

# 이산화탄소 분리용 활성탄 제조 및 흡착 특성

## Adsorption Characteristics of Activated Carbon for Carbon Dioxide Separation

e-mail:htjang@hanseo.ac.kr

이지윤, 김선우, 심은용, 이수천, 장현대  
한서대학교 화학공학과  
e-mail:htjang@hanseo.ac.kr

Ji Yun Lee, Sun Woo Kim, Sim Eun Young, Su Chen, Hyun Tae Jang  
Dept. of Chem. Eng, Hanseo University

### Abstract

본 논문은 왕겨, 호두각 등의 원료를 대상으로 수산화카륨등으로 활성화시키므로써 높은 비표면적과 세공율을 갖는 활성탄을 제조하고, 제조된 활성탄을 이용하여 이산화탄소 흡착능을 연구하였다. 최근 높은 비표면적과 세공부피를 갖는 활성탄에 대한 연구는 매우 활발히 일어나고 있으며, 수소, 메탄 등의 저장과 이산화탄소 분리공정의 적용성을 위한 연구가 활발히 수행되고 있다. 제조된 활성탄의 표면 개질을 통한 이산화탄소의 흡착능의 증대와 탈착효율의 증대를 위하여 각종 금속염이 미치는 영향을 연구하였다. 금속염의 종류와 처리량 및 아민등의 유기물에 의한 변화를 고찰하였다.

### 1. 서론

최근 부각되고 있는 화석연료사용에 따른 지구온난화 가운데 따른 온실가스의 배출과 환경오염문제에 대한 관심증대와 영원한 에너지원인 태양력, 지열, 풍력, 조력 등의 환경에너지의 개발에 선진국들은 관심을 증대하고 있다. 또한 석탄, 석유 및 천연가스 등의 화석연료 사용에 의한 온실가스의 배출을 저감하고자 수소에너지에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. 수소에너지의 경우 사용시 가장 문제시 되는 것을 저장성이며, 이러한 저장성을 해결하고자 활성 탄소등의 매질에 흡착을 통한 저장 연구를 수행하고 있다. 따라서 활성탄소의 수소 저장량 증대 연구를 수행하는 과정에서 가장 우수한 흡착 저장매질로 활성 탄소가 부각되고 있다. 이러한 영향으로 활성탄소의 표면적 증대 및 기공 증대에 많은 우수한 연구결과가 도출되고 있다. 본 연구에서는 이러한 활성탄소의 적용을 이산화탄소의 분리에 적용하므로써 이제까지 가장 우수한 흡착능을 지닌 제올라이트분자체의 대체 가능성을 타진하고자 한다.

현재 개발된 가장 우수한 이산화탄소 분리체인 제올라이트의 경우 산성가스에 의한 피독이 발생되고 수분에 의한 영향이 존재한다. 활성탄소의 경우 산성가스에 의한 피독이 적으며, 열가열 탈착이 수월할 수 있다.

따라서 활성탄소 세공경 및 세공분포의 조절에 의하여 대상 물질에 대한 흡, 탈착능의 조절이 가능함이 발표되고 있다. 또한 탄소 표면처리에 의하여도 특정 물질에 대한 선택성의 조절이 가능함이 발표되고 있다. 이러한 특성을 지닌 활성탄소의 이산화탄소에 대한 흡착 및 탈착성능을 연구하였다. 현재 제시되고있는 이산화탄소의 분리법으로는 흡착법, 아민 흡수법, 막분리법이 있으며, 각각의 장단점은 다음과 같다. 아민법의 경우 대형화가 가능하며, 현재 개발된 기술 수준은 실공정에 적용된 상태이고, 분리법의 적용시 현재 개발된 기술 중에서 대형화시 가장 경제성이 있는 공정이다. 이러한 아민법은 아민의 피독에 의한 재생상동정이 필요하며, 이에 따라 복잡한 재생공정의 구성이 필요하다. 또한 흡수된 이산화탄

소의 분리시 막대한 재생에너지가 필요하므로 인하여 적용에 한계를 안고 있다. 막분법의 경우 현재 제시되는 기술 중 가장 진보된 형태이며, 높은 경제성을 지니고 있으나 기술의 적용에는 다음의 문제점을 지니고 있다. 현재 제시되는 막의 가격과 막의 오염에 의한 분리능의 저하를 막기 위하여 높은 수준의 가스 전처리가 필요하다. 또한 장치의 대형화를 위하여 개발되어야 할 요소기술이 아직 많은 기술이다. 흡착법의 경우 장치의 소형화가 가능하고 장치비가 저렴한 특성을 지니고 있으나 대형 발생원의 적용에는 문제점을 안고 있다. 흡착법의 경우 고순도의 이산화탄소를 분리하기 위하여 많은 step의 swing운전이 필요하며 이에 따른 에너지 비용이 발생한다. 또한 흡착제의 수분에 의한 분리능 저하와 흡착제 피독에 의한 흡착제 교환이 필요하게 된다. 따라서 흡착제 분리성능 향상과 수분효과의 저감에 의하여 단점이 해결될 수 있으며, 장치의 대형화도 가능하게 된다. 이러한 이산화탄소 흡착분리법 적용을 위한 활성탄층의 제조 및 개질에 대한 연구를 수행하였다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 2.1. 실험장치

