

KOSHA GUIDE

A - 180 - 2020

작업환경 측정분석에 대한
일반 기술지침

2020. 10.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

○ 작성자 :

- 산업보건환경연구소
- 작업환경측정기관협의회

○ 제·개정 경과

- 2020년 9월 산업위생분야 표준제정위원회 심의(제정)

○ 관련규격 및 자료

- National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH Manual of Analytical Methods, General Consideration for Sampling Airborne Contaminations, 5th Edition, 2020
- ASTM International, Standard Guideline for Air Sampling Strategies for Worker and Workplace Protection, ASTM E1370, 2014.

○ 관련법규·규칙·고시 등

- 산업안전보건법 제125조(작업환경측정)
- 산업안전보건법 시행규칙 제189조(작업환경측정방법)
- 작업환경측정 및 정도관리 등에 관한 고시, 고용노동부고시 제2020-44호, 2020.

○ 기술지침의 적용 및 문의

- 이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지(www.kosha.or.kr)의 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
- 동 지침 내에서 인용된 관련규격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 개정본이 있을 경우에는 해당 개정본의 내용을 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2020년 10월 08일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

작업환경 측정분석에 대한 일반 기술지침(안)

1. 목 적

이 지침은 산업안전보건법(이하 “법”) 제125조 및 산업안전보건법 시행규칙(이하 “시행규칙”) 제189조에 의거 화학물질 및 물리적 인자에 대한 작업환경측정분석 시 고려하여야 할 기술적 일반 사항을 정함을 목적으로 한다.

2. 적용 범위

이 지침은 법 제125조(작업환경측정)에 따라 시행규칙 별표 21의 측정대상 화학물질 및 물리적 인자에 대한 작업환경측정분석에 적용한다. 다만 본 지침에서 규정하고 있지 않은 사항을 포함하여 규정하고 있는 사항이라도 법, 시행규칙, 산업안전보건기준에 관한 규칙(이하 “안전보건규칙”) 및 작업환경측정 및 정도관리 등에 관한 고시(이하 “고시”) 등에서 정한 내용을 먼저 적용한다.

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “예비조사”라 함은 사업장에 대한 본 작업환경측정을 하기 전에 측정 결과의 신뢰성 확보를 목적으로 작업공정, 작업자, 작업 방법, 사용 화학물질 및 기계기구, 노출실태 등을 파악하기 위해 작업환경측정 전문가가 행하는 일련의 서류상 및 현장 사전 조사(Workthrough survey)를 말한다.

(나) “유사노출군(Similar Exposure Group, SEG)”이란 동일 공정에서 작업하는 사유 등으로 인해 통계적으로 유사한 유해인자 노출 수준을 가질 것으로 예상되

는 근로자의 집단을 말한다.

(다) “현장 공시료(Field blank)”라 함은 특정 유해인자에 대한 작업환경측정에서 시료 채취 매체 자체, 시료 채취 과정, 채취된 시료의 운반 등에서 발생할 수 있는 오염을 확인할 목적으로 수거되는 동일한 깨끗한 시료 채취 매체를 말한다.

(라) “회수율(Recovery rate)”이란 채취한 금속류 등의 분석 값을 보정하는데 필요한 것으로, 시료채취 매체와 동일한 재질의 매체에 첨가된 양과 분석량의 비로 표현된 것을 말한다.

(마) “탈착효율(Desorption efficiency)”이라 함은 채취한 유기화합물 등의 분석값을 보정하는데 필요한 것으로, 시료채취 매체와 동일한 재질의 매체에 첨가된 양과 분석량의 비로 표현된 것을 말한다.

(바) “검출한계(Limit of Detection)”라 함은 주어진 분석절차에 따라 합리적인 확실성을 가지고 검출할 수 있는 가장 적은 농도나 양을 의미한다.

(사) “정량한계(Limit of Quantification)”라 함은 주어진 신뢰수준에서 정량할 수 있는 분석대상물질의 가장 최소의 양으로 단지 검출이 아니라 정밀도를 가지고 정량할 수 있는 가장 낮은 농도를 말한다. 일반적으로 검출한계의 3배 수준을 의미한다.

(2) 기타 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 법, 같은 법 시행령, 시행규칙, 안전보건규칙 및 고시에서 정하는 바에 의한다.

4. 예비조사 및 측정계획 수립

4.1 예비조사

(1) 예비조사는 작업환경측정 및 정도관리 등에 관한 고시 제17조에 따라 본 작업환경측정(이하 “본 측정”) 전에 실시한다.

(2) 예비조사 시에는 본 측정에 필요한 제반 조건과 여건의 파악을 위하여 다음의 사항을 수행한다.

① 본 측정에 필요한 물질안전보건자료 등 서류의 확보와 검토

② 사업주 혹은 안전보건 관계자와의 면담

③ 작업공정에 대한 현장 관찰

④ 필요 시 현장 관리자 혹은 근로자와의 면담

(3) 예비조사 시에는 측정계획서 작성을 위해 다음 내용을 파악한다.

① 제품별 생산공정 흐름도 및 구획 배치도

② 공정별 원료, 생산제품, 중간생성물, 부산물, 사용 기계 기구, 작업내용, 작업 및 교대 시간, 작업 및 운전 조건, 종사 근로자 수 및 배치현황

③ 근로자가 노출 가능한 물리적 및 화학적 유해인자와 인자별 발생 주기

④ 측정의 시작, 종료, 점심, 휴식 시간을 고려한 본 측정의 시료 채취예상 시간

⑤ 단위작업장소(공정)별 채취 예정 시료의 수 및 대상 근로자

⑥ 측정에 소요되는 장비, 소모품 및 인력

⑦ 본 측정에 필요한 기타 사항

4.2 측정계획 수립

(1) 예비조사 후에는 본 측정계획을 수립하고 다만 예비조사가 필요 없는 경우는 전 작업환경측정결과 보고서를 참고하여 측정계획을 수립한다.

(2) 측정계획에는 다음 내용이 포함되도록 한다.

- ① 업체명, 대표자, 업종, 생산품, 근로자 수 등 사업장 개요
- ② 부서별 공정, 작업내용, 근로자 수 및 공정흐름도
- ③ 화학물질 사용실태(사용량 포함) 및 소음 등 물리적 인자의 발생실태
- ④ 유해인자별 노출 근로자 수 및 예상 시료 수
- ⑤ 공정의 배치도 및 예상 측정 위치
- ⑥ 작업 및 휴식 시간 등 측정분석 시 고려되어야 할 여타 사항

(3) 측정계획서는 해당 사업장에 대한 작업환경측정결과보고서와 함께 보존한다.

5. 시료 채취 및 분석방법 선정

5.1 시료 채취 및 분석 방법

유해인자에 대한 시료 채취와 분석 방법은 작업환경측정기관(이하 “측정기관”)의 실정을 고려하여 다음 중 하나로 한다. 다만, 측정 결과에 대한 정확성과 정밀성을 담보할 수 있는 것으로 인정되는 경우 측정기관이 자체적으로 개발한 방법을 적용할 수 있다. 측정대상 화학물질의 경우 <부록 표1>의 일람표를 참조하되 해당 기준이 수시로 최신화되는 것에 유의한다.

- ① 한국산업안전보건공단 안전보건기술지침(KOSHA-GUIDE) 중 시료채취 및 분석 지침(A) - <http://www.kosha.or.kr/kosha/data/guidanceA.do>
- ② 한국산업표준(Korean Industrial Standards)의 기술기준
- <https://standard.go.kr/KSCI/portalindex.do>
- ③ 국제표준화기구(International Organization For Standardization)의 규격
- <https://www.iso.org/home.html>
- ④ 미국국립산업안전보건연구원(NIOSH)의 NIOSH Manual of Analytical Methods
- <https://www.cdc.gov/niosh/nmam/default.html>
- ⑤ 미국산업안전보건청(OSHA)의 Sampling and Analytical Methods
- <https://www.osha.gov/dts/sltc/methods/toc.html>
- ⑥ 영국보건안전연구소(HSE)의 Methods for the Determination of Hazardous Substances (MDHS) Guidance
- <https://www.hse.gov.uk/pubns/mdhs>
- ⑦ 미국재료시험협회(ASTM International)의 Standard Test Methods
- <https://www.astm.org/Standards/D1415.htm>
- ⑧ 기타 국제적으로 권위 있는 기관의 공기 중 유해물질 측정분석 방법

5.2 시료 채취 장비 및 매체의 선정

- (1) 본 측정에 필요한 측정 장비와 시료 채취매체는 제5.1조에서 선정한 시료 채취 분석 방법에서 지정한 것을 사용한다. 다만, 동등한 성능 이상을 발휘하는 것으로 인정될 수 있는 경우 여타 장비와 매체를 사용할 수 있다.
- (2) 소음의 측정을 위해서는 누적 소음노출량 측정기 혹은 적분형 소음계를 사용한다.

