

해체 부지의 오염 확산에 따른 부지복원 평가 방안

홍상범*, 서범경, 문제권, 최종원

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

*sbhong@kaeri.re.kr

1. 서론

원자력시설 해체의 최종단계로 부지 내에 잔류되어있는 모든 방사성물질에 대한 오염도를 조사하고, 개방기준을 초과하는 오염을 제거하여 최종적으로 해체 부지를 재이용 하는 것이 해체 사업의 목적이다. 이를 위해 부지개방기준(Site Release Criteria)을 수립하고, 부지의 잔류오염도 평가하고, 오염된 토양을 제거하기 위한 복원활동(Remedial Action)을 수행하고, 최종현황조사를 통해 부지를 개방하는 일련의 절차가 요구된다.

본 연구에서는 연구로 해체과정에서 오염이 제거된 부지를 대상으로 개방기준 도출을 위한 입력인자의 민감도 분석, 깊이 오염 분포에 따른 개방기준의 영향을 평가하였고, 오염된 부지를 효율적으로 복원하기 위해 지질통계기법을 적용하여 3D 오염분포 및 복원폐기물량을 평가하여 오염된 부지의 평가방안을 도출하였다.

2. 본론

2.1 부지 복원 평가 방법

오염된 부지를 복원하고, 해체 후 부지를 재이용하기 위해서는 방사선학적 영향을 평가하여 부지개방기준을 도출해야 한다. 본 연구에서는 RESRAD on-site 7.0을 이용하여 연구로 해체 부지를 대상으로 오염된 부지를 대상으로 거주자에 대한 방사선학적 영향을 평가하였다. 오염 토양내 관심 핵종은 연구로 부지복원 및 해체폐기물 처리/처분 과정에서 검출된 Co-60, Sr-90 및 Cs-137 로 설정하였으며, 거주경작(Resident farmer) 시나리오에 대하여 연간 피폭선량을 계산하였다.

해체 부지의 복원을 위해서는 깊이별 오염 확산에 대한 방사선학적 영향을 평가해야 한다. 그러나 RESRAD 평가방법은 오염면적이 균질하게 오염된 것으로 가정하여 평가한다. 이를 위해 오염된 부지의 깊이 분포를 1 cm 층으로 각각 구분하여 깊이 10 cm 까지 평가하였다. 그 결과를 최대 오염도 및 평균 오염도로 균질하게 오염된 부지에 대하여

비교평가를 수행하였다. Fig. 1은 연구로 평가를 위한 깊이 분포모델을 보여주고 있다.

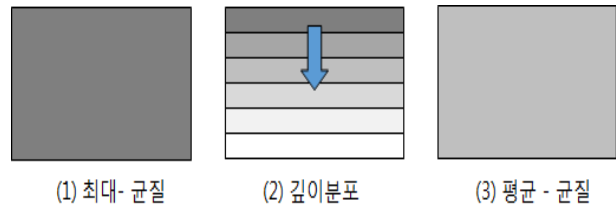


Fig. 1. Subsurface contamination distribution for dose assessment of the KRR site.

방사선학적 안전성 평가를 통해 핵종별 개방기준을 도출하기 위해서는 선정된 시나리오에 대한 다양한 입력인자의 민감도 분석을 수행하여 부지 특성을 반영한 적절한 입력인자를 적용하여야 한다.[1] 입력인자의 민감도 분석을 위해 연구로 해체 부지 특성을 반영한 입력인자에 입력인자의 2배의 입력값을 적용하여 민감도 분석을 수행하였다. 예를 들면 입력인자 1의 경우, 0.5와 2를 적용하여 민감도를 평가하였다. 오염된 토양의 핵종이 이동과 관련하여 Kd(distribution coefficient) 변화에 따른 핵종별 영향도 평가하였다.

오염된 부지의 복원을 위해서는 부지의 오염특성을 이용하여 오염을 가시화하고 복원해야할 폐기물량 예측이 필요하다. 이를 위해서 지질통계학의 공간분석(Spatial analysis) 기법을 이용하여 폐기물량을 평가하였다. 평가를 위해 채취 시료의 측정결과와 공간정보를 이용하여 베리오그램을 작성한다. 베리오그램은 일정거리 h만큼 떨어진 두 자료들간의 차이를 제공한 것의 기댓값으로 거리가 가까우면 그 값들이 비슷한 결과를 제시한다. 베리오그램을 근거로 관심 있는 지역의 특성 값을 알기위해 이미 측정된 결과 값들의 선형조합으로 그 값을 예측할 수 있는 방법이 크리깅(Kriging)을 수행하고 폐기물량 평가를 위해 시뮬레이션 과정을 거치게 된다.[2] 평가를 위해서 Geovariance에서 개발된 KARTOTRAK을 이용하여 평가하였다.

