

令和元年5月7日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K05952

研究課題名(和文) 塗布型有機太陽電池の耐候性に関する基礎研究 - 固体NMR法を中心とした劣化解析 -

研究課題名(英文) Study on photodegradation of polymer-based organic solar cells

研究代表者

福島 達也 (Fukushima, Tatsuya)

神戸大学・工学研究科・講師

研究者番号：70705392

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本課題にて展開した塗布型有機薄膜太陽電池には分子構造の設計自由度を生かした様々な有機半導体高分子が用いられている。軽量かつ低コストなエネルギーデバイスの実現に向けて、その光電変換特性は着実に向上している一方、有機半導体自身の光劣化に関する研究は少ないのが現状である。本研究では、分光分析法を用いて、有機半導体高分子の光劣化メカニズムの解明を試みた。その結果、疑似太陽光照射による有機半導体高分子の光劣化に伴う分子構造変化およびその定量的な変化の解明に成功した。本研究にて用いた解析手法を他の有機半導体高分子に適用することにより、高耐候性を有する光電変換材料の分子設計指針が期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今後、本研究をさらに進めることにより、光電変換材料の光や熱に対する「分子骨格の弱点」を明確にすることができれば、分子設計へのフィードバックにより、耐候性の優れた有機半導体高分子の創製が可能になると予想される。本研究にて展開したドナー・アクセプター混合状態ならびに分子構造を含めた一連の解析は基礎的であると同時に、応用面においても有機太陽電池の分野で不足している耐候性向上に関する指針を与えるものとして、意義があると考えられる。また、軽量かつ低コストなエネルギーデバイスの普及における一助になり得ると予想される。

研究成果の概要(英文)：Organic semiconductor polymers have a potential application to thin-film solar cells with attractive features such as low-cost fabrication, light weight, and flexibility. The performance of their polymers has been steadily improved by extensive material researches. However, there are few studies on detail photodegradation mechanisms of the polymers itself. In this study, the photodegradation of wide-wavelength absorbing polymer consisting of fluorene, thiophene, and benzothiadiazole, named APF03, was analyzed by spectroscopic measurements. For FT-IR spectra measurements, spectra changes in thin-films were observed that decrease and increase of absorption peaks corresponding to bending vibration of alkyl chain in fluorene unit and stretching vibration of carbonyl in degraded polymer. These results suggest that alkyl side-chains in APF03 molecule were dissociated from fluorene unit, resulting in molecular structure change from fluorene to fluorenone.

研究分野：材料化学

キーワード：有機薄膜太陽電池 有機半導体高分子 分光分析 材料劣化

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

近年、光や振動、電磁波、熱などの身の回りに存在するエネルギーを電力に変換する技術であるエナジーハーベスティングが注目されている。その中でも光を利用するものとして太陽光発電があり、エネルギー源が太陽光であるためエネルギーとして枯渇しないこと、二酸化炭素を排出しないことなどの利点があり、新しい発電方法として研究が鋭意進められている。太陽電池にはシリコン系や化合物系、有機系といった種類が挙げられる。それらの中で、本研究課題では次世代の太陽電池として期待されている有機薄膜太陽電池に注目した。有機薄膜太陽電池は薄膜で構成されるためプラスチックフィルム上に形成すれば、軽量、フレキシブルという特長を付与できる。また、使用する有機半導体分子に置換基を導入すれば印刷による作製が可能となり大面積化できるなどの利点がある。設置場所やデザインの自由度により、様々なシチュエーションでの利用が期待される。

近年の有機薄膜太陽電池の研究は実用化に向け、変換効率向上に重きが置かれ、その素子性能を向上させるため様々な手法を用いた研究がおこなわれている。最近、10%を超える高い変換効率を得られている。これら素子性能の向上に加えて、太陽電池の耐候性向上は実用化にとって重要な課題であるが、有機薄膜太陽電池を構成する有機半導体材料自身の光劣化メカニズムに関する研究は十分とはいえないのが現状である。これら材料の光劣化メカニズムを定量的に明確化することは、耐光性有機半導体材料の設計指針、創製に生かされ、太陽電池の長寿命化において重要な研究のひとつである。こうした背景をもとに分光分析法を用いて、有機半導体高分子の光劣化メカニズムの解明を試みるという着想に至った。

