

## 아연염으로 표면처리한 활성탄에 의한 수중 유기화합물의 흡착

김영규·한진수\*

한서대학교 환경공학과

\*대한광업진흥공사 기술연구소

## Adsorption of Organic Chemical by Coconut Activated Carbon treated with Zinc Salt

Young Gyu Kim, Jin Su Han

*Department of Environmental Engineering, Hanseo University*

*\*Institute of Technology & Research, Korea Mining Pormotion Corporation*

### Abstract

The objectives of this study was to find the effect of zinc salt treated with coconut activated carbon and the effect of humic substance. The bottle-Point technique was used in determining the Freundlich isotherm equation. The adsorptive capacity of granular activated carbon was reduced when humic substance are present. Coconut activated carbon was coated with 0.0001N zinc chloride decreased the BET surface area but increased the adsorptive capacity more than coconut activated carbon not coated with zinc chloride. The adsorptive capacity of TCE in coconut activated carbon coated with higher concentration of zinc chloride was reduced but increased in the solution containing humic substance when the coconut activated carbon was coated with 0.01N- zinc chloride.

The zinc salt coated with coconut activated carbon did not increase the adsorptive velocity of coconut activated carbon.

## I. 서 론

가정용 또는 산업용 드라이크리닝용매, 추출용액등으로 사용되어지는 휘발성 유기화합물질인 Trichloroethylene(TCE)은 인체에서 중추신경계의 기능을 억제하는 것으로 알려져 있다. 미국의 환경보호청(Environmental Protection Agency, EPA)은 1986년에 The Safe Drinking Water Act를 수정하여<sup>1)</sup> 각종 유기화합물질에 대한 규제를 실시하여 지하수 중에서 검출될 수 있는 TCE의 기준치를  $5\mu\text{g}/\ell$ 로 정하였으며<sup>2)</sup> 우리나라도 음용수중의 TCE의 기준치를  $30\mu\text{g}/\ell$ 로 정하였다. 지하수에 있는 Trichloroethylene(TCE), Benzene, Toluene등 유기화합물질을 제거하는데는 활성탄이 효과적이라고 알려져 있으나<sup>3)</sup> 비용이 많이 들고 수중의 용존유기물질이 있으면 TCE가 용존유기물질과 경쟁적으로 반응하여 활성탄의 흡착능력을 감소시킨다고 한다<sup>4,5)</sup>. 산업공정중에 배출되는 유기화합물질을 회수하여 재사용하고 오염된 지하수의 유기화합물질을 제거하기 위하여 활성탄의 흡착능을 높이기 위한 기술개발이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 시중에 시판되는 활성탄의 흡착성능을 높이기 위하여 활성탄에 염으로 표면처리하여 만든 활성탄의 특성의 변화와 조제한 활성탄에 의한 수중의 TCE의 흡착능력을 높이고 Humic물질이 포함된 수중에서 TCE의 흡착에 미친 영향을 보고 활성탄의 흡착능을 높이기 위한 방안을 연구하고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 재료

10-30 mesh로 선별한 야자껍질 활성탄에

각각  $10^{-4}$ ,  $10^{-2}$ , 1.0N의  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 를 잘 섞은 후 전기로에서 질소가스를 불어 넣으면서 10분 동안  $520-580^\circ\text{C}$ 로 승온한 뒤 10분동안 가열하고 상온으로 냉각하여 만든 활성탄을 흡착제로 사용하였다. 흡착능을 비교하기 위해 일본제 수처리용 활성탄(Kuraray Chemical CO., LTD)10-32mesh를 활성탄을 사용하였다.

