

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2011 年 8 月 25 日(25.08.2011)



(10) 国際公開番号
WO 2011/102173 A1

- (51) 国際特許分類:
B01J 20/22 (2006.01) *C01B 3/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/050857
- (22) 国際出願日: 2011 年 1 月 19 日(19.01.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2010-033605 2010 年 2 月 18 日(18.02.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): J
X 日鉱日石エネルギー株式会社(JX Nippon Oil &
Energy Corporation) [JP/JP]; 〒1008162 東京都千代
田区大手町二丁目 6 番 3 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (71) 出願人: 大久保 達也(OKUBO Tatsuya) [JP/JP];
〒1138656 東京都文京区本郷 7-3-1 国立

大学法人東京大学大学院工学系研究科内 Tokyo
(JP).

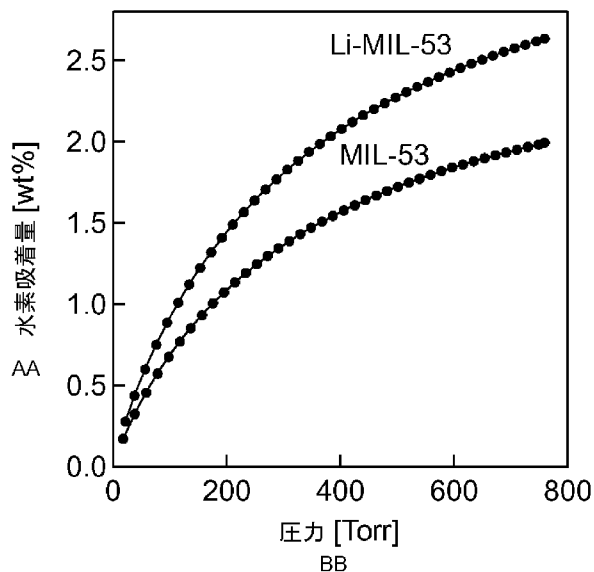
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 久保 優
(KUBO Masaru) [JP/JP]; 〒1138656 東京都文京区
本郷 7-3-1 国立大学法人東京大学大学
院工学系研究科内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA Yoshiaki
et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目 1
番 1 号丸の内 MY PLAZA (明治安田
生命ビル) 9 階 創英国際特許法律事務所
Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS,
KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS,
LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,

[続葉有]

(54) Title: HYDROGEN STORAGE MATERIAL

(54) 発明の名称: 水素吸蔵材

[図3]



AA AMOUNT OF HYDROGEN ADSORBED [wt%]
BB PRESSURE [Torr]

(57) Abstract: Disclosed is a hydrogen storage material having superior hydrogen storage capability to those of conventional hydrogen storage materials. The hydrogen storage material comprises: a porous material which comprises a cluster composed of a metal ion and an oxygen ion or comprises a metal ion and an organic compound; and lithium supported on the inner surface of the porous material. The hydrogen storage material can be produced by, for example, heating a porous material which comprises a cluster composed of a metal ion and an oxygen ion or comprises a metal ion and an organic compound together with a Li salt.

(57) 要約: 本発明は、従来よりも優れた水素吸蔵能を有する水素吸蔵材を提供することを目的として、金属イオン及び酸素イオンからなるクラスター、又は金属イオンと有機化合物とから構成される多孔質と、当該多孔質の内表面に担持されたりチウムとを備える水素吸蔵材を提供する。本発明の水素吸蔵材は、例えば金属イオン及び酸素イオンからなるクラスター、又は金属イオンと有機化合物とから構成される多孔質と、Li 塩とを加熱することにより製造することができる。



MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 水素吸蔵材

技術分野

[0001] 本発明は、水素吸蔵材に関する。

背景技術

[0002] 水素は石油精製、化学工業などをはじめとしてあらゆる産業分野において広く用いられているが、特に近年、将来のエネルギーとして注目されてきており、燃料電池を中心に研究が進められている。しかし、水素ガスは熱量あたりの体積が大きく、また液化に必要なエネルギーも大きいため、そのまま貯蔵、輸送することは難しいという問題がある（例えば、非特許文献 1 参照）。したがって、燃料電池自動車のような移動体及び分散電源として燃料電池を用いる場合など、水素を効率的に輸送し貯蔵する技術が求められていた。

