

## 충청북도 농촌 지역의 강수의 산성도에 관한 기초 연구

### A Preliminary Study on the Acidity of Precipitation in the Rural Area of Choongbook Province

송기형 · 박용남 · 정용승 · 박국태

한국교원대학교 환경과학연구소

(원고접수: 1992. 1. 29)

Ki-Hyung Song, Yong-Nam Park, Yong-Seung Chung and Kuk-Tae Park

Environmental Science Institute, Korea National University of Education

(Received: 29 January 1992)

#### Abstract

In this study the quantities of the inorganic ions in the precipitation of the rural area of Choongbook Province are analyzed. The sampling period of the study was between February and June of 1991. Anion concentrations were determined by ion chromatography. Metal cation concentrations were analyzed by atomic absorption spectroscopy. Nessler's reagent was used for ammonium ion. The average pH of the rain was 4.6. Occasionally, however, acidic rain of pH 3.5 was found. The ratio of anion/cation was 0.57, where the concentrations of anion was much smaller than the same of the cation. This was attributed to the high concentrations of the ammonium ion. Ion concentrations were higher in February and March than other months. Also, it was found that the  $2[\text{SO}_4^{2-}] + [\text{NO}_3^-] - [\text{NH}_4^+]$  gave the highest correlation with the pH values.

#### 1. 서 론

산성강우는 환경문제가 대두되면서 세계적인 관심을 끌어왔다. 유럽과 북 아메리카 지역에서 20년 이상 많은 연구가 되어 왔으며(Beilke, 1983; Hansen and Heidy, 1982; Pierson and Chang 1986) 대리석 건축물의 부식, 호수나 강의 산성화로 인한 생태계의 파괴 및 삼림의 황폐화 등이 이미 너무 잘 알려져 있다. 주로 사람들의 활동에 의해 생기는 산성비 및 눈은 풍향과 풍속에 따라 차이는 있으나 수 백 km를 이동하여 주변국가에도 피해를 주고 있고 각국은 이에따라 산성비 피해에 공동으로 대처하고 있다(Cowling, 1982). 우리나라도 근래에 최덕일 등(1980)과 박성배 등(1988, 1989)에 의해 산성강우에 대해 연구가 보고되고 있다. 그러나 이 연

구들은 주로 도시지역에서의 오염연구로 만일 사람의 활동에 의한 오염정도 및 주변에 미치는 영향을 연구하려면 농촌지역에 있어서의 산성강우 연구가 필수적이다.

본 연구의 목적은 농촌지역의 강우를 채집, 분석하여 도시지역이 아닌 농촌지역에서의 산성 강우의 경향을 파악하는데 있다. 또한, 자료 채집지역으로 중부 내륙지방을 선정하여 본 연구와 병행하여 행해지고 있는 태안반도의 자료와 비교하여 궁극적으로는 우리나라 내륙지방의 대기에 미치는 중국 대륙의 영향을 분석할 수 있는 기초를 마련하고자 한다.

본 연구에서는 한국 농촌 지역의 한 전형이랄 수 있는 충북 청원군 강내면 궁현리와 다락리 지역의 1991년 2월부터 6월까지의 빗물과 이슬의 일부를 분석한 결과를 보여준다. 두 지역은 거리상으로는

약 4km 정도 떨어져 있으나 다락리 지역은 한국교원대학교로 거의 평야지대이고 궁현리 지역은 주변이 논과 밭으로 싸여있고 뒷편으로는 해발 206m의 은적산으로 막혀있는 전형적 한국의 농촌지역이다. 이 연구에서 분석된 시료는 궁현리 지역의 것이다.

## 2. 분석방법

이 연구에서 채집된 시료는 pH를 측정후의 분석을 위해 polyethylene병에 넣어 냉장고에 보관하였다. 1991년 2월부터 6월 초에 이르기까지 17개의 빗물과 3개의 이슬 및 안개를 분석하였다. 이슬과 안개에 대한 연구는 차후에 강우와 함께 병행하여 연구할 과제로 본다.

