

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 17 日現在

機関番号：14401

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2008～2012

課題番号：20108004

研究課題名（和文） 拡張 π 電子共役系の創製に基づく高次 π 空間の機能とエレクトロニクス
応用研究課題名（英文） Functions of Highly Elaborated π -Space Based on the Synthesis of
Extended π -Electron Systems and Application to Electronics

研究代表者

安蘇 芳雄 (ASO YOSHIO)

大阪大学・産業科学研究所・教授

研究者番号：60151065

研究成果の概要（和文）：効率の高いキャリア移動を指向した高次 π 電子空間の構築に重きを置き、有機エレクトロニクス応用に向けて、多分岐型オリゴチオフェンの光機能化、ポリマー材料への適用、フルオロアルキル基の会合性を活用した材料開発、ドナー／アクセプター型ポリマーの開発により、有機薄膜トランジスタ、スイッチング素子、高性能有機太陽電池への応用を達成した。また、分子エレクトロニクス応用に向けて、被覆型分子ワイヤと各種三脚型アンカーユニットの開発を行い、機能・性能評価を達成した。

研究成果の概要（英文）：With emphasizing the formation of highly elaborated π -space systems with efficient carrier-transporting function, a variety of novel materials have been developed and applied to organic and molecular electronics. Photo-functionalization and polymer extension of branched oligothiophenes, and synthesis of fluoroalkyl-functionalized systems and donor/acceptor type polymer materials have been achieved, and based of these materials organic thin-film transistors, switching devices, and high performance organic solar cells have been developed. Moreover, insulated molecular wires and tripodal anchor units for molecular electronics have been newly developed, and their functions and performances have been clarified.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
2009年度	4,500,000	1,350,000	5,850,000
2010年度	4,500,000	1,350,000	5,850,000
2011年度	4,500,000	1,350,000	5,850,000
2012年度	4,500,000	1,350,000	5,850,000
総計	21,400,000	6,420,000	27,820,000

研究分野：機能有機化学

科研費の分科・細目：複合化学・機能物質化学

キーワード：拡張共役系、高分子構造・物性、有機エレクトロニクス、先端機能デバイス、
ナノ材料、分子エレクトロニクス

1. 研究開始当初の背景

有機 π 電子化合物からなる有機半導体を用いる有機薄膜エレクトロニクスは近年大きな注目を集めており、21世紀の科学技術に変革をもたらす重要な研究分野である。現在は

性能の得やすい真空蒸着で素子化される低分子系化合物が主流であるが、溶液からの塗布で成膜可能な高分子を中心とする有機半導体は低環境負荷、省エネルギー、フレキシブル・大面積エレクトロニクスに欠かせない

材料である。しかし、デバイス性能はデバイス構造と作製プロセスに依存するところが大きいのが現状であり、分子構造・基礎物性とデバイス性能の間には大きなギャップがある。こうした点から、分子設計に基づく π 電子系の開発から、分子間相互作用の解明と制御、デバイス性能との相関までの、一貫した研究に基づく、学理に根ざした新規な有機半導体材料の開発が求められている。

2. 研究の目的

(1) 本研究では、低分子系と同様な構造物性相関の解明が可能で、構造の明確な拡張 π 電子共役オリゴマー系化合物の利点を最大限に活かし、効率の高いキャリア移動を指向した新規な発想に基づく高次 π 電子空間の構築と解析に重きを置き、機能集積を施して塗布による成膜と有機エレクトロニクスへの応用が可能な革新機能の開拓を行う。また、得られる知見を活かして、プロセス面ではより実用的なポリマー材料への応用を行う。

(2) また、このような拡張 π 電子共役オリゴマー化合物は、未来の分子エレクトロニクスにおける分子ワイヤ（分子導線）としての機能にも大きな期待が寄せられていることから、長鎖共役オリゴマーに構造修飾と機能集積を図り、単分子デバイス機能の評価と検証へと展開する。

