

환경대기 중 먼지 측정방법 -

2016

고용량 공기시료채취기법
(Particulate Matter Test Method in Ambient Air -
High Volume Air Sampler)

1.0 개요

1.1 목적

이 시험방법은 환경 대기 중의 먼지농도를 측정하기 위한 시험방법이다.

1.2 적용범위

먼지는 대기 중에 함유되어 있는 액체 또는 고체인 입자상 물질로서 먼지의 질량농도를 측정하는데 사용된다.

1.3 간섭물질

1.3.1 습도

1.3.1.1 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.

1.3.1.2 습도에 의한 오차를 줄이기 위해 먼지의 질량을 측정하기 전 여과지 홀더 또는 여과지를 건조기에서 일반 대기압 하에서 (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 습도가 50 % 이상인

질량 측정 실험실에서 2 분 이상 노출되어서는 안 된다[참고자료 USEPA 40CFR50 부록 B와J, USEPA IO-3.1].

1.3.2 부산물에 의한 측정오차

1.3.2.1 시료채취 여과지 위에서 기체상 물질들의 반응 등에 의해 먼지의 질량농도 측정량이 증가 또는 감소되는 오차가 일어 날 수 있다.

1.3.2.2 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.

1.3.3 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 물질로서, 입자의 크기는 공기역학직경 (aerodynamic diameter)으로 표시한다[참고자료 USEPA Method IO-1].

2.1.1 공기역학직경 (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 입자모양에 대하여 구상 입자의 침강 속도와 같은 역학적 운동을 하는 입자의 직경을 의미한다.

2.1.2 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 μm 이하인 먼지를 채취한다[참고자료 USEPA Methods IO-1].

2.1.3 먼지의 분류

먼지는 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 질량을 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 고용량 공기시료채취기 (high volume air sampler)

대기 중에 부유하고 있는 입자상물질을 고용량 공기시료채취기를 이용하여 여과지 상에 채취하는 방법으로 입자상물질 전체의 질량농도 (mass concentration)를 측정하거나 금속성분의 분석에 이용한다. 이 방법에 의한 채취입자의 입경은 일반적으로 0.01 ~ 100 μm 범위이다[참고자료 USEPA Methods IO-1].

3.0 분석기기 및 기구

고용량 공기시료채취기는 공기흡입부, 여과지홀더, 유량측정부 및 보호상자로 구성된다 (그림 1

참조).

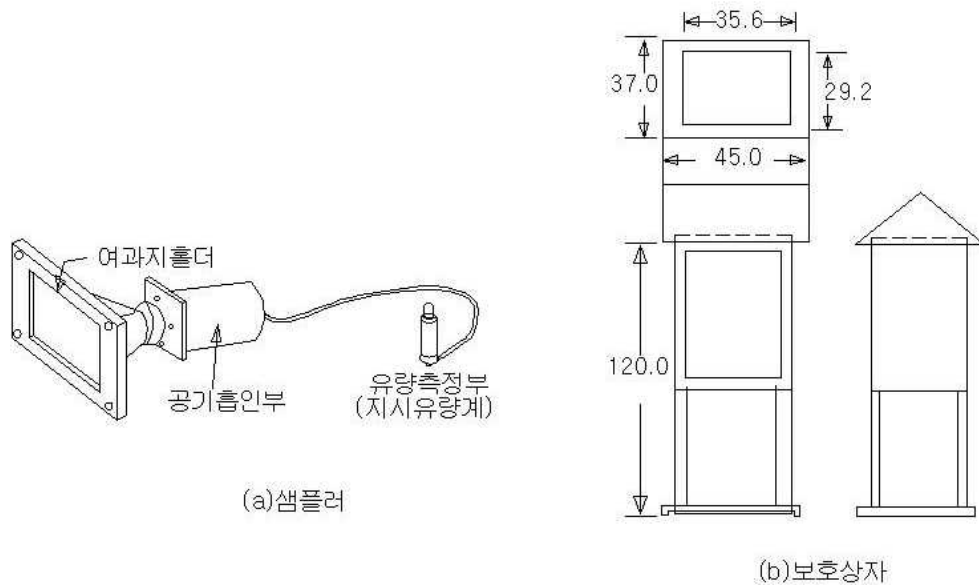


그림 1. 고용량 공기시료채취기

3.1 공기흡입부

공기흡입부는 직권정류자모터에 2단 원심터빈형 송풍기가 직접 연결된 것으로 무부하 일 때의 흡입유량이 약 $2 \text{ m}^3/\text{min}$ 이고 24 시간 이상 연속 측정할 수 있는 것이어야 한다.

