

KOSHA GUIDE

E - H - 2 - 2025

포스핀에 대한  
작업환경측정·분석 기술지원규정

2025. 3.

한국산업안전보건공단

기술지원규정은 산업안전보건기준에 관한 규칙 등 산업안전보건법령의 요구사항을 이행하는데 참고하거나 사업장 안전·보건 수준향상에 필요한 기술적 권고 규정임

## 기술지원규정의 개요

- 작성자 : 안전보건공단 산업안전보건연구원 직업환경연구실
- 제·개정경과
  - 2024년 11월 보건위생분야 전문위원회 심의(제정)
  - 2025년 1월 표준제정위원회 본위원회 심의(제정)
- 관련규격 및 자료
  - National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH Manual of Analytical methods (NMAM), 4<sup>th</sup> ed, [www.cdc.gov/niosh/nmam](http://www.cdc.gov/niosh/nmam)
  - Occupational Safety and Health Administration (U.S.A), Sampling and Analytical method, [www.osha.gov/dts/sltc/methods/index.html](http://www.osha.gov/dts/sltc/methods/index.html)
  - Health and Safety Executive (U.K.), Methods for the Determination of Hazardous Substances (MDHS) guidance, [www.hse.gov.uk/pubns/mdhs/](http://www.hse.gov.uk/pubns/mdhs/)
  - American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH): Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices, 2024.
- 관련법규 · 규칙 · 고시 등
  - 산업안전보건법 제125조 (작업환경측정)
  - 산업안전보건법 시행규칙 제186조 (작업환경측정 대상작업장 등)
  - 고용노동부 고시 제2020-44호 (작업환경측정 및 정도관리 등에 관한 고시)
  - 고용노동부 고시 제2020-48호 (화학물질 및 물리적인자의 노출기준)
- 기술지원규정의 적용 및 문의
  - 이 기술지원규정에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지([www.kosha.or.kr](http://www.kosha.or.kr))의 기술지원규정 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
  - 동 규정 내에서 인용된 관련규격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 개정본이 있을 경우에는 해당 개정본의 내용을 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2025년 3월 26일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

## 목 차

1. 목 적 .....	1
2. 적용범위 .....	1
3. 용어의 정의 .....	1
4. 일반사항 .....	2
5. 시료채취 및 분석 시 고려사항 .....	5
6. 포스핀 측정·분석방법 .....	8

# 포스핀에 대한 작업환경측정·분석 기술지원규정 제안개요

## I. 제정이유

작업환경측정대상 유해인자 중 포스핀에 대한 측정 및 분석을 수행할 때 필요한 사항을 규정하여 측정·분석의 정확성과 정밀성을 유지하기 위함

## II. 제정(안)의 주요내용

1. 공기 중 시료채취 방법
2. 시료 전처리 및 분석 방법
3. 시료 분석 시 주의사항

## III. 관련 법규 및 규격

- 산업안전보건법 제125조 (작업환경측정)
- 산업안전보건법 시행규칙 제186조 (작업환경측정 대상작업장 등)
- 고용노동부 고시 제2020-44호 (작업환경측정 및 정도관리 등에 관한 고시)
- 고용노동부 고시 제2020-48호 (화학물질 및 물리적인자의 노출기준)

## IV. 산업안전·보건표준제정위원회 심의개요

### ○ 보건위생분야 전문위원회 심의

- 제 안 자 : 안전보건공단 산업안전보건연구원 직업환경연구실
- 심 의 일 : 2024년 11월 18일
- 심의위원 : 재적위원 23명 중 15명 참석
- 주요 수정내용 : OSHA 1003에 기초하여 측정·분석방법 제정 등

### ○ 산업안전·보건표준제정위원회 본위원회 심의

- 제 안 자 : 안전보건공단 산업안전보건연구원 직업환경연구실
- 심 의 일 : 2025년 1월 10일
- 심의위원 : 재적위원 24명 중 20명 참석
- 주요 수정내용 : OSHA 1003에 기초하여 측정·분석방법 제정 등

## 포스핀에 대한 작업환경측정·분석 기술지원규정

### 1. 목적

이 규정은 산업안전보건법 시행규칙 제186조(작업환경측정 대상 작업장 등)의 규정에 따른 작업환경측정 대상 유해인자 중 포스핀에 대한 측정 및 분석을 수행할 때 정확성 및 정밀성을 유지하기 위하여 필요한 제반 사항에 대하여 규정함을 목적으로 한다.

