

# 109年度細懸浮微粒碳與鉛同位素分析 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：109年1月9日至109年12月31日

計畫主持人：周崇光

協同主持人：李崇德、榮建誠

行政院環境保護署 編印

中華民國 109 年 12 月



# 109年度細懸浮微粒碳與鉛同位素分析 技術之發展與應用研究計畫

委託單位：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

執行期間：109年1月至109年12月

計畫經費：NT\$3,222,000

計畫執行人員：周崇光、李崇德、蔡建誠、黃譯  
檜、張雋緯、陳美君

中華民國 109 年 12 月



「109年度細懸浮微粒碳與鉛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		
參與計畫人員姓名	周崇光、李崇德、榮建誠、黃譯檣、張雋緯、 陳美君		
年 度	109	計畫編號	
研究性質	<input type="checkbox"/> 基礎研究 <input checked="" type="checkbox"/> 應用研究 <input type="checkbox"/> 技術發展		
研究領域	環境科學		
計畫屬性	<input checked="" type="checkbox"/> 科技類 <input type="checkbox"/> 非科技類		
全程期間	109年1月~109年12月		
本期期間	109年1月~109年12月		
本期經費	_____億 3222 _____千元		
	資本支出		經常支出
	土地建築_____千元	人事費_1019_千元	
	儀器設備_____千元	業務費_1449.4_千元	
	其 他_____千元	材料費_____千元	
		其 他_753.6_千元	
摘要關鍵詞（中英文各三則）			
同位素 (Isotope)			
細懸浮微粒 (PM <sub>2.5</sub> )			
空氣污染辨識 (Air Pollution Forensics)			



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：

109年度細懸浮微粒碳與鉛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 isotopic analysis technology to carbon and lead  
in fine particulate matters

三、計畫編號：

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、榮建誠

六、執行開始時間：

109/1/9

七、執行結束時間：

109/12/31

八、報告完成日期：

109/12/31

九、報告總頁數：

318頁

十、使用語文：

中文、英文

十一、報告電子檔名稱：

109年度細懸浮微粒碳與鉛同位素分析技術之發展與應用研究計畫.doc

十二、報告電子檔格式：

WORD 2013

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<sub>2.5</sub>, Air Pollution Forensics

十五、中文摘要

本計畫透過建立高屏地區大氣和主要污染源排放之 PM<sub>2.5</sub> 的傳統化學組成和碳與鉛同位素特徵，探討高屏地區的大氣 PM<sub>2.5</sub> 污染來源。2020 年春季 (3 月) 和夏季 (8 月) 分別採集橋頭站、左營站、鳳山站、小港站、林園站、大寮站、屏東站和潮州站等 8 站的大氣 PM<sub>2.5</sub> 樣本，也陸續採集高雄境內的燃煤火力發電廠、煉油廠、焚化爐、化工廠和造紙廠排放的 PM<sub>2.5</sub> 樣本，並完成水溶性陰陽離子、有機碳、元素碳、地殼元素、重金屬和碳 ( $\delta^{13}\text{C}$  和  $^{14}\text{C}$ ) 與鉛同位素 ( $^{206}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}$  和  $^{208}\text{Pb}$ ) 的分析，最後整合 2019 年和 2020 年的研究資料，探討造成高屏地區高 PM<sub>2.5</sub> 污染的成因與來源。

5 種固定污染源排放的 PM<sub>2.5</sub> 都以可凝結性微粒 (Condensable particulate matter, CPM) 為主，煙道排放的 CPM 則以無機成分為主。在化學組成部分 (均來自過濾性微粒, Filterable particulate matter, FPM)，可發現 1.) 燃煤電廠排放的 PM<sub>2.5</sub> 有較高的金屬元素和硫酸鹽，Mg、Ni、Cu、Zn、Mo、Cd、Sn、Sb、Tl、Pb、Cr、As、Y、Se、Ge 和 Ga 等元素的 EF 超過 10，平均  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值為 1.2430 (1.1759-1.3056)，平均  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值為 2.4507 (2.4373~2.4796); 2.) 焚化爐排放的 PM<sub>2.5</sub> 有較高的金屬元素、硫酸鹽、鈣離子和氯離子，而金屬元素以 Na、K、

Ca、Ba、Co、Ni 和 Zn 等元素佔優勢，平均  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值為 1.1479 (1.1439-1.1522)，平均  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值為 2.4281 (2.4217~2.4365)；3.) 煉油廠排放的  $\text{PM}_{2.5}$  有較高的硫酸鹽比例 (18%)，特徵元素包括 Na、Ni、Zn、Mo、Cd、Sn、Sb 和 Se 等，平均  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值為 1.2663 (1.2200-1.3070)，平均  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值為 2.4206 (2.4113-2.4259)；4.) 化工廠排放的  $\text{PM}_{2.5}$  有較高的硫酸鹽比例 (31%)，特徵元素包括 Co、Ni、Cu、Zn、Mo、Cd、Sn、Tl、Pb、Cr、As 和 Se 等，平均  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值為 1.1715 (1.1594-1.1847)，平均  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值為 2.4241 (2.4198-2.4282)；5.) 造紙廠排放的  $\text{PM}_{2.5}$  有較高的硫酸鹽 (7%) 和鈣離子 (3%) 濃度，特徵元素包括 Ni、Zn、Cd、Sn、Sb 和 Se 等，平均  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  平均比值為 1.2067 (1.1713-1.2342)，平均  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值為 2.4336 (2.4308-2.4359)。

8 個測站的日平均  $\text{PM}_{2.5}$  濃度為  $20.1 \pm 11.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，其值低於國家日平均標準值 ( $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )。在傳統化學組成部分，8 個測站的  $\text{PM}_{2.5}$  之主要化學組成均為硫酸鹽、硝酸鹽、銨鹽和有機碳，其濃度各佔  $\text{PM}_{2.5}$  質量濃度的 19%、24%、14% 和 24%；此外，高雄 6 個測站的現代碳和化石碳濃度分別佔  $\text{PM}_{2.5}$  質量濃度的 14% 和 16%，位於屏東的 2 個測站則以現代碳略佔優勢 (現代碳：16%；化石碳：15%)。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，分析資料顯示相較於非事件日，事件日期間的硫酸鹽、硝酸鹽和銨鹽濃度加總對  $\text{PM}_{2.5}$  總濃度的增量貢獻比例最大，顯示光化反應之前驅物的管制有助於降低高屏地區  $\text{PM}_{2.5}$  濃度；化石碳和現代碳對  $\text{PM}_{2.5}$  總濃度的增量貢獻比例亦明顯，說明管制化石燃料的燃燒或生質燃燒活動有助於降低高屏地區的  $\text{PM}_{2.5}$  濃度。

大氣 PM<sub>2.5</sub> 中的  $\delta^{13}\text{C}$  和鉛同位素分析結果顯示，春季和夏季的大氣平均  $\delta^{13}\text{C}$  分別為 -25.7‰ (-34.0 至 -21.0‰) 和 -28.3‰ (-38.2 至 -20.3‰)；在鉛同位素比值部分，春季和夏季的平均  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值分別為 1.1493 (1.1021-1.1581) 和 1.1525 (1.0897-1.2081)，平均  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值分別為 2.4251 (2.3768-2.4393) 和 2.4247 (2.3677-2.4570)。每一個測站在量測期間，碳或鉛同位素比值變異較過去的研究大，暗示每個測站在每一天的碳或鉛污染源不穩定，但夏季和春季的  $\delta^{13}\text{C}$  或鉛同位素比值卻無明顯的季節差異。

本計畫綜合傳統化學組成和同位素量測結果發現，生質燃燒、燃料油燃燒和硝酸鹽二次氣膠是造成高屏地區 PM<sub>2.5</sub> 濃度偏高的原因，其中左營站、鳳山站、小港站和林園站受化石燃料的影響較大，屏東站和潮州站則有較高的現代碳貢獻源，大寮站和橋頭站的碳污染源有季節變化，但確切污染源仍需要更多的量測資料來探討。鉛污染源分析結果顯示交通排放、重油燃燒、港口作業活動和焚化爐是重要的鉛污染源。

## 十六、英文摘要

The objective of this study is to investigate the potential pollution sources of PM<sub>2.5</sub> in Kaohsiung and Pingtung. During the period from the spring (March) of 2020 to the summer (August) of 2020, ambient PM<sub>2.5</sub> samples were collected from 8 sampling stations (Ciaotou, Zuoying, Fengshan, Siaogang, Daliao, Linyuan, Pingtung, and Chaozhou) in Kaohsiung and Pingtung, respectively. In addition, we also collected PM<sub>2.5</sub> samples from 5 specific sources: a coal-fired power plant, an incinerator, an oil refinery plant, a plastic factory, and a paper-making factory in this year. All the PM<sub>2.5</sub> samples were characterized with the measurements of water-soluble ions, organic carbon, elemental carbon, crustal elements,

heavy metals, and isotopic compositions of carbon ( $^{13}\text{C}$  and  $^{14}\text{C}$ ) and lead ( $^{206}\text{Pb}$ ,  $^{207}\text{Pb}$ , and  $^{208}\text{Pb}$ ).

The results showed that condensable particulate matter (CPM) was predominant in the  $\text{PM}_{2.5}$  emitted from the sources investigated in this study. Moreover, it was found that the level of inorganic CPM was higher than that organic CPM. The chemical characterization of filterable  $\text{PM}_{2.5}$  (FPM) collected from the sources showed that 1.)  $\text{PM}_{2.5}$  emitted from coal-fired power plant was enriched with sulfate and heavy metals, where Mg, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Sb, Tl, Pb, Cr, As, Y, Se, Ge and Ga were featured with  $\text{EF} > 10$ , and averaged  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  and  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  ratios were 1.2430 (1.1759-1.3056) and 2.4507 (2.4373~2.4796), respectively ; 2.)  $\text{PM}_{2.5}$  emitted from incinerator was featured by elevated levels of heavy metals (Na, K, Ca, Ba, Co, Ni and Zn), sulfate, calcium and chloride, and averaged  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  and  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  ratios of 1.1479 (1.1439-1.1522) and 2.4281 (2.4217~2.4365) ; 3.)  $\text{PM}_{2.5}$  emitted from oil-refinery plant was enriched with sulfate (18%), featured by abundance of Na, Ni, Zn, Mo, Cd, Sn, Sb and Se, and with averaged  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  and  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  ratios of 1.2663 (1.2200-1.3070) and 2.4206 (2.4113-2.4259) ; 4.)  $\text{PM}_{2.5}$  emitted from plastic factory was enriched with sulfate (31%) , featured by abundance of Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Tl, Pb, Cr, As and Se, and with averaged  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  and  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  ratios of 1.1715 (1.1594-1.1847) and 2.4241 (2.4198-2.4282) ; 5.)  $\text{PM}_{2.5}$  emitted from paper factory contained sulfate (7%) and calcium (3%), and featured by Ni, Zn, Cd, Sn, Sb and Se, with averaged  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  and  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  ratios of 1.2067 (1.1713-1.2342) and 2.4336 (2.4308-2.4359).

The average level of ambient  $\text{PM}_{2.5}$  from all sampling sites was 20.1

$\pm 11.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , which is lower than national standard ( $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). The major constituents of the ambient  $\text{PM}_{2.5}$  in the study area included sulfate, nitrate, ammonium, and organic carbon, which accounted for 19%, 24%, 14%, and 24% of the  $\text{PM}_{2.5}$  mass, respectively. The contributions of modern carbon and fossil carbon to  $\text{PM}_{2.5}$  were comparable, which were 14% vs. 16% in Kaohsiung and 16% vs. 15% in Pingtung. It was found from the chemical analysis that the concentrations of inorganic secondary aerosols (sulfate, nitrate, and ammonium) and both fossil and modern carbonaceous aerosols were elevated during high  $\text{PM}_{2.5}$  episodes. These results implied that photochemical reactions and burning activities of fossil/modern carbon were important sources of the  $\text{PM}_{2.5}$  in the study areas.

The averages of  $\delta^{13}\text{C}$  for ambient  $\text{PM}_{2.5}$  were  $-25.7\text{‰}$  ( $-34.0$  to  $-21.0\text{‰}$ ) and  $-28.3\text{‰}$  ( $-38.2$  to  $-20.3\text{‰}$ ) in the spring and summer, respectively. The averaged  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  ratios were 1.1493 (1.1021-1.1581) and 1.1525 (1.0897-1.2081) in the spring and summer, respectively, and  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  ratios were 2.4251 (2.3768-2.4393) and 2.4247 (2.3677-2.4570), respectively. Substantial day-to-day variations of  $\delta^{13}\text{C}$  and Pb isotopic compositions were observed, suggesting various sources of carbon and Pb-containing particles in Kaohsiung and Pingtung.

In this study, in addition to traditional chemical analysis, we employed isotopic characterization of carbon and Pb of  $\text{PM}_{2.5}$  to investigate the pollution sources in Kaohsiung and Pingtung. Our results indicated that biomass burning, oil-combustion, and nitrate (secondary aerosol) were major pollution sources for carbon. Fossil carbon burning was an important contributor of  $\text{PM}_{2.5}$  in Kaohsiung, whereas modern carbon burning played a more important role in the Pingtung area. Finally, a PMF model was employed to resolve source contributions, which suggested that traffic emission, oil-combustion, harbor activities and

incinerators were major pollution processes or sources responsible for particulate Pb pollution in the Kaohsiung and Pingtung.



## 目錄

目錄 .....	I
圖目錄 .....	III
表目錄 .....	VII
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 .....	7
1.4 污染源鑑定技術 .....	13
1.5 污染源排放微粒同位素特徵 .....	14
1.6 同位素在環境污染源鑑識之應用 .....	20
1.6.1 $\delta^{13}\text{C}$ 同位素應用 .....	21
1.6.2 碳 14 同位素應用 .....	27
1.6.3 鉛同位素比值應用 .....	30
第二章 前言 .....	39
第三章 研究方法 .....	41
3.1 大氣細懸浮微粒密集觀測 .....	42
3.2 污染源排放微粒採樣 .....	45
3.3 微粒樣本化學分析方法 .....	48
3.3.1 水溶性陰陽離子 .....	48
3.3.2 碳微粒之分析 .....	48
3.3.3 金屬元素分析 .....	50
3.4 同位素化學分析方法 .....	54
3.4.1 碳同位素分析方法 .....	54
3.4.2 鉛同位素分析方法 .....	57
3.4.3 樣本中化學成分分析之品保與品管 .....	59
3.5 細懸浮微粒污染源鑑識方法 .....	62
第四章 結果與討論 .....	65

4.1 大氣細懸浮微粒採樣 .....	65
4.1.1 密集觀測期間之氣象資料 .....	65
4.1.2 大氣細懸浮微粒濃度分布 .....	86
4.1.3 細懸浮微粒化學組成特性 .....	89
4.1.4 以高低 PM <sub>2.5</sub> 事件日探討微粒潛在污染成因 .....	93
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 .....	101
4.3 污染源排放之 PM <sub>2.5</sub> 化學組成 .....	105
4.3.1 燃煤電廠 .....	105
4.3.2 焚化爐 .....	113
4.3.3 煉油廠 .....	115
4.3.4 化工廠 .....	117
4.3.5 造紙廠 .....	119
4.4 污染源分析 .....	121
4.4.1 碳與鉛同位素 .....	121
4.4.2 PMF 受體模式 .....	125
4.5 高屏地區 PM <sub>2.5</sub> 污染改善方針建議 .....	133
第五章 結論與建議 .....	135
5.1 執行進度 .....	135
5.2 結論 .....	136
5.3 建議 .....	137
參考文獻 .....	139
附錄 .....	153
附錄一 評選會議記錄 .....	153
附錄二 第一次工作會議記錄 .....	159
附錄三 第一次工作進度報告會議記錄 .....	161
附錄四 期中報告審查會議紀錄 .....	163
附錄五 期末審查會議記錄 .....	171

附錄六 周界樣本採樣資料 .....	183
附錄七 排放管道採樣資料 .....	189



## 圖目錄

圖 1.1.1 2017 年至 2019 年各縣市 PM <sub>2.5</sub> 年平均濃度 .....	2
圖 1.5.1 國內外各污染源排放微粒與氣體污染物 $\delta^{13}\text{C}$ 值 .....	15
圖 1.5.2 國內外各污染源排放微粒鉛同位素特徵分佈 .....	16
圖 1.5.3 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 .....	18
圖 1.5.4 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 .....	19
圖 1.5.5 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 .....	20
圖 1.6.1 墨西哥市空氣及各污染源排放碳微粒之 $\delta^{13}\text{C}$ 值分佈 .....	22
圖 1.6.2 中國大陸各城市空氣中碳微粒之 $\delta^{13}\text{C}$ 值 .....	23
圖 1.6.3 立陶宛 Vilnius 不同粒徑懸浮微粒之 $\delta^{13}\text{C}_{\text{TC}}$ 值與其污染來源相對貢獻量 .....	23
圖 1.6.4 2016~2018 年計畫調查的周界和重要污染源分佈圖 .....	26
圖 1.6.5 TC/PM <sub>2.5</sub> 比值和 $\delta^{13}\text{C}$ 關係圖 .....	26
圖 1.6.6 前期計畫調查之高屏地區大氣 TC/PM <sub>2.5</sub> 比值和 $\delta^{13}\text{C}$ 關係圖 .....	27
圖 1.6.7 日本 Toyko 地區不同粒徑之微粒中現代碳含量 .....	29
圖 1.6.8 英國 Birmingham 地區 PM <sub>2.5</sub> 之 OC 與 EC 濃度及其污染源相對貢獻量 .....	30
圖 1.6.9 2016~2018 年調查之生質燃燒指標和現代碳濃度關係圖 .....	30
圖 1.6.10 中國大陸上海地區大氣 PM <sub>10</sub> 及污染源排放微粒鉛同位素特徵 .....	32
圖 1.6.11 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 .....	33
圖 1.6.12 全球大氣微粒鉛同位素比值分佈 .....	33
圖 1.6.13 2016~2018 年計畫之 PMF 與鉛同位素比值分析結果 .....	36
圖 1.6.14 2016~2018 年計畫採樣期間之逆軌跡分析圖 .....	37
圖 1.6.15 法國及英國地區空氣微粒之鉛同位素比值變化 .....	38
圖 3.1.1 本計畫流程圖 .....	41
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 .....	43

圖 3.1.3 Super SASS 採樣器構造圖 .....	44
圖 3.1.4 BGI PQ200 氣膠採樣器 .....	44
圖 3.1.5 PM <sub>2.5</sub> 高量採樣器 .....	45
圖 3.2.1 固定源煙道排放 FPM 採樣器示意圖 .....	47
圖 3.2.2 固定源煙道排放 CPM 採樣器示意圖 .....	47
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。 .....	49
圖 3.3.2 本計畫使用的 ICP-MS .....	51
圖 3.4.1 CRDS 腔體內部示意圖 .....	55
圖 3.4.2 <sup>13</sup> CO <sub>2</sub> 以及 <sup>12</sup> CO <sub>2</sub> 吸收波長示意圖 .....	56
圖 3.4.3 AMS 示意圖 .....	57
圖 3.4.4 微粒中鉛同位素純化流程示意圖 .....	58
圖 3.4.5 無塵箱內微粒樣品溶液加熱蒸乾 .....	58
圖 3.4.6 無塵箱內微粒樣品溶液進行鉛純化 .....	59
圖 4.1.1 本計畫大氣 PM <sub>2.5</sub> 採樣測站照片 .....	66
圖 4.1.2 橋頭站春季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖 .....	68
圖 4.1.3 左營站春季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖 .....	69
圖 4.1.4 鳳山站春季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖 .....	70
圖 4.1.5 小港站春季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖 .....	71
圖 4.1.6 大寮站春季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖 .....	72
圖 4.1.7 林園站春季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖 .....	73
圖 4.1.8 屏東站春季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖 .....	74
圖 4.1.9 潮州站春季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖 .....	75
圖 4.1.10 橋頭站夏季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖 .....	77
圖 4.1.11 左營站夏季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖 .....	78
圖 4.1.12 鳳山站夏季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖 .....	79
圖 4.1.13 小港站夏季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖 .....	80
圖 4.1.14 大寮站夏季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖 .....	81
圖 4.1.15 林園站夏季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖 .....	82
圖 4.1.16 屏東站夏季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖 .....	83

圖 4.1.17 潮州站夏季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖 .....	84
圖 4.1.18 本計畫和環保署監測站同步採集之春季 PM <sub>2.5</sub> 濃度分布圖 .....	87
圖 4.1.19 本計畫和環保署監測站同步採集之夏季 PM <sub>2.5</sub> 濃度分布圖 .....	87
圖 4.1.20 春季密集採樣期間之 PM <sub>2.5</sub> 化學組成比例 .....	90
圖 4.1.21 夏季密集採樣期間之 PM <sub>2.5</sub> 化學組成比例 .....	92
圖 4.1.22 春季密集採樣期間 PM <sub>2.5</sub> 事件日和非事件日之各化學組成濃度分佈 和各化學物種增量比例 .....	94
圖 4.1.23 夏季密集採樣期間 PM <sub>2.5</sub> 事件日和非事件日之各化學組成濃度分佈 和各化學物種增量比例 .....	95
圖 4.2.1 春季密集採樣期間各測站 PM <sub>2.5</sub> 中的總碳和碳同位素時間關係圖 .....	99
圖 4.2.2 夏季密集採樣期間各測站 PM <sub>2.5</sub> 中的總碳和碳同位素時間關係圖 .....	100
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 .....	102
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 .....	104
圖 4.3.1 各污染源排放之 PM <sub>2.5</sub> 的 CPM 和 FPM 比例 .....	107
圖 4.3.2 各污染源排放之有機與無機 CPM 比例 .....	107
圖 4.3.3 燃煤電廠煙道排放之 PM <sub>2.5</sub> 中各元素濃度分布 .....	110
圖 4.3.4 燃煤電廠煙道排放之 PM <sub>2.5</sub> 含有元素的富集因子特性 .....	110
圖 4.3.5 不同污染源之 <sup>206</sup> Pb/ <sup>207</sup> Pb 比值分布圖 .....	111
圖 4.3.6 不同污染源之 <sup>208</sup> Pb/ <sup>207</sup> Pb 比值分布圖 .....	112
圖 4.3.7 焚化爐煙道排放之 PM <sub>2.5</sub> 中各元素濃度分布 .....	114
圖 4.3.8 焚化爐煙道排放之 PM <sub>2.5</sub> 含有元素的富集因子特性 .....	114
圖 4.3.9 煉油廠煙道排放之 PM <sub>2.5</sub> 中各元素濃度分布 .....	116
圖 4.3.10 煉油廠煙道排放之 PM <sub>2.5</sub> 含有元素的富集因子特性 .....	116
圖 4.3.11 化工廠煙道排放之 PM <sub>2.5</sub> 中各元素濃度分布 .....	118
圖 4.3.12 化工廠煙道排放之 PM <sub>2.5</sub> 含有元素的富集因子特性 .....	118
圖 4.3.13 造紙廠煙道排放之 PM <sub>2.5</sub> 中各元素濃度分布 .....	120
圖 4.3.14 造紙廠煙道排放之 PM <sub>2.5</sub> 含有元素的富集因子特性 .....	120
圖 4.4.1 春季密集採樣期間之 PM <sub>2.5</sub> 濃度、總碳濃度和 δ <sup>13</sup> C 之關係圖 .....	123
圖 4.4.2 夏季密集採樣期間之 PM <sub>2.5</sub> 濃度、總碳濃度和 δ <sup>13</sup> C 之關係圖 .....	123

圖 4.4.3 春季密集採樣期間之鉛同位素污染源鑑定圖 .....	124
圖 4.4.4 夏季密集採樣期間之鉛同位素污染源鑑定圖 .....	125
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.....	127
圖 4.4.6 PMF 污染源推估因子剖面圖 .....	128
圖 4.4.7 PMF 推估之不同污染源對碳的相對貢獻量 .....	132
圖 4.4.8 PMF 推估之不同污染源對重金屬的相對貢獻量 .....	132

## 表目錄

表 1.2.1 典型大氣氣膠的三尖峰粒徑分佈 .....	5
表 1.3.1 懸浮微粒各污染排放源之指標元素 .....	8
表 1.3.2 國內外交通污染源 PM <sub>2.5</sub> 之 OC、EC 之含量與 OC/EC 之比值 .....	11
表 3.3.1 濾紙樣本微波消化升溫設定條件 .....	51
表 3.3.2 濾紙樣本第二階段微波消化升溫設定條件 .....	51
表 3.3.3 感應耦合電漿質譜儀分析設定參數 .....	53
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/m <sup>3</sup> ).....	54
表 4.1.1 大氣及污染源 PM <sub>2.5</sub> 採樣之樣本數統計表 .....	67
表 4.1.2 春季密集採樣期間之各測站大氣 PM <sub>2.5</sub> 及化學組成濃度統計表 .....	88
表 4.1.3 夏季密集採樣期間之各測站大氣 PM <sub>2.5</sub> 及化學組成濃度統計表 .....	88
表 4.2.1 密集採樣期間之大氣 PM <sub>2.5</sub> 中的總碳與總鉛濃度及其同位素數值統計表 .....	97
表 4.3.1 污染源排放 CPM 和 FPM 濃度 (mean ± SD) 統計表 .....	106
表 4.4.1 定義 PMF 推估之污染源因子的主要組成彙整表 .....	127
表 5.1 預定與實際進度表 .....	135



## 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：109 年度細懸浮微粒碳與鉛同位素分析技術之發展與應用研究計畫

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、蔡建誠

計畫期程：109 年 1 月 9 日起至 109 年 12 月 31 日止

計畫經費：3,222 千元

### 摘要

本計畫採集與分析高屏地區大氣和主要污染源排放之  $PM_{2.5}$  的碳與鉛同位素特徵，並探討高屏地區的大氣  $PM_{2.5}$  污染來源。本計畫分別於 2020 年春季和夏季期間，採集位於高屏地區的橋頭站、左營站、鳳山站、小港站、林園站、大寮站、屏東站和潮州站等 8 站的大氣  $PM_{2.5}$  樣本，也陸續採集高雄地區的燃煤發電廠、焚化爐、煉油廠、化工廠和造紙廠煙道和高雄港內外作業區排放之  $PM_{2.5}$  樣本，並整合 2019 年和 2020 年的研究資料，探討高屏地區的  $PM_{2.5}$  污染來源。

調查的固定污染源排放的  $PM_{2.5}$  都以可凝結性微粒 (Condensable particulate matter, CPM) 為主。在化學組成部分，可發現 1.) 燃煤電廠排放的  $PM_{2.5}$  有較高的硫酸鹽濃度，2.) 焚化爐排放的  $PM_{2.5}$  有較高的硫酸鹽和鈣離子；3.) 煉油廠排放的  $PM_{2.5}$  有較高的硫酸鹽比例；4.) 化工廠排放的  $PM_{2.5}$  有較高的硫酸鹽等組成；5.) 造紙廠排放的化學組成已硫酸鹽和鈣離子為主。8 個測站  $PM_{2.5}$  中的主要化學組成均為硫酸鹽、硝酸鹽、銨鹽和有機碳；現代碳與化石碳濃度占  $PM_{2.5}$  質量濃度的比例相當。以  $PM_{2.5}$  濃度標準值將樣本劃分為  $PM_{2.5}$  事件日和非事件日時，發現光化學反應前驅物和化石碳排放的管制有助於降低高屏的  $PM_{2.5}$

濃度。春季和夏季的大氣平均  $\delta^{13}\text{C}$  分別為  $-25.7\text{‰}$  和  $-28.3\text{‰}$  (大氣樣本)，在鉛同位素比值部分，春季和夏季的平均  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  分別為 1.1493 和 1.1525 (大氣樣本)，春季和夏季的平均  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  分別為 2.4251 和 2.4247 (大氣樣本)。本計畫綜合 2019 年和 2020 年的傳統化學組成和同位素量測結果發現，生質燃燒、燃料油燃燒和硝酸鹽二次氣膠是造成高屏地區碳濃度偏高的原因；鉛污染源分析結果顯示交通排放、重油燃燒、港口作業活動和焚化爐是重要的鉛污染源。

### 英文摘要

The objective of this study is to investigate the composition of carbon and lead isotopes in fine particulate matters ( $\text{PM}_{2.5}$ ) and, accordingly, to attribute potential sources of  $\text{PM}_{2.5}$  in Kaohsiung and Pingtung with the isotopic fingerprints. During the period from the spring of 2020 to the summer of 2020,  $\text{PM}_{2.5}$  samples were collected from ambient air quality stations (Ciaotou, Zuoying, Fengshan, Siaogang, Daliao, Linyuan, Pingtung, and Chaozhou) and specific pollution sources (a coal-fired power plant, an incinerator, an oil refinery plant, a plastic factory, and paper-making factory).

The results revealed that condensable particulate matter (CPM) was predominant particles in the  $\text{PM}_{2.5}$  emitted from the stationary pollution sources. The major constituents of  $\text{PM}_{2.5}$  from pollution sources were: (1) coal power-fird plant: sulfate was an important specie; (2) incinerator: sulfate and  $\text{Ca}^{2+}$  were important species; (3) oil-refinery plant: sulfate was important species; (4) plastic factory: sulfate was important species; (5) paper-making factory: sulfate and  $\text{Ca}^{2+}$  were predominate species. The major constituents of the ambient  $\text{PM}_{2.5}$  in the study area included nitrate, sulfate, ammonium and carbon. The contributions of fossil (16%) and modern (14%) carbon were similar at the six sampling sites in Kaohsiung.

However, contribution of modern carbon was slightly higher in Pingtung and Chaozhou. It was found from the chemical analysis that the concentrations of inorganic secondary aerosols (sulfate, nitrate, and ammonium) and carbonaceous aerosols were elevated during high PM<sub>2.5</sub> episodes. These results implied that photochemical reactions and burning activities of fossil/modern carbon were important factors influencing PM<sub>2.5</sub> in the study areas. The average  $\delta^{13}\text{C}$  for ambient PM<sub>2.5</sub> are -25.7‰ and -28.3‰ in the spring and summer, respectively. The average  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  ratios were 1.1493 and 1.1525 in the spring and summer, respectively, and  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  ratios were 2.4251 and 2.4247, respectively. Our results indicated that bio-mass burning, oil-combustion, and nitrate (secondary aerosol) were major pollution sources for carbonaceous aerosols; traffic emission, oil-combustion, Kaohsiung port, and incinerator were major pollution sources of Pb in PM<sub>2.5</sub>.

## 前言

細懸浮微粒為粒徑小於 2.5  $\mu\text{m}$  (PM<sub>2.5</sub>) 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已證實，心血管疾病與呼吸道疾病的就診率或死亡率和 PM<sub>2.5</sub> 的暴露有密切關係 (Pope III et al. 2002; Wilson et al. 2005)。此外，根據世界衛生組織的統計 (World Health Organization 2016)，全球有 92% 的地區之 PM<sub>2.5</sub> 濃度超過世界衛生組織的建議值；在台灣，根據環保署近 3 年 (2017~2019) 的統計資料可知，除了花東和宜蘭的 PM<sub>2.5</sub> 濃度低於年平均標準值外，其他縣市，如台中、雲林、嘉義、台南和高雄等縣市的年平均 PM<sub>2.5</sub> 濃度均居高不下，儘管年平均濃度都呈逐年下降的趨勢，但仍超過年平均標準值；因此，找出 PM<sub>2.5</sub> 污染源也成為降低我國大氣 PM<sub>2.5</sub> 濃度和國人暴露 PM<sub>2.5</sub> 引發的健康危害風險的重要手段。

目前，較為廣泛的  $PM_{2.5}$  污染源鑑定技術為受體模式，如 Positive Matrix Factorization (PMF)，但該方法在污染源的鑑定上有較高的不確定性 (Salcedo et al. 2016)；同位素具有穩定性，且不同污染源排放之微粒的同位素特徵具有較高的專一性，因此，近年歐美國家也紛紛應用該技術在  $PM_{2.5}$  污染來源的鑑識 (Gioia et al. 2017; Widory et al. 2010; Zong et al. 2016)。本研究團隊於前期計畫執行期間 (周崇光 2016, 2017, 2018)，已陸續針對台中、彰化、雲林、南投和嘉義等  $PM_{2.5}$  污染較為嚴重的地區，進行污染源與當地大氣  $PM_{2.5}$  的採集和傳統化學組成與同位素的分析，並探討其污染來源；自 2019 年始，則開始針對高屏地區的  $PM_{2.5}$  污染源進行調查。由於高雄具有全國最大的港口，港區內也有重大污染源，如火力發電廠、鋼鐵廠和煉油廠，過去的分析報告也指出高雄地區的污染源也可能是影響屏東縣空氣品質的主要因素之一 (屏東縣政府 2017)；因此，高雄的污染源較為複雜，本計畫則分別利用 2019 和 2020 年的時間，探討高屏地區的  $PM_{2.5}$  污染來源。2019 年，已完成高雄境內的大林燃煤電廠、中國鋼鐵廠、大林煉油廠煙道和高雄港作業區排放之  $PM_{2.5}$  的採樣和化學組成的分析，今年度計畫擴充污染源的調查，包含興達火力電廠、焚化爐、林園煉油廠、化工廠和造紙廠，並透過架設大氣  $PM_{2.5}$  採樣站於高雄市與屏東縣境內，探討高雄境內污染源排放之微粒對高雄市與屏東縣的影響。

## 研究方法

大氣  $PM_{2.5}$  的採樣分別在 2020 年 3 月和 2020 年 8 月完成，架設的採樣點包含位於高雄市境內的橋頭、左營、大寮、林園、鳳山與小港和屏東縣境內的屏東與潮州，架設位置均在環保署所屬的空氣品質監測站上，所有測站的採樣作業均同步進行，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 PM<sub>2.5</sub> 中的金屬元素和鉛同位素，Super-SASS 採集的樣品用於分析 PM<sub>2.5</sub> 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 PM<sub>2.5</sub> 中的 Levoglucosan 和碳同位素，PM<sub>2.5</sub> 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興達火力發電廠 (2 根煙囪)、焚化爐、林園煉油廠、化工廠和造紙廠，並均以 NIEA A212.11B 和 NIEA A214.71C 串聯之採樣方法，採集可過濾式微粒 (filterable particulate matter, FPM) 和可凝結性微粒 (condensable particulate matter, CPM)。

水溶性陰陽離子以離子層析儀進行分析，有機碳和元素碳則利用 IMPROVE-A Protocol 以 Thermo-Optical Reflection (TOR) 分析技術進行分析，金屬成分以 Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) 分析經微波消化後的溶液。同位素部分， $\delta^{13}\text{C}$  以光腔衰盪光譜儀 (Cavity Ringdown Spectroscopy, CRDS) 分析， $^{14}\text{C}$  以加速質譜儀 (accelerator mass spectrometer, AMS) 分析，鉛同位素 ( $^{206}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}$  和  $^{208}\text{Pb}$ ) 則以 Sr-Spec 樹脂純化微波消化後的溶液 (取得鉛同位素)，再以 ICP-MS 進行分析和計算鉛同位素比值。

## 結果

5 種固定污染源 (原已排定燃煤電廠的採樣作業，但因降雨影響採樣作業和考量安全問題，延到 11 月初採樣，目前已完成採樣並正分析組成，期末審查時可提供) 排放的 PM<sub>2.5</sub> 都以可凝結性微粒 (Condensable particulate matter, CPM) 為主，污染源煙道排放的 CPM

則以無機成分為主。在化學組成部分，可發現 1.) 燃煤電廠排放的  $PM_{2.5}$  有較高的金屬元素和硫酸鹽，Mg、Ni、Cu、Zn、Mo、Cd、Sn、Sb、Tl、Pb、Cr、As、Y、Se、Ge 和 Ga 等元素的 EF 超過 10，平均  $^{206}Pb/^{207}Pb$  比值為 1.2430 (1.1759-1.3056)，平均  $^{208}Pb/^{207}Pb$  比值為 2.4507 (2.4373~2.4796)；2.) 焚化爐排放的  $PM_{2.5}$  有較高的金屬元素、硫酸鹽、鈣離子和氯離子，金屬元素以 Na、K、Ca、Ba、Co、Ni 和 Zn 等元素為主，平均  $^{206}Pb/^{207}Pb$  比值為 1.1479 (1.1439-1.1522)，平均  $^{208}Pb/^{207}Pb$  比值為 2.4281 (2.4217~2.4365)；3.) 煉油廠排放的  $PM_{2.5}$  有較高的硫酸鹽比例 (18%)，特徵元素包括 Na、Ni、Zn、Mo、Cd、Sn、Sb 和 Se 等，平均  $^{206}Pb/^{207}Pb$  比值為 1.2663 (1.2200-1.3070)，平均  $^{208}Pb/^{207}Pb$  比值為 2.4206 (2.4113-2.4259)；4.) 化工廠排放的  $PM_{2.5}$  有較高的硫酸鹽 (31%)，特徵元素包括 Co、Ni、Cu、Zn、Mo、Cd、Sn、Tl、Pb、Cr、As 和 Se 等，平均  $^{206}Pb/^{207}Pb$  比值為 1.1715 (1.1594-1.1847)，平均  $^{208}Pb/^{207}Pb$  比值為 2.4241 (2.4198-2.4282)；5.) 造紙廠排放的  $PM_{2.5}$  有較高的硫酸鹽 (7%) 和鈣離子 (3%) 濃度，特徵元素包括 Ni、Zn、Cd、Sn、Sb 和 Se 等，平均  $^{206}Pb/^{207}Pb$  平均比值為 1.2067 (1.1713-1.2342)，平均  $^{208}Pb/^{207}Pb$  比值為 2.4336 (2.4308-2.4359)。

8 個測站的日平均  $PM_{2.5}$  濃度為  $20.1 \pm 11.3 \mu g/m^3$ ，其值低於國家日平均標準值 ( $35 \mu g/m^3$ )。在傳統化學組成部分，8 個測站的  $PM_{2.5}$  之主要化學組成均為硫酸鹽、硝酸鹽、銨鹽和有機碳，其濃度各佔  $PM_{2.5}$  質量濃度的 19%、24%、14% 和 24%；此外，高雄 6 個測站的化石碳與現代碳與濃度分別佔  $PM_{2.5}$  質量濃度的 16% 和 14%，位於屏東的 2 個測站則以現代碳略佔優勢 (化石碳：15%；現代碳：16%)。當以  $PM_{2.5}$  濃度標準值將樣本劃分為  $PM_{2.5}$  事件日和非事件日時，分析資料顯示相較

於非事件日，事件日期間的硫酸鹽、硝酸鹽和銨鹽濃度加總對  $\text{PM}_{2.5}$  總濃度的增量貢獻比例最大，顯示光化學反應前驅物的管制應有助於降低高屏地區的  $\text{PM}_{2.5}$  濃度，化石碳對  $\text{PM}_{2.5}$  總濃度的增量貢獻比例最為明顯，說明管制化石燃料的燃燒有助於降低高屏地區的  $\text{PM}_{2.5}$  濃度。

大氣  $\text{PM}_{2.5}$  中的  $\delta^{13}\text{C}$  和鉛同位素分析結果顯示，春季和夏季的大氣平均  $\delta^{13}\text{C}$  分別為  $-25.7\text{‰}$  ( $-34.0$  至  $-21.0\text{‰}$ ) 和  $-28.3\text{‰}$  ( $-38.2$  至  $-20.3\text{‰}$ )；在鉛同位素比值部分，春季和夏季的平均  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值分別為 1.1493 (1.1021-1.1581) 和 1.1525 (1.0897-1.2081)，平均  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值分別為 2.4251 (2.3768-2.4393) 和 2.4247 (2.3677-2.4570)。每一個測站在量測期間，碳或鉛同位素比值變異較過去的研究大，暗示每個測站在每一天的碳或鉛污染源不穩定，但夏季和春季的  $\delta^{13}\text{C}$  或鉛同位素比值卻無太大的季節差異，顯示高屏地區的碳和鉛污染源無明顯的季節變化。

本計畫綜合傳統化學組成和同位素量測結果發現，生質燃燒、燃料油燃燒和硝酸鹽二次氣膠是造成高屏地區碳濃度偏高的原因，其中左營站、鳳山站、小港站和林園站受化石燃料的影響較大，屏東站和潮州站則有較高的現代碳貢獻源，大寮站和橋頭站的碳污染源有季節的變化，其確切污染源需要更多的量測資料來探討。鉛污染源分析結果顯示交通排放、重油燃燒、港口作業活動和焚化爐是重要鉛污染源。

## 結論

1. 8 個大氣測站的傳統化學組成均為硫酸鹽、硝酸鹽、銨鹽和有機碳為主；以現代碳比例換算的現代碳和化石碳濃度顯示，位於高雄的 6 個測站之化石碳比例略較現代碳比例高，但位於屏東的 2 個測站以現代碳略佔優勢。
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，現代碳與化石碳也有較高的上升比例，顯示二次氣膠反應前驅物或碳貢獻源（如煉油廠、交通源和生質燃燒）的管制應有助於改善當地高  $PM_{2.5}$  濃度。

3. 大氣  $PM_{2.5}$  中的  $\delta^{13}C$  和鉛同位素分析結果顯示，每一個測站在量測期間的碳或鉛同位素比值變異較台灣北部和中南部地區（台中-彰化-雲林-南投-嘉義）的量測結果大，暗示每個測站在每一天的碳或鉛污染源不穩定，推測應和風向的變化或污染源排放量的變化等有關。但夏季和春季的  $\delta^{13}C$  或鉛同位素比值卻無太大的季節差異，顯示高屏地區的碳和鉛污染源無明顯的季節變化。
4. 焚化爐煙道排放的  $PM_{2.5}$  主要集中在無機 CPM，FPM 中的重要成分為金屬元素、硫酸鹽、氯離子和鈣離子，金屬元素之重要元素包括 Na、K、Ca、Ba、Co、Ni 和 Zn 等元素。平均  $^{206}Pb/^{207}Pb$  比值為 1.1479 (1.1439-1.1522)，平均  $^{208}Pb/^{207}Pb$  比值為 2.4281 (2.4217~2.4365)，此結果和過去在台灣採集與分析的中部地區焚化爐煙道排放的傳統化學組成和同位素比值相近。
5. 煉油廠排放的  $PM_{2.5}$  以無機 CPM 為主，FPM 中的主要成分為 EC、硫酸鹽和鈉離子（加總約佔 69%），其中特徵元素包括 Na、Ni、Zn、Mo、Cd、Sn、Sb 和 Se 等，平均  $^{206}Pb/^{207}Pb$  比值為 1.2663 (1.2200-1.3070)，平均  $^{208}Pb/^{207}Pb$  比值為 2.4206 (2.4113-2.4259)。
6. 化工廠排放的  $PM_{2.5}$  以無機 CPM 為主，FPM 中的主要成分為硫酸鹽為主，其中硫酸鹽占了 31%，特徵元素包括 Co、Ni、Cu、Zn、Mo、Cd、Sn、Tl、Pb、Cr、As 和 Se 等，平均  $^{206}Pb/^{207}Pb$  比值為 1.1715 (1.1594-1.1847)，平均  $^{208}Pb/^{207}Pb$  比值為 2.4241

- (2.4198-2.4282)。
7. 造紙廠排放的  $PM_{2.5}$  以無機 CPM 為主，FPM 中的主要成分為硫酸鹽和鈣離子為主，2 個組成之濃度加總約佔  $PM_{2.5}$  質量濃度的 10%，特徵元素包括 Ni、Zn、Cd、Sn、Sb 和 Se 等，平均  $^{206}Pb/^{207}Pb$  比值為 1.2067 (1.1713-1.2342)，平均  $^{208}Pb/^{207}Pb$  比值為 2.4336 (2.4308-2.4359)。
  8. PMF 分析出的碳污染源以生質燃燒、燃料油燃燒和硝酸鹽二次氣膠為重要貢獻源，其中，碳 14 的量測結果建議左營站、林園站、小港站和鳳山站以化石碳為主要碳貢獻源，屏東站和潮州站則以現代碳貢獻源為主。大寮站和橋頭站有季節上的差異，仍需更多資料碳討造成此季節差異的原因和污染源。
  9. 在鉛污染源部分，根據 PMF 的分析結果，揚塵（包含水泥灰）和工業排放（混合源）是主要的貢獻源，其次為交通排放和重油燃燒，鉛同位素比值則顯示交通排放、港口作業活動和焚化爐是主要的鉛污染源。綜合 2 方法的分析結果，建議工業排放中的港口作業活動、焚化爐和重油燃燒應是高屏地區的主要鉛污染源，另外也受交通排放的影響。

## 建議

1. 研究資料均發現二次氣膠的生成和燃燒源（包括化石和生質燃料）是造成高屏地區高  $PM_{2.5}$  濃度的重要成因，因此管制二氣膠生成的前驅物排放與碳燃燒源是重要的管理方向。
2. 高屏地區的碳與鉛同位素量測值無明顯的季節變化，而每一個測站的碳與鉛同位素量測值有較大的變動性，說明高屏地區的污染來源和影響因子與台灣中部和北部不同，隱含污染過程需要進一步追蹤，

以利評估當的的污染來源。

3. 整合 2019 年和 2020 年的研究資料，可發現多數固定污染源排放的微粒以 CPM 為主，部分污染源排放的 CPM 濃度更遠高於 FPM，反映出未來研究應著重在 CPM 組成的量測及其對周界空氣品質影響的探討，以利未來微粒污染管制政策的制定。

## 第一章 研究背景

### 1.1 研究源起

細懸浮微粒係指粒徑小於 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，其粒徑愈小的微粒，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，如心血管疾病或呼吸道疾病等。流行病學研究已證實，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  $\text{PM}_{2.5}$  的暴露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  $\text{PM}_{2.5}$  制定建議濃度值，希望藉此降低民眾的健康危害風險。然而，根據世界衛生組織的統計 (World Health Organization 2016)，全球仍有 92% 的地區之  $\text{PM}_{2.5}$  濃度超過世界衛生組織的建議值。在臺灣，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  $\text{PM}_{2.5}$  濃度已逐年減低，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，統計近 3 年 (2017 年至 2019 年) 各縣市  $\text{PM}_{2.5}$  之年平均濃度變化仍發現 (圖 1.1.1)，除了基隆、花東、宜蘭、台北和新北外，台灣本島  $\text{PM}_{2.5}$  濃度仍居高不下，特別是台中、彰化、雲林、南投、嘉義、台南和高雄等縣市。因此，降低  $\text{PM}_{2.5}$  濃度仍為須持續努力的課題，而找出污染源則為降低  $\text{PM}_{2.5}$  濃度的重要手段。

過去研究多利用統計模型或受體模式來分析污染來源，然而，這些方法對污染源的定義有較高的不確定 (Samek et al. 2016)，且不同污染源可能排放同樣的化學組成，並增加污染源的鑑定難度。因此，近年有研究開始利用具有穩定性和專一性的同位素來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)。本研究團隊在 2015 年~2018 年的計畫中，即建立  $\text{PM}_{2.5}$  之碳、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  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ) 適合應用在鑑識本土  $\text{PM}_{2.5}$  污染來源的結論 (周崇光 2016, 2017)；2016~2018 年期間 (周崇光 2017, 2018)，進一步建立  $\text{PM}_{2.5}$  污染較為嚴重的台中、彰化、南投、雲林和嘉義重要污染源排放的同位素特徵，包含煉油

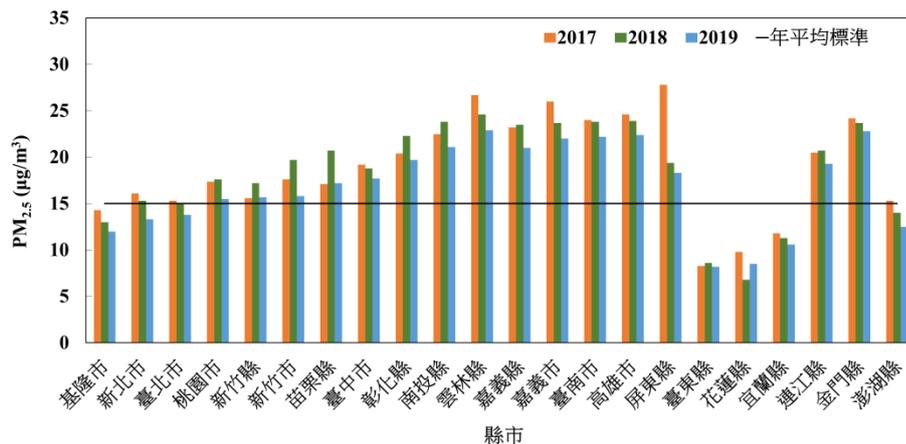


圖 1.1.1 2017 年至 2019 年各縣市 PM<sub>2.5</sub> 年平均濃度

廠、焚化爐、鋼鐵廠 (燒結爐)、火力發電廠、交通排放和稻梗燃燒等，並透過大氣 PM<sub>2.5</sub> 的採集和同位素特徵的分析，了解台中、彰化、雲林、南投和嘉義等縣市的主要污染源種類。

除了應用同位素鑑定技術探討 PM<sub>2.5</sub> 污染情形嚴重的台中、彰化和雲林等地區外，在 2019 年 (108 年度細懸浮微粒碳與鉛同位素分析技術之發展與應用研究計畫，執行中)，我們也利用該技術分析高雄與屏東的 PM<sub>2.5</sub> 污染來源。根據 Taiwan Emission Data System 10.0 (TEDS 10.0) 排放量資料庫顯示，高雄市和屏東縣的污染源都以點污染源為主，如工業排放和商業活動 (餐廳油煙) 等，其中高雄市 PM<sub>2.5</sub> 排放量為全國最高 (9,352 噸/年)，遠高於第二高的台中市 (7,714 噸/年)，主要是因高雄市有較多的工業區，如臨海工業區和林園工業區等，其工業區內又擁有石化業和鋼鐵業等重工業；此外，高雄市的港口是全國第一大港，也是唯一貨運吞吐量與船舶進出量排名在全球前 50 名的國內港口。因此，2019 年，本研究團隊優先完成高雄港作業區和臨近高雄港的重要污染源 (大林火力發電廠、大林煉油廠和中國鋼鐵廠燒結爐) 煙道排放之 PM<sub>2.5</sub> 的採集和化學組成的分析，並建立其同位素特徵，同時透過在橋頭、左營、鳳山、大寮、林園和小港境內架設 PM<sub>2.5</sub> 採樣站，探討前述污染源和高雄空氣品質的關係。而根據屏東縣政府在 2017 年發布的屏東縣空氣污染防制計畫-2017 年修訂版 (屏東縣政府 2017) 指出，屏東境內並無重大工業區，但近年的 PM<sub>2.5</sub> 濃度仍居高不下 (圖 1.1.1)，高雄境內的污染源被認為是影響屏東縣空氣品質的重要因素之一。因此，本研究團隊也於 2019 年計畫執行期間，架設 PM<sub>2.5</sub> 採樣站於屏東站和潮州站，並探討高雄境內污染源和屏東空氣品質

的關係。

然而，因高雄的污染源種類繁雜，境內也有多個石化工廠和火力發電廠，因此，單單僅就 2019 年計畫採集的污染源資料，不足以提供較具代表性的  $PM_{2.5}$  化學組成資料庫以供污染源鑑識用，因此有必要增加其他重要污染源排放之  $PM_{2.5}$  化學組成特性的調查。根據 2017 年高雄市政府「105 年高雄市總量管制執行管理計畫」和 2019 年「高雄市固定污染源空污費及排放量統計概況」的調查 (宋國安 2017; 高雄市政府 2019)，高雄市的基本金屬製造業為境內最主要的粒狀物排放源，主要的業者為鋼鐵製造廠，在 2019 年的計畫中，我們也已針對排放量最高的中國鋼鐵廠燒結爐排放之  $PM_{2.5}$  進行採樣與分析。而同樣的報告也指出，非金屬礦物製品製造業為粒狀物排放量第二高，但該產業以水泥業為主，非  $PM_{2.5}$  的主要排放源，排名第三的則為電力供應業。2019 年雖然已調查位於高雄南端的大林發電廠 (燃煤)，但高雄市境內也有其他位於北端的大型火力發電廠 (燃煤)，且其排放量較高 (興達火力發電廠)，因此，若能增加高雄境內其他區域的火力發電廠 (燃煤)，特別是興達火力發電廠排放之  $PM_{2.5}$  的採集，相信有助於增加高雄  $PM_{2.5}$  污染來源的解釋。

在 2017 年「105 年高雄市總量管制執行管理計畫」和 2019 年「高雄市固定污染源空污費及排放量統計概況」調查報告指出 (宋國安 2017; 高雄市政府 2019)，粒狀物排放量超過 5% 的產業依序為基礎金屬製造業、非金屬礦物製品製造業、電力供應業和化學材料製造業其中非金屬礦物製品製造業以水泥業為主，非  $PM_{2.5}$  的主要排放源，而排放量第四高的化學材料製造業在高雄市的家數為 69 家，僅次於非金屬礦物製品製造業。因此，若能增加化工廠排放之  $PM_{2.5}$  特性的調查，有利於高雄  $PM_{2.5}$  污染來源的解釋。2019 年執行的計畫中，鉛污染源分析結果顯示，交通排放、高雄港口作業活動與焚化爐多和 8 個大氣  $PM_{2.5}$  測站的鉛同位素比值重疊，但焚化爐的鉛同位素比值來自中部地區的量測結果，不同地區的焚化爐燃燒垃圾種類可能不同，因此，若可採集位於高雄地區的焚化爐煙道排放之  $PM_{2.5}$  樣本，可增加焚化爐對高雄  $PM_{2.5}$  影響之可信度，特別是鉛污染。

2019 年計畫調查的煉油廠煙道排放的可過濾性  $PM_{2.5}$  濃度雖偏低 (周崇光 2019)，但有較多屬於可凝結性微粒，因此持續採集煉油廠煙道排放的  $PM_{2.5}$  有其必要性。此外，本計畫團隊於 2016~2017 年在台中-彰化-雲林-南投-嘉義的研究結

果發現 (周崇光, 2017, 2018), 木材燃燒可能是主要的碳貢獻源, 而造紙廠是木材燃燒主要的污染源, 高雄又有大型造紙廠, 若能針對造紙廠煙道排放的  $PM_{2.5}$  進行採樣, 除可了解其排放之  $PM_{2.5}$  對高屏地區空氣品質的影響外, 也可進一步提供證據作為木材燃燒是否為中部地區的重要碳污染源。

總節前述之文獻回顧, 本期計畫將持續採集高雄的火力發電廠 (燃煤) 和煉油廠煙道排放之  $PM_{2.5}$ , 並增加化工廠、焚化爐和造紙廠煙道排放  $PM_{2.5}$  的採集, 相信結合 2019 年計畫的執行結果, 對高雄  $PM_{2.5}$  污染源的解析與管制有極大助益。

## 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  $0.08 \mu m$  (或  $0.1 \mu m$ ), 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  $0.08 \sim 2 \mu m$  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  $3 \mu m$  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 ~ 2 $\mu\text{m}$	> 2 or 3 $\mu\text{m}$
		0.2 $\mu\text{m}$ ~ 0.7 $\mu\text{m}$	
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 <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 、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<sub>4</sub><sup>2-</sup>)、硝酸離子 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 及銨離子 (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) 為二次無機氣膠 (secondary inorganic aerosol, SIA) 的主要成分，其含量約占 PM<sub>2.5</sub> 質量濃度的 20-40%，為 PM<sub>2.5</sub> 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)。PM<sub>2.5</sub> 之 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 的形成分成異相反應 (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<sub>2</sub> 溶解至雲霧裡，與液滴中的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 及 O<sub>3</sub> 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 ± 0.2  $\mu\text{m}$  (John et al. 1990)。NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 微粒之形成則為固定或移動污染源排放的 NO<sub>x</sub> 經由氣相 (NO<sub>2</sub>+OH) 或液相反應 (N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 之水解反應) 在大氣中轉化成 HNO<sub>3</sub> 後再與 NH<sub>3</sub> 形成 NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> 微粒，在都會區 NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> 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<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> 微粒生成之主要因子，然而在高溫度下，NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> 微粒則會藉由熱解形成 HNO<sub>3</sub> 及 NH<sub>3</sub>。

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<sub>3</sub>)、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，其含量占 PM<sub>2.5</sub> 的質量濃度約 20-40% (Bae et al. 2006; Chou et al. 2010; Lin et al. 2009; P 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<sub>2.5</sub>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<sub>2.5</sub>平均濃度高達109  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (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  $\text{ng}/\text{m}^3$ 、19.1  $\text{ng}/\text{m}^3$ 、2.9  $\text{ng}/\text{m}^3$ 和0.9  $\text{ng}/\text{m}^3$ ，Pb可高達202  $\text{ng}/\text{m}^3$ 。在上海，PM<sub>2.5</sub>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  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、3.41  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、2.25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、2.32  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、7.11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 和2.38  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，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  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、3.01  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、1.67  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、

1.87  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、6.12  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 和1.33  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，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  $\text{ng}/\text{m}^3$ 、26  $\text{ng}/\text{m}^3$ 和87.2  $\text{ng}/\text{m}^3$ ，而以海港和重工業為主的日本橫濱，Al、Mg和Ca濃度 ( $\text{PM}_{10}$ ) 分別為0.14~0.69  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、0.21~0.32  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 和0.16~0.42  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，Mn、Cu和Pb分別為16.5~32.5  $\text{ng}/\text{m}^3$ 、12.9~47.7  $\text{ng}/\text{m}^3$ 和21.3~27.2  $\text{ng}/\text{m}^3$ 。以工業為主要產業的南韓蔚山，Cd、Ni、Mn和Pb ( $\text{PM}_{3.3}$ ) 之平均濃度為131.5  $\text{ng}/\text{m}^3$ 、140.4  $\text{ng}/\text{m}^3$ 、304.4  $\text{ng}/\text{m}^3$ 和131.5  $\text{ng}/\text{m}^3$  (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  $\text{ng}/\text{m}^3$ 、204.7  $\text{ng}/\text{m}^3$ 和139.3  $\text{ng}/\text{m}^3$  ( $\text{PM}_{3.3}$ )，主要來自交通排放的Pb、Cu和Zn的平均濃度分別為71.8  $\text{ng}/\text{m}^3$ 、40.7  $\text{ng}/\text{m}^3$ 和59.5  $\text{ng}/\text{m}^3$ ，工業排放的Mn、Cd和V都在30  $\text{ng}/\text{m}^3$ 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1~15  $\text{ng}/\text{m}^3$ 左右 (Hsu et al. 2016)，Mn則在2~20  $\text{ng}/\text{m}^3$ 的範圍，Ni的濃度在7  $\text{ng}/\text{m}^3$ 左右，Pb在20  $\text{ng}/\text{m}^3$ 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  $\text{ng}/\text{m}^3$ 、13.1  $\text{ng}/\text{m}^3$ 、11.9  $\text{ng}/\text{m}^3$ 和33.6  $\text{ng}/\text{m}^3$  (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， $\text{PM}_{10}$ 中的Sb、Cd、Sn、Zn、Pb、Cu、Se及As最高濃度可達3350  $\text{ng}/\text{m}^3$ 、3066  $\text{ng}/\text{m}^3$ 、1276  $\text{ng}/\text{m}^3$ 、753  $\text{ng}/\text{m}^3$ 、1599  $\text{ng}/\text{m}^3$ 、133  $\text{ng}/\text{m}^3$ 、28303  $\text{ng}/\text{m}^3$ 及677  $\text{ng}/\text{m}^3$  (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。

### 1.3 污染源排放微粒特徵

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  $\text{PM}_{2.5}$  微粒組成以硫酸鹽的組成最高，可占 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)。

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 <sub>2.5-10</sub>	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 <sub>2.5-10</sub>	Na、Mg	Rahn (1999); Hsu et al. (2004)
交通排放	PM <sub>1</sub> PM <sub>2.5-10</sub>	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 <sub>10</sub>	Ca、K、Mg、P、 Ti、Tl、Sr、Rb	Santacatalina et al. (2010); Escudero et al. (2012)
非鐵金屬 冶煉	PM <sub>1</sub> PM <sub>2.5</sub>	Cr、Cd、Cu、As、 Pb、Se、Zn	Kuo et al. (2007); Querol et al. (2007)
燃煤電廠	PM <sub>1</sub>	As、Se、Cr、 Cd、Pb、Sb	Xie et al. (2006); Okuda et al. (2008)
重油燃燒	PM <sub>1</sub> PM <sub>2.5</sub>	Ni、V	Querol et al. (2007); Cheng et al. (2008)
鋼鐵廠	PM <sub>1</sub> PM <sub>2.5</sub>	Fe、Zn、Pb、 Mn、Ni、Cr	Tsai et al. (2007)
垃圾焚化	PM <sub>2.5</sub>	Cd、Pb、Zn、 As、Sb	Hu et al. (2003); Christian et al. (2010)
生質燃燒	PM <sub>1</sub>	K、Rb	Querol et al. (2007); Hsu et al. (2009)
化石業	PM <sub>2.5</sub>	La、Ce	Kulkarni et al. (2007); Moreno et al. (2008)
港口 (包含 船舶)	PM <sub>2.5</sub>	V、Ni、Cu	de Foy et al. (2012); Tolis et al. (2015); Zhao et al. (2013a)

在燃煤電廠方面，煙道排放的 PM<sub>2.5</sub> 中之化學組成以硫酸鹽及碳為主，兩者在 PM<sub>2.5</sub> 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，其濃度占 PM<sub>2.5</sub> 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 的濃度也都占 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<sub>2.5</sub> 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<sub>2.5</sub> 的影響不同，其中鋼鐵廠在秋季、冬季和春季對周界 PM<sub>2.5</sub> 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<sub>2.5</sub> 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備受關注。過去有研究調查不同污源排放的重金屬，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，也有研究量測焚化爐煙道和周界的 PM<sub>2.5</sub>，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<sub>2.5</sub> 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<sub>2.5</sub> 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<sub>2.5</sub> 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<sub>2.5</sub> 中的碳也都占 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，約占 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<sub>2.5</sub> 中，以 OC 約 64% 最多，EC 含量為 16% 次之，其他主要物種包含 Cl<sup>-</sup> (8%)、K<sup>+</sup> (5%)、NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (1.7%) 及 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (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 占有的質量濃度比例最高, 約占總碳的 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<sup>-</sup> (41%) 及 Na<sup>+</sup> (40%) 為主要組成, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 含量則占 9%, 由於海鹽氣膠含大量的 Cl<sup>-</sup> 及 Na<sup>+</sup>, 故此兩物種可視為海鹽飛沫的指標物種 (Hsu et al. 2004)。

港口也是重要的微粒污染源之一, 其中又以貨櫃集中區和船舶進出港口所排放的廢氣是港口的主要污染源。Donateo 調查義大利 Mediterranean Sea 港口的微粒特徵 (Donateo et al. 2014), 他們的研究發現當貨物在搬運過程中, PM<sub>2.5</sub> 的濃度會較無搬運貨物時高 1.5 倍, 當船舶進港或出港時, PM<sub>2.5</sub> 的質量濃度和顆粒濃度均會顯著上升, 並為無船舶進出港時的 3 倍, 且港口內的船舶和作業區約貢獻 56% 的 polycyclic aromatic hydrocarbon。此外, Zhao 的研究也發現 (M Zhao et al. 2013), 無論國際商船或當地的船舶, 在港口所量測到的大氣金屬 V 濃度 (船舶燃油後排放之重要元素) 均和進港的船舶數量呈顯著正相關, 並認為 V 是港口區的重要金屬元素指標。Tolis 採集希臘 Thessaloniki 港口周邊的 PM<sub>2.5</sub> 並分析其化學組成 (Tolis et al. 2015), 分析發現當 V/Cu 和 V/Ni 的比值分別大於 1.0 和 3.5 時, 表示空氣品質明顯受船舶排放之微粒的影響, 反之, 貢獻較不顯著。de Foy 結合 Weather Research and Forecasting model (WRF) Comprehensive Air-quality Model with eXtensions (CAMx) 模式模擬發現, 美國 Milwaukee 大氣中的 Ni、V 和黑碳會受鄰近的港口排放之污染物影響, 其中 Ni 和 V 約有 5% 由鄰近港口的船舶所貢獻, 黑碳約有 10% 來自鄰近港口的船舶所貢獻 (de Foy et al. 2012)。

表 1.3.2 國內外交通污染源 PM<sub>2.5</sub> 之 OC、EC 之含量與 OC/EC 之比值

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

資料來源：周崇光 (2016)；周崇光 (2017)

就固定污染源而言，前述研究透過分析固定污染源煙道排放之  $PM_{2.5}$  的化學組成來探討其對周界空氣品質的影響，然而，由於煙道會因高溫或其燃燒材料的不同，使排放之微粒以固態、氣態或液態的形態存在，因此煙道排放之微粒又可被分為以濾紙捕集的可過濾性微粒 (Filterable particulate matter, FPM) 和因高溫而使微粒以氣相形態存在，遇低溫後凝結的可凝結性微粒 (Condensable particulate matter, CPM)。過去，研究透過 FPM 與 CPM 的採樣與分析，評估其對周界空氣品質的影響。Yang 等人採集燃煤火力發電廠、燃煤鍋爐燃燒、紅磚製造業、焚化爐和電弧爐業煙道排放之  $PM_{2.5}$  (Yang et al. 2014)，分析發現除了紅磚製造業排放的  $PM_{2.5}$  以 FPM 為主外，其他四個污染源都以 CPM 占優勢。Yang 在 2015 年採集煉鋼廠不同製程排放之  $PM_{2.5}$  (sintering、coke making、blast furnace、basic oxygen furnace 和 electric arc furnace) (Yang et al. 2015)，並發現每一個製程排放的微粒都以 CPM 占優勢，但不同金屬元素或陰陽離子在 CPM 或 FPM 的濃度高低分布不一致，例如，sintering 製程排放的 FPM 有較高的 K、Fe、Pb 和 Zn 濃度，Pb、Zn 和 Sn 最高濃度出現在 electric arc furnace 製程，而無論哪一個製程，鈉離子和氯離子最高值則出現在 CPM，除了 sintering 外，其他四個製程中的 CPM 都有較高的鉀離子。Yang 進一步分析燃煤與燃油鍋爐排放的  $PM_{2.5}$  特性 (Yang et al. 2018)，發現 CPM 濃度較 FPM 高，也發現硫酸鹽是 FPM 的重要組成，而硫酸鹽、硝酸鹽和銨鹽則是 CPM 的重要組成；在碳成分部分，燃煤鍋爐排放的碳以 OC 為主，燃油鍋爐則以 EC 占優勢。Li 採集中國燃煤火力發電廠排放之微粒特性 (Li et al. 2017)，採集的位置包含選擇性觸媒還原設備後端、靜電集塵器後端、濕式脫硫設備後端和煙道，分析發現除了選擇性觸媒還原設備後端的  $PM_{2.5}$  以 FPM 占優勢外，另外三個採樣位置都以 CPM 的濃度較高，但無論 FPM 或 CPM，靜電集塵器後端採集的濃度明顯較選擇性觸媒還原設備後端採集的濃度低，說明靜電集塵器具有良好的微粒移除效果；此外，該研究也發現選擇性觸媒還原設備後端和靜電集塵器後端的 CPM 以無機組成為主，濕式脫硫後端和煙道的 CPM 以有機組成為主，在所分析的無機離子與金屬元素部分，則以硫酸鹽、Na 和 Ca 為主，並可能是影響周界空氣品質的重要組成。透過固定污染源排放之  $PM_{2.5}$  的採樣與分析，可發現微粒可被分為 FPM 及 CPM，儘管不同製程排放的 FPM 和 CPM 比例不同，但多以 CPM 占優勢，因此分析 CPM 濃度及其組成，對於探討固定污染源排放之微粒對空氣品

質的影響有其重要性。

#### 1.4 污染源鑑定技術

有關  $PM_{2.5}$  污染源鑑定部分，除了可利用前節的污染源和大氣微粒之金屬元素特徵的比對來探討微粒污染來源外，也有研究透過氣象特性或統計方法來探討各區域的  $PM_{2.5}$  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二次無機氣膠及有機碳為主要的物種，其含量可占  $PM_{2.5}$  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微粒污染情形最為嚴重。進一步利用軌跡模式探討竹山地區微粒之來源後，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，中部地區當高微粒污染事件日發生時，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) 解析其可能污染來源，結果顯示彰化地區  $PM_{2.5}$  之有毒金屬 As 及 Cr(IV) 濃度人體可接受的致癌風險 (As:  $7.6 \times 10^{-6}$ ; Cr (IV):  $15.3 \times 10^{-6}$ )，而燃煤電廠 (35%)、交通排放 (24%)、鉛煉製業 (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  $6 \text{ ng/m}^3$ ，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<sub>2.5</sub> 之化學組成隨著不同的季節有些差異，SIA 為 PM<sub>2.5</sub> 最主要之組成，約占 PM<sub>2.5</sub> 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<sub>2.5</sub> 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<sub>2.5</sub> 有明顯的貢獻，三個行業別對嘉義市區 PM<sub>2.5</sub> 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。

透過上述文獻可知，氣象特性和統計模式為目前多數研究用來評估 PM<sub>2.5</sub> 污染源的方法，然而，上述方法仍存在許多限制。例如，PMF 僅能提供“相對定量”的結果，針對貢獻量大但時間變異性小的污染源而言，分析結果會顯示其貢獻量不如貢獻量小但時間變異性高的污染源，進而忽略掉重要污染源的貢獻，且 PMF 所分析出的污染源因子之不確定性較高 (Kim et al. 2005)。CMB 雖然可提供可信度較高的污染源分析結果，但需事先掌握主要污染源的化學組成資料，且因不同污染源排放之微粒的化學組成會有重覆的現象，因此需分析較多的化學組成，以找出不同污染源的組成特徵，相對的，其成本也較高 (Samek et al. 2016)。應用 PM<sub>2.5</sub> 中化學組成或氣象條件之方法，其在污染源鑑定上僅能初步判斷微粒主要受那些因素或污染源的影響，無法提供污染源的定量資料。

## 1.5 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來源的鑑識上常利用 <sup>13</sup>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 1.5.1 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。生質燃燒也是碳微粒的貢獻源之一，一般可被分為 C3 和 C4 植物，最大差異在於行光合作用的途徑不同。C3 植物 ( $\text{CO}_2$  固定後形成的最初穩定產物是具三個碳原子的化合物 (3-PGA)) 生質燃燒所排放微粒之  $\delta^{13}\text{C}$  則介於-26.2 至-24.5‰之間，C4 植物 (C4 植物為葉肉細胞吸收之  $\text{CO}_2$  先固定為四個碳原子，再轉化成蘋果酸 (malic acid) 或天門冬胺酸 (aspartic acid)，四碳分子化合物轉送到束鞘細胞後 (bundle sheath cell)，再行 C3 途徑合成醣類) 之組織，經燃燒後排放的碳微粒最重，約介於-13.5 至-12.5‰之間，產生的  $\delta^{13}\text{C}$  較 C3 植物輕。

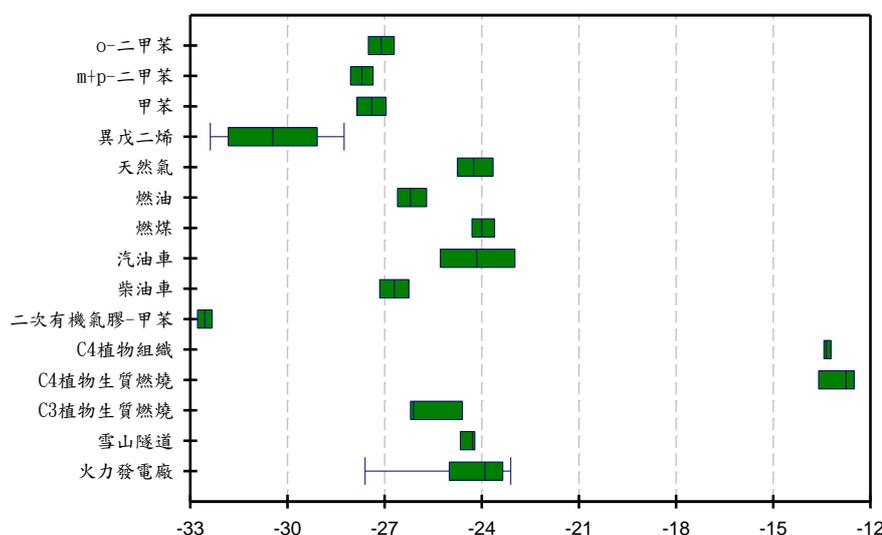


圖 1.5.1 國內外各污染源排放微粒與氣體污染物  $\delta^{13}\text{C}$  值

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)。

此外，本計畫在前期調查發現：雪山隧道內PM<sub>2.5</sub>總碳之 $\delta^{13}\text{C}$ 介於-24.7至-24.2‰之間，燃煤火力電廠的煤料、飛灰及底灰則介於-25.1‰至-23.1‰之間。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。

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<sup>204</sup>Pb、<sup>206</sup>Pb、<sup>207</sup>Pb及<sup>208</sup>Pb，其中後三者分別是由<sup>238</sup>U、<sup>235</sup>U及<sup>232</sup>Th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)。

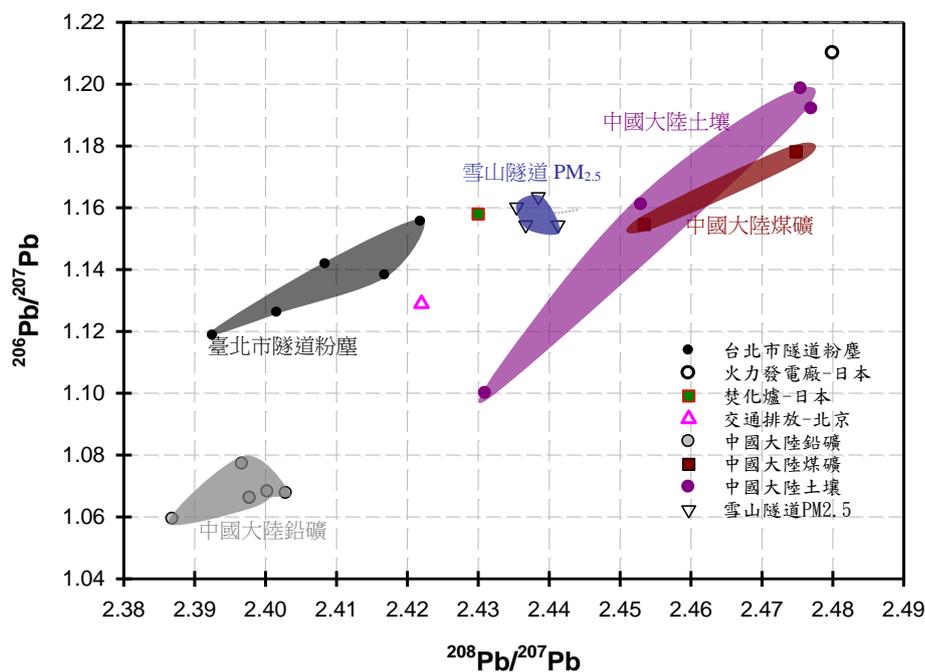


圖 1.5.2 國內外各污染源排放微粒鉛同位素特徵分佈

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)。

然而，Pb同位素比值可以有多种不同表达方式，如 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ，但在环境污染来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1.5.2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<sub>2.5</sub>，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1.5.3~圖1.5.5顯示近年本研究團隊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。

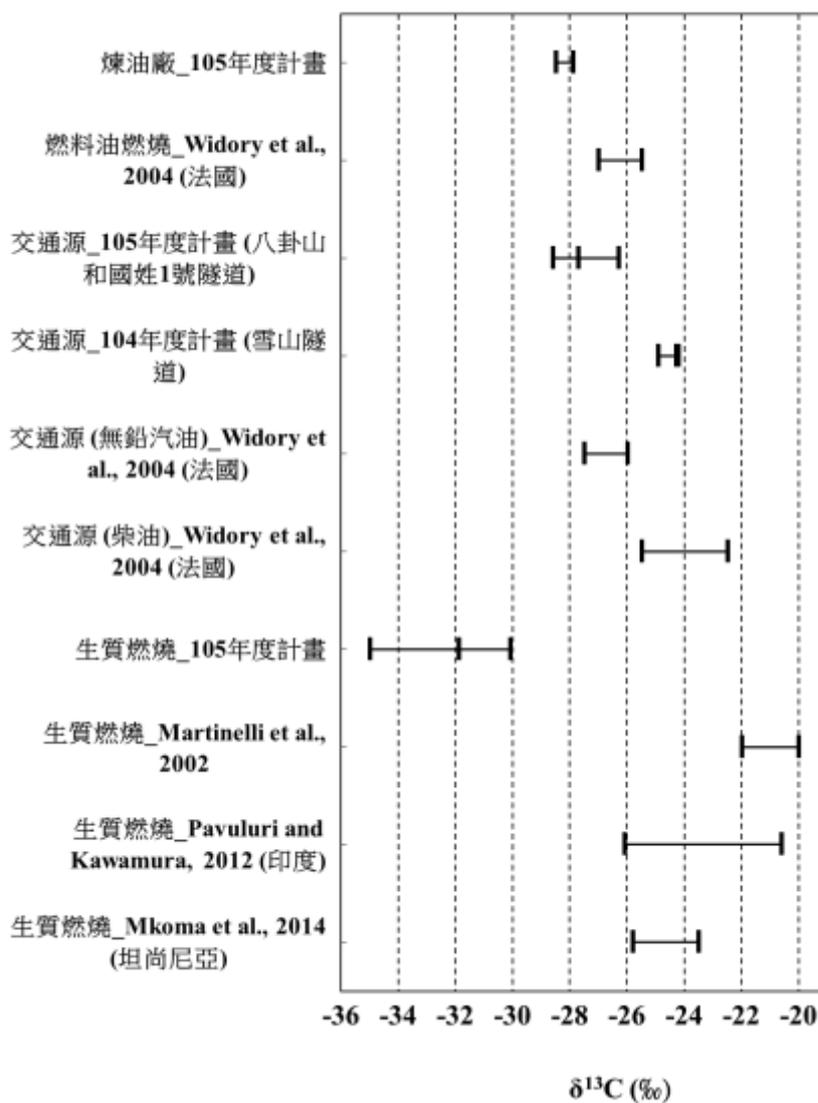


圖 1.5.3 前期計畫和其他研究量測之污染源排放微粒之  $\delta^{13}\text{C}$  數值的比較

(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)]

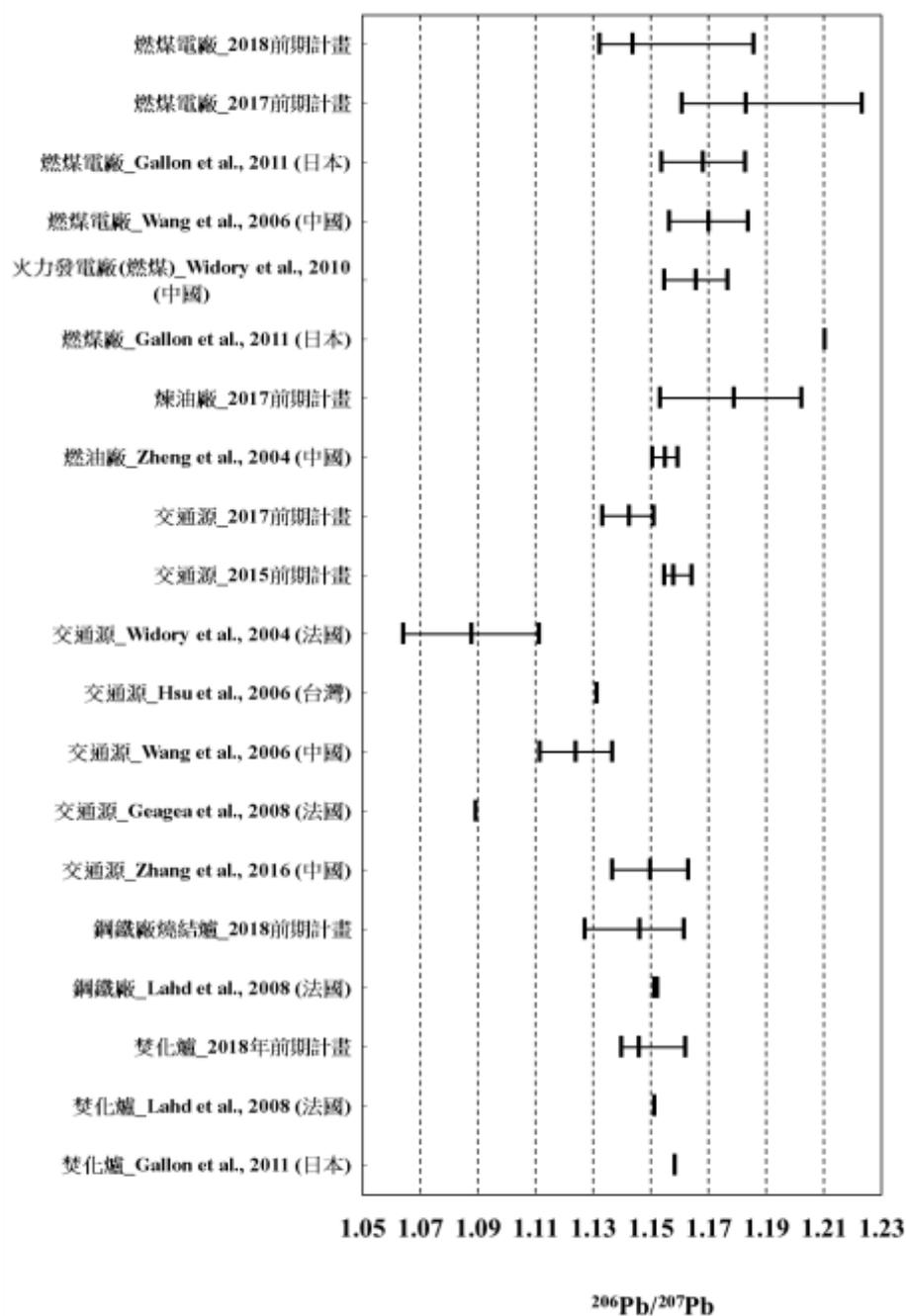


圖 1.5.4 前期計畫和其他研究量測之污染源排放微粒之  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值的比較

(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. 2004; Widory et al. 2010; R Zhang et al. 2016; Zheng et al. 2004; 周崇光 2016, 2017, 2018)]

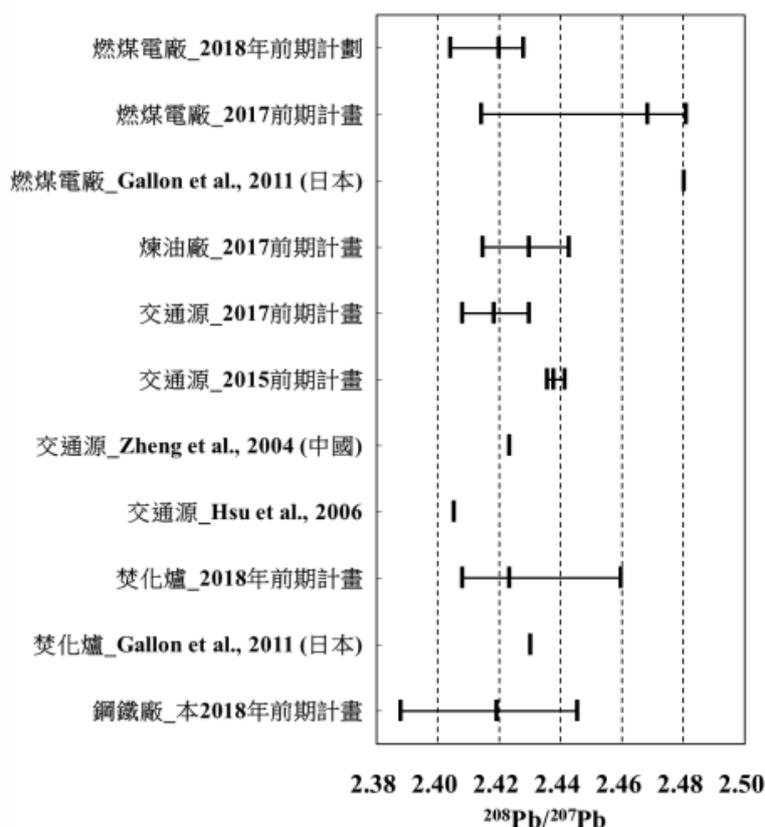


圖 1.5.5 前期計畫和其他研究量測之污染源排放微粒之  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值的比較 (數值分別為最小值、中位數和最大值，部分研究僅有最小值與最大值或平均值) [(Gallon et al. 2011; Hsu et al. 2006; Zheng et al. 2004; 周崇光 2016, 2017, 2018)]

## 1.6 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。本研究團隊在計畫執行期間，持續更新碳與鉛同位素在大氣污染源的鑑定資料，以期能掌握最新的同位素於空氣污染來源鑑定之應用的研究現況。在期末報告繳交前 (2020年11月10日)，本研究團隊以isotope、carbon和particulate matter等關鍵字檢索web of science等電子期刊資料庫，設定年份為2020年，共檢索到29篇文章，其中有2篇討論懸浮微粒中的碳或鉛同位素在空氣污染來源的追蹤之應用與成果 (期中報告繳交前共檢索到15篇文章，其中2篇符合需求)。以下整合過去和本期計畫新增的文獻，並各別描述碳及鉛同位素在空氣污染來源鑑定之應用現況。

### 1.6.1 $\delta^{13}\text{C}$ 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 $\text{K}^+$ /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1.6.1)，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1.6.2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PM<sub>2.5</sub>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PM<sub>2.5</sub>、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<sub>3</sub>植物。在生質燃燒盛行的印尼，有研究發現生質燃燒期間的PM<sub>2.5</sub>、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<sub>3</sub>植物是主要的燃燒物種。結果顯示生質燃燒

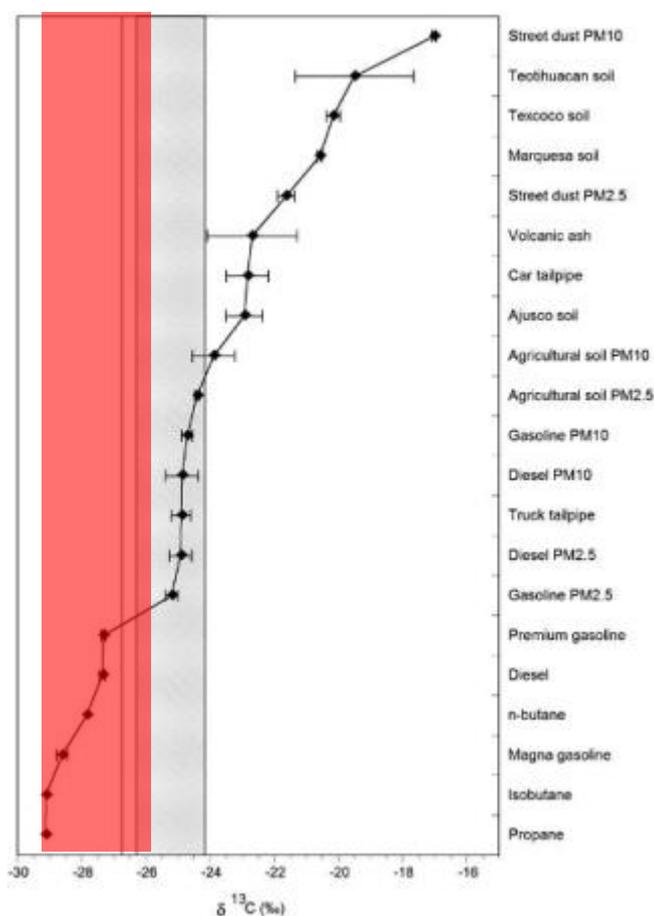


圖 1.6.1 墨西哥市空氣及各污染源排放碳微粒之  $\delta^{13}\text{C}$  值分佈

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

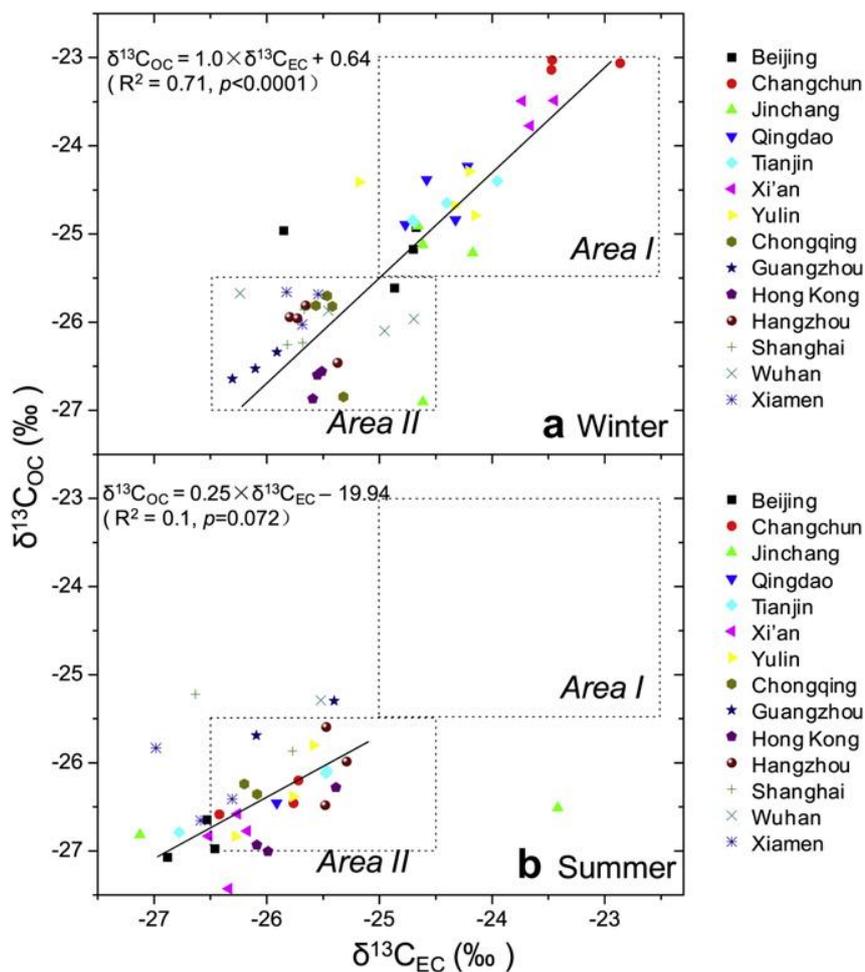


圖 1.6.2 中國大陸各城市空氣中碳微粒之  $\delta^{13}C$  值

(資料來源：Cao et al., 2011)

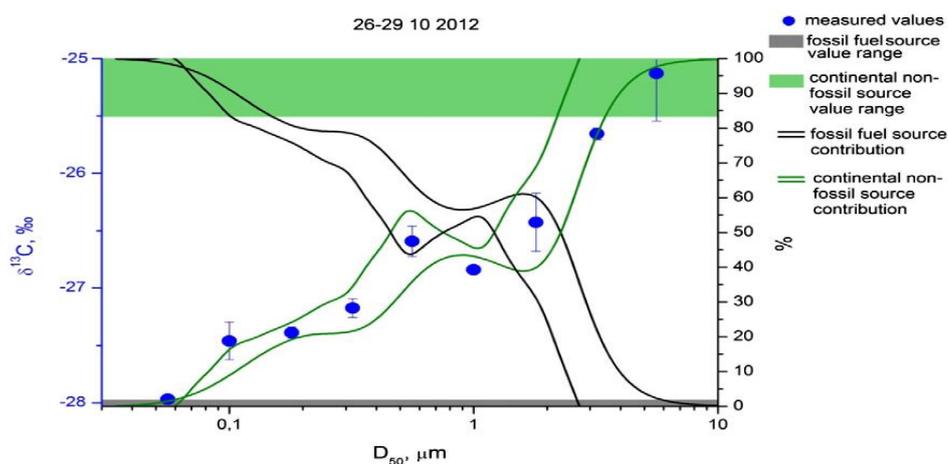


圖 1.6.3 立陶宛 Vilnius 不同粒徑懸浮微粒之  $\delta^{13}C_{Tc}$  值與其污染來源相對貢獻量

(資料來源：Masalaite et al., 2015)

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。

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1.6.3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，其相對貢獻量占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，若能進一步量測 $\text{PM}_{2.5}$ 以下之不同粒徑範圍的碳同位素特徵，將有助於釐清 $2.5 \mu\text{m}$ 以下之微粒的碳污染源。

除了不同粒徑範圍碳同位素的分析與應用外，也有研究透過不同碳成分的碳同位素或多重同位素資料來剖析碳污染源。Zhao利用質量平衡模式計算有機碳與元素碳的 $\delta^{13}\text{C}$ 及懸浮微粒中的levoglucosan (Zhao et al. 2018)，評估中國西北城市的元素碳污染源；分析結果顯示煤礦燃燒與交通排放是主要的元素碳污染源，其中冬天的煤礦燃燒源貢獻量最大 (約63%)，此外，該研究也指出生質燃燒約貢獻當地冬天大氣中的元素碳約15%，遠高於夏天的2%，反映此地區在冬天受生質燃燒行為的影響比夏天嚴重。Zhang量測水溶性有機碳 (Water-soluble organic carbon, WSOC) 中的 $\delta^{13}\text{C}$  (Zhang et al. 2019)，並探討中國南京在高 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日期間的污染源種類；分析發現在2015年1月期間，中國南京共有3個高 $\text{PM}_{2.5}$ 事件日，其中長程傳輸貢獻的老化氣膠和生質燃燒是主要的碳貢獻源，但另一個事件日的 $\delta^{13}\text{C}$ 較重，尚無法釐清可能的污染源。該研究則是少數透過量測WSOC中的 $\delta^{13}\text{C}$ 來探討大氣的碳污染源種類。Górka採集波蘭工業區、都會區和郊區的大氣 $\text{PM}_{10}$ 樣本 (Górka et al. 2020)，並分析OC與EC的濃度和TC中的 $\delta^{13}\text{C}$ 數值，和將其應用在碳污染源的鑑定。研究發現煤礦的燃燒是當地冬天的主要碳貢獻源，在農作期間 (非冬天)，交通排

