

KURT에서의 처분용기 재료의 장기부식시스템 개발

이지현, 이민수*, 최희주*, 문순성*

과학기술연합대학원대학교, 대전시 유성구 과학로 113

*한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045

ezhyeon@kaeri.re.kr

1. 서론

고준위 방사성 폐기물의 영구처분을 위한 Canister 재료로서 구리가 유망하다[1,2]. 구리는 인류가 오랫동안 사용해 오고 있는 재료로서 심지층 환경에서 수만년 이상 부식에 견디면서 안전하게 방사성 폐기물을 보관할 수 있을 것으로 기대하고 있다. 현재 우리나라의 고준위 폐기물 처분연구에서도 구리를 유력한 처분용기 재료로 보고 있다. 보통 처분은 500 m 지하의 산소가 거의 없는 심지층에서 이루어진다[3]. 우리나라의 심지층은 물이 풍부한 화강암반으로서 구리의 부식이 아주 느리게 진행될 것으로 보고 있다. 하지만 실제 심지층 조건에서 구리의 부식에 대한 내구성이 어느 정도 되는지 가늠할 필요가 있다. 왜냐하면 구리의 부식율을 기초로 하여 우리가 원하는 처분용기 두께의 설정과 처분장의 안전성 분석을 할 수 있기 때문이다. 지금까지의 연구에서는 주로 실험실에서 심부환경과 비슷한 조건을 꾸며서 구리의 부식율을 측정하였으나, 장기부식시험에서는 심부환경을 실험실에서 구현하는 것이 사실상 불가능하여 정확한 부식율을 산정하는 것이 거의 불가능하였다. 이에 본 연구에서는 여러 가지 동재료에 대해 실제 처분환경을 모방할 수 있는 KURT(KAERI 연구용 처분터널)에서 직접 심부환경을 유지시키면서 구리의 장기부식시험을 계획하였다.

2. 본론

2.1 장기부식 시스템

통상적인 사용후핵연료의 지하처분 방식은 지하암반에 Borehole을 뚫고, 압축벤토나이트로 주위를 둘러싼 형태로 구리 처분용기를 밀봉하게 된다. 처분 후에는 지하수가 암반으로부터 스며나와 압축벤토나이트를 팽윤시키고, 구리처분용기에 도달하여 구리의 부식을 활성화 시킨다. 따라서 부식시험에서는 지하암반은 내부식성의 티타

늄 용기로 하고, 그 내부에 압축벤토나이트로 둘러싸인 구리시편을 넣어 줌으로서 지하처분환경을 모사하였다(Fig. 1). 실험용액으로는 KURT 120m 지하 borehole에서 직접 취수하여 사용하였다. 지하수에 의해 팽윤된 벤토나이트 입자들이 빠져나오지 못하도록 티타늄 필터를 금속용기 내부에 장착하였다.

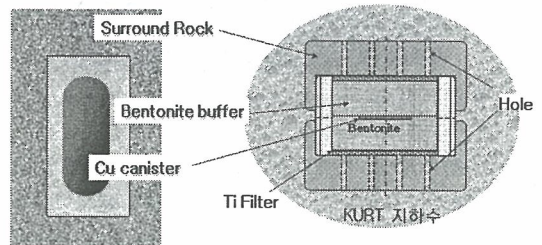


Fig. 1. Structure of a corrosion vessel modeling after a engineered barrier system

2.2 시편

시험에 사용된 구리시편은 총 6종으로서 저온 분사 코팅동, 일반 압출동, 단조동, 황동, 청동 등을 사용하였다. 시험에 사용된 시편은 직경 15mm, 두께 1.0mm 크기의 동전형으로서, 무게는 14.1~14.2g 정도로서 표면적은 약 400 mm²인 것을 사용하였다. 각각의 시편은 Sandpaper #2,000으로 표면을 1차로 연마하고, 0.3 μm 알루미나 슬러리 입자로 최종 연마하였다. 연마된 시편은 에탄올로 세척하여 표면상의 이물질을 제거한 후 사용하였다.

