

## 2A4)

## 서울시의 시정 및 대기 중 에어로졸의 특성파악

### Characterization of Visibility and Atmospheric Aerosols in Seoul

김현선 · 허중배 · 서용석 · 김승희 · 최보라 · 이승묵 · 정장표<sup>1)</sup>

서울대학교 보건대학원 환경보건학과, <sup>1)</sup>경성대학교 환경공학과

#### 1. 서 론

PM<sub>2.5</sub>는 시정장애, 산성비 및 건식침적으로 인한 호수와 토양의 산성화를 초래하는 등의 환경적인 영향을 미친다. 또한 인체에 유해한 방향족탄화수소와 같은 유해화학물질이나 중금속이 함유되어 있고 호흡기 계통의 유병률과 사망률과도 관계가 있으며, 실내 대기질의 60% 이상 영향을 주는 등의 보건학적인 영향도 있다. 특히 전체 국토의 약 0.6%에 해당하는 크기의 서울시는 약 천 만명의 인구(전체인구의 약 25%)와 약 삼백만대의 자동차(전체 자동차의 20%)가 밀집해있어 질소산화물의 발생량이 증가하고 있다. 또한 휘발성 유기화합물과 같은 비메탄계 탄화수소의 증가와 여름철 대기 중 오존농도의 증가 등으로 인한 광화학 스모그의 발생으로 인해 시정거리 감소현상이 점점 더 증가하고 있는 추세이다. 이러한 PM<sub>2.5</sub> 및 그 구성성분의 영향으로 인해 전 세계적으로 미세먼지를 저감하기 위한 다각적인 노력을 기울이고 있는데 특히, 미국의 경우 화학적 조성에 대한 정량적인 평가와 발생원 규명을 통한 규제를 마련하고 있다. 하지만 우리나라는 PM<sub>2.5</sub>의 지속적인 모니터링과 분석이 부족하여 PM<sub>2.5</sub>의 물리화학적 특성 파악과 오염원 기여도 산정자료가 부족한 실정이다. 이로 인해 PM<sub>2.5</sub> 및 이의 구성성분과 인체영향에 대한 연구는 더욱더 미흡한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 PM<sub>2.5</sub>의 정성/정량적 분석결과를 통한 미세먼지의 농도 및 물리·화학적 특성을 파악하고, 미기상과의 관계를 파악한 후 시정거리 감소에 영향을 미치는 요인을 파악하고자 한다.

#### 2. 연구 방법

2003년 3월부터 2005년 2월까지 서울시 종로구 연건동 서울대학교 보건대학원 옥상(지상 17 m)에서 샘플링이 이루어졌다. 측정기기는 URG사의 Annular Denuder System (ADS) 및 filter pack을 이용한 4 channel system을 이용하여 대기 중 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)에 포함된 이온 성분, 미량 원소 및 탄소 성분을 측정하였다. 이온성분은 Ion Chromatography (Dionex DX-120)로 분석하였고, 미량원소는 Proton Induced X-ray Emission (PIXE), 탄소성분은 Thermal / Optical Transmittance (TOT) 방법을 통해 분석이 이뤄졌다.

2004년 9월부터는 R&P사의 Tapered Element Oscillating Microbalance Filter Dynamics Measurement System (TEOM FDMS)를 통해 서울 site의 실시간 PM<sub>2.5</sub> 측정이 이뤄졌다.

이렇게 분석된 결과들은 샘플링 지점에 설치되어있는 기상탑에서 얻어진 기상자료와 기상청에서 얻은 시정거리 자료를 바탕으로 대기 중 에어로졸의 특성을 파악하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

샘플기간동안 채취된 총 195개의 시료분석 결과 PM<sub>2.5</sub>의 평균 농도가  $42.75 \pm 23.25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었고 입자상 이온들의 평균 농도는  $\text{SO}_4^{2-}$  ( $7.54 \pm 6.32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ),  $\text{NO}_3^-$  ( $7.08 \pm 6.19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ),  $\text{NH}_4^+$  ( $5.49 \pm 4.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )였으며, 탄소성분의 평균 농도는 OC ( $10.16 \pm 5.41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )와 EC ( $4.14 \pm 2.55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )이었다. 2003년의 PM<sub>2.5</sub> 평균은  $42.63 \pm 23.52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2004년은  $42.85 \pm 16.94 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 2년 모두 미국 EPA 연평균 기준치  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 높았다. TEOM FDMS로 측정된 실시간 PM<sub>2.5</sub>의 농도에 따른 시정거리의 변화를 그림 1에 나타내었다. PM<sub>2.5</sub>의 농도가 증가함에 따라 시정거리는 상대적으로 감소하는 경향을 보였으며 통계적으로는 상관관계  $-0.54$  ( $p > 0.0001$ )로 역의 상관관계를 보였다.

