

令和 3 年 6 月 11 日現在

機関番号：24403

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2020

課題番号：16K13610

研究課題名(和文)高選択・高感度分子センシングのための多孔性・導電性配位高分子ナノシートの開発

研究課題名(英文)porous electrically conductive coordination polymer nanosheets for highly selective / sensitive sensing

研究代表者

牧浦 理恵(Makiura, Rie)

大阪府立大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：30457436

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、細孔への分子吸着により電子状態が段階的・可逆的に変化する多孔性ナノシートを開発する。ナノシート中のサイズの定まった細孔がガス・生体分子やイオンなどを認識し、逐次段階的に電子状態が変化する。そのため、電気伝導性やスピン物性を評価することにより、存在する分子の種類・量を精密に把握でき、高選択・高感度極薄センサデバイスとしての利用が期待される。

気液界面用いて作製した高配向金属錯体ナノシートの電気伝導度評価を行った結果、関連の金属錯体ナノシート(100nm以下)において最も高い電気伝導度を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、センサ材料として有望視されてきた配位高分子に関して、その電気的不活性な性質とナノシート化が困難であるという課題のために、応用展開に歯止めがかかってきた状況を打破するものである。本研究で対象とするナノシートは、高選択性・高感度な極薄センサ材料として理想的であるとともに、規則ナノ細孔を有するナノシートが必要とされる分離膜、生体膜研究の進展にも波及効果をもたらす。

研究成果の概要(英文)：Metal-organic frameworks (MOFs) composed of metal ions and organic ligands possess regulated nanopores and their electronic properties can be controlled by varying the combination of the components. Electrically conductive MOFs are expected to show new functionalities generated from interaction of guest molecules into framework electronic properties and application of MOFs in nanosheet states will open further up their use in varied applications including thin film electronic devices. The aim of this work is to create highly-oriented conductive MOF nanosheets and reveal their electronic properties.

Air/liquid interfacial synthesis was applied for creating highly-oriented MOF nanosheets composed of triphenylene derivatives with high electron activity and transition metal ions. The planar electric conductivity of the nanosheets recorded as highest in related MOF nanosheets.

研究分野：錯体化学、表面/界面科学

キーワード：ナノシート 気液界面 配位高分子 電気伝導度 配位高分子 X線構造解析 センサー

## 1. 研究開始当初の背景

有機配位子と金属イオン間の配位結合により形成される多孔性結晶 metal-organic framework (MOF)は構造中に規則的にナノ細孔を有する。その構造は構成要素の組み合わせによって制御でき、構造設計性に優れる。この特長を活かし、分子吸着、貯蔵、反応場などの細孔空間の利用が期待される。更に近年では、有機分子に高い $\pi$ 電子活性の分子を用い、電子軌道の重なりを大きくする構造設計によって高い電気伝導性をMOFに発現させることが可能である。その様な高い導電性を持つMOFでは、細孔での分子吸着と電気伝導の連動による新たな機能発現やセンシングデバイスなどの電子デバイスへの応用が期待できる。これまでに、高い $\pi$ 電子活性を有する平面分子の2,3,6,7,10,11-hexaaminotriphenylene (HATP)と $\text{Ni}^{2+}$ の組み合わせで構築されるMOFが粉末で2 S/cm、無配向厚膜で40 S/cmと特に高い導電性を示すことで知られる。HATP-Niは2次元のハニカム型のネットワークが $\pi$ - $\pi$ 相互作用で積層することで電子軌道の重なり度合いが大きい構造を有する(Fig. 1 (a), (b))。

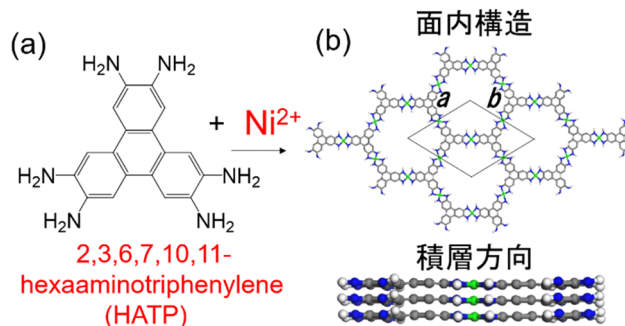


Fig.1(a)2,3,6,7,10,11-hexaaminotriphenylene (HATP), (b) Structure images of HATP-Ni MOF

