

배출가스 중 먼지 - 반자동식 측정법

2021

(Particulate Matter in Flue Gas - Semi-Automatic Method)

1.0 개요

1.1 목적

이 시험기준은 물질의 파쇄, 선별, 퇴적, 이적 기타 기계적 처리 또는 연소, 합성분해 시 굴뚝에서 배출되는 입자상 물질의 농도를 측정하기 위한 시험방법이다.

1.2 적용범위

배출가스 중에 함유되어 있는 액체 또는 고체인 입자상 물질을 등속흡입하여 측정한 먼지로서, 먼지 농도 표시는 표준상태 (0 °C, 760 mmHg)의 건조 배출가스 1 Sm³ 중에 함유된 먼지의 질량농도를 측정하는데 사용된다.

1.3 간섭물질

1.3.1 습도

1.3.1.1 채취시료의 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 대기압에서 (20 ± 5.6) °C로 적어도 24 시간 이상 건조시키며 6 시간의 간격을 두고 먼지 질량의 차이가 0.1 mg일 때까지 측정한다. 또 다른 방법으로, 여과지 홀더 또는 여과지를 105 °C에 2 시간 이상 충분히 건조시키는 방법이 있다. 질량 측정의 정확성을 향상시키기 위하여 여과지는 상대습도가 50 % 이상인 질량 측정 실험

실에서 2 분 이상 노출되어서는 안 된다.

1.3.2 부산물에 의한 측정 오차

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

1.3.2.2 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.

1.3.3 질량농도

측정대상이 되는 배출가스 중 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 무게농도를 측정하여야 한다.

2.0 용어정의

2.1 배출가스 중 먼지

측정대상이 되는 배출가스 중에 부유하는 고체 및 액체의 입자상 물질로서 수분을 제거한 것이며 결합 수분 등 시험법에 근거하여 측정하여 무게를 잴 것을 먼지로 본다.

2.2 배출가스

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

2.3 등속흡입

등속흡입 (isokinetic sampling)은 먼지시료를 채취하기 위해 흡입노즐을 이용하여 배출가스를 흡입할 때, 흡입노즐을 배출가스의 흐름 방향으로 하고, 배출가스와 같은 유속으로 가스를 흡입하는 것을 말한다.

2.4 먼지농도

먼지농도 (particulate matter concentration)는 표준상태 (0 °C , 760 mmHg)의 건조 배출가스 1 Sm³ 중에 함유된 먼지의 무게단위를 말한다.

3.0 분석기기 및 기구

반자동식 시료채취기는 흡입노즐, 흡입관, 피토관, 여과지홀더, 여과지 가열장치, 임핀저 트레인, 가스흡입 및 유량측정부 등으로 구성되며 여과지홀더의 위치에 따라 그림 1, 2와 같이 1형과 2형으로 구별된다.

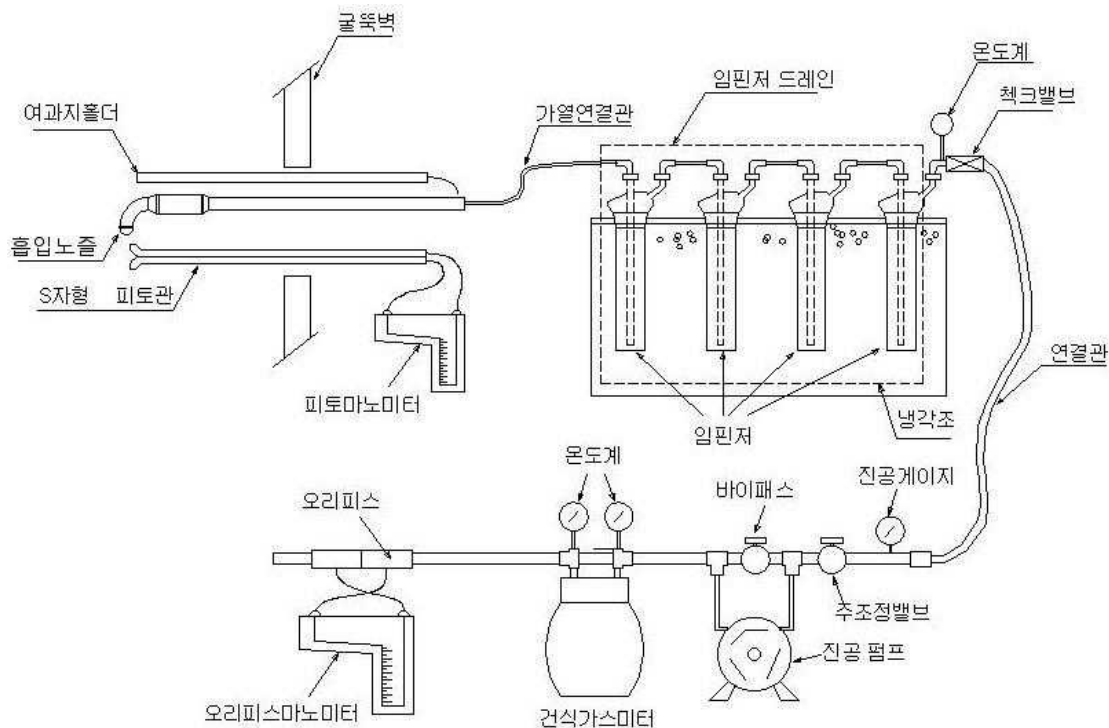


그림 1. 반자동식 먼지시료 채취장치 (1형)

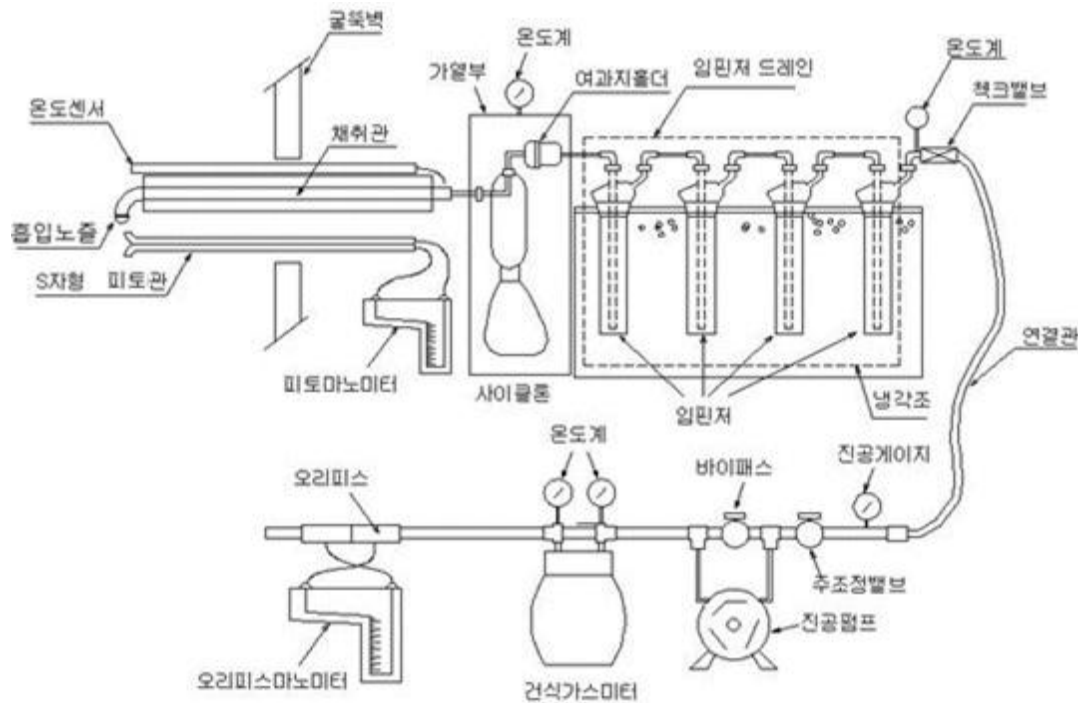


그림 2. 반자동식 먼지시료 채취장치 (2형)

3.1 흡입노즐

3.1.1 흡입노즐은 스테인리스강 재질, 경질유리, 또는 석영 유리체로 만들어진 것으로 다음과 같은 조건을 만족시키는 것이어야 한다.

3.1.2 흡입노즐의 안과 밖의 가스흐름이 흐트러지지 않도록 흡입노즐 안지름 (d)은 3 mm 이상으로 한다. 흡입노즐의 안지름 (d)은 정확히 측정하여 0.1 mm 단위까지 구하여 둔다.

3.1.3 흡입노즐의 꼭지점은 그림 3과 같이 30° 이하의 예각이 되도록 하고 매끈한 반구 모양으로 한다.

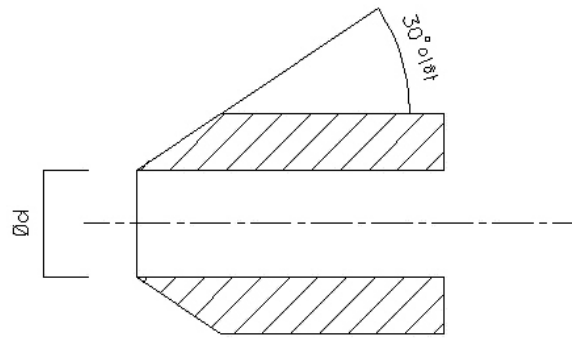


그림 3. 흡입노즐의 꼭지부분

3.1.4 흡입노즐 내외면은 매끄럽게 되어야 하며 흡입노즐에서 먼지 채취부까지의 흡입관은 내부면이 매끄럽고 급격한 단면의 변화와 굴곡이 없어야 한다.

3.2 흡입관

수분농축 방지를 위해 시료가스 온도를 $120\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 14\text{ }^{\circ}\text{C}$ 로 유지할 수 있는 가열기를 갖춘 보로실리케이트 (borosilicate), 스테인리스강 재질 또는 석영 유리관을 사용한다.

3.3 피토관

피토관 계수가 정해진 L형 피토관 (C: 1.0 전후) 또는 S형 (웨스턴형 C: 0.84) 피토관으로서 배출가스 유속의 지속적인 측정을 위해 흡입관에 부착하여 사용한다.

3.4 차압게이지

2 개의 경사마노미터 또는 이와 동등의 것을 사용한다. 하나는 배출가스 동압측정을 다른 하나는 오리피스압차 측정을 위한 것이다.