양이온 중에서  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ 는 모두 원자흡광 분광기(Mitachi 모델 Z8000)로 분석하였다. 불꽃은 air-acetylene을 사용하였고 각각의 최적 조

건은 원소마다 바꾸어 주었다.  $NH_4^+$  이온은 네슬러 시약법을 이용하여 분석하였다. 음이온들은 이온 크로마토 그래피(Dionex 2000i)을 이용하여 분석하였고  $4 \times 50mm$ 의 guard column(HPIC-AG4A)과  $6 \times 250mm$ 의 separator column(HPIC-AS4A)을 사용하였다. Suppressor는 AMMS-II membrane이 사용되었으며 용리액은 1.7mM의  $NaHCO_3$ 와 1.8mM  $Na_2CO_3$ 가 사용되었고 flow rate는 분당 1.5mL이었다. 원자흡광 분석법에 있어서 상대 표준 편차(RSD)는 대개 1%내의 이었고 농도가 특별히 낮은가 하는 경우에는 약간 더 높은 5% 내외의 상대 표준 편차를 보여 주었다. Ion chromatography의 경우에는 Cl의 경우 낮은 농도를 제외하고 5%내의 좋은 정밀도를 보였다.

양이온 금속이온의 분석에 사용된 원자흡광 분광법은 이미 잘 알려져 정확하고 정밀한 테크닉이다. 만일 스펙트럼의 바탕이 복잡하면  $D_2$  lamp를 사용

Table. 1. Chemical compositions of precipitations in Chongwon area.

Type	Date	pH	H <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup> ( $\mu$ M)	Ca <sup>2+</sup> ( $\mu$ M)	Na <sub>s</sub> <sup>+</sup> ( $\mu$ M)	K <sup>+</sup> ( $\mu$ M)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ( $\mu$ M)	Cl <sup>-</sup> ( $\mu$ M)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ( $\mu$ M)
Rain	91.02.08	4.070	85.114	3.538	12.874	125.794	21.407	1042.129	93.089	274.828
Rain	91.02.10	4.200	63.096	4.936	11.277	112.614	19.463	709.534	62.059	163.440
Rain	91.02.10	4.620	23.988	2.633	4.741	19.000	2.046	37.694	11.283	28.107
Rain	91.02.11	4.060	87.096	3.867	8.558	65.985	9.923	411.308	50.776	174.891
Rain(1)	91.02.11	4.050	89.125	38.914	26.173	174.467	27.570	404.656	50.776	166.563
Rain	91.02.14	4.850	14.125	5.101	9.905	23.706	0.997	25.499	8.463	20.820
Rain	91.02.27	4.310	48.978	3.085	7.360	44.000	7.724	36.585	22.567	44.764
Rain	91.03.16	4.820	15.136	6.088	21.008	352.066	65.473	1.729.490	276.446	543.410
Rain	91.03.18	5.440	3.631	4.278	8.782	19.052	2.020	47.672	11.283	30.189
Rain	91.03.20	4.190	64.565	5.224	15.744	153.328	25.831	1.446.785	93.089	322.715
Rain	91.03.27	4.750	17.783	44.179	13.548	54.154	23.964	18.293	53.597	26.025
Rain	91.04.29	4.420	38.019	4.731	8.683	44.367	5.908	276.608	22.567	8.328
Rain	91.05.06	3.380	416.869	3.990	8.009	27.969	3.120	14.412	31.030	41.641
Rain	91.05.07	4.200	63.096	3.003	7.236	38.452	1.560	72.062	25.388	38.518
Rain(1)	91.05.07	3.530	295.121	6.129	15.170	77.773	7.084	64.302	33.850	64.543
Rain	91.05.25	4.730	18.621	2.550	5.639	9.613	0.563	615.299	8.463	24.984
Rain	91.06.03	6.410	0.389	5.512	11.178	48.369	8.593	495.011	28.209	48.928
Haze	91.04.04	4.670	21.380	0.617	4.840	1.653	5.882	84.257	39.492	78.076
Haze	91.04.15	4.620	23.988	4.443	9.182	10.135	2.813	59.313	22.567	37.477
Fog	91.04.16	5.900	1.259	4.031	9.381	19.008	3.632	170.177	47.955	128.045
Average		4.561	69.569	7.842	10.964	71.075	12.279	388.054	49.647	113.315
Std. Dev.		0.722	104.010	11.633	5.360	82.416	15.398	500.014	58.791	134.241
Rain Only	Average	4.472	79.103	8.692	11.523	81.806	13.720	438.079	51.937	118.982
	Std. Dev.	0.706	110.378	12.451	5.576	85.093	16.325	527.961	63.611	144.619
Exclude Duplicate	Average	4.563	64.034	6.848	10.303	75.898	13.240	465.225	53.220	119.439
	Std. Dev.	0.696	101.686	10.384	4.202	87.312	16.955	554.720	67.817	153.391

