

유량계의 보정과 사용상의 주의

카톨릭의대
이 광 목

※ 본 특수유해요인측정법은 이번호로 마칩니다.

1. 머리말

기중 유해물의 농도를 측정하는 경우 유해물을 포집하기 위해서 흡인되는 공기량을 정확히 파악하는 일이 중요하다. 이를 위해서 유량계가 쓰이는데 이 유량계에는 여러가지 종류가 있다. 공기포집 장치에는 각기 특성에 따라 선정된 유량계가 부착되어 있는 것이 보통이다. 그러나 이 유량계는 제조회사에서 출하시 보정되어 나오고 있고 보정표가 따라오지만 사용중 변동을 일으켜 유량계의 지시치와 실유량과 일치하지 않게 된다. 그래서 정확도가 떨어지는 것이 보통이므로 정기적으로 보정하여 주어야 한다.

2. 유량계의 종류

유량계에는 유량을 표시하여 주는 적산치지시식(積算値指示式)과 유량속도를 표시하여 주는 유속지시식(流速指示式)의 방식이 있는데 이들중에는 유량속도를 직접 측정하는 것과 유량과 비례관계가 있는 유속이나 압력등을 측정하여 유량으로 환

산하는 간접방식의 두가지가 있다.

2.1 일차표준장비

○ 스파이로미터(spirometer)

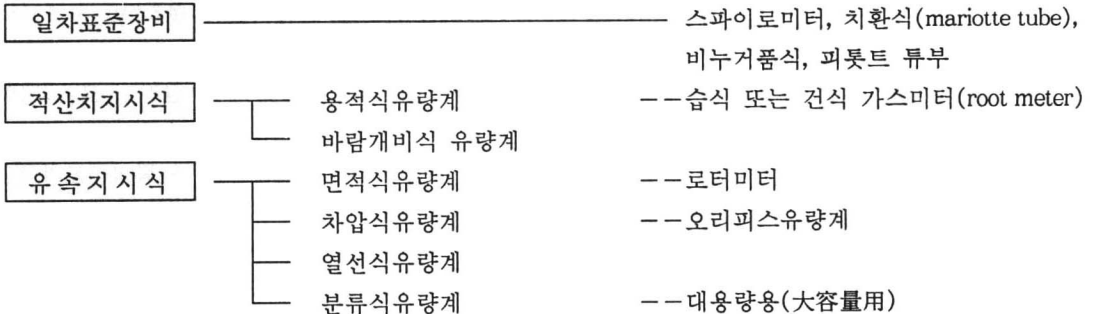
그림1과 같은 구조를 가진 것으로 우리가 흔히 폐활량을 측정할 때 쓰고 있는 장치이다. 그림에서 보듯이 밑쪽이 뚫린 원통(bel)을 물속에 드리운 것으로 공기가 주입되면 원통이 상승하게 되어 있다. 이때 상승된 높이에 원통의 단면적을 곱하여 공기량을 측정하는 것인데 이 기기의 중요한 요점은 원통의 중량과 물속에서의 부력 그리고 이와 평형을 이룰 수 있게 장착한 추의 무게가 중요하다.

○ mariotte bottle

그림2와 같은 형태로서 일정 용량의 병속에 물을 채우고 이 물을 흘리어 공기와 치환함으로써 흡인된 공기량을 측정하는 것이다.

○ soap bubble meter

이 장치는 일종의 gas burette(그림 3)인데 이 관을 수직으로 세우고 밑으로부터 비누 거품의 막을 형성케 하고 이 막의 이동 속도로 부터 공기량이 흐르는 속도를 측정하여 흡인량을 측정하는 공기



일차 표준장치는 모든 유량계를 보정하여 줄 때 기본이 되는 장비를 말한다.

량의 흐르는 속도를 측정하는 장치이다. 가장 흔히 쓰이는 보정장치라고 생각하면 된다. 측정범위는 유리관의 굵기에 달려 있으나 일반적으로 1.0내지 1000ml/min의 범위에서 사용할 수 있다. 그리고 그 정확도는 1.0%정도이다.

