

令和 4 年 4 月 11 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17H01042

研究課題名(和文)単層グラフェン多孔体の展開研究

研究課題名(英文)Development of porous materials with single-graphene walls

研究代表者

西原 洋知 (Hiroto, Nishihara)

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) 32,300,000円

研究成果の概要(和文)：グラフェン1層を細孔壁とする新しいナノ多孔体「単層グラフェン多孔体」の基盤研究を行った。これまで全く謎であった金属酸化物上におけるグラフェン成長のメカニズムを解明し、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化カルシウムなど種々の基材を用いた多様な材料群の構築に成功した。さらに、単層グラフェン多孔体に特有の物性や性能を明らかにし、電気二重層キャパシタ、固体高分子形燃料電池のPt担体、応力を利用した新型のヒートポンプ、全固体電池の正極硫黄担体などの応用に際し、黒鉛、カーボンブラック、活性炭、カーボンナノチューブといった従来の炭素材料とは異なる特長を発揮できることを見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

グラフェン1層から成る新しいナノ多孔体に関する科学技術に関する検討を行った。新しく発見した材料群は従来から知られている炭素材料とは異なり、エネルギーを貯蔵する能力と耐久性を両立しているため、電池の部材として利用すれば、性能や寿命を向上させることができる。また、従来の材料とは異なり柔軟性を持っているため、新型のヒートポンプなど全く新しい用途に応用することが可能である。

研究成果の概要(英文)：The basic study was performed on a new class of nanoporous materials, "porous materials with single-graphene walls". While the graphene-growth mechanism on a metal-oxide surface has been unknown over decades, this work elucidated the mechanism. The clarification of the mechanism enabled us to use a variety of template materials including aluminum oxides, magnesium oxides, and calcium oxides, and thus, we have successfully extended the structural diversity of the porous materials with single-graphene walls. Moreover, this project revealed unique advantages and properties of the porous materials with single-graphene walls. Thus, we found the superior performances of this new type of material over conventional carbon materials in a variety of applications including electric double-layer capacitors, Pt support for polymer-electrolyte fuel cells, new type of heat pump based on force-driven phase transition, and sulfur support for all-solid Li-ion batteries.

研究分野：材料科学

キーワード：グラフェン 多孔体 弾性 キャパシタ 燃料電池

1. 研究開始当初の背景

単層グラフェン(図1a)は高比表面積、高耐食性、高導電率、高引張強度、高弾性など優れた特性を持つが、2次元シート状物質であるため、多孔性は全く無く、吸着等の表面機能が重要となる応用には利用できていなかった。一方、活性炭やカーボンブラックといった炭素多孔体(図1b)は多孔性に優れるため、吸着剤、触媒担体、電極材料などとして広く利用されているが、その骨格は断片的な小グラフェンが乱雑に凝集・積層した構造であるため、グラフェンが本来もつ比表面積、耐食性、導電率、機械的特性を最大限に利用できていなかった。

本研究を開始する契機となったのは、筆者らが開発した単層グラフェンから成る炭素ナノ多孔体、「グラフェンメソスポンジ(GMS)」(図1c)である。GMSはナノサイズの泡状単層グラフェン連続体であり、グラフェンの積層が無く、炭素の腐食の原因となるグラフェンの端(エッジサイト)も殆ど存在しない。このため、約6nmのメソ細孔を持ちながら、高比表面積、高耐食性、高導電率の全てを同時に満たす特異的な炭素多孔体と位置付けられた。さらに、GMSはユニークな特徴である機械的な高強度と弾性も併せ持ち、応力印加により細孔径を6nmから0.7nmまでの広い範囲で可逆的に変化させることができる。このように大きく弾性変形できるメソ多孔体は有機系材料も含めてGMSを除いて他には存在しない。

そこで本研究ではGMSを中心に、「単層グラフェン多孔体の科学」を未踏の新領域として確立すべく、材料系の拡充、基礎物性の解明、新機能開拓、および応用展開に取り組むこととした。

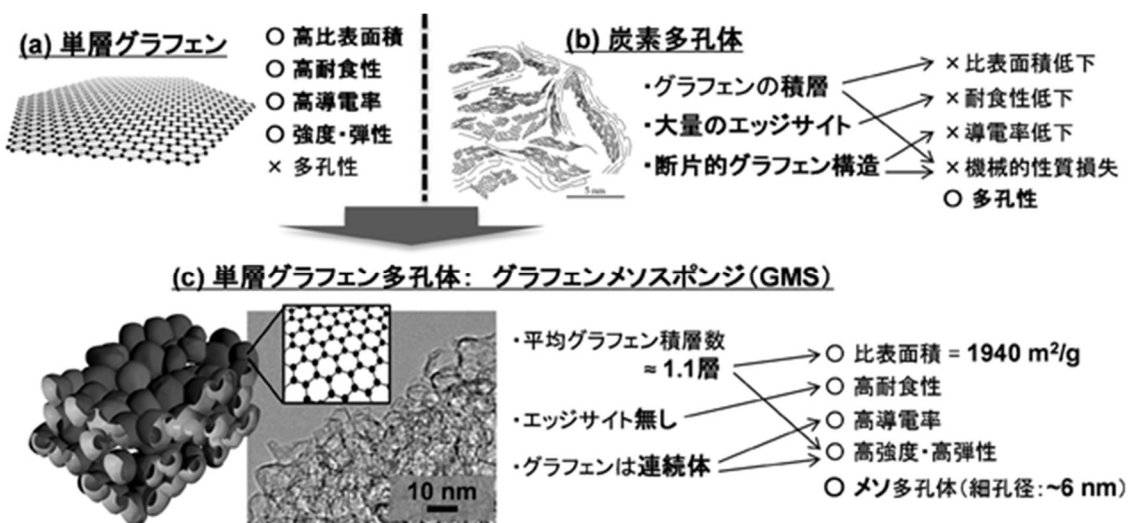


図1 (a)単層グラフェン、(b)炭素多孔体、(c) GMS の構造と特長の比較.

2. 研究の目的

単層グラフェンを主成分とするメソ多孔体「グラフェンメソスポンジ(GMS)」は、高比表面積、メソ細孔(3~8nm)、高耐食性、高導電率を併せ持ち、なおかつスポンジのように可逆的な圧縮・復元が可能なユニークな新材料である。本研究ではGMSを中心に、単層グラフェン多孔体“群”の拡充および基盤技術開発を行い、従来の炭素材料およびナノカーボン系材料では成し得なかった高性能デバイスを実現することを目的とした。さらに、単層グラフェン多孔体の弾性変形するメソ細孔を利用した、新しい原理に基づくエネルギー貯蔵・変換デバイスの開発を行うこととした。