3.5 여과지홀더

3.5.1 여과지홀더는 원통형 또는 원형의 먼지채취 여과지를 지지해주는 장치를 말한다.

3.5.2 이 장치는 유리제 또는 스테인리스강 재질 등으로 만들어진 것으로 내식성이 강

하고 여과지 탈착이 쉬워야 한다.

3.5.3 여과지를 끼운 곳에서 공기가 새지 않아야 한다.

3.6 여과부 가열장치

시료채취 시 여과지홀더 주위를 $120\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 14\text{ }^{\circ}\text{C}$ 의 온도를 유지할 수 있고 주위온도를 $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 이내까지 측정할 수 있는 온도계를 모니터 할 수 있도록 설치하여야 한다. 다만, 이 장치는 그림 2의 2형 시료채취장치를 이용할 경우에만 사용된다.

3.7 임핀저 트레이 및 냉각상자

3.7.1 일렬로 연결된 4 개의 임핀저로 구성되며 접속부는 가스 누출이 없도록 갈아 맞춤 또는 실리콘관으로 연결한다.

3.7.2 첫 번째, 세 번째 및 네 번째 임핀저는 변형 그리인버그 스미드형 (임핀저 헤드가 직선관임)으로서 팁을 플라스크 바닥에서 1.3 cm (1/2 inch) 되는 지점까지 이르는 내경 1.3 cm (1/2 inch)의 유리관으로 대체한 것을 사용한다.

3.7.3 두 번째 임핀저는 표준팁이 그리인버그 스미드형을 사용한다.

3.7.4 임핀저에는 유해가스 흡수액을 넣고 배출가스가 통과할 때 유해가스를 흡수시켜 수분 및 유해가스로부터 기기를 보호한다.

3.8 가스흡입 및 유량측정부

진공게이지, 진공펌프, 온도계, 건식가스미터 등으로 구성되며 등속흡입유량을 유지하고 흡입 가스량을 측정할 수 있게 되어 있다.

3.9 채취장치에 사용되는 기구 및 기기

3.9.1 시료채취장치 1형

3.9.1.1 흡입노즐용 솔

나일론실로 만든 솔로서 흡입노즐보다 더 긴 것을 사용한다.

3.9.1.2 시료보관병

원통형 여과지에 채취된 먼지시료를 보관하기 위한 것으로 유리 또는 흡습관을 사용한다.

3.9.1.3 흡습병

U 자형 또는 흡습관을 사용한다.

3.9.1.4 간이용 저울

10 mg까지 무게를 달 수 있는 저울을 사용한다.

3.9.1.5 원통여과지

실리카 섬유제 여과지로서 99 % 이상의 먼지채취율 (0.3 μm 다이옥틸프탈레이트) 매년 입자에 의한 먼지 통과시험)을 나타내는 것이어야 하며 사용 상태에서 화학변화를 일으키지 않아야 하며, 화학변화로 인하여 측정치의 오차가 나타날 경우에는 적절한 처리를 하여 사용토록 하고, 유효직경이 25 mm 이상의 것을 사용한다.

3.9.2 시료채취장치 2형

3.9.2.1 흡입노즐 및 흡입관용 솔

나일론실로 만든 솔로서 길이는 흡입관 보다 더 긴 것을 사용한다.

3.9.2.2 세척병

유리세척병 2 개로 사용한다.

3.9.2.3 시료보관용

500 mL 또는 1 000 mL 부피의 보로실리케이트 유리병을 사용한다.

3.9.2.4 페트리접시

여과지에 채취된 먼지시료를 보관하기 위한 것으로서 유리 또는 폴리에틸렌제를 사용한다.

3.9.2.5 눈금실린더 및 저울

1 mL 씩 눈금이 매겨진 눈금실린더와 100 mg까지 달 수 있는 저울을 사용한다.

3.9.2.6 유리제 평량접시

3.10 분석용 저울

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

3.11 건조용기

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

3.12 시료채취 여과지 보관용기

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

3.13 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 시료채취장치 1형을 사용하는 경우

4.1.1 실리카젤

(6 ~ 16) 메쉬 (mesh) 크기의 변색 지시형 실리카젤을 사용하여 재사용 시에는 175 °C 에서 2 시간 건조시킨 후 사용한다.

4.1.2 흡습제

입자상의 무수염화칼슘을 사용한다.

4.1.3 건조제

변색지시형 무수황산칼슘을 사용한다.

4.2 시료채취장치 2형을 사용하는 경우

4.2.1 원형 여과지

실리카 함유제 여과지로서 99 % 이상의 먼지 채취율 (1형과 같음)을 나타낸 것이어야 하며 유효직경이 63.5 mm 이상의 것을 사용한다.

4.2.2 실리카젤

(6 ~ 16) 메쉬 (mesh) 크기의 변색지시형 실리카젤을 사용하며 재사용시는 175 °C 에서 2 시간 동안 건조시킨 후 사용한다.

4.2.3 잘게 부순 얼음

4.2.4 진공 윤활유

아세톤에 녹지 않고 열에 안정한 실리콘 윤활유를 사용한다.

4.2.5 아세톤

잔재물이 0.001 % 이하인 시약용 아세톤을 사용한다.

4.2.6 건조제

변색 지시형 무수황산칼슘을 사용한다.

5.0 시료채취 및 관리

5.1 측정위치의 선정

5.1.1 측정위치는 원칙적으로 굴뚝의 굴곡부나 단면모양이 급격히 변하는 부분을 피하여 배출가스 흐름이 안정되고 측정작업이 쉽고 안전한 곳을 선정한다.

5.1.2 수직굴뚝 하부 끝단으로부터 위를 향하여 그곳의 굴뚝 내경의 8 배 이상이 되고, 상부 끝단으로부터 아래를 향하여 그곳의 굴뚝내경의 2 배 이상이 되는 지점에 측정공 위치를 선정하는 것을 원칙으로 한다.

5.1.3 위의 기준에 적합한 측정공 설치가 곤란하거나 측정작업의 불편, 측정자의 안전성 등이 문제될 때에는 하부 내경의 2 배 이상과 상부 내경의 1/2 배 이상 되는 지점에 측정공 위치를 선정할 수 있다.

5.1.4 수직굴뚝에 측정공을 설치하기가 곤란하여 부득이 수평 굴뚝에 측정공이 설치되어 있는 경우는 수평굴뚝에서도 측정할 수 있으나 측정공의 위치가 수직굴뚝의 측정위치 선정기준에 준하여 선정된 곳이어야 한다.

5.2 굴뚝 직경환산과 측정공 위치 선정

5.2.1 굴뚝단면이 원형인 경우 (상·하 동일 단면적)

굴뚝 상·하 직경은 5.1에서 명시한 수직 굴뚝의 배출가스가 호트리짐이 시작되는 위치의 내경을 기준으로 한다.

5.2.2 굴뚝 단면이 사각형인 경우 (상·하 동일 단면적의 정사각형 또는 직사각형)

굴뚝 단면이 상·하 동일 단면적인 사각형 굴뚝의 직경산출은 다음과 같이 한다. (그림 4 참조)

$$\text{환산직경} = 2 \times \left(\frac{A \times B}{A + B} \right) = 2 \times \left(\frac{\text{가로} \times \text{세로}}{\text{가로} + \text{세로}} \right) \quad (\text{식 1})$$

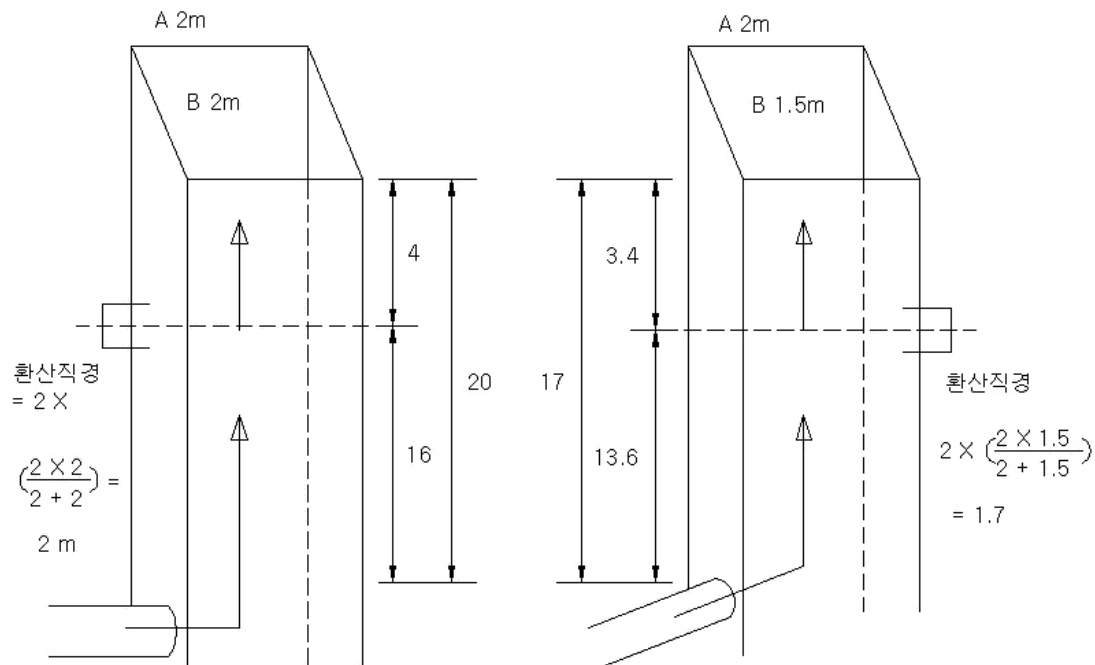


그림 4. 사각형 굴뚝 환산 예

5.2.3 굴뚝 단면이 서서히 변하는 경우

굴뚝 단면이 서서히 축소되는 경우의 원형 및 사각형 굴뚝직경 산출은 다음과 같이 한

다.

