

사용후핵연료 전해환원 공정기술 개발 현황

허진목, 김익수, 홍순석, 이한수

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

imhur@kaeri.re.kr

1. 서론

'미래 원자력시스템개발 장기추진계획'에 따른 '친환경 고속로 순환핵연료주기 시스템' 개발에 있어서, 주요 단위공정 중 하나인 사용후핵연료 금속전환 공정은 현재 한국원자력연구원에서 "고온 용융염 전해환원 시스템 개발" 과제로 개발되고 있다. 사용후핵연료의 금속전환 방법으로는 한국원자력연구원이 2002년부터 채택한 전해환원 공정이 표준 공정으로 자리매김하고 있다. 전해환원 공정은 음극 바스켓에 담긴 고체 산화물 원료에서 녹아나온 산소이온이 양극에서 기체로 배출되어, 산화물이 금속으로 전환되는 반응에 기반하고 있다. 전해환원 공정에 의하여 생산된 금속 사용후핵연료는 전해정련 공정의 원료로 사용된다. 또한 고온 용융염 전해환원 공정 과정에서 고방열 핵종인 세슘과 스트론튬이 용융염에 용해되어 사용후핵연료로부터 분리됨으로써 사용후핵연료의 체적, 열 부하 및 방사선 준위를 감소시킬 수 있다. 따라서, 전해환원 공정은 경수로 사용후핵연료를 파이로 건식처리를 거쳐 고속로에서 고독성의 방사성 핵종을 연소시키고 유용자원은 재활용하여 사용후핵연료의 처분량을 극소화시키고, 새로운 핵연료를 생산, 재순환하는 친환경 고속로 순환핵연료주기 시스템의 핵심 단위공정이라고 할 수 있다. 본 논문은 사용후핵연료 전해환원 공정 개발현황에 대하여 한국원자력연구원의 연구 활동을 중심으로 논한다.

2. 본론

2000년대 들어서, 원자력 선진 각국에서는 사용후핵연료 전해환원 공정 개발의 중요성을 인식하고, 활발한 연구를 수행하고 있다. 선도 연구기관의 연구 현황을 살펴보면, 미국 ANL에서는 2009년 공학규모 전해환원장치(100 kgHM/batch)의 설계를 마무리하였으며, 미국 INL에서는 최근까지 PWR SF와 MOX에 대한 전해환원 실증시험

을 수행하였고, 일본 CRIEPI에서도 우라늄과 MOX를 대상으로 실험실 규모로 전해환원 시험을 수행하고 있다.

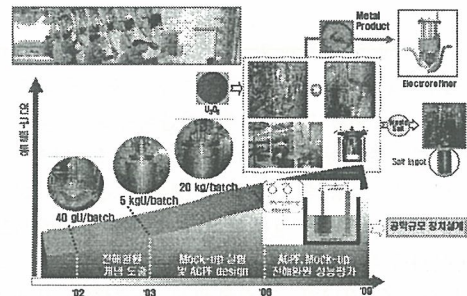


Fig. 1. Development of electrolytic reduction process at KAERI.

한국원자력 연구원에서는 천연 우라늄 산화물을 대상으로 실험실 규모(20 kgUO₂/batch) 장치를 운전하고 있으며, 2010년말까지 공학규모(50 kgUO₂/batch) 장치를 제작할 계획이다. 한국원자력연구원의 공학규모 전해환원 시스템은 전해환원장치와 음극 바스켓에서 잔류염을 휘발/제거하는 음극처리장치(Cathode Processor)로 구성되어 있으며, 전해환원 장치의 반응매질은 650 °C LiCl-Li₂O 용융염 (400 kg/반응기)이다. 현재 연구의 초점은 백금 대체 양극 개발, 장치의 모듈화/단순화, 원료 산화물 형상에 따른 전해조건 최적화, 장치의 원격 취급/운전/보수성 강화, 전후공정(전처리, 전해정련, 폐염 재생·고화)과의 연계성 강화에 두고 있다.

3. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력기술개발사업의 일환으로 수행되었습니다.