Table 1. Precipitation data(Continued)

Type	Date	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (μM)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SNN	Ca+Mg	SNNCaMg	SigmaPlus	SigmaMinus	Minus/Plus	Na/Cl
Rain	91.02.08	228.995	778.652	-263.477	16.412	-230.653	1307.267	871.741	0.667	1.351
Rain	91.02.10	112.885	439.764	-269.770	16.214	-237.343	937.135	501.823	0.535	1.815
Rain	91.02.10	17.739	73.954	36.260	7.373	51.006	97.475	85.237	0.874	1.684
Rain	91.02.11	82.245	432.026	20.718	12.425	45.567	599.162	482.802	0.806	1.300
Rain(1)	91.02.11	79.020	412.145	7.488	65.087	137.662	825.992	462.920	0.560	3.436
Rain	91.02.14	9.676	51.316	25.818	15.006	55.830	94.340	59.779	0.634	2.801
Rain	91.02.27	20.964	110.492	73.906	10.445	94.797	158.178	133.059	0.841	1.950
Rain	91.03.16	298.339	1385.160	-344.330	27.096	-290.138	2216.357	1661.605	0.750	1.274
Rain	91.03.18	17.739	78.118	30.446	13.061	56.567	98.496	89.402	0.908	1.688
Rain	91.03.20	277.375	922.805	-523.980	20.968	-482.045	1732.444	1015.893	0.586	1.647
Rain	91.03.27	12.901	64.952	46.659	57.727	162.114	229.648	118.549	0.516	1.010
Rain	91.04.29	43.541	60.198	-216.410	13.413	-189.584	391.728	82.765	0.211	1.966
Rain	91.05.06	16.126	99.408	84.995	11.999	108.994	486.369	130.437	0.268	0.901
Rain	91.05.07	27.415	104.450	32.388	10.238	52.865	195.646	129.838	0.664	1.515
Rain(1)	91.05.07	29.028	158.114	93.812	21.299	136.410	486.877	191.964	0.394	2.298
Rain	91.05.25	24.190	74.158	-541.141	8.189	-524.763	660.474	82.621	0.125	1.136
Rain	91.06.03	35.478	133.334	-361.677	16.690	-328.298	585.742	161.542	0.276	1.715
Haze	91.04.04	30.640	186.793	102.535	5.457	113.450	124.087	226.285	1.824	0.042
Haze	91.04.15	22.577	97.530	38.218	13.624	65.466	123.498	120.097	0.972	0.449
Fog	91.04.16	32.253	288.343	118.165	13.413	144.990	220.901	336.298	1.522	0.396
Average		70.956	297.585	-90.469	18.807	-52.855	578.591	347.233	0.697	1.519
Std. Dev.		89.692	354.383	217.176	15.454	220.762	583.846	409.140	0.414	0.795
Average		78.450	316.414	-121.664	20.214	-81.236	653.137	368.352	0.566	1.734
Std. Dev.		95.665	381.425	221.114	16.336	227.964	604.180	440.639	0.241	0.644
Average		81.707	320.586	-144.640	17.150	-110.339	652.697	373.806	0.577	1.583
Std. Dev.		101.358	404.728	225.394	12.289	227.328	642.707	467.982	0.253	0.470

