

# 활성탄소의 특성비교 및 사업장적용(7)

## 목 차

1. 서론
2. 활성탄의 흡착특성
  - 2.1 흡착계의 종류
  - 2.2 흡착특성
  - 2.3 흡착등온선(吸着等溫線)
  - 2.4 흡착질분자의 크기에 따른 흡착특성
  - 2.5 기상흡착과 액상흡착
  - 2.6 물리흡착과 화학흡착
  - 2.7 흡착열
3. 활성탄의 종류 및 제조
  - 3.1 원료 및 제품 종류
  - 3.2 활성탄의 제조공정
  - 3.3 활성화 제조장치
4. 활성탄의 응용
  - 4.1 개요
  - 4.2 액상에서의 흡착
  - 4.3 기상(氣相)에서의 흡착
  - 4.4 촉매 및 촉매담체
  - 4.5 분석 및 의약
  - 4.6 환경오염방지
5. 흡착조작의 설계
  - 5.1 개요
  - 5.2 흡착장치
  - 5.3 계산방법
6. 재생(再生)
  - 6.1 필요성
  - 6.2 재생 효과
  - 6.3 재생 방법
7. 활성탄 품질규격 및 분석방법
  - 7.1 공업 규격
  - 7.2 물리적 특성 시험방법 (KSM 1802-1993)
  - 7.3 흡착 특성 시험방법 (KSM 1802-1985)
  - 7.4 세공 구조 특성 시험방법
8. 결론 및 장래성
  - 8.1 결론
  - 8.2 장래성

## 7. 활성탄 품질규격 및 분석방법

### 7.1. 공업규격

입상활성탄 시험방법은 KSM 1802(1805년)에, 분말 활성탄 시험방법은 KSM 1210(1986년)에 제정되었고 입상활성탄 규격은 KSM 1421(1987년)에, 분말활성탄 규격은 KSM 1413(1962년)에 각각 제정 되었으며, 표 24와, 표 25는 1993년에 개정된 규격을 표시하였다. 그리고 입상 활성탄과 분말 활성탄의 수처리 규격은 표 26에, 식품첨가물 규격은 표 27에 각각 나타나 있다.

일본 JIS규격에서는 분말활성탄 규격을 1967년에 폐지하였고 입상활성탄 규격까지 1975년에 폐지하였는데 그 이유는 활성탄의 용도가 다양화되고 단일한 탈색력이나 물성 분석으로 활성탄 우열(優劣)을 총괄적으로 규정하는 일이 불합리하다고 판단되었기 때문이다.

그러나 국내에서는 오히려 1987년에 입상활성탄 규격을 제정 하였는 바 이는 활성탄에 대한 올바른 규정이 없어 활성화도 되지 않은 숯(Char)이 활성탄으로 유통되는 실정 이어서 불가피하게 정상적인 국내 생산, 판매 업체를 보호하기 위한 차원이었다.

#### 7.1.1. KS 규격

표 24. 입상 활성탄 공업규격 (KSM 1421-1993)

구 분	1 급	2 급	3 급
건 조 감 량 ( % )	5.0이하	5.0이하	5.0이하
경 도 ( % )	90이상	90이상	90이상
총 진 말 도 ( g / ml )	0.48이하	0.52이하	0.56이하
요오드흡착력(mg/g)	1,100 이상	1,000 이상	900 이상
벤젠평형흡착성능(%)	35 이상	33 이상	30 이상
입 도 ( % )	95 이상	90 이상	90 이상

표 25. 분말 활성탄 공업규격 (KSM 1413-1993)

구 분	1 종					
	1 급		2 급		3 급	
탈 색 력	A형	B형	A형	B형	A형	B형
	94% 이상	150mg	90% 이상	130mg	85% 이상	110mg
건조감량(%)	5.0 이하		10.0 이하		10.0 이하	
철 분 (Fe2O3)(%)	0.03 이하		0.15 이하		0.3 이하	
염 화 물 (CO)(%)	0.05 이하		0.13 이하		0.25 이하	
pH	5.0~8.0		5.0~8.0		5.0~8.0	

