

# 이동식 농축폐액 증발건조기 실증설비의 특징 및 활용방안

조항래\*, 박지은, 이지훈, 박승철

한국수력원자력(주) 중앙연구원, 대전광역시 유성구 유성대로 1312번길 70

\*hrcho6795@khnp.co.kr

## 1. 서론

원전의 비상시를 대비한 이동식 액체방사성폐기물 처리기술이 개발되고 있다. 용존공기부상(DAF)조와 침지식 중공사 한외여과(UF)막으로 구성된 전처리공정과 선택적핵종제거탑과 고압역삼투(RO)막으로 구성된 주처리공정, 복합전기탈염(CEDI) 후처리공정과 더불어 처리공정 운전으로 발생하는 농축폐액을 처리하기 위한 이동식 농축폐액 증발건조공정도 중요하게 고려되고 있다[1]. 방사성폐액의 특성과 처리공정의 상황에 따라 농축폐액 발생량이 증가할 수 있으므로 증발처리를 통한 감용 성능과 더불어 고농축된 폐액을 안정적인 저장과 처분이 용이하도록 건조시키는 성능도 매우 중요하다. 증발 잔류물을 고건전성용기(HIC)로 처분하기 위해서는 처분요건을 만족시킬 수 있도록 건조시키고 최종 건조물을 쉽게 처분용기에 수집할 수 있어야 한다. 또한 고방사성 물질을 증발건조 시키는 과정에서 발생할 수 있는 방사성 기체의 환경유출 방지장치도 구비되어야 한다. 이와 같이 이동식 증발건조기술은 열역학과 공기조화, 계측제어, 전기 및 기계 등 다양한 분야의 공학기술이 조합되어 있다. 따라서 본 논문에서는 Lab. 규모 장치를 이용한 다양한 실험과 시행착오를 통하여 개발된 이동식 농축폐액 증발건조기 실증설비의 주요 특성과 활용방안에 대해 논하고자 한다.

## 2. 본론

### 2.1 이동식 증발건조기의 주요 특징

#### 2.1.1 단일용기를 이용한 증발과 건조

Lab. 규모 설비에서는 증발과 건조가 밴드히터만으로 이루어 졌지만, 파일럿 규모에서는 증발건조용기의 증부 및 상부의 밴드히터를 대신하여 투입식 히터 및 하우징과 순환 펌프 및 루프를 설치해서 강제순환방식의 증발시스템을 구성하였다. 감압운전 시 가열된 용기의 건전성을 확보하고 내부 폐액의 돌비현상을 억제하는 효과가 기대된다. 하부와 바닥은 세라믹 밴드히터를 적용하여 증발운전 후 남

는 고농축폐액을 효과적으로 건조할 수 있다.

#### 2.1.2 처리수를 이용한 방사선 차폐효과 및 세척

Fig. 1의 ①~③과 같이 증발건조운전으로 발생하는 처리수(응축수) 수조를 증발건조용기 후면과 양쪽 측면에 정방향으로 배치함으로 써 방사선 차폐기능을 병행할 수 있다. 또한 응축수는 폐액수조나 습분분리기, 열교환기 및 습분분리기를 세정하는데 사용할 수 있도록 설계하였다. 따라서 외부로부터 별도의 세정수를 공급받을 필요가 없고 세정 시에도 폐액이 추가로 발생하지 않는다.

#### 2.1.3 공기정화와 집수/저류에 의한 방사성물질누출방지

증발건조실에는 다수의 계측기기가 설치되어 있고, 가열에 의한 증발운전이 진행되면서 내부 온도가 상승한다. 따라서 내부 공기를 연속적으로 배기시키고 외부 공기가 유입되도록 Fig. 1의 ④와 같이 HEPA 필터와 활성탄 필터가 구비된 공기정화기를 설치하여 내부공기의 배기 시에도 방사성 기체가 환경으로 유출되지 않는다. 또한 운전 중 증발건조실은 밀폐상태를 유지하며 내부에서 누설된 방사성 액체는 집수조를 통해 폐액공급수조나 외부 저장탱크로 회수되므로 컨테이너 밖으로 누출되지 않는다.

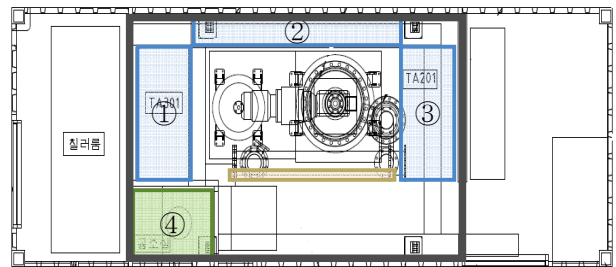


Fig. 1. Top view of Pilot Mobile Evaporation & Dryer.

#### 2.1.4 접이식 컨테이너 지지대

컨테이너에 일체식으로 구성된 이동식 증발건조기는 최종 건조물을 하부의 수집용기로 배출되어야 한다. 따라서 운전 시 컨테이너는 Fig. 2와 같이 지지대에 의해 약 1 m 정도 떠 있어야 한다. 반면 차량이동시에는 안전하게 적재되어야 하므로 컨테이너 지지대는 접이식으로 설계하였다. 이동시에는

가장자리와 중심부에 설치된 8개의 지지대가 완전히 접혀 컨테이너 받침목 기능을 한다. 이러한 받침목은 컨테이너 바닥 집수조(Sump) 등 컨테이너 하부에 필요한 장치의 설치공간을 확보하는데 도움이 된다.

