우라늄 변환시설에서 발생한 유기폐액 처리

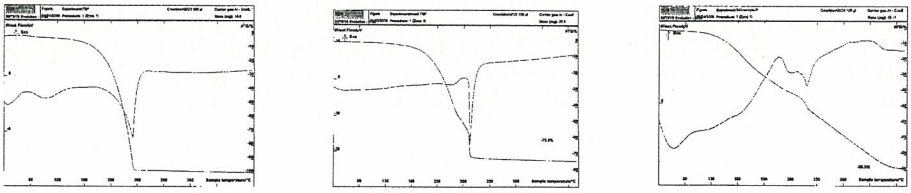
최윤동, 최휘경, 이규일, 황두성, 정운수
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 대덕대로 1045
ydchoi1@kaeri.re.kr

1. 서론

우라늄 변환시설에서는 우라늄 정제를 위하여 용매추출법을 이용하며, 이때 우라늄 추출제로 tri-butyl phosphate(TBP)와 희석제 dodecane을 사용한다. TBP/dodecane 계는 재처리 시에도 우라늄 및 플루토늄을 분리 정제하기위하여 사용된다. 변환공정에 사용되었던 TBP/dodecane은 우라늄을 함유하고 있기 때문에 방사성 유기폐기물로 간주되며 궁극적으로는 장기저장에 안정한 형태로 변환 처리하여야 한다. 본 연구는 변환공정 중에 사용되었던 유기폐액에 대한 효율적 처리 방안을 마련하는 것이다. 최근 유사한 유기폐액에 대한 처리는 연소에 의한 열분해 처리 방법[1]을 취하고 있으며, 전기화학적 분해법[2,3]을 이용하기도 한다. 방사성 유기폐액에 대한 연소 처리는 배기 기체 처리를 철저히 하기위한 부대설비에 대한 투자가 필요하며, 처리설비 설치를 위한 많은 공간이 필요하다. 한편 전기화학적 분해법을 이용하는 경우 처리량에 대한 한계가 있으며, 단기간에 많은 유기폐액을 처리하기 위하여서는 장치가 커지는 단점이 있다. 우라늄 변환시설 제염해체 중에 발생된 방사성 유기폐액은 약 5.7m^3이며, 이 중에서 우라늄 정제 공정(용매추출) 중에 발생된 유기폐액 약 3.7m^3와 공정 sump 등으로부터 회수한 유기폐액 약 2m^3가 있다. 변환시설로부터 발생된 유기폐액은 우라늄에 의한 알파 방사선 폐액으로 희석제인 dodecane에 TBP가 약 30%함유되어 있기 때문에 방사성유기폐액의 부피를 줄일 필요가 있다. 그리고 난 후, 우라늄물질을 포함한 TBP 유기폐액을 효율적으로 처리하여 최종적으로 남게 되는 잔류물질이 고체상태의 안정한 우라늄화합물을 형성하도록 하여야한다. 변환시설에 대한 제염 및 해체사업을 성공적으로 수행하기위하여 변환시설해체사업으로부터 발생되는 모든 방사성폐기물은 장기저장에 안정한 물질로 변환시키고 있으며, 이것은 환경오염 방지 및 방사성폐기물처분에 대한 비용 저감에 크게 기여하게 된다.

2. 유기폐액 특성 및 부피 저감 실험 결과

변환시설에 남아있는 두 종류 폐액에 대한 열적 특성 분석결과는 그림1과 같다.



A B C

Figure 1. Thermogram of Radioactive Organic Wastes. A is for TBP, B and C are for Samples.

