

11. 한국산업간호학회, 산업간호 전국학술대회 자료집, 1990.
12. 한국산업간호학회, 산업간호 전국학술대회 자료집, 1991.
13. 산업간호사회, 산업간호 제 5 호, 1991.
14. 김원배, 조정찬, 김맹룡, 산업안전보건법 이론과 실제, 중앙경제사, 1990.
15. 정혜선, 건강관리실 운영과 작업장순회 보건관리자직무교육 교재, 한국산업안전공단, 1990

**특수유해요인측정법** 최근에 문제되고 있는 인자를 중심으로

# 공기중 석면섬유의 측정

가톨릭의대  
이 광 목

## I. 석면의 분류

지금까지 석면이라고 부르는 물질은 공업적으로 이용가치가 있는 섬유상 규산광물의 총칭으로

로 현재 일반적으로 그림 1과 같은 광물의 섬유상 형태가 6종이 있다.

### 석면의 분류

석면	사문석족	석면이름	광물명	구조식
Asbestos	Serpentines	- 온석면, 백석면	- 크리소타일	$Mg_3Si_2O_5(OH)_4$
		Chrysotile	Chrysotile	
	각섬석족 Amphiboles	- 청석면	- 조섬석	$Na_2(Fe)Mg_3Fe_2Si_8O_{22}(OH)_2$
		Crocidolite		
		- 갈석면		$(Mg)Fe_7Si_8O_{22}(OH)_2$
		Amosite		
		- Anthophyllite	- 직섬석	$(Mg)Fe_7Si_8O_{22}(OH)_2$
		- Tremolite	- 투섬석	$Ca_2(Mg)Fe_5Si_8O_{22}(OH)_2$
		- Actinolite	- 양기석	$Ca_2(Mg(Fe)_5Si_8O_{22}(OH)_2$

그림 1. 석면의 종류와 그 광물명

지금까지 사용된 석면으로는 사문석족의 크리스토일이 압도적으로 많고(95%), 다음이 아모사이트와 크로시도라이트이다(5%). 이 3종의 석면을 상업적 석면(Commercial asbestos)이라고 부르기도 한다.

## II. 석면의 측정

### 1. 계수법(멤브레인필터법, membrane filter method)

#### 1.1 원리

멤브레인필터위에 석면분진을 포집하여, 석면섬유의 갯(本)수와 시료공기 흡인량으로부터 공기중의 석면분진섬유농도를 구한다.

### 1.2 장치 및 기구

#### 1.2.1 시료포집(용)

(1) 멤브레인필터 : 멤브레인필터(membrane filter)란 얇은 막의 여층이 된다. 재질, 구경이 다른 여러가지 종류가 있다. 위상차현미경에 의한 석면섬유의 계측에는 평균 구경이  $0.8\mu\text{m}$ 로 직경 47mm, 25mm, 13mm의 흰 원형 셀룰로오스에스테르 멤브레인필터를 이용한다. 필터의 굴절율은 약 1.5이다. 이 필터를 굴절율 1.5전후의 비휘발성 용액에 담그면 투명하게 되어 입자를 세기가 쉽다. 그러나, 이와같은 전처리를 해도 석면섬유의 굴절율이 이것과 가까운 것이 있으므로 보통의 현미경에서는 확실히 보이지 않는다. 그래서 석면섬유를 세는데는 위상차현미경을 사용하게 되었다. 간섭위상차현미경을 사용하면 더욱 보기 쉽다. 필터에는 인쇄된 격자가 들어 있는 것도 있다. 이 경우, 검경시 체진면을 쉽게 특징지을수 있는 등의 잇점이 있지만 가는 섬유가 격자선에 걸리면 보기 어려운 결점도 있다.

(2) 필터홀더(holder) : 오픈페이스(open face)형 홀더를 사용한다.

(3) 흡인펌프 : 전동식 또는 수동식 흡인장치를 이용한다.

(4) 유량계 : 미리 흡인유량을 보정해 놓은 것을 사용한다.

#### 1.2.2 계수장치등

##### (1) 표본만들기용

슬라이드글라스, 카바글라스, 마개있는 갈색병(디메틸프탈레이트와 디에틸옥살레이트를 이용하는 방법에 의한 경우), 아세톤증기발생장치(아세톤/트리아세틴에 의한 경우)

