유해화학물질공정시험기준 ES 08394

탈크(Talc) 중 석면분석방법 -편광현미경법

2012

(Asbestos in Talc -Polarized Light Microscope Method)

1.0 개요

1.1 목적

편광현미경과 입체현미경을 이용하여 탈크 중 석면의 특성을 관찰하여 정성분석을 하기 위한 것이다.

1.2 적용범위

탈크 중 포함된 모든 석면 유무를 판단할 수 있다. 편광현미경으로 판단할 수 있는 석면의 정량범위는 1% 이상이다.

1.3 간섭물질

일부 고형 시료의 유기물과 무기물은 석면섬유와 뒤섞이거나 석면섬유를 감싸고 있어 석면 고유의 광학적 특성(색상, 굴절률 등)을 방해하여, 석면 광물 조성을 확인하고 정량하는데 방해물질이 될 수 있다.

2.0 용어 정의

2.1 “굴절률(Refractive Index)”이라 함은 물질(시료)에 빛의 투과시 빛의 속도와 진공에서 빛의 속도 비를 말하며 이는 파장과 온도에 따라 변한다.

2.2 “색”이라 함은 편광현미경의 개방니콜(Single polar 또는 open nicole)상에서 섬유나 미립자의 색을 말한다

2.3 “다색성(Pleochroism)”이라 함은 편광현미경의 개방니콜 상에서 재물대를 회전시켰을 때 회전각에 따라 나타나는 섬유나 미립자 색의 변화를 말한다.

2.4 “형태(Morphology)”라 함은 섬유나 미립자의 모양, 결정구조, 길고 짧음 등을 말한다.

2.5 “갈라지는 성질(Cleavage)”이라 함은 원자들의 결합이 약해서 일정한 방향으로 쪼개지거나 갈라지는 성질을 말한다. 모든 석면섬유는 한쪽방향으로의 완전한 방향성을 가지고 있다.

2.6 “간섭색”이라 함은 상광선과 이상광선의 상호작용에 의해서 나타나는 색으로 미립자의 두께와 방향에 따라 다양하게 나타나며 광물 자체의 색은 아니다.

2.7 “간섭상”이라 함은 편광경(conoscope) 장치(Bertrand lens 를 넣었을 때)를 했을 때 빛의 간섭이 나타나는 현상으로, 광축의 수량에 따라 일축성과 이축성으로 나눌 수 있고, 각각 결정의 광학적 방향성에 따라 양(+) 또는 음(-)의 간섭상으로 나누어진다.

2.8 “신장율(elongation) 부호”라 함은 편광현미경의 직교니콜(Crossed Polars 또는 Crossed Nicol)상에서 보정판(The First-Order Red Compensator)을 삽입했을 때 평행 굴절률($n_{\parallel}$)과 수직 굴절률($n_{\perp}$)의 크기에 따라 “양(+)” 또는 “음(-)”의 신장율 부호를 나타내는데 굴절률의 크기가 $n_{\parallel} > n_{\perp}$일 경우 “양(+)”, 굴절률의 크기가 $n_{\parallel} < n_{\perp}$ 일 경우 “음(-)”의 부호이다. 보통, 청색이 북동-남서이고, 오렌지색이 북서-남동의 방향을 가리키고 있다면 양(+)의 신장율 부호를 의미한다. (청석면은 음(-)의 신장율 부호, 백석면 등 5가지 석면은 양(+)의 신장율 부호를 갖는다.)

2.9 “소광(Extinction)” 이라 함은 편광현미경의 직교니콜 상에서 이방성의 섬유나 미립자가 가장 어두워져 보이지 않는 현상을 말한다. 이방성의 섬유나 미립자의 갈라지는 성질(Cleavage)과 접안렌즈의 십자선을 일치시킨 후 재물대를 회전시켜 광물이 없어질(가장 어둡게 될) 때의 사이각을 소광각이라고 한다.

2.10 “복굴절(Birefringence; ‘B’)”이라 함은 이방성 광물에 빛이 투과될 때 최대 굴절률과 최소 굴절률의 차이이다. 즉 높은 굴절률 값에서 낮은 굴절률 값을 뺀 값($n_{\parallel}-n_{\perp}$)이다. 또는 이 복굴절은 방해파장(Retardation; ‘R’)과 두께(Thickness; ‘T’)로부터 구할 수 있으며, 이 값은 미셸-레비 도표(The Michel Levy Chart)를 통

해 B=R/1000T의 수식으로 구할 수 있다.

