

## 우리나라 전통 숯의 물리·화학적 특성

김준태\*·김선화\*·김해진\*\*

+ 조선대학교 화학과, \* 동신대학교 환경공학과, \*\* 동신대학교 한약재산업학과

## Characteristics of Physical and Adsorption of Korean Traditional Charcoal

Joon-Tae Kim · Sun-Hwa Kim\* · Hae-Jin Kim

*Dept. of Chemistry, Chosun University*

*\* Dept. of Environmental Engineering, Dongshin University*

*\*\* Dept. of Oriental Medicine Materials, Dongshin University*

### Abstract

The water purification was very important in Korea which has not sufficient water resource and while adsorption method among the various methods to eliminate the water pollutants has been widely used by activated carbon. This study was conducted the basic experiment for hall distribution, pH, conductivity, electronic microscope, cation exchange and inorganic materials the adsorption capacity of Korean traditional charcoal which has similar characteristics to activated carbon of organic pollutants. As a result of observing Korean traditional charcoal with electronic microscope, it was found that it has porous structure, oak charcoal has circular structure, pine charcoal has square structure and bamboo charcoal has hexagonal structure, which has high void fraction per unit area because of its thin cell wall structure. As a result of experimenting hall distribution, hall distribution of bamboo high temperature charcoal is high as 0.269cc/g and has the greatest inorganic contents and cation exchange capacity(CEC) which are the important factor of chemical adsorption.

**Key words** : Korean charcoal, Conductivity, SEM, Hall Distribution, CEC

---

\*Corresponding author E-mail : [kjt7614@hanmail.net](mailto:kjt7614@hanmail.net)

## I. 서론

유엔환경계획(UNEP)의 발표에 의하면, 세계 인구의 1/3명에 이르는 사람들이 물 부족으로 고통을 겪고 있으며 25년 후에는 세계 인구의 2/3까지 증가할 전망이며, 우리나라의 경우 2025년에 약 100억 톤의 물이 부족할 것으로 예상되고 있다<sup>1)</sup>.

산업화와 도시화에 따른 용수사용량의 증가와 대량으로 배출되는 산업폐수 및 생활하수 등은 물 부족 현상을 가속시키고 있으며, 특히, 질소, 인의 유입증대에 의한 적조 및 녹조발생은 해양의 유용 수산물 생산에 큰 영향을 미치고 그 중에서도 고차생물 생산 및 어패류의 생산 감소로 이어진다<sup>2),3)</sup>. 수질 오염물질의 제거 방법은 오염원으로부터 오염물질이 강이나 하천으로 유입되기 이전에 그것을 분해 또는 제거할 수 있는 일련의 시설을 갖추는 것<sup>4)</sup>으로서, 현재 가장 널리 알려진 방법은 침전법<sup>5)</sup>, 흡착법<sup>6)</sup>, 이온교환 수지법<sup>7)</sup>, 활성탄에 의한 흡착법<sup>8)-10)</sup> 등이 대표적이다. 그 중에서도 활성탄에 의한 흡착법은 1930년대부터 상수처리에 사용되면서 현재도 가장 널리 쓰이는 방법으로 알려져 있다<sup>1)</sup>.

그러나 원료의 대부분을 수입에 의존하는 활성탄으로 대량의 생활폐수와 산업폐수를 처리할 수 없을 뿐만 아니라 그 처리 가격이 다소 비싸기 때문에 좀 더 경제적이고 다량의 폐수를 처리할 수 있는 제거방법의 연구는 큰 의미를 갖는다고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 예로부터 살균력과 탈취효과를 인정받은 우리나라 전통 숲을 흡착제로 사용하고자 대나무, 참나무, 소나무 숲의 기공분포도, pH, 전기전도도, 양이온교환능력(CEC), 전자현미경 분석, 무기성분분석 등을 통하여 우리나라 전통 숲의 물리·화학적

특성을 살펴보았으며, 현재 흡착제로 주로 사용하고 있는 수입 활성탄을 비교 연구하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 재료

실험에 사용한 흡착제는 흔히 사용하는 수질 정화용 활성탄과 현재 국내에서 생산되는 참나무와 소나무 숲, 그리고 전남 담양에서 생산되는 대나무를 저온탄(400~600℃)과 고온탄(1,000℃)으로 제조하여 사용하였으며, 모든 시료의 입자 크기를 5.6~4.75 mm(A), 4.75~4.00 mm(B), 4.00~3.35 mm(C), 3.35~2.00 mm(D)로 분류하여 사용하였다.

