

열분해/축매산화기술을 이용한 유기폐액 처리장치 성능시험

홍성준 · 강덕원 · 김호철 · 이건화 · 이의동

하나검사기술(주)

E-mail: sjhong83@naver.com

중심어 : 형광액, 유기폐액, 열분해, 축매산화

서론

원자력 발전소 및 원자력 관련 연구기관, 학교, 산업체 등에서 저에너지 β 핵종을 분석하기 위하여 사용 중인 액체섬광계수기(LSC ; Liquid scintillation counter)는 분석하고자 하는 시료를 형광물질이 유기 용매에 용해되어 있는 형광액에 cocktail하여 형광액의 여기작용에 의한 발광을 측정함으로써 핵종을 분석하는데 사용된다. 이 때 사용되는 형광액은 유기성 용매로서 벤젠, 톨루엔 및 크실렌 등의 유해물질이 함유되어 있는 휘발성이 높은 독성 물질이다. 또한 사용하고 난 후의 폐형광액은 대부분 미량이지만 방사성 동위원소를 포함하고 있으며, 휘발성이 있고 보관시 화재의 위험이 있어 처리 및 관리에 있어 각별한 주의가 요구된다. 하지만 대부분의 사용처에서는, 사용 후 발생하는 량이 미량이고 현재까지는 방사능을 띤 폐형광액을 마땅히 처리할 수 있는 방법이 제시되지 않음에 따라 소내에 장기 보관하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 이러한 폐형광액을 포함한 난분해성 유기폐액을 안전하고, 환경기준에 부합할 수 있도록 처리할 수 있는 Pilot 규모의 시험장치를 설계, 제작하여 1단계 연구를 수행하였다.

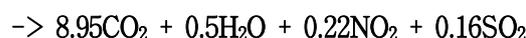
재료 및 방법

LSC 분석을 많이 수행하는 중수로원자력발전소에 서는 약 20년의 운전기간동안 발생해 온 폐형광액을 드럼에 담아 발전소내에 임시 저장 중에 있으나, 폐형

광액은 휘발성이 높고, 인화점이 낮아 밀폐공간에 장기간 보관할 경우, 화재위험성과 휘발성이 높고 부식성이 강하기 때문에 종합적인 관리대책이 시급한 실정이다. 아직까지는 이들 폐액에 대한 처리방안이 제시되고 있지 않아 대부분의 관련 학교 및 연구소 등에서도 이처럼 임시 저장하는 방법이 거의 유일한 방법으로 되어있다. 폐형광액의 처리를 위하여 분자구조를 원소분석법 (Thermo Finnigan Flash EA-2000, Thermo Finnigan Flash EA-1112)을 실시하여 분석하여 분자의 구조를 연구한 결과, 분자구조 형태는 아래와 같이 나타났다.

폐형광액의 분자구조 : $C_{8.95}H_1O_{2.22}N_{0.22}S_{0.16}$

이를 이용하여 고온산화 및 축매산화법을 이용한 공정을 통해 유기물을 이산화탄소와 물로 분해하는 기술을 적용하였으며, 이론적인 산화 반응식은 다음과 같다.



열분해 및 축매산화를 이용한 유기폐액 처리의 공정은 고온산화($\sim 800^\circ C$) \rightarrow 축매산화($500^\circ C$) \rightarrow 축매환원 \rightarrow 유해가스흡수/흡착 \rightarrow 배출(CO_2, H_2O)로 이루어지도록 구성하였다. 이러한 폐형광액을 포함하는 유기폐액 처리 설비의 주요사항은 다음과 같은 사양으로 설계하여 제작하였다.

