

## 항균성 활성화 탄소의 제조 및 특성

오원춘, \*임창성, \*오근호, \*\*김종규, \*\*김명건, 고영신

서울교육대학교 탄소화학연구소, 서울 137-742

\*한양대학교 세라믹공정연구센터, 서울 133-791

\*\*단국대학교 화학과, 천안 330-714

### 요 약

활성탄의 특성을 이용하여 상업적으로 문제시되고 있는 수질 및 공기 정화용 항균성 Ag-활성탄을 제조하여 흡착특성, 표면구조 및 박테리아 저항성에 대하여 조사하였다. 높은 비표면적을 가진 활성탄에 대하여  $\text{AgNO}_3$ 를 사용하여 Ag-활성탄을 제조하였다. 0.1에서 1.0까지의  $\text{AgNO}_3$  몰농도에 침적된 Ag-활성탄의 비표면적 값은 874-1475  $\text{m}^2/\text{g}$ 의 범위에 분포하고 있었으며,  $\text{AgNO}_3$  몰농도가 증가함에 따라 비표면적이 작아지는 경향을 나타내어 흡착된 Ag가 원료 활성탄의 표면구조에 영향을 주었다. Ag는 활성탄 표면의 기공 주위에 고르게 분포되었으며 활성탄의 표면에 물리적 흡착에 의해 존재하는 것으로 나타났다. 항균실험을 위하여 박테리아로서 대장균의 일종인 *Escherichia coli*를 사용하였으며, 흡착된 Ag의 양이 증가됨에 따라 활성의 범위가 증가되었고, Ag가 흡착되지 않은 활성탄의 경우에 있어서는 활성을 전혀 나타내지 않았다.

### 1. 서 론

금속 또는 금속축매 처리된 활성탄의 수요가 다양한 응용성과 함께 급증하고 있는 추세이다. 최근에 가장 많이 연구되고 있는 방법 중에 하나가 탄소표면에 존재하는 기능기에 용액 상에서 금속 precursor이온 또는 금속원자를 흡착시키는 것이다[1-3]. 이러한 활성탄의 특성을 이용하여 식수 또는 오염수에 높은 중금속의 농도를 저하시키기 위한 연구가 계속 되어 왔으며[4], 국민 건강과 다른 생태계에 이들 이온의 유해 효과로 인한 물 속에서의 이들의 제거는 중요한 문제로 대두되고 있다[5].

본 연구에서는 활성탄의 이러한 특성을 이용하여 상업적으로 문제시되고 있는 수질 및 공기의 정화용으로 사용되고 있는 filter에 항균성을 부과하고자 한다. 높은 비표면적을 가진 활성탄에 대하여 금속이온으로 흡착시켰을 경우, 여러가지 금속이온중 인체에 피해를 적게 주며, 항균성 기능을 가지는 은(Ag)을 선택하여, 용액상태에서 Ag가 흡착된 활성탄을 건조된 상태에서 흡착 특성의 변화 및 표면구조의 거동에 대하여 조사하였으며, 이들의 박테리아에 대한 저항성에 대하여 논하였다.

### 2. 실 험

#### 2-1 원료 및 시약

원료 활성탄은 야자 껍질을 사용하여 450°C에서 1차 burn off한 것으로 약 800°C의 온도에서 화학적으로 활성화시킨 것을 원료로 사용하였다. Ag의 흡착을 위한 시약으로는 특급시약으로  $\text{AgNO}_3$ 을 사용하였다.

## 2-2 Ag-활성탄의 제조과정

1차 증류수를 사용하여  $\text{AgNO}_3$ 을 0.1에서 1.0까지의 몰농도 단위로 제조하였으며, 이들 각각의 용액 100ml에 약 30g의 원료 활성탄을 침적시켜서 유리 막대로 거품이 생기지 않을 때까지 저었다. 이들 침적된 시료를 실온에서 24시간 동안 보관하였다. 침적된 상태의 시료를 약  $10^{-1}$  torr에서 약 20분 동안 공기 및 기포를 제거한 후 용액을 따라 버리고, 적셔진 Ag-활성탄을 약 48시간 동안 건조하였다.

