

소백산 안개의 화학적 조성 Chemical composition of fogwater at Mt. Sobaek.

김 만 구* · 임 양 석 · 장 미 회 : 이 선 기¹⁾ · 최 재 천²⁾ · 이 민 영³⁾
강원대학교 자연과학대학 환경학과
¹⁾ 기상청 기상 연구소

1. 서론

안개와 구름은 관측자의 위치고도에 따라 달리 인식될 수 있다. 안개는 지상에 가까운 대기 중에 분포하며 국지적이고 장시간 체재한다. 또한 입자가 작고 수분량이 적어 많은 오염물질이 농축되어 있다. 반면 구름은 고도 600m 이상에서 형성되며 안개입자의 생성과 동일한 기작에 의해 형성되며 장거리까지 이동된다¹⁾. 구름의 포집방식은 안개의 포집방법과 같으며, 안개나 구름의 입자크기는 1 - 100 μm 로 빗물입자(0.1 - 3.0 mm)보다 작다. 이런 이유로 같은 지역의 안개와 구름은 빗물보다 더 많은 오염물질을 갖게 된다(춘천지역의 경우 약 20배)²⁾. 본 연구진은 도시(춘천)지역의 안개의 화학적 조성에 대하여 보고한 바 있고³⁾,⁴⁾ 본 연구에서는 충북 단양군내의 소백산 국립공원 정상 부근에 위치한 소백산 기상관측소(해발 1340m, 36° 56' N, 128° 27' E)에서 포집된 안개의 화학적 조성을 분석하였다. 국내에서 고산지대의 안개의 화학적 조성에 관한 논문은 전무한 상태이며, 외국의 경우에는 미국의 Whiteface산⁵⁾과 일본의 Tsukuba산⁶⁾에서 안개에 관해 연구한 논문들이 있다.

2. 안개포집 및 분석방법

2.1 안개의 포집

소백산은 연 평균 안개일수가 229일이며, 해발 1340m의 고산지대인 관계로 하층운이 자주 나타나는 지역이다. 안개시료의 포집은 본 연구진이 제작한 active형 안개포집기를 이용하여 충북 단양군내의 소백산 정상 부근에 위치한 소백산 국립공원 기상관측소(이하 '관측소'라 함)에서 1994년 6월 29일부터 동년 7월 2일까지의 기간중 6월 29일 18시 40분부터 7월 2일 14시 00분까지 총 38회 포집하였다. 포집시간은 1시간을 간격으로 하였으며 포집량이 20ml 이하일때는 연속하여 포집하였다. 포집된 안개량은 평균 153 ml/hr로 분석하기에 충분한 양이었다.

2.2 강수시료의 채취

강수시료는 관측소에 설치된 수동식 강수 채수기로 09시 00분부터 다음날 09시 00분까지 24시간 단위로 채수하였다.

2.3 안개의 분석

포집된 안개의 부피는 포집장소에서 측정하고, 포집 후 즉시 공경 0.45 μm 의 membrane filter를 사용하여 여과한 후 전기전도도와 pH를 측정하였다. 안개의 이온성분 분석용 시료는 산과 증류수로 세척한 폴리에틸렌 용기에 담아 실험장소의 냉장고에 냉장 보관하였고, 시료를 운반할 때는 아이스 박스에 냉장하여 되도록 빠른 시간내에 운반하였다. 시료의 이온성분(음이온; SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , 양이온; NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+)은 이온 크로마토그래프(Dionex, DX-4000i)를 이용하여 분석하였다.

3. 결과

최초로 포집된 안개의 경우 안개가 불연속적으로 생성된 관계로 Net에 맺힌 안개방울이 증발·농축되어 높은 이온농도를 나타냈다. 그림 1은 시료의 시간별 pH와 전기전도도를 나타냈다. pH는 3.89~5.74의 범위에 있고 평균 4.8이며, 전기전도도는 13.2~271.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 평균 70.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 나타났다. 측정된 전기전도도와 주요 이온의 분석결과로부터 구한 이론 전기전도도는 높은 상관성을 보이고 있다. 안개시료의 이온성분 분석

