

## 석면조사 및 안전성 평가 등에 관한 고시

제정 2009.8.7 노동부고시 제2009-32호  
개정 2012.1.26 고용노동부고시 제2012- 9호

### 제1장 총칙

제1조(목적) 이 고시는 「산업안전보건법」 제38조의2, 제38조의4 및 제38조의5, 같은 법 시행규칙 제80조의4, 제80조의8 및 제80조의11에 따른 건축물이나 설비의 기관석면조사 및 공기 중 석면농도 측정, 석면분석에 관한 정도관리, 석면해체·제거작업의 안전성 평가 등에 관하여 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

제2조(정의) ① 이 고시에서 사용하는 용어의 뜻은 다음 각 호와 같다.

1. “기관석면조사”란 「산업안전보건법」(이하 “법”이라 한다) 제38조의2제2항에 따른 건축물이나 설비의 석면함유 여부, 함유된 석면의 종류 및 함유량, 석면이 함유된 물질이나 자재의 종류, 위치 및 면적 또는 양 등을 판단하는 행위 전부를 말한다.
2. “균질부분(Homogeneous Area)”이란 제품 고유의 색상과 질감이 같고 같은 시기에 만들어진 같은 물질이나 자재로 구성된 부분을 말한다.
3. “분무제 또는 내화피복제”란 건축물이나 설비의 내외부에 내화, 흡음, 단열, 장식 및 그 밖의 용도를 위해 분무, 미장 등의 방법으로 표면에 바르거나 입혀진 물질이나 자재를 말한다.
4. “보온재”란 건축물이나 설비의 파이프, 덕트, 보일러, 탱크 등의 내외부에 보온 또는 단열을 목적으로 사용된 물질이나 자재를 말한다.
5. “그 밖의 물질”이란 건축물이나 설비의 내외부에 내화, 흡음, 단열, 장식 및 그 밖에 이와 유사한 용도로 사용된 제3호 및 제4호를 제외한 벽체 재료, 바닥재, 천장재, 지붕재, 단열재, 개스킷, 패킹재, 실링재 등의 물질이나 자재를 말한다.

6. “지역시료 채취”란 시료채취기를 작업이 이루어진 장소에 고정하여 공기 중 입자상 물질을 채취하는 것을 말한다.
7. “고형시료 채취”란 석면조사를 목적으로 건축물 등에 사용된 물질이나 자재의 일부분을 채취하는 것을 말한다.
8. “정도관리”란 법 제38조의2제5항에 따라 기관석면조사에 대한 정확도와 정밀도를 확보하기 위해 석면조사기관의 석면조사·분석능력을 평가하고 그 결과에 따라 지도·교육 및 그 밖에 분석능력 향상을 위하여 행하는 모든 관리적 수단을 말한다.
9. “안전성 평가”란 법 제38조의4제4항에 따라 석면해체·제거업자(이하 “등록업체”라 한다)의 신뢰성 유지를 위하여 다음 각 목의 기준 등을 통하여 석면해체·제거작업의 안전성을 평가하는 것을 말한다.
  - 가. 석면해체·제거작업기준의 준수 여부
  - 나. 장비의 성능
  - 다. 보유인력의 교육이수, 능력개발, 전산화 정도 및 그 밖에 필요한 사항 등

② 그 밖에 이 고시에서 사용하는 용어의 뜻은 이 고시에 특별히 정한 경우를 제외하고는 법, 「산업안전보건법 시행규칙」(이하 “규칙”이라 한다) 및 「산업안전보건기준에 관한 규칙」(이하 “안전보건 규칙”이라 한다)에서 정하는 바에 따른다.

제3조(기관 및 등록업체 점검) ① 지방고용노동관서의 장은 법 제38조의2에 따른 관할지역 소재 지정 석면조사기관에 대하여 규칙 별표 10의3에 따른 인력, 시설 및 장비기준 등 지정요건과 업무실태를 지도·감독할 수 있다.

② 지방고용노동관서의 장은 관할지역 소재 등록 석면 해체·제거업자에 대하여 규칙 별표 10의4에 따른 인력, 시설 및 장비기준 등 등록요건과 업무실태를 지도·감독할 수 있다.

### 제2장 기관석면조사

제4조(조사방법) 규칙 제80조의4제1항의 기관석면조사는 다음 각 호의 방법을 따라야 한다.

1. 분석을 제외한 석면조사는 규칙 별표10의3의 인력기준 중 가목과 나목의 사람이 실시할 수 있다.

2. 고행시료 채취 전에 육안검사와 공간의 기능, 설계도서, 사용자재의 외관과 사용 위치 등을 조사하고 각각의 균질부분으로 구분하여야 한다.
3. 설계도서, 자재이력, 물질의 외관 및 질감 등을 통해 석면함유 여부가 명백하지 않은 균질부분에 대해서는 석면함유 여부 판정을 위해 고행시료를 채취·분석하여야 한다.
4. 기관석면조사 이후 건축물이나 설비의 유지·보수 등으로 물질이나 자재의 변경이 있는 경우에는 해당 부분에 대하여 기관석면조사를 실시하여야 한다.

제5조(고형시료 채취 수 및 분석) ① 제3조 제2호에 따라 구분된 각각의 균질부분에 대하여 석면함유 여부를 판정하는 경우에는 다음의 표 1에서 정한 기준에 따라 시료수를 채취하여야 한다.

<표 1> 균질부분의 종류 및 크기별 최소 시료채취 수

종류	크기*	최소 시료채취 수
분무재 또는 내화피복재	100㎡ 미만	3
	100㎡ 이상 ~ 500㎡ 미만	5
	500㎡ 이상	7
보온재	2m 미만 또는 1㎡ 미만	1
	2m 이상 또는 1㎡ 이상	3
그 밖의 물질	-	1

\* 균질부분 각각에 대한 크기를 의미하는 것으로 균질부분의 종류별 합을 의미하는 것이 아님(동일 물질이라 하더라도 색상과 질감이 같고, 같은 시기에 만들어지지 않은 경우 별개의 균질부분으로 구분)

- ② 채취한 고행시료는 편광현미경법을 이용하여 시료 중 석면의 함유 여부, 검출된 석면의 종류 및 함유율을 분석하여야 하며, 세부 분석방법은 별표 1의 “편광현미경을 이용한 건축자재 등의 석면분석법”에 따른다.
- ③ 제2항에도 불구하고 균질부분에서 채취한 시료의 일부 분석결과 석면함유 물질로 판정되면 나머지 시료는 분석하지 아니할 수 있다.
- ④ 연구나 실태조사 등으로 이미 석면 함유여부가 확인된 균질부분에 대하여는 시료채취나 분석을 하지 아니할 수 있다.

제6조(석면함유 여부 판정) 규칙 제80조의4제2항에 따라 하나의 균질부분에서 2개 이상의 고행시료를 채취·분석한 경우 석면함유율이 가장 높

은 결과를 기준으로 해당 균질부분의 석면함유 여부를 판정하여야 한다. 다만, 필요한 경우에는 균질부분을 재구분하고 석면조사를 재실시하여 석면조사 결과서에 반영할 수 있다.

제7조(석면함유물질의 성상 구분 및 평가) ① 제5조에 따른 판정결과 석면의 함유율이 1퍼센트를 초과한 균질부분(이하 “석면함유물질”이라 한다)의 성상(性狀)은 다음 각 호의 어느 하나로 구분하고 각각의 길이, 면적 또는 부피를 평가하여야 한다.