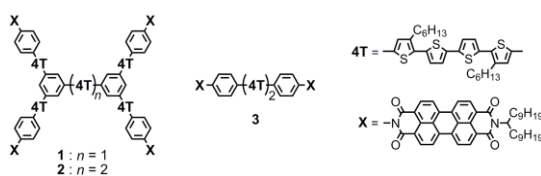
3. 研究の方法

(1) π 共役オリゴマー化合物の中であって、オリゴチオフェンは熱的に安定で α 位での鎖長伸長や化学修飾が比較的容易であること、可視領域での光吸収やドープ状態での高い導電性など光・電子機能物質として優れた性質を有していることから、各種エレクトロニクスへの応用が活発に研究されている。本研究は、効率の高いキャリア移動を指向した新規な拡張 π 電子系の創製を目的として、オリゴチオフェンを基本的なユニットとして用いた。

(2) エレクトロニクスに応用する分子を設計するにあたり、量子化学計算で共役系の広がりや分子軌道エネルギー準位を予測して設計の妥当性を確認した。分子設計に基づいて、ユニットを合成した後に最新のアリアルカップリング反応を駆使してオリゴマーやポリマーを合成した。通常の物性測定や電界効果トランジスタ(FET)および有機光電変換(OPV)素子の作製と評価は自前で行い、結果を分子設計にフィードバックした。特殊な移動度の測定や分子エレクトロニクスに特化した計測は、研究項目 A03 の研究者などと共同研究で推進した。

4. 研究成果

(1) 直鎖型オリゴチオフェンに代わり、分子間相互作用の増大と薄膜における超分子的 π 電子空間の形成を期待して、 π 電子系を二次元的に拡張した多分岐型オリゴチオフェンを開発した。これはオリゴチオフェン鎖長が長いほど、また、分岐点が多いほど溶液中で高い自己会合性を示し、FET素子で正孔移動度が大きく向上することを報告している。本研究では、これらの特性を光電変換に活用するために、末端部に π スタックに好都合な平面性と高いアクセプター性を有するペリレンビス(ジカルボキシイミド) (PDI) ユニットの導入を行った。



PDI ユニットの有する分岐型オリゴチオフェン **1**, **2** は Stille カップリング反応を用いて分岐部を構築し中央ユニットと連結することで合成した。また、比較化合物として直鎖型の **3** を合成した。これらの化合物の蛍光スペクトルは PDI ユニットからの発光がクエンチされ、オリゴチオフェン部から PDI 部への光誘起電子移動が示唆された。¹H NMR スペクトルの濃度依存性から化合物 **2** は 3387 M^{-1} の高い二量化合定数を有し、スピンコート薄膜を用いて作成した OPV 素子 ITO/2/Al のアクションスペクトルは広い可視光領域で良好な電流値を示した(図 1)。IPCE は 6.7% と計算され、直鎖型 **3** より 1 桁高く、中央部のオリゴチオフェン鎖長依存性も観測された。電流-電圧特性から 410 nm ($10 \mu\text{W cm}^{-2}$) での光照射下のエネルギー変換効率は 0.40% であった。時間分解マイクロ波電気伝導度測定から **2** のスピンコート薄膜のキャリア移動度は $1.3 \times 10^{-2} \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ と高い値であることが分かった。

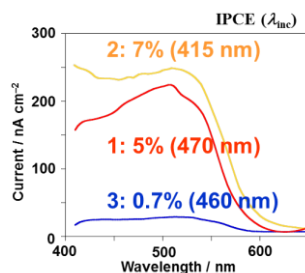
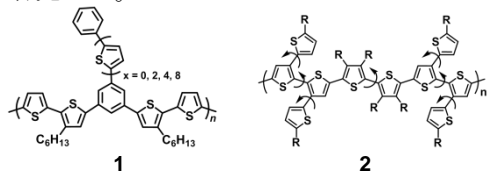


図 1. 光電変換アクションスペクトル

(2) 分岐型オリゴチオフェンを基本ユニットとして、各種の分岐型オリゴチオフェン **1** の開発、および、積極的に π 共役を阻害する分子設計を施した分岐型オリゴチオフェン **2** の開発を行い、分岐に起因する新たな機能の発現

を研究した。



分岐型ポリチオフェン **1** は、分岐部を含む側鎖とチオフェン 4 量体との Stille カップリング反応により重合を行い、分子量 10,000~30,000 程度のポリマーを得て、種々の物性測定および FET 評価を行った。HPLC 分析から、分岐側鎖の存在に由来する顕著な会合が認められた。**1** 用いた FET 素子は、典型的な p 型半導体の電流電圧特性を示した。電界効果移動度は分岐鎖の伸長に伴う向上が見られ、 π 共役の長い分岐鎖は FET 特性の向上に寄与することがわかった。

