

라군 질산염 슬러지 처리 실증 시험

황두성, 이규일, 최윤동, 황성태, 박진호
한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150

우라늄 변환시설은 증수로용 UO_2 분말 제조 시설로서 2001년도부터 제염 해체를 통한 변환시설 환경복원사업을 시작하였다. 변환 공정의 운전 중 발생하여 라군(lagoon)에 저장되어 있는 방사성 질산염 슬러지의 처리는 시설의 해체과정에서 매우 중요한 업무 중의 하나이다. 라군 질산염 슬러지의 주성분은 NH_4NO_3 , $NaNO_3$, $Ca(NO_3)_2$, $CaCO_3$ 및 U 화합물과 소량의 Fe, Mg, Al, Si 및 P 화합물로 구성되어있다. 라군 질산염 슬러지의 특성과 개발된 공정 기술을 기초로 하여 그림 1과 같이 라군 질산염 슬러지 처리 공정과 처리설비가 제작 설치하였다. 라군 질산염 슬러지는 열분해 공정에 의하여 처리한다. 질산염 슬러지에는 다량의 ammonium nitrate가 함유되어 있으며, 이는 특정한 분위기에서는 폭발성을 가지고 있고 열분해시 다량의 가스를 방출하는 문제점을 가지고 있다. 질산염 슬러지의 열분해공정에서 이 같은 문제점은 배출 가스의 처리공정에서 발생 가스를 강제 흡입함으로써 해결 가능하였다. 열분해 공정은 질산염 슬러지의 특성에 따라 2단계로 이루어진다. 첫 단계는 약 $350^{\circ}C$ 의 저온에서 ammonium nitrate를 분해하며, 두 번째 단계는 온도를 $900^{\circ}C$ 로 상승시키면서 슬러지 내 함유된 sodium nitrate, calcium nitrate와 calcium carbonate를 분해시키면서 잔류 폐기물을 안정화시킨다. 배기가스는 선택적 촉매환원공정(SCR)으로 처리하였다. 공정은 산화촉매, ammonia SCR, ethanol SCR로 구성되어있다. 열분해 반응에서 배출되는 가스 중 ammonia는 산화촉매반응기에서 산화되어 NO_x 로 변환되며, 이는 배출가스 중의 NO_x 와 함께 약 $300^{\circ}C$ 의 온도에서 ammonia를 환원제로 사용하는 SCR 반응기에서 질소로 환원 처리된다. 본 열분해 공정은 배출가스가 일정하게 배출되지 않으므로 환원제를 일정하게 공급할 수 없으므로 NO_x 를 완전히 제거하기 위해서 ammonia를 과량으로 공급해주어야만 한다. 이 경우 ammonia를 대기 중으로 방출해야 하는 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 공정에서는 후단에 ethanol SCR 반응기를 추가하여 ammonia SCR 반응기에서 대부분의 NO_x 를 처리하고 미처리된 NO_x 를 처리하는 시스템으로 구성하였다.

그림 2는 라군 2 질산염용액 46kg의 처리시험 결과이다. ammonium nitrate는 약 2시간 이내에 처리되었으며 기타 질산염은 $900^{\circ}C$ 까지 온도상승에 따라 총 3시간 이내에 처리되었다. 열분해 후 잔류 안정화된 폐기물의 양은 5.8kg으로 약 87%가 감량되었으며, 열분해시 발생된 NO_x (배출규제치 200ppm)는 100ppm 이하로 처리되었다. 처리 후 잔류 폐기물의 방사능농도는 $0.7 Bq/g$ 으로 저준위방사성 폐기물로 관리가능하다. 그림 3은 라군 2 질산염고체 75kg의 처리실험 결과이다. 질산염 고체에는 ammonium nitrate의 함유량이 적어 가열로의 온도를 저온에서 유지하지 않고 $900^{\circ}C$ 까지 일정한 속도로 상승시키면서 질산염을 분해하였다. 질산염은 약 2시간 50분 이내에 처리되었으며 처리 후 잔류 폐기물의 양은 45kg으로 약 40% 감량되었다. 배출된 NO_x 또한 100ppm 이하로 처리되었으며, 잔류 폐기물의 방사능 농도는 $33 Bq/g$ 으로 저준위 방사성폐기물로 관리 가능하였다. 이 같은 처리 실험 결과를 바탕으로 제작 설치된 설비를 이용하여 라군 질산염 슬러지를 처리 중에 있다.

