

## Silicotitanate와 AMP-PAN에 대한 방사성 핵종( $\text{Co}^{2+}$ , $\text{Sr}^{2+}$ , $\text{Cs}^+$ )의 흡착 특성 평가

이영채, 신원식, 최상준

경북대학교 환경공학과, 대구광역시 북구 산격동 1370번지

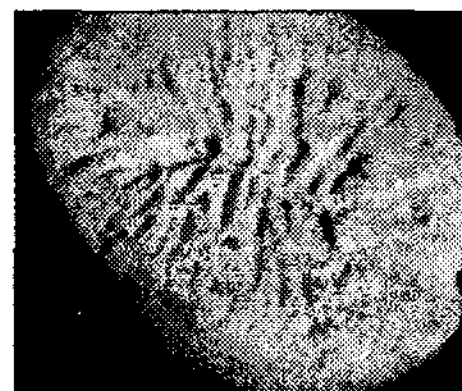
chae0110@hotmail.com

### 1. 서론

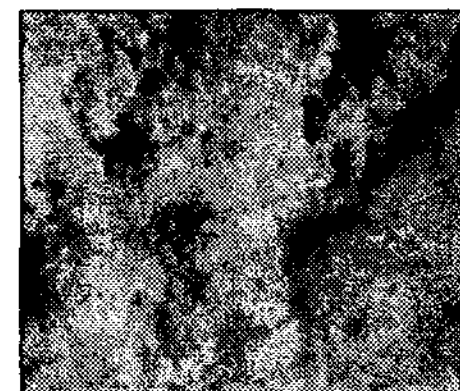
원자력 산업에서는 막대한 양의 물을 사용하여 핵반응으로 발생하는 열을 냉각시키기 위해 많은 양의 방사성 폐액이 배출되고 있다. 이는 원자력 산업의 보급에 주요 장애 요인으로 지적되어왔다. 방사성 폐액에는 코발트(Co), 스트론튬(Sr) 및 세슘(Cs) 등의 방사성 핵종이 함유되어 있으며, 원전에서 발생하는 방사성 폐액의 처리에는 주로 폐액 증발이 적용되어 왔다. 그러나 최근에는 이온교환법이 폐액 증발의 대체 공정으로 이용되고 있으며, 점차 그 비율이 증가하고 있는 추세이다. 하지만 이온 교환 공정에 이용된 이온교환수지는 방사성 핵종에 대한 선택성이 떨어지기 때문에 많은 양의 폐수지가 발생될 뿐만 아니라 Cs과 같은 특정 핵종의 제염 성능이 낮아지는 문제점을 안고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 방사성 폐액 내 방사성 핵종만을 선택적으로 제거함으로써 기존 이온 교환 공정의 효율을 높이고, 2차 폐기물의 부피를 대폭 감량할 수 있는 공정 개발이 국내·외에서 활발하게 진행되고 있다. 이에 본 연구에서는 방사성 핵종에 대해 선택성을 가진 흡착제 개발 및 개발된 흡착제에 대한 방사성 핵종의 흡착 특성을 규명하고자 한다.

### 2. 실험 및 결과

본 연구에 적용된 흡착제는 silicotitanate[1]와 AMP-PAN[2]을 이용하였다. AMP-PAN은 AMP (Ammonium molybdophosphate)와 PAN(Polyacrylonitrile)을 이용해 중합하여 1~2mm 크기의 bead 형태로 제조하였다. 흡착실험 전처리 단계로서 0.05M MES(2-[N-Morpholino]ethanesulfonic acid) buffer로 2~5회에 걸쳐 세척하여 흡착제의 pH를 5로 조절한 후 사용하였다. 각 흡착제에 대한 단일성분 등온흡착실험은 침전물의 형성을 배제하기 위하여 모든 방사성 핵종이 이온으로 존재하는 pH 5로 고정하기 위해 0.05M MES(2-[N-Morpholino]ethanesulfonic acid) buffer를 주입하고, 0.1N  $\text{HNO}_3$  또는 0.1N  $\text{NaOH}$ 를 이용하였다. 방사성 핵종의 농도는 1~20mmol/L 또는 1~30mmol/L의 범위로 제조하였으며, 15mL 원심분리용 PE tube를 이용해 24시간 동안 흡착실험(25°C, 200rpm)을 수행하였다. 모든 실험은 회분식 실험으로 진행되었고, 흡착반응 후 남은 stock solution 내의 방사성 핵종의 분석을 위해 시료는 3000rpm, 20분간 원심분리 한 후, 0.2 $\mu\text{m}$ 의 Membrane Filter를 이용하여 여과한 후 ICP-OES(PerkinElmer, Optima 2100 DV)로 분석하였다.