3.0 분석기기 및 기구

3.1 편광현미경 : 100~400 배율

3.1.1 대물렌즈 : 배율 10, 20, 40배 또는 이와 동등한 것

3.1.2 접안렌즈 : 배율 10배 이상인 것

3.1.3 십자선 접안렌즈 (Retic Eyepiece) : 십자선이 있는 것

3.1.4 분산염색 대물렌즈 또는 이와 동등한 것

3.1.5 보정판(The first order red plate compensator 또는 Bertrand lens) : 약 550 ± 20 nm

3.1.6 재물대(Stage) : 360°회전가능

3.1.7 상부 편광판(Analyzer)

3.1.8 하부 편광판(Polarizer)

3.2 입체 현미경 : 배율 10~45배 이상

3.3 작업후드 또는 글로브 박스 : 헤파필터(HEPA filter)가 장착된 장치

3.4 기구

3.4.1 시료 용기 : 10~50 mL 용량의 나사마개 있는 플라스틱 용기

3.4.3 체(sieve) : 75μm

3.4.4 핀셋, 바늘, 약숟가락, 외과용 칼 : 시료를 고정, 절단, 이동용

3.4.5 투명종이(Glassine paper) 또는 깨끗한 유리판 : 시료 작업판용

3.4.6 현미경용 슬라이드 유리 : 75 × 25 mm 이상

3.4.7 현미경용 커버 유리 : 18 × 18 mm 이상

4.0 시약

4.5 분산염색을 위한 굴절시약(Refractive index, RI liquids)

4.5.1 석면 분석을 위한 주 굴절시약의 굴절률

1.550, 1.605, 1.620 1.680, 1.700

4.4.2 필요에 따라 다른 섬유와 비교 정성분석하기 위한 굴절시약의 굴절률

1.460, 1.500, 1.532, 1.540, 1.544, 1.556, 1.572, 1.588, 1.604, 1.608, 1.612, 1.615, 1.616, 1.630, 1.635, 1.636, 1.640, 1.660, 1.662, 1.670, 1.705

4.5 석면 표준 시료(Standard reference material)

4.5.1 순수한 석면 또는 농도가 명시된 시판용 표준시료
[주 1] NIST(National Institute of Standards and Technology)의 1866b, 1867a 등

5.0 시료채취 및 관리

5.1 안전사항

5.1.1 시료의 채취는 미세한 석면 섬유를 차단할 수 있는 헤파(HEPA)필터류가 장착된 마스크와 보호복 등 모든 보호장비를 구비한 후 채취한다.

5.2 시료의 채취

5.2.1 일반적 요령

5.2.1.1 파우더 시료의 채취는 수입·생산 단위 또는 로트(Lot) 단위를 구분할 수 있는 경우와 구분할 수 없는 경우로 구분하여 시료 채취한다.

5.2.1.2 전체의 성질을 대표할 수 있도록 서로 다른 곳에서 채취한다.

5.2.1.3 여러 개의 시료를 채취할 때는 서로 오염의 영향을 주지 않도록 채취도구나 보호장비 등의 사용에 주의를 기울인다.

5.2.2 채취도구

5.2.2.1 채취도구는 시료의 채취과정 또는 보관 중에 침식되거나 녹이 나는 재질의 것을 사용해서는 안 된다.

[주 1] “색대”와 같은 도구를 이용하여 시료 채취할 수 있다.

5.2.2.2 채취도구는 석면 의심 함유 재질의 일부를 절단할 수 있는 도구와 집게 및 시료가 날리지 않게 밀봉할 수 있는 용기를 준비한다.

5.2.2.3 여러 개의 시료를 채취할 때는 서로 오염이 없도록 충분한 숫자의 채취도구를 준비하거나 안전하고 깨끗한 세척과정을 거쳐 사용한다.

5.2.3 시료용기

5.2.3.1 시료용기는 시료를 변질시키거나 흡착하지 않는 것이어야 하며 기밀하고 누수나 흡습성이 없어야 한다.

5.2.3.2 시료용기는 무색의 폴리에틸렌병, 폴리에틸렌백, 유리병을 사용하고 시료 중에 다른 물질의 혼입이나 성분의 손실을 방지하기 위하여 밀봉할 수 있는 마개를 사용한다.