[0003] この方法として、水素を液体水素として貯蔵・運搬し使用方法が提案されているが、液化温度が -253°C という極低温であるため取り扱いにくい、液化に必要なエネルギーが膨大でありトータルとしてのエネルギー効率が低いという問題がある（例えば、非特許文献 2 参照）。

[0004] これに対し、水素を高圧ガスとして運搬し使用方法が実用化されている。しかし、この方法は危険な高圧ガスを取り扱うこと、 35MPa などのきわめて高圧にしても体積が過大になり小型化が困難なことなどに問題がある（例えば、非特許文献 3 参照）。

[0005] 水素吸蔵合金への吸蔵も有力な方法である。しかし、水素吸蔵合金の水素吸蔵量は通常 3 % 程度であり、移動体などに用いるためには不十分であるばかりか重量が重くなりすぎる。水素吸蔵合金は、さらに、水素放出時に多くの熱が必要であるためエネルギー効率が低くなる、システムが複雑になるなどの欠点を有している（例えば、非特許文献 4 参照）。

[0006] 一方、水素ガスをコンパクトに運搬する技術として水素吸蔵材の利用が考

えられている（下記特許文献1参照）。この技術は、水素放出が常温で可能であるのでシステムがシンプルである上、一般に水素放出に熱を必要とせずエネルギー効率が高等などの特徴があるため、材料の開発が盛んになされている。その中で、カーボンナノチューブやカーボンナノファイバーなどの材料が高い吸蔵量を示すとの報告がある（例えば、非特許文献5参照）。しかし、それらの再現性が疑問視されており、十分な再現性を持ちながら高い吸蔵性能を持つ水素吸蔵材の開発は未だ実現したとは言えない状況である。

[0007] したがって、高い吸蔵性能を持つ材料の開発が求められており、高い吸蔵性能を持つ材料として、水素と同レベルのサイズの細孔を持つ材料が検討されている。その例が前述のカーボンナノチューブやカーボンナノファイバーであるが、その他に炭素系を中心として様々な材料が試みられている。また、カーボン以外の材料として、窒化ホウ素ナノチューブ（非特許文献6）や多孔性錯体（非特許文献7）などが報告されている。しかし、一部に高い吸蔵量を示す材料の報告があるものの信頼に足り得るデータとは言えないのが現状である。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特表2007-529404号公報

非特許文献

[0009] 非特許文献1：小林，「季報エネルギー総合工学」，第25巻，第4号，2003年，p. 73-87

非特許文献2：栗山，「エネルギー資源」，第24巻，第6号，2003年，p. 23-27

非特許文献3：秋山ら，「エンジンテクノロジー」，第5巻，第3号，2003年，p. 43-47

非特許文献4：秋葉，「エンジンテクノロジー」，第5巻，第3号，2003年，p. 36-42頁

非特許文献5：エー・チャンバース（A. Chambers）外，「ジャーナ

ル・オブ・フィジカル・ケミストリー・B (J. Phys. Chem. B)」、(米国)、102巻、1998年、p. 4253-4256

非特許文献6: レンツヒ・マ (Renzhi Ma) 外, 「ジャーナル・オブ・アメリカン・ケミカル・ソサイアティー (J. Am. Chem. Soc.)」, (米国)、124巻、2002年、p. 7672-7673

非特許文献7: ナタニール・エル・ロシ (Nathaniel L. Rosi) 外, 「サイエンス (Science)」, (英国)、300巻、2003年、p. 1127-1129

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] 近年、水素の有用性が高まるに伴って、水素吸蔵材の水素吸蔵能の更なる向上が望まれている。水素吸蔵能を向上させる方法としては、水素吸蔵材の比表面積を増加させることにより、水素吸蔵材の表面に物理吸着する水素の量を増加させることが挙げられる。しかし、単に水素の物理吸着量を増加させるだけでは、所望の水素吸蔵能を達成することは容易ではない。

[0011] 本発明は、上記従来技術の有する課題に鑑みてなされたものであり、従来よりも優れた水素吸蔵能を有する水素吸蔵材を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0012] 上記目的を達成するために、本発明に係る水素吸蔵材は、金属イオン及び酸素イオンからなるクラスター、又は金属イオンと有機化合物とから構成される多孔質と、当該多孔質の内表面（多孔質の細孔内の内壁の表面）に担持されたりチウム (Li) と、を備える。

