비규격 방사성폐기물 드럼의 핵종 재고량 평가방안

김태욱, 강기두, *이상철, *이건재
한수원(주) 원자력환경기술원, 대전광역시 유성구 덕진동 150
*한국과학기술원, 대전광역시 유성구 구성동 373-1
taewook@khnp.co.kr

중·저준위 방사성폐기물 비규격 드럼의 핵종 재고량 평가방안을 도출하였다. 중·저준위 방사성폐기물 200리터 및 320리터 규격 드럼은 감마선 방출핵종의 경우 드럼 핵종분석장치를 이용하여 핵종 재고량을 평가하고 측정난이(DTM) 핵종의 경우에는 key 핵종의 방사능과 척도인자를 이용하여 핵종 재고량을 평가할 수 있다. 그러나 드럼의 밀도가 3 이상이거나 표면선량이 150 $mSv \cdot h^{-1}$ 초과 드럼 또는 규격이 이와 다른 드럼인 경우에는 감마선 방출핵종의 핵종 재고량 평가시 드럼 핵종분석장치의 적용이 어렵다.

현재 우리나라 원전에서 드럼에 담아 저장되고 있는 폐기물 드럼 중 드럼 핵종분석장치를 이용하여 핵종재고량을 평가하기 어려운 드럼은 고건전성 용기, 콘크리트 드럼, 4-Pack 용기 등이다. 이들 드럼에 대한 핵종 재고량 평가방안으로 드럼의 표면선량과 폐기물 내 감마선 방출핵종의 비를 이용하는 선량 대 방사능 환산방법과 이동용 핵종분석장치를 이용하여 직접 평가하는 방법이 있다.

선량 대 방사능 환산방법은 드럼 내 핵종의 조성비를 알 때 MCNP 또는 MSshield 등의 코드를 이용하여 단위 방사능 당 드럼 표면에서의 방사선량을 나타내는 환산인자를 도출하고 실제 드럼 측정시에는 역으로 표면선량을 측정하여 드럼 내 감마선 방출핵종의 방사능을 구하게 된다.

본 연구에서는 드럼 내 폐기물을 균질하다고 가정하였고, 비균질 가정으로 인한 오차를 줄이기 위하여 드럼을 상중하 3개의 segment로 분할하고 각 segment에 대하여 전후좌우 4개소에 대한 선량의 기하평균값을 다시 전체 드럼에 대하여 산술평균하여 사용하였다.

방사능 대 선량 환산인자를 이용하여 드럼 내 방사능량을 평가하기 위해서는 드럼 내 폐기물의 감마선 방출핵종의 조성비를 구해야 한다. 폐기물별 핵종 조성비는 폐기물 종류별로 시료의 방사화학분석에서 얻어진 데이터를 활용하였으며, 측정된 감마 방출 핵종들 중 표면선량률에 대한 기여도를 반영하여 ^{60}Co, ^{137}Cs, ^{110m}Ag, ^{58}Co, ^{134}Cs, ^{144}Ce, ^{54}Mn, ^{125}Sb의 핵종에 대한 조성비를 사용하였다. 이들 핵종의 방사능량은 폐기물 종류별로 총 방사능량의 95% 이상을 포함하고 있는 것으로 나타났다.

잡고체는 다양한 폐기물로 구성되어 있고 포장시 그 내부 조성 또한 비균질하나 이에 의한 영향보다는 밀도에 의한 영향이 크므로 밀도에 의한 영향을 고려하고 보수적인 관점에서 드럼의 정중앙에 점선원으로 위치하고 있는 것으로 가정하였다. 농축폐액은 시멘트, 파라핀, 농축폐액 분말이 균질하게 혼합되어 있다고 가정하여 적용하였으며, 폐수지도 균질하게 분포되어 있는 것으로 가정하였고, 폐필터의 경우에는 단일 폐필터 하나가 드럼의 정 중앙에 저장되는 것으로 가정하였다.

선량 대 방사능 환산방법의 주요 변수인 환산인자와 조성비가 지닐 수 있는 불확도를 평가하기 위하여 불확도가 가장 높을 것으로 판단되는 잡고체의 모의 드럼에 방사능을 알고 있는 선원을 이용하여 실측치와 예측치를 비교 평가하였으며, 조성비의 경우 얻어진 시료 분석 자료를 통해 불확도를 평가하였다.

환산인자로 인한 최대 오차는 선원이 표면에 있는 경우로 최대 150%의 오차가 발생하였으며, 그 밖의 경우에서는 혼합선원 2 종류 및 ^{134}Cs에 대해 각각 36% ~ 54%로 나타났다. 잡고체의 환

산인자에 대한 보수적인 설정을 위해 가정한 점선원의 경우에는 혼합선원 2 종류 및 ^{134}Cs에 대해 8% ~ 25%의 오차가 있는 것으로 나타났다. 또한, 세 선원을 이용한 9개 지점의 평균 선량률에 대한 측정치와 예측치를 비교 결과 평균 오차는 최대 60% 이하인 것으로 나타났다.

이동용 핵종분석장치를 이용할 경우에는 분석프로그램의 정형화된 기하형태에 해당 드럼의 기하형태가 존재하여야 한다. 현재 이동용 핵종분석장치를 이용하여 평가하려는 드럼은 콘크리트 드럼 및 4-Pack 용기이다. 이동용 핵종분석장치를 사용하였을 경우 기하형태별 불확도는 향후 평가할 예정이며, 이동용 핵종분석장치를 이용하여 핵종 재고량을 평가할 경우를 대비하여 척도인자를 이용한 측정난이 핵종의 핵종재고량 평가 프로그램을 개발하였다.

앞으로 과거 드럼을 대상으로 드럼 핵종분석장치를 이용하여 평가한 결과가 도출되면 선량 대 방사능 환산방법 및 이동용 핵종분석장치를 이용한 핵종 재고량 평가방법의 결과와 비교하여 폐기물 종류별 최적의 핵종 재고량 평가방안을 도출할 수 있을 것으로 판단된다.