

## 2A1) 서울시 대기 중 총 수은의 습식 침적량 특성과 수용원 모델을 이용한 오염원 가능 지역 위치 파악

### Characteristics of Atmospheric Wet Deposition of Total Mercury (TM) and Identifications of Source Locations Using Hybrid Receptor Model in Seoul, Korea

서용석 · 허종배 · 김승희 · 김현선 · 최은미 · 최보라 · 김계선 · 조경덕 · 이승목  
서울대학교 보건대학원 환경보건학과

#### 1. 서 론

수은은 생태계에 축적되어 인간의 건강에 악영향을 미친다는 특성 때문에 수중 생태계에서도 상당한 관심을 불러일으키고 있는 오염물질 중의 하나이다. 특히 대기는 환경 중에 있는 수은의 순환에서 중요한 역할을 하는 것으로 밝혀져 왔으며(Lindberg, S. et al., 1991) Great Lakes 지역에 대한 연구에서는 자연수에 수은이 유입되는 주요 경로가 대기의 습식침적이라고 결론 내렸다(Gerald J. Keeler et al., 1994). 또한 미국 EPA는 1994년 7월에서 1995년 10월까지 이루어진 Lake Michigan Mass Balance Study(LMMBS)의 한 부분으로 수은을 조사항목으로 지정하여 Lake Michigan에서 분석되는 수은의 대기 침적에 대한 기여도를 평가하고자 하였으며 이를 통해 습식침적(wet deposition)에 의한 대기 중의 수은 농도를 정량화함으로써 강수(precipitation)의 중요성을 밝히고자 하였다.

본 연구에서는 비나 눈이 오는 특정한 날의 습식침적에 의한 시료를 채취하여 서울시 대기 중 총 수은(Total Mercury, TM)의 계절적인 변화를 살펴보고 이의 습식 침적량 특성에 대해 살펴보았으며, 또한 수용원 모델인 Potential Source Contribution Function(PSCF) 모델을 이용하여 오염 가능한 지역의 위치를 파악하고자 하였다.

#### 2. 실험 방법

2005년 6월부터 2006년 5월까지 서울대학교 보건대학원 6층 옥상에서 modified MIC-B precipitation collector를 이용하여 습식침적 시료를 채취하였다. 채취한 시료는 CVAFS(Cold Vapor Atomic Fluorescence Spectrometry) 기법을 사용하는 Tekran Inc.의 Series 2600을 이용하여 분석하였으며 모든 분석절차는 Class 100 Clean Room에서 실시하였고 purging 및 분석에 이용되는 아르곤 가스는 Ultra High Purity 등급을 사용하였다. 시료 준비에 대한 세부사항은 Lake Michigan Mass Balance Methods Compendium 내에 있는 Standard Operation Procedure for Sampling of Mercury in Precipitation (Gerald J. Keeler et al., 1994)을 따랐으며, 시료 분석에 대한 세부사항은 Lake Michigan Mass Balance Methods Compendium 내에 있는 Standard Operation Procedure for Analysis of Mercury in Precipitation을 따랐다(Gerald J. Keeler et al., 1994).

#### 3. 결과 및 고찰

본 연구 기간 동안 습식침적에 의한 서울시 대기 중 TM의 평균 volume-weighted concentration, wet deposition flux, rainfall depth의 계절적인 변화는 다음과 같다(그림 1 참조).

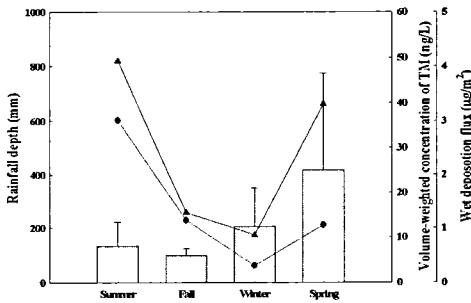


Fig. 1. Seasonal variation of precipitation depth, volume-weighted concentration of TM and wet deposition flux in Seoul, Korea (left).