(3) 고열은 습구흑구온도지수(WBGT)를 측정할 수 있는 기기 또는 이와 동등 이상의 성능을 가진 기기를 사용한다.

(4) 입자상 물질의 측정

- ① 공기 중 석면은 지름 25 mm 셀룰로오스막여과지(Mixed cellulose membrane filter, MCE)를 장착한 연장통(extension cowl)이 달린 카세트를 사용하여 시료를 채취하고 위상차현미경을 이용하여 분석한다. 섬유상 먼지의 정성 분석이 필요한 경우 전자현미경법을 적용할 수 있다.
- ② 석영(Quartz) 등의 결정체 산화규소 성분을 함유하지 않은 광물성 분진은 37 mm ,PVC 여과지(Polyvinyl Chloride filter, PVC)를 장착한 카세트를 사용하여 시료를 채취하고 전자저울을 이용한 중량분석법으로 무게를 산출한다.
- ③ 석영, 크리스토파라이트(Cristobalite), 트리디마이트(Tridymite) 등 결정체 산화규소 성분을 함유한 광물성 분진은 37 mm PVC 여과지를 장착한 카세트를 사용하여 시료를 채취하고 적외선 분광 분석기(Fourier transform infrared spectroscopy, FTIR)를 이용하여 분석한다. 이 경우 호흡성 분진의 채취 시에는 사이클론 등 분립장치를 장착하되 해당 장치의 제조사가 제시한 채취 유량을 준수한다.
- ④ 용접흄은 37 mm PVC 여과지나 MCE 여과지를 장착한 카세트에 포집하여 전자저울을 이용한 중량분석법을 이용한다. 호흡성 용접흄의 채취 시에는 사이클론 등 분립장치를 장착하되 해당 장치의 제조사가 제시한 채취유량을 준수한다.
- ⑤ 소우프스톤, 운모, 포틀랜드 시멘트, 활석, 흑연 등 결정체 산화규소 성분 1% 미만 함유한 광물성 분진은 37 mm PVC 여과지를 장착한 카세트에 포집하여 전자저울을 이용한 중량분석법을 이용한다. 이 경우 호흡성 분진의 채취 시에는 사이클론 등 분립장치를 장착하되 해당 장치의 제조사가 제시한 채취 유량을 준수한다.
- ⑥ 곡물 분진, 유리섬유 분진은 37 mm PVC 여과지를 장착한 카세트에 포집하여 전자저울을 이용한 중량분석법을 이용한다. 이 경우 호흡성 분진의 채취 시에는 사이클론 등 분립장치를 장착하되 해당 장치의 제조사가 제시한 채취 유량을 준수한다.

⑦ 목재 분진과 같은 흡입성 분진을 측정하려는 경우 PVC 여과지가 장착된 IOM sampler(Institute of Occupational Medicine) 또는 직경분립충돌기등 동등 이상의 채취가 가능한 장비를 이용하여 시료를 채취하고 전자저울을 이용한 중량분석법으로 정량한다.

⑧ 입자상 물질 중 미스트를 측정하려는 경우 제5.1조에서 선정한 시료채취분석방법에서 지정한 채취매체와 분석법을 적용한다. 이때 해당 미스트가 시료채취 중 가스상 물질로 손실될 우려가 있는 경우 제5.2조 제(5)호에 따른 복합매체를 적용한다.

(5) 가스상 물질의 측정

① 가스 및 증기와 같은 가스상 물질을 측정하려는 경우 제5.1조에서 선정한 시료 채취 분석 방법에서 지정한 채취 매체와 분석법을 적용한다.

② 제5.1조에서 정한 방법을 적용하는 경우 가급적 두 가지 이상의 방법을 혼용하여 적용하지 않는다.

③ 작업장소에서 측정대상 유해인자가 입자상 물질과 가스상 물질로 혼재하는 경우 제5.1조에서 정한 방법에 따라 여과지와 흡착제가 복합된 매체 등을 적용하여 시료를 채취하고 분석한다.

(6) 검지관 측정법은 오차가 25%에 이를 수 있으므로 예비조사 등 특별한 경우를 제외하고는 가급적 동 방법을 이용하여 법 제125조에 따른 작업환경측정을 실시하지 않는다.

(7) 제5.1조에서 정한 방법이 수동 시료채취법(passive sampling)을 적용하고 있는 경우 이를 작업환경측정에 적용할 수 있다.

5.3 작업장 조건에 대한 고려

입자상 및 가스상 물질을 측정하는 경우에는 다음과 같은 작업장 내 조건을 고려

하여 시료를 채취한다.

(1) 온도

온도가 지나치게 높은 경우 활성탄관 등 흡착제에 대한 화학물질의 흡착 능력이 저하되어 채취 유량 과도에 따른 파과 등이 발생하거나 화학물질이 상호반응(가수분해 등)에 의해 손실될 수 있으므로 유의한다.

(2) 습도

- ① 공기 중 수분은 극성매체에 쉽게 흡착되어 파과를 일으키기 쉬우므로 주의하여야 한다.
- ② 수분이 흡수된 일부 여과지(MCE 여과지 등)는 안정된 무게측정에 영향을 줄 수 있으므로 건조기를 이용하여 수분 제거를 한 후 꺼내어 무게를 재는 중량분석실에 최소한 1시간 이상 놓아두어 중량분석실의 온·습도와 필터의 온·습도 조건을 평형화 한 후 무게를 칭량한다.
- ③ 과도한 수분이 흡착된 측정 매체(실리카겔 등)와 여과지는 시료채취용 펌프에 과도한 부담을 줄 수 있으므로 유량조절과 가동 중 멈춤에 유의한다.
- ④ 저습도는 일부 여과지(PVC 여과지, MCE 여과지등)에 정전기를 발생시켜 여과지 표면에서의 불균일한 침착과 분진의 되 튼을 야기하므로 주의한다.

(3) 농도

과도한 공기 중 유해인자의 농도는 측정 매체에 파과가 발생하거나 여과지에 대한 압력손실을 증가시킬 수 있으므로 유의한다.

(4) 기류

기류가 강한 경우 입자상물질 채취시에는 시료의 정확한 포집을 위하여 시료

채취매체가 하방향으로 향하도록 주의해야 한다.

6. 작업환경 시료의 채취

6.1 단위작업장소의 선정

작업환경측정의 기본이 되는 단위작업장소는 사업장의 단위 공정을 중심으로 한다. 다만 공정이나 작업의 특성상 해당 공정 노출 근로자에 대한 농도의 변이가 심하여 모든 근로자를 유사 노출군에 포함하기 어려운 경우 동 공정을 몇 개의 단위작업 장소로 구획하여 측정할 수 있다.

6.2 측정 방법의 선정

단위작업장소 근로자에 대한 작업환경측정은 개인시료채취를 원칙으로 한다. 다만 다음에서 지역시료채취를 적용할 수 있다. 지역시료채취를 한 경우에는 작업환경 측정결과 보고서에 반드시 그 사유를 기재 하도록 한다.