구 분	2 종					
	1 급		2 급		3 급	
탈 색 력	A형	B형	A형	B형	A형	B형
	92% 이상	130mg	85% 이상	110mg	75% 이상	80mg
건조감량(%)	10.0이하		10.0이하		15.0이하	
철 분 (Fe2O3)(%)	-		-		-	
염 화 물 (CO)(%)	-		0		-	
pH	5.0~8.0		5.0~8.0		5.0~8.0	

7.1.2. 수처리 규격

표 26. 분말 활성탄과 입상 활성탄 수처리 규격 (먹는물 관리법)

구 분	분 말	입 상
1. 성 상	흑색의 분말	흑색의 분말
2. 확 인 시 험	적합한 것	적합한 것
3. p H	4.0 ~ 11.0	4.0 ~ 11.0
4. 체 잔 류 물	200Mesh (74um) 체잔류물 10% 이하	8Mesh(2,380um)를 통과하고 35Mesh(500um)에 남아 있는 체잔류물 95% 이상
5. 건 조 감 량	30% 이하	5% 이하
6. 염 화 물	0.5 이하	0.5% 이하
7. 비 소	2ppm 이하	2ppm 이하
8. 납	10ppm 이하	10ppm 이하
9. 카 드 륨	1ppm 이하	1ppm 이하
10. 아 연	50ppm 이하	50ppm 이하
11. 페 놀	25 이하	25 이하
12. A B S	50 이하	50 이하
13. 메틸렌블루 탈색력	150ml/g 이상	150ml/g 이상
14. 요오드 흡착력	950mg/g 이상	950mg/g 이상

7.1.3. 식품첨가물 규격

표 27. 식품첨가물 활성탄 규격

구 분	내 용	
1. 성 상	흑색의 분말 또는 입상으로 무미, 무취일 것	
확인시험	연소시험 활성탄 0.5g을 시험관에 넣고 가열했을 때 화염이 발생하지 않고, 연소하여 발생한 가스를 KOH 시약에 통과했을 때 백탁이 생길 것	
	탈색시험 활성탄 0.1g을 묽은 메틸렌블루용액 10ml와 묽은 염산 2방울이 섞인 용액에 넣고 진탕시킨 다음 5종 여과지에 통과시켰을 때 무색일 것	
순도시험	염화물 (Cl)	0.5% 이하
	황산염 (SO4)	0.5% 이하
	비소 (As2O3)	2ppm 이하
	납 (Pb)	10ppm 이하
	아연 (Zn)	0.1% 이하

## 7.2. 물리적 특성 시험방법 (KSM 1802-1993)

### 7.2.1. 입도 및 입도분포 (PARTICLE SIZE & PARTICLE SIZE DISTRIBUTION)

- 진탕수가 130~165회/분이고 RPM이 240~295인 표준체 진탕기(SIEVE SHAKER)와 내경 200mm인 표준체를 이용하여 체가름한 후 각 표준체에 잔존하는 시료의 무게로부터 입도를 구한다.
- 조작은 먼저 시료 100g을 달아 시료 범위에 따라 7개의 표준체를 선택하여 정확히 10분간 체가름 한 다음 각 단의 잔존 시료를 0.1g까지 칭량한다.
- 시험표에 그 결과를 작성하고 대수 확률지에 입도 누계 곡선을 그리는데 이때 유효경은 표준체에 90%가 통과되고 나머지 10%만 남았을 때의 입경이며, 균등계수는 표준체에 40%가 통과되고 나머지 60%가 남았을 때의 입경을 유효경으로 나눈 값이다. 이때 균등계수가 낮을수록 입도가 균일함을 보인다.

$$\text{균등계수(UNIFORMITY COEFFICIENT)} = \frac{60\% \text{ 잔류입경(mm)}}{10\% \text{ 잔류입경(유효경, mm)}}$$

### 7.2.2. 충전 밀도 (BULK DENSITY)

115±5℃에서 3시간 건조한 시료를 충전밀도 측정용기 부피의 약 1/5만큼 넣고 시료의 윗면이 이정한 높이가 될 때까지 고무판 위에서 두드리고, 다시 같은 양 정도의 시료를 넣고 앞 조작을 계속 반복하여 용기의 상단까지 시료를 충전하고 용기 상부의 통을 빼내고 시료의 윗면을 수평으로 한다.