## 2. 研究の目的

センシングデバイスなどの電子デバイス应用には薄膜形成が必要である。しかしながら、多くのMOFは水熱合成法によって粉末あるいは無配向厚膜の形態で得られる。それゆえに、電気伝導パスの方向が定まらず、電気特性制御が困難である。また、厚膜では比表面積が小さくなり、分子吸着に対する応答性が低くなる。膜厚がナノメートルサイズのナノシートを作製することによって、比表面積を増加させることが可能である。さらに、量子サイズ効果によって通常のバルク結晶では現れない電子状態を実現することで新たな電気特性の発現が期待できる。HATP-NiのMOFにおいて、これまでに無配向膜での報告がなされているが、高い配向性を持つナノシートは報告されていない。本研究の目的は、高配向HATP-Niナノシートの作製である。更に、ナノシートモルフォロジー(配向性、膜厚、形状、シートサイズ)が電気特性に与える影響を解明することである。

目的とする高配向HATP-Niナノシートを作製するために、気液界面反応場に着目した(Fig. 2)。金属イオンを含む水溶液の表面に有機配位子の溶液を展開することにより気液界面で錯形成が生じる。反応場が界面に制限されているため、MOFは2次元に成長し、ナノシートが形成される。有機配位子として、中心の疎水部の周りに親水性の官能基がバランスよく配置された平面分子を採用することで、気液界面と分子面が平行に配向する。気液界面における有機配位子の配向が維持された状態で金属イオンを介した連結反応が進行するため、細孔が気液界面鉛直方向に揃ったMOFナノシートが得られる。

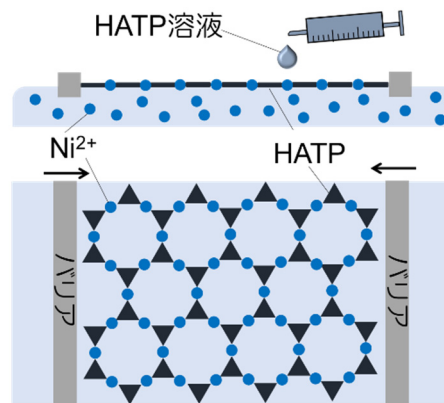


Fig.2 Air/liquid interfacial synthesis of HATP-Ni nanosheets

## 3. 研究の方法

気液界面でのナノシート形成を表面圧縮による表面圧( $\pi$ )-平均分子占有面積(Mma)の関係及びBrewster角顕微鏡観察で確認した。ナノシートの表面モルフォロジーは、Si基板上にナノシートを転写し、原子間力顕微鏡(AFM)及び走査型電子顕微鏡(SEM)で観察した。HATPと $\text{Ni}^{2+}$ 間の電子的相互作用はUV-vis吸収スペクトル測定、元素分析と電子・配位状態はX線光電子分光(XPS)測定によって確認した。結晶構造と配向性に関しては、Si基板上に転写したナノシートを用いて、放射光施設Spring-8での放射光X線回折測定で調べた。薄膜トランジスタは、 $\text{SiO}_2$ (100 nm)/Si基板へ転写したナノシート表面にマスクを覆った状態で金電極を蒸着し、作製した(電極幅: 2000  $\mu\text{m}$ , チャンネル長: 100  $\mu\text{m}$ )。金電極とプローブ電極を接触させてドレイン電圧を印加し、ゲート電圧はSi部に直接印加した。

## 4. 研究成果

### (1) 気液界面での表面圧縮測定とBrewster角顕微鏡観察

気液界面にナノシートの形成を確認するために、表面圧縮を行い、その過程での表面圧( $\pi$ )と

平均分子占有面積(Mma)の関係を調べた(Fig. 3(a))。Mmaの減少に伴って $\pi$ が増加したことから、気液界面のナノシートが形成され、それらが圧縮によって集められていることが示唆された。さらに、Brewster角顕微鏡を用いて気液界面におけるHATP-Niナノシートを観察した。暗部が水面、明部はナノシートを示す。 $\pi$ が0 mN/mにおいてはHATP-Niナノシートが存在しない空隙が多く見られたが、10 mN/mにおいては表面圧縮によりHATP-Niナノシートが寄せ集まり、表面全体を覆う様子が確認できた(Fig. 3(b))。