放則是主要的碳貢獻源。Morera-Gómez採集和分析PM<sub>10</sub>中的 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ 、 $^7\text{Be}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  和 $^{40}\text{K}$  (Morera-Gómez et al. 2020)，並分別利用不同同位素特徵來討論古巴Cienfuego地區的PM<sub>10</sub>污染源。研究分別結合 $^{210}\text{Pb}$ 和 $^7\text{Be}$ 、不同污染源的 $\delta^{13}\text{C}$ 分佈和 $\text{NH}_3$ 與 $\text{NH}_4^+$ 的 $\delta^{15}\text{N}$ 的特徵，發現當地燃燒源（包含石化燃料與生質燃燒）和二次氣膠是主要的PM<sub>10</sub>生成因素。Lim結合碳（ $\delta^{13}\text{C}$ ）、和氮同位素（ $\delta^{15}\text{N}$ ， $\text{NH}_4^+$ 和 $\text{NO}_3^-$ ）和無機離子探討北京和漳州當地的PM<sub>2.5</sub>污染源 (Lim et al. 2020)，並發現交通排放是當地的主要貢獻源，燃煤電廠的影響較不顯著，該研究也建議結合不同同位素和化學組成的分析，可增加PM<sub>2.5</sub>污染來源探討的可信度。

在國內的研究方面，本計畫團隊在2015~2016年的研究發現 (Jung et al. 2019; 周崇光 2016)，夏季、冬季及春季觀測期間北部地區富貴角測站PM<sub>2.5</sub>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，夏季以當地的交通等污染源為主要貢獻源。2016~2018年的研究整合7種污染源的探同位素資料，探討台中-彰化-南投-雲林-嘉義的PM<sub>2.5</sub>污染源 (周崇光 2017, 2018) (2016~2018年調查的周界和重要污染源之分佈如圖1.6.4；除了圖上的5種固定源外，另有交通排放和稻梗燃燒，因此2種污染源非固定源，故無標註於圖中)，分析發現春季期間主要受煉油廠與交通源排放的影響，夏季則以煉油廠、交通排放和二次氣膠為主。另外，本研究團隊透過不同PM<sub>2.5</sub>污染程度和 $\delta^{13}\text{C}$ 關係的分析 (圖1.6.5)，發現當總碳佔PM<sub>2.5</sub>質量濃度越高時，測得的 $\delta^{13}\text{C}$ 偏重，而過去研究指出氧化反應生成的二次氣膠之 $\delta^{13}\text{C}$ 偏重 (Zhang et al., 2016)；當總碳濃度佔PM<sub>2.5</sub>濃度越低時，測得的 $\delta^{13}\text{C}$ 偏輕，過去研究則指出透過光化反應生成的二次氣膠之 $\delta^{13}\text{C}$ 偏輕 (Irei et al., 2006)。因此，當PM<sub>2.5</sub>污染情形越嚴重，氧化反應是PM<sub>2.5</sub>中碳的主要影響因子，反之為光化反應。

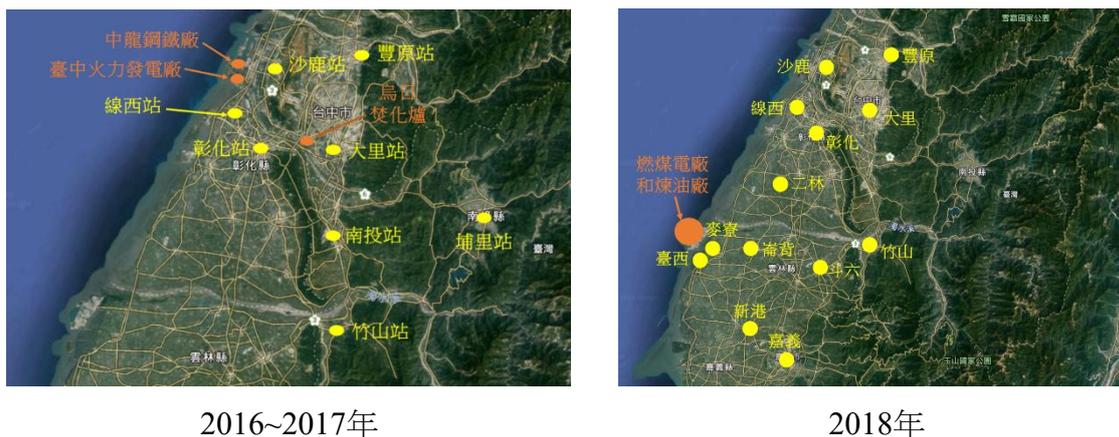


圖 1.6.4 2016~2018 年計畫調查的周界和重要污染源分佈圖

在 2019 年 (周崇光 2019), 本計畫團隊採集高屏地區重要污染源和周界的  $PM_{2.5}$  樣本, 並分析 TC 中的  $\delta^{13}C$ 。然而, 在調查的火力發電廠、鋼鐵廠和煉油廠煙道排放之  $PM_{2.5}$  的碳含量不足以作碳同位素的分析, 無法深入討論高屏地區大氣中的  $PM_{2.5}$  和當地重大污染源的關係。然而, 根據本計畫團隊分析大氣的  $PM_{2.5}$  與  $\delta^{13}C$  之關係, 發現夏季  $PM_{2.5}$  濃度和  $\delta^{13}C$  呈現正相關 (圖 1.6.6), 暗示異相化學反應可能是主要的碳貢獻源 (參考圖 1.6.5)。

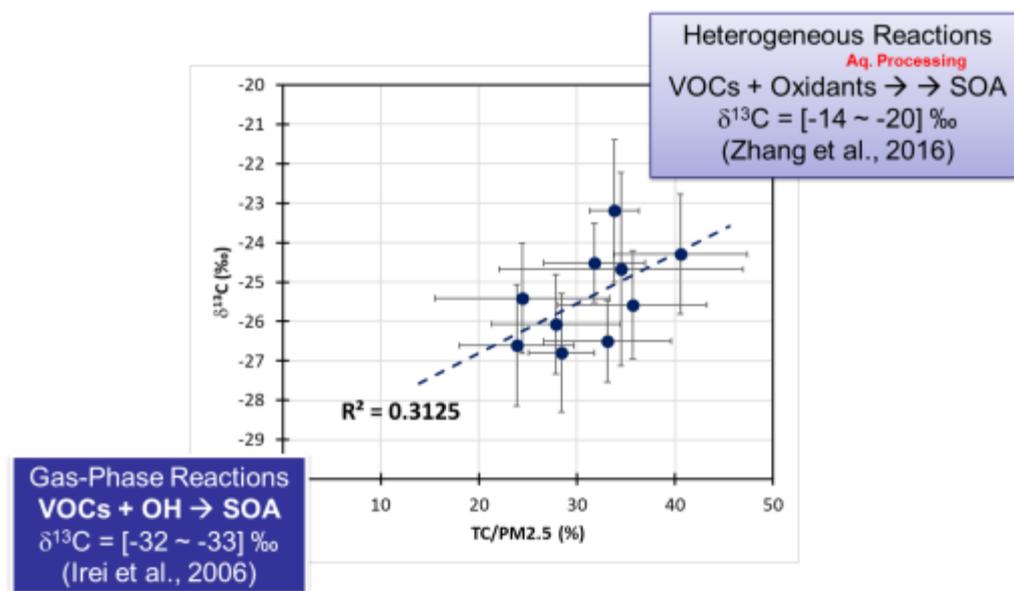


圖 1.6.5 TC/ $PM_{2.5}$  比值和  $\delta^{13}C$  關係圖

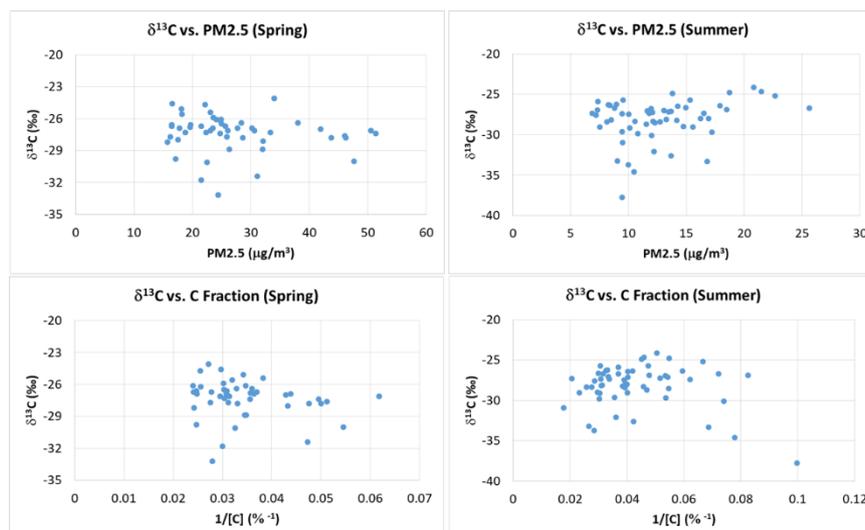


圖 1.6.6 前期計畫調查之高屏地區大氣 TC/PM<sub>2.5</sub> 比值和  $\delta^{13}\text{C}$  關係圖

## 1.6.2 碳 14 同位素應用

碳 ( $^{14}\text{C}$ ) 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 $^{14}\text{C}$ 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，來自化石燃料燃燒的貢獻則可利用1-pMC示之。一般來說，可以pMC比例是否有超過或低於50%，來反映是現代碳還是化石碳的貢獻較占優勢，因此，過去研究採集到的pMC比例若超過50%，可說明某污染源排放的碳偏向現代碳，或某地區的碳污染源以現代碳的貢獻較占優勢，反之，則以化石碳較占優勢。

在交通及農廢燃燒排放嚴重的美國Denver地區，有研究分析PM<sub>2.5</sub>碳微粒之 $^{14}\text{C}$  (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Denver地區冬季期間PM<sub>2.5</sub>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1.6.7)，當微粒粒徑大於3.3  $\mu\text{m}$ 時，其pMC含量可高達60%以上，然而當粒徑小於1.1  $\mu\text{m}$ 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PM<sub>2.5</sub>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PM<sub>2.5</sub> (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1.6.8)，PM<sub>2.5</sub>之EC濃度為0.75  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，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 (Yu et al. 2016)，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、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<sup>14</sup>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<sup>14</sup>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，本團隊於前期計畫執行期間，整合2016~2018年採集與分析生質燃燒、

交通排放、燃煤電廠、煉油廠、鋼鐵廠和焚化爐等污染源的pMC比例 (周崇光 2017, 2018) 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，其他污染源的量測結果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。儘管2016~2018年的研究結果均顯示化石碳和現代碳在總碳中的比例相當，但就現代碳而言，前期計畫發現，代表生質燃燒指標的Levoglucosan濃度和現代碳濃度呈顯著正相關 (圖1.6.9)，說明生質燃燒是主要的現代碳貢獻源，而Levoglucosan和Mannosan的比值在10左右，和木材燃燒之Levoglucosan和Mannosan比值相近 (Engling et al., 2009)，低於2017年調查的台灣稻梗燃燒之Levoglucosan和Mannosan比值 (周崇光, 2017)，說明中南部地區的木材燃燒可能是現代碳的重要貢獻源。

2019年，本計畫團隊完成第一年高考地區大氣PM<sub>2.5</sub>的<sup>14</sup>C分析 (周崇光 2019)。本計畫團隊發現高雄地區在春季期間，平均現代碳比例為54% (38~74%)，夏季期間則為49% (16~80%)，其數值的變異明顯較過去在台灣中部地區的採集結果大，也較中部地區的量測結果低，說明化石燃料對高雄地區的影響較明顯。然而，屏東和潮州的平均現代碳比例卻都在55%以上，春季的平均值更可達60%，反映現代碳是屏東地區的重要碳污染源，但詳細污染源仍有待進一步確認。

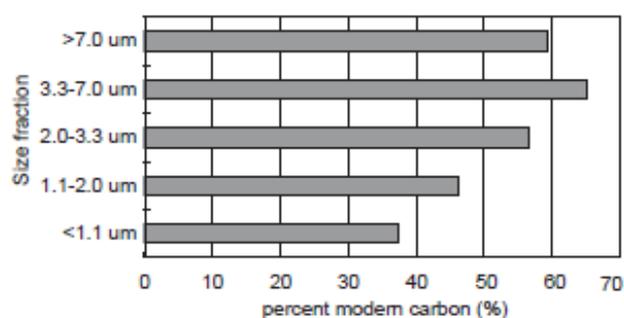


圖 1.6.7 日本 Toyko 地區不同粒徑之微粒中現代碳含量

(資料來源：Endo et al., 2004)

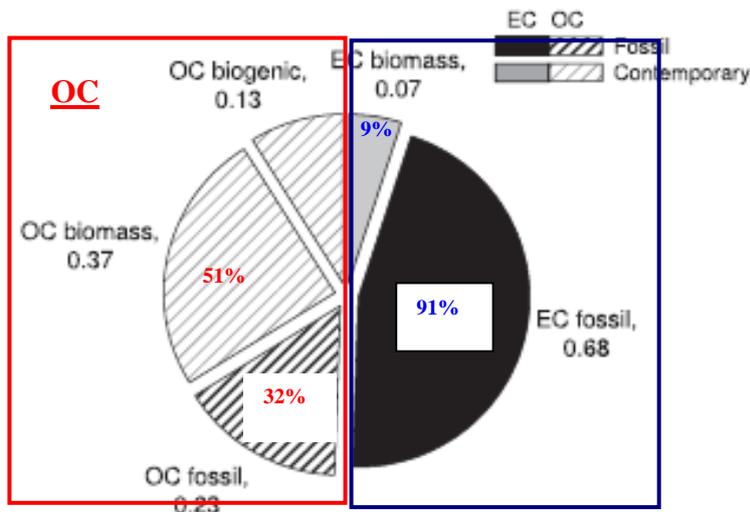


圖 1.6.8 英國 Birmingham 地區 PM<sub>2.5</sub> 之 OC 與 EC 濃度及其污染源相對貢獻量  
(資料來源：Heal et al., 2011)

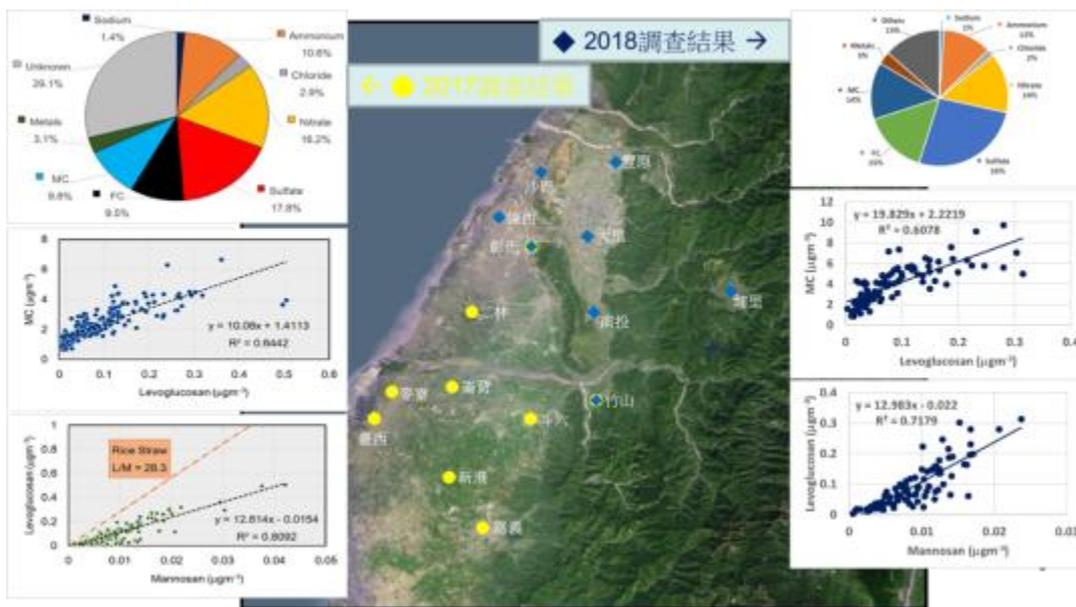


圖 1.6.9 2016~2018 年調查之生質燃燒指標和現代碳濃度關係圖

### 1.6.3 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，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)。然而，就同一種類的污染源而言，因不同國家/地區的製程或原料不同，故同一種類的污染源排放的鉛同位素比值可能會有所差異；因此，當以鉛同位素比值進行鉛污染源的鑑定時，若可取得當地污染源排放的鉛同位素特徵，較有利於鉛污染源的鑑定，反之，可能會有誤差。

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 $\text{PM}_{10}$ 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1.6.10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1.6.11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1.6.12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。

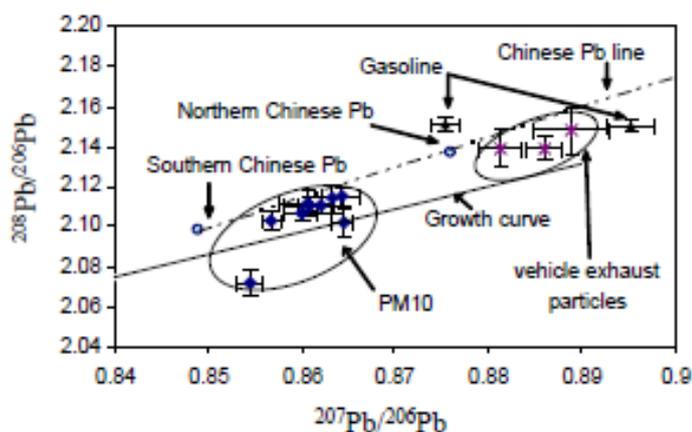


圖 1.6.10 中國大陸上海地區大氣 PM<sub>10</sub> 及污染源排放微粒鉛同位素特徵

(資料來源: Zheng et al., 2004)

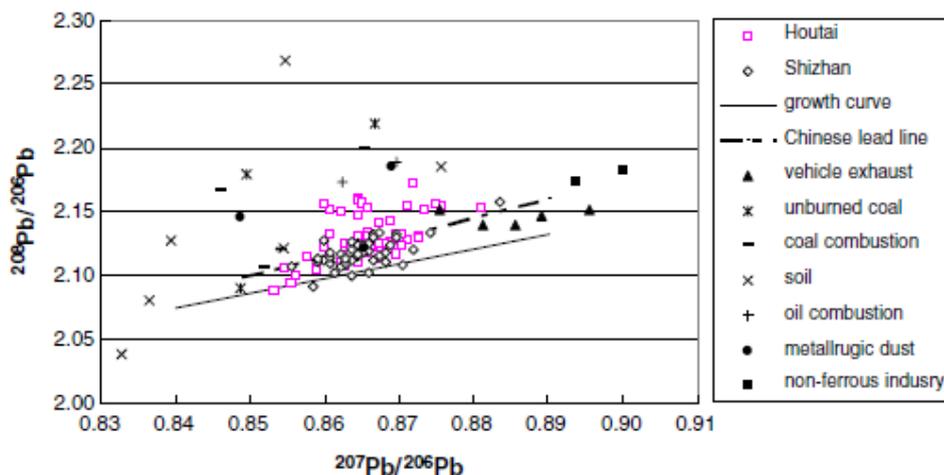


圖 1.6.11 中國大陸上海地區大氣 TSP 及污染源排放微粒鉛同位素特徵  
(資料來源：Wang et al., 2006)

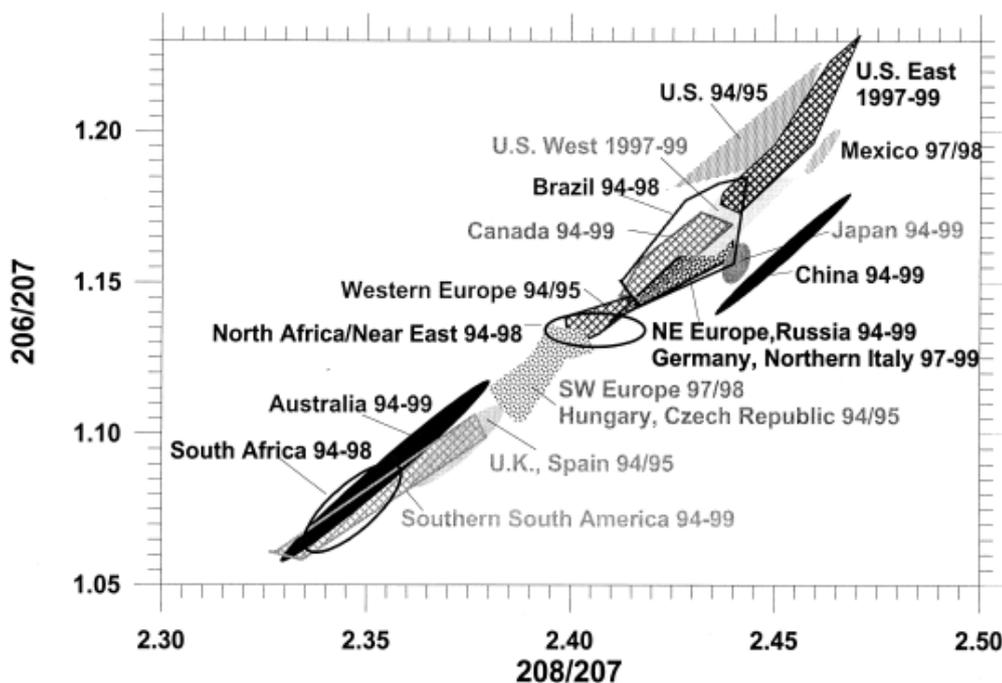


圖 1.6.12 全球大氣微粒鉛同位素比值分佈  
(資料來源：Bollhöfer and Rosman, 2010；2001)

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。Graney 利用懸浮微粒和當地植被表面 (代表長期存在當地的環境介質) 之鉛與鉛同位素的採樣與分析 (Graney et al. 2019)，鑑定當地、區域和長程污染源對加拿大 Albert 空氣品質的影響，結果發現來自東亞地區傳輸的污染物約貢獻 34%，Albert 和加拿大境內的污染源各貢獻 20%和 19%，該研究也指出植被表面上的同位素資料可視為被用於長期污染來源鑑定之重要環境介質。Wang 應用 Pb-Sr-Nd 同位素與受體模式的分析結果，解析中國廈門的金屬元素污染源 (Wang et al. 2019)；分析結果顯示金屬工廠和煤礦燃燒是重要的金屬污染來源，揚塵、建築工地和交通排放則為次要污染源。此研究雖然應用金屬同位素與受體模式的分析結果，討論廈門當地的金屬污染源，但 Pb-Sr-Nd 同位素僅被用於討論此 3 種金屬元素的污染源，同位素則被用來評估 Pb-Sr-Nd 以外之金屬元素的污染源，是故，在污染源鑑定技術的應用上，仍單獨採用。Deng 為了探討熱源污染 (如燃煤電廠) 對鄰近區域空氣品質的影響 (Deng et al. 2020)，先以 HYSPLIT model 推估熱源污染可能的影響區域，並進一步區分影響較大和影響較小的區域，再比對污染源產生的 Pb 和 Cd 同位素與熱源污染源影響較大和較小區域的 Pb 和 Cd 同位素資料，並發現 HYSPLIT model 推估影響較大的區域，其 Pb 和 Cd 同位素和污染源相近。該研究也提供另一種探討污染物對不同區域 (較遠區域) 空氣品質影響的方法。

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<sub>10</sub> 或 PM<sub>2.5</sub> 的鉛同位素比值均有明顯的季節性變化，以 <sup>206</sup>Pb/<sup>207</sup>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%。周和 Jung 等人也利用鉛同位素比值的分析結果探討不同季節的微粒污染來源 (Jung et al. 2019; 周崇光 2016)，分析結果指出北台灣在春季期間的鉛同位素比值和過去在中國調查的鉛同位素比值接近 (特別是燃煤電廠)，顯示春季確實受到長程傳輸污

染物的影響，夏季則轉以交通排放等當地污染源為主。此外，周等人在 2016~2018 年期間 (周崇光 2017, 2018)，完成台中-彰化-南投-雲林-嘉義等 13 個測站的大氣 PM<sub>2.5</sub> 的鉛同位素採樣與分析 ( $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  和  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ )，也完成 7 種污染源排放之 PM<sub>2.5</sub> 的鉛同位素採樣與分析 ( $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  和  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ )，分析結果發現中南部地區的鉛污染源可被劃分為”鋼鐵廠+交通排放+火力發電廠+焚化爐”、”燃煤電廠+煉油廠”和”燃煤電廠”三大類，但無法進一步區分不同污染源的鉛同位素比值特徵。

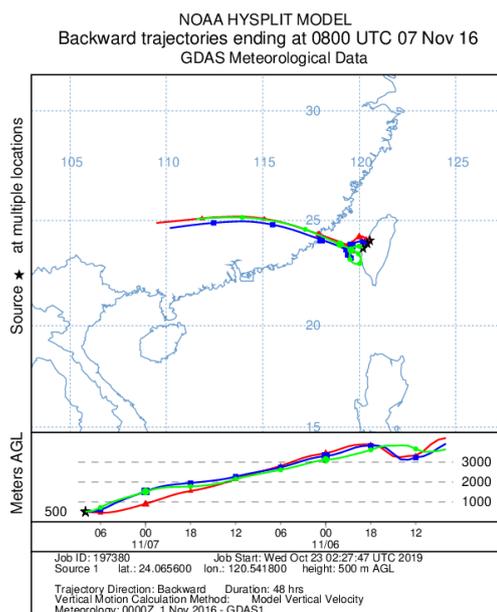
為了進一步區別不同污染源對台中-彰化-南投-雲林-嘉義地區鉛的貢獻，我們將  $^{206}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}$  和  $^{208}\text{Pb}$  三種同位素匯入 PMF 受體模式中，並解析不同污染源因子對當地的鉛貢獻，分析結果如圖 1.6.13 所示。該圖顯示共有 8 個污染源因子被解析出 (因子 1 為交通排放；因子 2 為硫酸鹽和工業混和源；因子 3 為生質燃燒；因子 4 為二次氣膠；因子 5 為道路粉塵和工業排放 (煉油廠)；因子 6 為工業排放 (水泥灰和燃煤電廠)；因子 7 為海鹽飛沫；因子 8 為工業排放 (燃油鍋爐))，並以因子 1 和 6 的貢獻量最大，分別佔 12% 和 53%，其中因子 1 解析出的  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  與  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值和過去台灣油品的鉛同位素比值之量測結果相近 (Yao et al., 2015)，說明交通排放應是當地的貢獻源之一；然而，在因子 6 部分，圖 1.6.13 顯示該因子的鉛同位素比值和其他污染源有差距，也大於中南部大氣 PM<sub>2.5</sub> 的鉛同位素比值，但該比值卻和本研究團隊於北台灣量測到受中國長程傳輸影響期間的鉛同位素比值接近，特別是  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  (Jung et al., 2019)，且逆軌跡也指出高 PM<sub>2.5</sub> 濃度的季節 (圖 1.6.14，部分案例)，中南部地區的氣流確實來自中國，暗示來自中國的長程傳輸可能也是影響因子之一。2019 年，本計畫團隊也完成高屏地區大氣與重要污染源煙道排放之 PM<sub>2.5</sub> 中的鉛同位素分析 (周崇光 2019)，發現春季平均的  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  為 1.1554 (1.1298~1.1712)，夏季平均的  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  為 1.1304 (1.0421~1.1966)，春夏的鉛同位素比值明顯有差異，暗示鉛污染源可能不同。但無論春季或夏季，不同測站的鉛同位素比值有顯著差異，顯示同一季節但不同測站的鉛污染源不同；此外，高屏地區量測到的  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值和前期計畫 (2016-2017) 的研究成果相近，但均低於北部 (2016) 的量測結果。顯示台灣北部和中南部鉛污染源可能不同。但因高屏地區的污染源過於複雜，僅僅一年的量測資料較難討論高屏地區的鉛污染源，因此本計畫 (2020 年) 將持續針對高屏地區大氣和重要污染源煙道排放的 PM<sub>2.5</sub> 進行採樣和完成鉛同位素的分析，希望能有助於提高高屏地區鉛污染源的鑑

定可信度。

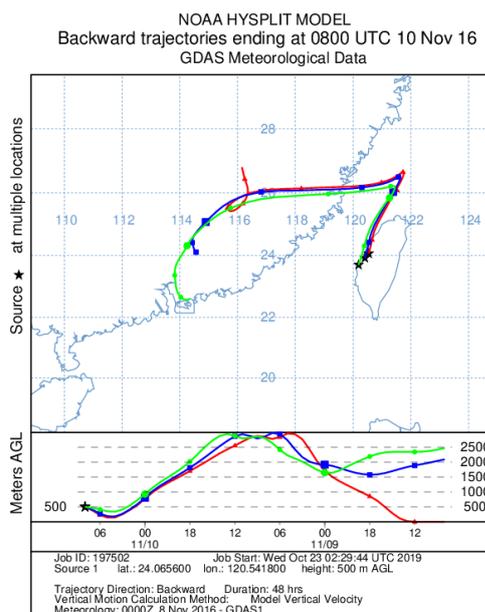
除了上述的應用外，長期或不同時期所觀測到的鉛微粒及其同位素差異亦可反應大氣鉛微粒特徵及其來源的變化紀錄。Monna 的分析結果顯示 (Monna et al. 1997)，法國與英國境內微粒之鉛同位素比值有明顯的時間變化趨勢，如圖 1.6.15 所示，兩地區  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  的變化趨勢相似，從 1965 年至 1985 年同位素比值下降與兩地區澳洲進口油品的用量增加有關，而自 1985 年後同位素比值上升則反應了汽機車排放對空氣中鉛微粒的貢獻減少而工業排放污染增加。相同地，Komárek 的研究提及自無鉛汽油使用後 (Komárek et 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。



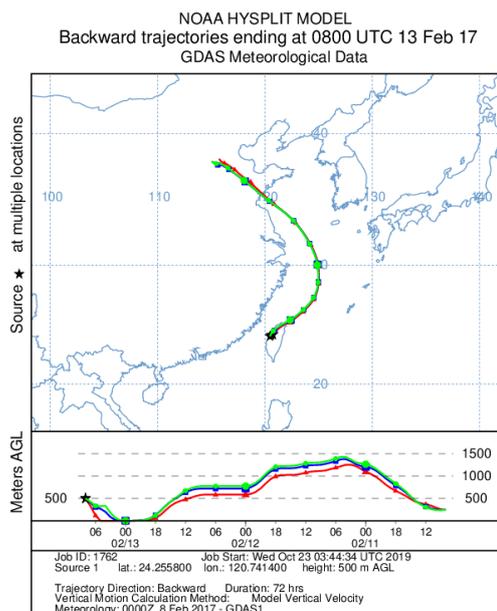
圖 1.6.13 2016~2018 年計畫之 PMF 與鉛同位素比值分析結果



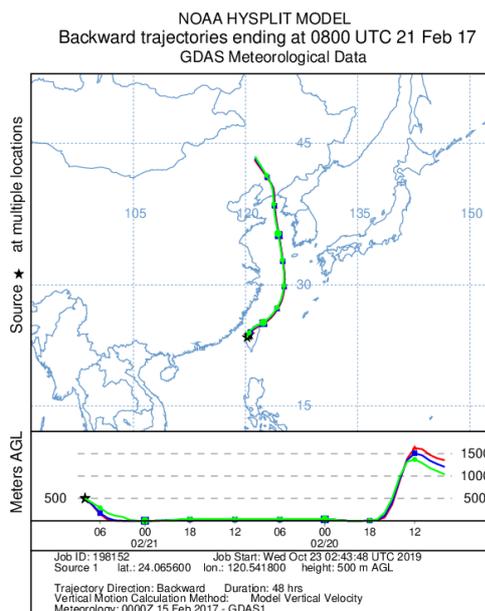
(a) 2016 年 11 月 7 日



(b) 2016 年 11 月 10 日



(c) 2017 年 2 月 13 日



(b) 2017 年 2 月 21 日

圖 1.6.14 2016~2018 年計畫採樣期間之逆軌跡分析圖

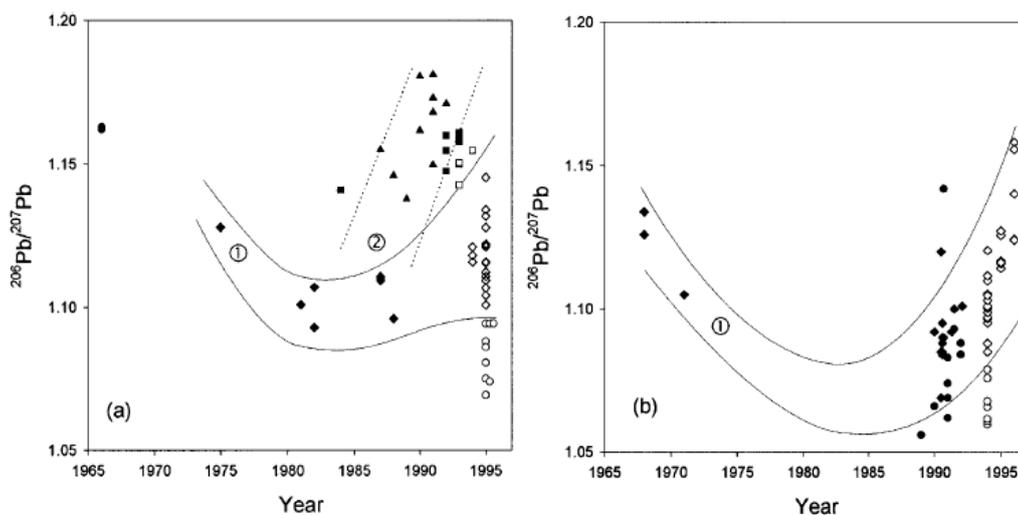


圖 1.6.15 法國及英國地區空氣微粒之鉛同位素比值變化

(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 109 年度細懸浮微粒碳與鉛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) 建立高雄和屏東地區大氣細懸浮微粒化學組成及碳與鉛同位素特徵；(二) 建立高雄工業區重要污染源(如火力發電廠、焚化爐、化工廠、煉油廠和造紙廠。原評選須知為焚化爐、化工廠和鋼鐵廠)及其周遭排放之細懸浮微粒化學組成及同位素特徵；(三) 利用同位素分析技術評估高雄工業區重要污染源排放之細懸浮微粒對高雄和屏東地區大氣細懸浮微粒的影響。

### 2.2 計畫之工作內容

本計畫延續前期計畫，藉由第二年大氣細懸浮微粒與重要污染源的採樣與分析，建立高雄和屏東地區大氣與重要污染源排放之細微粒的化學成分和碳與鉛同位素特徵，以進行空氣細懸浮微粒之污染來源鑑識。以下列出本年度詳細的工作內容：

- 一、建立高雄和屏東地區大氣細懸浮微粒化學組成及碳與鉛同位素特徵，其工作內容如下：
  - I. 於本署高雄及屏東地區之空氣品質監測站，擇定 8 站執行空氣中細懸浮微粒採樣，至少應完成 2 季採樣，每季最少 7 天，本署得視需求調整時間及地點。
  - II. 分析高雄及屏東地區大氣中細懸浮微粒樣本的碳 ( $\delta^{13}\text{C}$  和  $^{14}\text{C}$ ) 與鉛 ( $^{206}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}$  和  $^{208}\text{Pb}$ ) 同位素，並建立高雄及屏東大氣中細懸浮微粒的同位素特徵資料庫。
  - III. 分析高雄及屏東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、建立高雄工業區重要污染源(如火力發電廠、焚化爐、化工廠、煉油廠和造紙廠。原評選須知為焚化爐、化工廠和鋼鐵廠)及其周遭排放之細懸浮微粒化學組成及同位素特徵，其工作內容如下：

- I. 採集高雄工業區重要污染源(如火力發電廠、焚化爐、化工廠、煉油廠和造紙廠。原評選須知為焚化爐、化工廠和鋼鐵廠)及其周遭污染源樣本，每種污染源採集 2 次，每次 3 重複。
- II. 將所採集之樣本進行碳 ( $\delta^{13}\text{C}$  和  $^{14}\text{C}$ ) 與鉛 ( $^{206}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}$  和  $^{208}\text{Pb}$ ) 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。
- III. 蒐集國內外工業區重要污染源(如火力發電廠、焚化爐、化工廠、煉油廠和造紙廠。原評選須知為焚化爐、化工廠和鋼鐵廠)排放之細懸浮微粒的化學組成和同位素特徵差異，並比較其差異。
- IV. 針對本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、利用同位素分析技術評估高雄工業區重要污染源排放之細懸浮微粒對高雄和屏東地區大氣細懸浮微粒的影響，其工作內容如下：

- I. 以大氣及污染源排放之細懸浮微粒中的碳( $\delta^{13}\text{C}$  和  $^{14}\text{C}$ )與鉛( $^{206}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}$  和  $^{208}\text{Pb}$ ) 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。
- II. 將細懸浮微粒之碳 ( $\delta^{13}\text{C}$  和  $^{14}\text{C}$ ) 與鉛 ( $^{206}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}$  和  $^{208}\text{Pb}$ ) 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。
- III. 整合高雄及屏東地區污染源和周界細懸浮微粒的同位素與化學組成特徵資料，並評估高雄工業區重要污染源排放對高雄及屏東地區大氣細懸浮微粒的影響。
- IV. 依細懸浮微粒來源評估結果，提出細懸浮微粒管制方向建議。

## 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。

### 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，採集及分析高雄與屏東重要污染源排放之  $PM_{2.5}$  的碳與鉛同位素特徵，再藉由周界  $PM_{2.5}$  樣本的採集與分析，以受體模式和同位素特徵資料鑑定技術，分析  $PM_{2.5}$  的污染來源，並整合前期計畫的研究成果，提出高屏大氣  $PM_{2.5}$  的污染源管制方針建議。本計畫主要工作內容包括：(1) 建立工業區重要污染源（如火力發電廠、焚化爐、化工廠、煉油廠和造紙廠）排放之  $PM_{2.5}$  化學組成及同位素特徵，(2) 建立高雄和屏東地區之大氣  $PM_{2.5}$  的同位素特徵，和 (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，並提出  $PM_{2.5}$  管制方針建議。本計畫之執行流程如圖 3.1.1 所示。

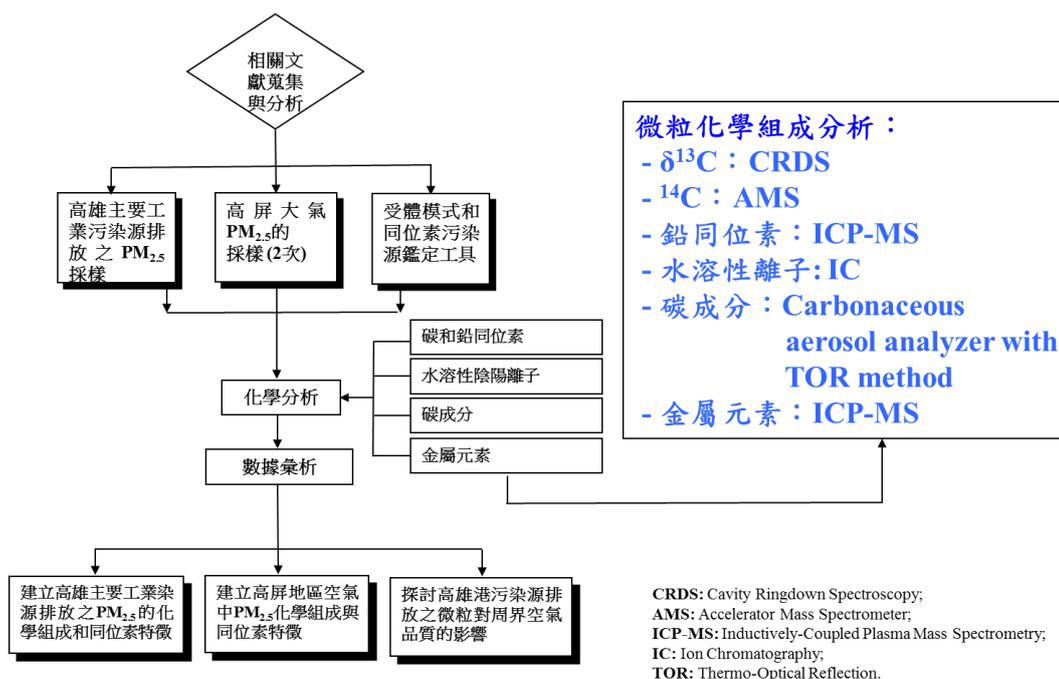


圖 3.1.1 本計畫流程圖

### 3.1 大氣細懸浮微粒密集觀測

本期計畫延續前期計畫，針對高  $PM_{2.5}$  污染地區的高雄和屏東地區進行大氣與重要污染源排放之  $PM_{2.5}$  的採樣，再藉由  $PM_{2.5}$  化學組成與同位素資料的分析與建立，強化高雄和屏東地區的  $PM_{2.5}$  污染來源解釋力。其中大氣  $PM_{2.5}$  採樣站依委辦案評選須知規定，須於高雄和屏東地區架設 8 個  $PM_{2.5}$  採樣點，在採樣點的選擇上，本計畫延續去年挑選的採樣點，挑選高雄市的橋頭區、左營區、鳳山區、小港區、大寮區與林園區和屏東縣的屏東市與潮州鎮等 8 個區域為採樣地點。挑選的這 8 個採樣點除可連結前期計畫的調查結果，強化數據的豐富度外，此 8 個採樣區域均有環保署空氣品質監測站，這些測站也涵蓋高雄與屏東主要的人口居住地，此 8 個測站相關地理位置如圖 3.1.2 所示。此外，此 8 個測站也以小港站為中心向外擴充，中心點為小港站，第二圈為左營站、鳳山站、大寮站和林園站，第三圈為橋頭站、屏東站和潮州站，透過以中心向外擴充的不同層次之佈點方式，了解污染源的排放對高屏不同區域的影響程度。

為利於污染源的鑑定與比較，本計畫分別於高  $PM_{2.5}$  濃度和低  $PM_{2.5}$  濃度的季節進行採樣。每年的夏季為高雄市和屏東縣  $PM_{2.5}$  濃度最低的季節，最高的季節則發生在冬季和春季，但根據評選須知，計畫的執行期限到 2020 年 12 月 31 日，若採樣季節包含冬季，將會沒有充分的時間進行樣本的分析與討論，故本團隊分別於 2020 年的春季和夏季進行大氣  $PM_{2.5}$  的採樣與分析，研究資料也可和 2019 年的春季與夏季的進行比較與討論。本計畫已分別於 2020 年 2 月 27 日~3 月 7 日和 8 月 3 日~8 月 12 日期間 (8 月 4 日降雨取消採樣)，完成春季和夏季樣本的採集。

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 24 小時，以期透過足量樣本的採集進行化學組成分析，每個測站均同步採樣。採樣期間所收集之  $PM_{2.5}$  樣本均有一致的保存方法，避免因保存方法的不同造成樣本分析結果出現誤差。此外，每個樣本均會進行水溶性陰陽離子、有機碳、元素碳、金屬元素、碳與鉛同位素的分析，並依循該分析方法的品保/品管來執行。在採用的採樣器部分，擬於各測站放置一台 Super SASS (Met One Instruments, OR, USA)、PQ200 採樣器 (BGI Incorporated, MA, USA) 和加裝  $PM_{2.5}$  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。本計畫將在第一個通道配置 47 mm 的 Teflon 濾紙，採樣後的濾紙經調理及秤重後，將用於分析  $\text{PM}_{2.5}$  所含之水溶性陰陽離子，第二個通道將配置經過 900°C 烘烤淨化的 47 mm 石英濾紙，採樣後的濾紙經調理及秤重後，所得樣品將用於分析  $\text{PM}_{2.5}$  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  $^{14}\text{C}$  的分析，在密集觀測期間，各測站將放置一台  $\text{PM}_{2.5}$  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  $\mu\text{m}$  的微粒，爾後含有 10  $\mu\text{m}$  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 2.5-10  $\mu\text{m}$  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  $\mu\text{m}$  之微粒再隨氣流被經 900°C 高溫烘烤淨化的 8"×10" 石英濾紙捕集。



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

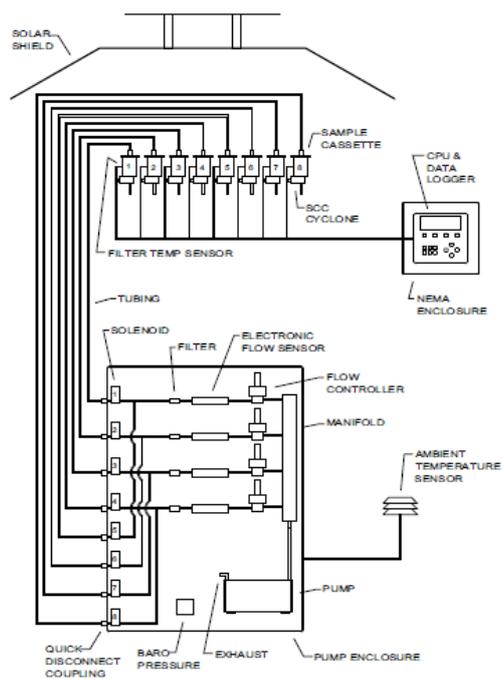


圖 3.1.3 Super SASS 採樣器構造圖



圖 3.1.4 BGI PQ200 氣膠採樣器



圖 3.1.5 PM<sub>2.5</sub> 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，依原評選須知，本計畫應採集的污染源包含鋼鐵廠、焚化爐和化工廠，但 2019 年計畫已採集高雄境內最大的微粒排放源-中國鋼鐵廠，而 2019 年計畫採集的大林火力發電廠煙道之微粒濃度偏低（該廠以袋濾式集塵器去除燃燒產生的微粒，故其濃度較低），因此本計畫團隊在第一次進度報告時與環保署討論，決定以興達火力發電廠取代鋼鐵廠。此外，由於興達火力發電廠的排放量大且非僅有一支煙囪，因此會中也決議採集興達火力發電廠的 2 支煙囪。

根據 2016~2018 年本計畫團隊在台灣中部（台中-彰化-南投-雲林-嘉義）的研究結果，發現木材燃燒是主要的大氣碳貢獻源，而木材多半是造紙廠的燃料源之一，本計畫於第一次進度報告與環保署討論後，決定增加造紙廠煙道排放之 PM<sub>2.5</sub> 的採樣；另外，由於 2019 年計畫採集的煉油廠微粒濃度偏低，本年度計畫仍持續將煉油廠納為採樣對象。是故，除了評選須知所列之焚化爐（1 支煙囪）和化工廠（1 支煙囪）外，本計畫採集的污染源將增加煉油廠（1 支煙囪）與造紙廠（1 支煙囪），

並以火力發電廠 (2 支煙囪) 取代鋼鐵廠。採集的污染源之  $PM_{2.5}$  樣本都會進行水溶性陰陽離子、有機碳、元素碳、金屬元素和同位素的分析，藉此建立高雄主要工業污染源排放之  $PM_{2.5}$  的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。

在火力發電廠的採樣對象部分，本團隊挑選位於北高雄且為電力供應業排放量最高的興達火力發電廠 (宋國安 2017)。在焚化爐部分，高雄和屏東共有 5 座焚化爐，其中高雄佔 4 座，分別為高雄南區焚化爐、中區焚化爐、岡山焚化爐和仁武焚化爐，屏東則為崁頂焚化廠，此 5 座焚化爐的燃燒垃圾量 (焚化爐數) 分別為 1800 噸/天 (4 爐)、900 噸/天 (3 爐)、1350 噸/天 (3 爐)、1350 噸/天 (3 爐) 和 600 噸/天 (2 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」，2018 年 5 個焚化爐煙道採集到的平均鉛元素濃度在  $0.01\sim 0.04\text{ mg/m}^3$  之間，其差異不大，但南區焚化爐煙道排放的粒狀物為 5 個焚化爐最高者，且每日可焚燒垃圾量也最高，因此焚化爐以高雄南區焚化爐為調查對象；此外，由於南區焚化爐位於高雄的西南端，根據前期計畫的研究，我們發現當風向為西南風時 (主要是夏季)，小港等西南端的測站之同位素和屏東等測站的同位素特徵有良好的關係，因此若採集的焚化爐為位於高雄西南端的南區焚化爐，也有助於了解焚化爐的排放對高雄與屏東主要人口居住地的影響。在化工廠部分，由於過去的報告指出化學材料製造業排放量最大者為僅次於中油的台塑仁武廠 (元科科技股份有限公司 2016; 宋國安 2017)，因此化工廠則挑選台塑仁武廠。造紙廠以排放量最大的永豐餘造紙廠為採樣對象，大林煉油廠仍為本計畫的採樣對象。5 種污染源的位置圖如圖 3.1.2 所示。本計畫於 5-6 月和 10 月陸續完成 5 種固定污染源共 6 根煙囪排放之  $PM_{2.5}$  的採集。

無論哪一種污染源，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，每次採樣均為三重複。排放管道之採樣作業採用環保署檢測所公告的 NIEA A212.10B 和 NIEA A214.70C 串聯之採樣方法，以採集可過濾式微粒 (filterable particulate matter, FPM) 和可凝結性微粒 (condensable particulate matter, CPM)。圖 3.2.1 為 NIEA A212.10B 採樣器的示意圖，此採樣器設有旋風分離裝置，以截取粒徑小於  $2.5\text{ }\mu\text{m}$  的微粒，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，再由旋風分離器去除大於  $2.5\ \mu\text{m}$  之微粒，而小於  $2.5\ \mu\text{m}$  的微粒則由後端之石英濾紙補集，採樣後的濾紙經過調理與秤重後，所得質量濃度即為濾紙上的 FPM，以丙酮沖洗旋風集塵器管壁上的  $\text{PM}_{2.5}$  為旋風集塵器上的 FPM。圖 3.2.2 為 NIEA A214.70C 的採樣器示意圖，該採樣器前端為 A212.10B 採樣裝置，並聯接後端用於補集 CPM 的採樣裝置，CPM 採樣裝置有乾式衝擊瓶與石英濾紙，經乾式衝擊瓶與石英濾紙補集之微粒的加總即為 CPM。進行排放管道的採樣前，均會測定煙道內的排氣組成、排氣溫度、水分含量、內動靜壓力等參數，然後計算在此條件下使用之適合的吸引嘴尺寸及採樣流率，以達到欲收集微粒之粒徑範圍。

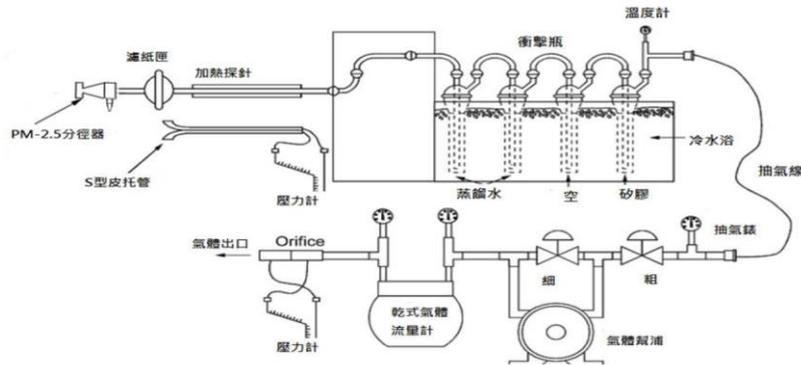


圖 3.2.1 固定源煙道排放 FPM 採樣器示意圖

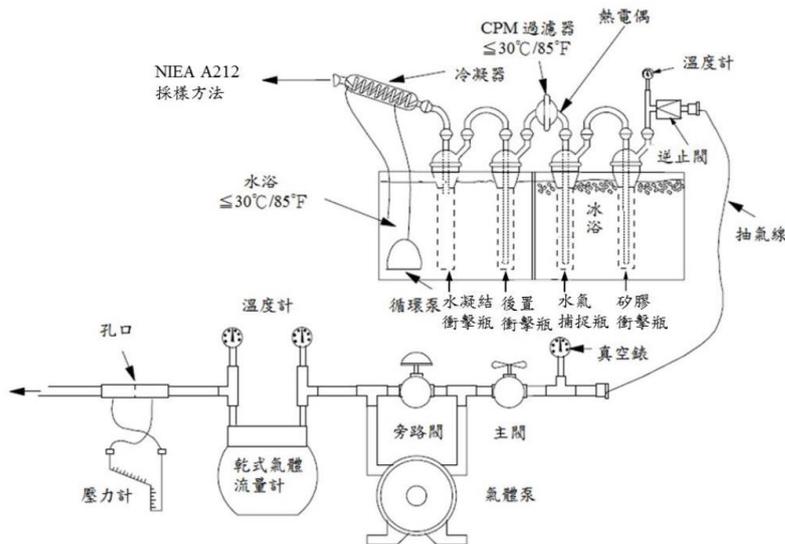


圖 3.2.2 固定源煙道排放 CPM 採樣器示意圖

### 3.3 微粒樣本化學分析方法

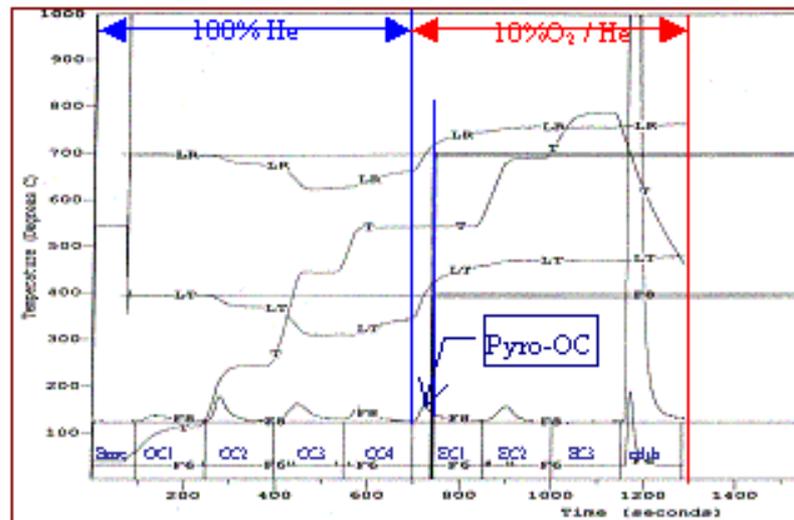
#### 3.3.1 水溶性陰陽離子

本計畫針對大氣和污染源的懸浮微粒之水溶性之陰、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  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 。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  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{Mg}^{2+}$  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  $0.007\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

#### 3.3.2 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  $580^\circ\text{C}$ , 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  $\text{CH}_4$ , 後方串連之 Flame Ionization Detector (FID) 將連續檢測氣流中  $\text{CH}_4$  的濃度, 此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 CO<sub>2</sub> 經還原成 CH<sub>4</sub> 之後將由 FID 偵測其濃度。此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，此過程中 FID 測得之 CH<sub>4</sub> 濃度可作為有機碳化反應的修正值。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 CH<sub>4</sub> 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/m<sup>3</sup> 和 0.06 μg/m<sup>3</sup>。



(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。

### 3.3.3 金屬元素分析

在金屬元素分析上，在完成濾紙調理和秤重後，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 M $\Omega$ /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  $\mu$ L) 之銮 (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。



圖 3.3.2 本計畫使用的 ICP-MS

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 spectrometry, 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)、鉕(Y)、鋯(Zr)、銣(Rb)、鎳(Ga)、鍮(Ge)、銫(Cs)、釷(La)、鐳(Ce)、釷(Nd)及磷(P)等 34 種。

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 1648a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 (含鈹(Be)、鎂(Mg)、銦(In)、鐳(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. 2008; Hsu et al. 2009)，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	多元素短暫快速掃瞄
樣品取樣速率 (L/min)	1.2
操作壓力 (torr)	$1.5 \times 10^{-6}$ - $2.5 \times 10^{-6}$
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/m<sup>3</sup>)

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<sub>2</sub>，而後再將CO<sub>2</sub>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 $^{12}\text{C}$ 與 $^{13}\text{C}$ ，以獲得 $\delta^{13}\text{C}$ 的資訊 (Cao et al. 2011; Jung et al. 2019; 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)，該方法是先將碳微粒燃燒成 $\text{CO}_2$ 並導入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 $^{13}\text{C}$ 同位素和二氧化碳的測值。

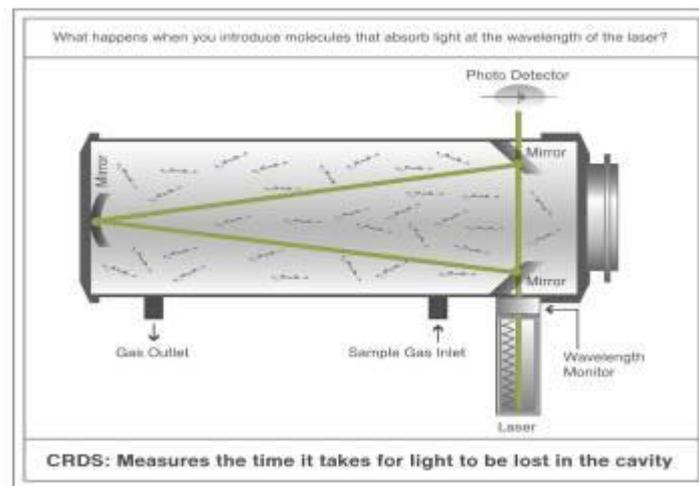


圖 3.4.1 CRDS 腔體內部示意圖

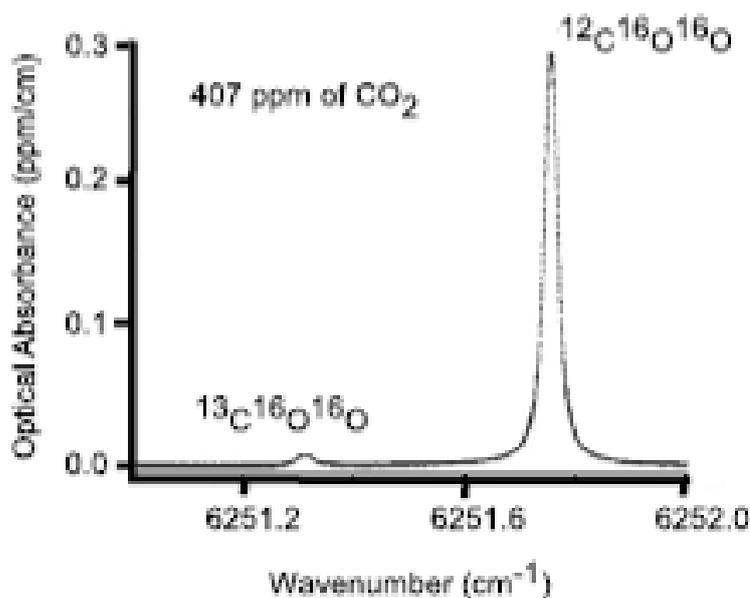


圖 3.4.2  $^{13}\text{CO}_2$  以及  $^{12}\text{CO}_2$  吸收波長示意圖

(資料來源：Zare et al., 2009)

本方法用來量測  $^{13}\text{C}$  同位素的雷射波長為近紅外線 (波數近  $6251\text{cm}^{-1}$ )，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  $6251\text{cm}^{-1}$  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  $^{12}\text{C}$  與  $^{13}\text{C}$  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)：

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

在空氣懸浮微粒  $^{14}\text{C}$  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 3.4.3)，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  $^{14}\text{C}$  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 ( $-80^\circ\text{C}$ ) 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  $850^\circ\text{C}$  的溫度下加熱 4 小時，所產生之  $\text{CO}_2$  經低溫純化及石墨化後，分析其  $^{12}\text{C}$  及  $^{14}\text{C}$  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  $^{14}\text{C}$  與  $^{12}\text{C}$  的比值。



圖 3.4.3 AMS 示意圖

### 3.4.2 鉛同位素分析方法

在鉛同位素的分析上，須先以微波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  $180^{\circ}\text{C}$  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 3.4.4 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  $190^{\circ}\text{C}$  的溫度下蒸乾，並加入 1 mL 的濃  $\text{HNO}_3$ ，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 3.4.5 及圖 3.4.6 所示）。鉛同位素比值分析結

果將和標準品 NIST SRM 981 進行比對，以確保鉛同位素分析結果的精確度和準確度。

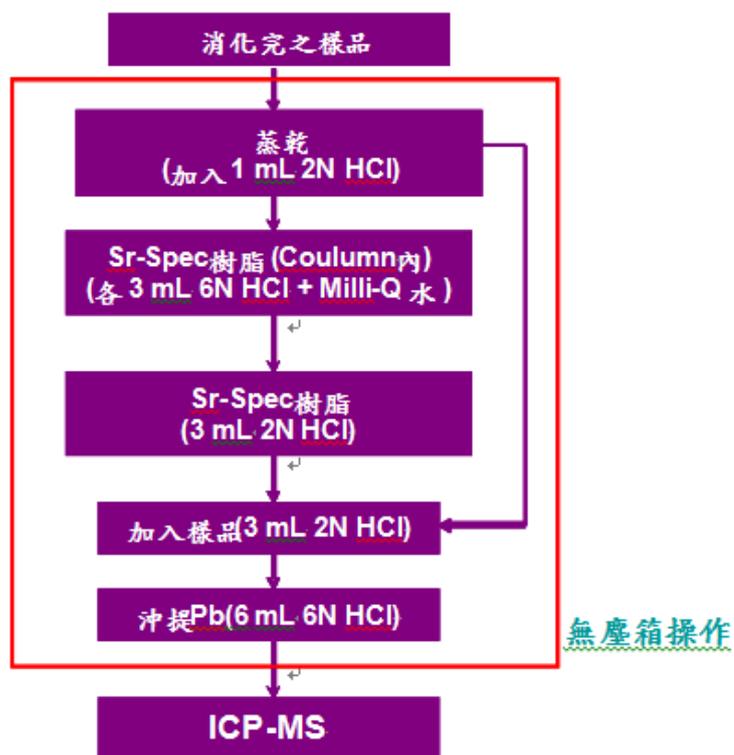


圖 3.4.4 微粒中鉛同位素純化流程示意圖



圖 3.4.5 無塵箱內微粒樣品溶液加熱蒸乾

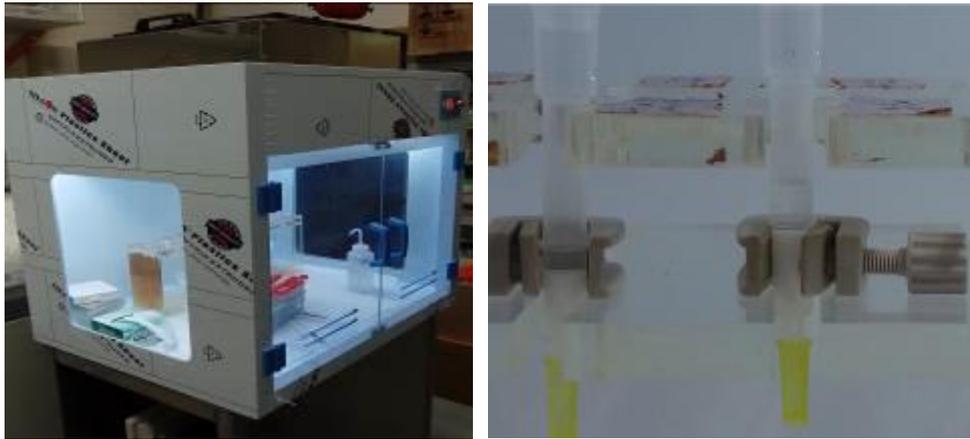


圖 3.4.6 無塵箱內微粒樣品溶液進行鉛純化

根據 NIST SRM 981 標準品提供的鉛同位素含量， $^{204}\text{Pb}$ 、 $^{206}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}$  和  $^{208}\text{Pb}$  的含量分別為 1.43%、24.14%、22.08% 和 52.35%，其中，用於本研究分析鉛污染源源的  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  和  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值分別為 1.0933 和 2.3704，經 ICP-MS 分析標準品所得到的回收率分別為 100.9% (99.8~100.2%,  $n = 14$ ) 和 100.2% (99.9~102.8%,  $n = 14$ )。

### 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)。

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

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將按照下列程序執行:

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(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占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。亦可直接利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，本計畫結合大氣和各微粒污染源排放的  $\text{PM}_{2.5}$  之碳 ( $\delta^{13}\text{C}$  和  $\text{pMC}$ ) 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  $\text{pMC}$  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  $R_{\text{atm}}$  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  $i$  個化學物種的量測濃度， $f_{kj}$  為第  $k$  個污染源對第  $j$  個樣本的貢獻， $e_{ij}$  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：

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

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

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<sub>2.5</sub> 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。

由於前期計畫 (2019 年) 已完成第一年高屏地區 PM<sub>2.5</sub> 污染來源的調查，2016~2018 年間，也陸續收集重要污染源排放 PM<sub>2.5</sub> 的傳統化學組成和同位素特徵，因此 2020 年計畫執行期間，也整合近年的調查資料，特別是污染源同位素特徵資料，做為評估高屏地區 PM<sub>2.5</sub> 污染來源的資料庫，以利提出改善方針建議。

## 第四章 結果與討論

### 4.1 大氣細懸浮微粒採樣

本計畫已於 2020 年 2 月 27 日~3 月 7 日和 8 月 3 日~8 月 12 日 (8 月 4 日因降雨取消採樣) 期間完成春季和夏季大氣細懸浮微粒 ( $PM_{2.5}$ ) 採樣作業, 各測站採樣現況如圖 4.1.1 所示。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。本計畫也於 5-11 月期間陸續完成 5 個固定污染源共 6 支煙囪排放之  $PM_{2.5}$  的採樣。完成採樣作業的樣本數統計表如表 4.1.1 所示。4.1 節和 4.2 節分別討論大氣  $PM_{2.5}$  傳統化學組成和同位素結果, 4.3 節初步討論高屏地區的  $PM_{2.5}$  污染源, 4.4 節則針對高屏地區的  $PM_{2.5}$  污染源評估結果, 建議其改善方針。

#### 4.1.1 密集觀測期間之氣象資料

圖 4.1.2~圖 4.1.9 為 8 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  $23.7^{\circ}C$ , 橋頭站、左營站、鳳山站、小港站、林園站、大寮站、屏東站和潮州站等 8 站分別為  $23.5^{\circ}C$  ( $20.0\sim 25.5^{\circ}C$ )、 $23.6^{\circ}C$  ( $20.9\sim 25.5^{\circ}C$ )、 $24.2^{\circ}C$  ( $21.7\sim 25.7^{\circ}C$ )、 $23.7^{\circ}C$  ( $22.0\sim 25.5^{\circ}C$ )、 $24.0^{\circ}C$  ( $21.8\sim 25.3^{\circ}C$ )、 $23.8^{\circ}C$  ( $21.8\sim 25.0^{\circ}C$ )、 $24.5^{\circ}C$  ( $21.8\sim 26.1^{\circ}C$ ) 和  $23.8^{\circ}C$  ( $21.9\sim 25.2^{\circ}C$ ), 所有測站的平均溫度都高於  $23^{\circ}C$ 。相對濕度部分, 所有測站的平均值為 71%, 橋頭站、左營站、鳳山站、小港站、林園站、大寮站、屏東站和潮州站分別為 70% ( $64\sim 74\%$ )、70% ( $63\sim 74\%$ )、68% ( $61\sim 73\%$ )、69% ( $62\sim 73\%$ )、70% ( $64\sim 77\%$ )、74% ( $68\sim 78\%$ )、74% ( $67\sim 79\%$ ) 和 74% ( $67\sim 81\%$ ), 每個測站的相對濕度均呈現日低夜高的趨勢, 平均相對濕度都在 70% 上下。相較於本計畫於 2019 年於 8 個測站的採樣結果, 本年度計畫採集到的溫度均較 2019 年的量測值高 (2019 年的平均溫度為  $23^{\circ}C$ ), 相對濕度則較低 (2019 年的平均相對濕度為 75%), 推測和 2019 年的春季密集採樣期間受到降雨的影響有關。



(a) 橋頭站



(b) 左營站



(c) 鳳山站



(d) 小港站



(e) 林園站



(f) 大寮站



(g) 屏東站



(h) 潮州站

圖 4.1.1 本計畫大氣 PM<sub>2.5</sub> 採樣測站照片

表 4.1.1 大氣及污染源 PM<sub>2.5</sub> 採樣之樣本數統計表

採樣項目	採樣日期	樣本數	說明
<b>大氣 PM<sub>2.5</sub></b>			
春季	2020 年 2 月 27 日~3 月 7 日	78*	小港站因 228 連假不開放採樣空間，故缺 2 天的樣本。
夏季	2020 年 8 月 3 日~8 月 12 日	72**	每站因 8 月 4 日降雨取消採樣
<b>固定污染源</b>			
火力發電廠	2020 年 7 月 16.17.20 日、11 月 11~13 日	7	
焚化爐	2020 年 6 月 15 日~6 月 17 日	3	
煉油廠	2020 年 6 月 9 日~6 月 11 日	3	
化工廠	2020 年 5 月 25 日~5 月 28 日	3	
造紙廠	2020 年 6 月 22 日~6 月 24 日	3	
<b>共 計</b>		<b>169</b>	

\*測站共有 8 站，每站採樣天數為 10 天，其中小港站有 2 天無法採樣，共計 78 個樣本。

\*\*測站共有 8 站，每站採樣天數為 10 天，但各站在 8 月 4 日因降雨取消採樣，共計 72 個樣本。

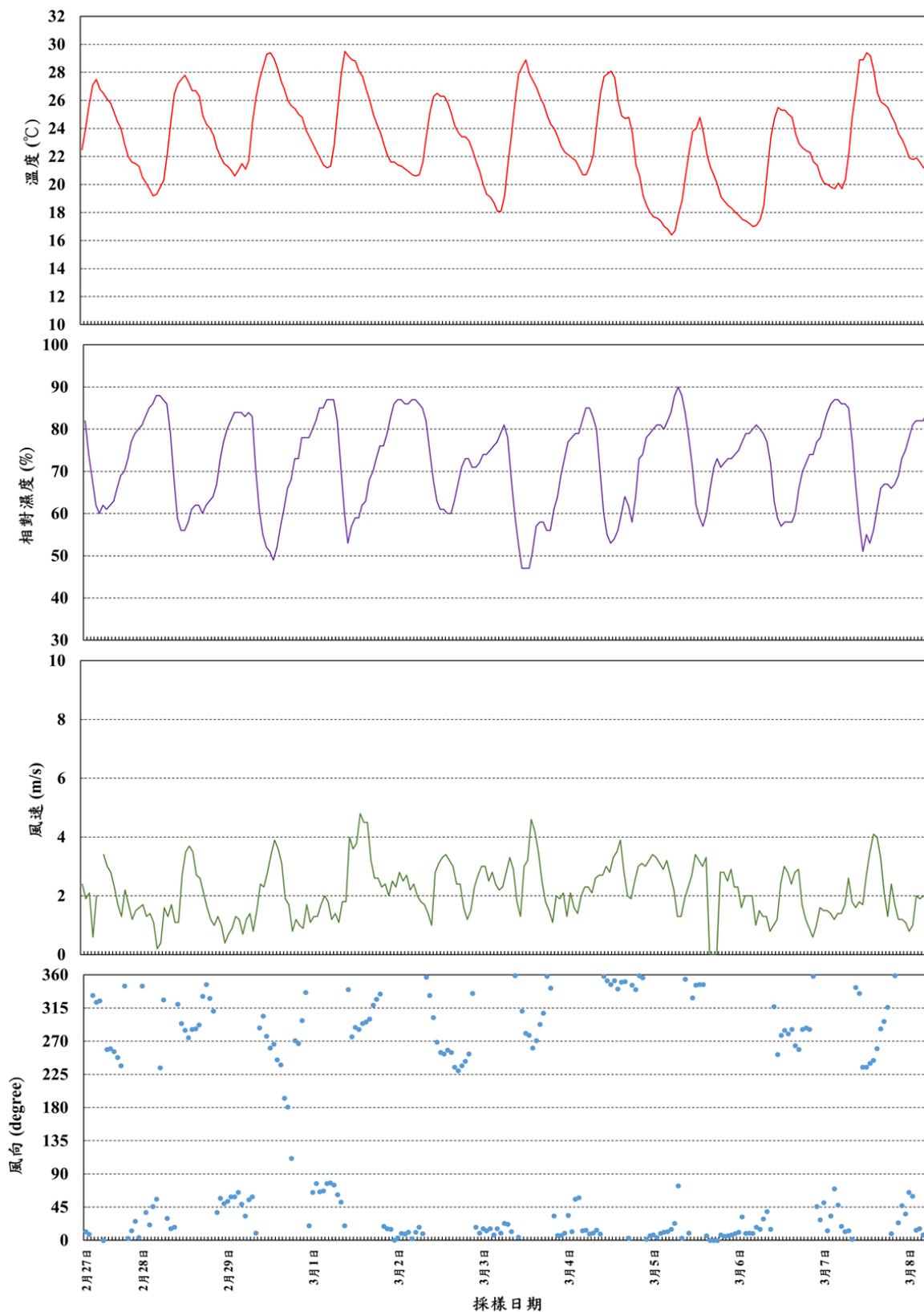


圖 4.1.2 橋頭站春季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖

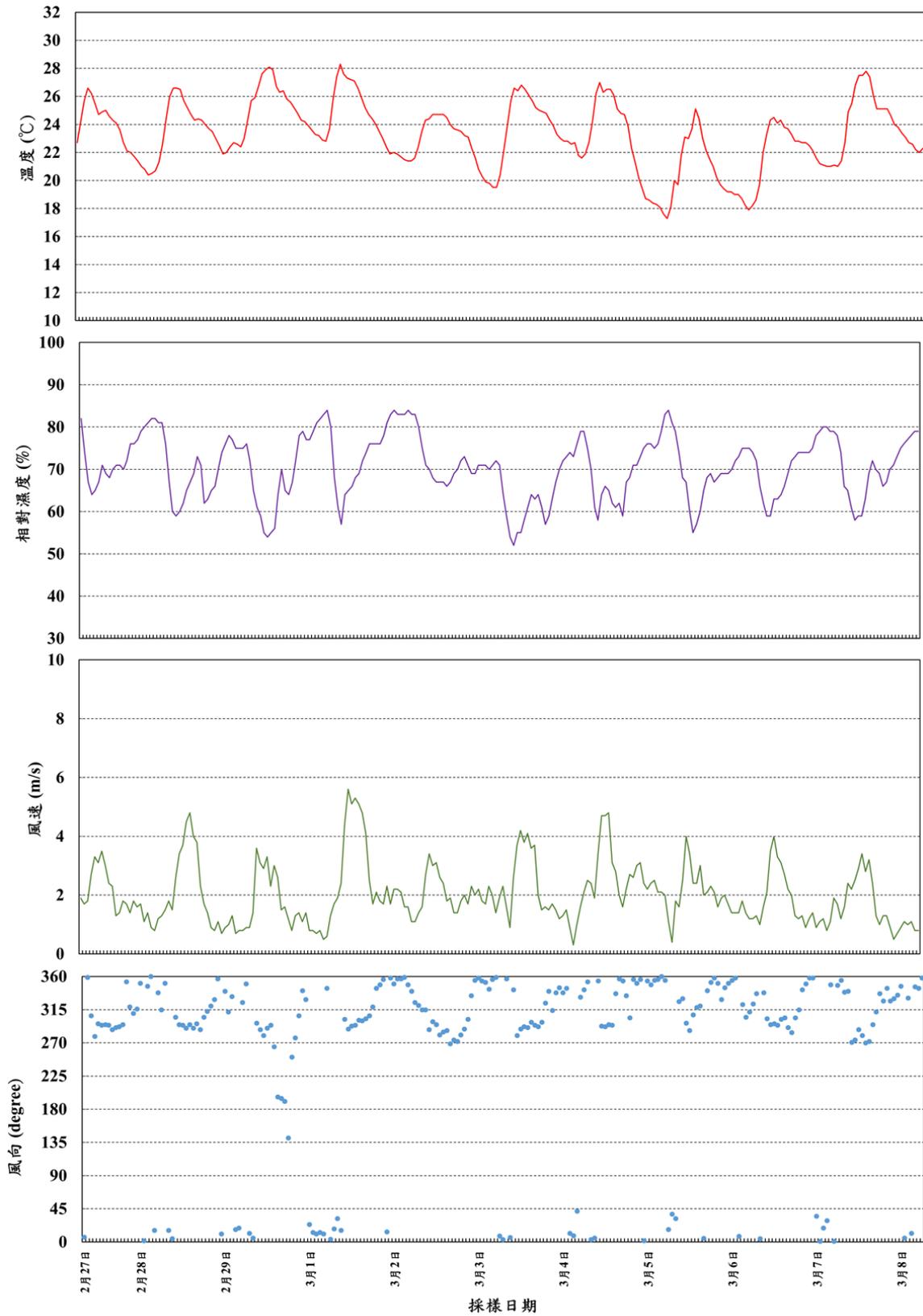


圖 4.1.3 左營站春季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖

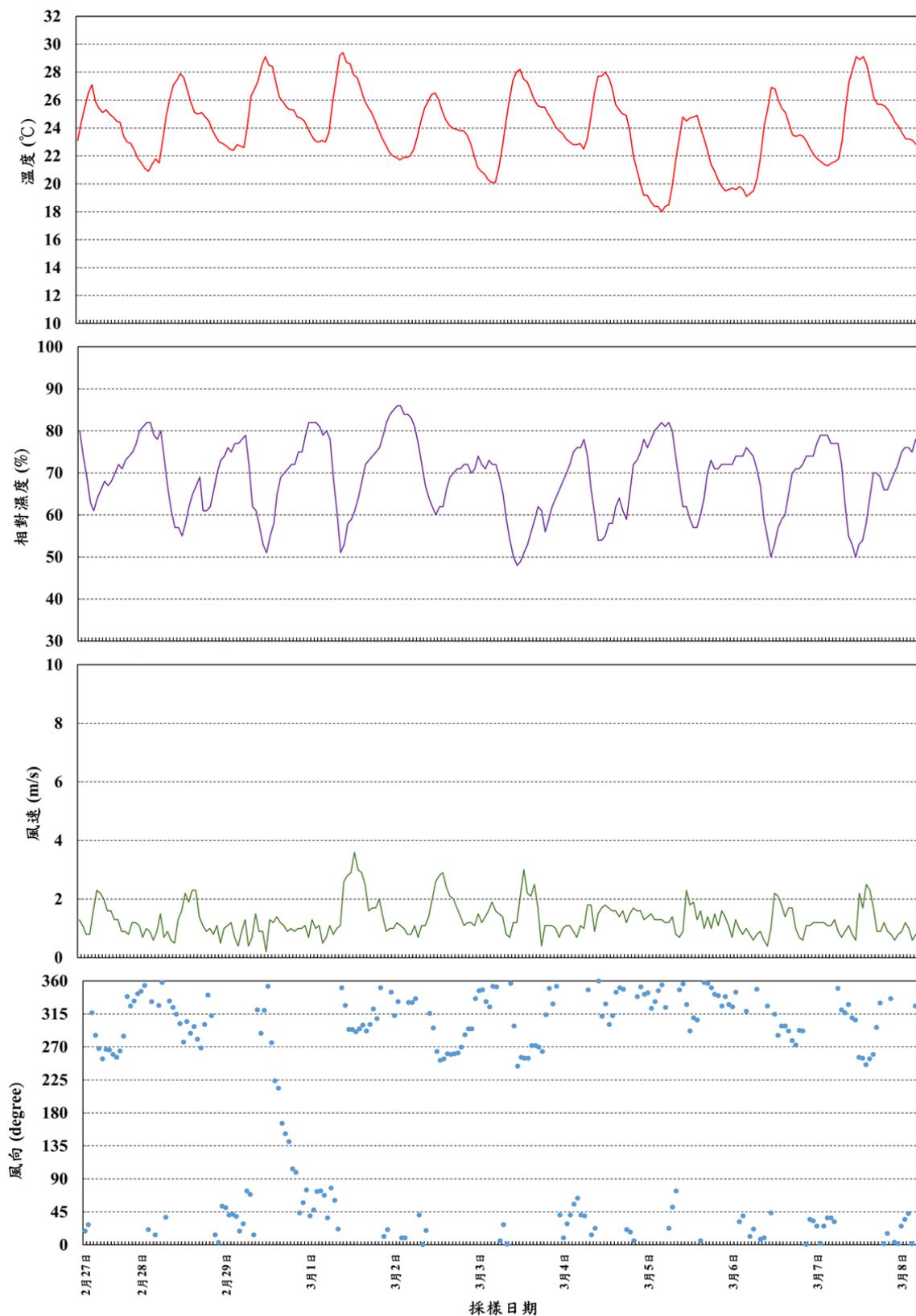


圖 4.1.4 鳳山站春季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖

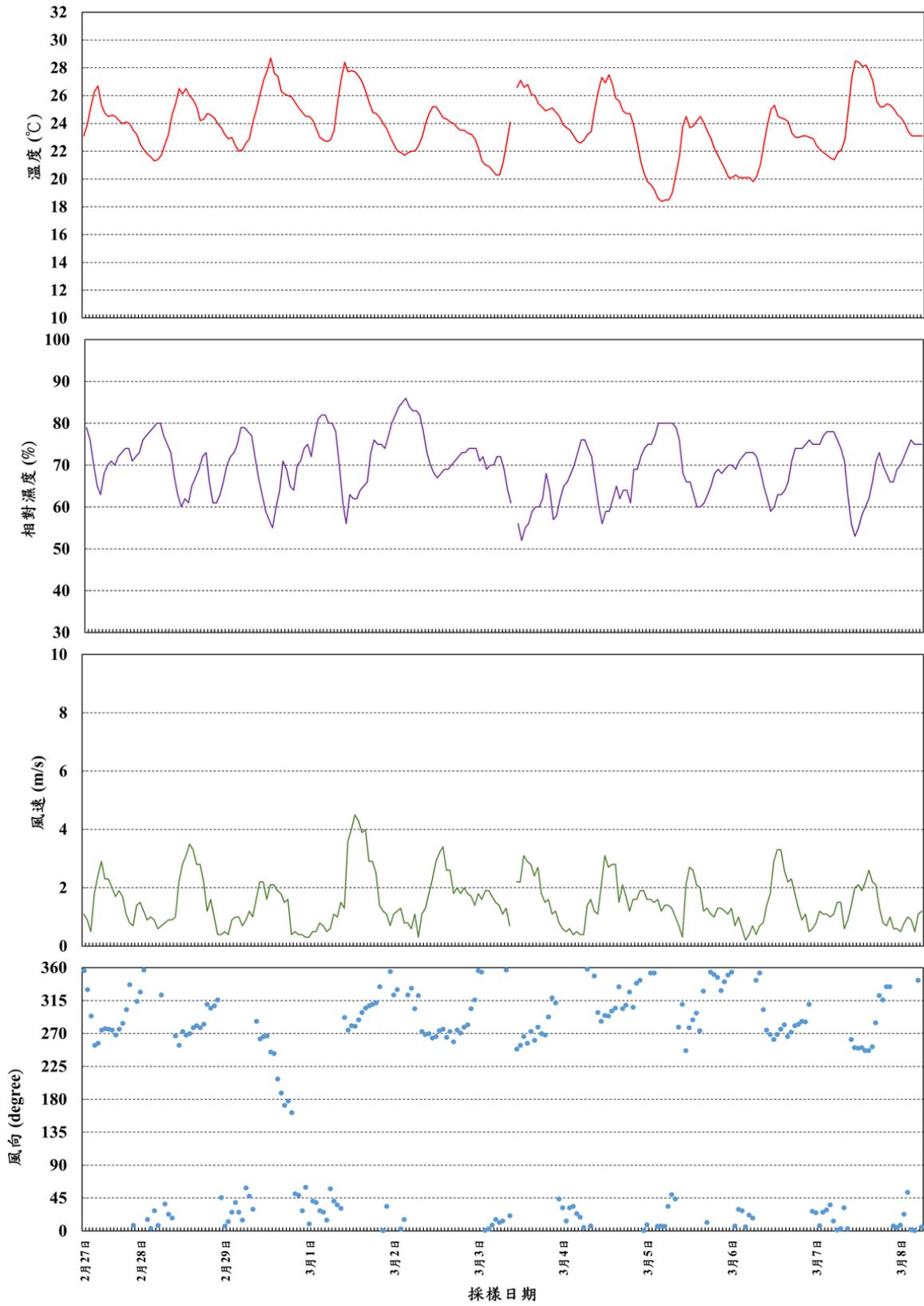


圖 4.1.5 小港站春季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖

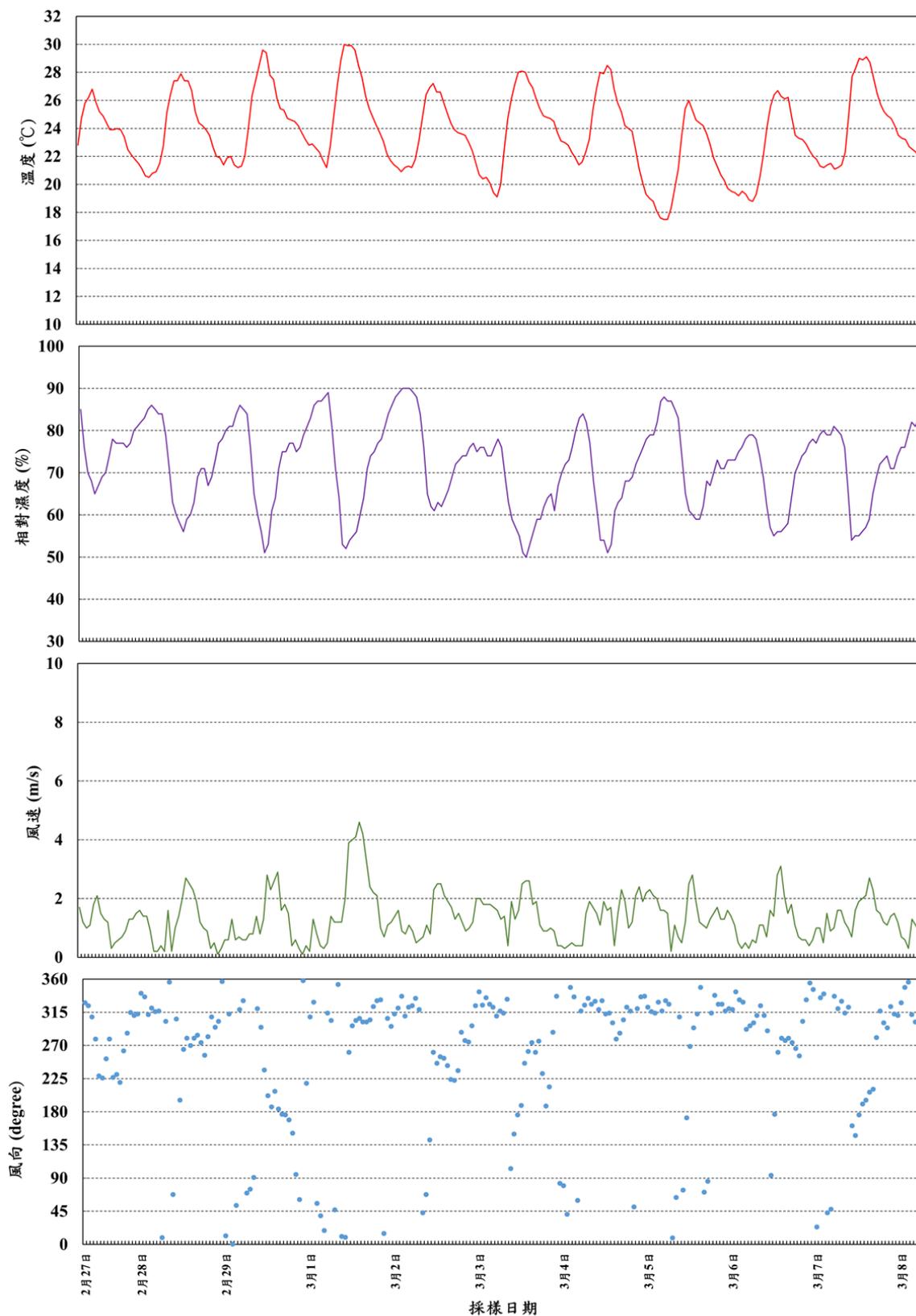


圖 4.1.6 大寮站春季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖

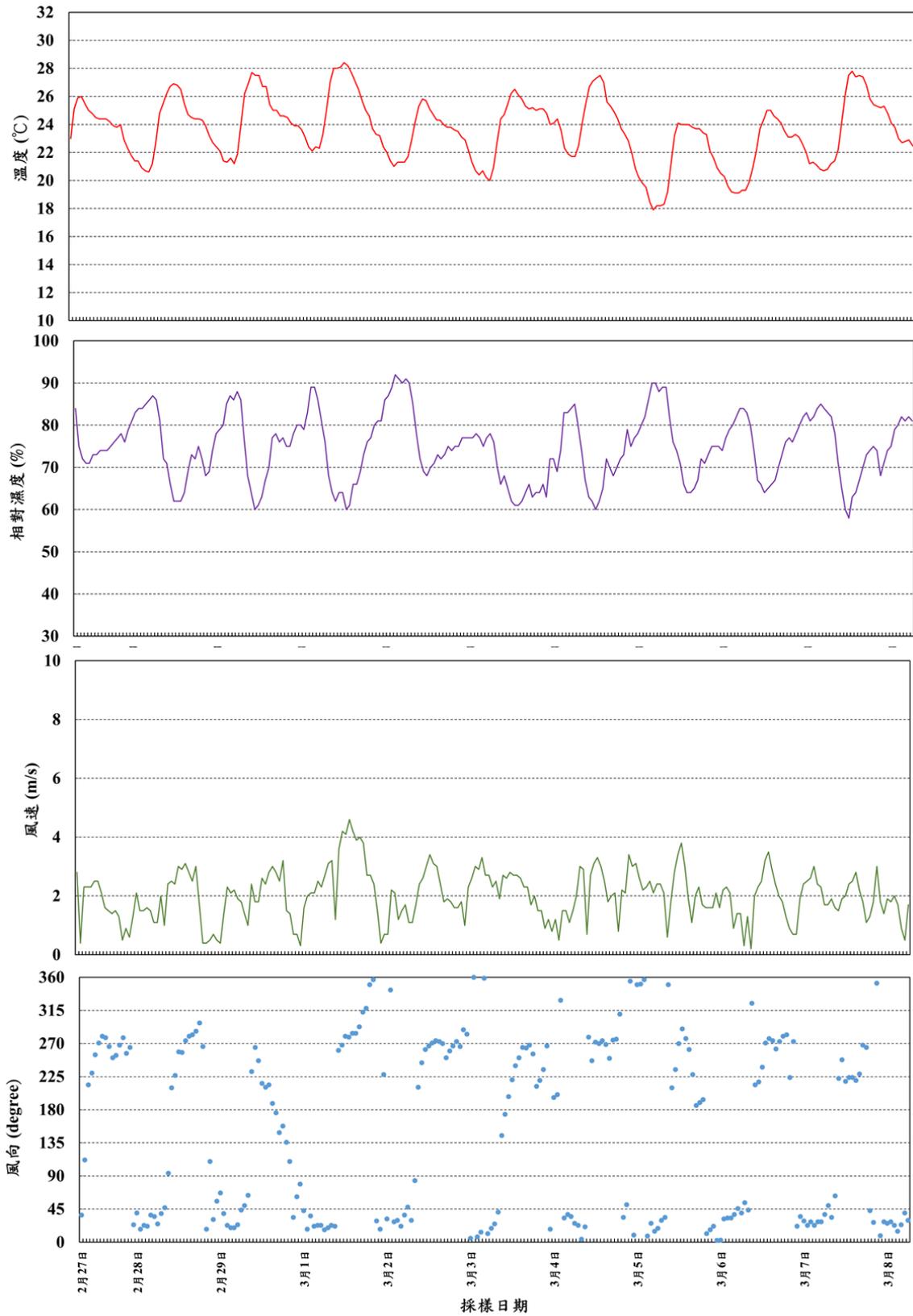


圖 4.1.7 林園站春季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖

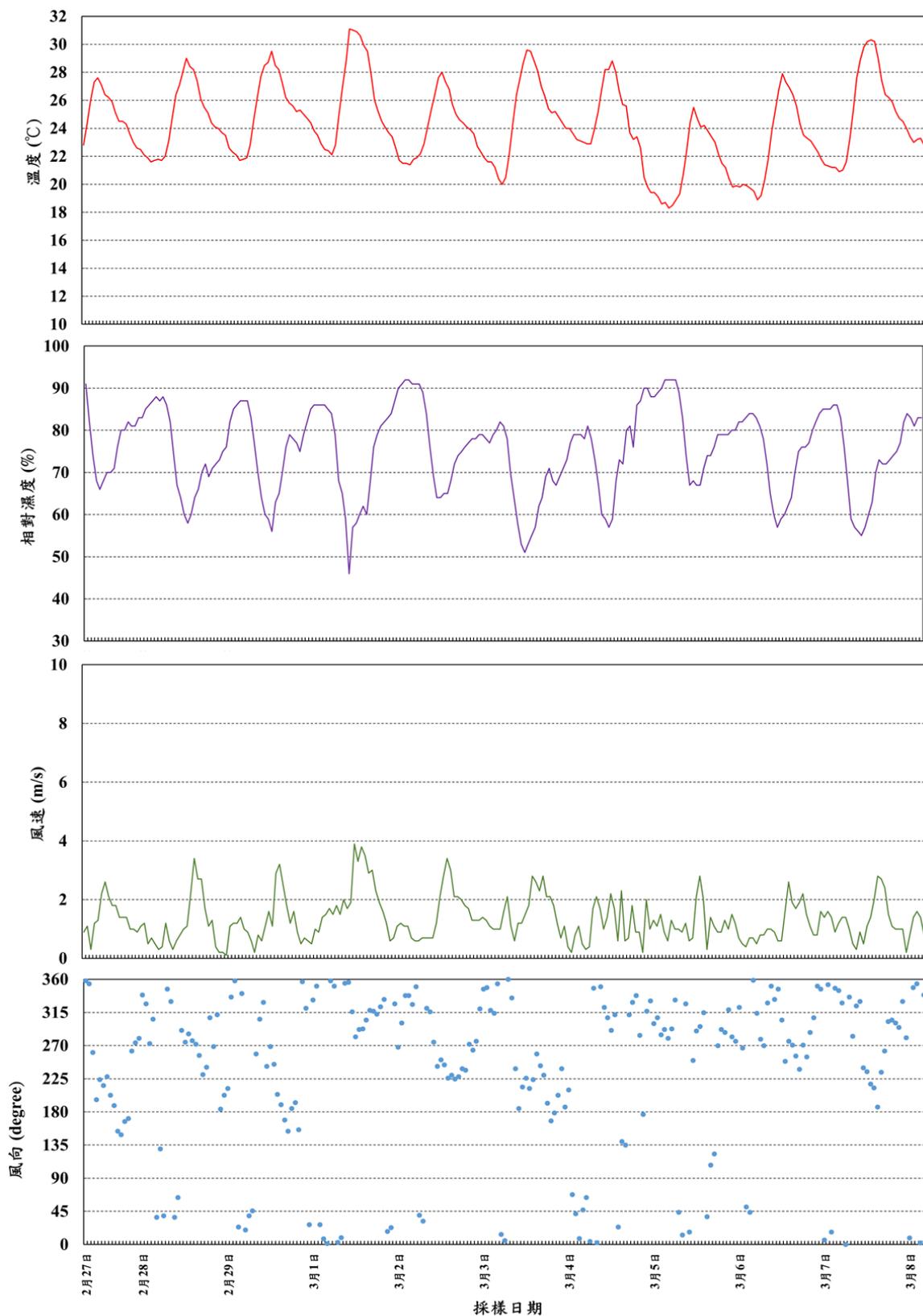


圖 4.1.8 屏東站春季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖

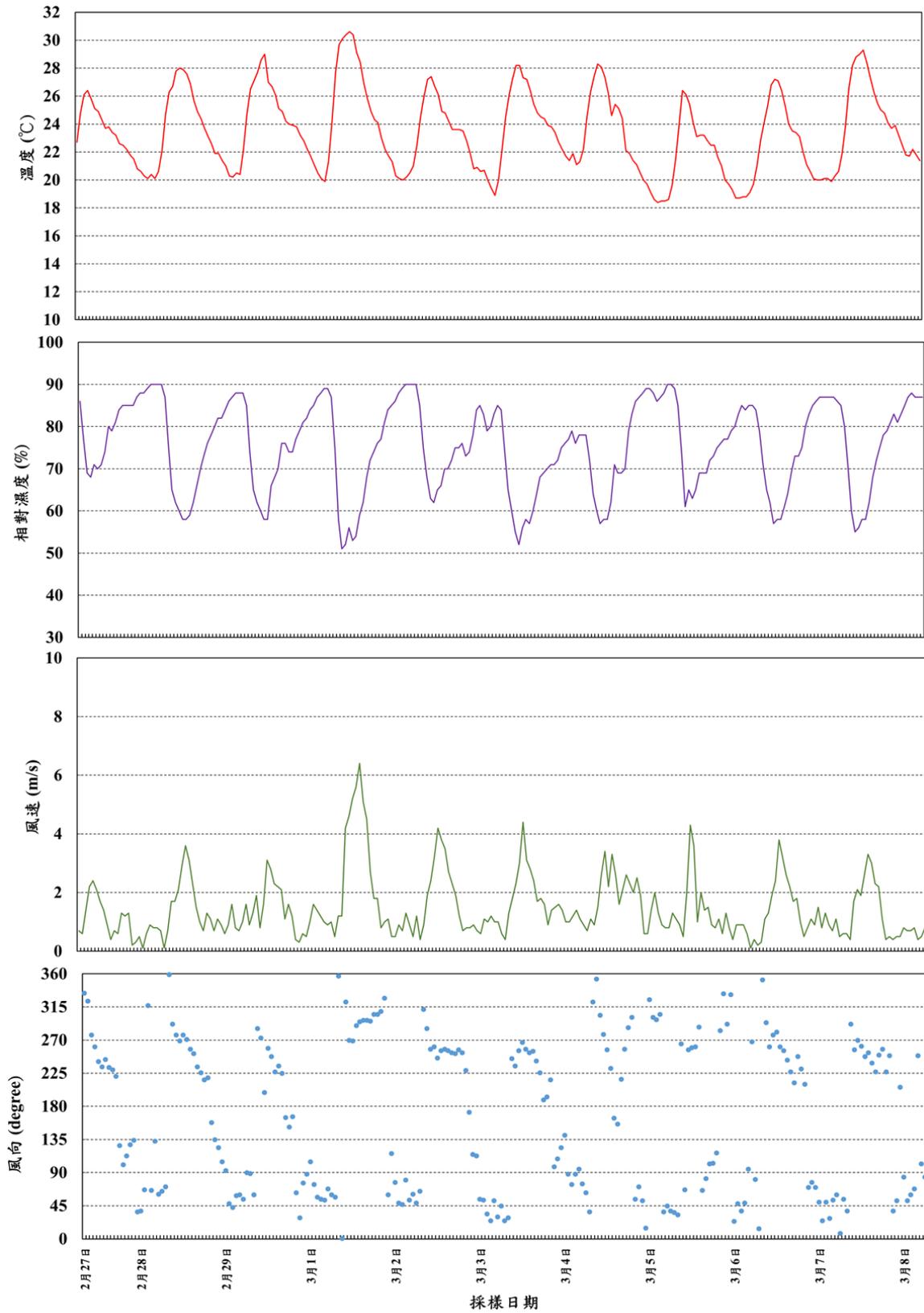


圖 4.1.9 潮州站春季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖

在風速和風向部分，所有測站的平均風速為 1.7 m/s，橋頭站、左營站、鳳山站、小港站、林園站、大寮站、屏東站和潮州站分別為 2.2 m/s (1.6~2.9 m/s)、2.1 m/s (1.7~2.9 m/s)、1.3 (1.0~1.8 m/s)、1.5 (1.2~2.0 m/s)、1.4 (1.0~2.1 m/s)、2.0 (1.6~2.6 m/s)、1.3 (1.1~1.9 m/s) 和 1.6 (1.0~2.4 m/s)，除了橋頭站、左營站和大寮站的平均風速在 2 m/s 左右外，其他 5 個測站的風速差異不大，約在 1.5 m/s 上下，都略低於 2019 年春季密集採樣期間之 8 個測站量測值 (約低 0.2 m/s)。