### 2. 실험장치 및 방법

본 실험을 위한 흡착칼럼은 오염물질과 반응성이 거의 없는 스테인레스 스틸을 사용하여 직경 80mm, 높이 300mm의 원통형으로 제작하였으며, 각각의 칼럼에 흡착제를 1.5L씩 충전 하여 사용하였다. 폐수는 1개의 펌프를 가동시켜 각각의 흡착칼럼 상부로 유입시켰으며, 유입유량을 0.33L/min(연속흐름식)으로 균등하게 조절하였다. 칼럼 상부로 유입한 5분 및 15분 경과 후 흡착칼럼의 하단으로 배출되는 처리수를 채취하여 분석하였다. 또한, pH(istek125PD), 전기전도도(TOACM-20S), SEM (JEOL 840), 기공분포도(Quantachrome Autosorb Automated Gas Adsorption System)를 분석하였으며, CEC, 무기성분(ICP-AES, Perkin-Elmer) 등은 토양공정시험법에 따라 분석하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 기공분포도

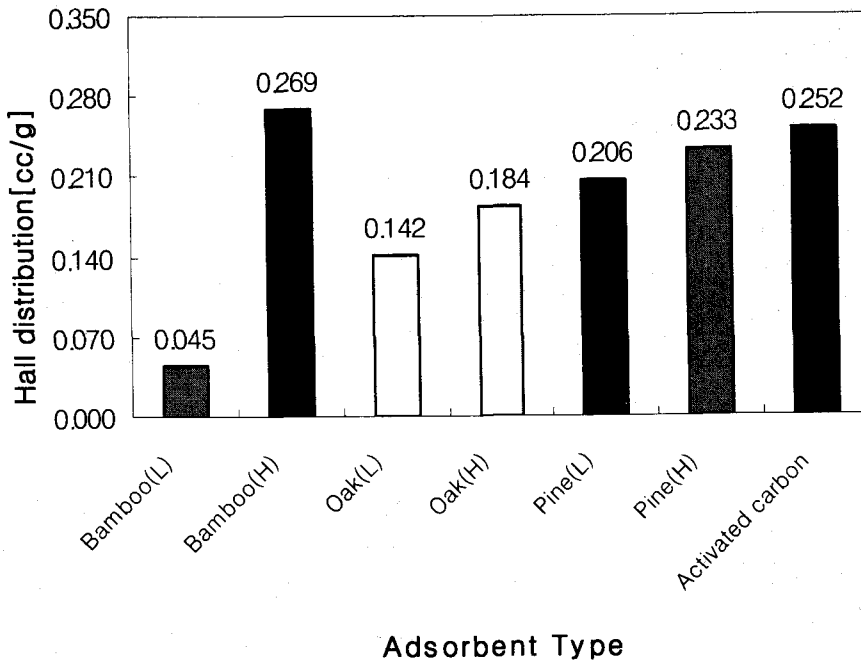


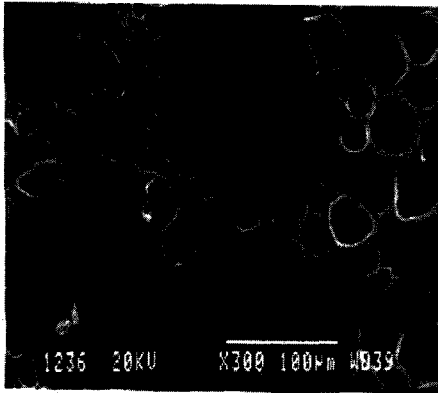
Fig. 1. Hall distribution of adsorbents

흡착제의 기공분포도는 대나무 고온탄이 0.269 cc/g으로 가장 높게 나타났으며, 활성탄의 경우에도 0.252 cc/g으로 비교적 높게 나타났다. 이에 따라 흡착제 1g당 기공이 가장 많이 분포한 대나무 고온탄의 오염물질 흡착능력이 뛰어날 것으로 예상된다. 한편, 대나무 저온탄의 기공 분포도가 낮은 것은 대나무의 재질 특성상 400℃ 이

