

A Study on the Chemical Composition of Precipitation
at Kangwha and Yangyang

강공언 · 김희강*
원광전문대학 환경공업과
*건국대학교 환경공학과

I. 서론

본 연구는 대기오염물질의 장거리 이동에 따라 강수의 화학적인 성상이 다를 것으로 예상되는 우리 나라의 서해안에 위치하고 있는 강화 지역과 동해안에 위치하고 있는 양양 지역에서 산성강하물을 측정 분석하여 두 지역의 화학 성상의 특성을 비교, 해석하였다.

II. 시료 채취 및 분석 방법

2.1 시료 채취

시료 채취 지점은 우리 나라의 서해안에 위치하고 있는 강화와 동해안에 위치하고 있는 양양 지역으로 두 지점 모두 국부적인 오염발생원의 영향을 받지 않는 곳을 선정하였다. 시료 채취는 강화 지역의 경우 해안가에서 약 150m 떨어져 있는 하천부지에 세운 지상 약 4m 높이의 철탑 위에서 하였으며, 양양 지역은 동해안에서 약 5km 떨어져 있는 국민학교 건물옥상(지상 약 3m)에서 하였다. 시료 채취 기간은 1991년 3월부터 1993년 2월까지 2년간으로 하였다.

시료는 강하먼지 등과 같은 건성강하물(dry deposition)의 영향을 받지 않도록 자동 강수 시료 채취 장치(M1-014, Methé Inc.)를 사용하여 강수(비와 눈)만 채취하는 습성일괄방식(wet-only method)으로 채취하였다(玉置元期, 1990). 또한 강수시 전량 채취하여 그것을 하나의 분석 시료로 하는 것을 원칙으로 하였으나, 시료 관리상의 어려움 때문에 10일 간격으로 채취하여 그것을 하나의 분석 시료로 하였다.

2.2 분석 방법

채취된 강수 시료는 바로 pH와 전기전도도를 측정 후 밀봉하여 건국 대학교 대기 실험실로 운송하고 여기에서 밀리포아필터(HAWP 04700 millipore filter, 0.45 μm ϕ , Millipore Inc.)로 여과하여 분석시까지 4°C의 냉장고에서 보관하였다. 이때 강수중의 입자상물질이 제거된 여액을 분석 시료로 하였다. 분석항목은 pH, 전기전도도 그리고 주요 수용성 이온성분인 SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ 및 NH_4^+ 로 하였다. pH와 전기전도도는 pH전극(pH/Ion analyser-230, Corning Inc.)과 전기전도도계(SC-17A, Suntex Inc.)를 사용하여 측정하였다. 수용성 음이온인 SO_4^{2-} , NO_3^- 및 Cl^- 은 이온크로마토그래피(Ion Chromatography ICA-3000, TOA Inc.)를 사용하여 분석하였다. 그리고, 수용성 양이온인 Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ 및 Na^+ 은 원자 흡광광도계(GBC-901, GBC-Inc.)로 분석하였으며 NH_4^+ 는 흡광광도계(UV-240, Shimadzu Inc.)를 사용하여 인도페놀법(Indophenol blue method)으로 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

3.1 강수의 분석 결과

표1은 강수의 pH, 전기전도도 및 주요 이온성분의 농도에 관한 분석 결과치를 지역별로 요약하여 나타낸 것이다. 본 연구에서 지역별 강수의 화학 성상에 대한 특성을 비교, 평가하기 위해서는 강우량가중평균치(volume-weighted mean:VWM)를 사용하였는데 pH의 경우 이 값이 H^+ 농도에 대한 대수값이기 때문에 먼저 pH를 H^+ 농도로 환산한 후 이것을 다시 강우량으로 가중한 H^+ 농도를 구하고 최종적으로 pH로 환산하여 산출하였다(John H. Seinfeld, 1986).