在各測站的風向部分，每個測站的優勢風向均不同，橋頭站約有 53% 的風向偏向東北風，另有 33% 偏向西北風；左營站則有 79% 的西北風；鳳山站則有 54% 的風向以西北風為主，也有 34% 的氣流自東北方；小港站分別有 36% 和 46% 來自東北風向和西北風向；大寮站則以西北風為主 (64%)；林園站以東北 (44%) 和西南 (31%) 風向為主；屏東站則有 51% 的風向為西北風；潮州站以西北風 (37%) 和西南風 (32%) 占優勢。總結 8 個測站的風向資料，8 個測站的風向都以東北或西北風向為主，各占 31% 和 46%，而多數測站在 2019 年和 2020 年的春季密集採樣期間，其優勢風向多一致。在春季密集採樣期間，各測站在 2 月 27 日和 3 月 4 日陸續有降雨的情形發生，但當日累計降雨量多在 0.5 mm 以下，對採樣結果的影響有限。

圖 4.1.10~圖 4.1.17 顯示 8 個測站在夏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 29.9°C，橋頭站、左營站、鳳山站、小港站、林園站、大寮站、屏東站和潮州站等 8 站分別為 30.5°C (26.9~31.6°C)、29.4°C (25.9~30.8°C)、30.0°C (26.3~31.4°C)、30.1°C (26.4~31.1°C)、29.6°C (26.7~30.7°C)、29.6°C (25.9~31.0°C)、29.9°C (26.1~31.3°C) 和 30.0°C (26.3~31.1°C)，多數測站的平均溫度都在 30°C 左右。在相對濕度部分，所有測站的平均相對濕度為 77%，橋頭站、左營站、鳳山站、小港站、林園站、大寮站、屏東站和潮州站分別為 77% (71~92%)、84% (73~91%)、71% (63~88%)、73% (67~88%)、79% (76~96%)、78% (73~93%)、73% (70~90%) 和 77% (70~92%)，每個測站的相對濕度除了呈現日夜高的分佈趨勢外，最高值多可達 90% 以上，主要和採樣期間遇到降雨有關；也因夏季採樣期間受降雨影響，使得相對濕度明顯較春季高 ( $p < 0.05$ )。

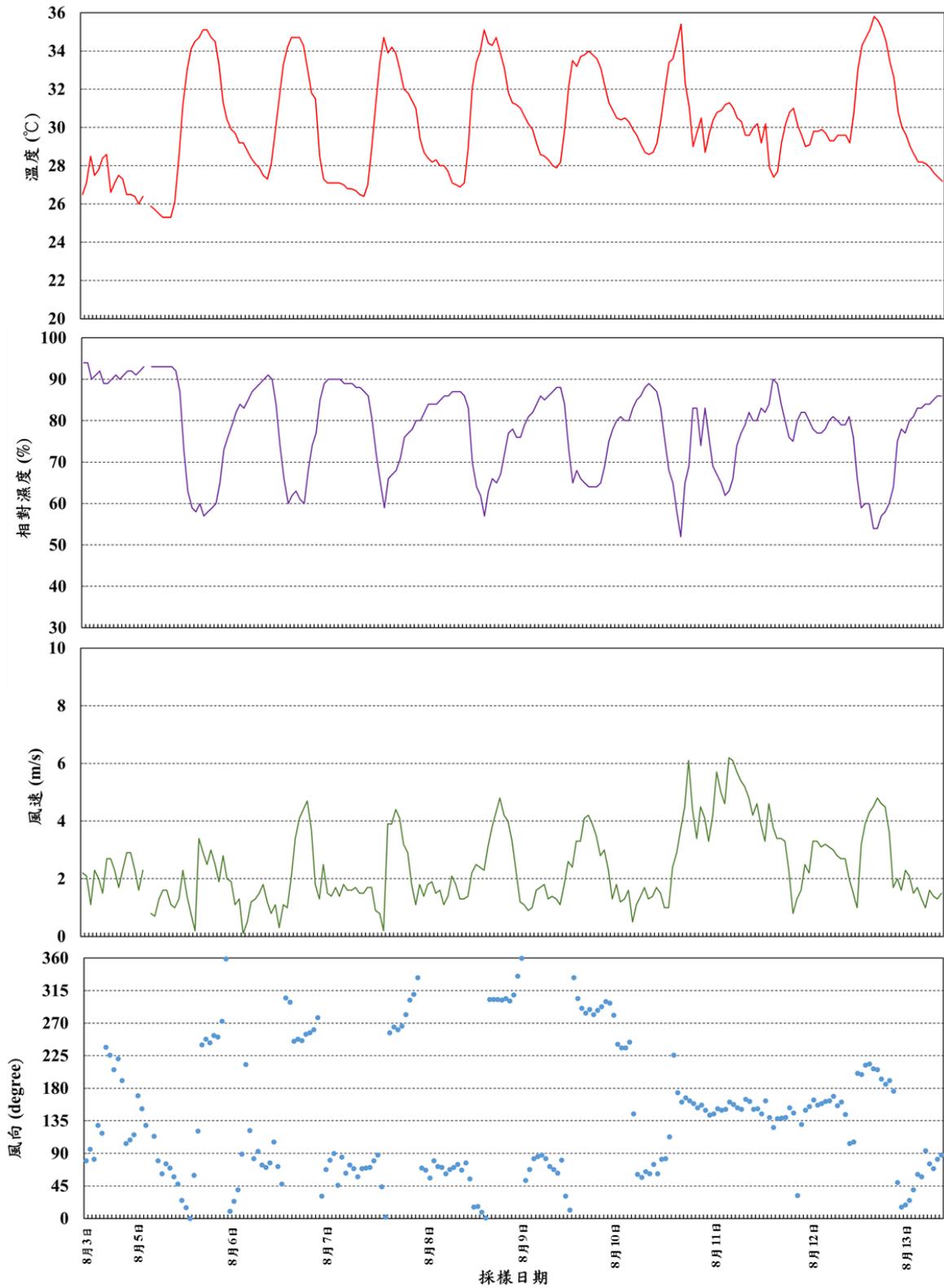


圖 4.1.10 橋頭站夏季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖

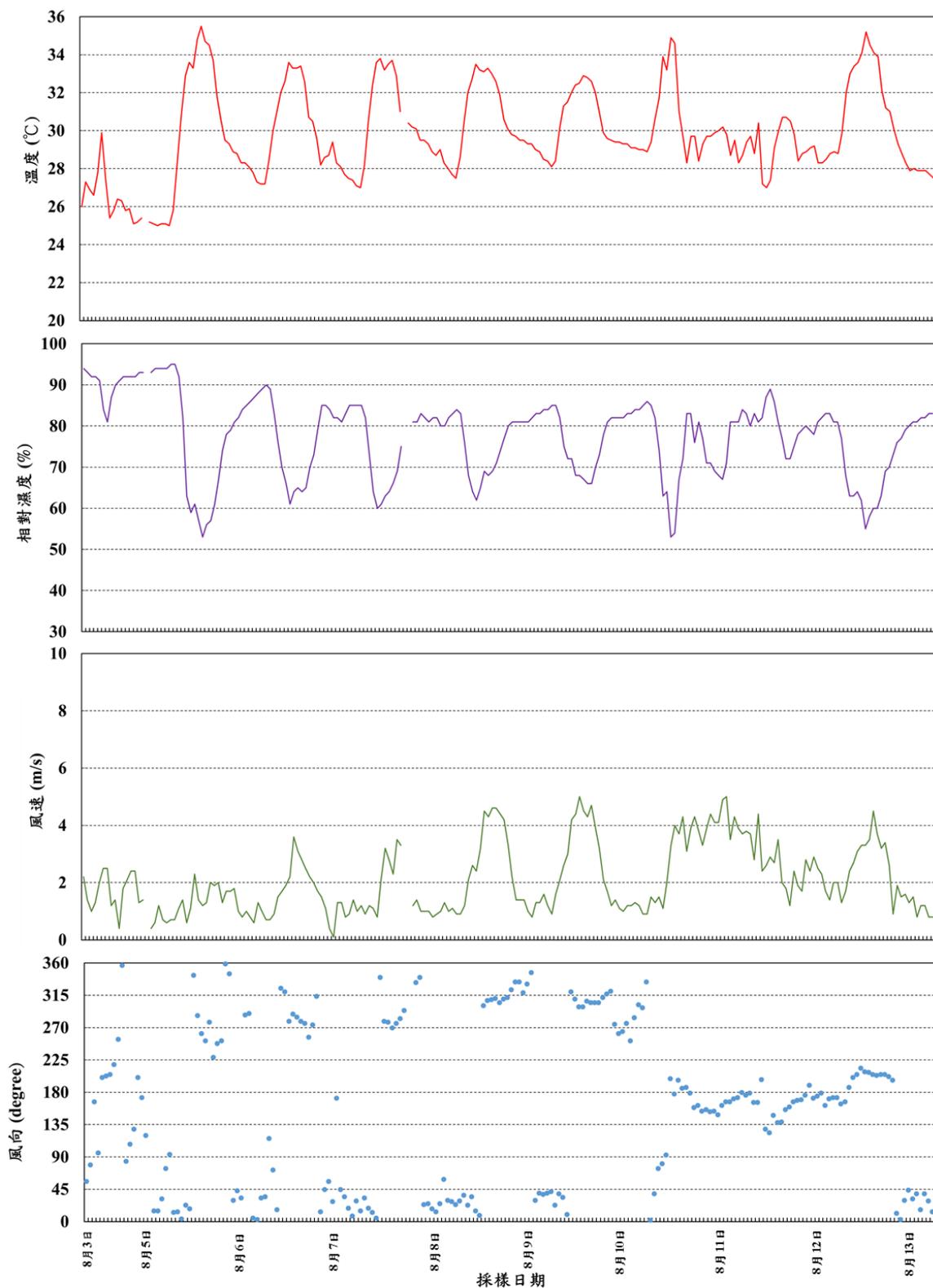


圖 4.1.11 左營站夏季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖

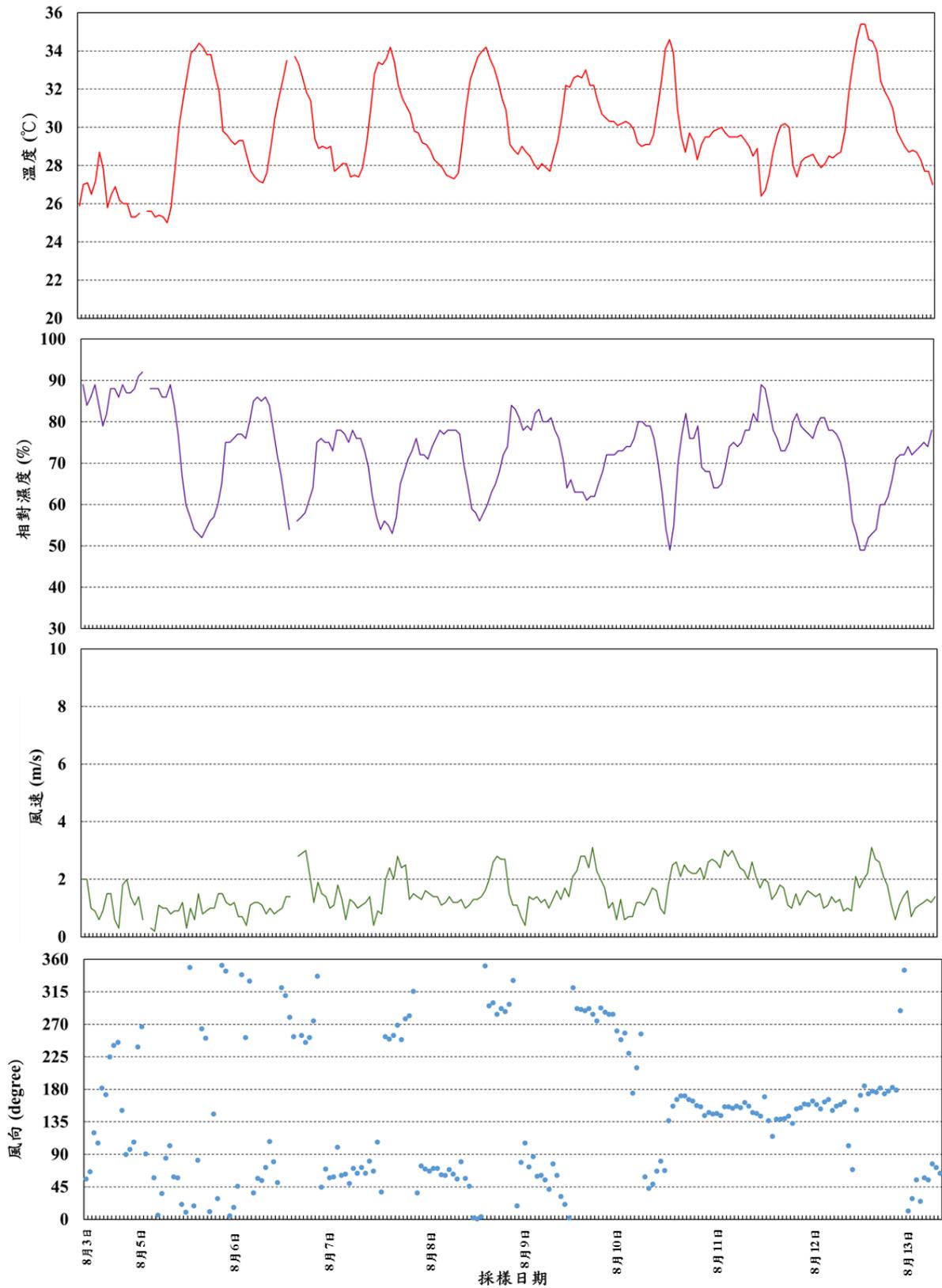


圖 4.1.12 鳳山站夏季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖

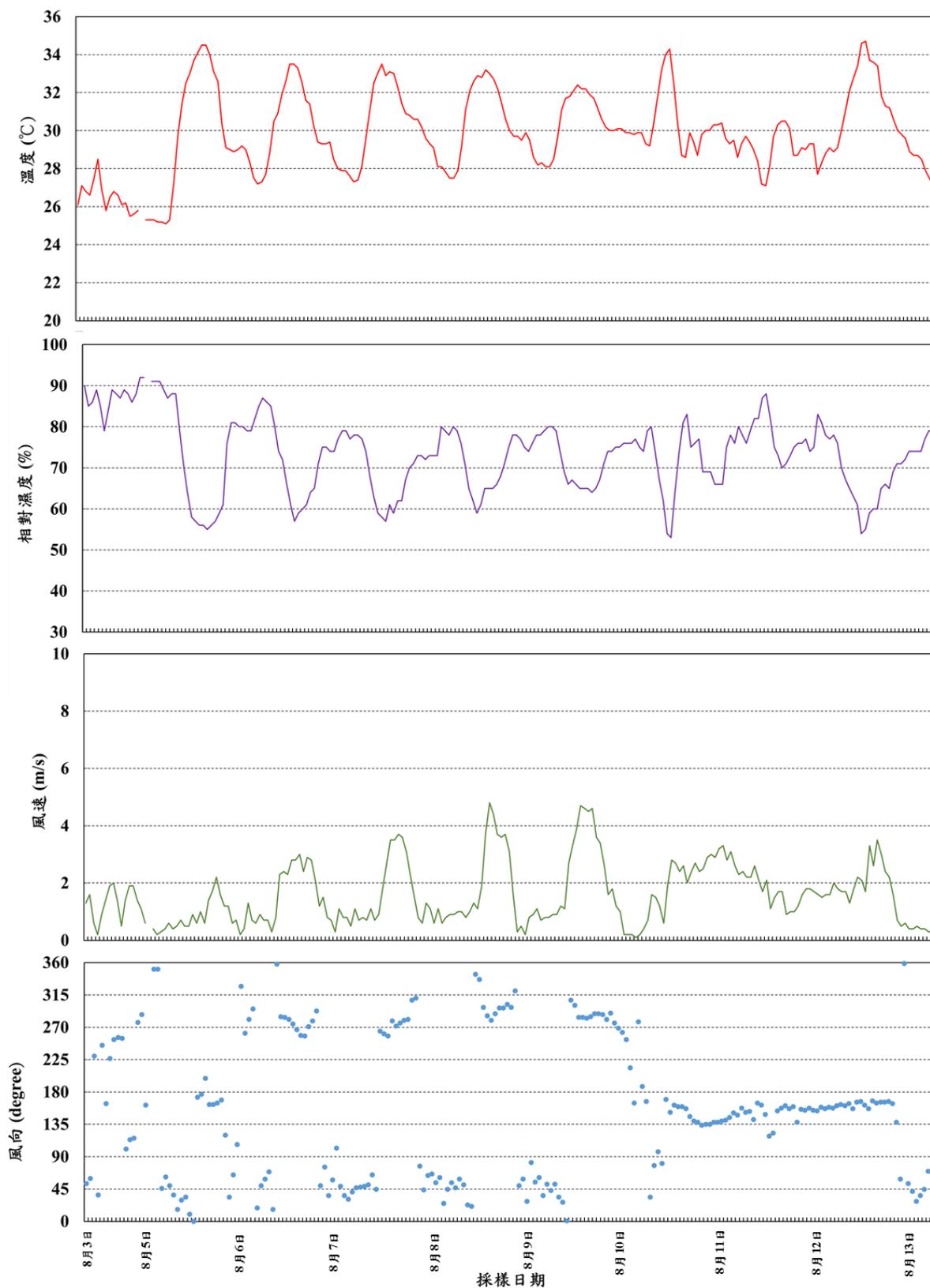


圖 4.1.13 小港站夏季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖

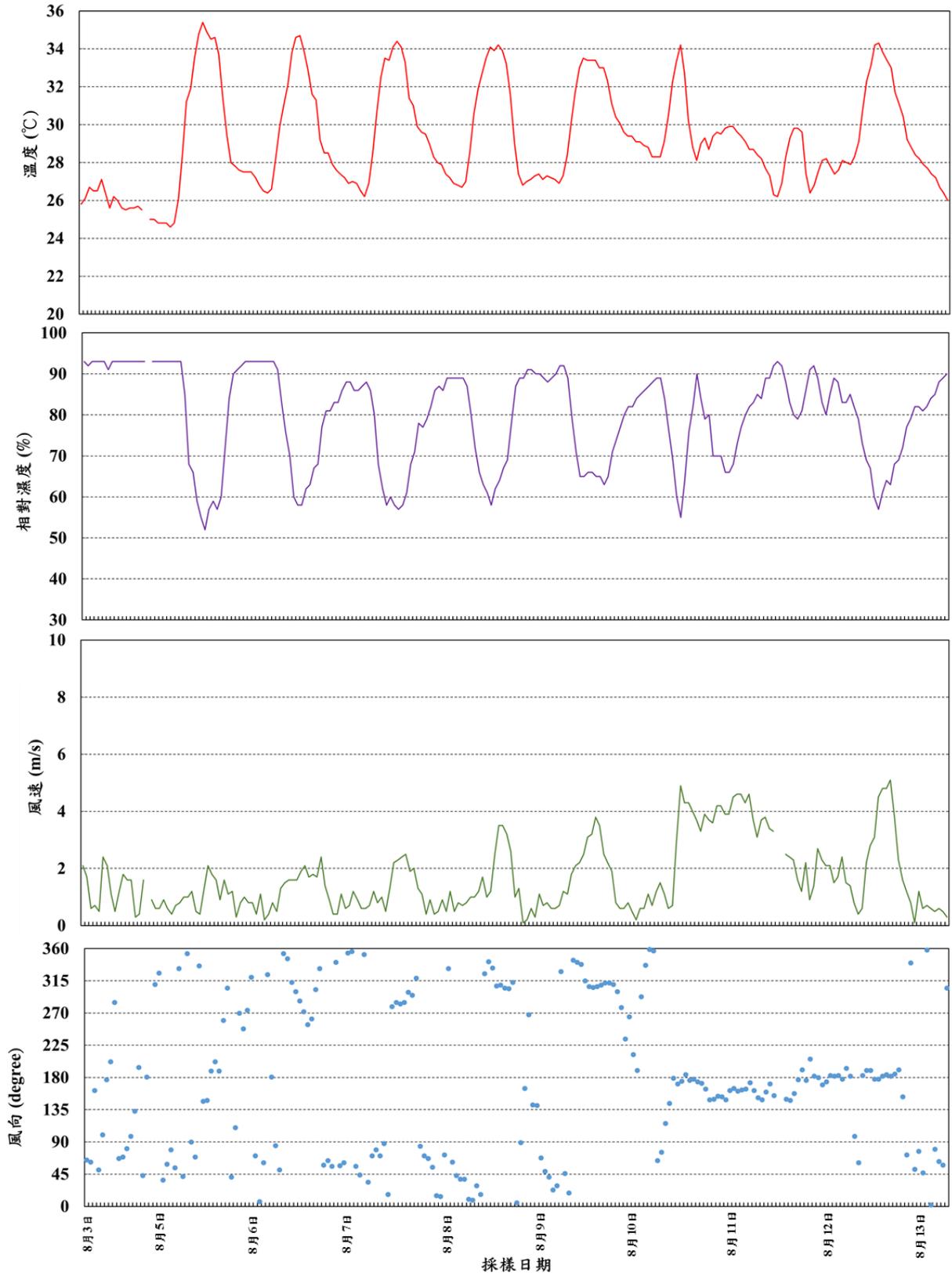


圖 4.1.14 大寮站夏季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖

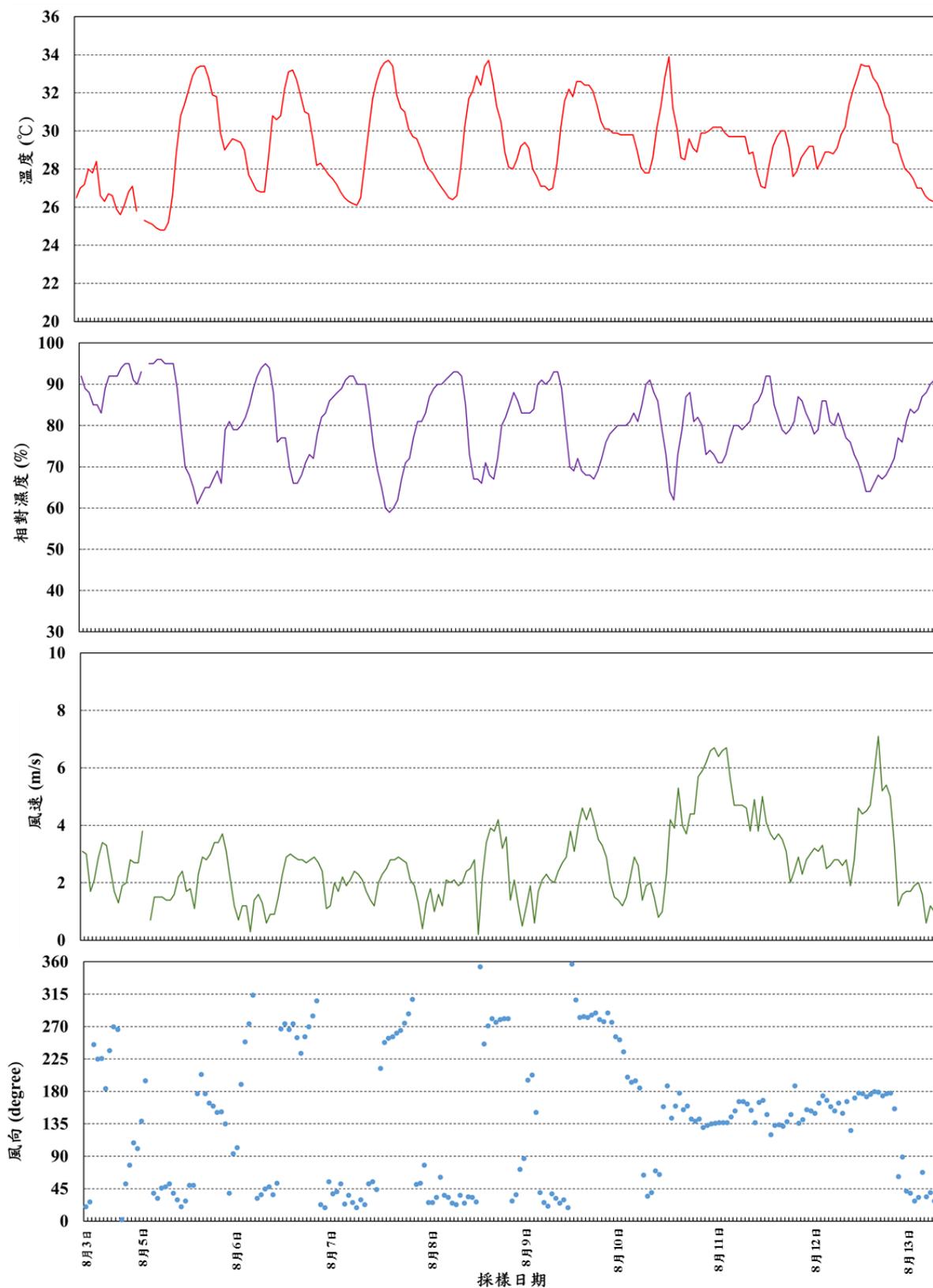


圖 4.1.15 林園站夏季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖

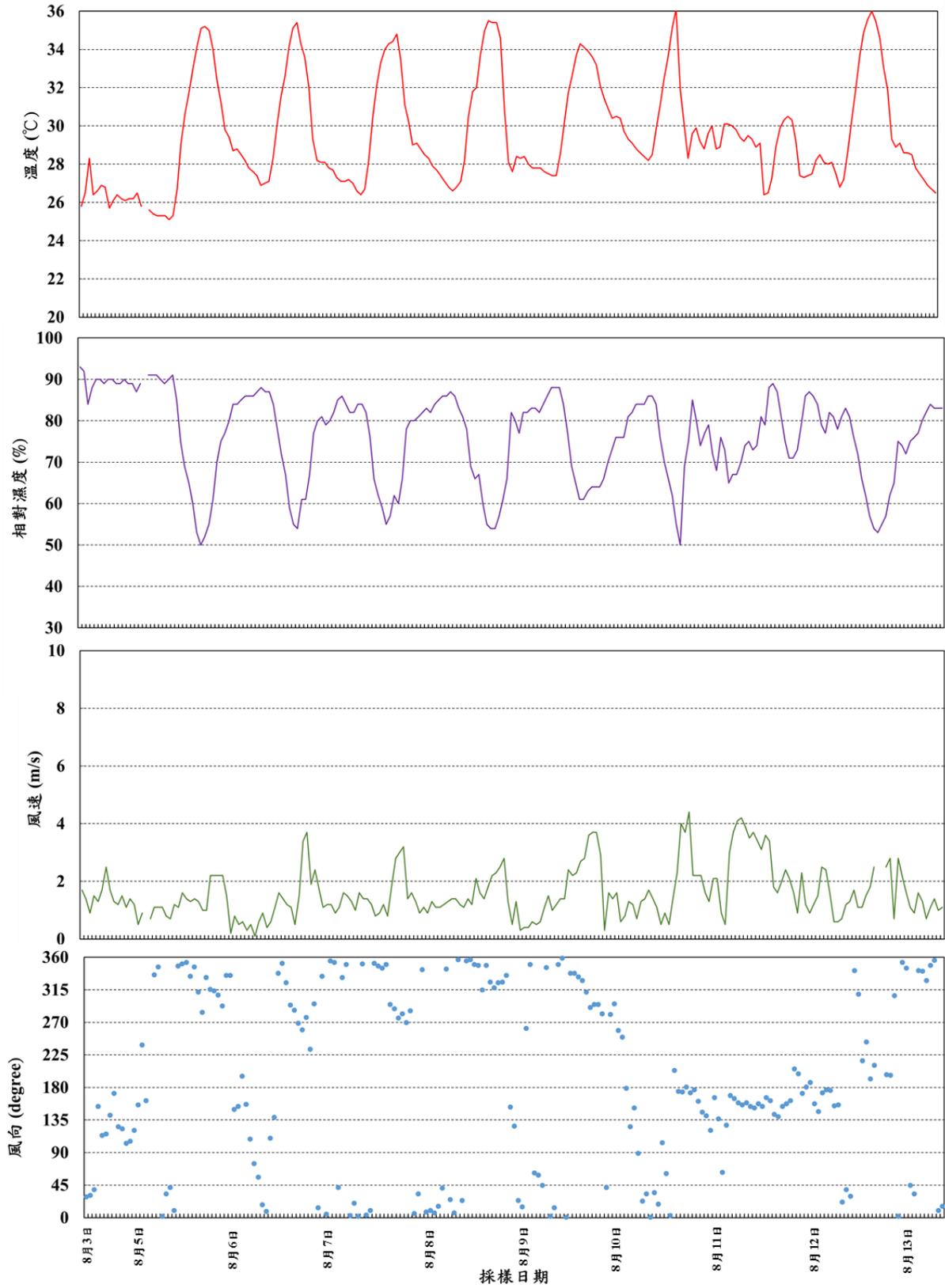


圖 4.1.16 屏東站夏季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖

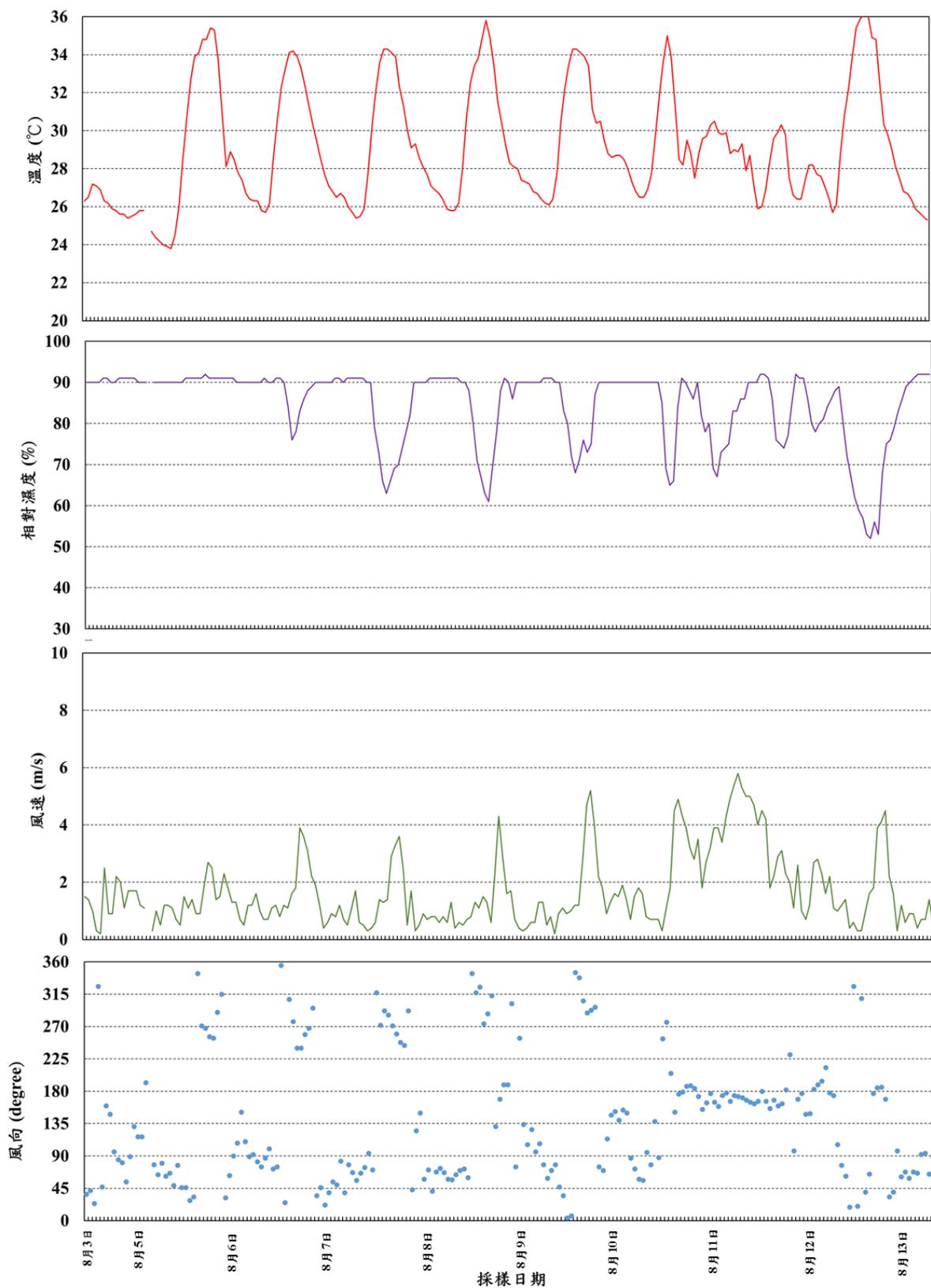


圖 4.1.17 潮州站夏季密集採樣期間之氣象觀測資料時間序列圖

在風速和風向部分，所有測站的平均風速為 2.0 m/s，橋頭站、左營站、鳳山站、小港站、林園站、大寮站、屏東站和潮州站分別為 2.6 m/s (1.8~4.2 m/s)、1.8 m/s (1.3~3.6 m/s)、1.6 (1.0~2.3 m/s)、1.7 (1.0~2.4 m/s)、2.8 (2.0~4.8 m/s)、1.8 (1.0~3.7 m/s)、1.7 (1.2~2.7 m/s) 和 2.2 (1.4~3.6 m/s)。所有測站的平均風速多低於 2.5 m/s，但整體夏季的風速顯著高於春季 ( $p < 0.05$ )，其結果和 2019 年的研究趨勢一樣。在各測站的風向部分，每個測站的優勢風向均不同，橋頭站約有 43% 的風向偏向東北風，另有 29% 偏東南風；左營站的優勢風向分別有東北風、西南風和東南風，各占 35%、26% 和 23%；鳳山站以東北風和東南風為主，分別占了 39% 和 32%；小港站明顯以東北風和東南風為主，分別佔了 33% 和 36%；大寮站的優勢風向為東北風 (32%)，另外有 27% 的西南風和 24% 的東南風；林園站以東北風和東南風為主要風向，其中，東北風則占了 39%，東南風占了 33%；屏東站有 10% 的西北風，而東北風、東南風和西南風為優勢風向，分別占了 26%、28% 和 36%；在潮州站部分，東北風為優勢風向，佔了所有風向的 41%，其次為東南風的 31%。整體而言，夏季和春季密集採樣期間的優勢風向都包含東北風，但夏季另有受到東南風的影響，春季則另外受到西南風的影響。

在夏季密集採樣期間之降雨部分，夏季有較高的降雨量，平均的日累計降雨量為 15 mm，並集中在 8 月 3 和 4 日，其中又以 8 月 4 日的降雨量最大 (取消當日的採樣)。另外，8 月 10 和 11 日也有零星的降雨，但降雨量不如 8 月 3 日和 4 日大。整體而言，儘管降雨量較大的 8 月 4 日無執行採樣作業，但夏季密集採樣期間仍有零星降雨，因此夏季採集的樣本可能會有受降雨影響。

#### 4.1.2 大氣細懸浮微粒濃度分布

春季密集採樣期間採集的平均  $PM_{2.5}$  濃度為  $29.4 \pm 6.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (8 站平均)，環保署測站同時間採集到的平均  $PM_{2.5}$  濃度為  $27.7 \pm 5.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，兩者差異約  $1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。夏季密集採樣期間採集的平均  $PM_{2.5}$  濃度為  $10.0 \pm 4.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (扣除環保署測站部分樣本因儀器異常，導致無採樣資料的時間，本計畫採集之  $PM_{2.5}$  平均濃度為  $9.6 \pm 4.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )，環保署測站同時間採集到的平均  $PM_{2.5}$  濃度為  $9.3 \pm 4.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，兩者差異約  $0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。此外，圖 4.1.18 和圖 4.1.19 顯示本計畫和環保署測站分析到的  $PM_{2.5}$  濃度在春季和夏季的趨勢均相當接近，春季和夏季的相關性 ( $r$ ) 分別為 0.91 和 0.94，並具顯著相關性 ( $p < 0.05$ )，反映本計畫採集到的  $PM_{2.5}$  樣本具有代表性。

表 4.1.2 為 2020 年春季 8 個測站之  $PM_{2.5}$  及其化學組成濃度資料。該表顯示各測站之日平均  $PM_{2.5}$  濃度均低於環保署日平均標準值 ( $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )，但各測站在 2 月 27 日的日平均  $PM_{2.5}$  濃度均超過標準值。本計畫團隊在 2019 年春季密集採樣期間測得的 8 個測站之平均  $PM_{2.5}$  濃度為  $27.6 \pm 8.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，其值和本年度的量測結果相近。在其他計畫部分，過去 2 年，在高雄進行的大氣  $PM_{2.5}$  量測結果也顯示 (李崇德 2017, 2018)，春季的  $PM_{2.5}$  濃度在  $24\sim 31 \mu\text{g}/\text{m}^3$  的範圍 (以小港站為例)，其量測結果和本研究相近。表 4.1.3 為夏季 8 個測站之  $PM_{2.5}$  及其化學組成濃度的分析資料。各測站所有採樣日的日平均  $PM_{2.5}$  濃度均低於環保署日平均標準值 ( $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )，每一個測站的日平均濃度略低於 2019 年在同一季節的採樣資料。過去 2 年，在高雄進行的大氣  $PM_{2.5}$  量測結果也顯示 (李崇德 2017, 2018)，夏季的日平均  $PM_{2.5}$  濃度多在  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  以下 (以小港站為例)，但都略高於本計畫在高雄的量測結果，推測和採樣期間遇到的降雨有關，特別是 8 月 3 日~4 日期間的降雨量較大 ( $20\sim 90 \text{mm}$ )。

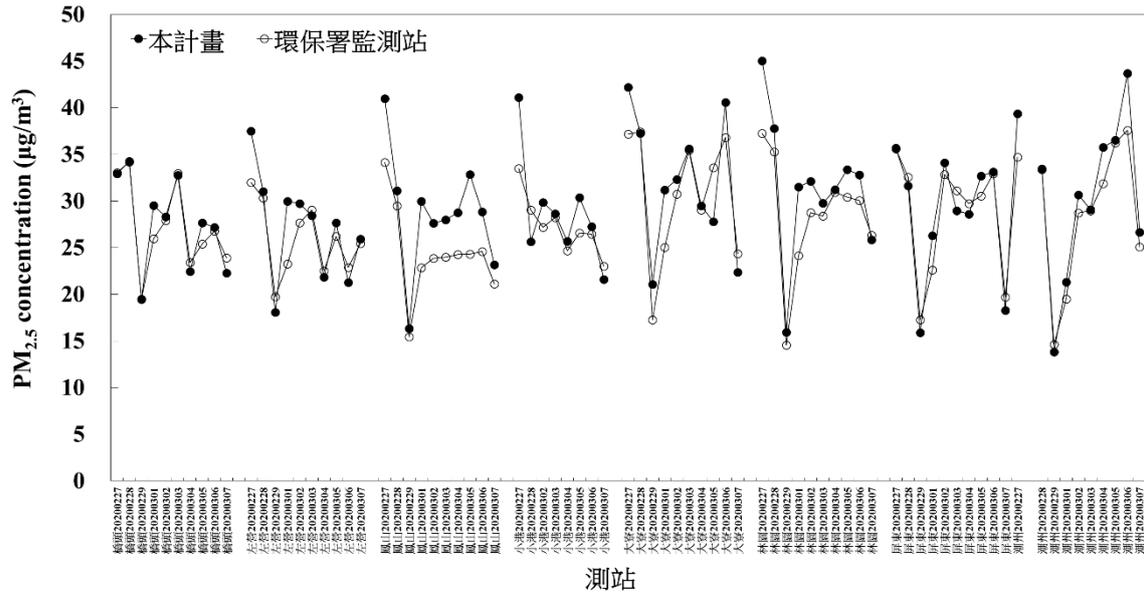


圖 4.1.18 本計畫和環保署監測站同步採集之春季 PM<sub>2.5</sub> 濃度分布圖  
( $r = 0.91, p\text{-value} < 0.05$ )

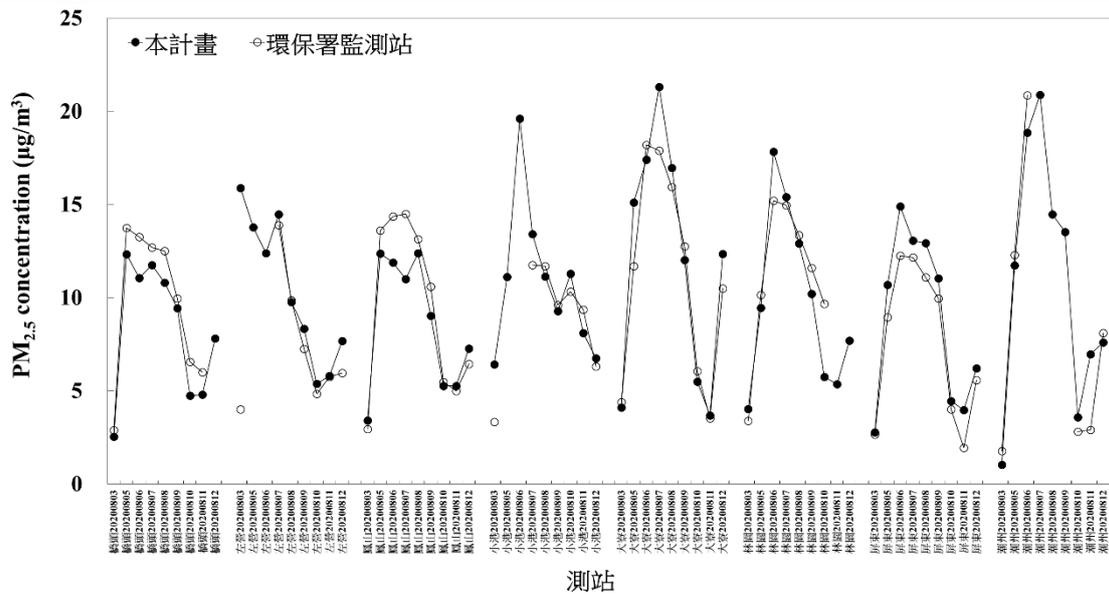


圖 4.1.19 本計畫和環保署監測站同步採集之夏季 PM<sub>2.5</sub> 濃度分布圖  
( $r = 0.94, p\text{-value} < 0.05$ )

表 4.1.2 春季密集採樣期間之各測站大氣 PM<sub>2.5</sub> 及化學組成濃度統計表(mean ± SD, µg/m<sup>3</sup>)

	所有測站	橋頭	左營	鳳山	小港	林園	大寮	屏東	潮州
PM <sub>2.5</sub>	29.4 ± 6.6	27.7 ± 5.0	27.1 ± 5.6	28.8 ± 6.3	28.8 ± 5.7	31.5 ± 7.5	32.0 ± 7.1	28.5 ± 6.7	31.0 ± 8.8
硫酸鹽	5.2 ± 1.3	5.2 ± 1.8	5.1 ± 1.2	5.5 ± 1.2	5.2 ± 1.0	5.3 ± 1.4	5.3 ± 1.4	5.3 ± 1.3	5.1 ± 1.4
硝酸鹽	8.3 ± 3.7	8.6 ± 3.8	7.3 ± 2.8	7.9 ± 3.5	8.4 ± 4.0	8.4 ± 4.7	7.8 ± 3.8	8.4 ± 3.8	9.9 ± 4.9
銨鹽	4.3 ± 1.5	4.4 ± 1.9	3.7 ± 1.1	4.0 ± 1.5	3.8 ± 1.4	4.7 ± 1.5	4.9 ± 1.5	4.2 ± 1.4	4.7 ± 1.8
氯鹽	0.6 ± 0.6	0.6 ± 0.3	0.5 ± 0.2	0.4 ± 0.2	0.3 ± 0.2	0.9 ± 0.3	1.5 ± 1.2	0.4 ± 0.2	0.5 ± 0.2
有機碳	6.1 ± 1.5	6.6 ± 1.4	5.8 ± 1.6	7.1 ± 1.9	6.2 ± 0.7	5.4 ± 1.1	6.6 ± 1.6	6.0 ± 1.2	5.0 ± 1.4
元素碳	1.2 ± 0.5	1.5 ± 0.9	0.9 ± 0.3	1.3 ± 0.6	1.4 ± 0.3	1.1 ± 0.3	1.4 ± 0.6	1.2 ± 0.3	1.1 ± 0.4
現代碳 <sup>&amp;</sup>	3.5 ± 0.9	4.1 ± 1.0	3.3 ± 1.2	4.0 ± 1.1	3.7 ± 1.0	2.9 ± 0.6	3.8 ± 1.0	3.5 ± 0.8	3.1 ± 0.7
化石碳 <sup>#</sup>	3.8 ± 1.3	3.6 ± 0.8	3.5 ± 1.0	4.8 ± 1.6	4.3 ± 0.8	3.4 ± 0.9	4.5 ± 1.8	3.6 ± 1.0	3.1 ± 1.3
其他組成 <sup>^</sup>	0.6 ± 0.2	0.7 ± 0.3	0.7 ± 0.3	0.6 ± 0.1	0.8 ± 0.2	0.6 ± 0.1	0.7 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1

<sup>&</sup>總碳濃度乘上現代碳比例 (%)<sup>#</sup>總碳濃度乘上(100-現代碳比例 (%))<sup>^</sup>其他組成為地殼元素和其他元素之濃度加總表 4.1.3 夏季密集採樣期間之各測站大氣 PM<sub>2.5</sub> 及化學組成濃度統計表(mean ± SD, µg/m<sup>3</sup>)

	所有測站	橋頭	左營	鳳山	小港	林園	大寮	屏東	潮州
PM <sub>2.5</sub>	10.0 ± 4.7	8.4 ± 3.6	10.8 ± 3.9	8.7 ± 3.5	10.8 ± 4.0	9.9 ± 4.7	12.0 ± 6.4	8.9 ± 4.6	11.0 ± 6.7
硫酸鹽	2.3 ± 1.6	2.1 ± 1.3	2.3 ± 1.5	2.3 ± 1.5	2.3 ± 1.6	2.2 ± 1.7	2.5 ± 1.8	2.3 ± 1.6	2.6 ± 2.3
硝酸鹽	0.8 ± 0.6	0.8 ± 0.4	0.6 ± 0.4	0.7 ± 0.4	0.6 ± 0.4	1.1 ± 0.7	1.0 ± 0.7	0.8 ± 0.5	1.0 ± 0.8
銨鹽	1.0 ± 0.9	0.8 ± 0.5	0.8 ± 0.6	0.9 ± 0.7	0.8 ± 0.7	1.1 ± 0.8	1.8 ± 1.3	0.9 ± 0.7	1.2 ± 1.1
氯鹽	0.5 ± 0.8	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.2	0.2 ± 0.2	0.4 ± 0.4	0.9 ± 0.4	2.1 ± 1.4	0.1 ± 0.1	0.2 ± 0.2
有機碳	3.2 ± 2.1	2.9 ± 1.3	2.9 ± 1.8	3.0 ± 1.5	4.3 ± 3.0	2.2 ± 1.3	2.6 ± 1.2	3.1 ± 1.2	5.1 ± 3.6
元素碳	0.5 ± 0.4	0.4 ± 0.4	0.5 ± 0.5	0.4 ± 0.4	0.8 ± 0.3	0.4 ± 0.3	0.5 ± 0.4	0.4 ± 0.3	0.5 ± 0.4
現代碳 <sup>&amp;</sup>	2.1 ± 1.4	1.4 ± 0.8	1.3 ± 0.8	1.7 ± 0.8	2.2 ± 1.4	1.8 ± 0.6	1.8 ± 0.8	2.1 ± 0.7	4.6 ± 2.1
化石碳 <sup>#</sup>	2.2 ± 1.4	2.2 ± 1.5	1.9 ± 1.0	2.0 ± 1.2	3.8 ± 2.7	1.8 ± 0.6	1.6 ± 1.0	1.7 ± 0.7	3.5 ± 1.2
其他組成 <sup>^</sup>	0.8 ± 0.3	0.7 ± 0.2	0.9 ± 0.3	0.5 ± 0.1	1.0 ± 0.5	0.9 ± 0.2	0.9 ± 0.3	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.2

<sup>&</sup>總碳濃度乘上現代碳比例 (%)<sup>#</sup>總碳濃度乘上(100-現代碳比例 (%))<sup>^</sup>其他組成為地殼元素和其他元素之濃度加總

### 4.1.3 細懸浮微粒化學組成特性

表 4.1.2 和表 4.1.3 分別為春季和夏季 PM<sub>2.5</sub> 中的主要化學組成統計表，圖 4.1.20 和圖 4.1.21 呈現各測站 PM<sub>2.5</sub> 中不同化學組成占有的比例，除了有機碳和元素碳的濃度外，本研究也用現代碳比例乘上總碳濃度來計算現代碳和化石碳濃度 (μg/m<sup>3</sup>)，並討論大氣 PM<sub>2.5</sub> 中的化石燃料和非石化燃料的燃燒對 PM<sub>2.5</sub> 中碳的貢獻。

表 4.1.2 顯示春季密集採樣期間，所有測站的平均 PM<sub>2.5</sub> 質量濃度為 29.4 ± 6.6 μg/m<sup>3</sup>，其中硝酸鹽和有機碳為主要的化學組成，其平均濃度分別為 8.3 ± 3.7 μg/m<sup>3</sup> 和 6.1 ± 1.5 μg/m<sup>3</sup>，其次為硫酸鹽和銨鹽的 5.2 ± 1.3 μg/m<sup>3</sup> 和 4.3 ± 1.5 μg/m<sup>3</sup>，而現代碳與化石碳濃度則分別為 3.5 ± 0.9 μg/m<sup>3</sup> 和 3.8 ± 1.3 μg/m<sup>3</sup>。在各測站之 PM<sub>2.5</sub> 化學組成分佈部分，所有測站的主要化學組成均為硝酸鹽，其中最高值發生在潮州站 (9.9 ± 4.9 μg/m<sup>3</sup>)，鳳山站的有機碳 (7.1 ± 1.9 μg/m<sup>3</sup>) 與硫酸鹽 (5.5 ± 1.2 μg/m<sup>3</sup>) 的濃度最高；銨鹽濃度最高的測站為大寮站 (4.9 ± 1.5 μg/m<sup>3</sup>)。在金屬元素與地殼元素部分 (其他組成)，所有測站的濃度都小於 1.0 μg/m<sup>3</sup>，而最高與最低值分別出現在小港站 (0.8 ± 0.2 μg/m<sup>3</sup>) 和屏東站 (0.5 ± 0.1 μg/m<sup>3</sup>) 與潮州站 (0.5 ± 0.1 μg/m<sup>3</sup>)。

圖 4.1.11 呈現春季密集採樣期間，各化學組成佔 PM<sub>2.5</sub> 質量濃度比例。各測站的優勢組成均為硝酸鹽，其佔有比例都在 30% 左右，最高比例出現在潮州站的 35%，最低的大寮站也有 27%；次要組成為硫酸鹽和銨鹽，各測站佔有的比例約為 18% 和 15%。在化石碳與現代碳佔有的比例部分，各測站之化石碳與現代碳比例的加總在 26~33% 之間，其中以鳳山站的 33% 最高，最低則為屏東站與潮州站的 26%；除了屏東站、潮州站和橋頭站外，其他 5 個測站的化石碳佔有的比例都略較現代碳高，橋頭站以現代碳佔有的比例較高，屏東站和潮州站的現代碳與化石碳佔有比例一致；各測站的化石碳與現代碳佔有比例雖略有差異，但多在 2% 左右，顯示化石碳和現代碳之比例相當，此結果和本計畫團隊於 2019 年在高雄 8 個測站的調查結果相近，說明化石碳和現代碳都是高屏地區的重要碳貢獻源。8 個測站的其他組成 (金屬元素與地殼元素) 之佔有比例的平均值為 2%，另有 7% 左右的組成無法被分析出，此結果也和前期計畫的分析結果相近。

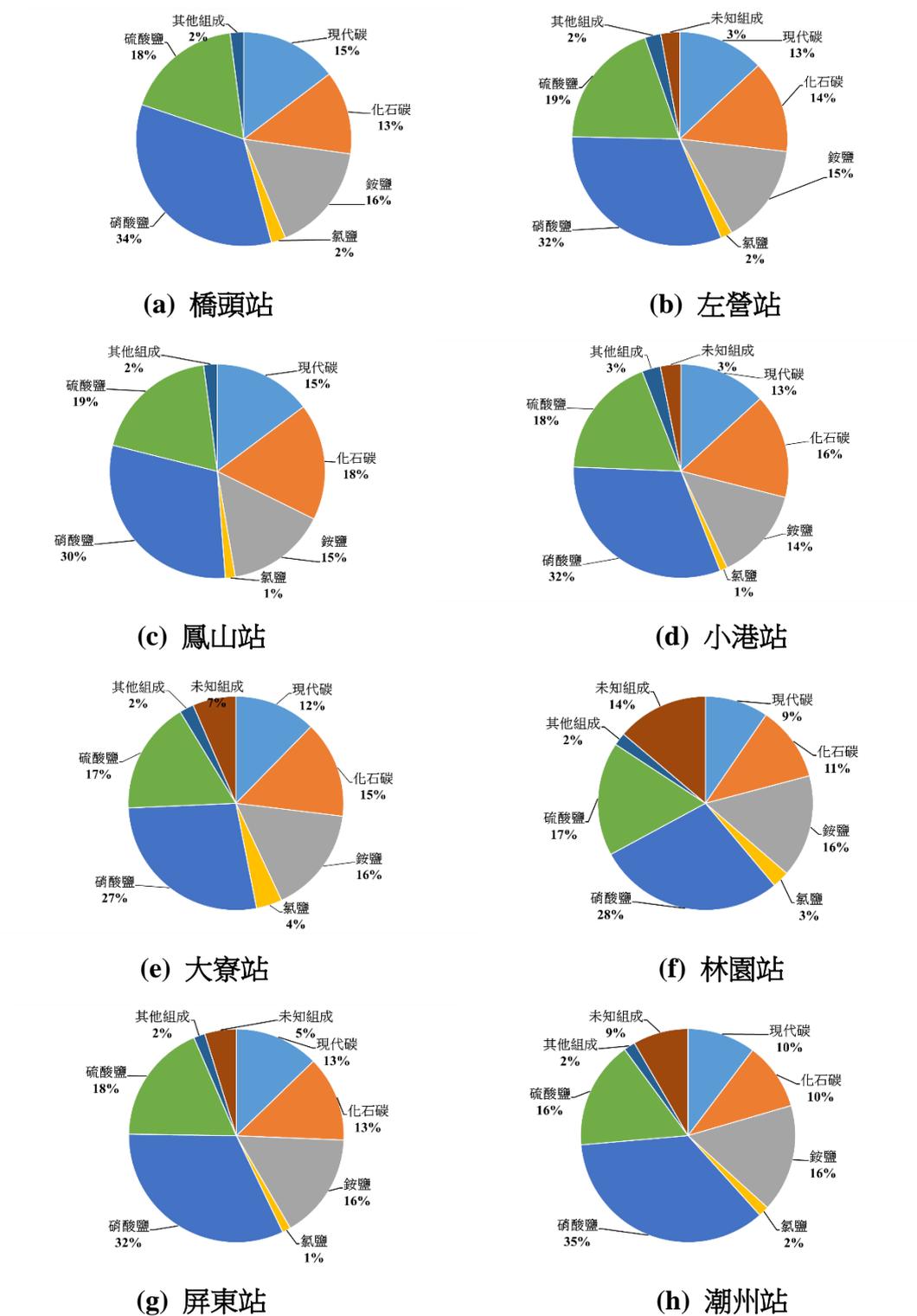


圖 4.1.20 春季密集採樣期間之 PM<sub>2.5</sub> 化學組成比例

(a) 橋頭站、(b) 左營站、(c) 鳳山站、(d) 小港站、(e) 大寮站、(f) 林園站、(g) 屏東站和 (h) 潮州站

表 4.1.3 顯示夏季密集採樣期間，所有測站的平均  $\text{PM}_{2.5}$  質量濃度為  $10.0 \pm 4.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，其中硫酸鹽和有機碳為主要的化學組成，其平均濃度分別為  $2.3 \pm 1.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  和  $3.2 \pm 2.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，其次為硝酸鹽和銨鹽的  $0.8 \pm 0.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  和  $1.0 \pm 0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；現代碳與化石碳濃度分別為  $2.1 \pm 1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  和  $2.2 \pm 1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。在各測站之  $\text{PM}_{2.5}$  化學組成分布部分，所有測站的主要化學組成均為硫酸鹽或有機碳，其中硫酸鹽最高值出現在潮州站 ( $2.6 \pm 2.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )，最低值出現在橋頭站 ( $2.1 \pm 1.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )；有機碳部分，潮州站的有機碳 ( $5.1 \pm 3.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 濃度最高，最低則為林園站 ( $2.2 \pm 1.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )。在金屬元素與地殼元素部分 (其他組成)，所有測站的濃度都小於  $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，而最高與最低值分別出現在小港站 ( $1.0 \pm 0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 和潮州站 ( $0.50 \pm 0.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )。另外，以碳 14 計算的現代碳和化石碳部分，最高與最低值的現代碳分別出現在潮州站 ( $4.6 \pm 2.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 和左營站 ( $1.3 \pm 0.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )；最高與最低值的化石碳分別出現在小港站 ( $3.8 \pm 2.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 和大寮站 ( $1.6 \pm 1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )。

圖 4.1.21 呈現夏季密集採樣期間，各化學組成佔  $\text{PM}_{2.5}$  質量濃度比例。各測站的優勢組成均為硫酸鹽，其佔有比例都在 20% 左右，最高比例出現在屏東站的 29%，最低的左營站也有 21%。次要組成為化石碳和現代碳，在高雄的 6 個測站，化石碳為優勢的碳組成，6 個測站的化石碳約佔了 20%，現代碳佔有比例約 15%，其中小港的化石碳可達 32%；屏東的 2 個測站以現代碳為優勢碳組成，現代碳佔了 20~27%，化石碳則為 16~20%。再次要組成則為硝酸鹽和銨鹽，而硝酸鹽和銨鹽都約佔了 6% 左右，其比例較春季高，但和 2019 年夏季於高屏此 8 個測站的量測結果相近，另有 5% 左右的組成無法被分析出。

整體而言，2019 年和 2020 年的大氣  $\text{PM}_{2.5}$  化學組成穩定的季節分佈相近，春季都以硝酸鹽和碳成分為主，夏季則轉以硫酸鹽和碳成分為主，2 年的採樣資料顯示高屏地區的大氣  $\text{PM}_{2.5}$  化學組成穩定。

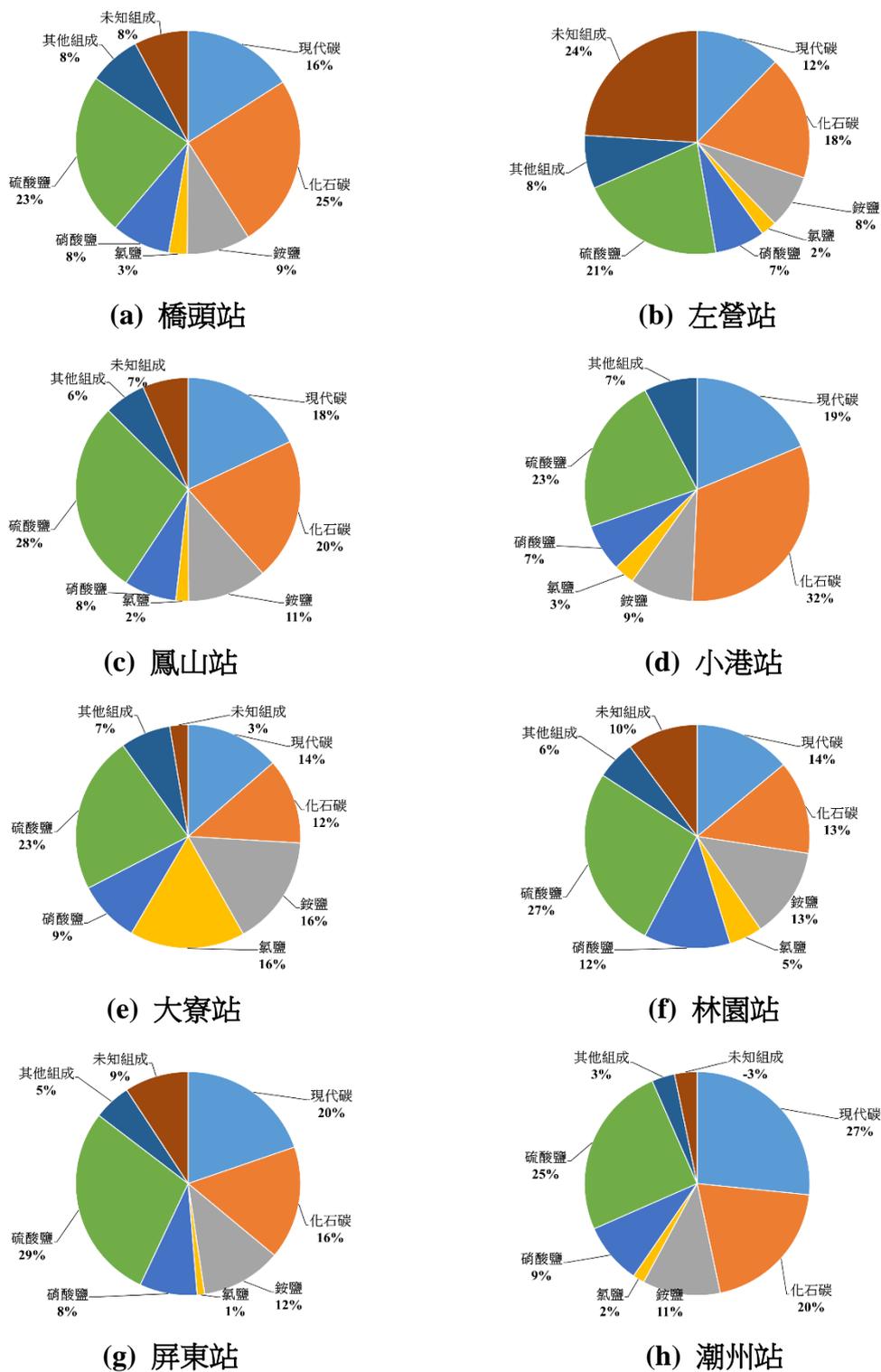


圖 4.1.21 夏季密集採樣期間之 PM<sub>2.5</sub> 化學組成比例

(a) 橋頭站、(b) 左營站、(c) 鳳山站、(d) 小港站、(e) 大寮站、(f) 林園站、(g) 屏東站和 (h) 潮州站

#### 4.1.4 以高低 PM<sub>2.5</sub> 事件日探討微粒潛在污染成因

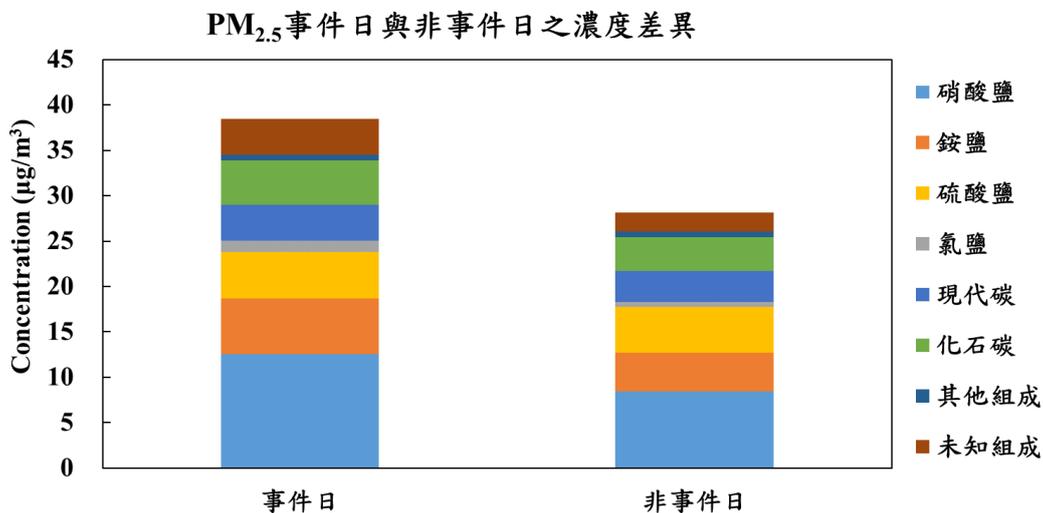
本研究將各測站的 PM<sub>2.5</sub> 濃度以 35 µg/m<sup>3</sup> 進行劃分，並比較非 PM<sub>2.5</sub> 事件日和 PM<sub>2.5</sub> 事件日之化學組成，以了解造成高屏地區高 PM<sub>2.5</sub> 事件的潛在因素。然而，夏季密集採樣期間採集的 PM<sub>2.5</sub> 濃度，並無任一樣本的濃度超過 35 µg/m<sup>3</sup>，因此夏季的樣本以中位數濃度劃分為高低 PM<sub>2.5</sub> 事件日。

圖 4.1.22 為春季密集採樣期間（高 PM<sub>2.5</sub> 事件日之平均濃度： $38.4 \pm 3.6$  µg/m<sup>3</sup>；低 PM<sub>2.5</sub> 事件日之平均濃度  $28.1 \pm 3.8$  µg/m<sup>3</sup>），PM<sub>2.5</sub> 事件日和非事件日之 PM<sub>2.5</sub> 濃度差異和相較於非 PM<sub>2.5</sub> 事件日，事件日期間所增加的每一個化學組成濃度佔 PM<sub>2.5</sub> 增加之質量濃度的比例（環圈圖）。該圖顯示事件日與非事件日濃度差值為 10.3 µg/m<sup>3</sup>，在化學組成部分，硝酸鹽和銨鹽為事件日期間增加幅度最為明顯的化學組成，相加硝酸鹽和銨鹽上增的比例後可達 58%，其中又以硝酸鹽占有的 40% 最高，暗示 PM<sub>2.5</sub> 事件期間，光化反應生成的二次氣膠是影響 PM<sub>2.5</sub> 濃度的重要因素。此外，PM<sub>2.5</sub> 事件日期間的化石碳、現代碳和氯鹽濃度分別較非事件日期間高 11%、5% 和 7%，說明碳源的燃燒（如燃料油或生質燃燒）和海鹽，可能為增加高屏地區 PM<sub>2.5</sub> 濃度的重要因素之一。

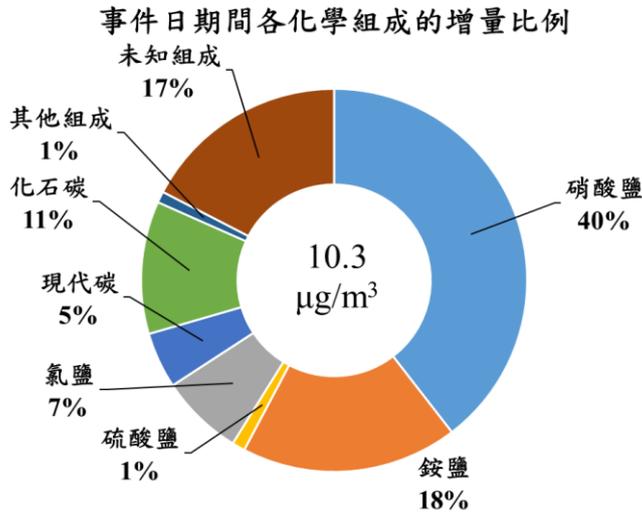
圖 4.1.23 為夏季密集採樣期間（高 PM<sub>2.5</sub> 事件日之平均濃度： $14.7 \pm 2.9$  µg/m<sup>3</sup>；低 PM<sub>2.5</sub> 事件日之平均濃度  $7.8 \pm 2.9$  µg/m<sup>3</sup>），PM<sub>2.5</sub> 事件日和非事件日之 PM<sub>2.5</sub> 濃度差異和相較於非 PM<sub>2.5</sub> 事件日，事件日期間所增加的每一個化學組成濃度佔 PM<sub>2.5</sub> 增加之質量濃度的比例（環圈圖）。該圖顯示事件日與非事件日濃度差值為 6.9 µg/m<sup>3</sup>，在化學組成部分，硝酸鹽為事件日期間增加幅度最為明顯的化學組成，平均為 28%，加上硝酸鹽和銨鹽，其上增的比例可達 54%，暗示 PM<sub>2.5</sub> 事件期間，光化反應生成的二次氣膠是影響 PM<sub>2.5</sub> 濃度的重要因素。此外，PM<sub>2.5</sub> 事件日期間的化石碳和現代碳濃度分別較非事件日期間高 18% 和 19%，說明碳源的燃燒（如燃料油或生質燃燒），可能為增加高屏地區 PM<sub>2.5</sub> 濃度的重要因素之一。

比較本研究團隊在 2016~2020 年的研究結果可發現：(1) 相較於非 PM<sub>2.5</sub> 污染期間，高 PM<sub>2.5</sub> 污染期間所增加的化學組成幾乎一致，且多指向與光化反應和碳燃燒源有關，反映光化反應前驅物的管制和碳燃燒源活動的限制（如生質燃燒），仍是持續要推動的方向，(2) 春季等易發生高 PM<sub>2.5</sub> 事件日的季節，化學組成中屬未

知組成的比例都明顯較夏季高，顯示春季的  $PM_{2.5}$ ，有較多現有科技無法或尚未分析的組成，反映出若能量測出該類物質，應有機會針對高  $PM_{2.5}$  事件日的成因與來源作更深入的了解和探討。



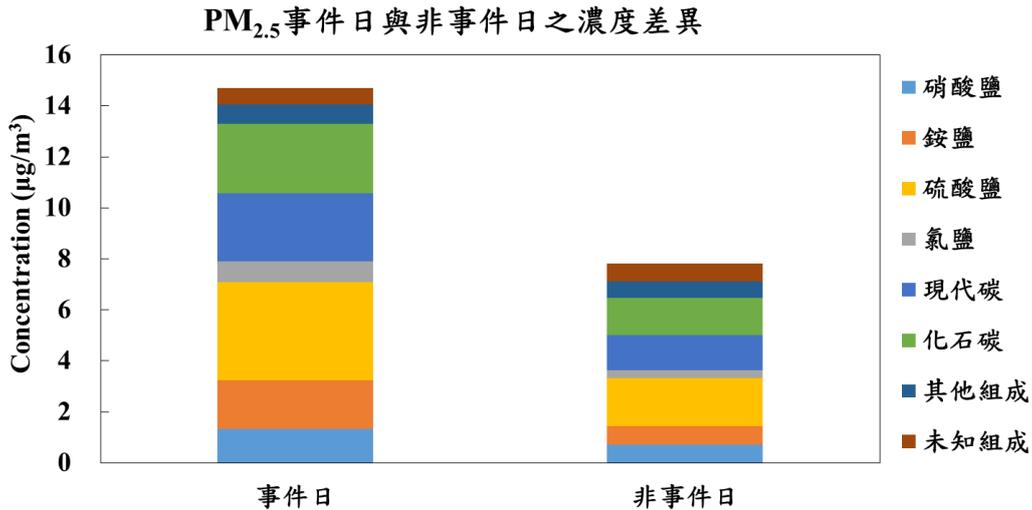
(a) 事件日與非事件日之各化學組成分佈



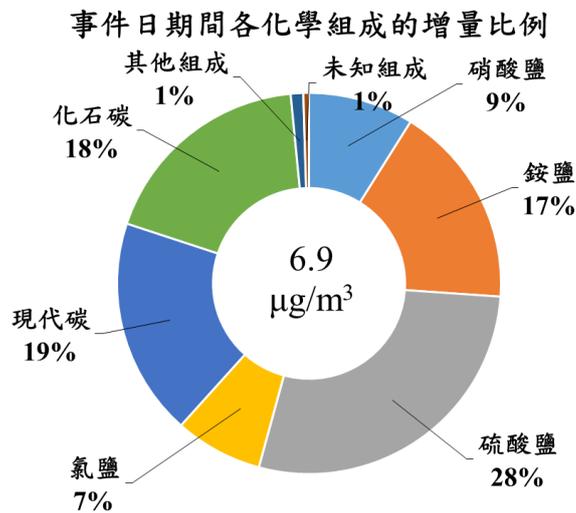
(b) 事件日期間各化學物種之增量比例

圖 4.1.22 春季密集採樣期間  $PM_{2.5}$  事件日和非事件日之各化學組成濃度分佈和各化學物種增量比例

(a) 各化學組成分佈，(b) 各化學組成增量比例 (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) 事件日與非事件日之各化學組成分佈



(b) 事件日期間各化學物種之增量比例

圖 4.1.23 夏季密集採樣期間 PM<sub>2.5</sub> 事件日和非事件日之各化學組成濃度分佈和各化學物種增量比例

(a) 各化學組成分佈，(b) 各化學組成增量比例 (右側環圈圖中心的數值為事件日與非事件日之 PM<sub>2.5</sub> 濃度差異)

## 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密集採樣期間之大氣 PM<sub>2.5</sub> 的碳與鉛同位素特性。

### 4.2.1 碳同位素

表 4.2.1 顯示春季密集採樣期間所有測站的平均總碳濃度為  $7.3 \pm 1.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，最高值出現在鳳山站 ( $8.4 \pm 2.3 \text{ ng}/\text{m}^3$ )，最低值出現在潮州站 ( $6.1 \pm 1.8 \text{ ng}/\text{m}^3$ )，各測站的總碳濃度有顯著差異 ( $p < 0.05$ )，說明不同測站的碳污染程度可能不同。所有測站在春季的  $\delta^{13}\text{C}$  平均值及其範圍為 -25.8‰ (-34.0 至 -21.0 ‰)，橋頭站、左營站、鳳山站、小港站、大寮站、林園站、屏東站和潮州站分別為 -25.1‰ (-26.8 至 -23.7‰)、-24.6‰ (-27.1 至 -21.3‰)、-26.5‰ (-29.7 至 -24.6‰)、-25.1‰ (-26.1 至 -24.4‰)、-27.0‰ (-28.9 至 -24.5‰)、-23.3‰ (-26.8 至 -21.0‰)、-25.4‰ (-27.0 至 -23.8‰) 和 -29.1‰ (-34.0 至 -24.6‰)，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 49% (35-63%)，橋頭站、左營站、鳳山站、小港站、大寮站、林園站、屏東站和潮州站分別為 54% (46~60%)、48% (42~54%)、46% (37~54%)、45% (39~50%)、47% (35~59%)、46% (39~53%)、50% (42~61%) 和 51% (41~63%)，各測站的現代碳比例有顯著差異 ( $p < 0.05$ )。

圖 4.2.1 為 8 個測站的總碳濃度、 $\delta^{13}\text{C}$  和現代碳比例之時間關係圖，圖 4.2.1(a) 顯示除了小港站的  $\delta^{13}\text{C}$  變異小於 3‰ 外，其他 7 個測站的  $\delta^{13}\text{C}$  變異均大於 3‰，反映就單一測站而言，不同採樣天數的碳污染源不同，此結果和前期計畫的量測結果相近 (周崇光 2019)，反映高屏地區在不同採樣日的碳污染源較不穩定。在現代碳比例部分，圖 4.2.1 (b) 顯示各測站的現代碳比例變異大，其中大寮站的最大現代碳與最小現代碳比例差值達 24%，最小的小港站也可達 11%，其變異和前期計畫在高屏的量測結果一致 (周崇光 2019)，但都遠較本研究團隊過去在台中-彰化-南投-雲林-嘉義的採樣結果大 (周崇光 2017, 2018)。此外，前期計畫的調查結果發現屏東站與潮州站在春季的所有樣本之現代碳比例幾乎都在 50% 以上 (周崇光 2019)，本期計畫於春季期間採集的樣本則有 3 天以上的樣本之現代碳比例超過 50%，暗示屏東和高雄大氣中的碳之種類有差異。

表 4.2.1 密集採樣期間之大氣 PM<sub>2.5</sub> 中的總碳與總鉛濃度及其同位素數值統計表  
(mean ± SD, µg/m<sup>3</sup>)

春季	所有測站	橋頭	左營	鳳山	小港
總碳 (µg/m <sup>3</sup> )	7.3 ± 1.9	8.1 ± 1.5	6.8 ± 1.9	8.4 ± 2.3	7.6 ± 0.9
δ <sup>13</sup> C (‰)	-25.8 ± 2.6	-25.1 ± 0.8	-24.6 ± 2.5	-26.5 ± 2.1	-25.1 ± 0.6
現代碳 (%)	49 ± 7	54 ± 5	48 ± 5	46 ± 6	45 ± 4
總鉛 (ng/m <sup>3</sup> )	5.3 ± 2.9	5.4 ± 1.9	4.7 ± 1.2	6.9 ± 6.2	5.9 ± 1.7
<sup>206</sup> Pb/ <sup>207</sup> Pb	1.1493 ± 0.0075	1.1500 ± 0.0019	1.1518 ± 0.0024	1.1508 ± 0.0026	1.1490 ± 0.0021
<sup>208</sup> Pb/ <sup>207</sup> Pb	2.4251 ± 0.0091	2.4263 ± 0.0070	2.4269 ± 0.0057	2.4288 ± 0.0057	2.4247 ± 0.0040

春季	所有測站	林園	大寮	屏東	潮州
總碳 (µg/m <sup>3</sup> )	7.3 ± 1.9	6.4 ± 1.3	8.1 ± 2.2	7.2 ± 1.5	6.1 ± 1.8
δ <sup>13</sup> C (‰)	-25.8 ± 2.6	-23.3 ± 2.4	-27.0 ± 1.3	-25.4 ± 0.9	-29.1 ± 3.5
現代碳 (%)	49 ± 7	46 ± 6	47 ± 9	50 ± 6	51 ± 8
總鉛 (ng/m <sup>3</sup> )	5.3 ± 2.9	4.4 ± 1.6	7.0 ± 2.5	3.7 ± 1.3	4.7 ± 1.9
<sup>206</sup> Pb/ <sup>207</sup> Pb	1.1493 ± 0.0075	1.1447 ± 0.0190	1.1456 ± 0.0062	1.1522 ± 0.0028	1.1506 ± 0.0036
<sup>208</sup> Pb/ <sup>207</sup> Pb	2.4251 ± 0.0091	2.4233 ± 0.0215	2.4225 ± 0.0052	2.4280 ± 0.0065	2.4207 ± 0.0074

夏季	所有測站	橋頭	左營	鳳山	小港
總碳 (µg/m <sup>3</sup> )	3.7 ± 2.4	3.3 ± 1.7	5.6 ± 3.9	3.4 ± 1.8	5.1 ± 3.3
δ <sup>13</sup> C (‰)	-28.3 ± 3.8	-26.1 ± 2.6	-26.8 ± 2.2	-30.1 ± 1.3	-29.5 ± 1.9
現代碳 (%)	50 ± 8	40 ± 4	40 ± 3	49 ± 7	40 ± 5
總鉛 (ng/m <sup>3</sup> )	5.5 ± 4.5	4.9 ± 2.5	4.8 ± 2.2	3.8 ± 1.2	8.4 ± 4.5
<sup>206</sup> Pb/ <sup>207</sup> Pb	1.1525 ± 0.0156	1.1544 ± 0.0018	1.1570 ± 0.0088	1.1527 ± 0.0033	1.1642 ± 0.0222
<sup>208</sup> Pb/ <sup>207</sup> Pb	2.4247 ± 0.0123	2.4303 ± 0.0027	2.4231 ± 0.0060	2.4226 ± 0.0024	2.4282 ± 0.0136

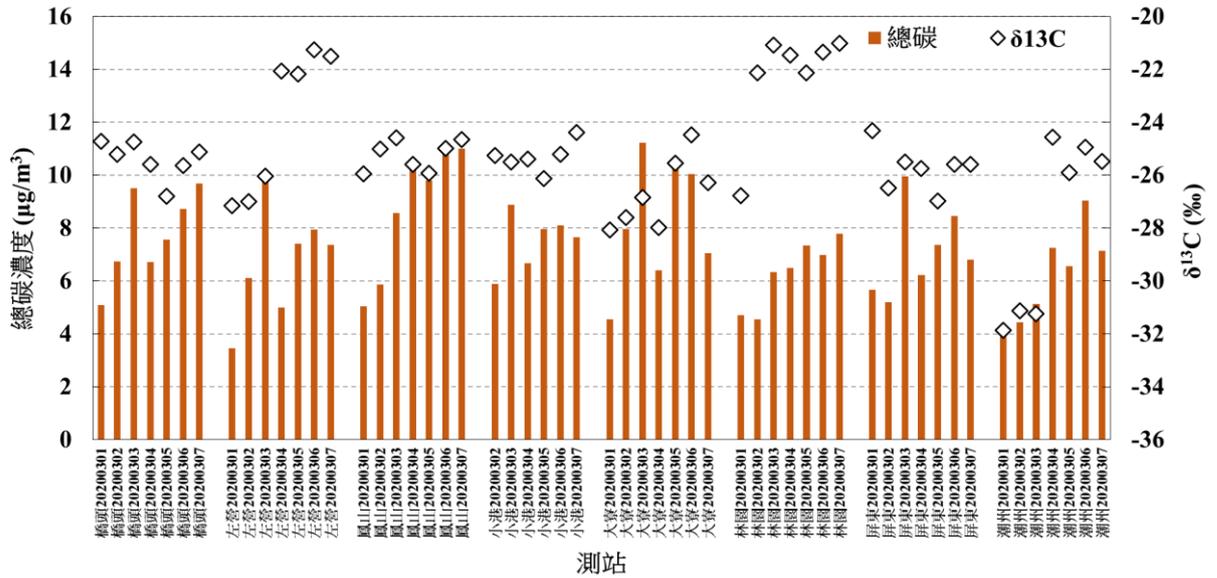
夏季	所有測站	林園	大寮	屏東	潮州
總碳 (µg/m <sup>3</sup> )	3.7 ± 2.4	2.5 ± 1.6	3.1 ± 1.6	3.5 ± 1.4	3.4 ± 2.4
δ <sup>13</sup> C (‰)	-28.3 ± 3.8	-31.4 ± 4.0	-30.0 ± 2.2	-23.2 ± 2.8	-29.2 ± 4.9
現代碳 (%)	50 ± 8	51 ± 3	55 ± 7	55 ± 3	56 ± 4
總鉛 (ng/m <sup>3</sup> )	5.5 ± 4.5	3.9 ± 2.0	11.3 ± 8.6	3.7 ± 1.1	3.4 ± 1.5
<sup>206</sup> Pb/ <sup>207</sup> Pb	1.1525 ± 0.0156	1.1507 ± 0.0099	1.1443 ± 0.0214	1.1396 ± 0.0225	1.1569 ± 0.0101
<sup>208</sup> Pb/ <sup>207</sup> Pb	2.4247 ± 0.0123	2.4283 ± 0.0084	2.4179 ± 0.0178	2.4178 ± 0.0224	2.4294 ± 0.0074

表 4.2.1 顯示夏季密集採樣期間所有測站的平均總碳濃度為  $3.7 \pm 2.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，最高值出現在左營站 ( $5.6 \pm 3.9 \text{ ng}/\text{m}^3$ )，最低值出現在林園站 ( $2.5 \pm 1.6 \text{ ng}/\text{m}^3$ )，各測站的總碳濃度無顯著差異 ( $p = 0.13$ )，說明不同測站的碳污染程度在夏季相同。所有測站在夏季的  $\delta^{13}\text{C}$  平均值及其範圍為  $-28.3\text{‰}$  ( $-38.2$  至  $-20.3 \text{ ‰}$ )，橋頭站、左營站、鳳山站、小港站、大寮站、林園站、屏東站和潮州站分別為  $-26.1\text{‰}$  ( $-30.2$  至  $-23.5\text{‰}$ )、 $-23.8\text{‰}$  ( $-30.0$  至  $-23.0\text{‰}$ )、 $-30.1\text{‰}$  ( $-32.6$  至  $-28.5\text{‰}$ )、 $-29.5\text{‰}$  ( $-33.8$  至  $-28.2\text{‰}$ )、 $-29.9\text{‰}$  ( $-34.5$  至  $-26.3\text{‰}$ )、 $-31.4\text{‰}$  ( $-38.2$  至  $-27.3\text{‰}$ )、 $-23.2\text{‰}$  ( $-27.2$  至  $-20.3\text{‰}$ ) 和  $-29.2\text{‰}$  ( $-36.9$  至  $-25.0\text{‰}$ )，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 50% (35-65%)，橋頭站、左營站、鳳山站、小港站、大寮站、林園站、屏東站和潮州站分別為 40% (35~45%)、40% (37~43%)、49% (43~57%)、40% (35~46%)、51% (46~65%)、55% (46~54%)、55% (52~60%) 和 56% (48~61%)，各測站的現代碳比例有顯著差異 ( $p < 0.05$ )，其分佈趨勢和 2019 年夏季在同一批測站的採樣結果相似。

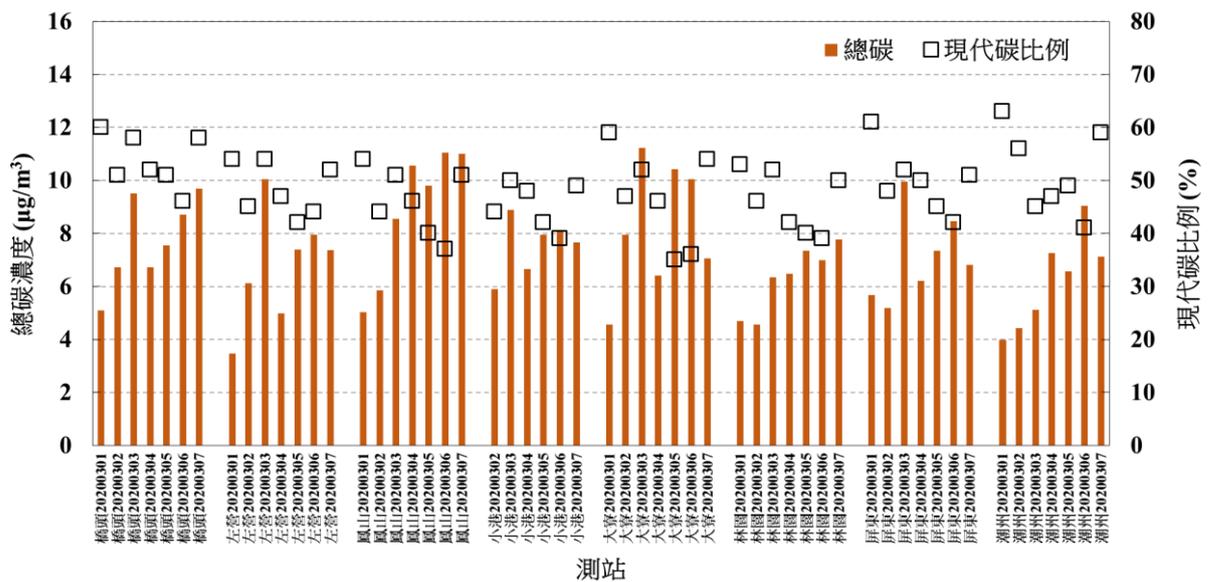
圖 4.2.2 為夏季之 8 個測站的總碳濃度、 $\delta^{13}\text{C}$  和現代碳比例之時間關係圖，圖 4.2.2(a) 顯示 8 個測站的  $\delta^{13}\text{C}$  變異均大於 3‰，反映就單一測站而言，不同採樣天數的碳污染源不同，此結果和前期計畫的量測結果相近 (周崇光 2019)，反映高屏地區在不同採樣日的碳污染源較不穩定。在現代碳比例部分，圖 4.2.2 (b) 顯示各測站的現代碳比例變異大，其中大寮站的最大現代碳與最小現代碳比例差值達 20%，最小的左營站為 6%，其變異和前期計畫在高屏的量測結果一致 (周崇光 2019)，但都遠較本研究團隊過去在台中-彰化-南投-雲林-嘉義的採樣結果大 (周崇光 2017, 2018)。此外，前期計畫的調查結果發現屏東站與潮州站在春季與夏季的所有樣本之現代碳比例幾乎都在 50% 以上 (周崇光 2019)，2020 年屏東和潮州的調查結果也顯示多在 50% 以上，反觀高雄境內的 6 個測站，其現代碳比例多在 50% 以下 (僅估算高雄境內 6 個測站的現代碳比例，其平均值為 47%)，暗示屏東 2 個測站和高雄 6 個測站之大氣現代碳含量不同，其污染源亦可能有差異。

綜合 2019 年和 2020 年於高屏地區的碳同位素分析結果，可發現無論現代碳比例或  $\delta^{13}\text{C}$ ，高屏地區的分析結果之變動性均較以往在北部和中南部的分析結果大 (周崇光，2016；2017；2018)，就  $\delta^{13}\text{C}$  而言，同一測站在不同年份 (但同一季

節) 的分析結果也不同, 顯示高屏地區的碳污染源不穩定。然而, 高雄 6 個測站之現代碳比例多低於 50%, 屏東則多高於 50%, 反映化石碳是高雄的主要碳污染源, 現代碳則是屏東的主要碳污染源。



