

실제규모 동전기토양제염장치에 의한 우라늄오염토양 제염 실증실험

박옥량, 김계남, 김승수, 박혜민, 김완석, 권혁주*, 류오하*, 문제권

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

*선광원자력안전(주), 서울시 구로구 구로동 106-4

uks@kaeri.re.kr

1. 서론

원자력시설 주변의 토양은 원자력시설의 가동, 해체, 그리고 사고로 인하여 방사성 핵종으로 오염될 가능성이 크다. 한국원자력연구원 내에는 가동 중지되어 해체된 우라늄변환시설에서 발생한 우라늄 오염토양을 다량 보관 중이다. 이 오염토양을 방사성폐기물처분장에 처분 시 처분비용이 매우 고가이므로 제염 가능한 토양에 대해서 제염시켜 처분비용을 절감하는 것이 필요하다.

이를 위해 한국원자력연구원에서 보관 중인 우라늄 오염토양으로부터 우라늄을 제거하기 위해 부지특성에 적합한 파일럿규모의 동전기토양제염장치를 개발하였다. 하지만 이 동전기토양제염장치는 많은 양의 우라늄오염토양을 단기간에 처리하기에 다소 작은 단점을 가지고 있어 개선할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 800L규모의 동전기토양제염장치를 제작하여 보다 많은 양의 우라늄오염토양을 처리하고 그 제염효율을 실증하기 위한 실험을 수행하였다.

Table 1은 실험에 사용된 우라늄오염토양의 수리파라미터를 측정한 값으로 수리전도도가 작고 토양의 pH는 5.6이었다.

Table 1. Hydraulic parameter of a soil contaminated with uranium.

Parameter	Value
Bulk density(g/cm ³)	1.52
Porosity(%)	42.3
Hydraulic conductivity(cm/sec)	4.2×10 ⁻⁵
Water content(%)	22.2
pH	5.8

2. 본론

동전기적 제염방법은 오염물질을 용출시키는

시간이 많이 걸린다는 단점이 있어 이를 보완하기 위해 짧은 시간에 오염물질을 제거할 수 있는 제염방법인 토양 세척 기술(Soil washing)을 전처리공정으로 사용하였다. 제염 대상 우라늄오염토양의 초기농도는 10~40Bq/g이었으며, 실제규모 크기로 제작된 800L규모의 동전기토양제염장치의 제염효율을 알아보기 위해 초기농도가 다른 오염토양으로 전처리공정을 거친 후 제염장치에 넣고 시간에 따른 제염효율을 알아보았다. 우라늄 농도 측정은 CANBERRA사의 MCA(Multi Channel Analysis)기기를 사용하였고, 오염토양의 잔류우라늄농도는 자체처분기준농도인 0.4Bq/g 이하가 될 때까지 반응시켰다.

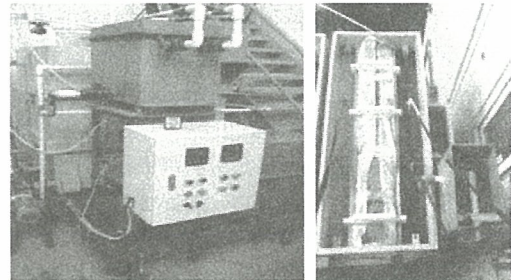


Fig. 1. 800L electrokinetic decontamination equipment.

Fig. 1은 실제규모 크기로 제작된 800L규모의 동전기토양제염장치로 동전기토양셀(120×120×24cm), 양극실(120×120×24cm), 음극실(120×120×24cm), 세정제 저장조(120×120×24cm), 장치지지대, 금속산화물 여과기, pH조절조, Power Supply 등으로 구성되어 있다.

Table 2. Uranium removal efficiency by washing.

