

## 불화수소의 환경 중 거동

신호상

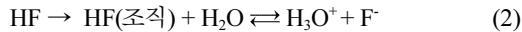
공주대학교 환경보육과

### Behavior in the Environment of Hydrogen Fluoride

Ho-Sang Shin

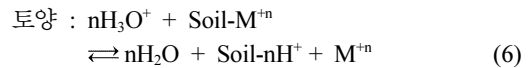
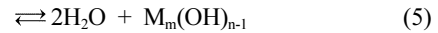
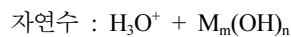
Department of Environmental Education, Kongju National University,  
Kongju, Chung-Nam Do, Republic of Korea

불화수소는 신체나 식물의 표피의 물에 녹아 불산이 된다. 불산은 다른 산들과 마찬가지로 수용액에서 이온화한다 (식 1). 불산은 낮은 해리상수를 갖는 약산으로 이온화되지 않은 불산 분자가 존재하여 중성지질에 용해되어 빨리 조직을 침투할 수 있다 (식 2). 불산의 침투력으로 피부나 눈에 노출되면 독성이 쉽게 일어난다.



불산이 조직을 침투하여 혈액으로 흡수되면 혈중 칼슘과 반응하여  $\text{CaF}_2$ 가 만들어지고 이 성분은 불용성으로 고체화되며 체내 칼슘을 제거하게 된다 (식 3). 이로 인해 죽음에까지 이르게 된다.

불화수소가 자연수나 토양에 들어가면 아래와 같이 산이온과 불소 음이온이 생성된다 (식 4). 산이온 ( $\text{H}_3\text{O}^+$ )은 아래 식 (5)와 (6)에서와 같이 자연수 및 토양이 갖고 있는 완충능력으로 대부분 중화가 된다. 자연수는 여러 미네랄과 결합하고 있는 수산이온과 반응하여 중화가 된다. 토양은 양이온치환능력이 강해 산이온을 충분히 치환할 수 있는 고용량의 완충제이다.



아래의 Table 1은 실제로 0.01 M (200 mg/L)의 불산 용액을 1) 증류수, 2) 지표수, 3) 토양에 넣었을 때와 4) 포도를 담가두었을 때 pH 변화를 나타낸다. 표에서와 같이 증류수에 0.01 M HF 1.0 mL를 첨가하였을 때에는 4.2가 되었으나 지표수나 토양에 같은 농도의 불산용액을 첨가하였을 때에는 본래 지표수나 토양의 pH보다 크게 차이가 발생하지 않았다. 특히 토양에서는 많은 양의 불산 용액을 가했는데도

Table 1. 지표수 및 토양에 가한 불산에 따른 pH의 변화

시료의 조건	pH
증류수	6.5
증류수 100 mL +0.01M HF 1.0 mL	4.2
지표수	6.6
지표수 100 mL +0.01M HF 1.0 mL	6.5
토양	6.7
토양 20 g +0.01M HF 15 mL	6.5
포도즙	3.3
0.01M HF 용액	2.2
0.01M HF에 1시간 침지 후 포도즙	3.4

†Corresponding author: Dept. of Environmental Education, Kongju National University, Kongju, Chungnam, South Korea, 314-701, Tel: +82-41-850-8811, Fax: +82-41-850-8998

Received: 24 October 2012, Revised: 26 October 2012, Accepted: 29 October 2012

**Table 2.** 지표수 및 토양에 가한 불산에 따른 F의 농도 변화

시료의 조건	F의 농도 (mg/L)
증류수	0
증류수 100 mL + 0.01M HF 1.0 mL	1.9
지표수	0
지표수 100 mL + 0.01M HF 1.0 mL (10분 후)	1.9
지표수 100 mL + 0.01M HF 1.0 mL (16시간 후)	1.5
토양	0
0.01M HF	190
토양 20 g + 0.01M HF 15 mL (10분 후)	6.2
토양 20 g + 0.01M HF 15 mL (16시간 후)	4.0

pH의 변화는 0.2에 불과하였다. 이는 자연수나 토양이 갖고 있는 완충능력 때문이다. 한편 포도를 1시간 동안 pH 2.2의 불산 용액에 침지하여도 포도즙의 pH는 변화는 없었다.

식 (4)에서 이온화된 불소 음이온은 자연수 또는

토양수의 칼슘 등 금속이온과 반응하여 불용성 염으로 제거된다. 아래 표 2는 0.01 M의 불산 용액을 1) 증류수, 2) 지표수, 3) 토양에 넣었을 때 F 이온의 변화를 나타낸다. 증류수에 HF를 첨가하면 첨가한 농도가 변하지 않으나 지표수에서는 16시간 후에 21%가 감소하며, 토양에서는 10분 후 97%가 감소하고, 16시간 후에는 98% 감소된다. 이런 불소이온은 자연수나 토양의 칼슘 등 금속이온과 반응하여 불용성 염으로 제거되거나 토양의 흡착력으로 제거되는 것으로 추측된다.

결론적으로 불화수소 가스가 누출되었을 경우 첫째, 공기 중에 불화수소는 피부를 통과하기 쉬워 큰 피해를 주므로 물 등으로 신속히 제거해야 한다. 둘째, 불화수소가 지표수와 토양으로 용해되었을 경우에는 자연수와 토양의 완충능력으로 중화되어 안정화 된다. 특히 토양의 완충능력은 대단히 크다. 그래서 공기 중에 불화수소가 더 이상 검출되지 않는다면 불화수소로부터 후속적인 피해를 염려하지 않아도 된다.