

令和 5 年 6 月 3 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2022

課題番号：21K18862

研究課題名（和文）柔軟ナノ多孔体への応力印加による強制的吸着の発現

研究課題名（英文）Forced adsorption by stress application to flexible nanoporous materials

研究代表者

西原 洋知（Nishihara, Hiroto）

東北大学・材料科学高等研究所・教授

研究者番号：80400430

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：カーボンメソスポンジ（CMS）等の柔軟ナノ多孔体における蒸気吸着の基礎データを蓄積できた。また、応力誘起型の水蒸気吸着を検討したところ、より細孔径の小さい材料が適していることが示唆された。このため、CMSのホットプレスによる細孔径の微小化を検討し、広い範囲での細孔径制御に成功した。また、材料探索の範囲を広げるため、積層数を変化させた材料の合成と基礎物性の検討や、別のタイプの単層グラフェン多孔体の検討も行った。本研究を通じてカーボン材料の柔軟性と吸着挙動との関係に関する学理が深められたため、気体分子を柔軟カーボン多孔体を利用して液化する新しい着想が生まれ、この技術に関する検討も行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

単層グラフェンナノ多孔体であるカーボンメソスポンジ、グラフェンメソスポンジといった新素材の吸着挙動に関する基礎データの取得ができました。特にカーボンメソスポンジは有機蒸気を大量に吸着することができ、環境浄化や有機蒸気の回収への利用が期待できます。また、カーボン多孔体の微小な穴（細孔）の大きさを2～7 nmの範囲で自在に制御できる技術も開発しました。これらの成果は低環境負荷のヒートポンプ等の技術開発に繋がることが期待されます。

研究成果の概要（英文）：In this study, we have successfully accumulated fundamental data on vapor adsorption in flexible nanoporous materials such as carbon mesosponge (CMS). The investigation on the stress-induced steam adsorption indicated that materials with smaller pore sizes are more suitable. Thus, we examined the miniaturization of pore size through hot-pressing treatment of CMS and achieved the pore-size control over a wide range. Additionally, in order to expand the range of material exploration, we synthesized and investigated materials with varying numbers of graphene-stacking layers, as well as explored a different type of nanoporous material with single-graphene walls. Through this research, a deeper understanding of the relationship between the flexibility and adsorption behavior of nanoporous materials was obtained. This led to the emergence of new ideas for liquefying gas molecules using flexible nanoporous materials, and further investigations were conducted regarding this technology.

研究分野：材料科学

キーワード：吸着 グラフェン ナノ多孔体

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

研究開始当時の背景として、磁場、電場、外部応力により物質内部のエントロピー変化を引き起こし、冷熱・温熱を得る新しいタイプの低環境負荷型ヒートポンプの開発が世界で活発化していた (Defay ら, *Adv. Mater.* 2013; Tusek ら, *Nat. Energy* 2016 など多数)。一方で当該研究者は単層グラフェンから成るナノ多孔体が柔軟であり (*Chem. Eur. J.* 2013, *Adv. Funct. Mater.* 2016)、これらのナノ多孔体に分子を吸着させた状態でナノ多孔体に機械的に圧縮すると、吸着した分子を強制的に脱着させることを世界に先駆けて見出していた (*Nat. Commun.* 2019)。反対に、力を開放してナノ多孔体が復元すると、放出された分子は再びナノ多孔体に吸着される。吸着は一種の相転移現象と見なすことができるので、上記の現象は応力駆動型の強制的相転移であり、低環境負荷型の高効率なヒートポンプの開発に繋がる可能性を秘めている。しかしこの手法では、圧縮時の気体の脱着により得られる冷熱が、内部摩擦によって生じる発熱で目減りしてしまっていた。そこで、柔軟なナノ多孔体を圧縮した際に脱着 (冷熱発生) ではなく吸着 (温熱発生) が生じる新しいタイプの応力駆動型相転移を着想した。

### 2. 研究の目的

本研究の最終目的は、柔軟なナノ多孔体を機械的に圧縮したときに脱着が生じ、力を開放してナノ多孔体が復元した際には吸着が生じる、新しいタイプの応力駆動型相転移を実現するための検討を行うことである。しかし、柔軟なナノ多孔体である単層グラフェンナノ多孔体は発見されてからまだ歴史が浅いため、材料の選択肢が少なく、材料の基礎物性や吸着挙動の基礎学理が未開拓である。そこで、材料の基礎検討および関連する技術開発も含め、応力駆動型の相転移に関連する材料科学と物理化学の基盤構築を目指した検討を行った。