시료를 측정용기에서 빼내어 무게를 0.1g까지 단다. 다음 식에 따라 충전밀도를 계산한다.

$$\text{충전밀도 (g/ml)} = \frac{\text{시료의 무게(g)}}{\text{충전밀도 측정용기 용적(ml)}}$$

### 7.2.3. 건조감량 (MOISTURE CONTENT)

수분 함량은 시료 약 5g을 미리 무게를 아는 평형 칭량병에 넣어 마개를 닫은 후 10mg까지 정확히 달아 마개를 열

고 칭량병과 마개를 115±5℃의 항온 건조기에서 3시간 건조시킨다.

데시케이터(DESICCATOR) 중에서 냉각 시킨 후 마개를 닫아 그 감량을 시료에 대해서 백분율로 표시한다.

### 7.2.4. 휘발분 (VOLATILE MATTER)

925±2℃의 휘발분 측정용 적립로에서 도가니 뚜껑을 닫고 7분간 가열하여 수분함량을 제외한 감량을 시료에 대해서 백분율로 표시한다.

### 7.2.5. 강열찌꺼기 - 회분 (ASH CONTENT)

건조 시료 약 1~2g을 무게를 아는 도가니(CRUCIBLE)에 넣어 1mg까지 정확히 달아 전기로에 넣어 처음은 약하게 가열하고 서서히 온도를 올려 완전히 재로 만든 후 800~900℃에서 1시간 강열한 다음, 데시케이터에서 냉각하여 잔류량을 시료에 대해서 백분율로 표시한다.

### 7.2.6. 고정탄소 (FIXED CARBON)

초기 시료에서 수분, 휘발분, 회분 함량을 제외한 값을 백분율로 표시한다.

### 7.2.7. 경도 (HARDNESS NUMBER)

시료 약 100g을 입도 범위의 상·하한에 해당하는 2개의 표준체를 이용해 10분간 체가름 한 후 걸러진 시료를 200ml 매스실린더에 100ml표선까지 가볍게 두드리며 채운 다음 0.1g까지 무게를 단다.

지름 12.7mm(1/2"), 9.5mm(3/8")로 연마한 강구 각각 15개를 시료와 함께 경도 시험용기(PAN)에 넣어 30분간 진탕한다.

입도 범위 하한에 해당하는 표준체보다 2단 아래의 표준체와 받는 그릇(BOTTOM PAN)을 사용해 경도 시험용기에서 강구를 제거한 시료를 전부 넣어 3분간 체가름하여 표준체 상단 및 받는 그릇에 남아 있는 시료를 각각 0.1g까지 칭량하여 잔류량을 초기시료에 대해서 백분율로 표시한다.

### 7.2.8. pH

건조 시료 분말상 시료는 1.0g, 입자상 시료는 3.0g을 정확히 달아 200ml삼각 플라스크에 넣고 물 100ml를 넣어 서서히 가열하여 5분간 끓인 다음 실온까지 냉각한 후 물을 가하여 100ml가 되게 하고 잘 흔들어 섞어 유리전극 pH METER로 측정한다.

## 7.3. 흡착 특성 시험방법 (KSM 1802-1995)

### 7.3.1. 요오드 흡착력 (IODINE NUMBER)

-325mesh 건조시료 약0.5g을 1mg까지 정확히 달아 마개 달린 삼각 플라스크 100ml에 넣고 N/10 요오드 용액 50ml 정확히 가하여 상온에서 15분간 진탕시킨 후 50ml침전관에 넣어 원심분리기를 이용하여 시료를 침전시킨다.

