

충북 청원군의 강수중의 이온들간의 상관관계

박 용 남 · 송 기 형

한국교원대학교 환경과학연구소
(1993년 9월 10일 접수)

Correlations between the ions in the precipitation at Chongwon, Chungbuk

Yong-Nam Pak and Kih-Yung Song

Institute of Environmental Sciences, Korea National University of Education,
Chongwon, Chungbuk, Korea
(Manuscript received 10 September 1993)

Abstract

The amount of inorganic ions such as Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Cl^- , NO_3^- , and SO_4^{2-} in the precipitation at Chongwon area were analyzed during the period of February 1991 - June 1993. Ammonium ion was analyzed using Nessler and indophenol methods. Cations were determined by atomic absorption spectroscopy, and ion chromatography was used for anions. For the entire period of study, there was no particular ion which has significantly high correlation coefficient with hydrogen ion. The correlation between NO_3^- and SO_4^{2-} was 0.6, which suggests that these ions may be from the same source. Most cations have high correlation with each other. In the seasonal analysis, the nitrate and sulfate ions have high correlations with the acidity in the fall and winter. The rain waters of Taehahn area showed usually high concentrations of the ions, even though the pH was much higher than that of Chongwon area. It is considered that the ions came as neutral salt in Taehahn, while NO_x and SO_x contributes largely to the acidity of rains in Chongwon.

Key Words : inorganic ions, precipitation, acid rain

1. 서 론

산성 강수(acid precipitation)에 관한 연구는 1853년 Robert Angus Smith가 영국의 Manchester시 주변 빗물의 화학적 성분들을 조사한 것을 시작으로 1961년 스웨덴의 Svante Odine이 지표 수 측정망을 운영하여 산성 강수의 원인이 대기 오염 물질의 장거리 이동임을 밝히고, 강수의 주

요 이온과 산성도(acidity)가 계절에 따라 변화함을 밝혔다(Seinfeld, 1986).

일반적으로 산성 강수가 광범위하게 나타난 것은 1960년대 이후 굴뚝을 높임으로써 대기 오염 물질을 장거리로 이동시켜 주민의 피해를 줄이고자 하는 높은 굴뚝 정책(tall stack strategy)에 의해서인데, 이는 오히려 산성 강수가 광범위한 지역에서 나타나는 결과를 초래하게 되었다(심상규,

1992).

1960년대 이후 영국과 스웨덴을 비롯한 서유럽과 미국의 북동부 지역에서 산성 강수는 주요 환경 오염으로 대두되어 왔다(Pierson and Chang, 1986; Webb *et al.*, 1992). 산성 강수는 토양의 산성화와 산림의 황폐화를 초래하고 인체에도 영향을 미치며(Harper, 1982), 대리석 구조물이나 여러가지 기념물들의 부식 원인이 되고 있다(Hutchinson and Havas, 1980; Pierson and Chang, 1986; Webb *et al.*, 1992). 우리나라에서도 서울 등 도시 지역의 강수의 산성도에 대한 지속적인 조사가 행해지고 있으나(김양균 등, 1989, 1990), 농촌이나 해안의 촌락 지역에 대한 연구는 별로 되어있지 않다. 따라서, 본 연구에서는 우리나라 농촌 지역의 전형적인 예로서 충북 청원군을 택하여 1991년 2월부터 1993년 6월까지 청원 지역의 벗물을 수집하여 그 중 일부에 대한 무기물질의 농도를 측정하여 그 결과를 해석해 보았다. 수집한 지점의 개략적인 위치와 풍향을 Fig. 1에 나타내었다.

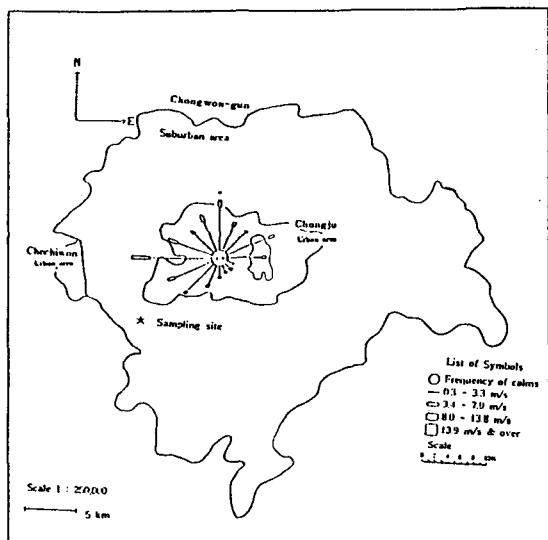


Fig. 1. Location of sampling site in the rural area of Chongwon, Chungbuk. A wind rose indicates frequencies of annual mean wind.

청원 지역은 중부 지방의 전형적인 농촌 지역으로 그 주변은 해발 200 m 정도의 낮은 산이나 농토로 이루어져 있고, 약 20 km 정도의 거리에 동

서로 청주와 조치원의 도시가 있다. 특히 청주에는 공업단지가 위치하므로 공단에서 발생하는 오염물질의 영향도 추정해 보았다. 이는 우리 농촌에 들어서고 있는 농공 단지들이 환경에 미칠 수 있는 영향에 대한 예비적인 자료의 역할도 해 줄 것으로 기대된다.