5.2.3.1 원형굴뚝의 경우

5.1에 의거 측정공 위치를 대략적으로 선정하고 다음에 의거 굴뚝직경을 산출하여, 선정된 측정공 위치가 환산 하부 직경의 2 배 이상과 환산 상부직경의 1/2 배 이상이면 측정공 위치로 채택한다.

$$\text{환산하부직경} = \frac{\text{하부직경} + \text{선정된 측정공위치의 직경}}{2} \quad (\text{식 } 2)$$

$$\text{환산상부직경} = \frac{\text{상부직경} + \text{선정된 측정공위치의 직경}}{2} \quad (\text{식 } 3)$$

5.2.3.1.1 원형굴뚝의 경우 (그림 5 참조)

$$\text{적용하부직경} = \frac{2.5 + 1.83}{2} = 2.165 \quad (\text{식 } 4)$$

$$\text{적용상부직경} = \frac{1.5 + 1.83}{2} = 1.665 \quad (\text{식 } 5)$$

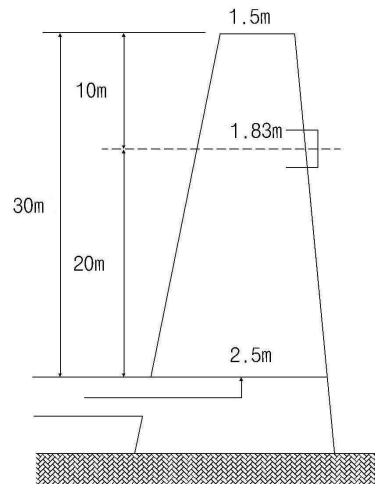


그림 5. 원형굴뚝의 환산 예

- 원형굴뚝의 선정된 측정공 위치 채택여부 검토

$$20 \div 2.165 = 9 \text{ 배}$$

(하부직경의 2 배 이상이므로 채택함)

$$10 \div 1.665 = 6 \text{ 배}$$

(상부직경의 1/2 배 이상이므로 채택함)

5.2.3.2 사각형 굴뚝의 경우 (그림 6 참조)

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{array}{l} 1 \\ \text{차} \\ \text{계} \\ \text{산} \end{array} \right\} \begin{aligned} & \text{상부환산직경} = 2 \times \left(\frac{2 \times 1.5}{2 + 1.5} \right) = 1.7 \\ & \text{하부환산직경} = 2 \times \left(\frac{2 \times 2.5}{2 + 2.5} \right) = 2.2 \\ & \text{선정된 측정공 위치의 직경} \\ & \quad = 2 \times \left(\frac{2.3 \times 1.8}{2.3 + 1.8} \right) = 2.0 \end{aligned} \quad (\text{식 } 6)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{array}{l} 2 \\ \text{차} \\ \text{계} \\ \text{산} \end{array} \right\} \begin{aligned} & \text{적용하부직경} = \frac{2.2 + 2.0}{2} = 2.1 \\ & \text{적용상부직경} = \frac{1.7 + 2.0}{2} = 1.8 \end{aligned} \quad (\text{식 } 7)
 \end{aligned}$$

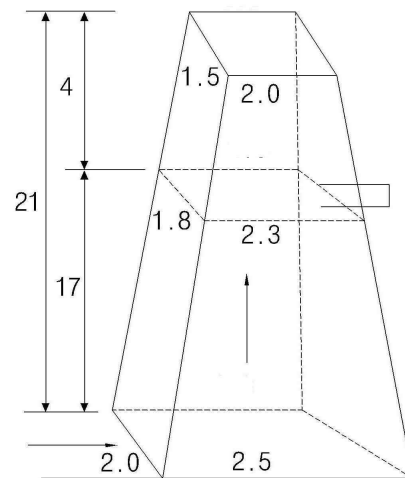


그림 6. 사각형굴뚝의 환산 예

- 사각형 굴뚝의 측정공 위치 채택 여부 검토

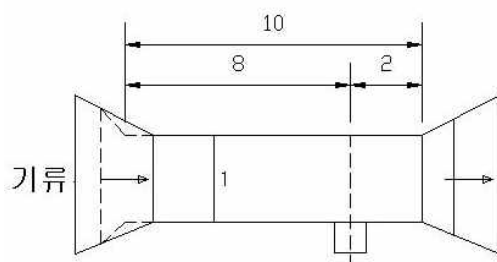
$17 \div 2.1 = 8$ 배 (하부직경의 2 배 이상이므로 채택함)

$4 \div 1.8 = 2$ 배 (상부직경의 1/2 배 이상이므로 채택함)

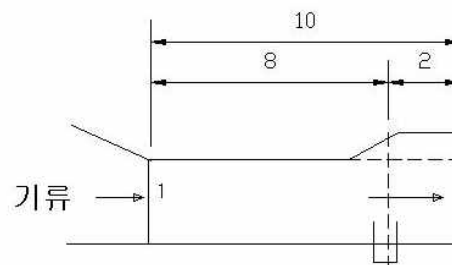
5.2.4 기타 형태의 경우 (그림 7 참조)

5.2.4.1 굴뚝이 기타 다른 형태일 경우에는 원형 및 사각형 경우 중 가까운 쪽에 준하여 환산 적용하고 필요시는 다음과 같은 굴뚝 내 배출가스의 흐름을 개선하여 굴뚝 직경을 산출하여 활용할 수 있다.

5.2.4.2 이러한 장치가 먼지가 퇴적되거나 저항에 의한 유량이 변화하는 등의 지장을 초래하여서는 안 된다.



(나팔관에 의한 측정위치의 개선 예)



(덕트 연장에 의한 측정위치의 개선 예)

그림 7. 배출가스흐름의 개선 예

5.3 측정공 및 측정작업대

5.1에서 선정된 측정 위치에는 측정자의 안전과 측정작업을 위한 작업대와 측정공이 설치되어야 한다.

5.3.1 측정공의 규격

측정공은 그림 8과 같이 측정 위치로 선정된 굴뚝 벽면에 내경 100 mm ~ 150 mm 정도로 설치하고 측정 시 이외에는 마개를 막아 밀폐하고 측정 시에도 흡입관 삽입 이외의 공간은 공기가 새지 않도록 밀폐되어야 한다.

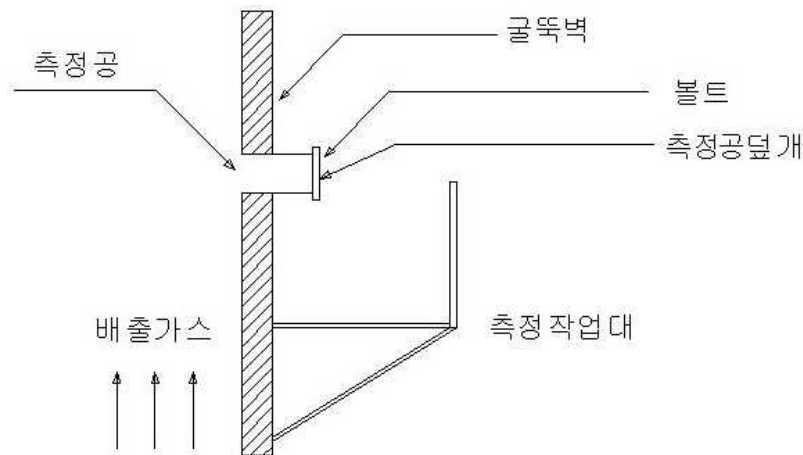


그림 8. 측정공의 구조 예

5.3.2 측정작업대

측정작업대는 측정장비의 설치와 측정자의 작업을 쉽게 하기 위하여 충분히 크고 견고해야 한다. 보통 그 크기는 측정장비를 설치하고 2 인 ~ 3 인의 측정작업자가 충분히 작업할 수 있는 공간과 지지력이 마련되어야 한다. 또한, 측정 작업대까지 오르기 위한 적당한 승강시설을 그림 9의 시설 등과 같이 굴뚝에 견고히 설치하여 측정자의 안전을 보호하고 장비의 운반 및 측정을 위한 도르레, 전기 등의 시설을 설치하여야 한다.

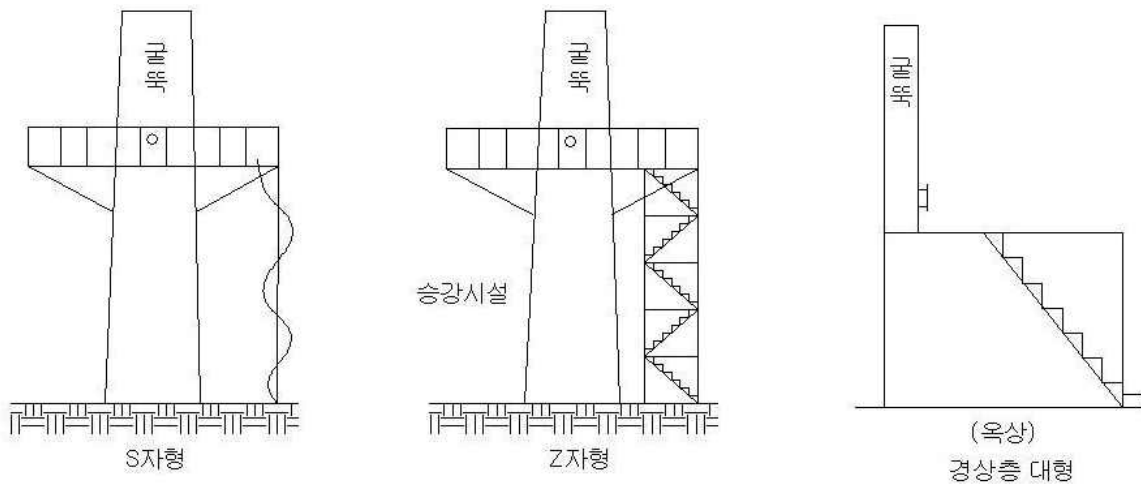


그림 9. 안전한 승강시설의 구조 예

5.4 측정점의 선정

측정점은 측정위치로 선정된 굴뚝 단면의 모양과 크기에 따라 다음과 같은 요령으로 적당수의 등면적으로 구분하고 구분된 각 면적마다 측정점을 선정한다.

5.4.1 굴뚝 단면이 원형일 경우

그림 10과 같이 측정 단면에서 서로 직교하는 직경선상에, 표 1이 부여하는 위치를 측정점으로 선정한다. 측정점수는 굴뚝직경이 4.5 m를 초과할 때는 20 점까지로 한다.

