

우라늄변환시설 라군-질산염 폐액으로부터 질산암모늄 회수

최윤동, 이규일, 황성태, 황두성, 정운수
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지
ydchoil@kaeri.re.kr

우라늄변환시설에 대한 제염해체가 진행 중에 있으며, 제염해체는 크게 시설 내부 공정설비에 대한 제염 및 해체 그리고 라군에 저장되어 있는 질산염 폐기물에 대한 안전처리로 나눌 수 있다. 라군-질산염 폐기물은 우라늄 함량이 매우 높은(3~5%) 슬러지 폐기물과 우라늄 함량이 매우 낮은(200ppm 이하) 슬러지 폐기물 두 가지 종류가 있으며, 현재 처리 중에 있는 질산염 폐기물은 우라늄 함량이 매우 낮은 고체 폐기물로서 열분해 방식으로[1] 처리하고 있다. 한편 우라늄 함량이 매우 낮은 액체 폐기물은 기존 열처리 방식으로 처리하는데 끓어 넘치는 현상이 발생하는 등 실제 공정에 적용시키는 데에 몇 가지 어려움이 있어 왔다.

본 연구에서는 우라늄 농도가 매우 낮은 액체 질산염 폐기물을 안전하게 처리하기 위한 개념을 최우선적 목표로 두었으며, 변환시설 라군에 저장 중인 액체 질산염 폐기물을 처리하기 위한 질산암모늄 회수 공정 및 잔류 액체 폐기물 처리 방안을 도출하였다. 이를 위하여 액체 질산염 폐기물에 대한 특성 분석, 질산암모늄 회수 실험, 그리고 잔류 액체 폐기물에 대한 처리 방안에 관한 기초 실험을 수행하였으며, 액체 질산염 폐기물에 대한 안전한 처리 방안을 도출하였다.

- 액체 질산염 폐기물 특성

라군 액체 질산염 폐기물은 아래 표1에 보여주는 바와 같이 우라늄 함량은 50ppb 미만으로 매우 낮으며, 주성분은 암모늄(NH_4^+) 및 나트륨(Na^+)에 대한 질산염(NO_3^-)이다. 수분 함량은 37~40%이며, 계절에 따라 수분함량은 다소 유동적이다. 고체 질산염 폐기물에 비하여 액체 질산염 폐기물에 포함된 우라늄 함량은 매우 낮으며, 이로서 고체 폐기물과 액체 폐기물을 분리하여 처리하는 것이 바람직하다.

표1. 액체 질산염 조성

NH_4^+ (wt%)	Na^+ (wt%)	NO_3^- (wt%)	U (ng/g)	H_2O (wt%)
9.6	4.1	45.7	<50	37~40

- 질산암모늄 회수

질산암모늄은 암반 발과용 폭약의 원료로서 산업적으로 이용되며, 또한 농작물을 키우는 비료로 널리 이용되고 있다. 원자력 시설로부터 얻어진 질산암모늄은 우라늄물질이 포함되어 있다는 이유로 방사선 물질이 자연준위 이하로 포함되어 있어도 일반적으로 사용하는 데에는 제약이 따른다. 액체 질산염 폐기물로부터 회수된 질산암모늄 중 우라늄 함량은 약 0.6ppm 미만이었으며, 나트륨이온의 함량은 1%미만으로 비교적 순수한 질산암모늄 이었다.

본 연구에서는 액체 질산염 폐기물로부터 질산암모늄을 결정화시킴으로서 용이하게 질산암모늄을 회수하는 방법을 도출하였다. 결정화는 일차로 액체 질산염 폐기물을 110 °C에서 5분간 가열시켜서 액체 내에 용해되어 있는 탄산이온(CO_3^{2-})을 제거시킨 후 실온에 방치시킴으로 이루어진다. 회수된 질산암모늄에 대한 열분해 시험은 전형적 질산암모늄 분해 형태를 나타내었다[2].

질산암모늄을 회수한 후 남은 질산염 용액에 대한 열분해 시험은 질산나트륨에 대한 분해 형태를 나타내었으며, 질산암모늄 회수 후 잔류 용액에 대한 열적 처리 방안에 대해서는 앞으로 계속 되어야 할 과제로 남아 있다. 액체 질산염 폐기물에 대하여 도출한 처리 공정 개념도를 아래 그림 1에 나타내었다.

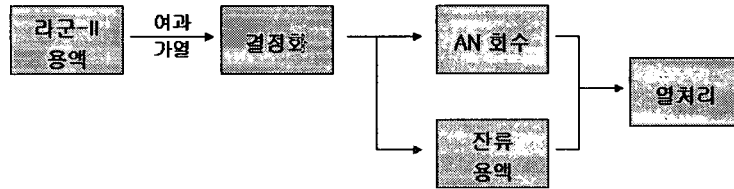


그림 1. 액체 질산염 폐기물 처리 흐름도

- 결론 및 향후 계획

본 연구에서는 우라늄변환시설 환경복원을 위한 일환으로, 라군 폐기물을 대상으로 하는 액체 질산염 폐기물에 대한 안전한 처리 방법 및 최적공정을 도출한다. 이를 위하여 액체 질산염 폐기물 특성 및 질산암모늄 회수 시험을 통하여 질산암모늄 회수율을 측정하고, 아울러 잔류 액체 폐기물에 대한 열처리 시험으로부터 최종 고체생성물에 대한 안정성을 분석한다. 상기 분석결과로부터 라군 액체 질산염 폐기물에 대한 안전한 처리 방안을 도출하였으며, 그 내용은 다음에 기술한 바와 같다.

- 회수된 질산암모늄은 기존 열처리로를 이용하여 열분해 처리한다.
- 잔류 액체 폐기물은 부피를 최소화 시키고 알루미늄 침가 방법[2]을 사용해서 열처리시켜서 안정화 시킨다.
- 액체 질산염 폐기물에 대한 열처리 후 잔류물에 대한 부피 감소는 90%이상으로 추정 되었다.

본 연구에서의 결과는 우라늄변환시설 라군 액체 폐기물처리를 위하여 유용하게 활용될 것이며, 향후 변환시설 환경복원에 기여할 것이다.

참고문헌

1. 황두성, 이규일, 최윤동, 황성태, 박진호, “라군질산염 슬러지 처리 실증 시험” 2006 추계 한국방사성폐기물학회 4, 29(2006)
2. Jong Hyeok Oh, Doo Seong Hwang, Kue Il Lee, Yun Dong Choi, Sung Tai Hwang, Jin Ho Park, and So Jin Park, “Stabilization of Uranium Sludge from a Conversion Plant Through Thermal Decomposition” J. Ind. Eng. Chem., 12, 682(2006)