3.2 여과지홀더 (filter paper support)

여과지홀더는 보통 $15 \text{ cm} \times 22 \text{ cm}$, 또는 $20 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$ 크기의 여과지를 공기가 새지 않도록 안전하게 장착할 수 있고 공기흡입부에 직접 연결할 수 있는 구조이어야 하며 여과지홀더를 구성하는 각 부분의 재질과 크기는 다음과 같다.

3.2.1 프레임 (frame)

프레임의 재질은 사용하는 여과지를 파손되지 않게 고정할 수 있는 것으로 크기는 보통 외부 $24 \text{ cm} \times 29 \text{ cm}$ 또는 $18 \text{ cm} \times 26 \text{ cm}$ 내부 $18 \text{ cm} \times 23 \text{ cm}$ 또는 $13 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ 되는 것을 사용한다.

3.2.2 금속망 (net)

금속망은 여과지에 공기를 통과시킬 때 파손되지 않도록 받쳐주는 것으로 여과지를 충분히 보호할 수 있는 강도를 갖고 있어야 하며 여과지나 채취된 시료에 불순물 등의 영향을 주지 않는 내식성 재료로 만들어져야 한다. 망의 크기는 사용하는 여과지의 크기와 일치하여야 하며, 공기가 통하지 않는 부분에는 불소수지제 테이프를 감는다.

3.2.3 충전물질

충전물질은 독립기포로 발포시킨 합성고무로 만들어진 것으로 그 크기는 프레임에 합치시킨다. 또 여과지와 접촉하는 부분은 불소수지제 테이프를 감는다.

3.2.4 여과지 고정나사

여과지를 고정시킬 때 파손 또는 공기가 새지 않도록 되어 있는 구조로 내식성 재료로 만들어진 것을 사용한다.

3.3 유량측정부

유량측정부는 시료가스 흡입유량을 측정하는 부분으로 통상공기흡입부에 붙어 있고 장착 및 탈착이 쉬운 면적식 유량계를 사용한다. 표준유량계는 상대유량단위로서 1 ~ 2 m³/min의 범위를 0.05 m³/min까지 측정할 수 있도록 눈금이 새겨진 것을 사용한다. 또 지시유량계의 눈금은 통상 고용량 공기시료채취기를 사용하는 상태에서 기준 유량계로 교정하여 사용한다.

3.4 보호상자 (shelter)

보호상자는 고용량 공기시료채취기 (high volume air sampler)의 입자상물질의 채취면을 위로 향하게 하여 수평으로 고정할 수 있고 비, 바람 등에 의한 여과지의 파손을 방지할 수 있는 내식성 재질로 된 것을 사용한다. 보호상자는 그림 1의 (b)와 같이 지붕, 본체상자, 받침다리의 3 부분으로 구성되어 있고 지붕과 본체상자 사이에는 공간이 있어야 한다.

3.5 채취용 여과지

입자상 물질의 채취에 사용하는 여과지는 0.3 μm 되는 입자를 99 %이상 채취할 수 있으며 압력손실과 흡수성이 적고 가스상 물질의 흡착이 적은 것이어야 하며 또한 분석에 방해되는 물질을 함유하지 않은 것이어야 한다. 사용된 여과지의 재질은 일반적으로 유리섬유, 석영섬유, 폴리스틸렌, 니트로셀룰로스, 불소수지 등으로 되어 있으며 분석에 사용한 여과지의 종류와 재질을 기록해 놓는다.

3.6 분석용 저울

가능한 0.01 mg까지 정확하게 측정할 수 있는 저울을 사용하여야 하며 측정표준 소급성이 유지된 표준기에 의해 교정되어야 한다.

3.7 건조용기

시료채취 여과지의 수분평형을 유지하기 위한 용기로서 (20 \pm 5.6) $^{\circ}\text{C}$ 대기압력에서 적어도 24 시간을 건조시킬 수 있어야 한다. 또는, 여과지를 105 $^{\circ}\text{C}$ 에서 적어도 2 시간동안 건조시킬 수 있어야 한다[참고자료 EPA method 5].

