

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 3 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2016～2020

課題番号：16H06353

研究課題名(和文) 固体電気化学プロセスから発現する新しいエネルギーおよび情報変換

研究課題名(英文) Novel Energy and Information Conversions, Created by Solid-State Electrochemical Processes

研究代表者

阿波賀 邦夫 (AWAGA, Kunio)

名古屋大学・理学研究科・教授

研究者番号：10202772

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 144,500,000円

研究成果の概要(和文)：分子物性科学と固体電気化学の双方型研究から、八ニカムやジャイロイドのような特異なトポロジーをもつ分子性ナノポーラス物質を合成して物性開拓を行うとともに、これらを2次電池の正極活物質として利用するとともに、内部空間を利用した活物質挿入や導電性高分子とのハイブリッド化によって、高い蓄電機能を実現した。さらに、固液界面電気2重層を内包する有機デバイスを作製し、優れたトランジスタ特性や高効率光電変換を引き出した。そのほか、さまざまな固体電気化学operando計測を発展させ、金属の仕事関数と電解質の化学ポテンシャルを連続的につなぐポテンシャル接合モデルを世界に先駆けて初めて提唱した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

持続可能な社会の発展に向け、ユビキタスな物質や手法による新しいエネルギー変換や情報変換の実現は危急の課題である。本研究では、金属-有機構造体(MOF)や共有結合構造体(COF)などのナノポーラス分子性物質が、2次電池の正極活物質やキャパシタ電極として十分に活用できることを実証することができた。さらに、固液界面の電気2重層を有機トランジスタや光電セルに導入することによって、その基礎理論を発展させるとともに、分子性物質に相応しい作動原理を提唱することができた。

研究成果の概要(英文)：We have synthesized molecular nanoporous materials with unique topologies such as honeycomb and gyroid, and explored their physical properties, aiming interdisciplinary research between molecular science and solid-state electrochemistry. We realized excellent electric power storages, by using these materials as cathode active materials for rechargeable batteries, and by inserting redox-active materials and/or organic conductive polymers into their cavity spaces. Furthermore, we fabricated organic devices which contained a solid-liquid interfacial electric double layer and achieved excellent transistor characteristics and high efficiency photoelectric conversion. We also developed various operando measurements in solid-state electrochemistry and proposed a potential junction model that continuously links the work function of the metal to the chemical potential of the electrolyte.

研究分野：物性化学

キーワード：電子物性 固体電気化学 有機エレクトロニクス 電気2重層

1. 研究開始当初の背景

持続可能な社会の発展に向け、ユビキタスな物質や手法による新しいエネルギー変換や情報変換の実現は危急の課題である。これまでも2次電池や色素増感太陽電池などを研究対象としてきた固体電気化学だが、近年、電気2重層トランジスタや分子性2次電池の研究が急速に進展し、ますますその存在感を増している。図1に固体電気化学の一般的なプロセス(0)~(iii)を示した。(i)作用電極と対電極間に小さな電位差を加えると、作用電極上の活物質と電解質界面に電気2重層が形成され、これを通じてキャリア注入が成される。(ii)(iii)さらに電位差を高めると、対イオンの侵入を伴いながら活物質が酸化あるいは還元を受ける。(iv)対電極を活性の高いLi金属などに代えれば、自発的に活物質の還元が進んで電池となる。研究開始当初は、このような固体電気化学の更なる発展のため、分子物性科学の融合などによる新展開から、基礎と応用においてWin-Winの関係を構築することが求められていた。

2. 研究の目的

本研究では、以下の3研究項目を設定した。

(研究 A) 分子物性科学と固体電気化学の双方型研究：図1(ii)~(iv)は、対イオンの侵入を伴うため、活物質の多くは結晶性を失う。しかし最近我々は、対イオンのドーブ・脱ドーブサイクルの下でも、ポーラス構造の存在によって構造や結晶性を保持する「構造耐性」をもつ分子結晶や金属有機構造体(MOF)を見出している。本研究では、構造耐性をもつMOFや共有結合構造体(COF)を合成し、2次電池の電極活物質やスーパーキャパシター電極として展開を目指す。既存の系を凌駕する起電圧やエネルギー密度、充放電速度とサイクル安定性を実現する。このように物性科学で培われた物質群を固体電気化学にもち込む一方、固体電気化学を利用した新しい物性科学を展開する。すなわち、MOFやCOF、分子結晶などにおいて、ハニカムやダイヤモンド、ジャイロイド格子のような特異なトポロジー構造をもつナノポーラス物質の合成と物性開拓を進めると同時に、これらに期待される電気化学的構造耐性を利用し、電気化学的なバレンス制御などによって新奇物性や機能性を引き出す。

(研究 B) 有機エレクトロニクスへの展開：図1(i)で示した固液界面電気2重層が生み出す巨大電場は $\sim 10^9$ V/m ほどにも達する。本項目では、このような巨大局所電場を有機エレクトロニクスに応用して、トランジスタ機能や高効率光電変換を追及する。具体的には、イオン液体や有機強誘電体を絶縁層とする電気2重層トランジスタや、分極電流を生み出す新しい光電セルについて研究する。後者は、我々が独自に研究を進めているもので、電荷分離と絶縁分極の相乗効果によって、パルス光、チョップ光や変調光照射から高効率で分極電流が取り出し、これを新しいエネルギーおよび情報変換機構として発展させる。

(研究 C) 固体電気化学 operando 計測と理論の発展：上記の研究 A, B を、足元を照らしながら計画的に進めるため、さまざまな固体電気化学 operando 計測と理論を発展させる。我々のグ

