HWAHAK KONGHAK Vol. 31, No. 6, December, 1993, pp. 707-714
(Journal of the Korean Institute of Chemical Engineers)

국산 왕겨를 이용한 활성탄 제조 및 흡착특성

고용식 · 안화승

인하대학교 공과대학 화학공학과
(1993년 3월 8일 접수, 1993년 7월 26일 채택)

Preparation and Adsorption Characteristics of Activated Carbon from Korean Rice Hull

Yong Sig Ko and Wha Seung Ahn

Dept. of Chemical Engineering, College of Engineering, Inha University
(Received 8 March 1993; accepted 26 July 1993)

요 약

국산 왕겨를 이용하여 활성탄 제조에 관한 연구를 수행하였다. 왕겨를 탄화하여 얻은 char는 탄화온도가 증가함에 따라 비표면적이 증가하였으며, char를 끓는 물로 세척하거나 가성소다 용액을 이용하여 왕겨 char로부터 실리카를 용출시켜 비표면적을 증대시킬 수 있었다. 왕겨 char로부터 실리카를 용출시킨 경우, 비표면적과 제거된 실리카의 양은 NaOH의 첨가가 단계적으로 이루어질 때 증가하였다. 또한 왕겨로부터 인산을 활성화제로 사용하여 활성탄을 제조하고, 제조조건에 따른 비표면적과 흡착능을 검토하였다. 회분식 흡착실험을 통하여 페놀을 흡착시킨 결과, 활성탄의 흡착능은 비표면적이 클수록 증가하였으며, 페놀의 흡착량과 평형농도 사이에는 Freundlich의 흡착평형관계식이 성립하였다. 일본 Calgon F300 활성탄과 비교하여 페놀에 대한 흡착능을 시험한 결과 인산으로 활성화하여 제조한 활성탄의 흡착성능이 다소 우수하였다.

Abstract—A study was conducted to make activated carbon adsorbents using local rice hull ashes. As the carbonization temperature of the rice hull was increased, the specific surface area of the char increased steadily. The specific surface area of the char was enhanced either by boiling water washing, or by silica leaching using sodium hydroxide. When sodium hydroxide was used to leach out silica from the char, the specific surface area and the amount of silica removed increased most when the sodium hydroxide leaching was conducted in several stages. Activated carbon was also prepared from the rice hull by chemical activation method using phosphoric acid. The adsorption characteristics of phenol onto the activated carbons prepared were measured in a batch reactor. These results showed that as the specific surface areas of the activated carbons increased, better adsorptivities to phenol were obtained. The relationship between the amount of phenol adsorbed and equilibrium concentration was found to be well represented by the Freundlich isotherm. The adsorption capacity of the activated carbon prepared through chemical activation method was slightly better than that of the commercial product of Calgon F300.

1. 서 론

왕겨는 산지와 기후 등의 환경조건에 따라서 약 13-29 wt%의 높은 회분 함량과 셀룰로오스 성분으로 구성되어 있으며, 회분은 주로 실리카로 이루어져 있다[1]. 왕겨에 함유되어 있는 실리카는 왕겨를 연소시킴으로써 얻을 수 있고, 반응면적이 넓고 왕겨내의 carbon 성분과 직접 접촉하고 있으므로, SiC[2] 및 Si_3N_4[3, 4]의 합성에 사용한 사례가 있으며, 또한 실리카만을 추출하여 제올라이트를 합성하거나[5] 고무의 충진제[6]로 사용한 바 있다. 한편 한국동력자원연구소에서는 1980년부터 1982년까지 왕겨, 벗짚 등을 비롯한 농산 폐기물로부터 가연성 가스를 생산하여 메탄올 및 합성가스의 원료로 사용할 수 있도록 개질하는 연구를 수행한 바 있다[7].

왕겨를 이용한 활성탄 제조에 대한 연구로, Sasaki 등[8]은 왕겨를 염화아연 용액으로 500℃에서 활성화시켜 활성탄을 제조하여 벤젠에 대한 기상흡착능을 측정하였고, Jain 등[9]은 인산으로 활성화시켜 활성탄을 제조하였다. 그밖에 국내외로 톱밥이나 수지폐기물 등을 원료로 하여 활성탄을 제조한 연구보고는 많다[10-14]. 최근에 왕겨 회분은 식물성기름 성분들의 흡착제로 평가되어 Proctor 등[15]은 왕겨를 灰化하고 산으로 활성화시켜 콩기름 원유중 lutein과 유리지방산의 흡착제거에 이용하였으며, KIST에서도 왕겨를 이용한 활성탄 제조에 대한 연구를 수행중이다.

