

석면의 규제와 대체 섬유

1. 석면이란?

석면이란 어떤 단일한 물질의 명칭은 아니며 수천 가지 상품의 개발시에 수십 년간 사용된 6가지 광물에서 얻은 섬유 형태의 물질을 지칭한다.

석면은 그림 1의 섬유 분류를 살펴보면 천연섬유 중 광물성 섬유에 속한다.

가. 석면의 장점 - 신이 내린 선물

석면의 장점은 1) 일반 섬유와 같이 직경에 비해 상대적으로 길이가 길어 매우 큰 비표면적을 가지고 있고 길이

방향으로 가늘게 갈라진다. 2) 높은 인장강도를 가지고 있

다. 3) 낮은 열전도도와 전기전도도를 가지고 있다. 4) 높은 역학적, 화학적 안정성을 가지고 있다. 5) 높은 열 저항성을 가지고 있다. 이외에, 석면의 가격이 매우 저렴하다는 것이다. 이런 장점 때문에 신이 내린 선물이라고까지 불리면서 현재까지 전 세계적으로 3000여 종의 석면을 함유한 제품이 사용되고 있다.

나. 석면의 단점 - 신이 내린 재앙
상당히 오랜 기간 동안 아무런 단점이 없는 것으로 생각되어온 석면이, 1970년대 이후부터 인간의 몸에 나쁜 영향을 끼친다는 보고들이 나오기 시작하였다. 직



신은호
한국의류시험연구원
신뢰성 기술연구센터 주임
02-3668-3090
ehshin@katri.re.kr

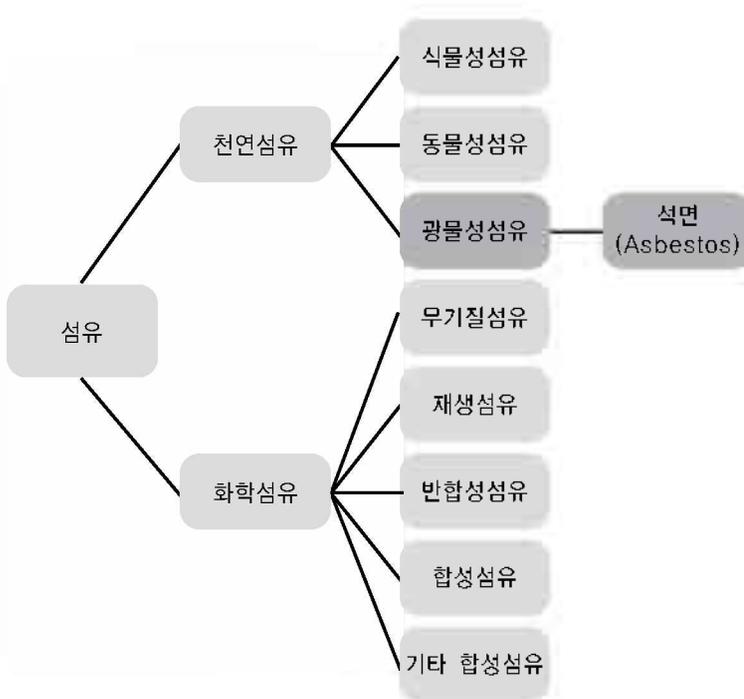


그림 1. 섬유의 분류

경이 1 μ m이하면서 길이가 직경에 비해 상대적으로 길고 가볍기 때문에 공기 중에 비산되면 사람의 폐나 피부 등에 부착되어 신체를 상하게 할 수 있기 때문이다. 현재까지 석면폐증, 석면폐암, 악성중피종, 늑막질환 등의 원인이 되는 것으로 알려져 있다. 석면의 인체유해성 때문에 신이 내린 재앙이라고까지 불리고 있다.

2007년 8월 노동부에서 개최한 석면정책 심포지엄 자료에 따르면, 영국은 매년 3,500명이 석면으로 사망하고 있으며, 호주는 2020년까지 18,000명이 사망할 것으로 예상된다고 한다. 또한 우리나라의 경우 최근 7년간 46명의 석면직업병이 발생하였는데 그 중 28명이 폐암이었으며 13명이 중피종¹⁾이었다고 한다.

