

우라늄을 함유한 유기폐액 자체처분을 위한 실험

김재건, 김현권, 김병래, 박근택
고려검사(주), 경상남도 김해시 삼계동 1416-3
viilovevii@naver.com

1. 서론

핵연료 가공시설에서는 원자력연료 생산을 하는 과정 속에서 많은 기계류 등을 사용하는데 기계의 사용과 함께 발생하는 것이 윤활유, 유압유 등의 폐오일이다. 본 실험은 원자력연료 가공시설에서 발생하는 폐오일을 자체처분 하기위한 우라늄 농도 저감을 목표로 실시되었다. 자체처분을 위한 피폭선량평가 결과 유도된 자체처분 제한치는 0.0786Bq/g이다.

2. 본론

2.1 실험방법

핵연료 가공시설에서 발생하는 방사성폐오일 내 우라늄저감 실험방법으로 일반산업용 폐오일 정제 방법인 황산백토 처리법, 이온정제법, 필터처리법, 그리고 핵연료 가공시설 내에서 일반적으로 사용하는 방사성 액체폐기물 처리 방법을 적용하여 실험해 보았지만 만족할만한 결과를 얻지 못하였다. 하지만 방사성 액체폐기물처리 방법에서 착안하여 우라늄 이온을 이온화 시켜 침전시키는 방법을 이용하여 다시 실험을 진행하였다. 우선, HNO_3 , NaOH , HCl , NaOH 등의 산용액으로 우라늄을 이온화 시킨 뒤 알칼리계 용액을 투입하여 우라늄을 화합물 형태로 추출하려 하였다. 하지만 오일의 viscosity로 인해 우라늄은 쉽게 추출되지 않았다. 따라서, 폐오일을 일반 산이 아닌 황산을 통해 반응시켜 오일 내 불순물을 황산피치(Sulfuric acid pitch)로 침전시키면 우라늄 역시 함께 이온화되며 추출될 것이라는 가설을 세워 본 실험을 수행하였다. 실험에 있어서 폐오일의 점성이 가장 문제가 되었는데 이 부분은 온도변화를 통해 해결했다. 실험은 2가지로 나누어서 실시했다. 실험에서는 피폭선량평가 결과 유도된 자체처분 제한치 보다 낮은 0.05Bq/g로 기준치를 정했다. 첫번째 실험은 일정량의 방사성폐유를 같은 온도 조건에서의 질산과 황산의 배합 비율변화를 통해 산용액의 투입비율을 최적화 시키는 실험이었다. 두번째 실험은 일정량의 폐오일에 산

을 투입하며 반응에 가장 적합한 온도를 찾는 실험이었다. 폐 오일 시료는 원자력연료 가공시설에서 발생된 폐 오일을 사용했다. 첫번째 실험에서, 시료는 200L 드럼에 보관중인 폐 오일을 교반기로 10분간 교반하여 채취했다. 이때, 폐오일 내 방사능농도는 3.3Bq/g이었다. 1,000ml의 beaker에 폐오일 시료를 500ml씩 넣고 가열교반기로 교반 및 가열했다. 교반속도는 300 rpm, 가열온도는 100°C로 했다. 폐 오일의 온도를 확인하고 일정량의 63% HNO_3 이 투입된 폐유에 98% H_2SO_4 를 투입하면서 변화를 지켜본 후 적정 황산량을 찾고, 일정량의 98% H_2SO_4 이 투입된 폐유에 63% HNO_3 을 투입 하면서 변화를 지켜봤다. 투입이 완료된 후 폐 오일은 상온에서 침전물을 형성한다. 침전 시간은 폐 오일의 온도가 상온이 되도록 24시간 동안 두었다. 침전이 완료된 후 폐 오일은 젤(gel) 상태의 침전물과 폐 오일로 분리되어 침전되었다. 폐유의 상등액을 marinelli beaker에 담아 감마핵종분석기로 측정하였다. 실험은 최적의 비율을 찾을 때까지 반복 하였다. 두 번째 실험에서 시료는 첫번째 실험과 같은 폐 오일을 사용하고 온도조건을 제외하고는 첫 실험과 동일하게 수행하였다. 이 실험에서는 폐 오일을 가열하지 않고 우선 폐오일에 63% HNO_3 및 98%의 H_2SO_4 를 투입하였을 때 일어나는 발열반응에 따른 온도 변화를 살펴본 후 실험하였다. 방사성폐유는 온도가 약 50°C까지 상승하였으며 50°C에서부터 10°C 단위로 올리면서 100°C까지 실험을 하였다. 침전 후 감마핵종분석의 방법으로 방사능 농도를 측정하고 온도를 서서히 낮추면서 반복실험을 통해 적정온도를 찾아내었다.

