

## PA30) SEM/EDX를 이용한 석면섬유의 오염원 분류표 개발

### Development of Source Profiles for Various Asbestos Fibers using SEM/EDX

최영아 · 이태정 · 김동술

경희대학교 환경응용·화학대학 및 환경연구센터

#### 1. 서 론

우리나라에서는 2003년 5월 국민의 건강을 보호하고 실내 환경상의 위해를 예방함을 목적으로 “다중이용시설 등의 실내공기질관리법”을 제정하였다. 동법에 의하면 역사를 포함한 17개 다중이용 시설에 대하여 미세먼지, 이산화탄소, 포름알데히드, 총부유세균, 일산화탄소, 이산화질소, 라돈, VOC, 석면, 오존 등 10종의 오염물질에 대하여 측정 조사하도록 되어 있다 (환경부, 2003). 실내오염물질 석면은 단열성, 내약품성, 내마찰성, 절연성 등이 우수하여 건축재료 (수입량의 80%) 및 석면 가스켓 (단열재), 석면 시멘트 (내화재), 석면직물 (내열재), 석면브레이크라이닝 (마찰재), 방음재 등에 널리 사용되고 있다. 반면, 석면은 인간의 호흡기나 소화관을 통해 체내로 흡수된다. 석면 함유 물질의 표면이 손상되어 공기 중으로 방출되면, 인간의 호흡기를 통해 체내로 들어와 석면폐증 (asbestosis), 폐암 (lung cancer), 중피종 (mesothelioma) 등의 질병을 유발한다 (Mattison, 1987). 이처럼 석면의 유해성이 알려지면서 유리필라멘트섬유 (glass filament fiber), 암면 (rock wool), 세라믹섬유 (ceramic fiber) 등의 대체물질이 사용되고 있지만 인조섬유에 대해서도 유해성에 대한 논란이 계속되고 있기 때문에, 석면뿐만 아니라 인조섬유에 대한 측정기법 및 적절한 관리 방안이 마련되어야 한다.

현재 석면의 측정은 “실내공기질 측정시험방법”에서는 위상차현미경 (phase contrast microscopy, PCM)법을 주시험법으로 하고 관독이 불가능한 경우 전자주사현미경 (scanning electron microscope, SEM)으로 결정한다 (환경부, 2004). 그러나 위상차 현미경은 석면과 비석면을 구분하지 못하고, 직경이  $0.25 \mu\text{m}$  이하의 섬유는 관찰되지 않기 때문에 측정 방법이기보다 폭로지수 (index of exposure)로 이용된다. 따라서 분해능이  $0.01 \mu\text{m}$  정도인 섬유까지 관찰 할 수 있는 전자현미경의 도입이 필요하고, 정확한 성분분석이 가능한 x-ray microanalysis 장치 (Energy Dispersive X-ray spectrometer, EDX 또는 Wavelength dispersive spectrometer, WDS) 등의 이용이 요구된다. SEM/EDX 시스템에서는 보조장치로 연결되어 있는 EDX로 화학적 원소분석이 이루어진다. 즉 SEM과 EDX 간에 데이터 전송을 이용해 SEM에서 방출된 전자빔과 시료간의 반응에서 나오는 x-ray가 EDX의 x-ray 검출기에서 분석된다.

본 연구에서는 SEM/EDX를 통하여 관독이 어려운 석면 및 비석면 섬유상 물질의 정확한 분류기법을 제공하기 위해 오염원 분류표 (source profile)를 작성하고자 하였다. 이를 통하여 일반 대기환경 시료 중 석면 및 인조섬유 물질을 분류하기 위한 전문가 시스템 (expert system)을 활용한 석면분석 기법을 개발하고, 실내 공간에 대한 정확한 석면평가를 통해 적정관리를 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

#### 2. 연구 방법

석면과 비석면 섬유가 함유된 입자의 분석을 위해, 석면타일, 석면판, 석면 가스켓 등을 후드 내에서 분쇄하여 알루미늄재질의 stub 위에 시료를 채취하였다. 분석에 사용된 SEM은 영국 Leica 사의 Cambridge StereoScan 440으로 작동조건은 가속전압 20 kV, working distance 25 mm이고, EDX는 영국 Oxpord 사의 ISIS Link 400을 사용하였다. SEM 분석시, 입자에 전하가 쌓이면 상이 찌그러지거나, 입자가 전자빔에 의해 타버려 재비산 될 수 있기 때문에 이를 방지하기 위해 Au 코팅을 하였다. Au는 x-선을 흡수하는 성질이 있기 때문에 조사되는 부분 외에 발생하는 x-선 noise를 제거시키므로 분석의 정확도를 높여준다. 코팅 두께는 20 nm로 하였다.