하거나 Zeeman 바탕보정법 등을 사용하여 바탕을 보정해 주어야하나 빗물같이 비교적 깨끗한 시료에서는 특별히 보정을 해 주어야 할 만큼 다른 이온들이 많이 존재하지 않았다. NH<sub>4</sub><sup>+</sup>이온의 분석은 용액을 pH 10.5로 맞추어 변환된 NH<sub>3</sub>를 Nessler 시약을 이용하여 노란 색을 띄게한 후 분광광도기로 측정하였다. 정밀도는 대개 0.1 μg/mL 이하로서 강수 시료중 최소가 0.26 μg/mL이므로 큰 오차를 주지 않는다. 음이온의 분석결과 주로 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>들이 나타났으며 약간의 F<sup>-</sup>(대개 0.2 또는 0.1 μg/mL 이하의 농도)와 HSO<sub>4</sub><sup>-</sup>가 나타났었다.

### 3. 결과 및 토의

청원지역의 강수에 포함된 이온들의 농도는 표 1에 주어졌다. 여기에서 가장 아래에 있는 평균은 빗물 중에서 (1)로 표시된 자료를 제외한 평균이다. 제외한 이유는 채집 장소가 다락리 지역이고 나머

지는 강내면 궁현리 지역이기 때문이다. 이 표에서 농도의 단위는 μmol/L이다. 또 표에서 SNN은 2{SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>} + {NO<sub>3</sub><sup>-</sup>} - {NH<sub>4</sub><sup>+</sup>}를 뜻하고, SNNH는 SNN - {HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>}이며 SNNCaMg는 SNN - 2{Ca<sup>2+</sup>} + {Mg<sup>2+</sup>}이다. 이것들은 pH와의 상관관계를 알아보기 위하여 계산하였다. 이 표에서 알 수 있는 사실들은 다음과 같다.

청원 지역에서 강우의 pH는 평균 4.6의 약한 산성을 띠고 있다. 이것은 김태균(1991)의 자료에서 보여주는 5.2보다 낮은데 그 이유는 우리나라의 봄철은 강수량이 여름에 비하여 많지 않아서 빗물에 녹아있는 물질들의 농도가 높기 때문이다. 특기할 사실은 이곳은 도심지역이나 공장지대에서 10km이상 떨어진 지역인데도 가끔 pH가 3.5 정도인 산성비가 올 때도 있다는 것이다. 이슬이나 안개는 빗물과 비슷한 pH를 보이나 아직 자료의 수가 많지 않으므로 결론을 내릴 수 없다.

음이온과 양이온 전체의 비는 빗물에서 0.57 정도



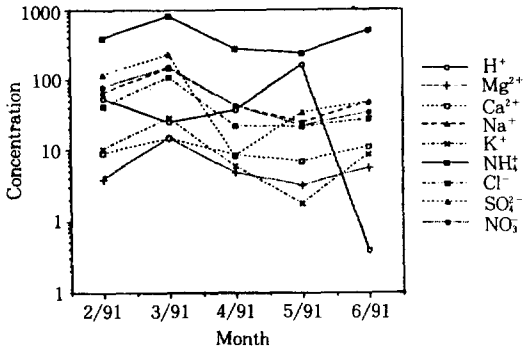


Fig. 1. Monthly variations of ion concentrations in rainwater of Chongwon area.

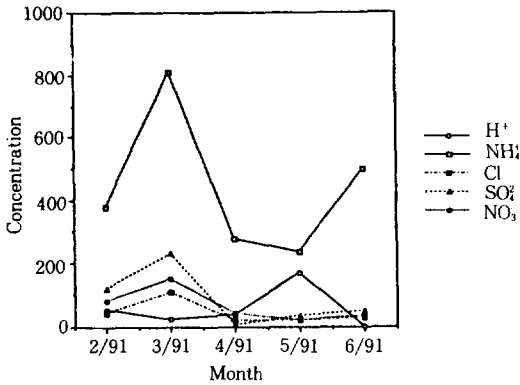


Fig. 2. Monthly variations of acidity determining ion concentrations in rainwater of Chongwon area.

