

令和 3 年 5 月 28 日現在

機関番号：11501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H02068

研究課題名(和文)再生可能電力の変換貯蔵を目指すメタルフリー有機電極触媒

研究課題名(英文)Metal-free organic electrocatalysis for conversion and storage of renewable electricity

研究代表者

吉田 司 (YOSHIDA, TSUKASA)

山形大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：90273127

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：太陽光等の再生可能余剰電力を化学燃料に変換貯蔵オンデマンド利用するために、貴金属等を用いない水素結合導電性高分子有機電極触媒を開発する。種々の原料と合成手法による触媒材料の獲得と実験的評価、分子ダイナミクスシミュレーションによる高分子触媒の構造と触媒活性の相関解明、スケールアップ技術の検討によるエネルギー変換実証を課題とした。従来知られる熱CVD法によるポリドーパミン(PDA)を大きく凌駕し、高性能白金触媒に匹敵する100 mV程度の過電圧を電解重合PDAによって達成したほか、CuSCN/ニユートラルレッドハイブリッド電析膜によるCO₂触媒還元、CoドーブZnO電析膜による水酸化を達成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

太陽光や風力による再生可能な創電が大幅に低コスト化した一方、天候による発電量の変動がそれらを基幹電力化する妨げとなっている。余剰電力による水電解やCO₂還元によって容易に貯蔵可能な化学燃料に変換し、オンデマンド利用することが可能となれば、一層の再エネ拡大に貢献するが、従来これらの電解反応には希少な金属等が必須であった。本研究では水素結合性官能基を有する導電性高分子がメタルフリーな有機電極触媒となることを見出し、その高性能化と触媒活性発現の理由を探索した。電解重合PDAはPtに匹敵する水素発生触媒活性を有することを明らかにする成果等を得て、有機電極触媒が持つ大きな可能性を証明することに成功した。

研究成果の概要(英文)：Sustainable rare metal free hydrogen bonding conductive polymer electrocatalysts were developed from various abundant elements and synthetic methods to realize on-demand use of renewable energy by conversion of electricity surplus from renewable sources such as solar, into storable chemical energies. Electropolymerized poly-dopamine (PDA) has achieved an overpotential of ca. 100 mV for hydrogen evolution reaction, as active as a high performance Pt catalyst, and far better than the PDA obtained by previously developed oCVD method. Electrocatalytic CO₂ reduction has also been achieved by electrochemically self-assembled CuSCN/neutral red hybrid thin film. Electrodeposition also yielded Co-doped ZnO thin film which was active as a catalyst for water oxidation.

研究分野：電気化学

キーワード：エネルギー変換 電極触媒 導電性高分子 電気化学分析 分子ダイナミクスシミュレーション 3Dプリンティング 水素発生反応 炭酸ガス還元反応

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

太陽光や風力などの再生可能エネルギーによる発電コストは石炭等を大きく下回る程低コスト化した。が、気候や昼夜で大きく発電量が変動することが基幹電力化への妨げとなっている。大規模な蓄電技術の開発に加え、余剰電力を用いた水電解や炭酸ガス還元により、貯蔵輸送可能な水素や炭化水素等の化学燃料に変換し、オンデマンドな利用を可能とする技術開発が急務となっている。しかし、これら反応に用いられる電極触媒には、希少な貴金属等が用いられるのが常であり、持続可能な代替触媒の開発が迫られていた。

共同研究のパートナーである、オーストリア、リンツ大学のグループは、水素結合性の官能基を有する導電性高分子が水素発生反応 (HER) や二酸化炭素還元反応 (CO₂RR) 触媒として高い活性と安定性を有することを見出した。光合成反応において金属が反応場となっている事実を倣い、触媒には含金属化合物や金属錯体を用いる従来の常識を覆し、メタルフリーな有機物を用いる可能性を示すと共に、容易にレア元素を用いず合成可能なため、技術自体の持続可能性を担保出来る可能性を開くこととなった。

2. 研究の目的

そこで本研究では、多様な導電性高分子触媒を複数の手段で獲得し、その電極触媒機能の向上を目指した。その構造と微環境を分子ダイナミクスシミュレーションと分光計測を併用して明らかにし、特に水素結合性官能基の種類や位置、密度と触媒活性の相関を調べ、高分子触媒の機能向上にかかる分子設計、最適な制御を可能とする材料合成法の解明を目指した。また、一般的な電気化学分析のみでなく、3D プリンティングによるフローセルを用いた大電流長時間の電解も試み、実用的なエネルギー変換装置としての評価も目的とする。これらを通じて、電力の変換貯蔵に向けた電極触媒として、有機材料をその選択肢に加えること、有機触媒の電気化学に関する学問基礎を確立することを目指した。

3. 研究の方法

従来の研究で見出されたポリドーパミン (PDA) に加え、酸化ラジカル重合性を有し共役主鎖を形成し、水素結合性の官能基を有する種々のモノマーとして、DNA を構成する核酸やアニリンに類似したニュートラルレッド色素について、導電基板上への製膜を試みた。リンツ大学が先行獲得していた熱 CVD 法による気相製膜に加え、バルク反応による重合や電解重合による製膜を検討した。得られた膜を形態観察、FT-IR による導電性高分子の形成、XPS による酸化状態やドーピング種の特長、そして分子ダイナミクスシミュレーションによりキャラクタライズした。上記とは別の手段として、CuSCN 薄膜を電解析出する際に、水素結合性有機分子を導入することによる無機有機ハイブリッド CO₂RR 触媒の創出、ZnO 薄膜電析における Co ドーピングも試みた。さらに電極触媒材料として有望な種々の金属酸化物薄膜を得る新規な手法として真空 UV 光照射による有機金属前駆体の光化学分解も検討した。複数のアプローチによるサステナブルな触媒材料獲得を目指した。

リニアスイープボルタンメトリー (LSV) 法による触媒活性評価 (Tafel 解析) を種々の電解液中で行い、HER, CO₂RR 触媒能を評価した。スケールアップと耐久性評価は、3D 印刷法によって立体フローチャンネルを有するフロー型電解セルを設計作製し、高比表面積なカーボンフェルト (CF) を基体電極とする電解装置を構築した。また、立体的な規則多孔質構造を持った電極を作製する手段として、高耐熱高耐薬品性のアラミド紙への導電ペースト塗布と焼成によるペーパー電極の作製と評価にも取り組んだ。

4. 研究成果

研究初期にリンツ大から熱 CVD 法のノウハウを学び、装置を導入して PDA の製膜に成功した。種々の分光計測等からは導電性の PDA が形成していることが確認されたが、触媒活性はリンツ大のそれに劣っていた。そこで、新規なモノマーとして水素結合性官能基を有する DNA を構成する核酸、アデニン、グアニン、シトシン、チミンの熱 CVD 重合製膜と HER 触媒活性評価を試みた。硫酸を酸化剤とし、種々の反応温度等を試みたが、チミンは重合性を全く示さず、生成物が得られなかった。他については、茶褐色～黒色の析出物が得られ、FT-IR は infrared activated vibration (IRAV) による強い吸収を示し、導電性高分子の形成が示唆された。しかし、ポリグアニンのみが HER 触媒活性を示し、ポリアデニンやポリシトシンでは無修飾 GC 電極よりも電流が小さくな

