

# 원전 원자로압력용기내부구조물 세정공정 시안 개발

정완일\*, 양명덕, 권용범, 정재훈

한국전력기술(주), 경상북도 김천시 혁신로 269

\*wanil@kepco-enc.com

## 1. 서론

2017년 6월로 예정된 국내 최초원전인 고리1호기의 영구정지와 그에 따른 필연적인 해체에 대비하여 기술적 측면과 함께 사업관리측면에서도 치밀한 준비가 필요하다. 해체 작업 중 원자로압력용기내부구조물(Reactor Pressure Vessel Internal, RPVI) 세정작업은 방사성오염도가 높기 때문에 기술적으로 가장 어렵고 위험한 일로 예상되는 바, 외국의 작업사례들을 참고하여 세정공정 시안을 제시한다.

## 2. 본론

### 2.1 작성 기준

미국과 독일 등에서 이미 10여기의 원전이 해체되었다. 그 중 RPVI의 세정에 관해 일부 내용이 소개되고 있는데 기술적 측면의 소개가 주를 이루고 세정공정에 대한 상세한 해설은 미진한 상태이다. 따라서 AIF/NESP의 자료를 기준하고 EPRI 보고서와 여러 사례를 참고하여 고리1호기에 적용 가능하다고 판단되는 RPVI 세정공정 시안을 작성한다.

### 2.2 세정 작업 구분 및 순서 구성

RPVI 세정을 위한 과정을 간략히 설명하면, 먼저 RPV 옆 수조 공간내에 세정장비를 설치하고 RPV 상부덮개를 제거한 후, 이후의 대부분의 세정작업을 안전하게 하기 위해 수조를 충수한다. 그 후 RPV의 내부 부품들을 가급적 위에서부터 들어내어 세정장비 위로 운반하여 미리 계획한 크기로 세정하며 세정이 완료되면 장비들을 철수하고 수조를 방류하고 제염과 청소로 마무리한다.

이를 약 20여 개 작업으로 구분하면 아래와 같다.

- ① 재장전수조(Refueling Canal) 내 RPVI 절단장비 설치
  - Canal 내 RPV 옆의 공간에 세정장비 설치
  - 세정장비로는 작업대, 원격 매니플레이터, 절단용 Bend Saw 등임

- ② RPV 상부덮개 제거

- RPV 상부 반구형 덮개의 볼트를 풀고 덮개를 제거하는 과정으로서, 원자로용기 덮개 지지대 제거, 원자로용기 스택드 제거, 원자로용기 덮개 인양용 도구 설치, 원자로용기 덮개 인양 및 저장위치로 이송

- ③ 수조구조물 개조

- 수조 누수 방지를 위해 관통부 등의 밀봉작업과 세정작업 편의를 위해 구조물 개조

- ④ 제염장치(Cask Decontamination Station) 설치

- ⑤ 재장전수조 충수

- 세정작업 과정에서 피폭과 방사성물질의 확산 방지를 위해 세정장비와 작업을 수중에서 실시하여 이를 위해 수조에 물을 채움

- ⑥ RPV하부(Lower RPV/Cavity) 차폐밀봉

- 세정작업 과정에서 방사성물질의 확산 방지를 위해 차폐관리 밀봉

- ⑦ 상부안내구조물 집합체(Upper Guide Structure Assembly) 제거

- 상부안내구조물 집합체 인양장치 설치
- 상부안내구조물 집합체 인양, 작업대로 이송

- ⑧ 상부안내구조물 지지판(Upper Guide Structure Support Plate) 절단세정

- 상부안내구조물 Support Barrel 절단
- Core Element Assembly Shroud 절단
- 상부안내구조물 Support Plate 잔여부 절단

- ⑨ 제어봉안내관(Core Rod Driving Guide Tubes) 절단세정

- 제어봉안내관 상부, 하부 절단

- ⑩ 상부연료배열판(Upper Fuel Alignment Plate) 세정

- ⑪ 노심지지집합체(Core Support Assembly) 이송
  - RPV에서 Core Support Assembly의 인양, 절단작업대 위로 이동 거치

- ⑫ 노심지지집합체(Core Support Assembly) 제거 및 세정

- Baffle 분리, 운반, 절단
- Core Support Assembly 잔여부 절단

- ⑬ Core Barrel 세정

- Thermal Shield 분리, 절단
- Former, 상부 Flange 절단
- Core Barrel, 연료배열판 하부 절단
- ⑭ Core Shroud 제거 및 세절
  - Core Shroud Top Plate, Ring, Brace, Plate, Bottom plate 절단
- ⑮ 하부지지판 제거 및 세절
  - Lower Support Plate 실린더, Main/Cross/Secondary Support Beam, Bottom Plate 절단
  - In-Core-Instrument Nozzle Assembly 절단
- ⑯ 절단장비 및 제염장비 철거
- ⑰ 수조 방류
  - 수중작업 종료에 따른 Canal 방류
- ⑱ Reactor Cavity 제염 및 지지구조물 철거
- ⑲ 수조 및 장비의 최종 제염

