

K-PAC의 오염물질 제거에 대한 용액의 pH와 표면 특성의 효과

오원춘^{1*} · 배장순²

¹한서대학교 신소재공학과

²단국대학교 공업화학과

(2005. 7. 29 접수. 2005. 8. 29 승인)

Effects of surface properties and solution ph on the pollutants removal of K-PAC

Won-Chun Oh^{1*} and Jang-Soon Bae²

¹Department of Advance Materials Science & Engineering, Hanseo University, Chungnam 356-706, Korea

²Department of Industrial Chemistry, Dankook University, Chungnam 330-714, Korea

(Received July 29, 2005, Accepted August 29, 2005)

요 약 : 활성탄 미분을 용액계에 분산하므로 수반 되는 결과를 고찰하기 위하여 칼륨처리 미분 활성탄의 물리적 성질과 그들에 응용에 대한 연구를 수행하였다. 오염수로부터 오염물질의 촉매적 제거 효율을 연구하기 위하여 분산매로써 두 종류의 칼륨 미분 활성탄을 사용하였다. 칼륨염을 포함하는 수용액내에서 처리된 활성탄 시료로부터 얻어진 표면 특성화를 위하여, 흡착 등온곡선 형태, SEM, EDX 및 표면 기능기 변화 등을 주된 연구 대상으로 하였다. pH 변화에 따른 칼륨 미분 활성탄을 오염수에 분산하여 색도, COD, T-N 및 T-P 등에 대하여 제거 효율을 연구하였다. 칼륨 미분 활성탄을 처리한 오염수에 대한 네 가지 요소 제거 결과로부터, pH 6-8의 범위에서 만족할 만한 제거 효율이 얻어 졌다. 본 연구로부터 칼륨 처리 미분 활성탄의 분산에 의한 오염물질의 제거 효율이 흡착 특성 및 촉매적 효율에 의하여 입증되었다.

Abstract : A study of physical properties and their application using K-powdered activated carbon system followed powdered carbon dispersion was carried out at laboratory. scale. Two types of K-powdered activated carbon for the dispersion have been used in this study to investigate the catalytic removal efficiency of pollutants from the wastewater. From the surface properties obtained for carbon samples treated with aqueous solutions containing potassium salts, main investigations were subjected to isotherm shape, SEM, EDX and surface functional groups. K-powdered activated carbons were dispersed to wastewater with pH variation to investigate the removal efficiency for the color, COD, T-N and T-P. From these removal results of the piggery waste using K-powdered activated carbon, satisfactory removal performance in the region of pH 6~8 was achieved. The excellent effects for the dispersion of the K-powdered activated carbon were proved by the above mentioned properties of the material for adsorption and trapping of organics, and catalytic effects.

Key words : K-powdered activated carbon, isotherm, SEM, EDX, COD, T-N, T-P.

★ Corresponding author

Phone : +82-41-660-1337 Fax : +82-41-688-3352

E-mail: wc_oh@hanseo.ac.kr

1. 서 론

질소산화물, 인산화물의 선택적 산화에 대한 촉매로써의 금속 활성탄의 사용이 환경 화학적 접근 방법으로 연구되어 왔다.¹ 금속 활성탄의 선택적 산화에 관련된 주요 관심사 중에 하나로 칼륨 처리된 활성탄에 암모니아성 질소 화합물, 질산성, 아질산성 그리고 인산화물과 같은 수중에서 요구되지 않는 산화물의 선택적 산화에 의한 제거이다. 활성탄에 칼륨 처리에 의해 얻어진 흡착질은 표면의 표면에 존재하는 산성 표면기와 같은 기능이 존재하는 복잡한 가상 복합체 물질이다. 선행연구에 의하면,^{2,3} 칼륨이 처리된 입자상 활성탄은 이를 처리하지 않은 활성탄에 비해 비표면적 및 동공특성은 다소 낮지만 수중 산화물의 제거에 우수한 특성을 나타내고 있다. 수중 산화물의 활성탄 표면에 축적은 흡착 용량의 관점에서 매우 중요하다. 표면에 비유동화된 화합물의 금속과의 염의 생성에 의한 산화물은 내부 혹은 외부 표면에 축적 반응을 하게 될 것이다. 칼륨이 처리되지 않은 활성탄의 동공부피는 한정되어 있으므로 이들에 대한 축적 반응을 일으키는 데는 한계가 있다. 따라서 동공부피의 유지와 함께 처리된 칼륨이 촉매적 활성은 수중 오염물 제거에 중요한 요소로써 작용할 수 있다. 금속 처리된 탄소 지지체의 촉매제조의 차원에서 보면, 특히 산소를 가지는 기능기의 존재는 상당한 흥미를 주고 있다. 활성탄의 내부 표면 혹은 동공 내에 산, 알칼리 금속 혹은 금속 염들과 같은 물질의 화학적 처리는 화학흡착 혹은 화학반응을 야기시킨다. 뿐만 아니라, 이들은 산업 유출물에 있어서 화학적, 생물학적으로 오염된 오염물질의 제거에 상당히 효과적으로 작용한다. 화학적 촉매처리에 의하여 탄소 표면에 물리적 흡착 특성은 감소하지만, 반면에 화학흡착에 의해 화학적 생물학적으로 오염된 물질들은 처리된 금속 물질에 의하여 분해되거나 중화될 수 있으며 유해물질 제거를 상당히 증가시킬 수 있다. 선행연구 결과에서,^{3,5} 금속 처리된 활성탄의 제조방법과 효율의 현저한 향상 결과를 제시한 바 있다.