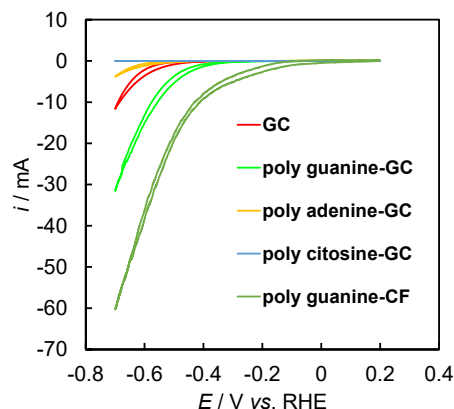


図1 熱 CVD 法によるポリ核酸修飾電極の 0.5 M 硫酸水溶液中 N₂ 下 CV。GC はグラッシーカーボン、CF はカーボンフェルト。

った(図1)。カルボニルのβ位にNを有するグアニンの構造が、反応中間体の安定化に寄与し、HER触媒活性を示したものと思われる。また、平板なGCでなく高比表面積なCFを電極基材として用いることでHER電流が顕著に増加した。すなわち、熱CVD法によりポリグアニンをCFの内部表面にも析出させることが可能であり、反応場が拡大することが分かった。

従来最も優れたHER、CO₂RR触媒活性が得られたPDAについては、電解重合法による製膜と評価を試みた。H型セルを用い、脱水DMFを用いた原料溶液中で、酸化側折り返し電位を+600 - +1350 mV vs. Ag/AgClの範囲で変化させつつ10 mV/sで700サイクル電位スキャンして得られたPDA修飾CF電極の触媒活性を比較すると、電位が貴となる程そのHER活性が向上することが分かった(図2)。

酸化側エンドが+1350 mVの試料では、10 mA cm⁻²過電圧が103 mV、交換電流密度が0.75 mA cm⁻²、ターフェル勾配が67 mA/decadeとなり、従来の熱CVD法によるPDAを大きく凌駕し、高性能Pt触媒にも匹敵する性能が得られることが明らかになった。C 1s XPSから、より酸化的な条件でPDAを製膜することで、最高酸化状態であるジヒドロキシインドール型の比率が増え、それがHER触媒活性向上の理由であると示唆された。

次に、アニリンと同様に酸化生成したラジカルのカップリングによる重合性を示すと期待され、構造中に多数の水素結合性Nを有するフェナジン色素であるニュートラルレッド(NR)の重合と評価に取組んだ。硫酸を酸化剤とした熱CVD、NRの硫酸水溶液中での電解重合共にPNRと思われる薄膜が生成したが、その状態は大きく異なり、前者がNRの吸収帯がブロード化して赤味を帯びているのに対して後者は黒色でフラットな吸収スペクトルとなった(図3)。熱CVDでは構造に乱雑さがあり、NR分子の電子構造を反映しているが、電解重合では構造が均一でサブユニット間の電子相互作用が大きいと解釈できる。

これらのHER活性を1 M TfOH水溶液中で比較すると、oCVD膜の10 mA cm⁻²過電圧379 mVに対して、EPD膜は268 mVとより活性が高かった。興味深いのは、比較実験として行ったポリアニリン(PANI)電解重合膜が全くHER活性を示さないことである。PNR電析中のCVを図4に示した。不可逆な酸化ピークが現れ、この過程でラジカル重合によってPNRが形成する。サイクル初期には可逆的に見えるカソードピークはNRモノマーの還元によるが、サイクルを経るごとにHER電流に支配されて不可逆になる。同様にPANIを電析すると、良く知られる通りPANI自体の酸化還元による可逆的なレドックスピークが現れ、サイクルごとに強度が増大する。すなわちPANIは高い導電性とイオン交換能を有するものの、その電荷は構造中に安定化されるために、触媒機能を示さないことが理解される。有機触媒としてはそれ自体の導電性はあっても直ちに電荷はプロトンに移動するため、可逆的なレドックスを示さないことが分かる。

導電性やレドックス、触媒機能については、微視的な化学構造のみでなく、高分子固体の巨視的な構造も重要と考えられるが、それを分光学的計測によって明らかにすることは容易ではない。特にPDAについては複数の化学構造を取りうるためにほぼ未解明である。そこで、計算化学的アプローチによる構造推定についてその基礎の確立を目指した。4種の化学構造に対するDFT計算からのIRスペクトル推定は、実験的に得られたPDAのスペクトルに良い一致を示した他、分子ダイナミクス(MD)シミュレーションにより、PDAの構造推定を完了した(図5)。300 K、1 atmの等温定圧(NPT)集団としてPDAの密

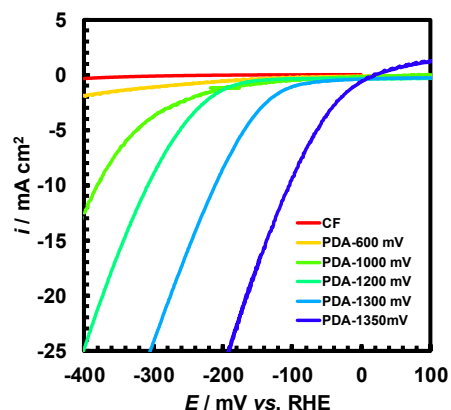


図2 種々の酸化側折り返し電位での電位サイクルにより電解重合製膜したPDA修飾CF電極の1 M トリフルオロメタンスルホン酸(TfOH)水溶液中のLSV。

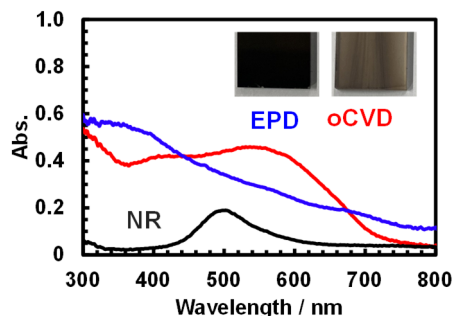


図3 熱CVD(oCVD)と電解重合(EPD)でFTO透明導電基板上に製膜したPNRとNR水溶液の透過吸収スペクトル。

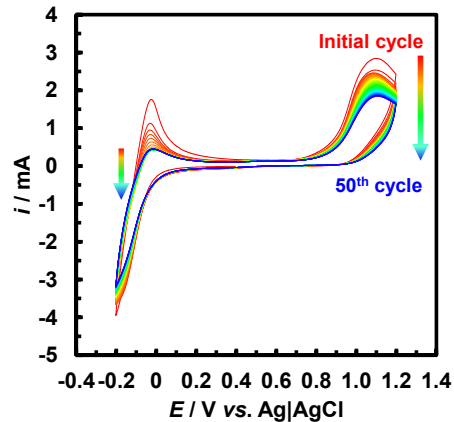


図4 PNR電解製膜中のCV。5 mM NR + 0.1 M H₂SO₄水溶液、N₂下、50 mV/s。

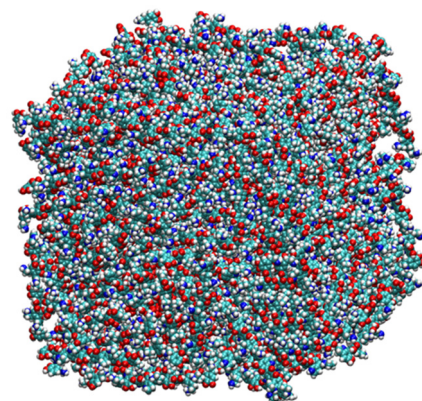


図5 MD計算された30ユニットPDA構造のスナップショット。

度は 1123 kg/m^3 と計算され、Swift が 2009 年に報告した推定値 (1540 kg/m^3) よりもずっと小さく見積もられ、そのことが触媒反応に必須となるイオンや基質の PDA 中の輸送を可能としていることが示唆された。