Nuclide	Initial concentration	Washing decontamination
U-238	11.2 Bq/g	2.8 Bq/g(75.3%)
U-238	21.7 Bq/g	5.1 Bq/g(76.3%)
U-238	38.7 Bq/g	7.2 Bq/g(81.3%)

Table 2는 초기농도가 다른 우라늄오염토양의 전처리 후 결과로, 초기농도가 각각 11.2Bq/g, 21.7 Bq/g, 38.7Bq/g 일 때 전처리공정을 거친 후 각각 75.3%(2.8Bq/g), 78.3%(5.1Bq/g), 81.3%(7.2 Bq/g)의 우라늄 제거효율을 나타냈다.

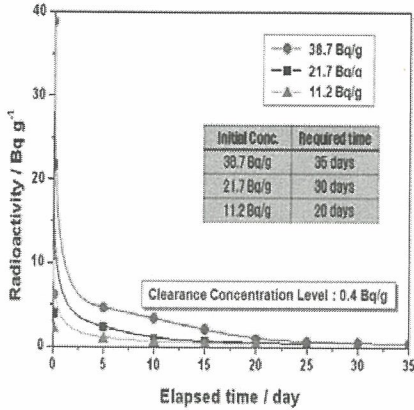


Fig. 2. Demonstration Results for Uranium Soil.

전처리공정을 거친 우라늄오염토양을 실제규모 크기로 제작된 800L규모의 동전기토양제염장치에 넣고 제염하였으며 그 결과를 Fig 2에 나타냈다. 초기농도가 각각 2.8Bq/g, 5.1Bq/g, 7.2Bq/g인 우라늄오염토양의 자체처분기준인 0.4Bq/g 이하로 제염하기 위해 필요한 시간은 각각 20days, 30days, 35days 정도로 초기농도가 높을수록 제염기간이 길어짐을 알 수 있었다.

Table 3. Removal efficiency over time.

	Anode (Bq/g)	Cathode (Bq/g)	Voltage (V)	Current (A)	Injection (ml/min)	Soil (Bq/g)
Initial con	-	-	-	-	-	21.7
After washing	pH: 0, washing: 4hrs, repetition time: 2, precipitation time: 2, mixing ratio: 2ml/g					5.1 (78.3%)
5 days	0.24	0.42	24	175	60	
10 days	0.28	0.60	21	195	60	
13 days	0.31	0.73	19	215	80	
17 days	0.29	0.68	18	245	80	
20 days	0.27	0.53	17	255	100	
25 days	0.12	0.36	16	265	100	
27 days	0.06	0.27	15	275	110	
30 days	0.02	0.17	15	250	110	0.18(99%)

이 중 전처리공정 전 초기농도가 21.7Bq/g인 우라늄오염토양을 동전기토양제염장치에 제염 시 시간경과에 따른 토양내의 우라늄 제거효율을 살펴 보았다. 그 결과, Table 3에 나타낸 바와 같이 전처리공정 후 오염토양의 우라늄잔류농도는 5.1Bq/g 이었고 30days 경과 후에는 0.18Bq/g으로 제거효율이 99%임을 알 수 있었다.

3. 결론

실제규모의 800L규모의 동전기토양제염장치를 제작하였고, 초기 우라늄농도 21.7Bq/g 토양을 전처리공정을 거치고 동전기토양제염장치에서 반응시킨 경우 30일 후 평균 우라늄 잔류농도는 0.18Bq/g으로 제거효율은 약 99%로 나타났으며, 초기 우라늄 농도 11.2Bq/g와 38.7Bq/g 토양인 경우 20일과 35일 후 평균 우라늄잔류농도는 0.4Bq/g이하로 제거됨을 알 수 있었다.

4. 참고문헌

- [1] 김계남, 정운호, 이정준, 문제권, 정종현, 정운수, 방사성오염토양 제염을 위한 동전기세정장치 개발, 한국방사성폐기물학회, Vol.6, No. 1, pp. 1-9, 2008.
- [2] 김계남, 손동빈, 박혜민, 김기홍, 박진호, 이기원, 정운수, 동전기토양제염장치 개선 및 효율 실증, 한국방사성폐기물학회, 2010년 추계학술대회 논문요약집, pp.71-72, 2010.