

KOSHA GUIDE

H - 17 - 2021

카드뮴의 생물학적 노출지표물질
분석에 관한 기술지침

2021. 10.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

- 작성자 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 김태균
 - 1차 개정자 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 박정근
 - 제 · 개정 경과
 - 2011년 6월 KOSHA Guide 산업의학분야 제정위원회 심의(제정)
 - 2017년 6월 KOSHA Guide 산업의학분야 제정위원회 심의(1차 개정)
 - 2021년 8월 산업의학분야 표준제정위원회 심의(법령 및 규격 최신화)
 - 관련규격 및 자료
 - WHO/HPR/OCH, Biological monitoring of chemical exposure in the workplace Guidelines Vol 1. 1996
 - American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH): Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices. 7th Ed
 - 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원. 생물학적 노출평가 기준 및 분석방법 연구 III: 납 등 중금속 10종. 연구원 2010-66-882. 2010
 - 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원. 근로자 건강진단 실무지침: 제1권 특수건강진단의 개요. 2020-산업안전보건연구원-350. 2020
 - 관련법규 · 규칙 · 고시 등
 - 산업안전보건법 시행규칙 [별표 24] 특수건강진단 · 배치전건강진단 · 수시건강진단의 검사항목(제206조 관련)
 - 고용노동부고시 제2020-61호(특수건강진단기관의 정도관리에 관한 고시)
 - 고용노동부고시 제2020-60호(근로자 건강진단 실시기준)
 - 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원. 「근로자건강진단 실무지침」 제1권 특수건강진단 개요. 2020-산업안전보건연구원-350. 2020
 - 기술지침의 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지(<http://kosha.or.kr>) 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
- 공표일자 : 2021년 10월
제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

카드뮴의 생물학적 노출지표물질 분석에 관한 기술지침

1. 목적

이 지침은 산업안전보건법(이하 “법”이라고 한다) 제130조(특수건강진단) 및 같은 법 시행규칙(이하 “시행규칙”이라고 한다) 제206조(특수건강진단 등의 검사항목 및 실시 방법 등) 별표 24, 고용노동부고시 제2020-61호(특수건강진단기관의 정도관리에 관한 고시) 및 고용노동부고시 제2020-60호(근로자 건강진단 실시기준)에 따라 수은에 노출된 근로자의 생물학적 노출평가와 관련된 생물학적 노출지표물질 분석 방법의 제시를 목적으로 한다.

2. 적용범위

이 지침은 법, 시행규칙 및 고용노동부고시에 따라 실시하는 근로자 건강진단 중 카드뮴에 노출되는 근로자의 생물학적 노출평가에 적용한다.

3. 정의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

- (가) “생물학적 노출평가”란 혈액, 소변 등 생체시료 중 유해물질 자체 또는 유해물질의 대사산물이나 생화학적 변화산물 분석값을 이용한, 유해물질 노출에 의한 체내 흡수정도나 건강영향 가능성 등의 평가를 의미한다.
- (나) “생물학적 노출지표물질”이란 생물학적 노출평가를 실시함에 있어 생체 흡수정도를 반영하는 물질로 유해물질 자체나 그 대사산물, 생화학적 변화물 등을 말한다.
- (다) “생물학적 노출기준값”이란 일주일에 40시간 작업하는 근로자가 고용노동부고시에서 제시하는 작업환경 노출기준 정도의 수준에 노출될 때 혈액 및 소변 중에서 검출되는 생물학적 노출지표물질의 값이다.
- (라) “정밀도(Precision)”란 일정한 물질에 대하여 반복측정·분석을 했을 때 나타나는 자료분석치의 변동의 크기를 나타낸다. 이 경우 같은 조건에서 측정했을 때 일어나는 우연오차(Random error)에 의한 분산(Dispersion)의 정도를 측정값의 변이

계수(Coefficient of variation)로 표시한다.

