

투수성 반응 벽체(PRB)의 중금속 자연 안정화 촉진물질로서 RMB의 현장 적용성 연구

성규열^{1)*} · 박맹언²⁾ · 이민희²⁾ · 이평구³⁾ · 박성원³⁾

1. 서언

RMB(red mud bauxite) 또는 적토(red mud)는 보오크사이트 원광석으로부터 수산화알루미늄과 알루미늄을 생산하기 위하여 베이어 공법으로 처리하는 과정에서 산출되는 산업부산물로서, 부식성의 잔류물을 물리·화학적으로 변형시킨 물질이다. 이 물질은 처리효율성이 탁월하고 현장에서 즉시 적용할 수 있는 장점이 있기 때문에, 투수성 반응벽체의 중금속 안정화제로서의 활용성을 평가하고자 하였다.

이 연구는 일차적으로 오염된 물질을 한 곳에서 다른 곳으로 이동시키는 수동적 정화기법보다 저비용·고효율 처리기법인 투수성 반응벽체의 중금속 안정화 촉진 물질로 RMB의 효율성을 검토하기 위해 수행되었다. 중금속으로 오염된 지역에 대한 무기지구화학적 자연저감 능력을 향상시키고, 반응벽체의 중금속 안정화 촉진물질로서의 활용성이 높은 RMB에 대한 반응성, 환경친화성, 투수성 및 안정성 등을 평가하고자 하였다. 지질매체 내에서 특정 중금속의 성분종과 농도의 변화를 예측하고, 지구화학적 환경 변화에 따른 중금속 제거/안정화와 관련된 메커니즘 규명하기 위해 반응경로 모델링을 수행하였다. 또한, 산성광산배수 및 오염토양의 독성 물질을 비독성·비용해성 물질로 전환하여 안정화/고정화시키는 투수성 반응벽체의 반응물질로서 RMB의 현장 적용성을 평가하기 위한 기초자료를 확립하고자 하였다.

2. 투수성 반응벽체 모의 실험

대수층 및 토양층을 상대로 RMB 종류별 중금속 제거율을 평가하기 위하여 RMB 모의 박스 실험을 실시하였다. 30cm x 20cm x 10cm 크기의 아크릴 박스를 이용하였으며 박스 양쪽에는 지하수의 수두차를 이용하여 박스 매질 내 지하수이동을 유도할 수 있도록 하였다(Fig. 1). 박스 오른쪽 벽면에 반응벽체를 약 5cm 두께로 설치하여 오염 지하수가 박스 왼쪽에서 오른쪽으로 이동하게 하였으며, 반응벽체를 통과하기 전 지하수의 중금속 농도와 반응벽체를 통과한 후 중금속 농도를 분석하였다. 폐광산 지역에서 채취한 광미를 이용하여 주입 저장소와 반응벽체 사이에 15cm 두께의 오염 투수층을 만들었다. 오염 투수층은 용액의 흐름을 원활히 하기 위해 적당한 수준으로 다짐하였다. 박스로 유입된 용액은 자연 수두차에 의해 오염 투수층과 반응벽체를 통과하며, 이번 실험에서는 pH를 5.5로 조절한 증류수를 주입하여 오염된 매질을 통과하도록 하였다. 오염된 매질을 통과한 증류수는 중금속으로 오염되며, 자연 수두차에 의해 반응벽체를 통과한 배출수를 채수하여 중금속 농도를 측정하였다. 투수성 반응벽체의 중금속 제거효율은 반응벽체를 설치하지 않은 박스와 다양한 종류의 RMB를 투수성 반응벽체의 충전제로 사용한 박스의 중금속 용출 농도를 비교하여 평가하였다. 실험에 사용된 폐광산 지

주요어: RMB, 자연저감, 투수성 반응벽체

1) 부경대학교 BK21 지구환경시스템사업단(geochemsky@pknu.ac.kr)

2) 부경대학교 환경지질학과

3) 한국지질자원연구원 지질환경재해연구부

역의 광미시료에 대한 중금속 총함량은 왕수추출법을 이용하여 측정하였으며, 정확한 평균값을 구하기 위해 시료를 4등분한 후 4개의 시료를 채취하여 분석하였다.

