

## 산성광산배수(AMD)에서 거리에 따라 생성되는 침전물의 광물학적 특성 연구

Mineralogical Studies of Precipitates with Distance from the Minehead  
in Acid Mine drainage

김준영(Jun Young Kim)<sup>1</sup> · 김성호(Sung Ho Kim)<sup>1</sup>  
장윤득(Yun Deuk Jang)<sup>2</sup> · 김정진(Jeong Jin Kim)<sup>1,\*</sup>  
<sup>1</sup>안동대학교 지구환경과학과(jjkim@andong.ac.kr)  
<sup>2</sup>경북대학교 지질학과

### 1. 서론

산성광산배수(AMD)는 황철석이 산화되면서 생성되고 그 결과 많은 원소들이 용출되어 나온다. 다음과 같은 반응식으로 인해 AMD는 낮은 pH를 가지며 중금속의 함량과 SO<sub>4</sub>의 함량이 높게 나타나는 것이 특징이다.  $[2\text{FeS}_2 + 7/2\text{O}_2 + 9\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{SO}_4^{-2} + 2\text{H}^+]$  이러한 특징을 가지는 AMD가 지표수나 지하수로 유입이 되면 수생태계를 파괴시키고, 수질악화로 하천수와 지하수의 이용이 제한되며 토양과 식물의 오염으로 인한 먹이사슬의 불균형등을 초래 할 수 있다. 다량의 중금속과 SO<sub>4</sub>이온을 함유한 AMD에서 나타나는 일반적인 침전물은 철수산화물을 포함하는 goethite, ferrihydrite 그리고 비정질상을 띠는 침전물들이 있다. 이러한 침전물들은 pH가 증가함에 따라 황갈색, 적갈색, 흰색의 침전물들이 형성되고, 이는 폐광산에서 나타나는 AMD의 지화학적 특성을 연구하는데 중요한 역할을 한다.

### 2. 연구지역 및 연구 방법

연구지역은 행정구역상 경상북도 봉화군 소천면의 장군봉에 위치하고 있는 장군광산으로 폐광전 채광한 광종은 금, 은, 동, 망간등이 있다. 본 연구지역에서는 갯내수 배수로로부터 약 250m 구간동안 주변으로부터 유입수가 전혀 없는 상태이다. 따라서 갯내수가 다른 요인에 의해 변화되지 않고 수로를 따라 흐르면서 거리에 따라 침전되는 침전물의 광물학적인 형태와 갯내수의 지화학적인 변화와의 상관관계에 대해 알아보기 적합한 조건이다. 실험을 하기위한 시료는 약 250m의 수로를 약50m의 간격으로 JG-1~JG-5까지 5개의 시료를 채취하였다. 채취한 시료는 0.45 $\mu\text{m}$  멤브레인 필터를 이용하여 여과하여 양이온과 음이온을 분석하기 위해 ICP-AES, AAS, IC분석을 실시하였다. 야외에서 시료를 채취할 때 야외에서 온도, pH, EC를 휴대용 pH meter기를 이용하여 측정하였다. 그리고 수질시료를 채취한 곳에 침전되어있는 침전물을 채취하여 광물감정을 위해 XRD분석을 실시하였고, 침전물의 미세구조와 형태를 알아보기 위해 JEOL-JSM-6300 주사전자현미경 관찰을 실시하였다. 구간별 갯내수의 화학적 분석값과 야외에서 측정한 항목들의 결과는 Table 1과 같다.

### 3. 결과 및 고찰

갯내수 입구에서 멀어질수록 pH는 증가하고 EC는 줄어드는 경향을 보이고 음이온에서 SO<sub>4</sub>는 갯내수 입구로부터 멀어짐에 따라 증가하는 경향을 나타낸다. 또한 양이온 중 Fe는 거리가 멀어짐에 따라 그 함량이 줄어드는 것이 특징이다.

배수로를 따라 나타나는 침전물은 XRD 분석결과 ferrihydrite로 나타났으며 몇몇 침전물

시료에서는 불순물이 나타났는데 이는 시료채취 당시 암석 표면에 붙어있던 침전물시료를 채취하면서 섞인 것으로 판단된다.