### 2. 실험방법

Humic물질은  $15\text{mg}/\ell$ 의 농도가 되도록 넣은 실험용액과 넣지않은 대조용액에 Trichloroethylene(TCE)(미국의 TEDLA COMPANY, INC.제인 A.C.S Grade제품)을  $30\mu\text{g}/\ell$ 을 넣고 흔들어 잘 섞은다음 시료수로 사용하였다. 활성탄의 등온흡착실험은 실험용액 25 ml 들어있는 50ml vial에 탄화탄과 활성탄을 각각 무게별(0.025, 0.1, 0.25, 0.5g)로 넣고 micro syringe로 gas를  $2\mu\ell$  취하여 Electron Capture Detector가 있는 Gas Chromatography(Hewlett Packard 5890 A)로 Trichloroethylene의 농도를 분석하였다. 흡착속도실험은 90 R.P.M으로 흔들어 주며 매시간 gas를  $4\mu\ell$  취하여 Electron Capture Detector가 있는 Gas Chromatography로 Trichloroethylene의 농도를 분석하였다.

### 3. 분석방법

활성탄의 비표면적, 세공분포등 특성은 전자동흡착장치(Micro Meritic, INC, ASAP 2000)를 이용하여 측정하였으며, 실리케이트 함량은 시료 0.3g을 60% 과염소산( $\text{HClO}_4$ ) 10ml와 진한질산(Conc.  $\text{HNO}_3$ ) 10ml을 가해 백연이 없어질때까지 가열하고 냉각하여 적당량의 증류수를 넣고 여과지로 거른물질을

1,050°C로 Ashing 한후 불소산을 가해 얻은 값과 감량 계산하였다. 회분함량은 시료 1g을 전기로에서 800°C로 1시간이상 유지한 다음 데시케이터에 냉각하여 회분 함량을 계산하고 고정탄소 함량은 백분율에서 수분과 회분, 휘발분의 함량을 뺀값으로 계산하였다. 중금속 함량은 시료 0.1g을 백금도가니에 평량한후 고온전기로에서 1,050°C의 온도로 1시간 가열하여 Carbon을 회화시키고 불소산을 5ml 가하여 증발시키는 과정을 2-3회 한 다음 0.1M의 HCl 10ml 가하여 여과한후 ICP-AES(Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry)로 SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO MgO, Na<sub>2</sub>O, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Zn의 함량을 측정하였다. 등온흡착실험과 흡착속도실험시에는 Headspace법으로 측정하였으며 Gas Chromatography(Hewlett Packard 5890 A)의 분석조건과 표준용액의 Standard Curve는 다음과 같다.

Column: HP-1 fused silica capillary column

Injector Temperature: 150°C

Column Temperature: 80°C

Detector Temperature: 250°C

Detector: Electron Capture Detector(ECD)

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 염으로 표면처리한 아자껍질활성탄의 특성

##### 1.1 염을 농도별로 표면처리한 아자껍질활성탄의 성분조성

아자껍질 활성탄을 각각 10<sup>-4</sup>, 10<sup>-2</sup>, 1.0N의 염으로 표면처리한 아자껍질 활성탄의 성분을 보면 Table 1과 같이 고정탄소의 함량은 큰 차이를 나타내지는 않으나 1.0N로 표면처리한 경우는 고정탄소의 함량이 줄고 회분의 함량이 증가하였다. 각각 ZnCl<sub>2</sub>와 Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O로 표면처리한 활성탄은 표면처리 안된 활성탄에 비해 SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, Zn과 Mn의 함량이 높게 나타났고 Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O로 표면처리한 활성탄은 표면처리 안된 활성탄에 비해 SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Zn과 Mn의 함량이 높게 나타났다.

Table 1. Composition of Coconut Activated Carbon treated with Salts.

