

**환경대기 중 먼지 자동측정법 - 베타선법**

2016

(Particulate Matter Test Method in Ambient Air -  
Beta-ray Absorption Method)

**1.0 개요****1.1 목적**

이 시험방법은 환경 대기 중의 먼지농도를 측정하기 위한 시험방법이다.

**1.2 간섭물질****1.2.1 습도**

**1.2.1.1** 채취시료의 대기 습도에 의한 영향은 피할 수 없으나, 여과지 평형화 과정은 여과지 매질의 습도 효과를 최소화 할 수 있으며 적은 습도 조건은 먼지간의 정전력을 증가시킬 수 있다.

**1.2.1.2** 습도에 의한 오차를 줄이기 위해 먼지의 질량을 측정하기 전 여과지 홀더 또는 여과지를 데시케이터에서 일반 대기압 하에서  $(20 \pm 5.6) ^\circ\text{C}$ 로 적어도 24 시간 이상 건조시키며 6 시간의 간격을 두고 먼지 질량의 차이가 0.1 mg일 때 까지 측정한다. 또 다른 방법으로, 여과지 홀더 또는 여과지를  $105 ^\circ\text{C}$ 에 2 시간 이상 충분히 건조시키는 방법이 있다. 질량측정의 정확성을 향상시키기 위하여 여과지는 습도가 50 % 이상인 질량 측정 실험실에서 2 분 이상 노출되어서는 안 된다[참고자료 USEPA 40CFR50 부록 B와J, USEPA IO-3.1].

**1.2.2 부산물에 의한 측정오차**

**1.2.2.1** 시료채취 여과지 위에서 기체상 물질들의 반응 등에 의해 먼지의 질량농도

측정량이 증가 또는 감소되는 오차가 일어 날 수 있다.

**1.2.2.2** 시료채취과정에서 이산화황과 질산이 여과지위에 머무르면 황산염과 질산염으로 산화되는 화학반응을 통하여 생성되므로 질량농도 증가와 시료 중에 생성된 염류가 성장과 이동과정에서 기압과 대기온도에 따라 해리과정을 거쳐 다시 기체상으로 변환되므로 질량농도가 감소되는 경우가 초래될 수 있다.

### 1.2.3 질량농도

먼지의 질량농도는 먼지의 질량, 측정시간, 그리고 유량에 의해서 결정된다. 등속흡입과 누출공기 확인을 통해 정확한 유속과 유량 측정이 필요하며 보정된 정교한 저울을 사용하여 최대한의 오차를 줄여 실제 값에 가까운 질량농도를 측정하여야 한다.

## 2.0 용어정의

### 2.1 먼지 (PM, particulate matter)

측정대상이 되는 환경 대기 중에 부유하는 고체 및 액체의 입자상 물질을 말한다[참고자료 USEPA Method IO-1].

#### 2.1.1 총부유먼지 (TSP, total suspended particulate matter)

측정대상이 되는 환경 대기 중에 부유하고 있는 총 먼지를 말한다. 국제적으로 정확한 총부유먼지의 크기에 대한 명확한 규명은 없으나 일반적으로 총부유먼지는 0.01 ~ 100  $\mu\text{m}$  이하인 먼지를 채취한다[참고자료 USEPA Methods IO-1].

#### 2.1.2 먼지의 분류

먼지는  $\text{PM}_{10}$  ( $\text{AED} \leq 10 \mu\text{m}$ ),  $\text{PM}_{2.5}$  ( $\text{AED} \leq 2.5 \mu\text{m}$ )로 분류되어 관리 되고 있다 [참고자료 USEPA 40 CFR 50; USEPA Methods IO].

### 2.2 질량농도 (mass concentration)

기체의 단위 용적 중에 함유된 물질의 질량으로 표현된 농도를 말한다[참고자료 USEPA Methods IO-1; KS A 0082].

### 2.3 입자농도 (particle concentration)

공기 또는 다른 기체의 단위체적당 입자수로 표현된 농도를 말한다[참고자료 USEPA Methods IO-1].

[주 1] 입자농도로 나타낼 때에는 그 농도를 결정한 방법을 표시한다.

### 2.4 베타선법 ( $\beta$ -ray absorption method)

대기 중에 부유하고 있는 입자상물질을 일정시간 여과지 위에 채취하여 베타선을 투과시켜 입자상 물질의 질량농도를 연속적으로 측정하는 방법이다.

## 3.0 분석기기 및 기구

3.1 베타선에 의한 먼지 측정장치의 구성은 공기흡입부, 분립장치, 유량조절부, 테이프 여과지, 교정부, 시료 채취 시간 조정부, 베타선 광원, 베타선 감지부, 연산장치 등으로 나누어지며 주요장치 구성은 **그림 1**과 같다.

3.2 공기흡입부에는 분립장치가 설치되어 있어 10  $\mu\text{m}$  이상의 입자를 제거하며 설정 유량으로 공기를 흡입하여 여과지위에 10  $\mu\text{m}$  이하의 먼지를 채취한다.