### 2. 적용범위

이 규정의 적용대상은 산업안전보건법 시행규칙에서 정한 허용기준 설정 대상 유해인자와 작업환경측정 대상 유해인자 중 포스핀의 측정, 분석 및 이와 관련된 사항에 한한다.

### 3. 용어의 정의

(1) 이 규정에서 사용하는 용어의 정의는 다음의 각 호와 같다.

- (가) “밀폐”라 함은 취급 또는 보관 상태에서 고형(固形)의 이물(異物)이 들어가지 않도록 한 상태를 말한다.
- (나) “밀봉”이라 함은 취급 또는 보관 상태에서 기체 또는 미생물이 침입할 염려가 없는 상태를 말한다.
- (다) 중량을 “정확하게 단다.”라 함은 지시된 수치의 중량을 그 자릿수까지 단다는 것을 의미한다.
- (라) “약”이란 그 무게 또는 부피에 대하여  $\pm 10\%$  이상의 차가 있어서는 안 된다.
- (마) 시험조작 중 “즉시”라는 용어는 30초 이내에 표시된 조작을 하는 것을 말한다.
- (바) “검출한계”라 함은 주어진 분석절차에 따라 합리적인 확실성을 가지고 검출할 수 있는 가장 적은 농도나 양을 의미한다.

(사) “정량한계”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.

(아) “회수율”이라 함은 채취한 분석대상물질의 분석 값을 보정하는데 필요한 것으로, 시료채취 매체와 동일한 재질의 매체에 첨가된 양과 분석량의 비로 표현된 것을 말한다.

(2) 그 밖에 이 규정에서 사용하는 용어의 정의는 이 기준에서 특별히 규정하는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 시행규칙, 산업안전보건기준에 관한 규칙 및 작업환경측정 및 정도관리 등에 관한 고시(고용노동부 고시 제2020-44호)에서 정하는 바에 따른다.

#### 4. 일반사항

(1) 이 시험법에 필요한 어원, 분자식 및 화학명 등은 특별한 언급이 없는 한 ( ) 내에 기재한다.

(2) 원자량은 국제순수 및 응용화학협회(IUPAC)에서 제정한 원자량 표에 따른다. 분자량은 소수점 이하 제 2단위까지 하고 제 3단위에서 반올림한다.

(3) 이 시험법에 규정한 방법이 분석화학적으로 반드시 최고의 정밀도와 정확도를 갖는다고는 할 수 없으며 이 시험방법 이외의 방법이라도 동등 이상의 정확도와 정밀도가 있다고 인정될 때에는 그 방법을 사용할 수 있다.

(4) 이 시험방법에 표시한 사항 중 탈착효율, 검출한계 등은 각조의 조건으로 시험하였을 때 얻을 수 있는 값을 참고하도록 표시한 것이므로 실제로는 그 값이 분석조건에 따라 달라질 수 있다.

(5) 시료의 시험, 바탕시험 및 표준액에 대한 일련의 동일시험을 행할 때 사용하는 시약 또는 시액은 동일 롯트(LOT)로 조제된 것을 사용한다.

(6) 이 시험법에 사용하는 유효숫자는 따로 규정이 없는 한 한국산업규격 KS Q 5002 (데이터의 통계적 해석방법)에 따른다.