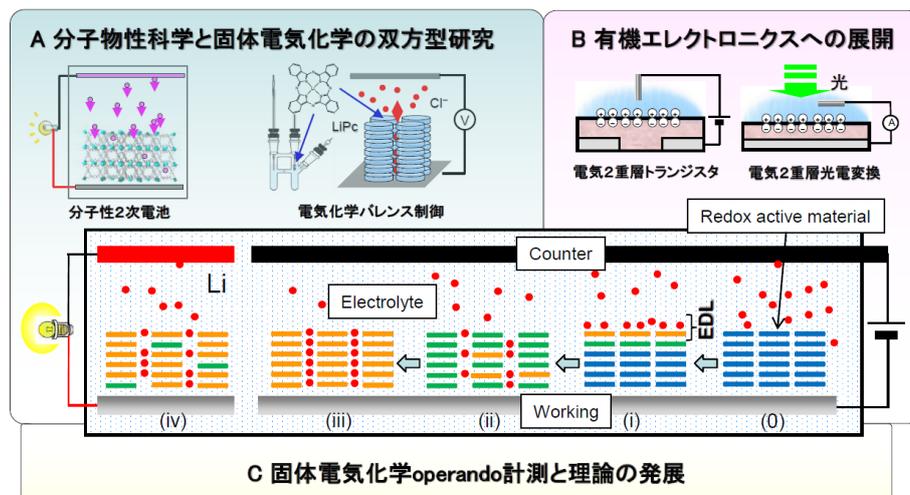


図1 本研究の概念図。固体電気化学の一般的なプロセス(0)~(iv)を物性科学に展開する研究 A~C を実行する。構造耐性をもつポーラス・レドックス化合物を対象に、分子物性科学の物質論によって固体電気化学に新しい材料を提供する一方、電気化学の方法論によって新しい物性を引き出すことにより、両者に Win-Win の関係をもたらす。

ループでは、XAFS や XRD などについて、電気化学反応進行下における operando 計測が可能である。この手法を、NMR や ESR、SQUID 磁気測定においても operando 測定を発展させるほか、まったく大気暴露しない in-situ デバイス作製と特性評価にも挑戦する。

3. 研究の方法

研究 A では、電気化学的反応下の構造耐性が期待される、ナノポーラス構造をもつ MOF や COF、さらにはハニカムやジャイロイド構造をもつトポロジカル分子結晶を合成し、基礎物性測定を行う。電気化学特性が期待されるものに関しては、これらを 2 次電池の活物質やスーパーキャパシター電極として電気化学セルを作製し、充放電特性やそのサイクル特性を調べる。研究 C で開発する operando XAFS 測定などによって、その機構を結論する。その一方、これらの試料について固体電気化学的バレンス制御を行い、operando 磁気測定などによって物性変化を追跡する。

研究 B では、研究支援班から供給されるイオン液体や有機強誘電体を用いながら、これらを絶縁層とする電気 2 重層トランジスタや、分極電流を生み出す光電セルを作製し、そのらを基礎と応用の両面から評価する。光電セルとしては、これまでは [電極 1(M) | 絶縁分極層(I) | 電荷分離層(S) | 電極 2(M)] (MISM) なる構造を中心に検討してきたが、本研究では MISIM やといった構造についても検討を進めるほか、この構造から強誘電デバイスを開発させる。

研究 C では、XAFS、XRD、NMR、ESR、SQUID 磁気測定など、さまざまな固体電気化学反応下の operando 計測を発展させるほか、超高真空中でトランジスタを作製しながらその特性を同時計測する in-situ デバイス作製・計測を行う。さらに、近年注目を集めている電気 2 重層デバイス発展のため、その理論を確立する。なお本研究では、有機強誘電体やイオン液体といった特殊な試料を供給する研究支援班を設置した。

4. 研究成果

(研究A) 分子物性科学と固体電気化学の双方型研究

1. MOF2 次電池における両極性機構の発見

我々は、金属イオンと有機配位子の両方がレドックス活性をもつ高容量 MOF2 次電池を世界に先駆けて実現している。本研究ではこれをさらに進め、ともにレドックス活性が期待されるアントラキノン配位子と Mn イオンを組み合わせ、 $[Mn_7(2,7-AQDC)_6(2,6-AQDC)(DMA)_6]_z$ を合成し、Li 電池の正極活物質として試した。その結果、2 段階の充放電プロセスが観測され、期待通りの高容量と極めて高いサイクル安定性が得られた。さらに、電気化学反応下の operando XAFS の計測によって、(充電状態) $[Mn^{III}-L]X^- \rightleftharpoons$ (as-prepared) $[Mn^{II}-L] \rightleftharpoons$ (放電状態) $Li^+[Mn^{II}-L]$ のように、 X^- と Li^+ イオンの両方が電池反応に関わる両極性蓄電機構を結論した (図 2)。as-prepared からさらに電位の高い充電状態をつくる手法は、高い電池電圧を生み出すための方法論となる。また Li による 2 段階の還元は、大きな電池容量を得るために有用である。このように、高エネルギー密度 MOF2 次電池のための物質設計指針を提出することができた。

2. COF 担持 LiS 電池の開発：硫黄はアルカリ金属によって 2 電子還元を容易に受けることから、高容量 2 次電池の活物質として古くから研究されている。実際、Na と S の組み合わせから、すでに NAS 電池が高容量電池として実用化されているものの、作動温度を 300 °C 程度に設定しなければならない。それ

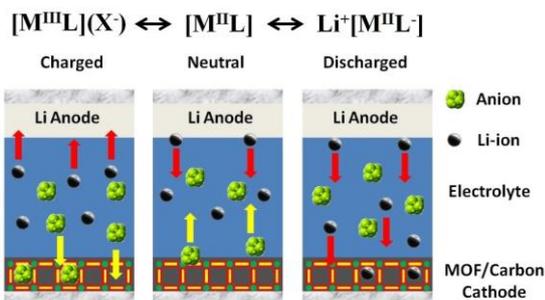


図 2 operando XAF 計測などによって結論された両極性機構。MOF が酸化されて X^- が侵入する充電状態と、 Li^+ 侵入を伴う還元放電状態が結ばれている。これは、高エネルギー化と高容量化の切り札となる。

