

KOSHA GUIDE

A - 51 - 2018

# 비소에 대한 작업환경측정 · 분석 기술지침

2018. 11.

한국산업안전보건공단

## 안전보건기술지침의 개요

- 작성자 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 권지운
- 개정자 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 직업환경연구실
  
- 제·개정 경과
  - 2012년 5월 산업위생분야 제정위원회 심의
  - 2015년 4월 산업위생분야 제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 반영)
  - 2018년 10월 산업위생분야 제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 반영)
  
- 관련규격 및 자료
  - National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH Manual of Analytical methods (NMAM®), 5th 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, 7th Ed, 2018.
  
- 관련법규·규칙·고시 등
  - 산업안전보건법 시행규칙 제93조 (작업환경측정 대상 작업장 등)
  - 고용노동부 고시 제2017-27호 (작업환경측정 및 지정측정기관 평가 등에 관한 고시)
  - 고용노동부 고시 제2018-62호 (화학물질 및 물리적인자의 노출기준)
  
- 기술지침의 적용 및 문의
  - 이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지([www.kosha.or.kr](http://www.kosha.or.kr))의 안전보건기술지침 소관분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
  - 동 지침 내에서 인용된 관련규격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 개정본이 있을 경우에는 해당 개정본의 내용을 참고하시기 바랍니다.
  
- 공표일자 : 2018년 11월 27일
- 제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

# 비소에 대한 작업환경측정 · 분석 기술지침

## 1. 목 적

이 지침은 산업안전보건법 시행규칙 제93조(작업환경측정 대상 작업장 등)의 규정에 의거 작업환경측정 대상인자 중 비소 및 그 무기화합물에 대한 측정 및 분석을 수행할 때 정확도 및 정밀도를 유지하기 위하여 필요한 제반 사항에 대하여 규정함을 목적으로 한다.

## 2. 적용범위

이 지침의 적용대상은 산업안전보건법 시행규칙에서 정한 작업환경측정대상 유해인자 중 비소 및 그 무기화합물의 측정, 분석 및 이와 관련된 사항에 한한다.

## 3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음의 각 호와 같다.

- (가) “밀폐”라 함은 취급 또는 보관상태에서 고형(固形)의 이물(異物)이 들어가지 않도록 한 상태를 말한다.
- (나) “밀봉”이라 함은 취급 또는 보관상태에서 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”이란 채취한 금속 등의 분석 값을 보정하는데 필요한 것으로, 시료채취 매체와 동일한 재질의 여과지에 첨가된 양과 분석량의 비로 표현된 것을 말한다.

- (2) 그 밖에 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 이 기준에서 특별히 규정하는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 시행규칙, 산업안전보건기준에 관한 규칙 및 작업환경측정 및 지정측정기관 평가 등에 관한 고시(고용노동부고시 제 2017-27호)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 분석 화학적으로 반드시 최고의 정밀도와 정확도를 갖는다고는 할 수 없으며, 이 시험방법 이외의 방법이라도 동등이상의 정확도와 정밀도가 있다고 인정될 때에는 그 방법을 사용할 수 있다.
- (4) 이 시험방법에 표시한 사항 중 탈착율, 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 수치의 댁음법은 따로 규정이 없는 한 한국산업의 규격 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 시험자가 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 KS A ISO 80000-1(양 및 단위-제1부: 일반사항)에 따른다.

종류	단위	기호	종류	단위	기호
길이	미터	m	농도	몰농도	M
	센티미터	cm		노르말농도	N
	밀리미터	mm		밀리그램/리터	mg/L
	마이크로미터	$\mu\text{m}$		마이크로그램/밀리리터	$\mu\text{g/mL}$
	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	$\mu\text{g}$
용량	리터	L			
	밀리리터	mL			
	마이크로리터	$\mu\text{L}$			

## (9) 온도

- (가) 온도의 표시는 셀시우스(Celsius) 법에 따라 아라비아숫자 오른쪽에 °C를 붙인다. 절대온도는 K로 표시하고 절대온도 0 K는 -273°C로 한다.
- (나) 상온은 15~25°C, 실온은 1~35°C, 미온은 30~40°C로 한다. 냉소는 따로 규정 이 없는 한 15°C 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 mg/m<sup>3</sup>으로 표시했을 때의 m<sup>3</sup>은 정상상태(NTP, Normal Temperature and Pressure : 25°C, 1기압)의 기체용적을 뜻한다. 따라서 노출 기준과 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 일급 이상의 것을 사용하여야 한다. 분석에 사용하는 시약은 제조회사에서 표시하는 농도합량을 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 KS M 0015(화학 분석용 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 초순수는 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  $10^{-5}$  g(0.01 mg)까지 달수 있어야 하며, 화학분석 용 저울은 적어도  $10^{-4}$  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 KS L 2302(이화학용 유리기구의 모양 및 치수)에 적합한 것 또는 이와 동등 이상의 규격에 적합한 것으로 국가에서 지정한 기관에서 검정을 필한 것을 사용하여야 한다.
- (라) 여과용 기구 및 기기는 특별한 언급이 없이 “여과한다.”라고 하는 것은 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 보

유하고 있는 분석장비의 능력 등을 종합적으로 고려하여 최적의 시료채취기구 및 분석방법을 선택한다.

