

PA20) 2007년 서울시 대기 중 수은 종(TGM, RGM, Hg_p)의 농도 분포

Trends in Atmospheric Speciation of Mercury (TGM, RGM, Hg_p) in Seoul, Korea

손덕주 · 최은미 · 서용석 · 이승묵
서울대학교 보건대학원 환경보건학과

1. 연구배경 및 필요성

미국 EPA에 의해서 독성 오염물질로 규제되어 있는 수은은 자연적, 인위적 배출원에서 배출되어진다. 한번 배출된 수은은 자연 내에 그 성상을 달리하며 순환하기 때문에 그 처리보다는 배출원의 규제가 절실히 필요한 항목이라 할 수 있다.

대기 중에 존재하는 대부분이 무기수은 형태이며 산화 상태(0, +1, +2)에 따라 다양한 물리적, 화학적 특성을 갖는다. Hg⁰(elemental mercury)는 대기 중에 존재하는 수은의 지배적인 형태이며 상당히 낮은 용해도와 반응성으로 인해 대기 중 체류시간이 약 0.5-2년이다. Hg⁺는 자연 상태에서 거의 존재하지 않으며, Hg²⁺(Reactive Gaseous Mercury: RGM and Particulate Mercury: Hg_p)로 존재하는 산화 수은은 대부분 반응성이 높고 건식 및 습식 침적 속도가 높아서 오염원에서 배출된 후 단시간 내에 대기 중에서 제거되는 경우가 많다. 이런 산화수은은 일반적으로 대기 중에서 총 가스상 수은의 5% 미만을 차지하지만 수은의 총 침적량에 큰 기여를 한다. 입자상 수은(Hg_p)은 먼지, 숯, 해염입자, 광석 같은 부유물질과 관계가 있으며 대기 중 입자상 물질과 RGM 중(e.g., HgCl₂)의 흡착으로 생성된다(Laurier et al., 2005). 그러나 아직 정확하게 알려진 바가 없기 때문에 대기 중에 존재하는 수은의 거동을 파악하기 위해서는 반드시 각 산화상태에 따른 측정이 요구된다.

2. 연구 방법

대기 중 수은 종에 대한 측정은 서울시 종로구 연건동의 서울대학교 보건대학원 6층 옥상(위도 37.514, 경도 127.001)에서 2007년 1월부터 2007년 12월까지 지속적으로 이루어졌다. 총 가스 상 수은(Total Gaseous Mercury, TGM)은 Tekran Inc.의 Model 2537A를 이용하여 5분 간격으로 연속 측정하였다. 활성 가스 상 수은(Reactive Gaseous Mercury, RGM)과 입자상 수은(Particulate Mercury, Hg_p)은 URG사의 KCl 용액으로 코팅된 denuder와 quartz filter를 장착한 denuder를 이용하여 각각 측정하였으며 약 3일에 1번씩 밤과 낮으로 나누어 6시간 동안 시료를 채취하였다. RGM은 1.5 L/min의 유량으로 고순도 공기를 흘려주면서 tube furnace(Lindberg 55035C)에서 525℃로 가열하면서 Tekran 2537A(Tekran Inc. Canada)와 연결하여 분석하였다. Hg_p는 1.5L/min의 유량으로 고순도 공기를 흘려주면서 tube furnace(Lindberg 55035C)에서 900℃로 가열하면서 Tekran 2537A(Tekran Inc. Canada)와 연결하여 분석하였다.

