

비산먼지 - 고용량공기시료채취법

2021

(Fugitive Dust - High Volume air Sampler)

1.0 개요

1.1 목적

이 시험기준은 시멘트 공장, 전기아크로를 사용하는 철강공장, 연탄공장, 석탄야적장, 도정공장, 골재공장 등 특정 발생원에서 일정한 굴뚝을 거치지 않고 외부로 비산되거나 물질의 파쇄, 선별, 기타 기계적 처리에 의하여 비산배출되는 먼지의 농도를 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 최소화할 수 있으며 적은 습도 조건은 먼지 간의 정전력을 증가시킬 수 있다.

1.2.1.2 습도에 의한 오차를 줄이기 위해 먼지의 질량을 측정하기 전 여과지 홀더 또는 여과지를 건조기에서 일반 대기압에서 일정온도 (20 ± 5.6) °C로 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 °C에 2 시간 이상 충분히 건조시키는 방법이 있다. 질량측정의 정확성을 향상시키기 위하여 여과지는 상대습도가 50 % 이상인 질량 측정 실험실에서 2 분 이상 노출되어서는 안 된다.

1.2.2 부산물에 의한 측정오차

1.2.2.1 시료채취 여과지 위에서 가스상 물질들의 반응 등에 의해 먼지의 질량농도 측정량이 증가 또는 감소되는 오차가 일어날 수 있다.

1.2.2.2 시료채취과정에서 이산화황과 질산이 여과지 위에 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 비산먼지

대기 중에 부유하는 고체 및 액체의 입자상 물질로서, 대기환경보전법에서는 굴뚝을 거치지 않고 대기 중에 직접 배출되는 경우를 말한다. 날림먼지라고도 한다.

2.1.1 공기역학직경 (AED, Aerodynamic diameter)

입자의 침강속도에 따른 것으로 일반적으로 구형을 가진 입자의 기하학적 입자 지름으로 비중 1인 구의 지름으로 입경이 변경하여 환산 정리되고 측정 대상물 입자는 상대적으로 밀도와 입자 모양에 대하여 구상 입자의 침강속도와 같은 역학적 운동을 하는 입자의 직경을 의미한다.

2.1.2 총부유먼지

측정대상이 되는 환경 대기 중에 부유하고있는 총 먼지를 말한다. 국제적으로 정확한 총부유먼지의 크기에 대한 명확한 규명은 없으나 일반적으로 총부유먼지는 입자 직경이 (0.01 ~ 100) μm 이하인 먼지를 말한다.

2.1.3 먼지의 분류

먼지 (PM, particulate matter)는 PM-10 ($AED \leq 10 \mu m$), PM-2.5 ($AED \leq 2.5 \mu m$)로 분류되어 관리 되고 있다.

2.2 질량농도

기체의 단위 용적 중에 함유된 물질의 질량으로 표현된 농도를 말한다.

2.3 입자농도

공기 또는 다른 기체의 단위 체적 당 입자수로 표현된 농도를 말한다.

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

2.4 고용량공기시료채취기

환경 대기 중에 부유하고있는 입자상물질을 고용량공기시료채취기를 이용하여 여과지 위에 채취하는 방법으로 입자상물질 전체의 질량농도 (mass concentration)를 측정하거나 입자상물질 중 금속 등의 성분 등의 분석에 이용한다.

3.0 분석기기 및 기구

ES 01604.1 환경대기 중 먼지 측정방법 - 고용량 공기시료채취기법 3.0항을 따른다.

4.0 시약 및 표준용액

ES 01604.1 환경대기 중 먼지 측정방법 - 고용량 공기시료채취기법 4.0항을 따른다.

5.0 시료채취 및 관리

5.1 측정위치의 선정

시료채취장소는 원칙적으로 측정하려고 하는 발생원의 부지 경계선상에 선정하며 풍향을 고려하여 그림 1과 같이 그 발생원의 비산면지 농도가 가장 높을 것으로 예상되는 지점 3개소 이상을 선정한다.

