



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112135794 B

(45) 授权公告日 2023.09.05

(21) 申请号 201980033693.5

(51) Int.CI.

(22) 申请日 2019.06.18

C01B 32/336 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

B01J 20/20 (2006.01)

申请公布号 CN 112135794 A

B01J 20/28 (2006.01)

(43) 申请公布日 2020.12.25

D01F 9/15 (2006.01)

(30) 优先权数据

2018-116189 2018.06.19 JP

(56) 对比文件

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

US 2017263386 A1, 2017.09.14

2020.11.19

US 2015232340 A1, 2015.08.20

(86) PCT国际申请的申请数据

CN 1972745 A, 2007.05.30

PCT/JP2019/024170 2019.06.18

JP 2006321693 A, 2006.11.30

(87) PCT国际申请的公布数据

CN 104995136 A, 2015.10.21

W02019/244904 JA 2019.12.26

JP 2000157863 A, 2000.06.13

(73) 专利权人 株式会社安德如

JP 2017179616 A, 2017.10.05

地址 日本国京都府宇治市宇治户之内5番
地

CN 105555714 A, 2016.05.04

专利权人 尤尼吉可株式会社
大阪燃气化学株式会社

JP 2000203823 A, 2000.07.25

(72) 发明人 中野智康 清水弘和 堀启二

CN 102056842 A, 2011.05.11

(74) 专利代理机构 北京汇思诚业知识产权代理
有限公司 11444

CN 106573781 A, 2017.04.19

专利代理人 龚敏 王刚

JP WO2015119269 A1, 2017.03.30

冀有俊等.添加剂作用下煤基中孔活性炭的
制备.煤炭转化.2011, (03), 87-90.

审查员 李凡

(54) 发明名称

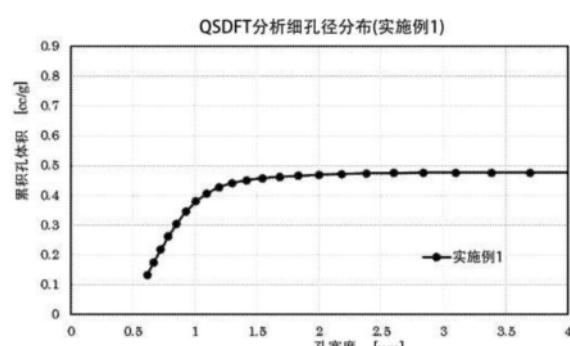
权利要求书1页 说明书19页 附图13页

活性炭

(57) 摘要

本发明提供二氯甲烷的平衡吸附量优异的活性炭。本发明的活性炭中，通过QSDFT法计算的细孔容积中，细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为0.4cc/g以上，通过QSDFT法计算的细孔容积中，细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.2cc/g以上，并且通过QSDFT法计算的细孔容积中，上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为0.880~0.985。

CN 112135794 B



1. 一种活性炭，其特征在于，通过QSDFT法计算的细孔容积中，细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B为0.4cc/g以上，

通过QSDFT法计算的细孔容积中，细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E为0.2cc/g以上，并且

通过QSDFT法计算的细孔容积中，所述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例、即B/C，为0.880～0.985，

其中，细孔容积B、E的单位为cc/g，

所述活性炭的前体中含有0.001～5.0质量%的钇化合物和/或钒化合物。

2. 根据权利要求1所述的活性炭，其中，

通过QSDFT法计算的细孔容积中，细孔径处于1.0nm以下的范围的细孔容积A相对于所述细孔容积C的比例、即细孔容积A/细孔容积C，为0.5～0.94，其中，细孔容积A、C的单位为cc/g。

3. 根据权利要求1或2所述的活性炭，其中，

所述细孔容积B相对于所述细孔容积C的比例、即细孔容积B/细孔容积C，为0.880～0.965。

4. 根据权利要求1或2所述的活性炭，其中，

所述活性炭为纤维状活性炭。

5. 根据权利要求1或2所述的活性炭，其中，

二氯甲烷平衡吸附量为40质量%以上。

6. 根据权利要求1或2所述的活性炭，其中，所述活性炭用于吸附气相中的二氯甲烷。

7. 一种二氯甲烷的吸附剂，其特征在于，其包含权利要求1～6中任一项所述的活性炭。

8. 一种二氯甲烷的吸附除去方法，其特征在于，其使用权利要求1～6中任一项所述的活性炭。

活性炭

技术领域

[0001] 本发明涉及活性炭及其制造方法,特别涉及适合吸附气相中的二氯甲烷的活性炭及其制造方法。

背景技术

[0002] 以往,已知利用活性炭吸附存在于气相中或液相中的成分、并除去这些成分的吸附除去技术。另外,以往,利用活性炭的吸附除去技术也被用于从包含有机溶剂的气体中回收溶剂。

[0003] 作为对二氯甲烷等有机化合物具有特别优异的吸附性能的活性炭纤维,已知例如BET比表面积为700~1500m²/g、总细孔容积为0.3~0.7cc/g、细孔直径为1nm以下的微细孔(微孔)容积为总微细孔容积的95%以上、并且在温度25℃且相对湿度52%下的水分吸附率为15%以下的活性炭纤维(例如,参照专利文献1)。该文献中记载了:在BET比表面积小于700m²/g时,有吸附面积过小、无法充分吸收沸点在-30~70℃的范围内的例如二氯甲烷等有机化合物这样的问题,在BET比表面积超过1500m²/g时,细孔变大,因此有无法吸附沸点在-30~70℃的范围内的例如二氯甲烷等有机化合物这样的问题。另外,该文献记载了:在细孔直径为1nm以下的微孔容积小于总微孔容积的95%时,有细孔过度变大,且无法充分吸收沸点在-30~70℃的范围内的例如二氯甲烷等有机化合物这样的问题。该文献还记载了:在温度25℃、相对湿度52%下的水分吸附率超过15%时,细孔周边先吸附水分子,因此该细孔有不进行吸附而有机化合物的吸附量相应地下降的问题。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本特开2011-106051号公报

发明内容

[0007] 发明所要解决的问题

[0008] 专利文献1公开的活性炭存在二氯甲烷的平衡吸附量不充分的问题。本发明的目的在于,解决上述问题,提供二氯甲烷的平衡吸附量优异的活性炭。

[0009] 用于解决问题的技术方案

[0010] 为了解决上述课题,本发明人等对实现适合吸附二氯甲烷等低沸点有机化合物的细孔结构这一点进行了研究。具体而言,认为有效的是,维持或增大被认为适合吸附二氯甲烷等低沸点有机化合物的细孔直径为1nm以下的微孔容量,并且具备适量的更大的细孔以避免受到共存的水分的影响。

[0011] 另外还认为,使这样的比较大的细孔适度地发达会发挥辅助二氯甲烷分子在细孔内扩散的作用,认为不仅在平衡吸附中有效、而且在通气处理中也有效。

[0012] 因此,本发明人等进一步进行了深入研究,结果,通过使活性炭前体以特定量含有钇化合物和/或钒化合物、将活化气体设为二氧化碳而进行活化,从而首次成功地维持了

1nm以下的细孔的容积、并且具备适量的超过1nm的细孔径较大的其它细孔。进一步反复研究发现,可控制为使通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)及细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)处于特定范围、并且通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)达到特定范围的活性炭的二氯甲烷的平衡吸附量优异。

[0013] 本发明是基于这些见解、进一步反复进行研究而完成的发明。

[0014] 即,本发明提供下述所揭示的方案的发明。

[0015] 项1.一种活性炭,其特征在于,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为0.4cc/g以上,

[0016] 通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.2cc/g以上,并且

[0017] 通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为0.880~0.985。

[0018] 项2.根据项1所述的活性炭,其中,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.0nm以下的范围的细孔容积A(cc/g)相对于上述细孔容积C(cc/g)的比例(细孔容积A/细孔容积C)为0.5~0.94。

[0019] 项3.根据项1或2所述的活性炭,其中,上述细孔容积B相对于上述细孔容积C的比例(细孔容积B/细孔容积C)为0.90~0.99。

[0020] 项4.根据项1~3中任一项所述的活性炭,其中,上述活性炭为纤维状活性炭。

[0021] 项5.根据项1~4中任一项所述的活性炭,其中,二氯甲烷平衡吸附量为40质量%以上。

[0022] 项6.根据项1~5中任一项所述的活性炭,其中,上述活性炭用于吸附气相中的二氯甲烷。

[0023] 项7.一种二氯甲烷的吸附剂,其特征在于,其包含项1~6中任一项所述的活性炭。

[0024] 项8.一种二氯甲烷的吸附除去方法,其特征在于,其使用项1~6中任一项所述的活性炭。

[0025] 发明效果

[0026] 根据本发明的活性炭,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为0.4cc/g以上、通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.2cc/g以上、并且通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为0.880~0.985,因此可以使二氯甲烷的平衡吸附量优异。

附图说明

[0027] 图1为示出实施例1的活性炭的通过QSDFT法计算的细孔径分布的图。

[0028] 图2为示出实施例2的活性炭的通过QSDFT法计算的细孔径分布的图。

[0029] 图3为示出实施例3的活性炭的通过QSDFT法计算的细孔径分布的图。

[0030] 图4为示出实施例4的活性炭的通过QSDFT法计算的细孔径分布的图。

- [0031] 图5为示出实施例5的活性炭的通过QSDFT法计算的细孔径分布的图。
- [0032] 图6为示出实施例6的活性炭的通过QSDFT法计算的细孔径分布的图。
- [0033] 图7为示出实施例7的活性炭的通过QSDFT法计算的细孔径分布的图。
- [0034] 图8为示出实施例8的活性炭的通过QSDFT法计算的细孔径分布的图。
- [0035] 图9为示出实施例9的活性炭的通过QSDFT法计算的细孔径分布的图。
- [0036] 图10为示出实施例10的活性炭的通过QSDFT法计算的细孔径分布的图。
- [0037] 图11为示出实施例11的活性炭的通过QSDFT法计算的细孔径分布的图。
- [0038] 图12为示出实施例12的活性炭的通过QSDFT法计算的细孔径分布的图。
- [0039] 图13为示出实施例13的活性炭的通过QSDFT法计算的细孔径分布的图。
- [0040] 图14为示出实施例14的活性炭的通过QSDFT法计算的细孔径分布的图。
- [0041] 图15为示出实施例15的活性炭的通过QSDFT法计算的细孔径分布的图。
- [0042] 图16为示出实施例16的活性炭的通过QSDFT法计算的细孔径分布的图。
- [0043] 图17为示出实施例17的活性炭的通过QSDFT法计算的细孔径分布的图。
- [0044] 图18为示出实施例18的活性炭的通过QSDFT法计算的细孔径分布的图。
- [0045] 图19为示出比较例1的活性炭的通过QSDFT法计算的细孔径分布的图。
- [0046] 图20为示出比较例2的活性炭的通过QSDFT法计算的细孔径分布的图。
- [0047] 图21为示出比较例3的活性炭的通过QSDFT法计算的细孔径分布的图。
- [0048] 图22为示出比较例4的活性炭的通过QSDFT法计算的细孔径分布的图。
- [0049] 图23为示出比较例5的活性炭的通过QSDFT法计算的细孔径分布的图。
- [0050] 图24为示出比较例6的活性炭的通过QSDFT法计算的细孔径分布的图。
- [0051] 图25为示出比较例7的活性炭的通过QSDFT法计算的细孔径分布的图。

具体实施方式

- [0052] 以下对本发明的活性炭进行详细说明。
- [0053] 本发明的活性炭的、通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为0.4cc/g以上、通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.2cc/g以上、并且通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为0.880~0.985。
- [0054] 本说明书中,细孔容积是指通过QSDFT法(淬火固体密度泛函法)算出的细孔容积。QSDFT法是以几何学·化学上不规则的微孔·介孔的碳的细孔径分析为对象的、能够计算约0.5nm~约40nm为止的细孔径分布的分析方法。QSDFT法由于清晰地考虑了因细孔表面的粗糙度和不均匀性所致的影响,因此是细孔径分布分析的准确度大幅提升的方法。在本发明中,使用Quantachrome公司制的“AUTOSORB-1-MP”进行氮吸附等温线的测定、及基于QSDFT法的细孔径分布分析。通过对在77K温度下测定出的氮的脱附等温线,应用N₂ at 77K on carbon[slit pore,QSDFT equilibrium model]作为Calculation模型来计算细孔径分布,可以算出特定的细孔径范围的细孔容积。
- [0055] 关于本发明的活性炭,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为0.4cc/g以上,从进一步提高二氯甲烷的平衡吸附量的观点出

发,该细孔容积B优选为0.525cc/g以上,更优选为0.535cc/g以上。关于该细孔容积B的上限值,没有特别限定,可列举例如1.0cc/g以下,可优选列举0.7cc/g以下。

[0056] 关于本发明的活性炭,从进一步提高二氯甲烷的平衡吸附量的观点出发,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以下的范围的细孔容积可列举0.10cc/g以上且0.40cc/g以下,可列举优选为0.10cc/g以上且0.28cc/g以下、更优选为0.15cc/g以上且0.25cc/g以下、进一步优选为0.17cc/g以上且0.20cc/g以下、特别优选为0.17cc/g以上且0.195cc/g以下。另外,上述细孔径处于0.65nm以下的范围的细孔容积还可以设为0.10cc/g以上且0.40cc/g以下(其中,0.15cc/g以上且0.166以下的范围除外)、0.10cc/g以上且0.28cc/g以下(其中,0.15cc/g以上且0.166以下的范围除外)、0.170cc/g以上且0.25cc/g以下、或0.170cc/g以上且0.195cc/g以下。

[0057] 关于本发明的活性炭,从进一步提高二氯甲烷的平衡吸附量的观点出发,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.8nm以下的范围的细孔容积可列举0.20cc/g以上且0.50cc/g以下,可列举优选为0.20cc/g以上且0.40cc/g以下、更优选为0.21cc/g以上且0.40cc/g以下。

[0058] 关于本发明的活性炭,从进一步提高二氯甲烷的平衡吸附量的观点出发,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.0nm以下的范围的细孔容积A可列举0.35cc/g以上且0.55cc/g以下,可列举优选为0.35cc/g以上且0.48cc/g以下、更优选为0.40cc/g以上且0.48cc/g以下。

[0059] 关于本发明的活性炭,从进一步提高二氯甲烷的平衡吸附量的观点出发,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C可列举0.25cc/g以上且0.85cc/g以下,可列举优选为0.45cc/g以上且0.80cc/g以下、更优选为0.45cc/g以上且0.80cc/g以下、特别优选为0.555cc/g以上且0.77cc/g以下。