○ pitot tube(velocity meter)

이 장치는 유속측정장비의 일차 표준장치라 할 수 있다. impact tube와 static tube로 되어 있고 이 관내에서의 정압(靜壓)과 속도압(速度壓) 그리고 전압(全壓)으로부터 Bernoulli의 정리에 의하여 유량을 산출하는 장치이다.

$$V = (2 g_c P_v / \rho)^{0.5}$$

여기에서 V = 속도

P_v = 속도압

g_c = 중력가속도

ρ = 가스의 비중

20°C 1 기압일때

$$V = 4.03(P_v)^{0.5}$$

V = 속도(m/s)

P_v = 속도압(mmH₂O)

이 장치를 사용할 때 어떤 압력계를 사용하느냐에 따라 그 정확도나 측정 범위가 달라진다. 12.7m/s 이상에서는 U자관을 사용할 수 있고 이보다 유속이 낮은 경우에는 경사진 압력계(inclined manometer)로 압력을 0.25cmH₂O까지 측정하여 5.1m/s까지 측정이 가능하다. 이보다 낮은 압력을 측정하려면 전기적인 압력계(electronic capacitance pressure gauge)가 쓰이는데 0.5m/s까지 유속을 측정할 수 있다.

2.2 용적식 유량계

용적식 유량계는 가스미터인데 습식과 건식의 두가지 형태가 있다. 이 장치는 일정한 공간에 가스를 담았다가 배출하는 형식으로 되어 있어서 그 회수를 적산하여 지시한다. 정확도에서는 습식이 우수하다. 그렇다 하더라도 약 1%정도의 오차는 있을 수 있다. 이 가스미터는 그래도 가장 정도가 높으므로 다른 형식의 유량계의 교정에 2차 표준 기기로 쓰인다. 바람개비식 유량계는 정도가 나쁘다.

○ wet test meter

그림 4와 같은 장치로서 기능면에서 일차 표준

장치와 같다. 이 장치에는 일정높이 만큼 물을 주입하게 되어 있고 그림의 가스 주입구로 가스를 넣어주면 구부러진 날개사이(일정 용량을 가짐)로 가스가 들어가게 되어 그 부력으로 통속의 날개가 회전하도록 되어 있다. 이 회전수로 부터 가스의 량을 계산하는 장치이다. 물론 이때의 물의 온도와 가스의 압력이 고려되어야 한다. 가스를 통과 시키기에 앞서 측정하고자 하는 가스를 물에 포화시켜야 할 때도 있다. 그리고 저속에서는 정확치 않다.

○ dry gas meter

이 장치는 기계적인 발브로 연결된 두개의 bag이 있는데 이것이 교대로 공기로 채워졌다가 빠져나가게 되어 있다. 이 bag의 용량이 일정하므로 여기를 지나는 공기의 량을 계산할 수 있게 되어 있다. 이 장치는 새는 경우가 있어서 주의를 요하며 5내지 5,000리터/분의 속도를 측정할 수 있다.

○ roots type gas meters

그림 5와 같은 구조를 가진 것으로 wet meter와 같은 구조이나 물을 사용하지 않는 것이 다른데 이로 인해 새기 쉽다.

2.3 면적식 유량계(volumetric flow meter)

○ rorameter

면적식유량계는 아래쪽보다 윗쪽으로 올라갈수록 조금씩 내경을 넓게 한 관(taper tube)안에 부자(浮子)를 넣고 수직상태에서 기체를 하방에서 상방으로 흐르게하여 부자에 주어지는 부력과 이때에 부자에 작용하는 중력이 평형을 이루어 일정한 높이에 정지하게 된다. 이때 부자와 관과의 사이에 형성되는 면적(S;그림 참조)과 여기를 통과하는 기체의 유량(F)은 비례관계가 있다. 그 관계식은 다음과 같다.

$$F = KS \sqrt{\frac{2 g V_f (\rho - \rho_0)}{A_f \rho}}$$

여기에서

K : 유량계수

g : 중력의 가속도

V_f : 부자의 체적

A_f : 부자의 최대직경부의 단면적

ρ : 부자의 밀도

ρ_0 : 기체의 밀도

이 면적식 유량계의 정도는 taper tube 및 부자의 설계에 따라 결정되는데 내관의 단면이 삼각형으로 된 것은 0.5%의 오차를 가진 우수한 것도 있다.