### 2. 研究の目的

本課題で展開する塗布型有機薄膜太陽電池の耐候性に関する研究は、軽量かつ低コストなエネルギーデバイスの実現に向けて、ますます重要になると考えられる。本研究は、分光学的解析手法を用いて、有機太陽電池の分野で不足している光や熱などが光吸収層(有機膜)に与える影響、具体的には光電変換プロセスに関係するドナー・アクセプター混合状態の変化(複合構造変化)、および光電変換材料の分子構造変化(材料劣化)を明らかにするものである。これら一連の解析により、有機太陽電池の耐候性向上に関する知見を得る。

### 3. 研究の方法

有機半導体高分子として Poly[2,7-(9,9-dioctyl-fluorene)-alt-5,5-(4',7'-di-2-thienyl-2',1',3'-benzothiadiazole)] (APFO3) を用いた(図 1(a))。また、分子構造が光劣化に与える影響を調べるために Poly(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl) (PFO) と Poly(9,9-dioctylfluorene-alt-benzothiadiazole) (F8BT) を比較に用いた(図 1(b)および(c))。各ポリマー粉末をクロロホルム溶媒に溶解させ、濃度 20 mg/ml の溶液を調製した。同溶液を用いてスピンコート法によりアルミニウムを蒸着したガラス基板、シリコン基板、石英基板上にそれぞれ薄膜を作製した。その後、薄膜に対して、ソーラーシミュレーターを用いて、擬似太陽光(100 mW/cm<sup>2</sup>)を照射した。その際、ステージ温度を 30°C と 90°C と設定して光照射を行った。2 時間の光照射おきに FT-IR、UV-vis 測定をおこない、光照射に伴う分子の構造変化を評価した。

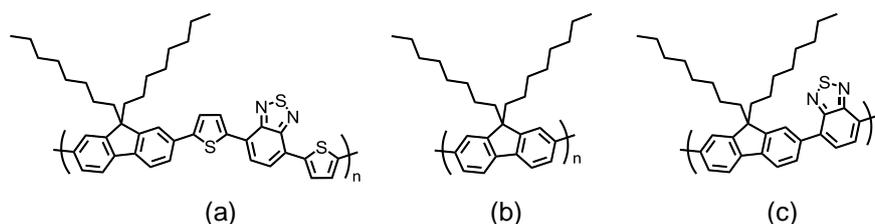


図 1 本研究にて用いた有機半導体高分子

### 4. 研究成果

#### (1) フーリエ変換赤外分光 (FT-IR) スペクトル測定による構造評価

光照射前、照射 12、24 時間後の FT-IR スペクトルを図 2(a)に示す。1717、1466、803 cm<sup>-1</sup>における吸光度の光照射時間変化を図 2(b)に示す。803 cm<sup>-1</sup>における吸収ピークはフルオレン(PFO)ユニットのアルキル鎖 C-H 面内変角振動に由来するもので、光照射に伴い減少した。また、PFO の環構造 C=C 伸縮振動に由来する吸収ピーク(1466 cm<sup>-1</sup>)は光照射による変化はみられなかった。一方、照射前には確認されなかった C=O 伸縮振動に由来する吸収ピーク(1717 cm<sup>-1</sup>)が光照射後に確認され、照射時間の増加に伴い吸光度は増加した。図 1 に示すように APFO3 は C=O 結合を有しておらず、この 1717 cm<sup>-1</sup>の吸収ピークは光照射に伴う新しい結合の生成によるものであると考えられる。PFO のアルキル鎖 C-H 面内変角振動に由来する吸収の減少と

C=O 伸縮振動に由来する吸収の増加が対応し、PFO のアルキル鎖 C-C 結合が PFO ユニットの構成する結合の中で最もエネルギーが小さい結合であることから (表 1)、PFO のアルキル鎖が分解、酸化され、フルオレノンへの構造変化が示唆された。

