

방사성 토양의 크기별 세척기술(Soil washing) 최적조건 개발

손동빈, 김계남, 박혜민, 김기홍, 김완석, 이건우, 이기원, 문제권, 정운수
 한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045
 shondb@kaeri.re.kr

1. 서론

토양 세척 기술(Soil washing)은 물이나 첨가제가 포함된 수용액을 오염된 토양 등에 주입하여 오염물의 용해도를 높이고 침출되어 나오는 오염물을 추출하여 처리하는 토양 제염 기술이다. 이 방법은 유럽에서 토양 제염을 위한 방법으로 가장 폭 넓게 사용되는 토양 이송 제염법이며, 짧은 시간에 많은 양의 오염된 토양에서 제염이 가능한 기술이다. 그러나 세척용액의 오염성분을 제거하는 화학제의 선정이 어렵고, 세척용액을 처리하는 시설이 필요하다는 문제가 있다.

토양 세척 기술(Soil washing)을 사용할 경우 다량의 폐액이 발생하게 되며, 발생폐액이 동진기적 방법보다 수배이상 발생하므로 Soil washing 폐액을 어떻게 처리하는가에 대한 문제는 Soil washing 방법을 선택하는 중요한 요소가 된다. 또한 토양 중에 직경이 큰 돌 즉 자갈과 굵은 자갈(천연석으로서 직경이 0.5-20cm 정도의 둥근 돌)의 형태는 토양을 대상으로 만들어진 토양세척장치에서 장치에 손상을 주며, 토양세척장치의 안정적인 운영에 문제를 발생시킨다. 따라서 토양의 직경에 따라 장치의 적용을 다르게 할 필요성이 있다.

따라서 본 연구에서는 토양을 목적으로 하는 토양 세척장치의 적용과 직경이 큰 자갈의 경우 어떻게 세척장치를 다르게 적용할것인가의 문제와 어느 정도 크기의 토양, 자갈에서 장치를 달리할 것인가를 평가해 보았다.

2. 본론

2.1 토양 직경에 따른 토양 세척기술(Soil washing)의 선정.

토양세척장치에 토양 세척 기술(Soil washing)을 적용할 때 내구성과 운영상의 문제가 있으므로 토양을 크기별로 분류하여 각 크기별로 세척기술의 적용을 다르게 할 필요성이 있다.

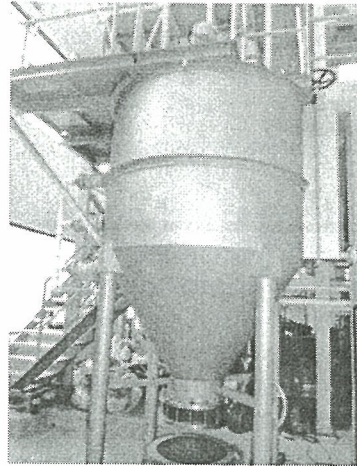


Fig. 1. 토양 세척장치.

일반적인 토양을 기준으로 할 때 토양세척장치는 Fig. 1. 과 같이 설치되어 운영하였다. 장치를 시운전하여 토양 제염에 좋은 결과를 얻었으나, 일정 크기 이상의 자갈이 다량 존재할 경우 토양세척장치가 작동할 때 임펠러 회전을 방해하고 토양 배출시 문제가 발생하며, 지속적으로 운영할 때 내구성에 문제가 발생할 여지가 존재한다. 때문에 자갈의 범주에 들어가는 토양, 즉 자갈의 경우 토양 세척 기술(Soil washing)을 적용하기전에 분류하여 다른 방식을 적용할 필요가 있다.

토양에서 일정한 크기 이상의 자갈(천연석으로서 직경이 0.5-20cm 정도의 둥근 돌)을 분류해본 결과 2.7cm이상 자갈의 비율은 전체 토양의 30%를 차지했고, 특히 10cm 이상 직경을 가진 자갈의 비율은 전체 토양의 10%를 차지하고 있었다. 토양에서 자갈이 차지하는 부분이 상당하였으며 제염과정을 달리하기 위하여, 우선 실험적으로 자갈의 크기에 따라 자갈의 오염도를 측정하여, 크기에 따라 특성이 달라지는 부분을 살펴보았다. 또한 자갈을 토양 세척 기술(Soil washing)을 적용하여 세척해 본 결과 토양을 세척하였을 때와는 다른 특성의 발생하였다.

