

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17H01200

研究課題名(和文) ナノシートハイブリッドによる極性場からの機能創製とデバイス開発

研究課題名(英文) Function creation and device development based on polar field of nanosheet hybrid

研究代表者

速水 真也 (Hayami, Shinya)

熊本大学・大学院先端科学研究部(理)・教授

研究者番号：30321912

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、酸化グラフェン(GO)とその還元体である(rGO)ナノシートにおける機能探索(伝導性を示すことを世界に先駆けて見出すことに成功し、固体電解質としての可能性を示唆することができた。またGOを種々に還元したrGOは、p型半導体あるいはn型半導体の制御に成功し、オールカーボンでのpn接合に成功した。またrGOの光触媒による水の分解なども観測することに成功した。さらにGOの酸素官能基に着目し、GOハイブリッドおよびrGOハイブリッドの合成および多機能性発現に成功した。さらにGOおよびrGOさらにはそれらのハイブリッドを用いた、燃料電池、スーパーキャパシタのデバイス開発まで行うことができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

化学的あるいは電気化学的による単層剥離によるナノシートおよびそれらハイブリッドの形成は、種々のナノシートを作製する有用な手法となり、今後、未開拓の分野であるナノシートおよびそれらハイブリッドによる新機能物質の先駆的開拓であり、それらから得られる特異的な機能性に関して未知なる可能性を秘めた探索となった。本研究結果において、スーパーマテリアルと位置付けたナノシートハイブリッドに基づいたデバイス・触媒の研究開発およびそれらの未来技術創発は、社会に大きなインパクトを与え、ウェアラブルデバイス・触媒を見据えたナノシート科学の発展に寄与することができた。

研究成果の概要(英文)：In this study, we were the first in the world to successfully find functional search for conductivity in graphene oxide (GO) and its reduced form (rGO) nanosheets, suggesting its potential as a solid electrolyte. In addition, we succeeded in controlling the p- or n-type semiconductors in rGO by various reductions of GO, and succeeded in creating an all-carbon p-n junction. We also succeeded in observing photocatalytic water splitting of rGO. Furthermore, focusing on the oxygen functional group of GO, we succeeded in synthesizing GO hybrids and rGO hybrids, and in developing their multifunctional properties. Furthermore, we were able to develop fuel cell and supercapacitor devices using GO and rGO and their hybrids.

研究分野：機能性材料

キーワード：ナノシート ハイブリッド 酸化グラフェン イオン伝導 燃料電池 キャパシタ

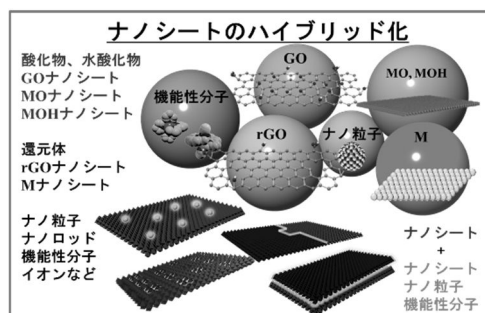
## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

科学技術におけるイノベーション創出をもたらすものは、科学技術的に新しいコンセプトをもたらす基礎・応用的研究である。ナノ材料は色々な分野でイノベーションをもたらす材料として注目されており、なかでも、ナノシートは、二次元性を活かした表面・界面の特性やそれらの電荷による静電的相互作用により、層間に種々のイオン、機能性分子をインターカレートした超格子からなる層状物質を容易に作製できる。この層状物質はホスト層であるナノシートの機能と層間のゲスト種の機能を巧みに組み合わせることが可能であり、イノベーションをもたらす材料として極めて大きな可能性を有している。真の有用な材料としてエネルギーデバイスや触媒の技術革新が渴望されているなか、ナノシートの利用価値が非常に高まってきている。そこで本研究では、GO、MO、MOH ナノシートおよびその還元体である rGO や M ナノシートといった二次元材料を基盤とし、異種物質とのハイブリッド化により形成する“極性場”に着目した機能発現を目指す。基盤となるナノシート上に、異なるナノシートあるいは種々のナノ粒子や機能性分子などの異種物質を化学的にハイブリッド化することで、界面に特異なダイポール(極性)が発現する。これを“極性場”と定義し、極性場に基づく機能開発を行うことで、ナノシートの特徴を最大限に活かしつつ、ハイブリッド極性場における単一ナノシートでは実現不可能な機能発現を目指す。

### 2. 研究の目的

エネルギー問題や環境問題におけるイノベーションが渴望されているなか、ナノシート材料は極めて大きな可能性を有している。その二次元性を活かした表面・界面の特性や、電荷による静電的相互作用によって層間に種々のイオンおよび機能性分子をインターカレートした超格子からなる層状物質を容易に作製できる。この層状物質はホスト層であるナノシートの機能と層間のゲスト種の機能を巧みに組み合わせることも可能であり、多彩な機能設計が可能



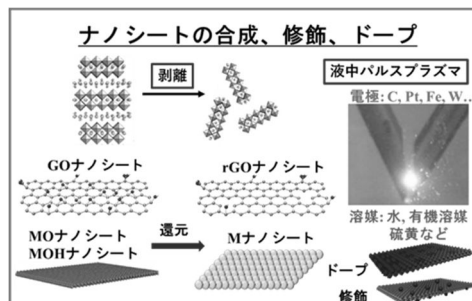
設計が可能ないノベーションをもたらす材料として非常に利用価値が高まってきている。研究代表者らは、GO、MO および MOH ナノシートやそれらの還元体である rGO あるいは M ナノシート、さらにナノシート同士を組み合わせさせたハイブリッドや、ナノシートと種々のナノ粒子や機能性分子とのハイブリッドに着目している。

本研究では、異種のシートや物質との化学的なハイブリッドにより発現する特異なダイポール(極性)を“極性場”と定義し、この極性場に着目した機能発現を目指す。これまでに明らかにされたナノシートの構造や特性、および、申請者のこれまでの研究から得た知見に従い、新規ナノシートの合成および機能創製、ハイブリッド化による極性場の創製、ハイブリッドの極性場に基づいたデバイス・触媒開発に研究開発の焦点を当てる。本研究は、ナノシートの特徴を最大限に活かしつつ、それらのハイブリッドにより得られる極性場における機能発現を目指す。合成、評価、作製、理論を専門とする研究者の強力な連携によるナノシートハイブリッドの技術革新により、多くの革新的なシーズが眠っていると期待される未開拓領域において本研究を強力に推進することで、ナノシートハイブリッド極性場を創出するための指導原理を確立し、ウェアラブルデバイス・触媒を見据えたナノシートハイブリッド科学を推進する。