\Adsorbent \Conc. Item	Coconut Activated Carbon	Coconut Activated Carbon treated with Salts								
		ZnCl <sub>2</sub>			Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O			Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ·9H <sub>2</sub> O		
		0.0001N	0.01N	1.0N	0.0001N	0.01M	1.0N	0.0001N	0.01N	1.0N
Fixed carbon	89.7	88.4	89.4	87.7	90.0	90.4	87.2	89.9	89.9	86.4
SiO <sub>2</sub> (%)	2.90	3.83	3.23	3.97	3.40	3.00	3.97	3.53	3.50	3.80
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	0.54	0.60	0.46	0.21	0.62	0.54	0.26	0.49	0.43	0.16
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	0.25	0.95	0.70	0.91	0.98	0.57	0.76	0.64	0.56	2.43
CaO(%)	0.14	0.26	0.24	0.26	0.26	0.27	0.24	0.27	0.25	0.32
MgO(%)	0.44	0.16	0.14	0.14	0.15	0.14	0.15	0.15	0.14	0.15
Na <sub>2</sub> O(%)	0.16	0.23	0.18	0.07	0.27	0.17	0.14	0.18	0.17	0.09
K <sub>2</sub> O(%)	0.40	0.23	0.30	0.07	0.27	0.30	0.16	0.28	0.35	0.12
Zn(ppm)	30	1542	551	12939	1357	641	15127	780	198	328
Cd(ppm)	343	371	175	384	269	215	349	362	178	243
Mn(ppm)	48	168	90	158	148	58	200	127	58	113
Cu(ppm)	5	13	15	14	16	8	6	12	8	12

1.2 염으로 표면처리한 야자껍질활성탄의 세공구조

김등<sup>6)</sup>의 연구에 의하면 야자껍질탄의 비표면적은 6.6m<sup>2</sup>/g 이었으나 0.5M의 Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O로 표면처리한 야자껍질탄은 252m<sup>2</sup>/g로 증가한 것으로 보아 높은 농도의 철염으로 표면처리한 경우가 비표면적이 증가한 것은 철염 자체가 가지고 있는 비표면적이 작용한 것으로 보인다. 그러나 본 연구에서는 야자껍질활성탄의 비표면적은 862.6m<sup>2</sup>/g이나 염으로 표면처리할 경우 비표면적이 조금 감소하였다. 아연염으로 표면처리한 활성탄의 비표면적은 낮은 농도로 표면처리할 경우가 높은 농도로 표면처리한 경우보다 약간 증가하는 것으로 나타났는데 이는 높은 농도의 염으로 표면처

리한 활성탄은 세공이 막히어 비표면적이 감소하였기 때문으로 보인다. Knappe, D.R.U.와 Snoeyink의 실험<sup>7)</sup>에 의하면 산으로 세척한 활성탄은 Micropore volume과 비표면적은 각각 0.19-0.20cm<sup>3</sup>/g, 510m<sup>2</sup>/g 이었으나 Ca 이 응집된 활성탄을 850℃ 로 10분간 가열했을 때는 Micropore volume과 비표면적은 각각 0.12-0.14cm<sup>3</sup>/g, 360-380m<sup>2</sup>/g으로 나타나 Micropore volume과 비표면적은 감소되고 Macropore volume은 증가하는 것으로 나타났다. 이는 무기물질의 존재시 세공이 커져서 작은세공이 차지하는 면적이 감소하여 전체적인 비표면적이 감소한 것으로 보인다고 하였다.

Table 2. Pore Structure of Coconut Activated Carbon treated with Salts.

\Adsorbent \Conc. Item	Coconut Activated Carbon	Coconut Activated Carbon treated with Salts								
		ZnCl <sub>2</sub>			Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O			Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ·9H <sub>2</sub> O		
		0.0001N	0.01N	1.0N	0.0001N	0.01N	1.0N	0.0001	0.01N	1.0N
BET Surface Area(m <sup>2</sup> /g)	862.6	830.3	782.9	797.6	954.4	772.7	772.2	809.8	855.1	859.6

2. 야자껍질활성탄의 등온흡착

흡착처리의 효율은 활성탄 단위 질량당 흡착할 수 있는 흡착능력과 일정한 접촉조건에서의 흡착속도에 의해 좌우되는데 흡착능력에 영향을 미치는 것으로는 비표면적, 세공분포 및 표면의 화학적성질, 용질의 분자량, 용액의 pH, 온도가 있다. 등온흡착실험에서 활성탄의 무게당 흡착된 흡착질의 무게와 흡착되지 않고 남은 평형농도 사이의 흡착 평형 방정식은 Freundlich의 등온흡착식으로 다음과 같이 나타낼 수 있다<sup>8)</sup>.

