

4A4) 미세먼지중 중금속성분 준실시간 측정기 비교연구

A Study on the Comparison of Two Different Types of Ambient Metal Analyzer

안준영 · 김현재 · 박승명 · 전하은 · 오 준 · 김정수 · 이동수¹⁾ · 엄지원¹⁾
 윤관훈²⁾ · 김정호²⁾

국립환경과학원 대기환경연구과, ¹⁾연세대학교 화학과, ²⁾시립대학교 환경공학과

1. 서 론

환경대기 중의 미세먼지는 1차 오염원과 2차 오염원의 매우 다양한 혼합물로 탄소성분, 이온성분, 원소 성분 등으로 구성되어 있다. 우리나라의 환경대기중의 미세먼지는 점차 개선되어 가고 있는 추세이나 최근 오염원의 확인이 명확하게 규명되지 않은 경우 중에 미세먼지가 고농도로 발생하는 상황이 빈번하게 관측되고 있다. 최근의 연구에 의하면 수도권 지역의 PM₁₀ 및 PM_{2.5}를 구성하는 화학적 조성 중 지각입자가 차지하는 비율은 PM_{2.5}의 경우 5~11%, PM₁₀의 경우 17~18%를 차지하는 것으로 확인되었다(환경부, 2005). 미세먼지의 금속성분들은 지각기원의 물질들인 Al, Si, K, Fe, Ca, Ti 등과 인위적인 배출원으로부터 배출되는 미량의 중금속성분인 As, Se, V 등으로 이루어져 있다. 이들은 탄소성분 및 이온성분에 비하여 비교적 안정적이기 때문에 발생원의 추적에 매우 효과적으로 이용되고 있다. 특히 대기오염물질의 장거리 이동과 관련하여 PM_{2.5} 중의 금속성분은 매우 중요한 인자이며, 국지적인 오염원의 영향을 파악하는 동시에 특히 Se, As, V 등의 물질은 Coal Fire Power Plant에 기인된 물질로 장거리 이동에 따른 1차 오염원의 추적에 매우 효과적인 방법으로 적용될 수 있다. 이러한 중요성 때문에 근래 다양한 종류의 시료 채취장치 및 분석장비들이 개발되어 이용되고 있으며 그 중 가장 대표적인 장비들은 준실시간 금속성분 채취기인 SEAS(Semicontinuous Elements in Aerosol Sampler)와 XRF를 이용한 실시간 분석장비인 Xact620이다. 본 연구에서는 두 장비간의 결과비교를 통해 향후 중금속성분들의 실시간 측정을 위한 기초자료를 확보하고자 하였다.

2. 연구 방법

비교실험대상 장비인 Xact620과 SEAS의 운영조건은 아래의 표 1에 정리하여 나타내었다. 미국 Maryland 대학교 화학과의 John Ondov 박사 그룹에 의해 개발된 SEAS는 0.08~2.5 μ m 사이의 대기 에어로졸 입자들을 흡입하고, 증기를 주입하여 입자를 작은 물방울로 형성시킨 후 냉각하여 채취하는 장비로서 미국 볼티모어 US EPA Supersite에서 사용되었다.

XRF의 경우 PM_{2.5} 입자들을 기존의 Tape sampler들을 사용하여 채취한 후 Xtjs 형광분석을 사용하여 분석하는 장비로서 미국 Cooper사에서 제작한 Xact620 모델을 사용하였다. Xact620은 검출한계를 낮추기 위해 검출기(Si Drift 검출기)와 시료간의 거리를 줄이고 X선의 주사면적을 늘려 방출되는 형광에너지의 양을 증가시켰으며 입자를 보다 좁은 면적에 채취함으로써 단위면적당 입자상물질의 질량을 높임으로 극복하고자 하였으나, 지각원소인 Al, Si는 측정방법의 원리상 정확도가 떨어지는 단점이 있다.

Table 1. Summary on experimental method for metal components by Xact620 and SEAS.