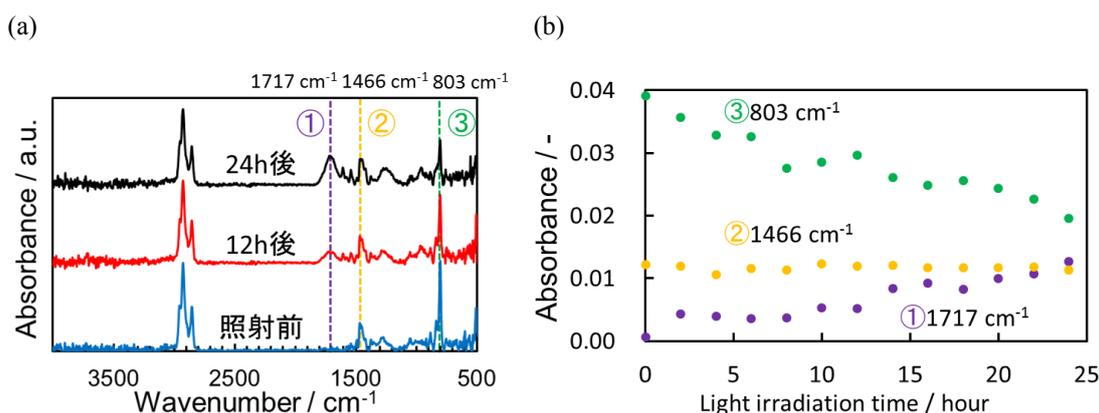


図 2 (a) 光照射前後における APFO3 の FT-IR スペクトル. (b) 各ピークの吸光度変化

表 1 PFO を構成する結合のエネルギー (2014 年度版化学資料集より引用)

結合	エネルギー (kJ/mol)
C - C	347
C = C	611
C - H	414

(2) 紫外可視吸収 (UV-vis) スペクトル測定による構造評価

光照射前、照射 12、18、24 時間後の APFO 薄膜の UV-vis スペクトルを図 3 に示す。光照射に伴い 546 nm の吸光度が主に減少した。また、その吸収波長は短波長シフトし、分子の構造変化に伴う分子内の電子状態の変化が示唆された。546 nm の波長がもつ光エネルギー  $E$  は 2.26 eV であり、APFO3 の HOMO-LUMO 間のバンドギャップである 2.3 eV に相当する。この吸光度の減少は、APFO3 分子内の電子の HOMO から LUMO への遷移の減少に起因すると考えられる。

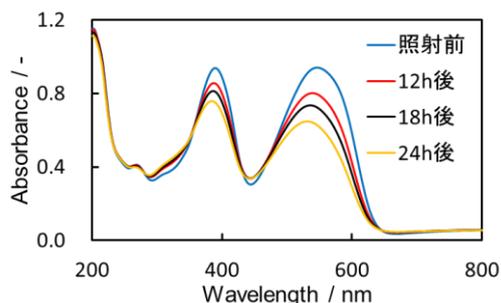


図 3 APFO3 における UV-vis スペクトルの光照射時間依存性

(3) ポリマーの分子構造による光劣化速度比較  
(3-1) PFO と F8BT の光劣化速度比較

光照射時の照射前、照射 12、24 時間後の PFO と F8BT の FT-IR スペクトルを図 4 および図 5 に示す。F8BT は 818  $\text{cm}^{-1}$  のアルキル鎖 C-H 面内変角振動に由来する吸収ピークの減少と 1717  $\text{cm}^{-1}$  の C=O 伸縮振動に由来する吸収ピークの増加が APFO3 と同様の变化であった。このことから、F8BT の PFO ユニットのアルキル鎖が分解、酸化され、フルオレノンへの構造変化が示唆された。PFO は APFO3 や F8BT と比較して光照射時間に対する変化が大きいことが確認された。また、814  $\text{cm}^{-1}$  の吸光度の減少と 1735  $\text{cm}^{-1}$  の吸光度の増加に加えて、2927  $\text{cm}^{-1}$  の吸光度の減少が確認された。この吸収ピークはアルキル鎖 C-H 伸縮振動に由来するものであり、PFO の構造変化が示唆された。

