

방사능 오염토양 복원을 위한 Pilot 규모 동전기 장치 운영 중 문제점 개선 및 개선장치의 운전

박혜민, 김계남, 김완석, 문제권

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

hyempark@kaeri.re.kr

1. 서론

방사성 오염토양은 원자력시설 주변 지하에 매설된 폐액저장 탱크 및 연결 관들의 노화로 인한 방사성폐액의 누출과 예기치 못하게 발생하는 오염사고로 인해 발생되고 있다. 따라서 이와 같은 방사능 오염 토양을 제염할 수 있는 장치의 개발이 필요하다.

기존 토양오염복원 공정으로 토양세척 (soil washing) 기법이 효과적인 정화방식으로 제시되었으나 제염 효율이 낮고 세척폐액과 같은 2차 오염물질을 발생하는 단점이 있어 최근 동전기 기술을 이용한 토양 오염복원에 관한 연구가 진행되어 왔다.

본 연구에서는 우라늄 오염 부지 특성에 적합한 파일럿 규모 동전기 복원 장치를 개발하여 운영 중 발생된 문제점의 개선 방법과 개선된 장치의 방사능 오염토양의 제염 효율을 실증하였다.

2. 본론

동전기 장치는 제염액 저장조 (50×30×25 cm), 동전기 토양 양극 셀 (50×50×20 cm), 양극실 (50×50×10 cm), 음극실 (50×50×12 cm), 장치 지지대, pH 조절조, Power supply 등으로 구성되었다. 이전 실험을 통해 방사능 오염토양을 복원 실험을 수행 진행 7일 후 많은 양의 금속 산화물이 발생되어 음극 전극 판에 부착되었다. 부착된 금속산화물 층이 전기 흐름을 차단하여 토양 셀 내 전기의 흐름이 차단되어 동전기장치의 가동을 중단 후 금속산화물 제거 방안을 도출하였다. 먼저 immersion -washing 장치를 부착하여 주기적으로 음극 전극판을 질산용액으로 세척하였다. 다음으로 Rilter box를 제작하여 순환하는 토양 폐액 내의 0.075 mm 이상의 금속산화물 입자를 제거하여 방사성폐기물로 처리하였다. 또한 음극실에 토양 폐액 순환 시스템을 제작하여 토양폐액을 순환시켰으며, 음극실 내의 pH를 1~2로 유지시켜

줌으로서 pH 상승으로 인한 금속산화물의 발생을 방지함과 동시에 폐액의 정화로 인한 금속산화물의 증가를 방지하였다.

Table 1. Types and concentrations of metal oxides stuck on cathod plate.

| Type of metal oxides | Conc. (ppm) | Type of metal oxides | Conc. (ppm) |
|--------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------|
| ZnO | 1,400 | NiO | 2,700 |
| MnO | 5,300 | CuO | 1,300 |
| Cr ₂ O ₃ | 8,400 | CaO | 104,000 |
| BaO | 1,900 | SiO ₂ | 3,100 |
| MgO | 5,800 | Fe ₂ O ₃ | 229,000 |
| Al ₂ O ₃ | 189,000 | UO ₂ | 33,000 |

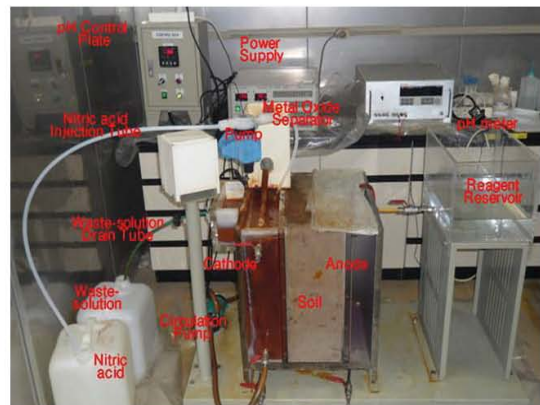


Fig. 1. Improved electrokinetic remediation equipment.