- ⑳ 수조 주위 장비 철수
  - Canal 주위 모든 장비 철수

### 2.3 소요기간 가정

현재 RPVI 세절에 대한 일부 해외 사례로부터는 소요기간에 대한 상세 정보를 파악하기 어렵고 국내 경험도 전무한 상태라 각 단위작업의 소요기간 산정은 현실적으로 곤란하며 관련자료를 참고하여 잠정 가정한다.

### 2.4 공정표 작성 결과

이상의 기준과 가정에 근거하여 Fig. 1과 같이 공정표를 작성하였다. 한편 4D Simulation 시현 목적으로 이 세절공정을 부위별로 추가 세분하여 총 100여 개의 단위공정으로 이루어진 상세공정표를 별도로 개발하였다.

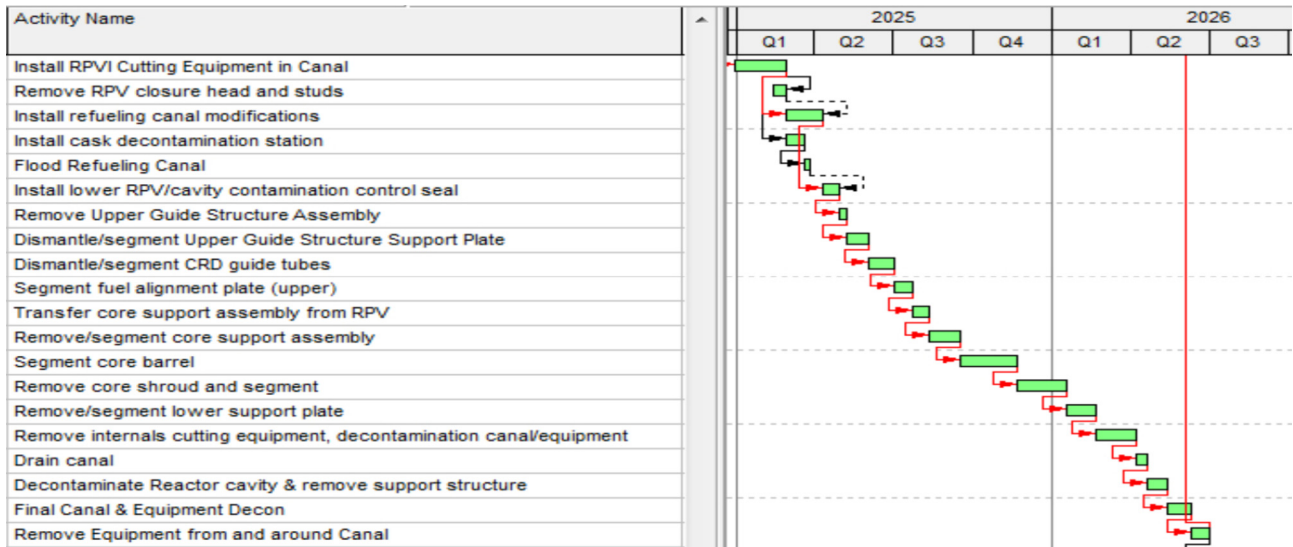


Fig. 1. RPVR Segmentation Schedule.

### 3. 결론

본 논문은 원전 해체에서 최고난도로 예상되는 RPVI 세절에 대해 개괄적인 작업 방법을 구상하고 작업순서를 제시하였다는 데 그 의의가 있다. 각 작업의 소요기간에 대한 추가 분석을 거쳐 최적의 세절공정이 확립되기를 기대한다.

### 4. 참고문헌

[1] AIF/NESP, Guidelines for Producing Commercial Nuclear Power Plant Decommissioning Cost Estimates, 1986.

[2] RSCS and KOPEC, Decommissioning Cost Analysis for the Korean pressurized Water Nuclear Power Plant Final Report, 2009.

[3] EPRI, Reactor Internal Segmentation Experience Report, 2007.

[4] EPRI, Recent US & International Experiences in RV&I Segmentation, 2011.

[5] 정완일 외, 원전 주기기 해체순서 사례 분석, 2015 한국방사성폐기물학회 춘계학술발표회.