

# 이온성 액체를 이용한 세슘 이온의 고-액 추출 연구

조승연\*, 최정원, 이현규, 오원진, 최상준  
경북대학교, 대구광역시 북구 대학로 80  
\*tmddus2049@knu.ac.kr

## 1. 서론

이온성 액체는 100°C 이하에서 액체로 존재하는 염 형태로, 고온에서도 안정적이며 증기압이 0에 가까워 기존의 유기용매의 한계를 극복하는 대체용매로 쓰인다. 또한 유기물과 무기물에 대한 높은 용매화 능력을 가지고 있어[1] 금속이온의 추출에 이용하기 위한 연구들이 수행되고 있다. 하지만 이온성 액체를 이용한 금속 이온의 액-액 추출 시스템은 추출에 직접 참여하는 양보다 불필요하게 많은 양의 이온성 액체가 사용된다. 또한 추출한 금속 이온이 이온성 액체 용매 상에 존재하기 때문에 처분, 관리하는데 어려움이 있다. 본 연구에서는 이온성 액체가 추출에 관여하는 양을 고려한 세슘 추출 실험을 진행하여 고체의 침전물이 형성되는 것을 확인하였으며, 이에 따른 침전물 분석 및 고-액 분리에 대해 연구를 수행하였다.

## 2. 본론

### 2.1 실험방법

본 연구에서 사용한 이온성 액체는 1-ethyl-3-methylimidazolium bis(trifluoromethyl sulfonyl)imide ([C<sub>2</sub>mim][Tf<sub>2</sub>N], C-TRI)이다. 추출제는 크라운 에테르계 추출제 Dicyclohexano-18-crown-6 (DCH18C<sub>6</sub>, Aldrich)를 사용하였고, 방사성 핵종 모의폐액은 CsNO<sub>3</sub> (99%, Aldrich)로 제조하여 사용하였다.

추출방식은 회분식으로 수행하였다. 50 mL 코니칼 튜브(SPL, Korea)에 C<sub>2</sub>mimTf<sub>2</sub>N과 0.6 mmol의 DCH18C<sub>6</sub>를 주입하여 용해시킨 후, 30 mM의 세슘 모의폐액을 40 mL 주입하였다. 추출 조건은 25°C에서 250 rpm으로 2 시간 동안 교반하였고, 교반 후 3000 rpm에서 20 분 동안 원심분리하여 상등액을 0.2 µm 실린지 필터(Whatman, nylon filter media, Ø = 25 mm)로 여과하였다.

추출 전후의 세슘 농도는 유도결합 플라즈마 발광분광계(ICP-OES, Optima 2100 DV, Perkin Elmer)로 분석하였다. 제거율(R, %)은 초기 세슘 농도에 대한 제거된 금속이온 농도의 백분율이며, 분배계수(Distribution ratio, D<sub>M</sub>)은 다음과 같다. 여기서 C<sub>i</sub>(mg/L)와 C<sub>f</sub>(mg/L)는 수용

액상의 세슘 이온의 초기농도와 나중농도이다. 일반적으로 분배계수 D<sub>M</sub> 값이 10 이상이면 효율적인 추출 시스템으로 볼 수 있다.

$$D_M = \frac{(C_i - C_f)}{C_f} * \frac{\text{volume of aqueous phase}}{\text{volume of IL phase}} \quad (1)$$

세슘 추출결과 형성된 고체 침전물을 적외선 분광광도계(FT-IR, Frontier, Perkin Elmer), 전계방사형 주사전자현미경(FE-SEM, SU8220, Hitachi)을 이용한 에너지 분산형 분광분석법(SEM-EDS)으로 분석하였다.

### 2.2 결과

이온성 액체의 물량을 60 mmol에서 0.6 mmol까지 감소시킨 세슘 추출의 추출효율과 상 분리 양상을 Table 1에 추출제와 세슘, 이온성 액체의 몰비(CE:Cs<sup>+</sup>:ILs)와 함께 나타내었다. 그 결과, 이온성 액체의 양을 일정 양까지 감소시켰을 때 고체 침전물이 형성되면서 고체 침전물과 수용상의 2 phase(S-L)로 상이 분리되었다. 하지만 상 분리에 상관없이 추출효율은 크게 감소하지 않았다. C<sub>2</sub>mimTf<sub>2</sub>N이 60 mmol일 때는 이온성 액체의 유기상과 수용상으로 액-액(L-L) 분리가 되었으며, 6 mmol, 3 mmol일 때는 고체 침전물과 이온성 액체, 수용상의 3 phase(S-L-L)로 분리되었다. C<sub>2</sub>mimTf<sub>2</sub>N 1.2 mmol, 0.6 mmol에서 침전물과 수용상의 고-액(S-L) 분리 양상이 나타났다.

