

# 액체방사성폐기물 처리계통 성능개선을 통한 경제성제고

김영환\*, 신무갑, 손상배, 이찬교

한국전력기술(주), 경상북도 김천시 혁신로 269

\*dudhwan@kepc-co-enc.com

## 1. 서론

액체방사성폐기물계통은 수집탱크, 감시탱크, 이송 펌프 및 액체방사성폐기물처리설비 등으로 구성되고, 발전소 관리구역에서 발생한 액체폐기물을 방사능 농도 및 화학적 순도에 따라 수집탱크에 분리 수집 후 처리설비를 통해 배출관리 기준을 만족하도록 방사능농도를 낮추는 기능을 한다.

처리설비의 효율 및 환경보호를 목적으로 pH를 조절하기 위해 화학batch(Batch)탱크에서 희석시킨 황산 또는 가성소다를 수집된 액체폐기물탱크에 주입한다. 기존에 사용 중이던 화학약품저장탱크의 사용빈도가 낮아 관리의 문제점이 있어 운전원이 직접 필요한 양을 주입할 수 있도록 화학batch탱크에 추가 약품주입구를 신설하여 운전 편의성을 향상시켰다.

## 2. 본론

### 2.1 액체방사성폐기물계통 설계 개념

액체방사성폐기물계통은 원자력발전소 운영 중 발생하는 액체폐기물의 방사능농도를 낮춰 발전소 종사자, 일반 대중 및 환경을 보호하도록 설계된다. 액체폐기물은 방사능농도 및 화학적 순도에 따라 수집탱크에 분리 수집된 후, 처리설비를 통해 방사능 농도를 낮춰 원자력안전위원회고시 제2014-34호(방사선방호 등에 관한 기준)에 따른 배출관리 기준을 만족한다.

### 2.2 액체방사성폐기물계통 설계 특성

발전소 관리구역에서 발생하는 액체폐기물은 효율적인 처리를 위해 방사능농도 및 화학적 순도에 따라 발생원부터 분리시켜 수집하도록 되어 있다. 수집탱크에 수집된 액체 폐기물은 처리설비의 성능을 극대화하고 방출폐액의 pH기준을 만족시키기 위해 pH를 조절하여 중화시켜 처리설비로 주입된다. 처리설비(증발기, 원심분리기, 역삼투압설비 등)를 통해 방사능 농도를 낮춘 액체 폐기물은 감시탱크에

서 시료채취 및 배출 배관에 설치된 방사선 감지기를 통해 배출관리 기준 만족여부를 판단하고, 배출관리 기준을 만족하지 못할 경우 수집탱크로 주입되어 배출기준을 만족할 때까지 재처리과정을 반복한다.

### 2.3 액체방사성폐기물 pH 조절

pH조절 설비로는 가성소다와 황산을 각각 저장하는 역할을 하는 화학약품저장탱크와 화학약품저장탱크에 저장된 화학약품을 희석시키는 역할을 하는 화학batch탱크가 있다. 가성소다 또는 황산을 바로 주입할 경우 강염기와 강산이므로 pH조절이 어렵기 때문에 화학batch탱크에서 탈염수와 화학약품을 혼합하여 희석시킨 후 희석된 화학약품을 수집탱크에 주입해 pH를 조절한다. 재순환 펌프 후단에 위치한 시료채취구간을 통해 pH를 측정하며 pH를 만족시킬 때 까지 재순환운전을 한다. 액체방사성폐기물계통의 폐액 pH조절 공정 흐름도는 Fig. 1과 같다.

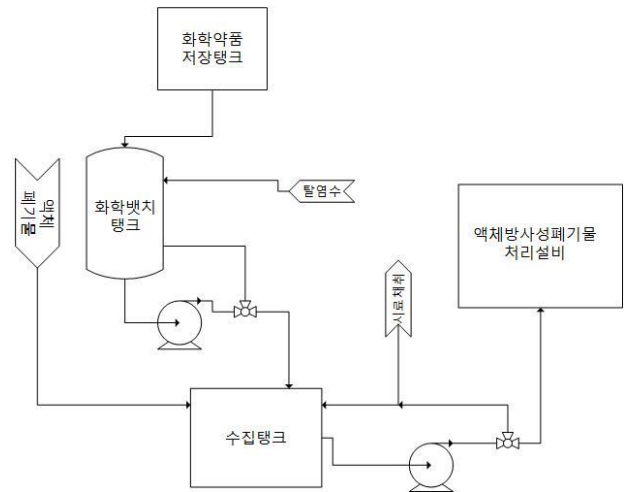


Fig. 1. Flow Diagram for pH control in Liquid Radwaste System.