$$Q = kCe^{1/n}$$

(Q는 활성탄 무게당 흡착된 흡착질의 무게, Ce는 흡착질의 평형농도, k값은 Freundlich 상수로 흡착하는 능력, 1/n은 흡착하는 강도)

위 식에 log를 취하면 log q = log K + 1/n log Ce의 직선의 식이 유도되는데 Freundlich 상수의 k값은 클수록, 상수 1/n의 값은 작을수록 흡착능이 크며 용존유기물이 있을 때는 Freundlich 흡착능을 나타내는 상수 k를 감소시키고 1/n을 증가시킨다는 연구보고가 있다<sup>9,10)</sup>.

2.1 TCE (30 $\mu$ g/ $\ell$ ) 만 용해한 대조용액

1) 염을 농도별로 표면처리한 야자껍질활성탄의 등온흡착

Table 3과 같이 대조용액에서 야자껍질활성탄의 Freundlich 상수 k 값은 0.95, 1/n 값은 1.14 이었으나 0.0001 N의 ZnCl<sub>2</sub> 로 표면처리한 활성탄은 k값은 1.45, 1/n값은 0.87로 흡착능력이 크게 개선되었으며 아연염의 농도가 증가할수록 흡착능력을 나타내는 K값은 감

소하였으며 1/n값은 증가하여 낮은 농도의 아연염으로 표면처리하여야 수중 TCE의 흡착능력을 증가시키는 것으로 나타났다. 철염보다는 아연염으로 표면처리하는 것이 흡착능력을 나타내는 Freundlich 상수 k값이 증가하고 1/n이 감소하였다. 이는 활성탄의 비표면적과 염에 의한 유기화합물과 반응으로 흡착능력을 증가시키는 것으로 보인다.

Table 3. Adsorption Capacity of Coconut Activated Carbon treated with Salts.

\Adsorbent \Conc. Item	Coconut Activatd Carbon	Coconut Activated Carbon treated with Salts								
		ZnCl <sub>2</sub>			Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O			Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ·9H <sub>2</sub> O		
		0.0001N	0.01N	1.0N	0.0001N	0.01N	1.0N	0.0001	0.01N	1.0N
K(ug/g)(L/ug) <sup>1/n</sup>	0.95	1.45	1.30	0.08	1.04	0.95	1.62	0.57	0.88	0.62
1/n	1.14	0.87	1.01	1.56	1.29	1.53	0.72	1.96	1.51	1.65

2) 일본 활성탄의 등온흡착

일본 활성탄은 Coconut shell activated carbon이며 수처리용으로 Ju-1은 12-30mesh, Ju-2는 20-40mesh, Ju-3은 12-36mesh로 국내의 활성탄보다 흡착능이 증가하였다. Ju-1은 표면처리한 야자껍질활성탄보다 흡착능력이 뛰어 났으며 Ju-2는 흡착능력을 나타내는 Freundlich 상수 k 값은 표면처리한 활성탄보다는 크나 1/n이 증가하여 흡착의 지속성이 떨어진다고 평가된다.

Table 4. Adsorption Capacity of Coconut Activated Carbon made from Japan.

\Adsorbent \Conc. Items	Coconut Activated Carbon made from Japan		
	Ju-1	Ju-2	Ju-3
K(ug/g)(L/ug) <sup>1/n</sup>	2.63	2.43	2.50
1/n	1.06	1.75	1.15

2.2 TCE (30 $\mu$ g/ $\ell$ )와 Humic물질 (15mg/ $\ell$ )를 용해한 실험용액

1) 염을 농도별로 표면처리한 야자껍질활성탄의 등온흡착

만약 용존유기물이 합성유기화합물질보다 먼저 활성탄표면에 도달하면 높은 에너지준위를 가진 곳에 위치하여 유기화합물질의 흡착을 방해한다. 이는 용존유기물이 있을때 Freundlich 흡착능을 나타내는 지수 K의 감소와 Freundlich의 지수 1/n의 증가로 반영된다<sup>9)</sup>고 하였다. 광물질 이온은 자연수에서 단위무게당 비표면적이 크고, 이들과 비슷하거나 낮은 전하를 가지고 있는 금속이온과 치환되어 점토로 하여금 음이온을 띠게 하여 물속에 있는 화학물질을 강하게 흡착하는 성질을 가지고 있다. 광물질 이온은 자연수에서 단위무게당 비표면적이 크고, 물속에 있는 화학물질을 강하게 흡착하는 성질을 가지고 있다.

