

PA58)

2005-2008년 우리나라 산성강하물의 장기 변동 특성에
관한 연구

A Study on the Characteristics of Long-term
Variation of Acid Deposition in Korea, 2005-2008

안준영 · 설민영 · 신아윤 · 한진석 · 김정수 · 이석조
국립환경과학원 기후대기연구부 대기환경연구과

1. 서 론

산성강하물은 최근 동아시아에서 심각한 환경문제로 대두되고 있다. 대기 중에 방출된 인위적 대기오염 물질들(아황산가스, 이산화질소, 이차생성입자 등)이 강우의 rainout, washout에 의해 산성비의 주된 조성을 이루게 되고, 이는 자연환경 및 생태계의 심각한 문제를 야기한다. 아시아 지역의 화석연료와 자동차 사용의 급속한 증가, 빠른 경제성장과 인구증가, 에너지 소비 증가로 인해 동아시아의 산성강하물 배출은 앞으로 수년간 지속될 것으로 예상된다. 특히 중국 북동부 지역의 산업단지 등에서 배출된 다량의 대기오염물질은 우리나라에 장거리 이동하여 토양이나 수계 및 생태계에 피해를 줄 수 있으므로, 이를 대비하기 위해 산성강하물에 대한 장기간 지속적인 연구가 필요하다.

본 연구에서는 국내 강우의 산성도 및 건성·습성강하물의 주요이온성분 측정 분석을 통해 황(Sulfur)과 질소(Nitrogen)의 침적량을 산정하여 연도별 산성강하물의 변동 특성을 조사하고자 한다.

2. 연구 방법

강수 발생시 전국 36개 습성강하물(Wet Deposition) 측정망에서 매일 또는 주 1회 시료를 채취하였다. 강수의 산성화 정도를 알기위해 습성강하물의 강수량, pH, 전기전도도(EC)를 측정하고, 강수시료를 구성하고 있는 주요이온성분을 분석하였다. 습성강하물의 형태로 지면에 강하되는 성분들의 침적량은 강수 중의 화학성분 분석농도와 강수량의 곱으로 구할 수 있다. 자료의 신뢰성을 확보하기 위해 이온균형과 전기전도도 및 강수수거를 검토 등 지속적으로 정도관리(QA/QC)를 수행하였다.

강수입자들이 낙하하면서 오염물질을 포착하는 과정에서 제거되는 습성강하 외에 대기에서 수계, 토양, 지표로 직접 이동되는 건성강하물(Dry Deposition)은 전국 37개 건성강하물 측정망에서 연속 3단필터팩장치(멤브레인, 나일론, 석영섬유필터)를 사용하여 입자상과 가스상 물질로 나누어 시료 채취하였다. 건성강하에 의한 침적량 $F(g/m^2 \text{ year})$ 은 오염물질의 대기 중 이온성분농도 $C(mg/l)$ 와 침적속도 $Vd(cm/s)$ 의 곱으로 구할 수 있으며, 따라서 건성침적량을 산정하기 위해서는 대기 중 오염물질에 대한 정보가 요구된다.

본 연구에서는 황성분에 대해서 SO_2 와 SO_4^{2-} , 질소성분에 대해서 NO_2 , HNO_3 , NO_3^- , NH_4^+ 의 농도를 측정하고자 하였다. 침적량 산정을 위해 풍향, 풍속, 기온, 습도 등의 기상인자를 분석하고, 성분별, 지역별, 계절별 침적량의 특징을 조사하고, 또 습성 및 건성침적량을 종합하여 장기간 변동되는 Sulfur와 Nitrogen의 침적량을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

2005년부터 2008년까지 우리나라의 강수량 가중 연평균 pH는 약 4.9 수준으로 강우의 산성도는 약산성의 경향을 보였으며, 측정지점별 pH는 4.6-6.0 범위로 지역에 따라 다소 차이가 나타나고 있다. pH에 따른 강수량 분포는 pH 4.6-5.0 범위에서 29.8%, pH 5.1-5.5 범위에서 20.9%, pH 4.5 이하 범위에서 13.5%를 차지하는 것으로 나타났다. pH값의 공간적 분포는 서해안과 남해안 지역에서 비교적 낮고 동해안 지역이 비교적 높은 pH 분포를 보였다.

