

실내 공기 중 일산화탄소 측정방법 -

2017

비분산적외선법

(determination of carbon monoxide in indoor by  
non-dispersive infrared spectrometer)

## 1.0 개요

### 1.1 목적

1.1.1 이 시험기준은 실내 공기 중의 일산화탄소 농도 측정 방법을 규정한다.

1.1.2 일산화탄소의 특정 파장의 적외선을 흡수하는 특성을 이용하여 실내 공기 중 일산화탄소 농도를 연속 자동 측정하는 방법이다.

### 1.2 적용범위

1.2.1 이 시험기준은 실내 공기 중 일산화탄소 농도를 측정하기 위한 주 시험방법이다.

1.2.2 이 시험기준의 측정범위는 약 0 ~ 100 ppm이다.

### 1.3 간섭 물질

입자상 물질, 수증기, 이산화탄소 등이 간섭물질로 작용할 수 있다. 간섭이 의심되는 물질의 영향을 막기 위해서 각 물질에 해당하는 여과지, 스크러버를 사용하여야 한다.

#### 1.3.1 입자상 물질

시료 도입부에서 여과지에 의해 제거되지 않는 경우 시료 배관과 분석부에 축적되어 일산화탄소 측정에 대해 무시할 수 없는 영향을 미칠 수 있다.

### 1.3.2 수증기

주요한 방해 요소는 수증기이고, 습도가 높은 측정지점에서는 실리카겔과 같은 건조제에 공기 시료를 통과시켜 영향을 최소화할 수 있다.

### 1.3.3 이산화탄소

대기 중 이산화탄소 방해 영향은 그다지 크지 않다.  $600 \text{ mg/m}^3$  (333 ppmv at  $25^\circ\text{C}$ , 1atm)의 이산화탄소는  $0.2 \text{ mg/m}^3$  (0.11 ppmv)에 해당하는 값의 영향을 주게 된다. 소다석회를 사용하여 영향을 줄일 수 있다.

### 1.3.4 탄화수소

대기 중 탄화수소는 보통 방해 요인이 되지 않는다.  $325 \text{ mg/m}^3$  (500 ppmv at  $25^\circ\text{C}$ , 1atm)의 메탄은  $0.6 \text{ mg/m}^3$  (0.9 ppmv)에 해당하는 값의 영향을 주게 된다.

### 1.3.5 기타 간섭물질

이산화황, 질소산화물 등도 주요 간섭 물질들이다.

