

## 2B4) 서울시 미세먼지(PM<sub>10</sub>)의 고농도 사례 기여도 파악

### Estimation of the Contribution on High Concentration Events of PM<sub>10</sub> in Seoul, Korea

김계선 · 허종배 · 김현선 · 최은미 · 이승욱

서울대학교 보건대학원 환경보건학과

#### 1. 서 론

최근 대기오염현상과 관련하여 연구 동향들을 살펴보면 국지적인 현상을 파악하는데 국한되거나 제한된 연구가 아니라 전 지구적인 시각으로 global한 현상을 파악하고 해석하고자하는 추세로 활발히 연구가 이루어지고 있다. 우리나라는 지리적 특성이 중위도 편서풍대에 위치하고 있어 대륙에서 배출되는 대기오염물질이 편서풍을 타고 장거리 이동될 가능성이 매우 높은 지역이다. 최근 2002년 국립환경과학원에서 발표한 자료에 의하면 우리나라 총 황산화물 침적량 3만2천900톤 중 약 40%이상인 1만4천200톤이 중국에서 기인하는 것으로 그 결과가 나와 우리나라 대기질에 영향을 미치는 요인을 파악할 때 이제는 국지적인 영향과 함께 이러한 장거리 이동에 의한 영향도 파악할 필요성이 드러나고 있다. 이에 본 연구에서는 미세먼지에 대하여 고농도 사례를 파악하여 그 원인을 파악하고자 하였으며, 또한 서울시 미세먼지에 대하여 고농도 사례의 일으키는 내부요인과 외부요인의 기여도를 파악하고자 하였다.

#### 2. 연구 방법

본 연구에서는 서울시에 위치한 27개의 대기오염자동측정망 자료(PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO) 중 서울시 종로구 효제동의 자료를 사용하여 서울시 미세먼지에 대하여 고농도 사례의 특성을 살펴보고자 하였으며 인천시 강화도 석모리에 설치된 국가배경농도측정망 자료를 사용하여 대기 중 오염물질의 외부유입 여부와 오염물질의 이동성을 파악하고자 하였다. 또한 서울시 27개의 대기오염자동측정망 중에서 서울시 강서구 화곡동의 자료를 함께 살펴보아 중국 등이 위치한 우리나라 서쪽으로부터의 외부유입 여부를 파악하고자 하였다. 본 연구에서 사용된 자료는 2005년 1월부터 2006년 12월까지 자료이다(그림 1).

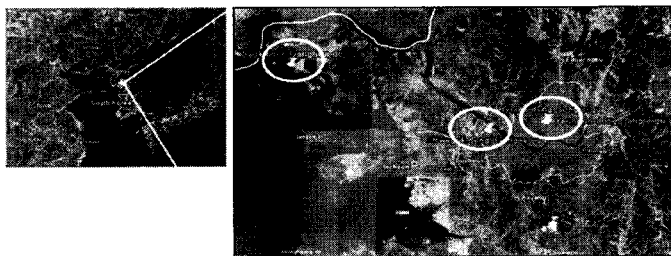


Fig. 1. Sampling sites.

이 자료를 이용하여 본 연구에서는 서울시 미세먼지의 고농도 사례 파악에 있어 미세먼지와 일산화탄소(CO) 두 물질간의 고농도 사례를 분류하여 배출비를 분석하였다. 이를 통하여 서울시에 영향을 미치는 외부요인과 내부요인의 기여도를 살펴보고자 하였다. 여기서 CO는 화석연료 연소에서 주로 배출되며, 체류 시간이 1~6개월로 상당히 길어 장거리 인위적 오염원의 tracer로 사용되어(Jaffe et al., 2005) 서울시 미세먼지에 장거리 인위적 오염원의 영향을 파악하는데 있어 적합한 물질이라 하겠다. 선행 연구에서 Peter 등(2006)은 CO의 이러한 특성을 이용하여 아시아의 대기오염물질이 미국 캘리포니아 지역까지 장거리 이동하여 영향을 미친다는 것을 밝힌 바가 있다. 또한, 본 연구에서 사용한 미세먼지 고농도 사례에 대한 기준은 우리나라 PM<sub>10</sub> 24시간 기준치와 U.S. EPA의 National Ambient Air Quality

Standard(NAAQS)에서 정한 PM<sub>10</sub> 24시간 기준치인 100 $\mu$ g/m<sup>3</sup>이 10시간 이상 지속된 경우로 하였다.

