

울진 5,6호기 액체방사성폐기물 처리설비 원심분리기 성능 고찰

강현태, 황수동,*이화석

한국수력원자력(주) 울진본부 경북 울진군 북면 부구리 80-1, *거제대학 전기과

nalburushim@khnp.co.kr

요약

The centrifuge system in liquid radwaste system(LRS) is composed of several skids including Decanter and Separator. The decanter separates the sludge over 5mm in size within liquid radwaste by centrifuge force and drops it into 55gallon drum. The separator separates the sludge over 0.1um in size within the liquid radwaste processed by Decanter by centrifuge force. The process of separating the sludge from the LRS keeps the resin in Ion Exchanger from being damaged and improves the performance of Ion Exchanger, and satisfies the decontamination factor suggested in Uljin 5,6 FSAR to safety discharge into the outer environment.

Key word : Liquid radwaste system(LRS), Centrifuge system, Decontamination Factor(DF), Suspended Solid(TSS)

1. 서 론

국내 원자력발전소에서는 다양한 액체방사성폐기물 처리기술이 적용되고 있다. 원자력발전소에서 환경으로 배출되는 방사능에 대한 관심이 증가하고 있으며 관련 법 및 규제요건에 방사능 배출 기준이 반영되고 있다. 또한 경제성 및 효율성측면에서 폐액의 재순환 방안이 검토되고 있다. 현재 우리나라 원자력발전소에서 운영중인 원전의 액체방사성폐기물 처리설비는 설계특성에 따라 단일증발기, 이중증발기, 원심분리기, 및 향후 건설예정인 역삼투압설비로 분류된다.

단일증발기는 국내 원자력발전소 초기에 도입된 설비로 단순배출로 운전 중 액체방사성폐기물 발생량을 기준으로 용량이 산정되며 다중성 설계되어 있지 않다. 이중증발기는 단일증발기에 비go 처리용량이 증가되었고 다중성 설계되었으며 운전과도상태를 예상 수용 가능한 용량으로 설계되었으나 여과기 교체주기의 빈번, 유입 폐액에 부유물로 인한 후단 이온교환기 및 증발기의 성능에 문제를 일으킨다. 따라서 본 논문에서는 기존 설비의 단점을 극복한 울진 5,6호기 액체방사성폐기물 처리설비인 원심분리기의 설계특성에 대해서 기술하고 성능시험을 수행하여 그 성능을 평가하였다.

2. 액체방사성폐기물계통 처리기술

단일증발기는 세탁 및 핫 샤워탱크에 수집된 폐액이 단순 여과 처리되며 바닥배수폐액이 여과 및 탈염 처리된다. 방사성폐액수집탱크에 수집된 액체방사성폐기물은 증발기에 의해 처리되며, 증발기에서 처리된 증류수가 탈염 처리된다. 처리된 액체방사성폐기물은 방출전 감시탱크에 수집된다.

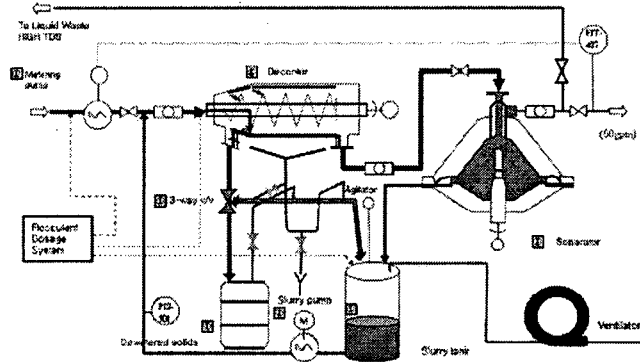
이중증발기는 고용존고형물폐액, 저용존고형물폐액, 및 화학폐액에 수집된 폐액을 처리한다. 저염폐액은 화학폐액 처리계열로 이송 및 여과 처리되고, 저용존고형물폐액은 여과 및 탈염 처리되

며, 고용존고형물폐액은 30gpm의 용량을 가진 증발기에서 처리되고 처리된 증류수는 탈염 처리된다. 처리된 폐액은 감시탱크에 수집된 후 환경으로 배출된다. 액체방사성폐기물 처리 설비 분류별 적용 발전소를 <표 1>에 나타내었다.

<표 1> 액체방사성폐기물 처리 설비 적용 발전소

설비 분류	적용 발전소
단일증발기	고리 1,2, 울진 1,2
이중증발기	고리 3,4, 영광 1,2, 울진 3,4
원심분리기 및 이온교환기	영광 5,6, 울진 5,6

울진 5,6호기에 적용된 액체방사성폐기물 폐액처리 설비인 원심분리기의 개요도를 <그림 1>에 나타내었다.



