# 동전기 토양세척폐액 처리기술개발

김기홍, 김계남*, 손동빈*, 박혜민*, 김완석*, 이건우, 이기원*, 문제권*, 김병태
선광원자력안전(주), 대전시 대덕구 신일동 1683-1
*한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045
protosavior@nate.com

## 1. 서론

원자력시설을 운영 및 해체하며 발생하는 오염토양의 방사성 물질을 제거하기 위한 방법으로 동전기장치를 이용할 수 있다. 동전기장치를 이용한 오염토양 제염방법은 토양 내 존재하는 U, Co, Cs 등의 방사성 물질을 효과적으로 제거할 수 있는 장점이 있다. 그러나 동전기장치는 방사성 물질을 용출하는데 많은 시간을 소요한다. 이러한 단점을 보완하기 위해 전처리 개념으로 Soil washing 방법을 사용하여 제염했다. Soil washing 방법은 비교적 짧은 시간에 오염토양에서 다량의 방사성 물질을 제거하는 것이 가능하다. 하지만 토양의 부피에 비해 수배의 Soil washing 폐액이 발생하게 되며, 이는 동전기장치에서 발생하는 폐액보다 많은 양이다. 따라서 Soil washing 폐액 감용은 동전기장치를 이용한 토양 제염의 효율증대를 위한 필수요소이다.

본 연구는 Soil washing 방법 및 Soil washing 폐액의 처리를 위한 응집제의 적정 비율에 대하여 연구하였다.

## 2. 본론

### 2.1 Soil washing 방법 및 제염 효과

동전기장치는 오염토양 내 방사성 물질을 제거하는데 효과적이다. 그러나 요염토양의 방사능 농도가 높을 경우 이를 용출하는데 많은 시간이 소요되며 이로 인한 시간 및 비용은 증가하게 되는 단점이 있다. 이러한 문제를 보완하기위해 Soil washing 방법을 사용하여 초기 방사능 농도를 낮출 수 있다.

Soil washing은 1M $HNO_3$을 세척액으로 이용하였으며 토양과 세척액의 1g당 2.5ml이며, 3시간 세척 후 세척액을 교환하여 다시 3시간을 세척하였다. 세척은 Stirrer를 사용하여 이루어졌으며 오염토양과 세척액은 내화학성 PVC반응기 내에 넣어서 실행하였다.

Table 1. The Method of Soil washing and Efficiency

| Reagent | 1M $HNO_3$ |
|---|---|
| Mixing ratio(g:㎖) | 1 : 2.5 |
| Scrubbing time(hr) | 3 |
| Repetition(time) | 2 |
| Initial conc. (Bq/g) | 42.19 |
| Removal efficiency (Bq/g)(%) | 4.09 (90.3%) |
| Waste water (Bg/g) | 0.82 |
| Initial weight(g) | 40 |
| Remaining weight (g)(%) | 28.8(72%) |

### 2.2 Soil washing 폐액의 침전제 선정 및 효과

본 연구의 Soil washing 방법은 질산을 희석하여 오염토양을 씻어내는 방법으로 Soil washing 후 발생하는 폐액은 방사성 물질을 포함하고 있으며 또한 토양에서 씻겨 나온 미세한 토양입자가 포함되어있다. 이러한 토양입자는 충분한 시간을 방치하거나 침전제를 넣어서 가라앉힐 수 있다. Soil washing 폐액은 산성으로 낮은 pH를 가지며 중성상태의 폐액보다 상대적으로 침전 속도가 빠르다.

그러나 질산의 화학적 특성 때문에 다양한 모재에서 부식이 발생가능성이 높아서 보관 및 이송 등 취급에 위험이 따른다. 또한 방사성 물질을 함유하고 있으므로 사고 발생 시 큰 문제를 야기할 수 있다. 이러한 위험을 줄이기 위해 낮은 pH의 폐액을 중화시키는 작업이 필요하다. 그러나 폐액을 중화하면 침전속도가 느려지는 문제가 발생하게 된다. 침전속도는 폐액을 연속으로 처리하는데 필요한 요소이며, 전체적으로 동전기장치를 이용한 오염토양 제염 공정의 처리속도를 좌우하는 중요한 요소이다.

침전속도를 높이기 위하여 침전제를 폐액에 섞는 방법을 사용하였다. 주의할 사항은 침전제가 과다하게 투입되면 폐액을 침전시킨 후 많은 양의 폐기물이 발생할 수 있으며, 응집제가 소량이 들어가면 빠르게 침전이 되지 않는 것이다. 따라

서 적절한 침전제 및 적정 혼합비율을 결정하여야 한다.

동전기 폐액은 콜로이드 상태를 유지하며, 단시간 내에 침전되지 않았으며 몇 주 후에 소량의 침전이 발생하는 특성이 있었으나, Soil washing 폐액은 폐액발생 수 시간 후에는 바로 침전이 되었다. 따라서 Soil washing 폐액은 기존의 동전기 폐액과는 다른 성상을 가짐을 알 수 있다. 동전기 폐액은 탈수과정에서 필터의 수명을 연장하거나 침전속도를 빠르게 하기위하여 입자의 크기를 증대하는 침전제를 선정하였으나, Soil washing 폐액은 침전속도를 빠르게 하는 동시에 상등수의 방사능 농도를 떨어뜨릴 수 있는 것을 선정하였다. 침전제의 종류에 따라 침전속도에 차이를 보였으며 침전속도는 $Ca(OH)_2$ + Alum + Magnetite > $Ca(OH)_2$ > NaOH의 순서로 나타났으며 최적의 침전제 비율은 다음과 같다.

Table 2. The Best Ratio of Precipitator and Efficiency

| | |
|---|---|
| Waste water(㎖) | 100 |
| $Ca(OH)_2$(g) | 1.75 |
| Alum(g) | 0.2 |
| Magnetite(g) | 0.15 |
| Initial conc of Waste water(Bg/g) | 0.82 |
| Removal efficiency of Supernatant (Bq/g) | N/D |

## 3. 결론

동전기장치를 이용한 오염토양의 제염효율을 높이기 위해서 Soil washing 방법을 사용할 수 있다. Soil washing 방법으로 상당량의 방사성 물질을 제거할 수 있다. 이렇게 발생한 Soil washing 폐액은 방사성 폐기물이 되므로 감용할 필요가 있다.

Soil washing 폐액은 침전속도 및 폐액 내 제염효율이 높은 침전제를 선정하였다. 그 결과 $Ca(OH)_2$가 침전속도가 빨랐으며 Alum과 Magnetite를 중첩해서 사용했을 때 폐액 내 방사능 농도를 떨어뜨리는데 효과적이었다.

## 4. 감사의 글

본 연구는 한국정부가 지원하는 한국과학기술재단의 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었습니다.

## 5. 참고문헌

[1] 한국방사성폐기물학회, 2010년 춘계학술대회 논문요약집, pp.65-66

[2] 한국방사성폐기물학회, 2009년 춘계학술대회 논문요약집, pp.99-100

[3] 한국폐기물자원순환학회, 한국폐기물학회지 Vol.25, No.2, pp.146-153, 2008

[4] Chemical Engineering Journal 80, pp.237-244, 2000

[5] Radiation Physics and Chemestry 73, pp.125-130, 2005