

고온용융 염화리튬-산화리튬계 전해환원반응에 의한 산화물 사용후 핵연료 구성성분의 형태에 관한 고찰

박병홍*, 정상문, 박성빈, 서중석
한국원자력연구소
(bhpark@kaeri.re.kr*)

한국원자력연구소에서 개발 중인 사용후핵연료 차세대관리공정은 산화물 형태의 사용후핵연료를 금속으로 전환시키는 고온 용융염 전해환원 공정을 기반으로 하고 있다. 분말화된 산화물 사용후핵연료는 염화리튬-산화리튬의 고온 용융염계에서 다공성 마그네시아 필터에 담겨 음극으로 사용되어 용융염에서부터 전기적으로 환원된 리튬 금속과 반응하게 된다. 이때 사용후핵연료 구성 성분들은 리튬과의 반응성 및 셀의 전압에 의해 금속, 산화물 또는 염화물의 형태로 존재하게 된다. 사용후핵연료 구성 성분들의 안정적인 형태를 예측하는 것은 회수되는 금속전환체의 열부하 및 방사독성을 추산하기 위해 필수적이거나 사용후핵연료의 모든 구성 성분에 대한 전해환원 거동 실험을 수행하는 것은 현실적으로 불가능하다. 이에 따라 본 연구에서는 실험 대상 원소 선정과 공정의 물질수지 등 기초 자료를 얻기 위해 자유에너지를 이용한 각 사용후핵연료 대상 물질들의 고온용융염 전해환원 공정 조건에서의 형태를 추산하여 전해환원 금속전환 공정의 주된 두 변수인 산화리튬의 활동도와 전해환원 셀의 전압에 따른 사용후핵연료 구성성분의 형태 및 분포를 예측하였다. 연구 결과 우라늄과 초우란 원소들은 금속으로 전환되어 회수되며 고방열성 핵종인 세슘과 스트론튬은 염화물로 전환되어 용융염에 선택적으로 용해되어 금속전환체로부터 제거된다. 희토류 원소들은 공정의 조건에 따라 선택적으로 금속전환이 가능하며 귀금속은 쉽게 금속 전환되는 것으로 나타났다.