

**PA31) 한라산 1100 고지와 제주시 강수 조성 및 오염도의 연도별 비교 : 1997 - 2003년 측정 결과**  
**Yearly Comparison of Composition and Pollution Level of Precipitation at 1100 Site of Mt. Halla and Jeju City between 1997 and 2003**

현진욱 · 김원형 · 강창희 · 고수연 · 한종현 · 고희정  
제주대학교 화학과

**1. 서 론**

대기경계층 상층부에 위치한 한라산 1100 고지와 상대적으로 오염도가 높은 제주시 지역에 강수채취기를 설치하고 1997년 초부터 2003년 말까지 지속적으로 강수시료를 채취하여 pH와 전기전도도를 측정하였다. 또 강수의 주요 성분과 극미량 성분을 분석하고, 이온수지비교법, 전도도비교법, 산분율비교법으로 분석 데이터의 신뢰도를 검증한 후 분석 결과로부터 이온세기를 계산하고 강수의 오염도를 평가하여 연도별로 비교하였다. 또한 분석 결과로부터 청정지역을 중심으로 진행되는 습식침적의 특성, 강수의 산성화 및 중화 특성, 유기산의 기원 및 산성화 기여도, 그리고 오염원의 특성과 오염물질의 발생기원을 규명하였다.

**2. 연구 방법**

제주도 한라산 1100 고지(33°21' N, 126°27' E)와 제주시 지역(제주대학교 건물 옥상, 33°26' N, 126°33' E)에 강수채취기를 설치하여 7년간 두 지역에서 각각 223개와 347개의 강수시료를 채취하였다. 강수의 pH는 Orion사의 모델 720A와 모델 81-02 전극, 전기전도도는 TOA사의 모델 CM-11P와 모델 CVP-101P 전극으로 측정하였다.  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  양이온과  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  음이온은 Metrohm Modula IC 및 Metrohm Metrosep Cation 1-2-6 column, Metrohm Metrosep A-SUPP-4 column을 사용하여 분석하였다. 또  $\text{F}^-$ ,  $\text{HCOO}^-$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{CH}_3\text{SO}_3^-$  성분은 Dionex, DX-500 및 IonPac AG11/AS11을 사용하여 분석하였다.

**3. 결과 및 고찰**

**3. 1 강수의 조성**

강수 성분들의 당량농도는 1100 고지에서  $\text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{nss-SO}_4^{2-} > \text{NH}_4^+ > \text{H}^+ > \text{NO}_3^- > \text{Mg}^{2+} > \text{nss-Ca}^{2+} > \text{K}^+ > \text{HCOO}^- > \text{CH}_3\text{COO}^- > \text{F}^- > \text{H}_3\text{SO}_3^-$ , 제주시 지역에서  $\text{Na}^+ > \text{Cl}^- > \text{nss-SO}_4^{2-} > \text{NH}_4^+ > \text{NO}_3^- > \text{H}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{nss-Ca}^{2+} > \text{K}^+ > \text{HCOO}^- > \text{CH}_3\text{COO}^- > \text{F}^- > \text{CH}_3\text{SO}_3^-$ 의 순으로해염 성분과 인위적 오염 성분들의 농도가 제주시 지역에서 더 높은 경향성을 보였다(표 1과 표 2). 주요 인위 기원 성분인  $\text{nss-SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ 의 농도를 연도별로 비교해 본 결과 1100 고지에서는 2003년도에 가장 높고 1999년도에 낮은 경향을 보였고, 제주시에서는 2001년에 높고 1999년에 가장 낮은 것으로 조사되었다. 그리고 제주지역 강수가 국내의 타 지역들에 비해서는 대체적으로 청정한 강수 상태를 나타내었고, 내륙이나 고지대에서  $\text{NH}_4^+$ 이나  $\text{Ca}^{2+}$ 의 농도가 가장 높게 나타나는 것이 일반적이나 제주도에서는 내륙과는 다소 다른 특성을 보였으며, 해안에 근접해 있는 제주시의 경우 해염기원 성분의 농도가 높은 경향을 보였다. 또 외국의 일부 지역에서 측정된 결과들과 비교해 본 결과 아직은 제주지역이 청정한 대기 상태를 유지하는 것으로 확인되었다.

**3. 2 강수의 오염도**

강수의 부피가중평균 pH는 1100 고지와 제주시 지역에서 각각 4.88, 4.81로 측정 기간동안 약산성의

비가 주로 내렸고, 부피가중평균 전기전도도는 1100 고지와 제주시 지역이 각각 13.3  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 21.4  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 제주시 지역이 더 높은 값을 나타내었다. 또 빗물의 이온세기(ionic strength)를 측정하여 오염도를 평가해 본 결과(그림 1), 단순평균 이온세기는 1100 고지와 제주시 지역이 각각  $0.15 \pm 0.16 \text{ mM}$ ,  $0.21 \pm 0.19 \text{ mM}$ 의 범위를 보였고 1100 고지 시료 중 약 43%, 제주시 지역 시료 중 약 69% 정도가 순수한 빗물의 기준인  $10^{-4} \text{ M}$  이상의 오염도를 나타낸 것으로 확인되었다.