##### (2) 계수용

1) 현미경...대물렌즈 X40 및 대안렌즈 X10의 배율을 가진 위상차현미경 또는 간섭위상차현미경

2) 아이피스그레티쿨(eyepiece graticule)...선면측정용

##### 3) 대물측정용 미계(objective micrometer)

##### 4) 카운타(counter)

#### 1.2.3 시약

(1) 프탈산디메틸과 수산디에틸(디메틸프탈레이트와 디에틸옥살레이트)의 혼합액 : 디메틸프탈레이트와 디에틸옥살레이트를 1:1로 혼합한 용액에 새로운 멤브레인필터를 0.05g/ml의 비율로 가해 용해시킨다. 이 용액은 만든지 수개월이상 경과하면 투명도가 나빠지기도 하고, 또 불순물이 보이게 되는 수도 있기 때문에 만든 후 1개월이상 지난 것은 사용하지 않는 것이 좋다. 또 온도가 낮은 때에도 투명도가 나빠지는 수가 있지만 약간 가온해도 된다. 용액을 넣어둘 용기로는 용액의 오염을 가능한 한 적게해서 보존하고 사용하기에 편리하도록 용적 25~50ml정도의 두껍기는 갈색병을 쓰는 것이 좋다.

(2) 아세톤/브리아세틴 : 디메틸프탈레이트와 디에틸옥살레이트시약을 쓸 경우는 필요하지 않다.

#### 1.2.4 준비

(1) 슬라이드글라스 및 카바글라스 처리 : 표본만드는데 사용할 슬라이드글라스와 카바글라스는 사용하기 전에 부착되어 있는 오염물을 제거해야 한다. 세척방법으로는 중성세제용액에 담귀 초음파 세척장치 등을 이용하여 표면의 오

물을 완전히 제거한 후 잘 씻고, 알콜에 담궜던 거즈로 닦아둔다.

(2) 멤브레인필터: 필터는 고정상자에 고정하여 밀폐용기에 넣어둔다. 밀폐용기가 플라스틱제품인 경우, 취급에 따라서는 정전기가 발생되므로 주의할 필요가 있다. 이때 호기를 불어주면 정전기를 제거할 수 있다.

### 1.2.5 시료 채취

(1) 포집공기량의 조절: 공기중에는 석면분진 이외의 많은 입자상 물질이 포함되어 있으므로 멤브레인필터를 이용하여 채진하는 경우, 이 석면섬유이외의 입자도 채진된다. 만약, 채진량이 너무 많으면 입자가 중복되어 현미경에 의한 석면섬유의 계수가 곤란하게 된다. 채진량이 0.3 mg/cm<sup>2</sup>를 넘으면 석면섬유를 간과할 수 있다. 이를 위해서는 시료공기의 흡인량 (흡인유속 × 채취시간)을 조절할 필요가 있다. 즉, 계수시야 중의 섬유수가 5~10개정도되면 계수하기 쉽고 계수오차도 비교적 적다.

(2) 채진면이 바닥에서 수직이 되도록 고정하고 바닥으로부터 50~150cm 높이에서 시료를 채취한다.

(3) 홀다의 흡인구에서의 시료공기의 유속은 1.5~5.0cm/sec가 되도록 한다. 단, 수동식 흡인 펌프를 사용할 때는 200ml(펌프용량)의 시료공기를 약 10초에 걸쳐 흡인하고 10회이상의 흡인으로 2ℓ 이상의 시료공기를 흡수한다.

(4) 흡인간격을 조정하여 표본채취시간을 10분간이상으로 한다.

(5) 시료를 채취하지 않는 필터를 1조(set)이상 블랭크(blank)용으로 한다.

### 1.2.6 시료 만들기

#### (1) 필터의 처리

표본이 오염될 염려가 없는 깨끗한 실내에서 분진을 채취한 필터를 2등분하거나 (47mm의 경우), 그대로 사용한다(25mm 또는 13mm 필터의 경우).

#### (2) 필터의 투명화

1) 디메틸프탈레이트와 디에틸옥살레이트의

혼합액을 사용하는 방법...슬라이드글라스의 중앙에 위 용액을 한방울 떨어뜨린다(0.03~0.05ml). 그 위에 필터의 채진면을 위로하여 잘 놓고 필터가 투명하게 되면 카바글라스를 얹고 핀셋으로 가볍게 누른다. 약 30분후면 검경이 가능하다. 이 방법에 의한 표본은 섬유가 자라거나 프탈산의 결정이 나타나는 수가 있어 장기간 보존에는 좋지 않다.

2) 아세톤/트리아세틴을 사용하는 방법...채진면을 위로하여 아세톤증기를 발생시켜 투명화되면 필터중앙에 트리아세틴을 2~3방울 떨어뜨리고 그 위에 카바글라스를 덮어 고정시킨다. 상온에서는 표본을 만든 후 수시간정도 경과하면 완전히 투명하게 된다. 50°C 정도의 hot plate에서 가온하면 5~10분정도면 완전히 투명화된다. 이 방법에 의해 만든 표본은 장기간 보존이 가능하다.