スケールアップ実験については、CAD によるフローセル設計と 3D プリンティングによるデバイス試作を繰り返し、図 6 の様なバナジウムレドックスフロー電池 (VRFB) による太陽光発電電力の貯蔵とオンデマンド利用をデモンストレーションして技術を獲得した。また、アンモニアスラグから湿式化学プロセスで回収されたバナジウムを用いた VRFB の動作を確認した。写真中央にあるフローセルを下から上に重力で流通する過程で太陽電池の電力で電解液をチャージし、充電済みの電解液を下側の容器に貯蔵する。屋内で砂時計の様に上下を反転すると、太陽光から得た電力を取り出せる。充放電効率は 33% 程度と低かったが、再エネのオンデマンド利用を実演する良いデモンストレーションとなった。

習得したデバイス作製技術を用いて、図 7 の様な三電極式のフロー電解セルを作製した。熱 CVD 法で PDA を修飾した CF 電極を用い、チューブポンプで希硫酸電解液をフローすると、流速に応じて定電位時の電解電流が顕著に増大した。水電解によって発生する水素気泡が電極表面に付着することで電流が減衰する問題があり、CF の様な多孔質電極の内部表面を機能させるためには、気泡を強制的に除去する手段が必要と分かった。連続 9 時間、 0.25 A (H_2 0.1 L/h 相当) の大電流電解に成功し、有機触媒を用いた水素製造を実証した。

Cu は CO_2 還元によって特異的に有用性の高い炭化水素を生成する触媒能を持つが、選択性が低く混合物を与える問題がある。水素結合性官能基を持った有機分子をナノスケールで Cu と複合化し、協奏的な反応場を形成することで反応選択性を制御することを狙った。CuSCN のカソード析出において、NR を電析浴中に添加することで、NR が高濃度に取り込まれ、ナノ構造化した CuSCN/NR ハイブリッド膜が形成した (図 8)。さらに、これらの膜を電解還元すると CuSCN が Cu にコンバートされるが、ハイブリッド膜から NR は脱離せず、Cu/NR 膜となることが確認された。還元コンバート後の薄膜電極を用いて CO_2 雰囲気下で CV を測定すると、興味深いことに、Cu/NR ハイブリッド膜ではサイクル毎に徐々に活性が増大し、 0.75 mA cm^{-2} 時の過電圧は Cu 電極より 300 mV 程度小さくなった。電解中に反応場構造が再構築されることで、ハイブリッド薄膜の CO_2 RR 触媒活性が向上するものと考察された。

HER や CO_2 RR に対を成す OER 反応については、酸化分解する有機触媒を用いることは困難である。これに対し、安価且つ導電性に優れる ZnO をホスト材料とし、OER 触媒活性を持つ Co を少量ドーピングする戦略で非貴金属触媒の創出を試みた。マイクロ波加熱水熱反応で合成された Co ドープ ZnO 微粒子塗布膜は中性電解液中での OER 活性を示したが、発生した酸素により電極の剥離が起こった。そこで密着性の高い ZnO 薄膜電析において Co 塩を添加したが、溶解度と還元電位の相違のために、金属 Co や Co 水酸化物が分相析出する。さらにテレフタル酸 (TPA) を添加すると、Zn と Co が原子レベルで混合された層状構造の Zn-Co-TPA 金属有機構造体 (MOF) 薄膜が得られ、これを熱処理することで Co ドープ ZnO 薄膜を得ることに成功した (図 10)。

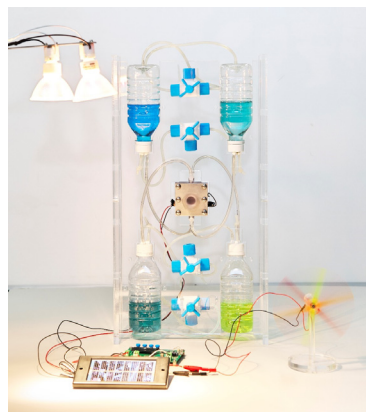


図 6 重力で送液するデモ用 VRFB。

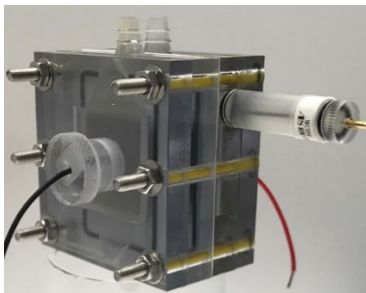


図 7 フロー電解用三極式セル。

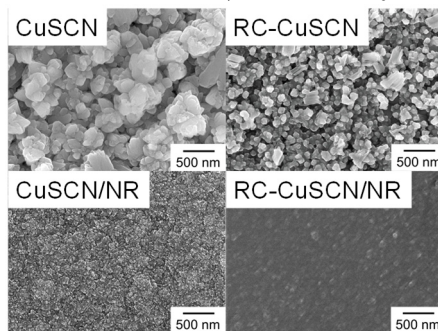


図 8 CuSCN, CuSCN/NR 電析膜、それぞれを還元し Cu にコンバート (RC-) した膜の SEM 写真。

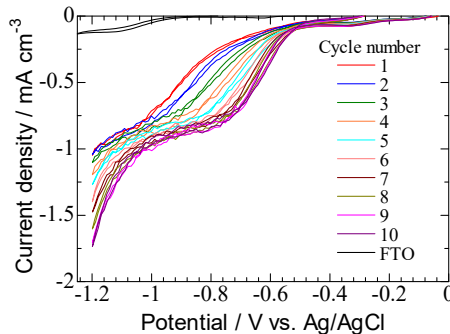


図 9 CO_2 飽和 0.1 M KCl 水溶液中での Cu/NR ハイブリッド電極の CV。

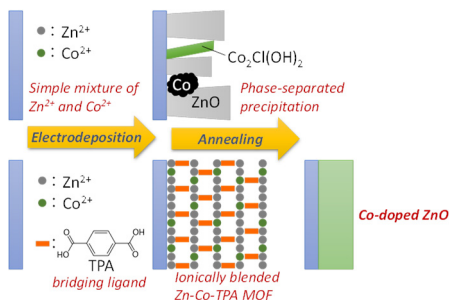


図 10 Zn-Co-TPA MOF 薄膜の電析を利用した Co ドープ ZnO 薄膜の作製。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計34件（うち査読付論文 32件／うち国際共著 21件／うちオープンアクセス 15件）

