

3A1) 서울시 대기 중 수은 종(TGM, RGM, Hg_p)의 농도와 오염원 위치 파악

Concentrations of Atmospheric Mercury Species (TGM, RGM and Hg_p) and Identification of Source Areas in Seoul, Korea

김승희 · 허종배 · 서용석 · 김현선 · 이승묵
서울대학교 보건대학원 환경보건학과

1. 서 론

수은은 EPA에서 지정한 독성 물질로 지금 세계적으로 가장 활발히 연구되고 있는 오염물질 중의 하나이다. 그 이유는 수은이 생태계에 축적되어 인간 건강에 커다란 악영향을 미치는 신경계통의 독성물질이기 때문이다. 대기 중 수은은 직접적으로 인간 건강에 큰 위해가 될 가능성은 적으나 활성 가스 상 수은(Reactive Gaseous Mercury, RGM)은 침적한 후 수체로 유입되면서 메틸수은으로 변화하여 생물 농축을 일으켜 인간 건강에 악영향을 미치는 것으로 알려져 있다(U. S. EPA 1997). 또한 수은의 대기-수체간의 순환을 이해하기 위해서는 수은의 종의 특성을 파악하는 것이 중요하다. 따라서 본 연구에서는 수은 종을 측정하여 대기 중 수은 종의 분포 특성을 파악하여, 수은의 순환을 살펴보고, 국내에서는 이루어 지지 않은 수은 종에 대한 연구를 통해 정도 관리를 확립하고자 한다. 그리고 수은의 오염원 가능 지점을 파악하여 배출 원과 수용원간의 관계를 살펴보고 수은이 인간 건강에 미치는 악 영향을 최소화 하는 방안 마련을 위한 자료로 활용하고자 한다.

2. 연구 방법

2005년 2월부터 서울시 종로구에 위치한 서울대학교 보건대학원 6층 옥상(지상 17 m)에서 TGM, RGM 및 입자상 수은(Particulate Mercury, Hg_p)에 대한 시료채취가 이루어지고 있다.

2005년 2월부터 2006년 2월까지 Tekran Inc.의 Model 2537A를 이용하여 총 20400개의 시료를 채취 및 분석하였다. RGM과 Hg_p는 2005년 6월부터 2006년 2월까지 URG사의 denuder를 이용하여 80개의 시료를 밤, 낮으로 나누어 시료를 채취하여 분석하였다. 시료 채취 및 분석에 대한 세부사항은 Lake Michigan Mass Balance Methods Compendium 내에 있는 Standard Operation Procedure for Analysis of Vapor Phase Mercury를 따르고 있다(Keeler et al., 1994).

3. 결과 및 고찰

TGM, RGM, Hg_p의 평균 농도는 $3.19 \pm 2.15 \text{ ng/m}^3$, $25.73 \pm 18.06 \text{ pg/m}^3$, $23.43 \pm 20.05 \text{ pg/m}^3$ 로 나타났다. Han et al. (2004)에 의하면 RGM은 TGM의 5% 미만을 차지한다고 보고하였으며 본 연구에서는 0.3-1.6%의 비율을 차지하는 것으로 나타났다.

TGM의 시간별 농도 분포 변화는, 그림 2에서 보는 바와 같이 봄, 여름, 가을, 겨울 모두 저녁 시간대 TGM 농도($3.31 \pm 0.21 \text{ ng/m}^3$)가, 낮 시간대 농도($2.79 \pm 0.13 \text{ ng/m}^3$) 보다 약 12% 더 높게 나타났다.

이는 저녁 시간대에 혼합도가 형성되고, TGM과 같은 오염물질이 표층에 머물게 되어 나타나는 형상이고, 또 다른 이유로는 낮 시간 동안 elemental 수은이 오존과 같은 광화학 산화물질에 의해, 2가 수은으로 산화가 일어나고, 2가 수은의 빠른 건·습식 침적으로 인해 낮 시간대에 낮은 TGM 농도를 보이는 것이다. (Linderg 1998.). 이 가정은 그림 3에서 보는 바와 같이 O₃와 TGM의 약한 음의 상관관계로 뒷받침될 수 있다. (rs = 0.35, p = 0.00086). RGM, Hg_p 경우 두 종 모두, 낮 시간대 농도가 저녁 시간대 농도보다 더 높게 나타났다(그림 1). 이는 낮 시간대에 오존과 같은 광화학 산화물질에 의해, elemental 수은이 2가 수은으로 산화가 일어나기 때문인 것으로 판단된다. PSCF 결과(그림 4 왼쪽) 시료 채취 기

간 동안 시료 채취 장소에서 TGM의 오염 가능 지역으로, Chengdu와 Chongqing과 같은 산업지역이 밀집한 중국의 중앙 그리고 서부 지역으로 나타났다. PSCF incorporating back-dispersion 결과(그림 4 오른쪽) 또한 중국의 산업지역을 더욱더 정확히 오염 가능한 지역으로 나타내고 있었다. 게다가 PSCF 결과에서는 나타나지 않은 러시아의 산업지역을 오염가능 지역으로 나타냈다.