본 연구에서는 국내에서 매년 농산 부산물로 다량 산출되는 왕겨를 유용한 자원으로 활용하고자, 활성탄 제조를 주목적으로 하여, 왕겨를 탄화하여 얻은 char를 끓는 물로 세척하거나 가성소다 용액에 의해 실리카를 용출하는 방법 및 인산을 활성화제로 사용하여 약품활성화법으로 활성탄을 제조하는 실험을 수행하였고, 제조조건에 따른 활성탄의 비표면적과 흡착능을 측정하였다. 또한 페놀을 흡착물질로 선정하여 제조한 활성탄에 대한 등온흡착실험을 행하여 국산 왕겨로부터 제조한 활성탄의 이용가능성을 검토해 보고자 하였다.

2. 실 험

2-1. 시료 및 분석방법

본 실험에서 사용한 왕겨는 증류수로 여러번 세척한 후 110℃로 조절된 건조오븐내에서 10시간 건조한 것을 데시케이터에 보관하여 사용하였다.

왕겨의 탄화시 char 생성의 적정온도 및 처리시간을 알아보기 위해 TG/DTA(Rigaku, PTC-10A)를 사용하여 질소분위기에서 승온속도를 10, 15, 20℃/min으로 변화시켜 1000℃까지 열중량분석 및 시차열분석을 행하였다. Scanning Electron Microscope(Hitachi, X-650)를 사용하여 왕겨의 외피를 관찰하였으며, 왕겨 외피중의 Si 함량을 확인하기 위하여 EDS(Kevex, Micro-X 7000) 분석을 하였다. 비표면적의 측정은 Micromeritics Flow Sorb 2300을 사용하였으며, 시료를 300℃에서 충분히 탈착처리한 다음 액체질소온도(−195℃)에서 질소-헬륨(30 : 70 mole%)의 혼합가스를 주입시켜 얻은 흡착등온선으로부터 비표면적을 구하였다.

2-2. 실험방법

2-2-1. 왕겨 char로부터 silica의 용출

왕겨를 500-800℃의 온도로 1시간 탄화한 char를 가성소다 용액을 이용하여 다음의 여러 방법으로 처리하여 char로부터 실리카를 용출시킨 후 처리하지 않은 char와 처리한 다음 얻어진 char의 비표면적 및 용출된 실리카 함량을 측정하였다. 이 때 실리카 용출에 관계된 화학반응식은 다음과 같다.

$$2NaOH + SiO_2 \rightarrow Na_2SiO_3 + H_2O$$

2-2-1-1. 처리방법 1

건조한 char 시료 10 g을 2시간 동안 1 N NaOH용액 1 liter내에서 끓인 다음 용액을 char로부터 분리하고 뜨거운 증류수로 여러번 세척과정을 반복한 후 24시간 동안 110℃, 공기오븐내에서 건조한다.

2-2-1-2. 처리방법 2

건조한 char 시료 10 g을 1시간 동안 0.5 N NaOH용액 1 liter내에서 끓인 다음 여액을 char로부터 분리한 후 char를 1시간 동안 증류수내에서 끓인다. 증류수로부터 char를 분리한 후 24시간 동안 110℃, 공기오븐내에서 건조한다.

2-2-1-3. 처리방법 3

다음 사항을 제외하고는 처리방법 2와 같다. 각각 2번의 용출과정을 수행한다. 먼저 0.5 N NaOH용액 0.6 liter내에서 36분간 용출한 후, 다시 0.5 N NaOH용액 0.4 liter내에서 24분 동안 용출한다.

2-2-1-4. 처리방법 4

다음 사항을 제외하고는 처리방법 2와 같다. 0.5 N NaOH용액 0.2 liter를 이용하여 12분 동안 5번의 용출과정을 반복 수행한다.

