

방사성 오염토양의 입도에 따른 방사선적 특성연구

장원혁^{1*}, 신기백¹, 홍대석¹, 한재문², 이상철², 김진희²

¹한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

²현대건설주식회사, 경기도 용인시 기흥구 마북로 240번길 17-6

*whjang@kaeri.re.kr

1. 서론

1988년 한국원자력연구원 서울사무소 해체부지 환경정비 과정에서 발생한 약 4,800 드럼의 토양 및 콘크리트 드럼이 대전으로 이송되어, 제1방사성 폐기물 부속시설에 저장되어 있었다. 그 중 약 2,800 드럼은 2007년, 2008년에 걸쳐 자체처분 처리절차를 통해 위탁매립을 완료했다.[1]

저장되어 있는 나머지 약 1,800 드럼의 토양처리방법 수립을 위한 실험으로 첫째, 토양을 정밀 입도분류하고, 둘째, 각 입도별 방사능 측정을 통해 자체처분, 제염처리, 고형화 처리를 위한 토양의 입도분류 기준을 결정하고자 한다. 본 연구에서는 실험계획 수량인 총 10가지 시료 중, 우선 하나의 시료를 대상으로 사전 특성연구를 위한 실험을 하였다.

실험결과는 입도분류를 빠르고, 정확하게 할 수 있는 '방사성 오염토양 분류장치 개발'을 위한 토양의 방사능 분포특성평가 기초자료로 활용할 수 있다.

2. 본론

2.1 방사성 토양드럼

2015년 6월 기준으로 제1방사성폐기물 부속시설에 저장되어 있는 방사성 토양드럼은 약 1,800 드럼이다. 제1방사성폐기물 부속시설은 해체폐기물 등 표면선량률 0.5 mR/h 이하의 극저준위 폐기물을 저장하는 시설로 저장용량은 3,320 드럼이다(Fig. 1). 저장된 토양드럼은 실험을 위해 방사성폐기물처리시설(Radioactive Waste Treatment Facility)로 이송했다.



Fig. 1. Radioactive waste Storage Unit No.1-1.

2.2 시료 채취

방사성 토양은 2007 ~ 2008년에 자체처분을 위한 작업과정에서 비교적 균질하게 혼합되었다. 시료를 채취하기 위한 방법으로 단독 토양시료, 혼합 토양시료로 구분하여, 저장되어 있는 대상드럼 수량을 적절하게 선정하였다. 단독 토양시료의 경우, 하나의 드럼에서 하나의 시료만 채취하는 방법이며, 혼합 토양시료는 여러 드럼에서 일정량의 시료를 채취하고 혼합하여 하나의 시료를 실험에 사용하는 방법이다. 예를 들면 10개의 드럼에서, 드럼당 1.5 kg씩 채취하여 (총 15 kg) 토양을 혼합한 뒤 하나의 시료를 얻는다(Fig. 2).

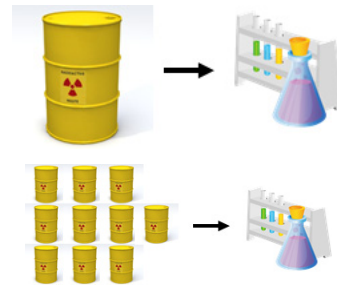


Fig. 2. Single drum sampling(Upper)
Mixed drum sampling(Lower).

Table 1. Classification range for soil particle as sieve aperture opening[2]

Particle separation	Gravel		Sand					Silt	
	> 4 mm	2-4 mm	Very coarse	Coarse	Medium	Fine	Very fine		
Particle classification range	> 4 mm	2-4 mm	1-2 mm	500 μm - 1 mm	250-500 μm	75-250 μm	38-75 μm	25-38 μm	< 25 μm
Aperture opening	4 mm	2 mm	1 mm	500 μm	250 μm	75 μm	38 μm	25 μm	
Designation No.	#5	#10	#18	#35	#60	#200	#400	#500	

2.3 시료 전처리

시료는 4 일 이상 상온에서 건조를 하였으며, 수분함량 측정방법에 따라 건조기에서 110°C로 4 시간 건조하였다. 측정된 수분함량은 0.97wt%로 완전건조 상태이다.

표면 선량율은 측정기의 백그라운드(B.K.G.)미만 (< 0.6 μ Sv/hr) 으로 측정되었다.

2.4 입도분류

토양의 입도범위를 세분화하여 분류하기 위해 Table 1과 같이 정의 하였다. 표준체(Standard Sieve)의 공극(Aperture opening)에 따라 9가지로 범위를 설정하여 각 범위에 해당하는 토양시료를 얻었다.

