

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 30 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03055

研究課題名(和文) 直接的アリール化重合のための混合配位子触媒の開発

研究課題名(英文) Mixed-Ligand Approach to Palladium-Catalyzed Direct Arylation Polymerization

研究代表者

小澤 文幸 (Ozawa, Fumiyuki)

京都大学・化学研究所・名誉教授

研究者番号：40134837

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：C-H結合の活性化を利用するパラジウム触媒直接的アリール化重合(DArP)は、共役系高分子の簡便合成法として注目されている。しかし、DArPでは、所望とするC-H結合以外でC-C結合形成が起こり、ポリマー鎖に分岐や架橋が生じて生成物が不溶化することがある。本研究では、P(2-MeOC6H4)3にTMEDAを組み合わせた、我々独自の混合配位子触媒を用いることにより、ポリマー不溶化の問題を劇的に改善できることを明らかにした。さらに、混合配位子触媒を用いて合成されたポリマーが、従来法である右田-Stille型クロスカップリング重合の生成物と、同等以上の有機電子デバイス特性を示すことを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

有機電子デバイスの基盤材料である共役系高分子の多くは、現在、右田-Stille型クロスカップリング重合により合成されているが、合成に多くの工程を要し、高毒性の有機スズ化合物が副生するため、工業化には不適とされている。その解決策として直接的アリール化重合(DArP)が注目されているが、標的としないC-H結合の活性化に伴う分岐と架橋の発生が問題となっている。我々は、二種類の補助配位子の機能分担により触媒活性と反応選択性の両立を図る混合配位子触媒を開発し、この問題に抜本的な解決策を示した。高性能触媒の開発に基づく本研究の成果は、有機電子デバイスの開発研究にさらなる進展をもたらすものと期待される。

研究成果の概要(英文)：Palladium-catalyzed direct arylation polymerization (DArP), which proceeds via C-H bond activation, has attracted much attention as a convenient synthetic means of -conjugated polymers. However, DArP occasionally causes C-C bond formation at undesirable C-H positions, resulting in branching and cross-linking defects in the polymer chain, which eventually lead to the formation of insoluble materials. In this study, we have shown that the mixed ligand catalyst using TMEDA in combination with P(2-MeOC6H4)3 dramatically improves the insolubilization problems. We have also demonstrated that -conjugated polymers prepared using the mixed ligand catalyst exhibit OPV and OFET device performance comparable to or better than those prepared by conventional Migita-Stille type cross-coupling polymerization.

研究分野：有機金属化学

キーワード：直接的アリール化重合 混合配位子触媒 共役系高分子

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

$\pi$ 共役系高分子は、有機薄膜太陽電池(OPV)や有機電界効果トランジスタ(OFET)に代表される有機電子デバイスの基盤材料であり、これまでは主に、有機スズ化合物を用いる右田-Stille型クロスカップリング重合によって合成されてきた。しかし、有機スズ化合物の合成と精製に労力を要し、毒性の強い  $\text{Me}_3\text{SnBr}$  を副生するなど、来るべき実用化には適していない。その打開策として注目を集めているのが、C-H結合の活性化を利用するパラジウム触媒直接的アール化重合(direct arylation polymerization: DArP)である。

我々は2010年に、頭尾規則性ポリ(3-ヘキシルチオフェン)(P3HT)を高精度に合成できる DArP 触媒を開発し、この新重合反応研究の契機を創った。また、有機電子材料として有用なドナー・アクセプター型交互共重合体(DA ポリマー)の合成に高活性を示す触媒の開発に成功した。我々の触媒の特長は、ポリマー良溶媒であるトルエンや THF 中で高い活性が発現する点にあり、その鍵は、 $\text{PPh}_3$  のオルト位に配位性の MeO 基を有する  $\text{P}(\text{2-MeOC}_6\text{H}_4)_3$  (**L1**) を支持配位子として用いることにある(図1)。