1. 著者名 Sun L., Kurosawa Y., Yoshida T., Suzuri Y.	4. 巻 166
2. 論文標題 Vacuum Ultraviolet Photochemical Sol-Gel Processing of Zn, Sn, Zn-Sn Oxide Thin Films for Encapsulation of Organic Light Emitting Diodes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of The Electrochemical Society	6. 最初と最後の頁 B3176 ~ B3183
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/2.0301909jes	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 Tsuda Y., Nakamura T., Uda K., Okada S., Yamakado R., Sun L., Suzuri Y., Stadler P., Dimitriev O., Yoshida T.	4. 巻 166
2. 論文標題 Switching of Dye Loading Mechanism in Electrochemical Self-Assembly of CuSCN/4-(N,N-dimethylamino)-4 - (N -methyl)Stilbazolium Hybrid Thin Films	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of The Electrochemical Society	6. 最初と最後の頁 B3096 ~ B3102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/2.0151909jes	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 Sun He, Takahashi Hirota, Nishiumi Nobuyuki, Kamada Yuki, Sato Kei, Nedu Kyosuke, Matsushima Yuta, Khosla Ajit, Kawakami Masaru, Furukawa Hidemitsu, Stadler Philipp, Yoshida Tsukasa	4. 巻 166
2. 論文標題 Vanadium Redox Flow Batteries Fabricated by 3D Printing and Employing Recycled Vanadium Collected from Ammonia Slag	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of The Electrochemical Society	6. 最初と最後の頁 B3125 ~ B3130
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/2.0251909jes	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 Sun He, Ruess Raffael, Schlettwein Derck, Yoshida Tsukasa	4. 巻 166
2. 論文標題 Influence of Crystal Facets (102) or (100) on Photoelectrochemical Kinetics of ZnO Nanocrystals in Dye-Sensitized Solar Cells	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of The Electrochemical Society	6. 最初と最後の頁 B3290 ~ B3294
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/2.0451909jes	査読の有無 無
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 Sun He, Ruess Raffael, Schlettwein Derck, Yoshida Tsukasa	4. 巻 166
2. 論文標題 Influence of Crystal Facets (102) or (100) on Photoelectrochemical Kinetics of ZnO Nanocrystals in Dye-Sensitized Solar Cells	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of The Electrochemical Society	6. 最初と最後の頁 B3290 ~ B3294
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/2.0451909jes	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 Mukundan Rangachary, Furukawa Hidemitsu, Milano Giuseppe, Matsui Hiroyuki, Yoshida Tsukasa, Sukumaran Sathish K., Koehne Jessica, Hesketh Peter, Razeeb Kafil M., Magagnin Luca, Khosla Ajit, Moulin Johan	4. 巻 166
2. 論文標題 Preface-JES Focus Issue on 4D Materials and Systems	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of The Electrochemical Society	6. 最初と最後の頁 Y11 ~ Y11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/2.0481909jes	査読の有無 無
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 Takeda Masaki, Hojo Kenta, Umemoto Kazuki, Scharber Markus Clark, Stadler Philipp, Yumusak Cigdem, Sariciftci Niyazi Serdar, White Matthew Shuette, Furis Madalina, Okada Shuji, Yoshida Tsukasa, Matsui Jun, Masuhara Akito	4. 巻 19
2. 論文標題 Photoconductive Properties of Dibenzotetrathiafulvalene-Tetracyanoquinodimethane (DBTTF-TCNQ) Nanorods Prepared by the Reprecipitation Method	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Nanoscience and Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 4599 ~ 4602
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1166/jnn.2019.16346	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Tanaka Yuka, Ichijo Keisuke, Kodama Sota, Aoyama Shun, Yoshida Tsukasa, Yamakado Ryohei, Okada Shuji	4. 巻 19
2. 論文標題 Various Ionic Crystals from the Combination of 1,3-Bis(dicyanomethylidene)indan Anion and Electronic Cations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Crystal Growth & Design	6. 最初と最後の頁 5811 ~ 5818
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.cgd.9b00841	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 Tezuka Yuki, Umemoto Kazuki, Takeda Masaki, Takahashi Yoshihito, Ebe Hinako, Enomoto Junya, Rodbuntum Sasiphapa, Nohara Tomohiro, Fontecha Daniela, Asakura Satoshi, Chiba Takayuki, Furis Madalina Ioana, Yoshida Tsukasa, Uji-i Hiroshi, Masuhara Akito	4. 巻 59
2. 論文標題 Effects of alkylamine chain length on perovskite nanocrystals after washing and perovskite light-emitting diodes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SDDC04 ~ SDDC04
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab4ecd	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 Sun Lina, Uemura Kaho, Takahashi Tatsuhiko, Yoshida Tsukasa, Suzuri Yoshiyuki	4. 巻 11
2. 論文標題 Interfacial Engineering in Solution Processing of Silicon-Based Hybrid Multilayer for High Performance Thin Film Encapsulation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 43425 ~ 43432
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.9b14994	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 Dimitriev Oleg, Fedoryak Alexander, Slominskii Yuri, Smirnova Anna, Yoshida Tsukasa	4. 巻 738
2. 論文標題 Phonon-assisted anti-Stokes luminescence of tricarboyanine near-infrared dye	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Physics Letters	6. 最初と最後の頁 136905 ~ 136905
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cplett.2019.136905	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 Dimitriev Oleg, Yoshida Tsukasa, Sun He	4. 巻 2
2. 論文標題 Principles of solar energy storage	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Energy Storage	6. 最初と最後の頁 未定
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/est2.96	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 Takeda Masaki, Hojo Kenta, Umemoto Kazuki, Scharber Markus Clark, Stadler Philipp, Yumusak Cigdem, Sariciftci Niyazi Serdar, White Matthew Shuette, Furis Madalina, Okada Shuji, Yoshida Tsukasa, Matsui Jun, Masuhara Akito	4. 巻 19
2. 論文標題 Photoconductive Properties of Dibenzotetrathiafulvalene-Tetracyanoquinodimethane (DBTTF-TCNQ) Nanorods Prepared by the Reprecipitation Method	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Nanoscience and Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 4599 ~ 4602
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1166/jnn.2019.16346	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 Sun He, Takahashi Hirota, Nishiumi Nobuyuki, Kamada Yuki, Sato Kei, Nedu Kyosuke, Matsushima Yuta, Khosla Ajit, Kawakami Masaru, Furukawa Hidemitsu, Stadler Philipp, Yoshida Tsukasa	4. 巻 166
2. 論文標題 Vanadium Redox Flow Batteries Fabricated by 3D Printing and Employing Recycled Vanadium Collected from Ammonia Slag	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of The Electrochemical Society	6. 最初と最後の頁 B3125 ~ B3130
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/2.0251909jes	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 Tsuda Y., Nakamura T., Uda K., Okada S., Yamakado R., Sun L., Suzuri Y., Stadler P., Dimitriev O., Yoshida T.	4. 巻 166
2. 論文標題 Switching of Dye Loading Mechanism in Electrochemical Self-Assembly of CuSCN/4-(N,N-dimethylamino)-4-(N-methyl)Stilbazolium Hybrid Thin Films	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of The Electrochemical Society	6. 最初と最後の頁 B3096 ~ B3102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/2.0151909jes	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 Uda Kyota, Tsuda Yuki, Okada Shuji, Yamakado Ryohei, Sun Lina, Suzuri Yoshiyuki, White Matthew Schuette, Furis Madalina, Stadler Philipp, Dimitriev Oleg, Yoshida Tsukasa	4. 巻 4
2. 論文標題 Concerted Photoluminescence of Electrochemically Self-Assembled CuSCN/Stilbazolium Dye Hybrid Thin Films	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 4056 ~ 4062
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.8b03632	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 Shimamura Nobuhiro, Kanda Ryuji, Matsukubo Yuma, Hirai Yutaro, Abe Hiroya, Hirai Yuji, Yoshida Tsukasa, Yabu Hiroshi, Masuhara Akito	4. 巻 4