### 3. 研究の方法

#### (1) GO、MO、MOH、rGO、M ナノシートの合成

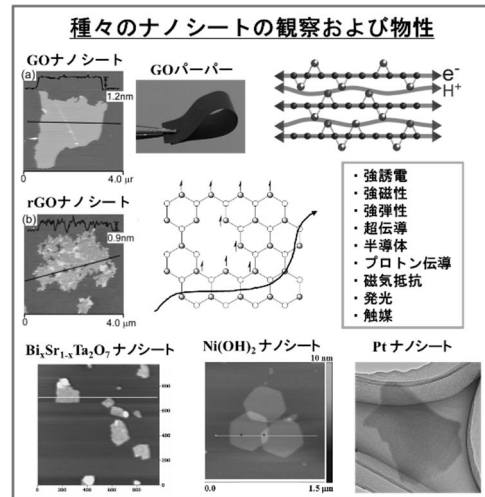
GO ナノシートは原料であるグラファイトを化学的、電気化学的剥離、あるいは液中パルスプラズマにより安価で大量に合成することができる。また溶媒を種々に変えることで溶媒に依存した原子をドーブすることができる。また rGO ナノシートは GO ナノシートをヒドラジンなどの化学還元、アニーリングによる熱還元、紫外線照射による光還元、電気化学還元により合成する。まず、得られた GO と rGO の局所構造に



おける秩序的配置と物性との関連性を究明する。一方、MO および MOH ナノシートは、化学的剥離やパルスプラズマにより合成し、M ナノシートは MO および MOH ナノシートを還元することで合成する。

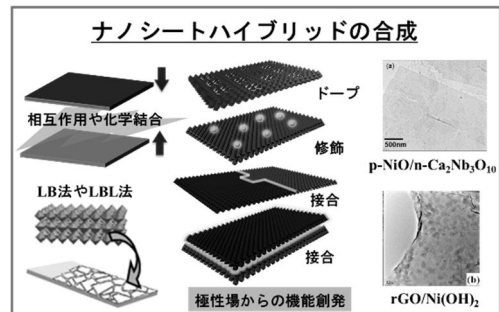
### (2) GO、MO、MOH、rGO、M ナノシートの物性評価

櫛形電極や4端子電極に酸化度や還元法などが異なった GO、rGO サンプルに対して、直流抵抗を含めたインピーダンス測定を行い、電子(またはホール)伝導度とプロトン伝導を測定し、GO や rGO の酸化度、官能基、欠陥の状態との関係を検討する。その他 MO、MOH、M ナノシートについても酸化度、官能基、欠陥の状態との関係を検討する。また様々な還元手法で得られる rGO の半導体特性の制御を試み、pn 接合によるダイオード特性についても評価を行う。MO および MOH ナノシートやそれらの還元体である M ナノシートについても伝導測定を行い、最終的には超電導ナノシートの発現を目指す。さらにナノシートの触媒としての性質についても調べる。また磁性についても詳細に検討し、ナノシートの伝導性と磁性の協奏的多重機能特性についても調べる。



### (3) ナノシートハイブリッドの合成

GO はグラファイトを酸化して合成するため、グラフェン表面に酸素原子や水酸基あるいはカルボキシル基が付加して負に帯電しており、様々なカチオン性の物質とハイブリッドを形成する。その他、GO の酸素官能基としてエポキシ基は 35%程度含まれており、そのエポキシ基に効率よく金属錯体配位子を修飾することに成功した。GO の特性と金属錯体の特性を生かしつつ、GO-金属錯体のハイブリッドを合成する。また GO-金属イオンを還元することで、rGO-金属酸化物ナノ粒子や rGO-金属ナノ粒子のハイブリッドの合成にも一部成功しているほか、rGO-Ni(OH)<sub>2</sub> のナノシート同士のハイブリッドにも成功している。また MO、MOH、M ナノシートのハイブリッド化は、LB(Langmuir-Blodgett)法や LBL(Layer by Layer)法により行う。また CVD(chemical vapor deposition)などを用いたナノシートの接合や液中パルスプラズマ法を用いたナノシートのドーピングや修飾などにより行う。



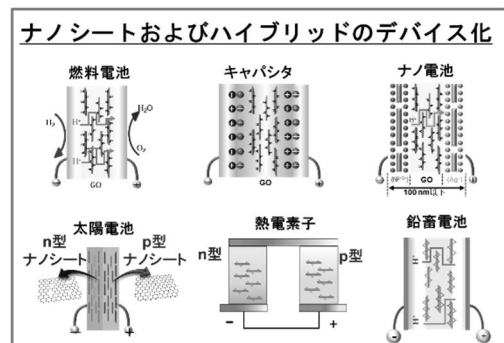
GO ハイブリッドにおいて、プロトン伝導性の向上と付加的な多機能性、例えば磁性や伝導性あるいは誘電性などの機能性を発現する。そこで GO-金属イオンや GO-金属錯体のハイブリッドを静電的な相互作用により容易にハイブリッドを合成し、これらの GO におけるプロトン伝導や発光特性と金属イオンや金属錯体における磁性、伝導性、誘電性、発光特性などをハイブリッドさせることにより多重機能性を協奏的に発現させる。rGO は伝導性や強磁性を示すため、金属イオンや金属錯体との協奏的多重機能性を発現させる。

### (4) ナノシートハイブリッドの物性評価

GO ハイブリッドにおいて、プロトン伝導性の向上と付加的な多機能性、例えば磁性や伝導性あるいは誘電性などの機能性を発現する。そこで GO-金属イオンや GO-金属錯体のハイブリッドを静電的な相互作用により容易にハイブリッドを合成し、これらの GO におけるプロトン伝導や発光特性と金属イオンや金属錯体における磁性、伝導性、誘電性、発光特性などをハイブリッドさせることにより多重機能性を協奏的に発現させる。rGO は伝導性や強磁性を示すため、金属イオンや金属錯体との協奏的多重機能性を発現させる。

### (5) ナノシートを用いたデバイス作製

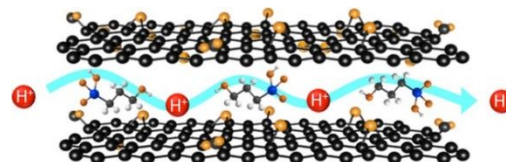
GO ナノシートや Ca<sub>2</sub>Nb<sub>3</sub>O<sub>10</sub> ナノシートなどのプロトン伝導性を固体電解質に用い、rGO ナノシートや Ti<sub>1-x</sub>Nb<sub>x</sub>O<sub>2</sub> ナノシートなどを電極としてハイブリッド化し、燃料電池やスーパーキャパシタを作製する。また種々の MO シートを積層させたハイブリッドでナノ電池の作製も行う。また種々の p 型および n 型の半導体ナノシート (rGO, Ti<sub>0.8</sub>Co<sub>0.2</sub>O<sub>2</sub> など) を作製し、pn 接合を形成させ、ダイオード特性の発現、さらには太陽電池の開発を行う。また pn 接合を用いた熱電素子の開発を目指す。



本研究では、酸化グラフェン(GO)とその還元体である(rGO)ナノシートにおける機能探索・伝導性を示すことを世界に先駆けて見出すことに成功し、固体電解質としての可能性を示唆することができた。またGOを種々に還元したrGOは、p型半導体あるいはn型半導体の制御に成功し、オールカーボンでのpn接合に成功した。またrGOの光触媒による水の分解なども観測することに成功した。さらにGOの酸素官能基に着目し、GOハイブリッドおよびrGOハイブリッドの合成および多機能性発現(磁性と伝導性、プロトン伝導と電子伝導性、電極触媒)に成功した。さらにGOおよびrGOさらにはそれらのハイブリッドを用いた、燃料電池、スーパーキャパシタのデバイス開発まで行うことができた。以下に具体的に示す。