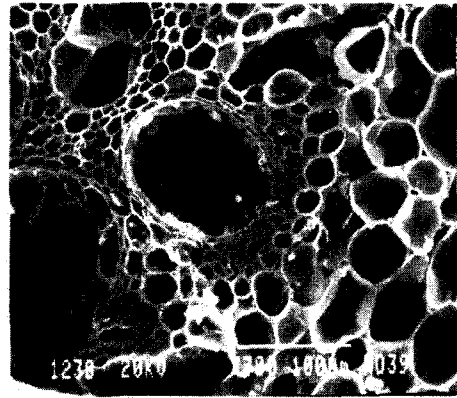
상에서도 대나무 속에 존재하고 있는 휘발성 유기물질들이 잔존해 있는 것으로 판단된다.

따라서, 기공분포도가 고온탄일수록, 대나무 고온탄, 활성탄 순으로 높으므로 오염물질의 흡착력은 고온탄일수록 크고, 대나무 고온탄, 활성탄 순으로 높을 것으로 판단된다(Fig. 1).

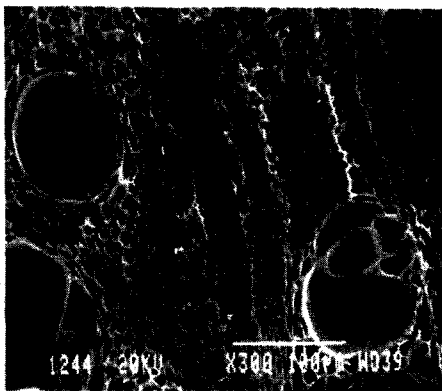
## 2. 전자 현미경



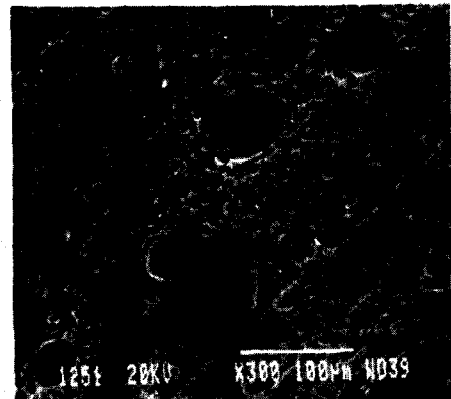
a) Bamboo(Low)



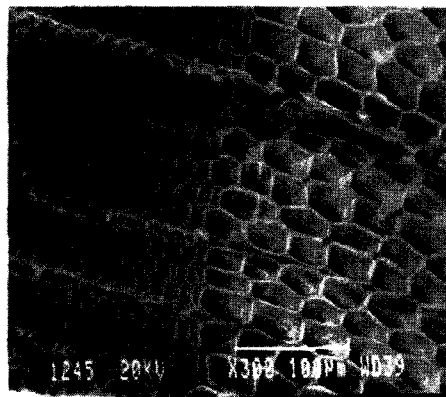
b) Bamboo(High)



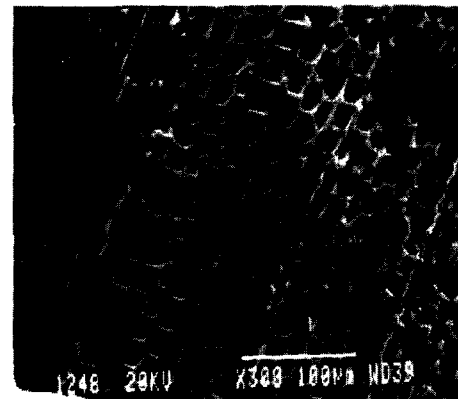
c) Oak(Low)



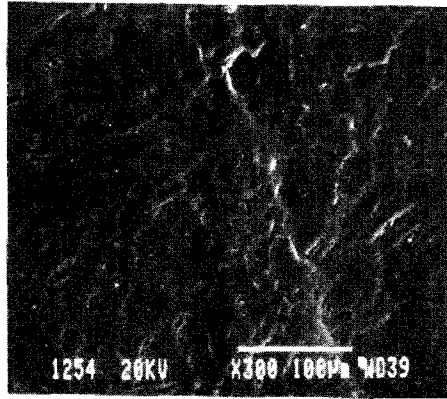
d) Oak(High)



e) Pine(Low)



f) Pine(High)



