

Compact Metal Disposal Package의 선량 평가

Dose Evaluation for Compact Metal Disposal Package

국동학, 조동건, 이종열, 이민수, 최희주

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

svskook@kaeri.re.kr

1. 배경

원자력발전을 시작한 이후로 계속 누적되는 사용후핵연료 문제를 해결하기 위하여 현재 한국 원자력연구원에서는 사용후핵연료내의 주요 독성 물질을 따로 분리함으로써 최종적인 처분 양을 획기적으로 줄이려는 파이로프로세스 연구를 수행 중에 있다. 파이로프로세스를 거치면 표1과 같이 다양한 종류의 폐기물들이 생성되며, 이 폐기물들은 각자의 특성에 따라 여러 방법으로 저장, 처리, 처분될 계획이다. 이 중에서 금속폐기물은 주요 열 발생 핵종들이 제거된 폐기물이므로 무게와 부피는 큰 편이나 상대적으로 열 발생량과 방사능 크기는 작다. 고준위폐기물 처분연구부에서는 이러한 금속폐기물을 그림1과 같은 c-MDP에 압축하여 처분하는 방안을 고려하고 있으며, c-MDP 설계를 위한 표면선량을 평가할 필요성이 있다.

2. c-MDP 개요

금속폐기물의 주요 구성 성분들은 표1에 나타내었으며, 여기서의 우라늄과 TRU는 분리공정시에 묻어나오는 극미량이다. 금속폐기물은 그림2처럼 실린더모양의 노란색 블록(D:31cm, H:20cm)으로 압축되고, 총 7개의 블록이 한 개의 Can에 담기게 된다. 이러한 캔은 다시 c-MDP(Compact Metal Disposal Package)에 4개씩 저장되며, 총 855개의 c-MDPs이 한 개의 터널 혹은 사일로에 처분될 예정이고, 금속폐기물의 발열량이 매우 적기 때문에, 처분되는 깊이는 낮을 것으로 예상된다. 향후 원자력발전소의 해체시에 발생하는 금속폐기물도 c-MDP 처분 대상이며, 파이로프로세스 공정에서 발생하는 금속폐기물과 같이 처분될 예정이다.

3. 금속폐기물 구성물질

파이로프로세스 연구팀에서 생산한 mass balance에 기초하여 금속폐기물로 분류되는 구성성분을 체크하였으며, 파이로프로세스의 기본 처리량 10MT을 기준으로 금속폐기물의 절대 양을 차지하는 구조재폐기물의 열량 및 방사능을 계산하였다. 계산은 OrigenArp를 사용하였으며, 핵연료는 국내 원전대부분에서 사용되고 있는 Vantage 5H (17x17)를 대상으로 하였다. 계산 조건으로는 비출력 3.75 MW, 농축도 4.5wt%, 연소도 55,000 MWd/MTU에 3주기 운영 및 2번의 60일간의 overhaul 기간을 두었고, 원전에서 방출된 후 최종적으로 파이로프로세스에 의해 금속폐기물로 분류되는 것으로 설정하였다.

4. 금속폐기물 및 c-MDP의 선량평가

금속폐기물에는 우라늄 및 TRU가 거의 없기 때문에 중성자에 의한 선량은 생략하고 광자에 의한 선량을 평가하였다. 광자의 에너지는 ENDF5의 44 그룹을 사용하였으며, 선량평가는 MCNPX를 이용하였다. 에너지별 선량환산인자(flux to dose conversion factor)는 ICRP-21 라이브러리를 이용하였으며, 광자라이브러리는 ENDF/B-VI release 8 버전을 사용하였다.

평가 결과 압축 금속폐기물인 블록의 표면에서의 선량률은 4.38E-9 mrem/hr 값을 얻었으며, 이는 금속폐기물에 광자를 발생시킬 만한 구성성분이 이미 충분히 없기 때문이며, 계산에 앞서 어느 정도 예견된 결과라고 할 수 있다.

위의 결과를 바탕으로, c-MDP 설계에 주요한 인자가 될 수 있는 c-MDP 재질선택과 c-MDP 내의 CAN 배치 구성에 자유도를 충분히 가질 수 있게 되었으며, 금속폐기물에 대한 안전성도 확인할 수 있게 되었다.

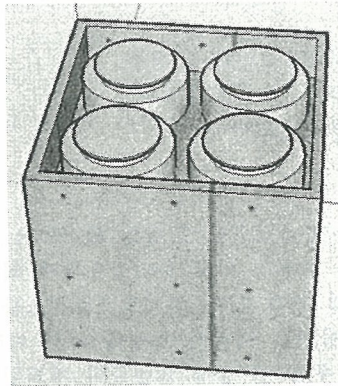


그림 1. c-MDP의 모습

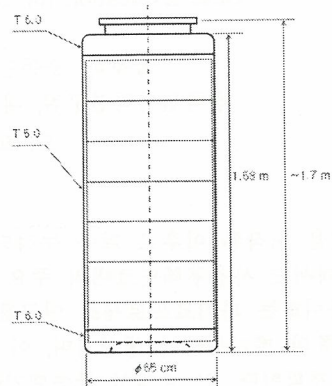


그림 2. Block과 Can

표 1. 파이로프로세스를 통해 발생한 폐기물 분류

	Long-Lived Waste			Interim decay Waste	
	Metal	Ceramic LiCl+KCl	Vitrified LiCl+KCl	Ceramic off-gas+LiCl	Vitrified LiCl
Major nuclide	NM+U+ TRU+RE	Cs+α	Sr+TRU+RE	Cs	Sr
Weight (kg)	3,158.53	0.65	936.21	600.94	67.99
Volume (L)	470.7	0.3	419.8	231.8	30.5
Heat (W)	-	0.9	4,200 (49.3 after 100 yrs)	12,500 (6.72 after 300 yrs)	6,000 (4.23 after 300 yrs)
Container	①	②	③	④	⑤
Disposal Depth	200	500	500	200	200
Disposal Methods	Silo or Tunnel	With waste	KRS or Cavern	Tunnel Storage and then final disposal	