## (2) HATP-Ni ナノシートの表面モルフォロジー観察

$\pi = 10$  mN/m の条件においてSi基板に転写したHATP-Niナノシートの表面モルフォロジーを、原子間力顕微鏡(AFM)(Fig. 4(a))および走査型電子顕微鏡(SEM)(Fig. 4(b))により観察した。AFM像から、平均14.8(2) nmの厚さ(Fig. 4(c))、53(1) nmのシートサイズ(Fig. 4(d))を有する微小ナノシートが形成されていることが明らかになった。さらに、その微小ナノシートの自発的な集合によってSEM像に見られる数十 $\mu\text{m}$ サイズのナノシートを形成していることが確認された(Fig. 4(b))。

## (3) UV-vis 吸収スペクトル及び X 線光電子分光測定

次に、UV-vis 吸収スペクトル測定を用いて、ナノシートにおけるHATPとNi<sup>2+</sup>間の電子的相互作用を調べた。HATP由来の吸収が274 nmに確認された。また、参照のHATPのみのナノシートには確認されなかったNi<sup>2+</sup>のd-d\*遷移が624.5 nmに確認された。更に、1255 nmにブロードな吸収が見られた。この吸収はHATPとNi<sup>2+</sup>間での電子的相互作用によって形成された新たな電子遷移に起因することが示唆された。

より詳細な配位状態と電子状態を明らかにするために、HATP-NiナノシートのX線光電子分光(XPS)測定を行った(AI K $\alpha$ )。まず、広領域のXPSスペクトルからC、N及びNiの存在が確認された。Ni 2p<sub>3/2</sub>とN 1sのピークに関してフィッティングを行い、含有されるNとNiの元素比率を算出したところN/Ni=4となり、理論比と一致した。そのため、未反応のHATPやNi<sup>2+</sup>が不純物として残存していないことが確認された。次に、ニッケルイオンの価数と詳細な配位状態を調べた。Ni 2p<sub>3/2</sub>領域では、メインピークに加え、高束縛エネルギー側にサテライトピークが観測され、HATP-NiナノシートでのNiの原子価は+2であることが示された。また、原料のNi塩のピーク位置に対して、低束縛エネルギー側へシフトが見られた。一方で、N 1sの領域では、HATP粉末のピークに対して、高束縛エネルギー側へのシフトが確認された。これらの結果から、気液界面でHATPとNi<sup>2+</sup>が配位結合を形成していることが示唆された。

## (4) 放射光 X 線回折測定による結晶構造解析

結晶構造と配向状態を明らかにするために、放射光X線回折(XRD)測定( $\lambda = 1.24 \text{ \AA}$ )を行った。In-plane(基板水平方向)XRDプロファイルで見られたピークは、out-of-plane(基板鉛直方向)XRDプロファイルでは確認されなかったことから、高い配向性を有することが示唆された。それぞれのプロファイルに関して解析を行った結果、in-plane XRDプロファイルで見られたピークは全てヘキサゴナル構造の(hk0)面に由来し、格子定数 $a = b = 21.33(1) \text{ \AA}$ であることが明らかになった。この結果から、約2 nmの細孔を有することが示唆された。また、out-of-planeで見られたピークは層間距離に値し、3.22(1) $\text{\AA}$ と密な積層構造であることが明らかになった。気液界面合成によってHATPとNi<sup>2+</sup>からなる基板鉛直方向に細孔方向が揃った高配向性のナノシート結晶の作製に成功した。

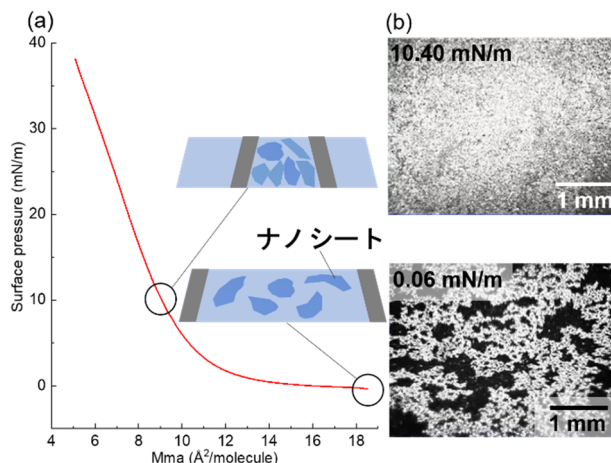


Fig.3 (a)  $\pi$ -Mma isotherms of HATP-Ni nanosheets, (b) Brewster angle microscopy images of HATP-Ni nanosheets