본 연구에서는 청원 지역의 벗물들의 성분들을 분석하고 각 이온들 간의 상관관계를 조사하여 벗물의 산성도의 원인을 살펴보자 하였다. 또한 충남 태안 지역과 충북 청원 지역의 강수의 특성을 비교하기 위하여 동시에 비가온 때의 시료를 분석하였다. 이것은 동일 기단에서 오는 배경농도를 상쇄시켜 두 지역간의 특성을 나타내어 줄 것으로 기대한다. 즉, 두 지역간의 오염원의 차이를 잘 볼 수 있으리라 생각된다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 산성 강수의 무기이온들의 함량을 분석하여 그들 간의 상호 상관관계를 조사하였으며, 이를 상관관계로 부터 이온들의 유입원을 추정해 보았다. 또한 두군데 이상의 장소에 동시에 내린 벗물이 있을 경우 지역적인 특성을 조사하고 그 이동 경로에 대한 추정을 시도하였다.

강수는 시판되는 생수용 직경 50 cm 가량의 플라스틱 용기의 윗부분을 제거한 것을 이용하여 포집하였다. 이 용기는 먼저 0.1 N 염산으로 세척된 뒤 종류수로 수회 반복하여 씻은 후 말려 두었다가 사용하였다. 강수가 시작되면 용기를 포집 지점의 지상 2 m 높이에 설치하여 종료시까지 전체 강수를 포집하였다. 시료를 모은 후에는 0.5 μm HA Filter를 사용해 부유물질을 거른 후 성분 분석을 하였다. 일반적으로 0.5 μm 이하의 입자는 녹은 것으로 간주되므로 0.5 μm 크기의 Filter를 사용하였다. 나중에 분석할 경우에는 미생물의 번식을 억제하기 위하여 일정한 양의 산을 가한 후 고밀도 폴리에틸렌 병에 넣어 냉장고에 보관하였다가 사용하였다.

양이온 중에서 Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} 이온들은 원자 흡광 분광기(Hitachi Model Z8000)로 분석하

Table 1. Inorganic Components in the Rainwater of Chongwon Area (1991)

Date	pH	H ⁺	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
91.2.8	4.07	85.11	1042.01	125.79	21.41	7.08	25.75	93.09	229.00	549.66
91.2.9	4.62	23.99	37.69	0.00	2.05	5.27	9.48	11.28	17.74	56.21
91.2.10	4.20	63.10	709.46	112.61	19.46	9.87	22.55	62.06	112.89	326.88
91.2.11	4.06	87.10	411.26	65.99	9.92	7.73	17.12	50.78	82.24	349.78
91.2.14	4.85	14.13	25.50	23.71	1.00	10.20	19.81	8.46	9.68	41.64
91.2.27	4.31	48.98	36.58	0.00	7.72	6.17	14.72	22.57	20.96	89.53
91.3.16	4.82	15.14	1729.30	352.07	65.47	12.18	42.02	276.45	298.34	1086.82
91.3.18	5.44	3.63	47.67	19.05	2.02	8.56	17.56	11.28	17.74	60.38
91.3.21	4.19	64.57	1446.62	153.33	25.83	10.45	31.49	93.09	277.37	645.43
91.3.26	4.75	17.78	18.29	54.15	23.96	88.36	27.10	53.60	12.90	52.05
91.4.29	4.42	38.02	276.58	44.37	5.91	9.46	17.37	22.57	43.54	16.66
91.5.6	3.38	416.87	14.41	27.97	3.12	7.98	16.02	31.03	16.13	83.28
91.5.7	4.20	63.10	72.05	38.45	1.56	6.01	14.47	25.39	27.41	77.04
91.5.25	4.73	18.62	615.23	9.61	0.56	5.10	11.28	8.46	24.19	49.97
91.6.2	6.41	0.39	494.96	48.37	8.59	11.02	22.36	28.21	35.48	97.86
91.7.17	4.35	44.67	188.45	17.40	10.23	5.76	14.97	25.39	40.32	149.91
91.8.26	4.05	89.13	327.01	21.75	12.79	12.34	4.49	31.03	209.64	208.20
91.8.30	4.24	57.54	609.69	47.85	20.46	27.15	104.79	64.88	322.53	416.41
91.9.3	4.00	100.00	238.33	17.40	12.79	9.05	29.94	39.49	70.96	333.13
91.10.13	4.95	11.22	482.21	78.29	767.26	411.35	798.40	902.68	11.29	1936.29
91.11.2	3.94	114.82	609.69	73.95	35.81	44.43	124.75	107.19	338.66	582.97
91.11.19	4.39	40.74	188.45	60.90	23.02	21.39	99.80	73.34	125.79	208.20
91.11.23	3.83	147.91	166.28	56.55	17.90	20.57	74.85	59.24	83.86	353.95
91.12.8	3.78	165.96	886.82	86.99	63.94	64.17	199.60	126.94	580.55	916.09
91.12.10	4.42	38.02	77.60	26.10	12.79	9.05	24.95	45.13	32.25	120.76
91.12.25	4.59	25.70	44.34	3.48	7.67	1.65	9.98	45.13	20.96	79.12

