd、Pb、Zn、As 和 Sb 等； $^{206}Pb/^{207}Pb$ 比值範圍為 1.1396~1.1617， $^{208}Pb/^{207}Pb$ 比值範圍為 2.4078~2.4596。

本計畫整合 2 年的大氣 (13 個測站) 及污染源 (7 種污染源) 排放微粒的化學組成調查結果，探討中南部地區的污染來源，分析結果顯示：生質燃燒對竹山和斗六的影響較顯著，臺西和麥寮地區的污染以工業排放為主，彰化和二林地區有較高的交通排放貢獻量，整體而言，台灣中部的大部分地區普遍受工業與交通污染源之混合影響。

十六、英文摘要

The objective of this study is to investigate the compositions of carbon and lead isotopes in fine particulate matters ($PM_{2.5}$) and, accordingly, to attribute potential sources of $PM_{2.5}$ in the central-western Taiwan area with the isotopic fingerprints.

In this study, during the period from the spring of 2018 to the summer of 2018, ambient $PM_{2.5}$ samples were collected from 5 sampling stations (Fengyuan, Dali, Shula, Changhua, and Xianxi). In addition, this study also collected $PM_{2.5}$ samples from 3 specific sources: a coal-fired power plant, a steel plant, and a municipal incinerator. All the $PM_{2.5}$ samples were characterized with measurements of water-soluble ions, organic carbon, elemental carbon, crustal elements, heavy metals, and isotopic compositions of carbon (^{12}C , ^{13}C , ^{14}C) and lead (^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb), respectively.

The results revealed that metals (include Al, Na, Mg, K, Zn, Ni, Pb, and more) were the predominant species in the $PM_{2.5}$ emitted from three specific sources. Moreover, for the steel plant, sulfate accounted for 13 % of the emitted $PM_{2.5}$ mass. The particulate carbon emitted from the coal-fired power plant and steel plant were

composed mostly of fossil carbon, where the averages of pMC (percentage of modern carbon) were 42% and 9 %, respectively. The ranges of $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ratios for $\text{PM}_{2.5}$ from coal-fired plant, steel plant, and incinerator were 1.1321 to 1.1854, 1.1268 to 1.1613, and 1.1396 to 1.1617, respectively. The corresponding $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ratios were 2.4039 to 2.4277, 2.3877 to 2.4453, and 2.4078 to 2.4596, respectively.

The major constituents of the ambient $\text{PM}_{2.5}$ in the study area included nitrate, sulfate, ammonium and carbon, which accounted for 11%, 30%, 12%, and 26% of the $\text{PM}_{2.5}$ mass, respectively. It was found from the chemical analysis that the concentrations of inorganic secondary aerosols (sulfate, nitrate, and ammonium) and fossil carbonaceous aerosols were elevated during high $\text{PM}_{2.5}$ episodes. These results implied that photochemical reactions and fossil carbon were important contributors of $\text{PM}_{2.5}$ in the study areas.

The averages of $\delta^{13}\text{C}$ for ambient $\text{PM}_{2.5}$ are -25.7‰ (-28.2 to -23.6‰) and -25.1‰ (-28.7 to -20.7‰) in the spring and summer, respectively. The pMC measurements indicated that the contributions of fossil carbon and modern carbon were similar (fossil carbon: $3.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$; modern carbon: $3.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), without significant differences. The averaged $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ratios were 1.1522 (1.1415~1.1638) and 1.1522 (1.1415~1.1638) in the spring and summer, respectively, and $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ratios were 2.4335 (2.4145~2.4507) and 2.4335 (2.4145~2.4507).

In this study, we combined with our data and the previous data (EPA-105-U101-02-A272) to investigate the air pollution sources in central-western Taiwan. Our results indicated: (1) biomass burning was an important source in Zhushan-Douliu area, (2) industrial emissions were dominating in Taixi-Mailiao area, (3) traffic emissions were dominating in Changhua- Erlin area, (4) Most areas in the central-western Taiwan were impacted by traffic and industrial emissions simultaneously.

目錄

目錄	I
圖目錄	V
表目錄	IX
第一章 研究背景	1
1.1 研究源起	1
1.2 細懸浮微粒特性	4
1.3 污染源排放微粒特徵	9
1.3.1 污染源排放微粒化學組成	9
1.3.2 污染源排放微粒同位素特徵	13
1.4 同位素在環境污染源鑑識之應用	19
1.4.1 $\delta^{13}\text{C}$ 同位素應用	19
1.4.2 碳 14 同位素應用	24
1.4.3 鉛同位素比值應用	26
第二章 前言	33
2.1 計畫目標	33
2.2 計畫之工作內容	33
2.3 其它應配合事項	35
2.4 目前工作進度及達成率	36
第三章 研究方法	37
3.1 大氣懸浮微粒密集觀測	38
3.2 污染源排放微粒採樣	42
3.3 微粒樣本化學分析方法	43
3.3.1 水溶性陰陽離子	43
3.3.2 左旋葡萄糖和甘露聚糖 (Levoglucosan & Mannosan)	44
3.3.3 碳微粒之分析	44
3.3.4 金屬元素分析	46
3.4 同位素化學分析方法	51

3.4.1 碳同位素分析方法	51
3.4.2 鉛同位素分析方法	54
3.4.3 樣本中化學成分分析之品保與品管	56
3.5 細懸浮微粒污染源鑑識方法	59
第四章 結果與討論	61
4.1 大氣細懸浮微粒採樣	61
4.1.1 密集觀測期間之氣象資料	61
4.1.2 大氣細懸浮微粒濃度分布	75
4.1.3 細懸浮微粒化學組成特性	76
4.1.4 以高低 PM _{2.5} 事件日探討微粒潛在污染成因	83
4.2 大氣細懸浮微粒碳及鉛同位素特性	96
4.2.1 碳同位素	96
4.2.2 鉛同位素	102
4.3 污染源排放之 PM _{2.5} 的化學組成和同位素特性	106
4.3.1 火力發電廠	106
4.3.2 鋼鐵廠	113
4.3.3 焚化爐	116
4.4 污染源分析	118
4.4.1 同位素分析結果	118
4.4.2 受體模式分析結果	129
4.4.3 同位素與受體模式之污染源分析結果比較	135
4.5 中部地區 PM _{2.5} 污染改善方針建議	141
第五章 結論與建議	145
5.1 結論	145
5.2 建議	147
參考文獻	149
附錄	163
附錄一 評選會議記錄	163
附錄二 啟始會議記錄	171

附錄三 第一次進度報告會議紀錄	175
附錄四 期中報告審查會議紀錄及意見回覆	179
附錄五 期末報告審查會議紀錄及意見回覆	191
附錄六 大氣 $PM_{2.5}$ 現場採樣紀錄表	205
附錄七 污染源煙道排放之 $PM_{2.5}$ 採樣紀錄表	209

圖目錄

圖 1.1.1 2014 年至 2016 年各縣市 $PM_{2.5}$ 年平均濃度	2
圖 1.1.2 南投縣、雲林縣、彰化縣及嘉義縣市 $PM_{2.5}$ 各類污染源排放量	2
圖 1.3.1 國內外各污染源排放微粒與氣體污染物 $\delta^{13}C$ 值	14
圖 1.3.2 國內外各污染源排放微粒鉛同位素特徵分佈	15
圖 1.3.3 前期計畫和其他研究量測之污染源排放微粒之 $\delta^{13}C$ 數值的比較	17
圖 1.3.4 前期計畫和其他研究量測之污染源排放微粒之 $^{206}Pb/^{207}Pb$ 比值的比較	18
圖 1.3.5 前期計畫和其他研究量測之污染源排放微粒之 $^{208}Pb/^{207}Pb$ 比值的比較	19
圖 1.4.1 墨西哥市空氣及各污染源排放碳微粒之 $\delta^{13}C$ 值分佈	21
圖 1.4.2 中國大陸各城市空氣中碳微粒之 $\delta^{13}C$ 值	22
圖 1.4.3 立陶宛 Vilnius 不同粒徑懸浮微粒之 $\delta^{13}C_{TC}$ 值與其污染來源相對貢獻量	22
圖 1.4.4 日本 Toyko 地區不同粒徑之微粒中現代碳含量	25
圖 1.4.5 英國 Birmingham 地區 $PM_{2.5}$ 之 OC 與 EC 濃度及其污染源相對貢獻量	26
圖 1.4.6 中國大陸上海地區大氣 PM_{10} 及污染源排放微粒鉛同位素特徵	28
圖 1.4.7 中國大陸上海地區大氣 TSP 及污染源排放微粒鉛同位素特徵	28
圖 1.4.8 全球大氣微粒鉛同位素比值分佈	29
圖 1.4.9 法國及英國地區空氣微粒之鉛同位素比值變化	31
圖 3.1.1 本計畫流程圖	37
圖 3.1.2 本計畫大氣細懸浮微粒採樣測站和污染源相對位置圖	39
圖 3.1.3 Super SASS 採樣器構造圖	40
圖 3.1.4 BGI PQ200 氣膠採樣器	40
圖 3.1.5 $PM_{2.5}$ 高量採樣器	41
圖 3.2.1 固定源煙道排放微粒採樣器示意圖	43
圖 3.3.1 氣膠樣品有機碳及元素碳分析方法及結果圖譜說明。	45

圖 3.3.2 本計畫使用的 ICP-MS	48
圖 3.4.1 CRDS 腔體內部示意圖	51
圖 3.4.2 $^{13}\text{CO}_2$ 以及 $^{12}\text{CO}_2$ 吸收波長示意圖	52
圖 3.4.3 CRDS 分析的 USGS 標準品之 $\delta^{13}\text{C}$ 數值和 USGS 提供之標準品的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值相關性	53
圖 3.4.4 AMS 示意圖	54
圖 3.4.5 微粒中鉛同位素純化流程示意圖	55
圖 3.4.6 無塵箱內微粒樣品溶液加熱蒸乾	55
圖 3.4.7 無塵箱內微粒樣品溶液進行鉛純化	56
圖 4.1.1 本計畫大氣 $\text{PM}_{2.5}$ 採樣測站照片	62
圖 4.1.2 豐原站春季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖	64
圖 4.1.3 沙鹿站春季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖	65
圖 4.1.4 大里站春季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖	66
圖 4.1.5 彰化站春季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖	67
圖 4.1.6 線西站春季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖	68
圖 4.1.7 豐原站夏季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖	70
圖 4.1.8 沙鹿站夏季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖	71
圖 4.1.9 大里站夏季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖	72
圖 4.1.10 彰化站夏季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖	73
圖 4.1.11 線西站夏季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖	74
圖 4.1.12 本計畫和環保署監測站同步採集之春季 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度分布圖	77
圖 4.1.13 本計畫和環保署監測站同步採集之夏季 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度分布圖	77
圖 4.1.14 春季密集採樣期間之 $\text{PM}_{2.5}$ 化學組成比例	80
圖 4.1.15 夏季密集採樣期間之 $\text{PM}_{2.5}$ 化學組成比例	81
圖 4.1.16 春季密集採樣期間 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日和非事件日之濃度差異和各化學物 種增量比例	85
圖 4.1.17 夏季密集採樣期間 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日和非事件日之濃度差異和各化學物 種增量比例	87
圖 4.1.18 春季密集採樣期間有機碳、現代碳、左旋葡萄糖和鉀離子濃度時間	

趨勢圖	91
圖 4.1.19 夏季密集採樣期間有機碳、現代碳、左旋葡萄糖和鉀離子濃度時間趨勢圖	94
圖 4.2.1 春季密集採樣期間各測站 $PM_{2.5}$ 中的總碳和碳同位素時間關係圖	100
圖 4.2.2 夏季密集採樣期間各測站 $PM_{2.5}$ 中的總碳和碳同位素時間關係圖	101
圖 4.2.3 春季密集採樣期間各測站 Pb 濃度和鉛同位素比值時間關係圖	104
圖 4.2.4 夏季密集採樣期間各測站 Pb 濃度和鉛同位素比值時間關係圖	105
圖 4.3.1 火力發電廠煙道排放之 $PM_{2.5}$ 主要化學組成占有比例	109
圖 4.3.2 火力發電廠煙道排放之 $PM_{2.5}$ 中各元素濃度分布	109
圖 4.3.3 火力發電廠煙道排放之 $PM_{2.5}$ 含有元素的富集因子特性	110
圖 4.3.4 不同污染源之 $^{206}Pb/^{207}Pb$ 比值分布圖	111
圖 4.3.5 不同污染源之 $^{208}Pb/^{207}Pb$ 比值分布圖	112
圖 4.3.6 鋼鐵廠煙道排放之 $PM_{2.5}$ 主要化學組成占有比例	114
圖 4.3.7 鋼鐵廠煙道排放之 $PM_{2.5}$ 中各元素濃度分布	114
圖 4.3.8 鋼鐵廠煙道排放之 $PM_{2.5}$ 含有元素的富集因子特性	115
圖 4.3.9 焚化爐煙道排放之 $PM_{2.5}$ 中各元素濃度分布	117
圖 4.3.10 焚化爐煙道排放之 $PM_{2.5}$ 含有元素的富集因子特性	117
圖 4.4.1 大氣和污染源排放之 $PM_{2.5}$ 中的 $\delta^{13}C$ 比較圖	120
圖 4.4.2 各測站大氣 $PM_{2.5}$ 之鉛污染源分析結果	123
圖 4.4.3 以 $^{206}Pb/^{207}Pb$ 比值分析之不同測站之鉛污染來源	128
圖 4.4.4 以 $^{208}Pb/^{207}Pb$ 比值分析之不同測站之鉛污染來源	128
圖 4.4.5 PMF 解析因子數和臨界參數比值 (Q_{true}/Q_{exp}) 關係圖	129
圖 4.4.6 PMF 污染源推估因子剖面圖	130
圖 4.4.7 PMF 污染源推估因子對不同測站 $PM_{2.5}$ 變異度的相對貢獻量	133
圖 4.4.8 PMF 和 pMC 推估之現代碳與化石碳貢獻比例比較圖	137
圖 4.4.9 PMF 和鉛同位素比值推估之鉛污染源貢獻比較圖	138
圖 4.4.10 案例一之不同時間點的污染物濃度與氣象資料關係圖	139
圖 4.4.11 案例一之不同時間點的現代碳比例與碳濃度關係圖	139
圖 4.4.12 案例二之不同採樣日期的風向圖	140

圖 4.4.13 案例二之不同時間點的現代碳比例與碳濃度關係圖	140
---------------------------------------	-----

表目錄

表 1.2.1 典型大氣氣膠的三尖峰粒徑分佈	4
表 1.3.1 懸浮微粒各污染排放源之指標元素	11
表 1.3.2 國內外交通污染源 $PM_{2.5}$ 之 OC、EC 之含量與 OC/EC 之比值	12
表 3.3.1 濾紙樣本微波消化升溫設定條件	46
表 3.3.2 濾紙樣本第二階段微波消化升溫設定條件	47
表 3.3.3 感應耦合電漿質譜儀分析設定參數	49
表 3.3.4 本計畫建立之 ICP-MS 針對 34 種元素的方法偵測極限	50
表 3.4.1 CRDS 分析的 USGS 標準品之 $\delta^{13}C$ 數值和 USGS 提供之標準品的 $\delta^{13}C$ 數值差異	53
表 4.1.1 大氣及污染源 $PM_{2.5}$ 採樣之樣本數統計表	63
表 4.1.2 春季大氣 $PM_{2.5}$ 及化學組成濃度統計表	78
表 4.1.3 夏季大氣 $PM_{2.5}$ 及化學組成濃度統計表	79
表 4.1.4 大氣 $PM_{2.5}$ 中的鉀離子和左旋葡萄糖濃度統計表	90
表 4.1.5 春季大氣有機碳或現代碳和鉀離子及左旋葡萄糖濃度之相關性 (r) ...	92
表 4.1.6 夏季大氣有機碳或現代碳和鉀離子及左旋葡萄糖濃度之相關性 (r) ...	95
表 4.2.1 密集採樣期間之大氣 $PM_{2.5}$ 中的總碳和鉛濃度及其同位素含量或比 值統計表	98
表 4.3.1 污染源排放之 $PM_{2.5}$ 化學組成濃度 (mean $\pm$ SD) 和同位素統計表	107
表 4.4.1 PMF 推估之不同測站的主要和次要污染源因子	134

行政院環境保護署專案工作計畫成果報告摘要 (詳細版)

計畫名稱：細懸浮微粒碳同位素分析技術之發展與應用研究計畫

計畫編號：EPA-107-L102-02-A038

計畫執行單位：中央研究院環境變遷研究中心

計畫主持人：周崇光、李崇德、張士昱

計畫期程：107 年 1 月 29 日起至 107 年 12 月 31 日止

計畫經費：3,800 千元

摘要

本計畫主要目的為應用前期計畫建立之 $PM_{2.5}$ 中的碳與鉛同位素分析技術，分析台中與彰化地區的重要污染源及大氣 $PM_{2.5}$ 的碳與鉛同位素特徵，並結合前期計畫的研究成果，評估台灣中西部地區（台中、彰化、南投、雲林和嘉義）的 $PM_{2.5}$ 污染來源。

本年度計畫增加台中與彰化地區的火力發電廠、鋼鐵廠和焚化爐三種污染源排放之 $PM_{2.5}$ 的採樣和化學組成的分析，結果顯示：1.) 鋼鐵廠和火力發電廠的分析結果顯示金屬元素有較高的貢獻量，其中鋼鐵廠排放的硫酸鹽約佔 $PM_{2.5}$ 質量濃度的 13%；此外，排放的碳以化石碳為主，2.) 焚化爐排放的 $PM_{2.5}$ 濃度低於偵測極限 ($< 172 \mu g/m^3$)，但化學組成分析結果顯示金屬元素是主要的組成。三種污染源的鉛同位素比值範圍廣泛。周界 $PM_{2.5}$ (豐原、大里、沙鹿、彰化和線西站) 的傳統化學組成分析結果顯示硫酸鹽、硝酸鹽、銨鹽和碳是重要的組成，顯示光化反應和燃燒行為是重要的污染成因。同位素特徵分析結果顯示，春季和夏季的 $\delta^{13}C$ 數值無顯著差異，兩個季節的 ^{14}C 分析結果則顯示平均現代碳比例 (pMC) 分別為 47% 和 48%，但鉛同位素比值有明顯的季節差異。綜合前期計畫與本期計畫共 13 個測站和 7 個污染源的碳與鉛同位素和 PMF 的分析結果，推論生質燃燒、工業排放（煉油廠、鋼鐵廠、燃煤電廠與焚化爐）和交通排放是重要的貢獻源，但不同測站的主要污染源不同。比較同位素與 PMF 的分析結果，本研究發現碳同位素與 PMF 的結合可增加碳污染源的鑑定能力。

The objectives of this study was to investigate the characteristics of carbon and lead isotope compositions in fine particulate matters ($PM_{2.5}$) and, in turn, to attribute the potential sources of $PM_{2.5}$ in the central-western Taiwan area with the isotopic

fingerprints.

During the the spring and summer of 2018, ambient PM_{2.5} samples were collected from 5 sampling stations (Fengyuan, Dali, Shula, Changhua, and Xianxi sampling stations). In addition, this study also collected PM_{2.5} samples from 3 specific sources: a coal-fired power plant, a steel plant, and an incinerator.

The results revealed that metals were the predominant species in the PM_{2.5} emitted from the three specific sources. The carbonaceous particles emitted from the coal-fired power plant and the steel plant were composed mostly of fossil carbon. The major constituents of the ambient PM_{2.5} in the study area included nitrate, sulfate, ammonium, and carbon. These results implied that photochemical reactions and burning activities were important sources responsible for the high PM_{2.5} levels in the Taichung and Changhua areas. The averages of $\delta^{13}\text{C}$ for ambient PM_{2.5} are -25.7‰ (-28.2 to -23.6‰) and -25.1‰ (-28.7 to -20.7‰) in the spring and summer, respectively. The pMC measurements indicated that the contributions from both fossil carbon and modern carbon were similar. The $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ratios were 1.1522 (1.1415~1.1638) and 1.1522 (1.1415~1.1638) in the spring and summer, respectively, and $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ratios were 2.4335 (2.4145~2.4507) and 2.4335 (2.4145~2.4507).

Our results indicated that biomass burning, steel plant, coal-fired power plant, and incinerator were major pollution sources in central-western Taiwan area based on isotopic compositions and PMF analysis. In this study, we also compared the results of pollution source attribution between isotopic compositions and PMF. We found that the combination of carbon isotope and PMF analysis can improve source apportionment for carbonaceous aerosols.

前言

細懸浮微粒為粒徑小於 2.5 μm (PM_{2.5}) 且懸浮在空氣中的固態或液態污染物，過去許多流行病學研究均證實，心血管疾病與呼吸道疾病的就診率或死亡率和 PM_{2.5} 的暴露有密切關係 (Pope III et al., 2002; Wilson et al., 2005)。有鑑於此，世界衛生組織制定了 PM_{2.5} 濃度規範，我國也於 2012 年 5 月 14 日立法完成大氣的 PM_{2.5} 法規標準。然而，儘管 PM_{2.5} 被納入空氣品質標準中，且在各級環保機關的努力下，各縣市 PM_{2.5} 濃度逐年減低，但從環保署公告的近 3 年全國各縣市 PM_{2.5} 濃度分佈

來看，台中市、雲林縣、南投縣及彰化縣及鄰近的嘉義縣市境內 $\text{PM}_{2.5}$ 污染情形依舊嚴重，故調查 $\text{PM}_{2.5}$ 污染來源，成為降低 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度的重要手段。

前期計畫 (周崇光, 2017) 已針對彰化、雲林、南投和嘉義等地進行污染源與大氣 $\text{PM}_{2.5}$ 的採集和化學組成分析。然而，過去研究曾利用傳統的微粒化學組成和受體模式分析發現，台中境內的污染源也是下風區域的重要貢獻源之一 (Chio et al., 2004; Chio et al., 2014; Tsuang, 2003; 廖崇園, 2000; 鄭曼婷, 2000)，但此方法在污染源的定義上有較高的不確定性。同位素特徵分析為目前歐美國家應用在懸浮微粒污染來源鑑識的重要工具之一 (Gioia et al., 2017; Widory et al., 2010; Zong et al., 2016)。因此，本期計畫將調查台中境內的重要污染源排放之微粒的同位素特徵，並架設大氣 $\text{PM}_{2.5}$ 採樣站於台中市和彰化縣，以了解台中境內污染源排放之微粒對台中市與下風區域的影響，同時，結合前期計畫和本期計畫之研究成果，探討中西部地區的 $\text{PM}_{2.5}$ 污染源 (台中、彰化、南投、雲林和嘉義)。

研究方法

本計畫以 Cavity Ringdown Spectroscopy (CRDS) 分析微粒中的 $\delta^{13}\text{C}$ ；Accelerator Mass Spectrometer (AMS) 被用於分析 ^{14}C ；鉛同位素樣本在經微波消化後，以 Sr-Spec 樹脂純化，再利用 Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer (ICP-MS) 分析。

大氣 $\text{PM}_{2.5}$ 的採樣分別在 2018 年 3 月和 2018 年 7 月完成，架設的採樣點包含豐原、大里、沙鹿、彰化和線西等 5 站，所有測站的採樣均同步進行，每一個測站在每一個季節的採樣天數最少 7 天，每個樣本均採集 22 小時。本計畫採用的採樣器包含採用鐵氟龍濾紙的 PQ-200 採樣器、採用石英濾紙的 Super-SASS 採樣器和採用石英濾紙的高量採樣器，PQ-200 採集下來的樣本是用於分析 $\text{PM}_{2.5}$ 中的金屬元素和鉛同位素，Super-SASS 採集的樣品用於分析 $\text{PM}_{2.5}$ 中的碳成分和水溶性陰陽離子，高量採樣器採集的樣品用於分析 $\text{PM}_{2.5}$ 中的 Levoglucosan 和碳同位素， $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度以 PQ-200 採集的樣品進行分析。

特定污染源的採樣對象包含火力發電廠、鋼鐵廠和焚化爐，並均以 NIEA A212.10B 公告方法採集，採樣次數各為 2 次 (春季與夏季)，每次 3 重複，所分析之特定污染源的化學組成和大氣 $\text{PM}_{2.5}$ 的分析指標相同。

本計畫最後結合前期與本期計畫的研究成果，共同討論中南部地區的污染來

源，並比較同位素和 Positive Matrix Factorization (PMF) 受體模式在 PM_{2.5} 污染源推估之差異。

結果

周界 PM_{2.5} 的採樣與化學組成分析結果顯示，PM_{2.5} 的主要成分包括：硝酸離子(NO₃⁻)、硫酸離子(SO₄²⁻)、銨離子(NH₄⁺) 和碳 (Carbon, 包括有機碳及元素碳) 等，這四項主要成分對各測站 PM_{2.5} 質量濃度貢獻比例分別為 11% (NO₃⁻)、30% (SO₄²⁻)、12% (NH₄⁺) 和 26% (Carbon)。本計畫採用碳同位素分析技術將微粒中的碳進一步區分為“現代碳 (Modern Carbon)”和“化石碳 (Fossil Carbon)”，結果顯示兩者對各測站 PM_{2.5} 的質量濃度貢獻率分別為 15%和 16%，顯示“化石碳”和“現代碳”對大氣的碳貢獻相當。透過高低 PM_{2.5} 事件日之化學組成濃度差異分析，本計畫發現 PM_{2.5} 事件日期間的二次氣膠和 化石碳之濃度明顯上升，反映光化學反應和燃燒行為的影響。其中，本期計畫的分析結果顯示，Levoglucosan 和 Mannosan 濃度比值 (平均 9.4，範圍 3.6~18.8) 接近木材燃燒的結果，和前期計畫研究成果一致，反映木材燃燒可能是增加當地碳濃度的重要因素之一。

在碳與鉛同位素部分，春季和夏季的 $\delta^{13}\text{C}$ 平均值及其範圍分別為-25.7‰ (-28.2 至-23.6‰)和-25.5‰ (-28.7 至-20.7‰)，春夏兩季 PM_{2.5} 的碳同位素數值無顯著差異。¹⁴C 的分析結果發現春季和夏季的現代碳平均比例與範圍分別為 47% (38~57%) 和 48% (42~61%)，代表就整個區域而言，化石燃料和非化石燃料燃燒所貢獻的碳相當，也無顯著的季節差異。鉛同位素分析結果顯示，春季和夏季的 ²⁰⁶Pb/²⁰⁷Pb 之平均比值分別為 1.1522 (1.1415~1.1638)和 1.1427 (1.1243~1.1638)，²⁰⁸Pb/²⁰⁷Pb 之平均比值分別為 2.4335 (2.4145~2.4507) 和 2.4167 (2.3863~2.4374)。

本計畫完成 3 個中部重要微粒污染源的採樣和同位素及傳統化學組成的分析，結果顯示：1.) 火力電廠排放的 PM_{2.5} 主要成分為金屬元素，佔 PM_{2.5} 排放質量濃度的 22%，主要的特徵元素包括 Se、Zn、Mo、Ge、Sn 和 As 等，硫酸鹽約占 4%，無機鹽類 (硝酸鹽、銨鹽和氯鹽) 和總碳各占 1%；排放的碳以化石碳為主，現代碳的百分比佔 35~49%之間；²⁰⁶Pb/²⁰⁷Pb 比值範圍為 1.1604~1.2229，²⁰⁸Pb/²⁰⁷Pb 比值範圍為 2.4141~2.4806；2.) 鋼鐵廠排放的 PM_{2.5} 主要成分為金屬元素，佔 PM_{2.5} 排放質量的 41%，特徵元素包括 Zn、Pb、Mn、Ni 和 Cr 等，硫酸鹽占 13%，無機鹽類 (硝酸鹽、銨鹽和氯鹽) 和總碳各占 3%和 8%；現代碳比例為 9%，²⁰⁶Pb/²⁰⁷Pb

比值範圍為 1.1321~1.1854， $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值範圍為 2.4039~2.4277；3.) 焚化爐排放的 $\text{PM}_{2.5}$ 之主要成分為金屬元素，特徵元素包括 Cd、Pb、Zn、As 和 Sb 等； $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值範圍為 1.1396~1.1617， $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值範圍為 2.4078~2.4596。

本計畫整合 2 年的大氣 (13 個測站) 及污染源 (7 種污染源) 排放微粒的化學組成調查結果，探討中南部地區的污染來源，分析結果顯示：生質燃燒對竹山和斗六的影響較顯著，臺西和麥寮地區的污染以工業排放為主，彰化和二林地區有較高的交通排放貢獻量，整體而言，台灣中部的大部分地區普遍受工業與交通污染源之混合影響。

結論

1. 春季期間的 $\text{PM}_{2.5}$ 污染情形明顯較夏季嚴重，但無論春季或夏季， $\text{PM}_{2.5}$ 中的主要化學組成均為硫酸鹽、硝酸鹽、銨鹽和有機碳，且當以 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度標準值將樣本劃分為 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日和非事件日時，發現相較於非事件日，事件日期間的硫酸鹽、硝酸鹽和銨鹽濃度加總的上升比例最大，現代碳和化石碳的上升比例也在 3~23% 之間，顯示光化反應產物和燃燒行為是造成當地高 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度的主因之一。
2. 本計畫的分析結果發現 Levoglucosan 和 Mannosan 濃度比值接近木材燃燒的結果，和前期計畫研究成果一致，反映木材燃燒可能是當地重要的碳貢獻源之一。
3. 無論夏季或春季， $\delta^{13}\text{C}$ 和鉛同位素比值的量測結果都和北部的量測有差異，顯示本土的碳與鉛污染源可能存在著空間上的差異。
4. 火力電廠排放的 $\text{PM}_{2.5}$ 主要成分為金屬元素，特徵元素包括 Se、Zn、Mo、Ge、Sn 和 As 等，排放的碳以化石碳為主， $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值範圍為 1.1321~1.1854， $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值範圍為 2.4039~2.4277。
5. 鋼鐵廠排放的 $\text{PM}_{2.5}$ 主要成分為金屬元素，特徵元素包括 Zn、Pb、Mn、Ni 和 Cr 等，硫酸鹽則占 13%，pMC 分析結果顯示排放的碳以化石碳為主 (9%)， $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值範圍為 1.1268~1.1613， $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值範圍為 2.3877~2.4453。
6. 焚化爐排放的 $\text{PM}_{2.5}$ 之主要成分仍為金屬元素，特徵元素包括 Cd、Pb、Zn、As 和 Sb 等， $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值範圍為 1.1396~1.1617， $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值範圍為

2.4078~2.4596。

7. PMF 分析結果顯示斗六站和竹山站主要受生質燃燒影響；二林站和彰化站則受交通排放影響；麥寮站和臺西站以工業排放的貢獻較大；沙鹿站、大里站、豐原站和線西站可能受台中港區排放之污染物的影響。
8. 綜合同位素與 PMF 之污染源推估結果發現，碳同位素和 PMF 分析技術的結合，可改善 PMF 無法有效區別污染源種類的問題，進而提高碳污染源的鑑識能力；多個本地污染源之鉛同位素比值相近，尚難以和 PMF 整合進行污染源鑑識。

建議事項

1. 光化反應產物和燃燒源是造成中部高 PM_{2.5} 濃度的重要成因，因此管制光化反應前驅物的排放及各類燃燒行為是重要的管理方向。
2. 生質燃燒的影響無季節差異且其指紋模式接近木材燃燒，反映木材燃燒的稽查與管制應是未來改善空氣品質的重要策略之一。
3. 累積三年 (2015~2018 年) 的研究成果發現無論是碳或鉛同位素，北部和中部的特徵明顯不同，因此本土大氣 PM_{2.5} 中的同位素存在著區域上的差異。本計畫之研究成果可提供基本的比對資料，同時可作為長期變化趨勢之參考。
4. 本計畫發現煙道採樣所獲得的 PM_{2.5} 樣本，其含有的碳成分均無法提供足量的碳供作碳同位素的分析。因此，建議未來若要調查煙道排放之微粒的碳同位素特性，且仍採用 NIEA 之公告採樣方法，除了延長採樣時間外，增加樣本數是重要的採樣與分析策略。
5. 本計畫已獲得多項重大污染源的碳、鉛同位素指紋資料，後續研究應強化對指紋資料的統計分析技術，以應用於提高微利污染源的鑑識能力。

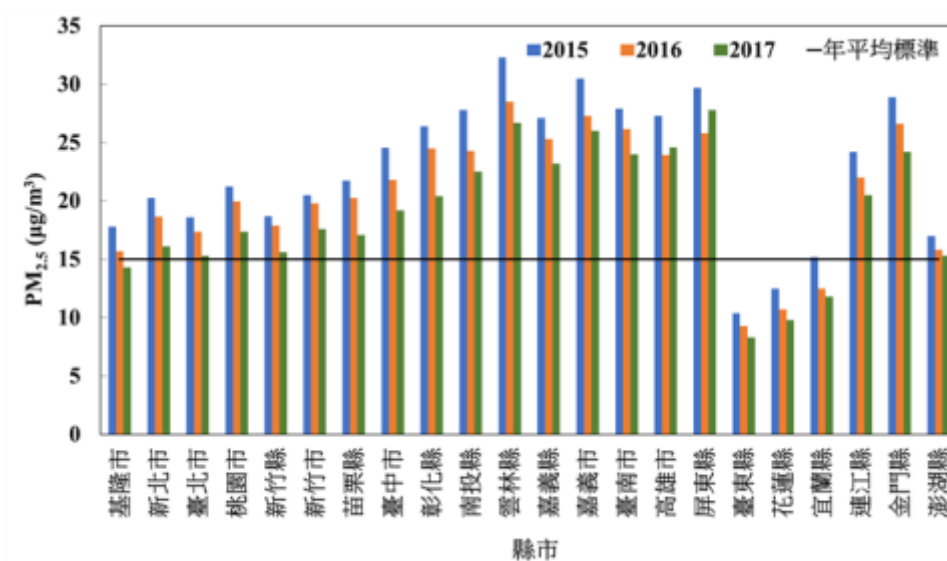
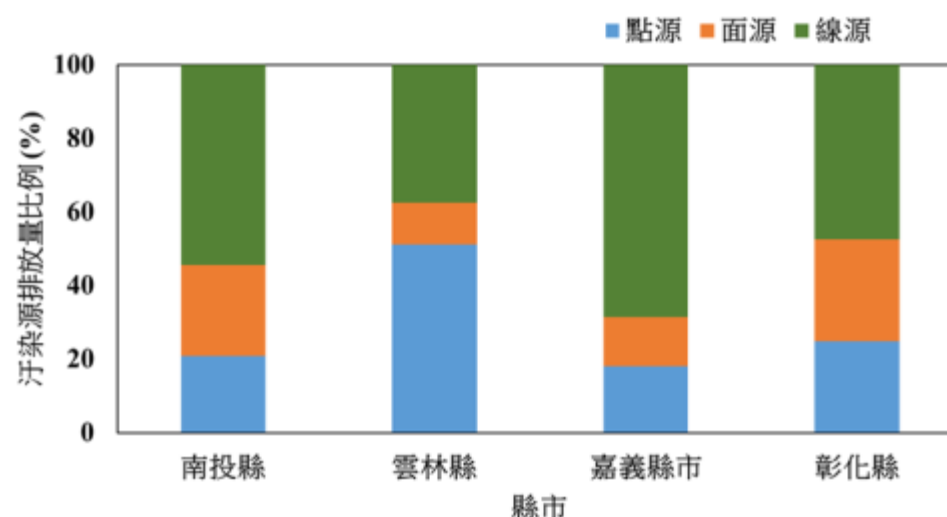
第一章 研究背景

1.1 研究源起

細懸浮微粒為粒徑小於 $2.5\ \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$) 且懸浮在空氣中的固態或液態污染物，粒徑愈小的微粒越容易透過呼吸吸入沉降在肺泡區甚至進入血液循環系統，進而影響民眾的健康。許多流行病學研究顯示，心血管疾病與呼吸道疾病的就診率和 $\text{PM}_{2.5}$ 的暴露有密切關係 (Wilson et al., 2005)，Pope III 在美國執行的研究發現 (Pope III et al., 2002)，空氣中的 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度每增加 $10\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，民眾的死亡率會增加 4%。在臺灣，Pan 的研究發現 $\text{PM}_{2.5}$ 的暴露會增加肝癌的發生風險 (Pan et al., 2016)，Hung 的研究指出 $\text{PM}_{2.5}$ 和卵巢癌的發生有關 (Hung et al., 2012)。有鑑於此，世界衛生組織針對 $\text{PM}_{2.5}$ 制定建議濃度，希望藉此降低民眾的暴露進而減低健康危害風險，歐美等先進國家亦參考其濃度規範，制定國家級的 $\text{PM}_{2.5}$ 法規標準，我國也於 2012 年 5 月 14 日立法完成大氣的 $\text{PM}_{2.5}$ 法規標準，其 24 小時平均標準值為 $35\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，年平均標準值為 $15\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

我國自 2012 年開始立法管制 $\text{PM}_{2.5}$ 後，在各級環保機關的努力下，各縣市 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度逐年減低，顯示各級政府在 $\text{PM}_{2.5}$ 排放減量的控制政策已見成效。然而，由圖 1.1.1 所呈現的 2015 年至 2017 年各縣市 $\text{PM}_{2.5}$ 之年平均濃度變化，仍可發現除了離島外，臺灣本島的中南部地區 $\text{PM}_{2.5}$ 污染情形居高不下，且距離環保署規畫 2020 年的法規標準 $15\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 尚有努力空間，故管制 $\text{PM}_{2.5}$ 的排放仍是未來環保機關須持續努力的課題，其中污染來源的鑑定在 $\text{PM}_{2.5}$ 的管制為重要的手段。

根據 Taiwan Emission Data System 9.0 (TEDS 9.0) 排放量資料庫顯示 (圖 1.1.2)，在較高 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度的南投縣、雲林縣、嘉義縣市和彰化縣等 5 個縣市中，除了雲林縣外， $\text{PM}_{2.5}$ 排放量均以線源的貢獻 (以交通源為主) 為主 (四縣市的平均為 57%)，雲林縣則以點源為主 (約 51%)，此現象可能和境內的麥寮六輕化石廠有關。在面源部分，由於臺灣中南部的農作物露天燃燒行為普遍，相對的，可能有較多的 $\text{PM}_{2.5}$ 來自面源的貢獻，5 個縣市的平均面源貢獻接近 20%，相較於 6 個直轄市的面源貢獻量都在 5% 以下，新北市和台北市等縣市甚至接近 0%，說明面源也是造成當地空氣污染的元兇之一 (Cheng et al., 2009)。此外，位於上風處的臺中市，境內也有較高微粒排放量的污染源，包含火力發電廠和鋼鐵廠，根據台中市

圖 1.1.1 2014 年至 2016 年各縣市 PM_{2.5} 年平均濃度圖 1.1.2 南投縣、雲林縣、彰化縣及嘉義縣市 PM_{2.5} 各類污染源排放量

於 2016 年發佈的「固定污染源粒狀污染物排放量」清單，可發現 2015 年火力發電廠 (1881 公噸) 和鋼鐵廠 (679 公噸) 的粒狀物排放量為臺中市境內的前 2 名，並遠高於第 3 名的排放量 (115 公噸)。上述資料說明在高 PM_{2.5} 污染的山投縣、雲林縣、嘉義縣市和彰化縣等縣市中，除了當地的污染源外，鄰近縣市的臺中市，其所排放的污染也可能因南下風向影響到彰化等縣市的空氣品質。過去有研究利用 Chemical Mass Balance (CMB) 受體模式或逆軌跡等工具分析，並發現臺中市境

內的污染源所排放之粒狀污染物，可能是下風處鄰近縣市空氣品質惡化的主因之一 (Chio et al., 2004; Chio et al., 2014; Tsuang, 2003; 廖崇園, 2000; 鄭曼婷, 2000)。

前段有關污染源的描述部分，可知過去研究多利用受體模式或逆軌跡模式來分析中南部地區的污染源，然而，這些方法對污染源的定義有較高的不確定性 (Samek et al., 2016)，因此近年也有研究利用不同污染源排放之微粒的同位素特徵，探討各地區的微粒污染源 (Gioia et al., 2017; Sen et al., 2016; Widory et al., 2010; Zong et al., 2016)。本團隊在 104 年度和 105 年度的計畫中，建立了懸浮微粒碳、鉛與鋇同位素的分析方法，並得到 $\delta^{13}\text{C}$ 和鉛同位素比值 ($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 與 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$) 適合應用在懸浮微粒污染來源之鑑識的結論 (周崇光, 2016, 2017)。105 年度更進一步針對 $\text{PM}_{2.5}$ 污染較為嚴重的雲林縣、嘉義縣市、彰化縣和南投縣，進行大氣及特定污染源 (交通源、生質燃燒、燃煤電廠和煉油廠) 的 $\text{PM}_{2.5}$ 採集和碳與鉛同位素分析，以建立大氣和特定污染源的同位素資料和初步探討臺灣中南部地區大氣微粒的污染來源。此外，透過 105 年度計畫的執行成果，也發現不同國家或區域但同一污染源所排放之微粒的碳與鉛同位素特徵均不同，此結果反應調查本土污染源排放之微粒的同位素特徵有其必要性。

本期計畫進一步針對彰化-雲林-南投-嘉義上風處的臺中市境內的主要微粒排放源，火力發電廠和鋼鐵廠污染源進行 $\text{PM}_{2.5}$ 的採樣和同位素分析，此外，除了交通排放外，因鉛也是許多重大工業源排放的共同元素，如焚化爐 (Christian et al., 2010; Hu et al., 2003) 和燃煤電廠 (Okuda et al., 2008; Xie et al., 2006) 等，因此透過鉛和鉛同位素的分析，也有利於污染源的判定。根據 2012 年的全國重金屬排放清冊資料顯示 (陳怡伶, 2013)，焚化爐排放的鉛僅次於本團隊在 105 年度計畫所採集的燃煤電廠和本期計畫欲探討的鋼鐵廠之鉛排放量，因此，本期計畫也採集和分析焚化爐排放之微粒的同位素特徵。由於火力發電廠和鋼鐵廠的微粒排放量大，且鋼鐵廠和焚化爐等重大污染源排放之微粒的同位素資料缺乏 (Gallon et al., 2011; Lahd Geagea et al., 2008)；因此，若能建立本土火力發電廠、鋼鐵廠和焚化爐排放之微粒的碳與鉛同位素特徵，及整合其他本土污染源的同位素資料，並配合傳統的受體模式污染源分析方法，有助於深入探討中南部 $\text{PM}_{2.5}$ 的主要污染源，相信此結果對制定 $\text{PM}_{2.5}$ 污染源排放標準及執行管制策略有莫大的幫助。

1.2 細懸浮微粒特性

大氣懸浮微粒典型的粒徑分佈有三個尖峰粒徑，包括粗微粒、核凝型 (Nucleation mode) 及累積型 (Accumulation mode) 尖峰粒徑，各粒徑之粒徑範圍、來源及主要成分如表 1.2.1 所示 (Chow, 1995; John et al., 1990)。核凝型微粒粒徑一般小於 $0.08\ \mu\text{m}$ (或 $0.1\ \mu\text{m}$)，主要為燃燒程序之排放或排放後急速冷卻氣體之凝結，此範圍之微粒會快速的與較大微粒產生膠凝或成為雲、霧滴的凝結核，生命週期通常小於一小時。累積型微粒主要為粒徑介於 $0.08 \sim 2\ \mu\text{m}$ 之微粒，來自於核凝型微粒之相互膠凝、揮發性物種的凝結、氣固相間之轉換作用或細微的地表塵土，硫酸、硫酸氫銨、硫酸銨、有機碳及元素碳多分佈在此粒徑範圍，一般而言，核凝型與累積型的微粒通稱為細微粒。相反地，粗微粒所指的是懸浮微粒粒徑大於 2 或 $3\ \mu\text{m}$ 以上的顆粒，其來源多來自磨碎行為之產物，以地殼物質為主，另外花粉、樹葉及輪胎碎片亦在此範圍內，由於細微粒粒徑較小，除了影響人體健康外，其對大氣雲、霧之形成扮演著重要的角色，影響局部及區域性之天氣系統，故近年來大氣細懸浮微粒除了受到流行病學及公衛領域研究人員的關注之外，大氣科學家對於細懸浮微粒在雲、霧事件中所扮演之角色與關聯性的科研熱忱亦不在話下。

表 1.2.1 典型大氣氣膠的三尖峰粒徑分佈

	核凝區	累積區 Condensation Droplet	粗粒區
粒徑(dp)	$< 0.08\ \mu\text{m}$	$0.08 \sim 2\ \mu\text{m}$ $0.2\ \mu\text{m} \sim 0.7\ \mu\text{m}$	> 2 or $3\ \mu\text{m}$
主要來源	燃燒程序直接排放 冷卻氣體之凝結	會揮發性物種之凝結 氣固相間之轉化 細微之地表塵土	磨碎之行為
主要成分	H_2SO_4 、硫酸(氫)銨、有機碳、元素碳		地殼物質
分類	Fine Particles		Coarse Particles

大氣細懸浮微粒的主要成分可被概分為水溶性離子、含碳成分及金屬元素，其中水溶性離子中的硫酸離子 (SO_4^{2-})、硝酸離子 (NO_3^-) 及銨離子 (NH_4^+) 為二次無機氣膠 (secondary inorganic aerosol, SIA) 的主要成分，其含量約佔 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度的 20-40%，為 $\text{PM}_{2.5}$ 的主要成分 (Chow et al., 2002; He et al., 2001; Ho et al., 2003; Putaud et al., 2010; Zhang et al., 2013)。 $\text{PM}_{2.5}$ 之 SO_4^{2-} 的形成成分成異相反應 (heterogeneous reaction) 及同相反應 (homogeneous reaction)，異相反應主要發生在高相對濕度的環境上， SO_2 溶解至雲霧裡，與液滴中的 H_2O_2 及 O_3 進行反應，此類機制所產生的硫酸鹽粒徑較大，中位粒徑 (mass median diameter) 約 $0.7 \pm 0.2 \mu\text{m}$ (John et al., 1990)。McMurry 的研究結果顯示 (McMurry and Wilson, 1983)，當大氣相對溼度為 75% 時，液相反應硫酸鹽生成速率可達 6-12%/h；相反地，當大氣相對濕度低於 50% 時，硫酸鹽的形成可能以同相機制為主，主要由 SO_2 與自由基 (如 OH) 進行反應形成硫酸後再與鹼性氣體 NH_3 進行反應生成 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 或 NH_4HSO_4 氣膠，其生速率約低於 5%/h (McMurry and Wilson, 1983)。 NO_3^- 微粒之形成則為固定或移動污染源排放的 NO_x 經由氣相 ($\text{NO}_2 + \text{OH}$) 或液相反應 (N_2O_5 之水解反應) 在大氣中轉化成 HNO_3 後再與 NH_3 形成 NH_4NO_3 微粒，在都會區 NH_4NO_3 微粒之生成速率約為 1-4%/h (Lin and Cheng, 2007)，且相對濕度為控制 NH_4NO_3 微粒生成之主要因子，然而在高溫度下， NH_4NO_3 微粒則會藉由熱解形成 HNO_3 及 NH_3 。

大氣懸浮微粒含碳成份 (Carbonaceous Fraction) 一般可區分成無機碳 (Inorganic Carbon, IC, 如 CaCO_3)、元素碳 (Elemental Carbon, EC) 及有機碳 (Organic Carbon, OC)，其中 EC 及 OC 為微粒中主要的成分，其含量佔 $\text{PM}_{2.5}$ 的質量濃度約 20-40% (Bae et al., 2006; Chou et al., 2010; Lin et al., 2009; Zhao et al., 2013)。元素碳又稱為黑碳 (black carbon) 或石墨碳 (graphitic carbon)，為一惰性物質，在科學上元素碳對於局部環境產生強烈的暖化作用已被證實 (Jacobson, 2001)，由於 EC 不易參與大氣的光化反應而使得其含量增加或減少，故在大氣化學上常被當作參考元素 (reference element) (Kuo et al., 2013; Lin et al., 2012)。元素碳的污染來源主要係由燃燒程序所產生，包括使用汽柴油車排氣、化石工業排放、農廢燃燒、木材燃燒及烹飪等 (Birch and Cary, 1996; Hu et al., 2003; Lowenthal et al., 1994)。有機碳泛指各種氣膠態有機物質的總合，相對於元素碳，有機碳的來源就相對的複雜許多，除了污染源直接排放所生成的原生性有機碳 (primary organic carbon, POC)

外，尚包括氣態污染物轉化而成的二次有機氣碳 (secondary organic carbon, SOC)。在大氣環境中，POC的來源主要來自燃燒程序包括交通工具排放、燃料燃燒、肉類烹調過程、舖柏油道路過程等均為釋放POC至環境中。而SOC的形成機制是非常複雜的，一般而言，大氣中有揮發性的有機氣體與氣膠之間的氣-固相傳輸所形成 (Seinfeld and Pandis, 1998)。過去的研究中顯示，環境中的氣象因子會影響SOC的生成，如Strader指出晴朗的天氣配合低風速及低混和層高度有利於二次有機碳微粒的生成 (Strader et al., 1999)，而Duan的研究結果顯示高相對濕度及低風速的環境有利於SOC微粒的形成 (Duan et al., 2005)。然而在對大氣環境的影響上，有機碳則在雲霧凝結核 (cloud condensation nuclei, CCN) 的形成程序上扮演重要的角色 (Novakov and Penner, 1993)。相同地，由Cruz and Pandis的研究顯示，部分的有機氣膠具有吸濕特性，可作為雲霧的凝結核 (Cruz and Pandis, 1997)。

細懸浮微粒中含有一些金屬元素，其在PM_{2.5}之含量約5%~10% (Hsu et al., 2016; López et al., 2011; Pakkanen et al., 2001; Qin et al., 2006; Querol et al., 2001)，並以Si、Al、Fe、Mg及Ca等地殼元素為主要元素，人為排放元素如Co、Ni、Cu、Zn、Pb、As、Se等元素濃度較低。然而，大氣微粒中金屬元素的濃度仍會因不同地區的產業型態、季節、周邊區域的活動或氣象而有所變化。在北京的霾害事件期間，PM_{2.5}平均濃度高達109 µg/m³ (Lin et al., 2016)，其中As、Ni、Cd和Co等人為污染為主要的金屬元素，平均濃度分別為8.7 ng/m³、19.1 ng/m³、2.9 ng/m³和0.9 ng/m³，Pb可高達202 ng/m³。在上海，PM_{2.5}中優勢的金屬元素為Al、Ca、K、Mg、Na和Fe (Wang et al., 2013)，在工業區的Baoshan之平均濃度分別為2.91 µg/m³、3.41 µg/m³、2.25 µg/m³、2.32 µg/m³、7.11 µg/m³和2.38 µg/m³，但屬於郊區的Putuo，Al、Ca、K、Mg、Na和Fe之平均濃度明顯較Baoshan低，分別為1.54 µg/m³、3.01 µg/m³、1.67 µg/m³、1.87 µg/m³、6.12 µg/m³和1.33 µg/m³，二個地區之每一個元素在不同季節的濃度高低分布均不同。屬於鄉村型態的日本秋田縣，地殼元素的Al、Fe和Si為優勢元素 (Kikuchi et al., 2010)，平均濃度分別為17.2 ng/m³、26 ng/m³和87.2 ng/m³，而以海港和重工業為主的日本橫濱，Al、Mg和Ca濃度 (PM₁₀) 分別為0.14~0.69 µg/m³、0.21~0.32 µg/m³和0.16~0.42 µg/m³，Mn、Cu和Pb分別為16.5~32.5 ng/m³、12.9~47.7 ng/m³和21.3~27.2 ng/m³。以工業為主要產業的南韓蔚山，Cd、Ni、Mn和Pb (PM_{3.3}) 之平均濃度為131.5 ng/m³、140.4 ng/m³、304.4 ng/m³和131.5 ng/m³ (Ny and Lee,

2011)。南韓的水原市以都會和旅遊的區域型態為主，Fe、Al和Si等地殼元素為主要的組成 (Oh et al., 2011)，平均濃度分別為 318.9 ng/m^3 、 204.7 ng/m^3 和 139.3 ng/m^3 ($\text{PM}_{3.3}$)，主要來自交通排放的Pb、Cu和Zn的平均濃度分別為 71.8 ng/m^3 、 40.7 ng/m^3 和 59.5 ng/m^3 ，工業排放的Mn、Cd和V都在 30 ng/m^3 以下。在臺灣，不同區域的活動型態也影響著大氣金屬元素的濃度分布，例如中臺灣西岸 $\text{PM}_{2.5}$ 的各季節平均Cu濃度在 $1\sim 15 \text{ ng/m}^3$ 左右 (Hsu et al., 2016)，Mn則在 $2\sim 20 \text{ ng/m}^3$ 的範圍，Ni的濃度在 7 ng/m^3 左右，Pb在 20 ng/m^3 左右，經受體模式分析後發現燃煤廠、燃油廠、金屬工業和交通排放為主要的污染源。較靠臺灣內陸的某科學園區 $\text{PM}_{2.5}$ 中的Cu、Mn、Ni和Pb平均濃度分別為 50.3 ng/m^3 、 13.1 ng/m^3 、 11.9 ng/m^3 和 33.6 ng/m^3 (Chen et al., 2013)。此外，金門本身無大型工業，但冬季期間受到中國工業活動的影響， PM_{10} 中的Sb、Cd、Sn、Zn、Pb、Cu、Se及As最高濃度可達 3350 ng/m^3 、 3066 ng/m^3 、 1276 ng/m^3 、 753 ng/m^3 、 1599 ng/m^3 、 133 ng/m^3 、 28303 ng/m^3 及 677 ng/m^3 (Hsu et al., 2010)，反映周邊區域的排放源及氣象條件的改變，也會影響微粒中金屬元素濃度的分布。

除了微粒的物化特徵外，也有許多研究透過統計方法或氣象特性來探討各區域的 $\text{PM}_{2.5}$ 污染來源。鄭等人在執行中部總量管制計畫時 (鄭曼婷, 2000)，於中部沿海、都會及內陸地區進行大規模懸浮微粒之密集觀測，並調查造成該地區懸浮微粒高污染之成因，結果發現中部地區懸浮微粒主要以SIA及OC為主要的物種，其含量可佔 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度40-65%，在秋、冬季節，當出現高壓迴流或高壓出海天氣型態時，擴散條件差，容易出現懸浮微粒高污染事件日，且以內陸地區之竹山及沿海二林測站的PM污染情形最為嚴重。利用軌跡模式探討竹山地區PM之來源，發現除了當地的交通源貢獻外，沿海地區之臺中電廠或臺中都會區所排放之氣體如 SO_2 與 NO_x 易經由傳輸至內陸地區並形成微粒及累積在該地區造成PM高污染事件日。此外，中部地區當PM高污染事件日發生時，細懸浮微粒之硝酸鹽為主要的貢獻者 (Kuo et al., 2013; Lin et al., 2010)，因硝酸鹽濃度會受到大氣氣象條件的影響，當高污染事件日下，大氣相對溼度增高與溫度降低有利於硝酸銨微粒的生成，此外，在風速微弱之下，氣團停留於中部都會區時間較久，吸納較多的 NO_x 且在傳輸至內陸所經過的時間較長，利於較多的 NO_x 轉換成硝酸銨微粒而累積在內陸地區 (Lin et al., 2010)。

Hsu 於彰化縣境內的大成、芳苑及二林地區進行大氣 $PM_{2.5}$ 之整年採樣並分析其元素組成 (Hsu et al., 2016)，同時結合 Positive Matrix Factorization (PMF) 解析其可能之污染來源，結果顯示彰化地區 $PM_{2.5}$ 之有毒金屬 Ni、As 及 Cr(IV) 濃度超過 WHO 之建議標準值，而燃煤電廠 (35%)、交通排放 (24%)、鋁煉製業 (22%) 及燃油業 (19%) 為其主要的貢獻源。Chen 在雲林麥寮及崙背地區量測 $PM_{2.5}$ 及 $PM_{2.5-10}$ 微粒並分析其元素組成 (Chen et al., 2015)，結果發現當 PM 高污染事件發生時， $PM_{2.5}$ 中有毒金屬 Pb 與 As 的濃度為非污染事件日時的 2.3 及 1.9 倍，尤其 As 之濃度已超過 WHO 所建議之標準值 6 ng/m^3 ，利用因子分析法推估 $PM_{2.5}$ 之污染來源，結果顯示 PM 高污染期間，燃煤電廠係該地區 $PM_{2.5}$ 最大的污染來源，其貢獻量約為 36.5%，其次依序為鋼鐵業 (31%)、交通與燃油業 (16%) 及銅煉製業 (13%)。在嘉義地區的研究方面，張簡等人的研究顯示 (張簡國平, 2014)，嘉義市 $PM_{2.5}$ 之化學組成隨著不同的季節有些差異，SIA 為 $PM_{2.5}$ 最主要之組成，約佔 $PM_{2.5}$ 質量的 37% 至 53% 之間，其次則為有機碳 (6-10%)、金屬元素 (5-13%) 及元素碳 (4-7%)，利用受體模式之化學質量平衡法 (Chemical Mass Balance, CMB) 推估該地區 $PM_{2.5}$ 之污染來源，結果發現二次硫酸鹽及硝酸鹽氣膠、土壤揚塵及交通排放為其主要的貢獻源外，固定源中的化石業、鋼鐵業及水泥業的排放對本地區 $PM_{2.5}$ 有明顯的貢獻，三個行業別對嘉義市區 $PM_{2.5}$ 的貢獻量平均分別約為 10%、5% 及 4%，顯示固定源排放對本地區空氣品質的影響嚴重。

除了 $PM_{2.5}$ 化學組成特徵與污染來源推估外，近年來的研究範疇延伸至暴露評估。詹等人針對彰化地區 $PM_{2.5}$ 之污染進行調查 (詹長權, 2013)，結果發現彰化縣 $PM_{2.5}$ 污染情形以彰化及二林測站最為嚴重，自 2006 至 2013 年彰化與二林地區 $PM_{2.5}$ 濃度超過空氣品質法規標準 (日均值 $35 \text{ } \mu\text{g/m}^3$) 的天數高達 169 及 164 天。Chio 利用模式模擬麥寮地區化石廠與電廠微粒的排放對附近城鎮居民 $PM_{2.5}$ 暴露的影響 (Chio et al., 2014)，結果發現上述固定源的營運對雲林地區麥寮、台西及東勢等鄉鎮居民暴露危害程度最為嚴重，以年平均濃度而言，麥寮工業區對麥寮、台西及東勢地區 $PM_{2.5}$ 的 V 與 As 的貢獻濃度約 10 及 2 ng/m^3 。

1.3 污染源排放微粒特徵

1.3.1 污染源排放微粒化學組成

各種自然或人為空氣污染源會因所使用的原物料組成、添加物質及工業製造程序的不同，使其排放到大氣的微粒化學組成存在差異性，各種污染源之微粒特徵化學組成如表 1.3.1 所示。如 Chow 所建立的資料庫顯示 (Chow et al., 2004)，煉油廠所排放之 $PM_{2.5}$ 微粒組成以硫酸鹽的組成最高，可佔 59%，稀土元素 La 的含量顯著高於背景，可當作化石業的排放指紋指標元素 (Kulkarni et al., 2007)。

在燃煤電廠方面，煙道排放的 $PM_{2.5}$ 中之化學組成以硫酸鹽及碳為主，兩者在 $PM_{2.5}$ 的含量共高達 56%，其次為 Ca (17%)、Si (11%)、S (8%)、Al (5%) 及 Fe (4%)，Se 的含量約 0.6%，較其他行業別高數十倍，可作為燃煤電廠主要的排放指標 (Okuda et al., 2008; Xie et al., 2006)。在國內，前期計畫 (105 年度) 也量測燃煤電廠煙道排放之微粒的化學組成 (周崇光, 2017)，發現硫酸鹽是主要的成分，其濃度佔 $PM_{2.5}$ 質量濃度的 30~40%，Zn、Zr 和 Se 等元素含量也都在 0.05% 以上，且富集因子特性 (Enrichment Factor, EF) 都在 10 以上；煉油廠煙道排放之微粒的化學組成也以硫酸鹽為主，Na 離子和 Ammonium 的濃度也都佔 5% 以上，Na、Ni、Zn 和 La 的含量也都在 0.05% 以上，EF 也都超過 10。鋼鐵廠也是重要的工業污染源之一，其中 Fe、Zn、Pb、Mn、Ni 和 Cr 等元素為重要的元素 (Tsai et al., 2007)，國內曾有研究結合鋼鐵廠周界 $PM_{2.5}$ 的採集和 CMB 模式 (姚辰和, 2015)，分析並發現鋼鐵廠貢獻的微粒對周界 $PM_{2.5}$ 的影響不同，其中鋼鐵廠在秋季、冬季和春季對周界 $PM_{2.5}$ 的貢獻均在 35% 以上，擴散不良期間的貢獻可達 40% 以上，顯示鋼鐵廠也是國內周界 $PM_{2.5}$ 的重要污染源之一。在臺灣，幾乎每個縣市都設有焚化爐，使得焚化爐排放之微粒對周界空氣品質的影響也備受關注。過去有研究透過不同污染源排放的重金屬進行調查，結果發現焚化爐是國內第三大鉛貢獻源，其排放量僅次於燃煤電廠和鋼鐵廠 (陳怡伶, 2013)；此外，也有研究同時量測焚化爐煙道和周界的 $PM_{2.5}$ ，並發現焚化爐煙道的 Mg、Ti、V、Cr、Mn、Co、Ni、As、Pb 和 Hg 等金屬元素的排放量高，且和周界 $PM_{2.5}$ 之金屬元素的輪廓相似，說明焚化爐也可能是鄰近地區重要的 $PM_{2.5}$ 貢獻源之一 (Hu et al., 2003)。在交通源方面，Watson 的研究結果指出 (Watson et al., 2001)，交通排放之 $PM_{2.5}$ 中的碳含量高達

90%以上，然而與其它重要碳微粒排放源不同的是 OC/EC 比值多介於 1 至 2 之間，較面源的街塵及生質燃燒所排放微粒之 OC/EC 比值小，不同來源的 OC/EC 比值如表 1.3.2 所示，其中前期計畫量測的八卦山和國姓 1 號隧道之 PM_{2.5} 中的碳也都佔 15% 以上，OC/EC 比值也介於 1~2。此外，Sb、Cu、Zn、Pb、Cr、Mo 及 Ba 等微量金屬可當作交通排放之微粒的追蹤元素，面源部份則以街塵及農廢燃燒所排放的微粒為主，街塵主要是由自然的塵土礦物及交通排放微粒混合而成，故 Si 為街塵中主要的組成，約佔 18% (Watson et al., 2001)，其次為 OC(6.5%)、Fe(5.4%)、Al(4.5%)、Ca(3.3%) 及 K(2.1%)，而街塵排放微粒之 OC/EC 比值則明顯高於交通源。生質燃燒長久以來疑似為造成臺灣中南部秋、冬高懸浮微粒濃度的主因之一，由 Chow 的研究結果顯示 (Chow et al., 2004)，生質燃燒生成的 PM_{2.5} 中，以 OC 約 64% 最多，EC 含量為 16% 次之，其他主要物種包含 Cl⁻ (8%)、K⁺ (5%)、NH₄⁺ (1.7%) 及 SO₄²⁻ (1.4%)，生質燃燒所排放之微粒有 80% 以上為碳微粒，但 OC/EC 的比值會因燃燒物質的不同而有所差異，約介於 3 至 15 之間 (Chow et al., 2004; 周崇光, 2016)。前期計畫 (105 年度) 模擬稻草在農田燃燒的情境，並採集燃燒生成的微粒，發現產生的微粒化學組成以碳為主，其中又以 OC 佔有的質量濃度比例最高，約佔總碳的 95%，而 Na、K 和 Ca 等元素的含量也都有 0.1% 以上，enrichment factor (EF) 也都超過 10。此外，臺灣四面環海，海洋氣膠為沿岸地區大氣懸浮微粒主要的貢獻源之一，而海鹽所排放微粒以較粗的顆粒為主，其成分以 Cl⁻ (41%) 及 Na⁺ (40%) 為主要組成，SO₄²⁻ 含量則佔 9%，由於海鹽氣膠含大量的 Cl⁻ 及 Na⁺，故此兩物種可視為海鹽飛沫的指標物種 (Hsu et al., 2004)。

表 1.3.1 懸浮微粒各污染排放源之指標元素

污染源	集中的粒徑	指標元素	文獻
地殼及揚塵	PM _{2.5-10}	Si、Al、Fe、Ca、Mg、 Ti、Sr、Ba、K、Mn、Co	Rahn (1999); Hsu et al. (2004); Wang et al. (2005)
海鹽飛沫	PM _{2.5-10}	Na、Mg	Rahn (1999); Hsu et al. (2004)
交通排放	PM ₁ PM _{2.5-10}	Sb、Cu、Zn、Pb、Cr、 Co、Mn、Ba、Mo、Fe、Ce	Thorpe and Harrison (2008); Iijima et al. (2008); Lin et al. (2015)
水泥工業	PM ₁₀	Ca、K、Mg、P、 Ti、Tl、Sr、Rb	Santacatalina et al. (2010); Escudero et al. (2012)
非鐵金屬 冶煉	PM ₁ PM _{2.5}	Cr、Cd、Cu、As、 Pb、Se、Zn	Kuo et al. (2007); Querol et al. (2007)
燃煤電廠	PM ₁	As、Se、Cr、 Cd、Pb、Sb	Xie et al. (2006); Okuda et al. (2008)
重油燃燒	PM ₁ PM _{2.5}	Ni、V	Querol et al. (2007); Cheng et al. (2008)
鋼鐵廠	PM ₁ PM _{2.5}	Fe、Zn、Pb、 Mn、Ni、Cr	Tsai et al. (2007)
垃圾焚化	PM _{2.5}	Cd、Pb、Zn、 As、Sb	Hu et al. (2003); Christian et al. (2010)
生質燃燒	PM ₁	K、Rb	Querol et al. (2007); Hsu et al. (2009)
化石業	PM _{2.5}	La、Ce	Kulkarni et al. (2007); Moreno et al. (2008)

表 1.3.2 國內外交通污染源 PM_{2.5} 之 OC、EC 之含量與 OC/EC 之比值

污染源	OC (%)	EC(%)	OC/EC	參考文獻
交通污染源				
柴油車，AZ，美國	40.1	32.9	1.2	Watson et al., 1994
汽油車，AZ，美國	30.1	13.5	2.2	Watson et al., 1994
地區道路旁交通污染源，Phoenix，AZ，美國	39.0	36.5	1.0	Watson et al., 1994
地區道路旁交通污染源，Craig，CO，美國	62.0	35.3	1.8	Watson et al., 2001
地區道路旁交通污染源，San Antonio，TX，美國	58.1	37.1	1.6	Chow et al., 2004
高速公路交通污染源，Steamboat Springs Colorado，美國	38.8	58.5	0.7	Watson et al., 2001
州際公路隧道交通污染源，Milwaukee，WI，美國	32.8	27.4	1.1	Lough et al., 2005
地區道路隧道交通污染源，Milwaukee，WI，美國	8.1	3.6	2.3	Lough et al., 2005
八卦山隧道，彰化，臺灣	20.5	79.5	0.6	周崇光，2017
雪山隧道(北上)，宜蘭，臺灣	22.1	67.4	0.3	周崇光，2016
雪山隧道(南下)，宜蘭，臺灣	50.0	45.6	1.1	周崇光，2016
八卦山隧道 (東向)，彰化，臺灣	20.8	26.3	0.9	周崇光，2017
國姓 1 號隧道 (東向)，南投，臺灣	16.6	19.5	0.9	周崇光，2017
逸散源				
街塵，Craig，CO，美國	7.7	1.1	7.0	Watson et al., 2001
街塵，Steamboat Springs，美國	7.1	0.4	17.8	Watson et al., 2001
燃燒源				
火力發電廠，Craig，CO，美國	2.2	1.2	1.8	Watson et al., 2001
火力發電廠，TX，美國	27.2	1.4	19.4	Chow et al., 2004
化石廠，TX，美國	0.5	0.1	5.0	Chow et al., 2004
水泥廠(燒窯)，TX，美國	12.8	3.0	4.3	Chow et al., 2004
木材燃燒，Craig，CO，美國	51.4	12.4	4.2	Watson et al., 2001
森林燃燒，Dinosaur，CO，美國	46.9	3.2	14.7	Watson et al., 2001
生質燃燒 (野草燃燒)，TX，美國	64.4	15.8	4.1	Chow et al., 2004
生質燃燒 (稻梗燃燒)，臺灣	36.3	1.9	20.3	周崇光，2017

1.3.2 污染源排放微粒同位素特徵

近年來同位素成為環境科學鑑識上非常重要的工具，碳與鉛同位素特徵更常應用在懸浮微粒污染來源的鑑識上，雖然物質具有相同的化學組成，但如果來源不同或經不同的物理/化學作用過程所產生，其同位素特徵會因同位素的分化作用 (isotope fractionation) 而有差異，而此不同的特徵則可幫助我們解釋懸浮微粒的污染來源。然欲利用同位素界定空氣懸浮微粒之污染來源，必先須瞭解各污染源排放微粒同位素之特徵。

碳穩定同位素應用在空氣懸浮微粒污染源的鑑識上常利用 ^{13}C 的相對豐度 ($\delta^{13}\text{C} = [(^{13}\text{C}/^{12}\text{C}_{\text{sample}})/(^{13}\text{C}/^{12}\text{C}_{\text{standard}}) - 1] \times 1000$) 進行污染源判別。圖 1.3.1 為各污染來源排放的碳微粒及二次有機氣膠主要的前趨物二甲苯、甲苯與異戊二烯的 $\delta^{13}\text{C}$ 值 (Cerri et al., 1985; Das et al., 2010; Giebel et al., 2010; Irei et al., 2006; Rudolph et al., 2002; Widory et al., 2004; 周崇光, 2016)，結果顯示各種不同污染源所排放之碳微粒與其前趨物氣體的 $\delta^{13}\text{C}$ 值差異非常大。在微粒部分，柴油車排放微粒之 $\delta^{13}\text{C}$ 最輕，其值介於-27.3 至-26.0‰之間，燃油鍋爐排放微粒之 $\delta^{13}\text{C}$ 約介於-26.8 至-25.5‰之間，天然氣、燃煤及汽油引擎排放的微粒，其 $\delta^{13}\text{C}$ 值分佈於-25.8 至-22.5‰之間。C4 植物之組織或是生質燃燒排放的碳微粒最重，約介於-13.5 至-12.5‰之間，C3 植物生質燃燒所排放微粒之 $\delta^{13}\text{C}$ 則介於-26.2 至-24.5‰之間，較 C4 植物輕。此外，本計畫的前期調查發現：雪山隧道內 $\text{PM}_{2.5}$ 總碳之 $\delta^{13}\text{C}$ 介於-24.7 至-24.2‰之間，與燃煤火力電廠的煤料、飛灰及底灰 (介於-25.1‰至-23.1‰) 的結果相似。在二次有機氣膠前趨物 $\delta^{13}\text{C}$ 的分佈上，生物源二次有機氣膠之氣體前趨物異戊二烯之 $\delta^{13}\text{C}$ 分佈較廣，約介於-28.1 至-32.4‰之間，較都會區交通源所排放二次有機氣膠之前趨物苯及二甲苯的 $\delta^{13}\text{C}$ 值 (-26.5 至-28.2‰之間) 來得輕。

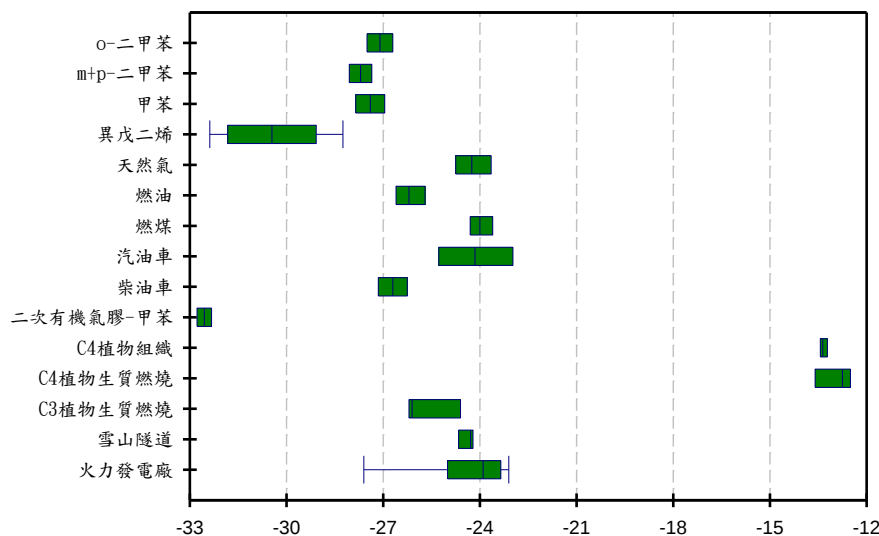


圖 1.3.1 國內外各污染源排放微粒與氣體污染物 $\delta^{13}\text{C}$ 值

資料來源: 1. o-二甲苯 (Rudolph et al., 2002); 2. m+p-二甲苯 (Rudolph et al., 2002); 3. 甲苯 (Rudolph et al., 2002); 4. 異戊二烯 (Giebel et al., 2010); 5. 天然氣 (Widory et al., 2004); 6. 柴油 (Widory et al., 2004); 7. 燃油 (Widory et al., 2004); 8. 燃煤 (Widory et al., 2004); 9. 汽油 (Widory et al., 2004); 10. 二次有機氣膠-甲苯 (Irei et al., 2006); 11. C4植物組織 (Cerri et al. 1985); 12. C4植物生質燃燒 (Das et al., 2010); 13. C3植物生質燃燒 (Das et al., 2010); 14. 雪山隧道 (周崇光, 2016); 15. 火力發電廠 (Kumar et al., 2016)。

在鉛同位素方面，大氣中的鉛主要來源包括汽機車內燃機所使用的鉛（即四乙基鉛），金屬冶煉工廠精煉過程、煤及石油等化石燃料燃燒、廢棄物焚化爐和其他工業排放。鉛在自然界有四個穩定同位素包括²⁰⁴Pb、²⁰⁶Pb、²⁰⁷Pb及²⁰⁸Pb，其中後三者分別是由²³⁸U、²³⁵U及²³²Th衰變而來。由於各來源岩石中鈾及釷成分及比例不同，因此各地鉛礦有其獨特的鉛同位素比值，當鉛礦及其礦物之在其生成後Pb同位素比值近乎固定，故可利用其比值加以判定Pb的來源 (Balcaen et al., 2010; Ettler et al., 2004; Ewing et al., 2010; Hsu et al., 2006; Monna et al., 1997)。然而，Pb同位素比值可以有多種不同表達方式，如²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb、²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb、²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb、²⁰⁶Pb/²⁰⁷Pb、²⁰⁸Pb/²⁰⁷Pb、²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb、²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb，但在環境污染來源鑑識上常利用後四者，藉此用以辨別大氣微粒中Pb的各種來源，並進而瞭解污染物傳輸路徑。

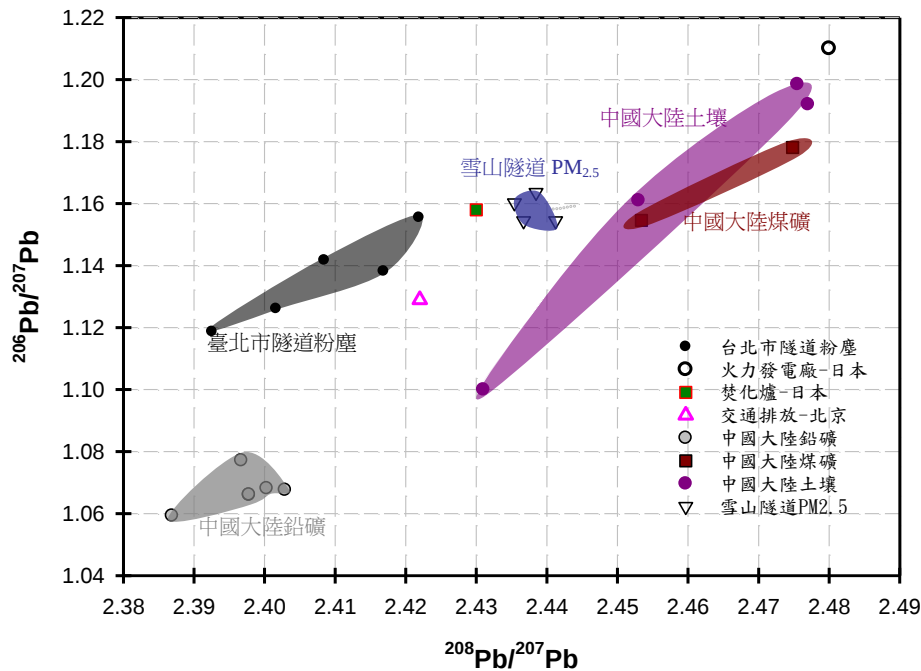


圖 1.3.2 國內外各污染源排放微粒鉛同位素特徵分佈

資料來源：1. 燃煤電廠 (Gallon et al., 2011)；2. 焚化爐 (Gallon et al., 2011)；3. 交通排放 (Zheng et al., 2004)；4. 中國大陸鉛礦 (Sangster et al., 2000)；5. 中國大陸土壤 (Cheng and Hu, 2010)；6. 臺北市隧道粉塵 (Hsu et al., 2006)。

圖1.3.2為各污染源排放微粒之鉛同位素比值 (Cheng and Hu, 2010; Gallon et al., 2011; Hsu et al., 2006; Sangster et al., 2000; Zheng et al., 2004; 周崇光, 2016)。在本土污染源方面，周等人採集代表交通源的雪山隧道PM_{2.5}，並分析其鉛同位素比值，結果發現 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ($^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$) 的比值介於1.1544至1.1636 (2.4354至2.4412) 之間，較Hsu於北部地區道路隧道內粉塵樣品的分析結果高($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 與 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 的比值分別介於1.118至1.156 及2.393至2.422)，此兩個本土污染源排放微粒之鉛同位素的分佈與中國大陸各污染源及日本燃煤電廠的鉛同位素比值分佈有明顯差異，中國大陸鉛礦場 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ($^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$) 的比值介於1.059至1.077 (2.387至2.397)，無論是 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 或是 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 都較中國大陸的交通污染源、土壤及燃煤排放的同位素比值低，而中國大陸的土壤鉛同位素分佈較廣， $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 介於1.164至1.199，而 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 介於2.437及2.476，中國的煤礦同位素 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ($^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$) 的比值

介於1.155至1.178 (2.453至2.475)，與土壤的同位素比值的分佈部分重疊，日本地區的焚化廠及燃煤電廠的鉛同位素 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ($^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$) 比值分別為1.158 (2.430) 及1.210 (2.480)，其中燃煤電廠之同位素比值遠高於其他污染源。鋼鐵廠和焚化爐也是重要的大氣微粒貢獻源，過去研究指出鋼鐵廠排放之微粒 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值在1.151~1.152之間 (Lahd Geagea et al., 2008)，法國和日本量測到的焚化爐之平均 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值分別為1.152和1.158 (Gallon et al., 2011; Lahd Geagea et al., 2008)，兩種污染源的量測結果相近，但相較於燃煤、燃油或交通排放等污染源的鉛同位素資料，焚化爐和鋼鐵廠的鉛同位素資料則較少。

綜合過去的研究可知，不同研究針對同一污染源所量測之同位素特徵均不同，主要是因其原料和製成的不同所致，且透過圖1.3.3~圖1.3.5顯示105年度計畫和其他研究針對同一污染源所分析的 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 同位素資料分布，可發現本土污染源排放之微粒的同位素特徵和其他研究的量測結果有明顯差異，反映建立本土污染源之同位素資料，對於鑑定本土微粒污染源有其必要性。

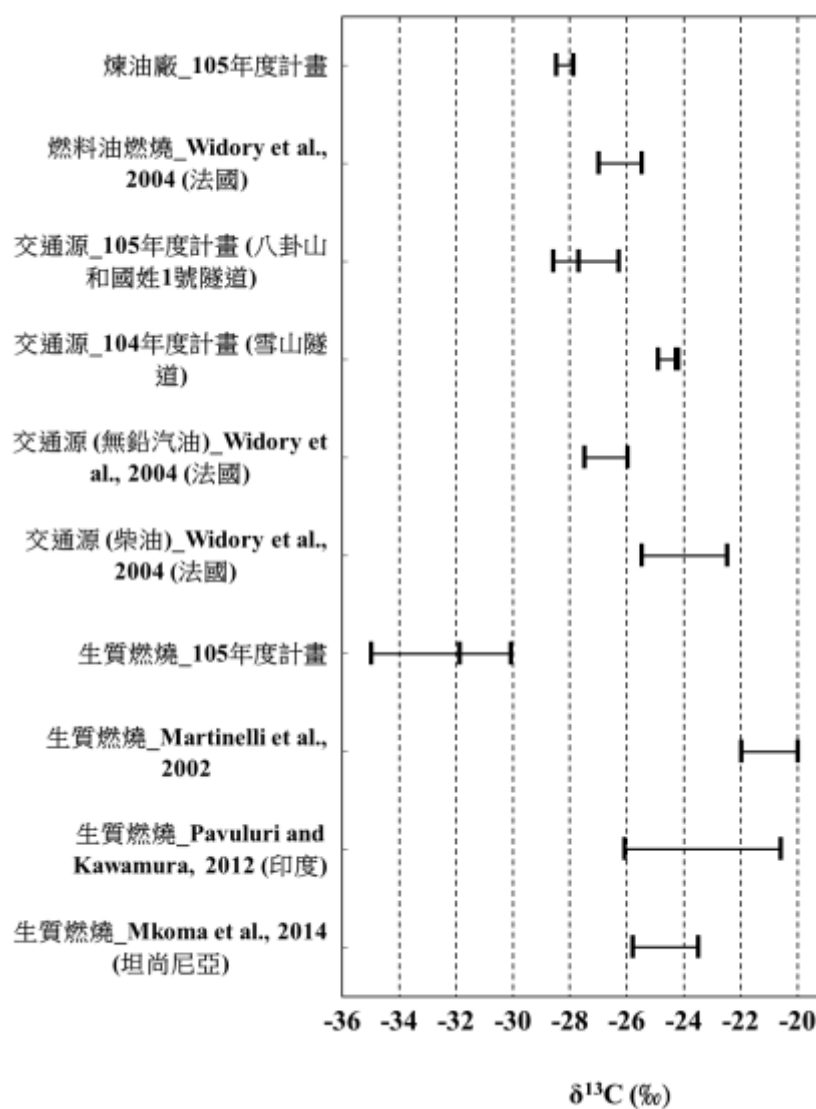


圖 1.3.3 前期計畫和其他研究量測之污染源排放微粒之 $\delta^{13}\text{C}$ 數值的比較
(數值分別為最小值、中位數和最大值，部分研究僅有最小值與最大值) [(Martinelli et al., 2002; Mkoma et al., 2014; Pavuluri and Kawamura, 2012; Widory et al., 2004; 周崇光, 2017)]

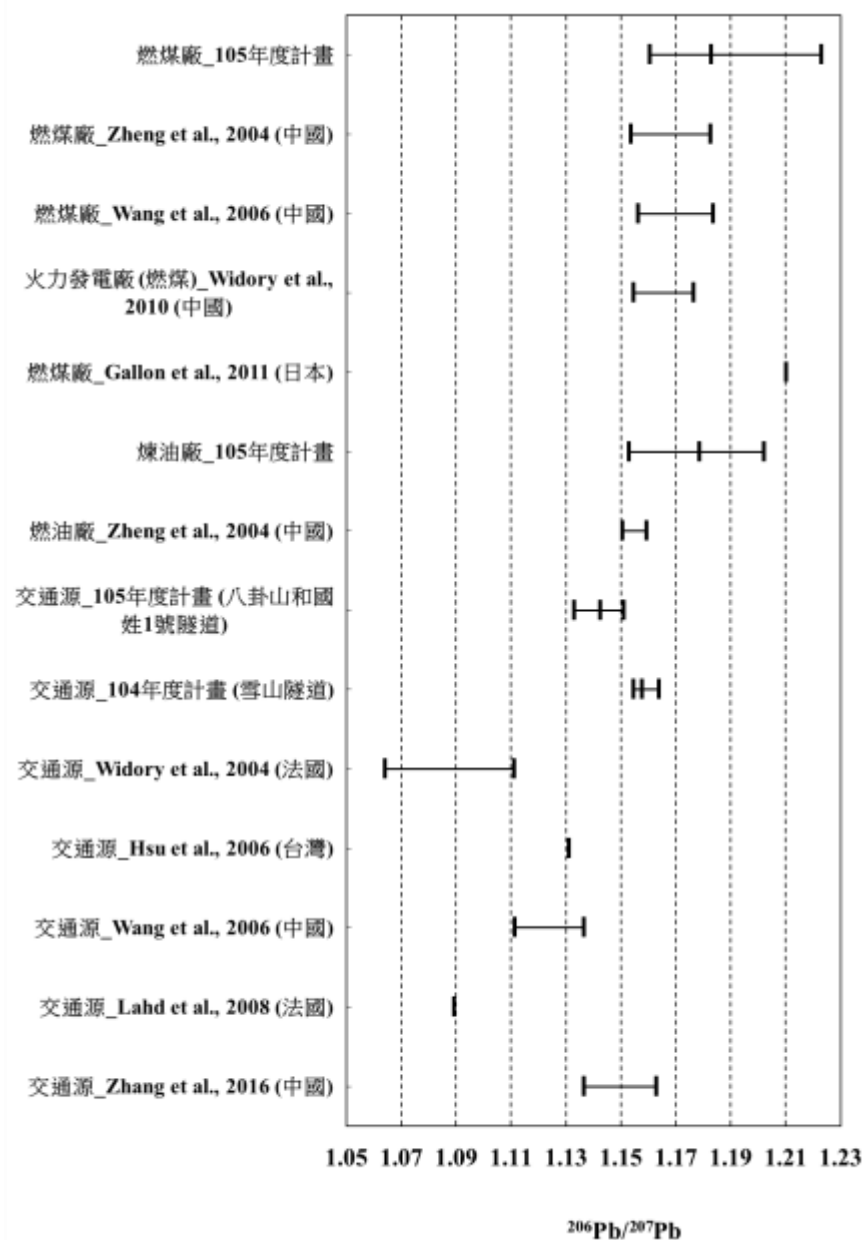


圖 1.3.4 前期計畫和其他研究量測之污染源排放微粒之 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值的比較
(數值分別為最小值、中位數和最大值，部分研究僅有最小值與最大值或平均值)
[(Gallon et al., 2011; Hsu et al., 2006; Lahd Geagea et al., 2008; Wang et al., 2006; Widory et al., 2010; Widory et al., 2004; Zhang et al., 2016; Zheng et al., 2004; 周崇光, 2016)]

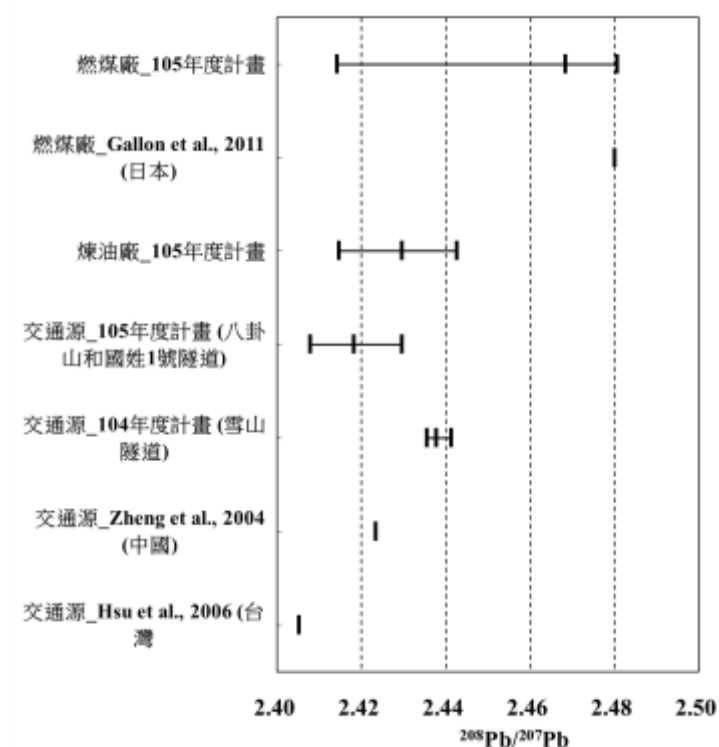


圖 1.3.5 前期計畫和其他研究量測之污染源排放微粒之 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值的比較
(數值分別為最小值、中位數和最大值，部分研究僅有最小值與最大值或平均值)
[(Gallon et al., 2011; Hsu et al., 2006; Zheng et al., 2004; 周崇光, 2016)]

1.4 同位素在環境污染源鑑識之應用

隨著環境分析技術的發展，微粒含有的同位素檢測技術已越趨成熟，許多研究也利用此一技術在微粒污染源的追蹤，或搭配二端源混合模式 (two end member mixing model) 定量不同污染源對微粒的貢獻。本計畫也檢索前期計畫結束至今，發表有關大氣微粒中的碳和鉛同位素在微粒污染物的應用文獻，以了解最新的研究現況。採用的資料庫為Web of Science，設定的年份為2018年，關鍵字如particulate matter、carbon、lead和isotope等。本計畫在計畫執行期間，共檢索到48篇文章 (期中與期末報告分別檢索到45和3篇)，其中有3篇符合本計畫之檢索目的 (期中與期末報告分別增加2和1篇)。以下分別描述同位素在鑑定微粒污染源的研究現況。

1.4.1 $\delta^{13}\text{C}$ 同位素應用

懸浮微粒中 $\delta^{13}\text{C}$ 值常應用在污染來源鑑識之用 (Cao et al., 2011; Kundu and Kawamura, 2014; López-Veneroni, 2009; Martinelli et al., 2002; Mkoma et al., 2014)，

此同位素特徵有助於區隔不同物理或化學過程所產生的微粒。1980年代末，Cachier的研究結果顯示 (Cachier et al., 1989)，利用懸浮微粒EC/TC的比值及其 $\delta^{13}\text{C}$ ，可提供充分的證據來鑑識象牙海岸Lamto地區碳微粒係來自於草原或森林大火的影响。Kundu and Kawamura利用氣膠中之碳同位素及其他化學組成的分析結果探討韓國Jeju Island氣膠可能的污染來源 (Kundu and Kawamura, 2014)，結果顯示氣膠TC中之 $\delta^{13}\text{C}$ 值具有明顯的季節性分佈，春季期間碳微粒較輕 ($\delta^{13}\text{C}$ 值介於-24.4至-24.2‰)，且伴隨著較高濃度的草酸 (oxalic acid)，顯示此期間空氣微粒之TC主要來自於二次氣膠的形成；相對於春季，夏季或冬季 Jeju Island碳微粒的 $\delta^{13}\text{C}$ 較高 (-23.1至-22.5‰)，在夏季期間，氣流軌跡主要來自於海洋且伴隨著微粒中有較高的甲磺酸鹽/TC比值 (methanesulfonate/TC)，顯示海洋有機物為空氣中碳微粒的主要來源，相反地，在冬季採樣期間，較重的碳微粒伴隨著較高的鄰苯二甲酸/TC (phthalic acid/TC) 與 K^+ /TC值，顯示此期間碳微粒主要來自於化石燃料及生質燃燒的貢獻。López-Veneroni針對墨西哥市空氣及污染源排放微粒之碳同位素進行分析 (López-Veneroni, 2009)，在污染源排放微粒方面，其結果顯示由交通工具尾氣排放直接收集的黑碳微粒與氣體污染物包括n-butane、isobutane及propane的，其 $\delta^{13}\text{C}$ 較輕，約介於-29.0至-27.5‰ (圖1.4.1)，而交通道路旁所採集之空氣微粒其 $\delta^{13}\text{C}$ 則介於-25.2至-23.9‰之間，逸散性粉塵則有較重的碳微粒，其中以街塵的 $\delta^{13}\text{C}$ 最重，約為-17‰，然而在空氣微粒方面，墨西哥市空氣碳微粒之 $\delta^{13}\text{C}$ 值約介於-27至-24‰之間，經與污染源微粒碳同位素特徵比對後顯示本地區空氣中碳微粒的來源以交通污染源排放及農業耕作之土壤為主要貢獻源。

Cao量測中國14個城市夏季及冬季空氣中EC及OC (Cao et al., 2011)，並同時分析 $\delta^{13}\text{C}$ 的數值。結果顯示中國華北地區及華南地區城市空氣中碳微粒的 $\delta^{13}\text{C}$ 含量在夏季及冬季期間有明顯的地域性差異，在冬季期間，華北地區由於天氣寒冷，居民燃燒大量的煤炭，故華北各城市空氣中碳微粒之 $\delta^{13}\text{C}$ (-25至-22.5‰，如圖1.4.2所示) 明顯高於華南各主要城市 (-24.5至-26.5‰)，相反地，夏季各城市碳微粒之 $\delta^{13}\text{C}$ 值並無明顯的地域性差異，其值介於-27至-25‰，並顯示交通排放可能是主要的污染源。生質燃燒也是微粒中碳的重要來源，在中國，Cao等人量測生質燃燒和非生質燃燒期間的 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度及其化學組成與 $\delta^{13}\text{C}$ 值 (Cao et al., 2016)，發現生質燃燒期間的 $\text{PM}_{2.5}$ 、有機碳、元素碳和非海鹽的鉀離子濃度明顯較非生質燃燒期間高，

$\delta^{13}\text{C}$ 數值則偏低 (-26.2‰)，並趨近 C_3 植物。在生質燃燒盛行的印尼，有研究發現生質燃燒期間的 $\text{PM}_{2.5}$ 、有機碳、元素碳和醣類濃度明顯較非生質燃燒期間高 (Nguyen et al., 2016)， $\delta^{13}\text{C}$ 數值亦偏低 (約 -26‰)， C_3 植物是主要的燃燒物種。結果顯示生質燃燒有較高的碳濃度，但透過 $\delta^{13}\text{C}$ 數值的量測，可初步判定所燃燒的植物種類。

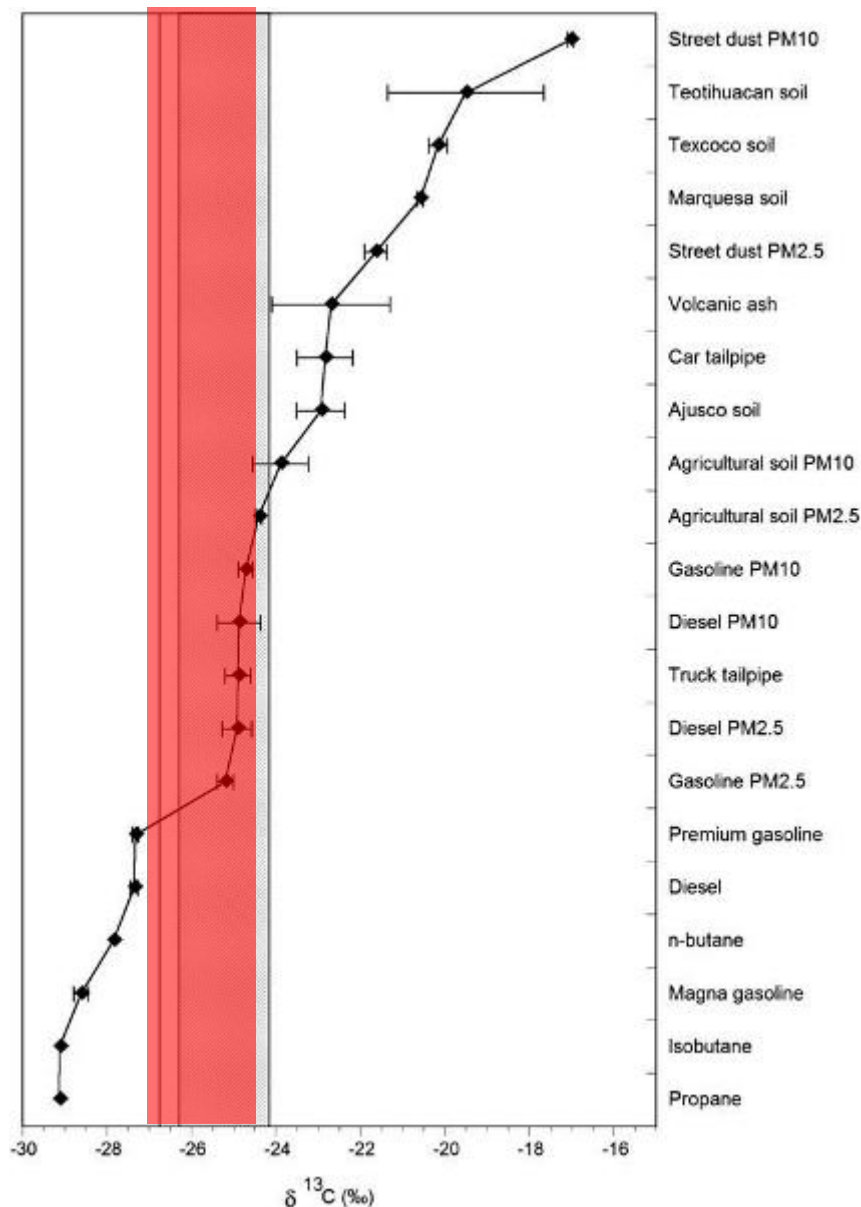
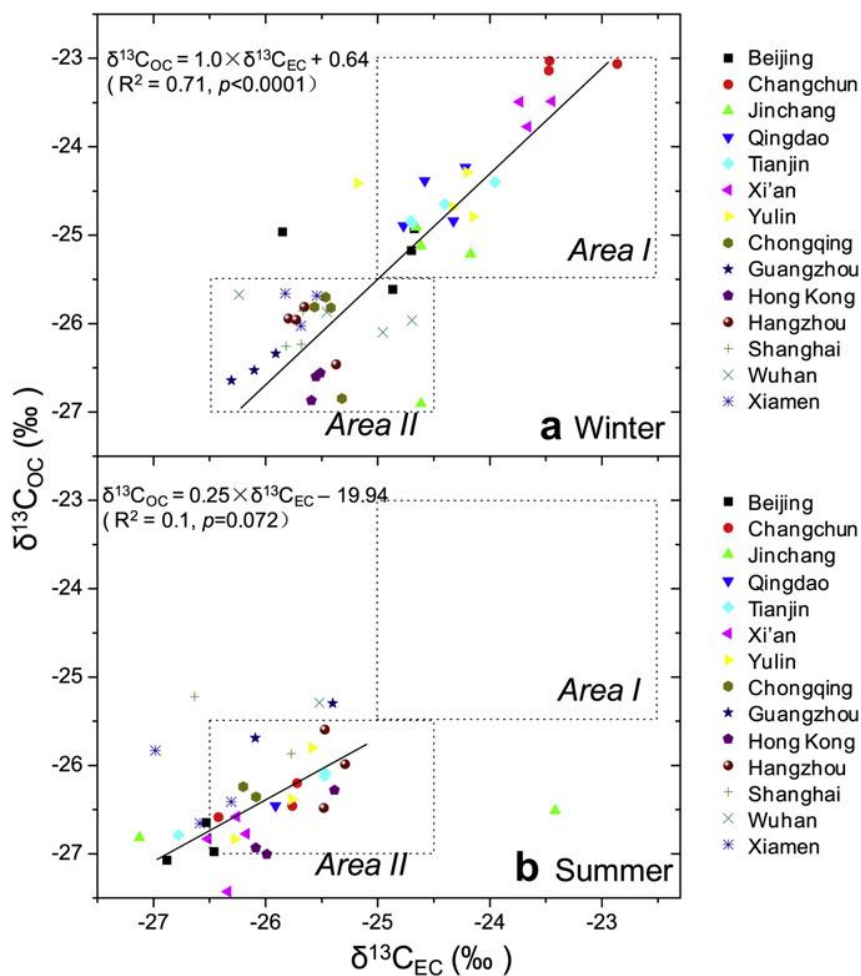
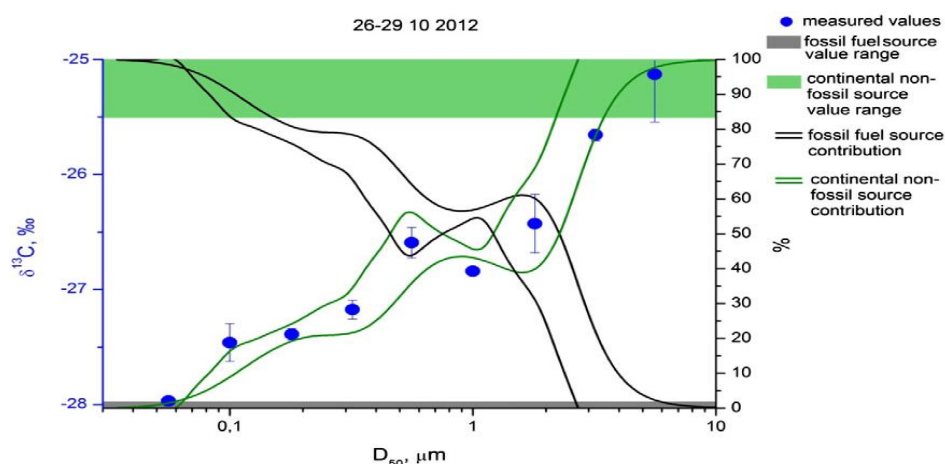


圖 1.4.1 墨西哥市空氣及各污染源排放碳微粒之 $\delta^{13}\text{C}$ 值分佈

(紅色陰影部份為墨西哥市 $\text{PM}_{2.5}$ 及 PM_{10} 之碳微粒 $\delta^{13}\text{C}$ 值。López-Veneroni, 2009)

圖 1.4.2 中國大陸各城市空氣中碳微粒之 $\delta^{13}C$ 值

(資料來源：Cao et al., 2011)

圖 1.4.3 立陶宛 Vilnius 不同粒徑懸浮微粒之 $\delta^{13}C_{TC}$ 值與其污染來源相對貢獻量

(資料來源：Masalaite et al., 2015)

Masalaite以同位素比值質譜儀分析立陶宛Vilnius市區不同粒徑懸浮微粒總碳之 $\delta^{13}\text{C}$ 值 (Masalaite et al., 2015)，圖1.4.3為各不同粒徑微粒TC中的 $\delta^{13}\text{C}$ 值。結果顯示不同粒徑之TC，其 $\delta^{13}\text{C}$ 值差異非常大，在細微粒方面 ($D_p < 1\ \mu\text{m}$)，平均的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{TC}}$ 值介於-28.0至-26.5 ‰，而粒徑大於 $2\ \mu\text{m}$ 的粗微粒， $\delta^{13}\text{C}$ 值較重，約介於-26.3至-25.0 ‰，不同的 $\delta^{13}\text{C}$ 值反應不同粒徑碳微粒來源之差異。研究再結合各污染源排放微粒之 $\delta^{13}\text{C}$ 特徵及利用二端混和源 (two mixing end-member) 推估模式量化推估各粒徑微粒中總碳的污染來源，在細微粒的部份，化石燃料排放微為TC的主要污染來源，其相對貢獻量佔60%至100%，且隨著粒徑愈小，化石燃料燃燒排放的相對貢獻量逐漸增加；在粗微粒的部分，微粒中的TC則主要來自於非化石燃料的排放源。同一作者在2018年發表的文章指出 (Masalaite et al., 2018)，在較小粒徑的範圍中 ($< 0.18\ \mu\text{m}$)， $\delta^{13}\text{C}$ 數值和化石燃料經燃燒後的數值重疊，較大粒徑 ($0.32\sim 1\ \mu\text{m}$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值和生質燃燒產生的數值重疊。該研究結果反映，無論化石燃料或非化石燃料的燃燒，都會貢獻 $\text{PM}_{2.5}$ ，但貢獻的粒徑範圍不同；因此，若量測 $\text{PM}_{2.5}$ 以下之不同粒徑範圍的碳同位素特徵，有助於釐清 $2.5\ \mu\text{m}$ 以下之微粒的碳污染源。由於有機碳是中國 $\text{PM}_{2.5}$ 的重要組成之一，Ren採集2014年Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC) 會議期間的 $\text{PM}_{2.5}$ 樣本 (Ren et al., 2018)，並以氣象層析儀分析 $\text{PM}_{2.5}$ 中的有機物組成，再以元素分析儀串聯同位素質譜儀分析 $\delta^{13}\text{C}$ 數值，討論 $\text{PM}_{2.5}$ 中有機碳的來源；分析發現生質燃燒、化石燃料的貢獻、塑膠製品和微生物是當地有機碳中的主要組成，該研究結合同位素和有機化學組成來探討有機碳來源，其方法可作為未來深入探討有機碳貢獻源的參考。

在國內的研究方面，本計畫團隊在104度的研究發現 (周崇光, 2016)，夏季、冬季及春季觀測期間北部地區富貴角測站 $\text{PM}_{2.5}$ 之 $\delta^{13}\text{C}$ 平均值分別為-26.6‰、-26.2‰及-24.5‰，臺大測站夏、冬及春季大氣細懸浮微粒之 $\delta^{13}\text{C}$ 平均值則約為-27‰、-25‰及-25.5‰，相對於夏季的結果，春季較高的 $\delta^{13}\text{C}$ 值與中國大陸北京、天津及上海之文獻值相似。105年度的研究成果顯示 (周崇光, 2017)，臺灣中南部的秋季、冬季和夏季的 $\delta^{13}\text{C}$ 平均值分別為-27.8‰、-28.7‰及-32.0‰，其值遠低於北部的量測結果，特別是夏季，而經與污染源排放的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值比對後，二次氣膠、工業排放和交通排放都是秋季和冬季的碳源之一，冬季另外會受生質燃燒的影響，夏季則以二次氣膠和生質燃燒為主要的碳來源。

1.4.2 碳 14 同位素應用

碳 (^{14}C) 為一放射性物質，其半衰期約5730年，過去常應用考古學中生物死亡年代之測定，即所謂的放射性定年，然近年來愈來愈多的科學家將其應用在空氣懸浮微粒碳污染源的鑑識 (Chen et al., 2015; Currie et al., 1998; Endo et al., 2004; Heal et al., 2011; Klinedinst and Currie, 1999; Sun et al., 2012; Zhang et al., 2015)，尤其有助於分析化石燃料對空氣懸浮微粒之貢獻度。在 ^{14}C 數據的分析上，可利用樣品與標準品中 $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 的比值計算空氣碳微粒中現代碳 (percent modern carbon, pMC) 的含量，此pMC意謂著非化石燃料燃燒所貢獻的碳含量，而相對於現代碳，來自於化石燃料燃燒的貢獻則可利用 $1-\text{pMC}$ 示之。

在交通及農廢燃燒排放嚴重的美國Danver地區，有研究分析 $\text{PM}_{2.5}$ 碳微粒之 ^{14}C (Klinedinst and Currie, 1999)，結果顯示pMC有明顯的季節性變化，在冬季期間，pMC平均約為23%，夏季則提高至47%，此結果顯示Danver地區冬季期間 $\text{PM}_{2.5}$ 的碳微粒主要來自於化石燃料的排放，而夏季期間，碳微粒的來源則包含化石燃料及生質燃燒的貢獻。Endo分析日本Toyko地區不同粒徑微粒之pMC含量 (Endo et al., 2004)，結果顯示pMC含量隨著粒徑越小呈現遞減的現象 (圖1.4.4)，當微粒粒徑大於 $3.3\text{ }\mu\text{m}$ 時，其pMC含量可高達60%以上，然而當粒徑小於 $1.1\text{ }\mu\text{m}$ 時，其pMC含量僅剩38%，此結果說明化石燃料燃燒排放如汽、柴油車排放或工業排放為細微粒中碳的主要污染來源。Sun分析北京地區 $\text{PM}_{2.5}$ 中TC與EC之pMC含量 (Sun et al., 2012)，採樣期間TC微粒中pMC含量平均約為37%，而EC微粒中pMC含量則約為17%，此結果顯示相對於TC，EC受到化石燃料燃燒排放的貢獻程度更為明顯。Heal採集英國 Birmingham地區之空氣 $\text{PM}_{2.5}$ (Heal et al., 2011)，除了分析微粒中的OC及EC濃度外，並配合pMC的量測，推估化石燃料燃燒及非化石燃料（主要為生質燃燒及生物源排放）對OC及EC的貢獻量，結果顯示在2008年1月31日的冬季案例中 (圖1.4.5)， $\text{PM}_{2.5}$ 之EC濃度為 $0.75\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，其中91%的EC主要來自於化石燃料燃燒之貢獻，而剩餘的9%則主要來自於生質燃燒的影響。在OC方面，最主要的污染源為生質燃燒，對OC的貢獻量約51%，其次為化石燃料，貢獻量約32%，而生物源對於本地區OC微粒之貢獻量則為17%。在中國，Yu量測黑碳 (Black carbon, BC) 中的現代碳比例，並推算不同區域在不同季節的碳污染源；分析發現，無論是

Beijing-Tianjin-Hebei (BTH, part of Northern China plain) 或 Pearl River Delta (PRD) 區域，不同季節的碳污染源明顯不同，其中位於高緯度的BTH區域，春、夏、秋和冬天的BC污染源分別為燃煤、液態燃料的燃燒、燃煤和液態燃料的燃燒，但在低緯度的PRD地區，四個季節的主要BC來源分別為燃煤、燃煤、液態燃料的燃燒和液態燃料的燃燒，研究結果反應氣候帶的不同，民眾使用的燃料種類也不同，進而影響大氣BC的貢獻源。

近年來，有研究利用微粒中 ^{14}C 和Isoprene與a-pinene等二次有機碳成分的量測 (Sheesley et al., 2017)，來計算化石碳和非化石碳對微粒中碳的貢獻，及一次和二次有機碳的來源及其貢獻。分析發現化石碳和非化石碳對碳的貢獻各半，而一次有機碳中約有9.8%、2.3%、< 1.0%和30%來自植物脆片、柴油車、汽油車和交通工具潤滑油的貢獻，isoprene、a-pinene、toluene和naphthalene等二次有機碳各貢獻1%左右。雖然僅能解釋有機碳中75%的化石碳和20%的非化石碳來源，但利用有機氣體和 ^{14}C 的量測也使得有機碳的來源與貢獻的推估更往前一步。

在臺灣，本團隊於前期計畫 (105年度) 執行期間，採集與分析生質燃燒、交通排放、燃煤電廠和煉油廠等污染源的pMC比例 (周崇光, 2017)，分析發現生質燃燒產生的碳以現代碳為主，測得之pMC均在90%以上，另外三個污染源的量測結果