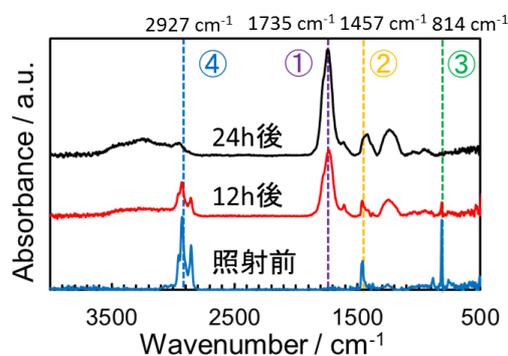


図 4 光照射前、照射 12、24 時間後の PFO の FT-IR スペクトル

次に、光劣化速度を詳細に比較するため反応速度定数を算出した。y 軸に吸光度の対数、x 軸に光照射時間をとることでそのグラフの傾きから反応速度定数  $k$  を求めることができる。C=O 伸縮振動(PFO : 1735  $\text{cm}^{-1}$ , F8BT : 1717  $\text{cm}^{-1}$ )における吸光度の対数プロットをとり(図 6)、

反応速度定数を算出すると PFO は、 $0.2572 \text{ h}^{-1}$ 、F8BT は  $0.0949 \text{ h}^{-1}$  であり F8BT の方が小さいという結果だった。以上より、F8BT の方が光に対してより安定であることが示唆されたが、これは分子内の BT の影響であると考えられる。FT-IR スペクトル測定によって構造変化が確認された PFO の励起状態がより安定化し、BT を含む F8BT の方が反応速度定数  $k$  が小さくなったと考えられる。

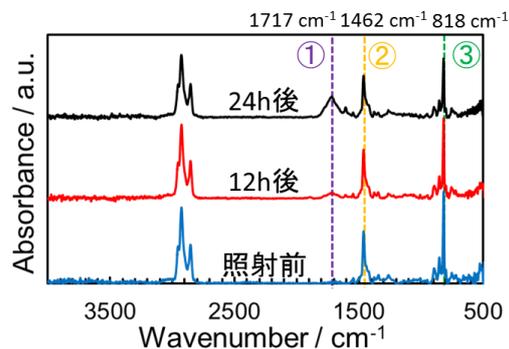


図5 光照射前、照射12、24時間後のF8BTのFT-IRスペクトル

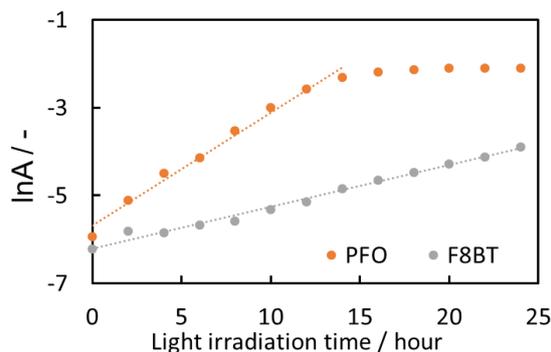


図6 吸光度の対数プロット( $\nu_{C=O}$ )

### (3-2) F8BT と APFO3 の光劣化比較

30°Cでの光照射ではF8BTとAPFO3のスペクトルの変化量に大きな差がみられなかった。30°Cと90°Cでの光照射において、APFO3は熱による影響がほとんど見られなかった一方、F8BTは90°Cに設定したとき30°Cのときと比べて大きく変化したことから、APFO3の方が光と熱に対してより安定であることが示唆された。また、90°Cのときの反応速度定数を比較するため、材料劣化によって生成されたフルオレノン由来のC=O伸縮振動に由来する吸光度(F8BT:  $1717 \text{ cm}^{-1}$ 、APFO3:  $1717 \text{ cm}^{-1}$ )の対数プロットをとり反応速度定数をそれぞれ算出した。F8BTは、 $0.267 \text{ h}^{-1}$ 、APFO3は  $0.075 \text{ h}^{-1}$  であり APFO3の方が小さいという結果であり、F8BTにThを導入したAPFO3の方が光に対する安定性がより高いことが示唆された(図1参照)。これはAPFO3分子内のThの影響によるものだと考えられ、ポリマー主鎖にThを導入することで、分子全体の共役長が増大したことに起因すると考えられる。また、最適構造におけるポリマー主鎖のねじれがAPFO3の方が小さく、ポリマー骨格がより平坦であることから大きな $\pi$ 共役系を有していると考えられる。したがって、ポリマー骨格全体の $\pi$ 共役系で電子を共有するため、構造変化が確認されたPFOの励起状態が安定化され、反応速度定数  $k$  が小さくなったと考えられる。