[0013] 上記本発明に係る水素吸蔵材は、水素との親和性が高いLiが多孔質の内表面に担持されているため、従来の多孔性材料からなる水素吸蔵材に比べて、優れた水素吸蔵能を有する。なお、Liは原子状のLiであっても、イオン状のLiであってもよいが、通常は1価のLiカチオンである。また、Liは多孔質の外表面（細孔部以外の多孔質の表面）に担持されていてもよい。

[0014] 上記有機化合物は有機配位子であり、かつ前記多孔質は多孔性金属錯体であることが好ましい。これにより、水素吸蔵材の安定性が向上する。

[0015] 上述の水素吸蔵材は、例えば金属イオン及び酸素イオンからなるクラスター、又は金属イオンと有機化合物とから構成される多孔質と、Li塩とを加熱することにより製造することができる。

発明の効果

[0016] 本発明によれば、従来よりも優れた水素吸蔵能を有する水素吸蔵材を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]実施例1のMIL-53、 LiNO_3 -MIL-53及びLi-MIL-53について、 ^{13}C CP/MAS NMR測定を行った結果、得られたチャートである。

[図2]実施例1で得られた LiNO_3 -MIL-53及びLi-MIL-53について、 ^7Li MAS NMR測定を行った結果、得られたチャートである。

[図3]実施例1で得られた水素吸蔵材及び未処理のMIL-53について、77Kで圧力を変化させて測定した水素吸着量を示す図である。

[図4]実施例2で得られた水素吸蔵材及び未処理のZIF-8について、77Kで圧力を変化させて測定した水素吸着量を示す図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本発明の好適な一実施形態について詳細に説明する。本実施形態に係る水素吸蔵材は、金属イオン及び酸素イオンからなるクラスター、又は金属イオンと有機化合物とから構成される多孔質と、当該多孔質の内表面に担持されたLiと、を備える。

[0019] 多孔質は、金属イオン及び酸素イオンからなるクラスター、又は金属イオンと有機化合物とからなる。

多孔質に用いる「金属イオン及び酸素イオンからなるクラスター」としては、例えば Zn_4O が挙げられる。

また、多孔質に用いる「金属イオン」としては、軽金属から重金属まで幅広く使用することができるが、特に望ましいのは $Zn(II)$ イオン、 $Cu(II)$ イオンなどの第1遷移金属の2価イオン、 $Al(III)$ 、 $Mg(II)$ などの軽金属の2価又は3価イオンである。

[0020] 多孔性金属錯体に用いる有機化合物は、有機配位子であることが望ましい。有機配位子としては、例えば芳香族カルボン酸、イミダゾール類を用いることができる。芳香族カルボン酸の具体例としては、テレフタル酸や1, 3, 5-ベンゼントリ安息香酸が挙げられる。

[0021] 水素吸蔵材の比表面積は、 $500\text{ m}^2/\text{g}$ 以上であることが好ましく、 $1000\text{ m}^2/\text{g}$ 以上であることがより好ましい。水素吸蔵材の比表面積が大きい場合、その値は例えば $4000\text{ m}^2/\text{g}$ 程度である。ただし、水素吸蔵材の比表面積はこれらの値に限定されない。比表面積が大きいほど水素吸蔵能が向上するので、比表面積は大きいほど好ましい。水素吸蔵材の比表面積は、BET法によって評価することができる。

[0022] 本実施形態の水素吸蔵材は、例えば金属イオン及び酸素イオンからなるクラスター、又は金属イオンと有機化合物とから構成される多孔質と、 Li 塩と、を加熱することにより製造することができる。

[0023] 本実施形態の水素吸蔵材は、より好適には以下に示す方法により製造することができる。

Li 塩を水や有機溶媒に溶解させ、調製した Li 溶液に多孔性金属錯体を浸し、1晩静置することで多孔性金属錯体に Li 溶液を含浸させる。次に、真空中又は不活性ガスを流しながら $200\sim600$ 度、 $1\sim6$ 時間加熱（焼成）することにより水素吸蔵材が得られる。より好ましい温度は $300\sim400$ 度である。