3. 研究の方法

筆者らが幸運にも合成に成功したGMSは、従来の如何なるカーボン系材料とも異なる特異な物性を持つことが明らかになりつつあったが、その形成メカニズム、微細構造、物性の詳細(特に弾性変形に伴う物性変化)にはまだ不明な点が多く残されていた。一方、GMSの合成手法には拡張性があり、化学構造、ナノ構造、バルク構造を拡張した広範な単層グラフェン多孔体“群”の拡充が可能であると期待された。そこで、研究初期にはこれら基盤技術開発に取り組んだ。具体的には、これまで全く不明であった金属酸化物上でのメタンを原料とする化学気相蒸着(CVD)によるグラフェン形成メカニズムを解明するため、*in situ* CVD-TG、*in situ* CVD-GCなどの実験手法と計算科学を併用した検討を行った。GMSは電気化学的耐久性が高いことは分かっていたが、その理由の詳細が不明であったため、多種多様なカーボン材料を比較に用い、カーボン材料のエッジサイトの量と電気化学的安定性との関係を系統的に調べた。また、GMS

の応用、新機能開拓も本研究の柱として検討を行った。GMS は新規電極材料として、実用化まで見据えた多くの応用が期待できるため、研究期間を通じてこれに取り組んだ。具体的には、電気二重層キャパシタの電極材料として、特に高電圧を印加した時の挙動と安定性の検討を行った。また、固体高分子形燃料電池の Pt 担体としての可能性についても検討を行った。さらに、全固体 Li/硫黄(S)電池の正極 S 担体としての可能性についても検討を行った。GMS は特異的な機械的柔軟性と弾性変形する性質をもつため、これらを利用した新機能開拓にも挑戦した。具体的には、冷媒を吸着させ応力で変形させることで吸着質を気化させ潜熱を取り出し、ヒートポンプに応用できるか否かを検討するため、実験と熱力学モデルでの検討を行った。

4. 研究成果

従来から MgO やアルミナ等の金属酸化物上で炭化水素が熱分解してカーボン（コーク質）が生成することは知られていたが、詳細なメカニズムは全く不明であった。GMS の合成は 900 でメタンがアルミナ上で熱分解してグラフェンが生成する反応を利用しているため、そのメカニズムを理解することは材料の拡張性にとって極めて重要である。そこで、MgO と γ -アルミナ上でのメタン活性化過程を実験と計算科学（図 2）を併用して詳細に検討した。いずれの場合も、最初に金属酸化物上に酸素欠損サイトが生成し、これがメタンからのグラフェン成長を促進することがわかった。この原理に基づき、MgO を鋳型として、単層グラフェンナノ多孔体であるグラフェンメソスポンジの安価な製造法を確立した（図 3）。

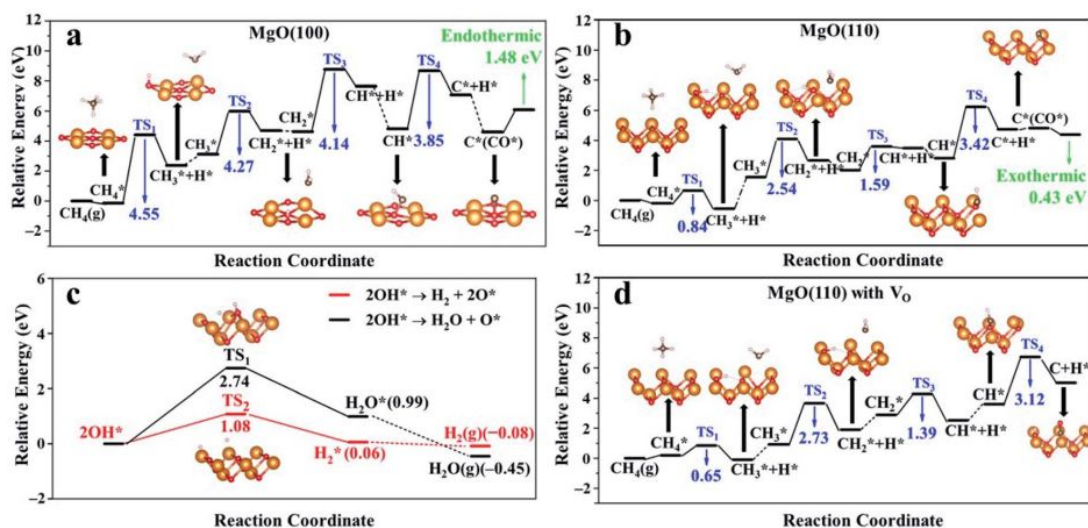


図 2 MgO 表面における CH_4 分解反応の計算科学による検討。Figures are reproduced from 10.1039/d1ta02326h, with permission from the Royal Society of Chemistry. Copyright © 2021, Royal Society of Chemistry.

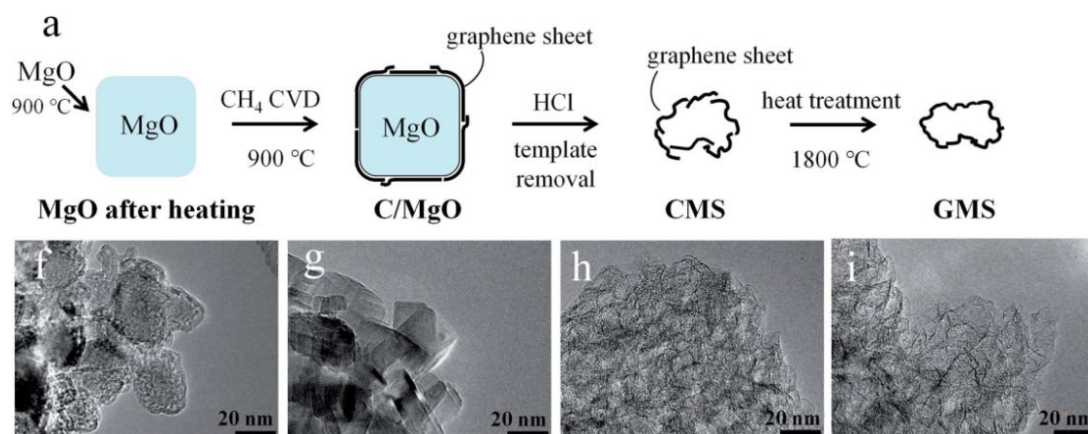


図 3 MgO ナノ粒子を鋳型にした GMS の調製スキームと、各段階における試料の透過型電子顕微鏡写真。Figures are reproduced from 10.1039/d1ta02326h, with permission from the Royal Society of Chemistry. Copyright © 2021, Royal Society of Chemistry.