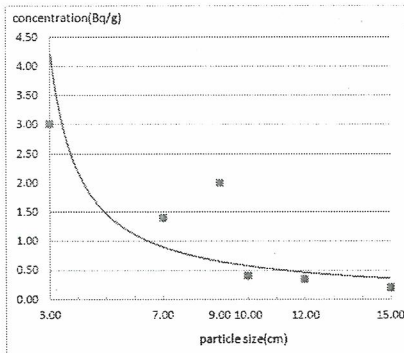


Fig. 2. 자갈의 크기에 따른 방사성 농도.

Fig. 2. 에서 자갈의 직경이 커질수록 토양이나 미세 자갈에 비해 방사성 오염량의 크기가 줄어주는 것을 알 수 있었으며, 특히 10cm이상의 직경을 가진 자갈은 기준치 이하의 오염치를 가지고 있거나, 오염이 된 경우라 하더라도 Table 1.에서와 같이 적은 횟수의 토양세척과 작은 양의 세척수로도 우수한 세척효과로 차체처분 기준치 이하($U_{238} < 0.4$ Bq/g)로 줄일 수 있음을 확인할 수 있었다.

Table 1. 직경이 10cm이상인 자갈에서 방사성 농도와 세척효과.

Reagent(M)	Nitric acid (2M)	Nitric acid (2M)	Nitric acid (2M)
Particle Size(cm)	10.0	15.0	21.0
Initial cons.(Bq/g)	0.4	0.2	2.1
Mixing ratio(g:ml)	/	/	1:2
Scrubbing time(hour)	/	/	1
Report number(time)	/	/	2
Removal Efficiency(%)	/	/	98.8 (0.25)

3. 결론

일정 크기 이상의 자갈(천연석으로서 직경이 0.5-20cm 정도의 등근 돌)이 다량 존재할 경우 토양 세척장치가 작동할 때 임펠러 회전을 방해하고 토양 배출시 문제가 발생하며, 지속적으로 운영할 때 내구성에 문제가 발생할 여지가 존재한다. 때문에 토양과는 달리 자갈의 경우 토양 세척 기술(Soil washing)을 적용하기 전에 분류하여 다른 방식으로 처리해야 한다.

자갈의 직경이 커질수록 토양보다 자갈(천연석으로서 직경이 0.5-7.5cm 정도의 등근 돌)이 자갈보다 굵은 자갈(천연석으로서 직경이 7.5-20cm 정도의 등근 돌)의 경우가 점차적으로 방사성 오염량의 크기가 작아지는 경향을 보였으며, 특히 10cm이상의 직경을 가진 자갈은 기준치 이하의 오염치를 가지고 있는 경우가 다수 있었으며, 오염이 된 경우라 하더라도 적은 횟수의 토양세척과 작은 양의 세척수로 우수한 세척효과로 차체처분 기준치 이하($U_{238} < 0.4$ Bq/g)로 방사성 농도를 줄일 수 있음을 확인할 수 있었다.

4. 감사의 글

본 연구는 한국정부가 지원하는 한국과학기술재단의 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

- [1] W. Luo, S.D. Kelly, K.M. Kemner, D. Watson, J. Zhou, P.M. Jardine, and B. Gu. "Sequestering uranium and technetium through co-precipitation with aluminum in a contaminated acidic environment" Environ. Sci. Technol. 43, pp. 7516-7522 (2009).
- [2] P. Zhou, B. Gu, "Extraction of oxidized and reduced forms of uranium from contaminated soils: The effects of carbonate concentration and pH" Environ. Sci. Technol. 39, pp. 4435-4440 (2005).
- [3] G.N. Kim, D.B. Shon, H.M. Park, K.W. Lee, U.S. Chung, "Development of pilot-scale electrokinetic remediation technology for uranium removal" Separation and Purification Technology. 80 pp. 67-72 (2011).