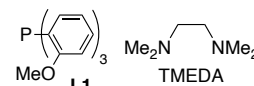


図 1

### 2. 研究の目的

しかし DArP には、依然として、生成ポリマーの不溶化という重大な問題が残っていた。C-H結合の活性化を伴う DArP では、標的とする C-H結合以外で C-C結合の形成が起こることがあり、これによりポリマー鎖に分岐や架橋が生じて生成ポリマーが不溶化する。これは、安価な塗布プロセスによるデバイス作製を利点とするポリマー電子材料の合成法として、致命的な欠陥である。すなわち、C-H結合活性化反応に内在するこの本質的な問題の克服こそが、DArPを真に有用な重合法として確立するための必須条件となる。

我々は、本申請の基礎となる混合配位子触媒を開発し、その利用が、この問題を克服するための手段として有望であることを見出した。すなわち、 $\text{P}(\text{2-MeOC}_6\text{H}_4)_3$  (**L1**) に、安価なジアミンである TMEDA を共配位子として組み合わせることにより、不溶化が完全に抑制され、さらにホモカップリングなどの構造欠陥の発生を大幅に抑制できることを見出した(図1)。

そこで本研究では、混合配位子触媒の力量を明らかにするとともに、その基質適用範囲を調べた。具体的には、OPV や OFET において優れた特性を示すものの、複数の C-H結合を有するために従来の DArP 触媒では合成が困難であったポリマーを標的とし、それらの材料特性を評価して、混合配位子触媒の有用性を検証した。

### 3. 研究の方法

重合反応により得られたポリマーについて、GPC を用いて分子量と分子量分布を調べるとともに、NMR, MALDI-TOF-MS などの手法を用いて構造を解析した。また、得られたポリマーを用いて、OPV や OFET の素子を作製し、それらの特性を評価した。なお、OPV の作成と評価は、広島大学大学院先進理工系科学研究科・尾坂格教授・斎藤慎彦助教との共同研究により、OFET の作成と評価は、岡山大学自然科学研究科・西原康師教授・森裕樹助教との共同研究により実施されたものである。

### 4. 研究成果

#### (1) 2,2'-ビチオフェン含有 DA ポリマーの DArP 合成

2,2'-ビチオフェン骨格をドナーとして含む DA ポリマーは、OPV の構成材料として優れた特性を示すことが知られている。その代表例として、アクセプター骨格としてジフルオロベンゾチアジアゾールやナフトビスチアジアゾールを含む DA ポリマー(図2; poly(**1a-alt-2**), poly(**1b-alt-2**))が挙げられる。これらのポリマーは、右田-Stille 型クロスカップリング重合によ

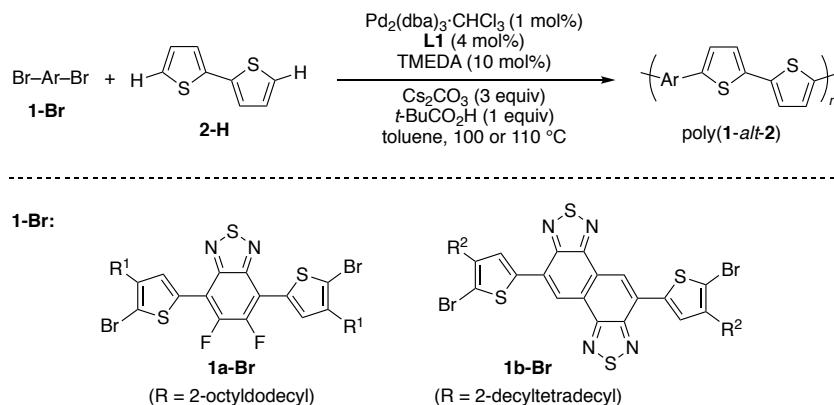


図 2. 混合配位子触媒による poly(**1-alt-2**)の合成。

り合成され、バルクヘテロ接合 (BHJ) 型 OPV の p 型半導体材料として用いられると、その光電変換効率 (PCE) は実用化の水準とされる 10% にまで達する。しかし、その DArP 合成は報告されていなかった。