5.2.3.3 시료용기의 표시는 시료의 성분명칭, 대상 시료의 양, 채취장소, 채취일자, 시료번호, 채취책임자 이름, 기타 참고자료 등을 기재한다.

5.2.6 시료의 수

5.2.6.1 시료 채취는 각 단위 또는 로트(lot)로 구분이 되는 경우 각 단위 또는 로트별로는 아래의 표와 같이 무게 단위를 기준으로 시료 채취한다.

단위 및 로트 구분 가능 시 검사표본의 추출기준

시료 수	무 게			
	1ton 미만	1-100 ton 미만	100-1,000 ton 미만	1,000ton 이상
	3	6	9	12

5.2.6.2 각 단위 또는 로트(Lot) 단위를 구분할 수 없는 경우는 조사대상에서 검사 표본을 포장 수에 따라 최대 30개를 선정하여 시료를 채취하며, 포장 수에 따른 표본 추출은 아래의 표와 같다.

[주 2] 채취한 시료는 혼합하지 않고 각각 별도의 시료로 사용해야 한다.

단위 및 로트 구분 불가능 시 검사표본의 추출기준

포장의 수	표본추출 포장수
1~6	전체
7~14	6
15~24	7
25~34	8
35~44	9
45~54	10
55~64	11
65~74	12
75~84	13
85~94	14
95~104	15
105~114	16
115~124	17
125~134	18
135~144	19
145~154	20
155~164	21
165~174	22
175~184	23
185~194	24
195~204	25
205~214	26

215~224	27
225~234	28
235~244	29
245 이상	30 이상

5.2.7 시료의 보관

5.2.7.1 채취 시료는 수분 등의 영향으로 재질의 변화가 일어나지 않도록 고온다습한 곳을 피하고 상온에서 보관한다.

5.2.7.2 채취 시료는 공기 중으로 비산되지 않도록 밀폐용기 또는 헤파(HEPA) 필터가 장착된 후드 안에서 보관한다.

5.2.7.3 시료는 가급적 지정된 장소에 보관한다.

5.2.8 시료의 폐기

5.2.8.1 실험실에서 폐기되는 석면 함유물질이나 석면으로 오염된 폐기물은 별도의 장소에 모아 폐기한다.

5.2.8.2 석면 폐기물은 처리량을 고려하여 주기적으로 처리한다.

6.0 정도보증/정도관리(QA/QC)

6.1 교육

분석 담당자에 대한 정기적인 교육이나 관련 정보교환 활동을 통해 석면에 대한 지식과 경험을 쌓도록 한다.

6.2 시험 기기, 기구 및 시약의 관리

6.2.1 시험 기기의 관리

현미경을 사용하기 전에 현미경 일치성(Alignment) 확인을 해야 한다. 이는 1) 하부 편광판(Polarizer)과 상부 편광판(Analyzer)의 90도 일치, 2) 십자선(eyepiece

reticle 또는 crossed hair line)의 일치, 3) 보정판(the first order red plate compensator)의 진동방향의 적절한 일치, 4) 시료의 상이 조리개안에서 적절하게 중심 초점이 맞추어 졌는지의 일치, 5) 중심조정(centering) 등이 있다.

6.2.2 현미경과 부속품

현미경과 부속품은 최소 1년에 1회 이상 광원의 밝기, 집광장치, 배율 등의 전문적인 기술 서비스를 받아 전체적으로 청소를 하고 재조정이 필요하다.

6.2.3 시험 기구의 관리

석면분석 전 사용되는 분석기구, 분석 장비에 대한 오염여부를 항상 점검한다. 슬라이드와 커버글라스를 렌즈티슈로 닦고, 핀셋, 막자, 막자사발, 집게 등의 석면 오염을 확인하여 분석일지에 그 결과를 기록한다.

6.2.4 시험 시약의 관리

굴절률 시약은 굴절률 측정기 등을 이용하여 주기적으로 그 굴절률을 확인하여 기록한다.

6.3 내부 정도관리

6.3.1 정성분석

석면분석자는 편광현미경과 입체현미경을 사용하여 6가지 종류(표 3)의 석면을 정확히 구분할 수 있어야 한다. 따라서 분석자는 6가지 종류의 표준시료를 최소 1년 주기로 분석한다.

6.4 외부 정도관리

인증된 다른 석면분석기관간의 교류를 통하여 서로간의 분석능력을 확인하고 검증하며 분석 역량을 유지·개발한다.