일반적으로 TBP에 대한 열분해는 300-350℃에서 일어나며, 아인산과 올레핀(C_4H_8)이 생성된다[4]. 열분석 그림에서 알 수 있듯이 최종적으로 남는 잔량은 두 종류 유기폐액에 대하여 각각 26.5% 및 11.2%로 나타났으며, 인산염의 형태를 이루고 있을 것으로 예상된다. 일반적으로 우라늄을 함유한 유기폐액으로부터 우라늄물질 만을 완전하게 분리하기는 쉽지 않다. 다량의 물을 이용하여 유기폐액 중에 존재하는 우라늄을 벗겨 낼 수는 있지만 유기폐액 중에 우라늄이 존재하지 않을 정도로 회수하기는 매우 어렵다. 따라서 우라늄을 함유하는 유기폐액은 일반적으로 연소 처리하고 있으나, 본 변환시설로부터 발생된 유기폐액은 전체 양이 얼마 되지 않기 때문에 이를 처리하기위한 연소장치를 특별하게 이용하기는 어렵다. 결국 유기폐액의 양을 효과적으로 줄일 수 있는 방법으로 진공증류를 통하여 일차적으로 회석제인 dodecane을 회수처리하기로 하였으며, 예비시험결과를 표1에 나타내었다.

Table 1. Results of Vacuum Distillation for the Radioactive Organic Wastes. unit: Bq/g

	Sample 1	Sample2
Radioactive Organic Waste	727	2010
TBP Residue	3590	3080
Dodecane Recovered	-	-

표에서 보는 바와 같이, 두 폐액에 대한 방사능은 각각 727Bq/g 및 2010Bq/g으로 약 1.4% 및 3.9%의 우라늄을 함유하고 있다. 희석제는 회전진공증류기를 이용하여 175~185℃, 60~70Torr에서 비교적 용이하게 회수할 수 있었으며, 이때 회수된 유기용제 중에 방사능은 바탕 값 수준을 나타내었다. 변환시설로부터 발생된 유기폐액은 소량의 물이 포함되어 있기 때문에 희석제를 회수하기에 앞서 소량의 물을 먼저 제거하여야 하며, 이를 위하여 대기압 상태에서 약 140℃까지 증류온도를 높여주어서 물을 완전하게 제거시킨 후 감압증류 상태로 전환시켜서 희석제를 회수한다. 회수된 희석제에 대한 방사능 분석 값은 자체처분 값 이하로 회수될 수 있음을 보이고 있다.

변환시설에서 발생한 유기폐액에 대한 처리는 일차적으로 진공감압증류를 통하여 희석제인 dodecane을 회수하고, 이 후에 남게 되는 약 2.4m^3의 TBP 잔류물은 전기화학적 산화 처리 방법으로 유기폐액을 분해시킨 후 최종적으로 남는 우라늄물질을 안정한 화합물 형태로 변환시켜서 저장할 것이다.

3. 결론

본 연구에서는 우라늄변환시설 제염 및 해체 과정으로부터 나온 우라늄을 함유한 유기폐액을 처리하기위한 일차적 처리방안으로 진공증류 방법을 이용한 부피저감 실험을 수행하였다. 유기폐액은 진공증류방법을 적용하여 용이하게 희석제를 회수할 수 있었으며, 유기폐액 약60%의 부피를 저감시킬 수 있음을 보였다.

참 고 문 헌

[1] NUKEM Technologies GmbH, "Pyrolysis of Radioactive Organic Waste", http://nukemtechnologies.net/fileadmin/pdf/Brochure_Pyrolyse_April_2007.pdf (2007)

[2] B. Balazs, Z. Chiba, P. Hsu, P. Lewis, L. Murguia, and M. Adamson, " Destruction of Hazardous and Mixied Wastes Using Mediated Electrochemical Oxidation in a Ag(II)HNO_3 Bench Scale System" UCRL-JC-126754 (1997)

[3] 정상준, 문일식, 최왕규, "전기화학적으로 재생되는 Ag(II)를 사용한 유기제염폐액의 분해" Theories and Applications of Chem. Eng., 2004, 10(1), 724 (2004)

[4] Cecile E. Higgins, Willis H. Baldwin, "The Thermal Decomposition of Tributyl Phosphate" J. Org. Chem., 1961,26(3), 846-850 (1961)