

식회식을 활용한 광미외 폐식의 Cd, Cu, Pb 및 Zn의 제거

지한구·정명채*·정문영*·최연왕**·이문현·이재영***

(주)동명엔터프라이즈 토양지하수사업팀, *세명대학교 자원환경공학과, **세명대학교 토목공학과,

***서울시립대학교 환경공학과

chk771221@hanmail.net

요 약 문

The objective of this study is to examine a stabilized efficiency of heavy metals including Cd, Cu, Pb and Zn using slaked lime. Tailings from the Janggum Pb-Zn mine, the second Yeonhwa Pb-Zn mine, the Jisi Au-Ag mine and the Sangdong W mine were sampled and measured heavy metal concentrations contents using AAS as various extraction methods. During 156 hours, column test were undertaken to evaluate the possibility of stabilization by slaked lime. The result shows that $\text{Ca}(\text{OH})_2$ has a good efficiency in heavy metal stabilization, especially at the Jisi mine with stabilized efficiencies of 97%(Cd), 99%(Cu), 86%(Pb) and 99%(Zn), respectively.

key word : column test, heavy metals, stabilization, extraction characteristics

1. 서론

국내에는 906여개의 금속광산이 있으며, 이들 중에서 약 98.7%에 해당되는 894개소는 휴광 또는 폐광된 광산으로써 적절한 환경복원시설이 설치되지 않아 주변 생태계가 위협받고 있다. 특히 폐금속광산에서는 과거 채광이나 선광·제련과정 등의 광산활동으로 인하여 배출된 광산폐기물들(폐석, 광미, 광석광물, 광산폐수 등)이 광산주변에 그대로 방치되어 있어 집중 강우나 강풍에 의해 하부로 분산되어 광산하부의 농경지와 수계의 환경오염을 계속적으로 일으키고 있다. 이렇게 오염된 토양이나 하천수는 농작물의 성장에도 영향을 미쳐 궁극적으로는 이를 섭취하는 인간의 건강에 심각한 문제를 야기한다.

이에 본 연구에서는 미국 Superfund site에서 가장 많이 적용되었던 S/S에 대한 적용성을 column test를 통해 연구하였고, 이를 통한 소석회의 중금속 처리효율을 알아보고 현장적용성에 대한 검토를 실시하였다.

2. 연구방법

연구대상지역은 경북 봉화군의 장군광산(연-아연), 강원 삼척시의 제2연화광산(연-아연), 경북 김천시의 지시광산(금-은), 강원 영월군의 상동광산(텅스텐) 등의 4개 광산들을 선정하였다. 조사대상 광산들의 위치는 Fig. 1에 도시되어 있으며, 실험에 사용된 column test 제원은 다음과 같다(Fig. 2).

8×24cm(D×H)인 아크릴 컬럼을 사용하였으며, 컬럼 아래부분은 아크릴망과 나일론 mesh membrane을 깔고 10mesh로 체질된 시료를 균일하게 채웠다. 광미(1kg)와 소석회(0%, 1%, 5%, 10%)를 혼합한 후 컬럼에 넣고 pH 5.8~6.5로 조정된 탈이온수를 정량펌프를 이용하여 분당 0.3ml의 유속으로 컬럼하부부터 주입하였다. 이는 용출액이 상부로부터 유입될 경우 수로가 형성(flow channeling)될 수 있기 때문이다. 시간별로 pH(Thermo Orion 250), TDS(Thermo Orion 115A+)를 측정하였으며, 샘플 60ml를 채취하여 농질산을 첨가한 후 분석 전까지 4℃로 냉장보관하였다.

토양오염공정시험법에 의하여 대상지역의 시료를 2004년 7~9월에 채취하였고, 채취된 시료는 자연건조하여 표준체(10mesh)를 이용하여 체질한 것을 사용하였다. 실험에 사용된 소석회는 (주)백광소재(충북 단양군)에서 생산된 것으로 수처리용(CaO 70%, 100Mesh)을 사용하였으며, Cd, Cu, Pb 및 Zn 등의 중금속함량 분석은 AAS(AA-6200, Shimadzu Co., Japan)을 이용하였다.

