

환경대기 시료채취방법

2016

(Sampling Methods in Ambient Atmosphere)

1.0 개요

이 시험방법은 환경정책기본법에서 규정하는 환경기준 설정항목 및 기타 대기 중의 오염물질 분석을 위한 입자상 및 가스상 물질의 채취 방법에 대하여 규정한다.

2.0 시료 채취 지점 수 및 채취 장소의 결정

환경기준 시험을 위한 시료채취 지점 수 및 지점 장소는 측정하려고 하는 대상 지역의 발생원 분포, 기상조건 및 지리적, 사회적 조건을 고려하여 다음과 같이 결정한다.

2.1 시료 채취 지점 수의 결정

2.1.1 인구비례에 의한 방법

측정하려고 하는 대상지역의 인구 분포 및 인구밀도를 고려하여 인구밀도가 5,000 명/km² 이상일 때는 그림 1을 적용하고 그 이하일 때는 그 지역의 가주지면적 (그 지역 총면적에서 전답, 임야, 호수, 하천 등의 면적을 뺀 면적)으로부터 다음 식에 의하여 측정점의 수를 결정한다.

$$\text{측정점수} = \frac{\text{그 지역 가주지면적}}{25 \text{ km}^2} \times \frac{\text{그 지역 인구밀도}}{\text{전국 평균인구밀도}} \quad (\text{식 1})$$

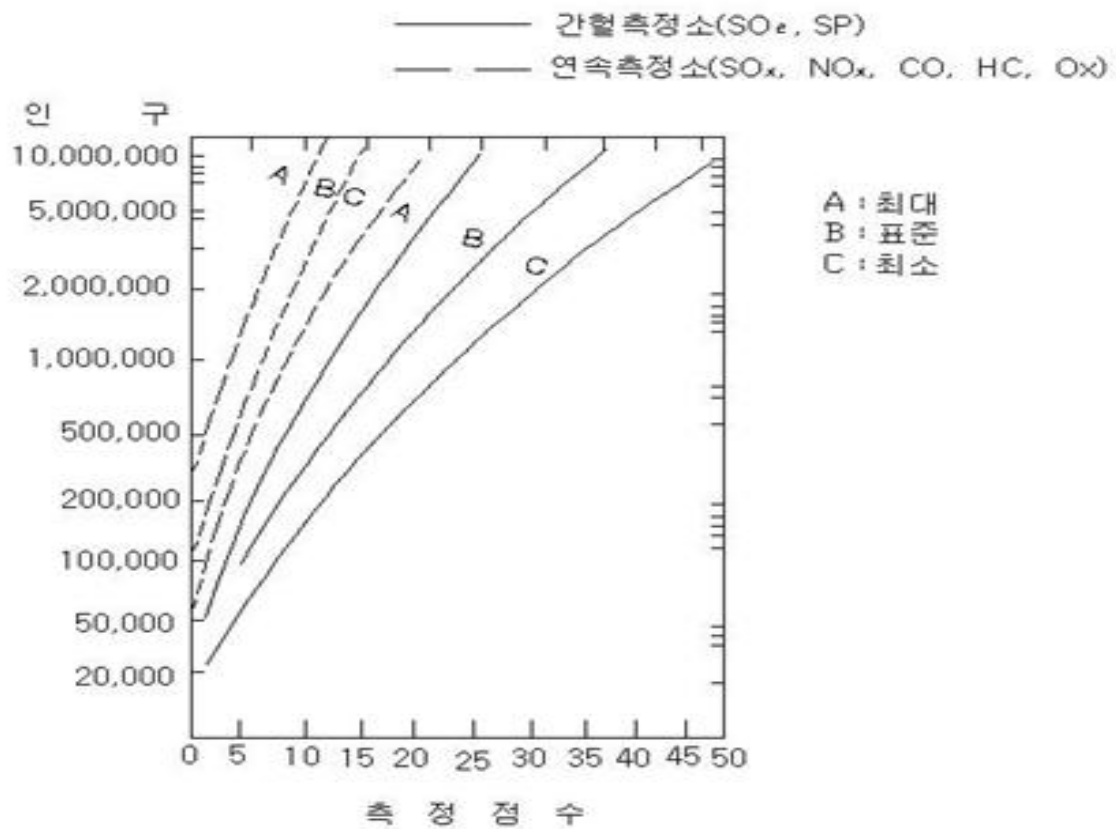


그림 1. 인구비례에 의한 측정점수

2.1.2 대상지역의 오염정도에 따라 공식을 이용하는 방법

측정하고자 하는 대상지역의 오염정도에 따라서 다음 공식을 이용하여 결정한다.

$$N = N_x + N_y + N_z \quad (\text{식 2})$$

$$N_x = (0.095) \cdot \left(\frac{C_n - C_s}{C_s} \right) \cdot (x) \quad (\text{식 3})$$

$$N_y = (0.0096) \cdot \left(\frac{C_s - C_b}{C_s} \right) \cdot (y) \quad (\text{식 4})$$

$$N_z = (0.0004) \cdot (z) \quad (\text{식 5})$$

여기서, N = 채취지점수

C_n = 최대농도

C_s = 환경기준(행정기준)

C_b = 최저농도(자연상태)

x = 환경기준보다 농도가 높은 지역 (km^2)

y = 환경기준보다 농도가 낮으나 자연농도보다 높은 지역 (km^2)

z = 자연상태의 농도와 같은 지역 (km^2)

2.2 시료 채취 장소의 결정

2.2.1 중심점에 의한 동심원을 이용하는 방법

측정하려고 하는 대상지역을 대표할 수 있다고 생각되는 한 지점을 선정하고 지도위에 그 지점을 중심으로 0.3 km ~ 2 km의 간격으로 동심원을 그린다. 또 중심점에서 각 방향 (8 방향이상)으로 직선을 그어 각각 동심원과 만나는 점을 측정점으로 한다 (그림 2). 이 때 전체의 측정점수는 인접 측정점과의 거리를 고려하여 적당히 조절 할 수도 있다.

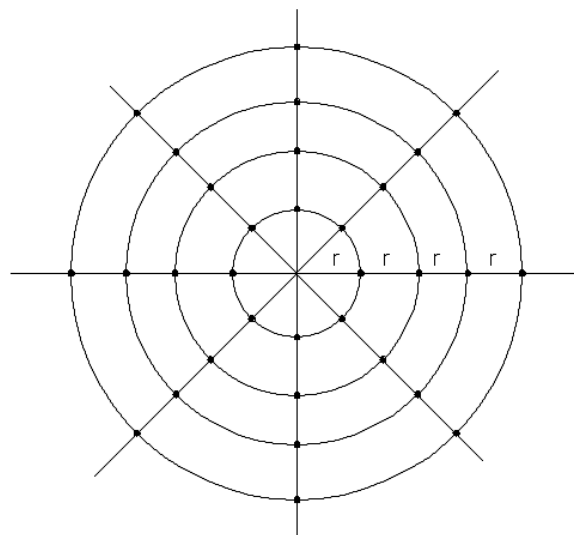


그림 2. 동심원상 측정점 선정

2.2.2 TM좌표에 의한 방법

전국 지도의 TM좌표에 따라 해당지역의 1 : 25,000 이상의 지도위에 2 km ~ 3 km 간격으로 바둑판 모양의 구획을 만들고 그 구획마다 측정점을 선정한다 (그림 3).

