

혐기성 조건에서 FeS의 흡착 거동 연구

Studies on the Adsorption Behavior of FeS in Anaerobic Conditions

신용일* · 박병주 · 김정배 · 박상원

계명대학교 환경과학과

I. 서론

최근 국내에서는 폐광에서 유출된 폐수로 인한 환경오염이 매우 심각하다. 폐광폐수의 경우 여러 종류의 중금속들이 고농도로 존재하므로 그 독성이 매우 높을 뿐 아니라 이를 함유한 폐수가 주변 유역에 유입될 경우 주변의 토양 및 수질의 오염에 치명적인 역할을 하게 된다. 그리고 이들의 오염 정도는 매우 광범위하여 자정능력에 의한 회복에는 상당한 기간이 소요되며 인위적으로 회복시킬 수 있는 적용기술도 매우 제한적이다.

중금속은 그 독성으로 인해 인체에 장해를 일으킬 뿐만 아니라, 먹이연쇄 및 축적을 통해 생물체내에 생물농축 현상을 일으켜 공해병을 유발시키는 환경오염물질이다. 수중의 중금속들은 용해상태 또는 불용해상태로 아니면 유기금속상태나 침전 또는 흡착된 형태로 존재하고 있다. 이와같이 다양한 형태로 존재하는 중금속을 처리 제거하기 위해서는 처리 가능한 적당한 상태로 변형을 시키든지 아니면 그 상태대로 처리할 수 있는 방법을 선택해야만 한다.

현재 이러한 문제의 해결책으로 선진 외국의 경우 폐광 주변에 소택지를 조성하여 유입된 폐광폐수 중에 존재하는 중금속들을 혐기성 상태에서 용해도가 매우 낮은 황침전물로 형성시켜 처리하는 방안을 제시 및 실용화 하고자 하고 있다.

혐기성 조건인 하상의 침전물 또는 퇴적물, 지하수, 혐기성 슬러지 반응조 등에서 중금속 농도 조절기구(control mechanism)로서 황침전물은 이미 잘 알려져 있다. 그러나 황화 중금속(FeS, FeS₂, CdS, HgS, CuS, PbS)들은 혐기조건에서 단순히 미생물 반응에 의해 생성된 sulfide(S²⁻)와 침전반응만을 하는 것이 아니라 매우 복잡한 화학반응을 하게 된다. 그러나 이들에 대한 관련 연구가 부족한 실정이며 자연조건에서 이들 반응들에 대한 연구는 장기적 관점에서 소택지 조성을 통한 폐광폐수 처리의 실용화를 위해 반드시 규명이 되어야 한다. 따

라서 본 연구에서는 혐기성 조건(anaerobic condition)에서 여러 가지 중금속과 FeS/물 계면에서의 거동을 살펴봄으로서 폐광폐수의 장기적 처리를 위한 소택지의 안정성을 규명하고자 한다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

실험에 사용한 NaCl 및 NaOH는 Sigma Chemical co.의 것을, Pb(II), Cd(II), Cu(II), Zn(II)등은 일본 순정화학의 1급시약을 사용하였으며, EDTA와 benzoic acid는 Aldrich시약을 사용하였다. 증류수는 Deionized and Distilled Water(DDW)를 N₂ 가스로 2시간 bubbling하여 사용하였다.

FeS는 일본 순정화학의 1급시약을 N₂ 가스가 채워진 Atmosbag polyethylene chamber속에서 막자사발을 사용하여 분쇄하였다. 분쇄한 시료는 170~200 mesh sieve로 선별하여 시료로 사용하였으며 particle size는 75~95 μ m 이었다.

2. Zeta Potential 측정

FeS의 Zeta Potential 측정은 Zeta Master(Malvern Instruments, England)를 사용하여 측정하였다. 0.1M, 0.01M, 0.001M NaCl 용액 500ml에 FeS를 0.25g 첨가하여 mechanical stirrer로 교반하면서 평형 pH를 측정하였다. pH는 0.1 HCl과 NaOH로 pH 범위 3~10으로 조절하였다. 그리고 용액속에 존재하는 유기 리간드와 중금속이 Zeta Potential에 미치는 영향을 살펴보기 위해서 EDTA와 Cd(II)의 농도를 변화시키면서 pH의 함수로 측정하였다.

3. 회분식 중금속 제거실험

FeS에 의한 Pb(II), Cd(II), Cu(II), Zn(II)의 제거실험은 Batch법으로 실시하였다. 각 중금속과 이온강도의 농도를 조절하여 시료용액을 만들고 질소가스를 bubbling 시켜 용액내 이산화탄소를 날려보낸다. 이를 100ml polyethylene 병에 넣은 후 0.1N HCl과 0.1N NaOH 용액으로 pH를 조절하였다. 각 시료는 진탕기에 장치하여 24시간동안 실온에서 교반하여 흡착시킨 후 최종 pH를 측정하고 0.45 μ m filter로서 여과한 후 여액을 취해 제거량을 구하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 이온강도와 pH 변화에 따른 Fe(II)의 농도 측정에서는 산성부근에서 이온강도가 낮을수록 높은 농도를 나타내었고, pH 7 이상에서는 이온강도에 관계없이 Fe(II) 농도가 거의 나타나지 않았다.

2. 일정한 이온강도에서 EDTA를 첨가하였을때 pH 변화에 따른 Fe(II)의 농도는 1.과 유사한 경향성을 나타내고 있으며, EDTA 첨가시 조금 더 높은 Fe(II) 농도를 나타냈다.

3. 일정한 이온강도에서 중금속을 첨가하였을때 pH 변화에 따른 중금속 제

거실험에서는 FeS농도에 관계없이 pH 6이상에서 거의 제거율이 100%에 가깝게 나타났다.

IV. 결 론

혐기조건에서 생성된 S(-II)와 중금속은 안정한 착물을 형성하기도 하지만 주 생성물인 Am-FeS가 주변 중금속들과 용해도 차이에 따른 흡착 또는 격자 교환반응(Lattice Exchange Reaction)이 일어나고, 동시에 Fe(II)가 용해되는 것을 관찰하였다. 따라서 이들 표면에서의 반응이 폐광에서 나오는 폐수를 소택지에서 처리할 때 중금속 제거의 주요 메카니즘으로 작용하는 것으로 사료된다.

V. 참고문헌

1. Kaplan, I. R., "Sulfur Cycle", In : Encyclopedia of Geochemistry and Environmental Science(Fairbridge, R. W., Ed), Van Nostrand Reinhold, NY(1972)
2. Almgren, T. and Hagstrom, I., "The oxidation Rate of Sulfide in Sea Water", Water Res., 8, 395(1974)
3. Stumm, W. and Morgan, J. J., Aquatic Chemistry, Wiley, NY(1981)
4. Berner, R. A., "Sedimentary Pyrite Formation", Am. J. Sci., 268, 1(1970)
5. Lawrence, A. W. and McCarty, P. L., "The Role of Sulfide in Preventing Heavy Metal Toxicity in Anaerobic Treatment", JWPCA, 37, 392(1965)
6. Eagler, R. M. and W. H., "Sulfide Reduction and Sulfide Oxidation in Flooded Soils as Affected by Chemical Oxidants", Soil Sci. Soc. Am., 37, 685(1973)
7. Park, S. W., 1987 Specific chemical reactions at the cadmium sulfide-water interface, Ph.D Thesis, University of Delaware
8. Park, S. W., and Huang, C. P., 1989 Chemical substitution Reaction between Cu(II) and Hg(II) and hydrous CdS(s), J. Colloid Interface Sci., Vol. 23, No. 12, 1527