

令和 5 年 6 月 23 日現在

機関番号：14301

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2020～2022

課題番号：20K22531

研究課題名（和文）独自の電荷回収層材料の開発によるスズ系ペロブスカイト太陽電池の高性能化

研究課題名（英文）Development of Charge-Transporting Materials for Efficient Tin-Based Perovskite Solar Cells

研究代表者

TRUONG MINH ANH (TRUONG, MINH ANH)

京都大学・化学研究所・助教

研究者番号：40792718

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：ペロブスカイト太陽電池の開発研究では、デバイスの光電変換効率のさらなる向上と耐久性の飛躍的な向上が依然課題となっている。本研究では、ペロブスカイト層からの正孔を回収する材料に着目し、独自のマルチポッド型正孔回収単分子膜材料の開発に取り組んだ。これらの単分子膜材料では、上下のペロブスカイト層および電極基板のそれぞれに対して水平に配向制御できるため、効率的な電荷回収が可能であり、デバイスの光電変換効率と耐久性の向上が期待できると考えた。実際、これらの単分子材料を正孔回収層に用いたペロブスカイト太陽電池が23%の高い光電変換効率と優れた耐久性を示すことが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ペロブスカイト太陽電池の分野において、これまでにほとんどの正孔回収材料がバルクの厚膜層として用いられてきた。しかし、電荷回収材料自体の厚膜による光吸収が取り出せる電流密度を低下させてしまい、また、この厚膜のモルフォロジーの安定性がデバイス自体の低い熱安定性の原因となっている。これに対して、本研究ではマルチポッド型構造をもつ単分子膜材料の配向配列の制御による各層の界面の精密制御を実証し、太陽電池の高効率化・高耐久性化を達成した。マルチポッド型の有用性を実証することにより、本太陽電池の開発分野に多大なインパクトをもたらすとともに、その実用化を大きく加速できるものと期待できる。

研究成果の概要（英文）：Hole-collecting monolayers have drawn attention in perovskite solar cell research due to their ease of processing, high performance, and good durability. Since molecules in the hole-collecting monolayer are typically composed of functionalized π -conjugated structures, hole extraction is expected to be more efficient when the π -cores are oriented face-on with respect to the adjacent surfaces. However, strategies for reliably controlling the molecular orientation in monolayers remain elusive. In this work, multiple anchoring groups were used to control the face-on orientation of a monolayer chemisorbed on a transparent conducting oxide electrode surface. The face-on orientation was found to facilitate hole extraction, leading to perovskite solar cells with enhanced stability and high power conversion efficiencies up to 23.0%.

研究分野：有機化学、材料科学

キーワード：ペロブスカイト太陽電池 マルチポッド型 電荷回収層 変換効率 単分子膜

1. 研究開始当初の背景

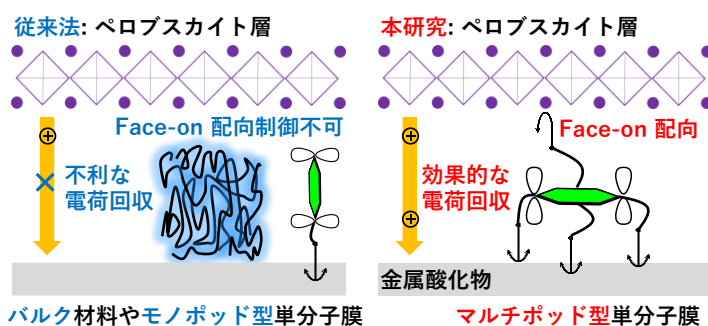
ABX₃型 (A: 1 価の陽イオン、B: 2 価の陽イオン、X: ハロゲン化物イオン) のペロブスカイト半導体を光吸収材料に用いたペロブスカイト太陽電池が塗布法で作製できる次世代の高性能太陽電池として注目されている。ペロブスカイト太陽電池の実用化に向けては、高い光電変換効率の実現とデバイスの耐久性の向上が求められている。

これまで、主に、ペロブスカイト層の作製法の改良により、光電変換効率が向上してきた。その一方で、ペロブスカイト層で光吸収により生成した電荷 (正孔と電子) を選択的に取り出す電荷回収材料の開発がさらなる特性向上のためのボトルネック課題となっている。特に正孔回収材料については、世界的に活発に開発研究が行われているにもかかわらず、従来の高分子材料であるポリトリアリールアミンなどを超える性能を示す材料がほとんどないのが現状である。従来の材料では、各層間でのリークを防ぐために100-200 nm 程度のアモルファス性の厚膜層として用いられてきた。しかし、この材料自体の厚膜による光吸収が取り出せる電流密度を低下させてしまい、また、この厚膜のモルフォロジーの安定性がデバイス自体の低い熱安定性の原因となっている。さらに、従来の厚膜材料では正孔移動度が比較的低いため、電気伝導度を向上するためには p 型のドーパントやイオン性の添加剤を必要とする。しかし、これらの添加剤の高い吸湿性と各イオンのペロブスカイト層への遊泳が、ペロブスカイト層や電極などへのダメージとなり、太陽電池デバイスの耐久性を低下させている。ペロブスカイト太陽電池の耐久性を向上させるためには、これらの視点から、優れた添加剤フリー正孔回収材料の開発が重要となる。

