

# 원전 해체 폐기물량 평가 방법론에 관한 연구

문상래\*, 오재용, 김희근

한국수력원자력(주) 중앙연구원, 대전광역시 유성구 유성대로 1312번길 70

\*moonrise@khnp.co.kr

## 1. 서론

최근, 고리원전 1호기 영구정지 결정으로 원전해체에 대한 사회적 관심이 고조됨에 따라, 사업자와 정부는 국내 최초 상업용 원전의 안전하고 경제적인 해체를 위해 사전준비를 수행 중에 있다.

원전해체는 장기간에 걸쳐 막대한 자금이 소요되는 원전 Life Cycle의 최종 단계이다. 정부는 안정적인 해체비용 확보를 위해 1983년부터 법에 따라 해체비용을 산정하여 2년 주기로 평가하고 이를 총담금으로 계상하도록 요구하고 있다[1].

따라서, 원전해체 비용평가 수행을 위해서는 우선 해체 시 발생하는 원전 해체폐기물량에 대한 정확한 산정이 필요하다. 이 논문에서는 국내경수로 원전의 자료를 근거로 해체폐기물량 산정 방법론을 제시하고 이를 적용하여 산정한 결과를 분석하였다.

## 2. 해체폐기물량 산정

### 2.1 자료수집

해체폐기물량 산정에 필요한 플랜트재고량 DB 개발 자료 수집을 위해, 대상 원전의 구조물, 계통 및 비계통 설계자료들을 수집·분석하였다. 또한, 건설·운영기간에 증설 및 신설된 시설, 건물 등을 확인하였으며 원전 현장 및 관계부서를 방문하여 자료를 수집·분석하였다[2].

### 2.2 가정사항

#### 2.2.1 기본 가정사항

원전해체 부지의 최종상태는 Green Field로 가정하였으며, 지하 구조물은 표면제염 및 최종상태조사(Final Status Survey; FSS) 후 지표면 이하 1 m까지 구조물을 철거하는 것으로 고려하였다. 건물 철거시 발생하는 비오염 콘크리트 잔재는 일반산업폐기물로 분류하였다.

방사성폐기물 처리는 현장에서 초고압 압축기 및 레진건조시스템 등을 사용하고, 해체 시 발생하는 방사성폐기물의 부피저감을 위해 CWPFCentral Waste Processing Facility)를 설치하는 것으로 고

려하였다. CWPFC에는 절단·용융, 블라스팅, 화학제염 및 초고압 압축에 관한 설비들이 구축된다.

#### 2.2.2 폐기물 분류 및 처리

사용후핵연료는 고준위폐기물로 분류하고, 5년간 저장조에서 냉각한 후, 소내 임시저장시설에 저장하도록 고려하였다. RPVI(Reactor Pressure Vessel Internal)의 일부는 중준위폐기물로 분류하고, 소형 금속폐기물은 국내 기술기준에[3] 따라 분류하였다. 케이블의 경우, 대부분 자체처분하고, 일부는 저준위/극저준위폐기물로 분류하였다. 토양은 현장 제염시스템으로 분류작업을 수행한 후 대부분 자체처분하고, 일부는 저준위/극저준위폐기물로 분류하였다.

저준위/극저준위 소형 금속폐기물, 콘크리트 잔해 및 분쇄 콘크리트, 레진, DAW(Dry Active Waste) 및 절연체 등은 CWPFC에서 처리하는 것으로 가정하였다. 원자료를 제외한 일차계통 대형기기는 해외사례 등을 참조하여 one-piece로 제거 후, CWPFC로 운반하여 원형상태로 처분하는 것으로 고려하였다[4]. 원자로는 현장에서 절단 후, CWPFC로 운반·처리하여 처분하는 것으로 고려하였다.

DCGL(Derived Concentration Guideline Level) 초과 오염토양은 절토 후, 토양 분석 및 분류를 통해 현장에서 처리하는 것을 기본 전제로 가정하였다[5].