였다. NH₄⁺ 이온은 초기에는 Nessler법(Jeffery et al. 1989)을 사용하였으나 분석치가 예상보다 높았기 때문에 나중에는 Indophenol법(Lodge, 1988)을 사용하였다. 이 방법은 Nessler법보다 좀 더 민감한 기술이므로 강수중의 미량의 NH₄⁺ 이온을 더 정확하게 정량할 것으로 생각된다. 음이온은 Dionex 2000i Ion Chromatography를 사용하여 분석하였다. Suppressor는 AMMS-II membrane이 사용되었고, 용리액은 1.7 mM의 NaHCO₃와 1.7 mM의 Na₂CO₃의 혼합 용액이 사용되었고 흐름은 분당 2.0 ml로 하였다. 데이터는 3회 반복 측정하여 평균값을 취하였다.

충북 청원군의 경우 1991년 2월부터 1993년 6월

중 1992년 5월부터 1993년 6월까지는 거의 모든 빗물을 분석하였으나 그 이전의 빗물들은 pH가 낮은 것들을 선별하여 성분을 조사하였다. 그러므로 본 연구에서는 농도들의 월별이나 연도별 변화보다는 각 이온들 간의 상관관계를 주로 연구하였다.

충남 태안의 경우 92년 6월부터 11월 사이의 빗물을 입수하여 청원군의 빗물과 비교하였다. 또한 같은 날 비가 온 경우의 이온 농도의 차이도 조사해 보았다.

3. 결과 및 고찰

Table 2. Inorganic Components in the Rainwater of Chongwon Area (1992)

Date	pH	H ⁺	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
92.1.3	3.86	138.04	886.82	17.40	38.36	9.05	24.95	73.34	274.15	749.53
92.1.6	4.33	46.77	37.14	13.05	2.56	4.94	24.95	22.57	35.48	112.43
92.1.7	4.29	51.29	53.21	8.70	5.12	4.94	29.94	56.42	35.48	127.00
92.2.15	6.15	0.71	138.57	126.14	12.79	47.72	189.62	507.76	88.70	312.30
92.3.5	4.69	20.42	39.35	8.70	7.67	4.11	19.96	141.04	14.51	52.05
92.3.18	6.08	0.83	49.88	39.15	5.12	17.28	89.82	73.34	29.03	114.51
92.3.22	4.44	36.31	17.74	2.61	5.12	1.65	9.98	112.83	11.29	24.98
92.4.1	3.61	245.47	94.22	8.70	5.12	13.16	74.85	47.95	132.24	208.20
92.4.8	3.95	112.20	31.04	8.70	2.56	4.11	9.98	366.71	25.80	124.92
92.5.25	4.67	21.38	67.78	2.48	4.99	53.49	47.00	11.28	32.58	129.38
92.6.4	4.96	10.96	52.22	0.00	3.32	17.96	7.24	27.64	17.74	47.29
92.7.10	4.72	19.05	96.11	3.13	22.30	18.06	14.81	39.83	38.71	130.42
92.8.26	4.58	26.30	11.28	2.48	0.92	0.00	3.79	14.67	3.06	16.88
92.9.23	4.61	24.55	13.33	4.09	1.97	0.00	1.89	28.21	1.94	15.21
92.11.19	4.32	47.86	22.22	3.13	2.35	6.34	16.38	30.47	11.29	41.67
92.12.6	3.82	151.36	33.33	127.00	2.30	27.84	57.20	64.32	63.87	130.00

Table 3. Inorganic Components in the Rainwater of Chongwon Area (1993)

Date	pH	H ⁺	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
93.2.11	7.80	0.02	104.72	357.39	309.23	1160.50	180.25	203.38	59.19	48.13
93.2.16	6.77	0.17	67.06	27.83	8.21	332.00	38.68	20.85	5.97	29.58
93.2.18	4.74	18.20	25.06	21.74	14.36	60.50	9.05	34.37	7.10	22.71
93.2.20	4.86	13.80	16.61	39.13	20.26	14.00	4.12	14.65	6.61	26.46
93.3.14	5.00	10.00	43.17	106.96	14.36	44.00	21.40	25.63	19.52	38.54
93.3.24	4.62	23.99	49.89	36.96	5.64	16.00	6.58	23.10	18.55	60.00
93.3.31	6.10	0.79	326.17	218.26	75.13	1164.50	208.23	106.76	286.94	1220.00
93.4.1	5.80	1.58	29.22	3.04	0.77	8.00	3.29	52.39	4.68	12.71
93.4.10	6.30	0.50	150.78	345.22	18.21	582.00	205.76	332.96	93.55	451.46
93.4.22	6.60	0.25	128.33	75.22	22.56	365.50	93.00	337.18	45.32	174.79
93.4.27	5.80	1.58	38.33	31.74	11.79	100.00	33.74	14.65	79.19	161.67
93.5.12	4.60	25.12	93.89	10.00	3.59	17.00	5.76	11.83	24.68	84.17
93.5.16	4.00	100.00	21.11	12.17	1.03	5.50	4.12	14.93	15.48	37.29
93.6.1	3.94	114.82	10.11	9.13	1.54	16.00	1.65	16.06	19.52	36.67
93.6.12	6.06	0.87	93.00	16.52	6.92	6.00	2.47	16.34	18.23	57.50