2. 論文標題 Preparation of Hierarchic Porous Films of -MnO ₂ Nanoparticles by Using the Breath Figure Technique and Application for Hybrid Capacitor Electrodes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 3827 ~ 3831
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.8b03381	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 Uda Kyota, Tsuda Yuki, Okada Shuji, Yamakado Ryohei, Sun Lina, Suzuri Yoshiyuki, White Matthew Schuette, Furis Madalina, Stadler Philipp, Dimitriev Oleg, Yoshida Tsukasa	4. 巻 88
2. 論文標題 Photoluminescent Property of Electrochemically Self-Assembled CuSCN/Dye Hybrid Thin Films	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ECS Transactions	6. 最初と最後の頁 323 ~ 333
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/08801.0323ecst	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 Nakamura Tenshou, Ueda Shotaro, Uda Kyota, Tsuda Yuki, Hirai Yuji, Sun He, Yoshida Tsukasa	4. 巻 88
2. 論文標題 Electrodeposition of Zn-Terephthalate Metal-Organic Framework Thin Films	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ECS Transactions	6. 最初と最後の頁 343 ~ 350
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/08801.0343ecst	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 Nishiumi Nobuyuki, Sun He, Shiroishi Hidenobu, Matsushima Yuta, Stadler Philipp, Yoshida Tsukasa	4. 巻 88
2. 論文標題 Microwave-Assisted Hydrothermal Synthesis of Co-Doped ZnO Nanoparticles for Water Oxidation Electrocatalysis	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ECS Transactions	6. 最初と最後の頁 369 ~ 380
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/08801.0369ecst	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 Sun Lina, Kurosawa Yu, Yoshida Tsukasa, Suzuri Yoshiyuki	4. 巻 88
2. 論文標題 Vacuum Ultraviolet-Assisted Sol-Gel Processing of Zn, Sn, Zn-Sn Oxide Thin Films for OLED Encapsulation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ECS Transactions	6. 最初と最後の頁 399 ~ 408
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/08801.0399ecst	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 Tsuda Yuki, Nakamura Tenshou, Uda Kyota, Okada Shuji, Sun Lina, Suzuri Yoshiyuki, Stadler Philipp, Yoshida Tsukasa	4. 巻 88
2. 論文標題 Switching of Dye Loading Mechanism in Electrochemical Self-Assembly of CuSCN/DAS Hybrid Thin Films	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ECS Transactions	6. 最初と最後の頁 313 ~ 322
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/08801.0313ecst	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 Saito Erika, Yasuhara Taichi, Tanaka Yuka, Yamakado Ryohei, Okada Shuji, Nohara Tomohiro, Masuhara Akito, Yoshida Tsukasa	4. 巻 88
2. 論文標題 Novel Organic CT Salts of 1,3-Bis(dicyanomethylidene)indan Anion and Viologen Cations with Different Linear Alkyl Chain Lengths	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ECS Transactions	6. 最初と最後の頁 301 ~ 311
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/08801.0301ecst	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 Sun He, Ruess Raffael, Schlettwein Derck, Yoshida Tsukasa	4. 巻 88
2. 論文標題 Electrochemical Impedance Spectroscopy Analysis on Dye-sensitized Solar Cells Employing (102) and (100) Dominant ZnO Nanocrystals	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ECS Transactions	6. 最初と最後の頁 289 ~ 299
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/08801.0289ecst	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 Sun He, Takahashi Hirota, Kamada Yuki, Sato Kei, Matsushima Yuta, Khosla Ajit, Kawakami Masaru, Furukawa Hidenitsu, Stadler Philipp, Yoshida Tsukasa	4. 巻 88
2. 論文標題 Vanadium Redox Flow Batteries Fabricated by 3D Printing and Employing Recycled Vanadium Collected from Ammonia Slag	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ECS Transactions	6. 最初と最後の頁 269 ~ 278
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/08801.0269ecst	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 Hirai Yuji, Ueda Shotaro, Nishiumi Nobuyuki, Sun He, Matsushima Yuta, Masuhara Akito, Shiroishi Hidenobu, Yoshida Tsukasa	4. 巻 88
2. 論文標題 Proton-Coupled Reversible Redox Reaction of Zinc-Terephthalate Metal-Organic Framework	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ECS Transactions	6. 最初と最後の頁 259 ~ 268
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/08801.0259ecst	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 Sun Lina, Kurosawa Yu, Yoshida Tsukasa, Suzuri Yoshiyuki	4. 巻 88
2. 論文標題 Solution Processed Alternating Organic/Inorganic Multilayer for OLED Encapsulation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ECS Transactions	6. 最初と最後の頁 121 ~ 128
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/08801.0121ecst	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 Umemoto Kazuki, Takeda Masaki, Tezuka Yuki, Chiba Takayuki, White Matthew Schuette, Inose Tomoko, Yoshida Tsukasa, Asakura Satoshi, Toyouchi Shuichi, Uji-i Hiroshi, Masuhara Akito	4. 巻 20
2. 論文標題 Separation of mono-dispersed CH ₃ NH ₃ PbBr ₃ perovskite quantum dots via dissolution of nanocrystals	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 CrystEngComm	6. 最初と最後の頁 7053 ~ 7057
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8ce01239c	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 Sun Lina, Kurosawa Yu, Ito Hiroto, Makishima Yukihiro, Kita Hiroshi, Yoshida Tsukasa, Suzuri Yoshiyuki	4. 巻 64
2. 論文標題 Solution processing of alternating PDMS/SiO _x multilayer for encapsulation of organic light emitting diodes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Electronics	6. 最初と最後の頁 176 ~ 180
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.orgel.2018.10.027	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 Matsui Masaki, Tsuzuki Yuya, Kubota Yasuhiro, Funabiki Kazumasa, Inuzuka Toshiyasu, Manseki Kazuhiro, Higashijima Shinji, Miura Hidetoshi, Sato Hiroyasu, Yoshida Tsukasa	4. 巻 74
2. 論文標題 Novel indoline dye tetrabutylammonium carboxylates attached with a methyl group on the cyclopentane ring for dye-sensitized solar cells	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Tetrahedron	6. 最初と最後の頁 5867 ~ 5878
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tet.2018.08.006	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 Katagiri Chiho, Yoshida Tsukasa, White Matthew Schuette, Yumusak Cigdem, Sariciftci Niyazi Serdar, Nakayama Ken-ichi	4. 巻 8
2. 論文標題 Application of MIS-CELIV technique to measure hole mobility of hole-transport material for organic light-emitting diodes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 105001 ~ 105001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5045711	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 Takahashi Hirotaka, Fujiwara Wataru, Sun He, Yoshida Tsukasa, Matsushima Yuta	4. 巻 8
2. 論文標題 Extraction of Vanadium from Ammonia Slag under Near-Atmospheric Conditions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Metals	6. 最初と最後の頁 414 ~ 414
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/met8060414	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 Sun He, Kimura Tsubasa, Chiba Tatsuhiro, Mori Shogo, Khosla Ajit, Yoshida Tsukasa	4. 巻 165
2. 論文標題 High Voltage Flexible ZnO Solar Cells Employing Bulky Organic Dye and [Co(bpy)3]2+/3+Redox Electrolyte	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of The Electrochemical Society	6. 最初と最後の頁 B3194 ~ B3200
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/2.0251808jes	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 Umemoto Kazuki, Takeda Masaki, Tezuka Yuki, Chiba Takayuki, White Matthew Schuette, Inose Tomoko, Yoshida Tsukasa, Asakura Satoshi, Toyouchi Shuichi, Uji-i Hiroshi, Masuhara Akito	4. 巻 20
2. 論文標題 Separation of mono-dispersed CH3NH3PbBr3 perovskite quantum dots via dissolution of nanocrystals	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 CrystEngComm	6. 最初と最後の頁 7053 ~ 7057
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8CE01239C	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68件(うち招待講演 5件/うち国際学会 49件)