近年、Getautis らによってホスホン酸アンカー基を導入したカルバゾール誘導体を透明導電酸化膜に吸着させ、単分子膜を正孔回収層として用いることで、優れた効率と安定性を示すペロブスカイト太陽電池が得られることが報告された (V. Getautis, et al. *Adv. Energy Mater.* **2018**, *15*, 1870139; V. Getautis, et al. *Science* **2020**, *370*, 1300.)。その後、単分子材料の開発が注目されつつあるが、報告例では、 π 骨格にアンカー基を一つ導入した一脚型分子に限られ、 π 平面が基板に対して垂直配向をとっていると考えられている。しかし、ペロブスカイト層と単分子膜材料の軌道の重なり観点からは、水平配向の方が電荷の取り出しに有利であり、より高性能なペロブスカイト太陽電池が作製できると期待されている。

2. 研究の目的

上記の背景を踏まえて、本研究では、基板とペロブスカイト層に対して水平配向のマルチポッド型正孔回収単分子膜材料を開発し (右図)、分子配向の太陽電池特性への効果について明らかにする。これらの開発により、光電変換効率とデバイスの耐久性の観点からも世界最高レベルのペロブスカイト太陽電池の実現を目指す。



3. 研究の方法

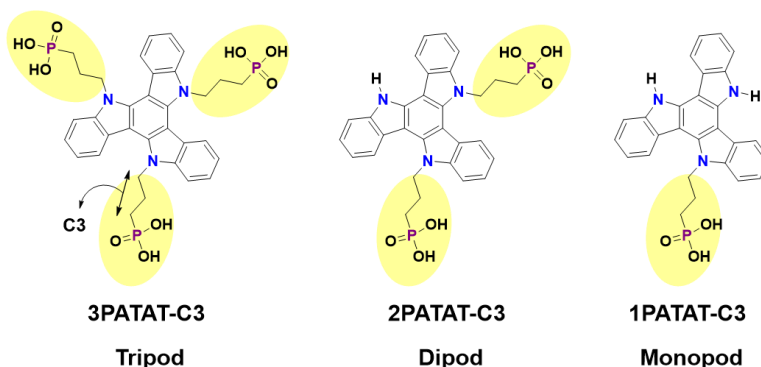
マルチポッド型正孔回収分子として、ホスホン酸、カルボン酸またはシランなどの複数のアンカー基をトリアザトリキセン (TAT) 骨格に導入した標的分子を合成する。

合成した分子の金属酸化物に対する吸着特性やペロブスカイト層に対する濡れ性については、

接触角度, IR (p-MAIRS法), CV, XPS, UPS, またはSEMなどの各表面分析手法で評価を行う。用いる骨格や置換基の組み合わせを最適化した後, 正孔回収単分子膜として用いたペロブスカイト太陽電池を作製し, その特性評価を行う。長期耐久性と光電変換効率の飛躍的向上 (>23%) を実現する。

4. 研究成果

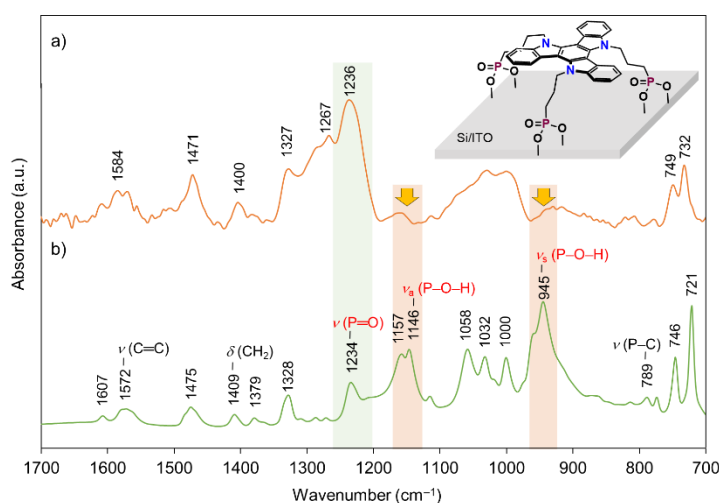
まず, π 共役骨格として, ベンゼン環に三つのインドール骨格が縮環した平面な構造をもつトリアザトリキセン骨格 (TAT) に着目し, アンカーとしてアルキルホスホン酸基 (PA) を三つ導入したトリポッド型 **3PATAT-C3** を設計および合成した (右図)。比較化合物として, アンカー基を一つ導入したモノポッド型 **1PATAT-C3** および二つ導入したジポッド型 **2PATAT-C3** も合成した。