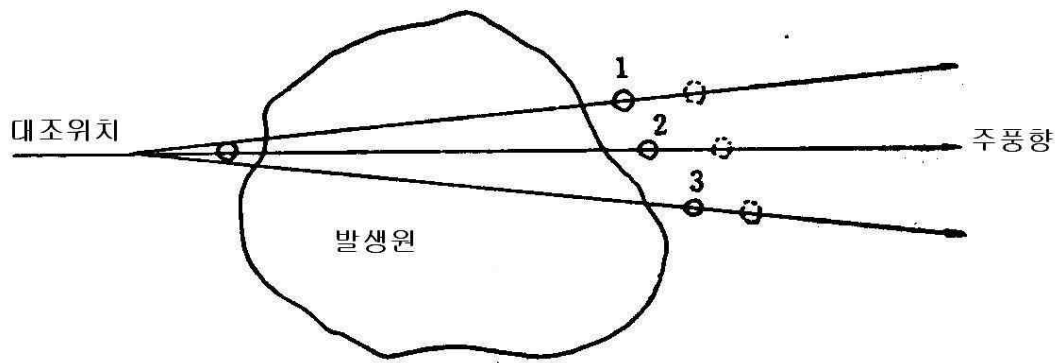


그림 1. 시료채취장소의 선정

이때 시료채취 위치는 부근에 장애물이 없고 바람에 의하여 지상의 흙모래가 날리지 않아야 하며 기타 다른 원인에 의하여 영향을 받지 않고 그 지점에서의 비산면지농도를 대표할 수 있는 위치를 선정한다. 별도로 발생원의 위 (upstream)인 바람의 방향을 따라 대상 발생원의 영향이 없을 것으로 추측되는 곳에 대조위치를 선정한다.

5.2 시료채취

시료채취는 1 회 1 시간 이상 연속 채취한다. 다음과 같은 경우에는 원칙적으로 시료채취를 하지 않는다.

- 대상발생원의 조업이 중단되었을 때
- 비나 눈이 올 때
- 바람이 거의 없을 때 (풍속이 0.5 m/s 미만일 때)
- 바람이 너무 강하게 불 때 (풍속이 10 m/s 이상일 때)

5.2.1 채취유량의 계산

채취가 종료되기 직전에 다시 유량계를 연결하고 유량을 읽어 다음과 같이 흡입공기량을 산출한다.

$$\text{흡인공기량} = \frac{Q_s + Q_e}{2} t \quad (\text{식 1})$$

여기서, Q_s : 채취개시 직후의 유량 (m³/min)

Q_e : 채취종료직전의 유량 (m³/min)

t : 채취시간 (min)

5.3 풍향풍속의 측정

시료채취를 하는 동안에 그 지역을 대표할 수 있는 별도의 지점에 풍향풍속계를 설치하여 전 채취시간 동안의 풍향풍속을 기록한다. 단, 연속기록 장치가 없는 경우에는 적어도 10 분 간격으로 같은 지점에서의 3 회 이상 풍향 풍속을 측정하여 기록한다.

6.0 정도보증/정도관리 (QA/QC)

6.1 여과지 취급

시료 채취 전과 후의 무게 측정에 있어 질량을 측정할 수 있는 습도와 온도가 유지된 실험실에서 여과지를 취급하여 오차 발생을 최소화한다.

6.2 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 최소화한다.

6.3 분석 저울

분석 저울은 여과지의 형태와 무게를 측정하는데 적절해야 하며 측정표준 소급성이 유지된 표준기에 의해 교정되어야 하며 0.01 mg까지 측정할 수 있는 저울을 사용하여야 한다.

6.4 유량교정

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

7.0 분석절차

7.1 전처리

ES 01604.1 환경대기 중 먼지 측정방법 - 고용량 공기시료채취기법 7.1을 따른다.

7.2 측정법

ES 01604.1 환경대기 중 먼지 측정방법 - 고용량 공기시료채취기법 7.2를 따른다.

8.0 결과보고

8.1 농도의 계산

측정하려고 하는 발생원으로부터 비산되는 먼지 농도는 다음과 같은 방법으로 소수점 셋째 자리까지 계산하고 소수점 둘째 자리로 표기한다.

8.1.1 채취된 먼지의 농도계산

채취 전후의 여과지의 질량 차이와 흡입공기량으로부터 다음 식에 의하여 먼지 농도를 구한다.

$$\text{먼지 농도 (mg/Sm}^3\text{)} = \frac{W_e - W_s}{V} \quad (\text{식 } 2)$$

여기서, W_e = 채취 후 여과지의 질량 (mg)

W_s = 채취 전 여과지의 질량 (mg)

V = 총 공기흡입량 (Sm^3)

8.1.2 비산먼지 농도의 계산

각 측정지점의 채취먼지량과 풍향 풍속의 측정 결과로부터 비산먼지의 농도를 구한다.

$$\text{비산먼지 농도 : } C = (C_H - C_B) \times W_D \times W_S \quad (\text{식 3})$$

여기서, C_H = 채취먼지량이 가장 많은 위치에서의 먼지 농도 (mg/Sm^3)

C_B = 대조위치에서의 먼지 농도 (mg/Sm^3)

W_D, W_S = 풍향, 풍속 측정 결과로부터 구한 보정계수

단, 대조 위치를 선정할 수 없는 경우에는 C_B 는 $0.15 \text{ mg}/\text{Sm}^3$ 로 한다.