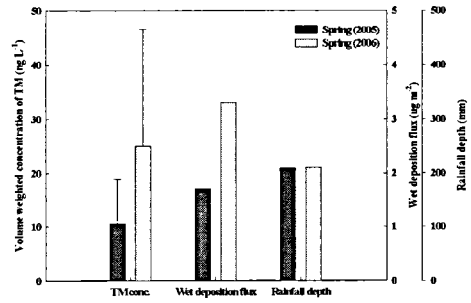


Fig. 2. Comparison of volume weighted concentration of TM, wet deposition flux and rainfall depth in Spring (2005) and Spring (2006) (right).

그림 1에서 보는 바와 같이, TM의 평균 volume-weighted concentration은  $14.93 \pm 16.17 \text{ ng L}^{-1}$  이었고, 누적 wet deposition flux는  $9.59 \mu\text{g m}^{-2}$  이었다. 이를 계절적으로 살펴보았을 때, TM의 경우, 봄철의 평균 volume-weighted concentration이  $25.02 \pm 21.45 \text{ ng L}^{-1}$ 로 가장 높은 반면, wet deposition flux는 여름철이  $4.11 \mu\text{g m}^{-2}$ 으로 가장 높았다. 또한 rainfall depth와 wet deposition flux는 유사한 경향을 보였으며 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 보였다( $r^2=0.40$ ) ( $p<0.01$ ).

그림 2에서는 2005년 봄철과 2006년 봄철의 습식침적에 의한 TM의 평균 volume-weighted concentration, wet deposition flux, rainfall depth를 비교하였다. 2005년 봄철과 2006년 봄철의 rainfall depth는 거의 차이가 없었지만 2005년 봄철에 비해 2006년 봄철의 TM의 평균 volume-weighted concentration과 wet deposition이 상당히 높았다. 이는 2006년 봄철의 경우, 황사기간 동안 4번의 비가 왔으며 이로 인한 영향이 큰 것으로 보인다.

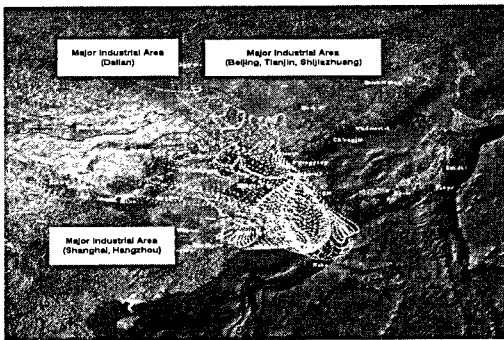


Fig. 3. 72h back trajectories arriving at Seoul during yellow sand events.

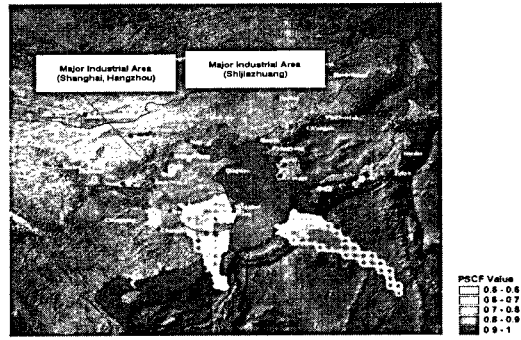


Fig. 4. Likely source areas impacting the TM wet deposition flux in Seoul, Korea over the study period using PSCF modeling.

그림 3에서 보는 바와 같이, 2006년 황사기간 동안 시료 채취 지점에서의 72hr back-trajectories를 분석한 결과, 중국의 주요 산업지역과 사막지역을 통과하였으며, 그림 4에서와 같이, back-trajectory를 기반으로 한 PSCF 모델을 적용한 결과, 시료 채취 지점에서 TM의 wet deposition flux에 기여하는 주요 오염원이 Shanghai, Hangzhou, Shijiazuhang 등 중국의 주요 산업지역인 것으로 나타났다.

## 사 사

본 연구는 한국과학재단의 '수은의 대기-수체 간 거동 평가 연구 (과제번호: R01-2004-000-10890-0)'로 지원된 연구이며, 이에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- Gerald J. Keeler, Matthew S. Landis (1994) Standard Operation Procedure for Sampling of Mercury in Precipitation.
- Gerald J. Keeler, Matthew S. Landis (1994) Standard Operation Procedure for Analysis of Mercury in Precipitation.
- Lindberg, S., Turner, R., Meyers, T., Taylor, G., Jr., W. Schroeder (1991) *Water Air Soil Pollut.* 56, 577.