- (마) “정확도(Accuracy)”란 분석치가 참값에 접근한 정도를 의미한다. 다만, 인증표준물질이 있는 경우는 상대오차로 표시하고, 인증표준물질이 없는 경우는 시료에 첨가한 값으로부터 구한 평균회수율로 표시한다.
- (바) “검출한계(Limit of detection: LOD)”란 공시료 신호값(Blank signal, background signal)과 통계적으로 유의하게 다른 신호값(Signal)을 나타낼 수 있는 최소의 농도를 의미한다. 이 경우 가장 널리 사용하는 공시료 신호값과의 차이가 공시료 신호값 표준편차의 3배인 경우로 한다.
- (2) 그밖에 용어의 뜻은 이 지침에서 특별히 규정하는 경우를 제외하고는 법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 「산업안전보건기준에 관한 규칙」에서 정하는 바에 따른다.

4. 분석개요

전혈과 소변 중 카드뮴을 분석하며, 분석 장비는 흑연로 원자흡광광도계(Graphite furnace atomic absorption spectrometer, GF-AAS)를 사용한다.

5. 분석방법

5.1 혈액 중 카드뮴

5.1.1 분석원리 및 시료채취

(1) 분석원리

카드뮴은 체내로 흡수된 후 혈액을 통하여 이동하며, 대부분 적혈구의 단백질에 결합하여 있어, 이를 카드뮴의 특정 흡수 파장에서 흑연로(Graphite furnace) 원자흡광광도계로 분석한다. 혈액은 복잡한 매질로 원자흡광광도계의 바탕보정이 필요할 뿐만 아니라, 공시료에도 일정 농도의 카드뮴이 함유되어 있으므로 표준물첨가법(Standard addition method)에 의해 검량선을 작성하여 혈액 중의 카드뮴을 분석한다.

KOSHA GUIDE
H - 17 - 2021

(2) 시료의 채취

(가) 시료채취 시기

시료채취 시기는 특별히 제한하지 않는다.

(나) 시료채취 요령

- ① 근로자의 정맥혈을 카드뮴이 포함되지 않은 ethylenediaminetetraacetic acid(EDTA) 또는 헤파린 처리된 튜브와 일회용 주사기 또는 진공채혈관을 이용하여 채취한다.
- ② 채취한 시료 용기를 밀봉하고 채취 후 5일 이전에 분석하며 4 °C(2~8 °C)에서 보관한다. 단, 분석까지 보관 기간이 5일 이상 걸리면 시료를 냉동보관용 저온바이알에 옮겨 영하 20 °C이하에서 보관한다.

5.1.2 흑연로 원자흡광광도계법

(1) 기구 및 시약

(가) 기구

- ① 자동피펫 100 - 1000 μ L, 2000 - 5000 μ L, 100 μ L
- ② 용량플라스크 1000 mL 1 개, 10 mL 5 개
- ③ 분취기(Dispenser) : 0.4 - 2.0 mL
- ④ 시험관(Dilution tube)
- ⑤ 혈액 혼합기

(나) 시약

- ① 카드뮴(표준시약, 1000 mg/L)
- ② 암모늄인산염((NH₄)₂HPO₄)
- ③ 트리톤 X-100 (TRITON X-100)
- ④ 질산 : 특급시약(검사관련 중금속의 함량이 적은 것)
- ⑤ 거품억제제(Antifoaming agent)
- ⑥ 탈이온수(18 M Ω /cm 이상)

(다) 주의 사항

- ① 사용하는 모든 초자기구는 20% 질산에 4 시간 이상 담가두었다가 탈이온수로 5 회 헹구어 사용한다.
- ② 원자흡광광도계는 흑연로 장치가 부착된 중수소(D₂) 램프 보정방식의 기기 또는 지만(Zeeman)보정 방식의 기기를 사용한다. 흑연튜브는 열분해 분획관(Pyrolytic coated partitioned tube)을 사용한다.
- ③ 탈이온수는 초순수 제조장치로 제조한 비저항 18 MΩ이상의 것을 사용하거나 원자흡광광도계용 탈이온수를 구입하여 사용한다.
- ④ 트리톤 X-100, 암모늄인산염((NH₄)₂HPO₄), 1000 mg/L Cd 표준용액과 질산은 특급시약을 사용하되 최초 개봉일로부터 3 년 이내의 것을 사용하도록 하며, 초과 시는 새로운 시약과 비교실험을 실시하여 오차가 10% 이내일 경우 1 년 간 연장 사용할 수 있다.
- ⑤ 산을 취급할 때는 보호안경, 장갑, 마스크를 착용 후 후드에서 작업한다.