본 연구에서는 칼륨 미분 활성탄계의 연구로 화학적 처리 결과로 나타나는 일련의 물리적 특성 변화와 처리된 칼륨 염의 종류에 따라 나타나는 흡착등온곡선의 형

태, 처리된 금속의 상태 및 이들이 가지는 동공 및 표면의 특성 변이 등에 대하여 서술하였다. 또한 칼륨 처리된 미분 활성탄을 오염수에 직접 분산시켜 용액내에 pH 변화에 따른 촉매활성과 오염물질 제거 특성 등 축산 분뇨를 처리물질로 하여 화학적 오염물질의 제거 효율에 대한 특성 파악을 하였다. 칼륨염을 처리한 미분 활성탄계의 특성화와 오염물질 제거 특성을 고찰하기 위해 저온질소 흡착기, SEM-EDX, UV/VIS 및 COD, T-N, T-P와 같은 화학적 제어 요소들의 결과에 의하여 나타내었다.

2. 실험

2.1. 원료물질

출발물질로서 사용된 활성탄은 미분 타입(Powdered activated carbon, PAC)에 근거한 코코넛껍질을 사용하여 제조하여 특성분석에 이용하였다. 1차 탄화는 코코넛 껍질을 약 500에서 열처리하여 실행하였고, 이들은 750-800의 온도범위에서 수증기를 사용하여 물리적 활성화 방법에 의하여 제조하였다. 이들 활성탄은 약 300 mesh이하로 분쇄하여 미분 활성탄으로 제조하였다. 금속 처리를 위하여 KCl 과 K_2CO_3 등의 금속염들을 칼륨 금속원으로 사용하였다. 이들 과정에서 불순물의 농도를 낮추기 위하여 2차 증류수를 사용하였다. 칼륨처리과정으로 약 500 g의 미분 활성탄을 0.01 M의 칼륨 염이 용해된 1 L 용액에 침적하였으며, 실온에서 12시간 정도 방치하였다. 용액을 제거한 후에 칼륨 처리된 미분 활성탄 시료들은 105 건조기안에서 완전히 건조하였다. 이와 같이 처리된 칼륨 금속염 활성탄을 Table 1에 명명하여 나타내었다. 오염수 처리 특성화를 위하여 축산폐수를 사용하였으며 이들은 BOD 및 COD를 기준하여 각각 약 50,000 ppm 정도에 오염수준에 해당하는 시료를 사용하였다. 각 성장별 함유 농도는 Table

Table 1. Nomenclatures of activated carbon treated with potassium salts

Sample	Nomenclature
0.01 M KCl + Activated Carbon	K1
0.01 M K_2CO_3 + Activated Carbon	K2

Table 2. The analytical results for the primitive piggery waste

Step	CDO(mg/L)	BOD(mg/L)	T-N(mg/L)	T-P(mg/L)
Original Waste	Over 50,000	Over 50,000	Over 500	Over 150

2에 나타내었다. 이들에 해당하는 시료를 칼륨 금속 처리된 촉매 활성탄의 특성화에 이용하였다.

2.2. 측정

질소흡착등온곡선은 ASAP 2010(Micrometrics, USA)를 사용하였고 77K에서 측정하여 얻었다. 측정전에 모든 시료들은 일정압력의 10^{-5} torr의 진공으로 473K에서 탈기하였다. 이들 흡착등온곡선은 BET 비표면적, 동공부피 및 동공반경의 결과를 얻어내는데 사용하였다. 전자주사 현미경(SEM, JSM-5200 JOEL, Japan)은 금속처리 활성탄의 칼륨염 처리형태와 활성탄의 표면상태 및 동공구조를 관찰하기 위하여 사용되었다. 활성탄에 포함된 칼륨을 포함한 원소의 양을 분석하기 위하여 SEM과 같은 제조사 제품의 EDX를 사용하였다. 용액의 농도 및 색도와 같은 환경 저해요소의 분석은 간단한 분광분석법(Beer-Lambert's Law)에 의하여 분석할 수 있다. 이들을 분석하기 위하여 UV/VIS 분광기(Genspec III(Hitachi), Japan)를 사용하였다. 기능기 분석 방법의 하나로서, FT-IR (FTS 3000MX, Biorad Co.)를 칼륨 금속염이 처리된 미분 활성탄의 특성화에 사용되었다. 사용된 방법은 KBr법을 사용하였으며, 600 mg의 KBr에 1 mg의 칼륨 금속염이 처리된 미분 활성탄을 넣고 유발에서 미세하게 갈아서 약 450 kg/cm^2 의 압력으로 직경이 10 mm 정도가 되는 디스크형 시료를 만들어 분석에 이용하였다. 스펙트럼을 얻기 위한 분석 범위는 4000 과 500 cm^{-1} 의 사이에서 측정하였다.