별 평균 농도는 표 3에 주어졌다. 그 변화하는 양상은 그림 1에 표시되었다. 여기서는 미량 원소들의 변화를 알아보기 쉽게 하기 위하여 log scale로 표시되었다. 특기할 사항은  $[H^+]$ 를 제외한 다른 이온들의 농도가 비슷한 양상으로 변화하고 있다는 것이다. 즉, 3월에 최고치를 기록하고 5월에 최저치( $SO_4^{2-}$  이온은 4월)를 주었다. 빗물의  $[H^+]$  이온의 농도는 거의 그 반대로 3월이 낮았다가 5월에 가장 높고 6월에는 급격히 하락하였다. 그러나 6월의 자료는 하나밖에 없으므로 결론을 내리기는 아직 어렵다. 그림 2에 빗물의 산성도에 많은 영향을 미친다고 생각되는 이온들의 월별 변화량을 linear scale로 표시하였다. 여기에서 더욱 확실하게  $[H^+]$ 와 다른 이온들이 반대로 변화하는 경향을 볼 수 있다. 그 중  $[NH_4^+]$  이온의 농도가 다른 이온들에 비해서 아주 크므로 주로  $[NH_4^+]$ 의 값에 반대되는 경향을 보인다. 이것은 표 2에서  $[H^+]$ 와  $[NH_4^+]$  사

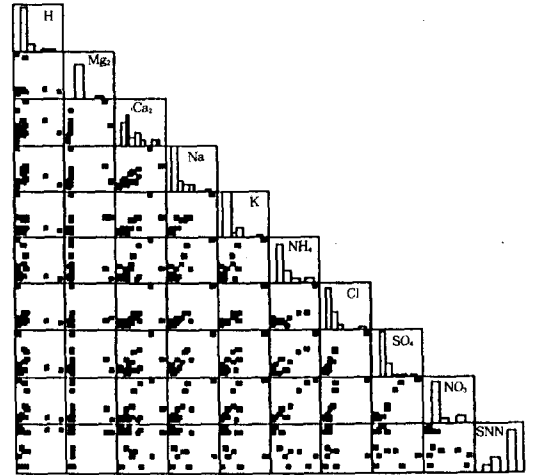


Fig. 3. Correlation graph between ions in rainwater.

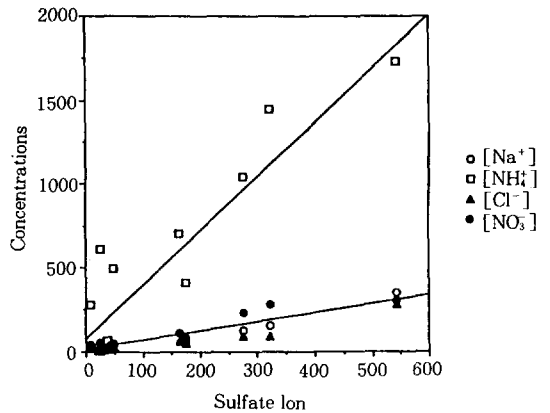


Fig. 4. Ion concentrations with good correlation to sulfate ion.

이의 correlation이 가장 크다는 것과 일치한다. 그림 3에서는 각 이온들 사이의 상관관계를 graph로 나타내었다. 표 2와 다른 점은 강내면 궁현리 지역의 빗물만 고려하였고,  $SNN(2[SO_4^{2-}] + [NO_3^-] - [NH_4^+])$ 항을 추가하였다는 것이다. Correlation이 좋은  $Na^+ - K^+$ 쌍 같은 경우는 점들이 대각선 상에 몰려있고,  $H^+$  이온이나  $Mg^{2+}$  이온의 경우는 그러한 상관관계가 있는 물질이 없다. 그 중, 다른 이온들과의 상관계수가 0.9 이상인 것이 가장 많은 sulfate 이온과 다른 이온과의 관계를 그림 4에 표시하였다. 이 graph에서 두드러진 현상은  $[NH_4^+]$ 의 기울기가 다른 이온들보다 훨씬 크다는 것이다. 그러나  $[NH_4^+]$  이온의 경우 그 값의 편차

가 다른 이온에 비해서 크므로 sulfate 이온이  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 의 형태로 빗물 속에 유입되었다고 결론 짓기에는 아직 무리가 있다.

