

## PF7)

## 우리나라의 습성침착량과 건성침착량 산정 연구

### Estimation of Wet and Dry Deposition in Korea

이상덕 · 한진석 · 이영재 · 신선아 · 이정영 · 노순아 · 신아윤 · 정일록

국립환경과학원 환경진단부 대기환경과

#### 1. 서 론

우리가 생활하는 환경을 유지하기 위해서는 생태계에 대한 임계부하량을 산출하는 일이 필요하며, 대기로부터의 산성 침착 과정은 이러한 생태계 부하중의 주요한 부하 중의 중요한 부분으로 평가되고 있다(Erisman et al., 1997). 대기로부터 배출된 대기오염물질( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  등)은 건성침착과 습성침착 과정에 의해 산림, 토양, 호소 등의 자연생태계에 심각한 악영향을 주고 있다(Rene and Rudy, 2006). 지표면으로 도달하는 오염물질들의 특성이나 침착량은 현대의 증가된 인위적 활동의 영향으로 많은 변화를 보이고 있는 실정이며, 따라서 이러한 침착오염물질들의 정량화에 대한 연구와 장기적인 모니터링이 요구되고 있다. 본 연구에서는 우리나라에 강하된 습성침착량과 건성침착량을 산정하여 전국 산성침착량의 공간적 분포 특성을 분석하였으며, 산성침착량 중 습성과 건성이 차지하는 비율을 조사하였다.

#### 2. 연구 방법

##### 2.1 습성침착량 산정

시료채취기간은 2001년부터 2005년까지로 연중 강수 시 시료를 채취하였으며, 측정 지점은 32개로 도시, 교외 및 원격지점으로 나누어 고르게 분포하였다. 이온성분 분석을 통해 얻어진 농도와 강수량을 이용하여 습성침착량을 산정하였다.

##### 2.2 건성침착량 산정

시료채취기간은 2004년부터 2005년까지로 매 6일마다 1회 시료를 채취하였으며, 아침 10시를 기준으로 다음날 10시까지 24시간 채취를 기본으로 하였다. 측정 지점은 18개로 도시, 교외 및 원격지점으로 나누어 고르게 분포하였다. 이온성분 분석을 통해 얻어진 농도와 건성침착 속도를 산정하여 이들의 곱으로 건성침착량을 산정하였으며, 기상자료는 각 측정지점에 근접한 기상관측소의 자료를 이용하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

황의 건성침착량( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_2$ )은 전국 평균 12.36kg/ha/yr이었고, 우리나라 지역의 94.5%가 10~15 kg/ha/yr의 침착량을 나타냈다. 지역별로는 경기 북부와 충북지역에서 다소 높은 침착량을 보였으며, 광주지역에서 낮은 침착량을 보였다. 황의 습성침착량이 전국 평균 10.10kg/ha/yr과 비교하여 볼 때 55%가 건성침착으로 인한 것임을 알 수 있었다. 미국의 경우 습성과 건성침착량을 합쳐 12.8kg/ha/yr수준이었고(Rosanna cappellato et al., 1998), 40%가 건성침착에 기인한다는 것과 비교할 때 우리나라는 황의 침착량이 높은 수준이며, 습성침착에 비해 건성침착이 많음을 알 수 있었다.

질소의 건성침착량( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{NH}_3$ )은 전국 평균 19.49kg/ha/yr이었고, 지역별로는 수도권을 중심으로 경기지역에 높은 침착량을 보였다. 질소의 습성침착량이 평균 12.62kg/ha/yr과 비교하여 볼 때 61%가 건성침착으로 인한 것임을 알 수 있었다. 이는 네덜란드의 경우 평균 35kg/ha/yr의 침착량을 나타냈으며(RIVM, 2001), 스페인의 경우 51.2% 지역이 15~20kg/ha/yr의 침착량을 나타냈고(Luis rodriguez, 2006), 스웨덴의 경우 연평균 7~17kg/ha/yr의 침착량을 나타냈고(Ursula and Martin, 2003), 독일의 솔링 지역의 경우 건성침착량이 32kg/ha/yr를, 습성침착량이 1kg/ha/yr를 나타냈다(Margarida and Gode, 2001). 쿠바의 경우에는 연평균 총 질소침착량이 20.12kg/ha/yr으로 습성침착이 차지하는 비율이 60% 인 것으로 나타났으며(Osvaldo et al., 1998), 브라질 상파울로의 연평균 총 질소침착량은 9kg/ha/yr로 습성침착이 차지하는 비율이 56%로 나타났다(Krusche et al., 2002). 우리나라의 경

우 평균 질소의 침착량이 32kg/ha/yr이고, 64% 지역에서 15~25kg/ha/yr의 침착량을 나타낸 것으로 보아 유럽과 비슷한 수준이었다.

