

KRR-2 제염·해체에서 발생된 방사성 고체폐기물 특성 분석

정경환, 홍상범, 박승국, 이기원, 정운수, 박진호
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지
nghchung@kaeri.re.kr

원자력발전소, 핵연료 제조관련설비, 재처리 설비 및 연구시설 등 모든 원자력시설의 해체의 제염 및 해체 결과로 여러 종류의 폐기물이 발생된다. 일반적으로 발생되는 대부분의 폐기물은 비방사성 폐기물이고, 일부 폐기물이 방사성을 띄고 있는 폐기물이 발생된다.

연구용 원자로 2호기는 원자로 운영과 동위원소 생산, 그리고 연구로를 이용한 응용연구, 이와 관련한 각종 실험실 내에서의 실험활동 등으로 인하여, 물리·화학적으로 서로 다른 특성의 제염·해체 대상물에 의한 폐기물이 발생하게 된다. 고체폐기물을 나타내는 기준으로는 폐기물의 화학적 특성, 물리적 특성, 그리고 방사능적 특성 등이 있다. 화학적 특성으로는 일반적으로 폐기물 자체특성 즉 가연성, 비가연성 그리고 금속성 여부 등의 분류기준이 적용되며, 오염특성으로는 표면오염도, 부식층의 존재여부 그리고 방사화 여부 등이 대표적인 특성으로 나타난다. 한편 물리적 특성에는 밀도, 물리적 형태 및 크기 등이 고려된다. 그리고 방사능적 특성에는 방사능 준위에 따른 분류로 처리와 취급에 기준이 되고 있다.

제염 해체 과정에서 발생하는 폐기물의 적절한 분류는 방사성 폐기물을 최소화 하는데 중요한 인자이다. 고체폐기물을 분류하기 위한 인자로는 금속함유 여부, 개체 크기, 가연성 여부 그리고 방사능 준위 등이 있다. 만일 표면만 오염된 금속 고체폐기물이라면 적절히 제염하여 재사용하거나 규제해제 폐기물화 한다. 이러한 분류방법 선정에는 경제성 분석이 필요하다. 또한 폐기물을 세단하거나 압축함으로써 부피를 감소시킬 수 있다. 폐기물의 화학적 특성은 연소공정 적용에 결정적 요인이 된다.

분류의 선정 지점에서의 판단기준은 제염의 경제성, 재사용이나 규제해제 폐기물로의 전환에 따른 규정에 적합한가, 감용효과에 따른 경제성, 농축기술과 변환기술의 경제성, 그리고 고정화 여부 등이다.

제염의 경제성 판단은 오염된 폐기물을 제염하여 재사용할 수 있게 하거나 규제해제 폐기물화할 수가 있다. 그러나 제염에 따른 비용이 크거나 2차폐기물의 발생량이 과다하면 효과적이지 못하다. 표면이 오염된 금속성 폐기물에 대하여 제염이 실용적이고 경제적인 것으로 판단될 경우 또는 처분대상 폐기물이 운송에 적합할 경우 적절한 제염을 하는 것은 매우 효과적이다. 이때 제염 용액은 액체폐기물로서 처리된다.

재사용이나 규제해제 폐기물로의 전환에 따른 규정에 적합한가의 판단은 제염 이후에 폐기물의 오염도를 검사하여 법적 기준값과 비교하여 재사용 여부 및 규제해제 폐기물화 할 것인가를 결정한다. 이 기준값을 초과하는 폐기물은 부가적인 제염여부나 처분 여부를 판단할 수 있는 평가를 하여 결정한다.

감용효과에 따른 경제성은 폐기물의 발생량과 폐기물의 특성에 따라 감용 여부를 결정한다. 비교적 높은 빈 공간이 있는 가연성폐기물과 압축성 폐기물은 부피 감용을 한다. 만약 감용 대상 폐기물이 소량 발생되면 장치개발 등의 고비용으로 인하여 감용기술의 적용이 경제적이지 못하다.

농축기술과 변환기술의 경제성은 발생된 폐기물을 대상으로 농축과 변환기술들에 대한 감용효과와 경제성을 분석하여 적합한 처리기술을 선정한다. 가연성 폐기물이라 하여도 배기가스의 성분에 따라 배기체 처리시스템의 추가 여부 등이 경제성에 큰 영향을 미치기 때문에 사전 분석연구가 필연적이다.

그리고 고정화 여부는 변환기술의 적용 후에 나오는 소각재 등은 처분을 위해 고정화 하여야 하나, 용융에 의한 용융염은 바로 처분이 가능하다.

Table 1.은 연구로 2호기 해체에서 발생된 방사성 폐기물을 다른 시설해체시 폐기물 발생량과 비교한 결과이고 Table 2.는 방사능 농도에 따른 발생량의 분포이다. 표에 나타난바와 같이 방사화 콘크리트가 많이 발생되었으나, 방사능 농도 분포를 보면 대부분 극저준위에 해당함을 알 수 있었다.

Table 1. Radioactive material generation from the decommissioning of KRR-2 and selected nuclear facility.

Radioactive material generated	Facility (Mg)			
	KRR-2 (2MW)	GCR (250MW)	PWR (900-1300MW)	Reprocessing plant (Capacity:5Mg/d)
Irradiated carbon steel		3000		
Activated steel	8		650	
Graphite	3	2500		
Activated concrete	250	600	300	
Contaminated ferritic steel	8	6000	2400	
Steel likely to be contaminated	2		1100	3400
Contaminated concrete	11	150	600	1850
Contaminated lagging	9	150	150	400
Contaminated technological wastes	2	1000	1000	300

Table 2. Radioactive material masses and activities from the decommissioning of KRR-2

Radioactive material generated	KRR-2 (2MW, Mg)					
	Total	0.4-10 Bq/g	10-50 Bq/g	50-100 Bq/g	100-10 ³ Bq/g	10 ³ Bq/g 이상
Activated steel	8				6.5	1.5
Graphite	3	2	1			
Activated concrete	250	76	41	131	2	
Contaminated ferritic steel	8	8				
Steel likely to be contaminated	2		2			
Contaminated concrete	11	11				
Contaminated lagging	9	5.5	2	0.5	1	
Contaminated technological wastes	2	2				

결 론

본 연구에서는 연구용 원자로 2호기 제염 해체에서 발생한 폐기물의 특성을 물리 화학적 그리고 방사능적으로 분석하였다, 현재 구축된 관리시스템에서 적용된 분류 및 제염을 중심으로 적용 결정인자에 따른 경제성을 평가하였으며, 이에 따른 예산 절감효과를 평가하였다. 따라서 차후 제염·해체시 발생하는 폐기물을 안전하게 관리할 수 있는 기술적 처리방법을 확립하는데 커다란 도움을 줄 것이다.