

PA33) 주암호 대기 중 수은 종 (TGM, RGM, Hg_p)의 농도와 특성

Characteristics of Atmospheric Mercury Speciated Concentrations (TGM, RGM and Hg_p) at Juam Reservoir in Korea

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

1. 서 론

수은은 EPA에서 지정한 독성 물질로 현재 세계적으로 가장 활발히 연구되고 있는 오염물질 중의 하나이다. 수은은 양이온 1가(Hg⁺), 2가(Hg²⁺), 0가(Hg⁰)로 3종류의 형태를 가지며, 그 중 양이온 1가 수은은 (Hg⁺) 환경 중에 거의 존재하지 않으며, 양이온 2가(Hg²⁺)와 0가(Hg⁰)의 수은을 중요하게 다루고 있다. 대기 중 수은은 직접적으로 인간 건강에 큰 위해가 될 가능성은 적으나 특히, 총 수은의 약 2% 정도만을 차지하고 있는, 2가 수은인 활성 가스상 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). 많은 연구결과를 통해서 대기는 환경 중에 있는 수은의 순환에서 중요한 역할을 하는 것으로 밝혀졌으며, 대기 중에 존재하는 수은의 거동을 파악하기 위해서 수은 종에 대한 측정과 모델링의 필요성을 요구하고 있습니다. 따라서 본 연구에서는 대기 중의 각각의 수은 종의 계절별 농도 분포와 특성을 파악하고자 한다.

2. 연구 방법

2005년 8월부터 2006년 2월까지 총 세 차례에 걸쳐 계절별 TGM, RGM 및 입자상 수은(Particulate Mercury, Hg_p)과 기상자료를 주암호의 수질 자동 측정망이 설치된 곳에서 채취하였다. 측정 시기는 각 계절별로 4일간 각각 여름(2005년 8월 28일 - 2005년 8월 31일), 가을(2005년 10월 25일 - 2005년 10월 28일), 겨울(2006년 2월 21일 - 2006년 2월 24일)에 이루어졌다. TGM은 Tekran Inc.의 Model 2537A를 이용하여 매 5분간 1.5 L/min의 유량으로 시료를 채취·분석하였으며, RGM과 Hg_p는 URG사의 denuder를 이용하여 12시간 동안 10 L/min의 유량으로 시료를 채취하였다. 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

여름철, 가을철 그리고 겨울철 TGM, RGM, Hg_p의 평균 농도는 표 1에 나타내었다. TGM, RGM, Hg_p의 평균농도는 각각 2.78±21.7 ng/m³, 22.92±21.71 pg/m³, 17.42±16.52 pg/m³이었다. 계절별로 살펴보았을 때, 표 1에서 보는 바와 같이 TGM, RGM의 경우 여름>가을>겨울 순으로 나타났다. 이는 온도, 복사열, 산화물의 크기에 따른 대기 중 여러 다른 가스상 물질의 반응율과, 공기 정체가 계절별로 다르기 때문에 나타난다고 할 수 있다(Linderg, S.E., 1998). 또한 이는 온도와 수은 종의 약한 양의 상관관계로 설명될 수 있다. TGM, RGM, Hg_p 모두 비슷한 농도 변화 경향을 나타냈다(그림 1). 상수원으로 사용되는 주암호의 RGM과 Hg_p의 평균농도는 배경농도 지역의 평균농도(2-3 pg/m³)보다 훨씬 높게 나타났다. RGM과 Hg_p의 경우, 체류 시간(몇 시간-몇 주)이 짧아 주변 오염원의 영향을 많이 받는 것으로 알려져 있다. 그림 3에서 보는 바와 같이 여름의 경우, 공기가 수도권 공업 지역, 충청 공업 지역, 호남 공업지역을 지나는 것으로 보아 RGM과 Hg_p의 농도에 영향을 주는 것으로 사료되고, 가을의 경우, 또한 공기가 수도권 공업 지역, 충청 공업 지역, 호남 공업지역을 지나며 광양, 여수 주변을 지나는 것으로 보아

주암호 지역 수은농도에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 겨울의 경우, 여름과 가을의 RGM과 Hg_p 농도에 비해 낮음을 볼 수 있는데, 이는 주변 공업지역의 영향보다는 장거리 이동을 하면서 농도가 대기 중에서 희석되기 때문으로 판단된다.

Table 1. Summary of TGM, RGM, and Hg_p concentrations

	TGM (ng m ⁻³)		RGM (pg m ⁻³)		Hg _p (pg m ⁻³)	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Summer	3.09	0.33	30.63	36.51	18.28	27.93
Fall	2.81	0.61	30.35	9.38	20.83	10.29
Winter	2.43	0.29	9.7	3.9	13.16	8.6

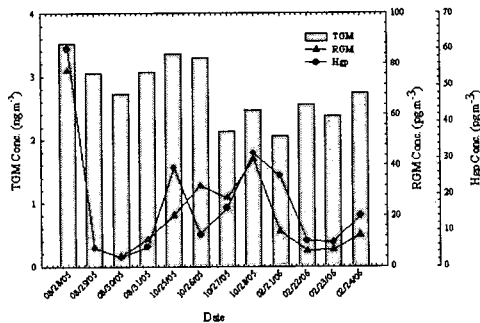


Fig. 1. TGM, RGM, and Hg_p concentrations.

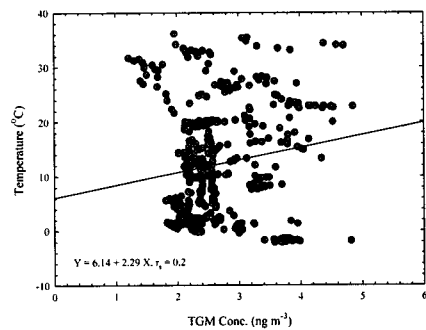


Fig. 2. Relationships between TGM and Temperature.

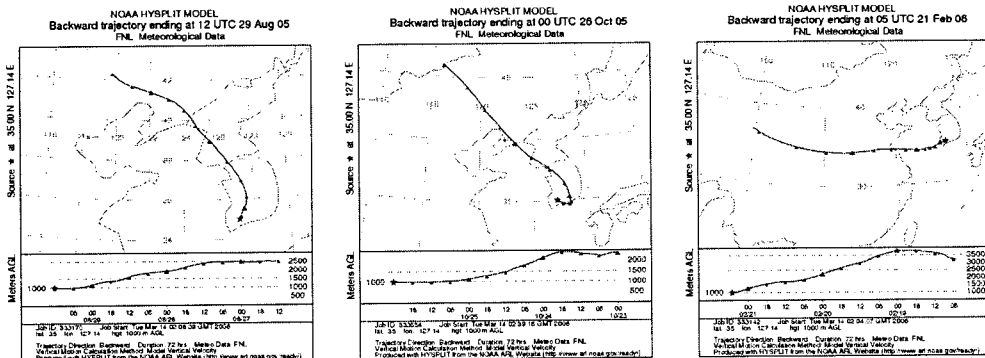


Fig. 3. Analysis of backward trajectories during summer (left), fall (middle) and winter (right).

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

- Keeler, G.J. and Landis, M.S. (1994) Standard Operating Procedure for Analysis of Vapor Phase Mercury, University of Michigan Air Quality Laboratory.
- Landis, M. s., Keeler, G.J. (2004) Divalent inorganic reactive gaseous mercury emissions from a mercury cell chlor-alkali plant and its impact on near-field atmospheric dry deposition.

- Atmospheric Environment. 38, 613-622.
- 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.