

LiCl-Li<sub>2</sub>O 염에서 전해환원된 모의 사용후핵연료로부터 염 분리

허진목, 박성빈, 서중석, 정기정, 박성원  
한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

[jmhur@kaeri.re.kr](mailto:jmhur@kaeri.re.kr)

한국원자력연구소에서 1997년부터 연구를 수행하고 있는 사용후핵연료 관리·이용 기술개발 (Advanced Spent Fuel Conditioning Process (ACP))은 사용후핵연료의 발열량, 부피 및 방사능을 감소시키기 위하여 1) 사용후핵연료 산화물 펠렛을 분말화 하기 위한 air voloxidation, 2) 산화물 분말의 금속분말로의 전해 환원, 3) 금속분말을 용융한 후 잉곳 형태로 고화시키는 smelting 등의 회분식 단위공정들로 이루어져 있으며, 현재 hot cell 실증을 목표로 연구가 추진 중이다.

본 연구에서는 ACP smelting 공정에서 부수적으로 발생하는 금속-염 분리를 모의 사용후핵연료를 대상으로 조사하였다. ORIGEN2 code를 이용하여 분석한 ACP 물질수지 계산결과에 따르면 전해 환원된 금속전환체 질량의 96% 이상을 우라늄이 차지하고 있으며, 생산된 금속전환체 미세 분말은 30 ~ 40 wt%를 차지하는 LiCl-Li<sub>2</sub>O 잔류염과 함께 다공성 마그네시아 용기에 담겨 smelting 공정으로 이송되게 된다. 실험에 사용된 물질계는 사용후핵연료 주요 성분의 금속-염 분리과정에서의 거동을 모사할 수 있도록 전해환원된 천연 우라늄, 고방열 핵종인 Cs와 Sr가 염에 용해된 상태를 대표할 수 있는 비방사성 CsCl과 SrCl<sub>2</sub>, 미환원된 희토류 산화물의 대용물질인 비방사성 Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 그리고 전해환원 반응매질로 사용된 LiCl-Li<sub>2</sub>O로 구성하였으며, 금속-염 분리방법으로는 건식공정인 ACP의 특성을 고려하여 고온 휘발을 채택하였다.

금속으로부터 염을 분리하는 적정 온도 설정을 위하여, 온도에 따른 염 휘발 거동을 시차열중량 분석법을 이용하여 분석하였다. LiCl이 92 wt%인 이성분계에서, U와 Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 제외한 시험물질들은 진공 및 비활성 분위기 두 가지 조건 모두에서 1,200 °C 이하의 온도에서 휘발이 완결되었다. 이성분 염에서 관찰되는 Li<sub>2</sub>O와 SrCl<sub>2</sub>의 휘발은 LiCl과 eutectic like compound을 생성하는 데에 기인하는 것으로 해석되었다. 금속-염 분리 온도로는 950 °C를 설정하였으며, 950 °C 등은 휘발 실험에서 휘발속도는 LiCl-8 wt% Li<sub>2</sub>O > LiCl > LiCl-8 wt% SrCl<sub>2</sub> > SrCl<sub>2</sub> 순이었다.