



등록특허 10-2545878



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년06월22일  
(11) 등록번호 10-2545878  
(24) 등록일자 2023년06월16일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*C01B 32/30* (2017.01) *B01J 20/20* (2018.01)  
*B01J 20/28* (2006.01) *D01F 9/15* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*C01B 32/30* (2021.01)  
*B01J 20/20* (2018.01)
- (21) 출원번호 10-2020-7033202
- (22) 출원일자(국제) 2019년06월18일  
심사청구일자 2021년03월16일
- (85) 번역문제출일자 2020년11월18일
- (65) 공개번호 10-2021-0021451
- (43) 공개일자 2021년02월26일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2019/024170
- (87) 국제공개번호 WO 2019/244904  
국제공개일자 2019년12월26일
- (30) 우선권주장  
JP-P-2018-116189 2018년06월19일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문현  
JP10328285 A  
JP11240707 A  
JP2017179616 A  
WO2017213057 A1

- (73) 특허권자  
가부시키가이샤애드올  
일본 6118555 교토 우지-시 우지-토노우치 5  
유니티카 가부시키가이샤  
일본국 오사카시 츄오구 큐타로마치 4초메 1반 3  
고  
오사카 가스 케미칼 가부시키가이샤  
일본국 오사카후 오사카시 니시쿠 지요자키 3쵸메  
미나미 2반 37고
- (72) 발명자  
나카노 토모야스  
일본 6118555 교토 우지-시 우지-토노우치 5 가부  
시키가이샤애드올 내  
시미즈 히로카즈  
일본 6118555 교토 우지-시 우지-토노우치 5 가부  
시키가이샤애드올 내  
사카이 케이지  
일본국 5500023 오사카후 오사카시 니시쿠 지요자  
키 3쵸메 미나미 2반 37고 오사카 가스 케미칼 가  
부시키가이샤 내
- (74) 대리인  
김종선, 이형석

전체 청구항 수 : 총 8 항

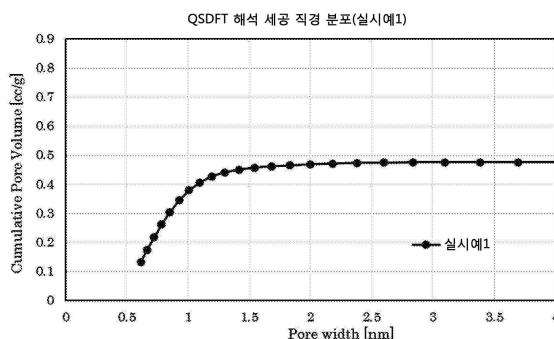
심사관 : 박함용

(54) 발명의 명칭 활성탄

## (57) 요약

디클로로메탄의 평형 흡착량이 우수한 활성탄을 제공한다. 본 발명의 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.4cc/g 이상, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.2cc/g 이상, 또한, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.880 ~ 0.985이다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류

*B01J 20/28* (2013.01)

*C01B 32/336* (2017.08)

*D01F 9/15* (2013.01)

*C01P 2006/14* (2013.01)

*C01P 2006/16* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.4cc/g 이상, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.2cc/g 이상, 또한,

QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.880 ~ 0.985인 활성탄이고,

상기 활성탄의 총 질량에 있어서 상기 활성탄에 함유되는 이트륨 단일체, 이트륨 화합물, 바나듐 단일체 및 바나듐 화합물의 질량의 비율(합계)은 0.001 ~ 5.0질량%이며,

디클로로메탄 평형 흡착량이 40질량% 이상인, 활성탄.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 세공 용적 C(cc/g)에 대한, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 A(cc/g)의 비율(세공 용적 A/세공 용적 C)이 0.5 ~ 0.94인, 활성탄.

#### 청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(세공 용적 B/세공 용적 C)이 0.90 ~ 0.99인, 활성탄.

#### 청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 활성탄이 섬유상 활성탄인, 활성탄.

#### 청구항 5

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 디클로로메탄 평형 흡착량이 45질량% 이상인, 활성탄.

#### 청구항 6

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

기상 중의 디클로로메탄을 흡착시키기 위해 이용되는, 활성탄.

#### 청구항 7

제 1 항 또는 제 2 항에 기재된 활성탄을 포함하는, 디클로로메탄의 흡착제.

#### 청구항 8

제 1 항 또는 제 2 항에 기재된 활성탄을 이용하는, 디클로로메탄의 흡착 제거 방법.

## 발명의 설명

## 기술 분야

[0001]

본 발명은 활성탄 및 그 제조 방법에 관한 것으로, 특히 기상 중의 디클로로메탄을 흡착시키는 데 효적한, 활성탄 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

## 배경 기술

[0002]

종래, 기상 중 또는 액상 중에 존재하는 성분을 활성탄에 의해 흡착시켜 이러한 성분을 제거하는 흡착 제거 기술이 알려져 있다. 또한 종래, 활성탄에 의한 흡착 제거 기술은 유기 용제를 포함하는 가스로부터의 용제 회수에도 이용되고 있다.

[0003]

디클로로메탄 등의 유기 화합물에 대해 특히 우수한 흡착 성능을 가지는 활성탄 섬유로서, 예를 들면, BET 비표면적이  $700 \sim 1500\text{m}^2/\text{g}$ , 전체 세공 용적이  $0.3 \sim 0.7\text{cc/g}$ , 세공 직경  $1\text{nm}$  이하의 마이크로포어 세공(마이크로공(孔)) 용적이 전체 마이크로포어 세공 용적의 95% 이상이며, 또한, 온도  $25^\circ\text{C}$ , 상대 습도 52%에 있어서의 수분 흡착률이 15% 이하인, 활성탄 섬유가 알려져 있다(예를 들면, 특허문헌 1 참조). 상기 문헌에는 BET 비표면적이  $700\text{m}^2/\text{g}$  미만인 경우에는 흡착 면적이 너무 작아, 비점이  $-30 \sim 70^\circ\text{C}$ 의 범위 내의 예를 들어 디클로로메탄 등의 유기 화합물이 충분히 흡착되지 않는 문제가 있으며,  $1500\text{m}^2/\text{g}$ 을 초과하는 경우 세공이 커지기 때문에 비점이  $-30 \sim 70^\circ\text{C}$ 의 범위 내의 예를 들어 디클로로메탄 등의 유기 화합물이 충분히 흡착되지 않는 문제가 있는 것이 기재되어 있다. 또한, 상기 문헌에는 세공 직경  $1\text{nm}$  이하의 마이크로공 용적이 전체 마이크로공 용적의 95% 미만인 경우에는 세공이 너무 커져, 비점이  $-30 \sim 70^\circ\text{C}$ 의 범위 내의 예를 들어 디클로로메탄 등의 유기 화합물이 충분히 흡착되지 않는 문제가 있는 것이 기재되어 있다. 또한, 상기 문헌에는 온도  $25^\circ\text{C}$ , 상대 습도 52%에 있어서의 수분 흡착률이 15%를 초과하는 경우에는 세공 주변에 먼저 물 분자가 흡착되기 때문에 그 세공에는 유기 화합물의 흡착량이 흡착되지 않고, 그만큼 저하되어 버리는 문제가 있는 것이 기재되어 있다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0004]

(특허문헌 0001) 특허문헌 1 : 일본 특개 2011-106051 호 공보

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0005]

특허문헌 1에 개시된 활성탄에 있어서 디클로로메탄의 평형 흡착량이 불충분하다는 문제가 있었다. 본 발명은 상기 문제를 해결하고 디클로로메탄의 평형 흡착량이 우수한 활성탄의 제공을 주된 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

[0006]

상기 과제를 해결하기 위해, 본 발명자들은 디클로로메탄 등의 저비점 유기 화합물의 흡착에 적합한 세공 구조의 실현을 검토했다. 구체적으로는, 디클로로메탄 등의 저비점 유기 화합물의 흡착에 적합하다고 생각되는 세공 직경  $1\text{nm}$  이하의 마이크로공 용량을 유지 혹은 증대시키고, 또한, 공존하는 수분의 영향을 받기 어렵도록, 이보다 큰 세공을 적당량 구비시키는 것이 유효하다고 생각했다.

[0007]

또한, 이러한 비교적 큰 세공을 적당히 발달시키는 것은 디클로로메탄 분자의 세공 내 확산을 보조하는 역할을 할 것으로도 생각되며, 평형 흡착뿐만 아니라 통기 처리에 있어서도 유효하다고 생각했다.

[0008]

이에 본 발명자들이 더욱 예의 검토한 결과, 활성탄 전구체로서 이트륨 화합물 및/또는 바나듐 화합물을 특정량 함유시킨 것으로 하고, 부활 가스를 이산화탄소로서 부활을 실시함으로써 처음으로  $1\text{nm}$  이하의 세공의 용적을 유지하면서  $1\text{nm}$ 을 초과하는 비교적 큰 세공 직경의 다른 세공을 적당량 구비시키는 것에 성공했다. 또한, 검토를 거듭해 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중  $1.5\text{nm}$  이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g) 및  $0.65\text{nm}$  이상  $1.0\text{nm}$  이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)를 특정 범위로 하고, 또한, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중  $2.0\text{nm}$  이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기  $1.5\text{nm}$  이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B의 비율(B/C)을 특정 범위가 되도록 제어하고 얻어지는 활성탄이 디클로로메탄의 평형 흡착

량이 우수한 것을 찾아냈다.

[0009] 본 발명은 이러한 지견에 기초하여 더욱 검토를 거듭하는 것에 의해 완성된 발명이다.

[0010] 즉, 본 발명은 하기에 열거하는 태양의 발명을 제공한다.

[0011] 제 1 항. QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.4cc/g 이상,

[0012] QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.2cc/g 이상, 또한,

[0013] QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.880 ~ 0.985인, 활성탄.

[0014] 제 2 항. 상기 세공 용적 C(cc/g)에 대한, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 A(cc/g)의 비율(세공 용적 A/세공 용적 C)이 0.5 ~ 0.94인, 제 1 항에 기재된 활성탄.

[0015] 제 3 항. 상기 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(세공 용적 B/세공 용적 C)이 0.90 ~ 0.99인, 제 1 항 또는 제 2 항에 기재된 활성탄.

[0016] 제 4 항. 상기 활성탄이 섬유상 활성탄인, 제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 기재된 활성탄.

[0017] 제 5 항. 디클로로메탄 평형 흡착량이 40질량% 이상인, 제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 기재된 활성탄.

[0018] 제 6 항. 기상 중의 디클로로메탄을 흡착시키기 위해 이용되는, 제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 기재된 활성탄.

[0019] 제 7 항. 제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 기재된 활성탄을 포함하는, 디클로로메탄의 흡착제.

[0020] 제 8 항. 제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 기재된 활성탄을 이용하는, 디클로로메탄의 흡착 제거 방법

### **발명의 효과**

[0021] 본 발명의 활성탄에 따르면 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.4cc/g 이상, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.2cc/g 이상, 또한, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.880 ~ 0.985인 것으로, 디클로로메탄의 평형 흡착량이 우수한 것으로 할 수 있다.

### **도면의 간단한 설명**

[0022] 도 1은 실시예 1의 활성탄의 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 직경 분포를 나타내는 그래프이다.

도 2는 실시예 2의 활성탄의 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 직경 분포를 나타내는 그래프이다.

도 3은 실시예 3의 활성탄의 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 직경 분포를 나타내는 그래프이다.

도 4는 실시예 4의 활성탄의 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 직경 분포를 나타내는 그래프이다.

도 5는 실시예 5의 활성탄의 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 직경 분포를 나타내는 그래프이다.

도 6은 실시예 6의 활성탄의 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 직경 분포를 나타내는 그래프이다.

도 7은 실시예 7의 활성탄의 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 직경 분포를 나타내는 그래프이다.

도 8은 실시예 8의 활성탄의 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 직경 분포를 나타내는 그래프이다.

도 9는 실시예 9의 활성탄의 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 직경 분포를 나타내는 그래프이다.

도 10은 실시예 10의 활성탄의 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 직경 분포를 나타내는 그래프이다.

도 11은 실시예 11의 활성탄의 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 직경 분포를 나타내는 그래프이다.

도 12는 실시예 12의 활성탄의 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 직경 분포를 나타내는 그래프이다.

도 13은 실시예 13의 활성탄의 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 직경 분포를 나타내는 그래프이다.

도 14는 실시예 14의 활성탄의 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 직경 분포를 나타내는 그래프이다.

도 15는 실시예 15의 활성탄의 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 직경 분포를 나타내는 그래프이다.

도 16은 실시예 16의 활성탄의 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 직경 분포를 나타내는 그래프이다.

도 17은 실시예 17의 활성탄의 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 직경 분포를 나타내는 그래프이다.

도 18은 실시예 18의 활성탄의 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 직경 분포를 나타내는 그래프이다.

도 19는 비교예 1의 활성탄의 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 직경 분포를 나타내는 그래프이다.

도 20은 비교예 2의 활성탄의 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 직경 분포를 나타내는 그래프이다.

도 21은 비교예 3의 활성탄의 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 직경 분포를 나타내는 그래프이다.

도 22는 비교예 4의 활성탄의 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 직경 분포를 나타내는 그래프이다.

도 23은 비교예 5의 활성탄의 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 직경 분포를 나타내는 그래프이다.

도 24는 비교예 6의 활성탄의 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 직경 분포를 나타내는 그래프이다.

도 25는 비교예 7의 활성탄의 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 직경 분포를 나타내는 그래프이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023]

이하, 본 발명의 활성탄에 대해 상세하게 설명한다.

[0024]

본 발명의 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.4cc/g 이상, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.2cc/g 이상, 또한, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.880 ~ 0.985이다.

