

***Thiobacillus ferrooxidans*를 이용한 광미 정화의  
효율 증진에 관한 연구**

**A Study on the Cleanup Efficiency Enhancement of Mine  
Tailings using *Thiobacillus ferrooxidans***

이지희 · 조장환 · 정동철 · 장윤영 · 최상일

광운대학교 환경공학과

**요 약**

충북 단양에 위치한 조일 광산에서 채취한 구리와 아연으로 오염된 광미 (광산 폐기물로  
서 금속 추출 후 남은 찌꺼기)를 효율적으로 처리하기 위하여 생물학적 용출기법(bioleaching)  
의 효율 증진에 관한 연구를 수행하였다. 기본 배지 조성(9K medium) 중 미생물의 성장 및  
증식, 용출 효율에 영향을 미치는 인자인 에너지원, 인, 질소원의 농도를 변화시키며 배지  
조성에 따른 중금속의 용출 효율을 관찰하였다. 그 결과 인 농도 변화는 인을 첨가하지 않  
았을 때, 아연과 구리의 용출 효율이 각각 98.8%와 47.5%로 나타났고, 질소원은 45mM 농  
도로 주입하였을 때 아연, 구리 각각 85%와 46.4%의 용출 효율을 보였다. 에너지원 변화에  
서는 아연의 경우 에너지 원을 첨가하지 않았을 때 93%의 용출 효율을 나타냈고, 구리의  
경우는 160mM 첨가했을 때 46.4%로 가장 높은 용출 효율을 나타냈다.

주제어 : 생물학적 용출, 광미, 배지 조성

**1. 서 론**

현재 폐광산 주변의 토양 및 광산 폐기물이 중금속으로 심하게 오염되어 있어 위험치를  
훨씬 상회하고 있으며 주변 농경지의 농작물에서도 다량의 중금속이 검출되고 있으나,  
중금속 오염토양에 대한 정화처리 실적 및 기술개발이 빈약한 실정이다. 따라서 본  
연구에서는 중금속으로 오염된 토양 및 광산 폐기물에서 중금속을 효율적으로 용출시킬 수  
있는 미생물 중의 하나인 *Thiobacillus ferrooxidans*를 이용하여 오염된 토양 내에 존재하는  
중금속을 효과적으로 용출시킬 수 있는 생물학적 용출기법의 최적 조건에 대하여 연구  
하고자 한다.

**2. 재료 및 방법**

**2.1 사용 광미 및 미생물 배양**

본 연구에 사용된 시료는 충청북도 단양군 적성면 상원곡리에 위치한 조일 광산에서  
채취한 광미를 사용하였으며, 실험대상 중금속으로는 오염도가 가장 높은 구리와 아연을  
선정하였다. 균주는 *Thiobacillus ferrooxidans*(ATCC 19859)를 사용하였다. 초기 상태의  
균주는 9K medium(Table 1)에 철 이온을 15 g/L 첨가한 배지에서 35°C, 200rpm의 조건으로  
10일간 진탕 배양하였다.

**2.2 배지 조성 변화가 중금속의 생물학적 용출율에 미치는 영향**

미생물 배양액(9K medium) 중 인( $K_2HPO_4$ ), 질소( $(NH_4)_2SO_4$ ), 에너지원인 철( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ )의 농도 변화가 중금속 용출에 미치는 영향을 알아보고, 중금속 용출에 가장 적절한

배양액의 농도를 조사하고자 하였다. 각각의 농도는 인의 경우 0mM, 3.0mM, 6.0mM, 질소는 0mM, 45mM, 90mM, 에너지원은 0mM, 160mM, 320mM로 변경·적용하였다.

3. 결과 및 고찰

배지조성 변화에 따른 증균속별 용출 실험에서 인 농도 변화시 인[K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>]을 첨가하지 않았을 때 아연, 구리 각각 98.8%와 47.5%의 용출 효율을 보였고(Fig. 1 & 4), 질소원 [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>]은 45mM 농도로 주입하였을 때 아연, 구리 각각 85%와 46.4%로 가장 높은 용출 효율을 보였다(Fig. 2 & 5). 에너지원[FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O] 변화에서는 아연의 경우 첨가하지 않았을 때 93%의 용출 효율을 보였고 구리의 경우는 160mM 첨가했을 때 46.4%로 가장 높은 용출 효율을 나타냈다(Fig. 3 & 6).