이 중에서 상층액 10ml를 분취 해 N/10 티오 황산 나트륨 용액으로 적정하여 요오드의 황색이 없어지면 지시약으로 1WN% 전분 용액 1ml를 가해 적정을 계속해서 요오드 전분의 청색이 소멸될 때를 종점으로하여 시료 1g당 흡착된 요오드mg수를 구한다.

$$A = \frac{(10-B \times f) \times 12.69 \times 5}{S}$$

단, 12.69는 N/10 티오 황산 나트륨 용액 1ml에 대응하는 요오드량 (mg)이다.

A : 요오드 흡착 성능 (mg/g)

B : 적정에 사용한 0.1M티오황산나트륨 용액의 양(ml)

f : 0.1M티오황산나트륨 용액의 농도계수

S : 시료의 무게(g)

### 7.3.2. 메틸렌 블루 탈색력 (METHYLENE BLUE DECOLORIZATION)

-325mesh 건조 시료 0.2g을 마개 달린 삼각 플라스크에 100ml에 넣고 농도 1,200ppm 메틸렌 블루 용액 적당량을 가하여 수평 진폭4cm이고 1분당 왕복속도 200회인 진탕기에서 30분간 진탕시킨 다음 5종 여과지에 여과시켜 거른

액의 흡광도를 광전 비색계 665nm 부근에서 측정하고 메틸렌 블루 표준액과 비교하여 초기용액의 과부족을 확인하면서 위의 조작을 반복하여 표준액과 일치하는데 필요한 시료당 초기용액의 첨가량을 구한다.

$$C = D \times \frac{1}{S}$$

C : 메틸렌 블루 탈색력(ml/g)

D : 메틸렌 블루 용액의 첨가량(ml)

S : 시료의 무게(g)

### 7.3.3. 1/n 용매 증기 평형흡착성능

건조 시료를 U자관에 5~10g넣고 정확히 무게를 단다. 25 ± 0.2℃로 조절한 흡착 성능 시험장치에 2 l/min의 공기를 흐르게 하여 1/n 포화도의 혼합공기를 만든다.

U자관을 장치에 부착하고 U자관에 혼합공기를 통하여 용매를 흡착시킨후 1시간 이상 경과 후에 U자관을 떼어내 마른천으로 잘 닦아서 그 무게를 정확히 단다.

이 조작을 반복하되 U자관을 무게 증가량이 5mg이내 일 때까지 하고 이때의 무게로부터 처음의 무게를 뺀 시료의 무게 증가량을 구하여 다음 식에 따라 계산한다.

$$D = \frac{E}{S} \times 100$$

단, D : 용매 증기의 평형흡착성능(%)

E : 무게의 증가량(g)

S : 시료의 무게(g)

## 7.4. 세공 구조 특성 시험방법

### 7.4.1. 비표면적 (SPECIFIC SURFACE AREA)

비표면적 측정은 CAHN ELECTRO BALANCE 등의 기기를 사용하여 CO<sub>2</sub> 또는 N<sub>2</sub> 등 피흡착 가스로 일정온도 (N<sub>2</sub> : -196℃, CO<sub>2</sub> : 0℃)에서 가스의 압력을 1~760mm

Hg의 범위로 변화시켜 가며 흡착 등온선을 측정하고 기체 운동론과 흡착평형관계 및 표면에 관한 몇가지 가정으로부터 유도된 B·E·T식으로 산출한다.

#### 7.4.2. 세공용적 및 분포 (PORE VOLUME & PORE SIZE DISTRIBUTION)

세공반경을 구하는 방법에는 2가지로 크게 나누어, 흡착 등온선에 의한 방법과 MERCURY POROSIMETERY에 의한 방법이 있는데, MERCURY POROSIMETERY 방법은 수은압을 침투시켜 세공의 용적과 반경을 구하는 방법이다.