- (1) 해당 유해인자에 대하여 지역시료채취 방법만 있는 경우
- (2) 시료 채취기의 장착이 근로자의 안전을 심각하게 해칠 수 있는 경우
- (3) 근로자의 움직임 등 작업의 특성상 시료 채취기의 장착이 매우 곤란한 경우
- (4) 한 근로자가 다수의 시료 채취기를 과도하게 장착하여 작업에 심히 방해 되거나 측정 결과의 정확성과 정밀성을 훼손할 우려가 있는 경우
- (5) 기타 개인시료채취가 심히 곤란하거나 측정 결과에 심각하게 영향을 주는 경우

6.3 시료 채취 시간

- (1) 8시간 시간가중평균노출기준(Time-Weighted Average, TWA)에 따른 노출평가

를 수행하고자 하는 경우 각 교대작업 시간 당 6시간 이상 연속 혹은 분리 측정한다. 다만, 유해물질의 발생시간 및 간헐성과 작업의 불규칙성 등을 고려하여 유해물질 발생시간 동안만 측정할 수 있다.

(2) 단시간노출기준(Short Term Exposure Limit, STEL)에 따른 노출평가를 수행하고자 하는 경우 15분간 측정한다.

(3) 최고노출기준(Ceiling, C)에 따른 노출평가를 수행하고자 하는 경우 평가에 필요한 최소한의 시간으로 한다. 다만, 최소한의 시간을 특정할 수 없는 경우 15분으로 할 수 있다.

6.4 단위작업장소별 채취 시료 수

(1) 각 단위작업장소별 근로자 수에 따른 최소 시료 수는 다음 표에 따른다. 다만 작업 근로자 수가 1인인 경우는 시료 수 1개를 채취한다.

<표 1> 단위작업장소별 근로자 수에 따른 최소 시료 수

근로자수	시료수	근로자수	시료수
10명 이하	2	56~60	12
11~15	3	61~65	13
16~20	4	66~70	14
21~25	5	71~75	15
26~30	6	76~80	16
31~35	7	81~85	17
36~40	8	86~90	18
41~45	9	91~95	19
46~50	10	96 이상	20
51~55	11		

(2) 단위작업장소별 지역 시료채취 방법으로 측정을 하는 경우 단위작업장소 내에서 2개 이상의 지점에 대하여 동시에 측정하여야 한다. 다만, 단위작업 장소의 넓이가 50평방미터 이상인 경우에는 매 30평방미터마다 1개 지점 이상을 추가로 측정하여야 한다.

6.5 채취 유량과 공기량

시료 채취 유량과 공기량은 제5.1조에 따라 선정한 측정분석 방법에서 정한 기준을 준수한다. 이 경우 기존의 작업환경측정결과와 전문가적 판단에 따라 단위작업장소에서 예상되는 근로자의 노출 농도가 낮은 경우 권고 유량과 공기량을 조정할 수 있다. 다만 분석 결과 활성탄관 등 측정매체의 예비층(뒷층)에서 검출된 유해물질의 총량이 본 층(앞층)에서 검출될 양의 10%를 초과하면 파과가 발생한 것으로 간주하여 해당 단위작업장소의 해당 유해 물질에 대하여 재측정을 한다.

6.6 측정 장비의 보정 및 공시료

6.6.1 측정 장비의 보정

- (1) 시료채취에 사용되는 개인시료채취기 등 보정이 필요한 장비는 측정을 실시 전과 후에 보정장치를 이용하여 보정한다. 다만 누적 소음노출량 측정기의 경우는 최소 1주일을 단위로 일괄적으로 보정을 할 수 있다.
- (2) 모든 보정장치는 기관의 장비 지침에 따라 1년 또는 2년에 1회 이상 국가/국제 인증기관으로부터 검정을 실시한다.
- (3) 국가/국제인증기관으로부터 검정을 한 보정장치에 대한 성적서 등 관련 서류는 3년간 보존한다.

6.6.2 공시료

- (1) 작업환경측정 시에는 시료 세트에 따라 최소 10% 이상의 공시료를 분석한다. 다만 제5.1조에 따라 선정한 분석 방법이 실험방법의 정확성이나 정밀성 등의 사유로 공시료를 10% 이상 요구하는 경우 해당 공시료의 수를 따른다.
- (2) 공시료는 측정에 사용된 채취 매체와 동일한 생산번호를 가진 것을 이용한다.
- (3) 가스상 물질에 대한 공시료는 각 단위작업장소에 대한 측정이 종료된 뒤 현장에

서 채취매체의 양 끝단을 절단한 후 시료와 동일하게 지정된 마개를 막아 채취된 시료와 함께 운반하여 분석실험실로 이관한다.

- (4) 여과지가 장착된 카세트를 사용한 입자상물질 측정에 대한 공시료는 측정이 종료된 뒤 양 끝단의 마개를 잠시 열었다 닫아준 후 시료와 함께 운반하여 분석실험실로 이관한다.

6.7 채취 시료의 운반, 보관 및 인계

- (1) 채취된 시료는 단위작업장소별로 시료 채취 표에 기록한 것과 동일한 시료 번호를 명기하고 플라스틱 백(지퍼 백) 등을 이용하여 외부포장을 한 후 분석실험실로 운반한다.
- (2) 여과지가 장착된 카세트를 이용하여 입자상물질을 채취한 경우에는 해당 물질의 손실과 흐트러짐을 방지하기 위해 채취된 여과지 면이 위로 향하도록 하고 흔들림이 없는 방법으로 실험실로 운반한다.
- (3) 채취된 시료를 당일에 분석할 수 없는 경우 가스상 물질을 포집한 측정 매체는 보관 방법에 알맞은 조건을 선택하여 보관한다.
- (4) 입자상물질을 포집한 여과지가 장착된 카세트에 대하여 중량분석을 하고자 하는 경우 데시케이터 또는 항온항습기 내에 보존한다.
- (5) 채취된 시료를 분석실험실(이하 “분석실”)에 전달하는 경우에는 측정자와 분석자의 서명이 있는 시료 인수인계서를 작성하여 보관한다.

7. 실험실 분석

7.1 분석 장비의 선정

- (1) 작업환경측정 시료(이하 “측정시료”)에 대한 분석 장비는 제5.1조에서 선정한

시료 채취분석 방법에서 지정한 것을 사용한다.

- (2) 중량분석의 경우 10^{-5} g이하 칭량이 가능한 전자저울을 사용한다.
- (3) 제5.1조에서 선정된 분석 장비와 비교하여 동등 이상의 정확성과 정밀성의 확보가 가능한 경우 다른 장비를 사용할 수 있다. 이 경우 선정된 장비가 동등 이상의 성능을 발휘될 수 있음은 해당 작업환경측정기관이 입증한다.

7.2 측정 시료의 실험실 인수 및 보관

- (1) 측정 시료를 인수하는 경우 실험실의 담당자는 제6.7조에 따른 시료 인수인계서에 서명을 한다. 필요한 경우 실험실 책임자 혹은 대표이사의 날인을 받는다.
- (2) 실험실이 인수한 측정시료는 중량분석을 할 시료의 경우 데시케이터 또는 항온항습기 내에 보관한다. 이 경우 해당 데시케이터는 수분 제거에 필요한 성능을 발휘할 수 있는 흡습제를 내장하고 있어야 한다.
- (3) 중량분석을 실시할 측정시료는 무게를 재기 전에 데시케이터 또는 항온항습기 내에 48시간 이상 보관한다. 고습도 환경에서 채취된 경우 데시케이터 또는 항온항습기 내 보존 기간을 충분히 늘려준다.
- (4) 가스상 물질을 포집한 측정 시료는 분석 직전까지는 제5.1조에 따른 시료 채취분석방법에서 요구하는 보관수단에 따라 보관한다.
- (5) 입자상물질을 채취한 측정 시료를 중량분석 이외의 방법으로 분석하고자 하는 경우 제5.1조에 따른 시료 채취분석 방법에서 다른 수단에 의한 보관을 요구하는 경우 그에 따른다.
- (6) 모든 측정시료는 해당 시료 채취가 종료된 날로부터 2주 이내에 분석한다. 다만 제5.1조에 따른 시료 채취분석 방법에서 특별히 시료가 불안정하여 일정한 분석기간을 요구하는 경우는 반드시 준수한다.