[0025]

본 명세서에 있어서 세공 용적이란, QSDFT법(급냉고체 밀도법판수법)에 의해 산출되는 세공 용적을 말한다. QSDFT법이란, 기하학적 · 화학적으로 불규칙한 마이크로 포러스 · 메조 포러스인 탄소의 세공 직경 해석을 대상으로 한 약 0.5nm 내지 약 40nm까지의 세공 직경 분포의 계산을 할 수 있는 해석 수법이다. QSDFT법에서는 세공 표면의 거칠기와 불균일성에 의한 영향이 명료하게 고려되고 있기 때문에, 세공 직경 분포 해석의 정확도가 대폭 향상된 수법이다. 본 발명에 있어서는 Quantachrome사제 "AUTOSORB-1-MP"를 이용하여 질소 흡착 등온선의 측정 및 QSDFT법에 의한 세공 직경 분포 해석을 실시한다. 77K의 온도에서 측정한 질소의 탈착 등온선에 대해 Calculation model로서 N<sub>2</sub> at 77K on carbon[slit pore, QSDFT equilibrium model]을 적용하여 세공 직경 분포를 계산하는 것으로 특정한 세공 직경 범위의 세공 용적을 산출할 수 있다.

[0026]

본 발명의 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.4cc/g 이상이며, 디클로로메탄의 평형 흡착량을 보다 향상시키는 관점에서 당해 세공 용적 B는 0.525cc/g 이상이 바람직하고, 0.535cc/g 이상이 보다 바람직하다. 당해 세공 용적 B의 상한값에 대해서는 특별히 제한되지 않지만, 예를 들면, 1.0cc/g 이하를 들 수 있으며, 0.7cc/g 이하를 바람직하게 들 수 있다.

[0027]

본 발명의 활성탄은 디클로로메탄의 평형 흡착량을 보다 향상시키는 관점에서 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적은 0.10cc/g 이상 0.40cc/g 이하를 들 수 있으며, 바람직하게는 0.10cc/g 이상 0.28cc/g 이하, 보다 바람직하게는 0.15cc/g 이상 0.25cc/g 이하, 더 바람직하게는 0.17cc/g 이상 0.20cc/g 이하, 특히 바람직하게는 0.17cc/g 이상 0.195cc/g 이하를 들 수 있다. 또한, 상기 0.65nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적은 0.10cc/g 이상 0.40cc/g 이하(단, 0.15cc/g 이상 0.166 이하의 범위를 제외한다.), 0.10cc/g 이상 0.28cc/g 이하(단, 0.15cc/g 이상 0.166 이하의 범위를 제외한다.), 0.170cc/g 이상 0.25cc/g 이하, 또는 0.170cc/g 이상 0.195cc/g 이하로 할 수도 있다.

[0028]

본 발명의 활성탄은 디클로로메탄의 평형 흡착량을 보다 향상시키는 관점에서 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.8nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적은 0.20cc/g 이상 0.50cc/g 이하를 들 수 있으며, 바람직하게는 0.20cc/g 이상 0.40cc/g 이하, 보다 바람직하게는 0.21cc/g 이상 0.40cc/g 이하를 들 수 있다.

[0029]

본 발명의 활성탄은 디클로로메탄의 평형 흡착량을 보다 향상시키는 관점에서 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용

적 중 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 A는 0.35cc/g 이상 0.55cc/g 이하를 들 수 있으며, 바람직하게는 0.35cc/g 이상 0.48cc/g 이하, 보다 바람직하게는 0.40cc/g 이상 0.48cc/g 이하를 들 수 있다.

[0030] 본 발명의 활성탄은 디클로로메탄의 평형 흡착량을 보다 향상시키는 관점에서 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C는 0.25cc/g 이상 0.85cc/g 이하를 들 수 있으며, 바람직하게는 0.45cc/g 이상 0.80cc/g 이하, 보다 바람직하게는 0.45cc/g 이상 0.80cc/g 이하, 특히 바람직하게는 0.555cc/g 이상 0.77cc/g 이하를 들 수 있다.

[0031] 본 발명의 활성탄은 디클로로메탄의 평형 흡착량을 보다 향상시키는 관점에서 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이상의 범위의 세공 직경의 세공 용적은 0.10cc/g 이하를 들 수 있으며, 바람직하게는 0.05cc/g 이하, 보다 바람직하게는 0.001cc/g 이상 0.05cc/g 이하를 들 수 있다.

[0032] 본 발명의 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.05nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)는 0.2cc/g 이상이며, 디클로로메탄의 평형 흡착량을 보다 향상시키는 관점에서 당해 세공 용적 E는 0.21cc/g 이상이 바람직하고, 0.23cc/g 이상이 보다 바람직하다. 당해 세공 용적 E의 상한값에 대해서는 특별히 제한되지 않지만, 예를 들면, 0.4cc/g 이하를 들 수 있으며, 0.33cc/g 이하를 바람직하게 들 수 있다.

[0033] 본 발명의 활성탄은 디클로로메탄의 평형 흡착량을 보다 향상시키는 관점에서 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.0nm 이상 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적은 0.01cc/g 이상 0.3cc/g 이하를 들 수 있으며, 바람직하게는 0.04cc/g 이상 0.3cc/g 이하, 보다 바람직하게는 0.04cc/g 이상 0.3cc/g 이하, 더 바람직하게는 0.08cc/g 이상 0.25cc/g 이하, 특히 바람직하게는 0.125cc/g 이상 0.25cc/g 이하를 들 수 있다.

[0034] 본 발명의 활성탄은 디클로로메탄의 평형 흡착량을 보다 향상시키는 관점에서 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.0nm 이상 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적은 0.01cc/g 이상 0.35cc/g 이하를 들 수 있으며, 바람직하게는 0.05cc/g 이상 0.35cc/g 이하, 보다 바람직하게는 0.10cc/g 이상 0.35cc/g 이하, 특히 바람직하게는 0.21cc/g 이상 0.35cc/g 이하를 들 수 있다.

[0035] 본 발명의 활성탄은 디클로로메탄의 평형 흡착량을 보다 향상시키는 관점에서 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 0.8nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적은 0.05cc/g 이상 0.18cc/g 이하가 바람직하고, 0.1cc/g 이상 0.15cc/g 이하가 보다 바람직하다.

[0036] 본 발명의 활성탄은 디클로로메탄의 평형 흡착량을 보다 향상시키는 관점에서 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.8nm 이상 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적은 0.08cc/g 이상 0.60cc/g 이하를 들 수 있으며, 바람직하게는 0.12cc/g 이상 0.50cc/g 이하, 보다 바람직하게는 0.18cc/g 이상 0.50cc/g 이하, 특히 바람직하게는 0.20cc/g 이상 0.50cc/g 이하를 들 수 있다.

[0037] 본 발명의 활성탄은 디클로로메탄의 평형 흡착량을 보다 향상시키는 관점에서 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이상 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 D는 0.01cc/g 이상 0.1cc/g 이하가 바람직하고, 0.013cc/g 이상 0.065cc/g 이하가 보다 바람직하다.

[0038] 본 발명의 활성탄은 활성탄의 비표면적(질소를 피흡착 물질로서 이용한 BET법(1점법)에 의해 측정되는 값)으로서는  $1000 \sim 2000\text{m}^2/\text{g}$  정도를 들 수 있으며, 바람직하게는  $1300 \sim 1900\text{m}^2/\text{g}$  정도, 보다 바람직하게는  $1400 \sim 1900\text{m}^2/\text{g}$  정도를 들 수 있다. 또한 QSDFT법에 의해 산출되는 활성탄의 전체 세공 용적으로서는  $0.35 \sim 1.00\text{cc/g}$  정도를 들 수 있으며, 바람직하게는  $0.40 \sim 1.00\text{cc/g}$  정도, 보다 바람직하게는  $0.50 \sim 0.80\text{cc/g}$  정도, 더 바람직하게는  $0.55 \sim 0.80\text{cc/g}$  정도를 들 수 있다.

[0039] 본 발명의 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이  $0.880 \sim 0.985$ 이며, 디클로로메탄의 평형 흡착량을 보다 향상시키는 관점에서 당해 비율은  $0.880 \sim 0.965$ 가 바람직하다. 상기 B/C의 상한값을 설정하고 있는 것은 본 발명의 활성탄이 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이상 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공이 적당히 분포하는 것이 필요하다는 것을 나타내고 있다. 당해 1.5nm 이상 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공이 피흡착 물질의 세공 내 확산을 보조하고, 이를 B/C가 특정 범위가 되도록 하는 것에 의해 디클로로메탄의 평형 흡착량을 보다 향상시킨다고 생각된다.

[0040] 본 발명의 활성탄은 디클로로메탄의 평형 흡착량을 보다 향상시키는 관점에서 상기 세공 용적 A와 상기 세공 용적 B의 비(세공 용적 A/세공 용적 B)는  $0.600 \sim 0.900$ 을 들 수 있으며,  $0.600 \sim 0.830$ 을 바람직하게 들 수 있

다.

[0041] 본 발명의 활성탄은 디클로로메탄의 평형 흡착량을 보다 향상시키는 관점에서 상기 세공 용적 A와 상기 세공 용적 C의 비(세공 용적 A/세공 용적 C)는 0.560 ~ 0.890을 들 수 있으며, 0.560 ~ 0.820을 바람직하게 들 수 있으며, 0.560 ~ 0.795를 보다 바람직하게 들 수 있다.

[0042] 본 발명의 활성탄은 디클로로메탄의 평형 흡착량을 보다 향상시키는 관점에서 상기 세공 용적 A와 상기 세공 용적 D의 비(세공 용적 D/세공 용적 A)는 0.010 ~ 0.220을 들 수 있으며, 0.030 ~ 0.220을 바람직하게 들 수 있으며, 0.05 ~ 0.220을 보다 바람직하게 들 수 있다.

[0043] 본 발명의 활성탄은 디클로로메탄의 평형 흡착량을 보다 향상시키는 관점에서 상기 전체 세공 용적에 대한 상기 세공 용적 A의 비율(세공 용적 A/전체 세공 용적)은 0.530 ~ 0.900을 들 수 있으며, 0.530 ~ 0.800을 바람직하게 들 수 있으며, 0.530 ~ 0.789를 보다 바람직하게 들 수 있다.

[0044] 본 발명의 활성탄은 디클로로메탄의 평형 흡착량을 보다 향상시키는 관점에서 상기 전체 세공 용적에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(세공 용적 B/전체 세공 용적)은 0.800 ~ 0.990을 들 수 있으며, 0.800 ~ 0.970을 바람직하게 들 수 있으며, 0.800 ~ 0.955를 보다 바람직하게 들 수 있다.

[0045] 본 발명의 활성탄은 디클로로메탄의 평형 흡착량을 보다 향상시키는 관점에서 상기 전체 세공 용적에 대한 상기 세공 용적 C의 비율(세공 용적 C/전체 세공 용적)은 0.930 ~ 1.000을 들 수 있으며, 0.930 ~ 0.998을 바람직하게 들 수 있다.

[0046] 본 발명의 활성탄은 디클로로메탄의 평형 흡착량을 보다 향상시키는 관점에서 상기 전체 세공 용적에 대한 상기 세공 용적 D의 비율(세공 용적 D/전체 세공 용적)은 0.010 ~ 0.130을 들 수 있으며, 0.030 ~ 0.130을 바람직하게 들 수 있으며, 0.035 ~ 0.130을 보다 바람직하게 들 수 있다.

[0047] 본 발명의 활성탄은 디클로로메탄의 평형 흡착량을 보다 향상시키는 관점에서 상기 전체 세공 용적에 대한 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적의 비율(0.65nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적/전체 세공 용적)은 0.120 ~ 0.520을 들 수 있다.

[0048] 본 발명의 활성탄은 디클로로메탄의 평형 흡착량을 보다 향상시키는 관점에서 상기 전체 세공 용적에 대한 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.8nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적의 비율(0.8nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적/전체 세공 용적)은 0.200 ~ 0.800을 들 수 있으며, 0.350 ~ 0.650을 바람직하게 들 수 있으며, 0.200 ~ 0.590을 보다 바람직하게 들 수 있다.

[0049] 후술하는 바와 같이, 본 발명의 제조 방법에 있어서, 활성탄 전구체의 주원료(즉, 본 발명의 활성탄의 유래가 되는 원료)로서는 특별히 제한되지 않고, 예를 들면, 불용화(不融化) 혹은 탄소화한 유기질 재료, 페놀 수지 등의 불용성 수지 등을 들 수 있으며, 상기 유기질 재료로서는 예를 들면, 폴리아크릴로니트릴, 피치, 폴리비닐알코올, 셀룰로오스 등을 들 수 있다. 이들 중에서도 본 발명의 활성탄은 피치에 유래하는 것이 바람직하고, 석탄 피치에 유래하는 것이 보다 바람직하다.

[0050] 본 발명의 활성탄은 상기 특정한 세공 직경 분포로 하기 위해 활성탄 전구체로서 이트륨 화합물 및/또는 바나듐 화합물을 포함하는 것을 이용한다. 그리고 본 발명의 활성탄은 활성탄 전구체에 포함되는 이트륨 화합물 및/또는 바나듐 화합물에서 유래되는 이트륨 단일체, 이트륨 화합물, 바나듐 단일체 및 바나듐 화합물로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상을 포함하는 것이어도 좋다. 본 발명의 활성탄의 총 질량에 있어서의 상기 활성탄에 함유되는 이트륨 단일체, 이트륨 화합물, 바나듐 단일체 및 바나듐 화합물의 질량의 비율(합계)로서는 예를 들어, 0.001 ~ 5.0질량%를 들 수 있으며, 0.001 ~ 3.0질량%를 바람직하게 들 수 있으며, 0.001 ~ 0.35질량%를 특히 바람직하게 들 수 있다. 상기 비율은 ICP 발광 분광 분석장치(Varian사제 형식 715-ES)에 의해 측정되는 이트륨 원소 환산 및 바나듐 원소 환산의 비율(즉, 이트륨 및 바나듐 함유량)이다. 그 중에서도 본 발명의 활성탄은 이트륨 화합물 및 바나듐 화합물을 포함하는 것으로 하면, 바나듐의 효과에 의해 1nm 이하의 마이크로공 용량을 크게 유지시키고, 게다가 이트륨의 효과에 의해 다소 큰 세공도 적당히 분포시킬 수 있으며, 이러한 다소 큰 세공이 피흡착 물질의 세공 내 확산을 보조하기 때문에 디클로로메탄의 평형 흡착량을 보다 향상시키는 점에서 바람직하다. 이 경우 본 발명의 활성탄의 총 질량에 있어서의 상기 활성탄에 함유되는 이트륨 단일체 및 이트륨 화합물의 함유량의 합계와, 바나듐 단일체 및 바나듐 화합물의 함유량의 합계와의 비(바나듐 단일체 및 바나듐 화합물의 함유량의 합계/이트륨 단일체 및 이트륨 화합물의 함유량의 합계)로서는 4 ~ 16을 들 수 있다.