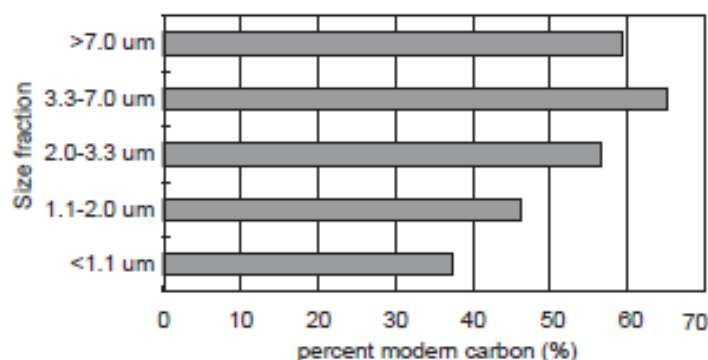


圖 1.4.4 日本 Toyko 地區不同粒徑之微粒中現代碳含量

(資料來源：Endo et al., 2004)

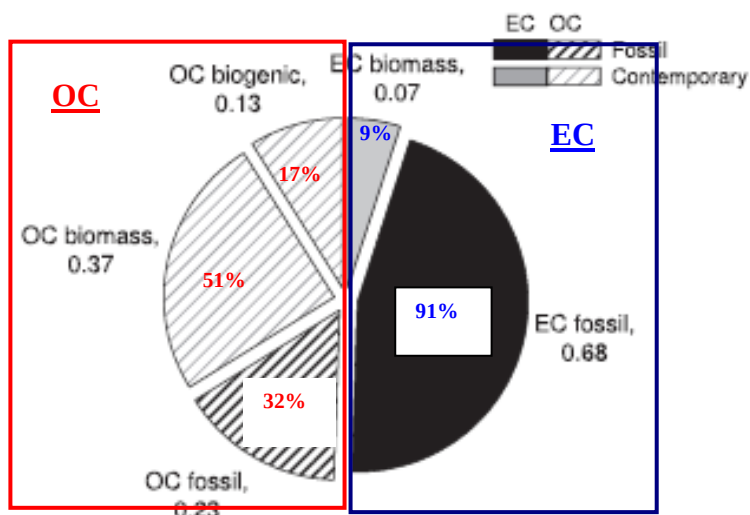


圖 1.4.5 英國 Birmingham 地區 PM_{2.5} 之 OC 與 EC 濃度及其污染源相對貢獻量
(資料來源：Heal et al., 2011)

顯示生成的碳以化石碳為主，其 pMC 比例均在 50% 以下。同時，前期計畫也發現位於臺灣中南部的斗六和竹山等行政區的生質燃燒指標 OC 與 Levoglucosan 濃度明顯偏高，PMF 受體模式推估結果顯示此兩區域的優勢污染源為生質燃燒，而密集觀測期間所測得之 pMC 比例高於 50% 的樣本數超過 50%；反觀，PMF 推估果顯示以交通排放和工業排放為主的彰化站和臺西站與麥寮站，多數樣本之 pMC 比例低於 50%，研究結果顯示 pMC 在評估大氣中的碳以化石碳或現代碳的貢獻有相當之助益。

1.4.3 鉛同位素比值應用

由於各污染源排放微粒之鉛同位素特徵不同 (如 1.3.2 節所述)，故鉛同位素比值在空氣懸浮微粒污染來源的鑑識上，可將大氣氣膠樣品所分析的鉛同位素比值與污染源排放微粒中的鉛同位素比值進行比對，除了進行定性的污染源鑑識之外，亦常配合二端源混合模式 (two end member mixing model) 進行鉛污染源貢獻度的量化推估 (Flament et al., 2002; Gioia et al., 2017; Monna et al., 1997; Mukai et al., 2001; Sen et al., 2016; Widory et al., 2010; Zheng et al., 2004)。

Monna 利用大氣及污染源排放微粒中 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 的比值調查英國南部都會區及郊區空氣中鉛微粒的主要污染來源 (Monna et al., 1997)，結果顯示英國南部空氣中

鉛微粒主要來自於交通污染源的貢獻，然其貢獻量從市中心的61-84%降低至遠離市中心郊區測站的56-74%，此結果說明即使在1970年代歐洲已開始禁用有鉛汽油，但內燃機中所使用的鉛對空氣的影響仍舊存在。Mukai分析中國大陸各地之大氣微粒的鉛同位素特徵 (Mukai et al., 2001)，發現鉛主要來自燃煤排放，而北方城市相對有較多工業污染排放源貢獻。Zheng在中國大陸上海地區的研究結果顯示 (Zheng et al., 2004)，在有鉛汽油禁止使用後，上海地區PM₁₀中鉛同位素特徵 ($^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ vs. $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$) 與交通污染源排放之鉛同位素特徵明顯不同，如圖1.4.6所示，顯示交通污染源並非上海地區鉛微粒之主要污染源，利用二端源模式粗估在禁用有鉛汽油後，交通排放對上海地區鉛微粒之貢獻僅為20%。

Wang利用鉛同位素特徵調查中國大陸華北天津地區鉛微粒的污染來源 (Wang et al., 2006)，結果顯示此地區TSP中 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 的比值介於2.08至2.17之間， $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 介於0.855至0.882之間，此鉛同位素特徵分佈與燃煤排放微粒之鉛同位素特徵相似，顯示燃煤為天津地區鉛微粒之主要來源 (如圖1.4.7所示)。Sen利用鉛同位素比值來探討印度工業城市Kanpur之氣膠來源 (Sen et al., 2016)，該研究發現自2000年禁用含鉛汽油後，大氣的鉛濃度明顯下降，但鉛同位素比值仍和含鉛汽油的比值相近，顯示Kanpur在含鉛汽油的限用下，大氣中的鉛仍受早期含鉛汽油的影響。Gioia量測巴西聖保羅鄰近三個地區的工業和交通工具排放源之微粒中的鉛同位素比值 (Gioia et al., 2017)，並結合因子分析 (金屬元素) 來探討聖保羅鄰近地區的污染源。結果發現聖保羅大學採樣站主要受交通排放的影響，Cubatão以工業排放為主要污染源，土壤是偏遠地區Juquitiba之氣膠的主要來源，而該地區的鉛同位素比值偏低，並可視為背景值。

此外，由於世界各國所使用的含鉛物質的來源及產地的差異，故其反映在大氣鉛同位素的比值亦有明顯的不同，圖1.4.8為Bollhöfer and Rosman分析採自全球微粒樣本Pb的同位素比值 (Bollhöfer and Rosman, 2000, 2001)，並彙整已發表的數據，進而建立全球大氣懸浮微粒鉛同位素特徵之分佈圖。利用此圖可說明利用鉛同位素二維圖形可區分不同國家鉛微粒之特徵，故鉛同位素比值除可推估當地鉛微粒污染來源外，亦可應用在遠程傳輸貢獻量的推估上。

Erel分析以色列耶路撒冷的懸浮微粒重金屬及鉛同位素成分 (Erel et al., 2006)，搭配富集因子之分析結果，發現無沙塵期間，鉛同位素比值主要反應當地污染源，

但在沙塵暴期間反應境外污染源訊號，這些沙塵主要來自北非及阿拉伯與敘利亞沙漠，因此認為沙塵事件期間，境外污染除了帶來沙塵顆粒外，亦帶來了其他的微粒物種。Kumar也量測印度德里在受中東地區沙塵暴影響下的微粒組成特性 (Kumar et al., 2016)，結果發現沙塵暴期間的 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 和 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值均較沙塵暴後和非沙塵暴期間的冬季樣本高，Ni和V的濃度也明顯上升。研究認為鉛同位素、Ni和V可被用來反映中東地區的沙塵暴氣膠特性。

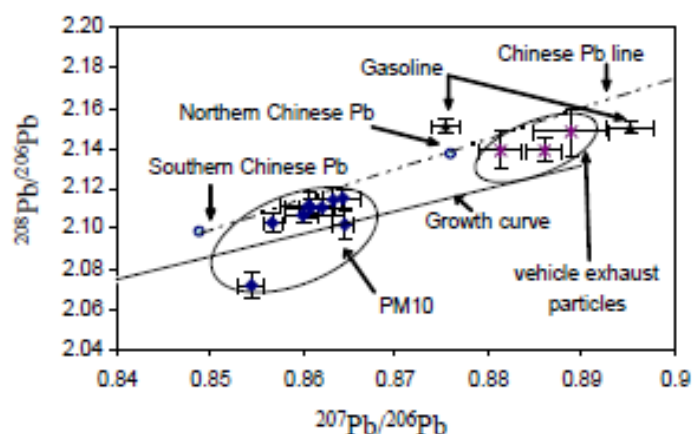


圖 1.4.6 中國大陸上海地區大氣 PM_{10} 及污染源排放微粒鉛同位素特徵

(資料來源: Zheng et al., 2004)

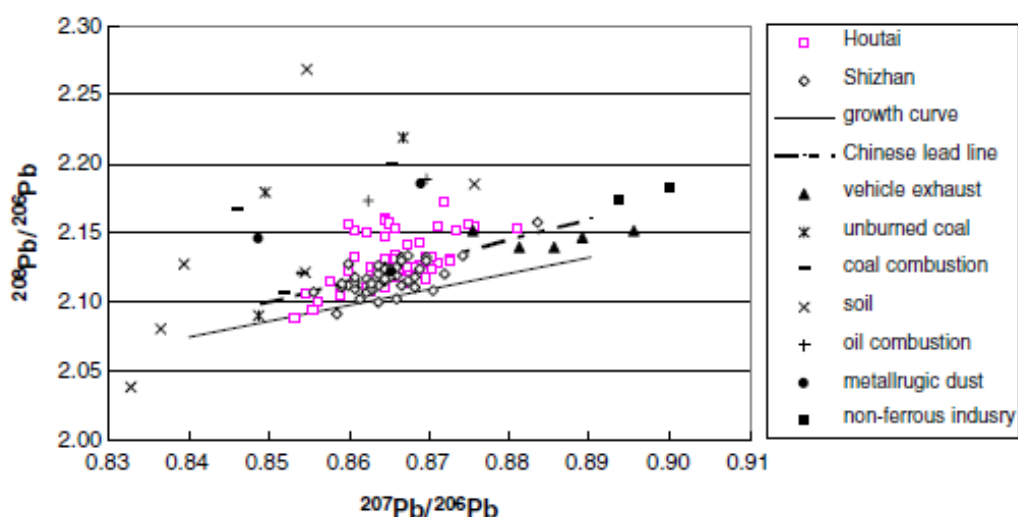


圖 1.4.7 中國大陸上海地區大氣 TSP 及污染源排放微粒鉛同位素特徵

(資料來源: Wang et al., 2006)

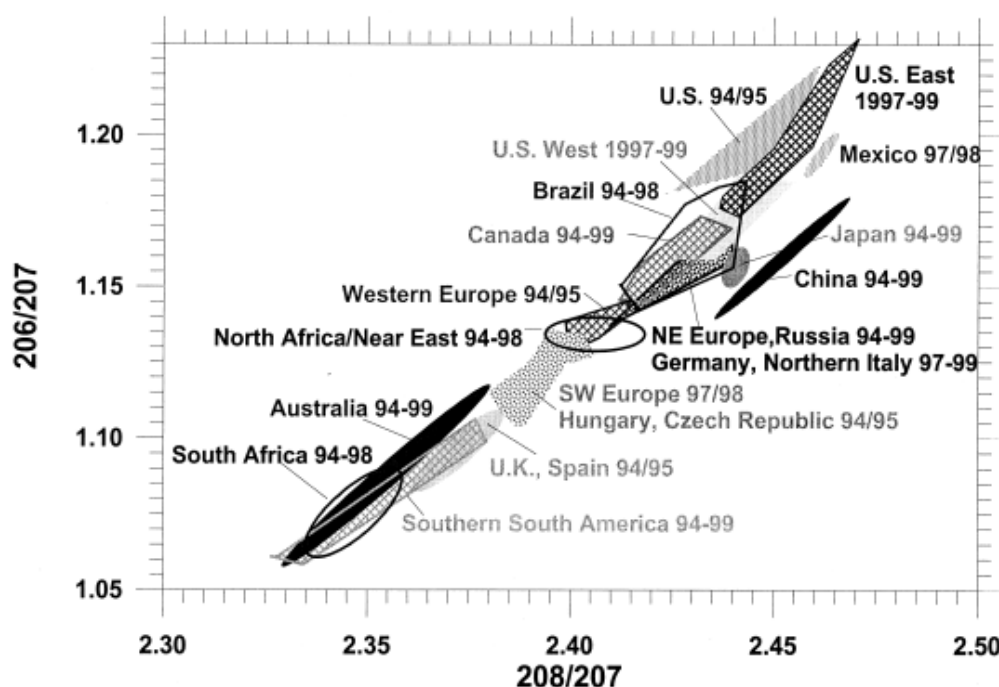


圖 1.4.8 全球大氣微粒鉛同位素比值分佈

(資料來源：Bollhöfer and Rosman, 2010；2001)

Gallon 採集北太平洋的大氣微粒及海水樣本 (Gallon et al., 2011)，並分析其鉛同位素比值，發現亞洲大陸的工業排放是主要的污染源。Ewing 亦利用微粒之鉛同位素比值進行美國加州地區遠程傳輸及本土污染源之鑑識 (Ewing et al., 2010)，結果發現 $PM_{2.5}$ 之鉛微粒來自於亞洲大陸的貢獻約 30%。在墨西哥，Salcedo 也利用鉛同位素比值的量測來探討長距離污染的影響 (Salcedo et al., 2016)，分析發現 Tijuana 地區的 CECyTE 採樣點的鉛同位素比值和美國聖地牙哥礦坑和墨西哥 Sierras 的床岩相近，並推測 CECyTE 大氣的鉛應是受長距離工業污染的影響。

在國內，Hsu 為較早利用鉛同位素鑑定微粒污染源的學者，他們分析臺北四季的大氣微粒鉛同位素特徵 (Hsu et al., 2006)，發現無論 PM_{10} 或 $PM_{2.5}$ 的鉛同位素比值均有明顯的季節性變化，以 $^{206}Pb/^{207}Pb$ 的比值來看，夏季期間比值較其他季節輕，且平均值接近本土隧道塵土樣品的結果，顯示本土排放為鉛微粒之主要污染來源，而其他季節臺北地區微粒鉛同位素比值介於大陸及臺灣當地污染源之間，顯示境外傳輸與本土污染源共同的影響。此外，Hsu 也估算臺北地區東北季風盛行季節

(冬及春季)，發現大氣中鉛微粒源自境外傳輸之貢獻量約介於 50%與 85%。周等人的研究結果顯示 (周崇光, 2016)，在東北季風盛行的春季，富貴角測站夏、冬與春季細懸浮微粒之 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$) 的比值分別為 2.4227(1.1503)、2.4452(1.1623)及 2.4408(1.1616)，臺大測站夏、冬與春季細懸浮微粒之 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$)的比值分別為 2.4312(1.1536)、2.4469(1.1641)及 2.4381(1.1605)，冬春兩季富貴角與臺大測站之鉛同位素比值較夏季高，且與中國大陸華中及華北地區的結果相似，顯示受到長程傳輸污染物的影響。105 年度計畫在臺灣中南部的量測結果顯示秋季、冬季和夏季 $\text{PM}_{2.5}$ 的 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ($^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$) 平均比值分別為 1.1457 (2.4303)、1.1534 (2.4439) 和 1.1465 (2.4208) (周崇光, 2017)，其結果和 104 年度在北部測站於夏天的量測結果相近，但顯著低於臺灣北部在冬季和春季的量測值，經鉛同位素比值的比對，發現臺灣中南部的秋季和夏季以交通排放為主要的鉛污染源，冬季則為工業排放。

除了上述的應用外，長期或不同時期所觀測到的鉛微粒及其同位素差異亦可反應大氣鉛微粒特徵及其來源的變化紀錄。Monna 的分析結果顯示 (Monna et al., 1997)，法國與英國境內微粒之鉛同位素比值有明顯的時間變化趨勢，如圖 1.4.9 所示，兩地區 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 的變化趨勢相似，從 1965 年至 1985 年同位素比值下降與兩地區澳洲進口油品的用量增加有關，而自 1985 年後同位素比值上升則反應了汽機車排放對空氣中鉛微粒的貢獻減少而工業排放污染增加。相同地，Komárek 的研究提及自無鉛汽油使用後 (Komárek et al., 2008)，工業污染排放對空氣中 Pb 之貢獻度逐漸提升，故鉛同位素比值 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 從 1985 年代的 1.13 上升至 2005 年後的 1.16，紀錄了不同污染源對鉛同位素比值的影響。

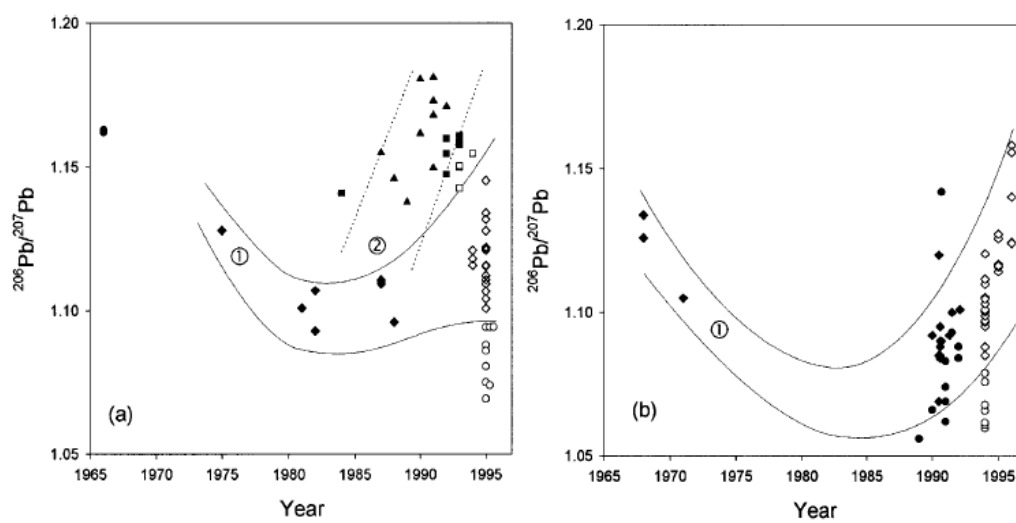


圖 1.4.9 法國及英國地區空氣微粒之鉛同位素比值變化

(資料來源：Monna et al., 1997)

第二章 前言

2.1 計畫目標

根據環境保護署「細懸浮微粒碳同位素分析技術之發展與應用研究計畫」委辦案評選須知，本計畫主要目標為(一)建立臺中及彰化地區細懸浮微粒碳和鉛同位素特徵資料庫；(二)建立臺中及彰化地區主要污染源排放細懸浮微粒的碳與鉛同位素特徵資料庫；(三)發展同位素和受體模式之細懸浮微粒污染源鑑識技術；(四)應用同位素和受體模式，評估特定污染源對中部地區細懸浮微粒的貢獻度。

本計畫經費為 3,800,000 元，主要分為人事費、業務費、差旅費、及管理費等，其中人事費用包含計畫主持人、協同主持人、研究助理及臨時工等人員費用，業務費則為細懸浮微粒(PM_{2.5})採樣及成份分析、儀器維護、維修、零件更換與辦公相關郵資影印費，差旅費用為人員差旅及保險費，管理費則為中央研究院內部執行業務使用。

2.2 計畫之工作內容

本計畫主要透過大氣細微粒採樣與分析的結果，建立臺中和彰化地區大氣細微粒之化學成分和碳與鉛同位素特徵。此外，利用特定污染源排放細微粒之化學成分和碳與鉛同位素特徵，進行空氣細微粒之污染來源鑑識，以下列出本年度詳細的工作內容：

一、建立臺中及彰化地區細懸浮微粒碳和鉛同位素特徵資料庫，其工作內容如下：

(一)至本署臺中及彰化地區空氣品質監測站等 5 站執行空氣中細懸浮微粒採樣至少 2 季，每季最少 7 天(本署得視需求調整時間及地點)。

(二)分析臺中及彰化地區大氣中細懸浮微粒樣本的碳($\delta^{13}\text{C}$ 和 ^{14}C)與鉛(^{206}Pb 、 ^{207}Pb 和 ^{208}Pb) 同位素，並建立臺中及彰化地區大氣中細懸浮微粒的同位素特徵資料庫。

(三)分析臺中及彰化地區大氣細懸浮微粒樣本的化學組成特徵 (碳成分、離子和金屬元素)，並應用受體模式進行細懸浮微粒污染源的推估。

二、建立臺中及彰化地區主要污染源排放細懸浮微粒的碳與鉛同位素特徵

資料庫，其工作內容如下：

- (一)採集國內鋼鐵廠、火力發電廠及焚化爐等工業鍋爐燃燒等主要污染排放源之煙道進行細懸浮微粒採樣(每一根煙道採集 2 次，每次 3 重複)。
- (二)將所採集之煙道樣本進行碳 ($\delta^{13}\text{C}$ 和 ^{14}C) 與鉛 (^{206}Pb 、 ^{207}Pb 和 ^{208}Pb) 同位素和化學組成 (碳成分、離子和金屬元素)分析，並建立本土污染源排放之細懸浮微粒同位素和化學組成特徵資料庫。
- (三)蒐集各國鋼鐵廠、火力發電廠和焚化爐排放之微粒的同位素和化學組成特徵，並比較其差異。
- (四)並針對環保署近年所蒐集之污染源同位素資料進行同位素分析技術在主要污染源的分析能力評估

三、發展同位素和受體模式之細懸浮微粒污染源鑑識技術，其工作內容如下：

- (一)以大氣及污染源排放之細懸浮微粒中的碳 ($\delta^{13}\text{C}$ 和 ^{14}C) 與鉛 (^{206}Pb 、 ^{207}Pb 和 ^{208}Pb)同位素特徵為基礎，利用多端源統計模式量化各污染源對大氣細懸浮微粒的貢獻。
- (二)將細懸浮微粒之碳 ($\delta^{13}\text{C}$ 和 ^{14}C) 與鉛 (^{206}Pb 、 ^{207}Pb 和 ^{208}Pb) 同位素分析結果加入受體模式中，並評估此受體模式在細懸浮微粒污染來源鑑識之適用性。
- (三)評估與比較多端源統計模式和受體模式在大氣細懸浮微粒污染源鑑識之差異性，並評估結合此兩項技術在強化細懸浮微粒污染來源之鑑識能力。

四、應用同位素和受體模式，評估特定污染源對中部地區細懸浮微粒的貢獻及其衝擊性，其工作內容如下：

- (一)整合近年環保署計畫所調查之中部地區污染源和周界 (臺中、彰化、南投、雲林和嘉義) 細懸浮微粒的同位素與化學組成特徵資料，並評估中部地區細懸浮微粒的來源。
- (二)依中部地區的細懸浮微粒來源評估結果，提出細懸浮微粒的管制方向建

議。

2.3 其它應配合事項

- (一) 本計畫明訂每月執行進度、預期成效及查核點，但仍會配合 貴署因業務需求而作調整。
- (二) 進行期中與期末報告撰寫與審查。
- (三) 配合 貴署業務需求，提供必要之專業技術服務。

2.4 目前工作進度及達成率

工作內容	107 年度											達成率
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
彙整大氣微粒的同位素特性及應用等相關文獻												100%
臺中和彰化地區大氣 PM _{2.5} 之密集採樣												100%
固定源排放管道 PM _{2.5} 採樣-火力發電廠												100%
固定源排放管道 PM _{2.5} 採樣-鋼鐵廠												100%
固定源排放管道 PM _{2.5} 採樣-焚化爐												100%
碳和鉛同位素分析技術在不同污染源的應用限制分析												100%
中南部大氣 PM _{2.5} 之污染來源鑑識												100%
中南部 PM _{2.5} 污染問題改善方針建議												100%
第一次進度報告												100%
期中、期末報告												100%
累積進度 (%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100	

(預期進度  ；執行進度 )

第三章 研究方法

本計畫應用 105 年度『細懸浮微粒碳及鉛同位素分析技術發展與應用計畫』開發之碳與鉛同位素分析技術，採集及分析臺中和彰化地區周界和本土重要微粒污染源排放之 $PM_{2.5}$ 的碳與鉛同位素特徵，並應用受體模式和同位素特徵資料鑑定 $PM_{2.5}$ 污染源。本計畫主要工作內容包括：(1) 建立火力發電廠、鋼鐵廠和焚化爐排放之 $PM_{2.5}$ 的化學組成及同位素特徵，並結合前期計畫之污染源的同位素資料，比較碳與鉛同位素分析技術在不同污染源的 분석限制，(2) 建立臺中和彰化地區之大氣 $PM_{2.5}$ 的同位素特徵，(3) 應用與比較同位素及受體模式在 $PM_{2.5}$ 之污染來源的診斷，和(4) 整合前期計畫的中南部周界 $PM_{2.5}$ 採樣資料，針對中南部地區提出 $PM_{2.5}$ 管制方針。本計畫之執行流程如圖 3.1.1 所示。

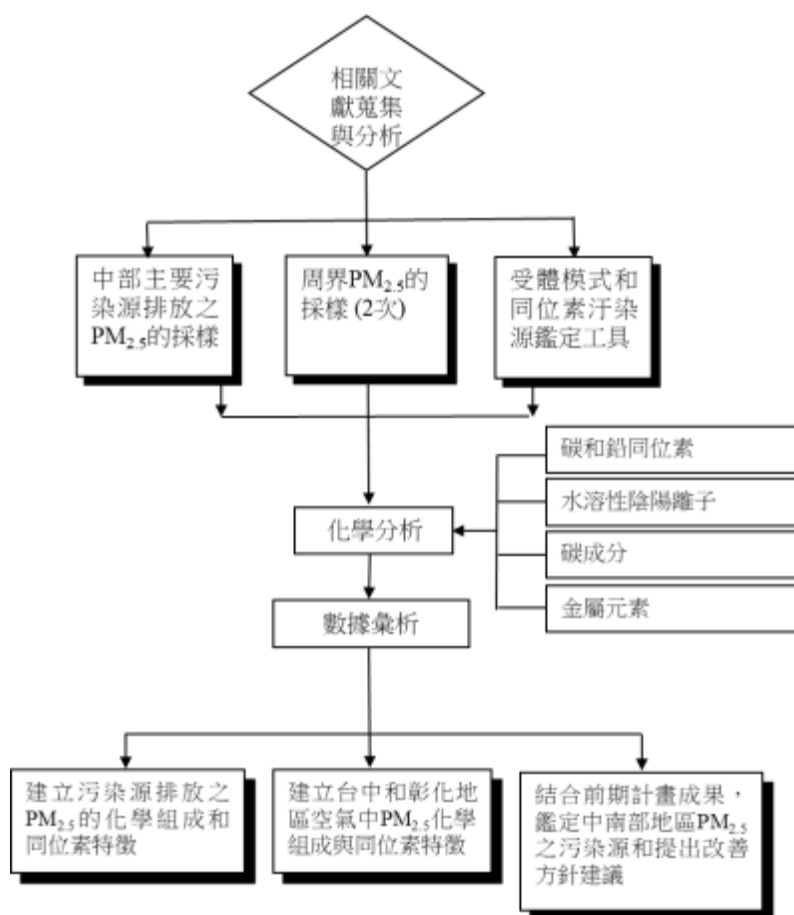


圖 3.1.1 本計畫流程圖

3.1 大氣懸浮微粒密集觀測

臺灣中南部一直是高 $\text{PM}_{2.5}$ 的污染地區，前期計畫 (105 年度細懸浮微粒碳及鉛同位素分析技術發展與應用計畫) 已分別在彰化、南投、雲林和嘉義設置 $\text{PM}_{2.5}$ 採樣站，同時透過當地主要污染源排放之 $\text{PM}_{2.5}$ 的採集和碳與鉛同位素特徵的分析，定性彰化、南投、雲林和嘉義等地區的微粒污染源，本期計畫以中部地區為主，並依契約書規範，架設 $\text{PM}_{2.5}$ 觀測站於臺中市和彰化縣境內。在採樣點的選擇上，本計畫以臺中市的大里區、豐原區與沙鹿區和彰化縣的彰化市與線西鄉等 5 個區域為採樣地點，除了此 5 個區域均有環保署空氣品質監測站外，臺中市的 3 個採樣點含括中市主要的人口居住地，且當氣流以西南氣流為主時，可透過 3 個臺中市的採樣點評估本期計畫預計採集的污染源 (請見 3.2 節的污染源微粒採樣) 對臺中地區的影響；在彰化縣部分，選擇的採樣點可用於評估當東北季風等南向氣流為優勢氣流時，其上風處污染源 (請見 3.2 節的污染源微粒採樣) 排放之微粒對彰化地區的影響；另外，為更深入了解大台中地區排放之污染物對南投地區的影響，本計畫除契約書規範架設 5 個採樣點外，另外依未來的研究需求架設採樣器於南投縣竹山鎮、南投市和埔里鎮的環保署測站，故本計畫共有 8 個採樣點，相關地理位置如圖 3.1.2 所示。

為利於污染源的鑑定與比較，本計畫分別於高 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度的春季和低 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度的夏季進行採樣，每個測站於每個季節之採樣天數最少 7 天，每個樣本的採樣時間為 22 小時。採樣期間所收集之 $\text{PM}_{2.5}$ 樣本，均會進行水溶性陰陽離子、含碳成分、金屬元素和碳與鉛同位素的分析。在採用的採樣器部分，各測站各有 1 台 Super SASS (Met One Instruments, OR, USA)、PQ200 採樣器 (BGI Incorporated, MA, USA) 和加裝 $\text{PM}_{2.5}$ 衝擊板的 Tisch High-Vol (Tisch Environmental, OH, USA) 高量採樣器。Super SASS 屬於半自動連續採樣器 (圖 3.1.3)，採樣器共有 4 個採樣通道，每個通道之採樣流量為 6.7 LPM，每個通道的流量由 4 個獨立的流量控制器控制，氣流經由 sharp cut cyclone 後，其濾紙上收集的粒徑即為 $2.5\ \mu\text{m}$ 以下的微粒。Super SASS 採樣器的第一個通道配置 47 mm 的 Teflon 濾紙，採樣後的濾紙經調理後，用於分析 $\text{PM}_{2.5}$ 所含之水溶性陰陽離子，第二個通道配置經過 $900\ ^\circ\text{C}$ 烘烤淨化的 47 mm 石英濾紙，採樣後的濾紙經調理後，用於分析 $\text{PM}_{2.5}$ 所含之有機碳及

元素碳。PQ200 採樣器係通過美國環保署 Federal Reference Method 認證的大氣氣膠採樣器 (圖 3.1.4)，其採樣流量為 16.7 LPM，該儀器採用的濾紙為 47 mm 的 PTEF 濾紙，採完樣的濾紙在調理後會秤重，秤重後的濾紙再進行微波消化以利後續金屬元素及鉛同位素的分析。為獲得足夠的微粒樣品以供 $\delta^{13}\text{C}$ 和 ^{14}C 的分析，在密集觀測期間，各測站均放置一台 $\text{PM}_{2.5}$ 高量採樣器 (圖 3.1.5)，該採樣器係由空氣吸引部、濾紙固定器、流量測定部及保護器所組成，採氣流量可達 $1.13 \text{ m}^3/\text{min}$ 。當馬達開起後，氣流會流經特殊設計之採樣頭，並去除粒徑大於 $10 \text{ }\mu\text{m}$ 的微粒，爾後含有 $10 \text{ }\mu\text{m}$ 以下之微粒再流經內部加裝的衝擊板，並透過慣性撞擊原理使 $2.5\text{-}10 \text{ }\mu\text{m}$ 的微粒被捕集到經 900°C 高溫烘烤淨化的柵狀石英濾紙上，小於 $2.5 \text{ }\mu\text{m}$ 之微粒再隨氣流被經 900°C 高溫烘烤淨化的 $8''\times 10''$ 石英濾紙捕集。

春季及夏季密集採樣期間之大氣 $\text{PM}_{2.5}$ 現場採樣紀錄表如附錄六所示。

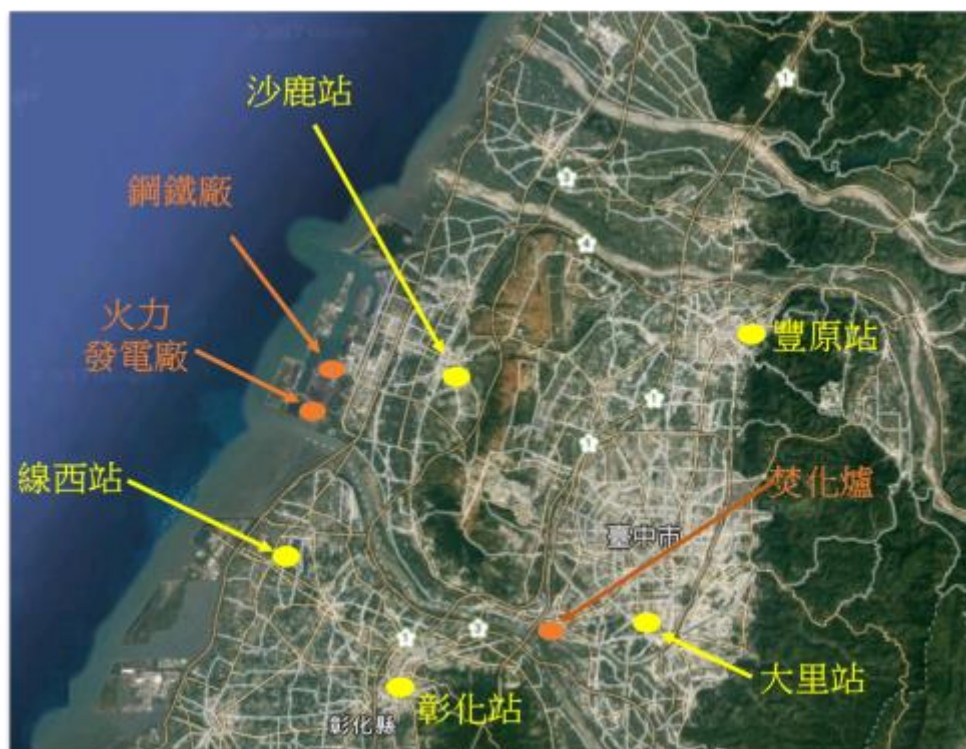


圖 3.1.2 本計畫大氣細懸浮微粒採樣測站和污染源相對位置圖

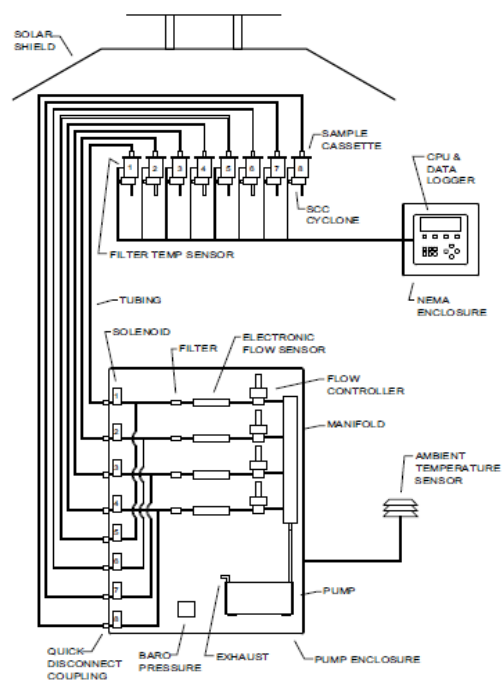


圖 3.1.3 Super SASS 採樣器構造圖



圖 3.1.4 BGI PQ200 氣膠採樣器



圖 3.1.5 PM_{2.5} 高量採樣器

3.2 污染源排放微粒採樣

在污染源排放微粒的採樣上，依委辦案評選須知規範，本計畫採集的污染業別包括火力發電廠、鋼鐵廠和焚化爐，採集的PM_{2.5}樣本也會進行水溶性陰陽離子、含碳成分、金屬元素和碳與鉛同位素的分析，藉以建立中部微粒污染源排放PM_{2.5}地指紋資料庫及同位素特徵，以利後續應用於大氣PM_{2.5}污染來源的鑑識。

在火力發電廠、鋼鐵廠和焚化爐的採樣對象部分，本計畫挑選臺中地區固定污染源微粒排放量最大的前兩名-火力發電廠和鋼鐵廠；焚化爐部分，臺中市共有三座焚化爐，根據環保署「廢棄物焚化爐重金屬排放濃度定期檢測結果」顯示，其中一座焚化爐的鉛排放量略較其他 2 個焚化爐高，故本計畫優先挑選該焚化爐進行採樣，三種污染源的相對位置圖如圖 3.1.2 所示。無論火力發電廠、鋼鐵廠和焚化爐，均會在最大排放管道進行PM_{2.5}採樣，每根排放管道不定期進行二次採樣，而每次採樣均為三重複。排放管道之採樣作業係參考美國環保署公告之 Determination of Particulate Matter Emissions from Stationary Sources (方法編號：Method 5) 方法，以煙道採樣器進行排放管道PM_{2.5}微粒樣品的收集，圖 3.2.1 為固定污染源煙道微粒採樣器的示意圖，此採樣器共有兩個旋風分離裝置，接近採樣嘴的第一個旋風分離器之截取粒徑為 10 μm，第二個旋風分離器之截取粒徑則為 2.5 μm，當利用等速抽引設備進行微粒採集時，富含微粒之空氣進入煙道採樣裝置經由兩個旋風分離器可分段去除大於 2.5 μm 之微粒，而小於 2.5 μm 的微粒則由後端之石英濾紙補集。進行排放管道的採樣前，均會測定煙道內的排氣組成、煙道排氣溫度、水分含量、煙道內動靜壓力等參數，然後計算在此條件下所使用之適合的吸引嘴尺寸及採樣流率，藉以達到欲收集微粒之粒徑範圍。為增加以同位素進行污染源鑑識的應用性，在使用單位同意的前提下，本計畫收集三種污染源的原料，如火力發電廠使用的生煤礦，或經空氣污染防制設備處理後的產物，如經火力發電廠靜電集塵器處理後的煤灰等樣本。

三種污染源煙道排放之PM_{2.5}的採樣紀錄表如附錄七所示。

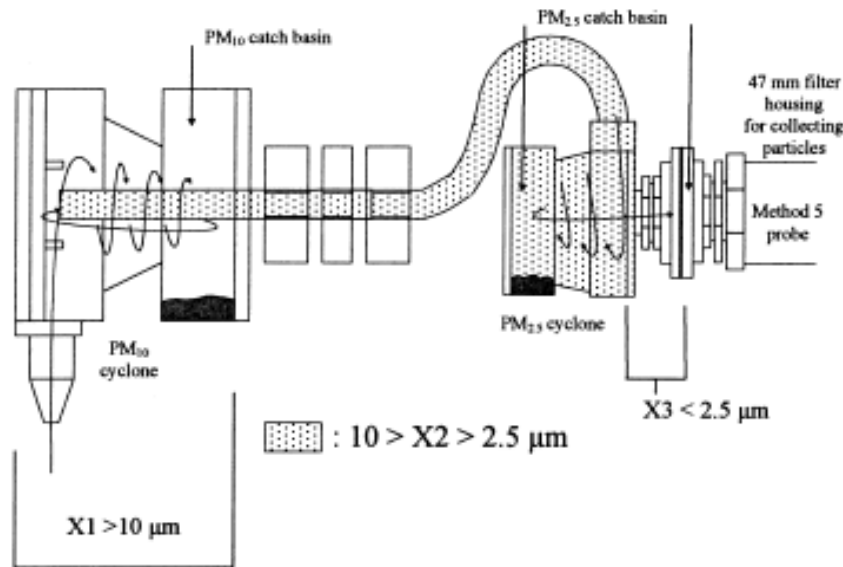


圖 3.2.1 固定源煙道排放微粒採樣器示意圖

(資料來源：Cheng et al., 2008)

3.3 微粒樣本化學分析方法

3.3.1 水溶性陰陽離子

本計畫針對大氣和污染源的懸浮微粒之水溶性陰、陽離子成分係以離子層析儀 (Ion Chromatograph, IC) 進行分析，分析之水溶性陰、陽離子包括 Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 。陰、陽離子之檢量線乃以水溶性陰、陽離子標準溶液依濃度由低至高之次序注射 5 個不同濃度，所得之波峰積分面積，再利用直線最小平方法求得直線之迴歸檢量線，其線性相關係數 R^2 大於 0.995 始才用之。一般而言，進行陰離子分析之樣品分析值多半在 0.25~30 ppm，陽離子分析值則多半在 0.5~20 ppm 範圍內，若分析之某物種的濃度超出檢量線之內插範圍，不以外插求值，而以稀釋後再行注射分析。而欲分析之樣品萃取，取適量 $\text{PM}_{2.5}$ 高量採樣器所採集完之石英濾紙置入塑膠瓶中，加入 10 ml 的去離子水 (阻抗值 $> 18.0 \text{ M}\Omega/\text{cm}$)，封緊瓶口，置入超音波震盪器內震盪 60 分鐘後冰存在冰箱，隔日再倒前一日震盪的溶液於 10 ml 的注射針筒加以過濾，注射筒前端加裝孔隙 $0.45 \mu\text{m}$ 、直徑 25 mm 薄膜濾紙的針筒過濾器，過濾後之萃取液置入有蓋的試管，將試管緊密後，放入冰箱內存放，以避免水溶性離子揮發損失。此方法經添加標準品回收率試驗 (spike) 證實，各離子回收率均在 88%至 104%之間，顯示此自行發展的方法

法少有基質干擾且具有良好之回收率。本計畫採用的離子層析儀分析方法在 Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 的方法偵測極限分別為 $0.007 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $0.017 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $0.035 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $0.007 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $0.017 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $0.007 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $0.007 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 $0.007 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

本計畫於春季與夏季測得的陰陽離子之比值分別為 1.44 和 1.36，高於過去文獻建議的結果 (0.75~1.25) (Feely and Liljestrand, 1983)，顯示水溶性陰陽離子的分析結果略酸。

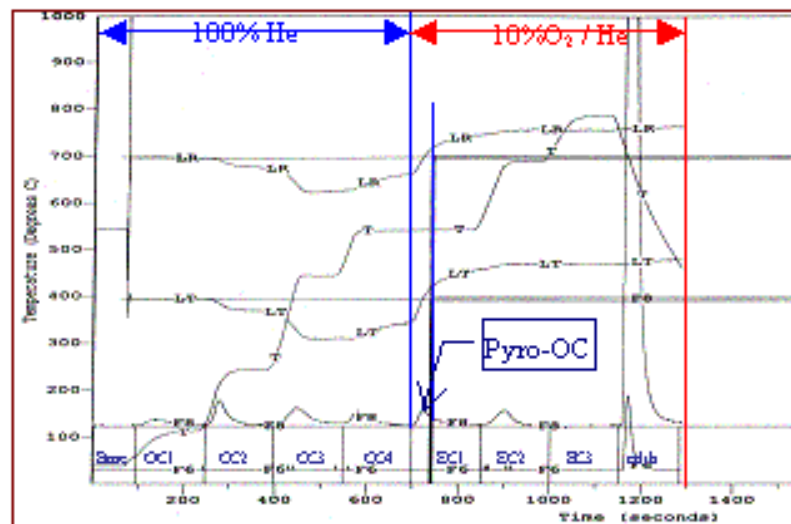
3.3.2 左旋葡萄糖和甘露聚糖 (Levoglucosan & Mannosan)

為了解生質燃燒對 $\text{PM}_{2.5}$ 的影響，本計畫也分析 $\text{PM}_{2.5}$ 中的左旋葡萄糖 (Levoglucosan) 和甘露聚糖 (Mannosan) 濃度。分析方法是將濾紙切割器取下直徑為 17 mm 的圓形濾紙 (石英濾紙)，並置於含有 3 ml 去離子水的棕色瓶中，再封緊瓶口和以超音波震盪器震盪 60 分鐘，震盪後的溶液以 3 ml 的注射針筒過濾 (注射針筒前端加裝孔隙 $0.45 \mu\text{m}$ 、直徑 25 mm 薄膜濾紙的針筒過濾器)，過濾後之溶液再以離子層析儀分析 Levoglucosan 和 Mannosan (ICS-5000, Thermo SCIENTIFIC)。經離子層析儀分析後，可獲得標準品和各樣本的波峰面積，面積經積分後可獲得各標準品的濃度，再利用直線最小平方法求得各標準品濃度的迴歸檢量線，其相關係數 (R^2) 需大於 0.995 才可使用，最後利用此線性迴歸方程式計算各樣本的濃度。

3.3.3 碳微粒之分析

在碳微粒分析上，本計畫採用 IMPROVE-A Protocol，以 Thermo-Optical Reflection (TOR) 分析技術進行氣膠有機碳與元素碳濃度之分析。採集於石英濾紙上的氣膠樣品置於充滿氮氣的反應腔中，腔內溫度依實驗需求分段升溫至 580°C ，樣品中的有機成份因其蒸汽壓的差異而在不同的溫度揮發出來，並隨攜帶氣流 (He) 導入還原管中轉化為 CH_4 ，後方串連之 Flame Ionization Detector (FID) 將連續檢測氣流中 CH_4 的濃度，此一濃度可直接換算成各溫度條件下揮發出的“有機碳”質量。在樣品的加熱期間，一組 632.8nm 之雷射光源及偵測儀將用於連續監測樣品表面對該雷射光束之反射量。依據 Chow 的研究結果 (Chow et al., 1993)，

在 200°C 以上時，該反射強度就會開始逐漸降低，顯示樣品中的“元素碳”有增加的現象，此一增加量即為有機成份“碳化”所致。在 400~550°C 間，雷射光反射量將急遽降低而後達到穩定，顯示樣品中的有機成份已經完全揮發或碳化。在有機成份已經完全揮發或碳化後，導入 10%的氧氣，樣品中的“元素碳”將被氧化而自濾紙上揮發，揮發出的 CO₂ 經還原成 CH₄ 之後將由 FID 偵測其濃度。此一氧化過程將使雷射光反射量急遽增加，當雷射光反射量回復至原始樣本的程度時，代表因碳化而增加的“元素碳”已被去除，此一過程中 FID 測得之 CH₄ 濃度可作為有機成份碳化反應的修正值。雷射光反射量回復至原始樣本的程度後，反應腔內的溫度將逐步分段增加至 840°C，樣品中的“元素碳”將持續被氧化而自濾紙樣本中去除，雷射光反射量亦將持續增加直到回復至空白濾紙的程度。此一過程中 FID 測得之 CH₄ 濃度可直接換算成各溫度條件下揮發出的“元素碳”質量，圖 3.3.1 為一典型樣品之分析圖譜。本計畫採用的碳成分分析方法在 OC 和 EC 的方法偵測極限分別為 0.27 µg/m³ 和 0.06 µg/m³。



(LR: Laser Reflectance, LT: Laser Transmission, T: Temperature, F8: High sensitivity FID signal, F6: Low sensitivity FID signal)。

圖 3.3.1 氣膠樣品有機碳及元素碳分析方法及結果圖譜說明。

3.3.4 金屬元素分析

在金屬元素分析上，在完成 Teflon 濾紙的調理和秤重後，濾紙會被放置於消化瓶進行消化，在進行消化程序前，為確保消化瓶不受污染，會進行酸洗步驟。酸洗方法為於消化瓶內（容量為 55 mL）依序添加 5 mL 的硝酸（Merck, 65 % GR for Analysis）及 4 mL 的去離子水（阻抗值 > 18.0 MΩ/cm），微波功率設定在 1440 W 下，進行 20 分鐘的微波加熱，隨後以去離子水淋洗 2 次並晾乾，始可進行實際微粒樣本的消化。將濾紙樣本置入鐵氟龍消化瓶中，加入 4 mL 的硝酸（Merck, 60 % Ultrapure）與 2 mL 的氫氟酸（Merck, 48 % Ultrapure），添加完畢後再以鎖瓶機（CEM, MARS Xpress）將消化瓶旋緊至可承受之壓抗，以避免各消化瓶因人為鎖瓶施力不同而使控制條件互異。隨後，以高輸出微波消化系統（CEM, MARS Xpress）進行消化，微波消化設定之功率與升溫條件，如表 3.3.1 所示，共分兩階段之加熱程序，第一階段之功率設定在 1440 W，以 8 分鐘之時間升溫（Ramp）至 170 °C，並以此功率維持（Hold on）7 分鐘後，接續進行第二階段之升溫，其功率調升至 1600 W，並以 7 分鐘之時間升溫至 200 °C 後，維持 15 分鐘，待兩階段之加熱完畢後，進行 60 分鐘的降溫（Cool down），使其溫度降至 40°C。第一次消化冷卻完畢後，將消化瓶依序裝入濃縮裝置之附屬套件（CEM, XpressVap™），並置入一支備有溫感光纖（CEM, No. 431-6494）之監測瓶進行趕酸。趕酸是以馬達抽取微波消化系統內之消化瓶的酸氣，並使其隨微波消化系統上方的管線被抽到化學操作櫃內的酸鹼中和瓶中，再依序經過裝有硼酸（Merck, GR for Analysis）、氫氧化鈉（Merck, GR for Analysis）和超純水的酸鹼中和瓶進行曝氣，待消化液濃縮趨近至蒸乾，即完成趕酸，此程序之微波消化系統設定的功率與溫度分別為 800 W 和 80 °C。完成趕酸後，依序添加 2.0 mL 的硝酸（Merck, 60 % Ultrapur）至樣本中進行第二階段消化，消化之功率與升溫條件如表 3.3.2。待消化程序均完成後，進行定量步驟。

表 3.3.1 濾紙樣本微波消化升溫設定條件

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

表 3.3.2 濾紙樣本第二階段微波消化升溫設定條件

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

本計畫將消化液移入材質為聚丙烯的離心管中，同時添加 15 ppb (配製濃度為 5 ppm，加入 150 μ L) 之銦 (In) 於離心管中作為內標準品，最後再以去離子水稀釋定量至 50 mL，並冷藏於 4 °C 直至上機分析。另於每一消化批次中亦以相同之消化程序，分析至少 2 個空白濾紙樣本及 1 個酸試劑空白樣本，並將實際微粒樣品濃度扣除空白濾紙濃度即為樣品真實的濃度，以避免採樣介質與化學試劑之干擾。而為確保離心管不受污染，使用前需浸泡在濃度為 5 % 的硝酸 (Merck, 65 % GR for Analysis) 並浸泡 16 小時，再以去離子水淋洗且晾乾後方可使用，另避免不同離心管的容量互異，於定量前及定量後均需秤重，以取得確切的定量體積。

本計畫懸浮微粒中元素之定量分析，係利用 Perkin-Elmer 公司出產型號為 NexION 300X 之感應耦合電漿質譜儀 (Inductively coupled plasma mass spectrometer, ICP-MS) 進行分析，如圖 3.3.2，其具有可同時分析多元素濃度及靈敏度高之優點，而 NexION 300X 具有動力反應腔，利用甲烷氣解氫氣干擾，可將元素濃度解析度推至 ppt 等級。

ICP-MS 分析流程係先以霧化器將待測消化液經霧化處理，再以載送氣體輸送 (將形成含待分析元素之氣膠輸送至電漿中)，樣品經受熱後，由一系列去溶劑、分解、原子化/離子化等反應，將電漿中待分析元素形成單價正離子，再透過真空界面傳輸至質譜儀，配合質量分析器將各特定質荷比之離子予以解析，再以電子倍增器檢測，並進行多元素定性及定量。本計畫分析之元素包含鋁(Al)、鐵(Fe)、鈉(Na)、鎂(Mg)、鉀(K)、鈣(Ca)、銦(Sr)、鋇(Ba)、鈦(Ti)、錳(Mn)、鈷(Co)、鎳(Ni)、銅(Cu)、鋅(Zn)、鉬(Mo)、鎘(Cd)、錫(Sn)、銻(Sb)、鉍(Tl)、鉛(Pb)、釩(V)、鉻(Cr)、砷(As)、硒(Se)、釔(Y)、鋯(Zr)、銣(Rb)、鎳(Ga)、鎢(Ge)、銫(Cs)、鐳(La)、鈾(Ce)、釷(Nd)及磷(P)等34種。



圖 3.3.2 本計畫使用的 ICP-MS

此外，上機分析檢量線標準液之配製，係將Merck公司出產各元素之原始標準液濃度 (1000 ppm) 混合，再依懸浮微粒中各元素的豐富度，區分主量元素、次量元素、微量元素及稀土元素，以1 %的硝酸 (Merck, 60 % Ultrapur) 稀釋配製成7種系列濃度，主量元素 (Al、Fe、Na、Mg、K、Ca與P) 的稀釋系列分別為0.1、1、10、100、200、500及1000 ppb，而次量元素及微量元素 (Sr、Ba、Ti、Mn、Co、Ni、Cu、Zn、Mo、Cd、Sn、Sb、Tl、Pb、V、Cr、As、Se、Y、Zr、Rb、Ga、Ge與Cs) 的稀釋系列則分別為0.01、0.1、1、10、20、50及100 ppb，另稀土元素 (La、Ce及Nd) 的稀釋系列則分別為0.01、0.1及1 ppb。此外，於每一分析批次中 (約20個樣本) 亦會安插一個查核標準品 (NIST SRM 1648之消化液)，以確保分析數據之品質。另為掌握分析儀器之性能，每日亦以10 ug/L之校正液 (含鉍(Be)、鎂(Mg)、銦(In)、銻(Ce)、與鈾(U))，藉以校正儀器訊號強度，使用ICP-MS分析之設定條件如表3.3.3所示。上述方法與流程由Hsu等人所建立 (Hsu et al., 2009; Hsu et al., 2008)，過去的分析利用NIST的標準品查核其分析方法之回收率，各元素之回收率絕大部分在100±10%，且精密度落在5%以內。本計畫採用的ICP-MS在不同元素的偵測極限如表3.3.4。

表 3.3.3 感應耦合電漿質譜儀分析設定參數

設定參數	設定數值
無線電功率 (W)	1500
電漿氣流-氬氣氣體流速 (L/min)	15
載送氣流-氬氣氣體流速 (L/min)	0.9-1.1
輔助氣流-氬氣氣體流速 (L/min)	1.3
離子進樣深度	調至最強偵測訊號
離子束	調至最強偵測訊號且雜訊比最小
遲滯時間 (ms)	100
解析度 (amu)	0.7±0.1
掃描模式	多元素短暫快速掃描
樣品取樣速率 (L/min)	1.2
操作壓力 (torr)	1.5×10^{-6} - 2.5×10^{-6}
重複次數	3
掃描/讀值	6
取樣器	鉑錐 (1.1 mm)
削減器	鉑錐 (1.1 mm)

表 3.3.4 本計畫建立之 ICP-MS 針對 34 種元素的方法偵測極限
(ng/m³)

元素	方法偵測極限	元素	方法偵測極限
Al	0.9	Sb	0.02
Fe	1.4	Tl	0.002
Na	10.5	Pb	0.08
Mg	2.2	V	0.02
K	4.2	Cr	0.4
Ca	7.5	As	0.04
Sr	0.02	Y	0.008
Ba	0.04	Se	0.07
Ti	0.8	Zr	0.17
Mn	0.10	Ge	0.002
Co	0.007	Rb	0.003
Ni	0.2	Cs	0.001
Cu	0.5	Ga	0.009
Zn	0.10	La	0.001
Mo	0.05	Ce	0.002
Cd	0.004	Nd	0.002
Sn	0.04	P	0.4

3.4 同位素化學分析方法

3.4.1 碳同位素分析方法

在過去的文獻中，針對懸浮微粒中碳同位素的分析係先將欲分析的碳微粒在高溫下使其氧化成 CO_2 ，而後再將 CO_2 導入至同位素比值質譜儀(isotope ratio mass spectrometry)進行分析，藉以得到待測微粒中碳成分之 ^{12}C 與 ^{13}C ，以獲得 $\delta^{13}\text{C}$ 的資訊 (Cao et al., 2011; Kundu and Kawamura, 2014; López-Veneroni, 2009)。本計畫在 $\delta^{13}\text{C}$ 的分析方法上係利用光腔衰盪光譜儀 (Cavity Ringdown Spectroscopy, CRDS) 進行分析。首先，在石英濾紙裁取特定圓形面積 (0.528 cm^2) 共4張並包入錫囊內 ($10.5\text{mm} \times 9 \text{ mm}$)，然後送到Combustion Module的自動進樣樣品盤內，透過程式將自動進樣樣品盤內的樣品一次一個通入Combustion Module的高溫爐 (980°C)，利用內含約1000 ppm的 CO_2 之高純氮氣 (5N_5) 為載流氣體並通入純氧將樣品氧化成 CO_2 ，將 CO_2 導入同位素分析儀 (CRDS G2131-i) 進行 ^{13}C 值的分析。CRDS的分析原理是將空氣導入CRDS內部腔體內，開啟雷射光源產生一特定強度的雷射光後關掉雷射光源，讓特定強度的雷射光經過三組反射鏡面以光速循環運動 (總有效光徑可以達到20 km) 並同時監測光強度 (如圖3.4.1)，雷射光會在這個循環運動中不斷的衰減 (一部分被腔體內空氣所吸收(Beer-Lambert law)，一部分是通過反射鏡反射的損失直到完全衰減，而感應器則會測量光強度完全衰減所需時間，並計算 ^{13}C 同位素和二氧化碳的測值。

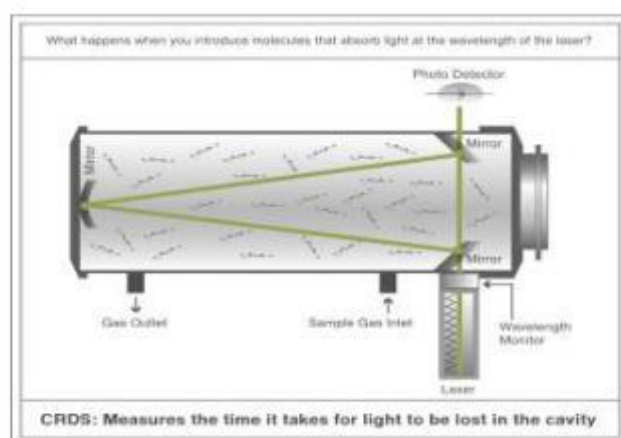


圖 3.4.1 CRDS 腔體內部示意圖

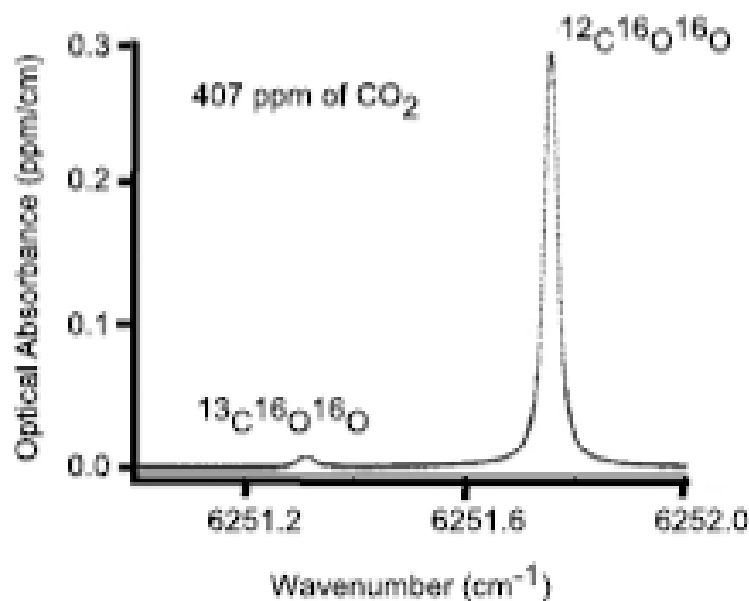


圖 3.4.2 $^{13}\text{CO}_2$ 以及 $^{12}\text{CO}_2$ 吸收波長示意圖

(資料來源：Zare et al., 2009)

本方法用來量測 ^{13}C 同位素的雷射波長為近紅外線 (波數近 6251cm^{-1})，實際用來做計算的是 $^{13}\text{CO}_2$ 以及 $^{12}\text{CO}_2$ 這兩個物種在波數靠近 6251cm^{-1} 的光強度完全衰減時間如附圖 3.4.2，藉此方法所得即是碳微粒之 ^{12}C 與 ^{13}C 值，並利用方程式 3.1 計算 $\delta^{13}\text{C}$ (以國際標準品 IAEA-CO-8 & 8543 NBS 18 校正)：

$$\delta^{13}\text{C} = \left[\frac{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{sample}}}{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{standard}}} - 1 \right] \times 1000 \quad (3.1)$$

以 CRDS 分析的四個固態有機碳標準品 (USGS40/USGS61/USGS62/USGS63) 之 $\delta^{13}\text{C}$ 數值和標準品提供的結果之比較如圖 3.4.3 和表 3.4.1。首先，圖 3.4.3 顯示 CRDS 分析出的標準品之平均 $\delta^{13}\text{C}$ 和 U.S. Geological Survey (USGS) 提供之標準品的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值的相關性幾乎為 1.0 (R^2)；表 3.4.1 顯示 CRDS 的分析結果和 USGS 提供的標準品之數值最大平均差值為 1.13‰，當以本計畫分析的大氣 $\text{PM}_{2.5}$ 之 $\delta^{13}\text{C}$ 數值範圍為基礎，USGS 標準品 (USGS40、USGS61 和 USGS62) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值和 CRDS 的量測結果之最大平均差值為 0.62‰，標準偏差在 0.56‰以下，顯示本計畫採用的 CRDS 之分析結果具有良好的準確度和精確度。

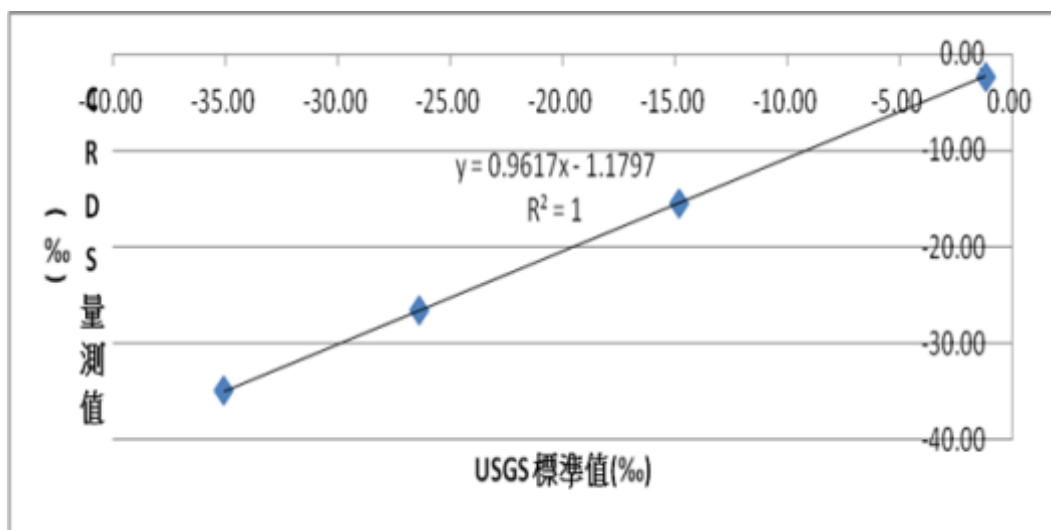


圖 3.4.3 CRDS 分析的 USGS 標準品之 $\delta^{13}\text{C}$ 數值和 USGS 提供之標準品的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值相關性

表 3.4.1 CRDS 分析的 USGS 標準品之 $\delta^{13}\text{C}$ 數值和 USGS 提供之標準品的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值差異

標準品	CRDS 量測值(‰)	USGS 標準值(‰)	差異(‰)	STD (‰)
USGS40 (L-glutamic acid)	-26.57	-26.39	0.18	0.26
USGS61 (Caffeine)	-34.88	-35.05	-0.17	0.16
USGS62 (Caffeine)	-15.41	-14.79	0.62	0.56
USGS63 (Caffeine)	-2.30	-1.17	1.13	0.66

STD: standard deviation.

在空氣懸浮微粒 ^{14}C 分析方面，本計畫委託美國 BETA 實驗室利用加速質譜儀 (accelerator mass spectrometer, AMS) 進行分析 (如圖 3.4.4)，此儀器的特點為具有高效率與高靈敏度，且樣品量僅需含 0.5 mg 的碳即可分析。在總碳中的 ^{14}C 分析上，取適量含有總碳微粒之濾紙樣品至含有 CuO 的石英管內，此石英管乃置於低溫 (-80°C) 及真空的系統中以避免半揮發性有機碳的揮發，爾後將此氣膠樣品在 850°C 的溫度下加熱 4 小時，所產生之 CO_2 經低溫純化及石墨化後，分析其 ^{12}C 及 ^{14}C 值，則總碳微粒中“現代碳”的含量 (pMC) 可利用微粒樣品與標準品間的

$^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比值進行計算，其公式如下：

$$\text{pMC} = \frac{(^{14}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{sample}}}{0.749 \times (^{14}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{OX II}}} \times 100 \quad (3.2)$$

上式中 $(^{14}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{sample}}$ 及 $(^{14}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{OX II}}$ 分別為空氣樣品及標準品 (NIST SRM 4990C OX II) 中 ^{14}C 與 ^{12}C 的比值。



圖 3.4.4 AMS 示意圖

3.4.2 鉛同位素分析方法

在鉛同位素的分析上，擬將消化完的細微粒樣品溶液進行鉛純化的步驟。首先，取適當的樣品消化液 (此溶液約包含 2-10 ng 鉛) 放入鐵氟龍燒杯中，以 180 °C 加熱蒸乾後，再加入 1 mL 的 2N HCl，藉以進行微粒樣品之鉛純化。在鉛純化步驟上，如圖 3.4.5 所示，先將約 0.5 mL 的 Sr-Spec 樹脂填入管柱內，並分別以 3 mL 的 6N HCl 及 3 mL 純水重複清洗樹脂二次後，再加入 3 mL 之 2 N HCl 至管柱中以維持樹脂之工作環境。將微粒溶液樣品倒入管柱中，並加入 3 mL 之 2 N HCl 至管柱裡沖提其他元素後，再加入 6 mL 的 6 N HCl 至管柱中以沖提出鉛元素，沖提後的樣本於 190°C 的溫度下蒸乾，並加入 1 mL 的濃 HNO_3 ，再利用 Milli-Q 水定量至 10 mL 後，以 ICP-MS 進行鉛同位素的分析。上述所有之鉛純化步驟均在無塵箱內進行 (如圖 3.4.6 及圖 3.4.7 所示)。鉛同位素比值分析結果將和標準品 NIST SRM 987 進行比對，以確保鉛同位素分析結果的精確度和準確度。

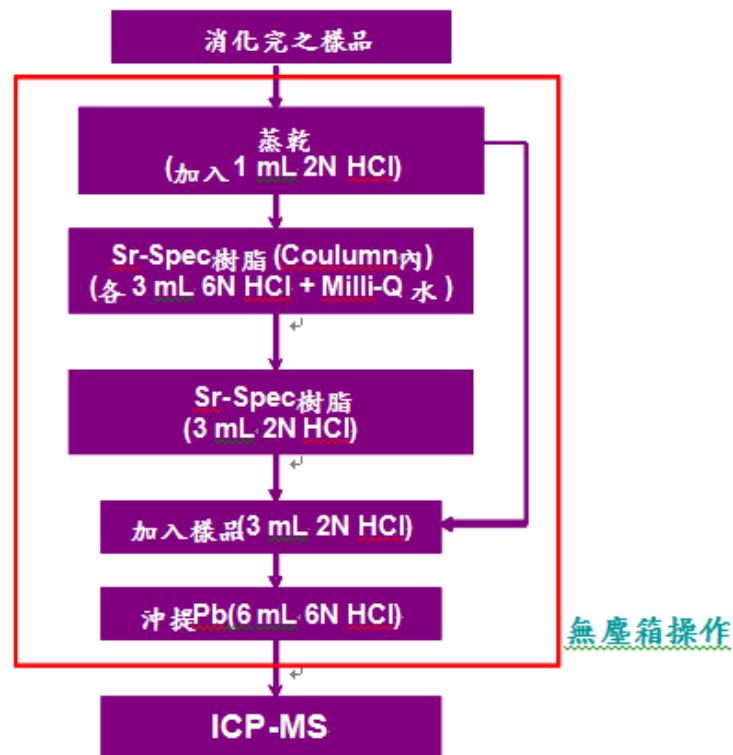


圖 3.4.5 微粒中鉛同位素純化流程示意圖



圖 3.4.6 無塵箱內微粒樣品溶液加熱蒸乾

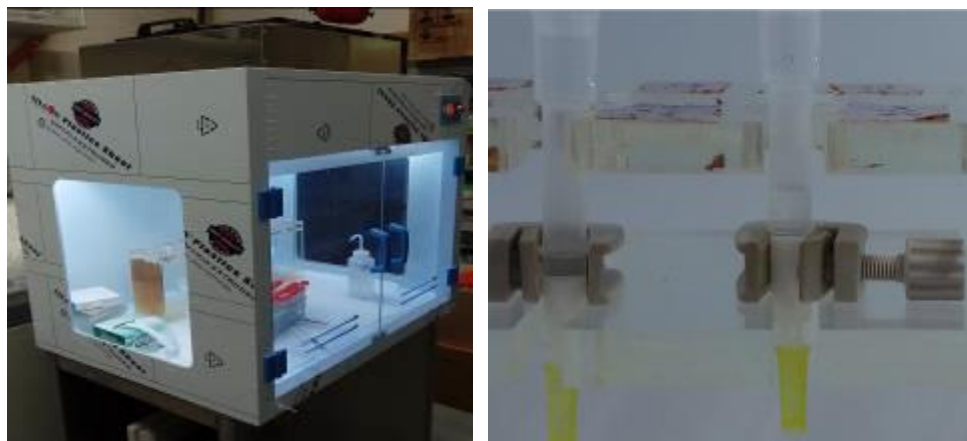


圖 3.4.7 無塵箱內微粒樣品溶液進行鉛純化

3.4.3 樣本中化學成分分析之品保與品管

本研究化學成分分析的數據品質將透過品保與品管之相關措施，以提高分析數據之信賴度與可靠度，本研究藉由標準參考品分析、重複樣品分析、查核樣品分析與濾紙空白值分析進行分析流程之查核。其中，金屬元素將分析標準參考品以驗證消化程序之效果。重複樣品分析主要確認分析儀器的精密度(Precision)，本研究每分析10個樣品後，將進行標準參考品重複分析的查核工作，以確保分析的品質，此兩組數據之差異百分比需小於20 %才可被接受，重複樣品分析測定相對差異百分比(Relative Percent Difference, RPD)之計算公式如式(3.3)。

$$RPD (\%) = \frac{|x_1 - x_2|}{\frac{1}{2}|x_1 + x_2|} \quad (3.3)$$

其中 RPD (%)為相對差異百分比， x_1 與 x_2 為同一樣品重覆分析兩次時，所得之測定值。

查核樣品分析是用來測定分析儀器之準確度(Accuracy)，用以測定已知濃度標準樣品的變化，本研究每分析10個樣品後，將進行標準參考品重複分析的查核工作以確保分析的品質，此兩組數據之差異百分比需小於20 %才可被接受，查核樣品分析之回收率(Recovery, R)計算公式如式(3.4)。

$$R (\%) = \frac{X}{S} \times 100\% \quad (3.4)$$

其中 R (%)為查核樣本回收率，X 為測定值，S 為標準樣品的濃度值。

本計畫之品保及品管按照下列程序執行:

1. 所有品管數據應加以保存以利日後參考或查閱。
2. 儀器偵測極限(IDL)以 $\mu\text{g/L}$ 為單位，至少每 3 個月重新製作 IDL 一次並保存紀錄。IDL 係連續分析 7 次試劑空白溶液，以其 3 倍之標準偏差值表示。
3. 分析過程中須監測內標準品信號強度之變化情形，當樣品中任何內標準元素之信號強度衰減至最初檢量線中內標準品信號強 30%以下時，則可能發生基質效應，儀器之偵測極限會因基質干擾效應之發生而改變。當發生上述情形時，可依下列程序檢查導致內標準品信號衰減之原因：首先可利用分析檢量線空白溶液中之內標準信號，確認儀器之檢測效能(A analytical performance)是否有明顯地漂移現象，若檢量線空白溶液中之內標準信號強度亦出現明顯衰減現象，則需終止所有分析工作，待查明原因，並解決導致儀器分析效能改變因素後，始得重新建立檢量線，並分析導致基質效應之樣品；如導致內標準品信號衰減原因不是源自儀器效能之飄移時，則可利用稀釋方式，降低樣品中基質濃度，以達到移除基質干擾之目的。此時，可根據內標準品信號衰減之嚴重程度選擇適當之稀釋倍數進行樣品稀釋，並重新添加適量內標準品進行分析，如果第一次稀釋無法消除基質干擾問題，即必須重複上述稀釋程序直到內標準品信號強度提升至檢量線標準溶液中內標準品信號強度 30 %以上。
4. 每 12 小時或於開始分析樣品前，需以干擾查驗液進行分子離子干擾之查核工作。由於干擾查驗液中部分元素有可能會發生沉澱問題，故在檢測過程中應注意是否有類似問題發生。
5. 為得到高品質分析數據，藉由同時測量分析物以外之干擾離子，作為決定是否須使用校正方程式之依據。當儀器分析過程若有質譜性干擾，於分析結果中必須針對被干擾之元素，並註明被校正之干擾信號佔所有分析信號之百分比及校正方程式中未置入校正之干擾物種。
6. 儀器檢量線查核
 - A. 以檢量線空白溶液和檢量線確認溶液進行檢量線查核。
 - B. 每分析 10 個樣品，須以檢量線確認溶液和檢量線空白溶液進行檢量線查核。

另外，在分析樣品前後，也必須以上述查核溶液進行檢量線查核。
 - C. 檢量線確認溶液之分析結果均必須小於配製值之 10 %，否則必須停止分析，

待問題修正後，再重新利用檢量線確認溶液進行儀器之校正查核。另外，當發現檢量線查核結果不符時，受影響之樣品應利用重新製作之檢量線再次進行分析。

- D. 每個元素之檢量線空白值必須小於 2 倍 MDL 值。若發現檢量線空白值大於 2 倍 MDL 值時，必須檢查誤差原因並改善後，受影響之樣品亦必須重新分析。
7. 配製空白分析主要為確認待測樣品是否於樣品分析過程中遭受污染。對於每一批次樣品之分析測定，至少需包括一個以上之方法空白樣品，且該樣品必須依循完整之樣品製備程序處理。方法空白樣品之製備為與樣品採樣相同過程進行空白採樣，並與萃取樣品微粒上金屬成分相同步驟進行萃取，再以完整分析程序進行分析。分析步驟包括前處理、消化處理、樣品稀釋、過濾處理和分析測定等。
 8. 實驗室品管樣品應以與待測樣品相同之前處理方法、測定及品質管制程序進行分析，每批樣品或至少每 10 個樣品應進行一個實驗室品管樣品分析。
 9. 同一批次或 10 個樣品做一次重複分析，若同時有不同基質之樣品時，每種基質之樣品均需進行重覆分析。對於分析物濃度大於儀器偵測極限值 100 倍之樣品而言，其重覆分析之相對百分偏差值範圍必須在 $\pm 20\%$ 以內。
 10. 於消化後之樣品或經稀釋樣品中添加適量之標準品，其回收率應在 75~125%之間或是在實驗室自訂之管制標準內。如果添加標準品之回收率不在管制範圍內，樣品必須加以稀釋並重新分析，以確認是否已有效抑低基質效應。亦可直接使用標準添加法進行定量的工作。
 11. 序列稀釋：如果樣品中分析物之濃度落在儀器線性範圍內，即可利用稀釋法來確認是否有非質譜性之干擾存在。一般而言，若稀釋 5 倍之分析值與未稀釋樣品分析值間之差異超過 10%以上時，則可能發生非質譜性干擾效應。同一基質之批次樣品中，至少每 10 個樣品必須做一個稀釋測試，以確認是否有非質譜性干擾。

3.5 細懸浮微粒污染源鑑識方法

在污染源鑑識方法上，本計畫結合前期計畫所分析之各微粒污染源排放的 $\text{PM}_{2.5}$ 之碳 ($\delta^{13}\text{C}$ 和 pMC) 和鉛同位素 ($^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 與 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$) 特徵資料，定性周界 $\text{PM}_{2.5}$ 的污染來源，其中 pMC 進一步被應用在區分化石燃料或非化石燃料對 $\text{PM}_{2.5}$ 中碳微粒的影響。在污染源貢獻的定量推估上，本計畫假設量測到的大氣微粒中的碳或鉛同位素數值由 i 個污染源所貢獻，並利用簡單的線性迴歸模式進行各污染源對大氣微粒貢獻比例的推估 (Flament et al., 2002; Hsu et al., 2006; Monna et al., 1997; Nakano and Tanaka, 1997)：

$$R_{\text{atm}} = \sum_{i=1}^k f_i R_i \quad (3.5)$$

其中 R_{atm} 與 R_i 分別為大氣與污染源微粒之同位素數值 (如 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$)，而 f_i 即為污染源 i 所貢獻之比例。在過去的研究中，Monna 等人以 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的比值配合此模式定量推估汽機車、工業排放與土壤對法國及英國南方城鎮大氣鉛微粒的貢獻量 (Monna et al., 1997)，而 Hsu 以 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 搭配此模式解析台北地區大氣鉛微粒在不同季節受本土或長程傳輸的貢獻比例 (Hsu et al., 2006)。

此外，本計畫利用大氣微粒的化學組成，配合美國環保署開發的正矩陣因子法 5.0 (Positive Matrix Factorization, PMF) 推估各測站的 $\text{PM}_{2.5}$ 污染源及其貢獻量。PMF 最早由 Paatero 和 Tapper 以主成分分析 (Principal Component Analysis, PCA) 為基礎發展而來的污染源推估模式 (Paatero and Tapper, 1994)，該模式於 2003 年被美國環保署納為推估污染源的應用工具，並於 2005 年發布 PMF 1.0，2014 年發布 PMF 5.0，該模式適用於有大氣微粒濃度及化學組成資料但缺乏完整污染源排放之微粒特徵資料的推估，PMF 的推估原理可以下式表示 (U.S.EPA., 2014)：

$$x_{ij} = \sum_{k=1}^p g_{ik} f_{kj} + e_{ij} \quad (3.6)$$

式中的 x_{ij} 為第 j 個樣本中第 i 個化學物種的量測濃度， p 為污染源因子數目， g_{ik}

為第 k 個污染源對第 i 個樣本的貢獻， f_{kj} 為第 k 個污染源中第 j 個化學物種濃度， e_{ij} 為殘差。

由於 PMF 內的函數均非負值，最後會以最小化 Q 值為導向：

$$Q(E) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left[\frac{X_{ij} - \sum_{k=1}^p g_{ij} f_{kj}}{u_{ij}} \right]^2 \quad (3.7)$$

式中的 n 和 m 分別為樣本數和污染源因子數目， u_{ij} 為第 i 個樣本中 j 化學物種的估計值，其餘參數如方程式 3.6 所述。

本計畫以受體模式解析的結果和同位素的定性結果進行比較，也利用方程式 3.8 估算在 PMF 的推估結果中 (Wang et al., 2017)，某特定樣本中某化學物種在某污染源因子中的貢獻比例，並和同位素的量化結果進行比較，藉由交叉比對驗證 PM_{2.5} 污染來源，以提高污染源的解析能力，和提供環保機關制定減量措施或管制方針參考，並達到改善空氣品質之目的。

$$R_{ij} = \sum_{k=1}^n g_{ik} f_{kj} / X_{ij} \quad (3.8)$$

式中的 R_{ij} 為某樣本 (如冬季樣本) 中某化學物種 (如鉛) 在某污染源因子 (如交通排放) 中的貢獻比例，其餘參數如方程式 3.6 和 3.7 所述。例如，Wang 等人將 PMF 推估出的污染源分為化石碳 (如交通排放或工業排放) 和非化石碳 (如生質燃燒) 兩類 (Wang et al., 2017)，並以方程式 3.8 估算 PMF 的推估結果中，OC 在化石碳或非化石碳污染源因子中的貢獻比例，並和實際上量測到的 OC 中的化石碳和非化石碳比例 (以 pMC 進行量測和估算) 進行比較，以透過兩種方法所獲得之 OC 在化石碳和非化石碳污染源的貢獻比例，評估兩方法在污染源鑑定的差異性。

第四章 結果與討論

4.1 大氣細懸浮微粒採樣

本計畫分別於 2018 年 3 月 25 日至 31 日和 7 月 25 日至 31 日完成春季和夏季大氣細懸浮微粒 ($PM_{2.5}$) 的採樣作業，採樣測站包含豐原、沙鹿、大里、彰化和線西等 5 站，每站採集 7 天，各測站採樣現況如圖 4.1.1 所示 (春季密集採樣期間，線西站受線西國中頂樓施作防漏水工程的影響，採樣設備被移至地面 (圖 4 (e))，夏季才移至原線西測站的位置 (圖 4 (f)))，每個測站的儀器擺放距離均在 2 m 以上，避免儀器間的干擾；此外，本計畫完成 2 次火力發電廠、鋼鐵廠和焚化爐煙道排放之 $PM_{2.5}$ 的採樣作業，並已完成大氣和污染源排放之 $PM_{2.5}$ 的傳統化學組成和碳與鉛同位素的分析。本計畫採集之大氣和污染源排放之 $PM_{2.5}$ 的樣本數統計表如表 4.1.1 所示。4.1 節和 4.2 節分別討論春季與夏季大氣 $PM_{2.5}$ 的傳統化學組成和碳與鉛同位素特性，4.3 節呈現 3 種污染源排放之污染源的傳統化學組成和碳與鉛同位素特性，4.4 節結合前期計畫之研究成果，討論中南部地區的 $PM_{2.5}$ 污染源，並比較受體模式和同位素在污染源鑑定的結果。

4.1.1 密集觀測期間之氣象資料

圖 4.1.2~圖 4.1.6 為 5 個測站在春季密集採樣期間之溫度、相對濕度、風速和風向資料。所有測站的平均溫度為 $23^{\circ}C$ ，豐原站、沙鹿站、大里站、彰化站和線西站分別為 $21^{\circ}C$ ($15\sim 28^{\circ}C$)、 $22^{\circ}C$ ($18\sim 28^{\circ}C$)、 $23^{\circ}C$ ($18\sim 29^{\circ}C$)、 $24^{\circ}C$ ($19\sim 29^{\circ}C$) 和 $23^{\circ}C$ ($19\sim 30^{\circ}C$)，日夜溫差均在 $10^{\circ}C$ 以上，其中又以豐原站的日夜溫差最大 ($13^{\circ}C$)。在相對濕度部分，所有測站的平均相對濕度為 73%，豐原站、沙鹿站、大里站、彰化站和線西站分別為 69% ($30\sim 89\%$)、75% ($47\sim 89\%$)、70% ($31\sim 91\%$)、75% ($45\sim 92\%$) 和 78% ($50\sim 93\%$)，每個測站的相對濕度均呈現日低夜高的分佈趨勢，其中豐原站和大里站等近內陸的測站之平均相對濕度較另外 3 個接近沿海的測站低 (豐原站和大里站的最低相對濕度可低到 30%，其他 3 個測站的最低相對濕度均高於 45%)，反映地理位置的不同，相對濕度的分佈亦會有所差異。



(a) 豐原站



(b) 沙鹿站



(c) 大里站



(d) 彰化站



(e) 線西站 (春季)



(f) 線西站 (夏季)

圖 4.1.1 本計畫大氣 PM_{2.5} 採樣測站照片

在風速和風向部分，所有測站的平均風速為 1.9 m/s，豐原站、沙鹿站、大里站、彰化站和線西站分別為 1.8 m/s (0.1~3.9 m/s)、2.4 m/s (0.1~7.0 m/s)、1.4 (0.1~3.7 m/s)、3.2 (0.1~10.0 m/s) 和 0.5 (0~2.3 m/s)，每個測站的平均風速差異極大，其中近沿海的沙鹿站平均風速最高，小時風速最高達 3.9 m/s，但同樣臨近海岸線的線西站，其小時平均風速小於 1 m/s，幾乎呈現靜風的狀態。環保署線西站空氣品質監測站位於線西國中，春季密集採樣期間剛好遇到校舍頂樓防漏水工程的施作，為避免影響防漏水工程的施作，環保署空氣品質測站和本計畫架設之儀器均移至

地面，而儀器擺放處周邊又剛好有建物阻擋，進而造成平均風速偏低。此外，在 5 個測站中，可發現近海的沙鹿站和彰化站之每個採樣日的風速變異性大，彰化站最高和最低的小時平均風速分別可達 10 m/s 和 0.1 m/s，沙鹿站的最高和最低小時平均風速分別為 7 m/s 和 0.1 m/s。有關各測站的風向部分，每個測站的優勢風向均不同，豐原站約有 42%的風向偏向東南風，另有 24%偏向西北風；沙鹿站分別有 32%和 36%的東北風和西北風；大里站以西南風和西北風為主，分別占了 40%和 27%；彰化站分別有 32%和 27%的風向以東北風和西北風為主；線西站則以東北風 (63%) 為主。此外，各測站日夜風向明顯不同，在豐原站，日間 (6 時~18 時) 以東北風為主，夜間 (19 時~翌日 5 時) 則轉以東南風；沙鹿站和線西站在日間的風向變動大，但夜間多以東北風或北風為主；彰化站和大里站的日夜風向變異則不定。在春季密集採樣期間，除了線西站在 2018 年 3 月 25 日的累計降雨量為 0.1 mm 外，其他測站及採樣日期均無降雨。整體而言，春季密集觀測期間，每個測站的溫度和相對濕度之日夜變異大，沙鹿站和彰化站的小時平均風速變異大，其他測站的小時平均風速變異較小。

表 4.1.1 大氣及污染源 PM_{2.5} 採樣之樣本數統計表

採樣項目	採樣日期	樣本數	說 明
大氣 PM _{2.5}			
春季	2018 年 3 月 25 日至 31 日	70	春季樣品分日、夜間收集
夏季	2018 年 7 月 25 日至 31 日	35	
污染源排放之 PM _{2.5}			
鋼鐵廠	2018 年 4 月 11 日至 13 日	3	污染源排放之 PM _{2.5} 的採樣作業分 2 季，以配合大氣 PM _{2.5} 的採樣季節，進而提高污染源鑑定之可信度
	2018 年 7 月 30 日至 31 日	3	
焚化爐	2018 年 5 月 9 日至 11 日	3	
	2018 年 7 月 24 日至 26 日	3	
火力發電廠	2018 年 5 月 15 日至 17 日	3	
	2018 年 8 月 21 日至 23 日	3	
共 計		123	

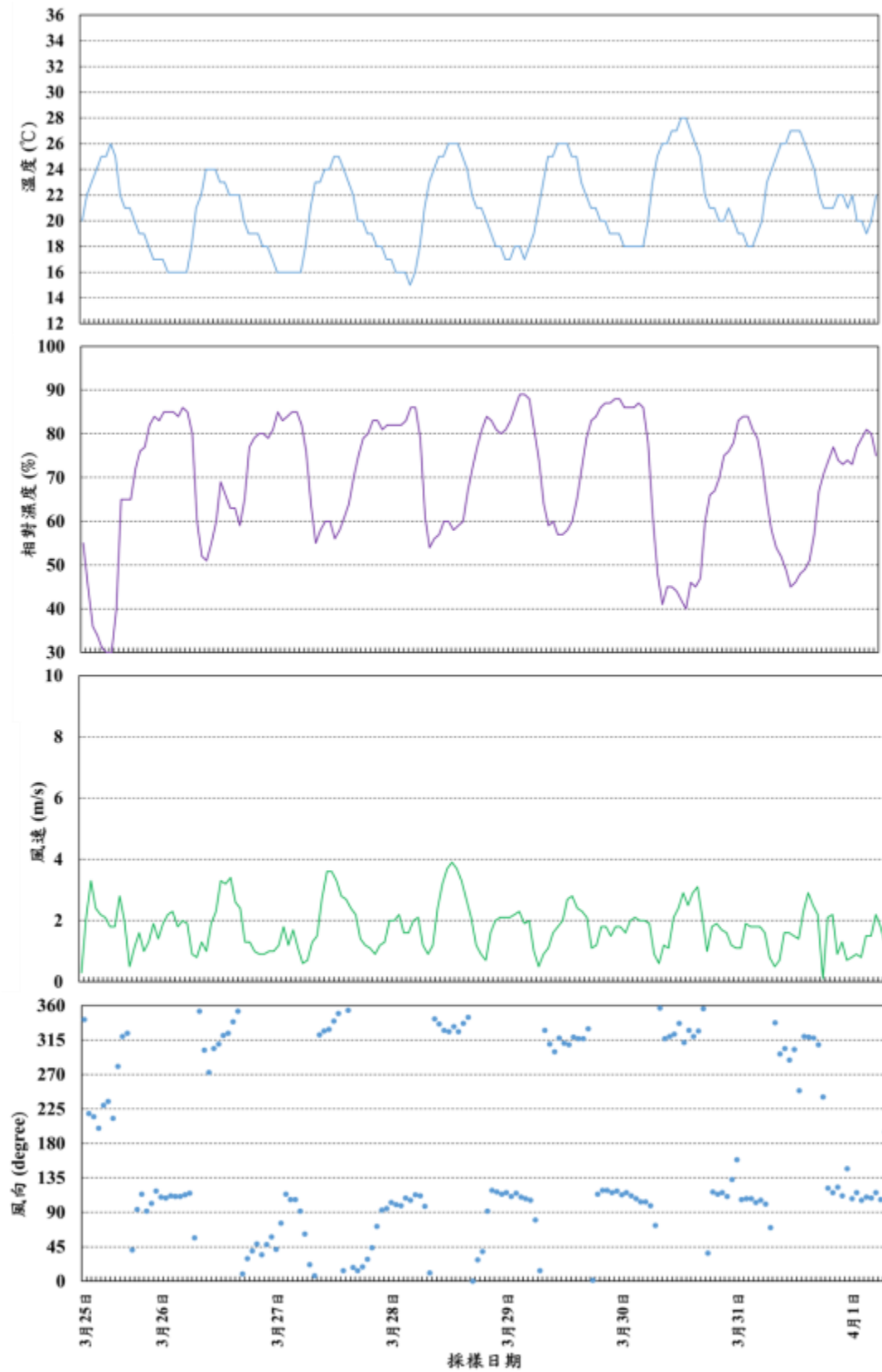


圖 4.1.2 豐原站春季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖

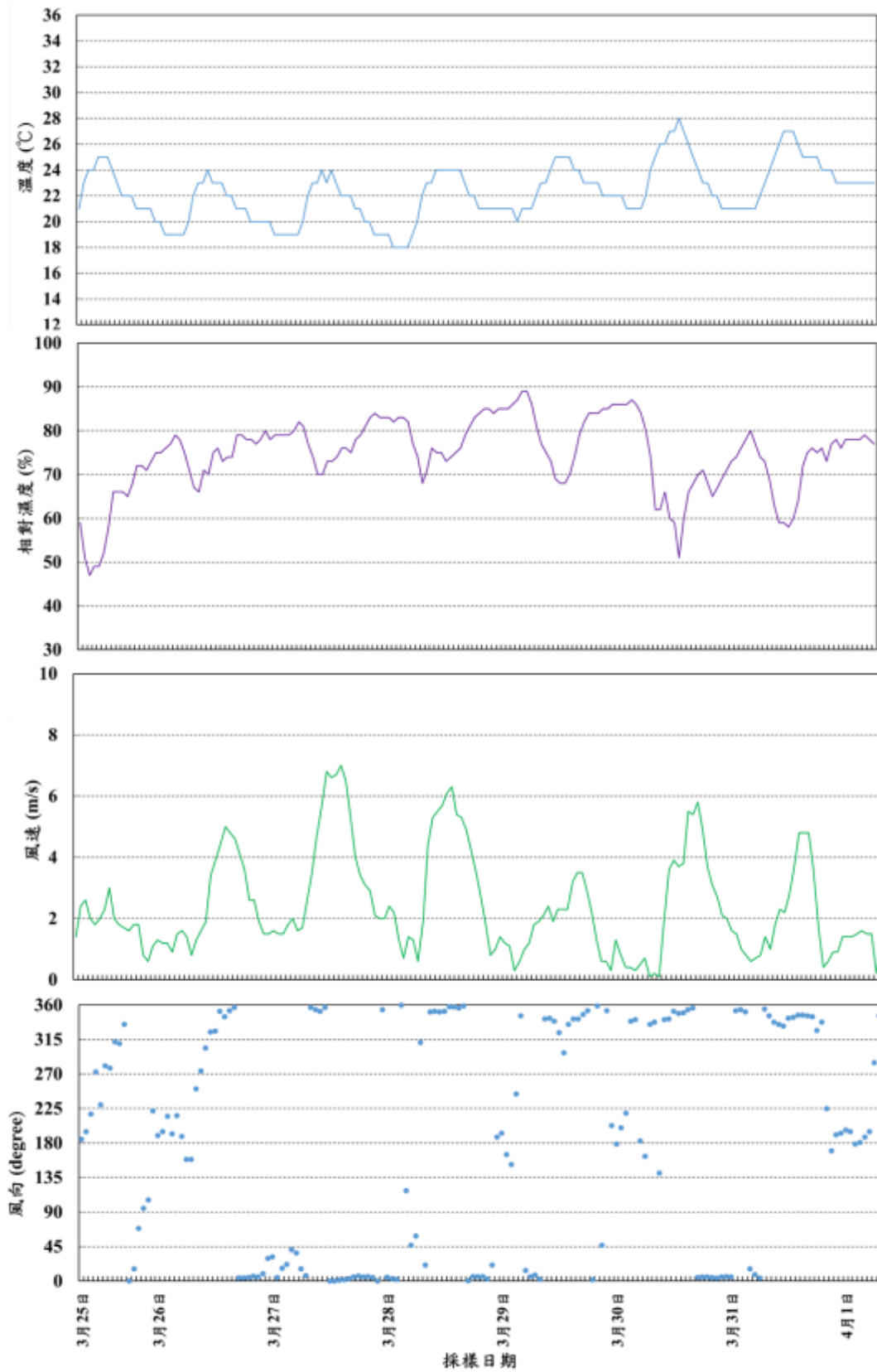


圖 4.1.3 沙鹿站春季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖

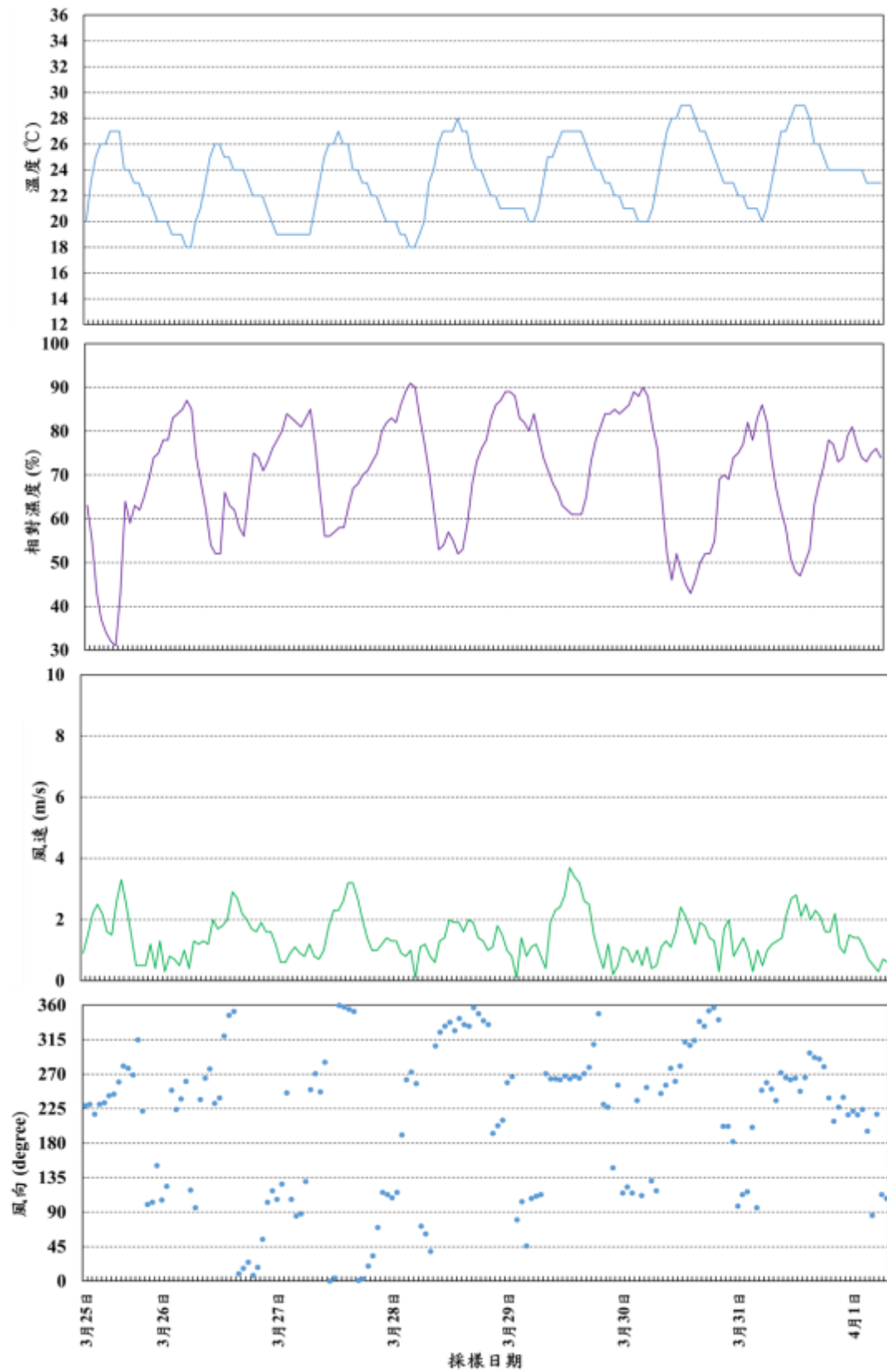


圖 4.1.4 大里站春季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖

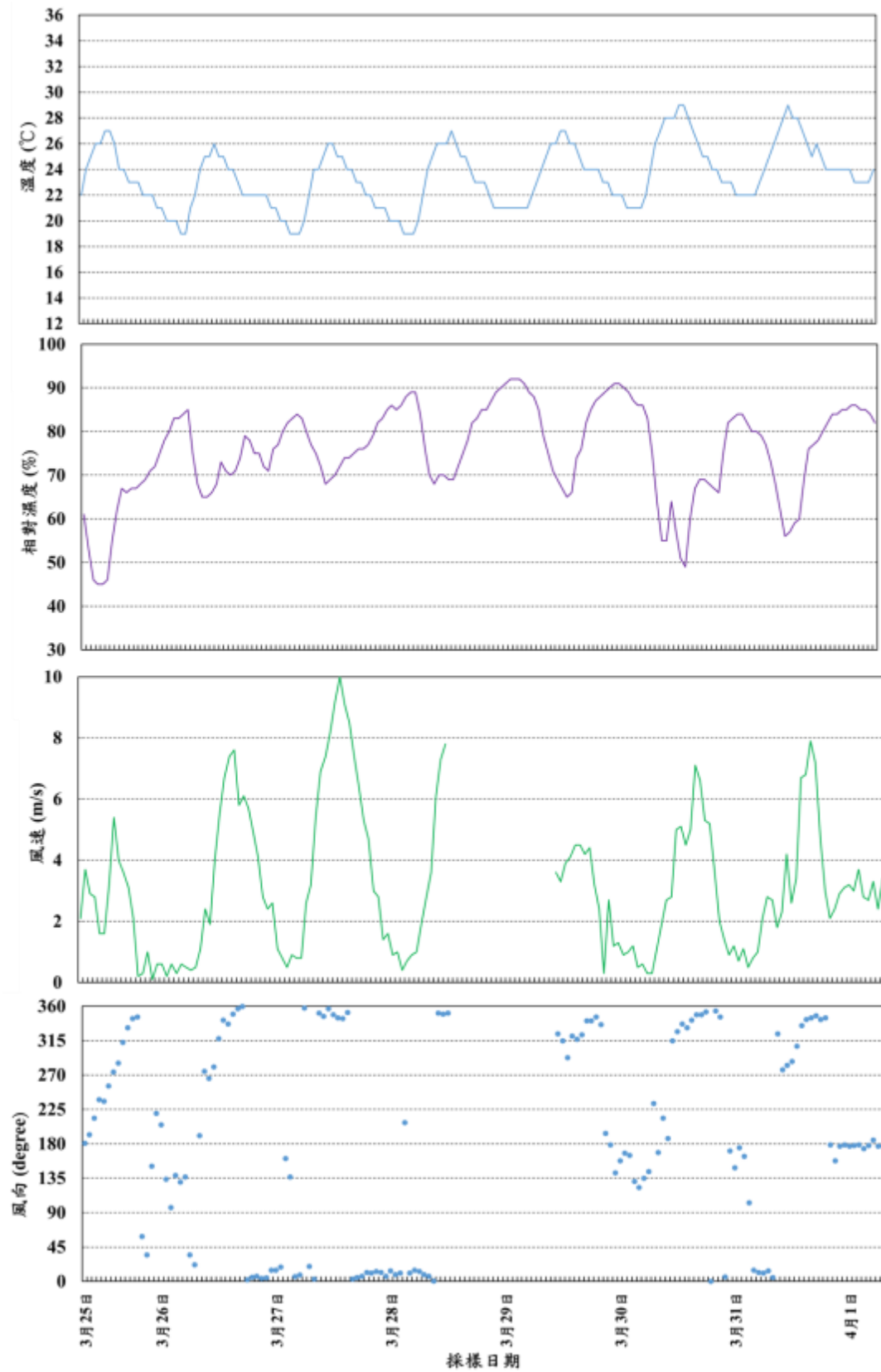


圖 4.1.5 彰化站春季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖

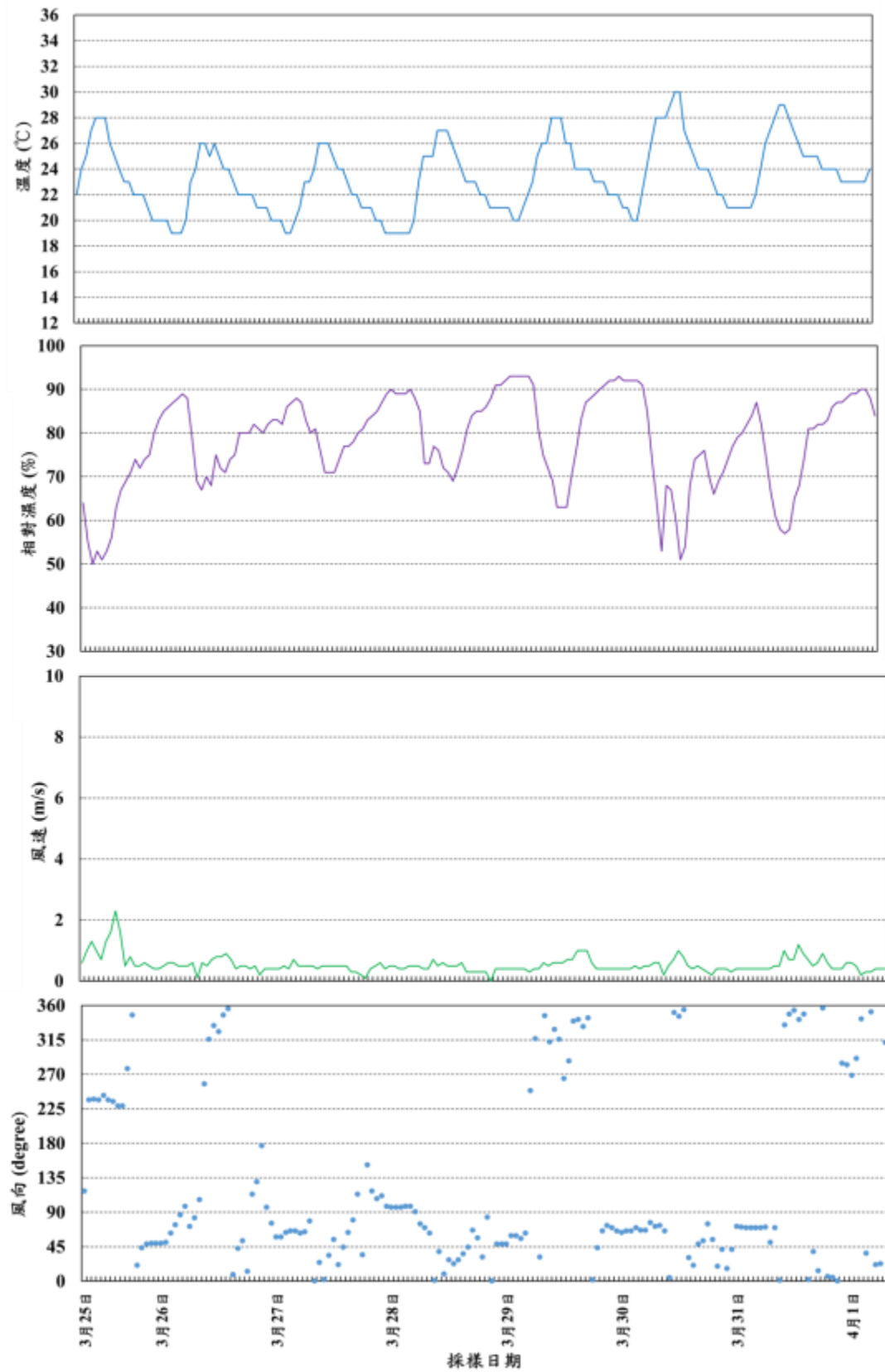


圖 4.1.6 線西站春季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖

圖 4.1.7~圖 4.1.11 為夏季密集觀測期間之氣象資料。所有測站的平均溫度為 30°C，豐原站、沙鹿站、大里站、彰化站和線西站分別為 28°C (24~33°C)、30°C (27~34°C)、30°C (26~35°C)、31°C (28~35°C) 和 30°C (27~34°C)，日夜溫差在 7~9 °C 之間。在相對濕度部分，所有測站的平均相對濕度為 73%，豐原站、沙鹿站、大里站、彰化站和線西站分別為 72% (45~89%)、72% (57~85%)、71% (48~87%)、70% (51~88%) 和 78% (55~90%)，每個測站的相對濕度均呈現日低夜高的分佈趨勢，其中線西站採樣期間所測得的平均相對濕度較其他 4 站高。在風速和風向部分，所有測站的平均風速為 2.1 m/s，豐原站、沙鹿站、大里站、彰化站和線西站分別為 2.1 m/s (0.4~4.1 m/s)、2.3 m/s (0.8~4.4 m/s)、2.0 (0.5~4.4 m/s)、2.0 (0.5~3.6 m/s) 和 2.5 (0.4~5.1 m/s)，每一個測站的小時平均風速變異極大，其中臨近沿海的線西站平均風速最高，小時平均風速最高達 5.1 m/s，最小為 0.1 m/s；同樣臨近海岸線的沙鹿站，最小的小時平均小時風速為 0.8m/s，最高風速可達 4.4 m/s。在各測站的風向部分，每個測站的優勢風向均不同，豐原站約有 41%的風向偏向東南風，另有 31%偏向西北風；沙鹿站分別有 30%、18%和 32%的風向偏向東南風、西南風和西北風；大里站以西南風 (54%) 和西北風為主 (30%)；彰化站分別有 30%、37%和 30%的風向以東南風、西南風和西北風為主；線西站則有 69%的風向為西南風，其次為東北風 (23%)。此外，各測站的日夜風向明顯不同，在豐原站、沙鹿站和彰化站，日間 (6 時~18 時) 都以西北風為主，夜間 (19 時~翌日 5 時) 則轉為東南風；大里站在日間以西北風為主，夜間則轉為西南風；線西站日夜均以東南風為主。在夏季密集採樣期間，彰化站和線西站並無發生降雨，但豐原站、沙鹿站和大里站有受降雨的影響，其中豐原站在 2018 年 7 月 25 日至 29 日的累計降雨量為 30.4 mm，沙鹿站在 7 月 28 日的累計降雨量為 5.2 mm，大里站在 7 月 27 日的累計降雨量為 4.6 mm。整體而言，夏季密集觀測期間，每個測站的溫度、相對濕度和風速變異大，而除了線西站外，其他 4 個測站的日夜風向都有明顯的不同。