[0060] 关于本发明的活性炭,从进一步提高二氯甲烷的平衡吸附量的观点出发,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于2.0nm以上的范围的细孔容积可列举0.10cc/g以下,可列举优选为0.05cc/g以下、更优选为0.001cc/g以上且0.05cc/g以下。

[0061] 关于本发明的活性炭,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.2cc/g以上,从进一步提高二氯甲烷的平衡吸附量的观点出发,该细孔容积E优选为0.21cc/g以上,更优选为0.23cc/g以上。关于该细孔容积E的上限值,没有特别限定,可列举例如0.4cc/g以下,可优选列举0.33cc/g以下。

[0062] 关于本发明的活性炭,从进一步提高二氯甲烷的平衡吸附量的观点出发,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.0nm以上且1.5nm以下的范围的细孔容积可列举0.01cc/g以上且0.3cc/g以下,可列举优选为0.04cc/g以上且0.3cc/g以下、更优选为0.04cc/g以上且0.3cc/g以下、进一步优选为0.08cc/g以上且0.25cc/g以下、特别优选为0.125cc/g以上且0.25cc/g以下。

[0063] 关于本发明的活性炭,从进一步提高二氯甲烷的平衡吸附量的观点出发,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.0nm以上且2.0nm以下的范围的细孔容积可列举0.01cc/g以上且0.35cc/g以下,可列举优选为0.05cc/g以上且0.35cc/g以下、更优选为0.10cc/g以上且0.35cc/g以下、特别优选为0.21cc/g以上且0.35cc/g以下。

[0064] 关于本发明的活性炭,从进一步提高二氯甲烷的平衡吸附量的观点出发,通过

QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且0.8nm以下的范围的细孔容积优选为0.05cc/g以上且0.18cc/g以下,更优选为0.1cc/g以上且0.15cc/g以下。

[0065] 关于本发明的活性炭,从进一步提高二氯甲烷的平衡吸附量的观点出发,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.8nm以上且1.5nm以下的范围的细孔容积可列举0.08cc/g以上且0.60cc/g以下,可列举优选为0.12cc/g以上且0.50cc/g以下、更优选为0.18cc/g以上且0.50cc/g以下、特别优选为0.20cc/g以上且0.50cc/g以下。

[0066] 关于本发明的活性炭,从进一步提高二氯甲烷的平衡吸附量的观点出发,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以上且2.0nm以下的范围的细孔容积D优选为0.01cc/g以上且0.1cc/g以下,更优选为0.013cc/g以上且0.065cc/g以下。

[0067] 关于本发明的活性炭,作为活性炭的比表面积(通过使用氮作为被吸附物质的BET法(1点法)测定的值),可列举1000~2000m²/g左右,可列举优选为1300~1900m²/g左右、更优选为1400~1900m²/g左右。另外,作为通过QSDFT法计算的活性炭的总细孔容积,可列举0.35~1.00cc/g左右,可列举优选为0.40~1.00cc/g左右、更优选为0.50~0.80cc/g左右、进一步优选为0.55~0.80cc/g左右。

[0068] 关于本发明的活性炭,通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为0.880~0.985,从进一步提高二氯甲烷的平衡吸附量的观点出发,该比例优选为0.880~0.965。设定上述B/C的上限值表示,本发明的活性炭中,需要适度分布通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以上且2.0nm以下的范围的细孔。认为该细孔径处于1.5nm以上且2.0nm以下的范围的细孔会辅助被吸附物质在细孔内扩散,通过使上述B/C达到特定范围,从而使二氯甲烷的平衡吸附量进一步提高。

[0069] 关于本发明的活性炭,从进一步提高二氯甲烷的平衡吸附量的观点出发,上述细孔容积A与上述细孔容积B之比(细孔容积A/细孔容积B)可列举0.600~0.900,优选列举0.600~0.830。

[0070] 关于本发明的活性炭,从进一步提高二氯甲烷的平衡吸附量的观点出发,上述细孔容积A与上述细孔容积C之比(细孔容积A/细孔容积C)可列举0.560~0.890,优选列举0.560~0.820,更优选列举0.560~0.795。

[0071] 关于本发明的活性炭,从进一步提高二氯甲烷的平衡吸附量的观点出发,上述细孔容积A和上述细孔容积D之比(细孔容积D/细孔容积A)可列举0.010~0.220,优选列举0.030~0.220,更优选列举0.05~0.220。

[0072] 关于本发明的活性炭,从进一步提高二氯甲烷的平衡吸附量的观点出发,上述细孔容积A相对于上述总细孔容积的比例(细孔容积A/总细孔容积)可列举0.530~0.900,优选列举0.530~0.800,更优选列举0.530~0.789。

[0073] 关于本发明的活性炭,从进一步提高二氯甲烷的平衡吸附量的观点出发,上述细孔容积B相对于上述总细孔容积的比例(细孔容积B/总细孔容积)可列举0.800~0.990,优选列举0.800~0.970,更优选列举0.800~0.955。

[0074] 关于本发明的活性炭,从进一步提高二氯甲烷的平衡吸附量的观点出发,上述细孔容积C相对于上述总细孔容积的比例(细孔容积C/总细孔容积)可列举0.930~1.000,优选列举0.930~0.998。

[0075] 关于本发明的活性炭,从进一步提高二氯甲烷的平衡吸附量的观点出发,上述细孔容积D相对于上述总细孔容积的比例(细孔容积D/总细孔容积)可列举0.010~0.130,优选列举0.030~0.130,更优选列举0.035~0.130。

[0076] 关于本发明的活性炭,从进一步提高二氯甲烷的平衡吸附量的观点出发,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以下的范围的细孔容积相对于上述总细孔容积的比例(细孔径处于0.65nm以下的范围的细孔容积/总细孔容积)可列举0.120~0.520。

[0077] 关于本发明的活性炭,从进一步提高二氯甲烷的平衡吸附量的观点出发,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.8nm以下的范围的细孔容积相对于上述总细孔容积的比例(细孔径处于0.8nm以下的范围的细孔容积/总细孔容积)可列举0.200~0.800,优选列举0.350~0.650,更优选列举0.200~0.590。

[0078] 如后所述,在本发明的制造方法中,作为活性炭前体的原料(即,成为本发明的活性炭的来源的原料),没有特别限制,可列举例如进行了不熔化或碳化的有机质材料、酚醛树脂等不熔性树脂等,作为该有机质材料,可列举例如聚丙烯腈、沥青、聚乙烯醇、纤维素等。这些中,本发明的活性炭优选源自沥青,更优选源自煤沥青。

[0079] 为了达到上述特定的细孔径分布,本发明的活性炭使用包含钇化合物和/或钒化合物作为活性炭前体的物质。并且,本发明的活性炭可以包含源自包含在活性炭前体中的钇化合物和/或钒化合物的选自钇单质、钇化合物、钒单质及钒化合物中的1种以上。作为本发明的活性炭的总质量中的、包含在该活性炭中的钇单质、钇化合物、钒单质及钒化合物的质量比例(合计),可列举例如0.001~5.0质量%,优选列举0.001~3.0质量%,特别优选列举0.001~0.35质量%。上述比例为利用ICP发光分光分析装置(Varian公司制,型号715-ES)测定的钇元素换算及钒元素换算的比例(即,钇及钒的含量)。其中,本发明的活性炭若包含钇化合物及钒化合物,则可以通过钒的效果而显著维持1nm以下的微孔容量、并且通过钇的效果而使稍大的细孔也适度地分布,这些稍大的细孔会辅助被吸附物质在细孔内扩散,因此在进一步提高二氯甲烷的平衡吸附量这一点上优选。这种情况下,作为本发明的活性炭的总质量中的、包含在该活性炭中的钇单质和钇化合物的含量的合计与钒单质和钒化合物的含量的合计之比(钒单质和钒化合物的含量的合计/钇单质和钇化合物的含量的合计),可列举4~16。

[0080] 关于本发明的活性炭,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为0.4cc/g以上、通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.2cc/g以上、并且通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为0.880~0.985,因此二氯甲烷的平衡吸附量优异。具体而言,作为本发明的活性炭所具备的二氯甲烷平衡吸附量(质量%),可列举例如40质量%以上,优选列举45质量%以上,更优选列举50质量%以上。作为上限值,没有特别限定,可列举例如70质量%以下或60质量%以下。需要说明的是,在本发明中,二氯甲烷吸附性能如下述那样测定。即,将活性炭样品在110℃的烘干机中烘干一晚,在干燥器中冷却后快速量取3.14g,填充到试验柱($\Phi 20 \times H100$)中。然后,向试验柱中以流量2.0L/min通入调整为浓度10000ppm、25℃的二氯甲烷气体,进行吸附操作。将活性炭的质量增加停止的时刻设为平衡状态,计算平衡吸附量。

[0081] 平衡吸附量(%) = 质量增加量 / 活性炭质量 × 100

[0082] 本发明的活性炭的形态没有特别限定,可列举例如粒状活性炭、粉末状活性炭、纤维状活性炭等。从进一步提高二氯甲烷的吸附速度的观点出发,更优选为纤维状的纤维状活性炭。作为纤维状活性炭的平均纤维直径,可列举优选为30μm以下、更优选为5~20μm左右。需要说明的是,本发明中的平均纤维直径为利用图像处理纤维直径测定装置(基于JIS K 1477)测得的值。另外,作为粒状活性炭及粉末状活性炭的粒径,可列举用激光衍射/散射式方法测得的累积体积百分率D₅₀为0.01~5mm。

[0083] 本发明的活性炭可以用于气相中或液相中的任一种情况。特别地,本发明的活性炭优先用于吸附气相中的二氯甲烷。

[0084] 然后,对本发明的活性炭的制造方法进行详细说明。

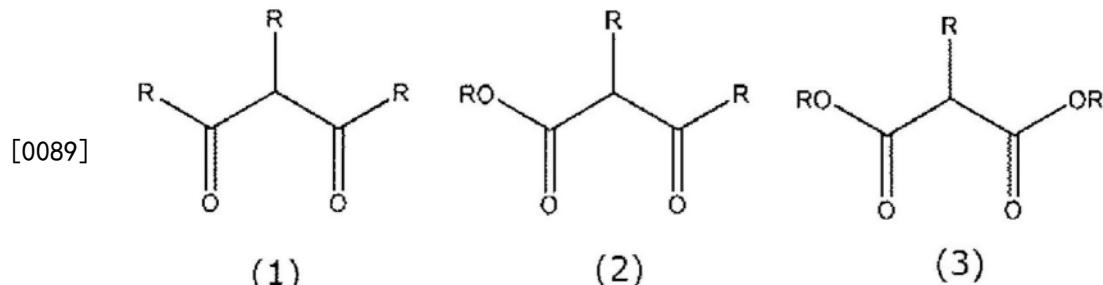
[0085] 本发明的活性炭的制造方法包括下述工序:将包含钇化合物和/或钒化合物的活性炭前体在CO₂浓度为90体积%以上的氛围下、在温度600~1200℃下进行活化。由此,首次能够在维持1nm以下的细孔的容积、特别是细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E及细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)的同时还具备适量的较大的细孔径为1.5nm以上且2.0nm以下的细孔,可以使上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)处于特定范围,可以得到发明的活性炭。另一方面,在将活化气体设为以往广泛使用的水蒸气的情况下,难以在维持细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E及细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)的同时还具备适量的较大的细孔径为1.5nm以上且2.0nm以下的细孔。另外,在活性炭前体不含钇化合物和/或钒化合物的情况下,也难以达到上述本发明的活性炭所具备的细孔分布。

[0086] 在本发明的活性炭的制造方法中,作为活性炭前体的主原料,没有特别限制。可列举例如经不熔化或碳化的有机质材料、酚醛树脂等不熔性树脂等,作为该有机质材料,可列举例如聚丙烯腈、沥青、聚乙烯醇、纤维素等。从碳化时的理论碳化收率的角度出发,优选沥青,在沥青中,特别优选煤沥青。

[0087] 在本发明的活性炭的制造方法中,作为活性炭前体的钇及钒的含量的合计,可列举优选为0.01~5.0质量%、更优选为0.03~1.0质量%、进一步优选为0.03~0.3质量%。可以通过将钇单质或钇化合物与原料混合而使其含有钇。作为钇化合物,可列举以钇为构成金属元素的金属氧化物、金属氢氧化物、金属卤化物、金属硫酸盐等无机金属化合物;乙酸等有机酸与金属的盐;有机金属化合物等。作为有机金属化合物,可列举金属乙酰丙酮、芳香族金属化合物等。另外,可以通过将钒单质或钒化合物与原料混合而使其含有钒。作为钒化合物,可列举以钒作为构成金属元素的金属氧化物、金属氢氧化物、金属卤化物、金属硫酸盐等无机金属化合物;乙酸等有机酸与金属的盐、有机金属化合物等。在钇化合物和/或钒化合物中,尤其是从使金属在活性炭前体中高分散的观点出发,优选设为有机金属化合物,作为有机金属化合物,更优选列举以β-二酮型化合物为配体的金属络合物。作为β-二酮型化合物,可列举具有下述式(1)~(3)所示的结构的物质,具体可列举乙酰丙酮等。需要说明的是,在本发明的活性炭中,在制成进一步包含钇单质和/或钇化合物的物质的情况下,可以通过将钒单质或钒化合物以及钇单质和/或钇化合物与活性炭前体的主原料混合而含有钒单质或钒化合物以及钇单质和/或钇化合物。另外,作为混合到活性炭前体的主原料中的钇化合物,与钒化合物同样地可列举以钇为构成金属元素的金属氧化物、金属氢氧

化物、金属卤化物、金属硫酸盐等无机金属化合物、乙酸等有机酸与金属的盐、有机金属化合物等。作为有机金属化合物，可列举金属乙酰丙酮、芳香族金属化合物等。其中，从使金属在活性炭前体中高分散的观点出发，优选制成有机金属化合物，作为有机金属化合物，更优选列举以 β -二酮型化合物为配体的金属络合物。作为 β -二酮型化合物，可列举具有下述式(1)～(3)所示的结构的物质，具体可列举乙酰丙酮等。

[0088] [化学式1]



[0090] 其中,使活性炭前体中含有钇化合物及钒化合物的情况下,通过钒的效果能够显著维持1nm以下的微孔容量、并且通过钇的效果能够使稍大的细孔也适度地分布,这些稍大的细孔辅助被吸附物质在细孔内扩散,因此在进一步提高二氯甲烷的平衡吸附量这一点上优选。在使活性炭前体含有钇化合物及钒化合物的情况下,作为活性炭前体中的、钇化合物的含量与钒化合物的含量之比(钒化合物的含量/钇化合物的含量),可优选列举4~15。

