

3A5) 서울, 강화, 이천지역 산성강하물의 농도특성과 침적량에 관한 연구

Research on the Characteristics of Acid Deposition Concentration and Flux in Seoul, Ganghwa, Icheon

신아윤 · 안준영 · 성민영 · 손정석 · 한진석 · 김정수 · 이석조

국립환경과학원 기후대기연구부 대기환경연구과

1. 서 론

한반도를 비롯한 동북아시아는 급속한 산업화와 경제성장 및 인구증가로 인해 많은 양의 오염물질을 배출함에 따라 환경의 산성화에 대한 우려가 급격히 증가하고 있다. 특히 산성강하물의 주요 원인물질은 SO₂나 NO_x는 대기 중에서 다양한 화학반응을 거쳐 황산이나 질산의 형태로 지표로 이동하여 토양 및 수계 생태계에 악영향을 미치게 된다. 대기 중으로 방출된 인위적 대기오염물질들은 강우의 rain out, wash out에 의해 산성우의 주된 조성을 이루게 되며 이들의 조성은 국지적인 배출원의 영향에 의해 측정지점, 측정지역에 따라 서로 다른 조성이 나타나게 된다. 또한 동북아시아는 아시아 전체 배출량의 60%를 차지하고 있는 중국의 영향으로 산성대기오염물질들이 강한 편서풍과 함께 장거리 이동을 하고 있어 산성우의 조성이 영향을 받는 지역이기도 하다. 따라서 산성강하물 문제에 대한 정확한 현상을 이해하고 그 원인을 규명할 수 있는 자료를 확보하기 위해서 산성강하물의 화학적 특성을 조사하고 침적량을 산정하였다.

2. 연구 방법

우리나라의 산성강하물의 농도특성과 침적량을 살펴보기 위해서 도시지역, 배경지역, 교외지역을 대표할 수 있는 서울(불광동), 강화(석모리), 이천(설성면)을 선택하여 모니터링 하였다. 시료채취기간은 2008년 1월부터 12월까지이며, 습성강하물은 빗물자동측정채취장비(APM, NMO191E)로 건성강하물은 연속 3단필터팩장치(PM_{2.5} Sequential Sampler, URG 2000-01J, USA)를 통해 입자상과 가스상 물질을 채취하였다. 강수의 산성화를 파악하기 위해 습성강하물(Wet Deposition)은 pH, 전기전도도를 측정하고, 습성과 건성강하물을 구성하고 있는 주요이온성분을 IC(Ion Chromatography)를 이용하여 분석하였다. 습성강하에 의한 침적량은 대기 중 농도와 강수량을 곱하여 산정하고, 건성강하에 의한 침적량은 대기 중 농도와 강하속도의 곱으로 산정하는 간접측정방법을 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 산성강하물 연평균 농도

2008년 서울, 강화, 이천 지점의 강수량 가중 연평균 pH는 4.7, 4.6, 5.8이었다. 산성강하물의 이온성분 중 음이온은 세 지점에서 모두 SO₄²⁻ > NO₃⁻ > Cl⁻의 순으로 높게 나타났으며, 음이온은 서울, 이천지점에서 NH₄⁺ > Na⁺ > Ca²⁺ > K⁺ > Mg²⁺ 순으로 나타났고, 강화에서는 Na⁺ > NH₄⁺ > K⁺ > Ca²⁺ > Mg²⁺ 순으로 나타났다. 이런 결과는 강화지역이 해안가에 위치하고 있기 때문으로 판단되었다. 강수 중 화합물의 구성형태를 파악 해본 결과, 서울, 강화, 이천에서 각각 총 음이온 성분 중 SO₄²⁻ 46, 43, 47%, NO₃⁻ 39, 32, 38%로 높은 비율을 차지하였다. 서울과 이천에서는 총 양이온 성분 중 NH₄⁺ 37, 51%로 가장 높은 비율을 차지하였으며 강화에서는 Na⁺ 38%를 차지하였다. 2007년 EANET에 보고된 일본과 중국의 결과를 보면, 일본은 해안과 인접하므로 Cl⁻와 Na⁺가 높은 비중을 차지하고 있으며 중국은 SO₄²⁻의 농도가 서울의 약 4배, NO₃⁻는 약 1.5배 높은 농도를 나타내고 있다.

Table 1. Annual average concentration of major ion at each site.

