

# 광미 중 황화광물의 함량차이에 따른 중금속 용출반응속도 비교

이평구 · 강민주<sup>1)</sup>

## 1. 서 론

pH 조건과 반응시간을 달리한 실내실험을 통해 광미 내 황화광물의 함량차이에 따른 중금속의 용출특성을 알아보고자 하였다.

## 2. 연구방법

시료는 청양광산의 과거 2mm 체를 통과한 광미시료(서보광산: SB4, SB5-1, SB6, 과거 광산 사무실에 있던 청양광산의 광미: CY2, CY4, 하천 독을 따라 쌓여있는 청양광산의 광미: CY8, CY10)를 100mesh 이하로 미분쇄하여 질산으로 pH 5, 3 및 1로 조정된 용액과 1(시료) : 20(용액)의 비율로 반응시켰다. 반응일은 1, 2, 4, 7, 14, 21, 30일이다.

## 3. 본 론

시간에 따른 용출실험 결과, pH 5의 반응용액과 1일 반응한 후 측정된 pH는 반응용액의 pH보다 높은 형태(type 1: CY2, CY4)와 낮은 형태(type 2: CY8, CY10, SB4, SB5-1, SB6)로 구분되었으며, CY 8을 제외하고 시간에 따라 pH가 낮아졌다. Type 1인 CY2와 CY4는 pH 5의 반응용액과 1일 반응후 pH는 각각 5.0와 6.1이었고 30일 후에는 각각 4.5와 5.6으로 낮아졌다. Type 2의 CY8은 반응용액의 pH 5와 30일 동안 반응후 pH는 변화가 거의 없었다. Type 2의 CY10와 서보광미시료들은 pH 5의 반응용액과 1일 반응한 후 측정된 pH가 각각 3.5와 3.2이었고 30일 후에는 2.9와 2.6로 낮아졌다. pH 3의 반응용액과 1일 반응한 후 측정된 pH는 청양광산 시료의 경우, 30일 동안 pH가 거의 일정하였으며, 서보광산 시료들은 시간에 따라 낮아졌다. 반응용액의 pH 1과 반응시킨 경우, 서보광산 시료와 청양광산의 type 1 시료들은 1일 후 pH가 각각 1.2와 1.4이었으나 이후 증가하여 30일에 1.7이었다. 청양광산의 type 2 시료들은 30일까지 pH가 약 1.3으로 비교적 일정하였다. sulfate 농도는 반응용액의 pH 5와 pH 3에서 type 1은 반응시간 1일 후 각각 약 100mg/L와 약 80mg/L가 검출된 후 30일에는 각각 약 200mg/L와 약 120mg/L까지 증가하였다. Type 2의 청양광산 시료는 pH 5과 pH 3의 반응용액과 반응하여 1일 후 각각 약 130mg/L과 약 110mg/L이 검출되었으나 14일 이후부터 급격히 증가하여 30일에는 각각 약 470mg/L과 약 360mg/L까지 검출되었다. Type 2의 서보광산의 시료는 1일부터 7일까지 200mg/L이 검출되었으나 30일 후에는 340mg/L까지 증가하였다. 반응용액의 pH 1에서 type 1의 시료들의 sulfate 농도는 반응일 1일부터 30일까지 약 40mg/L으로 비교적 일정하였다. Type 2의 청양광산과 서보광산 sulfate 농도는 반응시간 1일 후 각각 약 100mg/L와 약 500mg/L 용출되었으며, 30일에는 약 350mg/L와 약 5,000mg/L까지 상승하였다.

As, Cu, Pb 및 Zn의 용출함량은 pH 5와 3에서는 큰 차이점을 보이지 않았다. As의 경우, type 1의 시료와 type 2의 서보광산시료는 30일 동안 용출된 함량이 각각 전체 As 함량

-----  
주요어: 용출실험, 반응시간, pH, 중금속

1) 한국지질자원연구원 (pklee@kigam.re.kr)

