

실내 공기 중 미세먼지(PM₁₀, PM_{2.5})

2017

연속측정방법 - 베타선흡수법

(continuous measurement methods of particulate matter(PM₁₀, PM_{2.5}) in indoor using the beta attenuation monitor)

1.0 개요

1.1 목적

1.1.1 이 시험기준은 실내 공기 중의 미세먼지(PM₁₀ 및 PM_{2.5}) 농도의 연속 측정 방법을 규정한다.

1.1.2 실내 공기 중 미세먼지(PM₁₀ 및 PM_{2.5})를 여과지에 채취하고 여과지에 베타선을 투과시켜 흡수되는 베타선의 정도를 이용하여 미세먼지(PM₁₀ 및 PM_{2.5})의 중량농도를 연속적으로 측정하는 방법이다.

1.2 적용범위

1.2.1 이 시험기준은 실내 공기 중 미세먼지(PM₁₀ 및 PM_{2.5}) 농도 측정을 위한 부시험 방법으로 사용된다.

1.2.2 이 시험기준 사용 시 주시험방법인 ES 02302.1 “실내 공기 중 미세먼지 (PM₁₀, PM_{2.5}) 측정방법”과 비교한 보정계수 적용이 필요하다.

2.0 용어정의

2.1 미세먼지

PM(particulate matter)이라 통칭되는 미세먼지는 공기역학적으로 직경이 10 μm 이하의

미세먼지는 미세먼지(PM₁₀), 2.5 μm 이하의 미세먼지는 미세먼지(PM_{2.5})를 뜻한다.

3.0 분석기기 및 기구

3.1 작동원리

공기흡인부에는 분립장치가 설치되어 있어 10 μm 또는 2.5 μm이상의 입자물질을 제거하며 설정유량으로 공기를 흡인하여 여과지위에 10 μm 또는 2.5 μm이하의 먼지를 채취한다. 채취된 먼지의 양은 베타선 광원으로부터 방출된 베타선이 먼지가 채취된 테이프 여과지를 통과할 때 흡수 소멸된 나머지가 감지부에 도달되어 연산장치 또는 기록부에 감지된 양으로 입자상물질의 농도를 계산하게 된다. 즉, 새로운 테이프 여과지 부분이 측정부분으로 이동하면 공기는 흡입관을 통해 시료채취관으로 들어가게 된다. 공기 중의 먼지입자들은 여과지에 채취되고 분석을 위해 그대로 남아있게 된다. 베타선은 먼지가 축적된 여과지층을 통과하는데, 먼지가 많을수록 투과하는 베타선의 양이 줄어들고 검출기는 이에 따라 먼지를 정량하게 된다.

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

여기서, I : 여과지에 포집된 분진을 투과한 베타선 강도

I_o : 초기베타선의 강도

μ : 분진에 의한 베타선의 감쇄계수(cm^2/mg)

X : 단위면적당 포집된 분진의 질량(mg/cm^2)

여기서 I_o 는 먼지가 포집되지 않은 여과지를 통과한 베타선 강도이며 μ 는 상수로써 먼지의 성분에 무관하다. 먼지농도는 단위면적당 포집된 먼지의 질량에 의한 베타선의 흡수량으로 결정되어 진다.

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

여기서, C : 먼지 농도(mg/m^3)

S : 먼지가 포집된 여과지의 면적(cm^2)

V : 흡입된 공기량(m^3)

Δt : 포집 시간(min)