<Fig. 1> Process Flow Diagram in Uljin 5,6 Nuclear Power Plant
<그림 1> 울진 5,6호기 액체방사성폐기물 처리설비 원심분리기 개요도

원심분리기 및 선택성 이온교환기설비는 기존의 여과 방식 및 증발기 대신 원심분리기 및 이온교환기를 적용하여 폐액을 처리한다. 전량 배출로 설계되어 방사성물질의 소외 배출량이 이중증발 처리설비보다 증가하는 단점이 있으나 원심분리 슬러지 발생량은 증발기에 비해 적다. 따라서 고체방사성폐기물 발생량을 최소화시켜 향후 유리화 설비를 위한 전처리 설비로 타당하다. 또한 기존 설비에 대해 보수원의 방사선 피폭 저감효과가 있다.

3. 원심분리기의 성능 평가

울진 5,6호기의 상업운전 중에 발생된 방사성 폐액을 이용하여 액체폐기물계통의 방사성 물질 제염계수(Decontamination Factor : DF) 및 현탁 고형물(Suspended Solid : SS) 제거율을 통한 성능을 검정하였다. 원심분리기는 방사성폐액 내에 포함된 입자 방사성 및 부유고형물이 디캔터 및 세퍼레이터의 원심력에 의해 각각 5mm, 0.1um까지의 분리 성능을 가지고 있어 이온교환기의 수지 보호 및 성능을 향상시킨다. 따라서 계통에서 발생된 입자성 방사성폐액을 효율적으로 제거하는 측도인 DF를 측정하고, SS 제거율을 측정함으로써 원심분리기의 성능을 입증하였다.

3.1 DF 및 SS 제거율에 대한 성능

제염계수 측정방법은 기기로 유입되는 액체폐기물계통 수집탱크인 고/저용존폐액저장(H/LTDS) 탱크의 폐액 방사성 농도에 대한 원심분리기를 통과한 후인 기기에서 유출수의 수집 탱크인 공급

(FEED) 탱크의 폐액의 방사성 농도의 비로써 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다. 울진 5,6호기 최종안 전성분석보고서에 제시된 원심분리기 제염계수는 <표 1>과 같다.

$$DF = \frac{\text{기기로유입되는방사능농도}}{\text{기기에서유출되는방사능농도}} \quad (1)$$

<표 1> 울진 5,6호기 최종안전성분석보고서의 원심분리기 제염계수

설비	액체방사성폐기물계통 핵종별 제염계수			
	불활성기체 및 삼중수소	할로젠핵종	Cs, Rb	기타
원심분리기	1	1	1	5

<표 2> 울진 5,6호기 액체방사성폐기물 처리설비 원심분리기의 제염계수

Performance Test 1	검출 핵종	방사능(Bq/m ³)		DF
		HTDS3	FEED8	
	Mn-54	3.021E+04	4.296E+03	7.03
Co-58	4.073E+05	4.316E+04	9.44	
Fe-59	2.285E+04	*4.820E+03	4.74	
Co-60	1.382E+04	*2.520E+03	5.48	
Nb-95	8.691E+03	*1.820E+03	47.8	
Sb-124	3.693E+04	8.398E+03	4.40	
Total DF		5.198E+05	6.501E+04	7.99

Performance Test 2	검출 핵종	방사능(Bq/m ³)		DF
		HTDS3	FEED8	
	Mn-54	1.357E+04	*1.870E+03	7.26
Co-58	1.338E+05	8.948E+03	14.95	
Co-60	7.862E+03	*2.260E+03	3.48	
Nb-95	9.434E+03	4.145E+03	2.28	
Sb-124	1.707E+05	*2.340E+03	72.95	
Total DF		1.707E+05	1.956E+04	8.73

주) * : MDA값을 의미함

<표 3> 울진 5,6호기 액체방사성폐기물 처리설비 원심분리기의 SS 제거율

	현탁 고형물(ppm)		SS 제거율(%)
	HTDS3	FEED8	
1차	5	0.5	90
2차	1	0.1	90

본 논문에서 실험한 액체폐기물 처리경로는 고용존폐액저장탱크(HTDS3) 및 원심분리기 운전 후 수집된 공급탱크(FEED8)의 폐액에 대해서 <표 2>, 및 <표 3>에 제염계수 및 TSS 제거율을 각각 나타내었다.

4. 결 론

액체방사성폐기물 처리설비인 원심분리기는 방사성폐액 내에 포함된 입자 방사성 및 부유고형

물이 원심분리기를 구성하고 있는 디캔터의 원심력 의해 5mm이상의 슬러지를 1차적으로 분리시키고, 세퍼레이터의 원심력에 의해 0.1 μ m까지의 슬러지를 2차적으로 분리시키는 성능을 가지고 있어 이온교환기의 수지보호 및 성능을 향상시켰다. 본 논문에서는 울진 5,6호기의 계통에서 발생된 입자성 방사성폐액 및 부유고형물의 제염계수가 울진 5,6호기 최종안전성분석 보고서에서 제시된 값보다 높은 값을 나타냄으로써 그 제염성능이 입증되었다.

5. 참고 문헌

- [1] 이병식, 김길정, 국내원전 액체방사성폐기물계통 설계경험, Proceeding of the Korean Radioactive Waste Society Vol. 1, No. 2, November, 2003
- [2] 울진원자력발전소 5,6호기 최종안전성분석보고서 12권 pp 11.2-33