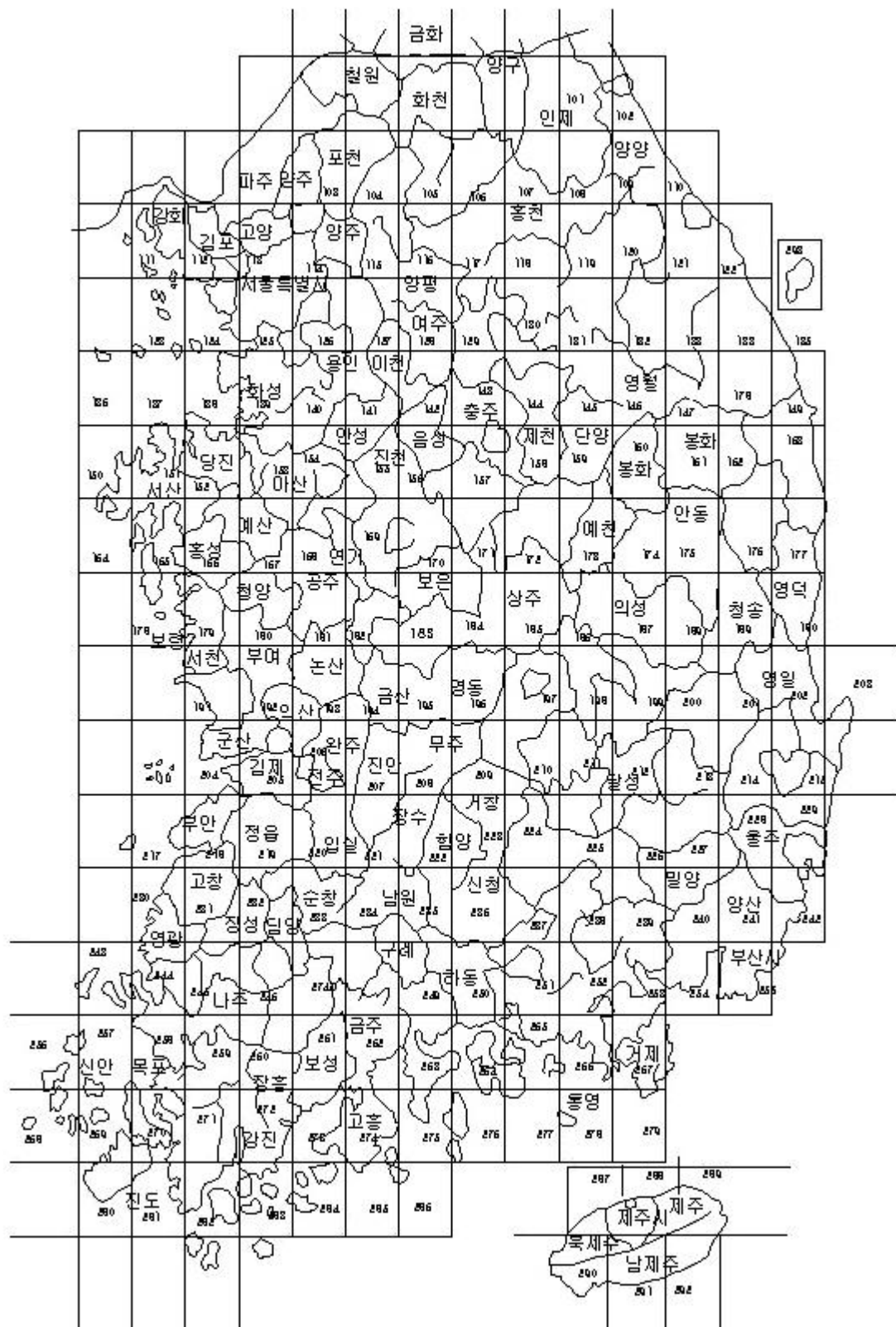


그림 3. 전국지형코드번호 (TM좌표)

2.2.3 기타방법

과거의 경험이나 전례에 의한 선정 또는 이전부터 측정을 계속하고 있는 측정점에 대하여는 이미 선정되어 있는 지점을 측정점으로 할 수 있다.

3.0 시료 채취 위치 선정

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

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

3.2 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 (그림 4).

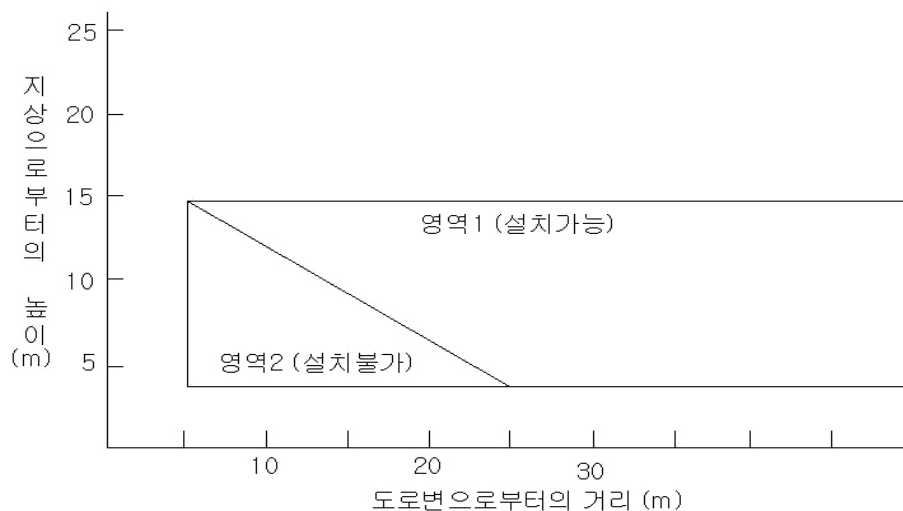


그림 4. 부유먼지 측정기의 도로로부터의 거리와 시료 채취높이

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

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

4.0 정가스상 물질의 시료 채취방법

대기 중의 가스상 물질의 시료 채취방법은 측정하려고 하는 기체 성분의 성상과 측정 방법을 고려하여 아래 방법들을 이용한다.

4.1 직접 채취법

이 방법은 시료를 측정기에 직접 도입하여 분석하는 방법으로 채취관 - 분석장치 - 흡입펌프로 구성된다.

4.1.1 채취관

채취관은 일반적으로 4불화에틸렌수지 (teflon), 경질유리, 스테인리스강제 등으로 된 것을 사용한다. 채취관의 길이는 5 m 이내로 되도록 짧은 것이 좋으며, 그 끝은 그림 5와 같이 빗물이나 곤충 기타 이물질이 들어가지 않도록 되어 있는 구조이어야 한다. 또 채취관을 장기간 사용하여 내면이 오염되거나 측정성분에 영향을 줄 염려가 있을 때는 채취관을 교환하거나 잘 씻어 사용한다.

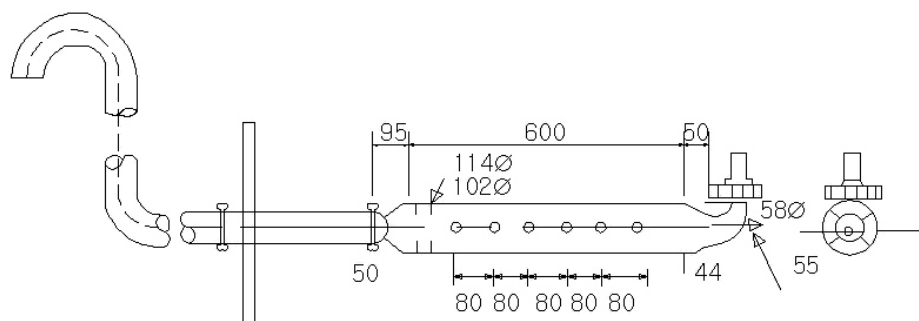


그림 5. 시료채취관의 보기 (공통배관)

4.1.2 분석장치

분석장치는 측정하려는 기체 성분에 따라 각 항에서 규정하는 것을 사용한다.

4.1.3 흡입펌프

흡입펌프는 사용목적에 맞는 용량의 회전 펌프 (rotary pump) 또는 격막 펌프 (diaphragm pump)를 사용하며 전기용 또는 전지 (battery)용이 있다.

4.2 용기채취법

이 방법은 시료를 일단 일정한 용기에 채취한 다음 분석에 이용하는 방법으로 채취관 - 용기, 또는 채취관 - 유량조절기 - 흡입펌프 - 용기 로 구성된다.

4.2.1 채취관

4.1.1에 따른다.

4.2.2 용기

용기는 일반적으로 진공병 또는 공기주머니 (air bag)를 사용한다.

4.2.2.1 진공병을 사용할 경우

4.2.2.1.1 구조

진공병은 그림 6과 같이 내부용적이 일정한 경질 유리병에 진공마개와 시료인출용 마개가 부착되고 수 mmHg 정도까지 감압할 수 있는 것을 사용한다. 이 때 마개의 재질은 고무, 실리콘고무 또는 합성수지계 고무 등을 사용하며 필요하면 윤활유 (grease)를 얇게 발라 공기가 새지 않도록 한다. 진공병의 용량은 물을 가득 채웠을 때의 물의 용량을 계산하여 구한다.

4.2.2.1.2 채취방법

미리 진공펌프를 사용하여 수 mmHg 정도까지 감압하였다가 시료 채취 장소에서 마

개를 열고 기체를 채취한다. 진공병에 시료 채취관을 연결하여 시료를 채취하는 경우에는 채취관 내의 공기를 미리 충분히 시료로 치환한 다음 연결한다.

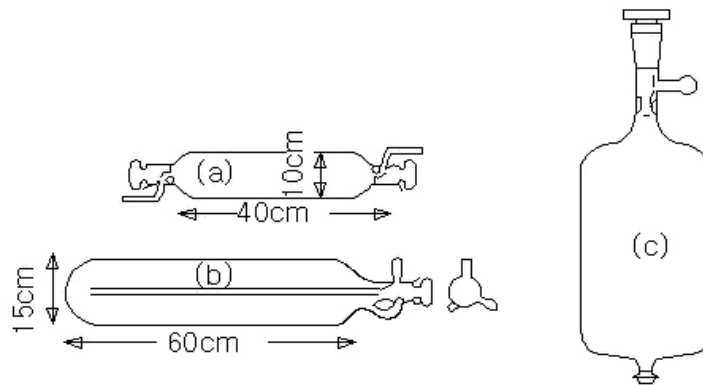


그림 6. 진공병의 보기

4.2.2.1.3 시료의 인출

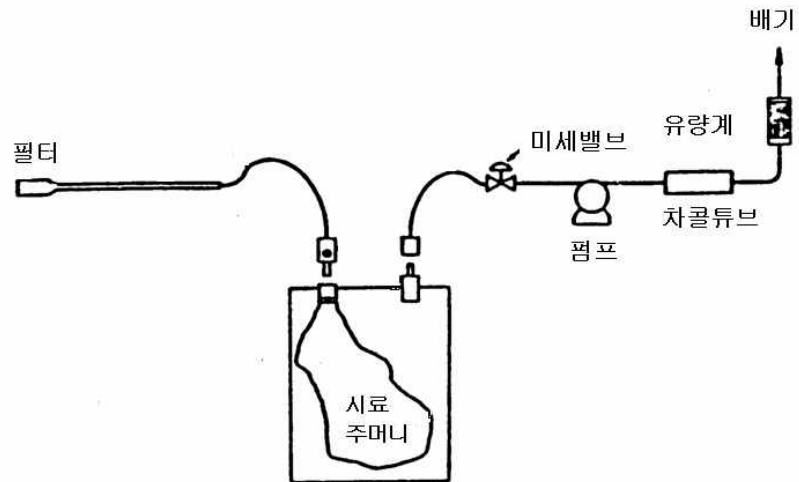
채취한 기체의 농도가 높을 때는 진공병에 기체인출용 마개를 달고 공기가 새지 않는 주사기로 시료가스를 채취하여 직접 분석기에 도입한다. 채취한 기체의 농도가 낮거나 채취한 시료의 전부가 필요한 경우에는 높은 압력의 용기 속 기체를 이용하거나 진공 펌프를 사용하여 채취한 기체를 인출한다.

