

2A5) PM₁₀ 베타 게이지 부유분진 측정기의 교정기 개발 Development of Calibrator for PM₁₀ Beta Gauge Monitor

김현호¹⁾ · 이재용¹⁾ · 류성윤^{1), 2)} · 김영준²⁾

¹⁾한국표준과학연구원 환경계측그룹, ²⁾광주과학기술원 환경공학과

1. 서 론

경제활동에 따른 에너지 사용의 증가와 자동차의 급격한 증가로 인해 대도시의 대기중에 부유 분진 농도의 증가가 초래되었고 이로 인해 시정장애 및 인간의 호흡기 질환 등의 문제가 야기되었다. 국내에서는 입자상 대기오염 물질에 대해서 1995년부터 대기 중에 존재하는 부유분진 중 입자의 직경이 10 μ m 이하인 입자(PM₁₀)를 기준항목으로 설정하여 관리해오고 있으며, 최근 주요 대도시의 미세먼지 오염도가 환경기준치를 훨씬 초과하고 있어 PM₁₀에 대한 환경기준을 대폭 강화하려 하고 있고, 미국 EPA에서는 1997년부터 보다 더 강화된 미세분진 기준을 추가하여 대기중의 PM_{2.5} 입자들을 관리하고 있다.

입자상 농도를 측정하는 방법에는 전통적인 중력에 의한 측정, 광학적인 산란을 이용한 측정 등 몇가지가 있으나 각각이 가지고 있는 문제점 때문에 베타선의 감쇄원리에 기초를 둔 베타게이지가 대기부유분진측정에 널리사용되고 있다. 방사성 원자핵이 붕괴하여 원소의 원자번호가 바뀌어 지고 전자나 양전자를 방출하는 현상을 베타붕괴라 한다. 베타붕괴에 의해 발산되는 전자들이 다른 물질과 부딪칠때, 충돌되는 물질의 내부에 있는 외곽궤도전자 및 원자핵과의 산란을 통해, 발산되었던 전자가 그 에너지를 일부 잃어버리게 된다. 베타입자의 에너지가 작은 경우에는 대부분의 에너지 손실은 충돌되는 물질의 외곽궤도전자와의 산란을 통해 발생하게 된다. 그래서 그러한 경우에 베타입자의 흡수도는 흡수물질의 전자밀도에 비례하게 된다.

한편 국내에는 전국적인 측정망에 상당수의 PM₁₀ 부유분진 측정기가 보급되어 상시 측정 중에 있다. 하지만 현재 정확한 보정장비의 부재로 인해 측정 데이터의 신뢰도가 문제시 되고 있다. 본 연구의 목적은 이러한 측정망에 보급된 PM₁₀ 베타게이지의 정확한 보정을 위한 보정기를 개발하고 이를 현장에 적용하는 데 있다. 기존의 중력분석법과 베타게이지의 방법을 비교하였고 베타게이지의 보정용 표준필름을 제작하였다.

2. 연구 방법

베타게이지의 농도측정은 베타 입자가 매질을 통과할 때 감쇄되는 정도를 물질의 질량밀도에 지수적으로 변하는 함수로부터 구할수 있다.

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (1)$$

여기서 I_0 는 초기 베타선의 세기이고 I 는 매질을 통과한 후의 베타선의 세기, x 는 흡수물질의 질량밀도 (mass density, mg/cm²)이고, μ 는 베타선 감쇄계수(attenuation coefficient, cm²/mg)이다. 감쇄계수 μ 는 이론적으로 0.262cm²/mg이나 일반적으로 기준 질량체(mass standards)를 사용한 보정을 통하여 결정하게 된다. 베타선 검출기를 사용하여 I 와 I_0 를 정확히 측정하면 흡수물질의 질량밀도 x 를 결정할 수 있어서 이 원리를 이용하여 대기중의 부유입자상 물질의 농도를 측정할 수 있다.