(unit: wet(mg/ℓ), dry(μg/m³))

	SO ₄ ²⁻		NO ₃ ⁻		Cl ⁻		NH ₄ ⁺		Na ⁺		K ⁺		Ca ²⁺		Mg ²⁺	
	wet	dry	wet	dry	wet	dry	wet	dry	wet	dry	wet	dry	wet	dry	wet	dry
서울	3.10	4.92	2.65	3.75	0.97	0.35	0.89	2.44	0.54	0.36	0.45	0.32	0.46	0.10	0.07	0.01
강화	2.72	2.93	2.02	1.68	1.65	0.18	0.68	1.23	0.92	0.33	0.23	0.23	0.48	0.07	0.07	0.01
이천	2.49	4.01	2.02	5.17	0.82	0.58	1.17	2.51	0.48	0.41	0.27	0.39	0.33	0.09	0.04	0.02
전국	2.65	5.17	2.10	3.17	1.40	0.41	0.73	2.10	0.94	0.44	0.39	0.37	0.50	0.16	0.08	0.02
일본	1.39	0.44	1.00	0.07	4.98	0.08	0.29	0.02	2.83	0.04	0.16	0.01	0.16	0.01	0.35	0.01
중국	14.3	1.03	4.00	0.36	1.14	0.07	2.20	0.07	0.55	0.03	0.59	0.02	4.97	0.12	0.38	0.01

3.2 산성강하물 연평균 침적량

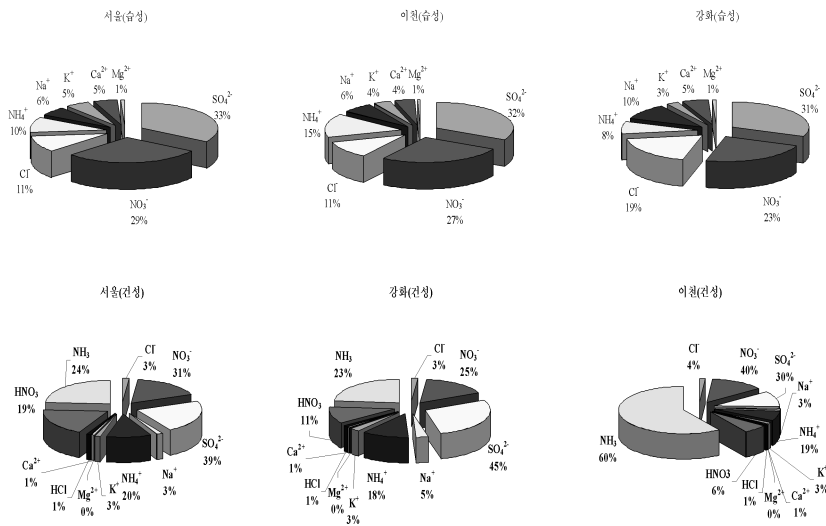


Fig. 1. Contribution to Acid deposition.

연간 건성강하물의 침적량은 서울, 강화, 이천지점 각각 SO₂가 0.43, 0.25, 0.14S g/m²·year, SO₄²⁻ 0.09, 0.02, 0.04S g/m²·year, NO₃⁻는 0.05, 0.01, 0.04N g/m²·year, HNO₃는 0.45, 0.03, 0.13N g/m²·year, NH₄⁺는 0.82, 0.62, 0.93N g/m²·year NO₂는 0.69, 0.20, 0.20N g/m²·year, NH₃는 0.74, 0.09, 1.59N g/m²·year로 나타났다. 습성강하물의 연간 침적량은 SO₄²⁻ 1.20, 1.03, 0.83S g/m²·year, NO₃⁻는 0.64, 0.49, 0.43N g/m²·year, NH₄⁺는 0.82, 0.62, 0.93N g/m²·year로 나타났다. 전체침적량(습성+건성)에 대한 각 성분별 기여도는 SO₄²⁻, NO₃⁻가 50% 이상으로 나타났으며, 황(SO₂+SO₄²⁻)과 질소(NH₄⁺+NH₃+NO₂+HNO₃+NO₃⁻)로 계산한 결과는 서울 1.71, 3.52, 강화 1.30, 1.46, 이천 1.01, 3.08g/m²·year로 나타났다. 도시지역인 서울에서 황과 질소의 침적량이 다소 높게 나타나는 경향이 보였으며, 이천지역은 자연적 배출원이 주 원인인 NH₃에 의해 총 질소침적량이 높게 나타났다.

참고문헌

Baumgardner jr., R.E., T.F. Lavery, C.M. Rogers, and S.S. Isil (2002) Estimates of the Atmospheric Deposition of Sulfur and nitrogen species: Clean Air Status and Trends Network, 1990-2000, Environmental Science and Technology, 36(12), 2614-2629.