

## PA7) 도시지역에서의 대기 중 수은의 농도 분포에 관한 연구

### Study on The Atmospheric Distribution of Mercury in Urban Areas

김한식 · 김민영<sup>1)</sup> · 김기현

세종대학교, 지구환경과학과, <sup>1)</sup>서울시 보건환경연구원

#### 1. 서 론

대기 중에는 여러 가지 유해 물질들이 존재한다. 이 중에서 수은은 잔류독성이 크며 미량으로도 동물의 체내에 축적되어 생물체에 영향을 미치는 물질에 해당한다. 수은에는 무기수은과 유기수은이 있는데, 생물 농축의 주범인 수은은 주로 유기 수은의 한 종류인 메틸수은으로 알려져 있다. 생활폐기물 소각방지시설의 경우 수은은 다른 유해 중금속들과는 달리 낮은 비점과 높은 휘발성으로 인해, 약 66%가 제어되지 않고 배출되는 것으로 보고된 바 있다 (Vogg, 1987).

외국에서는 90년대까지 이미 수은에 대한 많은 연구가 체계적으로 진행되어 왔다. 북미지역에서는 The Florida Atmospheric Mercury Study(FAMS) 연구 과제를 통해 남, 중부 플로리다 지역의 6개 배경관측점, 미국 위스칸신주 북부의 측정점 등을 중심으로 2년여 기간 동안 관측이 이루어졌다(Lamborg *et al.*, 1995). 북구지역에서는, 스웨덴을 중심으로 80년대부터 지속적인 관측을 실시 하였다 (Ivefeldt *et al.*, 1995). 또한 자연적 및 인위적 영향에 대한 상대적인 관계를 구분하기 위해, 뉴욕 대도시 외곽의 5대 관측점에서도 2년 동안 조사를 수행하였다 (Ames *et al.*, 1998). 그리고, 미국 미시간주의 디트로이트 도심권역 중심의 지역을 대상으로 조사한 결과도 보고된 바 있다 (Pirrone *et al.*, 1995). 이들 연구 결과에 의하면, 인구와 산업시설이 밀집한 대도시이라도 외곽지역은 대체로 낮은 농도를 보였다. 반면, 도심의 중심에서는 상대적으로 고농도를 띄므로써, 교외지역에 비해 어느정도 오염도에 차이가 존재한다는 것을 보여 주었다.

국내에서도 수은의 농도 변화에 대한 연구기록은 비교적 지속적으로 이루어져 왔다. 수은의 농도변화가 지역적 및 시간적 요인에 따라 상당히 동적인 분포 특성을 보일 수 있다는 점을 보고한 바 있다 (Kim and Kim, 2001). 서울시의 양재지역을 중심으로 수은의 농도 관측을 실시한 결과, 80년대 10 ng m<sup>-3</sup>를 상회하는 고농도가 1997/1998년 기간에 3.44-3.94 ng m<sup>-3</sup>로 상당 수준 낮아진 것으로 확인되었다 (Kim and Kim, 2001). 그러나 아직까지 국내 측정지점들의 농도분석 결과로부터 수은에 대한 주기적 분포 추세의 규칙성을 정의하기는 어려운 상황이다. 본 연구에서는 시간경과에 따른 추세성 분석의 보완과 수은의 분포특성에 대한 다양한 해석을 제공하고자 하였다.

#### 2. 연구 방법

본 연구에서는 구로, 방이, 상계의 대기측정망이 위치한 건물옥상 지점을 중심으로 대기 중 수은의 농도를 매시간 간격으로 2004년 3월~12월 연속으로 관측하였다. 수은의 농도는 Nippon Instrument Co.가 제작한 순간자동측정기 Mercury Analyzer, AM-3 모델을 이용하였다. 기기는 채취부로부터 50여분 동안 흡착이 이루어져 탈착시스템에 의하여 탈착시키고, 건조공기를 carrier gas로 사용하는 비분산형 이중빔식 (nondispersive double beam) 비플레임화 원자흡광분석기(flameless atomic absorption method)로 검출 하였다.

