

1A4) PM_{2.5} 기준채취방법 비교실험

Field Test for Comparison of PM_{2.5} FRM

윤관훈 · 채원식 · 김정호

(주)에이피엠엔지니어링 기술연구소

1. 서 론

미국 EPA는 미세먼지와 관련된 건강상 악영향으로부터 국민을 보호하기 위하여 PM₁₀의 기준에 PM_{2.5} 기준을 추가하였으며, 일일 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 연간 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 설정하고 있다(US EPA, 2009). PM_{2.5}는 1차 오염원과 2차 오염원의 복잡한 혼합물로서 원소탄소, 유기탄소, 황산암모늄, 질산암모늄, 원소성분 등으로 구성되어 있으며, PM₁₀에 비하여 호흡기의 영향에 더욱 위대한 영향을 미치고, 도시지역의 경우 대기 중 먼지에서 호흡성 먼지(PM₁₀) 혹은 미세먼지(PM_{2.5})가 차지하는 비율이 비교적 높으며 대기먼지 농도의 일변동에 있어서 주요인으로 파악되고 있다. 이러한 호흡성 먼지 또는 미세먼지를 측정하기 위한 방법으로는 자동 측정방법으로 베타선법, TEOM법이 주로 사용되고 있으나, 이들 방법들은 수동방식의 질량농도 측정법과 비교할 때 많은 차이를 보이고 있으며(US EPA, 2001a, b), 미국 EPA는 PM_{2.5}를 측정하기 위한 방법으로 저용량공기채취법(Low Volume Air Sampler Method)의 수동방식의 질량농도 측정을 기준 방법으로 하고 있다(40 CFR 58 Appendix L: Federal Reference Method). 본 연구에서는 EPA에서 제시한 PM_{2.5} FRM 장치 규격을 수용하여 원격으로 제어할 수 있도록 Web 기반 운영의 Sequential PM_{2.5} 채취기를 개발하여 FRM 기준에 충족시키기 위하여 장기간 가동계획을 수립하였으며, 이 과정에서 FRM 및 FEM 측정장치의 운영을 통해 확보된 측정 자료를 가지고 그 특성을 살펴보고자 한다.

2. 연구 방법

환경 대기중의 PM_{2.5} 농도를 측정하기 위한 방법은 수동측정방법으로 로우볼륨 에어 샘플러법과 자동 측정방법으로 베타선법, TEOM법이 주로 사용되고 있다. TEOM 방법(Tapered Element Oscillating Microbalance)은 베타선 흡수법과 마찬가지로 PM₁₀의 경우 미국 EPA의 FEM 방법으로 사용되고 있다. 우리는 EPA FRM장치의 승인에 관한 기준에 따라, 4계절 측정자료를 확보하기 위하여 표 1과 같이 측정계획을 수립하였으며, 부천 원미구 약대동 측정지점에서, FRM 장비인 RNP 장치와 이와 동일한 사양의 PMS103 장비를 Appendix L에서 제시한 측정방법으로 운영하였으며, TEOM, BAM(F701), OPT(D-PRO) 방법을 연속측정장치로 운영하고 있다.

Table 1. Experimental plan of FRM PM_{2.5} measurement.

| Case | Season | Sampling Duration | Item | Method | Measuring System(N) |
|------|--------|---------------------|-------------------|------------|---------------------|
| 1 | Spring | 2008. 03 - 2008. 04 | PM _{2.5} | Manual | RNP(1), PMS(5) |
| | | | | Continuous | TEOM(1), BAM(1) |
| 2 | Summer | 2009.07 - 2009.08 | PM _{2.5} | Manual | RNP(1), PMS(1) |
| | | | | Continuous | OPT(1), BAM(1) |
| 3 | Fall | 2009. 09 - 2009. 10 | PM _{2.5} | Manual | RNP(1), PMS(3) |
| | | | | Continuous | OPT(1), BAM(1) |
| 4 | Winter | 2009. 12 - 2010. 01 | PM _{2.5} | Manual | RNP(1), PMS(1) |
| | | | | Continuous | OPT(1), BAM(1) |

3. 결과 및 고찰

2008년 3월 19일은 백령도 및 인천기상대에서 황사가 관측되었으며, 20일부터 21일까지 영향을 미쳤다. 3월 21일 부천 약대동에서 측정된 자료에서도 황사 피크를 확인할 수 있었다. 봄철 중량법으로 측정된 농도를 비교한 결과 RNP와 PMS103 간의 결정계수(R²)는 0.95~0.98 범위로 나타났고(그림 1), 기준장비인

