

GE10) SEM/EDX를 이용한 황사의 입자별 분석 Individual Particle Analysis of Yellow Sands by SEM/EDX

김승우, 김동술

경희대학교 환경학과 대기오염연구실

I. 서 론

Loess (黃土)는 지구의 10 %를 차지하고 있으며, 황사 (黃砂)폭풍으로 장거리이동이 가능하여 동아시아까지 이동할 수 있다 (Zhang De'er, 1982). 황사현상은 최근 동북아시아에서 급속한 산업발달과 인구 증가, 그리고 생활수준의 향상에 따라 많은 양의 오염물질이 대기로 방출되고 있다. 특히 중국이 이 지역에서 배출되는 대기오염물질의 대부분을 배출하고 있다 (국립환경 연구원, 1998).

황사문제가 국제적으로 문제가 되는 지금, 황사현상을 양적으로 분석하기 위해서는 황사만이 가지고 있는 독특한 변수를 선정해야 한다. 황사는 일종의 토양오염원으로, 토양오염의 분리 및 확인은 대기오염연구의 난제중 하나이다. 황사는 광범위한 지역에 영향을 미치고 있는데, 영향을 받고 있는 토양과 황사는 화학적 성질이 유사하여, 이들을 분리하기에는 어려움이 많다. 또한 대기 중 분진에는 비산분진과 같은 토양분진과 화학적으로 유사한 분진이 많이 존재하기 때문에 어려움은 가중된다 (김동술, 1990). 우리나라에서도 장거리 이동에 관한 연구가 1995년부터 지금까지 꾸준히 진행되고 있으며, 전국에 142개의 자동 측정소에서 아황산가스, 이산화질소, PM-10, 오존, 일산화탄소, 납 등의 대기오염물질에 대해 매시간 측정하고 있다. 그러나 아직까지 개별적 분진의 특성 파악이 불가능한 전량분석 (bulk analysis)만 시행되고 있으며, 비록 cascade impactor와 같은 다단계 입경별 분진포집기를 이용하여 각 분진의 크기별 분석에 기초하여 이를 보완하고 있지만, 분진의 입자별 특성 파악에 관한 연구는 전무한 실정이다. 따라서 황사와 같은 일반토양 성분과 유사한 오염원을 분리하기 위한 방법으로 입자별 분석 (individual particle analysis)이 요구되고 있다 (김동술, 1998). 본 연구는 CCSEM (Computer Controlled Scanning Electron Microscopy)과 EDX (Energy Dispersive X-ray analyser)를 이용하여 1999년 4월 16일 황사와 1999년 1월 25일 황사를 국내 토양 (수원, 속초, 제주)분진과 비교하였다.

II. 실험 및 분석방법

2.1 시료의 채집

시료채집에 사용된 장치는 mini-vol portable sampler (Air Metrics Co., Model 4.1)로, SEM/EDX 분석시 분진의 과다한 loading을 주지 않고, 크기가 작고 가벼우며, 저소음이며, 전지의 사용이 가능해 이동이 손쉬운 장치이다 (Air metrics, 1995). 유량은 5 L/min으로 3 ~ 4시간 동안 채집하였다. 실험에 사용된 여지는 teflon membrane filter (diameter 47 mm, pore size 0.2 μ m, Costar Co.)로, 채집 후 테시게이터에서 3 ~ 4일간 충분히 건조시킨 후 칭량하였다. 시료채집장소는 연구지역의 대기질을 대표할 수 있으며, 주변의 장애물 또는 물리적 환경의 영향을 최소화 할 수 있는 경희대학교 수원캠퍼스 자연과학대학 옥상 5층에서 1998년 4월 16일, 1999년 1월 25일 황사시에 채집을 하였다.

황사분진과 분리분석을 비교검증 하기 위해서 국내 여러 곳에서 토양분진을 채취하였다. 토양 채취장소는 사람의 인적이 없고, 근처에 차량이 없고 토양에 비료성분을 피하기 위해 밭이나 파수원 등을 피했으며 식물 등이 없는 나머지를 선택하였다. 그리고 지역의 혐소성을 없애기 위해 제주도 대기오염 자동측정장소가 위치한 고산지방, 강원도 속초시 야산에서 토양을 채취하여 분석하였다.

2.2 시료의 분석과정

SEM 분석을 위하여 포집된 필터를 건조시킨 후, 물질 시료 stub와 함께 Au 코팅을 하였다. SEM 분석시, 절연체인 입자에 전하가 쌓이면 상이 찌그러지거나, 입자가 전자빔에 의해 타버려 재비산 되기 때문에 이를 방지하기 위해서 시료를 전도체인 물질로 코팅하는 것이 필요하다. 코팅된 시료는 표면으로부터 이차전자와 역산란전자의 방출이 커지고, 열에 강해지고, 입자의 부착력이 높아지고, 그리고 전하

가 감소되거나 없어지기 때문에 더 나은 영상분석을 수행할 수 있다 (Lee, 1993).