4.2.2.2 공기주머니를 사용할 경우

이 방법은 시료를 공기주머니에 채취하는 방법으로 측정기기를 측정 장소까지 가지고 갈 수가 없거나, 소수의 측정기로 다수의 지점에서 동시에 시료를 측정할 경우에 이용한다. 공기주머니에 의한 시료채취는 시료성분이 주머니 안에서 흡착, 투과 또는 서로 간의 반응에 의하여 손실 또는 변질되지 않아야 한다.

대기환경 중 시료를 채취하기 위하여 일반 펌프를 쓰게 되면 여러 가지 문제가 발생된다. 내부가 특수 코팅된 펌프를 드물게 쓰는 경우는 있지만, 초기비용이 많이 들고 오염의 가능성이 있어 반드시 추천되는 방법은 아니다. 따라서 그림 7에서 보이는 바와 같이 일명 폐시료채취기 (lung sampler)를 사용하여 시료를 채취하는 것이 가장 안전하다. 이러한 시료채취 시스템의 원리는 통 내부의 공기를 진공펌프로 빨아들여 통 내부를 진공상태로 만들어서 외부의 기체 시료를 테들러 백 (tedlar bag) 내부로 서서히 유입시키는 방법으로서 간단히 제작하여 쓸 수 있다. 시료채취기의 입구는 유리섬유 (glass wool) 등을 채워 분진의 유입을 막아야 한다 (그림 7-a). 또한 기존의 복잡

한 폐시료채취기 시료채취 장치를 현장에서 간편하게 휴대하여 사용할 수 있도록 휴대용 케이스형태로 제작하여 사용하기도 한다 (그림 7-b).



(a) 일반 폐시료채취기를 이용한 시료채취장치



(b) 휴대용
폐시료채취기를 이용한
시료채취장치

그림 7. 폐시료채취기를 이용한 시료채취장치.

4.2.2.2.1 격막 펌프

시료채취펌프는 흡입유량이 1 L/min ~ 10 L/min의 용량인 격막 펌프로 VOC 흡착성이 낮은 재질 (테플론 재질)로 된 것을 사용한다.

4.2.2.2.2 주머니의 재질

일반적으로 사용되는 주머니의 재질은 대기오염물질의 흡착, 투과 또는 상호반응에 의해 변질되지 않는 것으로서 시료주머니의 재질은 테플론 (teflon), 테들러 (tedlar), 폴리에스테르 (polyester) 등 또는 이보다 대기오염물질 흡착성이 낮은 것으로서 용기 부피가 3 L ~ 20 L 정도의 것으로 한다. 시료채취용기의 제작 시 실리콘 (silicone rubber)이나 천연고무 (natural rubber) 같은 재질은 최소한의 접합부 (seals and joints)에서도 사용하지 않는다.

4.2.2.2.3 주머니의 세척

한번 사용한 주머니의 내부가 다른 기체로 오염되어 있는 경우에는 고순도 질소기체를 사용하여 3 회 이상 세척 후 고순도 질소기체를 채워 오븐온도 80 ℃에서 3 시간 이상 가열 후 실온에서 5 분간 안정화 시킨 후 다시 고순도 질소로 3 회 이상 세척하여 사용한다. 경우에 따라서는 주머니 외부를 적외선 램프로 가열하면서 건조하고 깨끗한 공기를 통과시켜 세척하기도 한다 (그림 8). 두 경우 반드시 사용 전에 바탕실험을 수행하여야 한다.

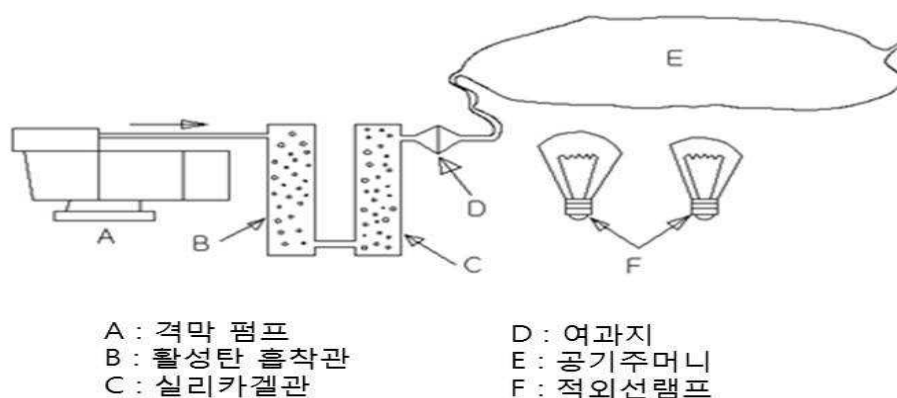


그림 8. 공기주머니 세척

4.3 용매채취법

이 방법은 측정대상 기체와 선택적으로 흡수 또는 반응하는 용매에 시료가스를 일정 유량으로 통과시켜 채취하는 방법으로 채취관 - 여과재 - 채취부 - 흡입펌프 - 유량계 (가스미터) 로 구성된다.

4.3.1 채취관

4.1.1에 따른다.

4.3.2 여과재

여과재는 석영 섬유제, 4불화에틸렌제 멤브레인 필터 (teflon membrane filter), 셀룰로오스, 나일론제품 중 적당한 것을 사용한다.

4.3.3 채취부

채취부는 주로 흡수병 (흡수관)과 세척병 (공병)으로 구성된다.

4.3.3.1 흡수병

흡수병은 그림 9와 같은 것을 사용하며 흡수병의 선택은 측정대상 기체의 흡수액에 대한 용해도 및 채취후의 안전성 등을 고려하여 결정한다.

4.3.3.2 세척병 (공병)

공병은 흡수병의 내부 부피의 2 배 이상 되는 것으로 안에 유리솜을 가볍게 채운 것을 사용한다.

4.3.4 펌프

4.1.3에 따른다.

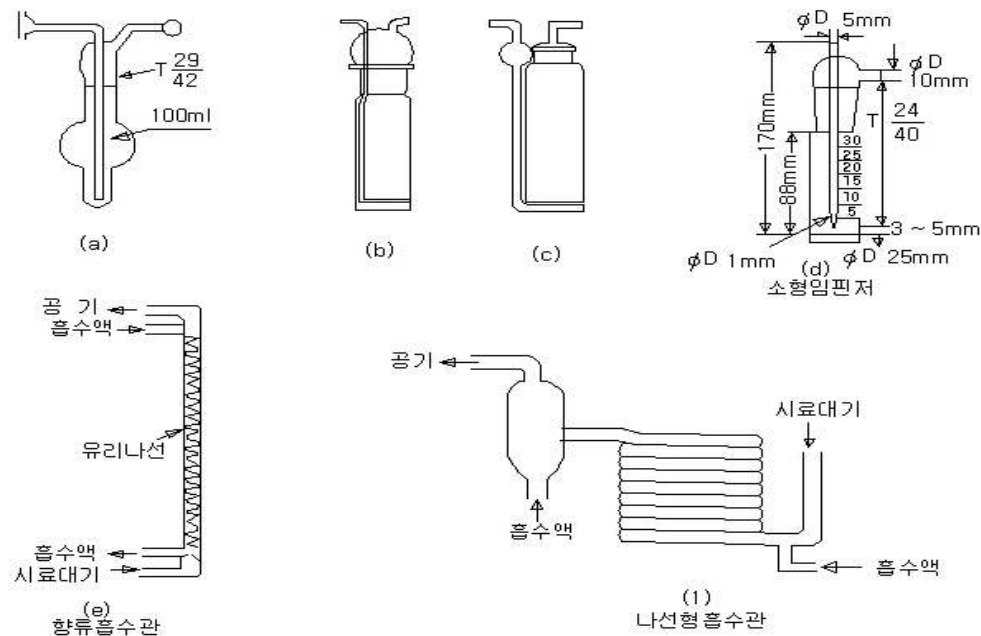


그림 9. 흡수병

4.3.5 유량계

유량계는 시료를 흡입할 때의 유량을 측정하기 위한 것으로 적산 유량계 또는 순간 유량계를 사용한다.

4.3.5.1 가스미터

일정용적의 용기에 기체를 도입하여 적산하는 것으로 습식 가스미터와 건식 가스미터가 있다.

4.3.5.2 순간유량계

4.3.5.2.1 면적식 유량계 (area type)

4.3.5.2.2 면적식 유량계에는 부자식 (floater), 피스톤식 또는 게이트식 유량계를 사용한다 (그림 10).

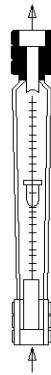


그림 10. 면적식 유량계

4.3.5.2.3 기타 유량계

4.3.5.2.4 기타 유량계로는 오리피스 (orifice) 유량계, 벤튜리 (venturi)식 유량계 또는 노즐 (flow nozzle)식 유량계를 사용한다.

4.3.6 채취조작

시료채취는 그림 11과 같이 흡수관 - 트랩 - 흡입펌프 - 유량계의 순으로 배열하고 흡수관에 일정량의 흡수액 10 mL ~ 20 mL을 넣은 다음 일정유량 0.5 L/min ~ 2.0 L/min으로 흡입한다. 이 때 흡입시간은 보통 30 분 ~ 2 시간이면 충분하다. 또 동시에 기온, 기압과 필요하면 풍향, 풍속 등 다른 기상조건을 측정한다.