Humic 물질이 있는 황산염에서  $Ca^{2+}$  와  $Mg^{2+}$  의 흡착능이 증가한 것은<sup>11),12)</sup> Humic 물질이 염의 양이온에 흡착되고 TCE등 유기화합물질이 Humic물질과 고분자 화합물의 착화상태로 탄소분자나 염의 양이온에 흡착된 것으로 보인다 하였다. 활성탄의 등온흡착 실험에서 TCE 흡착능은 0.7mg/l 의 자연부산물에 있을 때 50% 감소되었고<sup>13)</sup> 10mg/l 의 Humic 농도에서 Trichlorophenol의 흡착능은 60% 감소를 나타냈다<sup>14)</sup> 그러나 Zimmer<sup>15)</sup>는 활성탄으로 14.2mg/l 의 Humic물질을 포함한 물과 증류수를 가지고 실험한 결과 TCE에 대한 활

성탄 흡착능의 차이가 나타나지 않았다고 하였다. 본 연구에서는 Humic물질이 활성탄의 TCE흡착능력을 감소시키지는 않았으나 1/n 이 증가하여 흡착의 지속성이 떨어진다고 평가된다. 염화아연염으로 만든 활성탄은 0.01N 로 표면처리한 경우가 흡착능력이 증가하였으며 질산아연염은 농도가 증가할수록 비표면적은 감소하나 흡착능력이 증가하여 염에 의한 흡착효과를 나타내고 있다. 철염은 농도가 증가할수록 비표면적이 증가하였으며 0.01N로 표면처리한 활성탄의 흡착능력이 증가한 것으로 나타났다.

Table 5. Adsorption Capacity of Coconut Activated Carbon treated with Salts.

\Adsorbent \Conc. Item	Coconut Activatd Carbon	Coconut Activated Carbon treated with Salts								
		ZnCl <sub>2</sub>			Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O			Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ·9H <sub>2</sub> O		
		0.0001N	0.01N	1.0N	0.0001N	0.01N	1.0N	0.0001	0.01N	1.0N
K(ug/g)(L/ug) <sup>1/n</sup>	1.11	1.20	1.34	1.11	1.29	1.65	2.01	1.42	2.12	1.15
1/n	1.35	1.16	0.09	1.21	1.45	1.19	1.22	2.91	2.20	1.41

2) 일본 활성탄의 등온흡착

본 연구에서는 Humic 물질이 활성탄의 TCE 흡착능력을 감소시켰으며 1/n이 증가하여 흡착의 지속성이 떨어지는 평가된다. Ju-1은 염화아연염으로 표면처리한 야자껍질활성탄보다 흡착능력이 크나 흡착의 지속성이 떨어지고 Ju-2와 Ju-3는 염화아연염으로 표면처리한 야자껍질활성탄보다 흡착능력과 흡착의 지속성이 떨어지는 것으로 나타났다.

흡착된 양은 시간의 제곱근으로 확산속도상수 (Kd)를 구할수 있다. 시간 t=0에서 내부세공에 의한 확산이 0점을 지나지 않고 있는 것은 내부확산외에 다른 인자가 작용하기 때문 이라고 하였다<sup>16)</sup>.

$$W = K_d \sqrt{t} \quad (W : \text{흡착제 } g\text{당 흡착된 양, } K_d : \text{확산속도상수, } \sqrt{t} : \text{시간의 제곱근})$$

3. 야자껍질활성탄의 흡착속도

유기화합물질의 세공간 확산에 미치는 자연부산물의 영향을 파악하기위해서는 확산속도 상수가 고려되어야 하는데 흡착제의 단위 g당

Table 6. Adsorption Capacity of Coconut Activated Carbon made from Japan.