2-2-2. 활성탄의 제조

세척 건조한 왕겨를 도가니에 넣고 공기를 차단한 전기로내에서 350℃, 1시간 탄화시켜 얻은 char를 데시케이터에 보관하여 활성탄 제조용 탄화물로 사용하였다. 탄화한 시료를 소정입자크기로 분쇄한 다음 여기에 활성화제인 인산을 탄화한 char에 대한 중량비로 가하여 침적시켰다. 이렇게 하여 얻은 半固相의 물질을

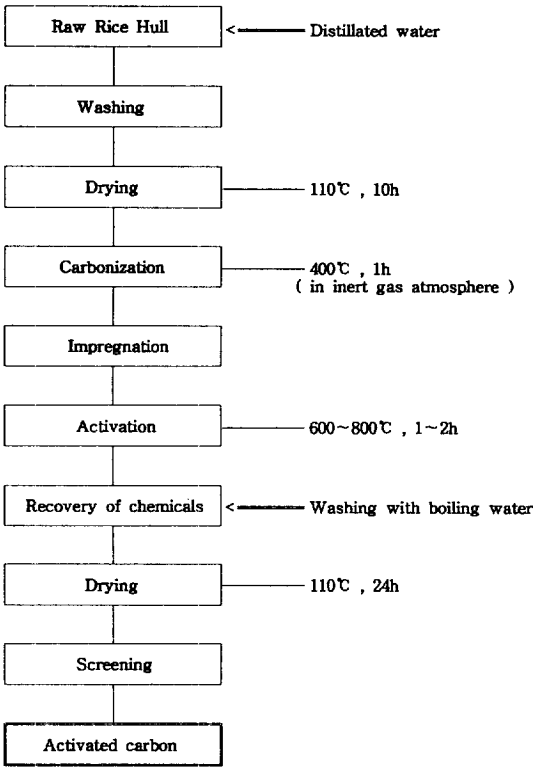


Fig. 1. Schematic diagram for the preparation of activated carbon from rice hull using chemical activation method.

도가니에 넣고 전기로내에서 활성화온도 및 활성화시간을 변화시키면서 활성화하였다. 활성화시킨 시료중에 남아있는 인산을 회수하기 위해 끓는 물로 여러번 세척과정을 반복한 다음 110℃로 조절된 건조오븐내에서 24시간 건조시킨 후 200 mesh 이하로 분쇄하여 액상흡착용 분말 활성탄을 제조하였다. 왕겨로부터 탄화 및 활성화 과정을 거쳐 활성탄을 제조하는 공정을 Fig. 1에 정리하였다.

2-2-3. 활성탄의 성능 및 phenol 흡착실험

활성탄의 성능은 KS 및 JIS 시험 항목인 요오드 흡착능과 메틸렌 블루 탈색력을 측정하기 위해 액상흡착실험을 행하였다[16, 17].

한편 평형흡착량 측정실험을 위한 흡착평형도달시간을 조사하기 위하여 회분식 교반조에 초기농도가 100 mg/l인 페놀용액 250 ml과 침적된 활성탄 0.2 g(건조질량)을 넣고 예비실험결과 입자외부의 표면경막에 있어서의 경막물질이동저항을 무시할 수 있는 600 rpm에서 교반시키며 흡착실험을 행하였다. 본 실험에 사용된 페놀은 일본 Junsei제 특급시약을 사용하였으며, 시간의 경과에 따라 흡착조내의 용액을 소량 채취하여 UV-VIS spectrophotometer(Shimadzu, UV-1201)를 사용하여 흡수파장 270 nm에서 정량분석하였고 농도가 일정할 때까지 실험을 행하여 흡착속도곡선을 구하였다. 활성탄에 대한 페놀의 흡착시, 흡착온도는 25℃ 이었으며, 페놀의 초기농도를 40-100 mg/l의 범위에서 변화시켜 300 ml 삼각플라스크에 각각 250 ml씩 취한 다음 침적된 활성탄 0.2 g을 첨가하고 24시간 동안 진탕기에서 진탕시킨 후 여과 분리하여 여액의 농도를 분석한 결과로부터 흡착등온선을 구하였다.

Table 1. Analysis of rice hull, wt%

Ultimate analysis		Proximate analysis	
Carbon	47.13	Moisture	9.04
Hydrogen	6.21	Volatile matter	65.50
Oxygen	45.82	Fixed carbon	12.52
Nitrogen	0.83	Ash	12.94
Sulfur	0.01		

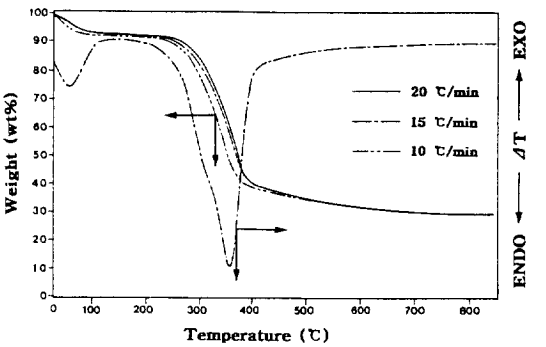


Fig. 2. TGA and DTA curves of rice hull in N_2 atmosphere.