分岐型ポリチオフェン **2** では、チオフェンの β 位への積極的な置換基の導入により、隣接するチオフェン環に大きな 2 面角を形成して π 共役を阻害する分子設計を施した。ITO 付ガラス基板上にスピコート法により薄膜を形成し、金属電極を蒸着することで電極-有機物-電極のサンドウィッチ構造のデバイスを作製し、電流電圧測定に供した。得られた電圧-電流特性には、図 2 に示したように（矢印は電圧掃引方向を示している）メモリーに応用可能な明確なヒステリシスが現われた。この現象の詳細は不明であるが、元來電荷移動能の低いねじれた分子が、電圧の掃引により酸化された際のコンフォメーション変化による分子間相互作用の増加と、逆バイアスでのその逆過程によると考えている。このように共役を切断したポリチオフェンを使った素子は、電圧掃引により電流値に履歴が現れる新しい現象を発見した。

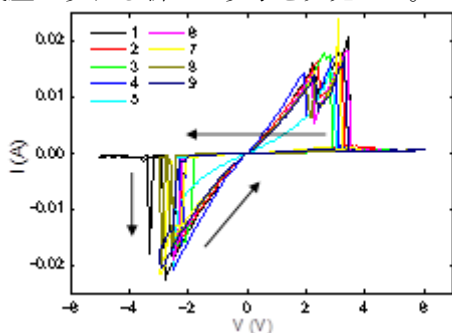
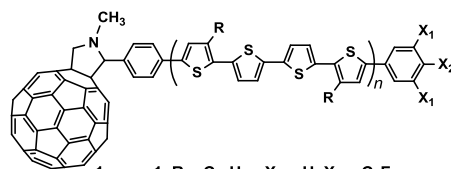


図 2 分岐型ポリマー **2** 素子の電圧-電流特性

(3) 上述の多分岐型とは異なるコンセプトとして、パーフルオロアルキル (Rf) 基の凝集効果による分子配列の制御と両キャリア輸送経路の構築を期待して、オリゴチオフェン/フラレン連結系の末端に各種の長鎖 Rf 基を導入した化合物 (**1**, **2**) を設計・合成し、構造、物性と FET におけるキャリア移動度の相関を研究した。



- 1a** : $n=1$, $R=C_{12}H_{25}$, $X_1=H$, $X_2=C_6F_{13}$
1b : $n=1$, $R=C_{12}H_{25}$, $X_1=H$, $X_2=C_{12}F_{25}$
1c : $n=1$, $R=C_{12}H_{25}$, $X_1=H$, $X_2=C_2H_4C_6F_{13}$
1d : $n=1$, $R=C_{12}H_{25}$, $X_1=H$, $X_2=C_6H_{13}$
2a : $n=2$, $R=C_{12}H_{25}$, $X_1=H$, $X_2=C_2H_4C_6F_{13}$
2b : $n=2$, $R=C_6H_{13}$, $X_1=C_2H_4C_6F_{13}$, $X_2=H$

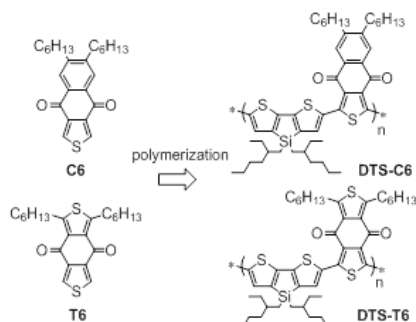
これらの化合物は、UV-vis スペクトルにおいて末端基の違いによる影響はほとんど見られなかった。電気化学 (CV) 測定においては、いずれも酸化側領域にフェニル基でキャップされたオリゴチオフェン部由来の可逆な酸化波が、還元側領域にフラロピロリジン部位由来の可逆な還元波が観測され、Rf 基を直結させることでオリゴチオフェン共役系に電子求引的な影響を及ぼしていることが示唆された。これら化合物の薄膜をヘキサメチルジシラザン処理した Si/SiO₂ 基板上に溶液法で作製し、ボトムコンタクト型の FET 素子でキャリア移動度の評価を行った。化合物 **1a-d** は典型的な n 型の挙動を示した (表 1)。末端置換基をアルキル基 (**1d**) から Rf 基 (**1a**) とすることで電子移動度が向上し、さらに Rf 基を長鎖 (**1b**) とすることで二桁の向上が見られた。興味深いことに共役系と Rf 基の間にエチレン鎖を導入した **1c** が最も高い n 型特性を示し、その電子移動度は 0.026 cm² V⁻¹ s⁻¹ に達した。一方、p 型特性に関しては **1d** から弱いながらも観測されたのみであった。薄膜表面の原子間力顕微鏡測定で、**1a** 薄膜での適度な大きさのグレイン形成と、**1c** 薄膜でのファイバー状の構造体形成が観測され、Rf 基の凝集効果が有効に働いて、電子輸送に適したフラレン部位の分子間ネットワークが形成できたものと考えられる。オリゴチオフェン鎖長を 8 量体 (**2a**) とすることで、p 型特性が発現した。さらに、 β 位のアルキル基を C₆H₁₃ とし、末端の C₂H₄C₆F₁₃ 基を 2 本 (**2b**) とすることで、ambipolar 特性の向上傾向が観測された。