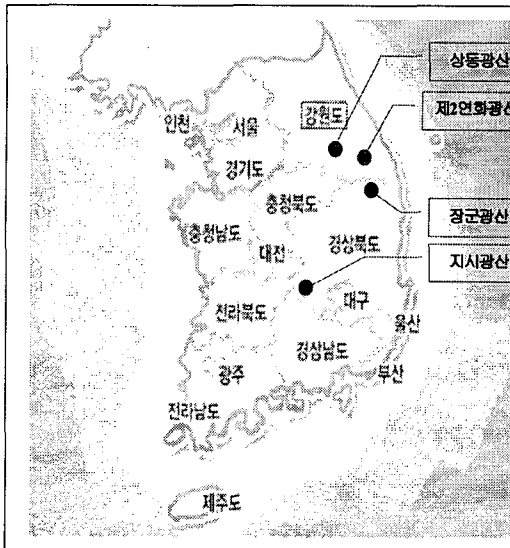


Fig. 1 The locations of study areas.

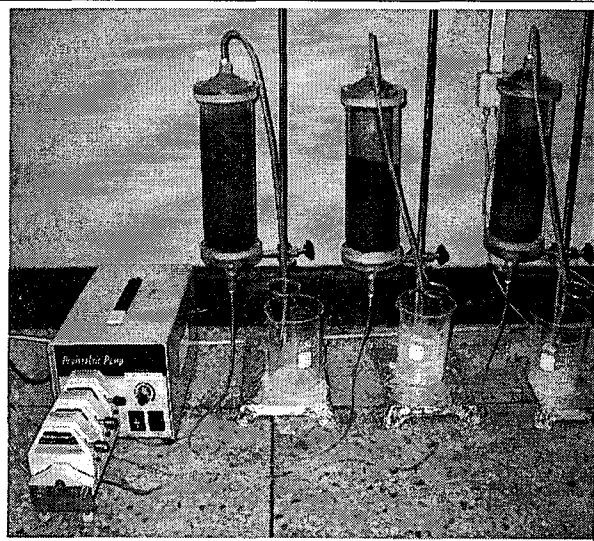


Fig. 2 Photo showing a column test facility.

3. 연구 결과

3.1 추출방법에 따른 함량 변화

광산폐기물의 중금속함량을 추출방법에 따라 알아보기 위하여 토양오염공정시험법, 폐기물용출시험법(KSLT), 미국 폐기물용출시험법(TCLP, SPLP)등을 실험하였다. 먼저 건조한 시료의 화학분해는 국내 토양오염공정시험법에 따라 0.1N HCl(Cd, Cu, Pb), Aqua Regia(Zn)를 이용하여 추출하였으며, 폐기물용출 실험 또한 폐기물용출시험법에 근거하여 실험하였으며, 그 결과는 Fig. 3에 도시하였다.

3.2 각 원소별 농도변화(지시광산을 중심으로)

각 광산에서 중금속의 함량 변화를 알아본 결과, column test는 국내 폐기물용출법(KSLT)보다도 낮은 중금속의 농도를 보임에도 불구하고 지시광산에서 Cd, Zn 등의 원소가 토양오염 우려기준을 초과하였다(Fig. 4). 특히 이 광산의 경우 약 5톤 정도의 정광이 광미장 상부에 있어 이들에 대한 환경오염이 매우 우려되는 광산이다. 하지만 조사된 4개 광산들 중에서 지시광산을 제외한 다른 광산에서 모두 토양오염우려기준을 초과하는 것은 없었으며, 매우 소량의 중금속이 검출되어 미세한 농도의 변화만을 관찰할 수 있었다.

