

### 3A1) 도로변의 1, 2차 미세먼지 농도 변화

## Concentration Variations in Primary and Secondary Aerosols near a Major Road

김영성 · 원수란 · 최용주 · 최순호 · 김아름 · 진현철<sup>1)</sup> · 김용표<sup>2)</sup> · 강창희<sup>3)</sup>

한국의국어대학교 환경학과, <sup>1)</sup>한국과학기술연구원 환경기술연구원,

<sup>2)</sup>이화여자대학교 환경공학과, <sup>3)</sup>제주대학교 화학과

#### 1. 서 론

도로변의 오염도에 관심을 갖는 이유는, 도시생활에서 자동차가 차지하는 비중이 크고 도시생활의 많은 부분이 도로와 연관되어 있기 때문이다. 도로변의 오염도에서 1차로 주목하는 부분은 위해성이다. 주로 문제가 되는 것은 매연과 초미세입자 등인데 이들을 조사한 연구자들은, (1) 도로의 영향이 직접적인 지역에는 건물을 짓지 않거나, (2) 건물을 짓는다면 여과설비를 갖추거나, (3) 이와 같은 설비가 어려운 학교 등의 시설은 도로로부터 충분한 거리를 두어야 한다고 주장한다(Hitchins et al., 2000).

주요 도로 위 차량 배출은 보통 200~300m까지 영향을 미치는 것으로 보고 있다. 차량 배출의 비중이 큰 CO, BC(black carbon), 입자의 수농도 등이 거리에 따른 감소가 분명한데 비하여 차량 배출 외에도 인자가 많은 PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> 등은 거리에 따른 변화가 명확하지 않다(Zhu et al., 2002a; Roorda-Knape et al., 1998).

이번 연구에서는 2008년 1월과 5월, 2차례에 걸쳐 차량 외 주요 오염원이 없는 한국의국어대학교 용인캠퍼스 앞 45번 국도변에서 PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>와 이들의 이온 성분, 그리고 PM<sub>10</sub> OC/EC를 측정하였다. 지금까지 도로변 측정이 주로 차량 배출물에 초점을 맞추어 이들의 변화를 조사하고자 하였는데 비하여 이번 연구에서는 도로변의 PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>에 대하여 도로와 주변 지역의 영향을 구분하고자 하였다. 측정지점의 45번 도로는 왕복 4차선으로 시간당 통행량은 평균 1,070대로, 고속도로나 도심의 주요 도로와 같이 많지는 않으나 한밤이나 주말에 감소할 뿐 그 밖의 시간에는 거의 일정하였다(건설교통부 연도별 도로교통량 통계연보, 2006). 차종은 승용차와 소형 화물차가 95%로 대부분이었으며 버스 3.1%, 대형화물차 0.2% 등이었다.

#### 2. 방 법

측정은 2008년 1월 4일부터 24일까지와 5월 11일부터 29일까지 2차례 실시하였다. 당초 겨울을 선택한 것은 연소배출물이 많은 시기이기 때문이었으며 다른 시기는 겨울과 비교하기 위한 것이었다. 45번 도로 바깥 차선으로부터 10m, 80m, 200m 거리에서 원칙적으로 24시간 시료를 채취하였다. 80m 지점에서는 AWS(automatic weather station, Campbell 05103-L R.M. Young Wind Monitor)를 설치하여 약 1.8m 높이에서 풍향, 풍속을 측정하였다.

각각 분리입경 10 $\mu$ m와 2.5 $\mu$ m인 싸이클론(URG-2000-30ENB, URG-2000-30EH)을 장착한 1단 테플론 필터팩을 이용하여 유량 16.7L/min의 저용량 공기시료 채취기로써 PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub> 시료를 취하였다. PM 질량과 이온 분석을 위한 시료는 직경 47mm인 테플론막 필터(Zefluor filter)를, OC/EC 분석을 위한 시료는 석영 필터(Whatman 1851-047, QMA grade)로써 채취하였다. 질량은 전자저울(Ohaus DVG215CD)로 측정하였으며, 이온은 각각 Metrohm사의 Metrosep A Supp 5-150와 Metrosep C 4-150 컬럼으로 음이온과 양이온을 동시에 분석하였다. OC/EC는 미국 Clarkson 대학의 Center for Air Resources Engineering and Science에 의뢰하여 NIOSH(National Institute of Occupational Safety and Health)의 TOT(thermal-optical transmittance) 법에 의하여 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

1, 2차 측정 기간 중 바람은 정체가 각각 61%, 87%로 가장 많았고 다음으로는 도로에 평행한 북풍 계열이 각각 30%, 7.2%였다. 풍향 영향을 조사한 Hitchins et al.(2000)과 Pirjola et al.(2006)에 의하면 도로가 풍상 측에 있어 도로로부터 바람이 불 때 보다 도로에 평행하게 바람이 불 때 거리에 따른 농도 감소가 더욱 빨랐으나 이번 연구의 경우 1, 2차 모두 정체가 압도적으로 많아 풍향의 영향을 살피기에 적합한 조건은 아니었다.