### 3. 研究の方法

我々のグループでは、鋳型法を用いて細孔径が 5~8 nm のカーボン多孔体「カーボンメソスポンジ (CMS)」とこれを 1800°C で熱処理した「グラフェンメソスポンジ (GMS)」を開発している (*Adv. Funct. Mater.* 2016)。CMS と GMS は同一の細孔構造をもちつつも、エッジサイトがある・無いという違いを持ったユニークな材料である。まず、CMS と GMS について、水蒸気を含む各種蒸気の基礎的な吸着挙動の評価を行い、他の多孔性カーボンと比較検討することで、カーボン材料一般に通用する蒸気吸着理論の基盤構築を行った。

次に、CMS と GMS を機械的に圧縮した際の吸着の発現に関する検討を行った。疎水性のカーボン多孔体は細孔径が 2 nm 以上と大きい場合には低圧で水蒸気を殆ど吸着しないが、機械的に圧縮して細孔径を 2 nm 以下の領域にまで微小化すると、細孔内部の物理吸着ポテンシャルが深くなり水蒸気吸着が生じると期待される。そこで、CMS と GMS を機械的に圧縮した際の水蒸気吸着挙動の変化を検討したところ、より細孔径の小さい材料が適していることが示唆された。このため、CMS のホットプレス処理による細孔径の微小化に関する検討を行った。また、材料探索の範囲を広げるため、積層数を変化させた CMS, GMS の合成と基礎物性の検討、CMS, GMS 以外の単層グラフェン多孔体の検討も行った。本研究を通じてカーボン材料の柔軟性と吸着挙動との関係に関する学理が深められたため、気体分子を柔軟カーボン多孔体を利用して液化する新しい着想が生まれ、この技術に関する検討も行った。

### 4. 研究成果

図 1 に示すように、1-2 層のグラフェンを含むテンプレートナノ多孔性炭素である CMS, GMS、およびゼオライト鋳型炭素 (ZTC)、さらに従来のナノ多孔性炭素材料として活性炭 2 種類とカーボンブラックを用いて、水、メタノール、エタノール、ジクロロメタン、n-ヘキサンの各種蒸気吸着を調査した。ZTC はゼオライトのナノ細孔内部でリボン状のグラフェンを成長させた後にゼオライトを溶解除去して得られる規則性マイクロポーラスカーボンであり、細孔径が約 1.2 nm で均一という特徴をもつ。CMS, GMS はアルミナナノ粒子を鋳型にして合成したものであり、両者の細孔構造はほぼ同一であるが、CMS にはエッジサイトが大量に存在しており、GMS にはエッジサイトが殆ど存在しない。活性炭としては、マイクロポーラスな水蒸気賦活活性炭と、メソ孔が発達したアルカリ賦活活性炭の 2 種類を検討した。カーボンブラックとしては、約 67 nm の内部細孔をもつ中空状粒子から構成されるケッチェンブラックを用いた。

これらのカーボン材料の水蒸気吸着は、 $\text{H}_2\text{O}$  分子と疎水性炭素との反発のため特異的な挙動となり、それぞれのカーボン材料の構造に依存して様々に異なる吸着様式が観察された。一方で有機蒸気吸着に関しては、基本的に典型的な物理吸着のメカニズムに従う挙動となった。興味深いことに、グラフェン系ナノ多孔性材料はその高い柔軟性から、吸着誘起の体積膨張を顕著に示した。CMS は特に吸着による膨張が大きく、有機蒸気に対して  $4.25\text{--}4.76\text{ cm}^3\text{ g}^{-1}$  の非常に高い吸着容量を達成した。活性炭やカーボンブラックの吸着容量は最大でも  $2.9\text{ cm}^3\text{ g}^{-1}$  であったため、CMS は高容量吸着剤として有望であると言える。また、ZTC の n-ヘキサンに対する吸着等温線は、278 K と 298 K でオーバーラップする形となっており、応力誘起型の相転移を利用したヒ-

トポンプに利用する場合には、作動温度域を広くとることができ有利である。さらに、本研究では、表面張力とモル体積の積から有機蒸気吸着挙動を予想する一般則についても議論を深めた[1]。