### (4) まとめ

APFO3薄膜に対して擬似太陽光を照射し、FT-IRスペクトルの光照射時間変化を解析することで光劣化に伴う高分子主鎖骨格の変化を確認した。APFO3は光照射によってPFOユニットのアルキル鎖が分解し、カルボニルが生成するフルオレノンへの構造変化が示唆された。また、光照射時のポリマーの反応速度定数を算出することで光劣化速度の比較をおこなった。反応速度定数はPFOが最も大きく、APFO3が最も小さいという結果が得られ、PFOにBTとThを導入することで光に対する安定性の獲得に成功し、ポリマーの分子構造による光劣化速度の違いを明らかにした。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 6件)

- ① Tatsuya Fukushima, Hiroataka Ishibashi, Daichi Suemasa, Ryosuke Nakamura, Masanobu Yomogida, Takuya Isono, Toshifumi Satoh, and Hironori Kaji, Synthesis and characterization of cyclic P3HT as a donor polymer for organic solar cells, *J. Polym. Sci. B* 査読有, 57, 266-271, 2019.
- ② 堀家匠平, 小柴康子, 福島達也, 石田謙司, イオン液体の真空中下蒸発過程における熱物性, 溶解塩および高温化学 査読有, 第62巻1号, 18-24, 2019年
- ③ Shohei Horike, Masato Ayano, Masahiro Tsuno, Tatsuya Fukushima, Yasuko Koshihara, Masahiro Misaki, and Kenji Ishida, Thermodynamics of ionic liquid evaporation under vacuum, *Phys. Chem. Chem. Phys.* 査読有, 20, 21262-21268, 2018.
- ④ Shohei Horike, Tatsuya Fukushima, Takeshi Saito, Yasuko Koshihara, Masahiro Morimoto, Masahiro Misaki, and Kenji Ishida, Thermodynamics and kinetics of polyoxyethylene alkyl ether evaporation from inkjet-printed carbon nanotube thin films by vacuum annealing, *Flex. Print. Electron.* 査読有, 3, 025006-1-025006-8, 2018.
- ⑤ Shohei Horike, Tatsuya Fukushima, Takeshi Saito, Yasuko Koshihara, Kenji Ishida, Photoinduced

charge-carrier modulation of inkjet-printed carbon nanotubes via poly(vinylacetate) doping and dedoping for thermoelectric generators, *Chem. Phys. Lett.* 査読有, 691, 219-223, 2018.

- ⑥ Shohei Horike, Tatsuya Fukushima, Takeshi Saito, Takuya Kuchimura, Yasuko Koshiba, Masahiro Morimoto and Kenji Ishida, Highly stable n-type thermoelectric materials fabricated via electron doping into inkjet-printed carbon nanotubes using oxygen-abundant simple polymers, *Mol. Syst. Des. Eng.* 査読有, 2, 616-623, 2017.

〔学会発表〕(計28件)

