

Ultra Filtration을 이용한 우라늄 함유 액체폐기물 처리방안 연구

류제봉, 조석주, 설중근, 김용재, 강현규

한전원자력연료, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번지 242(덕진동)

jbryu@knfc.co.kr

1. 서론

국내 핵연료 제조시설에서 발생하는 액체폐기물에 대한 처리는 현재 독일의 처리 기술을 그대로 사용하고 있으며 비교적 안정적으로 운영되고 있는 상황이지만 해당 과정에서 부수적으로 발생하는 2차 폐기물에 대한 부담과 수동 작업에서 오는 인적 손실에 대한 개선이 필요한 상황이다. 경수로 연료 제조 공정 중 발생하는 액체폐기물은 석회침전공법을 통해 액체폐기물 내 우라늄을 화학적으로 침전시켜 처리하고 있어 비교적 자동화 되고 간단한 공정을 거치지만 중수로 연료 제조공정에서 발생한 폐기물은 응집제를 이용한 물리적 침전방식을 통해 처리하고 있어 액체폐기물 수집탱크 하부에 쌓이는 슬러지 제거 및 건조에 많은 재원이 소요되고 있다.

따라서 본 연구에서는 중수로 연료 제조공정 중 발생하는 우라늄 함유 액체폐기물을 Ultra Filtrate를 통해 정제하는 실험을 수행하고 그 효과를 분석하여 제시하고자 한다.

2. 본론

2.1 실험내용

한외여과(Ultra Filtration)는 중공사막을 이용한 막분리 기술 중 하나로 큰 용질분자를 작은 용질분자나 용매분자로부터 걸러서 나누는 분자 수준의 여과로서, 구멍이 없는 연속적인 구조에 용매로서 채워진 공극이 있어서 소분자는 이 공극으로 침출되어 나가는 방식이다. 한외여과에 사용하는 막은 주로 셀룰로오스 아세테이트나 합성폴리머로 만들어 지는데 이 실험에서는 PAN (Poly Acrylo Nitrile)재질의 막을 사용하였다. 중수로 공정 중 발생하는 액체폐기물, 특히 세탁폐수에는 우라늄이 대부분 입자형태로 존재하여 필터링을 이용한 실험에 적합하였다. 기본적인 실험장비의 컨셉은 Fig 1 과 같다.

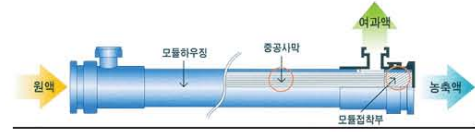


Fig. 1. Ultra filtration concept.

Fig 2의 단면에서 볼 수 있듯이 중공사 내부에는 아주 미세한 공극이 있어 폐액이 중공사막 표면으로 침투해 가며 폐액 내 우라늄을 포함한 이물질이 걸러지고 막을 투과하지 못한 액체는 폐액 보관 탱크로 이송되어 다시 같은 과정을 반복하면서 필터링을 진행하였다. 실험에 사용된 세탁폐수의 pH는 약 9 정도로 약 알칼리성의 용액이었으며 수온은 17℃정도였다.

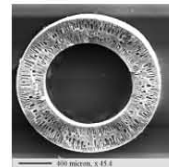


Fig. 2. Cross section.

상압에서는 미세한 중공사막을 투과하여 액체가 필터링 되기 어려우므로 중공사막 내부에는 약 3kgf/cm^2 까지의 압력을 순차적으로 걸어 주었으며 중공사막의 Pore Size는 약 $0.04\mu\text{m}$ 로 핵연료 소결체의 연삭슬러지 입자 크기와 유사했다. 실험장비는 Fig 3에서 보는 바와 같다.



Fig. 3. Pilot tester.

액체폐기물의 필터링 전후의 방사능 농도를 모니터링한 결과, 실험에 적용된 압력에 따른 Pore Size 확장 및 변화는 없는 것으로 분석되었다.

2.2 결과 및 고찰

먼저 Ultra Filtration 전 후의 방사성액체폐기물의 방사능 농도를 분석해본 결과, 대부분의 우라늄이 제거되는 것을 확인하였다. 중공사막 내에 걸리는 압력에 따라 필터링 되는 폐액의 유량이 차이를 보였으나, 방사능 농도에는 큰 영향을 미치지 않았다. 최종적으로 필터링 되어 토출되는 유량은 압력 외에도 막과 폐액이 접촉하는 면적과도 비례하는 경향을 보였으나 역시 방사능 농도의 추가저감 효과는 없었다. Ultra Filtration을 통해 처리된 액체폐기물의 평균 방사능 농도는 약 0.02Bq/g으로 법적 방출 규제치보다 현저히 낮았으며 제염효율도 기존의 응집제를 이용한 처리방식과 비교할 때 유사하거나 우수하였다. 또한, 실험으로 인해 발생한 액체폐기물 처리에 따른 2차 폐기물의 발생은 없었다. 압력과 방사능농도 및 유량과의 상관관계는 Fig 4와 5에 나타나 있다.

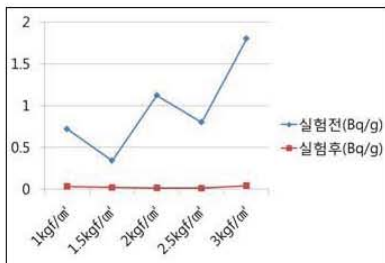


Fig. 4. Pressure & Activity.

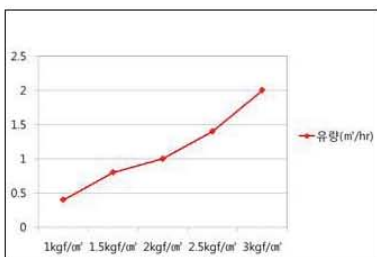


Fig. 5. Pressure & Current.

3. 결론

3.1 실험결과, 제염효율이 핵연료 제조시설의 기

존 중수로 폐액 처리 방식과 유사하거나 우수하였으며 폐액 처리에 따른 2차 폐기물의 발생이 거의 없고 완전 자동화가 가능하며, 상용화 할 경우 방사성폐기물 발생량의 감소는 물론 폐액 처리작업에 소요되는 인력을 줄일 수 있을 것으로 분석된다.

3.2 다만, 이 처리방식은 단순히 우라늄 입자에 의해 오염된 폐액 처리에만 적용이 국한되어 있어 우라늄이 이온상태로 존재하는 폐액에 대해 적용하기는 어렵다고 판단된다.

3.3 향후, 추가적인 실험을 통해 해당 기술 적용 시 부수적으로 발생하는 문제점과 상용화 시 장비의 수명 등을 검토하여 개선한다면 우라늄 입자 등에 의해 오염된 폐액 처리에 대한 현장 적용이 가능할 수 있을 것으로 기대된다.

4. 참고문헌

- [1] 이근우 등, “우라늄 함유 세정폐액 처리를 위한 한외여과막공정의 적용성 연구” 한국원자력연구원, 한국원자력학회, 2002.
- [2] 유제상 등, “응축폐수의 Polyethylene 침지형 중공사막을 이용한 처리 특성” 한국막학회, 2010.