

요 약 문

I. 제목

부산지역 휴·폐광산에서 발생하는 산성광산배수 정화처리를 위한 산업부산물을 활용한 처리제의 적용성 평가연구

II. 연구의 목적 및 필요성

부산시에 소재하고 있는 일광광산과 임기광산의 경우 산성광산배수의 처리시설에 대한 운전과 관리가 정상적으로 이루어지지 않거나 별도의 산성광산배수 처리시설이 부재한 상황이기 때문에 하류에 위치하고 있는 수역에 산성광산배수로 인한 피해 가능성이 매우 높은 실정이다. 한편 알칼리공급 및 흡착능력이 뛰어난 산업부산물인 제강전로슬래그와 중금속 흡착 및 이온교환 능력과 성형성이 우수한 천연제올라이트를 혼합·소성하여 세라믹 소재로 이용할 경우, 저비용으로 우수한 산성광산배수 처리효율을 얻을 수 있을 것으로 기대된다. 따라서 본 연구에서는 고효율의 기능성과 저비용의 경제성을 갖춘 제강전로슬래그와 천연제올라이트를 주원료로 활용한 입체형 세라믹 소재를 이용하여 부산시 일광 및 임기광산에서 발생되고 있는 산성광산배수의 처리 특성을 파악하고 산성광산배수 처리 가능성을 평가하고자 하였다.

III. 연구의 내용 및 범위

○ 일광 및 임기광산의 산성광산배수 현황 파악

- 일광 및 임기광산의 산성광산배수 배출량을 산정
- 일광 및 임기광산의 산성광산배수의 수질분석
- 일광 및 임기광산의 산성광산배수로 인한 오염도 및 산성광산배수 유지관리 현황

○ 일광 및 임기광산 산성광산배수 처리용 세라믹 처리제의 제작 및 제거 가능성 파악

- 제강전로슬래그를 이용한 세라믹 소재 제작 및 특성 파악
- 인공 산성광산배수를 대상으로 세라믹 처리제의 최적의 혼합소성조건 도출
- 최적의 조건에서 제작된 세라믹 처리제를 이용한 인공 산성광산배수의 제거특성 파악
- 세라믹 소재에 의한 산성광산배수 내 중금속 제거기작의 파악

- 부산시 일광 및 임기광산 실제 산성광산배수의 처리 가능성 및 적용성 평가
 - 실제 산성광산배수를 대상으로 컬럼연속실험을 통한 중금속의 처리효율 측정
 - 배합소재 및 배합비에 따라 제작된 세라믹 소재의 중금속 제거능력, 알칼리 공급능력, 슬러지 처리능력 평가
 - 일광 및 임기광산의 실제 산성광산배수를 대상으로 산업부산물을 활용한 세라믹 처리제의 처리 가능성 및 적용성을 평가
 - 중금속 처리에 사용된 세라믹 소재의 미세표면 분석
- 부산시 일광 및 임기광산의 산성광산배수의 처리방안 마련
 - 기존 일광 및 임기광산 산성광산배수 처리 및 유지관리 시스템의 문제점 도출
 - 일광 및 임기광산의 특성을 고려하여 기존 산성광산배수 처리시설의 개선방안을 마련
 - 기능성과 경제성을 고려한 일광 및 임기광산 산성광산배수의 효율적인 처리대안 제시

IV. 연구결과

일광광산과 임기광산의 현황 및 수질특성을 조사한 결과, 두 곳 모두 산성광산배수 처리를 위한 대책 마련이 시급한 상황이었고 특히 일광광산에서 배출되는 광산배수는 pH 2.5의 강산성에 Al, Cu, Fe, Zn 중금속의 최대 농도가 550.0mg/L, 101.0mg/L, 79.9mg/L, 48.5mg/L으로서 Al, Cu, Fe, Zn 중금속에 의한 오염도가 심한 것으로 조사되었다.

펠렛형 세라믹 소재에 의한 회분식 산성광산배수의 처리특성을 파악한 결과, kinetic 실험에서 반응 초기에 빠른 제거속도를 보인 후 반응이 진행될수록 중금속 제거속도는 감소하는 경향을 보였으며 천연제올라이트와 제강전로슬래그의 배합비 Z:S가 1:1에서 가장 높은 중금속 제거효율을 나타내었다. 소성 시간에 따른 중금속 제거효율의 변화는 거의 없었고 최적의 소성온도는 800℃으로 나타났다. 100 mesh 목분을 5%이상 세라믹 소재의 제조에 혼합하여 이용할 경우, 높은 알칼리 제공능력과 중금속 제거능력을 기대할 수 있을 것으로 나타났다. ZS 세라믹의 중금속 제거기작에 대한 실험 결과, pH 6 이하의 pH 영역에서는 이온교환 및 흡착 반응과 중화침전 반응이 동시에 발생하였고 pH 6 이상의 pH 영역에서는 중화침전 반응에 의한 중금속 제거가 크게 작용하는 것으로 파악되었다.