여기에서 일컫는 rotameter란 처음 이 기기가 사용될 때 부자에 나선형의 흡이 파져 있어서 부자가 돌게되어 있었기 때문에 붙여진 말이다. 현재는 그리 쓰이지 않는다. 이 유량계는 너무 적은것은 정확도가 떨어진다. 시중에서 구입되는 유량계는 제조사에서 작성한 보정표가 따라오는데 일반적으로 5%정도의 정확도 밖에 없다. 그러나 사용자가 다시 보정하여 주면 1% 정도의 정확도까지 올릴 수 있다. 보정할 때 주의할 점은 온도와 기압을 일정하게 하는 일이다. 일반적으로 1기압, 25°C에서의 보정을 한다. 그러나 실제로는 조건이 달라진다. 예를 들면 필터를 장착하게되면 25 mm크기의 AAmillipore필터로 11 리터/분의 속도로 흡인하였을 때 190mmHg의 압력 손실이 생긴다. 따라서 이때는 실제의 유속은 $11 \times (570/760)^{0.5} = 9.5$ 리터/분 밖에 안된다. 온도의 경우도 마찬가지이다. 보정을 20°C에서 행하였을 때 실제환경이 35°C였다면

$[(273 + 35)/(273 + 25)]^{0.5} \times 100 = 101.66$ 이 되고 결국 16.6%만큼 증가한다.

즉 실제의 값은 실제 측정당시의 절대온도와 보정시의 절대온도의 비 또는 압력의 비의 평방근과

비례한다.

○ 차압식 유량계(head meter)

이 장치에는 orifice meter와 venturi meter등이 있는데 가스 통로에 제한을 줄때 일어나는 흡인쪽과 배출쪽(upstream and downstream)의 정압 차이로 유속을 계산하는 장치이다. 열역학의 제일 법칙이 이용되는데 복잡한 계산을 하는 번거로움이 있고 조건에 따라서는 실제 유량 계산이 어려울 때가 있다. 이를 위한 계산기가 개발되기도 하였으나 사용상 어려운 것이 사실이다.

○ 분류식 유속계(bypass flow indicators)(rotameter)

high volume sampler에 쓰이고 있는 유량계는 이 분류식이 쓰인다. 그림8과 같은 구조로 되어 있는데 이 부분이 sampler의 모터의 뒷쪽에 위치하고 있기 때문에 모터부라시로 부터의 탄소 먼지가 끼기 쉬워서 오차가 생긴다. 그래서 자주 보정할 필요가 있다. 물론 상품화된 장비는 제조회사에서 roots meter로 보정이 되어 나오지만 충분치 않다.

○ 열선식 풍속계(heated element anemometer)(velocity meter)

가열된 열선이 냉각되는 것과 기류속도간에 비례함을 근거로 한 풍속계이다. 이 장치는 0.05m/s 내지 40m/s까지 광범위한 범위의 기류를 측정할 수 있다. *