7.0 분석절차

7.1 시료 전처리

7.1.1 시료의 건조

7.1.1.1 시료를 건조가 필요한 경우 용기에 담아 건조기에 넣고 온도를 105~110 ℃를 유지하여 4시간 이상 건조한다.

[주 3] 건조 시 비산방지를 위한 조치를 취해야 함

7.1.2 균질화

필요 시 파쇄기를 이용하여 분쇄할 수 있으며, 이때 안전하게 헤파필터가 장착된 후드 내에서 수행한 후, 75μm 체를 이용하여 분리하며, 미세 파우더인 경우 75μm 이하 체를 이용하지 않을 수 있다.

7.1.3 굴절시약 처리

7.1.3.1 슬라이드 유리 위에 굴절시약 1~3 방울을 떨어뜨린 후, 시료의 일정량을 슬라이드 유리 위 굴절시약에 담그고 바늘, 핀셋 등으로 시료를 적절히 분리하고, 깨고, 이동시켜 슬라이드 유리 위에 고르고 평평하게 배치시킨다.

7.1.3.2 굴절시약에 완전하게 담긴 시료가 있는 슬라이드 유리 위에 커버 유리로 덮고, 커버 유리를 핀셋이나 고무 등으로 살짝 눌러주어 공극을 제거한다.

7.1.3.3 시료를 전처리할 때는 시료가 너무 적어 함유량 분석에 지장을 주거나 너무 많은 시료를 전처리하여 정성분석 할 때 방해를 주지 않도록 한다.

7.2 정성평가

7.2.1 석면의 X선 회절분석기에서 석면이 검출된 경우 해당 시료 당 3개 이상의 슬라이들 준비하여 섬유상 석면을 존재 여부를 평가한다. 석면으로 분석되는 대상이 섬유상 기준은 길이 5㎛ 이상이고, 종회비가 5:1 이상인 경우 섬유상 석면이 있는 것으로 평가한다.

7.2.2 석면의 정성분석은 시험물질의 형태, 굴절률, 다색성(pleochroism), 색깔, 복굴절(birefringence), 소광특성(extinction), 신장율 부호(sign of elongation), 분산색(interference color) 등 섬유나 광물의 광학 특성을 분석하여 석면의 정성분석이 이루어진다. 표 2와 같이 시료의 굴절률, 형태 등의 점검표를 작성하여 시료별 석면 종류를 판단한다.

7.2.3 시료를 1.550 굴절시약으로 처리하고 편광기를 조작하여 개방니콜 또는 직교니콜상태로 반복하면서 시료를 확인하고, 재물대를 회전하며 섬유형태를 면밀히 관찰한다. 만일 석면의 특성과 유사한 섬유가 발견되지 않는다면 석면이 없는 것으로 판단한다.

7.2.4 섬유를 발견하면, 편광기를 조작하여 직교니콜상태로 하여 섬유의 특성이 등방성(isotropic)인지 이방성(anisotropic)인지를 확인한다. 만일 모든 섬유가 등방성이고 추가한 전처리 시료도 등방성이면 석면이 없는 것으로 판정한다.

7.2.5 섬유가 이방성이면 재물대를 회전시켜 소광각(angle of extinction)을 측정하여 기록하고 표 3을 참조해 판정한다.

표 2. 석면 판정을 위한 점검표

(a)

시료	굴절률 (refractive index)	형태 (morphology)	색상 (color)	다색성 (pleochroism)	복 굴절률 (birefringence)
	1.550				
	1.605				
	1.620				
	1.680				
	1.700				

(b)

시료	굴절률 (refractive index)	소광각 (extinction)	신장율 부호 (sign of elongation)	분산염색 색깔 (interference color)	석면종류 (type of asbestos)
	1.550				
	1.605				
	1.620				
	1.680				
	1.700				