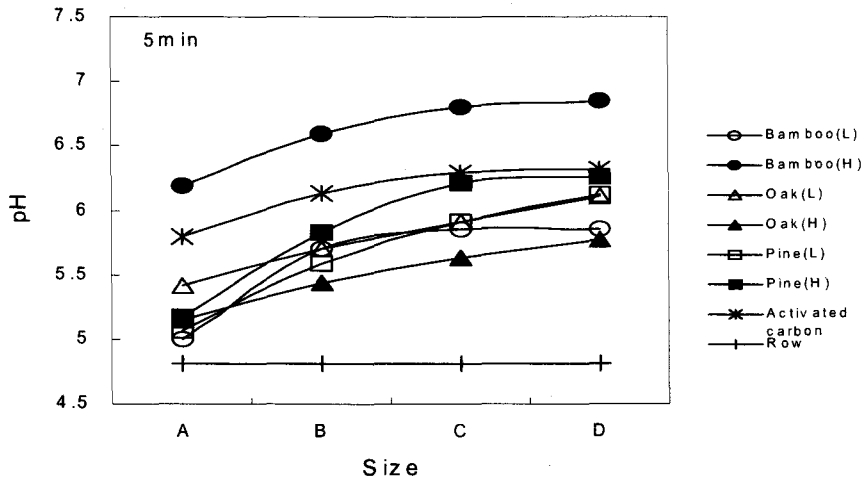
g) Activated carbon

Fig. 2. Surface photograph for adsorbents using this study (a~g)

흡착제 중 참나무 숯은 원형구조, 소나무 숯은 사각구조, 대나무 숯은 육각구조를 각각 나타내었다. 특히 대나무 숯은 참나무 숯이나 소나무 숯보다 세포벽 구조가 얇아 단위 면적당 공극률이 높을 것으로 판단되었으며, 탄화온도에 따라서는 저온탄의 공

극 내부에 휘발되지 못한 유기물질이 일부 관찰되었다. 이러한 결과로 보아 고온탄일 수록 숯 내부에 휘발성 유기물이 없으며, 공극이 커서 오염물질의 흡착능력이 뛰어날 것으로 판단된다(Fig. 2).

### 3. 수소이온농도(pH)



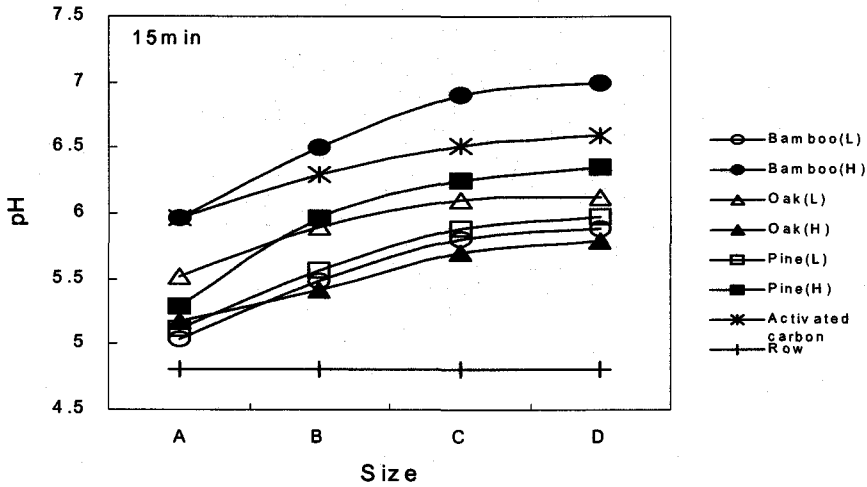


Fig. 3. Variation of pH after 5 & 15 minute adsorption

흡착제의 흡착 전 세척수 및 원수와 처리수의 pH를 측정하여 흡착 전·후의 pH를 비교한 결과 흡착 전 세척수의 pH는 9 이상으로 알칼리성을 나타내었고, 대나무 고온탄과 활성탄의 세척수 pH가 특히 높았으며, 흡착제의 입자가 작을수록 pH가 높았다. 이는 대나무 고온탄과 활성탄 내부에 부착되어 있던 다량의 염기성 물질의 용출에 의한 것으로 판단되며, 입자가 작을수록 용액과 접촉하는 표면이 증가하여 염기성 물질의 용출이 증가된 것으로 판단된다. 합성폐수의 pH는 4.8로서 산성을 나타내었는데, 흡착처리

후 처리수의 pH가 7에 가까운 것으로 보아 본 실험에 사용한 숯과 활성탄은 폐수 중화 능력과 화학적 흡착 능력이 있는 것으로 생각된다.