[0051] 본 발명의 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적

B(cc/g)가 0.4cc/g 이상, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.2cc/g 이상, 또한, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.880 ~ 0.985인 것으로 디클로로메탄의 평형 흡착량이 우수하다. 구체적으로, 본 발명의 활성탄이 구비하는 디클로로메탄 평형 흡착량(질량%)으로서는 예를 들어, 40질량% 이상을 들 수 있으며, 바람직하게는 45질량% 이상을 들 수 있으며, 보다 바람직하게는 50질량% 이상을 들 수 있다. 상한값으로서는 특별히 한정되지 않지만, 예를 들어, 70질량% 이하, 또는 60질량% 이하를 들 수 있다. 또한, 본 발명에 있어서 디클로로메탄 흡착 성능은 이하와 같이 측정되는 것이다. 즉, 활성탄 샘플을 110°C의 건조기에서 하룻밤 건조시키고 데시케이터에서 냉각 후, 신속하게 3.14g을 청량하여 시험 컬럼( $\Phi 20 \times H100$ )에 충전한다. 다음으로 농도 10000ppm, 25°C로 조정한 디클로로메탄 가스를 유량 2.0L/min으로 시험 컬럼에 통기시켜 흡착 조작을 실시한다. 활성탄의 질량 증가가 멈춘 시점을 평형 상태로 하여, 평형 흡착량을 산출한다.

$$\text{평형 흡착량}(\%) = \frac{\text{질량 증가분}}{\text{활성탄 질량}} \times 100$$

본 발명의 활성탄의 형태는 특별히 한정되지 않지만, 예를 들어, 입상 활성탄, 분말상 활성탄, 섬유상 활성탄 등을 들 수 있다. 디클로로메탄의 흡착 속도를 보다 향상시킨다는 관점에서 섬유상인 섬유상 활성탄으로 하는 것이 보다 바람직하다. 섬유상 활성탄의 평균 섬유 직경으로서는 바람직하게는  $30\text{ }\mu\text{m}$  이하, 보다 바람직하게는  $5 \sim 20\text{ }\mu\text{m}$  정도를 들 수 있다. 또한, 본 발명에 있어서의 평균 섬유 직경은 화상 처리 섬유 직경 측정 장치(JIS K 1477에 준거)에 의해 측정한 값이다. 또한, 입상 활성탄 및 분말상 활성탄의 입자 직경으로서는 레이저 회절/산란식법으로 측정한 적산 체적 백분율  $D_{50}$ 이  $0.01 \sim 5\text{mm}$ 를 들 수 있다.

본 발명의 활성탄은 기상 중 또는 액상 중 어느 것이든 사용할 수 있다. 특히, 본 발명의 활성탄은 기상 중의 디클로로메탄을 흡착시키기 위해 호적하게 이용된다.

다음으로, 본 발명의 활성탄의 제조 방법에 대해 상세하게 설명한다.

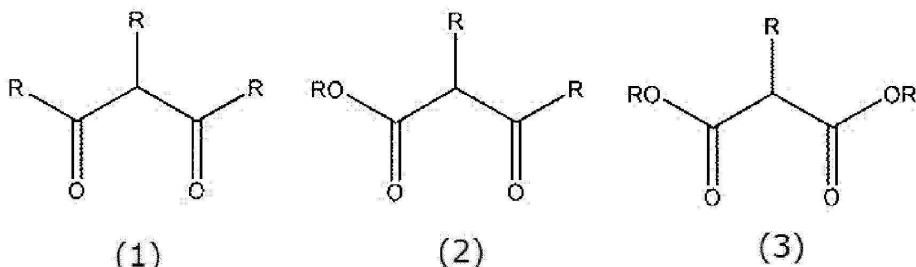
본 발명의 활성탄의 제조 방법은 이트륨 화합물 및/또는 바나듐 화합물을 포함하는 활성탄 전구체를  $\text{CO}_2$  농도가 90용적% 이상의 분위기하, 온도  $600 \sim 1200^\circ\text{C}$ 에서 부활하는 공정을 포함한다. 이에 따라, 처음으로 1nm 이하의 세공의 용적, 특히 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E 및 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)를 유지하면서, 또한 비교적 큰 세공 직경 1.5nm 이상 2.0nm 이하의 세공을 적당량 구비시킬 수 있으며, 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)을 특정 범위로 할 수 있으며, 발명의 활성탄을 얻을 수 있다. 한편, 부활 가스를 종래 널리 이용되고 있는 수증기로 한 경우는, 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E 및 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)를 유지하면서, 또한 비교적 큰 세공 직경 1.5nm 이상 2.0nm 이하의 세공을 적당량 구비시키는 것이 곤란하게 된다. 또한, 활성탄 전구체가 이트륨 화합물 및/또는 바나듐 화합물을 포함하지 않는 것으로 한 경우도 상기 본 발명의 활성탄이 구비하는 세공 분포로 하는 것이 곤란하게 된다.

본 발명의 활성탄의 제조 방법에 있어서, 활성탄 전구체의 주원료로서는 특별히 제한되지 않는다. 예를 들어, 불용화 또는 탄소화한 유기질 재료, 폐놀 수지 등의 불용성 수지 등을 들 수 있으며, 상기 유기질 재료로서는 예를 들어, 폴리아크릴로니트릴, 피치, 폴리비닐알코올, 셀룰로오스 등을 들 수 있다. 탄소화시의 이론 탄소화 수율의 점에서 피치가 바람직하고, 피치 중에서도 특히 석탄 피치가 바람직하다.

본 발명의 활성탄의 제조 방법에 있어서, 활성탄 전구체의 이트륨 및 바나듐의 함유량의 합계로서는 바람직하게는  $0.01 \sim 5.0\text{질량\%}$ , 보다 바람직하게는  $0.03 \sim 1.0\text{질량\%}$ , 더 바람직하게는  $0.03 \sim 0.3\text{질량\%}$ 를 들 수 있다. 이트륨은 이트륨 단일체 혹은 이트륨 화합물을 원료와 혼합하는 것에 의해 함유시킬 수 있다. 이트륨 화합물로서는 이트륨을 구성 금속 원소로 하는 금속 산화물, 금속 수산화물, 금속 할로겐화물, 금속 황산염 등의 무기 금속 화합물, 초산 등의 유기산과 금속과의 염, 유기 금속 화합물 등을 들 수 있다. 유기 금속 화합물로서는 금속 아세틸아세토네이트, 방향족 금속 화합물 등을 들 수 있다. 또한, 바나듐은 바나듐 단일체 혹은 바나듐 화합물을 원료와 혼합하는 것에 의해 함유시킬 수 있다. 바나듐 화합물로서는 바나듐을 구성 금속 원소로 하는 금속 산화물, 금속 수산화물, 금속 할로겐화물, 금속 황산염 등의 무기 금속 화합물, 초산 등의 유기산과 금속과의 염, 유기 금속 화합물 등을 들 수 있다. 이트륨 화합물 및/또는 바나듐 화합물에 있어서, 그 중에서도 활성탄 전구체 중에 금속을 고분산시키는 관점에서 유기 금속 화합물로 하는 것이 바람직하고, 유기 금속 화합물로서는  $\beta$ -디케톤형 화합물을 배위자로 하는 금속 카복실체를 보다 바람직하게 들 수 있다.  $\beta$ -디케톤형 화합물로서는 하기 식 (1) 내지 (3)에 나타내는 구조를 가지는 것을 들 수 있으며, 구체적으로는 아세틸아세톤 등을 들 수 있다.

또한, 본 발명의 활성탄에 있어서 이트륨 단일체 및/또는 이트륨 화합물을 더 포함하는 것으로 하는 경우는 바나듐 단일체 혹은 바나듐 화합물과, 이트륨 단일체 및/또는 이트륨 화합물을 활성탄 전구체의 주원료와 혼합하는 것에 의해 함유시키면 된다. 또한 활성탄 전구체의 주원료에 혼합하는 이트륨 화합물로서는 바나듐 화합물과 동일하게 이트륨을 구성 금속 원소로 하는 금속 산화물, 금속 수산화물, 금속 할로겐화물, 금속 황산염 등의 무기 금속 화합물, 초산 등의 유기산과 금속과의 염, 유기 금속 화합물 등을 들 수 있다. 유기 금속 화합물로서는 금속 아세틸아세토네이트, 방향족 금속 화합물 등을 들 수 있다. 그 중에서도 활성탄 전구체 중에 금속을 고분산시키는 관점에서 유기 금속 화합물로 하는 것이 바람직하고, 유기 금속 화합물로서는  $\beta$ -디케톤형 화합물을 배위자로 하는 금속 착체를 보다 바람직하게 들 수 있다.  $\beta$ -디케톤형 화합물로서는 하기 식 (1) 내지 (3)에 나타내는 구조를 가지는 것을 들 수 있으며, 구체적으로는 아세틸아세톤 등을 들 수 있다.

### 화학식 1



[0059]

[0060] 그 중에서도 활성탄 전구체에 이트륨 화합물 및 바나듐 화합물을 함유시키는 경우는 바나듐의 효과에 의해 1nm 이하의 마이크로공 용량을 크게 유지시키고, 게다가 이트륨의 효과에 의해 다소 큰 세공도 적당히 분포시킬 수 있으며, 이러한 다소 큰 세공이 피흡착 물질의 세공 내 확산을 보조하기 때문에 디클로로메탄의 평형 흡착량을 보다 향상시키는 점에서 바람직하다. 활성탄 전구체에 이트륨 화합물 및 바나듐 화합물을 함유시키는 경우 활성탄 전구체 중에 있어서의 이트륨 화합물의 함유량과 바나듐 화합물의 함유량의 비(바나듐 화합물의 함유량/이트륨 화합물의 함유량)로서는 4 ~ 15를 바람직하게 들 수 있다.

[0061]

본 발명의 활성탄의 제조 방법에 있어서 부활의 분위기는  $\text{CO}_2$  농도가 90용적% 이상이며, 바람직하게는 95용적% 이상, 보다 바람직하게는 99용적% 이상이다.

[0062]

부활의 분위기에 있어서  $\text{CO}_2$  이외의 다른 성분으로서는  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}$ 를 들 수 있다.

[0063]

본 발명의 제조 방법에 있어서 부활의 분위기 온도는 통상적으로 600 ~ 1200°C 정도이며, 바람직하게는 800 ~ 1000°C 정도, 보다 바람직하게는 900 ~ 1000°C 정도이다. 또한 부활 시간으로서는 활성탄 전구체의 주원료에 따라 소정의 세공 직경 분포가 되도록 조정하면 된다. 예를 들어, 활성탄 전구체의 주원료로서 연화점이 275°C ~ 288°C의 피치를 이용한 경우는 부활의 분위기 온도는 900 ~ 1000°C, 부활 시간은 10 ~ 80분, 보다 바람직하게는, 30 ~ 80분으로 부활을 실시할 것을 들 수 있다.

[0064]

실시예

[0065] 이하에 실시예 및 비교예를 나타내어 본 발명을 상세하게 설명한다. 단, 본 발명은 실시예에 한정되지 않는다.

[0066] 각 실시예 및 비교예에 대해 이하의 방법에 의해 평가했다.

[0067] (1) 활성탄 전구체(불용화한 피치 섬유)의 바나듐 함유량 및 이트륨 함유량(질량%)

[0068] 피치 섬유를 회화(灰化) 처리하고, 회분을 산에 용해시켜 ICP 발광 분광 분석장치(Varian사제 형식 715-ES)에 의해 측정되는 바나듐 원소 환산의 비율 및 이트륨 원소 환산의 비율을 각각 바나듐 함유량 및 이트륨 함유량으로 했다.

[0069] (2) 활성탄의 금속 함유량(질량%)

[0070] 섬유상 활성탄을 회화 처리하고, 회분을 산에 용해시켜 ICP 발광 분광 분석장치(Varian사제의 형식 715-ES)에 의해 측정되는 바나듐 원소 환산의 비율 및 이트륨 원소 환산의 비율을 각각 바나듐 함유량 및 이트륨 함유량으로 했다.

로 했다.

[0071] (3) 세공 용적(cc/g), 비표면적( $\text{m}^2/\text{g}$ ), 섬유상 활성탄의 섬유 직경(  $\mu\text{m}$  )

[0072] 세공 물성값은 Quantachrome사제 "AUTOSORB-1-MP"를 이용하여 77K에서의 질소 흡착 등온선에서 측정했다. 비표면적은 BET법에 의해 상대압 0.1의 측정점에서 계산했다. 전체 세공 용적 및 표 1에 기재한 각 세공 직경 범위에 있어의 세공 용적은 측정한 질소 탈착 등온선에 대해 Calculation model로서 N<sub>2</sub> at 77K on carbon[slit pore, QSDFT equilibrium model]을 적용하여 세공 직경 분포를 계산하는 것으로 해석했다. 구체적으로, 표 1에 기재한 각 세공 직경 범위에 있어서의 세공 용적은 도 1 내지 20에 나타낸 세공 직경 분포를 나타내는 그래프의 판독값 또는 상기 판독값에서 계산되는 값이다. 보다 구체적으로, 세공 직경 0.65nm 이하의 세공 용적은 세공 직경 분포의 가로축 Pore Width가 0.65nm에 있어서의 Cumulative Pore Volume(cc/g)의 판독값이다. 동일하게 하여, 세공 직경 0.8nm 이하의 세공 용적, 세공 직경 1.0nm 이하의 세공 용적 A, 세공 직경 1.5nm 이하의 세공 용적 B, 세공 직경 2.0nm 이하의 세공 용적 C를 얻었다. 세공 직경 2.0nm 이상의 세공 용적은 QSDFT법에 의해 얻어지는 전체 세공 용적에서 상기 세공 직경 2.0nm 이하의 세공 용적 C를 감산하는 것으로 계산했다. 세공 직경 1.0nm 이상 1.5nm 이하의 범위의 세공 용적은 상기 세공 직경 1.5nm 이하의 세공 용적 B에서 상기 세공 직경 1.0nm 이하의 세공 용적 A를 감산하는 것으로 계산했다. 세공 직경 1.0nm 이상 2.0nm 이하의 범위의 세공 용적은 상기 세공 직경 2.0nm 이하의 세공 용적 C에서 상기 세공 직경 1.0nm 이하의 세공 용적 A를 감산하는 것으로 계산했다. 0.65nm 이상 0.8nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적은 상기 세공 직경 0.8nm 이하의 세공 용적에서 상기 세공 직경 0.65nm 이하의 세공 용적을 감산하는 것으로 계산했다. 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E는 상기 세공 직경 1.0nm 이하의 세공 용적 A에서 상기 세공 직경 0.65nm 이하의 세공 용적을 감산하는 것으로 계산했다. 0.8nm 이상 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적은 상기 세공 직경 1.5nm 이하의 세공 용적 B에서 상기 세공 직경 0.8nm 이하의 세공 용적을 감산하는 것으로 계산했다. 1.5nm 이상 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적은 상기 세공 직경 2.0nm 이하의 세공 용적 C에서 상기 세공 직경 1.5nm 이하의 세공 용적 B를 감산하는 것으로 계산했다.

