

초임계 R-22와 질산수용액을 이용한 방사성폐유 내 우라늄제거 공정개발

성진현*, 김정수*, 박광현*, 이영배, 설증근, 류재봉

*경희대학교, 경기도 용인시 기흥구 서천동 1

한전원자력연료, 대전광역시 유성구 덕진동 493

sungih@khu.ac.kr

1. 서론

핵연료 가공시설의 운영 과정에서 우라늄에 오염된 방사성 폐유가 발생하며 방사선 관리시설 내에서 보관 관리하고 있다. 그러나 방사성 폐유는 취급 및 처리가 곤란하여 소각하여 처분하고자 자체처분에 따른 일반인의 방사선 피폭선량을 평가하였다. 평가 결과 원자력관계법령에서 정하고 있는 규제 기준치를 만족하는 폐유 내의 방사능 농도는 천연우라늄 혼합 핵종의 경우 0.0675 Bq/g에서 우라늄 농축도가 5% 일 때 0.0661 Bq/g 으로 유도되었다. 핵연료 가공시설에서 발생한 폐유 내의 방사능 농도는 약 2 Bq/g (약 20 ppm)에서 약 25 Bq/g (약 250 ppm) 수준으로 오염되어 있으며, 자체처분을 하기 위해서는 폐유 내에 존재하는 우라늄을 제거하여 방사능 농도를 낮추는 공정이 필요하다. 본 연구에서는 초임계 R-22와 질산 수용액을 이용하여 폐유 내에 존재하는 우라늄을 제거하여 자체처분 제한치 농도인 0.05 Bq/g (0.50 ppm) 이하로 낮추기 위한 방법을 찾고, 이를 바탕으로 실제 적용이 가능한 공정을 개발하였다.

2. 실험 및 결과

R-22(chlorodifluoromethane)는 96.1 °C의 이상의 온도와 49.9 bar이상의 압력에서 초임계상태가 된다. R-22를 이용하여 우라늄 함유 폐유에서 순수한 기름성분만을 추출하여 분리하기 위한 실험용 장치를 그림 1과 같이 제작하였다. 추출용기는 스테인레스 재질로 내부용량이 125 mL이며, 200 °C의 온도에서 250 bar의 압력까지 견딜 수 있도록 제작하였다. 추출용기는 밴드히터를 이용하여 가열하였다. R-22는 고압정량실린지펌프를 이용하여 가압하여 공급하였다. 가압된 R-22의 예열장치로 외경 1/16인치 관에 밴드히터를 장착하여 사용하였다. 추출용기로부터 배출된 순수기름성분이 포집되도록 메스실린더를 분리용기로 사용하였다.

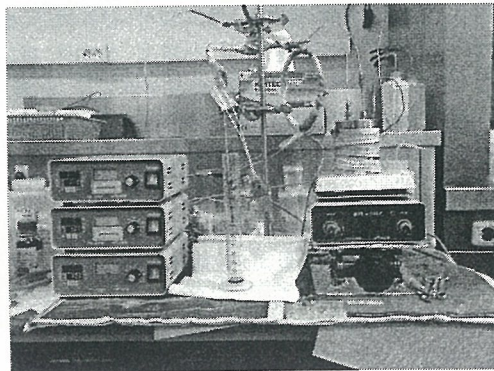


그림 1. 방사성폐유 추출실험 장치제작

첫 번째로 초임계 R-22를 이용하여 우라늄을 15 ppm, 38 ppm 그리고 130 ppm을 포함하고 있

는 각각의 폐유로부터 순수기름성분만을 1차 추출하여 분리하였다. 초임계 R-22를 이용하여 우라늄을 함유 폐유에서 순수한 기름성분만을 뽑아내기 위한 실험은 105 °C의 온도와 75 bar의 압력에서 수행되었다. 추출용기에 우라늄 함유 폐유를 넣은 후 고압정량 실린저 펌프를 이용하여 R-22를 가압하여 공급하였으며, 가압된 R-22가 예열장치를 통하여 초임계상태가 되어 추출용기로 유입이 되도록 하였다. R-22를 연속적으로 흘려주면서 순수한 기름 성분만을 초임계 R-22에 용해시켜 추출되도록 하였다. 배출된 순수기름성분과 R-22의 혼합용액은 압력과 온도의 변화에 의해 액체상태의 기름과 기체상태의 R-22로 분리된다. 이때 R-22와 분리된 순수 기름성분은 분리용기에 포집이 되었다.

두 번째로 초임계 R-22에 의해 추출된 기름내 우라늄 농도를 감소시키기 위하여 질산수용액을 이용하여 2차 처리하여 1차 추출된 폐유에서 우라늄을 제거하였다. 초임계 R-22에 의해 1차 추출된 각각의 기름과 3M 질산 수용액을 비이커에 넣고 상온에서 막대자석 교반기를 이용하여 2시간동안 교반하였다. 교반이 끝난 각각의 혼합 용액에서 기름만 분리하였다.

세 번째로 초임계 R-22를 이용하여 질산 수용액으로 2차 처리된 각각의 폐유로부터 순수기름 성분만을 3차 추출하여 분리하였다. 초임계 R-22에 의한 추출실험은 1차 추출과 동일하게 105°C의 온도와 75 bar의 압력에서 수행하였다.

초임계 R-22에 의해 1차 추출된 기름에서 질산 수용액으로 2차 처리 후 R-22에 의해 3차 추출하여 우라늄이 제거된 각각의 폐유를 ICP-MS로 분석한 실험결과를 표 1에 나타내었다.

표 1. 1차 추출과 2차 처리 후 초임계 R-22에 의해 3차 추출하여 우라늄이 제거된 실험결과

	우라늄 농도 (ppm)	우라늄 농도 (ppm)	우라늄 농도 (ppm)
우라늄을 함유한 폐유	15.0	38.0	130.0
첫 번째 초임계 R-22에 의해 1차 추출된 기름	0.43	11.0	29.0
두 번째 질산 수용액으로 2차 처리된 기름	0.02	4.4	1.4
세 번째 초임계 R-22에 의해 3차 추출된 기름	0.05	0.29	0.12

3. 결론

본 연구결과 우라늄을 포함하고 있는 폐유내 우라늄농도를 자체처분기준 농도[0.5 ppm (0.05 Bq/g)]이하로 감소시키기 위하여 세 단계의 공정으로 구성되어야 하는 것을 확인하였다. 첫 번째 단계는 초임계 R-22를 이용하여 우라늄을 포함하고 있는 폐유로부터 순수기름성분만을 분리하여야 하며, 두 번째 단계는 질산 수용액을 이용하여 초임계 R-22에 의해 추출 분리된 기름성분 내에 포함된 우라늄을 제거하여야 하며, 세 번째 단계는 다시 초임계 R-22를 이용하여 우라늄을 포함하고 있는 질산 처리 기름으로부터 순수기름성분만을 분리하여야 한다.