

폐중석광산의 광미와 오염된 토양에 대한 중금속 존재형태 연구

강민주, 이평구, 최상훈*, 신성천

한국지질자원연구원 환경지질연구부 지구화학연구팀, *충북대학교 지구환경과학과

e-mail : Inanikka@hanmail.net

요 약 문

광미와 오염된 토양에 함유되어 있는 중금속 원소는 존재형태에 따라서 환경에 미치는 영향의 차이가 있다. 그러므로 중금속 원소의 존재형태를 규명하여 물리화학적 환경변화에 따른 중금속의 거동을 예측하고자 Tessier *et al.* (1979)의 방법을 이용하여 연속추출을 수행하였다. 청양광산과 서보광산의 광미를 비교하면, As와 Co는 두 광산 모두 잔류형태로 안정화되었다. Cd과 Zn은 서보광산의 광미가 청양광산의 광미보다 잔류형태가 더 우세하였다. Pb는 서보광산의 광미가 양이온교환형태로 존재하는 함량이 높고 청양광산의 광미도 양이온교환과 탄산염광물의 형태로 존재하는 함량이 높아 오염 확산의 우려가 있다. 서보광산의 오염된 토양의 경우, As, Co, Cd, Cu 및 Zn는 대체로 안정한 형태였으나, Pb는 산화환경에서 불안정한 형태로 존재하였다.

key word : 청양광산, 서보광산, 중금속 오염, 존재형태, 연속추출

1. 서론

중금속 원소의 존재형태는 물리·화학적 환경의 변화에 따른 중금속의 거동을 예측할 수 있다. 따라서 Tessier *et al.* (1979)¹⁾가 제안한 연속추출법을 이용하여 청양광산과 서보광산 주변 지역의 중금속 오염수준을 파악하고, 토양과 광미에 함유된 중금속과 미량원소의 거동을 예측하고자 한다. 이러한 연구결과는 광산주변에 방치된 광미와 오염된 토양에 대한 효과적인 환경 처리의 기본 자료로 제공될 것이다^{2),3)}.

2. 시료채취 및 실험

청양광산과 서보광산의 채광활동으로 인한 중금속 원소들의 오염수준을 평가하기 위해 광미와 오염된 토양을 채취하였다. 청양광산에서 과거 광산사무실이 있었던 장소와 하천 둑을 따라 쌓여있는 광미를 채취하였고, 서보광산에서 과거 선광시설 주변에 방치되어있는 광미시료와 과거 광산사무실이 있었을 것으로 추정되는 장소로부터 오염된 토양시료를 채취하였다. 청양광산의 광미와 서보광산의 광미 및 오염된 토양에 함유되어 있는 중금속의 지화학적 존재형태를 비교하였다. 분석대상 원소는 As, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn이었으며, 1g를 취하여 연속추출법을 이용하였다. 중금속 함량의 분석은 ICP-AES(Perkins-Elmer Optima 3000XL)를 이용하였다.

3. 결과

1) 청양광산 광미의 존재형태

청양광산 광미에 함유된 As와 Co는 대부분 안정상인 잔류형태(각각 전체 함량의 76%와 74.9%)로 존재하였다. Pb의 존재형태는 잔류형태가 39.7%이었고, 양이온교환형태(전체 함량의 16.3%), 탄산염광물의 형태(전체 함량의 17.4%) 및 산화철광물의 형태(전체 함량의 16.2%)도 중요하다. Fe는 전체 Fe함량의 58.6%가 잔류형태로 존재하였고, 그 다음으로 황화광물(전체 함량

의 20.1%)과 산화철망간광물(전체 함량의 19.8%)의 형태로 존재하였다. Cu, Cd 및 Zn은 황화광물의 형태로 존재하는 형태(각각 전체 함량의 63.8%, 43.3% 및 45.6%)가 가장 우세하였다. Mn은 전체 Mn함량의 43.6%가 잔류형태였으며, 그 다음으로 전체 Mn함량의 34.8%가 산화철광물과 수반되었다.