\Adsorbent \Conc. Items	Coconut Activated Carbon made from Japan		
	HJu-1	HJu-2	Hju-3
K(ug/g)(L/ug) <sup>1/n</sup>	2.11	1.12	0.93
1/n	1.30	2.01	1.85

1) TCE(30 $\mu$ g/ $\ell$ )만 용해한 대조용액

대조용액에서 야자껍질활성탄의 확산속도상수는 0.053이고 아연염으로 표면처리한 활성탄의 확산속도는 각각 0.048, 0.025, 0.061로 나타났고 시간 t=0에서 활성탄 g당 흡착된 TCE의 양은 야자껍질활성탄은 1.859 아연염으로 표면처리한 활성탄은 각각 1.961, 2.332, 1.847으로 나타나 내부확산외에 다른 인자가 작용하는 것으로 나타났다.

Table 7. Adsorption Velocity of Coconut Activated Carbon treated with ZnCl<sub>2</sub>.

\Adsorbent \Conc. Item	Coconut Activated Carbon	Coconut Activated Carbon Treated with ZnCl <sub>2</sub>		
		0.0001N	0.01N	1.0N
Diffusion Velocity	0.053	0.048	0.025	0.061
Coefficient, (ug/g.hour <sup>1/2</sup> )				
Constant(ug/g)	1.859	1.961	2.332	1.847

2) TCE(30 $\mu$ g/ $\ell$ )와 Humic물질(15mg/ $\ell$ )를 용해한 실험용액

유기화합물질의 세공간 확산에서는 자연부산물의 영향을 파악하기 위해서는 세공간 확산계수가 고려되어야 한다. Hand와 Zimmer 등<sup>10,17)</sup>은 자연부산물이 0.8mg/ $\ell$ 인 수도물에서 TCE의 흡착결과 자연부산물이 없을 때보다 세공간 확산능을 감소시킨다고 하였다. Humic물질이 있는 실험용액에서 야자껍질활성탄의 확산속도상수는 0.115으로 Humic물질이 없는 실험용액에서 야자껍질활성탄의 확산속도상수보다 증가하여 Humic물질이 TCE와 착화물을 형성하여 활성탄에 의한 TCE의 흡착확산에 기여한 것으로 보인다. 아연염으로 표면처리한 활성탄의 확산속도는 각각 0.106, 0.069, 0.077로 적게 나타났고 시간 t=0에서

활성탄 g당 흡착된 TCE의 양은 야자껍질활성탄은 3.208 아연염으로 표면처리한 활성탄은 각각 3.297, 3.871, 3.780으로 나타나 내부확산외에 다른 인자가 작용하는 것으로 나타났다.

Table 8. Adsorption Velocity of Coconut Activated Carbon treated with ZnCl<sub>2</sub>.

\Adsorbent \Conc. Item	Coconut Activated Carbon	Coconut Activated Carbon Treated with ZnCl <sub>2</sub>		
		0.0001N	0.01N	1.0N
Diffusion Velocity	0.115	0.106	0.069	0.077
Coefficient, (ug/g.hour <sup>1/2</sup> )				
Constant(ug/g)	3.208	3.297	3.871	3.780

IV. 결 론

지하수에 있는 Trichloroethylene(TCE), Benzene, Toluene등 유기화합물질을 제거하는데는 활성탄이 효과적이라고 알려져 있으나 비용이 많이들고 수중의 용존유기물질이 있으면 TCE가 용존유기물질과 경쟁적으로 반응하여 활성탄의 흡착능력을 감소시킨다고 한다. 산업공정중에 배출되는 유기화합물질을 회수하여 재사용하고 오염된 지하수의 유기화합물질을 제거하기 위하여 활성탄의 흡착능을 높이기 위한 기술개발이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 시중에 시판되는 활성탄의 흡착성능을 높이기 위하여 활성탄에 염으로 표면처리하여 만든 활성탄의 특성의 변화와 조제한 활성탄에 의한 수중의 TCE의 흡착능력을 높이고 Humic물질이 포함된 수중에서 TCE의 흡착에 미친 영향을 보고 활성탄의 흡착능을 높이기 위한 방안을 연구하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

