

액상인산염을 이용한 카드뮴 오염토양의 고정화

이의상*, 이경찬*

*상명대학교 토목환경공학부

e-mail : euisang@smu.ac.kr

Immobilization of Cd Contaminated Soil Using Phosphate

Eui-Sang Lee*, Kyoung-Chan Lee*

*Division of Civil and Environmental Engineering, Sangmyung University

요 약

카드뮴으로 오염된 용액을 대상으로 중금속을 고정화 처리하고자 액상인산염을 투입하였다. 액상인산염을 1몰 투입하였을 때, 42.5%의 고정화율을 보였고 알칼리용액의 추가 주입으로 최대 99.5%의 높은 중금속 제거율을 나타내었다.

1. 서론

국내 휴·폐 금속광산의 수는 1980년대 후반 채산성 악화, 값싼 외국 지하자원의 수입 등으로 급격히 증가하여 현재 약 1000여 개소에 이르며, 이들 중 약 15%에서 광해문제가 발생된 것으로 조사된 바 있다. 휴·폐 광산의 주요 오염원이자 복원대상은 폐갱도와 이전의 선광장에 남아있는 광미, 그리고 산성배수 등에 의해 오염된 주변토양이다. 복구되지 못한 폐 갱도는 붕괴 및 침하, 갱내를 통과하는 지하수나 유출수의 오염을 유발하고 있으며, 유실방지시설 없이 주변에 방치되어 있는 광미는 수계나 바람에 의하여 주변 하천수를 산성화시키고 주변 토양을 중금속으로 오염시키고 있다. 더욱이 광산 하부의 토양은 주로 농경지로 이용되고 있어 이들 지역에서 재배되는 농작물은 오염되지 않은 토양에서 자란 농작물에 비해 수배에서 수십배 이상의 중금속을 함유하고 있고 이들을 지속적으로 섭취하는 지역주민의 건강에 영향을 주기도 한다. 2006년 9월 5일에 환경부에 의해 발표된 자료에 의하면 44개의 폐 금속광산을 대상으로 한 농산물 오염실태 조사에서 토양 및 수질 오염 우려기준을 초과한 곳이 각각

27,19개소로 나타났으며, 약 9(20%)개의 광산에는 농산물 및 토양·수질에 대한 추가 정밀조사가 필요하다고 였다. 2011년까지 1,300여개소로 추정되는 사용종료 매립지 주변과 제련·제강공장, 도금공장, 페인트공장 등과 같은 산업시설, 그리고 클레이사격장과 같은 민간시설 부지에서도 중금속에 의한 오염문제가 야기될 가능성이 높으며, 이로 인해 환경 위해 수준은 점차 증가되고 있는 것으로 판단된다.^{1~2)}

특히 카드뮴의 경우, 서성광산 인근토양에서는 기준농도(1.5 mg/kg)의 50배에 가까운 74.037 mg/kg으로 검출되어 집중 강우시 주변수계 및 농작물로의 오염될 우려가 큰 것으로 추정되었다.

이러한 오염토양의 정화방법에는 동전기법(Electrokinetics), 토양세척법(Soil washing), 원위치 토양세정법(Soil flushing), 식물정화법(Phytoremediation) 등이 있으나, 각각 추출폐액에 대한 추가적 처리, 미세토와 세척폐액으로 인한 추가적인 비용 및 굴착으로 인한 부지 이용성 감소, 오염확산 대책 및 고비용, 부지이용의 제한 및 시간의 제약이 따른 문제가 발생하고 있다. 하지만 최근 이러한 문제점을 해결하기 위한 새로운 토양복원 방법으로 수용성 인산염을 이용한 고정화/안정화 방법

이 연구되어지고 있다. 수용성 인산염을 이용한 고정화/안정화 방법은 인산염을 중금속 오염토양에 첨가하면 토양 내 중금속과 안정한 불용성 화합물을 형성해 중금속 용출을 저하시킬 수 있는 방법으로 짧은 시간 내 중금속 용출을 빠르게 저하 시킬 수 있다고 보고되고 있다.

따라서 본 연구는 액상인산염을 이용하여 카드뮴으로 오염된 토양을 효과적으로 고정화시키고자 함이 그 목적이다.

2. 실험재료 및 방법

2.1 실험재료

본 연구에서는 카드뮴 오염원으로 Cadmium nitrate($Cd(NO_3)_2$), 액상인산염으로는 제1인산칼륨(KH_2PO_4)을 사용하여 실험을 수행하였다.

2.2 액상반응실험

액상반응실험은 그림 1과 같이 증류수에 카드뮴 200 mg/L의 농도로 오염시킨 용액 20 mL를 100 mL의 시험관에 넣고 반응조건에 따라 시료를 투입한 후 Vortex Mixer로 혼합하여 10분간 상온에서 반응시켜 고정화 액상반응실험을 수행하였다.