3.8 시료채취 여과지 보관용기

여과지손상이나 채취된 입자들의 손실을 막기 위해 여과지의 취급에 주의하여야 하며 여과지 카트리지가나 보관용기는 이러한 손상에 의한 측정 오차를 줄일 수 있다.

3.9 일회용 장갑

손으로 인한 오염 방지 및 정확한 입자의 질량을 측정하기 위하여 분말이 없는 (powder-free latex) 일회용 장갑을 사용한다.

4.0 시약 및 표준용액

4.1 제습제

시료 채취 여과지의 수분 평형을 유지하기 위한 제습제로 50 % 염화칼슘 용액 등을 사용할 수 있다.

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° 이하 되는 곳을 선정한다.

5.1.3 주위에 건물 등이 밀집되거나 접근되어 있을 경우에는 건물 바깥벽으로부터 적어도 1.5 m 이상 떨어진 곳에 채취점을 선정한다.

5.1.4 시료채취의 높이는 그 부근의 평균오염도를 나타낼 수 있는 곳으로서 가능한 한 1.5 ~ 30 m 범위로 한다.

5.2 시료채취

시료 채취시간은 1 일 24 시간을 원칙으로 한다. 단, 측정기의 조작이나 측정당시의 기상조건 등 형편에 따라 20 시간 이상 채취하였을 경우에는 24 시간 채취한 것으로 간주한다.

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 최소화 한다.

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 최소화 한다.

6.3 분석 저울

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

6.4 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 유량계의 교정

고용량 공기시료채취기 (high volume air sampler)를 사용하여 입자상 물질을 채취할 때는 다음과 같이 표준유량계를 사용하여 부속유량계의 눈금을 교정해 주어야 한다.

7.1.1.1 표준유량계

7.1.1.2 유량 교정용 오리피스

7.1.1.3 마노미터 (manometer)

7.1.1.4 공기저항판 A, B, C, D, E

두께 0.24 cm 직경 9.2 cm되는 금속제 원판에 직경이 12 mm되는 작은 구멍이 1 ~ 9 개 뚫려 있는 것으로 저항이 적은 것의 순으로 A, B, C, D, E로 한다.

7.1.1.5 고용량 공기시료채취기 (high volume air sampler) 본체

7.1.1.6 온도계

7.1.1.7 기압계

7.1.2 오리피스의 유량 결정

7.1.2.1 조립

표준유량계의 공기 입구 부분에 마노미터가 달린 오리피스를 연결하고 표준유량계의 출구에서부터 고용량 공기시료채취기 (high volume air sampler) 본체에 접속하는 부분에 공기저항판을 끼워 넣을 수 있도록 **그림 2**와 같이 조립한다. 이 때 여과지홀더는 고용량 공기시료채취기(high volume air sampler) 본체에서 떼어 놓는다.

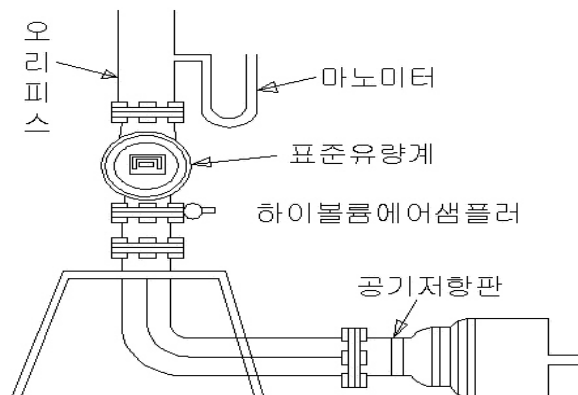


그림 2. 오리피스 유량결정을 위한 조립

7.1.2.2 조작

7.1.2.2.1 전원스위치를 넣고 무부하 상태에서 5 분간 동작시킨 다음 표준유량계의 지시값에 의한 유량과 마노미터의 눈금을 읽어 기록한다.