[0073] (4) 섬유상 활성탄의 섬유 직경(  $\mu\text{m}$  )

[0074] 화상 처리 섬유 직경 측정 장치(JIS K 1477에 준거)에 의해 측정했다.

[0075] (5) 디클로로메탄 평형 흡착량

[0076] 활성탄 샘플을 110°C의 건조기에서 하룻밤 건조시키고 데시케이터에서 냉각 후 신속하게 3.14g을 청량하여 시험 컬럼(Φ20 × H100)에 충전했다. 다음으로, 농도 10000ppm, 25°C로 조정한 디클로로메탄 가스를 유량 2.0L/min으로 시험 컬럼에 통기시켜 흡착 조작을 실시했다. 활성탄의 질량 증가가 멈춘 시점을 평형 상태로 하여, 평형 흡착량을 산출했다.

[0077] 평형 흡착량(%) = 질량 증加分 / 활성탄 질량 × 100

[0078] 40질량% 이상을 합격으로 했다.

[0079] (실시예 1)

[0080] 유기질 재료로서 연화점이 280°C인 임상 석탄 괴침 100질량부에 대하여 비스(2,4-펜탄지오나토) 바나듐(IV) 옥사이드(CAS 번호: 3153-26-2) 0.6질량부, 및 트리스아세틸아세토나토이트륨(CAS 번호: 15554-47-9) 0.1질량부;를 혼합한 것을 용융 압출기에 공급하고, 용융 온도 320°C에서 용융 혼합하고, 토출량 16g/min으로 방사(紡絲)함으로써 괴침 섬유를 얻었다. 얻어진 괴침 섬유를 공기 중 상온에서 354°C까지 1 ~ 30°C/분의 비율로 54분간 승온시키는 것에 의해 불용화 처리를 실시하고, 불용화된 괴침 섬유인 활성탄 전구체를 얻었다. 상기 활성탄 전구체에 있어서 바나듐의 함유량은 0.11질량%, 이트륨의 함유량은 0.022질량%였다.

[0081] 얻어진 활성탄 전구체를 CO<sub>2</sub> 농도가 100용량%인 가스를 부활로 내에 연속적으로 도입하고, 분위기 온도 950°C에서 32분간 열처리하는 것에 의해 부활을 실시하고, 실시예 1의 활성탄을 얻었다. 얻어진 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.456cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.216cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.970, 바나듐의 함유량은 0.220질량%, 이트륨의 함유량은 0.040질량%, 평균 섬유 직경은 13.5  $\mu\text{m}$  였다.

[0082] (실시예 2)

부활 시간을 40분으로 한 이외는 실시예 1과 동일하게 하여, 실시예 2의 활성탄을 얻었다. 얻어진 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.558cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.256cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.947, 바나듐의 함유량은 0.270질량%, 이트륨의 함유량은 0.050질량%, 평균 섬유 직경은  $13.3\text{ }\mu\text{m}$ 였다.

[0084] (실시예 3)

부활 시간을 45분으로 한 이외는 실시예 1과 동일하게 하여, 실시예 3의 활성탄을 얻었다. 얻어진 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.621cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.274cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.917, 바나듐의 함유량은 0.310질량%, 이트륨의 함유량은 0.060질량%, 평균 섬유 직경은  $13.5\text{ }\mu\text{m}$ 였다.

[0086] (실시예 4)

유기질 재료로서 연화점이  $280^{\circ}\text{C}$ 인 입상 석탄 퍼치 100질량부에 대하여 비스(2,4-펜탄지오나토) 바나듐(IV) 옥사이드(CAS 번호: 3153-26-2) 0.6질량부, 및 트리스아세틸아세토나토이트륨(CAS 번호: 15554-47-9) 0.06질량부;를 혼합한 것을 용융 압출기에 공급하고, 용융 온도  $320^{\circ}\text{C}$ 에서 용융 혼합하고, 토출량 16g/min으로 방사함으로써 퍼치 섬유를 얻었다. 얻어진 퍼치 섬유를 공기 중 상온에서  $354^{\circ}\text{C}$ 까지  $1 \sim 30^{\circ}\text{C}/\text{분}$ 의 비율로 54분간 승온시키는 것에 의해 불용화 처리를 실시하고, 불용화된 퍼치 섬유인 활성탄 전구체를 얻었다. 상기 활성탄 전구체에 있어서 바나듐의 함유량은 0.09질량%, 이트륨의 함유량은 0.01질량%였다.

얻어진 활성탄 전구체를  $\text{CO}_2$  농도가 100용량%인 가스를 부활로 내에 연속적으로 도입하고, 분위기 온도  $950^{\circ}\text{C}$ 에서 38분간 열처리하는 것에 의해 부활을 실시하고, 실시예 4의 활성탄을 얻었다. 얻어진 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.482cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.204cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.980, 바나듐의 함유량은 0.190질량%, 이트륨의 함유량은 0.020질량%, 평균 섬유 직경은  $13.1\text{ }\mu\text{m}$ 였다.

[0089] (실시예 5)

부활 시간을 44분으로 한 이외는 실시예 4와 동일하게 하여, 실시예 5의 활성탄을 얻었다. 얻어진 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.535cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.239cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.961, 바나듐의 함유량은 0.220질량%, 이트륨의 함유량은 0.030질량%, 평균 섬유 직경은  $13.0\text{ }\mu\text{m}$ 였다.

[0091] (실시예 6)

부활 시간을 50분으로 한 이외는 실시예 4와 동일하게 하여, 실시예 6의 활성탄을 얻었다. 얻어진 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.600cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.262cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.932, 바나듐의 함유량은 0.250질량%, 이트륨의 함유량은 0.030질량%, 평균 섬유 직경은  $13.2\text{ }\mu\text{m}$ 였다.

[0093] (실시예 7)

유기질 재료로서 연화점이  $280^{\circ}\text{C}$ 인 입상 석탄 퍼치 100질량부에 대하여 비스(2,4-펜탄지오나토) 바나듐(IV) 옥사이드(CAS 번호: 3153-26-2) 0.6질량부, 및 트리스아세틸아세토나토이트륨(CAS 번호: 15554-47-9)

0.03질량부;를 혼합한 것을 용융 압출기에 공급하고, 용융 온도 320°C에서 용융 혼합하고, 토출량 16g/min으로 방사함으로써 피치 섬유를 얻었다. 얻어진 피치 섬유를 공기 중 상온에서 354°C까지 1 ~ 30°C/분의 비율로 54분간 승온시키는 것에 의해 불용화 처리를 실시하고, 불용화된 피치 섬유인 활성탄 전구체를 얻었다. 상기 활성탄 전구체에 있어서 바나듐의 함유량은 0.095질량%, 이트륨의 함유량은 0.007질량%였다.

[0095] 얻어진 활성탄 전구체를 CO<sub>2</sub> 농도가 100용량%인 가스를 부활로 내에 연속적으로 도입하고, 분위기 온도 950°C에서 37분간 열처리하는 것에 의해 부활을 실시하고, 실시예 7의 활성탄을 얻었다. 얻어진 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.517cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.211cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.981, 바나듐의 함유량은 0.210질량%, 이트륨의 함유량은 0.020질량%, 평균 섬유 직경은 13.5 μm였다.

[0096] (실시예 8)

[0097] 부활 시간을 40분으로 한 이외는 실시예 7과 동일하게 하여, 실시예 8의 활성탄을 얻었다. 얻어진 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.548cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.233cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.945, 바나듐의 함유량은 0.230질량%, 이트륨의 함유량은 0.020질량%, 평균 섬유 직경은 13.0 μm였다.

[0098] (실시예 9)

[0099] 부활 시간을 50분으로 한 이외는 실시예 7과 동일하게 하여, 실시예 9의 활성탄을 얻었다. 얻어진 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.641cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.277cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.926, 바나듐의 함유량은 0.290질량%, 이트륨의 함유량은 0.020질량%, 평균 섬유 직경은 13.2 μm였다.

[0100] (실시예 10)

[0101] 유기질 재료로서 연화점이 280°C인 입상 석탄 피치 100질량부에 대하여 트리스아세틸아세토나토이트륨(CAS 번호: 15554-47-9) 0.3질량부를 혼합한 것을 용융 압출기에 공급하고, 용융 온도 320°C에서 용융 혼합하고, 토출량 20g/min으로 방사함으로써 피치 섬유를 얻었다. 얻어진 피치 섬유를 공기 중 상온에서 354°C까지 1 ~ 30°C/분의 비율로 54분간 승온시키는 것에 의해 불용화 처리를 실시하고, 불용화된 피치 섬유인 활성탄 전구체를 얻었다. 상기 활성탄 전구체에 있어서 이트륨의 함유량은 0.06질량%였다.

[0102] 얻어진 활성탄 전구체를 CO<sub>2</sub> 농도가 100용량%인 가스를 부활로 내에 연속적으로 도입하고, 분위기 온도 950°C에서 67분간 열처리하는 것에 의해 부활을 실시하고, 실시예 10의 활성탄을 얻었다. 얻어진 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.613cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.262cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.890, 이트륨의 함유량은 0.170질량%, 평균 섬유 직경은 16.8 μm였다.

[0103] (실시예 11)

[0104] 부활 시간을 70분으로 한 이외는 실시예 10과 동일하게 하여, 실시예 11의 활성탄을 얻었다. 얻어진 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.636cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.269cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.880, 이트륨의 함유량은 0.180질량%, 평균 섬유 직경은 16.8 μm였다.

[0105] (실시예 12)

[0106] 부활 시간을 65분으로 한 이외는 실시예 10과 동일하게 하여, 실시예 12의 활성탄을 얻었다. 얻어진 활성탄은

QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.594cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.256cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.907, 이트륨의 함유량은 0.150질량%, 평균 섬유 직경은 18.2  $\mu\text{m}$ 였다.

[0107] (실시예 13)

부활 시간을 55분으로 한 이외는 실시예 10과 동일하게 하여, 실시예 13의 활성탄을 얻었다. 얻어진 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.532cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.241cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.942, 이트륨의 함유량은 0.140질량%, 평균 섬유 직경은 18.4  $\mu\text{m}$ 였다.

[0109] (실시예 14)

유기질 재료로서 연화점이 280°C인 입상 석탄 퍼치 100질량부에 대하여 비스(2,4-펜탄지오나토) 바나듐(IV) 옥사이드(CAS 번호: 3153-26-2) 0.6질량부를 혼합한 것을 용융 압출기에 공급하고, 용융 온도 325°C에서 용융 혼합하고, 토출량 16g/min으로 방사함으로써 퍼치 섬유를 얻었다. 얻어진 퍼치 섬유를 공기 중 355°C까지 단계적으로 승온시키고, 합계 87분간 유지시키는 것에 의해 불용화 처리를 실시하고, 불용화된 퍼치 섬유인 활성탄 전구체를 얻었다. 상기 활성탄 전구체에 있어서 바나듐의 함유량은 0.076질량%였다.

[0111] 얻어진 활성탄 전구체를 CO<sub>2</sub> 농도가 100용량%인 가스를 부활로 내에 연속적으로 도입하고, 분위기 온도 950°C에서 50분간 열처리하는 것에 의해 부활을 실시하고, 실시예 14의 활성탄을 얻었다. 얻어진 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.581cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.245cc/g, QSDFT 법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.965, 바나듐의 함유량은 0.230질량%, 평균 섬유 직경은 13.2  $\mu\text{m}$ 였다.

[0112] (실시예 15)

유기질 재료로서 연화점이 280°C인 입상 석탄 퍼치 100질량부에 대하여 비스(2,4-펜탄지오나토) 바나듐(IV) 옥사이드(CAS 번호: 3153-26-2) 0.6질량부를 혼합한 것을 용융 압출기에 공급하고, 용융 온도 325°C에서 용융 혼합하고, 토출량 16g/min으로 방사함으로써 퍼치 섬유를 얻었다. 얻어진 퍼치 섬유를 공기 중 335°C까지 단계적으로 승온시키고, 합계 87분간 유지시키는 것에 의해 불용화 처리를 실시하고, 불용화된 퍼치 섬유인 활성탄 전구체를 얻었다. 상기 활성탄 전구체에 있어서 바나듐의 함유량은 0.076질량%였다.

[0114] 얻어진 활성탄 전구체를 CO<sub>2</sub> 농도가 100용량%인 가스를 부활로 내에 연속적으로 도입하고, 분위기 온도 950°C에서 50분간 열처리하는 것에 의해 부활을 실시하고, 실시예 15의 활성탄을 얻었다. 얻어진 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.565cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.287cc/g, QSDFT 법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.958, 바나듐의 함유량은 0.281질량%, 평균 섬유 직경은 13.7  $\mu\text{m}$ 였다.

