

## PA63)

## 양수리 산림지역에서의 토양 중 수은 휘발량 산정

### Measurement of Mercury(Hg) Emissions of the Soil from the Forest Floor using a Dynamic Flux Chamber, Yangsuri, Gyeong-gi, Korea

한진수 · 정영재 · 서용석 · 이승묵

서울대학교 보건대학원 환경보건학과

#### 1. 서 론

원소성 수은(elemental mercury, Hg<sup>0</sup>)은 상온에서 가스 상태로 존재하고, 0.5~2년 정도의 긴 체류시간으로 인하여 인위적 오염원뿐만 아니라 자연적 오염원으로부터 배출되고 난 후에, 장거리 이동이 가능하다(Schroeder and Munthe, 1998).

기존의 수은에 대한 연구가 인위적으로 배출되는 수은에 대하여 이루어져 왔고, 자연적으로 발생하는 수은에 대한 연구는 미비하였다. 하지만 자연적으로 발생하는 수은의 양이 기존에 알려진 것에 비해 상당히 복잡하며(Gustin et al., 1999; Engle et al., 2001; Engle and Gustin, 2002), 특히 토양에서 발생하는 수은의 양이 지구적이고 지역적인 수은의 양에 있어서 상당한 부분을 차지하고 있는 것으로 밝혀졌다(Lindberg et al., 1995; Gustin et al., 2000). 하지만 토양에서 발생하는 수은(특히 산림지역) 양을 산정하는 연구는 미비한 실정이며, 이로 인하여 토양에서 배출되는 수은의 양을 산정하기에는 상당한 불확실성이 존재하며, 또한 국내에서는 토양에서의 수은의 배출량에 대한 연구가 거의 이루어지지 않고 있다. 본 연구에서는 2008년 8월과 2008년 12월, 2009년 5월부터 8월에 경기도 양평군 양수리 지역의 인근 유역 토양에서의 Dynamic flux chamber(DFC)를 이용하여 토양에서의 수은의 휘발량을 산정하였다.

#### 2. 실험 방법

2008년 8월, 12월, 2009년 3월, 5월, 6월, 7월, 8월에 경기도 양평군 양수리 지역에서 DFC를 이용하여 토양에서 휘발되는 수은량을 측정하였다. 그림 1에서 보는 바와 같이, 본 장치는 Tekran 1110 dual sampling unit와 Tekran 2537A(Tekran Inc. Canada)를 연결한 것으로, 두 개의 시료채취 라인으로부터 매 5분마다 유입구(inlet)에서 대기 중 수은의 농도를 측정하고, 유출구(outlet)에서 토양에서 휘발되는 수은의 농도를 번갈아 측정하여 토양에서의 수은의 휘발량을 측정하였다.

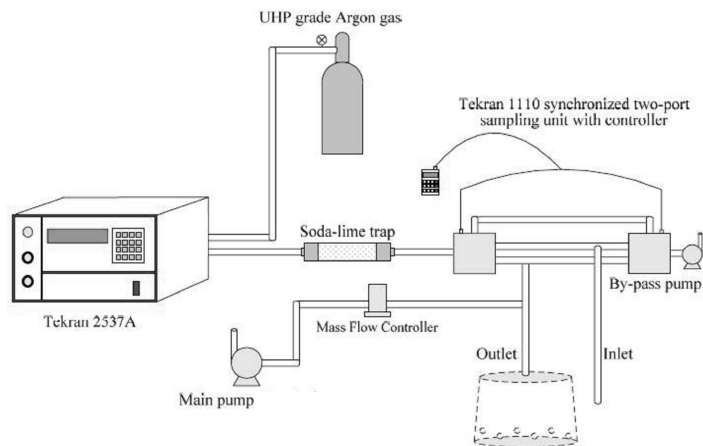


Fig. 1. Schematic diagram of dynamic flux chamber system.