컬럼 내 구형(ball type) ZS 세라믹을 이용한 산성광산배수의 연속처리 특성을 파악한 결과, 1:1 ZS 세라믹의 경우 다소 부족한 알칼리 공급능력을 나타내었으며 1:5 ZS 세라믹은 알칼리 제공능력은 향상되었으나 지속성이 떨어지는 특성을 보였다. 이에 다공성을 위해 목분 발포제를 이용한 1:1 ZS 다공성 세라믹의 경우 알칼리 제공의 지속성은 많이 개선되었으나 장기간 운전시 알칼리 제공능력이 다소 부족한 부분이 발견되었다. 이에 제강전로슬래그의 배합비를 증가시킨 목분첨가 1:3 ZS 다공성 세라믹을 컬럼연속실험에 이용한 결과, 알칼리 공급능력과 지속능력 모두 향상되어, 컬럼 운전기간 31일동안 중금속의 평균 제거효율은 Al 92.4%, As 86.3%, Cd 96.5%, Fe 96.1%, Mn 89.3%, Pb 98.9%, Zn 93.7%로 매우 높은 중금속 제거효율을 나타내었다.

인공 산성광산배수 컬럼연속실험에서 우수한 세라믹 소재로 확인된 1:3 ZS 다공성 세라믹을 일광광산의 실제 산성광산배수를 대상으로 컬럼연속실험을 수행한 결과, 운전기간 26일동안 중금속 평균 제거효율은 Al 86.1%, As 93.9%, Cd 96.8%, Cu 99.3%, Fe 99.9%, Mn 98.0, Pb 91.7%, Zn 99.1%로서 매우 높은 중금속 처리능력을 보였다. 특히 각 중금속에 대한 운전기간 26일동안 평균 유출수의 농도는 수질오염물질 배출허용기준 중 ‘청정’ 지역에 해당하는 높은 수질기준을 대부분 만족할 정도로, 목분첨가 1:3 ZS 다공성 세라믹은 실제 산성광산배수 처리에 매우 적합한 처리제로 평가내릴 수 있었다.

구형(ball type)의 ZS 다공성 세라믹은 내부 및 외부 공극을 최대한 확보함으로써, 컬럼연속실험에서 슬러지에 의한 폐색을 최소화할 수 있었고 발생한 슬러지는 역세척에 의해 용이하게 컬럼 외부로 배제될 수 있었다. 1:3 ZS 다공성 세라믹의 경우 접촉시간 1일 기준으로 인공 산성광산배수의 경우 컬럼 내 1일 평균 슬러지 발생량은 6(g/day)이며, 실제 산성광산배수의 경우 1일 평균 슬러지 발생량은 13(g/day)로 산정되었다. 컬럼연속실험에서 ZS 세라믹에 대한 미세분석 결과, 산성광산배수 내 다양한 중금속이 세라믹 소재에 의해 중화침전 제거뿐만 아니라 흡착 및 이온교환 같은 다양한 기제가 복합적으로 작용하여 제거되는 것으로 나타났다.

본 연구의 결과를 종합적으로 분석해 볼 때, 천연제올라이트와 제강전로슬래그를 혼합·소성한 다공성 세라믹은 저비용·다기능성 중금속의 제거제로서 산성광산배수에 대한 처리 적용성이 매우 높다는 것을 확인할 수 있었고 향후 부산시 소재 휴·폐광산 내 산성광산배수 내 중금속 제거를 위한 처리시스템의 세라믹 소재로

적극 활용이 가능하리라 기대한다.

V. 연구결과의 활용계획

○ 부산시 휴·폐광산지역의 산성광산배수 대책방안으로 활용

- 본 연구에서 개발된 처리제를 활용하여 부산시 일광광산 및 임기광산에서 발생하는 산성광산배수의 처리에 현장적용이 가능하다.
- 기존 광해방지사업이 적용된 부산지역 휴·폐광산 지역의 산성광산배수 처리 현황과 문제점을 파악하고 이를 해결하고 방지할 수 있는 대책방안의 일환으로 활용이 가능하다.
- 부산지역 휴·폐광산 주변의 산성광산배수 처리를 위한 부산시 차원의 대응정책수립에 기초자료로 활용이 가능하다.

○ 세라믹 소재의 활용방안

- 본 연구에서 개발되는 세라믹 소재는 유지관리가 쉬우며 기능 저하에 따른 세라믹 소재의 교체가 편리하기 때문에 폐광산 현장특성에 따른 다양한 형태의 산성광산배수 처리에 광범위하게 활용이 가능할 것으로 기대된다.
- 다양한 입자구경과 중금속별 특성에 따른 최적의 세라믹 소재를 개발함으로써 pH, 중금속 배출농도, 유량 등의 산성광산배수 특성에 따른 최적의 세라믹 소재를 선택하여 현장 조건에 따라 탄력적으로 적용시킬 수 있을 것으로 생각된다.

○ 수처리 기술 활용방안

- 세라믹 소재는 산성광산배수 처리뿐만 아니라 중금속을 다량함유하고 있는 도금폐수와 같은 산업폐수처리 시스템의 처리제로도 사용이 가능하고 특히 하·폐수의 수처리용 세라믹 소재의 담체개발에도 응용할 수 있을 것으로 기대된다.
- 또한 알칼리 공급능력과 높은 흡착능력을 활용한 세라믹 소재를 이용하여 지하수 처리기술에도 적용이 가능하며 자연형 하천을 위한 친환경 소재 블록으로도 활용이 가능할 것으로 예상된다.