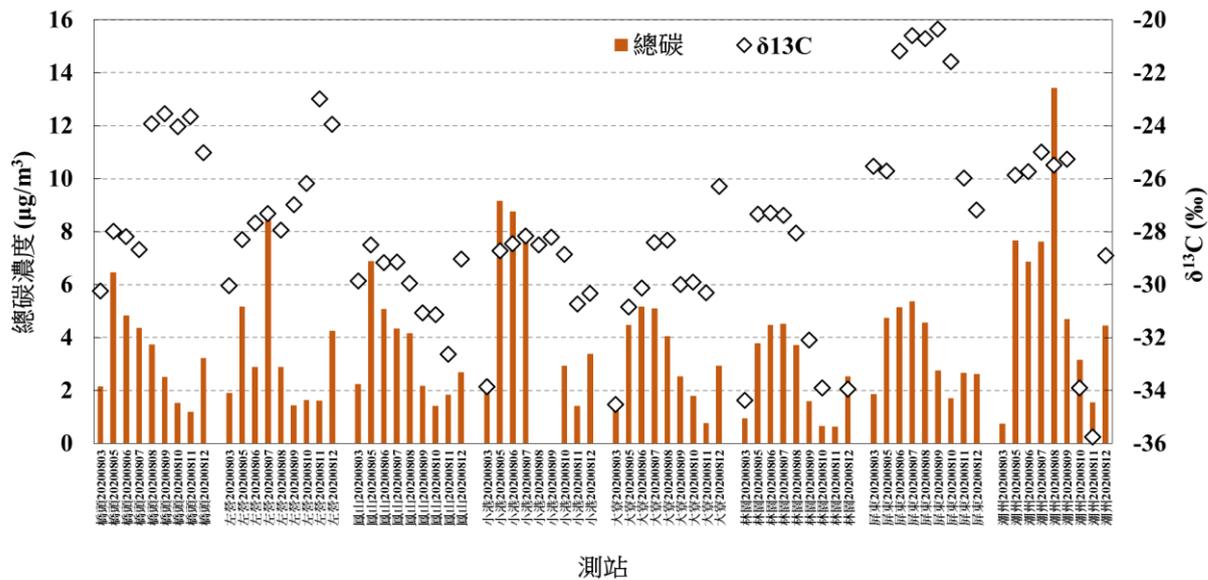
(a) 總碳和  $\delta^{13}\text{C}$



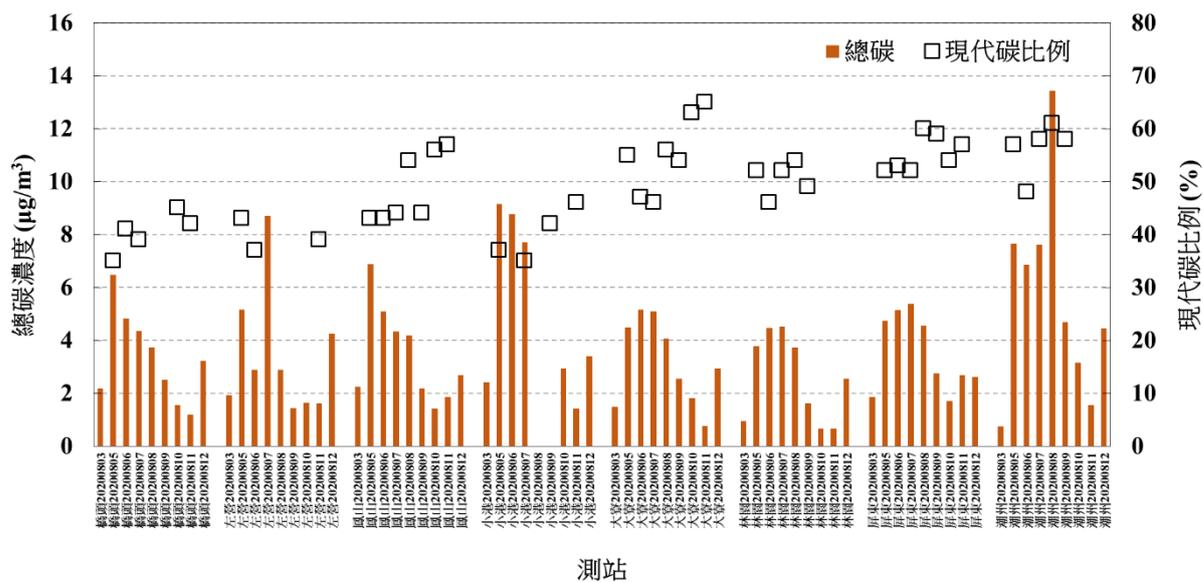
(b) 總碳和現代碳比例

圖 4.2.1 春季密集採樣期間各測站 PM<sub>2.5</sub> 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  $\delta^{13}C$



(b) 總碳和現代碳比例

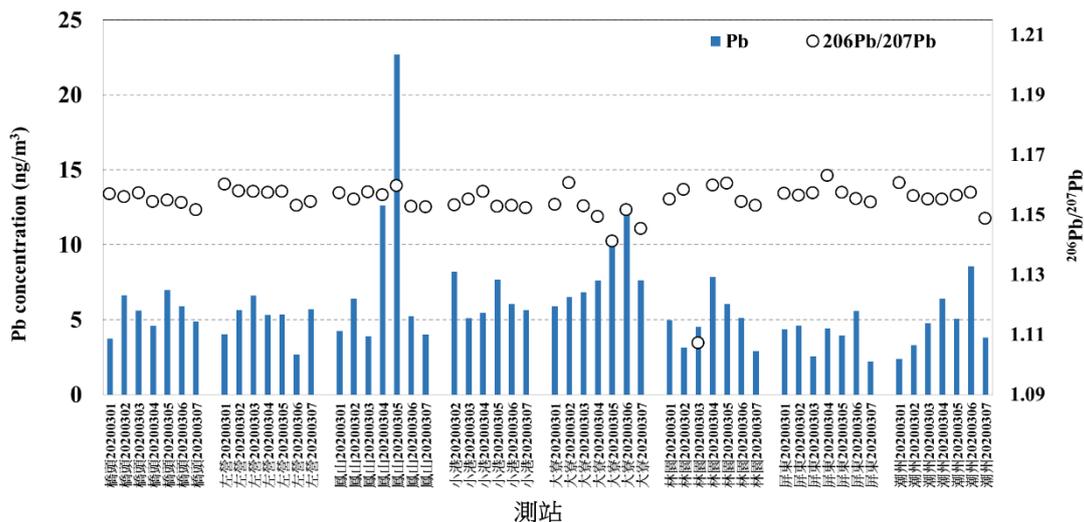
圖 4.2.2 夏季密集採樣期間各測站 PM<sub>2.5</sub> 中的總碳和碳同位素時間關係圖

(a) 總碳濃度和  $\delta^{13}C$  和(b) 總碳濃度和現代碳比例

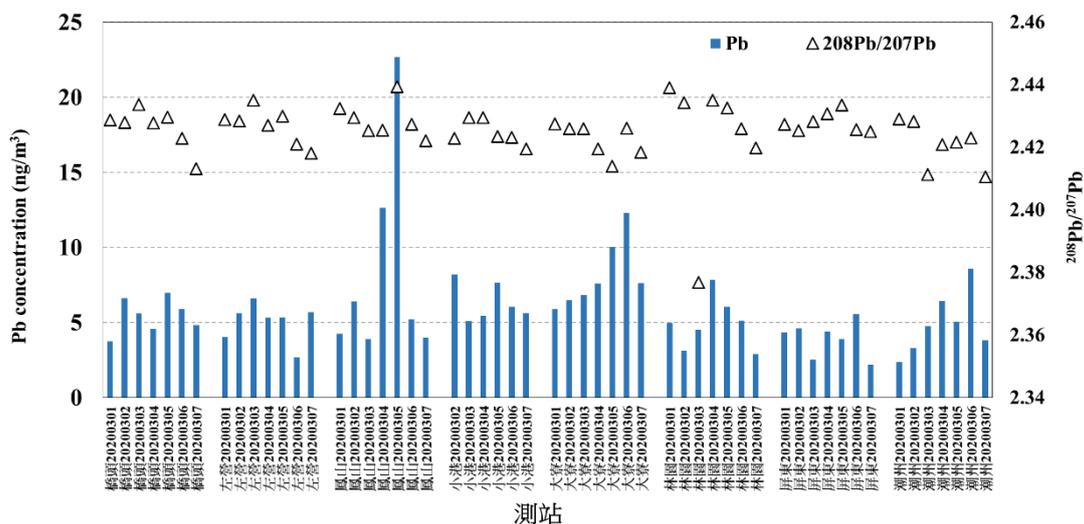
## 4.2.2 鉛同位素

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 (春季 2 月 27~29 日的鉛同位素正分析中)。表 4.2.1 顯示大氣 PM<sub>2.5</sub> 中的平均鉛濃度為  $5.3 \pm 2.9$  ng/m<sup>3</sup>，最高值出現在大寮站 ( $7.0 \pm 2.5$  ng/m<sup>3</sup>)，最低為屏東站 ( $3.7 \pm 1.3$  ng/m<sup>3</sup>)，但不同測站的鉛濃度不具顯著差異 ( $p = 0.09$ )，顯示不同區域的鉛污染程度相近。在 <sup>206</sup>Pb/<sup>207</sup>Pb 比值部分，所有測站的平均比值及其範圍為 1.1493 (1.1021~1.1581)，橋頭站、左營站、鳳山站、小港站、林園站、大寮站、屏東站和潮州站的平均 <sup>206</sup>Pb/<sup>207</sup>Pb 比值及其範圍分別為 1.1499 (1.1467~1.1521)、1.1518 (1.1480~1.1551)、1.1508 (1.1475~1.1546)、1.1499 (1.1472~1.1527)、1.1447 (1.1021~1.1555)、1.1458 (1.1362~1.1556)、1.1522 (1.1491~1.1581) 和 1.1506 (1.1437~1.1555)。在 <sup>208</sup>Pb/<sup>207</sup>Pb 比值部分，所有測站的平均比值及其範圍為 2.4251 (2.3768~2.4393)，橋頭站、左營站、鳳山站、小港站、林園站、大寮站、屏東站和潮州站的平均 <sup>206</sup>Pb/<sup>207</sup>Pb 比值及其範圍分別為 2.4263 (2.4132~2.4337)、2.4269 (2.4180~2.4350)、2.4288 (2.4220~2.4393)、2.4247 (2.4195~2.4300)、2.4233 (2.3768~2.4390)、2.4225 (2.4139~2.4274)、2.4280 (2.4250~2.4335) 和 2.4207 (2.4106~2.4291)。

圖 4.2.3 為 8 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 4.2.3(a) 顯示除了大寮站外，另外 7 站在不同採樣日的 <sup>206</sup>Pb/<sup>207</sup>Pb 變異較小，顯示同一測站之不同採樣時間點的 <sup>206</sup>Pb/<sup>207</sup>Pb 污染源可能相近。在 <sup>208</sup>Pb/<sup>207</sup>Pb 比值部分 (圖 4.2.3 (b))，各測站的變異明顯較大，顯示多數測站在不同時間點的 <sup>208</sup>Pb/<sup>207</sup>Pb 污染源可能不同。夏季密集採樣期間的大氣鉛濃度和鉛同位素比值亦如表 4.2.1 所示 (僅分析 8 月 5 日~11 日的樣本，但仍符合每站最少 7 個樣本之規定)。表 4.2.1 顯示大氣 PM<sub>2.5</sub> 中的平均鉛濃度為  $5.5 \pm 4.5$  ng/m<sup>3</sup>，其平均濃度和春季密集採樣期間量測到的結果相近。在各測站的鉛濃度部分，最高值出現在大寮站 ( $11.3 \pm 8.6$  ng/m<sup>3</sup>)，最低為屏東站 ( $3.4 \pm 1.5$  ng/m<sup>3</sup>)，其鉛濃度的分佈趨勢和春季相近。在 <sup>206</sup>Pb/<sup>207</sup>Pb 比值部分，所有測站的平均比值及其範圍為 1.1525 (1.1014~1.2081)，橋頭站、左營站、鳳山站、小港站、林園站、大寮站、屏東站和潮州站的平均 <sup>206</sup>Pb/<sup>207</sup>Pb 比值及其範圍分別為 1.1544 (1.1528~1.1582)、1.1570 (1.1508~1.1754)、1.1527 (1.1475~1.1574)、1.1642 (1.1466~1.2081)、1.1507 (1.1408~1.1696)、1.1443 (1.1014~1.1722)、1.1396



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



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

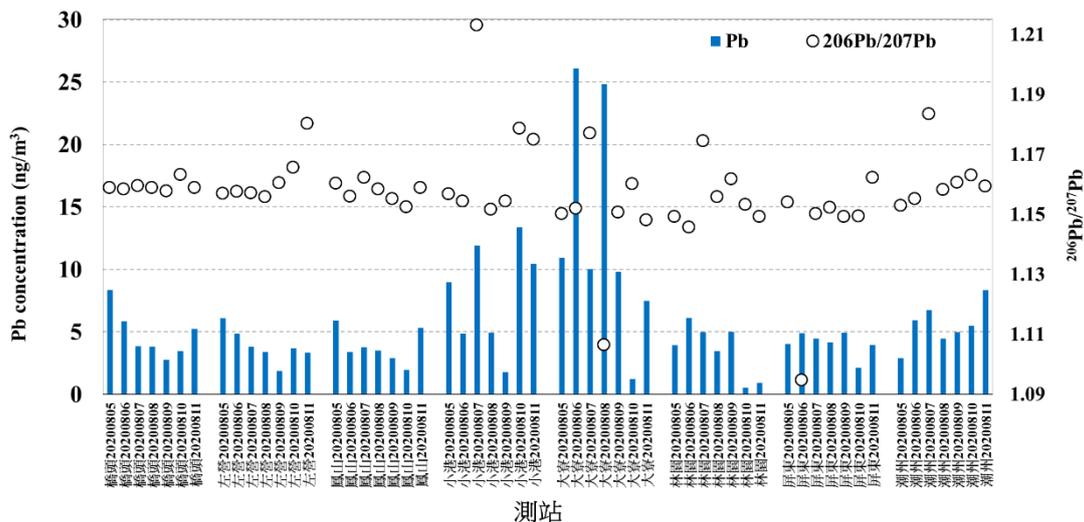
圖 4.2.3 春季密集採樣期間各測站 Pb 濃度和鉛同位素比值時間關係圖

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

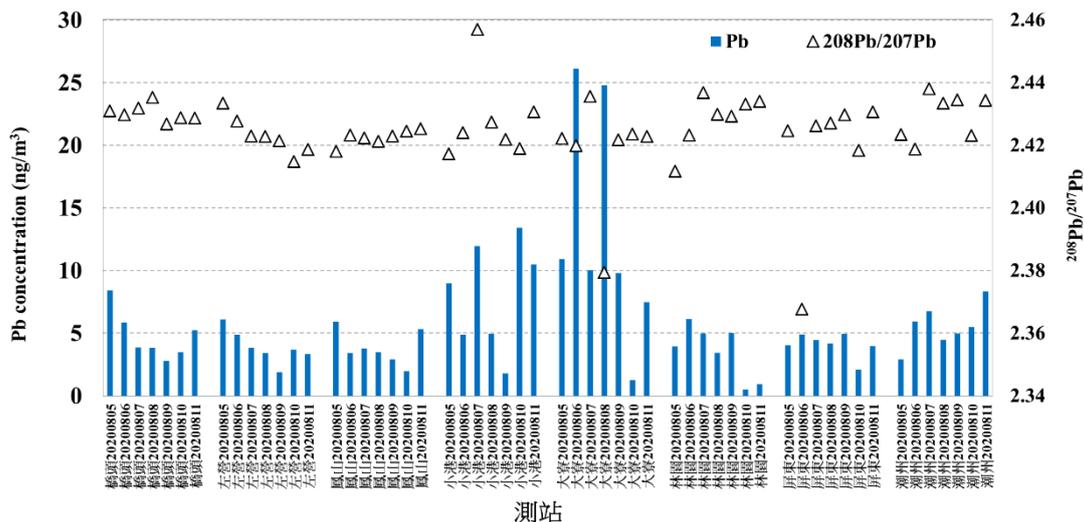
(1.0897~1.1573) 和 1.1569 (1.479~1.1784)。在  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值部分，所有測站的平均比值及其範圍為 2.4247 (2.3677~2.4570)，橋頭站、左營站、鳳山站、小港站、林園站、大寮站、屏東站和潮州站的平均  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值及其範圍分別為 2.4303 (2.4268~2.4352)、2.4231 (2.4148~2.4334)、2.4226 (2.4180~2.4253)、2.4282 (2.4172~2.4570)、2.4283 (2.4118~2.4369)、2.4179 (2.3794~2.4355)、2.4178 (2.4368~2.4307) 和 2.4294 (2.4187~2.4381)。

圖 4.2.4 為 8 個測站在夏季的鉛濃度及鉛同位素比值之時間關係圖，該圖 4.2.4(a) 顯示除了橋頭站和鳳山站外，另外 6 站在不同採樣日的  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  變異較大，最小值和最大值可差 0.1，顯示夏季密集採樣期間， $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  污染源之日變化大。在  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值部分 (圖 4.2.4 (b))，各測站的變異和春季樣本一樣，其比值明顯較大，顯示多數測站在不同時間點的  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  污染源可能不同。

比較 2019 年和 2020 年的鉛濃度和鉛同位素比值資料，本計劃團隊發現高屏地區 8 個測站的鉛濃度和鉛同位素比值之變異較過去在中南部或北部的量測結果大，反映在高屏地區，不同位置的鉛污染問題和來源不同。然而，整體而言，2019 年和 2020 年，高屏地區的鉛濃度差異不如過去在北部或中南部的量測結果大 (過去中南部或北部的鉛濃度之季節差異可達 3 倍左右)；此外，高屏地區的春季和夏季之鉛同位素比值雖然變動較大，但整體春季和夏季的比值差異，同樣不如過去在中南部或北部的量測結果大 (過去中南部和北部的鉛同位素比值之季節差值可達 0.05~0.1)。似乎暗示，高屏地區不同地理位置的鉛污染問題和來源不同，但整體無季節上的差異。



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



(d) 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<sub>2.5</sub> 化學組成

本計畫團隊於 2020 年執行期間，完成高屏境內的興達燃煤電廠、焚化爐、林園煉油廠、化工廠和造紙廠煙道排放的 PM<sub>2.5</sub> 之採樣和化學組成分析作業，並結合 2019 年調查的大林燃煤電廠（位於南高雄）、大林煉油廠與鋼鐵廠燒結爐煙囪和高雄港排放之 PM<sub>2.5</sub> 化學組成特徵，建立當地主要微粒污染源之化學組成和同位素特徵資料，以供高屏地區微粒污染源的鑑定。以下分別描述本年度計畫新增的 5 種污染源，共 6 支煙囪的 PM<sub>2.5</sub> 採集與組成分析結果。

#### 4.3.1 燃煤電廠

本計畫於 2020 年 7、8 和 11 月，陸續完成高雄興達火力發電廠（燃煤電廠）三根煙囪排放之 PM<sub>2.5</sub> 的採集，並分析其化學組成及同位素。表 4.3.1 為燃煤電廠煙道排放之 PM<sub>2.5</sub> 所含有的化學組成和同位素資料，測得的平均 PM<sub>2.5</sub> 質量濃度為  $6773.6 \pm 390.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，其中可凝結性微粒（Condensable Particulate Matter, CPM）和過濾性微粒（Filterable Particulate Matter, FPM）質量濃度分別為  $3325.4 \pm 994.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  和  $3448.2 \pm 730.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，而圖 4.3.1 則顯示 CPM 佔優勢（圖 4.3.1）。在量測到的 CPM 中，以無機 CPM 佔有比例最高，約佔總 CPM 的 87%（圖 4.3.2）；此外，濾紙上的 FPM 約佔總 FPM 的 86%，表示多數 FPM 可被濾紙捕集。表 4.3.2 為燃煤電廠煙道排放之 PM<sub>2.5</sub> 所含有的化學組成和同位素資料，濾紙捕集的 FPM 以硫酸鹽為主要的成分，約佔 PM<sub>2.5</sub> 質量濃度的 29%，銨離子和總碳（OC + EC）則佔 6%。在煙道排放的金屬元素部分，在所量測的元素中，約佔 PM<sub>2.5</sub> 質量濃度的 24%，而圖 4.3.3 則顯示 Al、Fe、Na、Mg、K、Ca、Sr、Ba、Ti、Mn 和 Zn 的元素佔 PM<sub>2.5</sub> 質量濃度超過 0.1%，Ni、Cr 和 Se 則在 0.05-0.1%；圖 4.3.4 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：

$$EF = (E/Al)_{\text{PM}_{2.5}} / (E/Al)_{\text{Crust}}$$

公式中的  $(E/Al)_{\text{PM}_{2.5}}$  代表 PM<sub>2.5</sub> 中某元素 E 和 Al 含量的比值， $(E/Al)_{\text{Crust}}$  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。富集因子的分析結果顯示 Mg、Ni、Cu、Zn、Mo、Cd、Sn、Sb、Tl、Pb、Cr、As、Y、Se、Ge 和 Ga 等元素的 EF 超過 10，此結果和過去在燃煤電廠煙囪採集到的微粒優勢元素組成相近 (Okuda et al., 2008; Park et al., 2001)。

在同位素部分， $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  平均比值為 1.2430 (1.1759-1.3056)，和過去在高雄測得的焚化爐排放之  $\text{PM}_{2.5}$  的鉛同位素比值部分重疊，但仍偏高 (周崇光, 2019)，在  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值部分， $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  平均比值為 2.4507 (2.4373~2.4796)，其值比過去在台中和高雄測得的鉛同位素比值重疊高 (周崇光, 2017; 2019)，顯示不同國家或廠區的燃煤電廠煙道排放的鉛同位素比值有差異，此現象可能和不同國家或廠區使用的煤礦來源不同有關。在碳同位素部分，採集的 7 個樣本之  $\text{PM}_{2.5}$  中的碳含量均不足以提供  $\delta^{13}\text{C}$  和 pMC 的分析，因此本計劃無呈現燃煤電廠排放之  $\text{PM}_{2.5}$  中的碳同位素特徵。

表 4.3.1 污染源排放 CPM 和 FPM 濃度 (mean  $\pm$  SD) 統計表

	燃煤電廠 (n=7)	焚化爐 (n=3)	煉油廠 (n=2*)	化工廠 (n=3)	造紙廠 (n=2*)
Total $\text{PM}_{2.5}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	8247.0 $\pm$ 6662.7	6773.6 $\pm$ 390.3	5103.0 $\pm$ 2931.0	9463.0 $\pm$ 1298.7	8113.6 $\pm$ 711.9
CPM ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	7065.7 $\pm$ 6833.3	3325.4 $\pm$ 994.3	4353.6 $\pm$ 3183.8	5663.8 $\pm$ 1440.4	7179.4 $\pm$ 1310.9
CPM_無機 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	6146.9 $\pm$ 6714.9	3038.3 $\pm$ 999.0	3665.0 $\pm$ 3107.5	3956.6 $\pm$ 1400.7	6939.4 $\pm$ 1242.0
CPM_有機 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	962.4 $\pm$ 415.4	429.1 $\pm$ 3.0	765.5 $\pm$ 56.0	1738.4 $\pm$ 36.1	276.4 $\pm$ 67.3
FPM ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	1181.3 $\pm$ 566.8	3448.2 $\pm$ 730.0	749.4 $\pm$ 252.9	3799.3 $\pm$ 1092.3	934.2 $\pm$ 599.0
FPM_濾紙 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	1017.7 $\pm$ 476.7	2838.8 $\pm$ 518.6	670.5 $\pm$ 224.2	2914.2 $\pm$ 770.5.1	437.5 $\pm$ 8.7
FPM_旋風集塵	163.6 $\pm$ 132.6	609.4 $\pm$ 295.9	78.9 $\pm$ 28.7	885.1 $\pm$ 402.8	496.7 $\pm$ 607.8

\*其中一組樣本的 FPM 濃度過低不合理 (低於化學組成濃度)，無納入質量濃度的估算範圍 (化學組成分析結果仍以樣本數 3 來計算平均濃度)。

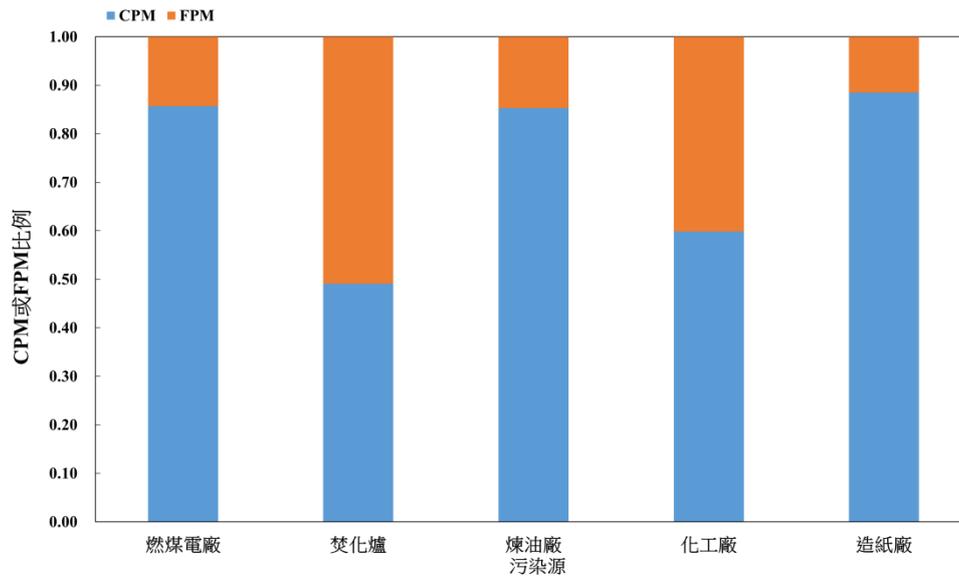


圖 4.3.1 各污染源排放之 PM<sub>2.5</sub> 的 CPM 和 FPM 比例

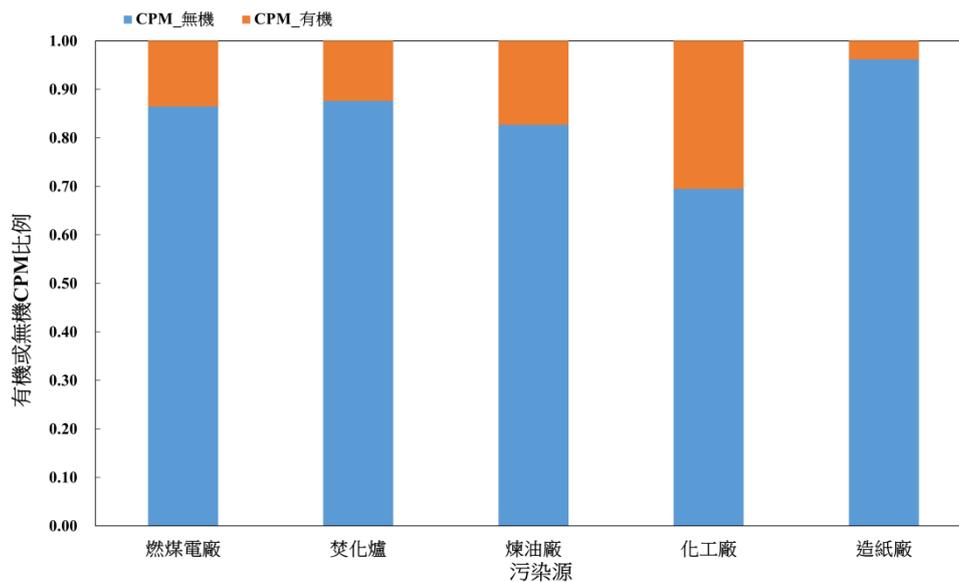


圖 4.3.2 各污染源排放之有機與無機 CPM 比例

表 4.3.2 污染源排放之 PM<sub>2.5</sub> 化學組成濃度 (mean ± SD) 統計表

	燃煤電廠 (n = 7)	焚化爐 (n = 3)	煉油廠 (n = 3)	化工廠 (n = 3)	造紙廠 (n = 3)
Al (µg/m <sup>3</sup> )	66.1 ± 91.7	13.3 ± 5.5	4.5 ± 0.2	38.2 ± 12.2	73.6 ± 9.7
Fe (µg/m <sup>3</sup> )	35.1 ± 36.3	52.1 ± 5.7	3.2 ± 1.7	46.4 ± 5.6	24.0 ± 2.5
Na (µg/m <sup>3</sup> )	16.5 ± 9.6	167.8 ± 60.8	40.9 ± 4.8	10.6 ± 1.4	6.9 ± 1.0
Mg (µg/m <sup>3</sup> )	53.0 ± 6.1	17.5 ± 5.0	1.2 ± 0.1	68.3 ± 46.1	8.5 ± 1.3
K (µg/m <sup>3</sup> )	6.0 ± 5.4	165.5 ± 51.3	0.4 ± 0.5	8.2 ± 1.9	3.5 ± 0.3
Ca (µg/m <sup>3</sup> )	54.7 ± 46.5	458.7 ± 89.0	7.8 ± 0.3	73.3 ± 46.4	66.6 ± 13.4
Sr (µg/m <sup>3</sup> )	1.5 ± 2.1	0.45 ± 0.05	0.04 ± 0.01	0.8 ± 0.6	1.6 ± 0.2
Ba (µg/m <sup>3</sup> )	2.1 ± 3.3	1.5 ± 0.3	0.11 ± 0.15	0.7 ± 0.2	1.1 ± 0.2
Ti (µg/m <sup>3</sup> )	3.8 ± 5.4	4.9 ± 1.2	0.09 ± 0.02	2.2 ± 0.6	4.0 ± 0.6
Mn (µg/m <sup>3</sup> )	1.2 ± 0.5	0.9 ± 0.2	0.05 ± 0.02	2.2 ± 1.3	0.37 ± 0.04
Co (ng/m <sup>3</sup> )	60.7 ± 89.6	57.9 ± 10.9	4.9 ± 2.1	249.2 ± 159.7	30.0 ± 4.3
Ni (ng/m <sup>3</sup> )	532.5 ± 321.7	1687.0 ± 439.7	293.9 ± 84.9	9206.1 ± 6426.2	773.9 ± 798.8
Cu (ng/m <sup>3</sup> )	316.5 ± 294.8	16090.6 ± 4437.4	27.2 ± 19.8	893.0 ± 613.3	137.8 ± 54.2
Zn (ng/m <sup>3</sup> )	2051.7 ± 3482.6	86534.7 ± 45677.1	285.5 ± 248.1	17423.2 ± 17400.1	730.0 ± 120.5
Mo (ng/m <sup>3</sup> )	161.7 ± 100.6	509.2 ± 616.9	296.3 ± 513.2	337.7 ± 293.8	NA
Cd (ng/m <sup>3</sup> )	7.8 ± 3.8	884.2 ± 354.6	0.2 ± 0.2	21.0 ± 19.8	1.9 ± 1.4
Sn (ng/m <sup>3</sup> )	36.0 ± 37.1	5603.1 ± 2286.2	3.4 ± 2.7	72.7 ± 53.2	26.9 ± 19.3
Sb (ng/m <sup>3</sup> )	17.8 ± 17.8	7099.4 ± 3622.7	6.7 ± 7.1	103.7 ± 16.0	29.3 ± 33.3
Tl (ng/m <sup>3</sup> )	5.0 ± 6.1	7.4 ± 2.8	0.03 ± 0.04	4.9 ± 2.1	0.2 ± 0.1
Pb (ng/m <sup>3</sup> )	198.6 ± 257.5	24249.0 ± 9253.6	14.5 ± 16.7	524.6 ± 414.9	94.8 ± 83.8
V (ng/m <sup>3</sup> )	264.3 ± 405.2	39.4 ± 3.0	23.6 ± 4.4	110.9 ± 56.9	80.0 ± 9.9
Cr (ng/m <sup>3</sup> )	536.4 ± 337.7	3324.1 ± 574.3	381.0 ± 248.7	8687.8 ± 3647.4	493.1 ± 148.3
As (ng/m <sup>3</sup> )	71.1 ± 94.0	106.8 ± 29.2	0.4 ± 0.6	45.5 ± 26.8	11.8 ± 1.1
Y (ng/m <sup>3</sup> )	121.7 ± 202.7	16.2 ± 12.0	9.8 ± 1.6	26.8 ± 15.6	46.3 ± 7.2
Se (ng/m <sup>3</sup> )	655.6 ± 486.8	114.4 ± 67.7	24.0 ± 22.1	1453.6 ± 505.4	8.8 ± 3.4
Zr (ng/m <sup>3</sup> )	343.7 ± 405.6	216.3 ± 94.4	76.2 ± 53.7	251.1 ± 70.1	397.2 ± 48.4
Ge (ng/m <sup>3</sup> )	171.3 ± 282.1	3.7 ± 3.0	NA	16.2 ± 13.3	NA
Rb (ng/m <sup>3</sup> )	54.0 ± 56.1	365.3 ± 141.6	0.5 ± 0.2	25.5 ± 5.8	14.9 ± 2.0
Cs (ng/m <sup>3</sup> )	4.4 ± 5.7	22.1 ± 8.7	NA	4.5 ± 1.0	1.2 ± 0.1
Ga (ng/m <sup>3</sup> )	159.0 ± 242.6	80.9 ± 16.2	5.0 ± 5.7	73.3 ± 26.7	62.5 ± 10.5
La (ng/m <sup>3</sup> )	42.1 ± 59.3	5.9 ± 4.6	1.8 ± 0.3	59.0 ± 41.9	48.6 ± 5.6

化學組成資料均來自 FPM 中濾紙的分析結果。NA: Not available.

表 4.3.2 污染源排放之 PM<sub>2.5</sub> 化學組成濃度 (mean ± SD) 統計表 (續)

	燃煤電廠 (n = 7)	焚化爐 (n = 3)	煉油廠 (n = 3)	化工廠 (n = 3)	造紙廠 (n = 3)
Ce (ng/m <sup>3</sup> )	69.1 ± 101.2	9.4 ± 8.5	3.7 ± 0.3	57.4 ± 35.8	87.5 ± 11.3
Pr (ng/m <sup>3</sup> )	11.6 ± 12.9	0.7 ± 0.5	0.1 ± 0.1	5.2 ± 3.9	8.0 ± 1.1
Nd (ng/m <sup>3</sup> )	38.7 ± 53.5	4.6 ± 3.2	0.6 ± 0.2	26.4 ± 19.5	41.6 ± 6.4
Sm (ng/m <sup>3</sup> )	10.2 ± 11.0	0.8 ± 1.1	0.4	4.4 ± 3.4	7.1 ± 0.6
Eu (ng/m <sup>3</sup> )	1.9 ± 2.3	0.3 ± 0.3	0.12	0.9 ± 0.5	1.7 ± 0.4
Gd (ng/m <sup>3</sup> )	9.1 ± 10.4	2.5	0.06	4.5 ± 3.7	8.0 ± 1.3
Tb (ng/m <sup>3</sup> )	1.4 ± 1.5	0.1 ± 0.2	0.1 ± 0.1	0.7 ± 0.6	1.2 ± 0.2
Dy (ng/m <sup>3</sup> )	7.4 ± 9.1	1.7 ± 2.0	1.4 ± 0.4	4.1 ± 0.9	6.7 ± 1.1
Ho (ng/m <sup>3</sup> )	1.8 ± 1.9	0.43	0.07 ± 0.09	0.9 ± 0.6	1.5 ± 0.3
Er (ng/m <sup>3</sup> )	4.3 ± 5.5	0.4 ± 0.3	0.5 ± 0.3	2.6 ± 1.8	4.7 ± 0.9
Tm (ng/m <sup>3</sup> )	0.9 ± 10.4	0.11	0.06	0.27 ± 0.24	0.65 ± 0.08
Yb (ng/m <sup>3</sup> )	3.8 ± 5.3	1.3 ± 0.7	0.74	2.7 ± 1.4	5.1 ± 0.6
Lu (ng/m <sup>3</sup> )	0.7 ± 0.8	0.1 ± 0.1	0.04	0.3 ± 0.2	0.7 ± 0.2
Hf (ng/m <sup>3</sup> )	6.5 ± 7.0	4.7 ± 4.0	3.0 ± 0.2	6.6 ± 1.7	8.2 ± 1.0
U (ng/m <sup>3</sup> )	13.3 ± 17.8	3.54	1.03	6.8 ± 4.2	3.3 ± 0.8
OC (µg/m <sup>3</sup> )	32.7 ± 32.6	94.6 ± 17.4	60.9 ± 39.3	40.9 ± 31.0	7.1 ± 3.2
EC (µg/m <sup>3</sup> )	25.0 ± 25.1	13.5 ± 2.1	301.6 ± 229.8	3.8 ± 2.5	0.05 ± 0.08
Na <sup>+</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	9.5 ± 1.9	169.4 ± 59.9	40.6 ± 3.9	6.4 ± 0.8	1.27 ± 0.05
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	57.7 ± 59.3	2.4 ± 1.1	7.0 ± 0.7	14.9 ± 4.1	0.0008
K <sup>+</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	2.2 ± 1.5	147.9 ± 46.8	0.8 ± 0.1	5.7 ± 1.0	0.14 ± 0.04
Mg <sup>+2</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	38.1 ± 10.5	9.9 ± 2.7	0.9 ± 0.1	54.8 ± 20.5	0.8 ± 0.1
Ca <sup>+2</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	28.3 ± 5.8	281.7 ± 52.4	13.0 ± 4.4	40.8 ± 23.1	14.4 ± 1.8
Cl <sup>-</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	1.3 ± 0.6	570.2 ± 95.0	1.1 ± 0.3	0.28 ± 0.03	1.1 ± 0.6
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	0.5 ± 0.4	0.9 ± 0.4	1.6 ± 0.2	0.7 ± 0.4	0.5 ± 0.2
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	297.2 ± 170.8	223.9 ± 46.3	123.3 ± 9.1	1172.5 ± 481.0	31.1 ± 1.4
<sup>206</sup> Pb/ <sup>207</sup> Pb	1.2430 ± 0.0433	1.1479 ± 0.0042	1.2663 ± 0.0438	1.1715 ± 0.0127	1.2067 ± 0.0322
<sup>208</sup> Pb/ <sup>207</sup> Pb	2.4507 ± 0.0183	2.4281 ± 0.0076	2.4206 ± 0.0081	2.4241 ± 0.0042	2.4336 ± 0.0026

化學組成資料均來自 FPM 中濾紙的分析結果。NA: Not available.

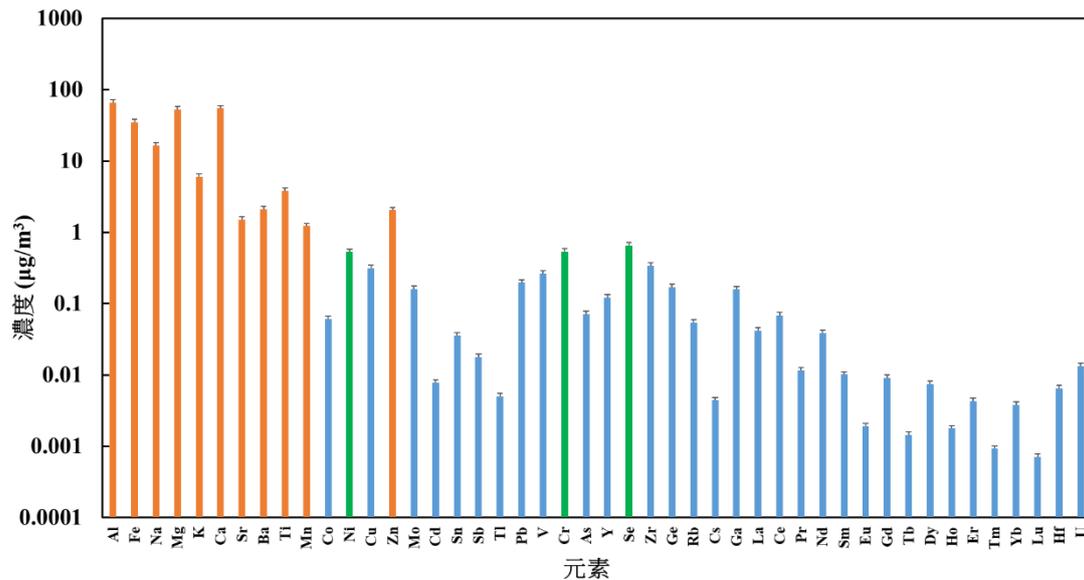


圖 4.3.3 燃煤電廠煙道排放之 PM<sub>2.5</sub> 中各元素濃度分布

(橘色、綠色和藍色分別表示該元素的質量濃度占 PM<sub>2.5</sub> 的 >0.1%、0.05~0.1% 和 <0.1%)

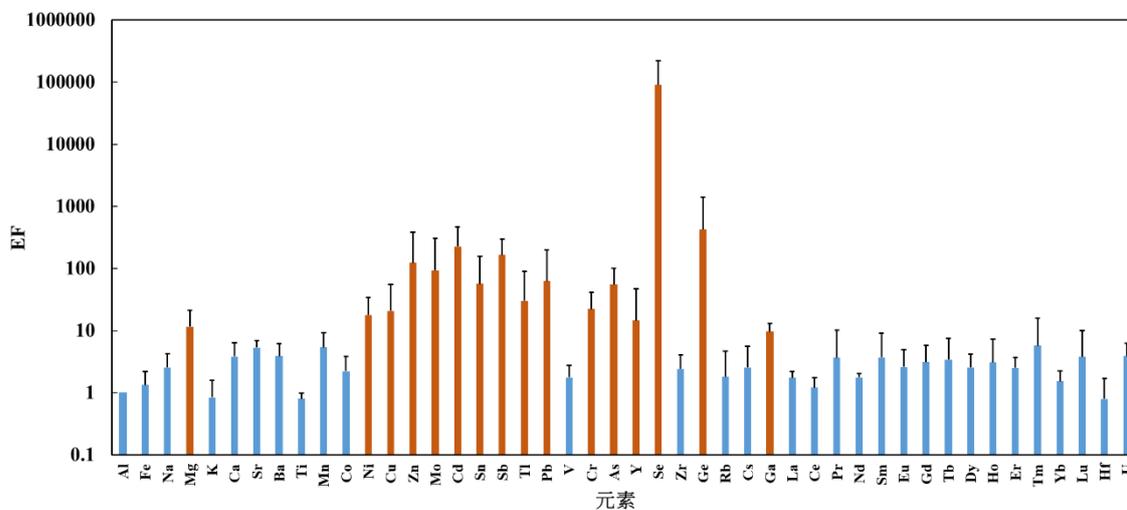


圖 4.3.4 燃煤電廠煙道排放之 PM<sub>2.5</sub> 含有元素的富集因子特性

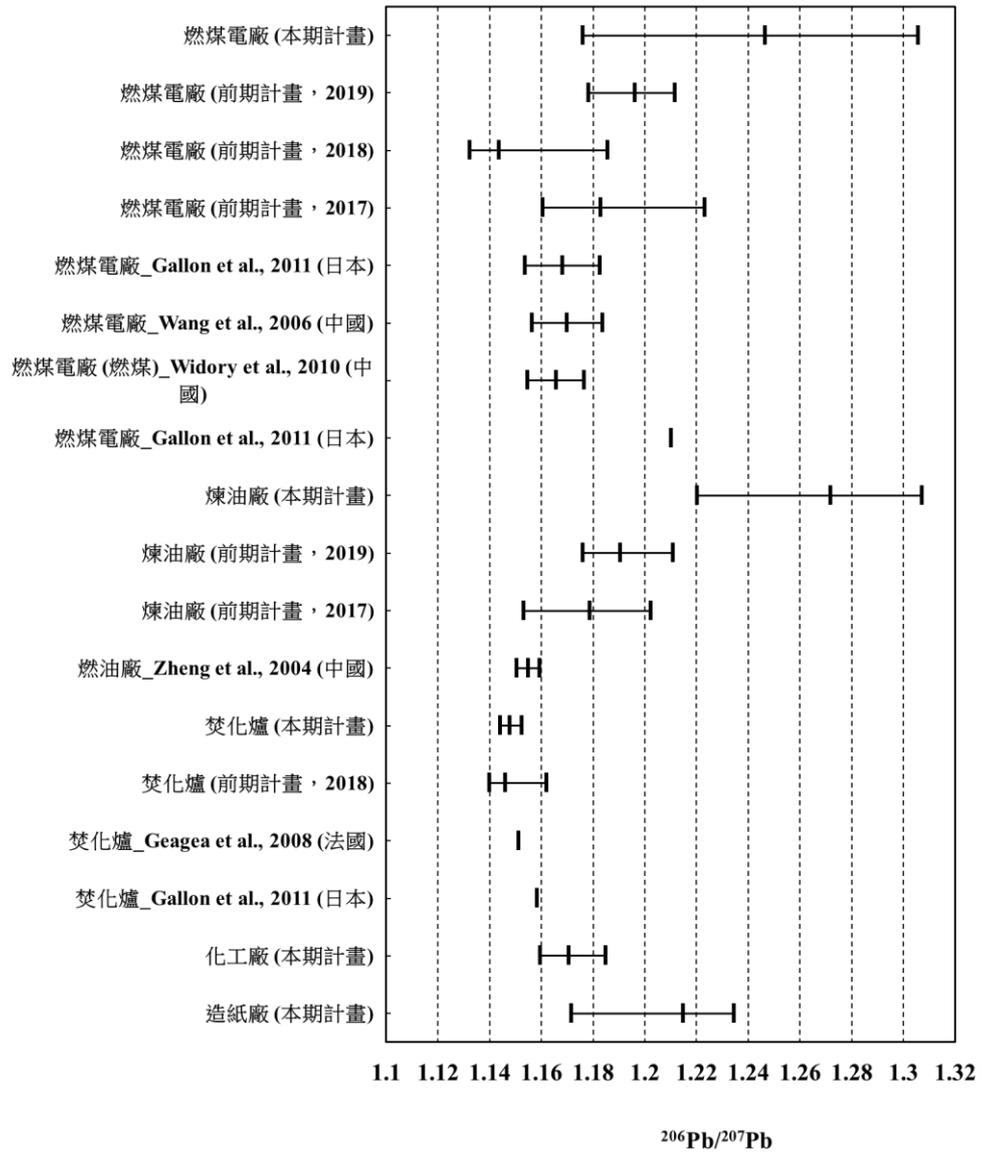


圖 4.3.5 不同污染源之  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值分布圖

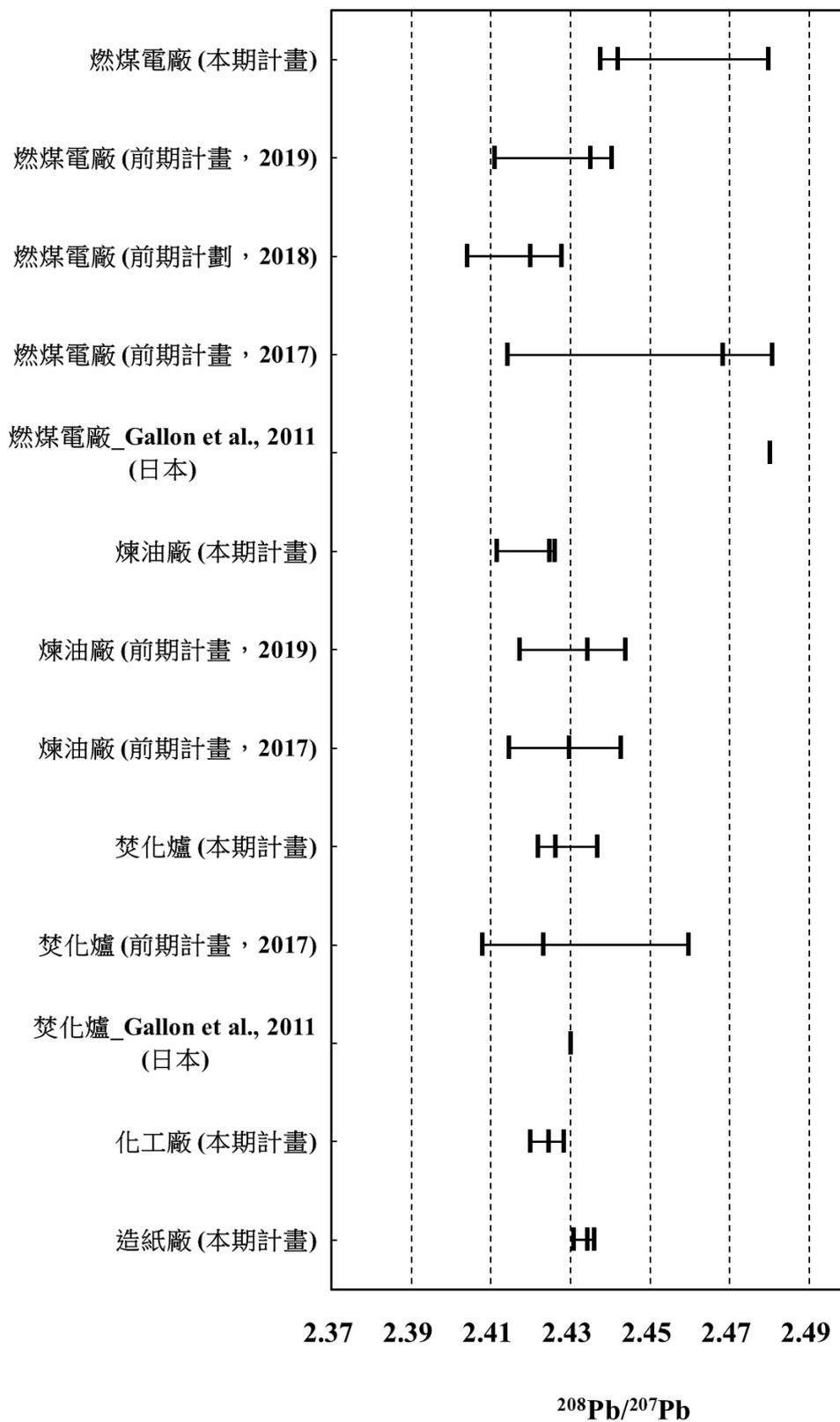


圖 4.3.6 不同污染源之  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值分布圖

### 4.3.2 焚化爐

本計畫於 2020 年 6 月 15-17 日，完成高雄南區焚化爐煙道排放之  $PM_{2.5}$  的採集，並分析其化學組成及同位素。表 4.3.1 為焚化爐煙道排放之  $PM_{2.5}$  所含有的化學組成和同位素資料，測得的平均  $PM_{2.5}$  質量濃度為  $8247.0 \pm 6662.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，其中可凝結性微粒 (Condensable Particulate Matter, CPM) 和過濾性微粒 (Filterable Particulate Matter, FPM) 質量濃度分別為  $7065.7 \pm 6833.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  和  $1181.3 \pm 566.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，而 CPM 和 FPM 的比例相當 (圖 4.3.1)。在量測到的 CPM 中，以無機 CPM 佔有比例最高，約佔總 CPM 的 91% (圖 4.3.2)；此外，濾紙上的 FPM 約佔總 FPM 的 82%。表 4.3.2 為南區焚化爐煙道排放之  $PM_{2.5}$  所含有的化學組成和同位素資料，以濾紙捕集的 FPM 以 OC、鈉離子、鉀離子、鈣離子、氯離子和硫酸鹽為主要的成分，其中佔有比例最高的為氯離子 (和塑膠垃圾有關)、鈣離子和硫酸鹽，分別佔  $PM_{2.5}$  質量濃度的 20%、10% 和 8%。焚化爐排放的金屬元素，約佔  $PM_{2.5}$  質量濃度的 36%，而圖 4.3.7 則顯示 Al、Fe、Na、Mg、K、Ca、Ti、Cu、Zn、Sn、Sb、Pb 和 Cr 的元素佔  $PM_{2.5}$  質量濃度超過 0.1%，Ba 和 Ni 則在 0.05-0.1%；圖 4.3.8 則顯示 Na、K、Ca、Ba、Co、Ni 和 Zn 等元素的 EF 超過 10，此結果和過去在台灣採集到的焚化爐煙道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 1.1479 (1.1439-1.1522)，和過去在台中測得的焚化爐排放之  $PM_{2.5}$  的鉛同位素比值重疊 (1.1488, 1.1396~1.1617) (周崇光, 2018)，在  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值部分， $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  平均比值為 2.4281 (2.4217-2.4365)，也和過去在台中測得的焚化爐排放之  $PM_{2.5}$  的鉛同位素比值重疊 (2.4273, 2.4078~2.4596)。另外，圖 4.3.5 和圖 4.3.6 也分別顯示本計畫測得的焚化爐之 2 個鉛同位素比值和過去的研究重疊，顯示不同國家的焚化爐排放之鉛同位素比值相近，此現象可能和不同國家的焚化爐處理的廢棄物都屬民生廢棄物有關。在碳同位素部分，於南區焚化爐採集的 3 個樣本之  $PM_{2.5}$  中的碳含量均不足以提供  $\delta^{13}\text{C}$  和 pMC 的分析，因此本計畫無呈現南區焚化爐排放之  $PM_{2.5}$  中的碳同位素特徵。

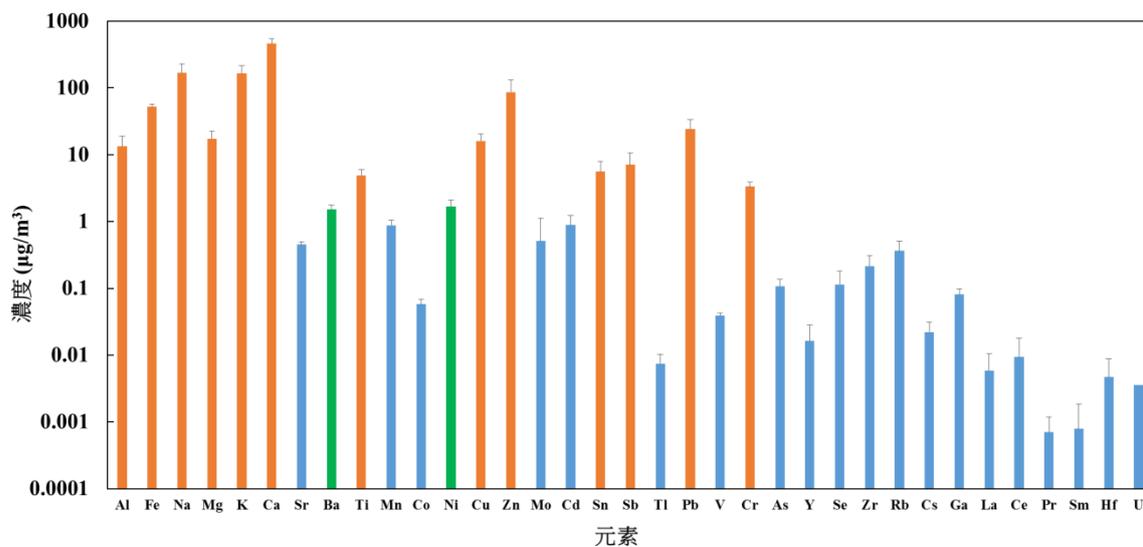


圖 4.3.7 焚化爐煙道排放之 PM<sub>2.5</sub> 中各元素濃度分布  
(橘色、綠色和藍色分別表示該元素的質量濃度占 PM<sub>2.5</sub> 的 >0.1%、0.05~0.1% 和 <0.1%)

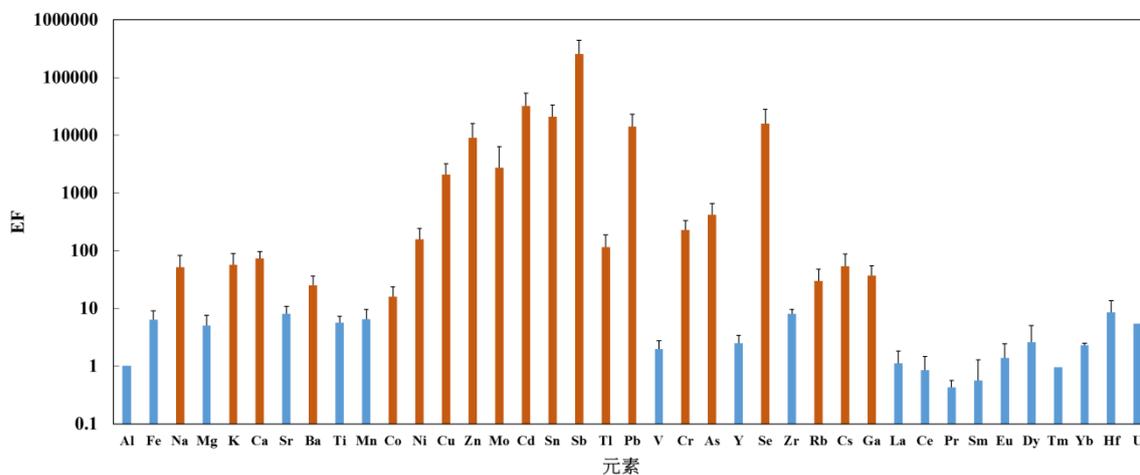


圖 4.3.8 焚化爐煙道排放之 PM<sub>2.5</sub> 含有元素的富集因子特性  
(Enrichment Factor, EF, 橘色代表 EF 大於或等於 10)

### 4.3.3 煉油廠

本計畫於 2020 年 6 月 9-11 日，完成煉油廠煙道排放之  $PM_{2.5}$  的採集，並分析其化學組成。表 4.3.1 為煉油廠煙道排放之總  $PM_{2.5}$ 、CPM 和 FPM 質量濃度，該表顯示煉油廠排放的總  $PM_{2.5}$  質量濃度為  $5103.0 \pm 2931.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，而 CPM 和 FPM 濃度有明顯差異（約 6 倍），CPM 質量濃度為  $4353.6 \pm 3183.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，FPM 則為  $749.4 \pm 252.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，其中濾紙捕集到的 FPM 佔總 FPM 的 89%。過去研究曾指出，鍋爐燃燒過程若使用含硫燃料，且煉製油品的硫成分又較高，會造成燃燒後容易產生  $SO_2$ ，當被 CPM 採樣器中的衝擊屏捕集後，會在衝擊瓶內因氧化而以硫化物的型態存在，並增加 CPM 的含量 (Corio and Sherwell 2000)。圖 4.3.2 呈現煉油廠的 CPM 以無機成分為主 (84%)，其結果和過去本計劃團隊在高雄採集的另一個煉油廠和其他研究成果相左 (Yang et al. 2018)，此結果有待進一步確認。表 4.3.1 呈現以濾紙捕集的 FPM 之離子與碳成分，該表顯示煉油廠排放的微粒以 EC、硫酸鹽和鈉離子為主為主，3 種組成加總約佔  $PM_{2.5}$  質量濃度的 69%。

另外，在元素組成部分，煉油廠煙道排放之  $PM_{2.5}$  中，元素約佔  $PM_{2.5}$  質量濃度的 9%，圖 4.3.9 進一步呈現不同元素的濃度分布，結果顯示 Al、Fe、Na、Mg、Ca 和 Mo 等元素的質量濃度均佔  $PM_{2.5}$  質量濃度的 0.1% 以上，K 和 Cr 則佔了 0.05%~0.1%，而圖 4.3.10 則顯 Na、Ni、Zn、Mo、Cd、Sn、Sb 和 Se 的 EF 都超過 10。然而，過去研究指出煉油廠排放之微粒的主要判別指標包含 Ni 和 V (Cheng et al. 2009; Kulkarni et al. 2007; Moreno et al. 2008; Querol et al. 2007)，但本次研究卻發現 V 的濃度偏低且其 EF 無超過 10，其結果也和 2019 年於高雄的另一個煉油廠採集的結果一致 (周崇光，2019)，推測可能是因 V 容易揮發所致。

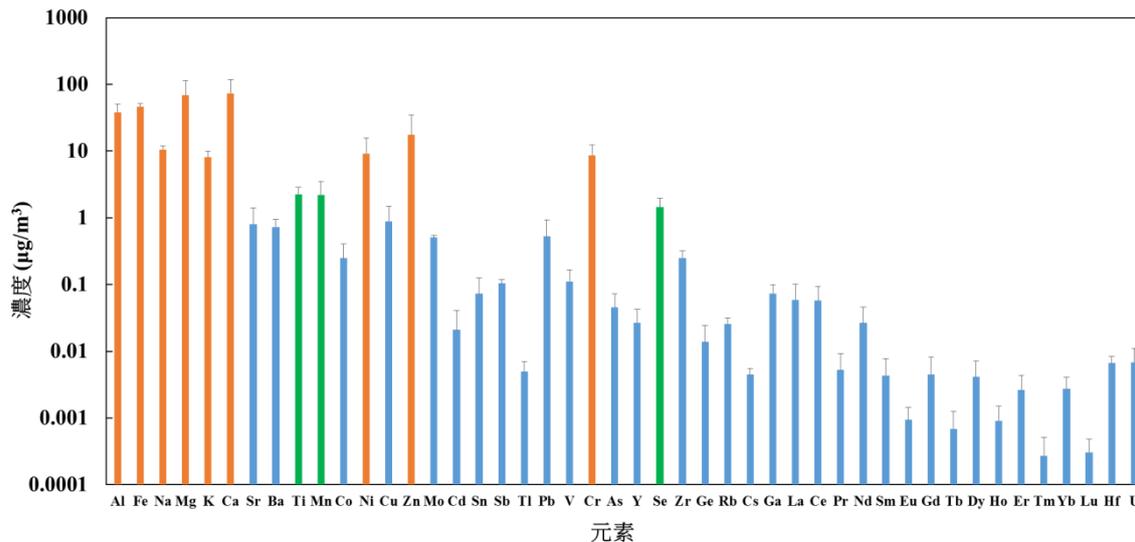


圖 4.3.9 煉油廠煙道排放之 PM<sub>2.5</sub> 中各元素濃度分布  
 (橘色、綠色和藍色分別表示該元素的質量濃度占 PM<sub>2.5</sub> 的 >0.1%、0.05~0.1% 和 <0.1%)

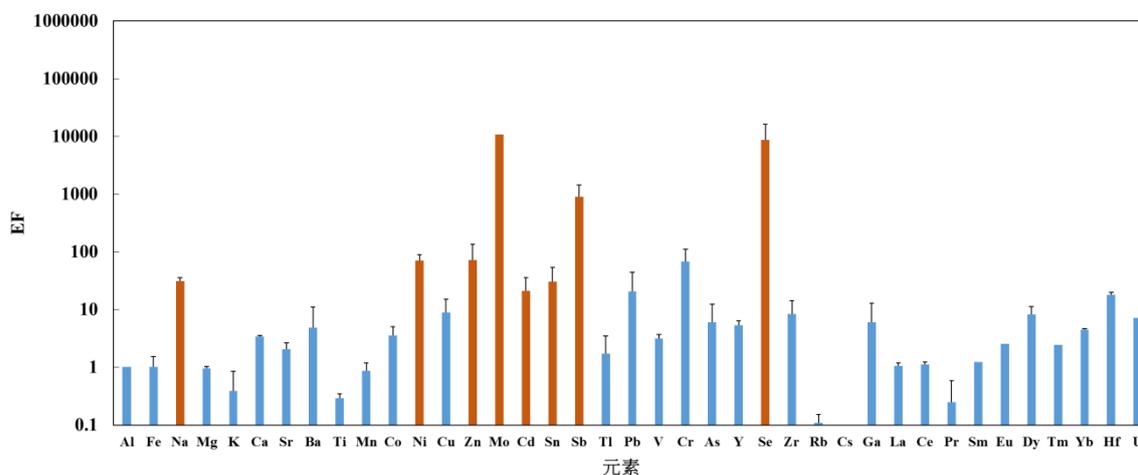


圖 4.3.10 煉油廠煙道排放之 PM<sub>2.5</sub> 含有元素的富集因子特性  
 (Enrichment Factor, EF, 橘色代表 EF 大於或等於 10)

在同位素部分， $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  平均比值為 1.2663 (1.2200-1.3070)， $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  平均比值為 2.4206 (2.4113-2.4259)，[圖 4.3.5](#) 和 [圖 4.3.6](#) 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，該結果顯示本計畫採集的煉油廠煙道排放之  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值遠較前期計畫和其他研究高 ([周崇光 2017](#))，但  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值卻和前期計畫與其他研究的分析結果重疊，推測和不同國家的煉油廠操作條件與原油來源不同有關。無論  $\delta^{13}\text{C}$  或現代碳比例，本研究收集的煉油廠煙道排放的樣本均無法測出  $\delta^{13}\text{C}$  或現代碳比例，因此本計畫無呈煉油廠排放之  $\text{PM}_{2.5}$  中的碳同位素特徵。

#### 4.3.4 化工廠

本計畫於 2020 年 5 月 25-28 日，完成化工廠煙道排放之  $\text{PM}_{2.5}$  的採集，並分析其化學組成。[表 4.3.1](#) 呈現化工廠煙道排放之總  $\text{PM}_{2.5}$ 、CPM 和 FPM 質量濃度，該表顯示，化工廠排放的總  $\text{PM}_{2.5}$  質量濃度為  $9463.0 \pm 1298.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，CPM 濃度約為 FPM 的 1.5 倍，其中 CPM 質量濃度為  $5663.8 \pm 1440.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，無機和有機 CPM 分別佔了 70% 和 30% ([圖 4.3.3](#))；FPM 濃度為  $3799.3 \pm 1092.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，其中濾紙捕集到的 FPM 僅佔總 FPM 的 23%。[表 4.3.1](#) 呈現以濾紙捕集的 FPM 之離子與碳成分，該表顯示化工廠排放的微粒以硫酸鹽 (占 31%) 為主，OC、鈣離子和鎂離子為次要組成，約佔 0.1% 左右，顯示化工廠排放的污染物明顯以硫酸鹽為主。

另外，化工廠煙道排放之  $\text{PM}_{2.5}$  中，元素約佔  $\text{PM}_{2.5}$  質量濃度的 22%，[圖 4.3.11](#) 進一步呈現不同元素的濃度分布，結果顯示 Al、Fe、Na、Mg、K、Ca、Ni、Zn 和 Cr 等元素的質量濃度均佔  $\text{PM}_{2.5}$  質量濃度的 0.1% 以上，Ti、Mn 和 Se 則佔了 0.05%~0.1%，而[圖 4.3.12](#) 則顯示 Co、Ni、Cu、Zn、Mo、Cd、Sn、Tl、Pb、Cr、As 和 Se 的 EF 超過 10。

在同位素部分， $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  平均比值為 1.1715 (1.1594~1.1847)， $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  平均比值為 2.4241 (2.4198~2.4282)。[圖 4.3.5](#) 和 [圖 4.3.6](#) 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，該結果顯示本計畫採集的化工廠煙道排放之  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值和今年計畫調查的焚化爐和造紙廠重疊，但低於今年調查的煉油廠煙道排放之  $\text{PM}_{2.5}$  的鉛同位素比值； $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值則和今年度調查的污染源重疊。然而，目前無相關研究可供參考，以供比較化工廠煙道排放之  $\text{PM}_{2.5}$  的鉛同位素比

值。無論  $\delta^{13}\text{C}$  或現代碳比例，本研究收集的化工廠煙道排放的樣本均無法測出  $\delta^{13}\text{C}$  或現代碳比例。

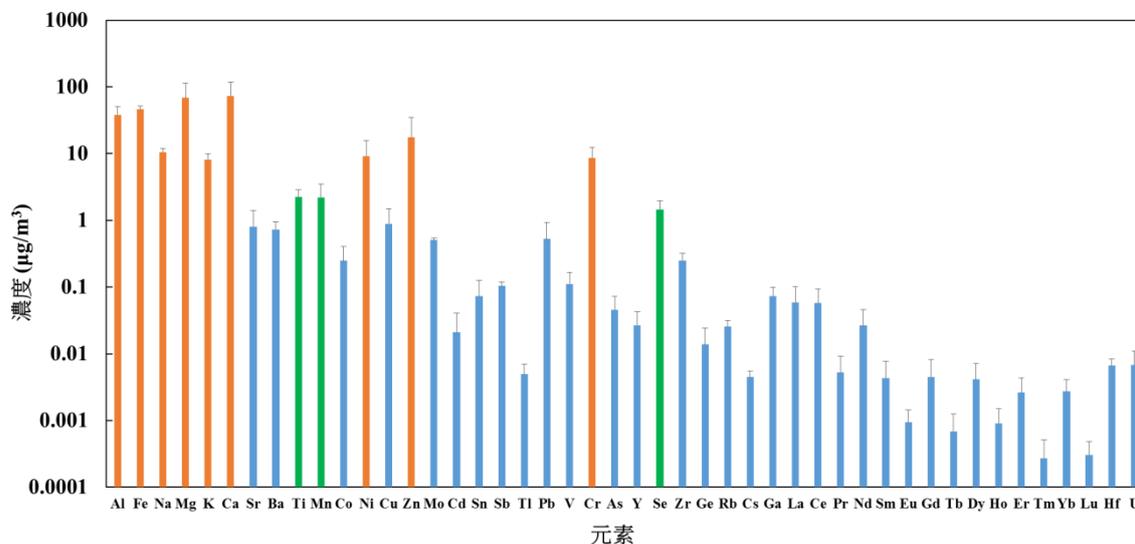


圖 4.3.11 化工廠煙道排放之 PM<sub>2.5</sub> 中各元素濃度分布  
(橘色、綠色和藍色分別表示該元素的質量濃度占 PM<sub>2.5</sub> 的 >0.1%、0.05~0.1% 和 < 0.1%)

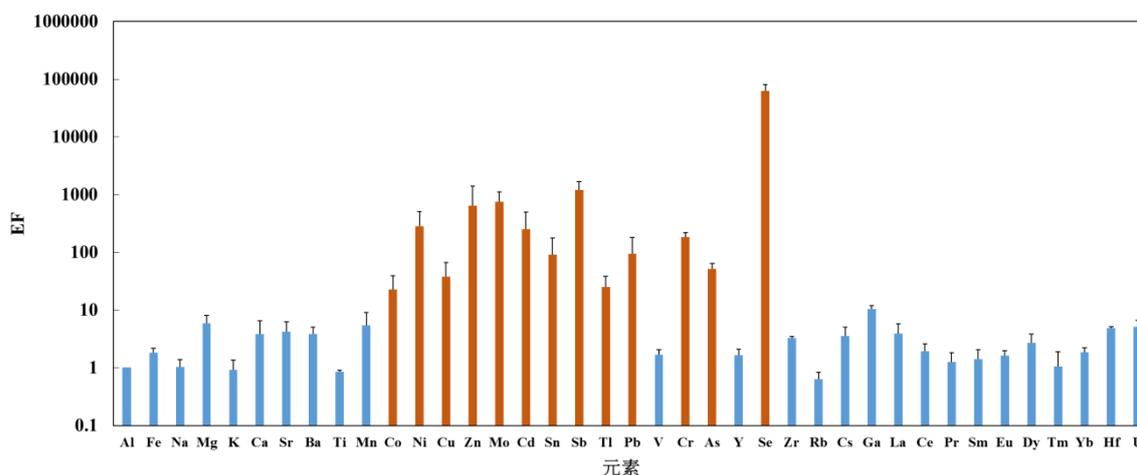


圖 4.3.12 化工廠煙道排放之 PM<sub>2.5</sub> 含有元素的富集因子特性  
(Enrichment Factor, EF, 橘色代表 EF 大於或等於 10)

### 4.3.5 造紙廠

本計畫於 2020 年 6 月 22-24 日，完成造紙廠煙道排放之  $PM_{2.5}$  的採集，並分析其化學組成。表 4.3.1 呈現化工廠煙道排放之總  $PM_{2.5}$ 、CPM 和 FPM 質量濃度，該表顯示，造紙廠排放的總  $PM_{2.5}$  質量濃度為  $8113.6 \pm 711.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，CPM 濃度約為 FPM 的 8 倍，其中 CPM 質量濃度為  $7179.4 \pm 1310.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，無機和有機 CPM 分別佔了 97% 和 3% (圖 4.3.3)；FPM 濃度為  $934.2 \pm 599.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，其中濾紙捕集到的 FPM 占總 FPM 的 47%。表 4.3.1 呈現以濾紙捕集的 FPM 之離子與碳成分，該表顯示造紙廠排放的微粒雖以硫酸鹽和鈣離子為主，但 2 個組成佔  $PM_{2.5}$  質量濃度的 10% 左右。

另外，造紙廠煙道排放之  $PM_{2.5}$  中，元素約佔  $PM_{2.5}$  質量濃度的 45%，圖 4.3.13 進一步呈現不同元素的濃度分布，結果顯示 Al、Fe、Na、Mg、K、Ca、Sr、Ba、Ti、Mn、Ni、Zn 和 Cr 等元素的質量濃度均佔  $PM_{2.5}$  質量濃度的 0.1% 以上，而圖 4.3.14 則顯示 Ni、Zn、Cd、Sn、Sb 和 Se 的 EF 超過 10。

在同位素部分， $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  平均比值為 1.2067 (1.1713-1.2342)， $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  平均比值為 2.4336 (2.4308~2.4359)。圖 4.3.5 和圖 4.3.6 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，該結果顯示本計畫採集的造紙廠煙道排放之  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值和今年計畫調查煉油廠、焚化爐和造紙廠重疊，但低於今年調查的煉油廠煙道排放之  $PM_{2.5}$  的鉛同位素比值； $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值則和今年度調查的污染源重疊。然而，目前無相關研究可供參考，以供比較造紙廠煙道排放之  $PM_{2.5}$  的鉛同位素比值。無論  $\delta^{13}\text{C}$  或現代碳比例，本研究收集的化工廠煙道排放的樣本均無法測出  $\delta^{13}\text{C}$  或現代碳比例。

綜合本計畫完成的 5 個固定污染源煙道排放出的 FPM 與 CPM 比例，和 CPM 中的有機與無機組成，可發現 5 污染源都以 CPM 較佔優勢，並以無機 CPM 為主要的組成，說明 CPM 對周界空氣品質的影響不應被忽視。在化學組成部分，除了燃煤電廠和煉油廠排放的  $PM_{2.5}$  多可被濾紙捕集外，其他 3 種污染源排放的  $PM_{2.5}$  僅有 25% 左右可被濾紙捕集，顯示未來應有必要評估如何提高濾紙的捕集效果，近而增加對煙道排放之  $PM_{2.5}$  化學組成的了解。

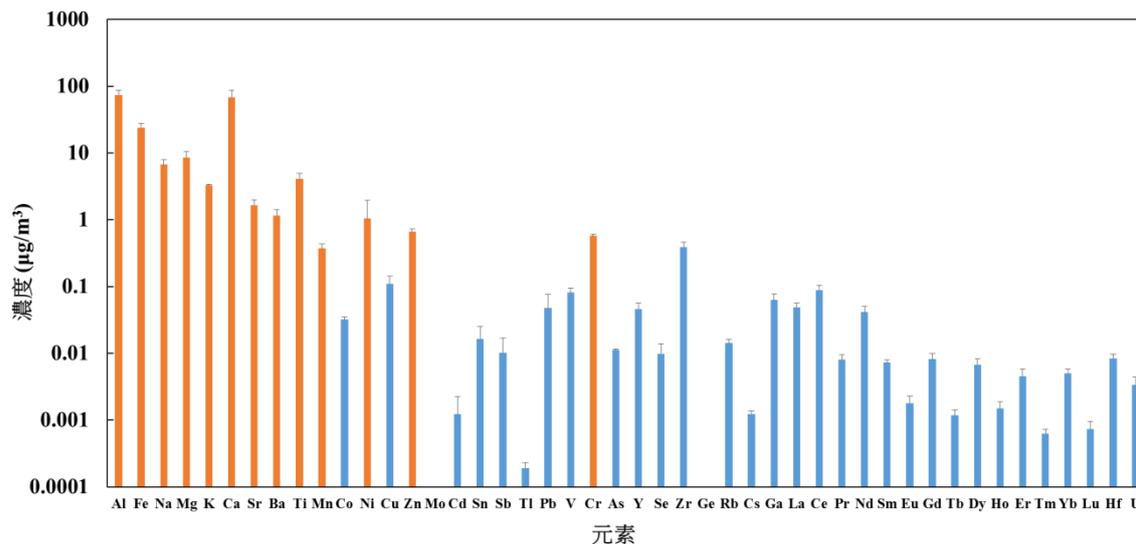


圖 4.3.13 造紙廠煙道排放之 PM<sub>2.5</sub> 中各元素濃度分布  
 (橘色、綠色和藍色分別表示該元素的質量濃度占 PM<sub>2.5</sub> 的 >0.1%、0.05~0.1% 和 <0.1%)

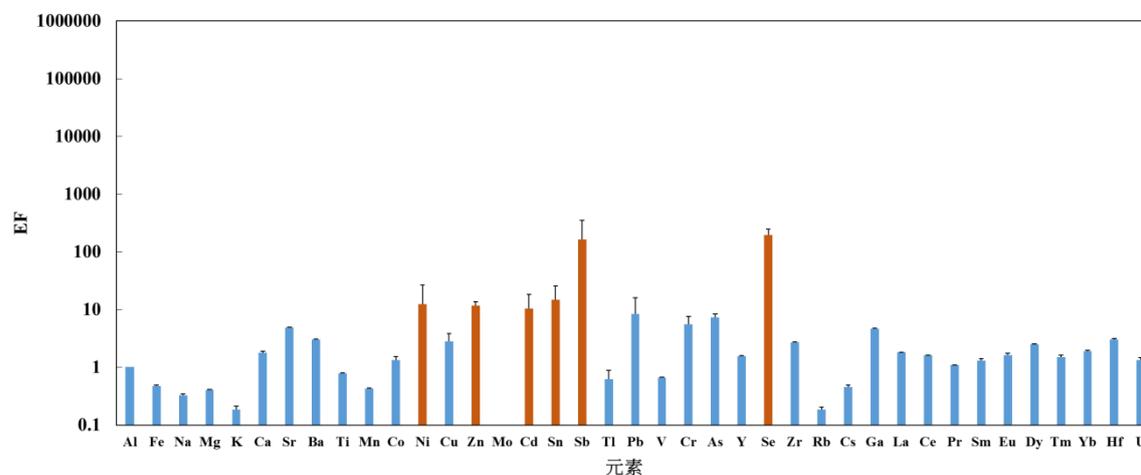


圖 4.3.14 造紙廠煙道排放之 PM<sub>2.5</sub> 含有元素的富集因子特性  
 (Enrichment Factor, EF, 橘色代表 EF 大於或等於 10)

在以濾紙捕集的  $PM_{2.5}$  中，經分析其化學組成，發現除了煉油廠外，金屬元素佔  $PM_{2.5}$  質量濃度的比例都在 20% 以上，其中造紙廠可達 45%，顯示除了煉油廠外，其他 3 種固定污染源都可排放較高的金屬元素濃度。在煉油廠部分，則有較高的硫酸鹽、EC 和鈉離子，這些結果反映鈉離子不盡然是由海鹽所貢獻，且硫酸鹽不完全是透過光化反應生成且鉀離子也可能非僅由生質燃燒所貢獻。此結果可為未來進一步評估固定污染源排放的離子成分對周界空氣品質的影響之依據，也可增加其他元素之同位素的量測，作為  $PM_{2.5}$  中的鹽類來源之鑑定。

在鉛和碳同位素的分析部分，本計畫採集的燃煤電廠、焚化爐、煉油廠、化工廠和造紙廠煙道排放之平均鉛含量分別為 450 ng、53960 ng、37 ng、1300 ng 和 259 ng，其儀器偵測極限約 0.2 ng，煙道中的鉛含量明顯高於 ICP-MS 的偵測極限，因此本計畫建立的鉛同位素分析技術足以分析煙道排放之鉛同位素。在碳同位素部分，本計畫採集的焚化爐、煉油廠、化工廠和造紙廠煙道排放之平均碳含量分別為 132  $\mu\text{g}$ 、108  $\mu\text{g}$ 、363  $\mu\text{g}$ 、45  $\mu\text{g}$  和 7  $\mu\text{g}$ ，美國 BETA 實驗室的碳同位素分析極限為 200  $\mu\text{g}$ ，因此燃煤電廠、焚化爐、化工廠和造紙廠的碳含量不足以供碳同位素的分析，但煉油廠的碳含量雖然高過偵測極限。然而，因煉油廠產生的硫含量也偏高，硫會影響碳的轉換，此原因可能是造成 BETA 實驗室無法測出煉油廠煙道排放之碳同位素的原因。然而，為確認此現象是否是造成碳同位素無法被測出的原因，未來仍將持續採樣並評估造成碳同位素無法被測出的原因和解決方法，以提供完整的碳污染源鑑定之資料。

## 4.4 污染源分析

### 4.4.1 碳與鉛同位素

#### (a) 碳同位素

彙整 2019 年和 2020 年的 8 個測站之現代碳比例資料，林園、左營、小港和鳳山等 4 個測站的現代碳比例較低，平均值為 47%，比例低於 50% 的樣本數佔了 67%，反觀，屏東和潮州站之現代碳比例的平均值為 56%，低於 50% 的樣本數僅有 34%。該資料反映出，高雄境內的 4 個測站以化石碳為主要的碳貢獻源，如交通排放或鍋爐燃燒等，而屏東和潮州則有較高的現代碳貢獻源，如生質燃燒等。

因此，屏東兩個測站的碳污染源應以現代碳貢獻源為主要的管理對象，高雄的 4 個測站則可以化石碳污染源為主。然而，橋頭站和大寮站有明顯的季節差異，橋頭站在春季測得的平均現代碳比例為 51%，夏季則降到 43%，凸顯出橋頭站在春季和夏季的碳污染源不同；大寮站在 2020 年的春季和夏季的平均現代碳比例分別為 47% 和 55%，也有季節上的變化，但 2019 年的量測結果卻顯示春季的現代碳比例較高（春季：55%；夏季：47%），2019 年和 2020 年的趨勢明顯相反，說明該地區的碳污染源較不穩定。雖然透過碳 14 計算的現代碳和化石碳比例較難推估污染源種類，但根據本計畫於 2019 年和 2020 年的量測資料，可看出此 8 個測站的碳污染源方向，相信對碳污染源的管理可提供進一步的基礎資料。

由於 2019 年和 2020 年煙道排放之碳含量不足以供碳同位素的分析，無法較精確的透過  $\delta^{13}\text{C}$  來分析高屏地區的碳污染源，但本計畫透過  $\delta^{13}\text{C}$  的量測結果，解釋碳的生成機制方向。圖 4.4.1 和圖 4.4.2 分別呈現春季和夏季密集採樣期間，大氣  $\text{PM}_{2.5}$  濃度、總碳濃度和  $\delta^{13}\text{C}$  之關係。由此 2 張圖可發現，無論春季或夏季，大氣總碳濃度的倒數和  $\delta^{13}\text{C}$  略呈正相關，此現象說明當碳含量越高時， $\delta^{13}\text{C}$  會較重，反之，越輕。過去研究指出透過異相反應生成的碳，其  $\delta^{13}\text{C}$  偏重 (-20 至 -14‰) (YL Zhang et al. 2016)，因此推測總碳濃度較高時，異相反應是主要的生成機制；反之，當碳含量越低時， $\delta^{13}\text{C}$  會較輕，過去研究指出透過光化學反應生成的碳，其  $\delta^{13}\text{C}$  偏輕 (-33 至 -32‰) (Irei et al. 2006)，因此光化學反應可能是造成低總碳濃度期間的主要碳生成機制。

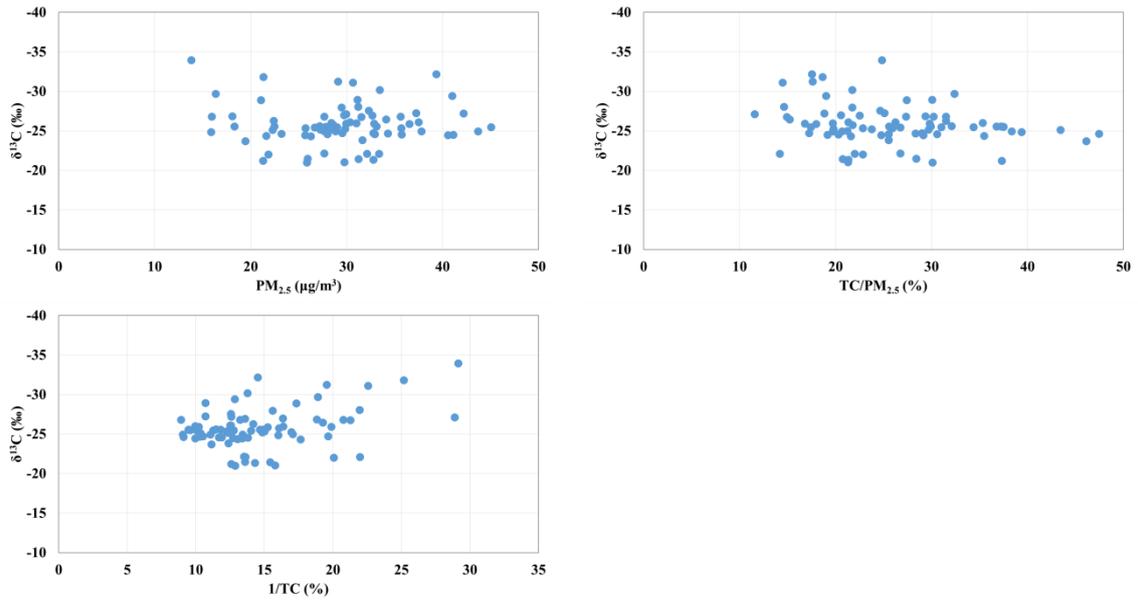


圖 4.4.1 春季密集採樣期間之  $\text{PM}_{2.5}$  濃度、總碳濃度和  $\delta^{13}\text{C}$  之關係圖

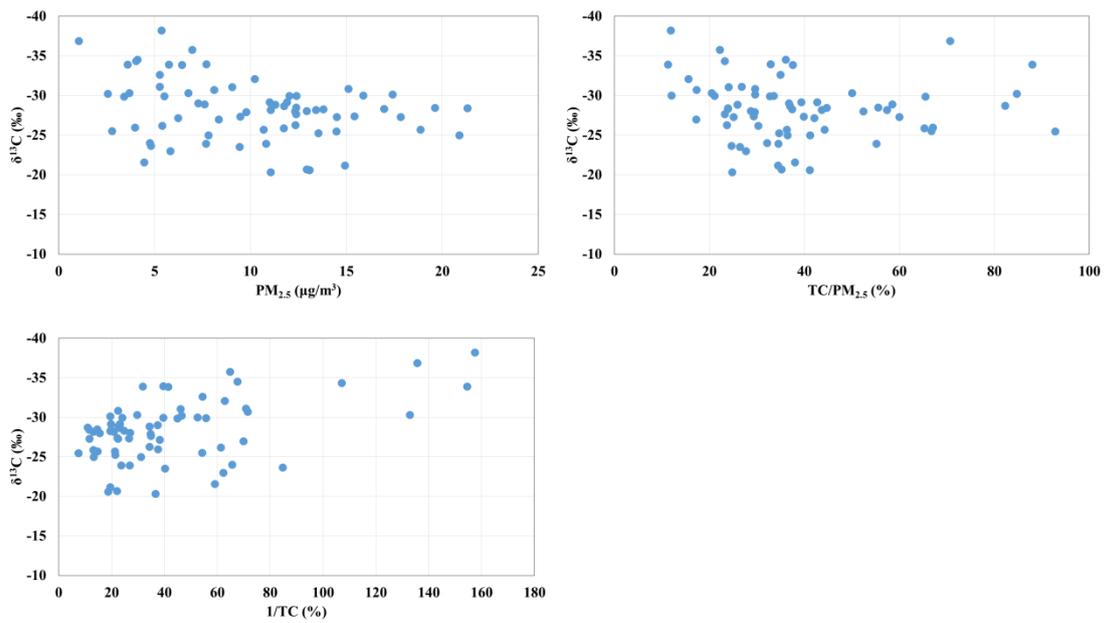


圖 4.4.2 夏季密集採樣期間之  $\text{PM}_{2.5}$  濃度、總碳濃度和  $\delta^{13}\text{C}$  之關係圖

## (b) 鉛同位素

圖 4.4.3 和圖 4.4.4 分別為本期計畫調查的 8 個測站和污染源的鉛同位素比值和關係圖，污染源包含 2017 年於雲林調查的燃煤電廠和輕油裂解廠的鉛同位素比值資料，2019 年調查的煉油廠、燃煤電廠和高雄港作業區的鉛同位素比值資料，和 2020 年完成的 5 個污染源的鉛同位素比值分析。其中林園煉油廠和興達燃煤電廠的鉛同位素比值遠高於周界採集的鉛同位素比值，因此無呈現在圖 4.4.3 和圖 4.4.4 中。

根據此兩張圖，可發現 8 個測站的鉛同位素比值多落在”交通源+焚化爐+港口作業區”的範圍內，僅有少部分樣本座落在大林煉油廠、化工廠或輕油裂解廠的範圍內，其鑑定結果和 2019 年春季於高雄地區的鑑定結果幾乎一致 (周崇光, 2019)，說明交通源+焚化爐+港口作業區可能是高屏地區的主要鉛貢獻源，特別是交通源和焚化爐的貢獻。

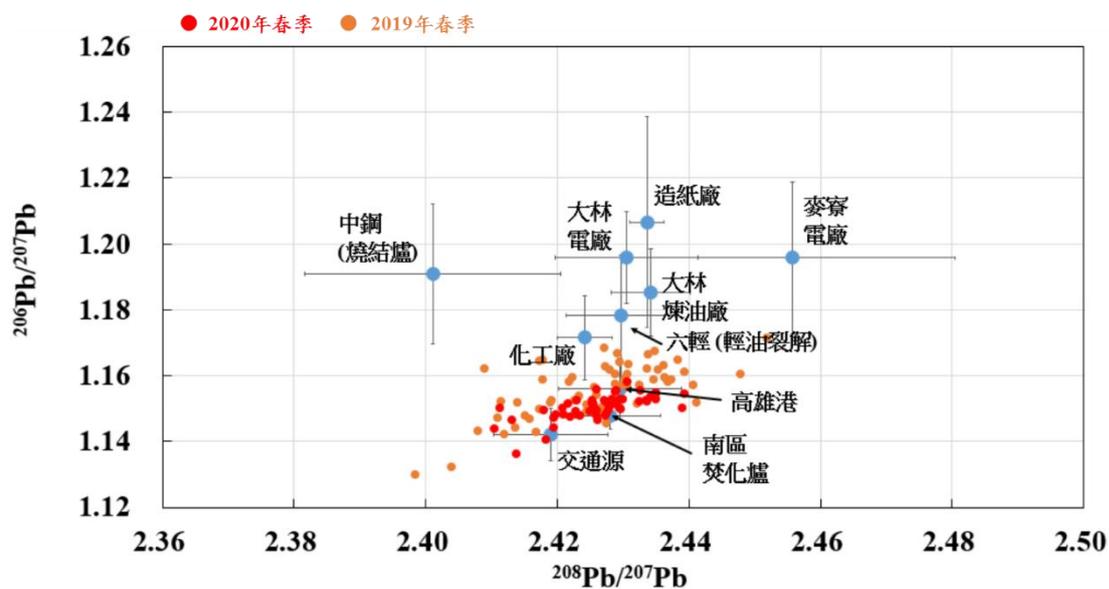


圖 4.4.3 春季密集採樣期間之鉛同位素污染源鑑定圖

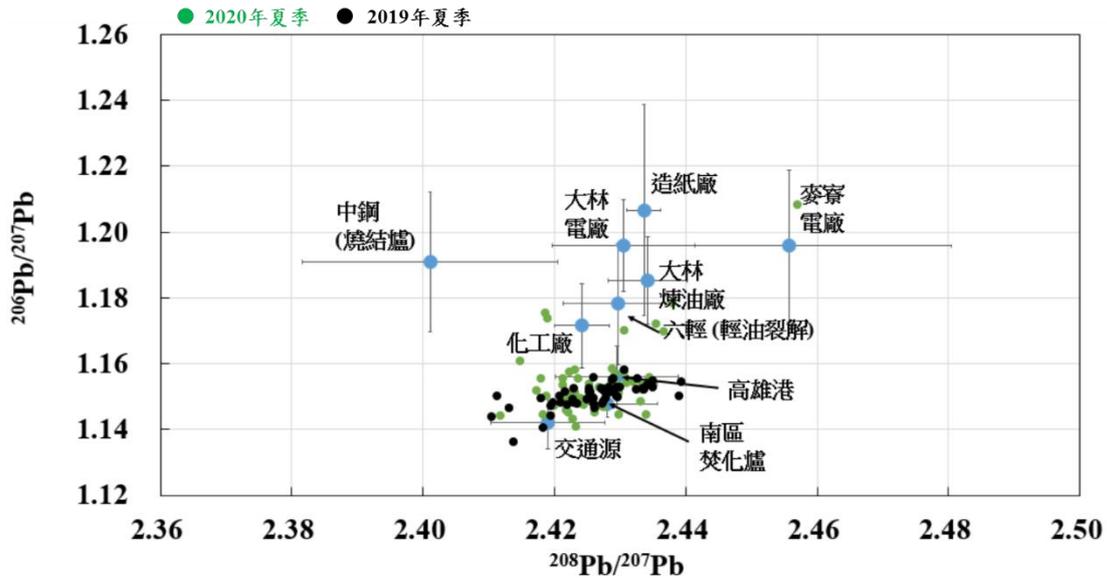


圖 4.4.4 夏季密集採樣期間之鉛同位素污染源鑑定圖

#### 4.4.2 PMF 受體模式

本研究團隊合併前期計畫 (周崇光 2019) 和本期計畫於高屏地區採集的 8 個測站之  $PM_{2.5}$  化學組成樣本，以 PMF 推估不同測站的污染源。加入的變數除了傳統的化學組成 (金屬元素和離子) 外，也加入鉛同位素 ( $^{206}Pb$ 、 $^{207}Pb$  和  $^{208}Pb$ )、現代碳和化石碳濃度，但因部分測站無現代碳的分析資料，因此納入 PMF 分析的樣本數為 201 筆 (2019 年春季與夏季共有 104 筆，2020 年春季與夏季有 97 筆)。根據 PMF 解析因子數和臨界參數比值 ( $Q_{true}/Q_{exp}$ ) 顯示解析因子數在 6 時，其臨界參數比值呈現較緩和的狀態 (圖 4.4.5)，但若將因子數設為 6，會有較多的污染源無法被分離出來，因此本計畫以 PMF 進行推估的污染源因子數為 7 個。