(7) 이 시험법에 규정하지 않는 사항에 대해서는 일반적인 화학적 상식에 따르되 이 시험법에 기재한 방법 중 세부조작은 시험의 본질에 영향을 미치지 않는 범위 내에서 시

협자가 적당히 변경 조절할 수 있다.

- (8) 단위 및 기호 : 길이, 넓이, 부피, 농도, 압력 또는 무게를 나타내는 단위 및 기호는 아래 표에 따른다. 여기에 표시되어 있지 않은 단위는 한국산업규격 KS A ISO 80000-1(양 및 단위-제1부: 일반사항)에 따른다.

종류	단위	기 호	종류	단위	기 호
길이	미터	m	농도	몰농도	<b>M</b>
	센티미터	cm		노르말농도	<b>N</b>
	밀리미터	mm		밀리그램/리터	mg/ℓ
	마이크로미터	μm		마이크로그램/밀리리터	μg/ml
	나노미터	nm		퍼센트	%
압력	기압	atm	부피	세제곱미터	m <sup>3</sup>
	수은주밀리미터	mmHg		세제곱센티미터	cm <sup>3</sup>
	수주밀리미터	mmH <sub>2</sub> O		세제곱밀리미터	mm <sup>3</sup>
넓이	제곱미터	m <sup>2</sup>	무게	킬로그램	kg
	제곱센티미터	cm <sup>2</sup>		그램	g
	제곱밀리미터	mm <sup>2</sup>		밀리그램	mg
				마이크로그램	μg
용량	리터	ℓ			
	밀리리터	ml			
	마이크로리터	μl			

#### (9) 온도

- (가) 온도의 표시는 셀시우스(Celsius) 법에 따라 아라비아숫자 오른쪽에 ℃를 붙인다. 절대온도는 K로 표시하고 절대온도 0 K는 - 273℃로 한다.
- (나) 상온은 15~25℃, 실온은 1~35℃, 미온은 30~40℃로 한다. 냉소는 따로 규정이 없는 한 15℃이하의 곳을 뜻한다.

#### (10) 농도

- (가) 액체 단위부피중의 성분질량 또는 기체 단위부피중의 성분질량을 표시할 때에는 중량/부피(w/v)%의 기호를 사용한다. 액체 단위부피중의 성분용량, 기체 단위 부피중의 성분용량을 표시할 때에는 부피/부피(v/v)%의 기호를 사용한다. 백만분의 용량비를 표시할 때는 ppm(part per million)의 기호를 사용한다.

- (나) 공기 중의 농도를  $\text{mg}/\text{m}^3$ 으로 표시했을 때의  $\text{m}^3$ 은 정상상태(NTP, Normal Temperature and Pressure : 25°C, 1기압)의 기체용적을 뜻한다. 따라서 노출기준과 비교 시는 작업환경 측정 시의 온도와 압력을 실측하여 정상상태의 농도로 환산하여야 한다.

#### (11) 시약, 표준물질

- (가) 분석에 사용되는 시약은 따로 규정이 없는 한 화학용 시약에 규정된 일급이상의 것을 사용하여야 한다. 분석에 사용하는 시약은 제조회사에서 표시하는 농도 함량을 따른다.
- (나) 광도법, 전기화학적분석법, 크로마토그래피법, 고성능액체크로마토그래피법에 쓰이는 시약은 특히 순도에 주의해야 하고, 분석에 영향을 미치는 불순물을 함유할 염려가 있을 때는 미리 검정하여야 한다.
- (다) 분석에 사용하는 지시약은 특이한 것을 제외하고는 한국산업규격 KS M 0015(화학분석용 지시약 조제방법)에 규정된 지시약을 사용한다.
- (라) 시험에 사용하는 표준품은 원칙적으로 특급시약을 사용하며, 표준용액을 조제하기 위한 표준용 시약은 따로 규정이 없는 한 적절히 보관되어 오염 및 변질이 안 된 상태로 보존된 것을 사용한다.