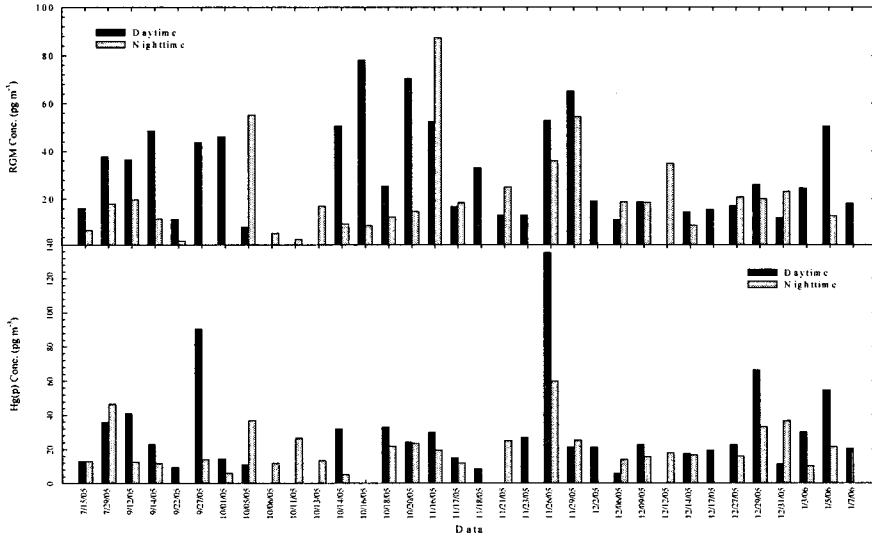


Fig. 1. RGM and Hg_p concentrations during daytime and nighttime.

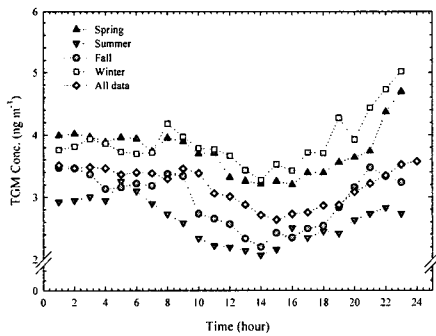


Fig. 2. Diurnal variations of TGM concentrations.

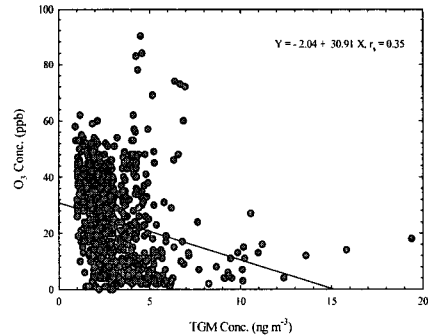


Fig. 3. Relationships between TGM and O₃.

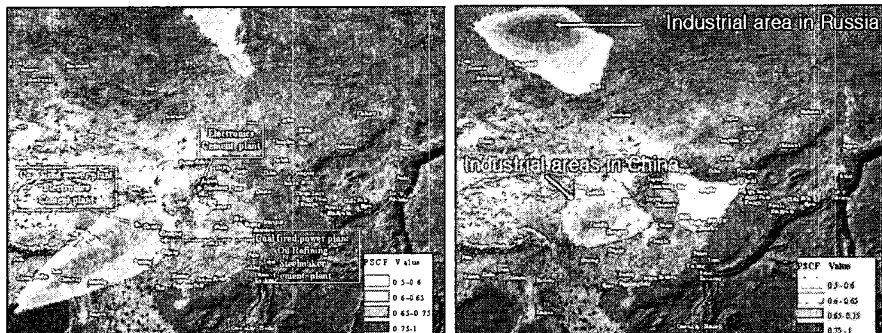


Fig. 4. Likely source areas of TGM using back-trajectory based PSCF (left) and back-dispersion based PSCF (right).

사 사

본 연구는 한국 과학 재단(수은의 대기-수체 간 거동 평가 연구, 과제 번호 R01-2004-10890-0) 지원 사업의 일환으로 수행 되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- U. S. EPA. (1997) Mercury Study Report to Congress, Office of Air Quality Planning and Standards and Office of Research and Development, EPA-452/R-97-005.
- Keeler G. J. and Landis M. S. (1994) Standard Operating Procedure for Analysis of Vapor Phase Mercury, University of Michigan Air Quality Laboratory.
- Poissant, L., Pilote M., Beauvais C., Constant, P., Zhang, H. (2005) A year of continuous measurements of three atmospheric mercury species (GEM, RGM and Hg_p) in southern Quebec, Canada. *Atmospheric Environment*. 39, 1275-1287.
- Han Y., Holsen T.M., Lai S.O., Hopke P.K., Yi S.M., Liu W., Pagano J., Falanga L., Milligan M., Andolina Chris. (2004) Atmospheric gaseous mercury concentrations in New York State: relationships with meteorological data and other pollutants. *Atmospheric Environment* 38, 6431-6446.
- Linderg, S.E. (1998) Atmospheric Mercury Speciation: Concentrations and Behavior of Reactive Gaseous Mercury in Ambient Air. *Environmental Science Technology* 32, 49-57.