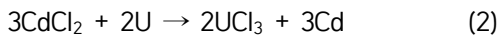
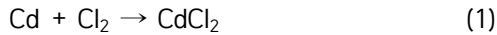


LiCl-KCl 공용염에서 BiCl₃를 이용한 UCl₃ 제조 실험

김택진*, 이슬기, 장준혁, 박성빈, 김가영, 이창화, 김시형, 심준보, 이성재, 안도희
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111
 *ktj@kaeri.re.kr

1. 서론

파이로 공정 중 전해정련 공정은 전해환원 공정에서 금속형태로 전환된 사용후핵연료를 양극으로 사용하고 카본 전극을 음극으로 활용하여 전해질(LiCl-KCl 공용염) 내에서 전기화학적 방법으로 순수한 우라늄만을 회수하는 공정이다. 이와 같이 전해정련 공정에서 순수한 우라늄만을 회수하기 위해서는 공정 초기의 공용염 내 일정 농도 이상의 UCl₃가 존재하여야 하며, 이를 위해 UCl₃를 제조하는 공정이 필요하다. UCl₃를 제조하는 기존 방법은 LiCl-KCl 공용염 바닥부에 Cd 금속을, 우라늄 금속이 담긴 회전형 다공성 바스켓을 공용염 중간 높이에 장입한 후 아래의 식 1과 같이 Cd 금속이 있는 위치에 염소가스(Cl₂)를 불어넣어 CdCl₂를 생성시키고 이 때 생성된 CdCl₂가 식 2와 같이 다공성 바스켓 내의 우라늄 금속과 반응시켜 UCl₃를 제조한다.



본 연구에서는 기존의 UCl₃ 제조방법에서 사용하였던 Cd 대신 BiCl₃를 사용하여 우라늄 금속과 반응성 여부 및 UCl₃를 제조하는 실험을 수행하였다. 또한 본 연구에서는 화학반응뿐만 아니라 추가적으로 전기화학 방법을 이용하여 반응이 원활하게 일어나도록 하였으며 공정진행 정도를 실시간으로 관찰 할 수 있었다.

2. 본론

Fig. 1은 본 실험을 위한 장치의 개략도이며, 아르곤 가스 분위기로 이루어진 글러브 박스 안에서 수분 및 산소의 농도가 5 ppm 이하의 조건하에서 실험을 수행하였다.

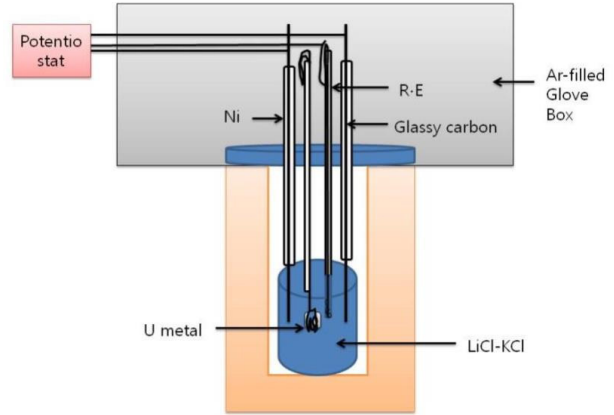


Fig. 1. Schematic diagram of experiment.

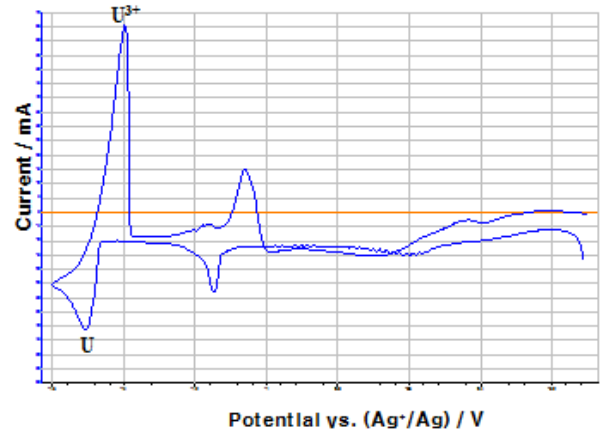


Fig. 2. Cyclic voltammogram at a W electrode of the LiCl-KCl-BiCl₃-UCl₃ molten salt system at 773K.