1. 発表者名 Satoshi Chubachi, Tensho Nakamura, Shotaro Ueda, Yuji Hirai, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Morphology and Size Control of Zinc-Terephthalate Metal Organic Frameworks and Their Influence to Redox Properties.
3. 学会等名 2019 年度化学系学協会東北大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroto Yamaguchi, Erika saito, Koya Uno, Ryohei Yamakado, Shuji Okada, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Synthesis of carboxylated viologen cation and formation of CT salts with 1,3-Bis(dicyanomethylidene)indan anion
3. 学会等名 2019 年度化学系学協会東北大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toru Suzuki, Tensho Nakamura, Kyota Uda, Yuki Tsuda, Ryohei Yamakado, Shuji Okada, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Dye Loading Mechanism in Electrochemical Self-Assembly of CuSCN/Organic Dye Hybrid Thin Films
3. 学会等名 2019 年度化学系学協会東北大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Onodera, N. Nishiumi, H. Sun, H. Takahashi, K. Nezu, Y. Kamada, K. Sato, Y. Matsushima, A. Khosla, M. Kawakami, M. Sago, Y. Suzuki, H. Hurukawa, P. Stadler, and T. Yoshida
2. 発表標題 Vanadium Redox Flow Batteries Fabricated by 3D Printing and Employing Recycled Vanadium Collected from Ammonia Slag
3. 学会等名 2019 年度化学系学協会東北大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 原田 祐弥, 西海 信之, Philipp Stadler, 城石 英伸, 吉田 司
2. 発表標題 Nドープカーボン基板によるPDAのCO ₂ RR活性向上の研究
3. 学会等名 第32回 電気化学会東北支部東北若手の会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 津田 勇希, 鈴木 透, 中村 天彰, 宇田 恭太, 岡田 修司, 山門 陵平, Philipp Stadler, Oleg Dimitriev, 吉田司
2. 発表標題 CuSCN/スチルバゾリウム色素ハイブリッド薄膜の電気化学的自己組織化
3. 学会等名 第32回 電気化学会東北支部東北若手の会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齋藤 恵里佳, 安原 大智, 山門 凌平, 岡田 修司, 藤原 渉, 片桐 洋史, 松井 淳, 増原 陽人, Matthew White, Randall Headrick, 吉田 司
2. 発表標題 インダニルアニオン/ピオロゲンカチオン有機塩のCT特性
3. 学会等名 第32回 電気化学会東北支部東北若手の会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Xin Huang, Yuya Harada, Nobuyuki Nishiumi, Halime Coskun, Aziz Aljabour, Philipp Stadler, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Synthesis of poly-neutral red and its electrocatalytic property towards CO2 reduction reaction
3. 学会等名 電気化学会第87回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村 天彰, 工藤 華, 津田 勇希, 吉田 司
2. 発表標題 金属有機構造体薄膜の電解析出を利用したコバルトドーブ酸化亜鉛薄膜の作製
3. 学会等名 電気化学会第87回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山口 寛登, 齋藤 恵里佳, 宇野 耕也, 山門 凌平, 岡田 修司, 吉田 司
2. 発表標題 カルボキシルアンカー導入ピオロゲンの多孔質酸化亜鉛への吸着と1,3-ビス(ジシアノメチリデン)インダンとのCTペア形成
3. 学会等名 電気化学会第87回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鈴木 透, 津田 勇希, 中村 天彰, 宇田 恭太, 山門 陵平, 岡田 修司, 吉田 司
2. 発表標題 チオシアン酸銅(I) / スチルバゾリウム色素ハイブリッド薄膜の電気化学的自己組織化機構
3. 学会等名 電気化学会第87回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉田 司
2. 発表標題 再生可能エネルギー100%社会を目指して 有機太陽電池、レドックス電池、有機電極触媒
3. 学会等名 第32回 電気化学会東北支部東北若手の会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉田 司
2. 発表標題 再生可能エネルギーを基幹とするための機能材料とシステム
3. 学会等名 第19回中国四国地区高分子材料研究会 「自己組織化材料に基づく、機能性ナノマテリアルの創成」 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuji Hirai, Shotaro Ueda, Nobuyuki Nishiumi, He Sun, Yuta Matsushima, Hidenobu Shiroishi, Akito Masuhara and Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Electrochemical Evaluation of Zinc-based MOFs for Redox Batteries
3. 学会等名 The First International Conference of Polymeric and Organic Materials Yonezawa (IPOMY) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuji Hirai, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Microwaved synthesis and electrochemical evaluation of zinc based MOFs for anode material of membrane free redox battery
3. 学会等名 The 2019 3rd International Workshop on Renewable Energy and Development (IWRED 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tenshou Nakamura, Shotaro Ueda, Kyota Uda, Yuki Tsuda, Yuji Hirai, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Electrodeposition of Zn-Terephthalate Metal-Organic Framework Thin Films for Redox Batteries.
3. 学会等名 European Materials Research Society Spring Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kyota Uda, Yuki Tsuda, Shuji Okada, Ryohei Yamakado, Lina Sun, Yoshiyuki Suzuri, Matthew Schuette White, Madalina Furis, Philipp Stadler, Oleg Dimitriev, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Concerted Photoluminescence of Electrochemically Self-Assembled CuSCN / Stilbazolium Dye Hybrid Thin Films
3. 学会等名 European Materials Research Society Spring Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuki Tsuda, Tenshou Nakamura, Kyota. Uda, Shuji Okada, Ryohei Yamakado, Lina Sun, Yoshiyuki Suzuri, Philipp Stadler, Oleg Dimitriev, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Switching of Dye Loading Mechanism in Electrochemical Self-Assembly of CuSCN/4-(N,N-dimethylamino)-4'-(N'-methyl)Stilbazolium Hybrid Thin Films
3. 学会等名 10th International Workshop on CIGS Solar Cell Technology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shotaro Ueda, Yuji Hirai, He Sun, Yuta Matsushima, Akito Masuhara, Hidenobu Shiroishi, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Microwave-Assisted Hydrothermal Synthesis of Zn-Terephthalic Acid MOF for Redox Battery
3. 学会等名 European Materials Research Society Spring Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Erika Saito, Taichi Yasuhara, Yuka Tanaka, Ryohei Yamakado, Shuji Okada, Tomohiro Nohara, Akito Masuhara and Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Novel Organic CT Salts of 1,3-Bis(dicyanomethylidene)indan Anion and Viologen Cations with Different Linear Alkyl Chain Lengths
3. 学会等名 European Materials Research Society Spring Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nobuyuki Nishiumi, He Sun, Hidenobu Shiroishi, Yuta Matsushima, Philipp Stadler, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Microwave-assisted hydrothermal synthesis of transition metal doped ZnO nanoparticles and their electrocatalytic activity for water oxidation
3. 学会等名 4th ECS Yamagata University Students Chapter Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuya Harada, Nobuyuki Nishiumi, Philipp Stadler, Hidenobu Shiroishi, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Electrochemical CO ₂ Reduction Catalytic Activity of Polydopamine on N-doped Carbon Substrates
3. 学会等名 4th ECS Yamagata University Students Chapter Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Erika Saito, Taichi Yasuhara, Shuji Okada, Ryohei Yamakado, Jun Matsui, Hiroshi Katagiri, Wataru Fujiwara, Akito Masuhara, Matthew White, Randall Headrick, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Synthesis of the Novel CT Co-crystals and Properties Evaluation
3. 学会等名 4th ECS yamagata University Students Chapter Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nobuyuki Nishiumi, He Sun, Hidenobu Shiroishi, Yuta Matsushima, Philipp Stadler, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Microwave-assisted hydrothermal synthesis of transition metal doped ZnO nanoparticles and their electrocatalytic activity for water oxidation
3. 学会等名 Agenda Symposium "Sustainable Catalysis" (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuya Harada, Nobuyuki Nishiumi, Philipp Stadler, Hidenobu Shiroishi, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Electrochemical CO ₂ Reduction Catalytic Activity Comparison of Polydopamine on N-doped Carbon Substrates
3. 学会等名 Agenda Symposium "Sustainable Catalysis" (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuki Tsuda, Tenshou Nakamura, Kyota. Uda, Shuji Okada, Ryohei Yamakado, Lina Sun, Yoshiyuki Suzuri, Philipp Stadler, Oleg Dimitriev, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Mechanistic studies for electrochemical self-assembly of CuSCN/Stilbazolium dye hybrid thin films
