

PA27) 제주지역 강수 성분의 산성화 및 중화 기여도 분석 Analysis for Contribution of Acidification and Neutralization by Precipitation Components in Jeju

고희철 · 강창희 · 김원형 · 신찬성 · 고선영 · 현진옥
제주대학교 화학과

1. 서 론

강수의 대표적인 산성 오염물질은 주로 화석연료의 연소 과정에서 발생하는 황산화물과 질소산화물이며 이들을 강한 산성물질로 전환시키는 과정에서 오존, 과산화수소, 과산화물, 탄화수소 등이 크게 기여하고 있다. 이외에도 유기산, MSA 등이 강수의 산성화에 기여하고 있으나 이들의 기여도는 대체적으로 황산화물과 질소산화물에 비해 비교적 낮다. 반면에 암모니아나 토양의 칼슘화합물 등의 염기성 물질들은 강수의 산성 물질을 중화시키는 역할을 하는 것으로 조사되고 있다. 특히 토양입자에 의한 중화 과정은 최근 빈번해진 황사의 영향 때문에 조사의 필요성이 크게 부각되고 있다. 최근 중국은 다량의 아황산 가스를 방출시키고 있고, 한반도 지역 강수의 산성화를 심화시키고 있는 것으로 추측되고 있다. 제주 지역은 국내에서 가장 청정도가 높은 것으로 평가되고 있으나 대기오염물질의 장거리 이동에 의한 내륙의 영향을 비교적 많이 받고 있는 것으로 추정된다. 이를 확인하기 위해서는 대기질 변화를 지속적으로 관측해야 할 것으로 보이며, 이를 위해 강수의 오염 정도를 장기적으로 측정할 필요가 있다. 본 연구는 한라산 1100 고지와 제주시 지역에서 강수시료를 지속적으로 채취하여 주요 성분들을 분석한 결과로부터 주요 강수 성분들이 강수의 산성화와 중화에 미치는 기여도를 조사하고, 강수의 오염 특성을 조사한 결과이다.

2. 연구 방법

강수 시료는 자동강우채취기(신일상사 Model SL-4-001)를 사용하여, 한라산 1100 고지(북위 33°21', 동경 126°27')와 제주시 지역에서 동시에 채취하였다. 1100 고지 강수 시료는 1997년 3월부터 1999년 12월까지 1주일 단위로, 2001년과 2002년에는 매 강우별로 총 190개 시료를 채취하였다. 그리고 제주시 강수는 제주대학교에서 1997년 1월부터 2002년 12월까지 매 강우별로 총 314개의 시료를 채취하였다. 강수 시료는 먼저 pH와 전기전도도 측정하고, 나머지 시료는 이등분하여 주요 이온성분 분석용 시료는 4℃ 냉장실에, 또 유기산 및 MSA 분석용 시료는 chloroform 한 방울을 가한 후 -20℃의 냉동고에 보관하였다. 강수의 주요 성분인 NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- 은 AAS, IC로, 또 극미량 성분들은 IC를 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3. 1 강수 성분 분석결과

한라산 1100 고지와 제주시 지역에서 채취한 총 504개 강수 시료들에 대해 pH, 전기전도도를 측정하고 주요 성분들을 분석한 결과를 표 1에 나타내었다. 연구기간 중 강수의 부피가중평균 pH는 1100 고지와 제주시 지역에서 각각 4.84 ~ 5.00과 4.66 ~ 5.00의 범위를 보여 비교적 약산성의 비가 주로 내렸음을 알 수 있었다. 또 부피가중평균 전기전도도는 1100 고지와 제주시 지역이 각각 8.8 ~ 16.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 13.4 ~ 29.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 제주시 지역이 다소 높은 값을 나타내었다. 또한 이 지역 강수의 주요 이온성분들의 당량농도는 1100 고지에서 $\text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{nss-SO}_4^{2-} > \text{NH}_4^+ > \text{H}^+ > \text{NO}_3^- > \text{nss-Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$, 제주시 지역에서 $\text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{nss-SO}_4^{2-} > \text{NH}_4^+ > \text{NO}_3^- > \text{Mg}^{2+} > \text{H}^+ > \text{nss-Ca}^{2+} > \text{K}^+$ 의 순으로 두 지역이 비슷한 경향을 보였다. 그러나 절대 농도는 제주시 지역에 비해 1100 고지가 더 낮게 나타났으며, 특히 해양 성분인 Cl^- , Na^+ , Mg^{2+} 성분의 경우 그 차이가 두드러져 제주시 지역이 해양 영향을 훨씬 많이 받는 것으로 조사되었다(Kang *et al.*, 2003; Kang and Kim, 2002; 강창희 등, 1999).

