

令和元年6月27日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16H04191

研究課題名（和文）デバイス駆動メカニズムに基づく高性能n型有機半導体の創出と普遍的設計指針の確立

研究課題名（英文）Development of n-type organic semiconductors based on operating mechanism and establishment of rational molecular design

研究代表者

家 裕隆 (Ie, Yutaka)

大阪大学・産業科学研究所・准教授

研究者番号：80362622

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,600,000円

研究成果の概要（和文）：研究の構想は機能性材料を指向した新規、共役分子を開発することである。とりわけ研究代表者はエレクトロニクス材料への応用を目指している。本研究では電子輸送型（n型）の有機電界効果トランジスタ（OFET）、有機薄膜型太陽電池（OPV）材料の開発を目的とした。具体的には、デバイス駆動メカニズムをもとに、電子構造と分子構造を精密設計した新規n型、共役分子の系統的な開発を行った。創出した共役分子の構造-基礎物性-薄膜物性-デバイス特性の相関を明らかとした。そして、n型OFET材料、n型OPV材料としての性能を検証するとともに、分子設計にフィードバックすることで高性能化に向けた指針を確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

有機エレクトロニクスは次世代の電子デバイスとして有望視されている。しかし、材料開発の面から克服すべき課題が山積みの状況である。構造有機化学に基づく分子合成からOFET、OPV材料への応用に向けて研究を遂行し、構造物性機能相関の解明と材料としての高性能化に基づく設計指針の確立を達成できれば、材料開発のブレークスルーに直接的につながる。すなわち本研究は、学理追求型研究であるが産業的にもインパクトの高いチャレンジングな研究である点で学術的意義を有する。また、次世代エレクトロニクスに繋がる本研究は、高度技術化の利便性を享受しつつ人類の持続的発展に寄与する基盤を構築する点で社会的意義を満たすものである。

研究成果の概要（英文）：We developed organic semiconducting materials based on pi-conjugated systems for use in organic field-effect transistors (OFETs) and organic photovoltaics (OPVs). Especially, we focused on the development of electron-accepting pi-conjugated systems for the application to electron-transporting (n-type) materials. For these purposes, we designed and synthesized a series of novel electronegative pi-conjugated units. Our newly synthesized pi-conjugated systems containing these units showed typical n-type characteristics in OFETs or OPVs. Based on the results of physical measurements and device performances, we revealed structure-property-device function relationship. These results suggest the rational molecular design of n-type organic semiconductors for realization of high-performance OFETs or OPVs.

研究分野：構造有機化学

キーワード：有機導体 有機半導体材料 有機電界効果トランジスタ 有機薄膜太陽電池 電子輸送性材料

1. 研究開始当初の背景

近年、 π 共役分子に機能を付与させる研究が注目されている。なかでも、 π 電子特有の光物性や電子物性を活かせることから、OFET や OPV 等の有機エレクトロニクスへの応用に向けた化合物開発が活発に行われている。有機半導体材料は、キャリアが正孔 (h^+) の p 型半導体と電子 (e^-) の n 型半導体に分けられる。電子構造に着目すると、OFET、OPV 材料のいずれにおいても、電子求引性基を導入して分子の最低空軌道 (LUMO) レベルを低下させることが n 型特性の発現に不可欠である。しかし、 π 電子系の還元種の安定性が本質的に低いため、有機 n 型半導体の研究は p 型半導体に比べて遅れている。デバイス構造に着目すると、OFET では単成分の有機薄膜を活性層とし、素子の横方向への高いキャリア移動能が求められる。一方、OPV では p 型半導体と n 型半導体の混合薄膜が活性層であり、素子の上下方向へのキャリア移動が重要となる。すなわち、分子の電子構造のみならず、デバイスでのキャリア移動経路の構築に適した分子構造が必要なことも、開発が難しい原因となっていた。