본 연구에서 사용한 이산화탄소 흡착실험장치는 다음 <그림 1>과 <그림 2>에 나타내었다. 그림 1은 이산화탄소 흡착과과곡선을 측정하기 위한 흡착과과실험 장치이며, 그림 2는 온도 및 압력에 따른 이산화탄소의 흡착능을 측정하기 위한 흡착평형 실험 장치이다. 이와 같은 장치를 사용하여 본 연구에서 제조된 활성탄의 이산화탄소에 대한 흡착능을 측정하였다.

이산화탄소 흡착과과 실험장치는 내경 4mm의 St. Steel 관을 사용하였으며, 관에 시료를 장착한 후 200 °C까지 온도를 상승시키고 MFC를 사용하여 헬륨을 공급하는 과정을 거쳐 흡착된 수분 및 이산화탄소를 탈착시키는 전처리 과정을 수행하였다. 연속적인 반응 측정을 위하여 두 개의 반응기를 사용하였으며, 반응기가 전처리 중 일 때 다른 반응기는 온도에 따른 특성실험을 수행 할 수 있도록 구성되어 있다. 6-port valve와 4-port valve를 사용하여 연속적인 처리가 이루어질 수 있도록 구성하였다. 전처리 과정 후 일정온도와 유량 및 농도의 이산화탄소를 공급하고 시간에 따른 이산화탄소의 배출 농도를 G.C.를 이용하여 이산화탄소의 흡착과과 곡선을 측정하였다. 이러한 실험과 더불어 열중량반

응기에서 이산화탄소 흡착량을 측정하여 반응기 형태에 따른 영향을 검증하였다. 또한 흡착에 영향을 주는 인자 중 압력에 대한 영향을 고찰하기 위하여 그림 2의 흡착평형 실험장치를 구성하여 압력에 따른 이산화탄소의 흡착능을 측정하였다.

이산화탄소의 농도 측정은 G.C.를 사용하여 분석하며 TCD가 장착된 G.C.(Model 6890N, Aglient Co.)과 PDD가 장착된 G.C.(Model DS-2, Donam Instrument Co.)를 이용하여 분석한다. 두 대의 G.C.을 on-line으로 연결하고 6-port valve를 이용하여 G.C.로 공급하여 분석하였다.

### 2.2. 실험방법

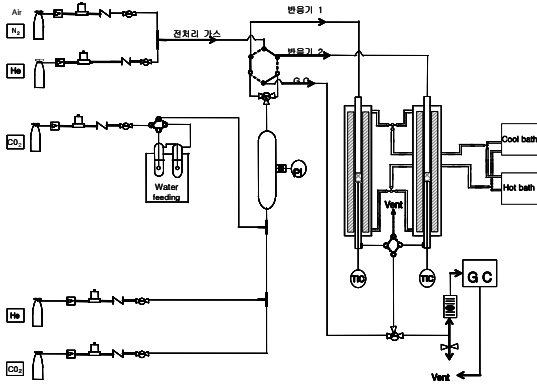
이산화탄소 흡착과과실험은 각 제조조건에 따라 제조된 활성탄을 지름 4mm의 미분반응기에 장착하고 온도를 상승시키고 순수한 헬륨(99.9999%)을 공급하여 흡착된 불순물을 제거한 후 일정온도에 도달한 뒤 MFC를 이용하여 일정농도의 이산화탄소를 공급하고 흡착과과곡선을 측정하였다. 흡착평형실험의 경우 압력용기내에 제조된 활성탄을 장착한 후 온도를 상승시키고 진공상태를 유지시켜 활성탄소의 불순물을 제거한 후 표준용기에 이산화탄소를 일정압력이 되게 주입한 후 평형에 도달 하였을 때 압력을 기록하고 표준용기와 시료용기를 연결한 밸브를 열어 두 용기가 평형에 도달 한 후 압력을 측정하여 흡착제에 흡착된 이산화탄소의 양을 계산하였다. 이러한 과정을 온도와 압력에 따라 수행하여 온도별로 이산화탄소 압력에 따른 흡착평형 자료를 도출하였다.