[0024] 用いる Li 塩としては、リチウムハロゲン化物、水酸化リチウム、炭酸リチウム、硝酸リチウム、酢酸リチウム、硫酸リチウムなどが挙げられるが、溶媒への溶解性の観点から硝酸リチウムが望ましい。

[0025] また、 Li 塩を溶解させる溶媒としては、水やアルコールなどのプロトン

性極性溶媒、DMFなど非プロトン性極性溶媒を用いることができる。

[0026] 本実施形態の水素吸蔵材は、多孔質の内表面にLiが担持されていることを特徴とする。内表面では、Liは多様な形で担持されている。

[0027] 例えば、Liは多孔質の内表面に帯電した電子のカウンターカチオンとして担持されている。Li塩のカウンターアニオンは分解され、電子が多孔質の表面に帯電される。そのカウンターカチオンとしてLiが担持されている。例えば、塩化リチウムを用いた場合には、塩化物イオンが溶媒のエタノールと反応して塩化エチルとして脱離し、多孔質の内表面に不対電子が残る。

[0028] また、有機配位子がカルボン酸である場合には、Liは $-COOLi$ の形で担持され得る。焼成過程において、多孔性金属錯体の一部が分解し、金属-カルボキシ基結合が切断され、フリーとなったカルボキシレートとLiが結合するためである。

[0029] 本実施形態の水素吸蔵材においては、多孔質の内表面にLiが担持されている。Liは水素分子を強く吸着する性質を有しており、Liが多孔質の内表面に担持されることによって、水素吸蔵材における水素分子の吸着密度が増加して、水素吸蔵能が従来に比べて著しく向上する。

[0030] 水素吸蔵材に含まれるLiの量は、0.1～10mass%程度であればよい。ただし、水素吸蔵材に含まれるLiの量はこの範囲に限定されない。水素吸蔵材へのLiの導入量が大きいほど水素吸蔵能が向上するので、Liの導入量が多いほど好ましい。

[0031] 以上、本発明に係る水素吸蔵材及びその製造方法の好適な一実施形態について詳細に説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではない。

実施例

[0032] 以下、実施例及び比較例に基づき本発明をさらに具体的に説明するが、本発明は以下の実施例に何ら限定されるものではない。

[0033] [水素吸蔵材の合成]

(実施例1)

硝酸リチウム濃度0.18mol/lの硝酸リチウムエタノール溶液を調

製した。

硝酸アルミニウムとテレフタル酸から構成される多孔性金属錯体MIL-53 (Al) (商品名、BASF社製) 0.25 gを、上述の硝酸リチウムエタノール溶液4 mlに含浸し、一晩攪拌した。その後、濾過、エタノールによる洗浄、乾燥を行い、硝酸リチウム (LiNO_3) が多孔性金属錯体上に担持された LiNO_3 -MIL-53を得た。

LiNO_3 -MIL-53を真空下300°Cにおいて熱処理を3時間行った。この操作によって硝酸イオンが窒化酸化物として脱離し、リチウムイオンが多孔性金属錯体上に担持されたLi-MIL-53が得られていることを確認した。

[0034] (実施例2)

硝酸リチウム (和光純薬工業株式会社) 濃度0.23 mol/lの硝酸リチウムエタノール溶液を調製した。

硝酸亜鉛と2-メチルイミダゾールから構成される多孔性金属錯体ZIF-8 (商品名、BASF社製) 0.5 gを、上述の硝酸リチウムエタノール溶液10 mlに含浸し、一晩攪拌した。その後、濾過、エタノールによる洗浄、乾燥を行い、硝酸リチウム (LiNO_3) が多孔性金属錯体上に担持された LiNO_3 -ZIF-8を得た。

LiNO_3 -ZIF-8を真空下300°Cにおいて熱処理を3時間行った。この操作によって硝酸イオンが窒化酸化物として脱離し、リチウムイオンが多孔性金属錯体上に担持されたLi-ZIF-8が得られていることを確認した。

[0035] [水素吸蔵材の評価]

(^{13}C CP/MAS NMR測定)

