

방사성폐기물드럼 핵종재고량 평가시설 방사선 안전성 평가

지영용, 홍대석, 광경길, 류우석
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
 vvji@kaeri.re.kr

1. 서론

한국원자력연구원 내 저장중인 중·저준위방사성 폐기물의 안전한 영구 처분을 위하여 방사성폐기물처리시설에서는 핵종규명을 위한 드럼핵종분석 장치의 도입을 기획하고 있으며, 이 장치를 운영하고 유지 및 보수하기 위한 고유의 비파괴평가 시설의 구축을 추진하고 있다.

향후 구축될 방사성폐기물드럼 핵종재고량 평가시설은 현 제1방사성폐기물저장시설 앞 부지에 건설될 예정으로 원활한 드럼핵종분석 장치의 운영을 위해서는 제1방사성폐기물저장시설 내 저장 드럼들에 의한 방사선 영향을 제거하기에 충분한 두께의 외벽을 가져야 한다. 그리고 드럼핵종분석 장치의 운영중 임시적재구역 및 검출기구역의 방사성폐기물드럼과 밀도보정용 선원 등이 존재하므로 일반구역에서는 이들에 의한 방사선 영향을 최소화할 수 있도록 관리구역과 인접한 벽의 두께가 충분해야 한다.

따라서 본 연구에서는 방사성폐기물드럼 핵종재고량 평가시설의 원활한 운영을 위하여 평가시설 내 방사선관리구역의 콘크리트 구조물에 대한 방사선 차폐해석을 수행하였다. 해석도구로는 방사선 수송해석을 위한 범용 코드인 MCNPX[1]를 이용하여 방사성폐기물드럼 핵종재고량 평가시설 내·외부에 존재하는 방사선원량의 방사능량을 결정하였다. 그리고 그들로부터 기인하는 평가시설 내·외부의 방사선 영향을 각각 평가하였다.

2. 본론

2.1 방사선원항

방사성폐기물드럼 핵종재고량 평가시설 내·외부에 존재하는 방사선원항들은 그림 1과 같이 제1방사성폐기물저장시설의 저장드럼, 평가시설 내 임시적재드럼 및 평가시설의 검출기구역 내 계측 중인 드럼 및 밀도보정용 선원 등으로 나눌 수 있다. 따라서 이 방사선원항들에 의한 평가시설 내부의 일반구역 및 시설 외부에서의 선량율이 1

주당 400 μSv 미만, 즉 주당 작업시간을 40시간으로 기준할 때, 10 uSv/h 미만이 되는가를 확인하였다.

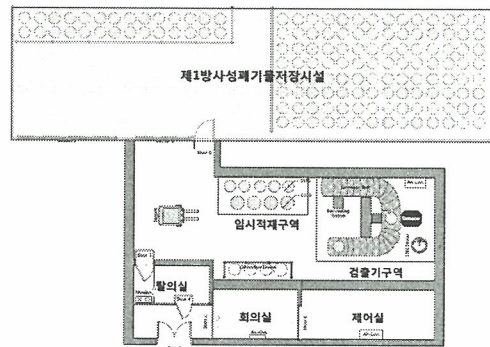


Fig. 1. Lavout of the radwaste assay facility.

2.1.1 제1방사성폐기물저장시설 내 저장드럼

제1방사성폐기물저장시설의 가로 길이는 24 m 이고 적재드럼의 높이는 약 6 m이므로, 이들 저장드럼에 의한 방사선원항은 시설 내부의 연평균 공간선량율을 기준으로 크기 144 m^2 의 면적선원으로 가정하였다. 또한 계산의 보수성을 위해 선량율에 기인하는 핵종을 Co-60으로 단순화 하였으며, 방출 감마선의 진행방향은 오직 평가시설 쪽으로만 진행하는 것으로 가정하였다. 계산결과 총방사능량 1 mCi의 Co-60이 면적 144 m^2 에 일정하게 분포되었을 때, 표면선량율 대 방사능 환산인자는 1.197 uSv/h/mCi 로 계산되었다.

2.1.2 임시적재구역 내 적재드럼

임시적재구역에서의 방사선원항을 계산하기 위해 폐기물 드럼의 단위 mCi당 표면선량율을 계산하여, 이로부터 각 선량율에 해당하는 총방사능량을 표1과 같이 환산하였다. 이때 선량율에 기인하는 감마핵종들을 모두 Co-60으로 가정하였으며, 드럼의 무게를 연구원 가연성 잡고체 폐기물에 해당하는 50 kg으로 설정하여 거시적인 밀도를 0.25 g/cm^3 로 가정하였다.