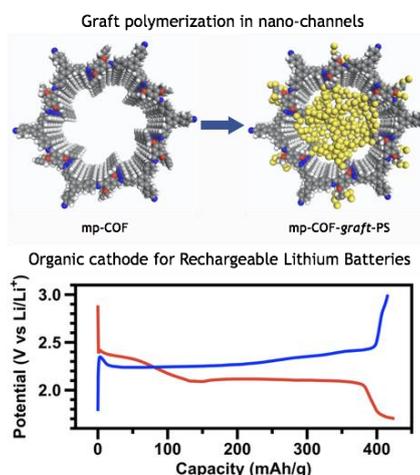


図 3 COF への S のグラフト化(上)と、これを活物質とする LiS 電池の充放電曲線(下)。高容量と高いサイクル特性が得られた。

ゆえ、室温で作動する、Li と S を組み合わせた LiS 電池が関心を集めているが、S の還元体 (S⁻, S²⁻) が電解質中に溶出してしまいう難点があり、高いサイクル特性が得られなかった。そこで本研究では、COF 骨格に炭素-炭素 3 重結合を導入した系を合成し、この官能基と S₈ を熱反応させることによって、COF 骨格への S のグラフト化に成功した (図 3)。これを Li 電池の正極活物質としてその特性を調べたところ、400 mA h g⁻¹ という極めて高い電池容量とともに、500 サイクル後も高い電池容量を維持できることが分かった (図 3)。

3. COF と PEDOT のハイブリッド化による高伝導化 : COF や MOF は、構造設計できるナノポーラス物質として有用である一方、その最大の弱点が低電気伝導性で、電子材料や電気化学への応用の道を阻んでいた。本研究では、アントラキノン骨格を内包する AQCOF と、導電性高分子 poly(3,4-ethylenedioxythiophene) (PEDOT) のナノハイブリッド化を試みた。すなわち、AQCOF 空孔内に PEDOT の原料である DBrEDOT を浸透させ、加温して空孔内で重合させることに成功した (図 4)。重合によって AQCOF の結晶性が落ちるものの、空孔内に PEDOT が形成されることが分かった。このハイブリッド材料の電気伝導度は、室温で 1.1 S cm⁻¹ と極めて高く、これをキャパシタの電極として硫酸溶液を電解質として蓄電容量を測定したところ、1663 F g⁻¹ (1 A g⁻¹) ~ 998 F g⁻¹ (500 A g⁻¹) と極めて大きな値が得られた。繰り返し特性も極めて良好で、10000 回以上の充放電が可能だった。電気化学へのさまざまな応用が期待される。この手法は、COF や MOF の高伝導化の方策として、一般性が極めて高い。

4. 分子ジャイロイド結晶におけるスピンプラストレーションとスピン液体状態の発見 : 我々は、以前よりハニカムやダイヤモンド、ジャイロイド格子 (K₄ 格子とも呼ばれる) のような特異なトポロジー構造をもつナノポーラス分子結晶を探索している。これまで研究により、キラル三角形型アクセプター分子 (-)-NDI-Δ (NDI: naphthalene diimide) がジャイロイド格子に結晶化することを見出している。本研究では、良質の単結晶をつくりながら物性探索を進めたところ、この物質中の不対電子は、局在化して hyper Kagome 格子をつくりことを見出した (図 5)。この格子は、現在、最も注目を集めている Spin frustration 格子で、理想的な有機 Heisenberg spin 系で見出されたのがこれが初めてである。mK 域の極低温までの物性測定を進めたところ、磁気的なオーダーは一切なく、3次元の Spin liquid 状態 (SL 状態) を基底状態とすることを明らかにした。3次元 SL 状態の発見は、これが初めての例である。今後、電気化学バレンス制御を行う上で、極めて興味深い試料であることが分かった。

この関連では、MOF ハニカム格子や分子性ハニカム格子の構築にも成功しており、スピングャップ状態や特異なバンド構造を見出した。

(研究 B) 有機エレクトロニクスへの展開

1. 純粋分極電流を用いた高速光電変換 : 一般に、有機光検出素子には、無機系にはない柔軟性や透明性などの優位点があるものの、光電変換そのものの性能面では後れを取っている。我々は、前述したように、MISM 有機光電セルから生まれる光分極

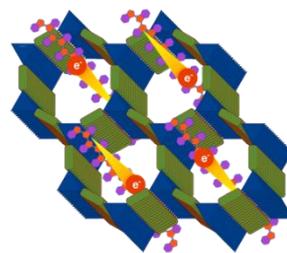


図 4 COF 中における導電性高分子 PEDOT の系内重合。伝導度はおよそ COF より 10 桁高い。

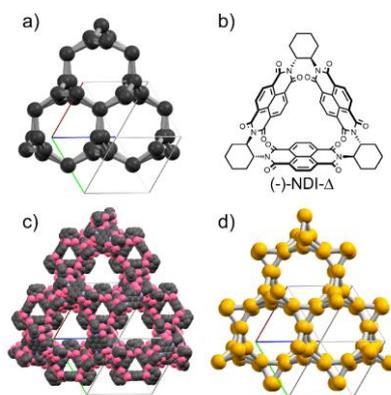


図 5 (a) ジャイロイド格子 (K₄ 格子とも呼ばれる)。 (b) (-)-NDI-Δ の分子構造。 (c) A_{1.5} [(-)-NDI-Δ] 結晶中で (-)-NDI-Δ がつくジャイロイド構造。 (d) (c) の結晶中で局在不対電子がつくる hyper Kagome 格子。

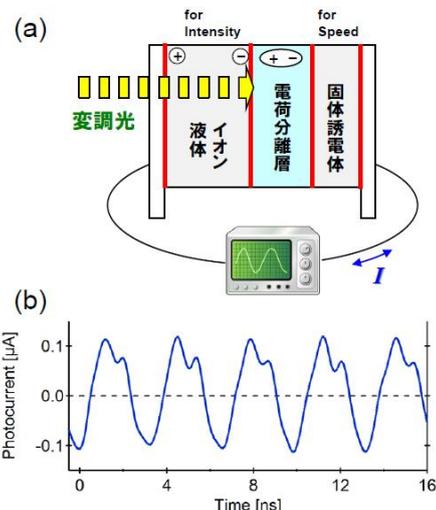


図 6 非対称 MISIM セル(a) と、光電流(レーザー光源は、300 MHz, λ = 850 nm, P = 21 mW) (b)。強度とスピードのトレードオフを克服し、高速高効率光電変換が実現された。