## (2) 검량선 작성을 위한 표준용액제조

### (가) 대상물질의 특성파악

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

(나) 채취시료 노출기준의 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 보정할 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 작성시 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, 검량선에 사용된 표준용액의 농도보다 높은 시료의 경우는 희석하여 재분석 하거나 시료농도를 포함할 수 있는 표준용액을 추가로 제조하여 검량선을 다시 작성한다. 검량선의 적정성은 제시된 분석기기의 매뉴얼을 참조하거나 상관계수가 0.99이상의 것을 사용하도록 한다.

## (3) 회수율 검정을 위한 시료제조 및 회수율 계산방법

회수율은 여과지를 이용하여 채취한 물질의 분석값을 보정하는데 필요한 것으로 채취에 사용하지 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 번씩은 행해야 한다.

- (가) 회수율 실험을 위한 첨가량을 결정한다. 작업장의 농도를 포함하도록 예상되는 농도( $\text{mg}/\text{m}^3$ )와 공기채취량(L)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 실시해야한다.



## 비소(Arsenic)

원자기호: As	원자량: 74.92	CAS No.: 7440-38-2
녹는점: 814 °C	끓는점: 613°C(승화점)	비 중: 5.72
		용해도: 질산에 용해- 3.47g/100mL(25°C)

**특징, 발생원 및 용도:**

- 은회색 또는 흰색. 부서지기 쉬움. 반응성 반금속(metalloid)
- 구리, 납 및 합금 생산, 색소생산, 유리류 제조, 살충제 및 살균제, 반도체 생산 공장에서 주로 사용

노출기준	고용노동부 (mg/m <sup>3</sup> )	0.01	OSHA (mg/m <sup>3</sup> )	0.5 - 유기
	ACGIH (mg/m <sup>3</sup> )	0.01	NIOSH (mg/m <sup>3</sup> )	0.002 (C)

**동의어:** arsenic metal, arsenia 등 화합물에 따라 다양함.

**분석원리 및 적용성:** 작업환경 중 대상물질을 여과지에 채취하여 산으로 회화시킨 다음 시료용액을 조제하여 원자흡광광도계(AAS)를 이용하여 정량한다. 적용농도는 공기량 200 L에서 0.00025~0.01 mg/m<sup>3</sup>, 30 L에서 0.002~0.07 mg/m<sup>3</sup>이다. 휘발성 유기 비소화합물(As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)과 아르신(AsH<sub>3</sub>)은 이 채취방법에 의해 효과적으로 채취되지 않는다.