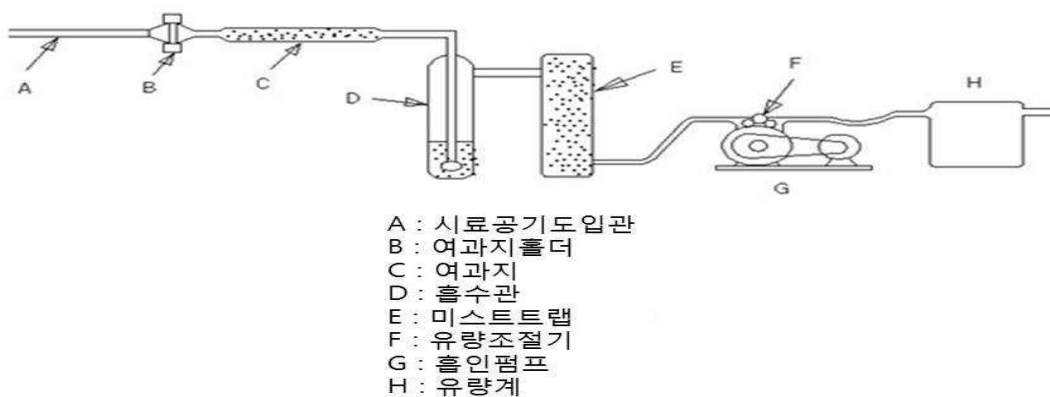


그림 11. 시료채취장치.

4.4 고체흡착법

이 방법은 고체분말표면에 기체가 흡착되는 것을 이용하는 방법으로 시료채취장치는 그림 12와 같이 흡착관, 유량계 및 흡입펌프로 구성한다.

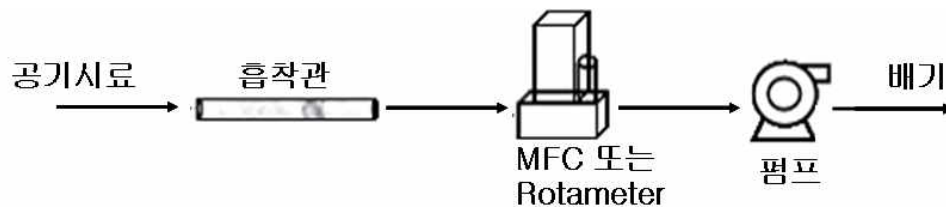


그림 12. 시료채취장치

4.4.1 흡착관의 재질 및 사용방법

4.4.1.1 흡착관은 스테인리스강 (예 : 5 × 89 mm) 또는 파이렉스 (pyrex) 유리 (예 : 5 × 89 mm)로 된 관에 측정대상 성분에 따라 흡착제를 선택하여 각 흡착제의 파과부피 (breakthrough volume)를 고려하여 일정량 이상 (예, 200 mg)으로 충전한 후에 사용한다. 흡착관은 시판되고 있는 별도규격 제품을 사용할 수 있다.

4.4.1.2 각 흡착제는 반드시 지정된 최고온도범위와 기체유량을 고려하여 사용하여야 하며, 흡착관은 사용하기 전에 반드시 컨디셔닝 (conditioning) 단계를 거쳐야 한다.

4.4.1.3 컨디셔닝은 보통 350 °C (흡착제의 종류에 따라 조절가능)에서 순도 99.99 % 이상의 헬륨기체 또는 질소기체를 50 mL/min ~ 100 mL/min의 유속으로 적어도 2 시간 동안 흘려준다 (시판된 제품은 최소 30 분 이상).

4.4.1.4 컨디셔닝 후에 테플론 마개나 테플론 관접합부 (ferrule)을 사용하여 양 끝을 막고 24 시간 이내에 사용하지 않을 경우 4 °C의 냉암소에 보관한다. 흡착관은 반드시 시료채취 방향을 표시해주고 고유번호를 적도록 한다.

4.4.2 흡입펌프

흡입펌프는 반드시 진공펌프이어야 하며 사용목적에 맞는 용량의 펌프를 사용함을 원칙으로 하고, 유량안정성은 시료채취 시간동안 5 % 이내이어야 한다.

4.5 저온농축법

이 방법은 탄화수소와 같은 기체성분을 냉각제로 냉각 응축시켜 공기로부터 분리 채취하는 방법으로 주로 GC나 GC/MS 분석기에 이용한다.

4.5.1 냉각제

냉각제로는 액체산소 ($-183\text{ }^{\circ}\text{C}$), 드라이아이스 (dry ice) 등을 사용한다.

4.5.2 채취장치 및 조작

그림 13과 같이 탄산기체 및 수분제거관 - 냉각농축관 - 흡입펌프 - 유량계의 순으로 연결하여 흡입유량 10 L/min, 흡입시간 10 분 정도로 채취한다. 이 때 사용하는 탄산기체 및 수분제거관은 길이 17 cm, 내경 3 cm 정도의 유리관에 무수탄산칼륨과 소다석회를 각각 30 g씩을 넣은 것을 사용한다. 또 농축관의 길이는 30 cm, 내경 2 cm 정도의 U자형 유리관에 20 mesh ~ 50 mesh 규조토내화벽돌 가루를 채운다. 시료채취는 먼저 농축관 부분을 냉각제로 냉각시키고 마개를 열어 시료가 도입되도록 한 다음 펌프를 작동시킨다.

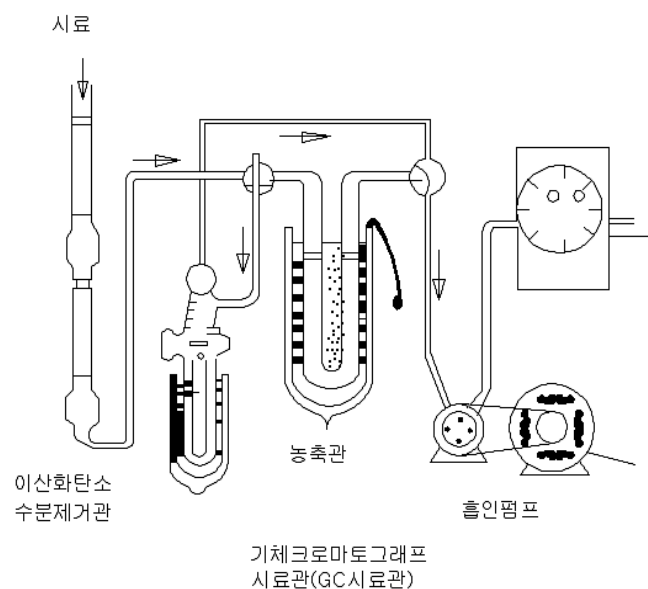


그림 13. 저온 농축 장치

4.6 채취용 여과지에 의한 방법

이 방법은 여과지를 적당한 시약에 담갔다가 건조시키고 시료를 통과시켜 목적하는 기체성분을 채취하는 방법으로 주로 불소화합물, 암모니아, 트리메틸아민 등의 기체를 채취하는데 이용한다.

4.6.1 채취용 여과지

불화수소용 여과지는 동양여과지 No.5 A를 1 % 탄산나트륨 용액에 담구었다가 꺼낸 후 건조시킨 것을 사용하고, 암모니아 또는 트리메틸아민용으로는 유리섬유 여과지를 20 % 황산에 담구었다가 꺼낸 후 건조시킨 것을 사용한다.

4.6.2 채취장치 및 조작

채취장치는 여과지홀더 - 흡입펌프 - 유량계로 구성된다. 채취조작은 채취용 여과지를 여과지홀더에 장착하고 일정시간 흡입하여 시료를 채취한다. 채취한 기체성분은 물 또는 적당한 용매로 추출하여 분석에 사용한다.

5.0 입자상 물질의 시료 채취방법

대기 중에 부유하고 있는 먼지, 흠 (fume), 미스트 (mist)와 같은 입자상물질의 시료채취는 다음의 방법들을 이용한다.

5.1 고용량 공기시료채취기법

5.1.1 적용범위

이 방법은 대기 중에 부유하고 있는 입자상물질을 고용량 공기시료채취기 (high volume air sampler)를 이용하여 여과지상에 채취하는 방법으로 입자상물질 전체의 질량농도를 측정하거나 금속성분의 분석에 이용한다. 이 방법에 의한 채취입자의 입경은 일반적으로 $0.1 \mu\text{m} \sim 100 \mu\text{m}$ 범위이지만, 입경별 분리 장치를 장착할 경우에는

PM₁₀이나 PM_{2.5} 시료의 채취에 사용할 수 있다.

5.1.2 장치의 구성

고용량 공기시료채취기는 공기흡입부, 여과지홀더, 유량측정부 및 보호상자로 구성된다 (그림 14).

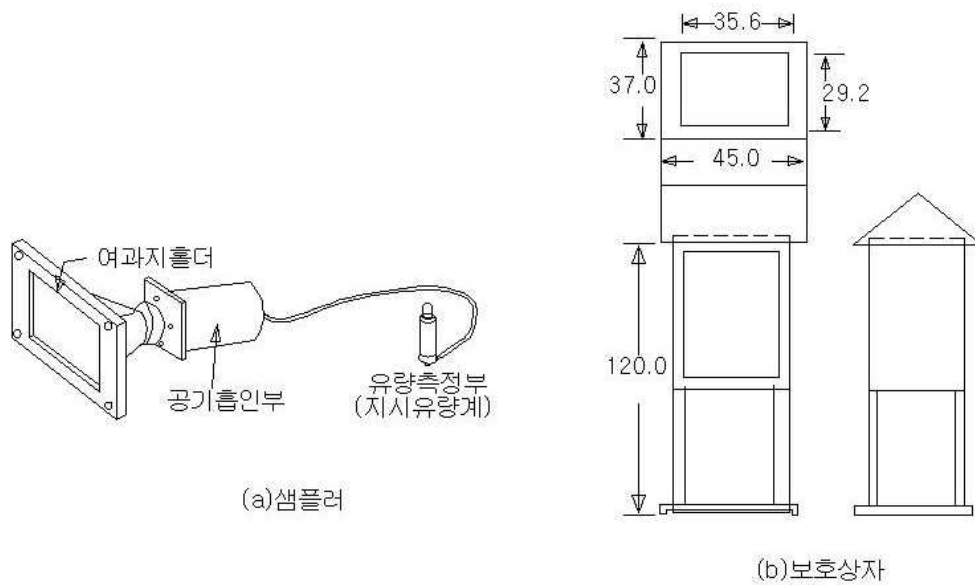


그림 14. 고용량 공기시료 채취기

5.1.2.1 공기흡입부

공기흡입부는 직권정류자 모터에 2단 원심 터빈형 송풍기가 직접 연결된 것으로 무부하일 때의 흡입유량이 약 2 m³/min 이고 24 시간 이상 연속 측정할 수 있는 것이어야 한다.

