

PA12) XRF를 이용한 대기 중 에어로솔 분석

The Analysis of Atmospheric Aerosol Samples Using X-Ray Fluorescence Spectroscopy

이상덕 · 김상균 · 박진수 · 공부주 · 김정수

국립환경과학원 지구환경연구소

1. 서 론

중금속은 가장 오래전부터 알려진 독성물질로서 주기율표내 원소 중 약 80개의 원가 중금속으로 분류된다. 그 중 약 30가지 금속이 사람에게 독성을 발현하는 것으로 알려져 있고 일부 중금속은 발암성을 가지고 있다. 또한 이중에는 미량으로도 인체에 심각한 영향을 나타낼 수 있는 중금속이 다수 포함되어 있다(Cr, Cu, Zn, Pb, Cd and Mn). 더구나 미세입자의 경우 호흡기관을 통해 폐까지 침투하기 때문에 인체에 미치는 위해성은 매우 클 수 있다.

대기 중의 중금속을 측정하여 분석한다는 것은 시료채취과정과 시료를 포집하여 전처리하는 과정에서 많은 시간과 인력이 소비되며, 이를 분석하기 위하여 원자흡광광도계(AAS)나 유도결합플라즈마(ICP)를 이용해왔다. 최근 미국의 Cooper Environmental Services에서 개발한 Xact ATM 장비는 대기 중의 24가지 금속 물질을 동시에 연속적으로 측정할 수 있도록 개발되었다.

본 연구에서는 대기 중 중금속성분을 실시간으로 분석할 수 있는 동 기기를 이용하여 배경지역(백령도)의 에어로솔 특성을 살펴보고자 하였다.

2. 연구 방법

2.1 Xact의 원리 및 구조

Xact는 필터를 이용하여 샘플을 포집하고, 비파괴 방식의 XRF(X-Ray Fluorescence spectroscopy)를 이용하여 대기 중의 금속성분을 분석하는 장비이다.

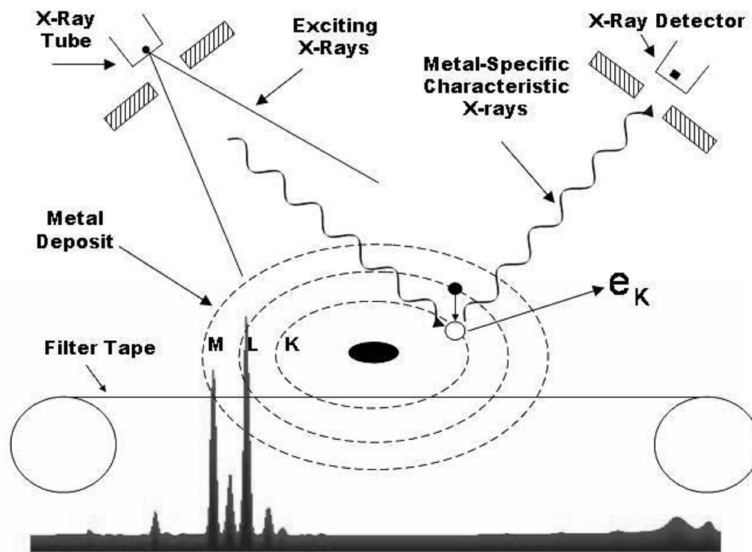


Fig. 1. Diagram of X-Ray Fluorescence Technology.

Xact는 대기 중의 에어로졸을 PM(PM_{2.5} 또는 PM₁₀) Inlet을 통해 filter tape에 포집한다.

흡입된 공기는 샘플링과 분석 모듈을 통해 배출되며, 이 과정에서 입자상 중금속 물질이 filter tape에 포집되는 원리이다. 샘플링 유량은 flow module에서 측정되며, filter tape에 포집된 입자상 중금속 물질들은 XRF 분석 진행과정을 통해 질량이 분석된다. 여기서 구해진 질량(M_i^{Xact}) 값을 총유량(V_t)으로 나누어서 대기 중 중금속의 농도(C_i^{Xact})를 산출하는 방식이다.

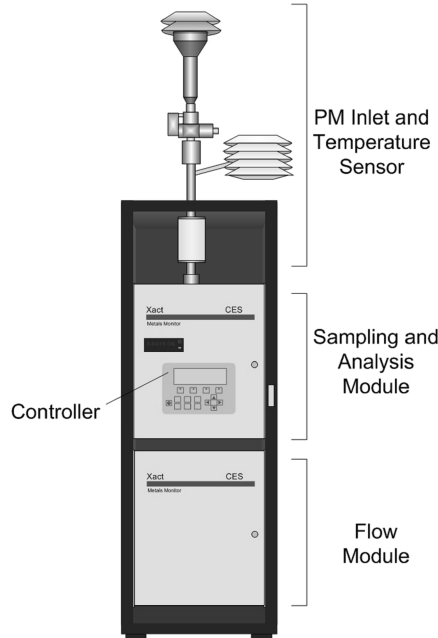


Fig. 2. Front view of X-Ray Fluorescence spectroscopy.

Xact의 샘플링 시간은 15분에서 4시간까지 5단계로 선택할 수 있으며, 샘플링과 동시에 금속성분을 연속적으로 측정할 수 있다. 측정 항목은 K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Se, Br, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, Ba, Hg, Tl, Pb 24가지이며, 측정 범위는 0 에서 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이고, 샘플링 유량은 16.7 lpm이다. 검출한계는 10pg/ m^3 으로 33.4lpm의 유량으로, 4시간동안 샘플링과 분석이 가능하다.

Xact의 주요 특징은 High Sensitivity(고민감도), near-real time reporting(연속성), Non-destructive analysis(비파괴분석), QA/QC 등이다.

3. 결과 및 고찰

백령도 대기종합측정소에서는 2008년 하반기 본 기기 설치 후 시험 운영한 결과 분석 기간 동안 PM₁₀의 질량 평균농도는 53.01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었고, 이 중 중금속이 차지하는 비중은 3.55%인 1.88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다. 측정 자료의 신뢰도 향상을 위하여 앞으로 도입될 ICP-MS 와의 비교 실험 및 장비의 꾸준한 검·교정이 필요할 것으로 판단된다.

참고 문헌

Mazzei, F., A. D'Alessandro, F. Lucarelli, S. Nava, P. Prati, G. Valli, and R. Vecchi (2008) Characterization of particulate matter sources in an urban environment, Science of the total environment, 401, 81-89.