

## 2A3) 한반도 배경지역 (안면도, 울진, 고산) 강수의 산성도와 화학조성

### Acidity and Chemical Composition for Precipitation at Background Area (Anmyeon, Uljin, Gosan) on Korean Peninsula

김상백 · 최병철 · 오숙영

기상연구소 지구대기감시관측소

#### 1. 서 론

한반도 배경지역인 안면도, 울진, 고산에서 강수 시료를 채취하여 강수의 산성도, 전기전도도 및 이온성분을 분석하였다. 안면도의 경우는 1997년부터 2004년까지 8년간의 일일 강수 분석 자료, 울진과 고산의 경우는 1998년부터 2004년까지 7년간의 일일 강수 분석 자료를 활용하여 한반도 배경지역 강수의 산성도 및 이온성분의 장기변화 및 특성을 고찰하였다. 이들 지역은 주위에 인위적인 오염원이 없는 청정 지역에 위치하여 한반도 배경지역 강수의 화학적 특성을 대표할 수 있고, 특히 안면도는 중국에서 배출된 대기오염물질의 장거리 이동에 의한 영향을 직접적으로 받는 서해안 해안지역에 위치하므로 다른 배경지역 관측망과의 비교를 통해 오염물질의 장거리 수송에 의한 영향도 파악할 수 있을 것으로 기대된다.

한편, 동아시아 지역은 과도한 인구밀집과 급속한 경제성장으로 산성비에 대한 위협과 국제적 관심이 집중되고 있고, 이에 따른 결실로 2000년부터 동아시아 12개국 47개 사이트를 통합한 산성비 네트워크 프로그램(EANET)이 가동 중에 있다. 본 연구에서는 2000년도 이후 한반도 배경지역 사이트와 한반도 주변국인 EANET의 중국, 일본의 배경지역 사이트를 비교하면서 한반도 배경지역 강수의 산성도 및 화학성분의 수준을 비교하였다.

#### 2. 자료 및 연구방법

본 연구에 사용된 강수시료의 채취지점의 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, Orion Co.)와 전도도메타(Model CO150, HACH Co.)를 이용하여 시료채취 후 현장에서 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. 각 지점의 데이터는 WMO/GAW No. 160 지침서에 의거하여 이온 밸런스와 전기전도도 밸런스의 정량화된 기준치를 사용하여 자료의 신뢰성을 평가하였고, 신뢰성을 확인한 각 지점의 유효데이터 개수는 안면도 249개, 울진 173개, 고산 188개이고, 이들 자료를 분석하여 각 관측지점의 강수 산성도와 이온성분의 화학적 특성을 조사하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

매 강수마다 강수량의 차이가 있으므로, 분석 및 측정된 이온성분농도, pH, 전기전도도는 강수량을 고려한 가중평균(Weighted Mean)을 실시하여 처리하였고, 그 결과는 표 1에 나타내었다. 8년간의 안면도 평균 pH와 7년간의 울진과 고산의 평균 pH는 각각 4.81, 4.87, 4.89로 한반도 배경지역 평균 pH는 지점별 큰 차이가 없이 4.8로 나타났다. 이온성분 농도는 세 지점이 모두 해안가에 위치한 관계로 해염이온인  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  이온이 고농도로 존재하고 이들 이온을 제외하면, 음이온 중에서는  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ 이온 순서로

높은 농도로 존재하고 있다. 양이온 중에서는 안면도에서는  $\text{NH}_4^+$ 이온이 고농도로 존재하지만, 전체적으로  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ 이온이 비슷한 수준으로 존재하고 있다.

Table 1. Statistical summary of precipitation chemistry at Anmyeon(1997–2004), Uljin and Gosan(1998–2004).

Site	pH	$(\mu\text{eq/L})$								
		$\text{F}^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Na}^+$	$\text{NH}_4^+$	$\text{K}^+$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Ca}^{2+}$
Anmyeon	4.81	1.9	46.4	20.4	42.3	46.6	26.5	2.7	10.4	15.2
Uljin	4.87	0.5	70.2	15.0	35.4	66.0	13.6	3.0	15.8	16.6
Gosan	4.89	0.7	98.6	17.1	39.4	100.7	15.9	4.0	21.6	15.2

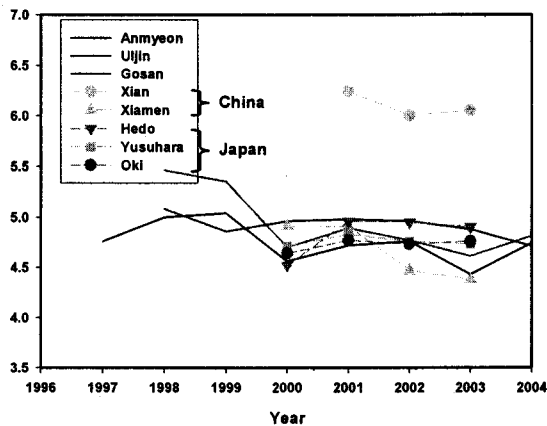


Fig. 1. Annual variation of pH for precipitation at Anmyeon, Uljin, Gosan and EANET sites of China and Japan.

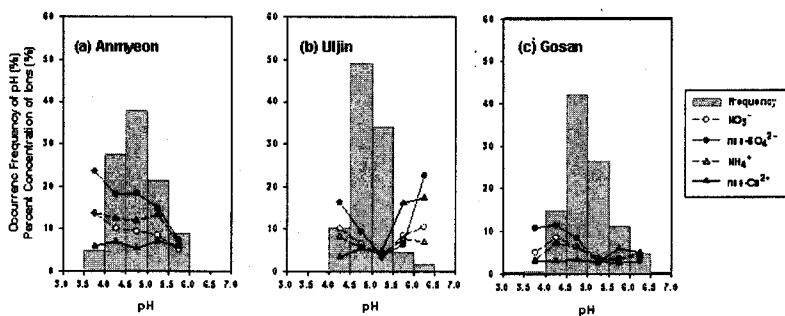


Fig. 2. Variation of major ion ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{nss-SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{nss-Ca}^{2+}$ ) with pH variation for precipitation at Anmyeon, Uljin and Gosan.

강수 pH의 년변화를 살펴보면(그림 1), 한반도 배경지역의 pH는 2000년 이후 지점별 큰 차이 없이 일정한 수준을 유지하고 있고, 이 값은 한반도 주변국의 배경지역과 비슷한 수준을 유지하고 있다. 다만, 중국 내륙에 위치한 시안의 경우는 해발고도 1860m의 고산지역에 위치하고 있고, 황사와 같은 Dust의 영향을 직접받아서 다른 배경지역과 달리 pH 6.0 정도로 높은 값을 보이고 있다.

한반도 배경지역 강수 pH의 발생빈도를 조사한 결과, 최빈값은 pH 4.5에서 5.0의 범위에 존재하고 있

고, pH 5.6 이하의 산성우 발생빈도는 모든 지역에서 80% 이상을 보였다. 이 중에서 안면도의 경우는 다른 지점에 비해 pH 4.5 이하의 강산성우 발생빈도가 32.1%로 다른 지점에 비해 월등히 높은 수치(울진: 10.4%, 고산: 15.4%)를 보였다. 이 원인을 파악하기 위해 pH 변화에 따른 산성도 결정 주요 이온의 변화를 고찰한 결과(그림 2), 안면도는 산성원인 물질인  $\text{nss-SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  이온의 변화에 따라 pH 변화가 결정되는 것을 확인할 수 있었다.