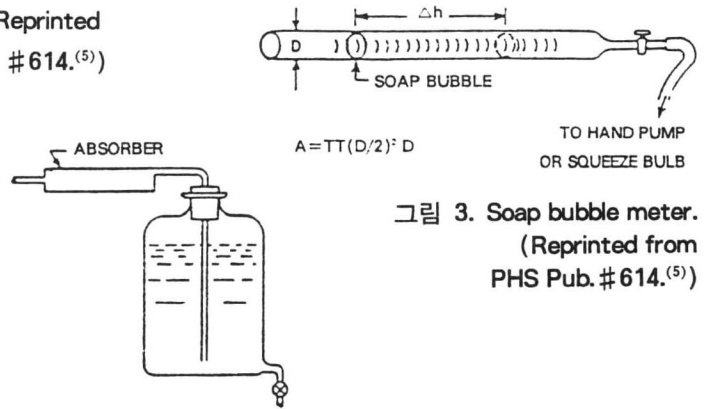
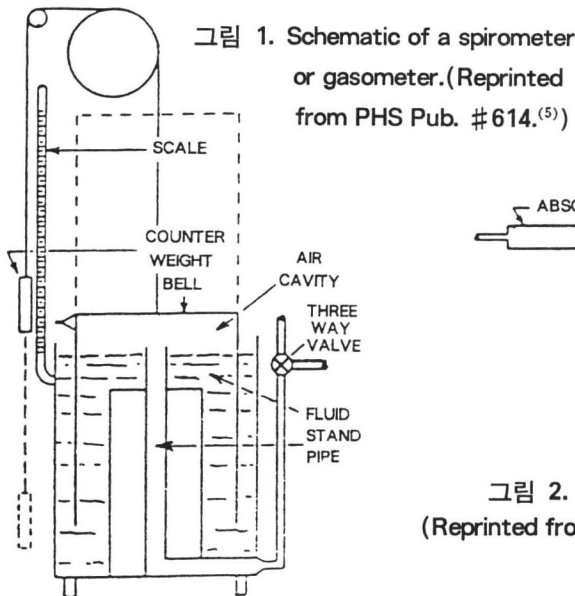


그림 2. Mariotte bottle. (Reprinted from PHS Pub. # 614. (5))

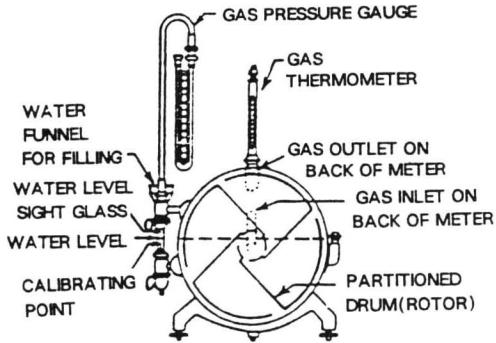


그림 4. Wet test meter.
(Reprinted from PHS Pub. # 614.⁽⁵⁾)

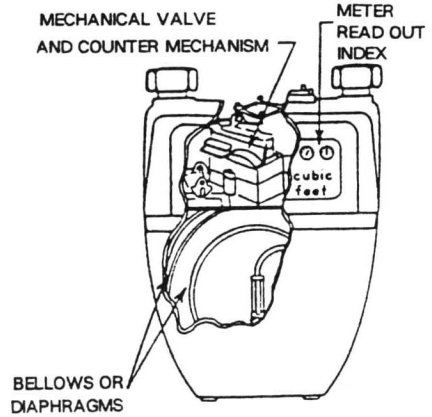


그림 5. Dry gas meter.
(Reprinted from PHS Pub. # 614.⁽⁵⁾)

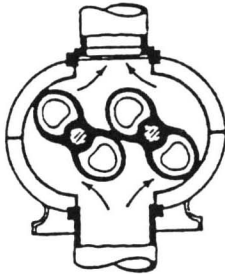


그림 6. Cycloidal or roots type gas meter.

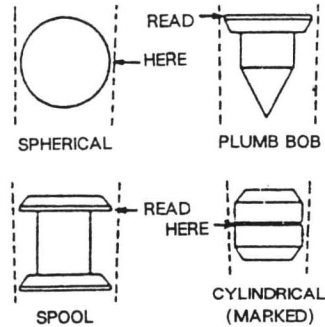


그림 7. Types of rotameter floats.
(Reprinted from PHS Pub. # 614.⁽⁵⁾)

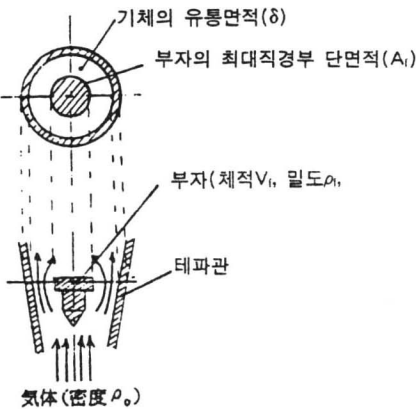


그림 8. 면적식 유량계