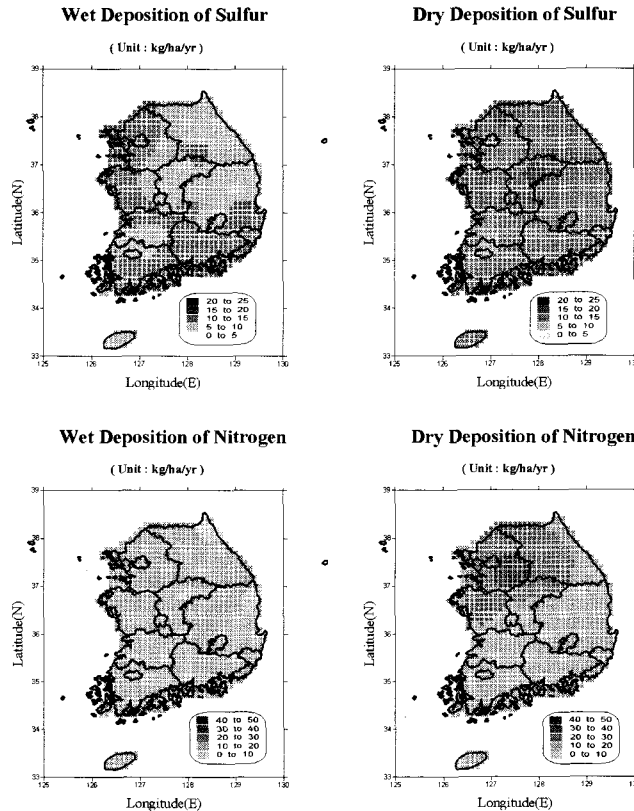


Fig. 1. Distributions(0.1° × 0.1°) of annual mean wet and dry deposition of Sulfur and Nitrogen in Korea.

### 참 고 문 헌

- Erismann, J.W., G. Draaifers, J. Duyzer, P. Gofschreuder, N. Vanleeuwen, F. Romer, W. Ruijgrok, P. Wyers, and M. Gallagher (1987) Particle deposition to forests—summary of results and application *Atmospheric Environment*, 31, 321–332.
- Krusche A.V, P.B. de Camargo, C.E. Cerri, M.V. Ballester, L.B.L.S. Lara, R.L. Victoria, and L.A. Martinelli (2003) Acid rain and nitrogen deposition in a sub-tropical watershed(Piracicaba): ecosystem consequences. *Environmental Pollution*, 121, 389–399.
- Luis Rodriguez and Felipe Macias (2006) Eutrophication trends in forest soils in Galicia(NW Spain) caused by the atmospheric deposition of nitrogen compounds. *Chemosphere*, 63, 1598–1609.
- Margarida C. Marques and Gode Gravenhorst (2001) Input of atmospheric particles into forest stands by dry deposition. *Water, Air, and Soil Pollution*, 130, 571–576.
- Oswaldo A. Cuesta Santos, Paulo L. Ortiz Bulto, and Maria L. Gonzalez (1998) Deposition and atmospheric nitrogen concentrations trends in Cuba. *Water, Air, and Soil Pollution*, 106: 163–169.
- RIVM (2001) Het Nederlandse milieu verklaard. Kluwer, Alphen a/d Rijn (In Dutch).
- Rene Verhagen and Rudy van Diggelen (2006) Spatial variation in atmospheric nitrogen deposition

- on low canopy vegetation. *Environmental pollution*, 144, 826-832.
- Rosanna cappellato, Normane E. Peters and Tilden P. Meyers (1998) Above-Ground sulfur cycling in adjacent coniferous and deciduous forests and watershed sulfur retention in the georgia piedmont, U.S.A. *Water, air, and soil pollution*, 103, 151-171.
- Ursula Falkengren-Grerup and Martin Diekmann (2003) Use of a gradient of N-deposition to calculate effect-related soil and vegetation measures in deciduous forests. *Forest Ecology and Management*, 180, 113-124.