

## 배출가스 중 수분량 - 자동측정법

2024

(Moisture content in Flue Gas - Automated Measuring Method)

## 1.0 개요

이 시험기준은 굴뚝 내 배출가스 중 수분량을 자동측정하는 방법에 대하여 규정한다.

### 1.1 목적

이 방법은 측정공에서 정전용량 방식의 센서를 이용하여 배출가스 중 수분량을 측정한다.

### 1.2 적용범위

0.1 % ~ 40.0 %로 한다.

## 2.0 용어정의

### 2.1 배출가스

배출가스 (flue gas)란 연료, 기타의 것의 연소 합성 분해, 열원으로서의 전기의 사용 및 기계적 처리 등에 따라 발생하는 입자상 물질을 함유하는 가스를 말하며, 수분을 함유하지 않는 가스는 건조배출가스, 수분을 함유하는 가스는 습윤배출가스라 한다.

### 2.2 절대압력 (absolute pressure)

수은주 0 mmHg에 해당되는 압력 상태를 말하며, 완전 진공을 기점으로 해서 측정되는 압력이다.

## 2.3 수증기압 (vapor pressure or steam pressure, 수분압)

배출가스 중 수증기의 부분압을 말하며, 대기압은 공기의 압력과 공기 중에 함유되어 있는 수증기압에 의해 발생된다. 수증기압은 수증기량이 많을수록 커지므로 수증기압에 의해 공기 중의 수증기량을 알 수 있다.

## 2.4 상대정확도

굴뚝에서 자동측정법을 이용하여 구한 수분량과 ES 01321.1 배출가스 중 수분량 - 흡습관법 (이하 주시험법이라 한다)으로 구한 수분량을 비교하여 구한 정확도를 말한다.

## 3.0 분석기기 및 기구

측정공에서의 대기압을 측정하는 절대압력 센서와 배출가스 중 수증기압에만 반응하는 정전용량 방식의 센서를 이용하여 배출가스 중 수분량 (%)을 측정하며, 흡입관 및 측정계와 분석계로 구성된다.

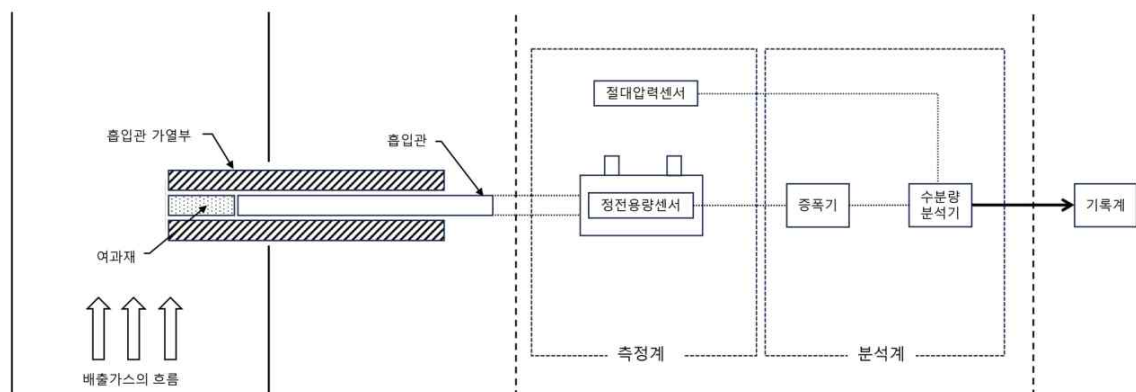


그림 1. 수분량 자동측정장치 (예)

## 3.1 흡입관

수분응축 방지를 위해 시료가스 온도를  $120\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 14\text{ }^{\circ}\text{C}$ 로 유지할 수 있고, 여과재 및 흡입관 전체의 응축수 발생을 방지할 수 있는 가열기를 갖춘 보로실리케이트 (borosilicate),

스테인리스강 재질 또는 석영 유리관을 사용한다.

## 3.2 측정계

### 3.2.1 절대압력 센서

측정공에서의 대기압을 측정하는 센서를 말한다.

### 3.2.2 정전용량식 센서

배출가스 중 수증기에 반응하여 발생하는 정전용량을 측정하는 센서를 말하고, 정전용량은 절연된 도체가 전하(전기량)를 축적하는 능력의 정도를 나타내는 양을 말하며, 그림 2와 같다.

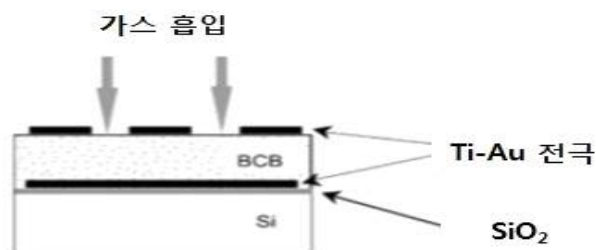


그림 2. 정전용량식 센서 (예)

## 3.3. 분석계

절대압력 센서와 정전용량식 센서의 신호를 받아 수증기압 계산 및 수분량 (%)을 측정한다.

## 4.0 시약 및 표준용액 “내용없음”

## 5.0 시료채취 및 관리

### 5.1 측정위치의 선정

측정점은 ES 01301.1 배출가스 중 먼지 - 반자동식 측정법 5.1 측정위치의 선정에서 규정한 위치를 참고하여 굴뚝 중심에 가까운 곳을 선정한다.

## 5.2 측정공 및 측정작업대

측정점은 ES 01301.1 배출가스 중 먼지 - 반자동식 측정법 5.3 측정공 및 측정작업대를 따른다.