表 1. Field-effect carrier mobilities.

cmpd	μ_e /cm ² V ⁻¹ s ⁻¹	μ_h /cm ² V ⁻¹ s ⁻¹
1a	6.1×10^{-4}	no FET
1b	0.013	no FET
1c	0.026	no FET
1d	1.5×10^{-4}	8.5×10^{-7}
2a	1.9×10^{-4}	1.8×10^{-7}
2b	4.0×10^{-4}	1.6×10^{-6}

(4) 有機薄膜型太陽電池への応用を目指した化合物開発が盛んに行われている。このうち p 型半導体材料に関しては、解放端電圧 (V_{oc}) 改善の観点から、ドナー部位とアクセプ

ター部位を連結させた HOMO レベルの深い交互ポリマーが有効であることが報告されている。我々は **C6** が電子輸送型 FET 材料のアクセプターユニットとして有効なことを見出している。本研究では、ジオキソシクロアルケン縮環チオフェンユニット (**C6**, **T6**) をバルクヘテロ接合型有機薄膜太陽電池材料へ応用することを目的として、ドナー部位のジチエノシロール (DTS) と組み合わせた共重合体 **DTS-C6** および **DTS-T6** を開発した。



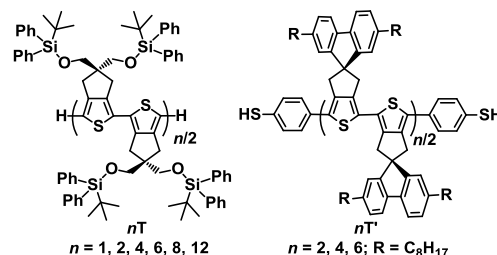
共重合体は **C6** あるいは **T6** ユニットのジプロモ体と DTS のビススタニル体との Stille カップリング反応で合成した。 **DTS-C6**, **DTS-T6** は可視域に強い幅広い吸収を有し、スピノコート薄膜の UV-vis スペクトルの吸収端から見積もった HOMO-LUMO ギャップはそれぞれ 1.63, 1.72 eV であった。さらに、光電子分光から得られた HOMO レベルは -5.38, -5.30 eV と、期待どおり低い値を示した。キャリア移動度を評価するため共重合体のスピノコート薄膜を用いてボトムコンタクト型 FET を作製したところ、どちらも p 型の特性を示し、移動度は $10^{-5} \sim 10^{-4} \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ であった。 PC_{61}BM と組み合わせた BHJ-OPV glass/ITO/PEDOT:PSS/copolymer: PC_{61}BM (1:2)/Al を作製し特性を評価したところ、期待どおり V_{oc} は大きな値を示し、それぞれ 4.1%, 2.7% の高い光電変換効率 (PCE) を示した (表 2)。さらに、 **DTS-C6** を PC_{71}BM と組み合わせて glass/ITO/PEDOT:PSS/**DTS-C6**: PC_{71}BM (1:2)/Ca/Al の素子としたところ、PCE は 4.87% まで向上した ($V_{oc} = 0.90 \text{ V}$, $J_{sc} = 11.46 \text{ mA cm}^{-2}$, FF = 0.48)。