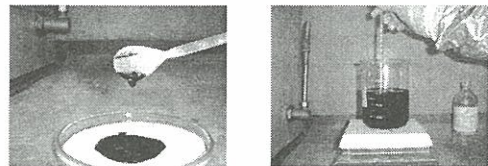


Fig. 1. 유기폐액 및 온도 측정

2.2 실험결과

첫번째 실험을 통해 얻은 데이터는 표.1 과 같다. 표.1에서 보듯이 63% HNO₃ 20ml에 황산 30ml를 투입해 0.021Bq/g 결과를 얻었다. 98% H₂SO₄ 30ml 에 대한 질산의 적정비율은 10ml 투입했을 때 0.0465Bq/g의 값을 얻을 수 있었다. 방사성 폐유 내에서의 우라늄저감의 최대 효율을 얻을 수 있는 비율은 63% HNO₃ 10ml (2%vol), 98% H₂SO₄ 30ml (6%vol)이라는 결과를 얻었다. 표.2에서는 적정 비율에 대한 온도변화에 따른 결과값이다. 폐 오일의 온도가 88℃에서 기준치값 미만 0.0489 Bq/g 값을 얻었다.

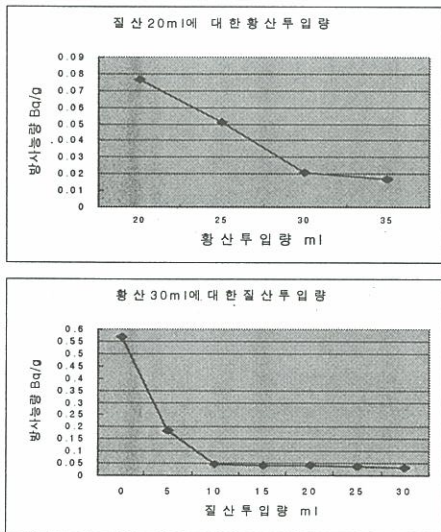


Fig. 2. 산의 적정비율에 따른 방사능량 (방사성 폐 오일 500ml, 100℃에 대한 산의 비율)

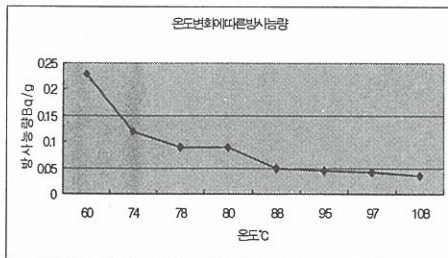


Fig. 3. 온도변화에 따른 방사능량 (방사성 폐 오일 500ml, HNO₃ 10ml(2%vol), H₂SO₄ 30ml (6%vol))

3. 결론

핵연료 가공시설에서 발생하는 폐 오일 내 우라늄 농도 저감을 위한 실험에서 산의 비율이 63% HNO₃ 10ml(2%vol), 98% H₂SO₄ 30ml (6%vol)의 비율로 투입하여 반응 시켰을 때 방사능 농도가 자체처분 제한치를 만족하는 결과값을 얻을 수 있었고, 가장 적정한 반응 온도값으로 88℃를 얻었다. 폐오일을 화학처리할 경우 2차폐기물인 침전물의 양은 실험 시료 부피의 1/10 수준으로 나타났다. 실험을 통해서 폐오일을 자체처분할 수 있다는 가능성을 확인했고, 다량의 폐오일도 Pilot Test 를 통한 추가 실험을 할 경우 충분히 처리할 수 있는 가능성을 확인할 수 있었다.

향후 2차폐기물 발생량을 최소화 및 침전물의 안정화 방안에 대한 추가 연구가 필요하다.

4. 참고문헌

- [1] 물리 화학적 수처리 원리와 응용 - 광종윤
- [2] 석유화학공업 - 정기현
- [3] 고분자 화학 - 김영백, 이후성