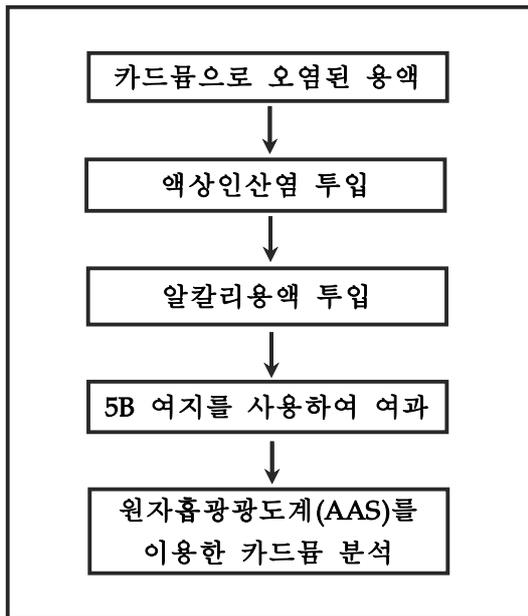


그림 1. 액상반응실험

2.3. 중금속분석

반응이 완료된 용액은 5B 여과지를 이용하여 여

과한 후 여과 된 용액은 원자흡광광도계(SpectrAA 220, Varian)를 사용하여 카드뮴을 분석하였다.³⁾

3. 결과 및 고찰

실험은 카드뮴의 고정화 효율을 측정하기 위하여 카드뮴 용액에 액상인산염과 용액 내 pH 조절 및 잔류 인산염인을 고정화하기 위해 투입되는 알칼리 용액을 선택적으로 반응시키며 수행되었다.

카드뮴 용액의 초기농도를 200 mg/L로 하여 반응조건에 따른 액상고정화실험을 실시한 결과 그림 2에서 보여주는 것처럼 액상인산염을 1몰로 반응시켰을 때, 42.5%의 고정화율을 보여주었으며 투입량을 증가시킬수록 고정화율은 감소하는 경향을 보였다.

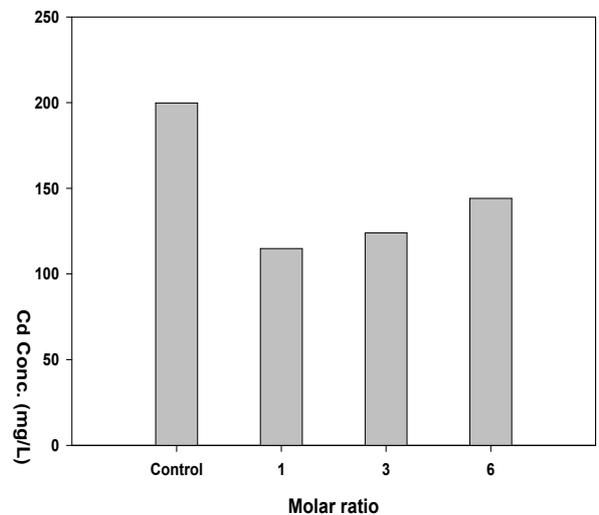


그림 2. 투입 몰비에 따른 잔류 카드뮴의 농도변화

알칼리용액의 농도에 따른 고정화 효과를 측정하기 위해 최적 투입 몰비인 1몰의 액상인산염에 알칼리용액의 몰비를 변화시켜 반응시킨 결과를 그림 3에 제시하였다. 그림 3에서와 같이 알칼리용액의 몰비가 1몰에서 15몰로 증가할수록 반응은 보다 더 잘 진행되어 고정화율이 42.5%에서 99.5%로 증가하는 것을 알 수 있었다.

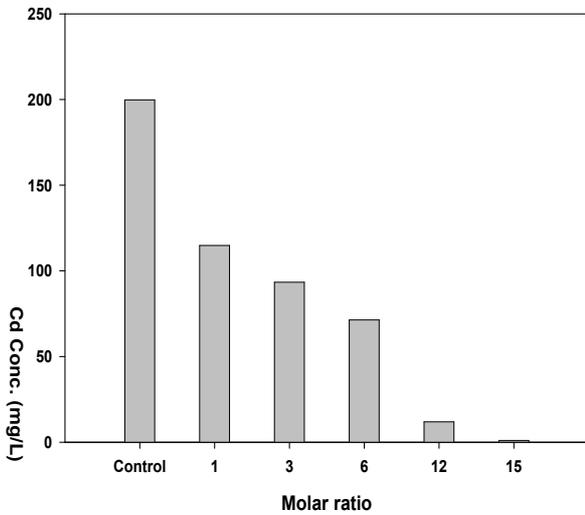


그림 3. 물비에 따른 알칼리용액 투입 후 잔류하는 카드뮴의 농도변화

반응 후 생성된 고정화물의 안정성을 분석하기 위하여 필터에 걸러진 고정화물을 토양오염공정시험 방법으로 재용출한 결과, 그 농도가 8.64 mg/L로 측정되어 초기 카드뮴 농도에 비해 대단히 작은 것으로 나타났다. 이는 인산염과 카드뮴의 결합으로 생성된 고정화물이 안정한 상태임을 보여주는 것으로 판단된다.

4. 결 론

액상반응실험 결과에서 액상인산염을 1몰로 반응시키는 것이 가장 제거효율이 뛰어난 것으로 나타났으며 알칼리용액을 많이 투입할수록 반응 효율이 좋아짐을 알 수 있었다. 그러므로 오염토양에 대한 실험은 이루어지지 않았으나 액상반응실험 결과를 토대로 하여 볼 때 실제 카드뮴 오염토양에 적용하여도 가능성이 충분할 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] 환경부, “평야·폐금속광산 지역 농산물 오염 실태조사 결과 및 대책방안 마련 추진”, 2006.
- [2] Chen, X, J., Wright, J. L. and Peurrung, L. M., “Evaluation of Heavy Metal Remediation Using Mineral Apatite”, Water, Air, and Soil Pollution, Vol. 98, 57-78, 1997.
- [3] 환경부, “토양오염공정시험법”, 2002.