화학적 산소 요구량의 측정은 표준 과망간산 칼륨 적정법으로 측정하였다. BOD 역시 표준 방법으로 300 mL의 BOD 측정병 속에 유출수를 넣고 20°C 에서 5일 동안 인큐베이션한 후에 측정에 임하였다. 두 방법에 대한 상세한 측정과정은 표준방법을 참고로 하였다.⁶ 역시 칼륨 처리된 미분 활성탄을 이용하여 총질소량(T-N)의 제거 효율을 측정하기 위하여 UV 흡수 분광법을 사용하였다. 처리된 시료는 220 nm에서 흡광도를 측정하여 검량선 곡선으로부터 제거된 후에 잔유 농도를 측정함으로써 결정되었다. 총인량의 측정은 아스코르빈산 환원법을 사용하여 880 nm의 파장범위에서 흡광도를 측정하여 검량선 곡선을 작성하였다. 이들 측정법은 수질시험법의 표준방법을 참고로 하여 실행하였다.^{6,7} 본 연구에서 제거하고자 하는 요소는 이들 세가지로 제한하였다.

2.3. Boehm 적정

Boehm 적정법⁸은 미분 활성탄 표면에 산성 표면기를 확인하기 위하여 사용하였다. 칼륨이 처리된 후에 미분

활성탄 시료 1 g을 50 mL의 0.05 M 수산화나트륨, 탄산나트륨, 중탄산나트륨 및 염산에 각각 취하였다. 삼각 플라스크를 사용하여 취한 시료를 넣고 봉합한 후에 24 시간 동안 흔들여 주었다. 그리고 용액내에 분산상의 미분 활성탄을 걸음종이를 사용하여 제거한 후에 피펫으로 5 mL을 취하여 0.05 M의 염산용액과 수산화나트륨 용액으로 적정하였다. 여러 가지 형태의 산의 자릿수를 계산하기 위하여, 수산화나트륨은 카르복실기, 페놀기, 락톤기를 중화 시키며, 탄산 나트륨은 카르복실기와 락톤기를 중화 시키며 중탄산나트륨은 락톤기를 중화 시킨다고 가정하여 각각의 기능기의 농도를 계산하였다. 또한 탄소 표면에 존재하는 염기성 자릿수는 염산에 의하여 중화되는 양으로부터 계산 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 흡착특성

칼륨을 포함하는 수처리를 위한 미분 활성탄은 구상 활성탄에서 금속이온을 포함하는 아자계 활성탄에 대한 이전에 결과와 대조적으로,^{3,10} 칼륨처리 미분 활성탄의 표면특성을 넓은 범위에 걸쳐서 사용할 수 있도록 나타내었다. 칼륨 처리된 미분 활성탄의 흡착 등온곡선은 Fig. 1에 나타내었다. 이들 흡착 등온곡선으로부터, 주요한 연구 관찰 대상은 등온곡선의 형태와 흡착량을 들 수 있다. 미분의 사이즈 효과는 활성탄의 표면적을 넓혀줄 수 있는 하나의 요소로 작용하지만 칼륨염을 포함하는 수용액에서 처리하여 얻어진 칼륨 미분 활성탄 시료들에 의한 흡착 등온곡선은 흡착량이 다소 낮게 분포하는 것으로 나타났다. 모든 시료에 대한 등온곡선의 형태는 미세동공을 가지는 고체들에서 나타나는 대표적인

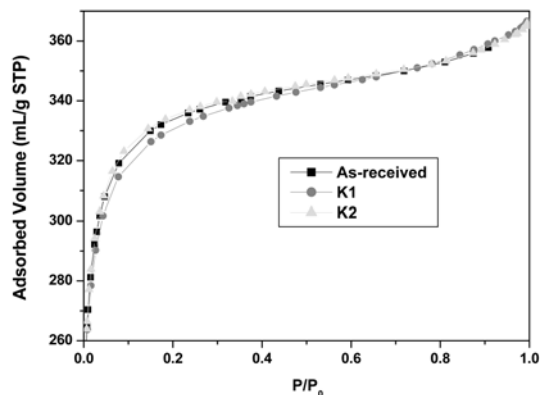


Fig. 1. Nitrogen adsorption isotherms obtained from powdered activated carbons treated with potassium salts.