電流の研究を推進してきたが、ここでは光感応度とバンド幅、つまり光電流の強度と応答スピードがトレードオフの関係があり、新しい戦略が求められていた。そこで本研究では、非対称な MISIM 光電セルを提案した (図6(a))。この構造では、光電活性をもつ半導体層 S は、二つの絶縁層 I によって完全に電極 M から遮蔽されている。ここで重要なことは、二つの絶縁層として一方は誘電率の高いもの、他方は低いものを採用することで、前者が光電流強度を高め、後者が変換スピードを高める。本研究では、I層として high- κ イオン液体と low- κ 有機高分子絶縁体、S層として近赤外部に吸収をもつ SnNPc (Sn-ナフトロシアニン) を用いて MISIM セルを作製し、850 nm のレーザーによってその光電変換特性を調べた。その結果、バンド幅 300 MHz においても十分強い光電流強度が得られることが分かった (図6(b))。このような MISIM 光電セルの開発は、本研究全体でも前半のハイライトと言えるだろう。このセルでは、界面 (図6(a)中の赤線) を横切るキャリア移動が一切なく、すべて分極電流によって光電変換が実現される。絶縁性の強い有機材料には最適の光電変換機構であり、これはデバイスの安定性に直結する。

(研究C) 固体電気化学 operando 計測と理論の発展

1. 有機2層薄膜トランジスタにおける両極性チャネル形成の In situ リアルタイム計測

有機ドナーとアクセプターの2層膜構造から両極性トランジスタ特性が生まれることはよく知られている。本研究では、一切大気暴露することなく、高真空下で2層薄膜トランジスタ

づくりながらその特性を in-situ リアルタイム計測ができる装置を立ち上げた (図7(a))。この装置を利用して、有機アクセプターである $F_{16}CuPc$ 薄膜上に有機ドナーである $CuPc$ の薄膜をゆっくりと蒸着し、両極性チャネル形成プロセスをリアルタイム追跡することに成功した (図7(b))。イオン液体も真空蒸着が可能であるので、このシステムを研究Bに応用する計画を立てている。

2. 電極-電解質固液界面の電気2重層化学ポテンシャル

金属と電解質の界面の電気二重層 (EDL) は、高密度の電荷キャリアの注入と蓄積を実現できるため、エネルギー貯蔵や電子および電気化学デバイスへの応用の可能性が注目されている。ゲート絶縁体を電解質とする電界効果トランジスタ (FET) のような、EDLベースのデバイスでは、金属電極の表面電子のポテンシャルエネルギー (E_M) がその性能を決定する。しかしながら、 E_M が金属電子と電解質イオンの相互作用で決定されると直感できるものの、 E_M に関する体系的な研究はない。そこで本研究では、電解質溶液の化学ポテンシャルが溶液濃度に依存することをヒントに、電極として ITO、Au および Pt を、電解質として LiCl の PEG 溶液を選び、自然電位 V_{MR} の測定から E_M を求め、その電解質濃度依存性を測定した。 E_M の値は、同じ電解質濃度では ITO、Au、Pt の順に増加し、さらに同一電極では、 E_M は電解質濃度の対数に比例して濃度増加とともに顕著に減少することが分かった。EDL 形成を理論考察し、電極側の E_M と電解質側の化学ポテンシャル μ_{iz} 、EDL の間に、 $E_M = -\mu_{iz}/zF$ (z はイオンの電荷、 F は Faraday 定数) なる関係を仮定することによって (図8)、電解質の濃度と金属電極の仕事関数 (Φ_M) の関数として E_M を定式化することに成功した。これは、固体 (金属) と溶液をつなぐ、画期的な理論であると自負している。

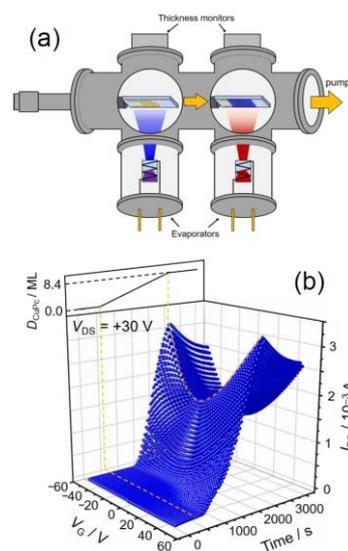


図7 (a) 薄膜トランジスタ in-situ リアルタイム計測システム。(b) $F_{16}CuPc$ 薄膜上に $CuPc$ を蒸着した場合の伝達特性の時間変化。両極性特性が $CuPc$ 薄膜成長とともに次第に健在化する過程をはじめて明らかにした。

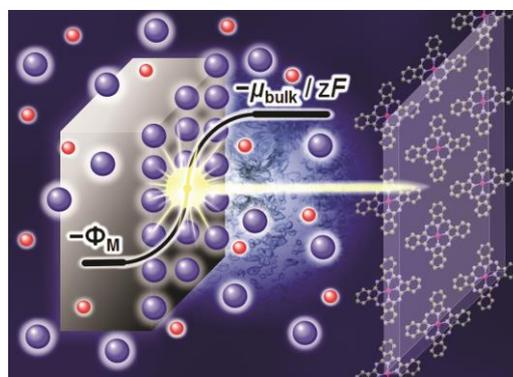


図8 論文 (*Phys. Chem. Chem. Phys.* **22**, (2020), 12395) カバーピクチャー。金属電子の仕事関数と電解質イオンの化学ポテンシャルを界面で連続的に接合させることによって、 E_M の電解質の濃度依存性の説明に成功した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計37件（うち査読付論文 36件 / うち国際共著 19件 / うちオープンアクセス 0件）

