

## Chemical Characteristics of Precipitation in Background Area of Korea Peninsula

김상백 · 오숙영 · 김 산<sup>1)</sup> · 방소영<sup>2)</sup> · 조경숙<sup>3)</sup> · 최병철

기상연구소 지구대기감시관측소, <sup>1)</sup>신성대학 환경연구소 <sup>2)</sup>기상연구소

응용기상연구소, <sup>3)</sup>기상청 수원기상대

### 1. 서 론

오염원들로부터 배출된 다량의 황산화물이나 질소산화물 등은 대기 중에서 산성화의 주요 원인물질로 작용하여 강수의 산성화를 유발한다. 이렇게 생성된 산성비는 지표면에 습성침적되어 인간에게 직접적인 피해를 미칠 뿐만 아니라 수중 생태계의 파괴, 농작물의 생산성 저하, 산림의 고사, 건축물의 부식 등 막대한 재산상 손실을 초래하기도 한다. 특히, 우리나라는 급속한 산업화가 진행 중인 중국으로부터 황산화물의 상당량이 유입되므로 그 영향의 체계적 관리와 함께 다각적이고 집중적인 연구가 절실히 요구된다.

산성비에 대한 국내연구는 대부분이 도시지역, 공업지역을 위주로 실시되었으며(구자공 등, 1993; 오길영 등, 1999) 간헐적으로 농촌, 도서지역, 해안지역에 대한 연구(송기형 등, 1992; 최재천 등, 1997a; 최재천 등, 1997b; 강공언 등, 1992; 김지영 등, 2000)가 함께 수행되었다. 그러나, 이러한 특정지역에서의 강수특성을 이해하기 위해서는 인위적, 국지적 오염원의 영향을 받지 않는 우리나라 배경지역에서 장기간 모니터링을 통하여 배경지역 강수특성을 파악하는 연구가 선행되어야 한다.

본 연구는 기상청에서 운영하는 한반도 배경지역의 산성비 관측망 중에서 안면도 지구대기감시관측소, 울진, 제주 고산의 2000년에서 2003년까지 4년간의 강수분석자료를 활용하여 한반도 배경농도지역의 강수 특성을 밝히고자 한다.

### 2. 자료 및 연구방법

울진(36°59' N, 126°25' E)과 제주 고산(33°13' N, 126°10' E)은 1998년 8월부터, 안면도 지구대기감시관측소(36°32' N, 126°19' E)는 1996년 10월부터 산성비 관측이 시작되었다. 각 지점의 강수는 자동강수채수기를 사용하여 비가 내리는 시점에서 끝나는 시점까지 전량 채취하는 것을 원칙으로 하였으며 24시간 지속 또는 단속적으로 내릴 경우에는 당일 09시부터 익일 09시까지를 당일 시료로 취급하였고 미량시료에 대한 분석오류를 제거하기 위하여 강수가 5mm 이상인 시료만을 유효시료로 하였다.

강수 중 pH와 전기전도도는 시간에 따라 급격히 변화하므로 pH meter(model 720, Orion사)와 전도도메타(model CO150, HACH사)를 이용하여 시료채취 후 현지에서 즉시 측정하고, 이온분석은 안면도 지구대기감시관측소에서 취합하여 이온크로마토그래피(DX-500, Dionex사)를 사용하여 분석하였다. 분석된 수용성 이온성분의 항목은 양이온 5개성분( $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ )과 음이온 4개성분( $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ )이다.

본 연구에서는 안면도 지구대기감시관측소(Anmyeon-do), 울진(Uljin), 제주 고산(Kosan) 3곳의 산성비 관측망에서 측정된 4년간(2000년에서 2003년)의 산성비 자료를 기본자료로 활용하였다. 4년간 각 지점의 유효데이터 개수는 안면도 95개, 울진 83개, 고산 101개이고, 이들 자료를 분석하여 각 관측지점의 강수 중 이온성분농도의 화학적 특성을 조사하였다.