- (12) 측정·분석 방법에 사용하는 증류수는 따로 규정이 없는 한 정제증류수 또는 이온교환수지로 정제한 탈염수(脫鹽水)를 말한다.

#### (13) 기구

- (가) 계량기구중 측정값을 분석결과의 계산에 사용할 목적으로 사용되는 것은 모두 보정하는 것을 원칙으로 한다.
- (나) 중량분석 용 저울은 적어도 10<sup>-5</sup> g(0.01 mg)까지 달수 있어야 하며, 화학분석용 저울은 적어도 10<sup>-4</sup> g(0.1 mg)까지 달 수 있어야 하며, 국가검정을 필한 제품 또는 이에 준하는 검정을 필한 제품이어야 한다.
- (다) 이 시험법에서 사용하는 모든 유리 기구는 한국산업규격 KS L 2302(이화학용 유리기구의 모양 및 치수)에 적합한 것 또는 이와 동등이상의 규격에 적합한 것으로 국가에서 지정한 기관에서 검정을 필한 것을 사용하여야 한다.
- (라) 여과용 기구 및 기기는 특별한 언급이 없이 “여과한다”라고 하는 것은 한국산업규



격 KS M 7602(거름종이(화학 분석용)) 거름종이 5종 또는 이와 동등한 여과지를 사용하여 여과함을 말한다.

## 5. 시료채취 및 분석 시 고려사항

### (1) 시료채취 기구 및 측정방법의 선택

시료채취의 목적과 시료채취시간, 방해인자, 예상되는 오염농도 및 실험실에서 보유하고 있는 분석장비의 능력 등을 종합적으로 고려하여 최적의 시료채취기구 및 분석방법을 선택한다.

### (2) 검량선 작성을 위한 표준용액제조

#### (가) 대상물질의 특성과악

분석하고자 하는 물질의 표준용액을 만들 원액(시약)의 순도와 특성(분자량, 비중, 노출기준)을 파악한다.

(나) 채취시료의 예상농도의 0.1~2배 수준에서 각 분석대상물질의 양을 결정한다.

#### (다) 표준용액 제조방법의 결정

일반적으로 표준용액 제조시 표준원액(stock solution)을 단계적으로 희석시키는 방법(희석식)과 표준원액에서 일정량씩 줄여 가면서 만드는 방법(배치식)이 있다. 희석식은 만들기가 수월한 반면 표준원액이 잘못되면 계통오차를 줄 수 있고 배치식은 여러 검량선 작성용 용액 중 몇 개가 잘못되더라도 이를 보정 할 수가 있으나 만들기가 어려운 단점이 있다.

#### (라) 표준용액의 제조

충분한 수의 표준용액을 준비한다. 일반적으로 분석하고자 하는 농도를 포함한 최소한 5개 수준의 표준용액을 제조한다.

#### (마) 검량선의 작성 시 주의점

① 표준원액으로 사용될 원액의 순도, 제조일자, 유효기간 등을 잘 파악해야 한다.

- ② 표준용액, 회수율 등에 사용되는 시약은 같은 롯트(Lot)번호를 가진 것을 사용하여야 한다.
- ③ 검량선은 시료 분석조건과 주입방법에 따라 작성하고 검량선이 적정하다고 판정하면 시료를 분석한다. 검량선은 분석할 시료의 농도를 포함해야 하며 외삽법은 피한다. 검량선의 적정성은 제시된 분석기기의 매뉴얼을 참조하거나 상관계수가 0.99이상의 것을 사용하도록 한다.

### (3) 내부표준물질의 사용방법 및 보정방법

(가) 내부표준물질의 선정 시 다음의 특성을 가지는 물질로 선정한다.

