

## 수처리용 활성탄 제조에 관한 연구

장성호<sup>†</sup> · 최동훈  
밀양대학교 환경공학과

### A Study on the Manufacture of Activated Carbon for Water Treatment

Seong Ho Jang<sup>†</sup> · Dong Hoon Choi

Dept. of Environmental Engineering, Milyang National University  
(Received May 23, 2003; Accepted August 4, 2003)

#### ABSTRACT

The purpose of this study was to disclose the manufacturing process of activated carbon using coal. It investigated the influences on the physical properties that were manufactured activated carbon by using anthracite coal, bituminous coal under carbonized and activated condition. The adsorption capacities of organic material were superior when the ash content was lower 5~10%, and the iodine value was about 1,000 mg/g, the adsorption capacity decreased rapidly when ash content was over 15%. The manufactured activated carbon were found characteristics such as the iodine value was over 1,031 mg/g, the specific surface area was over 1,032 m<sup>2</sup>/g and the hardness was over 95% under manufacturing conditions which were carbonized temperature of 600°C(180 minute), activated temperature of 950°C(210 minute) and steam weight of 6 ml/min·100 g coal.

**Keywords:** Activated Carbon, Water Treatment

#### I. 서 론

활성탄(activated carbon)은 유기성 탄소질을 함유한 물질을 원료로 제조되며 미세세공이 잘 발달된 그물구조를 갖는 고정탄소로서 유기물이나 금속원소 등을 흡착할 수 있는 우수한 흡착능력을 지니고 있어, 환경공학분야에서 오염된 공기의 정화, 화학공정에서 용매회수,<sup>1)</sup> 배연탈황, 질소화합물의 탈질, 상하수 및 분뇨의 고도처리 및 산업폐수처리 등에 널리 이용되고 있다.<sup>1)</sup>

활성탄은 물리적 조건에 따라 분말활성탄과 입상활성탄으로 대별할 수 있으며,<sup>2,3)</sup> 사용용도에 따라서는 기상용과 액상용으로 구분할 수 있다. 일반적으로 기상용 활성탄은 미세세공이 잘 발달되어 있으며, 셀룰로오스 성분으로 이루어진 식물성분 즉, 야자각, 참나무 등이 주원료 사용된다. 반면에 액상용 활성탄<sup>4)</sup>은 일반적으로 석탄을 원료로 하여 제조되는데 기상용에 비해 중간 및 거대세공이 더욱 잘 발달되어 휘발성유기물질 및

암모니아성 질소, 음이온계면활성제를 제어하는데 사용되고 있다.

그러나 국내의 활성탄 이용은 야자각 등을 이용한 기상용 활성탄 위주이며 석탄을 원료로 제조되는 액상용 활성탄도 거의 수입에 의존하고 있으나, 활용면에서도 정·폐수처리 등 액상용 활성탄이 사용되어야 하는 곳에 정·폐수처리 능력이 부족한 목질계 기상용 활성탄이 사용되고 있는 실정이다. 또한 국내에서는 적정원료 확보의 어려움과 용도별 활성탄 제조기술의 미확보 등의 이유로 석탄을 원료로 하는 활성탄 개발에 대한 연구가 부족한 실정이다.

활성탄은 원료의 탄화 및 활성화 공정을 통하여 제조되며, 탄화는 유기물을 약 600~800°C로 가열하여 원료 중의 산소가 물 또는 이산화탄소 등의 형태로 방출되고 휘발분이 제거되어 고정탄소가 남는 과정이며, 활성화공정은 800~1,000°C의 온도범위에서 일어나는 탄소의 산화반응을 말하며, 탄화물의 표면과 내부를 침식시켜 세공을 발달시키는 과정이다. 활성화공정은 가스활성화법과 약품활성화법으로 구분되며, 수증기, 이산화탄소 및 공기 등의 산화성기체에 의한 고온가스화반응

<sup>†</sup>Corresponding author : Miryang National University  
Tel: 82-55-350-5435, Fax: 82-55-350-5430  
E-mail : jangsh@mnu.ac.kr

에 의한 가스활성화법이 대부분 이용된다.

한편, 석탄은 탄화정도에 따라 탄화가 가장 많이 진행된 무연탄을 비롯하여 역청탄, 갈탄 및 토탄 등의 네 가지 종류로 구분할 수 있다. 국내의 석탄 수급은 유연탄의 경우 거의 수입에 의존하고 있으며, 무연탄은 경제수준의 향상과 국제 유가저하 등으로 인하여 1998년 이후 약 1,000만톤의 저탄량을 유지해오고 있는 실정으로서 무연탄의 비연료 분야의 활용이 시급한 문제이다.