GMS 製造の鍵となる、金属酸化物上での CVD によるグラフェン成長メカニズムが解明されたことで、様々なアルミナ、酸化マグネシウム、酸化カルシウムを鋳型とする GMS の製造法開発が一気に加速した。さらに、窒素ドーピングの手法の検討も行い、窒素を含有する単層グラフェンを細孔壁とする材料の調製も可能となっている。

GMS の特異的な電気化学安定性に関する基礎検討も行った。従来、カーボン材料のエッジサイトに存在する含酸素官能基が電気化学的な劣化に起因すると考えられてきたが、体系的な検討により、酸素官能基だけではなく、従来は注目されてこなかった水素末端エッジサイトもある条件においては劣化の原因サイトになることを明らかにした。GMS はエッジサイトの量自体が極めて少ないため、他のカーボン材料より電気化学的安定性が高いことを明らかにした。さらに GMS のこの特徴を生かすため、従来は粉末状で調製していた GMS を、自立膜の形に一体成型する手法を開発した(図 4)。自立膜の形にすると、ポリマーの結着材を含まず粒子間の積極抵抗も無くなるため、さらに電気化学的安定性が増加した。このようにして、細孔壁の大部分が単層グラフェンから成るメソ多孔体「グラフェンメソスポンジ」をシームレスなシート電極に成型し、電気二重層キャパシタの電極に利用したところ、高温耐性や高電圧耐性において、従来最も優れた材料であった単層カーボンナノチューブを上回る安定性を達成した。一般的な有機系電解液を用いた対称キャパシタの耐電圧は従来 2.7~2.8 V であったが、GMS 自立膜ではこれが 4.4 V まで大幅に向上した。高電圧キャパシタモジュールの小型化が可能になることから、今後様々な用途への応用が期待できる。

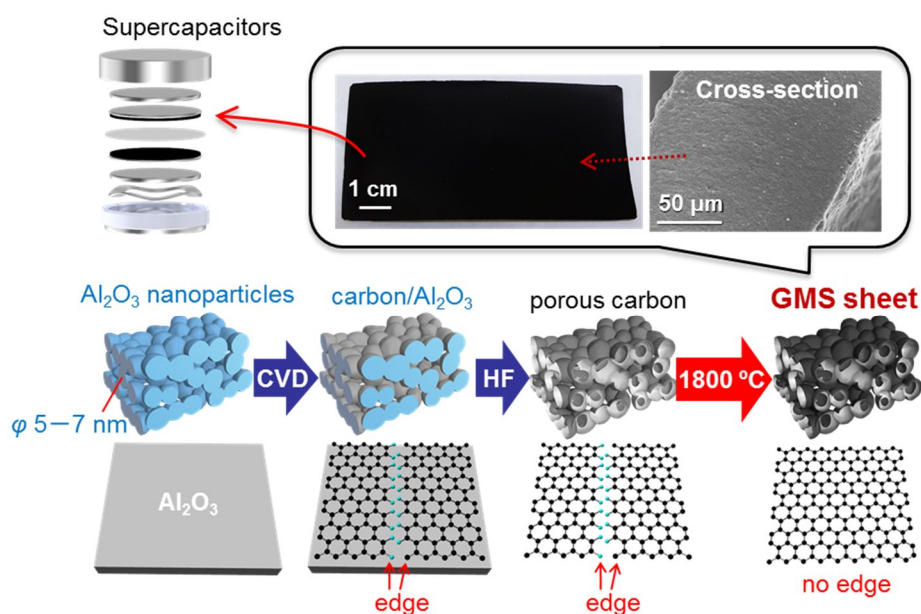


図 4 GMS 自立膜の製法と、実際の試料の写真ならびに走査型電子顕微鏡写真。

GMS の固体高分子燃料電池カソードの Pt 担体としての特性評価も行った。従来の Pt 担体として広く使用されてきたケッチェンブラック(KB)に比べ、GMS 上には Pt ナノ粒子が非常に高分散に担持できることがわかった(図 5)。酸素還元反応 (ORR) をリニアスイープボルタメトリー (LSV) で評価したところ(図 6)、Pt 表面積当たりの酸素還元活性は KB 担体の場合の約 1.2 倍となり(図 7) また H_2O_2 生成量が少ないことも分かった。他にも、全固体 Li/S 電池の正極 S 担体としての性能も評価し、良好な特性を示すことがわかっている

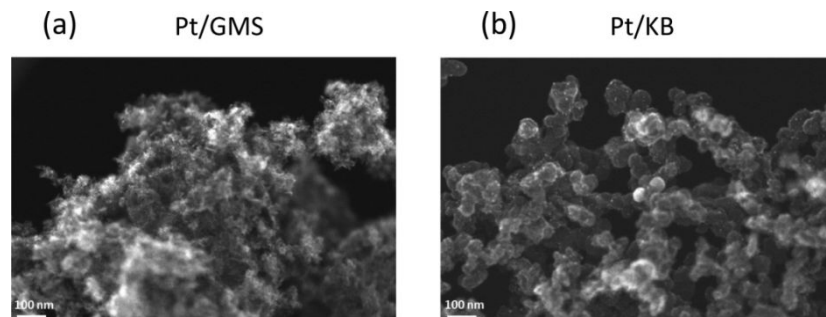


図 5 Pt 担持した(a) GMS とケッチェンブラック (KB) の走査型電子顕微鏡写真. Figures are reprinted from 10.1016/j.electacta.2020.137705, with permission from Electrochimica Acta. Copyright 2021 Elsevier.

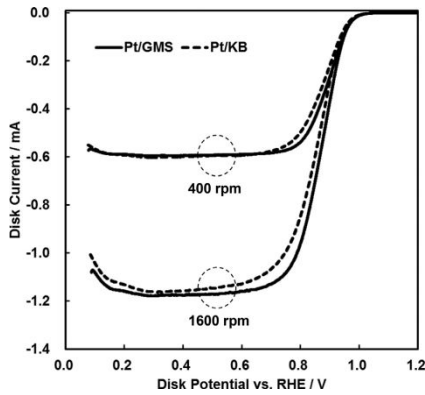


図 6 Pt 担持 GMS と KB の LSV による ORR 活性評価結果. Figures are reprinted from 10.1016/j.electacta.2020.137705, with permission from Electrochimica Acta. Copyright 2021 Elsevier.

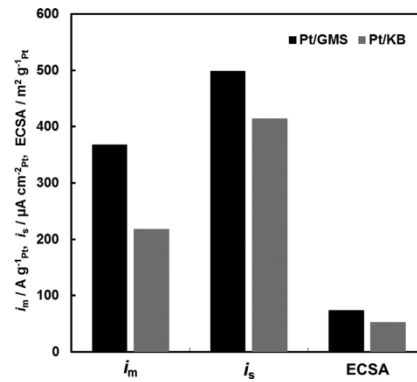


図 7 Pt 担持 GMS と KB の ORR 活性の比較. Figures are reprinted from 10.1016/j.electacta.2020.137705, with permission from Electrochimica Acta. Copyright 2021 Elsevier.

さらに、単層グラフェン多孔体の柔軟に変形する特長に着目し、GMS のみならず類似の材料も含め「ナノスポンジ」という新しい概念を提案した。ナノスポンジに冷媒分子を液体密度で吸着させておき、ナノスポンジを押し付けて変形させると、冷媒が蒸発して気体となって放出され、気化熱によって冷却が可能であることを見出した。反対にナノスポンジを復元させると、気体が液体密度で再吸着し発熱するため、水やアルコールなどの環境に優しい物質を冷媒に利用した、エネルギー効率の高いヒートポンプの設計が可能となることを明らかにした。

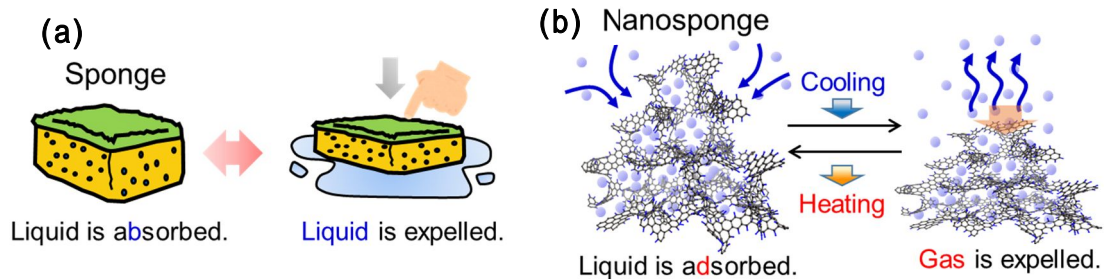


図 8 (a)水を含ませたスポンジを絞った時、(b)水を吸着したナノスポンジを絞った時の比較.