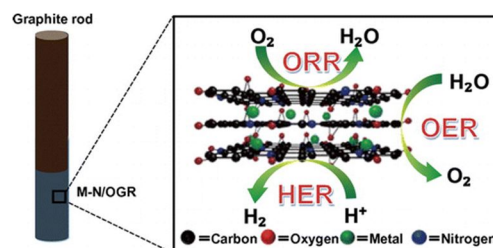
### (1) GOとスルホン酸誘導体とのハイブリッドにおける超プロトン伝導

GOの層間の有機ゲスト分子は通常、GOのプロトン伝導性を低下させる。GOと3-ヒドロキシプロパンスルホン酸(HPS)のハイブリッド材料は、20倍高いプロトン伝導度( $\sigma = 10^{-2} - 10^{-1} \text{ S cm}^{-1}$ )を示し、これはこれまでに報告された炭素系ハイブリッド材料の中でも最高であった。今後、他の類似の酸をゲスト分子として、炭素材料や他の層状材料のプロトン伝導性を向上させることが期待される結果となった。



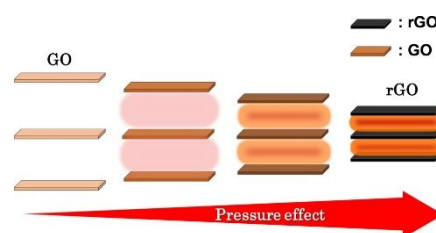
### (2) GOと金属イオンハイブリッドの電極触媒

酸素発生反応(OER)、水素発生反応(HER)、酸素還元反応(ORR)のための単機能電極触媒とは対照的に、 $\text{H}_2$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ を同時に発生させる3機能触媒は、水の電気分解の総合効率を高めるための重要な手段である。本論文では、非貴金属[M=Fe(III), Co(II), Ni(II)]-窒素共ドーパ酸化グラファイトロッド(M-N/OGR)を、3機能性酸素発生・水素発生・酸素還元触媒のin situ作用極として機能させる一連の触媒を紹介し、このハイブリッド触媒の性能は、OGR表面にドーパされたM-N/Coの相乗効果に由来する二重活性サイトメカニズムに大きく関連していると思われる。この結果は、遷移金属と窒素ドーパOGRを用いた最適な触媒活性を持つ多機能電極触媒の開発が、クリーンな電気化学エネルギー貯蔵・変換技術に使用するためのin situ合成電極触媒の新しい扉を開くことができた。



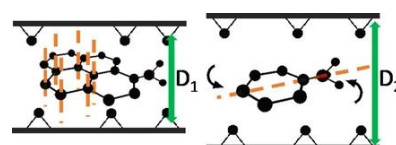
### (3) GO/rGO層におけるナノコンプレッサーの開発

GO/rGO層における層間距離の変化に伴う調整可能な圧力効果を、GO/rGO層の層間に組み込まれた $[\text{Fe}(\text{Htrz})_2(\text{trz})](\text{BF}_4)$ ナノ粒子のスピנקロスオーバー温度( $T_{1/2}$ )の変化を通して実証した。GO-NPコンポジットの熱還元処理温度を上げると、GOからGO/rGO-NPコンポジット、rGOシリーズに沿った層間距離は $9.00 \text{ \AA}$ (GO)から $3.50 \text{ \AA}$ (rGO)へと滑らかに減少することが確認できた。同時に、 $T_{1/2}$ は $351 \text{ K}$ から $362 \text{ K}$ まで増加した。この $T_{1/2}$ の $11 \text{ K}$ の増大は、 $38 \text{ MPa}$ の静水圧下で観測された $[\text{Fe}(\text{Htrz})_2(\text{trz})](\text{BF}_4)$  NPsの $T_{1/2}$ に対応するものである。擬似圧力効果に対する積層構造の影響は、複合材料中にNPとしてではなく、より大きなバルク粒子として存在する $[\text{Fe}(\text{Htrz})_2(\text{trz})](\text{BF}_4)$ の $T_{1/2}$ の違いを調べることによってさらに追求された。それらの結果として、GO/rGO層はナノコンプレッサーとして作用することが分かり、ナノサイズの圧力セルとして用いることができ、今後の圧力実験などに対して大きなブレークスルーを起こした。



### (4) GOとBSにおけるハイブリッドの超イオン伝導

GOとベンゼンスルホン酸(BS)、ナフタレンスルホン酸(NS)、ピレンスルホン酸(PS)、ナフタレンジスルホン酸(ND)との $\pi$ -スタッキングにより、それぞれのGO-BS、GO-NS、GO-PS、GO-ND複合材料を形成することに成功した。これらの材料のプロトン伝導度は、 $\text{GO-NS} > \text{GO-BS} > \text{GO-PS} > \text{GO} > \text{GO-ND}$ のような傾向を示した。最も高い層間距離を持つGO-NSが最適なプロトン伝導性を示した。明らかに、GO-スルホン酸ハイブリッドは優れた超イオン伝導性を示し、今後の固体電解質の開発に道筋を立てることができた。

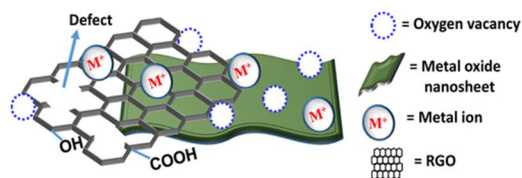


$$D_2 > D_1 \quad D = \text{Interlayer Distance}$$

$$S_2 > S_1 \quad S = \text{Proton Conductivity}$$

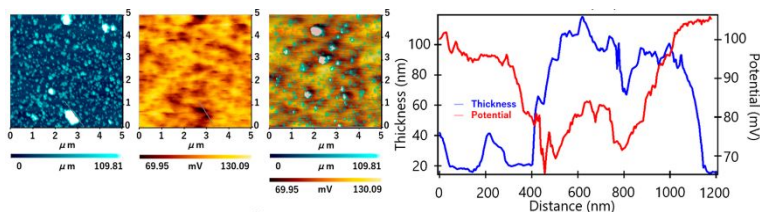
### (5) rGOと異種ナノシートにおけるハイブリッドの超誘電体

還元型酸化グラフェン (rGO) と  $\text{Ca}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$  および  $\text{TiO}_2$  ナノシートを積層して得られた 2 次元ハイブリッドにおいて、高い誘電率 ( $\epsilon_r$ ) が観測された。この複合体の比誘電率は  $10^5$  以上であり、同様の GO 複合体や他の一般的な誘電体材料と比較して驚くほど高い値であることが判明した。その結果、このハイブリッドを高容量スーパーキャパシタ用の超誘電体材料として応用することを検討した。高容量化には、ハイブリッドの表面および最も近いバルク内部での酸素空孔の変化が関与している。グラフェン骨格内の金属酸化物および炭素-酸素極性結合系全体に発生する有効電荷は、誘電分極に大きく影響する。さらに、rGO と金属酸化物の界面における酸素空孔の補充も、分極性に寄与している。これらの結果はスーパーキャパシタを指向した固体電解質の大きな可能性を示唆することができた。



