

運用蒸汽噴流氣膠收集器進行逐時 PM_{2.5} 金屬元素組成分析可行性探討

A Study on the Analysis of Metal Element Composition of Hourly PM_{2.5} Using Steam Jet Aerosol Collector

陳子原(Zi-Yuan,Chen)¹,程裕祥(Yu-Hsiang,Cheng)^{2,*}

¹明志科技大學環境與安全衛生工程系環境工程碩士班研究生
a3024530267@gmail.com

²明志科技大學環境與安全衛生系教授 yhcheng@mail.mcut.edu.tw
摘要

本研究在新北市泰山區明志科技大學校園內利用蒸汽噴流氣膠收集器(SJAC)搭配液體樣本自動收集裝置連續自動採集每小時大氣 PM_{2.5} 的液體樣品於離心管中，後續於實驗室經加熱酸消化及濃縮後以感應耦合電漿質譜儀(ICP-MS)進行水溶液中金屬元素微量分析。本方法經過測試後，添加內標 Li 的平均回收率為 94.9%，回收率符合環保署公告方法。針對 29 個金屬元素採樣分析結果，檢出比例高於 50% 的金屬元素包含鋁(Al)、鋇(Ba)、鈣(Ca)、鉻(Cr)、銅(Cu)、鐵(Fe)、鎂(Mg)、錳(Mn)、鉛(Pb)、硒(Se)、鋶(Sr)、鉍(Tl)、釩(V)及鋅(Zn)等 14 個金屬元素。其他元素檢出比過低的原因，可能是樣本收集時間較短所致，另一因素則為採樣期間 PM_{2.5} 濃度偏低。於夏季連續採樣期間小時 PM_{2.5} 的質量濃度為 10.1±3.9 μg/m³，主要風向以北風為主，佔整體風向約 25%，其次要風向為西南西風，佔整體風向約 15%，平均風速為 1.05 m/s，平均溫度為 31.5 °C。其中檢出比例高於 50% 的 14 種金屬元素中以 Al 的平均濃度最高，其次為 Zn、Mg、Ca、Cu、Fe 等。所測 14 種金屬元素的質量濃度約占 PM_{2.5} 質量濃度的 1.1%。逐時採樣分析可以觀察到 PM_{2.5} 所含各種金屬元素的晝夜變動特徵，PM_{2.5} 在上午 6 點及 9-11 點有高峰，另外在下午 5 點亦有一個次高峰。而金屬元素的晝夜變動中以 Mg、Ba、Mn、Sr、Cr 與 V 的變動趨勢相似，在夜間 7-9 點之間有一明顯高峰，顯現這些元素可能來自相同的排放源。根據風速、風向極座標圖，採樣期間高濃度 PM_{2.5} 主要發生在西南風、風速介於靜風至 2.5 m/s 之間，另外北北西風、風速 1-2 m/s 亦可觀察到較高的 PM_{2.5}。Al 則在東北東風、風速大於 2.5 m/s 可以觀察到較高的濃度。Ca、Cu、Fe、Se 與 Ba 發生高濃度的條件與 Al 相同。PM_{2.5} 所含 14 個金屬元素的 PMF 溯源分析結果呈現 4 個排放因子，包含揚塵/燃煤電廠(30%)、交通/重油燃燒(32%)、非鐵冶煉工業(21%)及鋼鐵工業(17%)。結果顯示本研究方法可以提升 PM_{2.5} 金屬成分的時間變動解析度，同時亦可以兼顧其測量準確性。根據受體模式正矩陣因子方法，可以了解 PM_{2.5} 金屬成分來源並提供決策者有效的監管與改善策略。唯受限於樣本採集時間、液體樣本體積、儀器偵測極限等因素，對微量金屬元素的檢出比例仍然偏低。

關鍵詞:細微粒、金屬元素、蒸汽噴流氣膠收集器、感應耦合電漿質譜、正矩陣因子