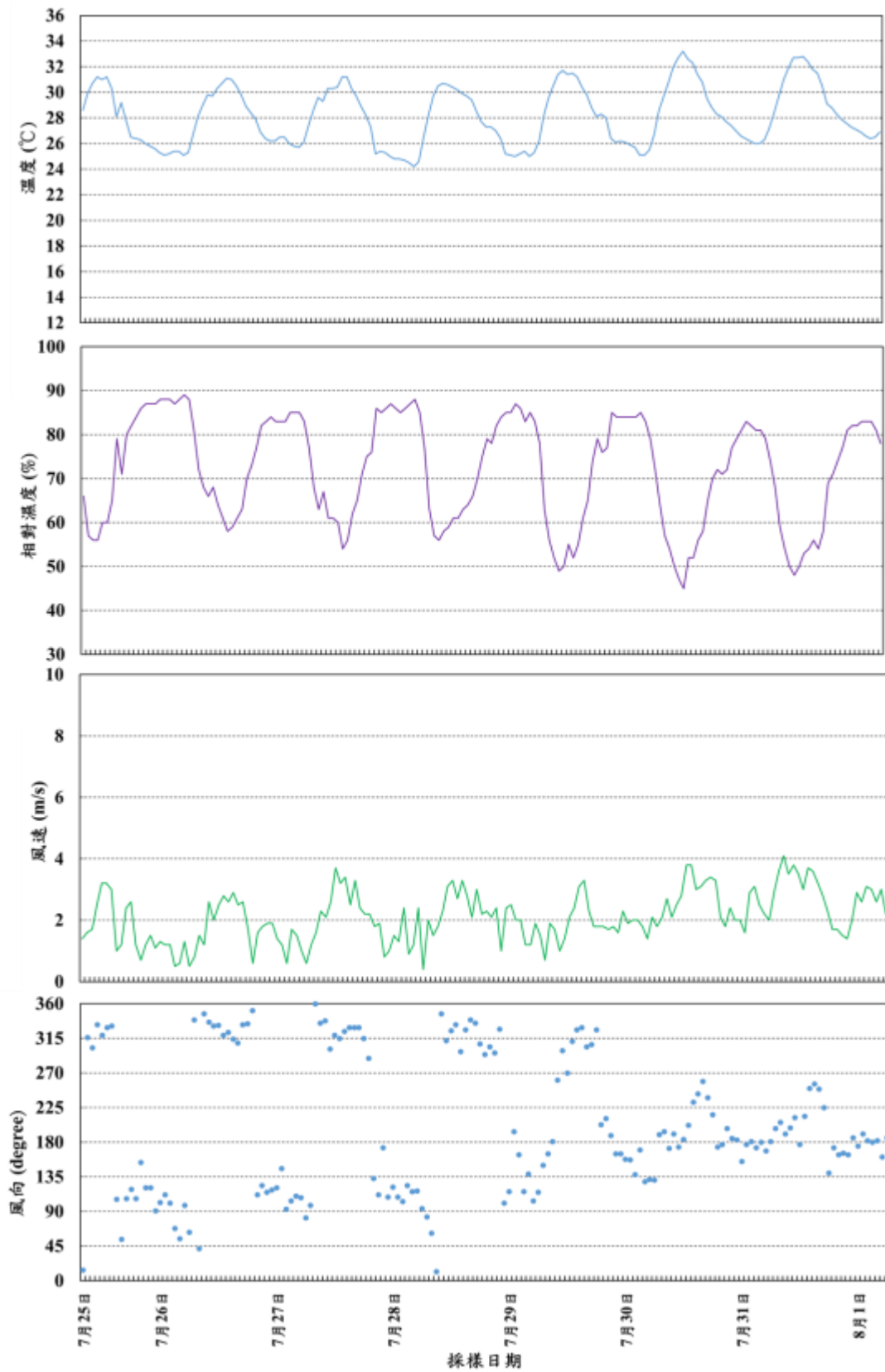


圖 4.1.7 豐原站夏季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖

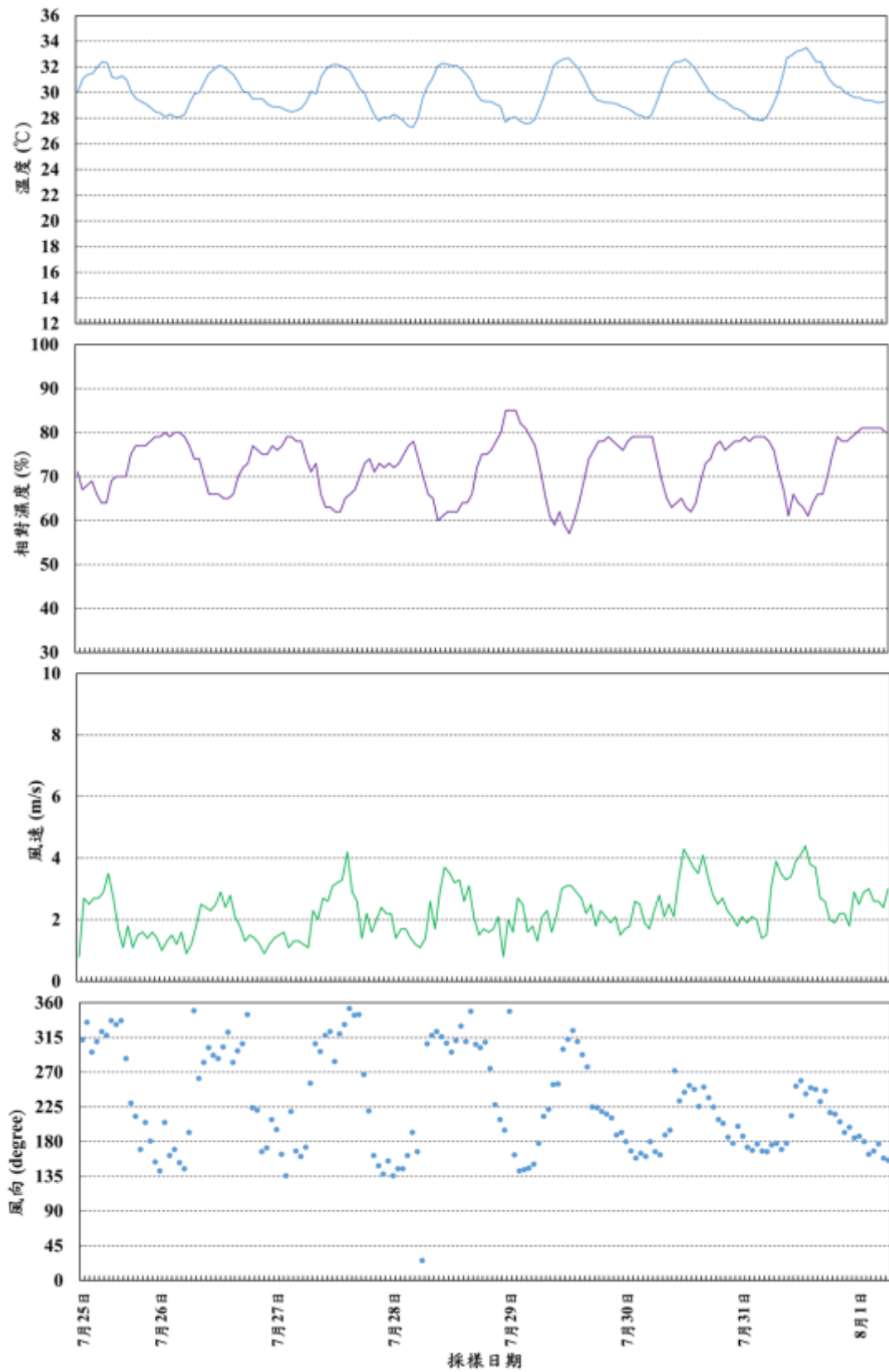


圖 4.1.8 沙鹿站夏季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖

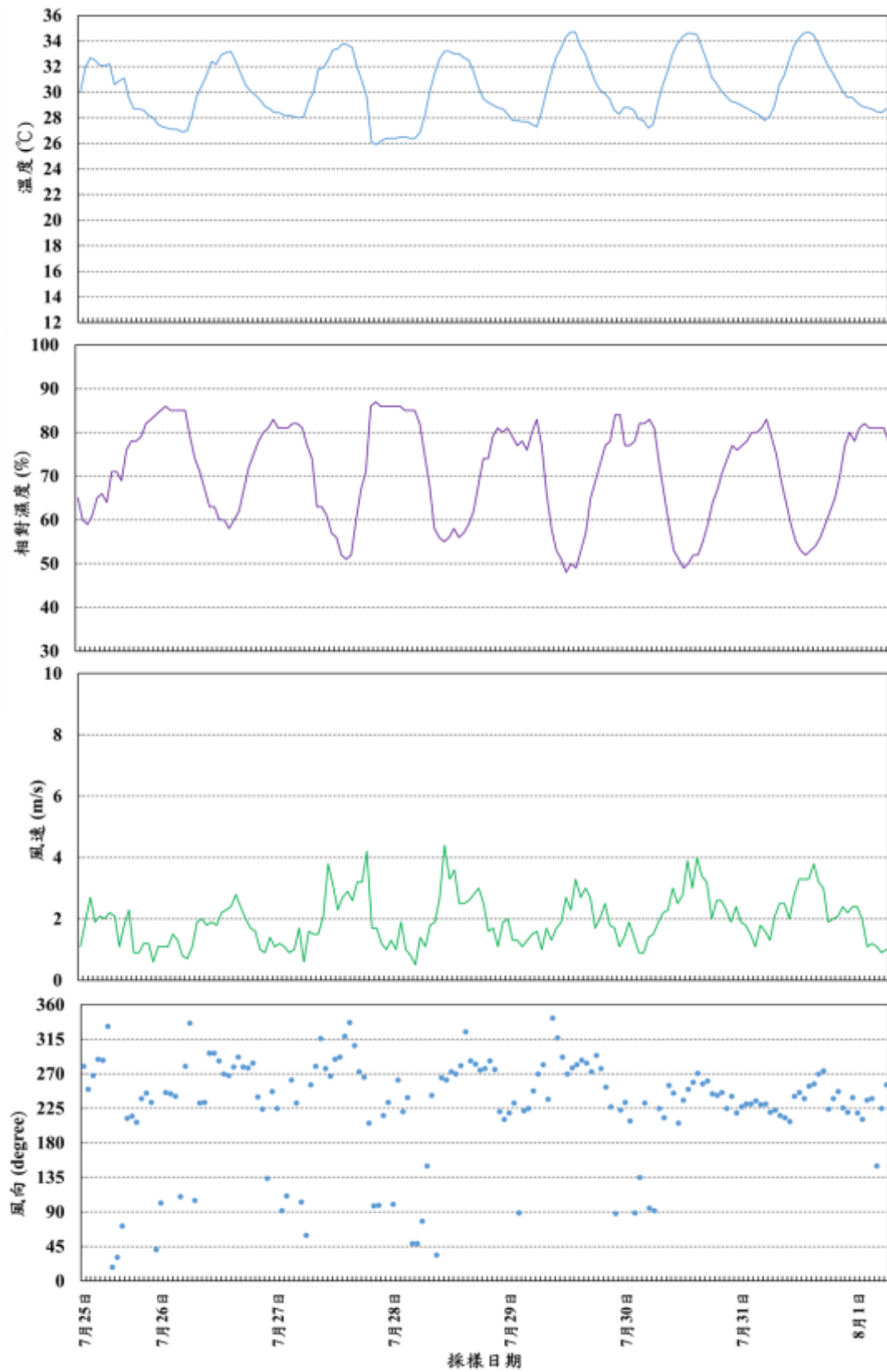


圖 4.1.9 大里站夏季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖

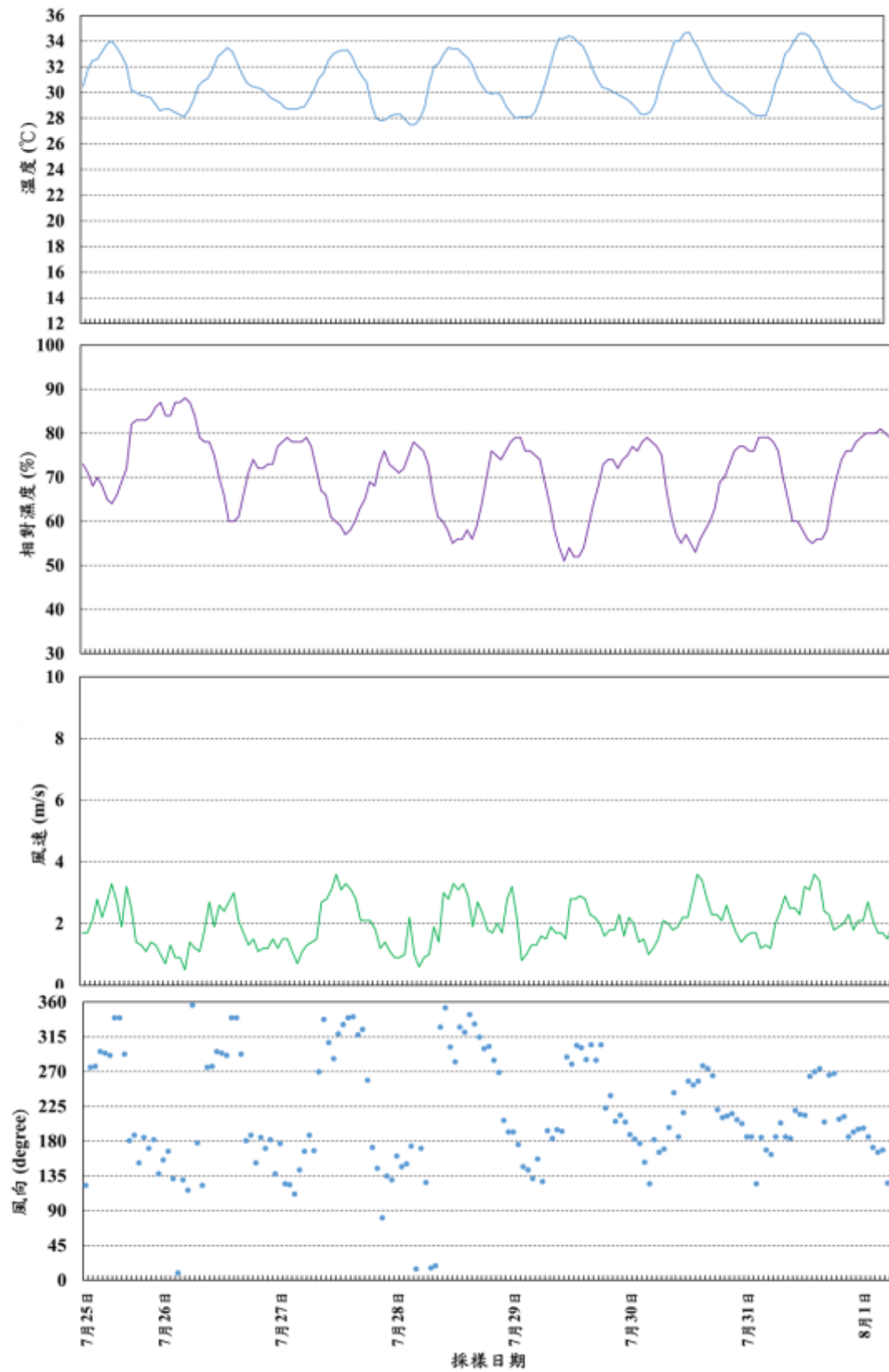


圖 4.1.10 彰化站夏季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖

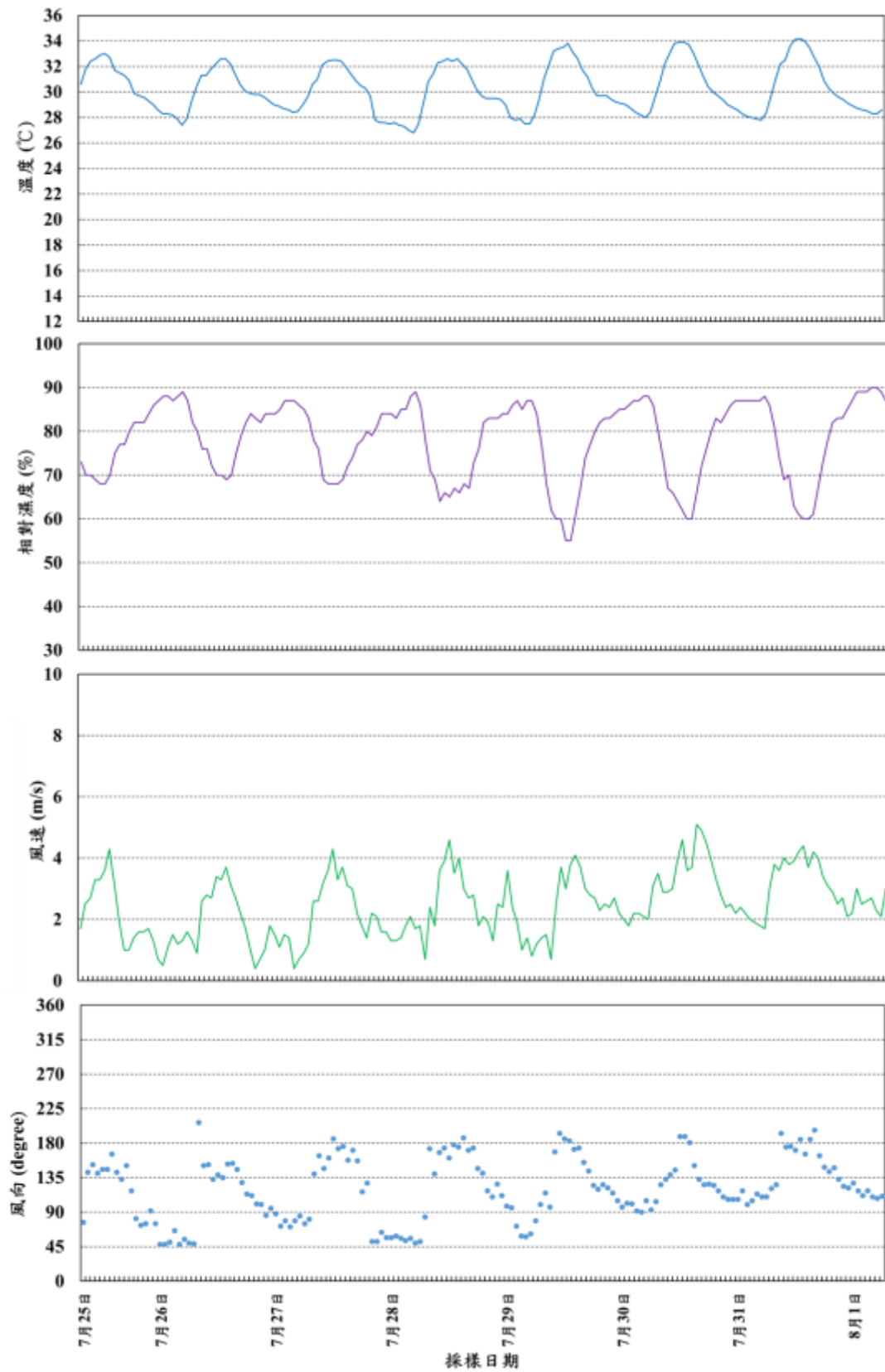


圖 4.1.11 線西站夏季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖

比較春季和夏季密集採樣期間之氣象資料，可發現除了夏季的溫度本身就較高外，2 個季節的平均相對濕度 ($p = 0.67$) 和風速 ($p = 0.37$) 均無顯著差異。在風向部分，豐原站和大里站在 2 個季節的優勢風向差異不大，但其他 3 個測站在不同季節的風向則有明顯差異，如沙鹿站在春季以東北風和西北風為主，夏季轉以東南風和西北風，彰化站在春季以東北風和西北風為主，夏季轉為東南風、西南風和西北風，線西站在春季和夏季分別以東北風和東南風為主（線西站在春季和夏季密集採樣期間的擺放位置不同，且春季密集採樣期間的儀器架設位置臨近圍牆，因此儀器擺放位置的周邊環境可能會影響到 2 個季節的優勢風向比較，故其結果僅供參考）。透過 2 個季節的氣象間測資料可知，不同測站在不同季節的氣象條件有明顯差異，特別是風向，並可能影響到污染源的貢獻種類。

4.1.2 大氣細懸浮微粒濃度分布

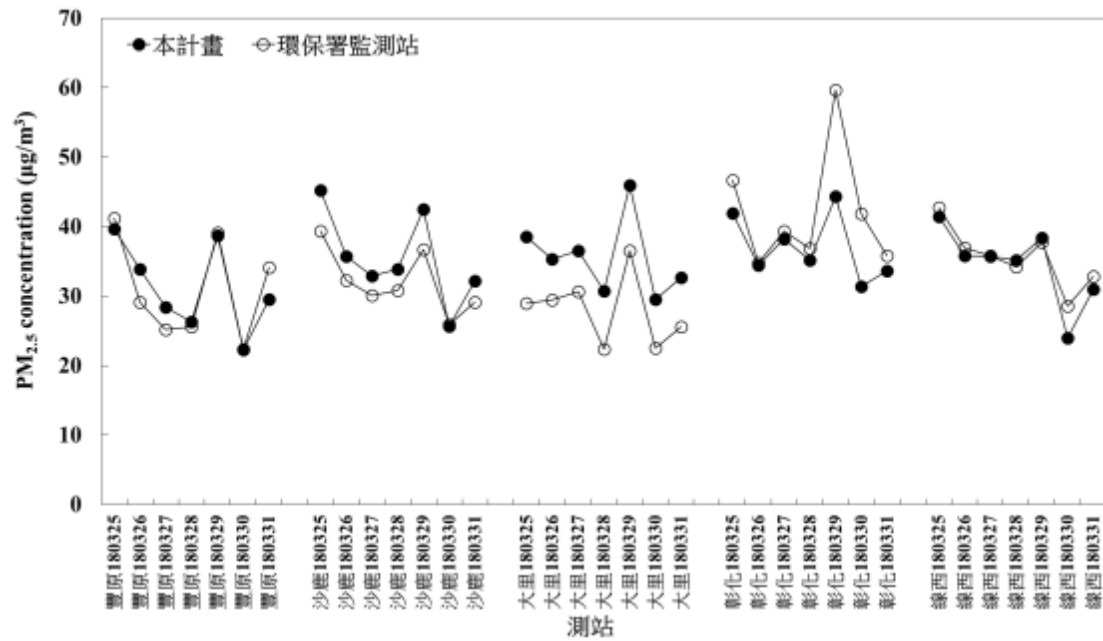
本計畫於 2018 年春季和夏季密集採樣期間採集的平均 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度分別為 $34.8 \pm 5.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 $14.1 \pm 3.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，同一時間/空間由環保署測站採集到的平均 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度分別為 $33.7 \pm 7.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 $14.5 \pm 3.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，本計畫和環保署監測站在 2 個季節測到的平均 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度差異均在 $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 左右；此外，圖 4.1.12 和圖 4.1.13 顯示本計畫和環保署監測站採集到的 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度趨勢相近，春季和夏季的相關性 (r) 分別為 0.72 和 0.79，並都具顯著相關性 ($p < 0.05$)，反映本計畫採集到的 $\text{PM}_{2.5}$ 樣本具有代表性。

表 4.1.2 和表 4.1.3 分別為 2018 年春季和夏季的豐原、沙鹿、大里、彰化和線西站之 $\text{PM}_{2.5}$ 及其化學組成濃度資料。此 2 張表顯示春季密集採樣期間，所有測站的平均 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度為夏季的 2.5 倍，其中沙鹿站、大里站和彰化站在春季的平均 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度均超過日平均標準值 ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$)，豐原站和線西站的平均 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度雖低於日平均標準值，但也分別有 30% 和 70% 的樣本高於日平均標準值；反觀，夏季 5 個測站的日平均 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度均低於 $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，最高濃度出現在線西站於 7 月 25 日的採樣結果，但日平均濃度僅 $20.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。顯示相較於夏季，中部地區在春季有較嚴重的 $\text{PM}_{2.5}$ 污染問題。前期計畫於彰化、雲林、南投和嘉義的採樣結果，也顯示夏季的 $\text{PM}_{2.5}$ 污染情形最為輕微，且日平均濃度多小於 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (周崇光, 2017)。

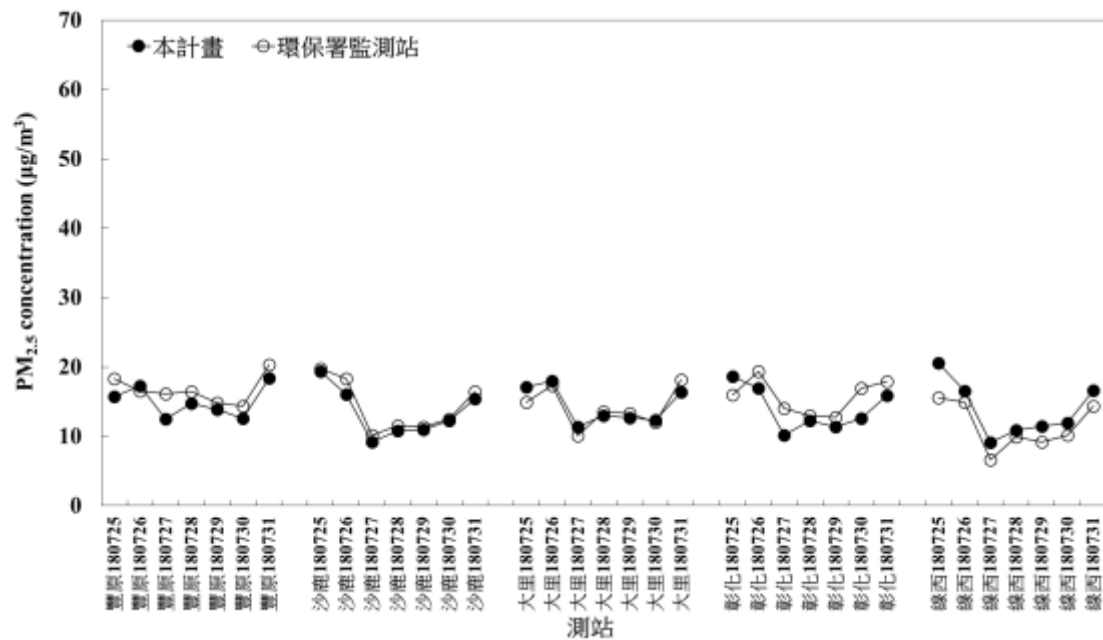
4.1.3 細懸浮微粒化學組成特性

表 4.1.2 和表 4.1.3 為春季和夏季之 $\text{PM}_{2.5}$ 中的主要化學組成統計表，圖 4.1.14 和圖 4.1.15 分別呈現春季和夏季之各測站 $\text{PM}_{2.5}$ 中不同化學組成佔有的比例，其中除了有機碳和元素碳的濃度外，本計畫也呈現用現代碳比例乘上總碳濃度來計算現代碳和化石碳濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)，並討論大氣 $\text{PM}_{2.5}$ 中的化石燃料和非石化燃料對 $\text{PM}_{2.5}$ 中碳的貢獻。

表 4.1.2 顯示春季密集採樣期間，所有測站的 $\text{PM}_{2.5}$ 都以硫酸鹽為主要的化學組成，最高值出現在線西站的 $9.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，最低的彰化站也有 $8.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。除了線西站的第二高化學組成為硝酸鹽外，其他 4 站的第二高化學組成均為有機碳，最高的有機碳濃度出現在沙鹿站 ($10.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$)，最低出現在豐原站 ($6.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$)。硝酸鹽濃度為各測站的第三高（線西站除外），最高值出現在沙鹿站 ($5.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$)，最低出現在大里站 ($3.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$)。銨鹽部分，最高濃度出現在線西站 ($4.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$)，最低濃度出現在大里站 ($3.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$)。元素碳部分，最高濃度出現在大里站、彰化站和線西站 ($2.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$)，最低濃度出現在豐原站 ($1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$)。在化石碳和現代碳部分，化石碳的濃度均較現代碳高，最高的化石碳濃度發生在沙鹿站 ($6.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$)，最低為豐原站 ($4.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$)；最高的現代碳濃度發生在沙鹿站 ($5.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$)，最低為線西站 ($3.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$)。氯鹽部分，最高濃度出現在線西站 ($0.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$)，最低濃度出現在豐原站 ($0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$)。其他化學組成（地殼元素和其他元素）最高濃度出現在彰化站 ($1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$)，最低濃度出現在沙鹿站 ($0.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$)。

圖 4.1.12 本計畫和環保署監測站同步採集之春季 $PM_{2.5}$ 濃度分布圖

(r = 0.72, p-value < 0.05)

圖 4.1.13 本計畫和環保署監測站同步採集之夏季 $PM_{2.5}$ 濃度分布圖

(r = 0.79, p-value < 0.05)

表 4.1.2 春季大氣 PM_{2.5} 及化學組成濃度統計表(mean ± SD, µg/m³)

	所有測站	豐原站	沙鹿站	大里站	彰化站	線西站
PM _{2.5}	34.8 ± 5.8	31.2 ± 6.5	35.4 ± 6.6	35.6 ± 5.6	37.0 ± 4.7	34.5 ± 5.6
硫酸鹽	9.2 ± 1.5	9.2 ± 1.6	9.3 ± 1.8	9.0 ± 1.3	8.9 ± 1.1	9.5 ± 2.0
硝酸鹽	5.0 ± 2.1	4.0 ± 2.2	5.6 ± 2.6	3.7 ± 1.8	5.2 ± 1.2	6.4 ± 1.8
銨鹽	4.0 ± 1.0	3.7 ± 1.2	4.4 ± 1.2	3.5 ± 0.7	3.7 ± 0.5	4.7 ± 1.0
氯鹽	0.6 ± 0.3	0.3 ± 0.1	0.6 ± 0.2	0.4 ± 0.3	0.7 ± 0.3	0.8 ± 0.2
有機碳	8.2 ± 2.0	6.7 ± 0.9	10.4 ± 1.5	9.1 ± 0.8	8.6 ± 1.8	6.1 ± 1.3
元素碳	1.9 ± 0.2	1.7 ± 0.2	1.9 ± 0.2	2.0 ± 0.2	2.0 ± 0.3	2.0 ± 0.3
現代碳 ^{&}	4.8 ± 1.1	4.2 ± 0.8	5.9 ± 0.8	5.1 ± 0.7	5.1 ± 1.2	3.7 ± 0.9
化石碳 [#]	5.3 ± 1.2	4.2 ± 0.5	6.5 ± 1.1	6.0 ± 0.8	5.3 ± 0.7	4.5 ± 0.7
其他組成 [^]	1.0 ± 0.3	0.9 ± 0.2	0.8 ± 0.2	1.0 ± 0.3	1.4 ± 0.3	1.1 ± 0.2

[&]總碳濃度乘上現代碳比例 (%)[#]總碳濃度乘上(100-現代碳比例 (%))[^]其他組成為地殼元素和其他元素之濃度總和

表 4.1.3 夏季大氣 $\text{PM}_{2.5}$ 及化學組成濃度統計表(mean $\pm$ SD, $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	所有測站	豐原站	沙鹿站	大里站	彰化站	線西站
$\text{PM}_{2.5}$	14.1 $\pm$ 3.1	15.0 $\pm$ 2.3	13.5 $\pm$ 3.6	14.4 $\pm$ 2.6	14.0 $\pm$ 3.2	13.9 $\pm$ 4.1
硫酸鹽	4.7 $\pm$ 0.8	4.9 $\pm$ 0.6	4.6 $\pm$ 0.8	4.8 $\pm$ 1.0	4.6 $\pm$ 0.9	4.6 $\pm$ 0.9
硝酸鹽	1.1 $\pm$ 0.6	1.1 $\pm$ 0.6	0.9 $\pm$ 0.6	1.0 $\pm$ 0.4	0.9 $\pm$ 0.5	1.5 $\pm$ 0.8
銨鹽	1.8 $\pm$ 0.3	1.8 $\pm$ 0.3	1.7 $\pm$ 0.3	1.8 $\pm$ 0.3	1.8 $\pm$ 0.4	2.0 $\pm$ 0.5
氯鹽	0.3 $\pm$ 0.2	0.4 $\pm$ 0.3	0.2 $\pm$ 0.1	0.4 $\pm$ 0.2	0.2 $\pm$ 0.1	0.3 $\pm$ 0.2
有機碳	4.0 $\pm$ 1.5	5.0 $\pm$ 1.8	3.9 $\pm$ 2.2	4.2 $\pm$ 0.8	3.9 $\pm$ 0.8	3.0 $\pm$ 1.3
元素碳	0.7 $\pm$ 0.3	1.1 $\pm$ 0.3	0.8 $\pm$ 0.2	0.5 $\pm$ 0.2	0.8 $\pm$ 0.2	0.3 $\pm$ 0.1
現代碳 ^{&}	2.3 $\pm$ 0.9	3.0 $\pm$ 0.9	2.2 $\pm$ 1.3	2.3 $\pm$ 0.4	2.4 $\pm$ 0.4	1.6 $\pm$ 0.7
化石碳 [#]	2.4 $\pm$ 0.9	3.2 $\pm$ 1.1	2.4 $\pm$ 1.1	2.4 $\pm$ 0.5	2.3 $\pm$ 0.5	1.8 $\pm$ 0.7
其他組成 [^]	0.5 $\pm$ 0.3	0.5 $\pm$ 0.2	0.4 $\pm$ 0.3	0.5 $\pm$ 0.3	0.5 $\pm$ 0.2	0.4 $\pm$ 0.3

[&]總碳濃度乘上現代碳比例 (%)[#]總碳濃度乘上(100-現代碳比例 (%))[^]其他組成為地殼元素和其他元素之濃度總和

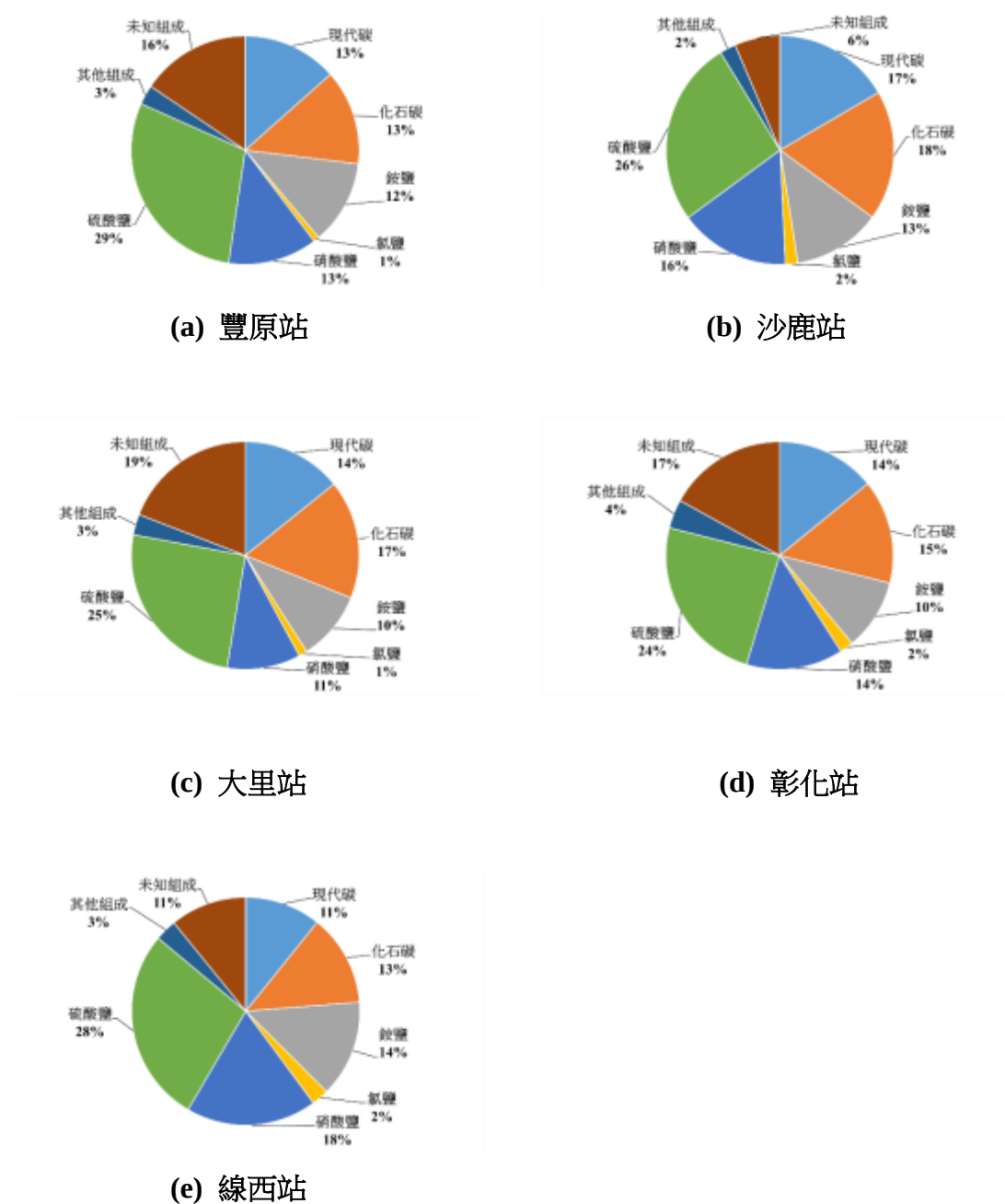
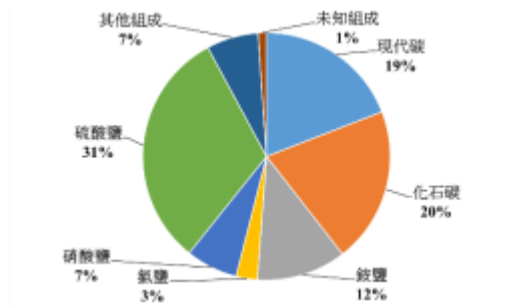
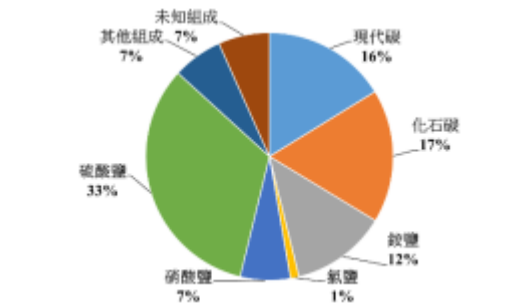


圖 4.1.14 春季密集採樣期間之 $PM_{2.5}$ 化學組成比例

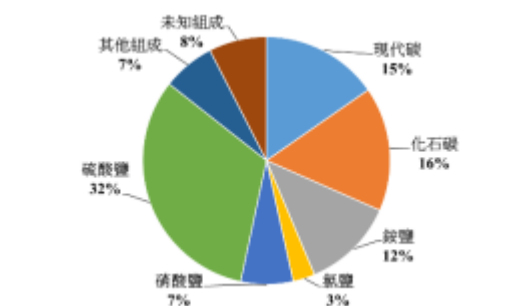
(a) 豐原站、(b) 沙鹿站、(c) 大里站、(d) 彰化站和 (e) 線西站



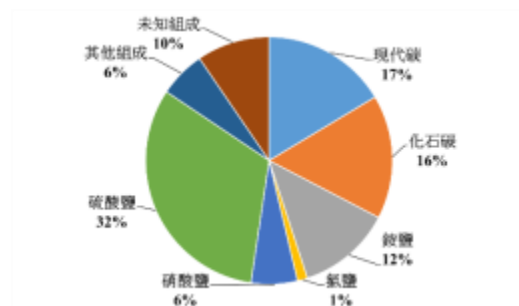
(a) 豐原站



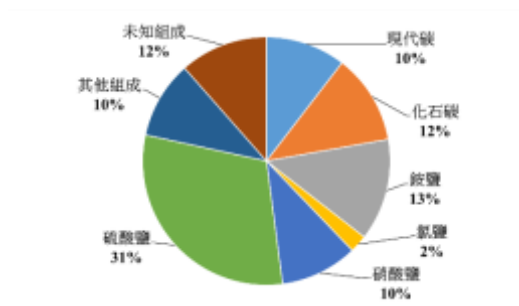
(b) 沙鹿站



(c) 大里站



(d) 彰化站



(e) 線西站

圖 4.1.15 夏季密集採樣期間之 $PM_{2.5}$ 化學組成比例

(a) 豐原站、(b) 沙鹿站、(c) 大里站、(d) 彰化站和 (e) 線西站

圖 4.1.14 顯示各測站之化學組成佔 $PM_{2.5}$ 質量濃度的比例，佔有比例最高為硫酸鹽，平均約 26%，最高為豐原站的 29%，最低為彰化站的 24%。硝酸鹽佔 $PM_{2.5}$ 質量濃度約 14%，最高為線西站的 28%，最低為大里站的 11%。銨鹽佔 $PM_{2.5}$ 質量濃度約 11%，最高為線西站的 14%，最低為大里站和彰化站的 10%。化石碳和現代碳濃度加總約佔 $PM_{2.5}$ 質量濃度的 29%，最高出現在沙鹿站的 35%，最低為線西站的 24%。氯鹽濃度約佔 $PM_{2.5}$ 質量濃度的 2%，最高出現在彰化站、沙鹿站和線西站的 2%，最低為大里站和豐原站的 1%。其他化學組成（地殼元素和其他元素）濃度約佔 $PM_{2.5}$ 質量濃度的 3%，最高出現在彰化站的 4%，最低為彰化站的 2%。此外，未量測到的化學組成約佔 $PM_{2.5}$ 質量濃度的 14%，最高出現在大里站的 19%，最低為沙鹿站的 6%。

表 4.1.3 彙整夏季密集採樣期間之 $PM_{2.5}$ 的化學組成，該表顯示除了豐原站外，其他 4 站的 $PM_{2.5}$ 都以硫酸鹽為主要的化學組成，最高值出現在豐原站的 $4.9 \mu g/m^3$ ，最低為沙鹿站、彰化站與線西站的 $4.6 \mu g/m^3$ 。有機碳為各測站的重要化學組成，最高的有機碳濃度出現在豐原站 ($5.0 \mu g/m^3$)，最低出現在線西站 ($3.0 \mu g/m^3$)。銨酸濃度為各測站的第三高化學組成，最高值出現在線西站 ($2.0 \mu g/m^3$)，最低出現在沙鹿站 ($1.7 \mu g/m^3$)。硝酸鹽為各測站 $PM_{2.5}$ 濃度中的第 4 高的化學組成，最高濃度出現在線西站 ($1.5 \mu g/m^3$)，最低濃度出現在沙鹿站和彰化站 ($0.9 \mu g/m^3$)。元素碳部分，最高濃度出現在豐原站 ($1.1 \mu g/m^3$)，最低濃度出現在線西站 ($0.3 \mu g/m^3$)。在化石碳和現代碳部分，化石碳的濃度均較現代碳高，最高的化石碳濃度發生在豐原站 ($3.2 \mu g/m^3$)，最低為線西站 ($1.8 \mu g/m^3$)；最高的現代碳濃度發生在豐原站 ($3.0 \mu g/m^3$)，最低為線西站 ($1.6 \mu g/m^3$)。氯鹽部分，最高濃度出現在豐原站和大里站 ($0.4 \mu g/m^3$)，最低濃度出現在沙鹿站和彰化站 ($0.2 \mu g/m^3$)。其他化學組成（地殼元素和其他元素）最高濃度出現在豐原站、大里站和彰化站 ($0.5 \mu g/m^3$)，最低濃度出現在沙鹿站和線西站 ($0.4 \mu g/m^3$)。

圖 4.1.15 顯示各測站之化學組成佔 $PM_{2.5}$ 質量濃度的比例，佔有比例最高為硫酸鹽，平均約 32%，最高為沙鹿站的 33%，最低為豐原站及線西站的 31%。硝酸鹽佔 $PM_{2.5}$ 質量濃度約 7%，最高為線西站的 10%，最低為彰化站的 6%。銨鹽佔 $PM_{2.5}$ 質量濃度約 12%，最高為線西站的 13%，其他測站均佔 $PM_{2.5}$ 質量濃度的 12%。化石碳和現代碳濃度加總約佔 $PM_{2.5}$ 質量濃度的 32%，最高出現在豐原站的 39%，

最低為線西站的 22%。氯鹽濃度約佔 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度的 2%，最高出現在豐原站的 3%，最低為沙鹿站和彰化站的 1%。其他化學組成（地殼元素和其他元素）濃度約佔 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度的 7%，最高出現在線西站的 10%，最低為彰化站的 6%。此外，未量測到的化學組成約佔 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度的 8%，最高出現在線西站的 12%，最低為豐原站的 1%。

綜合春季和夏季的 $\text{PM}_{2.5}$ 及其化學組成分析結果可知，春季的 $\text{PM}_{2.5}$ 污染情形較夏季嚴重，而無論春季或夏季，硫酸鹽、硝酸鹽和銨鹽等二次氣膠均是各測站 $\text{PM}_{2.5}$ 的重要化學組成，在春季和夏季，三種鹽類之濃度加總分別佔 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度的 52% 和 51%。此外，有機碳和元素碳也是 $\text{PM}_{2.5}$ 中的主要化學組成，其質量濃度約佔 $\text{PM}_{2.5}$ 的 1/3，而化石碳濃度占有的比例略高於現代碳濃度。上述資料反映光化學反應和燃燒生成的物種是各測站 $\text{PM}_{2.5}$ 的重要組成。

4.1.4 以高低 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日探討微粒潛在污染成因

本章節延續前期計畫的分析方法，將各測站的 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度以 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 進行劃分，並比較非 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日和 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日之化學組成，以了解造成中部地區春季高 $\text{PM}_{2.5}$ 事件的潛在因素。然而，在夏季，由於所有測站的 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度均無超過 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，因此本研究以夏季 $\text{PM}_{2.5}$ 的中位數濃度 ($12.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 當作分割點，並探討低於和高於夏季 $\text{PM}_{2.5}$ 中位數濃度之化學組成差異。

圖 4.1.16 和圖 4.1.17 分別為春季和夏季密集採樣期間， $\text{PM}_{2.5}$ 事件日和非事件日之 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度差異，和相較於非 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日，事件日期間所增加的每一個化學組成濃度佔 $\text{PM}_{2.5}$ 增加之質量濃度的比例（環圈圖）。在春季，圖 4.1.16 顯示豐原站的事件日與非事件日濃度差異，其差值為 $11.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，差異最小的彰化站為 $6.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。在化學組成部分，儘管本計畫在 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日期間，採集到的濃度較前期計畫低，且 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日和非事件日之 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度差異不如前期計畫高，但仍可發現硫酸鹽、硝酸鹽和銨鹽仍是 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日期間增加幅度最為明顯的化學組成，其中又以線西站上增的比例最高，硫酸鹽、硝酸鹽和銨鹽上增的比例相加後可達 73%，最低的彰化站也有 56%。進一步分析非 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日和 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日之硫酸鹽、硝酸鹽和銨鹽之濃度加總和 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度的相關性，分析發現在春季的非 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日期間，硫酸鹽、硝酸鹽和銨鹽之濃度加總和 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度的相關性為 0.77 (r)

($p < 0.05$)，遠高於 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日期間的 0.37 (r)，此結果似乎反映在春季的非 $\text{PM}_{2.5}$ 事件期間，當地光化反應生成的二次氣膠是影響 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度的重要因素，但 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日期間，當地光化反應生成的二次氣膠可能僅貢獻部分 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度，多數可能來自其他區域隨氣流傳輸或直接受污染源排放所貢獻，如前期計畫發現硫酸鹽約佔煉油廠和燃煤電廠排放之 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度的 35% (周崇光, 2017)，進而造成 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日期間，硫酸鹽等化學組成和 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度的相關性低。

在夏季，圖 4.1.17 顯示線西站的事件日與非事件日濃度差異最大，其差值為 $7.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，差異最小的豐原站為 $3.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。在化學組成部分，硫酸鹽、硝酸鹽和銨鹽仍是 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日期間增加幅度最為明顯的化學組成，其中又以大里站上增的比例最高，硫酸鹽、硝酸鹽和銨鹽上增的比例經相加後可達 65%，最低的沙鹿站和線西站為 34%，但相較於非 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日，沙鹿站在 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日期間上升較為明顯的化學組成為現代碳和化石碳 (46%)，線西站則有較高組成仍未被分析出來 (32%)。此外，夏季的非 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日和 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日期間，硫酸鹽、硝酸鹽和銨鹽之濃度加總和 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度的相關性均為 0.57 (r)，雖具顯著相關性，但相關性較低，推測二次氣膠可能僅是造成夏季高 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度的組成之一，其他污染源亦可能扮演重要的貢獻者，如沙鹿站有較高來自燃燒生成的碳濃度等。

透過圖 4.1.16 和圖 4.1.17 可發現二次氣膠是各測站高 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日的重要化學組成，但該圖也顯示現代碳或化石碳在 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日期間也有較高的生成量。在春季的 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日期間，除了線西站外，圖 4.1.16 顯示豐原站、沙鹿站、大里站和彰化站的現代碳和化石碳濃度上升比例均較非事件日期間高 (8~12%)，顯示燃燒生成的微粒也是造成當地 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度上升的主要因素，但不同測站的碳來源明顯不同。在豐原站和彰化站， $\text{PM}_{2.5}$ 事件日期間，現代碳和化石碳濃度上升的比例相當，反映化石燃料和非化石燃料對此 2 站的影響相似，前期計畫的研究成果也顯示相較於非事件日 (周崇光, 2017)，冬季彰化站在 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日期間所上升的化石碳和現代碳比例也相近，顯示該站在 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日期間的碳污染源穩定。然而，沙鹿站和大里站的化石碳濃度增量比例較高，過去研究指出石化業或交通排放等污染源為重要的化石碳貢獻源 (Heal et al., 2011; Klinedinst and Currie, 1999)，此結果說明沙鹿站和大里站在 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日期間，化石燃料的燃燒是重要的碳污染源，而現代碳的貢獻較低，如生質燃燒等 (Heal et al., 2011; Zong et al., 2016)。在夏季的 $\text{PM}_{2.5}$

事件日期間，除了大里站外，另外 4 個測站的現代碳和化石碳濃度上升比例均較非事件日期間高 3~23%，但不同測站的碳種類明顯不同。在豐原站和沙鹿站， $PM_{2.5}$ 事件日期間，現代碳和化石碳濃度上升的比例相當，反映化石燃料和非化石燃料對此 2 站的影響相似。然而，彰化站和線西站的現代碳濃度增量比例較高，顯示當地有較高的現代碳貢獻源，如生質燃燒 (Heal et al., 2011; Zong et al., 2016)。

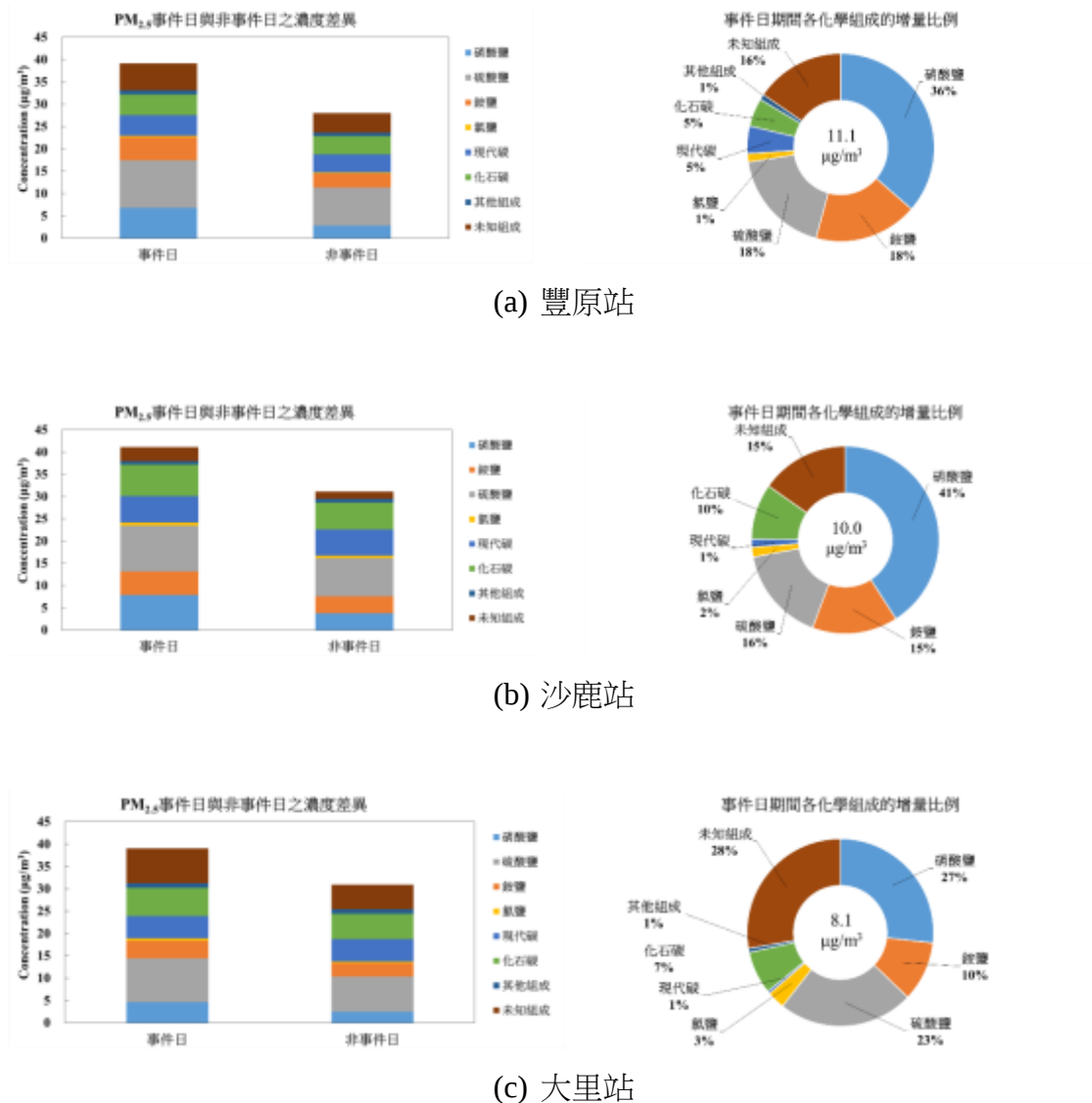
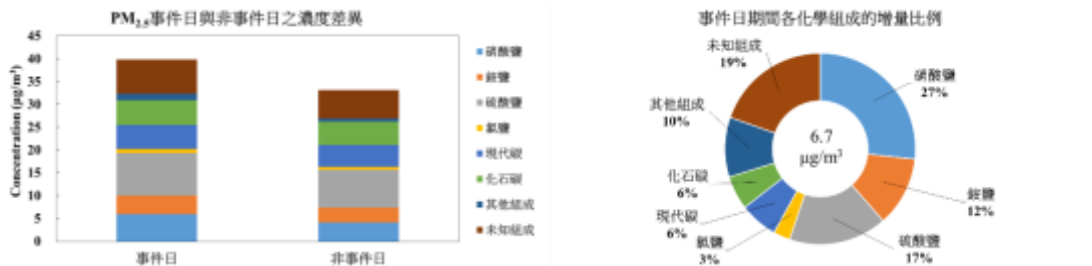
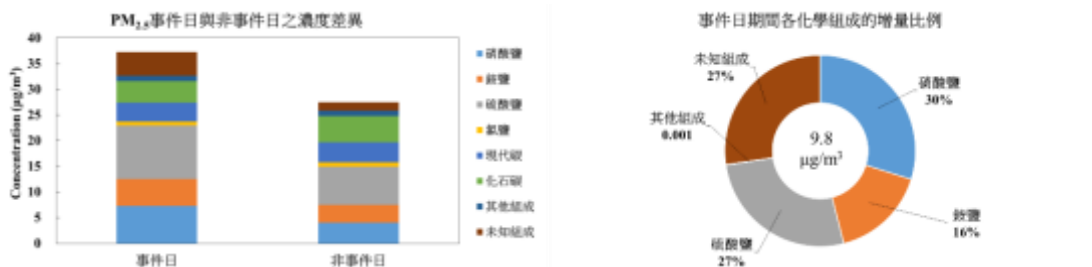


圖 4.1.16 春季密集採樣期間 $PM_{2.5}$ 事件日和非事件日之濃度差異和各化學物種增量比例

(右側環圈圖中心的數值為事件日與非事件日之 $PM_{2.5}$ 濃度差異): (a) 豐原站, (b) 沙鹿站, (c) 大里站, (d) 彰化站和 (e) 線西站



(d) 彰化站



(e) 線西站

圖 4.1.16 春季密集採樣期間 PM_{2.5} 事件日和非事件日之濃度差異和各化學物種增量比例

(右側環圈圖中心的數值為事件日與非事件日之 PM_{2.5} 濃度差異): (a) 豐原站, (b) 沙鹿站, (c) 大里站, (d) 彰化站和 (e) 線西站 (續 1)

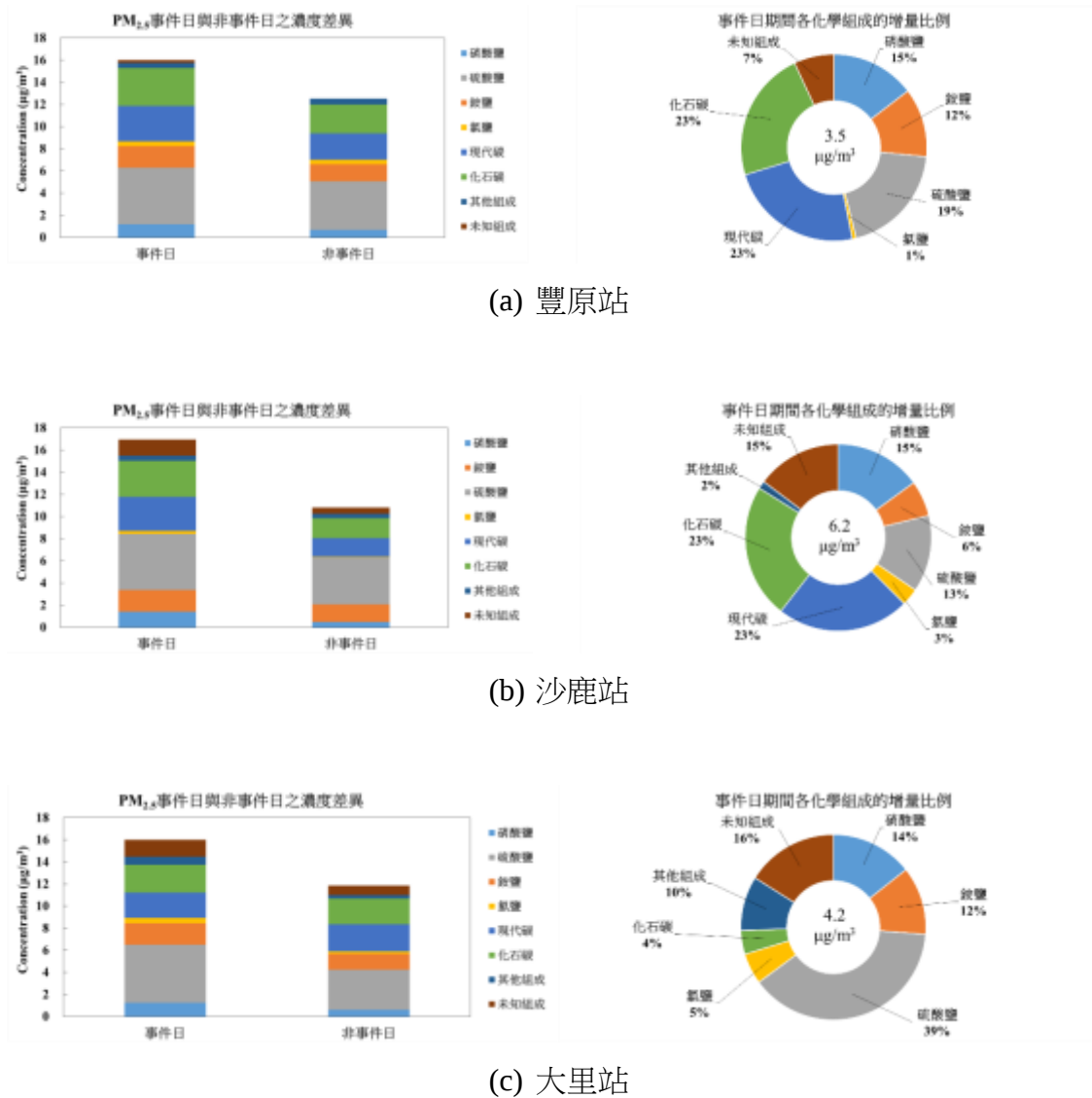
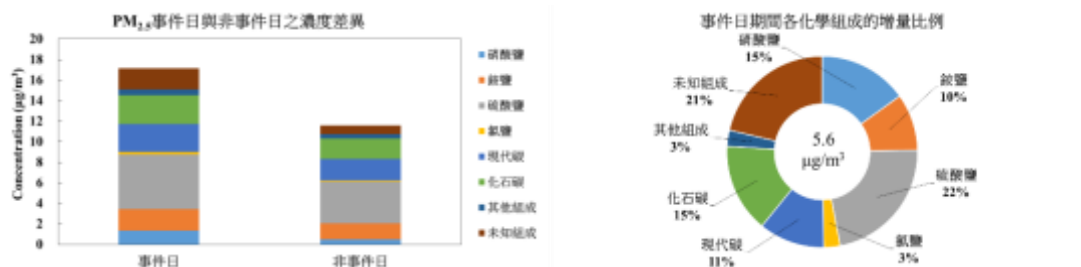
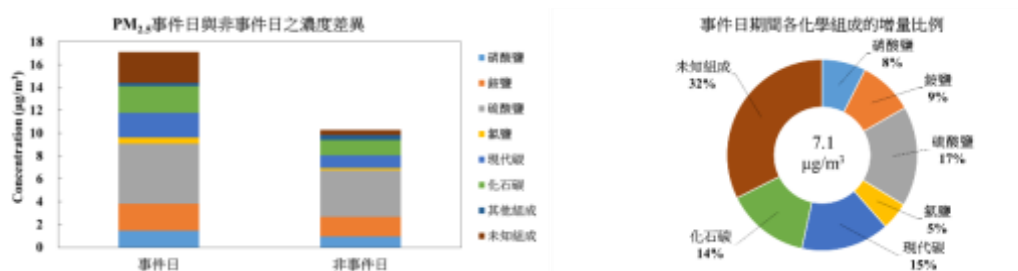


圖 4.1.17 夏季密集採樣期間 PM_{2.5} 事件日和非事件日之濃度差異和各化學物種增量比例

(右側環圈圖中心的數值為事件日與非事件日之 PM_{2.5} 濃度差異): (a) 豐原站, (b) 沙鹿站, (c) 大里站, (d) 彰化站和 (e) 線西站



(d) 彰化站



(e) 線西站

圖 4.1.17 夏季密集採樣期間 PM_{2.5} 事件日和非事件日之濃度差異和各化學物種增量比例

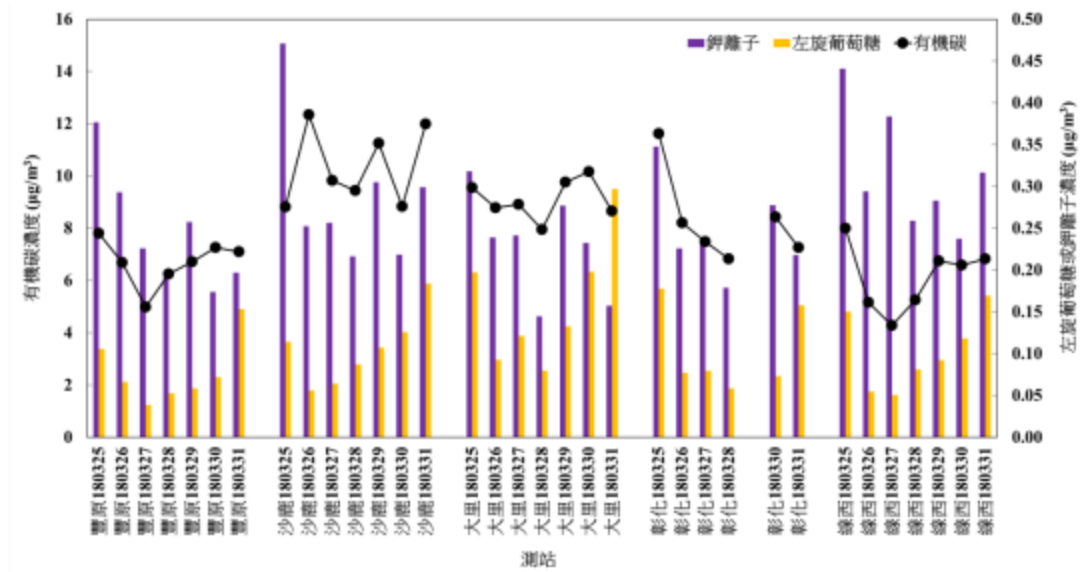
(右側環圈圖中心的數值為事件日與非事件日之 PM_{2.5} 濃度差異): (a) 豐原站, (b) 沙鹿站, (c) 大里站, (d) 彰化站和 (e) 線西站 (續 1)

由表 4.1.2 可發現本計畫採集到的平均有機碳濃度約佔 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度的 24%，過去研究指出生質燃燒是大氣有機碳的主要貢獻源之一，如 Cheng 在台灣的中部地區進行大氣 $\text{PM}_{2.5}$ 化學組成的分析，發現生質燃燒期間，大氣有機碳濃度較非生質燃燒期間高約 2.7 倍 (Cheng et al., 2009)。Dambruoso 分別架設微粒採樣器於離生質燃燒活動位置 4 m 和 20 m 處，採樣並分析發現當生質燃燒活動開始時，距離生質燃燒活動區域約 4 m 處的有機碳濃度高達 $1354 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，20 m 處的有機碳濃度也有 $347 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Dambruoso et al., 2014)。此外，由於生質燃燒是現代碳的重要貢獻源，過去研究也發現當有顯著生質燃燒時，無論有機碳或元素碳，其所含的現代碳比例均在 50% 以上，在無顯著生質燃燒期間所採集的樣本，有機碳或元素碳中所含的現代碳比例則在 45% 以下 (Zong et al., 2016)。因此，本計畫也分析和生質燃燒有關的指標鉀離子和左旋葡萄糖 (Levogluconan) (Cheng et al., 2009; Simoneit et al., 1999)，並透過生質燃燒指標和有機碳與現代碳之關係，討論生質燃燒對中部地區大氣微粒的影響。

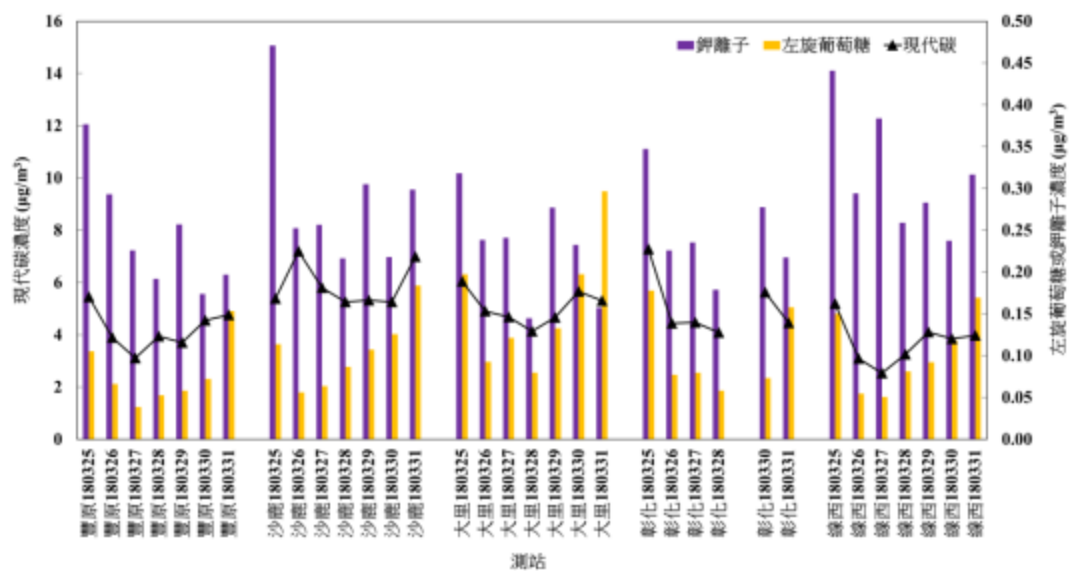
表 4.1.4 為 5 個測站在春季和夏季的左旋葡萄糖與鉀離子濃度統計表，該表顯示春季的左旋葡萄糖和鉀離子濃度均較夏季高，推測春季可能有較多的生質燃燒行為。其中，圖 4.1.18 為春季有機碳、現代碳、左旋葡萄糖和鉀離子濃度之趨勢圖，該圖反映除了沙鹿站外，各測站在 3 月 25 日的有機碳和現代碳濃度之量測值均最高，3 月 26 日~29 日的濃度慢慢下降，左旋葡萄糖和鉀離子濃度也於 3 月 26 日開始下降，表示 3 月 25~26 日有受生質燃燒影響，隨後的影響則越來越小。進一步統計春季期間之有機碳或現代碳和左旋葡萄糖與鉀離子之相關性 (表 4.1.5)，發現除了有機碳和左旋葡萄糖有顯著關係外 ($p < 0.05$)，其他參數均無顯著相關。進一步統計每一個測站的有機碳或現代碳和左旋葡萄糖與鉀離子濃度之相關性後，發現彰化站和線西站的有機碳或現代碳和左旋葡萄糖或鉀離子濃度有顯著相關，其他測站則無顯著相關。本計畫推測，除了線西站位於鄉村地區及彰化站週邊也屬於鄉村的地理特性，進而有較多的生質燃燒活動影響此 2 站的微粒濃度外，其他 3 個測站因屬於都會區的地理特性，因此春季密集採樣期間，生質燃燒對此 3 站大氣 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度的影響有限，或都來自長程傳輸所貢獻，使得此 3 站的有機碳或現代碳和左旋葡萄糖與鉀離子濃度相關性不佳。

表 4.1.4 大氣 $\text{PM}_{2.5}$ 中的鉀離子和左旋葡萄糖濃度統計表
(ng/m^3)

	左旋葡萄糖	鉀離子
春季		
所有測站	110.0 ± 55.7	265.7 ± 73.3
豐原站	78.0 ± 38.9	245.7 ± 72.3
沙鹿站	105.4 ± 43.2	288.6 ± 86.5
大里站	160.0 ± 76.1	230.0 ± 63.0
彰化站	104.9 ± 46.2	248.6 ± 53.7
線西站	102.1 ± 45.6	315.7 ± 71.1
夏季		
所有測站	72.8 ± 56.8	187.7 ± 97.8
豐原站	57.9 ± 32.6	187.9 ± 82.7
沙鹿站	68.4 ± 52.3	187.1 ± 122.8
大里站	105.3 ± 77.8	175.0 ± 75.1
彰化站	68.4 ± 49.9	175.7 ± 86.0
線西站	64.4 ± 51.0	212.9 ± 121.6



(a) 有機碳、左旋葡萄糖和鉀離子時間趨勢圖



(b) 現代碳、左旋葡萄糖和鉀離子時間趨勢圖

圖 4.1.18 春季密集採樣期間有機碳、現代碳、左旋葡萄糖和鉀離子濃度時間趨勢圖

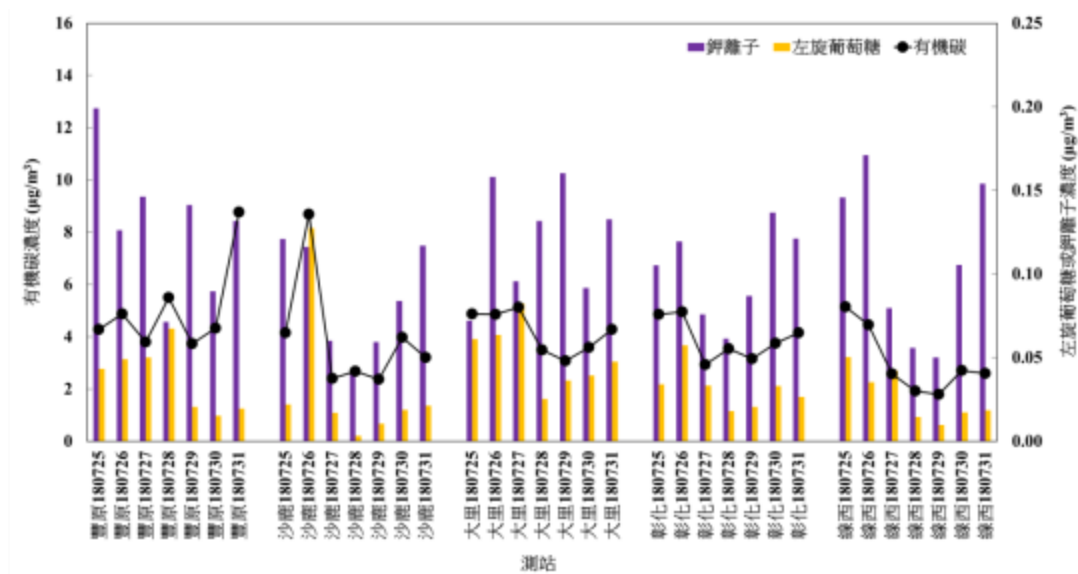
表 4.1.5 春季大氣有機碳或現代碳和鉀離子及左旋葡萄糖濃度之相關性 (r)

	有機碳或現代碳	左旋葡萄糖 (<i>p-value</i>)	鉀離子 (<i>p-value</i>)
所有測站	有機碳	0.40 (< 0.05)	0.07 (0.69)
	現代碳	0.32 (0.07)	0.14 (0.43)
豐原站	有機碳	0.64 (0.12)	0.35 (0.44)
	現代碳	0.70 (0.08)	0.25 (0.59)
沙鹿站	有機碳	0.07 (0.89)	-0.19 (0.69)
	現代碳	0.24 (0.60)	0.31 (0.50)
大里站	有機碳	0.28 (0.54)	0.71 (0.07)
	現代碳	0.70 (0.08)	-0.02 (0.96)
彰化站	有機碳	0.59 (0.17)	0.82 (< 0.05)
	現代碳	0.90 (< 0.05)	0.71 (0.11)
線西站	有機碳	0.86 (< 0.05)	0.24 (0.60)
	現代碳	0.49 (0.27)	0.65 (0.11)

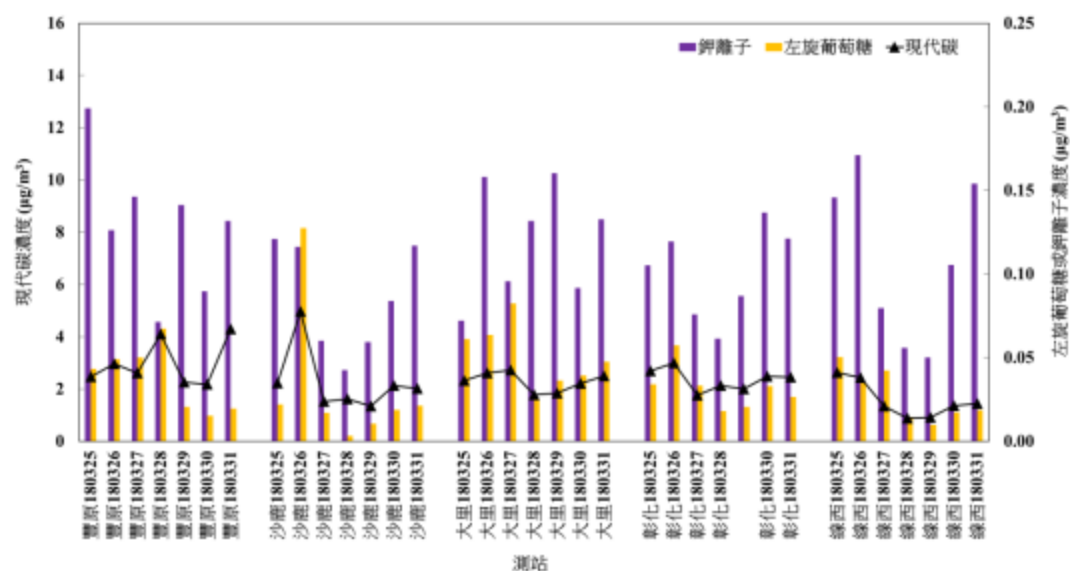
例如，Zhang 在 2016 年期間 (Zhang et al., 2018)，利用 high-resolution time-of-flight aerosol mass spectrometer (HR-ToF-AMS) 觀測發現，2016 年 4 月 12 日~5 月 12 日期間，東南亞生質燃燒活動產生的微粒會隨氣流飄向夏威夷，造成當地的 PM_{10} 濃度明顯提升，特別是 PM_{10} 中的碳成分。該研究結果顯示，生質燃燒確實可透過氣流的傳輸影響到其他無生質燃燒行為的區域，但其影響則不如生質燃燒行為的區域顯著。

圖 4.1.19 顯示夏季有機碳、現代碳、左旋葡萄糖和鉀離子濃度趨勢圖，該圖反映每一個測站的鉀離子、左旋葡萄糖、有機碳和現代碳的分佈趨勢相近，且表 4.1.6 顯示所有測站的有機碳和左旋葡萄糖與鉀離子濃度具有顯著相關性，現代碳和左旋葡萄糖與鉀離子濃度亦具有顯著相關性；在各測站部分，除了豐原站和彰化站外，其他測站的左旋葡萄糖或鉀離子均和有機碳或現代碳有顯著相關，似乎暗示，夏季期間的生質燃燒明顯影響各測站 $PM_{2.5}$ 中的碳濃度，特別是沙鹿站、大里站和線西站。

由於台灣中南部普遍存在的生質燃燒以燃燒廢棄稻梗為主，但從本計畫於春季和夏季密集採樣期間所分析到的 Levoglucosan 和 Mannosan 比值發現，稻梗燃燒可能非主要的生質燃燒貢獻源。在春季，平均的 Levoglucosan 和 Mannosan 比值為 11.1 (4.8~17.6)，在夏季，平均的 Levoglucosan 和 Mannosan 比值為 7.7 (3.6~18.8)，夏季的比值雖較春季低，但差異不大且都較過去在台灣量測到的稻梗燃燒所產生的 Levoglucosan 和 Mannosan 比值低 (26.6) (Engling et al., 2009)，並和燃燒木材或森林大火之混合燃燒之比值相近，反應燃燒稻梗可能非主要的生質燃燒貢獻源，而木材燃燒可能是主要貢獻源。此外，由表 4.1.5 和表 4.1.6 可發現，相較於夏季，春季期間的左旋葡萄糖或鉀離子分別和有機碳或現代碳濃度相關性差，推測春季的氣象因素可能也是影響左旋葡萄糖或鉀離子濃度分佈的主因之一，因在春季期間，特別是高 $PM_{2.5}$ 濃度事件日期間，平均風速為 1.5 m/s，接近靜風狀態，非 $PM_{2.5}$ 事件期間，平均風速約 2 m/s，較 $PM_{2.5}$ 濃度事件日期間高，反映除了人為排放所貢獻的一次污染物或參與微粒生成的前趨物外，大氣擴散效應不佳，也是導致 $PM_{2.5}$ 濃度上升的重要因素之一。



(a) 有機碳、左旋葡萄糖和鉀離子時間趨勢圖



(b) 現代碳、左旋葡萄糖和鉀離子時間趨勢圖

圖 4.1.19 夏季密集採樣期間有機碳、現代碳、左旋葡萄糖和鉀離子濃度時間趨勢圖

表 4.1.6 夏季大氣有機碳或現代碳和鉀離子及左旋葡萄糖濃度之相關性 (r)

	有機碳或現代碳	左旋葡萄糖 (<i>p-value</i>)	鉀離子 (<i>p-value</i>)
所有測站	有機碳	0.72 (< 0.05)	0.67 (< 0.05)
	現代碳	0.75 (< 0.05)	0.71 (< 0.05)
豐原站	有機碳	-0.19 (0.68)	-0.20 (0.66)
	現代碳	0.30 (0.52)	-0.39 (0.39)
沙鹿站	有機碳	0.97 (< 0.05)	0.62 (0.14)
	現代碳	0.98 (< 0.05)	0.61 (0.14)
大里站	有機碳	0.92 (< 0.05)	-0.35 (0.43)
	現代碳	0.88 (< 0.05)	-0.21 (0.65)
彰化站	有機碳	0.69 (0.11)	0.54 (0.21)
	現代碳	0.72 (0.07)	0.71 (0.07)
線西站	有機碳	0.80 (< 0.05)	0.81 (< 0.05)
	現代碳	0.78 (< 0.05)	0.85 (< 0.05)

4.2 大氣細懸浮微粒碳及鉛同位素特性

本節呈現春季和夏季之大氣 PM_{2.5} 密集採樣期間的碳與鉛同位素特性 (碳包含 $\delta^{13}\text{C}$ 和現代碳比例, 鉛則包含 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值), 並和前期計畫做初步比較, 以瞭解不同區域和時間的同位素特徵差異。各測站總碳與鉛濃度、 $\delta^{13}\text{C}$ 、現代碳比例、 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值如表 4.2.1 所示。

4.2.1 碳同位素

表 4.2.1 顯示春季所有測站的平均總碳濃度為 $10.1 \pm 2.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 最高值出現在沙鹿站 ($12.3 \pm 1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 最低值出現在線西站 ($8.1 \pm 1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 各測站的總碳濃度有顯著差異 ($p < 0.05$), 顯示不同區域的碳污染程度不同。所有測站在春季的 $\delta^{13}\text{C}$ 平均值及其範圍為 -25.7‰ (-23.6 至 -28.2 ‰), 豐原站、沙鹿站、大里站、彰化站和線西站分別為 -26.1‰ (-27.4 至 -24.9‰)、-25.5‰ (-26.9 至 -24.0‰)、-24.5‰ (-25.7 至 -23.6‰)、-26.8‰ (-28.2 至 -25.3‰) 和 -25.4‰ (-27.3 至 -23.9‰), 各測站的 $\delta^{13}\text{C}$ 有顯著差異 ($p < 0.05$), 說明不同測站的碳污染源不同。在現代碳比例部分, 所有測站的平均現代碳比例及其範圍為 47% (38-57%), 豐原站、沙鹿站、大里站、彰化站和線西站的平均現代碳比例及其範圍分別為 50% (43~57%)、47% (39~51%)、46% (38~52%)、47% (45~52%) 和 44% (42~51%), 各測站的現代碳比例無顯著差異 ($p = 0.12$)。

在夏季, 所有測站的平均總碳濃度為 $4.7 \pm 1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 最高值出現在豐原站 ($6.1 \pm 1.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 最低值出現在線西站 ($3.3 \pm 1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 各測站的總碳濃度有顯著差異 ($p < 0.05$), 顯示不同區域的碳污染程度不同。所有測站在夏季的 $\delta^{13}\text{C}$ 平均值及其範圍為 -25.1‰ (-28.7 至 -20.7‰), 豐原站、沙鹿站、大里站、彰化站和線西站分別為 -24.3‰ (-26.3 至 -21.7‰)、-24.7‰ (-28.6 至 -21.3‰)、-26.5‰ (-27.8 至 -24.9‰)、-23.2‰ (-25.7 至 -20.7‰) 和 -26.6‰ (-28.7 至 -24.1‰), 各測站的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值亦有顯著差異 ($p < 0.05$), 其中大里站和線西站的量測值無顯著差異, 並都低於另外 3 站的量測結果, 說明不同測站的碳污染來源被分為兩大群。在現代碳比例部分, 所有測站的平均現代碳比例及其範圍為 48% (42-61%), 豐原站、沙鹿站、大里站、彰化站和線西站的平均現代碳比例及其範圍分別為 49% (42~61%)、48% (44~51%)、49% (42~54%)、50% (46~54%) 和 47% (43~50%), 各測站的現代碳比例無顯著差異。

($p = 0.62$)。顯示各測站之 $\delta^{13}\text{C}$ 變異均在 2~3‰ 之間，反映不同採樣天數的碳污染源可能不同。

本計畫發現相較於前期計畫在冬季的中南部 $\delta^{13}\text{C}$ 分析結果 (周崇光, 2017)，本計畫量測到的平均 $\delta^{13}\text{C}$ 數值明顯較高 (前期計畫：-28.7‰)，但略低於 104 年度於北部春季的研究結果 (台大測站：-25.5 ± 1.1‰；富貴角測站：-24.5 ± 1.3‰) (周崇光, 2016)，顯示台灣北部和中南部的碳污染源可能不同。在現代碳比例部分，圖 4.2.1 顯示豐原站、沙鹿站和大里站的現代碳比例變異較大，另 2 個測站的變異較小。然而，5 個測站在 3 月 25 日的現代碳比例均超過 50%，圖 4.1.5 也顯示當日的現代碳濃度、有機碳、鉀離子和左旋葡萄糖濃度較其他採樣日高，反映 3 月 25 日可能有明顯的生質燃燒行為貢獻著中部地區的微粒濃度。然而，圖 4.2.1 顯示除了豐原站外，其他 4 個測站的樣本之平均現代碳比例均低於 50%，反映此 4 個測站的碳污染源以化石燃料的燃燒為主，如交通排放或燃煤電廠等。相較於前期計畫在冬季的現代碳比例分析結果 (周崇光, 2017)，可發現整體的分析結果仍較前期計畫低 (前期計畫冬季平均值為 50%)，說明大台中地區和中南部地區的碳污染源可能也不同。

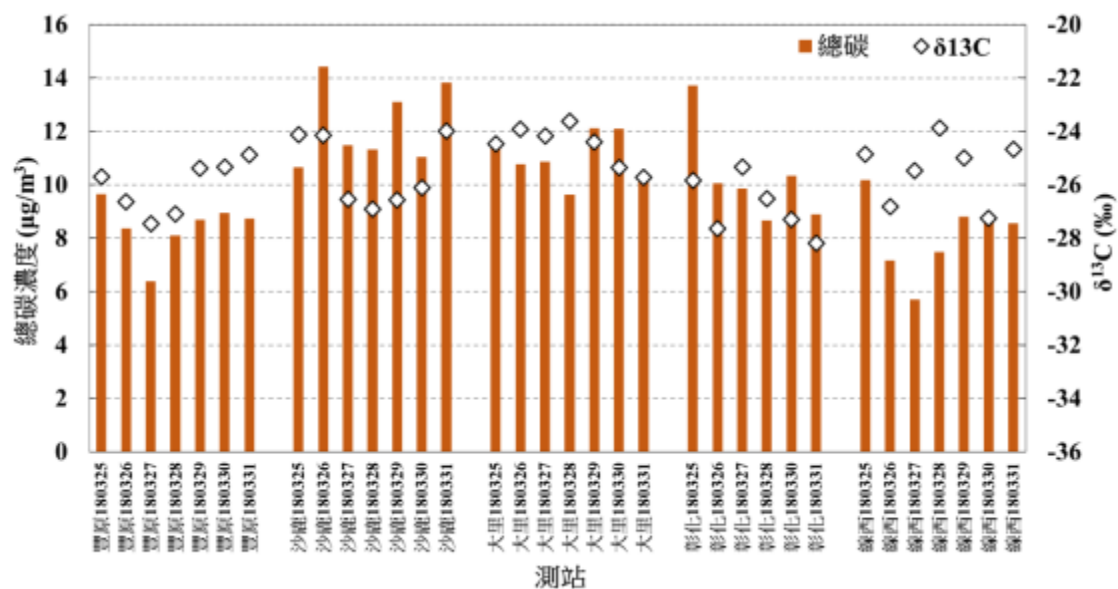
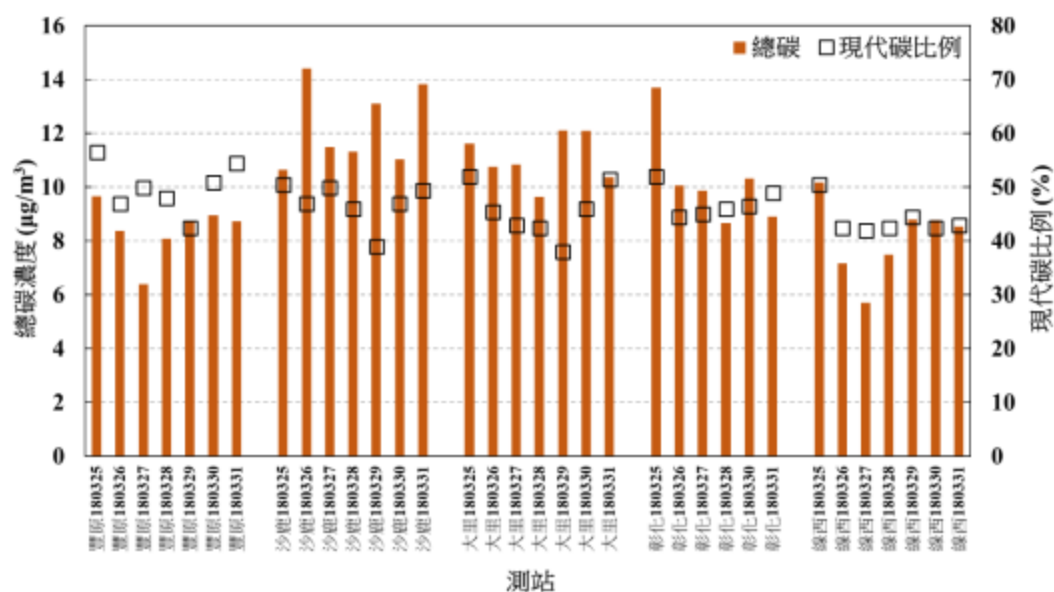
表 4.2.1 密集採樣期間之大氣 PM_{2.5} 中的總碳和鉛濃度及其同位素含量或比值統計表

(mean ± SD, µg/m³)

	所有測站	豐原站	沙鹿站	大里站	彰化站	線西站
春季						
總碳 (µg/m ³)	10.1 ± 2.1	8.4 ± 1.0	12.3 ± 1.5	11.1 ± 0.9	10.6 ± 1.9	8.1 ± 1.4
δ ¹³ C (‰)	-25.7 ± 1.3	-26.1 ± 1.0	-25.5 ± 1.3	-24.5 ± 0.8	-26.8 ± 1.0	-25.4 ± 1.2
現代碳 (%)	47 ± 4	50 ± 5	47 ± 4	46 ± 5	47 ± 3	44 ± 3
Pb (ng/m ³)	8.2 ± 4.8	4.8 ± 1.4	4.7 ± 2.1	7.5 ± 4.0	14.3 ± 5.4	9.6 ± 2.2
²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁷ Pb	1.1522 ± 0.0055	1.1597 ± 0.0031	1.1456 ± 0.0033	1.1506 ± 0.0030	1.1545 ± 0.0034	1.1506 ± 0.0014
²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁷ Pb	2.4335 ± 0.0075	2.4388 ± 0.0052	2.4244 ± 0.0061	2.4361 ± 0.0037	2.4387 ± 0.0064	2.4292 ± 0.0034
夏季						
總碳 (µg/m ³)	4.7 ± 1.7	6.1 ± 1.8	4.7 ± 2.4	4.7 ± 0.8	4.7 ± 0.9	3.3 ± 1.4
δ ¹³ C (‰)	-25.1 ± 2.1	-24.3 ± 1.5	-24.7 ± 2.4	-26.5 ± 1.0	-23.2 ± 1.8	-26.6 ± 1.5
現代碳 (%)	48 ± 4	49 ± 7	48 ± 3	49 ± 5	50 ± 3	47 ± 3
Pb (ng/m ³)	2.3 ± 1.4	2.6 ± 1.0	1.9 ± 1.1	2.6 ± 1.6	2.0 ± 1.0	2.6 ± 2.0
²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁷ Pb	1.1427 ± 0.0100	1.1433 ± 0.0082	1.1330 ± 0.0031	1.1428 ± 0.0093	1.1402 ± 0.0049	1.1528 ± 0.0121
²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁷ Pb	2.4167 ± 0.0111	2.4191 ± 0.0096	2.4140 ± 0.0112	2.4149 ± 0.0139	2.4167 ± 0.0106	2.4132 ± 0.0122

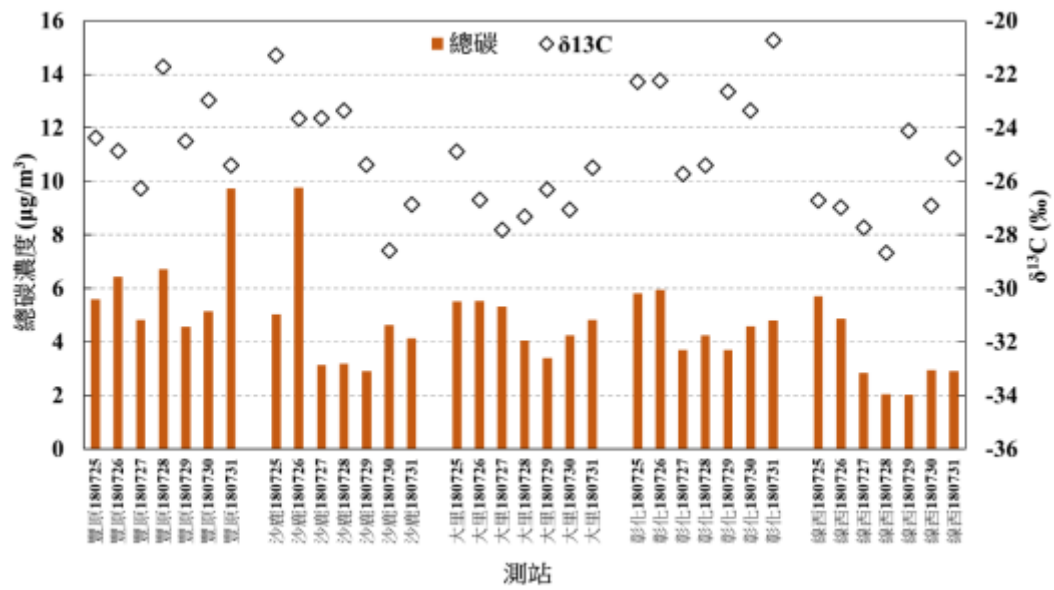
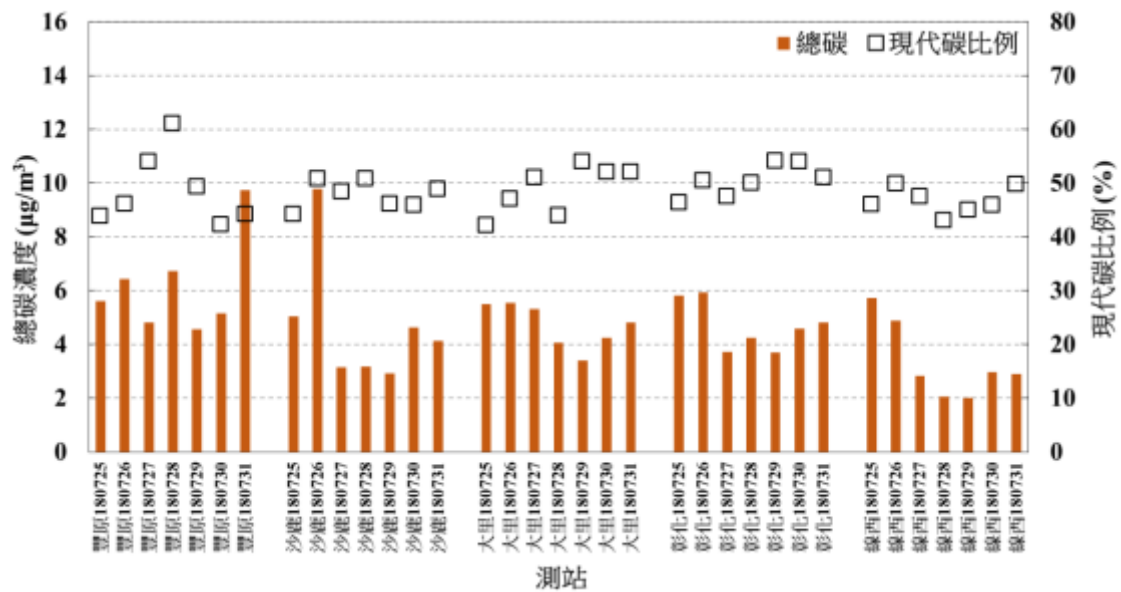
圖 4.2.2 為夏季 5 個測站的總碳濃度、 $\delta^{13}\text{C}$ 和現代碳比例之時間關係圖，該圖顯示 5 個測站的 $\delta^{13}\text{C}$ 變異均大於 2‰，反映在夏季，不同採樣日期的碳污染源可能不同。當進一步比較本期計畫和前期計畫於北部夏季的研究結果，本計畫的量測結果明顯較北部高（前期計畫台大測站： $-27.0 \pm 1.0\text{‰}$ ；富貴角測站： $-26.6 \pm 1.2\text{‰}$ ）（周崇光, 2016），反映台灣北部和中南部的碳污染源可能不同。在現代碳比例部分，圖 4.2.2 顯示 5 個測站的現代碳比例變異較大（ $> 5\%$ ），除了線西站外，其他 4 個測站的現代碳比例橫跨 50%，說明其他 4 個測站的碳成分有受到現代碳和化石碳的貢獻，但線西站則以化石碳為主，如交通排放或燃煤電廠等。相較於前期計畫在夏季的現代碳比例分析結果（周崇光, 2017），可發現整體的分析結果仍較前期計畫低（前期計畫夏季平均值為 50%），說明大台中地區和中南部地區的碳污染源可能也不同。

綜合夏季和春季的碳同位素分析結果，可發現春季的碳污染較為嚴重，且 2 季節的碳污染源可能不同。然而，無論本期或前期計畫的 $\delta^{13}\text{C}$ 量測結果，其值均較 104 年度在台灣北部的量測結果低，反應台灣不同區域的碳污染來源不同。

(a) 總碳和 $\delta^{13}\text{C}$ 

(b) 總碳和現代碳比例

圖 4.2.1 春季密集採樣期間各測站 $\text{PM}_{2.5}$ 中的總碳和碳同位素時間關係圖(a) 總碳濃度和 $\delta^{13}\text{C}$ 和(b) 總碳濃度和現代碳比例

(a) 總碳和 $\delta^{13}\text{C}$ 

(b) 總碳和現代碳比例

圖 4.2.2 夏季密集採樣期間各測站 $\text{PM}_{2.5}$ 中的總碳和碳同位素時間關係圖(a) 總碳濃度和 $\delta^{13}\text{C}$ 和(b) 總碳濃度和現代碳比例

4.2.2 鉛同位素

春季密集採樣期間的大氣鉛濃度和鉛同位素比值如表 4.2.1 所示。表 4.2.1 顯示大氣 PM_{2.5} 中的平均鉛濃度為 $8.2 \pm 4.8 \text{ ng/m}^3$ ，最高值出現在彰化站 ($14.3 \pm 5.4 \text{ ng/m}^3$)，最低為沙鹿站 ($4.7 \pm 2.1 \text{ ng/m}^3$)，並具顯著差異 ($p < 0.05$)，顯示不同區域的鉛污染程度不同。在 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值部分，所有測站的平均比值及其範圍為 1.1522 (1.1415~1.1638)，豐原站、沙鹿站、大里站、彰化站和線西站的平均 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值及其範圍分別為 1.1597 (1.1564~1.1638)、1.1456 (1.1415~1.1511)、1.1506 (1.1461~1.1542)、1.1545 (1.1503~1.1580) 和 1.1506 (1.1488~1.1525)。在 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值部分，所有測站的平均比值及其範圍為 2.4335 (2.4145~2.4507)，豐原站、沙鹿站、大里站、彰化站和線西站的平均 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值及其範圍分別為 2.4388 (2.4325~2.4451)、2.4244 (2.4145~2.4314)、2.4361 (2.4317~2.4412)、2.4387 (2.4293~2.4507) 和 2.4292 (2.4247~2.4326)，不同測站的 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 或 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值具有顯著差異，說明不同測站的鉛污染來源可能不同。

夏季密集採樣期間的大氣鉛濃度和鉛同位素比值如表 4.2.1 所示。表 4.2.1 顯示大氣 PM_{2.5} 中的平均鉛濃度為 $2.3 \pm 1.4 \text{ ng/m}^3$ ，豐原站、大里站和線西站都有 2.6 ng/m^3 ，沙鹿站最低，其平均濃度為 $1.9 \pm 1.1 \text{ ng/m}^3$ ，但不具顯著差異 ($p = 0.23$)。在 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值部分，所有測站的平均比值及其範圍為 1.1522 (1.1415~1.1638)，豐原站、沙鹿站、大里站、彰化站和線西站的平均 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值及其範圍分別為 1.1597 (1.1564~1.1638)、1.1456 (1.1415~1.1511)、1.1506 (1.1461~1.1542)、1.1545 (1.1503~1.1580) 和 1.1506 (1.1488~1.1525)。在 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值部分，所有測站的平均比值及其範圍為 2.4335 (2.4145~2.4507)，豐原站、沙鹿站、大里站、彰化站和線西站的平均 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值及其範圍分別為 2.4388 (2.4325~2.4451)、2.4244 (2.4145~2.4314)、2.4361 (2.4317~2.4412)、2.4387 (2.4293~2.4507) 和 2.4292 (2.4247~2.4326)，不同測站的 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 或 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值具有顯著差異，說明不同測站的鉛污染來源可能不同。

圖 4.2.3 為 5 個測站在春季的鉛濃度及鉛同位素比值之時間關係圖，該圖顯示除了線西站外，另外 4 站在不同採樣日的鉛同位素比值變異大，顯示不同時間的鉛污染源可能不同，但線西站的鉛同位素比值穩定，反映不同採樣日的線西站鉛

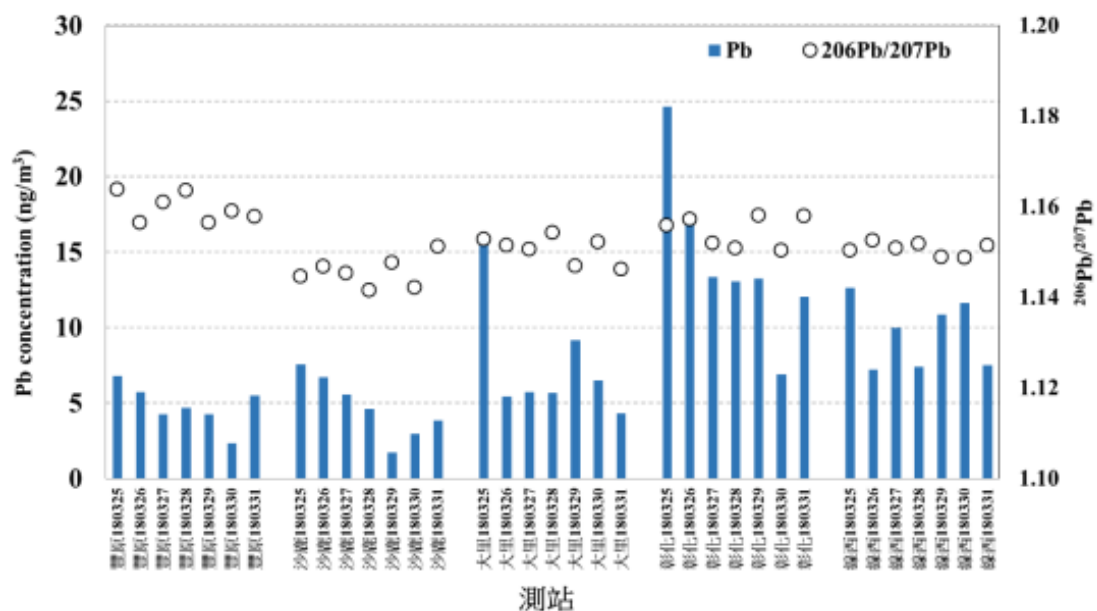
污染源相近。此外，和 105 年度於中南部冬季的採樣結果比較（採樣時間：2017 年 2 月 13~18 日和 2017 年 2 月 20~23 日；105 年度計畫無採集春季樣本）(周崇光, 2017)，整體分析結果 ($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$: 1.1534 (1.1407~1.1710) ; $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$: 2.4323 (2.4168~2.4513)) 和本計畫的分析結果相近，但均較 104 年度於北部地區的春季鉛同位素比值分析結果 ($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$: 1.1610 (1.1500~1.1695) 和 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$: 2.4394 (2.4256~2.4489)) (周崇光, 2016)，說明台灣北部和中南部的鉛污染源特性不同。

夏季密集採樣期間測得的大氣鉛濃度和鉛同位素比值如表 4.2.1 所示。表 4.2.1 顯示大氣 $\text{PM}_{2.5}$ 中的平均鉛濃度為 $2.3 \pm 1.4 \text{ ng/m}^3$ ，其值遠較春季期間低。夏季最高濃度出現在豐原站、大里站和線西站 (2.6 ng/m^3)，沙鹿站最低，其平均濃度為 $1.9 \pm 1.1 \text{ ng/m}^3$ ，但各測站之鉛濃度不具顯著差異 ($p = 0.23$)。在 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值部分，所有測站的平均比值及其範圍為 1.1427 (1.1243~1.1638)，豐原站、沙鹿站、大里站、彰化站和線西站的平均 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值及其範圍分別為 1.1433 (1.1323~1.1534)、1.1330 (1.290~1.1370)、1.1428 (1.1243~1.1548)、1.1402 (1.1326~1.1491) 和 1.1528 (1.1284~1.1638)。在 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值部分，所有測站的平均比值及其範圍為 2.4167 (2.3864~2.4374)，豐原站、沙鹿站、大里站、彰化站和線西站的平均 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值及其範圍分別為 2.4191 (2.4058~2.4322)、2.4140 (2.4036~2.4341)、2.4149 (2.3864~2.4234)、2.4167 (2.4030~2.4348) 和 2.4182 (2.3971~2.4374)，不同測站的 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 或 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值具有顯著差異，說明不同測站的鉛污染來源可能不同。

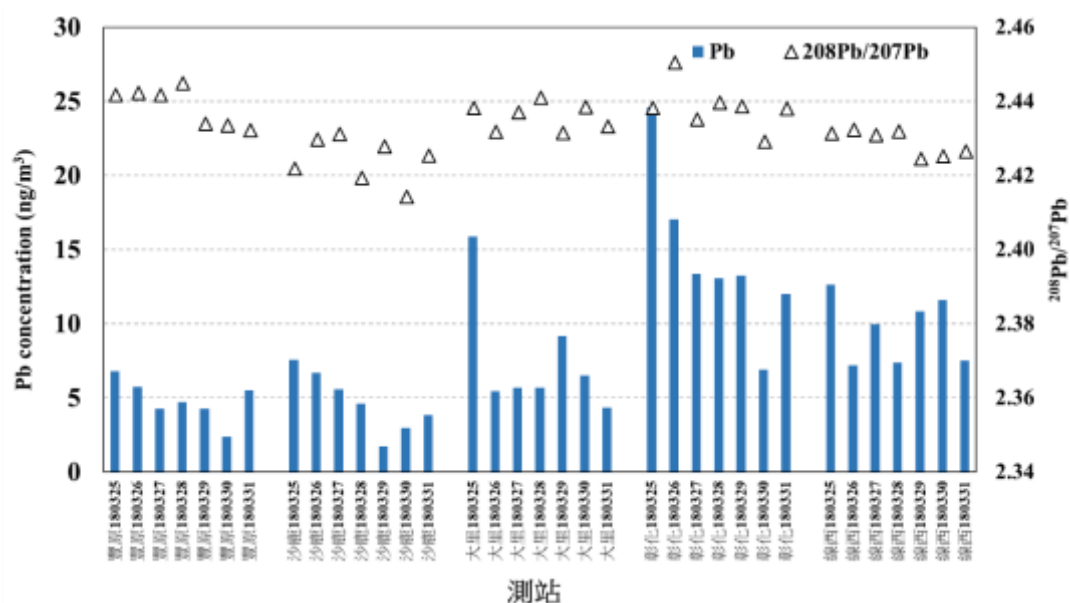
圖 4.2.4 呈現夏季期間，5 個測站的鉛濃度及鉛同位素比值之時間關係圖，該圖顯示無論哪一個測站，夏季鉛同位素比值變異均相當大，顯示夏季的鉛污染源較複雜。本計畫進一步和 105 年度於中南部夏季的採樣結果比較（採樣時間：2017 年 8 月 14~17 日和 2017 年 8 月 21~24 日）(周崇光, 2017)，整體分析結果顯示前期計畫的量測結果 ($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$: 1.1465 (1.1194~1.1635) ; $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$: 2.4208 (2.3936~2.4699)) 雖略高於本計畫的分析結果，但遠均低於 104 年度於北部地區的量測到的夏季鉛同位素比值 ($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$: 1.1537 (1.1377~1.1637) 和 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$: 2.4315 (2.4116~2.4453)) (周崇光, 2016)，說明台灣北部和中南部的鉛污染特性不同。

綜合夏季和春季的鉛同位素比值分析結果，可發現春季的鉛污染較為嚴重，

且 2 季節的鉛污染源可能不同。然而，無論本期或前期計畫於中南部的量測到的鉛同位素比值，其值均較 104 年度在台灣北部的量測結果低，反應台灣不同區域的鉛污染來源不同。



(a) Pb 和 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$



(b) Pb 和 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$

圖 4.2.3 春季密集採樣期間各測站 Pb 濃度和鉛同位素比值時間關係圖

(a) Pb 和 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 和 (b) Pb 和 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$

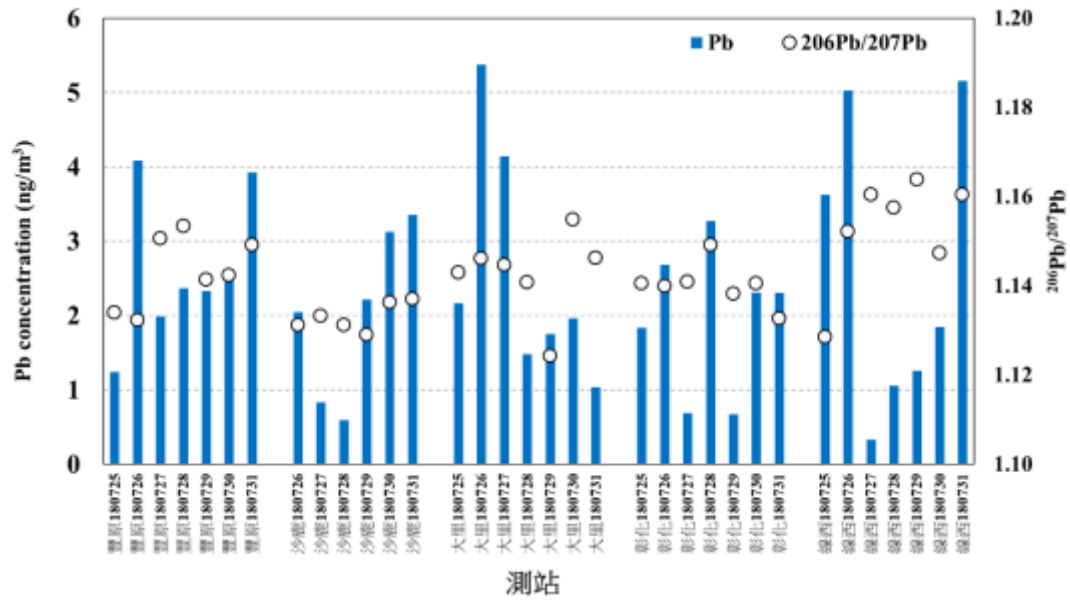
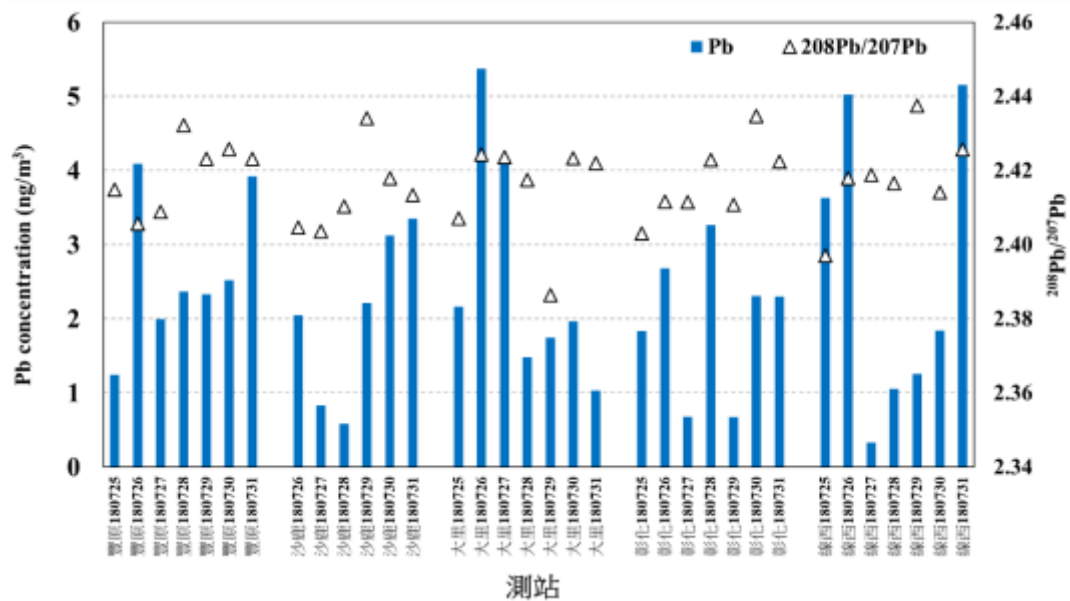
(a) Pb 和 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ (b) Pb 和 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$

圖 4.2.4 夏季密集採樣期間各測站 Pb 濃度和鉛同位素比值時間關係圖

(a) Pb 和 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 和 (b) Pb 和 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$

4.3 污染源排放之 PM_{2.5} 的化學組成和同位素特性

為建立本土主要微粒污染源之化學組成和同位素特徵資料，以供微粒污染源之鑑定，今年度計畫執行期間，分別完成火力發電廠、煉鋼廠和焚化爐煙道排放之 PM_{2.5} 的採集和化學組成與同位素的分析。本計畫延續前期計畫，除呈現每一種污染源排放之 PM_{2.5} 中的化學組成濃度、質量濃度百分比和同位素特徵外，也分析元素的富集因子 (Enrichment Factor)，以更清楚了解每一個污染源排放之特徵元素。本計畫計算的富集因子以平均地殼元素 (Taylor, 1964) 中的 Al 含量為計算基準，下式為富集因子的計算公式：

$$EF = (E/Al)_{PM_{2.5}} / (E/Al)_{Crust}$$

公式中的 $(E/Al)_{PM_{2.5}}$ 代表 PM_{2.5} 中某元素 E 和 Al 含量的比值， $(E/Al)_{Crust}$ 代表平均地殼中某元素 E 和 Al 含量的比值。過去研究以 EF 是否大於或等於 10，來評估該元素的來源主要來自人為污染或自然排放 (Khan et al., 2016)，因此本計畫也以 EF 是否大於或等於 10 作為分類。以下各節分述不同污染源之 PM_{2.5} 所含的化學組成和同位素特徵。

4.3.1 火力發電廠

本計畫分別於 2018 年 4 月和 7 月，採集火力發電廠煙道排放之 PM_{2.5}，並分析其化學組成及同位素，以建立火力發電廠排放之 PM_{2.5} 的化學組成資料庫，並供 PM_{2.5} 污染來源及貢獻量的分析。表 4.3.1 為火力發電廠煙道排放之 PM_{2.5} 所含有的化學組成和同位素資料，平均 PM_{2.5} 質量濃度為 1293.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，其中火力發電廠的金屬元素在 PM_{2.5} 質量濃度中佔有較高的比例，圖 4.3.1 顯示所有金屬元素濃度的加總約占 PM_{2.5} 質量濃度的 22%，硫酸鹽約占 4%，無機鹽類 (硝酸鹽、銨鹽和氯鹽) 和總碳各占 1%，其中圖 4.3.2 顯示 Al、Fe、Na、Mg、K、Ca、Sr、Ba、Ti、Mn、Co、Ni、Zn、Zr 和 Se 都占 PM_{2.5} 質量濃度的 0.1% 以上，Pb 則占 0.05~0.1%。

表 4.3.1 污染源排放之 PM_{2.5} 化學組成濃度 (mean ± SD) 和同位素統計表

	火力發電廠	鋼鐵廠	焚化爐
PM _{2.5} (μg/m ³)	1293.2 ± 1344.4	3364.8 ± 2395.8	< 569
Al (μg/m ³)	67.4 ± 52.0	143.5 ± 29.3	0.57
Fe (μg/m ³)	42.5 ± 26.6	99.72 ± 43.1	8.8 ± 3.1
Na (μg/m ³)	12.7 ± 7.1	36.3 ± 37.1	8.0 ± 4.1
Mg (μg/m ³)	40.0 ± 13.7	71.0 ± 43.3	15.9 ± 14.1
K (μg/m ³)	10.3 ± 2.8	214.7	21.0 ± 1.7
Ca (μg/m ³)	91.4 ± 91.1	689.8 ± 73.4	4.9 ± 1.2
Sr (μg/m ³)	1.6 ± 1.2	3.2 ± 0.3	0.01
Ba (μg/m ³)	2.8 ± 1.3	0.5 ± 0.2	0.11 ± 0.01
Ti (μg/m ³)	4.7 ± 3.8	1.38	0.32 ± 0.02
Mn (μg/m ³)	1.7 ± 0.7	0.8 ± 0.4	0.15
Co (ng/m ³)	90.1 ± 63.6	148.0 ± 25.2	37.9 ± 52.8
Ni (ng/m ³)	1491.0 ± 1539.0	3869.3 ± 1529.2	517.1 ± 530.6
Cu (ng/m ³)	394.2 ± 25.6	1887.4 ± 2024.5	591.1 ± 520.9
Zn (ng/m ³)	3988.4 ± 2669.7	4520.4 ± 4734.4	4050.4 ± 2668.6
Mo (ng/m ³)	424.7 ± 344.0	1065.1 ± 203.2	-
Cd (ng/m ³)	31.1 ± 18.2	2403.4 ± 3347.6	42.3 ± 32.3
Sn (ng/m ³)	140.0 ± 326.0	-	259.3 ± 276.0
Sb (ng/m ³)	91.2 ± 77.2	42.1 ± 2.2	151.9 ± 135.8
Tl (ng/m ³)	3.2 ± 2.4	2759.9 ± 3862.9	2.5 ± 2.7
Pb (ng/m ³)	853.3 ± 327.9	66778.6 ± 92924.3	1520.2 ± 1238.5
V (ng/m ³)	501.1 ± 120.1	-	9.8 ± 0.6
Cr (ng/m ³)	2056.8 ± 946.5	4523.7 ± 1241.1	506.1 ± 284.2
As (ng/m ³)	286.4 ± 167.8	419.0 ± 222.6	1.0 ± 0.8
Y (ng/m ³)	91.1 ± 39.4	67.72 ± 0.03	-
Se (ng/m ³)	1413.8 ± 876.1	12808.2 ± 3153.5	41.9 ± 4.1
Zr (ng/m ³)	164.8 ± 115.1	-	30.2
Ge (ng/m ³)	46.5 ± 14.1	56.8 ± 20.2	-
Rb (ng/m ³)	36.0 ± 17.5	2632.8	24.6 ± 13.0
Cs (ng/m ³)	4.6 ± 2.1	1349.3 ± 1892.1	2.4 ± 0.7
Ga (ng/m ³)	160.5 ± 135.2	196.7 ± 15.1	3.6 ± 0.9

表 4.3.1 污染源排放之 PM_{2.5} 化學組成濃度 (mean ± SD) 和同位素統計表 (續)

	火力發電廠	鋼鐵廠	焚化爐
PM _{2.5} (µg/m ³)	1293.2 ± 1344.4	3364.8 ± 2395.8	< 569
La (ng/m ³)	72.2 ± 65.7	132.8 ± 90.0	3.0
Ce (ng/m ³)	96.4 ± 86.2	4313.8 ± 980.8	10.0
Pr (ng/m ³)	10.8 ± 9.5	42.3 ± 6.7	0.3
Nd (ng/m ³)	50.8 ± 46.6	1075.3 ± 230.5	0.1
Sm (ng/m ³)	9.8 ± 8.6	29.6 ± 3.9	-
Eu (ng/m ³)	5.0 ± 2.7	2.8 ± 1.0	7.4 ± 10.4
Gd (ng/m ³)	8.9 ± 8.6	70.6 ± 17.3	-
Tb (ng/m ³)	3.8 ± 2.6	3.2 ± 0.7	5.9
Dy (ng/m ³)	6.2 ± 6.7	17.0 ± 0.7	-
Ho (ng/m ³)	5.0 ± 3.8	4.7 ± 0.6	7.0
Er (ng/m ³)	16.6 ± 14.1	15.4 ± 1.1	-
Tm (ng/m ³)	2.5 ± 2.0	1.9 ± 0.2	4.0 ± 5.5
Yb (ng/m ³)	16.9 ± 14.6	15.1 ± 0.4	-
Lu (ng/m ³)	2.5 ± 2.3	1.6 ± 0.3	4.2
Hf (ng/m ³)	38.3 ± 22.0	-	0.6
U (ng/m ³)	63.4 ± 63.3	31.5 ± 15.	-
OC (µg/m ³)	8.6 ± 7.2	261.4 ± 221.3	7.2 ± 7.5
EC (µg/m ³)	6.1 ± 1.8	25.1 ± 25.9	1.0 ± 1.3
Na ⁺ (ng/m ³)	0.9 ± 0.7	7.0 ± 3.2	1.7 ± 0.2
NH ₄ ⁺ (µg/m ³)	4.7 ± 0.6	52.0 ± 113.0	0.1 ± 0.1
NO ₃ ⁻ (µg/m ³)	0.4 ± 0.2	2.9 ± 1.9	0.2 ± 0.1
SO ₄ ⁻² (µg/m ³)	40.5 ± 11.9	425.0 ± 302.0	5.5 ± 3.9
K ⁺ (ng/m ³)	0.3 ± 0.1	35.6 ± 39.6	1.5 ± 0.3
Mg ⁺² (ng/m ³)	7.4 ± 0.8	5.9 ± 4.7	0.3 ± 0.3
Ca ⁺² (ng/m ³)	9.4 ± 3.7	209.3 ± 216.1	3.4 ± 2.0
Cl (ng/m ³)	8.8 ± 3.4	45.4 ± 25.0	5.1 ± 0.5
Modern carbon (µg/m ³)	5.9 ± 2.3	45.4 ± 8.7	-
Fossil carbon (µg/m ³)	8.8 ± 5.4	459.3 ± 87.8	-
δ ¹³ C (‰)	NA*	NA*	NA*
pMC (%)	42**	49**	NA*
²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁷ Pb	1.1489 ± 0.0193	1.1443 ± 0.0126	1.1488 ± 0.0106
²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁷ Pb	2.4190 ± 0.0084	2.4179 ± 0.0274	2.4273 ± 0.0191

*Not available.