1. 분무재(뿜칠재)
  2. 내화피복재
  3. 천장재
  4. 지붕재
  5. 벽재(벽체의 마감재)
  6. 바닥재
  7. 보온재(파이프 보온재 포함)
  8. 단열재
  9. 개스킷(Gasket)
  10. 패킹(Packing)재
  11. 실링(Sealing)재
  - 12 제1호 내지 11호 외의 물질 또는 자재(자재의 성상(性狀) 또는 쉽게 알 수 있는 명칭을 구분하여 제시하여야 한다)
- ② 석면조사기관은 필요 시 석면함유물질의 현재 손상정도 및 향후 사람의 접근가능성을 고려한 석면의 비산(飛散)위험성을 평가하여 석면해체·제거 계획의 우선순위 판단 등 향후 건축물 등의 석면관리를 위한 정보를 제공할 수 있다.

제8조(석면조사 결과서 작성) ① 법 제38조의2제2항 및 시행규칙 제80조의4제3항에 따라 석면조사 결과서는 다음 각 호의 내용을 포함하여야 한다.

1. 조사대상 및 범위
2. 조사일시 및 조사자
3. 각 균질부분의 구분과 구분 근거
4. 고행시료 채취위치 및 시료 수
5. 고행시료별 분석결과 및 분석방법

6. 석면함유물질의 위치, 함유된 석면의 종류, 함유율(%), 함유물질의 양  
(길이, 면적 또는 부피), 성상(性状)구분

※ 필요 시 지도 또는 도면 등 사용

7. 제6조제2항에 따른 석면의 비산(飛散)위험성 평가결과

8. 석면조사 결과서 작성일, 석면조사기관명 과 직인

### 제3장 공기 중 석면노동 측정

제9조(측정방법) ① 규칙 제80조의11에 따른 공기 중 석면농도 측정(이하 “석면농도측정”이라 한다)은 실내 작업장을 대상으로 석면해체·제거 작업이 모두 완료되고 작업장의 보양시설이 철거되지 아니한 밀폐된 상태에서 측정하여야 한다.

② 규칙 제80조의11제1항 제1호에 따라 작업이 완료된 상태의 확인은 다음 각 호의 사항을 따라야 한다.

1. 작업계획서 상 작업대상인 석면이 함유된 물질의 종류와 위치를 확인하여 완전히 제거되었음을 확인할 것
2. 작업장 바닥 등 표면에 제거대상 물질의 조각, 육안으로 보이는 부스러기와 표면에 퇴적된 먼지 등 잔재물(殘滓物)이 존재하지 않음을 확인할 것
3. 작업장 바닥이 젖어 있거나 물이 고여 있지 않음을 확인할 것
4. 폐기물은 밀폐공간 내에 존재하지 않고 모두 반출되었음을 확인할 것
5. 밀폐막이 손상되지 않고 외부로부터 작업장이 차폐되어 있음을 확인할 것

③ 규칙 제80조의11제1항 제2호에 따라 작업장 내 공기는 건조한 상태를 유지하고, 송풍기 등을 이용하여 석면이 제거된 표면, 먼지가 침전될 수 있는 작업장 표면, 시료채취 위치 주변 등 작업장 내 침전된 분진을 충분히 비산(飛散)시킨 후 즉시 시료를 채취한다.

④ 규칙 제80조의11제1항제3호에 따라 시료채취기의 설치 및 지역시료 채취방법은 다음 각 호와 같다.

1. 시료채취 펌프를 이용하여 멤브레인 여과지(Mixed Cellulose Ester membrane filter)로 공기 중 입자상 물질을 여과 채취한다.
2. 바닥으로부터 약 1~2m 높이 또는 석면이 제거된 위치와 비슷한 높이에서 실시한다.

3. 공기는 1 ~ 16L/min의 유량으로 각 시료채취 매체 당 최소 1,200L 이상의 공기를 채취한다.

제10조(시료채취 수) 시료채취 수는 작업장별 각각 불침투성 차단재로 밀폐된 공간의 바닥 면적(이하 “밀폐면적”이라 한다)에 따라 다음의 수식으로 계산된 시료 수 이상을 채취해야 한다.

$$\text{(계산식) 밀폐면적의 크기별 최소 시료채취 수} \\ = \text{밀폐면적}(A, \text{m}^2)^{1/3} - 1 \text{ (소수점 이하 버림)}$$

계산 예:

밀폐면적(A)	최소 시료채취 수
50m <sup>2</sup>	2
100m <sup>2</sup>	3
200m <sup>2</sup>	4
500m <sup>2</sup>	6
1000m <sup>2</sup>	9
5000m <sup>2</sup>	16

제11조(분석) ① 법 제38조의5제2항에 따라 공기 중 석면농도의 분석은 위상차현미경으로 계수하는 방법으로 실시하며, 분석방법은 「작업환경측정 및 지정측정기관 평가 등에 관한 고시」에 따른다.

② 제1항에도 불구하고 필요 시 추가로 분석전자현미경을 이용하여 미국 산업안전보건연구원(NIOSH) 공정시험법(NMAM7402), 영국보건안전청(HSE) 공정시험법(MDHS 87) 또는 이와 같은 수준이상의 분석법에 따라 섬유종류를 구분하여 석면농도기준 초과 여부를 평가할 수 있다.

③ 분석결과는 소수점 넷째자리에서 반올림하여 소수점 셋째자리까지 표기한다

제12조(석면농도측정결과표 작성) 법 제38조의5제2항에 따라 공기 중 석면농도를 측정할 때에는 규칙 별지 제17호의10서식의 석면농도측정결과표를 작성하여야 한다.

제 4장 석면분석에 관한 정도관리

제1절 적용범위 및 실시기관

제13조(적용범위) 이 장의 규정은 법 제38조의2에 따른 석면조사기관 또는 석면조사기관으로 지정을 받고자 하는 기관 및 규칙 제80조의10에 따른 공기 중 석면농도를 측정하는 지정측정기관(이하 “대상기관”이라 한다)에 적용한다. 다만, 정도관리에 자율적으로 참여를 희망하는 기관·단체 및 사업장에 대하여도 적용할 수 있다.

제14조(실시기관) ① 이 장에 따른 정도관리 실시기관(이하 “실시기관”이라 한다)은 한국산업안전보건공단(이하 “공단”이라 한다) 산업안전보건연구원(이하 “연구원”이라 한다)으로 한다.  
② 실시기관은 정도관리를 위하여 국제적으로 공신력이 있는 정도관리기구에 가입하여야 한다.

제15조(실시기관의 업무) ① 실시기관은 다음 각 호의 업무를 수행한다.

1. 정도관리 운영계획의 수립
2. 분석방법의 표준화 도모
3. 관리기준 설정
4. 정도관리용 시료조제 및 분배
5. 정도관리용 시료분석
6. 분석능력 평가
7. 기관간 분석자료 수집 및 결과통보
8. 시료의 교환 및 분석
9. 정도관리 운영계획에 필요한 서식 작성
10. 그 밖의 정도관리에 필요한 사항

② 제1항에도 불구하고 실시기관은 제17조에 따라 정도관리운영위원회가 필요하다고 인정하는 경우 민간 전문기관을 통해 정도관리용 시료조제 등을 할 수 있다.