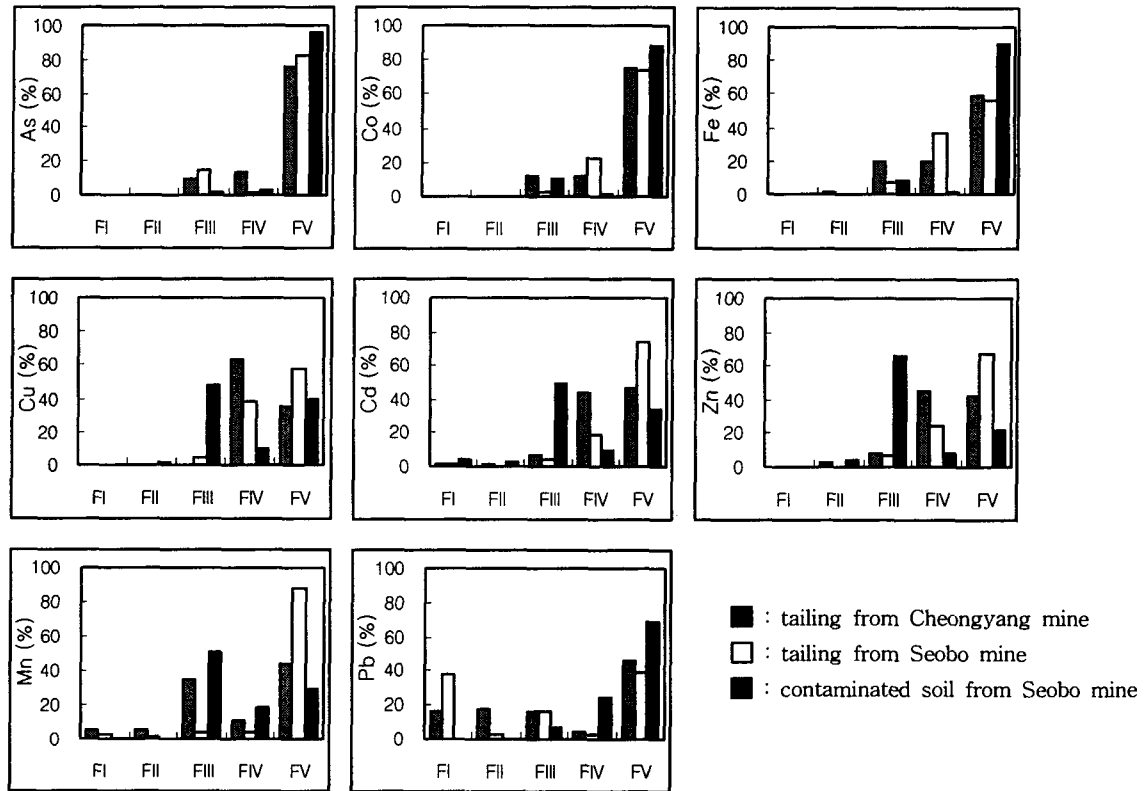


Fig.1. The mean chemical partitioning of trace and major elements within different fraction(FI - FV) in tailing and contaminated soil from the Cheongyang and Seobo mine.

2) 서보광산 광미의 존재형태

서보광산의 광미의 경우, 잔류형태가 절대적으로 우세한 원소는 As와 Mn으로 각각 전체 함량의 83%와 88.1%이었다. Pb는 양이온교환의 형태로 존재하는 함량이 38.4%이었으며, 잔류형태와 산화철광물의 형태로 수반된 함량도 각각 39.7%와 16%이었다. Cd, Co 및 Zn은 주로 잔류형태로 존재하였으며(각각 전체 함량의 74.6%, 74% 및 67.7%), 그 다음으로 황화광물의 형태(각각 19.7%, 22.7% 및 25%)와 수반되었다. Cu와 Fe는 각각 전체 함량의 57.2%와 56.1%가 잔류형태로 검출되었고, 황화광물의 형태로 각각 38.5%와 37%가 검출되었다.