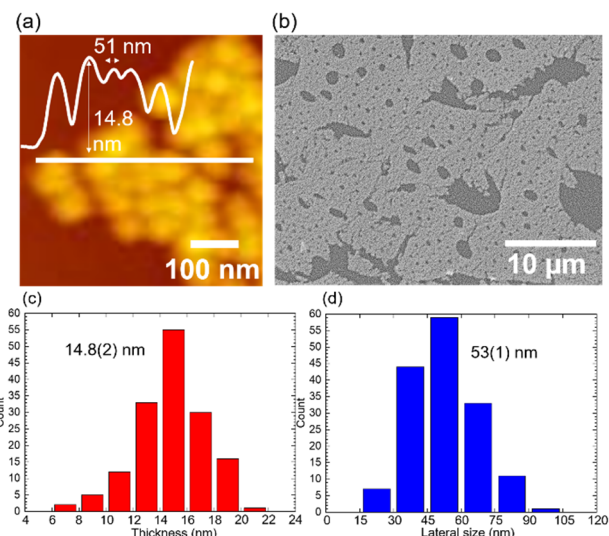


Fig.4 Observation images of HATP-Ni nanosheets on a silicon substrate (a) AFM image, (b) SEM image, (c) distribution of thickness, (d) distribution of sheet size

### (5) 薄膜トランジスタ作製による HATP-Ni ナノシートの面内電気特性評価

高配向 HATP-Ni ナノシートの作製に成功したことから、シート面内方向の電気特性を調べた。SiO<sub>2</sub>(100 nm)/Si 基板表面にナノシートを 5 回転写し (膜厚 : 14.8 nm × 5 = ~74 nm)、その上から短冊状の金電極(チャンネル長 100 μm、2000 μm 幅)を蒸着することでトップコンタクト、ボトムゲート型の電界効果トランジスタを作製した (Fig. 5)。まず、ゲート電圧を印加しない状態で電流(I)-電圧(V)特性を評価した。I-V カーブは直線関係であり、既報の無配向膜で見られた曲線部は確認されなかった。また、導電率は最大で 0.5 S/cm を示した。この

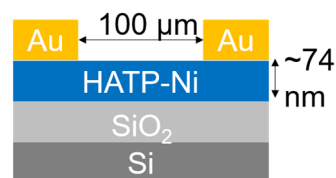


Fig.5 Thin film transistor image

値は MOF の中では高い導電率であるが、同構成要素の無配向膜で記録された 40 S/cm に比べ 3 桁低い値である。その原因として、SEM 像で確認された空隙が存在するためであると考えられた。次に、ゲート電圧印加し、トランジスタの伝達特性を評価した。ゲート電圧を変化させることによるドレイン電流値の変化は約  $10^{-8}$  μA であった。同構成要素の無配向膜 (膜厚 : 約 100 nm) で  $10^{-7}$  から  $10^{-4}$  A の 3 桁ドレイン電流が変調される報告とは異なった。

この特性の違いには、結晶の配向性が大きく影響していることが考えられる。これまでに DFT 計算によって結晶同士の接触様式が異なり、結晶間のホッピング障壁が変化することが報告されている。本研究で得られる高配向ナノシートでは、結晶面の方向が揃った状態で接する。その際にホッピング障壁は 0.02 から 0.12 eV と予測されている。一方で、無配向状態で現れる面同士が垂直に接した際には 0.20 eV と予測され、より大きいエネルギー障壁である。室温のエネルギー (0.026 eV) で電子を励起可能な箇所割合は、高配向状態の方が無配向状態に対して大きいと考えられる。このホッピング障壁の違いがドレイン電流値のゲート電圧による変調度合いの違いに影響していることが推測される。