[0115] (실시예 16)

유기질 재료로서 연화점이 280°C인 입상 석탄 퍼치 100질량부에 대하여 비스(2,4-펜탄지오나토) 바나듐(IV) 옥사이드(CAS 번호: 3153-26-2) 0.6질량부를 혼합한 것을 용융 압출기에 공급하고, 용융 온도 325°C에서 용융 혼합하고, 토출량 16g/min으로 방사함으로써 퍼치 섬유를 얻었다. 얻어진 퍼치 섬유를 공기 중 364°C까지 단계적으로 승온시키고, 합계 87분간 유지시키는 것에 의해 불용화 처리를 실시하고, 불용화된 퍼치 섬유인 활성탄 전구체를 얻었다. 상기 활성탄 전구체에 있어서 바나듐의 함유량은 0.100질량%였다.

[0117] 얻어진 활성탄 전구체를 CO<sub>2</sub> 농도가 100용량%인 가스를 부활로 내에 연속적으로 도입하고, 분위기 온도 950°C에서 50분간 열처리하는 것에 의해 부활을 실시하고, 실시예 17의 활성탄을 얻었다. 얻어진 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.553cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.280cc/g, QSDFT 법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비

율(B/C)이 0.955, 바나듐의 함유량은 0.286질량%, 평균 섬유 직경은  $13.8 \mu\text{m}$ 였다.

[0118] (실시예 17)

[0119] 유기질 재료로서 연화점이  $280^{\circ}\text{C}$ 인 입상 석탄 퍼치 100질량부에 대하여 비스(2,4-펜탄지오나토) 바나듐(IV) 옥사이드(CAS 번호: 3153-26-2) 0.6질량부를 혼합한 것을 용융 압출기에 공급하고, 용융 온도  $325^{\circ}\text{C}$ 에서 용융 혼합하고, 토출량  $16\text{g}/\text{min}$ 으로 방사함으로써 퍼치 섬유를 얻었다. 얻어진 퍼치 섬유를 공기 중  $333^{\circ}\text{C}$ 까지 단계적으로 승온시키고, 합계 87분간 유지시키는 것에 의해 불용화 처리를 실시하고, 불용화된 퍼치 섬유인 활성탄 전구체를 얻었다. 상기 활성탄 전구체에 있어서 바나듐의 함유량은 0.095질량%였다.

[0120] 얻어진 활성탄 전구체를  $\text{CO}_2$  농도가 63용량%,  $\text{N}_2$  농도가 37용량%인 혼합 가스를 부활로 내에 연속적으로 도입하고, 분위기 온도  $950^{\circ}\text{C}$ 에서 50분간 열처리하는 것에 의해 부활을 실시하고, 실시예 18의 활성탄을 얻었다. 얻어진 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중  $1.5\text{nm}$  이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.462cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중  $0.65\text{nm}$  이상  $1.0\text{nm}$  이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.227cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중  $2.0\text{nm}$  이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.996, 바나듐의 함유량은 0.257질량%, 평균 섬유 직경은  $13.9 \mu\text{m}$ 였다.

[0121] (실시예 18)

[0122] 유기질 재료로서 연화점이  $280^{\circ}\text{C}$ 인 입상 석탄 퍼치 100질량부에 대하여 비스(2,4-펜탄지오나토) 바나듐(IV) 옥사이드(CAS 번호: 3153-26-2) 0.6질량부를 혼합한 것을 용융 압출기에 공급하고, 용융 온도  $325^{\circ}\text{C}$ 에서 용융 혼합하고, 토출량  $16\text{g}/\text{min}$ 으로 방사함으로써 퍼치 섬유를 얻었다. 얻어진 퍼치 섬유를 공기 중  $339^{\circ}\text{C}$ 까지 단계적으로 승온시키고, 합계 87분간 유지시키는 것에 의해 불용화 처리를 실시하고, 불용화된 퍼치 섬유인 활성탄 전구체를 얻었다. 상기 활성탄 전구체에 있어서 바나듐의 함유량은 0.093질량%였다.

[0123] 얻어진 활성탄 전구체를  $\text{CO}_2$  농도가 100용량%인 가스를 부활로 내에 연속적으로 도입하고, 분위기 온도  $950^{\circ}\text{C}$ 에서 50분간 열처리하는 것에 의해 부활을 실시하고, 실시예 19의 활성탄을 얻었다. 얻어진 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중  $1.5\text{nm}$  이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.556cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중  $0.65\text{nm}$  이상  $1.0\text{nm}$  이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.287cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중  $2.0\text{nm}$  이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.954, 바나듐의 함유량은 0.344질량%, 평균 섬유 직경은  $13.6 \mu\text{m}$ 였다.

[0124] (비교예 1)

[0125] 유기질 재료로서 연화점이  $280^{\circ}\text{C}$ 인 입상 석탄 퍼치를 용융 압출기에 공급하고, 용융 온도  $320^{\circ}\text{C}$ 에서 용융 혼합하고, 토출량  $20\text{g}/\text{min}$ 으로 방사함으로써 퍼치 섬유를 얻었다. 얻어진 퍼치 섬유를 공기 중 상온에서  $354^{\circ}\text{C}$ 까지  $1 \sim 30^{\circ}\text{C}/\text{분}$ 의 비율로 54분간 승온시키는 것에 의해 불용화 처리를 실시하고, 불용화된 퍼치 섬유인 활성탄 전구체를 얻었다. 상기 활성탄 전구체에 있어서 바나듐 및 이트륨의 함유량은 0질량%였다.

[0126] 얻어진 활성탄 전구체를  $\text{H}_2\text{O}$  농도가 100용량%인 가스를 부활로 내에 연속적으로 도입하고, 분위기 온도  $875^{\circ}\text{C}$ 에서 25분간 열처리하는 것에 의해 부활을 실시하고, 비교예 1의 활성탄을 얻었다. 얻어진 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중  $1.5\text{nm}$  이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.314cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중  $0.65\text{nm}$  이상  $1.0\text{nm}$  이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.112cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중  $2.0\text{nm}$  이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.997, 이트륨 및 바나듐의 함유량은 0.00질량%, 평균 섬유 직경은  $16.8 \mu\text{m}$ 였다.

[0127] (비교예 2)

[0128] 유기질 재료로서 연화점이  $280^{\circ}\text{C}$ 인 입상 석탄 퍼치를 용융 압출기에 공급하고, 용융 온도  $320^{\circ}\text{C}$ 에서 용융 혼합하고, 토출량  $20\text{g}/\text{min}$ 으로 방사함으로써 퍼치 섬유를 얻었다. 얻어진 퍼치 섬유를 공기 중 상온에서  $354^{\circ}\text{C}$ 까지  $1 \sim 30^{\circ}\text{C}/\text{분}$ 의 비율로 54분간 승온시키는 것에 의해 불용화 처리를 실시하고, 불용화된 퍼치 섬유인 활성탄 전구체를 얻었다. 상기 활성탄 전구체에 있어서 바나듐 및 이트륨의 함유량은 0질량%였다.

[0129] 얻어진 활성탄 전구체를  $\text{H}_2\text{O}$  농도가 100용량%인 가스를 부활로 내에 연속적으로 도입하고, 분위기 온도  $875^{\circ}\text{C}$ 에서 40분간 열처리하는 것에 의해 부활을 실시하고, 비교예 2의 활성탄을 얻었다. 얻어진 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중  $1.5\text{nm}$  이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.465cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중  $0.65\text{nm}$  이상  $1.0\text{nm}$  이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.180cc/g, QSDFT

법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.977, 이트륨 및 바나듐의 함유량은 0.00질량%, 평균 섬유 직경은 16.7  $\mu\text{m}$ 였다.

[0130] (비교예 3)

유기질 재료로서 연화점이 280°C인 입상 석탄 피치 100질량부에 대하여 트리스아세틸아세토나토이트륨(CAS 번호: 15554-47-9) 1.3질량부를 혼합한 것을 용융 압출기에 공급하고, 용융 온도 320°C에서 용융 혼합하고, 토출량 20g/min으로 방사함으로써 피치 섬유를 얻었다. 얻어진 피치 섬유를 공기 중 상온에서 354°C까지 1 ~ 30°C/분의 비율로 54분간 승온시키는 것에 의해 불용화 처리를 실시하고, 불용화된 피치 섬유인 활성탄 전구체를 얻었다. 상기 활성탄 전구체에 있어서 이트륨의 함유량(이트륨 원소 환산)은 0.25질량부였다.

[0132] 얻어진 활성탄 전구체를 H<sub>2</sub>O 농도가 100용량%인 가스를 부활로 내에 연속적으로 도입하고, 분위기 온도 900°C에서 20분간 열처리하는 것에 의해 부활을 실시하고, 비교예 3의 활성탄을 얻었다. 얻어진 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.339cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.166cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.827, 이트륨의 함유량은 0.66질량%, 평균 섬유 직경은 16.5  $\mu\text{m}$ 였다.

[0133] (비교예 4)

유기질 재료로서 연화점이 280°C인 입상 석탄 피치 100질량부에 대하여 트리스아세틸아세토나토이트륨(CAS 번호: 15554-47-9) 1.3질량부를 혼합한 것을 용융 압출기에 공급하고, 용융 온도 320°C에서 용융 혼합하고, 토출량 20g/min으로 방사함으로써 피치 섬유를 얻었다. 얻어진 피치 섬유를 공기 중 상온에서 354°C까지 1 ~ 30°C/분의 비율로 54분간 승온시키는 것에 의해 불용화 처리를 실시하고, 불용화된 피치 섬유인 활성탄 전구체를 얻었다. 상기 활성탄 전구체에 있어서 이트륨의 함유량(이트륨 원소 환산)은 0.25질량부였다.

[0135] 얻어진 활성탄 전구체를 H<sub>2</sub>O 농도가 100용량%인 가스를 부활로 내에 연속적으로 도입하고, 분위기 온도 900°C에서 25분간 열처리하는 것에 의해 부활을 실시하고, 비교예 4의 활성탄을 얻었다. 얻어진 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.312cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.137cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.790, 이트륨의 함유량은 0.83질량%, 평균 섬유 직경은 15.8  $\mu\text{m}$ 였다.

[0136] (비교예 5)

[0137] 유기질 재료로서 연화점이 280°C인 입상 석탄 피치를 용융 압출기에 공급하고, 용융 온도 320°C에서 용융 혼합하고, 토출량 20g/min으로 방사함으로써 피치 섬유를 얻었다. 얻어진 피치 섬유를 공기 중 상온에서 354°C까지 1 ~ 30°C/분의 비율로 54분간 승온시키는 것에 의해 불용화 처리를 실시하고, 불용화된 피치 섬유인 활성탄 전구체를 얻었다. 상기 활성탄 전구체에 있어서 바나듐 및 이트륨의 함유량은 0.00질량%였다.

[0138] 얻어진 활성탄 전구체를 CO<sub>2</sub> 농도가 100용량%인 가스를 부활로 내에 연속적으로 도입하고, 분위기 온도 950°C에서 90분간 열처리하는 것에 의해 부활을 실시하고, 비교예 5의 활성탄을 얻었다. 얻어진 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.496cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.223cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.998, 바나듐 및 이트륨의 함유량은 0.00질량%, 평균 섬유 직경은 18.1  $\mu\text{m}$ 였다.

[0139] (비교예 6)

[0140] 활성탄으로서 시판의 폐놀계 활성탄을 이용했다. 당해 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.364cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.110cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 1.000, 바나듐 및 이트륨의 함유량은 0.00질량%, 평균 섬유 직경은 12.6  $\mu\text{m}$ 였다.

[0141] (비교예 7)

[0142] 활성탄으로서 시판의 폐놀계 활성탄을 이용했다. 당해 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm

이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.542cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.167cc/g, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.989, 바나듐 및 이트륨의 함유량은 0.00질량%, 평균 섬유 직경은 12.8  $\mu\text{m}$ 였다.

얻어진 활성탄의 물성을 표 1 및 표 2에 나타낸다. 또한, 도 1 내지 25에 실시예 1 내지 18, 비교예 1 내지 7의 활성탄의 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 적경 분포도를 나타낸다.

