

활성탄과 알지네이트로 제조한 비드에 의한 페놀의 흡착

이진영, 박경희¹, 김태영¹, 조성용², 김승재^{2*}

전남대학교 환경공학과, ¹전남대학교 공업기술연구소, ²전남대학교 환경연구소
(sjkim@chonnam.ac.kr*)

Adsorption of Phenol onto the Activated Carbon-Alginate Beads

Jin-Yong Lee, Kyung-Hee Park¹, Tae-Young Kim¹, Sung-Yong Cho, Seung-Jai Kim^{2*}

Department of Environmental Engineering, ¹Engineering Research Institute,
²Environment Research Institute, Chonnam National University
(sjkim@chonnam.ac.kr*)

서론

수질오염을 일으키는 독성 물질 중 페놀은 특유한 냄새를 갖는 무색의 결정으로 페놀수지와 나일론 등 섬유를 제조하는데 원료로 사용되며, 살균력이 좋기 때문에 병원에서 소독제로 널리 사용되고 있다. 페놀이 수중에 1mg/l 이상 함유되어 있으면 특이한 맛과 냄새를 유발한다. 특히 염소와 반응하여 염화페놀류가 생성되어 매우 심각한 악취를 유발하고, 강한 독성을 가지고 있으며 이 중에서 trichlorophenol 은 발암성 물질로 알려져 있다. 상수 원수가 페놀로 오염되어 있으면 정수과정에서 염소소독에 의해 염화페놀류가 생성되며 chlorophenol 이 1 μg/l 이상 함유된 수돗물은 특이한 악취와 맛을 나타내므로 음용수로서 적합하지 못하다[1,3].

자연계에 풍부하게 존재하는 천연고분자 중에서 Alginate 는 해조류와 박테리아류 등에 다량 포함되어있는 다당류 물질이다. 이는 고정화 겔로 encapsulate enzymes, subcellar organelles, living cell 등으로 생물학과 생물공학 산업에 널리 사용되고 있으며, 중금속 흡착제거에 효과가 매우 높은 것으로 보고 되었다[2]. 이런 특성을 갖고 있는 Alginate 에 비표면적이 크고, 값이 싸며 흡착능력이 뛰어나 각종 물질들의 흡착제나 탈취제 등으로 널리 사용되는 활성탄을 혼합하여 입상의 흡착제를 제조하였다. Alginate 와 활성탄을 여러가지 비율로 혼합하여 제조한 AAC (Alginate-powdered activated carbon) beads 를 사용하여 페놀의 흡착등온 및 흡착속도 실험을 통하여 흡착특성을 연구하여 흡착공정에 대한 기초 자료를 제공 하고자 한다.

실험

실험재료 및 기기

Bead 제조에는 powdered activated carbon(Yakuri Co., Japan), sodium alginate (Junsei chemical Co., Japan), calcium chloride anhydrate(Duk-san Pharm. Co., Korea)와 Phosphate buffered saline solution 을 사용하였다. 피흡착제로 사용된 페놀은 순도 99% Sigma 제품이며, 페놀의 농도는 UV-visible spectrophotometer (Shimadzu, model UV-1601)를 이용하여 270nm 에서 측정하였다. 실험에 사용된 증류수는 Milli-Q RG 로부터 얻어진 2 차 증류수를 사용하였다.

비드의 제조

3wt% sodium alginate colloid 용액에 PAC(powdered activated carbon)를 Alginate:PAC 의 질량비가 각각 1:0.5, 1:1, 1:2 가 되도록 혼합하여 AAC colloid 용액을 제조하였다. AAC colloid 용액을 주사기에 주입한 후 syringe pump 를 이용해서 충분히 교반되고 있는 겔화제인 3wt% calcium chloride 용액에 적가하여 A(Alginate):AC(Activated-carbon)의 함량비가 각각 1:0.5, 1:1, 1:2 인 일정한 크기의 AAC Beads 를 제조하였다. 생성된 beads 는 24hr 동안 숙성시킨 후 2 차 증류수를 사용하여 감압하면서 수회 세척한 후 사용하였다. 습윤상태의 AAC Beads 의 평균크기는 약 2.3mm 였다