実施例1のMIL-53、 LiNO_3 -MIL-53及びLi-MIL-53について、 ^{13}C CP/MAS NMR測定を行った。その結果、得られたチャートを図1に示す。図1から明らかであるように、Li-MIL-53には、MIL-53及び LiNO_3 -MIL-53には存在しない $\delta = 17$

5. 6 ppmのピークが観察された。このピークは、カルボキシル基とLiとが結合していることに由来するものであると考えられる。

[0036] (^7Li MAS NMR測定)

実施例1で得られた $\text{LiNO}_3\text{-MIL-53}$ 及び Li-MIL-53 について、 ^7Li MAS NMR測定を行った。その結果、得られたチャートを図2に示す。図2から明らかであるように、 Li-MIL-53 のピークはブロード化しており、Liが多孔質の細孔内に存在し、細孔壁からの相互作用を受けている、すなわち多孔質の内表面にLiが担持されていることが確認できる。

[0037] (水素吸着量の測定)

実施例1～2で得られた水素吸蔵材、未処理の MIL-53 、及び未処理の ZIF-8 について、77 K、760 torrにおける水素吸着量の測定を行った。その結果を表1に示す。また、実施例1で得られた水素吸蔵材及び未処理の MIL-53 について、77 Kで圧力を変化させて測定した水素吸着量を図3に、実施例2で得られた水素吸蔵材及び未処理の ZIF-8 について、77 Kで圧力を変化させて測定した水素吸着量を図4に示す。

[0038] (比表面積の測定)

実施例1～2で得られた水素吸蔵材、未処理の MIL-53 、及び未処理の ZIF-8 窒素吸着測定を行い、BET法によりその比表面積を求めた。その結果を表1に示す。

[0039] [表1]

	水素吸着量 (wt%)	比表面積 (m^2/g)
実施例1	2.63	1007
未処理の MIL-53	1.99	1175
実施例2	1.30	1145
未処理の ZIF-8	1.23	1067

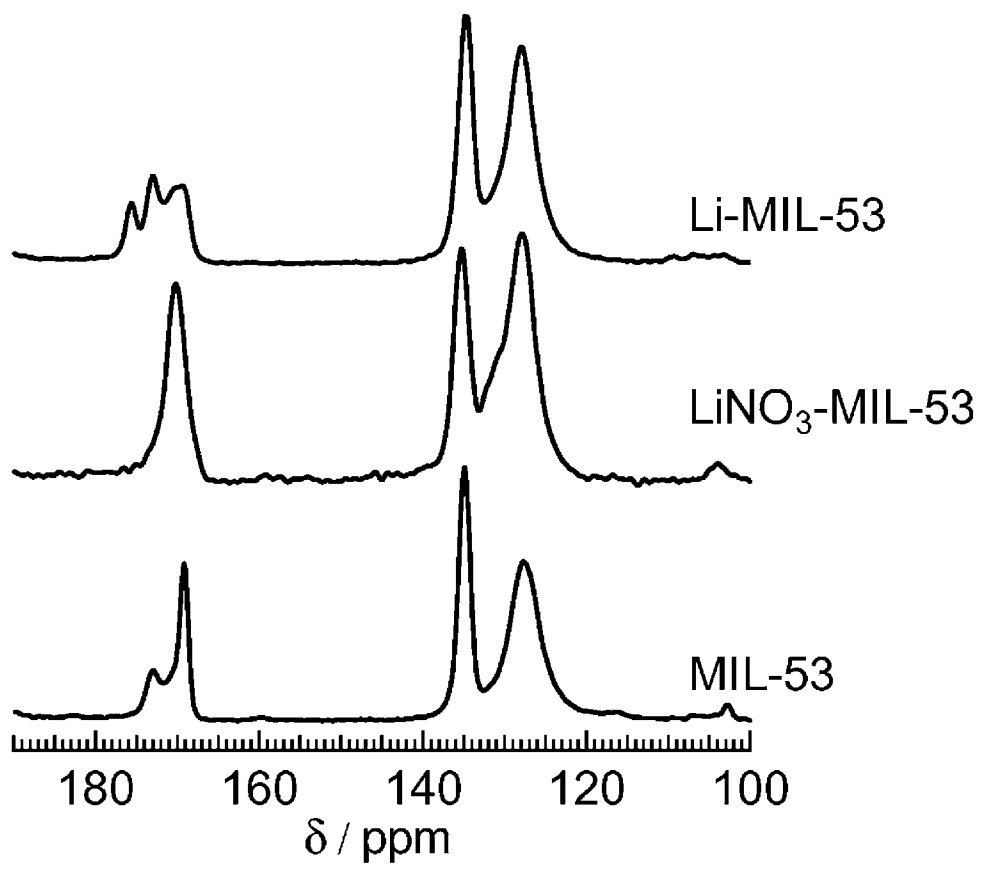
[0040] 表1から明らかであるように、多孔質の内表面にLiが担持された実施例1、2の水素吸蔵材によれば、比表面積の大小にかかわらず未処理の多孔質