3.2 베타선 흡수법(β -Ray absorption method) 기기 장치의 구성

3.2.1 공기흡인부

3.2.2 분립장치

3.2.3 유량조절부

3.2.4 테이프 여과지

3.2.5 교정부

3.2.6 시료 채취 시간 조정부

3.2.7 베타선 광원

3.2.8 베타선 감지부

3.2.9 연산장치

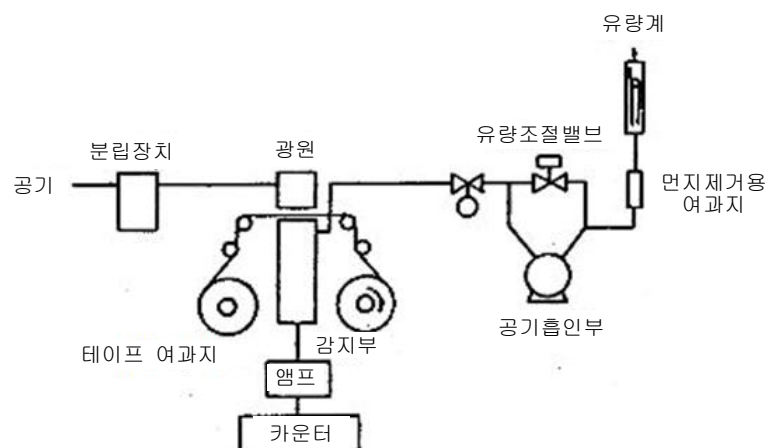


그림 1. 베타선 흡수법 장치구성의 예

3.3 기능

3.3.1 측정 광원부

광원과 수광부 등으로 구성되어 있어야 하며, 빛이 새지 않는 구조 이어야 한다.

3.3.2 입경분리장치

3.3.2.1 입경분리장치는 10 μm 또는 2.5 μm 를 초과하는 부유입자를 제거할 수 있어야 한다.

3.3.2.2 입경분리장치 입경분리기준 기준점인 10 μm 또는 2.5 μm 에서 그 효율이 50 % 이상이어야 한다.

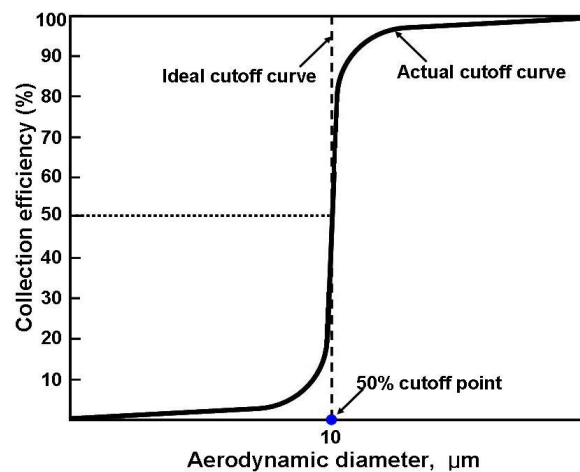


그림 2. 채취효율곡선의 예

3.3.3 시료흡입관

시료채취 필터와 수직이고 직관을 이루며, 스테인리스강으로 만들며 채취된 입자상 물질을 필터로 운반하는 역할을 한다. 흡입관은 입자상 물질이 필터에 도달하기 전에 손실되는 것을 막을 수 있도록 설계되어야 한다.

3.3.4 교정장치

지시부의 오차를 용이하게 교정할 수 있는 장치가 있어야 한다.

3.3.5 유량계측부

실내공기의 시료채취 유량을 정확히 측정할 수 있어야 한다.

4.0 시약 및 표준용액

"내용 없음"

5.0 시료채취 및 관리

5.1 측 정

5.1.1 측정기의 사용법

측정기의 사용설명서를 따른다. 다음과 같은 순차로 작동된다.

- (1) 바탕여과지의 베타선 흡수량을 측정한다.
- (2) 시료채취 시간을 선택한다.
- (3) 입자상 물질을 포집하기 위하여 테이프 여과지를 통해 정해진 양의 공기를 채취한다.
- (4) 시료채취구간이 끝나는 시점이나 시료채취 동안에 입자상 물질이 채취된 테이프 여과지의 베타선 흡수량을 측정한다.
- (5) 교정계수를 이용하여 총질량을 교정한다. 채취된 공기의 부피체적에 포함되어 있는 입자상 물질의 농도를 계산한다.

5.1.2 측정기의 교정

전원을 연결한 후 측정기가 예열이 되면 기기별 제시한 교정방법에 따라 교정을 행한다.