Items	Xact620	SEAS
Analytical Method	Filter based XRF analysis	PM Condensing & ICP analysis
Air Inlet Part	PM _{2.5} Inertial Impactor	PM _{2.5} Glass Impactor
Flow Rate[Lpm]	16.7 LPM	90 LPM
Measuring Duration[hr]	30 min to 240 min	15 min to 240 min
Target Components	25 species	not limited

3. 결과 및 고찰

SEAS를 이용하여 채취한 시료를 질산을 첨가하여 ICP/MS로 분석한 경우와 질산첨가 후 Microwave로 Digestion하여 ICP/MS로 분석한 결과 지각성분인 Si, Ca, K 등은 Microwave를 사용한 경우 높은 농도를 나타내었으나 As, V, Se 등의 금속성분들은 유의한 차이가 나타나지 않았다.

SEA와 XRF의 비교분석 결과 비교적 XRF의 농도가 overestimate되는 경향이 나타났다. 그림 2에서 나타나듯이 대부분의 경우에서 XRF의 농도가 높게 나타나고 있었으나 경향성은 비교적 양호한 것으로 나타났다. 지각성분인 Ca과 Fe의 경우 기울기는 0.46, 0.48로 양호하였으며 상관값인 R^2 은 0.66, 0.81이었으며, 미량금속인 Zn와 Ni의 경우 기울기는 0.33, 0.60로 양호하였으며 상관값인 R^2 은 0.82, 0.55로 나타났다.

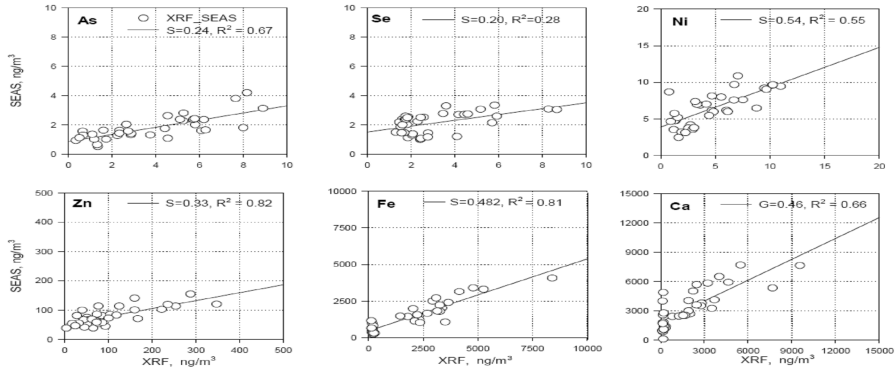


Fig. 1. Scatter diagram of comparison test.

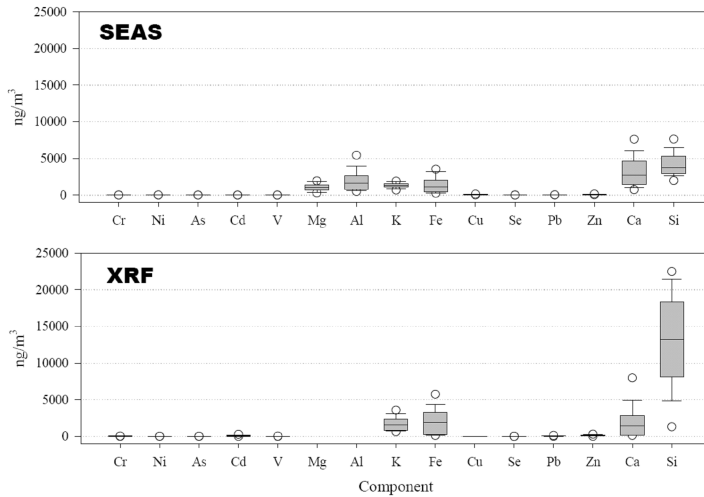


Fig. 2. Variation of metal concentrations.

참고 문헌

환경부 (2006) 대도시 대기질관리방안 조사연구.

Development and Evaluation of a Prototype System for Collecting Sub-Hourly Ambient Aerosol for Chemical Analysis (2001) C. B. Kidwell and J. M. Ondov.

Elemental Analysis of Sub-Hourly Ambient Aerosol Collections (2004) Christopher B. Kidwell and John M. Ondov.