よりも水素吸着量が増大する。

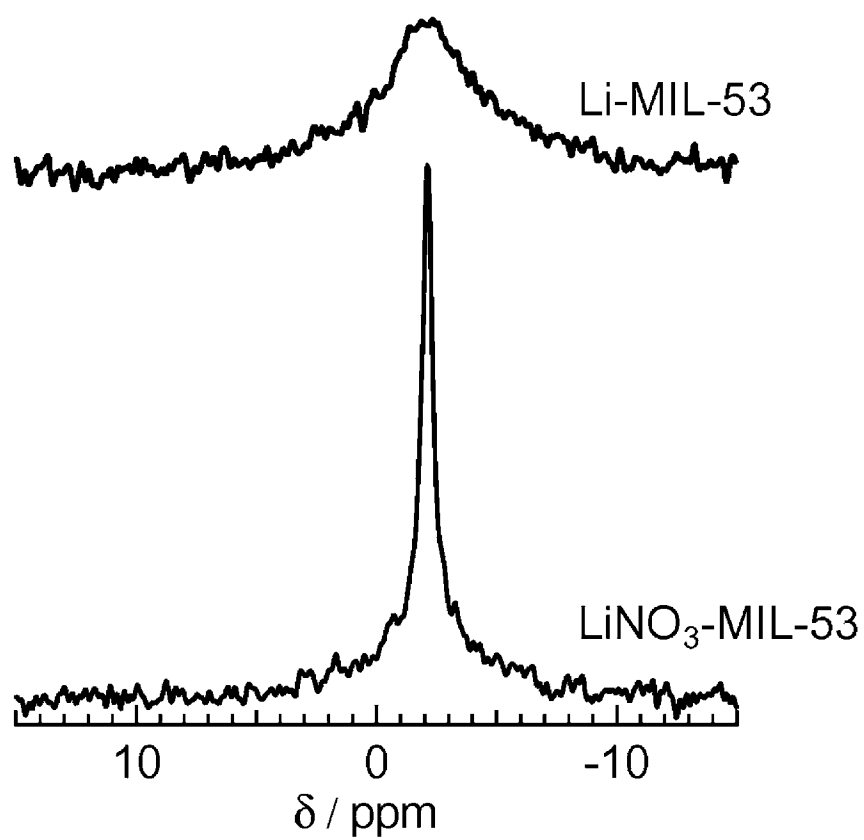
請求の範囲

- [請求項1] 金属イオン及び酸素イオンからなるクラスター、又は金属イオンと有機化合物とから構成される多孔質と、
 当該多孔質の内表面に担持されたLiと、
 を備える、水素吸蔵材。
- [請求項2] 前記有機化合物が有機配位子であり、かつ前記多孔質が多孔性金属錯体である、請求項1に記載の水素吸蔵材。
- [請求項3] 金属イオン及び酸素イオンからなるクラスター、又は金属イオンと有機化合物とから構成される多孔質と、Li塩と、を加熱することにより製造される、請求項1又は2に記載の水素吸蔵材。