## 2.0 용어정의

### 2.1 비분산적외선(NDIR, non dispersive infrared)

적외선을 프리즘 회절격자와 같은 분산소자에 의해 분산하지 않는 것

### 2.2 측정기기 교정가스

측정기기 교정에 사용하는 가스로서 제로가스, 스펠가스 등 눈금 교정용 가스의 총칭

### 2.3 제로가스(zero gas)

측정기기의 제로값을 교정하는데 사용하는 가스

## 2.4 스패가스(span gas)

측정기기의 스패값을 교정하는데 사용하는 가스

## 2.5 제로 드리프트(zero drift)

어느 일정기간동안 측정기기의 영점에 대한 지시값의 변동

## 2.6 스패 드리프트(span drift)

어느 일정기간동안 측정기기의 스패에 대한 지시값의 변동

## 3.0 분석기기 및 기구

### 3.1 일산화탄소 측정장치

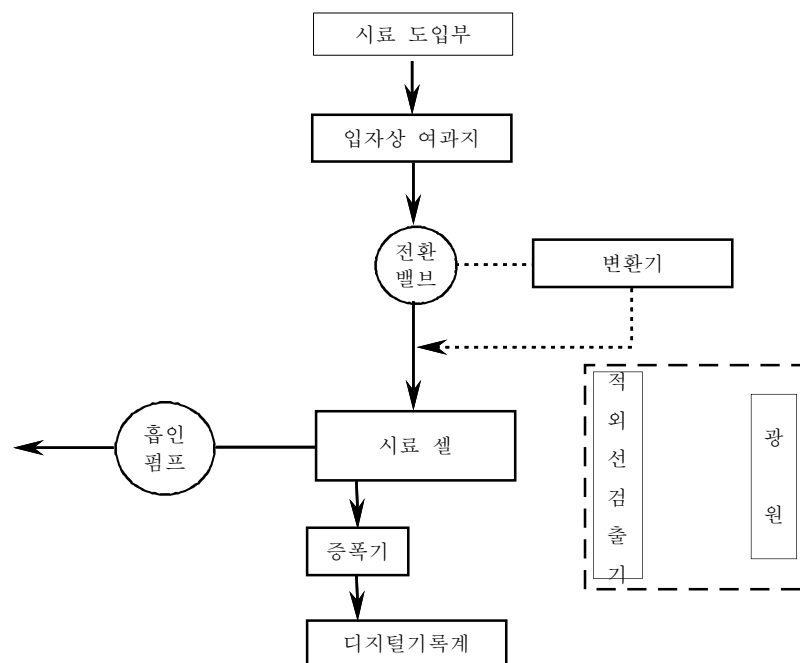


그림 1. 전형적인 일산화탄소 측정장치 구성도

#### 3.1.1 시료 도입부

#### 3.1.1.1 시료 채취구 및 배관

- (1) 채취구 끝의 모양은 먼지, 빗물 등의 혼입이 적은 구조로 한다.
- (2) 구조와 크기는 유량, 기계적 강도, 펌프의 능력, 청소의 용이함 등을 고려한다.
- (3) 재질은 일산화탄소에 대해 비활성 물질로 만든 것을 사용한다.
- (4) 먼지 등의 혼입 방지를 위하여 채취관의 적당한 위치에 여과지를 넣는다.
- (5) 배관을 청소하거나 교체 시에는 배관 안쪽의 응축을 막기 위해 주위 조건과 평형을 유지하기 위한 시간이 필요하다.

#### 3.1.1.2 입자상 여과지(inlet particulate filter)

여과지는 유로의 막힘과 시료 셀의 오염에 의한 측정 오차의 발생 등, 분석기의 성능에 영향을 미칠 수 있는 모든 입자상 물질을 제거하기 위해 필요하다. 유리솜 여과지, PTFE(polytetrafluoroethylene)수지 또는 셀룰로오스 섬유제의 원통 및 원판 여과지를 사용한다.

#### 3.1.1.3 유량 및 압력 조절기(orifice)

분석부로 들어가는 시료공기의 유량 및 압력을 일정하게 조절하고 유지하기 위한 것으로서, 시료에 접촉하는 부분에는 일산화탄소에 대해 비활성 물질로 만든 것을 사용한다.

#### 3.1.1.4 흡인펌프(pump)

시료 셀을 통해 필요한 시료 흐름을 흡입하기 위한 것으로 여과지에 분진이 부착되어 통기 저항이 증가하여도 측정기기에 알맞은 유량이 유지되도록 흡인력에 여유가 있는 펌프를 사용한다.

### 3.1.2 시료 분석부

#### 3.1.2.1 시료 셀(absorption cell)

시료공기 중의 일산화탄소에 의해서 하나의 특정 파장에서의 적외선만을 흡수시키기 위한 셀이다. 일산화탄소에 대한 비활성 물질로 구성된 것이어야 한다. 셀 안의 공기 온도와 압력 및 유량을 측정할 수 있도록 만들어야 한다.

#### 3.1.2.2 적외선 광원

광원은 원칙적으로 니크롬선, 탄화규소 등 저항체에 전류를 흘려 가열한 것을 사용한다.

#### 3.1.2.3 적외선 검출기(detector)

검출기는 적외선을 흡수하고 시료공기 중의 일산화탄소 성분 농도에 대응하는 신호를 발생한다.

#### 3.1.2.4 증폭기

증폭기는 검출기로부터의 아주 작은 신호를 증폭하는 것으로서, 지시계를 동작시키고 또는 전송에 필요한 레벨까지 증폭할 수 있는 것이어야 한다.

#### 3.1.2.5 디지털기록계

디지털기록계는 분석된 일산화탄소 농도를 디지털로 표시 및 저장한다.

#### 3.1.2.6 성능

비분산적외선 측정기기는 일산화탄소 분석을 위한 다음의 최소 성능 사양에 적합해야 한다.

- (1) 측정범위 : 0 ~ 100 ppm 이하

- (2) 분해능 : 0.1 ppm 이하
- (3) 재현성(반복성) : 최대 눈금값의  $\pm 2\%$  이내
- (4) 제로 드리프트 : 최대 눈금값의  $\pm 2\%$  이내
- (5) 스펀 드리프트 : 최대 눈금값의  $\pm 2\%$  이내
- (6) 직선성(지시오차) : 최대 눈금값의  $\pm 5\%$  이내
- (7) 응답시간 : 2분 30초 이하
- (8) 간섭성분의 영향 : 1 ppm 이하  
(단, 측정기기의 최대 눈금값이 10 ppm이하일 경우에는 0.5 ppm이하)
- (9) 온도변화에 대한 안정성 : 최대 눈금값의  $\pm 2\%$  이내
- (10) 전압변동에 대한 안정성 : 최대 눈금값의  $\pm 1\%$  이내
- (11) 유량변화에 대한 안정성 : 최대 눈금값의  $\pm 2\%$  이내
- (12) 내전압은 이상이 없어야 한다. 단, 전지내장형의 경우에는 적용하지 않는다.
- (13) 절연저항은  $2M\Omega$  이상이어야 한다. 단, 전지내장형의 경우에는 적용하지 않는다.