이러한 과정을 거쳐 이산화탄소 분리용 최적 활성탄의 제조법과 표면처리법을 도출하였다.

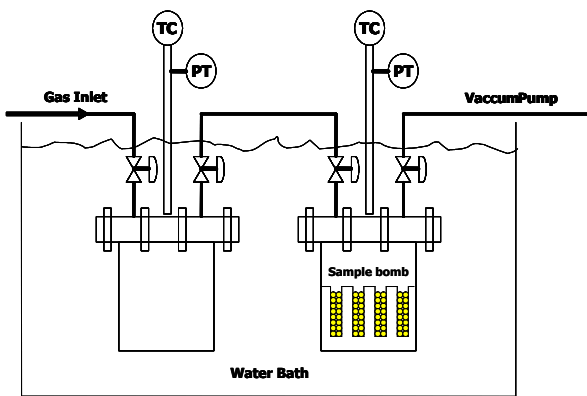
### 2.3. 시료

본 연구에서 고기공 활성탄소 제조에는 주로 호두각과 왕겨가 사용되었으며, 사용된 전구체 중 왕겨에 대한 분석치는 다음 <표 2>에 나타내었다. 제조법은 전구체를 일정크기로 미분화한 후 입도 크기별로 분리하여 사용하였다.

또한 전구체를 저온에서 탈휘발과정을 거치고 KOH와 혼합한 후 고온에서 탄화 및 활성화시켜 활성탄을 제조하였다.



<그림 1> 이산화탄소 흡착과과 실험장치



<그림 2> 이산화탄소 흡착평형 실험장치.

<표1> 흡착제 제조 및 흡착실험 변수

Sorbent	Treated Activate carbone, Carbon(nano tube)
Treated amine	MEA, Triethanolamine, 3-CPAHCL, Ammonia
Adsorption temperature(°C)	25°C, 50°C, 75°C, 90°C, 110°C, 120°C
Desorption temperature(°C)	80°C, 90°C, 100°C, 110°C, 120°C, 130°C, 140°C, 150°C
CO <sub>2</sub> Conc(% , inlet)	0.1, 8, 15
Inert gas	N <sub>2</sub> , He, Air
pressure(atm)	0~10

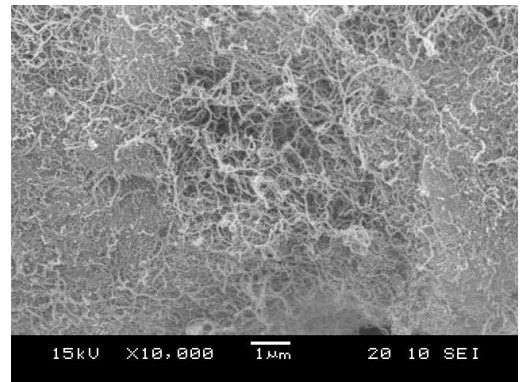
<표 2> 왕겨의 화학분석치

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Ignition loss 3.66
93.2	0.13	0.07	1.23	0.25	
K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
0.78	0.08	0.006	0.33	0.15	

### 3. 결과 및 고찰

활성탄의 활성화온도 및 혼합된 KOH의 양 및 활성화가스의 종류에 따른 영향을 고찰 하였으며, 제조된 활성탄을 KOH, MEA, DEA, TEA 등을 사용하여 개질 하였다

개질 방법은 물리적인 담지를 수행 하였으며 개질에 의하여 수분의 영향은 감소하였으나 흡착능의 감소가 동시에 일어나며 아민기의 담지 과정 중에 아민기가 담지되지 않은 표면에서 발생하는 물리 흡착에 의하여 화학흡착의 특성과 물리 흡착의 특성이 동시에 나타난다. 분자량이 작은 아민기가 흡착능이 우수하며, 손실율은 분자량이 큰 경우가 작게 나타나며, 친수성 표면의 경우 아민 처리에 의하여 흡착능이 향상되나 소수성의 경우 흡착능은 오히려 감소되며, 화학흡착에 의하여 열 탈착시 고농도의 이산화탄소의 분리 가능성 까지의 연구결과를 얻을 수 있었다. 그림 3은 본 연구에서 사용된 개질된 활성탄의 SEM분석 결과이다.



<그림 3> 개질된 활성탄소 형상

### References

- [1] Irene Romero, María T., dividual anthocyanins and their contribution to total antioxidant capacity in response to low temperature and high CO<sub>2</sub> in stored Cardinal table grapes: General, Postharvest Bio and Tech, Vol 49, Issue 1, July 2008,(1-9).
- [2] R. Gharbi, M, Hydrogen and nitrogen effects on optical and structural properties of amorphous carbon Materials Science and Engineering: C, Vol 28, Issues 5-6, 1 July 2008,(795-798)