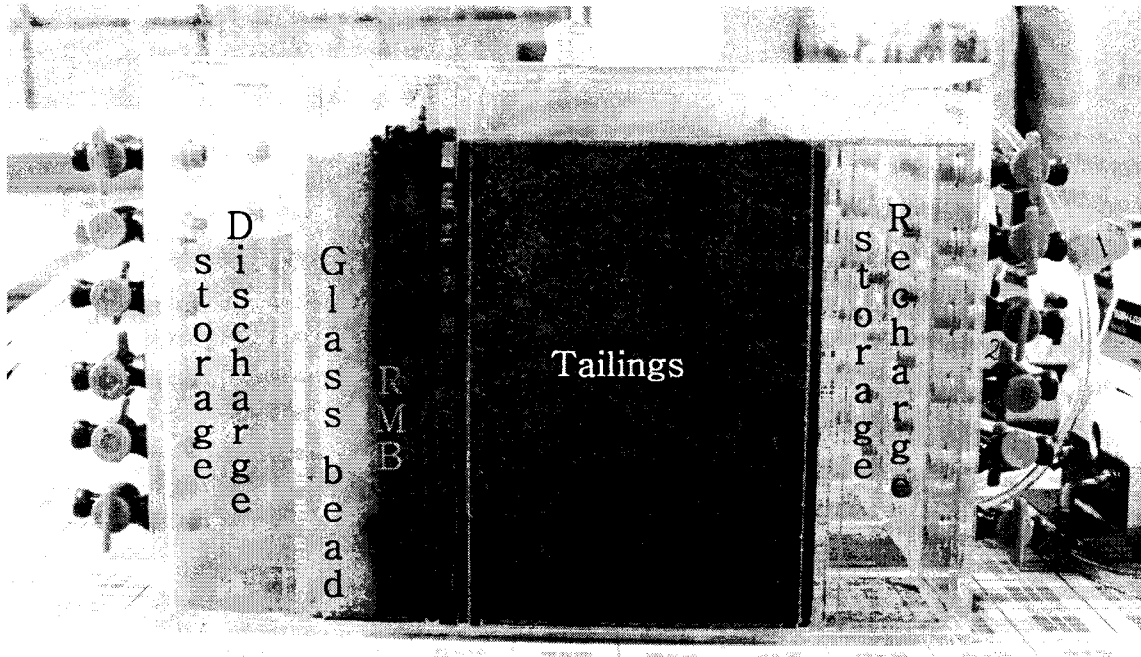


Fig. 1. Photograph on experiment of laboratory scale permeable reaction barrier in this study.

반응벽체를 통과한 추출수를 일정 시간 간격으로 채취하여, As, Pb, Cd, Cr, Zn 농도를 부경대학교 공동실험실습관의 ICP-MS와 부경대학교 환경토양오염학 연구실의 AAS로 분석한 후 중금속 저감효율을 평가하였다. 반응벽체로 사용된 RMB의 형태는 기존의 배치 및 칼럼실험에서 중금속 제거효율이 비교적 높은 것으로 나타난 원시료(raw RMB), 700℃ 활성화시킨 분말 시료와 900℃에서 활성화시킨 분말과 펠릿시료를 사용하였다. 원시료와 700℃에서 활성화시킨 분말시료의 경우, 배수를 원활하게 하기 위해 1mm 유리구(glass bead)와 1:1의 비율로 섞어서 반응벽체를 충전하였다.

3. 결과 및 토의

이번 연구에서는 투수성 반응벽체의 반응물질(충진제)로서 RMB의 효용성과 능력을 실내에서 모의실험을 통하여 평가하였다. 실험 결과, RMB는 중금속 저감능력이 뛰어난 것으로 나타났으며, 특히 비소를 저감시키는 능력이 매우 탁월한 것으로 나타났다(Fig. 2). 900℃에서 활성화시킨 RMB 펠릿과 분말시료는 비소를 비롯한 중금속 제거효율이 좋으나, 장기간 노출될 경우 비소와 중금속 재용출 가능성을 배제할 수 없다. 이번 투수성 반응벽체 모의실험에서 700℃에서 활성화시킨 RMB가 비소뿐만 아니라 다른 중금속을 저감하는 효율이 가장 높은 것으로 나타났다. 특히, 900℃에서 활성화시킨 RMB와는 달리, 반응이 진행되어도 중금속 저감효율이 지속적으로 감소하고 있어 중금속 저감능력이 탁월한 것으로 생각된다. 크롬이 RMB로부터 용출되는 문제점이 있지만, 반응이 진행됨에 따라 점차 감소하는 경향을 보여 RMB 자체가 크롬을 저감하는 능력이 있는 것으로 생각된다.