| | |
|--|-------------------------------|
| 1. 著者名 Ushiroguchi Ryo, Shuku Yoshiaki, Suizu Rie, Awaga Kunio | 4. 巻 20 |
| 2. 論文標題 Variable Host?Guest Charge-Transfer Interactions in 1D Channels Formed in a Molecule-Based Honeycomb Lattice of Phenazine Analogue of Triptycene | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Crystal Growth & Design | 6. 最初と最後の頁 7593 ~ 7597 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.cgd.0c01176 | 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 Nanjo Chihiro, Yokogawa Daisuke, Matsushita Michio M., Awaga Kunio | 4. 巻 22 |
| 2. 論文標題 Chemical potentials of electric double layers at metal?electrolyte interfaces: dependence on electrolyte concentration and electrode materials, and application to field-effect transistors | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics | 6. 最初と最後の頁 12395 ~ 12402 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0cp00423e | 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 Takahashi Yukihiro, Kondo Tsubasa, Yokokura Seiya, Takehisa Mika, Harada Jun, Inabe Tamotsu, Matsushita Michio M., Awaga Kunio | 4. 巻 20 |
| 2. 論文標題 Electric and Thermosalt Properties of a Charge-Transfer Complex Exhibiting a Minor Valence Instability Transition | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Crystal Growth & Design | 6. 最初と最後の頁 4758 ~ 4763 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.cgd.0c00516 | 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 Pilia Luca, Shuku Yoshiaki, Dalglish Simon, Hofmann Detlef W.M., Melis Nicola, Awaga Kunio, Robertson Neil | 4. 巻 918 |
| 2. 論文標題 Effect of fluorination on the crystal and electronic structure of organometallic cyclopentadienyl-phenylenediamino-cobalt complexes | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Organometallic Chemistry | 6. 最初と最後の頁 121277 ~ 121277 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jorganchem.2020.121277 | 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 Misumi Yuki, Yamaguchi Akira, Zhang Zhongyue, Matsushita Taku, Wada Nobuo, Tsuchiizu Masahisa, Awaga Kunio | 4. 巻 142 |
| 2. 論文標題 Quantum Spin Liquid State in a Two-Dimensional Semiconductive Metal?Organic Framework | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society | 6. 最初と最後の頁 16513 ~ 16517 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.0c05472 | 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 Shin Ji-Young, Zhang Zhongyue, Awaga Kunio, Shinokubo Hiroshi | 4. 巻 24 |
| 2. 論文標題 Exploration of Li-Organic Batteries Using Hexaphyrin as an Active Cathode Material | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 MOLECULES | 6. 最初と最後の頁 2433 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/molecules24132433 | 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 Tomimatsu Akihiro, Yokokura Seiya, Reissig Louisa, Dalgleish Simon, Matsushita Michio M., Awaga Kunio | 4. 巻 21 |
| 2. 論文標題 Rate-determining process in MISIM photocells for optoelectronic conversion using photo-induced pure polarization current without carrier transfer across interfaces | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 PHYSICAL CHEMISTRY CHEMICAL PHYSICS | 6. 最初と最後の頁 13440-13445 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9cp01221d | 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 Eguchi Keitaro, Matsushita Michio M., Awaga Kunio | 4. 巻 21 |
| 2. 論文標題 Ionic liquid thin layer-induced memory effects in organic field-effect transistors | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 PHYSICAL CHEMISTRY CHEMICAL PHYSICS | 6. 最初と最後の頁 18823-18829 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9CP01647C | 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 Simon Dalglish, Louisa Reissig, Yoshiaki Shuku, Giovanni Ligorio, Kunio Awaga, Emil J. W. List-Kratochvil | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 Potential modulations in flatland: near-infrared sensitization of MoS2 phototransistors by a solvatochromic dye directly tethered to sulfur vacancies | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Scientific Reports | 6. 最初と最後の頁 16682 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-53186-2 | 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 Hou Jie, Wang Yu, Eguchi Keitaro, Nanjo Chihiro, Takaoka Tsuyoshi, Sainoo Yasuyuki, Arafune Ryuichi, Awaga Kunio, Komeda Tadahiro | 4. 巻 3 |
| 2. 論文標題 Enhanced magnetic spin-spin interactions observed between porphyrazine derivatives on Au(111) | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 COMMUNICATIONS CHEMISTRY | 6. 最初と最後の頁 36 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42004-020-0282-5 | 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 Wang Yu, Hou Jie, Eguchi Keitaro, Nanjo Chihiro, Takaoka Tsuyoshi, Sainoo Yasuyuki, Awaga Kunio, Komeda Tadahiro | 4. 巻 5 |
| 2. 論文標題 Structural, Electronic, and Magnetic Properties of Cobalt Tetrakis (Thiadiazole) Porphyrazine Molecule Films on Au(111) | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 ACS OMEGA | 6. 最初と最後の頁 6676-6683 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.9b04453 | 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 S., Pirillo J., Hijikata Y., Zhang Z., Awaga K. | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 Nanopore-induced host-guest charge transfer phenomena in a metal-organic framework | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Chemical Science | 6. 最初と最後の頁 3282 ~ 3289 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7SC05390H | 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 Eguchi Keitaro, Imai Yoshiaki, Matsushita Michio M., Awaga Kunio | 4. 巻 122 |
| 2. 論文標題 Influence of Air Exposure on Photocarrier Generation in Amorphous and Phase II Thin Films of Titanyl Phthalocyanine | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C | 6. 最初と最後の頁 7731 ~ 7736 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.8b00290 | 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 Shuku Yoshiaki, Mizuno Asato, Ushiroguchi Ryo, Hyun Chang Seok, Ryu Young Jun, An Byeong-Kwan, Kwon Ji Eon, Park Soo Young, Tsuchiizu Masahisa, Awaga Kunio | 4. 巻 54 |
| 2. 論文標題 An exotic band structure of a supramolecular honeycomb lattice formed by a pancake - interaction between triradical trianions of triptycene tribenzoquinone | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Chemical Communications | 6. 最初と最後の頁 3815 ~ 3818 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8CC00753E | 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 Hou Jie, Wang Yu, Eguchi Keitaro, Nanjo Chihiro, Takaoka Tsuyoshi, Sainoo Yasuyuki, Awaga Kunio, Komeda Tadahiro | 4. 巻 440 |
| 2. 論文標題 Inter-molecule interaction for magnetic property of vanadyl tetrakis(thiadiazole) porphyrazine film on Au(111) | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Applied Surface Science | 6. 最初と最後の頁 16 ~ 19 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apsusc.2018.01.001 | 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 Beldjoudi Yassine, Nascimento Mitchell A., Cho Yong Joo, Yu Hyeonghwa, Aziz Hany, Tonouchi Daiki, Eguchi Keitaro, Matsushita Michio M., Awaga Kunio, Osorio-Roman Igor, Constantinides Christos P., Rawson Jeremy M. | 4. 巻 140 |
| 2. 論文標題 Multifunctional Dithiadiazolyl Radicals: Fluorescence, Electroluminescence, and Photoconducting Behavior in Pyren-1 -yl-dithiadiazolyl | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society | 6. 最初と最後の頁 6260 ~ 6270 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.7b12592 | 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 Pilia Luca, Shuku Yoshiaki, Dalgleish Simon, Awaga Kunio, Robertson Neil | 4. 巻 3 |
| 2. 論文標題 Structural and Electronic Effects Due to Fluorine Atoms on Dibenzotetraaza-Annulenes Complexes | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 ACS Omega | 6. 最初と最後の頁 10074 ~ 10083 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.8b01442 | 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 Shuku Yoshiaki, Hirai Yuta, Semenov Nikolay A., Kadilenko Evgeny, Gritsan Nina P., Zibarev Andrey V., Rakitin Oleg A., Awaga Kunio | 4. 巻 47 |
