

PA2 기상변화에 따른 미세분진 측정용 기구간의 농도 비교 연구

양원호, 윤충식, 이부용¹, 허용, 김대원¹, 김진국, 박종성
대구가톨릭대학교 산업보건학과, 대구가톨릭대학교 환경과학과

1. 서 론

현대사회는 인구, 산업, 경제활동이 도시에 집중되며, 공장의 가동과 가정의 활동 및 자동차 사용량의 증가로 각종 오염물질을 방출하므로 도시지역의 실외 대기를 오염시키고 있다. 또한 근로자가 제조 및 기타 작업 활동을 하는 작업 실내환경(Indoor Environment: IE) 뿐만 아니라 작업공정 없이 근로자가 일을 하는 사무실 및 일반 대중이 거주하는 주택 등의 실내환경에서도 환기 및 실내 발생원에 따른 실내공기오염이 인간 건강영향을 야기 시킬 수 있다.(Chow, 1995; Jones, 1999)

실내·외 환경에서 공기중 입자상 물질은 먼지, 매연, 검댕, 액적 등의 고체상 또는 액체상 물질로 구분할 수 있는데, 부유분진(suspended particulate)은 보통 공기역학적 직경이 10 μ m을 기준으로 미세분진과 거대분진으로 분류된다. 부유분진의 인체 영향은 먼지의 크기, 화학적 조성, 농도분포, 수증기 친화력 등 다양한 변수와 밀접한 관계가 있다.(Hughes and Cass, 1998)

부유분진이 인체에 미치는 유해성을 평가하기 위해서는 신뢰성 있는 공인된 측정방법이 마련되어야 한다. 실외 대기환경 중 부유먼지의 측정방법에는 여러 가지가 있으나 측정원리의 측면에서는 중량과 광학적 방법으로 구분할 수 있으며, 포집유량 측면에서는 high-volume과 low-volume으로 구분된다.(백성옥 등, 2002) 실내환경에서는 상대적으로 소형펌프를 이용한 낮은 유량을 이용하여 지역시료(area sampling)와 근로자 및 거주자를 대상으로 호흡위치에서 개인노출(personal sampling)를 이용하여 부유분진을 측정하고 있다.(배현주 등, 2001)

본 연구에서는 다른 유량범위를 가진 측정기를 이용한 시료채취와 채취된 부유분진의 농도를 상호 비교·평가하고자 하였다. 다른 유량범위를 가진 측정기는 각각 측정기의 유입속도가 다르기 때문에 측정기 사이의 오차를 나타낼 수 있으며, 측정오차는 실내 및 실외환경에서 기류 등 기타 기상변화에 영향을 받을 가능성이 높다. 따라서 공기중 부유분진 측정에서 기상변화의 영향을 연구하여, 환경조건에 따른 적절한 측정기기의 선택 및 측정 자료의 신뢰성을 높일 수 있도록 하는 것이다.

2. 재료 및 실험 방법

본 실험에서는 중량법에 의한 환경대기 중 부유분진의 채취에서는 대구가톨릭대학교 제 2자연대학 5층 건물옥상(지상에서 약 20m)에서 2003년 6월부터 10월까지 1주당 3일

과 4일로 구분하여 2회를 동일한 조건으로 측정하였고, 동시에 풍향, 풍속, 습도, 온도를 data-logger가 연결된 자동관측장비(Campbell, CR10X)를 이용하여 측정하였다. 자동관측장비는 1시간당의 기류속도, 습도, 온도, 풍향을 측정할 수 있도록 조작하였다. 부유분진 시료 측정기로 PM10 측정용으로 low-volume air sampler with cyclone(Kimoto Electric Co., LTD)과 MiniVol portable sampler(Airmetrics)을 이용하였고, PM2.5 측정용으로 MiniVol portable sampler(Airmetrics)와 PEM(personal environmental monitor, SKC Inc.)을 이용하였다. 호흡성 분진 측정용으로 절단입경(cut-off)이 $3.5 \mu\text{m}$ 인 Cyclone(SKC Inc.)을 첨가적으로 동시에 부유분진을 측정하였다. Low-volume air sampler는 자체에 강우를 피할 수 있는 있지만, 그렇지 못한 Cyclone과 PEM은 상부에 강우를 피할 수 있도록 장치를 설계하였다. <Fig. 1>

