

중앙집중식 방사성폐기물 처리시설 개념설계

박정수*, 나한정, 신무갑

한국전력기술(주), 경상북도 김천시 혁신로 269

*jspark@kepco-enc.com

1. 서론

방사성폐기물 처리기술의 급격한 발전과 국내외 방사성폐기물 관리여건 및 방사성폐기물 관리정책의 변화에 대해 능동적으로 대처하고 안전하고 효율적인 방사성폐기물 관리를 위해서는 전문화된 방사성폐기물 처리시설을 부지별로 운영하는 것이 필요하다. 미국의 AP 1000 원전은 고체방사성폐기물 처리건물을 별도로 구성하여 필요시 부지별 다수호기를 지원할 수 있는 형태로 설계가 되어 있으며, 중국에서는 부지 중앙 방사성폐기물 처리시설을 원전 건설 시 포함하고 있다.

국내 및 해외시장 수요를 대비하여 다수호기 방사성폐기물을 처리할 수 있는 중앙집중식 방사성폐기물 처리시설 개념설계를 개발 하였다.

2. 본론

2.1 방사성폐기물 처리·처분 주요 인허가요건

방사성폐기물을 처리한 뒤 포장된 드럼의 처분 후 안전성을 확보하기 위한 국내의 규제요건으로 방사성폐기물의 인도기준(원안위고시 제2015-04호) 및 인수기준(원안위고시 제2016-01호)을 만족하여야 한다. 폐기물은 취급시와 처분 후 안전성을 확보할 수 있도록 고체 형태이어야 하고 물리적·화학적으로 안정하여야 하며 유동성이 없어야 한다. 특히, 유동성이 있는 물질을 다양한 고화방법을 사용하여 물리적으로 안정한 상태로 고형화해야 한다. 폐기물을 고형화하는 경우 고형화 조건(① 고형화 폐기물은 균질하게 고형화되어야 한다. ② 고형화 폐기물은 함유하고 있는 방사성핵종의 침출이 처분 환경에서 제한될 수 있도록 적절한 방법으로 고형화 처리 및 포장되어야 한다. ③ 고형화 폐기물은 취급시 예상되는 상황과 처분시 예상되는 압력 및 온도 변화에서 그 구조적 건전성을 유지할 수 있도록 충분한 기계적 강도를 가져야 하며, 물과 접촉하는 환경에서 그 형체를 유지할 수 있어야 한다.)을 만족하여야 한다. 또한, 중앙집중식 방사성폐기물 처리시설을 운영하는 경우 직접 측정이 어려운 핵종

의 방사능은 방사성폐기물 드럼내 핵종재고량 분석을 위한 척도인자를 사용하여 평가하여야 한다.

2.2 중앙집중 대상설비 검토

중앙집중식 방사성폐기물 처리시설은 1,400 Mwe 급 PWR 6개 원전에서 발생하는 기체방사성폐기물, 액체방사성폐기물 및 고체방사성폐기물을 처리하는 설비 중 중앙집중식 방사성폐기물 처리시설 내에 배치하여 운영하는 것이 유리한 설비를 선정할 필요가 있으므로 이에 대하여 검토한다.

2.2.1 기체방사성폐기물 처리설비

기체방사성폐기물은 원전 운영중에 연속적으로 발생되며, 6개 원전에서 발생하는 방사성기체를 처리하는 설비를 중앙집중식 방사성폐기물 처리설비내에 설치하여 운영할 경우에는 배관길이가 길어져 상온 저압으로 운전하기 어렵고, 폐기체 누설문제가 발생할 수 있다. 따라서 기체방사성폐기물 처리설비를 중앙집중식 방사성폐기물 처리설비내에 배치하여 운영하는 것은 적절하지 않으므로 중앙집중 대상설비에서 제외한다.

2.2.2 액체방사성폐기물 처리설비

액체방사성폐기물은 원전 운영중에 연속적으로 발생되며, 6개 원전에서 발생하는 방사성액체를 처리하는 설비를 중앙집중식 방사성폐기물처리설비내에 설치하여 운영할 경우에는 폐액 이송빈도가 많아지고, 배관길이가 길어져 폐액 누설문제가 발생할 수 있다. 따라서 액체방사성폐기물 처리설비를 중앙집중식 방사성폐기물처리설비내에 배치하여 운영하는 것은 적절하지 않으므로 중앙집중 대상설비에서 제외한다.

2.2.3 고체방사성폐기물 처리설비

고체방사성폐기물은 원전 운영중에 간헐적으로 발생되며, 6개 원전에서 발생하는 방사성고체를 한 곳에 모아 처리하는 것이 효율적이다. 따라서 고체방사성폐기물 처리설비를 중앙집중식 방사성폐기물 처리설비내에 배치하여 운영하는 것은 적절하므로 중앙집중 대상설비에 포함하여야 한다. 고체방사성

폐기물 처리설비 이외에도 폐기물 드럼의 특성을 분석하여 처분장으로 보내야 하므로 핵종분석 장치도 포함되어야 한다.