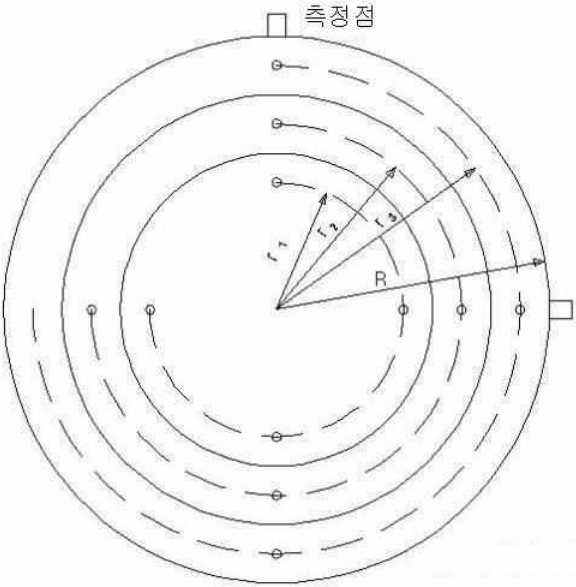


그림 10. 원형단면의 측정 예 (굴뚝직경이 2 초과 4 이하인 경우)

표 1. 원형단면의 측정점

굴뚝직경 2R (m)	반 경 구분수	측정점 수	굴뚝 중심에서 측정점까지의 거리 r_n (m)				
			r_1	r_2	r_3	r_4	r_5
1 이하	1	4	0.707 R	-	-	-	-
1초과 2이하	2	8	0.500 R	0.866 R	-	-	-
2초과 4이하	3	12	0.408 R	0.707 R	0.913 R	-	-
4초과 4.5이하	4	16	0.354 R	0.612 R	0.791 R	0.935 R	-
4.5 초과	5	20	0.316 R	0.548 R	0.707 R	0.837 R	0.949 R

5.4.1.1 굴뚝 단면적이 0.25 m^2 이하로 소규모일 경우에는 그 굴뚝 단면의 중심을 대표 점으로 하여 1 점만 측정한다.

5.4.1.2 측정 단면에서 유속의 분포가 비교적 대칭을 이루는 경우 수평굴뚝은 수직 대칭 축에 대하여 1/2의 단면을 취하고 측정점의 수를 1/2로 줄일 수 있으며, 수직 굴뚝은 1/4의 단면을 취하고 측정점의 수를 1/4로 줄일 수 있다.

5.4.2 굴뚝 단면이 사각형일 경우

굴뚝 단면이 사각형일 때는 다음과 같이 단면적에 따라 등단면적의 사각형으로 구분하고 구분된 각 등단면적의 중심에 측정점 수를 표 2와 같이 선정한다.

표 2. 사각형 굴뚝단면적의 측정점수

굴뚝단면적 (m^2)	구분된 1 변의 길이 (m)
1 이하	≤ 0.5
1 초과 4 이하	≤ 0.667
4 초과 20 이하	≤ 1

측정 단면은 그림 11과 같이 한 변의 길이 (L)가 표 2의 규정에 따라 1 m 이하의 범위에서 4 개 이상의 등단면적의 직사방형 또는 정사방형으로 나누어 중심에 측정점을 선정한다. 단 굴뚝의 단면적이 20 m^2 를 초과하는 경우는 측정점수는 20 점까지로 하고 등단면적으로 구분한다. 단 측정 단면에서 흐름이 비대칭인 경우는 비대칭 방향으로 구분한 한 변의 길이는 그것과 수직 방향의 한 변 길이보다도 짧게 취하여 측정점의 개수를 각각 증가시킨다.

5.4.2.1 굴뚝 단면적이 0.25 m^2 이하로 소규모일 경우에는 그 굴뚝 단면의 중심을 대표점으로 하여 1 점만 측정한다.

5.4.2.2 측정 단면에서 유속의 분포가 비교적 대칭을 이루는 경우 수평굴뚝은 수직 대칭 축에 대하여 1/2의 단면을 취하고 측정점의 수를 1/2로 줄일 수 있으며, 수직 굴뚝은 1/4의 단면을 취하고 측정점의 수를 1/4로 줄일 수 있다.

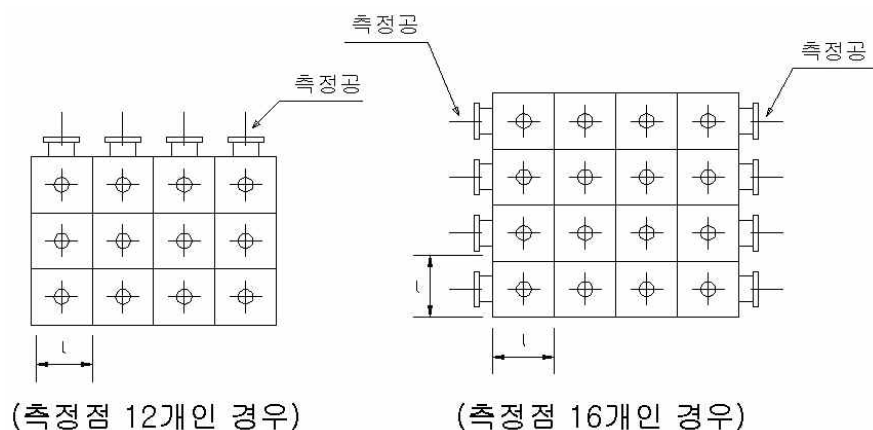


그림 11. 사각형 굴뚝단면의 측정위치

5.4.3 굴뚝 단면이 기타 모양일 경우

굴뚝 단면의 모양이 한쪽은 원형 (아치형) 한쪽은 사격형 또는 기타 모양일 경우에는 5.4.1, 5.4.2에 따라 측정점 수를 결정한다.

5.5 시료채취

5.5.1 직접 채취법

측정점마다 1 개의 먼지채취기를 사용하여 시료를 채취한다.

5.5.2 이동 채취법

1 개의 먼지채취기를 사용하여 측정점을 이동하면서 각각 같은 흡입시간으로 먼지시료를 채취한다.

5.5.3 대표점 채취법

5.4의 규정에 따라 정해진 대표점에서 1 개 또는 수 개의 먼지채취기를 사용하여 먼지시료를 채취한다.

5.6 시료채취절차

5.6.1 5.4항과 같이 측정점 수를 선정한다.

5.6.2 7.2.1과 같이 배출가스의 온도를 측정한다.

5.6.3 S자형 피토판과 경사마노미터로 배출가스의 정압과 평균동압을 각각 측정한다.

5.6.4 피토판을 측정공에서 굴뚝 내의 측정점까지 삽입하여 전압공을 배출가스 흐름 방향에 바로 직면시켜 압력계에 의하여 동압을 측정한다.

5.6.5 동압은 원칙적으로 0.1 mmH₂O의 단위까지 읽는다.

5.6.6 이때, 피토판의 배출가스 흐름방향에 대한 편차를 10° 이하가 되어야 한다.

5.6.7 7.2.2와 같이 배출가스의 수분량을 측정한다.

5.6.8 흡입노즐이 배출가스가 흐르는 방향을 향하도록 흡입노즐을 측정점까지 끼워놓고 흡입을 시작할 때 배출가스가 흐르는 방향에 직면하도록 하여야 한다. 이때 편차를 10° 이하로 한다.

5.6.9 매 채취점마다 동압을 측정하여 계산자 (노모그래프) 또는 계산기를 이용하여 등속흡입을 위한 적절한 흡입노즐 및 오리피스압차를 구한 후 유량조절밸브를 그 오리피스차압이 유지되도록 유량을 조절하여 시료를 채취한다.

5.6.10 한 채취점에서의 채취 시간을 최소 2 분 이상으로 하고 모든 채취점에서 채취시간을 동일하게 한다.

5.6.11 흡입가스량은 원칙적으로 채취량이 원형여과지일 때 채취면적 1 cm^2 당 1 mg 정도, 원통형여과지일 때는 전체채취량이 5 mg 이상 되도록 한다. 단, 동 채취량을 얻기 곤란한 경우에는 흡입가스량을 400 L 이상 또는 흡입 시간을 40 분 이상으로 한다.

5.6.12 시료채취 중에 굴뚝 내 배출가스 온도, 건식가스미터의 입구 및 출구온도, 여과지홀더 온도, 최종 임핀저 통과 후의 가스온도, 진공게이지압 등을 측정 기록한다.

5.6.13 채취가 끝날 때마다 측정점에서의 가스시료채취량을 기록해 둔다. 이러한 수치들을 기록하기 위한 기록지 양식의 한 예가 표 3에 나타나 있다.

표 3. 먼지시료채취 기록지

공장명 _____		피토관계수 _____
측정대상명 _____		기온, $^\circ\text{C}$ _____
작성자명 _____		기압, mmHg _____
측정일 _____		수분량, % _____
측정번호 _____		흡입관 길이, m _____
오리피스미터 ΔH _____		흡입노즐 직경, cm _____
		배출가스정압, mmHg _____
산소량 (%) _____	굴뚝단면 및 측정점 배열	_____
등속흡입계수 (%) _____		여과지 번호 _____

5.7 시료회수

5.7.1 시료채취장치 1형을 사용하는 경우

시료채취가 끝나면 흡입관을 빼내어 방치하여 냉각한 후 노즐 주변의 먼지를 닦아낸다. 흡입관과 여과지홀더를 분리하고 먼지가 채취된 여과지는 시료보관병에 넣는다. 첫 번째와 두 번째 및 세 번째 임핀저에 들어 있는 물의 부피를 측정 한 후 버린다. 네 번째 임핀저에 들어 있는 실리카젤은 10 mg까지 무게를 단다. 채취 전후의 실리카젤 무게 차와 임핀저 내의 물 부피 차의 합이 채취된 물의 총량이다.[1]

5.7.2 시료채취장치 2형을 사용하는 경우

시료채취가 모두 끝나면 흡입관을 굴뚝 내에서 빼내 방치하여 냉각한 후 노즐 주변에 붙은 먼지를 닦아내고 마개를 하여 시료채취부 (여과부 + 임핀저트레인)를 분리한다. 시료채취부를 깨끗하고 바람이 불지 않는 장소로 옮겨 여과지홀더와 임핀저트레인을 분리한다. 첫 번째, 두 번째 및 세 번째 임핀저에 들어 있는 물의 부피를 측정 한 후 버린다. 다음과 같이 각 시료보관 용기에 시료를 넣는다. 네 번째 임핀저에 들어있는 실리카젤은 0.5 g까지 무게를 단다. 채취 전후의 실리카젤 무게 차와 임핀저 내 물 부피 차의 합이 채취된 물의 총량이 된다.

5.7.2.1 용기 No. 1

여과지홀더에서 조심스럽게 여과지를 분리하여 페트리 접시용기에 넣는다.