5.1.2.2 여과지 홀더

여과지홀더 (filter holder, 그림 15)는 보통 15 × 22 cm, 또는 20 × 25 cm 크기의 여과지를 공기가 새지 않도록 안전하게 장착할 수 있고 공기흡입부에 직접 연결할 수 있는 구조이어야 하며 여과지 홀더를 구성하는 각 부분의 재질과 크기는 다음과 같다.

5.1.2.2.1 프레임

프레임 (frame)의 재질은 사용하는 여과지를 파손되지 않게 고정할 수 있는 것으로 크기는 보통 외부 24 × 29 cm 또는 18 × 26 cm, 내부 18 × 23 cm 또는 13 × 20 cm 되는 것을 사용한다.

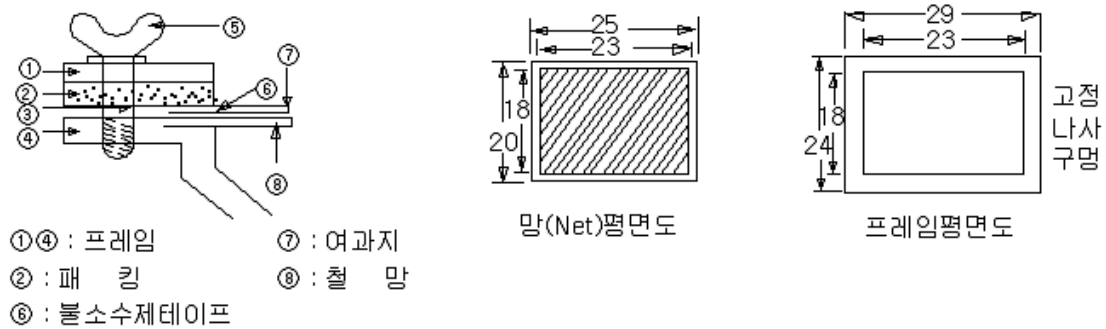


그림 15. 여과지 홀더의 조립

5.1.2.2.2 금속망

금속망 (net)은 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 불소수지계 테이프를 감는다.

5.1.2.2.3 충전

충전 (packing)은 독립기포로 발포시킨 합성고무로 만들어진 것으로 그 크기는 프레임과 같다. 또 여과지와 접촉하는 부분은 불소수지계 테이프를 감는다.

5.1.2.2.4 여과지 고정나사

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

5.1.2.3 유량측정부

유량측정부는 시료 공기 흡입유량을 측정하는 부분으로 통상 공기흡입부에 붙어 있고 장착 및 탈착이 쉬운 부자식 유량계를 사용한다. 지시유량계는 상대유량단위로서 $1.0 \text{ m}^3/\text{min} \sim 2.0 \text{ m}^3/\text{min}$ 의 범위를 $0.05 \text{ m}^3/\text{min}$ 까지 측정할 수 있도록 눈금이 새겨진 것을 사용한다. 또 지시유량계의 눈금은 통상 고용량 공기시료채취기를 사용하는 상태에서 기준 유량계로 교정하여 사용한다.

5.1.2.4 보호상자

보호상자 (shelter)는 고용량 공기시료채취기의 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 14의 (b)와 같이 지붕, 본체상자, 받침다리의 3부분으로 구성되어 있고 지붕과 본체상자 사이에는 공간이 있어야 한다.

5.1.2.5 채취용 여과지

입자상 물질의 채취에 사용하는 여과지는 $0.3 \mu\text{m}$ 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.

5.1.3 시료채취 위치 및 시간

5.1.3.1 시료채취 위치

시료채취장소 및 위치는 원칙적으로 3.0에 따르며 그 부근의 오염도를 대표할 수 있고 특정한 발생원이나 교통기관 등의 영향을 직접적으로 받지 않는 곳을 선정한다.

5.1.3.2 채취시간

채취시간은 원칙적으로 24 시간으로 한다. 단, 특정원소의 분석을 목적으로 할 경우에는 분석 감도에 따라 적당히 조정할 수 있다.

5.1.4 시료채취 조작

5.1.4.1 채취전 여과지의 무게재기

채취된 여과지를 미리 온도 20 ℃, 상대습도 50 %에서 일정한 무게가 될 때까지 보관하였다가 0.01 mg의 감도를 갖는 분석용 저울로 0.1 mg까지 정확히 단다. 단, 항온 항습 장치가 없을 때는 상온에서 질량분율 50 % 염화칼슘용액을 제습제로 한 데시케이터 내에서 일정한 무게가 될 때까지 보관한 다음 위와 같은 방법으로 무게를 잰다.

5.1.4.2 채취조작

5.1.4.2.1 시료채취기가 정상적으로 작동하는가를 확인한다.

5.1.4.2.2 무게를 잰 여과지를 여과지홀더에 고정시키고 나사를 조여 공기가 새지 않도록 한다. 이 때 여과지의 입자 채취면이 위를 향하도록 한다.

5.1.4.2.3 시료채취기를 보호상자 내에 수평으로 고정시킨다.

5.1.4.2.4 뒷면의 배기관에 설치되어 있는 유량계 연결꼭지에 고무관을 사용하여 유량계를 연결한다.

5.1.4.2.5 전원 스위치를 넣고 시료채취 시작시간을 기록한다.

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

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

$$\text{흡입공기량} = \frac{Q_s + Q_e}{2} t \quad (\text{식 6})$$

여기서, Q_s : 시료채취 개시 직후의 유량 (m³/분)

Q_e : 시료채취 종료 직전의 유량 ($m^3/\text{분}$)

t : 시료채취시간 (분)

5.1.4.3 시료채취 후 여과지의 무게재기

시료 채취 후의 여과지는 입자 채취면이 안쪽으로 향하도록 접어 여과지의 파손이 없도록 세심한 주의를 기울여 5.1.4.1의 조건에서 24 시간 방치한 후 무게를 잰다.

5.1.4.4 기록

시료채취가 끝나면 매 시료마다 채취장소, 채취년월일, 여과지번호, 채취시작시간, 종료시간, 기타 성적에 참고가 될 만한 기상요소 (일기, 온도, 습도, 풍향, 풍속 등) 및 시료채취자의 성명을 기록해 놓는다.

5.1.5 유량의 교정

고용량 공기시료채취기를 사용하여 입자상 물질을 채취할 때는 다음과 같이 기준 유량계를 사용하여 부속유량계의 눈금을 교정해 주어야 한다.

5.1.5.1 장치

5.1.5.1.1 표준 유량계

5.1.5.1.2 유량 교정용 오리피스

5.1.5.1.3 마노미터

5.1.5.1.4 공기 저항판 A, B, C, D, E

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

5.1.5.1.5 고용량 공기시료채취기 본체

5.1.5.1.6 온도계

5.1.5.1.7 기압계

5.1.5.2 오리피스 유량 결정

5.1.5.2.1 조립

표준유량계의 공기 입구 부분에 마노미터가 달린 오리피스를 연결하고 표준유량계의 출구에서부터 고용량 공기시료채취기 본체에 접속하는 부분에 공기 저항판을 끼워 넣을 수 있도록 그림 16과 같이 조립한다. 이 때 채취용 여과지홀더는 고용량 공기시료채취기 본체에서 떼어 놓는다.

5.1.5.2.2 조작

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

(2) 전원스위치를 끄고 표준유량계와 고용량 공기시료채취기 본체사이에 공기 저항판 A를 넣고 다시 전원스위치를 넣은 다음 5 분간 동작시킨 다음 표준유량계가 지시하는 유량과 마노미터의 눈금을 읽어 기록한다. 이와 같은 조작을 공기 저항판 B, C, D, E에 대하여 같은 방법으로 반복한다. 동시에 기온과 기압을 측정한다.