제16조(정도관리운영위원회의 구성) ① 실시기관은 대상기관에 대한 효율적 정도관리를 위하여 정도관리운영위원회를 구성·운영하여야 한다. 다만, 「작업환경측정 및 지정측정기관 평가 등에 관한 고시」에 따라 정도관리운영위원회를 구성하는 경우 이 고시에 따른 정도관리운영위원회의 구성을 갈음할 수 있다.

- ② 정도관리운영위원회는 위원장을 포함하여 10명 이내의 위원으로 구성한다.
- ③ 위원장은 연구원장으로 한다.
- ④ 위원은 위원장이 위촉하되, 연구원 및 한국산업위생학회가 추천하는 위원이 각각 3명 이상이 되도록 하여야 한다.

제17조(정도관리운영위원회의 기능) 정도관리운영위원회는 다음 각 호에 관한 사항을 심의·조정한다.

1. 정도관리용시료의 조제방법
2. 정도관리의 시기
3. 정도관리의 평가방법 및 결과처리
4. 정도관리에 필요한 시료분석
5. 그 밖에 정도관리운영에 필요한 사항

제18조(정도관리운영위원회 회의개최) 정도관리운영위원회는 회의를 연 1회 이상 정기 개최하여야 한다. 다만, 위원장이 필요하다고 인정하는 경우 임시회의를 수시로 개최할 수 있다.

제19조(정도관리실무위원회의 구성) ① 운영위원장은 위원회를 효율적으로 운영하기 위하여 정도관리실무위원회를 두어야 한다.

② 정도관리실무위원회는 연구원 및 한국산업위생학회가 추천하는 전문가 3명 이상 5명 이하로 구성한다.

제20조(정도관리실무위원회의 기능) 정도관리실무위원회는 다음 각 호의 업무를 수행한다.

1. 정도관리 세부일정 수립
2. 정도관리 기준시료 조제

3. 정도관리 분석자료에 대한 평가
4. 정도관리 결과에 대한 검토
5. 운영위원회에서 결정된 사항
6. 그 밖의 정도관리 세부시행에 필요한 사항

### 제3절 정도관리 실시 및 평가기준 등

제21조(실시주기 및 구분) ① 실시기관은 정기 정도관리를 매년 1회 이상 실시하여야 한다.

② 실시기관은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 임시정도관리를 실시할 수 있다.

1. 대상기관이 부실측정 등으로 민원을 일으킨 경우
2. 그 밖에 정도관리운영위원회에서 임시정도관리가 필요하다고 인정한 경우

③ 제2항에 따라 임시정도관리를 실시하는 때에는 실시계획을 해당기관에 통보하여야 한다. 이때 임시정도관리 실시를 통보받은 대상기관은 반드시 참여하여야 하며, 참여하지 않은 경우에는 부적합으로 처리한다.

제22조(정도관리 실시 공고) 실시기관은 정도관리 시행 30일 전까지 대상기관에게 정도관리의 실시를 알려야 하며, 공단 홈페이지에 이를 공고하여야 한다. 다만, 임시정도관리를 실시하는 경우에는 공고를 생략할 수 있다.

제23조(정도관리참여신청) 정도관리에 참여하고자 하는 대상기관은 별지 제1호 서식의 정도관리참여신청서를 작성하여 실시기관에 신청을 하여야 한다.

제24조(정도관리 분야) 대상기관에 대한 정도관리 항목은 “공기 중 석면계수분석 분야” 및 “고형시료 중 석면분석 분야”로 구분한다.

제25조(정도관리용 시료의 분석) ① 대상기관은 표준시료를 배분 받은 날부터 20일 이내에 해당 표준시료를 분석한 결과를 연구원장에게 제출하여야 한다.

② 제1항에도 불구하고 정도관리위원회는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 대상기관에 대하여 별도의 방법으로 정도관리를 실시할 수 있으며, 이 경우 대상, 시료조제, 평가 방법 및 적합 기준을 정하여야 한다.

1. 대상기관의 분석자가 정도관리에 처음으로 참여하는 경우
2. 대상기관이 제21조제2항에 따른 임시정도관리를 받는 경우
3. 그 밖에 별도의 정도관리가 필요한 경우

제26조(평가기준) 실시기관이 대상기관의 분야별 정도관리결과를 평가할 때는 기준실험실에서 분석한 모든 결과 및 대상기관의 분석자료를 종합하여 통계적인 절차를 거쳐야 하며, 분야별 적합 인정기준은 운영위원회에서 정한다.

제27조(정도관리 결과보고) 실시기관은 특별한 사유가 없는 한 정도관리를 종료한 날부터 10일 이내에 대상기관별 정도관리 실시 결과를 고용노동부장관에게 보고하여야 한다.

제28조(판정기준) 고용노동부장관은 제27조에 따른 결과보고를 취합하여 다음 각 호의 기준에 따라 종합적으로 판단하여야 한다.

1. 최근 정도관리를 포함하여 연속 2회의 실시결과를 종합하여 분야별로 2회 중 1회 이상 적합 판정을 받은 경우에만 합격으로 판정할 것
2. 정도관리에 참여하지 않은 경우에는 부적합으로 처리할 것

제29조(세부시행규정) 정도관리운영위원회의 구성 및 운영, 정도관리 표준시료의 조제, 평가 등 정도관리 실시에 필요한 세부시행규정은 연구원장이 고용노동부장관의 승인을 받아 별도로 정한다.

## 제5장 안전성 평가

### 제1절 평가대상 및 평가운영위원회 등

제30조(평가대상 및 주기) ① 평가대상은 법 제38조의4제1항에 따른 석면해체·제거업자(이하 “등록업체”라 한다)로 제31조에 따른 평가운영

위원회에서 정한 기준에 따라 선정된 등록업체로 한다. 다만, 평가일 현재 등록된 날부터 1년 미만인 등록업체는 평가대상에서 제외한다.

② 평가는 매년 실시하되, 고용노동부장관이 필요하다고 인정하는 경우에는 평가주기를 조정할 수 있다.

제31조(평가실시기관) 평가를 실시하는 기관은 공단으로 한다.

제32조(평가운영위원회의 구성·운영) ① 고용노동부장관은 안전성 평가 계획수립 및 평가에 필요한 사항을 심의하기 위하여 평가운영위원회를 둔다.

② 평가운영위원회는 위원장 1명을 포함하여 10명 이내의 위원으로 구성한다.

③ 위원장은 위원 중에서 호선한다.

④ 위원은 고용노동부장관이 위촉하되, 고용노동부 및 공단 소속 직원, 관련 분야의 지식과 경험이 풍부한 외부 전문가가 각각 2명 이상이 되도록 하여야 한다. 다만, 다음 각 호에 해당하는 사람은 당연직 위원이 된다.

1. 고용노동부 소관업무 부서장
2. 공단 소관업무 부서장

⑤ 위원의 임기는 3년으로 하고, 1회에 한하여 연임할 수 있다. 다만, 당연직 위원의 임기는 해당 업무에 재직하는 기간으로 한다.

⑥ 평가운영위원회에 그 사무를 처리할 간사 1명을 두되, 위원장이 그 소속 직원 중에서 임명한다.