1월의 측정에서는 200m에서의 PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>가 10m에 비하여 각각 17%, 11% 낮았으며, OC, EC는 각각 15%, 18% 낮았다. 이와 같은 결과는 Zhu et al.(2002b)에서 CO, BC, 입자의 수농도가 100m 지점에서 이미 60% 감소하였던 것과 비교하면 감소폭이 작다. 그러나 같은 연구에서도 광학적으로 측정된 PM의 감소는 200~300m에서도 약 8%에 불과하였다. PM의 감소가 작은 것은 기본적으로 도로 배출이 이를 결정하는 주요 인자가 아니기 때문이다. OC 역시 비슷한 결과를 예상할 수 있으나 자동차가 주요 배출원으로 생각되는 EC도 감소폭이 작은 것은 의외였다.

5월의 측정에서는 200m에서의 PM<sub>10</sub>과 OC가 10m에 비하여 각각 10%, 18% 낮아 1월에 비하여 PM<sub>10</sub> 감소는 줄었고 OC는 감소가 늘었다. PM<sub>2.5</sub>는 5% 증가하였는데 도로로부터 멀어질수록 PM<sub>2.5</sub>가 생성되었음을 의미할 수 있으며 PM<sub>2.5</sub>가 증가함에 따라 PM<sub>10</sub>은 감소가 줄었다. EC는 32%가 감소하였는데 이를 본다면 1월에 EC 감소가 크지 않은 것은 차량 외 주변지역의 연소 배출 때문이다. 5월에는 주변지역의 연소배출 영향이 작아 차량 배출이 강조되면서 도로로부터 멀수록 EC가 크게 감소하였고 OC의 감소도 늘었다.

그림 1은 거리에 따른 PM의 평균 화학조성이다. 1월에 비하여 5월에는 2차 이온과 기타 부분이 많다. 무엇보다 PM<sub>2.5</sub>에서 거리에 따라 2차 이온이 증가하는 모습이 명확하다. 1월의 PM<sub>10</sub> 1차 이온 중 10m에 비하여 200m의 농도가 상대적으로 높은 물질은 K<sup>+</sup> 이었는데 K<sup>+</sup>가 바이오매스 연소의 지표물질임을 감안하면 1월에 주변에서 바이오매스 연소가 많았고 이에 따라 OC뿐 아니라 EC에서도 도로의 영향이 제한적이었다. 1월의 PM<sub>10</sub>을 제외하고는 PM<sub>10</sub>뿐 아니라 PM<sub>2.5</sub>에서도 토양물질의 영향으로 도로에 인접한 10m보다 주변지역에서 Ca<sup>2+</sup>의 농도가 높았다.

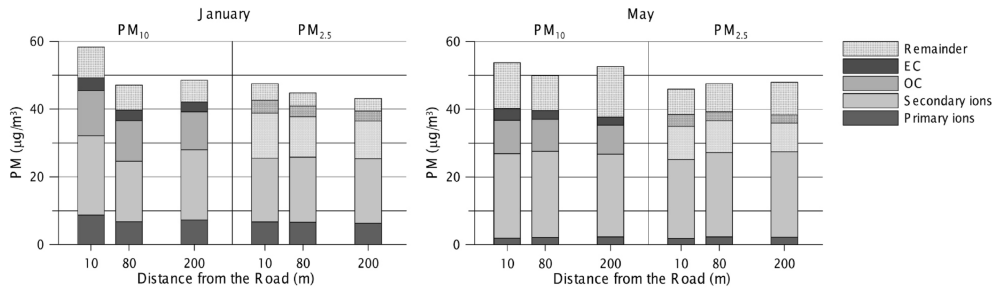


Fig. 1. 1, 2차 측정기간 중 거리에 따른 PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub>의 평균 화학조성. 1차 이온은 Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>를, 2차 이온은 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>를 지칭. OC, EC는 PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub>의 차이가 크지 않다고 보아 PM<sub>10</sub>의 측정 결과를 흐릿하게 PM<sub>2.5</sub>에도 표시.

### 사 사

이 연구는 국립환경과학원과 경기지역환경기술개발센터의 지원으로 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

- Hitchins, J. et al. (2000) Atmospheric Environment, 34, 51-59.
- Pirjola, L. et al. (2006) Atmospheric Environment, 40, 867-879.
- Roorda-Knappe, M.C. et al. (1998) Atmospheric Environment, 32, 1921-1930.
- Zhu, Y. et al. (2002a) Atmospheric Environment, 36, 4323-4335.
- Zhu, Y. et al. (2002b) J. Air Waste Manage. Assoc., 52, 1032-1042.