合成した **PATAT** 誘導体の DMF 溶液を金属酸化物 (ITO) 上にスピコートすることで **PATAT** 誘導体の薄膜を作製した。水の接触角度を測定した結果, 何も塗っていない ITO 基板では 8° の接触角を示したのに対して, **PATAT** を塗った基板では, アンカー基の数に関わらず, いずれも 75° 程度の接触角を示すことがわかった。このことは, ITO 基板表面が疎水的に改質され, 上向きに張り出した **PATAT** 分子のホスホン酸基が残らないことを意味している。

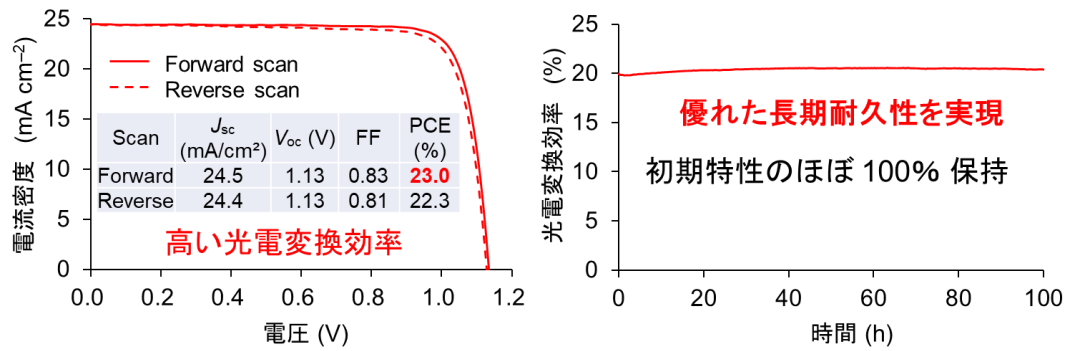
つぎに, 基板上での **PATAT** 分子の吸着様式について調べた。

3PATAT-C3 の粉末と金属酸化物に吸着した膜に対して, 赤外線反射吸収分光測定を行ったところ, 粉末状態に比べて吸着膜では P-O-H 伸縮振動に対応するピーク ($1157, 1146$ および 945 cm^{-1}) と P=O 伸縮振動に対応するピーク (1234 cm^{-1}) の比が大きく減少し (右図), **3PATAT-C3**



はほぼ全てのホスホン酸アンカー基が金属酸化物表面に二座の様式で化学吸着していることがわかった。また, 紫外光電子分光法 (UPS) と準安定原子電子分光法 (MAES) を用いることで, 基板上での分子配向についても確認した。サンプル表面の数ナノメートル程度の電子情報が得られる UPS スペクトルと比較するとサンプルの最表面のみの電子情報が得られる MAES スペクトルでは **3PATAT-C3** の π 軌道に由来するピークが顕著に観測され, また, σ 軌道に由来するピークの寄与が小さくなることがわかった。この結果から, 単分子膜では, トリポッド型 **3PATAT-C3** 分子が水平に配向していることが明らかになった。

実際に, 一連の **PATAT** 単分子膜を正孔回収層として用いてペロブスカイト太陽電池デバイス (FTO/**PATAT**/perovskite/EDA I_2 /C $_{60}$ /BCP/Ag) を作製し, 特性を評価した。いずれの場合も 21% 以上の光電変換効率が得られたとわかった。特に, 水平配向のトリポッド型 **3PATAT-C3** を用いたデバイスでは, 垂直配向のモノポッド型 **1PATAT-C3** や部分的な水平配向のジポッド型