[0091] 在本发明的活性炭的制造方法中,活化氛围的CO₂浓度为90体积%以上、优选为95体积%以上、更优选为99体积%以上。

[0092] 活化氛围中,作为CO₂以外的其它成分,可列举N₂、O₂、H₂、H₂O、CO。

[0093] 在本发明的制造方法中，活化氛围温度通常为600～1200℃左右、优选为800～1000℃左右、更优选为900～1000℃左右。另外，作为活化时间，根据活性炭前体的主原料来进行调整、使得达到给定的细孔径分布即可。例如，在使用软化点为275℃～288℃的沥青作为活性炭前体的主原料时，可列举将活化氛围温度设为900～1000℃、将活化时间设为10～80分钟、更优选30～80分钟来进行活化。

[0094] 实施例

[0095] 以下示出实施例及比较例来详细说明本发明。但是，本发明不限定于实施例。

[0096] 关于各实施例及比较例,通过以下的方法进行评价。

[0097] (1) 活性炭前体(经不熔化的沥青纤维)的钒含量及钇含量(质量%)

[0098] 对沥青纤维进行灰化处理,使灰分溶解于酸,利用ICP发光分光分析装置(Varian公司制,型号715-ES)进行测定,将钒元素换算的比例及钇元素换算的比例分别作为钒含量及钇含量。

[0099] (2) 活性炭的金属含量(质量%)

[0100] 对纤维状活性炭进行灰化处理,使灰分溶解于酸,利用ICP发光分光分析装置(Varian公司制,型号715-ES)进行测定,将钒元素换算的比例及钇元素换算的比例分别作为钒含量及钇含量。

[0101] (3) 细孔容积(cc/g)、比表面积(m^2/g)、纤维状活性炭的纤维直径(μm)

[0102] 使用Quantachrome公司制“AUTOSORB-1-MP”，通过77K下的氮吸附等温线测定细孔物性值。利用BET法由相对压力为0.1的测定点计算比表面积。关于总细孔容积及表1中记载

的各细孔径范围内的细孔容积,对于所测定的氮脱附等温线应用N₂ at 77K on carbon [slit pore,QSDFT equilibrium model]作为Calculation model来计算细孔径分布,由此进行分析。具体而言,表1中记载的各细孔径范围内的细孔容积为图1~20所示的表示细孔径分布的图的读取值或由该读取值计算而得的值。更具体而言,细孔径为0.65nm以下的细孔容积为细孔径分布图的横轴孔宽度为0.65nm处的累积孔体积(cc/g)的读取值。同样地得到细孔径为0.8nm以下的细孔容积、细孔径为1.0nm以下的细孔容积A、细孔径为1.5nm以下的细孔容积B、细孔径为2.0nm以下的细孔容积C。细孔径为2.0nm以上的细孔容积是通过从通过QSDFT法得到的总细孔容积中减去上述细孔径为2.0nm以下的细孔容积C来计算的。细孔径处于1.0nm以上且1.5nm以下的范围的细孔容积是通过从上述细孔径为1.5nm以下的细孔容积B中减去上述细孔径为1.0nm以下的细孔容积A来计算的。细孔径处于1.0nm以上且2.0nm以下的范围的细孔容积是通过从上述细孔径为2.0nm以下的细孔容积C中减去上述细孔径为1.0nm以下的细孔容积A来计算的。细孔径处于0.65nm以上且0.8nm以下的范围的细孔容积是通过从上述细孔径为0.8nm以下的细孔容积中减去上述细孔径为0.65nm以下的细孔容积来计算的。细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E是通过从上述细孔径为1.0nm以下的细孔容积A中减去上述细孔径为0.65nm以下的细孔容积来计算的。细孔径处于0.8nm以上且1.5nm以下的范围的细孔容积是通过从上述细孔径为1.5nm以下的细孔容积B减去上述细孔径为0.8nm以下的细孔容积来计算的。细孔径处于1.5nm以上且2.0nm以下的范围的细孔容积是通过从上述细孔径为2.0nm以下的细孔容积C减去上述细孔径为1.5nm以下的细孔容积B来计算的。

[0103] (4) 纤维状活性炭的纤维直径(μm)

[0104] 利用图像处理纤维直径测定装置(基于JIS K 1477)进行测定。

[0105] (5) 二氯甲烷平衡吸附量

[0106] 将活性炭样品在110℃的烘干机中烘干一晚,在干燥器中冷却后,快速地称量3.14g,填充至试验柱(Φ20×H100)。然后,以流量2.0L/min向试验柱中通入调整为浓度10000ppm、25℃的二氯甲烷气体,进行吸附操作。将活性炭的质量增加停止的时刻作为平衡状态,计算平衡吸附量。

[0107] 平衡吸附量(%) = 质量增加量/活性炭质量 × 100

[0108] 将40质量%以上设为合格。

[0109] (实施例1)

[0110] 将相对于作为有机质材料的软化点为280℃的粒状煤沥青100质量份混合有双(2,4-戊二酮酸)合氧化钒(IV)(CAS号:3153-26-2)0.6质量份及三乙酰基丙酮钇(CAS号:15554-47-9)0.1质量份的混合物供给至熔融挤出机,在熔融温度320℃下熔融混合,以喷出量16g/min进行纺丝,由此得到沥青纤维。对于得到沥青纤维,在空气中以1~30℃/分钟的比例升温54分钟,从而从常温升温到354℃,由此进行不熔化处理,得到作为经不熔化的沥青纤维的活性炭前体。在该活性炭前体中,钒的含量为0.11质量%、钇的含量为0.022质量%。

[0111] 对于得到的活性炭前体,在向活化炉内连续导入CO₂浓度为100容量%的气体且氛围温度为950℃的条件下热处理32分钟而进行活化,得到实施例1的活性炭。得到的活性炭的、通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为

0.456cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.216cc/g、通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为0.970、钒的含量为0.220质量%、钇的含量为0.040质量%、平均纤维直径为13.5μm。

[0112] (实施例2)

[0113] 将活化时间设为40分钟,除此以外与实施例1同样地进行,得到实施例2的活性炭。对于得到的活性炭,在通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为0.558cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.256cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为0.947,钒的含量为0.270质量%,钇的含量为0.050质量%,平均纤维直径为13.3μm。

[0114] (实施例3)

[0115] 将活化时间设为45分钟,除此以外与实施例1同样地进行,得到实施例3的活性炭。对于得到的活性炭,在通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为0.621cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.274cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为0.917,钒的含量为0.310质量%,钇的含量为0.060质量%,平均纤维直径为13.5μm。

[0116] (实施例4)

[0117] 将相对于作为有机质材料的软化点为280℃的粒状煤沥青100质量份混合有双(2,4-戊二酮酸)合氧化钒(IV)(CAS号:3153-26-2)0.6质量份及三乙酰基丙酮钇(CAS号:15554-47-9)0.06质量份的混合物供给至熔融挤出机,在熔融温度320℃下熔融混合,以喷出量16g/min进行纺丝,由此得到沥青纤维。对于得到的沥青纤维,在空气中以1~30℃/分钟的比例升温54分钟,从而从常温升温到354℃,由此进行不熔化处理,得到作为经不熔化的沥青纤维的活性炭前体。在该活性炭前体中,钒的含量为0.09质量%,钇的含量为0.01质量%。

[0118] 对于得到的活性炭前体,在向活化炉内连续导入CO₂浓度为100容量%的气体且氛围温度为950℃的条件下热处理38分钟而进行活化,得到实施例4的活性炭。对于得到的活性炭,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为0.482cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.204cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为0.980,钒的含量为0.190质量%,钇的含量为0.020质量%,平均纤维直径为13.1μm。

[0119] (实施例5)

[0120] 将活化时间设为44分钟,除此以外与实施例4同样地进行,得到实施例5的活性炭。对于得到的活性炭,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为0.535cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.239cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为0.961,钒的含

量为0.220质量%，钇的含量为0.030质量%，平均纤维直径为 $13.0\mu\text{m}$ 。

[0121] (实施例6)

[0122] 将活化时间设为50分钟，除此以外与实施例4同样地进行，得到实施例6的活性炭。对于得到的活性炭，通过QSDFT法计算的细孔容积中，细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为0.600cc/g，通过QSDFT法计算的细孔容积中，细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.262cc/g，通过QSDFT法计算的细孔容积中，上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为0.932，钒的含量为0.250质量%，钇的含量为0.030质量%，平均纤维直径为 $13.2\mu\text{m}$ 。

[0123] (实施例7)

[0124] 将相对于作为有机质材料的软化点为280℃的粒状煤沥青100质量份混合有双(2,4-戊二酮酸)合氧化钒(IV)(CAS号：3153-26-2)0.6质量份及三乙酰基丙酮钇(CAS号：15554-47-9)0.03质量份的混合物供给至熔融挤出机，在熔融温度320℃下熔融混合，以喷出量16g/min进行纺丝，由此得到沥青纤维。对于得到的沥青纤维，在空气中以1~30℃/分钟的比例升温54分钟，从而从常温升温到354℃，由此进行不熔化处理，得到作为经不熔化的沥青纤维的活性炭前体。在该活性炭前体中，钒的含量为0.095质量%，钇的含量为0.007质量%。

[0125] 对于得到的活性炭前体，在向活化炉内连续导入CO₂浓度为100容量%的气体且氛围温度为950℃的条件下热处理37分钟而进行活化，得到实施例7的活性炭。对于得到的活性炭，通过QSDFT法计算的细孔容积中，细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为0.517cc/g，通过QSDFT法计算的细孔容积中，细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.211cc/g，通过QSDFT法计算的细孔容积中，上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为0.981，钒的含量为0.210质量%，钇的含量为0.020质量%、平均纤维直径为 $13.5\mu\text{m}$ 。

[0126] (实施例8)

[0127] 将活化时间设为40分钟，除此以外与实施例7同样地进行，得到实施例8的活性炭。对于得到的活性炭，通过QSDFT法计算的细孔容积中，细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为0.548cc/g，通过QSDFT法计算的细孔容积中，细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.233cc/g，通过QSDFT法计算的细孔容积中，上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为0.945，钒的含量为0.230质量%，钇的含量为0.020质量%，平均纤维直径为 $13.0\mu\text{m}$ 。

[0128] (实施例9)

[0129] 将活化时间设为50分钟，除此以外与实施例7同样地进行，得到实施例9的活性炭。对于得到的活性炭，通过QSDFT法计算的细孔容积中，细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为0.641cc/g，通过QSDFT法计算的细孔容积中，细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.277cc/g，通过QSDFT法计算的细孔容积中，上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为0.926，钒的含量为0.290质量%，钇的含量为0.020质量%，平均纤维直径为 $13.2\mu\text{m}$ 。

[0130] (实施例10)

[0131] 将相对于作为有机质材料的软化点为280℃的粒状煤沥青100质量份混合有三乙

酰基丙酮钇(CAS号:15554-47-9)0.3质量份的混合物供给至熔融挤出机,在熔融温度320℃下熔融混合,以喷出量20g/min进行纺丝,由此得到沥青纤维。对于得到的沥青纤维,在空气中以1~30℃/分钟的比例升温54分钟,从而从常温升温到354℃,由此进行不熔化处理,得到作为经不熔化的沥青纤维的活性炭前体。在该活性炭前体中,钇的含量为0.06质量%。

[0132] 对于得到的活性炭前体,在向活化炉内连续导入CO₂浓度为100容量%的气体且氛围温度为950℃的条件下热处理67分钟而进行活化,得到实施例10的活性炭。对于得到的活性炭,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为0.613cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.262cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为0.890,钇的含量为0.170质量%,平均纤维直径为16.8μm。

[0133] (实施例11)

[0134] 将活化时间设为70分钟,除此以外与实施例10同样地进行,得到实施例11的活性炭。对于得到的活性炭,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为0.636cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.269cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为0.880,钇的含量为0.180质量%,平均纤维直径为16.8μm。

[0135] (实施例12)

[0136] 将活化时间设为65分钟,除此以外与实施例10同样地进行,得到实施例12的活性炭。对于得到的活性炭,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为0.594cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.256cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为0.907,钇的含量为0.150质量%,平均纤维直径为18.2μm。

[0137] (实施例13)

[0138] 将活化时间设为55分钟,除此以外与实施例10同样地进行,得到实施例13的活性炭。对于得到的活性炭,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为0.532cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.241cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为0.942,钇的含量为0.140质量%,平均纤维直径为18.4μm。

[0139] (实施例14)

[0140] 将相对于作为有机质材料的软化点为280℃的粒状煤沥青100质量份混合有双(2,4-戊二酮酸)合氧化钒(IV)(CAS号:3153-26-2)0.6质量份的混合物供给至熔融挤出机,在熔融温度325℃下熔融混合,以喷出量16g/min进行纺丝,由此得到沥青纤维。对于得到的沥青纤维,在空气中分阶段地升温至355℃,合计保持87分钟,由此进行不熔化处理,得到作为经不熔化的沥青纤维的活性炭前体。在该活性炭前体中,钒的含量为0.076质量%。

[0141] 对于得到的活性炭前体,在向活化炉内连续导入CO₂浓度为100容量%的气体且氛

围温度为950°C的条件下热处理50分钟而进行活化,得到实施例14的活性炭。对于得到的活性炭,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为0.581cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.245cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为0.965,钒的含量为0.230质量%,平均纤维直径为13.2μm。

[0142] (实施例15)

[0143] 将相对于作为有机质材料的软化点为280°C的粒状煤沥青100质量份混合有双(2,4-戊二酮酸)合氧化钒(IV)(CAS号:3153-26-2)0.6质量份的混合物供给至熔融挤出机,在熔融温度325°C下熔融混合,以喷出量16g/min进行纺丝,由此得到沥青纤维。对于得到的沥青纤维,在空气中分阶段地升温至335°C,合计保持87分钟,由此进行不熔化处理,得到作为经不熔化的沥青纤维的活性炭前体。在该活性炭前体中,钒的含量为0.076质量%。

[0144] 对于得到的活性炭前体,在向活化炉内连续导入CO₂浓度为100容量%的气体且氛围温度为950°C的条件下热处理50分钟而进行活化,得到实施例15的活性炭。对于得到的活性炭,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为0.565cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.287cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为0.958,钒的含量为0.281质量%,平均纤维直径为13.7μm。

[0145] (实施例16)

