

## 도가니 형태에 따른 LiCl-KCl 공융염의 고액분리 특성

박기민, 권상운, 진형주, 김정국

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

[kmpark1@kaeri.re.kr](mailto:kmpark1@kaeri.re.kr)

### 1. 서론

우라늄(U)을 효과적으로 회수할 수 있는 전해 정련공정(Electrorefining)은 LiCl-KCl 공융염을 전해질로 사용하여 전기화학적 반응을 이용함으로써 고체음극에 덴드라이트 형상의 우라늄 전착물을 생성한다.<sup>1,2)</sup> 고체음극에서 생성된 덴드라이트는 공융염이 함유되어 있으며, 이 공융염을 제거하기 위하여 염증류공정(Cathod process)이 필요하다.<sup>3-5)</sup> 현재 염 제거 방법에 관해 미국, 일본 등에서 진공증류탑을 공학규모 장치로 개발하여 사용하고 있다. 따라서 본 연구에서는 염증류 시험이 일차적으로 액상화 된 후 기상화 되는 점을 이용하여 액상화 될 때 충분한 염을 제거함으로써 염 증류 효과 상승 및 회수, 그리고 투입되는 에너지 절감을 목적으로 고액분리 및 증류를 동시에 할 수 있는 장치를 설계하고, 이를 동시에 해결할 수 있는 crucible를 알아봄으로서 향후 기초자료로 활용하고자 하였다.

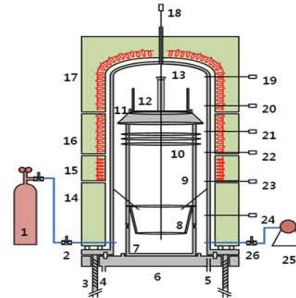
### 2. 실험장치 및 방법

본 연구에 사용된 고액분리 및 염증류가 동시에 가능한 실험장치의 모식도는 Fig. 1에 나타내었다. 실험에 사용된 crucible의 형태는 Fig. 2에 수록하였다. 실험은 일정양의 LiCl-KCl 공융염을 crucible에 투입한 후, 실험 변수로 온도와 압력, 그리고 sieve의 크기에 따른 염의 고액분리 현상을 관찰하였다. 실험이 종료된 후 crucible를 회수하여 실험 전·후의 무게변화를 측정하고 물질수지식을 이용하여 염의 분리 wt%를 계산하였다.

### 3. 실험 결과

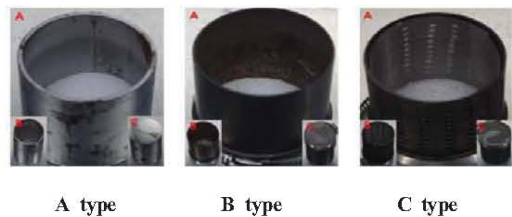
Crucible의 형태에 따른 염의 고액분리 특성은 그 변수를 온도, 압력, Sieve의 크기로 하였다. 우선 온도에 따른 염의 고액분리 특성을 알아보기 위하여 Heater의 온도를 500℃와 600℃로 셋팅하고 진공도는 450 Torr, Sieve 100 mesh를 사용하

여 실험하였다. Fig. 3은 온도에 따른 결과를 보여준다. 실험결과 온도가 높을수록 염의 고액분리는 활발히 진행됨을 볼 수 있었고 도가니의 형태 별로 비교하였을 때는 C type의 형태가 다른 형태에 비해 고액분리가 잘 일어남을 알 수 있었다.



1 : Ar gas feeder 2, 26 : Valve 3 : Movement and bolster of Bottom Flange 4, 5 : Cooling jacket input(4) and output(5) 6 : Bottom flange 7 : Condensed Salt Storage basket 8 : Flow guide of Salts 9 : Bolster 10 : The heat shield plate 11 : Bolster of crucible 12 : Crucible 13 : Main tower 14 : Insulation 15, 16, 17 : Heater 18~24 : Thermocouple 25 : Vacuum pump

Fig. 1. Photograph of salt separation system.



A type B type C type

Fig. 2. The forms of crucible used in the experiment.

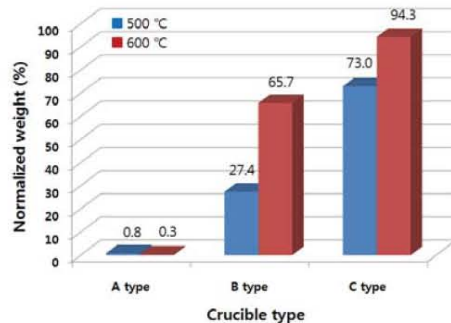


Fig. 3. Experimental results of the salt separation at different temperature.