### (6) まとめ

気液界面合成を利用することで高配向 HATP-Ni MOF ナノシートの作製に成功した。また、ナノシートの面内方向の導電率は最大で 0.5 S/cm を記録した。さらに、ナノシートを用いて作製したトランジスタにおいて、ドレイン電流のゲート電圧による変調は 0 桁であることが明らかになり、既報の無配向膜での 3 桁変調される結果とは異なった。電気特性に配向性が著しく影響を及ぼすことが示唆された。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Makiura Rie	4. 巻 44
2. 論文標題 Influence of solution pH and reaction atmosphere on the morphology of SrTiO <sub>3</sub> nanocubes synthesized by thermohydrolysis	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Research on Chemical Intermediates	6. 最初と最後の頁 4775 ~ 4782
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11164-018-3283-6	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 伊藤 遥子、酒井 雄也、牧浦 理恵	4. 巻 71
2. 論文標題 ブリースター角顕微鏡による界面活性剤系被膜養生剤の観察	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 生産研究	6. 最初と最後の頁 51 ~ 54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11188/seisankenkyu.71.51	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 Makiura Rie, Tsuchiyama Kohei, Pohl Ehmke, Prassides Kosmas, Sakata Osami, Tajiri Hiroo, Konovalov Oleg	4. 巻 11
2. 論文標題 Air/Liquid Interfacial Nanoassembly of Molecular Building Blocks into Preferentially Oriented Porous Organic Nanosheet Crystals via Hydrogen Bonding	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ACS Nano	6. 最初と最後の頁 10875 ~ 10882
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnano.7b04447	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 Ohata Takashi, Hirose Ichiro, Watanabe Takeshi, Makiura Rie	4. 巻 6
2. 論文標題 液相界面ボトムアップ法による分離膜向け分子ナノシートの創製と構造解析	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 SPRING-8/SACLA 利用研究成果集	6. 最初と最後の頁 137 ~ 140
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18957/rr.6.1.137	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 Kishimoto Yuki, Yubuchi So, Hayashi Akitoshi, Tatsumisago Masahiro, Makiura Rie	4. 巻 19
2. 論文標題 Solution-based sequential modification of LiCoO <sub>2</sub> particle surfaces with iron(ii) oxalate nanolayers	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 CrystEngComm	6. 最初と最後の頁 4175 ~ 4181
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CE00552K	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 牧浦 理恵	4. 巻 41
2. 論文標題 規則ナノ細孔を有する分子ナノシートの液相界面ボトムアップ合成	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 C&I Commun	6. 最初と最後の頁 19-21
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 -

〔学会発表〕 計47件 (うち招待講演 16件 / うち国際学会 18件)

