

세슘오염토양 제염 시에 토양오염기간이 미치는 영향 분석

김계남, 김승수, 김근호, 박혜민, 김완석, 권혁주, 문제권
 한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 989번길 111
kimsum@kaeri.re.kr

1. 서론

한국의 원자력시설 주변 부지에서 굴착하여 보관 중인 방사성 오염토양으로부터 세슘을 제거하기 위해 부지특성에 적합한 실제규모 동전기 복원장치를 개발하였고, 토양제염기간을 단축하기 위해 전처리공정으로 토양세척제염을 수행하여 토양으로부터 세슘을 약 80% 제거하였다. 또한, 동전기 기술에 의해 토양으로부터 세슘을 95%이상 제거하기 위해 개발된 실제규모 540L 동전기장치를 제작하고 동전기제염실험이 수행하였다. 제작된 동전기 복원장치는 동전기토양셀 (120x120x18cm), 양극실 (120x115x13 cm), 음극실 (120x115x17.5 cm), 세정제 저장조 (60x40x40 cm), 장치지지대, 금속산화물 여과기, pH 조절조, Power Supply 등으로 구성된다. 세슘오염토양은수리전도도는 약간 크고 토양의 pH는 5.6이었다. 또한 세슘오염토양 입자크기에 따른 방사능 농도는 Fig. 1과 같이 입자의 크기가 작을수록 방사능농도는 높아졌다.

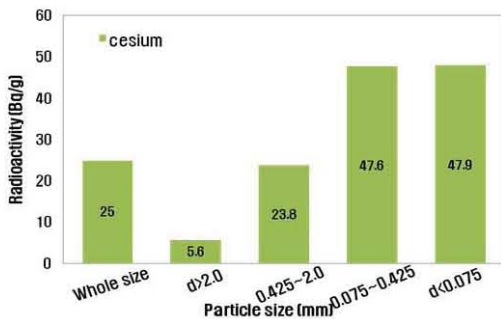


Fig. 1. Radioactive concentration according to the particle size.

제작된 복합동전기제염장치는 Fig.2 와 같이 3,000 L 규모의 토양세척장치와 540L규모의 동전기장치로 구성된다. 한편, 동전기복원실험을 수행하는 동안 음극실내의 금속산화물발생을 감소시키기 위하여 음극실 전해액을 순환시키고, 금속산화물 여과기를 부착하였으며 음극실내의 pH를 음극실의 pH를 1.0이하로 조정하였다.



Fig. 2. Manufactured 3,000L of soil washing equipment and 540 L electrokinetic decontamination equipment.

2. 토양제염실험

세슘오염토양 제염 시 토양오염기간이 미치는 영향을 분석하기 위해 원자력시설 주변 에 약 30년간 Cs-137으로 오염된 토양과 인공적으로 Cs-137를 오염시킨 후 1 개월 보관 한 후 샘플링한 두 종류의 토양시료를 사용하여 토양오염기간이 토양제염에 미치는 영향을 분석했다. 먼저 두 종류의 시료를 토양세척한 결과는 Table 1과 Table 2와 같다. 표에서 보듯이 토양오염기간이 짧은 1 개월 보관 토양이 30년 보관 토양보다 토양세척에 의한 세슘제거효율이 높았다. 또한, 두 종류의 토양 공통으로 토양의 초기농도가 높을수록 토양의 제염효율이 약간씩 상승하였다.

Table 1. Cesium removal efficiency by washing for different initial concentration of soil which has contaminated 30 years ago.

nuclide	Initial conc.	Soil washing	Electrok. decon.
Cs-137	10.0 Bq/g	2.43Bq/g (75.7%)	0.1 Bq/g
Cs-137	19.4 Bq/g	4.3 Bq/g (77.8%)	0.1 Bq/g
Cs-137	40.0 Bq/g	6.8 Bq/g (83.0%)	0.1 Bq/g

Table 2. Cesium removal efficiency by washing for different initial concentration of soil which has contaminated 1 month ago.