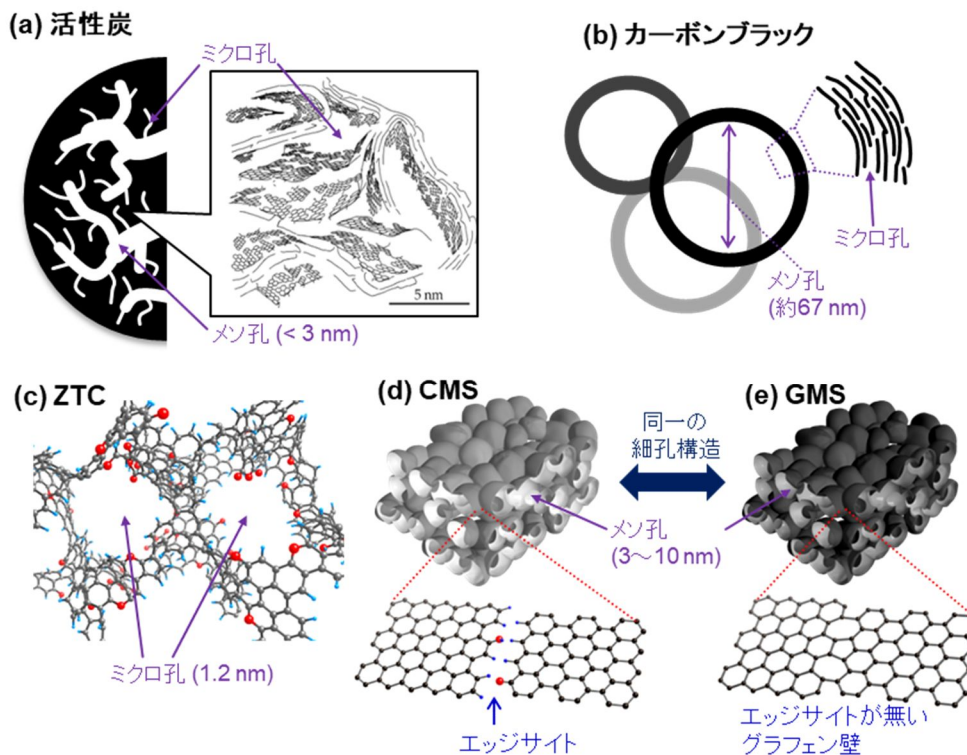


図 1. 検討に用いた各種炭素材料の構造

CMS と GMS を機械的に圧縮することによる水蒸気吸着の発現を試みたが、細孔径が 5~8 nm と大き過ぎることがボトルネックとなっていることが示唆されたため、CMS をホットプレスして細孔径の微小化を試みた。従来のナノ多孔性炭素は機械的に硬くて脆いが、単層グラフェン壁から成る CMS は非常に柔軟であり、その体積弾性率は僅か 0.084 GPa であることを利用している。ホットプレスにより、平均孔径が 7.36 nm のメソ孔は、わずか 10 MPa の小さな圧力でも微小化可能であることがわかった。興味深いことに、比較的小さな機械的圧力 (< 20 MPa) を印可すると、CMS の比表面積と細孔容積は増加することもわかった。これは、CMS 合成過程で生成される弱く積層したグラフェン構造がホットプレスにより剥離することを示唆している。さらに機械的圧力を増加させると、CMS の平均細孔径を 2.14 nm まで微小化させることができた。すなわち、CMS のホットプレスにより、2.14 nm から 7.36 nm までの範囲で柔軟ナノ多孔体の平均細孔径を制御する技術を開発することができた[2]。しかしながら、平均細孔径を微小化した材料を機械的に圧縮しても、顕著な水蒸気吸着の発現は観測されなかった。これは、細孔径に分布があり、圧縮時には大きい細孔が優先的に微小化していることが原因と示唆された。このため、更なる材料の拡充を目指し、積層数を変化させた CMS, GMS の合成と基礎物性の検討[3]、CMS, GMS 以外の単層グラフェン多孔体の検討[4]も行った。本研究を通じてカーボン材料の柔軟性と吸着挙動との関係に関する学理が深められたため、気体分子を柔軟カーボン多孔体を利用して液化する新しい着想が生まれ、この技術に関する検討も行った。本研究はまた、柔軟ナノ多孔体を利用した複数の新しい吸着制御技術の開発に繋がった(特願 2022-087565、特願 2022-118199、特願 2022-137188、特願 2022-173217)。

