

## 한국원자력연구원 KURT 황산염환원 미생물이 우라늄 거동에 미치는 영향

오중민, 이승엽, 백민훈

한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045

ohim@kaeri.re.kr

### 1. 서론

혐기성 환경 하에서 지구미생물들은 산소 대신에 철, 망간, 우라늄, 크롬 등의 여러 무기이온들을 전자수용체로 이용하여 신진대사작용을 진행한다. 또한, 탄소와 금속 원소의 생지화학적 순환에 있어서 중요한 역할을 할 뿐만 아니라 철과 망간과 같이 산화-환원에 민감한 전자를 금속에 전달하여 환원시키기도 한다. 이러한 작용들은 산화 상태에 있는 원소들의 환원 및 침전에 관여하므로 방사성 원소의 확산 방지에도 응용될 수 있다. 본 연구에서는 고준위 폐기물 지하처분연구시설인 KURT(KAERI Underground Research Tunnel) 지하수 내의 황산염환원 미생물이 우라늄 거동에 미치는 영향을 관찰하여 보았다.

### 2. 본론

황산염환원 미생물을 배양하기 위하여 KURT 지하 약 80 m 깊이에서 더블패커를 이용하여 지하수를 채취하였다. 황산염 환원미생물은 혐기성 미생물이기 때문에 현장에서 산소와의 접촉을 최소화하여 배양액(Table 1)내에 주입하였다. 실험실 내에서는 인큐베이터를 이용하여 30°C를 유지하여 주었으며, 27일 후 배양액에서는 미생물의 활동에 의해 생긴 검은색의 침전물을 관찰할 수 있었다.

실험을 위한 배양액의 조성은 우라늄과 망간이 공존할 때와 우라늄만 있을때의 차이를 알아보기 위해 망간의 유무를 달리한 시료(Uranium  $5 \times 10^{-5}$  M, Manganese Chloride 2 mM)와 100°C에서 30분간 미생물을 죽인 시료로 구분하여 11일간 관찰하였다. 시간이 지남에 따라 침전물이 생겼으며 침전물의 동정을 위해 XRD 분석을, 침전물의 크기와 외형 관찰을 위해 SEM 분석을, 그리고 Fe, Mn, U의 농도변화를 알아보기 위하여 ICP 분석을 실시하였다.

Table 1. Media components

Component I	Component II	Component III
증류수 400 ml	증류수 200 ml	증류수 400 ml
MgSO <sub>4</sub> 2.0 g	K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0.5 g	Sodium lactate 3.5 g
Sodium citrate 5.0 g		Yeast extract 1.0 g
CaSO <sub>4</sub> 1.0 g		
NH <sub>4</sub> Cl 1.0 g		

관찰 결과 Fig. 1에서의 같이 이틀째 날부터 검은색의 침전물이 형성되어 육안상의 변화를 보여주었다.

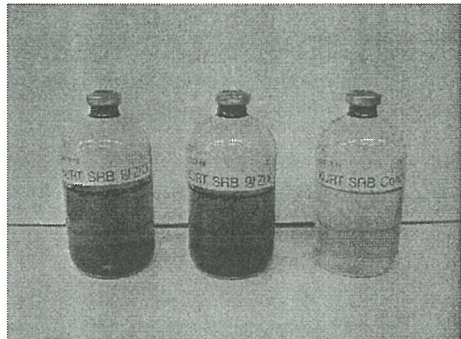


Fig. 1. Sulfide formation by KURT sulfate-reducing bacteria

미생물의 활동에 의해 생긴 침전물을 동정해 보기 위해 XRD 분석을 실시하였다. 망간을 넣어 준 시료와 망간을 넣어주지 않은 시료 모두 mackinawite(FeS)의 피크를 나타내었다.

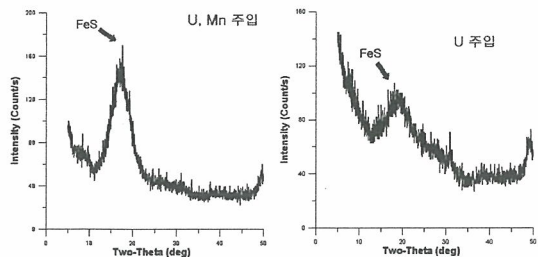


Fig. 2. XRD analyses for the microbial precipitates

철, 망간, 우라늄의 용존 농도를 알기위해 ICP 분석한 결과 U과 Mn을 동시에 주입한 배양액에서 Fe은 69.45 ppm에서 0.036 ppm으로, U만 주입한 배양액에서는 62.368 ppm에서 0.061 ppm으로 감소하였으며, U과 Mn을 동시에 주입하고 미생물을 주입하지 않은 배양액에서는 64.72 ppm에서 65.836 ppm으로 거의 변화가 없었다(Fig. 3). 또한 U과 Mn을 동시에 주입한 배양액에서 U은 5.645 ppm에서 0.301 ppm으로, U만 주입한 배양액에서는 5.474 ppm에서 1.191ppm으로, U과 Mn을 동시에 주입하고 미생물을 주입하지 않은 배양액에서는 4.221 ppm에서 2.469 ppm으로 감소하였다 (Fig. 4). 초기에는 control에서의 U 농도가 나머지 시료에 비해 감소율이 더 크나 시간이 지날수록 나머지 시료의 U 농도가 작아지고 감소율도 훨씬 커짐을 알수 있다. 이는 미생물들이 mackinawite를 만들면서 U 농도를 감소시켰기 때문인 것으로 사료된다. 자세한 메카니즘을 알아보기 위하여 현재 SEM 분석을 진행 중에 있다.

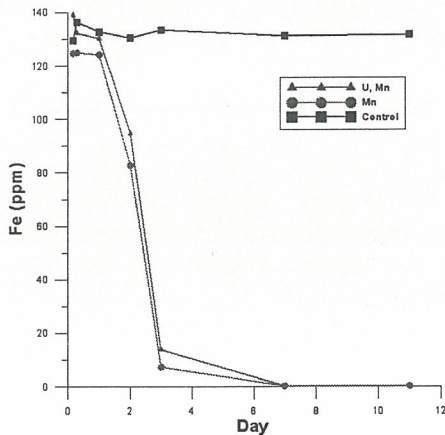


Fig. 3. ICP analyses for Fe variation by microbial activity

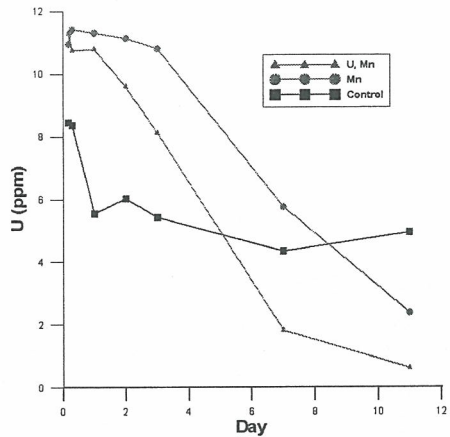


Fig. 4. ICP analyses for U variation by microbial activity

### 3. 결론

본 연구결과로 볼 때 고준위폐기물 지하처분연구시설인 KURT 지하수 내의 황산염환원 미생물들은 생광물화 작용을 통해 U 농도를 저감시킬 수 있는 가능성을 보여주었다. 이는 지하 심부의 환원 환경에서 핵물질 유출시 KURT 황산염환원 미생물을 응용하여 방사능 원소를 직간접적으로 고정화시키는 방안을 개발하고, 처분시스템의 장기안정성을 도모하는데 사용될 수 있을 것으로 사료된다.