**碳成分不足，故將 3 個樣本合併分析

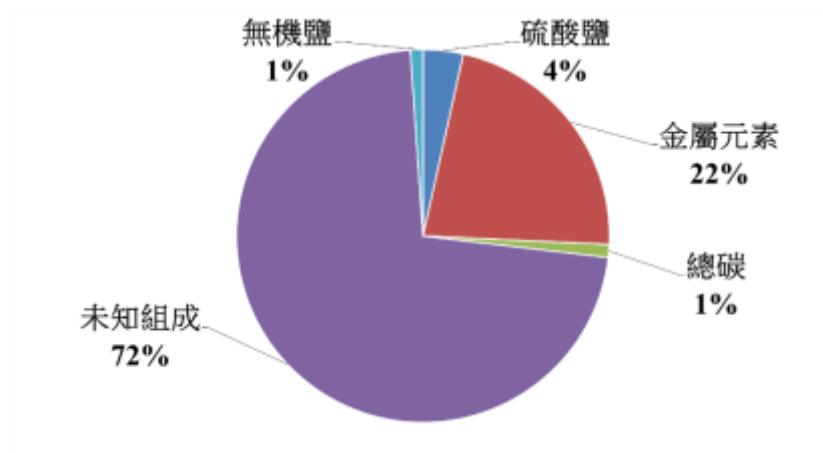


圖 4.3.1 火力發電廠煙道排放之 $PM_{2.5}$ 主要化學組成占有比例

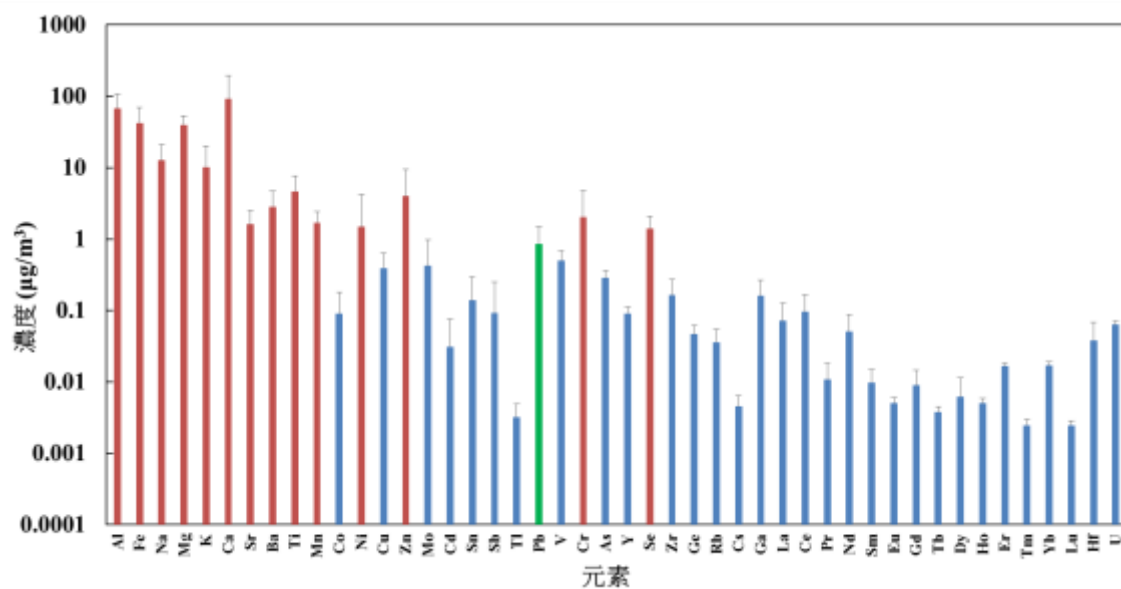


圖 4.3.2 火力發電廠煙道排放之 $PM_{2.5}$ 中各元素濃度分布

(橘色、綠色和藍色分別表示該元素的質量濃度占 $PM_{2.5}$ 的 $>0.1\%$ 、 $0.05\sim 0.1\%$ 和 $<0.1\%$)

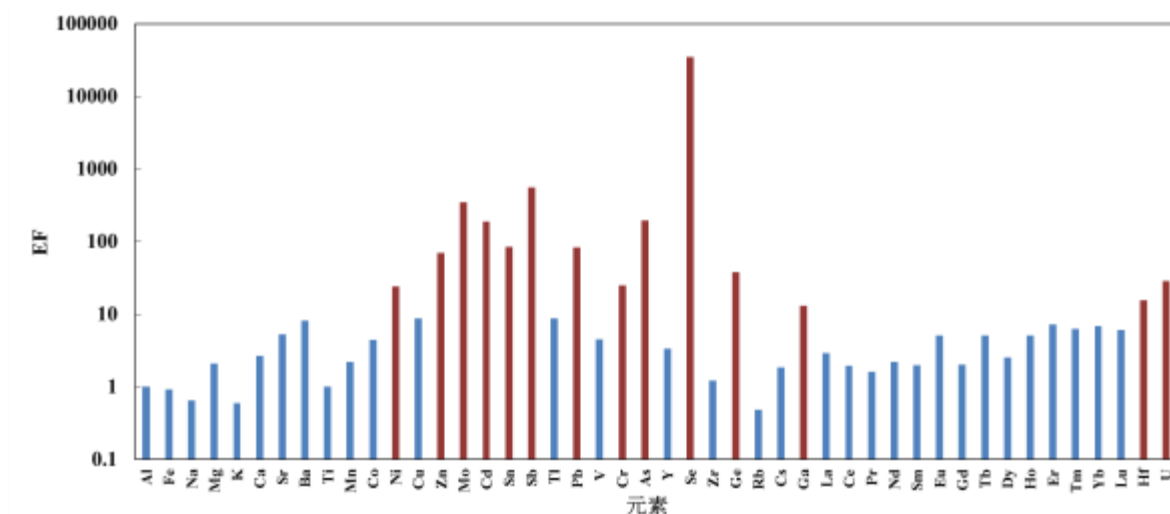


圖 4.3.3 火力發電廠煙道排放之 PM_{2.5} 含有元素的富集因子特性
(Enrichment Factor, EF, 橘色代表 EF 大於或等於 10)

此外，因火力發電廠為燃煤電廠，圖 4.3.3 顯示 Ni、Zn、Mo、Cd、Sn、Sb、Sb、Pb、Cr、As、Se、Ge、Ga、Hf 和 U 的 EF 均在 10 以上，過去研究也指出 As、Zn、Se、Pb 和 Cr 等為燃煤電廠排放之重要元素 (Okuda et al., 2008; Park et al., 2001)，因此 As、Zn 和 Se 等金屬元素也為火力發電廠的重要特徵元素。然而，火力發電廠煙道排放之微粒中，未知組成高達 72%，即使將金屬氧化物納入計算，所增加之微粒的質量濃度約為 $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($1.47 \cdot \text{V} + 1.27 \cdot \text{Ni} + 1.25 \cdot \text{Cu} + 1.24 \cdot \text{Zn} + 1.32 \cdot \text{As} + 1.2 \cdot \text{Se} + 1.14 \cdot \text{Cd} + 1.2 \cdot \text{Sb} + 1.12 \cdot \text{Ba} + 1.23 \cdot \text{Ce} + 1.08 \cdot \text{Pb}$)，占 PM_{2.5} 質量濃度的 6.3%，未知組成仍占 66%，顯示火力電廠煙道排放之微粒的完整化學組成仍有待未來進一步分析。前期計畫在雲林麥寮採集的燃煤電廠煙道排放之 PM_{2.5} 的化學組成資料中 (周崇光, 2017)，同樣有高達 56% 的化學組成未被分析出，暗示燃煤電廠排放的微粒組成可能非常複雜，需進一步透過其他技術來提高燃煤電廠排放微粒之化學組成的分析，以提升後續評估燃煤電廠排放之微粒對周界影響與貢獻之效益。

在同位素部分， $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 平均比值為 1.1489 (1.1320~1.1854)， $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 平均比值為 2.4190 (2.4039~2.4277)。此外，圖 4.3.4 和圖 4.3.5 分別顯示不同污染源之 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 之分布，從圖可發現本計畫採集的燃煤電廠煙道排放之

鉛同位素和其他研究測得的結果相近，但在 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值部分，本計畫量測到的結果較日本量測到的燃煤電廠排放之 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值低 (Gallon et al., 2011)。由於過去研究已指出不同地區的燃煤電廠之煤礦來源及煤礦佔有的比例均不同，且不同地區煤礦的鉛同位素比值分布也不一樣 (Komárek et al., 2008)；此外，本期計畫採集的火力發電廠和前期計畫於六輕工業區採集到的汽電共生廠（燃煤）煙道排放之鉛同位素比值有明顯差異，反映採集及分析多次燃煤電廠煙道排放之微粒的同位素特徵，才能提高污染源的鑑定能力。

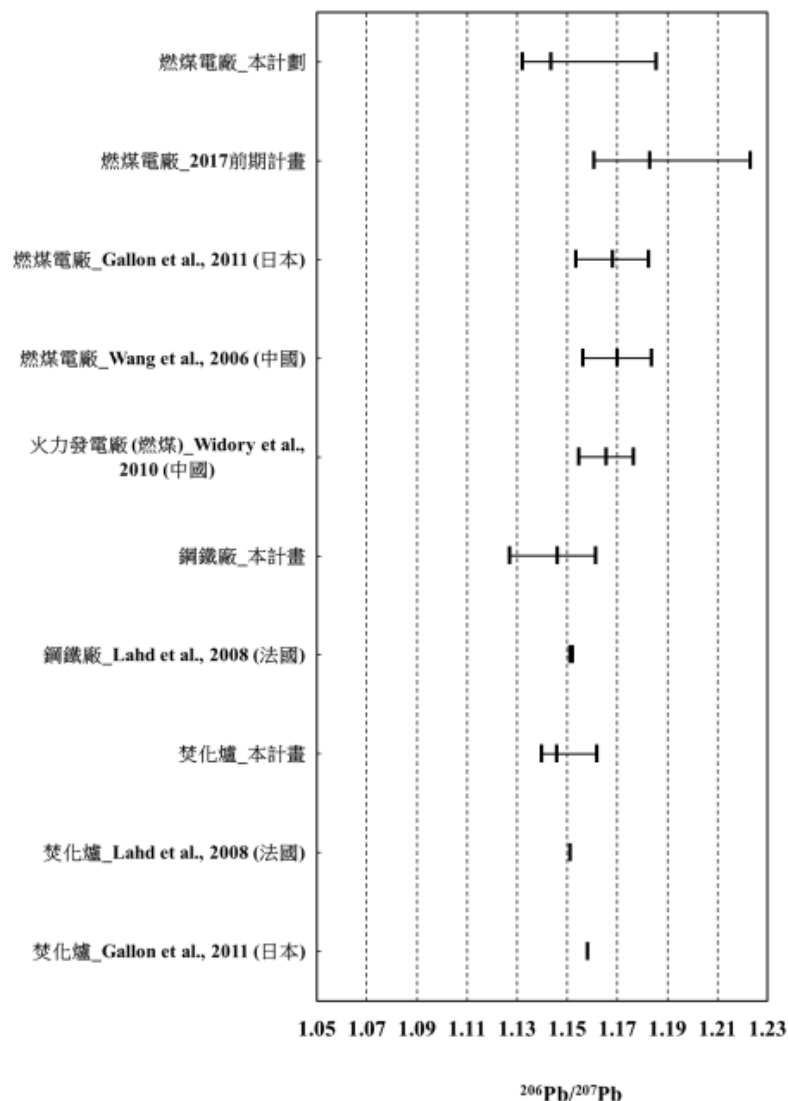


圖 4.3.4 不同污染源之 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值分布圖

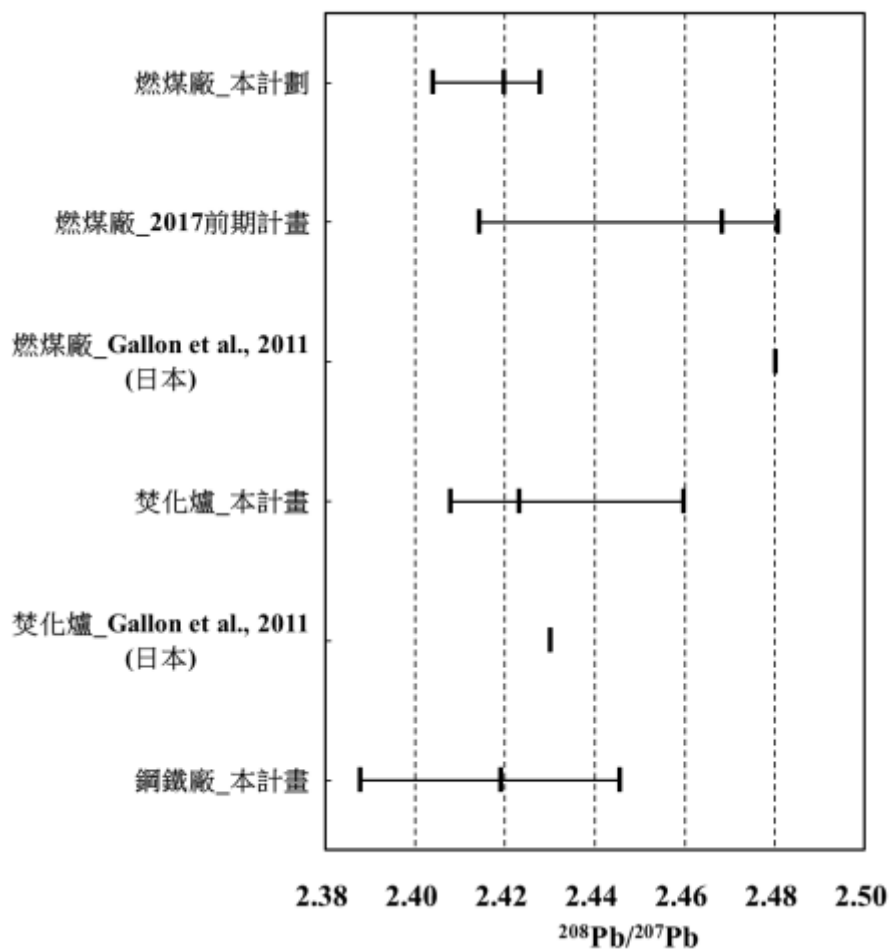


圖 4.3.5 不同污染源之 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值分布圖

在碳同位素部分，由於火力發電廠煙道排放之 $\text{PM}_{2.5}$ 中的碳濃度偏低，其碳成分含量不足以同時分析 $\delta^{13}\text{C}$ 和 pMC，因此本計畫僅分析 $\text{PM}_{2.5}$ 中的 pMC，且是合併每次的三重複樣本進行分析，故 4 月和 7 月各僅有一筆 pMC 資料，其結果分別為 35% 和 49%，反映火力發電廠燃燒後排放的微粒偏向化石燃料所貢獻的碳。

4.3.2 鋼鐵廠

本計畫分別於 2018 年 5 月和 7 月，完成鋼鐵廠煙道排放之 $PM_{2.5}$ 的採集，並分析其化學組成及同位素。表 4.3.1 為鋼鐵廠煙道排放之 $PM_{2.5}$ 所含有的化學組成和同位素資料，平均的 $PM_{2.5}$ 質量濃度為 $3364.8 \mu g/m^3$ 。此外，表 4.3.1 為鋼鐵廠煙道排放之 $PM_{2.5}$ 所含有的化學組成和同位素資料，該表顯示金屬元素在 $PM_{2.5}$ 質量濃度中佔有較高的比例，圖 4.3 則顯示所有金屬元素之濃度的加總約占 $PM_{2.5}$ 質量濃度的 41%，硫酸鹽約占 13%，無機鹽類（硝酸鹽、銨鹽和氯鹽）和總碳各占 3% 和 8%，其中圖 4.3.7 顯示 Al、Fe、Na、Mg、K、Ca、Sr、Ti、Ni、Zn、Pb、Cr、Se 和 Ce 都占 $PM_{2.5}$ 質量濃度 0.1% 以上，Cu、Cd、Tl、Rb 和 Cs 則占 0.05~0.1%，圖 4.4.8 則顯示 Ni、Cu、Zn、Mo、Cd、Sb、Tl、Pb、Cr、As、Se、Ge、Rb、Cs、Ce 和 Nd 的 EF 均在 10 以上，過去研究也指出 Fe、Ca、Zn、Pb、Mn、Ni 和 Cr 等元素為鋼鐵廠排放之重要元素 (Tsai et al., 2007)，而本計畫量測到 EF 大於 10 的元素並不包含 Fe、Ca 和 Mn，主要是因鋼鐵廠的製程可被分為煉焦爐和燒結爐兩部分，其中本計畫獲得允許採樣的煙囪為煉焦爐的煙囪，該煙囪主要是燃燒煤礦，使得鋼鐵廠排放的 Fe、Ca 和 Mn 有限，造成其 EF 並無超過 10。

在同位素部分， $^{206}Pb/^{207}Pb$ 平均比值為 1.1443 (1.1268~1.1613)， $^{206}Pb/^{207}Pb$ 平均比值為 2.4179 (2.3877~2.4453)。圖 4.3.4 顯示不同污染源之 $^{206}Pb/^{207}Pb$ (目前國際上無研究量測鋼鐵廠的 $^{208}Pb/^{207}Pb$ 比值) 比值分布，從圖可發現本計畫採集的鋼鐵廠之平均 $^{206}Pb/^{207}Pb$ 比值和法國的量測結果相近，顯示就現有的研究成果而言，鋼鐵廠排放之微粒中的鉛同位素比值分布較為相近，但因相關研究有限，因此不同地區之分析結果是否有差異，仍需透過未來更多的研究來證實。

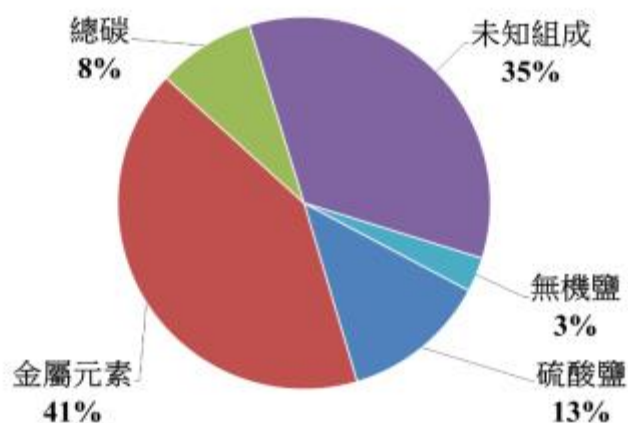


圖 4.3.6 鋼鐵廠煙道排放之 $PM_{2.5}$ 主要化學組成占有比例

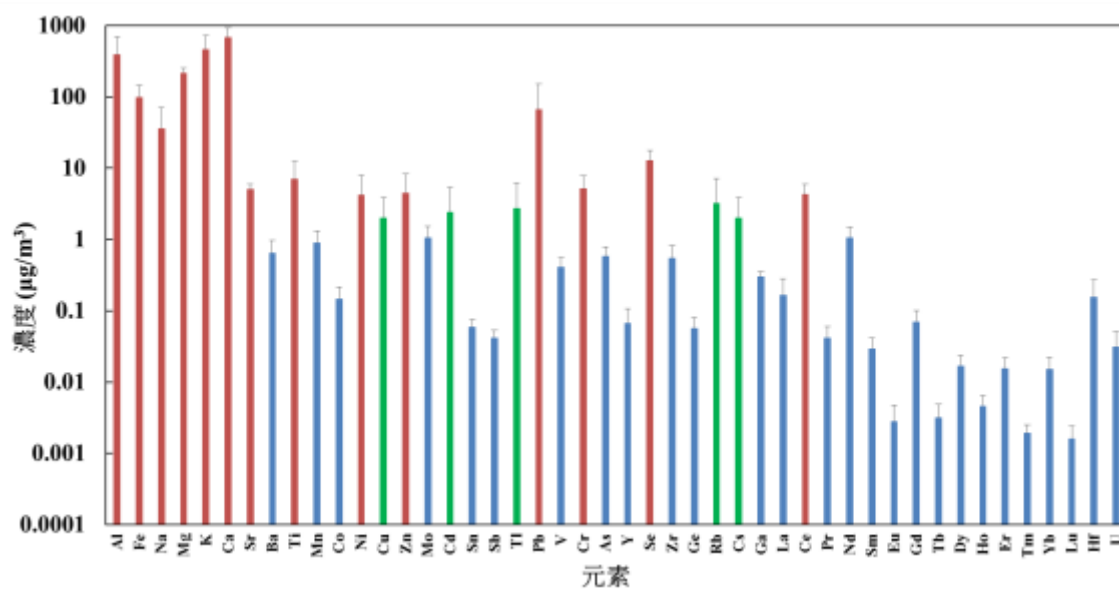


圖 4.3.7 鋼鐵廠煙道排放之 $PM_{2.5}$ 中各元素濃度分布

(橘色、綠色和藍色分別表示該元素的質量濃度占 $PM_{2.5}$ 的 $>0.1\%$ 、 $0.05\sim0.1\%$ 和 $<0.1\%$)

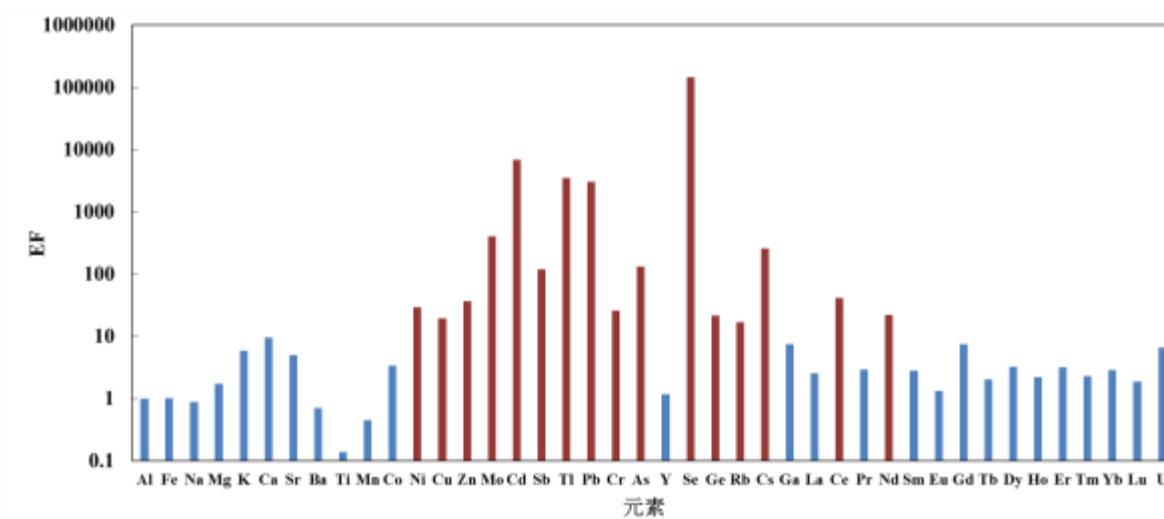


圖 4.3.8 鋼鐵廠煙道排放之 $PM_{2.5}$ 含有元素的富集因子特性
(Enrichment Factor, EF，橘色代表 EF 大於或等於 10)

在碳同位素部分，鋼鐵煙道排放之 $PM_{2.5}$ 中的碳濃度偏低，其碳成分含量不足以同時分析 $\delta^{13}C$ 和 pMC，因此本計畫僅分析 $PM_{2.5}$ 中的 pMC，且是將每次的三重複的樣本合併分析，但第一次採樣的碳含量仍偏低，故僅有第二次採集的樣本足以提供 pMC 的分析，其結果為 9%，反映鋼鐵廠燃燒後排放的微粒偏向化石燃料所貢獻的碳。

4.3.3 焚化爐

本計畫分別於 2018 年 5 月和 8 月，完成焚化爐煙道排放之 $\text{PM}_{2.5}$ 的採集，並分析其化學組成及同位素。表 4.3.3 為焚化爐煙道排放之 $\text{PM}_{2.5}$ 所含有的化學組成和同位素資料，平均質量濃度 $< 569 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (採氣量不足，造成採集之微粒小於偵測極限，故以 $< 569 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 示之)，其濃度遠較火力發電廠和鋼鐵廠低，主要是因該焚化爐在不同的焚化系統後端都有裝設半乾式洗滌塔或袋慮式集塵器；相對的，相較於火力發電廠和鋼鐵廠，焚化爐排放之 $\text{PM}_{2.5}$ 對周界的貢獻也較小。此外，表 4.3.1 為焚化爐煙道排放之 $\text{PM}_{2.5}$ 所含有的化學組成和同位素資料，因採集之微粒的質量濃度低於偵測極限，故無進一步計算不同化學組成在 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度中的比例，但從圖 4.3.9 可知 Al、Na、Mg、K、Ti、Mn 和 Zn 等元素濃度占優勢，圖 4.3.10 也顯示多數元素的 EF 超過 10，其中也包含 Na、Mg、K、Ti、Mn 和 Zn 等元素，此結果和過去在台灣地區採集到的焚化爐煙囪排放之微粒的優勢元素相近 (Hu et al., 2003)。

在同位素部分， $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 平均比值為 1.1488 (1.1396~1.1617)，在 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值部分， $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 平均比值為 2.4273 (2.4078~2.4596)。另外，圖 4.3.4 和圖 4.3.5 分別顯示不同污染源之 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 之分布，從圖雖然可發現本計畫採集的焚化爐煙道排放之鉛同位素涵蓋其他研究的量測結果，但因本研究量測範圍較大，反映採集及分析多次焚化爐煙道排放之微粒的同位素特徵，才能提高污染源的鑑定能力。在碳同位素部分，由於 2 次焚化爐採樣所獲得的 $\text{PM}_{2.5}$ 中的碳含量均不足以提供 $\delta^{13}\text{C}$ 和 pMC 的分析，因此本計畫無法呈現焚化爐排放之 $\text{PM}_{2.5}$ 中的碳同位素特徵。

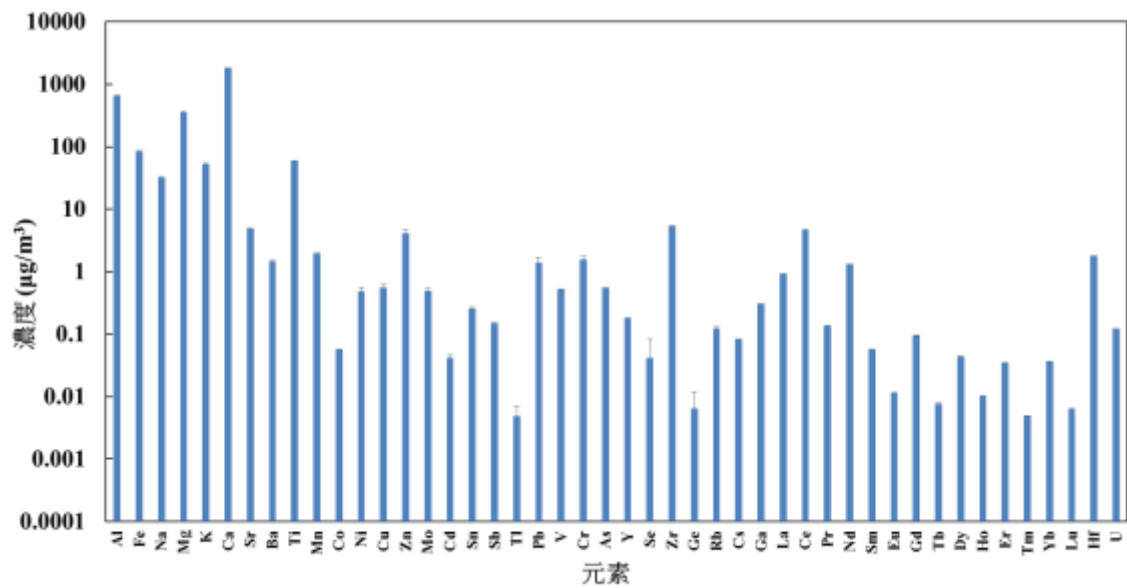


圖 4.3.9 焚化爐煙道排放之 $PM_{2.5}$ 中各元素濃度分布
(橘色、綠色和藍色分別表示該元素的質量濃度占 $PM_{2.5}$ 的 $>0.1\%$ 、 $0.05\sim 0.1\%$ 和 $<0.1\%$)

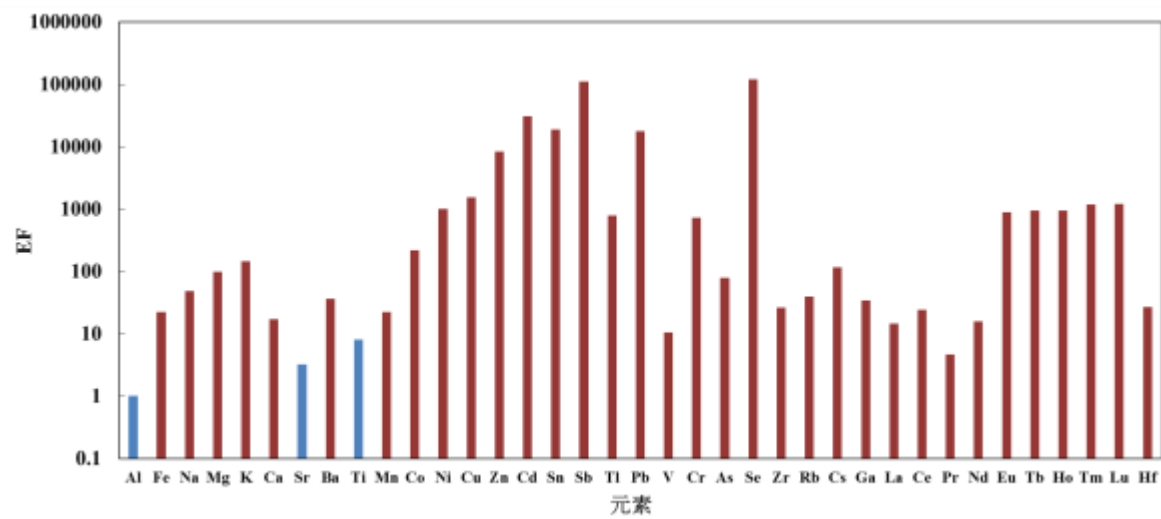


圖 4.3.10 焚化爐煙道排放之 $PM_{2.5}$ 含有元素的富集因子特性
(Enrichment Factor, EF，橘色代表 EF 大於或等於 10)

4.4 污染源分析

前期計畫已完成彰化、雲林、嘉義和南投之大氣 $\text{PM}_{2.5}$ 的採樣作業，也蒐集位於雲林縣的燃煤電廠與煉油廠、中部交通污染源和生質燃燒排放之 $\text{PM}_{2.5}$ 的樣本；本期計畫分別於台中和彰化架設大氣 $\text{PM}_{2.5}$ 採樣站，也蒐集台中的火力發電廠、鋼鐵廠和焚化爐排放之 $\text{PM}_{2.5}$ 樣本，並都已完成傳統化學組成和碳與鉛同位素的分析。本節綜合前期計畫 (周崇光, 2017) 和本期計畫的大氣及污染源排放之 $\text{PM}_{2.5}$ 的採樣與分析結果，討論台中、彰化、南投、雲林和嘉義等地的 $\text{PM}_{2.5}$ 污染源。

4.4.1 節利用同位素分析資料，討論台中、彰化、南投、雲林和嘉義地區的大氣 $\text{PM}_{2.5}$ 污染源；4.4.2 節則以受體模式來探討台中、彰化、南投、雲林和嘉義地區大氣 $\text{PM}_{2.5}$ 的污染來源；4.4.3 節比較同位素和受體模式在污染源的分析結果；4.4.4 節為案例分析。

4.4.1 同位素分析結果

(a) 碳同位素

圖 4.4.1 為春季和夏季密集採樣期間，各測站及不同污染源的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值分佈；其中，因本期計畫採集的三種污染源之碳含量過低，導致無法提供足夠的碳進行 $\delta^{13}\text{C}$ 的分析，因此本節僅比較本期計畫量測的 5 個測站和前期計畫量測到的 4 種污染源之 $\delta^{13}\text{C}$ 數值進行碳污染源的分析 (前期計畫共採集煉油廠、燃煤電廠、交通排放和稻梗燃燒四種污染源，但僅有煉油廠、交通排放和稻梗燃燒有足夠的碳成分做 $\delta^{13}\text{C}$ 的分析。煉油廠：-28.5 至 -27.9‰；交通排放：-28.6 至 -26.4‰；稻梗燃燒：-35.0 至 -30.2‰。在現代碳的比例部分，煉油廠：3~24%；燃煤電廠：36~44%；交通排放：7~21%；稻梗燃燒：97~98%。周崇光, 2017)。

圖 4.4.1 顯示春季期間，沙鹿站、彰化站和線西站的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值和煉油廠、交通源與二次氣膠前趨物 (Xylene) 之 $\delta^{13}\text{C}$ 數值重疊，且此 3 個站的平均現代碳比例都在 50% 以下，反映化石燃料的燃燒是重要碳污染源。然而，豐原站的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值雖然和煉油廠與交通排放的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值將近，但平均現代碳比例為 50%，且在 7 個採樣日中，有 57% 的樣本之現代碳比例大於或等於 50%，推測應是還有其他尚未分析的污染源或非屬生質燃燒的生物源貢獻所致，例如過去有研究指出氣流在傳輸過程中可能因挾帶其他污染源排放的碳 (Chen et al., 2015)，進而使得研究地區出

現的碳同位素特徵和當地活動產生的碳同位素特徵不同。上述現象反映造成豐原站的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值和化石燃料所生成的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值重疊，但現代碳比例卻顯示碳污染源以非化石燃料的燃燒為主要貢獻源的原因。在大里站部分，[圖 4.4.1](#) 顯示大里站的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值並無和現有的污染源排放之 $\delta^{13}\text{C}$ 數值重疊，顯示仍有其他未被量測出的碳污染源，如本計畫因採氣量不足，無法分析的火力發電廠、鋼鐵廠和焚化爐煙道排放的碳同位素；此外，因大里站的平均 pMC 比例為 46%，顯示化石燃料應是重要的貢獻源，未來若有機會採集火力發電廠、鋼鐵廠和焚化爐煙道排放之微粒，且採集的碳含量足以供作碳同位素的分析，也許有機會利用碳同位素解析出大里站的碳污染源。

在夏季密集觀測期間，除了彰化站外，其他 4 個測站的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值都和煉油廠、交通排放和二次氣膠前驅物的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值重疊，且夏季密集觀測期間測得的平均 pMC 比例為 49%，超過 50% 的樣本數僅佔 37%，因此，夏季密集觀測期間測得的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值，反映主要的碳以化石燃料的貢獻為主。

由於本計畫所分析的 $\delta^{13}\text{C}$ 或現代碳比例都是來自總碳，而非各別分析有機碳和元素碳中的 $\delta^{13}\text{C}$ 或現代碳比例，近期有研究直接分析有機碳和元素碳中的同位素 ([Dusek et al., 2017](#); [Salma et al., 2017](#))，或分析 $\text{PM}_{2.5}$ 以下之不同粒徑的碳同位素特徵 ([Masalaite et al., 2018](#))，以提供較完整的碳污染源資訊，因此未來分析有機碳和元素碳或不同粒徑下之微粒的同位素特徵，相信有助於碳污染源的釐清。

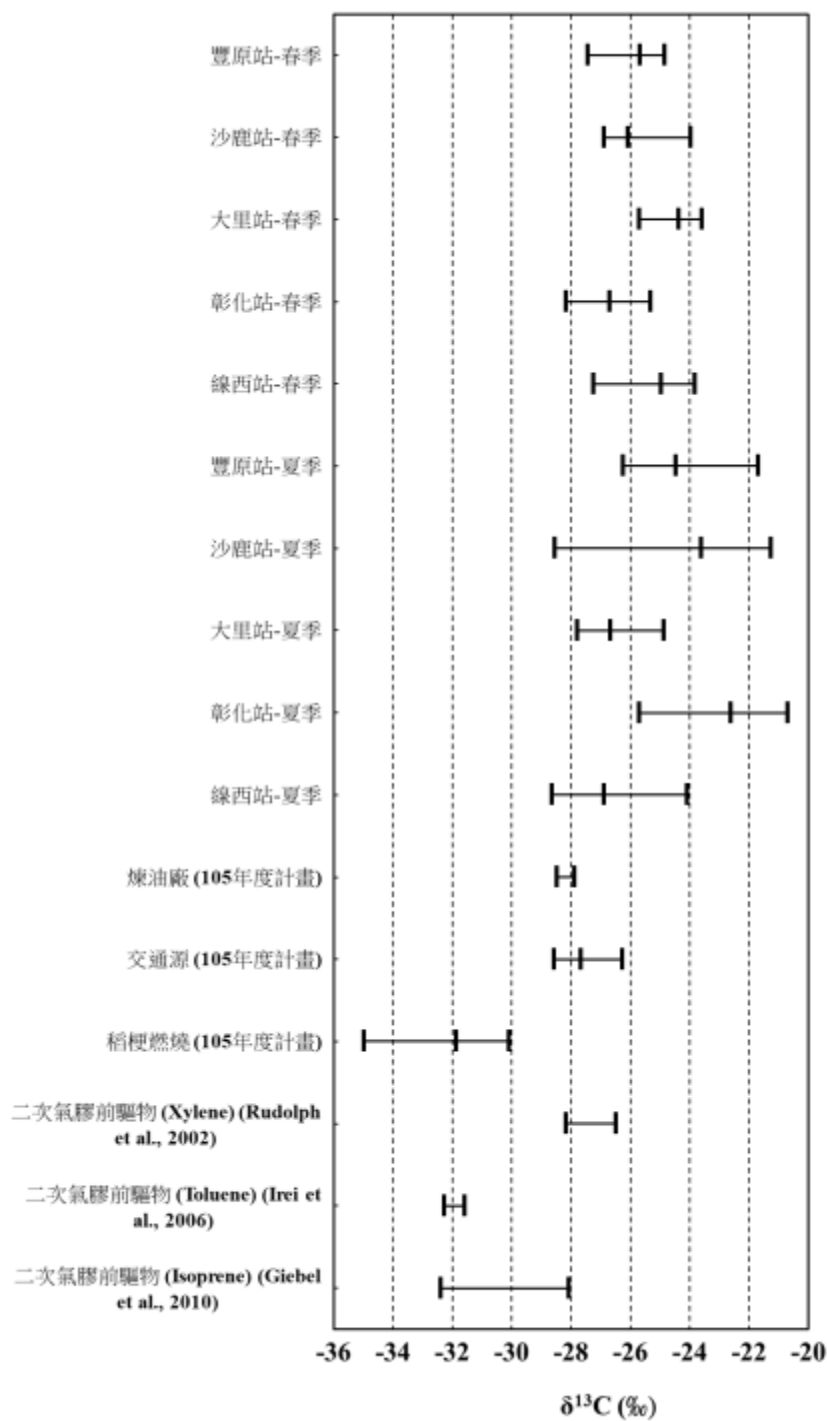


圖 4.4.1 大氣和污染源排放之 $PM_{2.5}$ 中的 $\delta^{13}C$ 比較圖

(圖中的數值由左至右分別為最小值、中位數和最大值) (Giebel et al., 2010; Irei et al., 2006; Rudolph et al., 2002)

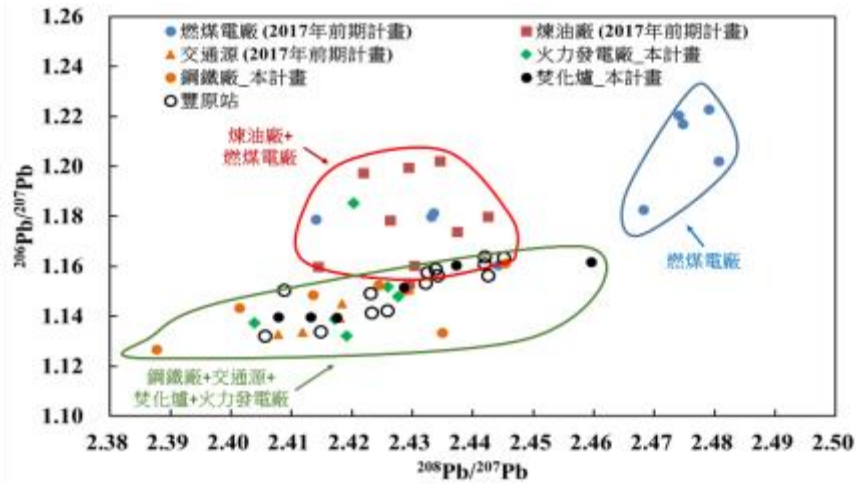
(b) 鉛同位素

前期計畫共採集煉油廠、燃煤電廠和交通排放三種污染源， $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值 ($^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值) 分別為煉油廠：1.1528~1.2021 (2.4145~2.4425)、燃煤電廠：1.1604~1.2229 (2.4141~2.4806) 和交通排放：1.1336~1.1508 (2.4078~2.4294) (周崇光, 2017)；在大氣 $\text{PM}_{2.5}$ 的鉛同位素比值部分， $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值 ($^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值) 分別為彰化站：1.1313~1.1546 (2.4135~2.3599)、二林站：1.1371~1.1653 (2.4070~2.3513)、竹山站：1.1260~1.1594 (2.4066~2.4482)、斗六站：1.1194~1.1606 (2.3936~2.4562)、麥寮站：1.1247~1.1710 (2.4025~2.4493)、臺西站：1.1316~1.1728 (2.4084~2.4509)、崙背站：1.1344~1.1659 (2.4093~2.4577)、嘉義站：1.1258~1.1635 (2.4041~2.4378) 和新港站：1.1298~1.1564 (2.4157~2.4414) (周崇光, 2017)。

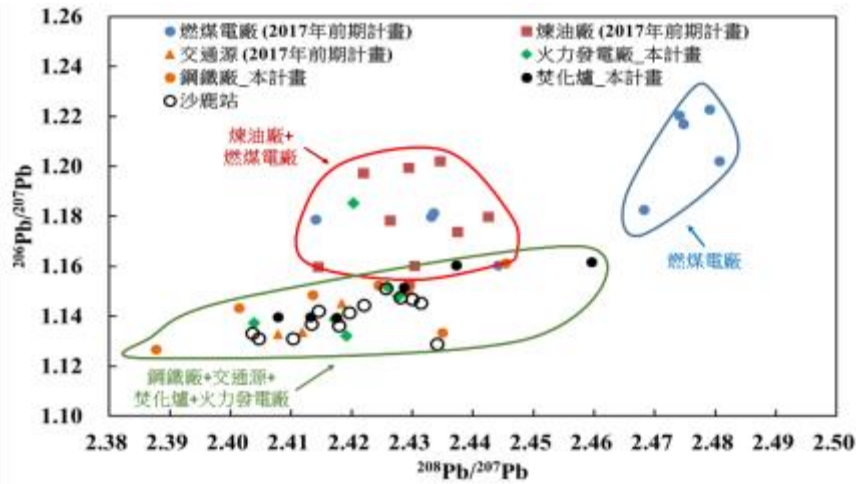
圖 4.4.2 為彙整前期計畫 (9 個測站) 和本期計畫 (5 個測站) 共 13 個 (前期計畫與本期計畫均有在彰化站架設採樣站) 大氣 $\text{PM}_{2.5}$ 與污染源的鉛同位素比值相關性，該圖顯示 13 個測站的鉛污染源可被分為兩部分：(1) 沙鹿站、大里站、竹山站、斗六站、臺西站、嘉義站和新港站的鉛同位素比值幾乎落在“鋼鐵廠+交通排放+火力發電廠+焚化爐”排放的鉛同位素比值範圍內，和(2) 豐原站、彰化站、線西站、二林站、麥寮站和崙背站有部分樣本落在“燃煤電廠+煉油廠”的範圍內，但多數樣本落在“鋼鐵廠+交通排放+火力發電廠+焚化爐”的鉛同位素比值範圍內，顯示多數地區的鉛明顯受“鋼鐵廠+交通排放+火力發電廠+焚化爐”的影響。此外，相較於前期計畫，本期計畫新增鋼鐵廠、火力發電廠和焚化爐三種污染源的鉛同位素比值資料，並涵蓋多數樣本的鉛同位素比值 (包含前期計畫的量測結果)，顯示就中南部地區而言，本計畫已掌握多數的鉛污染源資料。

然而，從圖 4.4.2 可發現，“鋼鐵廠+交通排放+火力發電廠+焚化爐”的鉛同位素比值雖然比燃煤電廠與煉油廠的鉛同位素比值低，但其鉛同位素比值無法有效被區分，相對的，也較難探討鋼鐵廠、交通排放、火力發電廠和焚化爐等污染源各別對不同測站的貢獻。因此，本計畫將鉛污染源畫分成兩大部分：(1) “燃煤電廠+煉油廠”，和(2) “鋼鐵廠+交通排放+火力發電廠+焚化爐”，並參考(Monna et al., 1997) 的二端源混合模式，計算兩種污染源對各測站大氣鉛的相對貢獻量，以了解哪類鉛污染源的貢獻量較高。圖 4.4.3 和圖 4.4.4 顯示以鉛同位素比值分析不同污染源對 13 個測站的相對貢獻量，此兩張圖顯示無論以 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 或 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比

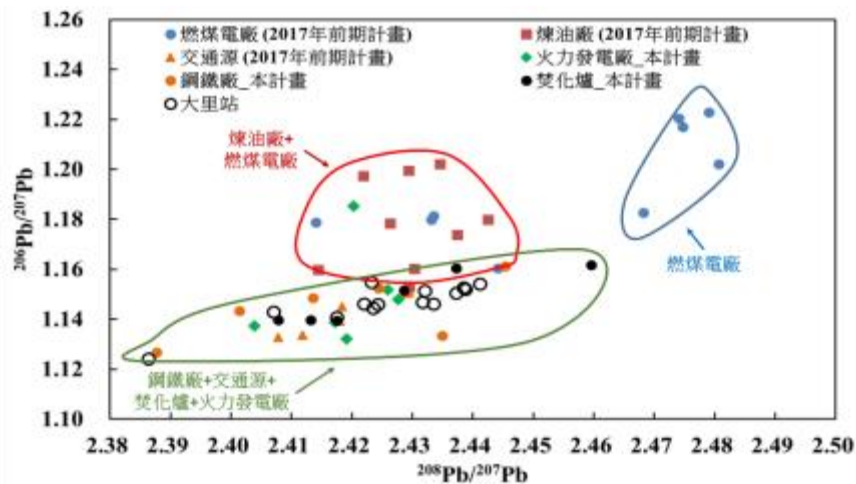
值計算的鉛污染源，”鋼鐵廠+交通排放+火力發電廠+焚化爐”的相對貢獻量均較”燃煤電廠+煉油廠”高， $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 或 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值計算的”鋼鐵廠+交通排放+火力發電廠+焚化爐”污染源分別為 88%和 64%，且圖 4.4.2 同樣顯示多數大氣 $\text{PM}_{2.5}$ 的鉛同位素比值落在”鋼鐵廠+交通排放+火力發電廠+焚化爐”的範圍內。因此，即便本計畫採集的鉛污染源之鉛同位素比值的鑑別度差，但仍可透過二端源混合模型推估”鋼鐵廠+交通排放+火力發電廠+焚化爐”和”燃煤電廠+煉油廠”兩大類污染源分別對大氣 $\text{PM}_{2.5}$ 的貢獻量。



(a) 豐原站

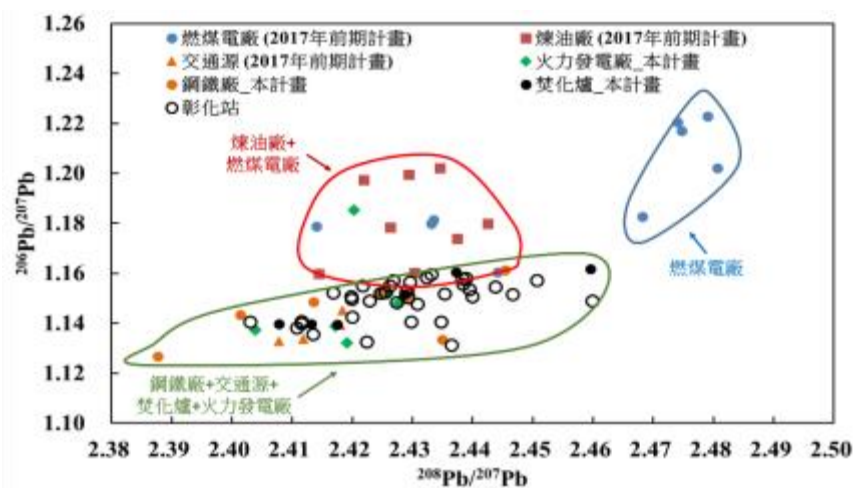


(b) 沙鹿站

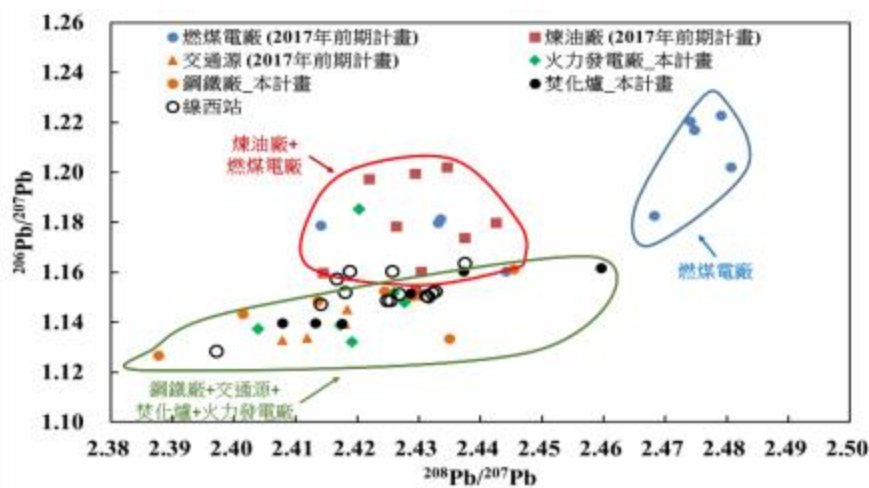


(c) 大里站

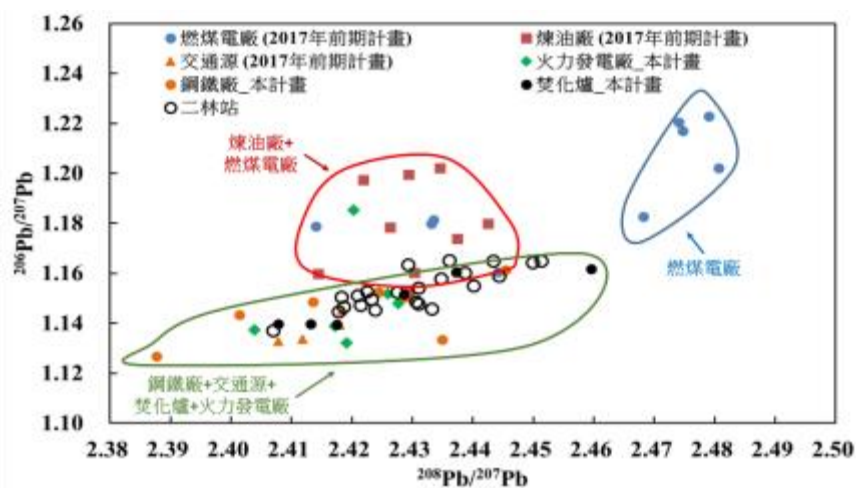
圖 4.4.2 各測站大氣 PM_{2.5} 之鉛污染源分析結果



(d) 彰化站

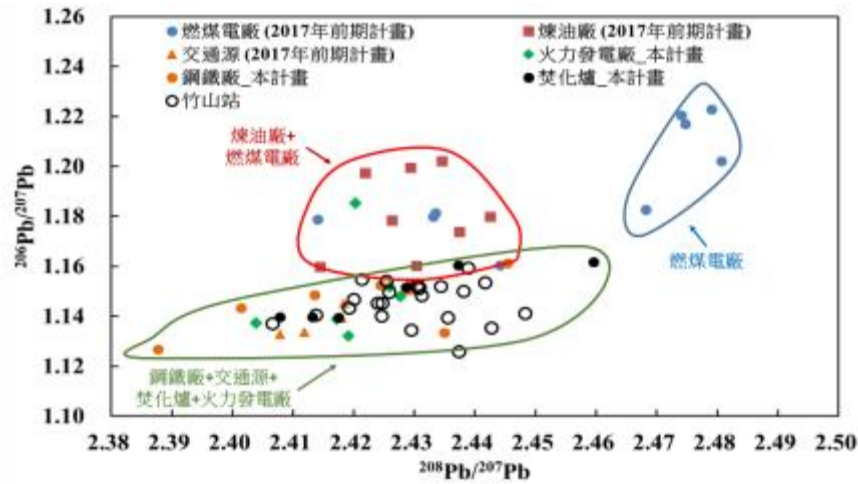


(e) 線西站

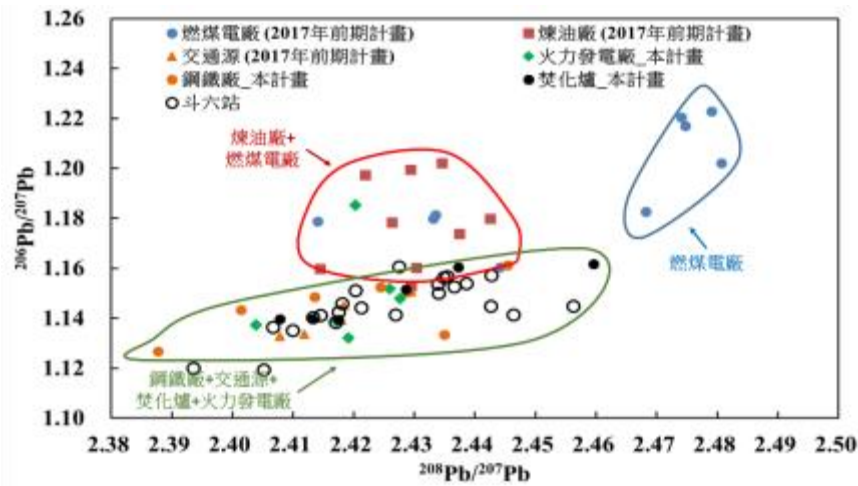


(f) 二林站

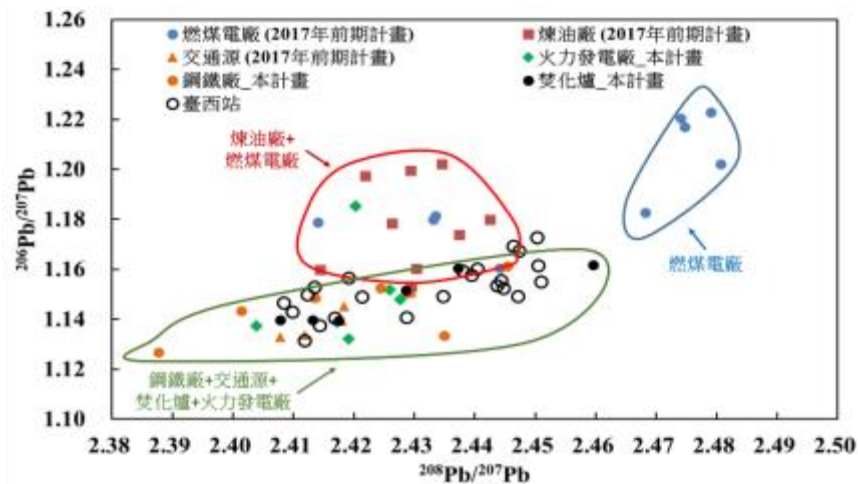
圖 4.4.2 各測站大氣 PM_{2.5} 之鉛污染源分析結果 (續)



(g) 竹山站

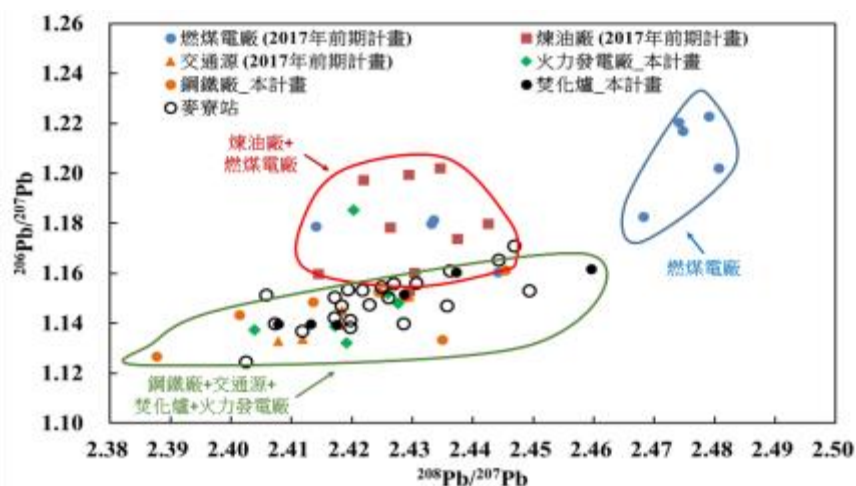


(h) 斗六站

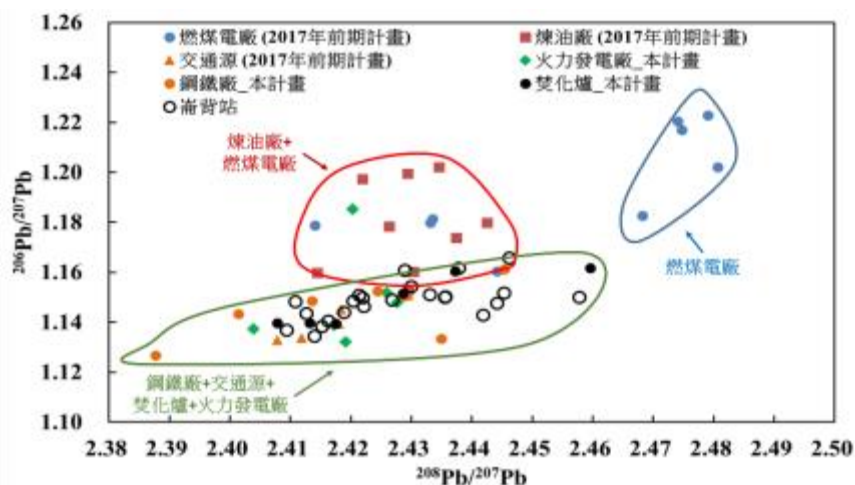


(i) 臺西站

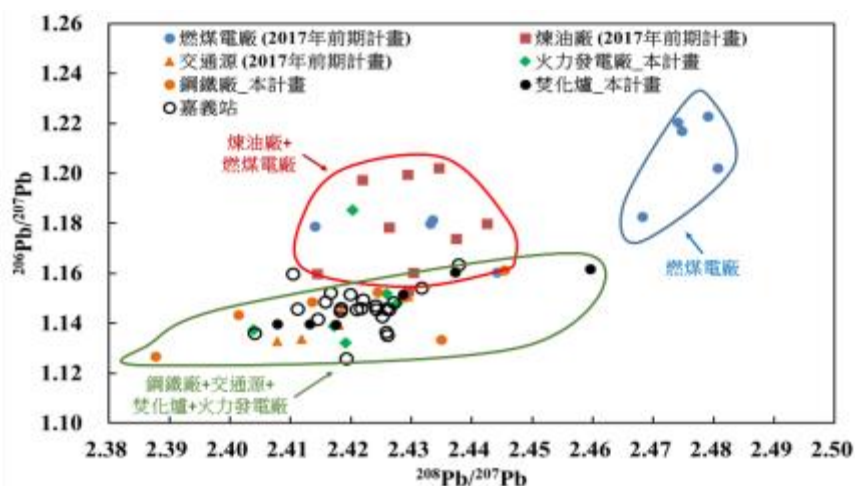
圖 4.4.2 各測站大氣 PM_{2.5} 之鉛污染源分析結果 (續)



(j) 麥寮站

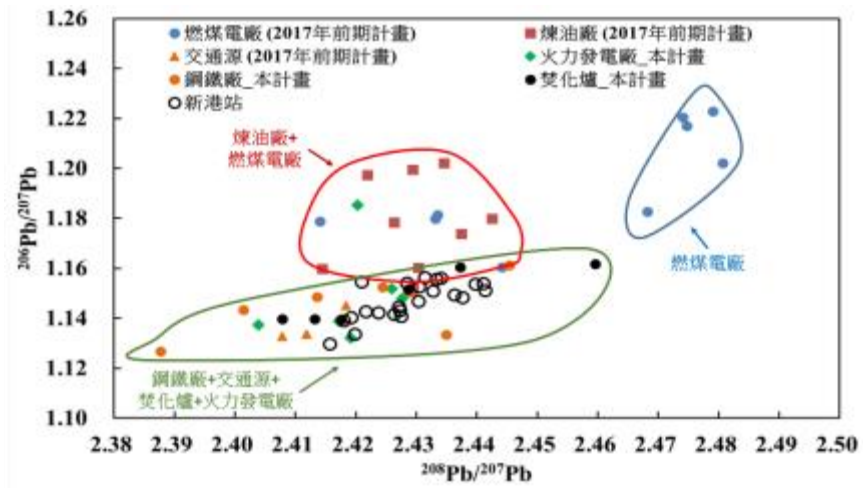


(k) 南港站



(l) 嘉義站

圖 4.4.2 各測站大氣 PM_{2.5} 之鉛污染源分析結果 (續)



(m)新港站

圖 4.4.2 各測站大氣 $\text{PM}_{2.5}$ 之鉛污染源分析結果 (續)

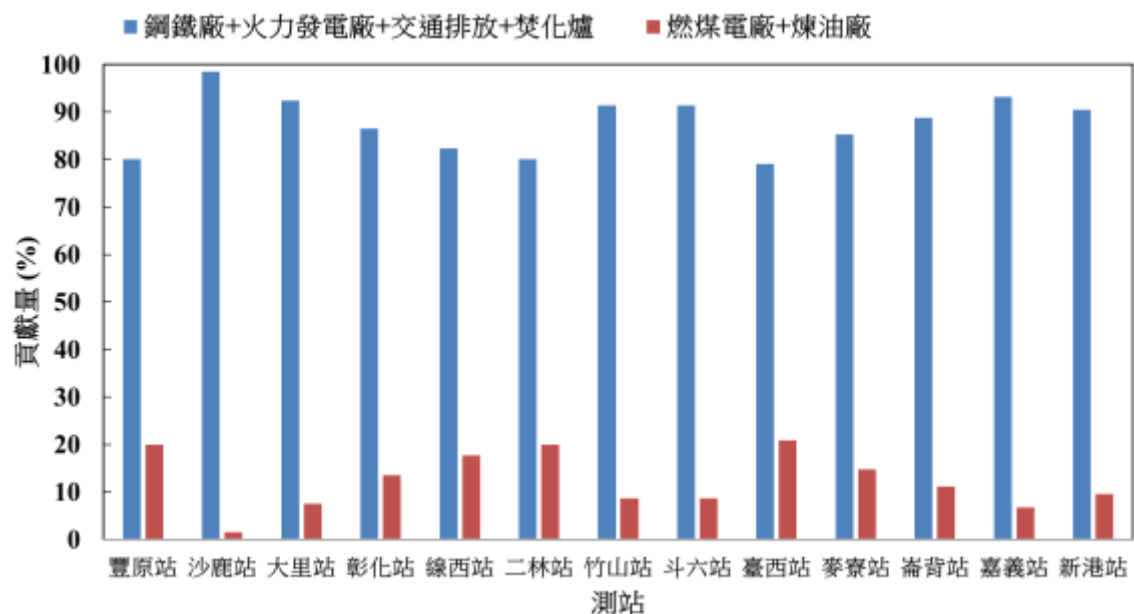


圖 4.4.3 以 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值分析之不同測站之鉛污染來源

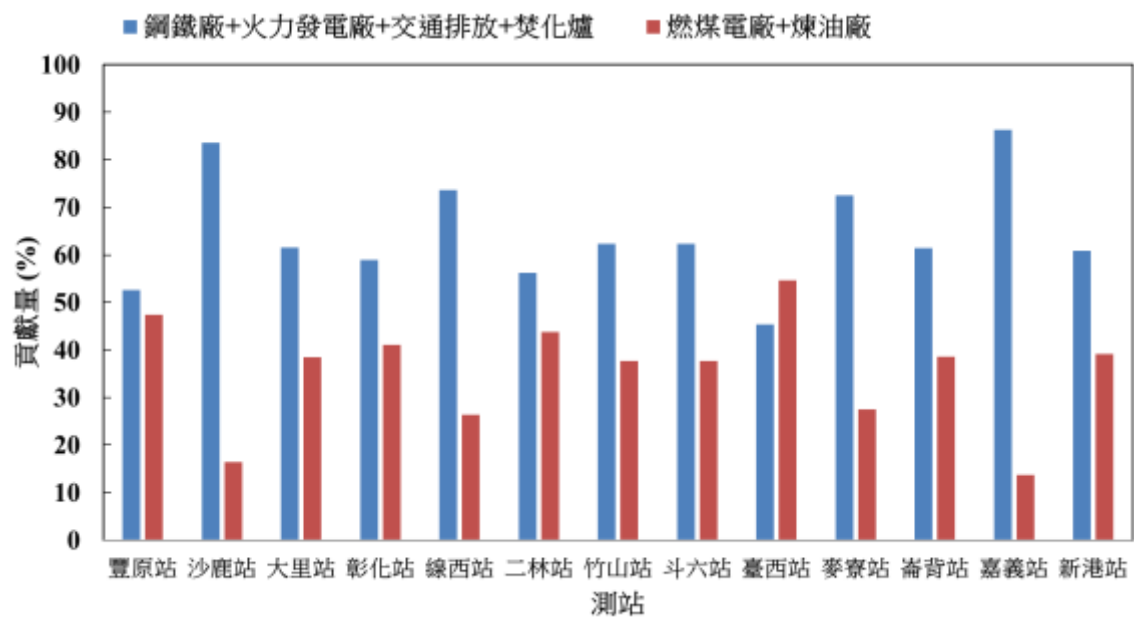


圖 4.4.4 以 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值分析之不同測站之鉛污染來源

4.4.2 受體模式分析結果

圖 4.4.5 為 PMF 解析因子數和臨界參數比值 ($Q_{\text{true}}/Q_{\text{exp}}$) 關係圖，該圖顯示 PMF 的解析因子數在 7 時，其臨界參數比值呈現緩和的狀態，因此以 PMF 推估的污染源因子數為 7。圖 4.4.6 為以 PMF 推估獲得的 7 個污染源因子的剖面圖。第一個因子被定義為「揚塵 (含水泥灰) 和工業排放 (石油煉製和鋼鐵廠)」，因該因子含有的重要指標包含 Al、Fe、Ca、Rb、Tl 和 Sr (貢獻量>32%) 等地殼元素和石灰製程產生的元素 (Santacatalina et al., 2010; 周崇光, 2014)，La、Cs 和 Nd (貢獻量>44%) 等石油煉製的重要指標 (Kulkarni et al., 2007; Moreno et al., 2008; 周崇光, 2014, 2017)，和 Fe、Mn 和 Pb (貢獻量>20%) 等鋼鐵廠排放的金屬元素 (Tsai et al., 2007)，本計畫採集的鋼鐵廠排放之元素同樣包含 Mn 和 Pb 等元素。第二個因子被定義為「工業排放 (重油燃燒)」，因該因子的主要元素為 V 和 Ni，過去研究也指出，V 和 Ni 是重油燃燒所貢獻的重要特徵元素 (Cheng et al., 2008; 周崇光, 2017)，且此兩元素的貢獻量都在 40% 以上。第三個因子的主要指標有氯離子、鈉離子和鎂離子 (貢獻量>28%)，此類指標可由海鹽飛沫所貢獻 (Rahn, 1999)，另外，As、Se、Cs、Cd 和 Sb 等元素的貢獻量也偏高 (貢獻量>31%)，此類元素和燃煤活動所貢獻的元素相似 (Okuda et al., 2008; Park et al., 2001; 周崇光, 2014, 2017)，因此，第三個因子可被定義為「海鹽飛沫和工業排放 (燃煤)」。

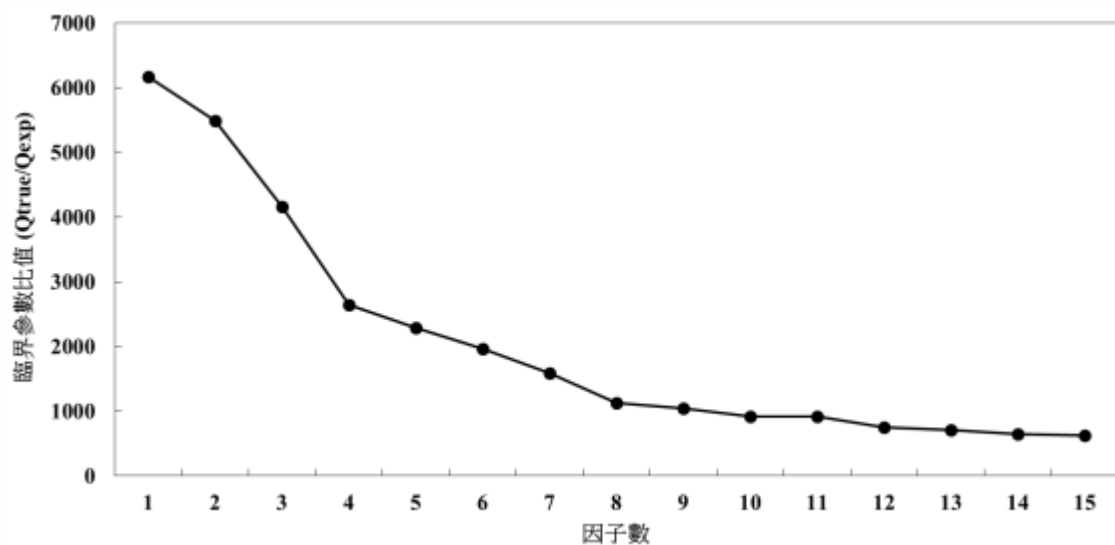


圖 4.4.5 PMF 解析因子數和臨界參數比值 ($Q_{\text{true}}/Q_{\text{exp}}$) 關係圖

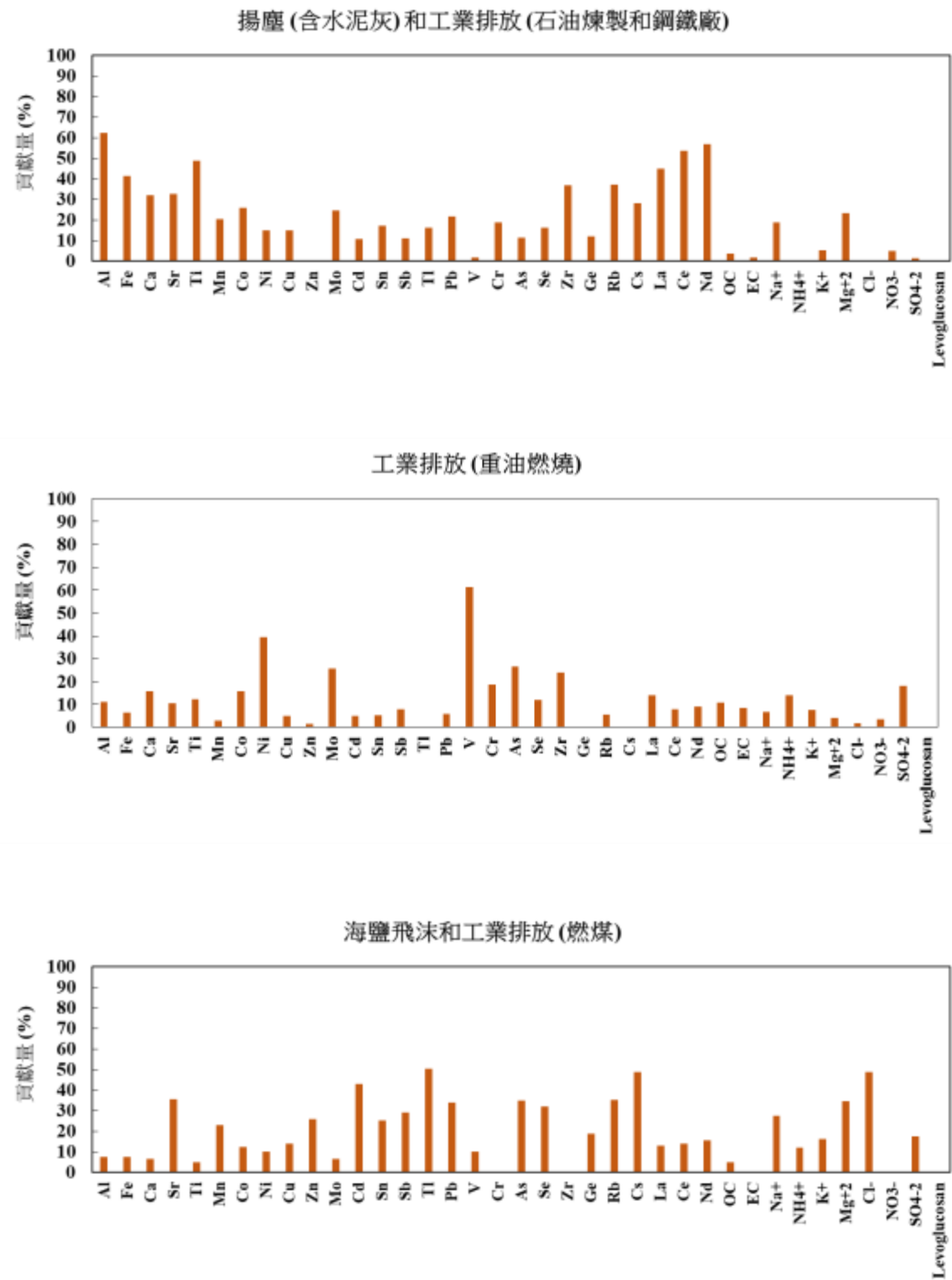


圖 4.4.6 PMF 污染源推估因子剖面圖

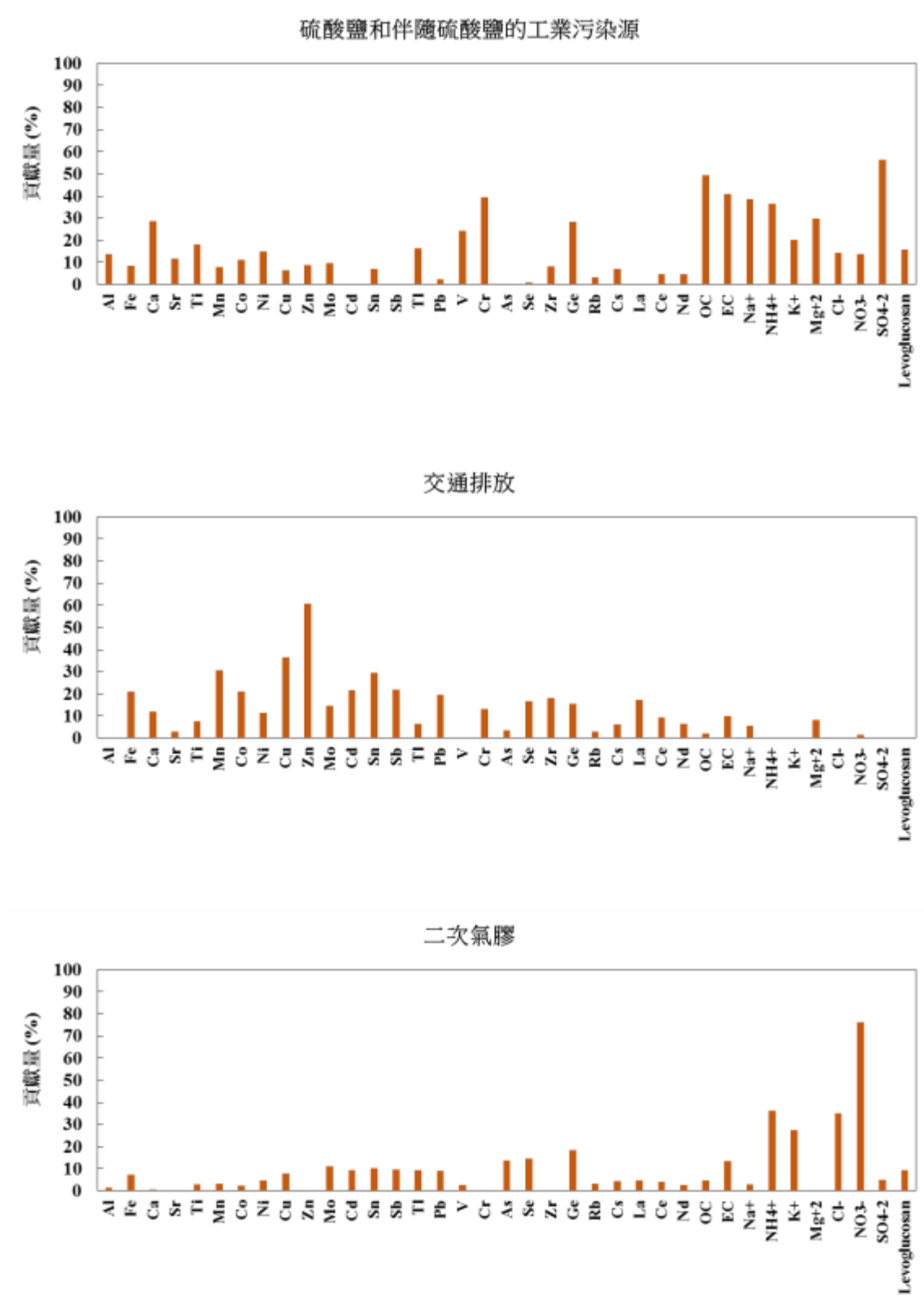


圖 4.4.6 PMF 污染源推估因子剖面圖 (續)



圖 4.4.6 PMF 污染源推估因子剖面圖 (續)

第四個因子被定義為「硫酸鹽和伴隨硫酸鹽的工業污染源」，該因子含有的硫酸鹽貢獻量達 56%；另外，該因子中的有機碳、元素碳、鈉離子、銨離子和 Cr 的貢獻都在 35% 以上，但目前尚無研究發現該類化學組成可同時出現在那些污染源中，然而，在前期計畫採集的燃煤電廠與煉油廠煙道排放之 $\text{PM}_{2.5}$ 中的化學組成中 (周崇光, 2017)，我們發現硫酸鹽為優勢組成，碳成分約佔 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度的 1~2%，且因去年調查的燃煤電廠和煉油廠，其採用的空氣污染控制備包含選擇性觸媒還原法和加入含有氫氧化鈉的濕式洗滌塔，以至於 $\text{PM}_{2.5}$ 中有較高的銨離子和鈉離子濃度，Cr 也可能由燃煤或煉油廠所排放，故推測第四個因子應是硫酸鹽和其他含有硫酸鹽的污染源混合而成。第五個因子被定義為「交通排放」，主要是因來自交通所生成的 Zn 和 Cu 等元素之貢獻量較高 (> 36%)，Mn 也有 31% 的貢獻量 (Lin et al., 2015; 周崇光, 2017)。第六個因子含有較高的硝酸鹽和銨鹽，其中硝酸鹽的貢獻量達 76%，因此第六個因子被定義為「二次氣膠」。第七個因子以 Levoglucosan、鉀離子、有機碳和元素碳的相對貢獻量較高，其中 Levoglucosan 的貢獻量可達 75%，鉀離子、有機碳和元素碳也都在 23% 以上，此類指標均為生質燃燒的重要指標 (Cheng et al., 2009; Simoneit et al., 1999)，前期計畫同樣發現生質燃燒是 Levoglucosan 和有機碳的重要貢獻源 (周崇光, 2017)，故第七個因子被定義為「生質燃燒」。

圖 4.4.7 為以 PMF 推估出 2 年共 13 個測站的 PM_{2.5} 濃度變異度的相對貢獻量，表 4.4.1 彙整各測站的主要和次要污染源因子。本計畫發現七個污染源因子對嘉義站、崙背站和新港站的貢獻相當，每一個污染源的相對貢獻量均無超過 20%，平均約為 15%，而「揚塵（含水泥灰）和工業排放（石油煉製和鋼鐵廠）」、「工業排放（重油燃燒）」和「海鹽飛沫和工業排放（燃煤）」的相對貢獻量之加總的平均為 48%，就 PMF 的污染源推估結果，不同類型的工業排放仍有較多的貢獻。「生質燃燒」是斗六站和竹山站的重要貢獻源，其相對貢獻量都在 24% 以上，次要污染源為「交通排放」，各佔 17%。「交通排放」則是彰化站和二林站的重要貢獻源 (> 20%)，其中二林站的位置較偏遠，本計畫推測除了因二林站位於萬合國小內，其採樣位置剛好臨近該校的停車場以，進而造成交通源成為二林站的重要貢獻源；此外，「硫酸鹽和伴隨硫酸鹽的工業污染源」和「工業排放（重油燃燒）」分別是彰化站和二林站的次要污染源。「揚塵（含水泥灰）和工業排放（石油煉製和鋼鐵廠）」及「工業排放（重油燃燒）」兩個污染源因子對麥寮站和臺西站的貢獻最大，此兩個污染源因子的相對貢獻量加總都在 43% 以上，且此兩側站都臨近有煉油廠的六輕工業區，顯示當地主要受工業排放影響。

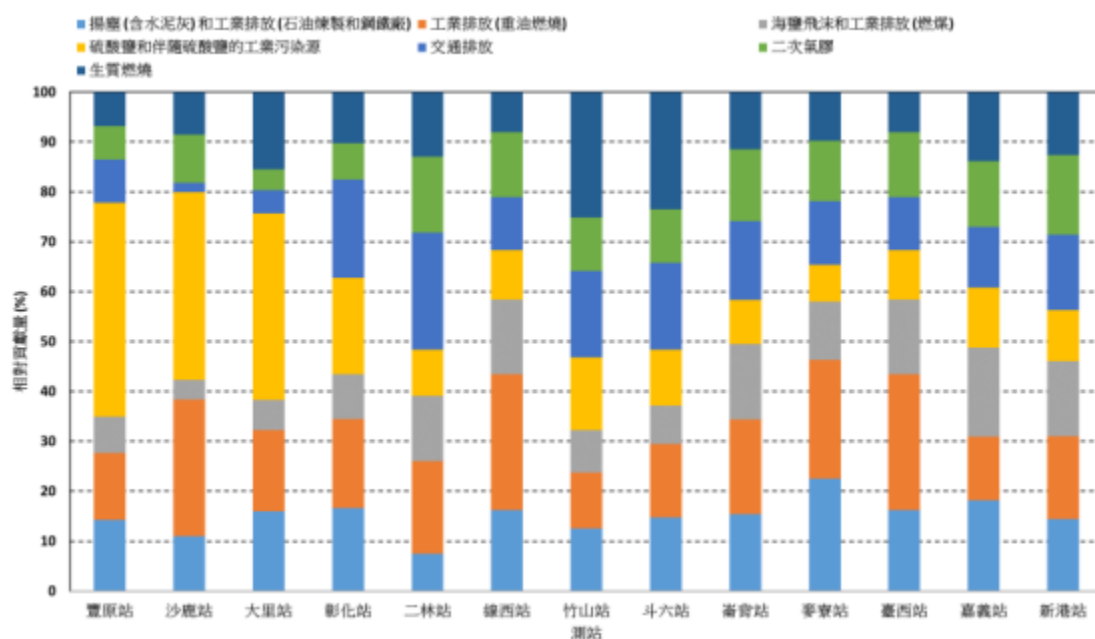


圖 4.4.7 PMF 污染源推估因子對不同測站 PM_{2.5} 變異度的相對貢獻量

表 4.4.1 PMF 推估之不同測站的主要和次要污染源因子

測站	主要污染源因子	次要污染源因子
豐原站	硫酸鹽和伴隨硫酸鹽的工業污染源	揚塵 (含水泥灰) 和工業排放 (石油煉製和鋼鐵廠)
沙鹿站	硫酸鹽和伴隨硫酸鹽的工業污染源	揚塵 (含水泥灰) 和工業排放 (石油煉製和鋼鐵廠)及工業排放 (重油燃燒)
大里站	硫酸鹽和伴隨硫酸鹽的工業污染源	揚塵 (含水泥灰) 和工業排放 (石油煉製和鋼鐵廠)
彰化站	交通排放	硫酸鹽和伴隨硫酸鹽的工業污染源
二林站	交通排放	工業排放 (重油燃燒)
線西站	「工業排放 (重油燃燒)」	揚塵 (含水泥灰) 和工業排放 (石油煉製和鋼鐵廠)
竹山站	生質燃燒	交通排放
斗六站	生質燃燒	交通排放
崙背站	各污染源因子的相對貢獻量相當，其中「揚塵 (含水泥灰) 和工業排放 (石油煉製和鋼鐵廠)」、「工業排放 (重油燃燒)」和「海鹽飛沫和工業排放 (燃煤)」之加總為 50%。	
麥寮站	揚塵 (含水泥灰) 和工業排放 (石油煉製和鋼鐵廠)」及「工業排放 (重油燃燒)」加總為 46%	
臺西站	揚塵 (含水泥灰) 和工業排放 (石油煉製和鋼鐵廠)」及「工業排放 (重油燃燒)」加總為 43%	
嘉義站	各污染源因子的相對貢獻量相當，其中「揚塵 (含水泥灰) 和工業排放 (石油煉製和鋼鐵廠)」、「工業排放 (重油燃燒)」和「海鹽飛沫和工業排放 (燃煤)」之加總為 49%。	
新港站	各污染源因子的相對貢獻量相當，其中「揚塵 (含水泥灰) 和工業排放 (石油煉製和鋼鐵廠)」、「工業排放 (重油燃燒)」和「海鹽飛沫和工業排放 (燃煤)」之加總為 46%。	

此外，在沙鹿站和線西站部分，「工業排放（重油燃燒）」也是重要的污染源之一（相對貢獻量> 27%），本團隊於 2016~2018 年的計畫執行期間，採集的測站除了麥寮站、台西站和崙背站靠海外，沙鹿站和線西站也都靠海並分別西臨台中港（內有火力發電廠和鋼鐵廠等工業）和彰濱工業區線西區，其中彰濱工業區線西區非以煉油和鋼鐵等產業為主，但採樣期間，部分採樣日的風向為北風，線西站剛好在台中港下方，推測線西站有可能有受北方的台中港影響，使得工業污染也是線西站的污染源之一。「硫酸鹽和伴隨硫酸鹽的工業污染源的污染源」因子對大里站、豐原站和沙鹿站的影響最大，最小相對貢獻量為 37%，顯示此三個測站都會受硫酸鹽和尚無法定義的工業污染源影響。由於此三個測站的最大污染源因子都為「硫酸鹽和伴隨硫酸鹽的工業污染源的污染源」，沙鹿站西臨台中港區，大里站和豐原站都為台中市的內陸行政區，此三站相對於台中港，剛好都位於下風處，PMF 之污染源的推估結果似乎暗示，「硫酸鹽和伴隨硫酸鹽的工業污染源」因子之所此對此三測站的貢獻較大，可能是因污染源排放後會隨氣流西進，同時夾雜了不同污染源排放的微粒，使得當地受到的污染源屬於“混合”的污染源。「揚塵（含水泥灰）和工業排放（石油煉製和鋼鐵廠）」則是豐原站和大里站的次要污染源。

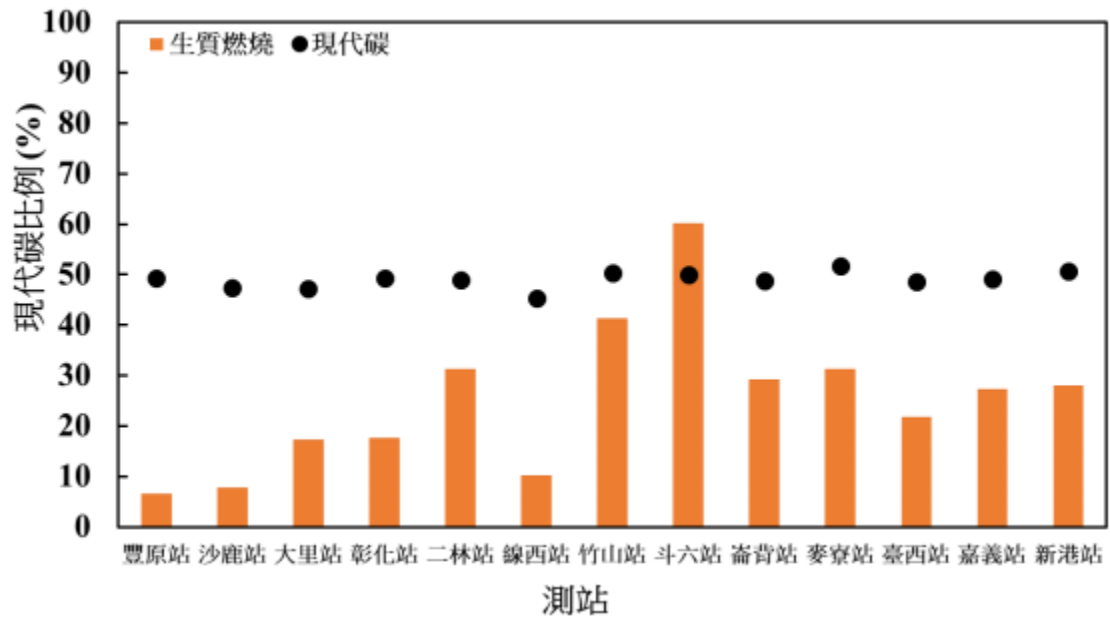
整合 PMF 的推估結果，可知竹山站和斗六站的優勢污染源為生質燃燒，二林站和彰化站的優勢污染源為交通排放，工業污染源則是其他測站的重要貢獻源，其中，沙鹿站、大里站和豐原站的污染源受各式工業污染源混合的影響。

4.4.3 同位素與受體模式之污染源分析結果比較

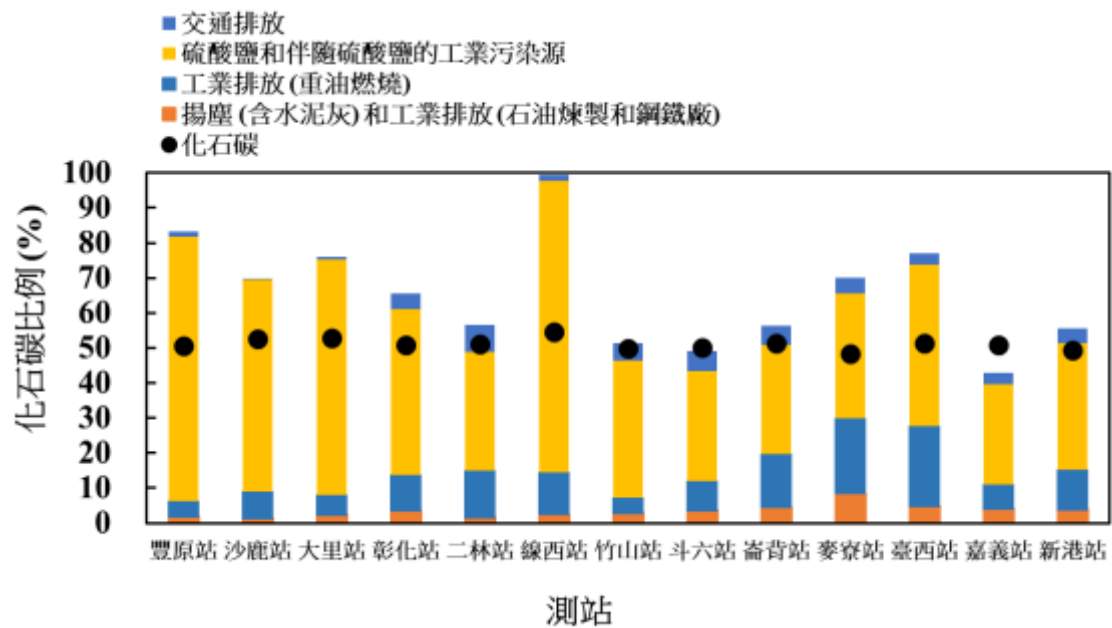
本計畫彙整碳與鉛同位素比值和 PMF 推估之污染源的資料，相關資料呈現於圖 4.4.8 和圖 4.4.9。首先，由圖 4.4.8 (a)可發現，pMC 推估的現代碳含量均較 PMF 分析出的生質燃燒貢獻量高，主要是因無將二次氣膠和海鹽飛沫納入計算，因二次氣膠同時包含現代碳與化石碳，海鹽飛沫無法被單獨劃分出來，故本計畫並無將其納入計算；此外，根據前期計畫和本期計畫的煙道採樣結果可知（周崇光, 2017），燃煤電廠或煉油廠等污染排放的碳以化石碳為主，但仍含有部分的現代碳，而本計畫在進行現代碳與化石碳的分組時，將工業排放的碳都視為化石碳，造成 PMF 分析出的現代碳貢獻較 pMC 的分析結果低。相對的，在化石碳部分（圖 4.4.8

(b))，PMF 分析出的化石碳貢獻量較 pMC 分析的結果高，主要是因工業排放生成的碳也可能包含現代碳。上述結果顯示，PMF 無法區別出不同污染源，pMC 雖然無法區別污染源的種類，但對化石碳和現代碳之貢獻具有較佳的鑑別能力，若能結合此兩種方法，相信可提高碳污染源的鑑別能力。

在鉛同位素部分，圖 4.4.9 顯示鉛同位素和 PMF 推估出的鉛污染源之相對貢獻量均有明顯差異，因兩種方法都無法有效區隔各種污染源的貢獻。因此，當以鉛同位素進行污染源的鑑定時，兩種方法提供的鑑定能力較弱。然而，因本計畫調查的污染源排放之鉛同位素比值涵蓋大氣 $\text{PM}_{2.5}$ 之鉛同位素比值，因此就中南部地區而言，鉛污染源應集中在燃煤電廠、煉油廠、交通排放、焚化爐和鋼鐵廠，但個別污染源對大氣 $\text{PM}_{2.5}$ 的貢獻量為和，需透過更完整的資料才能進一步釐清。



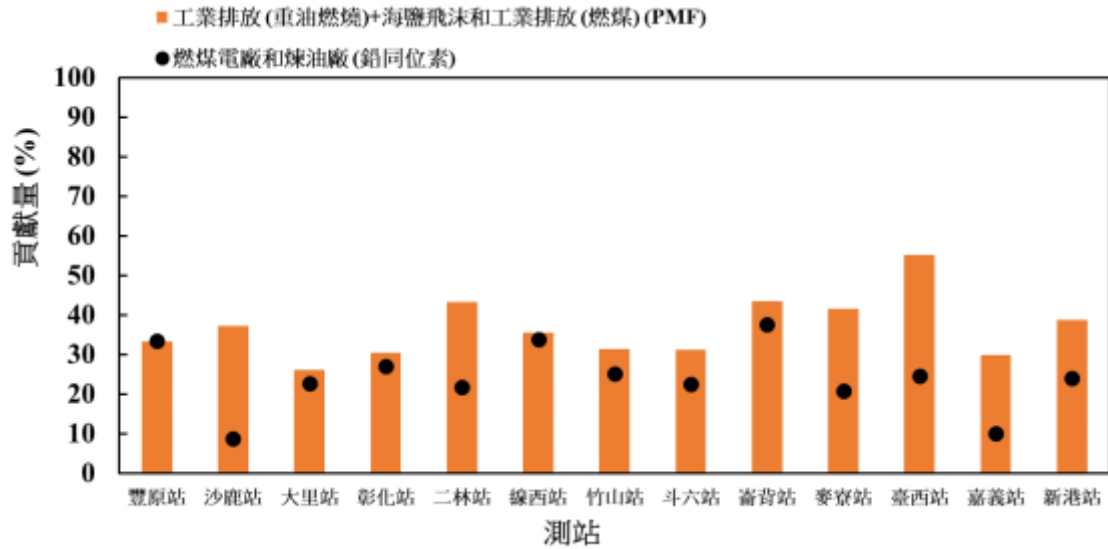
(a) 現代碳貢獻



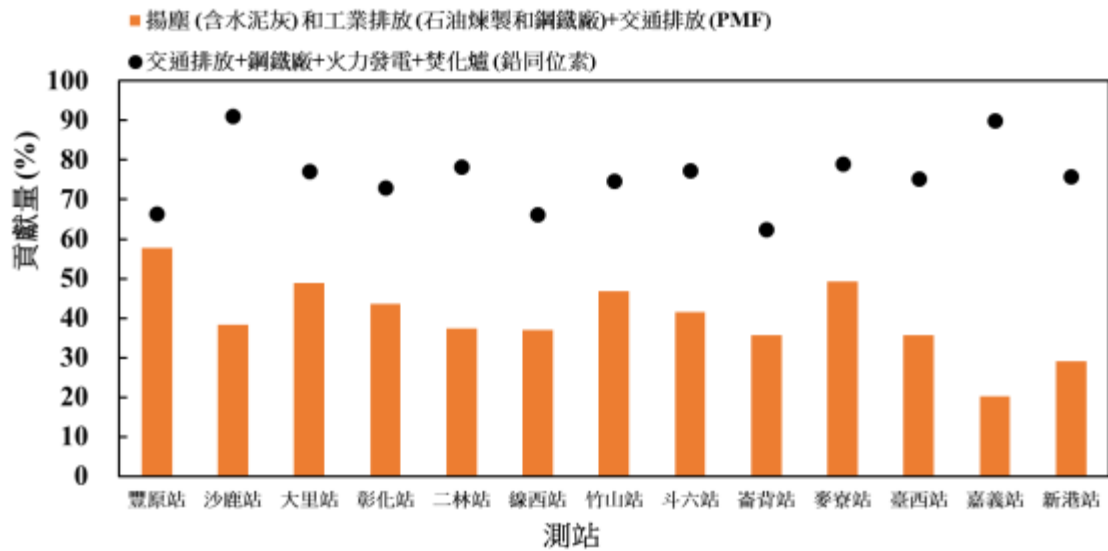
(b) 化石碳貢獻

圖 4.4.8 PMF 和 pMC 推估之現代碳與化石碳貢獻比例比較圖

(a) 現代碳貢獻和(b) 化石碳貢獻



(a) PMF 和鉛同位素比值推估燃煤與燃油的鉛貢獻



(b) PMF 和鉛同位素比值推估之交通排放、鋼鐵廠、火力發電和焚化爐排放之鉛的貢獻

圖 4.4.9 PMF 和鉛同位素比值推估之鉛污染源貢獻比較圖

4.4.4 案例分析

本計畫彙整兩個案例，討論氣象條件對空氣品質之影響。

(1) 案例一

在春季密集採樣期間，彰化站和沙鹿站在 3 月 29 日的 PM_{2.5} 與總碳濃度均較 3 月 28 日和 3 月 30 日高，3 月 29 日的風速明顯下降 (圖 4.4.10)，反映擴散不良已使得污染物濃度開始累積；同時，圖 4.4.11 顯示現代碳比例在 3 月 29 日明顯下降，化石碳濃度明顯上升，特別是沙鹿站，且 CO、硝酸鹽和硫酸鹽濃度也較前後兩天上升 1.1~1.8 倍，說明 3 月 29 日的擴散不良，也增加化石碳貢獻源的影響。