## 3.2 교정 장치

제로가스 및 스펀 표준가스로 교정이 가능하여야 하며, 지시부의 오차를 교정할 수 있어야 한다.

### 3.2.1 방향전환 밸브(three-way valve)

시료 공기의 유로를 일산화탄소 변환기로 변환시키는 밸브로서, 전자 전환 밸브 등을 사용한다.

### 3.2.2 일산화탄소 변환기(converter)

변환기는 방향전환밸브의 조작으로 들어온 시료공기 중의 일산화탄소를 이산화탄소로 바꾸어 일산화탄소를 포함하지 않은 제로가스를 흘려보내게 된다. 약 90 °C로 가열한 백금(platinum)이나 팔라듐(palladium) 여과지를 사용한다.

### 3.2.3 혼합 챔버

혼합 챔버는 일산화탄소 표준 가스를 희석하여 교정 농도를 만드는 경우에 필요하다.

### 3.2.4 유량 조절기

유량 조절기는 교정가스로부터의 유량을 조정하고 조절할 수 있는 어떤 장치(밸브)라도 상관없다. 교정하는 데 희석 방법을 사용하고자 한다면 두 개의 장치가 필요하다. 희석하는 데 쓰이는 조절기는  $\pm 1\%$  안에서 조절할 수 있어야 한다.

## 4.0 표준가스

### 4.1 측정기기 교정가스(calibration gases)

표시농도의  $\pm 2\%$  범위의 정확도를 가져야 하며, 검사대행자를 통해 검증을 받아 합격한 것이어야 한다.

#### 4.1.1 제로가스(zero gas)

질소 또는 공기 중의 일산화탄소 함유량 0.09 ppm 이하의 것을 사용한다.

#### 4.1.2 스패가스(span gas)

보통 일산화탄소와 질소 두 성분의 혼합가스로서, 측정기기 최대 눈금값의 80 ~ 90

% 농도를 사용한다.

## 5.0 시료채취 및 관리

시료채취조작은 다음과 같이 한다.

- (1) 여과지의 상태, 입력시간 및 날짜를 확인한다.
- (2) 측정지점이 여러 곳일 경우에는 미리 장소별로 고유번호를 부여하여 측정 시 기록 등을 구별한다.
- (3) 시료 도입부에서 시료공기의 누출 여부와 측정기기의 유량과 압력을 확인한다.
- (4) 시료 공기의 온도와 압력을 기록한다.
- (5) 전원을 넣어 일산화탄소 농도의 지시값이 안정될 때까지 충분히 예열한다.
- (6) 측정기기의 여러 가동 수치를 바르게 조절하기 위해 제조사의 취급 설명서를 따른다.
- (7) 시료 공기를 채취하여 적당한 기록장치(차트, 데이터 다운로드 등)로 농도를 기록한다.
- (8) 시료채취 및 측정 중간에도 측정기기의 상태를 확인하여 고장 등 긴급한 상황 발생 시에는 신속한 조치를 취해야 한다.

[주 1] 담배의 연소과정에서도 일산화탄소가 발생하므로 흡연 장소를 피하여 측정위치를 선정하여야 한다.

## 6.0 정도보증/정도관리(QA/QC)

### 6.1 환경조건



- (1) 주위 온도는 5 ~ 35 °C 사이의 임의 온도로서 변화폭은 5 °C 이내일 것
- (2) 습도는 상대 습도 65 % ± 20 % 이내일 것
- (3) 대기압은 95 ~ 106 kPa의 압력으로서 변화폭은 ± 0.5 % 이내일 것
- (4) 전원 전압은 정격 전압의 ± 10 %로 한다.
- (5) 예열 시간은 각 측정기기의 취급 설명서를 따른다.

## 6.2 측정기기 교정방법

측정기기 교정은 측정기기의 안정성 등 모든 변화를 감지하기 위해 필요하다.

- (1) 측정기기 및 교정 장치의 전원을 넣어 일산화탄소 농도의 지시값이 안정될 때까지 충분히 예열한다.
- (2) 제로가스를 설정 유량으로 흐르게 하고, 농도의 지시값이 안정되는 것을 확인한 후, 측정기기의 제로 조정을 한다.
- (3) 스펠가스를 설정 유량으로 흐르게 하고, 농도의 지시값이 안정되는 것을 확인한 후, 측정기기의 스펠 조정을 한다.

[주 2] 일산화탄소는 독성이 있는 가연성 기체이기 때문에 직접적인 흡입을 피해야 하며, 화재 및 폭발의 위험성이 있으므로 스펠가스를 다룰 때에는 주의해야 한다.