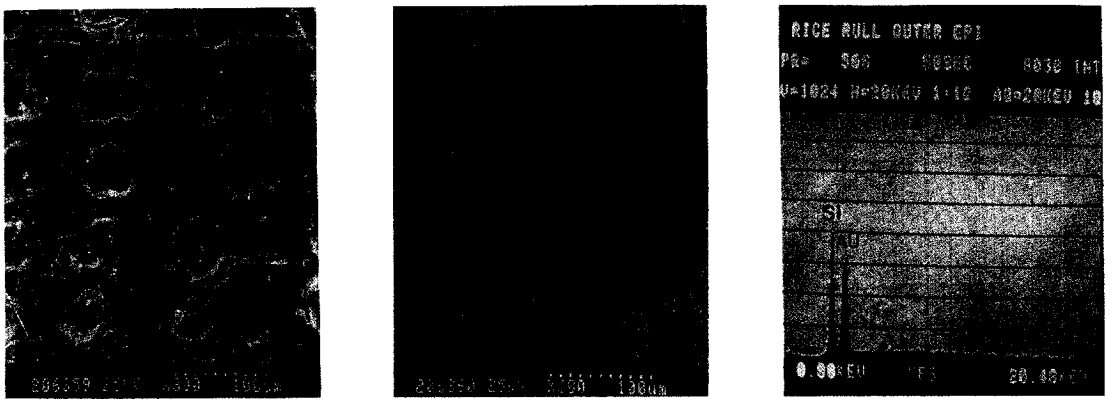
3. 결과 및 고찰

3-1. 왕겨의 성분분석

왕겨의 성분분석 결과를 Table 1에 나타내었다. 왕겨의 휘발분 함량은 65.5%로 석탄의 경우(50%)보다 높으므로 석탄보다 열분해 또는 가스화가 용이할 것으로 추정된다[7]. 한편 왕겨의 고정탄소 함량은 12.52%이고 회분함량은 12.94%이었으며 일반적인 바이오매스의 특징인 상당히 높은 수분함량을 나타내었다.

3-2. 왕겨의 열분석

왕겨의 열분해반응의 기초자료로서 탄화시 적정온도 및 처리시간을 결정하기 위하여 질소분위기에서 행한



(a) (b) (c)

Fig. 3. SEM micrograph (a), Si mapping (b) and EDS spectra (c) of outer epidermis of rice hull.

왕겨에 대한 열중량분석 및 시차열분석 결과를 Fig. 2에 나타내었다.

질소분위기에서 왕겨의 열분해반응은 약 110℃에서 수분의 증발이 완료되고, 왕겨는 셀룰로오스 이외에 리그닌, 헤미셀룰로오스 등을 함유하고 있으므로 약 200℃에서 리그닌의 열분해로 질량감소가 일어나기 시작하며 300℃ 부터는 셀룰로오스의 열분해가 계속되어 350℃ 정도에서 급속하게 진행되고 약 400℃에서 열분해 반응이 종료된다.

3-3. 왕겨 표면상의 Si 분포

왕겨의 표면에서 Si 분포를 확인하기 위하여, 왕겨의 외피에 대한 전자현미경사진과 Si-mapping 및 EDS spectra를 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3의 (A)는 왕겨 외피의 전자현미경사진이며 (B)는 외피 표면상의 Si 분포를 나타내고 이를 (C)의 EDS spectra로 확인하였다. 이 결과로부터 왕겨 외피중의 볼록한 부분에 대부분의 Si가 분포되어 있음을 알 수 있다. 한편 내피에서는 Si 피크가 전혀 나타나지 않았다.

3-4. 왕겨 char로부터 silica 용출

탄화온도에 따른 처리하지 않은 char, 끓는 물로 세척처리한 시료 및 가성소다 용액으로 실리카를 용출한 char의 비표면적의 변화를 Fig. 4에 나타내었다. 왕겨를 탄화하여 얻은 char는 탄화온도가 증가함에 따라 비표면적이 크게 증가하지 않았으나, char를 단순히 끓는 물로 2시간 동안 세척한 경우 비표면적은 처음보다 상당히 증가하였으며, char를 1 N NaOH용액으로 2시간 동안 실리카를 용출시킨 경우의 비표면적은 처리하지 않은 char와 비교하여 2배 이상 증가하였고, 800℃에서 1시간 탄화한 char를 1 N NaOH용액으로 2시간 용출한