2. 석면의 종류

석면은 화학적으로 사문석 계열과 각섬석 계열로 크게 나눌 수 있다. 어느 계열이든지 규소, 수소, 마그네슘, 철, 산소, 칼슘, 나트륨 등의 원소로 구성되어 있고 그들의 조성은 석면이 생성된 모암의 조성²⁾과 동일하다. 표 1은 6가지의 석면 종류를 나타낸 것이다.

3. 석면관련 규제

해외의 대표적인 고형시료에 포함된 석면 규제 사항은 다음과 같다.

암석명	석면 종류	석면의 화학식	석면의 모양
사문석	백석면 (Chrysotile)	$Mg_6[(OH)_4Si_2O_5]_2$	꼬인 물결 모양의 섬유. 다발의 끝은 분산. 가열되면 무색~밝은 갈색. 다색성이 아니며 종횡비는 전형적으로 10:1 이상
각섬석	갈석면 (Amosite)	$(Mg,Fe)_7[(OH)Si_4O_{11}]_2$	곧은 섬유와 섬유 다발. 다발 끝은 빗자루 같거나 분산된 모양. 가열되면 무색~갈색. 약한 다색성. 종횡비 전형적으로 10:1 이상
	청석면 (Crocidolite)	$Na_2Fe_5[(OH)Si_4O_{11}]_2$	곧은 섬유와 섬유 다발. 긴섬유는 만곡. 다발 끝은 분산된 모양. 특징적인 청색. 다색성. 종횡비 전형적으로 10:1 이상
	안소필라이트석면 (Anthophyllite asbestos)	$(Mg,Fe)_7[(OH)Si_4O_{11}]_2$	곧은 섬유와 섬유 다발. 절단된 파편 존재. 무색~밝은 갈색, 비다색성 내지 약한 다색성. 종횡비는 일반적으로 10:1 이하
	트레모라이트석면 (Tremolite asbestos)	$Ca_2(Mg,Fe)_5[(OH)Si_4O_{11}]_2$	곧고 흰 섬유. 절단된 파편이 일반적. 큰 섬유 다발 끝은 분산된 모양. 무색. 종횡비는 일반적으로 10:1이하
	악티노라이트석면 (Actinolite asbestos)	$Ca_2(Mg,Fe)_5[(OH)Si_4O_{11}]_2$	곧고 흰 섬유. 절단된 파편이 일반적. 큰 섬유 다발 끝은 분산된 모양. 녹색~약한 다색성. 종횡비는 일반적으로 10:1이하

표 1. 석면의 종류

- EU Directive 76/769/EEC
- "Oko-Tex Standard 100" 에 2008년 1월 1일부로 식면 규제가 추가됨

국내의 고형시료에 포함된 식면의 경우 "식면함유 제품의 제조·수입·양도·제공 또는 사용 금지에 관한 고시" (농·농부 고시 제 2007-26호)에 의해 2008년 1월 1일부터 식면함유제품에 대한 사용이 금지가 되었다. 예외로 석면개스킷제품 및 석면마찰제품(자동차관리법상 자동차용 제외)에 대해서는 2009년 1월 1일부터 사용이 금지된다.

아직 대체품이 개발되지 않은 아래의 4가지 제품은 대체품 개발시까지 사용이 가능하다.

- 잠수함 및 미사일용 식면개스킷제품
- 미사일용 석면단열제품
- 화학공업 설비용으로서 100℃ 이상 온도의 부식성 유체를 취급하는 부분에 사용되는 입경 1400mm 이상의 석면조인트시트개스킷
- 화학공업 설비용으로 사용되는 입경 2300mm 이상의 석면조인트시트개스킷

국내의 공기 중 석면의 경우 각 부처에서 각각의 법 및 규칙에 의해 규제하고 있다.