### 2.4 화학batch(Batch) 약품주입구 신설

초기 화학약품 주입을 위해 유독물 수송차량을 이용하여 Truck Fill Connection을 통해 약품저장탱

크에 저장하고 필요시 약품저장탱크에 저장된 화학 약품을 화학벡치탱크로 주입하도록 설계되어 있으나, 대용량의 유독물 수송차량을 이용하기에는 약품사용빈도가 매우 낮아 유독물의 안전한 관리 및 효율적인 계통 운전을 위해 추가 약품주입구를 신설하였다. 약품주입 시 운전원 보호 및 접근편의성을 위해 탈염수 주입배관에 약품주입구를 연결하였고 이물질의 유입을 막기 위해 격리밸브 및 커버를 설치하였다. 탈염수 배관에 연결한 약품주입구의 개략도는 Fig. 2와 같다.

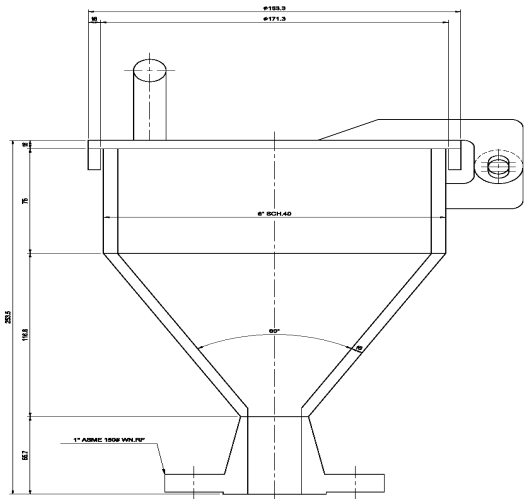


Fig. 2. Hopper.

## 2.5 배관응력해석

추가로 설치되는 Hopper를 포함하여 각각의 벡치 탱크 노즐부터 탈염수 주입배관의 Structure Anchor 까지 배관계에 작용하는 각종 하중에 대해 응력해석을 수행하였으며, 비안전성 배관으로 구성되어 있어 ASME B31.1 요건을 적용하여 배관계의 건전성을 평가하였다. 응력해석은 ASME B31.1의 다음 식을 이용하여 수행하였고 응력해석 결과는 Table 1과 같다.

### 2.5.1 지속하중에 의한 응력

$$S_L = \frac{PD_o}{4t_n} + 0.75i \frac{M_A}{Z} \leq 1.0S_h \quad \dots\dots\dots\text{Eq (1)}$$

### 2.5.2 일시적하중에 의한 응력

$$S_{OL} = \frac{PD_o}{4t_n} + 0.75i \frac{(M_A + M_B)}{Z} \leq 1.2S_h \quad \dots\dots\dots\text{Eq (2)}$$

### 2.5.3 열팽창하중에 의한 응력

$$S_E = \frac{iM_C}{Z} \leq S_A + f(S_h - S_L) \quad \dots\dots\dots\text{Eq (3)}$$

Table 1. Result of Stress Analysis

Code Equation	Node Point	최대응력 (psi)	Code 허용응력 (psi)	최대응력/허용응력 비율(%)
(1)	690	8,480	18,676	45.4
(2)	690	8,480	22,411	37.8
(3)	240	3,990	45,774	8.7

위와 같이 각 Code Equation 별 최대응력 값을 Code 허용 응력과 비교하였으며, 해석결과 모두 Code의 허용 응력을 만족하였다.

## 3. 결론

화학벡치탱크에 추가 약품주입구를 신설하여 운전원이 직접 필요한 양만큼 약품을 주입할 수 있도록 하여 운전편의성이 향상되고, 약품저장탱크에 유독물 저장이 불필요함에 따라 유독물 누출사고 사전 예방이 가능해졌다. 또한, 후행호기 설계 시 화학약품저장탱크의 삭제 필요성에 대한 검토를 통해 경제성 향상을 제고할 수 있다.

## 4. 참고문헌

- [1] 이찬교, “액체방사성폐기물 처리계통 화학벡치 탱크 약품주입구 신설 배관응력해석”, 한국전력기술 (2015).
- [2] “Power Piping”, ASME B31.1 Code, (2000 Addenda).
- [3] 방사선방호 등에 관한 기준, 원자력안전위원회 고시, 제2014-34호.
- [4] 신월성 1,2호기 최종안전성분석보고서.