Table 1. Specification on pyrolysis equipment of radioactive organic solution

항 목	사양	비고
전원	380V, 3상	-
사용 전력	10 ~ 15kWh	-
크기	3m x 2.5m x 2 m	-
처리용량	6L/hr 이상	비중 : 0.87



Fig. 1. Pyrolysis equipment for organic radwaste solution



Fig. 2. Catalytic system for disposition of organic radwaste solution

위와 같은 사양의 처리장치를 제작한 후 방사능이 오염되지 않은 혼합된 형광액을 가지고 1차적으로 유기폐액 처리운전 조건 테스트 실험을 진행하였다. 주요 진행공정은, 먼저 폐형광액을 공기와 혼합하여 1차 약 300°C 예열시키는 예열단계 후 혼합된 가스 형태의 폐형광액을 약 800°C 고온 조건에서 열분해 하는 단계, 처리된 가스의 온도를 약 500°C 수준으로 냉각시키는 냉각 단계, 처리된 가스 중 미처리된 유기물을 촉매를 이용해 약 500°C에서 2차 산화시키는 단계, 최종 처리된 가스를 냉각시켜 대기로 배출하는 단계로 이루어졌다.

결과 및 고찰

본 장치의 시험 운전을 통하여 처리용량은 시간당 약 6L 정도로서, 일본 등에서 개발된 방사성유기폐액 처리장치의 처리속도보다 약 2~6배 정도 향상되었음을 알 수 있었다. 또한 연속운전 모드에서 처리장치의 연속적인 처리 운전이 가능함을 확인 할 수 있었다.

본 장치에 대한 성능시험은 현재 진행 중에 있으며 장치의 특징으로는 크기가 소형이고 공간 이동성이 뛰어나며 운전 방법이 간편하다는 장점을 지니고 있다. 또한 각 부분별 제어운전이 용이하고, 전면부의 제어 판넬을 통해 전체적인 시스템 운영을 사용자가

간편하고 손쉽게 제어가 가능함으로 확인할 수 있었다. 향후 주요 단계별 성능시험을 수행한 후 실험 결과에 대해서는 차후 결론을 도출할 수 있을 것으로 판단된다.

결론

본 실험은 처리장치의 성능평가 및 실제 테스트 이전에 진행된 조건테스트로서, 모든 테스트를 진행할 수는 없었으나, 추후 보완할 사항에 대하여 점검할 수 있었다. 폐형광액 중에 함유되어 있는 황 및 질소 성분이 산화되어 황산화물(SOx) 및 질산화물(NOx) 등이 소량이지만 발생할 가능성이 상존해 있기 때문에, 촉매환원 및 스크러버, 활성탄 등을 활용하여 유해가스를 포집할 수 있도록 추가/보완할 예정이다. 또한 배출되는 가스를 실시간으로 모니터링 하기 위해 On-line 가스 감시를 처리장치 배기단에 설치하여 분석할 예정이다. 원자력 발전소에서 발생하는 폐형광액에는 주로 뇨시료 및 계통의 삼중수소 분석시 발생하는 폐액들이며 이 형광폐액들은 비교적 방사능 수치가 낮은 것이 대부분이어서 처리가스는 공기정화계통을 통해 처리하면 큰 문제가 없을 것으로 판단되나, 배출되는 방사성 핵종 및 방사능량을 확인, 평가하기 위해 NaOH 등 흡착 포집재를 이용하여 ^{14}C 및 ^3H 를 포집, 분석하여 베타핵종의 방출량 및 거동평가도 수행할 예정이다. 이러한 난분해성 유기폐액의 처리장치 개발 및 추가 보완을 통해, 발전소내의 장기 보관에 따른 위험도를 낮출 수 있을 것으로 기대되며, 방사성 물질 처리기술을 접목하여 방사성 유기폐액 처리 및 타 분야에도 적용이 가능할 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. 임유경 외, 방사성유기폐액처리기술현황, 한국방사성폐기물학회 춘계학술대회 논문요약집, 155~156p, 2009.
2. 이의동 외, 열분해산화기술을 이용한 폐형광액처리장치 개발보고서, 하나검사기술(주), 2010.