2.3 중앙집중식 방사성폐기물 처리시설 설계요건

중앙집중식 방사성폐기물 처리시설은 APR1400 원전 6개에서 발생하는 습식 및 건식 고체방사성 폐기물을 처리할 수 있는 규모로 고려하고 있다. 중앙집중식 방사성폐기물 처리시설내에 배치되는 고체방사성폐기물계통의 기능 및 설계기준과 구성, 건물 기능, 토목/구조물 특성을 기술하고, 또한 연계계통 요건은 다음과 같다.

2.3.1 계통기능

- 중앙집중식 고체방사성폐기물계통은 안전관련 기능을 수행하지 않는다.
- 고체폐기물 처리는 10CFR50, 부록 A, 일반설계기준 60, 방사성폐기물 포장은 10CFR71의 방사성폐기물 포장 관련 기능을 수행한다.
- 중앙집중식 고체방사성폐기물계통은 비안전 관련 기능(① 폐수지 용기 저장 및 선적 ② 폐필터 카트리지를 해체 및 선적 ③ 건조폐기물 수집 및 선적 ④ 청정폐기물 저장 및 처분 ⑤ 혼합폐기물 저장 ⑥ 방호복 및 호흡장비 제염 ⑦ 포장 폐기물 분석)을 수행한다.

2.3.2 계통 설계기준

- 중앙집중식 고체방사성폐기물계통은 안전관련 설계기준이 적용되지 않는다.
- 원전의 예상 운전과도 상태를 포함한 정상 운전동안 발생한 방사성 고체 폐기물을 처리하는 수단을 제공하여야 하고, 10 CFR 71에 따라 방사성물질의 포장을 용이하게 할 수 있어야 한다.
- 중앙집중식 고체방사성폐기물계통은 비안전 기준으로 설계되고, 비안전 관련 기능수행에 요구되는 운전요건, 계통 구성요건, ALARA 기준 및 신뢰성, 이용률, 보수편의성 기준을 만족하도록 설계된다.

2.3.3 중앙 집중 고체방사성폐기물 처리설비 설계

- 중앙 집중 고체방사성폐기물처리설비 구성
 - 선택사항 I : 폴리머고화설비 기반으로 구성
 - 선택사항 II : 유리화설비 기반으로 구성
- 건물 기능 : 처리전 다양한 범주의 폐기물을 분리 저장하는 설비, 이동식 혹은 고정식 처리설비와 운

반 및 처분용기내에 포장된 폐기물을 저장하는 설비 마련

- 토목/구조물 특성 : RG 1.143(Rev.2) 적용에 따라 내진 구조물로 전체 건물에 대한 기초는 지상 위에 위치한 보강 철근 콘크리트 매트
- 기기 배치 : 기능적으로 5개 구역(① 출입통제구역 ② 포장 폐기물 저장구역 ③ 폐기물 관리 구역 ④ 세탁물 처리구역 ⑤ HVAC/전기설비 구역)으로 구분

2.3.4 연계계통 요건

성공적인 운영을 위해 중앙집중식 방사성폐기물 처리시설을 지원하는 지원 계통들과 지원이 요구되는 종속계통의 연계요건을 만족하여야 한다.

2.4 중앙집중식 방사성폐기물 처리시설 소요면적

중앙집중식 방사성폐기물 처리시설의 소요면적은 미국의 AP 1000 원전 사례를 참조하여 APR1400 원전 6개 호기가 40 년간 가동, 폴리머고화를 기반으로 하는 시설(선택사항 I)과 유리고화를 기반으로 하는 시설(선택사항 II)을 대상으로 적절한 환산인자들을 사용하여 계산하였으며, 그 결과는 Table 1과 같다.

Table 1. Area required for Centralized Radwaste Treatment Facility (m²)*

구역	선택사항 I	선택사항 II
출입통제구역	308.9	414.8
포장 폐기물 저장구역	5,733.9	3,611.38
폐기물 관리구역	1,574.1	1,574.1
세탁물 처리구역	583.4	583.4
HVAC-전기설비 구역	893.7	868.5
총계	9,094	7,052

* 폴리머고화설비 및 유리고화설비 설치구역 제외

3. 결론

중앙집중 방사성폐기물처리시설의 2개 구성방안에 대해 소요되는 면적을 예측하였으며, 향후, 중앙집중 방사성폐기물처리시설 개념설계 결과를 활용하여 중앙집중식 방사성폐기물처리시설 GA 개발 및 최적화가 필요할 것으로 판단된다.

4. 참고문헌

- 윤형준 외, 기술개발 과제 보고서 “중앙집중식 방사성폐기물 처리시설 설계개발” 한국전력기술(주), 2012.