

# 원전해체 방사성오염토양 분류장치 설계

이상철<sup>1\*</sup>, 한재문<sup>1</sup>, 김진희<sup>1</sup>, 홍대석<sup>2</sup>, 장원혁<sup>2</sup>

<sup>1</sup>현대건설, 경기도 용인시 기흥구 마북로 240번길 17-6

<sup>2</sup>한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

\*Lsc237@hdec.co.kr

## 1. 서론

2017년 고리 1호기의 영구정지를 시작으로, 국내에서도 원전해체가 본격적으로 진행될 예정이다. 하지만 국내의 경우, 원자력 연구시설에 대한 해체 경험만 있으며, 상용급 원전해체 경험은 전무한 실정이다. 원전해체 중 부지복원을 오염토양 세척공법은 국외의 규제기준치와 오염특성이 달라 국내 적용이 어려운 실정이다. 현재 국내에서는 원자력 연구원에서 복합동전기세척 기술을 개발을 하였으나, 제염수준은 높은 반면, 처리시간과 운영비용이 높아 상용급 원전해체에 적용하기 어려운 점이 있다. 오염토양의 처리시간과 운영비용이 높아지는 이유는 전체 토양에 대해서 별다른 분류작업 없이 전량 세척작업이 이루어지기 때문이다. 원전해체 부지에서 오염된 토양만 따로 분류한다면, 세척물량을 최소화하여, 오염토양의 처리시간과 운영비용을 줄일 수 있다. 본 연구에서는 원전해체 부지 내 오염된 토양을 분류할 수 있는 장치를 제작하고자 한다.

## 2. 본론

### 2.1 방사성 오염토양 특성

본 연구는 국내 원전해체가 이루어지지 않은 상황에서, 방사성오염토양의 특성을 파악하기 위해 원자력연구원에 보관 중인 연구로해체 토양을 입도별로 분리하여 방사능적 특성을 분석하였다. Fig. 1에서처럼 방사성오염토양은 입도가 작아짐에 따라서 방사능준위가 높아짐을 알 수 있다.

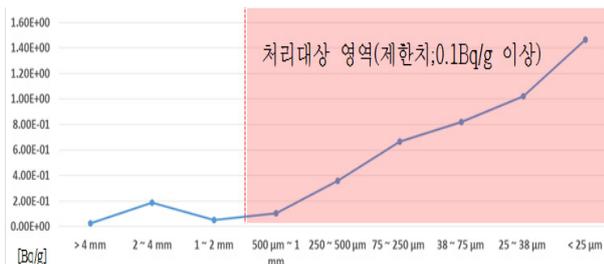


Fig. 1. Specific radioactivity of Cs-137 by particle size.

### 2.2 예상 해체토양 물량

고리 1호기의 경우, 반경 150 m, 깊이 1 m의 해체토양으로 가정하였을 때, 약 7만톤의 해체물량을 예상하였다[1]. 실제 사례로 미국의 Maine Yankee 발전소 부지의 해체토양은 4만톤이 발생하였고, Connecticut Yankee 발전소에서는 2만톤이 발생하였다[2]. 본 연구에서는 원전해체 부지 복원 기간을 18개월로 가정하였고, 토양의 물량은 5만톤으로 가정하였다. 따라서 상용급 처리용량은 50,000 톤/450 일/8 시간 = 14 톤/시간, 실증급은 3 톤/시간, Lab-scale급은 500 kg/시간 = 30 kg/batch x 16 batch/시간으로 설계기준을 세우고, 1 batch = 40x40x20 cm로 Lab-scale 단계에서 한 번에 측정하는 토양의 부피를 산정하였다.

### 2.3 방사성 오염토양 입도분리

입도분리는 크게 두 번에 걸쳐 이루어진다. 첫 번째는 trommel을 통해 조립토와 미세토를 분리할 예정이며, 건식상태에서 이루어진다. 조립토는 기본적으로 방사능이 낮으므로, 방사능 분류장치를 통과할 경우의 별도의 처리없이 규제해제가 될 것을 가정하였다. 미세토는 사이클론을 통해, 입도분리를 세분화하여, 오염도에 맞는 세척방법을 결정할 예정이다. 방사능 오염토양 제염 공정은 아래의 Fig. 2에 나타내었다.

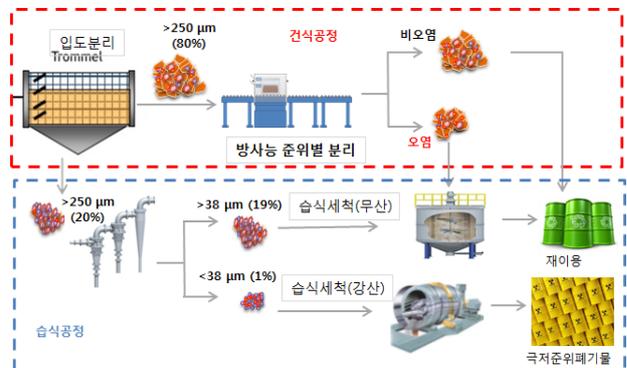


Fig. 2. Decontamination process of radioactive soil.