### 3. 결과 및 고찰

매 강수마다 강수량의 차이가 있으므로, 분석 및 측정된 이온성분농도, pH, 전기전도도는 강수량을 고려한 가중평균(Weighted Mean)을 실시하였고, WMO/GAW (No. 102) 지침서에 의거하여 이온수지법(Ion Balance)과 전기전도도법으로 안면도, 울진, 고산의 이온분석 자료의 신뢰성을 검토하였다. 강수 중 총 이온농도의 년 변화를 살펴보면, 고산이 2002년부터 급격히 상승하고 있고, 안면도는 2000년 이후 감소하

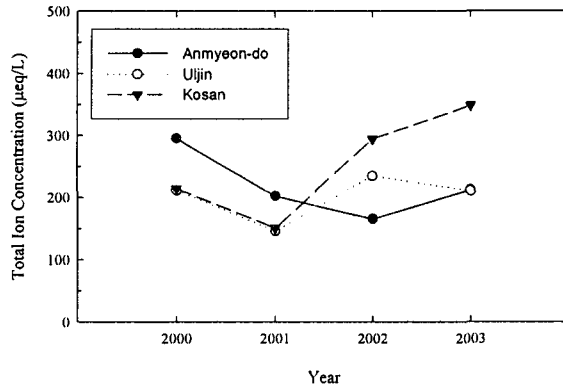


Fig. 1. Variation of total ionic concentration in Anmyeon-do, Uljin and Kosan.

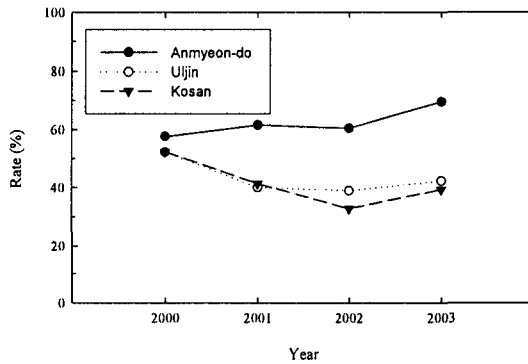


Fig. 2. Variation of the ratio of the nss-ion concentration to total ion concentration in Anmyeon-do, Uljin and Kosan.

Table 1. Statistical summary of precipitation chemistry during the period 2000–2003 in Anmyeon-do Uljin and Kosan. (unit : µeq/L)

	Year	Total Ion	ss-Ion	nss-Ion	nss-Cation				nss-Anion		
					nss-Ca <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>
Anmyeon-do	2000	294.7	124.9	169.8	29.0	34.0	16.1	3.8	52.6	33.8	0.5
	2001	201.7	77.4	124.2	14.9	35.8	7.8	2.2	40.6	21.9	1.0
	2002	165.1	65.3	99.8	10.3	31.4	6.0	1.7	27.4	22.5	0.5
	2003	212.1	64.7	147.5	16.6	37.6	8.5	2.0	48.1	30.4	4.3
	AVG	209.4	78.8	130.5	16.4	34.5	8.9	2.3	40.5	26.3	1.6
Uljin	2000	211.0	100.9	11.1	21.7	26.0	8.7	3.9	29.1	20.7	0.0
	2001	145.7	87.4	58.3	10.0	9.0	10.6	1.2	17.2	9.3	1.0
	2002	234.3	143.2	91.1	18.7	18.3	14.4	4.4	16.1	19.2	0.1
	2003	210.1	121.5	88.6	17.7	16.1	12.0	3.0	23.4	15.7	0.8
	AVG	202.9	118.7	84.1	16.6	15.8	12.1	3.1	20.3	15.6	0.6
Kosan	2000	213.6	102.0	111.6	17.0	15.8	15.9	3.4	33.8	25.3	0.4
	2001	150.4	88.3	62.1	4.9	16.6	7.4	2.0	18.7	12.4	0.1
	2002	293.7	197.6	96.0	12.3	17.6	21.0	3.2	20.4	21.5	0.0
	2003	348.4	211.9	136.5	13.8	31.0	24.8	3.7	35.9	24.7	2.6
	AVG	261.3	159.7	101.6	11.4	21.3	17.8	3.0	26.6	20.5	0.9

고 있다. 울진은 4년간 거의 일정한 이온농도가 유지되었다(Fig. 1). 고산에서 2002년부터 나타난 총 이온농도의 급격한 상승은 이온성분의 농도변화 고찰로부터 비해염기원 이온이 아닌 해염기원 이온성분( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ )이 주 원인임을 알 수 있었다.