圖 4.4.6 為以 PMF 推估獲得的 7 個污染源因子的剖面圖。第一個因子含有較高的 Al、Fe、Ca、Mn、Mo、Ti、Co、Sb、Cr、Rb 和 Cs 等金屬元素的相對貢獻量，其中 Fe、Ca、Ti 和 Rb 等金屬元素為水泥灰的特徵元素 (Santacatalina et al. 2010; 周崇光 2014)，Ca、Mn、Mo、Co、Cs 和 Sb 等金屬元素可能來自燃煤電廠、鋼鐵廠、焚化爐和金屬冶煉業 (Hu et al. 2003; Kuo et al. 2013; Okuda et al. 2008; Querol et al. 2007; Tsai et al. 2007)，此外，PMF 推估出的 3 個鉛同位素濃度所換算的  $^{206}Pb/^{207}Pb$  (1.1410) 和  $^{208}Pb/^{207}Pb$  (2.4052) 之比值接近過去研究調查的工業源 (包

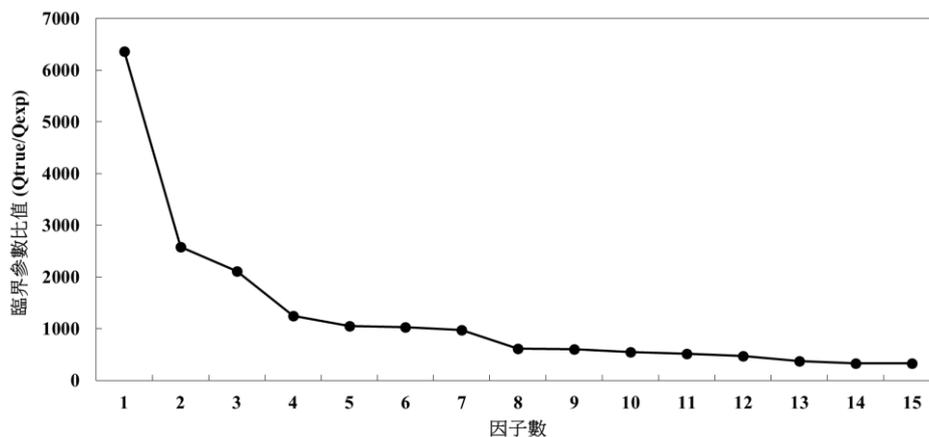
含燃煤電廠與鋼鐵廠等重大污染源) (Gallon et al. 2011; Wang et al. 2006; Widory et al. 2010; 周崇光 2017, 2018), 因此第一個因子定義為「揚塵 (水泥灰) 和工業排放 (混合源)」。第二個因子的鈉離子和鎂離子相對貢獻量都在 60% 以上, 此類離子是海鹽飛沫的重要組成 (Rahn 1999), 因此第二個因子定義為「海鹽飛沫」。

第三個因子的硫酸鹽和鉀離子有較高的相對貢獻量, 同時, 現代碳與化石碳的比例也都有 50% 以上, 顯然該因子和碳燃燒源的貢獻有關。在本研究團隊過去的研究中 (周崇光 2017, 2018, 2019), 我們發現以因子分析 (Factor Analysis) 探討高雄港作業區的 PM<sub>2.5</sub> 化學組成後, 硫酸鹽為重要的因子, 過去研究指出船舶的燃料油經燃燒後貢獻的 PM<sub>2.5</sub> 含有較高的硫酸鹽 (Yau et al. 2013), 我們在 2016-2019 年間的研究報告也都指出燃煤電廠或煉油廠等重大污染源煙道排放的 PM<sub>2.5</sub> 中, 硫酸鹽都是重要的組成; 此外, 生質燃燒為鉀離子主要的貢獻源, 該因子也顯示現代碳有較高的貢獻量, 暗示生質燃燒也為碳污染源之一 (周崇光 2017), 因此第三個因子定義為「碳污染源 (生質燃燒或燃料油燃燒)」 (PMF 以 8 個因子進行分析時, 無法有效分離出生質燃燒和非生質燃燒的貢獻)。第四個因子含有硝酸鹽和銨鹽之貢獻量較高 (> 45%), 化石碳和現代碳濃度也都高於 25%, 因此第四個因子定義為「二次氣膠 (硝酸鹽)」, 並可能含有老化氣膠。

第五個因子的 Zn 和 Cu 的相對貢獻量也偏高 (> 40%), 此兩個元素可來自交通排放源貢獻 (Lin et al. 2015; 周崇光 2017), 因此第五個因子定義為「交通排放」。第六個因子含有較高的氯離子相對貢獻量, 其相對貢獻百分比為 60%, 反觀其他化學組成的相對貢獻百分比都在 12% 以下。但因僅有氯離子的相對貢獻量較高, 較難評估可能的污染源, 因為氯離子可能來自海鹽飛沫也可能來自工業排放, 因子第六個因子定義為「氯離子 (未知組成)」。然而, 在我們的分析資料中, 我們發現 2019 年和 2020 年的大寮站之氯離子濃度明顯偏高, 除了放入 PMF 進行分析的 201 筆資料中, 日平均氯離子濃度前 10 大, 大寮站就佔了 8 筆外, 大寮站的平均氯離子濃度為其他測站的 3 倍, 顯示當地有特定的氯離子來源, 但其污染源有待未來進一步的探討。第七個因子為「工業排放 (重油燃燒)」, 因該因子含有的重要指標包含 Ni 和 V 等重油產生的指標 (Kulkarni et al. 2007; Moreno et al. 2008; 周崇光 2014), 其相對貢獻百分比都在 25% 以上。各污染源因子之決定組成整理如表 4.4.1。

表 4.4.1 定義 PMF 推估之污染源因子的主要組成彙整表

污染源因子	污染源定義	主要組成	參考文獻
1	揚塵（含水泥灰）和工業排放（混合源）	Fe、Ca、Tl 和 Rb 等金屬元素（水泥灰的特徵元素）	(Santacatalina et al., 2010; 周崇光, 2014)
		Mn、Mo、Co、Cs 和 Sb 等金屬元素（燃煤電廠、鋼鐵廠、焚化爐和金屬冶煉業）	(Hu et al., 2003; Kuo et al., 2013; Okuda et al., 2008; Querol et al., 2007; Tsai et al., 2007)
2	海鹽飛沫	Na <sup>+</sup> 和 Mg	(Rahn, 1999)
3	碳污染源（生質燃燒或燃料油燃燒）	FC 和硫酸鹽（過去研究指出船舶的燃料油經燃燒後貢獻的 PM <sub>2.5</sub> 含有較高的硫酸鹽）	(周崇光, 2017, 2018, 2019; Yau et al., 2013)
		K（生質燃燒為鉀離子主要的貢獻源，該因子也顯示現代碳有較高的貢獻量，暗示生質燃燒也為碳污染源之一）	(Cheng et al., 2009; Simoneit et al., 1999; 周崇光, 2017)
4	二次氣膠（硝酸鹽）	硝酸鹽和銨離子	
5	交通排放	Cu 和 Zn	(Lin et al., 2015; 周崇光, 2017)
6	氬離子（未知來源）	氬離子	
7	工業排放（重油燃燒）	Ni 和 V	(Cheng et al., 2008; Querol et al., 2007; 周崇光, 2014, 2017)

圖 4.4.5 PMF 解析因子數和臨界參數比值 (Q<sub>true</sub>/Q<sub>exp</sub>) 關係圖

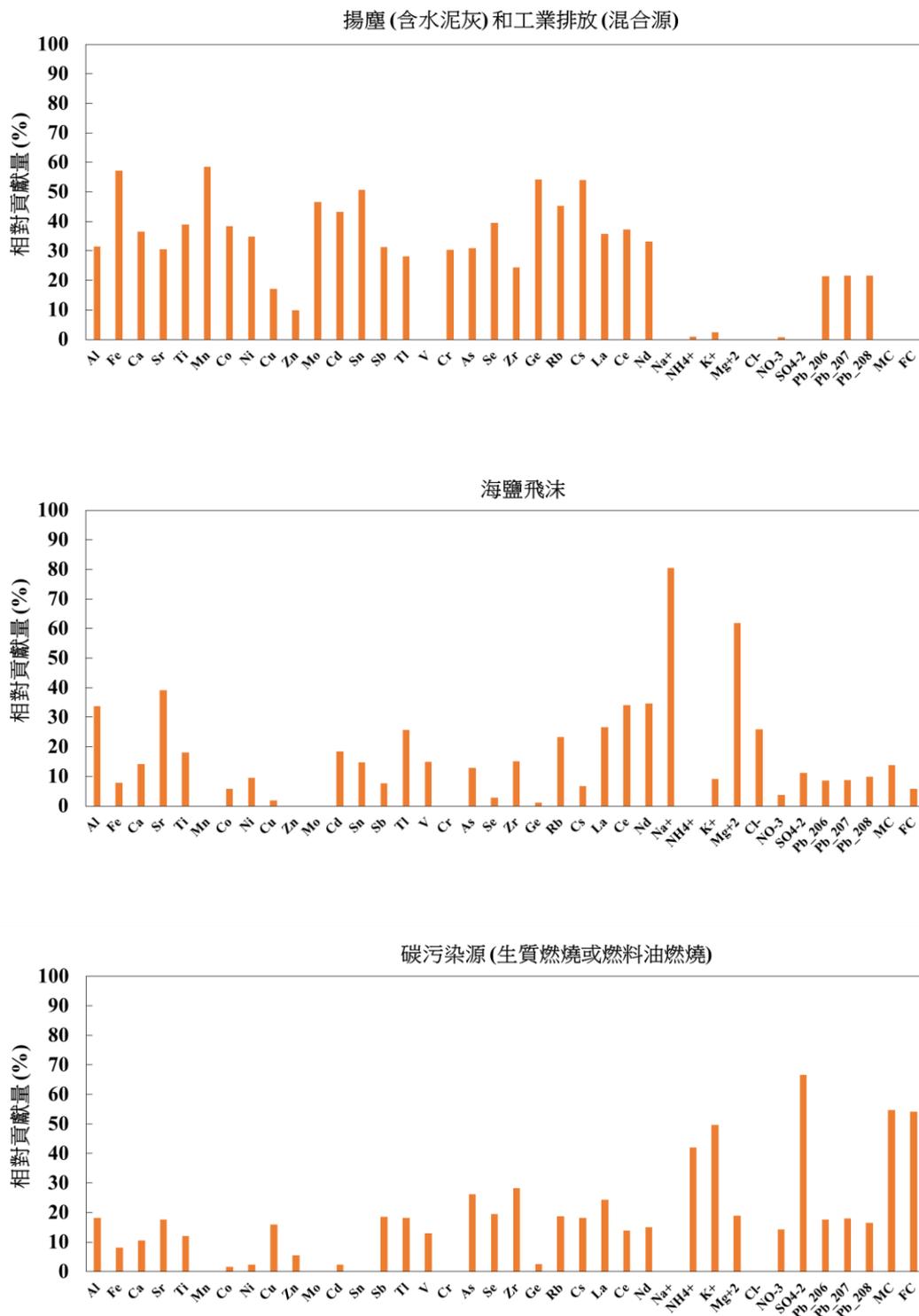


圖 4.4.6 PMF 污染源推估因子剖面圖  
(MC: Modern carbon; FC: fossil carbon)

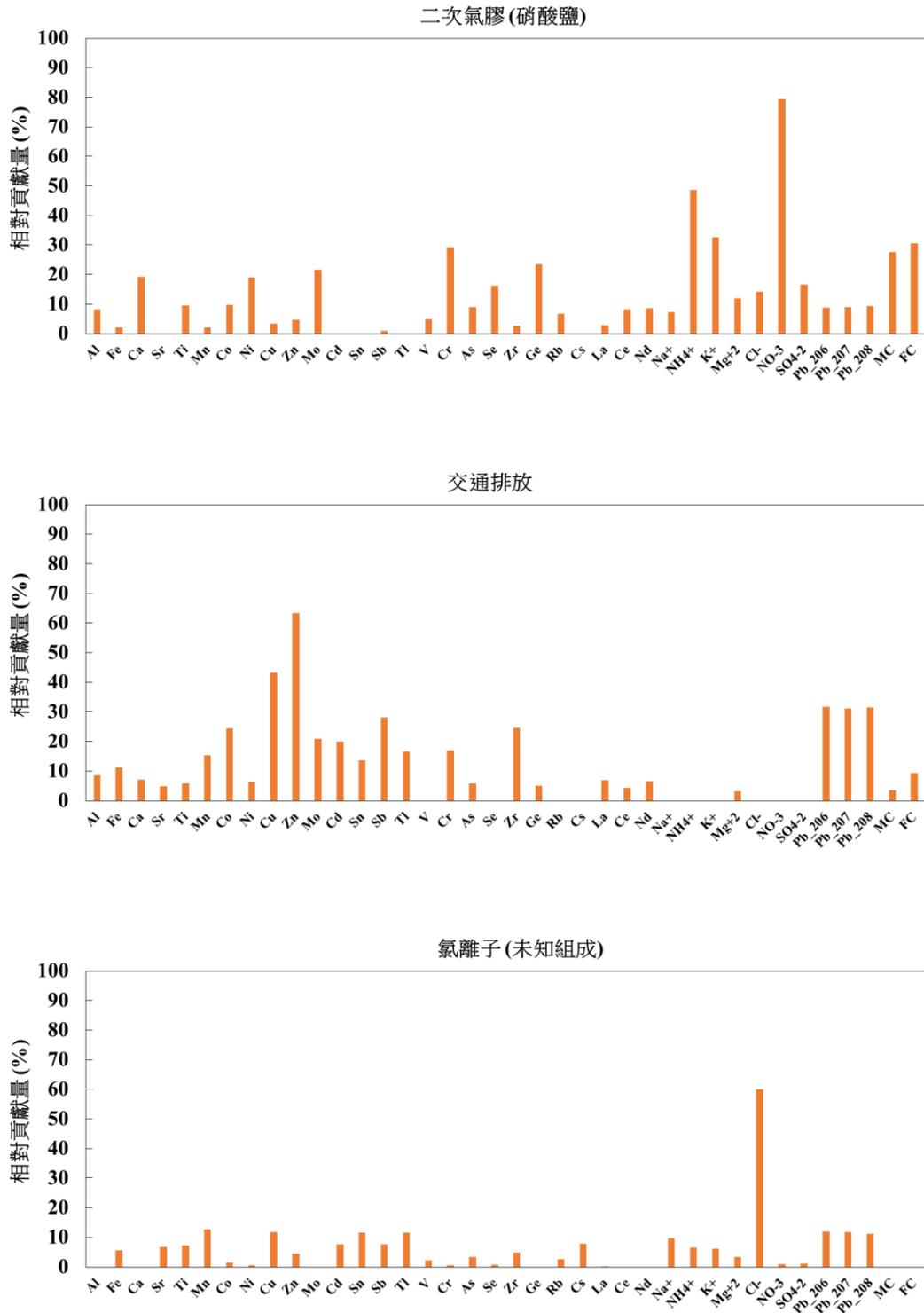


圖 4.4.6 PMF 污染源推估因子剖面圖 (續)

(MC: Modern carbon; FC: fossil carbon)

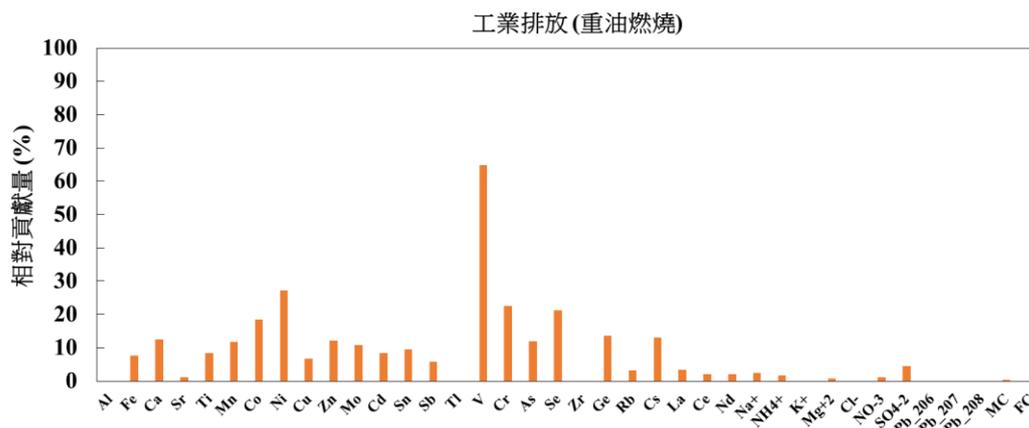


圖 4.4.6 PMF 污染源推估因子剖面圖 (續)

(MC: Modern carbon; FC: fossil carbon)

由於過去的報告顯示結合同位素和 PMF 模式有助於增加污染源的解釋，因此本計畫透過含有碳與鉛同位素的 PMF 分析結果，探討高屏地區碳與鉛的污染源，其中因鉛和多數金屬元素具正相關，鉛也為多數工業排放源的組成，因此本計畫加總 Fe、Ca、Sr、Ti、Mn、Co、Ni、Cu、Zn、Mo、Cd、Sn、Sb、Tl、V、Cr、As、Se、Zr、Ge、Rb、Cs、La、Ce 和 Nd 濃度，探討工業污染源對鉛的貢獻 (Pb 和其他金屬元素之加總濃度的相關性可達中高度相關， $r: 0.4-0.6$ )，結果分別如圖 4.4.7 和圖 4.4.8。根據圖 4.4.7，污染源因子-碳污染源 (生質燃燒和燃料油燃燒是主要的碳污染源)，平均約貢獻碳 54%，且該污染源因子為每一個測站的主要碳污染源，其次為二次氣膠的貢獻，約貢獻每個測站 29% 的碳，海鹽飛沫和交通排放則分別貢獻 10% 和 7%，每個測站的碳污染源相當。圖 4.4.8 指出揚塵 (含水泥灰) 和工業排放 (混合源) 是多數測站的鉛貢獻源，平均約貢獻 44%，交通排放和工業排放 (重油燃燒) 分別有 20% 和 11% 的貢獻量，其結果和以鉛同位素進行污染源鑑定結果相似，說明交通排放和工業排放 (包含燃煤電廠、煉油廠、焚化爐和重油燃燒) 都是高屏地區的鉛污染源。另外，氯離子 (未知組成) 平均約貢獻 5%，但該污染源因子對大寮站的貢獻達 14%，顯示當地有明顯的氯污染源，而該污染源因子在碳的貢獻為 0，說明工業排放可能是大寮當地的氯污染源，相對的，掌握主要污染源的氯同位素特徵，也許有機會釐清造成大寮當地高氯離子濃度的原因。

本計畫整合 2019 年和 2020 年的研究資料，鑑定造成高屏地區高 PM<sub>2.5</sub> 的潛在污染來源，此研究成果除了可提供給環保單位作為研擬 PM<sub>2.5</sub> 管制策略和降低民眾

的健康危害風險的參考外，公共衛生領域近年雖已開始探討  $PM_{2.5}$  的化學組成和健康危害的關係，並嘗試找出關鍵性的污染物種，但對於污染源的掌握仍不足，相對的，要找出造成民眾健康危害的關鍵性污染源，仍有一段路要走。本計畫根據  $PM_{2.5}$  的化學組成，提供較明確的污染來源，相對的，公共衛生領域學者即可藉此資料評估造成民眾健康危害的關鍵性污染源，並在資源有限的前提下，提供給環保單位評估哪些污染源應列為優先管制對象或哪些政策應據有優先推動的急迫性，進而提高污染的改善效率和降低民眾健康危害風險。

此外，目前的健康風險評估都以某化學組成的濃度來估算民眾暴露量，即使不考量民眾在室內的活動時間，大氣中所可量測到的某污染物之濃度也非都僅來自健康風險評估要評估的對象，若是可提供較完整的污染源鑑定資料，對於健康風險評估而言，可更清楚掌握評估對象的運作或評估對象改變運作方式時，民眾的實際暴露風險，進而提高健康風險評估的可信度。

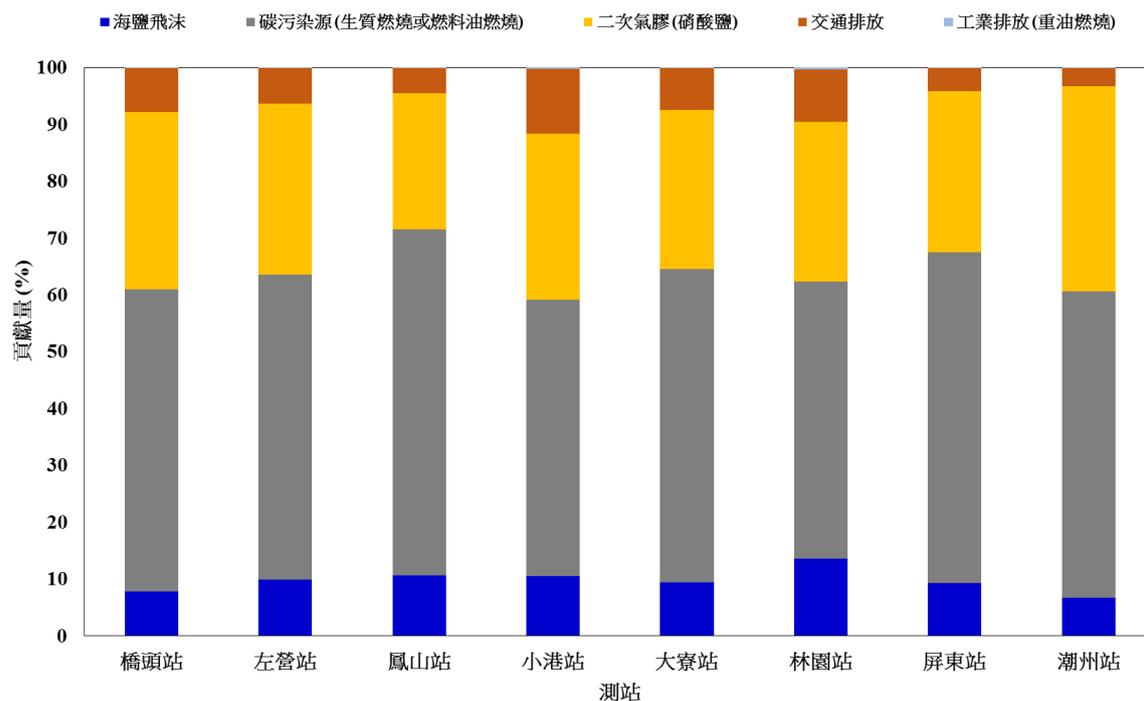


圖 4.4.7 PMF 推估之不同污染源對碳的相對貢獻量

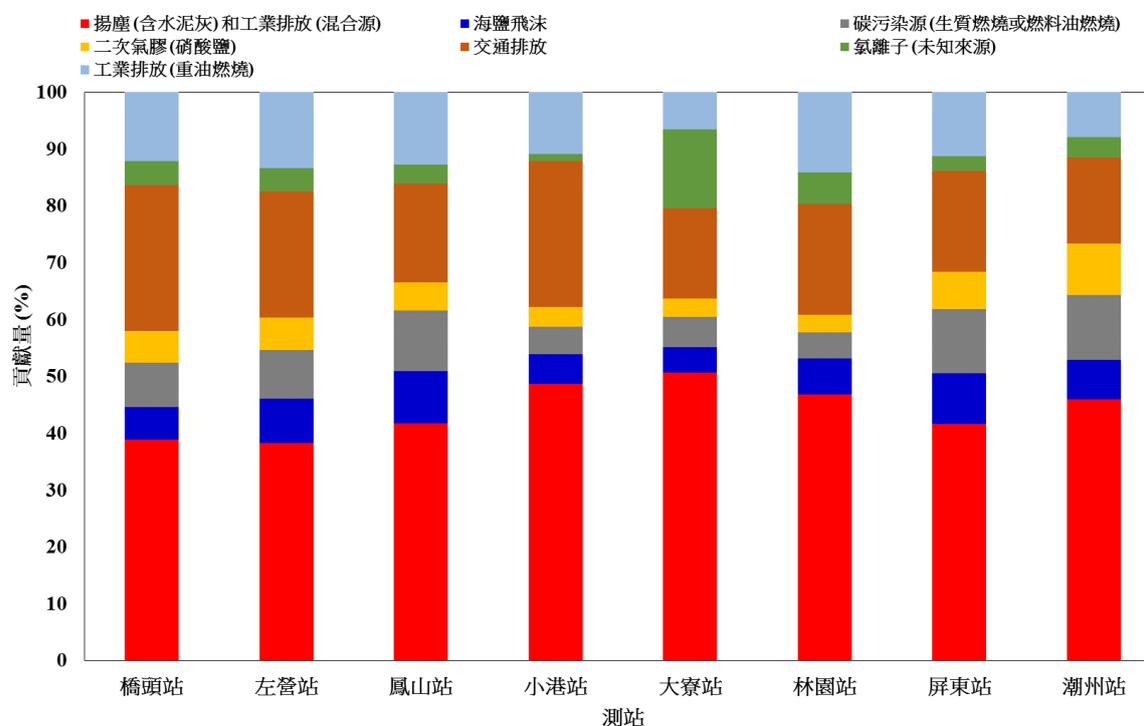


圖 4.4.8 PMF 推估之不同污染源對重金屬的相對貢獻量

## 4.5 高屏地區 PM<sub>2.5</sub> 污染改善方針建議

整合 2019 年和 2020 年的研究資料，本計劃團隊建議高屏地區的污染源改善方針如下。

### (1) 碳污染源

根據 PMF 結合碳同位素的分析結果，可發現碳污染源以生質燃燒和燃料油的燃燒為主要貢獻源，其中，碳 14 的量測結果顯示左營站、林園站、小港站和鳳山站以化石碳的貢獻為主，因此建議優先管制煉油廠（如提高鍋爐燃燒效率和加強污染控制設備效率等）和港口之船舶的燃料油燃燒效率；屏東站和潮州站的碳 14 量測結果反映出現代碳是主要的碳貢獻源，因此生質燃燒的管控，不論是稻梗燃燒或木材燃燒，應納入管制重點。橋頭站和大寮站的碳污染源有季節性的變化，需要更多的資料來評估造成當地碳濃度上升的成因和來源，以提出有效的控制策略方針。

硝酸鹽等二次氣膠的前驅物管理也應納入管理，在都會區，交通排放為重要的前驅物排放源，其中交通排放對碳和鉛分別貢獻 7% 和 20%，因此交通源的管控也是關鍵措施之一，如持續推動大型柴油車改善或二行程機車改善及淘汰等政策。

### (2) 鉛污染源

PMF 結合重金屬的分析結果顯示，重油燃燒、揚塵、鋼鐵廠、燃煤或者焚化爐是造成當地鉛的污染源之一，交通排放則貢獻約 20%，鉛同位素分析結果指出焚化爐、交通排放和港口作業也是鉛污染源之一，因此提高鍋爐燃燒效率，加強污染控制設備等，持續推動大型柴油車改善或二行程機車改善及淘汰等政策，可能是降低當地與鉛有關之污染源的方向之一。

### (3) 其他

綜合 2 年的分析結果，我們發現大寮站的氯離子濃度特別高（其他測站的 3 倍，PMF 分析結果也無法有效的將氯離子整合到某污染源因子），因此，未來調查造成當地氯離子濃度偏高的主因，應有助於降低當地的 PM<sub>2.5</sub> 污染濃度。



## 第五章 結論與建議

## 5.1 執行進度

本計畫預定和實際工作進度如表 5.1 所示，均已完成所有工作內容。

表 5.1 預定與實際進度表

( — 預定進度； — 實際進度)

工作項目	期程	109 年												
		1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	
彙整大氣微粒的同位素特性及應用等相關文獻		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
完成 2 次 (春夏各一次) 高雄和屏東地區大氣 PM <sub>2.5</sub> 之密集採樣				—				—						
完成 5 種固定源排放管道 (共 6 支煙囪) PM <sub>2.5</sub> 採樣					—	—					—			
大氣和固定污染源排放之 PM <sub>2.5</sub> 的化學組成分析			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
碳和鉛同位素分析技術在不同污染源的應用限制分析								—	—	—	—	—	—	—
高雄重要工業污染源的排放對高/屏大氣 PM <sub>2.5</sub> 之影響和貢獻									—	—	—	—	—	—
高屏空氣品質的改善方針建議										—	—	—	—	—
第一次進度報告			—											
期中報告						—								
期末報告												繳交 期末 報告	期末 審查	
累積進度 (%)		5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100	

## 5.2 結論

1. 2020 年的量測結果顯示無論春季或夏季，8 個大氣測站的傳統化學組成均為硫酸鹽、硝酸鹽、銨鹽和有機碳為主，其質量濃度分別占  $PM_{2.5}$  質量濃度的 19%、24%、14% 和 24%；以現代碳比例換算的現代碳和化石碳濃度顯示，位於高雄的 6 個測站之化石碳比例略較現代碳比例高（化石碳：16%；現代碳：14%），但位於屏東的 2 個測站以現代碳略占優勢（化石碳：15%；現代碳：16%）。
2. 以  $PM_{2.5}$  濃度標準值將樣本劃分為  $PM_{2.5}$  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，現代碳與化石碳也有較高的上升比例，顯示光化反應產物或碳燃燒源（如煉油廠、交通排放或生質燃燒）的管制應有助於改善當地高  $PM_{2.5}$  濃度。
3. 大氣  $PM_{2.5}$  中的  $\delta^{13}C$  和鉛同位素分析結果顯示，春季和夏季的大氣平均  $\delta^{13}C$  分別為 -25.7‰ (-34.0 至 -21.0‰) 和 -28.3‰ (-38.2 至 -20.3‰)；在鉛同位素比值部分，春季和夏季的平均  $^{206}Pb/^{207}Pb$  比值分別為 1.1493 (1.1021-1.1581) 和 1.1525 (1.0897-1.2081)，平均  $^{208}Pb/^{207}Pb$  比值分別為 2.4251 (2.3768-2.4393) 和 2.4247 (2.3677-2.4570)。每一個測站在量測期間的碳或鉛同位素比值變異較台灣北部和中南部地區（台中-彰化-雲林-南投-嘉義）的量測結果大，暗示每個測站在每一天的碳或鉛污染來源不穩定，推測應和風向的變化或污染源排放量的變化等有關。然而，夏季和春季的  $\delta^{13}C$  或鉛同位素比値之季節量測值無太大的季節差異，2019 年的量測結果也顯示春季和夏季的量測值不如過去在台灣北部和中南部地區（台中-彰化-雲林-南投-嘉義）的量測結果有較明顯的季節差異，顯示高屏地區的碳和鉛污染源無明顯的季節變化。
4. 焚化爐煙道排放的  $PM_{2.5}$  主要集中在無機 CPM，FPM 中的重要成分為金屬元素、硫酸鹽、氯離子和鈣離子，重要金屬元素包括 Na、K、Ca、Ba、Co、Ni 和 Zn 等元素。平均  $^{206}Pb/^{207}Pb$  比值為 1.1479 (1.1439-1.1522)，平均  $^{208}Pb/^{207}Pb$  比值為 2.4281 (2.4217~2.4365)，此結果和過去在台灣採集與分析的中部地區焚化爐煙道排放的傳統化學組成和同位素比值相近。
5. 煉油廠排放的  $PM_{2.5}$  以無機 CPM 為主，FPM 中的主要成分為 EC、硫酸鹽和

- 鈉離子 (加總約佔 69%)，其中特徵元素包括 Na、Ni、Zn、Mo、Cd、Sn、Sb 和 Se 等，平均  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值為 1.2663 (1.2200-1.3070)，平均  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值為 2.4206 (2.4113-2.4259)。
6. 化工廠排放的  $\text{PM}_{2.5}$  以無機 CPM 為主，FPM 中的主要成分為硫酸鹽為主，其中硫酸鹽占了 31%，特徵元素包括 Co、Ni、Cu、Zn、Mo、Cd、Sn、Tl、Pb、Cr、As 和 Se 等，平均  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值為 1.1715 (1.1594-1.1847)，平均  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值為 2.4241 (2.4198-2.4282)。
  7. 造紙廠排放的  $\text{PM}_{2.5}$  以無機 CPM 為主，FPM 中的主要成分為硫酸鹽和鈣離子為主，2 個組成之濃度加總約佔  $\text{PM}_{2.5}$  質量濃度的 10%，特徵元素包括 Ni、Zn、Cd、Sn、Sb 和 Se 等，平均  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值為 1.2067 (1.1713-1.2342)，平均  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  比值為 2.4336 (2.4308-2.4359)。
  8. 以碳同位素進行碳的生成機制發現，當碳的濃度越高，異相反應為碳的主要生成機制，當碳濃度較低時，光化反應則為主要的貢獻源。PMF 分析出的碳污染源以生質燃燒、燃料油燃燒和硝酸鹽二次氣膠為重要貢獻源，其中，碳 14 的量測結果建議左營站、林園站、小港站和鳳山站以化石碳為主要碳貢獻源，屏東站和潮州站則以現代碳貢獻源為主。大寮站和橋頭站有季節上的差異，仍需更多資料探討造成此季節差異的原因和污染源。
  9. 在鉛污染源部分，根據 PMF 的分析結果，揚塵 (包含水泥灰) 和工業排放 (混合源) 是主要的貢獻源，其次為交通排放和重油燃燒，鉛同位素比值則顯示交通排放、港口作業活動和焚化爐是主要的鉛污染源。綜合 2 方法的分析結果，工業排放中的港口作業活動、焚化爐和重油燃燒應是高屏地區的主要鉛污染源，另外也受交通排放的影響。

### 5.3 建議

1. 研究資料發現光化反應和燃燒源 (包括化石和生質燃料) 是造成高屏地區高  $\text{PM}_{2.5}$  濃度的重要成因，因此管制光化反應前驅物的排放及燃燒源是重要的管理方向。
2. 比較台灣北部、中部和南部的碳或鉛同位素資料，可發現高屏地區的碳與鉛同位素量測值無明顯的季節變化，而每一個測站的碳與鉛同位素量測值有較大的

變動性，說明高屏地區的污染來源和影響因子與台灣中部和北部不同，隱含污染過程需要進一步追蹤，以利評估當地的污染來源。

3. 整合 2019 和 2020 年的研究資料，可發現多數固定污染源排放的微粒以 CPM 為主，部分污染源排放的 CPM 濃度更遠高於 FPM，反映出未來研究應著重在 CPM 組成的量測及其對周界空氣品質影響的探討，以利未來微粒污染管制政策的制定。

## 參考文獻

- Bae M-S, Demerjian KL, Schwab JJ. 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 ME, Cary RA. 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 JC, Tao J, Lee S-c, Watson JG, Ho K-f, et al. 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  $^{13}\text{C}$ , 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, et al. 2015. Characteristics of  $^{14}\text{C}$  and  $^{13}\text{C}$  of carbonate aerosols in dust storm events in china. *Atmospheric Research* 164:297-303.
- Chen H-W, Chen W-Y, Chang C-N, Chuang YH. 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 CC-K. 2009. Particulate matter characteristics during agricultural waste burning in taichung city, taiwan. *Journal of hazardous materials* 165:187-192.
- Chou C-K, Lee C, Cheng M, Yuan C, Chen S, Wu Y, et al. 2010. Seasonal variation and spatial distribution of carbonaceous aerosols in taiwan. *Atmospheric Chemistry and Physics* 10:9563-9578.
- Chow JC, Watson JG, Pritchett LC, Pierson WR, Frazier CA, Purcell RG. 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.
- Chow JC. 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 JC, Watson JG, Edgerton SA, 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 JC, Watson JG, Kuhns H, Etyemezian V, Lowenthal DH, Crow D, et al. 2004. Source profiles for industrial, mobile, and area sources in the big bend regional aerosol visibility and observational study. *Chemosphere* 54:185-208.
- Corio LA, Sherwell J. 2000. In-stack condensable particulate matter measurements and issues. *Journal of the Air & Waste Management Association* 50:207-218.
- Cruz CN, Pandis SN. 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 JE, Klouda G, Benner Jr B, Conny J, Biegalski SR, et al. 1998. The pursuit of isotopic and molecular fire tracers in the polar atmosphere and cryosphere. *Radiocarbon*.
- 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.
- de Foy B, Smyth AM, Thompson SL, Gross DS, Olson MR, Sager N, et al. 2012. Sources of nickel, vanadium and black carbon in aerosols in milwaukee. *Atmospheric environment* 59:294-301.
- Deng L, Bi C, Jia J, Zeng Y, Chen Z. 2020. Effects of heating activities in winter on characteristics of pm<sub>2.5</sub>-bound pb, cd and lead isotopes in cities of china. *Journal of Cleaner Production*:121826.
- Donateo A, Gregoris E, Gambaro A, Merico E, Giua R, Nocioni A, et al. 2014. Contribution of harbour activities and ship traffic to pm<sub>2.5</sub>, particle number concentrations and pahs in a port city of the mediterranean sea (italy). *Environmental Science and Pollution Research* 21:9415-9429.
- Duan F, He K, Ma Y, Jia Y, Yang F, Lei Y, et al. 2005. Characteristics of carbonaceous aerosols in beijing, china. *Chemosphere* 60:355-364.
- Endo M, Yamamoto N, Yoshinaga J, Yanagisawa Y, Endo O, Goto S, et al. 2004. 14 c measurement for size-fractionated airborne particulate matters. *Atmospheric Environment* 38:6263-6267.
- 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 SA, Christensen JN, Brown ST, Vancuren RA, Cliff SS, Depaolo DJ. 2010. Pb isotopes as an indicator of the asian contribution to particulate air pollution in urban california. *Environmental science & technology* 44:8911-8916.
- 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.
- Górka M, Kosztowniak E, Lewandowska AU, Widory D. 2020. Carbon isotope compositions and tc/oc/ec levels in atmospheric pm<sub>10</sub> from lower silesia (sw poland): Spatial variations, seasonality, sources and implications. *Atmospheric Pollution Research*.

- Gallon C, Ranville MA, Conaway CH, Landing WM, Buck CS, Morton PL, et al. 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 BM, Swart PK, Riemer DD. 2010.  $\Delta^{13}C$  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, et al. 2017. An isotopic study of atmospheric lead in a megacity after phasing out of leaded gasoline. *Atmospheric Environment* 149:70-83.
- Graney JR, Edgerton ES, Landis MS. 2019. Using pb isotope ratios of particulate matter and epiphytic lichens from the athabasca oil sands region in alberta, canada to quantify local, regional, and global pb source contributions. *Science of the Total Environment* 654:1293-1304.
- He K, Yang F, Ma Y, Zhang Q, Yao X, Chan CK, et al. 2001. The characteristics of pm 2.5 in beijing, china. *Atmospheric Environment* 35:4959-4970.
- Heal MR, Naysmith P, Cook GT, Xu S, Duran TR, Harrison RM. 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 CK, Jimmy CY, Chow JC, 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 SC, Lin C-Y, Hsu R-T, Huang Y-T, Chen Y-W. 2004. Metal compositions of pm10 and pm2.5 aerosols in taipei during spring, 2002. *Terr Atmos Ocean Sci* 15:925-948.
- Hsu S-C, Liu SC, Jeng W-L, Chou CC, Hsu R-T, Huang Y-T, et al. 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, Liu S, Tsai F, Engling G, Lin I, Chou C, et al. 2010. High wintertime particulate

- matter pollution over an offshore island (kinmen) off southeastern china: An overview. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 115.
- Hsu SC, Liu SC, Huang YT, Lung SCC, Tsai F, Tu JY, et al. 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.
- Hsu SC, Liu SC, Huang YT, Chou CC, Lung S, Liu TH, et al. 2009. Long-range southeastward transport of asian biosmoke pollution: Signature detected by aerosol potassium in northern taiwan. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 114.
- Hu C-W, Chao M-R, Wu K-Y, Chang-Chien G-P, Lee W-J, Chang LW, et al. 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<sub>2.5</sub>) 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 MZ. 2001. Strong radiative heating due to the mixing state of black carbon in atmospheric aerosols. *Nature* 409:695-697.
- John W, Wall SM, Ondo JL, Winklmayr W. 1990. Modes in the size distributions of atmospheric inorganic aerosol. *Atmospheric Environment Part A General Topics* 24:2349-2359.
- Jung C-C, Chou CC-K, Lin C-Y, Shen C-C, Lin Y-C, Huang Y-T, et al. 2019. C-sr-pb isotopic characteristics of pm<sub>2.5</sub> transported on the east-asian continental outflows. *Atmospheric Research*.
- Khan M, Latif MT, Saw W, Amil N, Nadzir M, Sahani M, et al. 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, et al. 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.
- Kim E, Hopke PK, Qin Y. 2005. Estimation of organic carbon blank values and error structures of the speciation trends network data for source apportionment. *Journal of the Air & Waste Management Association* 55:1190-1199.
- Klinedinst DB, Currie LA. 1999. Direct quantification of pm<sub>2.5</sub> fossil and biomass carbon within the northern front range air quality study's domain. *Environmental science & technology* 33:4146-4154.
- Komárek M, Ettler V, Chrástný V, Mihaljevič M. 2008. Lead isotopes in environmental sciences: A review. *Environment International* 34:562-577.
- Kulkarni P, Chellam S, Fraser MP. 2007. Tracking petroleum refinery emission events using lanthanum and lanthanides as elemental markers for pm<sub>2.5</sub>. *Environmental science & technology* 41:6748-6754.
- Kumar S, Aggarwal S, Malherbe J, Barre J, Beraïl S, Gupta P, et al. 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 ML, Ceppi S, Palancar GG, Olcese LE, Tirao G, Toselli BM. 2011. Elemental concentration and source identification of pm<sub>10</sub> and pm<sub>2.5</sub> by sr-xrf in córdoba city, argentina. *Atmospheric Environment* 45:5450-5457.
- López-Veneroni D. 2009. The stable carbon isotope composition of pm<sub>2.5</sub> and pm<sub>10</sub> in mexico city metropolitan area air. *Atmospheric Environment* 43:4491-4502.
- 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.

- Li J, Qi Z, Li M, Wu D, Zhou C, Lu S, et al. 2017. Physical and chemical characteristics of condensable particulate matter from an ultralow-emission coal-fired power plant. *Energy & Fuels* 31:1778-1785.
- Lim S, Yang X, Lee M, Li G, Gao Y, Shang X, et al. 2020. Fossil-driven secondary inorganic pm<sub>2.5</sub> enhancement in the north china plain: Evidence from carbon and nitrogen isotopes. *Environmental Pollution* 266:115163.
- Lin Y-C, Tsai C-J, Wu Y-C, Zhang R, Chi K-H, Huang Y-T, et al. 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-C, Hsu S-C, Chou CC-K, Zhang R, Wu Y, Kao S-J, et al. 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, Cheng M. 2007. Evaluation of formation rates of no<sub>2</sub> to gaseous and particulate nitrate in the urban atmosphere. *Atmospheric Environment* 41:1903-1910.
- Lin YC, Cheng MT, Chio CP, Kuo CY. 2009. Carbonaceous aerosol measurements at coastal, urban, and inland sites in central taiwan. *Environmental Forensics* 10:7-17.
- Lin YC, Cheng MT, Lin WH, 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 YC, Schwab JJ, Demerjian KL, Bae MS, Chen WN, Sun Y, et al. 2012. Summertime formaldehyde observations in new york city: Ambient levels, sources and its contribution to hox radicals. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 117.
- Lowenthal DH, Zielinska B, Chow JC, Watson JG, Gautam M, Ferguson DH, et al. 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 c<sub>4</sub> plant landscape of southeast brazil. *Atmospheric Environment* 36:2427-2432.

- Masalaite A, Remeikis V, Garbaras A, Dudoitis V, Ulevicius V, Ceburnis D. 2015. Elucidating carbonaceous aerosol sources by the stable carbon  $\delta^{13}C$  ratio in size-segregated particles. *Atmospheric Research* 158:1-12.
- Masalaite A, Holzinger R, Ceburnis D, Remeikis V, Ulevičius V, Röckmann T, et al. 2018. Sources and atmospheric processing of size segregated aerosol particles revealed by stable carbon isotope ratios and chemical speciation. *Environmental Pollution* 240:286-296.
- Mkoma SL, Kawamura K, Tachibana E, Fu P. 2014. Stable carbon and nitrogen isotopic compositions of tropical atmospheric aerosols: Sources and contribution from burning of  $C_3$  and  $C_4$  plants to organic aerosols. *Tellus B* 66.
- Monna F, Lancelot J, Croudace IW, Cundy AB, Lewis JT. 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.
- Morera-Gómez Y, Alonso-Hernández CM, Cartas-Águila HA, Santamaría JM, Elustondo D, Lasheras E, et al. 2020. Elucidating the sources and dynamics of PM<sub>10</sub> aerosols in Cienfuegos (Cuba) using their multi-stable and radioactive isotope and ion compositions. *Atmospheric Research*:105038.
- Mukai H, Tanaka A, Fujii T, Zeng Y, Hong Y, Tang J, et al. 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 DL, Kawamura K, Ono K, Ram SS, Engling G, Lee C-T, et al. 2016. Comprehensive PM<sub>2.5</sub> 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 MT, 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, et al. 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 TA, Loukkola K, Korhonen CH, Aurela M, Mäkelä T, Hillamo RE, et al. 2001. Sources and chemical composition of atmospheric fine and coarse particles in the Helsinki area. *Atmospheric Environment* 35:5381-5391.
- 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*, p. 124.
- Pan W-C, Wu C-D, Chen M-J, Huang Y-T, Chen C-J, Su H-J, et al. 2016. Fine particle pollution, alanine transaminase, and liver cancer: A Taiwanese prospective cohort study (REVEAL-HBV). *JNCI: Journal of the National Cancer Institute* 108.
- Pavuluri CM, Kawamura K. 2012. Evidence for <sup>13</sup>C-enrichment in oxalic acid via iron catalyzed photolysis in aqueous phase. *Geophysical Research Letters* 39.
- Pope III CA, Burnett RT, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, Ito K, et al. 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, et al. 2010. A European aerosol phenomenology-3: Physical and chemical characteristics of particulate matter from 60 rural, urban, and kerbside sites across Europe. *Atmospheric Environment* 44:1308-1320.

- Qin Y, Kim E, Hopke PK. 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 CR, Cots N, et al. 2001. Pm10 and pm2.5 source apportionment in the barcelona metropolitan area, catalonia, spain. *Atmospheric Environment* 35:6407-6419.
- Querol X, Viana M, Alastuey A, Amato F, Moreno T, Castillo S, et al. 2007. Source origin of trace elements in pm from regional background, urban and industrial sites of spain. *Atmospheric Environment* 41:7219-7231.
- Rahn KA. 1999. A graphical technique for determining major components in a mixed aerosol. I. Descriptive aspects. *Atmospheric Environment* 33:1441-1455.
- 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, et al. 2016. Using trace element content and lead isotopic composition to assess sources of pm in tijuana, mexico. *Atmospheric Environment* 132:171-178.
- Samek L, Stegowski Z, Furman L. 2016. Preliminary pm2.5 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, et al. 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 JH, Pandis SN. 1998. From air pollution to climate change. *Atmospheric Chemistry and Physics*.
- Sen IS, Bizimis M, Tripathi SN, 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 RJ, Nallathamby PD, Surratt JD, Lee A, Lewandowski M, Offenbergh JH, et al. 2017. Constraints on primary and secondary particulate carbon sources using

- chemical tracer and  $^{14}\text{C}$  methods during calnex-bakersfield. *Atmospheric Environment* 166:204-214.
- Strader R, Lurmann F, Pandis SN. 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.  $^{14}\text{C}$ -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.
- Tolis EI, Saraga DE, Filiou KF, Tziavos NI, Tsiaousis CP, Dinas A, et al. 2015. One-year intensive characterization on  $\text{PM}_{2.5}$  nearby port area of thessaloniki, greece. *Environmental Science and Pollution Research* 22:6812-6826.
- 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.
- U.S.EPA. 2014. Epa positive matrix factorization (pmf) 5.0 fundamentals and user guide. USA:U.S. Environmental Protection Agency.
- Wang J, Hu Z, Chen Y, Chen Z, Xu S. 2013. Contamination characteristics and possible sources of  $\text{PM}_{10}$  and  $\text{PM}_{2.5}$  in different functional areas of shanghai, china. *Atmospheric Environment* 68:221-229.
- Wang S, Hu G, Yan Y, Wang S, Yu R, Cui J. 2019. Source apportionment of metal elements in  $\text{PM}_{2.5}$  in a coastal city in southeast china: Combined pb-sr-nd isotopes with pmf method. *Atmospheric Environment* 198:302-312.
- 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, et al. 2017. Combining positive matrix factorization and radiocarbon measurements for source apportionment of  $\text{PM}_{2.5}$  from a national background site in north china. *Scientific Reports* 7:10648.
- Watson JG, Chow JC, Houck JE. 2001.  $\text{PM}_{2.5}$  chemical source profiles for vehicle exhaust, vegetative burning, geological material, and coal burning in northwestern colorado during 1995. *Chemosphere* 43:1141-1151.
- 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.
- 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.
- Wilson JG, Kingham S, Pearce J, Sturman AP. 2005. A review of intraurban variations in particulate air pollution: Implications for epidemiological research. *Atmospheric Environment* 39:6444-6462.
- World Health Organization. 2016. Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of diseases. Switzerland:World Health Organization.
- Xie R, Seip HM, Wibetoe G, Nori S, McLeod CW. 2006. Heavy coal combustion as the dominant source of particulate pollution in taiyuan, china, corroborated by high concentrations of arsenic and selenium in pm 10. *Science of the Total Environment* 370:409-415.
- Yang H-H, Lee K-T, Hsieh Y-S, Luo S-W, Li M-S. 2014. Filterable and condensable fine particulate emissions from stationary sources. *Aerosol Air Qual Res* 14:2010-2016.
- Yang H-H, Lee K-T, Hsieh Y-S, Luo S-W, Huang R-J. 2015. Emission characteristics and chemical compositions of both filterable and condensable fine particulate from steel plants. *Aerosol Air Qual Res* 15:1672-1680.
- Yang H-H, Arafath SM, Wang Y-F, Wu J-Y, Lee K-T, Hsieh Y-S. 2018. Comparison of coal-and oil-fired boilers through the investigation of filterable and condensable pm2. 5 sample analysis. *Energy & fuels* 32:2993-3002.
- Yau P, Lee S, Cheng Y, Huang Y, Lai S, Xu X. 2013. Contribution of ship emissions to the fine particulate in the community near an international port in hong kong. *Atmospheric Research* 124:61-72.
- Yu Y, Li Y, Li B, Shen Z, Stenstrom MK. 2016. Metal enrichment and lead isotope analysis for source apportionment in the urban dust and rural surface soil. *Environmental Pollution* 216:764-772.
- Zhang R, Jing J, Tao J, Hsu S-C, Wang G, Cao J, et al. 2013. Chemical characterization and source apportionment of pm 2.5 in beijing: Seasonal perspective. *Atmospheric Chemistry and Physics* 13:7053-7074.
- Zhang R, Guan M, Shu Y, Shen L, Chen X, Zhang F, et al. 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 W, Zhang Y-L, Cao F, Xiang Y, Zhang Y, Bao M, et al. 2019. High time-resolved measurement of stable carbon isotope composition in water-soluble organic aerosols: Method optimization and a case study during winter haze in eastern china. *Atmospheric Chemistry and Physics* 19:11071-11087.
- Zhang Y-L, Huang R-J, El Haddad I, Ho K-F, Cao J-J, Han Y, et al. 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.
- Zhang YL, Kawamura K, Cao F, Lee M. 2016. Stable carbon isotopic compositions of low-molecular-weight dicarboxylic acids, oxocarboxylic acids,  $\alpha$ -dicarbonyls, and fatty acids: Implications for atmospheric processing of organic aerosols. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 121:3707-3717.
- Zhao M, Zhang Y, Ma W, Fu Q, Yang X, Li C, et al. 2013. Characteristics and ship traffic source identification of air pollutants in china's largest port. *Atmospheric environment* 64:277-286.
- Zhao P, Dong F, Yang Y, He D, Zhao X, Zhang W, et al. 2013. Characteristics of carbonaceous aerosol in the region of beijing, tianjin, and hebei, china. *Atmospheric Environment* 71:389-398.
- Zhao Z, Cao J, Zhang T, Shen Z, Ni H, Tian J, et al. 2018. Stable carbon isotopes and levoglucosan for pm<sub>2.5</sub> elemental carbon source apportionments in the largest city of northwest china. *Atmospheric Environment* 185:253-261.
- Zheng J, Tan M, Shibata Y, Tanaka A, Li Y, Zhang G, et al. 2004. Characteristics of lead isotope ratios and elemental concentrations in pm<sub>10</sub> 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, et al. 2016. Source apportionment of pm<sub>2.5</sub> 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.
- 元科科技股份有限公司. 2016. 103-104 年固定污染源許可管制計畫. 高雄市:高雄

市政府環境保護局.

宋國安. 2017. 105 年高雄市總量管制執行管理計畫. 高雄市:高雄市政府環境保護局.

李崇德. 2017. 106 年度細懸浮微粒(pm2.5)化學成分與分析計畫. 台北市:行政院環境保護署.

李崇德. 2018. 107 年度細懸浮微粒(pm2.5)化學成分與分析計畫. 台北市:行政院環境保護署.

周崇光. 2014. 懸浮微粒污染源特徵指標技術之建置與評析. 台北市:行政院環境保護署環境檢驗所.

周崇光. 2016. 以同位素分析鑑別細懸浮微粒(pm2.5)污染來源先期計劃. 台北, 台灣:行政院環保署.

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. 台北市:行政院環境保護署.

周崇光. 2018. 細懸浮微粒碳同位素分析技術之發展與應用研究計畫. 台北市:行政院環境保護署.

周崇光. 2019. 108 年度細懸浮微粒碳與鉛同位素分析技術之發展與應用研究計畫. 台北市:行政院環境保護署.

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. 高雄市:國立中山大學.

屏東縣政府. 2017. 屏東縣空氣污染防制計畫. 屏東縣.

高雄市政府. 2019. 高雄市固定污染源空污費及排放量統計概況. 高雄市:高雄市政府.

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:嘉義市政府環境保護局.

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. 台北市:行政院環境保護署.

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. 台北, 台灣:行政院環保署.

## 附錄

### 附錄一 評選會議記錄

行政院環境保護署「109年度細懸浮微粒碳與鉛同位素分析技術之發展與應用研究計畫」案採購評選委員會 評選會議紀錄

壹、會議時間：108年12月18日（星期三）上午10時

貳、會議地點：本署4樓第6會議室

參、主持人：李建德委員紀錄：張志偉

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：李建德委員、黃欣俊委員、張小萍委員、華梅英委員、林錫旗委員

陸、請假委員：無

柒、列席人員（工作小組成員）：彭成熹（具有採購人員資格）、游智淵、張志偉（協助評選委員會辦理與評選有關之作業）

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、評選委員互選召集人及副召集人，互推過程為出席委員互相推薦，決議由李建德委員擔任召集人，華梅英委員擔任副召集人。

拾壹、召集人致詞：（略）

拾貳、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）。

拾參、廠商詢答事項：

一、評選委員審查意見：

（一）請補充說明本案與前幾期計畫的整合規劃。

（二）請補充說明本計畫各採樣站的規劃邏輯

（三）針對高屏地區使用化石燃料的移動源（如車輛、飛機、船舶）研析規劃或建議，請補充說明。

- (四) 查服務建議書規劃採樣多屬高爐固定源，請補充說明本計畫統計方法之限制條件。
- (五) 有關本案執行期間至109年12月31日，惟查服務建議書第五章（P.61~62）執行進度表於11月30日已完成100%，請補充說明。
- (六) 查服務建議書第六章經費需求（P.63），提醒廠商有關臨時工薪資需注意符合109年1月1日實施之最低時薪標準、本署委辦計畫經費編列基準長程差旅費用為每人每次3,400元，倘得標後應注意。另本計畫為總包價法，惟經費分析表所述結餘款納入中研院研究基金部分與本案無涉，請補充說明。
- (七) 第一章研究背景，P.3提及不同地區的焚化爐，燃燒垃圾的種類不同，其鉛同位素的比值，可能不同，高屏地區共有5座大型焚化爐，選擇南區焚化廠採樣，是否具有代表性?其考量之因素為何?
- (八) 第三章研究方法，P.36 為利於污染源的鑑定與比較，規劃於高PM2.5日濃度與低PM2.5濃度之季節，分別進行採樣，何以僅規劃春、夏兩季?而對於高污染季節之冬季，卻未能有所著墨?
- (九) 第三章研究方法，P.39在污染源排放微粒之採樣方面，本計畫研究國隊規劃以興達火力電廠取代鋼鐵廠，畢竟火力電廠與鋼鐵廠排放屬性不同，是否符合委辦單位需求?宜再確認。
- (十) 承上，無論那一種污染源，均會在最大排放管道進行PM2.5採樣，每根排放管道不定期進行二次採樣，每次採樣均為三重複。何以2019 年採集之大林火力電廠，其煙道之微粒濃度偏低?請補充說明。
- (十一) 本案如由2013年起執行，則建立PM2.5同位素及化學組成之資料庫是否可以經由本計畫整合前期計畫所取得之數據?
- (十二) P.79採樣僅由一位研究助理是否足夠?
- (十三) P.63經費需求之人事費空白欄位宜補填是否屬於兼任助理?
- (十四) P.33採重要污染源及其周遭3種污染源樣本，係指除污染源之外，還要再加採其周界樣本嗎?
- (十五) P.56-57公式之敘述， $X_{ij}$ 為第j個樣本中第i個化學物種的量測濃度，是否如108年期中報告所提應修正為第i個樣本中第j個化學物種的量測濃度?
- (十六) 未來是否發展技術手冊?

- (十七) 採樣次數是否足夠排除基質干擾與前處理問題(對精準度)，如何因應?
- (十八) 請補充儀器(同位素分析)校正方式。
- (十九) 過去執行經驗檢討及因應為何?
- (二十) 中研院團隊前幾年均協助本署進行本項計畫，多有相當具體之研究成果，故應有執行之經驗及能力
- (二十一) 在工作中預計8站至少完成2季，每季最少7天，請說明預期之採樣規劃(如季節?事件日?連續日或單日?8站同步?)
- (二十二) 儀器設備與其他計畫間，人力與設備分配上能否因應
- (二十三) 計畫中預期以正矩陣因子法(PMF)推估不同污染源對PM2.5的貢獻，請說明本計畫將對其中樣品數量，各成分化學物種濃度等背景資料量之掌握情形。

## 二、廠商答覆意見：

- (一) 由於前期計畫(2019年)已完成第一年高屏地區PM2.5污染來源的調查，2016~2018年間，也陸續收集重要污染源排放PM2.5的傳統化學組成和同位素特徵，因此2020年計畫執行期間，也將整合近年的調查資料，特別是污染源同位素特徵資料，做為評估高屏地區PM2.5污染來源的資料庫，以利提出改善方針建議。
- (二) 本計畫延續去年挑選的採樣點，高雄市的橋頭區、左營區、鳳山區、小港區、大寮區與林園區和屏東縣的屏東市與潮州鎮等8個區域為採樣地點。挑選的這8個採樣點的考量為：
1. 可連結前期計畫的調查結果，以強化數據的豐富度。
  2. 此8個採樣區域均有環保署空氣品質監測站，這些測站也涵蓋高雄與屏東主要的人口居住地。
  3. 此8個測站以小港站為中心向外擴充，第二圈為左營站、鳳山站、大寮站和林園站，第三圈為橋頭站、屏東站和潮州站，透過以中心向外擴充的不同層次之佈點方式，了解污染源的排放對高屏不同區域的影響程度。
- (三) 本研究團隊過去已完成交通和港口作業區排放之PM2.5的採樣與化學組成的分析，但飛機產生污染源的採集較為困難，因此尚未納入本計畫的採樣規劃中；此外，因根據高雄市政府的統計資料，固定污染源，如火力發電廠，為主要的粒狀物貢獻源，因此建議優先以此類污染源為調查對象。

- (四) 由於樣本數有限，因此會以無母數分析方法來分析數據，以了解其特性。
- (五) 11月30日為期末報告繳交期限，12月31日完成期末審查和結案，因此本研究團隊將11月30日前的執行進度更改為95%，12月31日為100%。
- (六) 本研究團隊將會修正經費需求的撰寫。在結餘款部分，乃依中研院會計室規範，但會刪除此段文字並和中研院會計室說明。
- (七) 高雄和屏東共有5座焚化爐，其中南區焚化爐煙道排放的粒狀物為5個焚化爐最高者，且每日可焚燒垃圾量也最；此外，由於南區焚化爐位於高雄的西南端，根據前期計畫的研究，我們發現當風向為西南風時（主要是夏季），小港等西南端的測站之同位素和位於小港站東北方的屏東等測站之同位素特徵有良好的關係，因此若採集的焚化爐為位於高雄西南端的南區焚化爐，也有助於了解焚化爐的排放在受西南風的影響時，其對高雄與屏東主要人口居住地的影響。因此焚化爐以高雄南區焚化爐為調查對象。
- (八) 由於每年夏季為高雄市和屏東縣PM2.5濃度最低的季節，最高的季節則發生在冬季和春季，但根據評選須知，計畫的執行期限到2020年12月31日，若採樣季節包含冬季，將會沒有充分的時間進行樣本的分析與討論，故本團隊規劃分別於2020年的春季和夏季進行大氣PM2.5的採樣與分析，同時也可和2019年的春季與夏季的樣本進行比較。
- (九) 由於2019年計畫採集的高雄某鋼鐵廠為高雄市境內最主要的粒狀物排放源，2019年計畫採集的大林火力發電廠煙道之微粒濃度偏低，且高雄市境內仍有其他粒狀物排放量更高的火力發電廠。因此，本研究團隊規劃在已有較大微粒排放量的鋼鐵廠之PM2.5化學組成與同位素特性資料後，建議以火力發電廠取代鋼鐵廠。
- (十) 由於大林電廠以袋濾式集塵器去除燃燒產生的微粒，故其濃度較低。因此，本研究團隊也將增加高雄境內其他的重要火力發電廠排放之PM2.5樣本的採集與分析，以增加代表性。
- (十一) 本案自2015年的前驅計畫開始，已累積周界與污染源排放之PM2.5的化學組成與同位素特徵資料，因此2020年計畫執行期間，也將整合近年的調查資料，特別是污染源同位素特徵資料，做為評估高屏地區PM2.5污染來源的資料庫，以利提出改善方針建議。
- (十二) 為利於計畫的推動，特別是採樣作業，會由本研究團隊的同仁協助採樣，

或聘請工讀生協助採樣，並遵循勞基法的規範。

(十三) 此為專任助理勞健保及勞退提撥金，得標後將修改此欄位資料。

(十四) 本研究團隊除了固定污染源排放之PM2.5樣本的採集外，也會採集周界的樣本，採樣位置則如本計畫書規劃的8個採樣點

(十五)  $X_{ij}$ 的正確描述確實為第*i*個樣本中第*j*個化學物種的量測濃度。將修正錯誤之描述。

(十六) 本研究團隊建立同位素之污染源鑑定技術，可直接參考歷年的期末報告，該報告都有描述如何應用同位素資料或整合其他分析技術來進行微粒污染源的鑑定。

(十七) 採集的樣本都有一致的保存規範，也都依循過去實驗室發展的採樣與分析技術進行，因此可將干擾降到最低。

(十八) 本研究團隊以Cavity Ringdown Spectroscopy (CRDS) 分析  $\delta^{13}C$ ，分析結果會以標準品 (USGS40、61、62、63) 進行校正。在 $^{14}C$ 部分，樣本是送到美國Beta實驗室進行分析，該實驗室以National Institute of Standards and Technology (NIST) SRM 4990C OX II進行分析結果的校正。在鉛同位素部分，經分析的鉛同位素，會以NIST SRM 981進行校正。

(十九) 根據過去的執行經驗，所面臨的主要問題在於固定污染源的碳含量不足以作碳同位素的分析。本研究團隊將增加樣本量並合併樣本進行分析，確保有足夠的碳含量供分析。

(二十) 謝謝委員的肯定。

(二十一) 本研究團隊規劃於春夏兩季採集期間，每個測站最少採集7天(連續採樣，若遇降雨或颱風等會影響採樣結果的因素，將延後採樣)，每個樣本的採樣時間為24小時，另外，8個測站均同步採樣。

(二十二) 本研究團隊(包含協同主持人)已合作多年，各子團隊也都有採樣設備並可互相支援人力，相信人力與設備的分配不會對計畫的執行造成阻礙。

(二十三) 本研究團隊預計採集的周界樣本最少112個(2季，8站，每站最少7天)，加上2019年計畫執行期間採集到127個樣本，共239個樣本，已超過PMF建議的100個樣本，因此就樣本數而言，足以PMF進行污染源的分析。在各化學物種濃度部分，前期計畫的分析結果顯示，周界的化學組成都高於本研究團隊採用之分析技術的

偵測極限，相信可採集到足夠化學組成含量供分析（除少部分真實環境濃度偏低的重金屬，如U等）。

拾肆、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（如附件）。

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，中央研究院總評分為410／序位合計值為5。

三、**本案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）1家參與評選廠商之平均總評分達70分以上，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）**本次會議評選結果，將由承辦單位簽陳機關首長或其授權人核定，再辦理後續議價程序或相關事宜。**

拾伍、委員是否有不同意見：無。

拾陸、散會：上午 11 時 10 分

## 附錄二 第一次工作會議記錄

「109年度細懸浮微粒碳與鉛同位素分析技術之發展與應用研究計畫」

### 第1次工作會議紀錄

- 一、 時間：中華民國109年2月17日（星期一）上午9時30分
- 二、 地點：本署4樓第7會議室
- 三、 主席：游智淵科長 記錄：張志偉
- 四、 出（列）席單位及人員：詳附件簽名單
- 五、 主席致詞：（略）
- 六、 計畫執行單位報告：（略）
- 七、 會議共識：
  - (一) 本年度計畫採樣規劃原則如次
    1. 周界測站仍維持與108年度計畫相同（高雄市曹公國民小學等8站），並由本處協助發文，俾利進行採樣工作。
    2. 高雄工業區重要污染源周遭3種污染源樣本，每種污染源採集2次部分，為臻全資料庫，擬參考空保處所提建議名單及相關資料，於最高排放濃度季節，針對下列名單各進行一次採樣；並建請空保處或高雄市環保局提供仁武工業區台塑石化廠、永豐餘焚化爐、興達發電廠之空污許可證，俾利從排放許可量、製程及污染防治設備篩選合適之採樣點：
      - (1) 興達發電廠1、3號機組；
      - (2) 林園工業區中油石化廠、仁武工業區台塑石化廠；
      - (3) 南區資源回收廠焚化爐、永豐餘焚化爐。
  - (二) 本年度計畫建議參考模式模擬、本處粒徑分析、空氣成分等計畫，及歷年計畫成果，進行整體分析論述，並於適當時間辦理正式報告。
- 八、 散會：上午11時0分



### 附錄三 第一次工作進度報告會議記錄

「109年度細懸浮微粒碳與鉛同位素分析技術之發展與應用研究計畫」

#### 第1次工作進度報告會議紀錄

- 一、 時間：中華民國109年4月7日（星期二）上午10時0分
- 二、 地點：本署2樓預報室（視訊會議）
- 三、 主席：張順欽處長 記錄：張志偉
- 四、 出（列）席單位及人員：
  - （一）本署：張順欽處長、彭成熹專門委員、游智淵科長、張志偉高級環境技術師、黃健瑋環境監測技術師
  - （二）中央研究院：周崇光研究員，黃譯檣
- 五、 主席致詞：（略）
- 六、 計畫執行單位報告：（略）
- 七、 討論內容：
  - （一）請注意煙道採樣之季節規劃，及妥善研析其代表意義。
  - （二）建議參採本處於高高屏地區之其他相關計畫執行資訊（如能見度、光達、粒徑分析、IOT等），進行綜整研析。
- 八、 會議結論：
  - （一）本計畫第1次工作進度報告審查原則通過，「採樣及分析相關作業」已確認，相關意見請納入後續期中、末報告中回覆。
  - （二）請依討論意見及契約規定，辦理後續相關事宜。
- 九、 散會：上午10時50分



## 附錄四 期中報告審查會議紀錄

「109 年度細懸浮微粒碳與鉛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、 時間：中華民國 108 年 7 月 9 日（星期四）上午 10 時 0 分

二、 地點：本署 2 樓預報室

三、 主席：張處長順欽紀錄：張志偉

四、 出（列）席單位及人員：詳如附件簽名單

五、 主席致詞：（略）

六、 計畫執行單位報告：（略）

七、 審查意見：

#### （一）華梅英委員

1. 本計畫已依規定進行各項工作，具相當成效，工作值得肯定。
2. 本計畫因執行期限以春、夏季為主要採樣期間，而冬季為我國污染狀況較嚴重期，故請考量如何解決，研提建議。
3. 由於行業別多，但其若主要排放為燃料燃燒，可考量以燃料區分（了解該區燃料特性）。
4. 密集採樣結果鳳山測站在本計畫測值較自動測站為高，可再就氣象狀況及其他可能原因如用油量、交通加以了解。
5. 本計畫在探討 PM2.5 來源上，利用碳與鉛同位素方式與其他研究方法探討 PM2.5 源方面之特性可加以分析，以強化本計畫之成效。

#### （二）張小萍委員

1. 今年中國大陸封城，故工業及交通污染變化降低，加上全球氣候變遷，例如高溫、水災等，與台灣未封城比較，將來可蒐集資料作為比較，例如： $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、C 污染之降低，但 PM 及  $\text{O}_3$  未變。
2. 基本摘要中提到  $\delta^{13}\text{C}$  分析結語推斷出高雄地區的「化石碳」比例較…分析值低，化石碳須修正為現代碳。
3. P46 第 2 段…排放量最大者為僅至於中油的台塑仁武廠，是否是僅次於中油？

#### （三）黃欣俊委員

1. 10 月份起高屏地區進入高污染季，是否評估延長採樣以更完整評析污染來源及成分
2. 事件日與非事件日採樣數量各多少?是否足夠做精準之評析
3. 成果未來可否併北中南之資料整理協助釐清微粒之南北飄移（傳輸）貢獻程度
4. 請補充儀器之校正資料

(四) 本署空保處

無意見

(五) 監資處

1. 請運用碳鉛同位素推估跨境影響之比例。
2. 碳與鉛同位素為定性分析，請說明如何與定量分析結合，及變異數的影響。
3. 108 及 109 年採樣期的氣象條件差異，是否會造成分析結果差異?
4. 港區的船舶於新冠肺炎疫情期間的增減，是否亦導致分析結果的變化，進而證明期的影響程度。
5. 請說明如何彙整及呈現歷年研究成果。
6. 我國已全面禁止含鉛汽油，國際航線船舶於 109 年 1 月 1 日全面採用硫含量 0.5% 以下之低硫燃油，我國亦早於 108 年 1 月 1 日全面採用低硫燃油，供第 92 頁「春季鉛同位素多落在」交通源+焚化爐+港口作業區」解析，及 PMF 因子分類機制參酌。

八、 會議結論：

本計畫第一次高屏地區周界及污染源採樣已完成，期中報告審查原則通過，相關意見請納入後續期末報告回覆，後依契約規定辦理相關事宜。

散會：上午 11 時 0 分

委員意見回覆

華梅英委員	回覆
1. 本計畫已依規定進行各項工作，具相當成效，工作值得肯定。	謝謝委員的肯定。
2. 本計畫因執行期限以春、夏季為主要採樣期間，而冬季為我國污染狀	受限計畫執行期間的規定，較難增加

<p>況較嚴重期，故請考量如何解決，研提建議。</p>	<p>冬季的採樣，並將結果呈現於報告中。但本計畫團隊歷年都會在冬季進行大氣 PM<sub>2.5</sub>的採樣與分析作業，其研究成果可另外提供給環保署作為研擬空污政策的參考。</p>
<p>3. 由於行業別多，但其若主要排放為燃料燃燒，可考量以燃料區分（了解該區燃料特性）。</p>	<p>由於燃料經燃燒後，產生的元素之同位素特徵會和燃料原本的同位素特徵不同，主要是因同位素的分化特性所致。因此，掌握燃料的特性對於應用同位素在污染源的解釋上可能出現落差。但委員所提的建議，我們仍會瞭解調查之污染源的燃料特性，作為應用同位素在污染源鑑定之背景資料。</p>
<p>4. 密集採樣結果鳳山測站在本計畫測值較自動測站為高，可再就氣象狀況及其他可能原因如油量、交通加以了解。</p>	<p>春季密集採樣期間，本計畫採集的鳳山站之 PM<sub>2.5</sub>濃度略高於空品監測站，並呈系統性的差異，此現象可能和兩儀器間的監測差異不同有關。</p>
<p>5. 本計畫在探討 PM<sub>2.5</sub> 來源上，利用碳與鉛同位素方式與其他研究方法探討 PM<sub>2.5</sub> 源方面之特性可加以分析，以強化本計畫之成效。</p>	<p>本計畫除了碳與鉛同位素外，也同時分析其他微粒之化學組成，並結合同位素與受體模式，共同探討高屏當地的 PM<sub>2.5</sub>污染來源，以增加污染源的解釋力。</p>
<p><b>張小萍委員</b></p>	<p><b>回覆</b></p>
<p>1. 今年中國大陸封城，故工業及交通污染變化降低，加上全球氣候變遷，例如高溫、水災等，與台灣未封城比較，將來可蒐集資料作為比較，例如:NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、C 污染之降低，但 PM 及 O<sub>3</sub> 未變。</p>	<p>比較 2019 年和 2020 年的春季分析資料，我們發現兩年在同一地區測得的微粒濃度和組成變動不大，反映中國大陸的封城對台灣空氣品質的影響不</p>

	明顯。然而，因本計畫在春季密集採樣期間的採集天數有限，因此台灣의 空氣品質是否真的因中國大陸封城而受影響，可能需更多的資料來佐證。
2. 基本摘要中提到 d13C 分析結語推斷出高雄地區的「化石碳」比例較…分析值低，化石碳須修正為現代碳。	謝謝委員指正。期末報告會修正。
3. P46 第 2 段…排放量最大者為僅至於中油的台塑仁武廠，是否是僅次於中油？	此段確實是說明台塑仁武廠的排放量僅次於中油。會修正於期末報告。
<b>黃欣俊委員</b>	<b>回覆</b>
1. 10 月份起高屏地區進入高污染季，是否評估延長採樣以更完整評析污染來源及成分	受限計畫執行期間的規定，較難增加秋冬季的採樣，並將結果呈現於報告中。但本計畫團隊歷年都會在年末進行大氣 PM <sub>2.5</sub> 的採樣與分析作業，其研究成果可另外提供給環保署作為空污政策的研擬參考。
2. 事件日與非事件日採樣數量各多少？是否足夠做精準之評析	就單一季節的採樣資料而言，本計畫採集的樣本都達 56 個樣本以上，且自 2016 年始，無論在中部或南部的採樣資料，分析結果均呈現一致的趨勢。因此，該結果具有高度的可信度。
3. 成果未來可否併北中南之資料整理協助釐清微粒之南北飄移（傳輸）貢獻程度	由於微粒在傳輸的過程中會夾雜其他污染源排放的微粒，因此要利用採集的污染源或周界之 PM <sub>2.5</sub> 的同位素特徵來精確探討較遠距離的微粒受到哪一類污染源的影響，就現在的技術而

	言，有其難度。然而，仍可透過不同區域的採樣資料之比較，初步了解不同區域之微粒污染源的差異。
4. 請補充儀器之校正資料	謝謝委員的建議，會補充於期末報告。
<b>監資處</b>	<b>回覆</b>
1. 請運用碳鉛同位素推估跨境影響之比例。	由於微粒在傳輸的過程中可能會夾雜其他污染源排放的微粒，因此要利用採集的污染源或周界之 PM <sub>2.5</sub> 的同位素特徵來精確探討較遠距離的微粒受到哪一類污染源的影響，就現在的技術而言，有其難度。然而，仍可透過不同區域的採樣資料之比較，初步了解不同區域之微粒污染源的差異。
2. 碳與鉛同位素為定性分析，請說明如何與定量分析結合，及變異數的影響。	在 2018 年的計畫執行期間，本計畫團隊已發展出可結合同位素和 PMF 模式的推估方法，探討污染源的種類和貢獻，因此該方法可提供作為應用同位素在污染源的解釋。
3. 108 及 109 年採樣期的氣象條件差異，是否會造成分析結果差異？	根據春季密集採樣期間測得的資料，2019 年和 2020 年的氣象條件、微粒濃度及其組成的分佈無太大差異，因此此兩年的結果應不會受氣象條件的影響。
4. 港區的船舶於新冠肺炎疫情期間的增減，是否亦導致分析結果的變化，進而證明期的影響程度。	比較 2019 年和 2020 年的春季之採樣資料，我們發現兩年在同一地區測得的微粒濃度和組成變動不大，反映中國

	大陸的封城對台灣空氣品質的影響不明顯。然而，因本計畫在春季密集採樣期間的採集天數有限，因此台灣的空氣品質是否真的因中國大陸封城而受影響，可能需更多的資料來佐證。
5. 請說明如何彙整及呈現歷年研究成果。	由於微粒在傳輸的過程中可能會夾雜其他污染源排放的微粒，且不同地區的活動特性截然不同，因此要利用高屏地區採集的周界 PM <sub>2.5</sub> 同位素特徵來精確探討較遠距離的微粒受到哪一類污染源的影響，就現在的技術而言，有其難度。然而，本計畫團隊除了會彙整 2019 年和 2020 年的採樣資料 (提高樣本數，增加可信度)，共同討論高屏地區的污染源外，仍會藉由比較過去的監測資料，了解不同區域之微粒污染源的差異。
6. 我國已全面禁止含鉛汽油，國際航線船舶於 109 年 1 月 1 日全面採用硫含量 0.5% 以下之低硫燃油，我國亦早於 108 年 1 月 1 日全面採用低硫燃油，供第 92 頁「春季鉛同位素多落在」交通源+焚化爐+港口作業區」解析，及 PMF 因子分類機制參酌。	謝謝 貴處提供的訊息。儘管含鉛汽油已在上一世紀被全面禁用，但由於汽機車的運作本身就會排放鉛 (不單單只會來自含鉛汽油)，過去台灣也有研究量測無鉛汽油的鉛同位素，其同位素數值也和本計畫量測的交通源之範圍相近 (Yao et al., 2015; Lead isotope characterization of petroleum fuels in Taipei, Taiwan)，因此交通排放仍可能是鉛污染源之一。在硫燃料部分，由於本計畫透過主成分分析發現硫酸鹽

	<p>和船舶排放的組成在同一組別，且硫的含量雖然降低，但當大量的船舶燃燒排放後，還是可能貢獻較多的微粒，因此，也不能排除港口的影響。</p>
--	--



## 附錄五 期末審查會議記錄

「109 年度細懸浮微粒碳與鉛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

- 一、 時間：中華民國 109 年 12 月 7 日（星期一）下午 4 時 30 分
- 二、 地點：本署 2 樓預報室
- 三、 主席：張處長順欽  
紀錄：張志偉
- 四、 出（列）席單位及人員：詳如附件簽名單
- 五、 主席致詞：（略）
- 六、 計畫執行單位報告：（略）
- 七、 審查意見：

## (一) 華梅英委員

1. 中研院團隊已依規定進行各項工作，具多項檢測成果及分析，工作值得肯定。
2. 本年度 5 種固定污染源，測得主要之優勢元素，能否因而確認建立其指紋污染物？鉛污染防治是否應予加強要求？
3. 本計畫在高雄 6 測站及屏東 2 測站之現代碳和化石碳質量濃度有部分差異，但均在 14%-16%間，如何得以區分其污染源不同？
4. 由現有資料(如 P. 11 表 1. 3. 2 中 OC. EC 含量及比值)狀況各異，本計畫在參考與比較上如何決定？
5. 由 PM<sub>2.5</sub> 與 CPM 之測值，在 CPM 之污染貢獻，是否對其探討應有強化之建議？

## (二) 張小萍委員

1. 摘要 P. XII 第二段之敘述高雄的 6 個站現代碳/化石碳分別佔 PM<sub>2.5</sub> 質量濃度的 16%及 14%，與 P.134 的結論及摘要 P. XIII 的敘述:高雄 6 個測站之化石碳比例略較現代碳比例高的結論相反，建議修正。
2. 摘要 P. XIII 的第二段敘述:鉛污染源分析結果顯示交通排放、重油燃燒、港口作業活動和焚化爐是重要鉛污染源，而 P. XV 的結論 NO. 9 中，揚塵和工業排放是主要貢獻源，其次才是交通排放等，建議整合文字敘述。
3. 文字修正:P. 124 第 3 段-5，濾離子→氣離子。
4. P. 135-5. 3 建議提到光化+燃燒是西半部高 PM<sub>2.5</sub> 濃度的主因，是否須改為”高屏”？
5. P. 136 未來探討 3. 雲林/高雄境內污染源對台南/嘉義的影響?但由於微粒在傳輸過程中可能挾雜其他污染源排放的微粒，所以要探討較遠距離的微粒受哪類污染影響，是否有其難度?
6. P134. NO. 3 的每個測站 isotope ratio 變異>北/中南部，暗示每一天的 C/Pb 污染源不穩定，但後面一段又敘述”造成每日量測結果有差異，可能僅和風向的變化或污染源排放量的變化有關”？是否須整併 2 段描述?
7. 各業別如煉油廠、化工廠、造紙廠、燃煤電廠煙道之化學特性中，特徵元素由 8 個~14 個，且互相重疊，則特徵不明確。

### (三) 黃欣俊委員

1. 同步採樣在鳳山站有相對明顯差異，原因?
2. 鉛同位素分析的數據品質請補充。
3. 富集因子標準化元素為何?