5.1.3 측정기의 검정 및 주의사항

측정기에 사용하고 있는 베타선 광원은 100 μCi 이하로 밀봉되어 있어 안전하나 취급 관리에 주의를 하여야 하며 분립장치의 분진청소, 상대 감도의 확인, 흡인유량 등을 수시로 점검한다. 일반적으로 시료채취 후 농도값은 1시간 간격으로 나타내나, 농도가 먼지의 0.01 mg/m^3 이하의 저농도일 경우는 시료채취 시간을 연장하여 측정한다.

6.0 정도보증/정도관리(QA/QC)

6.1 자동측정기기 소모품 관리사항

- (1) 여과지(Glass Fiber Filter(roll))는 한 달 사용 후 체크한다.
- (2) 흡인펌프는 약 1 년간 사용 후에는 날개(blade)를 교환한다.
- (3) 교체주기가 1 년 이상인 소모품은 부품 교체 내역을 기록하여 둔다.
(예; 유량센서, Touch Panel, 흡인 펌프)

6.2 측정기의 유량 정도관리

6.2.1 유량 교정

측정기는 설계유량의 정확한 유지가 필요하다. 유량조절장치는 주기적으로(연 1회) 표준 유속계를 이용하여 교정되어야 하며, 설계유량이 확인되어야 한다. 측정기의 유속 교정은 동작 유속에서 측정값의 $\pm 2\%$ 이내의 정확성을 가져야 한다.

유속 교정에 사용되는 표준 유속계의 유속 측정범위는 측정기 동작 유속 측정범위에 적절해야 하고 측정표준 소급성이 유지되어야 한다.

6.3 보정계수 적용

베타선 흡수법은 미세먼지의 중량을 측정하는 직접적인 방법이 아니고 입자상물질을 일정시간 여과지위에 채취하여 베타선을 투과시켜 물질의 중량농도를 연속적으로 측정하는 방법이다. 입자성분 사이의 상호작용, 습도(수분)의 영향 등으로 농도 차이를 나타낼 수 있으므로, 미세먼지(PM₁₀, PM_{2.5}) 주시험방법인 중량법(ES 02302.1b)과 비교하여 보정계수 적용이 필요하다.

보정계수 산출을 위해서는 베타선 흡수법을 이용하여 실내 공기 중 미세먼지 농도를 조사하고자 하는 지역과 동일한 공간에 중량법을 이용하여 베타선 흡수법과 동시에 공기 중 미세먼지 농도를 측정한다. 10회 이상 반복측정하여 베타선 흡수법을 이용한 농도값과 중량법을 이용한 농도값의 상관관계를 확인한다.

베타선 흡수법의 농도값과 중량법으로 측정한 농도값의 상관관계를 확인한 후 식 3과 식 4와 같이 보정계수를 구하여 베타선 흡수법을 이용하여 구한 농도를 보정한다.

$$\text{보정계수} = \frac{\text{중량법 측정농도 값}}{\text{베타선 흡수법 측정농도 값}}$$

$$\text{보정값} = \text{측정값} \times \text{보정계수}$$

7.0 분석절차

"내용 없음"

8.0 결과보고

8.1 결과의 표시

공기 중 미세먼지 농도는 소수점 첫째자리까지 표시한다.

8.2 기록 사항

매 채취시료마다 채취장소, 채취일, 여과지번호, 채취시작 및, 종료시간, 기타 성적에 참고가 될 만한 기상요소(일기, 온도, 습도, 풍향, 풍속 등) 및 시료채취자의 성명을 기록해 놓는다.

9.0 참고자료

9.1 KS I ISO 16000-1, “실내공기 제 1부 : 시료채취방법의 일반적관점”, 산업표준심의회, (2014)

9.2 KS I ISO 10473, “대기-필터매체에 채취된 입자상 물질의 질량 측정-베타선 흡수법”, 산업표준심의회, (2015)

10.0 부록

“내용 없음”