3. 学会等名 The 20th International Young Scientists Conference Optics and High Technology Material Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Erika Saito, Taichi Yasuhara, Shuji Okada, Ryohei Yamakado, Jun Matsui, Hiroshi Katagiri, Wataru Fujiwara, Akito Masuhara, Matthew White, Randall Headrick, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Synthesis of Viologen/Indanyl Organic Salts and their CT Properties
3. 学会等名 The 20th International Young Scientists Conference Optics and High Technology Material Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kyota Uda, Yuki Tsuda, Shuji Okada, Ryohei Yamakado, Lina Sun, Yoshiyuki Suzuri, Matthew Schuette White, Madalina Furis, Philipp Stadler, Oleg Dimitriev, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Concerted Photoluminescence of Electrochemically Self-Assembled CuSCN / Stilbazolium Dye Hybrid Thin Films
3. 学会等名 SPO 2019 (The 20th International Young Scientists Conference Optics and High Technology Material Science) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Erika Saito, Taichi Yasuhara, Shuji Okada, Ryohei Yamakado, Jun Matsui, Hiroshi Katagiri, Wataru Fujiwara, Akito Masuhara, Matthew White, Randall Headrick, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Synthesis Alkane Viologen Cation/ Indanyl Anion and Property Evaluation
3. 学会等名 2019 International Conference on Smart Systems Engineering(Smasys 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuya Harada, Nobuyuki Nishiumi, Philipp Stadler, Hidenobu Shiroishi, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Electrochemical CO2 Reduction Catalytic Activity Comparison of Polydopamine on Various N-doped Carbon Substrates
3. 学会等名 2019 International Conference on Smart Systems Engineering(Smasys 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Erika Saito, Taichi Yasuhara, Shuji Okada, Ryohei Yamakado, Jun Matsui, Hiroshi Katagiri, Wataru Fujiwara, Akito Masuhara, Matthew White, Randall Headrick, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Synthesis Alkane Viologen Cation/ Indanyl Anion and Property Evaluation
3. 学会等名 2019 Nanjing University-Yamagata University Students Workshop (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Erika Saito, Taichi Yasuhara, Shuji Okada, Ryohei Yamakado, Jun Matsui, Hiroshi Katagiri, Wataru Fujiwara, Akito Masuhara, Matthew White, Randall Headrick, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Synthesis Alkane Viologen Cation/ Indanyl Anion and Property Evaluation
3. 学会等名 The 5th Joint Symposium of Donghua University and Yamagata University (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuya Harada, Nobuyuki Nishiumi, Philipp Stadler, Hidenobu Shiroishi, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Electrochemical CO ₂ Reduction Catalytic Activity Comparison of Polydopamine on Various N-doped Carbon Substrates
3. 学会等名 2019 Nanjing University-Yamagata University Students Workshop (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuya Harada, Nobuyuki Nishiumi, Philipp Stadler, Hidenobu Shiroishi, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Electrochemical CO ₂ Reduction Catalytic Activity Comparison of Polydopamine on Various N-doped Carbon Substrates
3. 学会等名 The 5th Joint Symposium of Donghua University and Yamagata University (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tenshou Nakamura, Shotaro Ueda, Satoshi Chubachi, Kyota Uda, Yuki Tsuda, Yuji Hirai, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Electrodeposition of Zn-Terephthalate MOF Thin Films for Redox Battery
3. 学会等名 2019 International Conference on Smart Systems Engineering(Smasys 2019), Yamagata University (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tenshou Nakamura, Shotaro Ueda, Satoshi Chubachi, Kyota Uda, Yuki Tsuda, Yuji Hirai, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Electrodeposition of Zn-Terephthalate MOF Thin Films for Redox Battery
3. 学会等名 2019 Nanjing University-Yamagata University Students Workshop, Nanjing University (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tenshou Nakamura, Shotaro Ueda, Satoshi Chubachi, Kyota Uda, Yuki Tsuda, Yuji Hirai, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Electrodeposition of Zn-Terephthalate MOF Thin Films for Redox Battery
3. 学会等名 The 5th Joint Symposium of Donghua University and Yamagata University (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kyota Uda, Yuki Tsuda, Shuji Okada, Ryohei Yamakado, Lina Sun, Yoshiyuki Suzuri, Matthew Schuette White, Madalina Furis, Philipp Stadler, Oleg Dimitriev, Tsukasa. Yoshida
2. 発表標題 Concerted Photoluminescence of Electrochemically Self-Assembled CuSCN / Stilbazolium Dye Hybrid Thin Films
3. 学会等名 IPOMY (The 2nd International Conference of Polymeric and Organic Materials in Yamagata University) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toru Suzuki, Yuki Tsuda, Tensho Nakamura, Kyota Uda, Ryohei Yamakado, Shuji Okada, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Electrochemical Self-Assembly of CuSCN/4-Cyano-4'-(N'-Methyl)Stilbazolium Hybrid Thin Films
3. 学会等名 The second International Conference of Polymeric and Organic Materials in Yamagata University (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Satoshi Chubachi, Tensho Nakamura, Shotaro Ueda, Yuji Hirai, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Synthesis of Zinc-Terephthalate Metal Organic Frameworks by Microwave-Assisted Hydrothermal Reaction and Their Application to Redox Batteries
3. 学会等名 The second International Conference of Polymeric and Organic Materials in Yamagata University (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuki Tsuda, Tenshou Nakamura, Kyota. Uda, Shuji Okada, Ryohei Yamakado, Philipp Stadler, Oleg Dimitriev, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Switching of Dye Loading Mechanism in Electrochemical Self-Assembly of CuSCN/4-(N,N-dimethylamino)-4'-(N'-methyl)Stilbazolium Hybrid Thin Films
3. 学会等名 IPOMY (The 2nd International Conference of Polymeric and Organic Materials in Yamagata University) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Challenges towards 100% renewable energy society -organic PV, redox flow battery and solar fuels
3. 学会等名 IEEE ICICE 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川口 楓, 城石 英伸, 吉田 司, 宮澤 薫, 田中 優実
2. 発表標題 ポリドーパミンとその複合体および類似化合物を用いた常温常圧における二酸化炭素電解還元触媒の開発
3. 学会等名 電気化学会第86回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齋藤 恵里佳, 津田 勇希, 安原 大智, 岡田 修司, 山門 陵平, 松井 淳, 片桐 洋史, 増原 陽人, White Matthew, Headrick Randall, 吉田 司
2. 発表標題 ピオロゲンカチオン/テトラシアノインダンアニオン有機塩の合成とCT特性
3. 学会等名 電気化学会第86回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西海 信之, 孫 鶴, 高橋 寛貴, 根津 京介, 鎌田 雄貴, 佐藤 慧, 松嶋 雄太, Ajit Khosla, 川上 勝, 佐合 益幸, 硯里 善幸, 古川 英光, Philipp Stadler, 吉田 司
2. 発表標題 アンモニアスラグからの回収バナジウムを用いるレドックスフロー電池
3. 学会等名 電気化学会第86回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宇田 恭太, 津田 勇希, 岡田 修司, 山門 陵平, Sun Lina, 硯里 善幸, White Matthew, Furis Madalina, Stadler Philipp, Dimitriev Oleg, 吉田 司
2. 発表標題 CuSCN/スチルバゾリウム色素ハイブリッド薄膜の自己組織化電析と協奏的蛍光機能
3. 学会等名 電気化学会第86回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平井 裕士, 植田 将太郎, 中村 天彰, 孫 鶴, 松嶋 雄太, 城石 英伸, 吉田 司
2. 発表標題 亜鉛/テレフタル酸金属有機構造体を負極材料に用いたレドックス電池の評価
3. 学会等名 電気化学会第86回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西海 信之, 孫 鶴, 城石 英伸, 松嶋 雄太, Philipp Stadler, 吉田 司
2. 発表標題 遷移金属ドーパ酸化亜鉛ナノ微粒子のマイクロ波水熱合成と水酸化触媒機能
3. 学会等名 電気化学会第86回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Electrochemical materials and systems towards realization of 100% renewable energy society
