

AA5) 2000~2001년 춘천의 습성·건성강하물의 특성 Characteristics of Wet and Dry Deposition at Chunchon, 2000~2001

홍영민·이보경¹⁾·정지영·윤민경·김만구
강원대학교 환경과학과, ¹⁾연세대학교 화학과

1. 서 론

산업의 발달과 함께 화석연료의 소비가 증가하면서 산성강하물(Acid precipitation)에 대한 관심이 증가하여 왔다. 산성강하물은 주로 화석연료의 연소를 통해 대기로 배출된 질소와 황 산화물들로, 산화·환원, 산·염기 중화반응 등 다양한 변환과정을 거쳐 비나 눈과 같은 습성과정이나 가스나 입자상 물질과 같은 건성과정을 통해 다시 토양과 호수 등에 침적되어 이들을 산성화시키는 원인이 된다. 따라서 산성강하물에 대한 이해를 위해서는 강수의 화학조성과 아울러 가스와 입자상으로 존재하는 질소와 황 화합물에 대한 관측이 필수적이다.

특히, 한반도가 위치한 동아시아 지역은 이 지역 국가들의 급격한 산업화로 인해 세계에서 산성화에 대한 우려가 가장 높은 지역이다. 이러한 상황 때문에 이 지역의 산성화 실태와 원인규명을 위해 동아시아 11개국이 공동으로 EANET(Acid deposition Monitoring Network in East Asia)과 같은 감시 네트워크를 구성하여, 강수와 가스 및 입자상 물질을 관측하고 있다.

우리나라의 경우 70년대 후반 이후 강수의 산도와 화학조성에 대한 연구가 지속적으로 이루어져왔다. 이 결과들을 토대로 한반도 강수의 산성화 실태와 원인물질에 대한 개괄적인 이해가 가능해졌다. 한편 시료의 채취와 측정방법의 어려움, 중요성에 대한 상대적인 인식의 부족으로 인해 대기 중 가스상 및 입자상 물질에 대한 장기적인 연구 결과는 부족한 상황이다.

산성강하물에 대한 통합적인 이해를 목적으로 강원대학교에서는 96년 이후로 강수의 화학조성과 대기 중 가스와 입자상 질소 및 황 화합물에 대한 관측을 계속해오고 있다. 특히 지난 2년 동안은 폭설, 봄가뭄, 황사의 증가 등 특이한 기상상황이 많이 있어, 이러한 기상 여건에 따른 강수와 대기 중 가스와 입자상 물질의 농도 변화가 관측되었다. 이 논문에서는 우선, 춘천지역의 강수의 화학조성과 가스상, 입자상으로 존재하는 황과 질소 화합물의 농도와 연 강하량을 밝히고, 이들 농도의 계절 변화와 기상 여건에 따른 영향을 제시하고자 한다.

2. 시료 채취 및 분석

강수는 Wet-Only Rain Sampler를 사용하여 오전 10시부터 다음날 오전 10시까지 일 단위로 채취하였다. 채취된 시료는 실험실로 운반하여 채취부피를 측정된 뒤 공경 0.45 μ m membrane filter를 사용하여 여과하였다. 여과한 시료는 각각 pH와 전기전도도를 측정하였고, 이온크로마토그래프를 이용하여 주요 이온성분을 분석하였다.

건성강하물은 47mm 직경의 4단 필터팩을 이용하여 유속 10 L/min으로, 매주 수요일 오전 10시부터 목요일 오전 10시까지 24시간 동안 채취하였다. 관측한 성분은 입자상 NO₃⁻, SO₄²⁻, NH₄⁺, 기체상 질산(HNO₃), 아황산가스(SO₂)와 암모니아(NH₃)이다. 채취한 시료를 초음파를 이용하여 증류수로 추출하고, 이온크로마토그래프를 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

2000년 1월부터 2001년 9월까지 춘천에서 채취한 습성강하물(비, 눈)의 주요 이온성분의 가중평균농도를 표1에 나타내었다. 총이온농도는 2000년에 비해 2001년에 증가한 것으로 나타났으며, 평균 pH는 5.05에서 5.47로 증가하였다. 특히, 토양에서 기인한 입자상 물질인 Ca^{2+} , Mg^{2+} 의 농도는 약 2배 증가한 것으로 나타났다.