(1) 충북 청원군 지역

본 연구에서는 충북 청원군 강내면 지역의 빗물을 분석하여 그 상관관계를 조사하였다. 충북 청원군의 빗물의 성분 Table은 Table 1부터 3에 연도별로 주어졌다. 각 이온들 간의 상관관계는 Table 4에 나타내었다.

Table 4에 나와 있는 빗물 속의 이온들의 상관관계에서는 수소 이온 농도와 높은 상관관계를 보여 주는 특기할 만한 이온은 없었다. 음이온 중에서는 질산 이온이 약간 높은 상관관계를 보여주고 있고, 양이온 중에서는 칼슘 이온이 가장 높은 음의 상관관계를 보여 주었다. 이는 빗물 속의 무기 물질이 대부분 중성인 염의 형태로 유입되고 극히 일부분의 질산 이온이 빗물의 산성도에 영향을 미친다고 해석될 수 있을 것이다.

질산 이온과 황산 이온 사이의 상관계수가 0.6으로 상당한 부분이 동일 물질로부터 유입되었다고 추정할 수 있다. 그 두 이온은 암모늄 이온과

상관계수가 크다. 질산 이온은 양이온들 중 암모늄 이온과의 상관계수가 가장 크고 나트륨 이온과 약간의 상관관계를 가지므로 질산 이온은 주로 NH₄NO₃의 형태로 유입 된다고 추정된다. 이는 이 지역이 농촌이어서 비료나 토양 등으로부터 이러한 물질이 유입된 것이 아닌가 생각된다. 황산 이온은 수소 이온을 제외한 거의 모든 이온들과 좋은 상관관계를 가지고 있다. 이는 먼지 같은 복잡한 조성을 지닌 물질들로부터 이 이온이 유입되었을 가능성을 보여 준다. 염소 이온의 경우 나트륨 이온보다 칼륨이나 마그네슘 이온들과 더 높은 상관관계를 가진다. 이것은 이 지역이 바다와 멀리 떨어진 내륙 지방이므로 소금의 형태보다는 기타 먼지 등에 포함된 KCl이나 MgCl₂의 형태로 빗물에 녹았다는 것을 말해 준다.

양이온들의 경우 수소와 암모늄 이온을 제외하고는 대체로 서로간의 상관관계가 좋다. 이것도 양이온들의 유입원이 단일 물질이라는 것을 말해 준다.

Table 4. Correlation Coefficients between Ion Concentrations

	H ⁺	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
H ⁺	1.00								
NH ₄ ⁺	0.08	1.00							
Na ⁺	-0.13	0.47	1.00						
K ⁺	-0.11	0.16	0.29	1.00					
Ca ²⁺	-0.23	-0.02	0.65	0.45	1.00				
Mg ²⁺	-0.07	0.16	0.34	0.90	0.48	1.00			
Cl ⁻	-0.12	0.20	0.40	0.75	0.35	0.84	1.00		
NO ₃ ⁻	0.26	0.73	0.39	0.03	0.13	0.19	0.09	1.00	
SO ₄ ²⁻	0.06	0.63	0.45	0.68	0.36	0.77	0.66	0.60	1.00

Table 5. Correlation Coefficients for Spring Rainwater

	H ⁺	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
H ⁺	1.00								
NH ₄ ⁺	-0.11	1.00							
Na ⁺	-0.22	0.61	1.00						
K ⁺	-0.23	0.59	0.77	1.00					
Ca ²⁺	-0.22	-0.01	0.54	0.68	1.00				
Mg ²⁺	-0.17	0.04	0.65	0.58	0.88	1.00			
Cl ⁻	-0.11	0.24	0.54	0.36	0.32	0.43	1.00		
NO ₃ ⁻	-0.05	0.79	0.73	0.84	0.47	0.49	0.28	1.00	
SO ₄ ²⁻	-0.13	0.68	0.81	0.93	0.65	0.62	0.38	0.94	1.00