(2) 시약 조제

(가) 검량선용 표준용액

- ① 카드뮴 1000 µg/mL 원액 100 µL를 10 mL 용량플라스크에 옮기고 탈이온수로 희석하여 카드뮴 10,000 µg/L 표준용액을 만든다. 이 표준용액을 100 µL 취하여 10 mL 용량플라스크에 옮기고 탈이온수로 희석한 카드뮴 100 µg/L 용액을 표준용액 원액(Stock solution)으로 한다.
- ② 카드뮴 100 µg/L 표준용액 원액을 다음과 같이 탈이온수로 희석하여 카드뮴 1, 3, 5, 7, 9 µg/L의 검량선용 표준용액을 만든다.

<표 1> 검량선용 표준용액 조제방법

표준용액 번호	표준용액 농도	조제법	
	μg/L	표준용액 원액(mL)	탈이온수
0	0	0	탈이온수
1	1	0.1	10 mL 표선 채움
2	3	0.3	"
3	5	0.5	"
4	7	0.7	"
5	9	0.9	"

(검량선에 사용되는 표준물질의 농도는 검체 결과가 검량선 범위에 들어가도록 자유롭게 정할 수 있다)

- (나) 원자흡광광도계 자동시료주입부 튜브 세척액(Autosampler rinse solution):
 질산 0.2 mL, 탈이온수 1,000 mL를 혼합한다.
 (장비 제조사의 표준 지침에 따라 세척액을 제조한다)

(다) 매질변형시약(Matrix modifier reagent)

- ① 매질변형시약을 제조하기 위해 1000 mL 용량플라스크에 트리톤 X-100 2 mL, 암모늄인산염 2 g을 넣은 후 탈이온수로 표선을 채워 1000 mL가 되도록 한다.
- ② 트리톤 X-100은 계면활성제로 거품을 일으키므로 초음파세척기를 사용하여 용해시키거나 거품억제제(Antifoaming agent)를 첨가한다.

(3) 시료 및 표준용액 전처리

- (가) 혈액은 혈액혼합기(Blood mixer)로 3 분 정도 잘 섞어준 후 취한다. 혈액혼합기가 없는 경우는 거품이 나지 않게 주의하면서 천천히 튜브를 거꾸로 바로 번갈아 세워가며 내용물이 섞이게 한다.

(나) 검량선용 혈액 처리[표준물 첨가법]

- ① 매질변형시약(Matrix modifier reagent) 용액 1.0 mL에 카드뮴 표준용액 0.2 mL, 정상인 혈액 0.1 mL를 가하여 잘 섞어 표준물 첨가법에 의한 검량선용 시료로 한다.
- ② 매질변형시약(Matrix modifier reagent) 용액 1.0 mL에 1% 질산 0.2 mL, 시료 혈액 0.1 mL를 가하여 잘 섞어 분석용 검체로 한다.

<표 2> 표준물 첨가법에 의한 검량선 작성

순서	물 질	공시료	첨가1	첨가2	첨가3	첨가4	첨가0	시료
1	희석액	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	첨가용 혈액	-	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
3	시료	-	-	-	-	-	-	0.1
4	탈이온수	0.1	-	-	-	-	-	-
5	표준용액	-	0.2	0.2	0.2	0.2	-	-
6	1% 질산	0.2	-	-	-	-	0.2	0.2

(4) 흑연로 원자흡광광도계 분석 조건

(가) 방법 선택

- ① 기기모드(Instrument mode) : 흡광도(Absorbance)
- ② 검량선 모드(Calibration mode) : 표준물 첨가법(Standard addition)
- ③ 측정모드(Measurement mode) : 피크 높이(Peak height)

(나) 기기 인자(Instrument parameters)

- ① 램프전류(Lamp current) : 4 mA
- ② 슬릿너비(Slit width) : 0.5 nm
- ③ 슬릿높이(Slit height) : Normal
- ④ 파장(Wavelength) : 228.8 nm
- ⑤ 시료주입(Sample introduction) : 시료사전혼합모드(Sampler premixed)
- ⑥ 바탕보정(Background correction) : 켜(ON)
중수소(D₂) 또는 지만(Zeeman) 보정

(다) 주입부 인자

시료주입량(Sample volume): 15 µL

(라) 바탕 보정

매질변형시약(Matrix modifier solution)으로 기기영점(Instrument zero)을 잡고 측정한다.