Table 1. Annual volume-weighted mean concentrations ( $\mu\text{eq}/\text{L}$ ) of precipitation ions at 1100 site.

Year	pH	Cond.	H <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	nss <sub>Ca</sub> <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	nss <sub>SO4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	HCOO <sup>-</sup>	CH <sub>3</sub> <sup>-</sup> COO <sup>-</sup>	CH <sub>3</sub> <sup>-</sup> SO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
1997	4.98	13.8	10.53	14.79	33.10	1.95	2.91	5.80	25.36	11.72	34.11	0.19	0.38	0.15	0.07
1998	4.84	15.8	14.29	17.20	40.43	4.51	4.47	8.70	28.19	12.10	39.28	0.42	1.83	1.30	0.05
1999	5.00	8.8	10.01	6.35	16.26	1.09	2.91	5.09	13.21	4.03	18.64	0.23	1.59	1.15	0.01
2001	4.87	13.5	13.43	18.22	20.63	2.99	7.92	7.16	21.78	10.36	21.86	2.10	2.86	2.99	0.01
2002	4.85	12.3	14.10	15.52	26.46	0.86	7.00	6.06	18.94	10.48	24.87	2.12	1.06	0.70	0.02
2003	4.76	15.5	17.22	36.24	21.04	1.11	5.65	5.04	26.88	13.03	19.63	1.19	0.80	0.53	0.25
Mean	4.88	13.3	13.26	18.05	26.32	2.09	5.14	6.31	22.39	10.29	26.40	1.04	1.42	1.14	0.07

Table 2. Annual volume-weighted mean concentrations ( $\mu\text{eq}/\text{L}$ ) of precipitation ions at Jeju city.

Year	pH	Cond.	H <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	nss <sub>Ca</sub> <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	nss <sub>SO4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	HCOO <sup>-</sup>	CH <sub>3</sub> <sup>-</sup> COO <sup>-</sup>	CH <sub>3</sub> <sup>-</sup> SO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
1997	4.79	18.3	16.35	18.67	39.57	4.03	8.83	6.86	31.30	16.60	39.62	0.63	1.05	0.88	0.05
1998	4.90	23.4	12.62	18.55	87.40	10.07	1.99	17.21	28.98	16.12	88.28	0.41	2.42	1.65	0.07
1999	5.00	13.3	10.00	14.20	38.40	3.14	4.38	11.62	15.95	10.54	40.72	0.36	1.91	1.00	0.02
2000	4.83	20.5	14.72	16.32	46.72	2.08	9.71	12.16	27.54	16.15	53.81	0.64	1.35	1.30	0.02
2001	4.67	28.9	21.23	22.47	76.23	3.35	14.23	17.82	39.08	23.82	76.50	2.28	3.14	1.77	0.05
2002	4.68	27.5	20.77	20.19	<sup>135.2</sup> <sub>1</sub>	2.02	9.71	22.59	22.40	19.23	<sup>119.9</sup> <sub>9</sub>	1.34	0.69	0.40	0.01
2003	4.79	17.9	16.10	27.99	48.68	1.14	7.02	12.16	20.22	14.14	44.32	1.31	2.93	1.11	0.05
Mean	4.81	21.4	15.97	19.77	67.46	3.69	7.98	14.35	26.49	16.66	66.18	0.99	1.93	1.16	0.04

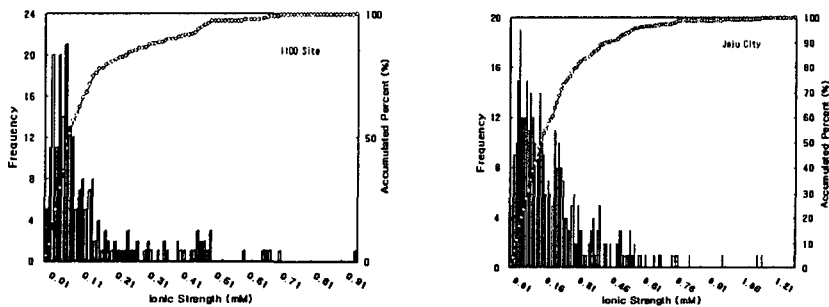


Fig. 1. Frequency distributions of the ionic strengths.

### 참고 문헌

- Chang-Hee Kang, Won-Hyung Kim and Won Lee (2003) Chemical Composition Characteristics of Precipitation at Two Sites in Jeju Island, Bulletin of The Korean Chemical Society, 24(3), 363-368.
- Chang-Hee Kang and Won-Hyung Kim (2002) Studies on Pollution Characteristics and Sources of Precipitation in Jeju Island, J. KOSAE, 18(E4), 191-201.