석탄입자는 미세세공(micropore)의 특성을 가지고 있기 때문에 활성탄 등의 흡착제 분야에 적용 가능하며, 이는 석탄계 액상용 활성탄이 대부분 수입에 의존하고 있는 실정을 감안할 때 석탄을 이용한 활성탄 제조에 관한 연구는 석탄의 부가가치를 높인다는 측면에서 큰 의미를 갖는다 할 수 있다.

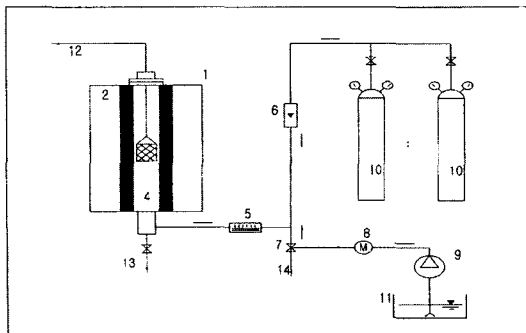
따라서 본 연구에서는 무연탄과 유연탄을 원료로 이용하여 제조한 활성탄의 탄화온도와 활성화조건 등을 실험을 통해 물리적인 특성을 파악하는 것을 목적으로 하였다.

## II. 연구방법

### 1. 활성탄 제조 실험

#### (1) 실험장치

활성탄의 제조 실험에서는 탄화와 활성화를 하나의 반응기로 할 수 있도록 제작된 장치로서 실험을 수행하며 Fig. 1은 실험장치의 개략도를 나타내었다. 반응기의 재질은 SUS400을 사용하였고 정확한 온도제어를 위하여 세라믹으로 절연된 칸달 전열선을 사용하여 비례식 미분 제어기로 온도를 제어하였다. 반응기의 중



- |                             |                    |                     |
|-----------------------------|--------------------|---------------------|
| 1. Furnance                 | 2. Adiabatic block | 3. Sample Basket    |
| 4. Reactor                  | 5. Super Heater    | 6. Flow meter       |
| 7. 3Way-valve               | 8. Steam generator | 9. Peristaltic pump |
| 10. N <sub>2</sub> Cylinder | 11. Water tank     | 12,13,14. Vent.     |

Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus.

양에 K-Type 열전대를 사용하여 온도를 측정하였고 탄화과정 중 반응기내 환원분위기를 유지하기 위하여 50 cc/min 정도의 질소를 계속 주입하면서 탄화실험을 수행하였고 활성화 실험을 수행하기 위해서 온도가 활성화 실험에 필요한 온도에 도달할 때까지 질소를 주입하여 환원 분위기를 유지해 주었으며 실험온도에 도달하면 가열기를 통해 수증기를 주입하였는데, 이때 가열기의 온도는 300°C로 유지하였다. 공급되는 수증기량은 공급펌프(Fine meter pump)의 속도를 조절하여 제어 및 측정하였다. 질소와 수증기는 반응기의 하부에서 주입되어 상부로 방출되었으며, 탄화과정에서 발생된 타르와 활성화시 사용되고 나온 수증기는 상부를 통하여 배출하였다.

공정은 충전층 형식을 사용하였고, 질소와 steam을 반응기 하부에서 주입하여 입자 주위의 흐름 분포가 일정하게 하였으며 입상의 석탄입자가 충분히 반응할 수 있도록 하였다.

탄화과정에 앞서 반응기 내부에 머물고 있는 산소를 제거하기 위해 500 cc/min 정도로 약 10분 동안 질소를 주입한 후 50 cc/min으로 주입하면서 탄화를 실시한다. 반응기 내부로 유입되는 질소나 steam을 예열하기 위해서 공급파이프에 가열기(heater)를 부착하였다.

본 실험에서 탄화를 수행할 경우 반응기의 온도를 5°C/min의 속도로 원하는 탄화온도까지 온도를 증가시켰다. 탄화 실험시 탄화온도는 500°C에서 700°C 범위에서 그 영향을 조사하였고, 탄화공정이 끝나후 생성된 char를 반응기의 온도가 상온근처로 유지된 후 반응기에서 제거하여 특성을 측정한 후 재투입하여 활성화실험을 수행 하지만, 대부분의 실험은 탄화 실험 후 바로 활성화온도로 올려 활성화실험을 실시하였다. 활성화온도로 올라갈 때까지는 질소 가스를 주입하여 환원 분위기를 유지하였으며, 활성화 온도에 도달함과 동시에 질소 주입을 막고 수증기를 주입하였다. 활성화 온도에 도달할 때까지 승온 속도는 5~10°C/min였고, 활성화 온도는 800~950°C에서 수행하였으며, 수증기 주입량은 char의 무게당 약 2~10cc water/min으로 조절하였다.

