

동전기도양제염장치 개선 및 효율실증

김계남, 손동빈, 박해민, 김기홍, 박진호, 이기원, 정운수

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

kimsum@kaeri.re.kr

1. 서론

한국의 원자력시설 주변 부지에서 굴착하여 보관 중인 방사성 오염토양으로부터 우라늄을 제거하기 위해 부지특성에 적합한 파일럿규모 동전기 복원장치를 개발하였고, 동전기도양셀, 양극실, 음극실, 세정제 저장조, 장치지지대, pH 조절조, Power Supply 등으로 구성된다. Table 1은 우라늄으로 오염된 토양의 수리파라미터를 측정 한 값이다. 이 지역은 매립토이며 수리전도도가 작고 토양의 pH는 5.6이었다. 또한 우라늄오염토양 입자크기에 따른 방사능 농도는 Fig. 1과 같이 입자의 크기가 작을수록 방사능농도는 높아졌다.

Table 1. Hydraulic parameter of a soil contaminated with uranium

Parameter	value
Bulk density(g/cm ³)	1.52
Porosity(%)	41.4
Hydraulic conductivity(cm/sec)	2.3x10 ⁻⁸
Water content(%)	27.5
pH	5.6

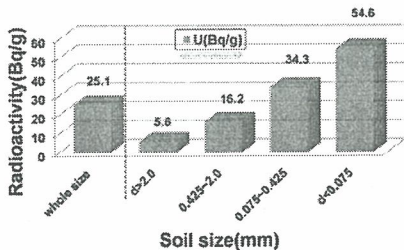


Fig. 1. Radioactivity versus size of a soil contaminated with uranium

한편, 동전기복원실험을 수행하는 동안 음극판의 금속산화물 층은 두꺼워졌고, 마침내 금속산화물 층이 전기 흐름을 차단하여 토양셀 내에 전기가 더 이상 흐르지 않게 되어 동전기장치 내의

우라늄제거 공정이 거의 정지되었다. Fig. 2.는 음극판에 부착된 금속산화물의 농도이다. 우라늄 외에 철과 알루미늄의 농도가 높았다.

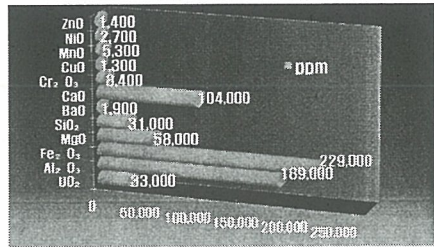


Fig. 2. Kinds and concentrations of metal oxides stuck on cathode plate.

본 연구에서는 제작된 동전기 토양제염장치의 문제점을 개선하고 개선된 장치의 제염효율을 실증하기 위한 실증제염실험을 수행했다.

2. 본론

동전기 복원 실험 시 음극전극 표면에 부착된 다량의 금속산화물을 제거하기 위한 방안을 도출했다. 동전기장치 개선을 위해 첫 번째로 Immersion-washing 장치를 제작하여 주기적으로 음극전극판을 음극실에서 꺼내어 표면에 붙어 있는 금속산화물을 질산용액으로 제거하였다. 다음으로 Filter box를 제작하여 순환하는 토양폐액 내의 0.075mm 이상의 금속산화물입자를 제거하였다. 제거된 입자들은 주기적으로 방사성폐기물드럼에 버렸다. 세 번째로 음극실에 토양폐액 순환시스템을 만들어 토양폐액이 계속 이동할 수 있게 하였고, 음극실 내의 폐액의 pH를 1~2로 유지시켜줌으로 pH 상승으로 인한 금속수산화물의 발생을 방지하고, 폐액이 정체함으로 인한 금속산화물의 증가를 방지했다. 위와 같이 개선된 동전기복원장치의 사진은 Fig. 3과 같다. 개선된 장치를 이용하여 우라늄 오염 토양에 대한 복원실험을 수행 중이며, 개선된 장치에 의한 금속산화물의 발생량은 상당히 감소하였고 2~4일에 한번씩 음극실에서 전극

판을 꺼내어 Immersion- washing 장치를 음극판 표면의 금속산화물을 제거하였다.