2.2 부지 깊이 복원 평가 결과

부지의 깊이 오염분포에 따른 방사성학적 영향을 평가한 결과 최대오염도로 균질하게 오염된 경우가 가장 보수적이며, 지수함수 형태의 깊이 분포를 가지는 경우, 평균오염도로 균질하게 오염된 경우 순으로 평가되었다. 최대 오염도로 균질하게 오염된 경우 지수분포와 비교하여 약 2배정도 보수적으로 평가되었다. 구체적인 결과는 Table 1과 같다.

Table 1. results of depth distribution of KRR site for Cs-137

Dis.	Max.	Exp.	Avg.
Ativity (Bq/g)	3.0	3.0~0.01	0.94
Dose (mSv/yr)	9.50E-01	4.85E-01	2.98E-01

부지의 개방기준 도출을 위해 핵종별 입력인자의 민감도를 분석한 결과 Fig. 2와 같다. 평가결과 감마선 방출핵종의 경우 Indoor/Outdoor time fraction, external shield factor 및 Thickness of contamination zone 등이 민감도가 높게 평가되었다. 베타선 방출핵종은 Thickness, density of contamination zone 등이 민감도가 높게 평가되었다.

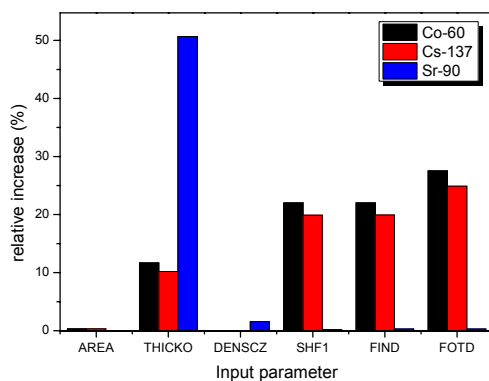


Fig. 2. Parameter sensitivity analysis results for beta and gamma radionuclides.

분배계수(Kd)에 대한 평가결과 위의 평가인자 보다 민감도가 낮은 것으로 평가되었고, Sr-90이 감마방출 핵종이 보다 민감한 것으로 평가되었다.

부지의 깊이오염 분포를 가시화하고 복원 폐기물량 평가를 위해 공간분석 기법을 적용하여 평가였다. 실험 베리오그램을 근거로 구형모델을 이용하

여 이론적 모델을 적용하였고, 정규화 과정을 통해 3차원 오염지도를 아래의 Fig. 3와 같이 작성하여 부지의 깊이 오염 분포를 가시화 하고 폐기물량을 평가하였다.

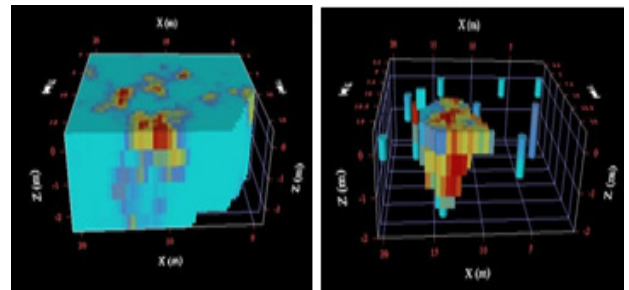


Fig. 3. The 3D contamination distribution using geostatistics analysis for KRR site.

3. 결론

연구로 해체과정에서 오염된 부지를 대상으로 오염의 깊이분포에 따른 안전성평가를 수행하였고, 피폭시나리오에 따른 핵종별 입력인자의 민감도 분석을 통해 중요한 평가인자를 도출하였다. 이를 근거로 도출된 개방기준에 대하여 폐기물 오염분포를 가시화하고, 폐기물량을 예측할 수 있는 평가기법을 개발하여 연구로 해체 부지를 대상으로 평가하였다. 이러한 결과는 향후 원전 및 원자력 시설의 오염에 따른 부지복원 및 최종현황조사에 유용하게 활용될 것으로 기대된다.

4. 참고문헌

- [1] C. Yu et al, "Data collection handbook to support modeling impacts of radioactive material in soil", US DOE (1993).
- [2] 최종근, "지구통계학(Geostatistics)" (wn) 시그마프레스 (2007).