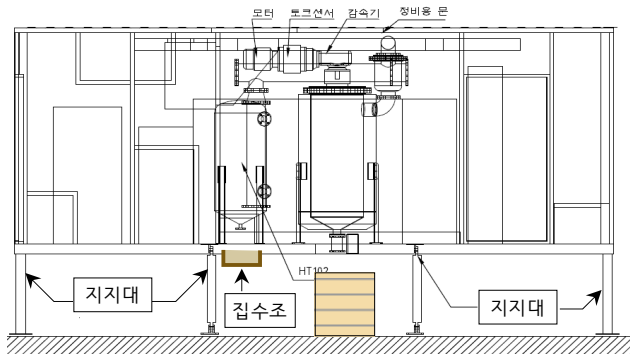


Fig. 2. Front view of Pilot Mobile Evaporation & Dryer.

### 2.1.5 공급전원에 대한 호환성 확보

이동식 증발건조기 파일럿 설비는 실증시험은 원 내에서 이루어지지만 시험 종료 후에는 원전의 특수 폐액 발생 등 유사시에는 발전소에서 활용할 수 있도록 설계하였다. 연구원의 공급전원은 380 V 3상이지만 발전소는 480 V 3상이므로 전력소모가 크고 정격 이하의 전압이 공급되어도 출력에만 영향을 주고 사용상 문제가 되지 않는 히터는 480 V로 설계하였다. 반면에 냉각기, 교반기 등의 모터와 전기회로 구성 기기는 부품조달 용이성 확보를 위해 380 V로 설계하고, 480 V 전원에 대비한 강압기와 스위치를 반영하여 공급전원의 전환이 용이하도록 하였다.

### 2.2 효율적 활용방안

연구과제 수행을 통해 개발된 이동식 농축폐액 증발건조기 실증설비는 개발된 기술의 처리성과 현장 적용성을 입증하기 위하여 제작된다. 실증시험 운전시 방사성동위원소나 실제 방사성폐액을 사용하지 않고 비방사성 모의폐액을 사용하지만, 제작에 사용된 주요 자재는 건전성과 안전성이 확보될 수 있도록 선정하였다. 실증설비의 주요 특징에서 알 수 있듯이 증발 및 건조 능력과 함께 자체차폐 및 세정, 이동성, 방사성물질 누출 방지 기능이 갖추어져 있으므로 설비의 효율적 활용방안이 마련될 필요가 있다. 먼저, 실증시험 종료 후 연구원 내에서 380 V 3상 200 kw 전원을 공급할 수 있는 적절한 장소에 거치하고 향후 상용설비 개발 또는 제작 시 필요한 추가 시험을 통하여 기술의 완성도를 높이는데 활용할 수 있을 것이다. 두 번째로, 향후 연구

원 내에 방사화학실험실이 구축되어 방사성폐액이 발생하게 될 경우 방사성폐액 처리설비 마련에도 활용될 수 있을 것이다. 세 번째로, 발전소 운전 중 막분리설비나 탈염기로 처리하기 곤란한 특수폐액이나 막분리 농축폐액의 처리에도 해당 발전소와 충분한 사전협의의 통하여 임시로 활용이 가능할 것으로 보인다. 발전소 액체폐기물처리계통에는 제염폐액과 같은 화학폐액 등의 특수폐액을 이동식 처리설비를 이용하여 처리할 수 있는 연결용 플랜지가 설치되어 있으므로[2], 현장 적용이 용이할 것이다. 이동식 증발건조기 운전에 필요한 전원(380~480 V 3상 Max. 200 kw)은 발전소에서 준비될 것으로 보이나, 상황에 따라 필요한 경우에는 적정 용량의 이동식 발전차를 대여하여 전원을 공급받을 수 있을 것이다.

### 3. 결론

원전 운전 중 발생할 수 있는 비상상황에 대비하여 이동식 액체방사성폐기물 처리기술이 개발되고 있다. 공기부상이나 막분리 기술을 적용한 전처리나 주처리 공정에서 발생하는 농축폐액을 현장에서 처리할 수 있는 이동식 농축폐액 증발건조기 기술을 개발하여 실증설비를 제작하고 있다. 실증설비의 특징으로는, 단일용기로 증발과 건조가 가능하고, 처리수가 자체 차폐와 세척수로 사용되며, 공기정화기와 집수조 및 회수펌프에 의해 방사성물질의 누출을 방지하며, 접이식 컨테이너 지지대에 의해 최종건조물의 배출과 수집 및 차량적재가 용이하고, 380 V와 480 V 3상 공급전원에 대한 호환성이 확보되어 있다. 이러한 특징은 설비의 처리성능, 이동과 현장 적용의 용이성, 방사성물질의 안전한 관리 측면에 주안점을 두고 연구한 결과이다. 실증시험 후에는, 향후 상용설비 개발이나 제작 시 기술의 완성도 제고를 위한 추가 시험이나, 연구원 내 방사화학실험실 구축 후 방사성폐액 처리시설 마련, 발전소의 농축폐액 또는 특수폐액 처리에 임시 적용 등에 활용하는 방안을 모색해 볼 수 있을 것이다.

### 4. 참고문헌

- [1] 한수원(주) 중앙연구원, "모듈형 이동식 액체방사성 폐기물처리기술 개발 중간보고서", 2014.
- [2] 한수원(주) "신고리 3,4호기 최종안전성분석보고서 (개정-01)", 11.2.2.1항, 2015.