

핵연료 가공시설에서 발생하는 방사성액체폐기물 처리방법 분석

김계건, 이정호, 이용상, 류재봉*

고려검사주식회사, 부산광역시 사상구 패법동 584-5

*한전원자력연료주식회사, 대전광역시 유성구 덕진동 493

viiilovevii@naver.com

1. 서론

핵연료 가공시설에서 발생하는 방사성액체폐기물은 중수로와 경수로 시설로 나누어진다. 중수로 방사성액체폐기물은 소결체 압분실의 세면 폐액, Pellet 연삭후 세척 폐액, 분말준비 공정내 세면폐액, 방호용품 세탁 폐액 등이며 경수로 방사성액체폐기물은 방호용품 세탁 폐수, Hot Showers, 분말/소결체 검사실, 방사선계측실, 화학분석실 및 출입관리지점의 세면대, 습식 분리기, 연삭기, 제염 작업대, 고압세척기 및 지역제염시 폐액, 우라늄의 시험분석을 위한 우라늄이 용해된 질산 용액, TBP용액 등이다. 이 중에서 중수로 방사성액체폐기물 내에 포함되어 있는 우라늄은 응집제를 사용하여 응집 침전 처리 후 회수한다. 대량의 액체폐기물을 짧은 시간에 처리할 수 있는 특성을 가진 응집제를 이용하여 우라늄 응집에 관한 관련 자료를 도출하고 적절한 응집제 투입량을 확인하여 방사성액체폐기물 처리시 생성되는 2차 폐기물의 발생량을 최소화하여 2차 방사성폐기물의 저감화를 실현하고자 한다.

2. 실험방법

핵연료 가공시설내 중수로 공정에서 발생하는 방사성액체폐기물을 방출 허용치 이하로 안전하게 처리하여 일반 환경으로의 영향을 방지하고, 작업자의 안전을 도모하기 위하여 응집제를 사용하는 과정에서 방사성액체폐기물의 방사능농도에 따른 응집제의 적절한 투입량을 찾아냄으로써 2차 폐기물의 발생을 저감시키려한다. 본 실험에 쓰인 황산알루미늄(Aluminium Sulfate : $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$)은 Alum 또는 황산반토로 불리며 1885년 Rutger대학의 Austen과 Wilber교수가 응집특성에 관한 연구를 발표한 이후 우수한 응집특성과 저렴하고 무독성이며 거의 모든 수종의 탁질에 적합하고 취급이 용이하여 오늘날까지 가장 광범위하게 사용되고 있는 응집제이다. 황산알루미늄은 고상과 액상이 있으며 고상은 Al_2O_3 (알루미나분)로서 14~15%이고 액상은 Al_2O_3 (알루미나분)로서 8%인 제품이 일반적으로 사용되고 있다. 취급의 용이함과 정확한 투입량을 고려해 GE Water(품번:CP1188)사의 고상 Alum을 사용하게 되었다. 실험은 시설설비를 이용시 너무나 많은 시간을 요하므로 jar-test로 하게 되었다. 시료는 중수로 방사성액체폐기물 수집탱크(Accumulation Tank)에서 높이를 기준으로 5등분하고, Drum Thief Device를 사용해 위에서 아래 순으로 채취하였다. 채취한 방사성액체폐기물 시료는 각각 900ml를 준비하고 여기에 응집제를 투입하였다. 응집제는 고체형태이나 방사성액체폐기물과 반응성을 좋게 하기 위하여 순수 물 100ml에 0.05g씩 정액 증량하여 액체 상태로 만든 후 투입하였다. 응집제 투입 전에 균질화를 위하여 액체폐기물을 약 1분간 교반한 후 응집제를 10초간 조금씩 투입하면서 교반하였다. 교반속도는 floc이 깨지지 않도록 약 100 rpm 으로 하였다. 현재 운영중인 가공시설내의 중수로 방사성액체폐기물 처리공정에서는 4톤 용량을 처리시 응집제를 넣고 15분 교반 시킨 후 30분 침전시킨다. 본 실험은 1/3로 시간을 축소하여 5분 교반, 10분 침전 시켰다. 응집, 침전이 완료된 후 방사성액체폐기물(1,000ml)에서 각각 10ml의 측정시료를 비커 바닥에서 위로 3cm에 해당 하는 곳에서 채취하여 방사성액체폐기물의 농도를 측정하였다. 방사능 측정기는 Thermo사가 제작한 FHT8000(MDA:0.001Bq)의 α, β 수동시료분석기를 사용하였다. 우라늄 핵종에 대한 액체폐기물의 방출 제한치인 0.08Bq/ml를 만족하면 일반 환경으로의 배출은 가능하나 실험의 기준을 설정하기 위하여 응집 처리후 방사능농도가 MDA이하로 처리 가능한 응집제의 투입량을 알아보았다.