5.7.2.2 용기 No. 2

[1] 임핀저와 실리카젤에 채취된 물의 총량을 구하기가 어려울 경우 다음 식에 의해 계산하여도 된다.

$$V_{ic} = V_s \times \left(\frac{X_w}{100 - X_w} \right) \times \frac{18}{22.4} \quad (\text{식 9})$$

여기서, V_{ic} = 임핀저와 실리카젤에 채취된 물의 총량 (mL)

V_s = 건식가스미터에서 읽은 가스시료채취량 (L)

X_w = 습윤배출가스 중의 수증기 부피 백분율 (%)

흡입노즐, 흡입관, 접속부, 여과지홀더 등의 내부에 붙은 먼지를 아세톤으로 세척하여 그 세척액을 이 용기에 넣는다 (현장바탕시험을 위해 아세톤의 일부를 남겨둔다.).

6.0 정도보증/정도관리 (QA/QC)

6.1 여과지 취급

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

6.2 유량 측정

시료채취기의 유속의 변화는 시료채취기 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 표준기에 의해 교정되어야 하며 0.1 mg까지 측정할 수 있는 저울을 사용하여야 한다.

7.0 분석 절차

7.1 전처리

7.1.1 시료채취장치 1형을 사용하는 경우

7.1.1.1 원통형 여과지를 $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 에서 충분히 1 시간 ~ 3 시간 건조하고 데시케이터 내에서 실온까지 냉각하여 무게를 0.1 mg까지 측정한 후 여과지홀더에 끼운다.

7.1.1.2 임핀저 트레이인 중 첫 번째와 두 번째 임핀저에 각각 100 g의 물 (또는 과산화수소)을 넣고 네 번째 임핀저에는 미리 무게를 단 200 g ~ 300 g의 실리카겔을 넣는다.

7.1.1.3 임핀저 트레이인을 통과하는 배출가스의 온도가 높을 경우 임핀저 주위에 잘게 부순 얼음을 채워 넣는다.

7.1.2 시료채취장치 2형을 사용하는 경우

7.1.2.1 원형 여과지를 110 °C ± 5 °C에서 충분히 건조하고 데시케이터 내에서 실온까지 냉각하여 무게를 0.1 mg까지 측정한 후 여과지홀더에 끼운다.

7.1.2.2 먼지 채취량이 100 mg을 초과할 것으로 예상되는 경우에는 흡입관과 여과지홀더 사이에 유리제 사이클론을 연결하여 사용한다.

7.1.2.3 임핀저 트레이인 중 첫 번째 및 두 번째 임핀저에 각각 100 g의 물을 넣고 세 번째 임핀저는 비워두며 네 번째 임핀저에는 미리 무게를 단 약 200 g ~ 300 g의 실리카겔을 넣는다.

7.1.2.4 임핀저 주위에는 잘게 부순 얼음을 채워 넣는다.

7.1.2.5 임핀저 트레이인은 배출가스의 냉각 (20 °C 이하), 수분제거 및 채취된 물의 총량결정, 유해 가스 제거 등을 위해 사용한다.

7.1.2.6 임핀저 트레이인에 흡입관을 연결한 후 흡입관 출구에서 시료가스의 온도가 120 °C ± 14 °C가 되도록 가열기를 조정하고 여과부 가열장치를 작동하여 여과지홀더 주위를 같은 온도로 유지한다.

7.2 측정방법

굴뚝에서 배기되는 먼지시료를 반자동식 채취기를 이용 배출가스의 유속과 같은 속도로 시료가스를 흡입 (이하 등속흡입이라 한다)하여 일정온도로 유지되는 실리카 섬유제 여과지에 먼지를 채취한다. 먼지가 채취된 여과지를 110 °C ± 5 °C에서 충분히 (1

시간 ~ 3 시간) 건조시켜 부착수분을 제거한 후 먼지의 질량농도를 계산한다. 다만, 배연탈황시설과 황산미스트에 의해서 먼지농도가 영향을 받은 경우에는 여과지를 160℃ 이상에서 4 시간 이상 건조시킨 후 먼지농도를 계산한다.

7.2.1 배출가스 온도 측정

7.2.1.1 측정점은 5.4의 규정에 따라 선정한다. 단, 측정점 수는 줄여도 무방하다.

7.2.1.2 측정기구는 액체를 넣은 유리 온도계, 전기식 온도계, 열전대 온도계 등을 사용한다.

7.2.1.3 측정방법은 측정기구를 측정공에 끼워 넣고 측정점에서 온도를 측정한다.

7.2.2 수분량 측정

측정점은 5.4에서 규정한 위치에서 굴뚝 중심에 가까운 곳을 선정한다. 측정방법은 별도의 흡습관을 이용하는 방법, 임핀저를 이용하는 방법, 자동측정법 및 계산에 의한 방법 등이 있다.

7.2.2.1 별도의 흡습관을 이용하는 측정방법 (시료채취장치 1형)

7.2.2.1.1 흡습관법에 따른 수분량 측정 장치는 그림 12와 같이 흡입관, 흡습관, 가스 흡입 및 유량측정부 등으로 구성된다.

7.2.2.1.2 흡입관으로는 스테인리스강 재질 또는 석영제 유리관을 사용한다. 먼지의 혼입을 방지하기 위하여 흡입관의 선단에 유리섬유 등의 여과재를 넣어둔다.

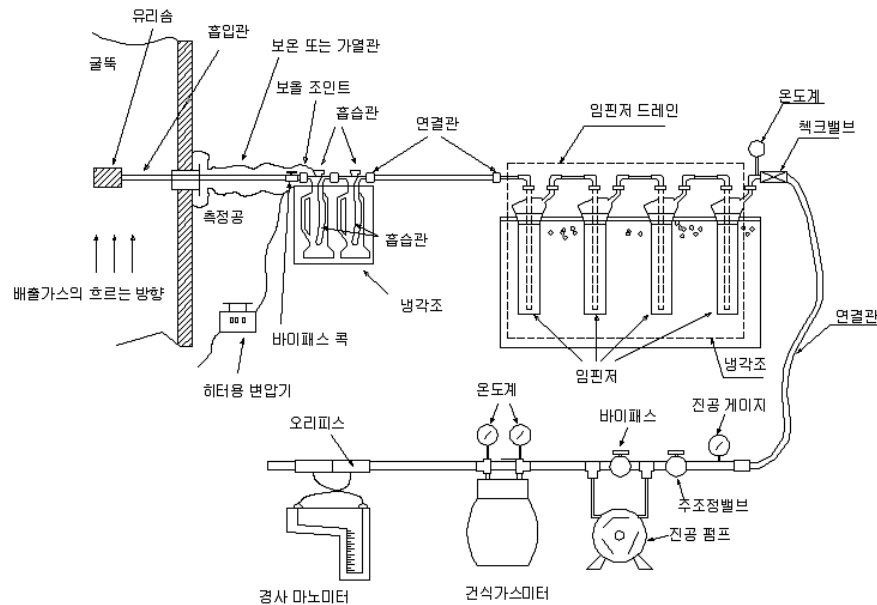


그림 12. 수분량 측정장치 (1형)

7.2.2.1.3 U자관 또는 흡습관에 무수염화칼슘 (입자상) 등의 흡습제를 넣고 흡습제의 비산을 방지하기 위하여 유리섬유로 채워 막으며 원칙적으로 2 개의 흡습관을 사용한다.

7.2.2.1.4 흡습관에 흡습제를 채운 후 표면의 부착물을 깨끗이 씻어내고 흡습관의 콕을 닫고 그 무게를 달아 m_{al} 이라 한다.

7.2.2.1.5 임핀저 트레이н 중에 첫 번째와 두 번째 임핀저에 100 g의 물을 넣고 네 번째 임핀저에 200 g ~ 300 g의 실리카겔을 넣는다.

7.2.2.1.6 흡입관 내부에서 수분이 응축되지 않도록 보온 및 가열한다.

7.2.2.1.7 냉각조를 사용하여 흡습관을 냉각하여야 한다.

7.2.2.1.8 흡입관을 측정공에 끼워 넣고 흡습관을 연결한 후 흡습관의 콕을 열고 진공펌프 등의 흡입장치를 가동시켜 가스를 흡입한다.

7.2.2.1.9 배출가스 흡입 유량을 1 개의 흡습관내의 흡습제 1 g 당 0.1 L/min 이하가 되도록 흡입유량 조절밸브로 조절한다. 흡입가스량은 흡수된 수분이 0.1 g ~ 1 g

이 되도록 한다. 흡입가스량은 적산유량계로서 0.1 L 단위까지 읽는다.

7.2.2.1.10 가스흡입 중에 가스온도, 압력 및 유량을 측정한다. 필요한 배출가스를 흡입한 후 흡습관의 콕을 닫고 배관을 분리한다. 흡습관 표면의 수분 및 부착물을 잘 닦은 후 무게를 달고 그 무게를 m_{a2} 로 한다.

7.2.2.1.11 간이용 저울은 10 mg 차이까지 읽을 수 있는 것을 사용한다.

