

역삼투압설비 농축폐액 처리설비 성능 평가

박정수, 김은영, 김길정

한국전력기술(주), 경기도 용인시 기흥구 마북동 360-9

ispark@kopec.co.kr

1. 서론

울진 원전 5,6호기 건설이후, 액체방사성폐기물계통의 원심분리설비에 대한 운영편의성 향상과 국내 원전 자체 방사성폐액 방출기준 강화로 인한 액체방사성폐기물처리설비의 성능 향상이 요구되었고 이에 따라 신고리 원전 1,2호기를 비롯한 후속 원전에 액체방사성폐기물계통 주처리설비로 역삼투압설비를 적용하고 있다. 역삼투압설비 (Reverse Osmosis (R/O) System) 운영시 농축폐액(R/O Concentrate)이 부수적으로 발생되며, 폐기물 고화제(폴리머) 주입 시 처분부피가 증가되지 않는 형태로 농축폐액을 적절히 건조 처리할 수 있는 설비가 필요하게 되었다. 본 논문은 국내 신고리 원전 3,4호기에 도입되는 농축폐액 처리설비에 대한 성능 평가 및 설비사양을 제시한다.

2. 농축폐액 처리설비 성능 및 설계요건

신고리 원전 3,4호기 역삼투압설비 (Reverse Osmosis System) 운영시 농축폐액(R/O Concentrate)의 연간 정상 발생량은 13.025 m³(3,441 gal.)으로 예상되며, 보수적으로 연간 정상 발생량의 6배를 연간 최대 발생량(78.15 m³)으로 고려하였다.

농축폐액 처리설비의 처리용량은 농축폐액의 최대 발생량을 처리하기 위해 주당 1회 운영하고 75%의 처리설비 이용률 적용을 기준으로 계산되었다. 즉, 농축폐액 처리설비는 1일 동안 2 m³(529 gallon)의 농축폐액을 처리할 수 있는 용량이 요구되며, 이에 여유분을 추가하여 2.27 m³/day(600 gallon/day)로 처리용량이 결정되었다.

농축폐액 처리설비로 건조 처리되어 생성된 농축폐액 건조폐기물은 폐기물 고화제(폴리머) 주입 시 처분부피가 증가되지 않고 폐기물 공극사이로 폴리머가 주입될 수 있는 과립 또는 비드 형태를 유지하여야 하고, 처리된 농축폐액 건조폐기물은 습분이 포함되지 않고 건조된 상태로 폐기물 포장용기(200 Liter 드럼)로 주입될 수 있는 기능이 요구되었다.

이에 따라 요구되는 농축폐액 처리설비의 기본적인 성능 및 설계요건은 다음과 같다.

- 처리용량은 최소 2.27 m³/day(600 gallon/day)로 가능한 최대의 감용을 달성할 것
- 누설의 감지, 수집 및 제어할 수 있는 수단을 구비할 것
- 건조처리로 생성된 폐기물은 12.7 mm(0.5 inch) 미만의 과립 또는 비드 형태를 유지하고, 습분이 없는 상태로 200 Liter 드럼에 주입 가능할 것

3. 농축폐액 처리설비 평가

신고리 원전 3,4호기 농축폐액 처리설비의 입찰사에 대한 기술평가를 통해 구매기술규격서에서 요구하는 처리설비의 기본 성능요건, 재질·제작요건, 연계설계요건, 전기·계측요건과 건조, 운전 및 보수성을 고려한 기기 배치요건 등을 만족하므로 기술적으로 적합한 것으로 평가되었다.

신고리 원전 3,4호기 농축폐액 처리설비의 공급사로 선정된 미국의 Energy Solutions사는 동 설비를 세계 각국에 공급한 경험과 원천기술을 보유한 회사로 신고리 원전 1,2호기(신월성 원전 1,2호기)에 농축폐액 처리설비(R/O Concentrate Treatment System(CTS))를 공급하였으며, 현재 신고리 원전 3,4호기에 공급할 농축폐액 처리설비를 설계, 제작 중에 있다.

4. 농축폐액 처리설비

신고리 원전 3,4호기 농축폐액 처리설비는 건조기 스킵드(Dryer Skid), 진공 스킵드(Vacuum Skid), 냉동기 스킵드(Chiller Skid), HEPA진공 스킵드(HEPA Vacuum Skid) 및 제어장치로 구성된다.

건조기 스킵드, 진공 스킵드 및 HEPA진공 스킵드는 방사성폐기물 처리설비의 지하배치 개념에 따라 복합건물 Level 1(EL. 63'-0")에 설치되나, 공랭식인 냉동기 스킵드는 외부 공기를 이용하여 열 제거가 용이하도록 복합건물 옥상(EL. 139'-6")에 설치하고 농축폐액 처리설비를 원격으로 감시 및 제어할 수 있도록 관련 제어장치가 복합건물 Level 4(EL. 120'-0")에 위치한 방사성폐기물제어실내에 배치된다.