시료채취 개요	분석 개요
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 시료채취매체: 막여과지 (0.8 um cellulose ester membrane)</li> <li>■ 유량: 1~3 L/min</li> <li>■ 공기량 -최대: 30 L at 0.002 mg/m<sup>3</sup> -최소: 1,000 L</li> <li>■ 운반: 여과지의 시료포집 부분이 위를 향하도록 하고 마개를 닫아 밀폐된 상태에서 운반</li> <li>■ 시료의 안정성: 냉장 보관시 안정함</li> <li>■ 공시료: 시료 세트당 2-10개의 현장 공시료</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 분석기술: 원자흡광광도계-Flame (Atomic absorption, flame) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 불꽃: 수소, 아르곤 가스</li> <li>- 파장: 193.7 nm</li> </ul> </li> <li>■ 분석대상물질: 비소(As)</li> <li>■ 전처리: 질산 3 mL, 황산 1 mL, 과염소산 1 mL로 140°C에서 회화</li> <li>■ 최종용액: 4% 황산용액 25 mL</li> <li>■ 범위: 0.05~2.0 ug/시료</li> <li>■ 검량선: 4% 황산용액, 0.2~8 ug/100 mL</li> <li>■ 검출한계: 0.02 ug/시료</li> <li>■ 정밀도: 0.11</li> </ul>
방해작용 및 조치	정확도 및 정밀도
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 배경흡수작용(background absorption)은 D<sub>2</sub> 또는 H<sub>2</sub> 컨티늄(continuum) 사용으로 보정할 수 있다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 연구범위(range studied): -</li> <li>■ 편향(bias): -</li> <li>■ 총 정밀도(overall precision): -</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>정확도(accuracy): -</li> </ul>
시약	기구
<ul style="list-style-type: none"> <li>질산(특급)</li> <li>염산(특급)</li> <li>황산(특급)</li> <li>과염소산(특급)</li> <li>표준용액(1,000 mg/mL) : 표준품을 구입하거나 조제함. 20%(w/v) 수산화칼륨용액 25 mL에 1.320 g의 삼산화비소(<math>As_2O_3</math>)를 녹이고 20% 질산으로 페놀프탈레인 종말점까지 중화시킴. 질산 10 mL을 첨가하고 증류수나 탈이온수로 1 L로 희석시킴.</li> <li>회화용액: 질산:황산:과염소산=3:1:1의 비율로 혼합</li> <li>수소</li> <li>아르곤</li> <li>증류수 또는 탈이온수</li> <li>수소화붕소나트륨(sodium borohydride) 펠렛</li> <li>압축공기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>시료채취매체: 막여과지(cellulose ester filter, 공극 0.8 <math>\mu m</math>, 직경 37 mm), 카세트 홀더</li> <li>개인시료채취펌프(유연한 튜브로 연결), 유량 1~3 L/min</li> <li>원자흡광광도계(Atomic absorption spectrophotometer-Flame)</li> <li>수소 및 아르곤 가스 레귤레이터</li> <li>125 mL 또는 50 mL 비이커, 시계접시 뚜껑</li> <li>25 mL 및 100 mL 용량 플라스크</li> <li>피펫</li> <li>가열판(표면온도 140 <math>^{\circ}C</math>)</li> </ul> <p>※모든 유리기구는 사용 전에 질산으로 씻고 증류수로 행구어 준다.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>특별 안전보건 예방조치: 비소는 발암물질이므로 안전하게 취급하여야 한다. 모든 과염소산 회화작업은 흡후드에서 이루어져야 한다. ('V. 비고' 참고)</li> </ul>	

## I. 시료채취

1. 시료채취매체를 이용하여 각 개인시료채취펌프를 보정한다.
2. 1~3 L/min의 정확한 유량으로 총 30~1,000 L의 공기를 채취하며, 여과지에 채취된 먼지가 총 2 mg을 넘지 않도록 한다.
3. 채취가 끝난 여과지는 밀봉하여 먼지가 떨어지지 않도록 카세트를 바로 세워서 운반한다.

## II. 시료 전처리

4. 카세트필터 홀더를 열고 시료와 공시료를 깨끗한 비이커로 옮긴다.  
※참고: 삼산화비소( $As_2O_3$ ) 증기의 정성적 분석을 위해서는 백업 패드(backup pad)를 따로 분석하고, 정량적 포집 및 분석을 위해서는 NIOSH Method 7901을 이용한다.
5. 회화용액 5 mL를 넣고 시계접시를 덮는다.
6. 용액의 색깔이 투명해질 때까지 가열판(140 $^{\circ}C$ )에서 가열한다.
7. 질산 1 mL와 70% 과염소산을 용액이 투명해 질 때까지 한 방울씩 떨어트리면서 회화한다.  
※이때 색의 변화는 갈색에서 점점 없어진다.
8. 시계접시를 제거한다.
9. 가열판(140 $^{\circ}C$ )에서 진한 흰색의 삼산화황( $SO_3$ ) 증기가 발생할 때까지 가열한다.  
※만약 잔류 유기물이 탄화되어 용액이 색소를 띠게 되면 1방울씩 용액이 맑아질 때까지 과산화수소 용액을 조심스럽게 첨가한다.
10. 위 혼합물이 식을 때까지 놔둔다.

11. 용액을 25 mL 용량플라스크에 옮겨 담는다.
12. 증류수 또는 탈이온수로 눈금까지 희석한다.

### III. 분석

#### 【검량선 작성 및 정도관리】

13. 100 mL 용량플라스크에 황산 4 mL를 넣고 증류수로 눈금까지 희석한다. 분석기기(AAS)의 최적 범위 내에서 표준용액을 제조하며, 이때 일반적인 분석범위는 0.2~0.8 ug As/100 mL (0.05~2 ug As/시료)이다.
14. 표준용액을 공시료 및 시료와 함께 분석한다.
15. 검량선 그래프를 작성한다(흡광도 vs 표준용액 농도(ug/mL)).
16. 한번 작성한 검량선에 따라 보통 10개의 시료를 분석한 다음, 표준용액으로 분석기기 반응에 대한 재현성을 점검한다. 재현성이 나쁘면 검량선을 다시 작성하고 시료를 분석한다.  
※표준용액의 흡광도 변화가  $\pm 5\%$ 를 초과했다면 교정조치를 취하고 검량선을 다시 작성하여 시료를 분석한다.
17. 시료채취매체에 기지량의 분석대상물질을 첨가한 시료(spike 시료)로 아래와 같이 회수율(Recovery) 시험을 실시하여 현장 시료 분석값을 보정한다.