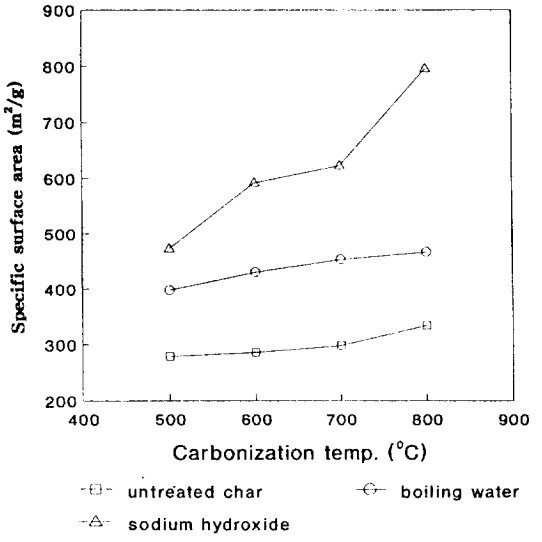


Fig. 4. Variation of specific surface areas of char samples with carbonization temperature.

경우 796 m^2/g의 가장 큰 비표면적을 나타내었다.

비표면적에 대한 용출방법과 세척과정의 영향을 알아보기 위하여 2-2-1에서 언급한 처리방법 2, 3, 4를 수행하였다. 동일한 총 용출시간(1 hour)동안 같은 질량의 char(10 g)에 대해 같은 질량의 NaOH(20 g)를 이용하여, 0.5 N NaOH용액을 여러 다른 횟수(1, 2, 5회)로 첨가하여 실리카를 용출한 후 시료를 같은 시간(1 hour) 동안, 동일한 부피(1 liter)의 증류수로 세척하였으며, Table 2에 600℃에서 1시간 탄화한 char를 여러 가지 처리방법에 따라 실리카를 용출한 경우, 비표면적과 실리카 추출율을 나타내었다. Char로부터 실리카를 용출할 때 비표면적과 제거된 실리카의 양은, 일정농도의

Table 2. Properties of char samples leached according to treatments 2 to 4

Treatment	Surface area (m^2/g)	Extent of SiO_2 dissolution(%)
2	442	87
3	547	90
4	556	92

NaOH용액을 이용하여 용출과정을 반복 수행할 때 증가한다는 것을 알 수 있다. Benke 등[18]의 연구보고에 의하면 NaOH용액에 의한 용출과정은 carbon과 실리카를 함유하는 매트릭스로부터 미세한 실리카 입자들을 분리하며 이러한 입자들은 세척과정에서 제거된다고 하였다. 또한 세척과정중 매우 높은 pH로부터 낮은 pH로 급격히 변화하는 과정에서 실리카가 세공내에 재침전될 수 있다고 보고하였다. 따라서 끓는 물로 세척하기전 점진적인 용출단계들에서 높은 농도의 sodium silicate를 제거함으로써, 세공을 막음으로서 활성탄의 표면적을 감소시키는 실리카의 재침전의 문제를 어느 정도 극복할 수 있음을 시사한다.

3-5. 활성탄 제조 및 물성조사

왕겨를 원료로 하여 인산을 이용한 약품활성화법으로 활성탄을 제조하는 실험을 수행하여 제조조건 즉, 활성화제의 첨가량, 활성화온도, 활성화시간에 따른 비표면적과 요오드 및 메틸렌 블루 흡착능의 측정 결과를 Table 3에 나타내었다. 활성화제인 인산의 첨가량이 100 wt%인 경우에는 활성화온도 및 활성화시간이 증가함에 따라 비표면적과 흡착능도 증가하였으며, 인산의 첨가량이 200 wt%인 경우에는 활성화온도가 600℃ 및 700℃인 경우에만 활성화시간의 증가에 따라 비표면적과 흡착능도 증가하였다. 한편 800℃에서는 활성화시간이

Table 3. Properties of activated carbon prepared

Preparation conditions of activated carbon			Characteristic values		
Amount of H_3PO_4(wt%)	Activation temterature (℃)	Activation time(min)	Specific surface area(m^2/g)	Iodine adsorptivity (mg/g-A.C.)	M.B. decolorizing power (mg/g-A.C.)
100	600	60	545	665	142
		90	553	683	146
		120	612	734	184
	700	60	560	689	150
		90	591	714	172
		120	649	759	205
	800	60	622	742	188
		90	690	795	214
		120	748	838	223
200	600	60	735	817	219
		90	761	865	225
		120	889	992	240
	700	60	768	870	224
		90	779	881	228
		120	796	907	233
	800	60	818	916	234
		90	762	865	224
		120	673	778	206
300	600	60	1031	1147	252
		90	1247	1328	314
		120	1392	1452	342
	700	60	1221	1289	310
		90	1228	1297	317
		120	1036	1150	256
	800	60	1249	1328	314
		90	992	1093	245
		120	643	752	203