## 2-3 측정 및 분석

원료 및 각각의 Ag-활성탄의 비표면적 측정은 저온 질소흡착방법인 BET법 (Quantachrome Autosorb Ver 3.0, U.S.A)을 이용하였다. 제조된 Ag-활성탄의 표면상태 및 구조를 관찰하기 위해 주사전자현미경(Topcon sm-300, Japan)을 사용하였다. 항균실험을 위하여 박테리아로서 대장균의 일종인 *Escherichia coli*를 사용하였다. 배양된 *Escherichia coli*를 멸균된 배지에 도포하여 각각의 몰수에 따라 제조된 Ag-활성탄을 일정간격으로 떨어뜨렸다. 이와같이 만들어진 배지를 24시간 동안 항온항습기내에 보관하여 *Escherichia coli*가 활성을 잃어 검게 변한 부분을 측정하여 Ag-활성탄의 박테리아 저항성을 판독하였다.

## 3. 결과 및 고찰

활성탄의 흡착특성은 이미 잘 알려진 바와 같이 그 적용범위가 상당히 넓다고 할 수 있다. 큰 비표면적을 가지고 있으며, 화학적, 물리적으로 표면반응은 이의 성질을 배가시켜주고 있다. 또한 활성탄을 얻어내는데 있어서 복잡한 화학공정보다는 간단하지만 세밀한 공정제어가 요구되어진다.

$\text{AgNO}_3$ 를 사용하여 각각의 몰농도에 침적된 활성탄의 흡착특성을 알아보기 위하여 충분히 건조된 상태에서 흡착용 시료로 사용하였다. 그렇지 않으면 Ag-활성탄(activated carbon, AC)의 비표면적 특성에 영향을 줄 것으로 예상되었다. Ag-AC의 측정된 비표면적 값을 Table 1에 나타내었다.  $\text{Ag}_x\text{-AC}$ 에서  $x$ 값은 처리된  $\text{AgNO}_3$ 의 몰농도를 나타낸다. Table 1의 결과로부터 몰농도가 증가함에 따라 BET 비표면적 값이 작아지는 경향성을 보이고 있다. Oya et al.[6]이 연구한 바에 따르면 탄소기질의 비표면적 값에 따라 다소의 차이점을 보이겠으나, 이들은 500-750  $\text{m}^2/\text{g}$  사이에서 분포하고 있다. 본 연구에서는 활성탄의 비표면적이 1440  $\text{m}^2/\text{g}$ 으로 다소 높은 것을 사용하였으며, 이에 따라 Ag로 흡착시킨 Ag-활성탄의 비표면적은 874-1475  $\text{m}^2/\text{g}$ 으로 상당히 높은 값을 보이고 있다.

또한 흡착시킨 금속의 활성탄의 표면에서의 거동을 알아보기 위하여 주사전자현미경을 이용하여 각각의 시료에 대하여 표면상태를 고찰하였다. 이들 결과의 대표적인 Ag-활성탄의 표면구조를 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 1(a)에서 보여주듯이 Ag가 활성탄 표면에 균일하게 흡착하고 있음을 보여주고, Fig. 1의 (b)에는 흡착된 Ag가 활성탄 자체의 기공 주위에 분포되어 있음을 보여지며, 이러한 결과가 BET 비표면적에 변화를 초래하는 것으로 여겨진다. Fig. 2에는 사용된 원료 활성탄의 기공의 분포도가 도시되었으며, 크기가 대부분이 약 9-33 Å 사이에서 분포하고 있다. 이들 결과를 놓고 볼 때 기공의 크기가 미세기공 크기 영역에 속하는 것으로 나타났으며, 이는 흡착 특성에 상당한 영향을 주는

것으로 보여진다. 이러한 특성을 가진 원료에 Ag의 양을 증가시키면 Ag의 역할은 증가할 것으로 예상되나 위에서 언급한 바와 같이 활성탄 자체의 특성을 변화시켜서는 곤란하다고 여겨진다. 따라서 적은 양의 Ag를 처리하여 상대적으로 항균의 특성을 증가시키고 활성탄이 가지는 흡착특성을 보존시켜 주어야 한다. Fig. 1의 (b)에 나타난 바와 같이 처리된 Ag가 완전히 기공을 막고 있지는 않은 것으로 보여지며, 활성탄의 표면에 물리적 흡착에 의해 존재하는 것으로 보여진다.

