

PA8) 우리나라 산성강하물의 분포와 특징 및 강하량 산정; 2005~2007년

A Characteristics, Distributions and Deposition Flux of Acidic Species in Korea, 2005~2007

안준영 · 이상덕 · 신선아 · 신아윤 · 손정석 · 홍유덕 · 한진석 · 정일록

국립환경과학원 환경진단연구부 대기환경과

1. 서 론

동아시아 지역의 빠른 경제성장으로 인해 많은 양의 SO₂, NO_x, VOCs 그리고 입자상물질들이 대기 중으로 방출되고 있어 산성강하물의 문제는 심각한 환경오염문제의 하나로 부각되고 있다. 특히 중국의 2000년 SO₂, NO_x 배출량은 20.4, 114 Tg으로 추정되며(Streets et al., 2003), 1994년부터 2004년 까지 중국의 공업지역으로부터 배출되는 NO_x의 배출량은 50% 이상으로 늘어난 것으로 보고되고 있으며(Richter et al., 2005), 특히 중국 북동부 지역의 황해연안에 집중되어 있는 산업단지 등에서 배출되는 대기오염물질은 편서풍에 의해 우리나라로 장거리 이동될 가능성을 가지고 있다.

국내의 산성강하물 연구는 대도시를 비롯한 농촌지역 등에 대한 산성도 조사를 비롯하여 주요 이온성분의 측정분석 및 산성화 현상에 대한 원인물질의 규명 등 그 연구범위가 점차 확대되고 있다. 또한 동아시아 지역의 산성강하물로 인한 영향을 조사하기 위한 국제연구조직인 EANET(East Asia, the Acid Deposition Monitoring Network in East Asia)가 조직되어 산성강하물 및 이로 인한 생태계영향조사가 시행되고 있다. 그러나 관련 연구들은 인력과 연구비 등의 제한으로 인하여 관측지점이 한정되어 전체 지역의 산성강하물에 대한 특성을 파악할 수 있는 전국적인 조사 어려운 실정이다. 따라서 산성강하물 문제에 대한 현상을 이해하고 원인을 규명할 수 있는 자료를 확보하기 위해서는 전국적인 산성강하물 모니터링을 위한 측정망 구축 및 표준화된 측정과 분석을 통한 자료의 축적과 함께 산성강하물 평가에 관한 연구가 이루어져야 한다. 본 연구에서는 산성강하물의 화학적 조성 및 특징을 조사하고 전국적인 습성과 건성침착량을 파악하며, 실측 농도 및 침착속도계산을 통해 황(Sulfur)과 질소(Nitrogen)의 산성강하량을 산정하여 산성강하물이 생태계의 영향을 미치는 기초자료를 확보하고자 하였다.

2. 연구 방법

전국적인 현황을 파악하기 위하여 2007년 1월부터 10월까지 전국 32개 모니터링 지점의 습성강하물시료와 31개 지점의 건성강하물 시료를 채취하여 습성은 pH, 전기전도도 및 이온성분 등을 분석하였고 건성은 질량농도 및 이온성분을 조사하였다. 습성의 경우 자료의 신뢰성을 확보하기 위해 지속적으로 QA/QC를 수행하였으며 분석 결과를 바탕으로 하여 강수량, pH, 계절별, 지역별, 모니터링 지점의 성격별로 강우의 특징을 조사하였다. 또한 지역별 습성강하물 침착량을 산정하고 특징을 분석하였으며 침착량의 공간적 분포를 조사하였다. 건성시료의 경우 입자상과 가스상 물질로 구분하여 채취하였고 침착량 산정을 위해 기상청의 기상자료를 사용하여 가스상 및 입자상물질의 건성침착속도를 구하였고 이를 바탕으로 하여 성분별, 지역별, 계절별 건성침착량의 특징 및 공간적 분포를 조사하였다. 또한 습성 및 건성침착량을 종합하여 Sulfur, Nitrogen의 침착량을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

2007년 우리나라의 강수량 가중 연평균 pH는 약 4.8 수준으로 강우의 산성도는 약산성의 경향을 보였으며 측정지점별 pH는 4.3~5.9 범위로 지역에 따라 다소 차이가 나타나고 있다. pH에 따른 강수량 분포는 pH 5.1~5.5 범위에서 24.5%를 차지하였고 pH 4.1~4.5 범위에서 19.4%를 차지하였으며 pH 4.6~5.0,