Table 3. Comparison of physical parameters of K-powdered activated carbon

Sample	Parameter			
	$S_{\text{BET}}(\text{m}^2/\text{g})$	Micropore Volume (cm^3/g)	External Surface Area (m^2/g)	Average Pore Diameter (\AA)
As-received	1592	0.53	1242	18.22
K1	1315	0.42	1105	17.33
K2	1249	0.44	1263	17.61

Type I의 형태를 나타내었고, 등온곡선은 완만한 knee 밴드 영역을 가지고 중간영역의 동공이 상당히 작게 분포하는 형태로 나타났다. 칼륨염을 처리하지 않은 시료와 처리된 시료의 종류에 따라 미소한 흡착량 차이를 보이고 있다. 이들 결과로부터 칼륨을 처리 하기 전에 형성된 세공들은 크기 효과 및 칼륨염에 의한 세공을 채우거나 세공을 막으므로 인하여 미세공 혹은 극미세

공으로 변화한 것으로 여겨진다. 그러나 모든 시료들은 완만한 knee 밴드 영역을 나타내는 것으로 보아 약간의 중간크기의 세공과 넓은 형태의 미세동공이 형성된 것으로 여겨진다. Table 3는 BET 비표면적, 미세공부피 및 미세공면적을 처리된 금속의 종류에 따라 비교하여 나타내었다. 칼륨염이 처리된 미분 활성탄 시료에 대한 비표면적은 1315 및 1249 m^2/g 의 값을 나타내었으며, 원료 미분 활성탄에 1592 m^2/g 의 값에 비하여 훨씬 낮은 값을 나타내었다. 평균 세공직경은 17.33~17.61 \AA 의 범위에 존재하였으나 큰 차이를 나타내지는 않았다. 미세공부피와 미세공 면적의 경우도 큰 차이를 보이지 않았으며, 이러한 사실은 칼륨염의 분포가 상당히 미량으로 표면 및 세공에 분포함을 시사하고 있다. 따라서 칼륨염은 미세공 및 극미세공을 막는데 결정적 역할을 한 것으로 여겨진다.

3.2. 표면 및 성분 분석

활성탄 표면에 칼륨의 분포상태와 표면 구조를 전자

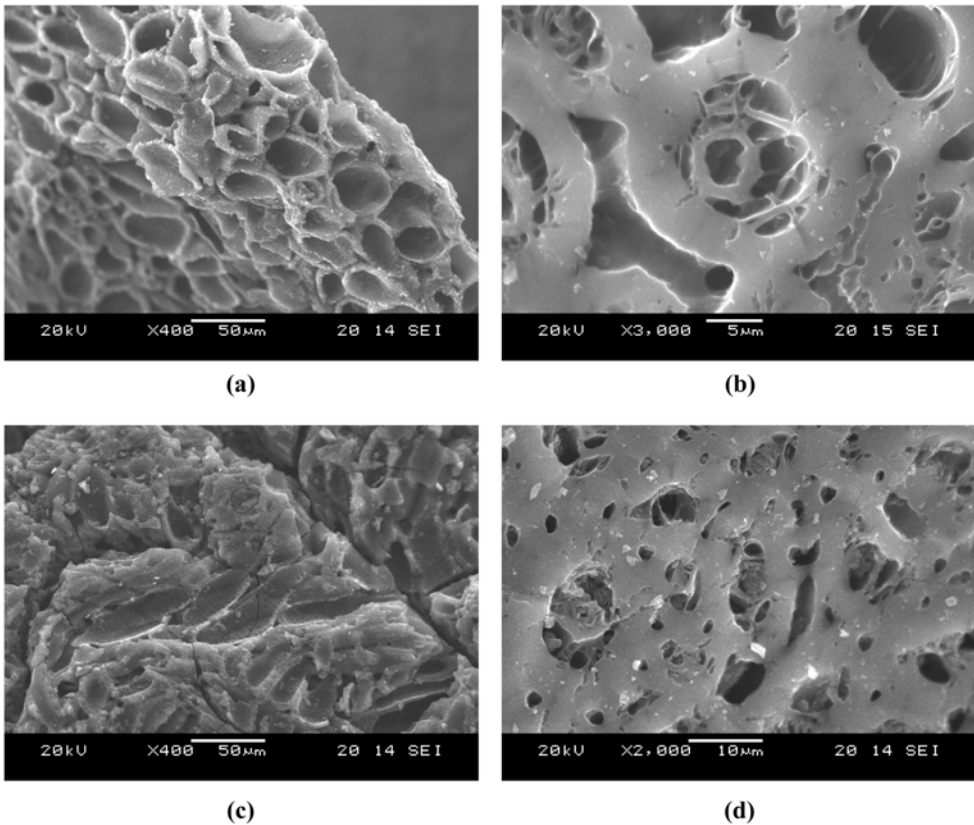
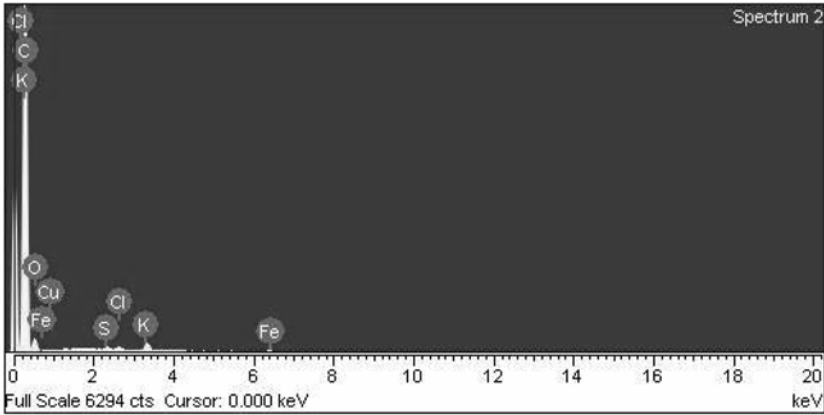
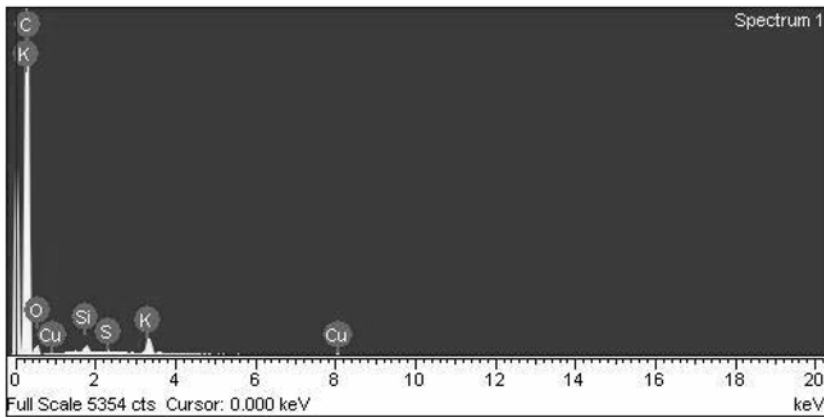