(3) 표준유량계의 읽은 값을 기온과 기압으로 보정하여 (20 ℃, 1 기압) 마노미터의 읽은 값과 함께 그림 17과 같이 검정곡선을 작성한다.

$$\text{보정식 } Q' = Q \times \frac{293}{273+t} \times \frac{p}{760^{\circ}\text{C}} \quad (\text{식 7})$$

여기서, Q' = 유량의 참값(眞流量)
 Q = 표준유량계에 의한 유량
 t = 측정시의 온도(℃)
 p = 측정시의 압력(mmHg)

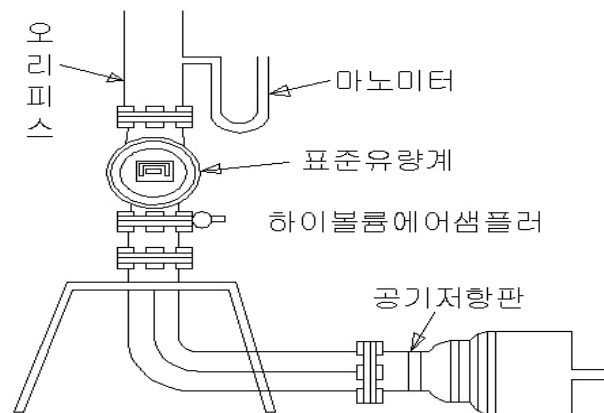


그림 16. 오리피스 유량 결정을 위한 조립

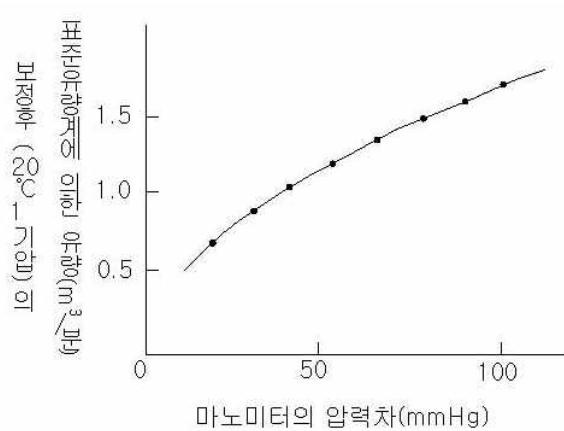


그림 17. 검정곡선

5.1.5.3 부속유량계의 교정

5.1.5.3.1 조립

그림 18과 같이 고용량 공기시료채취기의 입구 부분에 마노미터를 부착하고 유량 결정이 끝난 오리피스를 장착한다.

5.1.5.3.2 조작

(1) 전원 스위치를 넣고 무부하 상태에서 5 분간 작동한 후 마노미터의 눈금과 부속유

량계의 눈금을 읽는다.

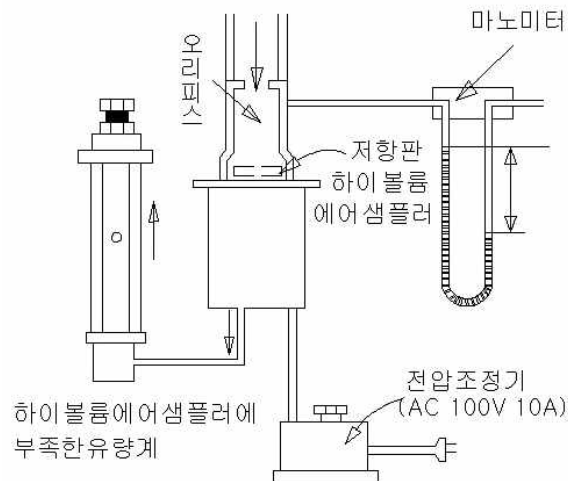


그림 18. 부속유량계 교정을 위한 조립

(2) 전원 스위치를 끄고 오리피스와 고용량 공기시료채취기 본체의 접속부분에 공기 저항판 A를 끼우고 다시 전원 스위치를 넣고 5 분간 작동한 후 마노미터의 눈금과 부속유량계의 눈금값을 읽는다. 이와 같은 조작을 반복하여 공기 저항판 B, C, D, E에 대하여 조작한 후 각각의 마노미터 눈금값과 부속유량계의 눈금값을 읽는다.

(3) 공기 저항판을 끼웠을 때의 마노미터 눈금값으로 부터 (2)에서 작성한 검정곡선을 사용하여 유량의 참값을 구한다.

(4) (3)에서 얻은 유량의 참값과 대응하는 부속유량계의 지시값과의 관계를 취하며 그림 19와 같이 그래프를 그린다. 이 그래프를 이용하여 부속유량계의 교정을 한다.

5.1.6 주의사항

5.1.6.1 채취 시의 유량이나 채취 후의 중량농도에 이상한 값이 인정될 경우에는 다음 사항을 점검한다. 유량계에 이상이 없는지, 시료채취기에서 공기가 새지 않는지, 전원 전압에 변동이 없는지를 확인한다.

이와 같은 이상 현상이 채취 개시 직후에 있었다면 정상운전으로 되돌아오는 것을 확인한 후에 다시 채취를 시작한다. 또 이상 현상이 채취 종료 시에 확인되었을 경우에는 이상이 생기지 않도록 충분히 조치한 다음 채취조작을 다시 하고 먼저 채취된 시

료는 기록을 정확히 하여 따로 보존한다. 가동 중인 시료채취기의 전원에 다른 기기를 가동시키면 전압의 변화가 생겨 시료채취기의 유량을 일정하게 유지시키기 어려우므로 가동 중인 시료채취기의 전원에 다른 기기를 가동시켜서는 안 되며 가동 중인 시료채취기의 전원 전압변동에 대하여 수시로 점검한다.

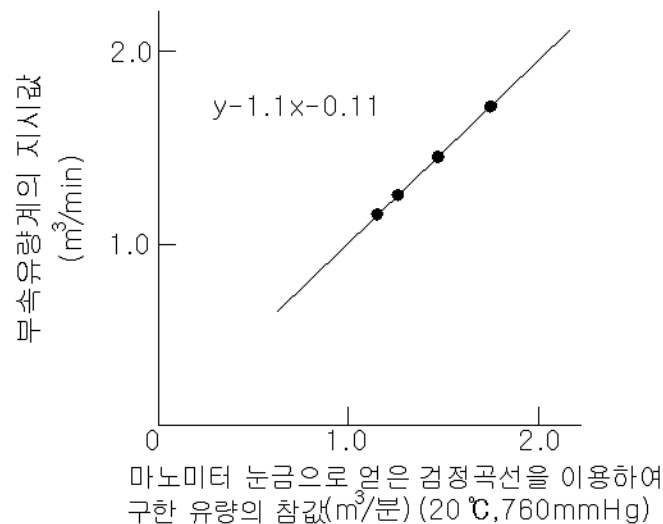


그림 19. 부속유량계의 지시값과 참값의 관계

5.1.6.2 흡입장치의 모터 브러시는 400 시간 ~ 500 시간 (24 시간 연속 사용 회수로 17 회 ~ 20 회) 사용 후 교환하고 유량을 교정한다.

5.1.6.3 고용량 공기시료채취기에 부착한 유량계의 상단에 있는 유량조절나사는 고정해 놓고 조금이라도 움직였을 경우에는 다시 유량을 교정한다.

5.1.6.4 고용량 공기시료채취기에 부착한 유량계의 상단 좁은 부분에 분진 등 이물질이 묻어있을 때는 눈금값을 기록하도록 한다. 또 이와 같은 경우에는 가는 금속바늘로 상처가 나지 않도록 조심하여 부착물을 제거하고 다시 오리피스를 사용하여 유량을 교정한다.

5.1.6.5 흡입장치의 부품을 교환할 때, 수리할 때 또는 채취 조작 중 유량에 이상이 보일 때는 오리피스에 의하여 유량을 교정한다.

5.1.6.6 고용량 공기시료채취기 측정 시 다음 사항에 대하여 주의하여야 한다.

5.1.6.6.1 시료채취기에서 배출되는 공기에 의하여 분진이 비산되지 않도록 주위를 철저히 청소하고 되도록 콘크리트 또는 아스팔트 바닥위에 설치한다.

5.1.6.6.2 시료채취기의 보호상자는 비, 바람에 쓰러질 경우를 대비하여 밑부분을 단단히 고정시킨다.

5.1.6.6.3 시료채취기 설치 시 소음진동의 문제가 생기지 않도록 주의한다.

5.2 저용량 공기시료채취법

5.2.1 적용범위

일반적으로 이 방법은 대기 중에 부유하고 있는 $10\ \mu\text{m}$ 이하의 입자상 물질을 저용량 공기시료채취기를 사용하여 여과지 위에 채취하고 질량농도를 구하거나 금속 등의 성분분석에 이용한다.

5.2.2 장치의 구성

저용량 공기시료채취기의 기본구성은 흡입펌프, 분립장치, 여과지홀더 및 유량측정부로 구성된다 (그림 20).

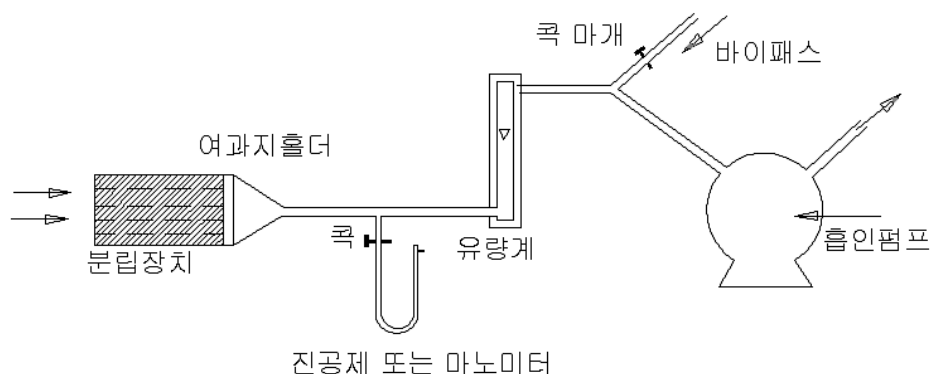


그림 20. 저용량 공기시료 채취기의 구성

5.2.2.1 흡입펌프

흡입펌프는 연속해서 30 일 이상 사용할 수 있고 되도록 다음의 조건을 갖춘 것을 사용한다.

5.2.2.1.1 진공도가 높을 것.

5.2.2.1.2 유량이 큰 것.

5.2.2.1.3 맥동이 없이 고르게 작동될 것.

5.2.2.1.4 운반이 용이할 것.