7.3 회수율 및 탈착효율의 실험

7.3.1 금속류에 대한 회수율 실험

- (1) 회수율 실험을 위한 첨가량은 측정대상물질의 작업장 예상 농도 일정 범위(0.01~2배)에서 결정한다. 작업장의 농도를 포함하도록 예상되는 농도(mg/m^3)와 공기채취량(L)에 따라 첨가량을 계산한다. 만일 작업장의 예상 농도 산출이 어려운 경우 첨가량은 노출 기준과 권고하는 공기채취량을 기준으로 계산한다.
- (2) 수준별로 최소한 3개 이상의 반복 첨가 시료를 다음의 방법으로 조제하여 분석한 후 회수율을 구하도록 한다.
 - ① 3단 카세트에 실험용 여과지를 장착시킨 후 상단 카세트를 제거한 상태에서 계산된 첨가량에 해당하는 분석대상물질의 원액(또는 희석용액)을 마이크로실린지를 이용하여 주입한다.
 - ② 하룻밤 동안 상온에서 놓아둔다.
 - ③ 시료를 전처리한 후 분석하여 분석량/첨가량으로서 회수율을 구한다.
- (3) 분석 방법의 회수율은 최소한 75% 이상이 되어야 한다.
- (4) 회수율 간의 변이가 심하면 그 원인을 찾아 교정하고 다시 실험을 해야 한다.

7.3.2 유기화합물류 등에 대한 탈착효율 실험

- (1) 탈착효율 검증용 시료 분석은 매 시료분석 시 행한다.
- (2) 3개 농도 수준(저, 중, 고농도)에서 각각 3개씩의 흡착관과 공시료로 사용할 흡착관 3개를 준비한다.
- (3) 미량주사기를 이용하여 탈착효율 검증용 용액(stock solution)의 일정량(계산된

농도)을 취해 흡착관의 앞 층에 직접 주입한다. 탈착효율 검증용 저장용액은 (2)에서 언급한 3개의 농도 수준이 포함될 수 있도록 시약의 원액을 혼합한 것을 말한다.

- (4) 탈착효율 검증용 저장용액을 주입한 흡착관은 즉시 마개를 막고 하룻밤 정도 실온에 놓아둔다.
- (5) 시료를 전처리한 후 분석하여 분석량/첨가량으로서 탈착효율을 구한다.
- (6) 분석 방법의 탈착효율은 최소한 75% 이상이 되어야 한다.
- (7) 탈착효율 간의 변이가 심하면 그 원인을 찾아 교정하고 다시 실험을 해야 한다.

7.4 검량선의 작성

7.4.1 금속류에 대한 검량선의 작성

- (1) 측정 대상물질의 표준용액을 조제할 원액(시약)의 농도를 파악한다.
- (2) 표준 용액의 농도 범위는 채취된 시료의 예상 농도(노출기준 0.01배 이상)에서 한다.
- (3) 표준용액 조제 방법은 표준원액을 단계적으로 희석하는 희석식과 표준원액에서 일정량씩 취해 희석용액에 직접 주입하는 배치식 중 선택하여 조제한다.
- (4) 표준용액은 최소한 5개 수준 이상으로 한다.
- (5) 원액의 순도, 제조 일자, 유효기간 등은 조제 전에 반드시 확인한다.
- (6) 표준용액, 탈착효율 또는 회수율에 사용되는 시약은 같은 로트(Lot)번호를 가진 것을 사용한다.

- (7) 분석기기(ICP, AAS)의 감도 등을 고려하여 5개의 농도 수준을 표준용액으로 하여 검량선을 작성한다. 이때 표준용액의 농도 범위는 분석시료 농도 범위를 포함하는 것이어야 한다.
- (8) 가열 판을 이용한 전처리 시료의 표준용액 제조는 최종 회석용액을 사용하며, 마이크로웨이브 회화기, 핫 블럭등을 이용한 시료의 표준용액 제조 시의 산 농도는 시료속의 산농도와 동일하게 한다.
- (9) 회수율 검증 시료의 분석값을 다음 식에 적용하여 회수율을 구한다.

$$\text{회수율(RE, Recovery Efficiency)} = \text{검출량/첨가량}$$

7.4.2 유기화합물류 등에 대한 검량선의 작성

- (1) 검출한계에서 정량한계의 10배 농도 범위까지 최소 5개 이상의 농도 수준을 표준용액으로 하여 검량선을 작성한다. 또는 표준용액의 농도 범위는 현장 시료 농도 범위를 포함해야 한다.
- (2) 탈착효율 검증용 시료의 분석값을 다음 식에 적용하여 탈착효율을 구한다.

$$\text{탈착효율(DE, Desorption Efficiency)} = \text{검출량/주입량}$$

7.5 검출한계 및 정량한계의 결정

- (1) 측정 시료에 대한 검출한계의 산정은 실험실 분석에서 적용한 검량선의 식($y = ax + b$)에서 기울기와 절편을 적용하여 다음 식에 따라 산출한다. 다만 필요한 경우 분석기기의 바탕선에 대한 노이즈를 적용하는 방법 등 화학분석 분야에서 널리 적용하는 방법에 따라 산출할 수 있다.

$$\text{검출한계} = 3 \times \frac{S}{a}$$

여기서 S : 검량선의 표준오차
a : 검량선의 기울기

- (2) 측정 시료에 대한 정량한계의 산정은 실험실 분석에서 적용한 검량선의 식($y = ax + b$)에서 기울기와 절편을 적용하여 다음 식에 따라 산출한다. 다만 필요한 경우 분석기기의 바탕선에 대한 노이즈를 적용하는 방법 등 화학분석 분야에서 널리 적용하는 방법에 따라 산출할 수 있다.

$$\text{정량한계} = 10 \times \frac{S}{a}$$

여기서 S : 검량선의 표준오차
a : 검량선의 기울기

7.6 시료의 전처리

7.6.1 금속류의 전처리(가열 판 이용 시)

- (1) 회화용액은 진한 질산이나 염산, 과염소산 등을 혼합하여 사용한다.
- (2) 시료 채취기로부터 막 여과지를 핀셋 등을 이용하여 비커에 옮긴다.
- (3) 여과지가 들어간 비커에 제조한 회화용액 5 mL를 넣고 유리 덮개로 덮은 후, 실온에서 30분 정도 놓아둔다.
- (4) 가열 판 위로 비이커를 옮긴 후 120℃에서 회화용액이 약 0.5 mL 정도가 남을 때까지 가열시킨다.
- (5) 유리 덮개를 열고 회화용액 2 mL를 다시 첨가하여 가열시킨다. 비커 내의 회화용액이 투명해질때까지 이 과정을 반복한다.

- (6) 비커 내의 회화용액이 투명해지면 유리 덮개를 열고 비커와 접한 유리 덮개 내부를 초순수로 행구어 잔여물이 비커에 들어가도록 한다. 유리 덮개는 제거하고 비커 내의 용액량이 거의 없어져 건조될 때까지 증발시킨다.
- (7) 회석용액 2~3mL를 비커에 가해 잔류물을 다시 용해한 다음 10 mL 용량 플라스크에 옮긴 후 회석용액을 가해 최종용량이 20 mL가 되게 한다.
- (8) 그 외 마이크로웨이브 회화기나 핫 블럭등을 이용하여 시료 채취 및 분석지침에서 권장하는 산을 선택하여 전처리 할 수 있다.

7.6.2 유기화합물 등의 일반적인 전처리

- (1) 흡착튜브 앞 층과 뒤 층을 각각 다른 바이엘에 담는다. 이때 유리섬유와 우레탄폼 마개는 버린다.
- (2) 바이엘에 피펫으로 1.0 mL의 선정된 탈착액을 넣고 즉시 마개로 막는다.
- (3) 가끔 흔들면서 30분 이상 방치한다.
- (4) 유기화합물의 탈착액 선정은 제5.1조에서 선택한 방법에 따라 적용하여 분석한다.

7.7 기기분석

- (1) 실험실 종사자는 사용할 분석기기의 작동원리, 성능, 적용 범위, 사용조건 및 제한점, 안전상의 유의사항 등을 충분히 숙지한 상태에서 분석에 임한다.
- (2) 기기분석과 관련된 일반 사항은 제5.1조에 따라 선정된 작업환경측정분석 방법과 해당 기기의 사용자 매뉴얼에 따른다.
- (3) 측정 시료에 대한 기기분석은 시료에 대한 전처리나 탈착을 한 당일에 수행한다. 당일 분석이 곤란한 경우 처리된 시료를 냉장 등의 방법으로 저장할 수 있으나

오차 발생에 유의한다.