2. 研究の目的

上述の背景のもと、本研究では以下の 2 項目を研究目的とした。

(1) 塗布法で薄膜作製ができ、かつ、大気駆動安定性を持つ高性能 n 型 OFET 材料の開発
研究代表者は真空蒸着型の n 型 OFET 材料において良好な電子移動度と大気駆動安定性を達成している一方、塗布型材料ではさらなる性能向上が不可欠の状況である。これは塗布型材料において、 π 共役分子の還元種が酸素や水の存在下で安定 (熱力学的安定性) かつ、電子輸送のキャリアトラップとなる酸素や水の有機薄膜への浸透を抑制 (速度論的安定性) の両方を十分に満たす設計が困難なためである。そこで本項目では、熱力学的・速度論的安定性を向上させるため、縮環構造や架橋構造の電子受容性ユニットを積極的に活かすことで、低い LUMO レベルと密な分子配列を満たす可溶性の新規 π 共役分子を開発する。

(2) ドナー-アクセプター型 p 型材料との適合に向けた高性能 n 型 OPV 材料の開発
研究代表者の開発した n 型 OPV 材料は典型的な p 型半導体材料のポリ 3-ヘキシルチオフェン (P3HT) と組み合わせることで良好な光電変換特性を達成している。近年、p 型半導体材料の光吸収域とエネルギーレベル調節からデバイス性能の向上を目指す研究が盛んに行なわれ、P3HT 代替となるドナー-アクセプター (D-A) 型の p 型半導体材料が見いだされている。すなわち、応募者の開発指針を OPV の高性能化に結びつけるためには、D-A 型 p 型材料と組み合わせることが可能な n 型 OPV 材料への展開が急務な状況である。そこで本項目では、D-A 型 p 型材料と適合させるため、分子の LUMO レベル、混合薄膜での電子移動能、および、p 型材料との混和性を精密に調節した直鎖構造の新規 π 共役分子を開発する。

3. 研究の方法

研究目的を達成するためには、有機合成 - 物性評価 - デバイス特性評価を 1 サイクルとした化合物開発を連続的に行なうことが必要不可欠である。この観点から本研究の第一世代の標的化合物は確実に合成ができ、かつ、設計の作業仮説を検証できるものから優先して開発を行った。

項目 (1) に関しては、n 型 π 共役分子の LUMO レベルを -4.0 eV 以下に下げることが大気駆動安定性に有効であると提唱されている。一方で LUMO レベルが -4.5 eV 以下になると分子が化学的に不安定となる。そこで標的分子の LUMO レベルは -4.0 から -4.5 eV に設定した。

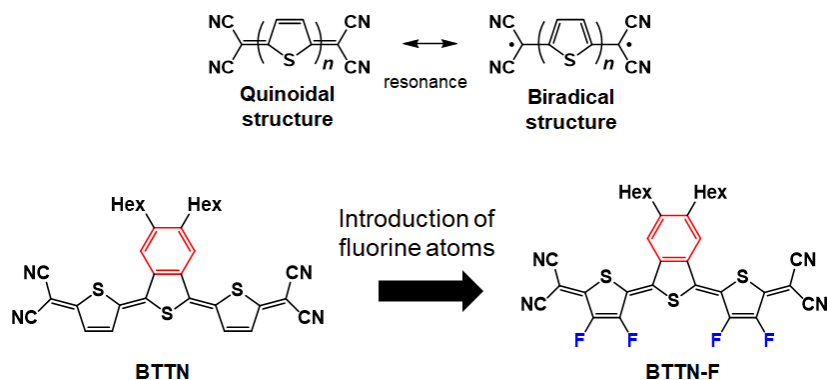
項目 (2) に関しては、直鎖構造の n 型 π 共役分子の開発に注力した。D-A 型 p 型半導体材料はフラールン誘導体 PCBM に対して最適化されている。そこで、n 型 OPV 材料は PCBM (-3.8 eV) 程度の LUMO レベルと非局在化した LUMO 軌道の電子構造を有するものを設定した。これらの設計指針に基づき、理論化学計算を行い、開発する分子構造を定めた。