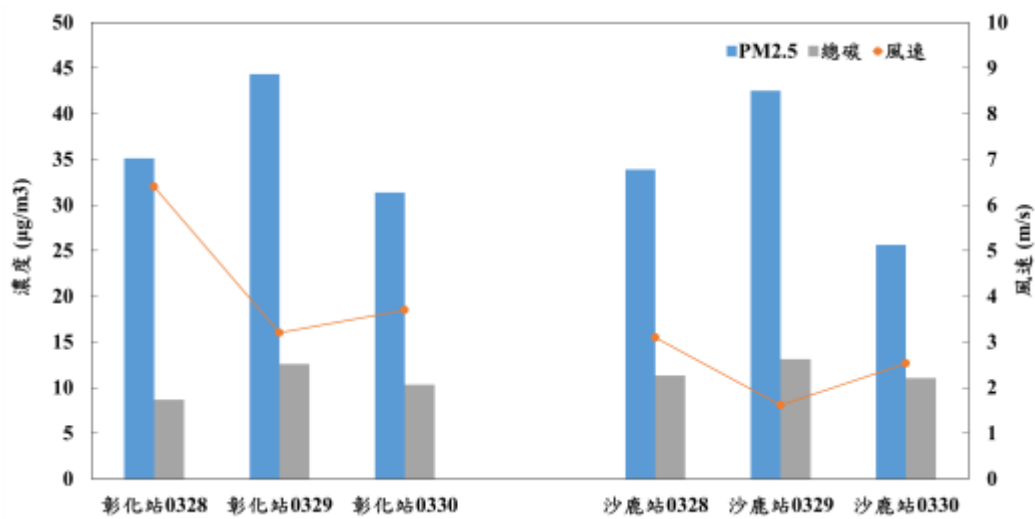


圖 4.4.10 案例一之不同時間點的污染物濃度與氣象資料關係圖

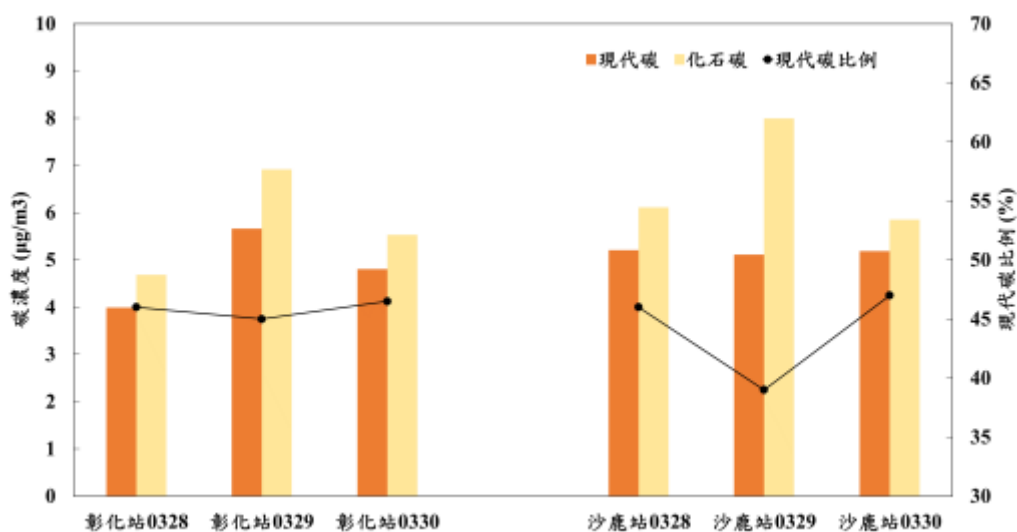


圖 4.4.11 案例一之不同時間點的現代碳比例與碳濃度關係圖

(2) 案例二

夏季密集採樣期間，大臺中地區在 7 月 25~29 日的風向以西北風為主，7 月 30~31 日以西風為主 (圖 4.4.12)，而位於污染源西側的豐原站和沙鹿站之現代碳比例在 7 月 30~31 日下降 (圖 4.4.13)，推測應是風向為西風時，將台中港區的化石碳污染源 (如火力發電廠和鋼鐵廠) 帶往東邊，使得東邊測站的現代碳比例明顯下降，其中又以豐原站最為明顯；反之，大里站和彰化站則因 7 月 30~31 日不受風向為西北風的影響，使得現代碳比例明顯上升，說明化石碳的貢獻已不如 7 月 25~29 日強。案例二的結果反映風場會改變污染源對不同區域的影響。

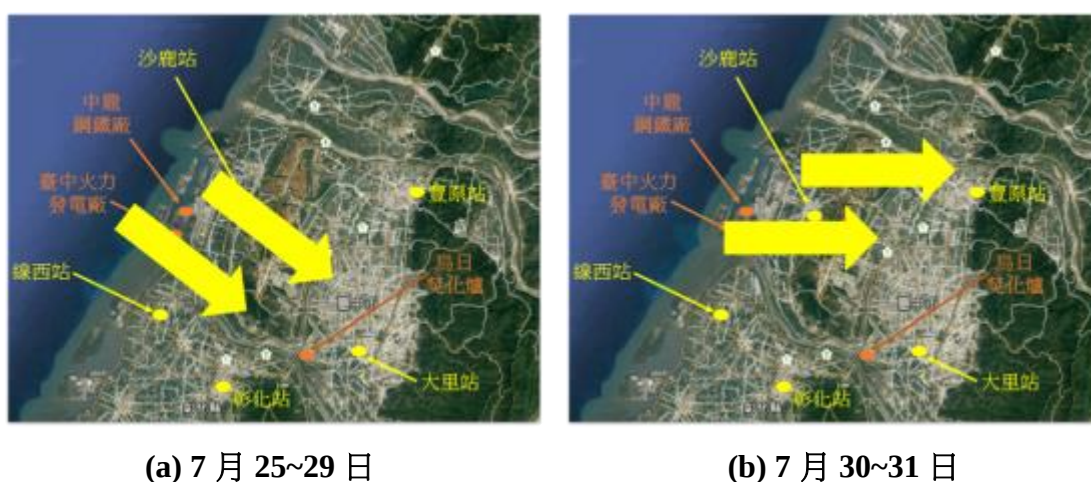


圖 4.4.12 案例二之不同採樣日期的風向圖

(a) 7 月 25~29 日和(b) 7 月 30~31 日

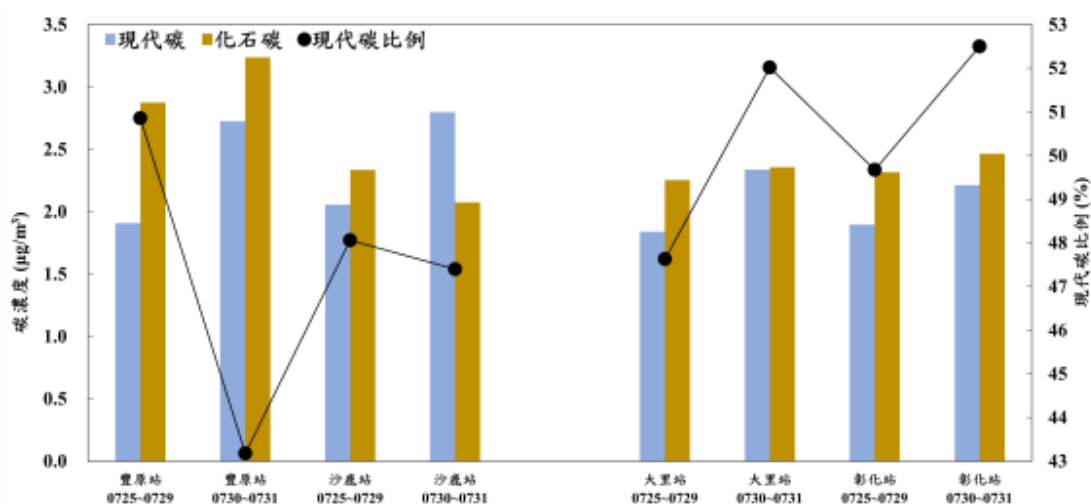


圖 4.4.13 案例二之不同時間點的現代碳比例與碳濃度關係圖

4.5 中部地區 PM_{2.5} 污染改善方針建議

各地方政府環保局和環保署都有針對懸浮微粒污染問題擬定管制策略或減量方案，但因本計畫針對高 PM_{2.5} 污染的中西部地區進行大氣 PM_{2.5} 的採樣和化學組成分析，同時完成當地重要污染源排放之 PM_{2.5} 的採集和分析其化學組成，因此可針對其研究成果建議改善方針。

(1) 竹山站和斗六站

碳同位素（請參閱「細懸浮微粒碳及鉛同位素分析技術發展與應用計畫」期末報告 (EPA-105-U101-02-A272)）和 PMF 分析結果均顯示此兩站的優勢污染源為生質燃燒，但根據 Levoglucosan 和 Mannosan 濃度的比值，發現木材燃燒才是重要的生質燃燒貢獻源，因此加強當地木材燃燒工廠的稽查和管制，應可有助於降低當地的 PM_{2.5} 濃度。鉛同位素分析結果則顯示工業排放與交通排放是鉛污染源之一，其中 PMF 污染源推估結果顯示交通排放的貢獻僅次於生質燃燒；因當竹山站和斗六站臨近水泥預拌廠，因此有較多的大型車輛進出，管制大型車輛之排氣也成為重要的管制方針之一。

(2) 彰化站和二林站

PMF 推估結果顯示交通排放是彰化站和二林站的重要污染源，鉛同位素與碳同位素也顯示交通排放是當地的污染源之一，因此目前環保署推動的管制汽機車等策略，應有助於降低當地的 PM_{2.5} 污染問題。然而，二林站位於萬合國小內，周邊均是農地和一般住家，採樣點又臨近萬合國小的停車場（約 50 公尺），因此可能要評估二林站採樣設備的架設位置是否合適，以避免後續仍受當地交通源的影響，進而稀釋掉其他污染源對當地的貢獻。

(3) 麥寮站和臺西站

麥寮站和臺西站臨近六輕工業區，過去許多本土研究也均發現當地的空氣污染物化學組成或人體生物指標，均和六輕工業區的排放有明確關係，本計畫透過 PMF、碳同位素（請參閱「細懸浮微粒碳及鉛同位素分析技術發展與應用計畫」期末報告 (EPA-105-U101-02-A272)）和鉛同位素的推估結果，同樣反映工業污染源，包含煉油廠、鋼鐵廠和重油燃燒等是當地的重要貢獻源，因此持續加強六輕工業區的污染管制，包含提高鍋爐燃燒效率，加強汙染控制設備等，可能仍是降低當

地 $PM_{2.5}$ 濃度的重要方針之一。另外，PMF 推估結果顯示揚塵（含水泥灰）也被發現是當地的重要污染源，因此降低裸露地面可能也是提高當地空氣品質的方針之一。

(4) 沙鹿站、大里站和豐原站

此三個測站明顯受到工業污染源的混合影響較大，因 PMF、碳同位素和鉛同位素均顯示工業排放是重要的污染源之一，且因此三站位於台中港區的下風處，因此改善台中港區的污染源排放，可能有助於降低此三站的 $PM_{2.5}$ 濃度。

(5) 線西站

線西站雖然臨近彰濱工業區線西區，但 PMF 分析出的污染源和彰濱工業區線西區（以機械製造業為主）的產業不一致，並以煉油業、重油燃燒、鋼鐵業和揚塵為主，鉛同位素分析結果顯示工業排放是線西站的污染源之一，推測應和北風或東北風南下挾帶的台中港區的空氣污染物之貢獻有關，因此改善台中港區的污染源排放，可能有助於降低線西站的 $PM_{2.5}$ 濃度。此外，因春季的碳同位素分析結果顯示交通排放是重要的污染源，線西站的 pMC 比例都低於 50%，PMF 推估結果也顯示交通排放約貢獻當地微粒的 18%，說明交通排放是當地的重要碳污染源之一。因此，環保署推動的管制汽機車等策略應能有效降低當地的微粒濃度。

(6) 嘉義站、新港站和崙背站

碳同位素顯示此三站的污染源和煉油廠與交通排放重疊，鉛同位素也顯示同樣的結果，然而，PMF 推估出的 7 個污染源因子的貢獻均在 20% 以下，因此此三站似乎無特別顯著的污染源。雖然 PMF 推估出的工業污染源[包含「揚塵（含水泥灰）和工業排放（石油煉製和鋼鐵廠）」、「工業排放（重油燃燒）」和「海鹽飛沫和工業排放（燃煤）」之相對貢獻量加總約為 45%，但除了崙背站緊鄰六輕工業區外，嘉義站和新港站周邊並無重大污染源，因此推測應和其他地區排放之工業污染物隨氣流進入嘉義和新港有關。但因本計畫僅有一年三季的嘉義與新港站大氣 $PM_{2.5}$ 採樣資料，故須透過更多的採樣資料、污染源的監測資料和氣流傳輸等模式的推估，以利探討造成當地高 $PM_{2.5}$ 濃度的主要因素。

透過碳同位素和 PMF 的分析結果可發現，各測站的主要碳污染源種類明確，但鉛同位素比值的資料卻顯示多數測站的鉛同位素比值落在交通排放+火力發電廠+鋼鐵廠+焚化爐之混合污染物的範圍內，PMF 也同樣無法有效區別不同測站

的污染源種類；然而，因不同測站的鉛同位素比值和 **PMF** 分析結果均顯示，工業污染源的混合是影響中南部 **PM_{2.5}** 的重要因子之一，因此，改善中南部重要工業污染源的排放，相信有助於降低中南部的微粒污染濃度。

第五章 結論與建議

5.1 結論

本計畫主要目的為透過中部地區（台中和彰化）的大氣及重要污染源排放之 $\text{PM}_{2.5}$ 及其化學組成的分析，再結合前期研究成果，討論台灣中西部地區的 $\text{PM}_{2.5}$ 污染成因、來源和改善方針。綜合各項分析結果獲得之重要結論如下：

1. 春季期間的 $\text{PM}_{2.5}$ 污染情形明顯較夏季嚴重，但無論春季或夏季，傳統化學組成分析結果顯示， $\text{PM}_{2.5}$ 中的主要化學組成均為硫酸鹽、硝酸鹽、銨鹽和有機碳，其質量濃度分別佔 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度的 30% (20~44%)、11% (3~24%)、12% (8~17%) 和 26% (12~54%)；以現代碳比例換算的現代碳和化石碳濃度也分別佔 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度的 15% (7~31%) 和 16% (9~30%)，顯示化石碳和現代碳的貢獻相當。
2. 以 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度標準值將樣本劃分為 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日和非事件日，分析發現相較於非事件日，事件日期間的硫酸鹽、硝酸鹽和銨鹽濃度加總的上升比例最大 (34~73%之間)，現代碳和化石碳的上升比例也在 3~23%之間，顯示當地或長程傳輸所貢獻的光化反應產物或特定污染源直接排放的鹽類（如煉油廠排放的硫酸鹽）和燃燒行為是造成當地高 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度的主因之一。
3. 本計畫的分析結果發現 Levoglucosan 和 Mannosan 濃度比值（平均 9.4，範圍 3.6~18.8）接近木材燃燒的結果，和前期計畫研究成果一致，反映木材燃燒可能也是增加當地碳濃度的重要因素之一。
4. 大氣 $\text{PM}_{2.5}$ 中的鉛同位素分析結果顯示夏季的量測值較春季低，春夏兩季的 $\delta^{13}\text{C}$ 量測值無顯著差異。然而，無論夏季或春季，其量測結果都和北部的量測有差異，顯示本土的碳與鉛污染源可能存在著空間與時間上的差異。
5. 火力電廠排放的 $\text{PM}_{2.5}$ 主要成分為金屬元素，特徵元素包括 Se、Zn、Mo、Ge、Sn 和 As 等，排放的碳以化石碳為主， $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值範圍為 1.1321~1.1854， $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值範圍為 2.4039~2.4277。
6. 鋼鐵廠排放的 $\text{PM}_{2.5}$ 主要成分為金屬元素，特徵元素包括 Zn、Pb、Mn、Ni 和 Cr 等，硫酸鹽則占 13%，pMC 分析結果顯示排放的碳以化石碳為主 (9%)， $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值範圍為 1.1268~1.1613， $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值範圍為 2.3877~2.4453。

7. 焚化爐排放的 $\text{PM}_{2.5}$ 之主要成分仍為金屬元素，特徵元素包括 Cd、Pb、Zn、As 和 Sb 等，硫酸鹽則占 5%， $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值範圍為 1.1396~1.1617， $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 比值範圍為 2.4078~2.4596。
8. 以碳同位素進行污染源的鑑定發現，春季期間，沙鹿站、彰化站和線西站的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值和煉油廠及交通源之 $\delta^{13}\text{C}$ 數值相近，且平均現代碳比例都在 50% 以下；豐原站的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值和煉油廠與交通排放的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值將近，但現代碳比例多大於或等於 50%，推測應是還有其他尚未分析的污染源貢獻所致。夏季期間，除了彰化站外，其他 4 個測站的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值都和煉油廠、交通排放和二次氣膠前驅物的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值重疊，且有 63% 的樣本之現代碳比例低於 50%。反映臺中和彰化地區，化石燃料是當地的重要碳微粒貢獻源。
9. 在鉛污染源部分，本計畫發現“鋼鐵廠+交通排放+火力發電廠+焚化爐”之污染源的混合是重要的鉛貢獻源，豐原站、彰化站、線西站、二林站、麥寮站和崙背站有部分採樣日受“燃煤電廠+煉油廠”影響。雖然本計畫發現不同污染源排放的鉛同位素比值較難被區分，但所調查之污染源的鉛同位素比值已涵蓋多數樣本的鉛同位素比值，顯示本計畫已掌握多數的鉛污染來源。
10. PMF 分析結果顯示斗六站和竹山站主要受生質燃燒影響；二林站和彰化站則受交通排放影響；麥寮站和臺西站以工業排放的貢獻較大；沙鹿站、大里站、豐原站和線西站可能受台中港區排放之污染物的影響。
11. 比較同位素與 PMF 之污染源推估結果，可發現碳同位素和 PMF 的結合，可改善 PMF 無法有效區別污染源種類的問題，進而提高碳污染源的鑑識能力；然而，研究蒐集到的污染源排放之鉛同位素比值的區別性不佳，其和 PMF 推估結果出現的問題一樣，因此較難提供完整的污染源鑑識結果。然而，根據 2 年的污染源排放之 $\text{PM}_{2.5}$ 中的鉛同位素比值分析結果，發現幾乎涵蓋大氣 $\text{PM}_{2.5}$ 的鉛同位素比值範圍，因此本計畫也已掌握中南部地區的鉛污染貢獻源，無須針對其他尚未被採集的污染源進行樣本的採集與分析。

5.2 建議

1. 光化反應產物和燃燒源是造成中部高 PM_{2.5} 濃度的重要成因，因此管制光化反應前驅物的排放及各類燃燒行為是重要的管理方向。
2. 生質燃燒的影響無季節差異且其指紋模式接近木材燃燒，反映木材燃燒的稽查與管制應是未來改善空氣品質的重要策略之一。
3. 累積三年 (2015~2018 年) 的研究成果發現無論是碳或鉛同位素，北部和中部的特徵明顯不同，因此本土大氣 PM_{2.5} 中的同位素存在著區域上的差異。本計畫之研究成果可提供基本的比對資料，同時可作為長期變化趨勢之參考。
4. 本計畫發現煙道採樣所獲得的 PM_{2.5} 樣本，其含有的碳成分均無法提供足量的碳供作碳同位素的分析。因此，建議未來若要調查煙道排放之微粒的碳同位素特性，且仍採用 NIEA 之公告採樣方法，除了延長採樣時間外，增加樣本數是重要的採樣與分析策略。
5. 本計畫已獲得多項重大污染源的碳、鉛同位素指紋資料，後續研究應強化對指紋資料的統計分析技術，以應用於提高微利污染源的鑑識能力。

參考文獻

- Bae, M.-S., Demerjian, K.L., Schwab, J.J., 2006. Seasonal estimation of organic mass to organic carbon in PM 2.5 at rural and urban locations in New York state. *Atmospheric Environment* 40, 7467-7479.
- Balcaen, L., Moens, L., Vanhaecke, F., 2010. Determination of isotope ratios of metals (and metalloids) by means of inductively coupled plasma-mass spectrometry for provenancing purposes—A review. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy* 65, 769-786.
- Birch, M.E., Cary, R.A., 1996. Elemental carbon-based method for occupational monitoring of particulate diesel exhaust: methodology and exposure issues. *Analyst* 121, 1183-1190.
- Bollhöfer, A., Rosman, K., 2000. Isotopic source signatures for atmospheric lead: the Southern Hemisphere. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 64, 3251-3262.
- Bollhöfer, A., Rosman, K., 2001. Isotopic source signatures for atmospheric lead: the Northern Hemisphere. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 65, 1727-1740.
- Cachier, H., Brémond, M.-P., Buat-Ménard, P., 1989. Carbonaceous aerosols from different tropical biomass burning sources.
- Cao, F., Zhang, S.-C., Kawamura, K., Zhang, Y.-L., 2016. Inorganic markers, carbonaceous components and stable carbon isotope from biomass burning aerosols in Northeast China. *Science of the Total Environment* 572, 1244-1251.
- Cao, J.-j., Chow, J.C., Tao, J., Lee, S.-c., Watson, J.G., Ho, K.-f., Wang, G.-h., Zhu, C.-s., Han, Y.-m., 2011. Stable carbon isotopes in aerosols from Chinese cities: Influence of fossil fuels. *Atmospheric environment* 45, 1359-1363.
- Cerri, C., Feller, C., Balesdent, J., Victoria, R., Plenecassagne, A., 1985. Application du traçage isotopique naturel en ^{13}C , à l'étude de la dynamique de la matière organique dans les sols. *Comptes-rendus des séances de l'Académie des sciences. Série 2, Mécanique-physique, chimie, sciences de l'univers, sciences de la terre* 300, 423-428.
- Chen, B., Jie, D., Shi, M., Gao, P., Shen, Z., Uchida, M., Zhou, L., Liu, K., Hu, K., Kitagawa, H., 2015. Characteristics of ^{14}C and ^{13}C of carbonate aerosols in dust storm events in China. *Atmospheric Research* 164, 297-303.
- Chen, H.-W., Chen, W.-Y., Chang, C.-N., Chuang, Y.H., 2013. Characterization of

- particles in the ambience of the high-tech industrial park of central Taiwan. *Aerosol and Air Quality Research* 13, 699-708.
- Cheng, H., Hu, Y., 2010. Lead (Pb) isotopic fingerprinting and its applications in lead pollution studies in China: a review. *Environmental Pollution* 158, 1134-1146.
- Cheng, M.-T., Horng, C.-L., Su, Y.-R., Lin, L.-K., Lin, Y.-C., Chou, C.C.-K., 2009. Particulate matter characteristics during agricultural waste burning in Taichung City, Taiwan. *Journal of hazardous materials* 165, 187-192.
- Chio, C.-P., Cheng, M.-T., Wang, C.-F., 2004. Source apportionment to PM 10 in different air quality conditions for Taichung urban and coastal areas, Taiwan. *Atmospheric Environment* 38, 6893-6905.
- Chio, C.-P., Yuan, T.-H., Shie, R.-H., Chan, C.-C., 2014. Assessing vanadium and arsenic exposure of people living near a petrochemical complex with two-stage dispersion models. *Journal of hazardous materials* 271, 98-107.
- Chou, C.-K., Lee, C., Cheng, M., Yuan, C., Chen, S., Wu, Y., Hsu, W., Lung, S., Hsu, S., Lin, C., 2010. Seasonal variation and spatial distribution of carbonaceous aerosols in Taiwan. *Atmospheric Chemistry and Physics* 10, 9563-9578.
- Chow, J.C., 1995. Measurement methods to determine compliance with ambient air quality standards for suspended particles. *Journal of the Air & Waste Management Association* 45, 320-382.
- Chow, J.C., Watson, J.G., Edgerton, S.A., Vega, E., 2002. Chemical composition of PM 2.5 and PM 10 in Mexico City during winter 1997. *Science of the Total Environment* 287, 177-201.
- Chow, J.C., Watson, J.G., Kuhns, H., Etyemezian, V., Lowenthal, D.H., Crow, D., Kohl, S.D., Engelbrecht, J.P., Green, M.C., 2004. Source profiles for industrial, mobile, and area sources in the Big Bend Regional Aerosol Visibility and Observational study. *Chemosphere* 54, 185-208.
- Chow, J.C., Watson, J.G., Pritchett, L.C., Pierson, W.R., Frazier, C.A., Purcell, R.G., 1993. The DRI thermal/optical reflectance carbon analysis system: description, evaluation and applications in US air quality studies. *Atmospheric Environment. Part A. General Topics* 27, 1185-1201.
- 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.
- Cruz, C.N., Pandis, S.N., 1997. A study of the ability of pure secondary organic aerosol to act as cloud condensation nuclei. *Atmospheric Environment* 31, 2205-2214.
- Currie, L., Dibb, J.E., Klouda, G., Benner Jr, B., Conny, J., Biegalski, S.R., Klinedinst, D.B., Cahoon, D.R., Hsu, N., 1998. The pursuit of isotopic and molecular fire tracers in the polar atmosphere and cryosphere. *Radiocarbon*.
- Dambruoso, P., de Gennaro, G., Di Gilio, A., Palmisani, J., Tutino, M., 2014. The impact of infield biomass burning on PM levels and its chemical composition. *Environmental Science and Pollution Research* 21, 13175-13185.
- Das, O., Wang, Y., Hsieh, Y.-P., 2010. Chemical and carbon isotopic characteristics of ash and smoke derived from burning of C 3 and C 4 grasses. *Organic Geochemistry* 41, 263-269.
- Duan, F., He, K., Ma, Y., Jia, Y., Yang, F., Lei, Y., Tanaka, S., Okuta, T., 2005. Characteristics of carbonaceous aerosols in Beijing, China. *Chemosphere* 60, 355-364.
- Dusek, U., Hitzenberger, R., Kasper-Giebl, A., Kistler, M., Meijer, H.A., Szidat, S., Wacker, L., Holzinger, R., Röckmann, T., 2017. Sources and formation mechanisms of carbonaceous aerosol at a regional background site in the Netherlands: insights from a year-long radiocarbon study. *Atmospheric Chemistry and Physics* 17, 3233-3251.
- Endo, M., Yamamoto, N., Yoshinaga, J., Yanagisawa, Y., Endo, O., Goto, S., Yoneda, M., Shibata, Y., Morita, M., 2004. 14 C measurement for size-fractionated airborne particulate matters. *Atmospheric Environment* 38, 6263-6267.
- Engling, G., Lee, J.J., Tsai, Y.-W., Lung, S.-C.C., Chou, C.C.-K., Chan, C.-Y., 2009. Size-resolved anhydrosugar composition in smoke aerosol from controlled field burning of rice straw. *Aerosol Science and Technology* 43, 662-672.
- Erel, Y., Dayan, U., Rabi, R., Rudich, Y., Stein, M., 2006. Trans boundary transport of pollutants by atmospheric mineral dust. *Environmental science & technology* 40, 2996-3005.
- Ettler, V., Mihaljevič, M., Komárek, M., 2004. ICP-MS measurements of lead isotopic ratios in soils heavily contaminated by lead smelting: tracing the sources of

- pollution. *Analytical and bioanalytical chemistry* 378, 311-317.
- Ewing, S.A., Christensen, J.N., Brown, S.T., Vancuren, R.A., Cliff, S.S., Depaolo, D.J., 2010. Pb isotopes as an indicator of the Asian contribution to particulate air pollution in urban California. *Environmental science & technology* 44, 8911-8916.
- Feeley, J.A., Liljestrand, H.M., 1983. Source contributions to acid precipitation in Texas. *Atmospheric Environment* (1967) 17, 807-814.
- Flament, P., Bertho, M.-L., Deboudt, K., Véron, A., Puskaric, E., 2002. European isotopic signatures for lead in atmospheric aerosols: a source apportionment based upon 206 Pb/207 Pb ratios. *Science of the Total Environment* 296, 35-57.
- Gallon, C., Ranville, M.A., Conaway, C.H., Landing, W.M., Buck, C.S., Morton, P.L., Flegal, A.R., 2011. Asian industrial lead inputs to the North Pacific evidenced by lead concentrations and isotopic compositions in surface waters and aerosols. *Environmental science & technology* 45, 9874-9882.
- Giebel, B.M., Swart, P.K., Riemer, D.D., 2010. $\delta^{13}\text{C}$ stable isotope analysis of atmospheric oxygenated volatile organic compounds by gas chromatography-isotope ratio mass spectrometry. *Analytical chemistry* 82, 6797-6806.
- Gioia, S., Babinski, M., Weiss, D., Spiro, B., Kerr, A., Veríssimo, T., Ruiz, I., Prates, J., 2017. An isotopic study of atmospheric lead in a megacity after phasing out of leaded gasoline. *Atmospheric Environment* 149, 70-83.
- 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. *Atmospheric Environment* 35, 4959-4970.
- Heal, M.R., Naysmith, P., Cook, G.T., Xu, S., Duran, T.R., Harrison, R.M., 2011. Application of ^{14}C analyses to source apportionment of carbonaceous PM 2.5 in the UK. *Atmospheric Environment* 45, 2341-2348.
- Ho, K., Lee, S., Chan, C.K., Jimmy, C.Y., Chow, J.C., Yao, X., 2003. Characterization of chemical species in PM 2.5 and PM 10 aerosols in Hong Kong. *Atmospheric Environment* 37, 31-39.
- Hsu, C.-Y., Chiang, H.-C., Lin, S.-L., Chen, M.-J., Lin, T.-Y., Chen, Y.-C., 2016. Elemental characterization and source apportionment of PM 10 and PM 2.5 in the western coastal area of central Taiwan. *Science of the Total Environment* 541,

- 1139-1150.
- Hsu, S.-C., Liu, S.C., Jeng, W.-L., Chou, C.C., Hsu, R.-T., Huang, Y.-T., Chen, Y.-W., 2006. Lead isotope ratios in ambient aerosols from Taipei, Taiwan: Identifying long-range transport of airborne Pb from the Yangtze Delta. *Atmospheric Environment* 40, 5393-5404.
- Hsu, S.-C., Liu, S.C., Lin, C.-Y., Hsu, R.-T., Huang, Y.-T., Chen, Y.-W., 2004. Metal compositions of PM₁₀ and PM_{2.5} aerosols in Taipei during spring, 2002. *Terr. Atmos. Ocean. Sci* 15, 925-948.
- Hsu, S., Liu, S., Tsai, F., Engling, G., Lin, I., Chou, C., Kao, S., Lung, S., Chan, C., Lin, S., 2010. High wintertime particulate matter pollution over an offshore island (Kinmen) off southeastern China: An overview. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 115.
- Hsu, S.C., Liu, S.C., Huang, Y.T., Chou, C.C., Lung, S., Liu, T.H., Tu, J.Y., Tsai, F., 2009. Long-range southeastward transport of Asian biomass pollution: Signature detected by aerosol potassium in northern Taiwan. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 114.
- Hsu, S.C., Liu, S.C., Huang, Y.T., Lung, S.C.C., Tsai, F., Tu, J.Y., Kao, S.J., 2008. A criterion for identifying Asian dust events based on Al concentration data collected from northern Taiwan between 2002 and early 2007. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 113.
- Hu, C.-W., Chao, M.-R., Wu, K.-Y., Chang-Chien, G.-P., Lee, W.-J., Chang, L.W., Lee, W.-S., 2003. Characterization of multiple airborne particulate metals in the surroundings of a municipal waste incinerator in Taiwan. *Atmospheric Environment* 37, 2845-2852.
- Hung, L.-J., Chan, T.-F., Wu, C.-H., Chiu, H.-F., Yang, C.-Y., 2012. Traffic air pollution and risk of death from ovarian cancer in Taiwan: fine particulate matter (PM_{2.5}) as a proxy marker. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* 75, 174-182.
- Irei, S., Huang, L., Collin, F., Zhang, W., Hastie, D., Rudolph, J., 2006. Flow reactor studies of the stable carbon isotope composition of secondary particulate organic matter generated by OH-radical-induced reactions of toluene. *Atmospheric Environment* 40, 5858-5867.

- Jacobson, M.Z., 2001. Strong radiative heating due to the mixing state of black carbon in atmospheric aerosols. *Nature* 409, 695-697.
- John, W., Wall, S.M., Ondo, J.L., Winklmayr, W., 1990. Modes in the size distributions of atmospheric inorganic aerosol. *Atmospheric Environment. Part A. General Topics* 24, 2349-2359.
- Khan, M., Latif, M.T., Saw, W., Amil, N., Nadzir, M., Sahani, M., Tahir, N., Chung, J., 2016. Fine particulate matter in the tropical environment: monsoonal effects, source apportionment, and health risk assessment. *Atmospheric Chemistry and Physics* 16, 597-617.
- Kikuchi, R., Sasaki, Y., Oba, A., Sato, A., Takada, M., Fujiwara, K., Kimoto, T., Ozeki, T., Sera, K., Ogawa, N., 2010. Origin and Transportation Course of Heavy Metal Elements in the Particulate Matter (PM) at the Hachimantai Mountain Range in Northern Japan. *International Journal of the Society of Materials Engineering for Resources* 17, 177-181.
- Klinedinst, D.B., Currie, L.A., 1999. Direct quantification of PM_{2.5} fossil and biomass carbon within the Northern Front Range Air Quality Study's domain. *Environmental science & technology* 33, 4146-4154.
- Komárek, M., Ettler, V., Chrastný, V., Mihaljevič, M., 2008. Lead isotopes in environmental sciences: a review. *Environment International* 34, 562-577.
- Kulkarni, P., Chellam, S., Fraser, M.P., 2007. Tracking petroleum refinery emission events using lanthanum and lanthanides as elemental markers for PM_{2.5}. *Environmental science & technology* 41, 6748-6754.
- Kumar, S., Aggarwal, S., Malherbe, J., Barre, J., Berail, S., Gupta, P., Donard, O., 2016. Tracing dust transport from Middle-East over Delhi in March 2012 using metal and lead isotope composition. *Atmospheric Environment* 132, 179-187.
- Kundu, S., Kawamura, K., 2014. Seasonal variations of stable carbon isotopic composition of bulk aerosol carbon from Gosan site, Jeju Island in the East China Sea. *Atmospheric Environment* 94, 316-322.
- Kuo, C.-Y., Lin, Y.-R., Chang, S.-Y., Lin, C.-Y., Chou, C.-H., 2013. Aerosol characteristics of different types of episode. *Environmental monitoring and assessment* 185, 9777-9787.
- López-Veneroni, D., 2009. The stable carbon isotope composition of PM_{2.5} and PM₁₀

- in Mexico City Metropolitan Area air. *Atmospheric Environment* 43, 4491-4502.
- López, M.L., Ceppi, S., Palancar, G.G., Olcese, L.E., Tirao, G., Toselli, B.M., 2011. Elemental concentration and source identification of PM₁₀ and PM_{2.5} by SR-XRF in Córdoba City, Argentina. *Atmospheric Environment* 45, 5450-5457.
- Lahd Geagea, M., Stille, P., Gauthier-Lafaye, F., Millet, M., 2008. Tracing of industrial aerosol sources in an urban environment using Pb, Sr, and Nd isotopes. *Environmental science & technology* 42, 692-698.
- Lin, Y.-C., Hsu, S.-C., Chou, C.C.-K., Zhang, R., Wu, Y., Kao, S.-J., Luo, L., Huang, C.-H., Lin, S.-H., Huang, Y.-T., 2016. Wintertime haze deterioration in Beijing by industrial pollution deduced from trace metal fingerprints and enhanced health risk by heavy metals. *Environmental Pollution* 208, 284-293.
- Lin, Y.-C., Tsai, C.-J., Wu, Y.-C., Zhang, R., Chi, K.-H., Huang, Y.-T., Lin, S.-H., Hsu, S.-C., 2015. Characteristics of trace metals in traffic-derived particles in Hsuehshan Tunnel, Taiwan: size distribution, potential source, and fingerprinting metal ratio. *Atmospheric Chemistry and Physics* 15, 4117-4130.
- Lin, Y., Cheng, M., 2007. Evaluation of formation rates of NO₂ to gaseous and particulate nitrate in the urban atmosphere. *Atmospheric Environment* 41, 1903-1910.
- Lin, Y.C., Cheng, M.T., Chio, C.P., Kuo, C.Y., 2009. Carbonaceous aerosol measurements at coastal, urban, and inland sites in central Taiwan. *Environmental Forensics* 10, 7-17.
- Lin, Y.C., Cheng, M.T., Lin, W.H., Lan, Y.-Y., Tsuang, B.-J., 2010. Causes of the elevated nitrate aerosol levels during episodic days in Taichung urban area, Taiwan. *Atmospheric Environment* 44, 1632-1640.
- Lin, Y.C., Schwab, J.J., Demerjian, K.L., Bae, M.S., Chen, W.N., Sun, Y., Zhang, Q., Hung, H.M., Perry, J., 2012. Summertime formaldehyde observations in New York City: Ambient levels, sources and its contribution to HOx radicals. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 117.
- Lough, G.C., Schauer, J.J., Park, J.-S., Shafer, M.M., DeMinter, J.T., Weinstein, J.P., 2005. Emissions of metals associated with motor vehicle roadways. *Environmental science & technology* 39, 826-836.
- Lowenthal, D.H., Zielinska, B., Chow, J.C., Watson, J.G., Gautam, M., Ferguson, D.H.,

- Neuroth, G.R., Stevens, K.D., 1994. Characterization of heavy-duty diesel vehicle emissions. *Atmospheric Environment* 28, 731-743.
- Martinelli, L., Camargo, P., Lara, L., Victoria, R., Artaxo, P., 2002. Stable carbon and nitrogen isotopic composition of bulk aerosol particles in a C4 plant landscape of southeast Brazil. *Atmospheric Environment* 36, 2427-2432.
- Masalaite, A., Holzinger, R., Ceburnis, D., Remeikis, V., Ulevičius, V., Röckmann, T., Dusek, U., 2018. Sources and atmospheric processing of size segregated aerosol particles revealed by stable carbon isotope ratios and chemical speciation. *Environmental Pollution* 240, 286-296.
- Masalaite, A., Remeikis, V., Garbaras, A., Dudoitis, V., Ulevicius, V., Ceburnis, D., 2015. Elucidating carbonaceous aerosol sources by the stable carbon $\delta^{13}\text{C}$ TC ratio in size-segregated particles. *Atmospheric Research* 158, 1-12.
- McMurry, P., Wilson, J., 1983. Droplet phase (heterogeneous) and gas phase (homogeneous) contributions to secondary ambient aerosol formation as functions of relative humidity. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 88, 5101-5108.
- Mkoma, S.L., Kawamura, K., Tachibana, E., Fu, P., 2014. Stable carbon and nitrogen isotopic compositions of tropical atmospheric aerosols: sources and contribution from burning of C3 and C4 plants to organic aerosols. *Tellus B* 66.
- Monna, F., Lancelot, J., Croudace, I.W., Cundy, A.B., Lewis, J.T., 1997. Pb isotopic composition of airborne particulate material from France and the southern United Kingdom: implications for Pb pollution sources in urban areas. *Environmental Science & Technology* 31, 2277-2286.
- Moreno, T., Querol, X., Alastuey, A., Gibbons, W., 2008. Identification of FCC refinery atmospheric pollution events using lanthanoid-and vanadium-bearing aerosols. *Atmospheric Environment* 42, 7851-7861.
- Mukai, H., Tanaka, A., Fujii, T., Zeng, Y., Hong, Y., Tang, J., Guo, S., Xue, H., Sun, Z., Zhou, J., 2001. Regional characteristics of sulfur and lead isotope ratios in the atmosphere at several Chinese urban sites. *Environmental science & technology* 35, 1064-1071.
- Nakano, T., Tanaka, T.-i., 1997. Strontium isotope constraints on the seasonal variation of the provenance of base cations in rain water at Kawakami, central Japan. *Atmospheric Environment* 31, 4237-4245.

- Nguyen, D.L., Kawamura, K., Ono, K., Ram, S.S., Engling, G., Lee, C.-T., Lin, N.-H., Chang, S.-C., Chuang, M.-T., Hsiao, T.-C., 2016. Comprehensive PM 2.5 Organic Molecular Composition and Stable Carbon Isotope Ratios at Sonla, Vietnam: Fingerprint of Biomass Burning Components. *Aerosol Air Qual. Res* 16, 2618-2634.
- Novakov, T., Penner, J., 1993. Large contribution of organic aerosols to cloud-condensation-nuclei concentrations.
- Ny, M.T., Lee, B.-K., 2011. Size distribution of airborne particulate matter and associated metallic elements in an urban area of an industrial city in Korea. *Aerosol and Air Quality Research* 11, 643-653.
- Oh, M.-S., Lee, T.-J., Kim, D.-S., 2011. Quantitative source apportionment of size-segregated particulate matter at urbanized local site in Korea. *Aerosol and Air Quality Research* 11, 247-264.
- Okuda, T., Katsuno, M., Naoi, D., Nakao, S., Tanaka, S., He, K., Ma, Y., Lei, Y., Jia, Y., 2008. Trends in hazardous trace metal concentrations in aerosols collected in Beijing, China from 2001 to 2006. *Chemosphere* 72, 917-924.
- Paatero, P., Tapper, U., 1994. Positive matrix factorization: A non-negative factor model with optimal utilization of error estimates of data values. *Environmetrics* 5, 111-126.
- Pakkanen, T.A., Loukkola, K., Korhonen, C.H., Aurela, M., Mäkelä, T., Hillamo, R.E., Aarnio, P., Koskentalo, T., Kousa, A., Maenhaut, W., 2001. Sources and chemical composition of atmospheric fine and coarse particles in the Helsinki area. *Atmospheric Environment* 35, 5381-5391.
- Pan, W.-C., Wu, C.-D., Chen, M.-J., Huang, Y.-T., Chen, C.-J., Su, H.-J., Yang, H.-I., 2016. Fine particle pollution, alanine transaminase, and liver cancer: A Taiwanese prospective cohort study (REVEAL-HBV). *JNCI: Journal of the National Cancer Institute* 108.
- Park, J.-S., Schauer, J.J., Shafer, M.M., Chowdhury, Z., Cass, G.R., Wagner, D., Sarofim, A.F., Lighty, J., 2001. Analysis of source apportionment tracers in fine particulate matter emitted from the combustion of coal, *Abstr Papers Am Chem Soc*.
- Pavuluri, C.M., Kawamura, K., 2012. Evidence for ¹³-carbon enrichment in oxalic acid

- via iron catalyzed photolysis in aqueous phase. *Geophysical Research Letters* 39.
- Pope III, C.A., Burnett, R.T., Thun, M.J., Calle, E.E., Krewski, D., Ito, K., Thurston, G.D., 2002. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Jama* 287, 1132-1141.
- Putaud, J.-P., Van Dingenen, R., Alastuey, A., Bauer, H., Birmili, W., Cyrys, J., Flentje, H., Fuzzi, S., Gehrig, R., Hansson, H.-C., 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.
- Qin, Y., Kim, E., Hopke, P.K., 2006. The concentrations and sources of PM 2.5 in metropolitan New York City. *Atmospheric Environment* 40, 312-332.
- Querol, X., Alastuey, A., Rodriguez, S., Plana, F., Ruiz, C.R., Cots, N., Massagué, G., Puig, O., 2001. PM10 and PM2.5 source apportionment in the Barcelona Metropolitan area, Catalonia, Spain. *Atmospheric Environment* 35, 6407-6419.
- Rahn, K.A., 1999. A graphical technique for determining major components in a mixed aerosol. I. Descriptive aspects. *Atmospheric Environment* 33, 1441-1455.
- Ren, H., Kang, M., Ren, L., Zhao, Y., Pan, X., Yue, S., Li, L., Zhao, W., Wei, L., Xie, Q., 2018. The organic molecular composition, diurnal variation, and stable carbon isotope ratios of PM2.5 in Beijing during the 2014 APEC summit. *Environmental Pollution* 243, 919-928.
- Rudolph, J., Czuba, E., Norman, A., Huang, L., Ernst, D., 2002. Stable carbon isotope composition of nonmethane hydrocarbons in emissions from transportation related sources and atmospheric observations in an urban atmosphere. *Atmospheric Environment* 36, 1173-1181.
- Salcedo, D., Castro, T., Bernal, J., Almanza-Veloz, V., Zavala, M., González-Castillo, E., Saavedra, M., Perez-Arvizu, O., Díaz-Trujillo, G., Molina, L., 2016. Using trace element content and lead isotopic composition to assess sources of PM in Tijuana, Mexico. *Atmospheric Environment* 132, 171-178.
- Salma, I., Németh, Z., Weidinger, T., Maenhaut, W., Claeys, M., Molnár, M., Major, I., Ajtai, T., Utry, N., Bozóki, Z., 2017. Source apportionment of carbonaceous chemical species to fossil fuel combustion, biomass burning and biogenic emissions by a coupled radiocarbon-levoglucosan marker method. *Atmospheric Chemistry*

- and Physics 17, 13767-13781.
- Samek, L., Stegowski, Z., Furman, L., 2016. Preliminary PM_{2.5} and PM₁₀ fractions source apportionment complemented by statistical accuracy determination. *Nukleonika* 61, 75--83.
- Sangster, D., Outridge, P., Davis, W., 2000. Stable lead isotope characteristics of lead ore deposits of environmental significance. *Environmental Reviews* 8, 115-147.
- Santacatalina, M., Reche, C., Minguillón, M., Escrig, A., Sanfelix, V., Carratalá, A., Nicolás, J.F., Yubero, E., Crespo, J., Alastuey, A., 2010. Impact of fugitive emissions in ambient PM levels and composition: A case study in Southeast Spain. *Science of the total environment* 408, 4999-5009.
- Seinfeld, J.H., Pandis, S.N., 1998. From air pollution to climate change. *Atmospheric Chemistry and Physics*.
- Sen, I.S., Bizimis, M., Tripathi, S.N., Paul, D., 2016. Lead isotopic fingerprinting of aerosols to characterize the sources of atmospheric lead in an industrial city of India. *Atmospheric Environment* 129, 27-33.
- Sheesley, R.J., Nallathamby, P.D., Surratt, J.D., Lee, A., Lewandowski, M., Offenberg, J.H., Jaoui, M., Kleindienst, T.E., 2017. Constraints on primary and secondary particulate carbon sources using chemical tracer and ¹⁴C methods during CalNex-Bakersfield. *Atmospheric Environment* 166, 204-214.
- Simoneit, B.R., Schauer, J.J., Nolte, C., Oros, D.R., Elias, V.O., Fraser, M., Rogge, W., Cass, G.R., 1999. Levoglucosan, a tracer for cellulose in biomass burning and atmospheric particles. *Atmospheric Environment* 33, 173-182.
- Strader, R., Lurmann, F., Pandis, S.N., 1999. Evaluation of secondary organic aerosol formation in winter. *Atmospheric Environment* 33, 4849-4863.
- Sun, X., Hu, M., Guo, S., Liu, K., Zhou, L., 2012. ¹⁴C-Based source assessment of carbonaceous aerosols at a rural site. *Atmospheric Environment* 50, 36-40.
- Taylor, S., 1964. Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table. *Geochimica et cosmochimica acta* 28, 1273-1285.
- Tsai, J.-H., Lin, K.-H., Chen, C.-Y., Ding, J.-Y., Choa, C.-G., Chiang, H.-L., 2007. Chemical constituents in particulate emissions from an integrated iron and steel facility. *Journal of Hazardous Materials* 147, 111-119.
- Tsuang, B.-J., 2003. Quantification on the source/receptor relationship of primary

- pollutants and secondary aerosols by a Gaussian plume trajectory model: Part I—theory. *Atmospheric Environment* 37, 3981-3991.
- U.S.EPA., 2014. EPA Positive Matrix Factorization (PMF) 5.0 Fundamentals and User Guide. U.S. Environmental Protection Agency, USA.
- Wang, J., Hu, Z., Chen, Y., Chen, Z., Xu, S., 2013. Contamination characteristics and possible sources of PM₁₀ and PM_{2.5} in different functional areas of Shanghai, China. *Atmospheric Environment* 68, 221-229.
- Wang, W., Liu, X., Zhao, L., Guo, D., Tian, X., Adams, F., 2006. Effectiveness of leaded petrol phase-out in Tianjin, China based on the aerosol lead concentration and isotope abundance ratio. *Science of the Total Environment* 364, 175-187.
- Wang, X., Zong, Z., Tian, C., Chen, Y., Luo, C., Li, J., Zhang, G., Luo, Y., 2017. Combining Positive Matrix Factorization and Radiocarbon Measurements for Source Apportionment of PM_{2.5} from a National Background Site in North China. *Scientific Reports* 7, 10648.
- 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.
- Watson, J.G., Chow, J.C., Lowenthal, D.H., Pritchett, L.C., Frazier, C.A., Neuroth, G.R., Robbins, R., 1994. Differences in the carbon composition of source profiles for diesel-and gasoline-powered vehicles. *Atmospheric Environment* 28, 2493-2505.
- Widory, D., Liu, X., Dong, S., 2010. Isotopes as tracers of sources of lead and strontium in aerosols (TSP & PM_{2.5}) in Beijing. *Atmospheric environment* 44, 3679-3687.
- Widory, D., Roy, S., Le Moullec, Y., Goupil, G., Cocherie, A., Guerrot, C., 2004. The origin of atmospheric particles in Paris: a view through carbon and lead isotopes. *Atmospheric Environment* 38, 953-961.
- Wilson, J.G., Kingham, S., Pearce, J., Sturman, A.P., 2005. A review of intraurban variations in particulate air pollution: Implications for epidemiological research. *Atmospheric Environment* 39, 6444-6462.
- Xie, R., Seip, H.M., Wibetoe, G., Nori, S., McLeod, C.W., 2006. Heavy coal combustion as the dominant source of particulate pollution in Taiyuan, China, corroborated by high concentrations of arsenic and selenium in PM₁₀. *Science of the Total Environment* 370, 409-415.

- Zhang, R., Guan, M., Shu, Y., Shen, L., Chen, X., Zhang, F., Li, T., Jiang, T., 2016. Reconstruction of historical lead contamination and sources in Lake Hailing, Eastern China: a Pb isotope study. *Environmental Science and Pollution Research* 23, 9183-9191.
- Zhang, R., Jing, J., Tao, J., Hsu, S.-C., Wang, G., Cao, J., Lee, C.S.L., Zhu, L., Chen, Z., Zhao, Y., 2013. Chemical characterization and source apportionment of PM 2.5 in Beijing: seasonal perspective. *Atmospheric Chemistry and Physics* 13, 7053-7074.
- Zhang, X., Xu, J., Kang, S., Liu, Y., Zhang, Q., 2018. Chemical characterization of long-range transport biomass burning emissions to the Himalayas: insights from high-resolution aerosol mass spectrometry. *Atmospheric Chemistry and Physics* 18, 4617.
- Zhang, Y.-L., Huang, R.-J., El Haddad, I., Ho, K.-F., Cao, J.-J., Han, Y., Zotter, P., Bozzetti, C., Daellenbach, K., Canonaco, F., 2015. Fossil vs. non-fossil sources of fine carbonaceous aerosols in four Chinese cities during the extreme winter haze episode of 2013. *Atmospheric Chemistry and Physics* 15, 1299-1312.
- Zhao, P., Dong, F., Yang, Y., He, D., Zhao, X., Zhang, W., Yao, Q., Liu, H., 2013. Characteristics of carbonaceous aerosol in the region of Beijing, Tianjin, and Hebei, China. *Atmospheric Environment* 71, 389-398.
- Zheng, J., Tan, M., Shibata, Y., Tanaka, A., Li, Y., Zhang, G., Zhang, Y., Shan, Z., 2004. Characteristics of lead isotope ratios and elemental concentrations in PM 10 fraction of airborne particulate matter in Shanghai after the phase-out of leaded gasoline. *Atmospheric Environment* 38, 1191-1200.
- Zong, Z., Wang, X., Tian, C., Chen, Y., Qu, L., Ji, L., Zhi, G., Li, J., Zhang, G., 2016. Source apportionment of PM 2.5 at a regional background site in North China using PMF linked with radiocarbon analysis: insight into the contribution of biomass burning. *Atmospheric Chemistry and Physics* 16, 11249-11265.
- 周崇光, 2014. 懸浮微粒污染源特徵指標技術之建置與評析. 行政院環境保護署環境檢驗所, 台北市.
- 周崇光, 2016. 以同位素分析鑑別細懸浮微粒(PM2.5)污染來源先期計畫. 行政院環保署, 台北, 台灣.
- 周崇光, 2017. 細懸浮微粒碳及鉛同位素分析技術發展與應用計畫. 行政院環境保護署, 台北市.

- 姚辰和, 2015. 鋼鐵廠周界及週邊敏感點細懸浮微粒物化特徵分析及污染源貢獻量解析, 環境工程研究所. 國立中山大學, 高雄市.
- 張簡國平, 2014. 103 年度嘉義市大氣中細懸浮微粒濃度特性分析計畫. 嘉義市政府環境保護局, 嘉義市.
- 陳怡伶, 2013. 固定污染源戴奧辛及重金屬排放調查及管制計畫. 行政院環境保護署, 台北市.
- 詹長權, 2013. 中部空品區細懸浮微粒暴露評估及成因分析. 行政院環境保護署, 台北市.
- 廖崇園, 2000. 應用 CMB 受體模式和 ISC 模式評估 PM10 污染來源及減量效益, 環境工程學系. 國立中興大學, 台中, 台灣.
- 鄭曼婷, 2000. 中部地區空氣污染總量管制技術資料建立與應用. 行政院環保署, 台北, 台灣.

附錄

附錄一 評選會議記錄

行政院環境保護署「107 年度細懸浮微粒碳同位素分析技術之
發展與應用研究計畫」評選委員會評選會議紀錄

- 壹、 會議時間：106 年 12 月 28 日（星期四）下午 2 時 00 分
- 貳、 會議地點：本署 2 樓預報室
- 參、 主持人：王召集人振興
記錄：陳香宇
- 肆、 評選委員會組成：外聘委員 4 人、內派委員 1 人，共計 5 人組成。
- 伍、 出席委員：王召集人振興、王委員嶽斌、陳委員國義
- 陸、 請假委員：鄭委員福田、林委員文印
- 柒、 列席人員（工作小組成員）：呂澄洋、陳香宇
- 捌、 評選方式：採序位法評選優勝廠商。
- 玖、 投標廠商家數及名稱：投標廠商 1 家且其資格及評選項目以外資
料經審查合格，廠商名稱為中央研究院。
- 拾、 召集人致詞：（略）
- 拾壹、 報告事項：
- 一、 主辦單位就本案需求內容及廠商評選事宜報告（略）。
 - 二、 工作小組初審意見報告（略）。
- 拾貳、 廠商詢答事項：
- 一、 評選委員審查意見。

- (一) 本計畫以碳及鉛同位素為研究標的，事實上汞(Hg)也是一項重要元素，未來各燃煤電廠要做燃煤含汞檢驗申報，若超過要做流布分析，其他相關研究也不少，有無可能做分析。配合國際水俣病管制計畫。
- (二) 電廠大煙囪直徑 6.9m，如何採樣?煤源有印尼、澳洲、美國、俄羅斯及中國大陸等，只採兩次是否有代表性?來源不同，含量占比及特徵不同，除非立即與受體比對，同步分析。
- (三) 若與收集之飛灰做比對，或許更容易。
- (四) 在冬春季採樣可能有較多的境外移入污染物，若採集樣本可能需與區隔釐清。
- (五) 調查污染源包括焚化爐，選定烏日分化爐原因?為何未考量后里或臺中地區焚化爐?
- (六) 統計推估來源要用 PMF 數學統計模式，是否有一定樣本數?如果不同時間特性下的樣本數可進一步統計分析?有無限制?
- (七) 前述分析結果可以區別污染特定來源?抑或只是和成分分析 PMF 的分析結果只能區別類型，而非可達特定污染源的區別。
- (八) 在整合臺中、彰化、南投、雲林和嘉義 PM_{2.5} 之同位素和化學組成特徵資料過程中，建議不單純僅運用 106 年數據，宜至少選擇部分時段作同步採樣監測結果，以求數據一致性及關連性，並可了解 107 年與 106 年數據間是否存在差異。

- (九) 延續 106 年審查意見之建議以 ^{14}C 及 $\delta^{13}\text{C}$ 推測污染源來自有機光化前驅物吸附之結果，請比對監資處光化測站 VOC_S 測值或增加 VOC_S 採樣檢測，以驗證推論；部分調查 $\delta^{13}\text{C}$ 遠低於文獻測值，推測為二次有機光化前驅物之合理性應予以佐證。
- (十) 本年度燃煤模擬採樣是否續進行，包括各類燃料油或煤，另建議區別 Pb 污染源之屬性是來自植物表面附著 PM 或本體已內含以供相關污染資訊。
- (十一) 協力檢測公司是否有同意書。

二、 廠商答覆意見。

- (一) 由於 Hg 的分析較為複雜，非本團隊現階段有能力完成分析的元素，故本計畫執行期間不分析燃煤電廠排放 PM_{2.5} 中的 Hg 或其同位素特性。
- (二) 本團隊在煙囪排放之 PM_{2.5} 的採樣部分，乃委託環保署認可的檢測公司執行，採用的檢測方法為環檢所公告的 NIEA A21210B 檢測方法。由於燃煤電廠在不同時間點採用的生煤礦來源或比例會不同，故除 2 次的採樣外，會視計畫執行狀況評估是否增加第 3 次的採樣；此外，由於本團隊在前期計畫的執行期間，盡可能讓周界 PM_{2.5} 和污染源排放之 PM_{2.5} 的採樣在同一時段進行，以求污染源排放之微粒的同位素特徵具有代表性，本年度也會依前期計畫的執行模式進行，降低污染源採樣結果不具代表性的風險。
- (三) 本團隊在採集煙囪排放之 PM_{2.5} 的同時，也會收集燃煤電廠同時使用的生煤礦和運作過程中產生的飛灰。
- (四) 本團隊在 104 年度計畫的研究成果已證實碳和鉛同位素亦可被用於探討微粒污染是否受境外傳輸的影響，故本期計畫同樣可透過碳和鉛同位素的資料評估採集的周界 PM_{2.5} 是受當地或境外傳輸的影響，並進一步評估受當地哪類污染源的貢獻。此外，為提高周界 PM_{2.5} 是受境外或當地污染源影響的可信度，也會加入逆軌跡等氣象模式的分析。

- (五) 根據環保署公告的過去 1 年「廢棄物焚化爐重金屬排放濃度定期檢測結果」，因烏日焚化爐的鉛排放濃度略高於位於台中市境內的 2 座大型焚化爐，故優先挑選烏日焚化爐。
- (六) 依美國環保署公告的 PMF 5.0 的使用手冊，建議納入 PMF 分析的樣本數最少 100 個，本期計畫除計畫書規劃要採集的 5 個採樣點外，會另外增加 3 個採樣點，共計 8 個採樣點，每個採樣點的採樣天數最少 7 天，最少採集 2 季，採集的樣本數最少有 112 個，超過建議的 100 個樣本數；此外，本期計畫也會納入 106 年度計畫完成的 9 個測站在 3 季的採集結果，其樣本數可達 300 個以上，可提高 PMF 分析結果的可信度。
- (七) PMF 和同位素的分析結果都可提供污染源的定性和相對定量資料，本計畫也會進一步比較兩方法的結果，以期能提供較完整的污染源定性與定量資料，故提供的結果不僅包含有污染源的定性資料，還包含污染源的定量資料。
- (八) 在有限的資源內，本團隊較難在一年內完成大區域的採樣，或增加其他區域及污染源的採樣，因此，為了提高污染源採樣結果在周界 $PM_{2.5}$ 的污染源鑑定可信度，本團隊除假設各污染源排放之微粒的同位素特徵穩定外，自前期計畫執行期間，均增加污染源排放之微粒的採樣次數和同步採集周界與污染源排放之 $PM_{2.5}$ ，以縮減時間造成的差異。

- (九) 本團隊今年會將環保署光化測站的數值納入分析，以提高以碳同位素進行污染源鑑定的可信度；過去曾有研究針對特定作物進行燃燒，發現 $\delta^{13}\text{C}$ 數值最低可達 -35‰ (Das et al., 2010)，也有研究發現巴西聖保羅當地植物的葉子經燃燒後，其 $\delta^{13}\text{C}$ 數值可低到 -37‰ (Martinellia et al., 2002)，反映 $\delta^{13}\text{C}$ 數值確實可能低於 -35‰。但為提供更完整的品保品管資料，本團隊會購置並分析低 ^{13}C 數值的標準品，以確保儀器的分析能力。
- (十) 本期計畫將不模擬各類燃料油或煤的燃燒情形，因燃油廠或燃煤廠的燃燒特性複雜，短期內難以完成燃燒條件的模擬，以供評估各類燃油或煤經燃燒後排放之微粒的特性。關於植物含有的鉛，其鉛是覆著在植物表面上或本體就含有較高的鉛，非本團隊今年度計畫的執行目的，但仍會檢索相關資料，供環保署參考。
- (十一) 本團隊在煙囪排放之 $\text{PM}_{2.5}$ 的採樣部分，均是委託環保署認可的檢測公司執行，以確保檢測結果的可信度。

拾叁、評選結果：

- 一、 經本委員會就各評選項目、受評廠商資料及工作小組初審意見逐項討論後，綜合評選結果詳評選總表。
- 二、 經各委員依據本採購案評分表評定參與評選廠商分數（序位），並將各委員評分結果填列於評選總表，中央研

究院平均總評分為 81.67/序位合計為 3。

三、 經召集人詢問各出席委員及列席人員，均認為不同委員之評選結果無明顯差異情形，且評選委員會或個別委員評選結果未與工作小組初審意見有異。

四、 決議：

(一) 參與評選廠商僅 1 家，廠商之平均總評分達 70 分以上，且標價合理，無浪費公帑情形，經出席委員過半數決議；序位第一之中央研究院為第 1 優勝廠商。

(二) 本評選會僅宣布前述評選結果及名次，有關本案後續議價優先順序，依據機關異質採購最有利標作業須知規定，需簽報機關首長或授權人員核定後公布。

拾肆、委員是否有不同意見：無。

拾伍、散會（下午 3 時 10 分）。

附錄二 啟始會議記錄

「細懸浮微粒碳同位素分析技術之發展與應用研究計畫」

啟始會議紀錄

一、時間：中華民國 107 年 2 月 27 日（星期二）下午 2 時 00 分

二、地點：本署 2 樓預報室

三、主持人：張處長順欽

記錄：陳香宇

四、出（列）席單位及人員：

中央研究院 周崇光、榮建誠

本署環境監測及資訊處 王嶽斌、彭成熹、呂澄洋

五、主席致詞：（略）

六、業務單位報告：（略）

七、執行單位報告：（略）

八、討論：

（一）106 年「細懸浮微粒碳及鉛同位素分析技術發展與應用計畫」

結論說明越往內陸，現代碳貢獻顯著，碳占有的比率越高，
今年的計畫應將內陸測站（斗六或竹山）持續納入探討分析。

（二）若去年計畫分析結果顯示微粒碳的 pMC 平均值無明顯的季節
變化，表示微粒中的現代碳不全是由季節性稻草燃燒所致，
那團隊是否可針對雲嘉南地區使用木材為燃料之工廠進行採
樣分析建立指紋資料庫？

（三）為利於後續污染源煙道排放之 PM_{2.5} 採樣工作，請盡快將採樣
時間及配合廠商確認完成，以符合時程規劃。

九、結論：請執行單位確實將本會議討論各項內容納入計畫辦理，並確實依計畫規劃執行。

十、散會（下午 3 時 0 分）。

審查意見	意見回覆
1. 106 年「細懸浮微粒碳及鉛同位素分析技術發展與應用計畫」結論說明越往內陸，現代碳貢獻顯著，碳占有的比率越高，今年的計畫應將內陸測站(斗六或竹山)持續納入探討分析。	本計畫於今年採樣期間，仍會架設採樣器於斗六站和竹山站，且在不影響契約書規範之 5 個測站（豐原站、大里站、沙鹿站、彰化站和線西站）的採樣與分析進度下，將量測現代碳（如生質燃燒）貢獻源之相關指標，以了解此兩站受現代碳貢獻源的影響是否仍顯著。
2. 若去年計畫分析結果顯示微粒碳的 pMC 平均值無明顯的季節變化，表示微粒中的現代碳不全是由季節性稻草燃燒所致，那團隊是否可針對雲嘉南地區使用木材為燃料之工廠進行採樣分析建立指紋資料庫？	本計畫將採集中南部地區的木材燃燒場，了解其排放之化學組成的特徵，並建立資料庫。
3. 為利於後續污染源煙道排放之 PM_{2.5} 採樣工作，請盡快將採樣時間及配合廠商確認完成，以符合時程規劃。	一切遵照貴處的建議執行。

附錄三 第一次進度報告會議紀錄

「107 年度細懸浮微粒碳同位素分析技術之發展與應用研究計畫」

第 1 次進度報告會議紀錄

十一、時間：中華民國 107 年 3 月 31 日（星期六）上午 10 時 00 分

十二、地點：本署 2 樓預報室

十三、主持人：張處長順欽

記錄：陳香宇

十四、出（列）席單位及人員：

本署環境監測及資訊處 彭成熹、呂澄洋

中央研究院 周崇光

十五、主席致詞：（略）

十六、計畫執行單位簡報：（略）

十七、討論：

（四）簡報內春季密集觀測期間執行單位放置於大里及彰化站的

PM_{2.5} 儀器監測濃度比本署監測站數據高出許多，請確認使用之數據為原始值或經校正後之測值，並將差異的濃度值解析來源。

（五）106 年的研究計畫結果提到微粒碳的 pMC 平均值無明顯的季節變異，顯示微粒中的現代碳並不全是由季節性的稻草燃燒

所造成，今年度可至廢木材為燃料的再利用機構進行煙道採樣。

（六）今年計畫固定污染源採樣有焚化廠、中龍鋼鐵廠及臺中火力

發電廠，請結合前後期的計畫，針對鉛同位素分析做探討。

- (七) 今年度的研究計畫，是否提出一個具體結論可於年度內向民眾說明 PM_{2.5} 污染來源？

十八、結論：

- (一) 本計畫研究方向符合本署目標，第 1 次進度報告原則通過，依契約書規定，辦理撥付第 1 期款相關事宜。
- (二) 請計畫執行單位參酌討論意見納入本計畫執行。

十九、散會（上午 11 時 15 分）。

審查意見	意見回覆
1. 簡報內春季密集觀測期間執行單位放置於大里及彰化站的 $PM_{2.5}$ 儀器監測濃度比本署監測站數據高出許多，請確認使用之數據為原始值或經校正後之測值，並將差異的濃度值解析來源。	本計畫分析發現環保署大里站和彰化站的監測濃度略低於貴處的監測結果，但其變化趨勢一致，且無統計上的差異，因此應是不同儀器間造成的採樣誤差所致。
2. 106 年的研究計畫結果提到微粒碳的 pMC 平均值無明顯的季節變異，顯示微粒中的現代碳並不全是由季節性的稻草燃燒所造成，今年度可至廢木材為燃料的再利用機構進行煙道採樣。	本計畫將採集中南部地區的木材燃燒場，了解其排放之化學組成的特徵，並建立資料庫。
3. 今年計畫固定污染源採樣有焚化廠、中龍鋼鐵廠及臺中火力發電廠，請結合前後期的計畫，針對鉛同位素分析做探討。	遵照貴處指示辦理。
4. 今年度的研究計畫，是否提出一個具體結論可於年度內向民眾說明 $PM_{2.5}$ 污染來源？	本計畫結案後，將整合兩年的研究成果，提出高 $PM_{2.5}$ 污染地區的污染來源，以供民眾參考。

附錄四 期中報告審查會議紀錄及意見回覆

「細懸浮微粒碳同位素分析技術之發展與應用研究計畫」

期中報告審查會議紀錄

一、會議時間：107 年 7 月 20 日（星期五）下午 2 時 0 分

二、會議地點：本署 2 樓預報室

三、主席：張處長順欽

記錄：陳香宇

二十、出（列）席單位及人員：

張委員章堂

張章堂

陳委員國義

陳國義

王委員振興

王振興

鄭委員福田

（請假）

監資處

王嶽斌、彭成熹

中央研究院環境變遷中心 周崇光、張士昱、榮建誠

五、主席致詞：（略）

六、執行單位報告：（略）

七、審查意見：

（一）張委員章堂

1. 宜列明都會區與鄉村現代碳和化石碳之差異性，以利瞭解不同污染源之影響。
2. 宜解析 OC（organic carbon）與 EC（Elemental carbon）中現代碳與化石碳之貢獻，尤其生質碳貢獻量。
3. 期中報告第 12 頁雪山隧道 OC/EC 宜再確認，北上與南下差異過大。
4. 簡報第 21 頁，其他組成計算有誤，宜再確認。
5. 簡報第 21 與 23 頁宜列明陰陽離子平衡情形。

6. δC^{13} 變異性過度大，宜再確認。
7. 宜解析 Pb 來源，尤其電廠與移動污染源。
8. 宜區分交通源、燃煤電廠與煉油廠差異性。
9. 受體模式分析結果過於簡略，宜參考鄭曼婷教授團隊相關文章與論文予以加強。

(二) 陳委員國義

1. 期中報告第 69 頁中事件日分析以 $PM_{2.5}$ $35 \mu g/m^3$ 做劃分，固有其原因，是否亦可瞭解事件日形成原因？例如氣象因素（風花圖、氣溫及雨量）排放變化等。
2. 期中報告第 66 頁沙鹿、大里化石碳的濃度較其他站高，固然其區域接近臺中中龍鋼鐵廠，但臺中電廠煙囪高達 250 公尺，擴散稀釋範圍更大，應有氣象條件資料佐證。
3. 期中報告第 42 頁本計畫將蒐集 3 種污染源原料，火力廠的煤，空污設備後產物，電廠的煤灰（還有底灰），是否已分析？這些是原生污染物，但還會有衍生污染物（ SO_x 、 NO_x 形成），這方面有無蒐集分析比較？
4. 期中報告第 12 頁國內外污染源 OC/EC 比值，美國火力電廠 2 座的比例差異大（國內資料可放入比較）是否有其原因？
5. 期中報告第 17 頁生質燃燒，國內與印度差異，請說明其原因。

(三) 王委員振興

1. 本計畫每個測站同時以 super SASS、PQ200 及 Tisch High-vol 採樣空氣中粒狀物，期間如何擺放取得代表性且不相干擾之採樣點；各採樣方法如何做品保品管確認檢測品質，有無詳細規範？又 Tisch High-vol 採集 $10 \mu m$ 以下微粒其化學特性及氣象條件是否

可代表 2.5 μm 微粒特性?請附相關採樣現場紀錄。

2. 水溶性陰陽離子分析，請說明添加標準品於何種樣品分析程序階段，本計畫樣品分析時是否均有每批次執行?
3. 本計畫微粒 $\delta^{14}\text{C}$ 分析仍未依原規劃由國內儀器作分析，如以往審查意見，部分調查值 $\delta^{13}\text{C}$ 遠低於文獻參考值且送至美國 BETA 實驗室分析品管樣品係為無機碳酸鈣與本計畫探討總碳微粒（多為有機碳）有無相關性應予釐清。
4. 107 年春季 $\text{PM}_{2.5}$ 採集與環保署同時採集數據比較係以何種採樣器採集結果，有無經手動採樣結果校正，須說明清楚。
5. 期中報告表 4.1.2 5 站春季採集現場風向為何?是否同步採樣?就地理位置微粒成分分析間結果是否合理?與冬季樣品成分分析上有何不同?
6. 事件日及非事件日比較，除各成分濃度（絕對量）增量外，相對量（%）增減關係可否說明，又是否可找出恆定比例作內標，以判定數據合理性。
7. 春季調查結果化石碳及硝酸鹽增加明顯，須由污染特性及氣象條件作探討。
8. 期中報告表 4.1.2 $\text{PM}_{2.5}$ 組成彰化站氯鹽濃度高於沙鹿站，何以未歸類為海鹽污染?

（四）監資處

1. 沙鹿站化石碳濃度較高，依據春季採樣的時間前 3 天為高壓迴流影響，測站臭氧濃度有升高，後 3 天風向為東北風，可能因沙鹿站位於大甲工業區下風處外，另亦可能受跨區的影響而造成。
2. 天氣系統影響空氣品質的狀況的主要原因，請團隊後續於報告中

增加天氣系統說明，以利瞭解事件日及非事件日之污染成因。

3. 臺中地區大甲工業區內有廢木材為燃燒之工廠如廣源造紙場等大型污染來源，團隊可考量去現場採樣分析作為現代碳來源比重的探討。
4. 後續的期末報告中應與前期計畫搭配比較，並且採樣時期是否可代表該季節，應在報告中說明氣象及天氣系統狀況。

八、結論：

- (一) 本計畫期中報告經審查原則通過，另依第 2 期款撥款條件，除期中報告經審查通過外，需完成臺中及彰化地區主要污染排放源之煙道採樣 1 次，請於請領款項時提供相關採樣紀錄資料。
- (二) 請執行單位參考審查意見納入本計畫執行，並將執行成果併入期末報告說明。

九、散會（下午 3 時 50 分）

審查意見	意見回覆
張章堂委員	
1.宜列明都會區與鄉村現代碳和化石碳之差異性，以利瞭解不同污染源之影響。	就本計畫目前採集的春季與夏季樣本而言，本團隊發現無論都會區（豐原站、大里站和彰化站）或鄉村地區（沙鹿站和線西站），現代碳與化石碳的比例相近，且不同區域的現代碳比例差異小（都會區：48%，鄉村地區：46%），並不具統計顯著差異性，因此，不同地區的碳污染源所貢獻的現代碳或化石碳之影響相近。詳細內容請參閱期末報告第96-97頁。
2.宜解析 OC（organic carbon）與 EC（Elemental carbon）中現代碳與化石碳之貢獻，尤其生質碳貢獻量。	受限於樣本的碳含量及現有的分析技術，本計畫尚無法分析 OC 和 EC 中的現代碳與化石碳，須待未來的研究進一步探討。
3.期中報告第 12 頁雪山隧道 OC/EC 宜再確認，北上與南下差異過大。	本團隊已再次確認雪山隧道之北上和南下的 OC/EC 比值，其結果無誤。推測北上和南下之 OC/EC 比值有如此大的差異，應和北上和南下分別為上坡道路和下坡道路，使得車輛引擎的運轉效率不同，進而造成測得的 OC/EC 比值有如此大的差異。
4.簡報第 21 頁，其他組成計算有誤，宜再確認。	已更正。
5.簡報第 21 與 23 頁宜列明陰陽離子平	已將春季和夏季的陰陽離子平衡資料

衡情形。	補上 (第 43 頁)，春季和夏季的陰陽離子比值分別為 1.44 和 1.36，其結果偏酸。
6. $\delta^{13}\text{C}$ 變異性過度大，宜再確認。	本計畫今年利用 CRDS 分析 $\text{PM}_{2.5}$ 中的 $\delta^{13}\text{C}$ ，所得之 QA/QC 結果如表 3.4.1 和圖 3.4.3 所示 (詳細內容敬請參閱第 51-52 頁)，該結果顯示 CRDS 測得的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值和 USGS 標準品提供的有機碳標準品之 $\delta^{13}\text{C}$ 數值具有良好的相關性 (R^2 接近 1.0)，且差異在 0.62‰ 以下，真實樣本的標準偏差也在 0.8‰ 以下，顯示本研究採用的 CRDS 之分析結果具有良好的準確度與精確度。而 $\delta^{13}\text{C}$ 數值之所以有如此大之差異，主要還是和不同採樣日期的污染源不同有關。
7. 宜解析 Pb 來源，尤其電廠與移動污染源。	期末報告已增加完整的火力發電廠、鋼鐵廠和焚化爐排放之鉛同位素比值的分析 (第 4-3 節)，並結合前期計畫採集的燃煤電廠、煉油廠和交通排放之鉛同位素比值 (EPA-105-U101-02-A272)，討論鉛的污染來源。鉛污染源評估果顯示，火力發電廠、焚化爐、交通排放和鋼鐵廠是中南部重要的鉛污染源，但因此四個污染源的鉛同位素比值相近，因此較難區別不同污染源對不同區域的貢獻 (詳細內容敬請參閱第 121-128 頁)。
8. 宜區分交通源、燃煤電廠與煉油廠差	前期計畫已完成燃煤電廠、煉油廠和交

異性。	通排放之鉛同位素比值的分析，並討論不同污染源的排放特性，詳細內容敬請參閱「細懸浮微粒碳及鉛同位素分析技術發展與應用計畫」(EPA-105-U101-02-A272) 第 108~140 頁。
9.受體模式分析結果過於簡略，宜參考鄭曼婷教授團隊相關文章與論文予以加強。	受體模式分析已完整呈現不同污染源因子的主要組成、來源解釋、不同污染源對各測站的相對貢獻量和污染源種類，詳細內容敬請參閱第 129-135 頁。
陳國義委員	
1.期中報告第 69 頁中事件日分析以 $\text{PM}_{2.5}$ $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 做劃分，固有其原因，是否亦可瞭解事件日形成原因？例如氣象因素（風花圖、氣溫及雨量）排放變化等。	根據春季與夏季的分析結果，本團隊發現高 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日期間，有較高的二次氣膠與碳濃度，因此光化反應與燃燒行為是重要的污染源，且事件日期間的風速也較非事件日低，因此擴散不良也是造成高 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度的主要因素之一。氣象資料如第 4.1.1 節所示。
2.期中報告第 66 頁沙鹿、大里化石碳的濃度較其他站高，固然其區域接近臺中中龍鋼鐵廠，但臺中電廠煙囪高達 250 公尺，擴散稀釋範圍更大，應有氣象條件資料佐證。	受限本計畫的研究資源，無法進行氣流傳輸的模擬，但可於未來和其他研究團隊合作，深入探討台中火力發電廠和中龍鋼鐵廠排放之微粒在不同區域的沉降特性。
3.期中報告第 42 頁本計畫將蒐集 3 種污染源原料，火力廠的煤，空污設備後產物，電廠的煤灰(還有底灰)，是否已分析？這些是原生污染物，但還會有衍生	本團隊於前期計畫執行期間(EPA-105-U101-02-A272)，已有採集電廠的煤灰等樣本，但尚未採集煤灰和底灰樣本。因此，本期計畫執行期間，在

污染物 (SO_x、NO_x 形成)，這方面有無蒐集分析比較?	獲得電廠的允許下，將取得和分析煤灰與底灰樣本，以了解不同階段排放之粉塵的化學組成特性。在衍生污染物部分，本團隊均有分析煙道排放之 PM_{2.5} 的硫酸鹽和硝酸鹽，但目前尚未完成分析，相關資料將呈現於期末報告中。
4. 期中報告第 12 頁國內外污染源 OC/EC 比值，美國火力電廠 2 座的比例差異大(國內資料可放入比較)是否有其原因?	本團隊有再次確認該文獻的分析結果，其分析結果無誤，但因該篇研究並無詳述採集之火力電廠的空氣污染控制設備或流程，因此無法了解可能的原因。本團隊推測應和不同電廠的運轉效率、空控設備種類和燃燒之生煤礦種類的不同有關。
5. 期中報告第 17 頁生質燃燒，國內與印度差異，請說明其原因。	過去研究指出不同地區的植物生長條件與養分來源均不同，故經燃燒後產生的微粒之特性也會不同，使得分析出的微粒之化學組成特性明顯不同。此外，由於本計畫所分析的生質原料為稻梗，稻梗為禾本植物，但印度是針對木本植物的燃燒進行採樣與分析，故分析結果會有差異，過去研究也確實指出木本和禾本經燃燒後排放之微粒的醣類濃度特性不同 (Engling et al., 2009, Aerosol Science and Technology, 43:662-672)。
王委員振興	
1. 本計畫每個測站同時以 super SASS、	本計畫架設之儀器均距離最少 2 公尺，

PQ200 及 Tisch High-vol 採樣空氣中粒狀物，期間如何擺放取得代表性且不相干擾之採樣點；各採樣方法如何做品管確證檢測品質，有無詳細規範？又 Tisch High-vol 採集 10 μm 以下微粒其化學特性及氣象條件是否可代表 2.5 μm 微粒特性？請附相關採樣現場紀錄。	以降低儀器間的干擾。儀器的校正均依原廠提供之手冊執行，樣本的採集和實驗室的濾紙秤重均依公共方法執行之。Tisch High-vol 僅能採集 10 μm 的微粒，但本計畫另外於儀器內加裝向原廠購買的粒徑分佈採樣器，使該設備可同時採集 2.5 μm 以下的微粒。期末報告已補上現場採樣紀錄，敬請參閱附錄六和附錄七。
2.水溶性陰陽離子分析，請說明添加標準品於何種樣品分析程序階段，本計畫樣品分析時是否均有每批次執行？	本計畫進行水溶性陰陽離子的分析時，並無添加標準品於樣本中，但有於每批樣本的分析期間，配置標準溶液並和樣本一同上機，同時也會執行雙重複和已知濃度之樣本的分析，以確保分析結果具有準確度和精確度。水溶性陰陽離子之分析的 QA/QC 請見第 42-43 頁。
3.本計畫微粒 $\delta^{13}\text{C}$ 分析仍未依原規劃由國內儀器作分析，如以往審查意見，部分調查值 $\delta^{13}\text{C}$ 遠低於文獻參考值且送至美國 BETA 實驗室分析品管樣品係為無機碳酸鈣與本計畫探討總碳微粒（多為有機碳）有無相關性應予釐清。	本計畫今年利用 CRDS 分析 $\text{PM}_{2.5}$ 中的 $\delta^{13}\text{C}$，所得之 QA/QC 結果如表 3.4.1 和圖 3.4.3 所示（詳細內容敬請參閱第 51-52 頁），該結果顯示 CRDS 測得的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值和 USGS 標準品提供的有機碳標準品之 $\delta^{13}\text{C}$ 數值具有良好的相關性 (R^2 接近 1.0)，且差異在 0.62‰ 以下，真實樣本的標準偏差也在 0.8‰ 以下，顯示本研究採用的 CRDS 之分析結果具有良好的準確度與精確度。
4.107 年春季 $\text{PM}_{2.5}$ 採集與環保署同時採	本計畫以環保署認可的 PQ 採樣器採集

集數據比較係以何種採樣器採集結果，有無經手動採樣結果校正，須說明清楚。	大氣的 PM_{2.5} 濃度，該設備即為手動採樣設備（設備規格之詳細描述內容請見第 37 頁）。但為確保本計畫的採樣結果具有代表性，也和環保署監測站之數據進行比較，比較結果顯示環保署測站與本計畫採用的 PQ 採樣器之 PM_{2.5} 濃度的相關性為 0.94 ($p < 0.05$)，相對差異百分比小於 2%。此外，環保署提供的 PM_{2.5} 監測資料，均已經過手動採樣校正，本研究以 PQ 採樣設備採集的結果和環保署測站採集的數值一致，反映 PQ 採樣結果具有代表性。
5.期中報告表 4.1.2 5 站春季採集現場風向為何？是否同步採樣？就地理位置微粒成分分析間結果是否合理？與冬季樣品成分分析上有何不同？	本計畫將呈現氣象資料於期末報告中。但受限研究時間和資料，無法採集冬季樣本，故無法進一步和冬季樣本進行比較。然而，和過去同樣在中南部且同一季節的研究成果相較，本計畫採集之 PM_{2.5} 的化學組成特性和過去的研究相近 (Fang et al., 2003, Science of The Total Environment, 308:157-166; Chio et al., 2004, Atmospheric Environment, 38:6893-6905; Chou et al., 2010, Atmospheric Chemistry and Physics, 10:9563-9578)。
6.事件日及非事件日比較，除各成分濃度（絕對量）增量外，相對量（%）增減關係可否說明，又是否可找出恆定比例作內標，以判定數據合理性。	以春季為例，本計畫比較相較於非事件日，事件日所上升之微粒化學組成的濃度比例。例如，相較於非事件日，事件日期間上升的 PM_{2.5} 濃度為 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$，

	硝酸鹽上升 $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，硝酸鹽在事件日期間的上升比例即為 20%。
7.春季調查結果化石碳及硝酸鹽增加明顯，須由污染特性及氣象條件作探討。	本計畫已增加氣象資料於期末報告中，並討論不同化學組成的污染特性及與氣象條件之關係。氣象資料請見第 4.1.1 節。
8.期中報告表 4.1.2 $\text{PM}_{2.5}$ 組成彰化站氯鹽濃度高於沙鹿站，何以未歸類為海鹽污染？	由於海鹽飛沫除了會貢獻氯鹽外，也會貢獻鈉鹽和鎂鹽，春季密集採樣期間，彰化站的平均鈉鹽（彰化站： $327 \text{ ng}/\text{m}^3$ ，沙鹿站： $387 \text{ ng}/\text{m}^3$ ）與鎂鹽（彰化站： $2 \text{ ng}/\text{m}^3$ ，沙鹿站： $14 \text{ ng}/\text{m}^3$ ）濃度均較沙鹿站低；此外，除了海鹽飛沫會貢獻氯鹽外，生質燃燒也會貢獻氯鹽，因此高氯鹽濃度並不代表有較高的海鹽飛沫貢獻。再者，PMF 推估結果顯示，春季密集採樣期間硫酸鹽、海鹽飛沫和工業排放（重油燃燒）為一個污染源因子，該污染源因子對彰化站與沙鹿站的貢獻分別為 10%和 20%，顯示相較於沙鹿站，彰化站並無較多的氯鹽分佈在該污染源因子中，因此，本計畫推測海鹽飛沫非彰化站的主要貢獻源。
監資處	
1.沙鹿站化石碳濃度較高，依據春季採樣的時間前 3 天為高壓迴流影響，測站臭氧濃度有升高，後 3 天風向為東北風，可能因沙鹿站位於大甲工業區下風	確實如同貴處所述，但因本計畫的研究資源有限，無法結合模式做氣流傳輸的推估，希望未來能有機會結合其他研究團隊，並搭配本計畫之地面監測資料，

處外，另亦可能受跨區的影響而造成。	深入討論氣流的傳輸對研究地區空氣品質的影響。
2.天氣系統影響空氣品質的狀況的主要原因，請團隊後續於報告中增加天氣系統說明，以利瞭解事件日及非事件日之污染成因。	本計畫已增加氣象資料於期末報告中(第 4.1.1 節)，並討論氣象因素的影響。
3.臺中地區大甲工業區內有廢木材為燃燒之工廠如廣源造紙場等大型污染來源，團隊可考量去現場採樣分析作為現代碳來源比重的探討。	本團隊於今年計畫執行期間，已根據環保署提供的廢木材燃燒申報資料，電訪申報量最高的 10 家廠商，並前往三家願意配合的廠商進行場勘，也完成一家願意配合採樣之造紙廠排放的微粒樣本的採集，結果發現木材僅佔所有燃料的比例不到 5%，因此採樣結果無法反映木材燃燒後的微粒組成特徵，仍需請環保署協助提供名單，以尋找願意配合之場所。
4.後續的期末報告中應與前期計畫搭配比較，並且採樣時期是否可代表該季節，應在報告中說明氣象及天氣系統狀況。	本計畫已整合前期計畫與本期計畫之污染源與大氣排放的 PM _{2.5} 之化學組成特性，並討論其污染來源，詳細內容請參閱第 4.4 節。另外，也補上氣象資料，詳細內容敬請參閱第 4.1.1 節。

附錄五 期末報告審查會議紀錄及意見回覆

「107 年細懸浮微粒碳同位素分析技術之發展

與應用研究計畫」期末報告審查會議紀錄

二、 時間：中華民國 107 年 12 月 6 日（星期四）下午 2 時 0 分

三、 地點：本署 4 樓第 7 會議室

四、 主席：王副處長嶽斌

記錄：黃健瑋

五、 出（列）席單位及人員：詳附件簽名單

六、 主席致詞：（略）

七、 計畫執行單位報告：（略）

八、 討論內容：

（一）陳國義委員

1. 本計畫本年度目標有 4(P.17)，其中建立火力發電廠、鋼鐵廠、焚化爐排放 $PM_{2.5}$ 化學組成及同位素特徵，但從 P.113 的 $^{206}Pb/^{207}Pb$ 的比值分布圖看，特徵並不明顯，以燃煤電廠為例，本計畫和 2017 前期就很不同，且分布很廣；鋼鐵廠與焚化爐則資料不多。如何解讀其差異？
2. P.111 火力（燃煤）電廠排放之 $PM_{2.5}$ 主要化學組成有 72% 的未知組成，P.109 的表也沒列出 Si、Ca 等地殼元素。
3. 煙道的 PM 顆粒採樣，大可直接抽取，NIEA 的 Auto Balancer 等速抽引則是要濃度，須依煙氣流速以等速抽引。
4. 發電廠現代碳比例占到 35%、42% 顯然是異常，可再探討有無其他燃煤添加物。是否鍋爐燃燒及防治設備（EP、FGD 及 SCR）改變某些 PM 特徵，或要調整檢測方法。
5. 報告稿應加摘要，引用文獻的數據且列表並加註出處。

（二）王振興委員

1. 本期末報告請依格式撰寫摘要（內含研究成果）。
2. 污染源「鑑識」再確認英文用語是 identification 或 forensic。
3. 期中報告委員意見為具體回覆：

- (1) 未附相關採樣現場紀錄（包括排放管道及環境），以瞭解採樣是否符合品質要求。
 - (2) 配置標準溶液和樣本一同上機分析與樣品添加分析係完全不同，非所謂添加分析。
 - (3) 本年度 PM_{2.5} 採樣與環保署同時採集數據比較問題未明確答覆。
 - (4) 本計畫和過去同樣在中南部同一季研究成果，在 PM_{2.5} 之化學組成特性部分是相近，請以相關數據或圖示統計結果佐證以說明本年度研究結果非單一個案。
 - (5) 彰化站氯鹽高於沙塵海鹽問題之答覆，鈉離子偏高原因不完全反映由海鹽所貢獻之意為何？
4. 請提供 CRDS 同性質標準品分析結果於本報告中，以評估在執行 $\delta^{13}\text{C}$ 之 QA/QC。
 5. 結論 1. 春季 PM_{2.5} 污染較夏季嚴重，現代碳和化石碳貢獻相當，比較與其他區域研究有何不同。
 6. 事件日/非事件日現代碳與化石碳貢獻有何不同？
 7. 中部春、夏測站 $\delta^{13}\text{C}$ 鑑定結果（ $\delta^{13}\text{C}$ 在 -29~-21‰）與 105 年生質燃燒 $\delta^{13}\text{C}$ 在 -35~-30‰ 不同。

(三) 張章堂委員

1. 附錄四：原意見 1、5、6、7 與 8 意見回覆不佳，宜在彙整相關資料（原回覆將於期末報告彙整，但不詳）。
2. P.13-P.16：所彙整國內外文獻近 5 年內文章頗少，宜加強相關文獻彙整。
3. P.42：宜列明三種污染源原料特性，以利比較從煙道直接排放微粒之特性。
4. P.44：宜列明生質原料特性，以利瞭解燃燒後之微粒特性。
5. P.90：僅春季與夏季資料，宜有其他季節（如秋季與冬季）資料。
6. P.102：宜分析 Pb 污染源（如固定源或移動源），以利污染管制參考，尤其結合 4.3 節各污染源排放特性。

(四) 環檢所

1.標準品精密度是否有規範（國際規範）？

2.除了 BSIA，是否也考慮 CSIA 分析？

(五) 監資處

1.請再說明禾本植物或木材原料生質燃燒之區分。

2.是否會有燒廢木材或廢裝潢等現代碳的成份來源的煙道採樣結果？

3.燃煤電廠的特徵有 pMC 佔比多，請再確認比較是否係受到其污染防制流程的影響，請詳加調查評估之。

4.請針對本計畫成果再整理萃取重要的發現，以及對應的空污創新治理對策建議。

九、 會議結論：

(一) 本計畫期末報告依審查意見修正後通過。

(二) 請執行單位依審查意見修正期末報告、以對照表說明辦理情形，並依契約書補充條款第 7 條規定，提交期末報告（修正稿及正式報告）及相關資料，經本署認可後，辦理結案及請款事宜。

十、 散會：下午 3 時 35 分

審查意見	意見回覆
陳國義委員	
1. 本計畫本年度目標有 4(P.17)，其中建立火力發電廠、鋼鐵廠、焚化爐排放 PM_{2.5} 化學組成及同位素特徵，但從 P.113 的 ²⁰⁶Pb/²⁰⁷Pb 的比值分布圖看，特徵並不明顯，以燃煤電廠為例，本計畫和 2017 前期就很不同，且分布很廣；鋼鐵廠與焚化爐則資料不多。如何解讀其差異？	在前期計畫 (EPA-105-U101-02-A272) 和本期計畫的執行期間，本團隊均在不同的季節採集與分析不同污染源排放的鉛同位素比值特徵，包含煉油廠、燃煤電廠、火力發電廠、鋼鐵廠、交通排放和焚化爐等。本團隊發現不同污染源排放的鉛同位素比值特徵沒有明顯被區隔開來，但燃煤電廠和煉油廠的鉛同位素比值接近，火力發電廠、鋼鐵廠、交通排放和焚化爐排放的鉛同位素比值接近，反映台中、彰化和雲林等地的鉛污染源可被分成兩大群，且因 2 年調查的污染源排放的鉛同位素比值幾乎涵蓋本研究於台中、彰化、雲林、嘉義和南投等地採集的大氣 PM_{2.5} 之鉛同位素比值，可見本團隊已掌握當地的鉛污染源種類，但個別污染源對大氣鉛的影響與貢獻量為何，須待未來透過其他的分析技術進一步釐清。
2. P.111 火力（燃煤）電廠排放之 PM_{2.5} 主要化學組成有 72% 的未知組成，P.109 的表也沒列出 Si、Ca 等地殼元素。	燃煤電廠排放的 PM_{2.5} 有高達 72% 為未知組成，如果將金屬氧化物加入，未知組成僅降為 66%，顯示仍有其他組成無法透過現有的分析技術獲得。此外，本團隊在 2017 年的計畫執行期間 (EPA-105-U101-02-A272)，也有採集與

	分析燃煤電廠排放之 $PM_{2.5}$ 的化學組成，未知組成同樣高達 56%，反映燃煤電廠煙道排放之 $PM_{2.5}$ 的化學組成需加入其他化學組成的分析技術，以降低未知組成的比例。本計畫因無分析 Si，因此無法呈現 Si 的結果，但在第 107-108 頁之各污染源排放之 $PM_{2.5}$ 化學組成表格中，即有包含 Ca、Al 和 Fe 等地殼元素。
3.煙道的 PM 顆粒採樣，大可直接抽取，NIEA 的 Auto Balancer 等速抽引則是要濃度，須依煙氣流速以等速抽引。	由於本團隊無採集煙道微粒的設備與能力，因此是委託環保署的認可實驗室進行採集。但環保署認可的實驗室須依公告方法的規範進行採樣，此採樣規範也限制了樣本的採樣量；因此，需透過延長採樣時間或增加樣本量來降低樣本之微粒量不足的風險。然而，因採樣前的準備作業時間較長，要透過延長採樣時間來解決微粒量不足的問題，有實務上的困難，且因煙囪的活動空間有限，較難同時攜帶多組採樣設備前往採樣，因此本團隊今年計畫執行期間，僅能合併樣本並分析其組成。未來，會延長採樣天數，以解決樣本微粒量不足的問題。
4.發電廠現代碳比例占到 35%、42%顯然是異常，可再探討有無其他燃煤添加物。是否鍋爐燃燒及防治設備(EP、FGD 及 SCR)改變某些 PM 特徵，或要調整	在 2017 年的計畫中(EPA-105-U101-02-A272)，本團隊發現位於雲林的燃煤電廠煙道排放之 $PM_{2.5}$ 的現代碳比例高達 41%，因此，本團隊

檢測方法。	在前期計畫執行期間，已完成燃煤電廠使用之煤礦的採集和現代碳的分析，分析結果顯示現代碳比例為 0%，表示煤礦幾乎是化石碳。因此，推測可能在燃燒的製程中有加入較高現代碳的燃料。為了確定其他作業流程是否有現代碳的貢獻源，本團隊已採集燃煤電廠不同製程的樣本並將其送至美國的 Beta 實驗室分析。截至期末報告修訂稿繳交前，分析結果尚未出爐，待檢測資料出爐後，本團隊會另外將檢測資料送至環保署，並評估燃煤電廠煙道排放之 PM _{2.5} 含有現代碳比例偏高的原因。
5.報告稿應加摘要，引用文獻的數據且列表並加註出處。	感謝委員建議，已於期末報告修訂稿中依契約書規範補上相關內容（包含中英文摘要），也已補上數據的出處。
王振興委員	
1.本期末報告請依格式撰寫摘要（內含研究成果）。	感謝委員建議，本團隊已於期末報告修訂稿中依契約書規範補上相關內容（包含中英文摘要）。
2.污染源「鑑識」再確認英文用語是 identification 或 forensic。	謝謝指較。計畫關鍵詞已經修改為“空氣污染辨識”(Air Pollution Forensics)
3. 期中報告委員意見未具體回覆： (1)未附相關採樣現場紀錄（包括排放管道及環境），以瞭解採樣是否符合品質要求。	感謝委員建議，已修正期中報告之委員意見回覆，請參閱第 185-188 頁。

(2)配置標準溶液和樣本一同上機分析與樣品添加分析係完全不同，非所謂添加分析。 (3)本年度 PM_{2.5} 採樣與環保署同時採集數據比較問題未明確答覆。 (4)本計畫和過去同樣在中南部同一季研究成果，在 PM_{2.5} 之化學組成特性部分是相近，請以相關數據或圖示統計結果佐證以說明本年度研究結果非單一個案。 (5)彰化站氯鹽高於沙塵海鹽問題之答覆，鈉離子偏高原因不完全反映由海鹽所貢獻之意為何？	
4.請提供 CRDS 同性質標準品分析結果於本報告中，以評估在執行 $\delta^{13}\text{C}$ 之 QA/QC。	本團隊已完成 CRDS 之品保品管資料的分析，所得之 QA/QC 結果如表 3.4.1 和圖 3.4.3 所示 (詳細內容敬請參閱第 51-53 頁)，該結果顯示 CRDS 測得的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值和 USGS 標準品 (有機碳標準品) 提供的有機碳標準品之 $\delta^{13}\text{C}$ 數值具有良好的相關性 (R^2 接近 1.0)，且差異在 0.62‰ 以下，真實樣本的標準偏差也在 0.8‰ 以下，顯示本研究採用的 CRDS 之分析結果具有良好的準確度與精確度。
5.結論 1.春季 PM_{2.5} 污染較夏季嚴重，現代碳和化石碳貢獻相當，比較與其他區域研究有何不同。	本團隊在前期計畫執行期間 (EPA-105-U101-02-A272)，分別在彰化、雲林、南投和嘉義進行採樣，採樣

	結果同樣顯示，秋冬季（無採集春季樣本）的 $PM_{2.5}$ 污染問題較夏季嚴重，且化石碳和現代碳的比例相當。因此，就台中和台中以南及周邊的四個縣市而言，不同季節的 $PM_{2.5}$ 污染情形和現代碳與化石碳比例相當，但目前並無北部、東部和南部（高雄、屏東和台南）的量測結果，因此無法比較不同區域的差異。未來，將前往高雄進行採樣，預期可獲得較完整的資料，以評估現代碳與化石碳之區域差異。
6.事件日/非事件日現代碳與化石碳貢獻有何不同？	本團隊發現在今年計畫執行期間，$PM_{2.5}$ 事件日期間的現代碳或化石碳濃度均較非事件日高，但現代碳與化石碳的比例相當（事件日現代碳比例：47%，非事件日現代碳比例：48%），反映事件日與非事件日的現代碳或化石碳貢獻源相近，只是事件日期間可能因風速的較低（事件日風速：2.0 m/s，非事件日：2.2 m/s），使得污染物容易累積，造成現代碳與化石碳的濃度較高。
7.中部春、夏測站 $\delta^{13}C$ 鑑定結果（ $\delta^{13}C$ 在-29~-21%）與 105 年生質燃燒 $\delta^{13}C$ 在-35~-30%不同。	前期計畫調查的生質燃燒為稻梗燃燒（EPA-105-U101-02-A272），但本期計畫量測到的大氣 $PM_{2.5}$ 之醣類濃度比值和木材燃燒的比值相近，因此推測，本期計畫量測到的生質燃燒應是木材燃燒而非稻梗燃燒，是故，造成本計畫量測到的大氣 $PM_{2.5}$ 之 $\delta^{13}C$ 和前期計畫調查

	的生質燃燒之 $\delta^{13}\text{C}$ 數值有落差。為避免造成誤解，凡本期計畫有引用到前期計畫調查的生質燃燒之 $\delta^{13}\text{C}$ 資料，均已特別註明是來自稻梗燃燒的實驗結果。
張章堂委員	
1.附錄四：原意見 1、5、6、7 與 8 意見回覆不佳，宜在彙整相關資料（原回覆將於期末報告彙整，但不詳）。	感謝委員建議，已修正期中報告之委員意見回覆，敬請參閱第 183-185 頁。
2. P.13-P.16：所彙整國內外文獻近 5 年內文章頗少，宜加強相關文獻彙整。	本團隊自 2015 年計畫執行以來，每年計畫執行期間，均有定期更新與大氣同位素有關的資料。例如，本期計畫執行期間，依檢索條件（請參閱第 19 頁），共檢索到 48 篇相關文章（期中報告為 45 篇，期末報告為 3 篇），其中有 3 篇（期中報告為 2 篇，期末報告為 1 篇）符合本計畫之需求並有納入文獻回顧之章節中。因此，本團隊均有定期更新與大氣同位素相關的文獻，以了解國際上相關領域的研究現況與趨勢。
3. P.42：宜列明三種污染源原料特性，以利比較從煙道直接排放微粒之特性。	由於本期計畫調查的三種污染源之負責機構，無法提供原料的組成，特別是焚化爐燃燒之垃圾的組成更為複雜，因此無法了解燃燒之原料和煙道排放之微粒特性的關係。然而，根據本團隊比較國內外同一污染源煙道排放的金屬元素特徵來看（敬請參閱第 107-108

	頁)，所得結果相近，反映不同國家/區域同一污染源排放的微粒特徵相近。
4. P.44：宜列明生質原料特性，以利瞭解燃燒後之微粒特性。	本團隊今年計畫引用的生質燃燒源之微粒特性資料來自前期計畫的研究成果 (EPA-105-U101-02-A272)，前期計畫使用的生質原料為稻梗，實驗結果顯示 PM _{2.5} 中的主要化學組成為碳 (38%)，其中有機碳佔了碳成分質量濃度的 95%，氯離子與鉀離子也分別佔了 PM _{2.5} 質量濃度的 18%和 12%，現代碳比例為 97%， $\delta^{13}\text{C}$ 介於-35.0 至-30.1‰之間。詳細資料敬請參閱「細懸浮微粒碳及鉛同位素分析技術發展與應用計畫」期末報告第 123~134 頁。
5. P.90：僅春季與夏季資料，宜有其他季節（如秋季與冬季）資料。	受限計畫執行時間與經費，本團隊僅能在結案前完成春季與夏季的採樣與分析，無法進行秋季與冬季樣本的採集。
6. P.102：宜分析 Pb 污染源（如固定源或移動源），以利污染管制參考，尤其結合 4.3 節各污染源排放特性。	本團隊在前期 (EPA-105-U101-02-A272) 和本期的計畫執行期間，陸續完成煉油廠、燃煤電廠、火力發電廠、焚化爐、鋼鐵廠和交通排放等重要鉛污染源排放之 PM _{2.5} 的採樣與化學組成分析，並將其應用在鉛污染源的定性與定量上。然而，本團隊發現就各污染源排放之鉛同位素比值而言，無法有效區分不同污染源的鉛同位素比值特徵，但燃煤電廠與煉油廠的

	鉛同位素比值相近，交通排放、鋼鐵廠、焚化爐和火力發電廠的鉛同位素比值相近，且均涵蓋大氣 PM_{2.5} 的鉛同位素比值量測結果，顯示本團隊已掌握台中、彰化和雲林等地的重要鉛污染源(4-3 節)。若要更進一步解析不同污染源對大氣 PM_{2.5} 的影響與貢獻，可能須結合其他技術來提高鑑識能力。
環檢所	
1.標準品精密度是否有規範（國際規範）？	本團隊採用的 $\delta^{13}\text{C}$ 標準品來自美國地質調查所 (U.S. Geological Survey, USGS)，但無標準品的精密度規範。但根據本團隊以 CRDS 分析 USGS 標準品的結果而言（詳細內容敬請參閱第 51-53 頁），CRDS 測得的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值和 USGS 提供的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值的相關性幾乎為 1.0 (R^2)，且在本計畫所分析之碳同位素的範圍內，CRDS 測得的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值和 USGS 提供的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值之絕對差異小於 0.62‰，且真實樣本的標準偏差在 0.8‰ 以下，均小於不同測站或季節的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值差異，因此分析結果具有較佳的準確度和精確度。
2.除了 BSIA，是否也考慮 CSIA 分析？	本計畫今年除了以 BSIA 方法分析 $\delta^{13}\text{C}$ 數值外，也有將樣本送至美國的 BETA 實驗室以 CSIA 方法進行分析，但兩種分析方法的結果有明顯差異（平均為

	3.5‰)，推測除了和美國 BETA 實驗室所採用的標準品均非有機碳標準品外，可能和分析流程的不同有關，但目前仍在等候美國 BETA 實驗室提供分析流程資訊，因此尚無法評估兩分析方法的差異。然而，就本團隊採用的 CRDS 之分析結果而言（詳細內容敬請參閱第 51-53 頁），除了採用的標準品為有機碳標準品外，CRDS 的分析結果和標準品之差異與相關性均佳，因此分析結果具有代表性。
監資處	
1.請再說明禾本植物或木材原料生質燃燒之區分。	禾本植物僅有部分為木質植物，其他多為草本植物，也是糧食的重要來源，如稻米與小麥等。根據過去研究的調查結果顯示 (Engling et al., 2009, Aerosol Science and Technology, 43: 662-672)，無論禾本植物或木材，經燃燒後，有機碳均是重要的化學組成，但禾本植物（台灣稻梗）經燃燒後的平均 levoglucosan 和 mannosan 濃度比值為 26.6，高於木材燃燒（歐美研究）所測得的比值 (< 10) (暴露艙實驗室結果也是禾本植物的比值較高)。在 $\delta^{13}\text{C}$ 部分，禾本植物（稻梗）的數值落在 -35.0 至 -30.1‰ 之間，木材燃燒（巴西、印度和坦尚尼亞）的數值落在 -26 至 -20‰ 之間，稻梗經燃燒後所獲得的數值較低

	(同位素量測結果之詳細資料敬請參閱「細懸浮微粒碳及鉛同位素分析技術發展與應用計畫」期末報告第 118 頁)。 因此，從禾本植物和木材燃燒所獲得之組成特徵來看，反映不同生質原料經燃燒後的組成特性不同。然而，本團隊雖已採集南部某家有燃燒木材之造紙廠排放的微粒樣本（僅一家願意配合採樣），結果發現木材僅佔所有燃料的比例不到 5%，因此採樣結果無法反映木材燃燒後的微粒組成特徵，仍需持續尋找具代表性且願意配合採樣之場所或直接購買具代表性的木材進行燃燒，以取得具代表性的微粒組成特徵。
2. 是否會有燒廢木材或廢裝潢等現代碳的成份來源的煙道採樣結果？	本團隊於今年計畫執行期間，已根據環保署提供的廢木材燃燒申報資料，電訪申報量最高的 10 家廠商，並前往三家願意配合的廠商進行場勘，也完成一家願意配合採樣之造紙廠排放的微粒樣本的採集，結果發現木材僅佔所有燃料的比例不到 5%，因此採樣結果無法反映木材燃燒後的微粒組成特徵，未來如須再進一步確認，仍需請環保署協助提供名單，以尋找願意配合之場所。
3. 燃煤電廠的特徵有 pMC 佔比多，請再確認比較是否係受到其污染防制流程的影響，請詳加調查評估之。	本團隊在前期計畫執行期間，已完成燃煤電廠使用之煤礦的採集和現代碳的分析 (EPA-105-U101-02-A272)，分析結果顯示現代碳比例為 0%，表示煤礦

	幾乎是化石碳。但電廠排放之微粒的現代碳比例偏高，推測可能是在燃燒的製程中有加入較高現代碳的燃料所至。為了確定其他作業流程是否有現代碳的貢獻，本團隊已於今年計畫執行期間，採集燃煤電廠不同製程的樣本並將其送至美國的 Beta 實驗室進行分析。即便此工作項目非本計畫契約書規範之內容，但仍會於檢測資料出爐後，另外將檢測資料送至環保署，並評估燃煤電廠煙道排放之 PM_{2.5} 現代碳比例偏高的可能原因，以為未來空污治理之參考。
4.請針對本計畫成果再整理萃取重要的發現，以及對應的空污創新治理對策建議。	本研究團隊已根據前期計畫(EPA-105-U101-02-A272)和本期計畫，有關各測站之同位素與 PMF 污染源推估結果，提出同位素在污染源鑑定之優勢與限制，也列出各地區的 PM_{2.5} 污染管制方針，詳細結果敬請參閱期末報告第 134~137 頁和第 141~143 頁。

附錄六 大氣 PM_{2.5} 現場採樣紀錄表

春季密集採樣期間大氣 PM_{2.5} 採樣紀錄表

				SASS_CH1	SASS_CH2	PQ200	Hi-Vol
		採樣開始時間	採樣結束時間	採樣體積(m ³)	採樣體積(m ³)	採樣體積(m ³)	採樣體積(m ³)
春季	豐原	2018/3/25 08:00	2018/3/25 19:00	4.44	4.43	11.01	746.81
		2018/3/25 20:00	2018/3/26 07:00	4.44	4.45	11.01	746.79
		2018/3/26 08:00	2018/3/26 19:00	4.45	4.46	11.01	746.81
		2018/3/26 20:00	2018/3/27 07:00	4.45	4.44	11.01	746.81
		2018/3/27 08:00	2018/3/27 19:00	4.45	4.43	11.01	746.79
		2018/3/27 20:00	2018/3/28 07:00	4.45	4.45	11.01	746.81
		2018/3/28 08:00	2018/3/28 19:00	4.44	4.44	11.00	746.81
		2018/3/28 20:00	2018/3/29 07:00	4.46	4.45	11.01	746.81
		2018/3/29 08:00	2018/3/29 19:00	4.43	4.45	11.01	746.81
		2018/3/29 20:00	2018/3/30 07:00	4.45	4.45	11.01	746.81
		2018/3/30 08:00	2018/3/30 19:00	4.43	4.44	11.00	746.81
		2018/3/30 20:00	2018/3/31 07:00	4.43	4.46	11.01	746.81
		2018/3/31 08:00	2018/3/31 19:00	4.44	4.44	11.01	746.81
		2018/3/31 20:00	2018/4/1 07:00	4.45	4.45	11.01	746.81
	沙鹿	2018/3/25 08:00	2018/3/25 19:00	4.42	4.44	10.98	746.73
		2018/3/25 20:00	2018/3/26 07:00	4.43	4.46	10.98	746.73
		2018/3/26 08:00	2018/3/26 19:00	4.45	4.45	10.98	746.73
		2018/3/26 20:00	2018/3/27 07:00	4.42	4.47	10.99	746.70
		2018/3/27 08:00	2018/3/27 19:00	4.46	4.44	10.98	746.73
		2018/3/27 20:00	2018/3/28 07:00	4.46	4.47	10.98	746.73
		2018/3/28 08:00	2018/3/28 19:00	4.45	4.44	10.98	746.73
		2018/3/28 20:00	2018/3/29 07:00	4.44	4.47	10.99	746.70
		2018/3/29 08:00	2018/3/29 19:00	4.45	4.46	10.98	746.73
		2018/3/29 20:00	2018/3/30 07:00	4.42	4.46	10.98	746.73
		2018/3/30 08:00	2018/3/30 19:00	4.45	4.46	10.98	746.73
		2018/3/30 20:00	2018/3/31 07:00	4.45	4.45	10.98	746.73
		2018/3/31 08:00	2018/3/31 19:00	4.43	4.44	10.97	746.73
		2018/3/31 20:00	2018/4/1 07:00	4.45	4.42	10.98	746.73
	大里	2018/3/25 08:00	2018/3/25 19:00	4.44	4.45	11.01	746.81
		2018/3/25 20:00	2018/3/26 07:00	4.44	4.44	11.01	746.81
		2018/3/26 08:00	2018/3/26 19:00	4.45	4.44	11.01	746.81
		2018/3/26 20:00	2018/3/27 07:00	4.44	4.46	11.01	746.81
		2018/3/27 08:00	2018/3/27 19:00	4.45	4.46	11.01	746.81
		2018/3/27 20:00	2018/3/28 07:00	4.45	4.44	11.01	746.81
		2018/3/28 08:00	2018/3/28 19:00	4.44	4.45	11.01	746.81
		2018/3/28 20:00	2018/3/29 07:00	4.47	4.46	11.01	746.81
		2018/3/29 08:00	2018/3/29 19:00	4.45	4.44	11.01	746.81
		2018/3/29 20:00	2018/3/30 07:00	4.44	4.44	11.01	746.81
		2018/3/30 08:00	2018/3/30 19:00	4.43	4.44	11.01	746.81
		2018/3/30 20:00	2018/3/31 07:00	4.45	4.43	11.01	746.81
		2018/3/31 08:00	2018/3/31 19:00	4.43	4.43	11.01	746.81
		2018/3/31 20:00	2018/4/1 07:00	4.42	4.46	11.01	746.81