(마) 흑연로 조건

흑연로 조건은 사용하고 있는 기기의 매뉴얼을 참고하여 최적 조건을 찾아야 한다(표 3).

<표 3> 혈액 중 카드뮴 분석을 위한 원자흡광광도계 흑연로 조건(예시)

순서	온도(°C)	시간(s)	유속(L/min)	가스 유형	측정	신호
1	85	5	0.3	보통	No	No
2	95	40	0.3	보통	No	No
3	120	25	0.3	보통	No	No
4	200	10	0.3	보통	No	No
5	700	2	0.3	보통	No	No
6	700	1.2	0.3	보통	No	No
7	700	1	0	보통	No	Yes
8	2000	0.8	0	보통	Yes	Yes
9	2000	2	0	보통	Yes	Yes
10	2200	2	0.3	보통	No	Yes

(예시조건 해당 장비 : Varian Atomic absorption spectrometer, SpectrAA 240Z)

(5) 농도계산

검량선용 표준용액의 농도를 가로(x)축으로 하고 시료의 피크 면적을 세로(y)축으로 하여 검량선을 작성하고, $y=ax+b$ 의 회귀방정식에 시료의 피크 면적을 대입하여 시료 중 포함된 카드뮴의 농도($\mu\text{g/L}$)를 구한다.

(6) 생물학적 노출기준

- 기준값 : 5 $\mu\text{g/L}$

(7) 정밀도(예)

	농도($\mu\text{g/L}$)	변이계수(%)*
카드뮴	10.0	4.0
	20.0	3.8
	30.0	2.9

* 같은 농도의 시료를 6개 분석한 결과로부터 구함.

(8) 정확도(예)

	농도(μg/L)	회수율(%)*
카드뮴	0.47	106
	1.22	104
	3.20	93.7

(9) 검출한계

(가) 검출한계

예) 혈액 중 카드뮴 0.2 μg/L(S/N 비 3)¹⁾

(나) 산출방법

검량선에 의한 표준용액의 농도와 면적간의 회귀식을 구하고 이 회귀식의 표준 오차와 기울기를 이용하여 검출한계를 산출한다.

$$LOD = 3 \times \frac{\sqrt{\frac{\sum(Y_{ei} - Y_i)^2}{N-2}}}{b}$$

Y_{ei} : 회귀식에 의해 구한 각 시료량에 대한 반응값

Y_i : 각 시료량에 대한 반응값

N : 표준용액 시료 수

b : 회귀방정식의 x계수

5.2 소변 중 카드뮴

5.2.1 분석원리 및 시료채취

(1) 분석원리

1) 배경 반응값(noise, N)의 3배인 시료 반응값(signal, S)을 나타내는 농도를 검출한계로 함.

카드뮴은 체내로 흡수된 후 조직 중의 단백질과 결합하여 있다가, 하루 0.01-0.02%가 소변으로 배설되어, 이를 카드뮴의 특정 흡수 과정에서 흑연로(Graphite furnace) 원자흡광광도계로 분석한다. 소변은 대단히 복잡한 매질이므로 원자흡광광도계의 바탕보정이 필요할 뿐 아니라, 공시료에도 일정 농도의 카드뮴이 함유되어 있으므로 표준물첨가법(Standard addition method)에 의해 검량선을 작성하여 소변 중의 카드뮴을 분석한다.

(2) 시료의 채취

(가) 시료채취 시기

시료채취 시기는 특별히 제한하지 않는다.

(나) 시료채취 요령

- ① 채취 용기는 밀봉이 가능한 용기를 사용하고, 시료는 10 mL 이상 채취한다.
- ② 채취한 시료 용기를 밀봉하고 채취 후 5일 이전에 분석하며 4 °C(2~8 °C)에서 보관한다. 단, 분석까지 보관 기간이 5일 이상 걸리면 시료를 냉동보관용 저온바이알에 옮겨 영하 20 °C 이하에서 보관한다.