- (4) 기기분석 시 측정 시료에 대한 검출량은 적용된 검량선의 농도 범위 내에 있도록 한다. 해당 범위를 벗어나는 경우 검량선의 재작성이나 시료에 대한 회석 등 적절한 방법을 적용한다. 다만 노출기준 대비 노출 수준이 낮은 경우에는 검량선의 제일 낮은 농도를 벗어나더라도 검량선을 적용할 수 있다.

8. 분석 결과에 따른 측정 결과 값의 평가

- (1) GC(가스크로마토그래피) 등 분석 장비를 사용하여 분석한 결과가 검출한계 미만인 경우 보고서에서 검출농도는 “불검출”로 표기한다. 다만 기기분석에서 피크가 전혀 나타나지 않은 경우와 적은 피크에 따라 검출한계 미만으로 나타난 경우를 상호 구분하여 보고서에 기재하고자 하는 경우 각각 “불검출” 및 “검출한계 미만”으로 구분하여 표시할 수 있다.
- (2) GC(가스크로마토그래피) 등 분석 장비를 사용하여 분석한 결과가 검출한계 이상 정량한계 미만인 경우 보고서의 농도는 “정량한계 미만”으로 표기한다. 다만 현재 작업환경측정 결과 보고서 전산 시스템에서는 검출한계이상의 농도를 표기하여 보고할 수 있다.
- (3) 검출한계 미만으로 결과가 나온 화학적 인자에 대해서는 계산된 검출한계 값을 보고서에 제시한다.
- (4) 화학물질의 경우 근로자의 노출시간이 8시간을 초과하는 경우 보정 노출기준은 다음 식에 따라 산출한다.

$$\text{보정노출기준} = 8\text{시간 노출기준} \times \frac{8}{H}$$

여기서 H(Hr) : 노출시간/일

- (5) 소음의 경우 근로자의 노출 시간이 8시간을 초과하는 경우 보정 노출기준은

다음 식에 따라 산출한다.

$$\text{소음의 보정 노출기준} = 16.61 \text{ Log} \left(\frac{100}{12.5 \times H} \right) + 90$$

여기서 H(Hr) : 노출시간/일

- (6) GC(가스크로마토그래피) 등 분석 장비를 사용하여 분석 시 산출된 크로마토그램 등 근거자료는 법에 따라 측정이 보고서가 완료된 날로부터 3년간 보관한다. 필요한 경우 보관 기간을 늘릴 수 있다.

9. 작업환경측정 결과보고서의 작성 및 보관

- (1) 작성된 보고서에는 측정담당자, 분석담당자, 측정(분석)책임자 및 대표이사가 서명을 한다. 이 경우 소음만을 측정한 경우 분석담당자나 분석책임자의 서명을 생략할 수 있다.
- (2) 작성된 보고서에는 해당 보고서에 대한 보존 기간을 명시하여 보존하되 동일한 사업장에 대해 수년에 걸친 다수의 보고서를 보존하는 경우 문구용 바인더를 이용하여 함께 철하여 별도의 보관함이나 책장에 보관한다.
- (3) GC(가스크로마토그래피) 등 분석 장비를 사용하여 분석 시 산출된 크로마토그램 등 근거자료는 해당 보고서와 함께 철하여 보관하거나 전자문서로 보관한다.
- (4) 보고서에 심각한 오류가 발견되는 경우 그 사유와 수정된 내용을 기록하고 내부 결재를 득하여 보관한다. 이 경우 해당 사업장에는 수정된 보고서를 재송부한다.

[부록]

<부록 1> 작업환경측정 대상 유해인자의 측정분석방법 일람표

번호	구분	유해인자명	CAS번호	측정분석방법 번호(인자명)		
				KOSHA GUIDE	NIOSH	OSHA
1	유기화합물-1	글루타르알데히드	111-30-8	A-54/55-2018	NMAM-2531/2532	OSHA-64
2	유기화합물-2	니트로글리세린	55-63-0	A-67-2018	NMAM-2507NIT	OSHA-43
3	유기화합물-3	니트로메탄	75-52-5	A-86-2018	NMAM-2527	-
4	유기화합물-4	니트로벤젠	98-95-3	A-93-2018	NMAM-2017	-
5	유기화합물-5	p-니트로아닐린	100-01-6	A-168-2018	NMAM-5033	-
6	유기화합물-6	p-니트로클로로벤젠	100-00-5	A-80-2018	NMAM-2005	-
7	유기화합물-7	디니트로톨루엔	25321-14-6	A-81-2018	-	OSHA-44
8	유기화합물-8	N,N-디메틸아닐린	121-69-7	A-100-2018	NMAM-2002	OSHA-PV2064
9	유기화합물-9	디메틸아민	124-40-3	A-138-2018	NMAM-2010	OSHA-34
10	유기화합물-10	N,N-디메틸아세트아미드	127-19-5	A-115-2018	NMAM-2004	-
11	유기화합물-11	디메틸포름아미드	68-12-2	A-114-2018	NMAM-2004	OSHA-66
12	유기화합물-12	디에탄올아민	111-42-2	A-142-2018	NMAM-3509	OSHA-PV2018
13	유기화합물-13	디에틸 에테르(에틸에테르)	60-29-7	A-128-2018	NMAM-1610	-
14	유기화합물-14	디에틸렌트리아민	111-40-0	A-143-2018	NMAM-2540	OSHA-60
15	유기화합물-15	2-디에틸아미노에탄올	100-37-8	A-132-2018	NMAM-2007	-
16	유기화합물-16	디에틸아민	109-89-7	A-141-2018	NMAM-2010	OSHA-41
17	유기화합물-17	1,4-디옥산	123-91-1	A-116-2018	NMAM-1602	-
18	유기화합물-18	디이소부틸케톤	108-83-8	A-105-2018	NMAM-1300/2555	-
19	유기화합물-19	1,1-디클로로-1-플루오로에탄(프레온141b)	1717-00-6	A-41-2018	-	OSHA-113
20	유기화합물-20	디클로로메탄	75-09-2	A-19-2019	NMAM-1005	OSHA-80

<부록 1> 작업환경측정 대상 유해인자의 측정분석방법 일람표(계속)

번호	구분	유해인자명	CAS번호	측정분석방법 번호(인자명)		
				KOSHA GUIDE	NIOSH	OSHA
21	유기화합물-21	o-디클로로벤젠	95-50-1	A-29-2018	NMAM-1003	-
22	유기화합물-22	1,2-디클로로에탄(이염화 에틸렌)	107-06-2	A-25-2018	NMAM-1003	OSHA-3
23	유기화합물-23	1,2-디클로로에틸렌	540-59-0	A-26-2018	NMAM-1003	-
24	유기화합물-24	1,2-디클로로프로판	78-87-5	-	NMAM-1013	-
25	유기화합물-25	디클로로플루오로메탄	75-43-4	A-37-2018	NMAM-2516	-
26	유기화합물-26	p-디히드록시벤젠(하이드로퀴논)	123-31-9	A-87-2018	NMAM-5004	OSHA-PV2094
27	유기화합물-27	메탄올	67-56-1	A-117-2018	NMAM-2000/2549/ 3800	OSHA-5001
28	유기화합물-28	2-메톡시에탄올	109-86-4	A-118-2018	NMAM-1403	OSHA-53
29	유기화합물-29	2-메톡시에틸 아세테이트 (에틸렌그리콜 모노메틸에테르 아세테이트)	110-49-6	A-150-2018	NMAM-1451	OSHA-53/79
30	유기화합물-30	메틸 n-부틸 케톤(2-헥사논)	591-78-6	A-106-2018	NMAM-1300/2555	OSHA-PV2031
31	유기화합물-31	메틸 n-아밀 케톤(2-헵타논)	110-43-0	A-107-2018	NMAM-1301/2553	-
32	유기화합물-32	메틸아민	74-89-5	A-147-2018	(NMAM-2010)	OSHA-40
33	유기화합물-33	메틸 아세테이트(초산 메틸)	79-20-9	A-130-2018	NMAM-1458	-
34	유기화합물-34	메틸 에틸 케톤(2-부타논)	78-93-3	A-104-2018	NMAM-2500/2555/ 3800/8002	OSHA-1004
35	유기화합물-35	메틸 이소부틸 케톤(헥손)	108-10-1	A-108-2018	NMAM-1300/2549/ 2555	OSHA-1004
36	유기화합물-36	메틸 클로라이드	74-87-3	A-34-2018	NMAM-1001	-
37	유기화합물-37	메틸 클로로포름(1,1,1,-트리클로로에탄)	71-55-6	A-32-2018	NMAM-1003/2549	OSHA-14
38	유기화합물-38	메틸렌 비스(페닐이소시아네이트)	101-68-8	A-79-2018	NMAM-5521/5522/ 5525	OSHA-18/47
39	유기화합물-39	o-메틸시클로헥사논	583-60-8	A-94-2018	NMAM-2521	-
40	유기화합물-40	메틸시클로헥사놀	25639-42-3	A-95-2018	NMAM-1404	-