				SASS_CH1	SASS_CH2	PQ200	Hi-Vol
		採樣開始時間	採樣結束時間	採樣體積(m ³)	採樣體積(m ³)	採樣體積(m ³)	採樣體積 (m ³)
春季	彰化	2018/3/25 08:00	2018/3/25 19:00	4.31	4.32	10.67	725.53
		2018/3/25 20:00	2018/3/26 07:00	4.46	4.46	11.01	748.48
		2018/3/26 08:00	2018/3/26 19:00	4.44	4.44	11.01	748.13
		2018/3/26 20:00	2018/3/27 07:00	4.46	4.46	11.01	748.31
		2018/3/27 08:00	2018/3/27 19:00	4.42	4.43	11.01	748.16
		2018/3/27 20:00	2018/3/28 07:00	4.45	4.44	11.01	748.96
		2018/3/28 08:00	2018/3/28 19:00	4.43	4.44	11.01	747.29
		2018/3/28 20:00	2018/3/29 07:00	4.48	4.45	11.01	747.34
		2018/3/29 08:00	2018/3/29 19:00	4.44	4.43	10.93	748.91
		2018/3/29 20:00	2018/3/30 07:00	4.44	4.44	11.01	748.82
		2018/3/30 08:00	2018/3/30 19:00	4.45	4.44	11.01	747.76
		2018/3/30 20:00	2018/3/31 07:00	4.43	4.46	11.01	747.89
		2018/3/31 08:00	2018/3/31 19:00	4.43	4.44	11.00	753.04
		2018/3/31 20:00	2018/4/1 07:00	4.46	4.45	11.00	748.79
	線西	2018/3/25 08:00	2018/3/25 19:00	4.44	4.46	11.01	746.07
		2018/3/25 20:00	2018/3/26 07:00	4.44	4.45	11.01	746.16
		2018/3/26 08:00	2018/3/26 19:00	4.45	4.44	11.01	746.10
		2018/3/26 20:00	2018/3/27 07:00	4.45	4.45	11.01	745.99
		2018/3/27 08:00	2018/3/27 19:00	4.44	4.46	11.01	742.90
		2018/3/27 20:00	2018/3/28 07:00	4.45	4.45	11.01	745.99
		2018/3/28 08:00	2018/3/28 19:00	4.44	4.45	11.01	739.28
		2018/3/28 20:00	2018/3/29 07:00	4.44	4.44	11.01	745.99
		2018/3/29 08:00	2018/3/29 19:00	4.44	4.43	11.01	745.87
		2018/3/29 20:00	2018/3/30 07:00	4.47	4.45	11.01	746.04
		2018/3/30 08:00	2018/3/30 19:00	4.43	4.44	11.01	744.09
		2018/3/30 20:00	2018/3/31 07:00	4.44	4.44	11.01	745.65
		2018/3/31 08:00	2018/3/31 19:00	4.32	4.31	11.01	740.61
		2018/3/31 20:00	2018/4/1 07:00	4.45	4.46	11.01	740.61

夏季密集採樣期間大氣 PM_{2.5} 採樣紀錄表

				SASS_CH1	SASS_CH2	PQ200	Hi-Vol
		採樣開始時間	採樣結束時間	採樣體積(m ³)	採樣體積(m ³)	採樣體積(m ³)	採樣體積 (m ³)
夏季	豐原	2018/7/25 08:00	2018/7/26 07:00	8.51	8.49	22.94	1424.75
		2018/7/26 08:00	2018/7/27 07:00	9.28	9.30	23.02	1560.24
		2018/7/27 08:00	2018/7/28 07:00	9.29	9.27	23.02	1560.18
		2018/7/28 08:00	2018/7/29 07:00	9.29	9.29	23.01	1560.18
		2018/7/29 08:00	2018/7/30 07:00	9.29	9.31	23.01	1560.24
		2018/7/30 08:00	2018/7/31 07:00	9.30	9.31	23.02	1560.24
		2018/7/31 08:00	2018/8/1 07:00	9.31	9.31	23.02	1560.21
	沙鹿	2018/7/25 08:00	2018/7/26 07:00	9.32	9.32	23.02	1560.12
		2018/7/26 08:00	2018/7/27 07:00	9.30	9.31	23.02	1560.27
		2018/7/27 08:00	2018/7/28 07:00	9.30	9.28	23.02	1560.27
		2018/7/28 08:00	2018/7/29 07:00	9.29	9.30	23.02	1560.21
		2018/7/29 08:00	2018/7/30 07:00	9.30	9.32	23.03	1560.24
		2018/7/30 08:00	2018/7/31 07:00	9.29	9.33	23.02	1560.15
		2018/7/31 08:00	2018/8/1 07:00	9.31	9.30	23.02	1560.15
	大里	2018/7/25 08:00	2018/7/26 07:00	9.30	9.31	23.03	1560.18
		2018/7/26 08:00	2018/7/27 07:00	9.29	9.31	23.03	1560.24
		2018/7/27 08:00	2018/7/28 07:00	9.27	9.27	23.03	1560.21
		2018/7/28 08:00	2018/7/29 07:00	9.30	9.32	23.03	1560.18
		2018/7/29 08:00	2018/7/30 07:00	9.29	9.30	23.03	1560.18
		2018/7/30 08:00	2018/7/31 07:00	9.29	9.32	23.03	1560.15
		2018/7/31 08:00	2018/8/1 07:00	9.30	9.33	23.03	1560.18
	彰化	2018/7/25 08:00	2018/7/26 07:00	9.30	9.31	23.03	1548.16
		2018/7/26 08:00	2018/7/27 07:00	9.33	9.30	23.03	1503.66
		2018/7/27 08:00	2018/7/28 07:00	9.29	9.30	23.03	1261.83
		2018/7/28 08:00	2018/7/29 07:00	9.32	9.31	23.03	1274.83
		2018/7/29 08:00	2018/7/30 07:00	9.31	9.33	23.03	1328.71
		2018/7/30 08:00	2018/7/31 07:00	9.29	9.31	23.03	1335.37
		2018/7/31 08:00	2018/8/1 07:00	9.31	9.30	23.03	1352.59
	線西	2018/7/25 10:10	2018/7/26 07:00	8.42	8.44	20.85	1413.37
		2018/7/26 08:00	2018/7/27 07:00	9.30	9.29	23.02	1560.15
		2018/7/27 08:00	2018/7/28 07:00	9.30	9.28	21.70	1560.21
		2018/7/28 08:00	2018/7/29 07:00	9.30	9.27	22.98	1560.18
		2018/7/29 08:00	2018/7/30 07:00	9.30	9.33	22.94	1560.15
		2018/7/30 08:00	2018/7/31 07:00	9.30	9.32	22.95	1560.21
		2018/7/31 08:00	2018/8/1 07:00	9.29	9.31	22.94	1501.30

附錄七 污染源煙道排放之 PM_{2.5} 採樣紀錄表

火力發電廠採樣紀錄表_春季

發行日期：96.08.01
表格編號：7AS01.0

固定污染源空氣污染物排放檢測報告書

管制編號：L0200473 檢測專案編號：ET107AS0021
 公私場所名稱：台灣電力股份有限公司台中發電廠
 受測污染源名稱：燃煤鍋爐(E801)
 檢測目的：學術研究調查性質之檢測
 檢測公司名稱：中環科技事業股份有限公司
 採樣日期：107 年 05 月 15~17 日

發行日期：96.08.01
表格編號：7A501.0

目 錄

項次	資 料 名 稱	有	無	頁次
一	檢測作業保證書	公私場所出具之保證書	✓	1
		檢驗測定機構出具之保證書	✓	1
二	檢測結果摘要	✓		2
三	採樣分析記錄	採樣當日污染源與防制設備操作條件登記表	✓	3
		現場採樣記錄之資料影本	✓	4-22
		採樣與分析過程之樣品核對記錄表	✓	23
四	附件	檢測當日污染源現場操作紀錄表	✓	24
		佐證照片	✓	
		採樣與分析儀器之校正記錄影本及標準氣體保證書	✓	
		檢測日誌	✓	
		監督檢測紀錄表	✓	
		PM _{2.5} 檢驗結果報告書	✓	
		檢測機構許可証	✓	
		樣品登錄本	✓	
		排氣流速說明	✓	
		固定污染源空氣污染物排放檢測報告書審查表	✓	

發行日期：96.08.01
表格編號：7AS01.0

一、檢測作業保證書

煙道檢測專案編號：ET107AS0021

管制編號		L	0	2	0	0	4	7	3
------	--	---	---	---	---	---	---	---	---

(一) 茲保證本報告書內容乃是本公私場所負責人及所有相關工作人員於確知固定污染源空氣污染物排放檢測作業相關法令規定下，以誠實無欺之態度及所具最佳專業知能，確實遵照相關規定執行各污染源設備及污染防制設施操作而記載之結果，如有故意不實或缺漏，則除相關人員應負偽造文書之法律責任並接受主管機關規定之行政處分外，本公私場所之污染源設備亦願接受相關污染防制法令適用條款中最嚴厲之處分；但如因相關人員職務上之疏失而造成不實或缺漏，則願接受主管機關依法令及職務所為之行政處分。

此 證

負責人簽章：_____ 職稱：_____ 中華民國 107 年 05 月 15-17 日

污染源設備現場操作主管簽章(含職稱)：_____

污染防制設施現場操作主管簽章(含職稱)：_____

公私場所名稱：台灣電力股份有限公司台中發電廠 (公司章戳記處)

公私場所地址：台中市龍井區麗水理龍昌路1號 電話號碼：(04)2630-2123

(二) 聲明書

(一) 茲保證本報告內容完全依照行政院環境保護署及有關機關之標準方法及品管等相關規定，秉持公正、誠實進行採樣、檢測。絕無虛偽不實，如有違反，就政府機關所受損失願負連帶賠償責任之外，並接受主管機關依法令所為之行政處分及刑事處罰。

(二) 吾人瞭解如自身受政府機關委任從事公務，亦屬於刑法上之公務員，並瞭解刑法上圖利罪、公務員登載不實偽造公文書及貪污治罪條例之相關規定，如有違反，亦為刑法及貪污治罪條例之適用對象，願受最嚴厲之法律制裁。

(三) 保證本公司與受測公私場所並無財務投資之關係，且以往及目前均無供應受測公私場所生產製程設備、污染防制設備或連續自動監測系統等關係。如有違反前述事實情事，經主管機關查證屬實時，本報告書內容願接受主管機關判定為無效之處分。

此 證

負責人簽章：曾弘 職稱：董事長 中華民國 107 年 05 月 15-17 日

污染現場採樣負責主管簽名蓋章：_____ 實驗室主管簽名蓋章：_____

檢測機構名稱：中環科技事業股份有限公司 認可證字號：環署環檢字第 020 號

檢測機構地址：高雄市 286-8 號 8 樓之一 電話號碼：07-8152248 (公司章戳記處)

頁次 1

二、檢測結果摘要										檢測專案編號: ET107AS0021					
基 本 資 料	1. 委託公稱場所名稱: 台灣電力股份有限公司台中發電廠					5. 管制編號: L920473									
	2. 地址: 臺中市龍井區夏小里龍基路1號					6. 委託測污廠(編號): 龍溪鍋爐(B901)									
	3. 檢測用途: 學術研究調查性質之檢測					7. 採樣位置: 排入大氣前之煙道(F901)									
	4. 檢測機構名稱: 中環科技事業股份有限公司					8. 煙氣編號: 21909、21910、21911									
採 樣 項 目	燃料量 (註明單位)			產量 (註明單位)			燃 料 (註明單位)								
	名 稱	單 位	許可用量	名 稱	單 位	許可用量	名 稱	單 位	許可用量						
	*	*	*	電力	549.646/hr	527.466/hr	煙煤	326.37/hr	239.737/hr						
	*	*	*	*	*	*	柴油	0KL/hr	0.3146L/hr						
	*	*	*	*	*	*	*	*	*						
狀 況	5. 燃料名稱: 煙煤, 含硫量: 0.73 %, 產量: 煙煤: 527.466/hr														
	6. 煙煤比例: * : * : *														
測 試 項 目	空氣污染防 制設施名稱		主要操作參數(註明單位)				處 理 量(註明單位)								
			名 稱	單 位	許可用量	單 位		許可用量							
	脫硝系統(A901)		氮流量	120.3kg/hr	1-250kg/hr	*		*							
	排煙脫硫系統(A903)		pH值	5.3	4.7-5.5	34669.28Nm ³ /min		10900-26699.97Nm ³ /min							
	*		*	*	*	*		*							
狀 況	煙氣性質		煙氣平均溫度: 13.02%, 煙氣平均溫度192.7°C, 煙氣平均流速: 23.15m/s, 煙氣流量: 34669.28Nm ³ /min												
測 試 項 目	空氣污染防 制設施名稱		煙氣組成(%)		O ₂	參考基準 (%)	實測值	校正值	單位 濃度	乾基煙氣量(Nm ³ /min)		空氣污染 物排放量 (kg/hr)	削減率 (%)	削減 標準	合格
	檢測方法編號		CO ₂	O ₂						CO	實測值				
	PM _{2.5} (*A212.10B)		13.2	5.7	SD<0.1	*	4.1718	*	mg/m ³	20742.13	*	7.46	*	*	
	PM _{2.5} (*A212.10B)		13.8	5.3	SD<0.1	*	5.7373	*	mg/m ³	31267.89	*	1.39	*	*	
	PM _{2.5} (*A212.10B)		13.7	5.3	SD<0.1	*	1.7263	*	mg/m ³	30124.74	*	3.11	*	*	
備 註	上述資料經本人親身見證, 確屬無誤										實驗室主任簽章		中環科技		
	一、本報告工作係由中環科技事業股份有限公司負責執行, 採完樣後由中環科技事業股份有限公司分析										環保單位審核者簽章				
	二、倘檢測機構檢測能力尚未經環保署認可者, 於報告「空氣污染防制/檢測方法編號」時, 應以「**」記號加註														
三、本報告登載數值之修整原則係採四舍五入法, 檢測報告依此表示規定」辦理															
										頁次		2			

發行日期：96.08.01

表格編號: 7AS03.0

煙道檢測專案編號：ET107AS0021

三、採樣分析記錄—採樣當日，受測污染源與防制設備操作記錄表

頁次	3
----	---

測量編號: E7107A5002

中環科技管業股份有限公司

排放管道 氣流 確證試驗表

管制編號: 10100413

確證日期: 107/05/15

確證前皮托管測漏完成時間: 0741 ~ 1010

試驗編號: P801

試驗地點: 乾陽子管網

試驗人員: 吳榮日

採取人: 吳榮日 (施壓至 $\geq 76\text{mmHg}$, 維持15秒穩定不變)

零參考點 α_0 (°): (皮托管的開口面與管道方向—氣流平行時的的角度)

測定點編號	$\Delta P=0$ 與 α_0 之偏轉角 α_n (°)	測定點編號	$\Delta P=0$ 與 α_0 之偏轉角 α_n (°)
1	7	13	
2	6	14	
3	7	15	
4	8	16	
5	7	17	
6	11	18	
7	8	19	
8	10	20	
9	8	21	
10	9	22	
11	11	23	
12	10	24	

平均偏轉角 $\bar{\alpha}$ (°) 9

總流判定, 平均偏轉角 $\bar{\alpha} \leq 20$ ☒ 是 ☐ 否

驗算人員: 吳榮日

修訂日期: 105.09.26

表格編號: 3AS15.4

煙道檢測專案編號: ET107AS002

三、採樣分析記錄-現場採樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

表一、煙道排氣成份檢測記錄表

管制編號		L 0 2 0 0 4 7 3		排放管編號		P 8 0 1		
(一) 基本資料		1. 公私場所名稱: 台灣電力股份有限公司台中發電場		2. 採樣日期: 107年05月15日				
3. 抽樣人簽名:		4. 記錄人簽名:		5. 分析人簽名:		6. 數據確認人簽名:		
(二) 排氣含水量稱重記錄	標準法碼重: 200g		天平測定值 (200g ± 50g):		g			
	瓶號	測定前重 m1 (g)	測定後重 m2 (g)	m2-m1 (g)				
	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
	6							
(三) 排氣成分分析	1. 排氣含水量: $\times$		2. 平均排氣溫度: $\times$		3. 平均排氣溫度: $\times$			
	4. 採樣分析次		1) 1040-1046		2) 1040-1046		3) 1135-1140	
	序與時間		1055-1111		1115-1131		1149-1204	
	5. 各氣體體積		實際		淨值		實際	
	讀數		讀數		讀數		讀數	
	(瓶小數點後二位)		讀數		讀數		讀數	
	CO ₂ (ml)		13.7		13.7		14.2	
	O ₂ (ml)		18.7		5.0		19.1	
	CO (ml)		18.7		0.0		19.1	
	N ₂ (ml)		100.0		81.3		100.0	
7. O ₂ 測平		第 1 - 2 次		5.0 %		第 1 - 4 次		
均值								
8. 乾基排氣分子量 M1:		30.43				g/g-mole		
9. 濕基排氣分子量 M2:		28.65				g/g-mole		
備註: 1. 分析氣體體積均為 100ml. 2. O ₂ 淨值為實際 O ₂ 讀數減 CO ₂ 讀數, CO 淨值為實際 CO 讀數減 O ₂ 讀數, N ₂ 淨值為 100 減實際 CO 讀數。 3. M1 = 0.44(CO ₂) + 0.28(O ₂) + 0.28(N ₂ - CO)。								
驗算人員簽章				頁次		5		

修訂日期: 103.02.01
表格編號: 3AS16.4

煙道檢測專案編號: ET107AS001

三、採樣分析記錄—現場採樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

表一、煙道排氣中四氧與辛四重金屬檢測記錄表(續一)

檢測日期: 107.05.15

管制編號		L		0		2		0		0		4		7		3		排氣管編號		P		8		0		1	
1. 測定孔處之煙道尺寸—內徑:		6700		mm (長: — mm, 寬: — mm), 面積:		3526																					
2. 測定孔距之上游煙道區之距離:		69000		mm		3. 測定孔距下游煙道區之距離:		159000		mm																	
4. 測定孔直徑:		265		mm		5. 皮托管係數 C:		0.84				6. 大氣壓力 Pa:		7498		mmHg											
7. 測定孔數:		2		個		8. 預估吸氣管口徑:		4		mm		9. 吸氣管口徑:		4		mm											
10. Δh :		46.058		mmHg		11. 皮托管編號:		AS-P8				12. 排氣流速:		32.50		m/sec											
測 定 點 數 據	13. 測定點 編號	14. 伸入位置 (mm)	15. 記錄時間 (24hr)	16. 速度壓力(ΔP) 直接讀值 (mmHgO)	17. 靜氣溫度(TS) 直接讀值 ($^{\circ}\text{C}$)	18. 靜壓力(Pstatic) (mmHgO)																					
	1	560	12:29 12:47	32.0	101.4	-39.78																					
	2	1243		34.0	100.7	-41.59																					
	3	2248		34.0	102.1	-40.79																					
	4	560		30.0	101.4	-38.37																					
	5	1243		36.0	101.6	-44.00																					
	6	2248		34.0	101.4	-43.39																					
	7	560		32.0	102.5	-38.98																					
	8	1243		34.0	102.8	-40.39																					
	9	2248		34.0	103.2	-41.19																					
	10	560		34.0	101.5	-41.59																					
	11	1243		34.0	101.7	-42.19																					
	12	2248		36.0	102.5	-43.00																					
平均				33.7	101.9	-41.44																					
19. 全壓管測漏時壓力:		76		mmHgO		20. 靜壓管測漏時壓力:		96		mmHgO																	
21. 測漏時間: 1225~1327				22. 皮托管測漏結果: ☒ 是 ☐ 否		符合標準		23. ΔP :		746.75		mmHg															
驗算人員簽章:				建 議 修 訂		頁次		6																			

修訂日期: 103.02.01
表格編號: 3AS16.4

煙道檢測專案編號: ET107AS002

三、採樣分析記錄—現場採樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

表一、煙道排氣中戴奧辛與重金屬檢測記錄表 (續二)

管制編號		L 0 2 0 0 4 7 3										排氣管編號		P 8 0 1			
採樣日期: 107 年 05 月 15 日		標品編號: 26107001-水															
1. 採樣前管線測漏: 結果 ☒ 是 ☐ 否符合標準		初始流量: 5205.6394 m³, 結束流量: 5205.6174 m³, Time: 1021~1029															
2. 採樣後管線測漏: 結果 ☒ 是 ☐ 否符合標準		初始流量: 5206.6916 m³, 結束流量: 5206.6416 m³, Time: 1154~1157															
3. 採樣後皮托管測漏: 結果 ☒ 是 ☐ 否符合標準, 全壓管測漏壓力: 96 mmHg, 靜壓管測漏壓力: 96 mmHg, Time: 1200~1204																	
4. 測定點編號	5. 紀錄時間 (24hr)	6. 溫度記錄 (°C) (吸附管最初入口溫度 X °C)										7. 流量計進口溫度 Tini/Tao (°C)	8. 流量計出口溫度 Timp (°C)	9. 速度壓力 ΔP (mmHg)	10. 系統壓力 SVS Vac (mmHg)	11. 流量計壓差 ΔH (mmHg)	12. 等速百分比 IKV (%)
1	1037	102.4	125.4	125.7	125.7	125.7	125.7	125.7	125.7	125.7	125.7	125.7	125.7	125.7	125.7	125.7	
2	1142	101.4	126.3	125.4	125.4	125.4	125.4	125.4	125.4	125.4	125.4	125.4	125.4	125.4	125.4	125.4	
3		102.3	127.3	124.3	124.3	124.3	124.3	124.3	124.3	124.3	124.3	124.3	124.3	124.3	124.3	124.3	
4		100.6	125.4	124.9	124.9	124.9	124.9	124.9	124.9	124.9	124.9	124.9	124.9	124.9	124.9	124.9	
5		101.3	129.5	125.8	125.8	125.8	125.8	125.8	125.8	125.8	125.8	125.8	125.8	125.8	125.8	125.8	
6		100.8	126.5	126.2	126.2	126.2	126.2	126.2	126.2	126.2	126.2	126.2	126.2	126.2	126.2	126.2	
7		101.5	129.3	126.6	126.6	126.6	126.6	126.6	126.6	126.6	126.6	126.6	126.6	126.6	126.6	126.6	
8		101.7	125.6	126.8	126.8	126.8	126.8	126.8	126.8	126.8	126.8	126.8	126.8	126.8	126.8	126.8	
9		102.1	126.8	127.3	127.3	127.3	127.3	127.3	127.3	127.3	127.3	127.3	127.3	127.3	127.3	127.3	
10		102.5	127.2	127.3	127.3	127.3	127.3	127.3	127.3	127.3	127.3	127.3	127.3	127.3	127.3	127.3	
11		103.1	126.5	127.6	127.6	127.6	127.6	127.6	127.6	127.6	127.6	127.6	127.6	127.6	127.6	127.6	
12		103.3	126.8	125.7	125.7	125.7	125.7	125.7	125.7	125.7	125.7	125.7	125.7	125.7	125.7	125.7	
戴奧辛主機採樣後乾式氣體流量計檢查記錄表 參考流量計序號: 1901432 戴奧辛主機序號: 0601014 溫度: 32.7 °C																	
設定校正流量 (m³/min)	校正時間 (min)	參考流量計起始值 (L)	參考流量計終止值 (L)	參考流量計總體積 (L)	戴奧辛主機流量計起始值 (L)	戴奧辛主機流量計終止值 (L)	戴奧辛主機流量計總體積 (L)	誤差 (%)									
0.0240	15	5013.80	5364.60	302.80	5206705.40	5207010.80	305.40	0.86									
註: 誤差必須小於±5%且總體積需大於300 L。																	
驗算人員簽章: 頁次 7																	

修訂日期: 103.02.01

表格編號: 3AS164

煙道檢測專案編號: ET107AS0021

三、採樣分析記錄-現場採樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

表一、煙道排氣中~~CO~~與~~CO2~~重金屬檢測記錄表(續三)

管制編號	L 0 2 0 0 4 7 3	排放管道編號	P 8 0 1
樣品編號: AS1070021-水份		檢測日期: 107/05/15	
1. 總採樣時間: 48.0 (min)	2. 最大系統真空度 DH-V: 84.6 (mmHg)		
3. 平均烘箱溫度 T-HB: *	4. 平均XAD-2入口溫度 T-CB: *		
5. 平均煙道靜壓力 P-ST: 746.75 (mmHg)	6. 吸氣嘴口徑面積 An: *		
7. 濕基氣體分子量 Ms: 18.85 (g/g-mole)	8. 預設含水率 Bas: *		
9. 平均排氣壓差 DP-S: 33.7 (mmHg)	10. 平均排氣溫度 TS: 102.0 (°C)		
11. 平均排氣流速 Vs: *	12. 平均小孔流量計壓差 DG-M: 42.0 (mmHg)		
13. DGM 平均溫度: 31.3 (°C)	14. 總採氣體積 GAS-VOLUME: 0.9660 (m³)		
15. 衝擊瓶平均出口溫度: 15.7 (°C)	16. 等速百分比 I: *		
最後採樣結果			
1. 標準乾採氣體積 Vstd 0°C: 0.8590 (dscm)	2. 標準乾排氣量(0°C) Qs: *		
3. 實際含水率 Bas: 12.74 (%)	4. 實際採氣流速 Vs: *		
5. 含水氣氣體樣品體積: 0.125 (scm)	6. 實際等速百分比 I: *		
		頁次	8

修訂日期: 105.09.26

表格編號: 3AS15.4

煙道檢測專案編號: ET101450021

三、採樣分析記錄-現場採樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

表一、煙道排氣成份檢測記錄表

管線編號		L 0 2 0 0 4 7 3				排氣管編號		P 8 0 1		
(一) 基本資料		1. 公私場所名稱: 台灣電力股份有限公司台中發電廠				2. 採樣日期: 107 年 05 月 15 日				
3. 採樣人簽名:		4. 記錄人簽名:		5. 分析人簽名:		6. 數據確認人簽名:				
(二) 排氣含水量稱重記錄	標準砝碼重量: 10g		測定值 (2000g ± 0.50g): 999.9g							
	瓶號	測定前重 m1 (g)	測定後重 m2 (g)	m2-m1 (g)						
	1	663.0	743.5	80.5						
	2	637.4	638.6	1.2						
	3	551.7	552.6	0.9						
	4	827.6	845.7	18.1						
	5									
	6									
	7									
	(三) 1. 排氣含水量 %: *									
2. 平均靜壓 %: *										
3. 平均排氣溫度 °C: *										
(四) 排氣成分分析	4. 採樣分析次序		1) 1311-1316		2) 1311-1316		3) 1735-1741		4) 1735-1741	
	5. 各氣體體積 (至少數四種一試)		1316-1342		1348-1405		1750-1806		1810-1827	
	CO ₂ (ml)	13.3	13.3	13.3	13.3	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0
	O ₂ (ml)	18.9	5.6	18.9	5.6	18.8	5.8	18.8	5.8	18.8
	CO (ml)	18.9	0.0	18.9	0.0	18.8	0.0	18.8	0.0	18.8
	N ₂ (ml)	100.0	81.1	100.0	81.1	100.0	81.2	100.0	81.2	100.0
	7. O ₂ 實測平均第 1-2 次 5.6 % 第 1-4 次 5.7 %									
	8. 乾基排氣分子量 M1: 30.33 g/g-mole									
	9. 濕基排氣分子量 M2: 30.33 g/g-mole									
	備註: 1. 分析氣體體積均為 100ml. 2. O ₂ 淨值為實際 O ₂ 體積減 CO ₂ 體積, CO 淨值為實際 CO 體積減 O ₂ 體積, N ₂ 淨值為 100 減實際 CO ₂ 體積。 3. M1 = 0.44(% CO ₂) + 0.32(% O ₂) + 0.28(% N ₂ 淨值)。									
驗算人員簽章:										

煙道檢測專案編號: E1107AS002



中環科技事業股份有限公司
排放管道中微粒碳濃度計算紀錄表

一、假設雷諾數 N_{Re}			
估計 Q_g (acfm)	0.48772	假採 B_{gs}	0.13
假採 T_g (R)	675.27	假採 P_g (inHg)	29.40
二、計算最佳採樣速率 Q_{gs} (acfm)			
C	1.0751	$N_{Re} < 3162$ 時 Q_{gs} (acfm)	0.4733
$N_{Re} < 3162$ 時 D_{gall}	10.1652	$N_{Re} \geq 3162$ 時 D_{gall}	10.5654
三、確認假設雷諾數 N_{Re}			
確認 N_{Re}	2571.5		
四、計算小孔壓降 ΔH (inHg/100mmHg)			
T_g (°C)	31.3	T_g (R)	548.0
P_{gac} (hpa)	1000	M_g (lb/lb mole)	30.43
五、選擇採樣吸嘴 D (in)			
A (in ²)	5447.72	A^* (in ²)	8.7215
CP (結合)	0.84	V_g (ft/sec)	73.95
A_g (ft ²)	0.0010397	V_n (ft/sec)	75.946
V_{min} (ft/sec)	56.876	V_{max} (ft/sec)	93.993
ΔP_{min} (mmHg)	19.99	ΔP_{max} (mmHg)	54.4
		$Q_{g, wet}$	4.307
		μ (micropoise)	199.4673
		$N_{Re} \geq 3162$ 時 Q_{gs} (acfm)	0.4301
		D_{90} or D_{50}	10.1652
		ΔH_g (inHg)	1.817
		ΔH (mmHg)	9.07
		CP (未結合)	0.84
		D (in)	0.138
		R_{gac}	12.35
		總採樣時間 (min)	300
		$(M_s/M_g) \times (lb/lb mole)$	28.81
		假設 N_{gg}	21553
		最佳 Q_g (acfm)	0.4733

驗算人員: 

頁次 10

煙道檢測專案編號: ET107A5002.1



中環科技事業股份有限公司

排放管道中PM₁₀檢測紀錄表

記錄人: 郭子

採樣日期: 107/05/15

排放管道編號: P801

管制編號: L0200073

現場測定數據紀錄表 (318)																	
測定時間: 09:40~10:30																	
測點編號	真空度 inHg	流量計讀值		流量計氣體		濾紙 周圍	採樣 管	排氣 溫度 Ts	冷凝 管 Aux	樣品 傳輸管 T _L	排氣 動壓 ΔP	小孔 壓差 ΔH	等速 吸引 I	排氣 流速 Vs	累計 抽引 體積	累計 抽引 時間	
		開始	結束	入口 Ti	出口 To												出口 Exit
1	0.0	5207.5124	5207.5342	35.3	34.6	34.5	18.6	102.4	✗	123.5	32.0	9.1	98.03	21.75	0.21178	2.4	20
2	0.0	5207.5242	5207.9498	35.4	34.1	34.6	18.5	103.2	✗	124.3	34.0	9.1	98.13	22.45	0.2256	2.5	05
3	0.0	5207.9498	5207.9720	34.2	34.2	34.2	18.5	102.1	✗	124.4	34.0	9.1	98.17	22.61	0.2222	2.5	05
4	0.0	5207.9720	5208.1932	34.1	33.5	34.4	18.7	102.6	✗	125.7	34.0	9.1	98.94	22.43	0.2212	2.5	05
5	0.0	5208.1932	5208.4304	34.7	34.2	34.7	18.6	102.2	✗	126.2	36.0	9.1	98.32	23.31	0.2282	2.5	48
6	0.5	5208.4304	5208.6484	37.3	35.3	35.3	18.5	103.6	✗	126.5	36.0	9.1	97.80	23.32	0.2250	2.5	48
7	0.5	5208.6484	5208.8166	34.7	35.2	34.7	18.7	103.7	✗	127.3	32.0	9.1	100.85	21.99	0.2162	2.4	20
8	0.5	5208.8166	5209.0872	37.6	36.7	37.6	18.4	103.5	✗	127.4	34.0	9.1	98.67	22.66	0.2266	2.5	05
9	0.5	5209.0872	5209.3036	34.6	37.4	37.4	18.7	103.2	✗	127.0	34.0	9.1	93.07	22.65	0.2144	2.5	05
10	0.5	5209.3036	5209.5276	37.8	37.3	37.3	18.4	102.5	✗	126.8	34.0	9.1	97.27	22.43	0.2240	2.5	05
11	0.5	5209.5276	5209.9532	34.9	37.8	37.8	18.7	103.6	✗	126.5	34.0	9.1	97.44	22.66	0.2246	2.5	05
12	0.5	5209.9532	5209.9772	34.6	34.7	34.6	18.8	103.4	✗	126.3	34.0	9.1	97.90	23.31	0.2250	2.5	48

驗算人員: 郭子

頁次: 11

煙道檢測專案編號: ET107AS0021

中環科技事業股份有限公司

採樣分析紀錄-現場採樣紀錄與檢驗分析結果之原始資料
煙道排氣中PM_{2.5}檢測紀錄(採樣結果):

管制編號: L0200473
採樣日期: 107/03/15
煙道管道編號: P30103
記錄人: 劉乃平

1-Run Number	1(預採)	2	3	4	5	6
2-樣品(濾紙)編號	AS0190021-003	AS0190021-1				
3-濾紙代碼	4	21909				
4-總採樣時間(min)	45.0	30.66				
5-採氣體積Vn(acm)	0.9660	1.6648				
6-流量計絕對壓力Pm(inHg)	29.69	29.55				
7-標準狀況採氣體積Vns(dscf)	30.9353	90.0090				
8-水氣標準狀況體積Vms(dscf)	4.428	13.473				
9-排氣含水率(Bws)	0.1274	0.1317				
10-排氣溫度下之飽和蒸氣壓PV	4	4				
11-理論含水率(Bws)	4	4				
12-排氣絕對壓力Ps(inHg)	29.40	29.40				
13-濕分子量Ms(lb/lb-mole)	28.81	28.71				
14-排氣流速Vs(ft/sec)	71.75	74.46				
15-等速吸引百分率(1%)	-	96.52				
16-乾基排氣流量Qsd(dscm/min)	2974.07	2974.13				
17-濕基排氣流量Qsw(scmm/min)	2811.59	2823.29				

皮托管測漏

採樣前皮托管測漏完成時間: 1256~1259 (施壓至 $\geq 76\text{mmHg}_0$, 維持15秒穩定不變)

採樣後皮托管測漏完成時間: 1845~1846 (施壓至 $\geq 76\text{mmHg}_0$, 維持15秒穩定不變)

主機測漏

採樣前測漏
系統壓力是否加壓至15inHg以上: ☒是 ☐否
滲漏率小於0.00057m³/min: ☒是 ☐否
測漏是否成功: ☒是 ☐否--測漏時間: 1253~1255

採樣後測漏
系統壓力是否加壓至15inHg以上或大於等於採樣期間的真空壓力值: ☒是 ☐否
滲漏率小於0.00057m³/min或平均採樣速率的4%(以較小的為準): ☒是 ☐否
測漏是否成功: ☒是 ☐否--測漏時間: 1840~1843

設定檢查流量: 0.02 m³/min 溫度: 32.5 °C 參考流量計序號: 1901432 參考流量計起始值(m³): 530446.8 參考流量計結束值(m³): 530769.2 參考流量計總體積值(m³): 301.4 誤差: 0.92 %	流量計檢查 檢查時間: 15 min PM_{2.5}主機序號: 0602014 PM_{2.5}主機起始值(m³): 5210011.2 PM_{2.5}主機結束值(m³): 5210335.4 PM_{2.5}主機總體積值(m³): 304.2
---	---

驗算人員: 陳國雄

頁次: 12



煙道檢測專案編號: ET167AS0021

中環科技事業股份有限公司
排放管道 採樣後計算紀錄表

管制編號: L0200473

採樣日期: 10/05/15

排放管道編號: P801

記錄人: 程 芳

數據計算

1、Run Number	1(預採)	2	3	4	5	6
2、乾基氣體採樣速率 $Q_{ST}(dscfm)$	0.7984					
3、採樣速率 $Q_s(acfm)$	0.6486					
4、實際雷諾數 N_{Re}	2413.4					
5、 PM_{10} 實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$	4					
6、初估克寧校正係數C	1.0841					
7、初估 $PM_{2.5}$ 實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$	2.6744					
第一次重算 $PM_{2.5}$ 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧校正係數Cr	1.0707					
2、重新建立 D_{50-1}	2.6711					
3、 D_{50} 和 D_{50-1} 的比值Z	1.0062					
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$	是					
第二次重算 $PM_{2.5}$ 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-2}						
3、 D_{50-1} 和 D_{50-2} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						
第三次重算 $PM_{2.5}$ 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-3}						
3、 D_{50-2} 和 D_{50-3} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						
第四次重算 $PM_{2.5}$ 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-4}						
3、 D_{50-3} 和 D_{50-4} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						

驗算人員: 程 芳

頁次 13

修訂日期: 105.09.26
表格編號: 3AS15.4

煙道檢測專案編號: ET107AS0021

三、採樣分析記錄-現場採樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

表一、煙道排氣成份檢測記錄表

		管線編號: L0200473				排氣管編號: P801	
(一) 基本		1. 公私場所名稱: 台灣電力股份有限公司台中發電廠				2. 採樣日期: 105年05月16日	
資料		3. 採樣人簽名:		4. 記錄人簽名:		5. 分析人簽名:	
(二) 排氣含水重量稱重記錄		標準砝碼: 10.0g		天平測定值 (2010.0050g): 998.9g			
		瓶號	測定前重m1 (g)	測定後重m2 (g)	m2-m1 (g)		
		1	663.2	722.1	258.9		
		2	638.9	672.2	33.3		
		3	552.4	554.6	2.2		
		4	831.7	853.7	16.0		
		5					
		6					
		7					
(三) 排氣組成份測定記錄		1. 排氣含水量: $\frac{1}{100}$		2. 平均排氣溫度: $\frac{1}{100}$		3. 平均排氣濕度: $\frac{1}{100}$	
		4. 採樣分析次		5. 各氣體體積		6. 各氣體體積	
		序與時間		序與時間		序與時間	
		1) 1002-1006		2) 1002-1006		3) 1014-1020	
		1015-1031		1035-1052		1429-1445	
		1489-1505		1489-1505		1489-1505	
		實際	淨值	實際	淨值	實際	淨值
		CO ₂ (ml)	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6
		O ₂ (ml)	18.9	5.3	18.9	5.3	18.9
		CO (ml)	18.9	0.0	18.9	0.0	18.9
		N ₂ (ml)	100.0	81.1	100.0	81.1	100.0
		7. O ₂ 實測平均: 第1-2次 5.3% 第1-4次 5.3%					
		8. 乾基排氣分子量: 30.41 g/g-mole					
		9. 濕基排氣分子量: $\frac{1}{100}$ g/g-mole					
		備註: 1. 分析氣體體積均為100ml。					
		2. O ₂ 淨值為實際O ₂ 體積減CO ₂ 體積、CO淨值為實際CO體積減實際O ₂ 體積、N ₂ 淨值為100減實際CO ₂ 體積。					
		3. M ₁ = 0.44(%) CO ₂ + 0.32(%) O ₂ + 0.28(%) N ₂ (%) CO。					
		核算人員簽章:		頁次: 14			

煙道檢測專案編號: E7167A50021

中環科泰實業股份有限公司

排放管線中PM_{2.5}檢測紀錄表

管制編號: L0200473

排放管線編號: P801

採樣日期: 107/05/16

記錄人: 彭浩

測點編號		真空度 inHg	流量計讀值		流量計氣體		濾紙周圍	採樣管	排氣溫度 Ts °C	冷卻管 Aux °C	樣品傳輸管 T _L °C	mmHg		小孔壓差 ΔH mmHg	等速吸入 I %	排氣流速 Vs m/sec	累計抽引體積 m ³	mmHg		靜壓Pstatic: -44.0 mmHg																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
			開始	結束	入口 Ti °C	出口 To °C						出口 Exit °C	管					管	管		管	管	管	管	管	管	管	管	管																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													

驗算人員: 蔡育

頁次 15

煙道檢測專案編號: ET107AS0021

中環科學股份有限公司
 採樣分析紀錄-現場採樣紀錄與檢驗分析結果之原始資料
 煙道排氣中PM_{2.5}檢測紀錄表(採樣結果)

管制編號: L0200473

採樣日期: 107/05/16

排氣管道編號: P801

記錄人: 郭 浩 宇

最終採樣結果

1、Run Number	1(預採)	2	3	4	5	6
2、樣品(濾紙)編號	AS1070021-01	AS1070021-01	AS1070021-02			
3、濾紙代碼	*	21909	21910			
4、總採樣時間(min)	48	301.66	314.34			
5、採氣體積Vm(acn)	0.966	2.6648	2.9052			
6、流量計絕對壓力Pm(inHg)	29.64	29.55	29.55			
7、標準狀況採氣體積Vms(dscf)	30.3353	90.0040	98.1892			
8、水氣標準狀況體積Vms(dscf)	4.4280	13.6473	14.5266			
9、排氣含水率(Bws)	0.1319	0.1319	0.1388			
10、排氣溫度下之飽和蒸汽壓PV	*	*	*			
11、理論含水率(Bws)	*	*	*			
12、排氣絕對壓力Ps(inHg)	29.40	29.40	29.40			
13、濕分子重量Ms(lb/lb-mole)	28.81	28.81	28.81			
14、排氣流速Vs(ft/sec)	73.95	78.46	78.30			
15、牽速吸引百分率(1%)	—	96.52	96.34			
16、乾基排氣流量Qsd(dscm/min)	2977.07	29742.13	31387.89			
17、濕基排氣流量Qsw(scmm/min)	34111.59	34354.19	36028.34			

皮托管測漏

採樣前皮托管測漏完成時間: 0930~0932 (施壓至 $\geq 76\text{mmHgO}$, 維持15秒穩定不變)採樣前皮托管測漏完成時間: 1518~1521 (施壓至 $\geq 76\text{mmHgO}$, 維持15秒穩定不變)

主機測漏

採樣前測漏

系統壓力是否加壓至15inHg以上: ☒是 ☐否滲漏率小於0.00057m³/min: ☒是 ☐否測漏是否成功: ☒是 ☐否--測漏時間: 0915~0921

採樣後測漏

系統壓力是否加壓至15inHg以上或大於等於採樣期間的真空壓力值: ☒是 ☐否滲漏率小於0.00057m³/min或平均採樣速率的4%(以較小的為準): ☒是 ☐否測漏是否成功: ☒是 ☐否--測漏時間: 1515~1516

流量計檢查

設定檢查流量: 0.02 m³/min

檢查時間: 15 min

溫度: 32.8 °C

參考流量計序號: 1901432

PM_{2.5}主機序號: 0602014參考流量計起始值(m³): 530785.2PM_{2.5}主機起始值(m³): 5213431.6參考流量計結束值(m³): 531086.8PM_{2.5}主機結束值(m³): 5213787.4參考流量計總體積值(m³): 301.6PM_{2.5}主機總體積值(m³): 305.8

誤差: 1.37 %

驗算人員: 郭浩宇

頁次 16



煙道檢測專案編號: ET107AS0021

中環科泰實業股份有限公司
排放管道PM_{2.5}採樣後計算紀錄表

管制編號: L0200473
採樣日期: 107/05/16

排放管道編號: P801
記錄人: 張明

數據計算						
1、Run Number	1(預採)	2	3	4	5	6
2、乾基氣體採樣速率 $Q_{ST}(dscfm)$		0.3126				
3、採樣速率 $Q_s(acfm)$		0.4699				
4、實際雷諾數 Re		2528.7				
5、PM ₁₀ 實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$		4				
6、初估克寧平校正係數C		1.084				
7、初估PM _{2.5} 實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$		7.5315				
第一次重算PM _{2.5} 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧平校正係數Cr		1.0797				
2、重新建立 D_{50-1}		7.5424				
3、 D_{50} 和 D_{50-1} 的比值Z		1.0043				
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$		是				
第二次重算PM _{2.5} 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧平校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-2}						
3、 D_{50-1} 和 D_{50-2} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						
第三次重算PM _{2.5} 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧平校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-3}						
3、 D_{50-2} 和 D_{50-3} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						
第四次重算PM _{2.5} 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧平校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-4}						
3、 D_{50-3} 和 D_{50-4} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						

驗算人員: 張明

頁次 17

修訂日期: 105.09.26

表格編號: 3AS15.4

煙道檢測專案編號: EP/07AS0021

三、採樣分析記錄-現場採樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

表一、煙道排氣成份檢測記錄表

管制編號		L 0 2 0 0 4 7 3		排氣管編號		P 8 0 1	
(一) 基本		1. 公私場所名稱: 台灣電力股份有限公司 台中發電廠		2. 採樣日期: 107 年 05 月 17 日			
資料		3. 採樣人簽名: [簽名]		4. 記錄人簽名: [簽名]		5. 分析人簽名: [簽名]	
(二) 排氣		標準砝碼重: [值] g		天平測定值 (200g 砝碼): 99.99 g		[簽名]	
含		瓶 號		測定前重 m1 (g)		測定後重 m2 (g)	
水		1		662.8		964.5	
量		2		639.1		643.6	
稱		3		552.3		553.7	
重		4		862.6		885.4	
記		5					
錄		6					
		7					
(三) 1. 排氣含水量 %:		✓ 96.2 平均標準 %:		✗		2. 平均排氣溫度 θ: ✗	
排氣		4. 採樣分析次		1 20971~0936		2 20931~0936	
組		序與時間		0945~1001		1006~1023	
成		5. 各氣體體積		實際		淨值	
乾		樣數		樣數		樣數	
分		(最小數至一位)		樣數		樣數	
子		CO ₂ (ml)		17.5		17.5	
測		O ₂ (ml)		18.8		5.3	
定		CO (ml)		18.8		6.0	
記		N ₂ (ml)		100.0		81.2	
錄		7. O ₂ 實測平		第 1 - 2 次 5.3 %		第 1 - 4 次 5.3 %	
		均值					
		8. 乾基排氣分子量 M _d :		30.39		g/g-mole	
		9. 濕基排氣分子量 M _w :		✓		g/g-mole	
		備註: 1. 分析氣體體積均為 100ml					
		2. O ₂ 淨值為實際 O ₂ 樣值減 CO ₂ 樣值, CO 淨值為實際 CO 樣值減實際 O ₂ 樣值, N ₂ 淨值為 100 減實際 CO 樣值。					
		3. M _d = 0.44(%) CO ₂ + 0.32(%) O ₂ + 0.28(%) N ₂ 減 CO。					
		驗算人員簽名: [簽名]		頁 次		18	

煙道檢測專案編號: ET107450021

中環科技產業股份有限公司
排放管 煙道檢測表

記錄人: 程乃德

採樣日期: 107/05/17

排放管道編號: P801

管網編號: 10200473

現場測定數據紀錄

測點編號	真空度 inHg	流量計讀值		流量計氣體入口出口		濾紙周圍	採樣管	排氣溫度 Ts °C	冷卻管 Aux °C	樣品管 T _L °C	排氣動壓 ΔP mmHg	小孔壓差 ΔH mmHg	等速吸引 I %	排氣流速 Vs m/sec	累計抽引體積 m ³	累計抽引時間	
		開始 m ³	結束 m ³	Ti °C	To °C	Exit °C	Tf °C	°C	°C	°C	mmHg	mmHg	%	m/sec	m ³	min	sec
1	0.0	5213.844	5214.0724	32.3	34.2	18.5	125.9	102.4	★	115.6	32.0	9.1	104.1	21.95	0.210	23	4
2	0.0	5214.0724	5214.2842	33.1	32.5	14.3	125.3	101.6	★	125.3	34.0	9.1	98.37	22.60	0.218	23	47
3	0.0	5214.2842	5214.5092	33.6	32.1	14.6	124.3	102.6	★	125.3	35.0	9.1	102.11	23.24	0.230	24	28
4	0.0	5214.5092	5214.7378	33.5	32.1	15.2	124.6	101.6	★	123.6	34.0	9.1	101.55	22.60	0.2186	23	47
5	0.0	5214.7378	5214.9542	34.2	32.6	15.5	125.7	101.1	★	123.4	34.0	9.1	94.77	23.26	0.2164	24	28
6	0.5	5214.9542	5215.1846	34.4	32.7	15.0	126.3	102.1	★	124.6	34.0	9.1	91.09	23.91	0.2344	25	08
7	0.5	5215.1846	5215.4208	33.7	32.1	15.2	126.6	102.6	★	125.2	34.0	9.1	101.80	22.63	0.2322	23	47
8	0.5	5215.4208	5215.6524	35.2	34.5	15.5	126.7	101.6	★	125.5	36.0	9.1	100.94	23.25	0.2316	24	28
9	1.0	5215.6524	5216.8701	35.3	34.9	16.1	127.2	101.6	★	125.7	36.0	9.1	94.67	23.25	0.2177	24	28
10	1.0	5216.8701	5216.0919	35.2	34.5	17.4	127.5	102.4	★	126.8	32.0	9.1	108.81	21.95	0.2219	23	04
11	1.5	5216.0919	5216.3126	36.8	35.6	17.4	127.1	102.1	★	127.5	34.0	9.1	101.51	22.61	0.2208	23	47
12	1.5	5216.3126	5216.5306	37.4	36.4	18.6	126.7	101.5	★	127.5	36.0	9.1	94.37	23.25	0.2180	24	28

驗算人員: [簽名]

頁次 17

煙道檢測專案編號: ET107AS0021

中環泰基事業股份有限公司

採樣分析紀錄-現場採樣紀錄與分析結果之原始資料

煙道排氣中PM_{2.5}檢測紀錄表(採樣結果)

管制編號: L0300473

採樣日期: 107/05/17

1號放管道編號: P801

記錄人: 莊育 湯朝華

最終採樣結果

1-Run Number	1(預採)	2	3	4	5	6
2-樣品(濾紙)編號	AS101001-01	AS101001-1	AS101001-2	AS101001-3		
3-濾紙代碼	*	21909	21910	21911		
4-總採樣時間(min)	48	301.66	314.34	288.7		
5-採氣體積Vm(acn)	0.9660	2.6648	2.7052	2.6692		
6-流量計絕對壓力Pn(inHg)	29.64	29.55	29.55	29.58		
7-標準狀況採氣體積Vms(dscf)	30.3353	90.0040	98.2892	90.8191		
8-水氣標準狀況體積Vms(dscf)	4.438	13.6413	14.5266	14.6849		
9-排氣含水率(Bws)	0.127559	0.1311	0.1388	0.1300		
10-排氣溫度下之飽和蒸汽壓PV	*	*	*	*		
11-理論含水率(Bws)	*	*	*	*		
12-排氣絕對壓力Ps(inHg)	29.40	29.40	29.40	29.40		
13-濕分子量Ms(lb/lb-mole)	28.81	28.71	28.81	28.79		
14-排氣流速Vs(ft/sec)	73.45	74.46	74.30	75.06		
15-等速吸引百分率(%)	-	96.52	96.34	100.63		
16-乾基排氣流量Qsd(dscm/min)	29767.07	29743.13	31387.89	30134.74		
17-濕基排氣流量Qsw(scmin/min)	34111.59	34253.29	36024.34	34616.14		

皮托管測漏

採樣前皮托管測漏完成時間: 0914~0930 (施壓至 $\geq 76\text{mmHg}_0$, 維持15秒穩定不變)採樣後皮托管測漏完成時間: 1502~1505 (施壓至 $\geq 76\text{mmHg}_0$, 維持15秒穩定不變)

主機測漏

採樣前測漏

系統壓力是否加壓至15inHg以上: ☒是 ☐否滲漏率小於 $0.00057\text{m}^3/\text{min}$: ☒是 ☐否測漏是否成功: ☒是 ☐否—測漏時間: 0914~0917

採樣後測漏

系統壓力是否加壓至15inHg以上成大於等於採樣期間的真空壓力值: ☒是 ☐否滲漏率小於 $0.00057\text{m}^3/\text{min}$ 或平均採樣速率的4%(以較小的為準): ☒是 ☐否測漏是否成功: ☒是 ☐否—測漏時間: 1459~1500

流量計檢查

設定檢查流量: $0.02\text{m}^3/\text{min}$

檢查時間: 15 min

溫度: 33.1°C

參考流量計序號: 1901432

PM_{2.5}主機序號: 0602014參考流量計起始值(m^3): 53112.4PM_{2.5}主機起始值(m^3): 5216602.4參考流量計結束值(m^3): 531415.2PM_{2.5}主機結束值(m^3): 5216902.8參考流量計總體積值(m^3): 302.8PM_{2.5}主機總體積值(m^3): 304.4

誤差: 0.53 %

驗算人員: 莊育 湯朝華

頁次 20

煙道檢測專案編號: ET107AS0021

中環科學事業股份有限公司
排放管道PM_{2.5}採樣後計算紀錄表

管制編號: L0200473

採樣日期: 107/05/11

排放管道編號: P801

記錄人: 彭永興

數據計算

1、Run Number	1(預採)	2	3	4	5	6
2、乾基氣體採樣速率 $Q_{ST}(\text{dscfm})$			0.3149			
3、採樣速率 $Q_s(\text{acfm})$			0.472			
4、實際雷諾數 N_{RE}			1552.7			
5、PM ₁₀ 實際截取粒徑 $D_{50}(\mu\text{m})$			4			
6、初估克寧罕校正係數C			1.0877			
7、初估PM _{2.5} 實際截取粒徑 $D_{50}(\mu\text{m})$			2.5073			
第一次重算PM _{2.5} 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧罕校正係數Cr			1.0751			
2、重新建立 D_{50-1}			2.5193			
3、 D_{50} 和 D_{50-1} 的比值Z			1.0040			
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu\text{m})$			是			
第二次重算PM _{2.5} 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧罕校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-2}						
3、 D_{50-1} 和 D_{50-2} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu\text{m})$						
第三次重算PM _{2.5} 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧罕校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-3}						
3、 D_{50-2} 和 D_{50-3} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu\text{m})$						
第四次重算PM _{2.5} 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧罕校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-4}						
3、 D_{50-3} 和 D_{50-4} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu\text{m})$						

驗算人員:

彭永興

頁次 21

修訂日期：105.09.26
表格編號：3AS15.4

煙道檢測專案編號：ET101A50021

三、採樣分析記錄-現場採樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

表一、煙道排氣成份檢測記錄表

管制編號		L 0 2 0 0 4 7 3		排氣管編號		P 8 0 1		
(一) 基本資料	1. 公私場所名稱：台灣電力股份有限公司台中發電廠				2. 採樣日期：107 年 05 月 17 日			
	3. 採樣人簽名：[簽名]		4. 紀錄人簽名：[簽名]		5. 分析人簽名：[簽名]		6. 數據確認人簽名：[簽名]	
(二) 排氣含水量換重記錄	標準法稱量：2000.0g				天平測定值 (2000±0.50g)：999.9 g			
	瓶號	測定前重m1 (g)	測定後重m2 (g)	m2-m1 (g)				
	1	663.9	967.4	303.5				
	2	638.8	643.7	4.9				
	3	552.3	554.2	1.9				
	4	861.9	885.6	23.7				
	5							
	6							
	7							
(三) 1. 排氣含水量w:	%		2. 平均靜壓Pe:		mmHg		3. 平均排氣溫度θe:	
4. 採樣分析次序與時間	1)	2)	3)	4)	5)	6)		
5. 各氣體體積 (最小數點後一位)	實際值	淨值	實際值	淨值	實際值	淨值	實際值	淨值
CO ₂ (ml)								
O ₂ (ml)								
CO (ml)								
N ₂ (ml)								
7. O ₂ 實測平均	第 一 次		第 二 次		第 三 次		第 四 次	
8. 乾基排氣分子量M _d :					g/g-mole			
9. 濕基排氣分子量M _w :					g/g-mole			
備註:	1. 分析氣體體積均為100ml							
	2. O ₂ 淨值為實際O ₂ 值減CO ₂ 淨值、CO淨值為實際CO值減實際O ₂ 淨值、N ₂ 淨值為100減實際CO ₂ 淨值。							
	3. M _d = 0.44(%) CO ₂ + 0.32(%) O ₂ + 0.28(%) N ₂ + 0(%) CO。							
驗算人員簽章:	[簽章]		[簽章]		[簽章]		[簽章]	
頁次	22							

發行日期：06.08.01
表格編號：7AS06.0

檢測專案編號：ET107AS0021

三、採樣分析記錄-採樣與分析過程之樣品核對記錄表

管制編號	L	0	2	0	0	4	7	3	排放管道或周界編號	P	8	0	1					
(一)樣品採樣日期：107年 05月 15~17日									(二)樣品接收人簽章：吳安賢									
(三)樣品接收日期：107年 05月 18日									(四)樣品保管人簽章：廖慶華									
(五) 採樣現場 樣品編號	(六) 樣品回 收時間	(七) 體積或 外觀	(八) 樣品 形式	(九) 樣品保存方式 或添加藥劑別	(十) 檢驗分 析項目	(十一) 採樣人 簽章	(十二) 實驗室 樣品編號	(十三) 分新 日期	(十四) 分析人 簽章									
現場空白： 濾紙空白	1070515	培養皿	培養皿、浮網	4℃	PMS	曾建榮 建榮	AS1070021-PB	107 05 21-24	廖慶華									
現場空白： 丙酮空白	0901-0932	棕色玻璃瓶 250ml																
樣品1： 1號回收瓶	1070515	培養皿																
樣品1： 2號回收瓶	1830-1930	棕色玻璃瓶 250ml																
樣品2： 1號回收瓶	1070516	培養皿																
樣品2： 2號回收瓶	1502-1602	棕色玻璃瓶 250ml																
樣品3： 1號回收瓶	1070517	培養皿																
樣品3： 2號回收瓶	1447-1547	棕色玻璃瓶 250ml																
										頁次	23							

鋼鐵廠採樣紀錄表_春季

固定污染源空氣污染物排放檢測報告	
公私場所名稱：中龍鋼鐵股份有限公司	
管制編號：L0200633	專案編號：EA-107A0760 樣品編號：107A6660~
受測污染源名稱：EM19 燒結機(PM01)	107A6662
檢測目的：E-公私場所自行進行與法令規範無關之檢測	
檢測公司名稱：九連環境開發股份有限公司	
採樣日期：107 年 04 月 11~13 日	
報告日期：107 年 05 月 10 日	



九連環境開發股份有限公司

認可證字號：環署環檢字第001號

總公司：桃園市龍潭區工五路90巷49號

電話：(03)499-0016 FAX：(03)4990017

目 錄

項次	資 料 名 稱		有	無	頁數
一	檢測作業保證書	公私場所出具之保證書	✓		01
		檢驗測定機構出具之保證書	✓		01
二	檢測結果摘要		✓		02
三	採樣分析紀錄	採樣當日污染源與防制設備操作條件登記表	✓		03
		現場採樣記錄之原始資料影本	✓		04~18
		檢驗分析結果之原始資料影本	✓		19~30
		採樣與分析過程之樣品核對記錄表	✓		31~33
四	附件	檢測當日污染源現場操作記錄表	✓		34
		佐證相片		✓	
		採樣與分析儀器之校正記錄影本	✓		
		環境檢驗測定機構許可證	✓		
		監督檢測記錄表	✓		
		檢測日誌	✓		
		其他資料	✓		
		固定污染源空氣污染物排放檢測報告書審查表		✓	

一、檢測作業保證書

專案編號：EA-107A0760

樣品編號：107A6660

管制編號：L0200633

(一) 公私場所資料	茲保證本報告書內容乃是本公私場所負責人及所有相關工作人員於確知固定污染源空氣污染物排放檢測作業相關法令規定下，以誠實無欺之態度及所具最佳專業知能，確實遵照相關規定執行各污染源設備及污染防治設施操作而載之結果，如有故意不實或缺漏，則除相關人員應負偽造文書之法律責任並接受主管機關規定之行外政處分，本公私場所之污染源設備亦願接受相關污染防治法令適用條款中最嚴厲之處分；但如因相關人員職務上之疏失而造成不實或缺漏，則願接受主管機關依法令及職務所為之行政處分。 此 證 負責人簽章：_____ 職稱：_____ 中華民國：107 年 04 月 11 日 污染源設備現場操作主管簽章（含職稱）：_____ 污染防治設施現場操作主管簽章（含職稱）：_____ 公私場所名稱：中龍鋼鐵股份有限公司 (公司章戳記處) 公私場所地址：台中市龍井區龍鳳路100號 電話號碼：_____	
	聲明書 (一) 茲保證本報告內容完全依照行政院環境保護署及有關機關之標準方法及品保品管等相關規定，秉持公正、誠實進行採樣、檢測。絕無虛偽不實，如有違反，就政府機關所受損失願負連帶賠償責任之外，並接受主管機關依法令所為之行政處分及刑事處罰。 (二) 吾人瞭解如自身受政府機關委任從事公務，亦屬於刑法上之公務員，並瞭解刑法上圖利罪、公務員登載不實偽造公文書及貪污治罪條例之相關規定，如有違反，亦為刑法及貪污治罪條例之適用對象，願受最嚴厲之法律制裁。 (三) 保證本公司與受測公司場所並無財物投資之關係，且以往及目前均無供應受測公私場所生產製程設備、污染防治設備或連續自動監測系統等關係。如有違反前述事實情事，經主管機關查證屬實時，本報告書內容願接受主管機關判定為無效之處分。 此 證 負責人簽章：小 龍 鋼 鐵 行 職稱：董 事 長 中華民國：107 年 04 月 11 日 污染源現場採樣負責主管簽章：_____ 檢驗室主管簽章：張光水 檢測機構名稱：九達環境開發股份有限公司 認可證字號：環署環檢字第 001號 檢測機構地址：桃園市龍潭區工五路90巷49號 電話號碼：(03)4990016	

頁次

01

一、檢測作業保證書

專案編號：EA-107A0760

樣品編號：107A6661

管制編號：L0200633

(一) 公私場所資料	茲保證本報告書內容乃是本公私場所負責人及所有相關工作人員於確知固定污染源空氣污染物排放檢測作業相關法令規定下，以誠實無欺之態度及所具最佳專業知能，確實遵照相關規定執行各污染源設備及污染防治設施運作而載之結果，如有故意不實或缺漏，則除相關人員應負偽造文書之法律責任並接受主管機關規定之行政處分，本公私場所之污染源設備亦願接受相關污染防治法令適用條款中最嚴厲之處分；但如因相關人員職務上之疏失而造成不實或缺漏，則願接受主管機關依法令及職務所為之行政處分。		
	此 證		
	負責人簽章：_____	職稱：_____	中華民國：107 年 04 月 12 日
	污染源設備現場操作主管簽章（含職稱）：_____		
	污染防治設施現場操作主管簽章（含職稱）：_____		
公私場所名稱：中龍鋼鐵股份有限公司 (公司章戳記處)			
公私場所地址：台中市龍井區龍昌路100號 電話號碼：_____			
(二) 檢驗測定機構資料	聲明書 (一) 茲保證本報告內容完全依照行政院環境保護署及有關機關之標準方法及品質品管等相關規定，秉持公正、誠實進行採樣、檢測。絕無虛偽不實，如有違反，就政府機關所受損失願負連帶賠償責任之外，並接受主管機關依法令所為之行政處分及刑事處罰。 (二) 吾人瞭解如自身受政府機關委任從事公務，亦屬於刑法上之公務員，並瞭解刑法上圖利罪、公務員登載不實偽造公文書及貪污治罪條例之相關規定，如有違反，亦為刑法及貪污治罪條例之適用對象，願受最嚴厲之法律制裁。 (三) 保證本公司與受測公司場所並無財物投資之關係，且以往及目前均無供應受測公私場所生產製程設備、污染防治設備或連續自動監測系統等關係。如有違反前述事實情事，經主管機關查證屬實時，本報告書內容願接受主管機關判定為無效之處分。		
	此 證		
	負責人簽章：小 常 行 _____	職稱：董 事 長 _____	中華民國：107 年 04 月 12 日
	污染源現場採樣負責主管簽章：_____	檢驗室主管簽章：張光人 _____	
	檢測機構名稱：九連環境開發股份有限公司	認可證字號：環署環檢字第 0015 _____	
檢測機構地址：桃園市龍潭區工五路90巷49號	電話號碼：(03)4990016 _____		
頁 次		01	

一、檢測作業保證書

專案編號：EA-107A0760

樣品編號：107A6662

管制編號：L0200633

(一) 公私場所資料	茲保證本報告書內容乃是本公私場所負責人及所有相關工作人員於確知固定污染源空氣污染物排放檢測作業相關法令規定下，以誠實無欺之態度及所具最佳專業知能，確實遵照相關規定執行各污染源設備及污染防治設施操作而載之結果，如有故意不實或缺漏，則除相關人員應負偽造文書之法律責任並接受主管機關規定之行政處分，本公私場所之污染源設備亦願接受相關污染防治法令適用條款中最嚴厲之處分；但如因相關人員職務上之疏失而造成不實或缺漏，則願接受主管機關依法令及職務所為之行政處分。 此 證 負責人簽章：_____ 職稱：_____ 中華民國：107 年 04 月 13 日 污染源設備現場操作主管簽章（含職稱）：_____ 污染防治設施現場操作主管簽章（含職稱）：_____ 公私場所名稱：中龍鋼鐵股份有限公司 (公司章戳記處) 公私場所地址：台中市龍井區龍昌路100號 電話號碼：_____
(二) 檢驗測定機構資料	聲明書 (一) 茲保證本報告內容完全依照行政院環境保護署及有關機關之標準方法及品保品管等相關規定，秉持公正、誠實進行採樣、檢測。絕無虛偽不實，如有違反，就政府機關所受損失願負連帶賠償責任之外，並接受主管機關依法令所為之行政處分及刑事處罰。 (二) 吾人瞭解如自身受政府機關委任從事公務，亦屬於刑法上之公務員，並瞭解刑法上圖利罪、公務員登載不實偽造公文書及貪污治罪條例之相關規定，如有違反，亦為刑法及貪污治罪條例之適用對象，願受最嚴厲之法律制裁。 (三) 保證本公司與受測公司場所並無財物投資之關係，且以往及目前均無供應受測公私場所生產製程設備、污染防治設備或連續自動監測系統等關係。如有違反前述事實情事，經主管機關查證屬實時，本報告書內容願接受主管機關判定為無效之處分。 此 證 負責人簽章：小 組 長 行 職稱：董 事 長 中華民國：107 年 04 月 13 日 污染物現場採樣負責主管簽章：_____ 檢驗室主管簽章：張光武 檢測機構名稱：九通環境開發股份有限公司 認可證字號：環署環檢字第 001號 檢測機構地址：桃園市龍潭區工五路90巷49號 電話號碼：(03)4990016

頁 次 01

二、檢測結果摘要

採樣行程編號：*

專案編號：EA-107A0760

樣品編號：107A6660

報告編號：EA-107A6660

基本資料	1. 公私場所：中龍鋼鐵股份有限公司				5. 密制編號：L0200633			
	2. 場所地址：台中市龍井區龍山路100號				6. 受測污染源(編號)：EM19 燒結爐			
	3. 檢測用途：E-公私場所自行進行固定污染源無害之檢測				7. 採樣日期：107 年 04 月 11 日			
	4. 檢測機構名稱：九達環境股份有限公司				8. 採樣位置：排入大氣前之煙氣(PM10)			
採樣時污染源現況	燃料		產量		燃料			
	名稱	當日	□平日最大量 □許可用量	名稱	當日	□平日最大量 □許可用量	名稱	當日
	混合料(不含焦炭)	707.39 T/hr	811.25 T/hr	*	*	*	焦炭爐氣	1040.83 Nm ³ /hr
	焦炭爐	598.89 T/hr	751.429 T/hr	*	*	*	焦炭	20.96 T/hr
採樣時污染源現況	A. 燃料名稱：*		(含硫量)：*		B. 燃料名稱：*		(含硫量)：*	
	選擇比例 A		B					
	空氣污染設施名稱		主要操作參數		處理量			
	AM01 靜電集塵器		第二階段電壓極端電壓 51.62 KV		20~80 KV		*	
採樣時污染源現況	AM02 脫硫設備		第二階段電壓極端電流 306.79 mA		100~800 mA		*	
	AM03 脫硝/脫氮與辛設備		廢氣入口溫度 103.84 °C		90~150 °C		*	
			石灰 512.24 Kg/hr		200~3200 Kg/hr		*	
			廢氣入口溫度 113.06 °C		90~150 °C		*	
採樣時污染源現況			煙氣入口溫度 1949.5 Nm ³ /hr		800~3000 Nm ³ /hr		*	
			廢氣入口溫度 122.66 °C		80~150 °C		*	
			煙水氣(液氣) 93.12 Nm ³ /hr		10~200 Nm ³ /hr		*	
採樣時污染源現況	排氣含水量：15.43 %		排氣溫度：164 °C		排氣速度：10.91 m/s			
	平均排氣含水量：*		平均排氣溫度：* °C		平均排氣速度：* m/s			
	濕基實測排氣量：12398.20		平均值：* Nm ³ /min		O ₂ 實測值：13.2 %			
	乾基實測排氣量：10484.91		平均值：* Nm ³ /min		O ₂ 平均值：* %			
檢測結果	空氣污染物		排氣組成		O ₂ 參照標準		空氣污染	
	檢驗方法編號		CO ₂ (%)		CO (%)		空氣污染	
	※PM2.5 NIEA A212-10B		9.5		13.2		1.0	
			<0.1		15		<1	
備註	單位		(單位)		(單位)		(單位)	
	mg/m ³		mg/m ³		mg/m ³		mg/m ³	
	10484.91		13630.38		0.63		*	
	*		*		*		*	
一. PM2.5其濃度計算，參照附件【PM2.5濃度計算式】說明。								
二. 檢驗結果有標示“※”者係指該檢驗項目未經行政院環保署認可，但依相關檢驗方法執行。								
檢驗室主管 (簽名)		空氣採樣員 (簽名)		無機檢測員 (簽名)		報告簽署人 (簽名)		
張光水		林光水		林光水		林光水		
(EAA-03)		(EAA-03)		(EAA-03)		(EAA-03)		
頁次		02						

二、檢測結果摘要

採樣行編號：*

專案編號：EA-107A0760

樣品編號：107A6661

報告編號：EA-107A6661

基本資料	1. 公私場所：中興鋼鐵股份有限公司				5. 管制編號：L0209633			
	2. 場所地址：台中市龍井區龍鳳路100號				6. 受測污染源(編號)：EM19 燒結機			
	3. 檢測用途：E-公私場所自行進行與法令規範無關之檢測				7. 採樣日期：107 年 04 月 12 日			
	4. 檢測機構名稱：九通環境科技股份有限公司				8. 採樣位置：排入大氣層之煙肉(PM01)			
採樣時污染源狀況	燃料		燃料		燃料		燃料	
	名稱	當日	名額	當日	名額	當日	名額	
	混合料(不含焦炭)	722.38 T/hr	811.25 T/hr	*	*	焦炭	954.61 Nm ³ /hr	
	焦炭	613.45 T/hr	761.429 T/hr	*	*	焦炭	22.17 T/hr	
採樣時污染源操作狀況	A. 燃料名稱：*		B. 燃料名稱：*		A. 燃料名稱：*		B. 燃料名稱：*	
	道爐比例 A : B		道爐比例 A : B		道爐比例 A : B		道爐比例 A : B	
	主要操作參數		主要操作參數		主要操作參數		主要操作參數	
	名稱		名稱		名稱		名稱	
備註	空氣污染控制設施名稱		空氣污染控制設施名稱		空氣污染控制設施名稱		空氣污染控制設施名稱	
	AM01 靜電集塵器		AM01 靜電集塵器		AM01 靜電集塵器		AM01 靜電集塵器	
	AM02 脫硫設備		AM02 脫硫設備		AM02 脫硫設備		AM02 脫硫設備	
	AM03 脫硝/脫氯與中和設備		AM03 脫硝/脫氯與中和設備		AM03 脫硝/脫氯與中和設備		AM03 脫硝/脫氯與中和設備	
檢測結果	排氣含水量：16.77 %		排氣含水量：16.77 %		排氣含水量：16.77 %		排氣含水量：16.77 %	
	平均排氣含水量：*		平均排氣含水量：*		平均排氣含水量：*		平均排氣含水量：*	
	濕基實測排氣量：12648.10		濕基實測排氣量：12648.10		濕基實測排氣量：12648.10		濕基實測排氣量：12648.10	
	乾基實測排氣量：10526.89		乾基實測排氣量：10526.89		乾基實測排氣量：10526.89		乾基實測排氣量：10526.89	
備註	空氣污染控制設施名稱		空氣污染控制設施名稱		空氣污染控制設施名稱		空氣污染控制設施名稱	
	檢驗方法編號		檢驗方法編號		檢驗方法編號		檢驗方法編號	
	%PM2.5 NIEA A212.10B		%PM2.5 NIEA A212.10B		%PM2.5 NIEA A212.10B		%PM2.5 NIEA A212.10B	
	9.5 13.2 <0.1		9.5 13.2 <0.1		9.5 13.2 <0.1		9.5 13.2 <0.1	
備註		備註		備註		備註		
檢驗室主管(簽名) 張光承		空氣採樣員(簽名) 張光承		無機檢測員(簽名) 張光承		報告審核人(簽名) 張光承		
報告編號：EA-107A6661		報告編號：EA-107A6661		報告編號：EA-107A6661		報告編號：EA-107A6661		
頁次 02-1		頁次 02-1		頁次 02-1		頁次 02-1		

二、檢測結果摘要

採樣行程編號：*

專案編號：EA-107A0760

樣品編號：107A6662

報告編號：EA-107A6662

基本資料	1. 公私場所：中興鋼鐵股份有限公司				5. 管制編號：L0200633				
	2. 場所地址：台中市龍井區龍興路100號				6. 受測污染源(編號)：EN19 燒結機				
	3. 檢測用途：E-公私場所自行進行與法令規範相關之檢測				7. 採樣日期：107 年 04 月 13 日				
	4. 檢測機構名稱：九惠環境科技股份有限公司				8. 採樣位置：排入大氣前之煙道(PW01)				
採樣時污染源狀況	造粒機		產量		燃料				
	名稱	當日	□平日最大量 □許可用量	名稱	當日	□平日最大量 □許可用量	名稱	□平日最大量 □許可用量	
	混合料 (不含焦炭)	705.32 T/hr	811.25 T/hr	*	*	*	煉焦爐氣	1045.82 Nm ³ /hr	
	焦炭	648.18 T/hr	761.429 T/hr	*	*	*	焦炭	24.8 T/hr	
採樣時污染源狀況	A. 燃料名稱：*		(含硫量)：		B. 燃料名稱：*		(含硫量)：		
	造粒比例		A		B				
	空氣污染控制設施名稱		名稱		當日		□平日最大量 □許可用量		
	AN01 靜電集塵器		第二段放電電極電壓		54.43 KV		20~80 KV		
採樣時污染源狀況	AN02 脫硫設備		第二段放電電極電流		309.26 mA		100~800 mA		
	AN03 脫硫/脫氮與辛脫保		廢氣入口溫度		107.47 °C		90~150 °C		
			石灰		518.74 Kg/hr		200~3200 Kg/hr		
			廢氣入口溫度		115.47 °C		90~150 °C		
採樣時污染源狀況			煉焦爐氣		1933.03 Nm ³ /hr		800~3000 Nm ³ /hr		
			廢氣入口溫度		128.29 °C		80~150 °C		
			熱水氣(液氣)		95.02 Nm ³ /hr		10~200 Nm ³ /hr		
廢氣性質	排氣含水量：		17.39 %		排氣溫度：		167 °C		
	平均排氣含水量：		* %		平均排氣溫度：		* °C		
	濕基實際排氣量：		12492.92		平均值：		* Nm ³ /min		
	乾基實際排氣量：		10320.60		平均值：		* Nm ³ /min		
檢測結果	空氣污染控制設施名稱		排氣組成		O ₂ 參 考基 準		空氣污染 物質測值		
	檢測方法編號		CO ₂ (%)		CO (%)		CO (%)		
	※PW2.5 NIEA A212.10B		9.5		13.2		0.1		
			2.2 (mg/Nm ³)		2 (mg/Nm ³)		10320.60		
備註	乾基排氣量 校正後		乾基排氣量 校正後		空氣污染 物質測值		乾基排氣量 校正後		
	13418.78		1.61		單位活點 度排放量		削減率		
	13.2 %		* %		排放標準		合格		
	合格		合格		合格		合格		
一. PW2.5 濃度計算，參照附件【PW2.5濃度計算式】說明。 二. 檢驗結果有標示“※”者係指該檢驗項目未獲行政院環保署認可，但依相關檢驗方法執行。									
檢驗室主管 (簽名) 王光水		空氣採樣員 (簽名) 王光水		無機檢測員 (簽名) 王光水		報告簽署人(簽名) 王光水		報告編號(EA1-*)	
								頁次 02-2	

專案編號：EA-107A0760
標品編號：107A6660~107A6662

三、採樣分析記錄——採樣當日、受測污染源與防制設備操作記錄表

[illegible]

文件編號	FSA210
修訂日期	105.09.02

三、排放單元資料——現場採樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

管 制 編 號	L	0	2	0	0	6	3	3	排 放 管 道 編 號	P	M	0	1
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	-------------	---	---	---	---

1. 測定管 道資料	1) 形狀: 圓形	2) 材質: RL	3) 管道出口離地高度: 73.0 m
	4) 外徑: 864 mm、長: X	mm、寬: X	mm
	5) 內徑: 624 mm、長: X	mm、寬: X	mm
	6) 污染種類別: 煤結垢 (EM19)	7) 燃料: 含硫、煤、焦炭、廢氣	

2. 測定孔 資料	1) 開口內徑: 100 mm	2) 凸緣高: 135 mm (含壁厚)	3) 數量: 4 個
	4) 距上第一氣體環高度為 2790 mm、距 644 倍於測定孔處測定管道之相當直徑		
	5) 距下第一氣體環高度為 3890 mm、距 623 倍於測定孔處測定管道之相當直徑		

3. 測定點 資料	1) 測定點編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	2) 與測定孔外緣距離(mm)	1625	2261	3197									
	1) 測定點編號	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
	2) 與測定孔外緣距離(mm)	1625	2261	3197									

4. 測定管 道、測定孔與 測定點之位置 圖		
	$dc = \frac{2LW}{(L+W)}$	

審核人員	1070411	頁次	04
------	---------	----	----

九連環境開發股份有限公司

文件編號	FSA415
修訂日期	106.01.05

三、採樣分析記錄 --- 現場採樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

專案編號: 3A-107A0760

樣品編號: 107A1660

煙道排氣中水份及氣體檢測記錄表

管制編號	L	0	2	0	0	6	3	3	排放管編號	P	M	0	1
------	---	---	---	---	---	---	---	---	-------	---	---	---	---

(一) 基本資料

1. 公司場所名稱: 中龍鋼鐵(股)公司

2. 採樣日期: 107年4月11日

3. 採樣人: 楊子銘

4. 記錄人: 翁子博

5. 分析人員: 翁子博

(二) 採樣組成份子量測定紀錄

1. 測溫時間 (4min < 1.2mL) 10:15 - 10:25

2. 採樣次序與時間 10:30 - 10:35

3. 靜置時間 (5min 以上) 1) 10:38 - 10:44 2) 11:00 - 11:07

4. 分析次序與時間 1) 10:45 - 10:58 2) 11:08 - 11:20

5. 分析氣體體積 Vn (mL) 1) 100 2) 100

6. 各氣體體積讀數

氣體	讀值 (mL)	溫度 (°C)	讀值 (mL)	溫度 (°C)
CO ₂	9.5	9.5	9.5	9.5
O ₂	22.7	13.7	22.7	13.7
CO	23.0	0.3	23.0	0.3
N ₂		77.0		77.0

7. 0. 吸收池力確切時間含靜置及測溫: 11:26 ~ 11:46, 分析氣體體積 Vn (mL) 100, 讀值 (mL) 20.7, O₂ = 20.7 % (20.9% ± 0.5%)

備註: 1. 採氣組成測定方式 ☒ 手動檢測方式 ☐ 自動儀檢測方式

2. CO₂ (vol %) = a/Vn × 100, O₂ (vol %) = (b-a)/Vn × 100, CO (vol %) = (c-b)/Vn × 100, a = CO₂ 讀值 (mL), Vn = 分析氣體體積 (mL), b = O₂ 讀值 (mL), c = CO 讀值 (mL). 若分析氣體體積恰為 100.0 mL 時, 可簡化計算式為 CO₂ = a, O₂ = b - a, CO = c - b. 當分析氣體體積不為 100 時, 二氧化碳讀數讀值 (mL) = a - (100 - 分析氣體體積) 再依溫度之計算。

(三) 採樣含水氣檢測紀錄

1. 大氣壓力 Pa: 760.2 mmHg

2. 吸濕管: ☐ U 型 ☐ Sheffield 型 ☐ Sheffield/冷凝管-impinger 型

3. 採樣點至採樣孔距離: 7.5 mm

4. 流量計: ☐ 濕式 ☐ 乾式

5. 流量計編號: /

6. 採樣前測溫: 1) 時分, 測溫前流量讀值: /, 結果: ☐ 是 ☐ 否 符合參照率-平均採樣速率 2% 之規定。參照率: / %

2) 時分, 測溫前流量讀值: /, 結果: ☐ 是 ☐ 否 符合參照率-平均採樣速率 2% 之規定。參照率: / %

7. 採樣後測溫: 1) 時分, 測溫後流量讀值: /, 結果: ☐ 是 ☐ 否 符合參照率-平均採樣速率 2% 之規定。參照率: / %

2) 時分, 測溫後流量讀值: /, 結果: ☐ 是 ☐ 否 符合參照率-平均採樣速率 2% 之規定。參照率: / %

9. 吸濕管資料

編號	初重 m1 (g)	終重 m2 (g)	吸濕重 m3 (g)
1			
2			
3			
4			
5			

10. 流量計讀數 (L)

開始	結束

11. 吸引氣體體積 Vn (L)

12. 流量計所吸氣體之溫度 θm (°C)

13. 壓力 Pm (mmHg)

14. 溫度 θm 時之飽和水蒸氣壓 Pv (mmHg)

15. 水份含量 Xw (%)

備註: 1. 若使用乾式流量計, 則 Pv 可忽略不計。

$$X_w = \frac{(m_2 - m_1) \times 22.4}{V_n \times [273(273 + \theta_m)] + [(P_a + P_m - P_v) / 760] \times [(m_2 - m_1) \times 22.4]} \times 100$$

2. 理論值 $X_w = \frac{P_v}{P_a + P_m} \times 100$, Pv (煙道內溫度下之飽和水蒸氣壓) = / %

3. 水份含量應至少測定一次, 確認超過飽和值, 可採用理論值、理論值 Xw = / %

計算人員: 翁子博

頁次: 05

九連環境開發股份有限公司

文件編號	FSA416
修訂日期	106.01.05

三、探樣分析記錄 --- 現場探樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

專案編號: EA-107A0760

樣品編號: 107A0660

煙道排氣流速檢測記錄表(續一)

管 例 編號	L	0	2	0	0	6	3	3	排 放 管 道 編號	P	M	0	1
1. 探樣人姓名: 楊子豪 2. 記錄人姓名: 吳冠廷													
3. 測定孔處之煙道尺寸---內徑: 624 mm (長: 70 mm, 寬: 70 mm) - 面積: 30.3810 m ² 4. 測定孔距煙氣上游擾流區之距離: 29.70 m 5. 測定孔距煙氣下游擾流區之距離: 38.90 m													
6. 測定孔數: 4 凸緣高(含壁厚): 135 mm 7. 皮托管係數 C: 0.917													
8. 皮托管前測點: 11 時 23 分 ~ 11 時 28 分 T: 79.5 mmHg, 結果 ☒ 是 ☐ 否 至少 76-101 mmHg 圍差, 維持 15 秒以上穩定圍差。 S: 82.4 mmHg, 結果 ☒ 是 ☐ 否 至少 76-101 mmHg 圍差, 維持 15 秒以上穩定圍差。													
9. 皮托管後測點: 11 時 53 分 ~ 11 時 54 分 T: 84.2 mmHg, 結果 ☒ 是 ☐ 否 至少 76-101 mmHg 圍差, 維持 15 秒以上穩定圍差。 S: 86.3 mmHg, 結果 ☒ 是 ☐ 否 至少 76-101 mmHg 圍差, 維持 15 秒以上穩定圍差。													
10. 測定點編號	11. 伸入位置 (mm)	12. 記錄時間 (24hr)	13. 煙道動壓 ΔP (mmHg)	14. 排氣溫度 (°C)	15. 紊流程度 (null 之絕對值角度)	16. 最後一個流速測定點之紊流角度 (null 之絕對值角度)							
1	1625	11:28 5 11:46	7.8	160.3	4	備註: 所有測得之紊流角度取絕對值平均, 其平均值≤20 度。							
2	2261		9.2	162.1	7								
3	3197		10.7	162.7	5								
4	1625		8.8	162.4	6								
5	2261		9.1	161.1	8								
6	3197		10.6	162.7	9								
7	1625		8.9	162.6	10								
8	2261		9.1	161.8	8								
9	3197		10.2	162.4	6								
10	1625		8.3	160.4	7								
11	2261		9.9	161.6	8								
12	3197		11.3	162.4	6								
17. 平均值			9.5	161.6	7								

驗算人員: 吳冠廷 1070411

頁次

0.6



文件編號	FSA414
修訂日期	106.01.05

排放管道中可凝結性微粒檢測記錄表

專案編號: EA-109 0760

樣品編號: 1-70660

管 別 類 號	L	0	2	0	0	6	3	3	排 放 管 道 類 號	P	M	0	1
1. 公私場所名稱: 中龍鋼鐵 (股) 公司									2. 採樣日期: 107 年 4 月 11 日				
3. 採樣人簽章: 楊守齊									4. 記錄人簽章: 吳雪梅				
5. 總採樣時間: 331 分鐘									6. 皮托管/Cp 值: P=112 / 0.917				
8. 流量計編號: 24130097									9. Y _{full} 值: 0.9937				
7. 平均漏氣因子 b _g : 4													
10. ΔH _g : 50.5786 mmHg													
11. 皮托管採樣前測讀: 11 時 53 分 ~ 11 時 54 分, T: 84.2 mmHg, 結果 ☒ 是 ☐ 否 至少 75-101 mmHg 壓差, 維持 15 秒以上穩定壓差。 S: 86.3 mmHg, 結果 ☒ 是 ☐ 否 至少 75-101 mmHg 壓差, 維持 15 秒以上穩定壓差。													
12. 系統採樣前測讀: 11 時 56 分 ~ 11 時 58 分, 結果 ☒ 是 ☐ 否 符合至少 15 inHg 真空度下維持 60 秒以上, 其洩漏率小於平均採樣速率 4% 或 0.57 LPM。真空度: 41.2 mmHg 滲漏率: 0.020 LPM。													
13. 系統採樣中前測讀: 時 分 ~ 時 分, 結果 ☒ 是 ☐ 否 符合至少 15 inHg 真空度下維持 60 秒以上, 其洩漏率小於平均採樣速率 4% 或 0.57 LPM。真空度: mmHg 滲漏率: LPM。													
14. 系統採樣中後測讀: 時 分 ~ 時 分, 結果 ☒ 是 ☐ 否 符合至少 15 inHg 真空度下維持 60 秒以上, 其洩漏率小於平均採樣速率 4% 或 0.57 LPM。真空度: mmHg 滲漏率: LPM。													
15. 皮托管採樣後測讀: 11 時 56 分 ~ 11 時 57 分, T: 86.3 mmHg, 結果 ☒ 是 ☐ 否 至少 75-101 mmHg 壓差, 維持 15 秒以上穩定壓差。 S: 84.1 mmHg, 結果 ☒ 是 ☐ 否 至少 75-101 mmHg 壓差, 維持 15 秒以上穩定壓差。													
16. 系統採樣中後測讀: 11 時 59 分 ~ 12 時 00 分, 結果 ☒ 是 ☐ 否 符合至少 15 inHg 真空度下維持 60 秒以上, 其洩漏率小於平均採樣速率 4% 或 0.57 LPM。真空度: 41.2 mmHg 滲漏率: 0.011 LPM。													
瓶號	D 瓶 (g)				B 瓶 (g)				採樣中增量 (V1) (g)				
瓶號	D 瓶 (g)	B 瓶 (g)	M 瓶 (g)	S 瓶 (g)	採樣後增量 (增加上 V1) (g)	扣除 (V2) 及 (V3) (g)	煙道水份 E _w (%)						
採樣前初重	503.30	605.60	661.40	936.70	390.80	390.80	15.43						
採樣後末重	834.6	611.00	692.70	966.50									
17. N ₂ 鋼瓶編號: 4455885 有效日期: 109.03.06				18. 流量式流量計序號: 101454 有效日期: 107.08.02									
19. 採樣中補純水添加量 (V2):													
(1) N ₂ 流量 (流量調整約 14L/min):		(2) CPW 濾紙溫度: °C		(3) N ₂ 淨化時間: ~									
20. 採樣後補純水添加量 (V3): 0 mL													
(1) N ₂ 流量 (流量調整約 14L/min): 14.627		(2) CPW 濾紙溫度: 26.8 °C		(3) N ₂ 淨化時間: ~									
21. 現場採樣系統回收空白補純水添加量 (V4): mL													
(1) N ₂ 流量 (流量調整約 14L/min):		(2) CPW 濾紙溫度: °C		(3) N ₂ 淨化時間: ~									
驗算人員: 吳雪梅 1070411 頁次 07													



文件編號	FSA414
修訂日期	106.01.05

排放管道中可凝結性微粒檢測記錄表(續一)

專案編號: FA-107A-010

樣品編號: 107A-110

管制編號	L	0	2	0	0	6	3	3	排放管道編號	P	M	0	1
22. 探樣前計算參數													
(1) 濕基氣體分子重 M_w : 28.24	g/g-mole	(2) 乾基氣體分子重 M_d : 30.05	g/g-mole	(3) 濕度 P_g : -8.1	mmHg								
(4) 排氣總壓力 P_s : 755.6	mmHg	(5) 氣體黏滯度 μ : 226.88	micropoise	(6) 排氣流速 V_s : 10.58	m/s								
(7) 克舉率係數 C : 1.0513		(8) D_{SL} : 9.9065	μm	(9) D_{ST} : 10.4533	μm								
(10) 雷諾數 Re : 2027		(11) 探樣速率 Q_s : 16.511	(L)	(12) Meter Box ΔH : 10.44	mmHg								
(13) 預估吸氣嘴內徑: 5.64	mm	(14) 探樣吸氣嘴內徑: 5.476	mm	(15) 吸氣嘴氣體流速 V_n : 26.584	m/s								
(16) 最小吸氣嘴/排放管道 流速比值參數 R_{min} $\square < 0.5$ - $\square \geq 0.5$: 0.753 最小流速 V_{min} : 6.87 最小動壓 ΔP_{min} : 0.15													
(17) 最大吸氣嘴/排放管道 流速比值參數 R_{max} $\square < 1.5$ - $\square \geq 1.5$: 1.317 最大流速 V_{max} : 15.37 最大動壓 ΔP_{max} : 0.93													
23. 探樣後計算參數													
(1) 排樣氣體積 (V_n) : 3.4312	m^3	(2) 標準排氣體積 $(V_n \text{ Std})$: 2.8549	m^3	(3) 濕基排出氣體量 QW : 1258.20	Nm^3/min								
(4) 乾基排出氣體量 QD : 1048.91	Nm^3/min												
(5) 濕基氣體分子重 M_w : 28.17	g/g-mole	(6) 乾基氣體分子重 M_d : 30.05	g/g-mole	(7) 平均排氣流速 V_s : 2.8549	m/s								
(8) 初始克舉率係數 C : 1.0513		(9) 氣體黏滯度 μ : 229.84	micropoise	(10) 雷諾數 Re : 1048	2234								
(11) 重新計算克舉率係數 C_r : 1.0536		(12) 探樣速率 Q_s : 17.00	(L)	(13) 標準探樣速率 Q_{ST} : 9.56	(L)								
(14) D_{ST} : 2.481		(15) D_{SL} : 2.498		(16) Z 值 (1.0 ± 0.01) : 1.00									
(17) 平均小孔壓力 ΔH : 10.44	mmHg	(18) 平均溫度 (T_s) : 164.4	$^{\circ}C$	(19) 標準吸氣率 $(I\%)$: 110.32									
24. 流量計查核													
儀器編號	流量計讀值 (L)	抽引體積 (L)	溫度 ($^{\circ}C$)	$Y_{post} = 0.9608$									
標準件 A	起: 62672.44	V_A : 199.1840	T_i : 25.2	T_A : 26.9									
S/N: 12009000	迄: 62862.80	V_B : 62.61	T_o : 28.1										
待校件 B	起: 0.000	V_B : 199.075	T_i : 28.9	T_B : 27.1									
S/N: 20130099	迄: 199.445	V_B : 199.42	T_o : 29.4										
註: 吸氣嘴直徑(1) 5.48 mm (2) 5.48 mm (3) 5.48 mm													
計算人員: 838 10704.11 頁次 08													

09

 九連環境開發股份有限公司 PM2.5等速吸引採樣結果計算(公制)			文件編號	PSA419
			修訂日期	106.03.15
客戶名稱 Client Name	中央研究院環境變遷研究中心		記錄人員	邱冠博
工廠名稱 Plant Name	中龍鋼鐵股份有限公司		專案編號	EA-107A076C
採樣位置 Sampling Location	台中市		標準狀態, °C	0
1.樣品編號 Sampling Number	-	107A6660	-	-
2.採樣日期 Run Date	-	1070411	-	-
3.採樣開始時間 Run Start Time	hh:mm	12:30	-	-
4.採樣結束時間 Run Stop Time	hh:mm	17:47	-	-
<i>Sampling Parameters</i>				
5.流量計Y值 Meter Calibration Factor	Y	1.0000	-	-
6.皮托管係數 Pitot Tube Coefficient	C _p	0.717	-	-
7.管道靜壓 Stack/Duct Static Pressure	mmH ₂ O	-8.10	-	-
8.管道截面積 Stack Cross-Sectional Area	m ²	30.58	-	-
9.大氣壓力 Barometric Pressure	mmHg	754.7	-	-
10.真實吸氣嘴直徑 Actual Nozzle Diameter	mm	5.476	-	-
11.二氧化碳百分比 Carbon Dioxide Percentage	% CO ₂	9.5	-	-
12.氧氣百分比 Oxygen Percentage	% O ₂	13.2	-	-
13.一氧化碳百分比 Carbon Monoxide Percentage	% CO	0.3	-	-
14.氮氣百分比 Nitrogen Percentage	% N ₂	77.0	-	-
15.總水分 Total Water Volume Collected	mL	390.8	-	-
16.總採樣體積 Sample Volume	L	3015.12	-	-
17.平均流量計溫度 Ave Meter Temp	°C	34.7	-	-
18.平均管道溫度 Ave Stack Temp (T _s)	°C	164.4	-	-
19.平均小孔壓力 Average Delta H	mmH ₂ O	10.4	-	-
20.總採樣時間 Total Sampling Time	min	299	-	-
<i>Air Flow Parameters</i>				
21.水蒸氣狀態下總體積 Volume of Water vapor @ STP	SL	485.37	-	-
22.標準狀態採樣體積 Volume Metered @ STP (0°C)	DSL	2859.86	-	-
23.標準狀態採樣體積 Volume Metered @ STP (20°C)	D _{SL}	2854.49	-	-
24.絕對壓力 Absolute Stack/Duct Pressure (P _a)	mmHg	754.10	-	-
25.流量計壓力 Absolute Meter Pressure	mmHg	755.48	-	-
26.管道水分計算值 Calculated Stack Moisture	% H ₂ O	15.43	-	-
27.管道水分飽和值 Saturated Stack Moisture	% H ₂ O	100.00	-	-
28.管道水分報告值 Reported Stack Moisture Content	% H ₂ O	15.43	-	-
29.乾排氣其分率 Dry Mole Fraction	decimal	0.85	-	-
30.平均差壓 Avg Differential Pressure (Delta P)	mmH ₂ O	9.19	-	-
31.乾排氣分子量 Dry Gas Molecular Weight (Md)	g/g-mole	30.05	-	-
32.濕排氣分子量 Wet Stack Gas Molecular Weight (Mw)	g/g-mole	28.19	-	-
33.管道平均流速 Average Stack Gas Velocity	m/sec	10.91	-	-
34.等速吸引百分率 Percent of Isokinetic Rate	% ISO	110.32	-	-
35.管道實際排氣量 Actual Stack Flow/Minute	Nm ³ /min	12398.20	-	-
36.乾排氣量 (0°C, STP) Dry Standard Stack Flow/Minute	Nm ³ /min	10484.91	-	-
<i>PM2.5 Calculations</i>				
37.克寧係數 Cunnig factor	C	1.0913	-	-
38.黏滯度 Flue Gas Viscosity (μ)	m	229.84	-	-
39.旋風分離器流量 Cyclone Flow at Actual Conditions	CaLPM	17.00	-	-
40.標準狀態下採樣速率 Sample flow rate (STD)	LPM	9.56	-	-
41.重新計算當量數 Recalculate N _{eq}	N _{eq}	2234	-	-
42.50%截粒徑 Particle Cut Size	D ₅₀	2.481	-	-
43.重新計算克寧係數 Re-estimated Cunnig factor	Cr	1.0936	-	-
44.重新計算50%截粒徑 Re-calculated Particle Cut Size	D _{50.1}	2.478	-	-
45.切割粒徑判定結果 Cut Size, 2.25μm < D _{50.1} < 2.75μm	-	YES	-	-
46.等速吸引判定結果 Isokinetic %, Results, 80% < i < 120%	-	YES	-	-
47. Z 值 Ratio (Z) between D ₅₀ and D _{50.1}	Z	1.00	-	-



文件編號	FSA414
修訂日期	106.01.05

排放管道中可凝結性微粒檢測記錄表

專案編號: 5A-107A-0760

樣品編號: 107A6661

管 則 編 號	L	0	2	0	0	6	3	3	排 放 管 道 編 號	P	M	0	1
1. 公私場所名稱: 中龍鋼鐵(股)公司									2. 採樣日期: 107年4月12日				
3. 採樣人簽章: 楊子強									4. 記錄人簽章: 吳冠博				
5. 總採樣時間: 331 分鐘									6. 皮托管/Op值: P-Hg / 0.917				
8. 流量計編號: 2130097									9. Y _{full} 值: 0.9939				
10. ΔH ₀ : 50.5786 mmHg													
11. 皮托管採樣前測漏: 09時17分~09時19分, 結果 ☒ 符合至少 76-101 mmHg 壓差, 維持 15 秒以上穩定壓差。 T: 86.6 mmHg, 結果 ☒ 符合至少 76-101 mmHg 壓差, 維持 15 秒以上穩定壓差。 S: 85.2 mmHg, 結果 ☒ 符合至少 76-101 mmHg 壓差, 維持 15 秒以上穩定壓差。													
12. 系統採樣前測漏: 09時20分~09時22分, 結果 ☒ 符合至少 15 inHg 真空度下維持 60 秒以上, 其洩漏率小於平均採樣速率 4% 或 0.57 LPM。真空度: 4.9 mmHg 滲漏率: 0.018 LPM。													
13. 系統採樣中前測漏: 時 分 ~ 時 分, 結果 ☒ 符合至少 15 inHg 真空度下維持 60 秒以上, 其洩漏率小於平均採樣速率 4% 或 0.57 LPM。真空度: mmHg 滲漏率: LPM。													
14. 系統採樣中後測漏: 時 分 ~ 時 分, 結果 ☒ 符合至少 15 inHg 真空度下維持 60 秒以上, 其洩漏率小於平均採樣速率 4% 或 0.57 LPM。真空度: mmHg 滲漏率: LPM。													
15. 皮托管採樣後測漏: 15時10分~15時11分, 結果 ☒ 符合至少 76-101 mmHg 壓差, 維持 15 秒以上穩定壓差。 T: 84.9 mmHg, 結果 ☒ 符合至少 76-101 mmHg 壓差, 維持 15 秒以上穩定壓差。 S: 83.2 mmHg, 結果 ☒ 符合至少 76-101 mmHg 壓差, 維持 15 秒以上穩定壓差。													
16. 系統採樣中後測漏: 15時12分~15時14分, 結果 ☒ 符合至少 15 inHg 真空度下維持 60 秒以上, 其洩漏率小於平均採樣速率 4% 或 0.57 LPM。真空度: 4.2 mmHg 滲漏率: 0.008 LPM。													
瓶號		D 瓶 (g)		B 瓶 (g)		M 瓶 (g)		S 瓶 (g)		採樣中增量 (V1) (g)		扣除(V2)及(V3) (g)	
採樣中末重													
瓶號		D 瓶 (g)		B 瓶 (g)		M 瓶 (g)		S 瓶 (g)		採樣後增量 (加上 V1) (g)		煙道水份 B ₁₀₂ (%)	
採樣前初重		505.10		608.00		704.80		885.60		428.60		428.60	
採樣後末重		899.20		609.20		716.00		909.70					
17. N ₂ 調壓器號: 3B 255283 有效日期: 109.03.06													
18. 活塞式流量計序號: 101454 有效日期: 107.08.07													
19. 採樣中因純水添加量(V2): mL													
(1) N ₂ 流量(流量調整約 14L/min): L (2) CPM 濾紙溫度: °C (3) N ₂ 淨化時間: ~													
20. 採樣後因純水添加量(V3): 0 mL													
(1) N ₂ 流量(流量調整約 14L/min): 14.633 L (2) CPM 濾紙溫度: 25.4 °C (3) N ₂ 淨化時間: 15:07 ~ 16:07													
21. 現場採樣系統回收空白因純水添加量(V4): mL													
(1) N ₂ 流量(流量調整約 14L/min): 14.435 L (2) CPM 濾紙溫度: 24.9 °C (3) N ₂ 淨化時間: 17:20 ~ 18:20													
計算人員: 吳冠博 1070412										頁次		11	



排放管道中可凝結性微粒檢測記錄表(續一)

文件編號	FSA414
修訂日期	106.01.05

專案編號: 2A-07A-070

樣品編號: 1076661

管 制 編 號	L	0	2	0	0	6	3	3	排 放 管 道 編 號	P	M	0	1
22. 採樣前計算參數													
(1) 濕基氣體分子重 M_w :	28.21	g/g-mole	(2) 乾基氣體分子重 M_d :	30.05	g/g-mole	(3) 靜壓 P_g :	-8.1	mmHg					
(4) 排氣絕對壓力 P_a :	759.6	mmHg	(5) 氣體黏滯度 μ :	226.88	micropoise	(6) 排氣流速 V_s :	10.98	m/s					
(7) 克勞修瓦數 C :	1.0513		(8) D_{SO_2} :	7.865	μm	(9) D_{SO_2} :	10.4533	μm					
(10) 管徑數 N_E :	24.7		(11) 採樣速率 Q_s :	16.41	(L)	(12) Meter Box ΔH :	10.44	mmHg					
(13) 預估吸氣嘴內徑:	5.64	mm	(14) 採樣吸氣嘴內徑:	5.496	mm	(15) 吸氣嘴氣體流速 V_n :	28.58	m/s					
(16) 最小吸氣嘴/排放管道 流速比值參數 R_{min} $\square < 0.5$ - $\square \geq 0.5$: 0.588 最小流速 V_{min} : 6.37 最小動態 ΔP_{min} : 0.15													
(17) 最大吸氣嘴/排放管道 流速比值參數 R_{max} $\square < 1.5$ - $\square \geq 1.5$: 1.317 最大流速 V_{max} : 15.39 最大動態 ΔP_{max} : 0.13													
23. 採樣後計算參數													
(1) 總採氣體積 (V_m):	2.98054	m ³	(2) 標準採氣體積 (V_m Std):	2.84193	m ³								
(3) 濕基排出氣體量 Q_N :	126.49	m ³ /min	(4) 乾基排出氣體量 Q_N :	105.26	m ³ /min								
(5) 濕基氣體分子重 M_w :	28.23	g/g-mole	(6) 乾基氣體分子重 M_d :	30.05	g/g-mole	(7) 平均排氣流速 V_s :	11.10	m/s					
(8) 初始克勞修瓦數 C :	1.0513		(9) 氣體黏滯度 μ :	229.12	micropoise	(10) 管徑數 N_E :	226.3						
(11) 重新計算克勞修瓦數 C_r :	1.0534		(12) 採樣速率 Q_s :	17.22	(L)	(13) 標準採樣速率 Q_{sST} :	9.55	(L)					
(14) D_{SO_2} :	2.449		(15) D_{SO_2} :	2.437		(16) Z 值 (1.0 ± 0.01):	1.00						
(17) 平均小孔壓力 ΔH :	10.4	mmHg	(18) 平均煙道溫度 (T_a):	165.1	°C	(19) 等速吸引率 (%) :	109.80						
24. 流量計查核													
儀器編號	流量計讀值 (L)	抽引體積 (L)	溫度 (°C)	$Y_{post} = 0.9609$									
標準件 A	組: 625.270 拆: 625.540	V_A : 152.60	T_1 : 28.2 T_0 : 32.7	T_A : 30.3	誤差值: $(Y_{post} - Y_{ref}) / Y_{ref} \times 100$								
待校件 B	組: 0.000 拆: 200.658	V_B : 200.658	T_1 : 30.3 T_0 : 31.9	T_B : 31.1	誤差值: -3.3 %								
☐ 是 ☐ 否 符合 ($< \pm 5\%$)													
註: 吸氣嘴編號 (1) 5-496 5.48 mm (2) 3-497 mm (3) 5-498 mm													

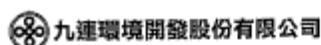
驗算人員: 孫國雄 1070212

頁次

12

[illegible]

九連環境開發股份有限公司		文件編號	FSA419
PM2.5等速吸引採樣結果計算(公制)		修訂日期	106.03.15
客戶名稱Client Name	中央研究院環境變遷研究中心	紀錄人員	邱冠博
工廠名稱Plant Name	中龍鋼鐵股份有限公司	專案編號	EA-107A0760
採樣位置Sampling Location	台中市	標準狀態 °C	0
1.樣品編號 Sampling Number	-	107A6661	-
2.採樣日期Run Date	-	1070412	-
3.採樣開始時間Run Start Time	hh:mm	9:51	-
4.採樣結束時間Run Stop Time	hh:mm	15:08	-
Sampling Parameters			
5.流量計Y值Meter Calibration Factor	Y	1.0000	-
6.皮托管係數Pitot Tube Coefficient	C _p	0.717	-
7.管道靜壓Stack/Duct Static Pressure	mmH ₂ O	-8.10	-
8.管道截面積Stack Cross-Sectional Area	m ²	30.58	-
9.大氣壓力Barometric Pressure	mmHg	757.3	-
10.真實吸嘴直徑Actual Nozzle Diameter	mm	5.478	-
11.二氧化碳百分比Carbon Dioxide Percentage	% CO ₂	9.5	-
12.氧氣百分比Oxygen Percentage	% O ₂	13.2	-
13.一氧化碳百分比Carbon Monoxide Percentage	% CO	0.3	-
14.氮氣百分比Nitrogen Percentage	% N ₂	77.0	-
15.總水分Total Water Volume Collected	mL	428.6	-
16.樣品樣體積Sample Volume	L	2980.54	-
17.平均流量計溫度Avg Meter Temp	°C	34.3	-
18.平均管道溫度Avg Stack Temp (T _s)	°C	165.0	-
19.平均小孔壓力Average Delta H	mmH ₂ O	10.4	-
20.總採樣時間Total Sampling Time	min	297	-
Air Flow Parameters			
21.水蒸氣狀態下總體積Volume of Water vapor @ STP	SL	532.32	-
22.標準狀態下總體積Volume Metered @ STP (0°C)	DSL	2641.73	-
23.標準狀態下總體積Volume Metered @ STP (20°C)	DSL	2635.03	-
24.絕對靜壓Absolute Stack/Duct Pressure (P _a)	mmHg	756.70	-
25.流量計壓力Absolute Meter Pressure	mmHg	758.06	-
26.管道水分計算值Calculated Stack Moisture	% H ₂ O	16.77	-
27.管道水分飽和值Saturated Stack Moisture	% H ₂ O	100.00	-
28.管道水分報告值Reported Stack Moisture Content	% H ₂ O	16.77	-
29.乾排氣莫耳分率Dry Mole Fraction	decimal	0.83	-
30.平均差壓Avg Differential Pressure (Delta P)	mmH ₂ O	9.48	-
31.乾排氣分子量Dry Gas Molecular Weight (Md)	g/g-mole	30.05	-
32.濕排氣分子量Wet Stack Gas Molecular Weight (Mw)	g/g-mole	28.03	-
33.管道平均流速Average Stack Gas Velocity	m/sec	11.10	-
34.等速吸引百分率Percent of Isokinetic Rate	% ISO	109.80	-
35.管道實際排氣量Actual Stack Flow/Minute	Nm ³ /min	12648.10	-
36.乾排氣量(0°C, STP)Dry Standard Stack Flow/Minute	Nm ³ /min	10526.89	-
PM2.5 Calculations			
37.克寧係數Cunning factor	C	1.0913	-
38.粘滯度Flue Gas Viscosity (μ)	m	229.12	-
39.旋風分離器流量Cyclone Flow at Actual Conditions	CaLPM	17.22	-
40.標準狀態下採樣速率Sample flow rate (STD)	LPM	9.55	-
41.重新計算克寧係數Recalculate N _{st}	N _{st}	2263	-
42.50%顆粒徑Particle Cut Size	D ₅₀	2.440	-
43.重新計算克寧係數Re-estimated Cunningham factor	C _r	1.0934	-
44.重新計算50%顆粒徑Re-calculated Particle Cut Size	D _{50.1}	2.437	-
45.切割粒徑判定結果Cut Size, 2.25μm<D ₅₀ ≤2.75μm	-	YES	-
46.等速吸引判定結果Isokinetic %, Results, 80%<120%	-	YES	-
47.Z值 Ratio (Z) between D ₅₀ and D _{50.1}	Z	1.00	-