Table 4. Physical properties of activated carbons

Carbon type	Surface area (m^2/g)	Average pore diameter (Å)	Pore volume (cc/g)	Micro pore volume (cc/g)
BLC	467	48.43	0.18	0.10
NLC	796	45.97	0.39	0.19
HAC	1392	45.14	0.41	0.37

증가함에 따라 오히려 비표면적과 흡착능이 감소하는 경향을 나타내었는데 이와 같은 사실은 지나친 활성화 온도 및 활성화시간에 기인한 것으로 활성화온도가 800 ℃ 이상이 되면 제조된 활성탄소가 灰化되기 시작하며 이 때 생성된 회분이 활성탄의 비표면적의 감소를 초래하는 것으로 알려져 있다[19, 20]. 또한 800℃ 에서 활성화시간을 90분 이상으로 하면 과활성화로 인하여 세공의 파괴 및 병합확대현상이 일어나 공경이 작은 세공은 크게 감소한 반면 공경이 큰 세공이 많이 형성되어 비표면적과 흡착능이 감소하는 것으로 생각된다[21, 22].

인산의 첨가량이 300 wt%인 경우에는 활성화온도가 비교적 낮은 600℃ 인 경우에만 활성화시간의 증가에 따라 비표면적과 흡착능이 증가하였으며, 활성화온도가 700℃ 인 경우에는 90분까지는 비표면적 및 흡착능이 다소 증가하였으나 활성화시간을 120분으로 증가시킨 경우에는 오히려 감소하였고, 활성화온도가 800℃ 인 경우에는 높은 인산의 첨가량과 지나친 활성화시간이 복합적으로 작용하여 위에서 언급한 과활성화에 의한 비표면적과 흡착능의 감소가 뚜렷하였다.

이상의 결과를 종합하면 왕겨로부터 인산을 활성화제로 사용하여 활성탄을 제조할 때 가장 큰 비표면적과 흡착능을 나타내는 제조조건은 인산의 첨가량이 300 wt%, 활성화온도가 600℃, 활성화시간이 120분인 경우로서 최대 1392 m^2/g의 비표면적을 나타내었다.

3-6. 세공용적

왕겨를 탄화하여 얻은 char를 끓는 물로 세척 처리한 시료(BLC)와 NaOH용액을 이용하여 실리카를 용출한 char(NLC) 그리고 인산을 활성화제로 사용하여 제조한 활성탄(HAC)의 세공용적 및 비표면적을 측정하여 그 결과를 Table 4에 나타내었다. 이들의 평균세공경은 HAC<NLC<BLC 순으로 증가하였으며 세공용적 및 미세공용적은 비표면적이 증가하는 BLC<NLC<HAC 순으로 증가하였다. 인산으로 활성화하여 제조한 활성탄(HAC)의 경우 비표면적이 1392 m^2/g으로서 일반적으로 활성탄의 비표면적이 1000-1600(m^2/g)의 범위임을 고려할 때 賦活度(degree of activation)가 비교적 높은 것으로 나타났다.

Table 5. Specific surface areas and iodine adsorption capacities of activated carbons

Carbon type	Method of preparation	Specific surface area(m^2/g)	Adsorptivity (mg-I_2/g-A.C.)
Untreated char	Carbonization (800℃, 1h)	334	403
BLC	Boiling water, 2h	467	548
NLC	1 N NaOH, 2h	796	887
HAC	H_3PO_4(300 wt%, 600℃, 2h)	1392	1452
Calgon F300	Steam	1050	1400

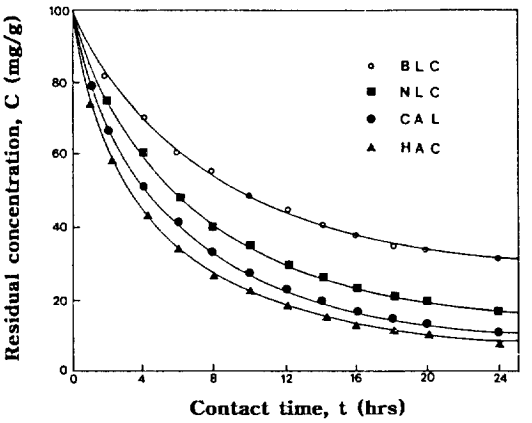


Fig. 5. Adsorption kinetic curves of phenol at 600 rpm (initial concentration : 100 mg/l, PAC : 1 g/l).