Table 1. Removal efficiency and distribution coefficients and phase separation of the Cs<sup>+</sup> extraction using 0.6 mmol DCH18C<sub>6</sub>

Molar ratio of CE:Cs <sup>+</sup> :ILs	R <sub>Cs</sub> (%)	D <sub>M</sub>	Phase separation (S-L/S-L-L/L-L)
1:2:100	58.570	231.300	L-L
1:2:10	54.363	15.757	S-L-L
1:2:5	53.538	59.847	S-L-L
1:2:2	45.127	144.218	S-L
1:2:1	42.850	193.391	S-L

$C_2mimTf_2N$ 과 DCH18C6을 이용한 세습 추출은 이온성 액체의 양이온  $C_2mim^+$ 과  $Cs^+$ 이 양이온 교환을 하여 유기상에서  $Cs\cdot Tf_2N\cdot DCH18C6$ 의 착화합물을 형성하는 메커니즘이다[2]. 따라서 소량의 이온성 액체를 이용한 세습 추출에서 생성된 고체 침전물을  $Cs\cdot Tf_2N\cdot DCH18C6$ 로 예상하고 실제 침전물을 분석한 결과와 비교하였다.  $C_2mimTf_2N$  0.2 mL를 이용한 세습 추출에서 형성된 고체 침전물을 FT-IR과 SEM-EDS를 이용하여 분석한 결과를 Fig. 1과 Fig. 2에 나타내었다. FT-IR을 통해 침전물의 기능기를 분석한 결과, Fig. 1의 스펙트럼과 같이 나타나 침전물이 추출제 DCH18C6와 이온성 액체의 음이온인  $Tf_2N^-$ 이 침전물을 구성하고 있음을 알 수 있었다. Fig. 2의 SEM-EDS를 이용한 침전물의 원소 분석 결과, C, O, S, F, Cs 원소의 중량비가 각각 34.15%, 20.28%, 8.92%, 18.37%, 18.28%로 나와 침전물로 예상했던  $Cs\cdot Tf_2N\cdot DCH18C6$ 의 C, O, S, F, Cs 원소의 중량비인 35.92%, 21.76%, 8.71%, 15.51%, 18.10%와 거의 같은 비율로 나왔다. 이를 통해 침전물이  $Cs\cdot Tf_2N\cdot DCH18C6$ 으로 구성된 것을 확인하였다.

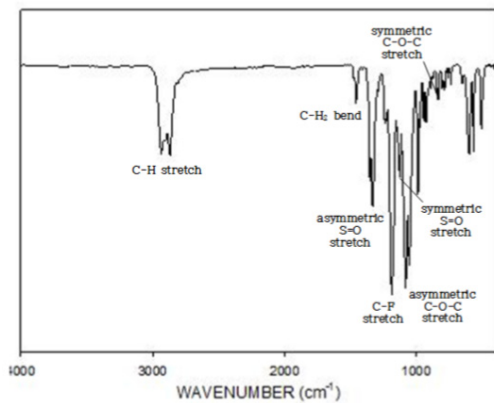


Fig. 1. FT-IR spectrum of precipitate formed after  $Cs^+$  extraction using 0.2 mL  $C_2mimTf_2N$  containing 0.6 mmol DCH18C6.

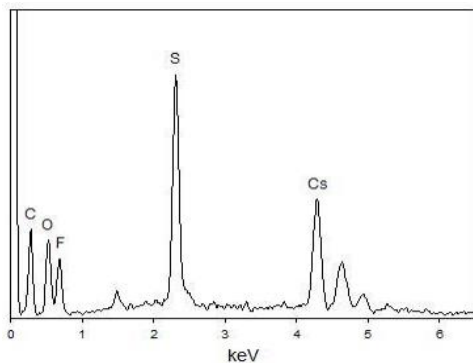


Fig. 2. SEM-EDS spectrum of precipitate formed after  $Cs^+$  extraction using 0.2 mL  $C_2mimTf_2N$  containing 0.6 mmol DCH18C6.

### 3. 결론

본 연구에서는 이온성 액체를 이용한 세습의 고-액 추출에 관해 연구하였다. 이온성 액체를 일정 양까지 줄였을 때 세습 추출효율은 유지하면서 고체의 침전물이 생성되어 침전물과 수용상의 고-액 분리가 되었다. 이때 생성된 침전물은  $Cs\cdot Tf_2N\cdot DCH18C6$ 의 형태로, 이온성 액체가 직접 추출에 참여하여 착화합물을 형성하기 때문에 남은 이온성 액체가 충분하지 못할 때 이 착화합물이 이온성 액체에 용매화되지 못하면서 생기는 것으로 보인다. 고체 침전물의 형성은 추출된 세습 이온의 폐기물 처분에도 용이하며, 이온성 액체의 양을 줄임으로써 경제적 효과도 볼 수 있다.

### 4. 감사의 글

본 연구는 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단-원자력연구개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (과제번호: 2012M2B2B1055496).

### 5. 참고문헌

- [1] 이현주, 이제승, 김훈식, "이온성액체의 응용기술 동향", 공업화학, 제 21권 제 2호 (2010).
- [2] Dietz.M.L., Dzielawa.J.A, "Ion-exchange as a mode of cation transfer into room-temperature ionic liquids containing crown ethers: implications for the 'greenness' of ionic liquids as diluents in liquid-liquid extraction.", Chem. Commun., 2124-2125 (2001).