文件編號	FSA414
修訂日期	106.01.05

排放管道中可凝結性微粒檢測記錄表

專案編號: E4-10720160

樣品編號: 10720162

管 制 編 號	L	0	2	0	0	6	3	3	排 放 管 道 編 號	P	M	0	1
1. 公私場所名稱: 中龍鋼鐵 (股) 公司									2. 採樣日期: 107 年 4 月 13 日				
3. 採樣人簽章: 楊三三									4. 記錄人簽章: 吳永博				
5. 總採樣時間: 331 分鐘									6. 皮托管/Op 值: P-1442 / 0.917				
7. 平均總懸浮因子 by: 2									8. 流量計編號: 2013-097				
9. Yfull 值: 0.9939									10. ΔH@: 50.3786 mmHg				
11. 皮托管採樣前測讀: 08 時 31 分 ~ 08 時 32 分, 結果 ☒ 是 ☐ 否 至少 75-101 mmHg 壓差, 維持 15 秒以上穩定壓差。 T: 86.6 mmHg, 結果 ☒ 是 ☐ 否 至少 75-101 mmHg 壓差, 維持 15 秒以上穩定壓差。 S: 89.2 mmHg, 結果 ☒ 是 ☐ 否 至少 75-101 mmHg 壓差, 維持 15 秒以上穩定壓差。													
12. 系統採樣前測讀: 08 時 34 分 ~ 08 時 36 分, 結果 ☒ 是 ☐ 否 符合至少 15 inHg 真空度下維持 60 秒以上, 其洩漏率小於平均採樣速率 4% 或 0.57 LPM。真空度: 4.19 mmHg 滲漏率: 0.014 LPM。													
13. 系統採樣中前測讀: 時 分 ~ 時 分, 結果 ☐ 是 ☐ 否 符合至少 15 inHg 真空度下維持 60 秒以上, 其洩漏率小於平均採樣速率 4% 或 0.57 LPM。真空度: mmHg 滲漏率: LPM。													
14. 系統採樣中後測讀: 時 分 ~ 時 分, 結果 ☐ 是 ☐ 否 符合至少 15 inHg 真空度下維持 60 秒以上, 其洩漏率小於平均採樣速率 4% 或 0.57 LPM。真空度: mmHg 滲漏率: LPM。													
15. 皮托管採樣後測讀: 14 時 30 分 ~ 14 時 31 分, 結果 ☒ 是 ☐ 否 至少 75-101 mmHg 壓差, 維持 15 秒以上穩定壓差。 T: 87.1 mmHg, 結果 ☒ 是 ☐ 否 至少 75-101 mmHg 壓差, 維持 15 秒以上穩定壓差。 S: 86.2 mmHg, 結果 ☒ 是 ☐ 否 至少 75-101 mmHg 壓差, 維持 15 秒以上穩定壓差。													
16. 系統採樣中後測讀: 14 時 32 分 ~ 14 時 34 分, 結果 ☒ 是 ☐ 否 符合至少 15 inHg 真空度下維持 60 秒以上, 其洩漏率小於平均採樣速率 4% 或 0.57 LPM。真空度: 4.23 mmHg 滲漏率: 0.010 LPM。													
瓶號	D 瓶 (g)				B 瓶 (g)				採樣中增量 (V1) (g)				
採樣中重量													
瓶號	D 瓶 (g)	B 瓶 (g)	M 瓶 (g)	S 瓶 (g)	採樣後增量 (瓶上 V1) (g)	扣除 (V2) 及 (V3) (g)	樣品水份 B _{wt} (%)						
採樣前重量	54.30	607.60	916.10	978.90	440.70	440.70	17.39						
採樣後重量	891.20	608.80	934.20	962.90									
17. N ₂ 流量編號: 09534 有效日期: 109.03.06													
18. 活塞式流量計序號: 101494 有效日期: 107.08.02													
19. 採樣中純水添加量 (V2): mL													
(1) N ₂ 流量 (流量調節約 14 L/min): L (2) CPW 溫度: °C (3) N ₂ 淨化時間: ~													
20. 採樣後純水添加量 (V3): mL													
(1) N ₂ 流量 (流量調節約 14 L/min): 16.79 L (2) CPW 溫度: 24.4 °C (3) N ₂ 淨化時間: 4:39 ~ 4:39													
21. 現場採樣系統回收空白純水添加量 (V4): mL													
(1) N ₂ 流量 (流量調節約 14 L/min): L (2) CPW 溫度: °C (3) N ₂ 淨化時間: ~													
驗算人員: 吳永博 1070413										頁次		15	



文件編號	FSA414
修訂日期	106.01.05

排放管道中可凝結性微粒檢測記錄表(續一)

專案編號: E01074-070

樣品編號: 107A66Z

管制編號	L	0	Z	0	0	6	3	3	排放管道編號	P	M	0	1
22. 採樣前計算參數													
(1) 濕基氣體分子重 M_w : 28.71 g/g-mole	(2) 乾基氣體分子重 M_d : 30.05 g/g-mole	(3) 靜壓 P_g : -8.1 mmHg											
(4) 排氣絕對壓力 P_a : 739.6 mmHg	(5) 氣體黏滯度 μ : 221.62 micropoise	(6) 排氣流速 V_s : 10.77 m/s											
(7) 克勞修係數 C : 1.0913	(8) D_{SGL} : 9.915 μm	(9) D_{SIT} : 10.073 μm											
(10) 雷諾數 Re : 2437	(11) 採樣速率 Q_s : 16.51 (L)	(12) Water Box ΔH : 10.44 mmHg											
(13) 預估吸氣嘴內徑: 5.64 mm	(14) 採樣吸氣嘴內徑: 5.496 mm	(15) 吸氣嘴氣體流速 V_n : 28.584 m/s											
(16) 最小吸氣嘴/排放管道 流速比值參數 $R_{min} \square < 0.5 \sim \square \geq 0.5$: 0.587 最小流速 V_{min} : 6.87 最小動壓 ΔP_{min} : 0.15													
(17) 最大吸氣嘴/排放管道 流速比值參數 $R_{max} \square < 1.5 \sim \square \geq 1.5$: 1.317 最大流速 V_{max} : 15.39 最大動壓 ΔP_{max} : 0.73													
23. 採樣後計算參數													
(1) 總採氣體積 (V_n): 2.94136 m ³	(2) 標準採氣體積 (V_n Std): 2.77069 m ³												
(3) 濕基排出氣體量 Q_N : 12452.92 Nm ³ /min	(4) 乾基排出氣體量 Q_N : 10320.60 Nm ³ /min												
(5) 濕基氣體分子重 M_w : 27.95 g/g-mole	(6) 乾基氣體分子重 M_d : 30.05 g/g-mole	(7) 平均排氣流速 V_s : 10.77 m/s											
(8) 初始克勞修係數 C : 1.0913	(8) 氣體黏滯度 μ : 225.12 micropoise	(10) 雷諾數 Re : 2755											
(11) 重新計算克勞修係數 C_r : 1.0937	(12) 採樣速率 Q_s : 17.27 (L)	(13) 標準採樣速率 Q_{sST} : 9.47 (L)											
(14) D_{50} : 2.444 μm	(15) D_{50-1} : 2.441 μm	(16) Z 值 (1.0 $\pm$ 0.01): 1.00											
(17) 平均小孔壓力 ΔH : 10.4 mmHg	(18) 平均排氣溫度 (T_g): 167.1 $^{\circ}C$	(18) 等速吸引率 (1%): 111.30											
24. 流量計查核													
儀器編號	流量計讀值 (L)	抽引體積 (L)	溫度 ($^{\circ}C$)	$Y_{post} = 0.9603$									
標準件 A S/N: 12009000	起: 6315.40 迄: 6315.80	V_A : 190.40	T_i : 31.8 T_o : 33.8	誤差值: ($Y_{post} - Y_{std}$) / Y_{std} $\times$ 100 誤差值 -2.4 %									
待校件 B S/N: 20130097	起: 0.000 迄: 197.178	V_B : 195.18	T_i : 34.5 T_o : 34.5	☒ 是 ☐ 否 符合 ($\leq \pm 5\%$)									
註: 吸氣嘴直徑 (1) 5.496 mm (2) 5.49 mm (3) 5.48 mm													

計算人員: 張國明 0413

頁次

16

文件編號	FSA418
修訂日期	106.03.15

客戶名稱	中央研究院環境變遷研究中心	專案編號	EA-107A0760	排氣管道編號	P601
工廠名稱	中國鋼鐵股份有限公司	樣品編號	107A6662	採樣開始時間	09:12:22
所在縣市	台中市龍井區龍昌路100號	紀錄人員	邱冠博	採樣結束時間	14:21:46
採樣位置	台中市	採樣人員	楊來慈		
採樣日期	1070413	審核人員	林偉琳		

等速吸入參數設定		壓力		採樣設備		濾紙編號/日期	排氣組成
$\Delta H @ 21 \text{ SLPM}$	50.5786	Pbar	759.0	紙質傳輸線編號			CO ₂
流量計校正係數	1.0000	Pstatic	-8.10	管道熱電偶編號			9.5
皮托管係數	0.717	Tstd, °C	20	吸氣嘴編號		- -	O ₂
預估乾式流量計溫度	-	Pstd	760	實際吸氣嘴內徑, mm	5.476	- -	13.2
預估管道溫度 or M2 Avg.	-	預估或實際 排氣組成		採樣管長度及編號			CO
預估 Delta P or M2 Avg.	-			延伸管材質		Teflon	0.3
預估水分值	15.2	CO ₂	9.5	烘箱編號			N ₂
預估乾基分子量	30.05	O ₂	13.2	冷卻箱編號			77.0
預估流速, m/sec	-	CO	0.0	流量計編號			H ₂ O (mL)
X Factor (delta H/delta P)	-	N ₂	77.3	二級流量計編號			440.70

[illegible]

 九連環境開發股份有限公司 PM2.5等速吸引採樣結果計算(公制)		文件編號	FSA419
		修訂日期	106.03.15
客戶名稱Client Name	中央研究院環境變遷研究中心		紀錄人員
工廠名稱Plant Name	中龍鋼鐵股份有限公司		專案編號
採樣位置Sampling Location	台中市		標準狀態, °C
1. 樣品編號 Sampling Number	-	107A6662	-
2. 採樣日期Run Date	-	1070413	-
3. 採樣開始時間Run Start Time	hh:mm	9:12	-
4. 採樣結束時間Run Stop Time	hh:mm	14:21	-
<i>Sampling Parameters</i>			
5. 流量計Y值Meter Calibration Factor	Y	1.0000	-
6. 皮托管係數Pitot Tube Coefficient	C _p	0.717	-
7. 管道靜壓Stack/Duct Static Pressure	mmH ₂ O	-8.10	-
8. 管道截面積Stack Cross-Sectional Area	m ²	30.58	-
9. 大氣壓力Barometric Pressure	mmHg	759.0	-
10. 真實吸嘴直徑Actual Nozzle Diameter	mm	5.476	-
11. 二氧化碳百分比Carbon Dioxide Percentage	% CO ₂	9.5	-
12. 氧氣百分比Oxygen Percentage	% O ₂	13.2	-
13. 一氧化碳百分比Carbon Monoxide Percentage	% CO	0.3	-
14. 氮氣百分比Nitrogen Percentage	% N ₂	77.0	-
15. 總水分Total Water Volume Collected	mL	440.7	-
16. 總樣體積Sample Volume	L	2941.36	-
17. 平均流量計溫度Ave Meter Temp	°C	35.8	-
18. 平均煙道溫度Ave Stack Temp (T _s)	°C	167.1	-
19. 平均小孔壓力Average Delta H	mmH ₂ O	10.4	-
20. 總採樣時間Total Sampling Time	min	294	-
<i>Air Flow Parameters</i>			
21. 水蒸氣狀態下總體積Volume of Water vapor @ STP	SL	547.35	-
22. 標準狀態下採氣體積Volume Metered @ STP (0°C)	DSL	2600.42	-
23. 標準狀態下採氣體積Volume Metered @ STP (20°C)	DSL	2790.69	-
24. 排氣絕對壓力Absolute Stack/Duct Pressure (P _s)	mmHg	758.40	-
25. 流量計壓力Absolute Meter Pressure	mmHg	759.76	-
26. 管道水分計算值Calculated Stack Moisture	% H ₂ O	17.39	-
27. 管道水分飽和值Saturated Stack Moisture	% H ₂ O	100.00	-
28. 管道水分報告值Reported Stack Moisture Content	% H ₂ O	17.39	-
29. 乾排氣莫耳分率Dry Mole Fraction	decimal	0.83	-
30. 平均差壓Avg Differential Pressure (Delta P)	mmH ₂ O	9.26	-
31. 乾排氣分子量Dry Gas Molecular Weight (M _d)	g/g-mole	30.05	-
32. 濕排氣分子量Wet Stack Gas Molecular Weight (M _w)	g/g-mole	27.95	-
33. 管道平均流速Average Stack Gas Velocity	m/sec	10.99	-
34. 等速吸引百分率Percent of Isokinetic Rate	% ISO	111.30	-
35. 管道實際排氣量Actual Stack Flow/Minute	Nm ³ /min	12492.92	-
36. 乾排氣量(0°C, STP)Dry Standard Stack Flow/Minute	Nm ³ /min	10320.60	-
<i>PM2.5 Calculations</i>			
37. 克寧罕係數Cunning factor	C	1.0913	-
38. 黏滯度Flue Gas Viscosity (μ)	m	229.62	-
39. 旋風分離器流量Cyclone Flow at Actual Conditions	Cal LPM	17.29	-
40. 標準狀態下採樣速率Sample flow rate (STD)	LPM	9.49	-
41. 重新計算雷諾數Recalculate N _{re}	N _{re}	2255	-
42. 50%截取粒径Particle Cut Size	D ₅₀	2.444	-
43. 重新計算克寧罕係數Re-estimated Cunningham factor	Cr	1.0937	-
44. 重新計算50%截取粒径Re-calculated Particle Cut Size	D _{50,1}	2.441	-
45. 切割粒径判定結果Cut Size, 2.25μm<D ₅₀ <2.75μm	-	YES	-
46. 等速吸引判定結果Isokinetic %, Results, 80%<120%	-	YES	-
47. Z值 Ratio (Z) between D ₅₀ and D _{50,1}	Z	1.00	-

焚化廠採樣紀錄表_春季

發行日期：98.08.01

表格編號：7AS01.0

固定污染源空氣污染物排放檢測報告書

管制編號：L0056153 檢測專業編號：ET107AS0019

公私場所名稱：台中市烏日資源回收廠

受測污染源名稱：焚化爐(P002)

檢測目的：固定污染源排放管道PM_{2.5}濃度檢測及份析背景調查

檢測公司名稱：中環科技事業股份有限公司

採樣日期：107 年 05 月 09-11 日

發行日期：99.08.01

表格編號：TAS01.0

目 錄

項次	資料名稱	有	無	頁次
一	檢測作業保證書	✓		1
		✓		1
二	檢測結果摘要	✓		2
三	採樣分析記錄	✓		3
		✓		4-22
		✓		23
四	附件	✓		24
		✓		
		✓		
		✓		
		✓		
		✓		
		✓		
		✓		
		✓		
		✓		

發行日期：96.08.01
表格編號：7AS01.0

一、檢測作業保證書

煙道檢測專案編號：ET107AS0019

	管制編號 L 0 0 5 6 1 5 3
(一) 公私場所資料	茲保證本報告書內容乃是本公私場所負責人及所有相關工作人員於確知固定污染源空氣污染物排放檢測作業相關法令規定下，以誠實無欺之態度及所具最佳專業知能，確實遵照相關規定執行各污染源設備及污染防治設施操作而記載之結果，如有故意不實或缺漏，則除相關人員應負偽造文書之法律責任並接受主管機關規定之行政處分外，本公私場所之污染源設備亦願接受相關污染防治法令適用條款中最嚴厲之處分；但如因相關人員職務上之疏失而造成不實或缺漏，則願接受主管機關依法令及職務所為之行政處分。 此 證 負責人簽章：胡文寅  職稱：駐廠經理 中華民國 107 年 05 月 09-11 日 污染源設備現場操作主管簽章(含職稱)：  操作組長 污染防治設施現場操作主管簽章(含職稱)：  操作組長 公私場所名稱：倫鼎股份有限公司 (公司章戳記處) 公私場所地址：臺中市烏日區東園里 1 號 電話號碼：04-23359155
(二) 檢驗測定機構資料	聲明書 (一) 茲保證本報告內容完全依照行政院環境保護署及有關機關之標準方法及品管品管等相關規定，秉持公正、誠實進行採樣、檢測。絕無虛偽不實，如有違反，就政府機關所受損失願負連帶賠償責任之外，並接受主管機關依法令所為之行政處分及刑事處罰。 (二) 吾人瞭解如自身受政府機關委任從事公務，亦屬於刑法上之公務員，並瞭解刑法上圖利罪、公務員登載不實偽造公文書及貪污治罪條例之相關規定，如有違反，亦為刑法及貪污治罪條例之適用對象，願受最嚴厲之法律制裁。 (三) 保證本公司與受測公私場所並無財務投資之關係，且以往及目前均無供應受測公私場所生產製程設備、污染防治設備或連續自動監測系統等關係。如有違反前述事實情事，經主管機關查證屬實時，本報告書內容願接受主管機關判定為無效之處分。 此 證 負責人簽章：曾弘  職稱：董事長 中華民國 107 年 05 月 09-11 日 污染物現場採樣負責主管簽名蓋章：  檢驗室主管簽名蓋章：  檢測機構名稱：中環科技事業股份有限公司 認可證字號：環署環檢字第 020 號 檢測機構地址：高雄市中區中正路 286-8 號 8 樓之一 電話號碼：07-8152248 (公司章戳記處) 頁次 1

二、檢測結果摘要										會計日期：98.12.31 系統編號：TAS02.1					
檢測專案編號：ET107AS0019															
基 本 資 料	1. 受測公場所名稱：台中市烏日區東園里11鄰慶光路600號					5. 管制編號：L0056153									
	2. 地址：臺中市烏日區東園里11鄰慶光路600號					6. 受測污染源(編號)：焚化爐(B002)									
	3. 檢測用途：固定污染源排放管理PM _{2.5} 濃度檢測					7. 採樣位置：排入大氣層之排煙(P032)									
	4. 檢測機構名稱：中環科技事業股份有限公司					8. 連號編號：21994、21995、21996									
採 樣 時 間	送樣量 (註明單位)			重量 (註明單位)			燃料 (註明單位)								
	名稱	量	許可用量	名稱	量	許可用量	名稱	量	許可用量						
	一般廢棄物			灰渣	134.97T/D	225T/D	柴油	9公秉/hr	1.5公秉/hr						
	一般事業廢棄物	492.48T/D	493.99T/D	飛灰穩定化粉	73.97T/D	36T/D	*	*	*						
採 樣 件 數	送樣廢棄物			電力			559.55MWH/D								
				705.58MWH/D			*								
							*								
							*								
採 樣 說 明	A. 燃料名稱：*，含硫量：*%，B. 燃料名稱：*，含硫量：*% 環境比例A：*，B：*。														
	空氣污所所 別設施名稱			主要操作參數(註明單位)			處理量(註明單位)								
	名稱	量	許可用量	名稱	量	許可用量	名稱	量	許可用量						
	A002半乾式洗滌塔	入口溫度	232.89℃	239℃	*	*	A002半乾式洗滌塔	出口溫度	157.94℃	216℃					
採 樣 件 數	A002半乾式洗滌塔	出口溫度	157.94℃	216℃	*	*	A002半乾式洗滌塔	液石灰乳噴入量	3.45T/hr	1~7.195T/hr					
	A002半乾式洗滌塔	液石灰乳噴入量	3.45T/hr	1~7.195T/hr	*	*	A002半乾式洗滌塔	活性碳噴入量	7.50kg/hr	11.43kg/hr					
	A002半乾式洗滌塔	活性碳噴入量	7.50kg/hr	11.43kg/hr	*	*	A004袋濾式集塵器	入口溫度	157.94℃	203℃					
	A004袋濾式集塵器	入口溫度	157.94℃	203℃	*	*	A004袋濾式集塵器	集塵器壓降	222.00mmH ₂ O	399.00mmH ₂ O					
採 樣 件 數	A004袋濾式集塵器	集塵器壓降	222.00mmH ₂ O	399.00mmH ₂ O	1889.48m ³ /min	2486.00m ³ /min	A006氣吸收塔	氣水噴入量	7.56T/D	5.72-13.57/D					
	A006氣吸收塔	氣水噴入量	7.56T/D	5.72-13.57/D	*	*	A009脫硝系統			*					
	A009脫硝系統				*	*									
採 樣 件 數	廢氣性質：排氣平均溫度：19.48℃，排氣平均濕度149.57℃，排氣平均流速：21.29m/s，濕基排氣量：2151.73Nm ³ /min														
	空氣污所物	轉氣組成(%)			O ₂	參考標準	實測值	校正值	單位	轉氣量(Nm ³ /min)	空氣污所物 物種量 (kg/hr)	削減率 (%)	削減 標準	合格	
	檢測方法編號	CO ₂	O ₂	CO	(%)					實測值	校正值				
	PM _{2.5} (*A212.10B)	8.9	8.8	ND<0.1	*	0.2456	*	mg/Nm ³	1748.22	*	0.03	*	*		
採 樣 件 數	PM _{2.5} (*A212.10B)	8.7	10.4	ND<0.1	*	0.2458	*	mg/Nm ³	1727.89	*	0.03	*	*		
	PM _{2.5} (*A212.10B)	8.5	10.3	ND<0.1	*	0.4915	*	mg/Nm ³	1737.52	*	0.05	*	*		
採 樣 件 數	上述資料經本人親最後審查，確認無誤														
	實驗室主任簽章														
	一、本檢測工作係由中環科技事業股份有限公司負責執行，除完竣後由中環科技事業股份有限公司分析														
	二、與檢測機構檢測力尚未經環保署認可者，於標註「空氣污所物/檢測方法編號」時，應以「註」記號加註														
採 樣 件 數	三、本報告登載數值之修型原則依環保署環境檢驗所「檢測報告登載表示規定」辦理														
	環保單位簽章														

發行日期：96.08.01
表格編號：7ASB3.0

煙道檢測專案編號：ET107AS0019

三、採樣分析記錄—採樣當日，受測污染源與防制設備操作記錄表

管制編號		L	0	0	5	6	1	5	3	排放管道或周界編號		P	0	0	2	
1.製程、污染源或防制設備之資料		2.類別			3.操作記錄項目(代碼)						4.操作數值		5.計量單位之名稱(代碼)			
B.編號		D.名稱		(代碼)												
E002	焚化爐	(0300)		1		一般廢棄物 (D-2499)										
						一般事業廢棄物 (D-2499)						462.48		T/D (M9)		
						液態廢棄物 (D-2499)										
E002	焚化爐	(0300)		3		燃燒室溫度 (C08---						1016.55		℃ (C1)		
M01	固體廢棄物焚化處理程序(2-04-000)			2		灰渣 (D-1199)						134.67		T/D (M9)		
M01	固體廢棄物焚化處理程序(2-04-000)			2		飛灰穩定化物 (D-1199)						72.97		T/D (M9)		
M01	固體廢棄物焚化處理程序(2-04-000)			2		電力 (350099)						559.93		MWH/D (22)		
E004	鍋爐	(0099)		3		廢氣出口溫度 (C03---						233.80		℃ (C1)		
A002	半乾式洗滌塔 (179-)			3		入口溫度 (C02---						233.80		℃ (C1)		
A002	半乾式洗滌塔 (179-)			3		出口溫度 (C03---						157.94		℃ (C1)		
A002	半乾式洗滌塔 (179-)			3		消石灰乳泥噴入量 (Z99---						3.45		T/hr (M3)		
A002	半乾式洗滌塔 (179-)			3		活性碳噴入量 (Z99---						7.20		Kg/hr (M2)		
A004	袋濾式集塵器 (120-)			3		入口溫度 (C02---						157.94		℃ (C1)		
A004	袋濾式集塵器 (120-)			3		集塵器壓降 (P14---						222.00		mmH ₂ O (P1)		
A004	袋濾式集塵器 (120-)			3		廢氣處理量 (Q04---						1689.48		Nm ³ /min(Q3)		
A008	氨氣吸收塔 (210-)			3		氨水噴入量 (Z99---						7.59		T/D (M9)		
A009	脫硝系統 (201-)			3		氨水噴入量 (Z99---								T/D (M9)		
	以下空白	(---														

管料編號: L0056153
 確認日期: 107.5.9
 確認時間: 0920~0936
 確認前皮托管測漏完成時間: 0910~0914
 排放管編號: P002
 排放管口面與管道方向-氣流平行時的角(度)
 (施壓至 $\geq 76\text{mmHg}$, 維持15秒穩定不變)

中環科技產業股份有限公司
 排放管口面與管道方向-氣流平行時的角(度)

參考點編號	$\Delta P=0$ 與 a_1 之偏轉角 a_1 ($^\circ$)	測定點編號	$\Delta P=0$ 與 a_2 之偏轉角 a_2 ($^\circ$)
1	18	13	
2	14	14	
3	15	15	
4	7	16	
5	15	17	
6	14	18	
7	17	19	
8	26	20	
9	12	21	
10	11	22	
11	26	23	
12	22	24	
平均偏轉角 a ($^\circ$)		15	
穩定判定, 平均偏轉角 $a \leq 20$			
☒ 是 ☐ 否			

驗算人員: 

頁次: 4

修訂日期: 105.09.26
規格編號: 3AS15.4

煙道檢測專案編號: ET107AS001P

三、採樣分析記錄-現場採樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

表一、煙道排氣成份檢測記錄表

管中編號		L0056153		排氣管編號		P002	
基本		1. 公稱場所名稱: 台中自來水廠回收廠		2. 採樣日期: 101年5月9日			
資料		3. 採樣人姓名: 建南		4. 記錄人姓名: 謝明恩		5. 分析人姓名: 謝明恩	
		6. 數據確認人姓名: 建南					
(二)	排氣含水量稱重記錄	標準砝碼重: 50g		天平測定值 (50g ± 50g):		g	
		瓶號	測定前重 m1 (g)	測定後重 m2 (g)	m2-m1 (g)		
		1					
		2					
		3					
		4					
		5					
		6					
(三)	排氣成分分析	1. 排氣含水量 %:		2. 平均靜壓:		3. 平均排氣溫度 θs:	
		4. 採樣分析式: 1 10P4P-0854 2 10749-0854 3 1050-10564 4 1050-10565 5)					
		5. 各氣體體積 (單位: 100ml 後一位)		6. 序號時間: 1005~1021 1025~1042 1106~1122 1128~1145			
		7. 各氣體體積 (單位: 100ml 後一位)		8. 序號時間: 1005~1021 1025~1042 1106~1122 1128~1145			
		CO ₂ (ml)		8.7 8.7 8.7 8.7 8.9 8.9 8.9 8.9			
		O ₂ (ml)		18.8 10.1 18.8 10.1 18.9 10.0 18.9 10.0			
		CO (ml)		18.8 0.0 18.8 0.0 18.9 0.0 18.9 0.0			
		H ₂ (ml)		100.0 81.2 100.0 81.2 100.0 81.1 100.0 81.1			
		7. 氣體分析: 第 1-2 次 10.1 % 第 1-4 次 10.1 %					
		8. 乾基排氣分子量 M _d : 29.81				g/g-mole	
9. 濕基排氣分子量 M _w : 27.37				g/g-mole			
備註: 1. 分析氣體體積均為 100ml							
2. O ₂ 淨值為實際 O ₂ 體積減 CO ₂ 體積、CO 淨值為實際 CO 體積減 O ₂ 體積、H ₂ 淨值為 H ₂ 減實際 CO 體積。							
3. M _d = 0.44(%) CO ₂ + 0.32(%) O ₂ + 0.28(%) H ₂ + 0(%) CO。							
驗算人員簽章: 建南						頁次 5	

修訂日期: 103.02.01

規格編號: 3-AS15.4

煙道檢測專案編號: ET107AS001P

三、採樣分析記錄—現場採樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

表一、煙道排氣中 CO 與 CO_2 內重金屬檢測記錄表(續一)

檢測日期: 107.5.9

管制編號: L 0 0 5 6 1 5 3		排氣管道編號: P 0 0 2	
1. 測定孔處之煙道尺寸內徑: 1830 mm (長: * mm, 寬: * mm, 面積: 2.63 m ²)		2. 測定孔距之上游煙道之距離: 21500 mm	
4. 測定孔口高度: 150 mm		5. 皮托管係數 C: 0.84	
7. 測定孔數: 2		8. 預估煙氣出口徑: *	
10. ΔP_g : 46.058 mmHg		11. 皮托管編號: AS-P8	
12. 排氣流速: 21.23 m/sec		13. 測定點編號: 1	
14. 伸入位置 (mm)	15. 記錄時間 (24hr)	16. 速度壓力(ΔP) 實驗值 (mmHg)	17. 排氣溫度(TS) 實驗值 (°C)
18. 靜壓力(Pstatic) (mmHg)			
1	231	24.6	148.6
2	417	25.2	149.4
3	692	27.0	149.8
4	1438	28.0	150.3
5	1713	25.4	150.7
6	1889	24.2	150.3
7	231	23.6	149.7
8	417	24.8	150.4
9	692	26.0	151.7
10	1438	27.0	150.8
11	1713	25.8	150.2
12	1889	24.6	149.9
平均		25.5	150.2
19. 全壓管測滿時壓力: 76 mmHg		20. 靜壓管測滿時壓力: 76 mmHg	
21. 測滿時間: 1138~1140		22. 皮托管測滿結果: ☒ 是 ☐ 否 符合標準	
		23. P_g : 754.67 mmHg	
驗算人員簽章:		頁次: 6	

修訂日期: 103.02.01
表格編號: 3AS16.4

煙道檢測專案編號: ET109AS0019

三、採樣分析記錄—現場採樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

表一、煙道排氣中戴奧辛與重金屬檢測記錄表 (續二)

管制編號		L 6 0 5 6 1 5 3										排氣管編號		P 0 0 2			
採樣日期: 101 年 5 月 9 日		樣品編號: AS1010019-141															
1. 按樣前管線測漏: 結果 ☒ 是 ☐ 否符合標準		初始流量: 5194.905 m³, 結束流量: 5194.905 m³, Time: 0955~0959															
2. 按樣後管線測漏: 結果 ☒ 是 ☐ 否符合標準		初始流量: 5195.9214 m³, 結束流量: 5195.9214 m³, Time: 1108~1111															
3. 採樣後皮托管測漏: 結果 ☒ 是 ☐ 否符合標準, 全壓管測漏壓力: 76 mmHg, 靜壓管測漏壓力: 76 mmHg, Time: 1113~1115																	
4. 測定點	5. 記錄時間	6. 溫度記錄 (°C) (吸附管最初入口溫度 $\neq$ °C)										7. 流量計	8. 衡擊瓶	9. 速度	10. 系統	11. 流量計	12. 等速
編號 (24hr)		排氣溫度 Ts (°C)	烘箱溫度 Tf (°C)	採樣管溫度 Tp (°C)	傳輸管溫度 Tl (°C)	吸附管入口溫度 Text (°C)	流量計進口溫度 Tini/Tmo (°C)	流量計出口溫度 Tiap (°C)	衡擊瓶出口溫度 Tiap (°C)	流量計讀值 DGM (m³)	衡擊瓶壓力 ΔP (mmHg)	速度壓力 ΔP (mmHg)	系統壓力 SYS Vac (mmHg)	流量計壓差 ΔH (mmHg)	等速百分比 IRV (%)		
1	10:02 10:15	150.3	*	122.6	123.8	*	32.5	17.5	5194.905	21.0	81.5	42.0	*				
2		151.6	*	123.5	125.2	*	32.5	12.1	5195.066	24.6	81.5	42.0	*				
3		151.3	*	124.2	125.7	*	32.6	12.5	5195.146	25.2	81.5	42.0	*				
4		150.7	*	123.5	126.8	*	32.2	13.2	5195.230	27.0	81.5	42.0	*				
5		151.7	*	123.2	126.5	*	33.3	13.3	5195.314	26.0	81.5	42.0	*				
6		152.0	*	122.5	125.4	*	33.5	14.6	5195.392	25.2	81.5	42.0	*				
7		149.4	*	124.3	123.7	*	32.6	16.3	5195.472	22.8	81.5	42.0	*				
8		149.9	*	124.5	124.4	*	33.1	16.5	5195.558	25.0	81.5	42.0	*				
9		150.3	*	124.7	123.2	*	33.3	17.2	5195.634	27.0	81.5	42.0	*				
10		150.6	*	124.5	123.1	*	33.5	17.0	5195.720	26.0	81.5	42.0	*				
11		150.3	*	123.5	122.7	*	33.8	17.8	5195.800	25.4	81.5	42.0	*				
12		150.7	*	123.2	122.5	*	34.3	18.4	5195.880	24.8	81.5	42.0	*				

戴奧辛主機採樣後乾式氣體流量計檢查記錄表 參考流量計序號: 1901452 戴奧辛主機序號: 0602014 溫度: 32.2°C

設定校正流量 (m³/min)	校正時間 (min)	參考流量計起始值 (L)	參考流量計終止值 (L)	參考流量計總體積 (L)	戴奧辛主機流量計起始值 (L)	戴奧辛主機流量計終止值 (L)	戴奧辛主機流量計總體積 (L)	誤差 (%)
0.0200	15	528806.40	529101.80	304.40	5195769.60	5196291.40	302.80	0.80

註: 誤差必須小於±5%且總體積需大於300 L。

驗算人員簽章: 頁次: 7

修訂日期: 103.02.01
表格編號: 3-AS16.4

煙道檢測專案編號: ET/07AS0019

三、採樣分析記錄-現場採樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

表一、煙道排氣中 ~~CO~~ 與 ~~CO₂~~ 重金屬檢測記錄表(續三)

管制編號	L 0 0 5 6 1 5 3	排放管道編號	P 0 0 2		
樣品編號: AS1010019-水份		檢測日期: 107. 5. 19			
1. 總採樣時間:	48.0 (min)	2. 最大系統真空度 DP-V:	81.5 (mmHg)		
3. 平均烘箱溫度 T-DB:	*	(°C)	4. 平均XAD-2入口溫度 T-DB:	*	(°C)
5. 平均煙道靜壓力 P-ST:	754.67 (mmHg)	6. 吸氣嘴口徑面積 A _n :	*	(mm ²)	
7. 濕基氣體分子量 M _s :	27.37 (g/g-mole)	8. 預設含水率 Bws:	*	(%)	
9. 平均排氣壓差 DP-S:	25.2 (mmHg)	10. 平均排氣溫度 TS:	150.7 (°C)		
11. 平均排氣流速 Vs:	*	(m/sec)	12. 平均小孔流量計壓差 DP-M:	42.0 (mmHg)	
13. DGM 平均溫度:	33.2 (°C)	14. 總採氣體積 GAS-VOLUME:	0.9152 (m ³)		
15. 衝擊瓶平均出口溫度:	15.5 (°C)	16. 等速百分比 I:	*	(%)	
最後採樣結果					
1. 標準乾燥氣體積 V _{std} 0°C:	0.8687 (dscm)	2. 標準乾燥氣體積 Q _s :	*	(dscm/hr)	
3. 實際含水率 Bws:	20.66 (%)	4. 實際採氣流速 Vs:	*	(m/sec)	
5. 含水氣氣體樣品體積:	0.226 (scm)	6. 實際等速百分比 I:	*	(%)	
頁次		2			

三、採樣分析記錄-現場採樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

表一、煙道排氣成份檢測記錄表

(一) 基本資料		1. 公稱場所名稱: 中華資源回收廠				2. 採樣日期: 107年5月9日											
		3. 採樣人簽名: 張明		4. 記錄人簽名: 張明		5. 分析人簽名: 張明		6. 數據確認人簽名: 張明									
(二) 排氣含水量稱重記錄		標準砝碼重: 200.0g		天平測定值: (200.0g ± 50g) / 1000.1g													
		瓶號		測定前重m1 (g)		測定後重m2 (g)		m2-m1 (g)									
		1		663.6		823.6		160.0									
		2		638.5		640.6		2.1									
		3		554.3		556.8		2.5									
		4		806.5		823.6		17.1									
		5		X		X		X									
		6															
		7															
(三) 排氣含水量分析		1. 排氣含水量: *		2. 平均靜壓: *		3. 平均排氣溫度: *											
排氣組分		4. 採樣分析次		1. 1301-1308		2. 1301-1308		3. 1704-1711		4. 1704-1711		5. 1741-1750		6. 1741-1750			
		序與時間		1317-1331		1335-1352		1720-1737		1741-1750							
組分		5. 各氣體體積濃度 (最小值2位—1位)		實際濃度		淨值		實際濃度		淨值		實際濃度		淨值			
		CO ₂ (ml)		9.0		9.0		9.0		8.0		8.5		8.6		8.8	
乾氣		O ₂ (ml)		18.6		9.6		18.6		9.6		18.7		9.7		18.7	
		CO (ml)		18.6		0.0		18.6		0.0		18.7		0.0		18.7	
子		H ₂ (ml)		100.0		81.4		100.0		81.4		100.0		81.3		100.0	
		7. O ₂ 實測平均		第1-2次 9.6 %		第1-4次 9.8 %											
測定		8. 乾基排氣分子量		29.81													
		9. 濕基排氣分子量		*													
記錄		備註: 1. 分析氣體體積均為100ml															
		2. O ₂ 淨值為實際O ₂ 濃度減CO ₂ 濃度、CO淨值為實際CO濃度減實際O ₂ 濃度、H ₂ 淨值為100減實際CO淨值。															
		3. Me = 0.44(CO ₂) + 0.32(O ₂) + 0.28(H ₂ 減CO)。															
		驗算人員簽名: 張明 頁次: 9															

現場檢測專案編號: ET101AS001P



中環科
有限公司
排放管道
算紀錄表

一、假設雷諾數 N_{Re}		預採 B_{gs}	0.21	O_2 wet	7.940	$(M_s/M_a)(lb/lb\ mole)$	29.33
估計 Q_g (acfm)	0.5649	預採 P_s (inHg)	29.71	μ (micropoise)	215.3	假設 N_{Re}	2411.8
預採 T_g (R)	782.93	二、計算最佳採樣速率 Q_s (acfm)		$N_{Re} < 3162$ 時 Q_{IV} (acfm)		最佳 Q_s (acfm)	0.5590
C	1.0896	$N_{Re} < 3162$ 時 D_{ball}		D_{50} or D_{50T}			
$N_{Re} < 3162$ 時 D_{ball}	9.891P	$N_{Re} < 3162$ 時 Q_{IV} (acfm)		0.4905			
確認 N_{Re}	2386.4	$N_{Re} < 3162$ 時 D_{ball}		10.551			
四、計算小孔壓降 ΔH (inHg/100 ft)							
T_g (°C)	33.17	T_g (R)	551.4	ΔH_g (inHg/100 ft)	46.144	ΔH_g (inHg/100 ft)	1.817
P_{bar} (hpa)	1008	M_g (lb/lb mole)	29.87	ΔH (inHg/100 ft)	0.321	ΔH (inHg/100 ft)	8.15
五、選擇採樣吸氣管 D (in)							
A (in ²)	4096.85	A' (in ²)	8.7225	b_f	0.2P	CP' (未結合)	0.84
CP (結合)	0.84	V_s (ft/sec)	69.61	D_{100} (in)	0.157	D (in)	0.156
A_g (ft ²)	0.002213	V_n (ft/sec)	70.12	R_{min}	0.9344	R_{max}	1.2459
V_{min} (ft/sec)	51.338	V_{max} (ft/sec)	81.452	總採樣點數 N_{tp}	12	總採樣時間 (min)	300
ΔP_{min} (mmHg/100 ft)	13.82	ΔP_{max} (mmHg/100 ft)	40.1				

驗算人員: 蔡日

頁次 10

煙道檢測專案編號: ET107A50019

)



中環環保工程股份有限公司
排放管測試紀錄表

記錄人: 許明

採樣日期: 107.5.9

排放管編號: P002

管制編號: L0056153

現場測定數據記錄												靜壓差測定速度差△P 25.8 mmHgO，全壓Pt 2.5 mmHgO，靜壓Pstatic:-15.7 mmHgO														
測點編號	真空度 inHg	流量計讀值		流量計氣體		濾紙周圍	採樣管Tp °C	排氣溫度		冷凝管Aux °C	樣品傳輸管Ti °C	排氣動壓		小孔壓差△H mmHgO	等速吸引I %	排氣流速		累計抽引體積 m³	累計抽引時間 min sec							
		開始	結束	入口Ti °C	出口To °C			出口Exit °C	入口Ti °C			管Ts °C	管Ts °C			管Ts °C	管Ts °C		管Ts °C	管Ts °C	管Ts °C	管Ts °C	管Ts °C	管Ts °C	管Ts °C	管Ts °C
		m³	m³	°C	°C			°C	°C			°C	°C			°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
1	0.0	5196.3112	5196.5264	34.2	32.3	18.4	12.5	148.7	✗	124.6	23.8	23.8	8.2	104.47	20.49	20.49	6.2152	24	12							
2	0.0	5196.5264	5196.7412	34.4	32.7	12.1	12.5	149.7	✗	125.4	25.6	25.6	8.2	99.69	21.28	21.28	0.2208	25	6							
3	0.0	5196.7412	5196.9564	34.6	33.2	12.5	12.5	150.4	✗	124.5	27.0	27.0	8.2	97.21	21.89	21.89	0.2212	25	47							
4	0.0	5196.9564	5197.1716	35.2	33.6	13.2	12.5	149.5	✗	126.5	26.0	26.0	8.2	95.71	21.44	21.44	0.2160	25	18							
5	0.0	5197.1716	5197.3868	35.5	34.2	13.6	12.5	149.6	✗	125.6	27.0	27.0	8.2	100.15	21.85	21.85	0.2350	25	47							
6	0.0	5197.3868	5197.6020	35.9	34.6	14.2	12.5	150.4	✗	125.9	25.6	25.6	8.2	100.85	21.29	21.29	0.2344	25	6							
7	0.0	5197.6020	5197.8172	35.4	34.2	15.3	12.5	151.5	✗	126.5	24.6	24.6	8.2	102.02	20.90	20.90	0.2196	24	36							
8	0.5	5197.8172	5198.0324	35.5	34.7	12.4	12.5	150.7	✗	127.6	25.8	25.8	8.2	99.22	21.38	21.38	0.2224	25	12							
9	0.5	5198.0324	5198.2476	35.7	35.2	12.6	12.5	150.2	✗	126.6	26.0	26.0	8.2	97.59	21.45	21.45	0.2208	25	18							
10	0.5	5198.2476	5198.4628	36.3	35.5	14.2	12.5	149.6	✗	126.4	28.0	28.0	8.2	94.93	22.25	22.25	0.2318	26	15							
11	0.5	5198.4628	5198.6780	36.5	35.9	14.4	12.5	149.5	✗	126.2	25.8	25.8	8.2	100.36	21.35	21.35	0.2260	25	12							
12	0.5	5198.6780	5198.8932	37.1	36.1	14.6	12.5	150.3	✗	125.7	24.6	24.6	8.2	100.45	20.89	20.89	0.2158	24	36							

驗算人員: 陸首

頁次 1/1

煙道檢測專案編號: E7107A5001P

中環利業股份有限公司
 採樣分析紀錄-現場採樣紀錄與採樣分析結果之原始資料
 煙道排氣中CO₂檢測紀錄表(採樣結果)

管制編號: L0056153 排放管道編號: P002
 採樣日期: 107.5.9 記錄人: 張明恩

最終採樣結果						
1、Run Number	1(預採)	2	3	4	5	6
2、樣品(濾紙)編號	A510701P-1	A510701P-1				
3、濾紙代碼	*	21P05				
4、總採樣時間(min)	48.0	302.38				
5、採氣體積Vn(acm)	0.9952	2.6730				
6、流量計絕對壓力Pn(inHg)	29.88	29.78				
7、標準狀況採氣體積Vns(dscf)	30.6799	96.1890				
8、水氣標準狀況採氣體積Vms(dscf)	7.989	26.5129				
9、排氣含水率(Bws)	0.2066	0.1909				
10、排氣溫度下之飽和蒸汽壓PV	*	*				
11、理論含水率(Bws)	*	*				
12、排氣絕對壓力Ps(inHg)	29.91	29.90				
13、濕分子量Ms(lb/lb-mole)	29.33	29.56				
14、排氣流速Vs(ft/sec)	69.61	90.10				
15、等速吸引百分率(1%)	*	99.39				
16、乾基排氣流量Qsd(dscm/min)	1900.02	1948.22				
17、濕基排氣流量Qsw(scsm/min)	2143.92	2160.7				

皮托管測漏

採樣前皮托管測漏完成時間: 1245~1249 (施壓至 $\geq 76\text{mmHg}_0$, 維持15秒穩定不變)
 採樣前皮托管測漏完成時間: 1820~1823 (施壓至 $\geq 76\text{mmHg}_0$, 維持15秒穩定不變)

主機測漏

採樣前測漏:
 系統壓力是否加壓至15inHg以上: ☒是 ☐否
 滲漏率小於 $0.00057\text{m}^3/\text{min}$: ☒是 ☐否
 測漏是否成功: ☒是 ☐否--測漏時間: 1241~1243

採樣後測漏:
 系統壓力是否加壓至15inHg以上或大於等於採樣期間的真空壓力值: ☒是 ☐否
 滲漏率小於 $0.00057\text{m}^3/\text{min}$ 或平均採樣速率的4%(以較小的為準): ☒是 ☐否
 測漏是否成功: ☒是 ☐否--測漏時間: 1815~1818

流量計檢查

設定檢查流量: 0.02 m^3/min 檢查時間: 15 min
 溫度: 32.5 $^{\circ}\text{C}$
 參考流量計序號: 1901432 PM_{2.5}主機序號: 0602014
 參考流量計起始值(m^3): 529159.4 PM_{2.5}主機起始值(m^3): 5199046.8
 參考流量計結束值(m^3): 529460.2 PM_{2.5}主機結束值(m^3): 5199351.6
 參考流量計總體積值(m^3): 302.8 PM_{2.5}主機總體積值(m^3): 304.8
 誤差: 0.66 %

驗算人員: 張明恩

頁次: 12

煙道檢測專案編號: ET/07A5001P

中環科技事業股份有限公司
排放管道中環科技事業股份有限公司

管制編號: L0056153
採樣日期: 107.5.9

排放管道編號: P002
記錄人: 謝明聰

數據計算						
1、Run Number	1(預採)	2	3	4	5	6
2、乾基氣體採樣速率 $Q_{ST}(dscfm)$	0.3016					
3、採樣速率 $Q_s(acfm)$	0.5417					
4、實際雷諾數 N_{RE}	23214					
5、 PM_{10} 實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$	X					
6、初估克寧罕校正係數C	1.0975					
7、初估 $PM_{2.5}$ 實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$	2.5838					
第一次重算 $PM_{2.5}$ 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧罕校正係數Cr	1.0849					
2、重新建立 D_{50-1}	2.5988					
3、 D_{50-1} 和 D_{50-2} 的比值Z	1.0058					
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$	是					
第二次重算 $PM_{2.5}$ 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧罕校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-2}						
3、 D_{50-1} 和 D_{50-2} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						
第三次重算 $PM_{2.5}$ 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧罕校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-3}						
3、 D_{50-2} 和 D_{50-3} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						
第四次重算 $PM_{2.5}$ 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧罕校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-4}						
3、 D_{50-3} 和 D_{50-4} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						

驗算人員: 謝明聰

頁次 13

修訂日期: 105.09.26
表格編號: 3AS13.4

煙道檢測專案編號: ET107A5001P

三、採樣分析記錄-現場採樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

表一、煙道排氣成份檢測記錄表

管轄編號		C0056153		排氣管編號		P002	
(一) 基本		1. 公稱場所名稱: <u>台中市日資源回收廠</u>		2. 採樣日期		107 年 5 月 10 日	
資料		3. 採樣人簽名: <u>趙明恩</u>		4. 紀錄人簽名: <u>趙明恩</u>		5. 分析人簽名: <u>張乃平</u>	
		6. 數據確認人簽名: <u>趙明恩</u>		7. 審核人簽名: <u>趙明恩</u>		8. 複核人簽名: <u>趙明恩</u>	
(二) 排氣含水量稱重記錄		標準砝碼重: <u>2000.0g</u>		天平測定值: <u>2000.0g</u> (H, 50g) : 1000.1g			
		瓶號		測定前重 ml (g)		測定後重 ml (g)	
		1		663.3		P67.4	
		2		638.4		P006	
		3		554.0		557.6	
		4		829.1		848.5	
		5					
		6					
		7					
(三) 1. 排氣含水量: *		2. 平均排氣溫度: *		3. 平均排氣溫度: *			
4. 採樣分析式		1 1033-103P		2 1033-103P		3 1045-1052	
5. 各氣體體積		1047-1105		1109-1125		1501-1517	
6. 各氣體體積		1522-1540					
7. O ₂ 實測率		第 1-2 次 10.4 %		第 1-4 次 10.4 %			
8. 乾基排氣分子量		29.80					
9. 濕基排氣分子量		*					
備註: 1. 分析氣體體積均為 100ml							
2. O ₂ 淨值為實測 O ₂ 值減 CO ₂ 值, CO 淨值為實測 CO 值減實際 O ₂ 值, H ₂ 淨值為實測 H ₂ 值減實際 CO 值。							
3. M ₁ = 0.44% CO ₂ + 0.32% O ₂ + 0.28% H ₂ + CO。							
驗算人員簽章: <u>趙明恩</u>		頁次		14			

檢通檢測專案編號: ET104AS0019



中環科技股份有限公司

排放管通氣測試表

管制編號: L0056153

現場測定數據紀錄

測定時間: 1028-1540

排放管通氣編號: P002

採樣日期: 107.5.10

記錄人: 許明學

現場測定數據記錄																			
測定時間: 1628~1540																			
測點編號	真空度 inHg	流量計讀值		流量計氣體		濾紙周圍	採樣管 Tp °C	排氣溫度 Ts °C	冷凝管 Aux °C	樣品傳輸管 Tc °C	排氣動壓 ΔP mmHg	小孔壓差 ΔH mmHg	等速吸引 I %	排氣流速 Vs m/sec	累計抽引體積 m³	累計抽引時間			
		開始 m³	結束 m³	入口 Ti °C	出口 To °C											出口 Exit °C	管圈 Tf °C	min	sec
1	0.0	5199.4056	5199.6184	36.5	33.4	17.3	12.5	149.8	*	12.4	24.2	8.2	100.15	20.56	0.2128	24	10		
2	0.0	5199.6184	5199.8406	36.8	33.6	17.2	12.1	148.4	*	12.4	25.6	8.2	98.85	21.16	0.2222	24	51		
3	0.0	5199.8406	5200.0608	37.2	34.2	14.3	12.5	149.9	*	12.6	25.8	8.2	97.19	21.27	0.2302	24	57		
4	0.0	5200.0608	5200.2802	37.4	34.6	15.4	12.7	150.3	*	12.6	26.0	8.2	96.07	21.37	0.2384	25	3		
5	0.0	5200.2802	5200.5052	37.7	35.4	16.4	12.8	149.6	*	12.5	27.0	8.2	94.62	21.76	0.2450	25	31		
6	0.0	5200.5052	5200.7282	37.8	35.5	16.7	12.2	150.6	*	12.4	26.0	8.2	97.91	21.38	0.2540	25	3		
7	0.0	5200.7282	5200.9488	37.5	35.1	16.2	12.3	146.4	*	12.4	25.6	8.2	100.54	20.27	0.2696	23	52		
8	0.5	5200.9488	5201.1678	37.7	35.5	16.6	12.7	148.6	*	12.4	25.8	8.2	99.13	21.24	0.2810	24	57		
9	0.5	5201.1678	5201.3864	37.2	36.4	16.8	12.4	147.8	*	12.5	27.0	8.2	94.87	21.71	0.2966	25	31		
10	0.5	5201.3864	5201.6048	38.6	36.6	17.3	12.4	147.9	*	12.7	26.0	8.2	95.09	21.35	0.3184	25	3		
11	1.0	5201.6048	5201.8222	38.3	37.3	17.7	12.4	148.6	*	12.5	24.8	8.2	97.31	20.83	0.3484	24	28		
12	1.0	5201.8222	5202.0428	39.5	37.9	18.3	12.4	147.7	*	12.5	25.6	8.2	96.74	21.19	0.3816	24	51		

驗算人員: 陳國

頁次 15

煙道檢測專案編號: ET107AS0019

中環科技事業股份有限公司

採樣分析紀錄-現場採樣紀錄-分析結果之原始資料

煙道排氣中  (採樣結果)

管制編號: L0056153
採樣日期: 107.5.10

排放管道編號: 1002
記錄人: 蔡明賢

最終採樣結果

1-Run Number	1(預採)	2	3	4	5	6
2-樣品(濾紙)編號	AS1070019-1	AS1070019-1	AS1070019-2			
3-濾紙代碼	*	21905	21904			
4-總採樣時間(min)	4.0	302.30	288.25			
5-採氣體積Vn(acm)	0.9752	2.6730	2.6792			
6-流量計絕對壓力Pn(inHg)	29.88	29.78	29.84			
7-標準狀況採氣體積Vns(dscf)	30.6719	91.1880	89.6419			
8-水汽標準狀況體積Vms(dscf)	7.888	21.5129	21.5129			
9-排氣含水率(Bws)	0.2066	0.1909	0.1976			
10-排氣溫度下之飽和蒸汽壓PV	*	*	*			
11-理論含水率(Bws)	*	*	*			
12-排氣絕對壓力Ps(inHg)	29.71	29.70	29.80			
13-濕分子量Ms(lb/lb-mole)	27.33	27.56	27.49			
14-排氣流速Vs(ft/sec)	69.61	70.10	69.47			
15-笨透吸引百分率(1%)	*	99.38	99.37			
16-乾基排氣流量Qsd(dscm/min)	1700.02	1748.22	1722.8			
17-濕基排氣流量Qsw(scm/min)	2142.72	2160.7	2153.29			

皮托管測漏

採樣前皮托管測漏完成時間: 1020~1022 (施壓至 $\geq 76\text{mmHg}$, 維持15秒穩定不變)

採樣前皮托管測漏完成時間: 1600~1602 (施壓至 $\geq 76\text{mmHg}$, 維持15秒穩定不變)

主機測漏

採樣前測漏

系統壓力是否加壓至15inHg以上: ☒是 ☐否

滲漏率小於 $0.0005\text{m}^3/\text{min}$: ☒是 ☐否

測漏是否成功: ☒是 ☐否--測漏時間: 1015~1018

採樣後測漏

系統壓力是否加壓至15inHg以上或大於等於採樣期間的真空壓力值: ☒是 ☐否

滲漏率小於 $0.0005\text{m}^3/\text{min}$ 或平均採樣速率的4%(以較小的為準): ☒是 ☐否

測漏是否成功: ☒是 ☐否--測漏時間: 1555~1558

流量計檢查

設定檢查流量: $0.02\text{m}^3/\text{min}$

溫度: 32.7°C

參考流量計序號: 1901432

參考流量計起始值(m^3): 529485.6

參考流量計結束值(m^3): 529789.8

參考流量計總體積值(m^3): 302.2

誤差: 0.53 %

檢查時間: 15 min

PM_{2.5}主機序號: 0602014

PM_{2.5}主機起始值(m^3): 5202122.6

PM_{2.5}主機結束值(m^3): 5202426.4

PM_{2.5}主機總體積值(m^3): 303.8

驗算人員: 

頁次 16



中環科學技術股份有限公司
排放管道 檢測 記錄表

檢測編號: ET107A5001P

管制編號: L0056183
採樣日期: 107.5.10

排放管道編號: P002
記錄人: 廖明

數據計算						
1、Run Number	1(預採)	2	3	4	5	6
2、乾基氣體採樣速率 $Q_{ST}(dscfm)$		0.3006				
3、採樣速率 $Q_s(acfm)$		0.5386				
4、實際雷諾數 N_{Re}		2318.7				
5、 PM_{10} 實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$		X				
6、初估克寧罕校正係數C		1.0892				
7、初估 $PM_{2.5}$ 實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$		2.5809				
第一次重算 $PM_{2.5}$ 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧罕校正係數Cr		1.0844				
2、重新建立 D_{50-1}		2.6062				
3、 D_{50-1} 和 D_{50-2} 的比值Z		1.0059				
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$		是				
第二次重算 $PM_{2.5}$ 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧罕校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-2}						
3、 D_{50-2} 和 D_{50-3} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						
第三次重算 $PM_{2.5}$ 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧罕校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-3}						
3、 D_{50-3} 和 D_{50-4} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						
第四次重算 $PM_{2.5}$ 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧罕校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-4}						
3、 D_{50-4} 和 D_{50-5} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						

驗算人員: 陸明

頁次 17

修訂日期: 105.09.26
表格編號: 3AS15.4

煙道檢測專案編號: E7107AS001P

三、採樣分析記錄-現場採樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

表一、煙道排氣成份檢測記錄表

管制編號		L0056153		排氣管編號		P002	
(一) 基本		1. 公報場所名稱: 台中市日月潭遊園收費站		2. 採樣日期: 107年5月11日			
3. 採樣人簽名: [簽名]		4. 記錄人簽名: [簽名]		5. 分析人簽名: [簽名]		6. 數據確認人簽名: [簽名]	
(二) 排氣含水量	標準砝碼重: 50.00g		天平測定值 (20.00g): 50.00g				
	瓶號	測定前重m1 (g)	測定後重m2 (g)	m2-m1 (g)			
	1	664.1	866.8	302.7			
	2	637.0	805.7	168.7			
	3	553.2	561.9	8.7			
	4	818.8	840.8	22.0			
	5						
	6						
(三) 排氣成分	1. 排氣含水量: #		2. 平均靜壓: #		3. 平均排氣溫度: #		
	4. 採樣分析次	1 1010-1018	2 1018-1018	3 1430-1436	4 1430-1436	5)	6)
	5. 各氣體體積	實際	淨值	實際	淨值	實際	淨值
	CO ₂ (mL)	8.4	8.4	8.4	8.4	8.6	8.6
	O ₂ (mL)	18.7	10.3	18.7	10.3	18.8	10.2
	CO (mL)	18.7	0.0	18.7	0.0	18.8	0.0
	N ₂ (mL)	100.0	81.3	100.0	81.3	100.0	81.2
	7. O ₂ 實測平	第1-2次 10.3% 第1-4次 10.3%					
	8. 乾基排氣分子數	29.77 g/g-mole					
	9. 濕基排氣分子數	# g/g-mole					
備註:	1. 分析氣體體積均為100mL						
	2. O ₂ 淨值為實際O ₂ 體積減CO ₂ 體積, CO淨值為實際CO體積減實際O ₂ 體積, N ₂ 淨值為100減實際CO體積。						
	3. 濕基 = 0.61(%) CO ₂ + 0.32(%) O ₂ + 0.28(%) N ₂ + CO。						
驗算人員簽章: [簽章]		頁次 10					

壓差檢測專案編號: ET/09A500/P

中環科技
SINCE 1992
專業服務 信譽第一
排氣管道
壓差檢測表

管制編號: L0056153

排氣管道編號: P002

採樣日期: 107.5.11

記錄人: 謝明發

測定時間: 1004-1511												靜壓測量-速度壓 $\Delta P \geq 6$ mmHg, 全壓Pt 2.4 mmHg, 靜壓Pstatic:-1/5, ρ mmHg									
測點編號	真空度 inHg	流量計讀值		流量計氣體		濾紙 周圍	採樣 管	排氣 溫度 Ts	冷凝 管 Aux	樣品 傳輸管 T _L	排氣 動壓 ΔP	小孔 壓差 ΔH	等速 吸引 I	流速 Vs	排氣 流速	累計 抽引 體積	累計 抽引 時間				
		開始	結束	入口 Ti	出口 To													出口 Exit	溫度 Tf	溫度 Tp	溫度 T _L
1	0.0	5202.4568	5202.6724	36.4	33.5	16.3	127.6	147.4	+	124.5	24.8	8.2	98.8	20.80	0.2156	24	35				
2	0.0	5202.6724	5202.8750	36.8	34.2	15.3	127.4	148.5	+	125.4	26.0	8.2	97.14	21.32	0.2226	25	10				
3	0.0	5202.8750	5203.1234	37.3	34.7	15.5	126.5	149.4	+	125.2	27.0	8.2	95.71	21.95	0.2384	25	39				
4	0.0	5203.1234	5203.3446	37.5	35.3	16.3	125.6	148.8	+	125.5	26.0	8.2	96.31	21.33	0.2212	25	10				
5	0.0	5203.3446	5203.5642	37.7	35.7	16.8	126.8	149.2	+	126.3	25.6	8.2	97.03	21.18	0.2186	24	58				
6	0.0	5203.5642	5203.7836	37.9	36.2	17.3	127.5	149.8	+	126.3	24.6	8.2	100.85	20.71	0.2194	24	29				
7	0.5	5203.7836	5204.0002	37.5	35.7	17.2	126.4	149.3	+	124.8	24.8	8.2	98.84	20.85	0.2166	24	35				
8	1.0	5204.0002	5204.2240	37.8	36.0	17.7	126.7	150.2	+	124.5	26.0	8.2	97.42	21.37	0.2238	25	10				
9	1.0	5204.2240	5204.4552	38.0	36.2	17.8	127.3	150.7	+	124.3	28.0	8.2	97.85	22.19	0.2312	26	7				
10	1.0	5204.4552	5204.6768	38.2	36.8	18.3	128.7	150.3	+	125.4	26.0	8.2	96.28	21.39	0.2216	25	10				
11	1.5	5204.6768	5204.8934	38.4	37.4	18.5	128.5	150.2	+	125.7	27.0	8.2	94.68	21.79	0.2266	25	39				
12	1.5	5204.8934	5205.1246	38.7	37.7	18.8	127.6	150.1	+	127.3	25.6	8.2	97.37	21.20	0.2212	24	58				

驗算人員: 謝明發

頁次: 1/1

煙道檢測專案編號: ET107AS001P

中環科技事業股份有限公司
採樣分析紀錄-現場採樣紀錄與檢驗分析結果之原始資料
煙道排氣中PM_{2.5}檢測紀錄表(採樣結果)

管封編號: L0056153
採樣日期: 107.5.9.11
加放管道編號: P002
記錄人: 謝明淵

1、Run Number	1(預採)	2	3	4	5	6
2、樣品(濾紙)編號	AS10700P1	AS10700P1	AS10700P2	AS10700P3		
3、濾紙代碼	#	21P05	21P04	21P06		
4、總採樣時間(min)	48.0	302.38	2P8.25	301.7		
5、採氣體積Vm(acm)	0.9752	2.6730	2.6372	2.6618		
6、流量計絕對壓力Pm(inHg)	29.88	29.78	29.84	29.75		
7、標準狀況採氣體積Vms(dscf)	30.6979	91.180	89.6477	90.4004		
8、水蒸氣標準狀況體積Vms(dscf)	7.777	21.512P	22.0757	21.95P2		
9、排氣含水率(Bws)	0.2066	0.1909	0.1976	0.1953		
10、排氣溫度下之飽和蒸氣壓PV	*	*	*	*		
11、理論含水率(Bws)	*	*	*	*		
12、排氣絕對壓力Ps(inHg)	29.91	29.70	29.80	29.70		
13、濕分子重量Ms(lb/lb-mole)	27.33	27.56	27.47	27.48		
14、排氣流速Vs(ft/sec)	6P.61	70.10	6P.47	6P.96		
15、等速吸引百分率(%)	*	99.3P	99.37	99.00		
16、乾基排氣流量Qsd(dscm/min)	1700.02	1748.22	1727.8	1737.52		
17、濕基排氣流量Qsw(dscm/min)	2142.72	2160.7	2153.2P	2159.21		

皮托管測漏

採樣前皮托管測漏完成時間: 0952~0954 (施壓至 $\geq 76\text{mmHg}$, 維持15秒穩定不變)

採樣後皮托管測漏完成時間: 1530~1533 (施壓至 $\geq 76\text{mmHg}$, 維持15秒穩定不變)

主機測漏

採樣前測漏
系統壓力是否加壓至15inHg以上: ☒是 ☐否
滲漏率小於0.00057m³/min: ☐是 ☒否
測漏是否成功: ☒是 ☐否--測漏時間: 0945~0949

採樣後測漏
系統壓力是否加壓至15inHg以上或大於等於採樣期間的真空壓力值: ☒是 ☐否
滲漏率小於0.00057m³/min或平均採樣流率的4%(以較小的為準): ☒是 ☐否
測漏是否成功: ☒是 ☐否--測漏時間: 1524~1526

設定檢查流量: 0.02 m³/min 溫度: 33.6 °C 參考流量計序號: 1P01432 參考流量計起始值(m³): 52P806.4 參考流量計結束值(m³): 530108.6 參考流量計總體積值(m³): 302.2 誤差: 1.82 %	流量計檢查 檢查時間: 15 min PM_{2.5}主機序號: 0602014 PM_{2.5}主機起始值(m³): 5205185.6 PM_{2.5}主機結束值(m³): 52054P3.4 PM_{2.5}主機總體積值(m³): 307.8
---	--

驗算人員: 謝明淵

頁次 20

煙道檢測專案編號: ET107A5001P



中環利華環保技術有限公司
排放管道PM_{2.5}採樣後計算紀錄表

管制編號: L0056153
採樣日期: 107.5.11

排放管道編號: P002
記錄人: 張子明 恩

數據計算						
1、Run Number	1(預採)	2	3	4	5	6
2、乾基氣體採樣速率 $Q_{ST}(dscfm)$			0.2991			
3、採樣速率 $Q_s(acfm)$			0.5377			
4、實際雷諾數 N_{Re}			2309.3			
5、PM ₁₀ 實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$			X			
6、初估克寧平校正係數C			1.0913			
7、初估PM _{2.5} 實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$			2.6016			
第一次重算PM _{2.5} 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧平校正係數Cr			1.0942			
2、重新建立 D_{50-1}			2.6172			
3、 D_{50} 和 D_{50-1} 的比值Z			1.0060			
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$			是			
第二次重算PM _{2.5} 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧平校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-2}						
3、 D_{50-1} 和 D_{50-2} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						
第三次重算PM _{2.5} 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧平校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-3}						
3、 D_{50-2} 和 D_{50-3} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						
第四次重算PM _{2.5} 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧平校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-4}						
3、 D_{50-3} 和 D_{50-4} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						

驗算人員: 張子明 恩

頁次 21

修訂日期：105.09.26
表格編號：3AS15.4

煙道檢測專案編號：E7107AS001P

三、採樣分析記錄-現場採樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

表一、煙道排氣成份檢測記錄表

管制編號		L 0 0 5 6 1 5 3		排放管道編號		P 0 0 1		
(一) 基本		1. 公私場所名稱： <u>中興資源回收公司</u>		2. 採樣日期： <u>107年5月11日</u>				
資料		3. 採樣人簽名： <u>陳治</u>		4. 記錄人簽名： <u>明恩</u>		5. 分析人簽名： <u>彭</u>		
		6. 數據確認人簽名： <u>彭</u>						
(二) 排氣含水量稱重記錄	標準砝碼重： <u>200g</u>		天平測定值 (200g ± 0.50g) : <u>100.1g</u>					
	瓶號	測定前重 m1 (g)	測定後重 m2 (g)	m2-m1 (g)				
	1	663.6	945.7	282.1				
	2	639.0	798.9	159.9				
	3	553.5	558.6	5.1				
	4	802.5	850.3	47.8				
	5							
	6							
	7							
(三) 排氣成分分析記錄	1. 排氣含水量 W :		2. 平均靜壓 P :		3. 平均排氣溫度 θ :			
	4. 採樣分析次		1)		2)		3)	
	5. 各氣體體積讀數 (至少讀兩次一值)		實際		淨值		實際	
	CO ₂ (ml)							
	O ₂ (ml)							
	CO (ml)							
	N ₂ (ml)							
	7. O ₂ 實測平均		第 一 次		第 二 次		第 三 次	
	8. 乾基排氣分子量 M _d :							
	9. 濕基排氣分子量 M _w :							
備註：1. 分析氣體體積均為 100ml。 2. O ₂ 淨值為實際 O ₂ 讀數減 CO ₂ 讀數，CO 淨值為實際 CO 讀數減 O ₂ 讀數，N ₂ 淨值為 N ₂ 讀數減 CO ₂ 讀數。 3. M _d = 0.44(%) CO ₂ + 0.32(%) O ₂ + 0.28(%) N ₂ (CO)。								
驗算人員簽章： <u>陳治</u> 頁次 22								

發行日期：88.08.01
表格編號：7AS06.0

檢測專案編號：ET107AS0019

三、採樣分析記錄-採樣與分析過程之樣品核對記錄表

管制編號		L	0	0	5	6	1	5	3	排放管道或周界編號		P	0	0	2	
(一)樣品採樣日期：107年 05月 09-11日										(二)樣品接收人簽章：吳安賢						
(三)樣品接收日期：107年 05月 14日										(四)樣品保管人簽章：薛天驊						
(五) 採樣現場 樣品編號	(六) 樣品回收 時間	(七) 體積或 外觀	(八) 樣品 形式	(九) 樣品保存方式 或添加藥劑別	(十) 檢驗分 析項目	(十一) 採樣人 簽章	(十二) 實驗室 樣品編號	(十三) 分 析 日 期	(十四) 分析人 簽章							
現場空白：		培養皿														
濾紙空白：	107-05-09															
現場空白：	0853-0906	棕色玻璃瓶 250ml					AS1070019-7B									
丙酮空白：																
樣品1：		培養皿														
1號回收瓶	107-05-09															
樣品1：	1803-1903	棕色玻璃瓶 250ml		4℃	PM ₁₀	曾建榮	AS1070019-1	107 05 15-18	薛天驊							
2號回收瓶																
樣品2：		培養皿														
1號回收瓶	107-05-10						AS1070019-2									
樣品2：	1540-1640	棕色玻璃瓶 250ml														
2號回收瓶																
樣品3：		培養皿														
1號回收瓶	107-05-11															
樣品3：	1511-1611	棕色玻璃瓶 250ml					AS1070019-3									
2號回收瓶																
													頁次	23		

火力發電廠採樣紀錄_夏季

發行日期：96.08.01
表格編號：TAS01.0

固定污染源空氣污染物排放檢測報告書

管制編號：L0200473 檢測專案編號：ET107NAS0059
公私場所名稱：台灣電力股份有限公司台中發電廠
受測污染源名稱：燃煤鍋爐(E801)
檢測目的：學術研究調查性質之檢測
檢測公司名稱：中環科技事業股份有限公司
採樣日期：107 年 08 月 21~23 日

發行日期：96.08.01

表格編號：TAS01.0

目 錄

項次	資 料 名 稱	有	無	頁次
一	檢測作業保證書	√		1
	檢驗測定機構出具之保證書	√		1
二	檢測結果摘要	√		2
三	採樣分析記錄			
	採樣當日污染源與防制設備操作條件登記表	√		3
	現場採樣記錄之資料影本	√		4-19
	採樣與分析過程之樣品核對記錄表	√		20
四	附件			
	檢測當日污染源現場操作紀錄表	√		21
	佐證照片	√		
	採樣與分析儀器之校正記錄影本及標準氣體保證書	√		
	檢測日誌	√		
	監督檢測紀錄表	√		
	PM _{2.5} 檢驗結果報告書	√		
	檢測機構許可証	√		
	樣品登錄本	√		
	排氣流速說明	√		
	固定污染源空氣污染物排放檢測報告書審查表	√		

發行日期：96.08.01

表格編號：7AS01.0

一、檢測作業保證書

煙道檢測專案編號：ET107NAS0059

管制編號 L 0 2 0 0 4 7 3

(一) 公 私 場 所 資 料	茲保證本報告書內容乃是本公私場所負責人及所有相關工作人員於確知固定污染源空氣污染物排放檢測作業相關法令規定下，以誠實無欺之態度及所具最佳專業知能，確實遵照相關規定執行各污染源設備及污染防制設施操作而記載之結果，如有故意不實或缺漏，則除相關人員應負偽造文書之法律責任並接受主管機關規定之行政處分外，本公私場所之污染源設備亦願接受相關污染防制法令適用條款中最嚴厲之處分；但如因相關人員職務上之疏失而造成不實或缺漏，則願接受主管機關依法令及職務所為之行政處分。 此 證 負責人簽章：_____ 職稱：_____ 中華民國 107 年 08 月 21-23 日 污染源設備現場操作主管簽章(含職稱)：_____ 污染防制設施現場操作主管簽章(含職稱)：_____ 公私場所名稱：台灣電力股份有限公司台中發電廠 (公司章戳記處) 公私場所地址：台中市龍井區麗水里龍昌路1號 電話號碼：(04)2630-2123
(二) 檢 驗 測 定 機 構 資 料	聲明書 (一) 茲保證本報告內容完全依照行政院環境保護署及有關機關之標準方法及品保品管等相關規定，秉持公正、誠實進行採樣、檢測。絕無虛偽不實，如有違反，就政府機關所受損失願負連帶賠償責任之外，並接受主管機關依法令所為之行政處分及刑事處罰。 (二) 吾人瞭解如自身受政府機關委任從事公務，亦屬於刑法上之公務員，並瞭解刑法上圖利罪、公務員登載不實偽造公文書及貪污治罪條例之相關規定，如有違反，亦為刑法及貪污治罪條例之適用對象，願受最嚴厲之法律制裁。 (三) 保證本公司與受測公私場所並無財務投資之關係，且以往及目前均無供應受測公私場所生產製程設備、污染防制設備或連續自動監測系統等關係。如有違反前述事實情事，經主管機關查證屬實時，本報告書內容願接受主管機關判定為無效之處分。 此 證 負責人簽章：曾弘 職稱：董事長 中華民國 107 年 08 月 21-23 日 污染物現場採樣負責主管簽名蓋章：_____ 實驗室主管簽名蓋章：_____ 檢測機構名稱：中環科技事業股份有限公司 認可證字號：環署環檢字第 020 號 檢測機構地址：高雄市中區大港路 286-8 號 8 樓之一 電話號碼：07-8152248 (公司章戳記處)

頁次 1

頁次	2
----	---

發行日期：96.08.01
表格編號：7AS03.0

煙道檢測專案編號：ET107NAS0059

三、採樣分析記錄—採樣當日，受測污染源與防制設備操作記錄表

頁次	3
----	---

		检测单编号: ST09KJBS0059 中環科技 有限公司 排放管 检测站名称: 廣東省環境保護廳 編號: P801 設備名稱: 馬力 5匹 抽油機 抽油機 抽油速度: 15秒穩定不變	
管制編號: LO200473 確認日期: 1018.21 確認時間: 09:20:45 確認人: 王林			
確認前托克測完成時間: 09:21:17.3 09:21:06 (光壓至 $\geq 70\text{mmHg}$, 維持15秒穩定不變)			
參考點 a_1 (°);		(成托管的開口面就管道方向—氣流平行時的角座) $\Delta P=0$ 與 a_2 之偏轉角 a_3 (°)	
測定點編號	$\Delta P=0$ 與 a_2 之偏轉角 a_3 (°)	測定點編號	$\Delta P=0$ 與 a_2 之偏轉角 a_3 (°)
1	11	13	
2	8	14	
3	7	15	
4	8	16	
5	8	17	
6	9	18	
7	9	19	
8	10	20	
9	9	21	
10	11	22	
11	12	23	
12	12	24	
平均偏轉角 a (°) 穩流判定, 平均偏轉角 $a \leq 20$		判定 ☐ 是 ☒ 否	
		計算人員: 日期: 1018.21	

修訂日期: 105.09.26
表格編號: 3AS15.4

煙道檢測專案編號: ET107NAS0059

三、採樣分析記錄-現場採樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

表一、煙道排氣成份檢測記錄表

		管制編號		L0200473		排氣管編號		P801	
(一) 基本資料		1. 公私場所名稱: 台灣電力股份有限公司林電廠				2. 採樣日期: 107年08月21日			
		3. 採樣人簽名: 張國芳		4. 記錄人簽名: 張國芳		5. 分析人簽名: 張國芳		6. 數據確認人簽名: 張國芳	
(二) 排氣含水重量稱重記錄		標準砝碼: 100.0g		天平測定值 (200g ± 0.50g):					
		瓶號	測定前重 ml (g)	測定後重 ml (g)	ml (g)				
		1							
		2							
		3							
		4							
		5							
		6							
		7							
(三) 1. 排氣含水量: *		2. 平均轉速: *		3. 平均排氣溫度: *					
4. 採樣分析次		1 0941~0944		2 0941~0944		3 1500~1506		4 1500~1506	
5. 各氣體體積		序與時間 0956~1011		1015~1033		1515~1534		1538~1553	
6. 各氣體體積		實際 淨值		實際 淨值		實際 淨值		實際 淨值	
7. O ₂ 實測率		第 1 - 2 次 5.2 %		第 1 - 4 次 5.2 %					
8. 乾基排氣分子量		30.49				g/g-mole			
9. 濕基排氣分子量		*				g/g-mole			
備註:		1. 分析氣體體積均為 100ml 2. O ₂ 淨值為實際 O ₂ 體積減 CO ₂ 體積、CO 淨值為實際 CO 體積減實際 O ₂ 體積、H ₂ 淨值為 H ₂ 減實際 CO 體積。 3. M1 = 0.441% CO ₂ + 0.32% O ₂ + 0.28% H ₂ (內 CO)。							
驗算人員簽章:		張國芳		張國芳		張國芳		張國芳	

修訂日期: 103.02.01
規格編號: SAS16.3

煙道檢測專案編號: ET1071/AS0059

三、採樣分析記錄—現場採樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

表一、煙道排氣中 ☒ 戴奧辛 ☒ 重金屬檢測記錄表 (續一)

檢測日期: 107.8.21

管轄編號		L 0 2 0 0 4 7 3					排氣管編號		P 8 0 1	
1. 測定孔處之煙道尺寸(內徑):		6900		mm (長: * mm、寬: * mm)、面積:		35.26		m ²		
2. 測定孔距之上游煙道區之距離:		69000		mm		3. 測定孔距下游煙道區之距離:		159000		mm
4. 測定孔凸緣高:		265		mm		5. 皮托管係數C:		0.84		
6. 測定孔數:		2		個		7. 預估吸氣管口徑:		*		mm
8. 皮托管口徑:		47.722		mm		9. 皮托管編號:		AS-p8		
10. 流速:		23.61		m/s		11. 排氣流速:		23.61		m/s
13. 測定點	14. 伸入位置	15. 記錄時間	16. 速度壓力(ΔP)	17. 靜壓溫度(TS)	18. 靜壓力(Pstatic)					
編號	(mm)	(2hr)	直接讀值 (mmH ₂ O)	直接讀值 (°C)	(mmH ₂ O)					
1	560	10118 - 10141	32.0	102.4	-32.78					
2	1243		38.0	102.7	-35.61					
3	2248		40.0	102.3	-37.62					
4	560		32.0	102.1	-31.38					
5	1243		34.0	102.6	-33.39					
6	2248		40.0	103.1	-38.02					
7	560		34.0	101.4	-37.19					
8	1243		36.0	101.9	-35.00					
9	2248		40.0	102.3	-38.42					
10	560		34.0	102.9	-33.39					
11	1243		38.0	102.5	-36.61					
12	2248		42.0	103.0	-39.44					
平均			36.7	102.4	-35.40					
19. 全壓管測時壓力:			76	mmH ₂ O	20. 靜壓管測時壓力:		76	mmH ₂ O		
21. 測時時間:			0943~0945	22. 皮托管測時結果:		☒ 符合標準	23. P ₀ :	739.70	mmHg	
驗算人員簽章:					頁次:		6			

探道檢測專案編號: ET107 NAG-0059



中環科建股份有限公司
探道檢測專案紀錄表

一、假設雷諾數 N_{Re}		預採 D_{95}	0.13	$O_{2, set}$	4.524	$(M_s/M_p)(lb/lb\ mole)$	>8.84
估計 $Q_S(acfm)$	0.49139	預採 $P_s(inHg)$	>9.12	μ (micropoise)	100.71682	假設 N_{Re}	>640.3
預採 $T_g(R)$	675.91	二、計算最佳採樣流量 $Q_S(acfm)$					
C	1.0760	$N_{Re} < 3162$ 時 $Q_{IV}(acfm)$	0.47164	$N_{Re} \geq 3162$ 時 $Q_{IV}(acfm)$	0.4721	最佳 $Q_S(acfm)$	0.47164
$N_{Re} < 3162$ 時 D_{95LL}	10.1483	$N_{Re} \geq 3162$ 時 D_{95LL}	10.5632	D_{50} or D_{90}	10.1483		
三、確認假設雷諾數 N_{Re}							
確認 N_{Re}	>559.8						
四、計算小孔壓降 ΔH (inH ₂ O/mmH ₂ O)							
$T_g(^{\circ}C)$	34.3	$T_g(R)$	553.4	ΔH_g (mmH ₂ O)	47.722	ΔH_g (inH ₂ O)	1.879
$P_{bar}(hpa)$	990	$M_g(lb/lb\ mole)$	30.46	ΔH (inH ₂ O)	0.374	ΔH (mmH ₂ O)	9.5
五、選擇採樣吸氣管 D (in)							
$A(in^2)$	54.47.72	$A^*(in^2)$	8.7225	b_f	0.02	CP' (未結合)	0.84
CP (結合)	0.84	$V_s(ft/sec)$	77.31	$D_{dox}(in)$	0.137	D(in)	0.138
$A_g(ft^2)$	0.0010387	$V_g(ft/sec)$	76.443	R_{min}	0.7492	R_{max}	1.2348
$V_{min}(ft/sec)$	57.271	$V_{max}(ft/sec)$	94.292	總採樣點數 N_{tp}	12	總採樣時間(min)	300
$\Delta P_{min}(mmH_2O)$	>0.08	$\Delta P_{max}(mmH_2O)$	54.5				

繪算人員:

頁次: 7

密通檢測專案編號: 5T107K850059

中環科技
排放管
排放管

管制編號: 10700473

採樣日期: 107.08.21

記錄人: 李柏

現場測定數據紀錄

測點編號	真空氣度 indeg	流量計讀值		流量計氣體		濾紙	採樣管	排氣溫度 Ts °C	排氣壓力 △P mmHg	排氣流量		排氣速度 Vs m/sec	排氣流量 Q m³	排氣時間 min	排氣時間 sec
		開始	結束	入口 Ti °C	出口 To °C	出口 Exit °C	管口 Tp °C	管口 Tf °C	管口 Tg °C	管口 Tb °C	管口 Tc °C	管口 Td °C	管口 Te °C	管口 Tf °C	管口 Tg °C
		m³	m³	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
1	0.0	5420.7952	5420.7952	32.3	30.4	16.5	12.3	10.1	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
2	0.0	5420.7952	5420.7952	34.2	31.1	19.5	12.3	10.1	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
3	0.0	5420.7952	5420.7952	35.2	31.8	12.3	12.3	10.1	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
4	1.0	5420.7952	5420.7952	34.4	30.1	12.5	12.3	10.1	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
5	1.0	5420.7952	5420.7952	35.1	32.8	11.4	12.3	10.1	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
6	1.0	5420.7952	5420.7952	36.3	34.2	14.2	12.3	10.1	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
7	1.0	5420.7952	5420.7952	35.7	33.5	15.2	12.3	10.1	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
8	1.0	5420.7952	5420.7952	36.4	35.1	15.4	12.3	10.1	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
9	1.5	5420.7952	5420.7952	37.4	35.7	15.7	12.3	10.1	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
10	1.5	5420.7952	5420.7952	36.5	35.0	16.3	12.3	10.1	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
11	1.5	5420.7952	5420.7952	37.5	36.4	16.6	12.3	10.1	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
12	2.0	5420.7952	5420.7952	38.5	36.8	17.4	12.3	10.1	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5

計算人員: 李柏

頁次: 8

煙道檢測專案編號: E71011830057

中環科技產業股份有限公司

採樣分析紀錄-現場採樣紀錄與分析結果之原始資料

煙道排氣中PM_{2.5}檢測紀錄表(採樣結果)

管制編號: L0200473

採樣日期: 2016.6.7

測試管道編號: P801

記錄人: 吳和昌

最終採樣結果

1、Run Number	1(預採)	2	3	4	5	6
2、樣品(濾紙)編號		K631070097				
3、濾紙代碼		21919				
4、總採樣時間(min)		300.72				
5、採氣體積Vm(acm)		2.8624				
6、流量計絕對壓力Pm(inHg)		29.29				
7、標準狀況採氣體積Vms(dscf)		96.2989				
8、水氣標準狀況體積Vms(dscf)		12.3898				
9、排氣含水率(Bws)		0.1140				
10、排氣溫度下之飽和蒸汽壓PV		8				
11、理論含水率(Bws)		8				
12、排氣絕對壓力Ps(inHg)		29.10				
13、濕分子量Ms(lb/lb-mole)		27.07				
14、排氣流速Vs(ft/sec)		77.46				
15、等速吸引百分率(%)		100.5				
16、乾基排氣流量Qsd(dscm/min)		313247				
17、濕基排氣流量Qsw(scmin/min)		3535467				

皮托管測漏

採樣前皮托管測漏完成時間: 10514653 (施壓至 $\geq 76\text{mmHg}$, 維持15秒穩定不變)採樣後皮托管測漏完成時間: 162541628 (施壓至 $\geq 76\text{mmHg}$, 維持15秒穩定不變)

主機測漏

採樣前測漏

系統壓力是否加壓至15inHg以上: ☒是 ☐否滲漏率小於0.00057m³/min: ☒是 ☐否測漏是否成功: ☒是 ☐否—測漏時間: 104941030

採樣後測漏

系統壓力是否加壓至15inHg以上或大於等於採樣期間的真空壓力值: ☒是 ☐否滲漏率小於0.00057m³/min或平均採樣速率的4%(以較小的為準): ☒是 ☐否測漏是否成功: ☒是 ☐否—測漏時間: 162041623

流量計檢查

設定檢查流量: 0.0200 m³/min

檢查時間: 15 min

溫度: 31.5 °C

參考流量計序號: 0602014

PM_{2.5}主機序號: 1901432參考流量計起始值(m³): 5741884PM_{2.5}主機起始值(m³): 5423482.6參考流量計結束值(m³): 574471.2PM_{2.5}主機結束值(m³): 5423791.2參考流量計總體積值(m³): 302.8PM_{2.5}主機總體積值(m³): 303.6

誤差: 0.26 %

驗算人員:

建前
吳和昌

頁次 9

煙道檢測專案編號: ET107NAS0059

中環科學事業股份有限公司
排放管道 煙道 採樣檢測計算紀錄表

管制編號: L0200473

採樣日期: 107.08.21

排放管道編號: D801

記錄人: 趙怡君

數據計算

1、Run Number	1(預採)	2	3	4	5	6
2、乾基氣體採樣速率 $Q_{ST}(dscfm)$		0.7203				
3、採樣速率 $Q_s(acfm)$		0.511				
4、實際雷諾數 N_{Re}		2750.4				
5、 PM_{10} 實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$		X				
6、初估克寧罕校正係數C		1.0846				
7、初估 $PM_{2.5}$ 實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$		2.2974				
第一次重算 $PM_{2.5}$ 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧罕校正係數Cr		1.0829				
2、重新建立 D_{50-1}		2.2992				
3、 D_{50-1} 和 D_{50-2} 的比值Z		1.0008				
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$		是				
第二次重算 $PM_{2.5}$ 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧罕校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-2}						
3、 D_{50-1} 和 D_{50-2} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						
第三次重算 $PM_{2.5}$ 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧罕校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-3}						
3、 D_{50-2} 和 D_{50-3} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						
第四次重算 $PM_{2.5}$ 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧罕校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-4}						
3、 D_{50-3} 和 D_{50-4} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						

驗算人員:

趙怡君

頁次 10

修訂日期: 105.09.26
表格編號: SAS15.4

煙道檢測專案編號: ET107NAB50059

三、採樣分析記錄-現場採樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

表一、煙道排氣成份檢測記錄表

管轄機關		L 0 > 0 0 4 7 3		排放管線編號		P 8 0 1	
(一) 基本		1. 公稱場所名稱: 台灣電力股份有限公司台中發電廠		2. 採樣日期: 107 年 08 月 22 日			
資料		3. 採樣人簽名: 莊國芳		4. 記錄人簽名: 莊國芳		5. 分析人簽名: 莊國芳	
(二) 排氣含水量稱重記錄		標準砝碼: 10.0g		天平測定值 (200.0, 50g): 1000.1g			
		瓶號	測定前重 ml (g)	測定後重 ml (g)	ml (g)		
		1	662.5	679.4	16.9		
		2	676.3	874.4	>38.1		
		3	551.0	556.0	5.0		
		4	822.1	843.9	>1.8		
		5					
		6					
		7					
(三) 1. 排氣含水量: *		2. 平均濕度: *		3. 平均濕度溫度: *			
4. 採樣分析次		1. 1014~1020		2. 1014~1020		3. 1404~1410	
5. 各氣體體積		1029~1046		1050~1107		1418~1437	
6. 各氣體體積		1029~1046		1050~1107		1418~1437	
7. O ₂ 實測值		第 1 - 2 次 4.7 %		第 1 - 4 次 4.8 %			
8. 乾基排氣分子量		70.50				g/gmole	
9. 濕基排氣分子量		*				g/gmole	
備註:		1. 分析氣體體積均為 100ml					
		2. O ₂ 淨值為實際 O ₂ 體積減 CO ₂ 體積、CO 淨值為實際 CO 體積減實際 O ₂ 體積、N ₂ 淨值為實際 CO 體積。					
		3. M ₁ = 0.44% CO ₂ + 0.32% O ₂ + 0.28% N ₂ (CO)。					
核算人員簽章:		莊國芳		頁次		11	

校道檢測專案編號: ET(01)1085059



中環科技股份有限公司

排放管口位置紀錄表

排放管口編號: 1801

管制編號: 10204073

採樣日期: 108.8.22

記錄人: 88888888

測點編號	真空度 inHg	流量計讀值		流量計氣體入口溫度 Ti	流量計氣體出口溫度 To	管口出口溫度 Exit	管口周圍溫度 Tf	採樣管溫度 Tp	排氣溫度 Ts	冷卻管溫度 Aux	樣品傳輸管溫度 Tc	排氣動壓 ΔP	排氣靜壓 ΔH	等速吸引流速 Vs	排氣流速	累計抽引體積 m³	累計抽引時間 min	累計抽引時間 sec
		開始 m³	結束 m³															
1	0.0	5423.9440	5424.164	37.5	30.6	17.5		12.4	99.4		12.4	32.0	9.5	108.8	2.18	0.2224	23	18
2	0.0	5424.164	5424.352	34.1	31.3	12.1		12.6	108.5		12.7	28.0	8.5	108.4	2.238	0.2288	24	1
3	0.5	5424.352	5424.676	35.3	32.7	12.5		12.4	102.9		12.6	28.0	8.5	97.3	2.388	0.2416	25	24
4	0.5	5424.676	5424.854	34.9	32.6	12.3		12.4	102.3		12.5	38.0	9.5	102.9	2.237	0.2286	24	1
5	0.5	5424.854	5425.186	36.2	32.5	12.2		12.5	101.3		12.6	28.0	9.5	96.8	2.290	0.2404	25	24
6	0.5	5425.186	5425.332	36.8	34.1	12.5		12.4	101.2		12.5	40.0	9.5	98.1	2.484	0.2496	26	3
7	1.0	5425.332	5425.598	35.9	34.2	12.2		12.7	100.7		12.6	32.0	9.5	105.6	2.171	0.2216	23	18
8	1.0	5425.598	5425.812	37.2	34.5	12.4		12.4	102.3		12.6	36.0	9.5	99.2	2.323	0.2358	24	43
9	1.0	5425.812	5426.044	38.5	32.6	12.7		12.4	101.6		12.3	36.0	9.5	96.2	2.331	0.2418	25	24
10	1.0	5426.044	5426.276	38.4	36.1	12.2		12.4	100.9		12.7	38.0	9.5	108.4	2.191	0.2220	23	18
11	1.5	5426.276	5426.518	38.1	37.5	12.7		12.7	101.5		12.4	38.0	9.5	96.55	2.190	0.2404	25	24
12	1.5	5426.518	5426.794	37.2	38.6	12.3		12.2	101.6		12.5	38.0	9.5	98.44	2.391	0.2406	25	24

驗算人員: 88888888

頁次 18

煙道檢測專案編號: E7674850057

中環利達環保股份有限公司
採樣分析紀錄-現場採樣紀錄與實驗室分析結果之原始資料
煙道排氣中PM_{2.5}檢測紀錄表(採樣結果)

管制編號: L020471

採樣日期: 107.8.22

排放管道編號: 0501
記錄人: 吳柏昌

最終採樣結果

1. Run Number	1(預採)	2	3	4	5	6
2. 樣品(濾紙)編號			4851070052			
3. 濾紙代碼			21720			
4. 總採樣時間(min)			245.65			
5. 採氣體積Vm(acm)			18154			
6. 流量計絕對壓力Pa(inHg)			29.8			
7. 標準狀況採氣體積Vms(dscf)			94.5935			
8. 水氣標準狀況體積Vms(dscf)			14.4609			
9. 排氣含水率(Bws)			0.1226			
10. 排氣溫度下之飽和蒸氣壓PV			2			
11. 理論含水率(Bws)			2			
12. 排氣絕對壓力Ps(inHg)			29.30			
13. 濕分子量Ms(lb/lb-mole)			28.64			
14. 排氣流速Vs(ft/sec)			78.03			
15. 等速吸引百分率(%)			100.01			
16. 乾基排氣流量Qsd(dscm/min)			30507.45			
17. 濕基排氣流量Qsw(dscm/min)			32418.01			

皮托管測漏

採樣前皮托管測漏完成時間: 0950~1005 (施壓至 $\geq 76\text{mmHg}$, 維持15秒穩定不變)
採樣後皮托管測漏完成時間: 1535~1547 (施壓至 $\geq 76\text{mmHg}$, 維持15秒穩定不變)

主機測漏

採樣前測漏

系統壓力是否加壓至15inHg以上: ☒是 ☐否

滲漏率小於0.00057m³/min: ☒是 ☐否

測漏是否成功: ☒是 ☐否--測漏時間: 0945~0948

採樣後測漏

系統壓力是否加壓至15inHg以上或大於等於採樣期間的真空壓力值: ☐是 ☒否

滲漏率小於0.00057m³/min或平均採樣速率的4%(以較小的為準): ☐是 ☒否

測漏是否成功: ☒是 ☐否--測漏時間: 1530~1533

流量計檢查

設定檢查流量: 2.02~2.0 m³/min

溫度: 31.6 °C

參考流量計序號: 0602014

參考流量計起始值(m³): 574521.6

參考流量計結束值(m³): 574822.8

參考流量計總體積值(m³): 301.2

誤差: 1.2 %

檢查時間: 15 min

PM_{2.5}主機序號: 1701432

PM_{2.5}主機起始值(m³): 5426209.6

PM_{2.5}主機結束值(m³): 5427114.2

PM_{2.5}主機總體積值(m³): 304.6

驗算人員: 吳柏昌

頁次 13

煙道檢測專案編號: ET107/NA50059

中環科技事業股份有限公司
排放管道PM₁₀採樣後計算紀錄表

管制編號: L0200473 排放管道編號: P801
採樣日期: 107.08.22 記錄人: 廖柏昌

數據計算						
1、Run Number	1(預採)	2	3	4	5	6
2、乾基氣體採樣速率 $Q_{ST}(dscfm)$			0.32			
3、採樣速率 $Q_s(acfm)$			0.5088			
4、實際雷諾數 N_{RE}			>755.7			
5、PM ₁₀ 實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$			8			
6、初估克寧罕校正係數C			1.0843			
7、初估PM _{2.5} 實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$			>12965			
第一次重算PM _{2.5} 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧罕校正係數Cr			1.0826			
2、重新建立 D_{50-1}			>12983			
3、 D_{50} 和 D_{50-1} 的比值Z			1.0008			
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$			是			
第二次重算PM _{2.5} 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧罕校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-2}						
3、 D_{50-1} 和 D_{50-2} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						
第三次重算PM _{2.5} 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧罕校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-3}						
3、 D_{50-2} 和 D_{50-3} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						
第四次重算PM _{2.5} 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧罕校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-4}						
3、 D_{50-3} 和 D_{50-4} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						

驗算人員: 廖柏昌

頁次 14

修訂日期: 105.09.26
 表號: 3AS15.4

煙道檢測專案編號: ET107NA50059

三、採樣分析記錄-現場採樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

表一、煙道排氣成份檢測記錄表

管口編號		排氣管編號	
L 0 2 0 0 4 7 3		P 8 0 1	
(一) 基本資料 1. 公稱場所名稱: 台灣電力股份有限公司台中發電廠 2. 採樣日期: 107年08月23日 3. 採樣人簽名: [簽名] 4. 記錄人簽名: [簽名] 5. 分析人簽名: [簽名] 6. 數據確認人簽名: [簽名]			
(二) 排氣含水量稱重記錄	標準砝碼: 2000.0g		天平測定值 (2000g, 50g, 1000g):
	瓶號	測定前重ml (g)	測定後重ml (g)
	1	663.1	680.8
	2	637.5	898.2
	3	551.6	556.1
	4	816.7	862.7
	5		
	6		
(三) 1. 排氣含水量: * 2. 平均排氣溫度: * 3. 平均排氣溫度: * 4. 採樣分析次: 1 10942~10947 2 10942~10947 3 11402~11407 4 11402~11407 5) 5. 各氣體體積 (L) (20°C, 101.3kPa) 實際 淨值 實際 淨值 實際 淨值 實際 淨值 實際 淨值 實際 淨值 CO ₂ (ml) 14.3 14.3 14.3 14.3 14.5 14.5 14.5 14.5 O ₂ (ml) 19.3 5.0 19.3 5.0 19.6 5.1 19.6 5.1 CO (ml) 19.3 0.0 19.3 0.0 19.6 0.0 19.6 0.0 H ₂ (ml) 100.0 80.7 100.0 80.7 100.0 80.4 100.0 80.4 7. O ₂ 實測平均: 第 1 - 2 次 5.0 % 第 1 - 4 次 5.1 % 8. 乾基排氣分子量: 30.57 g/g-mole 9. 濕基排氣分子量: * g/g-mole 備註: 1. 分析氣體體積均為100ml。 2. O ₂ 淨值為實際O ₂ 體積減CO ₂ 體積、CO淨值為實際CO體積減實際O ₂ 體積、H ₂ 淨值為實際CO ₂ 體積。 3. M _d = 0.441% CO ₂ + 0.32% O ₂ + 0.28% H ₂ (CO)			
採樣人員簽名: [簽名] 頁次: 15			

管制編號: 102-00477 現場測定數據記錄

中環科學事業股份有限公司 排放管線監測系統

排放管線編號: 107-00477 樣品日期: 107.6.23

檢道檢測專案編號: E107060009

記錄人: 張國良

檢口: 107-00477

測點編號	真空度 mmHg	流量計讀值		流量計氣體		砂膠瓶出口	濾紙出口	樣品管	排氣溫度 Ts	冷凝管 Aux	樣品管 T _L	排氣動壓 ΔP	小孔壓差 ΔH	等速吸引 I	排氣流速 Vs	累計抽引 體積	靜壓Pstatic: -36.1 mmHgO		累計抽引 時間
		開始	結束	入口	出口	To	Exit	Tf	管	管	管	管	管	管	管	管	管	管	
		m ³	m ³	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	mmHgO	mmHgO	%	m/sec	m ³	mmHgO	mmHgO	min
1	0.0	5427.8000	5428.0234	23.4	22.2	18.1	18.1	12.4	98.5		12.4	34.0	9.5	104.81	22.57	0.2314	22.57	2.4	22
2	0.0	5428.0234	5428.2468	23.4	22.4	15.3	15.3	12.4	98.1		12.4	34.0	9.5	97.91	22.57	0.2449	22.57	2.5	25
3	0.3	5428.2468	5428.4702	23.4	22.4	16.2	16.2	12.4	98.6		12.4	34.0	9.5	93.58	22.57	0.2388	22.57	2.4	24
4	0.5	5428.4702	5428.6936	23.4	22.4	16.6	16.6	12.4	98.4		12.4	34.0	9.5	102.41	22.57	0.2496	22.57	2.4	22
5	1.0	5428.6936	5428.9170	23.4	22.4	17.4	17.4	12.4	98.8		12.4	34.0	9.5	97.41	22.57	0.2496	22.57	2.5	25
6	1.0	5428.9170	5429.1404	23.4	22.4	17.8	17.8	12.4	99.4		12.4	34.0	9.5	96.13	22.57	0.2548	22.57	2.6	26
7	1.0	5429.1404	5429.3638	23.4	22.4	18.2	18.2	12.4	99.5		12.4	34.0	9.5	106.13	22.57	0.2336	22.57	2.3	23
8	1.5	5429.3638	5429.5872	23.4	22.4	18.2	18.2	12.4	99.6		12.4	34.0	9.5	97.98	22.57	0.2456	22.57	2.5	25
9	2.0	5429.5872	5429.8106	23.4	22.4	18.8	18.8	12.4	99.1		12.4	34.0	9.5	72.11	22.57	0.2346	22.57	2.7	27
10	2.0	5429.8106	5430.0340	23.4	22.4	18.2	18.2	12.4	99.3		12.4	34.0	9.5	105.77	22.57	0.2386	22.57	2.3	23
11	2.0	5430.0340	5430.2574	23.4	22.4	18.5	18.5	12.4	99.7		12.4	34.0	9.5	77.68	22.57	0.2460	22.57	2.5	25
12	2.3	5430.2574	5430.4808	23.4	22.4	18.9	18.9	12.4	99.8		12.4	34.0	9.5	92.20	22.57	0.2336	22.57	2.7	27

驗算人員: 張國良

頁次: 16

煙道檢測專案編號: ETP/MS0059

中環綠源環保有限公司

採樣分析紀錄-現場採樣紀錄與分析結果之原始資料

煙道排氣中PM_{2.5}檢測紀錄表(採樣結果)

管制編號: L020647

採樣日期: 07.6.21

排放管道編號: Y801

記錄人: 888888

最終採樣結果

1、Run Number	1(預採)	2	3	4	5	6
2、樣品(濾紙)編號				485070093		
3、濾紙代碼				21901		
4、總採樣時間(min)				306.6		
5、採氣體積Vn(acn)				2.5186		
6、流量計絕對壓力Pm(inHg)				29.12		
7、標準狀況採氣體積Vns(dscf)				97.5389		
8、水蒸氣標準狀況體積Vms(dscf)				17.9289		
9、排氣含水率(Bws)				0.103		
10、排氣溫度下之飽和蒸氣壓PV				3		
11、理論含水率(Bws)				3		
12、排氣絕對壓力Ps(inHg)				29.00		
13、濕分子量Ms(lb/lb-mole)				28.85		
14、排氣流速Vs(ft/sec)				77.76		
15、等速吸引百分率(I%)				98.67		
16、乾基排氣流量Qsd(dscm/min)				3107.39		
17、濕基排氣流量Qsw(scmin/min)				35645.16		

皮托管測漏

採樣前皮托管測漏完成時間: 0925~0927 (施壓至 $\geq 76\text{mmHg}$, 維持15秒穩定不變)採樣後皮托管測漏完成時間: 1509~1511 (施壓至 $\geq 76\text{mmHg}$, 維持15秒穩定不變)

主機測漏

採樣前測漏

系統壓力是否加壓至15inHg以上: ☒是 ☐否滲漏率小於0.00057m³/min: ☒是 ☐否測漏是否成功: ☒是 ☐否--測漏時間: 0927~0927

採樣後測漏

系統壓力是否加壓至15inHg以上或大於等於採樣期間的真空壓力值: ☐是 ☐否滲漏率小於0.00057m³/min或平均採樣速率的4%(以較小的為準): ☐是 ☐否測漏是否成功: ☒是 ☐否--測漏時間: 1506~1508

流量計檢查

設定檢查流量: 0.02m³/min

檢查時間: 15 min

溫度: 32.2 °C

參考流量計序號: 0602014

PM_{2.5}主機序號: 190432參考流量計起始值(m³): 574868.8PM_{2.5}主機起始值(m³): 5430781.4參考流量計結束值(m³): 575170.6PM_{2.5}主機結束值(m³): 5431086.8參考流量計總體積值(m³): 301.8PM_{2.5}主機總體積值(m³): 301.4

誤差: 0.53 %

驗算人員: 888888

頁次: 17

煙道檢測專案編號: ET107¹¹⁹0036A50059

中環科技事業股份有限公司
排放管空氣PM_{2.5}採樣測試紀錄表

管制編號: L0200473

採樣日期: 107.08.23

排放管編號: P801

記錄人: 廖俊宏

數據計算

1、Run Number	1(預採)	2	3	4	5	6
2、乾基氣體採樣流率 $Q_{ST}(dscfm)$				0.3181		
3、採樣流率 $Q_s(acfm)$				0.5036		
4、實際雷諾數 N_{RE}				2748.6		
5、PM ₁₀ 實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$				*		
6、初估克寧平校正係數C				1.0838		
7、初估PM _{2.5} 實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$				2.3090		
第一次重算PM _{2.5} 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧平校正係數Cr				1.0817		
2、重新建立 D_{50-1}				2.3112		
3、 D_{50} 和 D_{50-1} 的比值Z				1.0010		
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$				是		
第二次重算PM _{2.5} 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧平校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-2}						
3、 D_{50-1} 和 D_{50-2} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						
第三次重算PM _{2.5} 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧平校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-3}						
3、 D_{50-2} 和 D_{50-3} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						
第四次重算PM _{2.5} 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧平校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-4}						
3、 D_{50-3} 和 D_{50-4} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						

驗算人員: 廖俊宏

頁次 16

修訂日期：105.09.26
表格編號：3AS15.4

煙道檢測專案編號：ET107NAS0059

三、採樣分析記錄-現場採樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

表一、煙道排氣成份檢測記錄表

管制編號		L0200473		排氣管編號		P801	
(一) 基本		1. 公稱場所名稱：台電電力股份有限公司發電廠		2. 採樣日期：107年08月23日			
		3. 採樣人簽名：[簽名]		4. 記錄人簽名：[簽名]		5. 分析人簽名：[簽名]	
(二) 排氣		標準砝碼：100.0g		天平測定值 (200g, 50g)：100.1g			
混合水		瓶號		測定前重 m1 (g)		測定後重 m2 (g)	
量		1		663.0		683.5	
稱		2		637.4		876.6	
重		3		552.5		556.3	
記		4		842.1		895.4	
錄		5					
		6					
		7					
(三) 1. 排氣含水量：		2. 平均靜壓：		3. 平均排氣溫度：			
排氣		4. 採樣分析次		5. 各氣體體積			
組		序與時間		樣數			
成		1)		2)		3)	
分		CO ₂ (ml)		O ₂ (ml)		CO (ml)	
子		H ₂ (ml)					
測		7. O ₂ 實測平		8. 乾基排氣分子量		9. 濕基排氣分子量	
定		均		g/g-mole		g/g-mole	
記		備註：1. 分析氣體體積均為100ml。					
錄		2. O ₂ 淨值為實際O ₂ 體積減CO ₂ 體積、CO 淨值為實際CO 體積減實際O ₂ 體積、H ₂ 淨值為實際H ₂ 體積。					
		3. M ₂ = 0.44% CO ₂ + 0.32% O ₂ + 0.28% H ₂ + CO。					
		驗算人員簽名：[簽名]		頁次		19	

發行日期：96.08.01
表格編號：TAS06.0

檢測專案編號：ET107NAS0059

三、採樣分析記錄-採樣與分析過程之樣品核對記錄表

管制編號	L	0	2	0	0	4	7	3	排放管道或周界編號	P	8	0	1	
(一)樣品採樣日期：107年 08月 21-23日					(二)樣品接收人簽章：吳委賢 									
(三)樣品接收日期：107年 08月 27日					(四)樣品保管人簽章：廖慶華 									
(五) 採樣現場 樣品編號	(六) 樣品回 收時間	(七) 體積或 外觀	(八) 樣品 形式	(九) 樣品保存方式 或添加藥劑別	(十) 檢驗分 析項目	(十一) 採樣人 簽章	(十二) 實驗室 樣品編號	(十三) 分析 日期	(十四) 分析人 簽章					
現場空白： 濾瓶空白	1070821	培養皿	培養皿、 溶劑	4℃	PM ₁₀		MAS1970059-FB	107 08-09 29-03						
現場空白： 兩鋼空白	0911-0934	棕色玻璃瓶 250ml												
樣品1： 1號回收瓶	1070821	培養皿								MAS1070059-1				
樣品1： 2號回收瓶	1610-1710	棕色玻璃瓶 250ml												
樣品2： 1號回收瓶	1070822	培養皿								MAS1070059-2				
樣品2： 2號回收瓶	1519-1619	棕色玻璃瓶 250ml												
樣品3： 1號回收瓶	1070823	培養皿								MAS1070059-3				
樣品3： 2號回收瓶	1453-1553	棕色玻璃瓶 250ml												
頁次										20				

鋼鐵廠採樣紀錄表_夏季

固定污染源空氣污染物排放檢測報告	
公私場所名稱：中龍鋼鐵股份有限公司	
管制編號：L0200633	專案編號：EA-107A1536 樣品編號：107AE170~
受測污染源名稱：EM19 燒結機(PM01)	107AE172
檢測目的：E-公私場所自行進行與法令規範無關之檢測	
檢測公司名稱：九連環境開發股份有限公司	
採樣日期：107 年 07 月 30~31 日	
報告日期：107 年 08 月 17 日	



九連環境開發股份有限公司

認可證字號：環署環檢字第001號

總公司：桃園市龍潭區工五路90巷49號
電話：(03)499-0016 FAX：(03)4990017

目 錄

項次	資 料 名 稱		有	無	頁數
一	檢測作業保證書	公私場所出具之保證書	✓		01
		檢驗測定機構出具之保證書	✓		01
二	檢測結果摘要		✓		02
三	採樣分析紀錄	採樣當日污染源與防制設備操作條件登記表	✓		03
		現場採樣記錄之原始資料影本	✓		04~20
		檢驗分析結果之原始資料影本	✓		21~30
		採樣與分析過程之樣品核對記錄表	✓		31
四	附件	檢測當日污染源現場操作紀錄表	✓		32
		佐證相片	✓		
		採樣與分析儀器之校正記錄影本	✓		
		環境檢驗測定機構許可證	✓		
		監督檢測記錄表	✓		
		檢測日誌	✓		
		其他資料	✓		
		固定污染源空氣污染物排放檢測報告書審查表		✓	

一、檢測作業保證書

專案編號: EA-107A1536

樣品編號: 107AE190~E192

管制編號: L0200633

(一) 公私場所資料	茲保證本報告書內容乃是本公私場所負責人及所有相關工作人員於確知固定污染源空氣污染物排放檢測作業相關法令規定下，以誠實無欺之態度及所具最佳專業知能，確實遵照相關規定執行各污染源設備及污染防治設施操作而記載之結果。如有故意不實或缺漏，則除相關人員應負偽造文書之法律責任並接受主管機關規定之行政處分，本公私場所之污染源設備亦願接受相關污染防治法令適用條款中最嚴厲之處分；但如因相關人員職務上之疏失而造成不實或缺漏，則願接受主管機關依法令及職務所為之行政處分。	
	此 證 負責人簽章: <u>王錦欽</u> 職稱: <u>董事長</u> 中華民國 107 年 07 月 30-31 日 污染源設備現場操作主管簽章 (含職稱): <u>黃隆璋 課長</u> 污染防治設施現場操作主管簽章 (含職稱): <u>黃隆璋 課長</u> 公私場所名稱: <u>中龍鋼鐵股份有限公司</u> (公司章戳記處) 公私場所地址: <u>台中市龍井區麗水里龍昌路100號、中富一路一段7、9號</u> 電話號碼: <u>0426306088</u>	
(二) 檢驗測定機構資料	聲明書 (一) 茲保證本報告內容完全依照行政院環境保護署及有關機關之標準方法及品保品管等相關規定，秉持公正、誠實進行採樣、檢測，絕無虛偽不實，如有違反，就政府機關所受損失願負連帶賠償責任之外，並接受主管機關依法令所為之行政處分及刑事處罰。 (二) 吾人瞭解如自身受政府機關委任從事公務，亦屬於刑法上之公務員，並瞭解刑法上圖利罪、公務員登載不實偽造公文書及貪污治罪條例之相關規定，如有違反，亦為刑法及貪污治罪條例之適用對象，願受最嚴厲之法律制裁。 (三) 保證本公司與受測公司場所並無財物投資之關係，且以往及目前均無供應受測公私場所生產製程設備、污染防治設備或連續自動監測系統等關係，如有違反前述事實情事，經主管機關查證屬實時，本報告書內容願接受主管機關判定為無效之處分。	
	此 證 負責人簽章: <u>張宏泰</u> 職稱: <u>董事長</u> 中華民國 107 年 07 月 30-31 日 污染源現場採樣負責主管簽章: <u>張宏泰</u> 檢驗室主管簽章: <u>張宏泰</u> 檢測機構名稱: <u>九連環境開發股份有限公司</u> 認可證字號: <u>環署環檢字第 001號</u> 檢測機構地址: <u>桃園市龍潭區工五路90巷49號</u> 電話號碼: <u>(03)4990016</u> (公司章戳記處)	

頁次

01

二、檢測結果摘要

採樣行程編號：*
專案編號：EA-107A1536
標品編號：107AE170
報告編號：EA-107AE170

基本資料	1. 公私場所：中龍鋼鐵股份有限公司				5. 管制編號：L0200633								
	2. 場所地址：台中市西屯區台灣大道二段100號				6. 受測污染源（編號）：EM19 煉結機								
	3. 檢測用途：配合中央環境保護局「非法令規範廠區之檢測」				7. 採樣日期：107 年 07 月 30 日								
	4. 檢測機構名稱：九廣環境科技股份有限公司				8. 採樣位置：排入大氣前之煙函(PW01)								
採樣時污染源現況	燃料量			產量			燃料						
	名稱	當日	□平日最大量 √許可用量	名稱	當日	□平日最大量 √許可用量	名稱	當日	□平日最大量 √許可用量				
	混合料 (不含焦炭)	763.09 T/hr	811.25 T/hr	鋼結磚	720.21 T/hr	761.429 T/hr	煉焦爐氣	1610.46 Nm ³ /hr	1900 Nm ³ /hr				
	*	*	*	*	*	*	焦炭	22.34 T/hr	27.22 T/hr				
採樣時污染防治設施運作狀況	A. 燃料名稱：煉焦爐氣 (含硫量：≤0.033%)，B. 燃料名稱：焦炭 (含硫量：≤0.525%)												
	濃度比例 A : B												
	空氣污染設施名稱		主要操作參數				處理量						
	名稱		當日	□平日最大量 √許可用量	處理量		當日	□平日最大量 √許可用量					
檢測結果	AM01 靜電集塵器		第二段放電電壓電壓	53.35 KV	20~80 KV	13048.25 Nm ³ /min		8889~17778 Nm ³ /min					
	AM02 脫硫設備		石灰	914.32 kg/hr	200~3200 kg/hr								
	AM03 脫硝/脫酸與辛設備		煉焦爐氣	1569.01 Nm ³ /hr	800~3000 Nm ³ /hr								
	濕氣性質		排氣含水量：16.76 %		排氣溫度：150 °C		排氣速度：11.30 m/s						
		平均排氣含水量：*		平均排氣溫度：* °C		平均排氣速度：*							
		濕基實際排氣量：13048.25		平均值：*		Nm ³ /min		O ₂ 實際值：10.0 %					
		乾基實際排氣量：10860.77		平均值：*		Nm ³ /min		O ₂ 平均值：*					
備註	空氣污染物	排氣組成	O ₂ 參考標準	空氣污染物質測值	空氣污染物質校正值	乾基排氣量測值	乾基排氣量校正值	空氣污染物質排放量	單位活動強度排放量	削減率	排放標準	合格	
	檢測方法編號	CO ₂ (N)	O ₂ (N)	CO (N)	(單位)	(單位)	(Nm ³ /min)	(Nm ³ /min)	(kg/hr)	(kg/KL)	(%)	(單位)	
	※PM2.5 NIEA A212.10B	14.0	10.0	<0.1	15	3.55 (mg/Nm ³)	1.94 (mg/Nm ³)	10860.77	19911.41	2.32	*	*	是
	一. PM2.5其濃度計算，參照附件【PM2.5濃度計算式】說明。 二. 檢測結果有標示「※」者係指該檢測項目未經行政院環保署認可，但依相關檢驗方法執行。												
檢驗室主管 (簽名)		空氣採樣員 (簽名)		無機檢測員 (簽名)		報告簽署人 (簽名)							
3/1		林俊現		(EAA-007)		報告簽署人 (簽名)		(EAI-007)					
								頁次 02					

二、檢測結果摘要

探樣行程編號：*
 專案編號：EA-107A1536
 樣品編號：107AE171
 報告編號：EA-107AE171

基本資料	1. 公私場所：中龍鋼鐵股份有限公司				5. 管制編號：L0200633								
	2. 場所地址：台南市安平區安南路100號				6. 受測污染源(編號)：EM19 燒結機								
	3. 檢測用途：配合環保局進行固定污染源無組織之檢測				7. 探樣日期：107 年 07 月 31 日								
	4. 檢測機構名稱：九達環境科技股份有限公司				8. 探樣位置：排入大氣前之煙道(PM01)								
探樣時污染源現況	造料區		產置		燃料								
	名稱	當日 T/hr	□平日最大量 √許可用量 T/hr	名稱	當日 T/hr	□平日最大量 √許可用量 T/hr	名稱	當日 Nm ³ /hr					
	焦炭料 (不含焦炭)	780.59	811.25	燒結礦	735.7	761.429	燒結爐氣	1645.37					
	*	*	*	*	*	*	焦炭	22.74					
探樣時污染防治設施運作狀況	A. 燃料名稱：焦炭爐氣 (含硫量：±0.033%)		B. 燃料名稱：焦炭 (含硫量：±0.525%)		處理量								
	造爐比例 A : B												
	空氣污染設施名稱		主要操作參數		處理量								
	名稱		當日	□平日最大量 √許可用量	當日		□平日最大量 √許可用量						
檢測結果	AM01 靜電集塵器		第二段放電電極電壓	54.17 KV	20~80 KV	14010.04 Nm ³ /min		8885~17778 Nm ³ /min					
	AM02 脫硫設備		石灰	1049.95 kg/hr	200~3200 kg/hr								
	AM03 脫硝/脫氮與辛胺器		煙氣爐氣	1594.84 Nm ³ /hr	800~3000 Nm ³ /hr								
	廢氣性質		排氣含水量：15.41 %		排氣溫度：159 °C		排氣速度：12.14 m/s						
備註	平均排氣含水量：*		平均排氣溫度：* °C		平均排氣速度：* m/s		O ₂ 實測值：9.8 %						
	濕基實測排氣量：14010.04		平均值：* Nm ³ /min		O ₂ 平均值：*		%						
	乾基實測排氣量：11711.24		平均值：* Nm ³ /min										
	空氣污染物		排氣組成	O ₂ 參考值	空氣污染物質測值	空氣污染物質校正值	乾基排氣量校正值	空氣污染物質排放量	單位活動強度排放量	削減率	排放標準	合格	
檢驗方法編號		CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO (%)	(單位)	(單位)	(Nm ³ /min)	(kg/hr)	(kg/KL)	(%)	(單位)	是否	
※PM2.5 NIEA A212, 10B		14.2	9.8	<0.1	15	4.25 (ug/Nm ³)	2.28 (ug/Nm ³)	11711.24	21860.95	2.99	*	*	*
一. PM2.5其濃度計算，參照附件【PM2.5濃度計算式】說明。 二. 檢驗結果有標示“*”者係指該檢驗項目未超行政院環保署認可，但依相關檢驗方法執行。													
檢驗室主管 (簽名)		空氣探樣員 (簽名)		無機檢測員 (簽名)		報告審核人 (簽名)		頁次 02-1					

二、檢測結果摘要

採樣行程編號：*
專案編號：EA-107A1536
標品編號：107AE172
報告編號：EA-107AE172

基本資料	1. 公私場所：中興鋼鐵股份有限公司				5. 管制編號：L0200633															
	2. 場所地址：台南市安平區永興里100號				6. 監測污染源(編號)：EM19 爐結爐															
	3. 檢測用途：E-一般環境空氣品質與法令規範無關之檢測				7. 採樣日期：107 年 07 月 31 日															
	4. 檢測機構名稱：九通環境科技股份有限公司				8. 採樣位置：排入大氣前之煙道(PM01)															
採樣時污染濃度	燃料量			產量			燃料													
	名稱	當日	□平日最大量 √許可用量	名稱	當日	□平日最大量 √許可用量	名稱	當日	□平日最大量 √許可用量											
	混合料 (不含焦炭)	780.59 T/hr	811.25 T/hr	爐結爐	735.7 T/hr	751.429 T/hr	焦炭爐	1545.37 M ³ /hr	1900 M ³ /hr											
	*	*	*	*	*	*	焦炭	22.74 T/hr	27.22 T/hr											
說明	A. 燃料名稱：焦炭爐 (含硫量：≤0.033%) B. 燃料名稱：焦炭 (含硫量：≤0.525%)																			
	燃燒比例 A : B																			
	空氣污染設備名稱		主要操作參數				處理量													
	名稱	當日	□平日最大量 √許可用量	名稱	當日	□平日最大量 √許可用量	名稱	當日	□平日最大量 √許可用量											
採樣時污染設備操作狀況	AM01 靜電集塵器		第二段放電電極電壓		54.17 KV	20~50 KV	13670.43 Nm ³ /min 8889~17778 Nm ³ /min													
	AM02 脫硫設備		石灰		1049.96 kg/hr	200~3200 kg/hr														
	AM03 脫硫/脫氮系統設備		焦炭爐		1594.84 Nm ³ /hr	800~3000 Nm ³ /hr														
	廢氣性質		排氣含水量：15.38 %		排氣溫度：158 °C		排氣速度：11.68 m/s													
		平均排氣含水量：*		平均排氣溫度：* °C		平均排氣速度：* m/s														
		濕基實際排氣量：13670.43		平均值：* Nm ³ /min		O ₂ 實際值：9.7 %														
		乾基實際排氣量：11567.57		平均值：* Nm ³ /min		O ₂ 平均值：* %														
檢測結果	空氣污染物		排氣組成		O ₂ 參考值		空氣污染物質校正值		乾基排氣量校正值		空氣污染物質排放量		單位活動強度排放量		削減率		排放標準		合格	
	檢驗方法編號		CO ₂	O ₂	CO	(%)	(%)	(單位)	(單位)	(Nm ³ /min)	(Nm ³ /min)	(kg/hr)	(kg/KJ)	(%)	(單位)	是	否	是	否	
	※PM2.5 NIEA A212.10B		14.3	9.7	<0.1	15	7.59 (mg/Nm ³)	4.03 (mg/Nm ³)	10320.60	19437.13	4.70	*	*	*	*	*	*	*	*	
	一、PM2.5其濃度計算，參照附件【PM2.5濃度計算式】說明。 二、檢驗結果有標示“※”者係指該檢驗項目未能行政府環保署認可，但依相關檢驗方法執行。																			
備註	檢驗室主管 (簽名) 張光永 空氣採樣員 (簽名) 林俊瑋 (EAA-001) 無機檢測員 (簽名) * (EAA-002)																			
	頁次 02-2																			

樣品編號：107AE170~107AE172

Category	Sub-category	Value
Total	...	...
	...	...
...	...	...
	...	...