#### 4. 결 론

##### 4.1. 양이온 및 음이온에 대한 분석

표 1에 주어진 값들을 살펴보면 양이온의 경우, 농도의 크기는  $\text{NH}_4^+ > \text{Na}^+ = \text{H}^+ > \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ 의 순서로 나타난다. 다른 도심지역의 데이터와 비교해 보면  $\text{K}^+$ 가  $\text{Ca}^{2+}$ 나  $\text{Mg}^{2+}$ 보다 더 많이 나타나는데, 이것은 농촌지역의 특성이기도 하다(Foster et al., 1990).  $\text{NH}_4^+$ 는 강우의 산성도를 낮춰주고 pH를 올리는데 매우 중요한 역할을 하며, 북미의 Sequoia National Park 지역에서  $\text{NH}_3$ 의 중요한 역할에 대해 이미 Collett et al. (1989)에 의해 보고된 바 있다. 음이온은  $\text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^- > \text{Cl}^-$ 의 순서로 나타난다.

##### 4.2. 이온의 평형

양이온 중 제일 많은  $\text{NH}_4^+$ 는 빗물의 pH를 증가시키며  $\text{SO}_4^{2-}$ 와  $\text{NO}_3^-$ 는 pH를 감소시킨 원인이 된다. 이 이온들의 비 즉,  $(\text{NH}_4^+)$ 와  $(\text{NO}_3^-) + (\text{SO}_4^{2-})$ 의 관계는 산성비에 중요한 요인이 되므로 그림 5에 도시하여 나타내었다. 인위적인 오염물질인  $\text{NO}_3^-$ 와  $\text{SO}_4^{2-}$  및  $\text{NH}_4^+$ 는 서로 비례 관계에 있음을 보아 동일한 오염원으로 부터 유래했다고 해석된다. 한편 이온들의 균형을 살펴보기 위해 양이온들의 농도의 합과 음이온들의 농도의 합을 비교해 보면 그 비는 0.57로서 양이온이 음이온들보다 훨씬 더 많이 검출되었는데 이것은 1) 아직 검출되지 않은 유기산 등이 존재하거나, 2) 빗물속의 여러 입자들에 의해 이온들이 선택적으로 흡착될 수 있기 때문이다. 그림 6에는 전체 양이온과 음이온의 농도의 비를 도시하였다.

##### 4.3. 이슬 및 안개

이슬과 안개의 pH 값을 보면 강우보다 약간 더 높다고 볼 수 있고 이것은 다른 보고들과 일치한다. 또한 이슬과 안개의 여러 이온들의 값을 보면 강우에 비해 일괄적으로 모두 작게 나타나는 것으로 보아 농촌의 오염원은 외부 지역에서 이동해 온 구름이거나 강우에 의한 scavenging 효과가 상당히 크다는 것을 알 수 있다. 또한 양이온의 합과 음이온의 합을 비교하면 빗물과는 달리 1 보다 큰 1.45의 값을 가진다. 즉, 빗물과 이슬의 조성 및 조성비는 다르므로 따라서 그 오염원들도 다르다고 볼 수

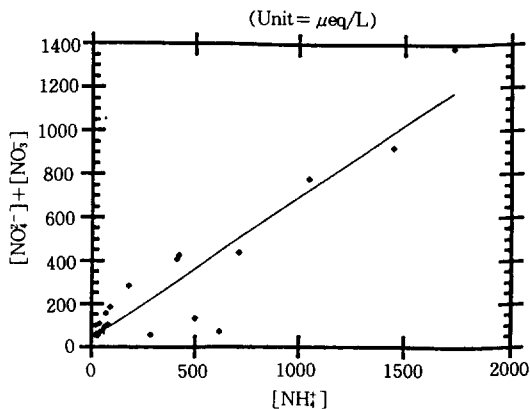


Fig. 5. Acid-base balance in rainwater of Chongwon area.