5.2.2 흑연로 원자흡광광도계법

(1) 기구 및 시약

(가) 기구

- ① 자동피펫 100 - 1000 μ L, 2000 - 5000 μ L, 100 μ L
- ② 용량플라스크 1000 mL 1 개, 10 mL 5 개
- ③ 분취기(Dispenser) : 0.4 - 2.0 mL
- ④ 시험관(Dilution tube)
- ⑤ 혈액 혼합기

(나) 시약

- ① 카드뮴(표준시약, 1000 mg/L)

- ② 암모늄인산염($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$)
- ③ 트리톤 X-100 (TRITON X-100)
- ④ 질산 : 특급시약(검사관련 중금속의 함량이 적은 것)
- ⑤ 거품억제제(Antifoaming agent)
- ⑥ 탈이온수($18 \text{ M}\Omega/\text{cm}$ 이상)

(다) 주의 사항

- ① 사용하는 모든 초자기구는 20% 질산에 4 시간 이상 담가두었다가 탈이온수로 5 회 헹구어 사용한다.
- ② 원자흡광광도계는 흑연로 장치가 부착된 중수소(D_2) 램프 보정방식의 기기 또는 지만(Zeeman)보정 방식의 기기를 사용한다. 흑연튜브는 열분해 분획관(Pyrolytic coated partitioned tube)을 사용한다.
- ③ 탈이온수는 초순수 제조장치로 제조한 비저항 $18 \text{ M}\Omega$ 이상의 것을 사용하거나 원자흡광광도계용 탈이온수를 구입하여 사용한다.
- ④ 트리톤 X-100, 암모늄인산염($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$), 1000 mg/L Cd 표준용액과 질산은 특급시약을 사용하되 최초 개봉일로부터 3 년 이내의 것을 사용하도록 하며, 초과 시는 새로운 시약과 비교실험을 실시하여 오차가 10% 이내일 경우 1 년 간 연장 사용할 수 있다.
- ⑤ 산을 취급할 때는 보호안경, 장갑, 마스크를 착용 후 후드에서 작업한다.

(2) 시약 조제

(가) 검량선용 표준용액

- ① 카드뮴 $1000 \text{ }\mu\text{g/mL}$ 원액 $100 \text{ }\mu\text{L}$ 를 10 mL 용량플라스크에 옮기고 탈이온수로 희석하여 카드뮴 $10,000 \text{ }\mu\text{g/L}$ 표준용액을 만든다. 이 표준용액을 $100 \text{ }\mu\text{L}$ 취하여 10 mL 용량플라스크에 옮기고 탈이온수로 희석한 카드뮴 $100 \text{ }\mu\text{g/L}$ 용액을 표준용액 원액(Stock solution)으로 한다.
- ② 카드뮴 $100 \text{ }\mu\text{g/L}$ 표준용액 원액을 다음과 같이 탈이온수로 희석하여 카드뮴 1, 3, 5, 7, 9 $\mu\text{g/L}$ 의 검량선용 표준용액을 만든다.

(3) 시료 및 표준용액 전처리

(가) 소변은 상온에서 녹인 후 혈액혼합기(blood mixer)로 3 분 정도 잘 섞어준 후 취한다. 혈액혼합기가 없는 경우는 거품이 나지 않게 주의하면서 천천히 튜브를 거꾸로 바로 번갈아 세워가며 내용물이 섞이게 한다.

(나) 검량선용 소변 처리[표준물 첨가법]

- ① 매질변형시약(Matrix modifier reagent) 용액 1.0 mL에 Cd 표준용액 0.2 mL, 정상인 소변 0.1 mL를 가하여 잘 섞어 표준물 첨가법에 의한 검량선용 시료로 한다.
- ② 매질변형시약(Matrix modifier reagent) 용액 1.0 mL에 1% 질산 0.2 mL, 시료 0.1 mL를 가하여 잘 섞어 분석용 검체로 한다.