| 2. 論文標題 3D molecular network and magnetic ordering, formed by multi-dentate magnetic couplers, bis(benzene)chromium(i) and [1,2,5]thiadiazolo[3,4-c][1,2,5]thiadiazolidyl | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Dalton Transactions | 6. 最初と最後の頁 9897 ~ 9902 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8DT02214C | 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 Reissig Louisa, Dalgleish Simon, Awaga Kunio | 4. 巻 8 |
| 2. 論文標題 Towards high-bandwidth organic photodetection based on pure active layer polarization | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Scientific Reports | 6. 最初と最後の頁 15415 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-33822-z | 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 Eguchi Keitaro, Matsushita Michio M., Awaga Kunio | 4. 巻 122 |
| 2. 論文標題 In Situ Real-Time Measurements for Ambipolar Channel Formation Processes in Organic Double-Layer Field-Effect Transistors of CuPc and F16CuPc | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C | 6. 最初と最後の頁 26054 ~ 26060 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.8b08744 | 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 Eguchi Keitaro, Heutz Sandrine, Awaga Kunio | 4. 巻 21 |
| 2. 論文標題 Templating effects of tetrakis(thiadiazole)porphyrazine on the structure and optical properties of copper phthalocyanine thin films | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Porphyrins and Phthalocyanines | 6. 最初と最後の頁 322 ~ 326 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S1088424617500171 | 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 Pilia L., Matsushita M. M., Awaga K., Robertson N. | 4. 巻 41 |
| 2. 論文標題 Fluorination induced electronic effects on a Pt(ii) square-planar complex of the o-phenylenediimine ligand | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 New Journal of Chemistry | 6. 最初と最後の頁 5487 ~ 5492 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7NJ00394C | 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 Tonouchi Daiki, Matsushita Michio M., Awaga Kunio | 4. 巻 96 |
| 2. 論文標題 Negative differential resistance in the Peierls insulating phases of TTF-TCNQ | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Physical Review B | 6. 最初と最後の頁 45116 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.96.045116 | 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 Mizuno Asato, Shuku Yoshiaki, Matsushita Michio M., Tsuchiizu Masahisa, Hara Yuuki, Wada Nobuo, Shimizu Yasuhiro, Awaga Kunio | 4. 巻 119 |
| 2. 論文標題 3D Spin-Liquid State in an Organic Hyperkagome Lattice of Mott Dimers | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Physical Review Letters | 6. 最初と最後の頁 57201 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.119.057201 | 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 Y. Wu, Z. Zhang, S. Bandow, K. Awaga | 4. 巻 90 |
| 2. 論文標題 A Novel Strategy to Functionalize Covalent Organic Frameworks for High-Energy Rechargeable Lithium Organic Batteries via Graft Polymerization in Nano-Channels | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Bull. Chem. Soc. Japan | 6. 最初と最後の頁 1382-1387 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20170247 | 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 Black Nicholas, Daiki Tonouchi, Matsushita Michio M., Woollins J. Derek, Awaga Kunio, Robertson Neil | 4. 巻 20 |
| 2. 論文標題 Giant negative magnetoresistance in Ni(quinoline-8-selenoate)2 | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics | 6. 最初と最後の頁 514 ~ 519 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c7cp06273g | 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 S., Pirillo J., Hijikata Y., Zhang Z., Awaga K. | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 Nanopore-induced host?guest charge transfer phenomena in a metal?organic framework | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Chemical Science | 6. 最初と最後の頁 3282 ~ 3289 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7SC05390H | 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 Shuku Yoshiaki, Mizuno Asato, Ushiroguchi Ryo, Hyun Chang Seok, Ryu Young Jun, An Byeong-Kwan, Kwon Ji Eon, Park Soo Young, Tsuchiizu Masahisa, Awaga Kunio | 4. 巻 54 |
| 2. 論文標題 An exotic band structure of a supramolecular honeycomb lattice formed by a pancake ? interaction between triradical trianions of triptycene tribenzoquinone | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Chemical Communications | 6. 最初と最後の頁 3815 ~ 3818 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8CC00753E | 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 S. Karak, C. Nanjo, M. Odaka, K. Yuyama, G. Masuda, M. M. Matsushita, K. Awaga | 4. 巻 4 |
| 2. 論文標題 A perovskite based plug and play AC photovoltaic device with ionic liquid induced transient opto-electronic conversion | 5. 発行年 2016年 |
| 3. 雑誌名 J. Mater. Chem. A | 6. 最初と最後の頁 9019-9028 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C6TA01427E | 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 K. Eguchi, C. Nanjo, K. Awaga, H. H. Tseng, P. Robaschik and S. Heutz | 4. 巻 18 |
| 2. 論文標題 Highly-oriented molecular arrangements and enhanced magnetic interactions in thin films of CoTTDPz using PTCDA templates | 5. 発行年 2016年 |
| 3. 雑誌名 Phys. Chem. Chem. Phys. | 6. 最初と最後の頁 17360-17365 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C6CP01932C | 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 K. Uemura, N. Uesugi, A. Matsuyama, M. Ebihara, H. Yoshikawa, K. Awaga | 4. 巻 55 |
| 2. 論文標題 Integration of Paramagnetic Diruthenium Complexes into an Extended Chain by Heterometallic Metal-Metal Bonds with Diplatinum Comple | 5. 発行年 2016年 |
| 3. 雑誌名 Inorg. Chem. | 6. 最初と最後の頁 7003-7011 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.6b00741 | 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 Zhenxin Zhang, Hirofumi Yoshikawa, Zhongyue Zhang, Toru Murayama, Masahiro Sadakane, Yasunori Inoue, Wataru Ueda, Kunio Awaga, Michikazu Hara | 4. 巻 2016 |
| 2. 論文標題 Synthesis of Vanadium-Incorporated, Polyoxometalate-Based Open Frameworks and Their Applications for Cathode-Active Materials | 5. 発行年 2016年 |
| 3. 雑誌名 Eur. J. Inorg. Chem. | 6. 最初と最後の頁 1242-1250 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejic.201501396 | 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 Zhongyue Zhang, Hirofumi Yoshikawa, Kunio Awaga | 4. 巻 28 |
| 2. 論文標題 Discovery of a Bipolar Charging Mechanism In the Solid-State Electrochemical Process of a Flexible Metal-Organic Framework | 5. 発行年 2016年 |
| 3. 雑誌名 Chem. Mater. | 6. 最初と最後の頁 1298-1303 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.chemmater.5b04075 | 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 S. Yokokura, Y. Takahashi, H. Hasegawa, J. Harada, T. Inabe, M. M. Matsushita, K. Awaga | 4. 巻 16 |
| 2. 論文標題 Transport Characteristics of the Organic Field-Effect Transistors Based on Charge Transfer Complex as Semiconductors | 5. 発行年 2016年 |
| 3. 雑誌名 J. Nanosci. Nanotech. | 6. 最初と最後の頁 3355-3359 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1166/jnn.2016.12301 | 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 Z. Zhang, K. Awaga | 4. 巻 41 |
| 2. 論文標題 Redox-active metal-organic frameworks as electrode materials for batteries | 5. 発行年 2016年 |
| 3. 雑誌名 MRS Bulletin | 6. 最初と最後の頁 883-889 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1557/mrs.2016.245 | 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 M. Reinhardt, S. Dalgleish, Y. Shuku, L. Reissig, M. M. Matsushita, J. Crain, K. Awaga and N. Robertson | 4. 巻 19 |
| 2. 論文標題 Molecular and thin film properties of cobalt half-sandwich compounds for optoelectronic application | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Phys. Chem. Chem. Phys. | 6. 最初と最後の頁 6768-6776 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C6CP08685C | 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 J. Harada, T. Shimojo, H. Oyamaguchi, H. Hasegawa, Y. Takahashi, K. Satomi, Y. Suzuki, J. Kawamata, and T. Inabe | 4. 巻 8 |
| 2. 論文標題 Directionally tunable and mechanically deformable ferroelectric crystals from rotating polar globular ionic molecules | 5. 発行年 2016年 |
| 3. 雑誌名 Nature Chem. | 6. 最初と最後の頁 946-952 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/NCHEM.2567 | 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19件 (うち招待講演 19件 / うち国際学会 14件)