7.1.2.2.2 전원스위치를 끄고 표준유량계와 고용량 공기시료채취기 (high volume air sampler) 본체사이에 공기저항판 A를 넣고 다시 전원스위치를 넣은 다음 **7.2.2.1**과 같이 조작하여 5 분 동작하는 표준유량계가 지시하는 유량과 마노미터의 눈금을 읽어 기록한다. 이와 같은 조작을 공기저항판 B, C, D, E에 대하여 같은 방법으로 반복한다. 동시에 기온과 기압을 측정한다.

7.1.2.2.3 표준유량계의 읽은 값을 기온과 기압으로 보정하여 (0 °C, 1기압) 마노미터의 읽은 값과 함께 **그림 3**과 같이 점정곡선을 작성한다.

$$\text{보정식 } Q' = Q \times \frac{293}{273+t} \times \frac{p}{760 \text{ mmHg}} \quad (\text{식 1})$$

여기서, Q' = 유량의 참값

Q = 표준유량계에 의한 유량

t = 측정시의 온도 (°C)

p = 측정시의 압력 (mmHg)

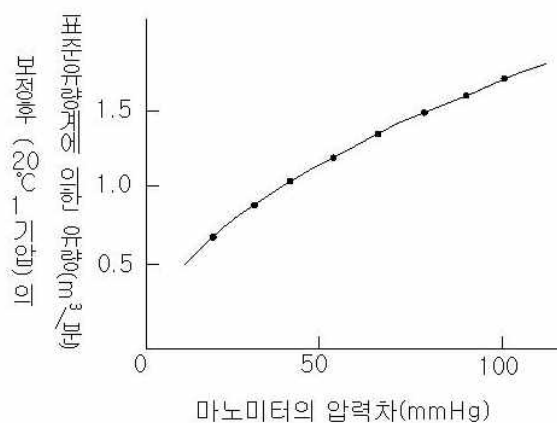


그림 3. 점정곡선

7.1.3 부속유량계의 교정

7.1.3.1 조립

그림 4와 같이 고용량 공기시료채취기 (high volume air sampler)의 입구 부분에 마노미터가 달리고 유량결정이 끝난 오리피스를 장착한다.

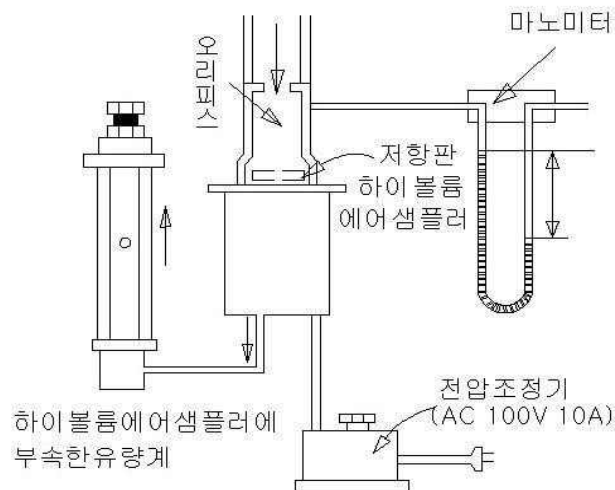


그림 4. 부속유량계 교정을 위한 조립 그림

7.1.3.2 조작

7.1.3.2.1 전원스위치를 넣고 무부하상태에서 5 분간 작동한 후 마노미터의 눈금과 부속유량계의 눈금을 읽는다.

7.1.3.2.2 전원스위치를 끄고 오리피스와 고용량 공기시료채취기 (high volume air sampler) 본체의 접속부분에 공기 저항판 A를 끼우고 다시 전원스위치를 넣고 위와 같은 방법으로 5 분간 작동한 후 마노미터의 눈금과 부속유량계의 눈금 값을 읽는다.

7.1.3.2.3 이와 같은 조작을 반복하여 공기저항판 B, C, D, E에 대하여 조작한 후 각각의 마노미터 눈금 값과 부속유량계의 눈금 값을 읽는다.

7.1.3.2.4 공기저항판을 끼웠을 때의 마노미터 눈금 값으로부터 위에서 작성한 검정곡선을 사용하여 유량의 참값을 구한다.

7.1.3.2.5 위에서 얻은 유량의 참값과 대응하는 부속유량계의 지시값과의 관계를 취하며 그림 5와 같이 그래프를 그린다. 이 그래프를 이용하여 부속유량계의 교정을 한다.