Fig. 2. SEM images obtained from powdered activated carbons treated with potassium salts; (a) K1 ($\times 400$), (b) K1 ($\times 3000$), (c) K2 ($\times 400$) and (d) K2 ($\times 2000$).



(a)



(b)

Fig. 3. Typical EDX microanalysis for the powdered activated carbons treated with potassium salts; (a) K1 and (b) K2.

주사현미경(SEM)에 의하여 관찰되었다. 처리하지 않은 활성탄의 성상은 문헌⁹에 제시된 바와 같이 나타났으며, Fig. 2는 대표적인 칼륨 처리한 활성탄의 표면성상을 나타내고 있는 사진이다. 칼륨처리 활성탄의 SEM 사진으로부터 칼륨염의 분포는 현저하게 눈에 띄지는 않으나, 세공 주변 및 표면에 미세하게 형성된 염의 상태에 대한 정보를 제공하여 주고 있다. 선행연구에 의하면² 칼륨염으로 $KMnO_4$ 를 처리한 경우에도 유사한 표면 상태를 보였으며, 본 연구 결과로부터 탄소표면에 균일하게 분포된 칼륨염들은 환경 저해 요소를 제거하기 위한 촉매로 작용하고 있음을 간접적으로 나타내고 있는 것이다. 칼륨이 활성탄에 도입이 될 때 대부분의 경우 다소의 다공성은 변이를 일으키고 있으나, 본 연구결과에서는 상기에서 언급한 바와 같이 협소한 동공을 가진 극미세 다공성을 가진 물질을 형성하게 되는 것으로 여겨진다. 이러한 관점에서 저해요소에 대한 촉매적 활성을

가지게 되고, 또한 흡착용량에 상당한 영향을 주게 될 것이다. 뿐 만 아니라, 칼륨 처리와 함께 비표면적이 감소하고 동공 크기가 너무 협소하다면, 제거하고자 하는 물질에 대한 촉매 활성은 용액계와 칼륨 활성탄 사이에 활성반응으로부터 현저하게 흡착에 대한 변화를 보이게 될 것이다.¹⁰

칼륨염을 처리한 활성탄에 대한 처리된 존재하는 원소량의 분석을 위하여 EDX에 의하여 각각의 시료들을 분석하였다. 칼륨염 처리된 활성탄에 대한 EDX 결과에

Table 4. EDX Elemental micro-analysis of K-PACs

Sample	Elements				
	C	O	S	Cl	K
K1	89.54	7.76	0.09	1.31	1.17
K2	90.44	7.48	0.22	0.06	1.66

대하여 Fig. 3에 나타내었으며, Table 4에 정량적으로 이들에 대하여 나타내었다. 이들 결과로부터, 처리된 주요한 칼륨을 포함하여 탄소를 제외하고 Cl, Fe와 Cu를 찾아볼 수 있다. 이들 원소들은 분석을 위하여 시료를 전처리하는 과정에서 도입이 된 것으로 여겨진다. 대부분에 시료들은 처리한 칼륨 원소들은 주요한 원소로 나타났으며, 탄소가 가장 큰 양을 나타내고 있다.