(a) Synthesized AMP-PAN



(b) Synthesized Silicotitanate

Fig. 1. Video Microscope (icamscope model SV-35) of synthesized adsorbents

Silicotitanate와 AMP-PAN에 대한 등온 흡착 실험 결과 코발트의 최대 흡착량이 0.3 mmol/g과 0.2mmol/g, 스트론튬의 최대 흡착량이 0.4mmol/g과 0.15mmol/g, 세슘의 최대 흡착량이 1.0 mmol/g과 0.6mmol/g으로 나타났다. silicotitanate와 AMP-PAN은 방사성 핵종 중 세슘에 대한 높은 흡착율을 나타냈다. 등온흡착모델에 fitting 후 모든 모델에 대한  $R^2$  값을 table로 나타내었다.

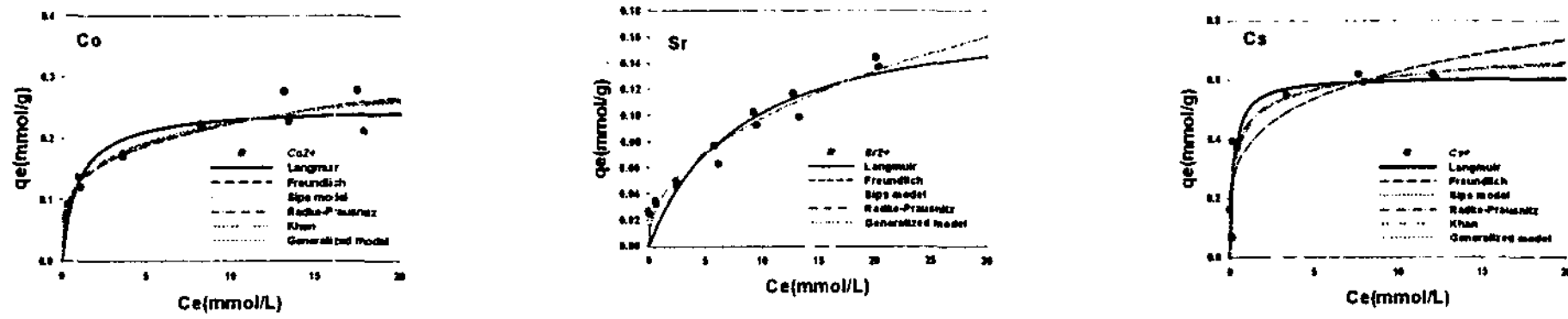


Fig. 1. Single-solute sorption and desorption isotherm of Co, Sr and Cs in adsorbents at pH 5 on AMP-PAN

Table 1. The parameters of sorption isotherm for Co, Sr and Cs on AMP-PAN

Model	Parameter	Co		Sr		Cs	
		Coef.	Std. Error	Coef.	Std. Error	Coef.	Std. Error
Langmuir	Q	0.5926	0.2641	0.125	0.0482	4.1162	1.5204
	b	0.2513	0.014	0.1845	0.0301	0.6118	0.042
	R <sup>2</sup>	0.9684		0.9723		0.9659	
Freundlich	Kf	0.0677	0.0046	0.0352	0.004	0.3707	0.0326
	n	0.2998	0.0299	0.4469	0.0453	0.2295	0.0414
	R <sup>2</sup>	0.9917		0.9875		0.9646	