nuclide	Initial conc.	Soil washing	Electrok. decon.
Cs-137	20.0 Bq/g	2.2Bq/g (89.0%)	0.1 Bq/g
Cs-137	80.0 Bq/g	5.2 Bq/g (93.5%)	0.1 Bq/g
Cs-137	140.0 Bq/g	7.0 Bq/g (95%)	0.1 Bq/g

다음으로 두 종류의 세척된 토양을 제작한 복합동전기장치에 넣고 동전기제염실험을 수행하였다. Fig. 3은 30년간 보관된 오염토양의 시간별 제염효율을 보여준다. 자체처분을 위해 Cs-137규 제염제 농도인 0.1Bq/g까지 제염해야한다. 초기 세습 오염 농도10.0 Bq/g, 19.4 Bq/g, 40.0 Bq/g일 때, 오염토양으로부터 세습을 제거하기 위해 필요한 제염시간은 각각 60일, 80일, 100일이였다. 한편, Fig. 4는 초기오염농도 19.4 Bq/g인 토양을 80일 동안 동전기제염을 수행한 후의 동전기셀 토양내의 잔류 세습농도이다. 그림에서 보듯이 세습이온이 양극에서 음극으로 이동하기 때문에 음극에서의 농도가 양극쪽보다 약간 높았다.

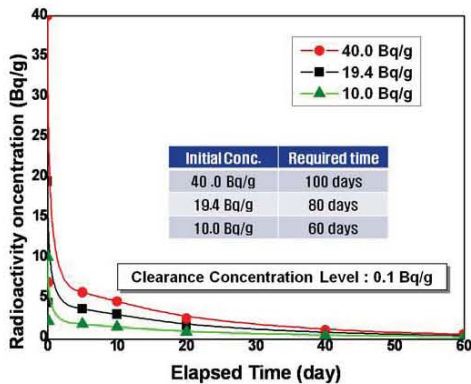


Fig. 3. Cesium radioactivity concentration versus elapsed decontamination time for 30 years ageing soil.

한편, Fig. 5는 1 개월간 보관된 오염토양의 시간별 제염효율을 보여준다. 초기 세습 오염 농도 20.0 Bq/g, 80.0 Bq/g, 140.0 Bq/g일 때, 오염토양으로부터 세습을 제거하기 위해 필요한 제염시간은 각각 15일, 20일, 25일이였다. 그러므로 세습오염기간이 길수록 토양으로부터 세습을 제거하기 위한 제염시간이 길다는 것을 알 수 있다.

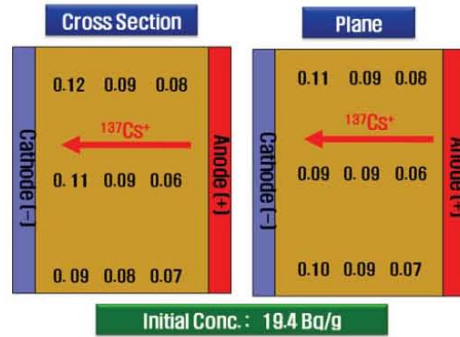


Fig. 4. Distribution of residual cesium concentration in a soil cell after decontamination for 80 days.

결론적으로, 동전기 제염시간이 길어지면, 많은 양의 전기와 질산용액이 소요되므로 세습오염 토양을 가능한 빨리 제염을 실시해야 경제적인임을 알 수 있다.

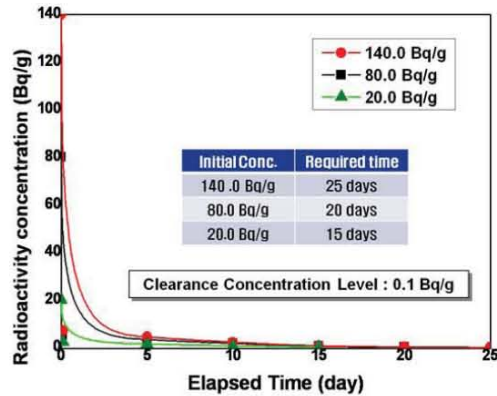


Fig 5. Cesium radioactivity concentration versus elapsed decontamination time for 1 month ageing soil.

3. 감사의 글

본 연구는 한국정부가 지원하는 한국과학기술재단의 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었습니다.

4. 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).