#### (6) グラフェンシートへの異種原子ドーピング

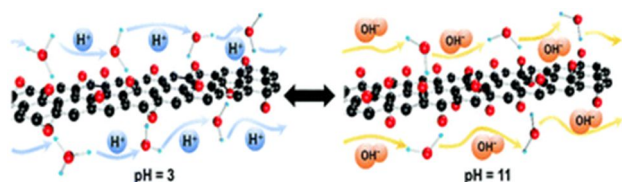
有機塩素系溶媒 ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{CHCl}_3$ ,  $\text{CCl}_4$ ) に浸したグラファイト電極をパルスプラズマで刺激し、グラフェン (G) マトリックスに塩素をドーピングした。ケルビンプローブ力顕微鏡 (KPFM) 測定による仕事関数の研究から、Cl をドーピングした G は半導体のように振る舞い、 $\text{GG@CHCl}_3$  は仕事関数が最も低い値を示すことが明らかとなった。この報告は、G の半導体性を調整する新しい方法を示すだけでなく、様々な有機ハロゲン誘導体で炭素材料をパルスプラズマ処理することにより、G ベースの炭素骨格へのハロゲンのドープレベルを制御できることを示すものであると提案することができた。



数の研究から、Cl をドーピングした G は半導体のように振る舞い、 $\text{GG@CHCl}_3$  は仕事関数が最も低い値を示すことが明らかとなった。この報告は、G の半導体性を調整する新しい方法を示すだけでなく、様々な有機ハロゲン誘導体で炭素材料をパルスプラズマ処理することにより、G ベースの炭素骨格へのハロゲンのドープレベルを制御できることを示すものであると提案することができた。

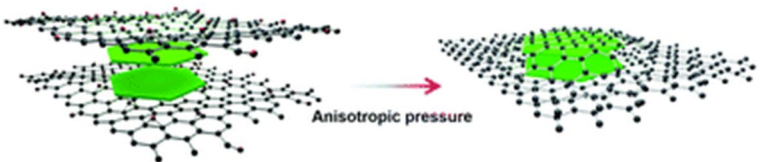
#### (6) GO の pH 依存性によるイオン伝導スイッチング

イオン ( $\text{H}^+/\text{OH}^-$ ) 伝導度は、多くの新しい電気化学的応用において重要な側面を占め、生体内のシグナル伝達、緑色植物の光合成、燃料電池の発電などの重要なプロセスにおいて重要な役割を担っている。これまでのイオン伝導を制御する試みは、相対湿度や温度を変化させることにより、材料表面の構造や物理化学的性質を調節することに集中していた。本研究では、新規な単相 GO ベース  $\text{OH}^-$  伝導体の可能性とともに、イオン伝導種である  $\text{H}^+$  と  $\text{OH}^-$  の pH 誘起スイッチングについて紹介する。本研究で得られた  $\text{H}^+$  と  $\text{OH}^-$  の伝導の値は、過去の報告と同程度である。本研究で見出した  $\text{H}^+$  と  $\text{OH}^-$  の pH スwitchングイオン伝導は、従来の材料分野での新しい用途や可能性を開拓する上で、非常に大きな将来性を与えた。



#### (7) GO と $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ハイブリッドにおける磁性制御

グラフェン、金属酸化物、金属カルコゲナイドなどの 2 次元層状物質の層間空間は、気体の捕捉、イオン移動、水質浄化など、さまざまな用途に利用することが可能である。このような空間では、層間に封入されたゲスト種に「内圧」が発生し、その変化を利用して、特定のゲスト特性を精密に制御することが原理的に可能である。本研究では、酸化グラフェン (GO) と水酸化ニッケル ( $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ) という 2 つの 2 次元材料の混合物を用いて、異方的な  $\text{GO-Ni}(\text{OH})_2$  ハイブリッド 2 次元シートを製作しました。この材料の内圧