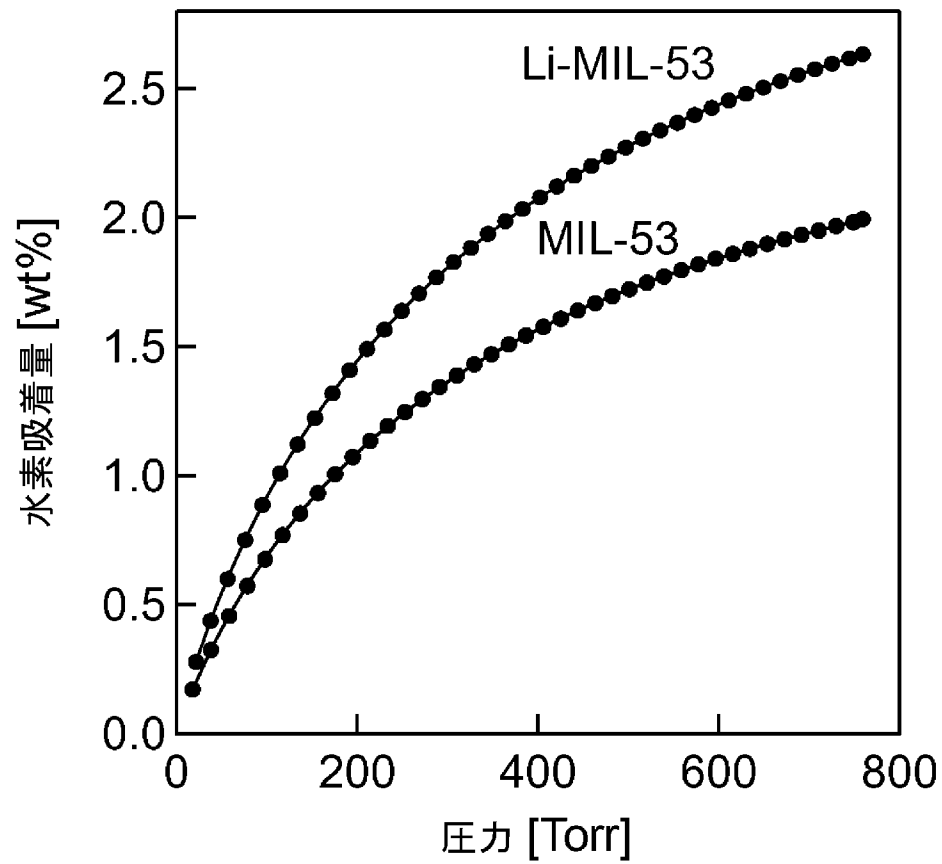
[図1]



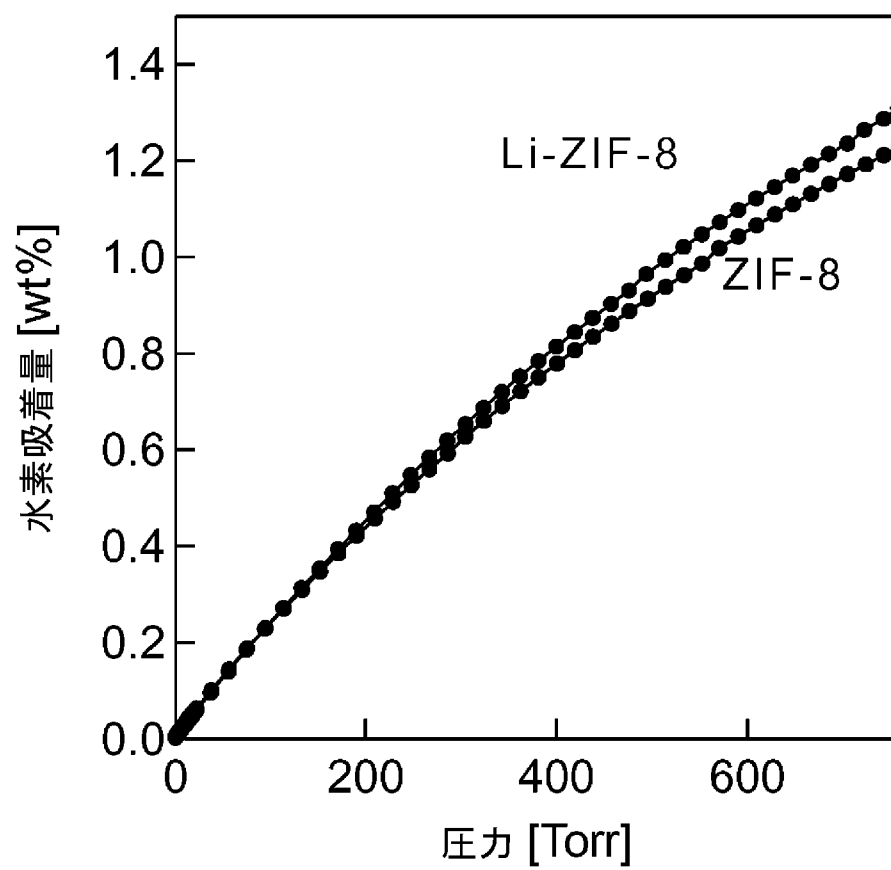
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/050857