결과는, 음이온성분 중에는 SO_4^{2-} 가 15.24 $\mu\text{g/ml}$, NO_3^- 가 4.97 $\mu\text{g/ml}$, 양이온성분 중에는 NH_4^+ 가 6.61 $\mu\text{g/ml}$, Ca^{2+} 가 1.15 $\mu\text{g/ml}$ 로 대부분을 차지하고 있다. 또한 소백산지역의 안개성분 중 $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 와 $\text{NH}_4^+/\text{nss-Ca}^{2+}$ 의 당량농도 비는 각각 0.22과 16.39로, 안개의 pH를 낮추는 데는 SO_4^{2-} , 안개를 중화시키는 데는 NH_4^+ 의 역할이 큰 것으로 나타났다. 포집기간 중 날씨는 흐렸으며 강수를 동반한 안개과 안개만 있는 기간이 순환적으로 나타났다. 표 1에 각각의 이온농도를 나타냈다. 총 이온농도는 강수가 0.10 $\mu\text{eq/ml}$, 강수를 동반한 안개가 0.52 $\mu\text{eq/ml}$, 안개가 1.00 $\mu\text{eq/ml}$ 로 나타나, 안개시료가 강수시료나 강수를 동반한 시료보다 높은 이온농도를 나타냈다. 소백산 관측소에서 시료 채취기간 동안의 주된 풍향은 북서풍과 남서풍이었으며, 안개시료의 화학적 조성은 풍계에 따라 차이점을 보이고 있다. 총 이온농도는 남서풍이 0.416 $\mu\text{eq/ml}$, 북서풍이 0.789 $\mu\text{eq/ml}$ 로 나타났다. 총 이온농도를 비교하면 북서풍 계열이 약 2배 높았다. 춘천지역 안개와 소백산 안개를 비교하면 전기전도도는 춘천지역이 평균 461.6 $\mu\text{S/cm}$ 로 소백산이 6.6배 정도 낮고, pH는 춘천지역이 평균 5.2로 소백산이 0.4 낮다. 그리고 안개의 pH가 4.0 이하이면 식물체의 큐티클층을 용해하고 엽록소를 파괴(Ca와 Mg등을 용출시킴)하여 잎에 반점이 생기거나 끝 부분이 변색되며, 심한 경우 고사하게 된다. 소백산 안개의 pH가 4.0 이하로 발생하는 것이 확인되어 식물에 피해를 미칠 가능성이 있다고 생각된다.

4. 인용문헌

- 1) 정종심 등, 一般氣象學 (株)敎文社
- 2) 김만구 등, 1993년 추계 환경 종합학술대회 요지집, p448.
- 3) 김만구 등, 1994년 제18회 대기보전학술연구발표회, p49.
- 4) Mohnen, V.A., et al., Tellus, 41B, 92(1989)
- 5) Ohta, S., et al., J. Meteor. Soc. Japan, 59, 892(1981)

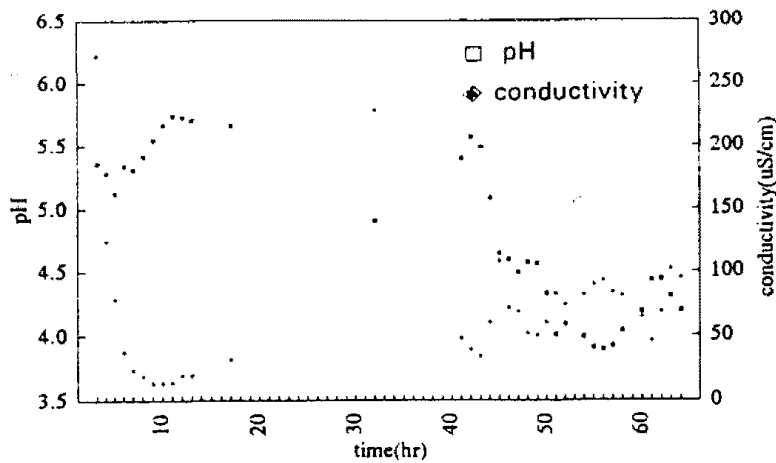


Fig. 1. pH and conductivity of fogwater collected at Mt. Sobaek.

Table 1. Composition of major ions in rain, rain+fog and fogwater samples.

	F	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	k ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	H ⁺	Total
	$\mu\text{eq/ml}$										
Rain	0.011	0.009	0.006	0.027	0.001	0.032	0.001	0.000	0.004	0.007	0.098
Rain + Fog	0.008	0.017	0.038	0.182	0.008	0.215	0.007	0.004	0.028	0.012	0.519
Fog	0.013	0.035	0.076	0.363	0.010	0.396	0.013	0.003	0.023	0.064	0.997