2PATAT-C3 を用いたデバイスと比べて、ペロブスカイト界面での再結合がより抑制され、正孔回収効率が向上することが明らかになった。その結果、**3PATAT-C3** を用いたデバイスは最高で23%の効率を示すことがわかった（上図 - 左）。また、得られた太陽電池は高い耐久性を示し、不活性ガス雰囲気下で保管したデバイスは、2000 時間後でも初期とほぼ同様の特性を保持し、連続光照射条件下でも、100 時間でも初期特性のほぼ 100%を保持した（上図 - 右）。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Tan Tiancheng, Nakamura Tomoya, Murdey Richard, Hu Shuaifeng, Truong Minh Anh, Wakamiya Atsushi	4. 巻 -
2. 論文標題 BAR2 Bridged Azafulvene Dimers with Tunable Energy Levels for Photostable Near Infrared Dyes	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemistry-A European Journal	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202300529	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 Hashimoto Ruito, Nakamura Tomoya, Truong Minh Anh, Murdey Richard, Wakamiya Atsushi	4. 巻 215
2. 論文標題 Effects of electron-accepting substituents on the fluorescence of oxygen-bridged triarylamine	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Dyes and Pigments	6. 最初と最後の頁 111281 ~ 111281
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dyepig.2023.111281	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 Truong Minh Anh, Funasaki Tsukasa, Ueberricke Lucas, Nojo Wataru, Wakamiya Atsushi, et al.	4. 巻 145
2. 論文標題 Tripodal Triazatruxene Derivative as a Face-On Oriented Hole-Collecting Monolayer for Efficient and Stable Inverted Perovskite Solar Cells	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 7528 ~ 7539
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.3c00805	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 Hu Shuaifeng, Zhao Pei, Nakano Kyohei, Oliver Robert D. J., Pascual Jorge, Smith Joel A., Yamada Takumi, Truong Minh Anh, Murdey Richard, Shioya Nobutaka, Hasegawa Takeshi, Ehara Masahiro, Johnston Michael B., Tajima Keisuke, Kanemitsu Yoshihiko, Snaith Henry J., Wakamiya Atsushi	4. 巻 35
2. 論文標題 Synergistic Surface Modification of Tin-Lead Perovskite Solar Cells	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 2208320 ~ 2208320
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adma.202208320	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 Hu Shuaifeng, Pascual Jorge, Liu Wentao, Funasaki Tsukasa, Truong Minh Anh, Hira Shota, Hashimoto Ruito, Morishita Taro, Nakano Kyohei, Tajima Keisuke, Murdey Richard, Nakamura Tomoya, Wakamiya Atsushi	4. 巻 14
2. 論文標題 A Universal Surface Treatment for p-i-n Perovskite Solar Cells	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 56290 ~ 56297
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsmi.2c15989	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 Nakamura Tomoya, Otsuka Kento, Hu Shuaifeng, Hashimoto Ruito, Morishita Taro, Handa Taketo, Yamada Takumi, Truong Minh Anh, Murdey Richard, Kanemitsu Yoshihiko, Wakamiya Atsushi	4. 巻 5
2. 論文標題 Composition-Property Mapping in Bromide-Containing Tin Perovskite Using High-Purity Starting Materials	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Applied Energy Materials	6. 最初と最後の頁 14789 ~ 14798
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaem.2c02144	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 Vaitukaityte Deimante, Truong Minh Anh, Rakstys Kasparas, Murdey Richard, Funasaki Tsukasa, Yamada Takumi, Kanemitsu Yoshihiko, Jankauskas Vygtintas, Getautis Vytautas, Wakamiya Atsushi	4. 巻 6
2. 論文標題 Molecular Engineering of Enamine Based Hole Transporting Materials for High Performing Perovskite Solar Cells: Influence of the Central Heteroatom	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Solar RRL	6. 最初と最後の頁 2200590 ~ 2200590
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/solr.202200590	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 Murdey Richard, Ishikura Yasuhisa, Matsushige Yuko, Hu Shuaifeng, Pascual Jorge, Truong Minh Anh, Nakamura Tomoya, Wakamiya Atsushi	4. 巻 245
2. 論文標題 Operational stability, low light performance, and long-lived transients in mixed-halide perovskite solar cells with a monolayer-based hole extraction layer	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Solar Energy Materials and Solar Cells	6. 最初と最後の頁 111885 ~ 111885
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.solmat.2022.111885	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 Hu Shuaifeng, Truong Minh Anh, Otsuka Kento, Handa Taketo, Yamada Takumi, Nishikubo Ryosuke, Iwasaki Yasuko, Saeki Akinori, Murdey Richard, Kanemitsu Yoshihiko, Wakamiya Atsushi	4. 巻 12
2. 論文標題 Mixed lead-tin perovskite films with >7 μ s charge carrier lifetimes realized by maltol post-treatment	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 13513 ~ 13519
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1SC04221A	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 Jegorove Aiste, Truong Minh Anh, Murdey Richard, Daskeviciene Maryte, Malinauskas Tadas, Kantminiene Kristina, Jankauskas Vygingtas, Getautis Vytautas, Wakamiya Atsushi	4. 巻 6
2. 論文標題 Starburst Carbazole Derivatives as Efficient Hole Transporting Materials for Perovskite Solar Cells	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Solar RRL	6. 最初と最後の頁 2100877 ~ 2100877
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/solr.202100877	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 Hu Shuaifeng, Otsuka Kento, Murdey Richard, Nakamura Tomoya, Truong Minh Anh, Yamada Takumi, Handa Taketo, Matsuda Kazuhiro, Nakano Kyohei, Sato Atsushi, Marumoto Kazuhiro, Tajima Keisuke, Kanemitsu Yoshihiko, Wakamiya Atsushi	4. 巻 15
2. 論文標題 Optimized carrier extraction at interfaces for 23.6% efficient tin-lead perovskite solar cells	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Energy Environmental Science	6. 最初と最後の頁 2096 ~ 2107
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2EE00288D	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 Truong Minh Anh, Lee Hayoon, Shimazaki Ai, Mishima Ryota, Hino Masashi, Yamamoto Kenji, Otsuka Kento, Handa Taketo, Kanemitsu Yoshihiko, Murdey Richard, Wakamiya Atsushi	4. 巻 4
2. 論文標題 Near-Ultraviolet Transparent Organic Hole-Transporting Materials Containing Partially Oxygen-Bridged Triphenylamine Skeletons for Efficient Perovskite Solar Cells	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Applied Energy Materials	6. 最初と最後の頁 1484 ~ 1495
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaem.0c02677	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55件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 14件）

