

# 원전 해체시 발생하는 방사성폐기물 포장용기에 대한 고찰

안희진\*

한국수력원자력(주), 대전광역시 유성구 유성대로 1312번길 70

\*cowahn61@khnp.co.kr

## 1. 서론

고리1호기가 계속운전을 중단하고 영구정지(2017.6)하는 것으로 결정되어 원전해체가 예상되고 있다. 원전 해체시 많은 양의 방사성폐기물이 발생된다. 특히 고방사화된 원자로내부구조물은 중준위 방사성폐기물로 평가되어 처리에 방사선 피폭 우려가 있어 분리하여 처분하여야 한다. 저준위 이하의 방사성폐기물은 기존 폐기물 드럼으로 처리가 가능하나 중준위 폐기물은 방사능이 높아 기존 드럼에 처리가 불가능하다. 원전 해체시 발생하는 중·저준위 폐기물 포장용기에 대해 고찰해 보았다.

## 2. 본론

### 2.1 해체폐기물 분류

원전 해체시 발생하는 방사성폐기물로는 대형기기의 금속, Debris 형태의 토양과 콘크리트가 대부분을 차지한다. 대부분이 저준위 또는 극저준위 방사성폐기물에 해당되며 방사화된 원자로 내부구조물은 중준위 방사성폐기물로 구분된다. 해체시 발생하는 방사성폐기물은 Table 1과 같이 분류된다.

Table 1. Waste Categories

대분류	세분류	방사능 기준	처분 방법
고준위	고준위	반감기 20년이상 α선 방출핵종 4,000 Bq/g, 열발생률 2 kW/m <sup>3</sup>	심층처분
중·저준위	중준위	저준위 농도 제한치 이상 고준위 이하	심층처분, 천층처분 (동굴)
	저준위	자체처분 농도 100배 ~ 저준위 농도	심층처분, 천층처분 (동굴, 표층)
	극저준위	자체처분 농도 ~ 자체처분 농도 100배	심층처분, 천층처분 (동굴, 표층, 매립)

### 2.2 해외 해체폐기물 처리 Best Practice[1]

미국 : BUD(Beneficial Use Determination) 개념을 적용하여 Release Criteria에 해당되는 구조물 철거물(콘크리트, 아스팔트 등)을 되메움재로 사용하거나 Slab, 기초재로 사용하였다. 원자로용기와 내부구조물은 물속에서 절단하여 제거하였고 고방사성 구조물은 공기중 핵종 제거가 가능한 정화계통을 가동하면서 제거하였다. 또한 재사용이 가능한 용기 Inter-Modal(Fig. 1)을 사용함으로써 비용을 절감

하였다. 극저준위 금속폐기물은 원자력산업에 재사용하여 폐기물을 줄이는 효과를 가져왔다. Connecticut Yankee 원전의 증기발생기는 격납용기에서 절단하여 EnergySolutions에서 용융하여 Metal plate로 만들어 처분하였다. 반면에 Reactor head, Pressurizer 와 RCP는 원형상태로 처분하였다.(Fig. 1)



Fig. 1. Inter-Modal, Reactor Head and Pressurizer.

스페인 : 처분 가능 폐기물 용기 규격을 다양화하여 처분이 용이하도록 하였으며 Plastic bag, Metal drum, Metal box 등을 사용하였다.(Fig. 2)



Fig. 2. Packages at El Cabril Disposal site.

독일 : 부피 1.32 m<sup>3</sup>부터 10.8 m<sup>3</sup>의 폐기물 용기를 사용하였으며 소용량 용기(MOSAIK II)는 고방사성 폐기물을 포장하였고 대용량 용기는 저방사성폐기물을 포장하였다. 고방사성폐기물인 원자로 용기와 내부구조물은 소용량 용기에 절단하여 포장하였다. Fig. 3의 좌측 사진은 제어봉안내관을 포장한 MOSAIK II이며, 오른쪽 사진은 중간 선량의 폐기물을 포장한 Steel Container 모습이다.

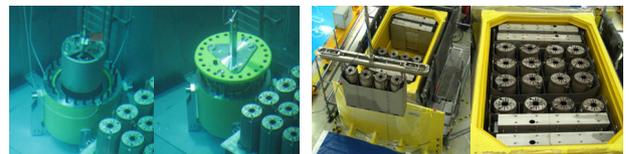


Fig. 3. MOSAIK II and Steel Container.

스웨덴 : 처분기준을 초과하는 고방사성물질인 원자로 내부구조물은 BFA box(Fig. 4)에 포장하여 보관하였다. BFA box는 3.4×1.5×2.3 m, 두께 10 cm의 금속용기로 23톤의 폐기물을 포장할 수 있다. 이들 폐기물은 장기 보관 후 2045년에 처분할 계획이다.



Fig. 4. BFA Boxes for High Activity Waste in Sweden.