이와 같은 수용액 중에서 활성탄에 금속이온의 흡착은 분산효과를 조절할 수 있으므로 금속 지지된 촉매를 만들어 내는데 중요한 역할을 한다. 이와 같은 효과를 설명하는 활성탄에 물 속에서 해리된 금속의 흡착에 대한 논의는 이미 문헌[7]에 보고된 바 있으나 본 연구에서의 금속의 역할은 금속자체가 항균성을 가진다는 사실이다.

항균실험을 위하여 박테리아로서 대장균의 일종인 *Escherichia coli*를 사용하였으며, 배양된 *Escherichia coli*를 멸균된 배지에 도포하여 각각의 물수에 따라 제조된 Ag-활성탄을 일정 간격으로 떨어 뜨렸다. 이와 같이 만들어진 배지를 24시간 동안 항온항습기내에서 보관하여 *Escherichia coli*가 활성을 잃어서 검게 변한 부분을 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3에서 N은 처리되지 않은 활성탄을 나타내고 있으며 번호 순서에 따라 물수를 증가시킨 것을 나타낸다. Ag가 흡착되지 않은 활성탄의 경우(N)에 있어서는 *Escherichia coli*에 대하여 전혀 활성을 나타내지 않았으며, 처리한 Ag의 양을 증가시킴에 따라 활성의 범위가 증가됨을 알 수 있었다.

#### 4. 결 론

AgNO<sub>3</sub>을 사용하여 0.1에서 1.0까지의 몰농도에 침적된 활성탄의 BET 비표면적은 874-1475 m<sup>2</sup>/g의 범위에 분포하고 있었으며, AgNO<sub>3</sub>의 몰농도가 증가함에 따라 비표면적이 작아지는 경향을 나타내어 흡착된 Ag가 원료 활성탄의 표면구조에 영향을 주었다. 흡착된 Ag는 활성탄 표면에서 9-33 Å의 크기를 가지는 기공 주위에 고르게 분포되었고 활성탄의 표면에 물리적 흡착에 의해 존재하는 것으로 나타났다. 항균실험을 위하여 박테리아로서 대장균의 일종인 *Escherichia coli*를 사용하였으며, Ag가 흡착되지 않은 활성탄의 경우에 있어서는 *Escherichia coli*에 대하여 전혀 활성을 나타내지 않았으며, 흡착된 Ag의 양이 증가됨에 따라 활성의 범위가 증가되었다.

#### References

1. N. Petrov, T. Budinova and I. Khavesov, Carbon, 30, 2, 135-139 (1992).
2. J. A. Rossen, R. W. Morrison, Carbon, 29, 7, 887-892 (1991).
3. R. Qadeer, J. Hanif, Carbon, 32, 8, 1433-1439 (1994).
4. E. Berman, Toxic metals and their analysis, Heyden and Son, London, (1980)
5. G. G. Jayson, J. A Sangster, G. Thompson, M. C. Wilkinson, Carbon, 31, 3, 487-492 (1993).
6. A. Oya, T. Wakahara and S. Yoshida, Carbon, 31, 8, 1243 (1993).
7. R. C. Bansal, J. B. Donnet and F. Stoeckli, Active Carbon, Marcel Dekker, p389 (1988).

Table 1. BET specific surface area of AgNO<sub>3</sub>-treated activated carbon

Sample	S <sub>BET</sub> (m <sup>2</sup> /g)
Non-AC	1440.0
Ag <sub>0.1</sub> -AC	1475.0
Ag <sub>0.2</sub> -AC	1283.0
Ag <sub>0.4</sub> -AC	1076.0
Ag <sub>0.6</sub> -AC	1120.0
Ag <sub>0.8</sub> -AC	874.4
Ag <sub>1.0</sub> -AC	939.4