図 2 にしたがって DArP 合成を行った結果、不溶化物の副生を伴うことなく、目的とするポリマーが高収率で得られた (poly(**1a-alt-2**): 81%,  $M_n = 88,100$  (PDI = 3.7); poly(**1b-alt-2**): 70%,  $M_n = 43,800$  (PDI = 3.5)). poly(**1a-alt-2**) については、 $^1\text{H NMR}$  を用いた構造解析を行うことができ、ホモカップリング結合の割合が 1.1% に留まり、分岐や架橋が存在していないことが明らかとなった。なお、このように高度に制御されたポリマーを得るためには、混合配位子触媒の使用が必要不可欠であった。TMEDA を添加しない場合には、不溶化物が副生し、可溶部のポリマーの  $^1\text{H NMR}$  スペクトルに、分岐・架橋由来すると思しきシグナルが確認された。

続いて、生成ポリマーと文献に従って合成した右田-Stille 型クロスカップリング重合生成物 (poly(**1a-alt-2**)<sup>Stille</sup>:  $M_n = 73,200$  (PDI = 1.7); poly(**1b-alt-2**)<sup>Stille</sup>:  $M_n = 43,600$  (PDI = 2.4)) について、光学および電気化学的性質を調べた。その結果、合成法によらず、同じ骨格をもつポリマーは同等の値を示すことがわかった。また、poly(**1b-alt-2**) と poly(**1b-alt-2**)<sup>Stille</sup> について、n 型半導体であるフラーレン誘導体 PC<sub>71</sub>BM と組み合わせて BHJ 型 OPV を作製して評価したところ、同程度の光電変換効率 (PCE) を示した (poly(**1b-alt-2**): 9.0(1)%, poly(**1b-alt-2**)<sup>Stille</sup>: 9.3(2)%)。さらに、太陽電池特性の指標である短絡電流 ( $J_{sc}$ ), 開放電圧 ( $V_{oc}$ ), 曲線因子 ( $FF$ ) についても同程度の値を示した (図 3)。

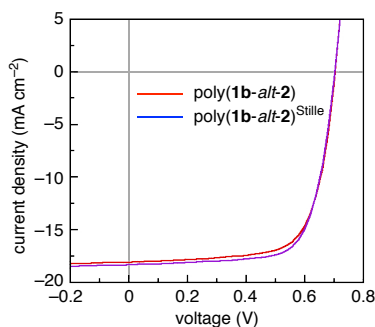


図 3. Poly(**1b-alt-2**) および poly(**1b-alt-2**)<sup>Stille</sup> の太陽電池特性 ( $J$ - $V$  曲線)。

## (2) 1,2-ジチエニルエテン含有 DA ポリマーの DArP 合成

本研究では、1,2-ジチエニルエテン骨格を有する DA ポリマー (poly(**3-alt-4**)) を標的とした (図 4)。poly(**3-alt-4**) は、OFET において高い正孔移動度を示すことが知られているが、その DArP 合成の成功例は報告されていなかった。

図 4 にしたがって DArP 合成を行った結果、不溶化物の副生を伴うことなく、目的とする poly(**3-alt-4**) が高収率で得られた。 $^1\text{H NMR}$  を用いて構造を調べたところ、ホモカップリング結合の割合は 0.1% 未満に留まり、分岐や架橋に帰属可能なシグナルは観測されなかった。

