

## 광미 정화의 효율 증진을 위한 미생물 표면 특성에 관한 연구

### A Study on the Characteristics of microbial surface for Enhanced Efficiency of Mine Tailings Cleanup

이지희 · 김준호 · 전민하 · 류두현\* · 최상일

광운대학교 환경공학과 \* 전주대학교 환경과학과

#### 요 약

충북 단양에 위치한 조일 광산에서 채취한 구리와 아연으로 오염된 광미(광산 폐기물로써 금속 추출 후 남은 찌꺼기)를 효율적으로 처리하기 위한 생물학적 용출기법(bioleaching)에서 기본 배지 조성(9K medium)을 변화시켜 미생물의 표면 특성을 측정하고 미생물 표면 특성이 용출 효율에 미치는 영향을 관찰하였다. 인을 첨가하지 않았을 때 소수성 값은 62.5%, 질소원 농도가 45mM일 때의 소수성 값은 66.7%로 미생물 표면 특성이 가장 소수성인 특성을 가지고 있었으며, 구리와 아연의 용출 효율도 가장 높게 나타나는 상관 관계를 나타냈다. 또한 광미에 부착된 미생물의 양을 측정해 본 결과, 미생물 표면 특성이 소수성일수록 광미에 부착된 미생물의 양도 많다는 것을 알 수 있었다.

주제어 : 생물학적 용출기법, 광미, 미생물 표면 특성, 부착

#### 1. 서 론

폐광산 및 제련소, 군부대 지역 등의 토양이 중금속으로 심하게 오염되어 있어 위험치를 훨씬 상회하고 있으며 주변 농경지의 농작물에서도 다량의 중금속이 검출되고 있으나, 중금속 오염 토양에 대한 정화처리 실정 및 기술개발이 빈약한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 중금속을 효율적으로 용출시킬 수 있는 미생물 중의 하나인 *Thiobacillus ferrooxidans*를 이용하여 배지 조성 변화에 따른 미생물의 표면 특성을 검토하고, 미생물의 표면 특성 변화가 중금속의 용출 효율에 미치는 영향을 검토하였다.

#### 2. 재료 및 방법

##### 2.1 미생물 선정 및 배양

균주는 *Thiobacillus ferrooxidans*(ATCC 19859)를 사용하였다. 초기 상태의 균주는 9K medium에 철 이온을 15 g/L 첨가한 배지에서 35°C, 200rpm의 조건으로 10일간 진탕 배양하였다.

##### 2.2 광미 적용시 미생물 표면 특성 실험

배지 농도 중 인[K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>]의 경우 0mM, 3.0mM, 6.0mM, 질소원[(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>]은 0mM, 45mM, 90mM로, 에너지원[FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O]은 0mM, 160mM, 320mM로 변형하여 적용하고 광미 5g을 첨가하였을 때 각각의 미생물 표면 특성 변화를 관찰하였다. 또한 광미 표면에 부착된 미생물의 양과 용출 효율의 관계를 규명하고자 광미에 부착되어 있는 미생물의 양을 원소분석기(Auto Elemental Analyzer, Model No. : EA1110 CHNS-O, CE Instruments)를 이용하여 간접적으로 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 미생물 표면 특성과 용출율 관계

인 농도 변화에서는 인을 첨가하지 않았을 때 cell density가 62.5%로 가장 높은 소수성을 나타냈으며 이때 구리와 아연의 용출 효율도 가장 높은 것으로 보아 미생물의 표면 특성이 용출 효율에 영향을 미치는 것으로 판단되어진다(Fig. 1). 또한 질소원 농도 변화의 경우 45mM 첨가했을 때 cell density가 66.7%로 가장 높은 소수성을 나타냈으며 구리와 아연의 용출 효율도 가장 높았다(Fig. 2). 그러나 에너지원 농도 변화시 160mM 첨가했을 때 cell density가 63.2%로 가장 높은 소수성을 나타냈지만 아연의 용출 효율은 에너지원을 첨가하지 않았을 때 가장 높은 결과를 보였다(Fig. 3).

#### 3.2 배지 조건과 광미에 부착된 미생물의 관계

미생물 표면 특성이 소수성일수록 즉, cell density가 낮을수록 광미에 부착된 미생물로 간주할 수 있는 단백질의 양도 많으며 용출 효율도 높다는 것을 알 수 있었다(Table 1). 그러나 에너지원의 경우 에너지원을 첨가하지 않았을 때 아연의 용출 효율이 가장 높았음에도 불구하고 단백질은 검출되지 않았다. 이는 여러 가지 물리·화학적 영향 및 광미의 표면 특성과 미생물의 표면 특성의 상호 작용으로 인한 결과로 판단되어진다.

Table 1. Quantity of Protein on the Adhesion to Mine Tailing

배지 조성	단백질량(%)
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0 mM	0.291
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 6.0 mM	0.091
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0 mM	0.074
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 90 mM	0.108
FeSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O 0 mM	0.000
FeSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O 320 mM	0.264
9K medium	0.292

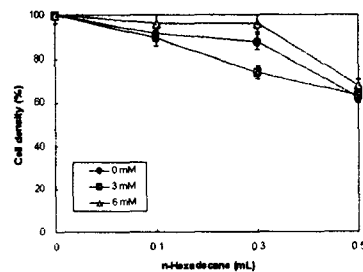


Fig. 1. Hydrophobicity with varying phosphorus source concentration [K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>]

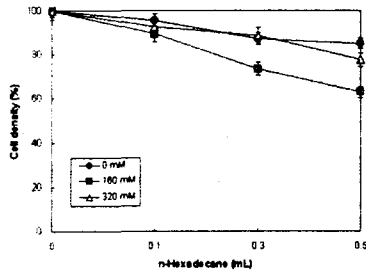


Fig. 2. Hydrophobicity with varying nitrogen source concentration  $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$

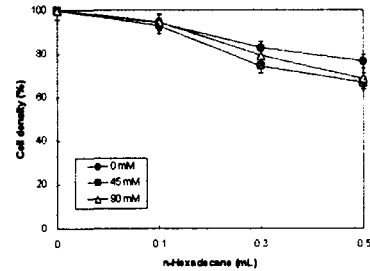


Fig. 3. Hydrophobicity with varying energy source concentration  $[\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}]$

#### 4. 결 론

1. 미생물의 표면 특성이 소수성인 특성을 가지고 있을 때 중금속의 용출 효율도 가장 높은 상관 관계가 있음을 알 수 있었다. 또한 미생물이 광미에 부착하는 능력이 저하되는 원인은 염의 축적이나 새로 생성된 이온의 방해 작용 때문<sup>1)</sup>으로 사료된다.
2. 미생물의 표면 특성에 영향을 미치는 인자는 배지 조성 성분, 광미의 물리적 특성, 광미에 부착된 오염 물질의 결합 형태, 배지에 용해된 이온 형태 등으로 판단된다.

#### 참 고 문 헌

- 1 Tilman Gehrke, Judit Telegdi, Dominique Thierry, and Wolfgang Sand, "Importance of Extracellular Polymeric Substances from *Thiobacillus ferrooxidans* for Bioleaching", *Applied and Environmental Microbiology*, Vol. 64, No. 7, pp2743~2747 (1998)