は、GO の還元によって調整することができ (rGO を得る) これが  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  の磁気挙動に影響を与えることが示された。  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  の強磁性転移温度 ( $T_c$ ) は層間距離が短くなるにつれて低下し、これはハイブリッドシートに静水圧をかけたときに観察された挙動とは逆であった。2 次元材料の層間に影響を与える単軸圧力は、GO から rGO への還元によって発生し、様々な磁性材料の挙動に影響を与えるだけでなく、他のタイプの機能材料の個々の特性にも影響を与える可能性を与えた。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計66件（うち査読付論文 66件 / うち国際共著 55件 / うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Kusumoto Sotaro, Kim Yang, Nakamura Masaaki, Lindoy Leonard F., Hayami Shinya	4. 巻 49
2. 論文標題 Ferromagnetically Coupled Hydroxo-bridged Heptanuclear Ni(II) Wheel Cluster with S = 7 Ground Spin State	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 24 ~ 27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.190765	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 Karim Mohammad Razaul, Rahman Mohammed M., Asiri Abdullah M., Hayami Shinya	4. 巻 12
2. 論文標題 Branched Alkylamine?Reduced Graphene Oxide Hybrids as a Dual Proton?Electron Conductor and Organic-Only Water-Splitting Photocatalyst	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 10829 ~ 10838
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.9b21200	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 Fukuda Masahiro, Islam Md. Saidul, Shudo Yuta, Yagy Junya, Lindoy Leonard F., Hayami Shinya	4. 巻 56
2. 論文標題 Ion conduction switching between H+ and OH? induced by pH in graphene oxide	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 4364 ~ 4367
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CC00769B	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 Hirano Yui, Beltramini Jorge N., Mori Atsushi, Nakamura Manami, Karim Mohammad Razaul, Kim Yang, Nakamura Masaaki, Hayami Shinya	4. 巻 10
2. 論文標題 Microwave-assisted catalytic conversion of glucose to 5-hydroxymethylfurfural using "three dimensional" graphene oxide hybrid catalysts	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 11727 ~ 11736
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0RA01009J	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 Nakaya Manabu, Kosaka Wataru, Miyasaka Hitoshi, Komatsumaru Yuki, Kawaguchi Shogo, Sugimoto Kunihisa, Zhang Yingjie, Nakamura Masaaki, Lindoy Leonard F., Hayami Shinya	4. 巻 132
2. 論文標題 CO <sub>2</sub> Induced Spin State Switching at Room Temperature in a Monomeric Cobalt(II) Complex with the Porous Nature	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie	6. 最初と最後の頁 10745 ~ 10752
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ange.202003811	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 Fukuda Masahiro, Islam Md. Saidul, Mashimo Tsutomu, Hayami Shinya	4. 巻 49
2. 論文標題 Pulsed Plasma Assisted Cl-Doped Graphene Nano Dots with Semiconducting Property	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 648 ~ 651
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.200108	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 Akiyoshi Ryohei, Kuroiwa Keita, Sakuragi Mina, Yoshimoto Soichiro, Ohtani Ryo, Nakamura Masaaki, Lindoy Leonard F., Hayami Shinya	4. 巻 56
2. 論文標題 Double-layered honeycomb architectures constructed via hierarchical self-assembly of hexagonal spin crossover cobalt(ii) metallacycles	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 5835 ~ 5838
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CC02628J	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 Kusumoto Sotaro, Saso Akira, Ohmagari Hitomi, Hasegawa Miki, Kim Yang, Nakamura Masaaki, Lindoy Leonard F., Hayami Shinya	4. 巻 85
2. 論文標題 Solvent Dependent Bending Ability of Salen Derived Organic Crystals	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ChemPlusChem	6. 最初と最後の頁 1692 ~ 1696
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cplu.202000362	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 Zenko Hikaru, Akiyoshi Ryohei, Nakamura Masaaki, Morgan Grace G., Hayami Shinya	4. 巻 49
2. 論文標題 Orbital Angular Momentum Crossover in 1-D High Spin Cobalt(II) Complex	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1099 ~ 1102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.200395	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 Kobayashi Fumiya, Akiyoshi Ryohei, Kosumi Daisuke, Nakamura Masaaki, Lindoy Leonard F., Hayami Shinya	4. 巻 56
2. 論文標題 Solvent vapor-induced polarity and ferroelectricity switching	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 10509 ~ 10512
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CC04497K	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 Kobayashi Fumiya, Komatsumaru Yuki, Akiyoshi Ryohei, Nakamura Masaaki, Zhang Yingjie, Lindoy Leonard F., Hayami Shinya	4. 巻 59
2. 論文標題 Water Molecule-Induced Reversible Magnetic Switching in a Bis-Terpyridine Cobalt(II) Complex Exhibiting Coexistence of Spin Crossover and Orbital Transition Behaviors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 16843 ~ 16852
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.0c00818	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 Nakaya Manabu, Ohtani Ryo, Hayami Shinya	4. 巻 2020
2. 論文標題 Guest Modulated Spin States of Metal Complex Assemblies	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 European Journal of Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 3709 ~ 3719
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejic.202000553	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 Tokuda Makoto, Mashimo Tsutomu, Ma Weijian, Hayami Shinya, Ando Shinji, Nishiyama Tadao, Yoshiasa Akira	4. 巻 129
2. 論文標題 Effects of a strong gravitational field on Mn-trimers and magnetic properties of hexagonal YMnO <sub>3</sub> single crystal	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics and Chemistry of Solids	6. 最初と最後の頁 172 ~ 179
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jpcs.2018.12.023	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 Ohtani Ryo, Yamamoto Riho, Ohtsu Hiroyoshi, Kawano Masaki, Pirillo Jenny, Hijikata Yuh, Sadakiyo Masaaki, Lindoy Leonard F., Hayami Shinya	4. 巻 48
2. 論文標題 Consecutive oxidative additions of iodine on undulating 2D coordination polymers: formation of I-Pt-I chains and inhomogeneous layers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 7198 ~ 7202
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8dt04624g	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 Kim Su Young, Jeong Ah Rim, Komatsumaru Yuki, Hayami Shinya, Min Kil Sik	4. 巻 94
2. 論文標題 Synthesis, structure and magnetic properties of manganese(II) and cobalt(II) coordination polymers with bis(4-pyridyl)benzylamine	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry	6. 最初と最後の頁 167 ~ 174
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10847-019-00890-1	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 Noamane Mohamed Habib, Ben Othmen Amel, Al-Ayed Abdullah Sulaiman, Kim Yang, Hayami Shinya, Hamdi Abdelwaheb	4. 巻 94
2. 論文標題 Interaction of 2-furanylmethyl- and 2-thienylmethyl-amide derivatives of 1,3-di(carboxymethyl)calix[4]arene with metal salts	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry	6. 最初と最後の頁 249 ~ 256
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10847-019-00908-8	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 Kobayashi Fumiya, Ohtani Ryo, Teraoka Saki, Yoshida Masaki, Kato Masako, Zhang Yingjie, Lindoy Leonard F., Hayami Shinya, Nakamura Masaaki	4. 巻 25
2. 論文標題 Phosphorescence at Low Temperature by External Heavy Atom Effect in Zinc(II) Clusters	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry ? A European Journal	6. 最初と最後の頁 5875 ~ 5879
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201900343	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 Kusumoto Sotaro, Koga Atsushi, Kobayashi Fumiya, Ohtani Ryo, Kim Yang, Lindoy Leonard F., Hayami Shinya, Nakamura Masaaki	4. 巻 48
2. 論文標題 Weak ferromagnetism derived from spin canting in an amido-bridged homochiral Mn(III) 1-D coordination polymer	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 8617 ~ 8622
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9DT00593E	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 Rabin Nurun Nahar, Ohmagari Hitomi, Islam Md. Saidul, Karim Mohammad Razaul, Hayami Shinya	4. 巻 94
2. 論文標題 A procession on photocatalyst for solar fuel production and waste treatment	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry	6. 最初と最後の頁 263 ~ 281
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10847-019-00889-8	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 Hiraoka Tomoaki, Ohtani Ryo, Nakamura Masaaki, Lindoy Leonard F., Hayami Shinya	4. 巻 25
2. 論文標題 Water Induced Breaking of the Coulombic Ordering in a Room Temperature Ionic Liquid Metal Complex	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry A European Journal	6. 最初と最後の頁 7521 ~ 7525
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201900069	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 Kobayashi Fumiya, Ohtani Ryo, Nakamura Masaaki, Lindoy Leonard F., Hayami Shinya	4. 巻 58
2. 論文標題 Slow Magnetic Relaxation Triggered by a Structural Phase Transition in Long-Chain-Alkylated Cobalt(II) Single-Ion Magnets	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 7409 ~ 7415
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.9b00543	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 Akiyoshi Ryohei, Hirota Yuma, Kosumi Daisuke, Tsutsumi Mayu, Nakamura Masaaki, Lindoy Leonard F., Hayami Shinya	4. 巻 10
2. 論文標題 Ferroelectric metallomesogens composed of achiral spin crossover molecules	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 5843 ~ 5848
