

LiCl-Li<sub>2</sub>O 용융염계에서 UO<sub>2</sub> Pellet의 제조 환경에 따른 금속환원

신호섭, 김익수, 정상문, 허진목

한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045

sinosu@kaeri.re.kr

## 1. 서론

최근 에너지 고갈이 진행 중 임에 따라 새로운 친환경적인 에너지 필요성이 제기되고 있고, 이에 맞추어 원자력의 중요성이 대두되고 있다. 한국원자력연구원에서는 사용후핵연료로부터 우라늄 등의 유효한 성분을 회수해서 차세대 원자로인 고속로의 연료로 재활용하고 고준위 방사성폐기물의 양과 독성, 발열량을 대폭 줄임으로써 원자력 발전의 안전성과 경제성을 향상시킬 수 있는 기술인 파이로 공정(pyroprocessing)을 연구개발 중이다 [1]. 본 연구에서는 파이로 공정의 첫 번째 단위 공정인 사용후핵연료 전해환원 공정에서 우라늄산화물의 환원 효율성을 증대시키기 위한 노력의 일환으로 LiCl-Li<sub>2</sub>O 용융염계에서 정전압 실험을 통하여 우라늄산화물의 형태 및 처리 방법 등이 환원 효율에 미치는 영향을 조사하였다.

## 2. 본론

## 2.1 실험 방법 및 장치

우라늄산화물의 전해환원 매질로 LiCl-1wt% Li<sub>2</sub>O 용융염을 사용하여 650도의 온도에서 실험하였다. 우라늄산화물의 형태 및 처리 방법에 따른 효과를 비교하기 위하여 압축된 UO<sub>2</sub>분말을 각각 1시간과 2시간동안 소성한 UO<sub>2</sub> 펠렛(1시간 소성한 펠렛은 1h로, 2시간 소성한 펠렛은 2h로 표시)과 UO<sub>2</sub> Granule 세 종류의 시료를 사용하였다. 펠렛의 크기는 그림2에서 보는바와 같이 높이 1mm정도로 일정하였고 넓이가 약 5mm에서 10mm인 시료를 사용하였다. Granule은 타원형의 모양으로 크기는 1mm에서 5mm정도인 시료를 사용하였다. 양극은 Pt를 사용하였고, 기준전극은 Li-Pb 합금을 사용하였다. 그림1과 같이 양극과 음극 그리고 기준전극을 사용해 실험장치를 구성하고 3.2V의 정전압을 가하여 각 시료의 우라늄산화물의 무게대비 전하량을 구하고 각 시료 당 금속환원이 되도록 충분하게 전하를 공급하고, 실험

시작부터 끝까지 시간을 제어 환원 반응시간도 측정해 보았다. 1h 펠렛과 2h 펠렛 시료는 각각 10g을 환원 실험하였고, Granule 시료는 5g을 환원 실험 하였다.

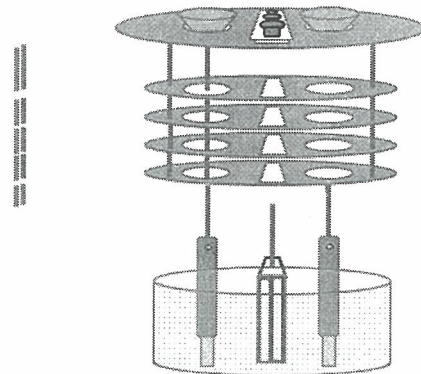
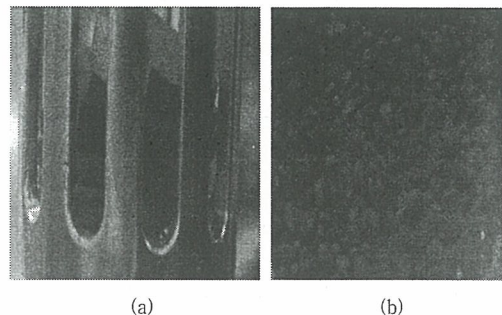


Fig. 1. 실험 장치

Fig. 2. (a) UO<sub>2</sub> 펠렛, (b) UO<sub>2</sub> Granule

## 2.2 실험 결과

표1에서 볼 수 있듯이 우라늄산화물이 우라늄으로 금속환원이 될 때까지 주어진 총 전하량이 세가지 시료 중 2h 펠렛에서 가장 적게 나타났는데 이는 2h 펠렛의 경우가 전류효율이 가장 좋다는 것을 의미하며, Granule보다 강도가 높은 펠렛의 금속환원이 보다 효율적임을 나타내는 것이다.

한편, 1h 펠렛은 2h 펠렛과 구조적 특징이 같은 펠렛임에도 불구하고 금속환원이 쉽게 이루어지지 않았는데, 두 펠렛 시료의 소성시간에 따른 차이가 금속 환원에 영향을 미치는 것으로 생각한다. 또한 환원 반응시간 측정에서 전류효율이 좋았던 2h 펠렛은 반응시간이 6시간이 걸렸던데 반하여, 전류효율이 좋지 못했던 1h 펠렛은 5시간 30분 정도로 반응시간이 더 짧게 나타난 것을 볼 수 있었다. 시간당 전류가 1h 펠렛에서 2h 펠렛보다도 더 많이 흘렀음을 보여주고, 2h 펠렛 시료가 더 적은 전류에서도 효율적으로 환원반응이 일어나는 것을 볼 수 있었다. 환원 반응시간 측정을 통해 주목해서 볼 것은 Granule의 환원 반응시간이다. Granule의 경우 펠렛보다 더 적은 양으로 실험을 진행하였음에도 반응시간이 3시간 30분이 걸렸고, 단순계산으로 펠렛과 같은양이라면 7시간이라는 결과가 나왔다. 전류효율도 펠렛보다 떨어졌을 뿐만아니라 환원 반응시간도 더 오랜 시간이 걸리는 것으로 나타났다. 강도와 경도가 더 좋은 2h 펠렛에서 환원시간 및 전류효율이 상대적으로 약한 Granule보다 단순 계산으로 각각 16%, 11%가 향상된 결과를 보였다.

Table 1. 각 시료별 전하량 및 반응에 소요된 시간

시료	무게	이론전하량	실험전하량	반응시간
1h 펠렛	10g	14000 C	44039 C	5.5h
2h 펠렛	10g	14000 C	34027 C	6h
Granule	5g	7000 C	18878 C	3.5h

### 3. 결론

우라늄산화물의 LiCl-Li<sub>2</sub>O 용융염계에서의 전해 환원 실험 결과는 UO<sub>2</sub> Granule 보다 강도와 경도가 상대적으로 높은 UO<sub>2</sub> 펠렛을 사용할 때가 전류효율 및 반응 소요시간 측면에서 우수한 것으로 나타났다. 또한 같은 펠렛에서 소성의 차이에 따라 전류효율과 환원시간의 차이가 크게 나타난다. 이것은 단순히 강도와 경도보다도 연료의 소성의 차이에 의한 이온의 결합상태 및 구조에 영향을 받는 것으로 보인다. 표본의 양이 충분하지 않아 단순 결론으로 끝나야 하는 점에서 아쉬움이 크고, 정확한 결과를 얻기 위해 실험을 통해 보충할 계획이다.

### 4. 감사의글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력연구개발 중장기 계획사업의 일환으로 수행되었습니다.

### 5. 참고문헌

[1] H. Lee et al., "Overview of KAERI research activities on pyroprocessing", IPRC, 2008