#### (2) 실험방법

##### 1) 비표면적(specific surface area)

비표면적<sup>6)</sup> 측정은 기기를 사용하여 CO<sub>2</sub> 또는 N<sub>2</sub> 등 피흡착 가스로 일정온도(N<sub>2</sub> : -196°C, CO<sub>2</sub> : 0°C)에서 가스의 압력을 1~760 mmHg의 범위로 변화시켜가며 흡착등온선을 측정하고 기체운동론과 흡착평형관계 및 고체 표면에 관한 몇 가지 가정으로부터 유도된 B.E.T 식으로 구한다. 제조된 활성탄의 성능은 단위 체적당

활성점의 수가 많아야 우수하다고 말할 수 있는데 바꾸어 말하면 비표면적이 커야한다. 비표면적을 측정하는 가장 일반적인 방법은 BET(Brunauer, Emmet and Teller)법<sup>7)</sup>으로서 단층(monolayer) 흡착이론인 Langmuir 이론을 다중(multilayer) 흡착 형태로 확장시킨 것이다. 즉 표면에 흡착된 첫 번째 층을 제외한 모든 층들의 흡착열은 흡착된 물질의 탈착열과 같다는 것이다. 제안된 식은 다음식과 같다.

$$\frac{P}{V(P_0 - P)} = \frac{1}{V_m C} + \frac{C - 1}{V_m C P_0} P$$

$V$  : 압력  $P$ 에서 흡착된 기체의 체적

$V_m$  : 흡착된 기체의 단층체적(Monolayer Volume)

$P_0$  : 일정온도에서 흡착가스의 포화압력

$P$  : 흡착가스의 압력

$C$  : 흡착가스의 흡착 및 탈착열에 관계하는 실험상수

윗 식에서 흡착가스의 분압  $P/P_0$ 를 변화시키면서 비표면적을 측정하고자하는 물질에 대하여 흡착된 기체의 체적을 변화시키면  $P/P_0$ 에 대한  $P/V(P_0 - P)$ 로 도식할 수 있다. 이 때의 절편은  $1/V_m C$ 이 된다. 흡착물질의 분압에 의하여 결정되는 변수들을 선형 회귀 분석하면 절편과 기울기를 구할 수 있고 두 값들을 합하면 흡착된 기체의 단층체적의 역수가 된다. 일반적으로 흡착가스는 질소를 사용하며 흡착 등온선은 액체 질소의 비점인  $-196^\circ\text{C}$ 에서 얻어진 것을 사용한다. 또한  $P/P_0$ 의 값이 크면 절편의 값이 부정확해지므로 대부분 1이하의 분압에서 비표면적을 측정하게 된다.

2) 세공용적 및 분포(pore volume & pore size distribution)

세공반경을 구하는 방법에는 2가지로 크게 나누어, 흡착등온선에 의한 방법과 mercury porosimetry에 의한 방법이 있는데 mercury porosimetry 방법은 수은압을 침투시켜 세공의 용적과 반경을 구하는 방법이다. 세공 분포는 활성탄의 제조방법이나 용도의 연구에 있어 중요한 것이며, 세공분포를 결정하는 방법에는 수은압입법과 모세관 응축이론을 기본으로 하여 Kelvin식을 이용하는 가스흡착법<sup>12)</sup> 등이 있으며, 수은압입법은 30~100,000Å의 세공분포 측정에 이용되고 있으나 Micro pore 영역의 측정에는 대단한 고압을 필요로 하므로 보통 100Å 이상의 비교적 큰 세공의 분포측정에 적용된다. 이것에 비해 가스흡착법은 300Å 이하의 것에 쓰이고 있는데, 본 실험에서는 세공분포의 측정에 이 두가지 측정방법을 사용하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 원료의 물성분석<sup>4)</sup>

국내 각 광업소에서 입수한 무연탄은 생산하고 있는 제품중 최상급품을 분류하여 입수하였고, 석탄 광업소별로 입수한 원료를 활성탄 시험방법에 따라 수분, 회분, 휘발분, 고정탄소분 등을 성분 분석했다. 분석결과 각 산지별로 성분은 각각 상이하게 분석되었으며, 수분은 4.0~6.94%, 회분은 10.86~31.08%, 휘발분은 2.25~11.76%으로 나타났다.