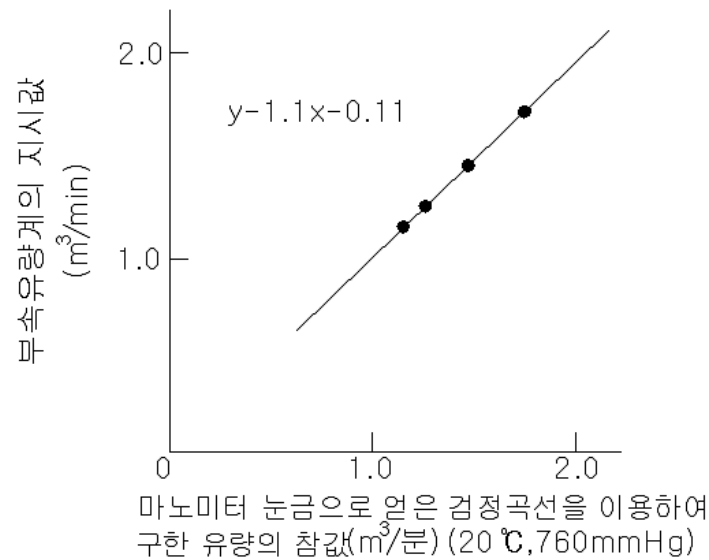


그림 5. 부속유량계의 지시값과 참값과의 관계

7.2 측정방법

7.2.1 채취용 여과지

7.2.1.1 입자상 물질의 채취에 사용하는 여과지는 0.3 μm되는 입자를 99 %이상 채취할 수 있어야 한다.

7.2.1.2 압력손실과 흡수성이 적고 가스상 물질의 흡착이 적은 것이어야 하며 또한 분석에 방해되는 물질을 함유하지 않은 것이어야 한다.

7.2.1.3 사용된 여과지의 재질은 일반적으로 유리섬유, 석영섬유, 폴리스틸렌, 니트로셀룰로스, 불소수지 등으로 되어 있으며 분석에 사용한 여과지의 종류와 재질을 기록해 놓는다.

7.2.2 채취전 여과지의 칭량

7.2.3 채취된 여과지를 미리 온도 20 °C, 상대습도 50 %에서 항량이 될 때까지 보관하였다가 0.01 mg의 감도를 갖는 분석용 저울로서 0.1 mg까지 정확히 단다.

7.2.3.1 단, 항온 항습 장치가 없을 때는 상온에서 무게분율 50 % 염화칼슘용액을 제습제로 한 데시케이터 내에서 항량이 될 때까지 보관한 다음 위와 같은 방법으로 단다.

7.2.3.2 칭량이 끝난 여과지는 부호 또는 기호를 표시하여 기록한다.

7.2.4 먼지의 채취

7.2.4.1 샘플러가 정상적으로 작동하는가를 확인한다.

7.2.4.2 칭량한 여과지를 여과지홀더에 고정시키고 나사를 조여 공기가 새지 않도록 한다. 이 때 여과지의 입자채취면이 위를 향하도록 한다.

7.2.4.3 샘플러를 보호상자 내에 수평으로 고정시킨다.

7.2.4.4 배기관에 설치되어 있는 유량계 연결꼭지에 고무관을 사용하여 유량계를 연결한다.

7.2.4.5 전원스위치를 넣고 채취시작 시간을 기록한다.

7.2.4.6 채취를 시작하고부터 5 분 후에 유량계의 눈금을 읽어 유량을 기록하고 유량계는 떼어 놓는다. 이때의 유량은 보통 1.2 ~ 1.7 m³/min정도 되도록 한다. 또 유량계의 눈금은 유량계 부자 (floater)의 중앙부를 읽는다.

7.2.5 채취후 여과지의 칭량

채취후의 여과지는 입자 채취면이 안쪽으로 향하도록 접어 여과지의 파손이 없도록 세심한 주의를 기울여 채취된 여과지를 미리 온도 20 °C, 상대습도 50 %에정한 값이 될 때까지 보관하였다가 24 시간 방치한 후 무게를 단다.