単層グラフェン多孔体「グラフェンメソスポンジ (GMS)」の社会実装に向けた検討も進め、2022 年 2 月 22 日に、東北大発ベンチャー企業として株式会社 3DC を創立した。本研究で基盤技術を開発した単層グラフェン多孔体は、今後電池を中心とした様々な分野で社会実装が進むと期待できる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計28件（うち査読付論文 23件 / うち国際共著 14件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Boonyoung Pawan, Kasukabe Takatoshi, Hoshikawa Yasuto, Berenguer-Murcia ?ngel, Cazorla-Amor?s Diego, Boekfa Bundet, Nishihara Hiroto, Kyotani Takashi, Nueangnoraj Khanin	4. 巻 6
2. 論文標題 A Simple “ Nano-Templating ” Method Using Zeolite Y Toward the Formation of Carbon Schwarzites	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frontiers in Materials	6. 最初と最後の頁 104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fmats.2019.00104	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 Nomura Keita, Nishihara Hiroto, Yamamoto Masanori, Gabe Atsushi, Ito Masashi, Uchimura Masanobu, Nishina Yuta, Tanaka Hideki, Miyahara Minoru T., Kyotani Takashi	4. 巻 10
2. 論文標題 Force-driven reversible liquid?gas phase transition mediated by elastic nanosponges	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 2559
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-019-10511-7	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 -
1. 著者名 Nomura Keita, Nishihara Hiroto, Kobayashi Naoya, Asada Toshihiro, Kyotani Takashi	4. 巻 12
2. 論文標題 4.4 V supercapacitors based on super-stable mesoporous carbon sheet made of edge-free graphene walls	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Energy & Environmental Science	6. 最初と最後の頁 1542 ~ 1549
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8ee03184c	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 Tang Rui, Yamamoto Masanori, Nomura Keita, Morall?n Emilia, Cazorla-Amor?s Diego, Nishihara Hiroto, Kyotani Takashi	4. 巻 457
2. 論文標題 Effect of carbon surface on degradation of supercapacitors in a negative potential range	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Power Sources	6. 最初と最後の頁 228042 ~ 228042
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jpowsour.2020.228042	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 野村啓太、西原洋知、京谷隆	4. 巻 4
2. 論文標題 カーボンナノチューブに勝る高耐久のEDLC電極カーボン材料	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ケミカルエンジニアリング	6. 最初と最後の頁 246 ~ 251
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Tang Rui, Taguchi Kaishi, Nishihara Hiroto, Ishii Takafumi, Morallon Emilia, Cazorla-Amoros Diego, Asada Toshihiro, Kobayashi Naoya, Muramatsu Yasuji, Kyotani Takashi	4. 巻 7
2. 論文標題 Insight into the origin of carbon corrosion in positive electrodes of supercapacitors	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry A	6. 最初と最後の頁 7480 ~ 7488
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8ta11005k	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 Tanaka Hideki, Seto Tatsuru, Nishihara Hiroto, Kyotani Takashi, Miyahara Minoru T.	4. 巻 2018
2. 論文標題 Synthesis of zeolite-templated carbons for methane storage: A molecular simulation study	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 TANSO	6. 最初と最後の頁 197 ~ 203
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7209/tanso.2018.197	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 -