5.2.2.2 여과지홀더

여과지홀더는 보통 직경이 110 mm 또는 47 mm 정도의 여과지를 파손되지 않고 공기가 새지 않도록 장착할 수 있는 것이어야 한다 (그림 21).

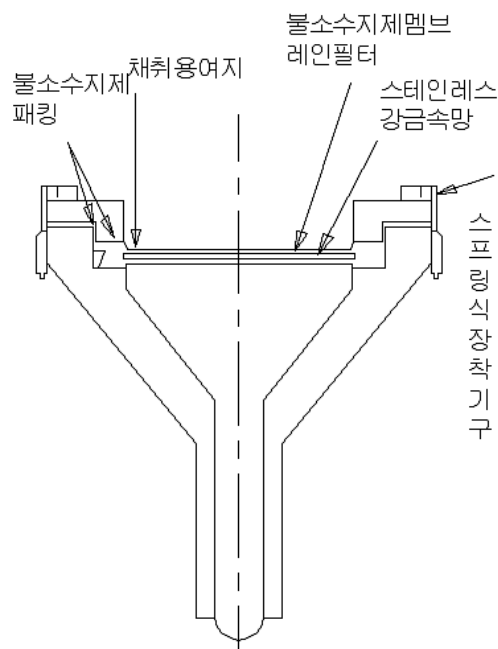


그림 21. 여과지 홀더의 조립

5.2.2.2.1 프레임

프레임은 내식성 재질로서 여과지의 채취유효직경을 100 mm 또는 42 mm로 할 수 있는 것을 사용

5.2.2.2.2 망

여과지에 공기를 통과시킬 때 기름에 의하여 여과지가 파손되지 않도록 받쳐주고 여과지에 불순물이 들어가지 않도록 내식성 재료로 만들어진 것

5.2.2.2.3 충전

불소수지로 만들어진 것

5.2.2.2.4 고정나사

여과지를 장착할 때 파손이나 공기가 새지 않도록 된 구조를 내식성 재료로 만들어진 것을 사용한다.

5.2.2.3 유량측정부

유량측정부는 통상 다음과 같이 하여 유량을 측정한다.

5.2.2.3.1 부자식 면적유량계

유량계는 채취용 여과지홀더와 흡입펌프와의 사이에 설치한다. 이 유량계에 새겨진 눈금은 20 ℃, 1 기압에서 10 L/min ~ 30 L/min 범위를 0.5 L/min까지 측정할 수 있도록 되어 있는 것을 사용한다 (그림 22 참조).

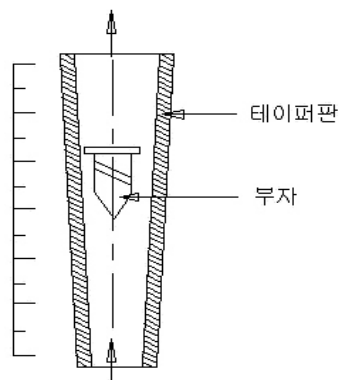


그림 22. 부자식 면적유량계의 계략도

5.2.2.4 분립장치

분립장치는 $10\ \mu\text{m}$ 이상 되는 입자를 제거하는 장치로서 사이클론방식 (cyclone방식, 원심분리방식도 포함)과 다단형방식이 있다. 그림 23은 채취 특성 곡선의 예이다.

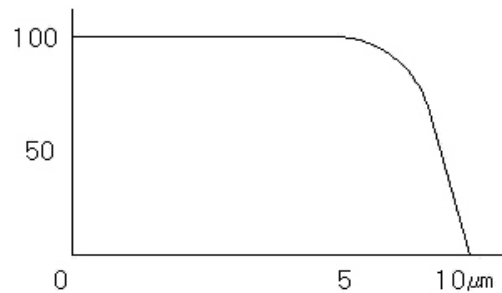


그림 23. 채취 특성 곡선

5.2.2.4.1 사이클론식 분립장치

그림 24와 같이 $10\ \mu\text{m}$ 이상의 입자를 사이클론방식으로 제거하는 장치이다.

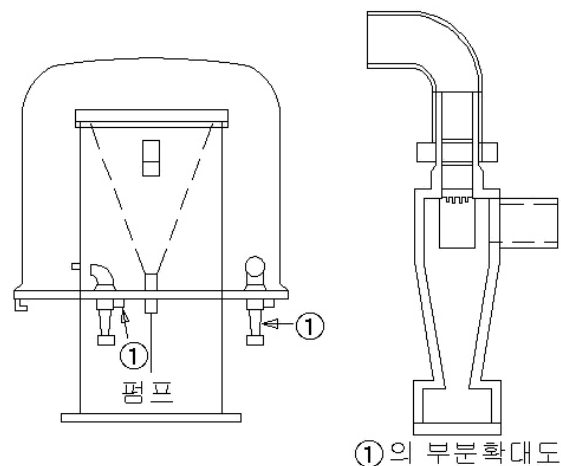


그림 24. 사이클론식 분립장치

5.2.2.4.2 다단형 분립장치

이 분립장치는 그림 25와 같이 얇은 평판을 좁은 간격으로 여러 장 겹쳐서 평판이 수평이 되도록 놓고 여기에 채취하려고 하는 공기를 통과시키면 평판 사이를 통과하는 동안에 $10\ \mu\text{m}$ 이상의 입자는 침강하여 떨어지고 작은 입자만이 통과한다.

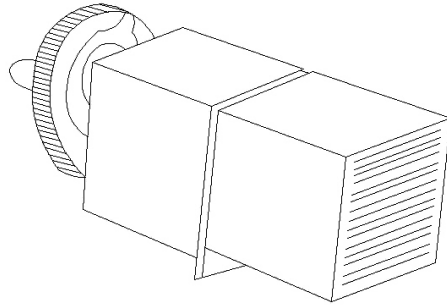


그림 25. 다단형 분리장치 보기

5.2.2.5 채취용 여과지

입자상 물질의 채취에 사용하는 채취용 여과지는 구멍 크기 (pore size)가 $1\ \mu\text{m} \sim 3\ \mu\text{m}$ 되는 니트로셀룰로오제 멤브레인 필터 (nitrocellulose membrane filter), 유리 섬유 여과지 또는 석영 섬유 여과지 등을 사용하여 다음과 같은 조건이 맞는 것을 사용한다.

5.2.2.5.1 $0.3\ \mu\text{m}$ 의 입자상물질에 대하여 99 % 이상의 초기채취율을 갖는 것

5.2.2.5.2 압력손실이 낮은 것

5.2.2.5.3 가스상 물질의 흡착이 적고 흡습성 및 대전성이 적을 것

5.2.2.5.4 취급하기 쉽고 충분한 강도를 가질 것

5.2.2.5.5 분석에 방해되는 물질을 함유하지 않을 것

5.2.3 시료채취 위치 및 시간

5.2.3.1 시료채취 장소 및 위치

시료채취는 원칙적으로 3.0 에 따르며, 그 부근의 오염도를 대표할 수 있고 특정한 발생원이나 교통기간 등의 영향을 직접적으로 받지 않는 곳을 택한다.

5.2.3.2 채취시간

채취시간은 원칙적으로 24 시간 또는 2 일 ~ 7 일 간 연속 채취한다. 단, 질량 농도를 측정하거나 특정원소의 분석을 목적으로 할 경우에는 분석 감도에 따라 적당히 조정할 수 있다.

5.2.4 시료채취 조작

5.2.4.1 채취전 여과지의 무게재기

5.1.4.1에 따른다.

5.2.4.2 채취조작

5.2.4.2.1 분립장치가 더럽혀져 있지 않은가를 확인한다.

5.2.4.2.2 시료채취기가 정상적으로 작동하는가를 확인한다.

5.2.4.2.3 무게를 단 여과지를 여과지홀더에 공기가 새지 않도록 고정시킨다. 이 때 금속류의 성분분석을 목적으로 할 때는 여과지가 직접 금속망에 접촉되지 않도록 나일론 제망 또는 압력손실이 적은 불소수지제망을 사용한다.

5.2.4.2.4 전원 스위치를 넣고 채취 시작 시간을 기록한다.

5.2.4.2.5 유량계의 부자를 20 L/min 되도록 조정한다.

5.2.4.2.6 흡입을 시작하고부터 약 10 분 후에 진공계 또는 마노미터로 차압을 측정하여 흡입유량을 보정하고 정확히 20 L/min이 흡입되는 위치의 눈금에 부자를 맞춘다.

5.2.4.2.7 흡입유량은 적어도 하루에 한번 이상 점검하고 차압을 측정하여 정확히 20 L/분씩 흡입되도록 조절한다.

5.2.4.2.8 채취 종료시간을 기록하고 흡입공기량을 구한다.

5.2.4.3 채취후의 여과지 무게재기

채취 후의 여과지는 5.1.4.1의 조건에서 24 시간 이상 방치하였다가 무게를 잰다.

5.2.4.4 기록

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

5.2.5 유량의 교정

저용량 공기시료채취기에 의한 입자상 물질의 채취는 항상 설정되어 있는 일정 유량으로 흡입해야 하고 여과지 또는 시료채취기 각 부분의 공기저항에 의하여 생기는 압력손실을 측정하여 유량계의 유량을 교정해 주어야 한다.

5.2.5.1 원리

유량계의 눈금값을 Q_r , 1기압에서 유량을 Q_o (L/분)라 하면

$$Q_o = C_p \cdot Q_r \quad (\text{식 } 8)$$

의 관계가 있고 C_p 는 압력보정계수로서 식 (9)로 구한다.

$$C_p = \sqrt{\frac{P}{P_o}} \quad (\text{식 } 9)$$

여기서, P_o : 유량계의 설정조건에서의 압력 (보통 760 mmHg)

P : 사용조건에서의 유량계내의 압력이다.