알루미나 도가니에 LiCl-KCl과 BiCl₃(Alfa Aesar, 99.9%)를 함께 넣어주고 500°C에서 3 시간 이상 유지하여 액체 상태로 녹인 후 과량의 우라늄 금속을 반응기에 넣어 주었다. 약 2 시간 정도 반응 후 CV(cyclic voltammetry)를 측정해 보았다. Fig. 2에 서와 같이 전형적인 UCl₃ 피크를 확인 할 수 있었고 아직 반응하지 않은 BiCl₃의 피크도 같이 존재하는 것을 확인 할 수 있었다. 3 시간 반응 후 CV를 측정한 결과 2 시간 반응 후 측정한 CV와 차이가 없음을 확인하였다. 이는 우라늄 금속과 화학적으로 반응하여 생성된 Bi 금속이 우라늄 표면을 뒤덮고 있어서 더 이상 화학 반응이 진행되지 않는다는 것을 의미한다. 따라서 우라늄 금속 표면에 있는

Bi 금속을 제거하기 위해 CA (chronoamperometry) 방법을 사용하였다. 인가전위는 우라늄은 전착되지 않고 Bi만 전착되는 전위인 -0.9 V 를 주었고 3 시간 동안 측정된 결과는 Fig. 3과 같다.

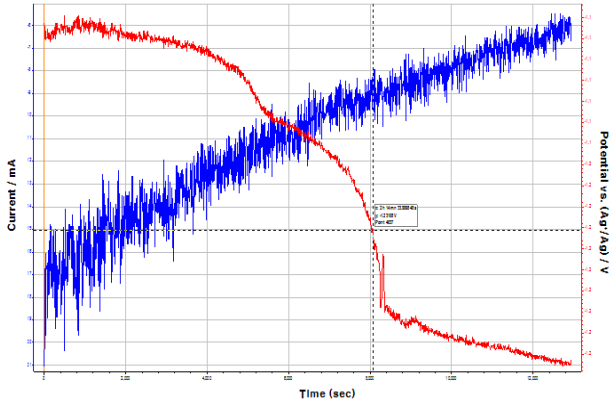


Fig. 3. Cronoamperometry curve at a W electrode of the $\text{LiCl-KCl-BiCl}_3\text{-UCl}_3$ molten salt system at 773K .

Fig. 3에서와 같이 시간이 지남에 따라 전류는 점차 감소하였고 양극의 전위는 점차 음의 값으로 증가하는 것을 확인 할 수 있다. 전류는 점차 감소하는 것은 용융염 내 BiCl_3 의 농도는 점차 줄어드는 것을 의미하며 양극의 전위가 점차 음의 값으로 증가하는 것은 초기에는 우라늄 금속 표면의 Bi금속이 녹아서 용해되다가 시간이 지남에 따라 Bi 금속이 줄어들면 우라늄 금속이 동시에 녹아서 용해되기 때문이다. 전류가 거의 측정되지 않을 정도로 작아진 후 CA를 종료 한 후 CV를 측정된 결과 Fig. 2와 달리 BiCl_3 의 피크는 관찰되지 않았고 UCl_3 피크만 관찰되는 것을 확인하였다. 이는 대부분의 BiCl_3 가 우라늄 금속과 반응을 완료 한 것을 의미한다.

3. 결론

기존의 UCl_3 제조 방법은 CdCl_2 을 사용하여 우라늄 금속과의 화학반응을 통해 제조하였으나 본 연구에서는 CdCl_2 의 대체 물질로 BiCl_3 를 선택하여 실험을 수행하였다. 실험 결과 우라늄 금속과 BiCl_3 의 화학반응이 매우 잘 일어나는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 기존의 UCl_3 제조 방법은 우라늄 금속과 CdCl_2 의 반응을 통해 생성된 Cd 금속이 우라늄 표면을 뒤덮어서 더 이상 반응이 진행되지 않는 것을 방지하기 위해 물리적으로 우라늄 금속 표면의 Cd을 제거하였으나 본 연구에서는 전기화학적

방법을 통해 우라늄 금속 표면의 Bi를 녹여 냄으로써 지속적으로 반응이 일어나도록 하였다. 그 결과 대부분의 BiCl_3 가 우라늄 금속과 반응하여 예상하는 UCl_3 의 농도를 얻을 수 있었다. 또한 전기화학적 방법을 통해 얻어지는 곡선을 통해 공정진행 정도를 실시간으로 모니터링 할 수 있었다.

4. 감사의 글

본 연구는 미래창조과학부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (원자력연구개발사업, No. 2012M2A8A5025699).