유입구의 시료채취 라인은 flux chamber 외부에 뚫은 구멍과 동일한 높이에 설치하였고, 유출구 시료채취 라인은 flux chamber 상단에 연결하였다. 외부의 대기가 chamber 내로 유입되는 것을 방지하기 위하여 chamber 가장자리는 토양 표면으로부터 약 3cm 아래에 설치하였다. 토양에서의 수은의 휘발량은 다음의 식으로 계산하였다.

$$F = (C_{\text{outlet}} - C_{\text{inlet}}) \times Q/A$$

여기서

F: flux ( $\text{ng Hg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ )

$C_{\text{outlet}}$  and  $C_{\text{inlet}}$ : concentration of Hg at the outlet and inlet ( $\text{ng m}^{-3}$ )

Q: the flushing flow rate through the chamber ( $\text{m}^3 \text{ h}^{-1}$ )

A: the surface area of the soil exposed in the chamber ( $\text{m}^2$ )

### 3. 결과 및 고찰

양수리 인근 유역의 토양에서 dynamic flux chamber(DFC)를 이용하여 토양에서의 수은의 휘발량을 측정 한 결과, 2008년 8월( $0.70 \pm 8.13 \text{ ng/m}^2/\text{hr}$ ), 12월( $-0.74 \pm 1.57 \text{ ng/m}^2/\text{hr}$ ), 2009년 3월( $1.49 \pm 1.55 \text{ ng/m}^2/\text{hr}$ ), 5월( $-0.10 \pm 2.41 \text{ ng/m}^2/\text{hr}$ ), 6월( $1.10 \pm 3.15 \text{ ng/m}^2/\text{hr}$ ), 7월( $0.36 \pm 3.62 \text{ ng/m}^2/\text{hr}$ ), 8월( $-0.10 \pm 1.90 \text{ ng/m}^2/\text{hr}$ )로 2009년 3월에 토양에서 휘발되는 수은양이 가장 높게 나타났다. 기존 연구에 의하면 토양에서의 수은 휘발량은 토양의 표면온도, 외기온도, solar radiation과 양의 상관관계가 있다고 알려져 있다(Poissant and Casimir, 1998). 따라서 2008년 8월이 12월에 비해 토양의 표면온도뿐만 아니라, 외기온도 및 solar radiation이 높았기 때문에 토양에서 휘발되는 수은양이 토양으로 침적되는 양보다 높았던 것으로 사료된다. 2009년 5월, 7월, 8월은 강우에 의한 영향으로 토양에서의 수은 휘발량이 상대적으로 낮았던 것으로 사료된다.

### 사 사

본 연구는 교육과학기술부(다중 매체 간 수은 거동의 통합적 이해를 통한 수은 관리기반 구축, 과제번호 R01-2008-000-11165-0(2008))의 일환으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

- Engle, M., M. Gustin, and H. Zhang (2001) Quantifying natural source mercury emissions from the Ivanhoe Mining District, north-central Nevada, USA. *Atmospheric Environment* 35, 3987-3997.
- Engle, M. and M. Gustin (2002) Scaling of atmospheric mercury emissions from three naturally enriched areas: Flowery Peak, Nevada; Peavine Peak, Nevada; and Long Valley Caldera, California. *Science of the Total Environment*, 290, 91-104.
- Gustin, M., S. Lindberg, F. Marsik, A. Casimir, R. Ebinghaus, G. Edwards, C. Hubble Fitzgerald, R.K. Kemp, H. Kock, T. Leonard, J. London, M. Majewski, C. Montecinos, J. Owens, M. Pilote, L. Poissant, P. Rasmussen, F. Schaedlich, D. Schneeberger, W. Schroeder, J. Sommar, R. Turner, A. Vette, D. Wallschlaeger, Z. Xiao, and H. Zhang (1999) Nevada STORMS project: measurement of mercury emissions from naturally enriched surfaces. *Journal of Geophysical Research*, 104, 21831-21844.
- Gustin, M., S.E. Lindberg, K. Austin, M. Coolbaugh, A. Vette, and H. Zhang (2000) Assessing the contribution of natural sources to regional atmospheric mercury budgets. *Science of the Total Environment*, 259, 61-71.

- Lindberg, S., K.-H. Kim, and J. Munthe (1995) The precise measurement of concentration gradients of mercury in air over soils: a review of past and recent measurements. *Water, Air, and Soil Pollution*, 80, 383-392.
- Poissant, L. and A. Casimir (1998) Water - air and soil - air exchange rate of total gaseous mercury measured at background sites. *Atmospheric Environment*, 32, 883-893.
- Schroeder, W.H. and J. Munthe (1998) Atmospheric mercury-an overview. *Atmospheric Environment*, 32, 809-822.