

# 임천광산 광미적치장 주변의 환경지화학적 특성

정영욱<sup>1)</sup>, 민정식<sup>1)</sup>, 이현주<sup>1)</sup>, 전효택<sup>2)</sup>, 황지호<sup>2)</sup>

## 1. 서론

광산폐기물은 지표 환경에 노출되면서 공기 및 물과 접촉하는데 이에 의한 산화작용의 영향은 광산폐기물의 구성광물, 관리상태, 주변여건 등에 따라서 달라진다. 본 연구는 황화광물이 함유된 광산폐기물 적치장에서 심도별 광미 및 지하수의 지화학적 특성을 파악하고 산성침출수의 생성원인을 규명코자 수행되었다. 연구대상 광산폐기물 적치장은 충청남도 부여군 장암면 지토리에 소재하며, 본 광미적치장 주변부 및 지표부 응덩이에서 산성침출수가 발생하고 있다(민정식 등, 1997, 1998).

## 2. 연구방법

토양탐사 장비(Geoprobe Soil Probing System)에 의하여 5개 지점에 시추(BH1부터 BH5)를 하였고 시추 심도는 최소 1.3m(BH5) 에서 8.5m(BH1) 였다(Fig. 1). BH1, BH2 및 BH4에는 유공관을 매설하였다. 시추된 광미 및 토양 시료에 대하여 paste pH를 측정하였고 SEM/EDS 분석과 BH1 및 BH2 시추 시료(30개)에 한하여 토양오염공정시험법에 의하여 Fe, As, Cd, Cu, Zn 등의 성분을 분석하였다. 지하수는 시추 직후(1차) 및 시추 후 최초 강수 후 (19일 경과) 2차에 걸쳐 채수되고 pH, Eh 등의 측정과 Fe, Mn, Al, As, Cu, Cd, Zn 등의 성분을 Perkin-Elmer ICP에 의하여 분석하였다.

## 3. 연구결과

### 3-1. 광미의 pH 및 금속함량 분포

광미 및 토양 심도별 pH 변화를 Fig. 2에 표시하였다. BH1부터 BH4의 지표부근의 광미 pH는 최소 2.8 에서 최대 4.1까지 나타나 광미적치장 지표면 부근은 산성으로 나타났다. 산성 pH를 나타내는 광미의 특징은 황갈색을 공통적으로 띄며 이들의 황갈색 구간은 지하수위 상부에 주로 분포한다. 지하수위는 최고 -0.6m(BH2)에서 최저 -2.7m(BH4) 하부에 걸쳐 있다. 그러나 광미적치장의 심도가 깊어짐에 따라서 산성 pH는 급격히 중성으로 전이하였다. 최대 산성 광미 두께는 BH2 지점에서 1.9m 였고 pH 가 6 미만이었다.

---

주요어: 임천광산, 광산폐기물, 지화학적 특징, 산성침출수

1) 한국자원연구소 자원연구부

2) 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부

BH1의 경우 (Fe+Cu+Zn+Cd+As) 금속성분들의 합이 최대로 나타나는 지점은 광미적치장 하부 약 5m 근처로 3,138mg/kg을 나타냈고 그 이하 심도에서 급격히 함량이 감소한다. BH2의 경우 광미적치장 하부 2.7m에서 (Fe+Cu+Zn+Cd+As) 금속함량이 최대로 나타났고 그 이하 심도 부터는 급격히 감소하였다. 토양환경보전법 공장산업지역 토양오염 우려기준에 나와있는 Cd(12mg/kg), Cu(200mg/kg), As(20mg/kg) 함량값을 초과하는 지점은 BH1의 0.2~0.4m 이었고 이때 As이 29.9~40.0mg/kg 함량을 나타냈다. BH2의 경우 1.9~2.3m 구간에서 Cd의 우려기준치를 초과한 24.6~41.0mg/kg의 함량을 나타냈다.

### 3-2 광미적치장 하부 지하수 수질

BH1에서 채취된 제1차 지하수(BHW1)의 pH는 6.3, Eh가 96mV로서 (Fe+Al+Mn+Cu+Zn+As+Cd)의 금속 함량은 8mg/l로 나타났다. 그러나 제2차 지하수 시료(BHW1-2)의 경우 pH는 평균 3.2 그리고 Eh는 평균 455mV를 나타내 좀더 산화 환경으로 변화되었다. 이때 상기 7개 금속 함량은 183mg/l로 나타나 제1차때의 중금속 함량보다 약 22배 이상 증가하였다. 주로 Fe, Al, Zn 등의 함량이 높아졌다.