흡착평형실험

AAC Beads 에 대한 페놀의 평형흡착량과 흡착등온식을 얻기 위하여 흡착제의 성분 (A:AC=1: 0.5 Beads, A:AC=1:1 Beads, A:AC=1:2 Beads)과 pH 를 변화(3, 7, 10)시키면서 평형실험을 수행하였다. 흡착평형실험은 300ml 용량의 삼각플라스크에 페놀의 초기 농도가 100ppm 인 용액 100ml 을 취하고 여기에 일정량의 흡착제를 넣은 후 항온(25℃)으로 유지되는 shaker 에서 48 시간 동안 교반시킨 후 용액중의 페놀의 잔류농도를 UV 로 분석하였다.

회분식 흡착실험.

AAC Beads 에 대한 페놀의 흡착속도를 고찰하기 위하여 회분식 흡착실험을 행하였다. 이중원통형 비이커를 사용하여 내부에는 시료를 외부에는 항온수를 흐르게 하여 실험이 종결될 때까지 온도(25℃)를 일정하게 유지하도록 하였으며, 초기농도가 100ppm 인 페놀수용액 500ml 에 1g 의 흡착제를 넣은 후 실험하였다. pH 3, 7, 10 에 대하여 각각 교반 속도 200rpm 에서 흡착시간에 따른 페놀의 잔류 농도를 UV 로 측정하였다. 농도의 측정은 흡착평형에 이를 때까지 실행하였으며, 흡착초기에는 자주 그리고 흡착 후기에는 긴 간격을 두고 측정하였다.

결론

페놀의 흡착등온식은 Fig. 1, 2 에 나타낸 바와 같이 Langmuir식으로 잘 묘사할 수 있었으며, pH에 변화에 따른 AAC Beads의 페놀에 대한 흡착은 pH가 산성영역일수록 흡착이 잘 이루어짐을 알 수 있었다. Langmuir식에 의해 산출된 parameter는 Table 1 에 나타내었다. AAC Beads를 이용하여 페놀에 대한 회분식실험결과는 Fig. 3, 4에 보여진 바와 같이 실험결과값과 세공확산모델(PDM)을 이용하여 얻은 이론치가 잘 일치함을 알 수 있었으며, Table 2에 나타낸 바와 같이 경막전달계수(k_f) 세공확산계수(D_p)값을 비교할 때 D_p 값이 k_f 값에 비해 매우 작은 값으로 입자 세공의 확산이 전체 흡착공정의 율속단계임을 알 수 있었다. AAC Beads에 대한 흡착평형과 회분식실험결과 Fig. 2, 4에 나타난 바와 같이 AAC beads는 분말활성탄(PAC)의 함량비가 증가함에 따라 폐수로부터 페놀의 흡착량이 증가함을 알 수 있었다.

Table 1. Langmuir parameters of Phenol for different pHs (A:AC=1:1, T=25°C)

Isotherm type	Parameter	pH		
		3	7	10
Langmuir	q_m	0.85	0.81	0.74
	b	5.30	5.85	5.05
	error (%)	1.77	1.00	1.80

Table 2. Kinetic parameters for batch adsorption (pH=3, T=25°C)

Adsorbents	$K_f \times 10^5$ [m/s]	$D_p \times 10^9$ [m ² /s]
A:AC=1:0.5	3.24	1.59
A:AC=1:1	4.14	2.98
A:AC=1:2	6.07	9.73

감사의 글

본 연구는 한국학술진흥재단연구비로 연구되었으며, 이에 감사 드립니다(KRF-YOO-316).

참고문헌

1. Registry of toxic effect of chemical substances, Toxiline on Silver Platter(1994)
2. J.Jia, J.yang, Water Res.33(1999)881.
3. Ruthven, D. M.: "Principle of Adsorption and Process", Wiley Inter-Science (1994).