Table 1. Distributions of stored radwaste by the dose rate[2] and its radioactivity.

표면선량율 (mSv/h)	0.002 미만	0.02 미만	0.2 미만	2 미만	20 미만	20 이상	
저장드럼 (%)	73.4	15.2	7.2	3.2	0.8	0.2	
총 방사능 (mCi)	200 L	0.05	0.47	4.66	46.6	-	-
	320 L	0.06	0.57	5.73	57.3	-	-

2.1.3 검출기구역 내 측정드럼 및 밀도보정용 선원

검출기구역에서의 방사선원향을 구하기 위해서, 검출기구역 내에는 하나의 방사성폐기물드럼이 존재하며, 드럼핵종분석기에 장착된 밀도보정용 선원이 약 1 인치의 납으로 둘러싸인 셔터 내에 장착된 것으로 가정하였다. 평가의 보수성을 위하여 10 mCi의 밀도보정용 선원과 표1에서 총방사능량이 가장 높은 측정대상 방사성폐기물드럼이 검출기구역에서의 방사선원향으로 작용한다고 가정하였다.

그림 2에 검출기구역 외벽 두께가 30 cm일 때의 MCNP 시뮬레이션 결과인 mesh tally를 도식화하여 검출기의 높이에 해당하는 약 150 cm에서의 xy평면으로 나타내었다. 그림에서 보듯이 검출기구역의 두 방사선원에서 방출된 선속 약 5×10^6 #/cm²이 주위 30 cm의 외벽을 거치면서 그 선속의 양이 크게 감소됨을 알 수 있다. 평가시설 외부의 선량율이 최대인 지점에서는 약 5×10^3 #/cm²의 선속을 보였으며, 이 값들은 초기값인 두 방사선원향의 선속에 비해 약 99.9 % 감소한 결과이다.

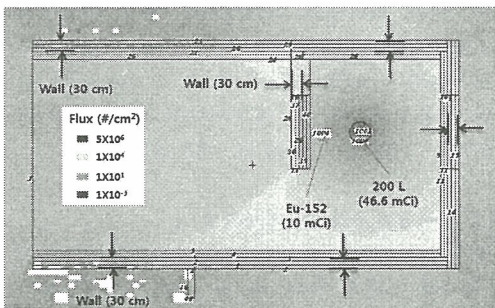


Fig. 2. Result on mesh tally due to the radiation sources at detector zone.

3. 결론

MCNP 코드를 이용하여 방사성폐기물드럼 핵

종재고량 평가시설의 원활한 운영을 위한 콘크리트 구조물의 방사선 차폐해석을 수행하였다. 먼저 평가시설 내·외부에 존재하는 방사선원향을 조사하였으며, 그들로부터 기인하는 방사선 영향을 각각 평가하였다.

제1방사성폐기물저장시설의 방사선원향으로부터 평가시설 내부 검출기구역에서의 선량율은 외벽 두께가 30 cm일 때, 초기 값에 비해 약 99.5 % 감소함을 알 수 있었다. 이로부터 제1방사성폐기물저장시설의 방사선원향에 의한 영향은 거의 없음을 확인하였다. 그리고 임시적재구역 내 측정대상 드럼들의 적재 구역을 설정하여 이 구역에 임시 적재할 수 있는 최대 방사능량을 결정하였다. 이 결과로부터 최대 방사능량이 해당 적재 구역에 일정하게 분포되어있을 때, 평가시설 내·외부에서의 선량율을 평가하였으며, 그 영향은 미비함을 확인하였다. 또한 검출기구역의 정상 운영 중, 측정중인 드럼 및 밀도보정용 선원의 총방사능량으로부터 평가시설 내부의 일반구역 및 평가시설 외부에서의 선량율을 계산하였으며, 외벽의 두께를 30 cm로 설정할 경우, 모든 곳에서 10 uSv/h 미만으로 감쇠됨을 확인하였다.

이상과 같이 평가시설 내·외부의 방사선원향을 아주 보수적으로 결정하였음에도 불구하고 평가시설 내 관리구역의 외벽 두께를 30 cm로 설정할 경우, 평가시설 내부의 일반구역 및 평가시설 외부의 선량율이 모두 제한치 미만임을 확인하였다.

4. 참고문헌

[1] Denise B. Pelowitz, "MCNPX™ User's Manual", ver. 2.5.0 (2005).
 [2] RWTF, "Operation of Radioactive Waste Treatment Facility", KAERI/MR- 506/2010 (2010).