표 3. 석면의 모양과 굴절특성

석면의 종류	형태와 색상	굴절률(근사값)		복 굴절률
		신장율 (상한)	신장율 (하한)	
백석면 (Chrysotile)	- 꼬인 물결 모양의 섬유 - 다발의 끝은 분산 - 가열되면 무색~밝은 갈색 - 다색성 - 종횡비는 전형적으로 10:1 이상	1.54	1.55	0.002~0.014
갈석면 (Amosite)	- 곧은 섬유와 섬유 다발 - 다발 끝은 빗자루 같거나 분산된 모양 - 가열하면 무색~갈색 - 약한 다색성 - 종횡비는 전형적으로 10:1 이상	1.67	1.70	0.02~0.03
청석면 (Crocidolite)	- 곧은 섬유와 섬유 다발 - 긴 섬유는 만곡 - 다발 끝은 분산된 모양 - 특징적인 청색과 다색성 - 종횡비는 전형적으로 10:1 이상	1.71	1.70	0.014~0.016
직섬석 (Anthophyllite)	- 곧은 섬유와 섬유 다발 - 절단된 파편 존재 - 무색~밝은 갈색 - 비다색성 내지 약한 다색성 - 종횡비는 일반적으로 10:1 이하	1.61	1.63	0.019~0.024
투섬석 (Tremolite)	- 곧고 흰 섬유 - 절단된 파편이 일반적이며 큰 섬유 다발 끝은 분산된 모양 - 투섬석은 무색 - 녹섬석은 녹색~약한 다색성 - 종횡비는 일반적으로 10:1 이하	1.60 ~1.62	1.62 ~1.64	0.02~0.03
녹섬석 (Actinolite)		1.62 ~1.67	1.64 ~1.68	

표 3. 석면의 모양과 굴절특성(앞면 계속)

석면의 종류	소광특성	신장율 부호	중심부 차폐 슬릿의 분산염색		
			RI 용액	색상	
				$n_{\perp}$	$n_{\parallel}$
백석면	섬유길이에 평행	+	1.550^{HD}	청색	파란 자홍색 (blue magenta)
갈석면	섬유길이에 평행	+	1.680	파란 자홍색에서 연한청색 (blue magenta to pale blue)	황금색
청석면	섬유길이에 평행	−	1.700	붉은 자홍색 (red magenta)	파란 자홍색 (blue magenta)
			1.680	황금색 (golden yellow)	연한 노란색
직섬석	섬유길이에 평행	+	1.605^{HD}	청색	황금색에서 황금자홍색 (gold to gold magenta)
			1.620^{HD}	청녹색	황금색
투섬석-녹섬석	파편은 사소광(oblique) (10~20°) 일부섬유는 소광을 보임	+	1.605^{HD}	연한청색	노란색
			1.605^{HD}	노란색	연한 노란색

HD = 높은 분산, RI 액체의 시리즈

7.2.6 현미경에 붉은 보정기판을 삽입한 다음 신장율 부호를 측정한다. 청석면을 제외한 모든 종류의 석면섬유는 양(+)의 부호를 갖으며 음(-)의 부호를 가진 경우는 7.2.8의 단계로 가서 분석한다.

7.2.7 보정기판를 제거하고, 편광필터의 교차를 풀어 평면 편광하에서 섬유-오일의 경계선에서 청색과 금갈색의 색을 관찰한다. 백석면의 특징인 꼬임과 굴곡을 가진 다발 모양 등 섬유 형태를 관찰한다. 단, 꼬임이 있되 리본 모양의 형태를 가진 섬유는 셀룰로오스 섬유일 수 있다. 이때는 섬유의 굴절률이 정확히 1.550 인지를 보기 위해 편광을 부분적으로 교차시켜 볼 필요가 있으며 만약 섬유가 더 높은 굴절률을 보이면 7.2.10의 방법으로 분석하고 그렇지 않으면 다음 단계로 계속한다.

7.2.8 백석면을 확인하기 위해 분산색 확인을 위한 대물렌즈를 끼우고 청색과 청-자홍색을 관찰한다. 이 검사로 백석면이 확인되면 정량은 7.3.1의 분석방법에 따른다.

7.2.9 청석면의 확인

7.2.9.1 청석면을 확인하기 위해 시료를 1.680 굴절시약으로 처리하고 청석면의 형태를 관찰한다. 그 형태는 곧고, 강직한 모양으로 분산색은 가로방향($n_{\parallel}$)에서 금빛 노란색을 띠고 세로방향($n_{\perp}$)에서는 연한 노란색을 나타낸다. 이 검사로 청석면이 확인되면 정량은 7.3.1의 분석방법에 따른다.