<표 4> 표준물 첨가법에 의한 검량선 작성

순서	물 질	공시료	첨가1	첨가2	첨가3	첨가4	첨가0	시료
1	희석액	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	첨가용 소변	-	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
3	시료	-	-	-	-	-	-	0.1
4	탈이온수	0.1	-	-	-	-	-	-
5	표준용액	-	0.2	0.2	0.2	0.2	-	-
6	1% 질산	0.2	-	-	-	-	0.2	0.2

(4) 흑연로 원자흡광광도계 분석 조건

(가) 방법 선택

- ① 기기모드(Instrument mode) : 흡광도(Absorbance)
- ② 검량선 모드(Calibration mode) : 표준물 첨가법(Standard addition)
- ③ 측정모드(Measurement mode) : 피크 높이(Peak height)

(나) 기기 인자(Instrument parameters)

- ① 램프전류(Lamp current) : 4 mA
- ② 슬릿너비(Slit width) : 0.5 nm
- ③ 슬릿높이(Slit height) : Normal
- ④ 파장(Wavelength) : 228.8 nm

⑤ 시료주입(Sample introduction) : 시료사전혼합모드(Sampler premixed)

⑥ 바탕보정(Background correction) : 켜(ON)

중수소(D₂) 또는 지만(Zeeman) 보정

(다) 주입부 인자

시료주입량(Sample volume): 15 µL

(라) 바탕 보정

매질변형시약(Matrix modifier solution)으로 기기영점(Instrument zero)을 잡고 측정한다.

(마) 흑연로 조건

흑연로 조건은 사용하고 있는 기기의 매뉴얼을 참고하여 최적 조건을 찾아야 한다(표 5).

<표 5> 소변 중 카드뮴 분석을 위한 원자흡광광도계 흑연로 조건(예시)

순서	온도(°C)	시간(s)	유속(L/min)	가스 유형	측정	신호
1	85	5	0.3	보통	No	No
2	95	40	0.3	보통	No	No
3	120	25	0.3	보통	No	No
4	200	10	0.3	보통	No	No
5	700	2	0.3	보통	No	No
6	700	1.2	0.3	보통	No	No
7	700	1	0	보통	No	Yes
8	2000	0.8	0	보통	Yes	Yes
9	2000	2	0	보통	Yes	Yes
10	2200	2	0.3	보통	No	Yes

(예시조건 해당 장비 : Varian Atomic absorption spectrometer, SpectrAA 240Z)

(5) 농도계산

검량선용 표준용액의 농도를 가로(x)축으로 하고 시료의 피크 면적을 세로(y)축으로 하여 검량선을 작성하고, $y=ax+b$ 의 회귀방정식에 시료의 피크 면적을 대입하여 시료 중 포함된 카드뮴의 농도(µg/L)를 구한다.

(6) 생물학적 노출기준

(가) 기준값 : 5 µg/L 크레아티닌

(나) 소변 중 크레아티닌 농도

소변 중 생물학적 노출평가지표물질 보정에 사용하는 크레아티닌 농도는 0.3 - 3.4 g/L 범위이며, 크레아티닌 농도가 이 범위를 벗어난 소변은 다시 채취한다.

(7) 정밀도(예)

	농도(µg/L)	변이계수(%) [*]
카드뮴	5.0	4.0
	10.0	3.8
	20.0	2.9

* 같은 농도의 시료를 6개 분석한 결과로부터 구함.

(8) 정확도(예)

	농도(µg/L)	회수율(%)
카드뮴	9.71	116
	17.5	115

(9) 검출한계

(가) 검출한계

예) 소변 중 카드뮴 0.4 µg/L(S/N 비 3)²⁾

(나) 산출방법

검량선에 의한 표준용액의 농도와 면적간의 회귀식을 구하고 이 회귀식의 표준 오차와 기울기를 이용하여 검출한계를 산출한다.

2) 배경 반응값(noise, N)의 3배인 시료 반응값(signal, S)을 나타내는 농도를 검출한계로 함.

KOSHA GUIDE
H - 17 - 2021

$$LOD = 3 \times \frac{\sqrt{\frac{\Sigma(Y_{ei} - Y_i)^2}{N-2}}}{b}$$

Y_{ei} : 회귀식에 의해 구한 각 시료량에 대한 반응값

Y_i : 각 시료량에 대한 반응값

N : 표준용액 시료 수

b : 회귀방정식의 x계수