

원전 방사성폐기물 형태별 해체물량 예비평가

김학수, 정성환, 맹성준

한국수력원자력(주) 중앙연구원, 대전광역시 유성대로 1312번길 70

hskim007@khnp.co.kr

1. 서론

원자력발전소 해체과정에서 발생하는 방사성폐기물량은 발전소 용량, 노형, 운전기간, 해체방식, 폐기물 처리 및 부피저감 방법 등에 의해 결정된다. 해체폐기물량 예측은 해체비용을 추정하고, 폐기물처리 및 클리어런스 전략을 수립하며, 미래 폐기물처리 정책을 결정하는데 있어 매우 중요하다. 본 연구에서는 950MWe 가압경수로 원전 해체시 발생하는 방사성폐기물량을 폐기물 분류기준과 형태에 따라 예비 평가하였다.

2. 본론

2.1 해체폐기물 분류 및 형태

원전 해체과정에서 발생하는 폐기물량을 평가하기 위해 우선적으로 해체폐기물 분류기준을 검토하였다. 국내의 법규와 해외 해체경험 및 해체폐기물 처분사례 등을 바탕으로 해체폐기물 분류기준을 제시하였다. 본 분류기준은 발생시점뿐만 아니라 처리, 저장, 운반 및 처분까지 모두 적용할 수 있는 기준으로서 표 1에서 보듯이 해체폐기물은 고준위, 중저준위(처분인수기준 초과), 중저준위(처분인수기준 미만), 규제면제 폐기물로 분류하였다. 또한 해체폐기물 형태에 대해서도 조사하였으며, 표 2와 같이 해체폐기물 형태는 고준위폐기물인 사용후핵연료를 포함하여 15개의 폐기물로 분류하였다.

Table 1. 해체폐기물 분류기준.

No	Radwaste Class	Remarks
1	HLW	High Level Waste
2	LILW(GTDC)	Great Than Disposal Criteria
3	LILW	Low and Intermediated Level Waste
4	EW	Exempted Waste

2.2 해체폐기물량 산정 방법

해체폐기물 분류 및 형태별 발생량은 컴퓨터 코드 (DeCAT : Decommissioning Cost Assessment Tool),

운전자료, 유사원전의 부지특성자료 및 해외 원전 해체폐기물량 등을 이용하여 추정하였다. 원자로 압력용기, 생체차폐체 등의 방사화재고량은 MCNP/ORIGEN 코드를 이용하여 평가하였으며, 표면오염재고량은 유사원전의 부지특성자료 및 국내 가동원전의 운영자료를 참고로 평가하였다. 해체폐기물량은 무게 또는 부피 단위로 평가하였으나 발전소 인벤토리는 대상형태에 따라 여러 가지 다양한 측정단위(MOU : Units of Measure)를 가지고 있어 폐기물량을 평가하기 위해서는 적절한 환산인자를 이용하여야 한다. 표 3에는 각 해체폐기물 형태 및 물질을 토대로 환산인자와 밀도가 제시되어 있다.

Table 2. 해체폐기물 형태.

No	Waste Type	Remarks
1	Metal-Small	Removed & Segmented small pieces of metal scrap
2	Metal-Large RPV	Removed reactor pressure vessel as a one-piece which can't be packed into containers
3	Metal-Large NSSS (Other than RPV)	Removed NSSS components as a one-piece which can't be packed into containers
4	Metal-Spent Fuel Racks	Removed spent fuel racks
5	Concrete-Scabbled	Scabbled concrete generated during building decontamination
6	Concrete-Debris	Demolished concrete debris relative large in size
7	Cable	Copper cables removed
8	Soil	Excavated soil
9	Resin-RCS Decon.	Spent resin used for primary loop decontamination
10	Resin and Filter	Spent resin and filter cartridge used for liquid waste treatment
11	DAW	Dry Active Waste
12	Insulation	Insulation waste removed from components and piping
13	ACM	Asbestos Containing Material
14	HAZMAT	Polychlorinated Biphenyl (PCB), Chemical, Sludge, Dredge spoils, etc
15	Spent Fuel	Spent Nuclear Fuels

2.3 해체폐기물 처리

방사성폐기물을 처리하는 방법은 다양하다. 해체과정에서는 다양한 형태의 방사성폐기물이 단기간에 대량 발생한다는 특성이 있으며 처분단가가 높은 국내 현실을 고려할 경우 해체폐기물을 최소화하는 것이 중요하다. 해체폐기물 처리 전략은 국내현황, IAEA, 미국 EPA 등의 보고서를 참조로 수립하였으며, 폐기물처리기술은 각 폐기물 형태에 적합한 입증된 기술을 적용하였고, 폐기물량 저감을 위해 금속용융, 초고압압축 등과 같은 기술들을 고려하였다. 또한 연마분사, 화학제염, 스팀 리폼링, 케이블 리사이클링과 같은 제염기술도 폐기물량 저감을 위해 적용하였다.