丑 1

[0144]

표 2

		비교예1	비교예2	비교예3	비교예4	비교예5	비교예6	비교예7
제조조건	석탄	석탄 피치	석탄	석탄 피치	석탄	석탄 피치	폐슬 수지	폐슬 수지
	금속층	-	-	Y	Y	-	-	-
	바나듐 화합물을 첨가함(질량부)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	이트륨 화합물을 첨가함(질량부)	0.00	0.00	1.3	1.3	0.00	0.00	0.00
	활성탄 전구체 중의 바나듐(V) 함유량(질량%)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	활성탄 전구체 중의 이트륨(Y) 함유량(질량%)	0.000	0.000	0.25	0.25	0.000	0.000	0.000
	CO <sub>2</sub>	0	0	0	0	100	-	-
	H <sub>2</sub> O	100	100	100	100	0	-	-
	O <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	-	-
부활분위기 (%)	N <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	-	-
	CO	0	0	0	0	0	-	-
	기타	0	0	0	0	0	-	-
부활 온도(°C)	875	875	900	900	950	-	-	-
부활 시간(min)	25	40	20	25	90	-	-	-
활성탄 중의 바나듐 함유량(질량%)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
활성탄 중의 이트륨 함유량(질량%)	0.000	0.000	0.66	0.83	0.000	0.000	0.000	0.000
세공 직경 0.65nm 이하의 세공 용적(cc/g)	0.199	0.221	0.075	0.059	0.205	0.254	0.338	0.338
세공 직경 0.8nm 이하의 세공 용적(cc/g)	0.281	0.333	0.149	0.118	0.328	0.344	0.468	0.468
세공 직경 1.0nm 이하의 세공 용적 A(cc/g)	0.311	0.401	0.241	0.196	0.428	0.364	0.505	0.505
세공 직경 1.5nm 이하의 세공 용적 B(cc/g)	0.314	0.465	0.339	0.312	0.496	0.364	0.542	0.542
세공 직경 2.0nm 이하의 세공 용적 C(cc/g)	0.315	0.476	0.410	0.395	0.497	0.364	0.548	0.548
세공 직경 2.0nm 이하의 세공 용적(cc/g)	0.000	0.000	0.162	0.644	0.000	0.000	0.000	0.000
세공 직경 1.0 ~ 1.5nm 이하의 세공 용적(cc/g)	0.003	0.064	0.098	0.116	0.068	0.000	0.037	0.037
세공 직경 1.0 ~ 2.0nm 이하의 세공 용적(cc/g)	0.004	0.075	0.169	0.199	0.069	0.000	0.043	0.043
세공 직경 0.65 ~ 0.8nm의 범위의 세공 용적(cc/g)	0.082	0.112	0.074	0.059	0.123	0.090	0.130	0.130
세공 직경 0.65 ~ 1.0nm의 범위의 세공 용적 E(cc/g)	0.112	0.188	0.166	0.137	0.223	0.110	0.167	0.167
세공 직경 0.8 ~ 1.5nm의 범위의 세공 용적(cc/g)	0.033	0.132	0.190	0.194	0.168	0.020	0.074	0.074
세공 직경 1.5 ~ 2.0nm의 범위의 세공 용적 D(cc/g)	0.001	0.011	0.071	0.063	0.001	0.000	0.006	0.006
세공 용적 A/세공 용적 B	0.990	0.862	0.711	0.628	0.863	1.000	0.932	0.932
세공 용적 B/세공 용적 C	0.987	0.842	0.588	0.496	0.861	1.000	0.922	0.922
세공 용적 D/세공 용적 A	0.003	0.027	0.295	0.423	0.002	0.000	0.012	0.012
비표면적(m <sup>2</sup> /g)	829	1310	974	1248	1304	956	1434	1434
전체 세공 용적(cc/g)	0.315	0.476	0.572	1.039	0.497	0.364	0.548	0.548
전체 세공 용적에 대한 세공 직경 A의 비율	0.987	0.842	0.421	0.189	0.861	1.000	0.922	0.922
전체 세공 용적에 대한 세공 직경 B의 비율	0.997	0.977	0.593	0.360	0.998	1.000	0.989	0.989
전체 세공 용적에 대한 세공 용적 C의 비율	1.000	1.000	0.717	0.388	1.000	1.000	1.000	1.000
전체 세공 용적에 대한 세공 용적 미리 베울	0.003	0.023	0.124	0.080	0.002	0.000	0.011	0.011
전체 세공 용적에 대한 세공 직경 0.65nm 이하의 세공 용적의 베울	0.632	0.464	0.131	0.057	0.412	0.698	0.617	0.617
전체 세공 용적에 대한 세공 직경 0.8nm 이하의 세공 용적의 베울	0.692	0.700	0.260	0.114	0.660	0.945	0.854	0.854
평균 선유 직경(μm)	16.8	16.7	16.5	15.8	18.1	12.6	12.8	12.8
디클로로메탄 평형 흡착 성능(질량%)	24.3	33.2	25.7	27.5	34.6	24.0	39.2	39.2

[0145]

[0146] 실시예 1 내지 18의 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.4cc/g 이상, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.2cc/g 이상, 또한, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.880 ~ 0.985인 것으로 디클로로메탄의 평형 흡착량이 우수한 것이었다.

[0147]

[0147] 비교예 1의 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.4cc/g 미만이며, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.2cc/g 미만이며, 또한, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.985를 초과하는 것으로 디클로로메탄의 평형 흡착량이 열등하였다.

[0148]

[0148] 비교예 2의 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.2cc/g 미만인 것으로 디클로로메탄의 평형 흡착량이 열등하였다.

[0149]

[0149] 비교예 3 및 4의 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.4cc/g 미만이며, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.2cc/g 미만이며, 또한, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.880 미만인 것으로 디클로로메탄의 평형 흡착량이 열등하였다.

[0150]

[0150] 비교예 5의 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.985를 초과하는 것으로 디클로로메탄의 평형 흡착량이 열등하였다.

[0151]

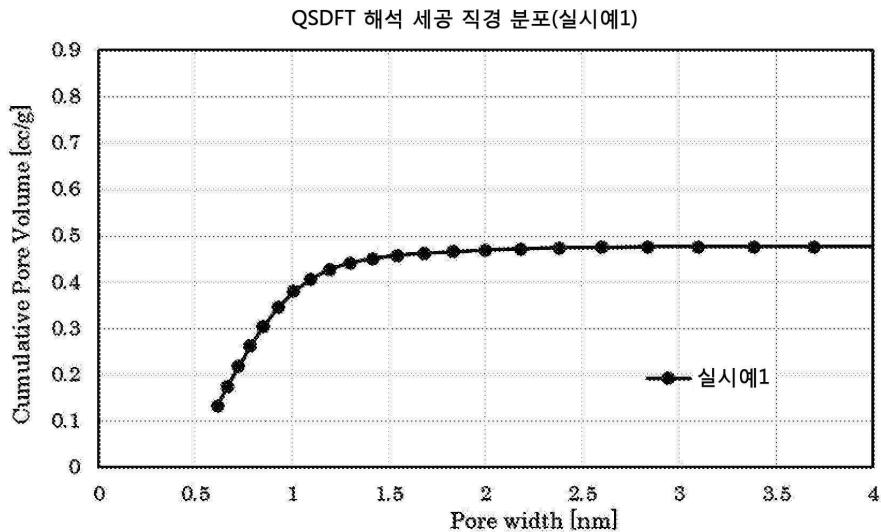
[0151] 비교예 6의 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 1.5nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 B(cc/g)가 0.4cc/g 미만이며, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.2cc/g 미만이며, 또한, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.985를 초과하는 것으로 디클로로메탄의 평형 흡착량이 열등하였다.

[0152]

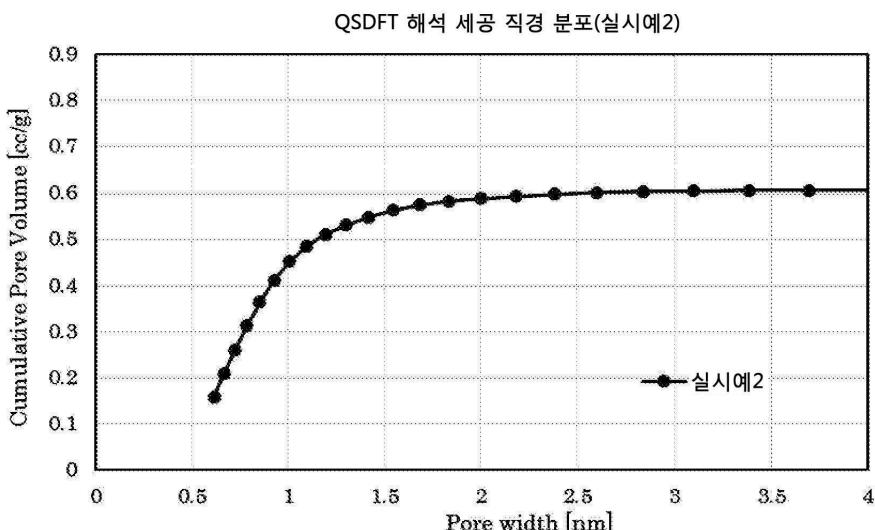
비교예 7의 활성탄은 QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 0.65nm 이상 1.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 E(cc/g)가 0.2cc/g 미만이며, 또한, QSDFT법에 의해 산출되는 세공 용적 중 2.0nm 이하의 범위의 세공 직경의 세공 용적 C에 대한 상기 세공 용적 B의 비율(B/C)이 0.985를 초과하는 것으로 디클로로메탄의 평형 흡착량이 열등하였다.