또한 이 원료들을 원소분석기를 이용해서 원소 분석한 결과 영월광업소의 무연탄은 탄소, 수소, 질소, 황, 산소가 각각 83.21%, 2.23%, 0.40%, 1.35%, 12.80%로 분석되었다. 활성탄의 골격구조(Skeleton)는 원료의 구조로부터 이어 받기 때문에 원료의 선택은 매우 중요하다. 많은 회분의 함량은 상대적으로 낮은 흡착력<sup>10)</sup>과 낮은 재생횟수의 원인이 되므로 가능하면 회분 함량이 적은 원료가 활성탄 원료로 적합하다. 따라서 무연탄의 성분분석 결과에 의하면 입수한 여러 광업소의 석탄중에서 회분이 상대적으로 낮은 영월탄이 입상 활성탄의 원료로 가장 적합한 것으로 나타났다.

중국 및 호주에서 입수한 유연탄은 활성탄 시험방법에 따라 회분, 수분, 휘발분, 고정탄소분 등을 성분분석한 결과 회분은 3~15.9%로 분석되었고, 휘발분은 19.3~4.7%로서 무연탄의 휘발분보다는 각각 17.05~22.94% 높게 나타났다. 또한 수분은 무연탄과 비슷한 4~6%로 분석되었으며, 고정탄소는 상대적으로 무연탄에 비하여 적게 분포되어 있는 것으로 조사되었다. Table 1에 무연탄 및 유연탄, 혼합탄의 성분분석치를 나타내었다.

유연탄의 성분분석 결과에 의하면 호주에서 입수한 유연탄보다는 중국 Shanxi 지방에서 입수한 유연탄의 회분이 4.0%로서 상대적으로 낮게 분석되어 입상 활성탄의 원료로 가장 적합한 것으로 나타났다.

유연탄과 무연탄을 1:1 무게비로 혼합한후의 물성분석결과는 혼합공정에서 첨가한 Coal tar pitch의 영향으

Table 1. Effect physical properties analysis of anthracite and bituminous and mixed coal(anthracite+bituminous)

| Row material            | Moisture (%) | Ash (%) | Volatile (%) | Carbon (%) |
|-------------------------|--------------|---------|--------------|------------|
| Anthracite              | 4.0          | 10.8    | 2.4          | 82.8       |
| Bituminous              | 4.5          | 4.0     | 36.5         | 55.0       |
| Anthracite + Bituminous | 4.0          | 6.5     | 23.2         | 66.3       |

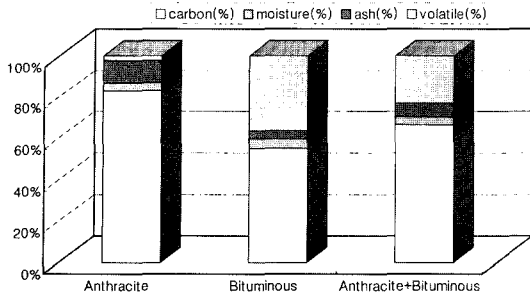


Fig. 2. Change of component ratio granulation.

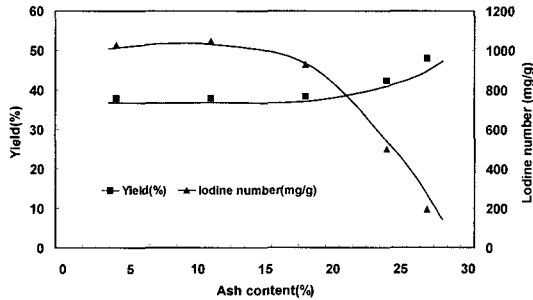


Fig. 3. Effect of Iodine number and yield by ash content.

로 수분 4%, 회분 6.5%, 휘발분 23.2%, 고정탄소분 66.3%로서 무연탄의 경우보다 휘발분은 약 9.6배 증가하였고, 회분은 약 40% 정도 감소하였다. 또한, 유연탄과 비교하여 보면 휘발분은 약 37% 정도 감소하였고 회분은 약간 증가함을 알 수 있다. 이러한 결과로서 혼합탄의 물성은 무연탄과 유연탄의 중간조성을 나타내었고, Fig. 2는 각 원료별 물성분석결과를 그림으로 나타내었다.