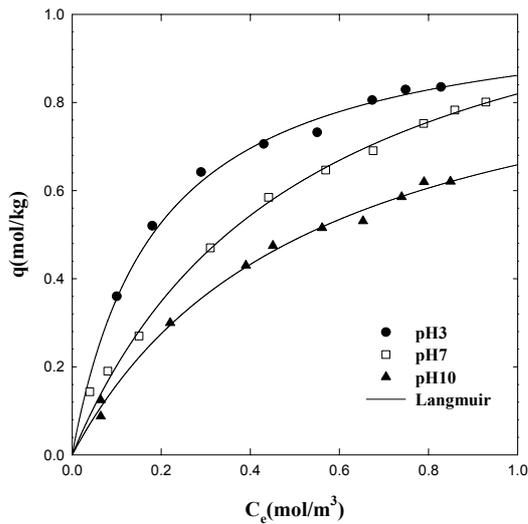


Fig. 1. Adsorption isotherm of Phenol for different pHs (A:AC=1:1, T=25°C, C₀=1.603mol/m³)

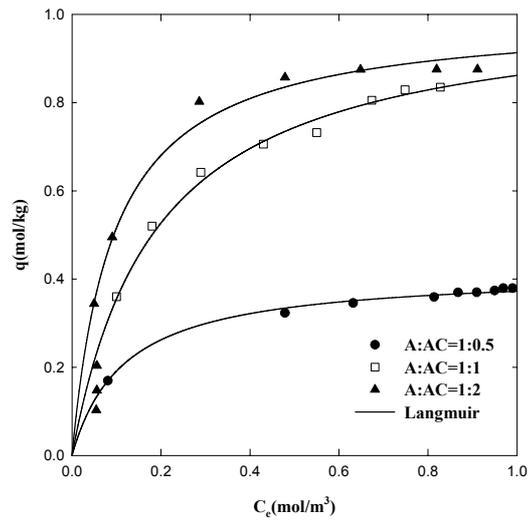


Fig. 2. Adsorption isotherm of phenol for different beads (pH=3, T=25°C, C₀=1.063mol/m³)

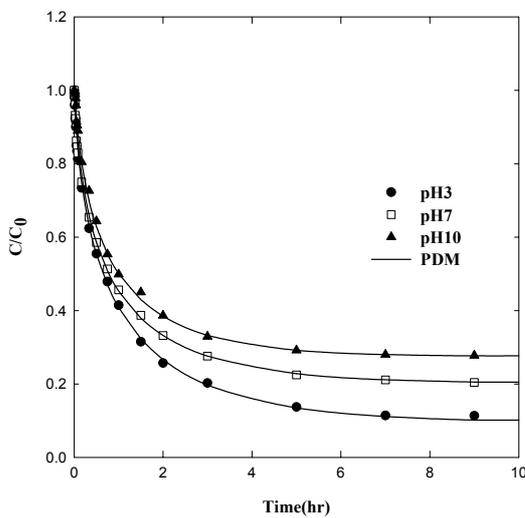


Fig.3. Batch adsorption of phenol for different pHs (A:AC=1:1, T=25°C, C₀=1.063mol/m³)

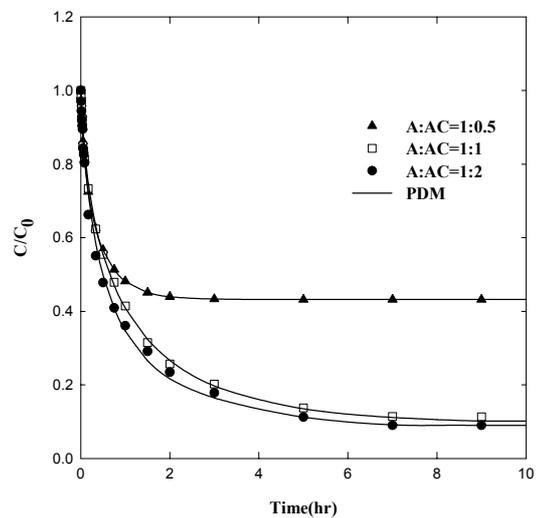


Fig.4. Batch adsorption of phenol for different beads (pH=3, T=25°C, C₀=1.063mol/m³)