침전물이 형성될 때 Fe 이외의 다른 중금속, 갱내수에 많은 양이 용존되어 있던 Ca, 그리고 Na, Mn, Mg, K, Si 성분뿐만 아니라 As 도 미량으로 공침이 되어 있는 것을 EDS 분석 결과 알 수 있었다.

갱내수가 이동하고 멀어질수록 Fe성분이 침전되어 철산화물인 ferrihydrite를 형성하였고, SO<sub>4</sub> 이온은 지속적으로 증가하였다. 그리고 거리가 멀어질수록 pH가 상승하는 것으로 보아 증가된 SO<sub>4</sub> 이온이 pH를 상승시키는 요인으로 작용하지 않는다는 것을 알 수 있다. 또한 갱내수 입구에서 멀어질수록 EC값이 줄어드는데 이는 갱내수가 이동하면서 침전물을 형성하여 갱내수내에 용존해 있던 이온의 양이 줄어들면서 나타난다는 것을 알 수 있다.

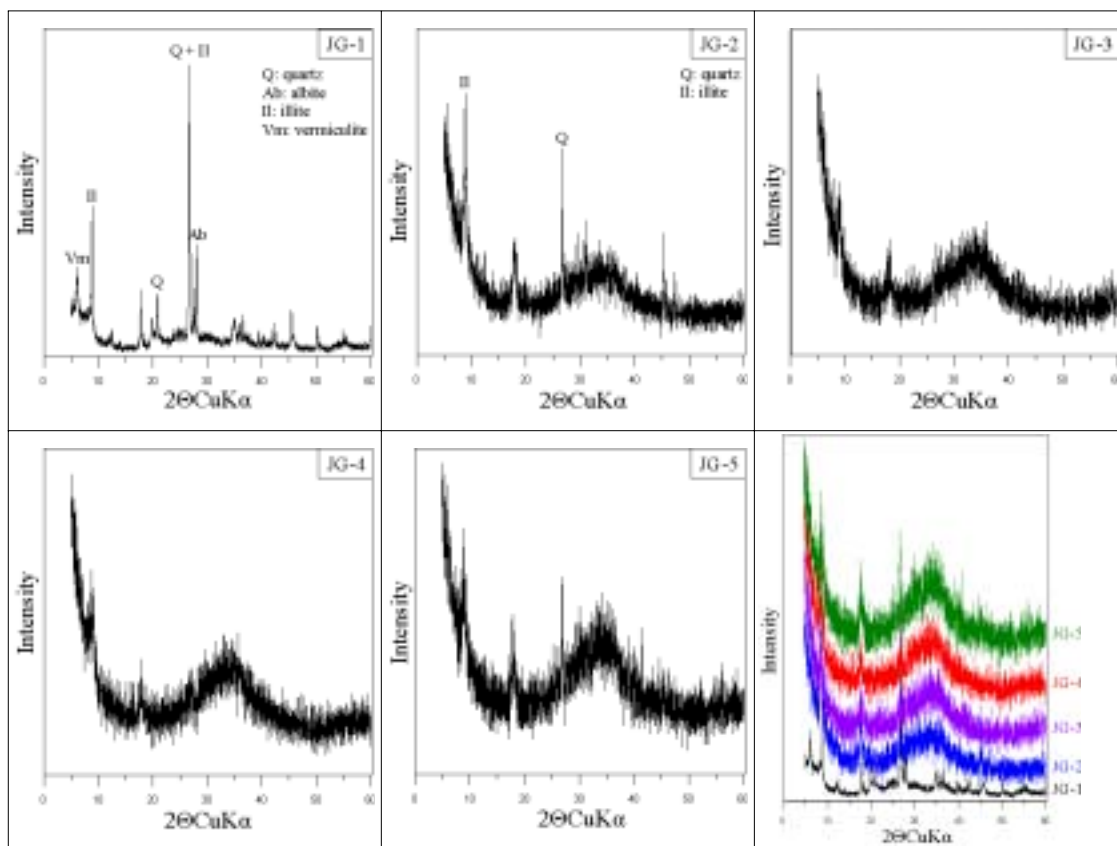


Fig. 1. 거리에 따라 나타나는 침전물에 대한 X-선회절분석선

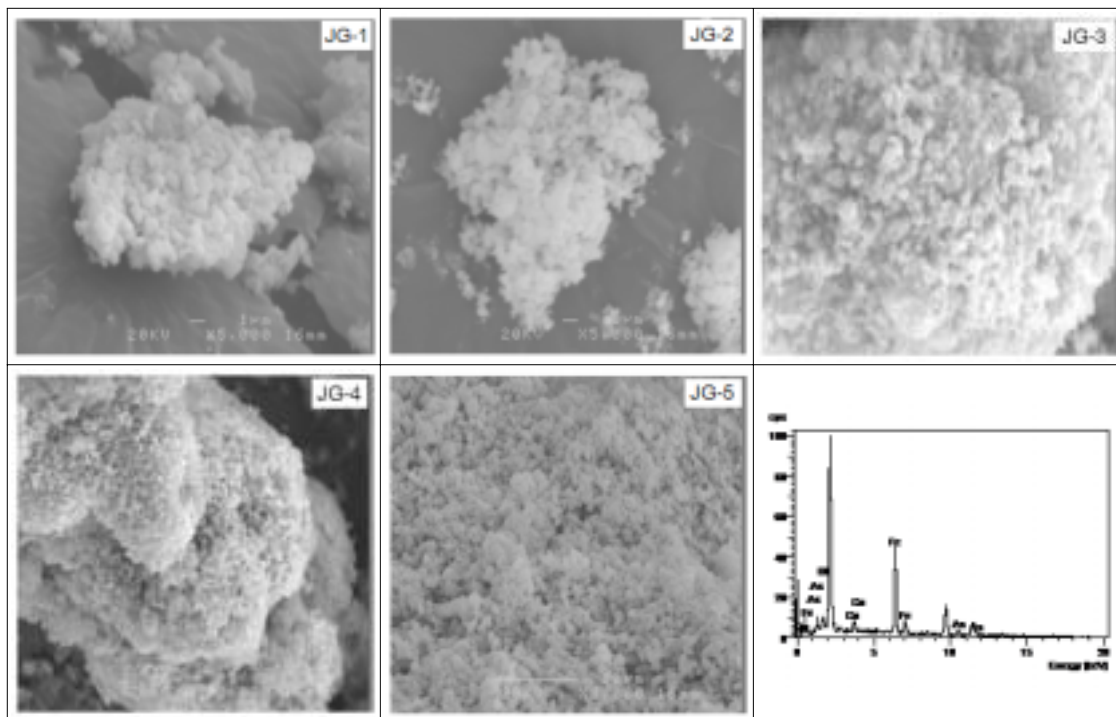


Fig. 2. 거리에 따라 나타나는 침전물에 대한 전자현미경사진 및 EDS 패턴

Table 1. 장군광산 구간별 화학 분석값

	온도	pH	EC	F	Cl	Br	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>