## 成果論文

- [1] [Hiroto Nishihara](#), Hong-Wei Zhao, Kazuya Kanamaru, Keita Nomura, Mao Ohwada, Masashi Ito, Li-Xiang Li, Bai-Gang An, Toshihide Horikawa, Takashi Kyotani, "Adsorption properties of templated nanoporous carbons comprising 1–2 graphene layers", *Carbon Reports*, **1**, 123-135 (2022).
- [2] Kazuya Kanamaru, Masashi Ito, Masanobu Uchimura, Yasushi Ichikawa, Kazuki Sone, Ami Ikura, [Hiroto Nishihara](#), "Pore-size control of soft mesoporous carbon by hot pressing", *Carbon Reports*, **1**, 214-222 (2022).
- [3] Rui Tang, Keita Nomura, Kazutoshi Inoue, Motoko Kotani, Takashi Kyotani, [Hiroto Nishihara](#), "Capacitance of edge-free three-dimensional graphene: New perspectives on the design of carbon structures for supercapacitor applications", *Electrochimica Acta*, **429**, 141009 (2022).
- [4] Koki Chida, Takeharu Yoshii, Mao Ohwada, Yuichiro Hayasaka, Joe Komeda, Ryota Sakamoto, Jun Maruyama, Kazuhide Kamiya, Masataka Inoue, Fumito Tani, [Hiroto Nishihara](#), "Synthesis and electrocatalysis of ordered carbonaceous frameworks from Ni porphyrin with four ethynyl groups", *Catalysis Today*, **411-412**, 113830 (2023).

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Nishihara Hiroto, Zhao Hong-Wei, Kanamaru Kazuya, Nomura Keita, Ohwada Mao, Ito Masashi, Li Li-Xiang, An Bai-Gang, Horikawa Toshihide, Kyotani Takashi	4. 巻 1
2. 論文標題 Adsorption properties of templated nanoporous carbons comprising 1-2 graphene layers	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Carbon Reports	6. 最初と最後の頁 123 ~ 135
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7209/carbon.010301	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Tang Rui, Nomura Keita, Inoue Kazutoshi, Kotani Motoko, Kyotani Takashi, Nishihara Hiroto	4. 巻 429
2. 論文標題 Capacitance of edge-free three-dimensional graphene: New perspectives on the design of carbon structures for supercapacitor applications	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Electrochimica Acta	6. 最初と最後の頁 141009 ~ 141009
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.electacta.2022.141009	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Chida Koki, Yoshii Takeharu, Ohwada Mao, Hayasaka Yuichiro, Komeda Joe, Sakamoto Ryota, Maruyama Jun, Kamiya Kazuhide, Inoue Masataka, Tani Fumito, Nishihara Hiroto	4. 巻 411-412
2. 論文標題 Synthesis and electrocatalysis of ordered carbonaceous frameworks from Ni porphyrin with four ethynyl groups	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Catalysis Today	6. 最初と最後の頁 113830 ~ 113830
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cattod.2022.06.045	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kanamaru Kazuya, Ito Masashi, Uchimura Masanobu, Ichikawa Yasushi, Sone Kazuki, Ikura Ami, Nishihara Hiroto	4. 巻 1
2. 論文標題 Pore-size control of soft mesoporous carbon by hot pressing	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Carbon Reports	6. 最初と最後の頁 214 ~ 222
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7209/carbon.010402	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計32件（うち招待講演 27件 / うち国際学会 15件）