| |
|---|
| 1. 発表者名 K. Awaga |
| 2. 発表標題 Development of Molecular Mimics of Carbon Allotropes |
| 3. 学会等名 1st Asian Conference Molecular Magnetism (On line) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 K. Awaga |
| 2. 発表標題 Molecule-Based Mimics of Carbon Allotropes |
| 3. 学会等名 ISCOM2019 (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 K. Awaga |
| 2. 発表標題 Optoelectronic Conversion using Photo-Induced Pure Polarization Current in Organic Photocells |
| 3. 学会等名 the 13th Japan-China Joint Symposium (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 K. Awaga |
| 2. 発表標題 Molecular Spin Gyroid structures |
| 3. 学会等名 JSPS Core-to-Core Program Topical Meeting “Chirality, Topology and Knot Theory 3rd study group” (招待講演) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 K. Awaga, C. Nanjo and K. Eguchi |
| 2. 発表標題 Template Effects on Porphyrazine Thin Films toward Application to Organic Electronics |
| 3. 学会等名 ICPP-10, (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 K. Awaga |
| 2. 発表標題 Spin Liquid States in Spin-Frustrated Systems of Organic Radicals |
| 3. 学会等名 ICM2018 (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 K. Awaga |
| 2. 発表標題 Multi-dimensional magnetic systems formed by polyhedral π -conjugated radicals |
| 3. 学会等名 ICCC2018 (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|----------------------------------|
| 1. 発表者名 阿波賀 邦夫 |
| 2. 発表標題 分極電流を利用した有機光電変換 |
| 3. 学会等名 第22回V B Lシンポジウム(招待講演) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 阿波賀 邦夫 |
| 2. 発表標題 有機エレクトロニクスの基礎から最先端まで |
| 3. 学会等名 有機固体若手の会 2018秋の学校(招待講演) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kunio Awaga |
| 2. 発表標題 Energy and Information Conversion Assisted by Electric Double Layers at Liquid-Solid Nano-Interfaces |
| 3. 学会等名 231st ECS Meeting(招待講演)(国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 阿波賀 邦夫 |
| 2. 発表標題 分子ジャイロイドとその波及効果 |
| 3. 学会等名 東北大学金属材料研究所共同利用・共同研究ワークショップ「多自由度・多階層性が協奏する物質材料システムの科学」(招待講演) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 阿波賀 邦夫 |
| 2. 発表標題 有機ラジカル分子が魅せる幾何学的フラストレーション |
| 3. 学会等名 離散幾何解析とその周辺 (招待講演) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kunio Awaga |
| 2. 発表標題 Organic Electronics of Phthalocyanines Assisted by Electric Double Layers in Ionic Liquids |
| 3. 学会等名 International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kunio Awaga |
| 2. 発表標題 K4 Structure Formed by a Triangular Radical Anion |
| 3. 学会等名 International Conference on Molecule-Based Magnets (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kunio Awaga |
| 2. 発表標題 Structural and Physical Properties of Highly-Correlated Electron Systems in Thiazyl Radicals |
| 3. 学会等名 MolMag-2016 (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kunio Awaga |
| 2. 発表標題 EDL Organic Transistors and Photocells |
| 3. 学会等名 Japan-China bilateral symposium on organic semiconductors (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kunio Awaga |
| 2. 発表標題 Organic Transistors and Opto-Electronic Conversion Assisted by Electric Double Layers at Liquid-Solid Interfaces |
| 3. 学会等名 MRS Fall Meeting (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kunio Awaga |
| 2. 発表標題 Redox-Active Molecule-Based Frameworks for Energy Storage- Rechargeable Li Batteries of Molecular Clusters, MOFs and COFs |
| 3. 学会等名 MRS Fall Meeting (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Jun Harada |
| 2. 発表標題 Unique ferroelectric properties found in organic ionic plastic crystals |
| 3. 学会等名 Conference of the Asian Crystallographic Association (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2016年 |

