

우라늄을 함유한 유기폐액 처리

최윤동, 최취경, 이규일, 황두성, 정운수
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 대덕대로 1045
 vdchoil@kaeri.re.kr

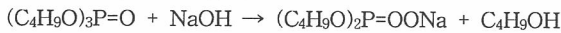
1. 서론

우라늄 변환시설에 대한 제염 및 해체사업이 2010 상반기에 완료 예정에 있으며, 궁극적으로 우라늄 변환시설로부터 나온 모든 액체폐기물은 안정한 형태의 고체상 폐기물로 변환되어서 저장시켜야 한다. 현재까지 우라늄변환시설 해체로부터 처리 되지 못하고 남아있는 액체 폐기물은 유기폐액이다. 우라늄 변환시설로부터 발생된 유기폐액은 우라늄 정제를 위하여 사용하였던 유기용액이며, 이것은 우라늄 추출제 tri-butyl phosphate(TBP)와 희석제 do-decane 그리고 우라늄을 포함하고 있다. 이 같은 유기폐액을 처리하기 위한 방안으로 열분해연소 또는 전기화학적 방법에 의한 두 가지 처리방안에 대하여 고찰하여본 바 있다[1]. 하지만 두 방법 모두 실질적으로 적용시키기에는 비현실적이다. 이는 우라늄변환시설로부터 발생된 유기폐액은 천연우라늄에 의한 중-저준위 알파폐액으로서 상대적으로 그 양이 적으며, 약 5톤, 이를 처리하기 위하여 새로운 연소장치나 전기화학적 분해 장치를 만들어서 처리하기에는 고비용 및 처리공정의 복잡성을 요하는 등 매우 비효율적인 면이 있다.

따라서 TBP를 산 또는 염기로 가수분해 시켜서 변환유기폐액을 처리시키는 데에 적용할 수 있는지를 조사하였다. 상기와 유사한 유기폐액에 대한 염기성 가수분해에 대하여 실험실적 및 공학적 처리에 대한 연구가 이미 있었으며[2,3,4], 이러한 방법을 응용하여 변환유기폐액을 보다 효율적으로 처리할 수 있는 방안 및 최적조건을 찾는 것이 본 연구의 최종 목적이다.

2. 변환유기폐액 가수분해 실험결과

변환유기폐액에 대한 염기 및 산에 의한 시험결과 TBP의 가수분해는 아래와 같이 DBP로 일차로 가수분해가 일어남을 보였다.



또는



상기 반응은 150℃에서 약 5시간 환류 시켜서 완성되었으며, 이를 진공증류를 통하여 확인하였다. 반응이 끝난 용액에 대한 진공증류 과정에서 70-90℃에서 물이 소량 회수 되었으며, 100-105℃에서 butyl alcohol이, 그리고 165-180℃에서 do-decane이 회수되었다. 최종적으로 남은 잔류물은 슬러지형태의 인산염으로 확인되었다. 진공증류를 통하여 회수된 용액에 대한 방사능은 무시할 정도의 값을 나타내었으며, 잔류물에 대한 방사능 값은 초기 유기폐액에 대한 방사능과 유사한 값(2000Bq/g)을 나타내었다.

변환유기폐액에 대한 TBP의 가수분해반응은 상대적으로 적은 량(유기폐액의 10%)의 염기-용액(10N NaOH)을 첨가시켜서 반응을 수행하였으며, 이 경우 반응은 모두 DBP가 생성되었다고 가정되었다. 이는 최종적으로 남은 잔류물로부터 회수되는 유기용액이 발견되지 않았던 것으로부터 추정할 수 있었다.

한편 산-용액(10N HNO₃)을 사용하여 TBP를 가수분해 시켰을 경우에도 염기용액을 사용한 경우와 같은 결과를 얻었지만 진공증류에 의한 유기물 회수 시에 우라늄이 일부 함께 수반되어 회수되었다. 따라서 염기용액을 이용하여 가수분해 시키는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

변환유기폐액에 대한 가수분해 반응은 환류(reflux)시켜서 진행시켰으나, 이 과정을 생략하고 진공증류공정을 직접 적용하였을 경우에도 동일하게 진행됨을 확인하였다. 이는 상기 반응식에 나타낸 것에서 알 수 있듯이 가수분해반응으로부터 생성되는 butyl alcohol을 제거해 줌으로서 상기 반응은 정-방향으로 더욱 용이하게 진행됨을 추정할 수 있다.

변환유기폐액에 대하여 염기에 의한 가수분해반응을, 진공증류법으로, 진행시킨 후 얻어지는 슬러지는 우라늄을 함유한 DBP 및 MBP의 나트륨 염으로 이루어져 있다고 추정되며, 초기 유기폐액의 약 40%를 차지하고 있다. 이것은 쉽게 열분해 되어서 우라늄을 함유한 인산염형태로 존재하게 되며, 변환

유기폐액에 대한 우라늄 잔량은 약 9%인 것으로 나타났다.

3. 결론

본 연구에서는, 우라늄변환시설로부터 나온 우라늄을 함유한 유기폐액에 산 또는 염기를 사용하여 TBP를 가수분해 시키는 방법으로, 변환유기폐액에 대한 처리 실험을 수행하였다. 유기폐액은 산 및 염기에 의하여 용이하게 가수분해 시킬 수 있었으며, 염기용액을 사용하여 가수분해 시키는 방법이 바람직함을 보였다. 가수분해반응은 분해생성물인 butyl alcohol을 진공증류기를 이용해 제거해 줌으로서 보다 효율적으로 가수분해 반응을 진행시킬 수 있음을 보였다. 결과적으로, 염기에 의한 TBP의 가수분해는 진공증류방법을 적용하여 쉽게 진행시킬 수 있으며, 가수분해 생성물과 우라늄을 함유한 고체상태 폐기물을 분리하여 처리할 수 있음을 보였다. 본 방법은 변환유기폐액을 처리하는데 있어서 연소법이나 전기분해법에 의한 처리보다 공정이 간단하고 장치 설치 등이 단순하여 매우 효율적이다.

참고문헌

- [1] 최윤동, 최휘경, 이규일, 황두성, 정운수, “우라늄 변환시설에서 발생한 유기폐액처리” 한국방사성폐기물학회 춘계 학술발표회, 2009, 152 (2009)
- [2] A.S. Pente, Prema Gireesan, Vidya Thorat, V.G. Katarani, C.P. Kaushik, D. Das, and Kanwar Raj, “Study of different approaches for management of contaminated emulsified aqueous secondary waste” Desalination, 232, 206-215 (2008)
- [3] David J. Burgess and Geoffrey Stedman “Autocatalytic alkaline hydrolysis of tri-n-butyl phosphate” J. Chem. Soc., Perkin Trans. 2, 2593-2597 (1998)
- [4] Smitha Manohar, C. Srinivas, Tessy Vincent, and P.K. Wattal, “Management of spent solvents by alkaline hydrolysis process” Waste Management 19, 509-517 (1999)