

## 규티탄산나트륨흡착제에 의한 스트론튬흡착의 열력학적특성

김성호, 박철수

최근에 높은 열과 방사선 및 화학적작용에 안정하고 초우라늄원소들과 핵분열생성물들에 대한 선택성이 높은 다공성티탄화합물흡착제들이 개발되고있으나[2-4] 규티탄산나트륨흡착제에 의한 스트론튬(Sr)흡착의 열력학적특성을 밝힌 연구자료는 알려져있지 않다. 본문에서는 우리가 합성한 규티탄산나트륨흡착제[1]에 의한 Sr흡착의 열력학적특성을 논의하였다.

### 실험 방법

초기계수속도가 1 000~6 000개/(min·mL)로 되도록  $^{90}\text{Sr}$ 으로 표식한 63.08mmol/L  $\text{SrCl}_2$  용액 10mL를 비커에 넣고 여기에 규티탄산나트륨흡착제 0.1g을 넣은 다음 주어진 온도에서 132r/min의 속도로 60min동안 교반하여 Sr를 흡착시켰다.

원심분리한 상등액 1mL를 시료접시에 담아 적외선등으로 건조시킨 다음 단창계수관《CBT-7》이 달린 환수장치로  $^{90}\text{Sr}$ 의 방사능을 측정하였다. 이때 상대오차가 1.0~1.5%로 되도록 측정시간을 정하고 차폐법으로  $^{90}\text{Y}$ 의 방사능을 고려하여주었다. 그리고 계수속도는 3회 측정하여 평균값을 취하였으며 자연계수속도값을 고려하여주었다.

흡착량  $a$ (mmol/g)는 다음식에 따라 계산하였다.

$$a = (A_0 - A)C_0 V / (A_0 m)$$

여기서  $A_0$ 과  $A$ 는 흡착전과 후의 계수속도(개/(min·mL)),  $V$ 는  $\text{SrCl}_2$  용액의 체적(mL),  $m$ 은 흡착제의 질량(g),  $C_0$ 은  $\text{SrCl}_2$  용액의 초기농도이다.

### 실험결과 및 해석

Sr흡착에 미치는 온도의 영향 규티탄산나트륨흡착제에 의한 Sr흡착등온선은 그림 1과 같다.

그림 1에서 보는바와 같이 온도가 증가함에 따라 규티탄산나트륨흡착제의 Sr흡착량이 증가한다.

열력학적특성량들의 결정 그림 1로부터 규티탄산나트륨흡착제에 의한 Sr흡착은 다음식으로 표시되는 랭뮤어흡착등온식에 따른다는것을 알수 있다.

$$a = a_{\text{최}} K C / (1 + K C) \quad (1)$$

여기서  $C$ 는 용액에서  $\text{Sr}^{2+}$ 의 평형농도(mmol/L),  $K$ 는 흡착평형상수(L/mmol),  $a_{\text{최}}$ 는 Sr의 최대흡착량(mmol/g)이다.

식 (1)로부터 다음식이 얻어진다.

$$C/a = 1/(a_{\text{최}} K) + C/a_{\text{최}} \quad (2)$$

한편 그림 1의 자료에 기초하여 작성한  $C/a-C$  관계곡선은 그림 2와 같다.

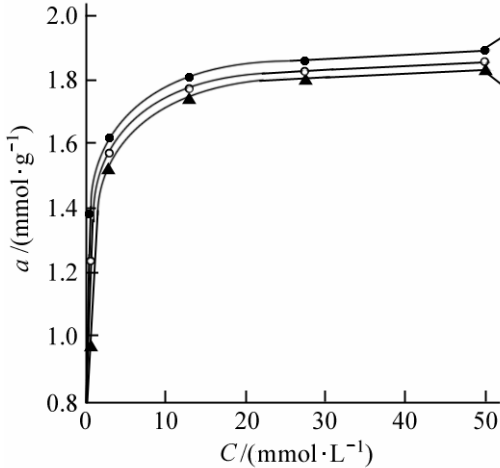


그림 1. 규티탄산나트륨흡착제에 의한  
Sr흡착등온선  
1-3은 온도가 각각 283, 303, 323K인 경우

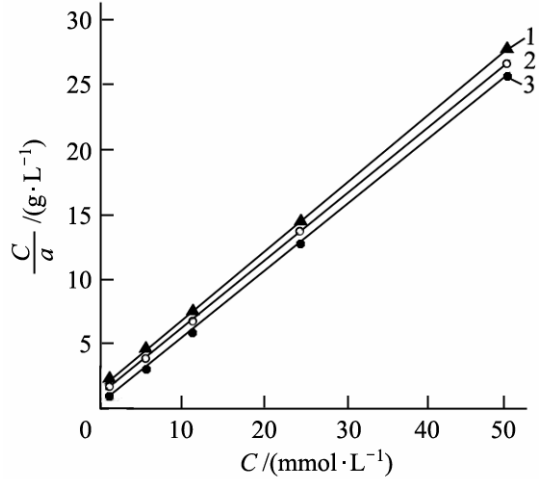


그림 2.  $C/a-C$  관계곡선  
1-3은 그림 1과 같음

그림 2와 식 (2)로부터 결정한 각이한 온도에서의 Sr최대흡착량과 흡착평형상수, 다음 식으로 계산한 상관결수( $R^2$ )는 표 1과 같다.