<부록 1> 작업환경측정 대상 유해인자의 측정분석방법 일람표(계속)

번호	구분	유해인자명	CAS번호	측정분석방법 번호(인자명)		
				KOSHA GUIDE	NIOSH	OSHA
41	유기화합물-41	무수 말레산(말레익(산) 언하이드라이드)	108-31-6	A-88-2018	NMAM-3512	OSHA-86
42	유기화합물-42	무수 프탈산(프탈릭(산) 언하이드라이드)	85-44-9	A-89-2018	-	OSHA-90
43	유기화합물-43	벤젠	71-43-2	A-69-2018	NMAM-1501/2549/ 3700/3800	OSHA-1005
44	유기화합물-44	1,3-부타디엔	106-99-0	A-90-2018	NMAM-1024	OSHA-56
45	유기화합물-45	n-부탄올(1-부탄올)	71-36-3	A-135-2018	NMAM-1401/1405/ 2549	OSHA-5001
46	유기화합물-46	2-부탄올(sec-부탄올)	78-92-2	A-136-2018	NMAM-1401/1405	OSHA-5001
47	유기화합물-47	2-부톡시에탄올	111-76-2	A-119-2018	NMAM-1403/2549/ 8316	OSHA-83
48	유기화합물-48	2-부톡시에틸 아세테이트 (에틸렌글리콜 모노부틸에테르 아세테이트)	112-07-2	A-36-2018	NMAM-8316	OSHA-83
49	유기화합물-49	n-부틸 아세테이트(초산 부틸)	123-86-4	A-123-2018	NMAM-2549	OSHA-1009
50	유기화합물-50	1-브로모프로판	106-94-5	A-39-2018	NMAM-1025	OSHA-1017/PV2061
51	유기화합물-51	2-브로모프로판	75-26-3	A-40-2019	NMAM-1025	OSHA-1017/PV2062
52	유기화합물-52	브롬화 메틸	74-83-9	A-20-2019	NMAM-2520/252080	OSHA-PV2040
53	유기화합물-53	비닐 아세테이트	108-05-4	A-111-2018	NMAM-1453	OSHA-51
54	유기화합물-54	사염화탄소	56-23-5	A-27-2018	NMAM-1003	-
55	유기화합물-55	스토다드 솔벤트	8052-41-3	A-112-2018	NMAM-1550	OSHA-48
56	유기화합물-56	스티렌(페닐 메틸렌)	100-42-5	A-70-2018	NMAM-1501/3800	OSHA-89/1014
57	유기화합물-57	시클로헥사논	108-94-1	A-109-2018	NMAM-1300/2549/ 2555	OSHA-1
58	유기화합물-58	시클로헥사놀	108-93-0	A-139-2018	NMAM-1402/1405	-
59	유기화합물-59	시클로헥산	110-82-7	A-65-2018	NMAM-1500	OSHA-1022
60	유기화합물-60	시클로헥센	110-83-8	A-66-2018	NMAM-1500	-

<부록 1> 작업환경측정 대상 유해인자의 측정분석방법 일람표(계속)

번호	구분	유해인자명	CAS번호	측정분석방법 번호(인자명)		
				KOSHA GUIDE	NIOSH	OSHA
61	유기화합물-61	아닐린	62-53-3	A-91-2018	NMAM-2002/2017	OSHA-PV2079
62	유기화합물-62	아세토니트릴	75-05-8	A-113-2018	NMAM-1606	-
63	유기화합물-63	아세톤	67-64-1	A-110-2018	NMAM-1300/2549/ 2555/3800	OSHA-69
64	유기화합물-64	아세트알데히드	75-07-0	A-58/59-2018	NMAM-2018/2538(1) 2539/3507(1)	OSHA-68
65	유기화합물-65	아크릴로니트릴	107-13-1	A-96-2018	NMAM-1604	OSHA-37
66	유기화합물-66	아크릴아미드	79-06-1	A-97-2018	-	OSHA-PV2004
67	유기화합물-67	알릴 그리시딜 에테르	106-92-3	A-144-2018	NMAM-2545	-
68	유기화합물-68	에탄올아민	141-43-5	A-134-2018	NMAM-2007/3509	OSHA-PV2111
69	유기화합물-69	2-에톡시에탄올	110-80-5	A-120-2018	NMAM-1403	OSHA-53/79
70	유기화합물-70	2-에톡시에틸 아세테이트 (에틸렌그리콜 모노에틸에테르 아세테이트)	111-15-9	A-122-2018	NMAM-1450	OSHA-53/79
71	유기화합물-71	에틸 벤젠	100-41-4	A-71-2018	NMAM-1501	OSHA-1002
72	유기화합물-72	에틸 아세테이트(초산 에틸)	141-78-6	A-131-2018	NMAM-1457/2549	-
73	유기화합물-73	에틸 아크릴레이트	140-88-5	A-121-2018	NMAM-1450	OSHA-92
74	유기화합물-74	에틸렌 글리콜	107-21-1	A-145-2018	NMAM-5500/5523	OSHA-PV2024
75	유기화합물-75	에틸렌 글리콜 디니트레이트	628-96-6	A-68-2018	NMAM-2507EGDN	OSHA-43
76	유기화합물-76	에틸렌 클로로히드린	107-07-3	A-38-2018	NMAM-2513	-
77	유기화합물-77	에틸렌이민	151-56-4	A-170-2018	NMAM-3514	-
78	유기화합물-78	에틸아민	75-04-7	A-148-2018	(NMAM-2010)	OSHA-36
79	유기화합물-79	2,3-에폭시-1-프로판올	556-52-5	A-149-2018	NMAM-1608	-
80	유기화합물-80	1,2-에폭시프로판(산화프로필렌)	75-56-9	A-83-2018	NMAM-1612	OSHA-88

<부록 1> 작업환경측정 대상 유해인자의 측정분석방법 일람표(계속)

