

액체폐기물 처리성능 향상을 위한 RO시스템 적용 사례

박경록, 조항래, 황태원

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

krpark@khnp.co.kr

1. 서론

원자력발전소 운영 중에 발생하는 액체방사성 폐기물의 효율적인 처리를 위해 선택성이온교환설비가 운영중에 있다. 선택성이온교환설비는 울진1호기와 고리2호기를 시작으로 영광5,6, 울진5,6에 적용되었다. 선택성이온교환설비의 효율적인 운영을 위해서는 전처리가 필요하며 전처리설비로는 당초 원심분리기가 고려되었으나 원심분리기의 경우 입자성 물질의 제거가 용이하지 않아 이를 해결하기 위한 연구를 수행하였다. 본 연구에서는 선택성이온교환설비의 전처리 설비로 정밀여과막(MF, Microfiltration)과 역삼투막(RO, Reverse Osmosis)을 고려하였다. 정밀여과막은 Hollow Fiber형태의 침지형 모델을, 역삼투막은 Spiral-Wound 형태의 가압식 모델을 적용하였다. 본 논문에서는 울진5,6호기 선택성이온교환설비의 성능향상을 위한 MF-RO 전처리설비의 적용경험과 그 결과에 대하여 기술하고자 한다.

2. 본론

2.1 RO 시스템의 구성

울진5,6호기 방사성폐기물건물(RWB)에 설치된 액체폐기물처리계통의 전처리 설비인 RO시스템은 크게 정밀여과막(MF)과 역삼투막(RO)으로 구성되어 있다. RO 시스템의 처리대상 폐액은 화학폐액(Chemical Waste), 고용존고형물(High TDS) 및 저용존고형물(Low TDS)이며, 처리유량은 약 7 ton/hr이다. 그림1에는 전처리설비의 개략도를 나타내었다.

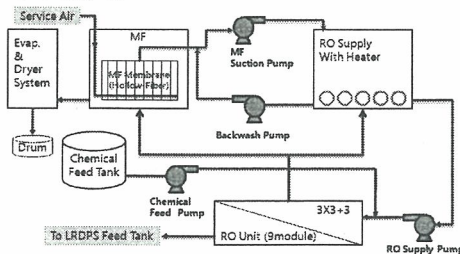


Fig. 1. Schematic diagram of pre-treatment system

MF막은 처리약품을 사용하지 않고 미세한 현탁 물질, 즉 폐액중의 입자를 1차적으로 제거하기 위한 목적으로 침지형을 고려하였다. 특히 장기간 사용에 따른 막 오염제거(역세)가 용이하도록 파울링(Fouling)경감을 위해 수조내에 공기를 주입하여 막 표면에 오염물질이 축적되는 것을 줄이는 방법을 고려하였다. RO막은 역삼투 현상을 이용한 분리막으로 공경(Pore Size)이 약 10 Å내외이며 제거할 입자크기는 평균적으로 $\sim 10^{-3} \mu\text{m}$ 로서 금속이온이나 염 제거를 목적으로, Spiral-Wound 형태의 가압식 모델을 적용하였으며 유효표면적은 $37 \text{ m}^2/\text{모듈}$ 이다.