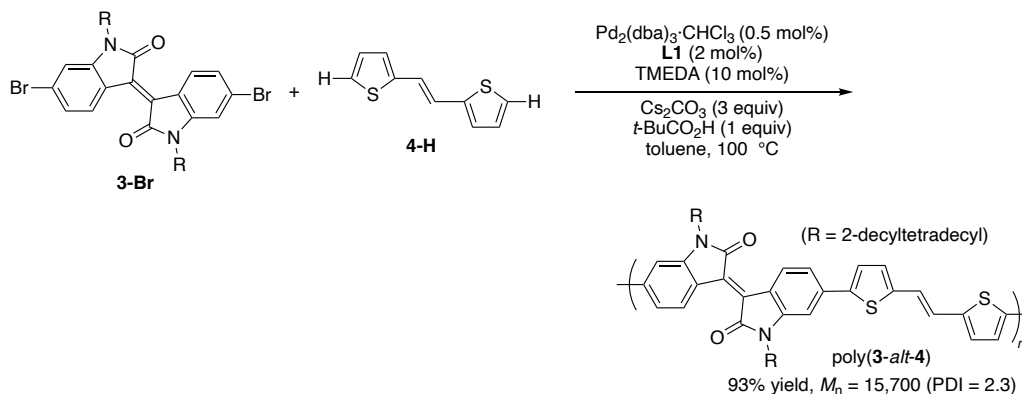


図 4. 混合配位子触媒による poly(**3-alt-4**) の合成。

次に、FET 特性について、文献に従って合成した右田-Stille 型クロスカップリング重合生成物 (poly(**3-alt-4**)<sup>Stille</sup>:  $M_n = 17,700$  (PDI = 1.7)) との比較を行った。その結果、正孔移動度は同等であるものの、DArP 生成物の方が優れた電荷輸送特性を示すことがわかった (図 5)。DArP 生成物の場合 ( $\mu_h = 0.31 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ), ゲート電圧  $V_G$  に対し、ドレイン電流の平方根  $[(-I_D)^{1/2}]$  の値が直線的に変化した (図 5a)。すなわち、 $V_G$  を変えても正孔移動度が一定の値を示すという理想的な FET 特性を示した。一方、Stille 生成物の場合 ( $\mu_h = 0.28 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ) には、正孔移動度が  $V_G$  に依存して変化した (図 5b)。この  $V_G$  依存性は、Stille ポリマーに含まれる構造欠陥や不純物による電荷トラップに起因するものと考えられる。

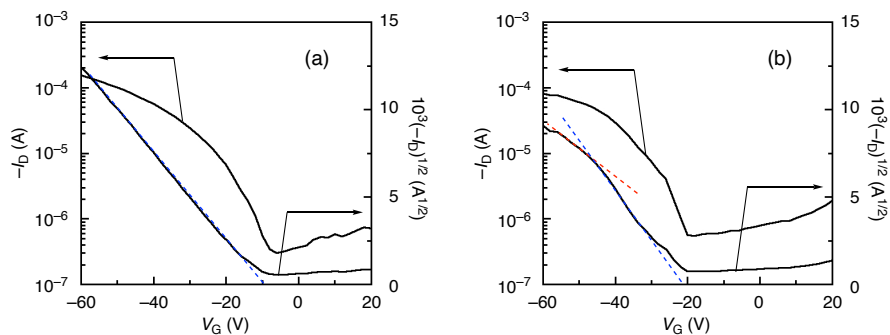


図 5. Poly(3-*alt*-4) (a) および poly(3-*alt*-4)<sup>Stille</sup> (b) を用いて作製した OFET の電荷輸送特性.

### (3) ベンゾジチオフェン含有 DA ポリマーの DArP 合成

本研究では、ベンゾジチオフェンの 4 位と 8 位にチエニル基を有する DTBBDT (5) をドナー単位とする DA ポリマーの DArP 合成について検討した (図 6). DTBBDT を含む DA ポリマーは、OPV の構成材料に適した face-on 配向をとりやすい. また、これに 5,6-ジフルオロ-2*H*-ベンゾトリアゾールをアクセプター単位として組み合わせた poly(5-*alt*-6) は、フラーレン化合物である PCBM に代わる *n* 型半導体として注目されている ITIC との組み合わせにより、高い PCE を発現することが報告されている.