- ① 머무름 시간이 분석대상물질과 너무 멀리 떨어져 있지 않아야 한다.
- ② 피크가 용매나 분석대상물질의 피크와 중첩되지 않아야 한다.
- ③ 내부표준물질의 양이 분석대상 물질의 양보다 너무 많거나 적지 않아야 한다.
- ④ 사용하는 분석기기의 검출기에서 반응이 양호해야 한다.

(나) 내부표준물질은 표준용액 등으로 사용하기 전에 추출용액에 일정량을 넣는다.

(다) 보정방법

- ① 검량선 작성 시 각 표준용액을 분석한 크로마토그램 면적을 내부표준물질의 크로마토그램 면적으로 나눈 면적비로 회귀식을 구한다.
- ② 분석시료의 크로마토그램 면적을 내부표준물질의 크로마토그램 면적으로 나누어 면적비를 구한다.
- ③ ②에서 구한 면적비를 ①에서 구한 회귀식에 대입하여 농도를 구한다.

### (4) 회수율 검정을 위한 시료제조 및 회수율 계산방법

회수율은 여과지를 이용하여 채취한 물질의 분석값을 보정하는데 필요한 것으로 채취에 사용되지 않은 동일한 여과지에 첨가된 양과 분석량의 비로 표현된 값을 말한다. 이 실험을 통하여 여과지의 오염, 시약의 오염, 여과지에 대한 시료채취 효율 등을 알 수 있다. 시료 배치 당 최소한 한 번씩을 행해야 한다.

- (가) 회수율 실험을 위한 첨가량을 결정한다. 작업장의 농도를 포함하도록 예상되는 농도( $\text{mg}/\text{m}^3$ )와 공기채취량( $\ell$ )에 따라 첨가량을 계산한다. 만일 작업장의 예상 농도를 모를 경우 첨가량은 노출기준과 공기채취량 240 L를 기준으로 계산한다. 계산된 첨가량 3개 농도 수준(0.5~2배)의 양을 반복적으로 3개(3수준  $\times$  3반복 = 9개) 주입할 여과지와 공시료 3개를 준비한다.
- (나) 분석대상물질의 원액 또는 희석액 일정량을 마이크로피펫 또는 마이크로시린지를 이용하여 여과지에 주입한다.
- (다) 여과지를 밀봉하고 하루 동안 상온에 놓아둔다.
- (라) 여과지를 바이알에 넣고 추출용액으로 추출한다.
- (마) 시료를 분석하여 검출량을 구한다.
- (바) 다음 식에 의해 회수율을 구한다.

$$\text{회수율} = \text{분석량} / \text{첨가량}$$

- (사) 회수율은 최소한 0.75 이상이 되어야 하나 0.90 이상이면 좋다. 회수율에 대한 평가는 분석자가 해야 한다. 즉 12개의 회수율 실험결과를 근거로 판단해야 할 사항은 회수율간의 일정성이다. 만일 회수율간의 차이가 크고 변이가 심하여 일정성이 없으면 정확한 보정이 될 수가 없다. 따라서 그 원인을 찾아 교정하고 다시 실험을 실시해야 한다.

## 포스핀(Phosphine)

화학식:	PH <sub>3</sub>	분자량:	34.0	CAS No.:	7803-51-2
녹는점:	-133.8℃	끓는점:	-87.7℃	비 중:	1.379

### 특징, 발생원 및 용도:

- 전자산업에서 실리콘 반도체의 n-type 도펀트에 주로 사용되며, 갈륨-인듐-인화물 제조 시 소량 사용
- 펠렛형태의 인화칼슘, 인화알루미늄, 인화마그네슘과 대기 중 반응하여 생성된 포스핀은 곡물저장고에서 훈증제로 사용
- 중합개시제, 응축 촉매제, 포스포늄할라이드의 화학중간체 등으로 사용됨

노출기준	고용노동부(ppm)	0.3, 1(STEL)	OSHA(ppm)	0.3
	ACGIH(ppm)	0.05, 0.15(C)	NIOSH(ppm)	0.3, 1(STEL)