頁次	03
----	----

文件編號	PSA010
修訂日期	106.08.02

三、排放單元資料——現場採樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

管 制 編 號		L 0 2 0 0 6 3 3						排 放 管 道 編 號		P M 0 1			
1. 測定管 道資料	1) 形狀:	圓形						2) 材質:	RC				
	3) 管出口離地高度:	13.0											
	4) 外徑:	8640 mm、長:						mm、寬:					
	5) 內徑:	6240 mm、長:						mm、寬:					
2. 測定孔 資料	6) 污染源類別:	燒結機 (EM19)						7) 燃料: 焦炭, 煉焦爐氣					
	1) 開口內徑:	100 mm		2) 凸緣高:	1350 mm (含壁厚)		3) 數量:	4		個			
	4) 距上游一氣體源處為	27700 mm、約		444		倍於測定孔處測定管徑之相當直徑							
3. 測定點 資料	5) 距下游一氣體源處為	38900 mm、約		623		倍於測定孔處測定管徑之相當直徑							
	1) 測定點編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4. 測定管 道、測定孔與測定點之位置圖	2) 與測定孔外緣距離 (mm)	1625	2261	3197	1625	2261	3197						
	1) 測定點編號												
		2) 與測定孔外緣距離 (mm)											
氣流方向 ↑ ↑ ↑ $dc = \frac{2LW}{(L+W)}$													
審核人員: 林元鈺 107.7.30										頁次		04	

九達環境開發股份有限公司

文件編號 FSA415
修訂日期 107.01.30

三、採樣分析記錄——現場採樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

專案編號: EA-107A0536
樣品編號: 107AE170

煙道排氣中水份及氣體檢測記錄表

管制編號	L 0 2 0 0 6 3 3				排後管編號	P M 0 1																																																																						
1. 公司場所名稱: 中龍鋼鐵(股)公司						2. 採樣日期: 107 年 7 月 30 日																																																																						
3. 採樣人: 楊瑞 林元鈺						4. 記錄人: 蘇柏南																																																																						
5. 分析人員: 楊瑞																																																																												
1. 測溫時間 (Amb < 0.2s) 1) 08:59-09:03 2) 13:18-13:22 3) 16:06-16:10 4) 16:07-16:10 2. 採樣次序與時間 1) 09:00-09:03 2) 13:20-13:23 3) 16:07-16:10 3. 靜置時間 (min 以上) 1) 09:05-09:11 2) 09:23-09:28 3) 13:25-13:31 4) 13:43-13:48 5) 16:12-16:18 6) 16:21-16:27 4. 分析次序與時間 1) 09:12-09:21 2) 09:29-09:39 3) 13:32-13:41 4) 13:49-14:00 5) 16:19-16:29 6) 16:38-16:46 5. 分析氣體體積 Vn (mL) 1) 100.0 2) 100.0 3) 100.0 4) 100.0 5) 100.0 6) 100.0 6. 各氣體體積濃度 <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>濃度 (mL)</th> <th>濃度 (%)</th> <th>濃度 (mL)</th> <th>濃度 (%)</th> <th>濃度 (mL)</th> <th>濃度 (%)</th> <th>濃度 (mL)</th> <th>濃度 (%)</th> <th>濃度 (mL)</th> <th>濃度 (%)</th> <th>濃度 (mL)</th> <th>濃度 (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CO₂</td> <td>14.2</td> <td>14.2</td> <td>14.2</td> <td>14.2</td> <td>13.8</td> <td>13.8</td> <td>13.8</td> <td>13.8</td> <td>14.0</td> <td>14.0</td> <td>14.0</td> <td>14.0</td> </tr> <tr> <td>O₂</td> <td>24.0</td> <td>24.0</td> <td>24.0</td> <td>24.0</td> <td>24.1</td> <td>24.1</td> <td>24.1</td> <td>24.1</td> <td>24.1</td> <td>24.1</td> <td>24.1</td> <td>24.1</td> </tr> <tr> <td>CO</td> <td>24.0</td> <td>24.0</td> <td>24.0</td> <td>24.0</td> <td>24.1</td> <td>24.1</td> <td>24.1</td> <td>24.1</td> <td>24.1</td> <td>24.1</td> <td>24.1</td> <td>24.1</td> </tr> <tr> <td>N₂</td> <td></td> <td>16.0</td> <td></td> <td>16.0</td> <td></td> <td>15.9</td> <td></td> <td>15.9</td> <td></td> <td>15.9</td> <td></td> <td>15.9</td> </tr> </tbody> </table>													濃度 (mL)	濃度 (%)	濃度 (mL)	濃度 (%)	濃度 (mL)	濃度 (%)	濃度 (mL)	濃度 (%)	濃度 (mL)	濃度 (%)	濃度 (mL)	濃度 (%)	CO ₂	14.2	14.2	14.2	14.2	13.8	13.8	13.8	13.8	14.0	14.0	14.0	14.0	O ₂	24.0	24.0	24.0	24.0	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	CO	24.0	24.0	24.0	24.0	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	N ₂		16.0		16.0		15.9		15.9		15.9		15.9
	濃度 (mL)	濃度 (%)	濃度 (mL)	濃度 (%)	濃度 (mL)	濃度 (%)	濃度 (mL)	濃度 (%)	濃度 (mL)	濃度 (%)	濃度 (mL)	濃度 (%)																																																																
CO ₂	14.2	14.2	14.2	14.2	13.8	13.8	13.8	13.8	14.0	14.0	14.0	14.0																																																																
O ₂	24.0	24.0	24.0	24.0	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1																																																																
CO	24.0	24.0	24.0	24.0	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1																																																																
N ₂		16.0		16.0		15.9		15.9		15.9		15.9																																																																
7. O ₂ 吸收能力確認時間含靜置及測溫: 16:48 ~ 17:20 分析氣體體積 Vn (mL) 100.0, 濃度 (mL) 24.1, O ₂ = 20.7 % (20.8% ± 0.5%) 備註: 1. 採氣組組定方式 ☒ 手動檢測方式 ☐ 自動檢測方式 2. CO ₂ (vol %) = a/Vn × 100, O ₂ (vol %) = (b-a)/Vn × 100, CO (vol %) = (c-b)/Vn × 100, a = CO ₂ 濃度 (mL), Vn = 分析氣體體積 (mL), b = O ₂ 濃度 (mL), c = CO 濃度 (mL). 若分析氣體體積為 100.0 mL 時, 可變化計算式為 CO ₂ = a, O ₂ = b - a, CO = c - b. 當分析氣體體積不為 100 時, 二氧化碳濃度 (mL) = a - (100 - 分析氣體體積) 再依濃度之計算.																																																																												
1. 大氣壓力 Pa: 754.2 mmHg 2. 取樣管: ☐ U 型 ☐ Sheffield 型 ☐ Sheffield/冷凝管-impinger 型 3. 採樣點至採樣孔距離: mm 4. 流量計: ☐ 濕式 ☐ 乾式 5. 流量計編號: 6. 採樣前測溫: 1) 時 分, 測溫前流量讀值: 測溫後流量讀值: 符合準確率 < 平均採樣速率 2% 之規定, 準確率: % 2) 時 分, 測溫前流量讀值: 測溫後流量讀值: 符合準確率 < 平均採樣速率 2% 之規定, 準確率: % 7. 採樣後測溫: 1) 時 分, 測溫前流量讀值: 測溫後流量讀值: 符合準確率 < 平均採樣速率 2% 之規定, 準確率: % 2) 時 分, 測溫前流量讀值: 測溫後流量讀值: 符合準確率 < 平均採樣速率 2% 之規定, 準確率: %																																																																												
8. 測定時間 9. 吸濕管資料 10. 流量計讀數 11. 吸引氣體體積 12. 流量計所吸氣體之 13. 溫度 θ = 14. 時之飽和水蒸氣壓 Pv (mmHg) 15. 水分含量 Xw (%)																																																																												
備註: 1. 若使用乾式流量計, 則 Pv 可忽略不計. $Xw = \frac{Pv}{Pb + Pv} \cdot Ps$ $Xw = \frac{Pv}{Pb + Pv} \cdot Ps$ $Xw = \frac{Pv}{Pb + Pv} \cdot Ps$ 2. 準確值 $Xw = \frac{Pv}{Pb + Pv} \cdot Ps$ Pv (壓強內溫度下之飽和水蒸氣壓) = Xw (壓強內溫度下之飽和水蒸氣壓) 3. 水分含量應至少測定一次, 兩端讀數飽和值, 可採用理論值、準確值 $Xw = \frac{Pv}{Pb + Pv} \cdot Ps$																																																																												
驗算人員: 蘇柏南 107.07.30										頁次 05																																																																		

九連環境開發股份有限公司

文件編號 FSA416
修訂日期 106.01.05

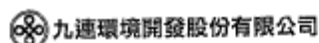
三、探測分析記錄——現場探測記錄與後續分析結果之原始資料

專案編號: EA-107A1526
樣品編號: 107A5170

煙道排氣流速檢測記錄表(續一)

製 制 編 號	L 0 2 0 0 6 3 3						排 放 管 道 編 號	P M 0 1		
1. 探測人員姓名:	楊宇強 林元鈺						2. 記錄人員姓名:	蘇柏丞		
3. 測定孔處之煙道尺寸——內徑:	6240 mm (長: * mm、寬: * mm、面積: 30.58 m ²)									
4. 測定孔距煙道上游擾流區之距離:	2770 m						5. 測定孔距煙道下游擾流區之距離:	2890 m		
6. 測定孔數:	4 凸緣高(含螺帽): 1350 mm						7. 皮托管係數 C:	0.917		
8. 皮托管檢測時間: 09 時 08 分 ~ 09 時 12 分 T: 87.6 mmHg, 結果 ☒ 是 ☐ 否 至少 75-101 mmHg 壓差, 維持 15 秒以上穩定壓差。 S: 91.2 mmHg, 結果 ☒ 是 ☐ 否 至少 75-101 mmHg 壓差, 維持 15 秒以上穩定壓差。										
9. 皮托管檢測時間: 09 時 56 分 ~ 10 時 00 分 T: 88.5 mmHg, 結果 ☒ 是 ☐ 否 至少 75-101 mmHg 壓差, 維持 15 秒以上穩定壓差。 S: 84.3 mmHg, 結果 ☒ 是 ☐ 否 至少 75-101 mmHg 壓差, 維持 15 秒以上穩定壓差。										
10. 測定點編號	11. 伸入位置 (mm)	12. 記錄時間 (24hr)	13. 煙道動壓 ΔP (mmHg)	14. 排氣溫度 (°C)	15. 流速係數 (null 之絕對值角度)	16. 最後一組流速測定點位流速角度 (null 之絕對值角度)				
1	1625	09:14 1 09:32	11.3	157.2	5	備註: 所有測得之流速角度取絕對值平均, 其平均值為 20 度。				
2	2261		10.4	158.2	8					
3	3197		12.6	160.3	10					
4	1625		9.4	161.4	7					
5	2261		14.3	158.5	11					
6	3197		10.9	161.5	13					
7	1625		2.9	159.6	10					
8	2261		2.7	160.7	8					
9	3197		12.6	161.4	10					
10	1625		9.6	159.8	7					
11	2261		10.7	160.5	11					
12	3197		11.8	162.4	8					
17. 平均值			10.9	160.1	9					

繪圖人員: 蘇柏丞 1070730 頁次 06



文件編號	FSA414
修訂日期	107.01.30

排放管道中可凝結性微粒檢測記錄表

專案編號: EA-107A153b

樣品編號: 107AF10

管制編號	L 0 2 0 0 6 3 3	排放管道編號	P M 0 1				
1. 公私場所名稱:	中隆鋼鐵(股)公司	2. 採樣日期:	107 年 7 月 30 日				
3. 採樣人簽章:	楊宇鴻 林元組	4. 記錄人簽章:	蔡柏喬				
5. 總採樣時間:	300 分鐘	6. 皮托管/Cp 值	P1142/0.717				
7. 流量計編號:	20130097	8. Y _{rel} 值:	1.0006				
9. 平均流速因子 b _f :	*	10. ΔH ₂ O:	49.6768 mmHg				
11. 皮托管採樣前測讀:	09 時 56 分 ~ 10 時 00 分 T: 88.5 mmHg, 結果 ☒ 是 ☐ 否 至少 78-101 mmHg 壓差, 維持 15 秒以上穩定壓差。 S: 84.7 mmHg, 結果 ☒ 是 ☐ 否 至少 78-101 mmHg 壓差, 維持 15 秒以上穩定壓差。						
12. 系統採樣前測讀:	10 時 02 分 ~ 10 時 05 分, 結果 ☒ 是 ☐ 否符合至少 380mmHg 真空度下維持 60 秒以上, 其洩漏率小於平均採樣速率 4% 或 0.57LPM。真空度: 396 mmHg 滲漏率: 0.143 LPM。						
13. 系統採樣中前測讀:	時 分 ~ 時 分, 結果 ☐ 是 ☐ 否符合至少 380mmHg 真空度下維持 60 秒以上, 其洩漏率小於平均採樣速率 4% 或 0.57LPM。真空度: mmHg 滲漏率: LPM。						
14. 系統採樣中後測讀:	時 分 ~ 時 分, 結果 ☐ 是 ☐ 否符合至少 380mmHg 真空度下維持 60 秒以上, 其洩漏率小於平均採樣速率 4% 或 0.57LPM。真空度: mmHg 滲漏率: LPM。						
15. 皮托管採樣後測讀:	16 時 00 分 ~ 16 時 04 分 T: 89.2 mmHg, 結果 ☒ 是 ☐ 否 至少 78-101 mmHg 壓差, 維持 15 秒以上穩定壓差。 S: 85.7 mmHg, 結果 ☒ 是 ☐ 否 至少 78-101 mmHg 壓差, 維持 15 秒以上穩定壓差。						
16. 系統採樣後測讀:	15 時 54 分 ~ 15 時 58 分, 結果 ☒ 是 ☐ 否符合至少 380mmHg 真空度下維持 60 秒以上, 其洩漏率小於平均採樣速率 4% 或 0.57LPM。真空度: 413 mmHg 滲漏率: 0.085 LPM。						
瓶號	D 瓶 (g)	B 瓶 (g)	採樣中增量 (V1) (g)				
採樣中末重							
瓶號	D 瓶 (g)	B 瓶 (g)	M 瓶 (g)	S 瓶 (g)	採樣後增量 (瓶上 V1) (g)	扣除 (V2) 及 (V3) (g)	增進水份 R _{w2} (%)
採樣前初重	706.6	709.6	535.86	859.9	*	426.11	16.76
採樣後末重	1077.1	1089.8	551.17	883.0			
17. N ₂ 流量編號:	有效日期:	18. 活蓋式流量計淨重:	有效日期:				
19. 採樣中純水添加量 (V2): mL							
(1) N ₂ 流量 (流量調整約 14L/min): L	(2) CPM 濾紙溫度: °C	(3) N ₂ 淨化時間: ~					
20. 採樣後純水添加量 (V3): mL							
(1) N ₂ 流量 (流量調整約 14L/min): L	(2) CPM 濾紙溫度: °C	(3) N ₂ 淨化時間: ~					
21. 現場採樣系統回收空白純水添加量 (V4): mL							
(1) N ₂ 流量 (流量調整約 14L/min): L	(2) CPM 濾紙溫度: °C	(3) N ₂ 淨化時間: ~					
計算人員: 蔡柏喬 107.07.30							
頁次 07							



九連環境開發股份有限公司

文件編號	FSA414
修訂日期	107.01.30

排放管道中可凝結性微粒檢測記錄表 (續一)

 專案編號: FA-102A1536
 樣品編號: 107AE170

管 號	編 號	L	0	2	0	0	6	3	3	排 放 管 道 編 號	P	M	0	1
22. 探樣前計算參數														
(1) 濕基氣體分子重 M_w : 29.14 g/g-mole					(2) 乾基氣體分子重 M_d : 30.66 g/g-mole					(3) 靜壓 P_g : -4.60 mmHg				
(4) 排氣絕對壓力 P_a : 752.9 mmHg					(5) 氣體粘度 μ : 227.22 micropoise					(6) 排氣流速 V_s : 11.56 m/s				
(7) 克勞寧係數 C : 1.0906					(8) D_{REL} : 9.9608 μm					(8) D_{REL} : 10.4804 μm				
(10) 實際數 N_{rel} : 2466.0					(11) 探樣速率 Q_s : 16.28 L/min					(12) Meter Box ΔH : 11.13 mmHg				
(13) 預估吸氣嘴內徑: 5.46 mm					(14) 探樣吸氣嘴內徑: 5.476 mm					(15) 吸氣嘴氣體流速 V_g : 11.523 m/s				
(16) 最小吸氣嘴/排放管道 流速比係數 R_{min} $\square < 0.5$, $\square \geq 0.5$: 0.554 最小流速 V_{min} : 6.13 m/s 最小數值 ΔP_{min} : 0.14 mmHg														
(17) 最大吸氣嘴/排放管道 流速比係數 R_{max} $\square < 1.5$, $\square \geq 1.5$: 1.319 最大流速 V_{max} : 15.19 m/s 最大數值 ΔP_{max} : 0.93 mmHg														
23. 探樣後計算參數														
(1) 總探氣體積 (V_m) : 3.02911 m ³					(2) 標準探氣體積 $(V_m \text{ Std})$: 2.62959 m ³									
(3) 濕基排出氣體量 QW : 13.48.25 m ³ /min					(4) 乾基排出氣體量 QD : 10.860.77 m ³ /min									
(5) 濕基氣體分子重 M_w : 28.51 g/g-mole					(6) 乾基氣體分子重 M_d : 30.63 g/g-mole					(7) 平均排氣流速 V_s : 11.30 m/s				
(8) 初始克勞寧係數 C : 1.0906					(9) 氣體粘度 μ : 224.14 micropoise					(10) 實際數 N_{rel} : 2329.4				
(11) 重新計算克勞寧係數 C_r : 1.0904					(12) 探樣速率 Q_s : 16.86 L/min					(13) 標準探樣速率 Q_{sST} : 9.45 L/min				
(14) D_{REL} : 2.393 μm					(15) D_{REL} : 2.393 μm					(16) Z 值 (1.0 ± 0.01) : 1.00				
(17) 平均小孔壓力 ΔH : 11.1 mmHg					(18) 平均標準溫度 (T_s) : 157.1 °C					(19) 等速吸引率 $(\%)$: 105.6				
24. 流量計查核														
儀器編號	流量計讀值 (L)		抽引體積 (L)	溫度 (°C)		Y _{post} = 1.0048								
標準件 A	起: 238672.4 迄: 238873.2		V_A : 200.8	T _i : 30.4 T _o : 30.8		Y _{post} = 1.0048								
待檢件 B	起: 0.0 迄: 201.95		V_B : 201.95	T _i : 31.1 T _o : 36.5		Y _{post} = 1.0048								
S/N: 12009031	20130097					Y _{post} = 1.0048								
註: 吸氣嘴確認 (1) 5.47 mm (2) 5.46 mm (3) 5.47 mm														
FPM = F20														
計算人員: 趙文松/07.02.10						頁次	08							

藏書 1020731

 九達環境開發股份有限公司 PM2.5等速吸引採樣結果計算(公制)		文件編號	FSA419	
客戶名稱Client Name		中龍鋼鐵(股)公司	修訂日期	107.01.30
工廠名稱Plant Name		中龍鋼鐵(股)公司	紀錄人員	蔡柏豪
採樣位置Sampling Location		台中市	專案編號	EA-107A1536
			標準狀態, °C	0

1. 樣品編號 Sampling Number	-	107AE170	-	-
2. 採樣日期Run Date	-	107.07.30	-	-
3. 採樣開始時間Run Start Time	hh:mm	10:39	-	-
4. 採樣結束時間Run Stop Time	hh:mm	15:48	-	-

Sampling Parameters				
5. 流量計Y值Meter Calibration Factor	Y	1.0000	-	-
6. 皮托管係數Pitot Tube Coefficient	C _p	0.717	-	-
7. 管道靜壓Stack/Duct Static Pressure	mmH ₂ O	-4.60	-	-
8. 管道截面積Stack Cross-Sectional Area	m ²	30.680	-	-
9. 大氣壓力Barometric Pressure	mmHg	752.0	-	-
10. 真實吸嘴直徑Actual Nozzle Diameter	mm	5.476	-	-
11. 二氧化碳百分比Carbon Dioxide Percentage	% CO ₂	13.9	-	-
12. 氧氣百分比Oxygen Percentage	% O ₂	10.2	-	-
13. 一氧化碳百分比Carbon Monoxide Percentage	% CO	0.0	-	-
14. 氮氣百分比Nitrogen Percentage	% N ₂	75.9	-	-
15. 總水分Total Water Volume Collected	mL	426.1	-	-
16. 總採樣體積Sample Volume	L	3027.11	-	-
17. 平均流量計溫度Ave Meter Temp	°C	38.6	-	-
18. 平均煙道溫度Ave Stack Temp (T _s)	°C	157.7	-	-
19. 平均小孔壓力Average Delta H	mmH ₂ O	11.1	-	-
20. 總採樣時間Total Sampling Time	min	298	-	-

Air Flow Parameters				
21. 水標準狀態下總體積Volume of Water vapor @ STP	SL	529.23	-	-
22. 標準狀態下採樣氣體Volume Metered @ STP (0°C)	DSL	2627.59	-	-
23. 標準狀態下採樣氣體Volume Metered @ STP (20°C)	DSL	2819.66	-	-
24. 排氣絕對壓力Absolute Stack/Duct Pressure (P _s)	mmHg	751.66	-	-
25. 流量計壓力Absolute Meter Pressure	mmHg	752.82	-	-
26. 管道水分計算值Calculated Stack Moisture	% H ₂ O	16.76	-	-
27. 管道水分飽和值Saturated Stack Moisture	% H ₂ O	100.00	-	-
28. 管道水分報告值Reported Stack Moisture Content	% H ₂ O	16.76	-	-
29. 乾排氣莫耳分率Dry Mole Fraction	decimal	0.83	-	-
30. 平均差壓Avg Differential Pressure (Delta P)	mmH ₂ O	10.11	-	-
31. 乾排氣分子量Dry Gas Molecular Weight (Md)	g/g-mole	30.83	-	-
32. 濕排氣分子量Wet Stack Gas Molecular Weight (Mw)	g/g-mole	28.51	-	-
33. 管道平均流速Average Stack Gas Velocity	m/sec	11.30	-	-
34. 等速吸引百分率Percent of Isokinetic Rate	% ISO	105.6	-	-
35. 管道實際排氣量Actual Stack Flow/Minute	Nm ³ /min	13048.25	-	-
36. 乾排氣量(0°C, STP)Dry Standard Stack Flow/Minute	Nm ³ /min	10860.77	-	-

PM2.5 Calculations				
37. 克寧罕係數Cunning factor	C	1.0906	-	-
38. 黏滯度Flue Gas Viscosity (μ)	m	224.14	-	-
39. 旋風分離器流量Cyclone Flow at Actual Conditions	CdLPM	16.86	-	-
40. 標準狀態下採樣速率Sample flow rate (STD)	LPM	9.45	-	-
41. 重新計算克寧罕係數Recalculate N _{re}	N _{re}	2327.4	-	-
42. 50%捕集粒徑Particle Cut Size	D ₅₀	2.393	-	-
43. 重新計算克寧罕係數Re-estimated Cunningham factor	Cr	1.0904	-	-
44. 重新計算50%捕集粒徑Re-calculated Particle Cut Size	D ₅₀₋₁	2.393	-	-
45. 切割粒徑判定結果Cut Size, 2.25μm < D ₅₀ < 2.75μm	-	YES	-	-
46. 等速吸引判定結果Isokinetic %, Results, 80% < i < 120%	-	YES	-	-
47. Z值 Ratio (Z) between D ₅₀ and D ₅₀₋₁	Z	1.00	-	-

10

蔡柏豪
107.7.31

九連環境開發股份有限公司

文件編號 FSA416
修訂日期 107.01.30

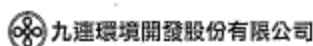
三、採樣分析記錄——現場採樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

專案編號: EA-107A536

樣品編號: 107AEN1

適宜於水中水份及氣體檢測記錄表

管制編號	L 0 2 0 0 6 3 3										排故管理編號	P M 0 1									
1. 公司場所名稱:	中龍鋼鐵(股)公司										2. 採樣日期: 107 年 7 月 31 日										
3. 採樣人:	楊宗孝 林元鈺										4. 記錄人: 蔡柏岳										
5. 分析人員:	魏銘																				
1. 測溫時間 (min < 6.2m)	1) 0740-0744 2) 1104-1108										3) 1351-1355 4) 1352-1355										
2. 採樣次序與時間	1) 0742-0745 2) 1105-1108										3) 1352-1355										
3. 靜置時間 (min 以上)	1) 0750-0756 2) 0801-0816										3) 1140-1146 4) 1130-1135 5) 1357-1402 6) 1405-1409										
4. 分析次序與時間	1) 0757-0759 2) 0817-0825										3) 1147-1158 4) 1136-1145 5) 1403-1413 6) 1422-1431										
5. 分析氣體體積 V _g (mL)	1) 100.0 2) 100.0 3) 100.0 4) 100.0 5) 100.0 6) 100.0																				
6. 各氣體體積讀數	CO ₂ 14.3 14.3 14.3 14.3 14.3 14.1 14.1 14.1 14.2 14.2 14.2 14.2																				
	O ₂ 24.0 24.0 24.0 24.0 24.0 24.0 24.0 24.1 24.1 24.1 24.1 24.1																				
	CO 24.0 24.0 24.0 24.0 24.0 24.0 24.0 24.1 24.1 24.1 24.1 24.1																				
	N ₂ 76.0 76.0 76.0 76.0 76.0 76.0 76.0 76.0 76.0 76.0 76.0 76.0																				
7. O ₂ 吸收能力隨時間含氧量及溫度: >20% ~ 2300, 分析氣體體積 V _g (mL) 100.0, O ₂ 讀值 (mL) >20.0, O ₂ = 20.0 % (20.0% ± 0.0%)																					
備註: 1. 排氣組成測定方式: ☐ 手動檢測方式 ☐ 自動檢測方式																					
2. CO ₂ (vol %) = a/V _g × 100, O ₂ (vol %) = (b-a)/V _g × 100, CO (vol %) = (c-b)/V _g × 100, a = CO ₂ 讀值 (mL), V _g = 分析氣體體積 (mL), b = O ₂ 讀值 (mL), c = CO 讀值 (mL), 若分析氣體體積為 100.0 mL 時, 可簡化計算式為 CO ₂ = a, O ₂ = b - a, CO = c - b, 當分析氣體體積不為 100 時, 二氧化碳讀值 (mL) = a - (100 - 分析氣體體積) 再按溫度之計算。																					
8. 吸濕管資料																					
1. 大氣壓力 Pa: 754.4 mmHg 2. 吸濕管: ☐ U 型 ☐ Sheffield 型 ☐ Sheffield/冷卻管-impinger 型																					
3. 採樣點至採樣孔距離: mm 4. 流量計: ☐ 濕式 ☐ 乾式 5. 流量計編號:																					
6. 採樣前測漏: 1) 時 分, 測漏前流量讀值: 測漏後流量讀值: 結果: ☐ 是 ☐ 否 符合標準率 < 平均採樣速率 2% 之規定, 滲漏率: %																					
2) 時 分, 測漏前流量讀值: 測漏後流量讀值: 結果: ☐ 是 ☐ 否 符合標準率 < 平均採樣速率 2% 之規定, 滲漏率: %																					
7. 採樣後測漏: 1) 時 分, 測漏前流量讀值: 測漏後流量讀值: 結果: ☐ 是 ☐ 否 符合標準率 < 平均採樣速率 2% 之規定, 滲漏率: %																					
2) 時 分, 測漏前流量讀值: 測漏後流量讀值: 結果: ☐ 是 ☐ 否 符合標準率 < 平均採樣速率 2% 之規定, 滲漏率: %																					
8. 測定時間																					
10. 流量計讀數 (L)																					
11. 吸計氣體體積 V _g (L)																					
12. 流量計所吸氣體之溫度 θ _m (°C)																					
13. 溫度 θ _n 時之飽和水蒸氣壓 P _v (mmHg)																					
14. 水分含量 X _w (%)																					
備註: 1. 若使用乾式流量計, 則 P _v 可忽略不計。 $X_w = \frac{(P_v \times 22.4)}{V_{m \times (273 + \theta_n)} + [(P_a + P_v) \times 22.4]} \times 100$																					
2. 理論值 $X_w = \frac{P_v}{P_a + P_v} \times 100$, P _v (標準內溫度下之飽和水蒸氣壓) = %																					
3. 水份含量應至少測定一次, 確認讀數和值, 可採用理論值、理論值 X _w = %																					
驗算人員: 魏銘 107.07.31																					
頁次 11																					



九連環境開發股份有限公司

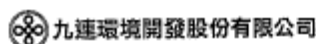
文件編號	FSA414
修訂日期	107.01.30

排放管道中可凝結性微粒檢測記錄表

專案編號: FA-107A1536

樣品編號: 107AE171

製 造 廠 號	L 0 2 0 0 6 3 3	排 放 管 道 編 號	P M 0 1				
1. 公私場所名稱:	中龍鋼鐵(股)公司		2. 採樣日期:	107 年 7 月 31 日			
3. 採樣人簽章:	楊宇強 林文鈺		4. 記錄人簽章:	陳柏和			
5. 總採樣時間:	300 分鐘		6. 皮托管/Cp 值	1142/0.717			
7. 流體計編號:	20130097		8. Y _{full} 值:	1.0006			
9. 平均遮蔽因子 b _f :	*		10. ΔH ₀ :	49.6768 mmHg			
11. 皮托管採樣前測漏: 01 時 51 分 ~ 01 時 54 分, 結果 ☒ 是 ☐ 否 至少 78-101 mmHg 壓差, 維持 15 秒以上穩定壓差。 T: 92 mmHg, S: 83 mmHg							
12. 系統採樣前測漏: 01 時 56 分 ~ 08 時 00 分, 結果 ☒ 是 ☐ 否 符合至少 380mmHg 真空度下維持 60 秒以上, 其洩漏率小於平均採樣速率 4% 或 0.57LPM。真空度: 402 mmHg 滲漏率: 0.132 LPM。							
13. 系統採樣中測漏: 時 分 ~ 時 分, 結果 ☐ 是 ☐ 否 符合至少 380mmHg 真空度下維持 60 秒以上, 其洩漏率小於平均採樣速率 4% 或 0.57LPM。真空度: mmHg 滲漏率: LPM。							
14. 系統採樣中後測漏: 時 分 ~ 時 分, 結果 ☐ 是 ☐ 否 符合至少 380mmHg 真空度下維持 60 秒以上, 其洩漏率小於平均採樣速率 4% 或 0.57LPM。真空度: mmHg 滲漏率: LPM。							
15. 皮托管採樣後測漏: 13 時 46 分 ~ 13 時 49 分, 結果 ☒ 是 ☐ 否 至少 78-101 mmHg 壓差, 維持 15 秒以上穩定壓差。 T: 92 mmHg, S: 87 mmHg							
16. 系統採樣後測漏: 13 時 41 分 ~ 13 時 49 分, 結果 ☒ 是 ☐ 否 符合至少 380mmHg 真空度下維持 60 秒以上, 其洩漏率小於平均採樣速率 4% 或 0.57LPM。真空度: 406 mmHg 滲漏率: 0.076 LPM。							
瓶號	D 瓶 (a)		B 瓶 (a)		採樣中增量 (V1) (a)		
採樣中末重							
瓶號	D 瓶 (a)	B 瓶 (a)	M 瓶 (a)	S 瓶 (a)	採樣後增量 (增加上 V1) (a)	扣除 (V2) 及 (V3) (a)	煙道水份 S _{wt} (%)
採樣前初重	106.9	110.3	540.25	588.6	*	413.23	16.41
採樣後末重	1016.7	1164.8	564.38	913.4			
17. N ₂ 鋼瓶編號:		有效日期:		18. 活塞式流量計序號:		有效日期:	
19. 採樣中蒸餾水添加量 (V2): mL							
(1) N ₂ 流量 (流量調整約 14L/min):		L (2) CPW 溫度:		°C (3) N ₂ 淨化時間:		~	
20. 採樣後蒸餾水添加量 (V3): mL							
(1) N ₂ 流量 (流量調整約 14L/min):		L (2) CPW 溫度:		°C (3) N ₂ 淨化時間:		~	
21. 現場採樣系統回收空白蒸餾水添加量 (V4): mL							
(1) N ₂ 流量 (流量調整約 14L/min):		L (2) CPW 溫度:		°C (3) N ₂ 淨化時間:		~	
計算人員: 楊宇強 107.07.31							
頁次						12	



排放管道中可凝結性微粒檢測記錄表 (續一)

文件編號	FSA414
修訂日期	107.01.30

專案編號: FA-101A526
樣品編號: 101AE171

管制編號	L 0 > 0 0 6 3 3 3	排放管道編號	P M 0 1
22. 探樣儀計算參數			
(1) 濕基氣體分子重 M_w : 29.14 g/g-mole	(2) 乾基氣體分子重 M_d : 30.66 g/g-mole	(3) 靜壓 P_g : -4.60 mmHg	
(4) 排氣絕對壓力 P_a : 152.9 mmHg	(5) 氣體黏滯度 μ : 22.22 micropoise	(6) 排氣流速 V_s : 11.56 m/s	
(7) 克勞卒係數 C : 1.0906	(8) D_{gdl} : 9.9608 μm	(9) D_{gdl} : 10.4804 μm	
(10) 當量數 N_{eq} : 246.0	(11) 探樣速率 Q_s : 16.8 L/min	(12) Meter Box ΔH : 11.13 mmHg	
(13) 預估吸氣管內徑: 5.46 mm	(14) 探樣吸氣管內徑: 5.476 mm	(15) 吸氣管流速 V_a : 11.53 m/s	
(16) 最小吸氣管/排放管道 流速比係數 R_{min} $\square < 0.5$, $\square \approx 0.5$: 0.584 最小流速 V_{min} : 6.73 m/s 最小動壓 ΔP_{min} : 0.14 mmHg			
(17) 最大吸氣管/排放管道 流速比係數 R_{max} $\square < 1.5$, $\square \approx 1.5$: 1.319 最大流速 V_{max} : 15.19 m/s 最大動壓 ΔP_{max} : 0.73 mmHg			
23. 探樣儀計算參數			
(1) 總採氣體積 (V_{st}): 2.98092 m ³	(2) 標準採氣體積 ($V_{st} \text{ Std}$): 2.61466 Nm ³		
(3) 濕基排出氣體量 Q_N : 14010.04 Nm ³ /min	(4) 乾基排出氣體量 Q'_N : 11711.24 Nm ³ /min		
(5) 濕基氣體分子重 M_w : 28.59 g/g-mole	(6) 乾基氣體分子重 M_d : 30.67 g/g-mole	(7) 平均排氣流速 V_s : 12.14 m/s	
(8) 初始克勞卒係數 C : 1.0906	(9) 氣體黏滯度 μ : 24.77 micropoise	(10) 當量數 N_{eq} : 2312.9	
(11) 重新計算克勞卒係數 C_r : 1.0905	(12) 探樣速率 Q_s : 16.81 L/min	(13) 標準探樣速率 Q_{sT} : 9.45 L/min	
(14) D_{gdl} : 2.407 μm	(15) D_{gdl} : 2.407 μm	(16) Z 值 (1.0 $\pm$ 0.01): 1.00	
(17) 平均小孔壓力 ΔH : 11.1 mmHg	(18) 平均煙道溫度 (T_a): 18.8 $^{\circ}C$	(19) 等速吸引率 (%): 96.0	
24. 流量計查核			
儀器編號	流量計讀值 (L)	抽引體積 (L)	溫度 ($^{\circ}C$)
標準件 A S/N: 12009031	顯: 239.154 感: 239.76.2	V_A : 200.8	T_i : 30.9 T_o : 31.4 T_A : 31.2
待校件 B S/N: 20130097	顯: 0.00 感: 201.31	V_B : 201.31	T_i : 31.2 T_o : 37.3 T_B : 34.3
註: 吸氣管編號 (1)	5.46 mm	(2) 5.47 mm	(3) 5.47 mm
FPM = F 23			

計算人員: 張家銘 107.02.21

頁次

13

積算 17.07.2

 九連環境開發股份有限公司 PM2.5等速吸引採樣結果計算(公制)		文件編號	FS4419	
客戶名稱Client Name		中龍鋼鐵(股)公司	修訂日期	107.01.30
工廠名稱Plant Name		中龍鋼鐵(股)公司	紀錄人員	蔡柏豪
採樣位置Sampling Location		台中市	專案編號	EA-107A1536
		標準狀態, °C	0	
1. 樣品編號 Sampling Number	-	107AE171	-	-
2. 採樣日期Run Date	-	107.07.31	-	-
3. 採樣開始時間Run Start Time	hh:mm	8:29	-	-
4. 採樣結束時間Run Stop Time	hh:mm	13:36	-	-
Sampling Parameters				
5. 流量計Y值Meter Calibration Factor	Y	1.0000	-	-
6. 皮托管係數Pitot Tube Coefficient	C _p	0.717	-	-
7. 管道靜壓Stack/Duct Static Pressure	mmH ₂ O	-4.60	-	-
8. 管道截面積Stack Cross-Sectional Area	m ²	30.680	-	-
9. 大氣壓力Barometric Pressure	mmHg	753.5	-	-
10. 真實吸嘴直徑Actual Nozzle Diameter	mm	5.476	-	-
11. 二氧化碳百分比Carbon Dioxide Percentage	% CO ₂	14.2	-	-
12. 氧氣百分比Oxygen Percentage	% O ₂	9.9	-	-
13. 一氧化碳百分比Carbon Monoxide Percentage	% CO	0.0	-	-
14. 氮氣百分比Nitrogen Percentage	% N ₂	75.9	-	-
15. 總水分Total Water Volume Collected	mL	413.2	-	-
16. 總樣品體積Sample Volume	L	2990.92	-	-
17. 平均流量計溫度Ave Meter Temp	°C	36.0	-	-
18. 平均煙道溫度Ave Stack Temp (T _s)	°C	158.8	-	-
19. 平均小孔壓力Average Delta H	mmH ₂ O	11.1	-	-
20. 總採樣時間Total Sampling Time	min	297	-	-
Air Flow Parameters				
21. 水標準狀態下總體積Volume of Water vapor @ STP	SL	513.23	-	-
22. 標準狀態下氣體體積Volume Metered @ STP (0°C)	DSL	2614.66	-	-
23. 標準狀態下氣體體積Volume Metered @ STP (20°C)	DSL	2805.97	-	-
24. 絕對壓力Absolute Stack/Duct Pressure (P _a)	mmHg	753.16	-	-
25. 流量計壓力Absolute Meter Pressure	mmHg	754.32	-	-
26. 管道水分計算值Calculated Stack Moisture	% H ₂ O	16.41	-	-
27. 管道水分飽和值Saturated Stack Moisture	% H ₂ O	100.00	-	-
28. 管道水分報告值Reported Stack Moisture Content	% H ₂ O	16.41	-	-
29. 乾燥氣其耳分率Dry Mole Fraction	decimal	0.84	-	-
30. 平均差壓Avg Differential Pressure (Delta P)	mmH ₂ O	11.69	-	-
31. 乾燥氣分子量Dry Gas Molecular Weight (M _d)	g/g-mole	30.67	-	-
32. 濕排氣分子量Wet Stack Gas Molecular Weight (M _w)	g/g-mole	28.59	-	-
33. 管道平均流速Average Stack Gas Velocity	m/sec	12.14	-	-
34. 等速吸引百分率Percent of Isokinetic Rate	% ISO	98.0	-	-
35. 管道實際排氣量Actual Stack Flow/Minute	Nm ³ /min	14010.04	-	-
36. 乾燥氣量(0°C, STP)Dry Standard Stack Flow/Minute	Nm ³ /min	11711.24	-	-
PM2.5 Calculations				
37. 克寧係數Cunning factor	C	1.0906	-	-
38. 黏滯數Flue Gas Viscosity (μ)	m	224.77	-	-
39. 旋風分離器流量Cyclone Flow at Actual Conditions	CaLPM	16.81	-	-
40. 標準狀態下採樣速率Sample flow rate (STD)	LPM	9.45	-	-
41. 重新計算雷諾數Recalculate N _{re}	N _{re}	2317.9	-	-
42. 50%擷取粒徑Particle Cut Size	D ₅₀	2.407	-	-
43. 重新計算克寧係數Re-estimated Cunningham factor	Cr	1.0905	-	-
44. 重新計算50%擷取粒徑Re-calculated Particle Cut Size	D _{50,1}	2.407	-	-
45. 切割粒徑判定結果Cut Size, 2.25μm<D ₅₀ <2.75μm	-	YES	-	-
46. 等速吸引判定結果Isokinetic %, Results, 80%<=120%	-	YES	-	-
47. Z值 Ratio (Z) between D ₅₀ and D _{50,1}	Z	1.00	-	-

張柏豪 107.7.31



文件編號	FSM414
修訂日期	107.01.30

排放管道中可凝結性微粒檢測記錄表

專案編號: FA-107A1536

樣品編號: 107AE172

實制編號	L 0 2 0 0 6 3 3	排放管道編號	P M 0 1				
1. 公私場所名稱:	中聯鋼鐵(股)公司	2. 採樣日期:	(07) 年 7 月 31 日				
3. 採樣人簽章:	楊永發 林元鈺	4. 記錄人簽章:	蔡柏禹				
5. 總採樣時間:	300 分鐘	6. 波托管/Cp 值:	P1142/0.211				
7. 流量計編號:	20130097	8. V_{full} 值:	1.0006				
9. ΔH 值:	49.6768	10. ΔH 值:	49.6768 mmHg				
11. 皮托管採樣範圍:	14 時 34 分 ~ 14 時 38 分	T: 92 mmHg, 結果 ☒ 是 ☐ 否 至少 78-101 mmHg 壓差, 維持 15 秒以上穩定壓差。	S: 86 mmHg, 結果 ☒ 是 ☐ 否 至少 78-101 mmHg 壓差, 維持 15 秒以上穩定壓差。				
12. 系統採樣的範圍:	14 時 40 分 ~ 14 時 44 分	結果 ☒ 是 ☐ 否 符合至少 380mmHg 真空度下維持 60 秒以上, 其洩漏率小於平均採樣速率 4% 或 0.57LPM。真空度: 407 mmHg 滲漏率: 0.106 LPM。					
13. 系統採樣中斷範圍:	時 分 ~ 時 分	結果 ☐ 是 ☐ 否 符合至少 380mmHg 真空度下維持 60 秒以上, 其洩漏率小於平均採樣速率 4% 或 0.57LPM。真空度: mmHg 滲漏率: LPM。					
14. 系統採樣中斷範圍:	時 分 ~ 時 分	結果 ☐ 是 ☐ 否 符合至少 380mmHg 真空度下維持 60 秒以上, 其洩漏率小於平均採樣速率 4% 或 0.57LPM。真空度: mmHg 滲漏率: LPM。					
15. 皮托管採樣範圍:	20 時 47 分 ~ 20 時 51 分	T: 86 mmHg, 結果 ☒ 是 ☐ 否 至少 78-101 mmHg 壓差, 維持 15 秒以上穩定壓差。	S: 90 mmHg, 結果 ☒ 是 ☐ 否 至少 78-101 mmHg 壓差, 維持 15 秒以上穩定壓差。				
16. 系統採樣範圍:	20 時 42 分 ~ 20 時 45 分	結果 ☒ 是 ☐ 否 符合至少 380mmHg 真空度下維持 60 秒以上, 其洩漏率小於平均採樣速率 4% 或 0.57LPM。真空度: 401 mmHg 滲漏率: 0.094 LPM。					
瓶號	D 瓶 (g)	B 瓶 (g)	採樣中增量 (V1) (g)				
採樣中來重							
瓶號	D 瓶 (g)	B 瓶 (g)	M 瓶 (g)	S 瓶 (g)	採樣後增量 (加上 V1) (g)	扣除 (V2) 及 (V3) (g)	煙道水份 B_{w2} (%)
採樣前初重	702.4	710.9	538.01	872.5	*	400.12	15.38
採樣後末重	1007.2	759.8	560.13	901.4			
17. N_2 流量編號:	有效日期:	18. 活瓣式流量計序號:	有效日期:				
19. 採樣中超純水添加量 (V2): mL							
(1) N_2 流量 (流量調整約 14L/min):	L	(2) CPW 濾紙溫度: °C	(3) N_2 淨化時間: ~				
20. 採樣後超純水添加量 (V3): mL							
(1) N_2 流量 (流量調整約 14L/min):	L	(2) CPW 濾紙溫度: °C	(3) N_2 淨化時間: ~				
21. 現場採樣系統回收空白超純水添加量 (V4): mL							
(1) N_2 流量 (流量調整約 14L/min):	L	(2) CPW 濾紙溫度: °C	(3) N_2 淨化時間: ~				
計算人員: 蔡柏禹 107/7/31							
頁次							17



排放管道中可凝結性微粒檢測記錄表(續一)

文件編號	FSA414
修訂日期	107.01.30

專案編號: FA-107A1536

樣品編號: 107AE172

實 測 簡 號	L	0	2	0	0	6	3	3	排 放 管 道 簡 號	P	M	0	1																								
22. 採樣前計算參數																																					
(1) 蒸基氣體分子重 M_v : 29.14	g/g-mole	(2) 乾基氣體分子重 M_d : 28.66	g/g-mole	(3) 靜壓 P_g : -4.60	mmHg	(4) 排氣絕對壓力 P_a : 751.9	mmHg	(5) 氣體飽和度 μ : 227.22	micropoise	(6) 排氣流速 V_s : 11.56	m/s	(7) 克勞平係數 C : 1.0906	(8) D_{REL} : 9.9608	μm	(9) D_{DET} : 10.4804	μm	(10) 雷諾數 N_{Re} : 2466.0	(11) 採樣速率 Q_s : 16.28	L/min	(12) Motor Box ΔH : 11.13	mmHg	(13) 預估吸氣嘴內徑: 5.46	mm	(14) 採樣吸氣嘴內徑: 5.476	mm	(15) 吸氣嘴氣體流速 V_n : 11.523	m/s	(16) 最小吸氣嘴/排放管道 流速比係數 R_{min} : $\square < 0.5$, $\square \geq 0.5$: 0.584	最小流速 V_{min} : 6.73	m/s	最小動態 ΔP_{min} : 0.14	mmHg	(17) 最大吸氣嘴/排放管道 流速比係數 R_{max} : $\square < 1.5$, $\square \geq 1.5$: 1.319	最大流速 V_{max} : 15.19	m/s	最大動態 ΔP_{max} : 0.73	mmHg
23. 採樣後計算參數																																					
(1) 總採氣體積 (V_n) : 3.15604	m ³	(2) 標準採氣體積 $(V_n \text{ Std})$: 2.73265	m ³	(3) 蒸基排出氣體量 ON : 13670.43	Mt/min	(4) 乾基排出氣體量 GN : 11567.57	Mt/min	(5) 蒸基氣體分子重 M_v : 28.73	g/g-mole	(6) 乾基氣體分子重 M_d : 30.68	g/g-mole	(7) 平均排氣流速 V_s : 11.88	m/s	(8) 初始克勞平係數 C : 1.0906	(9) 氣體飽和度 μ : 225.17	micropoise	(10) 雷諾數 N_{Re} : 2388.1	(11) 重新計算克勞平係數 C_r : 1.0907	(12) 採樣速率 Q_s : 17.31	L/min	(13) 標準採樣速率 Q_{sST} : 9.83	L/min	(14) D_{90} : 2326	μm	(15) D_{50} : 2326	μm	(16) Z 值 (1.0 ± 0.01) : 1.00	(17) 平均小孔壓力 ΔH : 11.1	mmHg	(18) 平均煙道溫度 (T_s) : 158.3	°C	(19) 等速吸引率 $(\%)$: 103.1					
24. 流量計查核																																					
儀器編號	流量計讀值 (L)	抽引體積 (L)	溫度 (°C)	$Y_{post} = 100.57$																																	
標準件 A S/N: 12009031	起: 239276.2 迄: 239476.6	V_A : 200.4	T_I : 31.1 T_O : 31.4	T_A : 31.3																																	
待檢件 B S/N: 20130097	起: 0.00 迄: 201.17	V_B : 201.17	T_I : 31.5 T_O : 32.8	T_B : 34.2																																	
註: 吸氣嘴直徑 (1)	5.46	mm (2)	5.46	mm (3)	5.47	mm																															
FPM = F10																																					
計算人員: 張定宏 107.02.21				頁次	18																																

職定修
1070731

 九聲環境開發股份有限公司 PM2.5等速吸引採樣結果計算(公制)			文件編號	FSA419
客戶名稱 Client Name			修訂日期	107.01.30
工廠名稱 Plant Name			紀錄人員	張柏崙
中龍鋼鐵(股)公司			專案編號	EA-107A1536
採樣位置 Sampling Location			標準狀態, °C	0
台中市				
1. 樣品編號 Sampling Number	-	107AE172	-	-
2. 採樣日期 Run Date	-	107.07.31	-	-
3. 採樣開始時間 Run Start Time	hh:mm	15:16	-	-
4. 採樣結束時間 Run Stop Time	hh:mm	20:37	-	-
<i>Sampling Parameters</i>				
5. 流量計Y值 Meter Calibration Factor	Y	1.0000	-	-
6. 皮托管係數 Pitot Tube Coefficient	C _p	0.717	-	-
7. 管道靜壓 Stack/Duct Static Pressure	mmH ₂ O	-4.80	-	-
8. 管道截面積 Stack Cross-Sectional Area	m ²	30.680	-	-
9. 大氣壓力 Barometric Pressure	mmHg	760.4	-	-
10. 真實吸嘴直徑 Actual Nozzle Diameter	mm	5.476	-	-
11. 二氧化碳百分比 Carbon Dioxide Percentage	% CO ₂	14.3	-	-
12. 氧氣百分比 Oxygen Percentage	% O ₂	9.7	-	-
13. 一氧化碳百分比 Carbon Monoxide Percentage	% CO	0.0	-	-
14. 氮氣百分比 Nitrogen Percentage	% N ₂	76.0	-	-
15. 總水分 Total Water Volume Collected	mL	400.1	-	-
16. 總採樣體積 Sample Volume	L	3156.04	-	-
17. 平均流量計溫度 Ave Meter Temp	°C	38.6	-	-
18. 平均煙道溫度 Ave Stack Temp (T _s)	°C	158.3	-	-
19. 平均小孔壓力 Average Delta H	mmH ₂ O	11.1	-	-
20. 總採樣時間 Total Sampling Time	min	299	-	-
<i>Air Flow Parameters</i>				
21. 水蒸氣狀態下總體積 Volume of Water vapor @ STP	SL	496.85	-	-
22. 標準狀態下氣體體積 Volume Metered @ STP (0°C)	DSL	2733.65	-	-
23. 標準狀態下氣體體積 Volume Metered @ STP (20°C)	DSL	2933.67	-	-
24. 排氣絕對壓力 Absolute Stack/Duct Pressure (P _s)	mmHg	750.06	-	-
25. 流量計壓力 Absolute Meter Pressure	mmHg	761.22	-	-
26. 管道水分計算值 Calculated Stack Moisture	% H ₂ O	15.38	-	-
27. 管道水分飽和值 Saturated Stack Moisture	% H ₂ O	100.00	-	-
28. 管道水分報告值 Reported Stack Moisture Content	% H ₂ O	15.38	-	-
29. 乾排氣莫耳分率 Dry Mole Fraction	decimal	0.85	-	-
30. 平均差壓 Avg Differential Pressure (Delta P)	mmH ₂ O	11.22	-	-
31. 乾排氣分子量 Dry Gas Molecular Weight (M _d)	g/g-mole	30.68	-	-
32. 濕排氣分子量 Wet Stack Gas Molecular Weight (M _w)	g/g-mole	28.73	-	-
33. 管道平均流速 Average Stack Gas Velocity	m/sec	11.88	-	-
34. 等速吸引百分率 Percent of Isokinetic Rate	% ISO	103.1	-	-
35. 管道實際排氣量 Actual Stack Flow/Minute	Nm ³ /min	13670.43	-	-
36. 乾排氣量 (0°C, STP) Dry Standard Stack Flow/Minute	Nm ³ /min	11567.57	-	-
<i>PM2.5 Calculations</i>				
37. 克寧係數 Cunningham factor	C	1.0906	-	-
38. 黏滯度 Flue Gas Viscosity (μ)	m	225.17	-	-
39. 旋風分離器流量 Cyclone Flow at Actual Conditions	Cal LPM	17.31	-	-
40. 標準狀態下採樣速率 Sample flow rate (STD)	LPM	9.63	-	-
41. 重新計算克寧係數 Recalculate N _{st}	N _{st}	2388.1	-	-
42. 50% 捕獲粒徑 Particle Cut Size	D ₅₀	2.326	-	-
43. 重新計算克寧係數 Re-estimated Cunningham factor	C _r	1.0907	-	-
44. 重新計算50%捕獲粒徑 Re-calculated Particle Cut Size	D ₅₀₋₁	2.326	-	-
45. 切割粒徑判定結果 Cut Size, 2.25μm < D ₅₀ < 2.75μm	-	YES	-	-
46. 等速吸引判定結果 Isokinetic %, Results, 80% < i < 120%	-	YES	-	-
47. Z值 Ratio (Z) between D ₅₀ and D ₉₀₋₁	Z	1.00	-	-

張柏崙
107/9/31

焚化廠採樣紀錄表_夏季

發行日期：96.08.01
表格編號：TAS01.0

固定污染源空氣污染物排放檢測報告書

管制編號：L0056153 檢測專案編號：ET107NAS0046

公私場所名稱：台中市烏日資源回收廠

受測污染源名稱：焚化爐(P002)

檢測目的：固定污染源排放管道PM_{2.5}濃度檢測及份析背景調查

檢測公司名稱：中環科技事業股份有限公司

採樣日期：107 年 07 月 24~26 日

發行日期：96.08.01

表格編號：7A501.0

目 錄

項次	資 料 名 稱	有	無	頁次
一	檢測作業保證書	✓		1
	檢驗測定機構出具之保證書	✓		1
二	檢測結果摘要	✓		2
三	採樣分析記錄	✓		3
	採樣當日污染源與防制設備操作條件登記表	✓		4-19
	現場採樣記錄之資料影本	✓		20
	採樣與分析過程之樣品核對記錄表	✓		
四	附件	檢測當日污染源現場操作紀錄表	✓	21
		佐證照片	✓	
		採樣與分析儀器之校正記錄影本及標準氣體保證書	✓	
		檢測日誌	✓	
		監督檢測紀錄表	✓	
		PM _{2.5} 檢驗結果報告書	✓	
		檢測機構許可証	✓	
		樣品登錄本	✓	
		排放管道說明表	✓	
		固定污染源空氣污染物排放檢測報告書審查表	✓	

發行日期：96.08.01
表格編號：7AS01.0

一、檢測作業保證書

煙道檢測專案編號：ET107NAS0046

管制編號		L	0	0	5	6	1	5	3
------	--	---	---	---	---	---	---	---	---

(一) 茲保證本報告書內容乃是本公私場所負責人及所有相關工作人員於確知固定污染源空氣污染物排放檢測作業相關法令規定下，以誠實無欺之態度及所具最佳專業知能，確實遵照相關規定執行各污染源設備及污染防制設施操作而記載之結果，如有故意不實或缺漏，則除相關人員應負偽造文書之法律責任並接受主管機關規定之行政處分外，本公私場所之污染源設備亦願接受相關污染防制法令適用條款中最嚴厲之處分；但如因相關人員職務上之疏失而造成不實或缺漏，則願接受主管機關依法令及職務所為之行政處分。

此 證

負責人簽章：_____ 職稱：_____ 中華民國 107 年 07 月 24-26 日

污染源設備現場操作主管簽章(含職稱)：_____

污染防制設施現場操作主管簽章(含職稱)：_____

公私場所名稱：_____ (公司章戳記處)

公私場所地址：_____ 電話號碼：_____

(二) 聲明書

(一) 茲保證本報告內容完全依照行政院環境保護署及有關機關之標準方法及品保品管等相關規定，秉持公正、誠實進行採樣、檢測。絕無虛偽不實，如有違反，就政府機關所受損失願負連帶賠償責任之外，並接受主管機關依法令所為之行政處分及刑事處罰。

(二) 吾人瞭解如自身受政府機關委任從事公務，亦屬於刑法上之公務員，並瞭解刑法上圖利罪、公務員登載不實偽造公文書及貪污治罪條例之相關規定，如有違反，亦為刑法及貪污治罪條例之適用對象，願受最嚴厲之法律制裁。

(三) 保證本公司與受測公私場所並無財務投資之關係，且以往及目前均無供應受測公私場所生產製程設備、污染防制設備或連續自動監測系統等關係。如有違反前述事實情事，經主管機關查證屬實時，本報告書內容願接受主管機關判定為無效之處分。

此 證

負責人簽章：曾弘義 職稱：董事長 中華民國 107 年 07 月 24-26 日

污染物現場採樣負責主管簽名蓋章：郭飛鵬 實驗室主管簽名蓋章：曾弘義

檢測機構名稱：中環科技事業股份有限公司 認可證字號：環署環檢字第 020 號

檢測機構地址：高雄市前鎮區新港路 286-8 號 8 樓之一 電話號碼：07-8152248

(公司章戳記處)

頁次 1

報告日期: 88.11.11 報告編號: TA802.1												
檢測專案編號: ET107NA50046												
二、檢測結果摘要												
基	1. 受測公共場所名稱: 台中市馬日里路四號					5. 管制編號: L0650153						
本	2. 地址: 臺中市馬日里區馬日里11鄰豐光					6. 受測污染源(編號): 焚化爐(B002)						
實	3. 檢測用途: 固定污染源排放管理					7. 樣品位置: 排入大氣前之煙道(P002)						
狀	4. 檢測機構名稱: 中環科技事業股份有限公司					8. 連續編號: 21014、21015、21016						
樣	檢測量 (註明單位)			度量 (註明單位)			燃料 (註明單位)					
時	名稱	當日	許可用量	名稱	當日	許可用量	名稱	當日	許可用量			
污	一般廢棄物			灰渣	122.67T/D	2257/D	柴油	0公秉/hr	1.5公秉/hr			
染	一般事業廢棄物	420.08T/D	450.00T/D	廢灰穩定化粉	62.47T/D	88T/D	*	*	*			
保	液態廢棄物			電力	518.24MWH/D	705.6MWH/D	*	*	*			
護	液態廢棄物											
作	A. 燃料名稱: 柴油, 含硫量: 0.1%, 燃料名稱: 柴油, 含硫量: 0.1% 混燒比例: 1:1											
業	主要操作參數(註明單位)											
狀	空氣污防制設施名稱	名稱	當日	許可用量	名稱	許可用量						
時	A002半乾式洗滌塔	入口溫度	241.24℃	240℃	*	*						
污	A002半乾式洗滌塔	出口溫度	155.77℃	200℃	*	*						
染	A002半乾式洗滌塔	液石灰乳噴入量	2.58T/hr	1-7.1937/hr	*	*						
保	A002半乾式洗滌塔	活性碳噴入量	6.78kg/hr	11.63kg/hr	*	*						
護	A004袋濾式集塵器	入口溫度	155.77℃	240℃	*	*						
作	A004袋濾式集塵器	集塵器壓降	217.52mmH ₂ O	300.00mmH ₂ O	1075.49m ³ /min	2446.93m ³ /min						
業	A006氣相吸收塔	氣水噴入量	6.70T/D	6.72-12.9T/D	*	*						
狀	A009吸塵系統				*	*						
時	廢氣性質	氧氣平均濃度: 20.41%, 排氣平均溫度: 149.7℃, 排氣平均流速: 19.33m/s, 濕基排氣量: 1848.77m ³ /min										
污	空氣污防制	排氣組成(N)		O ₂	實測值	校正值	單位	乾基排氣量(Nm ³ /min)	空氣污防制設施效率(kg/hr)	削減率(%)	削減標準	合格
染	檢測方法編號	CO ₂	O ₂	CO	參考標準(N)	校正值	單位	實測值	校正值	削減率(%)	削減標準	合格
保	PM _{2.5}	9.1	9.8	ND<0.1	*	ND (<0.588)	mg/m ³	1538.11	*	0.05	*	*
護	PM _{2.5}	9.3	9.6	ND<0.1	*	ND (<0.566)	mg/m ³	1549.58	*	0.05	*	*
作	PM _{2.5}	9.0	10.0	ND<0.1	*	ND (<0.557)	mg/m ³	1576.69	*	0.05	*	*
業	上述資料經本人親視審查, 確係屬實											
狀	實驗室主任簽章											
時	一、本報樣二件係由中環科技事業股份有限公司負責執行, 指定樣品由中環科技事業股份有限公司分給 二、倘檢測機構檢測能力尚未經環保署認可者, 於填報「空氣污防制/檢測方法編號」時, 應以“*”記號加註 三、本報告登載數值之修整原則依環保署環境檢驗所「檢測報告修訂表示規定」辦理											
污	環保單位審核者簽章											
染	頁次 2											

				中環科技事業股份有限公司 排放管道主進氣管口錄表			
管制編號: L0050153 確認日期: 107.9.24 確認前皮托管測漏完成時間: 107.9.24				排放管道編號: P04-4-1032 採樣人: 陳智豪 (純壓至 $\geq 76\text{mmHg}$, 維持15秒穩定不變)			
參參考點 a_2 (°) 測定點編號				皮托管的開口面與管道方向-氣流平行時的角(度) $\Delta P=0$ 與 a_2 -之偏轉角 a_0 (°)			
測定點編號				$\Delta P=0$ 與 a_2 -之偏轉角 a_0 (°)			
1		14		13			
2		13		14			
3		15		15			
4		12		16			
5		10		17			
6		14		18			
7		16		19			
8		10		20			
9		16		21			
10		12		22			
11		14		23			
12		10		24			
平均偏轉角 a (°)				15			
穩流判定, 平均偏轉角 $a \leq 20$				☒ 是 ☐ 否			
驗算人員: 陳智豪				頁次 4			

製造檢驗專案編號: E1109203 0046

修訂日期: 105.09.26
表格編號: 3AS15.4

煙道檢測專案編號: ET107A850046

三、採樣分析記錄-現場採樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

表一、煙道排氣成份檢測記錄表

管線編號		L 0 0 5 6 1 5 3				排放管線編號		P 0 0 2		
(一) 基本		1. 公私場所名稱: 台中亞細亞火油公司				2. 採樣日期: 107 年 7 月 24 日				
資料		3. 採樣人簽名: 葉國榮		4. 記錄人簽名: 葉國榮		5. 分析人簽名: 葉國榮		6. 檢驗人簽名: 葉國榮		
(二) 排氣含水量稱重記錄	標準砝碼重: 2000.0g		天平測定重: (2000g±0.50g)		g					
	瓶號	測定前重 ml (g)	測定後重 ml (g)	ml (g)						
	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									
(三) 排氣成分分析	1. 排氣含水量: 4		2. 平均靜壓: 4		mmHg		3. 平均排氣溫度: 4		°C	
	4. 採樣分析次		1) 1204~1209		2) 1304~1309		3) 1508~1513		4) 1608~1513	
	5. 各氣體體積積數 (L, 小數點後一位)		實際		淨值		實際		淨值	
	CO ₂ (ml)		9.1		9.1		9.1		9.1	
	O ₂ (ml)		18.9		18.9		18.9		18.9	
	CO (ml)		18.9		18.9		18.9		18.9	
	N ₂ (ml)		100.0		100.0		100.0		100.0	
	7. O ₂ 實測平均		第 1 - 2 次 9.8 %		第 1 - 4 次 9.8 %					
	8. 乾基排氣分子量 M _d		29.64		g/g-mole					
	9. 濕基排氣分子量 M _w		4		g/g-mole					
備註: 1. 分析氣體體積均為 100ml										
2. O ₂ 淨值為實際 O ₂ 積數減 CO ₂ 積數, CO 淨值為實際 CO 積數減 O ₂ 積數, N ₂ 淨值為 100 減實際 CO 積數。										
3. M _d = 0.44(% CO ₂) + 0.32(% O ₂) + 0.28(% N ₂ + CO)。										
驗算人員簽名: 葉國榮		頁次		5						

煙道檢測專案編號: ET109/NBS0046

三、採樣分析記錄—現場採樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

檢測日期：107.07.24

表一、煙道排氣中四戴奧辛五重金屬檢測記錄表(續一)

管制編號		L	O	O	S	G	I	S	3	排放管連編號		P	D	O	Z
1. 測定孔處之直徑尺寸—內徑:		1830	mm (長)		4	mm、寬:		4	mm)、面積:		2.62				
2. 測定孔距之上游擾流區之距離:		>1500	mm		3. 測定孔距廢氣下游擾流區之距離:		6505		mm						
4. 測定孔凸緣高:		150	mm		5. 皮托管係數 C:		0.84		6. 大氣壓力 Pa:		752.8				
7. 測定孔數:		2	個		8. 預估吸氣開口徑:		4		9. 吸氣開口徑:		8				
10. ΔHg:		46.41	mmH ₂ O		11. 皮托管編號:		AS-P8		12. 抽氣流速:		15.59 m/sec				
13.	14.	15.	16.	17.	18.										
測定點	伸入位置	記錄時間	速度壓力(ΔP)	排氣溫度(TS)	靜壓力(Pstatic)										
編號	(mm)	(24hr)	直接讀值 (mmH ₂ O)	直接讀值 (°C)	(mmHg)										
1	231	11:10 11:32	18.4	148.6	-4.58										
2	417		19.4	149.4	-4.89										
2	692		20.2	149.8	-4.65										
4	1428		20.4	150.2	-4.99										
5	1713		19.8	150.7	-4.99										
6	1899		19.0	150.3	-4.21										
7	231		17.6	149.1	-4.42										
8	417		20.2	150.4	-5.65										
9	692		19.8	151.7	-5.17										
10	1428		20.8	150.8	-5.28										
11	1713		20.4	150.2	-5.99										
12	1899		19.2	149.9	-4.65										
平均			19.6	150.2	-4.88										
19. 全壓管測漏時壓力:		76	mmHg		20. 靜壓管測漏時壓力:	76	mmHg								
21. 測漏時間:		1105~1108	22. 皮托管測漏結果:		☒ 是 ☐ 否	符合標準		23. Pa:	752.44	mmHg					
驗算人員簽名:				陳國華		頁次		6							

標識檢測專案編號: E767 086086

中環科技事業股份有限公司
排放管道中懸浮微粒碳同位素採樣高純度紀錄表

一、假設雷諾數 N_{Re}			
估計 Q_g (acfm)	0.5966	預探 P_{gs}	0.19
預探 T_g (R)	962.03	預探 P_g (inHg)	29.62
二、計算最佳採樣速率 Q_g (acfm)			
C	1.081	$N_{Re} < 3162$ 時 Q_{IV} (acfm)	0.5611
$N_{Re} < 3162$ 時 D_{min}	9.8869	$N_{Re} \geq 3162$ 時 D_{min}	0.5 > 0.6
三、確認假設雷諾數 N_{Re}			
確認 N_{Re}	2593.1		
四、計算小孔壓降 ΔH (inHg/mmHg)			
T_g (°C)	35.3	T_g (R)	595.3
P_{bar} (hpa)	1013.25	M_g (lb/lb mole)	29.3
五、選擇採樣吸嘴 D (in)			
A (in ²)	4076.85	A^* (in ²)	8.722
CP (組合)	0.84	V_g (ft/sec)	60.87
A_g (ft ²)	0.0013073	V_n (ft/sec)	70.456
V_{min} (ft/sec)	51.51	V_{max} (ft/sec)	87.795
ΔP_{min} (mmHg)	14.01	ΔP_{max} (mmHg)	40.9
		O_2 wet	8.343
		μ (micropoise)	17.0877
		$N_{Re} \geq 3162$ 時 Q_{IV} (acfm)	0.4929
		D_{50} or D_{50T}	9.8869
		最佳 Q_g (acfm)	0.5611
		(M_s/M_g) (lb/lb mole)	29.57
		假設 N_{Re}	2421
		ΔH_g (inHg)	1.827
		ΔH (mmHg)	8.76
		CP (未結合)	0.84
		D (in)	0.156
		R_{max}	1.2461
		總採樣時間 (min)	300

驗算人員: 

頁次 7

煙道檢測專案編號: 5710101050046

中環科技事業股份有限公司
排放管道主體檢測記錄表

記錄人: 呂柏宏

採樣日期: 107.7.24

排放管道編號: P002

管制編號: L0056153

現場測定數據紀錄														
測點編號	真空度 inHg	流量計讀值		流量計氣體		溫度 Ts	管 傳輸管	管 凝 管	靜壓量測-速度壓 ΔP		靜壓量測-全壓 Pt		靜壓量測-靜壓 Pstatic	
		開始	結束	入口 Ti	出口 To				樣品 T _L	排氣 ΔP	小孔 ΔH	等速 吸引 I	排氣 流速 Vs	累計 抽引 時間
		m ³	m ³	°C	°C	°C	°C	°C	°C	mmHg	mmHg	%	m/sec	min
1	0.0	3069.9120	3068.1248	32.3	32.3	149.7	178.3	124.3	191.6	8.8	8.8	102.99	18.51	25
2	0.0	3068.1248	3068.3432	32.9	32.9	150.3	176.3	124.6	22.8	8.8	8.8	104.31	15.4	25
3	0.0	3068.3432	3068.5716	33.5	33.5	150.9	176.3	123.2	22.0	8.8	8.8	104.09	17.69	26
4	0.0	3068.5716	3068.7994	33.9	33.9	150.2	176.4	123.5	21.8	8.8	8.8	101.64	19.57	26
5	0.0	3068.7994	3069.0158	34.2	34.2	149.4	177.0	124.2	21.2	8.8	8.8	103.71	19.71	26
6	0.5	3069.0158	3069.2322	34.7	34.7	149.8	177.5	124.6	20.4	8.8	8.8	107.09	18.94	25
7	1.0	3069.2322	3069.4486	35.1	35.1	150.2	176.8	125.3	19.4	8.8	8.8	106.63	18.48	24
8	1.2	3069.4486	3069.6650	35.4	35.4	150.4	176.5	124.4	22.2	8.8	8.8	101.44	19.68	26
9	1.5	3069.6650	3069.8814	35.7	35.7	150.4	176.3	123.6	21.8	8.8	8.8	102.19	17.59	26
10	1.5	3069.8814	3070.0978	36.2	36.2	150.1	176.6	124.6	21.6	8.8	8.8	102.03	19.50	26
11	2.2	3070.0978	3070.3142	36.5	36.5	150.2	176.7	124.6	21.4	8.8	8.8	101.68	17.41	26
12	2.5	3070.3142	3070.5306	37.9	37.9	150.9	177.6	127.6	20.6	8.8	8.8	103.75	17.05	25

驗算人員: 張育

頁次 8

煙道檢測專案編號: ET(09/18)0046

中環科技專業股份有限公司
 採樣分析紀錄-現場採樣紀錄與檢驗分析結果之原始資料
 煙道排氣中PM_{2.5}檢測紀錄表(採樣結果)

管制編號: L0056152
 採樣日期: 107.9.24
 煙道管口編號: 802
 記錄人: 張俊

1、Run Number	1(預採)	2	3	4	5	6
2、樣品(濾紙)編號	<u>105100046-1</u>					
3、濾紙代碼	<u>21914</u>					
4、總採樣時間(min)	<u>31.17</u>					
5、採氣體積Vm(acm)	<u>2.6466</u>					
6、流量計絕對壓力Pm(inHg)	<u>29.66</u>					
7、標準狀況採氣體積Vms(dscf)	<u>90.1275</u>					
8、水氣標準狀況體積Vms(dscf)	<u>22.4675</u>					
9、排氣含水率(Bws)	<u>0.0067</u>					
10、排氣溫度下之飽和蒸氣壓PV	<u>15.034</u>					
11、理論含水率(Bws)	<u>4</u>					
12、排氣絕對壓力Ps(inHg)	<u>29.60</u>					
13、濕分子量Ws(lb/lb-mole)	<u>27.39</u>					
14、排氣流速Vs(ft/sec)	<u>62.14</u>					
15、等速吸引百分率(1%)	<u>103.72</u>					
16、乾基排氣流量Qsd(dscm/min)	<u>1528.11</u>					
17、濕基排氣流量Qsw(scmm/min)	<u>198.88</u>					

皮托管測漏

採樣前皮托管測漏完成時間: 1143u1144 (施壓至 $\geq 76\text{mmHg}_0$, 維持15秒穩定不變)

採樣後皮托管測漏完成時間: 1179u1171 (施壓至 $\geq 76\text{mmHg}_0$, 維持15秒穩定不變)

主機測漏

採樣前測漏
 系統壓力是否加壓至15inHg以上: ☒是 ☐否
 滲漏率小於0.00057m³/min: ☒是 ☐否
 測漏是否成功: ☒是 ☐否--測漏時間: 1136u1141

採樣後測漏
 系統壓力是否加壓至15inHg以上或大於等於採樣期間的真空壓力值: ☒是 ☐否
 滲漏率小於0.00057m³/min或平均採樣速率的4%(以較小的為準): ☒是 ☐否
 測漏是否成功: ☒是 ☐否--測漏時間: 1171u11715

流量計檢查

設定檢查流量: 0.07 m³/min
 溫度: 21.5 °C
 參考流量計序號: 8755000245
 參考流量計起始值(m³): 584702.4
 參考流量計結束值(m³): 585003.2
 參考流量計總體積值(m³): 300.8
 誤差: 0.99 %

檢查時間: 15 min
 PM_{2.5}主機序號: 014585
 PM_{2.5}主機起始值(m³): 307065.6
 PM_{2.5}主機結束值(m³): 307099.4
 PM_{2.5}主機總體積值(m³): 302.8

驗算人員: 張俊

頁 次 9



煙道檢測專案編號: E71071030046

中環科技股份有限公司
排放管道中環科技採樣儀器計算紀錄表

管制編號: L0056153

採樣日期: 107.7.24

排放管道編號: P002

記錄人: 吳柏緯

數據計算						
1. Run Number	1(預採)	2	3	4	5	6
2. 乾基氣體採樣速率 $Q_{AST}(dscfm)$	0.2896					
3. 採樣速率 $Q_s(acfm)$	0.5724					
4. 實際雷諾數 N_{RE}	2443					
5. PM_{10} 實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$	8					
6. 初估克寧罕校正係數C	1.0976					
7. 初估 $PM_{2.5}$ 實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$	24205					
第一次重算 $PM_{2.5}$ 實際截取粒徑 D_{50}						
1. 重建克寧罕校正係數Cr	1.0907					
2. 重新建立 D_{50-1}	2.4262					
3. D_{50} 和 D_{50-1} 的比值Z	1.0027					
4. 是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$	是					
第二次重算 $PM_{2.5}$ 實際截取粒徑 D_{50}						
1. 重建克寧罕校正係數Cr						
2. 重新建立 D_{50-2}						
3. D_{50-1} 和 D_{50-2} 的比值Z						
4. 是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						
第三次重算 $PM_{2.5}$ 實際截取粒徑 D_{50}						
1. 重建克寧罕校正係數Cr						
2. 重新建立 D_{50-3}						
3. D_{50-2} 和 D_{50-3} 的比值Z						
4. 是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						
第四次重算 $PM_{2.5}$ 實際截取粒徑 D_{50}						
1. 重建克寧罕校正係數Cr						
2. 重新建立 D_{50-4}						
3. D_{50-3} 和 D_{50-4} 的比值Z						
4. 是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						

驗算人員:

吳柏緯

頁次 10

修訂日期: 105.09.26

表格編號: 3-AS15.4

煙道檢測專案編號: ET107/KBS-0-46

三、採樣分析記錄-現場採樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

表一、煙道排氣成份檢測記錄表

管制編號		20056153		排氣管編號		P002	
(一) 基本		1. 公稱場所名稱: 台中高口資源回收廠		2. 採樣日期: 107年7月25日			
資料		3. 採樣人簽名: [簽名]		4. 記錄人簽名: [簽名]		5. 分析人簽名: [簽名]	
(二) 排氣含水量		標準砝碼重: 2000.0g		天平稱量值: (2000±0.50g) / 100±10g			
重量 記錄		瓶號	測定前重 ml (g)	測定後重 ml (g)	ml-g (g)		
		1	540.86	993.73	452.87		
		2	631.44	676.51	45.07		
		3	646.02	661.80	15.78		
		4	822.33	842.83	20.50		
		5					
		6					
		7					
(三) 1. 排氣含水量 %:		96.2 平均排氣溫度:		96.2 平均排氣溫度:			
4. 採樣分析次		1 1056~1102		2 1105~1107		3 1150~1153	
5. 各氣體體積		1111~1120		1132~1149		1524~1542	
6. 各氣體體積		1111~1120		1132~1149		1524~1542	
7. O ₂ 淨值		第 1 - 2 次 9.7 %		第 1 - 4 次 9.6 %			
8. 乾基排氣分子量		29.87		g/g-mole			
9. 濕基排氣分子量		30.00		g/g-mole			
備註:		1. 分析氣體體積均為 100ml. 2. O ₂ 淨值為實際 O ₂ 值減 CO ₂ 值、CO 淨值為實際 CO 值減實際 O ₂ 值、N ₂ 淨值為 N ₂ 減實際 CO 值。 3. Mol = 0.44(C% CO ₂) + 0.32(O ₂) + 0.28(N ₂ - CO)。					
驗算人員簽名:		[簽名]		頁次		11	

煙道檢測專案編號: ETT1071850-046



中環科技事業股份有限公司

排放管道中PM₁₀檢測表

記錄人: 王柏宏

採樣日期: 107.7.25

管制編號: L0056157

排放管道編號: P002

現場測定數據紀錄

測點編號	真空度 inHg	流量計讀值		流量計氣體		濾紙	採樣管	排氣溫度 Ts	冷卻管 Aux	樣品傳輸管 T _L	排氣動壓 ΔP	小孔壓差 ΔH	等速吸引 I	排氣流速 Vs	累計抽引體積 m ³	累計抽引時間	
		開始	結束	入口 Ti	出口 To											min	sec
		m ³	m ³	°C	°C			°C	°C	°C	mmHg	mmHg	%	m/sec	m ³		
1	0.0	3071.0604	3071.2706	32.1	32.2	18.5	134.3	150.3		121.5	19.2	8.8	114.72	18.45	0.2084	23	51
2	0.0	3071.2706	3071.4808	32.4	32.2	14.3	135.3	150.3		126.4	20.4	8.8	112.71	19.02	0.2180	24	36
3	0.0	3071.4808	3071.6910	32.7	32.5	12.4	136.6	150.3		127.4	21.6	8.8	110.49	19.57	0.2274	25	18
4	0.0	3071.6910	3071.9012	33.2	32.8	14.3	136.6	150.7		127.4	21.2	8.8	110.94	19.40	0.2370	25	4
5	0.5	3071.9012	3072.1114	33.5	32.2	14.7	136.6	151.2		124.5	20.8	8.8	110.98	19.23	0.2474	24	50
6	0.5	3072.1114	3072.3216	34.6	32.2	15.7	136.6	151.2		126.7	20.6	8.8	110.87	19.13	0.2578	24	43
7	0.5	3072.3216	3072.5318	34.2	32.6	15.4	136.6	150.8		126.8	19.2	8.8	114.52	18.46	0.2682	23	51
8	1.0	3072.5318	3072.7420	34.5	32.1	16.7	136.6	150.3		128.6	20.8	8.8	110.95	19.21	0.2786	24	50
9	1.0	3072.7420	3072.9522	34.4	32.6	15.4	136.6	150.7		121.5	22.6	8.8	104.70	20.03	0.2890	25	53
10	1.0	3072.9522	3073.1624	34.8	32.7	16.7	136.6	150.8		124.5	21.8	8.8	109.90	19.67	0.2994	25	25
11	1.5	3073.1624	3073.3726	34.6	32.4	17.4	136.6	151.2		125.3	21.4	8.8	108.12	19.40	0.3098	25	11
12	1.5	3073.3726	3073.5828	34.8	32.1	17.5	136.6	151.8		125.2	21.0	8.8	109.53	19.33	0.3202	24	57

驗算人員

頁次 12

煙道檢測專案編號: ET107LAB0046

中環科技專業股份有限公司

採樣分析紀錄-現場採樣紀錄與檢驗分析結果之原始資料

煙道排氣中PM_{2.5}檢測紀錄表(採樣結果)

管制編號: 20090153

採樣日期: 107.7.27

放管道編號: P002

記錄人: 呂和祥

最終採樣結果

1、Run Number	1(預採)	2	3	4	5	6
2、樣品(濾紙)編號		1165107046-2				
3、濾紙代碼		21915				
4、總採樣時間(min)		28.51				
5、採氣體積Vm(acn)		2.6342				
6、流量計絕對壓力Pn(inHg)		29.63				
7、標準狀況採氣體積Vms(dscf)		89.3029				
8、水氣標準狀況體積Vms(dscf)		23.085				
9、排氣含水率(Bws)		0.2043				
10、排氣溫度下之飽和蒸汽壓PV		3				
11、理論含水率(Bws)		29.60				
12、排氣絕對壓力Ps(inHg)		29.44				
13、濕分子量Ws(lb/lb-mole)		63.16				
14、排氣流速Vs(ft/sec)		110.24				
15、等速吸引百分率(I%)		1580.58				
16、乾基排氣流量Qsd(dscm/min)		1976.13				
17、濕基排氣流量Qsw(scmm/min)						

皮托管測漏

採樣前皮托管測漏完成時間: 107.7.27 1040 (施壓至 $\geq 76\text{mmHg}_0$, 維持15秒穩定不變)採樣前皮托管測漏完成時間: 107.7.27 1620 (施壓至 $\geq 76\text{mmHg}_0$, 維持15秒穩定不變)

主機測漏

採樣前測漏

系統壓力是否加壓至15inHg以上: ☒是 ☐否滲漏率小於0.00057m³/min: ☒是 ☐否測漏是否成功: ☒是 ☐否--測漏時間: 1030~1033

採樣後測漏

系統壓力是否加壓至15inHg以上或大於等於採樣期間的真空壓力值: ☒是 ☐否滲漏率小於0.00057m³/min或平均採樣速率的4%(以較小的為準): ☒是 ☐否測漏是否成功: ☒是 ☐否--測漏時間: 1614~1616

流量計檢查

設定檢查流量: 0.02 m³/min

檢查時間: 15 min

溫度: 30.7 °C

參考流量計序號: 000345

PM_{2.5}主機序號: 014585參考流量計起始值(m³): 58521.6PM_{2.5}主機起始值(m³): 3073.732.8參考流量計結束值(m³): 58522.6PM_{2.5}主機結束值(m³): 3074.059.8參考流量計總體積值(m³): 101.0PM_{2.5}主機總體積值(m³): 305.0

誤差: 1.71 %

驗算人員:

陸苗

頁次 13

煙道檢測專案編號: ET107/185 0046

中環科技事業股份有限公司
排放管道中PM_{2.5}採樣後計算紀錄表

管制編號: 2005 b153

採樣日期: 109.7.25

排放管道編號: D002

記錄人: 3RD5 鮑口

數據計算						
1、Run Number	1(預採)	2	3	4	5	6
2、純基氣體採樣速率 $Q_{ST}(dscfm)$		0.3012				
3、採樣速率 $Q_s(acfm)$		0.5961				
4、實際雷諾數 N_{Re}		1517.8				
5、PM ₁₀ 實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$		8				
6、初估克寧罕校正係數C		1.0977				
7、初估PM _{2.5} 實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$		2.7126				
第一次重算PM _{2.5} 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧罕校正係數Cr		1.0951				
2、重新建立 D_{50-1}		2.343				
3、 D_{50} 和 D_{50-1} 的比值Z		1.0912				
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$		是				
第二次重算PM _{2.5} 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧罕校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-2}						
3、 D_{50-1} 和 D_{50-2} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						
第三次重算PM _{2.5} 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧罕校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-3}						
3、 D_{50-2} 和 D_{50-3} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						
第四次重算PM _{2.5} 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧罕校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-4}						
3、 D_{50-3} 和 D_{50-4} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						

驗算人員: 鮑口

頁次 14

修訂日期: 105.09.26

表格編號: 3AS15.4

煙道檢測專案編號: ET1021ASD046

三、採樣分析記錄-現場採樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

表一、煙道排氣成份檢測記錄表

管制編號		20056193		排氣管編號		P002	
(一) 基本		1. 公私場所名稱: 台中神農自資源回收廠		2. 採樣日期: 107年7月26日			
資料		3. 採樣人簽名: 葉國		4. 記錄人簽名: 葉國		5. 分析人簽名: 葉國	
(二) 排氣		標準砝碼: 2000.0g		天平測定值: (2000g砝碼): 1000.0g		6. 數據確認人簽名: 葉國	
含		瓶號		測定前重m1(g)		測定後重m2(g)	
水		1		541.07		983.93	
量		2		631.68		662.54	
稱		3		646.63		670.29	
重		4		824.83		852.54	
記		5					
錄		6					
		7					
(三) 1. 排氣含水量: 8		2. 平均靜壓Pa: 8		3. 平均靜壓溫度Pa: 8			
排		4. 採樣分析次		5. 各氣體體積		6. 1	
氣		序與時間		讀數		淨值	
組		1 1307~1338		1343~1402		1719~1735	
成		CO ₂ (ml)		8.8		8.8	
乾		O ₂ (ml)		18.9		10.1	
分		CO (ml)		19.9		0.0	
子		N ₂ (ml)		100.0		81.1	
測		7. O ₂ 實測平		第1-2次 10.1%		第1-4次 10.0%	
定		8. 乾基排氣分子量M ₁ :		29.84		g/g-mole	
記		9. 濕基排氣分子量M ₂ :		8		g/g-mole	
錄		備註: 1. 分析氣體體積均為100ml。 2. O ₂ 淨值為實際O ₂ 讀數減CO ₂ 讀數, CO淨值為實際CO讀數減實際O ₂ 讀數, N ₂ 淨值為100減實際CO讀數。 3. M ₁ = 0.44(% CO ₂) + 0.32(% O ₂) + 0.28(% N ₂ 或 CO)。					
		驗算人員簽章: 葉國		頁次		15	

煙道抽測專案編號: E1107/08/0446

中環科技事業股份有限公司

排放管速測PM_{10.5}檢測紀錄表

管制編號: 10056153

排放管道編號: Y002

採樣日期: 10.9.26

記錄人: 王柏鈞

現場測定數據紀錄

測點編號	真空度 inHg	流量計讀值		流量計氣體		濾紙 周圍	採樣 管	靜壓量測-速度壓 ΔP		靜壓量測-全壓 P_t		靜壓 P_{static}		累計 抽引 時間	
		開始	結束	入口	出口			管口	管口	管口	管口	管口	管口		
		m ³	m ³	Ti °C	To °C			管口	管口	管口	管口	管口	管口	min	sec
1	0.0	3074.1422	3074.3550	32.4	30.6	17.5	12.6	146.5	11.4	8.8	114.6	6.52	0.2158	24	8
2	0.0	3074.3550	3074.5726	32.7	31.2	18.2	12.7	147.3	11.4	8.8	114.6	6.52	0.2158	24	8
3	0.0	3074.5726	3074.8032	33.2	31.4	18.8	12.8	148.9	11.4	8.8	114.6	6.52	0.2158	24	8
4	0.0	3074.8032	3075.0316	33.4	32.2	18.9	12.9	149.8	11.4	8.8	114.6	6.52	0.2158	24	8
5	0.0	3075.0316	3075.2652	34.6	32.5	19.3	13.0	148.3	11.4	8.8	114.6	6.52	0.2158	24	8
6	0.0	3075.2652	3075.4956	34.7	31.4	19.5	13.0	148.3	11.4	8.8	114.6	6.52	0.2158	24	8
7	0.0	3075.4956	3075.6896	35.2	34.1	18.6	13.1	148.3	11.4	8.8	114.6	6.52	0.2158	24	8
8	0.5	3075.6896	3075.9162	35.4	34.6	14.3	13.1	148.3	11.4	8.8	114.6	6.52	0.2158	24	8
9	0.5	3075.9162	3076.1426	35.7	35.2	14.7	13.1	148.3	11.4	8.8	114.6	6.52	0.2158	24	8
10	1.0	3076.1426	3076.3746	36.2	35.5	16.2	13.1	148.3	11.4	8.8	114.6	6.52	0.2158	24	8
11	1.0	3076.3746	3076.6066	36.6	35.8	16.6	13.1	148.3	11.4	8.8	114.6	6.52	0.2158	24	8
12	1.0	3076.6066	3076.8352	36.8	36.4	17.5	13.1	148.3	11.4	8.8	114.6	6.52	0.2158	24	8

驗算人員

頁次 16

煙道檢測專案編號: ET1074830046

中環科技事業股份有限公司

採樣分析紀錄-現場採樣紀錄與檢驗分析結果之原始資料
煙道排氣中PM_{2.5}檢測紀錄表(採樣結果)

管制編號: 10056157 排放管道編號: P002
採樣日期: 107.7.26 記錄人: 張鈞 張鈞

最終採樣結果						
1-Run Number	1(預採)	2	3	4	5	6
2-樣品(濾紙)編號			<u>M3070046-3</u>			
3-濾紙代碼			<u>21716</u>			
4-總採樣時間(min)			<u>305.5</u>			
5-採氣體積Vm(acm)			<u>2.6930</u>			
6-流量計絕對壓力Pm(inHg)			<u>29.66</u>			
7-標準狀況採氣體積Vms(dscf)			<u>91.8796</u>			
8-水氣標準狀況體積Vms(dscf)			<u>22.6941</u>			
9-排氣含水率(Bws)			<u>0.2014</u>			
10-排氣溫度下之飽和蒸汽壓PV			<u>X</u>			
11-理論含水率(Bws)			<u>X</u>			
12-排氣絕對壓力Ps(inHg)			<u>29.60</u>			
13-濕分子量Ms(lb/lb-mole)			<u>29.42</u>			
14-排氣流速Vs(ft/sec)			<u>62.78</u>			
15-等速吸引百分率(1%)			<u>107.78</u>			
16-乾基排氣流量Qsd(dscm/min)			<u>1586.69</u>			
17-濕基排氣流量Qsw(scmm/min)			<u>1974.32</u>			

皮托管測漏

採樣前皮托管測漏完成時間: 1251 1757 (施壓至 $\geq 76\text{mmHg}_0$, 維持15秒穩定不變)

採樣後皮托管測漏完成時間: 1830 11632 (施壓至 $\geq 76\text{mmHg}_0$, 維持15秒穩定不變)

主機測漏

採樣前測漏
系統壓力是否加壓至15inHg以上: ☒是 ☐否
滲漏率小於0.00057m³/min: ☒是 ☐否
測漏是否成功: ☒是 ☐否--測漏時間: 1246 11248

採樣後測漏
系統壓力是否加壓至15inHg以上或大於等於採樣期間的真空壓力值: ☒是 ☐否
滲漏率小於0.00057m³/min或平均採樣速率的4%(以較小的為準): ☒是 ☐否
測漏是否成功: ☒是 ☐否--測漏時間: 1826 1828

設定檢查流量: <u>0.22</u> m³/min 溫度: <u>30.5</u> °C 參考流量計序號: <u>0000345</u> 參考流量計起始值(m³): <u>585.7454</u> 參考流量計結束值(m³): <u>585.648.2</u> 參考流量計總體積值(m³): <u>302.8</u> 誤差: <u>0.33</u> %	流量計檢查 檢查時間: <u>15</u> min PM_{2.5}主機序號: <u>014585</u> PM_{2.5}主機起始值(m³): <u>3076.913.6</u> PM_{2.5}主機結束值(m³): <u>3077.2724</u> PM_{2.5}主機總體積值(m³): <u>303.8</u>
---	--

驗算人員: 張鈞 張鈞

頁次 17

煙道檢測專案編號: BT07/MS 0046

中環科學園股份有限公司
排放管道 煙道檢測計算紀錄表

管制編號: L0056159

採樣日期: 10/7/20

排放管道編號: P002

記錄人: 潘加

數據計算

1、Run Number	1(預採)	2	3	4	5	6
2、乾基氣體採樣速率 $Q_{ST}(dscfm)$			0.3008			
3、採樣速率 $Q_s(acfm)$			0.3914			
4、實際雷諾數 N_{RE}			2548.4			
5、 PM_{10} 實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						
6、初估克寧罕校正係數C			1.0969			
7、初估 $PM_{2.5}$ 實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$			2.3098			
第一次重算 $PM_{2.5}$ 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧罕校正係數Cr			1.0944			
2、重新建立 D_{50-1}			2.3124			
3、 D_{50} 和 D_{50-1} 的比值Z			1.0011			
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$			是			
第二次重算 $PM_{2.5}$ 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧罕校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-2}						
3、 D_{50-1} 和 D_{50-2} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						
第三次重算 $PM_{2.5}$ 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧罕校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-3}						
3、 D_{50-2} 和 D_{50-3} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						
第四次重算 $PM_{2.5}$ 實際截取粒徑 D_{50}						
1、重建克寧罕校正係數Cr						
2、重新建立 D_{50-4}						
3、 D_{50-3} 和 D_{50-4} 的比值Z						
4、是否為實際截取粒徑 $D_{50}(\mu m)$						

驗算人員:

潘加

頁次 18

修訂日期: 105.09.26
表格編號: SAS15.4

煙道檢測專案編號: ET1091830046

三、採樣分析記錄-現場採樣記錄與檢驗分析結果之原始資料

表一、煙道排氣成份檢測記錄表

管制編號		20056153				排放管線編號		P002			
(一) 基本		1. 公私場所名稱: 台中市烏日資源回收廠				2. 採樣日期: 107 年 7 月 26 日					
資料		3. 檢驗人員姓名: 葉國祥		4. 記錄人員姓名: 呂和祥		5. 分析人員姓名: 郭振芳		6. 數據確認人員姓名: 郭振芳			
(二) 排氣含水量稱重記錄	標準砝碼量: 2000.0g		天平測定值 (2000g ± 0.001g): 1002.50g								
	瓶號	測定前重 m1 (g)	測定後重 m2 (g)	m2-m1 (g)							
	1	541.22	930.65	439.43							
	2	632.05	660.74	28.69							
	3	646.98	671.25	24.27							
	4	815.43	848.65	33.22							
	5										
	6										
	7										
	(三) 1. 排氣含水量 W: 9% 2. 平均靜壓 Ps: mmHg 3. 平均排氣溫度 θs: °C										
排氣組成份分析	4. 採樣分析次	1)	2)	3)	4)	5)	6)				
	5. 各氣體體積 (L) (扣除水一值)	實際	淨值	實際	淨值	實際	淨值	實際	淨值	實際	淨值
	CO ₂ (ml)										
	O ₂ (ml)										
	CO (ml)										
	N ₂ (ml)										
	7. O ₂ 實測平	第 一 次 % 第 二 次 %									
	8. 乾基排氣分子量 M _d :	g/g-mole									
	9. 濕基排氣分子量 M _w :	g/g-mole									
	備註:	1. 分析氣體體積 V ₀ 均為 100ml. 2. O ₂ 淨值為實際 O ₂ 體積減 CO ₂ 體積、CO 淨值為實際 CO 體積減實際 O ₂ 體積、N ₂ 淨值為 V ₀ 減實際 CO 體積。 3. M _d = 0.44(%) CO ₂ + 0.32(%) O ₂ + 0.28(%) N ₂ + CO。									
驗算人員簽章:		葉國祥		呂和祥		郭振芳		頁次		19	

發行日期：86.08.01
表格編號：7AS26.0

檢測專案編號：ET107NAS0046

三、採樣分析記錄-採樣與分析過程之樣品核對記錄表

管制編號		L	0	0	5	6	1	5	3	排放管道或周界編號		P	0	0	2							
(一)樣品採樣日期：107年 07月 24-26日										(二)樣品接收人簽章：吳安賢												
(三)樣品接收日期：107年 07月 27日										(四)樣品保管人簽章：廖慶華												
(五) 採樣現場 樣品編號	(六) 樣品回收 時間	(七) 體積或 外觀	(八) 樣品 形式	(九) 樣品保存方式 或添加藥劑別	(十) 檢驗分 析項目	(十一) 採樣人 簽章	(十二) 實驗室 樣品編號	(十三) 分析 日期	(十四) 分析人 簽章													
現場空白： 濾紙空白：	107、07、24	培養皿	培養皿、溶劑	4℃	PM _{2.5}	曾建榮 廖慶華	NASI070946-FB	107 07-08 30-02	廖慶華													
現場空白： 丙酮空白：	1002-1021	棕色玻璃瓶 250ml																				
樣品1： 1號回收瓶	107、07、24	培養皿																				
樣品1： 2號回收瓶	1702-1802	棕色玻璃瓶 250ml																				
樣品2： 1號回收瓶	107、07、25	培養皿																				
樣品2： 2號回收瓶	1602-1702	棕色玻璃瓶 250ml																				
樣品3： 1號回收瓶	107、07、26	培養皿																				
樣品3： 2號回收瓶	1815-1915	棕色玻璃瓶 250ml																				
										頁次	20											