3-7. 흡착등온선

흡착속도는 경막물질이동저항에 영향을 받으므로 교반속도의 증가에 따라 경막두께를 감소시킴으로써 경막물질이동저항이 감소되어 계의 이동도(mobility)가 증가한다. Table 5에 나타낸 4가지 활성탄에 대하여 예비실험결과 교반속도가 500 rpm 이상일 때 흡착속도는 교반속도에 따라 거의 차이가 없으므로 교반속도 600 rpm에서 회분식 흡착실험을 통하여 페놀을 흡착시켰을 때, 시간에 따른 잔류농도의 변화를 Fig. 5에 나타내었다. 실험결과 흡착시간이 약 24시간 경과후 흡착평형에 도달함을 알 수 있었다.

한편 액상흡착에서 평형농도 C(mg/l)와 흡착량 q (mg/g)와의 관계는 흡착질이 단일성분인 경우에 다음과 같은 Freundlich의 식을 사용하여 표현할 수 있다.

$$q = k \cdot C^{1/n} \quad (1)$$

여기서 q는 단위활성탄당의 흡착량(mg/g), C는 평형농도(mg/l)이며 k와 n은 상수이다.

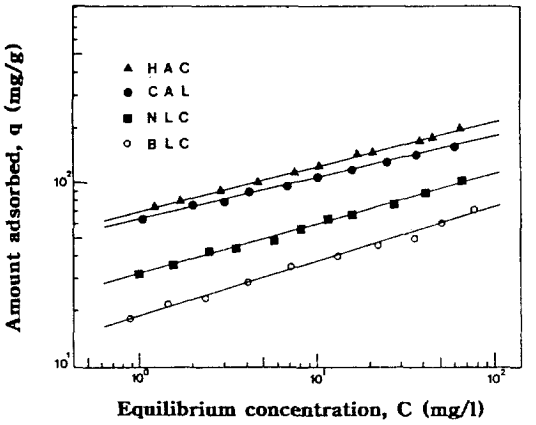


Fig. 6. Linerarized Freundlich isotherms for the adsorption of phenol at 25°C.

Table 6. Parameters and correlation factors of Freundlich isotherms

Carbon type	Freundlich isotherm		
	k	1/n	r_c
BLC	17	0.32	0.95
NLC	31	0.28	0.96
HAC	69	0.26	0.98
Calgon F300	67	0.25	0.98

이 식을 대수로 취하면

$$\log q = \log k + 1/n \cdot \log C \qquad (2)$$

이며, 여기서 q와 C를 log-log 그래프에 plot하면 직선관계가 얻어지고 이 직선의 기울기로부터 n값과 k값을 결정할 수 있다. 동일 기울기에 있어서 k값이 클수록 흡착량은 크고, 또 1/n의 값이 0.1-0.5 사이를 나타낼 때 바람직한 흡착평형관계에 있다고 할 수 있다[23].

25℃ 항온하의 평형흡착실험으로부터 얻은 실험 data를 양대수좌표에 선형화하여 plot한 것이 Fig. 6이며, 이 그림으로부터 최소자승법으로 구한 Freundlich식에 대한 변수들을 Table 6에 나타내었다. Freundlich식에 대한 상관계수 r_c가 0.95 이상이므로 흡착등온선의 실험치들에 대하여 Freundlich식이 적합함을 알 수 있으며, 이러한 결과는 Lee 등[24]과 일치하고 있다.

흡착량은 Fig. 6에 나타낸 바와 같이 HAC>CAL>NLC>BLC 순으로 증가하였으며, 인산을 활성화제로 사용하여 왕겨로부터 제조한 활성탄의 경우 일본 Calgon F300 활성탄에 비해 다소 우수한 흡착능을 나타내었다.