⑦ 회의는 재적위원 과반수의 출석으로 개의한다.

제33조(평가운영위원회의 기능) ① 평가운영위원회는 다음 각 호의 사항을 심의한다.

1. 평가계획 수립
2. 평가대상 선정
3. 평가방법
4. 평가항목 및 배점
5. 평가등급 결정 및 공표
6. 운영위원회 운영
7. 평가실무위원회에서 상정한 사항

8. 그 밖에 평가에 필요한 사항

제34조(평가실무위원회의 설치) ① 평가운영위원회는 안전성 평가의 전문적인 사항을 검토하기 위하여 평가실무위원회를 둘 수 있다.

② 평가실무위원회는 위원장 1인을 포함하여 5명 이상 7명 이하의 위원으로 구성한다.

③ 위원장은 공단 소관업무 부서장으로 한다.

④ 위원은 위원장이 위촉하되, 고용노동부 및 공단 소속 직원, 관련 분야의 지식과 경험이 풍부한 외부 전문가가 각각 1명 이상이 되도록 하여야 한다.

⑤ 위원장은 평가실무위원회의 사무를 처리하기 위하여 그 소속 직원 중에서 1명을 간사로 둘 수 있다.

제35조(평가실무위원회의 업무) ① 평가실무위원회는 다음 각 호의 업무를 수행한다.

1. 평가 세부일정 수립
2. 평가항목 적용 세부기준 수립
3. 세부 평가방법 수립
4. 평가표 개발 및 보완
5. 평가반 구성 및 운영
6. 평가결과의 집계 및 검토
7. 운영위원회에서 위임·결정된 사항
8. 그 밖에 평가 세부시행을 위하여 필요한 사항

② 평가실무위원회는 제1항 각 호에 대한 처리결과를 운영위원회에 보고하여야 한다.

## 제2절 평가기준 및 방법 등

제36조(평가기준 등) ① 공단은 규칙 제80조의8에 따른 평가표를 개발하여야 한다.

② 평가내용은 평가대상 등록업체의 최근 1년간의 업무를 기준으로 한다.

제37조(평가계획의 공고) 공단은 평가 실시 30일 전까지 평가실시 계획을

공단 홈페이지에 공고하고 평가대상 등록업체에 알려야 한다.

제38조(평가반) ① 평가반은 공단 소속 직원 중 평가운영위원회가 정한 자격을 갖춘 전문가로 구성한다. 다만, 필요 시 외부 전문가를 평가반에 포함시킬 수 있다.

② 평가실무위원회는 평가실시 전에 평가반을 대상으로 평가 기준 및 방법 등을 교육하여야 한다.

제39조(평가실시 등) ① 공단은 평가실시 전에 평가기준을 공개하여야 한다.

② 평가반은 평가대상 등록업체의 사무실 및 석면해체·제거 작업현장을 직접 방문하여 평가표에 따라 평가를 실시하여야 한다. 다만, 평가기간 중 석면해체·제거 작업이 없는 등 작업현장을 방문하여 평가를 실시할 수 없는 경우에는 이를 대신할 수 있는 방법으로 평가한다.

③ 제2항 단서에서 정한 “이를 대신할 수 있는 방법”은 평가실무위원회에서 정한다.

④ 평가반은 평가를 완료한날부터 7일 이내에 평가결과보고서를 공단에 제출하여야 한다.

⑤ 공단은 평가반이 제출한 평가결과보고서를 실무위원회에 검토의뢰하여야 한다.

⑥ 공단은 평가실무위원회의 검토결과를 제출받아 7일 이내에 평가대상 등록업체에 평가점수를 통보하여야 한다.

⑦ 평가대상 등록업체는 평가점수를 통보받은 날은 날부터 7일 이내에 별지 제2호서식에 따라 공단에 이의신청을 할 수 있다.

⑧ 공단은 이의신청서를 접수받은 경우에는 실무위원회의 검토를 거쳐 21일 이내에 그 결과를 해당 등록업체에 알려야 한다.

⑨ 공단은 평가를 종료한 후에는 종합평가결과 보고서를 고용노동부장관에게 제출하여야 한다.

제40조(정보누설 금지) 평가에 참여하는 사람은 평가과정에서 취득한 정보를 누설하여서는 아니된다.

### 제3절 평가결과 공표 및 활용

제41조(평가등급 결정) ① 평가운영위원회는 평가대상 등록업체의 확정된

점수를 기준으로 다음 각 호의 평가등급을 결정하여야 한다. 다만, 평가 실시를 거부한 등록업체에 대하여는 최하위 등급을 부여한다.

1. S 등급: 합계 평점이 90점 이상

2. A 등급: 합계 평점이 80점 이상 90점 미만

3. B 등급: 합계 평점이 70점 이상 80점 미만

4. C 등급: 합계 평점이 60점 이상 70점 미만

5. D 등급: 합계 평점이 60점 미만

② 평가운영위원회는 제1항의 평가등급별 분포비율 등을 고려하여 평가대상 등록업체별 평가등급을 일부 조정할 수 있다.

③ 평가운영위원회는 평가대상 등록업체가 거짓 또는 부정한 방법으로 평가받은 사실이 확인된 경우에는 최하위 등급으로 변경하여야 한다.

제42조(평가결과의 공표) ① 고용노동부장관은 규칙 제80조의8제2항에 따라 등록업체의 평가등급을 공표할 수 있다.

② 공표방법은 고용노동부 또는 공단 홈페이지에 게시하는 등 다양한 매체를 활용할 수 있다.

제43조(평가결과의 활용) ① 고용노동부장관은 안전성 평가결과를 행정기관의 장 또는 「공공기관의 운영에 관한 법률」 제4조에 따른 공공기관의 장에게 통보하여 「국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률 시행령」 제13조에 따른 입찰참가자격 사전심사 등 관련 업무에 활용하도록 권고할 수 있다.

② 고용노동부장관은 안전성 평가결과가 우수한 등록업체에 대하여 제3조제2항에 따른 점검을 면제할 수 있다.

제44조(재검토기한) 이 고시는 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」(대통령훈령 제248호)에 따라 발령 후 2015년 1월 25일까지 법령이나 현실여건의 변화 등을 검토하여 폐지 또는 개정한다.

부 칙

이 고시는 2012년 1월 26일부터 시행한다. 다만, 제5장 안전성 평가에 관한 규정은 2013년 1월 1일부터 시행한다.





#### 4.2. 결합재(binder)

고형시료 중 석면 및 충전재 등을 결합시키기 위해 사용된 구성성분(예: 석고, 시멘트, 접착제 등).

#### 4.3. 충전재(filler)

고형시료 중 석면과 결합재를 제외하고 보온 또는 단열 등의 목적으로 사용된 구성성분(예: 셀룰로오스, 미네랄 울, 질석, 펄라이트 등).

#### 4.4. 굴절률(refractive index)

빛이 진공을 통과 시 투과속도에 대한 특정 매질을 통과 시 투과속도의 상대적인 비. 알파벳 'n'으로 표시되며 투과하는 빛의 파장과 매질의 온도에 따라 달라진다. 석면과 같이 3개의 굴절률을 가지는 입자는 각 굴절률의 크기 순서로 작은 굴절률부터  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ 로 칭한다. 석면을 포함한 섬유는 시야 상에서 섬유의 길이방향이 편광자의 편광축과 평행한 방향으로 놓였을 때 보이는 굴절률을 '섬유 길이방향 굴절률( $n_{\parallel}$ )', 수직인 방향으로 놓였을 때 보이는 굴절률을 '섬유 지름방향 굴절률( $n_{\perp}$ )'이라 한다.