### 6.2.1 교정 주기

- (1) 분석기를 처음 구매했을 때
- (2) 감응 특성에 영향을 주는 유지 보수를 했을 때
- (3) 각 시료 채취의 전과 후 또는 분석기를 연속적으로 사용하는 경우에는 정기적으

로 제로와 스펀 교정을 수행

(4) 제로드리프트와 스펀드리프트가 허용범위를 초과할 때

### 6.3 측정기기 성능평가방법

#### 6.3.1 제로 드리프트(zero drift)

측정기기에 제로가스를 설정유량으로 도입하여 8시간 연속 측정한다. 그 사이에 눈금값과 제로가스 초기 지시값과의 최대 변동폭을 구하고 다음 식에 따라 제로 드리프트를 구한다.

$$\text{제로드리프트(\%)} = \frac{|\bar{d}|}{\text{제로가스 초기지시값}} \times 100 \quad (\text{식 1})$$

여기서,  $d$  = 제로가스 초기 지시값으로부터 최대 편차

#### 6.3.2 스펀 드리프트(span drift)

측정기기에 스펀가스를 설정유량으로 도입하여 8시간 내에 1시간 이상 간격으로 3회 이상 측정한다. 그 사이에 눈금값과 스펀가스 초기 지시값과의 최대 변동폭을 구하고 다음 식에 따라 스펀 드리프트를 구한다.

$$\text{스팬드리프트(\%)} = \frac{|\bar{d}|}{\text{스팬가스 초기지시값}} \times 100 \quad (\text{식 2})$$

여기서,  $d$  = 스펀가스 초기 지시값으로부터 최대 편차

#### 6.3.3 재현성(reproducibility)

측정기기에 동일한 제로가스와 스펀가스를 설정 유량으로 도입하여 각각 최종값을 기록한다. 위 조작을 3회 반복하여 제로값 및 스펀값에 대한 편차를 구한다. 이 사이에서 초기 지시값과의 변동 폭으로 재현성을 구한다.

#### 6.3.4 직선성(linearity)

제로교정, 스펠교정을 실시한 후 기지농도의 중간점 가스를 도입하여 지시 기록한다. 이 지시값과 표준가스의 농도 표시값과의 변동폭으로 직선성을 구한다.

#### 6.3.5 응답시간(response time)

측정기기에 제로가스를 설정유량으로 도입하여 지시값이 안정된 후, 유로를 스펠가스로 바꾼다. 이때의 지시기록에 있어서 스펠가스의 도입시점으로부터 최종 지시값의 90 % 값에 도달하기까지의 시간을 측정하여 응답시간으로 한다.

### 6.4 보수 점검

정확한 오염도 측정을 위한 정도를 유지하기 위하여 각 장치에 대해 각 정기점검을 실시하여야 한다.

#### 6.4.1 입자상 여과지

여과지 위의 과도한 입자상 축적은 유량 이상 또는 시료공기로부터 일산화탄소 손실을 일으킬 수 있기 때문에 약 1주일 단위로 점검, 교체해야 한다.

#### 6.4.2 일산화탄소 변환기(converter)

변환기는 보통 0 ~ 200 ppm 농도의 일산화탄소를 0.1 ppm 보다 낮게 변환시킨다. 교정 주기마다 점검하여 0.2 ppm 보다 초과되면 교체해야 한다.

#### 6.4.3 아날로그 기록 시스템

차트 속도 설정, 게인(gain) 조절 설정, 잉크 공급, 종이 공급, 과도한 잡음, 분석기의 작동 상태 등의 스트립 차트 기록기(strip chart recorder)를 점검한다.

#### 6.4.4 디지털 기록계

사용 설명서에 나온 대로 점검을 수행한다.

## 7.0 시약 및 표준용액

“내용 없음”

## 8.0 결과보고

### 8.1 유효숫자 자릿수 표기

부피농도(vol ppm)의 경우 소수점 이하 첫째 자리까지 표기한다.  
(단, 측정기기의 분해능이 그 이상이면 둘째 자리에서 반올림하여 표기한다.)

#### ※ 단위 환산

CO : 1 ppm = 1.14 mg/m<sup>3</sup>(25 °C, 1 atm)

### 8.2 측정결과의 기록

측정일, 측정기기명, 측정성분, 측정기기의 조작조건, 측정자명, 기타 필요한 사항 등을 기록한다.

## 9.0 참고자료

9.1 KS B 5358, “대기 중의 일산화탄소 자동계측기”, 산업표준심의회, (2017)

9.2 KS I ISO 4224, “대기-일산화탄소 측정-비분산 적외선 분광법”, 산업표준심의회, (2016)

9.3 ASTM D3162-94, “Standard Test Method for Carbon Monoxide in the Atmosphere(Continuous Measurement by Nondispersive Infrared Spectrometry)”, American Society for Testing Materials International, West conshohocken,

PA19428-2959, United States, (2005)

## 10.0 부록

“내용 없음”