表 2. Photovoltaic device characteristics

Polymer	OPV with PC_{61}BM			
	V_{oc} [V]	J_{sc} [mA cm^{-2}]	FF	PCE [%]
DTS-C₆	0.90	8.96	0.51	4.12
DTS-T₆	0.98	6.01	0.46	2.70

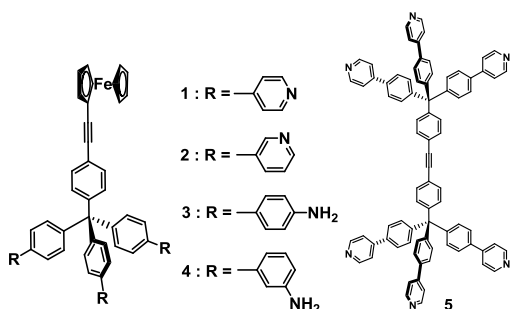
(5) 分子ワイヤを利用して電子やエネルギーの伝達を行うことは、分子デバイスの基本となる機能である。我々は以前に、オリゴチオフェンの両末端にドナーとアクセプターを連結した三元系において光誘起電子移動の距離依存減衰因子が極めて小さく ($\beta = 1.1 \text{ nm}^{-1}$)、オリゴチオフェンが分子ワイヤと

して有望であることを明らかにしている。一方、有機分子の実際の導電特性計測はブレイクジャンクション (BJ) 法が主流である中、両末端にチオール官能基を電極アンカーとして導入したチオフェン 24 量体の合成とナノギャップ金電極での導電性計測に成功している。これらの研究から、真に単分子の素子特性解明と情報キャリア逸散 (cross talk) 防止の観点から、分子デバイスにおいては分子ワイヤの絶縁被覆が必須であると考えられ、被覆部位を有するオリゴチオフェン分子ワイヤの開発と評価を行った。



有効な共役と被覆効果の期待できるモノマーユニットとして嵩高い *t*-butyldiphenylsilyl 基を導入したシクロペンテン縮環チオフェンを選択して絶縁被覆分子ワイヤの開発を行い、酸化カップリング反応の繰り返しで 12 量体までのオリゴマー ($n\text{T}$) を合成した。4 量体の X 線結晶構造解析は、 π 骨格の平面性が高く、共役系が有効に被覆されていることを示した。被覆の効果を評価するために酸化種の電子吸収スペクトルを検討し、鎖間電荷の共鳴に起因する π ダイマー形成が阻害されることを明らかにした。しかし一方で、嵩高い置換基を導入したが故に $n\text{T}$ 末端の官能基化が困難で、電極アンカー部を導入することができなかった。そこで、新たな嵩高い被覆部位として平面的なフルオレン骨格を選択し、これをスピロ型に置換したオリゴチオフェンにおいて両末端チオール官能基化を達成した ($n\text{T}'$)。一連の $n\text{T}'$ の STM-BJ 法による導電性計測で、分子間 π 電子相互作用の無いオリゴチオフェン電気伝導度の鎖長依存減衰因子として、 $\beta = 1.9 \text{ nm}^{-1}$ を得た。

(6) 分子エレクトロニクスにおける安定な電極接合系と電極界面での電子状態制御を指向して、各種官能基を有するテトラフェニルメタン骨格三脚型アンカーユニットの開発と評価を行っている。これまでのチオールやセレンールアンカーに代わって、ピリジンやアミノ基もアンカー官能基として機能することが知られているが、金属電極への接合能が低いと詳細な検討は行われていない。そこで、本研究では、三脚型構造の協働効果を期待してピリジンおよびアミノ基を有するアンカーユニット **1-4** を合成し、各種金属電極への接合能の評価を行った。



電極上の単分子膜をサイクリックボルタンメトリー(CV)によって評価するために酸化電位の低いフェロセンを末端基として導入している。これらの化合物の溶液に電極を浸漬した後に CV 測定を行ったところ、いずれの化合物も金、銀、ITO 電極基板に接合することが分かった。アミノ基の吸着量はピリジンに比べて向上していた。この違いは塩基性の違いに起因していると考えている。一方、官能基の位置は吸着量にほとんど影響しなかった。金電極上のピリジン三脚型アンカーの XPS 測定で π 接合が示唆されたため、両端にこのアンカーを有する化合物 **5** を合成して電気伝導度測定を STM-BJ 法で行った。単分子の電気伝導度は $5 \times 10^{-4} G_0$ と見積もられた。この接合状態を理論計算で評価したところ、 π 電子と金電極との相互作用、および、キャリアとして電子の寄与が大きいことが示唆され、単分子におけるキャリアの電導がアンカー官能基によって制御できる可能性を明らかとした。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 3 件)