5.6-6.0 범위에서 19.0, 18.1%를 차지하는 것으로 나타났다. 강수량 가장 음이온 성분 평균농도는 SO_4^{2-} 가 $2.87\text{mg}/\ell$, NO_3^- $1.29\text{mg}/\ell$ 및 Cl^- $1.18\text{mg}/\ell$ 로 나타났으며, 양이온 성분 평균농도는 NH_4^+ $0.75\text{mg}/\ell$, Na^+ $0.59\text{mg}/\ell$, K^+ $0.34\text{mg}/\ell$, Ca^{2+} $0.46\text{mg}/\ell$, Mg^{2+} $0.11\text{mg}/\ell$, H^+ $0.01\text{mg}/\ell$ 로 나타났다. 연간 단위면적당 습성강하물 침착량은 음이온이 $7.39\text{gm}^{-2}\text{yr}^{-1}$ 및 양이온이 $3.13\text{gm}^{-2}\text{yr}^{-1}$ 로, 음이온 성분은 SO_4^{2-} 가 $3.99\text{gm}^{-2}\text{yr}^{-1}$, NO_3^- $1.67\text{gm}^{-2}\text{yr}^{-1}$ 및 Cl^- $1.57\text{gm}^{-2}\text{yr}^{-1}$ 로 나타났고, 양이온 성분은 NH_4^+ 가 $1.01\text{gm}^{-2}\text{yr}^{-1}$, Na^+ $0.81\text{gm}^{-2}\text{yr}^{-1}$, K^+ $0.41\text{gm}^{-2}\text{yr}^{-1}$, Ca^{2+} $0.64\text{gm}^{-2}\text{yr}^{-1}$, Mg^{2+} $0.14\text{gm}^{-2}\text{yr}^{-1}$, H^+ $0.02\text{gm}^{-2}\text{yr}^{-1}$ 로 나타났다. pH값의 공간적 분포는 서해안 지역에서 비교적 낮은 pH를 보였고 습성강하물 침착량의 공간적 분포는 총 음이온, 총 양이온 침착량 모두 서해안 중부지방에서 비교적 높은 침착량 분포 현상을 나타내었다.

건성강하물(dry deposition) 모니터링 결과 전체 측정지점에 대한 $\text{PM}_{2.5}$ 질량 평균농도는 $29.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이고 총 음이온과 총 양이온 농도는 각각 $7.60\mu\text{g}/\text{m}^3$, $3.08\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났으며 $\text{PM}_{2.5}$ 전체 질량농도에서 SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ 성분들이 차지하는 비율은 각각 20.1%, 6.6%, 7.5%로 나타났다. 지역별 농도 및 구성비는 SO_4^{2-} 가 교외 지역에 비해 도시지역에서 상대적으로 높은 농도값을 보였으며 NO_3^- 는 배경지역에서 가장 낮은 농도가 나타났다.

2007년(1-10)월까지 전체 측정지점에 대한 건성강하물 평균 침착속도는 SO_2 가 $0.24\text{cm}/\text{sec}$, HNO_3 가 $1.31\text{cm}/\text{sec}$, 입자상물질은 $0.12\text{cm}/\text{sec}$, NO_2 는 $0.18\text{cm}/\text{sec}$, NH_3 는 $1.6\text{cm}/\text{sec}$ 로 나타났으며 건성강하물의 연평균 단위면적당 침착량은 2005, 2006, 2007(1-10월)년 각각 SO_2 가 $0.49, 0.46, 0.32\text{S g}/\text{m}^2 \cdot \text{year}$, HNO_3 는 $0.21, 0.27, 0.21\text{N g}/\text{m}^2 \cdot \text{year}$, NO_2 는 2007(1-10월)년 $0.32\text{N g}/\text{m}^2 \cdot \text{year}$, NH_3 는 2007(1-10월)년 $0.36\text{N g}/\text{m}^2 \cdot \text{year}$ 로 나타났다.

2007(1-10월)년도 전체 침착량(습성+건성)에 대한 건성강하물 침착량의 비율은 황(Sulfur)과 질소(Nitrogen) 성분에 대해 각각 10%와 22%를 나타내었다.

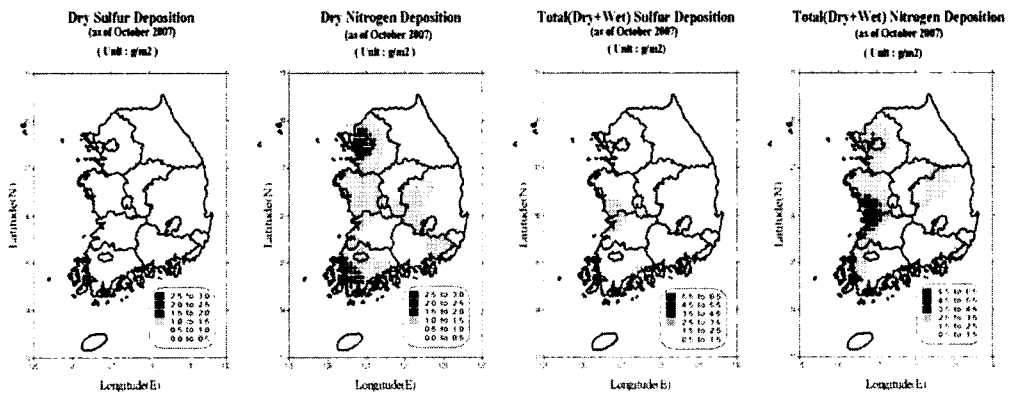


Fig. 1. Total(dry+wet) sulfur($\text{SO}_2+\text{SO}_4^{2-}$) and nitrogen($\text{HNO}_3+\text{NO}_3+\text{NH}_4^+$) deposition(as S,N).

참 고 문 헌

- Richter, A., Burrows, J.P., Nu X, H., Granier, C., Niemeier, U. (2005) Increase in tropospheric nitrogen dioxide over China observed from space, *Nature*, 437, 129-132.
- Streets, D.G., T.C. Bond, G.R. Carmichael, S.D. Fernandes, Q. Fu, D. He, Z. Klimont, S.M. Nelson, N.Y. Tsai, M.Q. Wang, J.-H. Woo, and K.F. Yarber (2003) An inventory of gaseous and primary aerosol emissions in Asia in the year 2000, *Journal of Geophysical Research*, 108 (D21), GTE30-1-GTE30-23.