- 환경부 : 다중이용시설 및 공동주택 (다중이용시설 등의 실내공기질관리법)
- 노동부 : 시부실, 작업장 (산업안전보건법 산업보건기준에 관한 규칙)
- 교육인적자원부 : 학교 (학교보건법)

- 보건복지부 : 공중이용시설 (공중위생관리법)
- 건설교통부 : 2,000㎡ 이하 주차장 (주차장법: 다중이용시설 등의 실내공기질관리법에 포함되지 않은 주차장)

4. 석면관련 정부 대책

인체에 여러 가지 질병을 발생시키는 1급 발암성 섬유인 석면은 여러 나라의 규제들로 인해 점점 그 사용량이 줄어들고 있는 추세이다.

여러 규제에 의해 최근 식면함유 제품이 줄어들겠지만 석면의 위험이 사라진 것은 아니다. 건축 내장재에 이미 사용된 석면의 경우, 지금은 문제가 없지만 건물 천거시에 공기 중에 미산될 수 있어 석면 문제는 오히려 지금부터가 시작이다.

이런 석면 문제로부터 국민들을 보호하기 위해 정부에서는 석면 함유제품의 사용금지 외에 석면관리 대책 중 석면인프라구축과 관련한 3가지 방안을 진행하는 중에 있다.

첫째, 건축물 석면조사기관 지정제를 도입하여 건축물 철거 전에 석면함유여부를 사전조사하고, 건축물 철거, 멸실신고시 석면조사결과서 첨부 의무화를 추진하는 것이다.

둘째, 석면전문분석기관 지정제를 도입하여 석면분석의 객관성과 공정성을 유지할 수 있도록 시설, 인력 기준을 설정하고 전문분석기관에 대한 정도관리²⁾의

1) 주로 폐를 둘러싸고 있는 흉막, 위나 간 등을 보호하는 복막, 심장을 싸고 있는 심막 등의 표면을 덮고 있는 중피에서 많이 발생하는 종기를 말함
 2) 정도관리(Proficiency Analytical Test)란 분석에 대한 정확도와 정밀도를 확보하기 위한 분석기관의 분석능력 비교프로그램임. KOLAS에 실시하는 "시험소간 비교에 의한 숙련도 시험"(KS A ISO/IEC Guide 43)과 유사한 것임.



실시 및 재정지원방안을 검토하고 있다. 이와 관련하여 산업안전공단 산업안전보건연구원 주최로 국내 석면분석기관들의 공기 중 석면 및 고형시료에 포함된 석면 분석능력 능력을 확인하기 위해 2008년 상반기에 제1회 정도관리프로그램을 실시하였다.

셋째, 석면 해체, 제거 전문업체 등록제를 실시하여, 석면을 함유한 건축물의 천거시에 전문적인 지식, 인력, 장비를 갖춘 업체에 한해 절기를 할 수 있게 하는 제도이다.

5. 석면의 분석 방법 및 분석 장비

석면 분석방법은 그림 2와 같이 크게 2가지로 나뉜다.

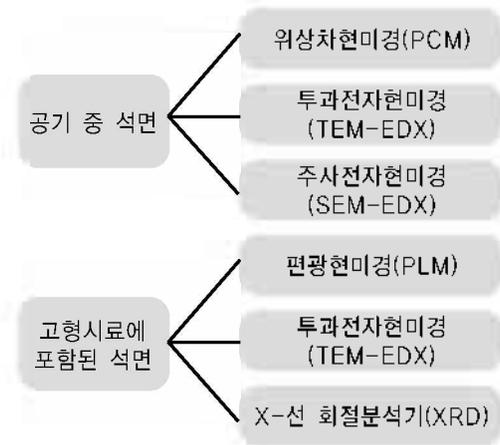


그림 2. 석면분석방법에 따른 분석 장비

다. 먼저, 공기 중에 비산되어 있는 석면을 측정하는 공기 중 식면 분석과, 또 하나는 고체 상태의 시료 속에 함유된 석면을 분석하는 고형 시료 중 석면 분석으로 나뉜다.