1. 著者名 Takeoka Yukikazu, Iwata Masanori, Seki Takahiro, Nueangnoraj Khanin, Nishihara Hiroto, Yoshioka Shinya	4. 巻 34
2. 論文標題 Structural Coloration of a Colloidal Amorphous Array is Intensified by Carbon Nanolayers	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 4282 ~ 4288
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.8b00242	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 Pan Zheng-Ze, Nishihara Hiroto, Lv Wei, Wang Cong, Luo Yi, Dong Liubing, Song Houfu, Zhang Wenjie, Kang Feiyu, Kyotani Takashi, Yang Quan-Hong	4. 巻 135
2. 論文標題 Microhoneycomb Monoliths Prepared by the Unidirectional Freeze-drying of Cellulose Nanofiber Based Sols: Method and Extensions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Visualized Experiments	6. 最初と最後の頁 e57144
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3791/57144	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 Pan Zheng-Ze, Lv Wei, He Yan-Bing, Zhao Yan, Zhou Guangmin, Dong Liubing, Niu Shuzhang, Zhang Chen, Lyu Ruiyang, Wang Cong, Shi Huifa, Zhang Wenjie, Kang Feiyu, Nishihara Hiroto, Yang Quan-Hong	4. 巻 5
2. 論文標題 A Nacre-Like Carbon Nanotube Sheet for High Performance Li-Polysulfide Batteries with High Sulfur Loading	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Advanced Science	6. 最初と最後の頁 1800384 ~ 1800384
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/advs.201800384	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 Nishihara Hiroto, Ohtake Fumihide, Castro-Muniz Alberto, Itoi Hiroyuki, Ito Masashi, Hayasaka Yuuichiro, Maruyama Jun, Kondo Junko N., Osuga Ryota, Kyotani Takashi	4. 巻 6
2. 論文標題 Enhanced hydrogen chemisorption and spillover on non-metallic nickel subnanoclusters	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry A	6. 最初と最後の頁 12523 ~ 12531
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8ta02561d	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 Nishihara H., Kyotani T.	4. 巻 54
2. 論文標題 Zeolite-templated carbons ? three-dimensional microporous graphene frameworks	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 5648 ~ 5673
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8cc01932k	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 Wang Cong, Pan Zheng Ze, Lv Wei, Liu Bilu, Wei Jie, Lv Xiaohui, Luo Yi, Nishihara Hiroto, Yang Quan Hong	4. 巻 15
2. 論文標題 A Directional Strain Sensor Based on Anisotropic Microhoneycomb Cellulose Nanofiber Carbon Nanotube Hybrid Aerogels Prepared by Unidirectional Freeze Drying	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Small	6. 最初と最後の頁 1805363 ~ 1805363
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/smll.201805363	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 系井弘行, 西原洋知, 京谷隆	4. 巻 59
2. 論文標題 ゼオライト鋳型炭素上での水素のスピルオーバー ~ 水素吸蔵材料を目指して ~	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 触媒	6. 最初と最後の頁 263 ~ 267
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 西原洋知	4. 巻 31
2. 論文標題 カーボン系材料のナノ空間制御と応用に関する研究	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Adsorption News	6. 最初と最後の頁 3 ~ 7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 西原洋知	4. 巻 28
2. 論文標題 カーボン電極の劣化機構と高耐食性電極材料の開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 キャパシタ技術	6. 最初と最後の頁 1 ~ 23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Zhang Bin, Luo Chong, Zhou Guangmin, Pan Zheng Ze, Ma Jiabin, Nishihara Hiroto, He Yan Bing, Kang Feiyu, Lv Wei, Yang Quan Hong	4. 巻 31
2. 論文標題 Lamellar MXene Composite Aerogels with Sandwiched Carbon Nanotubes Enable Stable Lithium/Sulfur Batteries with a High Sulfur Loading	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advanced Functional Materials	6. 最初と最後の頁 2100793 ~ 2100793
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adfm.202100793	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 Yu Wei, Wu Xinbin, Liu Sijie, Nishihara Hiroto, Li Liangliang, Nan Ce-Wen	4. 巻 38
2. 論文標題 A volatile redox mediator boosts the long-cycle performance of lithium-oxygen batteries	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Energy Storage Materials	6. 最初と最後の頁 571 ~ 580
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ensm.2021.04.003	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 Yamamoto Masanori, Goto Shunsuke, Tang Rui, Nomura Keita, Hayasaka Yuichiro, Yoshioka Youichi, Ito Masashi, Morooka Masahiro, Nishihara Hiroto, Kyotani Takashi	4. 巻 13
2. 論文標題 Nano-Confinement of Insulating Sulfur in the Cathode Composite of All-Solid-State Li/S Batteries Using Flexible Carbon Materials with Large Pore Volumes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 38613 ~ 38622
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.1c10275	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 Wee Jae-Hyung, Nomura Keita, Nishihara Hiroto, Kim Doo-Won, Hong Seungki, Choi Go Bong, Yeo Sang Young, Kim Jin Hee, Jung Ho-Young, Kim Yoong Ahm	4. 巻 185
2. 論文標題 Edgeless porous carbon coating for durable and powerful lead-carbon batteries	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Carbon	6. 最初と最後の頁 419 ~ 427
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbon.2021.09.046	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 Sunahiro Shogo, Nomura Keita, Goto Shunsuke, Kanamaru Kazuya, Tang Rui, Yamamoto Masanori, Yoshii Takeharu, N. Kondo Junko, Zhao Qi, Ghulam Nabi Azeem, Crespo-Otero Rachel, Di Tommaso Devis, Kyotani Takashi, Nishihara Hiroto	4. 巻 9
2. 論文標題 Synthesis of graphene mesosponge via catalytic methane decomposition on magnesium oxide	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry A	6. 最初と最後の頁 14296 ~ 14308
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d1ta02326h	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 Ohma Atsushi, Furuya Yoshihisa, Mashio Tetsuya, Ito Masashi, Nomura Keita, Nagao Tomohiko, Nishihara Hiroto, Jinnai Hiroshi, Kyotani Takashi	4. 巻 370
2. 論文標題 Elucidation of oxygen reduction reaction and nanostructure of platinum-loaded graphene mesosponge for polymer electrolyte fuel cell electrocatalyst	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Electrochimica Acta	6. 最初と最後の頁 137705 ~ 137705
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.electacta.2020.137705	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 Matsui Yusaku, Yamada Tetsuya, Suzuki Sayaka, Yoshii Takeharu, Nishihara Hiroto, Teshima Katsuya	4. 巻 4
2. 論文標題 One-Step Fabrication of Homogeneous Ta ₃ Crystal Photoanodes Using TaF ₅ Evaporation Supply for Photoelectrochemical Water Splitting	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Applied Energy Materials	6. 最初と最後の頁 2690 ~ 2695
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaem.0c03231	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 Gabe Atsushi, Ouzzine Mohammed, Taylor Erin E., Stadie Nicholas P., Uchiyama Naoki, Kanai Tomomi, Nishina Yuta, Tanaka Hideki, Pan Zheng-Ze, Kyotani Takashi, Nishihara Hiroto	4. 巻 9
2. 論文標題 High-density monolithic pellets of double-sided graphene fragments based on zeolite-templated carbon	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry A	6. 最初と最後の頁 7503 ~ 7507
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0ta11625d	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 Atwa Marwa, Li Xiaon, Wang Zhaoxuan, Dull Samuel, Xu Shicheng, Tong Xia, Tang Rui, Nishihara Hiroto, Prinz Fritz, Birss Viola	4. 巻 8
2. 論文標題 Scalable nanoporous carbon films allow line-of-sight 3D atomic layer deposition of Pt: towards a new generation catalyst layer for PEM fuel cells	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials Horizons	6. 最初と最後の頁 2451 ~ 2462
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d1mh00268f	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 西原洋知	4. 巻 73
2. 論文標題 単層グラフェンナノ多孔体	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 化学と工業	6. 最初と最後の頁 878
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 西原洋知	4. 巻 45
2. 論文標題 単層グラフェンを構成要素とするナノ多孔質材料	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Colloid & Interface Communication	6. 最初と最後の頁 23 ~ 26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Yoshii Takeharu, Umemoto Daiki, Yamamoto Masanori, Kuwahara Yasutaka, Nishihara Hiroto, Mori Kohsuke, Kyotani Takashi, Yamashita Hiromi	4. 巻 12
2. 論文標題 Pyrene Thiol modified Pd Nanoparticles on Carbon Support: Kinetic Control by Steric Hinderance and Improved Stability by the Catalyst Support Interaction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ChemCatChem	6. 最初と最後の頁 5880 ~ 5887
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cctc.202000987	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 -