## 2.4 방사성 오염토양 방사능 분리

방사능 오염 측정시스템은 크게 방사능 모니터링 시스템과 방사능 평가 시스템으로 나눌 수 있다. 방사능 모니터링 시스템은 오염물질 유입 감지를 목적으로 빠른 측정이 중요하며, 방사능 평가 시스템은 방사능 평가를 통한 규제준위 결정이 목적으로 정확한 핵종 재고량 평가가 중요하다. 방사능 모니터링 시스템은 plastic scintillator를 계측기로 사용하고, 계측시간이 짧고, 차폐가 없는 오픈구조이며, 방사능 평가시스템은 NaI(Tl), HpGe를 계측기로 사용하며, 계측시간이 길고, 차폐체를 사용하여, 백그라운드의 영향을 줄였다.

### 2.4.1 설계요소 확정

본 연구에서는 MCNP(방사선 해석코드)를 시뮬레이션을 통해 계측성능 예측을 하여 설계요소를 결정하였다. 설계요소는 측정방식, 계측기타입, 차폐유무, 계측기 개수를 설정하였고, 본 연구에서는 Batch type, Plastic scintillator, 납차폐, 3면 측정을 설계요소로 확정하였다.

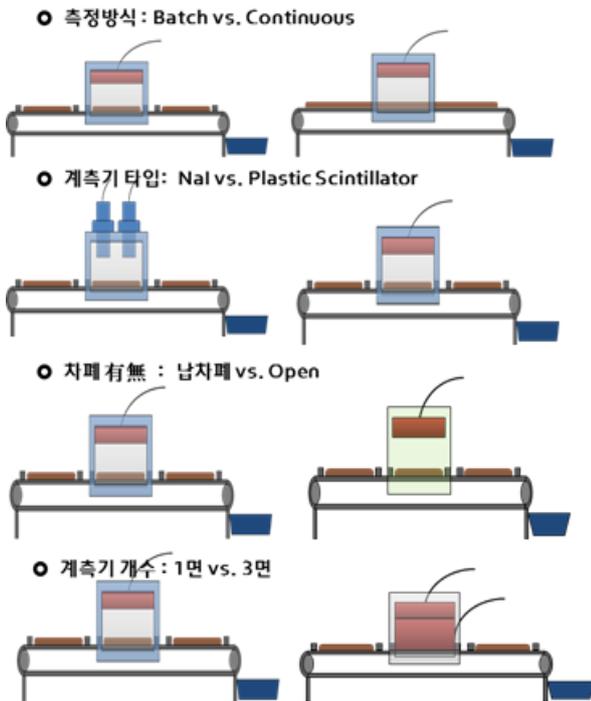


Fig. 3. Determination of design factor for radioactive soil sorting system.

### 2.4.2 설계장비 Layout

방사성 오염토양 분리장치는 Cs-137을 핵종을 대상으로 계측하한치는 10 Bq/kg을 목표로 하고 있다. 계측장치로 60x30x5 cm 의 Plastic scintillator 4장을 사용하였으며, 차폐는 5 cm 납벽돌을 사용하였다.

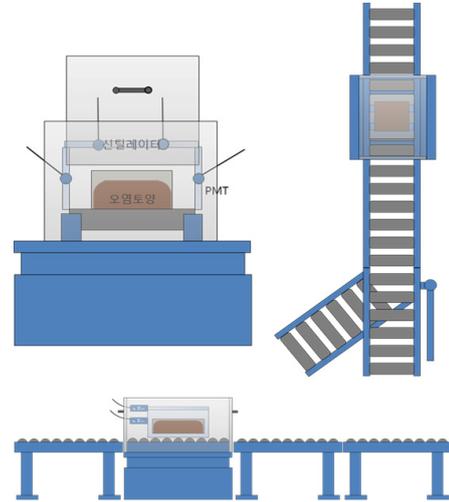


Fig. 4. Layout of radioactive soil sorting system.

## 3. 결론

추후 설계장비를 실제 제작하여, 원자력연구원에서 보유 중인 방사성 오염토양을 측정하여, 방사성 오염토양 분리장치의 성능평가를 실시할 예정이다. 분리장치의 계측하한치를 계산하여, 규제해제 기준을 만족시킬 수 있는지 평가할 예정이다.

## 4. 참고문헌

- [1] "방사선 안전규제 기술개발", 원자력안전기술원, 2015.
- [2] "Connecticut Yankee Decommissioning Experience Report", EPRI, 2006.
- [3] "Maine Yankee Decommissioning Experience Report", EPRI2004.