Fig. 4는 Heater의 온도를 500 ℃, Sieve의 크기는 100 mesh, 진공도를 450~1×10<sup>-3</sup> Torr로 하여 진공도에 따른 염의 고액분리 특성을 실험한 결과를 보여준다. 그림에서 보는 바와 같이 염의 고액분리는 진공도의 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

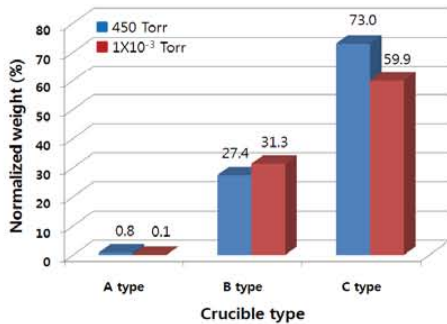


Fig. 4. Experimental results of the salt separation at different vacuum.

Fig. 5는 Heater의 온도를 600 ℃로 하고 진공도를 450 Torr로 고정하고 Sieve의 크기를 각각 100 mesh 와 150 mesh로 하여 실험한 결과를 보여준다. 실험결과 B type의 crucible에서 150 mesh가 100 mesh에 비해 약 14.6 wt% 정도 높은 고액분리 특성을 보였고, C type에서는 약 12 wt%로 100 mesh가 150 mesh 보다 높게 나타났다. 이러한 결과로 Sieve의 mesh는 100 mesh가 150 mesh 보다 좋은 결과를 보임을 알 수 있으나, 온도에 대한 영향보다는 적게 나타남을 알 수 있었다.

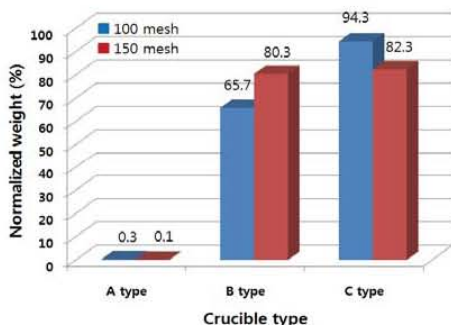


Fig. 5. Experimental results of the salt separation at different sieve mesh.

#### 4. 결 론

LiCl-KCl의 순수 공융염을 이용하여 Crucible의 형태에 따라 온도와 진공도 그리고 Sieve의 mesh를 변수로 하여 염의 고액분리를 실험하여 본 결과, 진공도와 Sieve의 mesh 크기 보다 온도에 대한 영향력이 큰 것으로 나타났다. 또한 sieve의 mesh 눈금이 클수록 고액분리는 잘 일어나는 경향을 보였고 mesh의 눈금이 작아질수록 crucible의 옆면에 대한 영향력은 작은 것으로 나타났다. 그리고 반응기 내부의 진공도는 염의 고액분리에 있어 영향력이 미비한 것으로 나타났다.

#### 5. 감사의 글

이 논문은 교육과학기술부의 원자력연구개발사업의 지원으로 수행되었습니다.

#### 6. 참고문헌

- [1] 강영호, 황성찬, 안병길, 김용호, 유재형, J. Korean Ind. Eng. Cham. 15. 5. pp. 513-517, (2004).
- [2] Jong-Hyeon Lee, Young-Ho Kang, Sung-Chan Hwang, Joo-Bo Shin, Byung-Gil Ahn, Eung-Ho Kim and Seong-Won Park., "Electrodeposition Characteristics of Uranium in Molten LiCl-KCl Eutectic and its Salt Distillation Behavior", J of Nuclear Science and Technology, Vol 43, pp. 263-269, 2006.
- [3] S. W. Kwon, K. M. Park, H. G. Ahn, H. S. Lee, J. G. Kim., "Separation of adhered salt from uranium deposits generated in electro-refiner", J. Radioanal Nucl Chem., pp 789-793, 2011.
- [4] B. R. Westphal, "Distillation Modelling for a Uranium Refining Process", Report ANL/TD/CP-87031, INL, ID, USA, 1996.
- [5] LILY L. WANG and TERRY C. WALLACE, SR, "Vacuum Evaporation of KCl-NaCl Salts: Part I. Thermodynamic Modeling of Vapor Pressures of Solid and Liquid solutions", Metallurgical and Materials transactions B, Vol 27B, pp 141-146, 1996.