#### 4.5. 다색성(pleochroism)

편광현미경의 단일편광 하에서 입자의 결정축이 편광자의 편광축과 이루는 각도에 따라 입자의 색깔이나 색의 강도가 달라지는 현상.

#### 4.6. 복굴절률(birefringence)

2개 이상의 굴절률을 보이는 비등방성 입자에서 가장 큰 굴절률과 가장 작은 굴절률의 차. 알파벳 'B'로 표시한다. 석면과 같이 3개의 굴절률을 가지는 입자에서 복굴절률은  $\gamma$ 와  $\alpha$ 의 차이이다. 복굴절률은 값으로 표현하거나 아래 4가지 분류 중 하나로 표현할 수 있다.

0 또는 등방성:	없음
<0.01	: 낮음
0.01 ~ 0.05	: 보통
>0.05	: 높음

#### 4.7. 분산염색(dispersion staining)

대물렌즈의 후방초점면에 빛을 차단하는 부위인 '스탑(stop)'을 배치하여 빛이 입자를 통과 시 발생하는 분산현상에 의한 발색을 극대화하여 색깔을 관찰하는 광학기술, 입자의 굴절률을 확인하는데 이용된다.

#### 4.8. 색깔(color)

편광현미경의 단일편광 하에서 관찰 시 시야 상에서 보이는 입자의 색깔.

#### 4.9. 소광(extinction)

편광현미경의 교차편광 하에서 관찰 시 비등방성입자가 시야 상에서 90° 회전 시 마다 어두워지는 현상, 석면을 포함한 섬유는 편광자 또는 검광자의 편광축과 평행한 부분이 모두 검게 사라지는 '완전소광', 일부만 사라지는 '불완전소광'으로 구분된다.

#### 4.10. 소광각(extinction angle)

편광현미경의 교차편광 하에서 비등방성 섬유가 완전소광을 보일 때 시야 상에서 섬유의 길이 방향과 편광자 또는 검광자의 편광축이 이루는 각도 차. 섬유의 길이 방향과 편광자 또는 검광자의 편광축이 평행할 때 소광되는 경우를 '평행소광'이라 하며 소광각은 0°이다. 섬유의 길이 방향과 편광자 또는 검광자의 편광축이 일정한 각도를 이룰 때 소광되는 경우를 '사각소광'이라 하며, 이 때 일정한 범위 내의 소광각을 측정할 수 있다.

#### 4.11. 석면형태(asbestiform)

결정습성 등이 석면과 같은 형태의 광물을 칭하는 용어. 일부 석면형태 광물의 경우 긴 섬유상이거나 높은 인장강도 등 석면을 상업적으로 이용하게 되는 물성을 보이지 않을 수도 있음. 광학현미경으로 관찰 시 석면형태는 일반적으로 아래의 형태적 특징들로 구분할 수 있다(각각의 섬유가 아닌, 표본에 분포된 섬유들의 전체적인 특징임).

- 길이가 5 $\mu$ m 보다 긴 섬유들에 대해 평균 길이 대 지름의 비(aspect ratio)가 20:1에서 100:1 또는 그 이상인 것
  - ※ 길이 대 지름의 비는 개별 섬유에 대해서만 적용함(섬유 다발에 대해서는 길이 대 지름의 비를 적용하지 않음)
- 개별섬유가 일반적으로 지름 0.5 $\mu$ m 이하로 매우 가늘며, 아래의 특징 중 두 가지 이상의 특징을 보이는 것
  - 섬유가 평행하게 모여 있는 섬유다발
  - 섬유다발로서 다발의 끝 부분이 각각의 섬유로 넓게 퍼진 모양
  - 헝클어진 섬유들의 덩어리
  - 섬유 또는 다발의 굴곡

#### 4.12. 신장부호(sign of elongation)

비등방성 섬유의 높은 굴절률과 낮은 굴절률을 보이는 결정축의 방향, 높은 굴절률을 보이는 결정축이 섬유 길이 방향인 경우 '+', 반대의 경우 '-'로 정의된다.

#### 4.13. 조화파장(matching wavelength)

표본 중 입자와 굴절시약을 통과 시 같은 굴절률을 보이는 빛의 파장. ' $\lambda_0$ '로 표기한다. 분산염색 색상표를 이용해 관찰한 분산염색 색깔을 파장으로 환산하여 산출한다.

### 5. 기구 및 시약

#### 5.1. 기구

- 1) 편광현미경 (다음의 기능을 갖추거나 동등수준 이상의 것)
  - 조명방식: 투과조명, Köhler 조명 방식, 램프 필라멘트 50W 이상(권장)

- 집광기: 탑렌즈(집광렌즈)를 필요에 따라 광학경로에서 제거 가능한 형태
- 재물대: 가장자리에 눈금과 버니어가 있으며, 360° 회전 가능한 것
- 대물렌즈: 10배, 20배, 40배 편광대물렌즈, 10배 중앙차단식 분산염색 대물렌즈
- 대물렌즈 장착대: 4개 이상의 대물렌즈 장착이 가능하며 대물렌즈 중심조절이 가능한 것
- 대안렌즈: 쌍안형 이상, 10배 또는 이상의 배율, 한쪽 렌즈에 십자선 또는 눈금자가 인쇄된 레티클이 삽입된 것
- 위상차판: 광로차  $\lambda=530$  nm인 것
- 기타: 편광자, 검광자, 버트렌드렌즈(권장)

- 2) 입체현미경: 쌍안형, 약 10~40배 배율로 관찰 가능한 것
- 3) 흡후드: 특급필터 이상의 공기정화장치가 장착된 것
- 4) 진공청소기: 특급필터 이상의 공기정화장치가 장착된 것
- 5) 저울: 측정단위  $10^{-4}$ g 이하까지 측정 가능한 것
- 6) 전기로: 약 600℃ 이상 작동 가능한 것
- 7) 도가니: 용량 10~20ml 이상. 뚜껑이 있는 것
- 8) 진공여과추출장치
- 9) 폴리카보네이트(PC) 또는 셀룰로스막(MEC) 여과지
- 10) 막자 및 막자사발
- 11) 슬라이드글라스
- 12) 커버슬립
- 13) 시료 전처리 도구: 정밀핀셋, 소형가위 등
- 14) 온도계
- 15) 오렌지필터
- 16) 현미경용 마이크로미터: 0.01 mm/눈금  $\times$  100 눈금 수준 이하까지 측정 가능한 것
- 17) 분산염색색상표: 중앙차단식 분산염색 색깔과 조화파장의 대비표
- 18) Michel-Levy 복굴절 차트: 빛의 광로차에 따른 간섭색과 입자의 두께에 따른 복굴절률 대비표

## 5.2. 시약

- 1) 굴절시약: 1.55HD, 1.68, 1.605HD 및 기타 굴절률의 굴절시약(필요시)

- 2) 정성분석용 석면 표준시료: 여섯 가지 석면 또는 석면이 고정된 표본
- 3) 25% v/v 염산용액
- 4) 증류수

## 6. 표본제작

### 6.1. 육안검사

포장을 개봉한 시료는 분석 전에 먼저 육안으로 관찰한다. 육안검사를 실시하는 목적은 다음과 같다.