Fig. 3은 무연탄의 회분함량이 요오드흡착력과 수율에 미치는 영향을 나타낸 그림이다.

회분함량이 5~10%일 때 요오드흡착력은 1,000 mg/g 정도를 나타내었으며, 회분함량이 15% 이상부터는 요오드흡착력이 급속하게 떨어지기 시작하여 회분이 20% 이상일 때부터는 폐수처리용 활성탄의 기준에도 적합하지 않은 활성탄이 제조됨으로써 원료의 회분함량은 활성탄의 물성인 요오드흡착력에 상당한 영향을 미침으로 고기능의 활성탄을 제조할 경우에는 원료의 선택이 매우 중요한 것으로 사료된다.

또한, 수율은 원료의 회분함량이 20% 이상부터 40% 이상의 수율을 나타내었으며 수율과 요오드흡착력과의 관계는 서로 반비례하는 것을 알 수 있다.

시료의 열에 대한 특성과 혼합시 바인더로 첨가한 coal tar의 영향을 조사하기 위해서 Thermal Gravimetric

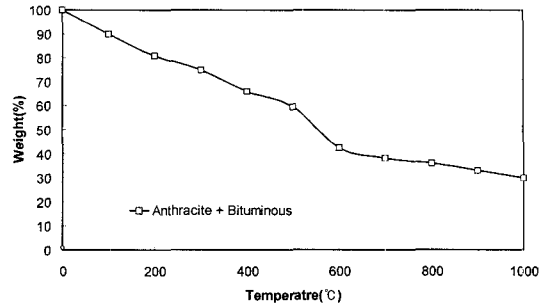


Fig. 4. Result of thermal gravimetric analyzer.

Analyzer를 이용하여 유연탄과 혼합탄의 온도에 따른 열 중량 분석을 SEIKO INSTRUMENT(SSC/5200)의 열 분석기(Thermal Gravimetric Analyzer)를 사용하여 승온속도 10°C/min, 측정온도범위는 상온~1,000°C, 초기시료 무게 약 20 mg의 조건에서 분석하였다. Fig. 4는 온도에 따른 혼합탄의 중량감소량을 나타낸 것이다. 불활성분위에서 석탄을 가열하면 수분과 가스가 유출되고 고체 잔류물이 즉 탄소분(Carbon skeleton)이 남게된다. 열 분석은 원료의 열적 안정성과 열역학적 변수를 측정하는데 이용되며 온도변화에 따른 시료의 중량변화를 관찰하여 탄화와 활성화 온도에 대한 정보를 얻을 수 있다. 혼합한 시료의 경우 혼합후 건조과정에서 수분이 제거되므로 100°C 부근의 중량감소는 거의 없었고, 180°C 부근에서 중량감소가 시작되었다. 이것은 Binder로 사용한 Coal tar의 휘발에 의한 것으로 사료되었다. Coal tar의 Boiling point는 약 150°C로 180~240°C 범위에서 대부분의 coal tar는 제거됨을 알 수 있었다. 혼합한 시료는 600~1,000°C까지에서 급격한 중량감소를 보였다. TGA 분석결과 온도 1,000°C에서 혼합탄은 70% 이상의 감량을 보였다. 혼합 후 시료는 열반응 속도가 빨라져서 열분해량이 많아짐을 확인할 수 있었다.

이 분석을 근거로 혼합탄(무연탄+유연탄)의 탄화온도를 500~600°C, 활성화온도 850~950°C 근처를 적정온도로 판단하여 활성탄 제조실험을 수행하였다. Table 2는 TGA 분석결과 석탄별 적정 탄화 및 활성화온도를 나타내었다.

Table 2. Carbonization temperature and activation temperature by coal

| Classification          | Carbonization Temp. (°C) | Activation Temp. (°C) |
|-------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Anthracite + Bituminous | 500~600 near             | 850~950 near          |

**2. 바인더 종류와 함량에 의한 성능분석**

일반적으로 정수 및 하폐수에 적용되고 있는 혼합 활성탄의 경우에서 Coal tar pitch가 일반적으로 사용되는데 이는 다른 당밀이나 전분을 사용하는 것보다 높은 탄소함량을 가지므로 탄화과정과 활성화과정을 거치는 동안에 다른 바인더보다 중량의 감소가 적고 제조된 활성탄이 상대적으로 낮은 회분함량을 가진다.