전체 샘플 기간 중 강우가 있었던 날을 제외한 전체 샘플 156개 중 저시정(시정거리 10 km이하)을 보인 날은 전체 샘플기간 중 총 41일이 있었다. 그림 2는 연도별로 저시정시 구성성분의 특성을 나타낸 것으로 2003년의 총 샘

플 63개 중 저시정이었다는 날은 23일이 있었고, 2004년의 경우 총 샘플 93개 중 저시정은 18일이 있었다. 2003년과 2004년 모두 저시정인 때가 그렇지 않은 날보다 가스상 성분인  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{SO}_2$ 의 농도를 제외하고  $\text{PM}_{2.5}$  농도, 수용성 이온물질, OC, EC, 그리고 미량원소들의 농도가 상대적으로 높았다.

전체 샘플 기간 중  $\text{PM}_{2.5}$ 의 농도가 겨울>봄>가을>여름의 순으로 겨울철의 농도가 높게 나타나는 것과 비슷하게 저시정인 때  $\text{PM}_{2.5}$  농도 및 수용성 이온 물질의 변화를 계절별로 살펴보면 2003년, 2004년 모두 겨울철 농도가 높은 경향을 보였다. 이것은 시정거리 감소에 주요 원인으로 알려져 있는 황산염이나 질산염, 그리고 EC가 상대적으로 겨울철에 높게 나타났기 때문으로 생각된다. 이외에도 OC의 농도도 겨울철에 높게 나타났는데 여름철 광화학 반응에 의해서 생성된 secondary aerosol이 광화학 스모그 event의 주요 요인들이었던 것과 달리, 시정거리 감소현상의 경우 겨울철에 주로 높게 나타나는 OC의 산화과정에 의한 secondary organic carbon이 겨울철 시정감소에 영향을 주는 요인으로 생각된다.

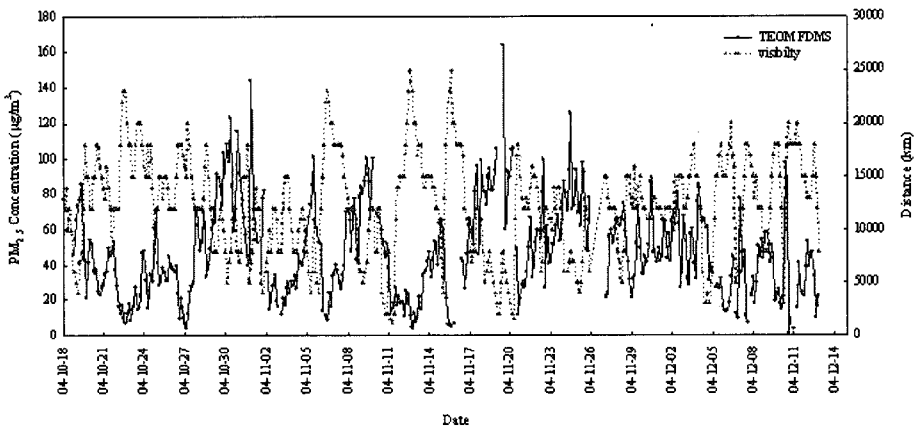


Fig. 1. Distribution of visibility and  $\text{PM}_{2.5}$  measured by TEOM FDMS.

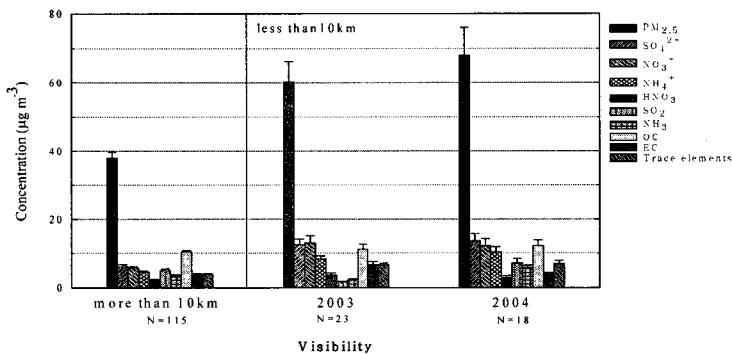


Fig. 2. Comparison of  $\text{PM}_{2.5}$  component by visibility.

### 사 사

본 연구는 한국 환경기술진흥원의 '차세대 핵심 환경기술개발사업 (과제번호: 2005-09001-0032-0)'으로 지원된 연구이며, 이에 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

- Wang, Y., Zhuang, G., Tang, A., Yuan, H., Sun, Y., Chen, S., Zheng, A (2005) The ion chemistry and the source of PM<sub>2.5</sub> aerosol in Beijing. *Atmospheric Environment* 39, 3771-3784.
- Cheung, H.-C., Wang, T., Baumann, K., Guo, H (2005) Influence of regional pollution outflow on the concentrations of fine particulate matter and visibility in the coastal area of southern China. *Atmospheric Environment* 39, 6463-6474.