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9SC01229J	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 Kitayama Hikaru, Akiyoshi Ryohei, Nakamura Masaaki, Hayami Shinya	4. 巻 5
2. 論文標題 Pressure Effects with Incorporated Particle Size Dependency in Graphene Oxide Layers through Observing Spin Crossover Temperature	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Magnetochemistry	6. 最初と最後の頁 26 ~ 26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/magnetochemistry5020026	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 Li Li, Craze Alexander R., Mustonen Outi, Zenno Hikaru, Whittaker Jacob J., Hayami Shinya, Lindoy Leonard F., Marjo Christopher E., Clegg Jack K., Aldrich-Wright Janice R., Li Feng	4. 巻 48
2. 論文標題 A mixed-spin spin-crossover thiozolyimine [Fe4L6]8+ cage	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 9935 ~ 9938
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9DT01947B	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 Tokuda Makoto, Mashimo Tsutomu, Ma Weijian, Hayami Shinya, Ando Shinji, Nishiyama Tadao, Yoshiasa Akira	4. 巻 129
2. 論文標題 Effects of a strong gravitational field on Mn-trimers and magnetic properties of hexagonal YMnO <sub>3</sub> single crystal	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics and Chemistry of Solids	6. 最初と最後の頁 172 ~ 179
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jpcs.2018.12.023	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 Nakashima Yuki, Yamaguchi Ryohei, Toshimitsu Fumiyuki, Matsumoto Masamichi, Borah Angana, Staykov Aleksandar, Islam Md. Saidul, Hayami Shinya, Fujigaya Tsuyohiko	4. 巻 2
2. 論文標題 Air-Stable n-Type Single-Walled Carbon Nanotubes Doped with Benzimidazole Derivatives for Thermoelectric Conversion and Their Air-Stable Mechanism	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Applied Nano Materials	6. 最初と最後の頁 4703 ~ 4710
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnm.9b01174	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 Nakanishi Takumi, Hori Yuta, Sato Hiroyasu, Wu Shu-Qi, Okazawa Atsushi, Kojima Norimichi, Yamamoto Takashi, Einaga Yasuaki, Hayami Shinya, Horie Yusuke, Okajima Hajime, Sakamoto Akira, Shiota Yoshihito, Yoshizawa Kazunari, Sato Osamu	4. 巻 141
2. 論文標題 Observation of Proton Transfer Coupled Spin Transition and Trapping of Photoinduced Metastable Proton Transfer State in an Fe(II) Complex	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 14384 ~ 14393
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b07204	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 Ohtani Ryo, Yanagisawa Junichi, Matsunari Hiromu, Ohba Masaaki, Lindoy Leonard F., Hayami Shinya	4. 巻 58
2. 論文標題 Homo- and Heterosolvent Modifications of Hofmann-Type Flexible Two-Dimensional Layers for Colossal Interlayer Thermal Expansions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 12739 ~ 12747
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.9b01660	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 Shudo Yuta, Karim Mohammad Razaul, Ohtani Ryo, Nakamura Masaaki, Hayami Shinya	4. 巻 5
2. 論文標題 Hybrids from the - Stacking of Graphene Oxide and Aromatic Sulfonic Compounds for Improved Proton Conductivity	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ChemElectroChem	6. 最初と最後の頁 238 ~ 241
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/celec.201701026	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 Hatakeyama Kazuto, Hirose Kyosuke, Awaya Keisuke, Koinuma Michio, Kameda Narumi, Kida Tetsuya, Hayami Shinya, Matsumoto Yasumichi	4. 巻 47
2. 論文標題 The Effect of Layer Distance and Oxygen Content for Tuning Ion Permeation through Graphene Oxide Membrane	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 292 ~ 295
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.171070	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 Tsukiashi Asami, Min Kil Sik, Terasawa Hiroaki, Yoshinaga Sosuke, Takeda Mitsuhiro, Ohtani Ryo, Nakamura Masaaki, Lindoy Leonard F., Hayami Shinya	4. 巻 47
2. 論文標題 Proton Relaxation Time in Water-soluble Metal Complex Nanoparticles	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 598 ~ 600
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.180038	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 Tsukiashi Asami, Nakaya Manabu, Kobayashi Fumiya, Ohtani Ryo, Nakamura Masaaki, Harrowfield Jack M., Kim Yang, Hayami Shinya	4. 巻 57
2. 論文標題 Intermolecular Interaction Tuning of Spin-Crossover Iron(III) Complexes with Aromatic Counteranions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 2834 ~ 2842
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.7b03126	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 Amolegbe Saliu Alao, Hirano Yui, Adebayo Joseph Oluwatope, Ademowo Olusegun George, Balogun Elizabeth Abidemi, Obaleye Joshua Ayoola, Krettli Antoniana Ursine, Yu Chengzhong, Hayami Shinya	4. 巻 8
2. 論文標題 Mesoporous silica nanocarriers encapsulated antimalarials with high therapeutic performance	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 3078 -3078
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-21351-8	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 Rabin Nurun Nahar, Ida Shintaro, Karim Mohammad Razaul, Islam Md. Saidul, Ohtani Ryo, Nakamura Masaaki, Koinuma Michio, Lindoy Leonard F., Hayami Shinya	4. 巻 3
2. 論文標題 Super Dielectric Materials of Two-Dimensional TiO <sub>2</sub> or Ca <sub>2</sub> Nb <sub>3</sub> O <sub>10</sub> Nanosheet Hybrids with Reduced Graphene Oxide	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 2074 ~ 2083
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.7b01764	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 Akiyoshi Ryohei, Hirota Yuma, Kosumi Daisuke, Ohtani Ryo, Nakamura Masaaki, Lindoy Leonard F., Hayami Shinya	4. 巻 47
2. 論文標題 Ferroelectric and luminescence properties of zinc(ii) and platinum(ii) soft complexes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 14288 ~ 14292
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8DT01100A	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 Ohmagari Hitomi, Karim Mohammad Razaul, Shudo Yuta, Ida Shintaro, Ohtani Ryo, Hayami Shinya	4. 巻 3
2. 論文標題 Ca <sub>2</sub> - La Nb <sub>3</sub> - X O <sub>10</sub> Nanosheet Photocatalyst for Hydrogen Generation from Water Splitting	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 MRS Advances	6. 最初と最後の頁 2847 ~ 2854
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1557/adv.2018.461	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 Kusumoto Sotaro, Kobayashi Fumiya, Ohtani Ryo, Zhang Yingjie, Harrowfield Jack, Kim Yang, Hayami Shinya, Nakamura Masaaki	4. 巻 47
2. 論文標題 Creating capsules with cubanes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 9575 ~ 9578
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8DT01911H	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 Komatsumaru Yuki, Nakaya Manabu, Kobayashi Fumiya, Ohtani Ryo, Nakamura Masaaki, Lindoy Leonard F., Hayami Shinya	4. 巻 644
2. 論文標題 Post-synthetic Modification of a Dinuclear Spin Crossover Iron(III) Complex	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Zeitschrift fur anorganische und allgemeine Chemie	6. 最初と最後の頁 729 ~ 734
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/zaac.201800087	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 Nakaya Manabu, Ohtani Ryo, Shin Jong Won, Nakamura Masaaki, Lindoy Leonard F., Hayami Shinya	4. 巻 47
2. 論文標題 Abrupt spin transition in a modified-terpyridine cobalt(ii) complex with a highly-distorted [CoN6] core	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 13809 ~ 13814
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8DT02367K	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 Ohtani Ryo, Yamamoto Riho, Aoyama Takuya, Grosjean Arnaud, Nakamura Masaaki, Clegg Jack K., Hayami Shinya	4. 巻 57
2. 論文標題 Positive and Negative Two-Dimensional Thermal Expansion via Relaxation of Node Distortions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 11588 ~ 11596
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.8b01617	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 Tsukiashi Asami, Min Kil Sik, Kitayama Hikaru, Terasawa Hiroaki, Yoshinaga Sosuke, Takeda Mitsuhiro, Lindoy Leonard F., Hayami Shinya	4. 巻 8
2. 論文標題 Application of spin-crossover water soluble nanoparticles for use as MRI contrast agents	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 14911-14911
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-33362-6	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 Kobayashi Fumiya, Ohtani Ryo, Kusumoto Sotaro, Lindoy Leonard F., Hayami Shinya, Nakamura Masaaki	4. 巻 47
2. 論文標題 Wheel-type heterometallic ferromagnetic clusters: $[Ni^{2+}_xM_x(HL)_6(\mu_3-O)_4(\mu_3-OH)_2]Cl_2$ (M = Zn, Co, Mn; x = 1, 3)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 16422 ~ 16428
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8DT03275K	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 Takehira Hiroshi, Karim Mohammad Razaul, Shudo Yuta, Fukuda Masahiro, Mashimo Tsutomu, Hayami Shinya	4. 巻 8
2. 論文標題 Modulating the Work Function of Graphene by Pulsed Plasma Aided Controlled Chlorination	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 17392-17392
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-35668-x	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 Wakata Kosuke, Karim Mohammad Razaul, Islam Md. Saidul, Ohtani Ryo, Nakamura Masaaki, Koinuma Michio, Hayami Shinya	4. 巻 12
2. 論文標題 Superionic Conductivity in Hybrid of 3-Hydroxypropanesulfonic Acid and Graphene Oxide	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemistry - An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 194 ~ 197