4. PMF 矩陣分析選擇因子標準為何?
5. 焚化爐 Pb 的主要來源?
6. 同位素技術對測站類型的驗證可行性?
7. 報告內容錯植部分請再校正(例如. 英文摘要及結論)。
8. 若再納入秋冬季, 預期季節性差異是否較為明顯?

#### (四) 李建德委員

1. 本同步採中研院執行團隊依據合約, 如期完成各項交辦工作值得肯定, 有關成果報告摘要 P. XI 提到, 每個季節的採樣天數最少 7 天, 每個樣本均採集 22 小時, 是否有誤? 請更正。
2. 第四章結果與討論, P. 85 關於本年度在夏季密集採樣期間, 因受降雨影響致取消 8 月 4 日之採樣, 對於 8 月 10 日和 11 日後續仍有零星降雨, 因此夏季採集的樣本可能會有受降雨影響, 其可能的影響有哪些? 在後續進行樣本分析時, 有無將影響因素納入考量? 建議可予說明交代。
3. 第四章 4.5 污染改善方針建議, 有關大寮站氯離子濃度特別高之現象, 尤其是夏季, 是否與地域性之污染來源(如焚化爐) 相關, 值得進一步探討, 從資料中看出林園站亦有較其他站偏高之現象。
4. 本計畫整合 108 及 109 兩年的研究資料進行分析, 嘗試鑑定出高屏地區 PM2.5 的污染來源, 有關 109 年新冠疫情發生後, 工商業及各項社經活動產生重大變化, 對照 108 及 109 兩年之採樣分析結果, 有那些變化之處? 建議亦可進一步探討。

#### (五) 監資處

1. 工作內容與數量對應無誤, 請強化說明計畫成果亮點。

2. 文中表示高雄及屏東之大氣現代碳含量不同，是否代表高雄及屏東空域不應假設為均勻混合空域。
3. 請研析運用鉛同位素分析高屏地區受到境外污染比例之策略或成果。
4. 我國已全面禁止含鉛汽油，國際航線船舶於 109 年 1 月 1 日全面採用硫含量 0.5% 以下之低硫燃油，我國亦早於 108 年 1 月 1 日全面採用低硫燃油，供 PMF 因子分類機制參酌。

八、 會議結論：

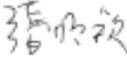
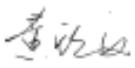
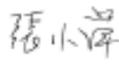
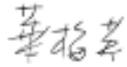
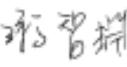
- (一) 本計畫期末報告原則通過，請依委員審查意見修正。
- (二) 請執行單位依審查意見修正期末報告、以對照表說明辦理情形，並依契約書補充條款第 4 條第 1 項規定，提交期末報告（修正稿及正式報告）及相關資料，經本署認可後，辦理結案及請款事宜。

九、 散會：下午 5 時 30 分

## 環保署報到名單

109年度細懸浮微粒碳與鉛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

會議日期：109年12月07日

姓名	單位	職稱	票種	報到狀態	簽名檔
主席		主席		報到	
李建德		副處長			
黃欣俊		技正	高鐵/飛機	報到	
張小萍	已退休			報到	
華梅英	東南科技大學防災研究所	兼任副教授		報到	
蘇國澤				報到	
彭成黨					
張志偉				報到	
游智淵				報到	

第 1 頁，共 2 頁

姓名	單位	職稱	票種	報到狀態	簽名檔
周崇光				報到	

## 期末審查意見回覆

華梅英委員	回覆
1. 中研院團隊已依規定進行各項工作，具多項檢測成果及分析，工作值得肯定。	謝謝委員的肯定。
2. 本年度 5 種固定污染源，測得主要之優勢元素，能否因而確認建立其指紋污染物？鉛污染防治是否應予加強要求？	固定污染源在不同時間的運轉確實會有差異，但本計畫針對同一固定污染源都會進行 3 重複的採樣，並和國內外的研究資料比較，討論採集之結果的差異和穩定性。就鉛污染問題而言，大氣鉛濃度在近年各級環保機關的努力下，污染問題已大幅改善，但因鉛濃度和多數重金屬濃度的相關性佳，說明鉛是一個重要的污染源指標元素，相對的，可被用來評估污染源的種類及其對各地微粒的貢獻。因此，根據我們近年的研究成果，計畫團隊反而建議鉛濃度雖已大幅下降，但以鉛為研究對象，仍有助於找出造成某地區高微粒污染的來源，進而提出微粒污染源的控制方針（第 134 頁）。
3. 本計畫在高雄 6 測站及屏東 2 測站之現代碳和化石碳質量濃度有部分差異，但均在 14%-16% 間，如何得以區分其污染源不同？	就高雄的 6 個測站和屏東的 2 個測站而言，化石碳和現代碳的平均比例確實差異不大，但當檢視每一個測站之每一天的量測值，會發現高雄的 6 個測站的現代碳比例多低於 50%，反觀，屏東的 2 個測站多高於 50%，說明高雄和屏東的碳污染源確實有差異（第 96 和 98 頁）。已調整用詞，避免誤解。
4. 由現有資料(如 P.11 表 1.3.2 中 OC/EC 含量及比值)狀況各異，本計畫在參考與比較上如何決定？	從表 1.3.2 可知道 OC/EC 比值曾被用來當作碳污染源的評估指標，但不確定性高，對於碳污染源種類的定義也有較大的風險。因此，才會衍生到本計畫的重點，透過碳同位素的資料來評估污染源。因此，本計畫對於表 1.3.2 的結果，僅做為過去污染源鑑定方法的說明，無利用該資料進行碳污染源的分析。

<p>5. 由 PM<sub>2.5</sub> 與 CPM 之測值，在 CPM 之污染貢獻，是否對其探討應有強化之建議？</p>	<p>整合 2019 和 2020 年的研究資料，可發現固定污染源排放的微粒以 CPM 為主，部分污染源排放的 CPM 濃度更遠高於 FPM，反映出未來應著重在 CPM 組成的量測及其對周界空氣品質的影響，以利未來微粒污染管制政策的制定與推動。本計畫團隊已補充前段文字於建議的章節中。</p>
<p><b>張小萍委員</b></p>	<p><b>回覆</b></p>
<p>1. 摘要 P. XII 第二段之敘述高雄的 6 個站現代碳/化石碳分別佔 PM<sub>2.5</sub> 質量濃度的 16%及 14%，與 P. 134 的結論及摘要 P. XIII 的敘述:高雄 6 個測站之化石碳比例略較現代碳比例高的結論相反，建議修正。</p>	<p>謝謝委員的指正，已更正。</p>
<p>2. 摘要 P. XIII 的第二段敘述:鉛污染源分析結果顯示交通排放、重油燃燒、港口作業活動和焚化爐是重要鉛污染源，而 P. XV 的結論 NO. 9 中，揚塵和工業排放是主要貢獻源，其次才是交通排放等，建議整合文字敘述。</p>	<p>謝謝委員的指正，已更正。</p>
<p>3. 文字修正:P. 124 第 3 段-5，濾離子→氣離子。</p>	<p>謝謝委員的指正，已修正。</p>
<p>4. P. 135-5.3 建議提到光化+燃燒是西半部高 PM<sub>2.5</sub> 濃度的主因，是否須改為”高屏”？</p>	<p>根據過去的研究資料可知，包含高屏地區的 PM<sub>2.5</sub> 污染成因都可能和光化反應與碳燃燒源有關，因此才會用西半部，但已加註高屏地區。</p>
<p>5. P. 136 未來探討 3. 雲林/高雄境內污染源對台南/嘉義的影響?但由於微粒在傳輸過程中可能挾雜其他污染源排放的微粒，所以要探討較遠距離的微粒受哪類污染影響，是否有其難度？</p>	<p>微粒在傳輸過程中確實會夾雜其他污染源貢獻的化學組成（包含同位素），因此，若要瞭解污染源的排放對鄰近縣市的影響，除了持續採樣與分析污染源的排放特徵外，也需架設儀器於氣流傳輸軌跡的位置，藉此瞭解污染源的傳輸特徵及其對鄰近縣市的影響。</p>
<p>6. P134.NO.3 的每個測站 isotope ratio 變異&gt;北/中南部，暗示每一天的 C/Pb 污染源不穩定，但後面</p>	<p>謝謝委員的建議，已整併。</p>

一段又敘述”造成每日量測結果有差異，可能僅和風向的變化或污染源排放量的變化有關”？是否須整併 2 段描述？	
7. 各業別如煉油廠、化工廠、造紙廠、燃煤電廠煙道之化學特性中，特徵元素由 8 個~14 個，且互相重疊，則特徵不明確。	不同污染源排放的特徵元素確實可能相同，但彼此間的比值可能有差異，加上本計畫的重點-同位素的量測，這些都有助於提高污染源的鑑定效益。
<b>黃欣俊委員</b>	<b>回覆</b>
1. 同步採樣在鳳山站有相對明顯差異，原因？	本計畫採集的鳳山站之 PM <sub>2.5</sub> 濃度略高於環保署測站的監測值，可能和採樣設備的監測誤差有關。但整體而言，春夏兩季的鳳山站 PM <sub>2.5</sub> 濃度差值僅 1.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，相關性可達 0.98，仍反映兩台設備於鳳山站之同步採樣的結果仍佳。
2. 鉛同位素分析的數據品質請補充。	已補充鉛同位素分析的數據品質資料，請見第 59 頁。
3. 富集因子標準化元素為何？	本計畫團隊使用的富集因子 (Enrichment Factor) 以平均地殼元素 (Taylor, 1964) 中的 Al 含量為計算基準，相關描述也已補充在期末報告第 105 頁。
4. PMF 矩陣分析選擇因子標準為何？	本計畫根據圖 4.4.5 (第 128 頁) 繪製之 PMF 解析因子數和臨界參數比值 (Q <sub>true</sub> /Q <sub>exp</sub> ) 關係圖來決定因子數。根據圖 4.4.5 的資料，臨界參數比值呈現較緩和的狀態為因子數為 6 的結果，但 6 個因子會造成較多的污染源無法被分離出來，因此本計畫以 PMF 進行推估的污染源因子數為 7 個。
5. 焚化爐 Pb 的主要來源？	焚化爐燃燒後排放的鉛除來自垃圾中含有的鉛材料外，也包含使用的燃料。
6. 同位素技術對測站類型的驗證可行性？	就環保署空氣品質監測站而言，儘管有不同類型測站的定義，但因測站採集到的污染來源種類繁多，同位素技術主要是協助確認當地的污染源種類及其貢獻，較無法做為環保署對於不同空品質測站類型的定義做建議。

7. 報告內容錯植部分請再校正(EX. 英文摘要及結論)。	謝謝委員的指正，均已針對報告內容有誤的地方進行更正。
8. 若再納入秋冬季，預期季節性差異是否較為明顯？	根據台灣在過去的研究資料可知，秋冬季的 PM <sub>2.5</sub> 特性和春季會有差距，但因受限計畫執行期間的規定，較難增加冬季的採樣，並將結果呈現於結案報告中。但本計畫團隊歷年都會在冬季進行大氣 PM <sub>2.5</sub> 的採樣與分析作業，其研究成果可另外提供給環保署作為研擬空污政策的參考。
<b>李建德委員</b>	<b>回覆</b>
1. 本案中研院執行團隊依據合約，如期完成各項交辦工作值得肯定，有關成果報告摘要 P.XI 提到，每個季節的採樣天數最少 7 天，每個樣本均採集 22 小時，是否有誤？請更正。	本計畫在每一個季節的採樣天數確實為最少 7 天（每一台設備均為每天採集一個樣本），因某些測站的採樣天數超過 7 天，而每個樣本的採樣時間之所以設為 22 小時而非 24 小時，是考量所有測站都是同步啟動，某 2 個和 3 個測站的採樣工作由一位人員負責，故預留 2 小時的作業時間，故採樣時間才會設為 22 小時。
2. 第四章結果與討論, P. 85 關於本年度在夏季密集採樣期間，因受降雨影響致取消 8 月 4 日之採樣，對於 8 月 10 日和 11 日後續仍有零星降雨，因此夏季採集的樣本可能會有受降雨影響，其可能的影響有哪些？在後續進行樣本分析時，有無將影響因素納入考量？建議可予說明交代。	夏季密集採樣期間，降雨顯然造成微粒濃度偏低，但因此為例行的密集採樣，因此降雨的樣本仍可被視為夏季的微粒特性（除非降雨量過大，並會影響採樣設備與人員的安全才會被中止採樣），因此除了說明採樣期間的降雨情形外，並無特別評估影響的程度。
3. 第四章 4.5 污染改善方針建議，有關大寮站氯離子濃度特別高之現象，尤其是夏季，是否與地域性之污染來源(如焚化爐)相關，值得進一步探討，從資料中看出林園站亦有較其他站偏高之現象	目前的資料尚無法釐清造成當地氯離子濃度偏高的原因，PMF 的模式也僅顯示單一污染源因子中，氯離子的相斷貢獻量遠高於其他組成，因此需較多的資料來評估造成當地氯離子濃度偏高的原因。
4. 本計畫整合 108 及 109 兩年的研究資料進行分析，嘗試鑑定出高屏地區 PM <sub>2.5</sub> 的污染來源，有關 109 年新冠疫情發生後，工商業及各項社經活動產生重大變化，對照 108 及	比較 2019 和 2020 年的研究資料，我們發現在同一季節，2 年的監測資料無太大差異，特別是中國實施大規模封城的春季密集採樣期間，說明中國的封城對台灣的空氣品質影響可能有

109 兩年之採樣分析結果，有那些變化之處？建議亦可進一步探討。	限。然而，因本計畫在春季或夏季的密集採樣期間，採集的樣本數有限，且主要都針對微粒的組成進行分析，因此中國的封城究竟是否會對台灣的空氣品質造成影響及其程度，需更多的資料來討論。
<b>監資處</b>	<b>回覆</b>
1. 工作內容與數量對應無誤，請強化說明計畫成果亮點。	本計畫的重點在於透過 2 年的結果，以同位素結合 PMF 受體模式的分析結果，清楚劃分出造成高雄和屏東高 PM <sub>2.5</sub> 濃度的成因和來源，此資訊對於研擬高雄和屏東之污染源的控制策略提供一項重要的參考。另外，CPM 仍是固定污染源排放的主要 PM <sub>2.5</sub> ，該資料也提供未來 CPM 組成及其對空氣品質影響的重要參考。
2. 文中表示高雄及屏東之大氣現代碳含量不同，是否代表高雄及屏東空域不應假設為均勻混合空域。	根據我們在 2019 年和 2020 年的分析結果，確實發現高雄的 6 個測站和屏東的 2 個測站之現代碳比例分佈不同。但高雄和屏東的碳污染源是完全不同，還是屏東有混合到高雄貢獻的碳污染源，只是屏東存在另一個更重要的碳污染源，或者高雄有混合到屏東貢獻的碳污染源，只是高雄存在另一個更重要的碳污染源，還需更多資料探討。
3. 請研析運用鉛同位素分析高屏地區受到境外污染比例之策略或成果。	由於微粒在傳輸的過程中可能會挾雜其他污染源排放的微粒，因此要利用採集的污染源或周界之 PM <sub>2.5</sub> 的同位素特徵來精確探討較遠距離的微粒受到哪一類污染源的影響，就現在的技術而言，有其難度。此外，春季密集採樣期間的氣流雖然也有受東北方向的影響，但因本計畫在高雄和屏東採集到的鉛同位素多低於過去在中國量測到的結果，因此，單單利用鉛同位素資料，對於分析境外對高屏地區的影響有其難度，此問題需整合氣象資料和模型才有機會做較完整的確認。
4. 我國已全面禁止含鉛汽油，國際	謝謝 貴處提供的訊息。儘管含鉛汽油

航線船舶於 109 年 1 月 1 日全面採用硫含量 0.5% 以下之低硫燃油，我國亦早於 108 年 1 月 1 日全面採用低硫燃油，供 PMF 因子分類機制參酌。

已在上一世紀被全面禁用，但由於汽機車的運作本身就會排放鉛（不單單只會來自含鉛汽油），過去台灣也有研究量測無鉛汽油的鉛同位素，其同位素數值也和本計畫量測的交通源之範圍相近 (Yao et al., 2015; Lead isotope characterization of petroleum fuels in Taipei, Taiwan)，因此交通排放仍可能是鉛污染源之一。在硫燃料部分，由於本計畫透過主成分分析發現硫酸鹽和船舶排放的組成在同一組別，且硫的含量雖然降低，但當大量的船舶燃燒排放後，還是可能貢獻較多的微粒，因此，也不能排除港口的影響。上述資料，也都納入污染源分析的參考。



附錄六 周界樣本採樣資料

		ID	採樣開始時間	採樣結束時間	SASS_CH1 採樣體積 (m3)	SASS_CH2 採樣體積 (m3)	PQ200 採樣體積 (m3)	Hi-Vol 採樣體積 (m3)
春季	橋頭	CT20200227D	2020/2/27 08:00	2020/2/27 18:00	4.03	4.04	10.00	633
		CT20200227N	2020/2/27 20:00	2020/2/28 06:00	4.05	4.05	10.00	
		CT20200228D	2020/2/28 08:00	2020/2/28 18:00	4.04	4.04	10.00	635
		CT20200228N	2020/2/28 20:00	2020/2/29 06:00	4.05	4.05	10.00	
		CT20200229D	2020/2/29 08:00	2020/2/29 18:00	4.04	4.03	10.00	637
		CT20200229N	2020/2/29 20:00	2020/3/1 06:00	4.04	4.05	10.00	
		CT20200301D	2020/3/1 08:00	2020/3/1 18:00	4.03	4.05	10.00	636
		CT20200301N	2020/3/1 20:00	2020/3/2 06:00	4.05	4.06	10.00	
		CT20200302D	2020/3/2 08:00	2020/3/2 18:00	4.04	4.05	10.00	634
		CT20200302N	2020/3/2 20:00	2020/3/3 06:00	4.04	4.06	10.00	
		CT20200303D	2020/3/3 08:00	2020/3/3 18:00	4.04	4.04	10.00	636
		CT20200303N	2020/3/3 20:00	2020/3/4 06:00	4.04	4.05	10.00	
		CT20200304D	2020/3/4 08:00	2020/3/4 18:00	4.04	4.05	9.99	633
		CT20200304N	2020/3/4 20:00	2020/3/5 06:00	4.04	4.05	10.00	
		CT20200305D	2020/3/5 08:00	2020/3/5 18:00	4.04	4.04	10.00	630
		CT20200305N	2020/3/5 20:00	2020/3/6 06:00	4.05	4.06	9.99	
		CT20200306D	2020/3/6 08:00	2020/3/6 18:00	4.04	4.04	10.00	633
		CT20200306N	2020/3/6 20:00	2020/3/7 06:00	4.04	4.06	10.00	
		CT20200307D	2020/3/7 08:00	2020/3/7 18:00	4.03	4.04	10.00	637
		CT20200307N	2020/3/7 20:00	2020/3/8 06:00	4.05	4.05	10.00	
左營		ZY20200227D	2020/2/27 08:00	2020/2/27 18:00	4.04	4.04	9.92	1491
		ZY20200227N	2020/2/27 20:00	2020/2/28 06:00	4.06	4.06	10.00	
		ZY20200228D	2020/2/28 08:00	2020/2/28 18:00	4.04	4.06	10.01	1491
		ZY20200228N	2020/2/28 20:00	2020/2/29 06:00	4.03	4.04	10.00	
		ZY20200229D	2020/2/29 08:00	2020/2/29 18:00	4.04	4.04	10.00	1491
		ZY20200229N	2020/2/29 20:00	2020/3/1 06:00	4.04	4.06	10.00	
		ZY20200301D	2020/3/1 08:00	2020/3/1 18:00	4.04	4.05	10.00	1491
		ZY20200301N	2020/3/1 20:00	2020/3/2 06:00	4.05	4.03	10.01	
		ZY20200302D	2020/3/2 08:00	2020/3/2 18:00	4.03	4.04	10.00	1491
		ZY20200302N	2020/3/2 20:00	2020/3/3 06:00	4.05	4.05	10.01	
		ZY20200303D	2020/3/3 08:00	2020/3/3 18:00	4.04	4.04	10.00	1491
		ZY20200303N	2020/3/3 20:00	2020/3/4 06:00	4.06	4.06	10.01	
		ZY20200304D	2020/3/4 08:00	2020/3/4 18:00	4.04	4.05	10.01	1491
		ZY20200304N	2020/3/4 20:00	2020/3/5 06:00	4.05	4.05	10.00	
		ZY20200305D	2020/3/5 08:00	2020/3/5 18:00	4.05	4.04	10.00	1491
		ZY20200305N	2020/3/5 20:00	2020/3/6 06:00	4.07	4.04	10.01	
		ZY20200306D	2020/3/6 08:00	2020/3/6 18:00	4.04	4.04	10.00	1491
		ZY20200306N	2020/3/6 20:00	2020/3/7 06:00	4.05	4.06	10.01	
		ZY20200307D	2020/3/7 08:00	2020/3/7 18:00	4.03	4.04	10.01	1491
		ZY20200307N	2020/3/7 20:00	2020/3/8 06:00	4.02	4.06	10.00	

		ID	採樣開始時間	採樣結束時間	SASS_CH1 採樣體積 (m3)	SASS_CH2 採樣體積 (m3)	PQ200 採樣體積 (m3)	Hi-Vol 採樣體積 (m3)
鳳山		FS20200227D	2020/2/27 08:00	2020/2/27 18:00	4.03	4.04	10.01	1497
		FS20200227N	2020/2/27 20:00	2020/2/28 06:00	4.06	4.05	10.01	
		FS20200228D	2020/2/28 08:00	2020/2/28 18:00	4.04	4.04	10.01	1497
		FS20200228N	2020/2/28 20:00	2020/2/29 06:00	4.06	4.04	10.00	
		FS20200229D	2020/2/29 08:05	2020/2/29 18:00	4.05	4.04	9.93	1497
		FS20200229N	2020/2/29 20:00	2020/3/1 06:00	4.04	4.05	10.01	
		FS20200301D	2020/3/1 08:00	2020/3/1 18:00	4.05	4.04	10.01	1497
		FS20200301N	2020/3/1 20:00	2020/3/2 06:00	4.04	4.03	9.99	
		FS20200302D	2020/3/2 08:00	2020/3/2 18:00	4.04	4.04	10.01	1497
		FS20200302N	2020/3/2 20:00	2020/3/3 06:00	4.07	4.05	10.01	
		FS20200303D	2020/3/3 08:00	2020/3/3 18:00	4.05	4.04	10.01	1497
		FS20200303N	2020/3/3 20:00	2020/3/4 06:00	4.07	4.04	10.01	
		FS20200304D	2020/3/4 08:00	2020/3/4 18:00	4.04	4.05	10.01	1497
		FS20200304N	2020/3/4 20:00	2020/3/5 06:00	4.07	4.03	10.01	
		FS20200305D	2020/3/5 08:00	2020/3/5 18:00	4.02	4.04	10.01	1497
		FS20200305N	2020/3/5 20:00	2020/3/6 06:00	4.04	4.05	10.01	
		FS20200306D	2020/3/6 08:00	2020/3/6 18:00	4.06	4.04	10.01	1479
		FS20200306N	2020/3/6 20:00	2020/3/7 06:00	4.05	4.04	10.01	
		FS20200307D	2020/3/7 08:00	2020/3/7 18:00	4.04	4.04	10.01	1497
	FS20200307N	2020/3/7 20:00	2020/3/8 06:00	4.05	4.04	10.01		
小港		SG20200227D	2020/2/27 08:00	2020/2/27 18:00	4.05	4.04	10.01	525
		SG20200227N	2020/2/27 20:00	2020/2/28 06:00	4.05	4.05	10.00	
		SG20200228D	2020/2/28 08:00	2020/2/28 18:00	4.03	4.04	10.01	640
		SG20200302D	2020/3/2 08:40	2020/3/2 18:00	4.04	4.04	9.34	634
		SG20200302N	2020/3/2 20:00	2020/3/3 06:00	4.05	4.04	10.00	
		SG20200303D	2020/3/3 08:00	2020/3/3 18:00	4.04	4.05	10.01	637
		SG20200303N	2020/3/3 20:00	2020/3/4 06:00	4.04	4.04	10.01	
		SG20200304D	2020/3/4 08:00	2020/3/4 18:00	4.03	4.04	10.01	635
		SG20200304N	2020/3/4 20:00	2020/3/5 06:00	4.04	4.04	10.01	
		SG20200305D	2020/3/5 08:00	2020/3/5 18:00	4.04	4.03	10.01	633
		SG20200305N	2020/3/5 20:00	2020/3/6 06:00	4.04	4.05	10.01	
		SG20200306D	2020/3/6 08:00	2020/3/6 18:00	4.04	4.04	10.01	634
		SG20200306N	2020/3/6 20:00	2020/3/7 06:00	4.05	4.05	10.00	
	SG20200307D	2020/3/7 08:00	2020/3/7 18:00	4.03	4.03	10.01	638	

		ID	採樣開始時間	採樣結束時間	SASS_CH1 採樣體積 (m3)	SASS_CH2 採樣體積 (m3)	PQ200 採樣體積 (m3)	Hi-Vol 採樣體積 (m3)	
大寮		DL20200227D	2020/2/27 08:00	2020/2/27 18:00	4.04	4.04	10.01	1491	
		DL20200227N	2020/2/27 20:00	2020/2/28 06:00	4.03	4.04	10.01		
		DL20200228D	2020/2/28 08:00	2020/2/28 18:00	4.04	4.04	10.01	1491	
		DL20200228N	2020/2/28 20:00	2020/2/29 06:00	4.05	4.03	10.01		
		DL20200229D	2020/2/29 08:00	2020/2/29 18:00	4.03	4.04	10.01	1491	
		DL20200229N	2020/2/29 20:00	2020/3/1 06:00	4.05	4.05	10.01		
		DL20200301D	2020/3/1 08:00	2020/3/1 18:00	4.04	4.04	10.01	1491	
		DL20200301N	2020/3/1 20:00	2020/3/2 06:00	4.04	4.05	10.01		
		DL20200302D	2020/3/2 08:00	2020/3/2 18:00	4.04	4.03	10.01	1491	
		DL20200302N	2020/3/2 20:00	2020/3/3 06:00	4.04	4.04	10.01		
		DL20200303D	2020/3/3 08:00	2020/3/3 18:00	4.04	4.04	10.01	1491	
		DL20200303N	2020/3/3 20:00	2020/3/4 06:00	4.05	4.04	10.01		
		DL20200304D	2020/3/4 08:00	2020/3/4 18:00	4.04	4.03	10.01	1491	
		DL20200304N	2020/3/4 20:00	2020/3/5 06:00	4.04	4.04	10.01		
		DL20200305D	2020/3/5 08:00	2020/3/5 18:00	4.03	4.05	10.01	1491	
		DL20200305N	2020/3/5 20:00	2020/3/6 06:00	4.04	4.04	10.01		
		DL20200306D	2020/3/6 08:00	2020/3/6 18:00	4.04	4.04	10.01	1491	
	林園		LY20200306N	2020/3/6 20:00	2020/3/7 06:00	4.04	4.05	10.01	
			DL20200307D	2020/3/7 08:00	2020/3/7 18:00	4.03	4.04	10.01	1491
		DL20200307N	2020/3/7 20:00	2020/3/8 06:00	4.03	4.04	10.01		
		LY20200227D	2020/2/27 08:00	2020/2/27 18:00	4.04	4.06	10.01	1491	
		LY20200227N	2020/2/27 20:00	2020/2/28 06:00	4.05	4.04	10.01		
		LY20200228D	2020/2/28 08:00	2020/2/28 18:00	4.04	4.02	10.01	1491	
		LY20200228N	2020/2/28 20:00	2020/2/29 06:00	4.05	4.05	10.01		
		LY20200229D	2020/2/29 08:00	2020/2/29 18:00	4.04	4.03	10.01	1491	
		LY20200229N	2020/2/29 20:00	2020/3/1 06:00	4.05	4.03	10.01		
		LY20200301D	2020/3/1 08:00	2020/3/1 18:00	4.04	4.03	10.01	1491	
		LY20200301N	2020/3/1 20:00	2020/3/2 06:00	4.04	4.04	10.01		
		LY20200302D	2020/3/2 08:00	2020/3/2 18:00	4.05	4.04	10.01	1491	
		LY20200302N	2020/3/2 20:00	2020/3/3 06:00	4.05	4.05	10.01		
		LY20200303D	2020/3/3 08:00	2020/3/3 18:00	4.04	4.02	10.00	1491	
		LY20200303N	2020/3/3 20:00	2020/3/4 06:00	4.05	4.05	10.01		
		LY20200304D	2020/3/4 08:00	2020/3/4 18:00	4.03	4.05	10.01	1491	
		LY20200304N	2020/3/4 20:00	2020/3/5 06:00	4.04	4.04	10.01		
		LY20200305D	2020/3/5 08:00	2020/3/5 18:00	4.04	4.03	10.01	1491	
		LY20200305N	2020/3/5 20:00	2020/3/6 06:00	4.04	4.05	10.01		
	LY20200306D	2020/3/6 08:00	2020/3/6 18:00	4.04	4.04	10.01	1491		
	LY20200306N	2020/3/6 20:00	2020/3/7 06:00	4.04	4.05	10.01			
	LY20200307D	2020/3/7 08:00	2020/3/7 18:00	4.04	4.03	10.01	1491		
	LY20200307N	2020/3/7 20:00	2020/3/8 06:00	4.03	4.04	10.01			

		ID	採樣開始時間	採樣結束時間	SASS_CH1 採樣體積 (m3)	SASS_CH2 採樣體積 (m3)	PQ200 採樣體積 (m3)	Hi-Vol 採樣體積 (m3)
屏東		PT20200227D	2020/2/27 08:00	2020/2/27 18:00	4.05	4.04	9.98	1491
		PT20200227N	2020/2/27 20:00	2020/2/28 06:00	4.05	4.05	9.98	
		PT20200228D	2020/2/28 08:00	2020/2/28 18:00	4.04	4.04	9.97	1491
		PT20200228N	2020/2/28 20:00	2020/2/29 06:00	4.04	4.05	9.98	
		PT20200229D	2020/2/29 08:00	2020/2/29 18:00	4.04	4.04	9.98	1491
		PT20200229N	2020/2/29 20:00	2020/3/1 06:00	4.06	4.05	9.98	
		PT20200301D	2020/3/1 08:00	2020/3/1 18:00	4.04	4.04	9.97	1491
		PT20200301N	2020/3/1 20:00	2020/3/2 06:00	4.04	4.03	9.98	
		PT20200302D	2020/3/2 08:00	2020/3/2 18:00	4.04	4.04	9.98	1491
		PT20200302N	2020/3/2 20:00	2020/3/3 06:00	4.05	4.05	9.99	
		PT20200303D	2020/3/3 08:00	2020/3/3 18:00	4.04	4.04	9.98	1491
		PT20200303N	2020/3/3 20:00	2020/3/4 06:00	4.04	4.05	9.98	
		PT20200304D	2020/3/4 08:00	2020/3/4 18:00	4.04	4.03	9.98	1491
		PT20200304N	2020/3/4 20:00	2020/3/5 06:00	4.05	4.04	9.98	
		PT20200305D	2020/3/5 08:00	2020/3/5 18:00	4.04	4.04	9.97	1491
		PT20200305N	2020/3/5 20:00	2020/3/6 06:00	4.05	4.04	9.98	
		PT20200306D	2020/3/6 08:00	2020/3/6 18:00	4.04	4.04	9.97	1491
		PT20200306N	2020/3/6 20:00	2020/3/7 06:00	4.06	4.05	9.99	
		PT20200307D	2020/3/7 08:00	2020/3/7 18:00	4.04	4.05	9.97	1491
		PT20200307N	2020/3/7 20:00	2020/3/8 06:00	4.06	4.03	9.98	
潮州		CZ20200227D	2020/2/27 08:00	2020/2/27 18:00	4.04	4.03	10.01	1492
		CZ20200227N	2020/2/27 20:00	2020/2/28 06:00	4.05	4.05	10.01	
		CZ20200228D	2020/2/28 08:00	2020/2/28 18:00	4.04	4.04	10.01	1492
		CZ20200228N	2020/2/28 20:00	2020/2/29 06:00	4.04	4.03	10.01	
		CZ20200229D	2020/2/29 08:00	2020/2/29 18:00	4.05	4.04	10.01	1492
		CZ20200229N	2020/2/29 20:00	2020/3/1 06:00	4.04	4.05	10.01	
		CZ20200301D	2020/3/1 08:00	2020/3/1 18:00	4.04	4.05	10.01	1492
		CZ20200301N	2020/3/1 20:00	2020/3/2 06:00	4.04	4.05	10.01	
		CZ20200302D	2020/3/2 08:00	2020/3/2 18:00	4.03	4.04	10.01	1492
		CZ20200302N	2020/3/2 20:00	2020/3/3 06:00	4.05	4.04	10.01	
		CZ20200303D	2020/3/3 08:00	2020/3/3 18:00	4.03	4.04	10.01	1492
		CZ20200303N	2020/3/3 20:00	2020/3/4 06:00	4.05	4.04	10.01	
		CZ20200304D	2020/3/4 08:00	2020/3/4 18:00	4.04	4.04	10.01	1492
		CZ20200304N	2020/3/4 20:00	2020/3/5 06:00	4.04	4.05	10.01	
		CZ20200305D	2020/3/5 08:00	2020/3/5 18:00	4.04	4.05	10.01	1492
		CZ20200305N	2020/3/5 20:00	2020/3/6 06:00	4.05	4.04	10.01	
		CZ20200306D	2020/3/6 08:00	2020/3/6 18:00	4.04	4.03	10.01	1492
		CZ20200306N	2020/3/6 20:00	2020/3/7 06:00	4.05	4.05	10.01	
		CZ20200307D	2020/3/7 08:00	2020/3/7 18:00	4.04	4.03	10.01	1492
		CZ20200307N	2020/3/7 20:00	2020/3/8 06:00	4.05	4.03	10.01	

		ID	採樣開始時間	採樣結束時間	SASS_CH1 採樣體積 (m3)	SASS_CH2 採樣體積 (m3)	PQ200 採樣體積 (m3)	Hi-Vol 採樣體積 (m3)	
夏季	橋頭	CT20200805	2020/8/5 08:00	2020/8/6 06:00	8.91	8.89	22.00	659	
		CT20200806	2020/8/6 08:00	2020/8/7 06:00	8.91	8.91	22.00	657	
		CT20200807	2020/8/7 08:00	2020/8/8 06:00	8.89	8.92	22.00	659	
		CT20200808	2020/8/8 08:00	2020/8/9 06:00	8.92	8.89	22.00	661	
		CT20200809	2020/8/9 08:00	2020/8/10 06:00	8.91	8.88	22.00	660	
		CT20200810	2020/8/10 08:00	2020/8/11 06:00	8.88	8.90	22.00	659	
		CT20200811	2020/8/11 08:00	2020/8/12 06:00	8.88	8.92	22.00	656	
		左營	ZY20200805	2020/8/5 08:00	2020/8/6 06:00	8.92	8.88	8.92	1491
			ZY20200806	2020/8/6 08:00	2020/8/7 06:00	8.90	8.92	22.02	1491
			ZY20200807	2020/8/7 08:00	2020/8/8 06:00	8.85	8.85	22.03	1482
			ZY20200808	2020/8/8 08:00	2020/8/9 06:00	8.86	8.89	22.02	1491
ZY20200809	2020/8/9 08:00		2020/8/10 06:00	8.93	8.91	22.02	1491		
ZY20200810	2020/8/10 08:00		2020/8/11 06:00	8.85	8.89	22.01	1491		
鳳山	FS20200805	2020/8/5 08:00	2020/8/6 06:00	8.87	8.89	22.02	1491		
	FS20200806	2020/8/6 08:00	2020/8/7 06:00	8.94	8.88	22.03	1491		
	FS20200807	2020/8/7 08:00	2020/8/8 06:00	8.92	8.90	22.02	1491		
	FS20200808	2020/8/8 08:00	2020/8/9 06:00	8.90	8.89	22.02	1491		
	FS20200809	2020/8/9 08:00	2020/8/10 06:00	8.94	8.90	22.02	1491		
	FS20200810	2020/8/10 08:00	2020/8/11 06:00	8.88	8.87	22.03	1491		
小港	SG20200805	2020/8/5 08:00	2020/8/6 06:00	8.87	8.90	22.02	660		
	SG20200806	2020/8/6 08:00	2020/8/7 06:00	8.91	8.87	22.03	657		
	SG20200807	2020/8/7 08:00	2020/8/8 06:00	8.91	8.90	22.02	659		
	SG20200808	2020/8/8 08:00	2020/8/9 06:00	無樣本	無樣本	16.43	493		
	SG20200809	2020/8/9 08:00	2020/8/10 06:00	無樣本	無樣本	22.03	660		
	SG20200810	2020/8/10 11:05	2020/8/11 06:05	7.66	7.65	22.03	659		
大寮	DL20200805	2020/8/5 08:00	2020/8/6 06:00	8.87	8.89	22.03	1491		
	DL20200806	2020/8/6 08:00	2020/8/7 06:00	8.90	8.90	22.03	1491		
	DL20200807	2020/8/7 08:00	2020/8/8 06:00	8.87	8.88	22.03	1491		
	DL20200808	2020/8/8 08:00	2020/8/9 06:00	8.89	8.87	22.03	1491		
	DL20200809	2020/8/9 08:00	2020/8/10 06:00	8.89	8.92	22.03	1491		
	DL20200810	2020/8/10 08:00	2020/8/11 06:00	8.88	8.86	22.03	1491		
林園	LY20200805	2020/8/5 08:00	2020/8/6 06:00	8.90	8.90	22.03	1491		
	LY20200806	2020/8/6 08:00	2020/8/7 06:00	8.89	8.91	22.03	1491		
	LY20200807	2020/8/7 08:00	2020/8/8 06:00	8.89	8.90	22.02	1491		
	LY20200808	2020/8/8 08:00	2020/8/9 06:00	8.88	8.89	22.03	1491		
	LY20200809	2020/8/9 08:00	2020/8/10 06:00	8.87	8.89	22.03	1491		
	LY20200810	2020/8/10 08:00	2020/8/11 06:00	8.90	8.86	22.02	1491		
屏東	PT20200805	2020/8/5 08:00	2020/8/6 06:00	8.90	8.89	21.95	1491		
	PT20200806	2020/8/6 08:00	2020/8/7 06:00	8.88	8.90	9.58	1491		
	PT20200807	2020/8/7 09:35	2020/8/8 06:00	8.28	8.26	20.36	1383		
	PT20200808	2020/8/8 08:00	2020/8/9 06:00	8.86	8.88	21.94	1491		
	PT20200809	2020/8/9 08:00	2020/8/10 06:00	8.92	8.90	21.94	1491		
	PT20200810	2020/8/10 08:00	2020/8/11 06:00	8.91	8.91	21.94	1491		
潮州	CZ20200805	2020/8/5 08:00	2020/8/6 06:00	8.89	8.89	22.03	1492		
	CZ20200806	2020/8/6 08:00	2020/8/7 06:00	8.90	8.90	22.03	1492		
	CZ20200807	2020/8/7 09:35	2020/8/8 06:00	8.91	8.91	22.03	1492		
	CZ20200808	2020/8/8 08:00	2020/8/9 06:00	8.90	8.90	22.03	1492		
	CZ20200809	2020/8/9 08:00	2020/8/10 06:00	8.89	8.88	22.03	1492		
	CZ20200810	2020/8/10 08:00	2020/8/11 06:00	8.89	8.89	22.03	1492		
		CZ20200811	2020/8/11 08:00	2020/8/12 06:00	8.90	8.87	22.03	1492	



## 附錄七 排放管道採樣資料

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：S2201109 檢測專案編號：ET109NAS0044

公私場所名稱：台灣塑膠工業股份有限公司仁武廠

受測污染源名稱：E711粉煤濕底鍋爐(P711)

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：109 年 05 月 25-26、28 日

執行日期: 109.12.21  
表格編號: 74502.1

**二、檢測結果摘要** 檢測專案編號: ET109NAS0044

基	1. 受測公私場所名稱: 台灣塑膠工業股份有限公司仁武廠	5. 管制編號: S2201109
本	2. 地址: 高雄市仁武區	6. 受測污染源(編號): 粉煤濕蒸餾爐(E711)
質	3. 檢測用途: 學術研究	7. 採樣日期: 109 年 05 月 25-26、28 日
料	4. 檢測機構名稱: 中環科技事業股份有限公司	8. 濾紙編號: 122、123、124

樣	造料量 (註明單位)			產量 (註明單位)			燃料 (註明單位)		
	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	工業用水	365.0T/h	500T/h	水蒸氣	351.9T/h	500T/h	煙煤	40.0T/h	60T/h
源	*	*	*	*	*	*	*	*	*
排	*	*	*	*	*	*	*	*	*

A. 燃料名稱: \* , 含碳量 \* % ; B. 燃料名稱: \* , 含碳量 \* %  
 混燒比例A: \* ; B: \* .

樣	空氣污染防治設施名稱	主要操作參數(註明單位)			處理量(註明單位)	
		名稱	當日	許可用量	當日	許可用量
污	選擇性催化還原設備(SCR)(A711)	入口氣體溫度	335.3°C	200-405°C	7500.57Nm <sup>3</sup> /min	4000-12000Nm <sup>3</sup> /min
防		出口氣體溫度	336.7°C	200-400°C	*	*
設	*	*	*	*	*	*
換	*	*	*	*	*	*
作	*	*	*	*	*	*

廢氣性質: 排氣平均溫度: 13.40N, 排氣平均溫度53.0°C, 排氣平均流速: 10.80m/s, 濕基排氣量: 7500.57Nm<sup>3</sup>/min

檢	空氣污染物 檢測方法編號	排氣組成(%)			FPM(mg/Nm <sup>3</sup> )	CPM(mg/Nm <sup>3</sup> )	FPM+CPM (mg/Nm <sup>3</sup> )	乾基排氣量 (Nm <sup>3</sup> /min)	乾基校正排 氣量 (Nm <sup>3</sup> /min)	空氣污染物 排放量 (kg/hr)	排放 標準	合格	
		CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO								是	否
測	PM <sub>2.5</sub> (A212.11B)及(A214.71C)	12.4	7.5	ND<0.1	3.386	7.293	10.679	6499.09	*	4.164	-	-	-
站	PM <sub>2.5</sub> (A212.11B)及(A214.71C)	12.0	7.4	ND<0.1	2.952	5.139	8.091	6543.48	*	3.177	-	-	-
果	PM <sub>2.5</sub> (A212.11B)及(A214.71C)	12.0	7.2	ND<0.1	5.011	4.548	9.559	6469.27	*	3.710	-	-	-

上述資料經本人做最終審查, 確認無誤 實驗室主任簽章

一、本採樣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

二、倘檢測機構檢測能力尚未經環保署認可者, 於填報「空氣污染物/檢測方法編號」時, 應以「\*」記號加註

三、FPM之偵測極限值為1.35mg

四、CPM之分析結果, 未包含濾紙樣品的分析值

五、本報告登載數值之修整原則依據環保署環境檢驗所「檢測報告位數表示規定」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：ET109NAS0044

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		S	2	2	0	1	1	0	9	排放管道或周界編號			P	7	1	1
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)				
a. 編號	b. 名稱(代碼)									操作數值	許可用量					
E711	粉煤濕底鍋爐(0001)	1	工業用水	(360009)	365.0	500	T/h	(M3)								
	(0001)	2	水蒸氣	(360007)	351.3	500	T/h	(M3)								
	(0001)	1	煙煤	(070003)	40.0	60	T/h	(M3)								
	(0001)	2	燃料-電力	(350099)	13866.7	49900	KWH	(M3)								
A711	選擇觸媒還原設備(SCR)	(200-)	3	氣水	(Q99---	245.0	70-450	L/h	(QA)							
	(200-)	3	入口氣體溫度	(C02---	335.3	200-405	°C	(C1)								
	(200-)	3	出口氣體溫度	(C03---	336.7	200-400	°C	(C1)								
	(200-)	3	濕基廢氣處理量	(Q04---	7500.57	4000-12000	Nm <sup>3</sup> /min	(Q3)								
A712	靜電集塵器	(140-)	3	第一段放電電極電流(A06---	404.3	50-2200	mA	(A1)								
	(140-)	3	第一段放電電極電壓(B03---	54.0	20-90	KV	(B2)									
	(140-)	3	第二段放電電極電流(A07---	527.7	50-2200	mA	(A1)									
	(140-)	3	第二段放電電極電壓(B04---	52.3	20-90	KV	(B2)									
	(140-)	3	第三段放電電極電流(A08---	678.3	50-2200	mA	(A1)									
	(140-)	3	第三段放電電極電壓(B06---	49.0	20-90	KV	(B2)									
	(140-)	3	第四段放電電極電流(A99---	862.7	50-2200	mA	(A1)									
	(140-)	3	第四段放電電極電壓(B99---	50.0	20-90	KV	(B2)									
	(140-)	3	第五段放電電極電流(A99---	1411.0	50-2200	mA	(A1)									
	(140-)	3	第五段放電電極電壓(B99---	50.7	20-90	KV	(B2)									
	(140-)	3	廢氣處理量	(Q04---	7500.57	4000-12000	Nm <sup>3</sup> /min	(Q3)								
A713	脫硫設備	(169-)	3	入口廢氣溫度	(C02---	144.9	110-170	°C	(C1)							
	(169-)	3	出口廢氣溫度	(C03---	54.1	30-70	°C	(C1)								
	(169-)	3	洗滌塔氧化槽 pH 值	(Z02---	7.5	6-9	-	(ZZ)								
	(169-)	3	氧化鎂	(M99---	1173.2	200-2500	kg/h	(M2)								
	(169-)	3	濕基廢氣處理量	(Q04---	7500.57	4000-12000	Nm <sup>3</sup> /min	(Q3)								

頁次 3

修訂日期: 108.06.28  
表格編號: 3AS21.0

煙道檢測專案編號: E109/AS20044

中環科技事業股份有限公司

採樣分析記錄-排放管道 戴奧辛 PM<sub>2.5</sub> 重金屬之 採樣 水份 採樣結果檢測記錄表

管制編號	S2201109	排放管道編號	P711	
樣品編號:	N/A91090044-水份		檢測日期:	109.5.25
1. 總採樣時間:	48.0 (min)	2. 最大系統真空度 DH-V:	51.0 (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:	757.4 (mmHg)	6. 吸氣嘴口徑面積 An:	*	
7. 濕基氣體分子量 Ms:	28.56 (g/g-mole)	8. 預設含水率 Bws:	*	
9. 平均排氣壓差 DP-S:	11.1 (mmHg)	10. 平均排氣溫度 TS:	52.4 (°C)	
11. 平均排氣流速 Vs:	*	12. 平均小孔流量計壓差 DH-W:	40.0 (mmHg)	
13. DGM 平均溫度:	37.4 (°C)	14. 總採氣體積 GAS-VOLUME:	0.9665 (m <sup>3</sup> )	
15. 衝擊瓶平均出口溫度:	16.0 (°C)	16. 等速百分比 I:	*	
最後採樣結果				
1. 標準乾採氣體積 Vmstd 0°C:	0.8627 (dscm)	2. 標準乾採氣量(0°C) Qs:	*	
3. 實際含水率 Bws:	14.12 (%)	4. 實際採氣流速 Vs:	*	
5. 含水氣體樣品體積:	0.142 (scm)	6. 實際等速百分比 I:	*	
7. 排氣溫度下之飽和蒸氣壓 Pv:	104.11 (mmHg)	8. 理論含水率 Bws:	17.75 (%)	
9. 預設含水率之數值Bws(選較低者):	17.75 (%)			
		頁次	6	

發行日期: 108.07.26  
表海編號: 31S27.1

排氣管測測專案編號: ET169AS0044

中環科技事業股份有限公司  
採樣分析記錄-排氣管中PM<sub>2.5</sub>採樣後紀錄表

管制編號: S2201109      排氣管編號: P311      記錄人簽名: [簽名]      採樣日期: 107.5.25

一、採樣後流量檢查資料

設定檢查流量(m <sup>3</sup> /min)	0.0200	檢查時間(min)	15
參考流量計序號	014505	PM <sub>2.5</sub> 主機序號	1091
參考流量計溫度(°C)	24.7	PM <sub>2.5</sub> 主機溫度(°C)	27.4
參考流量計起始值(m <sup>3</sup> )	252.9414	PM <sub>2.5</sub> 主機起始值(m <sup>3</sup> )	0.00000
參考流量計結束值(m <sup>3</sup> )	257.2442	PM <sub>2.5</sub> 主機結束值(m <sup>3</sup> )	0.30916
參考流量計總體積值(m <sup>3</sup> )	0.3028	PM <sub>2.5</sub> 主機總體積值(m <sup>3</sup> )	0.30916
V <sub>101</sub> (參考流量計校正因子)	0.9947	V <sub>post</sub>	0.9897
差值(%)(≤5%)	-0.50		

二、採樣後資料填寫及確認

資料項目	預採	樣品
1. 總採樣時間(min)	48	217.80
2. 乾式氣體流量計採樣體積V <sub>g</sub> (ACM)(m <sup>3</sup> )	0.9665	2.84996
3. 流量計絕對壓力P <sub>a</sub> (inHg)	*	29.819
4. 標準狀態下乾式氣體流量計採樣體積V <sub>std</sub> (DSCF)(Nft <sup>3</sup> )(公式28)	20.4518	94.6406
5. 標準狀態下水氣體積V <sub>w</sub> (Nft <sup>3</sup> )	5.0067	14.6487
6. 排氣溫度下飽和水蒸氣壓P <sub>w</sub> (mmHg)	10.411	105.17
7. 含水率B <sub>w</sub>	14.12	17.40
8. 理論含水率B <sub>wg</sub>	13.75	13.90
9. 最終判定含水率B <sub>wg</sub>	<input type="checkbox"/> 之前報告預採 13.75	13.40
10. 濕基氣體分子量M <sub>w</sub> (lb/lb-mole)	28.56	28.67
11. 絕對排氣管濕氣體壓力P <sub>w</sub> (inHg)	29.819	29.717
12. 排氣管內氣體絕對溫度T <sub>g</sub> (°R)	586.2	586.4
13. 排氣流速V <sub>g</sub> (ft/sec)	25.56	25.47
14. 標準狀態下排氣管濕氣體流量Q <sub>std</sub> (DSCMM)(Nm <sup>3</sup> /min)	6467.87	6499.07
15. 標準狀態下排氣管濕氣體流量Q <sub>std</sub> (SCMM)(Nm <sup>3</sup> /min)	721.24	705.07
16. 等速吸引百分比I(%)	*	95.6

三、採樣後數據判斷

1. 標準狀態下採樣速率Q <sub>std</sub> (DSCFM)(Nft <sup>3</sup> /min)(公式29)	0.2016
2. 採樣速率Q <sub>g</sub> (ACFM)(公式32)	0.2886
3. 實際μ(微油)(公式3)	178.4189
4. 實際雷諾數N <sub>re</sub> (公式10)	2726.7
5. 實際克寧寧校正係數C(公式4)	1.065
6. 實際PM <sub>2.5</sub> 截取粒徑D <sub>50</sub> (um)(公式33、公式34)	2.5724

四、實際截取粒徑判斷

	1	2	3	4	5
1. 疊代步驟次數N					
2. 重新建立克寧寧校正係數C <sub>r</sub>	1.064				
3. 重新建立D <sub>50-1</sub> ; D <sub>50-2</sub> (um)(公式35)	2.5145				
4. Z(D <sub>50-1</sub> /D <sub>50-2</sub> ; D <sub>50-2</sub> /D <sub>50-1.81</sub> )(公式36、公式37)	1.000				
5-1. 最佳截取粒徑判斷: D <sub>50-2</sub> 是否在2.25-2.75之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			
5-2. 最佳截取粒徑判斷: Z是否在0.99-1.01之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			

驗算人員簽章: [簽名]      頁次: 14

發行日期: 108.07.26  
表格編號: SAS27.1

排氣管檢測專案編號: E1109/US20044

中環科技事業股份有限公司  
採樣分析記錄-排氣管中PM<sub>2.5</sub>採樣後紀錄表

管制編號: S201109 排氣管編號: P711 記錄人簽名: [簽名] 梁 採樣日期: 109.5.26

一、採樣後流量檢查資料

設定檢查流量(m <sup>3</sup> /min)	0.10200	檢查時間(min)	45
參考流量計序號	014505	PM <sub>2.5</sub> 主機序號	1071
參考流量計溫度(°C)	22.7	PM <sub>2.5</sub> 主機溫度(°C)	26.6
參考流量計起始值(m <sup>3</sup> )	217.2812	PM <sub>2.5</sub> 主機起始值(m <sup>3</sup> )	0.00000
參考流量計結束值(m <sup>3</sup> )	217.5848	PM <sub>2.5</sub> 主機結束值(m <sup>3</sup> )	0.20947
參考流量計總體積值(m <sup>3</sup> )	0.2026	PM <sub>2.5</sub> 主機總體積值(m <sup>3</sup> )	0.20947
V <sub>ref</sub> (參考流量計校正因子)	0.9947	V <sub>post</sub>	0.9948
差值(<5%)	0.05		

二、採樣後資料填寫及確認

資料項目	預採	樣品
1. 總採樣時間(min)		317.72
2. 乾式氣體流量計採樣體積V <sub>s</sub> (ACM)(m <sup>3</sup> )		2.99196
3. 流量計絕對壓力P <sub>a</sub> (inHg)		29.858
4. 標準狀態下乾式氣體流量計採樣體積V <sub>std</sub> (DSCF)(Nf t <sup>3</sup> )(公式28)		92.256
5. 標準狀態下水氣體積V <sub>w</sub> (Nf t <sup>3</sup> )		17.145
6. 排氣溫度下飽和水蒸氣壓P <sub>w</sub> (mmHg)		101.72
7. 含水率B <sub>w</sub>		12.94
8. 理論含水率B <sub>th</sub>		14.22
9. 最終判定含水率B <sub>th</sub>	<input type="checkbox"/> 之前報告 <input type="checkbox"/> 預採	12.94
10. 濕基氣體分子量M <sub>w</sub> (lb/lb-mole)		28.67
11. 絕對排氣管道氣壓P <sub>a</sub> (inHg)		29.823
12. 排氣管道內氣體絕對溫度T <sub>a</sub> (°R)		587.7
13. 排氣流速V <sub>f</sub> (ft/sec)		25.55
14. 標準狀態下排氣管道排氣流量Q <sub>std</sub> (DSCMM)(Nm <sup>3</sup> /min)		6149.48
15. 標準狀態下排氣管道濕排氣流量Q <sub>w</sub> (SCMM)(Nm <sup>3</sup> /min)		7876.20
16. 穿速吸引百分比I(%)		11.7

三、採樣後數據判斷

1. 標準狀態下採樣速率Q <sub>std</sub> (DSCFM)(Nf t <sup>3</sup> /min)(公式29)	0.2941
2. 採樣速率Q <sub>s</sub> (ACFM)(公式32)	0.277
3. 實際μ(微油)(公式3)	179.0054
4. 實際雷諾數N <sub>re</sub> (公式10)	2645.5
5. 實際克勞寧校正係數C(公式4)	1.065
6. 實際PM <sub>2.5</sub> 載取粒徑D <sub>50</sub> (um)(公式33、公式34)	2.6152

四、實際載取粒徑判斷

1. 替代步驟次數N	1	2	3	4	5
2. 重新建立克勞寧校正係數C <sub>r</sub>	1.062				
3. 重新建立D <sub>50-1</sub> ; D <sub>50-n</sub> (um)(公式35)	2.6189				
4. Z(D <sub>50</sub> /D <sub>50-1</sub> ; D <sub>50-n</sub> /D <sub>50-n+1</sub> )(公式36、公式37)	1.001				
5-1. 最佳載取粒徑判斷: D <sub>50-n</sub> 是否在 2.25-2.75 之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			
5-2. 最佳載取粒徑判斷: Z 是否在 0.99-1.01 之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			

驗算人員簽章: [簽章] 頁次: 20

發行日期: 108.07.26  
 表格編號: SAS27.1

排氣管測測專案編號: ET169WAS0044

中環科技事業股份有限公司  
 採樣分析記錄-排氣管中PM<sub>2.5</sub>採樣後紀錄表

管制編號: 4201109      排氣管編號: P711      記錄人簽名: 蔡亦文 廖梁      採樣日期: 109.5.28

一、採樣後流量檢查資料

設定檢查流量(m <sup>3</sup> /min)	0.0200	檢查時間(min)	15
參考流量計序號	014585	PM <sub>2.5</sub> 主機序號	1091
參考流量計溫度(°C)	36.5	PM <sub>2.5</sub> 主機溫度(°C)	38.6
參考流量計起始值(m <sup>3</sup> )	257.6072	PM <sub>2.5</sub> 主機起始值(m <sup>3</sup> )	0.00000
參考流量計結束值(m <sup>3</sup> )	257.9046	PM <sub>2.5</sub> 主機結束值(m <sup>3</sup> )	0.30765
參考流量計總體積值(m <sup>3</sup> )	0.3074	PM <sub>2.5</sub> 主機總體積值(m <sup>3</sup> )	0.30765
V <sub>ref</sub> (參考流量計校正因子)	0.9943	V <sub>post</sub>	0.9862
差值(<5%)	-0.81		

二、採樣後資料填寫及確認

資料項目	預採	樣品
1. 總採樣時間(min)		712.23
2. 乾式氣體流量計採樣體積V <sub>a</sub> (ACM)(m <sup>3</sup> )		2.82687
3. 流量計絕對壓力P <sub>a</sub> (inHg)		29.827
4. 標準狀態下乾式氣體流量計採樣體積V <sub>std</sub> (DSCF)(Nf t <sup>3</sup> )(公式28)		97.3709
5. 標準狀態下水氣體積V <sub>w</sub> (Nf t <sup>3</sup> )		14.5768
6. 排氣溫度下飽和水蒸氣壓P <sub>s</sub> (mmHg)		108.76
7. 含水率B <sub>w</sub>		13.52
8. 理論含水率B <sub>wg</sub>		14.97
9. 最終判定含水率B <sub>wm</sub>	<input type="checkbox"/> 之前報告 <input type="checkbox"/> 預採	13.52
10. 濕蒸氣分子重量M <sub>w</sub> (lb/lb-mole)		28.95
11. 絕對排氣管道蒸氣體壓力P <sub>g</sub> (inHg)		29.791
12. 排氣管道內氣體絕對溫度T <sub>g</sub> (°R)		587.6
13. 排氣流速V <sub>g</sub> (ft/sec)		25.44
14. 標準狀態下排氣管道乾排氣流量Q <sub>std</sub> (DSCMM)(Nm <sup>3</sup> /min)		6969.27
15. 標準狀態下排氣管道濕排氣流量Q <sub>std</sub> (SCMM)(Nm <sup>3</sup> /min)		7480.4
16. 等速吸引百分比(%)		93.6

三、採樣後數據判斷

1. 標準狀態下採樣速率Q <sub>std</sub> (DSCFM)(Nf t <sup>3</sup> /min)(公式29)	0.2991
2. 採樣速率Q <sub>a</sub> (ACFM)(公式32)	0.3066
3. 實際μ(微泊)(公式3)	178.4189
4. 實際雷諾數N <sub>re</sub> (公式10)	2109.8
5. 實際克勞寧校正係數C(公式4)	1.065
6. 實際PM <sub>2.5</sub> 截取粒徑D <sub>50</sub> (um)(公式33、公式34)	2.5266

四、實際截取粒徑判斷

1. 疊代步驟次數N	1	2	3	4	5
2. 重新建立克勞寧校正係數C <sub>r</sub>	1.064				
3. 重新建立D <sub>50-1</sub> ; D <sub>50-n</sub> (um)(公式35)	2.538				
4. Z(D <sub>50</sub> /D <sub>50-1</sub> ; D <sub>50-n</sub> /D <sub>50-n+1</sub> )(公式36、公式37)	1.000				
5-1. 最佳截取粒徑判斷: D <sub>50-n</sub> 是否在 2.25-2.75 之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			
5-2. 最佳截取粒徑判斷: Z 是否在 0.99-1.01 之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			

驗算人員簽章: 蔡亦文 廖梁      26

仁武公用廠IP-1固定污染源操作紀錄

109 年 5 月 25 日 星期一

項目	MTI 原料				廢煤				AT112 煤油				AT112 煤油				AT112 煤油				備註												
	煤油 流量 kg/h	煤油 流量 kg/h	煤油 流量 kg/h	煤油 流量 kg/h	入口 流量 kg/h	出口 流量 kg/h																											
編號	FIC-B1051				FIC-B1052				FIC-B1053				FIC-B1054				FIC-B1055				FIC-B1056												
管制 值	0				0				0				0				0				0				0								
早班	357				341				352				341				352				341				352								
中班	364				352				364				352				364				352				364								
夜班	355				341				355				341				355				341				355								
加 班	355				341				355				341				355				341				355								
項目	煤油 流量 kg/h				煤油 流量 kg/h				煤油 流量 kg/h																								
編號	FIC-B1051				FIC-B1052				FIC-B1053				FIC-B1054				FIC-B1055				FIC-B1056				FIC-B1057								
管制 值	0				0				0				0				0				0				0				0				
早班	0				0				0				0				0				0				0				0				
中班	0				0				0				0				0				0				0				0				
夜班	0				0				0				0				0				0				0				0				
加 班	0				0				0				0				0				0				0				0				
項目	煤油 流量 kg/h				煤油 流量 kg/h				煤油 流量 kg/h				煤油 流量 kg/h																				
編號	FIC-B1051				FIC-B1052				FIC-B1053				FIC-B1054				FIC-B1055				FIC-B1056				FIC-B1057								
管制 值	0				0				0				0				0				0				0				0				
早班	0				0				0				0				0				0				0				0				
中班	0				0				0				0				0				0				0				0				
夜班	0				0				0				0				0				0				0				0				
加 班	0				0				0				0				0				0				0				0				
項目	煤油 流量 kg/h				煤油 流量 kg/h				煤油 流量 kg/h				煤油 流量 kg/h																				



仁武公用廠JP-1固定污染源操作紀錄

109 年 5 月 28 日 星期四

項目		W11 煤粉		廢煤			A111 煤水系統		A112 煤水系統		A113 煤水系統		A114 煤水系統		A115 煤水系統		A116 煤水系統		A117 煤水系統		A118 煤水系統		A119 煤水系統		A120 煤水系統		
編號	備註	管制值	單位	A	B	C	D	入口溫度	出口溫度	入口風速	出口風速	入口風速	出口風速														
管制值		0	kg/h	0	0	0	0	200	200	70	20	20	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
早班		20378	kg/h	10.6	10.4	10.4	10.4	41.0	53	338	335	335	226	54	49	52	49	52	49	52	49	52	49	52	49	52	49
中班		20378	kg/h	10.6	10.4	10.4	10.4	41.0	53	338	335	335	226	54	49	52	49	52	49	52	49	52	49	52	49	52	49
夜班		20378	kg/h	10.6	10.4	10.4	10.4	41.0	53	338	335	335	226	54	49	52	49	52	49	52	49	52	49	52	49	52	49
加		20378	kg/h	10.6	10.4	10.4	10.4	41.0	53	338	335	335	226	54	49	52	49	52	49	52	49	52	49	52	49	52	49
備註																											
項目		W12 煤粉		廢煤			A111 煤水系統		A112 煤水系統		A113 煤水系統		A114 煤水系統		A115 煤水系統		A116 煤水系統		A117 煤水系統		A118 煤水系統		A119 煤水系統		A120 煤水系統		
編號	備註	管制值	單位	A	B	C	D	入口溫度	出口溫度	入口風速	出口風速	入口風速	出口風速														
管制值		0	kg/h	0	0	0	0	200	200	70	20	20	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
早班		0	kg/h	0	0	0	0	200	200	70	20	20	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
中班		0	kg/h	0	0	0	0	200	200	70	20	20	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
夜班		0	kg/h	0	0	0	0	200	200	70	20	20	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
加		0	kg/h	0	0	0	0	200	200	70	20	20	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
備註																											

備註：

1. 防治設備故障發生後一小時內，需立即停止運轉。
2. 煤水系統發生第二十四小時內防治設備異常停機或停止操作。

備註：

備註：

中環科技事業股份有限公司

排放管道中可過濾性微粒(FPM)與可凝結性微粒(CPM)分析報告表

樣品編號：NAS1090044

採樣日期：1090525-26、28

可過濾性微粒(FPM)			
補集重量(M <sub>1</sub> +M <sub>2</sub> )(mg)	採樣體積V <sub>ms</sub> (DSCF)	濃度(C <sub>fpm2.5</sub> )(gr/DSCF)	濃度(C <sub>fpm2.5</sub> )(mg/Nm <sup>3</sup> )
樣品一	94.6406	0.00138	3.386
樣品二	92.2560	0.00120	2.952
樣品三	93.3909	0.00204	5.011

可凝結性微粒(CPM)			
m <sub>CPM</sub> (mg)	採樣體積V <sub>ms</sub> (DSCF)	濃度(C <sub>cpm2.5</sub> )(gr/DSCF)	濃度(C <sub>cpm2.5</sub> )(mg/Nm <sup>3</sup> )
樣品一	94.6406	0.00297	7.293
樣品二	92.2560	0.00209	5.139
樣品三	93.3909	0.00185	4.548

原生性微粒總量(FPM+CPM)			
濃度(C <sub>fpm2.5</sub> )(mg/Nm <sup>3</sup> )	濃度(C <sub>cpm2.5</sub> )(mg/Nm <sup>3</sup> )	C <sub>fpm2.5</sub> +C <sub>cpm2.5</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	濃度(C <sub>fpm2.5</sub> +C <sub>cpm2.5</sub> )(mg/Nm <sup>3</sup> )
樣品一	3.386	7.293	10.679
樣品二	2.952	5.139	8.091
樣品三	5.011	4.548	9.559

備註1：補集重量低於偵測極限時，以偵測極限值來計濃度



驗算人員：曾祥泰

最新修正日期: 109.03.25  
 109-1-17  
 DS  
 審核人: 白

中環科技事業股份有限公司  
 排放管道中可過濾性【FPM】與可凝結性【CPM】微粒分析報告表

分析日期: 109.05.29  
 分析日期: 109.05.29  
 試劑批號: (丙酮) 0000238604  
 丙酮空白濃度(Ca)ug/mg: 0.0000003  
 丙酮密度( $\rho_p$ )ug/ml: 790

樣品編號	結構	初重(w <sub>1</sub> )	初重(深1次)	初重(深2次)	後重(w <sub>2</sub> )	後重(深1次)	後重(深2次)	恆重差	恆重差(第2次)	恆重差(第3次)	微細重量	微細重量	總微細重量
NA51(090044)	V(ml)	w <sub>1</sub> (g)	w <sub>1</sub> (g)	w <sub>1</sub> (g)	w <sub>2</sub> (g)	w <sub>2</sub> (g)	w <sub>2</sub> (g)	w <sub>2</sub> -w <sub>1</sub>	w <sub>2</sub> -w <sub>1</sub>	w <sub>2</sub> -w <sub>1</sub>	(mg)	(mg)	(mg)
去離子超純水	Blank	150	32.85637	32.85634	0.00003	32.85634	32.85631	0.00003	-0.00003	0.00	0.04	-0.01	
FPM	A1-1(濾紙)	106	0.11753	0.11747	0.00006	0.12350	0.12351	-0.00001	0.00604	6.04	0.03	2.41	8.45
	A1-2(丙酮)	106	32.40398	32.40397	0.00001	32.40642	32.40641	0.00001	0.00244	2.44	0.03	2.41	7.18
	A2-1(丙酮)	132	0.12860	0.12855	0.00005	0.13470	0.13468	0.00002	0.00613	6.13	0.03	1.05	7.18
	A3-1(濾紙)	110	0.12483	0.12486	-0.00003	0.13422	0.13420	0.00002	0.00934	9.34	0.03	3.00	12.34
CPM	Container#1 無機	500	32.65255	32.65257	-0.00002	32.65558	32.65560	-0.00002	0.00303	3.03	0.03	3.00	#1+#2 18.3
Container#3 (濾紙)	Container#2 有機	380	32.64706	32.64708	-0.00002	32.66085	32.66089	-0.00004	0.01381	13.81	0.03	3.00	樣品CPM重量 18.2
CPM	Container#3 (濾紙)	500	32.51770	32.51773	-0.00003	32.52221	32.52217	0.00004	0.00444	4.44	0.03	3.00	#1+#2 12.6
CPM	Container#2 有機	450	32.78101	32.78105	-0.00004	32.78524	32.78521	0.00003	0.00416	4.16	0.03	3.00	樣品CPM重量 12.5
CPM	Container#1 無機	500	32.02888	32.02886	0.00002	32.03585	32.03588	-0.00003	0.00702	7.02	0.03	3.00	#1+#2 11.3
CPM	Container#2 有機	380	32.76136	32.76138	-0.00002	32.76563	32.76562	0.00001	0.00424	4.24	0.03	3.00	樣品CPM重量 11.2
CPM	Container#6 丙酮	206	30.90173	30.90176	-0.00003	30.90179	30.90175	0.00004	-0.00001	0.00	0.03	3.00	0.01
CPM	Container#7 去離子超純水	208	32.50734	32.50736	-0.00002	32.50735	32.50737	-0.00002	0.00001	0.01	0.03	3.00	0.10
CPM	Container#8 丙酮	186	32.30497	32.30500	-0.00003	32.30502	32.30500	0.00002	0.00000	0.00	0.03	3.00	0.08
CPM	Container#9 現購標準系統	310	31.14824	31.14821	0.00003	31.14827	31.14830	-0.00003	0.00009	0.09	0.03	3.00	0.08
CPM	Container#10 現購標準系統	400	32.61383	32.61380	0.00003	32.61382	32.61381	0.00001	0.00001	0.01	0.03	3.00	0.08
CPM(mg)	Container#11 回收空白(無機)11-1	430	31.88566	31.88568	-0.00002	31.88566	31.88570	-0.00004	0.00002	0.02	0.03	3.00	0.08
CPM(mg)	Container#11 回收空白(有機)11-2	380	32.18627	32.18630	-0.00003	32.18632	32.18636	-0.00004	0.00006	0.06	0.03	3.00	0.08

★公式:  $W_0 = C \cdot V / \rho$   
 註1: Container#6、#7、#8、#9、#10、#11-1、#11-2之空白管制: < 1.0 mg  
 註2: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註3: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註4: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註5: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註6: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註7: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註8: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註9: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註10: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註11: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註12: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註13: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註14: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註15: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註16: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註17: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註18: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註19: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註20: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註21: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註22: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註23: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註24: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註25: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註26: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註27: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註28: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註29: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註30: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註31: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註32: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註33: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註34: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註35: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註36: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註37: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註38: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註39: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註40: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註41: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註42: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註43: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註44: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註45: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註46: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註47: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註48: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註49: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註50: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註51: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註52: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註53: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註54: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註55: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註56: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註57: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註58: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註59: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註60: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註61: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註62: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註63: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註64: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註65: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註66: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註67: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註68: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註69: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註70: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註71: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註72: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註73: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註74: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註75: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註76: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註77: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註78: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註79: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註80: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註81: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註82: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註83: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註84: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註85: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註86: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註87: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註88: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註89: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註90: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註91: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註92: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註93: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註94: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註95: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註96: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註97: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註98: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註99: 樣品FPM重量: 樣品重量 \* 恆重差 / 初重 \* 1000 (mg)  
 註100: 樣品CPM重量: 樣品重量 \* 微細重量 / 初重 \* 1000 (mg)

發行日期：96.08.01  
表格編號：7AS16.0

廢氣排氣流速說明

管制編號		S	2	2	0	1	1	0	9	排放管道或周界編號	P	7	1	1
1. 測定管道資料	a. 形狀：圓形	b. 材質：鐵材		c. 頂部離地高：100 m										
	d. 外徑： * mm、長： * mm、寬： * mm													
	e. 內徑： 4200 mm、長： * mm、寬： * mm													
2. 測定孔資料	a. 開口內徑： 100mm	b. 凸緣高： 160 mm		c. 數量： 4 個										
	d. 距上一氣體擾流處為 39400 mm，約 9.4 倍於測定孔處測定管道之相當直徑													
	e. 距下一氣體擾流處為 31200 mm，約 7.4 倍於測定孔處測定管道之相當直徑													
3. 測定點資料	a. 測定點編號	1、4、7、10			2、5、8、11			3、6、9、12						
	b. 與測定孔外緣距離(mm)	345			773			1403						
	a. 測定點編號	以下空白												
	b. 與測定孔外緣距離(mm)													
4. 測定管道、測定孔與測定點位置示意圖	排氣量：													
5. 檢查項目	<input checked="" type="checkbox"/> 是、 <input type="checkbox"/> 否有做現場電源檢查； <input checked="" type="checkbox"/> 是、 <input type="checkbox"/> 否有做現場水源檢查													
6. 採樣作業安全性評估	<input checked="" type="checkbox"/> 安全、 <input type="checkbox"/> 不安全													



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：S1900710 檢測專案編號：ET109NAS0050

公私場所名稱：台灣中油股份有限公司石化事業部

受測污染源名稱：燃油鍋爐(E070)

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：109 年 06 月 09-11 日

二、檢測結果摘要										發行日期: 109.12.31		表格編號: TMS02.1				
檢測專案編號: ET109NAS0050																
基 本 資 料	1. 受測公私場所名稱: 中環科技事業股份有限公司石化事業部					5. 管制編號: S1900710										
	2. 地址: 高雄市林森路226號					6. 受測污染源(編號): 燃油鍋爐(E070)										
	3. 檢測用途: 申請					7. 採樣日期: 109年06月09-11日										
	4. 檢測機構名稱: 中環科技事業股份有限公司					8. 濾紙編號: 125、126、127										
採 樣 時 間	進料量 (註明單位)			產量 (註明單位)			燃料 (註明單位)									
	名稱	當日	許可用量	名稱	當日	許可用量	名稱	當日	許可用量							
	工業超純水	289.5T/h	350T/hr	蒸汽	271.7T/h	350T/h	天然氣	16.9Nm <sup>3</sup> /h	27.83Nm <sup>3</sup> /h							
	*	*	*	電力	17.1MWH	36MWH	燃料油	4.68KL/h	27.23KL/h							
污 染 源 操 作 狀 況	* * *			* * *			* * *									
	A. 燃料名稱: 天然氣, 含硫量: 0. B. 燃料名稱: 燃料油, 含硫量: 0.1500 % 混燒比例A: * : B: *															
採 樣 時 間	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	當日	許可用量	名稱	當日	許可用量	當日	許可用量								
	選擇性觸媒還原(SCR)設備(A004)	20%氨水	120.4Kg/hr	290Kg/hr			5324.71Nm <sup>3</sup> /min	5922Nm <sup>3</sup> /min								
	廢氣入口溫度	314.7°C	450°C													
防 治 能 力 操 作 狀 況	靜電集塵器(A005)		廢氣入口溫度		133.6°C	140°C	5324.71Nm <sup>3</sup> /min		5922Nm <sup>3</sup> /min							
	濕式排煙脫硫(A006)		45%NaOH		0.8T/h	2.8T/h	5324.71Nm <sup>3</sup> /min		5922Nm <sup>3</sup> /min							
	洗滌器速率		1206.1Nm <sup>3</sup> /h		3600Nm <sup>3</sup> /h											
	廢氣性質		排氣平均溫度: 10.96%, 排氣平均溫度: 71.6°C, 排氣平均流速: 6.97m/s, 濕基排氣量: 5980.32Nm <sup>3</sup> /min													
測 試 結 果	空氣污染物		排氣組成(%)				FPM+CPM (mg/Nm <sup>3</sup> )		乾基排氣量 (Nm <sup>3</sup> /min)		乾基校正排氣量 (Nm <sup>3</sup> /min)		空氣污染防制設施		合格	
	檢測方法編號	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	FFW(mg/Nm <sup>3</sup> )	CPM(mg/Nm <sup>3</sup> )	FPM+CPM (mg/Nm <sup>3</sup> )	乾基排氣量 (Nm <sup>3</sup> /min)	乾基校正排氣量 (Nm <sup>3</sup> /min)	空氣污染防制設施	合格					
	PM <sub>2.5</sub> (A212.11B) (A214.71C)	6.0	12.5	ND<0.1	0.595	2.103	2.698	5300.50	*	0.86	-	-	-	-	-	
	PM <sub>2.5</sub> (A212.11B) (A214.71C)	6.0	12.5	ND<0.1	0.852	6.601	7.453	5331.33	*	2.38	-	-	-	-	-	
PM <sub>2.5</sub> (A212.11B) (A214.71C)	5.9	12.5	ND<0.1	ND(0.532)	2.444	2.976	5342.29	*	0.95	-	-	-	-	-		
備 註	上述資料經本人做最終審查, 確認無誤 實驗室主任簽章															
	一、本採樣工作係由中環科技事業股份有限公司負責執行, 採樣後由中環科技事業股份有限公司分析 單位審核者簽章															
	二、倘檢測機構檢測能力尚未經理保署認可者, 於填報「空氣污染物/檢測方法編號」時, 應以**記號加註															
	三、FPM之偵測極限值為1.35mg															
	四、CPM之分析結果, 未包含濾紙樣品的分析值															
五、本報告登載數值之修型原則依據環保署環境檢驗所「檢測報告位數表示規定」辦理																

發行日期: 96.08.01  
 表格編號: 7AS03.0

煙道檢測專案編號: ET109NAS0050

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		S 1 9 0 0 7 1 0					排放管道或周界編號					P	0 7 0		
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. 操作數值		6. 計量單位之名稱					
a. 編號	b. 名稱 (代碼)					許可用量	操作數值								
E070	燃油鍋爐 (0010)	1	工業超純水 (360099)	350	289.5	T/h	(M3)								
		2	蒸汽 (360009)	350	271.7	T/h	(M3)								
		2	電力 (350099)	36	17.1	MWH	(ZZ)								
		1	天然氣 (050004)	27.83	16.9	Km <sup>3</sup> /h	(ZZ)								
		1	燃料油 (170019)	27.23	4.69	KL/h	(Q2)								
		3	高壓蒸汽壓力 (P01---)	138	107.8	Kg/cm <sup>2</sup>	(P5)								
		3	預熱燃料油溫度 (C07---)	120	100.0	°C	(C1)								
		3	燃燒室出口溫度 (C99---)	450	314.7	°C	(C1)								
A004	選擇性觸媒還原(SCR)設備 (200-)	3	20%氨水 (180361)	290	120.4	Kg/h	(M2)								
		3	廢氣入口溫度 (C02---)	450	314.7	°C	(C1)								
A005	靜電集塵器 (140-)	3	第一段放電電極電壓 (B03---)	70	22.8	KV	(B2)								
		3	第一段放電電極電流 (A06---)	300	100.0	mA	(A1)								
		3	第二段放電電極電壓 (B04---)	70	44.0	KV	(B2)								
		3	第二段放電電極電流 (A07---)	500	241.9	mA	(A1)								
		3	第三段放電電極電壓 (B06---)	70	22.1	KV	(B2)								
		3	第三段放電電極電流 (A08---)	300	121.4	mA	(A1)								
		3	廢氣入口溫度 (C02---)	140	133.6	°C	(C1)								
A006	濕式排煙脫硫 (169-)	3	45%NaOH (180041)	2.8	0.8	T/h	(M3)								
		3	洗滌液流率 (Q12---)	3600	1206.1	Nm <sup>3</sup> /h	(Q4)								
	以下空白														

修訂日期: 108.06.28  
表格編號: 3AS21.0

煙道檢測專案編號: ET109NAS0050

中環科技事業股份有限公司

採樣分析記錄-排放管道 戴奧辛 PM<sub>2.5</sub> 重金屬之 採樣 水份 採樣結果檢測記錄表

管制編號	S1900710	排放管道編號	P070
樣品編號: NAS1090050-水份		檢測日期: 109.6.9	
1. 總採樣時間:	48.0 (min)	2. 最大系統真空度 DI-V:	84.0 (mmHg)
3. 平均烘箱溫度 T-HB:	*	(°C)	4. 平均XAD-2入口溫度 T-CB: *
		(°C)	
5. 平均煙道靜壓力 P-ST:	757.6 (mmHg)	6. 吸氣嘴口徑面積 An:	*
		(mm <sup>2</sup> )	
7. 濕基氣體分子量 Ms:	>8.08 (g/g-mole)	8. 預設含水率 Bws:	*
		(%)	
9. 平均排氣壓差 DP-S:	4.3 (mmHg)	10. 平均排氣溫度 TS:	70.8 (°C)
11. 平均排氣流速 Vs:	*	(m/sec)	12. 平均小孔流量計壓差 DI-M: 40.0 (mmHg)
13. DGM 平均溫度:	35.1 (°C)	14. 總採氣體積 GAS-VOLUME:	0.9672 (m <sup>3</sup> )
15. 衝擊瓶平均出口溫度:	16.5 (°C)	16. 等速百分比 I:	*
		(%)	
最後採樣結果			
1. 標準乾採氣體積 Vmstd 0°C:	0.8582 (dscm)	2. 標準乾排氣量(0°C) Qs:	*
		(dscm/hr)	
3. 實際含水率 Bws:	11.61 (%)	4. 實際採氣流速 Vs:	*
		(m/sec)	
5. 含水氣氣體樣品體積:	0.113 (scm)	6. 實際等速百分比 I:	*
		(%)	
7. 排氣溫度下之飽和蒸氣壓 Pv:	>41.9 (mmHg)	8. 理論含水率 Bws:	31.93 (%)
9. 預設含水率之數值 Bws(選較低者):	11.61 (%)		
			頁次 6

發行日期: 108.07.26  
表格編號: 31527.1

排放管測測專案編號: ET109NAS0050

中環科技事業股份有限公司  
採樣分析記錄-排放管中PM<sub>2.5</sub>採樣後紀錄表

管制編號 S1900710 排放管編號 P070 記錄人簽名 蔡振芳 接樣日期 109.6.10

一、採樣後流量檢查資料

設定檢查流量(m <sup>3</sup> /min)	0.0200	檢查時間(min)	15
參考流量計序號	901432	PM <sub>2.5</sub> 主機序號	1091
參考流量計溫度(°C)	42.3	PM <sub>2.5</sub> 主機溫度(°C)	42.3
參考流量計起始值(m <sup>3</sup> )	748.1358	PM <sub>2.5</sub> 主機起始值(m <sup>3</sup> )	0.00000
參考流量計結束值(m <sup>3</sup> )	748.4396	PM <sub>2.5</sub> 主機結束值(m <sup>3</sup> )	0.30234
參考流量計總體積值(m <sup>3</sup> )	0.3138	PM <sub>2.5</sub> 主機總體積值(m <sup>3</sup> )	0.30234
V <sub>ref</sub> (參考流量計校正因子)	1.0060	V <sub>post</sub>	1.0379
差值(%)(<5%)	3.17		

二、採樣後資料填寫及確認

資料項目	預採	樣品
1. 總採樣時間(min)		305.75
2. 乾式氣體流量計採樣體積V <sub>g</sub> (ACM)(m <sup>3</sup> )		2.9762
3. 流量計絕對壓力P <sub>a</sub> (inHg)		29.831
4. 標準狀態下乾式氣體流量計採樣體積V <sub>g</sub> (DSCF)(Nft <sup>3</sup> )(公式28)		97.0946
5. 標準狀態下水氣體積V <sub>w</sub> (Nft <sup>3</sup> )		11.9726
6. 排氣溫度下飽和水蒸氣壓P <sub>s</sub> (mmHg)		25.4
7. 含水率B <sub>w</sub>		10.98
8. 理論含水率B <sub>w</sub>		33.21
9. 最終判定含水率B <sub>w</sub>	<input type="checkbox"/> 之前報告 <input checked="" type="checkbox"/> 採樣	10.98
10. 濕蒸氣體分子重M <sub>w</sub> (lb/lb-mole)		28.2
11. 絕對排放管濕蒸氣體壓力P <sub>w</sub> (inHg)		29.799
12. 排放管道內氣體絕對溫度T <sub>g</sub> (°R)		650.8
13. 排氣流速V <sub>g</sub> (ft/sec)		22.94
14. 標準狀態下排放管道乾排氣流量Q <sub>gd</sub> (DSQM)(Nm <sup>3</sup> /min)		5331.33
15. 標準狀態下排放管道濕排氣流量Q <sub>gw</sub> (SCM)(Nm <sup>3</sup> /min)		5488.19
16. 等速吸引百分比I(%)		103.2

三、採樣後數據判斷

1. 標準狀態下採樣速率Q <sub>scr</sub> (DSCFN)(Nft <sup>3</sup> /min)(公式28)	0.3176
2. 採樣速率Q <sub>s</sub> (ACFN)(公式32)	0.4212
3. 實際μ(微油)(公式3)	191.6089
4. 實際雷諾數N <sub>re</sub> (公式10)	2570.9
5. 實際克寧校正係數C(公式4)	1.073
6. 實際PM <sub>2.5</sub> 截取粒徑D <sub>50</sub> (um)(公式33、公式34)	2.6003

四、實際截取粒徑判斷

1. 疊代步驟次數N	1	2	3	4	5
2. 重新建立克寧校正係數C <sub>r</sub>	1.077				
3. 重新建立D <sub>50-1</sub> ; D <sub>50-N</sub> (um)(公式35)	2.6039				
4. Z(D <sub>50</sub> /D <sub>50-1</sub> ; D <sub>50-N</sub> /D <sub>50-(N-1)</sub> )(公式36、公式37)	1.001				
5-1. 最佳截取粒徑判斷: D <sub>50-N</sub> 是否在2.25-2.75之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			
5-2. 最佳截取粒徑判斷: Z 是否在0.99-1.01之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			

驗算人員簽章 蔡振芳 次 > 0

(鍋爐部份)

27鍋爐操作日報表

Unit	TH	TH	TH	DEGC	NM3/H	TH	DEGC	FO	MW	DEGC	DEGC	DEGC	DEGC	SCM/MIN	%
Description	鍋爐水 煤耗量	TH	TH	高壓蒸汽壓 力	DEGC	高壓蒸汽 溫度	NG用量	FO用量	發電量	空預熱溫 度	粉煤出口 溫度	粉煤出口 溫度	送風量	送風量	%
2020/6/10 0:00	284.51	266.45	109.83	492.10	16491.11	4.70	100.01	16.10	281.09	317.80	317.80	25.02	5497.20	5497.20	4.20
2020/6/10 1:00	284.15	266.56	106.65	492.00	16506.70	4.70	99.98	16.11	280.93	317.86	317.86	25.43	5495.73	5495.73	4.26
2020/6/10 2:00	284.92	266.72	108.96	491.90	16505.56	4.70	100.06	16.13	280.94	318.26	318.26	25.32	5495.67	5495.67	4.24
2020/6/10 3:00	285.71	267.01	107.96	492.24	16509.83	4.70	100.00	16.14	280.16	317.94	317.94	24.98	5488.88	5488.88	4.20
2020/6/10 4:00	284.13	266.88	109.90	491.69	16512.21	4.70	100.02	16.15	278.61	316.79	316.79	23.54	5428.74	5428.74	4.00
2020/6/10 5:00	285.01	267.00	112.33	492.21	16520.54	4.70	100.02	16.16	278.88	316.32	316.32	22.83	5399.78	5399.78	3.90
2020/6/10 6:00	286.54	267.44	112.34	491.77	16510.61	4.70	99.88	16.16	278.98	316.26	316.26	22.93	5400.62	5400.62	3.92
2020/6/10 7:00	285.32	267.14	109.24	491.87	16474.14	4.69	100.00	16.17	277.21	315.30	315.30	22.63	5405.68	5405.68	3.88
2020/6/10 8:00	287.07	269.40	105.38	492.19	16740.54	4.69	100.04	16.73	274.74	315.08	315.08	21.84	5464.24	5464.24	3.76
2020/6/10 9:00	291.23	273.56	108.30	491.78	17032.42	4.69	100.05	19.64	278.07	318.39	318.39	20.64	5512.73	5512.73	3.59
2020/6/10 10:00	291.97	274.04	108.09	492.81	17104.87	4.69	100.00	15.88	279.70	319.88	319.88	22.60	5626.41	5626.41	3.87
2020/6/10 11:00	291.47	274.41	106.50	491.77	17090.84	4.69	100.03	15.17	281.82	321.46	321.46	23.66	5677.18	5677.18	4.02
2020/6/10 12:00	292.59	274.46	108.20	491.74	17023.20	4.69	99.97	19.32	280.98	321.49	321.49	23.65	5690.69	5690.69	4.02
2020/6/10 13:00	291.83	274.59	107.16	491.34	17112.17	4.69	99.96	19.30	279.80	321.65	321.65	22.73	5652.33	5652.33	3.89
2020/6/10 14:00	294.32	275.69	108.94	492.11	17128.42	4.69	99.99	19.29	278.08	321.58	321.58	22.51	5653.39	5653.39	3.86
2020/6/10 15:00	294.18	276.86	111.16	492.25	17209.10	4.69	100.06	19.27	278.94	321.65	321.65	21.64	5653.47	5653.47	3.74
2020/6/10 16:00	296.21	278.12	107.63	491.78	17262.38	4.70	100.07	19.25	279.47	321.33	321.33	21.40	5652.81	5652.81	3.70
2020/6/10 17:00	294.35	276.43	106.06	492.19	17305.21	4.70	99.96	19.23	278.85	321.12	321.12	21.75	5651.87	5651.87	3.75
2020/6/10 18:00	295.59	276.58	105.75	492.16	17366.10	4.71	100.03	19.22	280.68	319.90	319.90	21.58	5650.16	5650.16	3.73
2020/6/10 19:00	295.62	277.57	110.37	492.97	17380.05	4.76	99.99	19.20	281.47	320.75	320.75	22.17	5667.36	5667.36	3.81
2020/6/10 20:00	297.49	278.57	110.92	490.73	17405.33	4.71	99.96	19.13	284.47	322.94	322.94	22.32	5704.94	5704.94	3.83
2020/6/10 21:00	295.84	276.92	105.76	491.96	17137.77	4.72	99.91	19.02	285.08	318.17	318.17	19.51	5491.76	5491.76	3.43
2020/6/10 22:00	285.23	267.23	106.15	492.10	16621.75	4.67	99.97	18.91	279.30	312.33	312.33	19.39	5326.79	5326.79	3.41
2020/6/10 23:00	290.33	272.61	110.89	491.20	16894.68	4.67	100.05	18.79	275.97	310.92	310.92	16.34	5263.51	5263.51	2.95

製表人:

主管:

第2頁(共8頁)

(鍋爐部份)

27 鍋爐操作日報表

8127 Unit	1	密度0.947													
Description	T/H	T/H	TH	T/H	FO	T/H	FO	MW	DEGC	DEGC	DEGC	DEGC	SCMMIN	%	%
	鍋爐水 燃料量	蒸汽產量	高壓蒸汽壓力	DEGC 高壓蒸汽 溫度	NM3/H NS用量	FO 燃料量	FO 預熱溫度	發電量	空氣預熱溫 度	總式出口 溫度	% 過熱空氣 量	送風量	% 過熱風量	過熱風量	% 過熱風量
管制值	350	350	138		27833.75	25.79	120	36							
2020/6/11 0:00	291.14	272.79	108.43	491.85	16920.58	4.67	100.05	18.68	273.80	308.82	15.48	5219.67	15.48	5219.67	2.81
2020/6/11 1:00	291.81	272.77	107.45	492.42	16951.43	4.67	100.00	18.57	273.24	308.46	15.28	5218.07	15.28	5218.07	2.78
2020/6/11 2:00	290.12	272.95	108.33	491.70	16979.66	4.67	99.95	18.46	274.16	308.92	15.47	5217.58	15.47	5217.58	2.81
2020/6/11 3:00	291.56	273.22	110.54	492.39	16992.82	4.67	99.97	18.34	273.51	308.90	15.37	5217.60	15.37	5217.60	2.80
2020/6/11 4:00	288.41	269.73	108.08	492.09	16713.07	4.67	100.05	17.97	272.68	308.34	16.66	5177.76	16.66	5177.76	3.00
2020/6/11 5:00	284.30	266.51	109.95	491.54	16634.03	4.67	100.04	17.49	272.89	307.63	16.62	5137.40	16.62	5137.40	2.99
2020/6/11 6:00	286.24	267.87	108.83	492.06	16601.11	4.68	99.96	17.43	272.09	306.20	15.96	5105.96	15.96	5105.96	2.89
2020/6/11 7:00	286.93	269.50	106.33	491.51	16702.98	4.68	99.96	17.40	271.32	304.62	14.70	5095.53	14.70	5095.53	2.69
2020/6/11 8:00	287.64	268.13	107.57	492.64	16761.91	4.67	99.97	17.37	269.46	304.65	15.32	5136.17	15.32	5136.17	2.79
2020/6/11 9:00	288.05	269.43	106.52	491.39	16823.53	4.65	100.10	17.34	269.81	305.92	15.33	5162.71	15.33	5162.71	2.79
2020/6/11 10:00	287.37	268.28	106.87	492.35	16736.49	4.68	99.87	17.31	271.76	306.37	15.96	5185.53	15.96	5185.53	2.89
2020/6/11 11:00	287.06	269.06	106.70	491.90	16794.99	4.67	100.01	17.28	272.64	306.66	15.51	5198.48	15.51	5198.48	2.82
2020/6/11 12:00	291.68	272.71	106.65	492.06	17040.64	4.66	100.06	17.25	271.96	307.76	14.92	5238.24	14.92	5238.24	2.73
2020/6/11 13:00	292.53	272.99	105.75	492.20	17093.16	4.66	99.89	17.21	271.64	308.06	14.51	5238.62	14.51	5238.62	2.66
2020/6/11 14:00	292.29	274.57	105.97	491.72	17148.58	4.66	100.06	17.16	269.69	307.62	13.83	5239.37	13.83	5239.37	2.55
2020/6/11 15:00	292.24	274.58	106.25	492.28	17162.11	4.65	99.98	17.11	269.76	307.18	13.80	5241.41	13.80	5241.41	2.55
2020/6/11 16:00	294.28	276.61	107.93	491.70	17248.37	4.65	99.94	17.06	271.22	307.75	14.05	5263.08	14.05	5263.08	2.59
2020/6/11 17:00	290.05	270.08	108.48	492.29	16856.37	4.64	100.08	16.33	270.21	306.05	14.53	5189.75	14.53	5189.75	2.66
2020/6/11 18:00	283.13	264.22	109.16	491.41	16356.79	4.64	99.98	16.04	268.14	301.43	14.98	5035.03	14.98	5035.03	2.74
2020/6/11 19:00	284.21	265.95	107.22	492.22	16512.79	4.65	99.95	16.15	267.77	301.39	14.80	5074.33	14.80	5074.33	2.71
2020/6/11 20:00	285.66	266.73	107.69	492.02	16664.99	4.65	99.99	16.27	267.86	303.01	14.37	5140.83	14.37	5140.83	2.64
2020/6/11 21:00	286.03	268.00	110.46	491.97	16606.31	4.65	99.95	16.38	267.97	303.74	14.96	5141.52	14.96	5141.52	2.73
2020/6/11 22:00	285.80	267.26	110.74	492.17	16613.40	4.65	100.00	16.49	266.73	303.24	14.85	5101.89	14.85	5101.89	2.72
2020/6/11 23:00	286.57	268.23	109.37	491.72	16628.27	4.66	100.03	16.60	267.62	303.58	14.90	5101.43	14.90	5101.43	2.72

主管:

製表人:

第1頁(共3頁)

(鍋爐部份)

27 鍋爐操作日報表

Unit	TH	TH	TH	KG/CM2	DEGC	NMDH	TH	DEGC	MW	DEGC	DEGC	DEGC	%	SCM/MIN	%
Description	鍋爐水 燃料量	蒸汽產量	高壓蒸汽壓力	高壓蒸汽溫度	NG用電	FO用電	FO用電	FO 用熱溫度	發電量	空基預熱溫度	燃燒式出口 溫度	燃料空量	送風量	送風量	過剩氧量
2020/6/9 0:00	294.35	274.98	109.39	492.13	17187.12	4.65	100.06	15.41	280.98	316.83	20.01	5378.14	3.50		
2020/6/9 1:00	292.08	273.75	104.35	492.26	17189.34	4.68	99.90	15.52	278.95	317.39	20.65	5410.12	3.59		
2020/6/9 2:00	296.60	277.46	104.76	491.84	17392.29	4.73	99.98	15.64	281.67	319.21	20.44	5480.48	3.56		
2020/6/9 3:00	294.05	276.77	105.91	492.09	17405.57	4.74	99.93	15.76	283.94	320.37	21.04	5510.05	3.65		
2020/6/9 4:00	293.09	273.78	108.59	491.68	17164.81	4.68	100.04	15.89	284.26	319.44	22.62	5483.27	3.87		
2020/6/9 5:00	291.53	272.83	106.38	492.40	17102.42	4.68	100.00	16.01	281.17	318.90	22.82	5485.05	3.90		
2020/6/9 6:00	290.72	272.21	108.15	491.88	17105.42	4.67	100.07	16.13	279.69	319.34	22.67	5477.79	3.88		
2020/6/9 7:00	289.11	271.86	107.40	491.89	17061.19	4.67	100.03	16.26	279.80	318.50	22.29	5467.77	3.83		
2020/6/9 8:00	289.32	271.07	106.83	492.40	17034.83	4.67	99.98	16.38	278.86	318.30	22.09	5469.41	3.80		
2020/6/9 9:00	292.47	274.83	108.41	491.97	17167.05	4.74	99.97	16.49	279.09	321.67	23.59	5634.17	4.01		
2020/6/9 10:00	291.22	272.88	107.46	491.68	16941.28	4.75	100.05	16.58	280.39	321.63	23.81	5623.34	4.04		
2020/6/9 11:00	289.77	271.61	105.80	491.66	16870.66	4.75	99.98	16.68	280.74	321.13	24.13	5622.08	4.08		
2020/6/9 12:00	286.16	268.19	106.42	492.32	16623.95	4.76	100.01	16.77	280.52	320.31	25.16	5577.91	4.22		
2020/6/9 13:00	288.01	270.39	106.15	491.98	16754.99	4.77	99.96	16.86	279.83	319.54	23.62	5562.24	4.01		
2020/6/9 14:00	288.42	271.21	108.45	491.85	16799.15	4.76	100.04	16.96	280.13	319.82	23.33	5565.65	3.97		
2020/6/9 15:00	289.54	271.24	106.32	492.08	16804.41	4.75	99.93	17.05	279.95	319.56	23.41	5564.27	3.98		
2020/6/9 16:00	288.76	271.33	105.51	492.03	16840.05	4.74	100.00	17.14	280.16	320.08	23.93	5581.58	4.05		
2020/6/9 17:00	288.13	270.64	106.65	491.78	16865.10	4.73	100.00	17.18	280.90	320.79	24.20	5593.97	4.09		
2020/6/9 18:00	290.12	272.29	109.65	492.18	16962.67	4.72	100.02	17.17	280.47	319.49	23.47	5599.67	3.99		
2020/6/9 19:00	290.20	272.30	109.27	491.77	16864.73	4.71	100.04	17.13	279.86	319.35	24.12	5586.34	4.08		
2020/6/9 20:00	294.92	266.99	104.49	492.12	16566.56	4.71	100.04	16.68	280.02	317.49	24.75	5522.45	4.17		
2020/6/9 21:00	284.47	266.82	109.55	491.67	16532.03	4.71	100.00	16.15	281.19	318.09	25.34	5523.43	4.25		
2020/6/9 22:00	283.70	265.05	105.47	492.26	16488.07	4.71	99.99	16.08	281.33	317.94	25.50	5517.95	4.27		
2020/6/9 23:00	285.64	265.75	107.62	491.87	16504.19	4.70	99.92	16.09	281.18	317.69	24.97	5500.93	4.20		

製表人:

主管:

第3頁(共8頁)

中環科技事業股份有限公司

排放管道中可過濾性微粒(FPM)與可凝結性微粒(CPM)分析報告表

樣品編號：NAS1090050

採樣日期：1090609-11

可過濾性微粒(FPM)			
補集重量(M <sub>1</sub> +M <sub>2</sub> )(mg)	採樣體積V <sub>ms</sub> (DSCF)	濃度(C <sub>FPM2.5</sub> )(gr/DSCF)	濃度(C <sub>FPM2.5</sub> )(mg/Nm <sup>3</sup> )
樣品一 1.50	95.5750	0.00024	0.595
樣品二 2.18	97.0946	0.00035	0.852
樣品三 1.35	96.2099	0.00022	0.532

可凝結性微粒(CPM)			
m <sub>CPM</sub> (mg)	採樣體積V <sub>ms</sub> (DSCF)	濃度(C <sub>CPM2.5</sub> )(gr/DSCF)	濃度(C <sub>CPM2.5</sub> )(mg/Nm <sup>3</sup> )
樣品一 5.3	95.5750	0.00086	2.103
樣品二 16.9	97.0946	0.00269	6.601
樣品三 6.2	96.2099	0.00099	2.444

原生性微粒總量(FPM+CPM)			
濃度(C <sub>FPM2.5</sub> )(mg/Nm <sup>3</sup> )	濃度(C <sub>CPM2.5</sub> )(mg/Nm <sup>3</sup> )	C <sub>FPM2.5</sub> +C <sub>CPM2.5</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	濃度(C <sub>FPM2.5</sub> )(mg/Nm <sup>3</sup> )
樣品一 0.595	2.103	2.698	2.698
樣品二 0.852	6.601	7.453	7.453
樣品三 0.532	2.444	2.976	2.976

備註1：補集重量低於偵測極限時，以偵測極限值來計濃度

驗算人員：

符春芬



中環科技事業股份有限公司

排放管道中可過濾性【FPM】與可凝結性【CPM】微粒 分析報告表 2027-1-18

最後確認日期: 109-03-25

分析方法: NIEA A212/214

試劑批號: (丙酮)

0000242182

0000238604

分析員: DI

審核人: HETS

丙酮密度( $\rho_a$ ) (mg/mL): 790

0.00000008

分析日期: 109.06.16

樣品編號	體積 V(mL)	初重(第1次) W <sub>1</sub> (g)	初重(第2次) W <sub>2</sub> (g)	恆重 W <sub>1</sub> -W <sub>2</sub>	後重(第1次) W <sub>2</sub> (g)	後重(第2次) W <sub>2</sub> (g)	恆重 W <sub>2</sub> -W <sub>1</sub>	微粉重量 (g) W <sub>2</sub> -W <sub>1</sub>	微粉重量 (mg)	微粉重量 (mg)	微粉重量 (mg)	總微粉重量 (mg)
去離子超純水	150	32.69957	32.69950	0.00007	32.69945	32.69952	-0.00007	0.00007	0.02	0.09	0.00	
丙酮	150	31.99124	31.99124	0.00000	31.99130	31.99133	-0.00003	0.00009	0.09	0.00	0.00	
A1-1(濾紙)	—	0.12772	0.12773	-0.00001	0.12907	0.12904	0.00003	0.00131	1.31	—	—	1.50
A1-2(丙酮)	92	31.59293	31.59297	-0.00004	31.59315	31.59322	-0.00007	0.00025	0.25	0.06	0.19	0.19
A2-1(濾紙)	96	0.11582	0.11582	-0.00000	0.11795	0.11791	0.00004	0.00209	2.09	—	—	2.18
A2-2(丙酮)	96	32.64518	32.64511	0.00007	32.64521	32.64526	-0.00005	0.00015	0.15	0.06	0.09	0.09
A3-1(濾紙)	—	0.11500	0.11497	0.00003	0.11505	0.11512	-0.00007	0.00015	0.15	—	—	0.15
A3-2(丙酮)	94	32.38930	32.38925	0.00005	32.38927	32.38931	-0.00004	0.00006	0.06	0.06	0.00	0.15
CPM Container#3 (濾紙)	520	32.36117	32.36112	0.00005	32.36479	32.36482	-0.00003	0.00370	3.70			#1+#2 5.5
Container#2 有微 B1-2	360	32.88246	32.88246	0.00000	32.88423	32.88429	-0.00006	0.00183	1.83			樣品CPM重量* 5.3
CPM Container#3 (濾紙)	540	32.72415	32.72414	0.00001	32.73910	32.73914	-0.00004	0.01500	15.00			#1+#2 17.1
Container#2 有微 B2-2	380	32.78014	32.78012	0.00002	32.78221	32.78218	0.00003	0.00206	2.06			樣品CPM重量* 16.9
CPM Container#3 (濾紙)	500	32.84872	32.84874	-0.00002	32.85355	32.85351	0.00004	0.00477	4.77			#1+#2 6.4
Container#2 有微 B3-2	360	32.59690	32.59683	0.00007	32.59835	32.59841	-0.00006	0.00158	1.58			樣品CPM重量* 6.2
CPM Container#6	210	32.38689	32.38688	0.00001	32.38693	32.38690	0.00003	0.00002	0.02			0.16
CPM Container#7	214	32.43102	32.43096	0.00006	32.43099	32.43107	-0.00008	0.00011	0.11			
CPM Container#8	207	32.61233	32.61227	0.00006	32.61232	32.61230	0.00002	0.00003	0.03			
CPM Container#9	320	32.74982	32.74977	0.00005	32.74980	32.74983	-0.00003	0.00006	0.06			0.19
CPM Container#10	410	32.18918	32.18910	0.00008	32.18918	32.18923	-0.00005	0.00013	0.13			
CPM(mg) Container#11	450	32.46981	32.46978	0.00003	32.46993	32.46987	0.00006	0.00009	0.09			0.25
回收至回收桶#11.2	420	32.63025	32.63022	0.00003	32.63030	32.63038	-0.00008	0.00016	0.16			

數據提交日期: 109.06.20

樣品數量: 12

分析數值: 12

樣品編號: 12

★公式:  $W = C \times V \times \rho_a$

註1: Container-#6, #7, #8, #9, #10, #11-1, #11-2之空白管制: < 1.0 mg

註2: 樣品CPM重量: 樣品實際重量和粉量乘2.0mg; 則以2.0mg扣除(扣除後者); 排放管道-PM10與PM2.5(2.5及10) 0.6 (0.6) (0.6) (0.6) (0.6) (0.6) (0.6) (0.6) (0.6) (0.6) (0.6) (0.6) (0.6)

發行日期：96.08.01  
表格編號：7AS16.0

廢氣排放管道說明表

管制編號		S	1	9	0	0	7	1	0	排放管道或周界編號	P	0	7	0
1. 測定管道資料	a. 形狀：	圓形		b. 材質：		鐵材		c. 頂部離地高：		100		m		
	d. 外徑：	4812 mm、長 *		mm、寬 *		mm								
	e. 內徑：	4800 mm、長 *		mm、寬 *		mm								
2. 測定孔資料	a. 開口內徑：	100mm		b. 凸緣高：		150 mm		c. 數量：		4		個		
	d. 距上一氣體擾流處為	43000 mm，約 9		倍於測定孔處測定管道之相當直徑										
	e. 距下一氣體擾流處為	24000 mm，約 5		倍於測定孔處測定管道之相當直徑										
3. 測定點資料	a. 測定點編號	1、4、7、10		2、5、8、11		3、6、9、12								
	b. 與測定孔外緣距離(mm)	361		851		1571								
	a. 測定點編號	以下空白												
	b. 與測定孔外緣距離(mm)													
4. 測定管道、測定孔與測定點位置示意圖	排氣量：													
	<p>The diagram shows a circular cross-section of a pipe with 12 measurement points arranged in a circle. The points are numbered 1-3, 4-6, 7-9, and 10-12. A vertical section to the right shows the pipe's profile with a measurement point at a height of 24000mm from the ground. The distance from the measurement point to the next disturbance point is 43000mm. Arrows indicate the flow direction from right to left.</p>													
5. 檢查項目	<input checked="" type="checkbox"/> 是、 <input type="checkbox"/> 否有做現場電源檢查； <input checked="" type="checkbox"/> 是、 <input type="checkbox"/> 否有做現場水源檢查													
6. 採樣作業安全性評估	<input checked="" type="checkbox"/> 安全、 <input type="checkbox"/> 不安全													