4. 研究成果

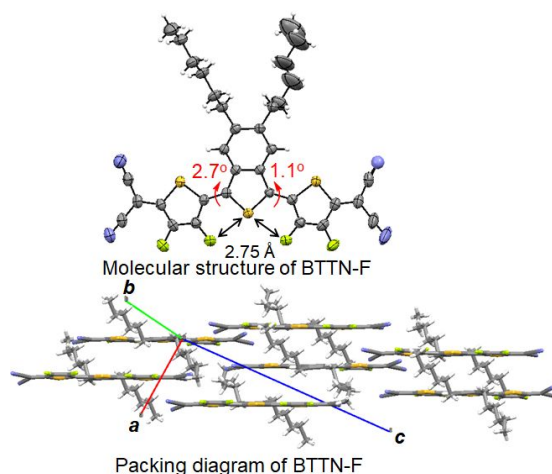
(1) 塗布法で薄膜作製ができ、かつ、大気駆動安定性を持つ高性能 n 型 OFET 材料の開発

本研究では上記指針に合致した分子構造として、キノイド構造に着目した。キノイド型オリゴチオフェンは電子受容性が高いことから、n 型 OFET 材料への応用が期待されている。一般に、キノイド型オリゴチオフェンはキノイド構造とピラジカル構造との共鳴であることが知られている。キノイド構造の安定化による高性能化目的として、ベンゼン縮環を導入したオリゴチオフェン 3 量体 (BTTN) の開発を行った。本設計のジヘキシルベンゼン骨格を縮環構造に用いることで、1) 低い LUMO レベル、2) 密な分子配列、3) 有機溶媒への可溶性を満たす新規 π 共役分子となることが期待された。さらに、BTTN の電子受容性をさらに向上させるため、電子求引性のフッ素原子を導入した BTTN-F の開発も行った。

BTTN と BTTN-F の ^1H NMR 測定を行ったところ、ベンゼン縮環をもたない参照分子と対照的に、いずれもキノイド構造とピラジカル構造の共鳴に由来するピークの平衡は観測されなかった。この結果から、期待通り、ベンゼン縮環の導入によりキノイド構造が安定化していることが明らかとなった。サイクリックボルタンメトリー測定を行ったところ可逆な還元波が観測された。これらの第一還元電位から BTTN と BTTN-F の LUMO レベルはそれぞれ -4.1 、 -4.3 eV と見積もられ大気駆動可能な n 型 OFET 材料として適した値 (< -4.0 eV) が得られた。



BTTN-F の単結晶 X 線結晶構造解析の結果、隣り合うチオフェン間はトランス構造となっていた。その二面角はそれぞれ 2.7° 、 1.1° であり、 π 共役平面はほぼ平面構造であった。また、分子内の硫黄原子とフッ素原子間の距離はファンデルワールス半径の合計 (3.27 \AA) より小さい 2.75 \AA であった。BTTN-F はチオフェン間の二重結合がシス構造をとった際はフッ素原子とベンゼン部位の水素原子に斥力が生じることに加えて、フッ素原子と硫黄原子に引力的相互作用が生じる結果、トランス体が優先して得られたものと考えられる。また、分子のパッキング構造は 1 次元方向に有効な スタックが認められ、キャリア輸送特性が期待できた。

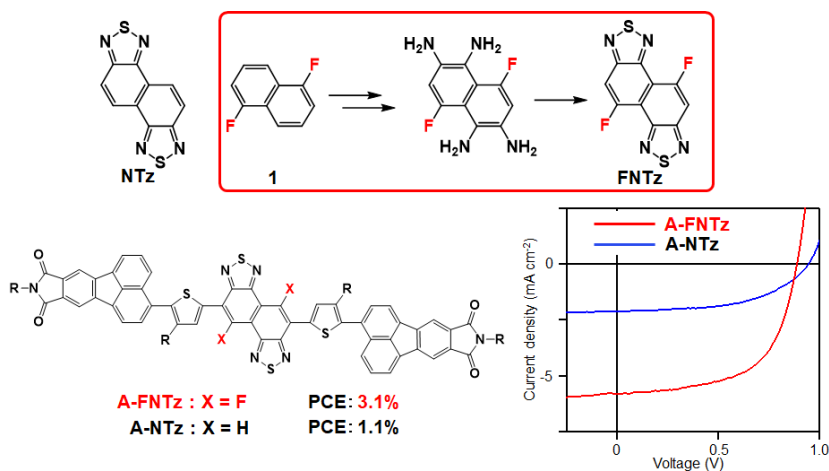


ボトムコンタクト型の素子基板を用いてこれらの化合物の OFET 特性の評価を行った。有機活性層はクロロホルム溶液からのスピンコート法によって作製した。測定の結果、BTTN と BTTN-F はともに真空下、大気暴露化のいずれにおいても典型的な n 型特性を示した。また、ベンゼン縮環をもたない参照分子と比べて、安定なトランジスタ駆動が観測された (論文 4)。