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.201601488	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 Ohtani Ryo, Hayami Shinya	4. 巻 23
2. 論文標題 Guest-Dependent Spin-Transition Behavior of Porous Coordination Polymers	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 2236 ~ 2248
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201601880	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 Furue Ryo, Koveke Edwin P., Sugimoto Shotaro, Shudo Yuta, Hayami Shinya, Ohira Shin-Ichi, Toda Kei	4. 巻 240
2. 論文標題 Arsine gas sensor based on gold-modified reduced graphene oxide	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Sensors and Actuators B: Chemical	6. 最初と最後の頁 657 ~ 663
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.snb.2016.08.131	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 Jeong Ah Rim, Shin Jong Won, Jeong Jong Hwa, Bok Kwon Hee, Kim Cheal, Jeong Donghyun, Cho Jaeheung, Hayami Shinya, Min Kil Sik	4. 巻 23
2. 論文標題 Dinuclear Iron(III) and Nickel(II) Complexes Containing N-(2-Pyridylmethyl)-N-(2-hydroxyethyl)ethylenediamine: Catalytic Oxidation and Magnetic Properties	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 3023 ~ 3033
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201604498	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 Ohtani Ryo, Kitamura Yuu, Hijikata Yuh, Nakamura Masaaki, Lindoy Leonard F., Hayami Shinya	4. 巻 46
2. 論文標題 Modulation of redox potentials utilizing the flexible coordination sphere of a penta-coordinate complex in the solid state	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 3749 ~ 3754
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7DT00233E	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 Nakaya Manabu, Ohtani Ryo, Sugimoto Kunihisa, Nakamura Masaaki, Lindoy Leonard F., Hayami Shinya	4. 巻 23
2. 論文標題 Molecular Assemblies of Metal Complexes via Base-Pairing of Nucleic Acids in the Crystalline State	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 7232 ~ 7237
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201700593	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 Karim Mohammad Razaul, Hatakeyama Kazuto, Koinuma Michio, Hayami Shinya	4. 巻 5
2. 論文標題 Proton conductors produced by chemical modifications of carbon allotropes, perovskites and metal organic frameworks	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry A	6. 最初と最後の頁 7243 ~ 7256
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C6TA10923C	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 Sekimoto Yusuke, Karim Mohammad Razaul, Saigo Naoto, Ohtani Ryo, Nakamura Masaaki, Hayami Shinya	4. 巻 2017
2. 論文標題 Crystal Structures and Spin-Crossover Behavior of Iron(II) Complexes with Chiral and Racemic Ligands	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 European Journal of Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 1049 ~ 1053
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejic.201601232	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 Hamaguchi Tomohiko, Nagata Tomoko, Hayami Shinya, Kawata Satoshi, Ando Isao	4. 巻 46
2. 論文標題 pH-Dependent structural diversity of a 2-pyridinemethanol Cu complex and its relatively strong magnetic exchange coupling via hydrogen bonding	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 6196 ~ 6201
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7DT00718C	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 Akiyoshi Ryohei, Kuroiwa Keita, Alao Amolegbe Saliu, Nakaya Manabu, Ohtani Ryo, Nakamura Masaaki, Lindoy Leonard F., Hayami Shinya	4. 巻 53
2. 論文標題 Supramolecular architectures self-assembled using long chain alkylated spin crossover cobalt(ii) compounds	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 4685 ~ 4687
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CC01501A	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 Wakata Kosuke, Islam Md. Saidul, Karim Mohammad Razaul, Hatakeyama Kazuto, Rabin Nurun Nahar, Ohtani Ryo, Nakamura Masaaki, Koinuma Michio, Hayami Shinya	4. 巻 7
2. 論文標題 Role of hydrophilic groups in acid intercalated graphene oxide as a superionic conductor	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 21901 ~ 21905
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7RA01634D	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 Shin Jong Won, Lee Young Hoon, Harrowfield Jack, Hayami Shinya, Kim Yang	4. 巻 130
2. 論文標題 Anion-dependent interpenetration in lattices of Ag(I) complexes of a divergent quaterpyridine-donor ligand	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Polyhedron	6. 最初と最後の頁 94 ~ 99
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.poly.2017.04.002	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 Ohtani Ryo, Grosjean Arnaud, Ishikawa Ryuta, Yamamoto Riho, Nakamura Masaaki, Clegg Jack K., Hayami Shinya	4. 巻 56
2. 論文標題 Zero in-Plane Thermal Expansion in Guest-Tunable 2D Coordination Polymers	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 6225 ~ 6233
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.7b00282	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 Karim Mohammad Razaul, Islam Md. Saidul, Rabin Nurun Nahar, Takehira Hiroshi, Wakata Kosuke, Nakamura Masaaki, Ohtani Ryo, Toda Kei, Hayami Shinya	4. 巻 2
2. 論文標題 Interlayer Void Space as the Key Semipermeable Site for Sieving Molecules and Leaking Ions in Graphene Oxide Filter	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ChemistrySelect	6. 最初と最後の頁 4248 ~ 4254
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/slct.201700503	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 Kobayashi Fumiya, Ohtani Ryo, Teraoka Saki, Kosaka Wataru, Miyasaka Hitoshi, Zhang Yingjie, Lindoy Leonard F., Hayami Shinya, Nakamura Masaaki	4. 巻 46
2. 論文標題 Syntheses, structures and magnetic properties of tetranuclear cubane-type and heptanuclear wheel-type nickel(ii) complexes with 3-methoxysalicylic acid derivatives	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 8555 ~ 8561
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7DT01757J	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 Shudo Yuta, Islam Md. Saidul, Karim Mohammad Razaul, Rabin Nurun Nahar, Wakata Kosuke, Ohtani Ryo, Nakamura Masaaki, Lindoy Leonard F., Hayami Shinya	4. 巻 1
2. 論文標題 Development of an All Solid State Battery Incorporating Graphene Oxide as Proton Conductor	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Global Challenges	6. 最初と最後の頁 1700054 ~ 1700054
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/gch2.201700054	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 Sekino Mio, Furutachi Hideki, Tojo Rina, Hishi Ayumi, Kajikawa Hanako, Suzuki Takatoshi, Suzuki Kaito, Fujinami Shuhei, Akine Shigehisa, Sakata Yoko, Ohta Takehiro, Hayami Shinya, Suzuki Masatatsu	4. 巻 53
2. 論文標題 New mechanistic insights into intramolecular aromatic ligand hydroxylation and benzyl alcohol oxidation initiated by the well-defined ( $\mu$ -peroxo)diiron(iii) complex	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 8838 ~ 8841
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CC04382A	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 Takehira Hiroshi, Islam Md. Saidul, Karim Mohammad Razaul, Shudo Yuta, Ohtani Ryo, Lindoy Leonard F., Taniguchi Takaaki, Osada Minoru, Hayami Shinya	4. 巻 2
2. 論文標題 Photoreduction Dependent p- and n-Type Semiconducting Field-Effect Transistor Properties in Undoped Reduced Graphene Oxide	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ChemistrySelect	6. 最初と最後の頁 6941 ~ 6944
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/slct.201701509	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 Sekimoto Yusuke, Ohtani Ryo, Nakamura Masaaki, Koinuma Michio, Lindoy Leonard F., Hayami Shinya	4. 巻 7
2. 論文標題 Tuneable pressure effects in graphene oxide layers	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 12159-12159
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-017-12444-x	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 Hu Ji-Xiang, Xu Yang, Meng Yin-Shan, Zhao Liang, Hayami Shinya, Sato Osamu, Liu Tao	4. 巻 56
2. 論文標題 A Material Showing Colossal Positive and Negative Volumetric Thermal Expansion with Hysteretic Magnetic Transition	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 13052 ~ 13055
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201707258	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 Jeong Ah Rim, Choi Jihye, Komatsumaru Yuki, Hayami Shinya, Min Kil Sik	4. 巻 86
2. 論文標題 Ferromagnetic dinuclear nickel(II) complexes bridged by azide ions	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry Communications	6. 最初と最後の頁 66 ~ 69
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.inoche.2017.09.023	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 Rabin Nurun Nahar, Karim Mohammad Razaul, Islam Md. Saidul, Omagari Hitomi, Kameda Narumi, Shudo Yuta, Ohtani Ryo, Nakamura Masaaki, Hayami Shinya	4. 巻 41
2. 論文標題 Oxidation route dependent proton conductivities of oxidized fullerenes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 New Journal of Chemistry	6. 最初と最後の頁 14708 ~ 14712
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7NJ02964K	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 Ohtani Ryo, Tokita Tsukasa, Takaya Tomohisa, Iwata Koichi, Kinoshita Masanao, Matsumori Nobuaki, Nakamura Masaaki, Lindoy Leonard F., Hayami Shinya	4. 巻 53
2. 論文標題 The impact of metal complex lipids on viscosity and curvature of hybrid liposomes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 13249 ~ 13252
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CC07944C	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

