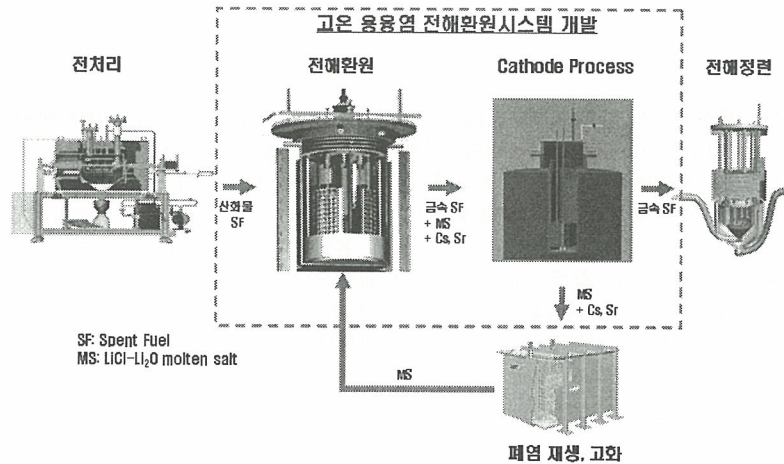


산화물 사용후핵연료의 금속전환을 위한 고온 용융염 전해환원 기술 개발

허진목, 강대승, 정명수, 홍순석, 이상훈, 유민아, 이한수
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
imhur@kaeri.re.kr

'미래 원자력시스템개발 장기추진계획'에 따른 '친환경 고속로 순환핵연료주기 시스템' 개발에서는 경수로 사용후핵연료를 파이로 건식처리를 거쳐 고속로에서 고독성의 방사성 핵종을 연소시키고 유용자원은 재활용하여 사용후핵연료의 처분량을 극소화시키고, 새로운 핵연료를 생산, 재순환하고자 하는데, 경수로(산화물연료)와 고속로(금속연료) 핵연료주기는 산화물 사용후핵연료 금속전환기술에 의하여 연결된다. 산화물 사용후핵연료의 금속전환기술은 기존의 리튬 환원기술에서 신개념의 전해환원 기술로 대체되고 있으며, 한국원자력연구원은 미국 ANL, INL, 일본 CRIEPI와 함께 전해환원 분야의 기술발전을 선도하고 있다. 고온 용융염 전해환원 공정은 650 °C, LiCl-Li₂O 용융염을 전해질로 사용하며, 전해반응의 진행과 함께, 전해 셀의 환원전극 바스켓에 담긴 산화물 사용후핵연료로부터 산소 이온이 빠져 나와 산화전극에서 산소기체로 빠져 나가, 금속 사용후핵연료가 환원전극 바스켓에 남게 되며, 이 금속 사용후핵연료는 전해정련 공정의 원료로 사용된다. 또한 고온 용융염 전해환원 공정에서는 고방열 핵종인 세슘과 스트론튬이 용융염에 용해되어 사용후핵연료로부터 분리됨으로써 사용후핵연료의 체적, 열 부하 및 방사선 준위를 감소시킨다. 미국 ANL과 일본 CRIEPI는 전해환원 공정의 용량증대 연구를 위하여 ~1 kgHM/batch 규모로 Cold Test를 수행 중이며, 한국원자력연구원은 한-미 I-NERI 국제공동연구의 일환으로 미국 INL 핫셀에서 ~50 gHM/batch 규모로 전해환원 실증시험을 수행하여 공정 타당성을 검증한 바 있다.



2011년까지, 'PWR 사용후핵연료 금속전환을 위한 공학규모 Mock-up 전해환원 공정장치 개발 및 성능평가'를 달성하기 위하여, 한국원자력연구원에서는 2007년에서 2009년의 연구기간 동안에 공학규모 Mock-up 전해환원 공정장치 설계, Lab-scale(20 kgHM/batch) 전해환원시스템 성능평가, 전해환원시스템 공정개선 및 최적화 실험, 반응공학 및 물리·화학적 자료 생산을 수행하였다. 현재는 20 kgU/batch 규모의 (Cold) 전해환원시스템 운전을 통한 핵심 실험용량증대 연구를 수행하고 있으며, 전해환원 효율 증대를 위한 환원전극 바스켓 구조, 용탕원료 산화물 형상에 따른 전해조건 최적화, 대형 전해환원 셀의 원격 취급/운전/보수를 위한 장치설계, 전후공정(전처리, 전해정련, 폐염 재생·고화)과의 연계성 강화에 연구의 초점을 두고 있다.