의 약 0.4%와 0.1% 미만이었다. Type 2의 청양광산 시료는 반응 1일 후 각각 전체 As함량의 0.4-0.6% 용출되어 서서히 증가하다가 14일 이후 급격히 증가하여 30일에는 전체 As함량의 1.7-2.3%(2,300-2,800 $\mu\text{g/g}$ )까지 증가하였다. Cu는 type 1의 시료들은 반응용액의 pH 5와 3에서 반응시간 30일까지 용출되지 않았다. Type 2의 서보광산과 청양광산 시료는 1일 후 각각 3-8 $\mu\text{g/g}$ 와 2-7 $\mu\text{g/g}$  용출된 후에 서서히 증가하여 반응시간 30일에는 각각 전체 Cu함량의 3.6-5.5%(8.6-11.4 $\mu\text{g/g}$ )와 0.9-1.2%(19-28 $\mu\text{g/g}$ )이 용출되었다. Zn의 용출함량은 type 1과 type 2의 서보광산 시료는 1일 후 각각 전체 Zn함량의 0.5%(150 $\mu\text{g/g}$ )와 3.8-8.4%(100-650 $\mu\text{g/g}$ )이 용출되었으나 30일후에는 1.7%(평균 약 500 $\mu\text{g/g}$ )와 5.5-9.5%(100-360 $\mu\text{g/g}$ )까지 증가되었다. Type 2의 청양광산 시료는 1일 후 전체 Zn함량의 약 1.1%(약 210 $\mu\text{g/g}$ )가 용출되었으나 14일 이후 급격히 증가하여 30일에는 약 6.8%(약 1,200 $\mu\text{g/g}$ )가 용출되었다. Pb는 청양광산의 시료의 경우, 반응용액의 pH 5와 3에서 반응시간 1일후 각각 전체 Pb함량의 0.2-0.4%(약 40-120 $\mu\text{g/g}$ )와 0.4-0.7%(약 120-240 $\mu\text{g/g}$ )발생되어 30일 후에 전체 함량의 0.4-0.9%(약 140-330 $\mu\text{g/g}$ )와 0.5-1.2%(약 150-430 $\mu\text{g/g}$ )까지 증가하였다. 서보광산 시료의 경우, 반응용액의 pH 5와 3에서 반응시간 1일 후 각각 약 1.2-2.5%(약 110-130 $\mu\text{g/g}$ )와 1.3-2.7(120-150 $\mu\text{g/g}$ )이 용출되어 일정하게 유지되다가 21일 이후 감소하여 30일 후에는 각각 0.9-2.0%(약 80-110 $\mu\text{g/g}$ )과 1.0-2.1%(약 100-110 $\mu\text{g/g}$ )로 감소하였다.

반응용액의 pH 1 조건에서 서보광산 시료의 경우, 용출된 As와 Pb는 1일 후 각각 1.3-4.2%와 13.1-27.3%으나 30일 후 용출된 함량은 각각 1.0-2.5%와 2.5-4.5%로 감소하였다. 청양광산의 경우, type 1의 As는 1일후 2.3-5.6%가 용출되어 30일 후에는 1.5-2.6%(전체 함량의 2,200-4,500 $\mu\text{g/g}$ )으로 감소된 반면, type 2는 1일후 전체 As함량의 5.7-6.6%가 용출되고 점점 증가하여 30일후에는 11.4-13.9%(약 15,000-17,000 $\mu\text{g/g}$ )가 용출되었다. 청양광산의 Pb는 1일후 30일까지 용출된 함량이 거의 일정하였다. Type 1의 경우 전체 Pb함량의 9-23%용출되었고 type 2는 80-120% 용출되었다. Type 2의 서보광산과 청양광산의 광미에서 용출된 Cu는 1일후 각각 전체 Cu함량의 2.9-6.3%와 1.1-1.6%이었고 점점 증가하여 30일에는 각각 12-23%(29-43 $\mu\text{g/g}$ )와 2.9-4.2%(59-87 $\mu\text{g/g}$ )로 증가되었다. Type 1의 Cu는 1일 후 35-190 $\mu\text{g/g}$ 이 용출되었고 점점 감소하여 30일후에는 17-130 $\mu\text{g/g}$ (전체 Cu함량의 0.6-5.6%)로 감소하였다. 서보광산과 청양광산 시료의 Zn은 1일 후에 각각 전체 Zn함량의 4.0-8.4%와 2-11%용출되었고 시간이 지남에 따라 증가하여 반응시간 30일에는 각각 29-38%(640-1,200 $\mu\text{g/g}$ )와 5-16%(850-3,800 $\mu\text{g/g}$ )이 용출되었다.

### 3. 결 론

청양광산의 시료 중 과거 광산사무실이 있었던 장소에 방치되어 있던 광미들은 반응용액의 pH 5와 3에 대하여 완충할 수 있는 광물이 존재하거나 중금속이 탄산염형태로 존재하는 하는 것으로 보인다. 또한 청양광산의 광미 내 황화광물의 산화작용이 서보광산의 광미보다 더 많이 진행되었고, 청양광산의 과거 광산 사무실에 있던 광미가 하천 독을 따라 쌓여있는 광미보다 더 산화작용이 진행된 것으로 판단된다. 황화광물은 반응시간 4일 또는 7일 이후에 분해되는 것으로 보인다. 이러한 실험결과를 통하여 얻어진 데이터는 화학 평형 모델에 적용하여 중금속의 용해 및 침전을 예측하는데 기여할 수 있을 것이다.