

## PA1) 한반도 도서지역 강수의 화학적 특성에 관한 연구 A Study on the Chemical Properties of Precipitation in Rural areas, Korea Peninsula

박소영 · 최재천 · 김정식 · 차주완 · 김산 · 오성남<sup>1)</sup>

기상연구소 지구대기감시관측소, <sup>1)</sup>기상연구소 응용기상연구실

### 1. 서론

최근 우리 나라의 강수 pH가 낮아지면서 산성비에 관한 관심이 고조되고 있으나 실제 국내 산성비 연구 대부분은 도시지역을 위주로 이루어졌으며 (구자공과 박경렬, 1993), 농촌, 섬, 해안지역에 관한 연구는 (송기형 등, 1992; 최재천 등, 1997a ; 최재천 등, 1997b ; 강공언 등, 1992)는 매우 미흡하다.

대기를 부유하고 있는 오염물질이 배출지역이나 다른 지역으로 장거리 수송되어 침착됨으로서 강수의 산성화가 가중시키고 있으며 이는 지구규모의 중요한 문제가 되고 있다. 습성 침착의 대표기작인 강수의 화학적 요소-pH, 전기전도도, 수용성 이온성분 등-를 분석하면 산성도와 wash out, rain out을 통해 지표상으로 이동되어지는 산성물질의 기원 및 기여정도를 알 수 있으며 장기적인 관측은 지구환경의 산성화를 감시하는 중요한 자료로 활용되어 질 수 있다. 이에 기상청에서는 기후변화와 관련된 업무를 위하여 산성비관측망을 설치하고 산성비의 화학적 성분을 측정하고 있다. 인위적인 오염원이 적은 지역 즉, 세계기상기구/지구대기감시소에서 권장하고 있는 입지 조건을 가급적 충족시키는 안면도 지구대기감시관측소와 비교적 청정지역이라 할 수 있는 세 개의 지점(제주 고산, 울릉도, 울진)을 산성비 관측망이라 한다.

이 연구는 산성비 관측 업무가 실시된 1996년 10월 이후부터 1999년 12월의 안면도와 울릉도에 내린 강수시료의 화학적 특성을 비교 분석하고자 한다. .

### 2. 자료 및 연구방법

#### 2.1 대상지점의 특성

울릉도와 안면도는 1996년 10월부터 산성비 관측이 시작되었으며 울릉도(37° 29' N, 130° 54' E, 221.1m SL)는 한반도 동쪽 해안선으로부터 약 140km 떨어져 있는 화산활동에 의해 형성된 섬으로 주로 알칼리성 현무암으로 이루어져 있다. 안면도(36° 40' N, 126° 10' E, 43.5m SL)는 원래 서해안의 태안반도에 위치하고 있다.

#### 2.2 시료의 채취 및 분석방법

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 취급하였다. 그리고 강수 중 이온 성분을 분석하기 위하여 5mm이상인 날만을 수거하였다.

강수 중 pH와 전기전도도는 시간에 따라 급격히 변화하므로 각각 pH meter(model 720, Orion사)와 전도도메타 (HACH사, model CO150)를 이용하여 수거 후 현지에서 즉시 측정하였다. 그러나 이온성분은 즉시 분석이 이루어 지기 어려우므로 4℃의 냉암소에서 보관 후 가급적 빠른 시일에 분석을 실시하였다. 강수 중 이온성분의 분석은 이온크로마토그래피(Dionex사, DX-500)를 이용하여 분석하였다. 분석되는 수용성 이온 성분의 항목은 양이온(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>)과 음이온(F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)이다. 각 이온 성분 분석 자료는 WMO/GAW No. 102에 명시된 이온 수지법(ion balance)과 전기 전도도법을 이용하여 신뢰성을 검토하였다. 또한 해양기원성분(Sea Salt: SS)과 비 해양성분(Non Sea Salt: NSS)으로 이온성분을 구분하여 침적물의 기원을 파악하고자 했다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 안면도와 울릉도 두 지점에서 1996년 10월부터 1999년 12월까지 관측된 강수의 pH와 전기

전도도를 이용하여 자료의 신뢰성을 검증한 결과로서 (a)와 (c)는 이온수지법의 결과로서 총 시료의 개수가 161개인 안면도에서는 상관계수(r)가 0.988, 164개인 울릉도는 0.9804로서 높은 상관성을 보였다.

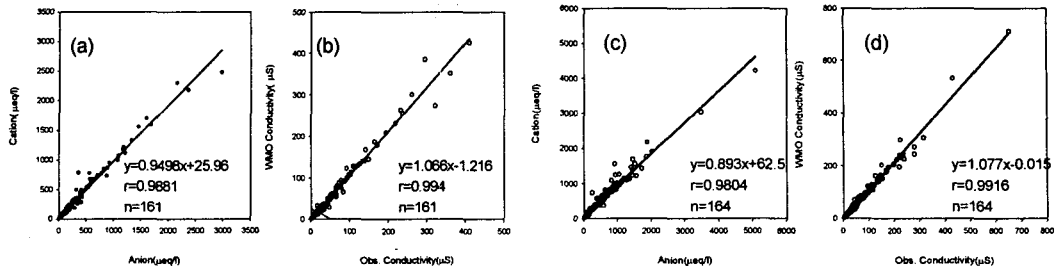


Fig. 1. The correlations between total cations and anions and calculated and measured conductivity values in Anmyon-island(a, b) and Ullung-island(c, d).

