

## PA19)

## 소양호 대기과 수체 내 수은의 함량 및 상관 고찰

### Investigation of Mercury Content and Feature in Atmosphere and Water Column at the Lake So-yang

안명찬 · 김성락 · 간순영 · 한영지  
강원대학교 환경과학과

#### 1. 서 론

수은은 여러 가지 화학종을 가지고 있으며, 화학종의 특성에 의해 여러 매체 내를 거동하며 생지화학적 반응을 겪게 된다. 수은의 화학종에는 크게 0가 수은과 2가 수은으로 분류 할 수 있다. 이들은 환경 중에 대부분 가스상으로 배출된다. 0가 수은은 휘발성이 강하고 매우 안정해서 대기 체류 시간이 길며, 장거리 이동이 가능하다. 2가 수은의 경우 매우 반응성이 높고 침적속도가 높아 배출원 주변에 침적하게 된다. 이러한 대기 중 수은은 건·습식 침적에 의해 수체로 유입이 된다(Landis and Keeler, 2002). 수체 내에서는 무기 수은이 미생물들에 의해 메틸화되어 유기 수은으로 변형되게 된다(Fleming et al. 2006). 유기 수은은 독성이 강하며, 생체 축적 및 생물 농축의 특징을 가지기 때문에 어류를 섭취하는 인간에게 큰 영향을 미칠 수 있다. 이러한 특징으로 환경 내 수은의 거동에 대한 관심이 모아 지고 있으며, 외국의 경우 활발한 연구가 진행되어 지고 있다. 본 연구에서는 대기 중 수은의 농도와 수체 내 수은의 농도를 측정 하였으며 두 매체 간 상관성에 대하여 고찰 하였다.

#### 2. 연구 방법

대기 중 수은의 농도는 6일에 한번 측정을 하였으며, 수체 내 수은의 농도는 현장분석이 필요하여 계절당 3일 동안 하루 3번 측정을 하였다. 대기 중 수은의 측정은 포화된 KCl로 코팅된 denuder를 이용하여 가스상 산화수은(RGM: Reactive Gaseous Mercury,  $Hg^{2+}$ )을 포집하였으며(유량=10Lpm), 두 개의 gold coated sand trap을 차례로 연결하여 대기 총 가스상 수은(TGM: total gaseous mercury,  $Hg^0+Hg^{2+}$ )을 포집하였다(유량=0.3Lpm). 수체 내 수은은 0가 수은과 총 수은을 측정하였다. 0가 수은은 Teflon bottle로 채수한 후 zero-air로 bubbling 하여 CVAFS(Cold Vapour Atomic Fluorescence Spectrometry)기법으로 측정 하였다. 총 수은의 경우 채수 후에 0.08M HCl을 시료 부피의 0.5%를 첨가하여 0가 수은을 2가 수은으로 고정시키고 연구실로 이동하여 분석하였다. 분석 전에는 강력한 산화제인 BrCl을 첨가하여 유기 수은까지 산화시켜 2가 수은으로 변환 시키고, 환원제인  $SnCl_2$ 를 첨가하여 산화된 2가 수은을 0가 수은으로 환원시켜 CVAFS기법으로 분석을 하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

수체 내 수은 측정은 2006년 5월, 9월, 11월, 2007년 2월, 6월, 10월에 실시하였다. 각 계절 당 평균 농도는 그림 1에 제시하였다. 총 기간 동안의 DGM의 평균 농도는 56.39pg/L이었고, TM의 평균 농도는 1.57ng/L이었다(DGM/TM%=3.59%). 대기 중 수은의 평균 농도는 TGM이 1.94ng/m<sup>3</sup>이었으며, RGM이 3.01pg/m<sup>3</sup>이었다(RGM/TGM%=0.15%). 대기 중 수은의 경우 대부분이 0가 수은으로 존재 하며, 수체 내 수은의 경우 0가 수은의 존재는 총 수은의 소량을 차지하였다. 이것은 0가 수은의 높은 휘발성을 고려한다면 타당한 결과이다. 또한 RGM의 비율은 이전 연구와 비교하여 매우 낮은 경향을 보이는데 이것은 주위에 오염원이 없는 것을 고려해 본다면 타당한 결과이다(Nacht et al., 2004; Lindberg and Stratton, 1998).

