

## Lab. scale 전해정련장치에서의 primary, secondary전류밀도 분포 비교

김승현, 류홍열, 이종현, 박성빈\*, 김정국\*, 이한수\*  
 충남대학교 녹색에너지기술전문대학원, 대전광역시 유성구 대학로79  
 \*한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045번지  
 ksh@pyroprocessing.net

### 1. 서론

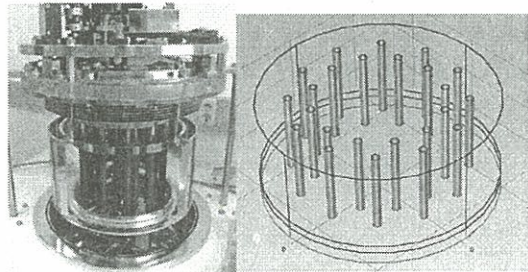
최근 지구 온난화와 화석연료의 고갈로 인해 미래 에너지원으로 원자력의 비중은 점차 증가될 것이다. 하지만 이와 더불어 부산물로 발생하는 사용후핵연료(spent fuel)의 발생 누적량 또한 기하급수적으로 증가할 것이다. 지속가능한 발전을 위해서는 이 사용후 핵연료의 안전하고 효율적인 처리 방안이 필요한데 그 대안으로 pyroprocessing기술이 대표적이다. pyroprocessing은 플루토늄을 따로 분리하지 않고 TRU (Np, Pu, Am, Cm 등)와 함께 회수하여 재활용하기 때문에 기존의 습식 재처리공정에 비해 핵확산 저항성(proliferation)이 매우 높게 평가되고 있다. 사용후 핵연료에 포함되어 있는 우라늄을 회수하기 위한 방법으로 전해정련법을 통해 다량의 우라늄을 회수하기 위한 방법으로 많은 연구가 진행되어지고 있다. 전해정련기(electrorefiner)는 일반적으로 회전하는 양극 바스켓과 다중채널(multi-channel)의 음극으로 구성된다. 금속 우라늄을 분리하여 많은 양을 회수하기 위해서는 무엇보다 전해정련기의 효율성을 높이는 것이 필요한데 이를 위해 음극의 면적을 증가시키고 양극과의 간격을 좁힘으로서 전기저항을 줄이며 음극의 배열을 달리하여 최적의 전기장을 발생시켜 효율성을 높이는 방법이 있다. 이러한 효율성 향상을 위해서는 많은 실험적인 노력이 필요한데 본 시뮬레이션을 통해 전해정련장치를 scale-up하는데 필요한 기초데이터 확보에 기여하며 최적의 전극 배열 형태를 예측하는데 도움을 줄 수 있다.

따라서 본 연구에서는 전기장 해석에 특화된 상업적 유동해석 코드인 Comsol 4.1의 batteries and fuelcell모듈을 이용하여 primary, secondary current density distribution에 대해 알아보고 전기장 비교 분석을 통해 음극의 우라늄 전착에 관한 최적화(optimization)에 대하여 알아보고자 하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 실험방법

Lab. scale 전해정련반응기에서의 전기장 분포를 알아보기 위해 기존 2차원 해석과는 다른 3차원 모델해석이 이루어졌으며 primary, secondary current density distribution 비교 해석이 이루어졌다. 실제 실험장치와 전산해석 수행을 위한 값을 Fig.1에 나타내었다.



Cathode	value
cathode diameter, cm	2cm
cathode length, cm	20cm
total cathode area, cm <sup>2</sup>	2818
Anode	value
total anode basket area, cm <sup>2</sup>	3849
Parameters and thermodynamic data	value
exchange current density(A/m <sup>2</sup> )	0.06
Tafel slope(mV)	524.71

Fig. 1. Lab. scale 전해정련장치와 계원

secondary current density distribution 모델의 경우  $i_0$ (exchange current density) 값은 실제 실험식과 비교를(fig.2) 통하여 0.06A일 때 가장 유사한 분포를 보였다. 이 값을 전산해석에 이용하였다.

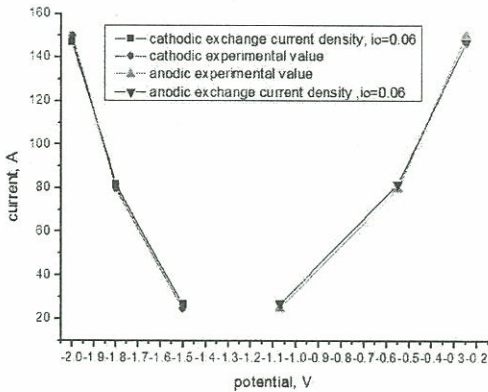


Fig. 2. 실제 실험값과 교환전류밀도  $i_0=0.06$  일때의 current-potential 거동

2.2 실험결과

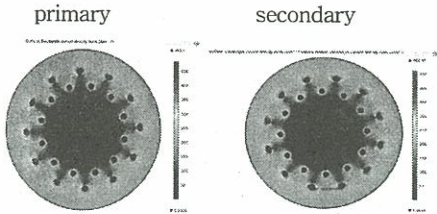


Fig. 3. 1차, 2차 전류밀도 분포 비교

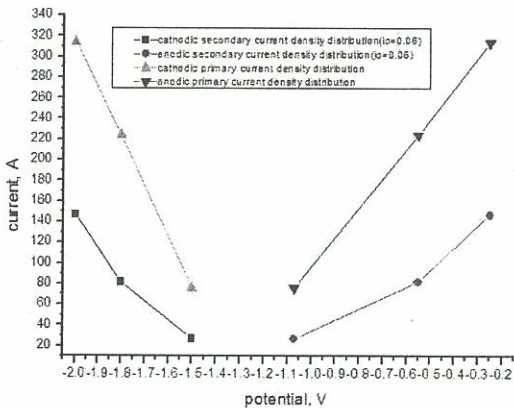


Fig. 4. primary, secondary 모델에서의 current-potential 거동

양극(-0.5V)과 음극(-1.5V)에 전압을 가해 주었을 때 Fig.3과 같은 전류밀도 분포를 보였다. 두 모델 모두 음극 바깥쪽 옆에서 가장 높은 전류밀

도 분포를 보였고 secondary 모델은 primary 모델과 비교했을 때 전극 표면에 생기는 과전압을 구현하여 상대적으로 낮은 전류밀도를 확인할 수 있었다. 전위에 따른 전류변화를 Fig.4에 나타내었다.

3. 결론

과전압(overpotential)을 고려한 해석을 바탕으로 Lab. scale 전해정련기의 음극에 대한 전류밀도 분포를 확인하였다. 실제 Lab. scale 전해정련 장치의 거동과 전산모사 결과 유사한 값을 얻음으로 추후 공학규모 전해정련장치로의 scale-up하는데 필요한 전착전위 데이터를 예측하는데 큰 의의가 있는 것으로 사료된다.

4. 감사의 글

본 연구는 한국연구재단 원자력연구개발사업의 기금을 지원받아 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

5. 참고문헌

- [1] Three-dimensional multispecies current density simulation of molten-salt electro-refining, J. of Alloys and Compounds 503 (2010) 177 - 185.
- [2] Modeling and analysis of a molten-salt electrolytic process for nuclear waste treatment, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol. 280, No.2 (2009) 401 - 404.