미국의 경우 공기 중 식면 분석 방법으로는 "Asbestos and other fibers by PCM" (NIOSH³⁾ Method #7400), "Asbestos by TEM" (NIOSH Method #7402)과 고형시료 중 식면 분석방법으로는 "Asbestos (bulk) by PLM" (NIOSH Method #9002), "Asbestos, Chrysotile by XRD" (NIOSH Method #9000), "Method for the Determination of Asbestos in Bulk Building Material" (EPA⁴⁾ 600/R-93/116) 등이 있다.

국내의 경우 산업안전공단의 "작업환경측정·분석 방법 지침" (KOSHA code A-1-2006)에 공기 중 식면 및 고형시료 중 석면분석이 모두 포함되어 있고 국립환경연구원의 "실내공기진공정시험방법" (환경부고시 제2004-80호)에 공기 중 식면분석에 관해 시험방법을 규정하고 있다.

석면분석 장비도 공기 중 석면과 고형시료 포함된 석면 분석에 따라 크게 나뉜다.

공기 중 석면을 분석하기 위한 방법으로는 위상차현미경(Phase Contrast Microscope), X-선 분석 장치가 장착된 주사전자현미경(SEM-EDX)과 X-선 분석 장치가 장착된 투과전자현미경(TEM-EDX)을 사용한다.

고형시료의 경우 편광현미경(Polarizing Microscope), X-선회전(X-Ray Diffraction, XRD) 분석기, X-선 분석 장치가 장착된 투과전자현미경(TEM-EDX)을 사용한다.

X-선 분석 장치가 장착된 투과전자현미경(TEM-

3) National Institute for Occupational Safety and Health (미국 산업안전보건연구원)

4) Environmental Protection Agency (미국 환경보호국)

EDX)은 편광현미경에서 분석이 어려운 1% 이하로 함유된 석면의 분석도 가능하다.

X-선 분석 장치가 장착된 주사전자현미경(SEM-EDX)은 공기 중 석면 분석에는 사용이 되지만, 고형 물질의 경우 시료 표면에 석면이 있으면 분석이 되지만 시료 속에 있을 경우 투과가 되지 않기 때문에 고형물질의 기지 물질(matrix materials)을 녹이거나 연소시키지 않는 한 분석시 오차를 발생시킬 수 있어 잘 사용하지 않는다.

국내의 경우 석면 인프라의 구축이 초기 단계이기

때문에 공기 중 석면과 고형시료에 포함된 석면의 분석시 정확하더라도, 상대적으로 가격이 싸고 분석시간이 적게 걸리는 위상차현미경과 편광현미경을 사용해서 많이 분석하고 있으며, 일부 기관에서는 투과 전자현미경(TEM-EDX), 주사전자현미경(SEM-EDX), X-선회절분석기(XRD)도 사용하고 있다.

6. 석면대체용 섬유

석면의 이런 유해성 때문에 석면의 사용이 금지되

석면 사용분야	석면 대체재로서의 요구특성	가능한 대체재
시멘트 판재 (슬레이트 류)	① 보강성(강도, 탄성률, 접착성) ② 내구성 ③ 가격 ④ 굵기와 길이의 다양성 ⑤ 종이성형성	고강력 PVA 섬유 고강력 PAN 섬유 아라미드 섬유 기타 고강력 합성섬유 탄소섬유, 합성펄프 내알칼리성 유리섬유
미철재 (브레이크와 클러치의 라이닝)	① 내마찰성 ② 내피로성 ③ 내열성 ④ 성형성	아라미드 펄프 저급 탄소섬유 금속섬유
가스켓, 패킹재	① 비(非) 크리프성 ② 내부식성(약품, 환경) ③ 성형성	합성펄프(아라미드 펄프)
섬유강화 플라스틱 (FRP)	① 보강성(강도, 탄성률, 접착성) ② 내충격보강성	유리섬유, 아라미드 섬유, 탄소섬유
단열재	① 공기포착성 ② 벌키성 ③ 공정통과성(시공성-스프레이성)	유리면, 암면, 합성펄프
전기절연재	① 종이성형성 ② 절연성 ③ 내열성	합성펄프
바닥재 (비닐타일 등)	① 보강성(탄성률) ② 치수안정성 ③ 종이성형성	고강력 PVA 섬유 고강력 PAN 섬유 아라미드 섬유(펄프 포함)
지붕 및 천장재	① 종이성형성 ② 내구성 ③ 치수안정성	고강력 PVA 섬유 고강력 PAN 섬유 아라미드 섬유 합성펄프
내열재	① 내열성(방염성) ② 가공성	아라미드 섬유 탄소섬유