3.3 채취된 먼지의 양은 베타선 광원으로부터 방출된 베타선이 먼지의 채취된 여과지를 통과할 때 흡수 소멸된 나머지가 감지부에 도달되어 연산장치 또는 기록부에 감지된 양으로 입자상물질의 농도를 계산하게 된다.

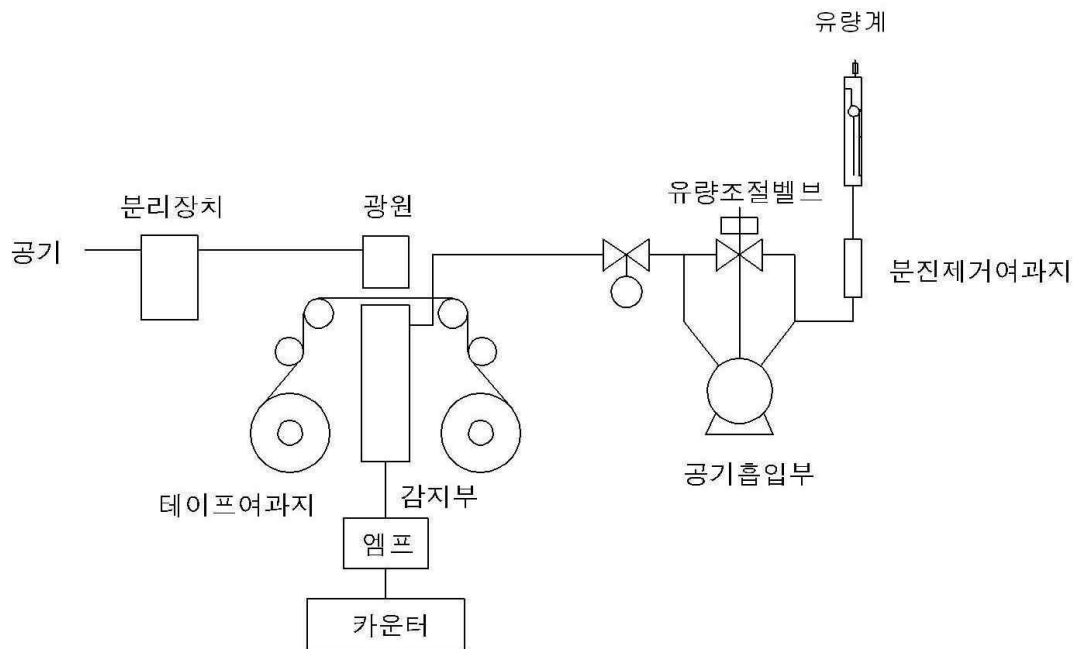


그림 1. 베타선 흡수법 장치구성

#### 4.0 시약 및 표준용액 “내용 없음”

### 5.0 시료채취 및 관리

#### 5.1 측정위치의 선정

시료채취 위치는 그 지역의 주위환경 및 기상조건을 고려하여 다음과 같이 선정한다.

**5.1.1** 시료채취 위치는 원칙적으로 주위에 건물이나 수목 등의 장애물이 없고 그 지역의 오염도를 대표할 수 있다고 생각되는 곳을 선정한다.

**5.1.2** 주위에 건물이나 수목 등의 장애물이 있을 경우에는 채취위치로부터 장애물까지의 거리가 그 장애물 높이의 2 배 이상 또는 채취점과 장애물 상단을 연결하는 직선이 수평선과 이루는 각도가  $30^\circ$  이하 되는 곳을 선정한다.

**5.1.3** 주위에 건물등이 밀집되거나 접근되어 있을 경우에는 건물 바깥벽으로부터 적어도 1.5 m이상 떨어진 곳에 채취점을 선정한다.

5.1.4 시료채취의 높이는 그 부근의 평균오염도를 나타낼 수 있는 곳으로서 가능한 한 1.5 ~ 10 m 범위로 한다.

## 5.2 시료채취

1 시간을 원칙으로 하나, 사용기기에 따라 달라질 수 있다.

## 6.0 정도보증/정도관리 (QA/QC)

### 6.1 유량측정

시료채취기의 유속의 변화는 시료 채취기 도입부의 입자 크기 분리 특성을 변경시킬 수 있다. 정확한 유속과 유량이 측정되어야 하며 정확한 유량 조절 장치 및 유량 측정 장치로 오차를 최소화 한다.

### 6.2 유량교정

유속 및 유량의 측정은 실험 전 후로 측정해야 하며 매 실험마다 표준유속 또는 유량계를 사용하여 교정하여야 하며 측정값의  $\pm 2\%$  이내의 정확성을 가져야 한다.

## 7.0 분석절차

### 7.1 전처리 방법

#### 7.1.1 측정기의 감도교정

7.1.1.1 전원을 연결한 후 측정기가 예열 (30 분 정도)이 되면 교정을 행한다.

7.1.1.2 공기흡입부의 전원을 끄고 새로운 여과지로서 교체한 후 5 분 뒤에 측정치가 영점에 감지되는 가를 확인하고 만약에 영점에 감지되지 않을 경우 영점 조절 나사로서 영점을 조정한다.

