

전해정련공정을 이용한 세륨/우라늄 분리

권상운, 이종현, 강영호, 안병길, 심준보, 우문식, 김응호

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150

장 반감기 원소들의 소멸처리를 위해서는 사용후 핵연료 내에 존재하는 장수명 핵종군 원소들을 분리하고 소멸처리를 연료에 적합한 형태의 물리 화학적 형태로 전환시켜야 한다. 이를 위해 먼저 사용후 핵연료 원소들 중에서 소멸처리를 연료에 필요한 원소만 분리되어야 한다. 분리방법 중 용융염을 이용하는 건식공정은 습식공정에 비해 2차 방사성폐기물의 발생량이 적고, 공정이 간단하며, 핵확산에 대한 저항성이 매우 크다는 장점 때문에 많은 연구가 이루어지고 있다. 건식분리방법 중에서 용융염 매질에서 전기화학적으로 분리하는 전해정련 공정에 대한 연구가 가장 활발하며, 전해정련 공정의 전극은 크게 양극, 기준전극, 고체음극 및 액체음극으로 구성되어 있다. 전해정련 공정의 원리는 우라늄, 희토류 원소, TRU 원소 및 귀금속 등으로 구성된 ingot 양극으로부터 용융염으로 녹아나오는 우라늄을 고체음극에 전착시켜 제거하고, 나머지 원소들 중에서 TRU 원소들을 액체음극에 전착시켜 회수하는 것이다. 이 때 우라늄과 소량의 희토류 원소도 액체음극에 함께 떨어져 나온다. 액체음극은 cadmium의 증발문제, 전해조 구조의 복잡성 및 분리계수가 낮다는 등의 문제점이 있다.

본 연구에서는 액체음극을 이용하는 기존 공정의 단점을 극복하기 위하여, 고체음극을 이용하려는 연구를 수행하였다. 고체음극은 전착물이 쉽게 이탈하기 때문에 세라믹 container가 달린 고체음극을 이용하였으며, TRU 대체물질인 우라늄을 희토류 대표원소로 사용된 세륨과 분리하는 실험을 통하여 기존의 액체음극의 대체가능성을 확인하였다. 실험에 사용된 장치는 Fig.1.에서처럼 열전대, 교반기, reference electrode, anode 및 cathode등으로 구성하였다.

우라늄과 세륨의 분리특성을 알아보기 위해 전압-전류 관계를 측정하였으며, 20-600mA의 전류를 전극에 가하여 전극의 전압을 측정하였다. Fig.2에서처럼 우라늄과 세륨의 전압차이는 상당히 커서 분리가 용이할 것으로 추정되며, 우라늄의 전착이 진행됨에 따라 용융염 채취시료의 냉각후 색상은 UCl_3 의 색상인 짙은 보라색에서 $CeCl_3$ 의 색상인 백색으로 바뀌었으며(Fig.3), 이는 우라늄이 성공적으로 cathode에 착되었음을 의미한다.

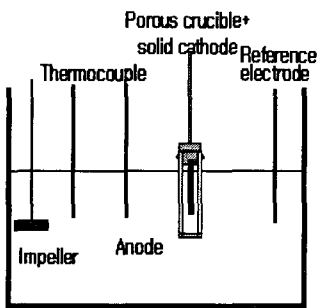


Fig. 1. Experimental set-up for electrorefining.

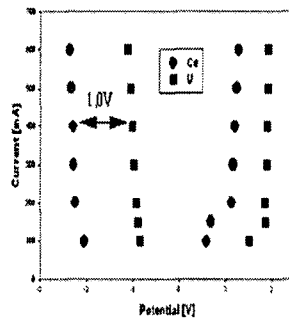


Fig. 2. Current - potential plot of uranium and cerium(anode:glassy carbon, cathode: molybdenum, current: 300mA).

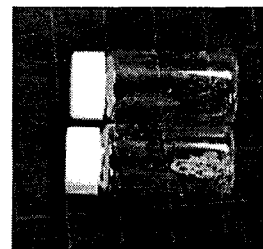


Fig.3 Colors of salt sample before and after uranium deposition