전처리된 섬유를 SEM상에서 확인하고 이어 EDX에 나타난 peak의 위치와 크기를 계산하여 석면의

여부를 결정하였다. 물리적 변수로 길이 (length), 폭 (width), 길이 대 폭 비 (ratio, l/w) 등 3가지이며, 화학적 변수는 Si, Al, Na, Mg, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn 등 13가지의 원소이다.

### 3. 결과 및 고찰

SEM/EDX 분석을 통해 백석면 (chrysotile), 청석면 (crocidolite), 투각섬석면 (tremolite) 등의 석면섬유와 유리섬유 (glass fiber) 등의 비석면섬유 등의 섬유상 물질을 확인할 수 있었다. 비석면인 유리섬유의 경우 표 1과 같이 평균 중형비가 14.8로, 석면 섬유의 평균 중형비 (백석면 54.1, 청석면 26.0, 투각섬석면 30.3) 보다 상당히 낮은 수치를 보였다. 이는 절단시 석면 섬유질이 직경이 작고 길이가 긴 개개의 섬유로 쪼개지는 것과 달리, 길이만이 잘게 부서져 직경은 변하지 않는 비석면 형태의 인공 무기질 섬유의 특성과 관련 깊은 것으로 사료된다 (유성환, 1993).

백석면은 화학적 변수인 원소들의 평균 조성비는 Mg/Si 1.0352, Al/Si 0.3572, Ca/Si 0.7058, Fe/Si 0.3270로 나타났고, 그림 1에서 SEM/EDX의 분석결과를 보여주고 있다. 청석면의 경우에는 Na/Si 0.2875, Mg/Si 0.9268, Al/Si 0.646, Ca/Si 0.9539, Fe/Si 0.7107 로 나타났다. 투각섬석면은 Na/Si 0.9093, Mg/Si 0.5451, Al/Si 0.1932, Ca/Si 0.8437, Fe/Si 0.0203 의 평균 원소 조성비를 나타냈다.

Table 1. Source profile for asbestos fibers

Type	Length/ Width	Ratio of composition				
		Na/Si	Mg/Si	Al/Si	Ca/Si	Fe/Si
Glass Fiber	14.80	0	0.1969	0	0.0400	0.6738
Chrysotile	54.09	0	1.0352	0.3572	0.7058	0.3270
Crocidolite	26.04	0.2875	0.9268	0.6460	0.9539	0.7103
Tremolite	30.33	0.9093	0.5451	0.1932	0.8437	0.0203

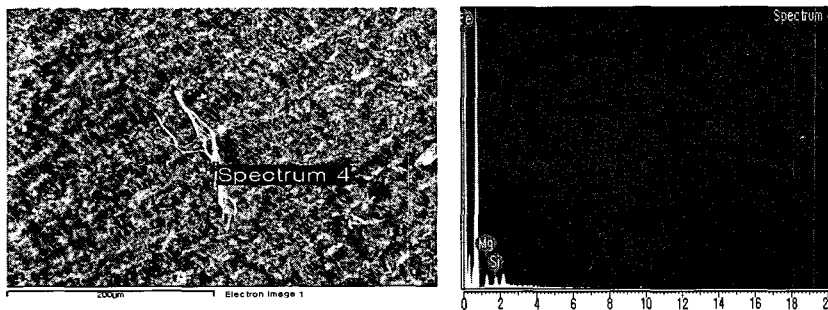


Fig. 1. Image and x-ray result for chrysotile.

### 사 사

본 연구는 2005년 서울시 산학연 협력사업 지원 과제의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

- 김수환 (1999) 실내공기 중 석면 섬유의 분류 및 확인을 위한 전문가 시스템의 개발, 경희대학교 환경학과 석사학위 논문.
- 유성환 (1993) 건축재료에서 발생하는 석면 입자의 특성 연구, 한국대기보전학회지, 9(3), 191-199.
- 환경부 (2003) 다중이용시설 등의 실내 공기질 관리법.
- Conner, T.L., G.A Norris, M.S. Landis., and R.W. Williams (1998) Individual particle analysis of

- indoor, outdoor and community samples from the 1998 Baltimore particle matter study, Atmospheric Environment, 35, 3935-3946.
- Conner, T.L., and R.W. Williams (2004) Identification of possible sources of particulate matter in the personal cloud using SEM/EDX, Atmospheric Environment, 38, 5305-5310.
- Mettison, M.L. (1987) Asbestos and asbestos related diseases, Asbestos Information Centre.
- NIOSH (1994) Manual of analysis method, 4th, Asbestos by TEM : Method 7402.