7.2.2.1.12 배출가스 중의 수분량은 습한 가스 중의 수증기의 부피백분율로 표시하고 다음 식에 의해 구한다.

$$X_w = \frac{\frac{22.4}{18} m_a}{V_m \times \frac{273}{273 + \theta_m} \times \frac{P_a + P_m}{760} + \frac{22.4}{18} m_a} \times 100 \quad (\text{식 } 10)$$

여기서, X_w = 배출가스 중의 수증기의 부피 백분율 (%)

m_a = 흡습 수분의 질량 ($m_{a2} - m_{a1}$) (g)

V_m = 흡입한 건조 가스량 (건식가스미터에서 읽은 값) (L)

θ_m = 가스미터에서의 흡입 가스온도 (°C)

P_a = 측정공 위치에서의 대기압 (mmHg)

P_m = 가스미터에서의 가스의 게이지압 (mmHg)

7.2.2.2 임핀저를 이용하는 방법 (시료채취장치 2형)

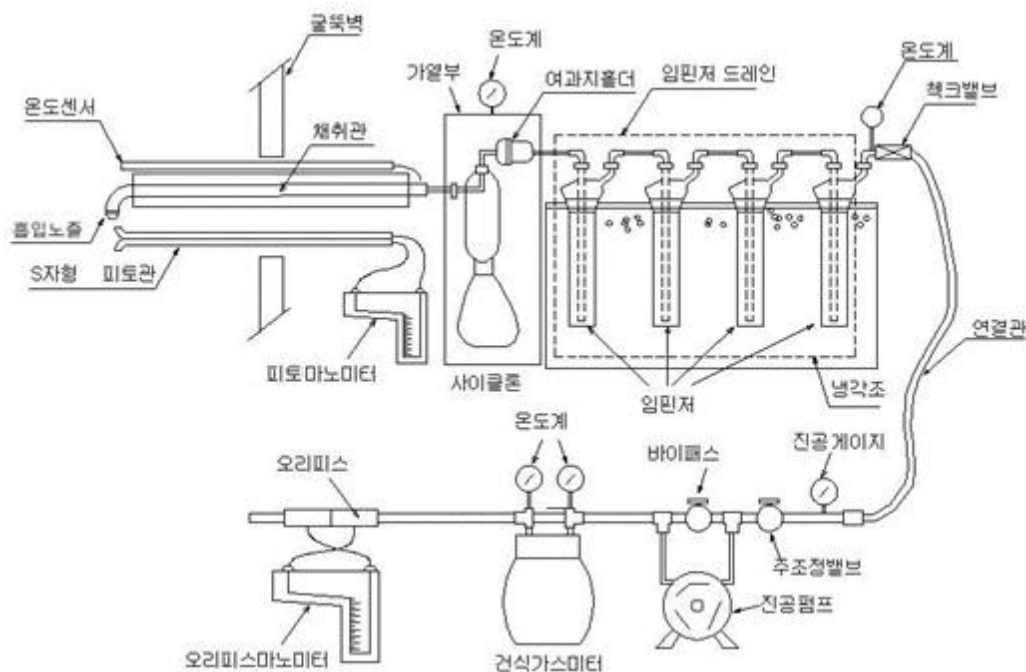


그림 13. 수분량 측정장치 (2형)

7.2.2.2.1 수분량 측정 장치의 구성은 그림 13과 같다.

7.2.2.2.2 임핀저 트레이 중에 첫 번째와 두 번째 임핀저에 100 g의 물을 정확히 달아 넣고 네 번째 임핀저에 $200\text{ g} \pm 0.5\text{ g}$ 의 실리카겔을 10 mg까지 정확히 달아 넣고 총무게를 m_{a1} 이라 한다.

7.2.2.2.3 임핀저 주위에 얼음조각을 채워 넣고 각 연결부를 연결한다. 흡입관과 여과부 가열장치가 $120\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 14\text{ }^{\circ}\text{C}$ 가 되도록 가열한 후 흡입한다.

7.2.2.2.4 가스흡입 중에 배출가스 온도, 압력 및 유량을 측정한다. 필요한 배출가스를 흡입하고 임핀저 트레이를 분리한다.

7.2.2.2.5 임핀저 트레이 중에 첫 번째와 두 번째 임핀저에 들어 있는 물을 $\pm 1\text{ mL}$ 까지 측정하거나 혹은 저울을 이용해 $\pm 0.5\text{ g}$ 이내까지 정확히 측정하고 네 번째 들어 있는 실리카겔을 10 mg까지 정확히 달아 총 무게를 m_{a2} 라 한다. 수분량 계산은 7.2.2.1.12의 수분량 측정에 따른다.

7.2.2.3 자동측정법

(1) 용어 정의

(가) 절대압력 (Absolute Pressure) : 수은주 0 mmHg에 해당되는 압력 상태를 말하며, 완전 진공을 기점으로 해서 측정되는 압력이다.

(나) 수증기압 (Vapor Pressure = Steam Pressure = 수분압) : 배출가스 중 수증기의 부분압을 말하며, 대기압은 공기의 압력과 공기 중에 함유되어있는 수증기압에 의해 발생된다. 수증기압은 수증기량이 많을수록 커지므로 수증기압에 의해 공기 중의 수증기량을 알 수 있다.

(다) 축전기 (Capacitor = Condenser) : 정전용량을 전기적 에너지로 저장하는 장치를 말한다.

(2) 원리

측정공에서의 대기압을 측정하는 절대압력 센서와 배출가스 중 수증기의 부분압에만 반응하는 정전용량 방식의 센서를 이용하여 배출가스 중 수분량 (%)을 측정하는 원리이다.

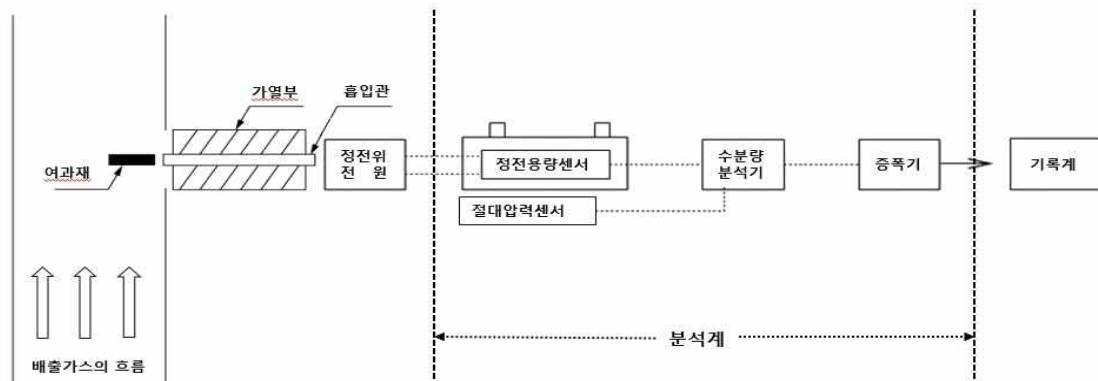


그림 14. 수분량 자동측정장치

(3) 구성

수분량 자동측정장치는 흡입관 및 분석계로 구성된다.

(가) 흡입관 : 수분응축 방지를 위해 시료가스 온도를 $120\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 14\text{ }^{\circ}\text{C}$ 로 유지할 수 있는 가열기를 갖춘 보로실리케이트 (borosilicate), 스테인리스강 재질 또는 석영 유리관을 사용한다.

(나) 분석계

1) 절대압력 센서 : 측정공에서의 대기압을 측정하는 센서를 말한다.

2) 정전용량 센서 : 배출가스 중 수증기에 반응하여 발생하는 정전용량을 측정하는 센서를 말하며 정전용량은 절연된 도체가 전하 (전기량)를 축적하는 능력의 정도를 나타내는 양을 말한다. 그림 15와 같다.

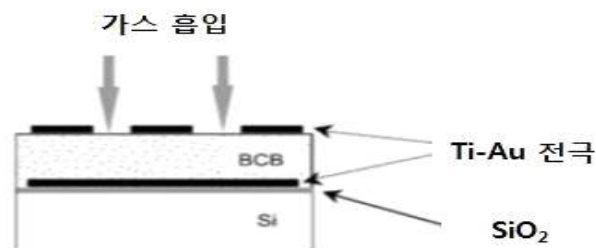


그림 15. 정전용량식 센서

3) 수분량 분석기

절대압력 센서와 정전용량 센서의 신호를 받아 수증기압 계산 및 수분량 (%)을 분석한다.

(4) 측정방법

(가) 수분측정장치의 응답시간은 2 분 이내 이어야 한다.

(나) 측정기를 굴뚝에 연결한 후 흡입관을 가열하고 흡입관 온도의 변화가 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 이내로 유지한다.

(5) 관리

(가) 입자상물질에 의한 영향을 최소화하기 위해 흡입관 입구에 여과재 (유리섬유, 세라믹 등)을 이용하여 입자상물질을 제거한다.

(나) 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.

(다) 센서 교정은 측정기를 처음 사용할 때와 감응 특성에 영향을 주는 유지 보수를 했을 때는 반드시 실시하고, 원칙적으로 년 1 회 이상 실시한다.

(라) 센서는 입자상 물질 또는 가열되지 않은 흡입관을 통해 흡입되는 수분 등으로부터 영향을 받으므로 제 성능을 나타내지 못하는 경우 교체하여야 한다.

(6) 측정 및 결과 값 표기

측정은 측정기기의 안정화가 된 후 1 분 간격으로 3 회 이상 측정한 결과의 평균값을 측정 결과 값으로 한다.

7.2.2.4 계산에 의한 방법

사용연료의 양과 조성 및 불어 넣은 공기량, 습도 등으로부터 다음 식에 의하여 계산된다.

$$X_w = \frac{W_g}{G} \times \frac{22.4}{18} \times 100 \quad (\text{식 11})$$

여기서, X_w = 습윤배출가스 중의 수증기의 부피 백분율 (%)

W_g = 연료 단위량당 발생가스 중의 수분량

(kg/kg: 고체 또는 액체연료, kg/Sm³ : 기체연료)

G = 연료 단위량당 습윤배출가스량

(Sm³/kg: 고체 또는 액체연료, Sm³/Sm³: 기체연료)

7.2.2.4.1 고체 또는 액체 연료일 때

$$W_g = \frac{29}{22.4} A_v K + \frac{W_r}{100} + \frac{9H}{100} \quad (\text{식 } 12)$$

7.2.2.4.2 기체 연료일 때

$$W_g = \frac{29}{22.4} A_v K + \frac{18}{22.4} \times \frac{1}{100} (H_2 + 2CH_4 + 2C_2H_4 + \dots) \quad (\text{식 } 13)$$

여기서, A_v = 연료 단위량당 사용한 건조공기량

(Sm^3/kg : 고체 또는 액체 연료, Sm^3/Sm^3 : 기체연료)

K = 연소용 공기의 절대습도

[습한 공기 중의 수증기량과 건조공기량과의 질량비(kg/kg 건조공기)]

$$K = \frac{0.622 \phi P_v}{100 P_a - \phi P_v} \quad (\text{식 } 14)$$

여기서, ϕ = 상대습도 (%)

P_v = 물의 포화증기압 (mmHg)

P_a = 측정공 위치에서의 대기압 (mmHg)

W_r = 연료 중의 전 수분의 무게 백분율 (%)

H = 연료 중의 수소 (사용 시 기준)의 무게 백분율 (%)

H_2 = 연료가스 중의 수소의 부피 백분율 (%)

CH_4 = 연료가스 중의 메테인의 부피 백분율 (%)

C_2H_4 = 연료가스 중의 에틸렌의 부피 백분율 (%)

※ 비고 : 증기가 스며들거나 제품 등에서 수분이 발생하여 배출가스 중에 포함될 때는 다음과 같이 이 수분량을 연료 단위량 당으로 환산하여 W_g 에 더한다.

