

## PB2) 가스상 오염물질이 PM<sub>2.5</sub> 농도에 미치는 영향

### The Influence of Gaseous Pollutants on PM<sub>2.5</sub> Concentration in the Ambient Air of Gyeonggi-do Area, South Korea

이용기 · 이수문 · 김인구 · 김구환  
경기도보건환경연구원 대기연구부

#### 1. 서 론

먼지는 여러 대기오염물질 중에서 인체 유해성이 높고 스모그, 시정장애, 생태계 등 여러 영향을 미치므로 중요한 저감대상 물질이다. 특히 미세먼지(Fine Particle, particulate matter  $\leq 2.5\mu\text{m}$  PM<sub>2.5</sub>)는 호흡을 통해 폐의 깊은 곳까지 침투하여 인체에 악영향을 미치게 되며, 농도 증가는 사망률을 증가시키는 것으로 알려져 있다. 미세먼지의 조성은 대기 중에 배출된 질소산화물(NOx), 황산화물(SOx), 암모니아, 휘발성유기화합물(VOCs)이 화학반응에 의해 2차 물질로 생성된 황산염, 질산염, 비휘발성유기화합물이 주요 성분으로 알려져 있다.

미세먼지는 배출원에서 직접 배출되는 1차 먼지와 대기 중 반응에 의해서 생성되는 2차 먼지로 구분되어 오존과 함께 관리가 매우 어려운 물질로 알려져 있다. 특히 최근에는 1차 먼지보다는 2차 먼지가 수도권대기질을 더욱 악화시키는 요인으로 주목받고 있다. 2차 먼지는 PM<sub>2.5</sub>와 밀접한 연관이 있으며 인체 및 시정에 직접적인 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다. 따라서 우리나라의 대기정책도 PM<sub>2.5</sub>중심으로 시급히 전환해 나갈 필요가 있다. 미세먼지는 다양한 대기오염물질 중에서 인체건강에 가장 직접적으로 영향을 미치는 물질이다. 미세먼지 오염의 인과관계분석이나 그에 따른 효율적인 저감은 시민 건강보호에 직접적으로 기여할 수 있다.

대기 중에 부유하는 먼지의 입경은 작을수록 인체 유해성이 더욱 커지기 때문에 PM<sub>2.5</sub> 생성에 영향을 미치는 가스상 오염물질을 파악하는 것은 미세먼지 저감대책을 수립하는데 매우 중요하다. 이 연구에서는 가스상 오염물질이 PM<sub>2.5</sub>(fine particle) 농도에 미치는 영향을 파악하기 위해 (1) 대기 중 PM<sub>2.5</sub> 농도수준과 분포 특성을 분석하고 (2) PM<sub>2.5</sub> 농도에 영향을 미치는 주요 가스상 오염물질의 기여도를 검토하였으며 (3) PM<sub>10</sub> 중에 포함되어 있는 PM<sub>2.5</sub> 점유율을 계절별로 분석하였다.

#### 2. 연구 방법

본 연구에서는 경기도 지역에 설치된 대기오염자동측정소 중에서 PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub>가 동시에 측정되고 있는 5개 측정지점의 대기오염자료를 사용하였다. 대기오염 자동측정소에서는 아황산가스(SO<sub>2</sub>) 등 환경기준 대기오염물질 5항목과 기상요소 등을 24시간 연속 측정하고 있다. PM<sub>2.5</sub>는 PM<sub>10</sub> 분립장치를 통과한 공기가 다시 PM<sub>2.5</sub> 분립장치를 통과하는 방식으로 채취된다. 일정 유속(16.7LPM)으로 채취되는 시료는 여지위를 통과하게 되어 먼지가 포집된다. 일정시간이 지나면 시료흡입을 끝내고 베타선을 조사하여 먼지에 의하여 흡수되는 베타선 양을 측정하고 먼지 농도를 계산하게 된다. PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub>는 1시간 간격으로 24시간 연속 측정하고 있다. 이 연구에서 Fine Particle은 자동 측정된 PM<sub>2.5</sub>의 24시간 평균농도이며 Coarse particle은 PM<sub>10</sub>-PM<sub>2.5</sub> 그리고 Total particle은 PM<sub>10</sub>의 자료를 이용하였다. 대상기간은 2008년 3월부터 2009년 2월까지 1년으로 하였으며 통계분석에 사용된 모든 자료는 자동측정기에서 측정된 24시간 평균자료를 이용하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

##### 3.1 PM<sub>2.5</sub> 농도분포 및 수준

경기도지역의 PM<sub>2.5</sub> 농도 실태를 파악하기 위해 2008년 연구대상 지역에서 측정된 농도 구간별 빈도와

percentile을 분석하였다. 검출빈도는 21~30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  구간이 가장 많았고, 99percentile값은 92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 나타내 U.S. EPA. 환경기준(35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )을 초과했다. 2008년 연구대상지역의 PM<sub>2.5</sub> 평균농도는 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이며 범위는 4~132 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이다(그림 1).

