

KOSHA GUIDE

A - 189 - 2021

일산화탄소에 대한
작업환경측정 · 분석 기술지침

2021. 5.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

- 작성자 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 직업환경연구실
- 제·개정 경과
 - 2021년 5월 산업위생분야 제정위원회 심의(제정)
- 관련규격 및 자료
 - National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH Manual of Analytical methods (NMAM®), 5th ed, 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
 - Health and Safety Executive (U.K.), Methods for the Determination of Hazardous Substances (MDHS) guidance, www.hse.gov.uk/pubns/mdhs/
 - American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH): Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices, 2021.
- 관련법규·규칙·고시 등
 - 산업안전보건법 제125조(작업환경측정)
 - 산업안전보건법 시행규칙 제186조(작업환경측정 대상 작업장 등)
 - 고용노동부 고시 제2020-44호(작업환경측정 및 정도관리 등에 관한 고시)
 - 고용노동부 고시 제2020-48호(화학물질 및 물리적인자의 노출기준)
- 기술지침의 적용 및 문의
 - 이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지 (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 : 2021년 5월

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

일산화탄소에 대한 작업환경측정·분석 기술지침 제안개요

I. 제정이유

산업안전보건법 시행규칙 제186조(작업환경측정 대상 작업장 등)의 규정에 의거 작업 환경측정 대상인자 중 일산화탄소에 대한 측정 및 분석을 수행할 때 정확도 및 정밀도를 유지하기 위한 지침을 제시하여 사업장에서 이를 활용토록 하여 근로자의 안전을 도모하기 위함.

II. 제정(안)의 주요내용

1. 일산화탄소의 물리화학적 특징
2. 일산화탄소의 국내외 노출기준
3. 일산화탄소의 작업환경측정 및 분석 방법

III. 관련 법규 및 규격

- 산업안전보건법 제125조(작업환경측정)
- 산업안전보건법 시행규칙 제186조(작업환경측정 대상 작업장 등)

IV. 제정위원회 심의개요

- 제안자 : 산업안전보건연구원 직업환경연구실
- 심의일 : 2021년 5월 17일 ~ 5월 20일(서면 심의)
- 심의위원 : 재적위원 15명 중 12명 찬성
- 주요 수정내용 : 일산화탄소의 작업환경측정 및 분석방법

일산화탄소에 대한 작업환경측정·분석 기술지침

1. 목 적

이 지침은 산업안전보건법 시행규칙 제186조(작업환경측정 대상 작업장 등)의 규정에 의거 작업환경측정 대상인자 중 일산화탄소에 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 일산화탄소의 측정, 분석 및 이와 관련된 사항에 한한다.

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 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.

(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 정도관리 등에 관한 고시(고용노동부 고시 제 2020-44호)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 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	μm		마이크로그램/밀리리터	$\mu\text{g/mL}$
	나노미터	nm		퍼센트	%
압력	기압	atm	부피	세제곱미터	m^3
	수은주밀리미터	mmHg		세제곱센티미터	cm^3
	수주밀리미터	mmH ₂ O		세제곱밀리미터	mm^3
넓이	제곱미터	m^2	무게	킬로그램	kg
	제곱센티미터	cm^2		그램	g
	제곱밀리미터	mm^2		밀리그램	mg
				마이크로그램	μg
용량	리터	L			
	밀리리터	mL			
	마이크로리터	μL			

(9) 온도

(가) 온도의 표시는 셀시우스(Celcius) 법에 따라 아라비아숫자 오른쪽에 $^{\circ}\text{C}$ 를 붙인다. 절대온도는 K로 표시하고 절대온도 0 K는 -273°C 로 한다.

(나) 상온은 $15\sim 25^{\circ}\text{C}$, 실온은 $1\sim 35^{\circ}\text{C}$, 미온은 $30\sim 40^{\circ}\text{C}$ 로 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 단위부피중의 성분용량을 표시할 때에는 부피/부피(v/v)%의 기호를 사용한다. 백만분의 용량비를 표시할 때는 ppm(parts per million)의 기호를 사용한다.
- (나) 공기 중의 농도를 mg/m^3 으로 표시했을 때의 m^3 은 정상상태(NTP, Normal Temperature and Pressure : 25℃, 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 일급 이상의 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 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) 계량기구 중 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 보유하고 있는 분석장비의 능력 등을 종합적으로 고려하여 최적의 시료채취기구 및 분석방법을 선택한다.

