

2B3) 석면섬유의 오염원 분류표 개발과 전문가시스템의 적용

Application of Expert System and Development of Source Profiles for Various Asbestos Fibers

최영아 · 이태정 · 김동술

경희대학교 환경·응용화학대학 및 환경연구소

1. 서 론

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).

현재 석면의 측정은 “실내공기질 공정시험방법”에서는 위상차현미경(phase contrast microscopy, PCM)법을 주시험법으로 하고 관독이 불가능한 경우 전자주사현미경(scanning electron microscope, SEM)으로 결정한다(환경부, 2003). 그러나 위상차 현미경은 석면과 비석면을 구분하지 못하고, 직경이 0.25 μm 이하의 섬유는 관찰되지 않기 때문에 측정 방법이기보다 폭로지수(index of exposure)로 이용된다. 따라서 분해능이 0.01 μm 정도인 섬유까지 관찰할 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.

전문가 시스템(expert system)은 인공지능의 응용분야 중 하나로써, 비정형화된 문제 영역에서 컴퓨터에 의해 자동적으로 문제를 해결하는 방법을 제시해 주는 컴퓨터 시스템이다. 대부분의 전문가 시스템은 인공지능 언어와 C 또는 FORTRAN과 같은 표준언어에 의해 만들어진다. 전문가 시스템은 크게 지식베이스(knowledge base) 모듈, 추론엔진(interface engine)모듈, 지식획득(knowledge acquisition) 모듈, 설명(explanation) 모듈로 구성되며, IF <condition> THEN <action> 형식의 생성규칙을 이용해 표현한다(김화수, 1995).

본 연구에서는 SEM/EDX를 통하여 관독이 어려운 석면 및 비석면 섬유상 물질의 정확한 분류기법을 제공하기 위해 작성된 오염원 분류표(source profile)를 작성하였다. 또한 실내 환경 시료 중 석면 및 인조섬유 물질을 분류하기 위한 전문가 시스템(expert system)을 활용하여, 실내 공기에 대한 정확한 석면 평가를 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. 또한 실내 공기 중의 시료채취는 미국 NIOSH Manual of Analytical Methods(NMAM) 7400방법에 따라 preloaded cassette(직경 25mm, pore size 0.8 μm , polycarbonate membrane filter가 장착; SKC 225-1604)를 시료채취기(224-PCXR8, SKC INC., USA)에 연결하여 open face에서 약 3 L/min의 유량으로 4시간 정도 채취하였다. 분석에 사용된 SEM은 영국 Leica 사의 Cambridge StereoScan 440으로 작동조건은 가속전압 20 kV, working distance 25 mm이고, EDX는 영국 Oxporad 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.

3. 결과 및 고찰

SEM/EDX를 통한 직접분석과 발표된 논문들을 참고하여, 백석면(chrysotile), 청석면(crocidolite), 황석면(amosite), 투각섬석면(tremolite) 등의 석면섬유와 암면(rockwool), 유리섬유(glass fiber) 등의 비석면 섬유 등의 섬유상물질에 대한 오염원 분류표를 작성하였다(표 1). 비석면인 유리섬유는 평균 종횡비가 19.3 으로 낮은 수치를 보였으며 이는 절단시 직경은 일정하나 길이만 잘게 부서지는 인공 무기질 섬유의 특성을 나타낸다(유성환, 1993). Na/Si 비율은 유리섬유, Mg/Si 비율은 백석면, Al/Si 비율은 암면, Ca/Si 비율은 암면, Fe/Si 비율은 갈석면이 가장 높은 값을 나타냈다. 각 석면섬유들의 SEM/EDX 분석 결과는 그림 1에 나타내었다. 백석면은 끝이 꼬개지거나 다발 형태를 나타냈으며, 황석면은 끝이 직사각형 형태를 보였다. 투각섬석면은 기둥면 끝이 갈라진 형태를 보였다.

오염원 분류표는 전문가시스템에 의해 분류하기 위해 2가지 규칙을 만들었다. 규칙 1은 길이, 폭, 종횡비 등 3가지 물리적 변수와 Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Mn, Fe 등 7가지 화학적 변수 등 총 10가지 변수를 선정하였다. 규칙 2 Si를 기준으로 Na/Si, Mg/Si, Al/Si, Ca/Si, Fe/Si 등의 상대비를 선정하였다.

전문가 시스템을 활용하기 위해 C 언어로 프로그램을 작성하였다. 오염원분류표의 각 유형별로 데이터를 코딩시켜 각각의 case로 분류시키며, 각각의 case는 모두 규칙1과 규칙2에 맞게 분류된다. 이를 대기 중 또는 실내 공기중 채취한 시료에 적용시켜 unknown profile 을 코딩시키면 각각의 case 별로 분류되며, 이를 만족시키지 못할 경우 '-1'으로 처리되어 최종적으로 outlier로 처리하였다.

Table 1. Source profile for asbestos fibers.

Type	Length/ Width	Ratio of composition				
		Na/Si	Mg/Si	Al/Si	Ca/Si	Fe/Si
Chrysotile	70.13	0.00	1.03	0.05	0.05	0.17
Crocidolite	31.75	0.03	0.12	0.14	0.00	0.83
Tremolite	30.72	0.06	0.61	0.11	0.69	0.13
Amosite	49.21	0.00	0.17	0.03	0.19	1.15
Actinolite	-	0.00	0.42	0.00	0.26	0.14
Anthophyllite	-	0.00	0.52	0.00	0.00	0.13
Glass Fiber	19.29	0.40	0.05	0.02	0.23	0.00
Rockwool	-	0.00	0.20	0.34	0.97	0.15

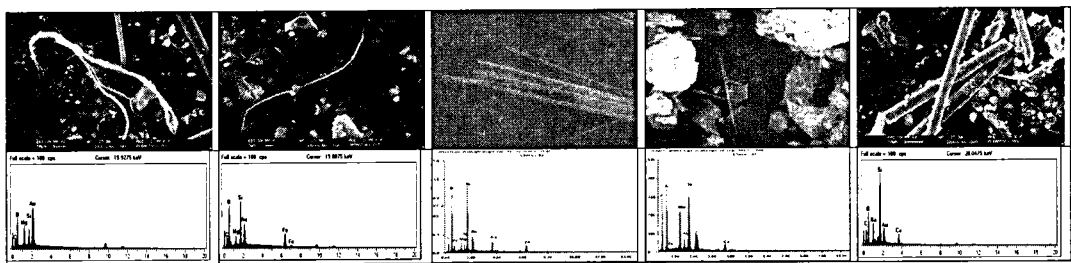


Fig. 1. Images obtained by SEM/EDX for chrysotile, crocidolite, amosite, tremolite, and glass fibers.

사 사

본 연구는 2005년 서울시 산학연 협력사업 지원 과제(과제번호 : 200605126-212) - 미래 도시의 웰빙을 위한 실내공기질 관리 기술개발-의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

김화수, 조용범, 최종욱 (1996) 전문가 시스템, 집문당, 35-47.

유성환 (1993) 건축재료에서 발생하는 석면 입자의 특성 연구, 한국대기보전학회지, 9(3), 191-199.

환경부 (2003) 다중이용시설 등의 실내공기질관리법.

Mattison, M.L. (1987) Asbestos and asbestos related diseases, Asbestos Information Centre.