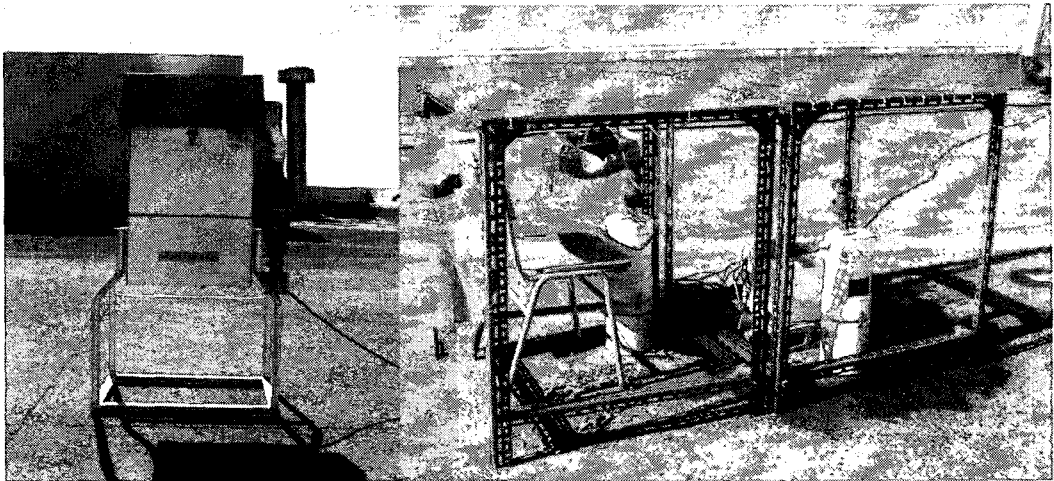


Fig. 1. Instruments for suspended particulates used in this study.

본 연구에서는 미세분진 측정결과에 미치는 여지의 채취효율차이에 의한 영향을 최소화하기 위해, low-volume air sampler의 여지를 제외하고 동일한 종류의 여지를 사용하였다. 사용한 여지는 pore size가 $1 \mu\text{m}$ 이하인 PTFE(Teflon)를 사용하였다. Low-volume air sampler는 Advantec 社의 유리섬유(size: 203x254 mm)를 사용하였다. 유량점검은 low-volume air sampler는 제조회사에서 공급하는 유량보정용 오리피스(orifice)를 이용한 정압변동에 따른 유량 보정표를 이용하였고, 다른 측정기구는 비누거품미터(soap bubble meter)를 이용하였다. 시료채취 전·후의 여지는 데시케이터(상대습도 $45 \pm 5\%$)에서 항량이 되도록 48시간 보관하였다. 여지에 포집된 시료는 10^{-5}g 까지 칭량할 수 있는 micro-balance (Scaltec Inc.)를 이용하였고, 정전기의 영향을 최소화하기 위하여 정전기 제거장치를 설치하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 측정농도 비교

측정기 각각의 포집유량은 low-volume air sampler(PM10) 440 L/min, MiniVol portable sampler(PM10과 PM2.5) 5 L/min, Cyclone(cut-off: 3.5 μm) 2.5 L/min, PEM(PM2.5) 2 L/min 이었다. 2003년 6월부터 10월까지 1주일에 2회(3일 및 4일)씩 총 27회 측정한 각 측정기별 농도를 <표 1>에 나타내었다. 측정기간 동안 태풍으로 인한 기기 오작동에 따른 농도는 제외하였다.

측정결과를 살펴보면 PM10에서 유량(440 L/min)이 현저히 높은 low-volume air sampler가 5 L/min의 유량으로 부유분진을 포집한 MiniVol portable sampler보다 높은 농도 수치를 나타내었으나, 중위수 값은 다소 낮게 나타났다. PM2.5에서는 유량이 낮은 PEM이 MiniVol portable sampler 보다 낮은 평균농도 값을 나타내었지만, 최고농도 값은 PEM이 MiniVol portable sampler 최고농도 값에 비해 약 1.4배 높았다. 절단입경이 3.5 μm 인 Cyclone의 유량은 2.5 L/min으로 평균농도 값은 PM10 측정용인 MiniVol portable sampler보다 높았다.

Table 1. Measured concentrations (mg/m^3) of suspended particulates by different samplers

Measurement (flow rate)	Mean \pm S.D.	Median	Range
Low-volume air sampler PM10 (440 L/min)	0.0553 \pm 0.0451	0.0320	0.0062 ~ 0.1678
MiniVol portable sampler PM10 (5 L/min)	0.0392 \pm 0.0218	0.0339	0.0099 ~ 0.0849
MiniVol portable sampler PM2.5 (5 L/min)	0.0339 \pm 0.0191	0.0315	0.0085 ~ 0.0833
PEM PM2.5 (2 L/min)	0.0310 \pm 0.0277	0.0276	0.002 ~ 0.1131
Cyclone Cut-off 3.5 μm (2.5 L/min)	0.0441 \pm 0.0531	0.0324	0.0091 ~ 0.2832

