

## KURT 지하수 내 혼기성 미생물의 금속원소 환원특성

오종민, 노열\*, 백민훈, 이승엽

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

\*전남대학교, 광주광역시 북구 용봉로 333

[ohjm@kaeri.re.kr](mailto:ohjm@kaeri.re.kr)

### 1. 서론

지구미생물은 탄소와 금속 원소의 생지화학적 순환에 있어서 중요한 역할을 할 뿐만 아니라 유기물을 산화시켜 이산화탄소를 생성하여 나온 전자를 철과 망간과 같이 산화-환원에 민감한 금속에 전달하여 환원시키기도 하며 자철석, 능철석, 비비안나이트 등과 같은 광물의 형성에도 관여하는 것으로 알려져 있다. 또한 미생물은 크롬, 비소, 코발트, 셀레늄 같은 중금속 원소를 환원시켜 화학종을 변화시킴으로써 독성과 이동도를 낮춰 토양이나 지하수의 오염 물질의 정화에 이용할 수 있을 뿐만 아니라 원자력 발전의 대표적인 고준위 폐기물 핵종원소인 우라늄을 우라니나이트로 침전시키기도 한다. 본 연구에서는 고준위 폐기물 지하처분연구시설인 KURT(Kaeri Underground Research Tunnel) 지하수 내의 혼기성 미생물을 이용하여 금속원소의 환원 현상을 관찰하여 보았다.

### 2. 실험 및 결과

전자수용체로 Fe(III)-citrate와 전자공여체로 각각 acetate, glucose, lactate, formate, pyruvate를 이용한 성장배지가 들어있는 100 ml serum bottle 5개에 KURT 내 약 140 m 깊이에서 채수한 지하수를 3 ml씩 주입하였고 모두 미생물 배양에 성공하였다.

배양한 미생물을 이용하여 Fe, Mn, Cr의 환원현상을 관찰하기 위해 전자공여체는 위의 다섯 가지를 이용하였고 전자수용체로는 Fe, Mn, Cr이 산화상태로 존재하는 광물인 akaganeite, hausmannite, potassium dichromate를 이용하여 총 15개의 성장배지에서 환원현상을 관찰하였다. 전자공여체는 10 mM, 전자수용체는 30 mM을 주입하였으며 환원현상의 관찰은 미생물 활동전후의 SEM, TEM, EDX XRD 비교로 하였다.

실험결과 미생물의 활동은 akaganeite( $\text{FeOOH}$ )를 magnetite( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )로, hausmannite( $\text{Mn}_3\text{O}_4$ )를 rhodochrosite ( $\text{MnCO}_3$ )로 환원 및 상전이를 일으켜 생광화작용을 발생시켰다(Fig. 1). 또한 이온상태의 potassium dichromate( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ )를 Cr(III)로 추정되는 물질로 침전시켜 독성과 이동도가 낮은상태의 종으로 변화시켰다(Fig. 2). 이러한 미생물에 의한 산화상태의 Fe, Mn, Cr의 환원은, KURT 지하수 내에 존재하는 금속 환원 미생물이 금속원소나 핵종원소를 불용성이며 이동도가 작은 상태로 직접적으로 환원시키거나, 아니면 철이나 망간과 같은 원소를 환원시켜 이를 원소의 재산화시 전자를  $\text{U}^{6+}$ ,  $\text{Tc}^{7+}$ 등의 핵종원소에 전달하여 용해도, 유동성, 독성이 더 낮은  $\text{U}^{4+}$ ,  $\text{Tc}^{4+}$ 으로 환원시켜 간접적으로 환원시킬 수 있는 가능성을 보여준다는 점에서 의의를 갖는다.

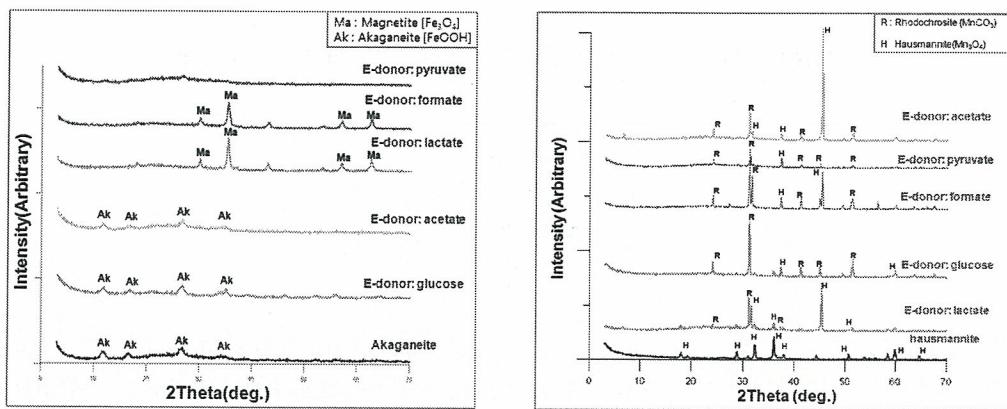


Fig. 1. XRD analyses for the mineralogical change of akaganeite and hausmannite by bacteria enriched from KURT groundwater

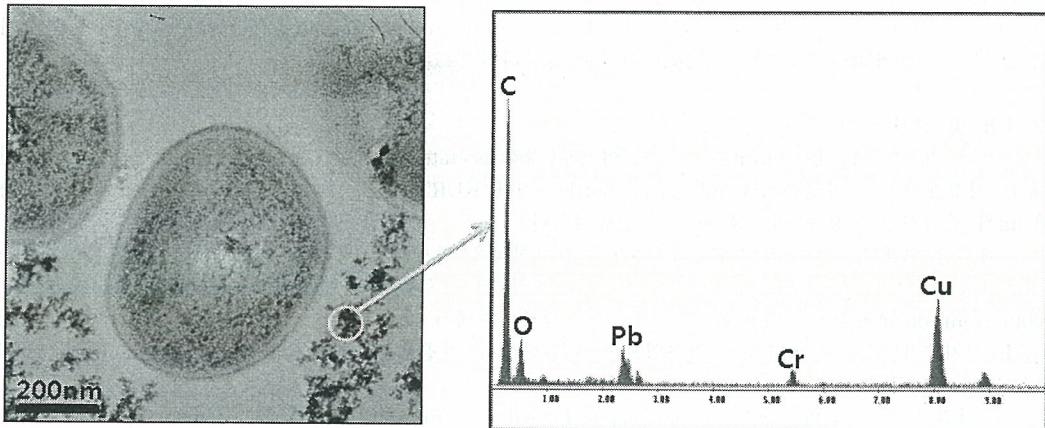


Fig. 2. TEM-EDX analysis for the bacteria enriched from KURT groundwater using acetate as an electron donor and potassium dichromate as an electron acceptor

### 3. 결론

본 연구결과로 볼 때 고준위 폐기물 지하처분연구시설인 KURT 지하수 내의 금속 환원 미생물들은 Fe, Mn, Cr을 환원 및 침전시킬 수 있으며, 이는 심부 지하의 혐기성 환경에서 해물질 유출시 KURT 지하수 내의 금속 환원 미생물을 이용하여 산화 방사능 원소를 적극적으로 환원 및 침전시켜 해물질의 확산을 방지시킬 수 있음을 시사한다.