일산화탄소(Carbon Monoxide)

분자식:	CO	화학식:	CO	분자량:	28.01	CAS No.:	630-08-0
녹는점:	-205℃	끓는점:	-191.5℃	비 중:	0.967	용 해 도:	27.6 mg/L(25℃)

특징, 발생원 및 용도:	<ul style="list-style-type: none"> 상온에서 무색, 무취의 가스 상태로 존재 연료나 화학공정의 원료로 사용되며 인체 내에 들어오면 카복시헤모글로빈을 형성하여 저산소증을 유발함
---------------	--

노출기준	고용노동부 (ppm)	30 200(STEL)	OSHA (ppm)	35 200(C)
	ACGIH (ppm)	25	NIOSH (ppm)	35 200(C)

동의어: Carbon Oxide, Carbonic Oxide, Monoxide

분석원리 및 적용성: 비분산적외선 혹은 전기화학적 센서 방식을 이용한 직독식 장비를 이용하여 측정

시료채취 개요	분석 개요
<ul style="list-style-type: none"> 시료채취매체: 직독식 장비 펌프 흡입능력: 장비별 권장유량 적용 공기량: 장비별 권장공기량 적용 공시료: 신선한 공기나 CO-free air를 이용하여 영점 확인 	<ul style="list-style-type: none"> 분석기술: 비분산적외선 방식 센서 혹은 전기 화학적 센서 분석대상물질: 일산화탄소 장비 측정범위 : 최소 0~100 ppm 포함 분해능 : 1 ppm 이하
방해작용 및 조치	정확도 및 정밀도
<ul style="list-style-type: none"> 다른 가스상 물질이 발생하여 간섭이 일어날 수 있으므로 장비에 일산화탄소 전용 필터 착용을 권장함. 	<ul style="list-style-type: none"> 시료채취분석오차: 0.100

시약	기구
<ul style="list-style-type: none"> 일산화탄소 교정용 가스(20~50 ppm수준) 	<ul style="list-style-type: none"> 일산화탄소 직독식 장비 직독식 장비 배터리 혹은 충전기
<ul style="list-style-type: none"> 특별 안전보건 예방조치: 일산화탄소는 가연성, 폭발성이 있으며 흡입 시 위험할 수 있음. 	

I. 시료채취 및 분석

1. 시료채취 전 작업장에서 깨끗한 공기나 제로 가스로 직독식 장비의 영점 조절을 한다.
2. 개인시료 측정을 위해서는 작업자의 호흡영역에 장비를 설치하며, 지역시료 측정을 위해서는 작업 장소 부근 바닥에서 150~170 cm 높이에서 측정한다.
3. 측정시간 및 횟수는 작업시간 및 비교하고자 하는 노출기준에 따라 아래 3가지 방법 중 1가지를 택한다.

노출기준	측정 및 계산 방법
TWA	1) 1~2분 간격으로 작업시간 내내 연속측정·저장되는 데이터를 수집하여 평균 계산 2) 등간격(예:1시간)으로 나누어 6회 이상 측정 후 평균 계산
STEL	3) 7~15분간 연속 측정(7~15회)하여 평균 계산

- ※ 6시간 이상의 작업 중 6시간만 측정하였다면 측정 외 시간을 적용·보정해야 함.
- ※ 장비 작동 후 1분 이상 안정화 시간 필요, 2회 평균값을 한 번 측정한 값으로 사용.

II. 장비 교정

4. 장비는 검교정 기관에 맡겨 6개월에 1회 이상 교정을 받거나, 장비회사에서 제안하는 일산화탄소와 공기 (혹은 질소)가 혼합된 가스실린더를 구매하여 교정한다(30 ppm을 포함시키는 전후 농도 2가지, 예: 20 ppm과 50 ppm).
5. 직접 교정할 경우 표준가스 농도의 $\pm 5\%$ 이내의 차이를 보여야 한다.

III. 비교

- 이 방법은 NIOSH Method 6604에 기초하였다.
- 건강영향 및 예방조치: 스펀가스를 이용한 장비교정 시 흡후드 내에서 수행되어야 한다.

IV. 참고문헌

1. 고용노동부 고시 제2020-48호, 화학물질 및 물리적인자의 노출기준, 2020.
2. 고용노동부 고시 제2020-44호, 작업환경측정 및 정도관리 등에 관한 고시, 2020.
3. National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH): NMAM 5th edition 6604.
4. Occupational Safety and health Administration(OSHA) : Sampling and Analytical Method ID-210
5. American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH) : Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices, 7th Ed, 2019.
6. 노지원 등. 산안법 개정에 따른 허용기준 설정 유해인자의 시료채취 및 분석방법 : 1,2-디클로로프로판, 일산화탄소. 산업안전보건연구원 연구보고서 2020-834, 2020.