또한 5분과 15분 후의 pH 변화가 적은 것은 숯 중의 염기성 물질이 초기에 용출되는 것으로 판단되며, 고온탄일수록 pH 상승이 큰 것은 탄화 온도가 증가됨에 따라 비점이 높고 분자량이 큰 유기 물질이 완전히 산화하여 무기분자 상태로 숯의 표면에 부착되어 있는 것으로 생각된다(Fig. 3).

#### 4. 전기전도도

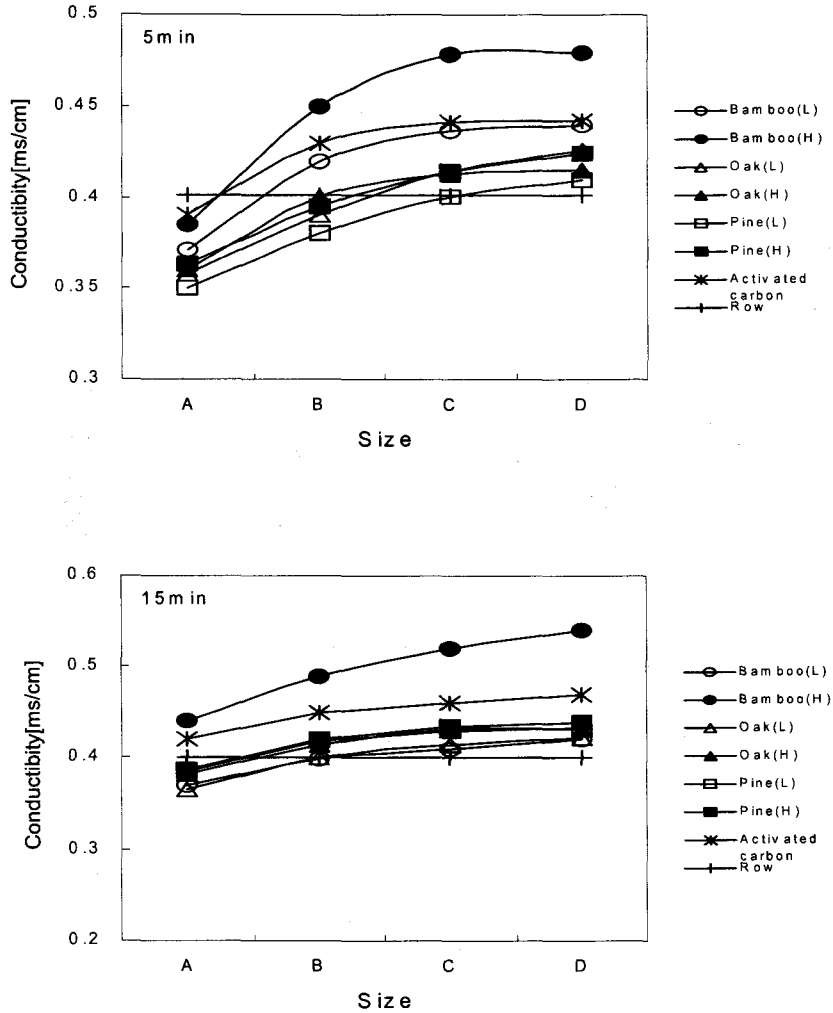


Fig. 4. Variations of conductivity after 5 & 15 minute adsorption

흡착 전후의 전기전도도를 비교한 결과 전기전도도는 흡착제의 입자 크기가 작아짐에 따라, 흡착 시간이 길어짐에 따라 높게 나타났다. 전기전도도는 전류가 흐르기 쉬운 값을 나타내는 것으로서 도체가 가진 전기저항의 역수를 말하고, 온도가 일정하면 물의 전기전도도 측정에 의해서 해리되어 있는 이온의 양을 알 수 있으므로<sup>11),12)</sup> 흡착반응의 정도를 추측할 수 있는 좋은 지표가 된다. 전기전도도 값이 클수록 수