- ① 福島 達也、石橋 寛隆、末政 大地、中村 亮介、蓬田 昌伸、磯野 拓也、佐藤 敏文、梶 弘典、環状 P3HT の合成と有機薄膜太陽電池への応用、第 66 回応用物理学会春季学術講演会、東京工業大学、2019 年 3 月 9 日～2019 年 3 月 12 日
- ② 坂倉 悠介、福島 達也、森本 勝大、小柴 康子、堀家 匠平、石田 謙司、基板温度による尿素オリゴマー蒸着膜の凝集構造変化と分子間水素結合、第 66 回応用物理学会春季学術講演会、東京工業大学、2019 年 3 月 9 日～2019 年 3 月 12 日
- ③ 藤岡 僚太、福島 達也、小柴 康子、堀家 匠平、石田 謙司、新規有機半導体薄膜を用いた近赤外センサの開発、第 66 回応用物理学会春季学術講演会、東京工業大学、2019 年 3 月 9 日～2019 年 3 月 12 日
- ④ 磯村 拓海、福島 達也、小柴 康子、堀家 匠平、石田 謙司、有機焦電型赤外線センサの光学設計に向けた中赤外線領域における P(VDF-TrFE) 薄膜の光学定数算出、第 66 回応用物理学会春季学術講演会、東京工業大学、2019 年 3 月 9 日～2019 年 3 月 12 日
- ⑤ 藤原 圭佑、福島 達也、小柴 康子、堀家 匠平、石田 謙司、ゴム包埋した有機強誘電体薄膜の圧電特性とセンサ応用、第 66 回応用物理学会春季学術講演会、東京工業大学、2019 年 3 月 9 日～2019 年 3 月 12 日
- ⑥ 杉本 伊央理、小柴 康子、堀家 匠平、福島 達也、石田 謙司、真空蒸着法による pn 接合フタロシアニンナノロッドの作製と評価Ⅱ、第 66 回応用物理学会春季学術講演会、東京工業大学、2019 年 3 月 9 日～2019 年 3 月 12 日
- ⑦ 小林 晃子、堀家 匠平、小柴 康子、福島 達也、神野 伊策、石田 謙司、有機圧電エナジーハーバスターにおける振動発電特性の膜厚依存性、第 66 回応用物理学会春季学術講演会、東京工業大学、2019 年 3 月 9 日～2019 年 3 月 12 日
- ⑧ 堀家 匠平、綾野 真人、都野 雅大、小柴 康子、福島 達也、三崎 雅裕、石田 謙司、真空下熱重量測定によるイオン液体の蒸発ダイナミクス解析と蒸発開始温度予測、第 79 回応用物理学会秋季学術講演会、名古屋国際会議場、2018 年 9 月 18 日～2018 年 9 月 21 日
- ⑨ 厚見 智志、小柴 康子、堀家 匠平、福島 達也、石田 謙司、高速時間分解赤外分光法による微小液滴中でのポリ尿素合成反応その場観測と反応解析、第 79 回応用物理学会秋季学術講演会、名古屋国際会議場、2018 年 9 月 18 日～2018 年 9 月 21 日
- ⑩ 隠岐 晃太、山口 真奈、堀家 匠平、武智 恭世、小柴 康子、福島 達也、森 敦紀、石田 謙司、チオフェンドオリマーの巨大ゼーベック係数、第 79 回応用物理学会秋季学術講演会、名古屋国際会議場、2018 年 9 月 18 日～2018 年 9 月 21 日
- ⑪ 藤岡 僚太、福島 達也、小柴 康子、堀家 匠平、石田 謙司、含ホウ素有機半導体/C60 界面形成による近赤外光センサ特性の向上、第 79 回応用物理学会秋季学術講演会、名古屋国際会議場、2018 年 9 月 18 日～2018 年 9 月 21 日
- ⑫ 岸本 拓也、福島 達也、小柴 康子、堀家 匠平、石田 謙司、TGS 単結晶の分極場上に形成されたイオン液体膜の界面電気物性、第 79 回応用物理学会秋季学術講演会、名古屋国際会議場、2018 年 9 月 18 日～2018 年 9 月 21 日
- ⑬ 小林 晃子、堀家 匠平、小柴 康子、福島 達也、神野 伊策、石田 謙司、ユニモルフカンチレバー型有機圧電薄膜の振動発電特性、第 79 回応用物理学会秋季学術講演会、名古屋国際会議場、2018 年 9 月 18 日～2018 年 9 月 21 日
- ⑭ 口村 拓也、福島 達也、堀家 匠平、小柴 康子、石田 謙司、イオン液体マイクロ液滴内における  $Alq_3$  の結晶成長メカニズム解明、第 65 回応用物理学会春季学術講演会、早稲田大学、2018 年 3 月 17 日～2018 年 3 月 20 日
- ⑮ 平井 愛、小柴 康子、堀家 匠平、森本 勝大、福島 達也、石田 謙司、酸化剤融液上で気液界面重合した PEDOT 膜の構造と電子物性評価、第 65 回応用物理学会春季学術講演会、早稲田大学、2018 年 3 月 17 日～2018 年 3 月 20 日
- ⑯ 関戸 翔太郎、吉永 尚生、小柴 康子、森本 勝大、福島 達也、石田 謙司、紫外線硬化型 3D プリント用ゴム材料の硬化反応その場観察と反応解析Ⅱ、第 65 回応用物理学会春季学術講演会、早稲田大学、2018 年 3 月 17 日～2018 年 3 月 20 日
- ⑰ 永吉 竜治、福島 達也、小柴 康子、森本 勝大、石田 謙司、有機/無機多層膜を用いた焦電型赤外線センサの素子構造とセンサ特性の相関検討、第 65 回応用物理学会春季学術講演会、早稲田大学、2018 年 3 月 17 日～2018 年 3 月 20 日
- ⑱ 深川 美樹、小柴 康子、森本 勝大、福島 達也、石田 謙司、有機強誘電体/イオン液体ゲルの強誘電特性と圧電特性、第 65 回応用物理学会春季学術講演会、早稲田大学、2018 年 3 月 17 日～2018 年 3 月 20 日