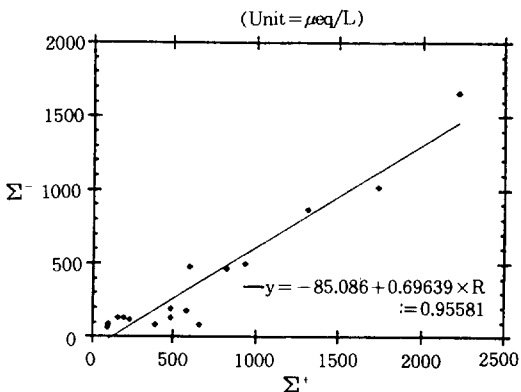


Fig. 6. Ratio of total anion and cation concentrations.

있다. 이것은  $\text{Na}^+/\text{Cl}^-$ 의 비를 보아도 잘 나타나는데, 빗물의 경우는 그 비가 1.734이고 이슬과 안개의 경우는 0.296으로 상당히 다른 값들을 보여준다. 그러나 이슬과 안개에 관한 자료의 수가 너무 적으므로 아직 결론을 내릴 수는 없다.

##### 4.4. 강우속의 이온농도의 월별 변화

표 3과 그림 1과 2에 수록된 양이온들과 음이온들의 월별 평균치들을 보면 첫째, 양이온과 음이온 모두 2, 3월에(4-6월 보다) 더 높은 이온 농도치를 보인다. 둘째, 양이온들 중에서  $\text{NH}_4^+$ 의 농도가 특히 높으며 예상대로  $\text{H}^+$ 이온의 농도와 반대의 경향, 즉,  $\text{NH}_4^+$ 의 농도가 높을 때는 낮은  $\text{H}^+$ 농도 따라서 높은 pH를 주게되고  $\text{NH}_4^+$ 의 농도가 낮은 4-6월은  $\text{H}^+$ 의 농도는 증가하고 pH는 감소한다. 셋째, 음이온들 역시 2, 3월에 높은 농도를 보이는데 수소가

온의 농도는 음이온 특히  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ 와 같은 경향을 보여주리라는 예측과는 달리 반대의 경향을 보여주고 있다. 즉 수소이온의 농도는  $\text{SO}_4^{2-}$ 나  $\text{NO}_3^-$ 의 농도보다  $\text{NH}_4^+$ 의 영향을 더 많이 받고 있다. 이것은  $\text{NH}_4^+$ 의 농도가 다른 어떤 이온들보다 훨씬 더 높기 때문으로 보인다. 실제, 농도를 비교해 보면  $\text{NH}_4^+$ 의 농도는 음이온들보다 대개 4배 가량 더 높다. 넷째, 이온의 농도가 시간에 따라서 변하는 이유는 계절에 따른 대기화학의 변화 및 발생원의 변화가 있을 수 있다. 봄과 여름철에는 대기권의 산화제 ( $\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ )의 농도가 증가 되어  $\text{SO}_2$ 의 산화가 촉진되고 따라서 강우속의  $\text{SO}_4^{2-}$ 이온의 농도도 증가 된다. 그림 4를 보면 2, 3월에  $\text{SO}_4^{2-}$ 의 농도가 더 높은 것으로 보아 발생원의 변화 즉, 겨울철 난방 등에 의한  $\text{SO}_2$ 의 발생량이 증가되었다고 보는 것이 더 타당하다. 이러한 변화는 박성배 등(1989)이 서울지역에서 관찰한 데이터와 잘 일치된다.

#### 4.5. 이온들의 상관관계

표 2에 수록된 각 이온들의 상관관계를 요약해보면 다음과 같다.