### 1. 염으로 표면처리한 야자껍질활성탄의 특성

야자껍질 활성탄을 아연과 철염으로 표면처리한 야자껍질 활성탄의 고정탄소의 함량은 큰 차이를 나타내지 않고  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Zn}$ 과  $\text{Mn}$ 의 함량이 높게 나타났다. 야자껍질 활성탄의 비표면적은  $862.6\text{m}^2/\text{g}$ 이나 염으로 표면처리할 경우 비표면적이 조금 감소하였다. 아연염으로 표면처리한 활성탄의 비표면적은 낮은 농도로 표면처리할 경우가 높은 농도로 표면처리한 경우보다 약간 증가하는 것으로 나타났는데 이는 높은 농도의 염으로 표면처리한 활성탄은 세공이 막히어 비표면적이 감소하였기 때문으로 보인다.

### 2. TCE ( $30\mu\text{g}/\ell$ ) 만 있는 수질에서 야자껍질 활성탄의 TCE에 대한 등온흡착

대조용액에서 야자껍질활성탄의 Freundlich 상수  $k$  값은 0.95,  $1/n$  값은 1.14 이었으나 0.0001 N의  $\text{ZnCl}_2$  로 표면처리한 활성탄은  $k$  값은 1.45,  $1/n$  값은 0.87로 흡착능력이 크게 개선되었으며 아연염의 농도가 증가할수록 흡착능력을 나타내는  $K$ 값은 감소하였으며  $1/n$ 값은 증가하여 낮은 농도의 아연염으로 표면처리하여야 수중 TCE의 흡착능력을 증가시키는 것으로 나타났다. 이는 활성탄의 비표면적과 염에 의한 유기화합물과 반응으로 흡착능력을 증가시키는 것으로 보인다. 철염보다는 아연염으로 표면처리하는 것이 흡착능력을 나타내는 Freundlich 상수  $k$  값이 증가하고  $1/n$ 이 감소하였다. 일본 활성탄인 Ju-1은 표면처리한 야자껍질활성탄보다 흡착능력이 뛰어났으며 Ju-2는 흡착능력을 나타내는 Freundlich 상수  $k$  값은 표면처리한 활성탄보

다는 크나  $1/n$ 이 증가하여 흡착의 지속성이 떨어진다고 평가된다.

### 3. TCE ( $30\mu\text{g}/\ell$ ) 와 Humic물질 ( $15\text{mg}/\ell$ ) 이 있는 수질에서 야자껍질활성탄의 TCE에 대한 등온흡착

Humic물질이 활성탄의 TCE흡착능력을 감소시키지는 않았으나  $1/n$ 이 증가하여 흡착의 지속성이 떨어진다고 평가된다. 염화아연염으로 만든 활성탄은 0.01N로 표면처리한 경우가 흡착능력이 증가하였으며 질산아연염은 농도가 증가할수록 비표면적은 감소하나 흡착능력이 증가하여 염에 의한 흡착효과를 나타내고 있다. 철염은 농도가 증가할수록 비표면적이 증가하였으며 0.01N로 표면처리한 활성탄의 흡착능력이 증가한 것으로 나타났다.

일본 활성탄은 Humic물질이 활성탄의 TCE흡착능력을 감소시켰으며  $1/n$ 이 증가하여 흡착의 지속성이 떨어지는 평가된다. Ju-1은 염화아연염으로 표면처리한 야자껍질활성탄보다 흡착능력이 크나 흡착의 지속성이 떨어지고 Ju-2와 Ju-3는 염화아연염으로 표면처리한 야자껍질활성탄보다 흡착능력과 흡착의 지속성이 떨어지는 것으로 나타났다.