#### <회수율 시험>

1. 예상 시료량이 포함되도록 3가지 이상의 수준 및 공시료를 각각 3반복으로 시료를 만든다.
  2. 하룻밤 방치한 후 'II. 시료전처리' 과정과 동일하게 전처리하고 현장 시료와 동일하게 분석한 후 회수율 구한다.
  3. 2에서 구한 회수율을 계산식에 적용하여 시료의 분석값을 보정하며, 수준별로 회수율의 차이가 뚜렷하면 수준별로 보정한다.
18. 방해작용을 확인하기 위해 가끔씩 표준용액 첨가법(method of standard additions)을 사용한다.

#### 【분석과정】

19. 원자흡광광도계 제조사의 권고와 “분석개요”에 제시된 조건을 참고하여 기기를 설정한다.
20. 제조사의 지침에 따라 Arsine 발생 장치(Arsine generator)의 조건을 설정한다.
21. Arsine 발생 플라스크(Arsine generation flask) 안에 전처리한 시료 25 mL중 5 mL를 피펫으로 채서 넣는다.
22. 같은 플라스크 안에 25 mL 증류수와 3 mL 염산을 넣고 잘 섞어준다.
23. 위 플라스크를 Arsine 발생 시스템에 연결한다.
24. 수소화붕소나트륨 펠렛(pellet) 하나 또는 수소화붕소나트륨 용액을 시료 용액에 넣는다.
25. 기체가 원자흡광광도계의 불꽃 안에서 붉게 빛나기 시작하도록 둔다.
26. 흡광도 기록을 저장한다.  
※참고: 만약 시료의 흡광도 값이 검량선 그래프 직선보다 위에 있다면 그 용액을 희석하거나 더 작은 양의 시료를 넣은 후 재분석하여 희석계수를 적용한다.

### IV. 계산

27. 시료의 용액 부피( $V_s$ )와 공시료 부피( $V_b$ )를 이용하여 채취된 공기중(V) 채취물질의 농도(C)를 다음 식에 의하여 구한다.

$$C = \frac{C_s V_s - C_b V_b}{V \times R} \quad (mg/m^3)$$

- $C_s$  : 시료에서의 분석물질의 농도 ( $ug/mL$ )
- $C_b$  : 공시료에서의 분석물질의 농도 ( $ug/mL$ )
- $V_s$  : 시료에서 회석한 최종용량 ( $mL$ )
- $V_b$  : 공시료에서 회석한 최종용량 ( $mL$ )
- $V$  : 공기채취량 ( $L$ )
- $R$  : 회수율

## V. 비고

- 이 방법은 NIOSH Method 7900에 기초하였고 HSE MDHS 41/2, ISO 15201의 일부 내용을 참고하여 작성하였다.
- 다른 방법: NIOSH Method 7901, HSE MDHS 41/2, ISO 15201, OSHA Method ID-105, NIOSH Method 7300  
 ※ NIOSH Method 7901는  $As_2O_3$  증기 측정에 적합함.
- 건강영향 및 예방조치: 노출시 주요증상으로는 호흡기 및 피부자극, 저체온 또는 발열, 혈압변화, 정서장애, 푸른빛 피부색 등이 있으며, 지속적인 노출에 의해 식욕부진, 암 등을 유발할 수 있다. 예방조치 방법으로 작업 중 환기상태 확인, 화학물질 취급시 적절한 보호구를 착용, 화학물질 취급 장소에서 흡연 및 취식 금지 등을 준수하고 초기증상이 나타나면 반드시 관리자에게 보고한다.

## VI. 참고문헌

1. 고용노동부 고시 제2018-62호, 화학물질 및 물리적인자의 노출기준, 2018.
2. American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH): Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices, 7th Edition, 2018.
3. Health and Safety Executive(HSE) : Methods for the Determination of Hazardous Substances(MDHS), Method 41/2, Arsenic and inorganic compounds of arsenic in air, 1994.
4. International Organization for Standardization(ISO): ISO 15202-1:2000, ISO 15202-2:2001, ISO 15202-3:2004.
5. National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH) : NIOSH Manual of Analytical Methods, Method #7900(1994), #7300(2003), #7301(2003), #7303(2003), #9102(2003).
6. National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH) : NIOSH pocket guide to chemical hazards and other databases, 2010: 2018.
7. Occupational Safety and Health Administration(OSHA) : Index of Sampling & Analytical Methods, Method ID-105(1991). ID-1006(2005).
8. Occupational Safety and Health Administration(OSHA) : Occupational Safety and Health Administration(OSHA) : Standards 29 CFR 1910.1000, Occupational safety and health standards - Toxic and hazardous substances - Table Z Limits for Air Contaminants, 2006.