개선된 동전기 장치를 이용하여 방사능 오염토양 제염 실험을 수행하였다. 오염 토양의 우라늄 초기 오염도는 25, 50, 75, 100 Bq/g이며, 그림 x에 시간 경과에 따른 우라늄 제염 효율을 나타내었다. 개선된 동전기 장치를 통한 제염 실험 결과 초기 방사능 오염농도가 25 Bq/g 인 토양의 경울 제염 25일 후 약 96.8 % 제염되어 토양에 0.81 Bq/g 이 잔류

하는 것으로 나타났다. 또한 초기 농도 50 Bq/g 일 때 우라늄 자체 처분 기준인 1 Bq/g 에 도달하는 제염 기간은 34일이며, 이때 발생하는 동전기 세척 폐액의 양은 3.8 ml/g 이다. 초기농도 75 Bq/g 일 때 우라늄의 자체 처분 기준인 1 Bq/g 까지 도달하는 제염 기간은 약 42일 이며, 이때 발생하는 동전기 제염 폐액은 4.4 ml/g 이다. 오염토양의 초기 오염 농도가 100 Bq/g 일 때 자체 처분 기준인 1 Bq/g 이하로 제염하기 위해서는 약 49일의 제염 기간이 소요되며, 이때 발생하는 폐액의 양은 5.0 ml/g 이다. Fig. 2에 초기 농도가 다른 우라늄 오염 토양의 시간경과별 제염 효율을 나타내었다. 결과적으로 개선된 동전기 제염 장치를 이용하여 우라늄의 자체 처분 기준인 우라늄 1Bq/g 이하로 제염 가능함을 시사한다.

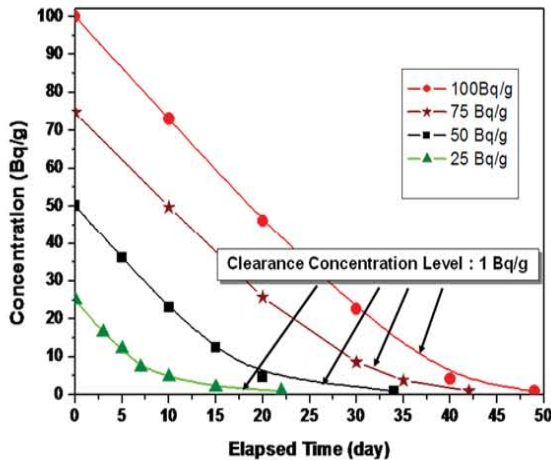


Fig. 2. Uranium radioactivity concentration versus remediation elapsed time per different initial concentration.

3. 결론

파일럿 규모 동전기 복원 장치를 개발하여 운영하는 중 음극 산화물의 발생으로 전류가 차단되는 문제점을 해결하기 위한 방안을 모색 하였다. 이에 발생된 음극의 금속산화물을 제거하고, 생성을 방지하도록 파일럿 규모 동전기 장치를 개선하였고, 이 장치를 이용하여 방사능 오염토양 복원 실험을 수행하였다.

개선된 동전기 장치를 이용하여 방사능 오염토양 복원 실험을 수행한 결과 초기 오염 농도에 따른 우라늄 자체 처분 기준(1 Bq/g 이하)을 만족하는 동전기 제염 기간을 도출할 수 있었다.

4. 참고문헌

- [1] G. N. Kim, W. K. Choi, C. H. Jung, J. K. Moon, Development of a washing system for soil contaminated with radionuclides around TRIGA reactors, J. Ind. Eng. Chem., Vol.13 ,p.406, 2007.
- [2] G. N. Kim, B. I. Yang, J. K. Moon, K. W. Lee, Development of vertical electrokinetic-flushing remediation, Sep. Sci. Technol., Vol. 44, p. 2354, 2009.
- [3] USEPA, In Situ Remediation Technology: Electrokinetics, 1995.