2.2 성능입증 시험

상기와 같이 구성된 전처리설비의 성능입증을 위해서 3차에 걸쳐 실제 폐액을 대상으로 시험을 수행하였다. 처리성능을 확인하기 위해 RO 시스템에 유입되는 유입수와 처리수에 대한 방사능도 및 전도도를 분석하였다. 분석결과는 Fig.2, Table 1에 나타난 것과 같이 유입수에 대한 처리수의 방사능 제염계수는 약 21~39경도로 나타났으며, 전도도의 경우 평균 약 47% 정도의 감소효과를 보여주고 있다. 정밀여과막(MF)에서 $0.4 \mu\text{m}$ 이상의 입자가 제거되고 RO막에서 $0.4 \mu\text{m}$ 이하의 입자, 금속이온 및 염이 제거되면서 방사능 및 전도도가 감소된 것으로 판단된다. 또한 유입수에 존재하던 입자성 핵종인 ^{95}Nb , ^{124}Sb 등이 RO시스템을 통과한 후 제거된 것을 알 수 있다.[1] 코발트 핵종의 경우 원자로냉각수 중에 함유되어 있는 전체 코발트 중 50% 이상이 $0.45 \mu\text{m}$ 여과기로 처리 가능한 상태로 존재하며 나머지는 용해된 이온 상태로 존재한다[2]. 용해된 코발트는 대부분 2가 양이온 상태로 존재하지만 조건에 따라 3가, 4가 또는 1가 양이온 상태가 되기도 하며 수용액 중에서 pH 8~9 이상이 되면 $\text{Co}(\text{OH})_2$ 침전물이 생성되어 입자 또는 콜로이드 형태로도 존재 가능하다고 보고되고 있다.[2] RO시스템 처리수에 ^{58}Co 이 제거되지 않고 검출되었는데 이는 입자상과 이온상이 양립 가능한 코발트 핵종 중 이

은상으로 존재하는 ^{58}Co 이 RO 에서 완전 제거되지 않은 상태로 존재하고 있음을 보여준다. RO 처리수 중의 전도도 감소율은 RO 시스템 후단에 연결되어 있는 주처리설비인 선택성이온교환설비의 부하를 감소시켜 이온교환수지 사용수명이 증가시켜 폐이온교환수지 발생량을 줄일 수 있음을 보여준다. 실제 전처리설비로 RO시스템을 적용한 후 올진 5,6호기 이온교환수지의 사용수명이 최근 2년동안 평균약 50 %가 증가되었다.[3]

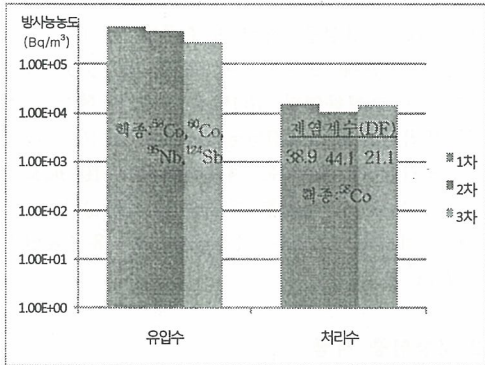


Fig. 2. Decontamination factor of pre-treatment system

Table 1. The change of conductivity in the processing water

No.	유입수 (μS/cm)	처리수 (μS/cm)	감소율(%)
1	26.8	12.2	54.5
2	32.2	14.3	55.6
3	28.7	19.9	30.7
AVG.	29.2	15.4	47.3

3. 결론

올진5,6호기의 액체방사성폐기물처리 주 설비인 선택성이온교환설비의 성능향상을 위해 MF막과 RO막으로 구성된 전처리설비를 적용하고 이에 대한 성능시험을 수행하였다. 적용결과 전처리설비의 제염계수는 우수한 것으로 나타났으며, 전도도 역시 약 50% 감소되는 효과를 보였다. 또한 선택성이온교환설비에서 제거되지 않는 ^{95}Nb , ^{124}Sb 등이 RO시스템을 통과하면서 제거되었다. 이와 같은 전처리설비의 우수한 성능으로 선택성이온교환수지

의 교체 수명이 증가되었으며 이를 통해 폐이온교환수지의 발생량 저감은 물론 수지 교체시의 작업자 피폭량 저감에 기여하였다. 현재 전처리설비인 RO 시스템의 파울링(Fouling) 최소화 등 운전성능향상은 물론 운전 편의성을 도모를 위한 노력이 진행 중에 있다.

4. 참고문헌

- [1] 양호연 외 5인, "방사성폐액 전처리 최적화 통한 액체방사성폐기물 처리시스템 성능개선 연구". 한국수력원자력(주) 원자력발전기술원
- [2] 문석규 외 2인, "선택성이온교환설비 기본설계서", KOPEC
- [3] 올진5,6호기 이온교환수지교체실적 DataSheet, 한국수력원자력(주) 올진원자력본부 제3발전소