Table 1. Chemical characteristics of precipitation samples at Kangwha(n=49) and Yangyang(n=53)

Sampling site		pH	EC ₂₅ μS/cm	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Rainfall mm
Kangwha	VWM*	5.14	23.7	1.03	0.35	0.33	0.11	0.78	1.29	3.12	1.41	1915.0***
	MEAN**	5.09	33.1	1.25	0.61	0.43	0.19	1.28	1.95	4.34	2.27	83.3****
Yangyang	VWM*	5.11	21.4	0.67	0.29	0.30	0.15	1.29	0.95	2.55	2.26	3004.0***
	MEAN**	5.16	31.1	1.01	0.50	0.43	0.26	1.93	1.46	3.68	3.48	123.1****

* Volume-weighted mean value, ** Arithmetic mean value, *** Total rainfall amount(mm) during the sampling period, **** Monthly mean rainfall amount

3.2 강수의 산성도

강수의 월평균 pH는 강화와 양양 지역이 각각 4.27 - 5.89와 4.14 - 6.47범위였으며, 강수량으로 가중한 연평균 pH는 두 지역 모두 5.1로 우수의 자연 산성도인 pH5.6이하로 나타났다. 두 지역에서 추정된 강수의 pH발생 빈도는 강화 지역의 경우 강수의 약 59%가 그리고 양양은 약 45%가 평균 pH 5.1이하로 나타났다. 즉 두 지역의 평균 pH는 비슷하지만 저 pH발생 빈도는 서해안에 위치한 강화 지역이 동해안의 양양 지역보다 많았다. 강수의 월별 평균 pH는 두 지역 모두 비슷한 경향을 보이지만 강화 지역의 pH가 양양 지역보다 전반적으로 낮게 나타나 월별 강수의 산성도는 서해안의 강화 지역이 동해안의 양양 지역보다 높은 것을 알 수 있었다.

3.3 주요 이온 성분의 농도

강화와 양양 지역 강수중 주요 이온 성분 농도의 연평균 가중치를 당량농도로 환산하여 지역별로 비교해 볼 때 Ca²⁺, NH₄⁺, NO₃⁻ 및 SO₄²⁻는 강화 지역에서 높은 농도를 나타낸 반면 Mg²⁺, Na⁺ 및 Cl⁻는 양양 지역에서는 높은 농도를 나타내었다. 특히 Na⁺, Cl⁻ 및 NH₄⁺는 1.5배 이상의 높은 농도차를 보여주었으며, K⁺와 H⁺는 두 지역 모두 비슷한 농도를 나타내었다. 강수중의 화학성분에 대한 해염의 총 기여율은 강화와 양양 지역에서 각각 34%와 53%로 나타나 양양이 강화보다 1.6배 정도 해염의 영향을 많이 받고 있는 것을 알 수 있었다. 산성우의 원인물질로는 비해염기원의 SO₄²⁻, NO₃⁻ 및 Cl⁻을 들 수 있는데 해안 지역에 위치한 두 지역에서는 Cl⁻성분의 대부분이 해염기원에 의한 것이므로 이들 지역의 강수 산성도는 비해염기원의 SO₄²⁻와 NO₃⁻에 의해 결정되는 것을 알 수 있었다. 비해염기원의 오염발생원에서 배출되는 산성 원인 물질인 음이온(nss-SO₄²⁻ + NO₃⁻)의 농도는 강화와 양양 지역에서 각각 81.7μeq/L와 61.7μeq/L로 두 지역 모두 인위적인 오염발생원이 없는 해안 지역임에도 불구하고 강화 지역이 양양 지역보다 1.3배 정도 높게 나타났는데 이는 강화 지역이 외부 지역에서 배출된 대기오염물질의 영향을 많이 받고 있음을 보여주는 것으로 추정되었다.

IV. 결론

강수의 연평균 pH는 두지역 모두 5.1로 같지만 저 pH 발생 빈도는 강화 지역이 양양 지역보다 많았다. 또 강수중 화학 성분에 대한 해염의 총기여율은 양양 지역이 강화 지역보다 1.6배정도 해염의 영향을 많이 받고 있음을 알 수 있었으며 비해염기원의 산성 원인 물질의 농도는 강화 지역이 양양 지역보다 1.3배 정도 높아 외부 지역에서 배출된 오염물질의 영향을 많이 받는 것으로 추정되었다.

참고문헌

- 신은상, 김희강 (1992) 서울시에서의 대기부유먼지에 대한 황사의 영향, 한국대기보전학회지, 8(1), 52-57.
- 酸性雨調査法研究會 (1993), 酸性雨調査法-試料採取, 成分分析及データ整理の手引き-酸性雨調査研究會, 179-259.
- American Chemical Society (1982) Acid deposition(Many new findings on this field were reported at the recent meeting of the American Chemical Society, Environ. Sci. Technol., 16(6), 323A-327A.
- Hiroshe Hara et al (1990) Analysis of Two-Year Results of Acid Precipitation Survey within Japan, Bull. Chem. Soc. Jpn., 63, 2691-2697.