1. 発表者名 中村 智也, 原田 布由樹, 山田 琢允, 金光 義彦, Truong Minh Anh, Richard Murdey, 若宮 淳志
2. 発表標題 イオン混合型スズペロブスカイト単結晶の合成と物性
3. 学会等名 第70応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Richard Murdey, Ai Shimazaki, Ryuji Kaneko, Minh Anh Truong, Tomoya Nakamura, Atsushi Wakamiya
2. 発表標題 Minimizing Voltage Losses in Stable Wide Bandgap Mixed Halide Perovskite Solar Cells
3. 学会等名 第70応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 赤塚 有杜, Truong Minh Anh, 若宮 淳志, 吉田 弘幸
2. 発表標題 マルチポッド型正孔収集材料の導電性酸化物電極上での分子配向
3. 学会等名 第70応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 原田 布由樹, 中村 智也, ミンアン チョン, リチャード マーデー, 若宮 淳志
2. 発表標題 溶液法を用いたスズ系ペロブスカイト半導体膜の表面処理法の開発
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 三宅 悠季, 中村 智也, ミンアン チョン, リチャード マーデー, 若宮 淳志
2. 発表標題 ロダニン骨格を用いたペロブスカイト太陽電池の単分子電子回収材料の開発
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 翔太 平, 司 舟崎, リチャード マーデー, 中村 智也, ミンアン チョン, 若宮 淳志
2. 発表標題 高性能化ペロブスカイト太陽電池のためのスクアリン骨格を用いた正孔回収単分子膜材料の開発
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 ミンアン チョン, 船崎 司, ルーカス ユーベリック, 能條 航, リチャード マーデー, 山田 琢允, シュアイフェン フ, 中村 智也, 塩谷 暢貴, 長谷川 健, 金光 義彦, 鈴木 孝紀, 若宮 淳志
2. 発表標題 高性能ペロブスカイト太陽電池のためのマルチポッド型正孔回収単分子膜材料の開発
3. 学会等名 高分子学会第71高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 船崎 司・ユーベリック ルーカス バイト・フ シュアイフェン・中村 智也・マーデー リチャード・チョン ミンアン・若宮 淳志
2. 発表標題 シクロオクタテトラインドール骨格を用いたテトラポッド型正孔回収単分子膜材料の開発
3. 学会等名 第19回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Wentao Liu, Shuaifeng Hu, Minh Anh Truong, Tomoya Nakamura, Richard Murdey, Atsushi Wakamiya
2. 発表標題 Solution-Processed Electron Extraction Contacts for Efficient Tin Perovskite Solar Cells
3. 学会等名 the 69th Spring Meeting of Japan Society of Applied Physics
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 マーデー リチャード, 石倉 靖久, 松重 優子, チョン ミンアン, 中村 智也, 若宮 淳志
2. 発表標題 単分子膜正孔輸送層を用いた混合ハロゲン鉛ペロブスカイト太陽電池の光安定性評価
3. 学会等名 第69応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 金子 竜二, 嶋崎 愛, 大橋 昇, 中村 智也, チョン ミンアン, Murdey Richard, 若宮 淳志
2. 発表標題 ペロブスカイト/結晶シリコン二端子タンデム型太陽電池に向けたワイドバンドギャップ - ペロブスカイト太陽電池開発
3. 学会等名 第69応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 テンセイ タン, シュアイフェン フ, ミンアン チョン, リチャード マーデー, 中村 智也, 若宮 淳志
2. 発表標題 BAr2架橋5員環構造をもつアザフルベン化合物の合成と物性
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 橋本 聖人, Wentao Liu, 森下 太郎, シュアイフェン フ, ミンアン チョン, リチャード マーデー, 中村 智也, 若宮 淳志
2. 発表標題 スズペロブスカイト太陽電池の高性能化のためのエチレンジアンモニウム塩を用いた表面処理手法の開発
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中野 修一, 中村 智也, リチャード マーデー, ミンアン チョン, 若宮 淳志
2. 発表標題 ベンゼンを核構造に用いた酸素架橋トリアリールアミンのバンドル化分子の合成と物性
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 ルーカス ユーベリック, 船崎 司, 中村 智也, リチャード マーデー, ミンアン チョン, 若宮 淳志
2. 発表標題 シクロオクタテトラインドール骨格を用いたテトラポッド型正孔回収単分子膜材料の開発
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 船崎 司, ルーカス ユーベリック, 能條 航, ミンアン チョン, リチャード マーデー, 山田 琢允, 中村 智也, シュアイフェン フ, 金光 義彦, 鈴木 孝紀, 若宮 淳志
2. 発表標題 トリアザトリキセン骨格を用いた高性能ペロブスカイト太陽電池の正孔回収単分子膜材料の開発
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹脇 由佳, 中野 修一, 中村 智也, ミンアン チョン, リチャード マーデー, 若宮 淳志
2. 発表標題 強い電子受容性をもつBAr ₂ 架橋ジヒドロキシジオン骨格の合成と物性
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Deimante Vaitukaityte, Minh Anh Truong, Kasparas Rakstys, Richard Murdey, Vygintas Jankauskas, Vytautas Getautis, Atsushi Wakamiya
2. 発表標題 Engineering the central heteroatom of hole transporting enamines for efficient perovskite solar cells