번호	구분	유해인자명	CAS번호	측정분석방법 번호(인자명)		
				KOSHA GUIDE	NIOSH	OSHA
81	유기화합물-81	에피클로로히드린 (1-클로로-2,3-에폭시 프로판)	106-89-8	A-85-2018	NMAM-1010	-
82	유기화합물-82	요오드화 메틸(메틸 요오드)	74-88-4	A-103-2018	NMAM-1014	-
83	유기화합물-83	이소부틸 아세테이트(초산 이소부틸)	110-19-0	A-124-2018	NMAM-1450	OSHA-1009
84	유기화합물-84	이소부틸 알코올	78-83-1	A-137-2018	NMAM-1405	OSHA-5001
85	유기화합물-85	이소아밀 아세테이트(초산이소아밀(펜틸)	123-92-2	A-125/175-2018	NMAM-1450	OSHA-PV2142
86	유기화합물-86	이소아밀 알코올	123-51-3	A-140-2018	NMAM-1402/1405	-
87	유기화합물-87	이소프로필 아세테이트(초산 이소프로필)	108-21-4	A-129-2018	NMAM-1454/1460	-
88	유기화합물-88	이소프로필 알코올	67-63-0	A-133-2018	NMAM-1400/2549	OSHA-5001
89	유기화합물-89	이황화탄소	75-15-0	A-99-2019	NMAM-1600/3800	-
90	유기화합물-90	크레졸	1319-77-3	A-74-2018	NMAM-2546/2549	OSHA-32
91	유기화합물-91	크실렌(디메틸벤젠)	1330-20-7	A-73-2018	NMAM-1501/2549	OSHA-1002
92	유기화합물-92	클로로벤젠	108-90-7	A-30-2018	NMAM-1003	-
93	유기화합물-93	1,1,2,2-테트라클로로에탄	79-34-5	A-23-2018	NMAM-1019/2562	-
94	유기화합물-94	테트라히드로퓨란	109-99-9	A-101-2018	NMAM-1609/3800	-
95	유기화합물-95	톨루엔	108-88-3	A-72-2018	NMAM-1501/2549/ 3800/4000/8002/8007	OSHA-111/1021
96	유기화합물-96	톨루엔 2,4-디이소시아네이트	584-84-9	A-76-2018	NMAM-2535/5521/ 5522/5525	OSHA-18/33/42
97	유기화합물-97	톨루엔 2,6-디이소시아네이트	91-08-7	A-77-2018	NMAM-5521/5522/ 5525	OSHA-42
98	유기화합물-98	트리에틸아민	121-44-8	A-146-2018	(NMAM-2010)	OSHA-PV2060
99	유기화합물-99	트리클로로메탄(클로로포름)	67-66-3	A-28-2018	NMAM-1003	-
100	유기화합물-100	1,1,2-트리클로로에탄	79-00-5	A-167-2018	NMAM-1003	OSHA-11

<부록 1> 작업환경측정 대상 유해인자의 측정분석방법 일람표(계속)

번호	구분	유해인자명	CAS번호	측정분석방법 번호(인자명)		
				KOSHA GUIDE	NIOSH	OSHA
101	유기화합물-101	트리클로로에틸렌	79-01-6	A-24-2018	NMAM-1022	OSHA-1001
102	유기화합물-102	1,2,3-트리클로로프로판	96-18-4	A-33-2018	NMAM-1003	-
103	유기화합물-103	퍼클로로에틸렌(테트라클로로에틸렌)	127-18-4	A-31-2018	NMAM-3704	OSHA-1001
104	유기화합물-104	페놀	108-95-2	A-75-2018	NMAM-2546/2549/3502/8305	OSHA-32
105	유기화합물-105	펜타클로로페놀	87-86-5	A-82-2018	NMAM-5512	OSHA-39
106	유기화합물-106	포름알데히드	50-00-0	A-56/57-2018	NMAM-2016/2539/2541/3500/3800	OSHA-52/1007
107	유기화합물-107	프로필렌이민	75-55-8	A-172-2018	-	-
108	유기화합물-108	n-프로필 아세테이트(초산 프로필)	109-60-4	A-127-2018	NMAM-1450	-
109	유기화합물-109	피리딘	110-86-1	A-84-2018	NMAM-1613	OSHA-PV2295
110	유기화합물-110	헥사메틸렌 디이소시아네이트	822-06-0	A-78-2018	NMAM-5521/5522/5525	OSHA-42/W4002
111	유기화합물-111	n-헥산	110-54-3	A-64-2018	NMAM-1500/2549/3800	OSHA-PV2248
112	유기화합물-112	n-헵탄	142-82-5	A-63-2018	NMAM-1500/2549	-
113	유기화합물-123	황산 디메틸(디메틸 설페이트)	77-78-1	A-102-2018	NMAM-2524	OSHA-PV2147
114	유기화합물-124	히드라진	302-01-2	A-62-2018	NMAM-3503	OSHA-20/108
115	금속류-1	구리	7440-50-8	A-1-2018	NMAM-7029/7300/7301/7302/7303/7034	OSHA-ID121/125G/206/1006
116	금속류-2	납	7439-92-1	A-2-2019	NMAM-7029/7300/7301/7302/7303	OSHA-ID121/125G/206/1006/5003
117	금속류-3(1)	니켈	7440-02-0	A-3-2019	NMAM-7300/7301/7302/7303	OSHA-ID121/125G
118	금속류-3(2)	니켈카르보닐	13463-39-3	A-49-2018	NMAM-6007	-
119	금속류-4	망간	7439-96-5	A-5-2019	NMAM-7300/7301/7302/7303/7034	OSHA-ID121/125G
120	금속류-5	바륨	7440-39-3	A-43-2018	NMAM-7056/7300/7301/7302/7303/7304	OSHA-ID121

<부록 1> 작업환경측정 대상 유해인자의 측정분석방법 일람표(계속)

번호	구분	유해인자명	CAS번호	측정분석방법 번호(인자명)		
				KOSHA GUIDE	NIOSH	OSHA
121	금속류-6	백금	7440-06-4	A-6-2018	NMAM-7302/7303/ 8005/8310	OSHA-ID121/130SG
122	금속류-7	산화마그네슘	1309-48-4	A-4-2018(마그네슘)	NMAM-7302/7304	OSHA-ID121/125G
123	금속류-8	산화아연	1314-13-2	A-9-2018(아연)	NMAM-7030/7502	OSHA-ID121/143
124	금속류-9	산화철	1309-37-1	A-18-2019(철)	NMAM-7302/7304	OSHA-ID121/125G
125	금속류-10	셀레늄	7782-49-2	A-8-2018	NMAM-7300/7301/ 7302/73037303	OSHA-ID121/133SG
126	금속류-11	수은	7439-97-6	A-44-2018	NMAM-6009	OSHA-ID140/145
127	금속류-12	안티몬	7440-36-0	A-45-2018	NMAM-7300/7301/ 7302/7303	OSHAID121/125G/206
128	금속류-13	알루미늄	7429-90-5	A-10-2018	NMAM-7013/7300/ 7301/7303	OSHA-ID121
129	금속류-14	오산화바나듐	1314-62-1	A-48-2018	NMAM-7302/7304/ 7504	-
130	금속류-15	요오드	7553-56-2	A-46-2018	NMAM-6005	OSHA-ID212
131	금속류-16	인듐	7440-74-6	A-181-2020	NMAM-7306	OSHA-ID121
132	금속류-17	은	7440-22-4	A-11-2018	NMAM-7300/7301/ 7302/7303	OSHA-ID121
133	금속류-18	이산화티타늄	13463-67-7	A-17-2018(티타늄)	NMAM-7302/7304	OSHA-ID121
134	금속류-19	주석	7440-31-5	A-12/50-2018	NMAM-7300/7301/ 7302/7303	OSHA-ID121/206
135	금속류-20	지르코늄	7440-67-7	A-13-2018	NMAM-7300/7301/ 7302/7303/7304	OSHA-ID121
136	금속류-21	카드뮴	7440-43-9	A-14-2019	NMAM-7048/7300/ 7301/7302/7303/7304	OSHA-ID121/125G/ 206/1006/5003
137	금속류-22	코발트	7440-48-4	A-15-2019	NMAM-7027/7300/ 7301/7302/7303/7304	OSHA-ID121/125G/ 206/1006/5003
138	금속류-23	크롬	7440-47-3	A-16/173-2018/19	NMAM-7024/7300/ 7301/7303	OSHA-ID121/125G/ W4001/ID215 Ver.2
139	금속류-24	텅스텐	7440-33-7	A-47-2018	NMAM-7074/7300/ 7301/7302/7303	OSHA-ID213
140	산 및 알칼리류-1	개미산	64-18-6	A-151-2018	NMAM-2011	NIOSH-2011

<부록 1> 작업환경측정 대상 유해인자의 측정분석방법 일람표(계속)

