연구로 해체 방사성 중저준위 폐기물의 방사선 특성 평가

지연희, 백삼태, 박승국
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150-1
skpark2@kaeri.re.kr

1. 서론

국내에서 최초로 수행된 서울 공릉동 소재 연구로 1,2호기의 해체 사업이 종료되었다. 90개월의 해체 활동 기간 중 발생된 해체폐기물은 총 2,580.5톤이다. 해체 방사성 폐기물의 방사선 특성에 대하여 평가 업무를 수행하였다. 해체 방사성 폐기물을 재료적인 특성별로 분류하고 이 분류에 따른 주요 핵종의 비방사능값과 총방사능 값을 도출하였다. 평가에는 해체사업 관리시스템(DECOMMIS, Decommissioning Information System)이 활용되었다. 발생 폐기물의 총 방사능량은 728,763.96 MBq로 평가 되었다. 이러한 자료들은 추후 원자력시설의 해체계획 수립 및 설계에 기초자료로 활용될 것이다.

2. 본론

연구로 1,2호기의 해체대상은 원자로 및 원자로실 그리고 동위원소 생산시설과 주변 운영 시설이다. 대부분의 해체물은 원자로 수조내의 로심과 주변 장치류와 같은 금속류 그리고 생물학적 차폐체인 원자로 구체 콘크리트이다. 이들을 해체한 후 분류기준에 의거 구분된 방사성 고체 폐기물 중 중저준위 방사성폐기물에 대하여 재료 특성별로 평가하였다. 분석된 주요 핵종은 Co-60, Cs-137, Eu-152, Cs-134, Eu-154 이다. 재료 특성별로는 크게 금속류, 콘크리트류, 가연성, 비가연성, 토양 및 특수 폐기물인 흑연과 resin 등으로 분류하였다. 이는 다시 각각의 재료의 물성 특성별로 세분류로 구분하였다. 금속류는 알루미늄, 탄소강, 스테인레스 스틸과 납으로 구분하였다. 종류가 많은 가연성 방사성 고체 폐기물은 종이류, 비닐류, 목재류, 고무류, 플라스틱류, 및 섬유류와 기타폐기물로 구분되었다. 비가연성 방사성 폐기물은 토양과 레진 그리고 유리류와 잡고체로 구분되었다. 평가된 방사능량은 14,628 MBq로서 이는 총 방사능량에서 특수한 단일 폐기물인 흑연블럭 및 차폐용 Cask에 저장, 보관중인 노심부분의 방사선량이 높은 해체폐기물을 제외한 값이다.

3. 결론

총 발생된 연구로시설 해체 폐기물 2,580.5 톤 중 방사성폐기물(0.4 Bq/g 이상)은 395 톤, 자체처분 대상(비방사성 폐기물 포함)인 폐기물은 2,185 톤이 발생되었으며 아래 표 1.에 나타내었다. 이중 콘크리트 폐기물 1,734.5톤은 규제기관의 승인을 받아 도로포장의 다짐재료 및 되메우기 재료로 재활용되는 것으로 자체 처분되었고 현재 450.5톤의 폐기물만 남아있다. 현재 연구로 2호기 원자로실에 임시 저장되어 있는 방사성폐기물의 용기별 방사선량의 분포는 표 2 및 그림 1과 같이 나타났다.

표 1. 해체 폐기물 발생 현황

구 분	해체폐기물 (ton)	
	방사성폐기물	자체처분대상
금속류	40.2	212.3
콘크리트	268.9	1,855.6
가연성	10.7	32.3
비가연성/기타	75.2	84.8
계	395	2,185.0

표 2. 해체 폐기물 저장용기별 방사선량 분포

용기종류(개) / 방사선량	200리터 드럼	$4m^3$ 콘테이너	Cask
0.4~4.0 MBq	252	7	0
4.0~40 MBq	92	23	0
40~400 MBq	3	31	0
400 MBq 이상	0	3	6

발생된 고체 방사성폐기물 중 268.9 톤으로서 제일 많은 량의 콘크리트 폐기물의 방사선량 평가결과 주요핵종인 Co-60의 총방사선량은 5,190 MBq이고 다음이 Eu-152로 2,996 MBq의 값이 산출되었다. 콘크리트 방사성폐기물의 총방사선량은 8,397 MBq 으로서 평균 31.2 Bq/g으로 나타났다. 그림.2 는 콘크리트 방사성폐기물의 분석 핵종별 분포를 나타낸 것이다. 금속류 방사성폐기물의 물성특성은 알루미늄, 탄소강, 스테인레스 스틸 및 납으로 구분하였다. 발생량은 알루미늄 2,977 kg, 탄소강 22,217 kg, 스테인레스 스틸 4,454 kg 및 납 폐기물 7,160 kg으로 평가되었다. 이들 금속류 폐기물의 방사선 특성은 표 3.에 나타내었다. 대부분의 금속류 방사성폐기물의 특성은 오염된 것이 대부분이라 할 수 있다.