1) 수소이온의 농도는  $\text{SO}_4^{2-}$ 와  $\text{NO}_3^-$ 의 합에서  $\text{NH}_4^+$ 의 농도를 빼준 경우(SNN으로 표기)에서 제일 좋은 상관관계를 보여 주었다. 이것은 강우의 pH는 단순히  $\text{SO}_4^{2-}$ 나  $\text{NO}_3^-$ 의 농도 또는 이들의 합뿐 아니라  $\text{NH}_4^+$ 의 농도도 고려해야 좀 더 좋은 결과를 예측할 수 있다는 것이다.

2)  $\text{Mg}^{2+}$ 는  $\text{Ca}^{2+}$ 와 제일 높은 상관 계수를 가진다.  $\text{NH}_4^+$ 는  $\text{Na}^+$ 와 제일 높은 상관관계를 가진다.

3)  $\text{Na}^+$ 와  $\text{K}^+$ 는 서로 매우 높은 상관성을 나타낸다( $r=0.96$ ).  $\text{Na}^+$ 와  $\text{Cl}^-$ 또한 매우 높은 상관 관계를 ( $r=0.94$ ) 갖고 있어서 일단 바다로부터 왔다고 추측해 볼 수는 있으나  $\text{Na}/\text{Cl}$ 의 비가 1.73으로서 바다의 0.86보다 훨씬 더 크고  $\text{Na}^+$ 가 다른 음이온( $\text{SO}_4^{2-}$ )과의 상관관계도 높으므로 바다에서 온  $\text{NaCl}$ 에 다른  $\text{Na}^+$ 오염원이 추가되었다고 보는 것이 더 타당하다.

4)  $\text{NO}_3^-$ 와  $\text{SO}_4^{2-}$ 은 제일높은 상관계수를 ( $r=0.952$ ) 갖고 있으며  $\text{NH}_4^+$ 와도 좋은 상관성( $r=0.951$  및  $0.914$ )을 가지고 있다. 따라서 강우의 pH를 결정짓는 이 세 오염원들은 같은곳에서 유래했다고 볼 수 있으며 한편, 강수 속에 흡수된  $\text{NO}_3^-$ 와  $\text{SO}_4^{2-}$ 는 수소이온의 농도를 증가 시키고 따라서  $\text{NH}_3$ 를 쉽게 흡수하여  $\text{NH}_4^+$ 이온의 농도를 증가 시킬 수도 있다.

#### <갑 사>

본 연구는 1991년도 한국과학재단의 목적기초 연구 (90-07-00-57)지원에 의하여 수행된 논문임.

#### 참 고 문 헌

- 김태군(1991), 충북 청원군의 강수, 안개, 이슬, 서리의 산성도 연구, 한국교원대학교 대학원 석사학위 논문, 48 pp.
- 박성배 외(1988), 서울지역의 산성강우현상에 관한 연구, 서울시 보건환경연구원보, 24, 292-311.
- 박성배 외(1989), 서울지역의 산성강우현상에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 5(2), 42-54.
- 최덕일 외(1980), 강수물 성분변화에 의한 대기오염의 간접측정 및 평가에 관한 연구, 국립환경연구원.
- Beilke S. (1983) Acid Deposition The present situation in Europe. Techncl Report EUR 8307, Comm. Eur. Communities, pp. 3-30.
- Brewer P. G. (1975) Minor elements in sea water. In Chemical Oceanography vol 1, p 417, Academic Press, New York.
- Collett J. L., Jr., B., Jr., Daube J. W. Munger and M.R. Hoffman (1989) Cloudwater chemistry in Sequoia National Park. Atmospheric Environment 23, 999-1007.
- Cowling E. B. (1982) A historical resume of progress in scientific and public understading of acid precipitation and its biological consequences. Acid Precipitation, 43-70.
- Foster J. R., R. A. Pribush and B. H. Carter (1990) The chemistry of dews and frosts in Indianapolis, Indiana. Atmospheric Environment 24A, 2229-2236.
- Hansen D. A. and G. M. Heidy (1982) Review of questions regarding rain acidity data. Atmospheric Environment 16, 2107-2126.
- Pierson W. R. and T. Y. Chang (1986) Acid rain in western Europe and northeastern United States-a technical appraisal. CRC Crit. Rev. Envir. Control 16, 167-192.