- ① B.-G. Kim, X. Ma, C. Chen, Y. Ie, E. W. Coir, H. Hashemi, Y. Aso, P. F. Green, J. Kieffer, J. Kim, Energy Level Modulation of HOMO, LUMO, and Band-Gap in Conjugated Polymers for Organic Photovoltaic Applications, *Adv. Funct. Mater.* **23**(4), 439-445 (2013). 査読有
DOI: 10.1002/adfm.201201385
- ② M. Karakawa, T. Nagai, T. Irita, K. Adachi, Y. Ie, Y. Aso, Buckminsterfullerene Derivatives Bearing a Fluoroalkyl Group for Use in Organic Photovoltaic Cells, *J. Fluorine Chem.* **144**, 51-58 (2012). 査読有
DOI: 10.1016/j.jfluchem.2012.09.009
- ③ Y. Ie, M. Ueta, M. Nitani, N. Tohnai, M. Miyata, H. Tada, Y. Aso, Air-Stable n-Type Organic Field-Effect Transistors Based on 4,9-Dihydro-s-indaceno[1,2-b:5,6-b']dithiazole-4,9-dione Unit, *Chem. Mater.* **24**(16), 3285-3293 (2012). 査読有
- ④ Y. Ie, J. Huang, Y. Uetani, M. Karakawa, Y. Aso, Synthesis, Properties, and Photovoltaic Performances of Donor-Acceptor Copolymers Having Dioxocycloalkene-Annelated Thiophenes As Acceptor Monomer Units, *Macromolecules* **45**(11), 4564-4571 (2012). 査読有
DOI: 10.1021/cm301985q
- ⑤ Y. Ie, M. Endou, A. Han, R. Yamada, H. Tada, Y. Aso, Functional Oligothiophenes toward Molecular Wires in Single-Molecular Electronics, *Pure Appl. Chem.* **84**(4), 931-943 (2012). 査読有
DOI: 10.1351/PAC-CON-11-10-26
- ⑥ M. Endou, Y. Ie, Y. Aso, Encapsulated Oligothiophenes having Electron-Affinity Characteristics, *Chem. Commun.* **48**(4), 540-542 (2012). 査読有
DOI: 10.1039/c1cc14994f
- ⑦ S. R. González, Y. Ie, Y. Aso, J. T. L. Navarrete, J. Casado, The Frontiers of Quinoidal Stability in Long Oligothiophenes: Raman Spectra of Dicationic Polaron Pairs, *J. Am. Chem. Soc.* **133**(41), 16350-16353 (2011). 査読有 DOI: 10.1021/ja2061903
- ⑧ Y. Ie, M. Endou, S. K. Lee, R. Yamada, H. Tada, Y. Aso, Completely Encapsulated Oligothiophenes: Synthesis, Properties, and Single-Molecule Conductance, *Angew. Chem. Int. Ed.* **50**(50), 11980-11984 (2011). 査読有 DOI: 10.1055/s-0031-1290060
- ⑨ Y. Ie, K. Nishida, M. Karakawa, H. Tada, Y. Aso, Electron-Transporting Oligothiophenes Containing Dicyanomethylene-Substituted Cyclopenta[b]thiophene: Chemical Tuning for Air Stability in OFETs, *J. Org. Chem.* **76**(16), 6604-6610 (2011). 査読有
DOI: 10.1021/jo200890b
- ⑩ Y. Ie, K. Nishida, M. Karakawa, H. Tada, A. Asano, A. Saeki, S. Seki, Y. Aso, Air-Stable n-Type Organic Field-Effect Transistors Based on Solution-Processable, Electronegative Oligomers Containing Dicyanomethylene-Substituted Cyclopenta[b]thiophene, *Chem. Eur. J.* **17**(17), 4750-4758 (2011). 査読有
DOI: 10.1055/s-0030-1260621
- ⑪ M. Karakawa, Y. Ie, Y. Aso, Branched Polythiophene as a New Amorphous Semiconducting Polymer for an Organic Field-effect Transistor, *Semicond. Sci. Technol.* **26**, 034004(9pp) (2011). 査読有
DOI: 10.1088/0268-1242/26/3/034004