- ①9 Shohei Horike, Tatsuya Fukushima, Takeshi Saito, Yasuko Koshihara and Kenji Ishida, Highly Stable N-Type Carbon Nanotubes via Simple Vinyl Polymer Doping for Flexible Thermoelectric Generators, International Conference on Organic and Hybrid Thermoelectrics, ADEIT, Valencia, 2018年1月29日～2018年2月1日
- ②0 Yohei Sutani, Shohei Horike, Tatsuya Fukushima, Yasuko Koshihara, Masahiro Morimoto, Tetsuhiro Kodani, Takasi Kanemura, and Kenji Ishida, High Voltage Sensitivity of Organic Pyroelectric Sensors with Polarization Treatment during Evaporation Process, 2017 International Conference on Solid State Devices and Materials, Sendai International Center, 2017年9月19日～2017年9月22日
- ②1 Ryota Fujioka, Tatsuya Fukushima, Yasuko Koshihara, and Kenji Ishida, Characterization of optical and photoelectric properties of a new boron-based organic semiconductor in the near-infrared regions, 2017 International Conference on Solid State Devices and Materials, Sendai International Center, 2017年9月19日～2017年9月22日
- ②2 坂倉 悠介、福島 達也、森本 勝大、小柴 康子、石田 謙司、基板温度による尿素オリゴマー真空蒸着膜の凝集構造変化、第78回応用物理学会秋季学術講演会、福岡国際会議場、2017年9月5日～2017年9月8日
- ②3 堀家 匠平、小柴 康子、福島 達也、斎藤 毅、石田 謙司、真空アニールによるカーボンナノチューブ薄膜からの非イオン性界面活性剤の蒸発ダイナミクス、第78回応用物理学会秋季学術講演会、福岡国際会議場、2017年9月5日～2017年9月8日
- ②4 藤岡 僚太、福島 達也、小柴 康子、石田 謙司、新規 BODIPY 誘導体を用いた薄膜形成と光電変換特性評価、第78回応用物理学会秋季学術講演会、福岡国際会議場、2017年9月5日～2017年9月8日
- ②5 酢谷 陽平、福島 達也、小柴 康子、森本 勝大、小谷 哲浩、金村 崇、石田 謙司、電界印加成膜した有機焦電センサの高感度化メカニズムの解明、第78回応用物理学会秋季学術講演会、福岡国際会議場、2017年9月5日～2017年9月8日
- ②6 Tsutomu Miura, Tatsuya Fukushima, Hironori Kaji, Halogen-free solution process for organic photovoltaics with donor polymer absorbing short-wavelength light, The 8th Asian Conference on Organic Electronics, Uji Obaku Plaza, Kyoto University, 2016年12月5日～2016年12月7日
- ②7 三浦農、福島達也、梶弘典、非ハロゲン溶媒を用いたバルクヘテロ接合型有機薄膜太陽電池の作製と評価、京都大学化学研究所 第116回研究発表会、京都大学 宇治キャンパス、2016年12月2日～2016年12月2日
- ②8 久保勝誠、鈴木克明、志津功将、福島達也、小川紘樹、金谷 利治、下赤卓史、長谷川健、小簗剛、安達千波矢、梶弘典、カルバゾールルーチアジン連結系発光材料の分子配向および有機 EL 特性、有機EL 討論会 第22回例会、東京工業大学 大岡山キャンパス 蔵前会館、2016年06月23日～2016年06月24日

[その他]

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

### (2) 研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

※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、研究者個人に帰属されます。