- 시료의 종류를 구분하고 시료의 색상, 색깔, 개괄적인 양 등 특성 관찰
- 시료의 균일성과 여러 층으로 구분되어 있는 시료인지 여부를 관찰하고, 표본 제작 시 채취할 시료의 대표적인 부분을 결정
- 시료 중 육안으로 관찰되는 섬유가 있는지 여부 및 관찰된 섬유의 특징 확인
- 섬유를 둘러싸고 있는 결합체 및 충전체의 색상 확인, 회화 등 전처리가 필요한지 여부와 필요 시 적절한 전처리 방법을 선정

### 6.2. 입체현미경을 이용한 시료 관찰 및 표본 제작

표본 제작 전에 입체현미경을 이용해 시료를 관찰한다. 시료 관찰은 일반적으로 10배 내외에서 실시하되, 미세한 섬유를 자세히 관찰하기 위해서 보다 높은 배율로 관찰할 수 있다. 입체현미경을 이용한 시료 관찰 및 표본 제작의 목적은 다음과 같다.

- 시료 중 섬유가 관찰되는지 확인하고, 검출된 섬유에 대해 각각의 모양, 색깔, 핀셋으로 취급 시 특성 관찰
- 관찰된 섬유의 특징을 통해 섬유의 종류를 잠정적으로 가정성하고 각각의 함유율을 가정량
- 표본을 확대관찰하며 제조함으로써, 시료 중 석면으로 의심되는 섬유를 결합체 또는 충전체로부터 잘 유리시키고 입자가 균일하게 분포된 표본을 제작

## 7. 전처리

### 7.1. 건조

분석 전에 시료의 건조상태를 확인한다. 시료가 수분에 젖어 있는 경우에는 가열랩프 또는 오븐 등을 활용하거나 공기 중에서 건조시킨 후 분석한다.

## 7.2. 분쇄 및 혼합

분석결과의 정확도와 정밀도를 높이기 위해 필요에 따라 시료의 대표적인 부분을 채취하여 분쇄 및 혼합한다. 분쇄 시에는 막자와 막자사발, 팬치, 플라이어, 분쇄기 등 필요에 따라 다양한 도구를 사용할 수 있다. 막자와 막자사발을 이용하여 분쇄 시 강한 힘으로 오래 분쇄하면 입자가 너무 작아져서 석면 검출이 어려울 수도 있으므로 적당한 힘으로 약 10~20초 이내의 짧은 시간동안 분쇄한다.

## 7.3. 회화

시료를 고온에서 회화시키면 시료 중 셀룰로오스 및 합성 고분자물질 등 유기결합체를 쉽게 제거할 수 있으므로, 석면을 결합체로부터 유리시키거나 광학특성이 석면과 유사한 유기 섬유를 제거하여 분석의 정확도를 높일 수 있다. 회화 시 갈석면과 청석면은 광학특성이 쉽게 변해 서로 유사해지므로 주의한다. 일반적인 회화과정은 다음과 같다.

- 1) 사용할 도가니(뚜껑 포함)의 무게를 측정한다.
- 2) 적당량의 시료를 채취하여 미리 무게를 측정한 도가니에 담고 뚜껑을 덮은 후 무게를 측정한다.
  - ※ 적당량이란 회화에 너무 오랜 시간이 걸리지 않으면서 무게측정에 의한 오차를 고려할 때 분석결과의 정확도와 정밀도가 원하는 수준을 만족할 수 있는 양이다. 함유율 1%를 기준으로 평가하고자 할 때 일반적인 시료는 최소 100mg 이상, 500mg 이하 정도가 적당하다.
- 3) 도가니를 진기로에 넣고 회화시킨다.
  - ※ 회화 온도는 최소 300℃ 이상 가열하되 500℃를 넘지 않도록 한다. 석면은 고온에 오래 노출될수록 광학특성이 변하므로, 회화 시간은 시료 중 유기물이 완전히 회화될 수 있는 최소한의 시간동안만 가열한다. 대부분의 시료는 약 450℃에서 6시간 정도 가열하면 충분하다.
- 4) 도가니를 진기로부터 꺼내 상온으로 냉각시킨 후 무게를 측정한다.
- 5) 회화 후 잔여물의 무게를 최초 시료 무게로 나누고 100을 곱해서 시료 중 회화되지 않은 잔여물의 함유율을 계산한다.
- 6) 잔여물을 편광현미경으로 분석하거나, 필요 시 산 처리를 추가로 실시한다.
  - ※ 비닐바닥타일의 경우 반드시 산 처리를 추가로 실시한다.

## 7.4. 산 처리

시료를 강산용액으로 용해시키면 시료 중 석고, 탄산칼슘류, 규산칼슘류 광물 등 산 용해성 물질을 제거할 수 있으므로, 석면을 결합체로부터 유리시키거나 광학특성이 석면과 유사한 일부 무기섬유를 제거하여 분석의 정확도를 높일 수 있다. 또한 회화된 시료를 산 처리하면 회화 시 생성된 탄화물도 제거할 수 있다. 일반적인 산 처리 과정은 다음과 같다.

- 1) 시료를 담은 용기(뚜껑 포함)의 무게를 측정한다.
  - ※ 용기는 산에 녹지 않는 재질의 도가니 또는 유리초차 등을 사용한다.
- 2) 적당량의 시료를 채취하여 미리 무게를 측정한 용기에 담고 뚜껑을 덮은 후 무게를 측정한다.
  - ※ 적당량이란 산 처리에 너무 오랜 시간이 걸리지 않으면서 무게측정에 의한 오차를 고려할 때 분석결과의 정확도와 정밀도가 원하는 수준을 만족할 수 있는 양이다. 함유율 1%를 기준으로 평가하고자 할 때 일반적인 시료는 최소 100mg 이상, 500mg 이하 정도가 적당하다.
- 3) 시료가 담긴 용기에 25% 염산용액을 가한다.
  - ※ 자석젓개로 용액을 저어주거나 초음파 또는 온도를 가하여 용해반응을 촉진시킬 수 있다. 시료에 소량의 염산용액을 2~3회 더 가한 후 기포가 발생되는지 여부를 관찰하여 반응의 종결을 확인한다. 너무 오랜 시간동안 방치하면 석면이 산에 용해될 수 있으므로 반응이 종결되는 즉시 다음 단계로 넘어간다.
- 4) 진공여과추출장치에 미리 무게를 측정한 여과지를 올린 후 산 처리된 시료를 여과시킨다.
  - ※ 종류수로 산 처리된 시료가 담긴 용기를 수 회 이상 잘 씻어주고 여과지 위의 여과물을 씻어준다.
- 5) 여과지(여과물+여과지)를 꺼내 건조시킨다.
- 6) 건조된 여과지(여과물+여과지)의 무게를 측정하고 여과 전의 여과지 무게를 빼서 산 처리 후 여과물의 무게를 계산한다.
- 7) 산 처리 후 여과물의 무게를 최초 시료 무게로 나누고 100을 곱해서 시료 중 산에 녹지 않은 여과물의 함유율을 계산한다.
- 8) 여과물을 편광현미경으로 분석한다.