Table 1. The pH, conductivity($\mu\text{S}/\text{cm}$) and volume-weighted mean concentrations($\mu\text{eq}/\text{L}$) of major precipitation components in Jeju area.

Component	1100 Site					Jeju City					
	1997	1998	1999	2001	2002	1997	1998	1999	2000	2001	2002
pH	4.98	4.84	5.00	4.87	4.86	4.76	4.87	5.00	4.83	4.67	4.66
Conductivity	9.8	16.1	8.8	13.5	12.3	20.1	28.6	13.4	20.6	29.0	28.54
H ⁺	10.53	14.53	10.01	13.43	13.84	17.23	13.51	10.03	14.72	21.24	22.02
NH ₄ ⁺	6.46	17.96	6.35	18.22	15.30	19.27	20.13	14.26	16.02	22.55	20.98
Na ⁺	28.13	41.09	16.26	20.63	26.32	47.73	116.1	39.48	46.72	76.53	138.11
K ⁺	1.39	4.61	1.09	2.99	0.85	4.47	11.42	3.20	2.08	3.37	2.22
nss-Ca ²⁺	1.18	4.65	2.91	7.92	6.89	9.02	2.15	4.53	9.71	14.38	10.36
Mg ²⁺	4.74	8.85	5.09	7.16	6.05	8.68	23.36	11.87	12.16	17.92	23.72
nss-SO ₄ ²⁻	15.64	29.04	13.21	21.78	18.62	32.53	31.20	15.95	27.54	39.20	23.31
NO ₃ ⁻	7.61	12.35	4.03	10.36	10.40	17.30	17.68	10.59	16.39	23.93	20.17
Cl ⁻	28.93	39.48	18.64	21.86	24.73	46.80	117.1	41.20	53.85	81.61	122.8

3. 2 강우의 산성화, 중화 및 오염 특성

주요 강수 성분의 산성화 기여도를 조사해 본 결과 무기산 음이온인 nss-SO₄²⁻와 NO₃⁻ 두 성분의 기여율이 1100 고지에서 각각 64%와 27%로 총 91%, 제주시에서 각각 57%, 34%로 총 91%이었고, 주로 H₂SO₄와 HNO₃가 강수의 산성화에 기여하는 것으로 조사되었다. 또한 이들 산성 물질의 중화 요인을 중화인자를 구하여 조사해 본 결과 NH₃에 의한 중화율은 1100 고지, 제주시 두 지점에서 각각 53%, 52% 정도이고, CaCO₃에 의한 중화는 두 지점에서 각각 41%, 31%로 NH₃에 의한 중화효과가 큰 것으로 나타났다. 또 빗물의 실제 산성도와 관련이 큰 자유산성도는 두 지점에서 각각 39%와 32%의 값을 보였다. 한편 인자분석(factor analysis)을 실시하여 오염원의 영향을 조사해 본 결과 1100 고지의 강수는 인위적 오염 영향을 가장 크게 받고, 다음으로 해염 영향, 그 다음으로 식물과 토양 영향을 많이 받는 것으로 나타났으나 제주시 지역 강수의 경우 1100 고지와는 달리 해양 영향이 가장 크고, 다음으로 인위적 오염 영향, 그 다음으로 식물과 토양 영향이 큰 것으로 조사되었다(Lee *et al.*, 2000).

참 고 문 헌

- 강창희, 김원형, 홍상범, 이기호, 홍민선, 심상규 (1999) 청정지역 강우의 분석: 1997-1998년 한라산 1100 고지와 제주시 강우의 특성, 한국대기환경학회지, 15(5), 555-566.
- Kang C.H. and W.H. Kim (2002) Studies on Pollution Characteristics and Sources of Precipitation in Jeju Island, J. Korean Society for Atmospheric Environment, 18(E4), 191-201
- Kang C.H., W.H. Kim, and W. Lee (2003) Chemical Composition Characteristics of Precipitation at Two Sites in Jeju Island, Bull. Korean Chem. Soc., 24(3), 363-368.
- Lee B.K., S.H. Hong, and D.S. Lee (2000) Chemical composition of precipitation and wet deposition of major ions on the Korean peninsula, Atmospheric Environment, 34, 563- 575.