## 도면

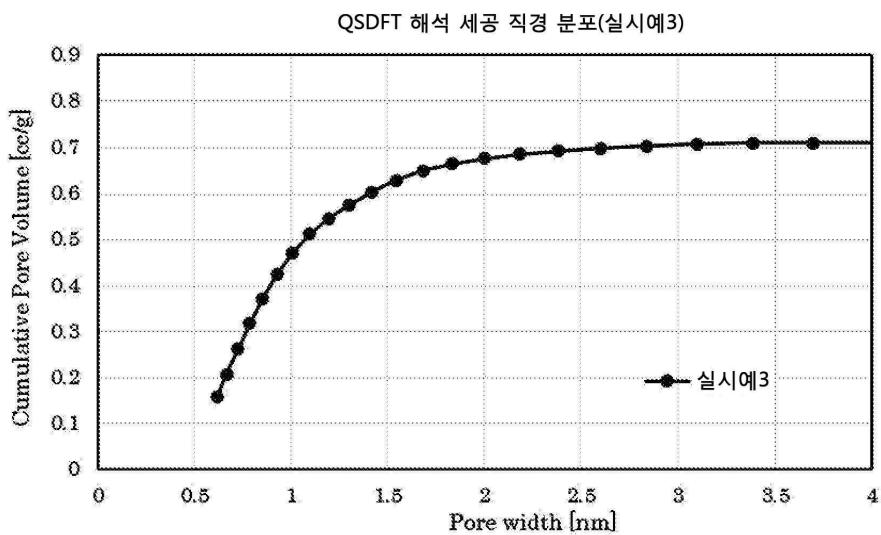
### 도면1



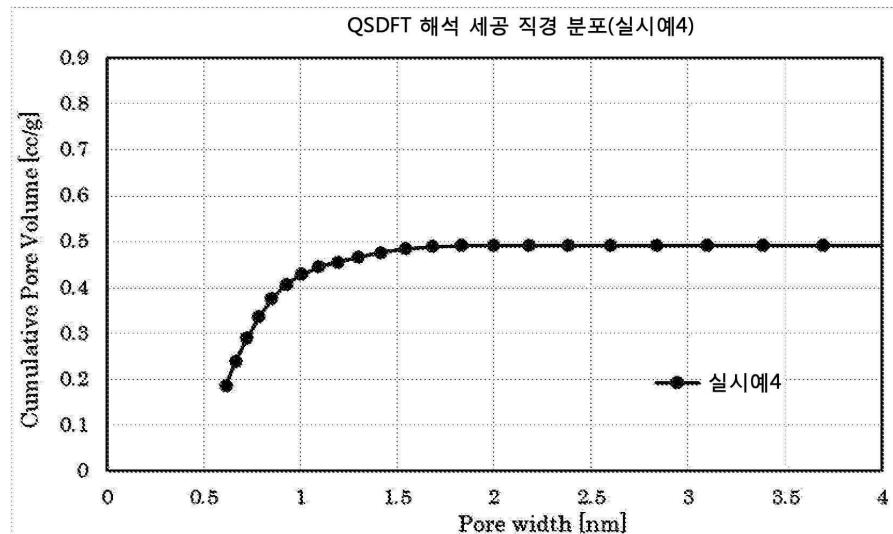
### 도면2



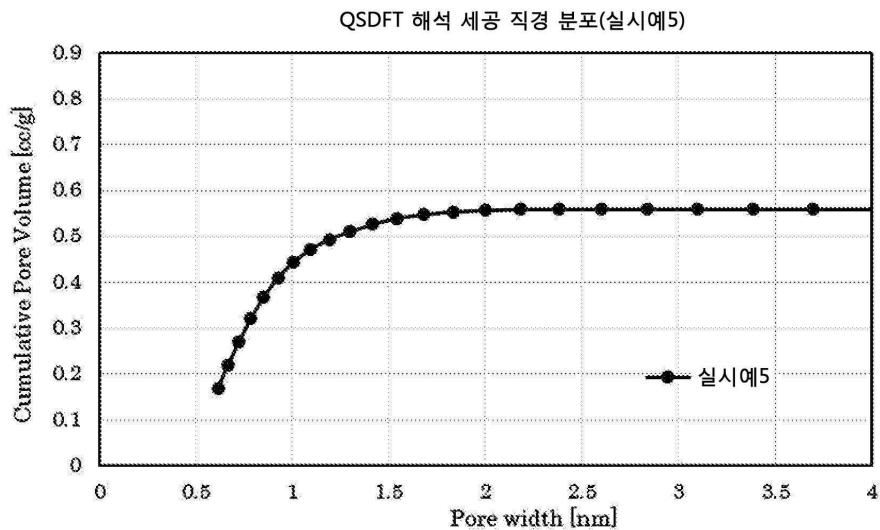
## 도면3



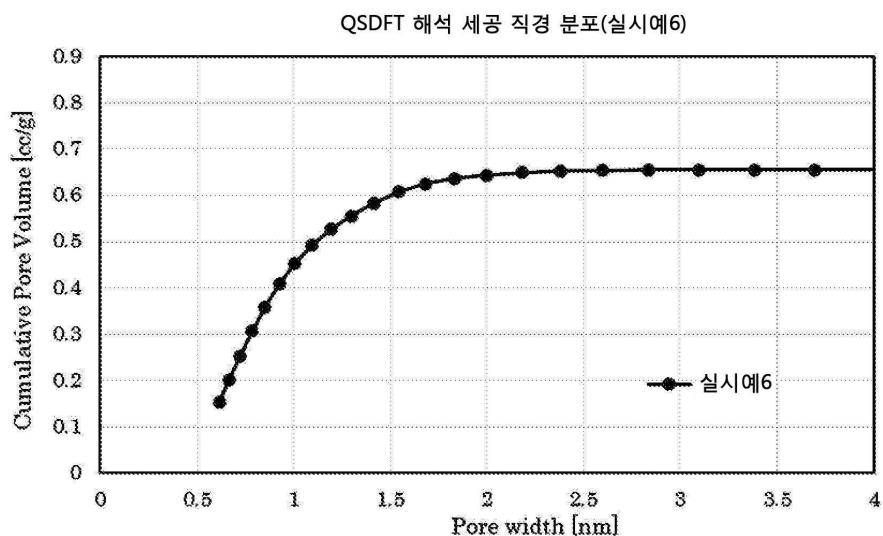
## 도면4



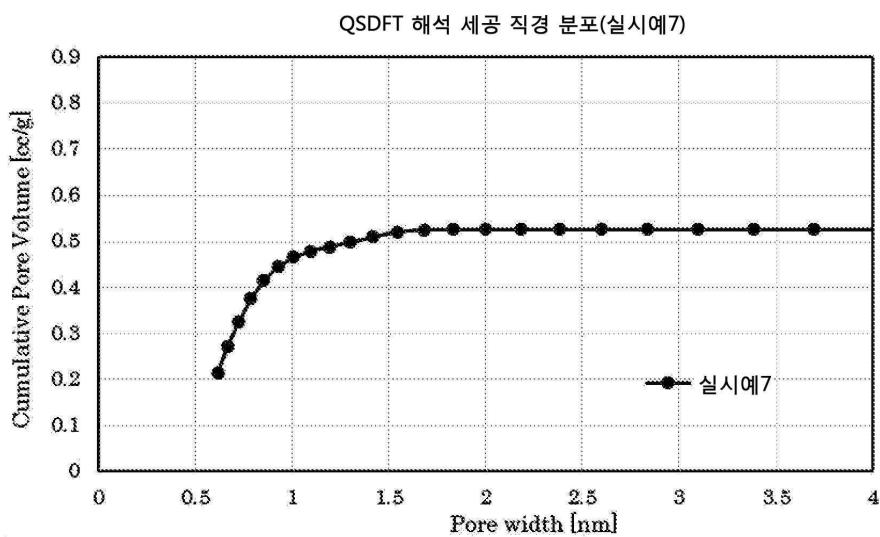
## 도면5



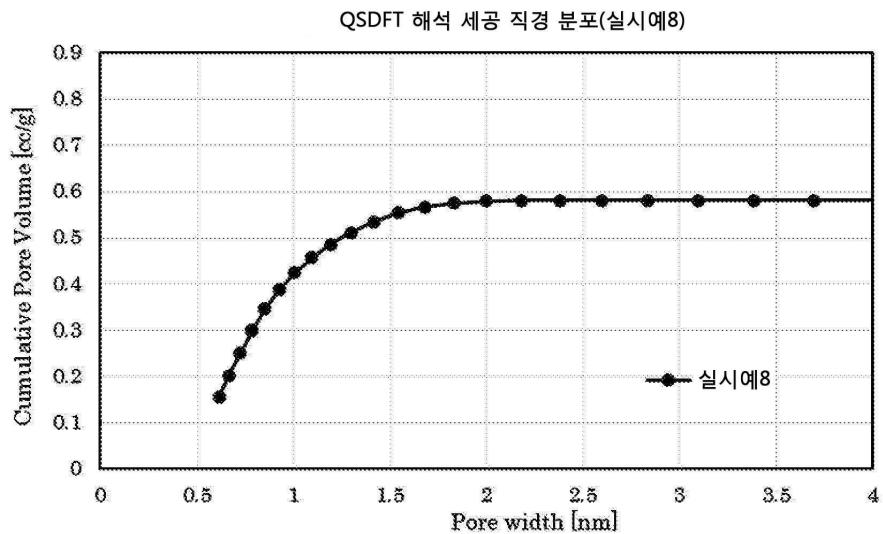
## 도면6



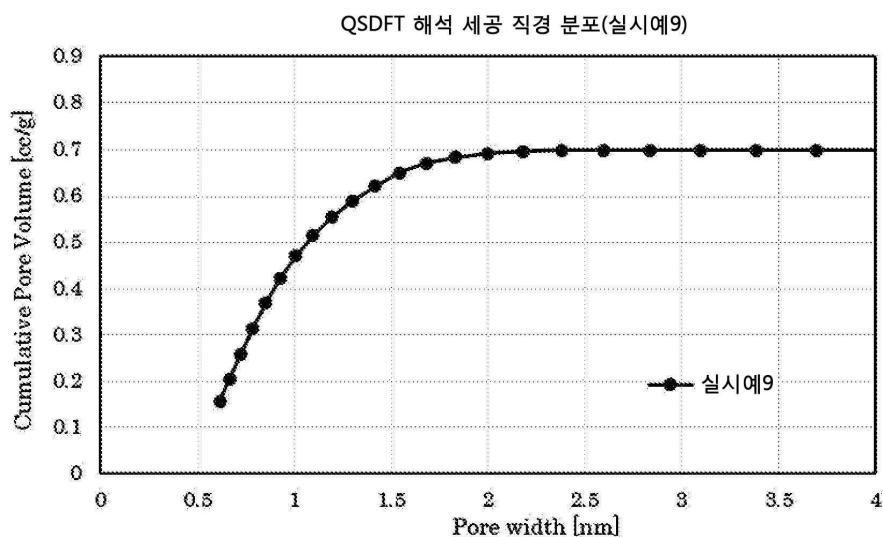
## 도면7



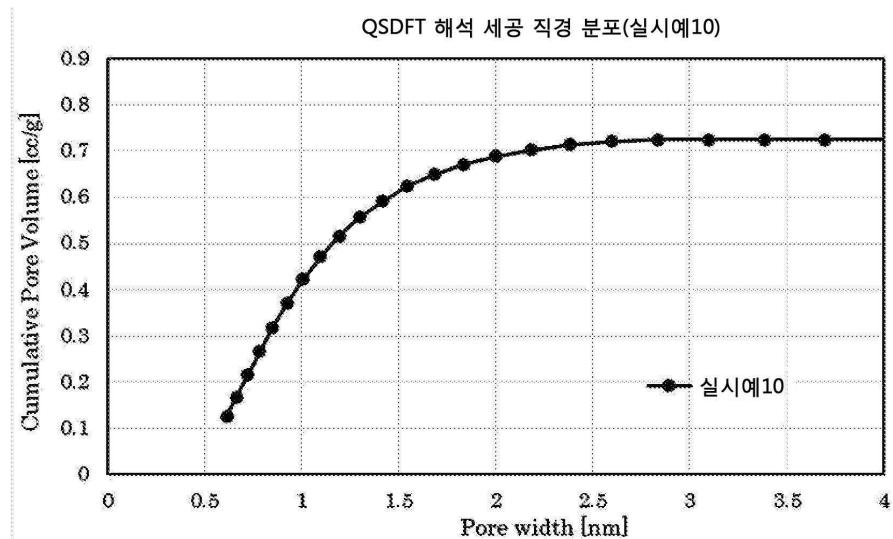
## 도면8



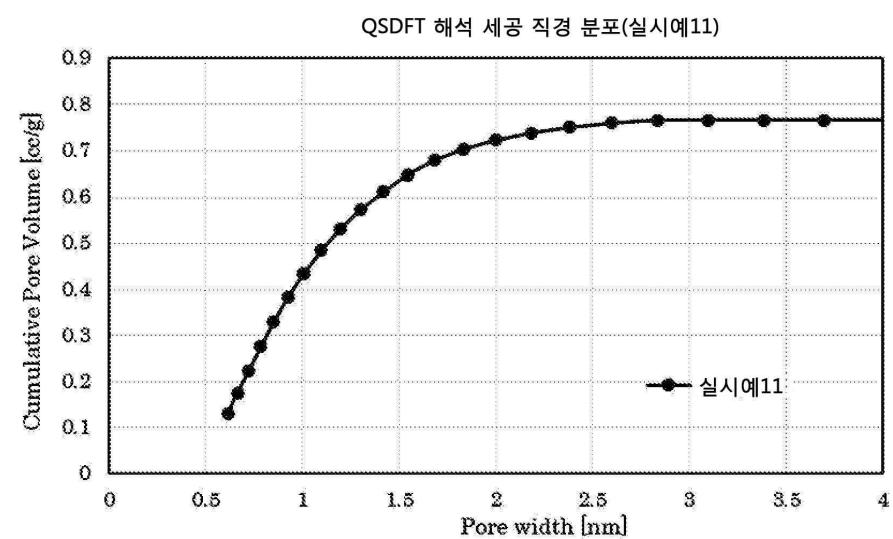
## 도면9



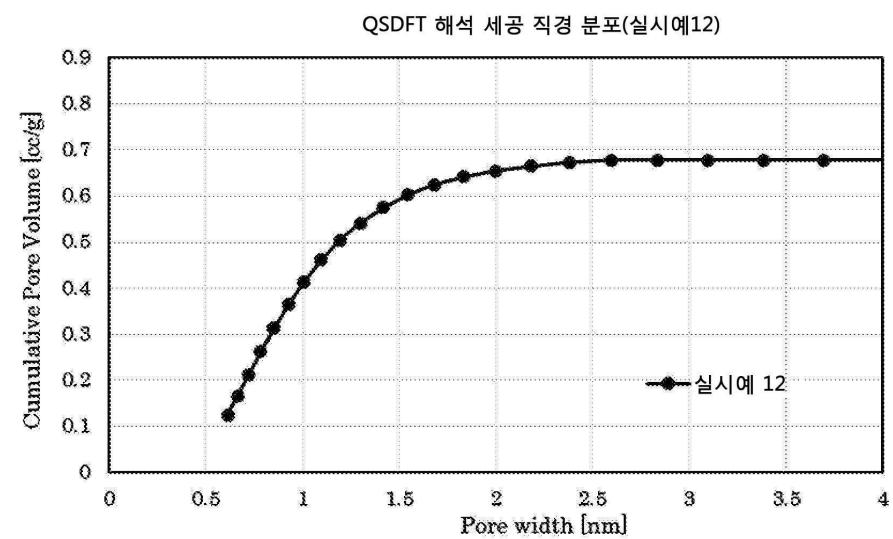
## 도면10

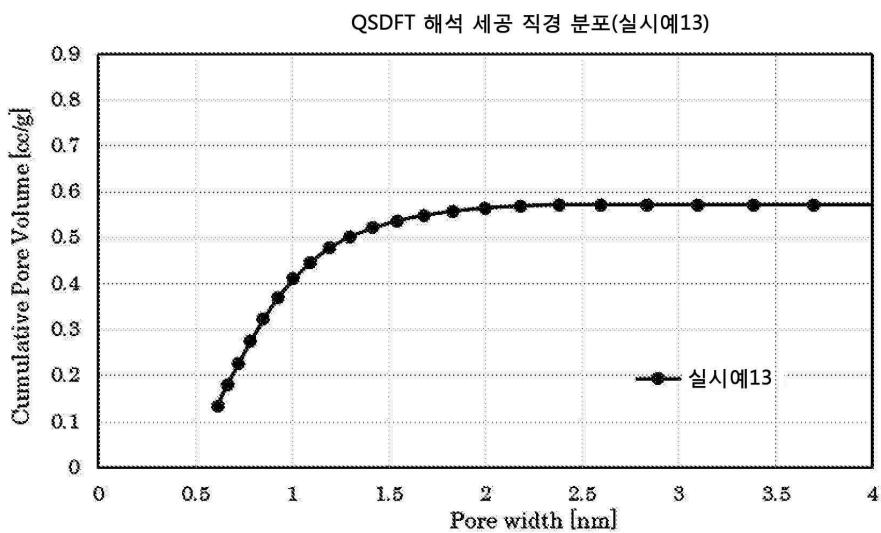
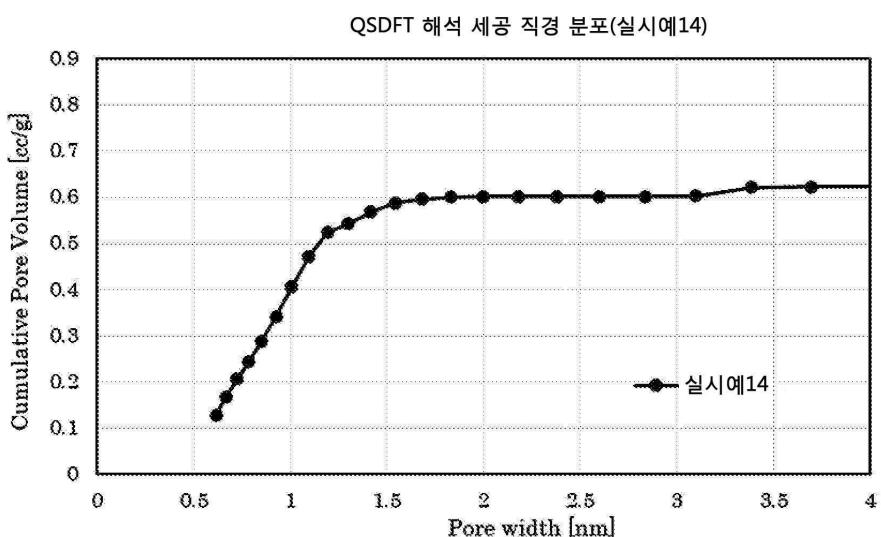