2.3 시험

시험에 사용된 용액은 직접 KURT(KAERI 연구용 처분 터널) 120 m 처분공과 부식 모듈 사이에 관을 연결하여 사용하였다. 지하수 용액은 Eh가 -384 mV 로서 -100mV 부근에서 측정된 구리의 산화환원전위보다 낮았으며, 용존 산소량은 거의 없는 것으로 확인되었다. 처분공에서 지하수압으로 나온 KURT 지하수는 먼저 예비 가열기를

통해 70~80도로 가열된 후 부식 모듈에 공급하였다. 부식모듈에는 5개의 부식셀이 수직으로 나란히 들어가 있으며, 항상 70 °C로 유지되었다. 지하수의 공급 유량은 약 10 cc/min으로 부식모듈에 꾸준히 공급하였다(Fig. 2).

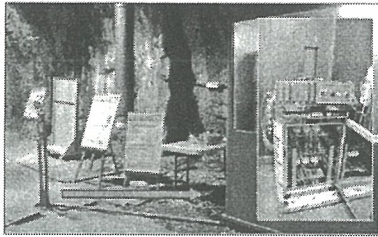
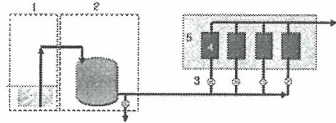


Fig. 2. Long-term Corrosion modules in KURT

시험이 끝난 부식셀은 1일 정도 110°C에 건조 오븐에서 말린 후, 해체하였다. 압축벤토나이트 내부에서 제거된 구리시편은 먼저 에탄올 용액에 두고 1분간 초음파 세척기로 세척하여 표면의 점토 입자와 불순물을 제거하고, 표면의 부식상태를 광학현미경으로 관찰한 후, 2.5% HCl 용액에서 10~20초간 초음파 처리하여 산화막을 제거하고 10⁻⁴ g 수준으로 무게를 측정하였다. 측정된 감소량을 이용하여 부식두께를 계산하였다.

3. 결론

KURT를 이용한 장기부식 시험은 실험실에서 장기부식시험과 달리, 부식환경을 처음과 동일하게 유지할 수 있다는 장점이 있다. 장기부식시험은 초기 시험계획을 정확하게 수립하는 것이 중요하며, 일단 시험이 시작되면 그 결과가 나오기 위해서는 수년간의 기다림이 필요하다. 지난 1년 가까이 KURT에서의 부식시험을 수행해 오면서, 현재 설치된 부식모듈의 문제점들을 발견하였으며, 기존의 부식모듈을 개선하여 보다 정확한 유속과 온도관리의 필요성을 느끼게 되었다. 따라서 이들 문제점을 고려하여 새로운 부식모듈을 디자인하고 제작하였다(Fig. 3). KURT에서의 부식모듈은 심층지하수를 꾸준히 공급하여 무산소 조건에서 장기부식시험을 할 수 있다고 보았다.

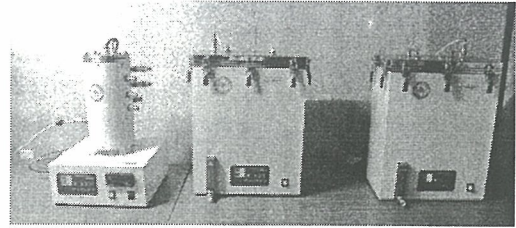


Fig. 3. Modified corrosion modules in KURT

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부 원자력연구개발사업 과제로 수행된 것으로서, 본 연구의 재정지원에 감사드립니다.

5. 참고문헌

- [1] W. H. Bowyer, "Design Basis for The Copper/Steel Canister", SKI Report 98:29, 1998.
- [2] F. King, L Ahonen, C Taxen, U. Vuorinen, L Werme, "Copper corrosion under expected conditions in a deep geologic repository", SKB TR-01-23, 2001.
- [3] M. S. Lee, H. J. Choi, et al. "저온분사로 제조된 구리층의 부식특성" 춘계방사성폐기물학회논문집, pp.137-138, 2008.