BH2 지점의 지하수 경우 제1차(BHW2) 및 제2차(BHW2-1) 지하수의 pH는 모두 3 미만으로 나타났고 Eh 값은 331mV에서 402mV 범위를 보였다. BH1지점의 지하수처럼 제2차 지하수 시료가 1 차 시료에 비해 좀더 산화환경으로 변화된 특징을 나타냈다. 금속 함량은 1 차 때 390mg/l에서 2차 때 858mg/l로 증가하였고 Fe 및 Zn 성분 등의 함량 증가가 가장 컸다. SEM/EDS 분석결과 BH2 지점의 광미에서 섬아연석을 볼 수 있는데 Zn은 섬아연석에서 기인된 것으로 해석된다(정영욱 등, 1998).

## 4. 요약 및 결론

임천광산 광미적치장 하부의 광미 및 지하수의 지구화학적 특징은 다음과 같다. 광미적치장 지표부 부터 지하수위 상부 비포화대 광미층까지는 pH가 낮은 산성 구간으로 나타났다(최대 1.9m). 광미적치장 내부의 지하수는 Fe, Al, Mn, Zn 들에 의해 오염된 산성수였다. 이러한 지화학적 특성으로부터 비포화대인 광미층 상부는 물 및 공기 등에 의해 황화광물이 산화작용을 받은 후, 이들의 산물인 산도와 금속이 물과 함께 용해되어 하부로 이동하여 지하수를 오염시키며, 오염된 일부 지하수는 광미적치장 경계부에서 유출되는 것으로 판단된다.

한편 지하수의 수질은 강우 후 pH가 더 낮게, Eh 값은 더욱 크게 나타나 좀더 산화환경으로 변화했고 또한 금속 함량이 증가하였다. 이러한 수화학의 변화는 시추 이후 교란된 지반속으로 스며든 물이 산화산물인 염 과 reserve hydrogen을 용해하여 지하수 속으로 이동해서 발생된 것으로 판단된다. 광산폐기물 적치장으로부터 산성침출수 생성을 방지하고 지하수 유동에 의한 지하수 수질오염의 확산 방지를 위해 광미적치장의 환경오염 방지 사업이 필요하다고 판단된다.

## 참고문헌

1. 민정식, 정영욱, 이현주, 이동남, 1997, "광산지역 광해조사 및 대책연구", 한국자원연구소 연구보고서 KR-97(C)-32, p. 479
2. 민정식, 정영욱, 이현주, 이상권, 1998, "광산지역 광해조사 및 대책연구", 한국자원연구소 연구보고서 KR-98(C)-48, p. 256
3. 정영욱, 민정식, 권광수, 김옥환, 김인기, 송원경, 이현주, 1998, "광산폐기물 관리기술개발", 한국자원연구소 연구보고서, p. 213

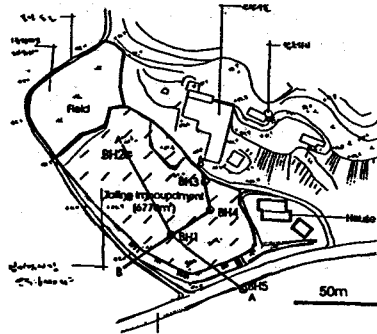


Fig. 1 Location of boreholes in the tailings impoundment

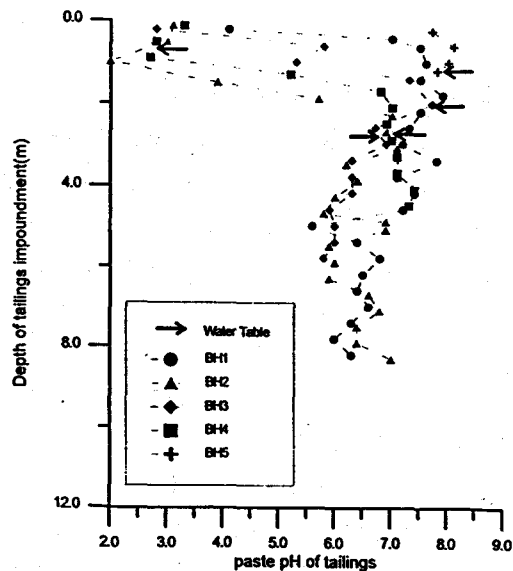


Fig. 2 Variation of tailings and soil pH with depth of tailings impoundment in the Imcheon mine