7.2.2.4.3 고체 또는 액체 연료일 때

$$G = G' + \frac{22.4}{18} W_g \quad (\text{식 } 15)$$

$$\text{여기서, } G' = (m - 0.21) A_0 + 1.867 \frac{C'}{100} + 0.7 \frac{S}{100} + 0.8 \frac{N}{100}$$

$$m = \frac{(N_2)}{(N_2) - 3.76(O_2) - 0.5(CO)}$$

$$A_0 = \frac{1}{100} 8.89C' + 26.7(H - \frac{O}{8}) + 3.33S$$

$$\text{또는 } G' = \frac{1.867C'}{(CO_2) + (CO)}$$

여기서, $G' =$ 연료 단위량당 건조 배출가스량

(Sm^3/kg : 고체 또는 액체연료, Sm^3/Sm^3 : 기체연료)

$m =$ 공기비

$W =$ 연료 중에 함유되어 있는 총 수분의 무게 백분율 (%)

$H =$ 연료 중에 함유되어 있는 수소의 무게 백분율 (%)

$C' =$ 연료 중에 함유되어 있는 탄소의 무게 백분율 (%)

$S =$ 연료 중에 함유되어 있는 유황의 무게 백분율 (%)

$N =$ 연료 중에 함유되어 있는 질소의 무게 백분율 (%)

$O =$ 연료 중에 함유되어 있는 산소의 무게 백분율 (%)

$A_0 =$ 연료 1 kg당의 이론 공기량 (Sm^3/kg 연료)

$(N_2) =$ 건조 배출가스 중에 함유되어 있는 질소의 부피 백분율 (%)

$(O_2) =$ 건조 배출가스 중에 함유되어 있는 산소의 부피 백분율 (%)

$(CO) =$ 건조 배출가스 중에 함유되어 있는 일산화탄소의 부피 백분율 (%)

$(CO_2) =$ 건조 배출가스 중에 함유되어 있는 이산화탄소의 부피 백분율 (%)

7.2.2.4.4 기체 연료일 때

$$G = G' + \frac{1}{100} (H_2 + 2CH_4 + 2C_2H_4 + \dots) \quad (\text{식 16})$$

이 때,

$$G' = \frac{(CO + CO_2 + CH_4 + 2C_2H_4 + \dots)}{(CO_2) + (CO)}$$

여기서 G' = 연료가스 1 Nm³당 건조 배출가스량 (Sm³/Sm³: 기체연료)

H_2 = 건조 연료가스 중의 수소의 부피 백분율 (%)

CH_4 = 건조 연료가스 중의 메테인의 부피 백분율 (%)

C_2H_4 = 건조 연료가스 중의 에틸렌의 부피 백분율 (%)

CO = 건조 배출가스 중의 일산화탄소의 부피 백분율 (%)

CO_2 = 건조 배출가스 중의 이산화탄소의 부피 백분율 (%)

7.2.2.4.5 스크러버 출구 등 배출가스 중에 물방울이 공존할 때

배출가스 온도의 포화수증기압을 사용하며, 다음 식으로 수분량을 계산한다. (100 °C 이하일 때)

$$X_w = \frac{P_v}{P_a + P_s} \times 100 \quad (\text{식 17})$$

여기서, X_w = 배출가스 중의 수증기 부피 백분율 (%)

P_v = 배출가스 온도의 포화수증기압 (mmHg)

P_a = 측정공 위치에서의 대기압 (mmHg)

P_s = 배출가스의 정압 (mmHg)

7.3 시료분석절차

7.3.1 시료채취장치 1형을 사용할 경우

7.3.1.1 시료를 110 °C ± 5 °C로 충분히 건조하고 데시케이터 내에서 실온까지 냉각하여 무게를 0.1 mg까지 측정한다.

7.3.1.2 현장바탕시험용 여과지도 시료와 동일한 조건에서 무게를 단다.

7.3.1.3 채취된 먼지량은 다음과 같이 구한다.

채취된 먼지량 = 먼지채취 전후의 여과지 무게차 ± 현장바탕시험에 사용된 여과지 무게차

7.3.2 시료채취장치 2형을 사용하는 경우

7.3.2.1 용기 No. 1의 시료를 평량접시에 옮긴 다음, $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (배출가스 온도가 $115\text{ }^{\circ}\text{C}$ 이상일 경우 배출가스 온도와 동일하게 건조)에서 충분히 건조하고 데시케이터 내에서 실온까지 냉각하여 무게를 0.1 mg까지 측정한다.

7.3.2.2 용기 No. 2의 세척액을 비커에 옮기고 방치하여 아세톤을 증발시킨 다음, 데시케이터 내에서 24 시간 동안 건조시켜 무게를 0.1 mg까지 측정한다. 현장바탕시험은 세척에 사용된 양과 같은 양의 아세톤을 사용하여 위와 같이 행한다.

7.3.2.3 채취된 먼지량을 다음과 같이 구한다.

채취된 먼지량 = 용기 No. 1의 먼지시료 무게 (채취전후의 여과지 무게 차) + 용기 No. 2의 먼지시료 무게 - 현장바탕시험시의 불순물 무게.

8.0 결과 보고

8.1 먼지농도 계산방법

배출가스 중의 먼지농도는 표준상태 ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$, 760 mmHg)로 환산한 건조 배출가스 1 Sm^3 중에 포함되어 있는 먼지의 무게로 표시하며 다음 식에 의해 소수점 둘째 자리까지 계산하고 소수점 첫째 자리로 표기한다.

$$C_n = \frac{m_d}{V_m' \times \frac{273}{273 + \theta_m} \times \frac{P_a + \Delta H/13.6}{760}} \quad (\text{식 } 18)$$

여기서, C_n = 먼지농도 (mg/Sm^3)

m_d = 채취된 먼지량 (mg)

V_m' = 건식가스미터에서 읽은 가스시료채취량 (m^3)

θ_m = 건식가스미터의 평균온도 ($^{\circ}\text{C}$)

P_a = 측정공 위치에서의 대기압 (mmHg)

$$\Delta H = \text{오리피스 압력차 (mmH}_2\text{O)}$$

8.2 결과의 기록

이상의 방법에 의하여 측정 또는 계산하여 얻은 결과는 다음과 같이 정리하여 기록해 두어야 한다.

8.2.1 측정일시

8.2.2 측정대상의 조건

- 발생원의 종류
- 발생원의 사용 상황
- 측정위치
- 굴뚝의 형상 위치 및 대략 치수
- 측정점의 수 및 위치

8.2.3 배출가스의 조건

- 배출가스의 온도 (θ_s)
- 배출가스 수분량 (X_w)
- 배출가스 정압 (P_s)
- 배출가스 유속 (V)
- 습한 배출가스의 유량 (V_m)
- 건조가스의 유량 (V'_m)

8.2.4 먼지시료의 채취조건

- 먼지 채취기의 종류, 재질, 치수
- 먼지농도 측정방법 (채취방법, 흡입노즐, 먼지채취부의 배치, 먼지의 건조조건)
- 등속흡입 유량 (q_m)
- 흡입시간 (t)
- 흡입가스량 (V_m)

- 흡입 채취면지량 (m_d)

8.2.5 먼지농도 (C_m)

8.2.6 분석자 성명

9.0 참고자료

9.1 한국산업표준 (KS), KS I ISO 4225, “공기의 질 - 일반사항 - 용어”, 산업표준심의회, (2014)

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

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

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

9.5 한국산업표준 (KS), KS A 0079, “부유 분진 농도 측정 방법 통칙”, 산업표준심의회, (1982)

9.6 United States Environmental Protection Agency (US EPA) Method 1, “Sample and velocity traverses for stationary sources”, US EPA, (2020)

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

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

(2019)

9.9 United States Environmental Protection Agency (US EPA) Method 5I, "Determination of Low Level Particulate Matter Emissions From Stationary Sources", US EPA, (2019)

9.10 United States Environmental Protection Agency (US EPA) Method 17, "Determination of particulate matter emissions from stationary sources", US EPA, (2017)

9.11 United States Environmental Protection Agency (US EPA) Method 201A, "Determination of PM₁₀ and PM_{2.5} emissions form stationary sources (Constant sampling rate procedure)", US EPA, (2019)

9.12 United States Environmental Protection Agency (US EPA) Compendium Method IO-3.1, "Selection, preparation, extraction of filter material", US EPA, (1999)

9.13 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)

9.14 American National Standard Institute (ANSI)/American Society for Testing and Materials (ASTM) D3685/D3685M, "Standard Test Methods for Sampling and Determination of Particulate Matter in Stack Gases", Annual book of ASTM, (2013)

9.15 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)

9.16 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)

9.17 JIS Z 8808, “Methods of measuring dust concentration in flue gas”, Japanese industrial standards committee, (2013)

10.0 부록

10.1 물의 포화수증기압

표 4. 물의 포화수증기압 (단위: mmHg)