3. 실험결과

방사성액체폐기물(1,000ml)의 응집제 투입량(g)에 따른 방사능농도(Bq/ml)의 변화는 표.1처럼 나타나고, 폐액농도별 응집제 소모량은 표.2처럼 나타난다. 방사성 액체폐기물의 방사능농도에 따른 응집제의 적절한 투입량은 표.1에서 1번시료 오염도준위에서는 0.2g, 2번시료 오염도준위에서는 0.3g, 3번시료 오염도준위에서는 0.55g, 4번시료 오염도준위에서는 0.6g, 5번시료 오염도준위에서는 0.65g 임을 알 수 있

다. 이는 폐액내의 방사능농도가 높을수록 투입되는 응집제의 양이 증가하는 것 표.2를 통해 알 수 있었다.

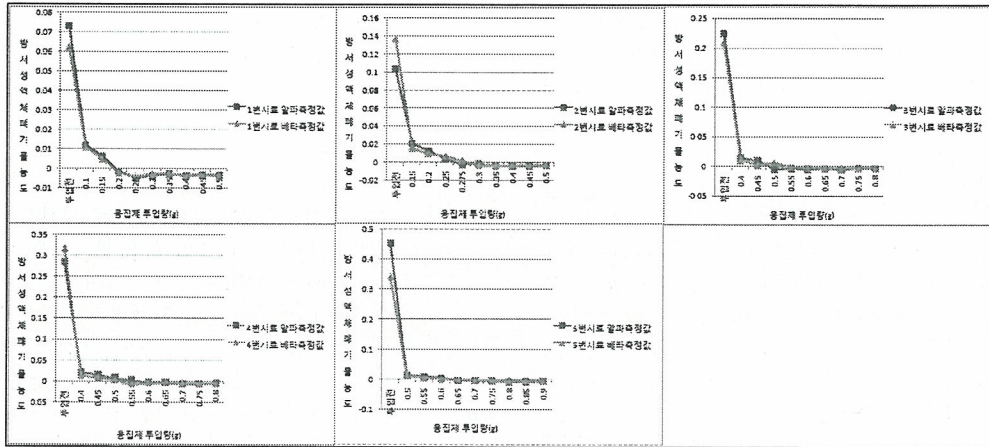


표.1 응집제 투입량에 따른 방사능농도 변화

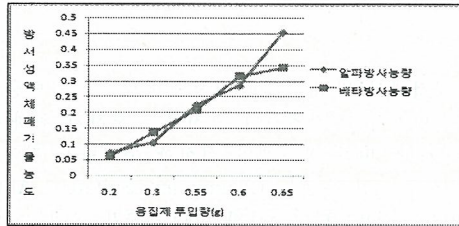


표.2 폐액농도별 응집제 소모량

3. 결론 및 고찰

핵연료 가공시설에서 발생되는 중수로 방사성액체폐기물은 발생원에 따라 다양한 농도분포를 나타내고 있으나 3번시료의 방사능농도가 핵연료가공 시설내의 평균적인 농도(알파 측정값: 0.2243Bq/ml, 베타 측정값: 0.2082Bq/ml)를 나타낸다. 3번 시료를 기준으로 4톤의 중수로 방사성액체폐기물을 MDA이하로 처리하는 데는 약 2.2kg의 응집제가 필요할 것으로 예상된다. 하지만 핵연료 가공시설의 경우 방사성액체폐기물의 방출 제한치가 0.08Bq/ml 이하임을 고려하면 응집제의 투입량을 다소 줄여도 무방할 것으로 예상된다. MDA이하값을 기준으로하여 실험에서 얻어진 적정량(0.55g/1,000ml)를 투입할 때 와 응집제를 과다투입((0.8g/1,000ml)할때 발생하는 2차폐기물의 양을 비교하여보면, 연간 방사성액체폐기물 처리량 400ton 기준시 약 2드럼(200L, 200kg/드럼 기준)의 폐기물 감소 효과가 있다.

향후 2차폐기물의 발생량을 최소화하기 위하여 방사성액체폐기물을 방출 제한치(0.08Bq/ml)이하로 낮추기 위한 최적의 응집제 투입량을 정하는 실험을 추가적으로 실시할 필요가 있다.

참고문헌

1. 물리 화학적 수처리 원리와 응용 - 박중윤
2. Effluent Treatment System Equipment Date Book - GE Water(1997)
3. 중수로 액체폐기물 처리 절차서(TPI-31-18) - 한전원자력연료(주)
4. 극저준위 방사성액체폐기물 관리(TP-31-73) - 한전원자력연료(주)