RMB는 보오크사이트로부터 알루미늄을 정제하는 과정에서 산출되는 부산물로, 주 구성

광물이 적철석으로 친환경적이고 생산 단가가 매우 저렴하다. 따라서, RMB는 폐광산 지역 또는 중금속으로 오염된 지역의 중금속 안정화 물질 또는 중금속으로 오염된 지역의 지하수 정화시 투수성 반응벽체의 반응물질로 널리 활용될 수 있을 것으로 여겨진다. 이를 위해서는 보다 정밀한 실내실험과 현장 적용성 시험이 수행되어야 할 것이다.

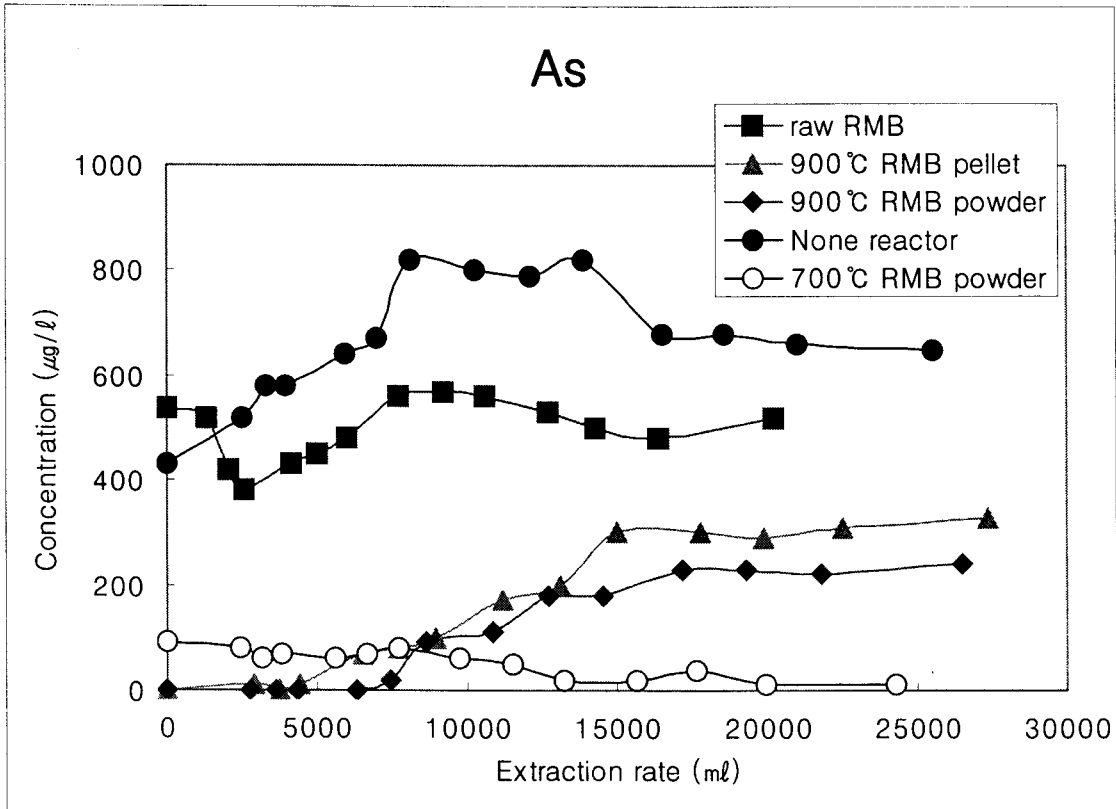


Fig. 2. Variation diagram of As according to extraction rate.