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：E5602998      檢測專案編號：ET109NAS0051  
公私場所名稱：高雄市政府環境保護局南區資源回收廠  
受測污染源名稱：廢棄物焚化爐(E002)、蒸氣鍋爐(A002)、  
半乾式洗煙塔(A006)、袋式集塵器(A018)、  
SNCR脫硝系統  
檢測目的：固定污染源排放管道PM<sub>2.5</sub>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：109年06月15-17日

圖章日期: 08.12.21  
表格編號: 74502.1

檢測專案編號: ET109NAS0051

**二、檢測結果摘要**

基 本 資 料	1. 受測公私場所名稱: 高雄市政府環境保護局南區資源回收廠				5. 管制編號: E5602998							
	2. 地址: 高雄市小港區北林路				6. 受測污染源(編號): 廢棄物焚化爐(E002)							
	3. 檢測用途: 固定污染源排放管制技術及物料背景調查				7. 採樣日期: 109 年 06 月 15-17 日							
	4. 檢測機構名稱: 中環科技				8. 濾紙編號: 129-130-131							
採 樣 時 間	進料量 (註明單位)		產量 (註明單位)			燃料 (註明單位)						
	名稱	當日	許可用量	名稱	當日	許可用量	名稱	當日	許可用量			
	一般廢棄物(D-1801)	7.91ton/hr	9.38ton/hr	灰渣	3.58ton/hr	4.69ton/hr	柴油	0ton/day	11ton/day			
	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
作 業 狀 況	A. 燃料名稱: 柴油(≤0.05%) , 含硫量 * % ; B. 燃料名稱: * , 含硫量 * %											
	泥燒比例A: * ; B: * .											
樣 本 時 間	主要操作參數(註明單位)				處理量(註明單位)							
	名稱	當日	許可用量	當日	許可用量	當日	許可用量	當日	許可用量			
	A006袋式集塵器(129)	集塵器壓降	281.52mmH <sub>2</sub> O	100-500mmH <sub>2</sub> O	廢氣出口溫度	152.61	140-260°C	2512.14Nm <sup>3</sup> /min	5922Nm <sup>3</sup> /min			
	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
檢 測 結 果	廢氣性質 排氣平均溼度: 19.37% , 排氣平均溫度: 154.6°C , 排氣平均流速: 21.10m/s , 濕基排氣量: 2512.14Nm <sup>3</sup> /min											
	空氣污染物 檢測方法編號	排氣組成(%)			FFM (mg/Nm <sup>3</sup> )	CPM (mg/Nm <sup>3</sup> )	FFM+CPM (mg/Nm <sup>3</sup> )	乾基排氣量 (Nm <sup>3</sup> /min)	乾基校正 排氣量 (Nm <sup>3</sup> /min)	空氣污染 物排放量 (kg/hr)	排放 標準	合格 是 否
PM <sub>2.5</sub> (A212.10B)(A214.70C)	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	2.714	4.384	7.098	2012.75	*	0.86	-		
PM <sub>2.5</sub> (A212.10B)(A214.70C)	8.3	10.1	ND<0.1	3.152	3.184	6.336	2035.54	*	0.77	-		
PM <sub>2.5</sub> (A212.10B)(A214.70C)	8.2	10.4	ND<0.1	4.133	2.410	6.543	2028.60	*	0.80	-		
上述資料經本人做最終審查, 確認無誤 <span style="float: right;">實驗室主任簽章</span> 一、本採樣工作係由中環科技事業股份有限公司負責執行, 採樣後由中環科技事業股份有限公司分析 二、倘檢測機構檢測能力尚未經環保署認可者, 於填報「空氣污染物/檢測方法編號」時, 應以「*」記號加註 三、FFM之偵測極限值為1.35mg 四、CPM之分析結果, 未包含濾紙樣品的分析值 五、本報告空氣數值之修整原則依據環保署環境檢驗所「檢測報告位數表示規定」辦理												

圖章

頁次 2



修訂日期: 108.06.28  
表格編號: 3AS21.0

煙道檢測專案編號: ET109NAS0051

中環科技事業股份有限公司

採樣分析記錄-排放管道 戴奧辛 PM<sub>2.5</sub> 重金屬之 採樣 水份 採樣結果檢測記錄表

管制編號	E5602998	排放管道編號	P002
樣品編號: NAS1090051-水份		檢測日期: 109.06.15	
1. 總採樣時間:	48.0 (min)	2. 最大系統真空度 DH-V:	66.0 (mmHg)
3. 平均烘箱溫度 T-HB:	* (°C)	4. 平均XAD-2入口溫度 T-CB:	* (°C)
5. 平均煙道靜壓力 P-ST:	757.5 (mmHg)	6. 吸氣嘴口徑面積 An:	* (mm <sup>2</sup> )
7. 濕基氣體分子量 Ms:	27.40 (g/g-mole)	8. 預設含水率 Bws:	* (%)
9. 平均排氣壓差 DP-S:	31.0 (mmHg)	10. 平均排氣溫度 TS:	152.5 (°C)
11. 平均排氣流速 Vs:	* (m/sec)	12. 平均小孔流量計壓差 DH-M:	40.0 (mmHg)
13. DGM 平均溫度:	35.0 (°C)	14. 總採氣體積 GAS-VOLUME:	0.9688 (m <sup>3</sup> )
15. 衝擊瓶平均出口溫度:	17.5 (°C)	16. 等速百分比 I:	* (%)
最後採樣結果			
1. 標準乾採氣體積 Vmstd 0°C:	0.8611 (dscm)	2. 標準乾排氣量(0°C) Qs:	* (dscm/hr)
3. 實際含水率 Bws:	20.12 (%)	4. 實際採氣流速 Vs:	* (m/sec)
5. 含水氣氣體樣品體積:	0.217 (scm)	6. 實際等速百分比 I:	* (%)
7. 排氣溫度下之飽和蒸氣壓 Pv:	* (mmHg)	8. 理論含水率 Bws:	* (%)
9. 預設含水率之數值 Bws(選較低者):	* 20.12 (%) (20.1)		
		頁次	6

發行日期: 108.07.28  
A版編號: 31527.1

排放管線檢測專案編號: ET109NAS005 (

中環科技事業股份有限公司  
採樣分析記錄-排放管線中PM<sub>2.5</sub>採樣後紀錄表

管制編號 ES602998 排放管線編號 P002 記錄人簽名 採樣日期 109.06.15

一、採樣後流量檢查資料

設定檢查流量(m <sup>3</sup> /min)	0.0200	檢查時間(min)	15
參考流量計序號	1901432	PM <sub>2.5</sub> 主機序號	1091
參考流量計溫度(°C)	35.4	PM <sub>2.5</sub> 主機溫度(°C)	41.1
參考流量計起始值(m <sup>3</sup> )	749.2814	PM <sub>2.5</sub> 主機起始值(m <sup>3</sup> )	0.00000
參考流量計結束值(m <sup>3</sup> )	749.5924	PM <sub>2.5</sub> 主機結束值(m <sup>3</sup> )	0.30265
參考流量計總體積值(m <sup>3</sup> )	0.3110	PM <sub>2.5</sub> 主機總體積值(m <sup>3</sup> )	0.30265
V <sub>ref1</sub> (參考流量計校正因子)	1.0060	V <sub>post</sub>	1.0464
差值(%)(≤5%)	4.02		

二、採後資料填寫及確認

資料項目	預採	樣品
1. 總採樣時間(min)	48	>90.50
2. 乾式氣體流量計採樣體積V <sub>m</sub> (ACM)(m <sup>3</sup> )	0.9688	2.58612
3. 流量計絕對壓力P <sub>a</sub> (inHg)	*	>9.902
4. 標準狀態下乾式氣體流量計採樣體積V <sub>m</sub> (DSCF)(Nft <sup>3</sup> )(公式28)	30.4095	85.6506
5. 標準狀態下水氣體積V <sub>w</sub> (Nft <sup>3</sup> )	7.6540	>1.0028
6. 排氣溫度下飽和水蒸氣壓P <sub>s</sub> (mmHg)	*	*
7. 含水率B <sub>w</sub>	20.12	19.69
8. 理論含水率B <sub>w</sub>	*	*
9. 最終判定含水率B <sub>w</sub>	<input type="checkbox"/> 之前報告預採 20.12	19.69
10. 濕蒸氣體分子重量M <sub>w</sub> (lb/lb-mole)	27.40	27.42
11. 絕對排氣管線蒸氣壓力P <sub>v</sub> (inHg)	>9.815	>9.815
12. 排氣管線內氣體絕對溫度T <sub>g</sub> (°R)	768.9	768.5
13. 排氣流速V <sub>g</sub> (ft/sec)	68.65	68.77
14. 標準狀態下排氣管線乾排氣流量Q <sub>sd</sub> (DSCMM)(Nm <sup>3</sup> /min)	1997.6	>2012.75
15. 標準狀態下排氣管線濕排氣流量Q <sub>sw</sub> (SCMM)(Nm <sup>3</sup> /min)	>2500.75	2506.31
16. 穿透吸引百分比I(%)	*	100.2

三、採後數據判斷

1. 標準狀態下採樣速率Q <sub>sd</sub> (DSCFM)(Nft <sup>3</sup> /min)(公式29)	0.2948
2. 採樣速率Q <sub>s</sub> (ACFM)(公式32)	0.5362
3. 實際Z(英寸)(公式3)	216.0797
4. 實際雷諾數N <sub>re</sub> (公式10)	>280.8
5. 實際克寧校正係數C(公式4)	1.095
6. 實際PM <sub>2.5</sub> 截取粒徑D <sub>90</sub> (µm)(公式33、公式34)	2.6278

四、實際截取粒徑判斷

1. 疊代步驟次數	1	2	3	4	5
2. 重新建立克寧校正係數C <sub>r</sub>	1.091	1.091			
3. 重新建立D <sub>90-1</sub> ; D <sub>90-5</sub> (µm)(公式35)	2.6226	2.6226			
4. Z(D <sub>90-1</sub> /D <sub>90-5</sub> ); Z <sub>90-1</sub> /Z <sub>90-5</sub> (公式36、公式37)	1.002	0.000			
5-1. 最佳截取粒徑判斷: D <sub>90-5</sub> 是否在2.25-2.75之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			
5-2. 最佳截取粒徑判斷: Z是否在0.99-1.01之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			

驗算人員簽名 日期 14

發行日期: 108.07.26  
表格編號: 31527.1

排放管道檢測專案編號: ET109NAS0051

中環科技事業股份有限公司  
採樣分析記錄-排放管道中PM<sub>2.5</sub>採樣後紀錄表

管制編號: E5602998      排放管道編號: P002      記錄人簽名: 羅冠智      採樣日期: 109.06.16

一、採樣後流量檢查資料

設定檢查流量(m <sup>3</sup> /min)	0.0200	檢查時間(min)	15
參考流量計序號	1901432.0000	PM <sub>2.5</sub> 主機序號	1041
參考流量計溫度(°C)	33.6	PM <sub>2.5</sub> 主機溫度(°C)	38.1
參考流量計起始值(m <sup>3</sup> )	749.6112	PM <sub>2.5</sub> 主機起始值(m <sup>3</sup> )	0.00000
參考流量計結束值(m <sup>3</sup> )	749.9244	PM <sub>2.5</sub> 主機結束值(m <sup>3</sup> )	0.30273
參考流量計總體積值(m <sup>3</sup> )	0.3132	PM <sub>2.5</sub> 主機總體積值(m <sup>3</sup> )	0.30273
V <sub>ref</sub> (參考流量計校正因子)	1.0060	V <sub>post</sub>	1.0498
差值(%)(≤5%)	4.35		

二、採樣後資料填寫及確認

資料項目	預採	樣品
1. 總採樣時間(min)		285.43
2. 乾式氣體流量計採樣體積V <sub>g</sub> (ACM)(m <sup>3</sup> )		2.55212
3. 流量計絕對壓力P <sub>a</sub> (inHg)		29.903
4. 標準狀態下乾式氣體流量計採樣體積V <sub>gs</sub> (DSCFM)(Nft <sup>3</sup> )(公式28)		84.5751
5. 標準狀態下水氣體積V <sub>w</sub> (Nft <sup>3</sup> )		20.1540
6. 排氣溫度下飽和水蒸氣壓P <sub>v</sub> (mmHg)		*
7. 含水率B <sub>w</sub>		19.24
8. 理論含水率B <sub>w</sub>		*
9. 最終判定含水率B <sub>w</sub>	<input type="checkbox"/> 之前報告 <input type="checkbox"/> 採樣	19.24
10. 濕基氣體分子重W <sub>g</sub> (lb/lb-mole)		27.5
11. 絕對排放管道內氣體絕對壓力P <sub>a</sub> (inHg)		29.815
12. 排放管道內氣體絕對溫度T <sub>a</sub> (°R)		768.2
13. 排氣流速V <sub>g</sub> (ft/sec)		69.13
14. 標準狀態下排放管道乾排氣流量Q <sub>gs</sub> (DSCMM)(Nm <sup>3</sup> /min)		2035.54
15. 標準狀態下排放管道濕排氣流量Q <sub>gs</sub> (SCMM)(Nm <sup>3</sup> /min)		2520.6
16. 等速吸引百分比I(%)		99.2

三、採樣後數據判斷

1. 標準狀態下採樣速率Q <sub>gs</sub> (DSCFM)(Nft <sup>3</sup> /min)(公式29)	0.2963
2. 採樣速率Q <sub>g</sub> (ACFM)(公式32)	0.5357
3. 實際μ(微泊)(公式3)	216.4049
4. 實際雷諾數N <sub>re</sub> (公式10)	2282.8
5. 實際克勞辛校正係數C(公式4)	1.095
6. 實際PM <sub>2.5</sub> 截取粒徑D <sub>50</sub> (um)(公式33、公式34)	2.6295

四、實際截取粒徑判斷

	1	2	3	4	5
1. 疊代步驟次數N					
2. 重新建立克勞辛校正係數C <sub>r</sub>	1.09	7.09			
3. 重新建立D <sub>50-1</sub> ; D <sub>50-2</sub> (um)(公式35)	2.6355	6.00			
4. Z(D <sub>50-1</sub> ; D <sub>50-2</sub> ; D <sub>50-1(RS1)</sub> )(公式36、公式37)	1.002	0.000			
5-1. 最佳截取粒徑判斷: D <sub>50-R</sub> 是否在 2.25-2.75 之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			
5-2. 最佳截取粒徑判斷: Z 是否在 0.99-1.01 之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			

驗算人員簽章: 日期: 109.06.16

發行日期: 103.07.26  
表格編號: SAS27.1

排放管線檢測專案編號: ET109NAS0051

中環科技事業股份有限公司  
採樣分析記錄-排放管中PM<sub>2.5</sub>採樣後紀錄表

管制編號: E5602998      排放管編號: P002      記錄人簽名: 張德安      採樣日期: 109.06.17

一、採樣後流量檢查資料

設定檢查流量(m <sup>3</sup> /min)	0.0200	檢查時間(min)	15
參考流量計序號	1901432	PM <sub>2.5</sub> 主機序號	1091
參考流量計溫度(°C)	24.8	PM <sub>2.5</sub> 主機溫度(°C)	34.5
參考流量計起始值(m <sup>3</sup> )	749.9574	PM <sub>2.5</sub> 主機起始值(m <sup>3</sup> )	0.00000
參考流量計結束值(m <sup>3</sup> )	750.2674	PM <sub>2.5</sub> 主機結束值(m <sup>3</sup> )	0.30273
參考流量計總體積(m <sup>3</sup> )	0.3120	PM <sub>2.5</sub> 主機總體積(m <sup>3</sup> )	0.30273
V <sub>ref</sub> (參考流量計校正因子)	1.0060	V <sub>post</sub>	1.0464
差值(%)(<5%)	4.02		

二、採樣後資料填寫及確認

資料項目	預採	樣品
1. 總採樣時間(min)		284.47
2. 乾式氣體流量計採樣體積V <sub>s</sub> (ACM)(m <sup>3</sup> )		252518
3. 流量計絕對壓力P <sub>a</sub> (inHg)		29.827
4. 標準狀態下乾式氣體流量計採樣體積V <sub>std</sub> (DSCF)(Nft <sup>3</sup> )(公式28)		83.4135
5. 標準狀態下水氣體積V <sub>w</sub> (Nft <sup>3</sup> )		19.7768
6. 排氣溫度下飽和水蒸氣壓P <sub>w</sub> (mmHg)		*
7. 含水率B <sub>w</sub>		19.17
8. 理論含水率B <sub>w</sub>		*
9. 最終判定含水率B <sub>w</sub>	<input type="checkbox"/> 之前報告 <input type="checkbox"/> 預採	19.17
10. 濕基氣體分子量M <sub>w</sub> (lb/lb-mole)		27.48
11. 絕對排放管線濕氣體壓力P <sub>a</sub> (inHg)		29.74
12. 排放管線內氣體絕對溫度T <sub>a</sub> (°R)		773.4
13. 排氣流速V <sub>s</sub> (ft/sec)		69.47
14. 標準狀態下排放管線乾排氣流量Q <sub>std</sub> (DSCMM)(Nm <sup>3</sup> /min)		2028.6
15. 標準狀態下排放管線濕排氣流量Q <sub>w</sub> (SCMM)(Nm <sup>3</sup> /min)		2509.57
16. 等速吸引百分比I(%)		99.4

三、採樣後數據判斷

1. 標準狀態下採樣速率Q <sub>std</sub> (DSCFM)(Nft <sup>3</sup> /min)(公式28)	0.2932
2. 採樣速率Q <sub>s</sub> (ACFM)(公式32)	0.5345
3. 實際μ(微油)(公式3)	217.8452
4. 實際雷諾數N <sub>re</sub> (公式10)	2240.1
5. 實際克勞寧校正係數C(公式4)	1.096
6. 實際PM <sub>2.5</sub> 截粒徑D <sub>50</sub> (um)(公式33、公式34)	2.674

四、實際截粒徑判斷

1. 疊代步驟次數	1	2	3	4	5
2. 重新建立克勞寧校正係數C <sub>r</sub>	1.09	1.09			
3. 重新建立D <sub>50-1</sub> ; D <sub>50-N</sub> (um)(公式35)	2.6813	2.6813			
4. Z(D <sub>50</sub> /D <sub>50-1</sub> ; D <sub>50-N</sub> /D <sub>50-(N+1)}) (公式36、公式37)</sub>	1.003	0.000			
5-1. 最佳截粒徑判斷: D <sub>50-N</sub> 是否在2.25-2.75之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			
5-2. 最佳截粒徑判斷: Z 是否在0.99-1.01之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			

核算人員簽名: 張德安      日期: 109.06.17

高雄市用路監測回報表  
 氮化爐系統日報表  
 data period : from:2020-06-15 00:00 to:2020-06-16 00:00:00

Compound Block Parameter Operation	0205CP05 TACM01 RO01 HIST		0205CP05 TACM01 RO03 HIST		0205CP05 TACM01 RO04 HIST		0205CP05 TANBCM01 RO01 HIST		0205CP05 TANBCM01 RO02 HIST		0205CP05 TANBCM01 RO03 HIST		0205CP05 TANBCM01 RO04 HIST	
	一號氮化爐 垃圾投入量	ton	二號氮化爐 垃圾投入量	ton	三號氮化爐 垃圾投入量	ton	四號氮化爐 垃圾投入量	ton	五號氮化爐 垃圾投入量	ton	六號氮化爐 垃圾投入量	ton	七號氮化爐 垃圾投入量	ton
Hour	15.43	14.39	18.99	0.00	8.40	3	3	3	3	3	3	3	3	3
1000	16.27	18.99	0.00	0.00	12.38	3	4	4	4	4	4	4	4	
2000	12.83	13.18	0.00	0.00	17.53	3	3	3	3	3	3	3	3	
3000	18.81	21.26	0.00	0.00	17.67	4	4	4	4	4	4	4	4	
4000	18.79	25.52	0.00	0.00	18.11	4	4	4	4	4	4	4	4	
5000	25.04	13.70	0.00	0.00	22.78	5	3	3	3	3	3	3	3	
6000	16.02	15.51	0.00	0.00	6.16	3	3	3	3	3	3	3	3	
7000	15.49	28.04	0.00	0.00	22.07	3	3	3	3	3	3	3	3	
8000	16.19	12.16	0.00	0.00	13.49	4	4	4	4	4	4	4	4	
9000	14.11	14.37	0.00	0.00	17.68	3	3	3	3	3	3	3	3	
10000	23.62	18.39	0.00	0.00	17.77	5	5	5	5	5	5	5	5	
11000	14.28	13.24	0.00	0.00	17.26	3	3	3	3	3	3	3	3	
12000	14.29	15.57	0.00	0.00	15.60	3	3	3	3	3	3	3	3	
13000	10.03	16.27	0.00	0.00	19.80	3	3	3	3	3	3	3	3	
14000	22.30	12.16	0.00	0.00	14.55	5	4	4	4	4	4	4	4	
15000	13.06	18.40	0.00	0.00	12.31	3	3	3	3	3	3	3	3	
16000	20.99	11.92	0.00	0.00	15.20	5	3	3	3	3	3	3	3	
17000	16.88	15.06	0.00	0.00	18.25	5	4	4	4	4	4	4	4	
18000	19.10	19.00	0.00	0.00	12.58	4	4	4	4	4	4	4	4	
19000	14.81	17.08	0.00	0.00	13.44	4	4	4	4	4	4	4	4	
20000	17.01	14.39	0.00	0.00	16.86	4	3	3	3	3	3	3	3	
21000	19.48	19.53	0.00	0.00	21.21	4	4	4	4	4	4	4	4	
22000	24.47	21.37	0.00	0.00	14.78	5	5	5	5	5	5	5	5	
23000	14.68	13.86	0.00	0.00	20.85	4	4	4	4	4	4	4	4	
TOTAL	414.97	403.39	0.00	0.00	387.77	92	88	88	88	88	88	88	88	
AVG	17.29	16.81	0.00	0.00	16.16	0	0	0	0	0	0	0	0	
	413.97	403.39	0	386.77										

列印日期2020/6/19

dic1

第 1 頁

data period - from 2020-06-16 00:00 to 2020-6-17 00:00:00  
 高雄市政府資源回收廠  
 焚化爐系統日報表

Compound	0205CP05 TACM01 RO01 HIST	0205CP05 TACM01 RO02 HIST	0205CP05 TACM01 RO03 HIST	0205CP05 TACM01 RO04 HIST	0205CP05 TANBCM01 RO01 HIST	0205CP05 TANBCM01 RO02 HIST	0205CP05 TANBCM01 RO03 HIST	0205CP05 TANBCM01 RO04 HIST
Description	一號焚化爐 垃圾投入量	二號焚化爐 垃圾投入量	三號焚化爐 垃圾投入量	四號焚化爐 垃圾投入量	一號焚化爐 垃圾投入次數	二號焚化爐 垃圾投入次數	三號焚化爐 垃圾投入次數	四號焚化爐 垃圾投入次數
Units	ton	ton	ton	ton	ton	ton	ton	ton
0.00	14.13	14.43	0.00	14.54	3	3	0	4
1.00	16.63	20.09	0.00	27.68	4	4	0	7
2.00	13.93	18.25	0.00	9.27	3	4	0	3
3.00	30.76	19.88	0.00	25.42	6	4	0	6
4.00	7.98	25.61	0.00	18.07	2	6	0	5
5.00	23.23	13.24	0.00	7.86	5	3	0	3
6.00	17.34	21.66	0.00	9.51	4	4	0	3
7.00	18.18	19.01	0.00	26.96	5	5	0	8
8.00	11.58	10.20	0.00	22.30	3	3	0	5
9.00	11.01	22.66	0.00	12.61	3	6	0	3
10.00	13.59	10.30	0.00	16.59	4	3	0	4
11.00	7.47	18.23	0.00	17.00	2	5	0	4
12.00	10.24	13.41	0.00	14.13	3	4	0	4
13.00	17.03	8.65	0.00	17.80	5	3	0	5
14.00	6.00	11.37	0.00	6.25	2	4	0	3
15.00	23.47	10.27	0.00	14.16	4	4	0	5
16.00	11.38	20.38	0.00	23.10	6	5	0	8
17.00	23.47	10.16	0.00	16.76	3	3	0	5
18.00	7.87	11.87	0.00	15.39	2	4	0	6
19.00	15.59	15.69	0.00	12.02	4	4	0	4
20.00	15.73	20.44	0.00	12.95	4	5	0	5
21.00	16.42	11.22	0.00	13.20	4	3	0	6
22.00	21.23	14.73	0.00	23.99	5	3	0	7
23.00	12.28	19.07	0.00	15.13	3	5	0	8
TOTAL	355.65	381.82	0.00	393.80	89	97	0	121
AVG	14.82	15.91	0.00	16.41				
	354.65	380.82	0	392.8				

高雄市南區資源回收廠  
製化爐系統日報表  
data period : from 2020-06-17 00:00 to 2020-6-18 00:00:00

Compound Block Parameter Operation	0205CFP05 TACM01 HIST															
	一號製化爐 垃圾投入量	二號製化爐 垃圾投入量	三號製化爐 垃圾投入量	四號製化爐 垃圾投入量	一號製化爐 垃圾投入量	二號製化爐 垃圾投入量	三號製化爐 垃圾投入量	四號製化爐 垃圾投入量	一號製化爐 垃圾投入量	二號製化爐 垃圾投入量	三號製化爐 垃圾投入量	四號製化爐 垃圾投入量	一號製化爐 垃圾投入量	二號製化爐 垃圾投入量	三號製化爐 垃圾投入量	四號製化爐 垃圾投入量
Description	Units	ton	ton	ton												
Hour	0.00	13.37	17.70	0.00	15.94	0.00	14.09	0.00	15.94	0.00	14.09	0.00	15.94	0.00	14.09	0.00
1:00	1.00	12.07	12.69	0.00	14.09	0.00	6.37	0.00	14.09	0.00	6.37	0.00	14.09	0.00	6.37	0.00
2:00	2.00	19.27	18.50	0.00	6.37	0.00	18.64	0.00	6.37	0.00	18.64	0.00	6.37	0.00	18.64	0.00
3:00	3.00	23.86	12.34	0.00	18.64	0.00	18.00	0.00	18.64	0.00	18.00	0.00	18.64	0.00	18.00	0.00
4:00	4.00	9.28	13.89	0.00	18.00	0.00	17.98	0.00	18.00	0.00	17.98	0.00	18.00	0.00	17.98	0.00
5:00	5.00	18.59	12.99	0.00	17.00	0.00	22.64	0.00	17.00	0.00	22.64	0.00	17.00	0.00	22.64	0.00
6:00	6.00	12.56	17.20	0.00	17.00	0.00	16.15	0.00	17.00	0.00	16.15	0.00	17.00	0.00	16.15	0.00
7:00	7.00	7.86	12.75	0.02	22.64	0.00	15.44	0.00	22.64	0.00	15.44	0.00	22.64	0.00	15.44	0.00
8:00	8.00	13.83	15.72	0.00	16.15	0.00	17.36	0.00	16.15	0.00	17.36	0.00	16.15	0.00	17.36	0.00
9:00	9.00	12.42	13.01	0.00	15.44	0.00	14.50	0.00	15.44	0.00	14.50	0.00	15.44	0.00	14.50	0.00
10:00	10.00	17.26	14.04	0.00	17.36	0.00	17.34	0.00	17.36	0.00	17.34	0.00	17.36	0.00	17.34	0.00
11:00	11.00	8.35	10.76	0.00	14.50	0.00	15.61	0.00	14.50	0.00	15.61	0.00	14.50	0.00	15.61	0.00
12:00	12.00	13.23	15.85	0.00	17.34	0.00	13.14	0.00	17.34	0.00	13.14	0.00	17.34	0.00	13.14	0.00
13:00	13.00	9.95	14.98	0.00	15.61	0.00	12.27	0.00	15.61	0.00	12.27	0.00	15.61	0.00	12.27	0.00
14:00	14.00	12.11	12.57	0.00	13.14	0.00	13.22	0.00	13.14	0.00	13.22	0.00	13.14	0.00	13.22	0.00
15:00	15.00	10.80	10.09	0.00	12.27	0.00	19.93	0.00	12.27	0.00	19.93	0.00	12.27	0.00	19.93	0.00
16:00	16.00	15.30	16.88	0.00	13.22	0.00	17.25	0.00	13.22	0.00	17.25	0.00	13.22	0.00	17.25	0.00
17:00	17.00	7.45	11.95	0.00	19.93	0.00	16.87	0.00	19.93	0.00	16.87	0.00	19.93	0.00	16.87	0.00
18:00	18.00	18.65	20.15	0.00	17.25	0.00	18.82	0.00	17.25	0.00	18.82	0.00	17.25	0.00	18.82	0.00
19:00	19.00	22.47	19.00	0.00	16.87	0.00	12.00	0.00	16.87	0.00	12.00	0.00	16.87	0.00	12.00	0.00
20:00	20.00	26.57	17.20	0.00	18.82	0.00	14.91	0.00	18.82	0.00	14.91	0.00	18.82	0.00	14.91	0.00
21:00	21.00	13.50	10.14	0.00	12.00	0.00	15.59	0.00	12.00	0.00	15.59	0.00	12.00	0.00	15.59	0.00
22:00	22.00	12.14	20.32	0.00	14.91	0.00	82	0.00	14.91	0.00	82	0.00	14.91	0.00	82	0.00
23:00	23.00	13.00	11.94	0.00	15.59	0.00	381.07	0.02	15.59	0.00	381.07	0.02	15.59	0.00	381.07	0.02
TOTAL		344.10	353.65	0.02	344.1	0.02	352.65	0.02	344.1	0.02	352.65	0.02	344.1	0.02	352.65	0.02
AVG		14.34	14.74	0.00	14.34	0.00	14.74	0.00	14.34	0.00	14.74	0.00	14.34	0.00	14.74	0.00

測 小時	二 化 硫 PPM	二 化 硫 PPM	氮 化 物 PPM	一 氧 化 碳 PPM	氮 化 氫 PPM	二 氧 化 碳 %	水 含 量 %	氧 氣 %	不 透 光 率 %	Dust mg/m3	流 量 Nm3/Hr	溫 度 °C	煙 道 壓 力 mmH2O
00~01	0.19	95.4	5.95	18.3	7.16	18.81	11	5.02	1.51	112695.7	148.31	-3.21	
01~02	0.15	98.03	4.03	13.59	7.26	19.2	10.73	5.05	1.51	112513.6	148.96	-3.2	
02~03	0.27	76.12	5.1	35.97	6.2	18.14	12.17	5.05	1.52	96497.7	149.18	-3.15	
03~04	0.25	96.42	1.69	16.42	7.1	19.37	10.89	5.2	1.56	108025.9	149.78	-3.13	
04~05	1.47	96.24	3.17	59.56	7.67	19.63	10.16	5.16	1.55	116462.9	149.95	-3.12	
05~06	0.1	100.4	3.28	7.79	7.75	19.61	10.11	5.03	1.51	119551.8	148.02	-3.09	
06~07	0.54	92.23	8.43	18.35	7.87	19.32	10.07	5.02	1.51	121800.4	148.05	-3.11	
07~08	0.39	88.95	3.95	25.37	7.77	19.3	9.98	4.97	1.49	123283.5	148	-3.08	
08~09	0.12	102.38	4.03	11.32	7.13	18.31	11.07	5	1.5	105498.9	149.81	-3.15	
09~10	0.11	102.23	6.56	12.53	7.26	19.13	10.79	5.07	1.52	108084	152.42	-3.2	
10~11	0.13	98.86	6.94	19.19	7.21	19.46	10.73	5.14	1.52	109615.1	153.59	-3.29	
11~12	0.13	99.1	10.59	7.88	7.11	13.83	10.79	5.3	1.63	109643.4	153.89	-3.44	
12~13	0.12	101.92	13.52	8.44	7.28	19.78	10.6	5.39	1.62	111924	153.53	-3.54	
13~14	0.14	102.87	3.91	14.19	7.11	18.57	11.2	5.1	1.53	107307.5	155	-3.4	
14~15	0.12	102.64	10.39	5.64	7.07	18.91	11.03	5.04	1.51	115233.5	151.44	-3.46	
15~16	0.11	100.53	5.95	6.89	7.1	18.55	11.01	5.01	1.5	118400.9	151.61	-3.45	
16~17	0.11	102.99	6.83	8.6	7.1	18.84	10.92	5.04	1.51	118292.4	153.66	-3.48	
17~18	0.09	102.4	5.34	5.37	7.27	18.96	10.7	5.12	1.53	118824.2	154.89	-3.47	
18~19	0.12	97.59	7.67	7.41	6.72	18.2	11.61	5.2	1.56	103781.5	156.22	-3.42	
19~20	0.11	97.28	7.62	6.37	6.98	19.7	10.95	5.21	1.56	115225.9	150.92	-3.33	
20~21	0.14	100.13	7.52	16.89	7.02	18.81	10.99	5.05	1.51	115361.8	151.2	-3.32	
21~22	0.12	101.92	8.41	11.94	7.11	18.81	10.95	4.9	1.47	118384.4	150.39	-3.26	
22~23	0.13	103.09	7.58	13.16	7.25	19.27	10.7	4.93	1.48	119075.8	150.23	-3.24	
23~24	0.15	98.04	7.09	18.85	7.37	19.51	10.48	4.95	1.49	123751.4	150.61	-3.23	
平均	0.22	98.24	6.48	15.42	7.2	18.83	10.82	5.08	1.52	113718.2	151.24	-3.28	
最大	1.47	103.09	13.52	59.56	7.87	19.78	12.17	5.39	1.63	123751.4	156.22	-3.08	
最小	0.09	76.12	1.69	5.37	6.2	13.83	9.98	4.9	1.47	96497.7	148	-3.54	
排放標準	<80.0	<180.0	<120.0	<40.0				<10	<20				6/15 P002

測項	二硫化硫	氮氧化物	一氧化碳	氟化氫	二氧化碳	水含量	氧氣	不透光率	Dust	流量	溫度	煙道壓力
小時/單位	PPM	PPM	PPM	PPM	%	%	%	%	mg/m3	Nm3/Hr	°C	mmH2O
00~01	0.08	104.66	6.85	10.32	7.15	19.53	10.77	4.94	1.48	114270	148.58	-3.23
01~02	0.1	94.64	2.85	7.5	7.23	19.06	10.7	4.91	1.47	116434.1	148.93	-3.28
02~03	0.16	95.9	6.8	14.31	7.32	19.19	10.44	5.02	1.5	114657.4	149.89	-3.31
03~04	0.13	97.26	5.13	8.47	7.78	20.56	9.78	5.33	1.6	121687	152.15	-3.25
04~05	0.23	102.59	3.26	13.23	7.48	19.76	10.27	5.08	1.52	118315.4	149.44	-3.15
05~06	0.19	91.41	4.11	12.52	7.9	20.23	9.54	5.05	1.51	127596.9	149.38	-3.17
06~07	0.77	82.55	13.96	38.89	8.18	19.15	9.5	5.11	1.53	131830.2	150.09	-3.19
07~08	0.16	98.95	9.2	14.19	7.54	19.42	10.36	5.07	1.52	125768.5	151.92	-3.23
08~09	0.08	100.86	12.26	7.56	7.26	19.7	10.61	5.11	1.53	118417.8	153.43	-3.22
09~10	0.09	101.33	8.56	8.27	7.03	19	10.95	4.98	1.49	112800	152.14	-3.26
10~11	0.06	94.18	9.38	9.14	7.2	19.14	10.9	5.12	1.51	111609.9	152.58	-3.43
11~12	0.09	103.35	12.35	6.28	6.78	13.13	11.27	5.39	1.66	97740.73	153.54	-3.47
12~13	0.07	106.14	9.32	8.97	6.62	19.4	11.37	5.27	1.58	98093.6	153.33	-3.49
13~14	0.08	103.53	6.32	5.74	6.72	18.83	11.33	5.16	1.55	104291.5	152.78	-3.51
14~15	0.08	95.84	7.7	5.76	6.37	17.32	11.9	5.1	1.53	97485.65	153.04	-3.52
15~16	0.1	94.08	14.3	5.6	6.52	17.14	11.85	5.08	1.52	106188.1	153.11	-3.53
16~17	0.12	97.49	12.77	7.04	6.45	16.88	11.87	5.07	1.52	97105.01	152.82	-3.5
17~18	0.1	91.97	12.27	16.4	6.51	17.02	11.72	5.14	1.54	97760.64	153.6	-3.51
18~19	0.16	87.34	7.18	21.27	6.43	16.57	11.89	5.16	1.55	98897.27	153.78	-3.41
19~20	0.08	92.05	10.75	11.26	6.61	18.29	11.49	5.44	1.63	98160.52	154.86	-3.34
20~21	0.14	94.21	12.67	14.17	6.6	17.52	11.62	5.26	1.58	96594.42	152.6	-3.26
21~22	0.15	100.86	12.54	15.49	6.54	17.55	11.66	5.09	1.53	96269.04	152.75	-3.25
22~23	0.1	101.38	21.01	12.39	6.84	18.34	11.28	5.11	1.53	101569.4	152.76	-3.26
23~24	0.11	104.93	15.24	11.32	6.82	18.6	11.2	5.09	1.53	107139.6	152.91	-3.23
平均值	0.14	97.4	9.87	11.92	7	18.39	11.01	5.13	1.54	108778.4	152.1	-3.33
最大值	0.77	106.14	21.01	38.89	8.18	20.56	11.9	5.44	1.66	131830.2	154.86	-3.15
最小值	0.06	82.55	2.85	5.6	6.37	13.13	9.5	4.91	1.47	96269.04	148.58	-3.53
排放標準	<80.0	<180.0	<120.0	<40.0				<10				

6/16 P002

測 小時/單位	二 化 硫 PPM	二 化 硫 PPM	氮 化 物 PPM	一 氧 化 碳 PPM	氧 化 氫 PPM	二 氧 化 碳 %	水 含 量 %	氣 氣 %	不 透 光 率 %	Dust mg/m3	流 量 Nm3/Hr	溫 度 ℃	煙 道 壓 力 mmH2O
00~01	0.08	100.93	5.37	5.84	6.83	18.43	11.12	5.11	1.53	101108.9	151.27	-3.2	
01~02	0.15	97.64	3.57	9.66	6.82	17.95	11.23	5.08	1.52	98954.76	152.4	-3.24	
02~03	0.14	97.4	12.87	10.34	6.92	17.96	11.08	5.14	1.54	97253.1	152.84	-3.25	
03~04	0.25	103.67	11.3	11.97	6.65	18.55	11.5	5.35	1.61	94190.99	152.64	-3.22	
04~05	0.68	96.25	4.2	40.51	6.86	17.61	11.29	5.29	1.59	98699.57	153.27	-3.17	
05~06	0.11	101.58	10.54	9.36	6.54	16.66	11.68	5.24	1.57	97435.64	154.92	-3.17	
06~07	0.1	102.97	11.96	7.81	6.79	17.78	11.42	5.31	1.59	98942.52	156.65	-3.24	
07~08	0.14	100.4	8.5	7.69	6.61	16.92	11.71	5.22	1.57	100745.4	156.29	-3.16	
08~09	0.2	99.2	10.58	10.24	6.53	16.64	11.83	5.13	1.54	94892.35	156.41	-3.24	
09~10	0.12	102.73	6.52	9.23	6.2	17.68	12.19	5.25	1.57	87606.95	155.63	-3.32	
10~11	0.1	102.1	7.2	3.74	6.61	18.41	11.45	5.31	1.57	96641.61	156.42	-3.36	
11~12	0.25	83.84	9.94	6.6	6.79	13.6	11.34	5.54	1.7	96643.82	157.26	-3.41	
12~13	0.16	96.75	7.91	6.71	6.55	17.27	11.71	5.37	1.61	94589.03	156.15	-3.49	
13~14	0.39	100.58	11.07	12.33	6.5	16.83	11.83	5.12	1.53	90991.12	154.88	-3.42	
14~15	0.18	103.06	15.1	7.58	6.44	16.89	11.92	5.17	1.55	90200.23	155.54	-3.41	
15~16	0.4	100.9	8.12	15.24	6.61	16.78	11.65	5.12	1.53	96140.9	156.49	-3.48	
16~17	0.56	89.6	6.48	13.46	6.49	16.35	11.74	5.11	1.53	96608.14	153.81	-3.44	
17~18	0.91	84.44	9.98	28.22	6.63	16.1	11.53	5.03	1.51	97499.97	153.03	-3.39	
18~19	0.21	94.79	9.7	18.04	6.5	16.74	11.65	4.97	1.49	96527.1	151.5	-3.33	
19~20	0.16	89.88	11.75	10.15	6.92	17.59	11.11	5.22	1.56	102416.5	153.65	-3.28	
20~21	1.24	92.56	9.33	35.65	6.76	16.92	11.35	5.16	1.55	99589.7	149.93	-3.21	
21~22	0.72	92.73	6.01	20.63	7.04	16.74	10.93	4.84	1.45	103854.4	144.55	-3.19	
22~23	0.36	96.17	7.95	13.5	6.97	17.01	11.02	4.73	1.42	104780.8	143.67	-3.22	
23~24	3.41	94.53	24.2	58.87	6.59	16.26	11.78	4.93	1.48	98109.45	147.32	-3.11	
平均	0.46	96.86	9.59	15.56	6.67	17.07	11.5	5.15	1.55	97267.62	153.19	-3.29	
最大	3.41	103.67	24.2	58.87	7.04	18.55	12.19	5.54	1.7	104780.8	157.26	-3.11	
最小	0.08	83.84	3.57	3.74	6.2	13.6	10.93	4.73	1.42	87606.95	143.67	-3.49	
排放標準	<80.0	<180.0	<120.0	<40.0	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

6/17 P002

中環科技事業股份有限公司  
 排放管道中可過濾性微粒(FPM)與可凝結性微粒(CPM) 分析報告表

樣品編號：NAS1090051

採樣日期：1090615-17

可過濾性微粒(FPM)			
樣品	補集重量(M <sub>1</sub> +M <sub>2</sub> )(mg)	採樣體積V <sub>as</sub> (DSCF)	濃度(C <sub>FPM2.5</sub> )(gr/DSCF)
樣品一	6.13	85.6506	0.00110
樣品二	7.03	84.5751	0.00128
樣品三	9.09	83.4135	0.00168
			濃度(C <sub>FPM2.5</sub> )(mg/Nm <sup>3</sup> )
			2.714
			3.152
			4.133

可凝結性微粒(CPM)			
樣品	m <sub>CPM</sub> (mg)	採樣體積V <sub>as</sub> (DSCF)	濃度(C <sub>CPM2.5</sub> )(gr/DSCF)
樣品一	9.9	85.6506	0.00178
樣品二	7.1	84.5751	0.00130
樣品三	5.3	83.4135	0.00098
			濃度(C <sub>CPM2.5</sub> )(mg/Nm <sup>3</sup> )
			4.384
			3.184
			2.410

原生性微粒總量(FPM+CPM)			
樣品	濃度(C <sub>FPM2.5</sub> )(mg/Nm <sup>3</sup> )	濃度(C <sub>CPM2.5</sub> )(mg/Nm <sup>3</sup> )	C <sub>FPM2.5</sub> +C <sub>CPM2.5</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )
樣品一	2.714	4.384	7.098
樣品二	3.152	3.184	6.336
樣品三	4.133	2.410	6.543

備註1：補集重量低於偵測極限時，以偵測極限值來計濃度



驗算人員：

*(Handwritten signature)*

最新編印日期：109.03.25  
 中環科技事業股份有限公司  
 排放管道中可過濾性【FPM】與可凝結性【CPM】微粒分析報告表  
 分析日期：109.06.19  
 試劑批號：(丙酮) 0000238604  
 丙酮空白濃度 (Ca) (mg/L)：0.000035  
 分析人員：(乙院) 0000238604  
 審核人員：(乙院)

樣品編號	體積 V(mL)	初重(第1次) W <sub>1</sub> (g)	初重(第2次) W <sub>2</sub> (g)	恆重(第1次) W <sub>1</sub> -W <sub>1</sub>	恆重(第2次) W <sub>2</sub> (g)	恆重(第3次) W <sub>2</sub> (g)	恆重(第4次) W <sub>2</sub> (g)	重量差 W <sub>2</sub> -W <sub>1</sub>	重量差 W <sub>2</sub> -W <sub>2</sub>	重量差 W <sub>2</sub> -W <sub>1</sub>	微粒重量 (mg)	微粒重量 W <sub>2</sub> (mg)	微粒重量 W <sub>2</sub> (mg)	總微粒重量 (mg)
去離子超純水	Blank	150	32.30450	32.30453	32.30467	32.30453	32.30453	-0.00014	-0.00014	0.00014	0.14	0.14	0.14	0.14
FPM	A1-1(濾紙)	150	32.25280	32.25290	-0.00010	32.25330	32.25331	-0.00041	-0.00041	0.00041	5.77	5.77	5.77	6.13
	A1-2(丙酮)	90	33.10135	33.10124	0.00011	33.10180	33.10185	-0.00005	-0.00005	0.00061	0.61	0.61	0.61	0.36
	A2-1(濾紙)	90	32.86360	32.86357	0.00003	32.86514	32.86523	-0.00009	-0.00009	0.00166	1.66	1.66	1.66	1.40
	A3-1(濾紙)	94	32.13883	32.13875	0.00008	32.14047	32.14054	-0.00007	-0.00007	0.00179	1.79	1.79	1.79	9.09
CPM Container#3 (濾紙)	Container#1 無機 B1-1	760	32.55074	32.55066	0.00008	32.55987	32.55993	-0.00006	-0.00006	0.00927	9.27	9.27	9.27	10.2
CPM Container#3 (濾紙)	Container#2 有機 B1-2	380	32.93905	32.93911	-0.00006	32.94000	32.94008	-0.00008	-0.00008	0.00097	0.97	0.97	0.97	9.9
CPM Container#3 (濾紙)	Container#1 無機 B2-1	820	33.56447	33.56445	0.00002	33.57080	33.57089	-0.00009	-0.00009	0.00644	6.44	6.44	6.44	7.4
	Container#2 有機 B2-2	390	32.84292	32.84289	0.00003	32.84380	32.84384	-0.00004	-0.00004	0.00095	0.95	0.95	0.95	7.1
CPM Container#3 (濾紙)	Container#1 無機 B3-1	890	32.62393	32.62389	0.00004	32.62850	32.62856	-0.00006	-0.00006	0.00467	4.67	4.67	4.67	5.6
	Container#2 有機 B3-2	370	32.23447	32.23437	0.00010	32.23531	32.23532	-0.00001	-0.00001	0.00095	0.95	0.95	0.95	5.3
CPM Container#6	丙酮 現庫現測空白#6	220	32.69668	32.69657	0.00011	32.69661	32.69669	-0.00008	-0.00008	0.00012	0.12	0.12	0.12	0.47
CPM Container#7	去離子超純水 現庫現測空白#7	216	32.10520	32.10516	0.00004	32.10527	32.10535	-0.00008	-0.00008	0.00019	0.19	0.19	0.19	0.51
CPM Container#8	已乾 現庫現測空白#8	210	32.25379	32.25365	0.00014	32.25370	32.25381	-0.00011	-0.00011	0.00016	0.16	0.16	0.16	0.51
CPM Container#9	現庫現測系統 無機物空白檢樣#9	330	32.34904	32.34884	0.00020	32.34903	32.34922	-0.00019	-0.00019	0.00038	0.38	0.38	0.38	0.51
CPM Container#10	現庫現測系統 有機物空白檢樣#10	400	32.85914	32.85919	-0.00005	32.85921	32.85932	-0.00011	-0.00011	0.00013	0.13	0.13	0.13	0.31
CPM(Mn) Container#11	現庫現測系統 回收空白(無機)#11-1	470	32.19140	32.19147	-0.00007	32.19170	32.19175	-0.00005	-0.00005	0.00028	0.28	0.28	0.28	0.31
	現庫現測系統 回收空白(有機)#11-2	430	31.80796	31.80787	0.00009	31.80783	31.80790	-0.00007	-0.00007	0.00003	0.03	0.03	0.03	0.31

數據提交日期：109.06.29  
 樣品編號  分析數量  樣品數量   
 公式：W=CxV/P  
 註1：Container#6、#7、#8、#9、#10、#11-1、#11-2之空白管制：<1.0 mg  
 註2：樣品CPM重量：樣品實際重量扣除mfc或2.0mg，則以2.0mg扣除(僅收樣品)。  
 排放管道-FPM的CPM濃度(A31, A4) 0.6 1.9 UDB-AMY-A5A21214-RU(第1頁)

發行日期：96.08.01  
表格編號：7AS16.0

廢氣排氣流速說明

		管制編號	E	5	6	0	2	9	9	8	排放管道或周界編號	P	0	0	2
1. 測定管道資料	a. 形狀：圓形	b. 材質：鋼鐵	c. 頂部離地高：87.6 m												
	d. 外徑：2105 mm、長：* mm、寬：* mm														
	e. 內徑：1995 mm、長：* mm、寬：* mm														
2. 測定孔資料	a. 開口內徑：130mm	b. 凸緣高：210 mm	c. 數量：2 個												
	d. 距上一氣體擾流處為 46500 mm，約 23 倍於測定孔處測定管道之相當直徑														
	e. 距下一氣體擾流處為 31600 mm，約 16 倍於測定孔處測定管道之相當直徑														
3. 測定點資料	a. 測定點編號	1、7	2、8	3、9	4、10	5、11									
	b. 與測定孔外緣距離(mm)	298	501	801	1614	1914									
	a. 測定點編號	6、12	以下空白												
	b. 與測定孔外緣距離(mm)	2117													
4. 測定管道、測定孔與測定點位置示意圖	排氣量：														
5. 檢查項目	<input checked="" type="checkbox"/> 是、 <input type="checkbox"/> 否有做現場電源檢查； <input checked="" type="checkbox"/> 是、 <input type="checkbox"/> 否有做現場水源檢查														
6. 採樣作業安全性評估	<input checked="" type="checkbox"/> 安全， <input type="checkbox"/> 不安全														

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：S2100223 檢測專案編號：ET109NAS0053

公私場所名稱：中華紙漿股份有限公司久堂廠

受測污染源名稱：流體化床鍋爐(E601)

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：109 年 06 月 22-24 日

發行日期: 98.12.31  
表格編號: 7AS02.1

二、檢測結果摘要

檢測專案編號: ETI09NAS0053

基 本 資 料	1. 受測公私場所名稱: 中環科技事業股份有限公司久堂廠		5. 管制編號: S2100223								
	2. 地址: 高雄市大樹區大寮路111號		6. 受測污染源(編號): 流體化床鍋爐(E601)								
3. 檢測用途: 學術研究		7. 採樣日期: 109年06月22-24日									
4. 檢測機構名稱: 中環科技事業股份有限公司		8. 濾紙編號: 133、134、135									
採 樣 時 間	進料量 (註明單位)		產量 (註明單位)		燃料 (註明單位)						
	名稱	當日	許可用量	名稱	當日	許可用量					
	工業超純水	199.86T/h	215T/hr	電力	36713.5MWH	43500MWH					
	*	*	*	蒸汽	198.93T/hr	200T/hr					
污 染 源 排 放 情 況	* * *		* * *		4-6號重油(為開車時輔助燃料) 0KL/hr 20KL/hr						
	A. 燃料名稱: 煙煤, 含硫量 1%, B. 燃料名稱: 蔗渣污泥, 含硫量 0.1580 % 混燒比例A: * : B: *										
防 設 施 操 作 狀 況	空氣污染防治設施名稱		主要操作參數(註明單位)		處理量(註明單位)						
	A004靜電集塵器		廢氣入口溫度	128.6°C	125-170°C	4255.72Nm <sup>3</sup> /min	2500-5816.67Nm <sup>3</sup> /min				
	A005乾式排煙脫硫		操作壓力	156/211mbar	500-800mbar	4255.72Nm <sup>3</sup> /min	2500-5816.67Nm <sup>3</sup> /min				
	A006脫氮設備		廢氣入口溫度	748°C	650-800°C	4255.72Nm <sup>3</sup> /min	2500-5816.67Nm <sup>3</sup> /min				
測 試 結 果	廢氣性質		排氣平均溼度: 12.47%, 排氣平均溫度: 140.5°C, 排氣平均流速: 8.80m/s, 濕基排氣量: 3312.00Nm <sup>3</sup> /min								
	空氣污染物 檢測方法編號	排氣組成(%)		FPM(mg/Nm <sup>3</sup> )	CPM(mg/Nm <sup>3</sup> )	FPM+CPM(mg/Nm <sup>3</sup> )	乾基排氣量 (Nm <sup>3</sup> /min)	乾基校正 排氣量 (Nm <sup>3</sup> /min)	空氣污染物 排放量 (kg/hr)	排放 標準	合格 是 否
		CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>								
	PM <sub>2.5</sub> (A212.11B)(A214.71C)	14.9	4.1	ND<0.1	0.493	8.103	8.596	2988.44	*	1.54	-
PM <sub>2.5</sub> (A212.11B)(A214.71C)	15.2	4.2	ND<0.1	0.318	5.479	5.797	2877.84	*	1.00	-	
PM <sub>2.5</sub> (A212.11B)(A214.71C)	14.8	4.1	ND<0.1	1.339	6.265	7.604	2830.33	*	1.29	-	
備 註	上述資料經本人做最終審查, 確認無誤										
	實驗室主任簽章: 										
	一、本採樣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										
	二、倘檢測機構檢測能力尚未經環保署認可者, 於填報「空氣污染物/檢測方法編號」時, 應以「**」記號加註										
	三、FPM之偵測極限值為1.35mg										
四、CPM之分析結果, 未包含濾紙樣品的分析值											
五、本報告登載數值之修整原則依據環保署環境檢驗所「檢測報告位數表示規定」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：ET109NAS0053

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		S	2	1	0	0	2	2	3	排放管道或周界編號				P	0	1	5	
I. 製程、污染源或防制設備之資料		2.		3.		4.		5.										
a. 編號	b. 名稱	(代碼)		類別	操作記錄項目(代碼)		操作數值		計量單位之名稱(代碼)									
E601	流體化床鍋爐	(0099)		1	工業純水 (360009)		199.86		T/hr (M3)									
		(----)		1	柴油(為開車時輔助燃料)(170006)		0		KL/hr (Q2)									
		(----)		1	漿紙污泥 (R-0904)		3.24		T/hr (M3)									
		(----)		1	煙煤 (070005)		26.73		T/hr (M3)									
		(----)		1	4-6 號重油(為開車時輔助燃料)(170019)		0		KL/hr (Q2)									
		(----)		2	電力 (350099)		36713.5		KW/hr (ZZ)									
		(----)		2	水蒸氣 (360007)		198.93		T/hr (M3)									
		(----)		3	操作溫度 (C01--)		535		°C (C1)									
		(----)		3	高壓蒸氣壓力 (P01--)		124.8		bar (ZZ)									
		(----)		3	爐床溫度 (C99--)		857		°C (C1)									
A004	靜電集塵器	(140-)		3	廢氣處理量 (Q04--)		4255.72		Nm <sup>3</sup> /min (Q3)									
		(----)		3	廢氣入口溫度 (C02--)		128.6		°C (C1)									
		(----)		3	一次電流 (A09--)		54.9		A (A2)									
		(----)		3	二次電流 (A01--)		605.8		mA (A1)									
		(----)		3	一次電壓 (B99--)		609.8		V (B1)									
		(----)		3	二次電壓 (B01--)		54.5		KV (B2)									
		(----)		3	灰倉集塵器壓力 (P99--)		267		mmH2O (P1)									
		(----)		3	灰倉清灰頻率 (Z99--)		1		次/2天 (ZZ)									
A005	乾式排煙脫硫	(168-)		3	廢氣處理量 (Q04--)		4255.72		Nm <sup>3</sup> /min (Q3)									
		(----)		3	操作壓力 (P19--)		156/211		mbar (P2)									
		(----)		3	爐、窯、倉內壓力(P08--)		-2		mbar (P2)									
		(----)		3	石灰石添加量 (Z99--)		0.85		m <sup>3</sup> /hr (Q4)									
A006	脫氮設備	(210-)		3	廢氣處理量 (Q04--)		4255.72		Nm <sup>3</sup> /min (Q3)									
		(----)		3	操作壓力 (P19--)		4.5		bar (ZZ)									
		(----)		3	廢氣入口溫度 (C02--)		748		°C (C1)									
		(----)		3	氨水噴注量 (Z99--)		34.5		kg/hr (M2)									
															頁次	3		

修訂日期: 108.06.28  
表格編號: 3AS21.0

煙道檢測專案編號: ET109NAS0053

中環科技事業股份有限公司

採樣分析記錄-排放管道  戴奧辛  PM<sub>10</sub>  重金屬之  採樣  水份 採樣結果檢測記錄表

管制編號	S2100223	排放管道編號	P015
樣品編號: NAS1090053-水份		檢測日期: 109.06.22	
1. 總採樣時間:	48.0 (min)	2. 最大系統真空度 DH-V:	68.0 (mmHg)
3. 平均烘箱溫度 T-HB:	✗ (°C)	4. 平均MAD-2入口溫度 T-CB:	✗ (°C)
5. 平均煙道靜壓力 P-ST:	753.1 (mmHg)	6. 吸氣嘴口徑面積 An:	✗ (mm <sup>2</sup> )
7. 濕基氣體分子量 Ms:	29.18 (g/g-mole)	8. 預設含水率 Bws:	✗ (%)
9. 平均排氣壓差 DP-S:	7.2 (mmHg)	10. 平均排氣溫度 TS:	137.8 (°C)
11. 平均排氣流速 Vs:	✗ (m/sec)	12. 平均小孔流量計壓差 DH-M:	40.0 (mmHg)
13. DGM 平均溫度:	36.9 (°C)	14. 總採氣體積 GAS-VOLUME:	0.9664 (m <sup>3</sup> )
15. 衝擊瓶平均出口溫度:	16.5 (°C)	16. 等速百分比 I:	5.5 ✗ (%)
最後採樣結果			
1. 標準乾採氣體積 Vmstd 0°C:	0.8394 (dscm)	2. 標準乾採氣量(0°C) Qs:	✗ (dscm/hr)
3. 實際含水率 Bws:	11.09 (%)	4. 實際採氣流速 Vs:	✗ (m/sec)
5. 含水氣體樣品體積:	0.105 (scm)	6. 實際等速百分比 I:	✗ (%)
7. 排氣溫度下之飽和蒸氣壓 Pv:	✗ (mmHg)	8. 理論含水率 Bws:	✗ (%)
9. 預設含水率之數值 Bws(選較低者):	11.09 (%)		
		頁次	6

發行日期: 108.07.26  
表冊編號: 3AS27.1

排放管道檢測專案編號: ET109NA50053

中環科技事業股份有限公司  
採樣分析記錄-排放管道中PM<sub>2.5</sub>採樣後紀錄表

管制編號: S2100223      排放管道編號: P015      記錄人簽名: 蔡啟發      採樣日期: 109.06.22

一、採樣後流量檢查資料

設定檢量流量(m <sup>3</sup> /min)	0.0200	檢量時間(min)	15
參考流量計序號	1701432	PM <sub>2.5</sub> 主換序號	1091
參考流量計溫度(°C)	35.4	PM <sub>2.5</sub> 主換溫度(°C)	41.3
參考流量計起始值(m <sup>3</sup> )	755.7345	PM <sub>2.5</sub> 主換起始值(m <sup>3</sup> )	0.0000
參考流量計結束值(m <sup>3</sup> )	756.0456	PM <sub>2.5</sub> 主換結束值(m <sup>3</sup> )	0.30675
參考流量計總體積值(m <sup>3</sup> )	0.3111	PM <sub>2.5</sub> 主換總體積值(m <sup>3</sup> )	0.30675
V <sub>ref</sub> (參考流量計校正因子)	1.0092	V <sub>post</sub>	1.0336
差值(<5%)	2.42		

採樣後資料填寫及確認

資料項目	預採	樣品
1. 總採樣時間(min)	48	32.42
2. 乾式氣體流量計採樣體積V <sub>s</sub> (ACM)(m <sup>3</sup> )	0.9664	3.2979
3. 流量計絕對壓力P <sub>s</sub> (inHg)	+	29.64
4. 標準狀態下乾式氣體流量計採樣體積V <sub>std</sub> (DSCF)(NFt <sup>3</sup> )(公式28)	29.64	102.663
5. 標準狀態下水氣體積V <sub>w</sub> (NFt <sup>3</sup> )	3.676	15.449
6. 排氣溫度下飽和水蒸氣壓P <sub>s</sub> (mmHg)	+	+
7. 含水率B <sub>w</sub>	11.09	12.53
8. 理論含水率B <sub>w</sub>	+	+
9. 最終判定含水率B <sub>w</sub>	<input type="checkbox"/> 之前報告 <input checked="" type="checkbox"/> 預採 11.09	12.53
10. 濕基氣體分子量M <sub>w</sub> (lb/lb-mole)	29.18	28.37
11. 絕對排放管道氣體壓力P <sub>s</sub> (inHg)	29.65	29.602
12. 排放管道內氣體絕對溫度T <sub>s</sub> (°R)	741	744.1
13. 排氣流速V <sub>s</sub> (ft/sec)	32.79	29.70
14. 標準狀態下排放管道乾排氣流量Q <sub>std</sub> (DSCMM)(Nm <sup>3</sup> /min)	3117.12	2988.44
15. 標準狀態下排放管道濕排氣流量Q <sub>std</sub> (SCMM)(Nm <sup>3</sup> /min)	3562.16	3416.39
16. 等速吸引百分比I(%)	+	100.0

三、採樣後數據判斷

1. 標準狀態下採樣速率Q <sub>std</sub> (DSCFM)(NFt <sup>3</sup> /min)(公式29)	23287
2. 採樣速率Q <sub>s</sub> (ACFM)(公式32)	0.5353
3. 實際μ(微泊)(公式3)	214.6404
4. 實際雷諾數N <sub>re</sub> (公式10)	24855
5. 實際克零校正係數C(公式4)	1.086
6. 實際PM <sub>2.5</sub> 截取粒徑D <sub>50</sub> (um)(公式33、公式34)	2.4818

四、實際截取粒徑判斷

	1	2	3	4	5
1. 疊代步驟數N					
2. 重新建立克零校正係數C <sub>r</sub>	1.086				
3. 重新建立D <sub>50-1</sub> ; D <sub>50-2</sub> (um)(公式35)	2.4818				
4. Z(D <sub>50-1</sub> /D <sub>50-2</sub> ; D <sub>50-2</sub> /D <sub>50-1+1</sub> )(公式36、公式37)	1.000				
5-1. 最佳截取粒徑判斷: D <sub>50-N</sub> , 是否在2.25-2.75之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			
5-2. 最佳截取粒徑判斷: Z是否在0.99-1.01之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			

驗算人員簽名: 蔡啟發      日期: 109.06.22

發行日期：103.07.26  
表格編號：3A527.1

排放管道檢測專案編號：ET109/A5003

中環科技事業股份有限公司  
採樣分析記錄-排放管道中PM<sub>2.5</sub>採樣後紀錄表

管制編號 Σ2100233      排放管道編號 P015      記錄人簽名 蔡怡 蔡怡      採樣日期 109.06.23

一、採樣後流量檢查資料

設定檢查流量(m <sup>3</sup> /min)	0.0200	檢查時間(min)	15
參考流量計序號	1901432	PM <sub>2.5</sub> 主機序號	1091
參考流量計溫度(°C)	34.5	PM <sub>2.5</sub> 主機溫度(°C)	37.1
參考流量計起始值(m <sup>3</sup> )	756.0826	PM <sub>2.5</sub> 主機起始值(m <sup>3</sup> )	0.0000
參考流量計結束值(m <sup>3</sup> )	756.3998	PM <sub>2.5</sub> 主機結束值(m <sup>3</sup> )	0.30325
參考流量計總體積值(m <sup>3</sup> )	0.3112	PM <sub>2.5</sub> 主機總體積值(m <sup>3</sup> )	0.30325
V <sub>ref</sub> (參考流量計校正因子)	1.0092	V <sub>inst</sub>	1.0347
差值(%)(<5%)	2.53		

二、採樣後資料填寫及確認

資料項目	預採	樣品
1. 總採樣時間(min)		319.03
2. 乾式氣體流量計採樣體積V <sub>ACM</sub> (m <sup>3</sup> )		3.12727
3. 流量計絕對壓力P <sub>0</sub> (inHg)		29.926
4. 標準狀態下乾式氣體流量計採樣體積V <sub>std</sub> (DSCF)(Nft <sup>3</sup> )(公式28)		102.4475
5. 標準狀態下水氣體積V <sub>w</sub> (Nft <sup>3</sup> )		14.4152
6. 排氣溫度下飽和水蒸氣壓P <sub>v</sub> (mmHg)		*
7. 含水率B <sub>w</sub>		12.34
8. 理論含水率B <sub>w</sub>		*
9. 最終判定含水率B <sub>w</sub>	<input type="checkbox"/> 之前報告 <input type="checkbox"/> 預採	12.34
10. 濕基氣體分子重M <sub>w</sub> (lb/lb-mole)		29.25
11. 絕對排放管道氣體壓力P <sub>0</sub> (inHg)		29.685
12. 排放管道內氣體絕對溫度T <sub>0</sub> (°R)		745.1
13. 排氣流速V <sub>0</sub> (ft/sec)		28.50
14. 標準狀態下排放管道乾基流量Q <sub>std</sub> (DSCFM)(Nm <sup>3</sup> /min)		2877.84
15. 標準狀態下排放管道濕基流量Q <sub>std</sub> (SCFM)(Nm <sup>3</sup> /min)		3282.78
16. 穿透吸引百分比I(%)		102.4

三、採樣後數據判斷

1. 標準狀態下採樣速率Q <sub>std</sub> (DSCFM)(Nft <sup>3</sup> /min)(公式29)	0.3211
2. 採樣速率Q <sub>0</sub> (ACFM)(公式32)	0.521
3. 實際μ(微油)(公式3)	>14.9193
4. 實際當量數N <sub>eq</sub> (公式10)	2424.1
5. 實際克寧校正係數C(公式4)	1.086
6. 實際PM <sub>2.5</sub> 截取粒徑D <sub>50</sub> (um)(公式33、公式34)	2.565

四、實際截取粒徑判斷

1. 疊代步驟次數					
2. 重新建立克寧校正係數C <sub>z</sub>	1.084				
3. 重新建立D <sub>50-1</sub> ; D <sub>50-2</sub> (um)(公式35)	2.568				
4. Z(D <sub>50-1</sub> /D <sub>50-1</sub> ; D <sub>50-2</sub> /D <sub>50-1</sub> )(公式36、公式37)	1.001				
5-1. 最佳截取粒徑判斷：D <sub>50-N</sub> ，是否在2.25-2.75之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否				
5-2. 最佳截取粒徑判斷：Z是否在0.99-1.01之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否				

計算人員簽名 蔡怡 蔡怡      日期 19

發行日期: 108.07.26  
 儀器編號: 3AS27.1

排放管線檢測專案編號: ET109NAS-0053

中環科技事業股份有限公司  
 採樣分析記錄-排放管線中PM<sub>2.5</sub>採樣後紀錄表

管制編號 52100223      排放管線編號 P015      記錄人簽名 張浩方      採樣日期 19.06.24

一、採樣後流量檢查資料

設定檢查流量(m <sup>3</sup> /min)	0.0200	檢查時間(min)	15
參考流量計序號	1901432	PM <sub>2.5</sub> 主機序號	1091
參考流量計溫度(°C)	34.7	PM <sub>2.5</sub> 主機溫度(°C)	36.7
參考流量計起始值(m <sup>3</sup> )	756.4032	PM <sub>2.5</sub> 主機起始值(m <sup>3</sup> )	0.00000
參考流量計結束值(m <sup>3</sup> )	756.7148	PM <sub>2.5</sub> 主機結束值(m <sup>3</sup> )	0.30175
參考流量計總體積值(m <sup>3</sup> )	0.3116	PM <sub>2.5</sub> 主機總體積值(m <sup>3</sup> )	0.30175
V <sub>ref</sub> (參考流量計校正因子)	1.0092	V <sub>post</sub>	1.0392
差值(<5%)	2.97		

二、採樣後資料填寫及確認

資料項目	預採	樣品
1. 總採樣時間(min)		310.76
2. 乾式氣體流量計採樣體積V <sub>s</sub> (ACM)(m <sup>3</sup> )		3.8466
3. 流量計絕對壓力P <sub>a</sub> (inHg)		29.68
4. 標準狀態下乾式氣體流量計採樣體積V <sub>std</sub> (DSCF)(Nft <sup>3</sup> )(公式28)		10.8818
5. 標準狀態下水氣體積V <sub>w</sub> (Nft <sup>3</sup> )		14.5096
6. 排氣溫度下飽和水蒸氣壓P <sub>s</sub> (mmHg)		✓
7. 含水率B <sub>w</sub>		12.55
8. 理論含水率B <sub>w</sub>		✓
9. 最終判定含水率B <sub>w</sub>	<input type="checkbox"/> 之前報告 <input type="checkbox"/> 預報	12.55
10. 濕基氣體分子量M <sub>w</sub> (lb/lb-mole)		28.95
11. 絕對排放管線氣壓P <sub>a</sub> (inHg)		29.68
12. 排放管線內氣體絕對溫度T <sub>a</sub> (°R)		794.7
13. 排氣流速V <sub>f</sub> (ft/sec)		28.13
14. 標準狀態下排放管線乾排氣流量Q <sub>std</sub> (DSCFM)(Nm <sup>3</sup> /min)		2830.33
15. 標準狀態下排放管線濕排氣流量Q <sub>w</sub> (SCM)(Nm <sup>3</sup> /min)		2216.59
16. 罩速吸引百分比I(%)		104.2

三、採樣後數據判斷

1. 標準狀態下採樣速率Q <sub>std</sub> (DSCFM)(Nft <sup>3</sup> /min)(公式29)	0.2253
2. 採樣速率Q <sub>f</sub> (ACFM)(公式32)	0.5297
3. 實際μ(微油)(公式3)	214.675
4. 實際雷諾數N <sub>re</sub> (公式10)	>457.5
5. 實際克勞寧校正係數C(公式4)	1.086
6. 實際PM <sub>2.5</sub> 截數直徑D <sub>50</sub> (um)(公式33、公式34)	2.5148

四、實際截數直徑判斷

	1	2	3	4	5
1. 疊代步驟次數N					
2. 重新建立克勞寧校正係數C <sub>r</sub>	1.085				
3. 重新建立D <sub>50-1</sub> ; D <sub>50-2</sub> (um)(公式35)	2.5159				
4. Z(D <sub>90</sub> /D <sub>50-1</sub> ; D <sub>90-2</sub> /D <sub>50-1+1</sub> )(公式36、公式37)	1.020				
5-1. 最佳截數直徑判斷: D <sub>50-M</sub> , 是否在2.25-2.75之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			
5-2. 最佳截數直徑判斷: Z是否在0.99-1.01之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			

核算人員簽名 張浩方      日期 19.06.24

汽電組能源管理日報表

109 年 6 月 22 日

項目 時間	粉煤量 T/hr	汽泥用 量 T/hr	重油用 量 KL/hr	柴油用 量 KL/hr	用水量 T/hr	蒸汽產 量 T/hr	蒸汽壓 力 bar	蒸汽溫 度 °C	磨風入 口溫度 °C	磨風處 理 量 Nm <sup>3</sup> /min	EP 入口 溫度 °C	一次電 壓 V	一次電 流 A	二次電 壓 KV	二次電 流 mA	爐內壓 力 mbar	石灰石操 作 壓力 mbar
09:00	25.2	3.4	0	0	200	199	125	534	747	4165	129	616	55	547	608	-15	138/197
10:00	26.6	3.4	0	0	200	199	125	535	750	4260	129	619	54	546	604	-2.2	137/195
11:00	26.7	3.4	0	0	200	199	125	535	749	4184	129	611	55	546	604	-2.4	172/231
12:00	27	3.4	0	0	200	199	125	536	752	4332	128	614	56	544	604	-2.7	161/222
13:00	26.9	3.4	0	0	199	198	125	536	752	4225	129	612	54	543	608	-2.5	161/222
14:00	27	3.4	0	0	200	199	125	535	751	4273	129	614	55	551	604	-2.4	156/217
15:00	27.7	3.4	0	0	200	199	125	536	748	4416	128	615	55	541	611	-0.7	161/229
16:00	27	3.4	0	0	200	199	125	536	751	4423	129	610	54	551	609	-3	158/223
17:00	26.5	3.4	0	0	200	199	125	535	748	4319	129	610	56	545	603	-1.0	184/243
18:00	27	3.4	0	0	200	199	125	535	749	4322	128	606	56	54	599	-1.5	166/209
19:00	27	3.4	0	0	200	199	125	535	750	4322	129	605	56	542	605	-1.1	150/211
20:00																	
21:00																	
22:00																	
23:00																	
24:00																	
01:00																	
02:00																	
03:00																	
04:00																	
05:00																	
06:00																	
07:00																	
08:00																	
備註																	

高班: [Signature]

專員: [Signature]

早班DCS: 劉一德 中班DCS: 吳卓經 夜班DCS:

汽電組能源管理日報表

107年 6月 22日

項目 時間	物料量 T/hr	污泥用 量 T/hr	重油用 量 KL/hr	柴油用 量 KL/hr	剩水量 T/hr	蒸汽產 量 T/hr	蒸汽壓 力 bar	蒸汽溫 度 °C	蒸汽溫 度 °C	排氣入 口溫度 °C	廢氣處理 量 Nm3/min	EP入口 溫度 °C	一次電 壓 V	一次電 流 A	二次電 壓 KV	二次電 流 mA	爐內壓 力 mbar	石灰石操作 壓力 mbar
09:00	25.2	3.4	0	0	200	199	12.5	534	147	147	416.5	129	616	55	547	608	-1.5	138/197
10:00	26.6	3.4	0	0	200	199	12.5	535	150	150	426.0	129	619	54	546	604	-2.2	137/195
11:00	26.7	3.4	0	0	200	199	12.4	535	149	149	418.4	129	611	55	546	604	-2.4	172/231
12:00	27	3.4	0	0	200	199	12.5	536	152	152	433.2	128	614	56	544	604	-2.7	161/222
13:00	26.9	3.4	0	0	199	198	12.5	536	152	152	422.5	129	612	54	543	608	-2.5	161/222
14:00	27	3.4	0	0	200	199	12.5	535	151	151	427.3	129	614	55	55.1	604	-2.4	156/217
15:00	27.7	3.4	0	0	200	199	12.5	536	148	148	441.6	128	615	55	54.1	611	-0.7	161/229
16:00	27	3.4	0	0	200	199	12.5	536	151	151	443.3	129	610	54	55.1	609	-3	158/223
17:00	26.5	3.4	0	0	200	199	12.5	535	148	148	431.9	129	610	16	54.5	602	-1.0	184/245
18:00	27	3.4	0	0	200	199	12.5	535	147	147	432.2	128	606	56	54	599	-1.5	166/207
19:00	27	3.4	0	0	200	199	12.5	535	150	150	432.2	129	605	56	54.2	605	-1.1	150/211
20:00																		/
21:00																		/
22:00																		/
23:00																		/
24:00																		/
01:00																		/
02:00																		/
03:00																		/
04:00																		/
05:00																		/
06:00																		/
07:00																		/
08:00																		/

高班: 李煥

專員: 李煥

早班DCS: 翁十培 中班DCS: 吳卓經 夜班DCS:

備註:

109年6月23日

汽電組能源管理日報表

項目 時間	卸煤量	污泥量	重油用	柴油用	卸水量	蒸汽產	蒸汽壓	蒸汽操	廢棄入	廢氣處理	EP入口	一次電	二次電	二次電	爐內壓	石灰石操作	
	T/hr	T/hr	KL/hr	KL/hr	T/hr	T/hr	bar	作溫度	口溫度	Nm <sup>3</sup> /min	溫度	V	A	KV	mbar	mbar	
09:00	27	1.1	0	0	200	199	125	535	748	4322	127	614	56	54	607	-2.2	151/197
10:00	27.3	3.4	0	0	199	198	125	534	737	4243	128	609	55	54	613	-2.2	157/207
11:00	27.6	3.4	0	0	200	199	125	536	747	4322	129	601	55	54.2	608	-2.2	156/213
12:00	27	3.4	0	0	199	198	124	535	743	4393	128	613	54	54.1	606	-1.3	152/206
13:00	27.7	3.4	0	0	200	199	125	535	745	4131	129	602	55	54.3	606	-2	170/229
14:00	27.1	3.4	0	0	200	199	125	535	747	4245	128	605	56	55.3	603	-2.1	165/225
15:00	26.7	3.4	0	0	200	199	125	535	749	4232	129	601	55	54.4	612	-3.2	152/207
16:00	25.7	3.4	0	0	200	199	125	536	754	4184	128	605	55	53.9	610	-1.4	149/206
17:00	26.6	3.4	0	0	200	199	125	535	745	4115	129	615	54	54.2	606	-3.0	156/205
18:00																	/
19:00																	/
20:00																	/
21:00																	/
22:00																	/
23:00																	/
24:00																	/
01:00																	/
02:00																	/
03:00																	/
04:00																	/
05:00																	/
06:00																	/
07:00																	/
08:00																	/
備註																	

林學物

林學物

高班:

高班:

早班DCS: 翁十堯 中班DCS: 吳德慈 後班DCS:

備註

汽電組能源管理日報表

109年 6月 23日

項目 時間	卸煤量 T/hr	污泥用 量 T/hr	重油用 量 KL/hr	柴油用 量 KL/hr	用水量 T/hr	蒸氣產 量 T/hr	蒸氣壓 力 bar	蒸氣操 作溫度 ℃	廢氣入 口溫度 ℃	廢氣處理 量 Nm <sup>3</sup> /min	煙度 入口 溫度 ℃	一次電 壓 V	一次電 流 A	二次電 壓 KV	二次電 流 mA	爐內壓 力 mbar	石灰石操作 壓力 mbar
09:00	27	1.1	0	0	200	199	125	535	148	4322	129	614	56	54	607	-2.2	151/197
10:00	27.3	3.4	0	0	199	198	125	534	137	4243	128	609	55	54	613	-2.2	157/207
11:00	27.6	3.4	0	0	200	199	125	536	147	4322	129	601	55	54.2	608	-2.2	156/213
12:00	27	3.4	0	0	199	198	124	535	143	4373	128	613	54	54.1	606	-1.3	152/206
13:00	27.7	3.4	0	0	200	199	125	535	145	4131	129	602	55	54.3	606	-2	170/229
14:00	27.1	3.4	0	0	200	199	125	535	147	4245	128	605	56	55.3	603	-2.1	165/225
15:00	26.7	3.4	0	0	200	199	125	535	149	4232	129	601	55	54.4	612	-3.2	152/207
16:00	25.7	3.4	0	0	200	199	125	536	154	4184	128	605	55	53.9	610	-1.4	149/206
17:00	26.6	3.4	0	0	200	199	125	535	145	4115	129	615	54	54.2	606	-3.0	156/205
18:00																	/
19:00																	/
20:00																	/
21:00																	/
22:00																	/
23:00																	/
24:00																	/
01:00																	/
02:00																	/
03:00																	/
04:00																	/
05:00																	/
06:00																	/
07:00																	/
08:00																	/

早班DCS: 翁十盛 中班DCS: 吳建強 夜班DCS:

學務

專員:

學務

高員:

汽電組能源管理日報表

109年6月29日

項目 時間	卸煤量 T/hr	污泥用 量 T/hr	重油用 量 KL/hr	柴油用 量 KL/hr	卸水量 T/hr	蒸汽產 量 T/hr	蒸汽壓 力 bar	蒸汽攝 作溫度 ℃	廢氣入 口溫度 ℃	廢氣處理 量 Nm <sup>3</sup> /min	煙度 溫度 ℃	一次電 壓 V	一次電 流 A	二次電 壓 KV	二次電 流 mA	爐內壓 力 mbar	石灰石操作 壓力 mbar
09:00	25.9	1.1	0	0	200	199	125	335	94.9	4288	130	600	55	54.1	602	-1.1	153/205
10:00	26.4	3.4	0	0	200	199	124	335	94.7	4180	129	603	54	55.1	611	-1.8	153/205
11:00	26.5	3.4	0	0	200	199	125	335	94.6	4248	129	611	54	56.3	608	-2.1	140/201
12:00	26.5	3.4	0	0	200	199	124	335	94.7	4190	129	612	55	55.6	600	-2.8	156/209
13:00	26.9	3.4	0	0	200	199	124	335	95.0	4212	129	610	54	54.9	602	-0.4	157/200
14:00	25.9	3.4	0	0	200	199	126	335	94.8	4248	128	619	54	53.9	608	-2.1	144/194
15:00	26.6	3.4	0	0	200	199	125	335	94.7	4220	128	615	54	53.2	605	-2.1	154/202
16:00	26.3	3.4	0	0	199	199	124	335	94.9	4246	128	607	54	54.1	606	-1.6	152/193
17:00	27	3.4	0	0	200	199	125	335	94.7	4225	129	610	55	54.6	598	-2	153/206
18:00																	
19:00																	
20:00																	
21:00																	
22:00																	
23:00																	
24:00																	
01:00																	
02:00																	
03:00																	
04:00																	
05:00																	
06:00																	
07:00																	
08:00																	
備註																	

早班DCS: 吳宏煒 中班DCS: 劉士雄 夜班DCS: 林宇翔  
 專員: 林宇翔 高班: 林宇翔

中環科技事業股份有限公司

排放管道中可過濾性微粒(FPM)與可凝結性微粒(CPM)分析報告表

樣品編號：NAS1090053

採樣日期：1090622~24

可過濾性微粒(FPM)	補集重量(M <sub>1</sub> +M <sub>2</sub> )(mg)	採樣體積V <sub>ms</sub> (DSCF)	濃度(C <sub>fpm2.5</sub> )(gr/DSCF)	濃度(C <sub>fpm2.5</sub> )(mg/Nm <sup>3</sup> )
樣品一	1.40	107.6453	0.00020	0.493
樣品二	0.86	102.4475	0.00013	0.318
樣品三	3.57	101.0858	0.00055	1.339

可凝結性微粒(CPM)	m <sub>cpm</sub> (mg)	採樣體積V <sub>ms</sub> (DSCF)	濃度(C <sub>cpm2.5</sub> )(gr/DSCF)	濃度(C <sub>cpm2.5</sub> )(mg/Nm <sup>3</sup> )
樣品一	23.0	107.6453	0.00330	8.103
樣品二	14.8	102.4475	0.00223	5.479
樣品三	16.7	101.0858	0.00255	6.265

原生性微粒總量(FPM+CPM)	濃度(C <sub>fpm2.5</sub> )(mg/Nm <sup>3</sup> )	濃度(C <sub>cpm2.5</sub> )(mg/Nm <sup>3</sup> )	C <sub>fpm2.5</sub> +C <sub>cpm2.5</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )
樣品一	0.493	8.103	8.596
樣品二	0.318	5.479	5.797
樣品三	1.339	6.265	7.604

備註1：補集重量低於偵測極限時，以偵測極限值來計濃度

驗算人員：

曾祥芬



ES 87-1-21 廠辦確認日期: 109.01.25

中環科技事業股份有限公司

排放管道中可過濾性【FPM】與可凝結性【CPM】微粒 分析報告表

0000238604

分析員: DLN

審核人: DLN

分析日期: 109.07.01

0000238604

分析日期: 109.07.01

0000238604

分析日期: 109.07.01

樣品編號	體積 V(mL)	初重(第1次) W <sub>1</sub> (g)	初重(第2次) W <sub>2</sub> (g)	恆重差 W <sub>2</sub> -W <sub>1</sub>	後重(第1次) W <sub>1</sub> (g)	後重(第2次) W <sub>2</sub> (g)	恆重差 W <sub>2</sub> -W <sub>1</sub>	微粉重量 (mg)	微粉重量 W <sub>d</sub> (mg)	微粉重量 W <sub>d</sub> (mg)	總微粉重量 (mg)
去離子超純水	150	31.85387	31.85388	-0.00001	31.85370	31.85375	-0.00005	0.00	0.08	0.08	0.00
丙酮	150	32.43914	32.43909	0.00005	32.43901	32.43917	-0.00016	0.08	0.08	0.08	0.00
FPM	92	32.31907	32.31904	0.00003	32.31910	32.31923	-0.00013	0.00019	0.19	0.05	1.40
	90	32.21990	32.21988	0.00002	32.22061	32.22072	-0.00011	0.00084	0.84	0.05	0.86
	96	32.33801	32.33803	-0.00002	32.34040	32.34050	-0.00010	0.00247	2.47	0.05	3.57
CPM Container#3 (濾紙)	690	32.66810	32.66814	-0.00004	32.69011	32.69034	-0.00023	0.02220	22.20	0.92	#1+#2 23.1
Container#1 無機 B1-2	370	32.22392	32.22390	0.00002	32.22470	32.22482	-0.00012	0.00092	0.92	0.1417	#1+#2 23.0
Container#3 (濾紙)	690	32.13847	32.13842	0.00005	32.15243	32.15259	-0.00016	0.01417	14.17	0.71	14.9
Container#1 有機 B2-2	390	32.27095	32.27091	0.00004	32.27151	32.27162	-0.00011	0.00071	0.71	0.61	樣品CPM重量 14.8
Container#3 (濾紙)	720	31.61320	31.61311	0.00009	31.62920	31.62927	-0.00007	0.01616	16.16	0.09	#1+#2 16.8
Container#2 有機 B3-2	360	31.51010	31.51001	0.00009	31.51047	31.51062	-0.00015	0.00061	0.61	0.02	樣品CPM重量 16.7
Container#6 高純	210	31.23908	31.23911	-0.00003	31.23930	31.23933	-0.00003	0.00022	0.22	0.17	0.10
Container#7 去離子超純水	212	31.62159	31.62157	0.00002	31.62176	31.62174	0.00002	0.00017	0.17	0.09	0.11
Container#8 現場採集空白#7 已烘	210	32.19769	32.19763	0.00006	32.19781	32.19785	-0.00004	0.00022	0.22	0.06	0.10
Container#9 現場採集系統 無機物空白#6#印	340	32.19396	32.19388	0.00008	32.19378	32.19394	-0.00016	0.00006	0.06	0.04	0.10
Container#10 現場採集系統 有機物空白#6#印#10	410	32.31829	32.31825	0.00004	32.31811	32.31829	-0.00018	0.00004	0.04	0.09	0.11
Container#11 現場採集系統 有機物空白#6#印#11	460	31.40532	31.40521	0.00011	31.40537	31.40530	0.00007	0.00009	0.09	0.02	0.11
Container#11 現場採集系統 有機物空白#6#印#11	400	31.47363	31.47360	0.00003	31.47353	31.47362	-0.00009	0.00002	0.02	0.02	0.11

★公式:  $W_d = C \times V / \rho$

註1: Container#6、#7、#8、#9、#10、#11-1、11-2之空白管制: < 1.0 mg

註2: 樣品CPM重量: 樣品實際重量×樣品中mmb或2.0mg, 則以此2.0mg扣除(假設無者)

排放管道-FPM與CPM微粒(0.214) (070) (DD-5) (214) (R) (第1頁)

發行日期：96.08.01  
表格編號：TAS16.0

廢氣排放管道說明表

		管制編號	S	2	1	0	0	2	2	3	排放管道或周界編號	P	0	1	5
1. 測定管道資料	a. 形狀：	圓形		b. 材質：				金屬		c. 頂部離地高：		60.3 m			
	d. 外徑：	3568	mm	、	長	*		mm	、	寬	*		mm		
	e. 內徑：	3500	mm	、	長	*		mm	、	寬	*		mm		
2. 測定孔資料	a. 開口內徑：	105mm		b. 凸緣高：		150 mm		c. 數量：		4 個					
	d. 距上一氣體擾流處為	35400 mm，約 10.1 倍於測定孔處測定管道之相當直徑													
	e. 距下一氣體擾流處為	18700 mm，約 5.3 倍於測定孔處測定管道之相當直徑													
3. 測定點資料	a. 測定點編號			1、4、7、10		2、5、8、11		3、6、9、12							
	b. 與測定孔外緣距離(mm)			304		661		1186							
	a. 測定點編號	以下空白													
	b. 與測定孔外緣距離(mm)														
4. 測定管道、測定孔與測定點位置示意圖	排氣量：														
5. 檢查項目		<input checked="" type="checkbox"/> 是、 <input type="checkbox"/> 否有做現場電源檢查； <input checked="" type="checkbox"/> 是、 <input type="checkbox"/> 否有做現場水源檢查													
6. 採樣作業安全性評估		<input checked="" type="checkbox"/> 安全， <input type="checkbox"/> 不安全													



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：S3200688 檢測專案編號：ET109NAS0057

公私場所名稱：台灣電力股份有限公司興達電廠

受測污染源名稱：E001粉煤濕底鍋爐(P001)

檢測目的：固定污染源排放管道PM2.5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：109 年 07 月 14、16-17、20 日

執行日期: 98.12.3  
 表格編號: 7AS92.1

檢測專案編號: ET109NAS0057

### 二、檢測結果摘要

基 本 資 料	1. 受測公私場所名稱: 台灣電力股份有限公司興達電廠				5. 管制編號: S3200688			
	2. 地址: 高雄市永安區鹽田里興達路6號				6. 受測污染源(編號): E001粉煤溫度鍋爐			
	3. 檢測用途: 學術研究調查性質之檢測				7. 採樣日期: 109年07月14、16-17、20日			
	4. 檢測機構名稱: 中環科技事業股份有限公司				8. 濾紙編號: 137、138、139			

進料量 (註明單位)			產量 (註明單位)			燃料 (註明單位)		
名稱	當日	許可用量	名稱	當日	許可用量	名稱	當日	許可用量
蒸氣量	1534T/hr	1700T/hr	發電量	489MWH	500MWH	煙煤	171T/hr	200T/hr
*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*

A. 燃料名稱: 煙煤, 含碳量 %; B. 燃料名稱: \*, 含碳量 %  
 混燒比例A: \*; B: \*.

空氣污染防治設施名稱	主要操作參數(註明單位)			處理量(註明單位)	
	名稱	當日	許可用量	當日	許可用量
A001靜電集塵器	廢氣入口溫度	144°C	100-200°C	31945.51Nm <sup>3</sup> /min	15000-41000Nm <sup>3</sup> /min
*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*

廢氣性質 排氣平均溫度: 10.69%, 排氣平均溫度: 83.4°C, 排氣平均流速: 19.73m/s, 濕基排氣量: 31945.51Nm<sup>3</sup>/min

空氣污染物 檢測方法編號	排氣組成(%)			FPM(mg/Nm <sup>3</sup> )	CPM(mg/Nm <sup>3</sup> )	FPM+CPM(mg/Nm <sup>3</sup> )	乾基排氣量 (Nm <sup>3</sup> /min)	乾基校正排 氣量 (Nm <sup>3</sup> /min)	空氣污染物 排放量 (kg/hr)	排放 標準	合格	
	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO								是	否
PM <sub>2.5</sub> (A212.11B)(A214.71C)	13.3	6.0	ND<0.1	0.951	3.518	4.469	28267.32	*	7.58	-		
PM <sub>2.5</sub> (A212.11B)(A214.71C)	13.1	6.0	ND<0.1	0.570	3.461	4.031	29039.99	*	7.02	-		
PM <sub>2.5</sub> (A212.11B)(A214.71C)	12.7	6.8	ND<0.1	0.570	1.772	2.342	28281.99	*	3.97	-		

上述資料經本人做最終審查, 確認無誤 實驗室主任簽章

一、本採樣工作係由中環科技事業股份有限公司負責執行, 採樣後由中環科技事業股份有限公司分析 二、倘檢測機構檢測能力尚未經環保署認可者, 於填報「空氣污染物/檢測方法編號」時, 應以***記號加註 三、FPM的檢測極限值為1.35mg 四、CPM的分析結果, 未包含濾紙樣品的分析值 五、本報告登載數值之修整原則依據環保署環境檢驗所「檢測報告位數表示規定」辦理	環保單位審核者簽章 
---	---------------

頁次 2

發行日期：96.08.01  
表格編號：7AS03.0

煙道檢測專案編號：ET109NAS0057

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		S	3	2	0	0	6	8	8	排放管道或周界編號	P	0	0	1
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)							
a. 編號	b. 名稱 (代碼)				當日	許可用量								
E001	粉煤濕底鍋爐 (0001)	1	蒸氣量 (350009)	1534	1700	T/hr (M3)								
		1	純水量 (360009)	1507	1700	T/hr (M3)								
		2	發電量 (350099)	489	500	MWH (ZZ)								
		1	煙煤 (070003)	171	200	T/hr (M3)								
		3	操作壓力 (P19---	168	178	kg/cm2 (P5)								
A001	靜電集塵器 (140-)	3	廢氣處理量 (Q04---	31945.51	15000-41000	Nm <sup>3</sup> /min (Q3)								
		3	廢氣入口溫度 (C02---	144	100-200	°C (C1)								
		3	第一段放電電極電壓 (B03---	45	5-83	KV (B2)								
		3	第一段放電電極電流 (A06---	6290	1-6720	mA (A1)								
		3	第二段放電電極電壓 (B04---	50	5-72	KV (B2)								
		3	第二段放電電極電流 (A07---	6720	1-7200	mA (A1)								
		3	第三段放電電極電壓 (B06---	46	5-72	KV (B2)								
		3	第三段放電電極電流 (A08---	4413	1-5000	mA (A1)								
		3	第四段放電電極電壓 (B99---	48	5-72	KV (B2)								
		3	第四段放電電極電流 (A99---	4430	1-5000	mA (A1)								
		3	廢氣處理量 (Q04---	31945.51	15000-41000	Nm <sup>3</sup> /min (Q3)								
A005	濕式排煙脫硫 (169-)	3	廢氣入口溫度 (C02---	158	100-200	°C (C1)								
		3	廢氣出口溫度 (C03---	79	80-160	°C (C1)								
		3	吸收劑用量 (M99---	168.4	30-300	m3/D (Q9)								
		3	循環液體量 (M99---	497.1	240-1100	km3/D (ZZ)								
		3	洗滌液 pH 值 (L19---	5.22	4.5-8	pH (ZZ)								
A013	選擇觸媒還原(SCR)設備 (200-)	3	廢氣處理量 (Q04---	31945.51	15000-41000	Nm <sup>3</sup> /min (Q3)								
		3	還原劑注入率 (Q14---	281	10-300	kg/hr (M2)								
		3	操作溫度 (C01---	381	200-400	°C (C1)								
												頁次	3	