Table 6. Correlation Coefficients for Summer Rainwater

	H ⁺	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
H ⁺	1.00								
NH ₄ ⁺	0.01	1.00							
Na ⁺	-0.01	0.95	1.00						
K ⁺	-0.03	0.56	0.39	1.00					
Ca ²⁺	0.26	0.46	0.32	0.57	1.00				
Mg ²⁺	0.06	0.77	0.69	0.60	0.67	1.00			
Cl ⁻	0.06	0.74	0.56	0.83	0.80	0.90	1.00		
NO ₃ ⁻	0.39	0.77	0.61	0.62	0.62	0.80	0.83	1.00	
SO ₄ ²⁻	0.25	0.81	0.66	0.76	0.64	0.89	0.92	0.95	1.00

Table 7. Correlation Coefficients for Autumn Rainwater

	H ⁺	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
H ⁺	1.00								
NH ₄ ⁺	0.19	1.00							
Na ⁺	0.17	0.81	1.00						
K ⁺	-0.48	0.50	0.52	1.00					
Ca ²⁺	-0.45	0.54	0.56	1.00	1.00				
Mg ²⁺	-0.43	0.57	0.62	0.99	1.00	1.00			
Cl ⁻	-0.47	0.53	0.56	1.00	1.00	1.00	1.00		
NO ₃ ⁻	0.53	0.68	0.54	-0.26	-0.21	-0.16	-0.22	1.00	
SO ₄ ²⁻	-0.28	0.69	0.67	0.97	0.98	0.98	0.97	-0.04	1.00

Table 8. Correlation Coefficients for Winter Rainwater

	H ⁺	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
H ⁺	1.00								
NH ₄ ⁺	0.65	1.00							
Na ⁺	-0.01	0.17	1.00						
K ⁺	-0.13	0.06	0.85	1.00					
Ca ²⁺	-0.31	-0.13	0.81	0.94	1.00				
Mg ²⁺	0.12	0.18	0.67	0.59	0.52	1.00			
Cl ⁻	-0.12	0.10	0.51	0.29	0.25	0.78	1.00		
NO ₃ ⁻	0.74	0.81	0.16	0.14	-0.07	0.52	0.20	1.00	
SO ₄ ²⁻	0.76	0.91	0.09	0.02	-0.19	0.39	0.25	0.94	1.00

Table 9. Correlation of NO_x and SO_x ions with acidity

	Spring	Summer	Fall	Winter	Total
NO ₃ ⁻	-0.05	0.39	0.53	0.74	0.26
SO ₄ ²⁻	-0.13	0.25	-0.28	0.76	0.06
NO _x +SO _x	-0.11	0.32	-0.18	0.76	0.12

계절적인 특성을 보기 위하여 자료를 봄(3~5월), 여름(6~8월), 가을(9~11월), 겨울(12~2월)로 나누어서 상관계수를 구하여 보았다. 그 결과는 Table 5부터 8에 나타내었다. 특히 질산 이온과 황산 이온이 빗물의 산성도에 큰 영향을 주므로 Table 9에는 이 이온들의 산성 강수에 대한 상관관계 값을 계절별로 나타내었다.

봄철에는 수소 이온 농도와 뚜렷한 상관관계를 가지는 이온은 없었으며, 여름철에는 질산과 황산 이온의 영향이 약간 있는 것으로 나타났고, 가을에는 질산 이온의 영향을 황산 이온보다 약간 크게 받고, 겨울철에는 질산과 황산 이온 모두 수소 이온 농도에 아주 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 즉, 유류의 소비량이 줄어드는 봄철이나 여름철에는 SO_x나 NO_x의 유입량이 줄어들고, 상대적으로 다른 이온들의 농도가 증가되므로 이들 이온과 강수의 산성도와의 상관계수는 작게 된다. 그러나 난방기인 겨울철에는 유류 등의 사용으로 SO_x와 NO_x의 유입량이 증가하여 강수의 산성도에 크게 기여하는 것으로 보인다.

(2) 충북 청원군과 충남 태안군의 비교

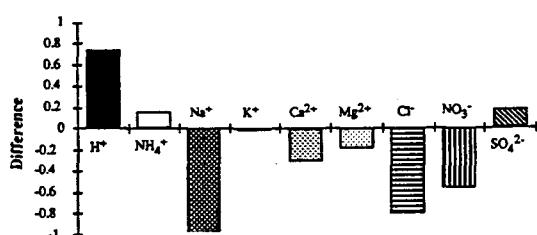
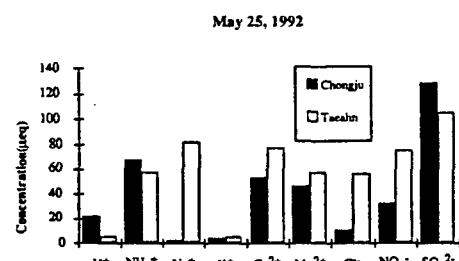


Fig. 2. Differences between Ion Concentrations in Chongwon and Taeahn Area. (May 25, 1992)

1992년 6월부터 12월 사이에 태안과 청원 지역에 같은 날 비가 온 경우를 조사하여 강수 속의 성분들의 양을 비교 분석하였다. 두 지역에서의 상대적인 차이를 보기 위하여 청원의 양에서 태안

