

## 4A7) 서울시 대기 중 총 가스상 수은의 장거리 이동 기여도 파악

### Contribution from Long-range Transport of Total Gaseous Mercury(TGM) in Seoul, Korea

최은미 · 김승희 · 서용석 · 이승묵

서울대학교 보건대학원 환경보건학과

#### 1. 연구배경 및 필요성

중독성이 강한 중금속으로 잘 알려진 수은은 대기 중에 미량으로 존재한다. 그러나 대기 중으로 자연적 혹은 인위적인 배출된 수은은 산화 환원반응, 침적, 재 방출 등의 복잡한 과정을 거치며 여러 매체로 biogeochemical cycle을 한다(Urszula et al., 2005). 따라서 대기 중의 수은은 결국 메틸화 반응을 거치며 인간의 신경계 등 치명적인 영향을 주게 된다.

대기 중으로 배출되는 수은의 인위적 배출 중 중국이 차지하는 양은 전 세계의 50% 이상이다(Pacyna et al., 2003). 중국은 최근 20년간 급속도로 산업화가 진행 중이며, 더군다나 우리나라는 풍하 지역에 위치하고 있어 어느 지역보다도 영향이 클 것으로 예상된다. 대기 중의 총 가스상 수은은 체류시간이 6개월에서 2년으로 장거리 이동이 가능한 물질이며, 화석연료의 사용이 최대 규모인 중국의 영향을 받는 것은 자명할 것으로 보인다. 따라서 장거리 이동상의 주요한 tracer인 CO와의 enhancement ratio를 통하여 중국으로부터 기인한 수은의 장거리 이동의 기여도를 파악하고자 한다.

#### 2. 연구 방법

대기 중 총 가스상 수은(Total Gaseous Mercury, TGM)의 측정은 2005년 2월부터 2006년 12월까지 약 2년간 서울시 종로구 연건동의 서울대학교 보건대학원 5층 옥상(위도37.514 경도127.001)에서 지속적으로 측정되었다. 이는 Tekran사의 Model 2537A 기기로 5분 간격 실시간으로 측정 분석한 것이다. Cold vapor atomic fluorescence spectrophotometry(CVAFS) 분석기인 Tekran 사의 Model 2537A는 1.5 L/min의 유량으로 거의 일정한 수준으로 TGM 시료를 흡입하여, 기기 내부에 고 순도 금으로 장착된 카트리지 A와 B로 5분 간격으로 번갈아 흡착 채취한다. 그리고 흡착된 수은을 열 탈착하여 검출기로 이송하는 방식을 조합한 시스템이다. 본 기기의 calibration은 internal permeation source를 사용하는 방법과 Manual injections의 방법으로 일정한 간격으로 실행하였다.

#### 3. 연구 결과 및 고찰

측정기간 동안의 서울시의 총 가스상 수은의 농도는  $3.44 \pm 2.13\text{ng/m}^3$  이었으며, 종로구의 상시 측정소의 CO의 농도는  $613.28 \pm 323.35\text{ppbv}$  이었다. 두 물질 간의 enhancement ratio를 통하여 장거리 이동의 사례를 규명하고자 그림 1과 같이 매달 평균이상의 고농도 사례를 정하여 10시간 이상 지속된 경우에 한해 그림 2와 같이 scattering을 살펴보았다. 그 결과 slope이 0.002 이상이며  $r^2$ 가 0.5 이상의 경우를 장거리 이동의 event로 정하였다. 이는 두 물질이 모두 국지적 오염원의 영향을 크게 받지 않으며 배출원으로부터 장거리 이동한 영향을 받을 경우 상관관계가 높다는 것으로 설명이 가능하다.

본 연구의 결과 약 2년의 기간 동안에 총 160회의 고농도 사례가 있었으며, 그 중 장거리 이동으로 인한 event가 92회였고 국지적인 영향의 event가 68회로 나타났다. 장거리 이동의 event의 경우는 미국 NOAA의 HYSPLIT 4 모델을 사용하여 back trajectory를 분석하였다. 따라서 그림 3과 같이 중국으로부터 총 72회의 event가 발생하였으며 전체 slope이  $0.0053 \pm 0.0045\text{ng/m}^3/\text{ppbv}$ 로 나타났다. 나머지 장거리 이동은 일본에서 11회로 모두 7월과 8월의 여름철에 나타났으나 중국에 비해 TGM과 CO의 농도는 모두 낮은 편이었다. 3회는 러시아, 나머지는 서해로 나타났다. 또한 이 결과는 이전 연구(Penzias et al., 2007)에서 미국 오리건 주의 Cascade 산맥에서 측정된 TGM과 CO의 중국으로부터의 slope  $0.0046 \pm 0.0013$ 보다 큰 수준이다. 이는 우리나라의 경우 지형상 중국에 가장 인접한 풍하지역에 위치하여 그