온도 (℃)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	4.585	4.618	4.652	4.686	4.720	4.754	4.788	4.823	4.858	4.893
1	4.929	4.964	5.000	5.036	5.073	5.109	5.146	5.183	5.220	5.258
2	5.295	5.333	5.372	5.410	5.449	5.488	5.527	5.566	5.606	5.646
3	5.686	5.727	5.767	5.808	5.850	5.891	5.933	5.975	6.017	6.059
4	6.102	6.145	6.189	6.232	6.276	6.320	6.365	6.409	6.454	6.499
5	6.545	6.591	6.637	6.683	6.730	6.777	6.824	6.871	6.919	6.967
6	7.016	7.064	7.113	7.163	7.212	7.262	7.312	7.363	7.414	7.465
7	7.516	7.568	7.620	7.673	7.725	7.779	7.832	7.885	7.939	7.994
8	8.048	8.103	8.158	8.214	8.270	8.326	8.383	8.440	8.497	8.555
9	8.613	8.671	8.730	8.789	8.848	8.908	8.968	9.029	9.090	9.150
10	9.212	9.274	9.336	9.399	9.462	9.526	9.589	9.653	9.718	9.783
11	9.848	9.914	9.980	10.05	10.11	10.18	10.25	10.32	10.38	10.45
12	10.52	10.59	10.66	10.73	10.80	10.87	10.95	11.02	11.09	11.16
13	11.24	11.31	11.38	11.46	11.53	11.61	11.69	11.76	11.84	11.92
14	11.99	12.07	12.15	12.23	12.31	12.39	12.47	12.55	12.63	12.71
15	12.79	12.88	12.96	13.04	13.13	13.21	13.30	13.38	13.47	13.56
16	13.64	13.73	13.82	13.91	14.00	14.08	14.17	14.26	14.36	14.45
17	14.54	14.63	14.72	14.82	14.91	15.01	15.10	15.20	15.29	15.39
18	15.49	15.58	15.68	15.78	15.88	15.98	16.08	16.18	16.28	16.39
19	16.49	16.59	16.70	16.80	16.91	17.01	17.12	17.22	17.33	17.44
20	17.55	17.66	17.77	17.88	17.99	18.10	18.21	18.32	18.44	18.55
21	18.66	18.78	18.89	19.01	19.13	19.25	19.36	19.48	19.60	19.72
22	19.84	19.96	20.09	20.21	20.33	20.46	20.58	20.71	20.83	20.96
23	21.09	21.21	21.34	21.47	21.60	21.73	21.86	22.00	22.13	22.26
24	22.40	22.53	22.67	22.80	22.94	23.08	23.22	23.36	23.50	23.64
25	23.78	23.92	24.06	24.21	24.35	24.50	24.64	24.79	24.94	25.08
26	25.23	25.38	25.53	25.68	25.84	25.99	26.14	26.30	26.45	26.61
27	26.76	26.92	27.08	27.24	27.40	27.56	27.72	27.88	28.05	28.21

28	28.38	28.54	28.71	28.88	29.05	29.21	29.38	29.56	29.73	29.90
29	30.07	30.25	30.42	30.60	30.78	30.95	31.13	31.31	31.49	31.67
30	31.86	32.04	32.22	32.41	32.60	32.78	32.97	33.16	33.35	33.54
31	33.73	33.92	34.12	34.31	34.51	34.70	34.90	35.10	35.30	35.50
32	35.70	35.91	36.11	36.31	36.52	36.72	36.93	37.14	37.35	37.56
33	37.77	37.98	38.20	38.41	38.63	38.84	39.06	39.28	39.50	39.72
34	39.94	40.17	40.39	40.62	40.84	41.07	41.30	41.53	41.76	41.99
35	42.22	42.46	42.69	42.93	43.17	43.41	43.65	43.89	44.13	44.37
36	44.62	44.86	45.11	45.36	45.61	45.86	46.11	46.36	46.61	46.87
37	47.13	47.38	47.64	47.90	48.16	48.42	48.69	48.95	49.22	49.49
38	49.75	50.02	50.30	50.57	50.84	51.12	51.39	51.67	51.95	52.23
39	52.51	52.79	53.08	53.36	53.65	53.94	54.23	54.52	54.81	55.10
40	55.40	55.69	55.99	56.29	56.59	56.89	57.19	57.50	57.80	58.11
41	58.42	58.73	59.04	59.35	59.67	59.98	60.30	60.62	60.94	61.26
42	61.58	61.91	62.23	62.56	62.89	63.22	63.55	63.88	64.22	64.56
43	64.89	65.23	65.57	65.92	66.26	66.61	66.95	67.30	67.65	68.00
44	68.36	68.71	69.07	69.43	69.78	70.15	70.51	70.87	71.24	71.61
45	71.98	72.35	72.72	73.09	73.47	73.85	74.23	74.61	74.99	75.38
46	75.76	76.15	76.54	76.93	77.32	77.72	78.12	78.51	78.91	79.31
47	79.71	80.12	80.52	80.94	81.35	81.75	82.17	82.59	83.01	83.43
48	83.85	84.27	84.69	85.12	85.55	85.98	86.41	86.85	87.28	87.72
49	88.16	88.60	89.04	89.49	89.94	90.38	90.84	91.29	91.74	92.20
50	92.66	93.12	93.58	94.05	94.51	94.99	95.45	95.92	96.40	96.88
51	97.36	97.84	98.32	98.80	99.29	99.78	100.3	100.8	101.3	101.8
52	102.3	102.8	103.3	103.8	104.3	104.8	105.3	105.8	106.3	106.8
53	107.4	107.9	108.4	108.9	109.5	110.0	110.5	111.1	111.6	112.1
54	112.7	113.2	113.8	114.3	114.9	115.4	116.0	116.6	117.1	117.7
55	118.2	118.8	119.4	119.9	120.5	121.1	121.7	122.3	122.8	123.4
56	124.0	124.6	125.2	125.8	126.4	127.0	127.6	128.2	128.8	129.4
57	130.0	130.7	131.3	131.9	132.5	133.1	133.8	134.4	135.0	135.7
58	136.3	137.0	137.6	138.2	138.9	139.5	140.2	140.9	141.5	142.2
59	142.8	143.5	144.2	144.8	145.5	146.2	146.9	147.6	148.2	148.9
60	149.6	150.3	151.0	151.7	152.4	153.1	153.8	154.5	155.3	156.0
61	156.7	157.4	158.1	158.9	159.6	160.3	161.1	161.8	162.5	163.3
62	164.0	164.8	165.5	166.3	167.1	167.8	168.6	169.4	170.1	170.9
63	171.7	172.4	173.2	174.0	174.8	175.6	176.4	177.2	178.0	178.8
64	179.6	180.4	181.2	182.0	182.9	183.7	184.5	185.3	186.2	187.0
65	187.8	188.7	189.5	190.4	191.2	192.1	192.9	193.8	194.7	195.5
66	196.4	197.3	198.2	199.0	199.9	200.8	201.7	202.6	203.5	204.4
67	205.3	206.2	207.1	208.0	209.0	209.9	210.8	211.7	212.7	213.6
68	214.5	215.5	216.4	217.4	218.3	219.3	220.2	221.2	222.2	223.1
69	224.1	225.1	226.1	227.1	228.0	229.0	230.0	231.0	232.0	233.0
70	234.0	235.1	236.1	237.1	238.1	239.2	240.2	241.2	242.3	243.3
71	244.4	245.4	246.5	247.5	248.6	249.7	250.7	251.8	252.9	254.0
72	255.0	256.1	257.2	258.3	259.4	260.5	261.6	262.8	263.9	265.0
73	266.1	267.3	268.4	269.5	270.7	271.8	273.0	274.1	275.3	276.4
74	277.6	278.8	280.0	281.1	282.3	283.5	284.7	285.9	287.1	288.3

75	289.5	290.7	291.9	293.2	294.4	295.6	296.9	298.1	299.3	300.6
76	301.8	303.1	304.4	305.6	306.9	308.2	309.4	310.7	312.0	313.3
77	314.6	315.9	317.2	318.5	319.8	321.2	322.5	323.8	325.1	326.5
78	327.8	329.2	330.5	331.9	333.2	334.6	336.0	337.3	338.7	340.1
79	341.5	342.9	344.3	345.7	347.1	348.5	349.9	351.4	352.8	354.2
80	355.7	357.1	358.6	360.0	361.5	362.9	364.4	365.9	367.3	368.8
81	370.3	371.8	373.3	374.8	376.3	377.8	379.3	380.9	382.4	383.9
82	385.5	387.0	388.6	390.1	391.7	393.2	394.8	396.4	398.0	399.5
83	401.1	402.7	404.3	405.9	407.5	409.2	410.8	412.4	414.0	415.7
84	417.3	419.0	420.6	422.3	424.0	425.6	427.3	429.0	430.7	432.4
85	434.1	435.8	437.5	439.2	440.9	442.6	444.4	446.1	447.9	449.6
86	451.4	453.1	454.9	456.7	458.4	460.2	462.0	463.8	465.6	467.4
87	469.2	471.1	472.9	474.7	476.5	478.4	480.2	482.1	484.0	485.8
88	487.7	489.6	491.5	493.3	495.2	497.2	499.1	501.0	502.9	504.8
89	506.8	508.7	510.6	512.6	514.6	516.5	518.5	520.5	522.5	524.4
90	526.4	528.4	530.4	532.5	534.5	536.5	538.5	540.6	542.6	544.7
91	546.7	548.8	550.9	553.0	555.1	557.2	559.2	561.4	563.5	565.6
92	567.7	569.8	572.0	574.1	576.3	578.4	580.6	582.8	585.0	587.1
93	589.3	591.5	593.7	596.0	598.2	600.4	602.6	604.9	607.1	609.4
94	611.6	613.9	616.2	618.5	620.8	623.1	625.4	627.7	630.0	632.3
95	634.7	637.0	639.3	641.7	644.1	646.4	648.8	651.2	653.6	656.0
96	658.4	660.8	663.2	665.6	668.1	670.5	673.0	675.4	677.9	680.3
97	682.8	685.3	687.8	690.3	692.8	695.3	697.9	700.4	702.9	705.5
98	708.0	710.6	713.2	715.7	718.3	720.9	723.5	726.1	728.7	731.4
99	734.0	736.6	739.3	741.9	744.6	747.3	749.9	752.6	755.3	758.0
100	760.7	763.5	766.2	768.9	771.7	774.4	777.2	779.9	782.7	785.5

(참고: Sonntag (1990), ITS-90 기반의 물의 포화수증기압)

10.2 시험기준 요약표

표 5. 시험기준 요약표

배출가스 중 먼지 - 반자동식 측정법 (Particulate Matter in Flue Gas - Semi-Automatic Method)	
분자식 및 특징: 해당 없음, 고체 및 액체의 입자상 물질로서 수분을 제거한 것	
정량범위: 0.1 mg/Sm ³ 이상	
간섭물질: 습도 및 이산화황과 질산 등 기체상 물질의 반응	
시료채취	
방법: 여과지 채취법	
흡수액: 해당 없음	
흡입속도: 등속흡입	
표준채취량: 400 L 이상 또는 40 분 이상	
이동: 상온	
보관: 상온	
분석용 시료용액: 해당 없음	
Blank: 현장바탕시험용 여과지	
측정	
방법: 중량법	
물질: 먼지	
표준물질: 해당 없음	
검정곡선: 해당 없음	
분석저울: 0.1 mg까지 측정할 수 있는 저울	
정도관리	
주기: 해당 없음	
방법검출한계: 해당 없음	
정밀도: 해당 없음	
정확도: 해당 없음	
검정곡선: 해당 없음	
방법바탕시료: 해당 없음	