## 8. 정성분석

편광현미경을 이용해 시료에서 검출되는 각각의 섬유 종류에 대해 정성분석을 실시한다. 정성분석 시에는 다음의 광학특성을 관찰하여 기록하고 알려진 석면의 광학특성과 일치하는

지 여부를 확인해서 석면인지 여부 및 종류를 구분한다(표 1, 2 참조). 석면의 정성분석을 위해 관찰해야 하는 광학특성은 다음과 같다.

- 형태
- 색깔 / 다색성
- 굴절률(분산염색 색깔을 통해 확인)
- 복굴절률
- 소광(소광특성 및 소광각)
- 신장부호

<표 1. 석면의 광학특성>

석면	형태 및 색상	굴절률 α γ	복굴절률	소광/ 소광각	신장 부호
백석면	웨이브 또는 구불구불한 섬유 및 섬유다발. 무릎의 굽은 부위와 같은 굴곡이 흔히 관찰됨 길이 대 지름의 비 >10:1 무색-노란색, 다색성 없음	1.493-1.546 1.517-1.557 1.532-1.549 1.545-1.556 1.529-1.559 1.537-1.567 1.544-1.553 1.552-1.561	0.004 -	완전소광 0°	+
갈석면	곧은 직선형, 약한 굴곡의 섬유 및 섬유다발 길이 대 지름의 비 >10:1 무색-갈색, 다색성 없거나 매우 약함	1.657-1.663 1.699-1.717 1.663-1.686 1.696-1.729 1.663-1.686 1.696-1.729 1.676-1.683 1.697-1.704	0.021 -	완전소광 0°	+
청석면	곧은 직선형, 약한 굴곡의 섬유 및 섬유다발, 두꺼운 섬유와 다발이 흔히 관찰됨 길이 대 지름의 비 >10:1 다색성 있음(편광자 편광축에 수평 방향 질은 청색, 수직방향 회색)	1.693 1.697 1.654-1.701 1.668-1.717 1.680-1.698 1.685-1.706	0.003 -	완전소광 0°	-
안소필라이트석면	곧은 직선형, 약한 커브형태의 섬유 및 섬유다발 길이 대 지름의 비 >10:1, 10:1 이하의 벽개조각도 관찰됨 무색-연갈색, 다색성 없거나 약함	1.598-1.652 1.623-1.676 1.596-1.694 1.615-1.722 1.598-1.674 1.615-1.697	0.013 -	완전소광 0°	+
트레모라이트석면	곧은 직선형, 약한 커브형태의 섬유 및 섬유다발 길이 대 지름의 비 >10:1, 10:1 이하의 벽개조각도 관찰됨 무색-갈색 또는 연녹색, 다색성 없거나 질 함유율에 따라 약하게 나타남	1.600-1.628 1.625-1.655 1.604-1.612 1.627-1.635 1.599-1.612 1.625-1.637	0.017 -	완전소광 0°-21°	+
약티노라이트석면		1.600-1.628 1.625-1.655 1.612-1.668 1.635-1.688 1.613-1.628 1.638-1.655	0.017 -	(잘 발달된 섬유 및 섬유다발은 평행소광)	+

※ 편광현미경으로 관찰 시 일반적으로 나타나는 특성으로 석면의 산지 등에 따라 다소 다를 수 있음

<표 2. 석면의 분산염색 색깔 및 조화과정>

석면	굴절용액	n <sub>  </sub>	n <sub>⊥</sub>
백석면	1.550HD	자홍색 ~ 밝은 청색-녹색 λ <sub>0</sub> ≒ 520~620nm	청녹색 ~ 옅은 청색 λ <sub>0</sub> ≒ 600~700nm
갈석면	1.680	노란색 ~ 자홍색 λ <sub>0</sub> ≒ 420~520nm	청색-자홍색 ~ 밝은 청색 λ <sub>0</sub> ≒ 560~660nm
청석면	1.680	노란색 ~ 자홍색 λ <sub>0</sub> ≒ 420~520nm	옅은 노란색 ~ 짙은 노란색 λ <sub>0</sub> ≒ 360~460nm
안소필라이트석면	1.605HD	옅은 노란색 ~ 노란색 λ <sub>0</sub> ≒ 330~430nm	짙은 노란색 ~ 밝은 청색-녹색 λ <sub>0</sub> ≒ 460~770nm
트레모라이트석면	1.605HD	옅은 노란색 ~ 노란색 λ <sub>0</sub> ≒ 330~430nm	짙은 노란색 ~ 밝은 청색-녹색 λ <sub>0</sub> ≒ 460~700nm
약티노라이트석면	1.605HD 1.630HD	옅은 노란색 λ <sub>0</sub> ≒ 260~360nm 노란색 ~ 자홍색 λ <sub>0</sub> ≒ 420~520nm	옅은 노란색 ~ 짙은 노란색 λ <sub>0</sub> ≒ 360~460nm 짙은 노란색 ~ 청색 λ <sub>0</sub> ≒ 450~600nm

※ 편광현미경으로 관찰 시 일반적으로 나타나는 분산염색 색깔로 석면의 산지 등에 따라 다소 다를 수 있음

## 9. 정량분석

정성분석이 끝난 시료는 시료의 대표적인 부분을 채취하여 정량분석을 실시한다. 정량분석 시에는 표준물질 보정에 의한 시야평가법, 포인트계수법, 중량분석법 중 하나를 택일하여 사용한다.

### 9.1. 시야평가법

시야평가법은 편광현미경을 이용하여 표본 관찰 시 시야 상의 면적을 통해 석면의 함유율을 가정하는 방법이다. 시료의 대표적인 부분으로 3개 이상의 표본을 제작하고, 표본의 전체 면적을 관찰하여 정량한다. 시야평가법은 결합제 및 충전제의 종류에 따라 석면이 일정한 중량비율로 함유된 정량표준시료와 비교 정량하여 분석의 정확도와 정밀도를 높일 수 있다. 사전에 정량표준시료의 관찰을 통해 훈련된 분석자가 정량표준시료와 비교하여 시야평가하는 방법을 표준보정시야평가법이라 한다.

### 9.2. 포인트계수법

포인트계수법은 현미경 대안렌즈의 십자선을 이용하여 시야에서 십자선의 교차점과 중첩되는 입자 중 석면의 비율을 산출하는 방법이다. 1% 함유율을 기준으로 분석 시 십자선의 중심과 중첩되는 입자를 최소 400개 이상 계수한다. 포인트계수법을 실시하는 일반적인 과정은 다음과 같다.

