

해체 부지 잔류오염도 현장 측정시스템 개발

남종수, 홍상범*, 최용석, 유지현, 서범경, 문제권, 최종원
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111
*sbhong@kaer.re.kr

1. 서론

원자력시설 해체 완료 후 부지를 규제해제하기 위해서는 부지의 잔류오염도를 측정하여 잔류방사능 유도농도보다 낮음을 증명하고, 최종부지상태보고서(FSSR)를 제출하여야 한다.

본 연구는 해체 부지의 복원 및 잔류오염도를 신속히 측정하기 위해서 부지 잔류오염도 현장 측정시스템을 개발하였다. 측정시스템은 부지의 표면 오염분포를 신속하게 측정할 수 있는 Mapping 시스템과 부지의 깊이오염분포를 현장에서 측정할 수 있는 측정시스템으로 구성된다. 해체부지 현장측정 시스템은 실시간으로 부지의 오염현황을 조사 평가할 수 있기 때문에 조사비용 및 시간을 상당히 절감할 수 있어 향후 오염된 부지의 복원 및 규제해제를 위한 잔류오염도 조사에 유용하게 활용할 수 있다.

2. 본론

2.1 부지오염도 Mapping 시스템

실시간 측정 시스템은 신속하게 현장에서 방사성 오염을 측정할 수 있기 때문에 조사비용 및 조사시간을 상당히 절감할 수 있어 부지의 잔류오염도 조사에 매우 유용하게 활용되고 있다. 이때 사용되는 검출기 및 지리정보체계(GIS)와 연계하여 위치에 대한 지도화(Mapping) 기술은 지속적으로 발전하고 있으며 다양한 형태의 부지조사장비가 개발되고 있다 [1].

해체 부지의 오염도를 신속하게 측정하기 위해 개발된 부지오염도 Mapping 시스템은 NaI(3×3 inch), GPS 등의 센서와 Digital 신호처리부, 전원 공급 장치 및 원거리 자료전송을 위한 통신모듈로 구성된 측정시스템을 제작하였다. 광역부지 조사를 위해 협소한 공간 및 차량접근이 불가능한 지역의 조사를 위한 백팩(backpack) 장비와 차량에 장착할 수 있는 측정시스템을 개발하였다. 백팩 장비는 아래의 Fig. 1과 같이 검출기와 PMT 및 MCA 일체형으로 제작하여 장비의 이동성을 향상시켰으며

검출기는 3×3 NaI(Tl)를 이용하였고 측정시스템에서 스펙트럼 및 선량률 정보와 GPS 위치정보를 통합하여 유/무선으로 Data를 전송하도록 시스템을 구성하여 장비의 이동성을 향상시켰다. 차량 장착형 측정시스템은 3개의 3×3 NaI(Tl) 검출기를 연결하여 광역 부지를 신속하게 조사할 수 있도록 차량에 장착하여 조사할 수 있는 측정시스템을 개발하였고, D-GPS를 장착하여 위치에 대한 정확도를 50-70 cm 까지 정확성을 향상되었다.



Fig. 1. Site contamination mapping system(backpack and vehicle mount).

개발된 광역부지 조사장비를 이용하여 연구로 해체 부지를 대상으로 성능평가를 수행하였다. 개발된 측정시스템을 이용하여 연구로 해체 부지의 잔류오염도 및 국부오염 조사에 활용하는 경우 개방기준에 따른 검출성능을 확보하기 위하여 검출기의 높이 변화 및 측정속도 변화에 따른 Scan MDC를 평가하였다. 측정조건을 도출하기 위해 잔류방사능 유도농도 (Cs-137, 0.25Bq/g)로 가정하면 검출기 높이는 50 cm 이하 및 조사속도는 5 km/h 이하로 조사하는 것이 적절한 것으로 평가되었다.

2.2 부지 깊이분포 현장측정시스템

현장에서 측정된 스펙트럼의 전에너지흡수 영역(full absorption)과 컴프턴 산란 영역(compton scattering)의 신호특성을 분석하여 부지의 깊이 오염분포를 현장에서 측정하여 평가하는 기술이다. PTV(Peak to valley) 방법을 적용하기 위해서는 주 피크, Valley 및 백그라운드 영역에 대한 신호를

이용하게 된다. 방사성물질이 깊이 증가에 따라서 광전흡수에 의한 주에너지 피크는 감소하고, 콤프턴 영역의 증가로 인해 PTV 비율이 깊이에 따라 변하게 된다 [2].