[0146] 将相对于作为有机质材料的软化点为280°C的粒状煤沥青100质量份混合有双(2,4-戊二酮酸)合氧化钒(IV)(CAS号:3153-26-2)0.6质量份的混合物供给至熔融挤出机,在熔融温度325°C下熔融混合,以喷出量16g/min进行纺丝,由此得到沥青纤维。对于得到的沥青纤维,在空气中分阶段地升温至364°C,合计保持87分钟,由此进行不熔化处理,得到作为经不熔化的沥青纤维的活性炭前体。在该活性炭前体中,钒的含量为0.100质量%。

[0147] 对于得到的活性炭前体,在向活化炉内连续导入CO₂浓度为100容量%的气体且氛围温度为950°C的条件下热处理50分钟而进行活化,得到实施例17的活性炭。对于得到的活性炭,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为0.553cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.280cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为0.955,钒的含量为0.286质量%,平均纤维直径为13.8μm。

[0148] (实施例17)

[0149] 将相对于作为有机质材料的软化点为280°C的粒状煤沥青100质量份混合有双(2,4-戊二酮酸)合氧化钒(IV)(CAS号:3153-26-2)0.6质量份的混合物供给至熔融挤出机,在熔融温度325°C下熔融混合,以喷出量16g/min进行纺丝,由此得到沥青纤维。对于得到的沥青纤维,在空气中分阶段地升温至333°C,合计保持87分钟,由此进行不熔化处理,得到作为经不熔化的沥青纤维的活性炭前体。在该活性炭前体中,钒的含量为0.095质量%。

[0150] 对于得到的活性炭前体,在向活化炉内连续地导入CO₂浓度为63容量%、N₂浓度为

37容量%的混合气体且氛围温度为950℃的条件下热处理50分钟而进行活化,得到实施例18的活性炭。对于得到的活性炭,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为0.462cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.227cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为0.996,钒的含量为0.257质量%,平均纤维直径为13.9μm。

[0151] (实施例18)

[0152] 将相对于作为有机质材料的软化点为280℃的粒状煤沥青100质量份混合有双(2,4-戊二酮酸)合氧化钒(IV)(CAS号:3153-26-2)0.6质量份的混合物供给至熔融挤出机,在熔融温度325℃下熔融混合,以喷出量16g/min进行纺丝,由此得到沥青纤维。对于得到的沥青纤维,在空气中分阶段地升温至339℃,合计保持87分钟,由此进行不熔化处理,得到作为经不熔化的沥青纤维的活性炭前体。在该活性炭前体中,钒的含量为0.093质量%。

[0153] 对于得到的活性炭前体,在向活化炉内连续导入CO₂浓度为100容量%的气体且氛围温度为950℃的条件下热处理50分钟而进行活化,得到实施例19的活性炭。对于得到的活性炭,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为0.556cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.287cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为0.954,钒的含量为0.344质量%,平均纤维直径为13.6μm。

[0154] (比较例1)

[0155] 将作为有机质材料的软化点为280℃的粒状煤沥青供给至熔融挤出机,在熔融温度320℃下熔融混合,以喷出量20g/min进行纺丝,由此得到沥青纤维。对于得到的沥青纤维,在空气中以1~30℃/分钟的比例升温54分钟,从而从常温升温到354℃,由此进行不熔化处理,得到作为经不熔化的沥青纤维的活性炭前体。在该活性炭前体中,钒及钇的含量为0质量%。

[0156] 对于得到的活性炭前体,在向活化炉内连续地导入H₂O浓度为100容量%的气体且氛围温度为875℃的条件下热处理25分钟而进行活化,得到比较例1的活性炭。对于得到的活性炭,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为0.314cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.112cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为0.997,钇及钒的含量为0.00质量%,平均纤维直径为16.8μm。

[0157] (比较例2)

[0158] 将作为有机质材料的软化点为280℃的粒状煤沥青供给至熔融挤出机,在熔融温度320℃下熔融混合,以喷出量20g/min进行纺丝,由此得到沥青纤维。对于得到的沥青纤维,在空气中以1~30℃/分钟的比例升温54分钟,从而从常温升温到354℃,由此进行不熔化处理,得到作为经不熔化的沥青纤维的活性炭前体。在该活性炭前体中,钒及钇的含量为0质量%。

[0159] 对于得到的活性炭前体,在向活化炉内连续地导入H₂O浓度为100容量%的气体且

氛围温度为875℃下热处理40分钟而进行活化,得到比较例2的活性炭。对于得到的活性炭,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为0.465cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.180cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为0.977,钇及钒的含量为0.00质量%,平均纤维直径为16.7μm。

[0160] (比较例3)

[0161] 将相对于作为有机质材料的软化点为280℃的粒状煤沥青100质量份混合有三乙酰基丙酮钇(CAS号:15554-47-9)1.3质量份的混合物供给至熔融挤出机,在熔融温度320℃下熔融混合,以喷出量20g/min进行纺丝,由此得到沥青纤维。对于得到的沥青纤维,在空气中以1~30℃/分钟的比例升温54分钟,从而从常温升温到354℃,由此进行不熔化处理,得到作为经不熔化的沥青纤维的活性炭前体。在该活性炭前体中,钇的含量(钇元素换算)为0.25质量份。

[0162] 对于得到的活性炭前体,在向活化炉内连续地导入H₂O浓度为100容量%的气体且氛围温度为900℃的条件下热处理20分钟而进行活化,得到比较例3的活性炭。对于得到的活性炭,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为0.339cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.166cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为0.827,钇的含量为0.66质量%,平均纤维直径为16.5μm。

[0163] (比较例4)

[0164] 将相对于作为有机质材料的软化点为280℃的粒状煤沥青100质量份混合有三乙酰基丙酮钇(CAS号:15554-47-9)1.3质量份的混合物供给至熔融挤出机,在熔融温度320℃下熔融混合,以喷出量20g/min进行纺丝,由此得到沥青纤维。对于得到的沥青纤维,在空气中以1~30℃/分钟的比例升温54分钟,从而从常温升温到354℃,由此进行不熔化处理,得到作为经不熔化的沥青纤维的活性炭前体。在该活性炭前体中,钇的含量(钇元素换算)为0.25质量份。

[0165] 对于得到的活性炭前体,在向活化炉内连续地导入H₂O浓度为100容量%的气体且氛围温度为900℃的条件下热处理25分钟而进行活化,得到比较例4的活性炭。对于得到的活性炭,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为0.312cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.137cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为0.790,钇的含量为0.83质量%,平均纤维直径为15.8μm。

[0166] (比较例5)

[0167] 将作为有机质材料的软化点为280℃的粒状煤沥青供给至熔融挤出机,在熔融温度320℃下熔融混合,以喷出量20g/min进行纺丝,由此得到沥青纤维。对于得到的沥青纤维,在空气中以1~30℃/分钟的比例升温54分钟,从而从常温升温到354℃,由此进行不熔化处理,得到作为经不熔化的沥青纤维的活性炭前体。在该活性炭前体中,钒及钇的含量为

0.00质量%。

[0168] 对于得到的活性炭前体,在向活化炉内连续导入CO₂浓度为100容量%的气体且氛围温度为950℃的条件下热处理90分钟而进行活化,得到比较例5的活性炭。对于得到的活性炭,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为0.496cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.223cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为0.998,钒及钇的含量为0.00质量%,平均纤维直径为18.1μm。

[0169] (比较例6)

[0170] 作为活性炭,使用市售的酚系活性炭。对于该活性炭,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为0.364cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.110cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为1.000,钒及钇的含量为0.00质量%,平均纤维直径为12.6μm。

[0171] (比较例7)

[0172] 作为活性炭,使用市售的酚系活性炭。对于该活性炭,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为0.542cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.167cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为0.989,钒及钇的含量为0.00质量%,平均纤维直径为12.8μm。

[0173] 将得到的活性炭的物性示于表1及表2。另外,图1~25中示出实施例1~18、比较例1~7的活性炭的通过QSDFT法计算的细孔径分布图。

[0174] [表1]

原科	实施例1		实施例2		实施例3		实施例4		实施例5		实施例6		实施例7		实施例8		实施例9		实施例10		实施例11		实施例12		实施例13		实施例14		实施例15		实施例16		
	V/Y	煤沥青	V/Y																														
重金属类 铅化合物添加量(质量份)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6			
铅化合物添加量(质量份)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1			
活性炭载体中的钒(V)含量(质量%)	0.11	0.11	0.11	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09				
活性炭载体中的钇(Y)含量(质量%)	0.022	0.022	0.022	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021			
造粒条件 CO ₂	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
CO ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
N ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
其它	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
活化温度(℃)	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950		
活化时间(min)	320	40	45	38	44	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
活性炭中的铂含量(质量%)	0.220	0.270	0.310	0.190	0.220	0.250	0.210	0.230	0.290	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
活性炭中铂含量(质量%)	0.040	0.050	0.060	0.020	0.030	0.030	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020		
细孔径≤0.65mm以下的微孔容积(cc/g)	0.161	0.193	0.193	0.223	0.203	0.187	0.253	0.188	0.190	0.156	0.162	0.154	0.166	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136		
细孔径≤0.80mm以下的微孔容积(cc/g)	0.277	0.325	0.340	0.345	0.331	0.318	0.384	0.310	0.327	0.278	0.287	0.273	0.285	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255	0.255		
细孔径≤1.0mm以下的微孔容积(cc/g)	0.377	0.449	0.467	0.427	0.442	0.449	0.464	0.464	0.464	0.464	0.464	0.464	0.464	0.464	0.464	0.464	0.464	0.464	0.464	0.464	0.464	0.464	0.464	0.464	0.464	0.464	0.464	0.464	0.464	0.464	0.464		
细孔径≤1.5mm以下的微孔容积(cc/g)	0.456	0.558	0.621	0.482	0.535	0.660	0.517	0.564	0.641	0.613	0.636	0.594	0.532	0.581	0.565	0.602	0.590	0.565	0.602	0.590	0.565	0.602	0.590	0.565	0.602	0.590	0.565	0.602	0.590	0.565	0.602	0.590	
细孔径≤2.0mm以下的微孔容积(cc/g)	0.470	0.589	0.677	0.492	0.557	0.644	0.527	0.580	0.692	0.689	0.723	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655		
细孔径≤2.0mm以上的微孔容积(cc/g)	0.006	0.017	0.034	0.000	0.003	0.011	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	
细孔径≤1.0~1.5mm的微孔容积(cc/g)	0.079	0.109	0.154	0.055	0.093	0.151	0.053	0.127	0.174	0.195	0.205	0.184	0.125	0.184	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	
细孔径≤1.5~2.0mm的微孔容积(cc/g)	0.093	0.140	0.210	0.065	0.115	0.195	0.063	0.159	0.225	0.271	0.292	0.245	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125		
细孔径≤0.65~0.8mm的范围的微孔容积(cc/g)	0.111	0.132	0.122	0.128	0.131	0.131	0.122	0.122	0.122	0.122	0.122	0.122	0.122	0.122	0.122	0.122	0.122	0.122	0.122	0.122	0.122	0.122	0.122	0.122	0.122	0.122	0.122	0.122	0.122	0.122	0.122	0.122	
细孔径≤0.8~1.0mm的范围的微孔容积(cc/g)	0.216	0.256	0.274	0.204	0.229	0.262	0.211	0.233	0.277	0.262	0.269	0.256	0.241	0.241	0.241	0.241	0.241	0.241	0.241	0.241	0.241	0.241	0.241	0.241	0.241	0.241	0.241	0.241	0.241	0.241	0.241		
细孔径≤1.0~1.5mm的范围的微孔容积(cc/g)	0.184	0.233	0.291	0.137	0.204	0.282	0.133	0.238	0.314	0.335	0.349	0.331	0.247	0.326	0.298	0.334	0.334	0.334	0.334	0.334	0.334	0.334	0.334	0.334	0.334	0.334	0.334	0.334	0.334	0.334	0.334	0.334	0.334
细孔径≤1.5~2.0mm的范围的微孔容积(cc/g)	0.014	0.031	0.056	0.010	0.022	0.044	0.010	0.032	0.051	0.076	0.087	0.061	0.033	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021		
物性指标A ₁ 带孔隙B ₁ 带孔隙C ₁	0.827	0.762	0.690	0.868	0.794	0.697	0.880	0.726	0.675	0.607	0.596	0.626	0.720	0.666	0.717	0.658	0.727	0.658	0.727	0.658	0.727	0.658	0.727	0.658	0.727	0.658	0.727	0.658	0.727	0.658	0.727	0.658	
物性指标A ₂ 带孔隙B ₂ 带孔隙C ₂	0.970	0.947	0.917	0.980	0.961	0.932	0.981	0.945	0.926	0.890	0.880	0.907	0.942	0.965	0.958	0.955	0.960	0.958	0.955	0.960	0.958	0.955	0.960	0.958	0.955	0.960	0.958	0.955	0.960	0.958	0.955	0.960	
物性指标D ₁ 带孔隙A ₁ 带孔隙B ₁ 带孔隙C ₁	0.037	0.069	0.120	0.023	0.050	0.096	0.022	0.076	0.109	0.182	0.202	0.149	0.081	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052		
比表面积(m ² /g)	1.207	1510	1718	1.268	1426	1.630	1.366	1473	1.745	1.714	1.797	1.640	1.430	1.544	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520	
总孔隙率(cc/g)	0.476	0.506	0.711	0.492	0.550	0.655	0.527	0.581	0.700	0.725	0.757	0.679	0.572	0.627	0.689	0.749	0.679	0.749	0.679	0.749	0.679	0.749	0.679	0.749	0.679	0.749	0.679	0.749	0.679	0.749	0.679	0.749	0.679
细孔径≤0.65~0.8mm的范围的微孔容积(cc/g)	0.792	0.741	0.657	0.888	0.789	0.685	0.880	0.725	0.675	0.607	0.596	0.626	0.720	0.666	0.717	0.658	0.727	0.658	0.727	0.658	0.727	0.658	0.727	0.658	0.727	0.658	0.727	0.658	0.727	0.658	0.727	0.658	
细孔径≤0.8~1.0mm的范围的微孔容积(cc/g)	0.958	0.921	0.873	0.980	0.955	0.916	0.943	0.916	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846	
细孔径≤1.0~1.5mm的范围的微孔容积(cc/g)	0.987	0.972	0.952	1																													