동의어: hydrogen phosphide, phosphorus trihydride

**분석원리 및 적용성:** 작업환경 중 분석대상 물질을 여과지에 채취하여 산으로 회화시킨 다음 시료 용액을 조제하여 유도결합플라즈마 원자발광분석법으로 정량한다.

시료채취 개요	분석 개요
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>시료채취매체:</b> 유리섬유여과지+염화수은이 코팅된 폴리에스테르여과지</li> <li>※ 유리섬유여과지는 인을 포함한 입자상 혹은 에어로졸을 제거하기 위한 용도임</li> <li>■ <b>유량-TWA:</b> 1 ℓ/min</li> <li>-STEL: 2 ℓ/min</li> <li>■ <b>공기량-TWA:</b> 240 ℓ</li> <li>-STEL: 30 ℓ</li> <li>■ <b>운반:</b> 일반적인 방법</li> <li>■ <b>시료의 안정성:</b> 상온에서 17일간 안정함</li> <li>■ <b>공시료:</b> 시료 세트 당 2~10개 또는 시료수의 10%이상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>분석기술:</b> 유도결합플라즈마-원자발광분석법</li> <li>■ <b>분석대상물질:</b> 인(phosphorous, P)</li> <li>■ <b>전처리:</b> 황산 2 mL로 가열 후 과산화수소 첨가</li> <li>■ <b>파장:</b> 178.221 nm</li> <li>■ <b>검량선:</b> P 표준용액 in 8% 황산</li> <li>■ <b>범위:</b> -</li> <li>■ <b>검출한계:</b> 2.9 μg phosphorus/sample</li> <li>■ <b>정밀도:</b> -</li> </ul>
방해작용 및 조치	정확도 및 정밀도
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 습도 높을 경우 시료 포집 효율이 저하될 수 있다.</li> <li>■ 구리나 철이 높은 농도로 존재할 경우 분석에 방해 작용을 할 수 있다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>연구범위(range studied):</b> 1.0~8.0 μg/mL</li> <li>■ <b>편향(bias):</b> -</li> <li>■ <b>총 정밀도(overall precision):</b> ±10.8%</li> <li>■ <b>정확도(accuracy):</b> -</li> </ul>

시약	기구
<ul style="list-style-type: none"> <li>황산(sulfuric acid, 96.5%)</li> <li>과산화수소(hydrogen peroxide, 30%)</li> <li>질산(nitric acid)</li> <li>증류수(di-ionized water)</li> <li>검량선 표준용액: 인(phosphorus) 1,000<math>\mu</math>g/ml</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>시료채취매체: 유리섬유여과지+염화수은이 코팅된 폴리에스테르여과지가 2단으로 장착된 37 mm 3단 카세트 홀더</li> <li>※ 시료채취매체는 구매하거나 ‘V. 비고’를 참조하여 제조할 수 있다.</li> <li>개인시료채취펌프(유연한 튜브관 연결됨), 유량 1~2 <math>\ell</math>/min 조절가능</li> <li>유도결합플라즈마-원자발광분석기(ICP-AES)</li> <li>용량플라스크</li> <li>비커, 시계접시</li> <li>가열판(hot plate)</li> <li>※ 모든 유리기구는 사용 전에 질산으로 씻고 증류수로 행구어 준다.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>특별 안전보건 예방조치: 피부 혹은 호흡기에 접촉되지 않도록 주의한다. 모든 산 회화작업은 흡후드 내에서 이루어져야 한다(‘V. 비고’ 참조).</li> </ul>	

## I. 시료채취

- 각 개인 시료채취펌프를 하나의 대표적인 시료채취매체로 보정한다.
- 유리섬유여과지와 염화수은이 코팅된 폴리에스테르 여과지를 아래 그림 1과 같이 3단 카세트의 중간 링 앞·뒤에 장착한다.  
※ 유리섬유여과지는 인이 포함된 입자와 에어로졸을 제거하기 위해 장착한다.

