

APR+의 농축폐액 처리방안 고찰

이상섭, 윤중수, 김성환

한국수력원자력(주) 원자력발전기술원, 대전광역시 유성구 장동 25-1

ssleeinkr@khnp.co.kr

1. 서론

원자력 르네상스 시대를 맞아 원자력 시장을 선점하기 위한 원전 선진국들의 기술개발 노력이 가속화되고 있다. 우리나라도 원전수출을 위한 고유모델 개발을 위해 국가에너지기본계획을 바탕으로 기획된 Nu-Tech2012의 일환으로 APR1400 후속모델인 APR+ 기술개발을 추진 중이며, 2012년까지 표준설계를 완료할 계획이다.

본 연구는 선형 원전에 대한 방사성폐기물계통의 설계개선, 인허가 추진현황 등을 조사 분석하여, APR+ 방사성폐기물계통 설계추진 방침을 마련하고자 수행되었다. 특히 신고리 1,2호기 이후 액체방사성폐기물 처리를 위해 적용한 역삼투압설비(Reverse Osmosis Package) 운영으로 발생하는 농축폐액 처리를 위해 4가지 처리방안에 대해 기술성 및 경제성 관점에서 APR+ 적용성을 검토하였다.

2. 본론

영광 5,6호기 및 울진 5,6호기 액체방사성폐기물처리계통의 전처리설비로 도입된 원심분리기에 대한 운전 편의성 향상 및 국내 원전 자체 방사성폐액 방출관리 기준 강화로 인한 액체방사성폐기물처리설비의 성능 향상이 요구되고 있다. 이에 신고리 1,2호기를 포함한 후속 원전에 액체방사성폐기물계통 주처리설비로 역삼투압설비를 적용하였으며, 신고리 1,2호기 및 신월성 1,2호기에는 외국사와 역삼투압설비 공급계약에 의해 설치하고 있으나, 신고리 3,4호기 이후 호기에서는 역삼투압설비 국산화에 따른 국내 공급이 가능하게 되었다. 따라서 역삼투압설비 운영에 따라 필연적으로 발생하는 농축폐액 처리에 대한 검토가 필요하다.

가. 농축폐액 처리방안

액체방사성폐기물계통의 역삼투압설비에서 발생하는 농축폐액을 효과적으로 처리하고, 방사성폐기물 처분요건을 충족시키는 처리기술로는 농축폐액 건조기술, 폴리머 고화기술, 시멘트 고화기술 및 펠렛화 기술이 있으며, 이들 기술을 기준으로 현실성 있는 방안을 조합하여 다음 4가지 처리방안을 검토하였다.

1) 농축폐액 건조 Bead를 폴리머로 고화하는 방안(방안 A)

농축폐액 건조설비를 이용하여 농축폐액을 Bead 형태로 건조처리한 후, In-situ 방법에 의한 폴리머 고화 처리하는 방법이다. 이 방안은 농축폐액 건조설비 및 폴리머 주입설비로 구성되며, 비교적 단순한 설비운전이 장점이나 국내 원전에 처음 적용되는 방법으로 인허가 시현성 측면에서 검토가 필요하다.

2) 농축폐액분말을 펠렛화 후 시멘트로 고화하는 방안(방안 B)

농축폐액 건조설비에서 처리된 농축폐액분말을 펠렛화 설비에 공급하여 농축폐액 분말을 조립화(펠렛) 후 시멘트 고화하는 방안으로 시멘트 고화체에 대한 인허가 시현성에는 문제가 없을 것으로 보이나 펠렛화 설비와 시멘트 고화설비가 반영되어야하고, 2차폐기물 처리방안 등이 고려되어야 한다.

3) 농축폐액을 시멘트로 고화하는 방안(방안 C)

역삼투압설비에서 발생된 농축폐액을 고성능 증발기를 이용하여 증발시킨 후, 특수 시멘트로 고화처리 하는 방안이다. 이 방안은 도입시 고성능 증발기, 시멘트 고화설비 등이 고려되어야 한다.