Non-AC: Non-treated activated carbon

Ag-AC: Ag-treated activated carbon

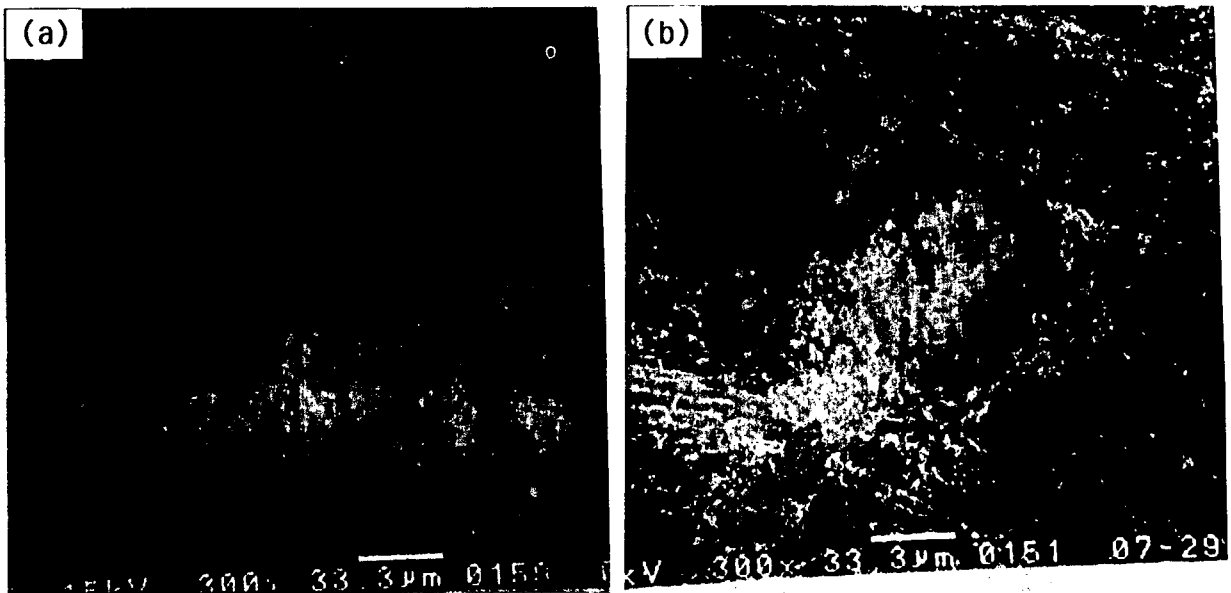


Fig. 1 SEM micrographs of Ag-treated activated carbon

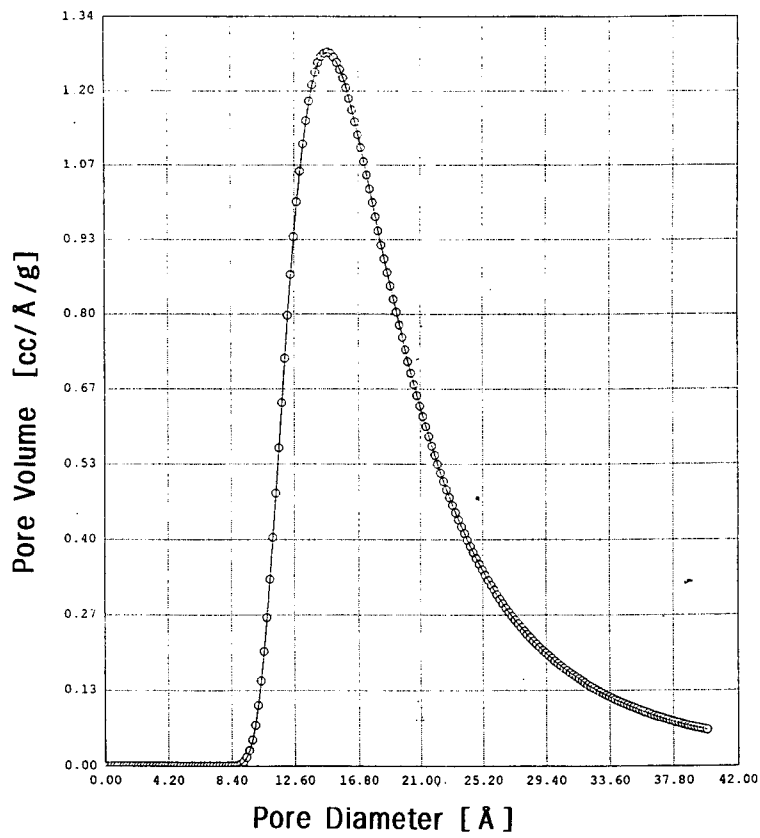


Fig. 2 Pore distribution of non-treated activated carbon.



Fig. 3 Photograph of antivacterial test for Ag-treated activated carbon against Escherichia coli (N: non-treated activated carbon, ①②③④⑤⑥⑦: Ag-treated activated carbon according to the  $\text{AgNO}_3$  concentration) .