$$R^2 = \left[ \sum (a_{\text{실},i} - \overline{a_{\text{실}}})^2 - \sum (a_{\text{실},i} - a_{\text{계},i})^2 \right] / \sum (a_{\text{실},i} - \overline{a_{\text{실}}})^2$$

여기서  $a_{\text{실},i}$ 와  $a_{\text{계},i}$ 는 각각 주어진  $C_i$  값에 해당하는 Sr흡착량실험값과 계산값,  $\overline{a_{\text{실}}}$ 은  $a_{\text{실},i}$  값들의 평균값이다.

표 1. 각이한 온도에서의 Sr최대흡착량과  
흡착평형상수 및 상관결수

온도/K	$a_{\text{최}} / (\text{mmol} \cdot \text{g}^{-1})$	$K / (\text{L} \cdot \text{mmol}^{-1})$	$R^2$
283	1.84	1.94	0.951
303	1.88	2.17	0.983
323	1.91	2.21	0.983

표 1에서 보는바와 같이 각이한 온도에서의 상관결수값들은 모두 0.95이상이다. 이로부터 주어진 흡착제에서의 스트론튬흡착등온선은 랭뮤어 흡착등온선과 잘 부합된다는것을 알수 있다.

표 1의 자료에 기초하여 작성한  $\ln K - 1/T$ 관계곡선은 그림 3과 같다.

그림 3과 관계식

$$\Delta G = -RT \ln K,$$

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S,$$

$$\ln K = \Delta S / R - \Delta H / (RT)$$

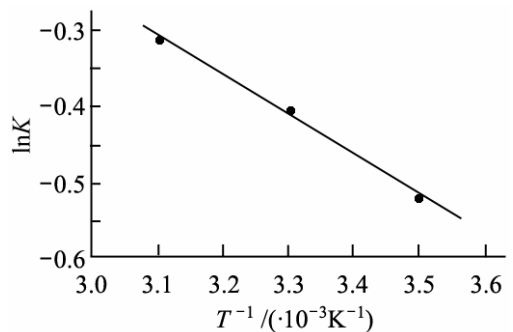


그림 3.  $\ln K - 1/T$ 관계곡선

표 2. Sr흡착의 열역학적특성량들

온도/K	$\Delta G$ /(kJ·mol <sup>-1</sup> )	$\Delta H^0$ /(kJ·mol <sup>-1</sup> )	$\Delta S$ /(J·mol <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> )
283	-1.58		
303	-1.88	2.58	14.7
323	-2.17		

를 리용하여 계산한 Sr흡착의 열역학적 특성량들은 표 2와 같다.

표 2로부터 규티탄산나트륨흡착제에 의한 Sr의 흡착반응이 자발적인 흡열 과정이라는것을 알수 있다.

## 맺는 말

규티탄산나트륨흡착제에 의한 Sr흡착반응의 열역학적특성량들을 결정하고 이 반응이 자발적인 흡열과정이라는것을 밝혔다.

## 참고 문헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 62, 4, 70, 주체105(2016).
- [2] Olga Oleksienko et al.; J. Colloid Interface Sci., 438, 2, 159, 2015.
- [3] L. E. Katz; J. Colloid Interface Sci., 399, 1, 68, 2013.
- [4] R. P. Nikolova et al.; Microporous Mesoporous Mater., 165, 2, 121, 2013.

주체107(2018)년 1월 5일 원고접수

## Thermodynamic Property of Strontium Adsorption by Sodium Titanosilicate Sorbent

*Kim Song Ho, Pak Chol Su*

We considered the thermodynamic property of strontium adsorption by sodium titanosilicate sorbent. The characteristic quantities for adsorption reaction of strontium by sodium titanosilicate sorbent are  $\Delta G = -1.58 \text{ kJ/mol}$  (in 283K),  $\Delta H^0 = 2.58 \text{ kJ/mol}$ ,  $\Delta S = 14.7 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$ ,  $K = 1.94 \text{ L/mmol}$  (in 283K).

Key words: sodium titanosilicate, strontium adsorption, thermodynamics