〔学会発表〕 計82件（うち招待講演 34件 / うち国際学会 29件）

1. 発表者名 Masanori Yamamoto, Keita Nomura, Hiromoto Nishihara, Atsushi Gabe, Takashi Kyotani
2. 発表標題 Reversible Liquid-Gas Phase Transition by the Force-driven Deformation of Elastic Nanostructured Carbon Materials
3. 学会等名 Okinawa Colloids 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Rui Tang, Hirotomo Nishihara, Keita Nomura, Masanori Yamamoto, Takashi Kyotani
2. 発表標題 Reactants and reaction sites in degradation reactions of supercapacitors using organic electrolytes
3. 学会等名 The 17th Japan-China-Korea Joint Symposium on Carbon Saves the Earth (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mohammed Ouzzine, J. P. Marco, Hiromoto Nishihara, Takashi Kyotani
2. 発表標題 High-surface area zeolite templated carbon (ZTC) materials for methane storage
3. 学会等名 CESEP'19 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiromoto Nishihara, Keita Nomura, Masanori Yamamoto, Masashi Ito, Masanobu Uchimura, Hideki Tanaka, Minoru T. Miyahara, Takashi Kyotani
2. 発表標題 New refrigeration systems based on forced desorption/readsorption of refrigerants in elastic nanoporous materials
3. 学会等名 FOA13 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiromoto Nishihara, Keita Nomura, Naoya Kobayashi, Toshihiro Asada, Takashi Kyotani
2. 発表標題 Mesoporous carbon sheets made of edge-free graphene walls for ultra-stable supercapacitors
3. 学会等名 Carbon2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野村啓太, 西原洋知, 田中秀樹, 宮脇仁, 寺内正己, 大友季哉, 池田一貴, 京谷隆
2. 発表標題 グラフェンナノスポンジ形成における熱処理温度の影響の解明
3. 学会等名 第19回東北大学多元物質科学研究所研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野村啓太, 西原洋知, 田中秀樹, 宮脇仁, 寺内正己, 大友季哉, 池田一貴, 京谷隆
2. 発表標題 熱処理によるグラフェンナノスポンジ形成機構の解明
3. 学会等名 第46回炭素材料学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 唐睿, 山本雅納, 西原洋知, 京谷隆
2. 発表標題 電気二重層キャパシタの電極表面構造と劣化反応の関係
3. 学会等名 第33回日本吸着学会研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西原洋知, 野村啓太, 山本雅納, 伊藤仁, 内村允宣, 田中秀樹, 宮原稔, 京谷隆
2. 発表標題 弾性変形する炭素ナノ多孔体を利用した気液相転移と冷凍システムへの展開
3. 学会等名 炭素材料第117委員会第331回委員会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 応力で自在に変形する超空間をもつグラフェン系柔軟多孔性材料の調製と機能開拓
3. 学会等名 第2回超空間ミーティング
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 砂廣昇吾, 野村啓太, 後藤駿輔, 山本雅納, 干川康人, 西原洋知, 京谷隆
2. 発表標題 塩酸に可溶性な鋳型と化学気相蒸着を用いたメソ多孔性炭素の開発
3. 学会等名 第46回炭素材料学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 後藤駿輔, 野村啓太, 山本雅納, 西原洋知, 伊藤仁, 内村允宣, 京谷隆
2. 発表標題 アルミナナノ粒子を用いたグラフェンメソスポンジの作製および炭素成長機構の解明
3. 学会等名 第46回炭素材料学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 後藤駿輔, 野村啓太, 山本雅納, 西原洋知, 伊藤仁, 内村允宣, 京谷隆
2. 発表標題 アルミナナノ粒子への化学気相蒸着によるカーボン堆積機構の検討
3. 学会等名 高分子・ハイブリッド材料研究センター 2019 PHyM シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 我部篤, 高月瑛, 西原洋知, 平谷正彦, 金枝雅人, 栗原祥晃, 京谷隆
2. 発表標題 様々な条件で酸化処理した炭素粉末を触媒としたセルロースの加水分解
3. 学会等名 高分子・ハイブリッド材料研究センター 2019 PHyM シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Rui Tang, Kaihsi Taguchi, Hiromoto Nishihara, Takafumi Ishii, Keita Nomura, Masanori Yamamoto, Emilia Morallon, Diego Cazorla-Amoros, Toshihiro Asada, Naoya Kobayashi, Takashi Kyotani
2. 発表標題 Understanding the effect of carbon structure on the degradation of organic electrolyte-based supercapacitors
3. 学会等名 学振第117委員会第330回委員会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shunsuke Goto, Keita Nomura, Masanori Yamamoto, Hiromoto Nishihara, Masashi Ito, Masanobu Uchimura, Takashi Kyotani
2. 発表標題 Template synthesis of graphene mesosponges using different types of alumina nanoparticles
3. 学会等名 2019年度 化学系学協会東北大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroto mo Nishihara, Keita Nomura, Masanori Yamamoto, Masashi Ito, Masanobu Uchimura, Hideki Tanaka, Minoru T. Miyahara, Takashi Kyotani
2. 発表標題 Force-driven reversible liquid-gas phase transition mediated by elastic nanoporous carbon materials
3. 学会等名 CESEP'19 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroto mo Nishihara, Keita Nomura, Rui Tang, Takashi Kyotani
2. 発表標題 Challenge to overcome carbon corrosion in supercapacitors
3. 学会等名 Workshop on Catalytic Reactions with Ion Transfer through Interfaces (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroto mo Nishihara
2. 発表標題 Nanoporous materials with single-layer graphene walls
3. 学会等名 Okinawa Colloids 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroto mo Nishihara
2. 発表標題 Development and applications of nanoporous materials consisting of single-layer graphene walls
3. 学会等名 The 17th Japan-China-Korea Joint Symposium on Carbon Saves the Earth (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 グラフェンメソスポンジ
3. 学会等名 炭素材料第117委員会 令和元年度特別講演会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 高温・高電圧で安定な電気二重層キャパシタ電極の開発
3. 学会等名 第50回 中部化学関係学協会支部連合秋季大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 応力で変形する柔軟なナノ多孔体を利用した吸脱着制御
3. 学会等名 第29回吸着シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 やわらかいナノ多孔性カーボン材料
3. 学会等名 第8回MaSC技術交流会“Real Exchange”（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 錯体とカーボンの融合
3. 学会等名 分子研研究会「錯体化学を基盤とした階層構造制御と機能発現」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 化学構造が見える3次元カーボン構造体
3. 学会等名 名古屋大学伊丹ERATOセミナー(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 化学構造が見える3次元カーボン構造体
3. 学会等名 理工学部講演会・関学有機化学セミナー(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 化学構造が見える3次元カーボン構造体
3. 学会等名 第124回黒鉛化合物研究会(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 構造が見える3次元のカーボン構造体
3. 学会等名 GIC平成30年度第57回研修セミナー（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 化学構造が見える3次元カーボン構造体
3. 学会等名 第69回コロナおよび界面化学討論会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 炭素系多孔体 - 鋳型法と新しいアプローチ -
3. 学会等名 2018年度第7回CPC研究会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西原洋知, 藤本宏之, 糸井弘行, 野村啓太, 田中秀樹, 宮原稔, 池田一貴, 大友季哉, 京谷隆
2. 発表標題 計算科学と中性子回折を援用したゼオライト鋳型炭素の構造解析
3. 学会等名 日本学術振興会炭素材料第117委員会第325回委員会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 5. 長尾知彦, 磯野弘明, 野村啓太, 西原洋知, 京谷 隆, 古谷佳久, 伊藤 仁, 大間敦史, 陣内浩司
2. 発表標題 電子顕微鏡を用いた燃料電池向け電極触媒層の構造観察と解析
3. 学会等名 第67回高分子討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keita Nomura, Hiromoto Nishihara, Tomoya Shimura, Toshihiro Asada, Naoya Kobayashi, Takashi Kyotani
2. 発表標題 Extraordinarily stable supercapacitor electrodes based on 3D mesoporous carbon consisting of edge-free graphene walls
3. 学会等名 第55回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiromoto Nishihara, Keita Nomura, Masanori Yamamoto, Masashi Ito, Masanobu Uchimura, Takashi Kyotani
2. 発表標題 New refrigeration systems based on elastic nanosponges consisting of graphene
3. 学会等名 第55回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高月瑛, 西原洋知, 平谷正彦, 金枝雅人, 栗原祥晃, 京谷隆
2. 発表標題 酸化処理したカーボンブラックを触媒としたセルロースの加水分解
3. 学会等名 炭素材料第117委員会 第328回委員会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野村啓太, 西原洋知, 志村智也, 浅田敏広, 小林直哉, 京谷隆
2. 発表標題 エッジフリーなグラフェンメソスポンジの高耐電圧キャパシタ電極への応用
3. 学会等名 第45回炭素材料学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高月瑛, 西原洋知, 平谷正彦, 金枝雅人, 栗原祥晃, 京谷隆
2. 発表標題 酸化処理した炭素粉末を触媒としたセルロースの加水分解
3. 学会等名 第45回炭素材料学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masanori Yamamoto, Keita Nomura, Hiromoto Nishihara, Masashi Ito, Masanobu Uchimura, Takashi Kyotani
2. 発表標題 Control of Gas-Liquid Phase Transition of Green Refrigerants on Nanostructured Porous Carbon Materials
3. 学会等名 第45回炭素材料学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野村啓太, 西原洋知, 志村智也, 浅田敏広, 小林直哉, 京谷隆
2. 発表標題 エッジフリーなグラフェン構造の電気化学的な安定性と高耐電圧性スーパーキャパシタへの応用
3. 学会等名 第11回酸化グラフェンシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 酸化グラフェンと酸化しないグラフェン
3. 学会等名 第11回酸化グラフェンシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高月瑛, 西原洋知, 平谷正彦, 金枝雅人, 栗原祥晃, 京谷隆
2. 発表標題 酸化処理したカーボンブラックを触媒としたセルロースの加水分解
3. 学会等名 第11回酸化グラフェンシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroto Nishihara
2. 発表標題 Chemistry of ordered carbonaceous frameworks
3. 学会等名 International mini-symposium on molecular and hybrid materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroto Nishihara
