

액체폐기물처리계통(LRS) 프로세스 개선을 통한 방사성폐기물 저감

이귀중, 송영일, 김덕기, 박종길*, 박헌휘**
 한수원(주)영광원자력본부, 전남 영광군 홍농읍 계마리 514
 *한수원중앙연구원 대전시 유성구 유성대로 1312번길 70
 **주)이엔이, 대전광역시 유성구 용산동 525
 ilvmh@khnp.co.kr

1. 서론

액체폐기물처리계통(LRS)은 관리구역에서 생성되는 액체폐기물을 수집하여 방사성 핵종농도를 법적 제한치 이내로 처리한 후 소외로 방출하는 기능을 수행하고 있으며 환경배출 최소화 및 설비 건전성을 위해 LRS 성능 저하시는 이온교환수지 교체 등 지속적인 유지관리가 수반된다.

영광5,6호기 경우 방사성핵종을 제거하기 위해 이온교환수지를 이용한 액체폐기물 처리계통으로서 연간 약 2만톤의 액체방사성폐기물을 처리하고 있으며 이로 인해 14m³ 수준의 대규모 고체 방사성 폐기물이 발생하고 있다.

영광5,6호기에서는 폐기물의 저감과 환경영향을 최소화하기 위해 주요 원인을 분석하였으며 액체 폐기물처리 프로세스 개선을 위해 액체폐기물 종류별, 특성별 별도수집 및 맞춤형처리 방안을 개발하였고 현장 적용결과 고체 방사성폐기물을 획기적으로 저감할 수 있었다.

2. 본론

2.1 현황 및 문제점

영광5,6호기 액체폐기물처리계통은 폐액내 부유 고형물 제거를 위한 원심분리기, 방사성 미립자 및 이온성분을 제거하기 위한 이온교환수지탑(LRDS)과 액체폐기물처리계통의 성능향상을 위한 전처리설비인 MF/RO막 설비 등으로 구성되어 있다.

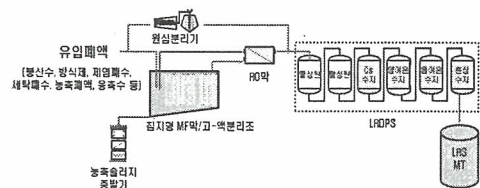


Fig. 1. 액체폐기물처리계통개략도.

관리구역에서 발생하는 특성이 다른 다양한 유형의 액체 방사성폐기물은 전량 집수조로 유입되어 서로 혼합되며 이 과정에서 응축수 등 비오염 폐액의 오염 확산으로 대량의 방사성 액체 폐기물이 발생된다.

또한, 봉산 및 방식재 함유수, 제염 및 세탁폐수 등 고전도도 폐액과 슬러지 등 고탁도 농축폐액 유입으로 액체폐기물처리계통(LRS) 성능이 현저히 저하되고 폐수지 등 고체 방사성폐기물을 유발하게 된다.

Table 1. 액체폐기물 종류별 LRS 부하.

구분	주요 염류	농도 (ppm)	배수량톤	부하량 (kg)	일반염+핵종 대비 수준
별도수집대상	RCS 냉각재	봉산	22.9 (6-7차 O/H)	91.6	4.5배
	방식재 함유수	NO ₂ ⁻ (방식재 성분)	800 (6-7차 O/H)	9.1	0.5배
	응축수	Na, Cl, SO ₄ ²⁻ , Cu 등	2.14 (10년 하절기)	19.2	1배
	소계	-	-	120	6배
정상유입부하	LRS 일반염	Na, Cl 등	1.01 (연간 배출량)	20.2	-
	방사성 핵종	Co-58 등 (5.56E+2Bq/cc)	4.73E-7 (연간 배출량)	9.5E-6	-

Table 2. 액체폐기물 오염도 현황 (전도도, 탁도 등).

* 기간 : '10.6 ~ '11.4

구분	방사성 농도 [Bq/l]	전도도 (μS/cm)		TSS (ppm)	
		기준	현황	기준	현황
LRS MF 음력계	2.74E+02 ~ 1.23E+03	< 500	1,560 ~ 1,893	< 100	> 30,000
LRS H TDS TK 3,4	3.5E+01 ~ 9.67E+01	< 100	470 ~ 1,100	< 10	728
LRS Lo TDS TK 1,2	1.04E+00 ~ 1.11E+00	< 100	308 ~ 583	< 10	30.4
ACB Sump 제액 영역	1.89E+00	-	550	-	238
반덕, 가리개영역 영역	5.76E+01	-	1,400	-	> 30,000
세척미감유 제액 영역	5.44E-02	-	70.6	-	8
응축수	미검출	-	-	-	-
Demi water	미검출	-	0.9	-	0