## 도면11

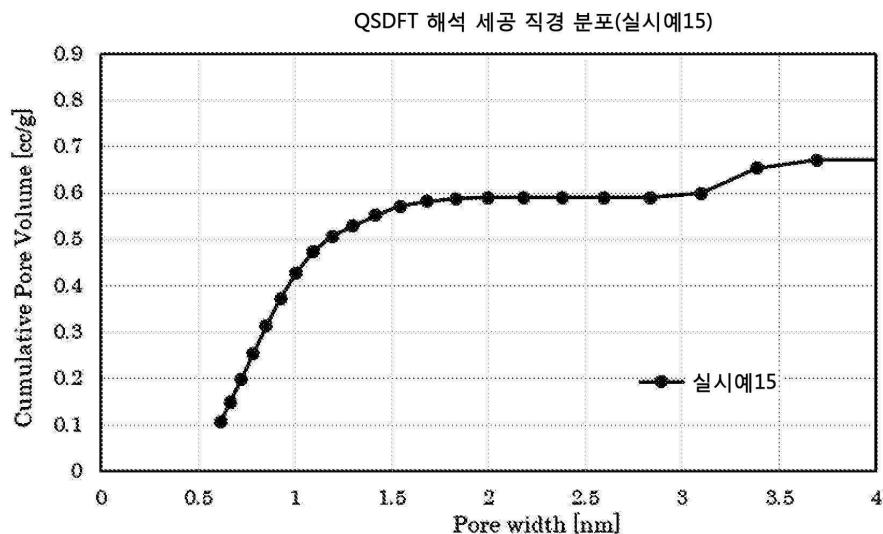


## 도면12

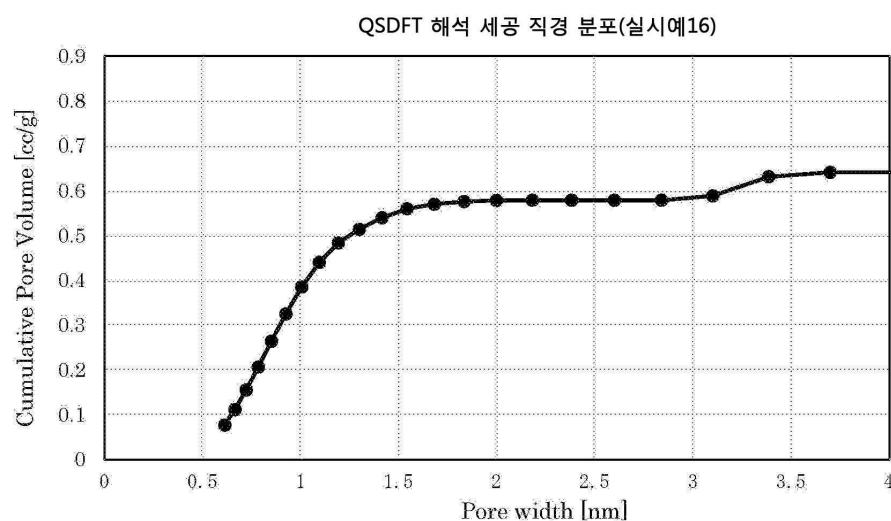


**도면13****도면14**

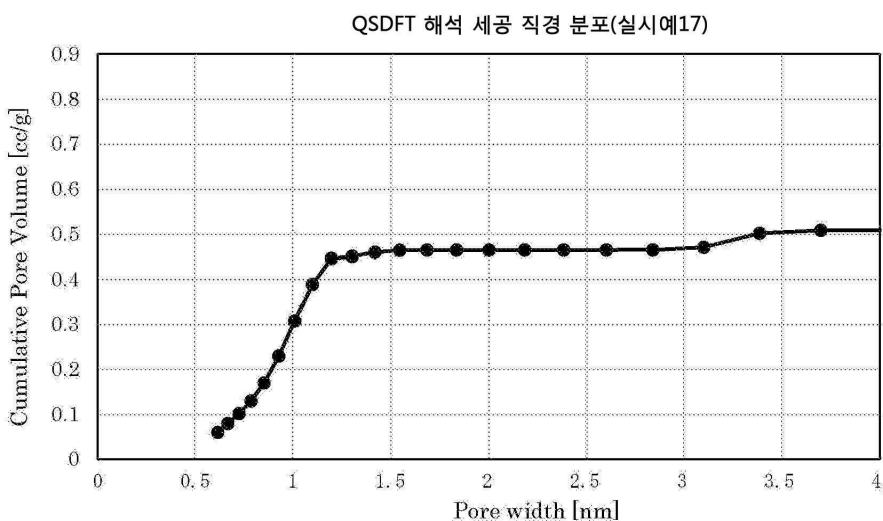
## 도면15



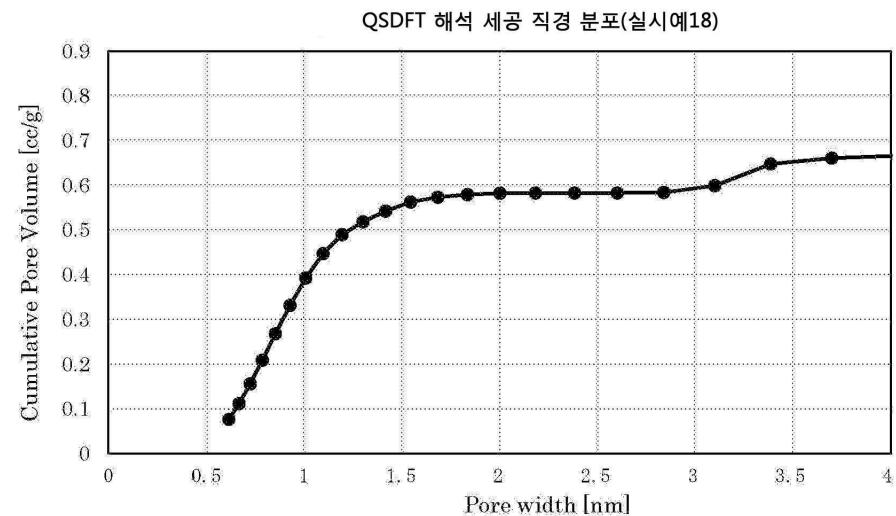
## 도면16



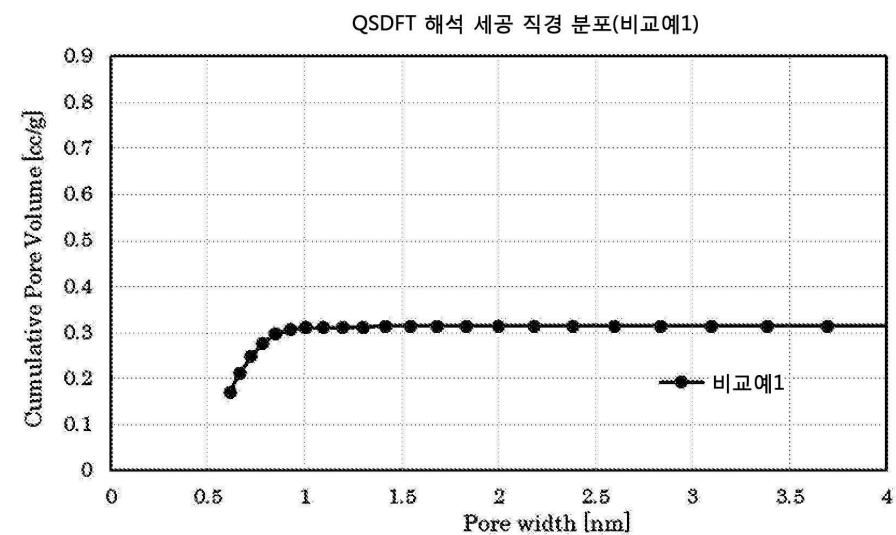
## 도면17



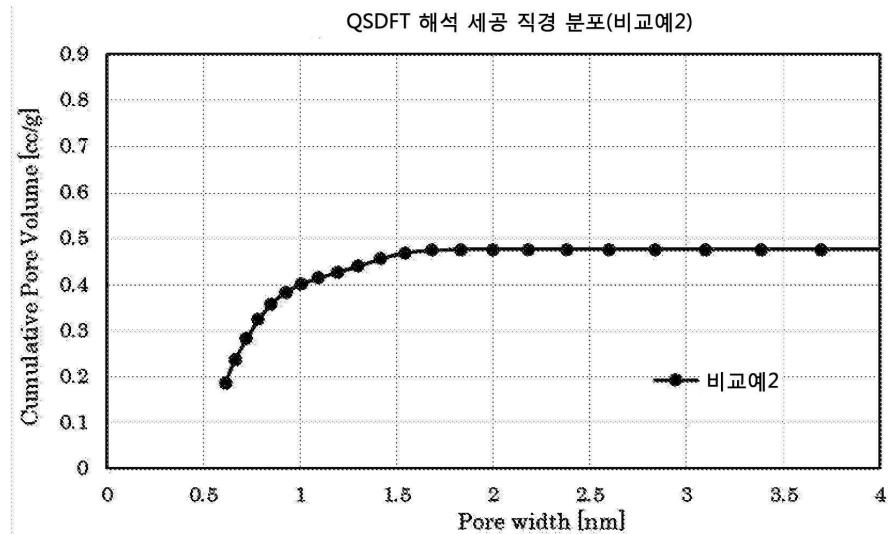
도면18

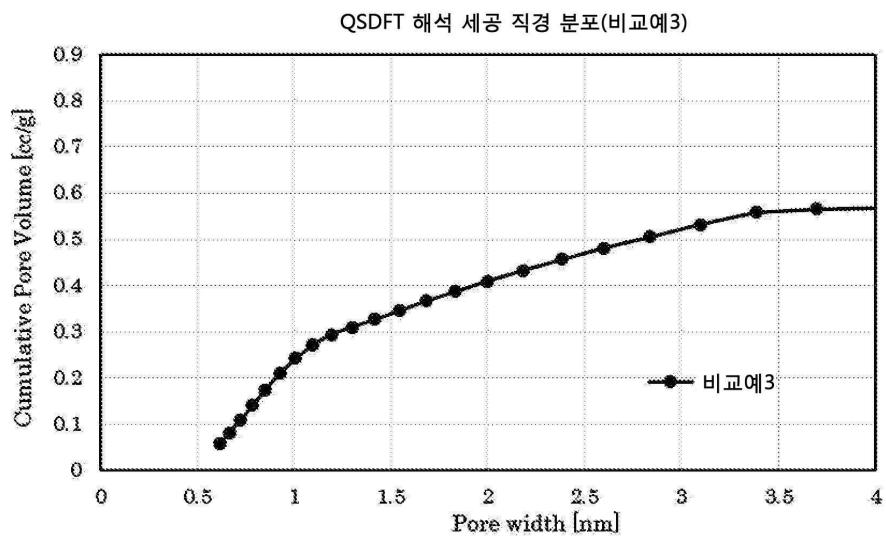
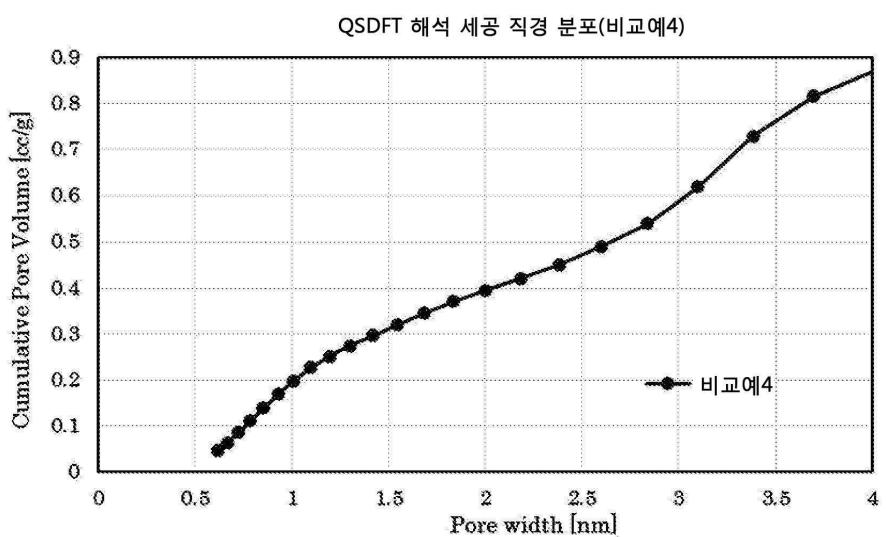


도면19

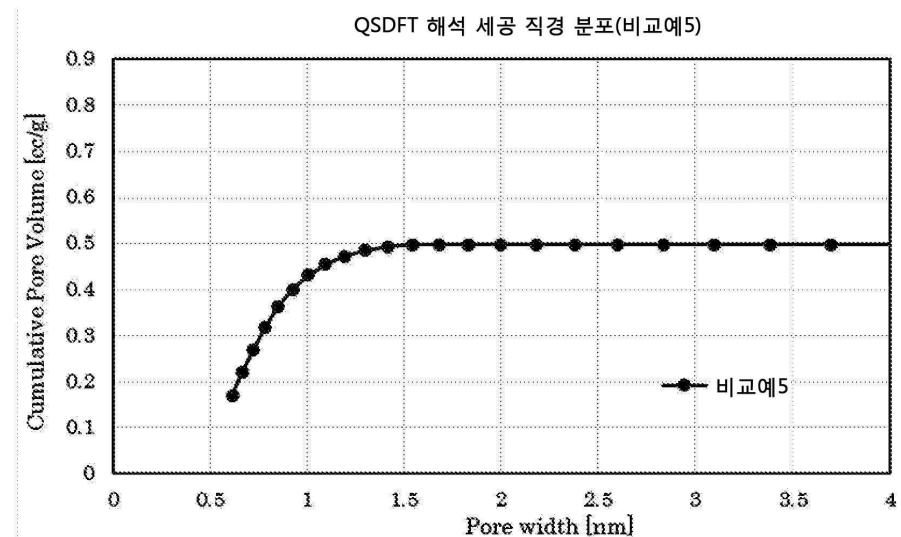


도면20

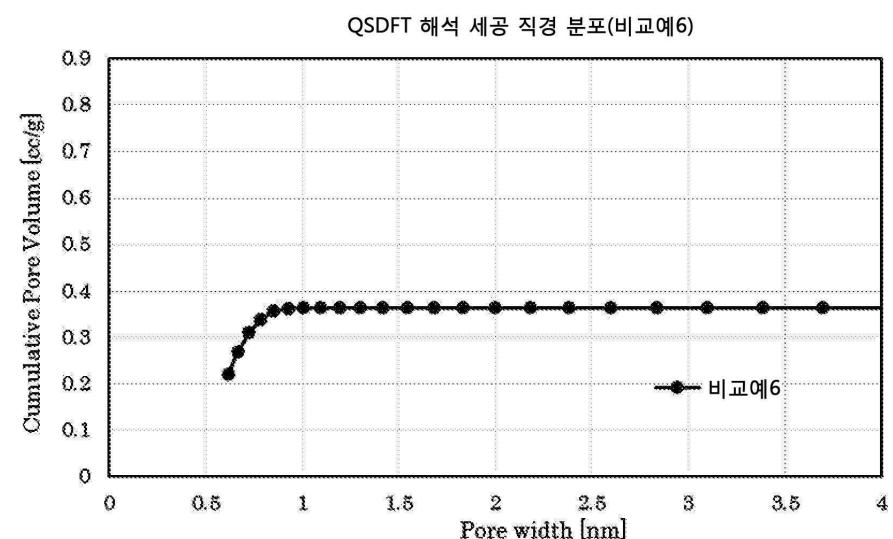


**도면21****도면22**

## 도면23



## 도면24



도면25