JG-1	13.3	8.09	2125	0.25	3.04	0.0002	0.27	0.0064	1772.02
JG-2	12.8	9.03	1773	0.25	3.01	0.0005	0.18	0.0003	1779.30
JG-3	12.6	9.33	1742	0.25	2.99	0.0015	0.10	0.0048	1796.31
JG-4	12.5	9.45	1695	0.26	3.50	0.0017	0.10	0.0007	1821.69
JG-5	12.3	9.59	1694	0.26	3.15	0.0013	0.08	0.0045	1833.46

	Mg	Al	Ca	Mn	Na	K	Si	Fe	Ni	Cu	Zn	Cd
JG-1	10.19	0.26	661.0	9.72	13.40	4.98	3.66	4.06	0.14	0.02	0.55	0.12
JG-2	8.84	0.25	660.0	9.08	15.21	5.64	4.90	2.39	0.23	0.03	0.67	0.02
JG-3	10.30	0.28	521.0	10.93	16.28	5.89	5.46	1.15	0.38	0.04	0.69	0.03
JG-4	11.43	0.36	513.0	13.23	16.68	5.88	4.99	0.78	0.33	0.03	0.58	0.02
JG-5	11.85	0.39	504.0	12.77	15.43	5.78	5.22	0.72	0.52	0.06	0.61	0.04