> MF 음력계 및 제염영역 고농도, 고전도, 고탁도 악단 (LRS 영양기온 크게 초과)
 - 강개간 MF의 용지를 못이여 입체의 지속적인 농축 진행. RO막 미용농도 1,000 ppm 의 30배
 > 세척폐수 또한 전도도 및 탁도가 아주 높아 LRS TK의 성능을 유발하고 있음을 확인

2.2 개선 방안

액체폐기물의 발생량을 저감하고 LRS 성능유지 및 설비 건전성을 확보하기 위해 발전소 TDR 및

팀혁신과제로 선정하고 액체폐기물 종류별, 특성별 분리수집 및 맞춤형처리 방안을 개발하였으며 관련 설비제작 및 지침서 등을 작성하여 운영하였다

고오염, 고탁도 농축배액

- 이동식 MF/RO막 설비 개발 및 별도 정화
- LRS 탱크(15개소), 권리구역 침수조 등 / 주계: O/H 잔류, LRS 오염도 증가세

Table 3. 이동식 MF/RO 정화처리 결과.

구분	시험전 (kg)	시험후		액체 폐기물 저장량
		정화 수준	정화수	
성능 시험 폐액	3,285	막사정 저감 1/10 ~ 1/100	4,870 kg	360 kg
6호기 7차 O/H 폐액	1,945	진도도 저감 1/5 ~ 1/20		
합계	5,230	탁도 저감 측정수준 이하		

봉산 및 방사성 원유수

- 봉산수: 별도수집 → 계량 외수(RWT) → 재사용 (별도수집 22.9톤)
- 방사성: 별도수집 → 액정분석 (비오염 확인) → LRS 우회배출 (별도수집 11.3톤)

하절기 응축수 별도수집

- 응축수 외수장치 개발 및 별도 배출
- 수집 → ACB Sump → RL3 배출 (LRS 유입 차단)

별도수집기간: 7.9 ~ 8.30
별도수집량: 645 톤

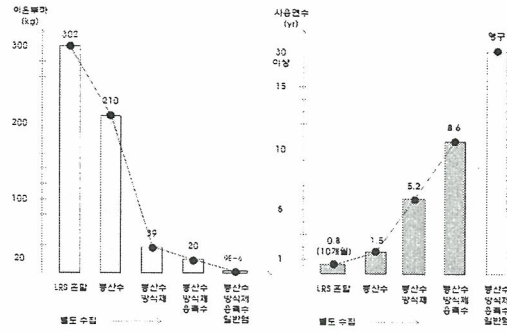


Fig. 2. 이온성 액체폐액 별도수집시 수지사용연수 증가 (종류별 이온부하 및 수지 이온교환능력 평가).

2.3 효과

- 고체 및 액체 방사성폐기물 발생 저감
 - 하절기 O/HI 배출농도 과거대비 86% 감소
 - LRS 폐수지 발생 83% 감소

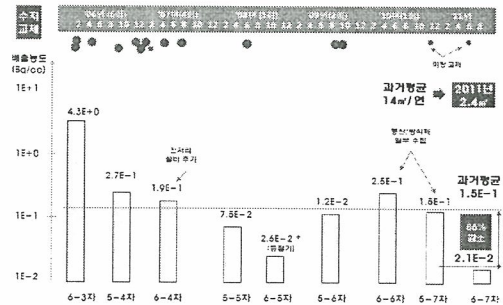


Fig. 3. LRS 수지교체 및 O/H기간 액체배출 현황.

3. 결론

액체폐기물처리 프로세스 개선을 위해 종류별, 특성별 액체폐기물 별도수집 및 맞춤형처리 방안을 개발 적용한 결과 LRS 최적성능 확보로 과거 대비 액체 및 고체 방사성폐기물이 현저히 저감하였으며 폐기물처분 및 LRS 설비 유지관리 등 예산 절감 효과도 연간 7억원 이상으로 크게 나타남.

향후에도 지속적인 액체폐기물처리 프로세스 개선을 통해 방사성 폐기물 저감 및 환경 영향을 최소화하고 원자력 청정이미지 제고에 기여하고자 한다.

4. 참고문헌

[1] 한국 막학회 “막분리 기초”, 1996.
 [2] Technical Report TR.A07NJ06.J2008, 발전기술원, 2008.12.
 [3] System Design Criteria-Liquid Radwaste System(WW).