

PF13) 다중이용시설에서 미세먼지(PM_{2.5}) 측정방법 연구

A Study on Measurement Methods of Particulate Matter(PM_{2.5}) in Public Facilities

서수연 · 장성기 · 유주희 · 김현도

국립환경과학원 실내환경연구팀

1. 서 론

미세먼지는 그 자체로서 인체피해뿐만 아니라 금속, 유기물, 산, 이산화질소 그리고 기타 오염물질 등과 결합하여 2차 오염물질로 변환 후 인체 흡입 시 기관지 또는 폐포 부위에 도달, 침착하기 쉽기 때문에 건강상의 피해를 유발한다(John et al., 1990). 그 크기가 작을수록 호흡기 깊숙한 곳까지 침투하여 인체에 미치는 영향이 커지게 된다. 따라서 현재 관리 중인 PM₁₀보다 작은 입자인 PM_{2.5}에 대한 관심이 커지고 있다. 미국 EPA에서는 관리대상 대기오염물질 중 PM₁₀을 PM_{2.5}로 변경하였으며, 국내에서도 PM_{2.5}에 대한 대기환경기준 설정이 추진 중에 있다. 환경부는 실내공기질의 합리적 관리를 통해 국민의 건강증진과 유지를 목적으로 2004년부터 다중이용시설등의 실내공기질 관리법」을 시행·운영하고 있으며, 오염물질을 타당하고 통일된 방법으로 측정하기 위해 「실내공기질 공정시험방법」을 제정·운영하고 있다. 현재 PM_{2.5}에 대한 시험방법은 제정되어 있지 않아, 본 연구는 실내공기질 공정시험 방법(환경부, 2010)항목 중 미세먼지(PM₁₀) 시험방법의 주시험방법인 소용량공기포집법을 적용하여 PM_{2.5}를 측정 중량법을 사용하는 경우에 필요한 적절한 시료채취유량을 검토하였으며, 중량법과 두 가지 종류의 자동 측정방법(베타선 흡수법, 광산란법)을 이용하여 24시간 PM_{2.5}농도를 측정하고 그 차이를 비교하였다.

2. 연구 방법

중량법을 이용하여 PM_{2.5}를 측정할 때 적절한 시료채취유량을 파악하기 위하여 20지점의 다중이용시설에서 소용량공기채취기(Mini volume air sampler) 각 2대를 이용하여 5.0 L/min의 유량으로 6, 8, 24 시간 동안 시료를 채취하였다. 시료채취에 사용된 여지(Pure Quartz Filter, 47 mm, Whatman)는 사용 전·후 온도(20±2℃)와 습도(50±2%)가 일정하게 유지된 향온·향습장치(desiccator)에서 48시간 이상 보관 후 0.001 mg까지 칭량할 수 있는 전자미세저울(Sartorius M2P, Goettingen, Germany)을 이용하여 칭량하였다. 한 시료에 대해서 3회 이상 반복 칭량하여 그 평균값을 대표치로 계산하였다. 소용량 공기포집기의 유량은 오리피스 압력계(MNF 1640)를 이용하여 만든 유량 보정표를 참고하여 보정된 유량과 계산식에 의해 미세먼지의 농도를 계산하였다. 시료채취장치가 2대인 경우는 두 측정값의 상대적인 차이(relative percentage difference, RPD)를 시료채취장치가 3대 이상인 경우는 변이계수(coefficient of variation, CV)를 이용하여 정밀도를 가늠하였다. 중량법과 자동측정방법의 차이를 알아보기 위해서 동일한 장소에서 베타선 흡수법 측정장비(FH 62-1, Thermo Andersen)와 광산란 방식 측정장비(DustTrack model 8520, TSD)를 동시에 설치하여 24시간 동안 PM_{2.5}를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 시료채취시간에 따른 중량법의 정밀도 평가