3. 연구 결과 및 고찰

2007년 한 해 동안 측정된 TGM의 평균 농도는 3.59±1.86ng m⁻³으로 나타났다. 계절적 농도는 겨울(4.26 ± 2.91ng m⁻³)>봄(3.97±1.23ng m⁻³)>가을(3.17 ±1.28ng m⁻³)>여름(2.96±1.33ng m⁻³)의 순으로 나타났다. 겨울철의 TGM의 농도가 가장 높게 나타나는 것은 보일러 등의 난방과 소각 등으로 인한 오염원의 강도가 커지는 것이 가장 큰 원인이라 할 수 있다. 여름에는 강한 햇빛으로 인하여 산화물질인 O₃, H₂O₂, Cl₂, HCl 등에 의한 산화반응이 활발히 일어나게 되어 TGM 중 95% 이상을 차지하는 Hg⁰이 Hg²⁺로 쉽게 변하게 된다(Gabriel et al., 2005). 따라서 전환된 Hg²⁺는 빠르게 건식 또는 습식 침적을 통해 대기 중에서 쉽게 제거되는데 이로 인해 여름철 TGM의 농도가 낮아지게 되는 것이다.

같은 기간 동안의 RGM의 평균 농도는 $11.50 \pm 10.26 \text{pg m}^{-3}$, Hg_p 의 평균 농도는 $13.92 \pm 13.06 \text{pg m}^{-3}$ 으로 나타났다. 계절별 농도를 살펴보면 RGM의 경우는 봄($14.75 \pm 12.95 \text{pg m}^{-3}$) > 겨울($10.23 \pm 5.97 \text{pg m}^{-3}$) > 가을($9.25 \pm 9.01 \text{pg m}^{-3}$) > 여름($7.76 \pm 6.99 \text{pg m}^{-3}$) 순으로 높게 나타났으며, Hg_p 는 가을($17.89 \pm 20.73 \text{pg m}^{-3}$) > 겨울($15.48 \pm 13.38 \text{pg m}^{-3}$) > 봄($13.98 \pm 11.58 \text{pg m}^{-3}$) > 여름($8.55 \pm 5.46 \text{pg m}^{-3}$) 순으로 나타났다. 두 수는 종이 계절별 농도 경향에 다소 차이를 보이고 있으나 여름철의 농도는 가장 낮게 나타났는데 이는 우리나라의 여름철 집중 호우와 다습한 기상 상태와 관련이 있기 때문이며 TGM의 경향과도 같다.

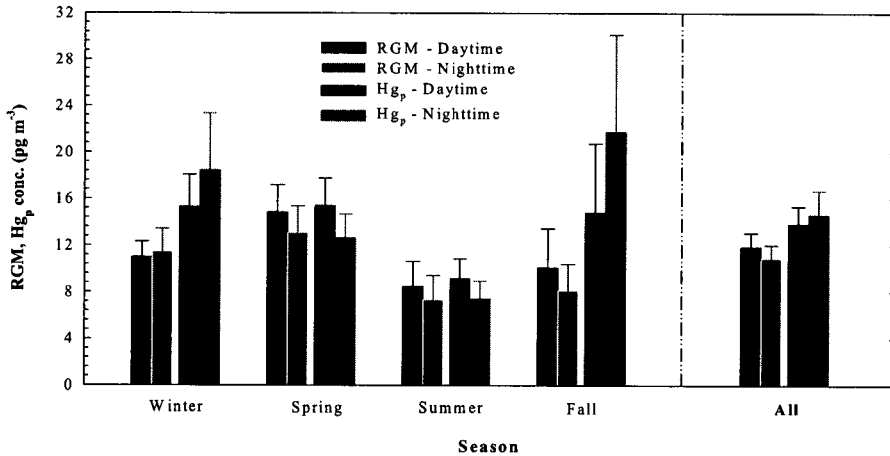


Fig. 1. Seasonal distribution of RGM and Hg_p concentrations.

사 사

본 연구는 한국 환경기술진흥원의 차세대 핵심 환경기술개발사업(동북아시아 월경성 수은화학종의 발생원 및 우리나라에 미치는 영향에 관한 종합적 연구, 과제 번호 2007-1200-0050-1)의 일환으로 수행 되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Gabriel, M.C., D.G. Williamson, S. Brooks, and S. Lindberg, 2005. Atmospheric speciation of mercury in two contrasting Southeastern US airsheds, *Atmospheric Environment*, 39, 4947-4958.
- Laurier Poissant, Martin Pilote, Conrad Beauvais, Philippe Constant, and Hong H. Zhang, 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.