Table 1. Summaries of volume weighted mean concentration of pH, electrical conductivity and ionic species for rainwater at Chuncheon

	pH	Cond. ($\mu S/cm$)	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	H^+	Na^+	NH_4^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}
							($\mu eq/L$)				
2000년											
가중평균	5.05	16.9	15.0	21.5	46.5	8.9	13.2	45.4	5.2	3.8	33.4
최대	7.99	310.0	337.0	266.1	1083.9	358.9	397.8	336.4	95.1	160.5	1434.3
최소	3.45	3.9	0.4	3.0	5.8	0.0	3.3	0.3	0.4	0.0	1.1
2001년											
가중평균	5.47	25.4	12.7	39.4	63.6	3.4	14.0	72.8	5.1	7.2	62.0
최대	6.84	180.0	304.1	209.0	527.8	28.1	284.8	314.3	34.5	101.0	790.9
최소	4.55	6.3	1.6	7.2	12.7	0.1	3.2	11.9	0.3	0.9	7.6

기상청의 자료에 의하면 2000년 12월부터 2001년 3월까지의 최심적설은 54.5cm로 지난 5년의 평균에 비해 약 2~3배 많은 양의 눈이 내렸다. 또한, 2001년에는 6월까지의 강수량이 평년의 약 1/4 정도이고, 장마기간 동안의 폭우 이후로 다시 가뭄이 지속되고 있는 상황이다. 따라서, 강수의 pH 및 전기전도도, 이온농도가 증가한 것은 이러한 기상 현상에 기인한 것으로 볼 수 있으며, 이러한 전반적인 이온농도의 증가와 함께 토양기원성 물질이 두드러지게 증가한 것은 2001년에 황사발생일수가 32일(기상청)로 급격히 증가한 것에 기인한 것으로 설명할 수 있다.

이렇듯 2001년에는 폭설과 가뭄, 여름철 집중호우 등 기상현상의 영향으로 강수중 주요 이온성분의 농도가 예년과는 다른 계절 변동을 보였다. 이와 같은 기상현상의 영향은 대기 중 입자상·기체상 물질의 농도에서도 잘 나타난다. 2000년 1월부터 12월까지 측정된 입자상·기체상 물질의 월평균 농도를 보면, 입자상 물질인 NO_3^- , SO_4^{2-} , NH_4^+ 의 농도는 2000년 봄철인 3월부터 5월까지 각각 6.9, 7.9, 3.3 $\mu g/m^3$ 로 가장 높게 나타났으며, 기체상 물질인 HNO_3 , NH_3 의 농도는 여름철인 6월에 각각 3.8, 8.4 $\mu g/m^3$ 로 가장 높았고, SO_2 는 1월에 7.1 $\mu g/m^3$ 로 높게 나타났다. 2001년의 입자상 물질의 농도는 잦은 황사현상으로 인해 봄철에 높은 농도를 보여 예년과 비슷한 경향을 나타냈다. 반면 비교적 낮은 농도를 보였던 예년 여름과는 달리 오랜 가뭄의 영향으로 6월에 입자상 물질인 NO_3^- , SO_4^{2-} , NH_4^+ 의 농도가 최고를 기록하였다.

본 논문에서는 강수와 대기중 가스상 입자상 물질 농도의 계절변동을 고찰하고, 2001년에 있었던 기상현상의 영향을 살펴본다. 아울러 산성 강하물에 의한 영향을 파악하기 위해 질소와 황 화합물의 건성 강하량과 습성강하량을 모두 산정하고, 각각의 상대적 중요도를 비교분석할 계획이다.

참 고 문 헌

- 홍영민, 김만구, 이보경 (2001) Mid-term Trends in Precipitation Composition at Chuncheon, Korea, 12th World Clean Air & Environment Congress and Exhibition proceeding
 김만구, 홍영민, 강미희, 이동수, 이보경 (2001) Estimation of Dry Deposition by using a Filterpack Method at Chuncheon, Korea, WASP, in press