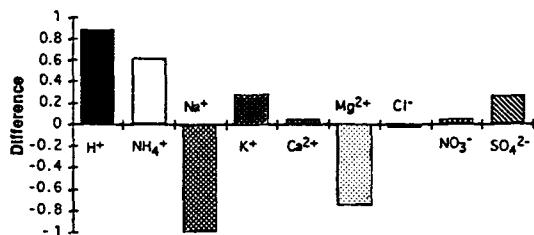
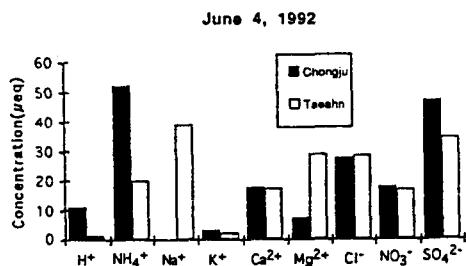


Fig. 3. Differences between Ion Concentrations in Chongwon and Taeahn Area(June 4, 1992).

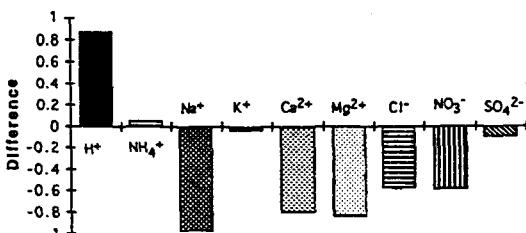
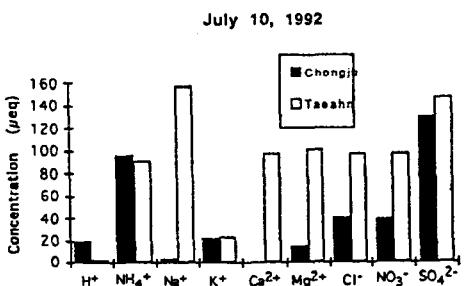


Fig. 4. Differences between Ion Concentrations in Chongwon and Taeahn Area(July, 1992).

의 양을 빼고, 그것을 청원과 태안 중 큰 값으로 나누어 준 값을 Table 9에 나타내었다. Fig. 2부터 7에는 하루 하루의 성분의 차이들을 그래프로 나타내었다. 여기에서 위에 있는 그래프들은 두 지역의 이온 농도를 비교하여 나타내었고, 아래에 있는 것은 같은 그래프를 상대적인 차이, 즉, 청원

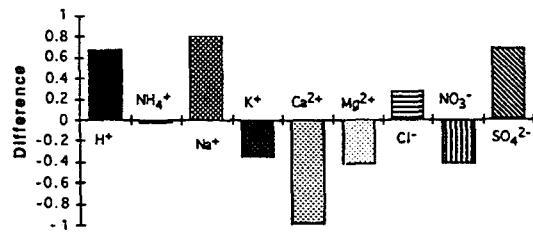
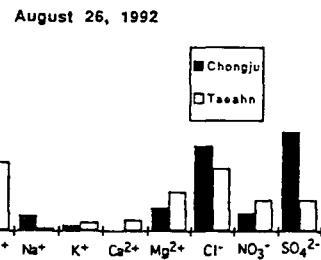


Fig. 5. Differences between Ion Concentrations in Chongwon and Taeahn Area(August 26, 1992).

September 23, 1992

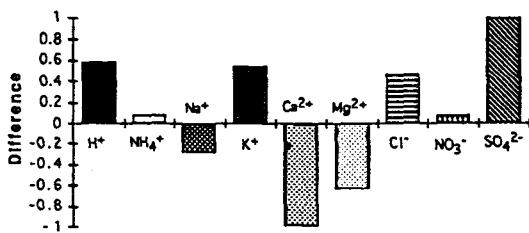
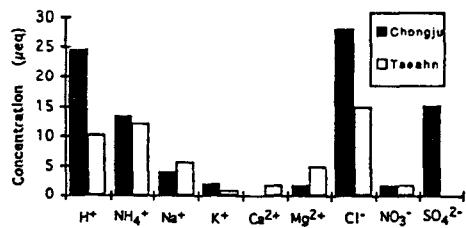


Fig. 6. Differences between Ion Concentrations in Chongwon and Taeahn Area(September 26, 1992).

과 태안의 이온 농도의 차이 값을 둘 중 큰 것으로 나누어 준 값을 나타내었다. 여섯번의 동시에 비가 온 경우 모두 청원 지역의 pH가 태안 지역 보다 낮게 나타났다.