- 1) 시료가 균일하지 않거나 입자가 커서 표본제작이 어려운 시료는 분석 전에 분쇄 및 혼합한다.
  - ※ 필요 시 열 회화, 산 처리 등 적절한 전처리를 선행한다.
- 2) 시료를 핀셋을 이용해 4~8회 무작위로 채취해서 표본을 제작한다.
  - ※ 시료 중 섬유상물질의 정성분석이 끝난 경우 시료 중 석면 또는 결합재의 굴절률과 차이가 큰 굴절률의 굴절시약을 사용하면 보다 높은 명암으로 표본을 관찰할 수 있다. 지우개 등을 이용해 커버슬립을 눌러서 표본 전체에 입자가 균일하게 퍼지고 입자와 섬유가 겹치지 않도록 한다. 이때 커버슬립을 너무 세게 눌러서 커버슬립이 깨지거나 섬유가 커버슬립 가장자리 밖으로 빠져나오지 않도록 주의한다.
- 3) 제작한 표본을 전체적으로 관찰하여 입자가 균일하게 분포되고 표본이 잘 제작되었는지 확인한다.
- 4) 교차편광 하에서 위상차판을 삽입한 상태로 100배의 배율에서 관찰하면서 십자선의 교차점과 중첩되는 포인트의 수를 계수한다. 각 섬유와 입자의 종류별로 구분하여 중첩되는 포인트의 수를 기록한다. 석면이 결합재와 함께 동시에 중첩되는 경우 두 번(각각 1개로) 계수한다.
  - ※ 재물대에 X, Y-축으로 표본 이동 가능한 별도의 부품을 부착시키면 표본 이동이 보다 편리하다.
- 5) 하나의 표본에서 중첩되는 포인트를 50~100개씩 계수하여 한 시료에서 모두 400개 이상 계수한다.
  - ※ 표본 하나에서 50 포인트 계수 시 8개, 100 포인트 계수 시 4개의 표본을 제작한다.
- 6) 석면 함유율(백분율)을 아래와 같이 계산한다.

$$\text{석면 함유율(\%)} = \frac{\text{석면의 중첩된 포인트 수}}{\text{전체 중첩된 포인트 수}} \times 100$$

※ 시료에서 석면이 검출되었으나 십자선의 교차점과 중첩된 포인트가 없거나 3개 이하인 경우, 미량검출(1% 미만)로 결과 통보한다.

### 9.3. 중량분석법

중량분석법은 미리 무게를 측정된 일정량의 시료를 전처리를 통해 석면을 제외한 물질을 제거한 후, 최종 잔여 무기물의 무게를 측정하여 시료 중 석면의 함유율을 계산하는 방법이다. 먼저 시료 중 섬유상 물질을 구분하고 어떤 종류의 석면이 있는지 정성분석이 끝난 후에

정량분석을 위한 전처리를 실시한다. 전처리는 열 회화를 통해 시료 중 유기물질을 제거한 후, 산 처리를 통해 산용해성 물질을 제거시킨다. 이 과정에서 저울을 이용해 최초 전처리에 사용된 시료의 무게와 각 전처리 단계별로 감소된 잔여물의 무게를 측정하여 최종 잔여물의 중량 함유율을 계산한다. 전처리가 끝난 시료는 편광현미경으로 시야평가법 또는 포인트계수법을 이용해 정량하여 시료 중 석면의 함유율을 계산한다. 열 회화와 산 처리를 통한 중량분석 계산방법은 다음과 같다.

- 1) 사용할 도가니(뚜껑 포함)의 무게를 측정한다. - A
- 2) 적당량의 시료를 채취하여 미리 무게를 측정된 도가니에 담고 뚜껑을 덮은 후 무게를 측정한다. - B
- 3) 도가니를 전기로에 넣고 회화시킨다.
- 4) 회화가 끝나면 도가니를 전기로에서 꺼내 상온에서 냉각시킨 후 무게를 측정한다. - C
- 5) 회화가 끝난 시료가 담긴 도가니에 25% 염산용액을 가해 산 처리 한다.
- 6) 여과지의 무게를 측정한다. - D
- 7) 진공여과추출장치에 무게를 측정된 여과지를 올려놓고, 산 처리가 끝난 시료를 여과시킨다.
- 8) 여과물이 걸러진 여과지(여과물+여과지)를 꺼내 건조시킨다. 건조가 끝나면 무게를 측정한다. - E
- 9) 여과지 위의 여과물을 편광현미경으로 정량 분석하여 여과물중 석면의 함유율을 구한다. - F
- 10) 아래의 식을 이용하여 시료의 석면 함유율을 계산한다.

$$\text{① 최초 시료 무게} = B - A$$

$$\text{② 회화 후 시료 무게} = C - A$$

$$\text{③ 산 처리 후 시료 무게} = E - D$$

$$\text{시료 중 유기물질 함유율(\%)} = \frac{\text{①} - \text{②}}{\text{①}} \times 100$$

$$\text{시료 중 산 용해성 물질 함유율(\%)} = \frac{\text{②} - \text{③}}{\text{①}} \times 100$$

$$\textcircled{4} \text{ 시료 중 잔여 무기물 함유율(\%)} = \frac{\textcircled{3}}{\textcircled{1}} \times 100$$

$$\text{잔여 무기물 중 석면 함유율(\%)} = F$$

$$\text{시료의 석면 함유율(\%)} = \frac{\textcircled{4} \times F}{100}$$

굴절시약이나 표준 석면시료를 이용하여 굴절률에 변화가 있는지 주기적으로 확인하고, 공표본(시료 없이 굴절시약과 슬라이드 및 커버슬립만으로 제작한 표본)을 분석하여 굴절시약과 재료(슬라이드, 커버슬립 등)의 오염 여부를 확인해야 한다.

## 10. 결과처리

**분석결과서에는** 시료 중 석면 검출여부와 석면 검출 시 석면의 종류 및 함유율과 **적용한 정량분석 방법을 반드시 기재하여야** 한다.

※ 기타 분석결과 통보 시 주의사항

- 시료가 성상이 다른 두개 이상의 층으로 구분되는 경우에는 각각의 층을 구분하여 분석하고 결과통보해야 한다.
- 시료에서 석면이 검출되었으나 함유율이 1% 또는 1% 미만이라고 판단될 때에는 시야평가법만으로 정량하여 결과통보할 수 없다. 이런 경우에는 반드시 포인트계수법 또는 중량분석법 등 보다 정확도와 정밀도가 높은 것으로 알려진 정량분석법을 추가 적용하여 함유율이 1%를 초과하지 않는지 면밀하게 분석해야 한다.
- 시야평가법을 적용한 결과가 포인트계수법 또는 중량분석법과 다를 때에는 포인트계수법이나 중량분석법을 적용한 분석결과가 시야평가법의 결과 보다 우선한다.
- 포인트계수법 또는 중량분석법을 적용 시 결과가 1%에 가까울 때에는 결과가 정수가 되도록 반올림해 결과통보하지 않도록 주의해야 한다. 예를 들어 400 포인트 계수 시 석면이 5 포인트가 검출되었다면 분석결과는 1.25%로 통보되어야 한다. 이것을 반올림해서 1%로 결과통보하지 않도록 한다.
- **바닥타일, 매스틱, 페인트 시료에서 석면이 불검출되었거나 함유율이 1% 또는 1% 미만으로 결과 통보할 경우에는 중량분석법을 실시하여 분석하여야** 한다.

## 11. 정도관리

### 11.1. 정도관리

각 조사기관은 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원에서 실시하는 실험실 외부석면 분석정도관리 프로그램에 참여해야 한다.

### 11.2. 장비 및 시약 보정

분석의 검출한계를 높이고 광학특성을 정확히 관찰할 수 있도록 편광현미경은 매 분석시작 전에 광학부품을 조절하여 Köhler 조명이 잘 구현되도록 하고, 편광자와 검광자의 직교 및 대안렌즈 십자선과의 일치 여부를 확인해야한다. 분석에 사용되는 굴절시약은 고체 표준