### 2.3 플랜트 재고량 DB 개발

원전 기기설비(밸브, 배관, 케이블, 케이블트레이, 전선관, 일차계통 대형장비, 사용후핵연료 저장조, 콘크리트, 구조강 등)의 부품에 대하여 오염도, 제원, 재질 등으로 분류·산정한 후, 플랜트 재고량을 산출하였다. 플랜트 재고량은 기기설비 부품의 처분을 고려하여 세부적인 비용평가의 기초자료로 이용하도록 가공하였다.

### 2.4 방사선원항 DB 개발

플랜트 재고량으로부터 방사성폐기물량 산출을 위해 방사선원항 DB를 구축하였다. 방사선학적 특

성자로는 기 해체된 Maine Yankee(860 MWe) 및 Rancho Seco 원전(913 MWe) 정보[6]를 사용하였다. 계통/구역별 방사선원항은 표면오염도 및 방사선량을 도출, 폐기물분류기준 설정, 폐기물분류, 운반물 기준치 설정, 운반용기 분류 순으로 수행하였다.

이번 국내 경수로원전의 해체폐기물량은, 과거 수행한 국내 경수로 원전의 분석 자료를 보정하여 평가하였다[7].

## 2.5 해체폐기물량 DB 개발

각종 플랜트 재고량 산정결과를, 재질(콘크리트, 금속, 케이블 등) 및 준위(고준위, 중준위, 저준위/극저준위, 자체처분 준위 등)에 따라 통합·재분류하여, 폐기물량 산정 및 비용평가 기초자료로 이용하였다.

재질 및 준위별로 발생하는 폐기물의 총 무게 및 부피를 산정하였으며, 산정 기준은 폐기물 종류별로 각각 설정하였다. 케이블의 경우, 단위길이당 중량은 미국 원전에서 기 적용된 기준을 적용하였으며, 케이블트레이, 배관, 밸브, 콘크리트, 토양, 구조강, 원자로용기, 증기발생기, 가압기 등에 대해서도 각 폐기물에 적합한 산정법을 이용하여 물량을 도출하였다.

## 3. 결론

이 논문은 최근 가동된 국내 경수로 원전을 모델로 하여, 표준형원전 해체 폐기물량 산정 방법론을 제시하였으며 이를 적용해 해체폐기물량을 산정하였다. 그 결과 자체처분 및 저준위/극저준위 모두 콘크리트 폐기물량이 가장 높게 나타났다. 이어서 소형 금속폐기물, 일차계통 대형장비 금속폐기물 등의 순서로 높은 비율을 보였다. 또한, 대부분의 폐기물 물량에서 자체처분 폐기물이 차지하는 비율이 저준위/극저준위에 비해 월등하게 높았다.

이번 연구에서는 단일 용기, 단일 처분비용을 적용하였지만, 향후 원전해체가 수행되는 시점에서 처분용기와 처분방식이 다양화될 경우를 대비해서, 준위별 해체폐기물량 산정에 대한 방법론을 보완, 개발하는 것이 추가로 필요하다고 판단되었다. 향후, 표준형원전 해체비용 평가의 보수성을 유지하면서 해체폐기물량 평가 방법론을 개선할 계획이다. 또한 다양한 원자로형에 대한 해체폐기물량 산정 및 비용평가에 확대 적용할 수 있도록 준비 중에 있다.

## 4. 참고문헌

- [1] 대한민국 대통령령 제24994호, “방사성폐기물 관리법 시행령” (2013).
- [2] 한국수력원자력(주), “울진원자력 5,6호기 건설 통계자료집” (2005).
- [3] 대한민국 원자력안전위원회 고시 제2014-3호, “방사성폐기물 분류 및 자체처분 기준에 관한 규정” (2014).
- [4] Studsvik, “Treatment, volume reduction and recycling of large components such as heat exchangers, steam generators and boilers”, International Nuclear Forum, Varna (2013).
- [5] Maine Yankee Atomic Power Company, “Maine Yankee License Termination Plan” (2002).
- [6] Sacramento Municipal Utility District, “Rancho Seco License Termination Plan”, (2006).
- [7] KHNP, “Decommissioning Cost Analysis for the Korean Pressurized Water Nuclear Power Plant” (2009).