(2) ドナー-アクセプター型 p 型材料との適合に向けた高性能 n 型 OPV 材料の開発

OPV に向けた n 型半導体材料に関しては、近年、アクセプターユニットで構成される電子受容性 π 共役化合物が注目されている。我々は電子受容性のナフトビスチアジアゾール (NTz) が n 型半導体材料のアクセプターユニットとして有効に機能することを本基盤研究で明らかとした (論文 14)。この電子受容性をさらに向上させることを目的として、フッ素原子を導入した

フッ素化ナフトビスチアジアゾール (FNTz) を設計した。電子求引性のフッ素原子導入に伴って、FNTz は既存の NTz 骨格構築法では合成ができなかった。そこで、ジフルオロナフタレン (1) を出発原料とした新規な合成ルートを開発した。さらに、FNTz を導入した新規 n 型有機半導体材料 A-FNTz の合成も行った。



得られた n 型半導体材料のエネルギーレベルを実験的に見積もるため、Differential pulse voltammetry (DPV) 測定と Photoelectron spectroscopy in air (PESA) 測定を行った。DPV 測定では、いずれの分子からも 4 つの還元ピークが観測された。このうち FNTz、NTz 部位に

由来するピークを比較すると A-FNTz の方が A-NTz より高電位シフトしていた。これは LUMO レベルが低下していることを示すものであり、結果として、期待通り分子構造修飾でエネルギーレベルが調節できることが明らかとなった。また、PESA 測定においては A-FNTz のイオン化ポテンシャルが A-NTz より上昇していたことから、HOMO レベルもフッ素原子導入により低下していることが明らかとなった。これらの測定結果から、A-FNTz の LUMO レベルと HOMO レベルはそれぞれ、 -3.6 eV、 -6.2 eV と見積もられた。これらの分子の太陽電池特性を明らかとするため、P3HT を p 型材料とする OPV で評価を行った。その結果、A-FNTz において光電変換効率が大きく改善されることが明らかとなり、フッ素原子の導入で有効に機能することが明らかとなった(論文 3)。この知見をもとに、D-A 型ポリマーと組み合わせた素子評価を進めていく。

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文](計 14 件、 全て査読有)