## 2.3 중·저준위 방사성폐기물 처분 제안

### 2.3.1 극저준위 방사성폐기물(VLLW) 처분

주로 콘크리트나 설비, 기기 철거물로 금속폐기물, 그리고 토양폐기물이 주류를 이룬다. 일부 폐기물에 한해 장기저장을 통한 감쇄 등의 방식을 통해 자체처분하여 방사성폐기물을 줄일 수 있으며 단순매립 방식 처분이 적합하다. Fig. 5는 프랑스 Morvilliers 매립처분장 모습이다.



Fig. 5. Waste Placement in Trench at Morvilliers.

### 2.3.2 저준위 방사성폐기물(LLW) 처분

처분이 가능한 용기는 200 l, 320 l, 고건전성용기 등이다.

Table 2. Waste Container

종 류	규격(Φ×H, m)	무게(kg)	비고
200 l	0.617 × 0.887	105 ~ 500	
320 l	0.713 × 0.96	250	
PC-HIC	1.2 × 1.285	-	인허가 중

콘크리트와 토양 폐기물은 균질, 비균질 형태에 따라 고형화 또는 고정화 처리하여 포장하고 금속 폐기물은 그 양이 많아 현재 처리 방법으로는 효율 적이지 못하다. 금속폐기물은 용융하여 처분용기에 포장하거나 200 l 또는 320 l 드럼에 포장하여 처분하는 방법을 고려할 수 있다.

### 2.3.3 중준위 방사성폐기물(ILW) 처분

#### 2.3.3.1 처분용기 크기를 고려한 포장용기

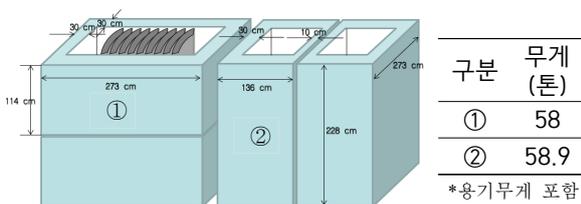


Fig. 6. Steel Container for ILW.

Fig. 6은 16-Pack 또는 9-Pack 처분용기 크기를 고려한 포장용기로 표면선량률 2 mSv/h 제한치를 만족하도록 용기 두께를 30 cm(철재)로 제작하며 해체시 발생하는 극저준위 금속폐기물을 이용하여 용기를 제작하면 폐기물 발생량을 줄이는 효과도 거둘 수 있다.

#### 2.3.3.2 200 l 또는 320 l 에 포장

원자로 내부구조물 등을 절단하여 드럼에 포장하는 방법은 외부선량률이 높아 차폐가 필요하다. 운반용기 겸용 차폐체로 포장하면 운반을 용이하게 할 수 있다.(Fig. 7)

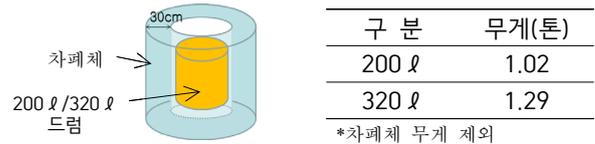


Fig. 7. 200 l/320 l Package for ILW.

## 2.4 포장용기 변경시 문제점

현 처분기준에는 폐기물 포장물에 대한 규격 제한이 있다. 크기는 Table 3과 같으며 무게는 콘크리트드럼은 10 톤, 강재드럼은 1 톤으로 제한되어있다.

Table 3. Disposal Container[2]

구 분	최 소(m)	최 대(m)
사 각	0.5×0.5×0.8	1.5×1.5×1.5
원통형	0.5×0.8	1.5×1.5

철 Ingot을 포장용기에 포장하면 위의 기준을 만족하지 못하여 처분이 불가능하다. 따라서, 무게와 크기 제한이 개선되어야 처분이 가능하다.

## 3. 결론

원전 해체시 발생하는 중준위 방사성폐기물은 방사선량이 높아 포장하는데 많은 어려움이 있다. 현재 처분기준에 따르면 중준위 방사성폐기물은 처분이 불가능하므로 처분이 가능할 수 있도록 인수기준 등의 개선이 필요하다. 다량으로 발생하는 방사성폐기물 처리, 처분은 해체 비용과 해체 공기에 큰 영향을 미친다. 고리1호기에 이어 월성1호기, 고리2호기 순으로 원전 해체가 예상되고 있다. 제한적인 방사성폐기물 처분용량을 감안하고 종사자 방사선피폭 등 처분안전성을 고려한다면 보다 효율적인 폐기물 처분이 필요하다.

## 4. 참고문헌

- [1] EPRI, "Review of Waste Management Best Practices During Nuclear Plant Decommissioning", Final Report (2015).
- [2] 원자력환경공단, "방사성폐기물 처분시설 안전성분석보고서" (2013).