또한 울릉도가 안면도보다 음·양이온의 농도가 다소 높게 나타났다. 또한 두 지점에서 공통적으로 양이온보다는 음이온이 많게 나타났다. 그림 1의 (b)와 (d)는 WMO/GAW(No. 102) 지침서에 의거하여 자료의 신뢰성을 검토한 결과로서 안면도와 울릉도의 상관계수는 각각 0.994와 0.9916으로 좋게 나타났으며 이는 바다에 근접한 지리적 여건으로 인하여 해염입자의 영향이 인위적 오염물질의 영향보다 상대적으로 커졌기 때문이다. 안면도와 울릉도의 pH, 전기전도도 및 이온농도를 보면 1996년 10월부터 1999년 12월까지 평균 강수량과 가중평균한 pH, 전기전도도는 안면도(N=161)가 22.30mm, 4.90, 53.49  $\mu$ S/cm 이고 울릉도(N=164)는 23.71mm, 5.27, 그리고 77.83  $\mu$ S/cm로 나타났다. 울릉도에 비해 강수횟수와 양이 적은 안면도는 산성도는 높으나 전기전도도가 낮았다

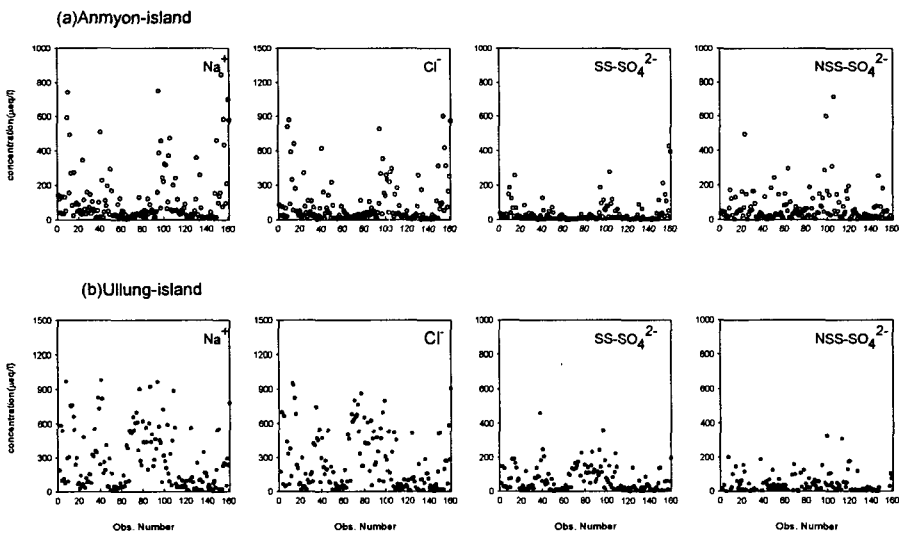


Fig. 2. The variations of ion concentrations in Anmyon-island(a) and Ullung-island(b).

그림 2를 보면 대부분 해양에 기원을 둔  $\text{Na}^+$ 과  $\text{Cl}^-$ , 황산이온( $\text{SS-SO}_4^{2-}$ )농도가 울릉도에 비해 안면도가 2배 정도 적은 값을 나타냈기 때문에 전기전도도가 낮게 나타났으나 산성원인물질인 비해양기원인 황산이온( $\text{NSS-SO}_4^{2-}$ )농도가 약 2배정도 크게 나타났기 때문에 산성도가 높게 나타났다. 이는 편서풍대에 위치하고 있는 우리나라의 서쪽 해안가에 위치하고 있는 안면도가 동쪽의 섬으로 존재하는 울릉도에 비해 인위적 오염에 의한 영향이 크고 안면도 자체의 배출원에 의한 영향 뿐 아니라 풍상측에 위치하고

있는 중국에서 배출되는 오염물질의 장거리 수송에 기인된다고 사료된다.

#### 4. 결 론

기상청에서 운영하는 산성비 관측망 중 서쪽과 동쪽에 위치하는 안면도와 울릉도의 1996년 10월부터 1999년 12월까지 내린 강수를 분석하여 화학적 특성을 비교, 고찰한 결과 pH와 전기전도도 및 이온농도의 화학적 요인은 지형적 여건에 따라 크게 영향을 받고 있다. 안면도는 pH4.90으로서 pH5.27인 울릉도에 비해 산성도가 높았으며 두곳 모두 해양의 영향을 받고 있으나 안면도에 비해 울릉도가 바다에 의한 영향이 2배 이상 정도 크게 나타났다. 또한 비해양오염물질의 영향은 안면도가 크게 나타났으며 이는 산성비의 주된 원인인 황산이온 중 비해양기원의 황산이온( $\text{NSS-SO}_4^{2-}$ )농도가 울릉도에 비해 월등히 크게 나타났으며 pH가 낮아지는데 큰 기여를하고 있다. 이는 공업화가 활발히 진행 중인 중국 서쪽 지역에서 배출되는 산성오염물질이 우리나라의 주된 기류인 편서풍에 의해 장거리 수송됨으로서 우리나라에 유입되었다고 사료되며 이 오염물질이 산성도에 영향을 미치고 있다. 이에 우리나라 산성비 현황 및 전지구적인 산성화를 감시하기 위하여서는 안면도 등과 같은 배경지역에서의 지속적인 관측이 필요하다고 할 수 있다.

#### 5. 사 사

이 연구는 기상연구소 지구대기감시관측소의 사업비와 과학기술부에서 시행하는 국가지정연구실 사업의 하나인 “한반도 기후변화 감시 기술 개발” 연구과제의 일부 지원으로 이루어졌습니다.

#### 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.
- 송기형, 박용남, 정용승, 박국태(1992) 충청북도 농촌 지역의 강수의 산성도에 관한 기초 연구, 한국대기보전학회지, 8(1), 38-44.
- 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.
- WMO/GAW (1996) *Report of the workshop precipitation chemistry laboratory techniques*, No. 102, 14~16.