1. 発表者名 Hiroto Nishihara
2. 発表標題 Force-responsive nanoporous carbons consisting of single-layer graphene walls
3. 学会等名 Pacifichem 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiroto Nishihara
2. 発表標題 Atomically designed carbon materials for electrochemical applications
3. 学会等名 The 72nd Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiroto Nishihara
2. 発表標題 Atomically designed functional carbon materials
3. 学会等名 International Forum on Graphene in Shenzhen (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 電池性能を向上させるカーボン新素材「グラフェンメソスポンジ」
3. 学会等名 関西二次電池展 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 グラフェンを利用した機能性多孔体の調製と応用
3. 学会等名 新化学技術推進協会 エネルギー・資源技術部会 エネルギー分科会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 電池の性能を向上させるカーボン新素材
3. 学会等名 電気化学会東北支部第34回東北若手の会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 大学発新素材の社会実装への取り組み
3. 学会等名 第10回MaSC技術交流会 “Real Exchange”（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 未来を拓くカーボン新素材 グラフェンメソスポンジ
3. 学会等名 ディープテックグランプリ（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 電池の性能を向上させるカーボン新素材
3. 学会等名 SuMi TRUST Innovation Pitch (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 金属酸化物上のコーク堆積を利用したカーボン材料の調製
3. 学会等名 2021年度ゼオライトフォーラム (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Pirabul Kritin, 潘 鄭澤, 唐 睿, 砂廣 昇吾, Hongyu Liu, 西原 洋知
2. 発表標題 Structural Variation of 3D Graphene Materials Templating Diverse Metal Oxides
3. 学会等名 第48回炭素材料学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 金丸和也, 西原洋知, 伊藤仁, 内村允宣, 市川靖, 曾根和樹, 伊倉亜美
2. 発表標題 柔軟性多孔体の構造が応力誘起型の吸脱着に及ぼす影響の検討
3. 学会等名 第34回日本吸着学会研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山部 咲知, 吉井 丈晴, 野村 啓太, 伊藤 仁, 塚田 佳子, 西原 洋知
2. 発表標題 柔軟な多孔質炭素材料の圧縮による新規発電機構
3. 学会等名 第48回炭素材料学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 金丸和也, 西原洋知, 伊藤仁, 内村允宣, 市川靖, 曾根和樹, 伊倉亜美
2. 発表標題 ホットプレスによる柔軟メソ多孔体の細孔径制御
3. 学会等名 第48回炭素材料学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiroto Nishihara
2. 発表標題 Graphenemesosponge: A New Carbon Material with High Porosity and High Durability for Battery Applications
3. 学会等名 241st ECS Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroto Nishihara
2. 発表標題 Multi-functional nanoporous carbon based on single-walled graphene walls
3. 学会等名 2022 Spring Meeting of the European Materials Research Society (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 Hiroto mo Nishihara
2. 発表標題 Functional carbon materials: new synthesis approaches and analysis method
3. 学会等名 Special seminar at VISTEC (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroto mo Nishihara
2. 発表標題 Functional carbon materials: new synthesis approaches and analysis method
3. 学会等名 Special seminar at Chulalongkorn University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroto mo Nishihara
2. 発表標題 Functional carbon materials: new synthesis approaches and analysis method
3. 学会等名 Special seminar at Kasetsart University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroto mo Nishihara
2. 発表標題 Functional carbon materials: new synthesis approaches and analysis method
3. 学会等名 Special seminar at Thammasat University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hirotomo Nishihara
2. 発表標題 Functional carbon materials: new synthesis approaches and analysis method
3. 学会等名 Invited lecture at Slovak Academy of Sciences (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hirotomo Nishihara
2. 発表標題 Advanced porous materials synthesized by template method
3. 学会等名 PACCON 2023 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hirotomo Nishihara
2. 発表標題 Advanced carbon-based porous materials and analysis technique
3. 学会等名 Special seminar at Silpakorn University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hirotomo Nishihara
2. 発表標題 Advanced carbon-based porous materials and analysis technique
3. 学会等名 Special seminar at Chulalongkorn University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hiroto Nishihara
2. 発表標題 Graphene mesosponge: Graphitized and highly mesoporous graphene with high durability and sponge-like flexibility
3. 学会等名 2023 1st International Symposium on Carbon Materials (2023 ISCM-1) for Energy, Environment, Sustainability, and Bioapplications with the 6th Taiwan Carbon Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hiroto Nishihara
2. 発表標題 Challenge of building three-dimensional frameworks using graphene
3. 学会等名 Emerging platforms for quantum computing (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 カーボン新素材で、未来を切り拓く
3. 学会等名 サイエンスキャッスル2021 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 テンプレートロジックに基づく高機能カーボン材料
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 3次元グラフェンの合成技術と応用展開
3. 学会等名 サイエンス&テクノロジー社セミナー（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 鋳型法によるナノカーボン材料の合成
3. 学会等名 2022年炭素材料学会基礎講習会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 機能性カーボン材料の紹介
3. 学会等名 東北大学リアルツアー（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 金丸和也, 伊藤仁, 内村允宣, 市川靖, 曾根和樹, 伊倉亜美, 西原洋知
2. 発表標題 柔軟性多孔体を利用した蒸気/液体回収技術の検討
3. 学会等名 第35回日本吸着学会研究発表会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 吉井丈晴、西原洋知	4. 発行年 2022年
2. 出版社 講談社	5. 総ページ数 2
3. 書名 固体表面のキャラクタリゼーション(分著)	

〔出願〕 計6件

産業財産権の名称 多孔質炭素材料及びその製造方法	発明者 青海亜美、伊藤仁、 内村充宣、市川靖、 曾根和樹、西原洋	権利者 日産自動車、東 北大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-190194	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 多孔質炭素材料の製造方法	発明者 砂廣昇吾、西原洋知	権利者 東海カーボン株 式会社、東北大 学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-039402	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 熱交換装置	発明者 曾根和樹、西原洋 知、他7名	権利者 日産自動車株式 会社、東北大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-087565	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 多孔質炭素材料及びその製造方法	発明者 西原洋知、黒田拓馬	権利者 株式会社3DC
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-118199	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 炭素材料	発明者 西原洋知、潘鄭澤、 黒田拓馬	権利者 株式会社3DC
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-137188	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 揮発性有機化合物の回収装置および回収方法	発明者 曾根和樹、伊藤仁、 市川靖、内村充宣、 西原洋知、金丸和也	権利者 日産自動車株式 会社、東北大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-173217	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
中国	遼寧科技大学			