연평균 강수량을 살펴보면 2005년 1248mm, 2006년 1346mm, 2007년 1329mm, 2008년 1052mm이고, 주요이온성분의 4년간 평균농도는 SO_4^{2-} 4.1mg/l, NO_3^- 2.9mg/l, NH_4^+ 1.1mg/l로 나타났다. 또한 기간 중 단

위면적당 습성강하물 평균 침적량은 SO_4^{2-} $3.5\text{g/m}^2 \text{ year}$, NO_3^- $2.2\text{g/m}^2 \text{ year}$, NH_4^+ $1.0\text{g/m}^2 \text{ year}$ 로 나타났다. 습성강하물 침적량의 공간적 분포는 음이온, 양이온, 침적량 모두 서해안지방과 남부지방에서 비교적 높은 침적량 분포 현상을 보였다.

건성강하물 모니터링 결과 NO_3^- 농도는 연도별로 각각 1.64, 2.10, 1.54, $3.17\mu\text{g/m}^3$ 으로 다른 해에 비해 2008년에 비교적 높은 값을 나타냈고, SO_4^{2-} 농도는 6.67, 5.69, 5.40, $5.17\mu\text{g/m}^3$, NH_4^+ 농도는 2.19, 2.16, 1.89, $2.10\mu\text{g/m}^3$ 로 나타났다. 연도별 황(Sulfur)의 총 침적량은 1.65, 1.81, 1.91, $1.14\text{g/m}^2 \text{ year}$ 으로, 2007년 SO_4^{2-} 의 건성침적량이 다른 해에 비해 높은 편이었고, 질소(Nitrogen)의 총 침적량은 1.37, 1.89, 2.27, $2.04\text{g/m}^2 \text{ year}$ 로 나타났으며, 2007년부터 추가적으로 NH_3 와 NO_2 의 건성침적속도 산정이 가능하게 되었다. 연간 황과 질소 침적량의 변동 특성과 pH 변화는 다음 표와 그림에 나타내었다. 2005~2008년 총 침적량(습성+건성)에 대한 침적량의 비율은 황(Sulfur)과 질소(Nitrogen) 성분에 대해 각각 33%와 54%를 나타내었다.

Table 1. Yearly pH value, Flux of Acid Deposition (S and N, $\text{g/m}^2 \text{ year}$).

	2005년	2006년	2007년	2008년
pH	4.8	4.9	4.8	4.9
Sulfur	1.65	1.81	1.91	1.14
Nitrogen	1.37	1.89	2.27	2.04

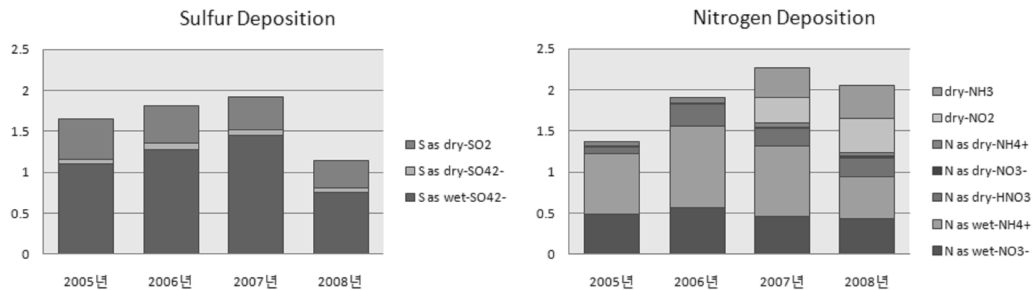


Fig. 1. Total(dry+wet) Sulfur and Nitrogen Deposition ($\text{g/m}^2 \text{ year}$).

참 고 문 헌

- 국립환경과학원 (2004, 2005, 2006, 2007, 2008) 산성강하물 모니터링과 생태계 영향조사.
 Seto, S., M. Sato, T. Tatano, T., Kusakari, and H. Hara (2007) Spatil distribution and source identification of wet deposition at remote EANET sites in Japan, Atmospheric Environment, 41, 9386-9396.