안면도, 울진, 고산 3곳의 산성비 관측망에서 채취된 강수 중 2000년부터 2003년까지 비해염기원 이온성분비율을 조사한 결과, 안면도는 57.6%, 61.6%, 60.4%, 69.5%로 평균 62.3%의 비율로 해염기원 이온성분보다는 비해염기원의 이온성분이 더 많은 비중을 차지하고 있다(Fig. 2). 비해염기원 이온성분 함량을 살펴보면, 양이온인 경우는  $\text{NH}_4^+ > \text{nss-Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$ 의 순으로 존재하고  $\text{NH}_4^+$ 이온이 55.6%로 월등하다. 음이온인 경우는  $\text{nss-SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^- > \text{F}^-$ 의 순으로 존재하고  $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 이온이 59.2%로 월등하다. 이에 반해 울진과 고산은 비해염기원 이온성분 비율이 각각 52.2%, 40.0%, 38.9%, 42.2%(평균 41.5%)와 52.3%, 41.3%, 32.7%, 39.2%(평균 38.9%)로 해염기원 이온이 더 많은 비중을 차지하고 있다. 비해염기원 이온성분 함량을 살펴보면, 양이온인 경우 울진은  $\text{nss-Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{NH}_4^+ > \text{K}^+$ , 고산은  $\text{NH}_4^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{nss-Ca}^{2+} > \text{K}^+$ 순으로 존재한다. 하지만,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{nss-Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ 의 함량은 비슷한 수준으로 존재한다. 음이온인 경우는 울진과 고산 모두  $\text{nss-SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^- > \text{F}^-$ 의 순으로 존재한다(Table 1)

#### 4. 결 론

본 연구는 기상청에서 운영하는 한반도 배경지역의 산성비 관측망 중에서 안면도 지구대기감시관측소, 울진, 제주 고산의 2000년에서 2003년까지의 4년간 산성비 관측자료를 활용하여 한반도 배경농도 지역의 강수 특성을 밝혔다. 그 결과는 다음과 같다.

- (1) 총 이온농도의 4년간 변화를 살펴보면, 안면도는 2000년 이후부터 감소 추세, 울진은 거의 변화 없이 일정한 수준의 농도를 나타내었다. 반면에 고산의 경우는 2002년, 2003년 급격한 상승을 보였다. 그 원인은 해염기원 이온성분인  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ 이온의 영향이 큰 것으로 나타났다.
- (2) 각 지점의 강수 중 해염기원과 비해염기원의 이온성분비를 조사한 결과, 안면도는 해염기원 이온성분 보다는 비해염기원 이온성분의 영향을 더 많이 받는 것으로 나타났고(총 이온성분 중 비해염기원 이온성분의 비율: 62.3%). 울진과 고산은 해염기원 이온성분이 더 많은 비율로 존재하고 있음을 확인할 수 있었다(총 이온성분 중 비해염기원 이온성분 비율: 41.5%(울진), 38.9%(고산)).
- (3) 안면도의 비해염기원 성분함량을 조사한 결과, 양이온은  $\text{NH}_4^+$ 이고 음이온은  $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 가 가장 높은 함량을 나타내었다.

#### 참 고 문 헌

- 강공언, 강병욱, 김희강 (1992) 해안지역과 도시지역 강수의 화학적 성상에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 8(3), 191-197.
- 구자공, 박경렬 (1993) 대전 지역 산성 강우의 화학적 특성에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 9(2), 147-153.
- 김지영, 전영신, 조하만, 최재천, 남재철, 김산 (2000) 도시지역과 농촌지역에 내린 강수의 중화 특성, 한국기상학회지, 36(1), 15-24.
- 송기형, 박용남, 정용승, 박국태 (1992) 충청북도 농촌 지역의 강수의 산성도에 관한 기초 연구, 한국대기보전학회지, 8(1), 38-44.
- 오길영, 양수인, 이완진 (1999) 목포, 여천지역 강수의 무기이온 성분농도와 거동에 관한 연구, 한국대기환경학회지, 15(4), 385-392.
- 최재천, 이민영, 김산(1997a) 제주도 성산포지역에 내린 빗물의 계절별 화학적 특성, 기상연구논문집, 14(1), 8-14.
- 최재천, 이민영, 김산, 김성균 (1997b) 1991-1995년 소백산 지역에 내린 강수의 화학 조성에 관한 연구, 한국기상학회지, 33(3), 477-486.