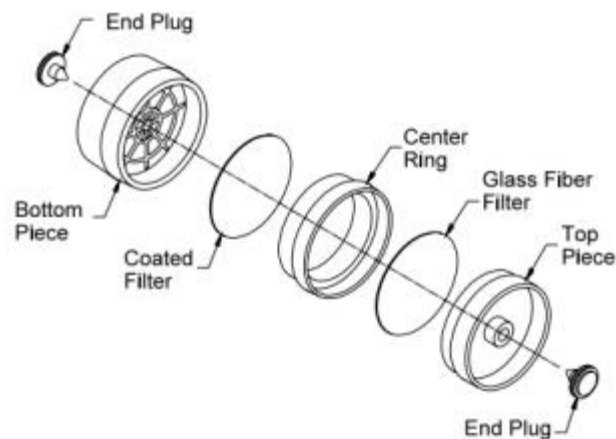


그림 1. 포스핀 채취를 위한 시료채취매체

- 카세트의 양쪽 마개를 열고 유연성 튜브를 사용하여 시료채취 펌프에 연결한다.
- TWA 시료의 경우 기준 1  $\text{ml}/\text{min}$ 의 유량으로 240분 동안 약 240  $\ell$ 의 시료를 채취하고, STEL 시료는 2  $\text{ml}/\text{min}$ 의 유량으로 15분 동안 약 30  $\ell$ 의 시료를 채취한다.
- 시료채취가 끝나면 양쪽 마개를 닫고 밀봉한 후 운반한다.
- 채취된 시료는 가능한 빨리 분석실로 전달한다.

## II. 시료 전처리

7. 전처리에 사용할 비커를 질산을 사용해 세척하고 증류수로 행궈준다.
8. 핀셋을 사용해 염화수은이 코팅된 여과지를 각 비커에 옮긴다. 유리섬유여과지는 버린다.
9. 황산 2 ml를 첨가한다.
10. 가열판에서 10분정도 가열한다. 이 때 용액은 짙은 갈색에서 연한 갈색으로 변한다.
11. 시료 용액이 투명해질 정도로 30% 과산화수소를 소량 첨가한다.
12. 용액을 가열판에서 내려 식힌 후 25 ml 용량플라스크에 옮기고 증류수로 표시선까지 맞춘다.

## III. 분석

### 【검량선 작성 및 정도관리】

13. 시료농도가 포함될 수 있는 적절한 범위에서 최소한 5개의 표준물질로 검량선을 작성한다.
  - a. 인(phosphorus) 10 $\mu\text{g/ml}$ (10 ppm P) 농도를 제조하기 위한 방법은 다음과 같다.
  - b. 100 ml 용량플라스크에 1,000  $\mu\text{g/ml}$  농도의 검량선 표준용액 1 ml를 넣는다. 그리고 증류수 50 ml를 넣은 후 황산 8 ml를 첨가하고 용액을 조금 식힌 후 증류수로 표시선까지 맞춘다.
  - c. 공시료는 100 ml 플라스크에 증류수 50 ml를 넣은 후 황산 8 ml를 첨가하고 용액을 조금 식힌 후 증류수로 표시선까지 맞춘다.
14. 한번 작성한 검량선에 따라 보통 10개의 시료를 분석한 다음, 표준용액으로 분석기기 반응에 대한 재현성을 점검한다. 재현성이 나쁘면 검량선을 다시 작성하고 시료를 분석한다.

### 【분석과정】

15. 분석기기 제조회사가 권고하는 대로 기기를 작동시키고 조건을 설정한다.
 