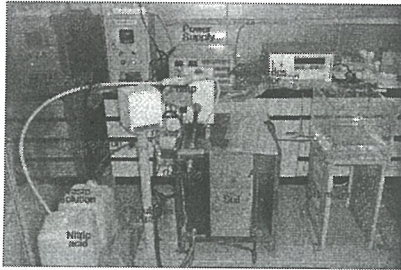


Fig. 3. Revised electrokinetic remediation equipment

Table 2와 Fig. 4는 동전기 토양제염 시 시간경과에 따른 토양 내의 우라늄 제거효율을 나타낸다. 오염토양의 초기 방사능농도는 25.1 Bq/g이었고, 3, 5, 7, 10, 15, 22, 25일 경과 시 우라늄 제거효율은 34.3, 51.8, 70.5, 81.3, 92.1, 96.0, 96.8%로 증가하였다. 유럽에서의 우라늄토양 자체처분을 위한 규제해체 기준농도가 약 1Bq/g이므로 25.1 Bq/g을 1 Bq/g으로 저감하기위해 필요한 시간은 약 22일 정도임을 알 수 있었다.

Table 2. Uranium removal efficiency and waste-solution volume along remediation elapsed time

Reagent (M)	Initial Concentration (Bq/g)	Remediation time (days)	Removal efficiency of U (%)	Electric Current (mA/cm ²)	Waste-solution Volume (ml/g)
Nitric acid (0.01M)	U 25.1	3	U 16.5(34.3)	10	
Nitric acid (0.01M)	U 25.1	5	U 12.1(51.8)	15	
Nitric acid (0.01M)	U 25.1	7	U 7.4(70.5)	15	
Nitric acid (0.01M)	U 25.1	10	U 4.7(81.3)	15	
Nitric acid (0.01M)	U 25.1	15	U 1.9(92.1)	15	
Nitric acid (0.01M)	U 25.1	22	U 1.0(96.0)	15	
Nitric acid (0.01M)	U 25.1	25	U 0.8(96.8)	15	3.1

또한, Fig. 5는 25일간 동전기제염 후 동전기토양셀 내의 위치별 토양내의 잔류 방사능 농도를 보여준다. 왼쪽은 동전기 토양셀의 단면도에서의 농도분포이며, 오른쪽은 동전기 토양셀의 평면도에서의 농도분포이다. 양극실 주변 토양에서의 농도가 가장 낮았고, 음극실 주변토양에서의 농도는 음극실의 낮은 pH 덕분에 낮았다. 그러나 동전기 토양셀 중앙에서는 잔류 방사능 농도가 약간 높게 나타났다. 25일후 평균 잔류농도는 0.81 Bq/g이었다.

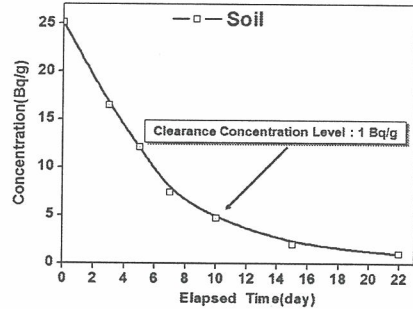


Fig. 4. Uranium residual concentration versus elapsed time for remediation.

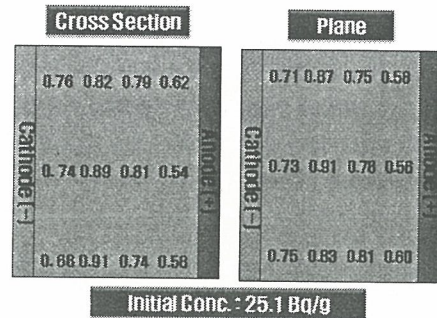


Fig. 5. Distribution of residual uranium concentration in soil cell after 25 days remediation.

3. 결론

음극전극판에 형성된 금속산화물을 제거할 수 있도록 동전기제염장치를 개선하였고, 25.1 Bq/g을 1 Bq/g으로 저감하기위해 필요한 시간은 약 22일 정도임을 알 수 있었다.

4. 감사의 글

본 연구는 한국정부가 지원하는 한국과학기술재단의 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

[1] G.N. Kim, Y.H. Jung, J.J. Lee, J.K. Moon, C.H. Jung, U.S. Chung, "Development of electrokinetic-flushing equipment for a remediation of soil contaminated with radionuclides", Journal of the Korean Radioactive Waste Society, pp.1-9 (2008).
 [2] K. Reddy and S. Chinthamreddy, "Sequentially enhanced electrokinetic remediation of heavy metals in low buffering clayey soils," J. Geotech. Geoenviron. Eng., March, pp. 263-277(2003).