3.2 측정기별 상관성

특히 농도 값의 차이가 매우 큰 농도 측정치를 제외한 측정별 농도를 측정기간 동안 측정기별 농도변화를 <Fig. 2>에 나타내었다. 측정된 부유분진의 측정기 별 경향(trend)은 비슷하였지만, PM10은 상대적으로 low-volume air sampler의 농도가 MiniVol portable sampler에 비해 높았다. PM2.5에서도 상대적으로 유량이 높은 MiniVol portable sampler가 높았다. PM10, PM2.5, Cyclone(cut-off: 3.5 μm)의 부유분진 포집 입경의 범위가 같지 않지만, 유량이 높아 유입속도가 높은 측정기기가 높은 농도 값을 나타내었다. 특히 Cyclone은 측정농도 값의 범위가 크게 나타나서 50%의 포집효율을 나타내는 절단입경

인 3.5 μm 입자와 가스(gas)의 분리가 적절하게 이루어지지 않은 것으로 생각할 수 있다.

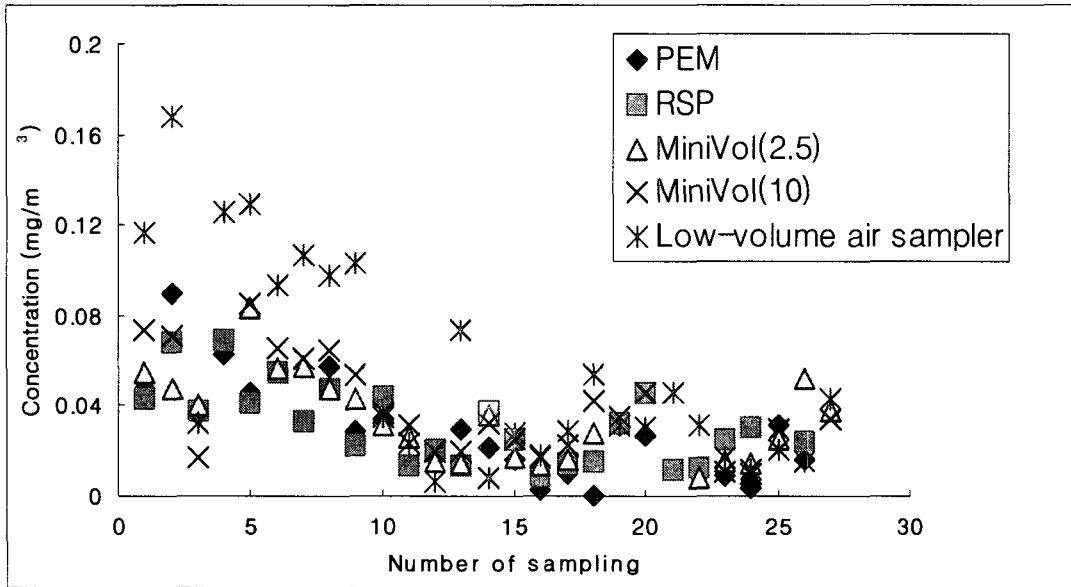


Fig. 2. Comparison among measured concentrations by difference samplers.

4. 요약

본 연구결과에서 측정기간 동안 측정기별로 상당한 농도차이를 나타낸 기간을 살펴보면 풍속이 높았던 것으로 분석되었다. 따라서, 기상요소 중 풍속은 미세분진의 측정시 유입속도에 영향을 일으켜 부유분진 측정농도에 오차를 야기 시킬 수 있는 것으로 생각할 수 있다. 결론적으로 건강유해 영향을 일으킬 수 있는 미세분진의 측정에 다양한 측정기가 사용될 수 있지만, 측정장소의 환경적 요소인 실내 및 실외환경뿐만 아니라 풍속 같은 기상요소를 고려하여 측정기를 선택하여야 한다.

참고 문헌

- 백성욱, 박지혜, 서영교, 2002, 실내외 공기 중 부유먼지 측정방법 상호간의 비교평가, 한국대기환경학회지, 18(4), pp. 285-295.
- 배현주, 양원호, 김나리, 정문호, 2001, 서울시 도로변의 PM_{3.5}/NO₂ 농도비 및 구두수선대 근로자의 노출평가” 대한위생학회지, 16(4), pp. 21-30.
- Chow, J.C., 1995, Measurement methods to determine compliance with ambient air quality standards for suspended particles, A&WMA, 45(5), pp. 320-382.
- Jone, A.P., 1999, Indoor air quality and health, Atmos. Environ., 33, pp. 4535-4564.
- Hughes, L.S. and Cass, G.R. 1998, Physical and chemical characterization of atmospheric ultrafine particles in the Los Angeles area, Environmental Science & Technology, 32(9), pp. 1153-1160.