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B01J20/22 (2006.01) i, C01B3/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B01J20/22, C01B3/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	MAVRANDONAKIS Andreas, KLONTZAS Emmanouel, TYLIANAKIS Emmanuel, FROUDAKIS George E. (Univ. Crete, Crete, GRC), Enhancement of Hydrogen Adsorption in Metal-Organic Frameworks by the Incorporation of the Sulfonate Group and Li Cations. A Multiscale Computational Study, J Am Chem Soc, 2009.09.23, Vol.131 No.37, Page. 13410-13414	1-3
X	MULFORT Karen L., HUPP Joseph T. (Northwestern Univ., Illinois), MULFORT Karen L. (Argonne National Lab., Illinois), Alkali Metal Cation Effects on Hydrogen Uptake and Binding in Metal-Organic Frameworks, Inorg Chem, 2008.09.15, Vol.47 No.18, Page.7936-7938	1-3

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
20 April, 2011 (20.04.11)Date of mailing of the international search report
10 May, 2011 (10.05.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/050857

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	HAN Sang Soo, GODDARD William A., III (California Inst. of Technol., California), Lithium-Doped Metal-Organic Frameworks for Reversible H ₂ Storage at Ambient Temperature, J Am Chem Soc, 2007.07.11, Vol.129 No.27, Page. 8422-8423	1-3
X	DINCA Mircea, LONG Jeffrey R. (Univ. California, California), High-Enthalpy Hydrogen Adsorption in Cation-Exchanged Variants of the Microporous Metal-Organic Framework Mn ₃ [(Mn ₄ Cl) ₃ (BTT) ₈ (CH ₃ OH) ₁₀] ₂ , J Am Chem Soc, 2007.09.12, Vol.129 No.36, Page.11172-11176	1-3

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. B01J20/22 (2006.01)i, C01B3/00 (2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. B01J20/22, C01B3/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamII)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	MAVRANDONAKIS Andreas, KLONTZAS Emmanouel, TYLIANAKIS Emmanuel, FROUDAKIS George E. (Univ. Crete, Crete, GRC), Enhancement of Hydrogen Adsorption in Metal-Organic Frameworks by the Incorporation of the Sulfonate Group and Li Cations. A Multiscale Computational Study, J Am Chem Soc, 2009.09.23, Vol.131 No.37, Page.13410-13414	1-3

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 0 . 0 4 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

1 0 . 0 5 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

馳平 裕美

4 Q

3 2 3 3

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 6 8

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	MULFORT Karen L. , HUPP Joseph T. (Northwestern Univ. , Illinois), MULFORT Karen L. (Argonne National Lab. , Illinois), Alkali Metal Cation Effects on Hydrogen Uptake and Binding in Metal-Organic Frameworks, Inorg Chem, 2008.09.15, Vol.47 No.18, Page.7936-7938	1-3
X	HAN Sang Soo, GODDARD William A. , III (California Inst. of Technol. , California), Lithium-Doped Metal-Organic Frameworks for Reversible H ₂ Storage at Ambient Temperature, J Am Chem Soc, 2007.07.11, Vol.129 No.27, Page.8422-8423	1-3
X	DINCA Mircea, LONG Jeffrey R. (Univ. California, California), High-Enthalpy Hydrogen Adsorption in Cation-Exchanged Variants of the Microporous Metal-Organic Framework Mn ₃ [(Mn ₄ Cl) ₃ (BTT) ₈ (CH ₃ OH) ₁₀] ₂ , J Am Chem Soc, 2007.09.12, Vol.129 No.36, Page.11172-11176	1-3