### 1.2.7 섬유수 세기

(1) 대물렌즈 X40, 대안렌즈 X10로 검경한다(400~450배)

(2) 길이 5μm 이상, 길이와 폭(직경)의 비가 3:1 이상으로 폭이 3μm 미만의 섬유상 물질을 석면섬유로 간주하고, 계수의 대상으로 한다.

(3) 수를 세기전에 저배율(100배정도)의 위상차현미경에서 필터위의 분진이 균일하게 채취되어 있는 가를 확인한 후, 배율을 400배로 하여 시야를 무작위로 선택하여 수를 센다.

(4) 한 시야의 섬유를 선후 stage를 옮겨 다른 시야를 측정하여 섬유수가 200본이상 또는 검경한 시야수가 50시야가 될 때까지 검경한다.

(5) 섬유수의 판독에 대한 약속

• 단섬유의 경우: 1개로 센다.

• 단섬유로 구부러져 있는 경우: 구부러진 모양의 진짜 길이를 재어 판정한다.

• 가지가 있는 섬유의 경우: 한 개의 섬유에서 가지가 있는 섬유는 1개로 본다.

• 얽혀 있는 경우:

a 여러개의 섬유가 교차되어 있는 경우는 교차하고 있는 각각의 섬유를 1개로 센다.

b 섬유가 서로 얽혀 정확한 수를 읽을 수

가 없는 경우는 세지 않는다.

• 입자가 붙어 있는 경우 : 입자의 폭이 3  $\mu\text{m}$ 를 넘는 것은 세지 않는다.

• 계수시야의 경계영역에 교차하고 있는 석면섬유의 경우 :

a. 경계에 섬유 양 끝이 들어있는 경우는 1개로 센다.

b. 경계에 섬유의 한쪽 끝만 들어있는 경우는 1/2개로 센다.

(6) blank치를 구하기 위해서는 필터투명액이 오염되지 않도록 주의한다. 석면은 대기중에도 존재하므로 때로 시료는 어느정도 오염되어 있을 수도 있다. 따라서 포집에 이용한 필터와 blank로 사용한 필터를 채진한 필터와 똑같은 방법으로 표본을 만들어 수를 센후 blank치(Nb)를 구해준다.

(7) 주의사항 : 현미경에서 입자를 관찰하는 경우, 시야의 윗부분에 pint를 맞추면 중앙의 입

자는 핀트가 맞지않아 흐려지게 되고 반대의 경우도 있을 수 있다. 따라서 미동장치를 조절하여 계수하는 부분에 초점을 맞춰가면서 수를 세는 것이 중요하다.

### 1.2.8 농도의 계산

섬유수농도는 다음과 같이 구한다.

$$C_f = \frac{A(N-Nb)}{anQ 10^3}$$

$C_f$  : 섬유수농도( $f/cm^3$ )

A : 채진한 면적(멤브레인필터의 유효여과 면적  $mm^2$ )

N : 계수한 섬유의 총수 (f)

Nb : blank의 섬유수(f)

a : 현미경에서 계수한 한 시야의 면적 ( $mm^2$ )

Q : 채기량 (l)

n : 계수한 시야의 수

(계속)

## 회원소식원고 협조를 바랍니다.



협회는 근로자들의 건강관리와 쾌적한 작업환경 관리의 중요성을 국민들에게 널리 인식시키기 위한 홍보사업에 역점을 두고 1984년부터 회보 "산업보건"을 발행하여 회원을 중심으로 학계는 물론 전국 사업장 및 유관기관에 배부해 왔으며, 그동안 관심있는 많은 분들의 협조와 이해 속에서 그 수요는 점차 늘어 산업보건 전문지로서 자리를 굳혀가고 있습니다.

더욱이 편집위원들의 적극적인 협조로 산업보건에 관한 학술정보 및 각종 자료를 보다 효과있고, 신속하게 전달할 수 있는 편집을 위해 노력하고 있습니다. 이러한 노력의 일환으로 "산업보건" 편집위원회에서는 그동안 산업보건의 뿌리를 내리기까지 애써오신 관계분야 여러 선생님들의 노고가 보람있는 결실을 맺을 수 있기를 기원하면서 회보에 산업보건계 동정란을 마련키로 하고 산업보건을 이끌어 가시는 분들의 제반소식을 매월 모아 게재하여 서로 교환하려고 합니다.

선생님들의 적극적인 협조를 부탁드립니다. 매월 "산업보건 소식란"을 간략히 작성하여 매월 20일까지 당협회 편집실로 보내주시면 감사하겠습니다.

\* ... 소식내용 : • 국제학회 및 회의에 관한 사항

• 국내 세미나 및 회의에 관한 사항

• 기관 및 교실에서의 인사 및 동정

• 해외연수

• 기타