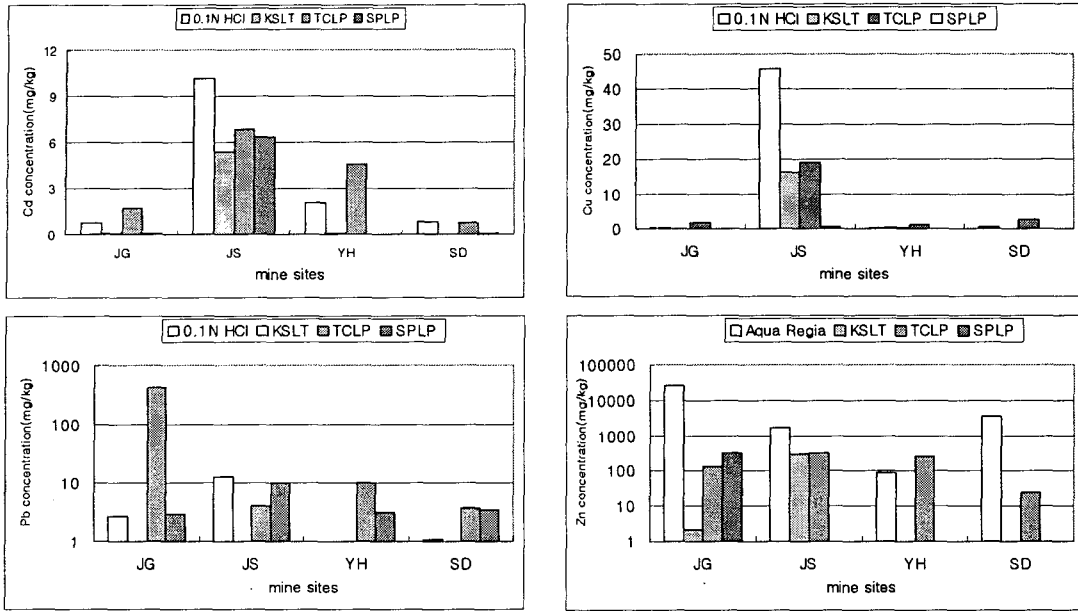


Fig. 3 Variation of Cd, Cu, Pb and Zn concentration in tailings by various extraction methods

* JG : Janggung mine; JS : Jisi mine, YH : The second Yeonhwa mine, SD : Sangdong mine L : Ca(OH)₂

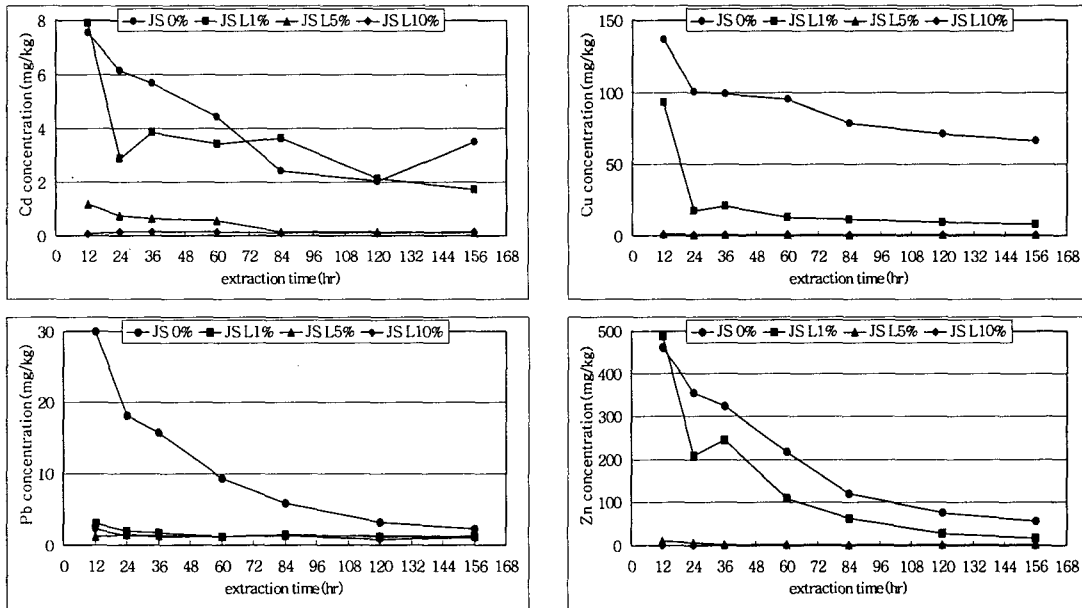


Fig. 4 Variation of Cd, Cu, Pb and Zn concentration of tailings from the Jisi mine by various materials and extraction time