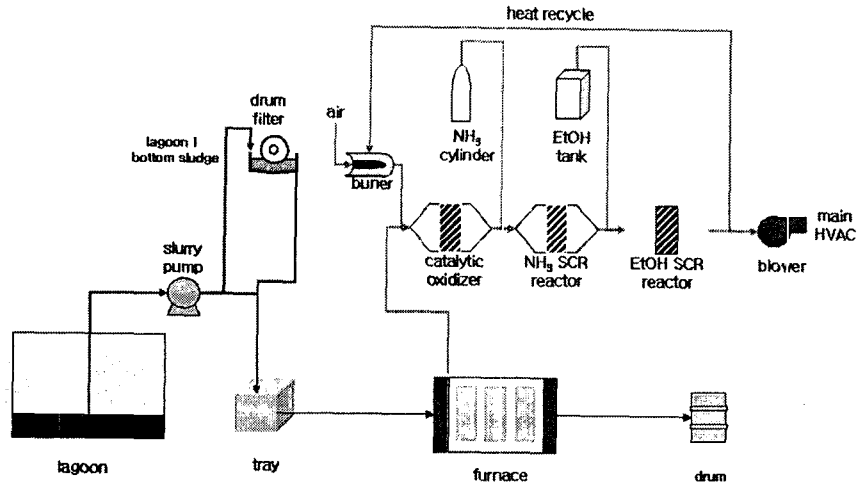


그림 1. 라군 1 질산염 슬러지 처리 공정

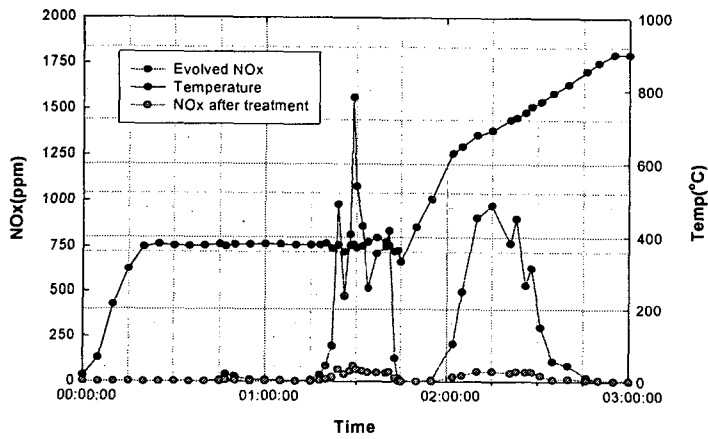


그림 2. 라군 2 질산염 용액 처리

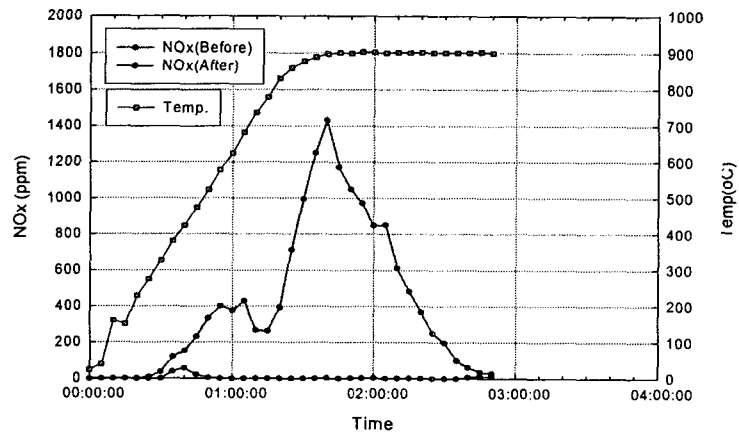


그림 3. 라군 2 질산염 고체 처리