### 4. 야자껍질활성탄의 흡착속도

Humic물질이 있는 실험용액에서 야자껍질 활성탄의 확산속도상수는 0.115으로 Humic물질이 없는 실험용액에서 야자껍질활성탄의 확산속도상수인 0.053보다 증가하여 Humic물질이 TCE와 착화물을 형성하여 활성탄에 의한 TCE의 흡착확산에 기여한 것으로 보이며 염에 의한 흡착속도 변화가 나타났다.



## 참 고 문 헌

1. Congressional Research Service : SDWA Amendments of 1986. Conference Report. Report No. 99-575 : 31-33, 1986.
2. Environmental Protection Agency : National Primary and Secondary Drinking Water Regulations : Proposed Rule 40 CFR., 1989.
3. American Water Works Association: Existing VOC Treatment Installations, Organic Contaminant Control Committee, AWWA : 3-10, 1991.
4. Zimmer,G., Brauch,H.J. and Sontheimer, H. : Activated Carbon Adsorption of Organic Pollutants in the Presence of Humic Substance, Proceeding of the Environmental Chemistry Section of the American Chemical Society Meeting, Denver, Co., April 5-10, 1987.
5. Munz,C., Walther,J.L., Markus Boller,G. B. and Bland,R. : Evaluating layered Upflow Carbon Adsorption for the Removal of Trace Organic Contaminants, J., AWWA. : 63-76, 1990.
6. 정문호, 김영규, 야자껍질 탄화탄과 활성탄에 의한 수중 Trichloroethylene의 흡착에 관한 연구, 한국환경위생학회지 : 25-32, 1993.
7. Knappe,D.R.U., Snoeyink,V.L. Dagois,G. and Dewolfe,J.R. : Effect of Calcium on Thermal Regeneration of GAC, J., AWWA. : 73-80, 1992.
8. Kuennen,R.W., Dyke,K.V., Crittenden,J. C. and Hand,D.W. : Predicting the Multicomponent Removal of Surrogate Compounds by a Fixed-Bed Adsorber, J., AWWA. : 46-58, 1989.
9. Carter,M.C., Weber Jr,W.J. and Olmstead,K.P. : Effects of Background Dissolved Organic Matter on TCE Adsorption by GAC, J., AWWA. : 81-91, 1992.
10. Hand,D.W., Zimmer,G. : Design of Fixed Bed Adsorbers to Remove Multicomponent Mixtures of Volatile and Synthetic Organic Chemicals, J., AWWA., 81 : 67-77, 1989.
11. Weber Jr,W.J., Voice,T.C. and Jodellah, A. : Adsorption of Humic Substances : The Effects of Heterogeneity and System Characteristics., J., AWWA, 75 : 612-619, 1983.
12. Pierre Lafrance and Michel Mazet: Adsorption of Humic Substance in the Presence of Sodium Salts, J., AWWA.: 155-162, 1989.
13. Baldauf,G. : Einfluss Nat rlicher Organischer Wasserinhaltsstoffe auf die Adsorption von Spurenstoffen in Aktivkohlefiltern, Vom Wasser, 67 : 11-15, 1986.
14. Murin,C.J. and Snoeyink,V.L. : Competitive Adsorption of 2,4-Dichlorophenol and 2,4,6,-Trichlorophenol in the Nanomolar to Micromolar Concentration Range, Envir. Sci. & Technol., 13 : 305-309, 1979.
15. Zimmer,G., Brauch,H.J. and Sonthei-

- mer,H. : Design Consideration for Fixed Bed Adsorber that Remove Synthetic Organic Chemical in the Presence of Natural Organic Matter, J., AWWA., Ann.conf., Orlando, Fla. : 19- 23, 1988.
16. Gupta,G.S., Prasad,G. Panday,K.K. and Singh,V.N. : Removal of Chrome Dye Aqueous Solution by Fly Ash, Water, Air,and Soil Pollution, 37: 13- 24, 1988.
17. Zimmer,G., Brauch,H.J. and Sontheimer,H. : Activated Carbon Adsorption of Organic Pollutants in the Presence of Humic Substance, Proceeding of the Environmental Chemistry Section of the American Chemical Society Meeting, Denver, Co., April 5- 10, 1987.