영향이 더욱 크며 미국은 태평양을 지나며 생긴 가스상 수은의 손실로 인해 그 영향이 덜 미치는 것으로 설명할 수 있겠다.

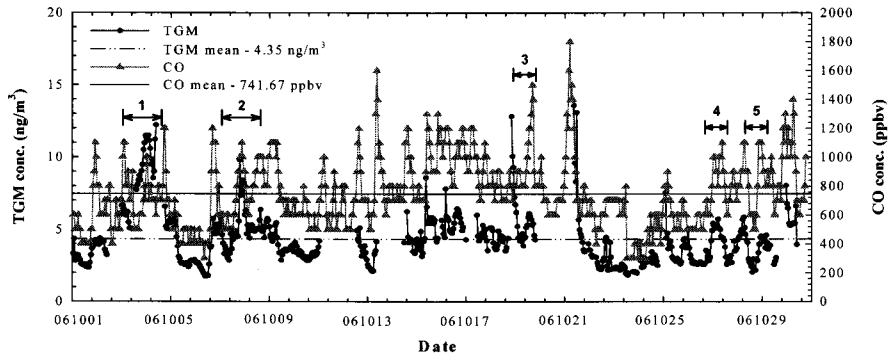


Fig. 1. Time series of TGM and CO concentrations.

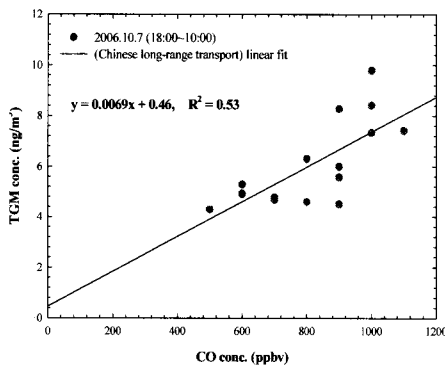


Fig. 2. Scatter plot of TGM vs. CO for an event(7 October 2006).

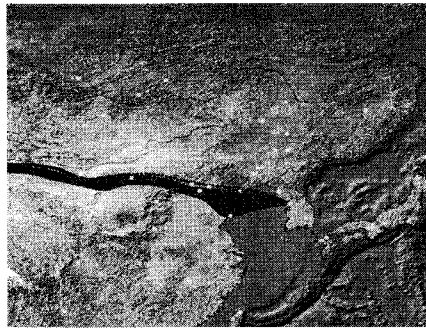


Fig. 3. 5-day Backward trajectory for an event(7 October 2006).

## 사 사

본 연구는 한국 과학 재단(수은의 대기-수체 간 거동 평가 연구, 과제 번호 R01-2004-10890-0)과 한국 환경기술진흥원의 차세대 핵심 환경기술개발사업(동북아시아 월경성 수은화확종의 발생원 및 우리나라에 미치는 영향에 관한 종합적 연구, 과제 번호 2007-1200-0050-1)의 일환으로 수행 되었으며, 이에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- Pacyna, J.M. et al. Mapping (1995) Global Anthropogenic Emissions of Mercury, Atmos. Environ. 2003, 37, S109-S117.
- Peter Weiss-Penziasa, Dan Jaffea, Phil Swartzendruber, I, William Hafnera, Duli Chanda, and Eric Prestbob (2007) Quantifying Asian and biomass burning sources of mercury using the Hg/CO ratio in pollution plumes observed at the Mount Bachelor observatory. Atmospheric Environment, in press.
- Urszula Zielonkaa, Stanislaw Hlawiczkaa, Janina Fudalaa, Ingvar Wa" ngbergb, John Muntheb (2005) Seasonal mercury concentrations measured in rural air in Southern Poland Contribution from local and regional coal combustion, Atmospheric Environment, 39, 7580-7586.