바인더 함량변화에 의한 영향을 고찰하기 위하여 유연탄과 무연탄을 1:1로 섞고 전체적인 중량에 대하여 바인더 비율을 10~35%까지 변화시키며 특성을 고찰하였다. 혼합조건에서 콜타르피치 함량이 20% 이하에서는 미 분쇄된 석탄입자들이 연탄(Briquette) 형태로 혼합이 잘 되지 않았고, 25% 이상에서는 성형은 되었으나, 바인더가 과량으로 함유됨으로 인하여 탄화시 시료들이 상호 점착되는 현상이 있어 충분한 세공 활성화가 일어나지 못하였고, 또한 많은 양의 타르가 발생하여 대기오염을 일으킬 수 있는 문제점이 발생하였다. 이러한 문제점들로 인하여 제조된 활성탄의 물리적 특성 즉 비표면적 및 요오드흡착력 등 세공특성이 현저하게 떨어지는 현상이 나타났으며, 바인더 함량이 23% 부근에서 제조한 활성탄이 가장 좋은 특성을 나타내었다.

Fig. 5는 탄화온도에 따른 혼합활성탄의 경도가

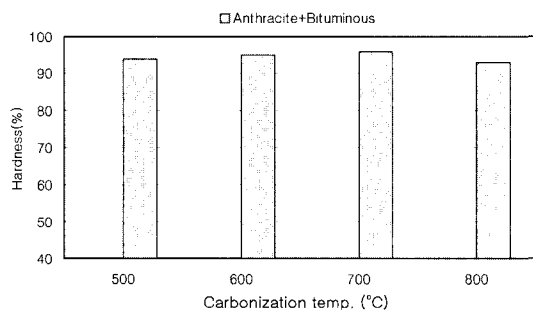


Fig. 5. Change of hardness by carbonization temperature and binder content(23%).

93~96%로 나타나 수처리제의 활성탄 물리적 성질 기준에 적합한 것으로 고찰되었다.

이는 온도가 상승할수록 수분 및 휘발분이 감소하고, 기본골격을 이루는 고정탄소 골격을 이루는 cross-link가 붕괴되어 경도가 감소하는 것으로 사료되었다.

**3. 탄화조건에 의한 세공구조 변화**

탄화온도의 변화에 따라 제조된 활성탄의 세공구조 변화를 고찰하기 위하여 혼합탄(무연탄+유연탄)을 원료로 사용하여 각각의 원료 특성에 맞는 탄화온도에서 탄화한 후 수증기활성화법으로 활성탄을 제조하여 탄화온도의 변화에 따른 수율변화, 평균직경, 비표면적, 세공부피 등의 특성변화를 고찰하였다.<sup>11)</sup>

(1) 탄화온도가 물리적 성질에 미치는 영향

활성탄의 미세세공 및 중간세공, 거대세공 등의 공극구조는 흡착특성에 큰 영향을 미치므로 적절한 탄화온도의 설정은 매우 중요하다. 열중량분석기를 이용한 중량분석 결과 600°C 부근의 온도에서 혼합탄(무연탄 + 유연탄)의 활성탄을 제조한 결과 500~800°C까지의 탄화온도 범위안에서 탄화시간을 180분, 활성화온도 950°C에서 활성화시간 210분의 조건에서는 800°C에서 제조된 활성탄의 물리적 특성이 가장 우수하였으나, 온도를 상승시키에 따라 수율이 조금씩 감소함으로써 활성화온도 및 활성화시간에 영향을 덜 받는 600°C가 활성탄 제조의 최적 탄화조건인 것으로 판단된다. Table 3은 탄화온도에 따른 활성탄의 물리적 특성을 나타내었다.

(2) 탄화 온도와 수율과의 관계

Anthracite + Bituminous char의 탄화온도에 따른 수율과 세공부피, 비표면적 및 입경간의 관계를 Fig. 6~8에 나타내었다. 여기에 나타난 수율은 건조된 활성탄의 중량을 환산하여 표기하였다. 아래와 같이 혼합탄은 탄화온도에 따라 수율이 조금씩 낮아져 온도 의존성을 가지고 있었다. 수율은 33.2~40.8%를 얻을 수 있었다.