번호	구분	유해인자명	CAS번호	측정분석방법 번호(인자명)		
				KOSHA GUIDE	NIOSH	OSHA
141	산 및 알칼리류-2	과산화수소	7722-84-1	A-152-2018	-	OSHA-1019/ID006/ ID126SG
142	산 및 알칼리류-3	무수 초산	108-24-7	A-153-2018	NMAM-3506	OSHA-102
143	산 및 알칼리류-4	불화수소	7664-39-3	A-154-2018	NMAM-3800/7902/ 7903/7906	OSHA-ID110
144	산 및 알칼리류-5	브롬화수소	10035-10-6	A-155-2018	NMAM-7907	OSHA-ID165SG
145	산 및 알칼리류-6	수산화 나트륨	1310-73-2	A-156-2018	NMAM-7401	OSHA-ID121
146	산 및 알칼리류-7	수산화 칼륨	1310-58-3	A-157-2018	NMAM-7401	OSHA-ID121
147	산 및 알칼리류-8	시아나화 나트륨	143-33-9	A-158-2018	(NMAM-7904)	OSHA-ID120
148	산 및 알칼리류-9	시아나화 칼륨	151-50-8	A-159-2018	NMAM-7904	OSHA-ID120
149	산 및 알칼리류-10	시아나화 칼슘	592-01-8	A-160-2018	(NMAM-7904)	OSHA-ID120
150	산 및 알칼리류-11	아크릴산	79-10-7	A-182-2020	-	OSHA-PV2005
151	산 및 알칼리류-12	염화수소	7647-01-0	A-183-2020	NMAM-7907	OSHA-ID174SG
152	산 및 알칼리류-13	인산	7664-38-2	A-184-2020	NMAM-7903	OSHA-ID111
153	산 및 알칼리류-14	질산	7697-37-2	A-185-2020	NMAM-7907	OSHA-ID165SG
154	산 및 알칼리류-15	초산	64-19-7	A-186-2020	NMAM-1603/1603B	OSHA-PV2119
155	산 및 알칼리류-16	트리클로로아세트산	76-03-9	A-187-2020	-	OSHA-PV2017
156	산 및 알칼리류-17	황산	7664-93-9	A-179-2019	NMAM-7908	OSHA-ID113
157	가스 상태 물질류-1	불소	7782-42-4	(A-154-2018)	(NMAM-7902)	(OSHA-ID110)
158	가스 상태 물질류-2	브롬	7726-95-6	(A-155-2018)	NMAM-6011	OSHA-ID108
159	가스 상태 물질류-3	산화에틸렌	75-21-8	A-174-2019	NMAM-1614/3702/ 3800	OSHA-1010 Ver.2
160	가스 상태 물질류-4	삼수산화 비소(아르신)	7784-42-1	A-52-2018	NMAM-6001	-

<부록 1> 작업환경측정 대상 유해인자의 측정분석방법 일람표(계속)

번호	구분	유해인자명	CAS번호	측정분석방법 번호(인자명)		
				KOSHA GUIDE	NIOSH	OSHA
161	가스 상태 물질류-5	시안화 수소	74-90-8	-	NMAM-6010/6017/ 7904	OSHA-1015/ID120
162	가스 상태 물질류-6	암모니아	7664-41-7	A-176-2019	NMAM-3800/6015/ 6015REV/6016	OSHA-ID164/188
163	가스 상태 물질류-7	염소	7782-50-5	A-177-2019	NMAM-6011	OSHA-ID101/126XGX
164	가스 상태 물질류-8	오존	10028-15-6	-	-	OSHA-ID214
165	가스 상태 물질류-9	이산화질소	10102-44-0	-	-	OSHA-ID182
166	가스 상태 물질류-10	이산화황	7446-09-5	-	NMAM-6004	OSHA-1011
167	가스 상태 물질류-11	일산화질소	10102-43-9	-	-	OSHA-ID190
168	가스 상태 물질류-12	일산화탄소	630-08-0	-	NMAM-6604	OSHA-ID209/210
169	가스 상태 물질류-13	포스겐	75-44-5	-	-	OSHA-61
170	가스 상태 물질류-14	포스핀	7803-51-2	-	NMAM-6002	OSHA-1003/ID180
171	가스 상태 물질류-15	황화수소	7783-06-4	-	NMAM-6013	OSHA-1008/ID141
172	허가 대상 유해물질-1	α-나프틸아민	134-32-7	A-98-2018	NMAM-5518	OSHA-93
173	허가 대상 유해물질-2	디아니시딘	119-90-4	A-61-2018	NMAM-5013	OSHA-71
174	허가 대상 유해물질-3	디클로로벤지딘	91-94-1	A-60-2018	NMAM-5509	OSHA-65
175	허가 대상 유해물질-4	베릴륨	7440-41-7	A-7-2019	NMAM-7102/7300/ 7301/7302/7303/7304	OSHA-1023
176	허가 대상 유해물질-5	벤조트리클로라이드	98-07-7	-	-	-
177	허가 대상 유해물질-6	비소	7440-38-2	A-51-2018	NMAM-7300/7301/ 7302/7303/7304	OSHA-ID121/125G/ 206/1006/5003
178	허가 대상 유해물질-7	염화비닐	75-01-4	A-22-2018	NMAM-1007	OSHA-75
179	허가 대상 유해물질-8	콜타르피치	65996-93-2	A-178-2019	NMAM-5023	OSHA-58
180	허가 대상 유해물질-9	크롬광 가공	-	-	-	-

<부록 1> 작업환경측정 대상 유해인자의 측정분석방법 일람표(계속)

번호	구분	유해인자명	CAS번호	측정분석방법 번호(인자명)		
				KOSHA GUIDE	NIOSH	OSHA
181	허가 대상 유해물질-10	크롬산 아연	13530-65-9	A-16/173-2018/19(크롬)	NMAM-7024/7300/ 7301/7303(크롬)	OSHA-ID121/125G/ W4001/ ID215 Ver.2(크롬)
182	허가 대상 유해물질-11	o-톨리딘	119-93-7	-	NMAM-5013	OSHA-71
183	허가 대상 유해물질-12	황화니켈	16812-54-7	A-3-2019(니켈)	NMAM-7300/7301/ 7302/7303(니켈)	OSHA-ID121/125G (니켈)
184	금속가공유-1	금속가공유	-	A-53-2018	NMAM-5026	-
185	광물성 분진-1	석영(규산)	14808-60-7	-	NMAM-7500/7601/ 7602/7603	OSHA-ID142
186	광물성 분진-2	크리스토팔라이트(규산)	14464-46-1	-	NMAM-7500/7601/ 7602	OSHA-ID142
187	광물성 분진-3	트리디마이트(규산)	15468-32-3	-	NMAM-7500/7601/ 7602	OSHA-ID142
188	광물성 분진-4	소우프스톤(규산염)	14807-96-6	-	(NMAM-0500/0600)	(OSHA-PV2121)
189	광물성 분진-5	운모(규산염)	12001-26-2	-	(NMAM-0500/0600)	(OSHA-PV2121)
190	광물성 분진-6	포틀랜드 시멘트(규산염)	65997-15-1	-	(NMAM-0500/0600)	OSHA-ID207
191	광물성 분진-7	활석(석면 불포함, 규산염)	14807-96-6	-	(NMAM-0500/0600)	(OSHA-PV2121)
192	광물성 분진-8	흑연(규산염)	7782-42-5	-	(NMAM-0500/0600)	(OSHA-PV2121)
193	곡물 분진-1	곡물 분진	-	-	(NMAM-0500/0600)	(OSHA-PV2121)
194	면 분진-1	면 분진	-	-	(NMAM-0500/0600)	(OSHA-PV2121)
195	목재 분진-1	목재 분진	-	-	(NMAM-0500/0600)	(OSHA-PV2121)
196	석면 분진-1	석면 분진	1332-21-4	A-175-2019	NMAM-7400/7402/ 9002	OSHA-ID160/ID191
197	용접 흄-1	용접 흄	-	-	(NMAM-0500/0600)	(OSHA-PV2121)
198	유리섬유-1	유리섬유	-	-	(NMAM-0500/0600)	(OSHA-PV2121)

주1) 물리적 인자인 소음과 고열은 본 일람표에 포함되지 않음.

주2) OSHA/NIOSH 방법에서 () 내에 표기된 것은 해당 기관에서 명칭을 명확히 제시된 것은 아니지만 적용 가능성이 있는 방법임.