본 연구는 PM₁₀ 베타게이지의 보정을 위한 기기개발을 목적으로 수행되었다. 중력분석법과 베타감쇄법을 동시에 측정할 수 있는 장비의 개발을 위하여 한 기기에 PM₁₀ cyclone (URG-2000-30ENB)을 이용한 포집부분과 베타선을 이용하여 바로 측정할 수 있는 베타선 부분을 만들었다. 16.7 Lpm의 유량을 갖는 오리피스를 사용하였고, mass flow sensor(Honeywell PK88762)를 사용하여 정확한 유량을 측정하였다. 또한 온도, 습도, 압력을 실시간으로 측정하였다. 본 실험에 사용한 여지로는 47mm 석영필

터(Whatman 1851047)를 데시게이터에 항습하여 사용하였다. 질량분석을 위하여 마이크로 밸런스를 사용하여 초기 무게를 측정 후 페트리디쉬에 넣고 보관하였고, 샘플링 후의 무게를 다시 마이크로 밸런스를 이용하여 질량농도를 측정 후 베타 분석법을 이용하여 비교 분석하였다.

분진의 유입을 위해 TSI사의 입자분사기(3433 SSPD)를 사용하였고 분진은 화력발전소 플라이애쉬를 사용하였다. 또한 표준 필름의 선정을 위해 다양한 폴리에스터(Polyester) 필름을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

개발된 PM₁₀ 베타게이지 교정기를 사용하여 여러 온도 및 습도의 조건에서 중력 분석법과 베타 감쇄법을 이용하여 농도를 측정하였다. 질량농도법과 베타 감쇄법은 좋은 상관관계를 나타내었다.

베타 감쇄법으로 농도를 계산하는 식은 (1)으로부터 아래와 같은 (2)으로 유도되어 구할 수 있다.

$$M_C = \frac{10^6 A \ln(I_0/I)}{Q \mu_m \Delta t} \quad (2)$$

M_C 는 질량농도 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 질량흡수계수 μ_m 은 에어로졸의 화학적인 형태에 무관하다고 알려져 있고 계기보정을 통해 얻어진다. 대기 에어로졸을 중력적인 방법으로 계기 보정한 결과 에어로졸의 μ_m 값이 $0.260 \pm 0.025 \text{ cm}^2/\text{mg}$ 을 나타내었고 이 값은 $0.2619 \text{ cm}^2/\text{mg}$ 의 문헌치와 비슷한 값을 나타내었다.

표 1은 본 실험에 사용된 폴리에스터 필름의 물성을 나타낸 것이다. 이 필름을 이용하여 베타 감쇄법으로 질량 농도를 측정하였고 이를 바탕으로 보정 작업을 수행하였다.

Table 1. Thermo chemical properties of polyester film.

Model	thickness	thermal conductivity	specific gravity	specific heat
SC44	4.6 μm	3.4×10^4 cal/cm ³ ·sec·°C	1.40g/ml	1.34 KJ/kg 25°C

사 사

광주과학기술원 환경모니터링 신기술 연구센터를 통한 한국과학재단 우수연구센터 지원금 및 한국표준과학연구원 현장용표준기 개발 사업 지원금에 의한 것입니다.

참 고 문 헌

- 환경부 (1999) 「대기오염 계측기기 개발연구」, 한국표준과학연구원 보고서
- Chang, C.T., Tsai, C.J., Lee, C.T., Chang, S.Y., Cheng, M.T. and Chein, H.M (2001) Differences in PM10 concentrations measured by β -gauge monitor and hi-vol sampler, Atmospheric Environment 35, 5741-5748
- Charron, A., Harrison, R.M., Moorcroft, S. and Booker, J. (2004) Quantitative interpretation of divergence between PM10 and PM2.5 mass measurement by TEOM and gravimetric(Partisol) instruments, Atmospheric Environment 38, 415-423