#### 7.4.3. 전자 현미경 관찰 (SCANNING ELECTRON MICROGRAPHS)

전자 현미경은 일반적으로 고체 입자 표면의 상태를 조사하기 위하여 널리 이용되며 SCANNING MICROSCOPE 나 TRANSMISSION ELECTRON MICROSCOPE를 이용한 원료탄, 탄화물 및 활성탄의 겉보기 구조를 관찰한다.

#### 7.4.4. X-RAY 회절분석 (X-RAY DIFFRACTION PATTERNS)

X-RAY 회절분석은 결정구조의 상태를 조사할 수 있을 뿐만 아니라 GUINIER의 산란 강도식에 의해 세공 반경까지도 계산해 낼 수 있는데 주로 활성화 상태를 알아 낼 수 있다.

## 8. 결론 및 장래성

### 8.1. 결론

활성탄의 고유한 특성이나 본질은 변하지 않으나 사용자의 요구는 변할 수 밖에 없으므로 고품질, 저가격, 소형경량화, 편리성, 다용도성에 따른 소량다품종 생산체제의 확립 등 향후에 MAKER들이 해나갈 당면 과제가 많다.

사용업체가 품질은 고려치 않고 동남아 일부에서 대량 수입하거나 국내에서 무작위(無作為)로 생산된 저가격품을 선호하다보면 흡착 수명이 짧아 교체비용이 상승하여 오히

려 더 고가격의 활성탄을 구입하는 경우가 되고 반대로 국산품으로 대처하여 흡착제거 될 수 있는 분야에도 값비싼 선진국 제품을 사용한다면 비경제적으로 어떤 품질 GRADE가 사용하고자 하는 목적에 일치하는가를 면밀히 검토해 적재적소(適材適小)에 활용되어야 한다.

그러나 무엇보다도 국내 MAKER들이나 판매업자들이 과당 경쟁하면서 우선의 이익만을 추구할게 아니라, '99년도 기준하여 국내 수요량 35,500톤의 2/3에 해당되는 약 20,000톤을 수입에 의존하고 있는 우리나라가 세계의 생산수출 기지로 발돋움하기 위해서는 자사(自社) 활성탄에 대한 확실한 품질보증, 제조설비의 현대화 및 자동화로 균일한 품질 생산, 원료 및 제조기술의 다변화와 다양한 종류의 제품생산, 각 응용대상에 대한 기술제공 및 A/S 등으로 기존의 굴레에서 탈피하여야 한다.

### 8.2. 장래성

활성탄의 연구 과제에 대해 5가지 측면에서 살펴 보겠다.

#### 8.2.1. 흡착이론

1986년 3월 17~20일 사이에 미국 S.CAROLINA의 HILT ON HOTEL에서 열린 "ADSORPTION OF CARBON"에 대한 국제 SYMPOSIUM/WORKSHOP에서 H.MARSH, K. S. W. SING, P.EHRBUGER, S.SIRCAR등 이 분야의 거성들이 모여 토론회를 가졌으며, 이들의 주장을 CARBON(VOL.25,NO.1,147~157,1987)지에 기술한 바, 그 내용을 살펴보면 세공채움의 메카니즘은 세공의 모양에 의존하며 흡착량은 흡착제내 미세공의 부피에 의존하지만 흡착제의 표면적과 다공도의 특성화를 위해 좀더 통일된 방법이 요망되며, 한가지 등온선으로부터 미세공 크기분포를 계산하는데 적용할만한 믿음만한 식이 없다는 것이다. 또한 흡착이란 MICROPORE FILLING을 말하는 것으로 OPEN MACROPRE 혹은 MESOPORE의 벽에서 발생하는 표면

COVERAGE와는 다르며, 흡착과정도 세공의 크기에 따라 PRIMARY PHYSISORPTION 단계 혹은 그 이상 몇가지 단계로 나누었기 때문에 흡착제의 미세공 분포나 흡착특성이 좀더 과학적이며 다각적으로 규명되어야 한다고 역설하고 있음을 볼 때 활성탄의 미세공 분포도와 흡착특성을 연구하는 일은 이 분야의 학문 발전에 매우 중요한 일이라 판단되었다.