3.3. 표면 기능기 특성

칼륨 처리된 미분 활성탄의 화학적 구조에 대한 정보를 제공하여주는 여러 가지 형태의 기능기를 확인하기 위하여FT-IR 분석을 하였으며 이들에 대한 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 3306과 3271 cm^{-1} (assigned to phenolic δOH) 흡수대 부근에서 강하고 커다란 흡수대는 상당량의 $-\text{OH}$ 기의 존재로 여겨진다. 흡착된 물과 hexagonal 기능기의 $-\text{OH}$ 스트레칭 모드는 이들 밴드내에 존재함을 예측할 수 있다. 낮은 파수의 범위에서 이들 밴드의 존재와 비대칭성은 강력한 수소 밴드들의 존재를 나타낸다.¹¹ 2360 cm^{-1} 의 밴드에서 관찰되는 흡수기는 지방족 화합물의 존재로 여겨진다. 또한 1539+1518 cm^{-1} 부근에 밴드의 존재는 δCN 을 포함하는 아미드 기의 존재를 나타낸다. 루이스의 자리에 물리적으로 배위되거나 흡수됨으로 나타나는 NH_3 는 1600과 1101 cm^{-1} 밴드의 위치에서 $\delta_{\text{as}}\text{NH}_3$ and $\delta_{\text{sym}}\text{NH}_3$ 등의 기능기를 포함하여 특징적으로 나타난다. 대부분의 아민기는 $\delta\text{CH}+\delta\text{NH}$ 진동 형식으로 1399 cm^{-1} 흡수대에서 일반적으로 나타난다. K1이 경우 1700 cm^{-1} 흡수대 부근에서의 피크의 존재는 케톤, 알데히드, 락톤 및 카르복실기 등에 존재하는 $\text{C}=\text{O}$ 스트레칭 진동 모드를 나타낸다. 스펙트럼에 나타난 약한 피크의 존재는 칼륨 처리된 활성탄에 이들

에 기능기들이 상당히 작은 양으로 분포하고 있음을 나타내고 있다. 예서의 흡수대의 존재는 메톡시기가 배워진 $\nu(\text{C}-\text{O})$ 의 존재를 나타내고 있다. $\nu(\text{C}-\text{O})$ 모드의 메톡시기는 흡착자리의 화학구조 형성에 결정적 역할을 한다. FT-IR에 의하여 특성화된 $\text{C}-\text{O}$ 흡수는 금속을 처리하거나 처리하지 않은 촉매물질을 특성화 시키는데 이용되어 왔다.¹² 또한 이산화탄소가 흡착된 $\nu(\text{C}-\text{O})$ 의 파장영역은 로컬 코디네이션을 특성화하는 지표로서 종종 사용되어진다. 이는 고체표면에 존재하는 금속이온의 상태를 확인하는데 종종 이용되어 왔다.

산소를 포함하는 산성 기능기의 분포를 알아보기 위하여 Boehm 적정에 의하여 카르복실기, 락톤기 및 페놀기의 농도에 의존하는 산도와 염기도를 측정하였다. 이들 기능기는 오염물질 제거에 다소 영향을 줄 수 있으며, K1은 각각의 기능기의 농도값은 K2의 농도 값에 대하여 다소 높게 나타났으며 상대적으로 산도는 높아졌으며, 염기도는 역시 낮은 값을 나타내었다. 그러나 칼륨염을 처리한 경우, 탄소 표면에 존재하는 락톤기는 현저히 증가하였으며 이에 따라 이들에 산도는 상당히 증가하였음을 나타내었다. 탄산 칼륨을 처리한 경우보다 염화 칼륨을 처리한 경우에 이들 값은 약간 높게 나타났으며, 산도 역시 약간 높은 값을 나타내었다. 칼륨이 처리된 미분 활성탄을 얻기 위하여 칼륨염을 처리한 지금까지의 결과로 볼 때 처리 효율이 높게 나타난 것으로 볼 수 있다.

3.4. 오염물질 제거의 pH 의존성

유출수에서 나타나는 색도의 제거는 가장 큰 관심사로 대두 되고 있다. 칼륨 처리 미분 활성탄을 사용하여

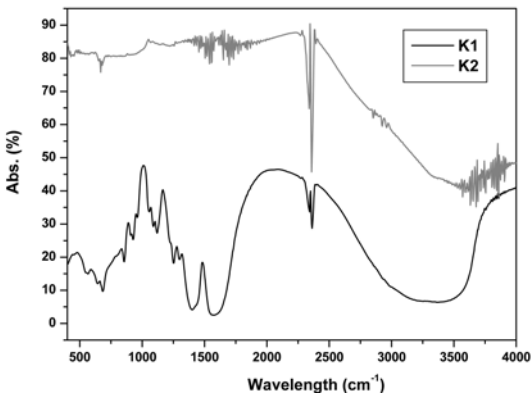


Fig. 4. Infrared spectra recorded from the powdered activated carbon loaded with potassium salts.