7.2.9.2 청석면을 확인하기 위해 시료를 1.700 굴절시약으로 처리하고 청석면의 형태를 관찰한다. 그 형태는 곧고, 강직한 모양으로 청색 또는 자청색을 띤다. 다색성을 나타내어 회전각도에 따라 파란색 또는 회색빛을 띠고 분산색은 붉은 자홍색과 파란 자홍색을 나타낸다. 이 검사로 청석면이 확인되면 정량은 7.3.1의 분석방법에 따른다.

7.2.10 갈석면의 확인

갈석면을 확인하기 위해 시료를 1.680 굴절시약으로 처리하고 갈석면의 형태를 관찰한다. 갈석면은 곧은 섬유와 빗자루 같은 섬유다발이거나 끝이 벌어진 모양이며 분산색은 커밍토나이트(cummingtonite) 형태는 청색과 연한 청색을 나타내며, 그루네라이트(grunerite) 형태는 금색(또는 노란색)과 청색을 띤다. 이 검사로 갈석면이 확인되면 정량은 7.3.1의 분석방법에 따른다.

7.2.11 직섬석-투섬석-녹섬석의 확인

7.2.11.1 직섬석-투섬석-녹섬석을 확인하기 위해 1.605 굴절시약을 준비하고 직섬석-투섬석-녹섬석의 형태를 관찰한다. 이 섬유들의 굴절률은 같은 종 내에서도 다르며, 직섬석은 거의 평행소광을 보이며, 이 특성을 이용해 투섬석과 녹섬석의 구별이 가능하다. 세 섬유 모두 곧으며 결정이 파손되는 수도 있다.

7.2.11.2 중심부 차폐슬릿 분산색의 대물렌즈를 이용하여 관찰할 경우 직섬석은 청색과 황금색·금빛 자홍색을 나타낸다.

7.2.11.3 투섬석은 연한 청색과 노란색을 나타낸다.

7.2.11.4 녹섬석은 평면 편광 하에서 밝은 녹색에서 어두운 녹색을 띠며 약간의 다색성을 보인다. 녹섬석은 자홍색과 금빛 노란색을 나타낸다.

[주 2] 규회석(wollastonite)은 직섬석과 거의 비슷한 성질을 가지고 있어 분석할 때 주의해야 한다.

7.2.12 규회석과 직섬석의 비교

규회석과 직섬석과의 비교를 위해서 시료를 굴절시약 처리 전에 진한 염산으로 시료가 있는 슬라이드에 떨어뜨려 전처리하고 커버슬라이드를 덮고, 전열기 위에서 따뜻하게 하여 건조시킨다. 모세관 현상을 이용하여, 커버글라스 밑에 1.620 굴절시약을 넣고 편광현미경으로 관찰하면, 규회석은 “음영교차(cross-hatched)" 형태를 띠고 분산색을 보이지 않는 반면 투섬석과 직섬석은 분산색을 나타낸다.

8.0 결과보고

8.1 정성 분석결과

편광현미경으로 시료를 관찰하여 표 4의 양식으로 기록하여 석면의 종류를 확인한다.

표 4. 편광현미경법에 의한 미지시료의 결과

시료번호	정성결과	섬유상
시료	백석면	○, ×
	청석면	○, ×
	갈석면	○, ×
	직섬석	○, ×
	투섬석	○, ×
	녹섬석	○, ×

9.0 참고자료

9.1 USEPA, Polarized Light Microscopy, Subpart E, App. E, 40CFR763

9.2 USEPA, Interim Method for the Determination of Asbestos in Bulk Insulation Samples, EPA/600/M4-82-020, 1982

9.3 USEPA, Test Method for the Determination of Asbestos Asbestos in Bulk Building Materials. EPA/6100/R-93/116, 1993

9.4 McCrone, Walter C., "Routine Detection and Identification of Asbestos", *The Microscope*, 33, 273-284, 1985

9.5 McCrone, Walter C., Asbestos Identification, McCrone Research Institute, 1987.

9.6. 작업환경측정·분석방법 지침, 한국산업안전공단

9.7 USA, Advanced Asbestos Identification, McCrone Research Institute.

9.8 USA, Asbestos(bulk) by PLM, NIOSH 9002, 1994.

9.9 UK, Asbestos : The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures, HSE, 2005.

9.10 Germany, VDI 386 series Part 1, VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, 2000.

9.11 대기-석면섬유 측정방법(직접전달투과 전자현미경법) KS M ISO 10312 : 2008

9.11 Ambient air-Determination of asbestos fibres-Indirect-transfer transmission electron microscopy method ISO 13794 : 1999