- 1) Antiaromatic Character of Cycloheptatriene-bis-Annulated Indenofluorene Framework Mainly Originated from Heptafulvene Segment
K. Yamamoto, Y. Ie, N. Tohnai, F. Kakiuchi, Y. Aso
Sci. Rep. 8 (2018) 17663-1-11.
- 2) A Thiazole-Fused Antiaromatic Compound Containing an *s*-Indacene Chromophore with a High Electron Affinity
Y. Ie, C. Sato, K. Yamamoto, M. Nitani, Y. Aso
Chem. Lett. 47 (2018) 1534-1537.
- 3) Fluorinated Naphtho[1,2-*c*:5,6-*c'*]bis[1,2,5]thiadiazole-Containing π -Conjugated Compound: Synthesis, Properties, and Acceptor Application in Organic Solar Cells
S. Chatterjee, Y. Ie, T. Seo, T. Moriyama, G.-J. A. H. Wetzelaer, P. W. M. Blom, Y. Aso
NPG Asia Mater. 10 (2018) 1016-1028.
- 4) Oligothiophene Quinoids Containing a Benzo[*c*]thiophene Unit for the Stabilization of the Quinoidal Electronic Structure
K. Yamamoto, Y. Ie, M. Nitani, N. Tohnai, F. Kakiuchi, K. Zhang, W. Pisula, K. Asadi, P. W. M. Blom, Y. Aso
J. Mater. Chem. C 6 (2018) 7493-7500.
- 5) Naphtho[1,2-*c*:5,6-*c'*]bis[1,2,5]thiadiazole-Based Nonfullerene Acceptors: Effect of Substituents on the Thiophene Unit on Properties and Photovoltaic Characteristics
S. Chatterjee, Y. Ie, Y. Aso
ACS Omega 3 (2018) 5814-5824.
- 6) Synthesis, Properties, and Photovoltaic Characteristics of Donor–Acceptor Copolymers Based on Tetrafluoro-Substituted Benzodioxocyclohexene-Annulated Thiophene
Y. Ie, Y. Kishimoto, K. Morikawa, Y. Aso
J. Photopolym. Sci. Technol. 31 (2018) 145-150.
- 7) Enhanced Photovoltaic Performance of Amorphous Donor–Acceptor Copolymers Based on Fluorine-Substituted Benzodioxocyclohexene-Annulated Thiophene
Y. Ie, K. Morikawa, W. Zajazkowski, W. Pisula, N. B. Kotadiya, G.-J. A. H. Wetzelaer, P. W. M. Blom, Y. Aso
Adv. Energy Mater. 8 (2018) 1702506-1-7.
- 8) Synthesis, Properties, and Photovoltaic Characteristics of p-Type Donor Copolymers Having Fluorine-Substituted Benzodioxocyclohexene-Annulated Thiophene
Y. Ie, K. Morikawa, M. Karakawa, N. B. Kotadiya, G.-J. A. H. Wetzelaer, P. W. M. Blom, Y. Aso
J. Mater. Chem. A 5 (2017) 19773-19780.
- 9) Influence of Terminal Imide Units on Properties and Photovoltaic Characteristics for Benzothiadiazole-Based Nonfullerene Acceptors
S. Chatterjee, Y. Ie, Y. Aso
J. Photopolym. Sci. Technol. 30 (2017) 557-560.
- 10) Three-Dimensional π -Conjugated Compounds as Non-Fullerene Acceptors in Organic Photovoltaics: the Influence of Acceptor Unit Orientation at Phase Interfaces on Photocurrent Generation Efficiency
S. Jinnai, Y. Ie, Y. Kashimoto, H. Yoshida, M. Karakawa, Y. Aso
J. Mater. Chem. A 5 (2017) 3932-3938.
- 11) Electron-Accepting π -Conjugated Molecules with Fluorine-Containing Dicyanovinylidene as Terminal Groups: Synthesis, Properties, and Semiconducting Characteristics
Y. Ie, A. Uchida, N. Kawaguchi, M. Nitani, H. Tada, F. Kakiuchi, Y. Aso
Org. Lett. 18 (2016) 4320-4323.

12) Synthesis, Properties, and Photovoltaic Performance of a Donor–Acceptor Copolymer Having Pyradinobisthiazole as the Acceptor Unit

Y. Ie, S. Sasada, M. Karakawa, Y. Aso

J. Photopolym. Sci. Technol. 29 (2016) 571-574.

13) Electron-Accepting π -Conjugated Systems for Organic Photovoltaics: Influence of Structural Modification on Molecular Orientation at Donor–Acceptor Interfaces

S. Jinnai, Y. Ie, M. Karakawa, T. Aernouts, Y. Nakajima, S. Mori, Y. Aso

Chem. Mater. 28 (2016) 1705-1713.

14) Naphtho[1,2-c:5,6-c']bis[1,2,5]thiadiazole-Containing π -Conjugated Compound: Nonfullerene Electron Acceptor for Organic Photovoltaics

S. Chatterjee, Y. Ie, M. Karakawa, Y. Aso

Adv. Funct. Mater. 26 (2016) 1161-1168.

[学会発表](計 33 件)

1) 家 裕隆「構造物性機能相関に基づく有機薄膜太陽電池材料の開発」(特別講演)電気化学会第 86 回大会、2019 年

2) 坂井泰士、森山太一、家 裕隆「チオフェン縮環ナフトビスチアジアゾールを用いた半導体ポリマーの合成、物性、および、光電変換特性」日本化学会第 99 春季年会、2019 年

3) 岸本陽太、安蘇芳雄、家 裕隆「フッ素化ベンゾジチオフェン-4,8-ジオンをアクセプターユニットとする π 共役コポリマーの合成と物性、および太陽電池特性」日本化学会第 99 春季年会、2019 年