※ 분석기기, 파장 등에 따라 적절한 분석조건을 설정하며, 아래의 조건은 참고사항임.
16. 분석 파장은 178.221 nm, 177.433 nm, 213.616 nm, 214.918 nm를 사용할 수 있으며, 구리나 철이 높은 농도로 존재할 경우 213.616 nm와 214.918 nm에서 간섭을 줄 수 있다.
17. 시료의 흡광도 값이 검량선 그래프 직석보다 위에 있다면 시료를 희석하여 재분석한다.

## IV. 계산

18. 다음 식에 의하여 분석물질의 최종농도(절대농도( $\text{mg/m}^3$ ))를 구한다.

$$C_M = \frac{(C_p \times V_d \times 34.00)}{V \times 30.97}$$

$C_M$  : 분석물질의 절대농도( $\text{mg/m}^3$ )

$C_p$  : 시료 중 인의 농도( $\mu\text{g/ml}$ )

$V_d$  : 최종 시료 부피( $\text{ml}$ )

$V$  : 공기채취량( $\ell$ )

34.00 : 포스핀(phosphine)의 분자량( $\text{g/mol}$ )

30.97 : 인(phosphorus)의 원자량( $\text{g/mol}$ )

19. 분석물질의 상대농도(ppm)는 18의 절대농도 값을 사용해 다음 식에 대입하여 구한다.

$$C_V = \frac{(24.45)(C_M)}{34.00}$$

$C_V$  : 분석물질의 상대농도(ppm)  
 24.45 : 25℃에서 몰부피( $\ell$  /mol)  
 $C_M$  : 분석물질의 절대농도(mg/m<sup>3</sup>)  
 34.00 : 포스핀(phosphine)의 분자량(g/mol)

## V. 비고

- 이 방법은 OSHA method 1003에 기초하였다.
- 다른 방법은 NIOSH method 6002 등이 있다.
- 건강영향 및 예방조치: 모든 시약류의 피부 접촉이나 흡입을 피해야 하며, 실험실에서는 반드시 보호 장비를 착용하여야 한다.
- 염화수은이 코팅된 폴리에스테르 여과지 제조방법
  - a. 37 mm 여과지를 다음 순서로 세척(초음파처리)한 후 건조한다.
    - \* 메탄올 2회 → 10% 질산 3회 → 증류수 2회 → 메탄올 2회
  - b. 95:5(v/v) 메탄올(methanol)/글리세롤(glycerol) 40 ml에 염화수은(mercuric chloride) 4 g과 메틸오렌지(methyl orange) 소량을 첨가하여 염화수은용액(mercuric chloride solution)을 만든다.
    - \* 염화수은은 독성이 있으며 상온에서 약간 휘발된다.
  - c. 세척된 여과지를 깨끗한 유리판 위에 두고 염화수은용액 0.95 ml를 피펫으로 분취하여 여과지에 도포한다.
  - d. 후드 안에서 30분간 건조시킨다.
  - e. 제조된 여과지는 밀봉시켜 냉장 보관한다. 여과지는 3개월간 사용할 수 있다.

## VI. 참고문헌

1. 고용노동부 고시 제2020-48호, 화학물질 및 물리적인자의 노출기준, 2020.
2. 고용노동부 고시 제2020-44호, 작업환경측정 및 정도관리 등에 관한 고시, 2020.
3. American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH): Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices, 2024.
4. National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH): NIOSH Manual of Analytical Methods, Method 6002.
5. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH): NIOSH pocket guide to chemical hazards and other databases.
6. Occupational Safety and Health Administration(OSHA): Sampling and Analytical Methods 1003.

## 기술지원규정 제·개정 이력

### □ 제정일 : 2025. 2. 3.

- 제정자 : 안전보건공단 산업안전보건연구원 직업환경연구실
- 제정사유 : KOSHA GUIDE 미제정 물질
- 주요 제정내용
  - OSHA 1003에 기초하여 측정·분석방법 제정

### □ 재공표 : 2025. 3. 26.

- 기술지원규정 영문 명칭 복원(KSH-GUIDANCE→KOSHA GUIDE)으로 재공표