4) 농축폐액 건조물을 고건전성 용기로 포장하는 방안(방안 D)

농축폐액 건조설비로 농축폐액을 건조처리한 후 건조분말을 고건전성용기를 사용하여 처리하는 방안이다. 이 방안은 고건전성용기의 안정적인 공급원 확보와 경제성이 검토가 수반되어야 한다. 일반적으로 미국 저준위폐기물 분류기준을 고려할 때, Class A인 경우 55-gallon 드럼 그대로 처분할 수 있으며, Class A 초과인 경우에는 고건전성용기 또는 구조적 안전성 요건에 부합하도록 고화처리 한다.

나. 처리방안별 기술성/경제성 평가

APR+ 설계에서는 농축폐액에 대한 처리방안으로 상기 방안 A, B, C, D에 대한 기술성 및 경제성 측면을 검토하였다. 기술성 측면은 운전경험, 설계특성 및 신뢰성/보수성을 평가하였으며, 각 항목은 다시 세부항목으로 분류한 후, 사업 적용시 설계, 설치, 운전 등에 미치는 영향을 고려한 가중치를 적용하여

평가하였다.

표 1. 처리방안별 기술성 평가

평가 항목		가중치	방안 A	방안 B	방안 C	방안 D
운전경험	원전 운전경험	1.0	8	10	8	8
	처분 적합성	1.0	8	10	10	8
	감용 능력	1.0	10	10	8	10
	인허가 시현성	1.0	8	10	10	8
설계특성	기술 성숙도	1.0	10	10	10	10
	설계 단순성	1.0	10	8	8	10
	추가 기술개발 필요성	0.5	10	8	8	10
	운전제어 및 감시 편의성	0.5	10	10	10	10
신뢰성/ 보수성	ALARA 설계	1.0	10	8	8	10
	운전 편의성	1.0	10	8	8	10
	보수성	0.5	10	8	8	10
	신뢰성	0.5	10	8	8	10
합 계		10.0	94	91	87	94

주) 평가기준 : 매우 만족(10), 만족(8), 불만족 또는 미흡(5)

경제성 측면은 기기 비용, 폐기물 처분비용, Utility 비용 등을 기준으로 검토하였으며, 각 방안별 운전/보수성 향상, 방사선 피폭저감 등 금액으로 환산하기 어려운 사항은 기술성 평가에서 고려된 것으로 간주하여 경제성 평가에서 제외하였다.

표 2. 처리방안별 경제성 평가

(단위: 백만원)

평가 항목	방안 A	방안 B	방안 C	방안 D
기기 비용	2,475	3,475	3,000	2,400
처분 비용	5,240	5,240	7,400	9,360
Utility 비용	408	520	561	337
기타 소모품 비용	997	124	350	1,800
합 계	9,120	9,359	11,311	13,897

3. 결론

APR+ 설계시 액체방사성폐기물계통의 역삼투압설비 적용으로 발생하는 농축폐액 처리를 위해 4가지 처리방안에 대한 기술성 및 경제성을 검토한 결과 농축폐액을 건조하여 Bead화 한 후 폴리머로 고화하는 방안 A가 APR+ 고체방사성폐기물계통 설계 적용성 측면에서 가장 유리한 것으로 평가되었다. 폴리머 고화설비는 국내의 적용사례, 즉 신고리 1,2호기를 포함한 신월성 1,2호기, 신고리 3,4호기 설계 및 적용경험 등을 충분히 활용할 수 있으므로 APR+ 설계 적용이 용이할 것으로 판단된다.

4. 참고문헌

- [1] APR+ 설계추진방안검토서, 한국수력원자력(주) 원자력발전기술원, 2009
- [2] 농축폐액 고화처리 개선방안 연구, 한국수력원자력(주) 원자력발전기술원, 2005