### 3.2 가스상 오염물질에 의한 영향

PM<sub>2.5</sub> 농도는 화석연료의 연소 등으로 발생하는 1차 먼지와 가스상 오염물질이 대기 중에서 화학반응으로 생성되는 2차 먼지 그리고 외부로부터 유입에 의해서 결정된다. 2008년 연구대상 지역에서 측정한 가스상 오염물질의 농도구간별 PM<sub>2.5</sub> 농도를 분석한 결과 SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO 모두 오염도가 증가하면 PM<sub>2.5</sub> 농도가 증가하는 양의 상관관계를 나타냈다. 이것은 가스상 오염물질이 대기 중에 체류하면서 화학반응에 의해 이차먼지 성분인 질산염 및 황산염으로 변환되어 먼지농도에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 가스상 오염물질의 농도 구간별 PM<sub>2.5</sub> 평균농도의 유의성을 검증하기 위하여 t-test를 실시한 결과 p<0.001 수준에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 또 가스상 오염물질에 의해 생성되는 2차 먼지의 점유율은 PM<sub>2.5</sub> 전체 질량농도에 대해 56.2%로 나타났으며, SO<sub>2</sub>가 26.5% NO<sub>2</sub>가 18.5% CO가 11.2% 기여하는 것으로 나타났다(그림 2). 또 가스상 오염물질의 농도 증가에 따라 PM<sub>2.5</sub>의 질량농도가 증가하였으며, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO 농도가 각각 1ppb 증가했을 때 PM<sub>2.5</sub>는 1.252 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 0.163 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 0.005 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  증가하는 것으로 나타났다.

### 3.3 PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> 농도 비율

연구대상기간 PM<sub>10</sub> 중에 PM<sub>2.5</sub>의 점유율은 분석한 결과 평균점유율은 0.52이며 범위는 0.1~0.92를 나타냈다. 계절별로는 봄이 가장 낮았으며 나머지 계절은 비슷한 양상을 나타냈다.

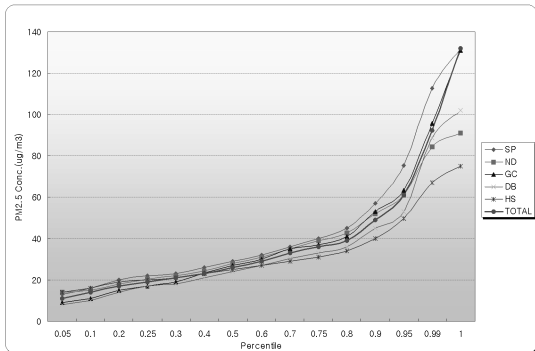


Fig. 1. The distribution of fine particle(PM<sub>2.5</sub>) concentration percentile.

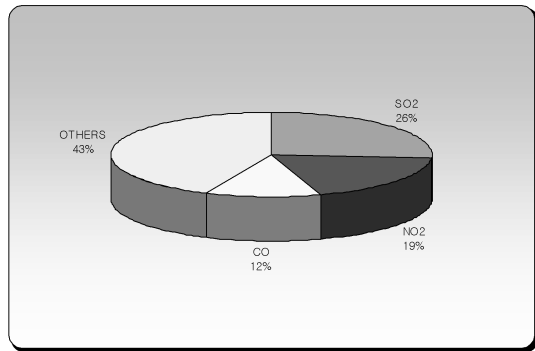


Fig. 2. Fine particle(PM<sub>2.5</sub>) generated by material contribution to the gas phase.

### 참 고 문 헌

- 김계선, 허중배, 김승희, 최보라, 이승목 (2007) 서울지역 미세먼지에 영향을 미치는 외부요인의 기여도 평가, 환경공동학술대회 논문집, 214.
- 김용표 (2006) 서울의 미세먼지에 의한 대기오염, 한국대기환경학회지, 22(5), 535-553.
- 박지연, 임호진 (2006) 대구지역 겨울철과 봄철 미세먼지의 수용성 이온성분 특성, 한국대기환경학회지, 22(5), 627-641.
- 이종철, 이정주 (1998). 환경대기중 기상인자와 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)의 상관관계, 한국대기환경학회 학술대회 논문집, 제2권, 301-303.
- U.S. EPA (2003) Guideline for Developing an air quality(ozone and PM<sub>2.5</sub>) forecasting program.