		比较例1	比较例2	比较例3	比较例4	比较例5	比较例6	比较例7
制 造 条 件	原料	煤沥青	煤沥青	煤沥青	煤沥青	煤沥青	酚醛树脂	酚醛树脂
	金属种类	-	-	Y	Y	-	-	-
	钒化合物添加量(质量份)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	钇化合物添加量(质量份)	0.00	0.00	1.3	1.3	0.00	0.00	0.00
	活性炭前体中的钒(V)含量(质量%)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	活性炭前体中的钇(Y)含量(质量%)	0.000	0.000	0.25	0.25	0.000	0.000	0.000
	CO ₂	0	0	0	0	100	-	-
	H ₂ O	100	100	100	100	0	-	-
	O ₂	0	0	0	0	0	-	-
	N ₂	0	0	0	0	0	-	-
	CO	0	0	0	0	0	-	-
	其它	0	0	0	0	0	-	-
	活化温度(℃)	875	875	900	900	950	-	-
	活化时间(min)	25	40	20	25	90	-	-
	活性炭中的钒含量(质量%)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	活性炭中的钇含量(质量%)	0.000	0.000	0.66	0.83	0.000	0.000	0.000
	细孔径为0.65nm以下的细孔容积(cc/g)	0.199	0.221	0.075	0.059	0.205	0.254	0.338
	细孔径为0.8nm以下的细孔容积(cc/g)	0.281	0.333	0.149	0.118	0.328	0.344	0.468
细孔径为1.0nm以下的细孔容积A(cc/g)	0.311	0.401	0.241	0.196	0.428	0.364	0.505	
细孔径为1.5nm以下的细孔容积B(cc/g)	0.314	0.465	0.339	0.312	0.496	0.364	0.542	
细孔径为2.0nm以下的细孔容积C(cc/g)	0.315	0.476	0.410	0.395	0.497	0.364	0.548	
细孔径为2.0nm以上的细孔容积(cc/g)	0.000	0.000	0.162	0.644	0.000	0.000	0.000	
细孔径为1.0~1.5nm的细孔容积(cc/g)	0.003	0.064	0.098	0.116	0.068	0.000	0.037	
细孔径为1.0~2.0nm的细孔容积(cc/g)	0.004	0.075	0.169	0.199	0.069	0.000	0.043	
细孔径为0.65~0.8nm的范围的细孔容积(cc/g)	0.082	0.112	0.074	0.059	0.123	0.090	0.130	
细孔径为0.65~1.0nm的范围的细孔容积E(cc/g)	0.112	0.180	0.166	0.137	0.223	0.110	0.167	
细孔径为0.8~1.5nm的范围的细孔容积(cc/g)	0.033	0.132	0.190	0.194	0.168	0.020	0.074	
细孔径为1.5~2.0nm的范围的细孔容积D(cc/g)	0.001	0.011	0.071	0.083	0.001	0.000	0.006	
细孔容积A/细孔容积B	0.990	0.862	0.711	0.628	0.863	1.000	0.932	
细孔容积A/细孔容积C	0.987	0.842	0.588	0.496	0.861	1.000	0.922	
细孔容积B/细孔容积C	0.997	0.977	0.827	0.790	0.998	1.000	0.989	
细孔容积D/细孔容积A	0.003	0.027	0.295	0.423	0.002	0.000	0.012	
比表面积(m ² /g)	829	1310	974	1248	1304	956	1434	
总细孔容积(cc/g)	0.315	0.476	0.572	1.039	0.497	0.364	0.548	
细孔容积A相对于总细孔容积的比例	0.987	0.842	0.421	0.189	0.861	1.000	0.922	
细孔容积B相对于总细孔容积的比例	0.997	0.977	0.593	0.300	0.998	1.000	0.989	
细孔容积C相对于总细孔容积的比例	1.000	1.000	0.717	0.380	1.000	1.000	1.000	
细孔容积D相对于总细孔容积的比例	0.003	0.023	0.124	0.080	0.002	0.000	0.011	
细孔径为0.65nm以下的细孔容积相对于总细孔容积的比例	0.632	0.464	0.131	0.057	0.412	0.698	0.617	
细孔径为0.8nm以下的细孔容积相对于总细孔容积的比例	0.892	0.700	0.260	0.114	0.660	0.945	0.854	
平均纤维直径(μm)	16.8	16.7	16.5	15.8	18.1	12.6	12.8	
二氯甲烷平衡吸附量(质量%)	24.3	33.2	25.7	27.5	34.6	24.0	39.2	

[0177] 对于实施例1~18的活性炭,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)为0.4cc/g以上,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)为0.2cc/g以上,并且通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)为0.880~0.985,因此二氯甲烷的平衡吸附量优异。

[0178] 对于比较例1的活性炭,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)小于0.4cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)小于0.2cc/g,并且通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)超过0.985,因此二氯甲烷的平衡吸附量差。

[0179] 对于比较例2的活性炭,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)小于0.2cc/g,因此二氯甲烷的平衡吸附量差。

[0180] 对于比较例3及4的活性炭,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)小于0.4cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)小于0.2cc/g,并且通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)

小于0.880,因此二氯甲烷的平衡吸附量差。

[0182] 对于比较例5的活性炭,通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)超过0.985,因此二氯甲烷的平衡吸附量差。

[0183] 对于比较例6的活性炭,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于1.5nm以下的范围的细孔容积B(cc/g)小于0.4cc/g,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)小于0.2cc/g,并且通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)超过0.985,因此二氯甲烷的平衡吸附量差。

[0184] 对于比较例7的活性炭,通过QSDFT法计算的细孔容积中,细孔径处于0.65nm以上且1.0nm以下的范围的细孔容积E(cc/g)小于0.2cc/g,并且通过QSDFT法计算的细孔容积中,上述细孔容积B相对于细孔径处于2.0nm以下的范围的细孔容积C的比例(B/C)超过0.985,因此二氯甲烷的平衡吸附量差。

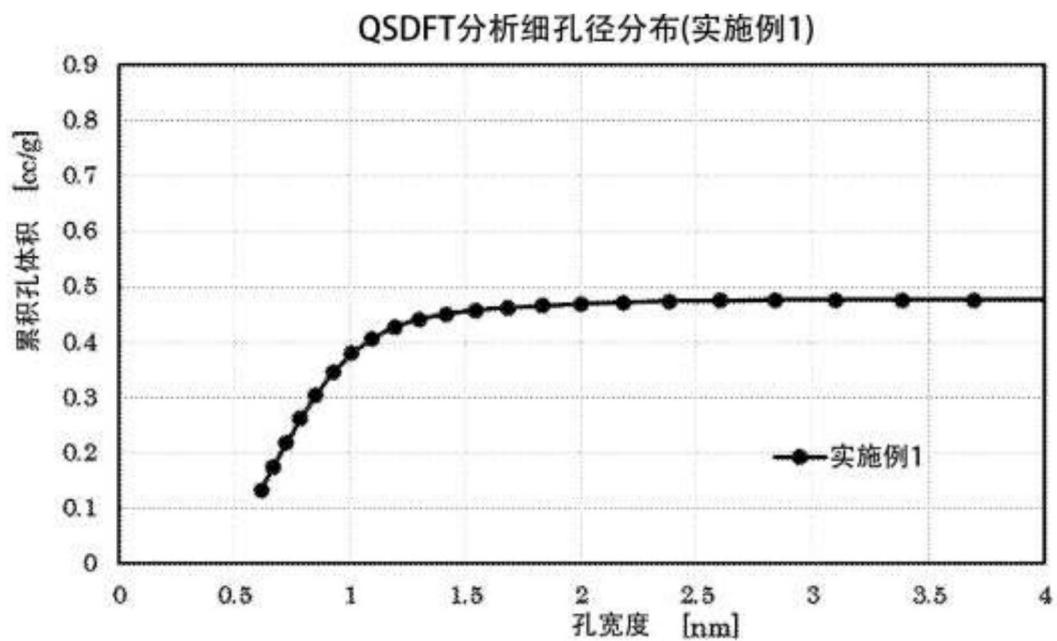


图1

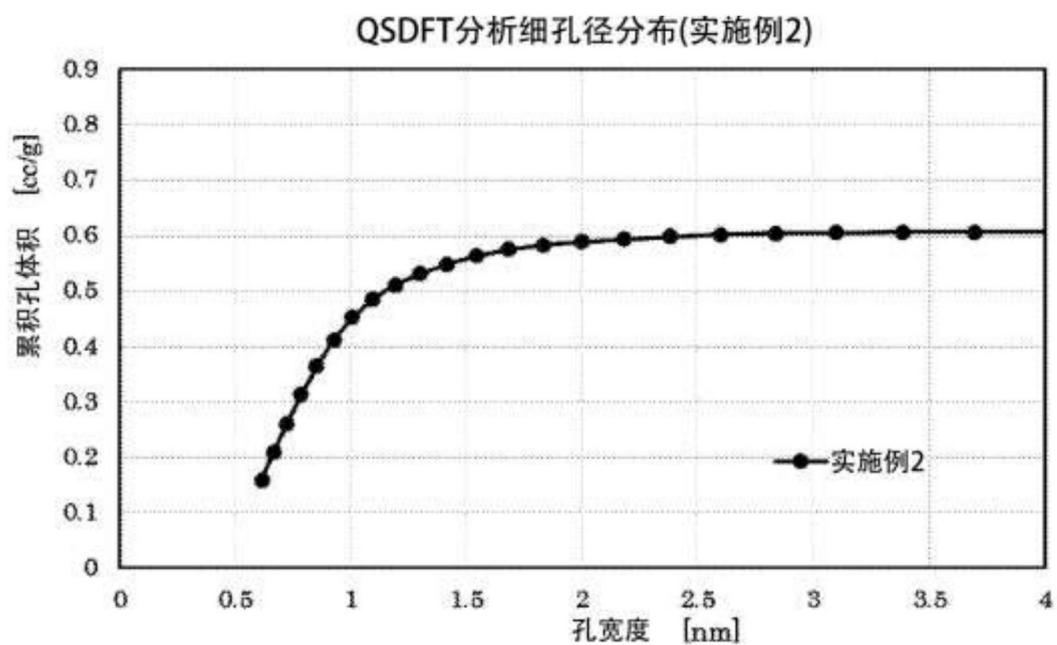


图2

QSDFT分析细孔径分布(实施例3)

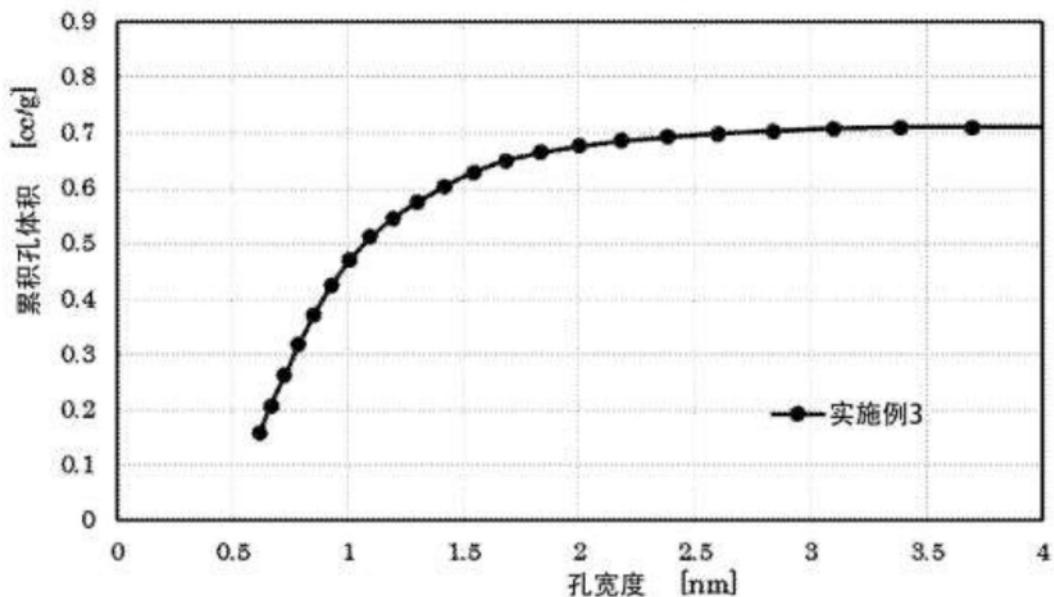


图3

QSDFT分析细孔径分布(实施例4)

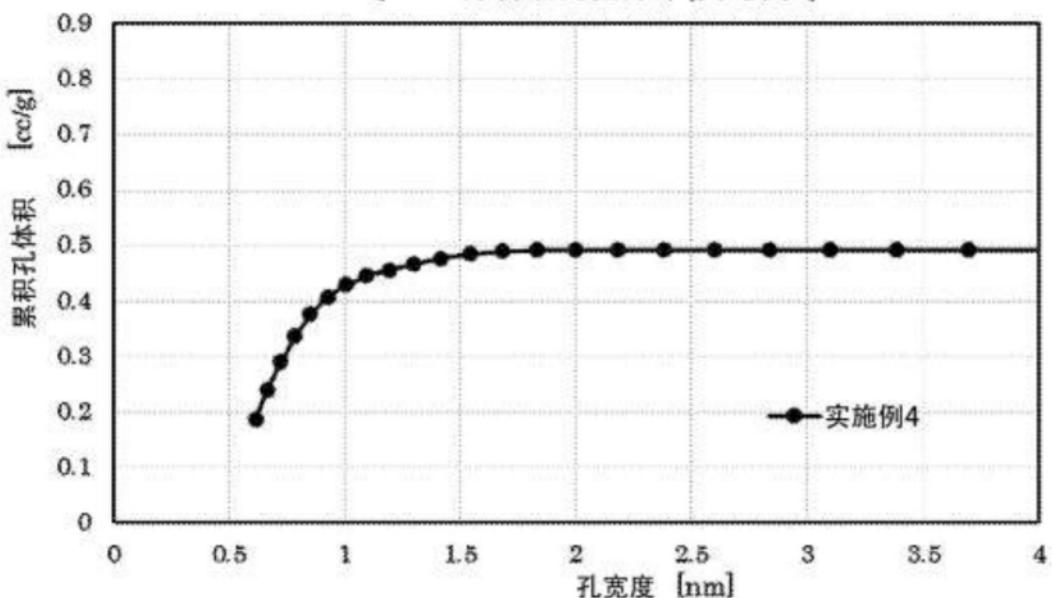


图4

QSDFT分析细孔径分布(实施例5)