0가 수은의 경우 건식 습식 침적이외에 대기 수체 간 교환이 이루어진다. 대기 수체 간 교환은 두 매체 간 농도 차에 의해 결정이 된다. 이러한 매체 간 0가 수은의 교환 방향을 알아 볼 수 있는 지표로 Saturation Index(SI)라는 값을 사용한다. SI는 Henry 상수를 이용한 대기 수체 간 농도 비를 알아보는

계수이다. SI 의 계산은 식(1)과 같이 계산된다.

$$SI(\%) = [(DGM \cdot H') / Hg_{air}^0] \cdot 100 \quad (1)$$

위 식에서 H'는 온도에 따른 0가 수은의 헨리상수이며,  $Hg_{air}^0$ 는 대기 중 0가 수은의 농도이다(Sanemasa, 1975). 계산된 SI가 100% 이상이면 수체에서 대기로 0가 수은이 배출되는 것을 의미하며, 100% 미만인 경우 대기에서 수체로 0가 수은이 유입됨을 의미한다.

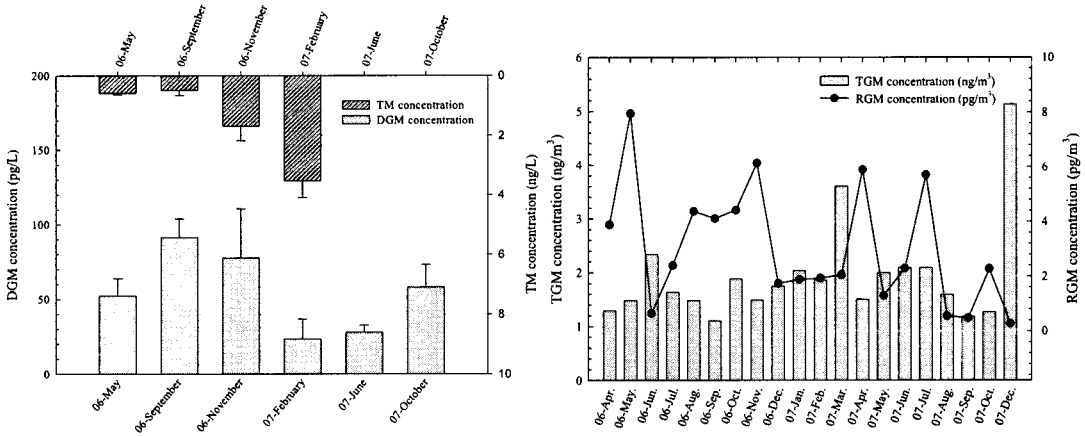


Fig. 1. Seasonal variation of mercury in water(left) and atmosphere(right) at Lake So-yang.

소양호의 SI는 30~3,305%의 범위를 가졌다. 2007년 2월과 6월을 제외한다면 모두 1,000% 이상의 값을 보였다. 2007년의 2월과 6월은 DGM의 농도가 매우 낮게 나타났으며, 이로 인해 SI 값이 낮게 평가되었다. 측정된 결과로 소양호는 대부분의 기간에 수체에서 대기로 0가 수은이 배출된다고 판단된다. 이러한 수은의 배출은 수체 내 수은의 제거 기작으로서 중요한 기작이며 2007년의 2월과 6월과 같은 경우에는 수은의 건식 습식 침적 이외에 가스 교환까지 추가되어 더욱 많은 양의 수은이 수체 내로 유입되었음을 시사한다.

### 참고 문헌

- Fleming, E.J., E.E. Mark, P.G. Green, and D.C. Nelson. Applied and environmental microbiology, 72, 457-464.
- Landis, M.S. and G.J. Keeler (2002) Environmental Science & technology, 36, 4518-4524.
- Lindberg, S.E. and W.J. Stratton (1998) Environmental Science & technology, 32, 49-57.
- Nacht, D., M.S. Gustin, M.A. Engle, R.E. Zehner, and A.D. Gigliani (2004) Environmental Science & technology, 38, 1977-1983.
- Pan, L., G.R. Carmichael, B. Adhikary, Y. Tang, D. Streets, J.h. Woo, H.R. Friedli, and L.F. Radke. Atmospheric Environmnt, 42, 1144-1159.
- Sanemasa, I. (1975) The Solubility of elemental mercury vapor in water, Bull. Chem. Soc. Jpn. 48(6), 1795-1798.