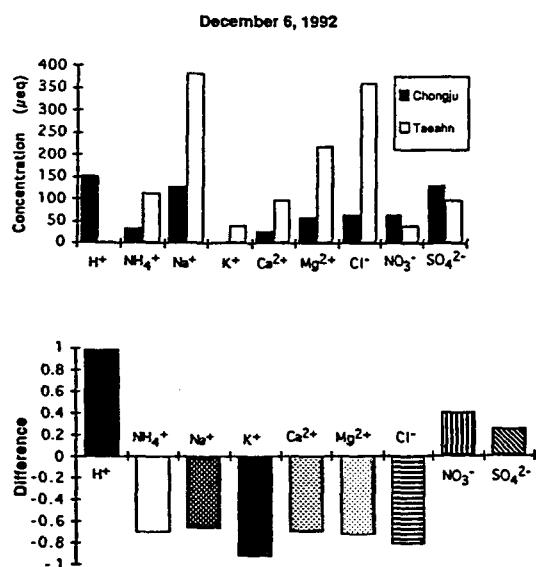


Fig. 7. Differences between Ion Concentrations in Chongwon and Taeahn Area(December 6, 1992).

세부적으로 이온들의 조성을 좀 더 살펴보면, Fig. 2에 나타낸 5월 25일의 빗물에서는 수소, 암모늄, 황산 이온들을 제외한 나머지 이온들은 태안 지역이 많았다. 특히 나트륨과 염소의 경우 태안 지역이 훨씬 많고, 태안 지역의 두 이온의 비(나트륨/염소)는 1.47인데 반해 청원 지역은 0.21로 바닷가인 태안 지역이 1에 훨씬 가깝다(Brewer, 1975).

전체적으로 Fig. 2부터 7까지를 종합하여 청원과 태안 지역에 동시에 비가 온 경우, 즉, 동일 기단에 의한 강우시 두 지역을 비교해 보면 다음과 같다. 즉, 모든 경우에서 청원 지역의 pH는 태안 지역보다 낮았으며, 그 이유는 주로 SO_x에 기인한 것으로 보인다. 이것은 청원 지역이 인근의 공단, 자동차 등의 영향으로 대기중에 SO_x가 많이 유입되는 것으로 추정된다.

양이온들(Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺)은 대개 태안의 강수에서 더 많이 검출되었다. 특히 Na⁺이온이 더 많은 것으로 보아 해수에서 유입된 염의 영향으로 보인다. 암모늄 이온의 경우는 12월 4일을 제외하고는 청원의 농도가 태안보다 높거나 비슷하였다. 즉, 청원 지역은 주위의 농촌 지역의 비료 성분과 공단의 영향을 받고 있는 것으로 보인다.

4. 결 론

- (1) 청원군 지역의 경우 빗물의 산성도에 영향을 미치는 것은 질산 이온과 황산 이온으로 나타났다. 이러한 경향은 봄철이나 여름철보다 가을철이나 겨울철에 더욱 두드러졌다.
- (2) 이 지역의 강수에서 질산과 황산 이온은 암모늄 이온과 높은 상관관계를 보인다. 이는 비료 등에서 암모늄 이온과의 염의 형태

Table 10. Differences of Ion Concentrations between Chongwon and Taeahn Area

Date	Places	H ⁺	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
92.5.25	Chongwon	21.38	67.78	2.48	4.99	53.49	47.00	11.28	32.58	129.38
92.5.25	Taeahn	5.62	57.22	83.04	5.12	78.24	57.61	56.98	75.97	105.42
	Difference*	0.74	0.16	-0.97	-0.03	-0.32	-0.18	-0.80	-0.57	0.19
92.6.4	Chongwon	10.96	52.22	0.00	3.32	17.96	7.24	27.64	17.74	47.39
92.6.4	Taeahn	1.26	20.00	39.09	2.38	17.17	29.30	28.77	16.94	34.58
	Difference	0.89	0.62	-1.00	0.28	0.04	-0.75	-0.04	0.05	0.27
92.7.10	Chongwon	19.05	96.11	3.13	22.30	18.06	14.81	39.83	38.71	130.42
92.7.10	Taeahn	2.34	91.67	158.35	23.53	97.50	100.91	96.76	97.58	146.88
	Difference	0.88	0.05	-0.98	-0.05	-0.81	-0.85	-0.59	-0.60	-0.11
92.8.26	Chongwon	26.30	11.28	2.48	0.92	0.00	3.79	14.67	3.06	16.88
92.8.26	Taeahn	8.71	11.67	0.48	1.46	1.80	6.58	10.72	5.32	5.21
	Difference	0.67	-0.03	0.81	-0.37	-1.00	-0.43	0.27	-0.42	0.69
92.9.23	Chongwon	24.55	13.33	4.09	1.97	0.00	1.89	28.21	1.94	15.21
92.9.24	Taeahn	10.23	12.22	5.70	0.90	1.80	5.10	14.95	1.77	0.00
	Difference	0.58	0.08	-0.28	0.55	-1.00	-0.63	0.47	0.08	1.00
92.11.19	Chongwon	47.86	22.22	3.13	2.35	6.34	16.38	30.47	11.29	41.67
92.11.19	Taeahn	1.48	36.11	127.00	2.30	177.79	525.19	1351.76	70.91	193.33
	Difference	0.97	-0.38	-0.98	0.02	-0.96	-0.97	-0.98	-0.84	-0.78
92.12.6	Chongwon	151.36	33.33	127.00	2.30	27.84	57.20	64.32	63.87	130.00
92.12.6	Taeahn	1.70	113.33	383.61	38.85	97.16	219.18	361.35	38.39	97.92
	Difference	0.99	-0.71	-0.67	-0.94	-0.71	-0.74	-0.82	0.40	0.25