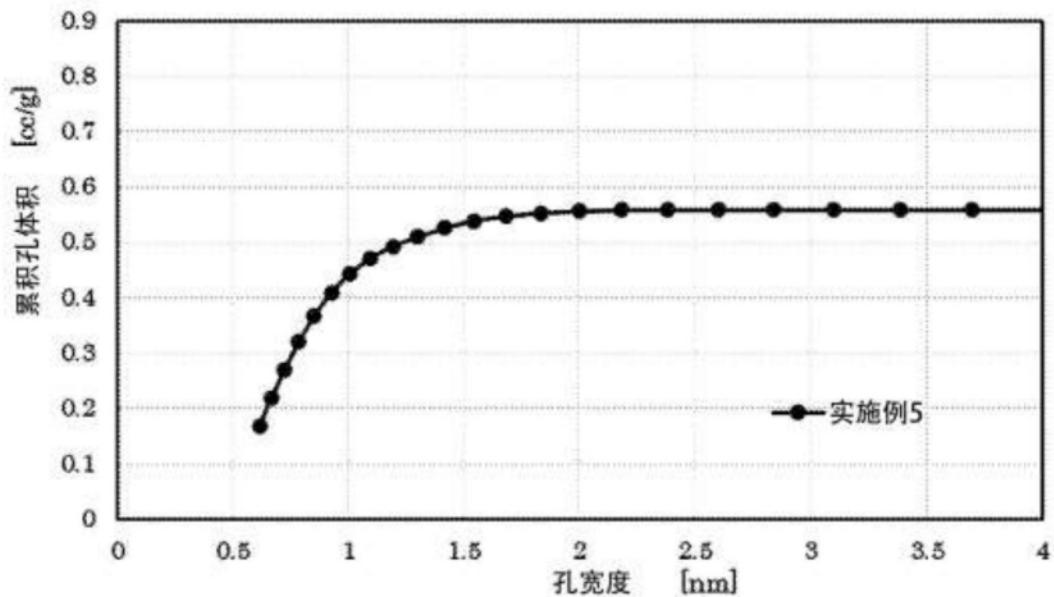


图5

QSDFT分析细孔径分布(实施例6)

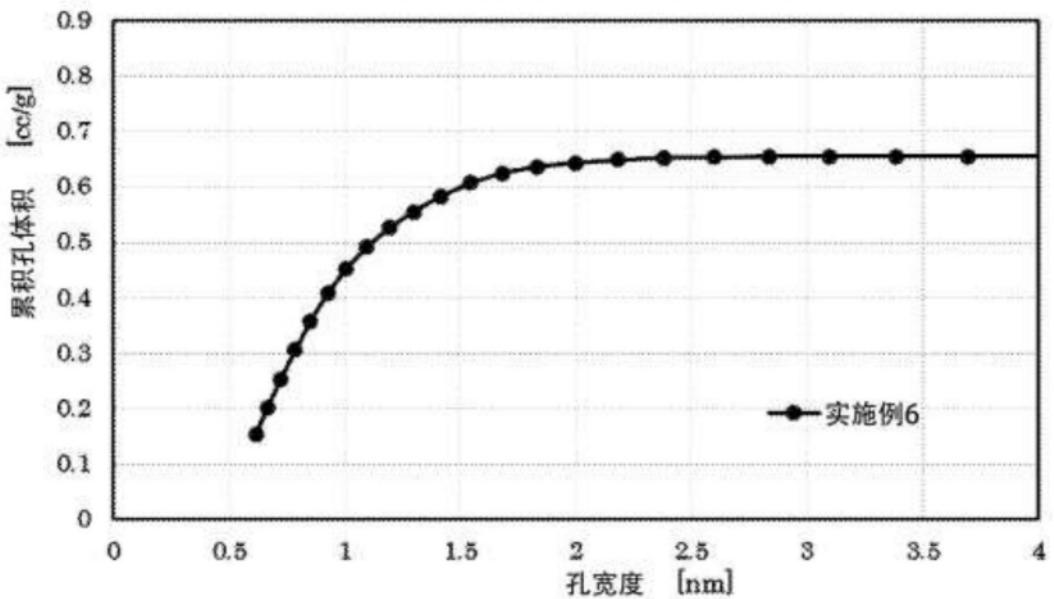


图6

QSDFT分析细孔径分布(实施例7)

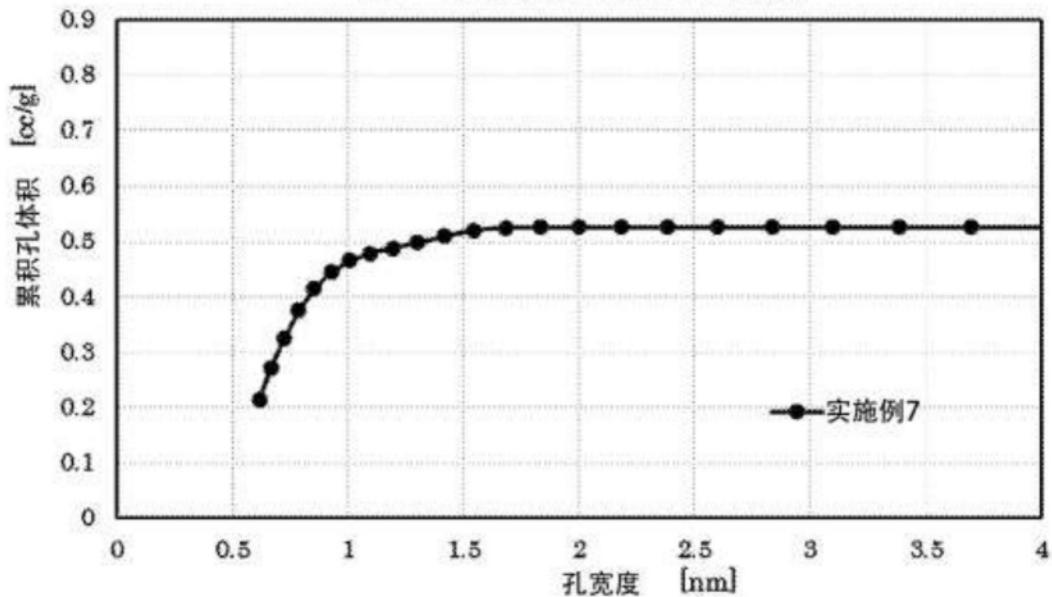


图7

QSDFT分析细孔径分布(实施例8)

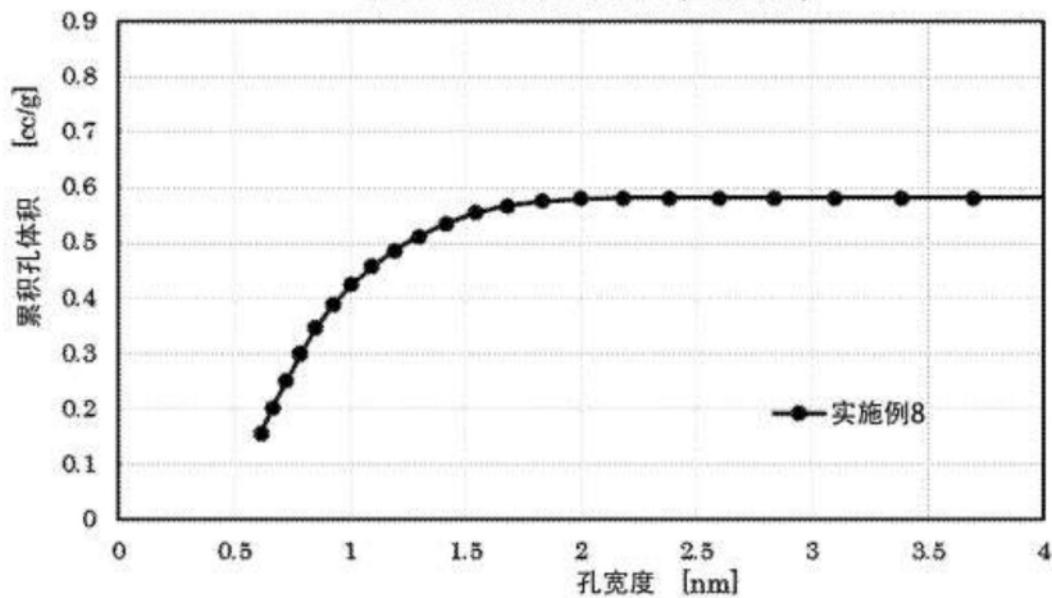


图8

QSDFT分析细孔径分布(实施例9)

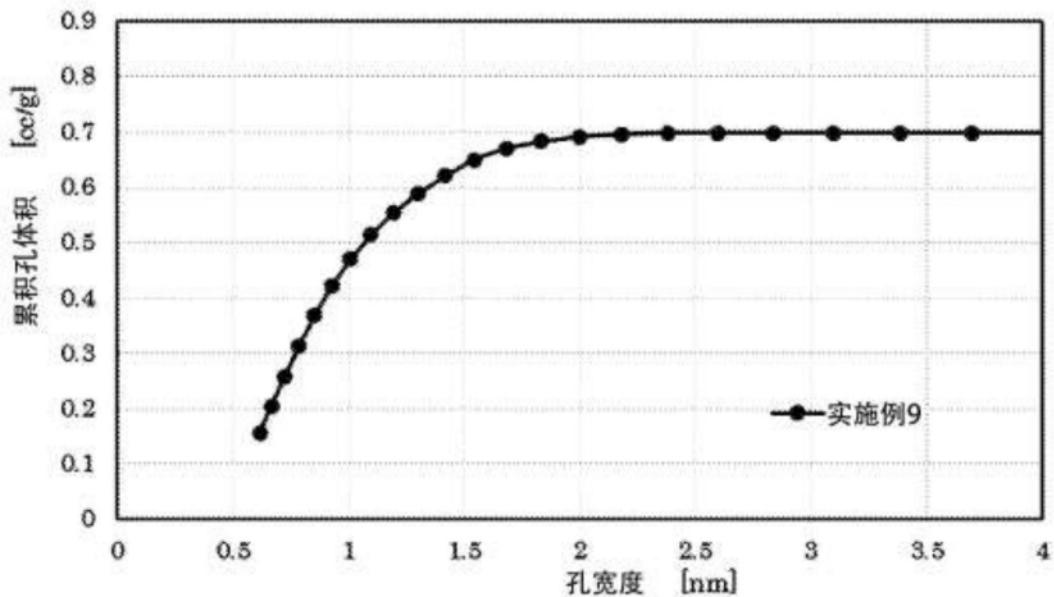


图9

QSDFT分析细孔径分布(实施例10)

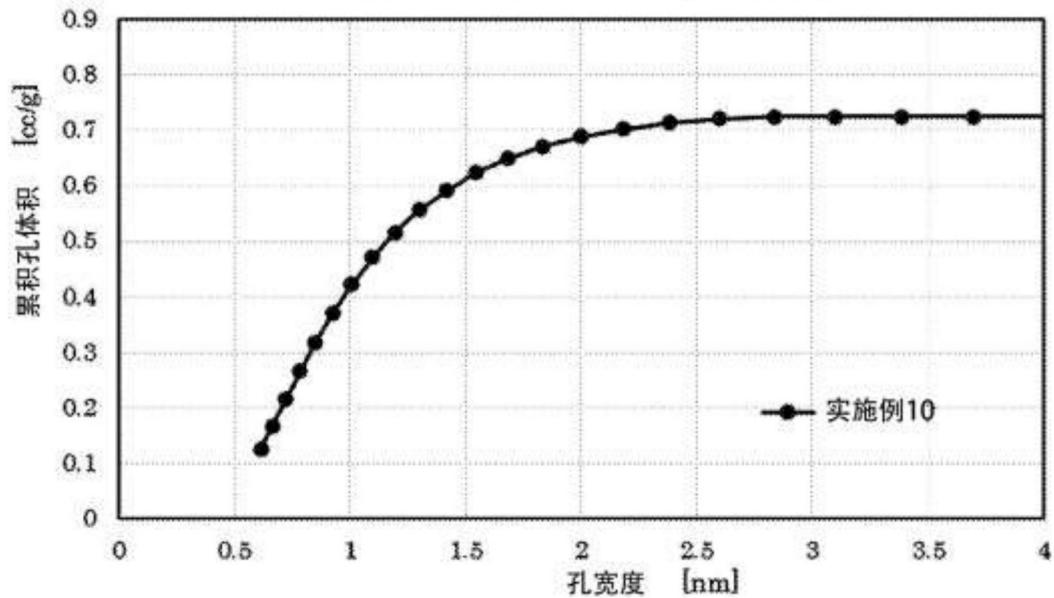


图10

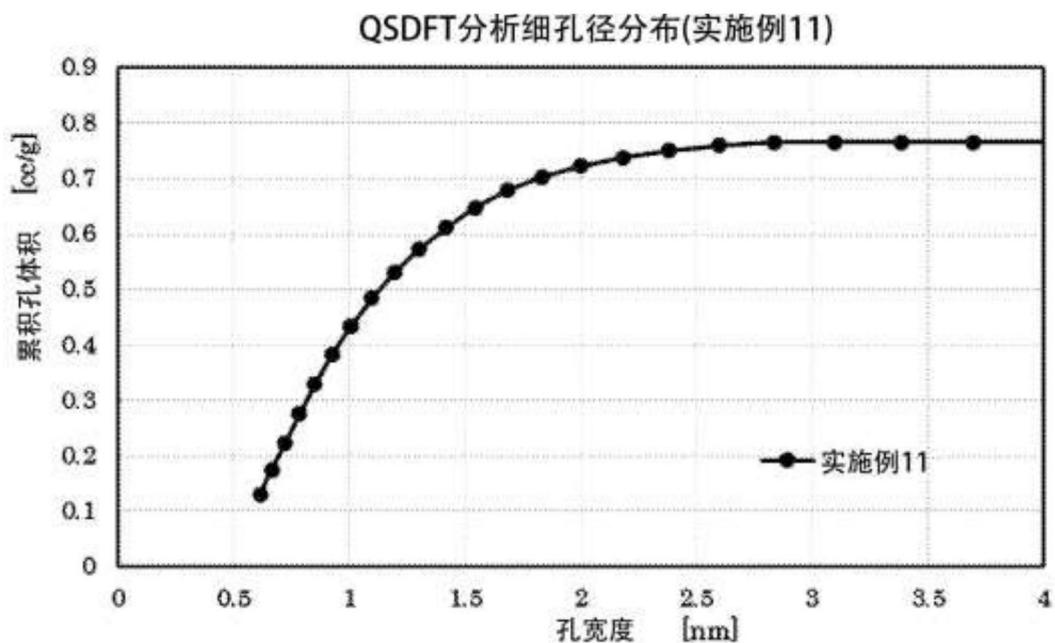


图11

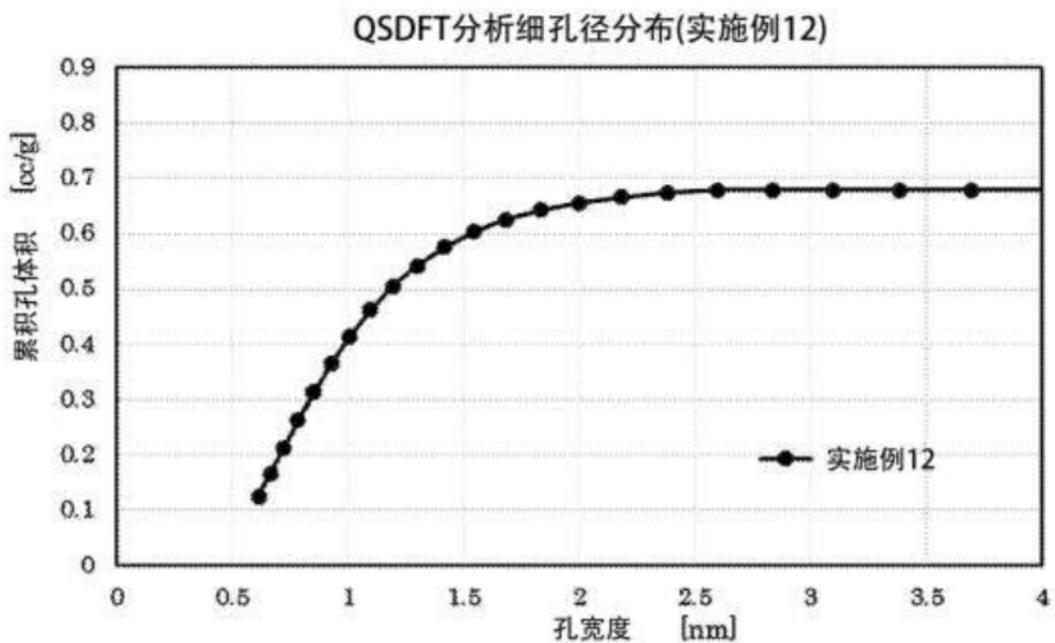


图12

QSDFT分析细孔径分布(实施例13)