실험실 환경에서 대면적 선원을 이용하여 방사능의 깊이분포가 지수함수 변화하는 경우에 대한 스펙트럼의 신호비율을 평가하였고, 측정결과는 MCNP 모델링을 통해 결과를 검증하였다. 이러한 평가결과를 바탕으로 광역 부지(>100 m 이상)에 대하여 다양한 깊이분포에 따른 PTV 비율($Q = \text{peak count rate}/\text{background count rate}$)와 깊이분포($\beta = \rho/\alpha$, Relaxation mass per unit area)에 대한 상관관계를 도출하여 Fig. 2에 제시하였다.

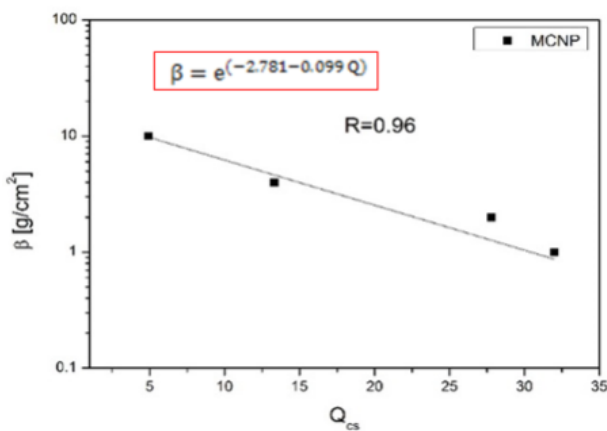


Fig. 2. Correlation between Spectrally derived coefficient Q with depth distribution(β).

토양의 성분변화에 따른 영향을 평가하기 위해 ICRU 53 및 연구로의 토양의 성분에 변화에 대하여 MCNP를 이용하여 평가한 결과 1.2% 이하의 영향을 보여주었다. 또한 토양의 깊이분포에 따른 밀도 변화가 효율변화에 대한 영향을 평가한 결과 깊이분포가(β)가 증가함에 따라 효율은 지속적으로 감소하고, 토양의 밀도가 증가함에 따라 검출효율이 감소하는 경향을 Fig. 3과 같이 보여주어 자체 흡수 보정인자를 도출하였다.

이러한 평가결과를 연구로 해체 과정에서 오염된 부지를 복원한 고체폐기물 저장조 주변 부지에 대하여 적용한 결과 깊이 분포의 상대오차 7%이하로 평가되었다. 현장측정기술은 일반적으로 20%이상의 오차를 갖는 것을 고려하면 연구로 부지에 대한 깊이분포 현장 측정결과는 잘 일치함을 확인하였다.

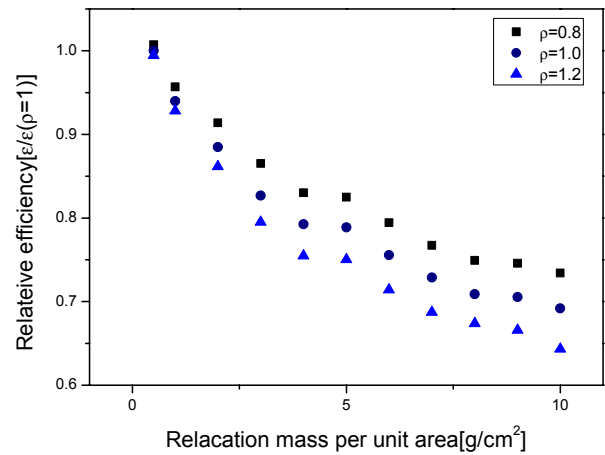


Fig. 3. Detection relative efficiency depending on soil density and depth distribution.

3. 결론

해체 부지의 잔류오염도를 신속하게 측정하기 위하여 부지 오염도 Mapping 시스템을 이용하여 부지의 오염도 분포 및 국부오염(Hot-spot)의 위치를 확인하고 오염 확산에 따른 깊이오염 분포를 현장 측정시스템을 이용하여 평가할 수 있는 측정시스템을 개발하였다. 현장 측정시스템은 부지의 오염특성 조사에 소요되는 비용 및 시간을 상당히 절감할 수 있어 해체 및 오염부지 조사에 매우 유용하게 활용될 것으로 기대된다. 이러한 측정시스템과 공간분석기법을 적용하여 오염특성을 가시화하기 위한 연구가 필요할 것이다.

4. 참고문헌

- [1] ITCR, "Real-Time Measurement of Radionuclides in Soil: Technology and Case Studies," The Interstate Technology & Regulatory Council Radionuclides Team, 2006, Washington, DC.
- [2] S.B. Hong, J.S. Nam, Y.S. Choi, B.K. Seo, and J.K. Moon, "Application of In Situ Measurement for Site Remediation and Final Status Survey of Decommissioning KRR Site," J. of radiation protection and research, vol41(2), 2016.