4) 山本恵太郎、家 裕隆「フッ素原子を導入したキノイドオリゴチオフェンの合成、物性、および半導体特性」日本化学会第 99 春季年会、2019 年

5) 家 裕隆「含フッ素アクセプターを導入した π 共役系の開発と太陽電池応用」(招待講演)日本化学会第 99 春季年会、2019 年

6) 岸本陽太、安蘇芳雄、家 裕隆「含フッ素ジオキソシクロアルケン縮環チオフェンをアクセプターユニットとする π 共役コポリマーの合成と物性、および太陽電池特性」第 45 回有機典型元素化学討論会、2018 年

7) 家 裕隆、Shreyam Chatterjee、伊津野 翔、Gert-Jan A. H. Wetzelaer、Paul W. M. Blom、安蘇芳雄「フッ素置換ナフトビスチアジアゾールをユニットとする電子受容性 π 共役分子の合成、物性、光電変換特性」第 29 回基礎有機化学討論会、2018 年

8) 家 裕隆、森川功貴、岸本陽太、Gert-Jan A. H. Wetzelaer、Paul W. M. Blom、安蘇芳雄「有機薄膜太陽電池への応用に向けた含フッ素ジオキソシクロアルケン縮環チオフェンを用いたアモルファス性ドナーポリマーの開発」(招待講演)第 67 回高分子討論会、2018 年

9) Yutaka Ie「Synthesis, Properties, and Photovoltaic Characteristics of Donor-Acceptor Copolymers Based on Tetrafluoro-substituted Benzodioxocyclohexene-annulated Thiophene」(招待講演)The 35rd International Conference of Photopolymer Science and Technology (ICPST-35), 2018 年

10) Yutaka Ie「Development of Organic Photovoltaic Materials Containing Fluorine-Substituted Electron-Accepting Units」(招待講演)14th IUPAC International Conference on Novel Materials and their Synthesis (NMS-XIV), 2018 年

11) Yutaka Ie「Development of organic photovoltaic materials containing new electron-accepting units」(招待講演)ThinFilms2018 The 9th International Conference on Technological Advances of Thin Films & Surface Coatings, 2018 年

12) Yutaka Ie「Development of Donor and Acceptor Materials Containing Fluorine-Substituted Electron-Accepting Units for Organic Photovoltaics」(招待講演)International Conference on Emerging Advanced Nanomaterials (ICEAN), 2018 年

13) 家 裕隆「共役長を制御した単分子ワイヤの物性と電気伝導特性」(招待講演)日本化学会第 98 春季年会、2018 年

14) 岸本陽太、森川功貴、家 裕隆、安蘇芳雄「フッ素含有ベンゾジジオキソシクロアルケン縮環チオフェンをアクセプターユニットとする新規 π 共役ポリマーの合成と物性、および太陽電池特性」日本化学会第 98 春季年会、2018 年

15) 丹波俊輔、田中 光、萩谷一剛、家 裕隆、安蘇芳雄「n 型有機半導体を指向したテトラゾロピリジンを含む π 共役系分子の合成と物性」日本化学会第 98 春季年会、2018 年

16) 伊津野 翔、家 裕隆、安蘇芳雄「フッ素置換ナフトビスチアジアゾールを用いた新規 n 型半導体ポリマーの合成、物性、および、光電変換特性」日本化学会第 98 春季年会、2018 年

17) Shreyam Chatterjee, Yutaka Ie, Yoshio Aso「Fluorinated Naphtho[1,2-c:5,6-c']bis[1,2,5]thiadiazole -based Non-fullerene Electron Acceptor for Organic Solar Cell」日本化学会第 98 春季年会、2018 年

18) 伊津野 翔、家 裕隆、安蘇芳雄「ナフトビスチアジアゾールを含む電子輸送型ポリマーの合成、物性、および、太陽電池特性評価」、第 11 回有機 π 電子系シンポジウム、2017 年