## 6.0 정도보증/정도관리 (QA/QC)

### 6.1 상대정확도

굴뚝에서 수분량 자동측정장치의 흡입관과 주시험법의 흡입노즐이 동일선상의 지점에 오도록 설치한다. 수분량 자동측정장치로 배출가스의 수분량을 측정하면서 동시에 주시험방법에 따라 수분량을 측정한다. 이때 수분량 자동측정장치의 측정시간은 주시험법으로 시료를 채취한 시간과 동일한 시간으로 한다. 같은 방법으로 3 회 이상 각각의 측정값을 구하고 다음 식에 따라 상대정확도를 구한다.

$$\text{상대정확도}(\%) = \frac{\overline{|D|}}{\text{주시험법의 평균}} \times 100 \quad (\text{식 1})$$

여기서,  $D$  : 자동측정법 의한 측정 값(%) - 주 시험방법에 의한 측정 값(%)

이와 같이 측정했을 때 상대정확도는 20 % 이내이어야 한다.

### 6.2 응답시간

2 분 이내 이어야 한다.

### 6.3 내부정도관리 주기

반기 1 회 이상 측정하는 것을 원칙으로 하며, 분석 장비의 수리나 이동 등 주요 변동사

항이 발생한 경우에는 수시로 실시한다. 내부정도관리 목표를 달성하지 못한 경우에는 장비의 수리, 부품의 교체 등의 점검을 실시한 후 내부정도관리 목표 달성 후에 사용한다.

## 7.0 분석 절차

### 7.1 측정방법

**7.1.1** 입자상물질에 의한 영향을 최소화하기 위해 흡입관 입구에 여과재 (유리섬유, 세라믹 등)을 이용하여 입자상물질을 제거한다. 여과재는 수시로 점검 및 세척해 주어야 한다. 측정을 마친 후 고압공기로 입자상물질을 제거하고, 유기화합물이 공존할 경우 알코올 등 용매로 세척한다. 여과재는 세척 후에도 오염의 정도가 심하거나 기능상의 문제가 있다고 판단되는 경우 교체하여야 한다.

**7.1.2** 자동측정기를 굴뚝에 연결한 후 흡입관 내부에서 수분이 응축되지 않도록 보온 및 가열한다.

**7.1.3** 측정은 측정기기의 안정화가 된 후 1 분 간격으로 5 회 이상 측정한 결과의 평균값을 측정 결과값으로 한다.

## 8.0 결과 보고

측정값을 % 단위 등으로 나타낼 수 있어야 하며, 외부출력장치를 갖추고 측정값의 등가 신호를 출력할 수 있어야 한다.

### 8.1 결과의 표시

측정결과는 % 단위의 소수점 둘째 자리까지 계산하고 소수점 첫째 자리로 표기한다.

## 9.0 참고자료

**9.1** 한국산업표준 (KS), KS I ISO 4225, “공기의 질 - 일반사항 - 용어”, 한국표준

협회, (2014)

**9.2** 한국산업표준 (KS), KS I ISO 14164, “고정 오염원 - 연도 내의 가스 유량 측정 (자동화법)”, 한국표준협회, (1999)

**9.3** 한국산업표준 (KS), KS I 2200, “연도가스의 오염물질 측정방법”, 한국표준협회, (2014)

**9.4** 한국산업표준 (KS), KS I ISO 9096, “고정 오염원 - 입자상 물질의 질량 농도 수동 측정법”, 한국표준협회, (2009)

**9.5** United States Environmental Protection Agency (USEPA) Method 1, “Sample and velocity traverses for stationary sources”, USEPA, (2020)

**9.6** United States Environmental Protection Agency (USEPA) Method 2, “Determination of Stack Gas Velocity and Volumetric Flow Rate (Type S Pitot Tube)”, USEPA, (2017)

**9.7** United States Environmental Protection Agency (USEPA) Method 4, “Determination of Moisture Content in Stack Gas”, USEPA, (2017)

**9.8** United States Environmental Protection Agency (USEPA) Method 5, “Determination of particulate matter emissions from stationary sources”, USEPA, (2019)

**9.9** United States Environmental Protection Agency (USEPA) Method 5I, “Determination of Low Level Particulate Matter Emissions From Stationary Sources”, USEPA, (2019)

**9.10** United States Environmental Protection Agency (USEPA) Method 17, “Determination of particulate matter emissions from stationary sources”, USEPA, (2017)

**9.11** United States Environmental Protection Agency (USEPA) Method 201A, "Determination of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> emissions form stationary sources (Constant sampling rate procedure)", USEPA, (2019)

**9.12** JIS Z 8808, "Methods of measuring dust concentration in flue gas", Japanese industrial standards committee, (2013)

10.0 부록

10.1 시험기준 요약표

표 1. 시험기준 요약표

배출가스 중 수분량 - 자동측정법 (Moisture content in Flue Gas - Automated Measuring Method)	
분자식 및 특징: water vapor (H <sub>2</sub> O)	
정량범위: 0.1 % ~ 40.0 %	
간섭물질: 입자상 물질	
시료채취	
방법: 자동측정법	
흡수액: 해당 없음	
흡입속도: 해당 없음	
표준채취량: 해당 없음	
이동: 해당 없음	
보관: 해당 없음	
분석용 시료용액: 해당 없음	
현장비탕 시료용액: 해당 없음	
측정	
방법: 정전용량식	
물질: water vapor (H <sub>2</sub> O)	
표준물질: 해당 없음	
검정곡선: 해당 없음	
정도관리	
주기: 반기 1회 및 감응특성에 영향을 주는 유지 보수 후	
상대정확도: 20 % 이내	
응답시간: 2 분 이내	