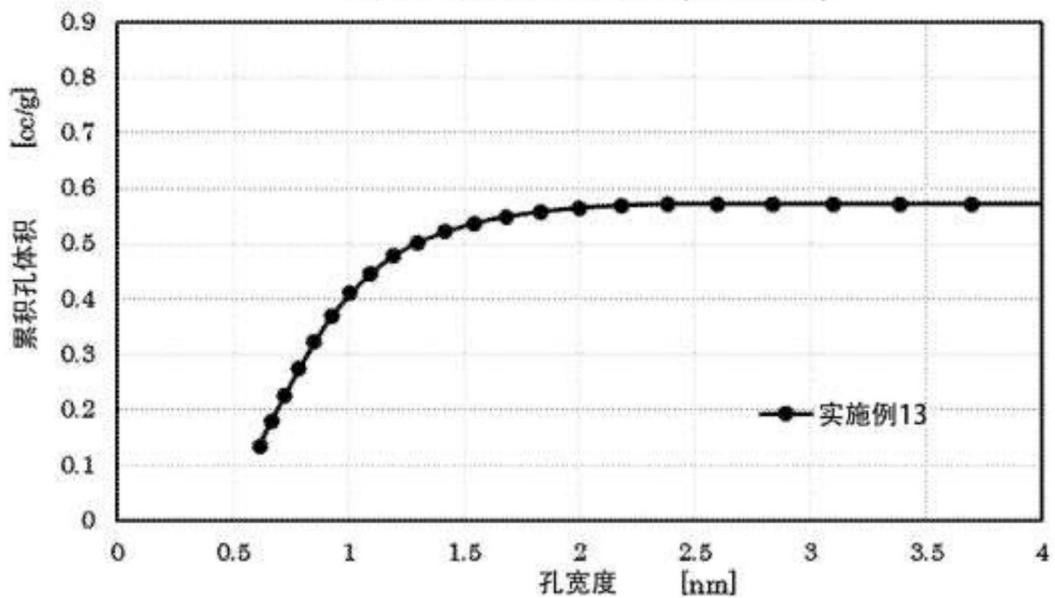


图13

QSDFT分析细孔径分布(实施例14)

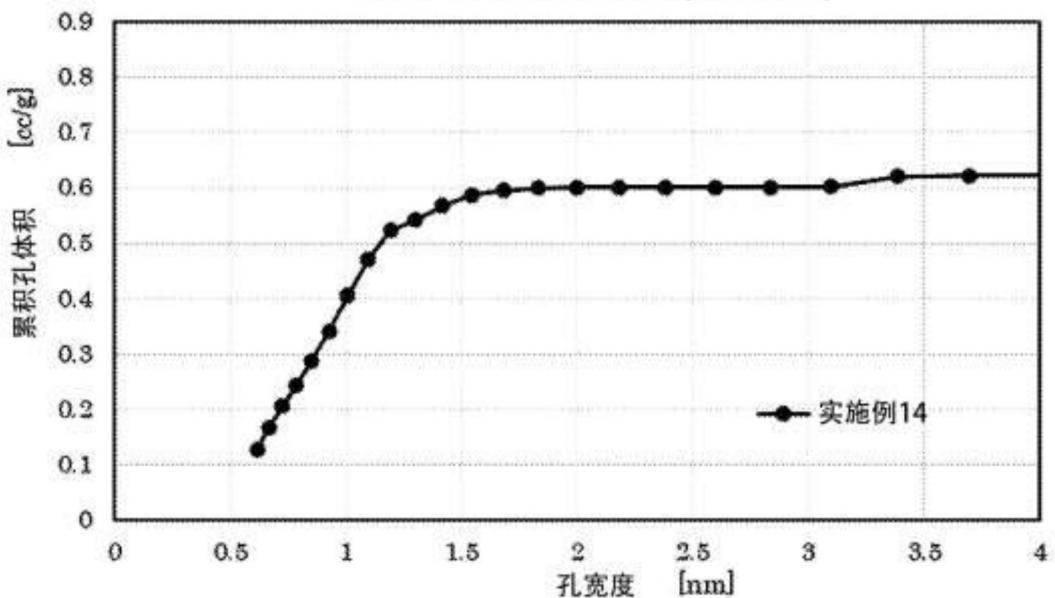


图14

QSDFT分析细孔径分布(实施例15)

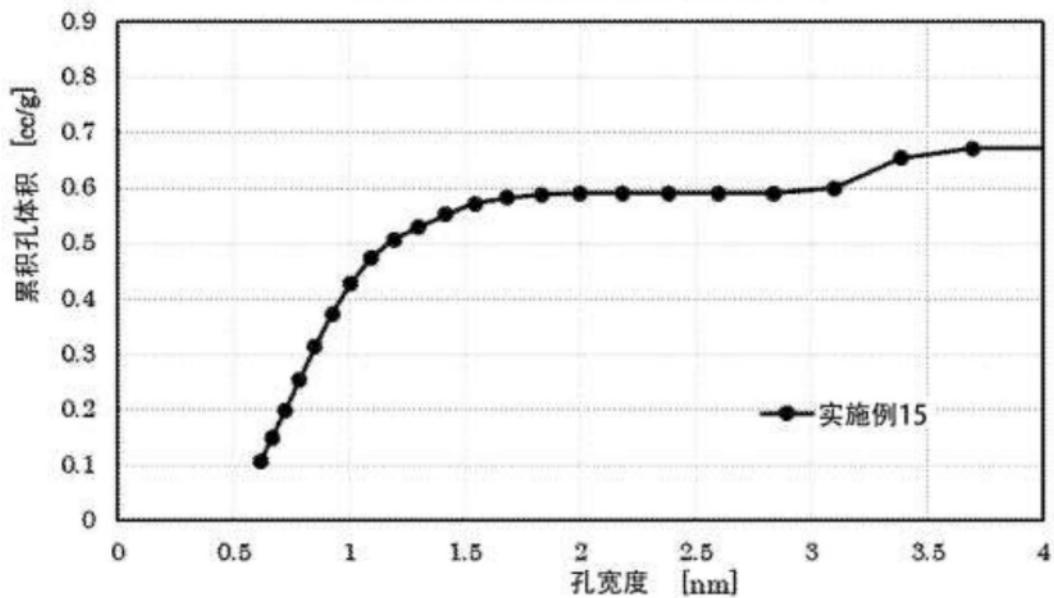


图15

QSDFT分析细孔径分布(实施例16)

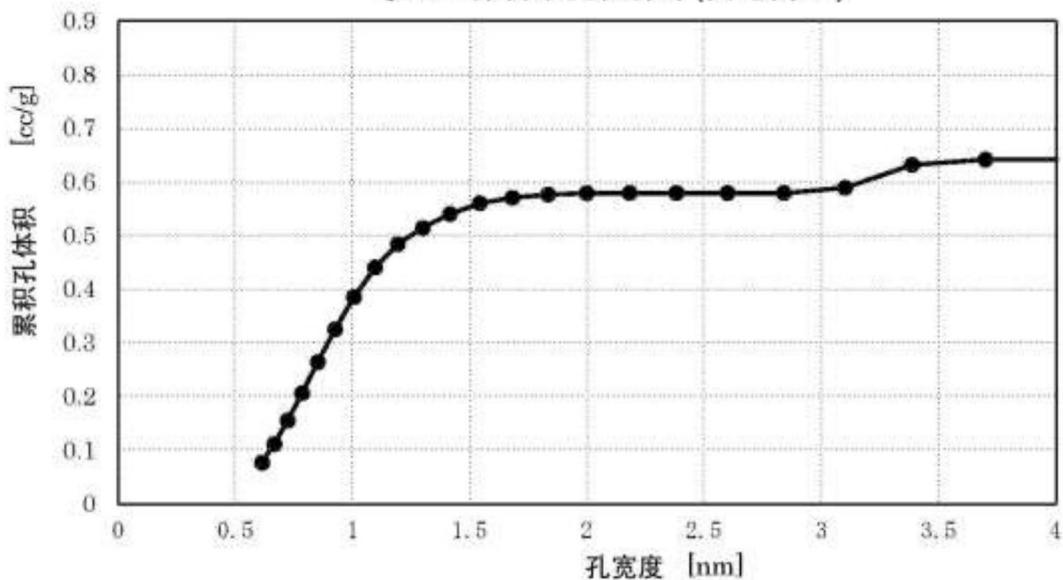


图16

QSDFT分析细孔径分布(实施例17)

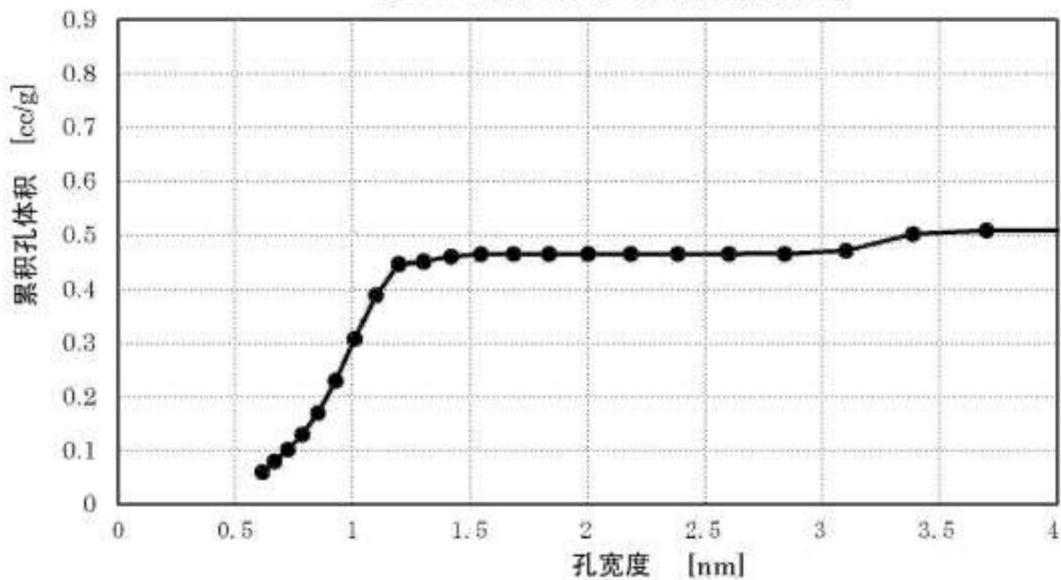


图17

QSDFT分析细孔径分布(实施例18)