Table 3. Characteristics of activation carbons produced from anthracite coal and bituminous coal, mixed coal at different carbonization temperature

| Sample                  | Carbonization Temp.(°C) | Carbonization Time.(min) | Yield (%) | Specific surface area(m <sup>2</sup> /g) | Total pore volume(cm <sup>3</sup> /g) | Average diameter(Å) |       |
|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------|--|---------------------------------------|---------------------|-------|
| Anthracite + Bituminous | AB1                     | 500                      | 180       | 40.8                                     | 1,069                                 | 0.568               | 24.26 |
|                         | AB2                     | 600                      | 180       | 38.2                                     | 1,084                                 | 0.572               | 25.10 |
|                         | AB3                     | 700                      | 180       | 36.5                                     | 1,088                                 | 0.574               | 25.12 |
|                         | AB4                     | 800                      | 180       | 33.2                                     | 1,094                                 | 0.589               | 25.44 |

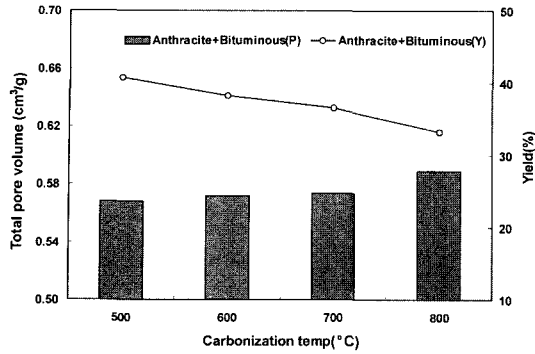


Fig. 6. Change of yield and total pore volume by carbonization temperature.

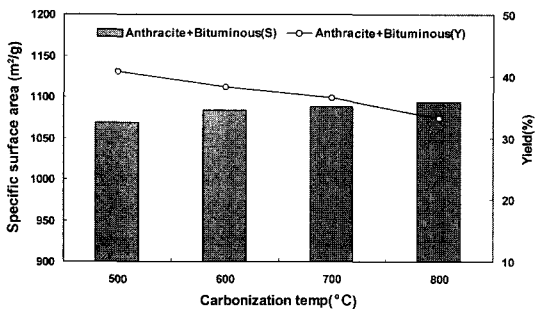


Fig. 7. Change of yield and specific surface area by carbonization temperature.

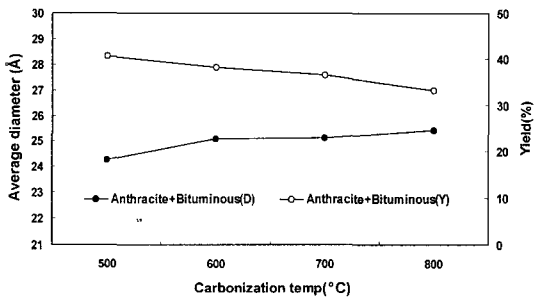


Fig. 8. Change of yield and average diameter by carbonization temperature.

4. 활성화 조건에 따른 변화

(1) 활성화 온도의 영향

혼합탄을 600°C에서 180분 탄화시킨후 최적의 활성화 온도를 고찰하기 위해 800°C에서 1,000°C까지 온도를 변화시키며 200분, 210분간 활성화 반응을 시켰으며, 이때의 수율과 요오드흡착력과의 관계를 Fig. 9에 나타내었다. 수율은 탄화전 건조시킨 각 원료의 무

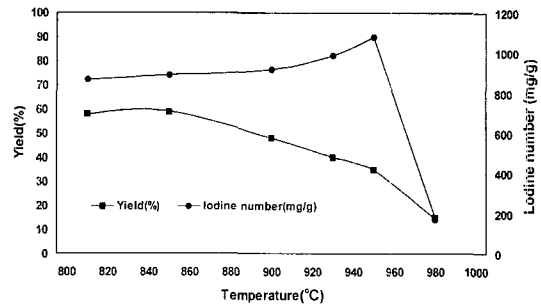


Fig. 9. Effects of activation temperature on iodine adsorption and yield : Anthracite + Bituminous.

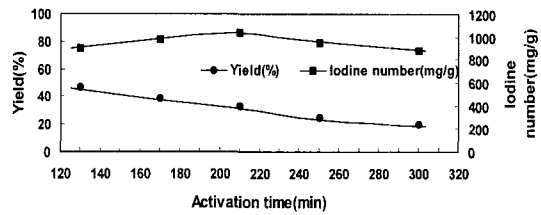


Fig. 10. Effects of activation time on iodine number and yield : Anthracite + Bituminous.

게에 대한 제조된 활성탄의 무게비를 백분율로 나타낸 것이다.