[学会発表] 計24件 (うち招待講演 20件 / うち国際学会 17件)

1. 発表者名 S. Hayami
2. 発表標題 Ferroelectricity in spin crossover iron(II) metallomesogens
3. 学会等名 Bordeaux Olivier Kahn Discussions BOOK-D (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 速水真也
2. 発表標題 Graphene Oxide as a Super Material
3. 学会等名 第59回FNTG総合シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shinya Hayami
2. 発表標題 Graphene Oxide and Reduced Graphene Oxide Hybrids
3. 学会等名 第100回日本化学会春季年会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shinya Hayami
2. 発表標題 Graphene Oxide as a Super Material
3. 学会等名 Symposium on Materials Chemistry for Sustainable Energy（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 速水真也
2. 発表標題 酸化グラフェンの多機能性と応用
3. 学会等名 グラフェン酸化グラフェン合同シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shinya Hayami
2. 発表標題 Graphene Oxide and Reduced Graphene Oxide Hybrids
3. 学会等名 ACCC2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shinya Hayami
2. 発表標題 Advanced molecular functional baseed on inetermolecular interaction
3. 学会等名 錯体化学会第69回討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shinya Hayami
2. 発表標題 Graphene Oxide and Reduced Graphene Oxide Hybrids
3. 学会等名 MRS (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shinya Hayami
2. 発表標題 Graphene Oxide and Reduced Graphene Oxide Hybrids
3. 学会等名 International Forum on Graphene (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shinya Hayami
2. 発表標題 Graphene Oxide Hybrids and its Applications
3. 学会等名 ICSM (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 Shinya Hayami
2. 発表標題 Graphene Oxide and Reduced Graphene Oxide Hybrids
3. 学会等名 ISNSC (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shinya Hayami
2. 発表標題 Graphene Oxide and Reduced Graphene Oxide Hybrids
3. 学会等名 ICCC (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shinya Hayami
2. 発表標題 Graphene Oxide and Reduced Graphene Oxide Hybrids
3. 学会等名 CMCEE (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shinya Hayami
2. 発表標題 Tuneable Pressure Effects in Graphene Oxide Layers
3. 学会等名 ICMM (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shinya Hayami
2. 発表標題 Multi-Functional Metal Complex Based on Intermolecular Interaction
3. 学会等名 M3E (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shinya Hayami
2. 発表標題 Graphene Oxide and Reduced Graphene Oxide Hybrids
3. 学会等名 IUPAC NMS-XIV (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shinya Hayami
2. 発表標題 Graphene oxide hybrids with SCO complexes
3. 学会等名 ACCC (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shinya Hayami
2. 発表標題 Tunable Pressure Effects in Graphene Oxide Layers
3. 学会等名 ISNSC (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shinya Hayami
2. 発表標題 Tunable Pressure Effects in Graphene Oxide Layers
3. 学会等名 US-JP Joint symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shinya Hayami
2. 発表標題 Tunable Pressure Effects in Graphene Oxide Layers
3. 学会等名 UK-JP Joint Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shinya Hayami
2. 発表標題 Tunable Pressure Effects in Graphene Oxide Layers
3. 学会等名 CN-JP Joint Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shinya Hayami
2. 発表標題 Tunable Pressure Effects in Graphene Oxide Layers
3. 学会等名 RPGR (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 速水真也
2. 発表標題 Tunable Pressure Effects in Graphene Oxide Layers
3. 学会等名 GO研究会(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shinya Hayami
2. 発表標題 Tunable Pressure Effects in Graphene Oxide Layers
3. 学会等名 EMN(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 福田将大, 速水真也	4. 発行年 2020年
2. 出版社 エヌ・ティー・エス	5. 総ページ数 901-917
3. 書名 グラフェンから広がる二次元物質の新技术と応用	

1. 著者名 K. Hatakeyama, S. Hayami, Y. Matsumoto	4. 発行年 2017年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 542
3. 書名 Inorganic Nanosheets and Nanosheet-Based Materials	

〔産業財産権〕

〔その他〕

速水研究室

<http://www.sci.kumamoto-u.ac.jp/~hayami/index.html>

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			
オーストラリア	シドニー大学	シドニー西大学		
バングラデシュ	Shahjalal University			