또한 흡착에너지, 세공구조의 직접적 측정법, 표면산화물과 흡착성능과의 관련성에 관한 좀더 체계적인 이론이 정립되어야 할 것이다.

### 8.2.2. 제조기술

자원이 빈국인 우리나라는 장기적인 전망으로 볼 때 대량 구입이 용이한 석탈류나 값싼 산업 폐기물을 이용한 제조 기술을 개발하고, 수입에 의존하고 있는 조립 활성탄, 활성탄 섬유(ACTIVATED CARBONFIBER), 침착 활성탄 등은 외국의 전문 제조업체에서 제조 기술과 설비를 KNOW-HOW로 감추고 있어서 국내 MAKER들이 자체적으로 기술개발 할 수 있도록 과감히 연구 개발비를 투자 하여야 할 것이다.

이러한 면에서 (주)동양탄소는 충남대학교와 활성탄 섬유의 개발과 응용에 대하여 3년동안 공동연구 PROHJECT를 맺어 성공적으로 수행하였으며, 원주형 조립 활성탄도 자체적으로 개발하여 주문 납품하고 있어서 국내 기술개발에 일익(一翼)을 담당하고 있다고 본다.

### 8.2.3. 새로운 응용

활성탄은 단독 혹은 다른 흡착제와 공동으로 사용될 수 있고 제 3의 소재로도 활용 될 수 있다.

◎ 토양 개발용 : 서서히 방출되는 원리를 이용한 지속성 비료와 지속성 농약, 토양중의 잔류유해 물질을 제거하기 위한 보온 파종용 토사.

◎ 의학 생체용 : 소화제, 지사제 및 생체내의 인공신장이나 인공간장, 혈액의 정화제, 의약품 담지 투여제.

◎ 전극 및 CONDENSER용 : 유해한 수온전지를 대신하기 위한 IC, LSI 초LSI 등의 소형 메모리 BACK UP용 영구 전원으로 개발된 전기 이중층 CAPCITOR(축전지)는 COMPUTER, VTR, 카메라, 시계에 이용됨.

◎ RECYCLE기술의 응용 : 밀폐된 우주선에선 공기의 순환이나 제한된 물의 재사용, 음식물, 과일등을 장기간 보존하기 위한 선도유지 또는 부패 방지제.

◎ 자원의 재활용 : 금과 같이 지구에 희박하거나 오존과 같이 유해한 물질의 농축 제거

◎ 촉매 또는 촉매 담체용 : 활성탄에 금속 또는 금속 산화물을 침착하여 특수 용도로 사용.

◎ 동물 사료용 : 사료에 일정량 배합할 경우 질병 저항력이 높아지므로 치사율이 적고 항생제를 투여할 필요가 없으며 육질에 지방질이 적고 성장이 빠름.

◎ 기타 : 탄소의 도전성(導電性), 전기화학적 불화성, 내약품성을 이용한 용도 개발.

### 8.2.4. 흡착과정

넓은 공간으로 확산되는 악취성 가스를 효과적으 처리하는 공정, 수처리시 물리·화학적 처리와 활성탄 흡착법과의 효과적 결합에 의한 처리효율 증대 및 처리비용 감소방법, 액상 및 기상흡착 실험을 통해 각종 사용 목적에 적합한 흡착 설비의 표준MODEL 제시, 흡착질과 가장 친화력이 높은 흡착제의 선정 기술 등에 관한 연구가 병행 되어야 한다.

### 8.2.5. 재생

앞서 언급했던 재생 장치들의 소형·경량화 및 경제성을 가진 실용화와 재생시 흡착질의 화학반응에 대한 해석, 2차 오염방지대책, 활성탄 전문 재생업체의 탄생 및 재생탄의 유통 구조 정비 등이 남아 있는 과제다.