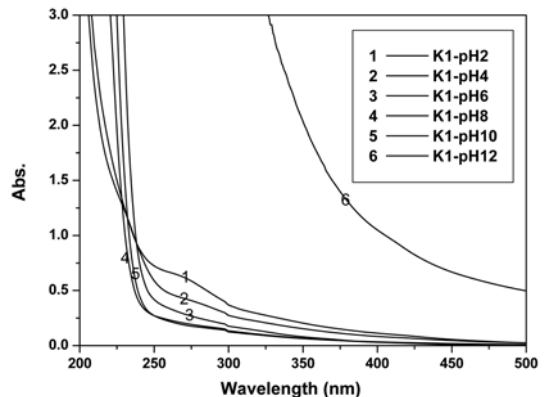


Fig. 5. Variation of UV/VIS spectra depending on pH from wastewater purified with the powdered activated carbons treated with potassium salts (K1).

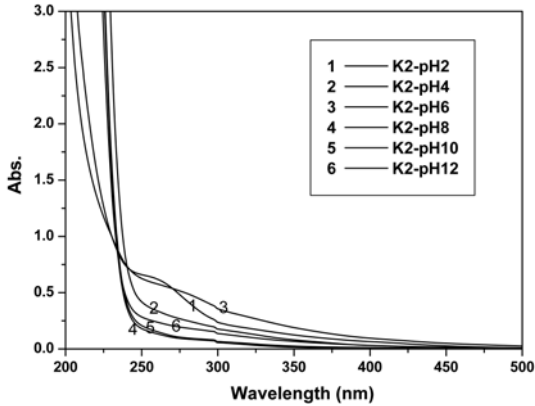


Fig. 6. Variation of UV/VIS spectra depending on pH from wastewater purified with the powdered activated carbons treated with potassium salts (K2).

Table 5. Number of Surface Species (meq/g) Obtained from Boehm Titration

Sample	Functional Group (meq/g)				
	Carboxylic	Lactonic	Phenolic	Acidic	Basic
K1	0.064	0.066	0.046	0.176	0.023
K2	0.049	0.070	0.021	0.140	0.025

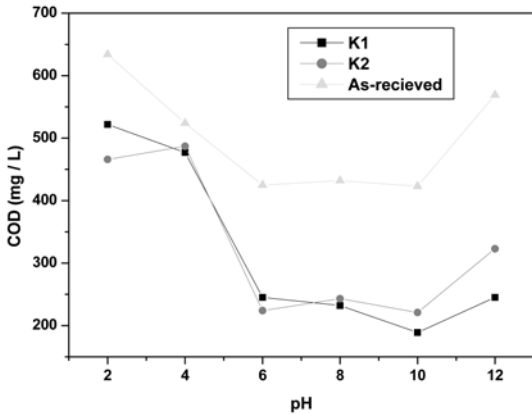


Fig. 7. Results of COD removal effect depending on pH by potassium-powdered activated carbon for the piggery waste.

pH이 변화에 따른 색도 제거 효율에 관한 연구를 실행하였으며, 이들 결과들을 Fig. 5와 6에 나타내었다. UV/VIS 분광기를 사용하여 색도가 존재하는 경우 가시광선 영역에서 흡수대가 형성되는 특성이 나타났다. pH 변화에 따른 색도 제거 효율에 관한 연구결과에 따르면 두 종류의 시료 모두가 강산성 영역과 강염기성 영역에

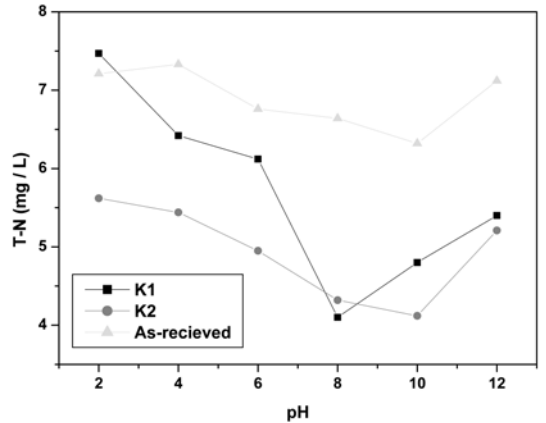


Fig. 8. Results of T-N removal effect depending on pH by potassium-powdered activated carbon for the piggery waste.

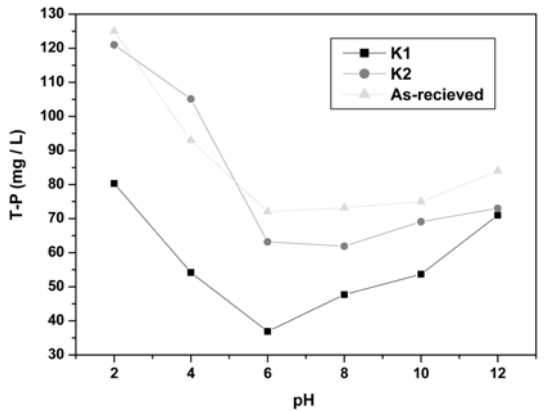


Fig. 9. Results of T-P removal effect depending on pH by potassium-powdered activated carbon for the piggery waste.

서는 그다지 좋은 결과를 나타내지 않았다. K1과 K2 두 가지 모두의 경우, pH 8과 10의 염기성 범위에서 가장 좋은 효율을 보였다. 이들 결과는 비교적 산성 범위보다는 약 혹은 중 알칼리범위에서 처리 효율이 우수하게 나타나는 것으로 여겨진다.