2. 発表標題 Graphene Mesosponge for Ultra-Stable Supercapacitor Electrode
3. 学会等名 The Second International Conference on Energy Storage Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mohammed Ouzzine, Mao Ohawada, Hiroto Nishihara, Takashi Kyotani
2. 発表標題 Hydrogen storage on high-surface area carbon pellets
3. 学会等名 Carbon2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Rui Tang, Kaihsi Taguchi, Hiroto Nishihara, Takafumi Ishii, Emilia Morallon, Diego Cazorla-Amoros, Toshihiro Asada, Naoya Kobayashi, Takashi Kyotani
2. 発表標題 Analysis of Electrochemical Degradation of Carbon Materials from a Molecular Point of View
3. 学会等名 CESEP ' 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Akira Takatsuki, Hiroto Nishihara, Tsuyoshi Michinobu, Takashi Kyotani
2. 発表標題 Synthesis of microporous fullerene polymers by Prato reaction
3. 学会等名 International ERATO Itami Molecular Nanocarbon Symposium 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Keita Nomura, Hiroto Nishihara, Tomoya Shimura, Takashi Kyotani
2. 発表標題 Unique Properties of Sponge-Like Mesoporous Carbon with Coalesced Graphenes
3. 学会等名 International ERATO Itami Molecular Nanocarbon Symposium 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Keita Nomura, Hiroto Nishihara, Tomoya Shimura, Shunsuke Kobayashi, Takashi Kyotani
2. 発表標題 Tough and elastic graphene-based nanoporous material
3. 学会等名 International Forum on Graphene 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Keita Nomura, Hiroto Nishihara, Tomoya Shimura, Toshihiro Asada, Naoya Kobayashi, Takashi Kyotani
2. 発表標題 Unique properties of graphene-based mesoporous carbon
3. 学会等名 CESEP ' 201 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hiroto Nishihara, Keita Nomura, Takashi Kyotani
2. 発表標題 Elastic Graphene Mesosponge with Large Surface Area and Minimal Edge Sites
3. 学会等名 Nanoporous Materials VIII (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Mohammed Ouzzine, Yosuke Sato, Alberto Castro Muniz, Hiroyuki Itoi, Hiroto Nishihara, Takashi Kyotani
2. 発表標題 High Pressure Hydrogen Adsorption In Zeolite Templated Carbon
3. 学会等名 XXVI International Materials Research Congress (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Mohammed Ouzzine, Yosuke Sato, Mao Ohwada, Alberto Castro Muniz, Hiroyuki Itoi, Hiroto Nishihara, Takashi Kyotani
2. 発表標題 High Pressure Hydrogen Storage in Zeolite-Templated Carbon
3. 学会等名 2017 French & Japanese Seminar on Carbon Materials (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ouzzine Mohammed, 佐藤耀介, Alberto Muniz Castro, 大和田真生, 西原洋知, 京谷隆
2. 発表標題 Preparation of high-surface area carbon pellets for hydrogen storage
3. 学会等名 第44回炭素材料学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Akira Takatsuki, Hiroto Nishihara, Tsuyoshi Michinobu, Takashi Kyotani
2. 発表標題 Synthesis of microporous fullerene polymers
3. 学会等名 平成29年度化学系学協会東北大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高月瑛, 道信 剛志, 西原洋知, 京谷隆
2. 発表標題 Prato反応によるマイクロ多孔性フラーレンポリマーの合成
3. 学会等名 第55回炭素材料夏季セミナー
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高月瑛, 西原洋知, 京谷隆
2. 発表標題 乾式粉碎した炭素粉末を触媒としたセルロースの加水分解
3. 学会等名 第44回炭素材料学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高月瑛, 西原洋知, 平谷正彦, 金枝雅人, 栗原祥晃, 京谷隆
2. 発表標題 乾式粉碎した炭素粉末を触媒としたセルロースの加水分解
3. 学会等名 PHYM若手フォーラム2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤耀介, 糸井弘行, Mohammed Ouzzine, Alberto Castro Muniz, 西原洋知, 京谷隆
2. 発表標題 有機金属錯体からの金属担持多孔質炭素の合成と水素貯蔵への応用
3. 学会等名 第44回炭素材料学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 唐睿, 田口海志, 浅田敏広, 小林直哉, 西原洋知, 京谷隆
2. 発表標題 Effect of chemical modification on the electrochemical stability of activated carbon as an electrode of supercapacitor
3. 学会等名 第44回炭素材料学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 野村啓太, 西原洋知, 浅田敏広, 小林直哉, 京谷隆
2. 発表標題 グラフェンからなる多孔質材料の電気化学キャパシタへの応用と高温・高電圧下における耐久性
3. 学会等名 第44回炭素材料学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hirotomo Nishihara
2. 発表標題 Design and development of functional porous materials
3. 学会等名 Conferences de Chimie Hiver 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hirotomo Nishihara, Takashi Kyotani
2. 発表標題 Template synthesis of graphene-based nanocarbons for energy applications
3. 学会等名 XXVI International Materials Research Congress (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takashi Kyotani, Hirotomo Nishihara
2. 発表標題 Graphene-based nanoporous carbons for energy applications
3. 学会等名 CBNM6 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takashi Kyotani, Hiroto Nishihara
2. 発表標題 Template synthesis of graphene-based carbons for energy applications
3. 学会等名 International Symposium on Materials for Chemistry and Engineering (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 野村啓太, 西原洋知, 京谷隆
2. 発表標題 高い耐久性をもつグラフェンメソ多孔体の電気化学キャパシタへの応用
3. 学会等名 第66回高分子討論会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 弾性変形するナノ多孔体を利用した水の相転移に基づく革新的ヒートポンプの開発
3. 学会等名 第6回新化学技術研究奨励賞受賞記念講演会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 従来に無い機能をもつハイブリッド炭素ナノ材料の創製
3. 学会等名 第20回東北大学多元物質科学研究所研究発表会 (招待講演)
4. 発表年 2020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 2020年炭素材料学会基礎講習会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 多形なカーボン材料開発
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ2020（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 電極カーボン材料における高耐食性と高比表面積の両立
3. 学会等名 電気化学会第87回大会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 比表面積、導電性、耐食性、柔軟性に優れた新素材「グラフェンメソスポンジ」
3. 学会等名 第1回東北大学材料科学ウェビナー（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 河邊佑典、唐睿、西原洋知、福間剛士、高橋康史
2. 発表標題 走査型電気化学セル顕微鏡を用いた電気二重層キャパシタ材料の局所電気化学計測
3. 学会等名 電気化学会第87回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Rui Tang, Yusuke Kawabe, Yasufumi Takahashi, Masanori Yamamoto, Hiroto Nishihara, Takashi Kyotani
2. 発表標題 Effect of Carbon Surface on Electrochemical Degradation of Organic Electrolyte-Based Supercapacitors
3. 学会等名 The 3rd Symposium for The Core Research Clusters for Materials Science and Spintronics (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Rui Tang, Keita Nomura, Hiroto Nishihara
2. 発表標題 The effect of defects and graphene stacking on electrochemical capacitance in graphene-based model frameworks
3. 学会等名 第47回炭素材料学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Rui Tang, Keita Nomura, Takashi Kyotani, Hiroto Nishihara
2. 発表標題 Electrochemical capacitance in graphene based model frameworks: the effect of defect amount and graphene stacking number
3. 学会等名 第20回東北大学多元物質科学研究所研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroto Nishihara
2. 発表標題 Carbon-based functional porous materials
3. 学会等名 Tohoku-Melbourne Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroto Nishihara
2. 発表標題 Template synthesis for functional carbon materials with drawable frameworks
3. 学会等名 Research seminar in School of Biological and Chemical Sciences in Queen Mary University of London (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroto Nishihara
2. 発表標題 Functional Porous Materials Based on Single-layer Graphene Walls
3. 学会等名 International webinar on "Advanced Materials for Functional & Sustainable Application" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroto Nishihara
2. 発表標題 Functional Porous Materials Using Advantages of Graphene
3. 学会等名 The 3rd Symposium for the Core Research Clusters for Materials Science and Spintronics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 Nanoporous frameworks with single-layer graphene walls towards gyroid graphenes
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西原洋知
2. 発表標題 Functional nanoporous materials with single-graphene walls
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会（招待講演）
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 西原洋知、野村啓太、京谷隆	4. 発行年 2019年
2. 出版社 CPC研究会	5. 総ページ数 8
3. 書名 炭素材料の研究開発動向2019（分著）	