시료의 분석에 사용된 SEM은 영국 Leica 사의 Cambridge StereoScan 440으로 작동조건은 가속전압 20 kV, working distance 25 mm이다. 분석할 섬유의 대표성을 확보하기 위해 대기공정시험법의 원형 굴뚝에서의 측정점 선정법을 응용하였다. 직경 47 mm의 여지를 측정점 선정법에 의해 8개의 등면적으로 구분하고, 구분된 각 면적마다 측정점을 측정단면에서 서로 직교하는 직경선상에 각 채취점 배열 비율에 따라 측정선상에 동일하게 배열하였다.

오염원 분류표 (source profile)를 작성하기 위한 물리적 변수로는 physical diameter, aerodynamic diameter, volume, mass fraction등을 산출하였으며, 화학적 변수로 EDX 분석에 사용된 무기원소는 Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Pb 등 총 19개를 선정하였다.

III. 결과

황사분진과 수원지역 토양분진을 비교하여 보면, 황사분진은 Al과 Na가 높게 검출됐으며, Ca, Fe도 가끔 검출되었다. 수원지역 토양분진은 Al과 Na가 낮게 검출되었으며, Si, Mg이외의 원소는 전혀 검출되지 않았다.

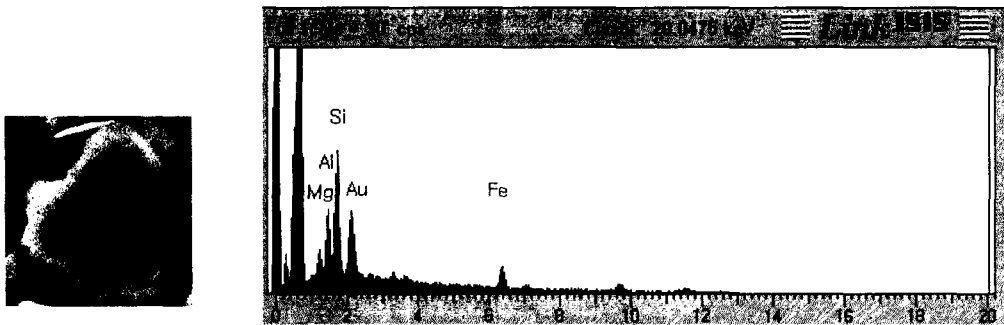


Figure 1. An image and x-ray analysis data of a yellow sand.

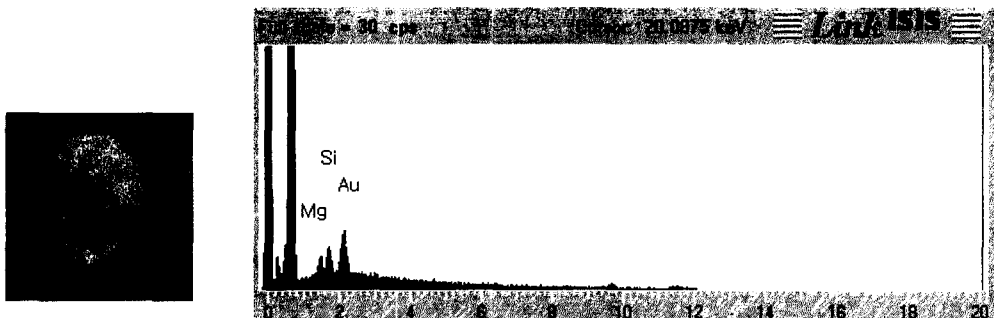


Figure 2. An image and x-ray analysis result of a soil particle in Suwon.

참 고 문 헌

국립환경 연구원 (1998) 동북아 대기오염 장거리 이동과 환경보전협력방안에 관한 조사(III), 한국과학기술연구원.

김동술 (1990) 황사의 양적 추정을 위한 기초연구, 대기보전학회지 6(1), 11-12.

김동술 (1998) CCSEM을 이용한 개별입자의 분류에 관한 연구, 한국과학재단, 1-3.

Air metrics (1995) *Mini-vol portable sampler operation manual*.

Lee, R. E. (1993) *Scanning electron microscopy and x-ray microanalysis*, PTR Prentice-Hall Inc.

Zhang De'er (1982) Analysis of dust rain in the historic times of China, *Kexue Tonggao* 27(5), 294 - 297.