1. 発表者名 Takashi Ohata*, Rie Makiura
2. 発表標題 Creation of electrically conductive metalorganic framework nanosheets utilizing liquid phase interfacial coordination
3. 学会等名 Okinawa colloids2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takashi Ohata*, Rie Makiura
2. 発表標題 Creation of electrically conductive metal-organic framework nanosheets utilizing liquid phase interfacial coordination
3. 学会等名 JSPS-EPSCRC Core-to Core International Workshop On Two-Dimensional Coordination Nanosheets (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大畑 考司*, 牧田 龍幸, 竹谷 純一, 牧浦 理恵
2. 発表標題 電子機能性metal-organic frameworkナノシート結晶の電気特性とモルフォロジーの相關調査
3. 学会等名 第65回高分子研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Rie Makiura*
2. 発表標題 Porousmolecularnanosheetsassembledatair/liquidinterfaces:Applicationofmultiplemolecularcomponentstowardsfinetuneofporesizeand shape
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 伊藤 遥子, 酒井 雄也, 牧浦 理恵, 豊田 太郎
2. 発表標題 界面活性剤系養生剤による水分逸散抑制効果に関する研究
3. 学会等名 第19回 コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレードシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takashi Ohata*, Rie Makiura
2. 発表標題 Creation of highly-oriented porous molecular nanosheets utilizing air/liquid interfaces and investigation of their optical properties
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Rie Makiura
2. 発表標題 Interfacial nanocrafting of molecular building blocks into crystalline porous nanosheets
3. 学会等名 The 7th Asian Conference on Coordination Chemistry (ACCC7) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Rie Makiura
2. 発表標題 Liquid-phase interfacial nanoassembly of molecular building units into porous nanosheet crystals
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 Rie Makiura
2. 発表標題 Liquid-phase Interfacial nanocrafting of molecular building blocks into crystalline porous nanosheets
3. 学会等名 JSPS-EPSCRC Core-to Core International Workshop On Two-Dimensional Coordination Nanosheets (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Rie Makiura
2. 発表標題 多孔性金属錯体ナノシートの気液界面合成：モルフォロジー制御と機能創出 Air/liquid interfacial synthesis of porous metal complex nanosheets : Morphology tuning and creation of new functions
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 大畑 考司・牧田 龍幸・竹谷 純一・牧浦 理恵
2. 発表標題 電子機能性MOFナノシート結晶のシート形態・配向性と電気的特性の相関関係調査
3. 学会等名 第64回高分子研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 淵上 晃輝・牧浦 理恵
2. 発表標題 気液界面における細孔径可変MOF薄膜の作製
3. 学会等名 第64回高分子研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 淵上 晃輝・牧浦 理恵
2. 発表標題 Pore-size-adjustable MOF nanosheets assembled
3. 学会等名 錯体化学第68回討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大畑 考司・牧田 龍幸・竹谷 純一・牧浦 理恵
2. 発表標題 MOFナノシート結晶の電子機能の開拓:配向性・シート形態と電気的特性の調査
3. 学会等名 錯体化学第68回討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大畑 考司・牧田 龍幸・竹谷 純一・牧浦 理恵
2. 発表標題 電子機能性metal-organic frameworkナノシート結晶の電気特性とモルフォロジーの相関調査
3. 学会等名 第69回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 牧浦 理恵
2. 発表標題 気液界面における多孔性分子ナノシートの創製：細孔サイズと形状の制御に向けた多成分の適用
3. 学会等名 第69回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takashi Ohata, Rie Makiura
2. 発表標題 Electronic functional MOF nanosheet crystals varied by orientation and morphology
3. 学会等名 The 43rd International Conference on Coordination Chemistry (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Koki Fuchigami, Rie Makiura
2. 発表標題 Pore-size adjustable MOF nanosheets assembled at air/liquid interfaces
3. 学会等名 The 43rd International Conference on Coordination Chemistry (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Rie Makiura
2. 発表標題 Liquid-phase interfacial nanoassembly of molecular building units into
3. 学会等名 The 43rd International Conference on Coordination Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 牧浦 理恵
2. 発表標題 分子の積み木細工による2次元機能材料の創成
3. 学会等名 第五回ヘキサカンファレンス (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大畑 孝司*、牧田 龍幸、竹谷 純一、牧浦 理恵
2. 発表標題 高配向性 metal-organic frameworkナノシート結晶の形態と電気的特性の相関調査
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大畑 孝司*、牧浦 理恵
2. 発表標題 高配向性 metal-organic frameworkナノシート結晶の形態と電気的特性の相関調査
3. 学会等名 第9回関西無機機能性材料研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 淵上 晃輝*、牧浦 理恵
2. 発表標題 温度による細孔サイズの制御可能なナノシートの製膜
3. 学会等名 第9回関西無機機能性材料研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takashi Ohata*、 Rie Makiura
2. 発表標題 Highly-orientated multi-layered MOF nanosheet crystals with triphenylene-derivatives at air/liquid interfaces
3. 学会等名 第11回NanoSquareワークショップ(国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Zhang Lihao*、 Akihiro Nomoto, Yuta Sakai, Rie Makiura, Akiya Ogawa
2. 発表標題 Synthesis of acetylene-conjugated porphyrin for construction of metal-organic framework
3. 学会等名 Joint Symposium of Asia Five Universities (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Rie Makiura
2. 発表標題 Liquid-phase interfacial nanoassembly of molecular building units into porous nanosheet crystals
3. 学会等名 Joint Symposium of Asia Five Universities (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Rie Makiura
2. 発表標題 Air/liquid Interfacial nanoassembly of molecular building units into porous nanosheet crystals
3. 学会等名 11th Japan-China Joint Symposium on Metal Cluster Compounds (11th JCSMCC) 第11回日中クラスター会議(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 牧浦 理恵
2. 発表標題 Electronic state tuning of molecular-based porous frameworks by introducing guest molecules into pores
3. 学会等名 錯体化学会第67回討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大畑 孝司*、牧浦 理恵
2. 発表標題 高配向性ニッケル錯体ナノシート結晶の気液界面合成
3. 学会等名 錯体化学会第67回討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 牧浦 理恵
2. 発表標題 気液界面に形成された多孔性分子ナノシートの構造とモルフォロジ制御
3. 学会等名 第68回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takashi Ohata*、 Rie Makiura
2. 発表標題 Synthesis of highly orientated metal-organic framework nanosheet crystals composed of triphenylene derivative at air/liquid interfaces
3. 学会等名 The 6th Asian Conference on Coordination Chemistry (ACCC6) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Rie Makiura
2. 発表標題 LIQUID-PHASE INTERFACIAL NANOASSEMBLY OF METAL-ORGANIC FRAMEWORKS INTO HIGHLY-CRYSTALLINE NANOSHEETS
3. 学会等名 The 6th Asian Conference on Coordination Chemistry (ACCC6) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大畑 孝司*、牧浦 理恵
2. 発表標題 トリフェニレン誘導体を用いたハニカム型 metal-organic framework ナノシート結晶作製及びシート形態制御
3. 学会等名 第63回高分子研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 牧浦 理恵
2. 発表標題 水素結合により連結した結晶性分子ナノシートの気液界面合成
3. 学会等名 第63回高分子研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 牧浦理恵
2. 発表標題 分子の積み木細工による2次元機能材料の創製
3. 学会等名 第45回東北地区高分子若手研究会夏季ゼミナール（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 牧浦理恵
2. 発表標題 分子の積み木細工による2次元機能材料の創製：液面の特異性を利用して作る多孔性ナノシート
3. 学会等名 セミナー化学千一夜 有機合成化学協会 関西支部（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Rie Makiura
2. 発表標題 Interfacial Nanoassembly of Molecular Building Units into Crystalline Porous Nanosheets
3. 学会等名 The 2nd International Symposium on Synthetic Two-Dimensional Polymers（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 牧浦 理恵
2. 発表標題 液相界面を利用した分子ナノシート結晶のボトムアップ創製
3. 学会等名 日本セラミックス協会 第29回秋季シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Rie Makiura
2. 発表標題 Interfacial nanoassembly of molecular building units into crystalline porous nanosheets
3. 学会等名 1st Japan-Australia Joint Symposium on Coordination Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 牧浦 理恵
2. 発表標題 液相逐次成長法による無機粒子表面への配位高分子薄層の形成と2次電池電極材料への応用
3. 学会等名 第65回高分子討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Azusa Taniguchi, Rie Makiura
2. 発表標題 Fine control of the pore size in a molecular nanosheet by applying multicomponents for organic solar cells
3. 学会等名 The 5th Symposium on Advanced Materials and Application (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Rie Makiura
2. 発表標題 Interfacial nanoassembly of molecular building units into crystalline porous nanosheets
3. 学会等名 The 5th Symposium on Advanced Materials and Application (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年