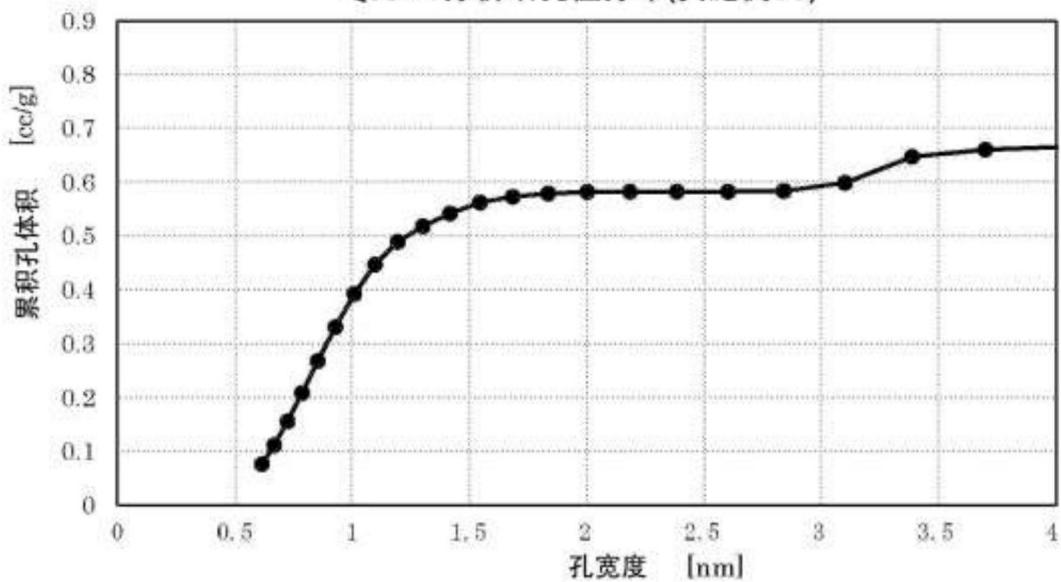


图18

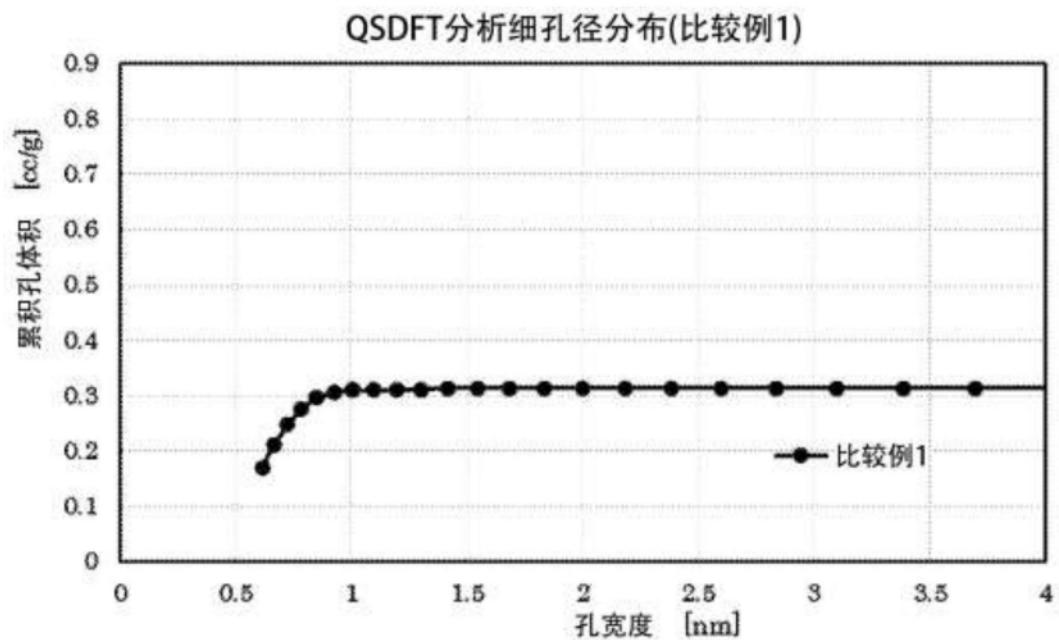


图19

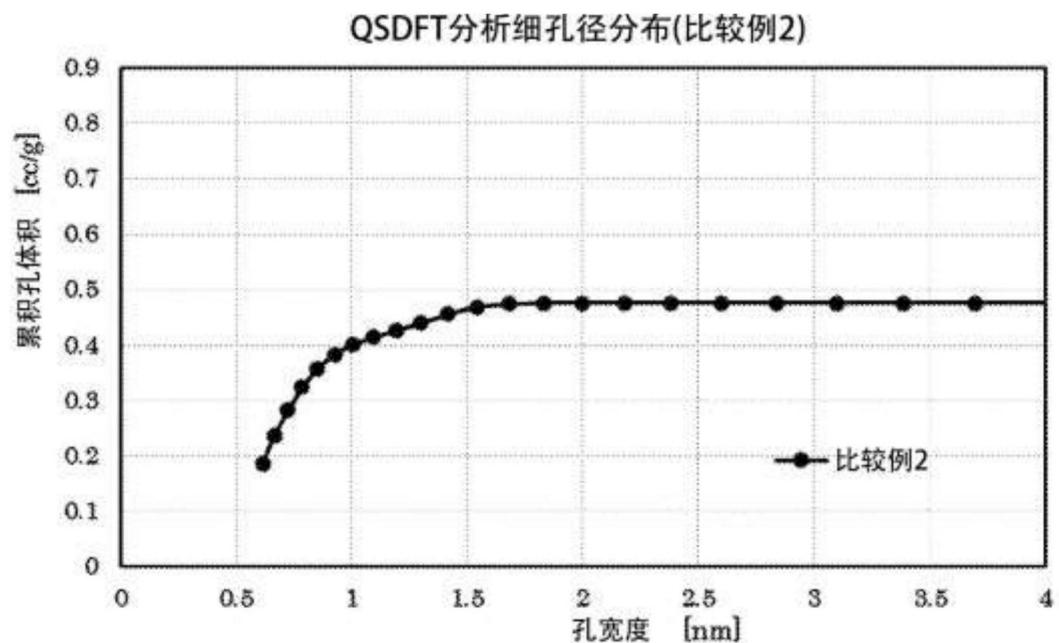


图20

QSDFT分析细孔径分布(比较例3)

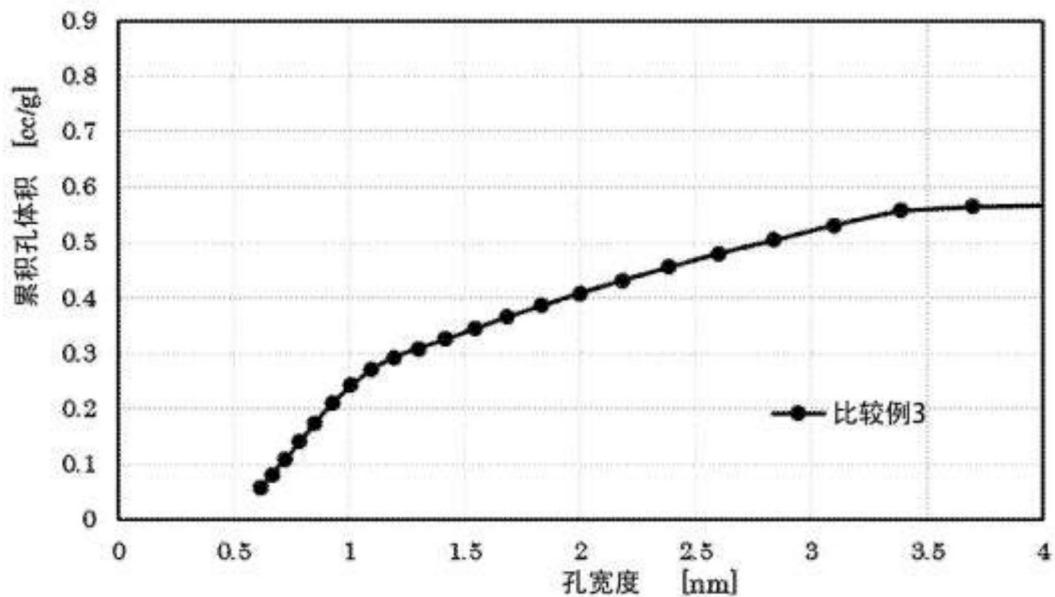


图21

QSDFT分析细孔径分布(比较例4)

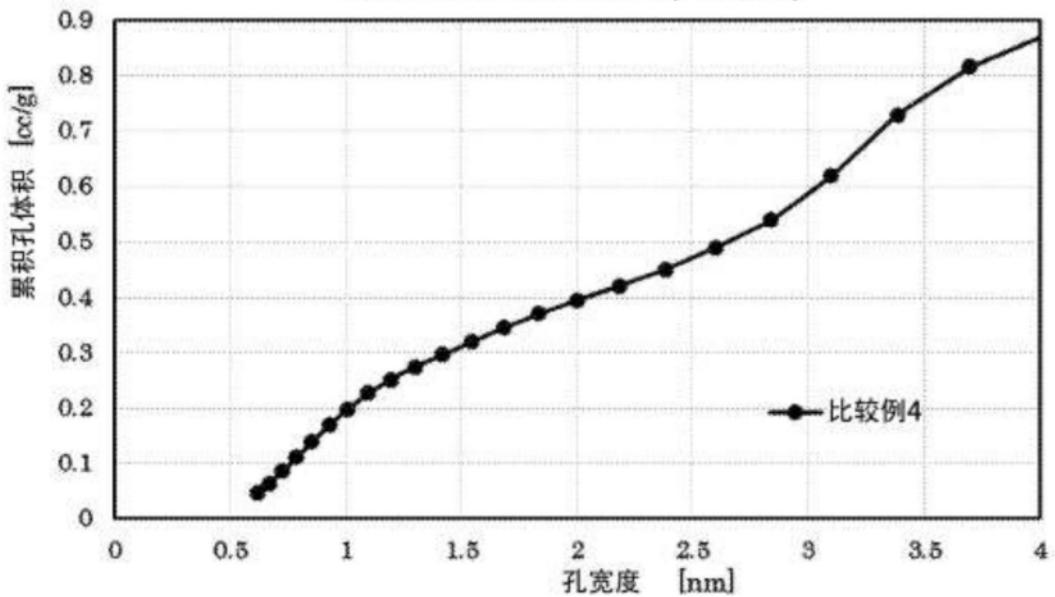


图22

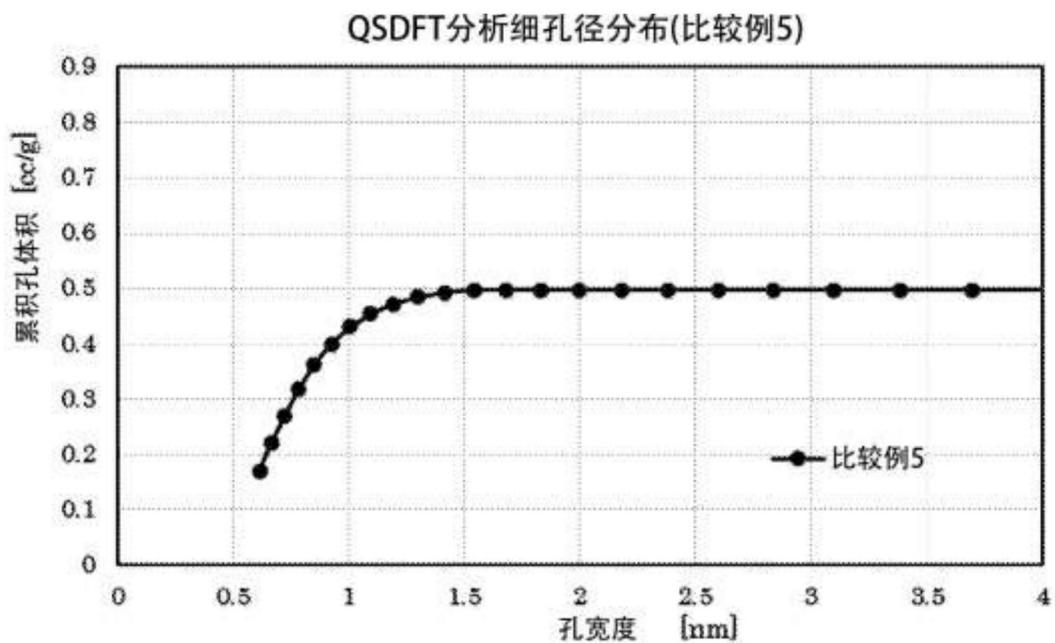


图23

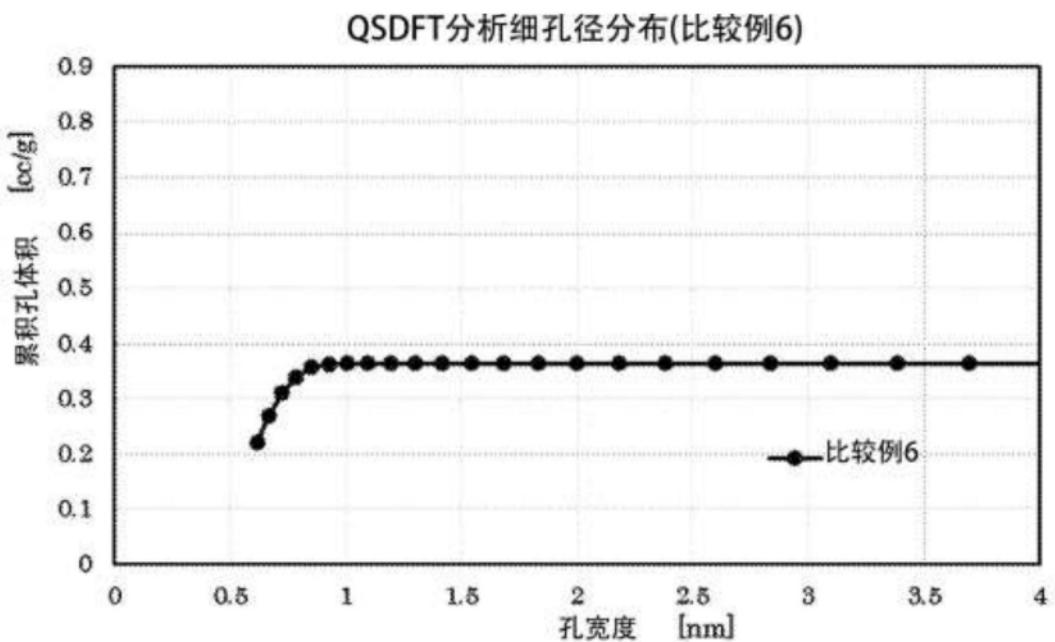


图24

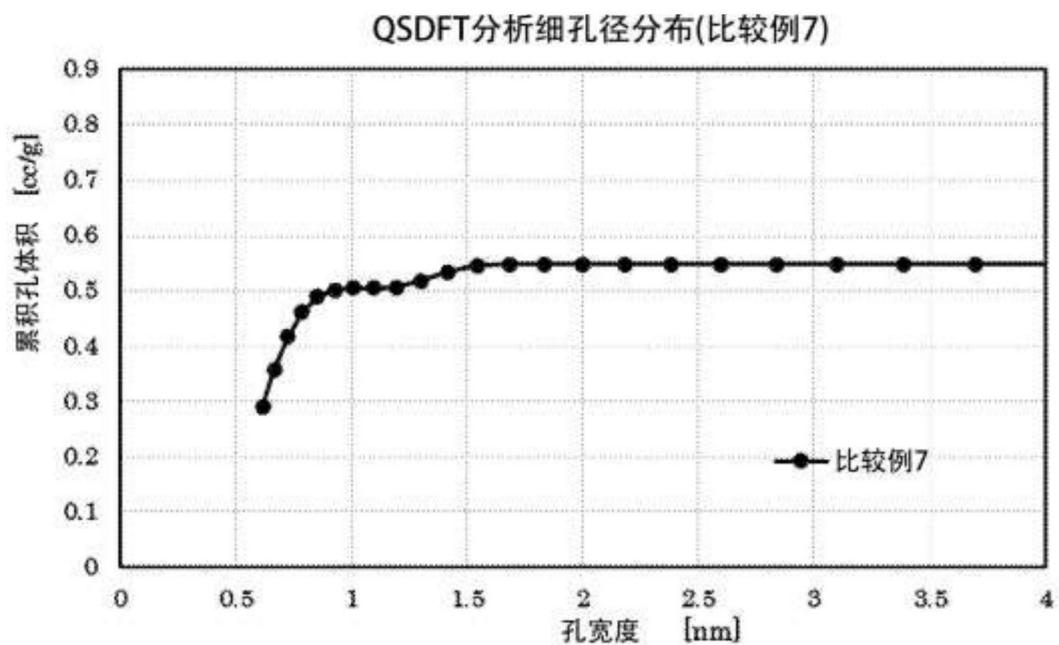


图25