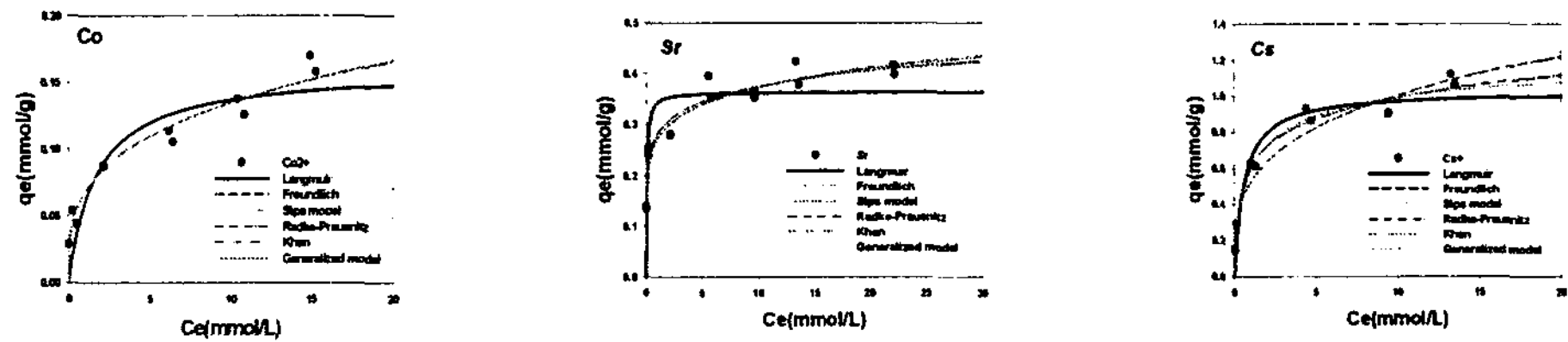


Fig. 2. Single-solute sorption and desorption isotherm of Co, Sr and Cs in adsorbents at pH 5 on Silicotitanate

Table 2. The parameters of sorption isotherm for Co, Sr and Cs on silicotitanate

Model	Parameter	Co		Sr		Cs	
		Coef.	Std. Error	Coef.	Std. Error	Coef.	Std. Error
Langmuir	Q	1.0748	0.3008	16.572	6.3014	1.6881	0.3804
	b	0.2513	0.014	0.3649	0.0154	1.0301	0.0424
	R <sup>2</sup>	0.9845		0.9819		0.9907	
Freundlich	Kf	0.1262	0.009	0.2714	0.009	0.5217	0.0326
	n	0.25	0.0311	0.1399	0.0138	0.2844	0.029
	R <sup>2</sup>	0.99		0.9944		0.9892	

3. 결론

단일성분 등온흡착 특성에 있어 Silicotitanate와 AMP-PAN은 스트론튬과 코발트의 흡착량과 비교해 세슘에 대한 선택성이 높은 것으로 나타났다. 세슘은 다른 방사성 핵종과 달리 1가 이온으로서 Silicotitanate 내의 Na<sup>+</sup>와 AMP-PAN 내의 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>으로 치환되었다고 사료된다.

4. 참고문헌

[1] A. Clearfield, A. Triathi, D. Medvedev, A.J. Celestian, J. B. Parise, In situ type study of hydrothermally prepared titanates and silicotitanates, J. Mater. Sci. 41, 1325-1333(2006).  
 [2] J. K. Moon, K. W. Kim, C. H. Jung, Y. G. Shul, E. H. Lee, Preparation of organic-inorganic composite adsorbent beads for removal of radionuclides and heavy metal ions, J. Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 246, 299-307(2000).

사 사

본 연구는 한국과학재단(과학기술부)의 원자력 기술개발사업 고유강점기술육성의 일환으로 수행되었습니다.