3. 学会等名 The 14th International Conference on Hybrid and Organic Photovoltaics (HOPV22), Valencia, Spain (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tomoya Nakamura, Kento Otsuka, Shuaifeng Hu, Tarou Morishita, Ruito Hashimoto, Taketo Handa, Yoshihiko Kanemitsu, Richard Murdey, Minh Anh Truong, Atsushi Wakamiya
2. 発表標題 Systematic investigations on properties of bromide containing tin perovskites
3. 学会等名 Global Photovoltaic Conference (GPVC 2022), Gwangju, Korea (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Deimante Vaitukaityte, Minh Anh Truong, Kasparas Rakstys, Richard Murdey, Vygintas Jankauskas, Vytautas Getautis, Atsushi Wakamiya
2. 発表標題 Engineering the central heteroatom of hole transporting enamines for efficient perovskite solar cells
3. 学会等名 The 23rd International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy (IPS-23), Lausanne, Switzerland (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名	Minh Anh Truong, Tsukasa Funasaki, Lucas Ueberricke, Wataru Nojo, Richard Murdey, Takumi Yamada, Shuaifeng Hu, Tomoya Nakamura, Nobutaka Shioya, Takeshi Hasegawa, Yoshihiko Kanemitsu, Takanori Suzuki, Atsushi Wakamiya
2. 発表標題	Efficient Inverted Perovskite Solar Cells Enabled by Multipodal Hole-Collecting Monolayers Based on Triazatruxene Skeleton
3. 学会等名	International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-33), Nagoya, Japan (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	Shuaifeng Hu, Pei Zhao, Kyohei Nakano, Jorge Pascual, Minh Anh Truong, Richard Murdey, Nobutaka Shioya, Takeshi Hasegawa, Masahiro Ehara, Keisuke Tajima, Yoshihiko Kanemitsu, Atsushi Wakamiya
2. 発表標題	Interfacial Modifications for Efficient Tin-lead Perovskite Solar Cells
3. 学会等名	International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-33), Nagoya, Japan (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	Richard Murdey, Minh Anh Truong, Ai Shimazaki, Ryuji Kaneko, Tomoya Nakamura, Atsushi Wakamiya
2. 発表標題	Operational stability and low light performance of wide-bandgap perovskite solar cells
3. 学会等名	International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-33), Nagoya, Japan (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	Richard Murdey, Yasuhisa Ishikura, Yuko Matsushige, Shuaifeng Hu, Jorge Pascual, Minh Anh Truong, Tomoya Nakamura, Atsushi Wakamiya
2. 発表標題	Halide segregation and the operational stability of monolayer-based p-i-n perovskite solar cell
3. 学会等名	Asia-Pacific International Conference on Perovskite, Organic Photovoltaics and Optoelectronics (IPEROP23), Kobe, Japan (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名 Tomoya Nakamura, Kento Otsuka, Shuaifeng Hu, Ruito Hashimoto, Taro Morishita, Taketo Handa, Takumi Yamada, Minh Anh Truong, Richard Murdey, Yoshihiko Kanemitsu, Atsushi Wakamiya
2. 発表標題 Composition-Property Mapping in Bromide-Containing Tin Perovskite Prepared with High Purity Starting Materials
3. 学会等名 Asia-Pacific International Conference on Perovskite, Organic Photovoltaics and Optoelectronics (IPEROP23), Kobe, Japan (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 チョン ミンアン、能條 航、ユーベリック ルーカス バイト、船崎 司、中村 智也、マーデー リチャード、鈴木 孝紀、若宮 淳志
2. 発表標題 トリアザトリキセン骨格を用いたペロブスカイト太陽電池の正孔回収材料の開発
3. 学会等名 第31回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 チョン ミンアン、能條 航、ユーベリック ルーカス バイト、船崎 司、堀内 保、中村 智也、マーデー リチャード、鈴木 孝紀、若宮 淳志
2. 発表標題 高性能ペロブスカイト太陽電池のためのマルチポッド型正孔回収材料の開発