*Difference=(Chongwon-Taeahn)/Bigger(Chongwon,Taeahn)

Table 11. comparison of Correlation Coefficients between the Ion Concentrations in Rainwater of Chongwon and Taeahn Area

	Chongwon Area								
	H ⁺	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
H ⁺	1.00								
NH ₄ ⁺	-0.23	1.00							
Na ⁺	0.98	-0.13	1.00						
K ⁺	-0.24	0.85	-0.18	1.00					
Ca ²⁺	0.16	0.60	0.23	0.16	1.00				
Mg ²⁺	0.71	0.25	0.72	-0.04	0.80	1.00			
Cl ⁻	0.82	0.07	0.84	0.18	-0.01	0.44	1.00		
NO ₃ ⁻	0.71	0.51	0.78	0.34	0.64	0.85	0.73	1.00	
SO ₄ ²⁻	0.39	0.76	0.46	0.55	0.81	0.80	0.43	0.90	1.00

	Taeahn Area								
	H ⁺	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
H ⁺	1.00								
NH ₄ ⁺	-0.15	1.00							
Na ⁺	-0.17	0.91	1.00						
K ⁺	-0.25	0.94	0.93	1.00					
Ca ²⁺	-0.31	0.53	0.56	0.37	1.00				
Mg ²⁺	-0.28	0.25	0.45	0.19	0.91	1.00			
Cl ⁻	-0.24	0.09	0.30	0.03	0.85	0.99	1.00		
NO ₃ ⁻	-0.15	0.61	0.38	0.34	0.77	0.45	0.37	1.00	
SO ₄ ²⁻	0.14	0.52	0.46	0.27	0.87	0.72	0.66	0.84	1.00

로 유입되었다고 추정할 수 있다.

- (3) 양이온들 사이의 상관관계는 대체적으로 높게 나타났다. 이는 양이온들이 먼지 등의 단일 유입원에서 유입되었다고 할 수 있다.
- (4) 태안 지역의 강수의 경우 수소 이온 농도는 청원 지역에 비하여 낮았으나 양이온들의 농도는 오히려 높은 경우가 많았다. 이는 태안 지역의 강수중의 전체이온들의 양은 청원 지역에 비하여 적지 않으나 주로 해수로부터 중성인 염의 형태로 이온들이 유입되므로 이온의 농도는 높지만 산성도는 낮은 것으로 사료된다. 반면, 청원 지역의 경우 공단 등의 영향으로 SO_x의 양이 많아서 산성도가 높은 것으로 생각된다.

참고문헌

김양균 등, 1989, 대기 오염 물질의 장거리 이동과

산성비 강하에 관한 연구 (I), 국립 환경 연구원, 168p.

김양균 등, 1990, 대기 오염 물질의 장거리 이동과 산성비 강하에 관한 연구 (II), 국립 환경 연구원, 253p.

심상규, 1992, 산성비, 과학세계, 대한화학회, 32(7), 640-646.

정용승, 김태균, 1991a, 한국 서해안에서 관측된 산성비의 발원지 추적 연구, 한국 대기보전 학회지, 7권, 203-207.

정용승, 김태균, 1991b, 대기오염의 장거리 이동 사례 연구: 황사, TSP, Sulfate의 발원지 추적, 한국 대기보전학회지, 7권, 197-202.

Brewer, P. G., 1975, Minor elements in sea water, Chemical Oceanography Vol. 1, Academic Press, New York. p. 417.

Harper, S., 1982, Acidification today and

- tomorrow, Ministry of Agriculture Environment '82 Committee, p. 29.
- Hutchinson, T. C., and M. Havas, 1980, Effects of acid precipitation on terrestrial ecosystems, in proceedings of the NATO conference on effects of acid precipitation on vegetation and soils, Toronto, Ontario, Canada, pp 21-27, Plenum Press, New York.
- Jeffery, G. H., J. Bassett, J. Mendham and R. C. Denney, 1989, Quantitative Chemical Analysis, 5th Ed. Longman, Harlow, England, p. 679.
- Lodge, J. P., Ed., 1988, Methods of Air Sampling and Analysis, 3rd Ed., Lewis Publishing, Chelsea, MI, pp. 379-381.
- Seinfeld, J. H., 1986, Atmospheric chemistry and physics of air pollution, John Wiley and Sons, New York, 696-738.
- Pierson, W. R. and T. Y. Chang, 1986, Acid rain in western Europe and northeastern United States - a technical appraisal, CRC Crit. Rev. Environ. Control, 16, 167-192.
- Webb, A. H., R. J. Bawden, A. K. Busby, and J. N. Hopkins, 1992, Studies on the effects of air pollution on limestone degradation in Great Britain, Atmos. Environ., 26B(2) 165-181.