8.0 결과보고

8.1 먼지농도의 계산

8.1.1 채취된 시료는 수분을 평형화 한 후에 무게측정을 한 후 실제 측정된 온도와 압력에 대하여 0 °C, 1 기압으로 보정하여 농도를 계산한다.

8.1.2 채취 전후의 여과지의 질량차이와 흡입 공기량으로부터 다음 식에 의하여 먼지 농도를 구한다.

$$\text{먼지농도 } (\mu\text{g}/\text{m}^3) = \frac{We - Ws}{V} \times 10^3 \quad (\text{식 } 2)$$

여기서 We = 채취후 여과지의 질량 (mg)

Ws = 채취전 여과지의 질량 (mg)

$V = Q \times t$ = 총 공기흡입량 (m^3)

Q = 평균 유량 (m^3/min)

t = 시료 채취 시간

평균 유량은 $(Q_1 + Q_2)/2$ 로 구할 수 있으며 일정간격을 두고 유량을 자동 저장하는 방법 등을 사용할 수 있다. 여기서 Q_1 = 시료채취 초기 유량이며 Q_2 = 시료채취 종료 시 유량이다.

8.2 주의사항

8.2.1 채취시의 유량이나 채취후의 질량농도에 이상한 값이 인정될 경우에는 다음 사항을 점검한다.

8.2.1.1 유량계에 이상이 없는가 확인한다.

8.2.1.2 샘플러에서 공기가 새지 않는가 확인한다.

8.2.1.3 전원 전압에 변동이 없는가를 확인한다.

8.2.1.3.1 이와 같은 이상 현상이 채취개시 직후에 있었다면 정상운전으로 되돌아오

는 것을 확인한 후에 다시 채취를 시작한다.

8.2.1.3.2 이상 현상이 채취종료 시에 확인되었을 경우에는 이상이 생기지 않도록 충분히 조치한 다음 채취조작을 다시 하고 먼저 채취된 시료는 기록을 정확히 하여 따로 보존한다.

8.2.1.3.3 가동 중인 샘플러의 전원에 다른 기기를 가동시키면 전압의 변화가 생겨 샘플러의 유량을 일정하게 유지시키기 어려우므로 가동 중인 샘플러의 전원에 다른 기기를 가동시켜서는 안되며 가동 중인 샘플러의 전원 전압변동에 대하여 수시로 점검한다.

8.2.2 흡입장치의 모우터 브러쉬는 400 ~ 500시간 (24 시간 연속사용 회수로 17 ~ 20 회) 사용 후 교환하고 유량을 교정한다.

8.2.3 고용량 공기시료채취기 (high volume air sampler)에 부속한 유량계의 상단에 있는 유량조절나사는 고정해 놓고 조금이라고 움직였을 경우에는 다시 유량을 교정한다.

8.2.4 고용량 공기시료채취기 (high volume air sampler)에 부속한 유량계의 상단 좁은 부분에 분진 등 이물질이 묻어있을 때는 눈금 값을 적게 한다. 또 이와 같은 경우에는 가는 금속바늘로 상처가 나지 않도록 조심하여 부착물을 제거하고 다시 오리피스스를 사용하여 유량을 교정한다.

8.2.5 흡입장치의 부품을 교환할 때, 수리할 때 또는 채취조작 중 유량에 이상이 보일 때는 오리피스스에 의하여 유량을 교정한다.

8.2.6 고용량 공기시료채취기 (high volume air sampler) 측정 시 다음 사항에 대하여 주의하여야 한다.

8.2.6.1 샘플러의 공기배기에 의하여 분진이 비산되지 않도록 주의를 청결히 청소하고 되도록 콘크리트 또는 아스팔트 바닥위에 설치한다.

8.2.6.2 샘플러의 보호상자는 비, 바람에 쓰러질 경우를 대비하여 밑부분을 단단히

고정시킨다.

8.2.6.3 샘플러 설치 시 소음진동의 문제가 생기지 않도록 주의한다.

9.0 참고자료

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

9.2 한국산업규격 (KS), KS M ISO 9096, “고정 오염원 - 기체 수송과 속의 미립자 농도 및 질량 유동률 측정 방법 (수동중량법)”, 한국표준협회, (1982)

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

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., USEPA, (2000).

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

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

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

9.8 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).

9.9 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).

9.10 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).

10.0 부록 “내용 없음”