건조기 스킵드의 건조기 본체는 균일한 과립 형태가 될 때까지 폐기물을 혼합·요동시키는 혼합기가 장착된 316L 스테인레스강 재질로 증기가 공급되어 균일한 열원을 제공할 수 있도록 제킷으로 둘러싸여

있으며, 건조기 본체로 유입된 농축폐액을 저온 진공상태(140°F, -24" Hg)를 유지하여 일괄처리방식으로 건조 처리하여 감용(감용계수 "5") 시키고, 건조가 완료된 폐기물은 건조기 본체 하부에 있는 방출밸브를 통해 200 Liter 드럼에 주입시킨다.

진공 스키드는 유동환형(Liquid-ring) 진공펌프, 열교환기 및 응축탱크로 구성되며, 폐기물의 비등점을 낮추어 건조기의 처리율을 증가시키기 위해 진공상태를 유지시키고 응축수를 탱크에서 배출시킨다.

냉동기 스키드는 각각 20톤의 냉각능력을 갖춘 3대의 공랭식 냉동기로 건조기 본체로부터 배기되는 수증기를 응축시키고, 유동환형 진공펌프 냉각을 위해 42°F(5.6°C)의 냉각수가 열교환기로 공급된다.

HEPA진공 스키드는 관내 HEPA 여과기와 송풍기로 구성되며, 송풍기 흡입측이 200 Liter 드럼의 주입 헤드에 연결되도록 하여 드럼내 배기 기체를 발전소 건물환기계통으로 배출시킨다.

농축폐액 처리설비 공정 흐름도는 그림 1과 같으며, 설비의 주요 사양은 표 1과 같다.

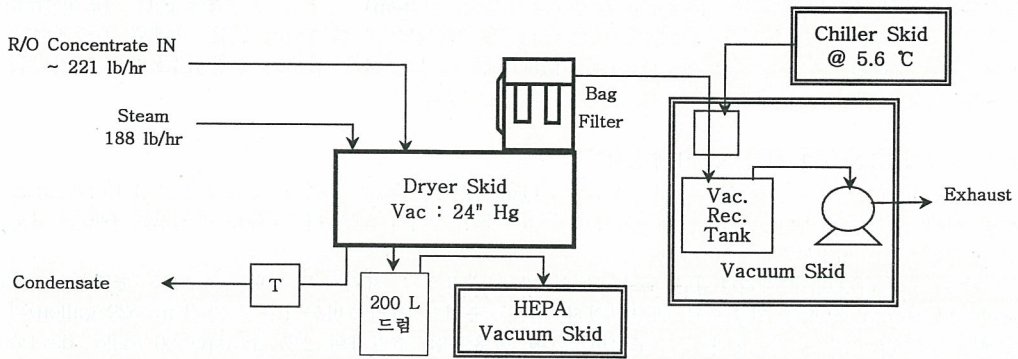


그림 1. 농축폐액 처리설비 공정 흐름도

표 1. 농축폐액 처리설비의 주요 사양

기기 명	크기(m) (L x W x H)	중량(kg)	주요 사양
건조기 스키드	3 x 1.9 x 5.3	6,804	· 건조기 내부용량 : 22 ft ³ · 건조기 재질 : 316L SS · 설계 온도/압력 : 320°F/75 psig
진공 스키드	2.6 x 1.6 x 1.4	2,268	· 진공저장탱크 용량 : 105 gal. · 진공펌프 용량 : 25 scfm · 열교환기 쉘측 입/출구 온도(°F) : 140/90
냉동기 스키드	3 x 2.1 x 2.1	4,173	· 냉각 능력 : 60톤
HEPA진공 스키드	0.7 x 0.4 x 0.6	363	· HEPA 여과기 하우징 용량 : 7 gal. · 송풍기 유량 : 125 CFM

5. 결론

신고리 원전 3,4호기에 설치될 농축폐액 처리설비에 대한 성능 및 설계요건이 확립되었고, 설비 공급사가 요구되는 처리설비의 기본 성능요건, 재질·제작요건, 연계설계요건, 전기·계측요건과 건설, 운전 및 보수성을 고려한 기기 배치요건 등을 만족하는 것으로 평가되었다. 특히, 설비의 기본적인 성능 및 설계요건으로 제시된 처리용량, 최대 감용 및 과립 또는 비드 형태로 건조폐기물 생성에 대한 요건을 만족할 것으로 예상되며, 현재 농축폐액 처리설비에 대한 설계 및 제작이 진행 중에 있다. 농축폐액 처리설비는 2009년 하반기에 현장에 납품 및 설치될 예정이며, 설비의 기능, 안전성 및 신뢰성 확인을 위해 동 설비에 대한 현장 성능시험이^[2] 수행될 예정이다.

6. 참고문헌

- [1] System Description of R/O Concentrate Treatment System for SKN 3&4, Energy Solutions, 2009
- [2] Performance Test Procedure of R/O Concentrate Treatment System for SKN 3&4, Energy Solutions, 2009