(출처 : 산업섬유연구소 제 p. 155, 전남대학교 출판부, 1999년)

표 2. 석면 대체용 섬유



면서 대체용 섬유들의 수요가 증가될 전망이다. 다행스럽게도 석면을 대체할 섬유들이 이미 많이 개발이 되어 있는 상태이다. 최근 국내에서 고강도 고탄성을 가지는 파라아라미드 섬유를 개발해 상용화가 되었으며 고내열성을 가지는 메타아라미드 섬유도 몇 년 내에 출시될 것으로 예상된다. 또한 탄소섬유도 국산화를 하기 위해서 연구가 진행 중에 있다.

몇 년 전 국내에서 암석섬유(암면)의 일종인 현무암을 녹여 만든 섬유가 개발이 되어 상용화되었다. 현무암 섬유는 -260℃에서 900℃까지 사용할 수 있고, 각종 수지와 결합력 및 내화학성이 우수하며, 특히 내열성이 우수하여 석면 대체용 섬유로 많은 가능성을 가지고 있다.

표 2는 기존 석면을 대체할 수 있는 대체용 섬유를 나타내었다.

7. 맺음말

국민의 건강을 위해 석면의 사용 금지에 따른 대체용 섬유의 사용은 늘어나게 될 것이다. 국내에서 새로운 산업용 섬유들의 활발한 개발과 사용 용도의 전개가 기대된다.

그리고 현재 수출 및 수입시 제품에 석면이 함유되었는지 아닌지에 대한 분석이 필요한데, 한국의류시험연구원은 석면 분석을 위한 전문 인력을 국내·외 기관 연수를 통해 양성하였으며, 석면 분석장비로 위상차현미경(PCM), 편광현미경(PLM) 그리고 X-선 분석 장치인 장착된 주사전자현미경(SEM-EDX)을 구축하는 등 석면 분석을 위한 인프라를 다년간에 걸쳐 구축을 완료하였다.

올해 초, 한국의류시험연구원은 산업안전공단의 제 1회 석면정도관리 프로그램에 참가하여 공기 중 석면

과 고형시료에 포함된 식면의 분석 능력을 인정받았다. 앞으로 한국의류시험연구원은 석면과 관련한 분석 및 연구를 계속적으로 진행하여 산업 및 국민 건강 증진에 도움이 되도록 노력할 것이다.

참고자료

1. 노동부, 석면해체·제거 인프라 구축 관련 석면정책 심포지엄 발표자료, 2007.8.29.
2. 류동일외 9인, "산업섬유신소재", 전남대학교 출판부, 1999.
3. Asbestos and other fibers by PCM (NIOSH Method #7400)
4. Asbestos by TEM (NIOSH Method #7402)
5. Asbestos (bulk) by PLM (NIOSH Method #9002)
6. Asbestos, Chrysotile by XRD (NIOSH Method #9000)
7. Method for the Determination of Asbestos in Bulk Building Material (EPA 600/R-93/116)
8. 작업환경측정·분석방법 지침 (KOSHA code A-1-2006)
9. 실내공기질공정시험방법 (환경부고시 제2004-80호)
10. EU Directive 76/769/EEC
11. <http://www.cdc.gov/niosh/topics/asbestos/>
12. www.oeko-tex.com

기술표준 2008. 4