1. 発表者名 牧浦 理恵
2. 発表標題 多孔性配位高分子ナノシートの2次元液相界面合成
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 牧浦 理恵
2. 発表標題 液相界面を利用した結晶性分子ナノシートのボトムアップ創製
3. 学会等名 第62回高分子研究発表会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Rie Makiura
2. 発表標題 Solution based step-by-step growth of metal-organic framework nanolayers on inorganic particle surfaces and application for secondary battery electrode materials
3. 学会等名 錯体化学会第66回討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 大畑 孝司、牧浦 理恵
2. 発表標題 トリフェニレン誘導体を用いた高配向性Metal-Organic Frameworksナノシート結晶の気液界面合成
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Azusa Taniguchi, Rie Makiura
2. 発表標題 Size and crystallinity control in hydrogen-bonded porous molecular nanosheets assembled at air/liquid interfaces
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 牧浦理恵	4. 発行年 2019年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 639
3. 書名 PCP/MOFおよび各種多孔質材料の作り方, 使い方, 評価解析 「第2章 PCP/MOFの応用利用, その可能性、第14節 液相界面を利用した高配向MOFナノシートの創製」	

1. 著者名 牧浦理恵	4. 発行年 2020年
2. 出版社 エヌ・ティー・エス	5. 総ページ数 448
3. 書名 ポストグラフェン材料の創製と用途開発最前線 「第3節 規則ナノ細孔を有する有機無機ポリマーナノシートの液相界面合成」	

1. 著者名 Rie Makiura (Edited by Hisashi Yamamoto, Takashi Kato)	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Wiley	5. 総ページ数 384
3. 書名 Molecular Technology: Life Innovation, 2. Liquid-Phase Interfacial Synthesis of Highly Oriented Crystalline Molecular Nanosheets.	

1. 著者名 牧浦理恵、大坪主弥、北川宏	4. 発行年 2017年
2. 出版社 日本化学会編, 化学同人	5. 総ページ数 8
3. 書名 CSJカレントレビューシリーズNo.25"2次元物質の化学",	

〔産業財産権〕

〔その他〕

研究代表者の研究室のHP <a href="http://mtr1.osakafu-u.ac.jp/hybrid-nanomater/">http://mtr1.osakafu-u.ac.jp/hybrid-nanomater/</a>
---

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
---------	---------