〔図書〕 計3件

| | |
|------------------------|-----------------------------|
| 1. 著者名 阿波賀邦夫 | 4. 発行年 2021年 |
| 2. 出版社 講談社 | 5. 総ページ数 304 (227-280) |
| 3. 書名 現代物性化学の基礎 第3版 | |

| | |
|------------------------|------------------|
| 1. 著者名 阿波賀邦夫 | 4. 発行年 2021年 |
| 2. 出版社 丸善出版 | 5. 総ページ数 1534 |
| 3. 書名 化学便覧 基礎編 改訂6版 | |

| | |
|----------------------|---------------------|
| 1. 著者名 阿波賀邦夫・水津理恵 | 4. 発行年 2020年 |
| 2. 出版社 アグネ技術センター | 5. 総ページ数 409-423 |
| 3. 書名 固体物理 | |

〔出願〕 計4件

| | | |
|--|---|---------------|
| 産業財産権の名称 ハイブリッド材料の製造方法、ハイブリッド材料、電極の製造方法、電極、及び電気化学デバイス | 発明者 阿波賀邦夫, Yang Wu, 張中岳, Dongwan Yan | 権利者 名古屋大学 |
| 産業財産権の種類、番号 特許、公開番号：2020-038948 | 出願年 2018年 | 国内・外国の別 国内 |

| | | |
|--|------------------------------------|---------------|
| 産業財産権の名称 炭素材料の製造方法、炭素材料、電極の製造方法、電極、及び燃料電池 | 発明者 阿波賀邦夫, Yang Wu, Dongwan Yan | 権利者 名古屋大学 |
| 産業財産権の種類、番号 特許、公開番号：W02020/175616 | 出願年 2020年 | 国内・外国の別 外国 |

| | | |
|------------------------------------|--------------------------|---------------|
| 産業財産権の名称 有機強誘電デバイス | 発明者 阿波賀邦夫, 富松明宏, 横倉聖也 | 権利者 名古屋大学 |
| 産業財産権の種類、番号 特許、出願番号：2021-032976 | 出願年 2021年 | 国内・外国の別 国内 |

| | | |
|--|--------------------------------|---------------|
| 産業財産権の名称 炭素材料の製造方法、電極の製造方法、電極、電気化学デバイス、及び炭素材料 | 発明者 阿波賀邦夫, Yang Wu, 近藤大雅, 他 | 権利者 名古屋大学 |
| 産業財産権の種類、番号 特許、出願番号：2021-012818 | 出願年 2021年 | 国内・外国の別 国内 |

〔取得〕 計1件

| | | |
|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| 産業財産権の名称 正極活物質、正極、及び二次電池 | 発明者 上村光弘、小川光輝、阿波賀邦夫、張中岳、ウヤン | 権利者 富士シリシア化学・名古屋大学 |
| 産業財産権の種類、番号 特許、特許第6500173号 | 取得年 2019年 | 国内・外国の別 国内 |

〔その他〕

| |
|--|
| 物性化学研究室 http://advmat.chem.nagoya-u.ac.jp/ |
|--|

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 | 原田 潤 (HARADA Jun) (00313172) | 北海道大学・理学研究院・准教授 (10101) | |
| 研究分担者 | 吉川 浩史 (YOSHIKAWA Hirofumi) (60397453) | 関西学院大学・理工学部・准教授 (34504) | |
| 研究分担者 | 横川 大輔 (YOKOGAWA Daisuke) (90624239) | 東京大学・大学院総合文化研究科・准教授 (12601) | |
| 研究分担者 | Irle Stephan (IRLE Stephan) (00432336) | 名古屋大学・理学研究科(WPI)・教授 (13901) | 2017年海外機関に転出。なお、分担していた研究は横川大輔が引き継いだ。 |

6. 研究組織（つづき）

| | 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 |
|-------|---|--|----|
| 連携研究者 | 松下 未知雄 (MATSUSHITA michio) (80295477) | 名古屋大学・理学研究科・准教授 (13901) | |
| 連携研究者 | 張 中岳 (ZHANG zhongyue) (00755704) | 名古屋大学・物質科学国際研究センター・助教 (13901) | |

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 | 北京大学 | East China Normal University | | |
| 韓国 | Seoul National University | The Catholic University of Korea | | |
| 英国 | The University of Edinburgh | Imperial College London | | |