7.1.1.3 영점교정이 끝나면 베타선 측정기용 스펙필름을 삽입하고 5 분 후에 측정치를 확인한다. 만약 측정치가 스펙필름 값과 일치하지 않을 경우 스펙조절나사로 스펙 값을 조정한다.

7.1.1.4 교정이 끝나면 설정 유량과 먼지 채취시간을 재확인한 후 측정을 행한다.

## 7.2 측정방법

측정기의 사용설명서를 따른다.

## 8.0 결과보고

### 8.1 먼지농도의 계산

8.1.1 베타선을 방출하는 광원으로부터 조사된 베타선이 여과지 위에 채취된 먼지를 통과할 때 흡수 소멸되는 베타선의 차로서 측정되어지며 다음 식에 따른다.

$$I = I_0 \cdot \exp(\mu X) \quad (\text{식 1})$$

여기서, I = 여과지에 채취된 분진을 투과한 베타선 강도

$I_0$  = blank 여과지에 투과된 베타선 강도

$\mu$  = 분진에 의한 베타선 질량 흡수 소멸 계수 ( $\text{cm}^2/\text{mg}$ )

X = 단위면적당 채취된 분진의 질량 ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ )

여기서,  $I_0$ 는 먼지가 채취되지 않은 여과지를 통과한 베타선 강도이며  $\mu$ 는 상수로써 먼지의 성분에 무관하다.

8.1.2 먼지농도는 단위면적당 채취된 먼지의 질량에 의한 베타선의 흡수량으로 결정되어 진다.

$$C = \frac{S}{\mu \cdot V \cdot \Delta t} \ln(I/I_0) \quad (\text{식 2})$$

여기서, C = 먼지 농도 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

S = 먼지가 채취된 여과지의 면적 ( $\text{m}^2$ )

$V$  = 흡입된 공기량 ( $m^3$ )

$\Delta t$  = 채취시간 (min)

## 8.2 주의사항

측정기에 사용하고 있는 베타선 광원은 100  $\mu\text{Ci}$  이하로 밀봉되어 있어 안전하나 취급 관리에 주의를 하여야 하며 분립장치의 분진청소, 상대 감도의 확인, 흡입유량 등을 수시로 점검한다. 일반적으로 시료채취 시간은 1 시간으로 하나 농도가 먼지의  $0.01 \text{ mg}/m^3$  이하의 저농도일 경우 시료채취 시간을 연장하여 측정하도록 한다.

## 9.0 참고자료

9.1 한국산업규격 (KS), KS M 9401, “공기의 질 관련용어”, 한국표준협회, (2005)

9.2 한국산업규격 (KS), KS A ISO 0079, “부유 분진 농도 측정 방법 통칙”, 한국표준협회, (2004)

9.3 United States Environmental Protection Agency (USEPA) Method IO-1, “Continuous Measurement of PM10 Suspended Particulate Matter (SPM) in Ambient Air”, USEPA, (1999).

9.4 United States Environmental Protection Agency (USEPA) Method IO-2, “Integrated Sampling of Suspended Particulate Matter (SPM) in Ambient Air”, USEPA, (1999).

9.5 United States Environmental Protection Agency (USEPA) Method IO-3, “Chemical Species Analysis of Filter-Collected Suspended Particulate Matter (SPM)”, USEPA, (1999).

9.6 American National Standard Institute (ANSI)/American Society for Testing and Materials (ASTM) D3154:00(2006), “Standard Test Method for Average Velocity in a Duct (Pitot Tube Method)”, Annual book of ASTM, (2006).

**9.7** American National Standard Institute (ANSI)/American Society for Testing and Materials (ASTM) D 3685/D 3685M, "Standard Test Methods for Sampling and Determination of Particulate Matter in Stack Gases", Annual book of ASTM, (2005).

**9.8** American National Standard Institute (ANSI)/American Society for Testing and Materials (ASTM) D 4096, "Standard Test Method for Determination of Total Suspended Particulate Matter in the Atmosphere (High Volume Sampler Method)", Annual book of ASTM, (2003).

**9.9** Deutsches Institut für Normung (DIN) EN 12341, "Air quality – Determination of the PM10 fraction of suspended particulate matter – Reference method and field test procedure to demonstrate reference equivalence of measurement methods", (1999).

**9.10** Deutsches Institut für Normung (DIN) EN 10473, "Ambient air – Measurement of the mass of particulate matter on a filter medium – Beta-ray absorption method (ISO 10473:2000)", (2002).

**9.11** American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH): Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. Cincinnati, OH: ACGIH, 2006.

**9.12** International Organization for Standardization (ISO): Air Quality Particle Size Fraction Definition for Health-Related Sampling (ISO CD 7708). Geneva: ISO, 1992.

**9.13** Comité Européen de Normalisation (CEN): Workplace Atmosphere: Size Fraction Definitions for Measurement of Airborne Particles in the Workplace (CEN Standard EN 481). Brussels: CEN, 1992.

**9.14** Hinds, W.C.: Aerosol Technology Properties, Behavior, and Measurement of



Airborne Particles. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1999.

## 10.0 부록 “내용 없음”