#### 3. 결과 및 토론

서울시에 소재한 3개의 측정 지점들 (구로, 방이, 상계)에 대한 수은의 농도를 비교 해본 결과, 구로, 상계지역은 3.60, 4.38 ng m<sup>-3</sup>의 농도 내외에서 비슷한 분포를 보였다. 반면, 방이 지역의 경우 평균은 가장 높은 4.57 ng m<sup>-3</sup> 수준으로 계절별 농도도 다른 지역과 비교시 확연히 분포차이를 보였다. 그리고, 세

지역 모두 뚜렷하게 주저야의 농도분포 경향이 확인되었다. 주변의 환경인자를 감안 할 때, 수은의 농도분포도 기온과의 같은 인자의 함수 (Arrhenius식 등에 의해)로 설명하는 것이 가능하다. 그런 기존 연구의 결과에 의하면, 온도의 상승은 토양과 같은 수은의 주요 배출원에 대한 배출을 촉진할 수는 것으로 알려지고 있다 (Lindberg *et al.*, 1995). 방이지역은 5 km 주변에 농경지 지역으로 기온이 낮은 겨울철에 수은의 배출이 최저 수준을 기록하는 것으로 나타났다. 또한, 기온이 상승하는 봄철에는 토양 등에 축적된 수은이 대량으로 배출되면서 최고 농도분포를 나타내는 것으로 사료된다. 24시간을 기준으로 볼 때, 주저야고형의 분포는 Lee *et al.* (1998)이 주장한 바와 같이, 여러 가지가지 물리적인 관계로 설명을 할 수 있다. 예를 들어, 낮시간대에 지표로부터 배출 또는 재배출의 형태로 대기중에 유입된 수은은 야간대에 형성되는 역전층의 영향으로 고농도를 유지한다. 반면, 주간대에는 반대로 활발한 대기의 혼합에 의해 농도가 희석, 저하되는 것으로 설명할 수 있다.

Table 1. Hg measurement data from three measurement sites during 2004 : examination of annual and seasonally divided data sets (Hg concentration in ng m<sup>-3</sup>).

(A) All Hg data from three sites in Seoul

Site Name	Mean	SD	N
Gu Ro	3.60	0.77	276
Bang Yi	4.57	0.63	279
Sang Gye	4.38	0.97	252

(B) Diurnal and seasonal patterns of Hg from three study sites

Season	Spring		Summer		Fall		Winter		
	Day	Night	Day	Night	Day	Night	Day	Night	
Gu Ro	Mean	3.41	3.79	3.53	3.73	3.35	3.73	3.91	3.79
	SD	1.35	2.22	1.72	1.77	1.29	1.49	1.15	1.25
	N	840	665	1231	877	989	1082	266	584
Bang Yi	Mean	5.33	5.83	4.70	5.14	3.77	4.28	3.14	3.08
	SD	1.47	1.90	1.43	1.96	0.96	1.36	1.05	1.21
	N	882	694	1287	917	1021	1115	284	460
Sang Gye	Mean	4.59	4.64	4.25	4.41	4.14	4.44	4.19	4.32
	SD	1.77	1.46	1.46	1.72	1.32	1.47	1.14	1.12
	N	558	430	1189	856	884	942	263	435

### 참 고 문 헌

- 김민영, 김기현 (2001) 대기중 수은의 지역적 분포특성에 대한 비교연구-한반도의 도심과 산악지역을 중심으로 : 한국대기환경학회지, 17(1), 39-50.
- Ames, M., G. Gullu, and I. Olmez (1998) Atmospheric mercury in vapor phase and in fine and coarse particulate matter at Perch river, New York. *Atmospheric Environment*, 32, 865-872.
- Iverfeldt, A., Munthe, C. Brosset, and J. Pacyna (1995) Long-term changes in concentration and deposition of atmospheric mercury over Scandinavia. *Water, Air and Soil Pollut.*, 80, 227-233.
- Lee, D.S., G.J. Dollard, and S. Pepler (1988) Gas-phase mercury in the atmosphere of the United Kingdom. *Atmospheric Environment*, 32, 85-864.
- Lindberg, S.E., K.-H. Kim, T.P. Meyers, and J.G. Owens (1995) Micrometeorological gradient

- approach for quantifying air/surface exchange of mercury vapor : Tests over contaminated soils. *Environmental Science and Technology*, 29(1), 126-135.
- Pirrone, N., G. Glinsorn, and G.J. Keeler (1995) Ambient levels and dry deposition fluxes of mercury to Lakes Huron, Erie, and St. Clair. *Water, Air and Soil Pollut.*, 80, 179-188.
- Vogg, H. (1987) Behavior of metals in the incineration of municipal wastes, *Int Chem Eng*, 4, 65-74.