

PA31) 미세먼지 연속측정기기 통일성 평가

Equivalence Evaluation of PM₁₀ Continuous Monitoring Instruments

안미진 · 김두래 · 윤호균 · 박후경 · 허미숙 · 안경수 · 유승성 · 이상열 · 정 권
 서울시보건환경연구원

1. 서 론

인체 위해성, 스모그, 장거리 이동 및 지구환경변화 등의 문제와 관련하여 그 중요성이 강조되고 있는 미세먼지의 영향을 평가하기 위해 우선적으로 신뢰성 있는 측정 방법이 요구된다. 대기환경보전법에서 미세먼지 측정방법으로 중량법과 베타레이 측정방법을 포함한 5가지 방법을 제시하고 있으나 시료 채취 방법과 농도 산출 방식의 차이에 따른 측정결과의 상대적 오차가 클 수 있는 것이 미세먼지 측정에 내재된 문제로 지적되고 있다. 입자를 채취하는 동안 입자와 기체성분 사이의 상호작용, 입자성분 사이의 상호작용, 수분의 영향 등은 측정오차 유발의 원인으로 작용할 수 있으므로 이러한 시료 채취와 분석과정에서 유발되는 임의적 오차나 변동으로 인한 불확실성으로 인해 세심한 주의와 정도관리가 필요하다. 실제 전국적으로 대기오염측정망에서 채택하고 있는 베타선 연속 측정법은 제조사별로 측정기기가 매우 다양하며 또한 같은 제조사라도 모델 역시 다양하다.

본 연구는 정확한 미세먼지 오염 현황 파악에 필수적인 정확한 측정을 위하여 발생 가능한 각종 측정 오차 중 측정기기별 측정 오차를 중량법을 기준으로 상호 비교 하였으며 유럽연합의 대기 모니터링 방법 통일성 프로그램 가이드를 준용하여 측정불확도를 평가하였다.

2. 연구 방법

본 연구원 내에 위치한 양재동 측정소 2층에 2007년 1월 19일부터 11월 12일까지 중량법 및 연속자동 측정기기를 동시 설치하여 운영하였다. 중량법에 의한 측정은 연속적으로 운영하였으나 연속자동 측정기기는 기기별로 측정 기간이 다소 달랐다.

중량법에 의한 측정에는 미니볼륨 포터블 에어샘플러(Mini Volume Portable Air Sampler, Air Metrics) 3대를 이용하였는데 흡인 유량은 5 l/min, 사용 여지는 멤브레인 필터(47mm, Pallflex)였고 24 시간 단위로 자료가 생산되었다. 여지는 오전 10시에서 11시 사이에 교체하였으며 시료 채취 전 후에 온도 20±2℃, 상대습도 50±5%에서 24시간 이상 항량한 후 무게를 측정하여 그 차로 농도를 계산하였다.

연속자동측정기기는 베타선 측정법, 테이퍼진동소자법(Tapered Element Oscillating Method) 및 광산란법(Light Scattering)을 포함한 총 6대의 기기를 운영하였는데 베타선 측정법은 4대, 테이퍼진동소자법 및 광산란법은 각각 1대를 사용하였다. 각 측정기기에 대한 상세 사항은 표 1과 같다. 2010 Gas Dilution Calibrator(Sabio Instruments Inc, USA)로 유량을 교정하였다.

자동연속측정기에서 생산되는 자료는 유럽연합의 대기 모니터링 방법 통일성 프로그램 가이드를 준용하여 측정불확도를 다음식과 같이 계산하였다. 우선 자동연속측정기의 상대불확도($u_c(y_i)$)를 식(1)에 의해 계산한 후 합성상대불확도($w_c(y_i)$) 및 확장불확도($W_c(y_i)$)를 식(2) 및 (3)에 의해 계산하였다. 확장불확도는 95% 신뢰수준에서 k값을 2로 하였으며 LV(Limit Value)는 미세먼지 대기환경기준치 100µg/m³으로 하였다.

$$u_c^2(y_i) = \frac{\sum_{i=1}^{n_r} (y_i - a - bx_i)^2}{n_c - 2} + (a + (b - 1) \cdot LV)^2 \quad (\text{식 1})$$

a: intercept, b: slope

$$w_{c(y_i)} = 100 \cdot \left(\frac{u_c(y_i)}{LV} \right) \quad (\text{식 2})$$

$$W_c(y_i) = k \cdot w_{c(y_i)} \quad (\text{식 3})$$

3. 결과 및 고찰

연속측정기로 측정된 평균농도는 중량법과 유사하거나 약간 낮은 값을 나타냈으나 T검정 결과 통계적으로는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 중량법에 대한 각 연속측정기 측정값을 plotting한 결과 그 회귀선에서 기울기가 광산란법을 제외하고 모두 0.9보다 컸다. 광산란법의 기울기는 0.9보다 작으나 측정불확도값은 유럽연합기준 이하로 양호한 결과를 나타냈다. 측정불확도 값은 기기별로 22.1%에서 29.9% 까지 계산되었으며 6대의 연속측정기중 4대가 유럽연합 기준인 25% 이하의 값이었고 베타선기기 4대중 1대와 TEOM 1대는 이 기준을 약간 상회하는 값을 나타냈는데 이에 대한 보정계수 적용은 정확도를 높이지 못하였다.

계절 변화 및 강우 등 여러 가지 환경 요인에 의해 측정값의 불확도가 달라질 수 있으므로 보다 장기적으로 측정하면서 이러한 영향을 고려하는 등 향후 추가연구가 필요하다.

Table 1. Instrument description and measurement period.

	Beta Attenuation				TEOM(1)	Light Scattering(1)	Mini Vol. Air Sampler
	beta(1)	beta(2)	beta(3)	beta(4)			
flow rate (ℓ/min)	16.7	16.7	16.7	16.7	inlet: 16.7 head: 3	1.2	5
filter	glass fiber (35mm×30m, Microscience)	glass fiber (30mm×13m, Advantec)	glass fiber (40mm×42m, Microscience)	glass fiber (40mm×42m, Microscience)	teflon coated glass fiber (14mm, Thermo)	-	Membrane (47mm, Pallflex)
Heating	45°C around sampling pipe	60°C around sampling pipe	40°C around sampling pipe	40°C around sampling pipe	50°C around oscillating filter & sampling pipe	Silica gel dryer	-
Measurement Period	19 th Jan. ~ 30 th Jun.	28 th March ~ 12 th Nov.	28 th March ~ 12 th Nov.	28 th March ~ 12 th Nov.	19 th Jan. ~ 11 th May	19 th Jan. ~ 15 th May	

참 고 문 헌

- 백성욱, 박지혜, 서영교 (2002) 실내의 공기 중 부유먼지 측정방법 상호간의 비교평가-중량법을 대상으로, 한국대기환경학회지, 8(4), 285-295.
- 안미진, 김두래, 이상훈, 윤호균, 유승성, 허항록, 정 권 (2007) 중량법을 기준으로 한 PM10 연속측정기기 비교 평가, 서울-오사카시 보건환경문제 심포지움, 119-128.
- 양원호, 김대원, 김진국, 윤충식, 허 용, 이부용 (2005) 샘플유량과 기상조건에 따른 미세먼지 중량 측정용 기구간의 농도 비교, 한국환경과학회지, 14(1), 91-96.
- 한국대기환경학회 측정 및 분석 분과회 (2005) 대기시료채취 및 분석 기술.
- DEFRA (2006) UK Equivalence Programme for Monitoring of Particulate Matter.
- Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods, EC, Nov. 2005.