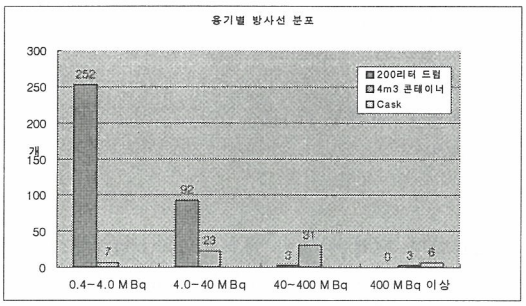


그림 1. 용기별 방사선 분포

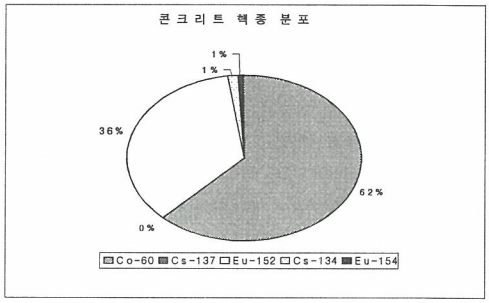
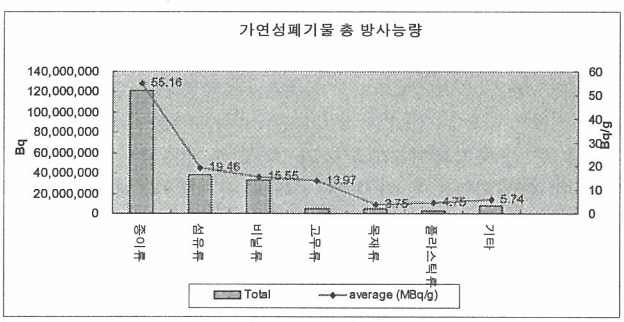


그림 2. 콘크리트 방사선 분포

표 3. 금속류 방사성폐기물의 방사선 특성 (단위 : Bq)

구 분	Co-60	Cs-137	Eu-152	Cs-134	Eu-154	Total
알루미늄	1,302,166,893	248,434	3,491,638	16,848	41,807	1,305,965,620
탄소강	2,136,739,479	8,596,954	590,262	0	969	2,145,927,664
스테인리스스틸	6,168,332	881,205	237,340	0	23,749,652	31,036,529
납	1,873,244,532	725,556	839,345	0	0	1,874,809,433
계	5,318,319,236	10,452,149	5,158,585	16,848	23,792,428	5,357,739,246

가연성 방사성폐기물은 실험실 탁자와 같은 목재류를 제외하고는 대부분이 제염, 해체 활동에서 발생되는 2차 폐기물이다. 이는 해체활동 지역의 2차오염을 방지하기 위해 설치한 바닥재용 비닐 또는 green house 설치용 비닐과 작업종사자의 피폭방지를 위한 보호 장구인 섬유류, 그리고 제염활동에서 발생된 제염지 등을 대표로 들 수 있다. 이들 가연성 방사성폐기물의 방사선 특성 평가 결과는 다음 그림. 3 과 같다



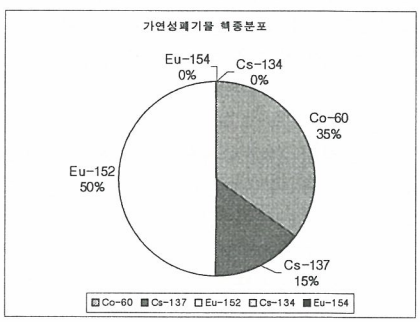


그림 3. 가연성 방사성 폐기물의 방사선 특성 평가 결과

비가연성 방사성 폐기물은 유리와 토양 그리고 레진으로 구분하였다. 여기에는 기타 혼합물도 포함이 되는데 이는 해체 부산물의 형태가 특별히 구분되어지지 않는 것들과 제염 시 발생한 집진기 먼지와 부스러기 등이 포함되어 구분되었다. 토양은 연구로 1,2호기 부대시설 중 동위원소 실험실과 지하피트사이의 배관류 사이, 그리고 동위원소생산시설 중 실험실의 바닥에서 발생된 것이다. 이에 대한 방사선 특성 평가 결과를 표4.에 나타내었다.

표 4. 비가연성 방사성폐기물의 방사선 특성

구 분	Co-60	Cs-137	Eu-152	Cs-134	Eu-154	Total
유리	18,833,082	22,264	0	0	227,880	19,083,226
Resin	159,892,503	3,757,215	29,016	1,125	0	163,679,859
토양	21,139,465	71,443,916	0	8,038	0	92,591,419
기타	268,590,787	96,942,512	20,244,007	161,447	984,651	386,923,403
계	199,865,050	75,223,395	29,016	9,163	227,880	275,354,504