

폐기물처분 금속용기 재료와 지하미생물과의 상호반응 연구

이승엽, 이민수, 백민훈, 정종태, 최희주

한국원자력연구원, 대전 유성구 대덕대로 989번길 111

seungylee@kaeri.re.kr

1. 서론

고준위 방사성폐기물 지하처분시, 금속용기로 주철과 구리 재료가 많이 고려되고 있다. 일반적으로 처분용기는 주철이 주로 사용되지만, 일부 스웨덴 및 한국 등의 나라는 장기적 용기 부식을 예방할 목적으로 구리 재질의 용기를 제작 및 사용하고 있다 [1].

일반적으로 구리 재료는 대기 중에서 구리 산화막이 형성되어 더 이상의 부식이 억제된다. 고대 역사적 유물들에서 이러한 특징 등이 관찰되었고, 따라서 처분용기에 구리 재질이 첨가되면 용기 부식에 의한 장기 안정성의 저해 요소를 예방할 수 있다.

본 연구에서는 대기조건이 아닌 지하심부 조건의 용액상에서 주철 및 구리 재질의 변화를 살펴 보았고, 특히 지하미생물의 활동에 의한 특징 등을 관찰하였다.

2. 본론

2.1 실험방법

실험에 사용된 미생물은 황산염을 환원시키는 *Desulfovibrio desulfuricans* SRB 미생물이 사용되었다. 실험조건은 무산소 NaHCO_3 (1 mM) 용액에 주철 및 구리 foils을 넣고 sulfate (1 mM)을 첨가하였다. 전자공여체로는 lactate (10 mM)가 사용되었고 배양된 *D. desulfuricans*를 1 mL 주입하였다. 실험기간은 약 3개월 정도 수행하였고 120 rpm으로 교반하면서 필요시마다 일정 용액을 채취하여 성분을 분석하였다. 실험이 끝난 후, 남아 있는 금속재료를 전자현미경으로 관찰하였다.

2.2 주철 재료의 변질

주철 재료는 주 성분이 Fe로써, Fe의 화학적 거동에 의해 재료의 변질이 좌우된다. 본 실험에서 실험시작 후 4일이 지났을 때, 재료의 대부분이 검은색으로 변하였다. 검은색으로 부식된 재료에 대한 분석 결과, 초기 Fe 성분의 대부분은

SRB 미생물에 의해 용액상의 S와 결합되어 FeS라는 황화철 광물이 형성된 것으로 관찰되었다 (Fig. 1). 이러한 부식 황화광물은 시간이 지나면서 원재료로부터 박리되고 쉽게 분리되어 떨어져 나갔다

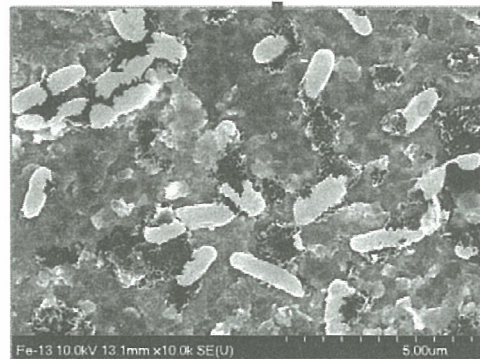


Fig. 1. SRB bacteria (arrows) corroding iron plate to a dark iron sulfide.

2.3 구리 재료의 변질

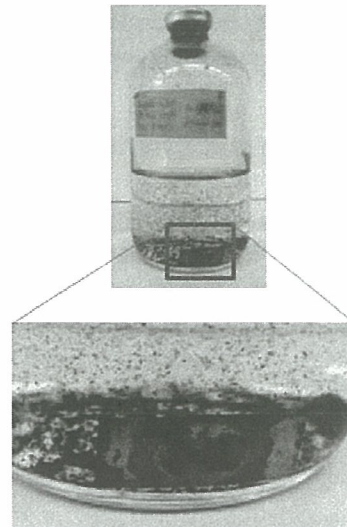


Fig. 2. Corrosion of Cu material by SRB bacteria.

구리 재료는 주철 재료와 마찬가지로 동일한 조건에서 실험을 수행하였고 시간이 지나면서 재료의 표면이 점차 검은색으로 변하였다. 하지만, 미생물이 없는 조건에서는 재료의 색변질이 거의 일어나지 않았다. 한가지 흥미로운 사실은, 용액상에 Fe가 1 mM 추가되었을 때 구리 표면의 부식물 생성 및 박리 속도가 훨씬 빨라졌다(Fig. 2). 이러한 사실은 용액 성분이 구리의 부식에 영향을 주며, 특히 용액상의 철 성분이 미생물에 의해 구리의 부식을 가속화시키는 요소인 것으로 보인다. 또한, 본 실험에서 생성되는 구리의 부식물은 chalcocite (Cu_2S)라는 황화구리인 것으로 밝혀졌다.

3. 결론

본 실험결과를 종합해 보면, 일반 대기조건이나 산화조건에서 관찰되는 주철 및 구리의 부식과는 다르게 환원조건에서는 조금 다른 부식 특성을 보여주었다. 특히, SRB 미생물이 생존할 때 주철 및 구리의 부식이 가속화되었고 용액중의 Fe 농도 함량에 따라 구리 부식의 편차가 심하였다. 이러한 실험결과는 압축벤트나이트 완충재를 사용하지 않은 결과로써 현장 조건과 상당히 다를 수 있으나, 심부환경에 위치할 처분용기의 생지화학적 반응에 대한 연구는 장기 안정성 측면에서 지속적으로 수행될 필요가 있다.

4. 감사의 글

본 논문은 교육과학기술부의 원자력연구개발사업의 일환으로 연구비를 지원받아 수행되었습니다.

5. 참고문헌

- [1] Choi, H.J., Lee, M., Lee, J.Y., 2010, Application of cold spray technique to the fabrication of a copper canister for the geological disposal of CANDU spent fuels. Nuclear Engineering & Design, 240, 2714-2720.