1. 著者名 西原洋知	4. 発行年 2018年
2. 出版社 日本学術振興会 炭素材料 第117委員会	5. 総ページ数 5
3. 書名 炭素材料科学の進展（分著）	

〔出願〕 計15件

産業財産権の名称 加水分解用触媒	発明者 栗原祥晃、金枝雅人、平谷正彦、京谷隆、西原洋知、高月	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2019/17474	出願年 2019年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 炭素触媒、及び水溶性糖類の製造方法	発明者 栗原祥晃、金枝雅人、平谷正彦、京谷隆、西原洋知、高月	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2019/17305	出願年 2019年	国内・外国の別 外国
産業財産権の名称 熱交換装置	発明者 伊藤仁、内村允宣、京谷隆、西原洋知、野村啓太、山本雅納	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2019-021855	出願年 2019年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 硫黄活物質含有電極組成物、並びにこれを用いた電極および電池	発明者 吉岡洋一、伊藤仁、諸岡正浩、京谷隆、西原洋知、野村啓	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2019-031805	出願年 2019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、京谷隆、西原洋知、野村啓太	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2019-21257	出願年 2019年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 加水分解用触媒	発明者 栗原祥晃、金枝雅人、平谷正彦、京谷隆、西原洋知、高月	権利者 日立化成株式会社、東北大学
産業財産権の種類、番号 特許、2018-213683	出願年 2018年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 キャパシタ及びキャパシタ用電極	発明者 小林直哉ほか8名	権利者 TPR株式会社、TOCキャパシタ株式会社、東北大学
産業財産権の種類、番号 特許、2018-197975	出願年 2018年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 キャパシタ及びキャパシタ用電極	発明者 小林直哉、浅田敏広、京谷隆、西原洋知、野村啓太	権利者 TPR株式会社、TOCキャパシタ株式会社、東北大学
産業財産権の種類、番号 特許、2018-197974	出願年 2018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 伊藤仁、内村允宣、京谷隆、西原洋知、野村啓太	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、2018-021766	出願年 2018年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 炭素触媒、及び水溶性糖類の製造方法	発明者 栗原祥晃、金枝雅人、平谷正彦、京谷隆、西原洋知、高月	権利者 日立化成株式会社、東北大学
産業財産権の種類、番号 特許、2018-082980	出願年 2018年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 キャパシタ	発明者 小林直哉、浅田敏広、京谷隆、西原洋知、野村啓太	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2017-233848	出願年 2017年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 キャパシタ及びキャパシタ電極用耐電圧活物質の製造方法	発明者 小林直哉、浅田敏 広、京谷隆、西原洋 知、唐睿	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2017-203835	出願年 2017年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 リチウム空気電池用正極およびリチウム空気電池	発明者 西原洋知、YU WEI	権利者 東北大学
産業財産権の種類、番号 特許、2021-113982	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 日産自動車株式 会社、東北大学
産業財産権の種類、番号 特許、2021-190194	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 発電体	発明者 塚田佳子、伊藤仁、 西原洋知、吉井文 晴、山部咲知	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、2021-186594	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

<p>新素材「グラフェンメソスポンジ」の安価な製造法を開発 https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2021/06/press20210601-02.html 電池性能をUPさせるカーボン新素材「グラフェンメソスポンジ」のサンプル提供を開始 https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2021/05/press20210510-01-gms.html ナノの孔をもつスポンジを利用した自然冷媒で動作する高効率ヒートポンプを提案 https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2019/06/press20190618-01-sponge.html Research News https://www.tohoku.ac.jp/en/press/forcedriven_liquid_gas_transition.html カーボンナノチューブに勝る高耐久のキャパシタ電極カーボンを開発 https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2019/02/press-20190207-01-carbon.html Tohoku University Press Release https://www.tohoku.ac.jp/en/press/press20190207_new_materials.html</p>

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
研究 分 担 者	京谷 隆 (Takashi Kyotani) (90153238)	東北大学・多元物質科学研究所・教授 (11301)	
研究 分 担 者	干川 康人 (Yasuto Hoshikawa) (90527839)	東北大学・多元物質科学研究所・助教 (11301)	

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			
スペイン	Instituto Nacional del Carbon	University of Alicante		
中国	Tsinghua University	Tianjin University		
米国	Stanford University	Montana State University		
カナダ	University of Calgary			