

리튬용융염을 사용한 UO_2 금속전환 공정실험실 개발 (Development of a Laboratory for UO_2 Reduction Process in LiCl)

한국원자력연구소 유길섭, 정원명, 구정희, 조일제, 국동학, 이은표, 주준식, 박성원

1. 서론

원자력발전소에서 타고 나온 사용후핵연료에 대한 안전한 관리 및 이용은 자원이 부족한 우리나라의 경우 지속적인 경제발전을 위한 전력생산에 필수적인 사항이다. 원자력연구소에서는 사용후핵연료의 안전한 관리 및 이용을 위한 방법의 하나로 부피 및 열부하를 1/4로 줄여 보관 및 처분할 수 있는 사용후핵연료 차세대관리 공정기술 및 이를 실증할 수 있는 실험실을 개발중이다.

2. 공정개념 및 실증시설 요건

사용후핵연료 차세대관리 공정은 원자력발전소에서 사용된 우라늄 산화물을 LiCl 용융염 내에서 전기화학적으로 우라늄 금속으로 환원하는 처리방법으로 LiCl-Li₂O 용융염계에서 우라늄 산화물의 전도특성과 Li₂O의 전해 분리특성을 이용하는 공정이다. 이러한 사용후핵연료를 취급하는 공정의 시험을 위해서는 고방사능을 막을 수 있으며, 모든 공정을 원격으로 조작할 수 있는 특수한 실험실이 필요하며, 이 실험실은 방사선 차폐뿐만 아니라 유독한 핵분열기체의 방출에 따른 실험실 주변환경의 영향분석을 통한 누출치 제한, 핵임계 안전성 확보, 원격조작성 용이 등의 필수요건을 만족할 수 있는 설계 및 건조가 필수적이다.

3. 차세대관리 공정 및 실증 실험실 설계 및 안전성 분석

공정 및 실증 실험실 설계 및 안전성 분석은 각 공정별 위험도 및 실험실에 대한 적절한 안전성 인자들을 선정한 다음에 이 인자들 별로 수행하였다. 공정에 대해서는 일반안전성과 공정별 특성을 고려한 안전성으로 구분하였다. 여기에는 방사선으로 인한 위험, 화학적 특성으로 인한 위험, 공정운전중 온도/압력 상승, 누출, 화재, 정전, 막힘, 배기계통 이상 등이 있으며, 공정별 특성을 고려한 안전성에는 공정장치 내에서의 고온 용융염 및 우라늄 금속의 안전 취급을 위한 Ar 분위기(수분/산소농도 5 ppm 이하) 유지, sintered metal filter를 사용한 우라늄 산화물 분말 누출 및 비산 방지장치, LiCl 증기 누출을 방지하기 위한 cold trap 장치, 핵분열기체 포획장치 등을 고려하였다. 실험실에 대한 안전성 확보를 위하여서는 내진 1등급에 준하는 구조설계, 취급 선원을 보수적으로 만족하는 방사선 차폐(중콘크리트 90 cm 두께), 취급 선원에 대한 핵임계 안전성 분석, 환경오염 방지를 위한 법의 제한구역 경계에서의 연간선량 기준치(감마선에 의한 공기흡수선량 0.10 mGy, 베타 0.20 mGy, 외부피폭 유효선량 0.05 mSv, 피부등가선량 0.15 mSv) 만족여부 및 사고 시 선량기준(전신 피폭선량 250 mSv/y, 갑상선 피폭선량 3000 mSv/y) 만족여부도 분석하였다.