처리하지 않은 축산 폐수의 경우 COD와 BOD의 평균값은 약 50,000 ppm 이상에 해당한다. 이들에 관한 내용을 Table 2에 정리하여 나타내었다. 이들은 응집제나 침전제 등을 사용하여 1차 화학 처리과정에 의해 COD와 BOD의 평균값이 약 1,500 ppm 이하로 감소된다. 본 연구에서 사용된 칼륨 처리 미분 활성탄은 처리 효율을 향상시키고 있다. COD, T-N 및 T-P의 처리 효율에 대한 결과값들을 Fig. 7, 8과 9에 나타내었다. COD

제거 효율은 칼륨을 처리하지 않은 미분활성탄에 비하여 K1과 K2의 경우 pH 6~10의 측정 범위에서 가장 좋은 효율을 보였다. K1의 경우 K2에 비하여 알칼리성의 범위에서 다소 좋은 효율을 보였다. 총질소량은 약 4.3~7.4 ppm의 범위에서 상당히 좋은 결과가 나타났으며, 칼륨 처리 미분 활성탄의 경우 역시 약 알칼리성의 범위인 8~10의 범위에서 매우 우수한 결과를 나타내었다. 총인량은 처리하지 않은 미분 활성탄과 K2의 경우 다소 높은 약 65~125 ppm의 범위에서 결과가 나타났으며, K1의 경우 매우 우수한 결과를 나타내었으며 특히 약 산성과 약 알칼리성의 범위에서는 그 효율이 다소 좋은 결과를 보였다.

4. 결 론

본 연구에서는 칼륨염을 포함하는 수용액내에서 처리된 활성탄 시료로부터 얻어진 표면 특성화를 위하여, 흡착 등온곡선 형태, SEM, EDX 및 표면 기능기 변화 등을 주된 연구 대상으로 하였다. pH 변화에 따른 칼륨 미분 활성탄을 오염수에 분산하여 색도, COD, T-N 및 T-P 등에 대하여 제거 효율을 연구하였다. 칼륨염이 처리된 미분 활성탄 시료에 대한 비표면적은 1315 및 1249 m²/g의 값을 나타내었으며, 평균 세공직경은 17.33~17.61 Å의 범위에 존재하였다. SEM 결과에 의하면, 칼륨처리 활성탄에 칼륨염의 분포는 현저하게 눈에 띄지는 않으나, 세공 주변 및 표면에 미세하게 형성된 염의 상태에 대한 정보를 제공하여 주고 있다. 칼륨 처리된 활성탄은 기능기들이 상당히 많은 양이 분포하고 있으며 이들은 FT-IR과 Boehm 적정법에 의거하여 확인하였다. UV/VIS 분광기에 의하여 얻어진 결과에 의거하여 K1과 K2 두 가지 모두의 경우, pH 8과 10의 염기성 범위에서 가장 좋은 효율을 보임을 알 수 있었다. COD, T-N 및 T-P의 처리 효율에 대한 결과값들 역시 약 염기성 범위에 우수한 효율을 나타내었다.

참고문헌

1. W. C. Oh, H. J. Lee, J. S. Bae, *J. Korean Ind. Eng. Chem.*, **15**, 4, 434-441(2004).
2. W. C. Oh, H. J. Lee, J. S. Bae, *Environ. Eng. Res.*, **9**, 5, 193-200(2004).
3. W. C. Oh, J. S. Bae, *J. Korean Ind. Eng. Chem.*, **14**, 1, 29-37(2003).
4. W. C. Oh, H. J. Lee, M. H. Yum, Y. S. Lee, *Proceeding of 31st carbon material annual meeting in Japan*, 270-271(2004).
5. W. C. Oh, H. J. Lee, H. T. Kim, M. H. Yum, H. S. Yoon, J. S. Bae, *An international conf. on carbon (CARBON 2004)*, U.S.A. 2004, 159.
6. Choi, K. C., Gyoung, O. A., Kim, Y. D., Kim, Y. H., Lee, U. S., Lee, Z. Y., Chon, S. J., Chung, S. K., *Anotation for Standard Methods of Water Quality*, Donghwa Technology Publishing Co., 187-297 (2002).
7. APHA, *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 16th Ed. APHA, Washington DC (1982).
8. H. P. Boehm, *Advances in catalysis*, Academic press, New York, 1966.
9. W. C. Oh, W. C. Jang, B. S. Kim, *Journal of the Korean Society of Analytical Science*, **14**, 4-349-355 (2001).
10. C. Moreno-Castilla, *Carbon*, **42**, 83-91 (2004).
11. Zawadzki J., *Infrared spectroscopy in the surface chemistry of the carbons*, In: Thrower PA, editor. *Chemistry and physics of carbon*, Vol 21, New York: Marcel Dekker. p.147-386 (1989).
12. J. Zawadzki, B. Azambre, O. Heintz, A. Krzton, J. Weber, *Carbon*, **38**, 509-518 (2000).