3. 学会等名 IWRED 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuji Hirai, S. Ueda, Nobuyuki Nishiumi, He Sun, Yuta Matsushima, Hidenobu Shiroishi, Akito Masuhara and Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Electrochemical Evaluation of Zinc-based MOFs for Redox Batteries
3. 学会等名 IWRED 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuki Tsuda, Tenshou. Nakamura, Kyota Uda, Shuji Okada, Lina Sun, Yoshiyuki Suzuri, Philipp Stadler, Tsukasa. Yoshida
2. 発表標題 Switching of Dye Loading Mechanism in Electrochemical Self-Assembly of CuSCN/DAS Hybrid Thin Films
3. 学会等名 The First International Conference of Polymeric and Organic Materials Yonezawa (IPOMY) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nobuyuki Nishiumi, He Sun, Hidenobu Shiroishi, Yuta Matsushima, Philipp Stadler, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Microwave-assisted hydrothermal synthesis of Co doped ZnO nanoparticles and their electrocatalytic activity for water oxidation
3. 学会等名 The First International Conference of Polymeric and Organic Materials Yonezawa (IPOMY) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuji Hirai, S. Ueda, Nobuyuki Nishiumi, He Sun, Yuta Matsushima, Hidenobu Shiroishi, Akito Masuhara and Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Electrochemical Evaluation of Zinc-based MOFs for Redox Batteries
3. 学会等名 The First International Conference of Polymeric and Organic Materials Yonezawa (IPOMY) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Challenges towards 100% Renewable Energy Society - Organic Solar Cells, Redox Batteries and Electrocatalysis
3. 学会等名 Joint Ukrainian-Japanese Workshop "Materials and processes for energy conversion" (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kyota Uda, Yuki Tsuda, Syuji Okada, Ryohei Yamakado, Lina Sun, Yoshiyuki Suzuri, M. S. White, M. Furis, Philipp Stadler, O. Dimitriev, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Optical properties of CuSCN / dye hybrid thin films
3. 学会等名 Joint Ukrainian-Japanese Workshop “Materials and processes for energy conversion” (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuji Hirai, Syotaro Ueda, Nobuyuki Nishiumi, He Sun, Yuta Matsushima, Hidenobu Shiroishi, Akito Masuhara and Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Synthesis of Zn-terephthalic acid MOFs and redox batteries
3. 学会等名 Joint Ukrainian-Japanese Workshop “Materials and processes for energy conversion” (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuki Tsuda, Tenshou Nakamura, Kyota Uda, Shuji Okada, Lina Sun, Yoshiyuki Suzuri, Philipp Stadler, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Electrochemical Self-assembly of CuSCN-dye Hybrid Thin Films
3. 学会等名 Joint Ukrainian-Japanese Workshop “Materials and processes for energy conversion” (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kyota Uda, Tenshou Nakamura, Yuki Tsuda, He Sun, Lina Sun, Matthew Schuette White, Madalina Furis, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Electrochemical Self-Assembly of CuSCN / Dye Hybrid Thin Films and Their Optical Properties
3. 学会等名 Smasys 2018 (The 6th Internal Conference on Smart System Engineering 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 T. Nakamura, S. Ueda, K. Uda, Y. Tsuda, Y. Hirai, H. Sun and T. Yoshida
2 . 発表標題 Electrodeposition of Zn-Terephthalate Metal-Organic Framework Thin Films
3 . 学会等名 Smasys 2018 (The 6th Internal Conference on Smart System Engineering 2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Ryota Sato, He Sun, Ajit Khosla, Praveen Kumar Sekhar, Tsukasa Yoshida
2 . 発表標題 Printable Paper Electrode for Electrochemical Sensors
3 . 学会等名 Smasys 2018 (The 6th Internal Conference on Smart System Engineering 2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 He Sun, Hirotaka Takahashi, Lina Sun, Kei Sato, Yuta Matsushima, Ajit Khosla, Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa, and Tsukasa Yoshida
2 . 発表標題 Vanadium Redox Flow Batteries Fabricated by 3D Printing and Employing Recycled Vanadium Collected from Ammonia Slag
3 . 学会等名 First International Conference on 4D Materials and Systems (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 He Sun, Raffael Ruess, Derck Schlettwein, Tsukasa Yoshida
2 . 発表標題 Time- and Frequency-resolved Photoelectrochemical Measurements on Dye Sensitized Solar Cells Employing (102) and (100) Dominant ZnO Nanocrystals
3 . 学会等名 First International Conference on 4D Materials and Systems (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuki Tsuda, Tenshou Nakamura, Kyota Uda, He Sun, Lina Sun, Shuji Okada, Akito Masuhara, Phillip Stadler, Niyazi Serdar Sariciftci, Matthew Schuette White, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Swithing of Dye Loading Mechanism in Electrochemical Self-Assembly of CuSCN-DAST Hybrid Thin Films
3. 学会等名 First International Conference on 4D Materials and Systems (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuji Hirai, Nobuyuki Nishiumi, He Sun, Yuta Matsushima, Akito Masuhara, Hidenobu Shiroishi and Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Microwave Synthesis of Zn-Terephthalate MOF As Anode Material for Redox Batteries
3. 学会等名 First International Conference on 4D Materials and Systems (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kyota Uda, Tensho Nakamura, Yuki Tsuda, He Sun, Lina Sun, M. S. White, Syuji Okada, Akito Masuhara, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Electrochemical Self-Assembly of CuSCN / Dye Hybrid Thin Films and Their Optical Properties
3. 学会等名 First International Conference on 4D Materials and Systems (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryota Sato, He Sun, Ajit Khosla, Praveen Kumar Sekhar, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Printing of Paper Electrode on Para-Aramid Paper for Electrochemical Sensors
3. 学会等名 First International Conference on 4D Materials and Systems (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 He Sun, Hiroataka Takahashi, Lina Sun, Kei Sato, Yuta Matsushima, Ajit Khosla, Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa, and Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Redox Flow Batteries Fabricated by 3D Printing and Employing Recycled Vanadium from Ammonia Slag
3. 学会等名 Japanese-Austrain Symposium "Sustainable Catalysis" Kick-off Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nobuyuki Nishiumi, He Sun, Hidenobu Shiroishi, Yuta Matsushima, Philipp Stadler, Tsukasa Yoshida
2. 発表標題 Microwave-assisted hydrothermal synthesis of transition metal doped ZnO nanoparticles for water oxidation electrocatalysis
3. 学会等名 Japanese-Austrain Symposium "Sustainable Catalysis" Kick-off Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

吉田研究室ホームページ http://yoshidalab.yz.yamagata-u.ac.jp/ 山形大学カーボンニュートラル研究センター準備会ホームページ https://yucan.amebaownd.com/
--

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	A j i t K h o s l a (Khosla Ajit) (00768484)	山形大学・大学院理工学研究科・助教 (11501)	

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
研究分担者	城石 英伸 (Shiroishi Hidenobu) (30413751)	東京工業高等専門学校・物質工学科・准教授 (52601)	
研究分担者	Milano Giuseppe (Milano Giuseppe) (30816608)	山形大学・大学院有機材料システム研究科・教授 (11501)	

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1件

国際研究集会 MRS Spring Meeting 2021	開催年 2021年～2021年
-----------------------------------	--------------------

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			
オーストリア	リンツ大学			
ウクライナ	半導体物理研究所			
米国	バーモント大学			
ドイツ	ギーゼン大学			
中国	北京大学深セン; 大学院			