* JG : Janggung mine, JS : Jisi mine, YH : The second Yeonhwa mine, SD : Sangdong mine L : Ca(OH)₂

3.3 소석회 첨가비에 따른 중금속 안정화 효율성 평가(지시광산을 중심으로)

지시광산 광미에서 정화제의 첨가에 따른 중금속의 안정화 효율을 도출하기 위하여 각 원소별로 용출된 누출총량과 각 정화제 첨가에 따른 용출총량을 계산하여 안정화된 중금속의 정량을 알아보았다. 분석에 활용된 소프트웨어는 컴퓨터 상용코드인 Visual Fortran에서 Newton-Cotes 구적법을 적용하여 정적분의 근사해를 구하여 용출총량을 구하였다. 그 결과, 대부분의 금속은 Ca(OH)₂를 5% 이상 혼합한 경우에 85% 이상의 높은 안정화 효율을 보였고, Cd과 Zn의 경우에는 소석회를 1% 혼합

한 경우 안정화 효율이 다소 낮았다(Fig. 5).

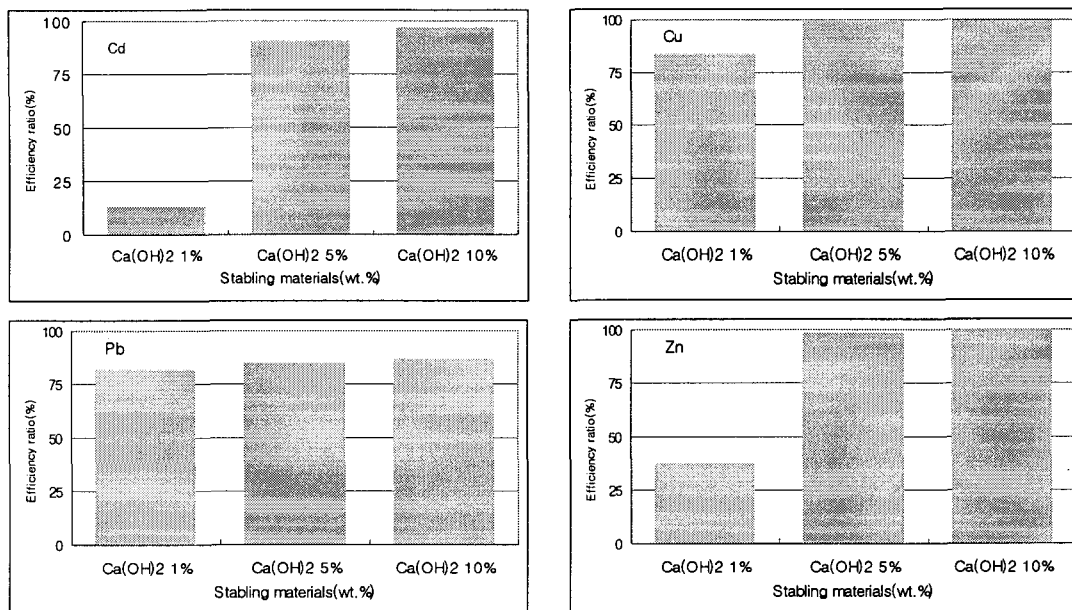


Fig. 5 Stabilized efficiency of Cd, Cu, Pb and Zn concentration in tailings from the Jisi mine by variable stabilizing materials

4. 결론

본 연구에서는 토양안정화 공법을 적용하여 폐광산 광미의 중금속처리를 위한 column test를 실시하였으며, 그 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. Ca(OH)₂ 첨가 결과, 광미에서의 효율적인 Cd, Cu, Pb 및 Zn의 처리 효과를 볼 수 있었으며, 특히 5wt% 이상 첨가된 광미에서 중금속 용출저감 결과를 보였다.

2. Ca(OH)₂가 지시광산에서 Cd은 97%, Cu는 99%, Pb은 86%, Zn은 99%까지 안정화 처리효과가 나타났다.

3. 현행의 광해방지대책인 격리저장방법만으로는 방지대책이 불충분하며 확실한 독성저감효과가 있는 고형화/안정화 또는 이와 비슷한 처리방법이 요구된다.

5. 사사

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2002-000-00357-0)지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.