입도분류에는 Motorized Sieve Shaker를 사용하였으며, 입도 25 μ m 미만의 시료를 방사능측정 최소량인 10 g을 얻을 때까지 수차례 반복 실험을 수행하였다. 입도 분류결과 250 μ m 이상인 토양이 시료 전체무게의 약 80% 이상을 차지하였다(Fig. 3).

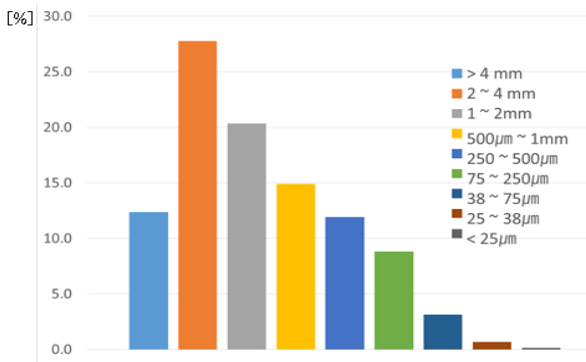


Fig. 3. Particle classification range graph.

2.5 방사능 측정

방사능 측정을 위해 '감마선 방출 혼합 핵종(10개) 방사능 인증표준물질'을 이용하였다. 인증표준물질은 80 ml 원통형 플라스틱 비커에 담은 10 ml 액체 선원으로, 측정대상 시료의 Geometry를 일치시키기 위해 인증표준물질과 같은 용기를 사용하였다.

방사능 농도는 Co-60의 경우 입도 500 μ m 이상의 입도범위에서 최소검출하한치 미만을 나타내었으며, 나머지 일부구간에서 자체처분 제한치(0.1Bq/g) 이상의 값을 나타냈다(Fig. 4). Cs-137은 입도 500 μ m 이상의 토양을 제외한 나머지 범위에서 자체처분 제한치(0.1 Bq/g) 이상의 값을 나타냈다(Fig. 5).

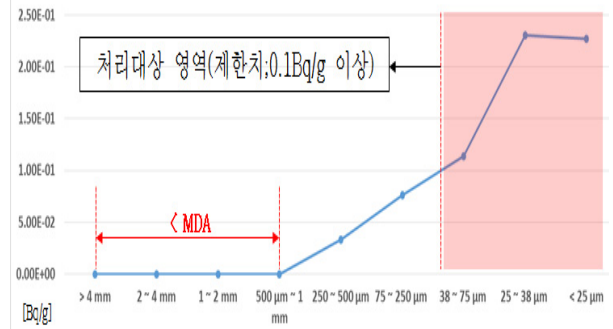


Fig. 4. Results of Co-60 specific radioactivity [Bq/g].

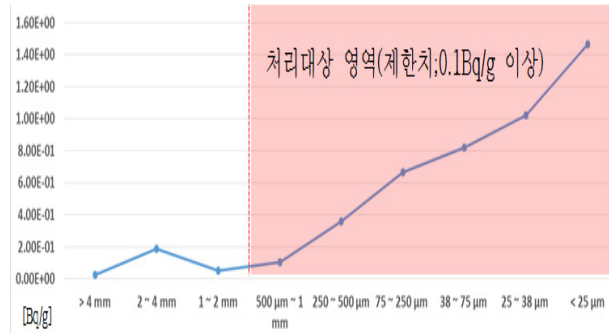


Fig. 5. Results of Cs-137 specific radioactivity [Bq/g].

3. 결론

연구원에 저장되어 있는 방사성 오염토양의 입도에 따른 방사선적 특성 실험을 하였다. 이미 생성년도로부터 약 30 년 이상 지난 오염토양은 대부분 감소되어, MDA 미만 또는 낮은 방사능 농도를 나타내었다. 입도가 작아질수록 각 범위에 해당하는 시료량이 현저히 작아지는 경향을 보였으나, 반대로 방사능 농도는 점차 증가하는 특성을 보였다.

앞으로 나머지 시료들의 실험을 통해 정확한 토양 입도분류 기준을 결정한다면, '자체처분, 제염처리, 고형화 처리' 등으로 방사성 오염토양의 양을 상당히 줄일 수 있을 것이다.

또한 실험결과는 '방사성 오염토양 분류장치 개발'을 위한 기초자료로 활용할 수 있다.

4. 참고문헌

- [1] 저장중인 오염토양의 핵종 및 방사능재평가, KAERI/RR-2650/2005.
- [2] 618.87 Texture Triangle and Particle-Size Limits of AASHTO, USDA, and Unified Classification systems, NSSH Part 618(subpart B), United States Department of Agriculture.