3) 서보광산의 오염된 토양의 존재형태

서보광산의 오염된 토양에 함유되어 있는 As, Fe 및 Cu 등의 원소는 불용성형태인 잔류형태가 가장 우세하였으며, 각각 전체 함량의 96.4%, 89.9% 및 88.1%이었다. Pb는 전체 Pb 함량의 68.4%가 잔류형태로 수반되었고, 그 다음으로 24.1%가 황화광물 및 유기물과 수반된 형태로 존재하였다. Zn, Mn, Cd 및 Cu는 산화철망간광물로 존재하는 함량(각각 전체 함량의 66%, 51%, 49.6% 및 48%)이 높았으며, 그 다음으로 잔류형태로 존재(각각 전체 함량의 21.4%, 29.8%, 33.9% 및 40.1%)하였다.

4) 중금속의 이동성(mobility)

청양 및 서보광산 지역에 노출된 광미와 오염된 토양은 비가 내리거나 혹은 pH 5 이하의 산성비가 내리면 빗물과 화학적으로 반응을 하게 되고, 이때 용출 환경은 약한 산성조건의 산화환경으로 추정될 수 있다. 이런 환경에서는 양이온교환형태, 탄산염광물형태와 일부 황화광물형태가 불안정하게 되므로, 이런 형태로 존재하는 중금속 원소는 불안정하게 되어 이동성(mobility)이 높아지게 될 것이다⁴⁾. 따라서 중금속의 이동성(mobility)은 약산성의 산화환경을 고려하여 fraction I, fraction II 와 fraction IV의 합을 구하여 나타내었다.

- 청양광산의 광미 : Cu》 Zn》 Cd》 Pb》 Mn》 Fe》 As》 Co
- 서보광산의 광미 : Pb》 Cu》 Fe》 Zn》 Co》 Cd》 Mn》 As
- 서보광산의 오염된 토양 : Pb》 Mn》 Cd》 Zn》 Cu》 As》 Co》 Fe

4. 결론

청양광산과 서보광산의 광미와 오염된 토양에 함유된 중금속의 존재형태 규명연구에서는 약산성의 산화환경을 고려하였으며, 산화광물형태와 잔류형태로 존재하는 중금속의 존재형태를 안정한 형태로 판단하였다.

1) 청양광산의 광미에 함유되어 있는 As와 Co는 잔류형태가 우세한 것으로 나타났으며, 이는 두 원소가 안정한 형태로 고정화되어 있는 것을 지시하고 있다. Pb는 양이온교환형태와 탄산염광물의 형태를 합한 함량이 높아 주변 환경에 오염 확산의 우려가 있다. Cd, Cu 및 Zn은 산화환경에서 불안정한 황화광물의 형태로 존재하는 함량이 높았다,

2) 서보광산의 광미에 함유된 As, Cd, Co 및 Zn은 안정한 상태인 잔류형태로 존재하였다. Pb는 양이온교환형태가 매우 우세하였으며, 이는 매우 불안정한 형태로 존재하는 것을 지시하며, 오염 확산이 우려된다. Cu의 경우, 산화환경에서는 불안정한 황화광물의 형태로 존재하였다.

3) 서보광산의 오염된 토양에서는 As, Co, Cd, Cu 및 Zn은 대체로 안정한 형태로 존재하였으나, Pb는 산화환경에서 불안정한 형태로 존재하였다.

5. 참고문헌

1. Tessier, A., Campell, P.G.C. and Bisson, M. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. Chem., v. 51, p.844-851, 1979.
2. 정명채, 토양중의 중금속 연속추출방법과 사례연구. 자원환경지질학회지, 27(5), p.469-477, 1994.
3. Alloway, B.J., Thoronton, I., Smart, G.A., Sherlock, J.C., and Quinn, M.J., Metal availability. The shiphan Report. Sci. Tot. Environ. 75, p.41-69, 1988.
4. 강민주, 청양·서보 중석광산 주변 토양의 중금속 오염에 관한 광물학적·환경지구화학적 연구 : 자연정화와 환경관리 측면에서의 고찰, 충북대학교 석사학위 논문, 178p., 2003.