원전 해체과정에서 발생된 중·저준위방사성폐기물량(GTDC 포함)을 폐기물형태별로 평가한 결과는 그림2와 같으며 특히, 소형 금속류의 경우 발생량 대비 처분량이 상당히 적은 이유는 용융 기술을 적용하였기 때문이다.

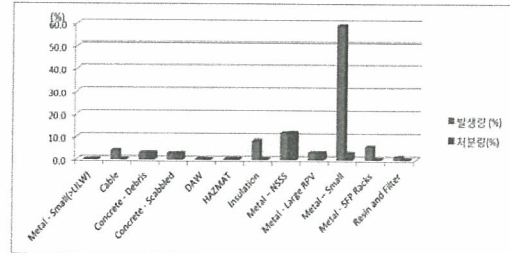


Fig. 2. 해체폐기물형태별 발생량 및 처분량.

Table 3. 각 폐기물형태별 밀도 및 MOU당 무게.

Type	Weight per UOM	Bulk Density		
		(lb/ft ³)	(g/cm ³)	
Cable	0.0795 LB/LF	20.15	0.323	
Cable Tray	5.29 LB/LF	12.30	0.197	
Conduit	7.81 LB/LF	193.24	3.095	
Liner	20.29 LB/SF	487.00	7.801	
Rack	14,250.31 LB/EA	20.57	0.329	
Pipe	< 2.5"	7.38 LB/LF	48.76	0.781
	2.5"-4"	14.83 LB/LF	48.76	0.781
	2.5"-8"	23.73 LB/LF	48.76	0.781
	> 8"	201.30 LB/LF	48.76	0.781
	> 14"	268.57 LB/LF	48.76	0.781
Valve	2.5"-8"	106.31 LB/EA	48.76	0.781
	> 8"	3,296.59 LB/EA	48.76	0.781
Concrete-Debris	67.40 LB/CF	67.40	1.400	
	2,359.80 LB/CY			
HVAC Ductwork	1.00 LB/LB	243.50	3.900	
Concrete-Scabbled	1.82 LB/SF	67.40	1.400	
Grating	1.00 LB/LB	67.09	1.395	
Soil	115.00 LB/CF	115.00	1.842	
Water secon resin	1,966-02 CP/GF	45.01	0.721	
Thin Metal	40.58 LB/SF	487.00	7.801	
Transformer, Heater/Generator, Separator/Reheater	Average weight from actual equipment data	243.50	3.900	
Other Mechanical Equipment		48.76	0.781	
Structural Steel	1.44 LB/CF			
Steel Building	1.44 LB/CF	117.89	1.888	
Building Structure	1.00 LB/LB			
Subterranean tunnel	1,311.00 LB/LF	67.40	1.400	
NSSG Removal	RPV	939,311.00 LB/EA	66.02	1.057
	Sig	679,908.50 LB/EA	49.91	0.799
	PZR	167,734.04 LB/EA	67.23	1.397
	RCP-Motor	206,935.00 LB/EA	243.50	3.900
	RPV Internals	146,660.77 LB/EA	499.76	8.005
Major Component Removal	TIG	3,799,998.00 LB/EA	243.50	3.900
	Condenser	2,089,000.00 LB/EA	243.50	3.900
Waste Stream	Insulation	12.81 LB/CF	12.81	0.205
	Resin, Filter, Swarf	45.01 LB/CF	45.01	0.721
	DAW	48.00 LB/CF	48.00	0.769
	HAZMAT	144.09 LB/CF	144.09	2.308

주) LF(Linear Feet), CF(Cubic Feet), LB(Pound).

2.4 해체폐기물량 평가

해체방사성폐기물 분류기준별 발생량은 그림 1과 같으며 중·저준위방사성폐기물은 전체물량의 약 4% 정도로 평가되었다.

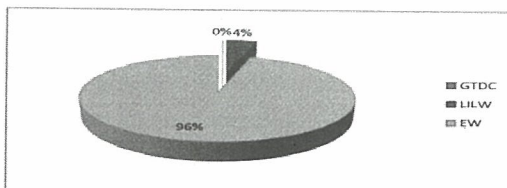


Fig. 1. 해체폐기물 분류기준별 발생량.

3. 결론

원전 해체과정에서 발생되는 방사성폐기물 발생량은 노형 및 용량 등에 따라 다르며, 처분량은 발생된 방사성폐기물을 어떻게 처리하고 어떤 기술을 적용하느냐에 따라 다르다 할 수 있다. 따라서 향후 원전해체를 대비한 해체폐기물에 대한 처리 및 처분 전략이 조속히 수립된다면 해체물량을 정확히 산정할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 참고문헌

- [1] Haksoo Kim, Preliminary Estimation of Radioactive Waste Volume from Decommissioning of Korean Nuclear Power Plant, ANS Winter Meeting, Nov. 2010.
- [2] KHNP, Decommissioning cost analysis for the Korean Nuclear Power Reactor, 2009.
- [3] OECD/NEA, Decommissioning Nuclear Power Plants: Policies, Strategies and Costs, 2003.
- [4] IAEA TRS-401, Methods for the Minimization of Radioactive Waste from D&D of Nuclear Facilities, 2001.