8.1.2.1 풍향, 풍속 보정계수

풍향, 풍속 보정계수 (W_D, W_S)는 다음과 같이 구한다.

8.1.2.1.1 풍향에 대한 보정

풍 향 변 화 범 위	보정계수
전 시료채취 기간 중 주 풍향이 90° 이상 변할 때	1.5
" $45^\circ \sim 90^\circ$ 변할 때	1.2
" 풍향이 변동이 없을 때 (45° 미만)	1.0

8.1.2.1.2 풍속에 대한 보정

풍 속 범 위	보정계수
풍속이 0.5 m/s 미만 또는 10 m/s 이상되는 시간이 전 채취시간의 50 % 미만일 때	1.0
풍속이 0.5 m/s 미만 또는 10 m/s 이상되는 시간이 전 채취시간의 50 % 이상일 때	1.2

(풍속의 변화 범위가 위 표를 초과할 때는 원칙적으로 다시 측정한다.)

8.2 주의사항

ES 01604.1 환경대기 중 먼지 측정방법 - 고용량 공기시료채취기법 8.2를 따른다.

9.0 참고자료

- 9.1** 한국산업표준 (KS), KS I ISO 4225, “공기의 질 - 일반사항 - 용어”, 산업표준심의회, (2014)
- 9.2** 한국산업표준 (KS), KS I ISO 9096, “고정 오염원 - 입자상 물질의 질량 농도 수동 측정법”, 산업표준심의회, (2009)
- 9.3** 한국산업표준 (KS), KS A 0079, “부유 분진 농도 측정 방법 통칙”, 산업표준심의회, (1982)
- 9.4** United States Environmental Protection Agency. 40CFR Part 53: National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter for Particulate Matter; Final Rule. Federal Register Vol. 65, No. 249. Washington D.C., US EPA, (2000)
- 9.5** United States Environmental Protection Agency (US EPA) Method IO-1, “Continuous Measurement of PM₁₀ Suspended Particulate Matter (SPM) in Ambient Air”, US EPA, (1999)
- 9.6** United States Environmental Protection Agency (US EPA) Method IO-2, “Integrated Sampling of Suspended Particulate Matter (SPM) in Ambient Air”, US EPA, (1999)
- 9.7** United States Environmental Protection Agency (US EPA) Method IO-3, “Chemical Species Analysis of Filter-Collected Suspended Particulate Matter (SPM)”, US EPA, (1999)
- 9.8** American National Standard Institute (ANSI)/American Society for Testing and Materials (ASTM) D3154, “Standard Test Method for Average Velocity in a Duct (Pitot Tube Method)”, Annual book of ASTM, (2014)
- 9.9** American National Standard Institute (ANSI)/American Society for Testing and Materials (ASTM) D4096, “Standard Test Method for Determination of Total Suspended Particulate Matter in the Atmosphere (High Volume Sampler Method)”,

Annual book of ASTM, (2017)

9.10 Deutsches Institut für Normung (DIN) EN 12341, "Ambient air - Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM₁₀ or PM_{2.5} mass concentration of suspended particulate matter", (2014)

10.0 부록

표 1. 시험기준 요약표

비산먼지 - 고용량공기시료채취기법 (Fugitive Dust - High Volume air Sampler)	
분자식 및 특징: 해당 없음, 대기 중에 부유하는 고체 및 액체의 입자상 물질	
정량범위: 0.01 mg/Sm ³ 이상	
간섭물질: 습도 및 이산화황과 질산 등 기체상 물질의 반응	
시료채취	
방법: 여과지 채취법	
흡수액: 해당 없음	
흡입속도: (1 133 ~ 1 699) L/min	
표준채취량: 1 시간 이상 연속채취	
이동: 상온	
보관: 상온	
분석용 시료용액: 해당 없음	
Blank: 대조위치에서의 비산먼지	
측정	
방법: 중량법	
물질: 먼지	
표준물질: 해당 없음	
검정곡선: 해당 없음	
분석저울: 0.01 mg까지 측정할 수 있는 저울	
정도관리	
주기: 해당 없음	
방법검출한계: 해당 없음	
정밀도: 해당 없음	
정확도: 해당 없음	
검정곡선: 해당 없음	
방법바탕시료: 해당 없음	