19) 丹波俊輔、萩谷一剛、家 裕隆、安蘇芳雄「テトラゾロピリジン骨格を含む高分子半導体材料の開発」、第 44 回有機典型元素化学討論会、2017 年

- 20) Yutaka Ie 「Non-fullerene Acceptors for Application to Organic Photovoltaics: Structures-Thin-film Properties-Photovoltaic Characteristics Relationship」(招待講演) 13th International Conference of Computational Methods in Science and Engineering, 2017 年
- 21) Yutaka Ie 「Development of New π -Conjugated Systems towards Electronic Device Applications」(招待講演) ISPAC 2017 International Symposium on Pure & Applied Chemistry 2017, 2017 年
- 22) Yutaka Ie 「Non-fullerene Acceptors for Organic Photovoltaics: Structures-Film Properties-Photovoltaic Characteristics Relationship」(招待講演) ICMAT2017 9th International Conference on Materials for Advanced Technologies, 2017 年
- 23) Yutaka Ie 「Novel π -Conjugated Systems for Organic Semiconducting Materials」(招待講演) 81st Prague Meeting on Macromolecules, 2017 年
- 24) Yutaka Ie 「Development of donor-acceptor copolymers based on fluorine-substituted benzodioxocyclohexene-annulated thiophene」(招待講演) 1st SANKEN JSPS Symposium for the Circulation of Talented Researchers “Global Networking on Molecular Technology Research, 2017 年
- 25) 山本恵太郎、家 裕隆、二谷真司、垣内史敏、安蘇芳雄「キノイド構造の安定化を指向してベンゼン縮環構造を導入したキノイドオリゴチオフェンの合成および物性」日本化学会第 97 春季年会、2017 年
- 26) 山本恵太郎、家 裕隆、二谷真司、垣内史敏、安蘇芳雄「縮環構造を導入したキノイド型オリゴチオフェンの合成、物性、および電子輸送特性」第 43 回有機典型元素化学討論会、2016 年
- 27) 森川功貴、家 裕隆、辛川 誠、安蘇芳雄「フッ素含有ベンゾジオキソシクロアルケン縮環チオフェンをアクセプターユニットとする新規 π 共役コポリマーの開発：フッ素置換基が物性と太陽電池特性に与える影響」第 27 回基礎有機化学討論会、2016 年
- 28) 家 裕隆「有機薄膜型太陽電池に向けた非フラーレン系アクセプター材料の開発：構造と薄膜物性と光電変換特性の相関」(招待講演) 第 12 回有機太陽電池シンポジウム、2016 年
- 29) 家 裕隆「薄膜エレクトロニクスへの応用に向けた新規電子受容性ユニットに基づく有機半導体材料の開発」(招待講演) 有機エレクトロニクスデバイス・材料に関する研究討論会、2016 年
- 30) Yutaka Ie 「Synthesis, Properties, and Photovoltaic Performance of Copolymers Having New Electron-Accepting Units」(招待講演) The 33rd International Conference of Photopolymer Science and Technology (ICPST-33), 2016 年
- 31) Yutaka Ie 「Development of Electron-Transporting π -Conjugated Systems for Organic Semiconducting Materials」(招待講演) International Conference on Flexible and Printed Electronics, 2016 年
- 32) Yutaka Ie, Yoshio Aso 「Development of New π -Conjugated Compounds towards Single-molecule Electronics and Thin-film Electronics」(招待講演) IUPAC 12th International Conference on Novel Materials and their Synthesis (NMS-XII), 2016 年
- 33) Yutaka Ie, Yoshio Aso 「Development of Novel π -Conjugated Systems for Electronic Application: Chemical Structures-Properties-Function Relationship」(招待講演) The 14th International Conference on Frontiers of Polymers and Advanced Materials, 2016 年

〔産業財産権〕

出願状況(計 1 件)

名称：ナフトビスカルコゲナジアゾール誘導体
 発明者：家 裕隆、安蘇芳雄、瀬尾卓司、森山太一
 権利者：家 裕隆、安蘇芳雄、瀬尾卓司、森山太一
 種類：特許
 番号：特願 2016-254351
 出願年：2016 年
 国内外の別：国内

〔その他〕

ホームページ等 <https://www.sanken.osaka-u.ac.jp/labs/omm/>

6 . 研究組織

(1)研究協力者

研究協力者氏名：安蘇芳雄

ローマ字氏名：Yoshio Aso