용액 속에 해리된 양이온이 많이 포함되어 있으므로 유기성 오염물질 및 중금속 이온의 높은 흡착율을 기대할 수 있다. 전기전도도가 증가한 이유는 숲의 표면에 부착되어 있던 물질이 용출되어 양이온 성분이 되는 것으로 생각되며, 고온탄이 저온탄보다 많이 증가하는 것으로 보아 고온탄에서 용출이 용이하며, 특히 대나무 고온탄 속에는 양이온 성분이 될 수 있는 물질이 많이 함유되어 있는 것으로 판단된다 (Fig. 4).

## 5. 양이온교환능력(CEC) 및 무기성분 분석

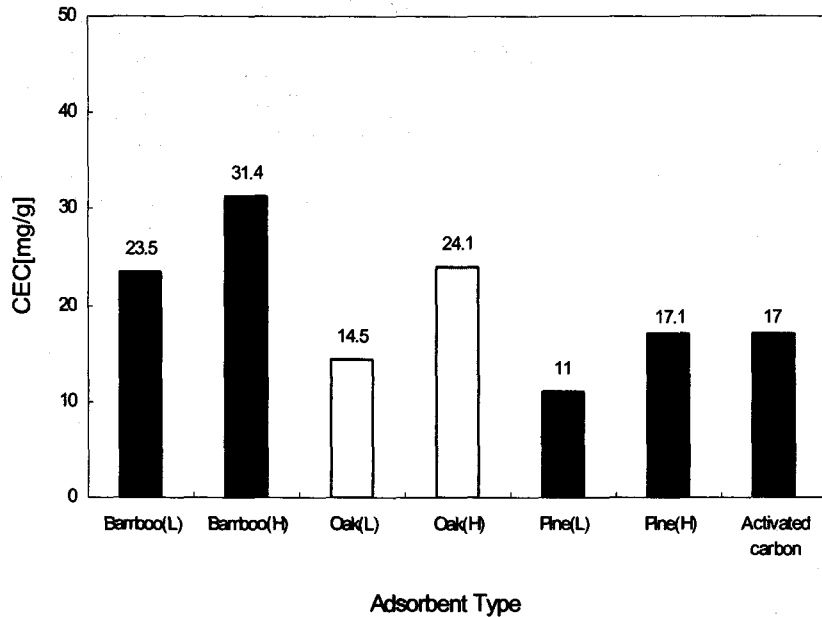


Fig. 5. Cation exchange capacity of adsorptions

흡착제에 함유되어 있는 양이온과 수용액 중에 존재하는 양이온과의 교환을 의미하는 CEC는 고온탄일수록 높게 나타났으며, 흡착제의 종류로는 대나무, 참나무, 소나무, 활성탄 순으로 나타났다. 이는 대나무 숲 속에 존재하는 무기성분의 양과 관계가 있다고 판단되며, 대나무 고온탄의 CEC가 가장 뛰어나므로 대나무 고온탄의 흡착량이 가장 클 것으로 예상된다(Fig. 5).

또한, 박상범<sup>13)</sup> 등에 의하면 대나무 숲에는 규산이 많이 함유되어 있는데 규산의 주성분인 실리카가 공업용 흡착제로 널리 이용되는 물질이므로 일반 숲에 비해 대나무 숲의 탈취력이 높을 것으로 추측하였으며, 본 실험에서도 이와 비슷한 결과를 얻

었다. 또한, 대나무 숲 속에는 무기성분(이온성분)이 다른 흡착제에 비해 많이 함유되어 있어 지속적인 이온교환이 일어나므로, 화학적 흡착능력이 뛰어난 것을 알 수 있었다. 최근에는 이러한 숲의 특성을 고려하여 토양개량제로서의 이용이 활발한데 대나무 숲에는 토양 활성에 유익한 미량 금속이 다른 숲에 비해 많이 함유되어 있어 토양개량제로서의 이용 가치가 매우 높을 것으로 생각된다. 한편, 수돗물 속에 숲을 넣고 끓이면 맛있는 물이 만들어진다는, 목욕물에 넣어 두면 피부가 부드러워진다고 하여 일본에서는 가정용 수질정화제로 숲이 판매되고 있음을 감안할 때<sup>14)</sup>, 목욕용 수질정화제로서의 개발이 기대된다.