修訂日期: 108.06.28  
表格編號: 3AS21.0

煙道檢測專案編號: ET109NAS0057

中環科技事業股份有限公司

採樣分析記錄-排放管道  戴奧辛  PM<sub>2.5</sub>  重金屬之  採樣  水份 採樣結果檢測記錄表

管制編號	S3200688	排放管道編號	P001
樣品編號: NAS1090057-水份		檢測日期: 109.7.14	
1. 總採樣時間:	48.0 (min)	2. 最大系統真空度 DI-V:	98.0 (mmHg)
3. 平均烘箱溫度 T-HB:	* (°C)	4. 平均XAB-2入口溫度 T-CB:	* (°C)
5. 平均煙道靜壓力 P-ST:	156.6 (mmHg)	6. 吸氣管口徑面積 An:	* (mm <sup>2</sup> )
7. 濕基氣體分子量 Ms:	29.14 (g/g-mole)	8. 預設含水率 Dws:	* (%)
9. 平均排氣壓差 DP-S:	29.2 (mmHg)	10. 平均排氣溫度 TS:	81.8 (°C)
11. 平均排氣流速 Vs:	* (m/sec)	12. 平均小孔流量計壓差 DI-M:	40.0 (mmHg)
13. DGM 平均溫度:	25.0 (°C)	14. 總採氣體積 GAS-VOLUME:	0.9609 (m <sup>3</sup> )
15. 衝擊瓶平均出口溫度:	10.5 (°C)	16. 等速百分比 I:	* (%)
最後採樣結果			
1. 標準乾燥採氣體積 Vnstd 0°C:	0.8467 (dscm)	2. 標準乾燥採氣量(0°C) Qs:	* (dscm/hr)
3. 實際含水率 Dws:	9.48 (%)	4. 實際採氣流速 Vs:	* (m/sec)
5. 含水蒸氣體積 Vw:	0.089 (scm)	6. 實際等速百分比 I:	* (%)
7. 排氣溫度下之飽和蒸氣壓 Pv:	28.8 (mmHg)	8. 理論含水率 Dws:	50.46 (%)
9. 預設含水率之數值 Dws(選較低者):	9.48 (%)		
		頁次	6

設計日期: 108.07.26  
表格式號: 34SC7.1

排氣管檢測專案編號: ET109A50057

中環科技事業股份有限公司  
採樣分析記錄-排氣管中PM<sub>2.5</sub>採樣後紀錄表

管制編號: 52200688 排氣管編號: 100 記錄人簽名: [簽名] 採樣日期: 109.7.16

一、採樣後流量檢查資料

預定檢量流量(m <sup>3</sup> /min)	0.2000	檢查時間(min)	15
參考流量計序號	1901472	PM <sub>2.5</sub> 主機序號	1091
參考流量計溫度(°C)	31.1	PM <sub>2.5</sub> 主機溫度(°C)	36.1
參考流量計起始值(m <sup>3</sup> )	761.4618	PM <sub>2.5</sub> 主機起始值(m <sup>3</sup> )	0.00000
參考流量計結束值(m <sup>3</sup> )	761.7762	PM <sub>2.5</sub> 主機結束值(m <sup>3</sup> )	0.31776
參考流量計總體積值(m <sup>3</sup> )	0.3144	PM <sub>2.5</sub> 主機總體積值(m <sup>3</sup> )	0.31776
V <sub>ref</sub> (參考流量計校正因子)	1.0092	V <sub>ref</sub>	1.0057
差值(%)(≤5%)	-0.25		

二、採樣後資料填寫及確認

資料項目	預採	採品
1. 總採樣時間(min)	48	281.06
2. 乾式氣體流量計採樣體積V <sub>0</sub> (ACH)(m <sup>3</sup> )	0.9609	2.70998
3. 流量計絕對壓力P <sub>a</sub> (inHg)	*	29.934
4. 標準狀態下乾式氣體流量計採樣體積V <sub>0s</sub> (DSCF)(Nf <sup>3</sup> )(公式28)	29.8868	90.5445
5. 標準狀態下水蒸氣體積V <sub>w0</sub> (Nf <sup>3</sup> )	2.1204	10.8672
6. 排氣溫度下飽和水蒸氣壓P <sub>w</sub> (mmHg)	28.18	28.18
7. 含水率B <sub>w</sub>	9.48	10.72
8. 理論含水率B <sub>w</sub>	50.46	50.45
9. 最終判定含水率B <sub>w</sub>	<input type="checkbox"/> 之前報告 <input checked="" type="checkbox"/> 預採 9.48	10.72
10. 濕基氣體分子量M <sub>w</sub> (lb/lb-mole)	29.14	29.04
11. 絕對排氣管內氣壓P <sub>a</sub> (inHg)	29.787	29.795
12. 排氣管內氣體絕對溫度T <sub>g</sub> (°R)	637.6	637
13. 排氣流速V <sub>g</sub> (ft/sec)	65.15	64.08
14. 標準狀態下排氣管排氣流量Q <sub>0s</sub> (DSCM)(Nm <sup>3</sup> /min)	27077.12	28267.32
15. 標準狀態下排氣管排氣流量Q <sub>0sc</sub> (SCM)(Nm <sup>3</sup> /min)	22144.41	21690.61
16. 穿透吸百分比I(%)	*	108.6

三、採樣後數據判斷

1. 標準狀態下採樣速率Q <sub>0st</sub> (DSCFM)(Nf <sup>3</sup> /min)(公式29)	0.3222
2. 採樣速率Q <sub>0</sub> (ACFM)(公式32)	0.4286
3. 實際μ(微油)(公式3)	19.2155
4. 實際雷諾數N <sub>re</sub> (公式10)	2662
5. 實際克勞辛校正係數C(公式4)	1.071
6. 實際PM <sub>2.5</sub> 截取粒徑D <sub>50</sub> (um)(公式33、公式34)	2.4987

四、實際截取粒徑判斷

1. 歷代步驟次數N	1	2	3	4	5
2. 重新建立克勞辛校正係數C <sub>r</sub>	1.071				
3. 重新建立D <sub>50-1</sub> ; D <sub>50-2</sub> (um)(公式35)	2.4987				
4. Z(D <sub>50-1</sub> ; D <sub>50-2</sub> /D <sub>50-1</sub> )(公式36、公式37)	1.000				
5-1. 最佳截取粒徑判斷: D <sub>50-2</sub> , 是否在2.25-2.75之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			
5-2. 最佳截取粒徑判斷: Z, 是否在0.99-1.01之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			

計算人員簽名: [簽名] 頁次: 14

採樣日期: 108.07.26  
 氣站編號: 31C27.1

排氣管檢測專案編號: E1109NAS1057

中環科技事業股份有限公司  
 採樣分析記錄-排氣管中PM<sub>2.5</sub>採樣後紀錄表

管制編號: 57200688      排氣管編號: P001      記錄人簽名: 蔡宗文      採樣日期: 109.7.17

一、採樣後流量檢查資料

校定檢查流量(m <sup>3</sup> /min)	0.0200	檢查時間(min)	15
參考流量計序號	1901432	PM <sub>2.5</sub> 主機序號	1091
參考流量計溫度(°C)	32.8	PM <sub>2.5</sub> 主機溫度(°C)	36.1
參考流量計起始值(m <sup>3</sup> )	761.7704	PM <sub>2.5</sub> 主機起始值(m <sup>3</sup> )	0.100000
參考流量計結束值(m <sup>3</sup> )	762.0938	PM <sub>2.5</sub> 主機結束值(m <sup>3</sup> )	0.71607
參考流量計總體積值(m <sup>3</sup> )	0.3234	PM <sub>2.5</sub> 主機總體積值(m <sup>3</sup> )	0.71607
V <sub>ref</sub> (參考流量計校正因子)	1.0092	V <sub>inst</sub>	1.0744
差值(%)(≤5%)	2.50		

二、採樣後資料填寫及檢碼

資料項目	預採	採品
1. 總採樣時間(min)		278.46
2. 乾式氣體流量計採樣體積V <sub>a</sub> (ACM)(m <sup>3</sup> )		2.6762
3. 流量計絕對壓力P <sub>a</sub> (inHg)		29.00
4. 標準狀態下乾式氣體流量計採樣體積V <sub>std</sub> (DSCF)(Nft <sup>3</sup> )(公式28)		89.8612
5. 標準狀態下水氣體積V <sub>w</sub> (Nft <sup>3</sup> )		10.6287
6. 排氣溫度下飽和水蒸氣壓P <sub>w</sub> (mmHg)		269.7
7. 含水率B <sub>w</sub>		10.58
8. 理論含水率B <sub>w</sub>		48.61
9. 最終判定含水率B <sub>w</sub>	<input type="checkbox"/> 之前報告 <input type="checkbox"/> 預採	10.58
10. 濕基氣體分子重M <sub>w</sub> (lb/lb-mole)		29.07
11. 絕對排氣管內氣壓P <sub>a</sub> (inHg)		29.941
12. 排氣管內氣體絕對溫度T <sub>a</sub> (°R)		637.5
13. 排氣流速V <sub>a</sub> (ft/sec)		65.26
14. 標準狀態下排氣管乾排氣流量Q <sub>std</sub> (DSCFM)(Nm <sup>3</sup> /min)		29039.77
15. 標準狀態下排氣管濕排氣流量Q <sub>std</sub> (SCFM)(Nm <sup>3</sup> /min)		32494.82
16. 等速吸引百分比I(%)		106.0

三、採樣後數據判斷

1. 標準狀態下採樣速率Q <sub>std</sub> (DSCFM)(Nft <sup>3</sup> /min)(公式29)	0.3227
2. 採樣速率Q <sub>i</sub> (ACFM)(公式32)	0.4254
3. 實際A(微油)(公式3)	19.5357
4. 實際雷諾數N <sub>re</sub> (公式10)	2667.9
5. 實際克勞特校正係數C(公式4)	1.071
6. 實際PM <sub>2.5</sub> 截取效率D <sub>90</sub> (um)(公式33、公式34)	2.5047

四、實際截取效率判斷

	1	2	3	4	5
1. 疊代步驟次數N					
2. 重新建立克勞特校正係數C <sub>r</sub>	1.071				
3. 重新建立D <sub>90-1</sub> ; D <sub>90-2</sub> (um)(公式35)	2.5047				
4. Z(D <sub>90-1</sub> /D <sub>90-2</sub> ; D <sub>90-1</sub> /D <sub>90-2</sub> )(公式36、公式37)	1.000				
5-1. 最佳截取效率判斷: D <sub>90-1</sub> , 是否在2.25-2.75之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			
5-2. 最佳截取效率判斷: Z是否在0.99-1.01之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			

計算人員簽名: 鄭昇文      頁次: 20

發行日期: 103.07.26  
 文件編號: 3AS27.1

排放管線檢測專案編號: E1109NASout

中環科技事業股份有限公司  
 採樣分析記錄-排放管線中PM<sub>2.5</sub>採樣後紀錄表

管制編號: S32006888 排放管線編號: P001 記錄人簽名: 蔡文傑 採樣日期: 107.7.20

一、採樣後流量檢查資料

設定流量(m <sup>3</sup> /min)	0.0200	檢查時間(min)	15
參考流量計序號	1901432	PM <sub>2.5</sub> 主機序號	1091
參考流量計溫度(°C)	32.0	PM <sub>2.5</sub> 主機溫度(°C)	38.7
參考流量計起始值(m <sup>3</sup> )	762.0942	PM <sub>2.5</sub> 主機起始值(m <sup>3</sup> )	0.00000
參考流量計結束值(m <sup>3</sup> )	762.4992	PM <sub>2.5</sub> 主機結束值(m <sup>3</sup> )	0.71591
參考流量計總體積(m <sup>3</sup> )	0.7150	PM <sub>2.5</sub> 主機總體積(m <sup>3</sup> )	0.71591
V <sub>ref</sub> (參考流量計校正因子)	1.0092	V <sub>post</sub>	1.0164
差值(%)(<5%)	0.71		

二、採樣資料填寫及確認

資料項目	預採	採品
1. 總採樣時間(min)		282.76
2. 乾式氣體流量計採樣體積V <sub>d</sub> (ACM)(m <sup>3</sup> )		2.68776
3. 流量計絕對壓力P <sub>a</sub> (inHg)		30.072
4. 標準狀態下乾式氣體流量計採樣體積V <sub>std</sub> (DSCF)(Nft <sup>3</sup> )(公式28)		89.8777
5. 標準狀態下水氣體積V <sub>w</sub> (Nft <sup>3</sup> )		10.8578
6. 排氣溫度下飽和水蒸氣壓P <sub>w</sub> (mmHg)		476
7. 含水率B <sub>w</sub>		10.78
8. 理論含水率B <sub>th</sub>		62.61
9. 最終判定含水率B <sub>sa</sub>	<input type="checkbox"/> 之前報告 <input type="checkbox"/> 採	10.78
10. 濕基氣體分子量M <sub>w</sub> (lb/lb-mole)		28.97
11. 絕對排氣管線內氣體絕對壓力P <sub>a</sub> (inHg)		29.977
12. 排氣管線內氣體絕對溫度T <sub>a</sub> (°R)		647.1
13. 排氣流速V <sub>a</sub> (ft/sec)		64.87
14. 標準狀態下排氣管線排氣流量Q <sub>std</sub> (DSCFM)(Nm <sup>3</sup> /min)		2821.99
15. 標準狀態下排氣管線濕排氣流量Q <sub>std</sub> (SCFM)(Nm <sup>3</sup> /min)		3167.27
16. 華達吸引百分比(%)		100.2

三、採樣後數據判斷

1. 標準狀態下採樣速率Q <sub>std</sub> (DSCFM)(Nft <sup>3</sup> /min)(公式29)	0.776
2. 採樣速率Q <sub>a</sub> (ACFM)(公式32)	0.4374
3. 實際ρ(微油)(公式3)	175.475
4. 實際當量數N <sub>e</sub> (公式10)	252.1
5. 實際克罩校正係數CC(公式4)	1.077
6. 實際PM <sub>2.5</sub> 截取粒徑D <sub>50</sub> (um)(公式33、公式34)	2.5672

四、實際截取位元判斷

	1	2	3	4	5
1. 疊代步驟次數					
2. 重新建立克罩字校正係數C <sub>z</sub>	1.071				
3. 重新建立D <sub>50-1</sub> ; D <sub>50-2</sub> (um)(公式35)	2.5716				
4. Z(D <sub>50-1</sub> /D <sub>50-2</sub> ; D <sub>50-2</sub> /D <sub>50-1</sub> )(公式36、公式37)	1.001				
5-1. 最佳截取位元判斷: D <sub>50-2</sub> , 是否在2.25-2.75之間	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5-2. 最佳截取位元判斷: Z是否在0.99-1.01之間	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

核算人員簽名: 鄭昇 頁次: 26

日期	時間	負載	蒸氣					汽流			輔助蒸氣壓力	除氧器壓力	除氧器水位	鋼流壓力	水溫	冷凝器		真空度	回收槽水位	SH噴水流量	總煤量
			蒸氣水出口	節流壓力	再熱器出口	溫度	再熱器出口	流量	溫度	1						2					
																	kg/cm'				
警報值		>537	>225	>178	>171	>42	>546		>18	>10.8	>275		>225	>285	<650	<300					
7月13日	星期一	0	493	186	174	169	38	537	521	1573	8.7	8.7	228	154	194	271	682	650	612	115	168
		3	498	185	174	169	38	538	527	1548	8.8	8.8	224	1492	192	272	685	683	600	129	169
		6	495	183	173	168	37	536	521	1566	8.7	8.7	215	1529	191	270	684	681	598	92	165
		9	495	185	173	168	37	536	523	1570	8.1	8.7	217	1535	194	271	682	683	632	93	167
		12	491	186	173	168	38	531	523	1574	8.8	8.8	205	1507	174	271	681	679	576	25	162
		15	489	185	173	169	37	540	540	1579	8.6	8.6	225	1520	193	270	680	680	589	58	166
		18	481	185	173	168	36	538	520	1536	8.4	8.4	219	1550	193	268	681	679	611	64	175
		21	504	185	172	168	38	537	525	1586	8.9	8.9	226	1568	194	271	679	677	657	88	187
7月14日	星期二	0	498	186	173	169	38	537	526	1566	8.7	8.8	222	1548	193	271	680	679	579	85	172
		3	490	186	173	169	38	537	527	1562	8.8	8.8	228	1510	194	271	679	679	551	124	176
		6	493	183	172	168	37	537	520	1569	8.7	8.7	216	1531	193	270	681	680	612	106	174
		9	491	185	173	169	38	537	533	1583	8.5	8.5	200	1508	183	271	679	679	597	131	169
		12	485	186	173	169	37	534	526	1551	8.1	8.1	211	1560	174	270	678	685	607	78	164
		15	499	186	173	169	38	537	525	1572	8.8	8.7	223	1520	194	271	681	685	615	112	165
		18	492	185	172	168	37	535	526	1549	8.6	8.7	214	1524	193	270	681	676	621	109	166
		21	487	185	173	169	37	541	529	1529	8.5	8.5	225	1485	193	270	679	676	631	118	165
7月15日	星期三	0	492	185	173	169	37	542	529	1538	8.7	8.9	216	1497	193	271	679	679	661	126	168
		3	497	185	173	169	38	540	527	1573	8.8	8.8	224	1489	193	272	678	679	597	144	167
		6	496	185	173	168	38	536	528	1571	8.7	8.7	216	1532	193	270	681	676	588	93	172
		9	497	185	172	168	38	532	521	1562	8.8	8.8	222	1524	193	271	680	678	617	121	171
		12	476	184	172	167	37	540	526	1513	8.4	8.4	225	1486	191	268	682	680	585	94	167
		15	483	185	173	168	37	530	520	1521	8.5	8.5	218	1499	192	270	681	679	622	100	165
		18	494	185	172	169	37.7	535	526	1558	8.7	8.8	218	1542	193	270	682	679	576	94	167
		21	495	186	173	169	37.6	531	524	1559	8.8	8.8	218	1538	194	271	681	679	585	90	162
7月16日	星期四	0	491	185	172	168	37	538	526	1551	8.5	8.6	215	1531	192	270	680	679	630	95	162
		3	492	185	172	168	37	541	522	1542	8.6	8.6	224	1525	193	270	682	681	640	98	174
		6	499	186	173	168	38	537	526	1575	8.7	8.8	218	1559	193	271	683	681	653	93	172
		9	488	185	173	169	37.1	533	524	1520	8.6	8.6	216	1501	192	270	682	682	572	103	171
		12	490	185	173	169	37.4	537	524	1525	8.6	8.6	230	1470	193	271	681	679	608	123	172
		15	488	185	173	168	37	537	524	1541	8.5	8.6	216	1522	193	270	681	679	639	105	169
		18	497	186	173	168	37.8	537	524	1568	8.8	8.8	218	1530	194	271	683	680	635	90	172
		21	492	185	173	168	37.3	537	526	1542	8.6	8.7	221	1533	193	270	685	683	560	77	171

表格:QP-7.5-1-F2 版次:1 C-1

表格:QP-8.5-1-F2 版次:0

日期	時	負載 MW	蒸氣					汽流		輔助		除氧		水		冷真		回收	SH	總			
			汽	過	節	再	再	量	力	力	器	器	壓	溫	凝		度				位	量	量
															器								
															1	2							
警報值	>537	>225	>178	>171	>42	>546	>18	>10.8	>275	>225	>285	<650	<300										
單位	kg/cm <sup>2</sup>																						
7月17日	0	471	186	173	169	38	540	528	1562	8.8	8.8	222	1553	194	271	682	679	509	80	176			
3	485	186	173	168	38	539	535	1551	8.7	8.7	222	1568	194	271	684	682	518	62	177				
6	487	185	173	169	37	534	518	1543	8.6	8.6	225	1563	193	270	686	684	531	82	180				
9	476	186	173	168	37	538	529	1561	8.7	8.7	225	1561	194	271	685	683	541	75	176				
12	471	185	172	168	38	532	521	1578	8.8	8.8	218	1559	193	271	682	679	529	82	181				
15	484	185	173	168	37	537	527	1558	8.7	8.7	230	1533	193	270	682	679	534	87	182				
18	492	185	172	169	37.3	534	524	1541	8.6	8.7	221	1536	193	270	681	679	535	93	186				
21	496	185	173	169	37.8	532	520	1559	8.7	8.7	221	1558	194	270	682	681	538	87	184				
7月18日	0	486	185	172	167	37	534	525	1521	8.6	8.6	215	1511	192	270	685	682	628	91	200			
3	416	179	169	166	32	536	528	1297	7.2	7.2	224	1516	184	260	692	689	648	49	200				
6	406	178	169	166	31	538	527	1288	7	7	225	1274	184	259	692	690	635	52	209				
9	420	178	169	166	31	543	522	1276	7.2	7.2	223	1303	185	261	692	690	607	65	204				
12	424	178	169	166	32	525	525	1308	7.3	7.3	222	1318	185	261	689	685	671	43	72				
15	422	178	169	166	31	531	520	1322	7.3	7.3	221	1322	184	261	687	684	679	58	202				
18	422	177	169	166	32	531	523	1317	7.3	7.3	222	1337	185	261	688	686	679	56	202				
21	422	177	168	165	32	534	525	1318	7.4	7.3	222	1317	184	262	687	687	679	71	202				
7月19日	0	428	178	168	165	32	535	521	1329	7.4	7.4	223	1323	184	262	687	685	671	76	202			
3	422	179	169	166	32	537	525	1328	7.4	7.4	223	1334	185	261	686	684	672	63	202				
6	418	178	169	165	32	537	521	1331	7.4	7.4	223	1326	185	261	687	684	674	73	202				
9	425	179	169	167	31.6	536	521	1326	7.3	7.3	225	1319	185	261	687	684	685	56	204				
12	423	180	171	168	32.9	536	523	1340	7.5	7.5	221	1335	185	262	686	687	670	77	204				
15	442	182	172	168	33.4	533	521	1376	7.7	7.7	216	1420	189	263	688	687	678	71	200				
18	442	183	172	168	33	532	523	1395	7.7	7.7	222	1471	189	264	688	684	678	74	202				
21	437	181	171	167	32	535	526	1375	7.6	7.6	229	1465	187	263	687	687	678	75	196				
7月20日	0	476	184	172	169	36	535	522	1518	8.5	8.5	218	1510	193	268	681	679	626	91	201			
3	487	185	173	168	37	535	526	1543	8.5	8.6	222	1493	193	269	680	678	622	31	189				
6	479	183	172	168	36	536	525	1492	8.4	8.4	222	1526	191	268	684	681	618	55	173				
9	496	186	173	169	38.0	537	525	1578	8.8	8.8	224	1586	195	271	682	682	639	66	175				
12	484	186	173	169	37.8	537	526	1548	8.5	8.6	208	1514	194	269	680	681	631	42	176				
15	490	186	173	169	37.8	535	525	1515	8.7	8.7	220	1511	194	271	681	685	621	42	171				
18	489	185	173	169	37	536	526	1517	8.6	8.6	209	1513	193	268	681	679	621	50	172				
21	492	183	173	169	37	535	523	1551	8.6	8.6	223	1513	193	268	682	682	621	55	177				

規格: QP-7.8-1-F2 版次: 1 C-1  
 規格: QP-8.5-1-F2 版次: 0

**中環科技事業股份有限公司**  
 排放管道中可過濾性微粒(FPM)與可凝結性微粒(CPM) 分析報告表

樣品編號：NAS1090057

採樣日期：1090714、16-17、20

可過濾性微粒(FPM)				
補集重量(M <sub>1</sub> +M <sub>2</sub> )(mg)	採樣體積V <sub>ms</sub> (DSCF)	濃度(C <sub>fpm2.5</sub> )(gr/DSCF)	濃度(C <sub>fpm2.5</sub> )(mg/Nm <sup>3</sup> )	
2.27	90.5445	0.00039		0.951
1.35	89.8612	0.00023		0.570
1.35	89.8773	0.00023		0.570

可凝結性微粒(CPM)				
m <sub>CPM</sub> (mg)	採樣體積V <sub>ms</sub> (DSCF)	濃度(C <sub>cpm2.5</sub> )(gr/DSCF)	濃度(C <sub>cpm2.5</sub> )(mg/Nm <sup>3</sup> )	
8.4	90.5445	0.00143		3.518
8.2	89.8612	0.00141		3.461
4.2	89.8773	0.00072		1.772

原生性微粒總量(FPM+CPM)				
濃度(C <sub>fpm2.5</sub> )(mg/Nm <sup>3</sup> )	濃度(C <sub>cpm2.5</sub> )(mg/Nm <sup>3</sup> )	C <sub>fpm2.5</sub> +C <sub>cpm2.5</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )		
0.951	3.518	4.469		
0.570	3.461	4.031		
0.570	1.772	2.342		

備註1：FPM補集重量低於偵測極限(1.35mg)時，以偵測極限值來計濃度

驗算人員：

最新確認日期：109.03.25  
E087-1-22  
07/29

中環科技事業股份有限公司  
排放管道中可過濾性【FPM】與可凝結性【CPM】微粒分析報告表

分析日期：109.07.21  
0000242182  
0000244514  
(已完)

分析人員：ADI  
審核人員：[Signature]

分析方法：NIEA A212/214  
試劑批號：(兩瓶)  
丙酮空白濃度(Ca)(mg/ml)：790

樣品編號  
NAS1090057  
去離子超純水  
丙酮  
FPM  
CPM  
Container#3 (濾紙)  
CPM  
Container#3 (濾紙)  
CPM  
Container#3 (濾紙)  
CPM  
Container#6  
CPM  
Container#7  
CPM  
Container#8  
CPM  
Container#9  
CPM  
Container#10  
CPM(Inh)  
Container#11

樣品編號	體積 V(ml)	初重(w <sub>1</sub> )(g)	初重(第2次) w <sub>1-1</sub> -w <sub>1</sub>	樣重差差 w <sub>1-1</sub> -w <sub>1</sub>	樣重(第1次) w <sub>2</sub> (g)	樣重(第2次) w <sub>2-1</sub> (g)	樣重差差 w <sub>2-1</sub> -w <sub>2</sub>	樣重差差 w <sub>2-1</sub> -w <sub>2</sub>	微粒重量(μg) Wd(mg)	微粒重量 Wd(mg)	總微粒重量(mg)
Blank	150	31.05526	31.05524	-0.00002	32.16010	32.16007	-0.00003	0.00006	0.00	0.00	0.00
AI-1(濾紙)	94	32.22151	32.22150	-0.00001	31.05525	31.05530	0.00005	0.00006	0.06	0.06	2.27
AI-2(丙酮)	94	32.57207	32.57202	-0.00005	32.22157	32.22159	-0.00002	0.00009	0.04	0.04	0.05
A2-2(丙酮)	94	32.40749	32.40743	-0.00006	31.1428	31.1434	-0.00006	0.00007	0.00	0.00	0.15
A3-1(濾紙)	92	31.54197	31.54190	-0.00007	32.57207	32.57217	-0.00010	0.00004	0.04	0.04	0.15
Container#1 濾紙	450	31.54197	31.54190	-0.00007	32.40749	32.40756	-0.00007	0.00003	0.10	0.10	1.17
Container#2 濾紙	400	32.50207	32.50200	-0.00007	31.54865	31.54871	-0.00006	0.00081	6.81	6.81	#1+#2 8.5
Container#3 濾紙	500	31.97285	31.97293	-0.00008	32.50371	32.50365	0.00006	0.00165	1.65	1.65	樣品CPM重量 8.4
Container#4 濾紙	380	32.21367	32.21371	-0.00004	31.98069	31.98062	0.00007	0.00769	7.69	7.69	#1+#2 8.3
Container#5 濾紙	470	33.23984	33.23989	-0.00005	32.21433	32.21430	0.00003	0.00059	0.59	0.59	樣品CPM重量 8.2
Container#6 濾紙	400	31.95829	31.95839	-0.00010	33.24369	33.24373	-0.00004	0.00384	3.84	3.84	#1+#2 4.3
Container#7 濾紙	200	32.72003	32.72010	-0.00007	31.95884	31.95887	-0.00003	0.00048	0.48	0.48	樣品CPM重量 4.2
Container#8 濾紙	210	31.57421	31.57425	-0.00004	32.72000	32.72005	-0.00005	-0.00005	0.00	0.00	0.26
Container#9 濾紙	210	32.56869	32.56875	-0.00006	31.57442	31.57438	0.00004	0.00013	0.13	0.13	
Container#10 濾紙	360	32.74264	32.74264	0.00000	32.56880	32.56888	-0.00008	0.00013	0.13	0.13	
Container#11 濾紙	400	33.19192	33.19199	-0.00007	32.74280	32.74275	0.00005	0.00011	0.11	0.11	
CPM(Inh) Container#11	420	32.37779	32.37775	0.00004	33.19204	33.19200	0.00004	0.00001	0.01	0.01	
	390	32.80508	32.80501	-0.00007	32.37784	32.37780	0.00004	0.00005	0.05	0.05	
					32.80511	32.80507	0.00004	0.00006	0.06	0.06	

★公式：Wd=C×V×ρ  
 註1：Container#6、#7、#8、#9、#10、#11-1、11-2之空白管制：<1.0 mg  
 註2：樣品CPM重量\*：樣品實際重量扣除mb成2.0mg，則以2.0mg扣除(取較低者)  
 排放管道-FPM與CPM微粒(A312.A214)0721(D)-至A212.214-R1)第1頁



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：S3200688 檢測專案編號：ET109NAS0074

公私場所名稱：台灣電力股份有限公司興達電廠

受測污染源名稱：E003粉煤濕底鍋爐(P003)

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：109 年 08 月 24-25、28 日

發行日期：98.12.31  
表格編號：7AS02.1

二、檢測結果摘要

檢測專案編號：ET109NAS0074

基 本 資 料	1. 受測公私場所名稱：台灣電力股份有限公司興達電廠			5. 管制編號：S3200688									
	2. 地址：高雄市永安區鹽田里興達路6號			6. 受測污染源(編號)：E003粉煤濕底鍋爐									
採 樣 時 間	3. 檢測用途：學術研究調查性質之檢測			7. 採樣日期：109 年 08 月 24-25、28 日									
	4. 檢測機構名稱：中環科技事業股份有限公司			8. 濾紙編號：145、146									
污 染 源 操 作 狀 況	進料量 (註明單位)		產 量 (註明單位)			燃 料 (註明單位)							
	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 染 源 操 作 狀 況	如四、附件(一)												
	*	*	*	*	*	*	*	*	*				
採 樣 時 間	A. 燃料名稱：煙煤，含硫量 *%；B. 燃料名稱：*，含硫量 *% 混燒比例A：*；B：*。												
	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)						
污 染 源 操 作 狀 況	名稱		當日			許可用量			當日		許可用量		
	如四、附件(一)												
廢 氣 性 質	* * * * * * * * * *												
	廢氣性質 排氣平均溼度：13.83%，排氣平均溫度：97.2℃，排氣平均流速：28.90m/s，濕基排氣量：44322.44Nm <sup>3</sup> /min												
檢 測 結 果	空氣污染物 檢測方法編號		排氣組成(%)			FPM(mg/Nm <sup>3</sup> )	CPM(mg/Nm <sup>3</sup> )	FPM+CPM(mg/Nm <sup>3</sup> )	乾基校正排 氣量 (Nm <sup>3</sup> /min)	空氣污染物 排放量 (kg/hr)	排放 標準	合格	
	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO								是	否	
備 註	PM <sub>2.5</sub> (A212.11B)(A214.71C)		13.3	6.4	ND<0.1	1.891	3.855	5.746	38169.34	*	13.16	-	
	PM <sub>2.5</sub> (A212.11B)(A214.71C)		13.7	6.2	ND<0.1	1.890	5.047	6.937	38215.96	*	15.91	-	
上述資料經本人做最終審查，確認無誤 <span style="float:right">實驗室主任簽章 </span> 一、本採樣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 二、倘檢測機構檢測能力尚未經環保署認可者，於填報「空氣污染物/檢測方法編號」時，應以"*"記號加註 三、FPM的偵測極限值為1.35mg 四、CPM之分析結果，未包含濾紙樣品的分析值 五、本報告登載數值之修整原則依據環保署環境檢驗所「檢測報告位數表示規定」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：ET109NAS0074

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		S	3	2	0	0	6	8	8	排放管道或周界編號		P	0	0	3	
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)				
a. 編號	b. 名稱	(代碼)								當日	許可用量					
	如附件(-)															
	以下空白															
													頁次	3		

修訂日期: 108.07.26  
 規格編號: SAS22.1

排放管道檢測專案編號: ET109NAS0014

中環科技事業股份有限公司  
 採樣分析記錄-排放管道紊流測試及排氣流速檢測記錄表

採樣日期: 109.8.24

管制編號	S2200688	排放管編號	P007
1. 測定孔之排放管道尺寸-內徑:	6700 mm (長: * mm、寬: * mm)、面積:	25.26	m <sup>2</sup>
2. 測定孔距之上游擾流區之距離:	25000 mm	3. 測定孔距廢氣下游擾流區之距離:	205000 mm
4. 測定孔凸緣高:	440 mm	5. 皮托管係數(Cp')(備註1):	0.754
7. 測定孔數:	4	8. 大氣壓力(P <sub>a</sub> (P <sub>bar</sub> )):	150.7 mmHg
10. Δh <sub>a</sub> :	46.644 mmH <sub>2</sub> O	11. 皮托管編號:	AS-P8
13. 遮蔽因子調整判斷:	<input checked="" type="checkbox"/> <3%不用調整 <input type="checkbox"/> 3-6%需調整 <input type="checkbox"/> >6%無法採樣	9. 遮蔽因子(b <sub>f</sub> ):	0.37 %
		12. 排氣流速:	19.86 m/sec

備註1: 需將旋風分離器和皮托管結合後, 才可進行後續之量測動作

備註2: 內徑 ≥ 92.5cm 時, 採樣點必須與排放管道壁維持 2.54cm 距離, 而內徑 < 92.5cm 時, 採樣點必須與排放管道壁維持 1.3cm 距離, 若距離不夠, 則取消該採樣點, 增加別的採樣點採樣時間, 讓總採樣時間不變

14. 採樣人員簽名:	鄭昇賢	15. 記錄人簽名:	葉宗文
16. 全壓管測漏時壓力:	87.7 mmH <sub>2</sub> O	17. 靜壓管測漏時壓力:	91.7 mmH <sub>2</sub> O
18. 測漏時間:	1408 ~ 1410 min	19. 皮托管測漏結果:	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 符合標準

20. 紊流確認時間: 1412 ~ 1436 min (每點需確認 10sec 以上)					
測定點編號	θ <sub>y</sub> 之偏轉角 (°)	測定點編號	θ <sub>y</sub> 之偏轉角 (°)	測定點編號	θ <sub>y</sub> 之偏轉角 (°)
第1點	14	第5點	16	第9點	16
第2點	15	第6點	17	第10點	12
第3點	17	第7點	15	第11點	15
第4點	14	第8點	12	第12點	17
21. 取絕對值後平均偏轉角 (°)					14
22. 穩流判定, 平均偏轉角 ≤ 20°					<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否

23. 測定點編號		24. 伸入位置 (mm) (備註2)		25. 第一次速度壓力 (ΔP <sub>s</sub> =ΔP <sub>st</sub> ) 直接讀值 (mmH <sub>2</sub> O)		26. 第一次排氣溫度 (T <sub>g</sub> ) 直接讀值 (°C) (備註3)		27. 第二次速度壓力 (ΔP <sub>s</sub> =ΔP <sub>st</sub> ) 直接讀值 (mmH <sub>2</sub> O)		28. 第二次排氣溫度 (T <sub>g</sub> ) 直接讀值 (°C)		29. 第二次排氣溫度 (T <sub>g</sub> ) 直接讀值 (°C)		30. 經過蔽效應後修正的動壓值 (ΔP <sub>S2</sub> ) (mmH <sub>2</sub> O)	
				第一次流速測試 (時間: 1447 ~ 1506 (兩次測試需在 1 小時內完成))				第二次流速測試 (時間: 1518 ~ 1542 (兩次測試需在 1 小時內完成))						27. 靜壓力 (P <sub>g</sub> ) 讀值 (mmH <sub>2</sub> O) -37	
第1點	735	735	67.4	95.7	68.1	96	67.8	71.2	96	71.2	96	71.2	96	71.2	96
第2點	1418	1418	70.7	95.8	71.2	96	70.7	71.2	96	71.2	96	71.2	96	71.2	96
第3點	2427	2427	74.7	96.2	74.5	97	74.7	74.5	97	74.5	97	74.5	97	74.5	97
第4點	735	735	68.0	96.1	68.2	95	67.2	68.2	95	68.2	95	68.2	95	68.2	95
第5點	1418	1418	71.2	97.2	72.0	96	71.6	72.0	96	72.0	96	72.0	96	72.0	96
第6點	2427	2427	72.6	97.9	73.1	96	72.0	73.1	96	73.1	96	73.1	96	73.1	96
第7點	735	735	67.5	95.7	69.2	96	67.9	69.2	96	69.2	96	69.2	96	69.2	96
第8點	1418	1418	72.4	96.6	72.6	97	72.6	72.6	97	72.6	97	72.6	97	72.6	97
第9點	2427	2427	75.5	97.4	75.9	97	75.9	75.9	97	75.9	97	75.9	97	75.9	97
第10點	735	735	69.7	95.2	71.1	95	69.7	71.1	95	71.1	95	71.1	95	71.1	95
第11點	1418	1418	72.6	96.7	73.0	96	72.0	73.0	96	73.0	96	73.0	96	73.0	96
第12點	2427	2427	74.9	98.1	76.7	97	75.7	76.7	97	76.7	97	76.7	97	76.7	97
平均		71.5		96.5		72.1		96		72.1		96		71.9	
31. 第一次採樣流速				19.86 (m/s)				32. 第二次採樣流速				19.65 (m/s)			

備註3: 當排放管道溫度超過 260°C, 本方法可能不適用, 因為旋風分離器組件的環紋可能磨損或卡住, 進而影響所收集微粒的再現性。

33. 前後兩次溫度之變異:	-0.5	是否 < 28°C:	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	34. 前後兩次流速之變異:	-1.1	是否 < 20%:	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
----------------	------	------------	--	----------------	------	-----------	--

驗算人簽章: [Signature] 頁次: 8

發證日期: 108.07.26  
表檢編號: 3AS27.1

排放管道檢測專案編號: ET109WAS007

中環科技事業股份有限公司  
採樣分析記錄-排放管道中PM<sub>2.5</sub>採樣後紀錄表

管制編號: S32wob88 排放管道編號: P007 記錄人簽名: [Signature] 採樣日期: 109.02.21

一、採樣後流量檢查資料

設定檢查流量(m <sup>3</sup> /min)	0.0200	檢查時間(min)	15
參考流量計序號	1904422	PM <sub>2.5</sub> 主機序號	1091
參考流量計溫度(°C)	20.5	PM <sub>2.5</sub> 主機溫度(°C)	34.4
參考流量計起始值(m <sup>3</sup> )	770.0964	PM <sub>2.5</sub> 主機起始值(m <sup>3</sup> )	0.00000
參考流量計結束值(m <sup>3</sup> )	770.4122	PM <sub>2.5</sub> 主機結束值(m <sup>3</sup> )	0.71580
參考流量計總體積值(m <sup>3</sup> )	0.3158	PM <sub>2.5</sub> 主機總體積值(m <sup>3</sup> )	0.71580
V <sub>full</sub> (參考流量計校正因子)	1.0092	V <sub>post</sub>	1.0129
差值(<5%)	0.27		

二、採樣後資料填寫及確認

資料項目	預採	樣品
1. 總採樣時間(min)	48	277.68
2. 乾式氣體流量計採樣體積V <sub>ACM</sub> (m <sup>3</sup> )	0.9604	2.56572
3. 流量計絕對壓力P <sub>a</sub> (inHg)	*	29.566
4. 標準狀態下乾式氣體流量計採樣體積V <sub>std</sub> (DSCF)(Nft <sup>3</sup> )(公式28)	27.4987	84.6125
5. 標準狀態下水氣體積V <sub>w</sub> (Nft <sup>3</sup> )	4.4494	12.6278
6. 排氣溫度下飽和水蒸氣壓P <sub>v</sub> (mmHg)	650.47	687.04
7. 含水率B <sub>ws</sub>	17.11	13.87
8. 理論含水率B <sub>ws</sub>	26.97	91.86
9. 最終判定含水率B <sub>ws</sub>	<input type="checkbox"/> 之前報告 <input checked="" type="checkbox"/> 預採 17.11	13.87
10. 濕基氣體分子重M <sub>w</sub> (lb/lb-mole)	28.77	28.66
11. 絕對排放管道氣體壓力P <sub>g</sub> (inHg)	29.445	29.445
12. 排放管道內氣體絕對溫度T <sub>g</sub> (°R)	665.4	666.7
13. 排氣流速V <sub>g</sub> (ft/sec)	95.87	94.70
14. 標準狀態下排放管道乾排氣流量Q <sub>std</sub> (DSCMM)(Nm <sup>3</sup> /min)	37040.26	38767.4
15. 標準狀態下排放管道濕排氣流量Q <sub>std</sub> (SCMH)(Nm <sup>3</sup> /min)	44970.67	44716.94
16. 等速吸引百分比I(%)	*	93.4

三、採樣後數據判斷

1. 標準狀態下採樣速率Q <sub>std</sub> (DSCFM)(Nft <sup>3</sup> /min)(公式29)	0.7047
2. 採樣速率Q <sub>s</sub> (ACFM)(公式32)	0.4537
3. 實際μ(微泊)(公式3)	196.4714
4. 實際雷諾數N <sub>re</sub> (公式10)	2526.6
5. 實際克寧校正係數C(公式4)	1.076
6. 實際PM <sub>2.5</sub> 截取粒徑D <sub>50</sub> (um)(公式33、公式34)	2.567

四、實際截取粒徑判斷

	1	2	3	4	5
1. 疊代步驟次數N					
2. 重新建立克寧校正係數C <sub>r</sub>	1.074				
3. 重新建立D <sub>50-1</sub> ; D <sub>50-1</sub> (um)(公式35)	2.5654				
4. Z(D <sub>50</sub> /D <sub>50-1</sub> ; D <sub>50-1</sub> /D <sub>50-(N+1)</sub> )(公式36、公式37)	1.001				
5-1. 最佳截取粒徑判斷: D <sub>50-N</sub> 是否在2.25-2.75之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			
5-2. 最佳截取粒徑判斷: Z 是否在0.99-1.01之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			

驗算人員簽章: [Signature] 頁次: 14

記	CMP			一 次 風 壓	二 次 風 壓	總 空 氣 流 量	燃 氣 含 氧 量	爐 心 風 壓	總 煤 量	進口		出口		IDF				
	壓 力	電 流	AMP							門 度	度	流	量	門 度	度	流	量	
																		1
0	0.52	198	204	206	994	127	9.2	-0.8	209	69	64	170	169	171	174	61	445	961
3	0.52	194	205	204	985	123	9.2	-0.4	210	69	64	170	169	170	171	61	447	964
6	0.52	198	204	206	981	124	9.2	-0.4	211	69	64	170	168	170	171	61	449	964
9	0.56	200	205	204	980	124	9.2	-0.5	210	69	63	168	167	168	169	61	446	961
12	0.52	194	204	205	980	122	9.2	-0.6	209	69	64	170	168	169	170	61	449	962
15	0.52	194	204	205	980	122	9.2	-0.4	211	70	65	170	168	169	170	61	449	962
18	0.52	194	204	205	980	122	9.2	-0.4	211	70	65	170	168	169	170	61	449	962
21	0.52	194	204	205	980	122	9.2	-0.4	211	70	65	170	168	169	170	61	449	962
0	0.52	194	204	205	980	122	9.2	-0.4	211	70	65	170	168	169	170	61	449	962
3	0.52	194	204	205	980	122	9.2	-0.4	211	70	65	170	168	169	170	61	449	962
6	0.52	194	204	205	980	122	9.2	-0.4	211	70	65	170	168	169	170	61	449	962
9	0.52	194	204	205	980	122	9.2	-0.4	211	70	65	170	168	169	170	61	449	962
12	0.52	194	204	205	980	122	9.2	-0.4	211	70	65	170	168	169	170	61	449	962
15	0.52	194	204	205	980	122	9.2	-0.4	211	70	65	170	168	169	170	61	449	962
18	0.52	194	204	205	980	122	9.2	-0.4	211	70	65	170	168	169	170	61	449	962
21	0.52	194	204	205	980	122	9.2	-0.4	211	70	65	170	168	169	170	61	449	962

記	CMP			一 次 風 壓	二 次 風 壓	總 空 氣 流 量	燃 氣 含 氧 量	爐 心 風 壓	總 煤 量	進口		出口		IDF				
	壓 力	電 流	AMP							門 度	度	流	量	門 度	度	流	量	
																		1
0	0.52	194	204	205	980	122	9.2	-0.4	211	70	65	170	168	169	170	61	449	962
3	0.52	194	204	205	980	122	9.2	-0.4	211	70	65	170	168	169	170	61	449	962
6	0.52	194	204	205	980	122	9.2	-0.4	211	70	65	170	168	169	170	61	449	962
9	0.56	200	205	204	980	124	9.2	-0.5	210	69	63	168	167	168	169	61	446	961
12	0.52	194	204	205	980	122	9.2	-0.4	211	70	65	170	168	169	170	61	449	962
15	0.52	194	204	205	980	122	9.2	-0.4	211	70	65	170	168	169	170	61	449	962
18	0.52	194	204	205	980	122	9.2	-0.4	211	70	65	170	168	169	170	61	449	962
21	0.52	194	204	205	980	122	9.2	-0.4	211	70	65	170	168	169	170	61	449	962
0	0.52	194	204	205	980	122	9.2	-0.4	211	70	65	170	168	169	170	61	449	962
3	0.52	194	204	205	980	122	9.2	-0.4	211	70	65	170	168	169	170	61	449	962
6	0.52	194	204	205	980	122	9.2	-0.4	211	70	65	170	168	169	170	61	449	962
9	0.56	200	205	204	980	124	9.2	-0.5	210	69	63	168	167	168	169	61	446	961
12	0.52	194	204	205	980	122	9.2	-0.4	211	70	65	170	168	169	170	61	449	962
15	0.52	194	204	205	980	122	9.2	-0.4	211	70	65	170	168	169	170	61	449	962
18	0.52	194	204	205	980	122	9.2	-0.4	211	70	65	170	168	169	170	61	449	962
21	0.52	194	204	205	980	122	9.2	-0.4	211	70	65	170	168	169	170	61	449	962

中環科技事業股份有限公司  
 排放管道中可過濾性微粒(FPM)與可凝結性微粒(CPM) 分析報告表

樣品編號：NAS1090074

採樣日期：1090824~25、28

可過濾性微粒(FPM)					
	補集重量(M <sub>1</sub> +M <sub>2</sub> )(mg)	採樣體積V <sub>ms</sub> (DSCF)	濃度(C <sub>fpm2.5</sub> )(gr/DSCF)	濃度(C <sub>fpm2.5</sub> )(mg/Nm <sup>3</sup> )	
樣品一	4.22	84.6125	0.00077	1.891	
樣品二	4.42	88.6736	0.00077	1.890	
樣品三	*	*	*	*	

可凝結性微粒(CPM)					
	m <sub>CPM</sub> (mg)	採樣體積V <sub>ms</sub> (DSCF)	濃度(C <sub>cpm2.5</sub> )(gr/DSCF)	濃度(C <sub>cpm2.5</sub> )(mg/Nm <sup>3</sup> )	
樣品一	8.6	84.6125	0.00157	3.855	
樣品二	11.8	88.6736	0.00205	5.047	
樣品三	*	*	*	*	

原生性微粒總量(FPM+CPM)					
	濃度(C <sub>fpm2.5</sub> )(mg/Nm <sup>3</sup> )	濃度(C <sub>cpm2.5</sub> )(mg/Nm <sup>3</sup> )	C <sub>fpm2.5</sub> +C <sub>cpm2.5</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )		
樣品一	1.891	3.855	5.746		
樣品二	1.890	5.047	6.937		
樣品三	*	*	*		

備註1：補集重量低於偵測極限時，以偵測極限值來計濃度

驗算人員：曾林春 9/3

最新確認日期: 109.03.25

97-DS

中環科技事業股份有限公司  
 排放管道中可過濾性【FPM】與可凝結性【CPM】微粒 分析報告表

分析方法: NIEA A212/214 試劑批號: (丙酮) 0000242182 丙酮空白濃度(Ca)(mg/mg): 0.0000007  
 分析日期: 109.08.31  
 分析員: DS  
 審核人: 2/28

樣品編號	體積 V(mL)	初重(第1次)		初重(第2次)		恆重(第1次)		恆重(第2次)		恆重(第3次)		W <sub>a</sub> (mg)	W <sub>a</sub> (mg)	總微粒重量 (mg)
		W <sub>1</sub> (g)	W <sub>2</sub> (g)	W <sub>1</sub> (g)	W <sub>2</sub> (g)	W <sub>1</sub> -W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub> -W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub> (g)	W <sub>2</sub> (g)	W <sub>2</sub> -W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub> -W <sub>1</sub>			
去離子超純水	150	31.26768	31.26767	31.26765	31.26769	0.00003	-0.00002	31.26769	31.26769	0.00004	0.04	—	—	—
丙酮	150	32.38414	32.38422	32.38412	32.38420	0.00002	0.00002	32.38420	32.38420	0.00008	0.08	0.08	0.00	—
Blank	—	0.11547	0.11550	0.11550	0.11932	-0.00003	-0.00002	0.11932	0.11932	0.00382	3.82	—	—	4.22
A1-1(濾紙)	94	32.48308	32.48346	32.48305	32.48346	0.00005	-0.00004	32.48346	32.48350	0.00045	0.45	0.05	0.40	—
A1-2(丙酮)	—	0.11620	0.11615	0.11615	0.11960	0.00005	-0.00002	0.11960	0.11962	0.00347	3.47	—	—	4.42
A2-1(濾紙)	98	33.34525	33.34522	33.34522	33.34622	0.00003	0.00000	33.34622	33.34622	0.00100	1.00	0.05	0.95	—
A2-2(丙酮)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
A3-1(濾紙)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
A3-2(丙酮)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Container#1 無機	512	32.88721	32.88723	32.88723	32.89332	-0.00002	0.00002	32.89332	32.89330	0.00607	6.07	—	—	#1+#2 8.7
Container#2 有機	354	31.89994	31.89991	31.89991	31.90252	0.00003	-0.00004	31.90252	31.90256	0.00265	2.65	—	—	8.6
Container#3 無機	570	32.49229	32.49231	32.49231	32.50071	-0.00002	0.00003	32.50071	32.50074	0.00843	8.43	—	—	#1+#2 11.9
Container#4 有機	340	32.75447	32.75443	32.75443	32.75790	0.00004	-0.00001	32.75790	32.75791	0.00348	3.48	—	—	11.8
Container#5 無機	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	#1+#2 0.11
Container#6 有機	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
CPM Container#6	212	32.93229	32.93226	32.93226	32.93226	0.00003	0.00003	32.93226	32.93226	0.00000	0.00	0.00	0.00	0.11
CPM Container#7	208	32.04880	32.04883	32.04883	32.04885	-0.00003	0.00003	32.04885	32.04885	0.00002	0.02	0.02	0.02	—
CPM Container#8	198	31.36008	31.36005	31.36005	31.36017	0.00003	0.00003	31.36017	31.36014	0.00009	0.09	0.09	0.09	—
CPM Container#9	320	32.69750	32.69746	32.69746	32.69751	0.00004	0.00003	32.69751	32.69748	0.00002	0.02	0.02	0.02	0.07
CPM Container#10	394	33.10700	33.10702	33.10702	33.10711	-0.00002	0.00004	33.10711	33.10707	0.00005	0.05	0.05	0.05	—
CPM(Thp) Container#11	426	31.79926	31.79924	31.79924	31.79938	0.00002	0.00002	31.79938	31.79936	0.00012	0.12	0.12	0.12	0.15
CPM(Thp) Container#11	406	32.68733	32.68735	32.68735	32.68738	-0.00002	0.00002	32.68738	32.68738	0.00003	0.03	0.03	0.03	—

數據提交日期: 109.09.05  
 樣品編號  樣品數量  分析數值   
 註1: Container-#6、#7、#8、#9、#10、#11-1、11-2之空白管制: <1.0 mg  
 註2: 樣品CPM重量: 樣品實際重量扣除0.20mg, 則0.20mg扣除(扣除係數):  
 排放管道-PM10與CPM(編號A212, A214) 0.831 (DS)-AMY-AIS A212, 214-FU 第1頁  
 ★公式: W<sub>a</sub>=CaVρ<sub>a</sub>

發行日期：96.08.01  
表格編號：7AS16.0

廢氣排放管道說明表

管制編號		S	3	2	0	0	6	8	8	排放管道或周界編號	P	0	0	3
1. 測定管道資料	a. 形狀：	圓形		b. 材質：				鐵		c. 頂部離地高：		250 m		
	d. 外徑：	6740 mm		長		*		mm		寬		*		
	e. 內徑：	6700 mm		長		*		mm		寬		*		
2. 測定孔資料	a. 開口內徑：	100mm		b. 凸緣高：		440 mm		c. 數量：		4 個				
	d. 距上一氣體擾流處為 25000 mm，約 4 倍於測定孔處測定管道之相當直徑													
	e. 距下一氣體擾流處為 205000 mm，約 31 倍於測定孔處測定管道之相當直徑													
3. 測定點資料	a. 測定點編號			1、4、7、10			2、5、8、11			3、6、9、12				
	b. 與測定孔外緣距離(mm)			735			1418			2423				
	a. 測定點編號			以下空白										
	b. 與測定孔外緣距離(mm)													
4. 測定管道、測定孔與測定點位置示意圖	排氣量：													
	<p>The diagram illustrates the measurement setup for a circular pipe. The left part shows a top-down view of the pipe with 12 measurement points (1-12) distributed around its circumference. The right part shows a vertical elevation view of the pipe, indicating a total height of 205.0m from the ground to the top of the pipe, and a distance of 25.0m from the ground to the measurement points. Arrows indicate the direction of gas flow.</p>													
5. 檢查項目		<input checked="" type="checkbox"/> 是、 <input type="checkbox"/> 否有做現場電源檢查； <input checked="" type="checkbox"/> 是、 <input type="checkbox"/> 否有做現場水源檢查												
6. 採樣作業安全性評估		<input checked="" type="checkbox"/> 安全， <input type="checkbox"/> 不安全												



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：S3200688 檢測專案編號：ET109NAS0105

公私場所名稱：台灣電力股份有限公司興達電廠

受測污染源名稱：E002粉煤濕底鍋爐(P002)

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：109 年 11 月 10-13 日

發行日期: 88.12.31  
表格編號: 7A502.1

檢測專案編號: ET109NAS0105

**二、檢測結果摘要**

基 本 資 料	1. 受測公私場所名稱: 台灣電力股份有限公司			5. 管制編號: S3200688		
	2. 地址: 高雄市永安區鹽田里興達路6號			6. 受測污染源(編號): E002粉煤濕底鍋爐		
	3. 檢測用途: 學術研究調查性質之檢測			7. 採樣日期: 109 年 11 月 10-13 日		
	4. 檢測機構名稱: 中環科技事業股份有限公司			8. 濾紙編號: 165、166、167		

進料量 (註明單位)			產量 (註明單位)			燃料 (註明單位)		
名稱	當日	許可用量	名稱	當日	許可用量	名稱	當日	許可用量
純水量	938T/hr	1700T/hr	發電量	303MWH	500MWH	煙煤	122T/hr	200T/hr
*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*

A. 燃料名稱: 煙煤, 含硫量 %: \*; B. 燃料名稱: \*, 含硫量 %: \*

混燒比例 A: \*; B: \*.

空氣污染防治設施名稱	主要操作參數(註明單位)			處理量(註明單位)	
	名稱	當日	許可用量	當日	許可用量
A002靜電集塵器	廢氣入口溫度	131°C	100-200°C	22773.47Nm <sup>3</sup> /min	15000-41000Nm <sup>3</sup> /min
*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*

廢氣性質: 排氣平均濕度: 12.73%; 排氣平均溫度: 70.8°C; 排氣平均流速: 13.63m/s; 濕基排氣量: 22773.47Nm<sup>3</sup>/min

空氣污染物 檢測方法編號	排氣組成(%)			FPM(mg/Nm <sup>3</sup> )	CPM(mg/Nm <sup>3</sup> )	FPM+CPM(mg/Nm <sup>3</sup> )	乾基排氣量 (Nm <sup>3</sup> /min)	乾基校正排 氣量 (Nm <sup>3</sup> /min)	空氣污染物 排放量 (kg/hr)	排放 標準	合格	
	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO								是	否
PM <sub>2.5</sub> (A212.11B)(A214.71C)	12.1	7.1	ND<0.1	ND<(0.614)	22.094	22.094	20391.28	*	27.03	-		
PM <sub>2.5</sub> (A212.11B)(A214.71C)	12.3	7.0	ND<0.1	0.989	6.666	7.655	19946.57	*	9.16	-		
PM <sub>2.5</sub> (A212.11B)(A214.71C)	12.1	7.1	ND<0.1	1.314	6.593	7.907	19284.52	*	9.15	-		

上述資料經本人做最終審查, 確認無誤

實驗室主任簽章

備註

- 一、本採樣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
- 二、倘檢測機構檢測能力尚未經環保署認可者, 於填報「空氣污染物/檢測方法編號」時, 應以"\*"記號加註
- 三、FPM的偵測極限值為1.35mg
- 四、CPM之分析結果, 未包含濾紙樣品的分析值
- 五、本報告登載數值之修整原則依據環保署環境檢驗所「檢測報告位數表示規定」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：ET109NAS0105

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		S	3	2	0	0	6	8	8	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)			
a. 編號	b. 名稱(代碼)								當日	許可用量				
E002	粉煤濕底鍋爐(001)	1	蒸汽量	(350009)						913	1700	T/hr	(M3)	
		1	純水量	(360009)						938	1700	T/hr	(M3)	
		2	發電量	(350099)						303	500	MWH	(ZZ)	
		1	煙煤	(070003)						122	200	T/hr	(M3)	
		3	操作壓力	(P19---						156	178	kg/cm2	(P5)	
A002	靜電集塵器(140)	3	廢氣處理量	(Q04---						22773.47	15000-41000	Nm <sup>3</sup> /min	(Q3)	
		3	廢氣入口溫度	(C02---						131	100-200	°C	(C1)	
		3	第一段放電電極電壓	(B03---						42	5-83	KV	(B2)	
		3	第一段放電電極電流	(A06---						6194	1-6720	mA	(A1)	
		3	第二段放電電極電壓	(B04---						50	5-72	KV	(B2)	
		3	第二段放電電極電流	(A07---						6417	1-7200	mA	(A1)	
		3	第三段放電電極電壓	(B06---						48	5-72	KV	(B2)	
		3	第三段放電電極電流	(A08---						4443	1-5000	mA	(A1)	
		3	第四段放電電極電壓	(B99---						49	5-72	KV	(B2)	
		3	第四段放電電極電流	(A99---						4448	1-5000	mA	(A1)	
A006	濕式排煙脫硫(169)	3	廢氣處理量	(Q04---						22773.47	15000-41000	Nm <sup>3</sup> /min	(Q3)	
		3	廢氣入口溫度	(C02---						131	100-200	°C	(C1)	
		3	廢氣出口溫度	(C03---						69	80-160	°C	(C1)	
		3	吸收劑用量	(M99---						115	30-300	m <sup>3</sup> /D	(Q9)	
		3	循環液體量	(M99---						515.89	240-1100	km <sup>3</sup> /D	(ZZ)	
		3	洗滌液 pH 值	(L19---						5.08	4.5-8	pH	(ZZ)	
A014	選擇觸媒還原(SCR)設備	3	廢氣處理量	(Q04---						22773.47	15000-41000	Nm <sup>3</sup> /min	(Q3)	
	(200)	3	還原劑注入率	(Q14---						150	10-300	kg/hr	(M2)	
		3	操作溫度	(C01---						325	200-400	°C	(C1)	
	以下空白													
												頁次	3	

修訂日期：108.06.28  
表格編號：3AS21.0

煙道檢測專案編號：ET109NAS0105

中環科技事業股份有限公司

採樣分析記錄-排放管道  戴奧辛  PM<sub>2.5</sub>  重金屬之  採樣  水份 採樣結果檢測記錄表

管制編號	S3200688	排放管道編號	P002
樣品編號：NAS 1090105 - 水份		檢測日期：109. 11. 10	
1. 總採樣時間：	48.0 (min)	2. 最大系統真空度 DH-V：	103.0 (mmHg)
3. 平均烘箱溫度 T-HB：	* (°C)	4. 平均XAU-2入口溫度 T-CB：	* (°C)
5. 平均煙道靜壓力 P-ST：	758.2 (mmHg)	6. 吸氣嘴口徑面積 An：	* (mm <sup>2</sup> )
7. 濕基氣體分子量 Ms：	28.52 (g/g-mole)	8. 預設含水率 Bws：	* (%)
9. 平均排氣壓差 DP-S：	18.3 (mmHg)	10. 平均排氣溫度 TS：	86.2 (°C)
11. 平均排氣流速 Vs：	* (m/sec)	12. 平均小孔流量計壓差 DH-M：	40.0 (mmHg)
13. DGM 平均溫度：	31.5 (°C)	14. 總採氣體積 GAS-VOLUME：	0.9613 (m <sup>3</sup> )
15. 衝擊瓶平均出口溫度：	6.9 (°C)	16. 等速百分比 I：	* (%)
最後採樣結果			
1. 標準乾採氣體積 Vmstd 0°C：	0.8587 (dscm)	2. 標準乾排氣量(0°C) Qs：	* (dscm/hr)
3. 實際含水率 Bws：	13.97 (%)	4. 實際採氣流速 Vs：	* (m/sec)
5. 含水氣氣體樣品體積：	0.139 (scm)	6. 實際等速百分比 I：	* (%)
7. 排氣溫度下之飽和蒸氣壓 Pv：	454.4 (mmHg)	8. 理論含水率 Bws：	59.93 (%)
9. 預設含水率之數值 Bws(選較低者)：	13.97 (%)		
		頁次	6

發行日期: 108.07.26  
表格編號: SAS27.1

排放管道檢測專案編號: ET109 NAS 0105

中環科技事業股份有限公司  
採樣分析記錄-排放管道中PM<sub>2.5</sub>採樣後紀錄表

管制編號 S3200688      排放管道編號 P002      記錄人簽名 鄭昇賢      採樣日期 109.11.11

一、採樣後流量檢查資料

設定檢量流量(m <sup>3</sup> /min)	0.0200
參考流量計序號	1901432
參考流量計溫度(°C)	26.1
參考流量計起始值(m <sup>3</sup> )	795.9252
參考流量計結束值(m <sup>3</sup> )	796.2364
參考流量計總體積值(m <sup>3</sup> )	0.3112
V <sub>full</sub> (參考流量計校正因子)	1.0092
差值(<5%)	0.39

檢查時間(min)	15
PM <sub>2.5</sub> 主機序號	1091
PM <sub>2.5</sub> 主機溫度(°C)	28.5
PM <sub>2.5</sub> 主機起始值(m <sup>3</sup> )	0.00000
PM <sub>2.5</sub> 主機結束值(m <sup>3</sup> )	0.31068
PM <sub>2.5</sub> 主機總體積值(m <sup>3</sup> )	0.31068
V <sub>post</sub>	1.0131

採樣後資料填寫及確認

資料項目	預採	採品
1. 總採樣時間(min)	48	282.04
2. 乾式氣體流量計採樣體積V <sub>m</sub> (ACM)(m <sup>3</sup> )	0.9613	2.47325
3. 流量計絕對壓力P <sub>a</sub> (inHg)	*	29.95
4. 標準狀態下乾式氣體流量計採樣體積V <sub>ms</sub> (DSCF)(Nft <sup>3</sup> )(公式28)	30.3247	83.9374
5. 標準狀態下水氣體積V <sub>w</sub> (Nft <sup>3</sup> )	4.9243	12.1188
6. 排氣溫度下飽和水蒸氣壓P <sub>v</sub> (mmHg)	454.4	248.1
7. 含水率B <sub>ws</sub>	13.97	12.62
8. 理論含水率B <sub>ws</sub>	59.93	32.78
9. 最終判定含水率B <sub>ws</sub>	<input type="checkbox"/> 之前報告 <input checked="" type="checkbox"/> 預採 13.97	12.62
10. 濕蒸氣體分子重M <sub>w</sub> (lb/lb-mole)	28.52	28.68
11. 絕對排放管道氣體壓力P <sub>a</sub> (inHg)	29.85	29.799
12. 排放管道內氣體絕對溫度T <sub>a</sub> (°C)	645.6	620.3
13. 排氣流速V <sub>s</sub> (ft/sec)	46.82	45.84
14. 標準狀態下排放管道乾排氣流量Q <sub>sd</sub> (DSCMM)(Nm <sup>3</sup> /min)	19732.2	20391.28
15. 標準狀態下排放管道濕排氣流量Q <sub>sw</sub> (SCMM)(Nm <sup>3</sup> /min)	22936.42	23335.36
16. 等速吸引百分比I(%)	*	91.8

三、採樣後數據判斷

1. 標準狀態下採樣速率Q <sub>std</sub> (DSCFM)(Nft <sup>3</sup> /min)(公式29)	0.2976
2. 採樣速率Q <sub>s</sub> (ACFM)(公式32)	0.4017
3. 實際μ(微泊)(公式8)	187.0682
4. 實際雷諾數N <sub>re</sub> (公式10)	2556.2
5. 實際克寧校正係數C(公式4)	1.069
6. 實際PM <sub>2.5</sub> 截取粒徑D <sub>50</sub> (μm)(公式33、公式34)	2.6461

四、實際截取粒徑判斷

	1	2	3	4	5
1. 疊代步驟次數N					
2. 重新建立克寧校正係數C <sub>r</sub>	1.066				
3. 重新建立D <sub>50-1</sub> ; D <sub>50-H</sub> (μm)(公式35)	2.6498				
4. Z(D <sub>50</sub> /D <sub>50-1</sub> ; D <sub>50-H</sub> /D <sub>50-1H41</sub> )(公式36、公式37)	1.001				
5-1. 最佳截取粒徑判斷: D <sub>50-H</sub> 是否在 2.25-2.75 之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			
5-2. 最佳截取粒徑判斷: Z 是否在 0.99-1.01 之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			

驗算人員簽名 鄭昇賢      日期 109.11.11

發行日期: 108.07.26  
表格式號: SAS27.1

排放管道檢測專案編號: ET109NAS065

中環科技事業股份有限公司  
採樣分析記錄-排放管道中PM<sub>2.5</sub>採樣後紀錄表

管制編號 S3200688 排放管道編號 P002 記錄人簽名 鄭昇賢 採樣日期 109.11.12

一、採樣後流量檢查資料

設定檢查流量(m <sup>3</sup> /min)	0.0200	檢查時間(min)	15
參考流量計序號	1901432	PM <sub>2.5</sub> 主機序號	1091
參考流量計溫度(°C)	27.1	PM <sub>2.5</sub> 主機溫度(°C)	30.5
參考流量計起始值(m <sup>3</sup> )	796.2476	PM <sub>2.5</sub> 主機起始值(m <sup>3</sup> )	0.00000
參考流量計結束值(m <sup>3</sup> )	796.5578	PM <sub>2.5</sub> 主機結束值(m <sup>3</sup> )	0.31190
參考流量計總體積值(m <sup>3</sup> )	0.3102	PM <sub>2.5</sub> 主機總體積值(m <sup>3</sup> )	0.31190
V <sub>full</sub> (參考流量計校正因子)	1.0092	V <sub>post</sub>	1.0058
差值(%)(<5%)	-0.34		

採樣後資料填寫及確認

資料項目	預採	樣品
1. 總採樣時間(min)	*	287.47
2. 乾式氣體流量計採樣體積V <sub>g</sub> (ACM)(m <sup>3</sup> )	*	2.52007
3. 流量計絕對壓力P <sub>a</sub> (inHg)	*	29.922
4. 標準狀態下乾式氣體流量計採樣體積V <sub>gs</sub> (DSCF)(Nft <sup>3</sup> )(公式28)	*	85.9099
5. 標準狀態下水氣體積V <sub>ws</sub> (Nft <sup>3</sup> )	*	12.8214
6. 排氣溫度下飽和水蒸氣壓P <sub>a</sub> (mmHg)	*	25.11
7. 含水率B <sub>ws</sub>	*	12.99
8. 理論含水率B <sub>ws</sub>	*	28.45
9. 最終判定含水率B <sub>ws</sub>	<input checked="" type="checkbox"/> 之前報告 <input checked="" type="checkbox"/> 預採	12.99
10. 濕基氣體分子量M <sub>w</sub> (lb/lb-mole)	*	28.65
11. 絕對排放管道氣體壓力P <sub>g</sub> (inHg)	*	29.772
12. 排放管道內氣體絕對溫度T <sub>g</sub> (°R)	*	614.3
13. 排氣流速V <sub>g</sub> (ft/sec)	*	44.64
14. 標準狀態下排放管道乾排氣流量Q <sub>sd</sub> (DSCMM)(Nm <sup>3</sup> /min)	*	19946.57
15. 標準狀態下排放管道濕排氣流量Q <sub>sw</sub> (SCMM)(Nm <sup>3</sup> /min)	*	22923.46
16. 等速吸引百分比I(%)	*	92.2

三、採樣後數據判斷

1. 標準狀態下採樣速率Q <sub>scf</sub> (DSCFM)(Nft <sup>3</sup> /min)(公式29)	0.2988
2. 採樣速率Q <sub>s</sub> (ACFM)(公式32)	0.4015
3. 實際μ(微油)(公式3)	185.2746
4. 實際雷諾數N <sub>re</sub> (公式10)	2600.3
5. 實際克寧字校正係數C(公式4)	1.068
6. 實際PM <sub>2.5</sub> 截取粒徑D <sub>50</sub> (μm)(公式33、公式34)	<del>2.605</del> 2.6045

四、實際截取粒徑判斷

	1	2	3	4	5
1. 疊代步驟次數N					
2. 重新建立克寧字校正係數C <sub>r</sub>	1.066				
3. 重新建立D <sub>50-1</sub> ; D <sub>50-N</sub> (μm)(公式35)	2.6070				
4. Z(D <sub>50</sub> /D <sub>50-1</sub> ; D <sub>50-N</sub> /D <sub>50-(N+1)</sub> )(公式36、公式37)	1.001				
5-1. 最佳截取粒徑判斷: D <sub>50-N</sub> , 是否在2.25-2.75之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			
5-2. 最佳截取粒徑判斷: Z 是否在0.99-1.01之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			

驗算人員簽章 方傑 日期 20

發行日期: 108.07.26  
表格編號: SAS27.1

排放管道檢測專案編號: ET109NAS0105

中環科技事業股份有限公司  
採樣分析記錄-排放管道中PM<sub>2.5</sub>採樣後紀錄表

管制編號: S3200688 排放管道編號: P002 記錄人簽名: 鄭身賢 採樣日期: 109.11.13

一、採樣後流量檢查資料

設定檢查流量(m <sup>3</sup> /min)	0.0200
參考流量計序號	1901432
參考流量計溫度(°C)	26.3
參考流量計起始值(m <sup>3</sup> )	796.5696
參考流量計結束值(m <sup>3</sup> )	796.8804
參考流量計總體積值(m <sup>3</sup> )	0.3108
V <sub>ref1</sub> (參考流量計校正因子)	1.0092
差值(<5%)	0.37

檢查時間(min)	15
PM <sub>2.5</sub> 主機序號	1091
PM <sub>2.5</sub> 主機溫度(°C)	30.2
PM <sub>2.5</sub> 主機起始值(m <sup>3</sup> )	0.00000
PM <sub>2.5</sub> 主機結束值(m <sup>3</sup> )	0.31084
PM <sub>2.5</sub> 主機總體積值(m <sup>3</sup> )	0.31084
V <sub>post</sub>	1.0129

採樣後資料填寫及確認

資料項目	預採	樣品
1. 總採樣時間(min)	*	286.04
2. 乾式氣體流量計採樣體積V <sub>n</sub> (ACM)(m <sup>3</sup> )	*	2.53302
3. 流量計絕對壓力P <sub>a</sub> (inHg)	*	29.852
4. 標準狀態下乾式氣體流量計採樣體積V <sub>ns</sub> (DSCF)(Nft <sup>3</sup> )(公式28)	*	85.7035
5. 標準狀態下水氣體積V <sub>w</sub> (Nft <sup>3</sup> )	*	12.3357
6. 排氣溫度下飽和水蒸氣壓P <sub>v</sub> (mmHg)	*	265.7
7. 含水率B <sub>wa</sub>	*	12.58
8. 理論含水率B <sub>wa</sub>	*	35.22
9. 最終判定含水率B <sub>wa</sub>	<input checked="" type="checkbox"/> 之前報告 <input checked="" type="checkbox"/> 預採 *	12.58
10. 濕基氣體分子重M <sub>w</sub> (lb/lb-mole)	*	28.67
11. 絕對排放管道氣體壓力P <sub>a</sub> (inHg)	*	29.701
12. 排放管道內氣體絕對溫度T <sub>g</sub> (°R)	*	623
13. 排氣流速V <sub>g</sub> (ft/sec)	*	43.68
14. 標準狀態下排放管道乾排氣流量Q <sub>sd</sub> (DSCM)(Nm <sup>3</sup> /min)	*	19284.52
15. 標準狀態下排放管道濕排氣流量Q <sub>sw</sub> (SCM)(Nm <sup>3</sup> /min)	*	22060.23
16. 等速吸引百分比I(%)	*	96.2

三、採樣後數據判斷

1. 標準狀態下採樣速率Q <sub>std</sub> (DSCFM)(Nft <sup>3</sup> /min)(公式29)	0.2996
2. 採樣速率Q <sub>s</sub> (ACFM)(公式32)	0.4074
3. 實際μ(微泊)(公式3)	187.7475
4. 實際雷諾數N <sub>re</sub> (公式10)	2562.5
5. 實際克勞寧校正係數C(公式4)	1.870
6. 實際PM <sub>2.5</sub> 截取粒徑D <sub>50</sub> (μm)(公式33、公式34)	2.6266

四、實際截取粒徑判斷

	1	2	3	4	5
1. 疊代步驟次數N					
2. 重新建立克勞寧校正係數C <sub>r</sub>	1.066				
3. 重新建立D <sub>50-1</sub> ; D <sub>50-H</sub> (μm)(公式35)	2.6315				
4. Z(D <sub>50</sub> /D <sub>50-1</sub> ; D <sub>50-1</sub> /D <sub>50-(N+1)}) (公式36、公式37)</sub>	1.002				
5-1. 最佳截取粒徑判斷: D <sub>50-H</sub> 是否在2.25-2.75之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			
5-2. 最佳截取粒徑判斷: Z 是否在0.99-1.01之間	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			

驗算人員簽章: 鄭身賢 日期: 109.11.13 26

# FGD運轉記錄表 109年11月10日

時間		00:00	04:00	08:00	12:00	16:00	20:00	
負載	MW	297	242	251	309	306	303	
煙氣流量	10 <sup>6</sup> NM <sup>3</sup> /Hr	1.08	0.98	0.97	0.97	0.97	0.97	
不透光率	%	11	11	11	11	11	11	
煙囪出口 SO <sub>2</sub>	PPM	18	11	8	14	23	18	
BUF-A	電流	Amp	278	269	269	267	267	
	進口風門	%	22	20	20	20	20	
BUF-B	出口壓力	mmAq	70	56	57	57	59	
	電流	Amp	273	271	270	269	270	
膨脹槽	進口風門	%	23	20	20	20	20	
	出口壓力	mmAq	69	52	51	57	58	
煙氣冷卻器	壓力	mmAq	0	0	0	0	0	
	液位	mm	3570	3521	3532	3629	3601	3571
煙氣再熱器	mmH <sub>2</sub> O	33	21	20	20	20	20	
吸收塔除霧器	mmH <sub>2</sub> O	14	12	11	12	11	12	
吸收塔	差壓	mmH <sub>2</sub> O	2.9	2.4	2.7	2.7	3.1	2.3
	進口 SO <sub>2</sub>	PPM	189	111	55	50	93	65
	出口 SO <sub>2</sub>	PPM	12.8	9	4.6	2.6	5.8	4.2
	PH		5.0	4.92	4.8	4.04	5.09	5.0
	密度	Kg/m <sup>3</sup>	1.072	1.075	1.076	1.077	1.083	1.084
吸收塔再循環泵	液位	mm	5297	5403	5384	5187	5147	5047
	A	Amp	129	130	127	130	129	130
	B	Amp	130	130	130	130	131	130
	C	Amp						
吸收塔再循環泵出口流量	D	Amp						
	A	m <sup>3</sup> /hr	11147	11286	11033	11277	11101	11143
	B	m <sup>3</sup> /hr	9620	9500	9659	9367	9320	9793
	C	m <sup>3</sup> /hr						
石灰石泥漿	D	m <sup>3</sup> /hr						
	使用量	m <sup>3</sup> /hr	2.5	3.7	1.4	1.8	1.4	2.4
OAB 出口空氣流量	NM <sub>3</sub> /Hr	13555	13472	13502	13600	13637	13701	
鍋爐出口煙氣溫度	°C	122	123	123	127	127	126	
GGH 冷卻器入口溫度	°C	131	132	130	135	134	133	
吸收塔進口溫度	°C	102	103	102	106	106	105	
GGH 再熱器出口溫度	°C	69	71	71	74	73	73	
每日生水使用量	m <sup>3</sup>	#1.2 機總累計用量			本部機使用累計量			
		6787551			3264883			
記錄員		吳俊澤	楊峰昂					
值班主任		吳俊澤	楊峰昂					

註：每日生水使用量於一值 23:00 記錄。

# 2 FGD運轉記錄表

109 年 11 月 11 日

時間		00:00	04:00	08:00	12:00	16:00	20:00	
負載	MW	252	235	257	307	308	297	
煙氣流量	10 <sup>6</sup> NM <sup>3</sup> /Hr	0.98	0.98	0.96	1.12	1.16	1.42	
不透光率	%	11	11	11	11	11	11	
煙囪出口 SO <sub>2</sub>	PPM	11	11	11	11	11	11	
BUF-A	電流	Amp	266	268	267	280	280	308
	進口風門	%	20	20	20	23	24	31
	出口壓力	mmAq	58	57	58	80	88	115
BUF-B	電流	Amp	268	270	270	277	276	298
	進口風門	%	20	20	20	23	25	32
	出口壓力	mmAq	54	55	59	87	89	116
膨脹槽	壓力	mmAq	-0.1	-0.1	0	0	0	0
	液位	mm	3577	3561	3571	3590	3565	3416
煙氣冷卻器差壓	mmH <sub>2</sub> O	20	20	20	25	27	37	
煙氣再熱器差壓	mmH <sub>2</sub> O	12	12	12	15	16	24	
吸收塔除霧器差壓	mmH <sub>2</sub> O	2.5	2.3	2.8	3	3.1	4.2	
吸收塔	進口 SO <sub>2</sub>	PPM	16	3.6	62	191	230	186
	出口 SO <sub>2</sub>	PPM	3.1	0.5	1.9	26.1	30.7	30.2
	PH		4.90	5.2	5.5	5.01	5.17	5.16
	密度	Kg/m <sup>3</sup>	1.012	1.084	1.083	1.086	1.076	1.075
	液位	mm	5279	5323	5238	5015	5214	5286
吸收塔再循環泵電流	A	Amp	130	129	129	130	129	127
	B	Amp	130	121	129	129	129	128
	C	Amp						
	D	Amp						
吸收塔再循環泵出口流量	A	m <sup>3</sup> /hr	11016	11247	11224	11097	11267	11281
	B	m <sup>3</sup> /hr	9813	9438	9458	9670	9699	9703
	C	m <sup>3</sup> /hr						
	D	m <sup>3</sup> /hr						
石灰石泥漿	使用量	m <sup>3</sup> /hr	1.5	0	1.2	6.5	4.4	3.0
	密度	Kg/m <sup>3</sup>	1.26	1.26	1.25	1.23	1.27	1.24
OAB 出口空氣流量	NM <sub>3</sub> /Hr	13528	13529	13518	13637	13451	13566	
鍋爐出口煙氣溫度	°C	126	125	125	121	118	101	
GGH 冷卻器入口溫度	°C	136	133	132	131	131	124	
吸收塔進口溫度	°C	105	104	103	103	102	94	
GGH 再熱器出口溫度	°C	73	72	72	70	69	66	
每日生水使用量	m <sup>3</sup>	#1.2 機總累計用量			本部機使用累計量			
		6787993			3264615			
記錄員		沈同春	吳俊澤	楊峰昌				
值班主任		39						

註：每日生水使用量於一值 23:00 記錄。

#2 FGD 運轉記錄表

109 年 11 月 12 日

時間	00:00	04:00	08:00	12:00	16:00	20:00		
負載	MW	250	246	304	302	305	250	
煙氣流量	10 <sup>6</sup> NM <sup>3</sup> /Hr	130	121	128	138	133	122	
不透光率	%	11	11	11	11	11	11	
煙囪出口 SO <sub>2</sub>	PPM	17	19	24	21	21	10	
BUF-A	電流	Amp	299	290	290	298	291	287
	進口風門	%	28	25	28	30	29	26
	出口壓力	mmAq	97	86	100	111	112	98
BUF-B	電流	Amp	286	281	285	290	285	280
	進口風門	%	28	26	28	30	30	26
	出口壓力	mmAq	97	89	100	117	114	98
膨脹槽	壓力	mmAq	0	0	0	0	0	0
	液位	mm	3376	3439	3503	3489	3525	3487
煙氣冷卻器差壓	mmH <sub>2</sub> O	32	28	32	35	35	29	
煙氣再熱器差壓	mmH <sub>2</sub> O	20	18	20	22	21	18	
吸收塔除霧器差壓	mmH <sub>2</sub> O	3.7	3.5	3.5	4.0	4.1	4.0	
吸收塔	進口 SO <sub>2</sub>	PPM	181	208	229	199	205	183
	出口 SO <sub>2</sub>	PPM	29.3	32.4	38.8	33.8	32.5	14
	PH		5.04	5.01	5	5.05	4.97	5.04
	密度	Kg/m <sup>3</sup>	1.082	1.081	1.085	1.085	1.078	1.074
	液位	mm	5256	5333	5344	5795	5756	5245
吸收塔再循環泵電流	A	Amp	129	130	130	129	128	129
	B	Amp	130	131	130	130	130	
	C	Amp						158
	D	Amp						
吸收塔再循環泵出口流量	A	m <sup>3</sup> /hr	11423	11248	11258	11258	11250	11070
	B	m <sup>3</sup> /hr	9765	9823	9203	9344	9404	
	C	m <sup>3</sup> /hr						11430
	D	m <sup>3</sup> /hr						
石灰石泥漿	使用量	m <sup>3</sup> /hr	3.1	2.6	2.2	2.3	2.9	2.4
	密度	Kg/m <sup>3</sup>	1.25	1.26	1.24	1.24	1.27	1.26
OAB 出口空氣流量	NM <sup>3</sup> /Hr	13508	13583	13550	13507	13491	13505	
鍋爐出口煙氣溫度	°C	105	110	119	105	113	112	
GGH 冷卻器入口溫度	°C	124	127	131	127	131	131	
吸收塔進口溫度	°C	92	96	102	97	101	99	
GGH 再熱器出口溫度	°C	66	67	69	67	68	68	
每日生水使用量	m <sup>3</sup>	#1.2 機總累計用量			本部機使用累計量			
		6788566			3266003			
記錄員		孔國李	楊子強	劉高子				
值班主任		李						

註：每日生水使用量於一值 23:00 記錄。

**# 2 FGD運轉記錄表** 109年11月13日

時間		00:00	04:00	08:00	12:00	16:00	20:00
負載	MW	254	267	260	301	306	265
煙氣流量	10 <sup>6</sup> NM <sup>3</sup> /Hr	1.06	0.98	0.94	1.07	1.06	0.96
不透光率	%	11	11	11	11	11	11
煙氣出口 SO <sub>2</sub>	PPM	20	21	21	19	19	12
BUF-A	電流	Amp	276	277	270	276	275
	進口風門	%	22	20	19	22	22
	出口壓力	mmAq	75	67	62	82	79
BUF-B	電流	Amp	272	271	275	274	273
	進口風門	%	23	21	19	23	22
	出口壓力	mmAq	77	67	62	77	80
膨脹槽	壓力	mmAq	0	0	0	0	0
	液位	mm	3556	3559	3489	3559	3568
煙氣冷卻器差壓	mmH <sub>2</sub> O	24	21	19	23	23	20
煙氣再熱器差壓	mmH <sub>2</sub> O	14	12	11	14	14	11
吸收塔除霧器差壓	mmH <sub>2</sub> O	22	19	2.7	3.8	3.8	-0.5
吸收塔	進口 SO <sub>2</sub>	PPM	216	206	213	244	240
	出口 SO <sub>2</sub>	PPM	10.6	9.7	9.0	14.8	17.2
	PH		5.01	5.02	5.0	5.02	5.00
	密度	Kg/m <sup>3</sup>	1.070	1.077	1.081	1.085	1.086
	液位	mm	534	521	535	532	5026
吸收塔再循環泵電流	A	Amp	129	129	130	130	130
	B	Amp					
	C	Amp	158	159	160	160	160
	D	Amp					
吸收塔循環泵出口流量	A	m <sup>3</sup> /hr	11406	11271	11354	11317	11213
	B	m <sup>3</sup> /hr					
	C	m <sup>3</sup> /hr	11425	11275	11293	11283	11082
	D	m <sup>3</sup> /hr					
石灰石泥漿	使用量	m <sup>3</sup> /hr	5.2	5.6	5.1	6.4	6.0
	密度	Kg/m <sup>3</sup>	1.27	1.26	1.27	1.27	1.28
OAB出口空氣流量	NM <sub>3</sub> /Hr	13408	13574	13483	13697	13776	13645
鍋爐出口煙氣溫度	°C	126	126	119	122	123	125
GGH冷卻器入口溫度	°C	135	135	129	131	133	136
吸收塔進口溫度	°C	105	105	100	103	104	104
GGH再熱器出口溫度	°C	70	71	69	70	71	71
每日生水使用量	m <sup>3</sup>	#1.2 機總累計用量			本部機使用累計量		
		6789131			3346499		
記錄員		吳俊澤	楊峰昌	吳	吳	吳	吳
值班主任							

注：每日生水使用量於一值 23:00 記錄。

中環  
技事業股份有限公司  
排放管道中可過濾性  
粒(FPM)與可凝結性微粒(CPM) 分析報告表

樣品編號：NAS1090105

採樣日期：1091110-13

4.  $Z(D_{50}/D_{90-1}; D_{90-9}/D_{90-N+1})$  (公式36、公式37)

可過濾性微粒(FPM)	補集重量(M <sub>1</sub> +M <sub>2</sub> )(mg)	採樣體積V <sub>ms</sub> (DSCF)	濃度(C <sub>FPM2.5</sub> )(gr/DSCF)	濃度(C <sub>FPM2.5</sub> )(mg/Nm <sup>3</sup> )
樣品一	1.33	83.9374	ND(<0.00025)	ND(<0.614)
樣品二	2.24	85.9099	0.00040	0.989
樣品三	2.97	85.7035	0.00053	1.314

可凝結性微粒(CPM)	m <sub>CPM</sub> (mg)	採樣體積V <sub>ms</sub> (DSCF)	濃度(C <sub>CPM2.5</sub> )(gr/DSCF)	濃度(C <sub>CPM2.5</sub> )(mg/Nm <sup>3</sup> )
樣品一	48.9	83.9374	0.00899	22.094
樣品二	15.1	85.9099	0.00271	6.666
樣品三	14.9	85.7035	0.00268	6.593

原生性微粒總量(FPM+CPM)	濃度(C <sub>FPM2.5</sub> )(mg/Nm <sup>3</sup> )	濃度(C <sub>FPM2.5</sub> +C <sub>CPM2.5</sub> )(mg/Nm <sup>3</sup> )
樣品一	ND(<0.614)	22.094
樣品二	0.989	7.655
樣品三	1.314	7.907

備註1：補集重量低於偵測極限時，以偵測極限值來

濃度

驗算人員：簡添芬  
  


最新確認日期：109.03.25

DS-144-098  
B6 DS

中環科技事業股份有限公司  
排放管道中可過濾性【PPM】與可凝結性【CPM】微粒 分析報告表

分析方法：NIEA A212/214

試劑批號：(丙酮) 0000251855 (己烷) 0000247184

分析員：DS

審核人：B6 DS

丙酮密度( $\rho_a$ )(mg/mL)：790 丙酮空白濃度(Ca)(mg/mg)：0.0000006

樣品編號	體積 V(mL)	初重(第1次) w1(g)	初重(第2次) w1(g)	恆重量差 w1-w1	後重(第1次) w2-1(g)	後重(第2次) w2(g)	恆重量差 w2-1-w2	微粒重量 (mg)	丙酮空白微粒重量 Wa(mg)	實際微粒重量 (mg)	總微粒重量 (mg)
去離子超純水	150	31.90999	31.91000	-0.00001	31.91008	31.91004	0.00004	0.04	0.07	0.00	
丙酮	150	32.89492	32.89499	-0.00007	32.89502	32.89506	0.00004	0.07	0.07	0.00	
		0.11046	0.11039	0.00007	0.11142	0.11139	0.00003	1.00			1.33
FPM	110	32.08626	32.08636	-0.00010	32.08672	32.08674	0.00002	0.38	0.05	0.33	
		0.12566	0.12570	-0.00004	0.12772	0.12776	-0.00004	2.06			2.24
	116	32.52711	32.52712	-0.00001	32.52729	32.52735	-0.00006	0.23	0.05	0.18	
		0.11072	0.11078	-0.00006	0.11344	0.11343	0.00001	2.65			2.97
CPM	110	31.94380	31.94383	-0.00003	31.94411	31.94420	-0.00009	0.37	0.05	0.32	#1+#2 49.0
Container#3 (濾紙)	560	32.18290	32.18285	0.00005	32.22924	32.22934	-0.00010	0.04649			樣品CPM重量* 48.9
Container#2 有機 B1-1	392	32.65422	32.65428	-0.00006	32.65671	32.65674	-0.00003	2.46			#1+#2 15.2
Container#2 有機 B1-2	576	33.25047	33.25042	0.00005	33.26347	33.26350	-0.00003	13.08			樣品CPM重量* 15.1
Container#1 無機 B2-1	378	32.72472	32.72477	-0.00005	32.72678	32.72684	-0.00006	2.07			#1+#2 15.0
Container#1 無機 B2-2	526	32.04771	32.04780	-0.00009	32.06009	32.06018	-0.00009	2.59			樣品CPM重量* 14.9
Container#3 (濾紙)	388	31.87837	31.87848	-0.00011	31.88103	31.88107	-0.00004	0.02			0.28
CPM	214	33.10003	33.10010	-0.00007	33.10009	33.10012	-0.00003	0.00002			
Container#6	214	32.44987	32.44994	-0.00007	32.45009	32.45016	-0.00007	0.22			
Container#7	214	32.69349	32.69355	-0.00006	32.69361	32.69359	0.00002	0.04			
Container#8	330	32.03546	32.03551	-0.00005	32.03562	32.03558	0.00004	0.07			0.11
Container#9	392	32.89267	32.89271	-0.00004	32.89274	32.89275	-0.00001	0.04			
Container#10	424	33.07165	33.07169	-0.00004	33.07172	33.07174	-0.00002	0.05			0.12
Container#11	384	31.55165	31.55170	-0.00005	31.55182	31.55177	0.00005	0.07			

數據提交日期：109.11.24 75 樣品編號 樣品數量 分析數值

★公式：W<sub>0</sub>=CaV<sub>0</sub>ρ<sub>a</sub>

註1：Container-#6、#7、#8、#9、#10、#11-1、#11-2之空白管制：<1.0 mg 註2：樣品CPM重量\*：樣品實際重量扣除mb或2.0mg，則以2.0mg扣除(取較低者)。

排放管道-PPM與CPM微粒(A212,A214) 1117(DS)-E(A212,214-PC)第1頁

發行日期：96.08.01  
表格編號：7AS16.0

廢氣排放管道說明表

管制編號		S	3	2	0	0	6	8	8	排放管道或周界編號	P	0	0	2	
1. 測定管道資料	a. 形狀：	圓形		b. 材質：	鐵				c. 頂部離地高：	250 m					
	d. 外徑：	6740 mm		長：	*		mm		寬：	*					
	e. 內徑：	6700 mm		長：	*		mm		寬：	*					
2. 測定孔資料	a. 開口內徑：	100mm		b. 凸緣高：	440 mm				c. 數量：	4 個					
	d. 距上一氣體擾流處為	25000 mm，約 4 倍於測定孔處測定管道之相當直徑													
	e. 距下一氣體擾流處為	205000 mm，約 31 倍於測定孔處測定管道之相當直徑													
3. 測定點資料	a. 測定點編號	1、4、7、10			2、5、8、11			3、6、9、12							
	b. 與測定孔外緣距離(mm)	735			1418			2423							
3. 測定點資料	a. 測定點編號	以下空白													
	b. 與測定孔外緣距離(mm)														
4. 測定管道、測定孔與測定點位置示意圖	排氣量：														
	<p>The diagram consists of two parts. On the left is a circular cross-section of a pipe with 12 measurement points labeled 1 through 12. Points 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, and 12 are arranged in a grid pattern. On the right is a vertical elevation view of the pipe. The total height of the pipe is labeled as 205.0m. A measurement point is shown at a height of 25.0m from the ground level. Arrows indicate the direction of gas flow.</p>														
5. 檢查項目	<input checked="" type="checkbox"/> 是、 <input type="checkbox"/> 否有做現場電源檢查； <input checked="" type="checkbox"/> 是、 <input type="checkbox"/> 否有做現場水源檢查														
6. 採樣作業安全性評估	<input checked="" type="checkbox"/> 安全、 <input type="checkbox"/> 不安全														



統一編號 EPA074109013

\*「本報告係受託單位或計畫主持人個人之意見，僅供本署施政之參考，不代表本署立場」。

\*「本報告之著作財產權屬（委辦者）所有，非經（委辦者）同意，任何人均不得重製、仿製或其他之侵害」