3. 学会等名 第18回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム (第1回日本太陽光発電学会学術講演会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 ユーベリック ルーカス、能條 航、船崎 司、中村 智也、マーデー リチャード、チョン ミンアン、鈴木 孝紀、若宮 淳志
2. 発表標題 トリアザトリキセン骨格を用いたマルチポッド型単分子膜材料
3. 学会等名 第48回有機典型元素化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 船崎 司、ルーカス ユーベリック、能條 航、ミンアン チョン、リチャード マーデー、山田 琢允、中村 智也、シュアイフェン フ、金光 義彦、鈴木 孝紀、若宮 淳志
2. 発表標題 トリアザトリキセン骨格を用いた高性能ペロブスカイト太陽電池の正孔回収単分子膜材料の開発
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 ルーカス ユーベリック、船崎 司、中村 智也、リチャード マーデー、ミンアン チョン、若宮 淳志
2. 発表標題 シクロオクタテトラインドール骨格を用いたテトラポッド型正孔回収単分子膜材料の開発
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Minh Anh Truong, Anesh Gopal, Ruito Hashimoto, Tomoya Nakamura, Richard Murdey, Atsushi Wakamiya
2. 発表標題 Development of Hole-Transporting Polymers Containing Partially Oxygen-Bridged Triphenylamine Skeleton and Their Application for Perovskite Solar Cells
3. 学会等名 The 37th International Conference of Photopolymer Science and Technology (ICPST-37) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Minh Anh Truong, Richard Murdey, Atsushi Wakamiya
2. 発表標題 Transparent Hole-Transporting Materials Containing Partially Oxygen-Bridged Triphenylamine Skeletons for Efficient Perovskite Solar Cells
3. 学会等名 PACIFIC RIM Meeting on Electrochemical and Solid State Science (Prime 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tomoya Nakamura, Minh Anh Truong, Shuaifeng Hu, Kento Otsuka, Richard Murdey, Taketo Handa, Yoshihiko Kanemitsu, Atsushi Wakamiya
2. 発表標題 Tin-Based Perovskite Solar Cells using Precursor Materials Purified by Sn(0) Nanoparticle Treatment
3. 学会等名 The 30th International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-30) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Minh Anh Truong, Hayoon Lee, Ai Shimazaki, Richard Murdey, Atsushi Wakamiya
2. 発表標題 Near-Ultraviolet Transparent Organic Hole-Transporting Materials for Efficient Perovskite Solar Cells
3. 学会等名 The 30th International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-30) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Richard Murdey, Yasuhisa Ishikura, Yuko Matsushige, Minh Anh Truong, Tomoya Nakamura, Atsushi Wakamiya
2. 発表標題 Accelerated Lifetime Testing of Mixed Composition Perovskite Solar Cells
3. 学会等名 The 30th International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-30) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Minh Anh Truong, Hayoon Lee, Ai Shimazaki, Richard Murdey, Atsushi Wakamiya
2. 発表標題 Near-Ultraviolet Transparent Organic Hole-Transporting Materials Containing Partially Oxygen-Bridged Triphenylamine Skeletons for Efficient Perovskite Solar Cells
3. 学会等名 The 4th International Symposium of Integrated Research Consortium on Chemical Sciences (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 チョン ミンアン・橋本 隼人・中村 智也・マーデーリー リチャード・若宮 淳志
2. 発表標題 浅いHOMOエネルギー準位をもつトリアリアルアミン誘導体の合成と物性
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 橋本 隼人・チョン ミンアン・中村 智也・マーデーリー リチャード・若宮 淳志
2. 発表標題 ペロブスカイト太陽電池用有機半導体：トリアリアルアミン誘導体の置換基効果
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 Tomoya Nakamura, Shinya Yakumaru, Jiewei Liu, Minh Anh Truong, Kyusun Kim, Kento Otsuka, Taketo Handa, Yoshihiko Kanemitsu, Richard Murdey, Atsushi Wakamiya
2. 発表標題 Tin-Based Perovskite Solar Cells using Dihydropyrazine as Reducing Agent
3. 学会等名 The 100th Annual Meeting of Chemical Society of Japan