실내에서 중량법을 이용하여 PM_{2.5}를 측정할 때, 시료채취 총 유량이 증가할수록 소용량공기포집법의 정밀도는 증가하는 경향으로 나타났으며(그림 1), 6시간(1,800 L)을 채취하는 경우 PM₁₀은 15.0%, PM_{2.5}는 18.8%의 오차를 보였으며, 8시간(2,400 L) 채취하는 경우 PM₁₀ 9.9%, PM_{2.5} 14.15%, 24시간(7,200 L) 시료를 채취하는 경우는 PM₁₀ 7.0%, PM_{2.5} 7.5%로 오차가 10%내외로 평가되었다. 소용량공기채취기(5.0 L/min, 47 mm 석영필터)를 이용하여 PM_{2.5}를 측정할 경우, 최소 24시간(7,200 L) 이상 시료를 채취해야 측정 및 분석과정에서 발생하는 오차를 줄일 수 있다고 보여진다.

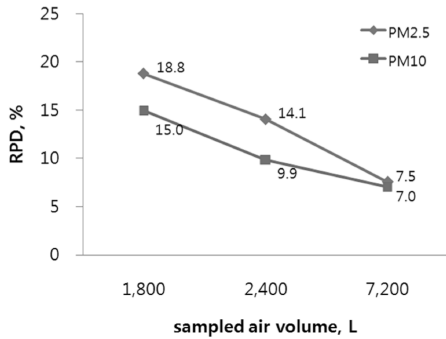


Fig. 1. RPD of mini-volume air samplers for PM_{2.5} and PM₁₀ sampling by air sampling volume.

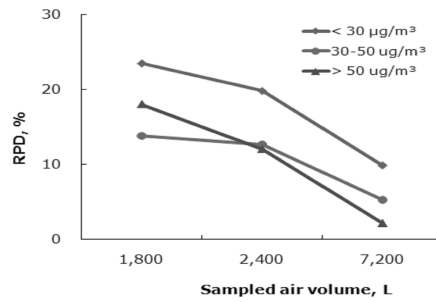


Fig. 2. Precision of PM_{2.5} concentration between mini-vol air samplers(5.0 L/min) by total sampling volume.

3.2 중량법과 자동측정방법 비교

베타선흡수법과 광산란법을 이용한 24시간 미세먼지(PM_{2.5}) 농도 측정결과를 중량법을 이용한 측정결과로 나누어 농도비를 비교해보았다(그림 3). 베타선흡수법을 이용하여 측정된 경우는 소용량광기포집법을 이용한 중량법 측정값의 0.57~1.09의 농도비 범위를 보였으며, 광산란법의 경우는 1.09~2.23의 농도비 범위를 보여 중량법과의 결과차이가 크며 일관성을 보이지 않는 것으로 나타났다. 특히 광산란법은 습도가 60% 이상으로 높아지면 중량법과의 차이가 더욱 커지는 것으로 조사되어 PM_{2.5} 측정 시 주의가 필요한 것으로 판단되었다.

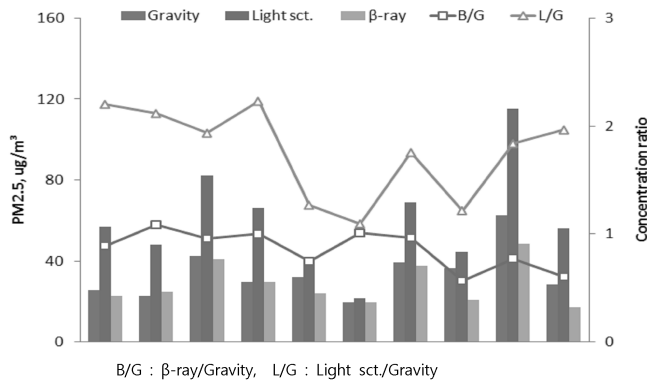


Fig. 3. Comparison of concentration PM_{2.5} by 3 different measurement method.

참고 문헌

환경부 (2010) 실내공기질 공정시험방법, 환경부 고시 제2010-24호.
 John, W., S.M. Wall, J.L. Ondo, and W. Winklmayr (1990) Modes in the size distribution of atmospheric inorganic aerosol, Atmospheric Environment, 24A, 2349-2359.
 WHO (2005) WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen, dioxide and sulfur dioxide.