P_o 가 760 mmHg일 때 마노미터로 측정한 유량계내의 압력손실을 ΔP (mmHg)라 하면 C_p 는 식 (10)으로 나타난다.

$$C_p = \sqrt{\frac{760 - \Delta P}{760}} \quad (\text{식 } 10)$$

저용량 공기시료채취기에 의하여 $Q_o = 20$ L/분으로 공기를 흡입할 때 식 (8), (10)으로부터

$$Q_r = 20\sqrt{\frac{760}{760 - \Delta P}} \quad (\text{식 11})$$

의 관계가 성립하고 Q_r 을 구하여 유량계의 눈금값 (부자의 위치)를 설정하면 된다. 식 (12)로부터 ΔP 와 Q_r 의 관계를 그래프로 그리면 그림 26의 유량설정곡선을 얻는다. 유량은 식 (12) 또는 그림 26을 사용하여 교정한다.

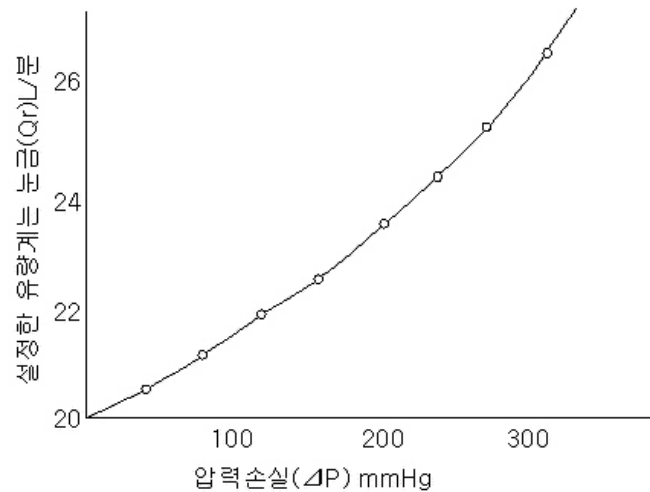


그림 26. 유량설정곡선

5.2.5.2 조작

5.2.5.2.1 누출시험

(1) 여과지홀더 앞 입구를 막는다. 입구가 여러 개 있을 때는 각각의 입구를 모두 막는다. 또 다단형일 때는 분립기의 앞을 막는다.

(2) 진공계의 마개를 잠그고 펌프가 작동할 때 유량계의 부자가 영 (zero)을 가리키는가를 확인한다.

5.2.5.2.2 교정조작

시료채취 개시 직 후 및 채취 중에 다음과 같은 조작을 하여 설정유량을 유지한다.

(1) 진공계의 지시값 (ΔP)에서 설정하려면 유량 (유량계의 위치 Q_r)을 유량 설정곡선

(그림 26)으로부터 구하고 펌프의 바이패스 (by-pass)밸브를 조절하여 그 값에 부자의 위치를 맞춘다.

(2) 유량 (Q_r)을 변화하면 압력손실 (ΔP)도 변화하기 때문에 다시 이것을 읽어 유량 설정곡선으로부터 유량 (Q_r)을 구한다.

(3) 펌프의 바이패스밸브를 조절하여 부자의 위치 (Q_r)를 맞추고 다시 ΔP 가 변화하면 위 조작을 되풀이하여 유량을 교정한다.

5.2.5.3 주의사항

5.2.5.3.1 흡입펌프는 약 1 년간 (8,000 시간) 사용 후에는 날개 (blade)를 교환한다.

5.2.5.3.2 일반적으로 유량계의 설계온도는 20 °C가 많으므로 온도 보정의 영향은 적지만 ± 10 °C차에 대하여 오차범위 ± 2 % 이하이다

5.2.5.3.3 장치의 세척

저용량 공기시료채취기의 세척은 다음 표 1에 따른다.

5.2.5.3.4 유량변화는 온도 및 입자상물질 채취량의 증가에 따라 달라지기 때문에 강우 등 기상조건이 변화할 때는 반드시 유량을 확인해야 한다. 또 장기간 채취할 때는 입자상 물질에 의하여 여과지가 막히기 때문에 채취 후반에는 되도록 유량확인을 자주해야 한다. 이 때문에 시료채취기는 유량측정, 유량조정을 하기 쉬운 위치에 설치하는 것이 좋다.

5.2.5.3.5 유량계를 청소할 때는 눈금교정을 한다.

5.2.5.3.6 고용량 공기시료채취기와 같은 장소에 동시에 설치할 때는 고용량 공기시료채취기의 배기영향을 받지 않도록 충분한 거리를 띄어 놓는다.

표 1. 장치의 세척방법

세척부위		세척회수	세척방법
분	립	채취때마다	중성세제 또는 초음파 세척기를 사용하여 씻는다.
팩	킹	"	"
	망	"	"
유	량	연 1 회	알코올 또는 중성세제로 씻는다.
펌 프	사 일 렌 서	"	펠트(felt)모양의 필터를 교환한다.
(pump silencer)			

6.0 시료 채취 일반사항

6.1 시료채취를 할 때는 되도록 측정하려는 기체 또는 입자의 손실이 없도록 한다. 특히 바람이나 눈, 비로부터 보호하기 위하여 측정기기는 실내에 설치하고 채취구는 밖으로 연결할 경우에는 채취관 벽과의 반응, 흡착, 흡수 등에 의한 영향을 최소한도로 줄일 수 있는 재질과 방법을 선택한다.

6.2 채취관을 장기간 사용하여 관내에 분진이 퇴적하거나 퇴적할 분진이 기체와 반응 또는 흡착하는 것을 막기 위하여 채취관은 항상 깨끗한 상태로 보존한다.

6.3 미리 측정하려고 하는 성분과 이외의 성분에 대한 물리적, 화학적 성질을 조사하여 방해성분의 영향이 적은 방법을 선택한다.

6.4 시료채취시간은 원칙적으로 그 오염물질의 영향을 고려하여 결정한다. 예를 들면 악취물질의 채취는 되도록 짧은 시간 내에 끝내고 입자상 물질중의 금속성분이나 발암성 물질 등은 되도록 장시간 채취한다.

6.5 환경기준이 설정되어 있는 물질의 채취시간은 원칙적으로 법에 정해져 있는 시간을 기준으로 한다.

6.6 시료채취 유량은 각항에서 규정하는 범위 내에서는 되도록 많이 채취하는 것을 원칙으로 한다. 또 사용 유량계는 그 성능을 잘 파악하여 사용하고 채취유량은 반드시 온도와 압력을 기록하여 표준상태로 환산한다.

6.7 입자상 물질을 채취할 경우에는 채취관 벽에 분진이 부착 또는 퇴적하는 것을 피하고 특히 채취관은 수평방향으로 연결할 경우에는 되도록 관의 길이를 짧게 하고 곡률반경은 크게 한다. 또한 입자상 물질을 채취할 때에는 기체의 흡착, 유기성분의 증발, 기화 또는 변화하지 않도록 주의한다.

6.8 자동측정기를 사용할 경우에는 다음 사항에 주의한다.

6.8.1 유량계의 눈금조정

6.8.2 여과지의 교환

6.8.3 타이머 (timer)의 점검

6.8.4 기록계의 영점 조정

6.8.5 기록 잉크의 보급

6.8.6 감도조정

6.8.7 스캔조정

6.8.8 램프의 청소

6.8.9 광원램프의 교환

6.8.10 진공관 교환

6.8.11 미스트 제거장치 (mist trap)의 청소

6.8.12 기록펜의 청소

6.8.13 기록지 교환

6.9 기타 필요한 사항은 각항에 정하는 방법에 따른다.

7.0 시료의 보존 및 운송방법

시료의 분석은 원칙적으로 시료 채취 후 24 시간 이내에 한다. 그러나 시료 채취 후 분석하기 전까지 보관이 필요한 경우에는 수분의 증발 또는 수분의 흡수, 공기에 의한 산화, 휘발에 의한 손실, 보존 중 성분의 변화 또는 변질을 최소화하기 위하여 다음과 같은 조치를 취한다.

7.1 시료의 보존

7.1.1 모든 시료는 분석 전까지 냉장 보관하도록 한다.

7.1.2 습기에 민감한 고체 시료는 고체 건조제를 시료 용기의 밑에 넣고 뚜껑을 닫아 밀봉한다.

7.1.3 시료가 채취된 여과지는 채취면을 위로 하여 플라스틱 시료채취주머니에 넣어 밀봉한다.

7.1.4 수용성 액체 시료는 햇빛에 민감한 경우 갈색병에 담아서 보관한다.

7.1.5 액체 시료의 보관 시에는 유리용기보다는 가능한 폴리에틸렌병을 사용하도록 한다.

7.1.6 기체 시료는 기체잡이관을 사용하여 채취하면 오랜 기간 동안 시료의 유출을 방지할 수 있다.

7.2 시료의 운송

7.2.1 시료를 시료 채취 장소에서 다른 장소로 운송할 때는 시료의 손실이나 파괴가 없도록 물리적, 화학적 충격을 최소화 하도록 한다.

7.2.2 운송 중에는 시료에 충격을 최소화하기 위한 충전(packing)을 하고, 시료의 변질

을 막기 위하여 충전 시에 냉장팩 등을 사용한다.

7.2.3 액체 시료의 경우에는 운송 전후에 시료용액이 담긴 용기의 바깥쪽에 높이를 표시하여 운송 시에 손실이 없음을 확인한다.

7.2.4 시료가 캐니스터 (canister)에 담겨있을 때는 운송 전후에 캐니스터의 압력을 기록하여 시료의 손실이 없음을 확인한다.