#### IV. 결론

우리나라 전통 숯을 흡착제로 활용하고자 물리적 흡착과 화학적 흡착능의 정도를 예상해 볼 수 있는 기초실험을 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 탄화온도가 높을수록 기공분포도가 넓게 나타났고, 대나무 고온탄의 기공분포도가 0.269 cc/g으로 가장 높게 나타났으며, 활성탄은 0.252 cc/g으로 나타났다.
2. 전자 현미경 분석결과 참나무 숯은 원형구조, 소나무 숯은 사각구조, 대나무 숯은 육각구조를 나타내었으며, 대나무 숯의 세포벽 구조가 얇아 단위 면적당 기공률이 높을 것으로 판단되었다.
3. 숯 세척수의 pH는 대나무 고온탄 9.74, 활성탄은 10.5로 음이온성 물질을 포함하고 있는 것으로 나타나 흡착 과정에서 용출된 음이온 및 무기 금속, 수중에 존재하는 H<sup>+</sup> 이온의 흡착에 의해 처리수의 pH가 증가되었다고 판단되며, 흡착 5분 후의 전기전도도는 대나무 고온탄 0.479 ms/cm, 활성탄 0.442 ms/cm, 흡착 15분 후의 대나무 고온탄 0.54 ms/cm, 활성탄 0.469 ms/cm로서, 흡착과정에서 이온이 용출된다는 것을 알 수 있었다.
4. 양이온 교환능력은 대나무 고온탄 31.4 mg/g, 활성탄 17.0 mg/g으로 활성탄의 표면에 보다 안정한 양이온이 흡착되어 있음을 알 수 있었고, 탄화온도가 높을수록 무기성분이 다량 함유되어 있으

며, 대나무 숯이 다른 흡착제에 비해 무기성분 함유량이 높아 지속적인 이온교환이 일어나므로 화학적 흡착능력이 뛰어난 것을 알 수 있었다.

#### 참고문헌

1. Global Environmental Outlook 3, UNEP (2003)
2. 박태주, "고농도 질소함유 폐수처리를 위한 고정생물막 공정개발 최종 보고서" 재단법인 산학협동재단(1998)
3. 이성기, "혐기-무산소-호기법에 의한 하수의 영양염류 제거에 관한 실험적 고찰", 서울대학교 박사논문(1990. 8)
4. 조현덕, "왕겨와 감잎을 이용한 중금속 이온 흡착", 충북대학교 석사논문(1998. 2)
5. K. K. S. Pillay, et al, Anal. Chem., Vol. 43, pp. 1419(1971)
6. R. A. Lockwood and K. Y. Chen, Environ. Sci. Technol., Vol. 7, pp. 1058(1973)
7. J. M. Rottshchaqer, J. D. Jone H. B. Mark, Environ. Sci. Technol., Vol. 5, pp. 336(1971)
8. S. E. Lee, H. S. Shin and B. C. Paik, "Treatment of Cr(VI) Containing Wastewater Addition of powered of Activate Carbon", 23 (1), pp. 67~72(1989)
9. B. A. Beaudet, L. J. Bilello, E. M. Keller, J. M. Allan and R. J. Turner, Proceeding of the 35th Industrial Waste Conference in Purdue University, Ann. Abor. Sci., pp. 381~391(1980)
10. K. Alben, E. Shpirt, Environ. Sci. Tech., Vol. 17, No. 4, pp. 987(1983)

11. 신성의, "환경과학·공학대사전", 동화기술(1994)
12. 환경용어연구회, "환경공학용어사전", 성안당(1997)
13. 박상범, 권수덕, 여운홍, "대나무 숲의 생활환경개선에의 이용", 목질 탄화물(숯과 목초액)의 농업 및 환경적 이용에 관한 국제 심포지엄, pp. 177~203(1998)
14. Yatagai M., R. Ito., T. Ohira and K. Oba, "Effect of Charcoal on Purification of Wastewater", Mokuzai Gakkaishi, Vol. 41, No. 4, pp. 425~432(1995)