[学会発表] (計 1 0 8 件)

- ① Yoshio Aso, Development of n-Type Organic

- Semiconductors Based on Fluoroalkyl-Substituted Conjugation Systems, The 20th International Symposium on Fluorine Chemistry, 2012年7月27日, 京都テルサ (京都市) (基調講演)
- ② 安蘇芳雄, 電子受容性ユニット含む新規 π 電子共役系の開発と有機エレクトロニクスへの応用, 2012 PHyM シンポジウム, 2012年6月7日, 東北大学 (仙台市) (招待講演)
- ③ 安蘇芳雄, 分子エレクトロニクスに向けた分子材料開発と評価, 第5回有機 π 電子シンポジウム, 2011年11月26日, ホテルアウイーナ大阪 (大阪市) (招待講演)
- ④ Yoshio Aso, Functionalized Oligothiophene Molecular Wires and Tripodal Anchoring Groups for Molecular Electronics, 14th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-14), 2011年7月28日, Oregon, USA (基調講演)
- ⑤ Yoshio Aso, Electronegative π -Conjugated Oligomers for n-Channel OFET Materials, Symposium on Organic and Polymer Electronics, 2010年12月10日, Singapore (招待講演)
- ⑥ 安蘇芳雄, オリゴチオフェンの機能化分子設計とエレクトロニクス応用, 第37回有機典型元素化学討論会, 2010年11月26日, 室蘭市民会館ホール (室蘭市) (招待講演)
- ⑦ 安蘇芳雄, オリゴチオフェンの機能化分子設計とエレクトロニクス応用, 日本化学会第4回関東支部大会 (2010), 2010年8月31日, 筑波大学 (つくば市) (招待講演)
- ⑧ 安蘇芳雄, オリゴチオフェンの機能化分子設計とエレクトロニクス応用, 第37回有機反応懇談会, 2010年8月2日, 京都大学化学研究所 (宇治市) (招待講演)
- ⑨ Yoshio Aso, Branched Oligothiophenes: Synthesis, Properties and Electronic Applications, International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals 2010 (ICSM 2010), 2010年7月8日, Kyoto, Japan (招待講演)

[図書] (計2件)

- ① 安蘇芳雄, シーエムシー出版, 拡張 π 電子共役系の創製に基づく高次 π 空間の機能とエレクトロニクス応用, 赤坂 健/大須賀篤弘/福住俊一/神取秀樹監修「高次 π 空間の創発と機能開発」, 2013, pp10-15。
- ② 安蘇芳雄, シーエムシー出版, 分子ワイヤ, 松重和美/田中一義/和田恭雄監修「分子エレクトロニクスの基盤技術と将来展望」, 2009, pp151-158。

[産業財産権]

○出願状況 (計19件)

名称: 重合体、この重合体を用いた有機薄膜及び有機薄膜素子

発明者: 家 裕隆、黄 建明、安蘇芳雄、辛川 誠、上田将人

権利者: 住友化学株式会社、国立大学法人大阪大学

種類: 特許

番号: 特願 2012-196331

出願年月日: 2012年9月6日

国内外の別: 国内

名称: 化合物、並びに、該化合物を含有する有機半導体材料、有機半導体素子

発明者: 家 裕隆、陣内青萌、安蘇芳雄、寺井宏樹

権利者: 住友化学株式会社、国立大学法人大阪大学

種類: 特許

番号: 特願 2012-193416

出願年月日: 2012年9月3日

国内外の別: 国内

名称: フラーレン誘導体

発明者: 安蘇芳雄、家 裕隆、辛川 誠、小島 彩、永井隆文、足達健二

権利者: ダイキン工業株式会社、国立大学法人大阪大学

種類: 特許

番号: 特願 2012-34546

出願年月日: 2012年2月20日

国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ等

<http://www.sanken.osaka-u.ac.jp/labs/omm/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

安蘇 芳雄 (ASO YOSHIO)

大阪大学・産業科学研究所・教授

研究者番号: 60151065

(2) 研究分担者

辛川 誠 (KARAKAWA MAKOTO)

大阪大学・産業科学研究所・助教

研究者番号: 80452457