RNP와 PMS103 장치는 매우 유사한 경향을 보이고 있다. 이와 동시에 측정된 TEOM과 BAM 측정장치는 TEOM에 비해 BAM이 비교적 높은 농도를 보였으며, 이때 결정계수는 0.77이었다. 특히 고농도 영역에서 BAM의 농도가 확연히 증가하였으며(그림 3), US EPA Environmental Technology Verification Report의 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 2009년 여름철 측정 자료의 경우 잦은 강우로 인한 세정효과로 인해 비교적 낮은 농도를 나타내었으며, 기준장치인 RNP와 PMS103간의 평균 농도와 표준오차는 각각 $29.3 \pm 1.92 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $28.5 \pm 1.93 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (N=65)으로 이때 결정계수는 0.97이었고, 이를 밀도함수로 변환하여 확인한 결과(그림 4) 분포곡선이 매우 잘 일치하는 것으로 나타났다.

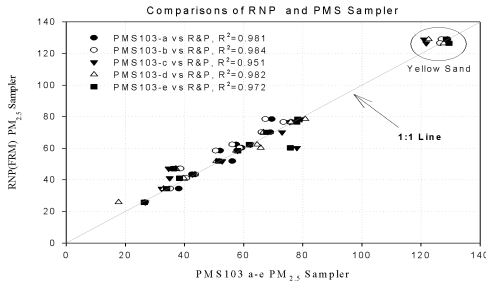


Fig. 1. Scatter plot of RNP(FRM) versus PMS103 PM_{2.5} samplers in springtime, 2008.

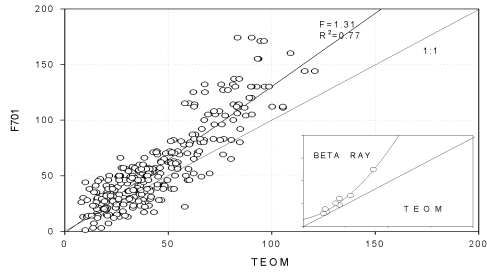


Fig. 3. Scatter plot of TEOM versus BAM in springtime, 2008.

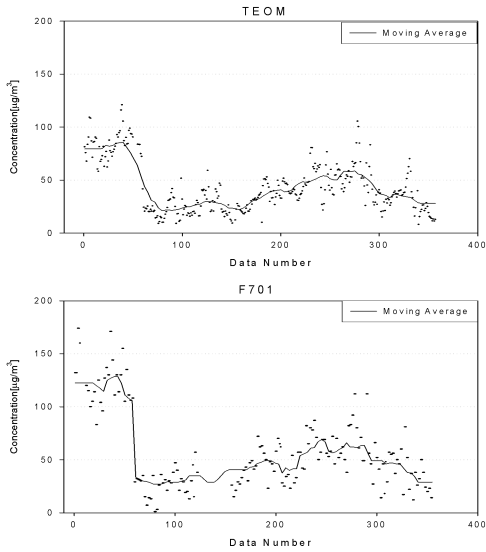


Fig. 2. TEOM(U) and BAM(L) in springtime, 2008.

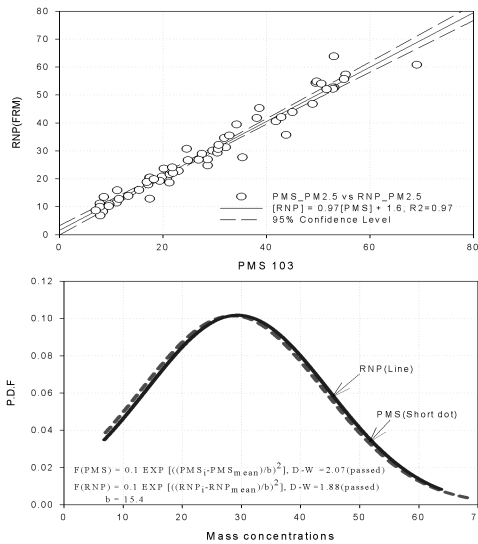


Fig. 4. Scatter plot(U) and P.D.F distribution curve(L) in summertime, 2009.

참고 문헌

- US EPA (2009) Clean Air Act, NAAQS, <http://www.epa.gov/air/criteria.html>.
- US EPA (2001a) Environmental Technology Verification Report, RNP, CO. series 1400a TEOM Particle Monitor, August 2001.
- US EPA (2001b) Environmental Technology Verification Report, THERMO ANDERSEN FH 62 C14 Ambient Monitor, August 2001.