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村 智也・薬丸 信也・Jiewei Liu・Minh Anh Truong・Kyusun Kim・大塚 健斗・半田 岳人・金光 義彦・Richard Murdey・若宮 淳志
2. 発表標題 還元剤を用いた高性能スズ系ペロブスカイト太陽電池の開発
3. 学会等名 第67回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Richard Murdey, Yasuhisa Ishikura, Yuko Matsushige, Kento Otsuka, Ruito Hashimoto, Minh Anh Truong, Tomoya Nakamura, Atsushi Wakamiya
2. 発表標題 Photocurrent Collection Length and the Fill Factor of Mixed-Composition Metal Halide Perovskite Solar Cells
3. 学会等名 The 67th The Japan Society of Applied Physics Spring Meeting 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村 智也, Minh Anh Truong, Shuaifeng Hu, 大塚 健斗, Richard Murdey, 半田 岳人, 金光 義彦, 若宮 淳志
2. 発表標題 高純度前駆体材料を用いた高性能スズ系ペロブスカイト太陽電池の開発
3. 学会等名 次世代の太陽光発電システムシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村 智也, Minh Anh Truong, Shuaifeng Hu, 大塚 健斗, Richard Murdey, 半田 岳人, 金光 義彦, 若宮 淳志
2. 発表標題 8 電子系ジヒドロピラジン誘導体を還元剤として用いた高性能スズ系ペロブスカイト太陽電池の開発
3. 学会等名 基礎有機化学会 若手オンラインシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村 智也, Minh Anh Truong, Shuaifeng Hu, 大塚 健斗, Richard Murdey, 半田 岳人, 金光 義彦, 若宮 淳志
2. 発表標題 還元剤による高純度前駆体材料を用いた高性能スズ系ペロブスカイト太陽電池の開発
3. 学会等名 MRM Forum 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鄒 湘涛, 渡邊 孝弘, 木全 晴, 薛 冬, 嶋崎 愛, Minh Anh Truong, 若宮 淳志
2. 発表標題 順構造ペロブスカイト太陽電池の正孔輸送層界面における電荷移動の光誘起ESR研究
3. 学会等名 MRM Forum 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Minh Anh Truong, Hayoon Lee, Ai Shimazaki, Richard Murdey, Atsushi Wakamiya
2. 発表標題 Development of Near-Ultraviolet Transparent Organic Hole-Transporting Materials for Efficient Perovskite Solar Cells
3. 学会等名 MRM Forum 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 タン テンセイ, 中野 修一, チョン ミンアン, 中村 智也, マーデー リチャード, 若宮 淳志
2. 発表標題 BAr2で架橋したアザフルベンダイマー誘導体の合成と物性
3. 学会等名 第47回有機典型元素討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 橋本 壘人, チョン ミンアン, 中村 智也, 若宮 淳志
2. 発表標題 ドナー・アクセプター性を有する酸素架橋トリアリールアミン誘導体の合成と物性
3. 学会等名 第47回有機典型元素討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 タン テンセイ, 修一 中野, Shuairfeng Hu, ミンアン チョン, リチャード マーデー, 中村 智也, 若宮 淳志
2. 発表標題 BAR2で架橋したアザフルベン二量体の合成と物性
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 橋本 聖人, ミンアン チョン, 中村 智也, 若宮 淳志
2. 発表標題 酸素架橋トリアリールアミン骨格における電子受容性置換基の光物性に及ぼす効果
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中野 修一, 中村 智也, リチャード マーデー, ミンアン チョン, 若宮 淳志
2. 発表標題 ベンゼン環に酸素架橋トリアリールアミン骨格を複数導入した 共役分子の開発
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中村 智也, ミンアン チョン, Shuairfeng Hu, 大塚 健斗, 橋本 聖人, リチャード マーデー, 笹森 貴裕, Hyung Do Kim, 大北 英生, 半田 岳人, 金光 義彦, 若宮 淳志
2. 発表標題 Sn(IV)スカベンジャー法を用いた高純度スズ系ペロブスカイト半導体膜の作製
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 リチャード マーデー, 松重 優子, 石倉 靖久, ミンアン チョン, 中村 智也, 若宮 淳志
2. 発表標題 ペロブスカイト太陽電池の効率的な安定性評価
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大塚 健斗, Shuafeng Hu, 金子 竜二, 半田 岳人, Minh Anh Truong, Richard Murdey, 中村 智也, 金光 義彦, 若宮 淳志
2. 発表標題 高純度化材料を用いたBrを含むスズ系ペロブスカイト半導体の開発
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shuafeng Hu, Kento Otsuka, Minh Anh Truong, Taketo Handa, Tiancheng Tan, Richard Murdey, Tomoya Nakamura, Yoshihiko Kanemitsu, Atsushi Wakamiya
2. 発表標題 Improved Performance of Mixed Lead-Tin Perovskite Solar Cells by Surface Treatment with a Flavor Enhancer
3. 学会等名 The 101st Annual Meeting of Chemical Society of Japan
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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