### 3. 결과 및 고찰

본 사례조사 기간 동안, 서울시 미세먼지(PM<sub>10</sub>)의 고농도 사례는 51회 발생하였으며 미세먼지와 일산화탄소(CO) 두 물질간의 배출비를 분석한 결과,  $\Delta$ PM<sub>10</sub>/ $\Delta$ CO enhancement ratio와 상관관계 유무에 따라 slope이 0.04 이상인 경우(장거리 이동 경향)와 그 이하인 경우로 분류되었다.  $\Delta$ PM<sub>10</sub>/ $\Delta$ CO enhancement ratio slope이 0.04 이상인 장거리 이동(long-range transport)인 경우는 총 26회로 나타났고, slope 평균=0.0904, R<sup>2</sup>=0.557로 나타났다. 이는 서울시 미세먼지의 고농도 사례 중 장거리 이동인 경우가 51%라고 볼 수 있겠다. 이 시기의 인천시 강화도 석모리 국가배경농도지역의 농도 또한 동시에 증가하고 있었으며, 이는 우리나라 외부에서 오염물질이 강화도를 거쳐 서울로 유입되는 경향을 잘 묘사하는 것으로 사료된다. 국지적인 영향에 의한 고농도 사례의 발생 횟수는 총 25회로 나타났고, 이때의 slope은 평균=0.0359, R<sup>2</sup>=0.2180이었다. 이렇게 도출된 미세먼지와 CO의 배출비를 통하여 미세먼지의 배출량을 산정하여 그 값들을 기존의 배출량과의 비교를 통하여 검증하여 보았다. 그 결과 선행연구에서의 2006년 아시아 PM<sub>10</sub> 배출량과 비교하여 장거리 이동 사례를 규명하기에 적합한 결과가 도출되었으며(표 1), 국립환경과학원 대기정책지원시스템(CAPSS data, Clean Air Policy Support System)의 우리나라 PM<sub>10</sub> 배출량과 비교한 결과 또한 국지적 영향에 의한 오염 사례를 설명하기에 적합한 결과가 도출되었다(표 2). 또한 HYSPLIT4 (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory4) model을 이용하여 500m로 3일간의 역궤적을 분석한 결과, 중국의 5개 주요한 산업지역으로 공기 궤도를 분류할 수 있었다.

Table 1. Comparison of PM<sub>10</sub> emissions estimated by long-range transport Enhancement Ratio.

	선행연구	This study
PM <sub>10</sub> 배출량(ton)	7,801,790 <sup>1)</sup>	12,836,800
CO 배출량(ton)	142,000,000 <sup>2)</sup>	

1) 2006 Asia PM<sub>10</sub> Emission( 건국대학교, 우정현)

2) Streets et al.(2006), Estomate of China's CO Emission

Table 2. Comparison of PM<sub>10</sub> emissions estimated by local Enhancement Ratio(2004, Seoul).

	CAPSS data <sup>1)</sup>	This study
PM <sub>10</sub> 배출량(ton)	4,424	6,108
CO 배출량(ton)	161,154	

1) 국립환경과학원 CAPSS data(PM<sub>10</sub> 도로 비산먼지 배출량 제외)

### 사 사

본 연구는 국립환경과학원의 '수도권지역 미세먼지 오염현상 해석 및 장래 예측' 과제의 지원으로 작성되었습니다.

### 참 고 문 헌

Daniel Jaffe, Eric Prestbo, Phil Swartzendruber, Peter Weiss-Penzias, Shungo Kato, Akinori Takami, Shiro Hatakeyama, and Yoshizumi Kajii (2005) Export of atmospheric from Asia. Atmospheric Environment, 39, 3029-3038.

- David G. Streets, Qiang Zhang, Litao Wang, Kebin He, Jiming Hao, Ye Wu, Youhua Tang, and Gregory R. Carmichael (2006) Revisiting China's CO emissions after the transport and chemical evolution over the Pacific(TRACE-P) mission: Synthesis of inventories, atmospheric modeling, and observation. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 111, D14306.
- Peter Weiss-Penzias, Daniel A. Jaffe, Philip Swartzendruber, James B. Dennison, Duli Chand, William Hafner, and Eric Prestbo (2006) Observations of Asian air pollution in the free troposphere at Mount Bachelor Observatory during the spring of 2004. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 111, D10304.