4. 결 론

공기를 차단한 상태에서 왕겨를 탄화하여 얻은 char는 탄화온도가 증가함에 따라 비표면적이 증가하였으며, 800℃에서 1시간 탄화한 경우 최대의 비표면적을 나타내었다. 왕겨를 탄화하여 얻은 char를 단순히 끓는 물로 세척 처리한 경우 비표면적이 증가하였으며, NaOH용액을 이용하여 실리카를 용출한 경우에는 처리전과 비교하여 약 2배정도 비표면적이 증가하여 800℃에서 1시간 탄화한 char를 용출한 경우 가장 큰 비표면적을 나타내었다. 또한 char로부터 실리카를 용출한 경우 비표면적과 제거된 실리카의 양은 일정한 농도에서 NaOH의 첨가가 단계적으로 이루어질 때 증가하였다. 왕겨를 원료로 약품활성화법(활성화제 : H_3PO_4)을 이용하여 활성탄을 제조할 때 가장 큰 비표면적과 흡착능을 나타내는 제조조건은 활성화제의 첨가량이 300 wt%, 활성화온도가 600℃, 활성화시간이 120분인 경우로서 최대 1392 m^2/g의 비표면적을 나타내었다.

회분식 흡착실험에 의한 페놀에 대한 흡착능은 비표면적이 증가하는 BLC<NLC<HAC 순으로 증가하였으며 페놀의 흡착량과 평형농도 사이에는 Freundlich의 평형관계식이 성립하였다. 인산으로 활성화하여 제조한 활성탄과 일본 Calgon F300 활성탄의 페놀에 대한 흡착능을 비교시험한 결과 제조한 활성탄의 흡착성능이 다소 우수하였다.

감 사

본 연구는 인하대학교 교내연구비 지원에 의하여 수행되었으며 이에 심심한 감사를 표합니다.

사용기호

k : Freundlich parameter, intercept of adsorption isotherm
1/n : Freundlich parameter, slope of adsorption isotherm
r_c : correlation factor of Freundlich isotherms
PAC : powdered activated carbon
BLC : prepared activated carbon from rice hull char by boiling water washing
NLC : prepared activated carbon from rice hull char by silica leaching using sodium hydroxide solution
HAC : prepared activated carbon from rice hull by chemical activation method using phosphoric

acid

CAL : commercial activated carbon of Calgon Filtrasorb-300, manufactured by Toyo Calgon Co.

참고문헌

1. Houston, D. F.: "Rice Hulls"; in Rice Chemistry and Technology, American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, MN, 301(1972).
2. Lee, J. S.: Master Thesis, Korea Advanced Institute of Science, Korea(1975).
3. Kang, S. W.: Master Thesis, Korea Advanced Institute of Science, Korea(1978).
4. Mah, T. I.: Master Thesis, University of Utah, USA (1972).
5. Bajpai, P. K., Rao, M. S. and Gokhale, K. V. G. K.: *Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev.*, **20**, 721(1981).
6. 최인호, 이철호 : "고무충진제에 관한 연구", 한국화학연구소(1981).
7. 김지동, 최익수 : "왕겨로부터 가연성가스 제조에 관한 실험연구", 한국동력자원연구소, KE-8010(1980).
8. Sasaki, M. and Kazuo, T.: *Kanakawa Kogakubu Kenkyu Hokoku*, **8**, 44(1970).
9. Jain, K. D. and Sharma, M. K.: *J. Indian Chem. Soc.*, **12**, 1150(1971).
10. Shirai, Y., Yoshihiro, B. and Ichikawa, T.: *Hirohiko*, **24**, 645(1970).
11. 北川 浩 : 日本化學會誌, **6**, 1144(1972).
12. Shinomiya, F., Takeshi, S. and Masui, K.: *Yoshio*, **33**, 979(1975).
13. Kim, B. U.: *J. KIChE.*, **5**, 77(1967).
14. Ahn, G. H.: Master Thesis, Korea University, Korea(1981).
15. Proctor, A. and Palaniappan, S.: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **66**, 1618(1989).
16. 柳井 弘 : 活性炭 讀本, 63(1974).
17. 織田 孝, 江口良友 譯 : 活性炭, 142(1976).
18. Benke, D., Wainwright, M. S. and Navratil, J. D.: Chemeca '90; "Processing Pacific Resources", 1032(1990).
19. 井口潔, 角田亮一, 竹下三吉 : 日化, **94**, 1627(1973).
20. 荒山登 : 日化, **96**, 1217(1975).
21. Juhola, A. J.: *J. Am. Chem. Soc.*, **74**, 64(1952).
22. 鈴木基之, 杉谷和俊 : 工業用水, **284**, 29(1979).
23. 柳井 弘 : 吸着劑 · 吸着操作の設計, 技報當, 111 (1982).
24. Lee, B. S., Ha, K. S. and Kim, J. B.: *HWAHAK KONGHAK*, **26**, 583(1988).