(2) 활성화 시간의 영향

Fig. 10은 유연탄과 무연탄을 콜타르 피치로 혼합하여 제조한 활성탄의 활성화시간이 요오드흡착력 및 수율에 미치는 영향을 고찰한 그림이다. 활성화시간을 210분으로 조절하였을 경우 요오드흡착력이 1,032 mg/g으로서 최대를 나타내었으며, 210분 이후 부터는 감소하기 시작하였다. 활성화시간 210분에서의 수율은 약 38%로 나타났는데 이는 유연탄과 무연탄을 혼합하기 위하여 섞은 콜타르피치의 영향인 것으로 판단되었다.

(3) 활성화제 공급량의 영향

활성화제로 사용된 수증기(steam) 공급량이 활성탄에 미치는 영향을 알아보기 위하여 탄화된 혼합탄을 950°C에서 210분 동안 활성화시킬 때 수증기 공급량을 2~10 ml/hr · g coal로 변화시키면서 얻은 요오드흡착력 및 수율을 고찰하였다.

Fig. 11은 수증기 공급량에 따른 요오드흡착력 및 수율 변화를 나타내었는데 그림에서 보는 바와 같이 수증기 공급량의 변화에 따른 활성탄 제조 영향은 활성화 온도변화 및 시간변화에 비하여 현저하지 않지만 수증기 공급량이 증가할수록 활성탄의 수율은 감소하였으며 요오드가는 6 ml/hr · g coal에서 일시 증가한 후

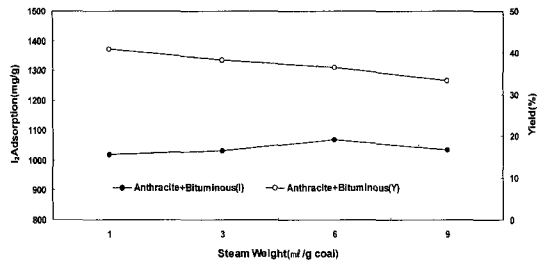


Fig. 11. Effects of steam weight on iodine adsorption and yield.

약간씩 감소함을 알 수 있었다. 최적 수증기 공급량은 3~6 ml/hr · g coal로 나타났다.

#### IV. 결 론

석탄을 이용한 활성탄 제조시 공정특성을 규명하기 위해서 무연탄과 유연탄을 원료로 이용하여 탄화온도와 활성화조건에 따른 활성탄의 물리적특성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 활성탄 제조시 석탄이 가지는 물성 중 회분함량이 낮으면 낮을수록 유기물질의 흡착제거능이 우수할 것으로 예상되며
2. 회분함량이 5~10%일 때 요오드흡착력은 1,000 mg/g 정도의 활성탄 제조가 가능하였으며, 회분함량이 15% 이상일 경우에는 급속하게 떨어지는 경향을 나타내었다.
3. 무연탄과 유연탄을 혼합한 원료를 사용한 성형 활

성탄을 제조한 결과 탄화온도 600°C에서 180분, 활성화온도 950°C에서 210분, 수증기 공급량 6 ml/min · 100 g coal의 제조조건에서 요오드가 1,032 mg/g 이상, 비표면적 1,084 m<sup>2</sup>/g 이상, 경도 95% 이상의 특성을 갖는 혼합 활성탄을 제조할 수 있었다.

#### 참고문헌

1. Soffel, R. W. : Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology. John Wiley and Sons, New York, Vol. 4, 1980.
2. Hassler, J. W. : Activated Carbon, Chem. Pub, 1963.
3. 北川陸夫, 柳井 弘, 國部 進 : 활성탄 공업의 효과적 응용과 경제성 연구. 중화학공업통신사출판부, 1974.
4. 김상철, 홍인권 : 석탄을 원료로 하는 활성탄의 제조와 물성. 대한환경공학회지, 20(5), 745-754, 1998.
5. Hassler, J. W. : Purification with activated carbon. Chem. Pub., 1974.
6. Dubinin, M. M. : Chemistry and physics of carbon. Vol. 2, 51, Dekker, 1966.
7. 박영태 : 핏치계 탄소섬유의 활성화와 흡착특성. 충남대학교 박사학위논문, 1993.
8. Miller, G. W. : Large scale applications of GAC with ozone pretreatment. Vol. II. in McGuire M. J. and Suffet I. H.(editors), 1980.
9. 한국화학공학회, 에너지공학, 교보문고, 1996.
10. Emmet, P. H. : Chemisorption and catalysis, In Symposium on properties of surface, ASTM Special Technical Publication. No. 340, 42, 1963.
11. 손진언역, 흡착공학. 형설출판사, 34-45, 2000.
12. Allen, T. : Particle Size Measurement, 4th ed., Chapman & Hall, London, 540-551, 1990.