Table 1. Composition of 9K Medium<sup>1)</sup>

Constituent	Concentration [g/L]
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3.00
KCl	0.10
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.50
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0.50
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.01
FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	30.00
pH	2.3

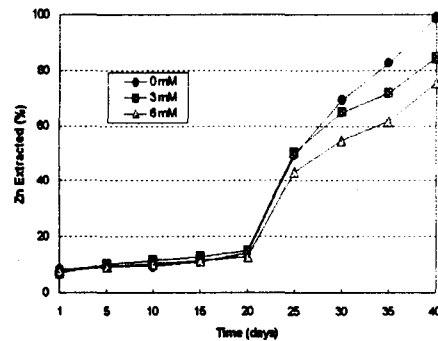


Fig. 1. Extraction efficiencies of Zn with varying phosphorus source concentration [K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>]

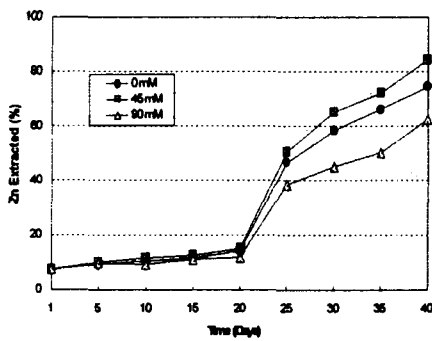


Fig. 2. Extraction efficiencies of Zn with varying nitrogen source concentration [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>]

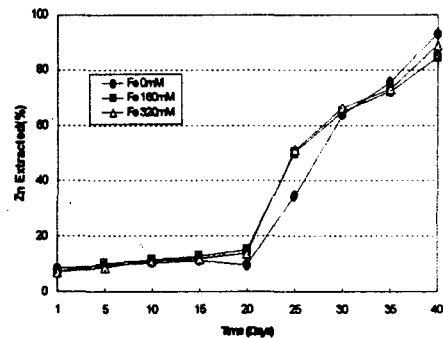


Fig. 3. Extraction efficiencies of Zn with varying energy source concentration [FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O]

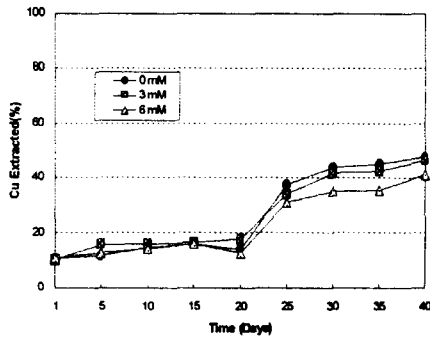


Fig. 4. Extraction efficiencies of Cu with varying phosphorus source concentration [ $K_2HPO_4$ ]

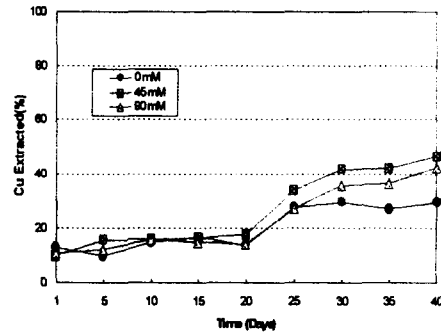


Fig. 5. Extraction efficiencies of Cu with varying nitrogen source concentration [ $(NH_4)_2SO_4$ ]

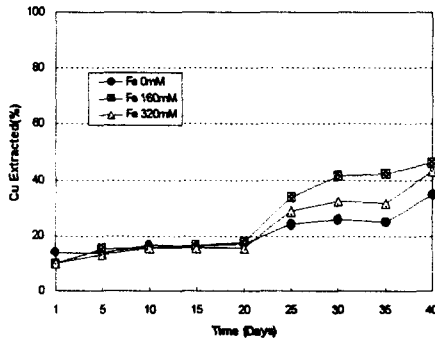


Fig. 6. Extraction efficiencies of Cu with varying energy source concentration [ $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ]

#### 4. 결 론

1. 배지 조성 중 인산염은 미생물의 ATP 생성과 핵산 및 막의 합성에 필요하지만, 필요 이상 높은 농도의 인산염은 미생물의 성장에 저해 작용을 일으킬 수도 있다.
2. 에너지원은 미생물이 증식하는데 있어 가장 직접적인 영향을 미치는 인자로서 광물의 물리적 특성, 광물과 결합되어 있는 중금속의 용해도적 및 배지에 용해되어 있는 이온들의 산화·환원 전위차 등의 상호 작용<sup>2)</sup>에 의해 미생물의 특성과 중금속의 용출 효율에 영향을 미칠 수도 있다.

#### 참 고 문 헌

1. 강선홍 · 최상일, "Thiobacillus ferrooxidans를 이용한 광산 폐기물내의 중금속 용해에 관한 기초연구", 한국수질보전학회, Vol. 11, No. 2, pp.123-128 (1995)
2. Preston Devasia, K. A. Natarajan, D. N. Sathyanarayana, and G. Ramananda Rao, "Surface Chemistry of Thiobacillus ferrooxidans Relevant to Adhesion on Mineral Surface", Applied and Environmental Microbiology, Vol. 59, No. 12, pp.4051-4055 (1993)