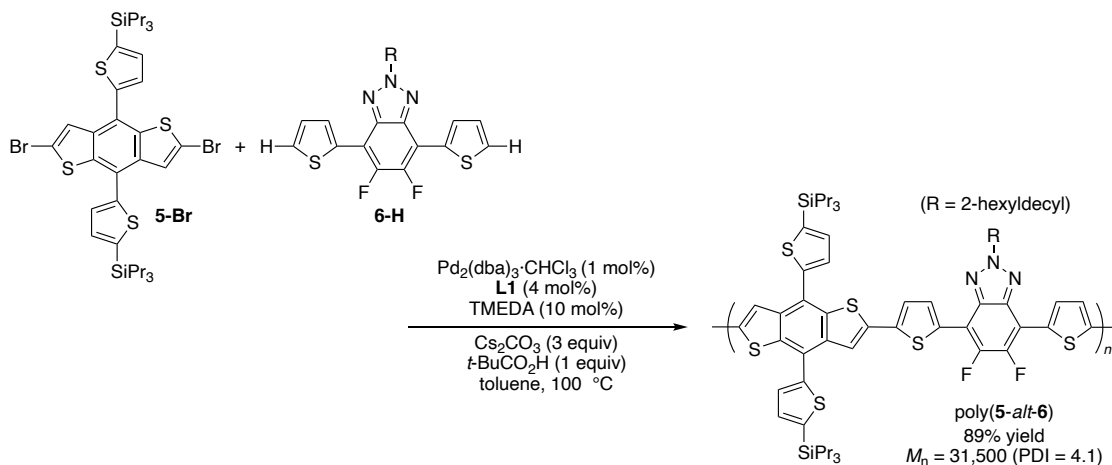


図 6. 混合配位子触媒による poly(5-*alt*-6) の合成.

図 6 にしたがって DArP 合成を行った結果、不溶化物の副生を伴うことなく、目的とする poly(5-*alt*-6) が高収率で得られた. また、比較のため、文献に従って右田-Stille 型クロスカップリング重合を行ったところ、DArP 生成物と同等の分子量を有するポリマーが得られた (poly(5-*alt*-6)<sup>Stille</sup>:  $M_n = 32,100$  (PDI = 2.2)).

次に、<sup>1</sup>H NMR により二種類のポリマーの構造を解析したところ、合成法によって構造が大きく異なることが分かった. すなわち、DArP 生成物は高度に構造制御されているのに対し (5-5 欠陥: 1.7%, 6-6 欠陥: 0.3%), Stille 生成物には相当量のホモカップリング欠陥が含まれていることが分かった (5-5 欠陥: 6.3%, 6-6 欠陥: 8.5%).

続いて、二種類のポリマーの物性と材料特性を調べた. その結果、両者の間にほとんど差はなく、構造欠陥の影響は極めて小さいことが明らかとなった. すなわち、二種類のポリマーは同等の光学および電気化学的性質を示した.

さらに、ITIC を組み合わせて BHJ 型 OPV を作製して評価したところ、同程度の光電変換効率 (PCE) を示すことがわかった (poly(5-*alt*-6): 9.5(1)%, poly(5-*alt*-6)<sup>Stille</sup>: 9.4(1)%) (図 7).

従来、DA ポリマーに含まれるホモカップリング欠陥は、太陽電池特性の低下を招くことが指摘されてきた. それに対して、本研究の結果は、ホモカップリング欠陥が必ずしも特性の低下を招くわけではないことを示している.

実際、6-6 欠陥を意図的に導入した poly(5-*alt*-6)\* ( $M_n = 18,400$ , 5-5 欠陥: 1.8%, 6-6 欠陥: 19.4%) を図 6 の手法を用いて合成し、太陽電池特性を調べたところ、poly(5-*alt*-6) と同程度の PCE が得

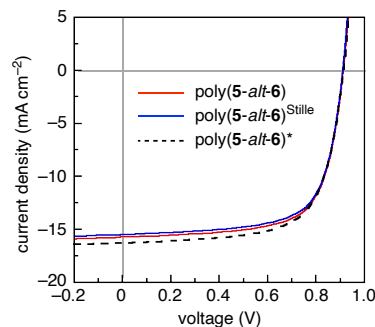


図 7. Poly(5-*alt*-6) および poly(5-*alt*-6)<sup>Stille</sup>, poly(5-*alt*-6)\* の太陽電池特性 ( $J$ - $V$  曲線).

られた(図7).

#### (4) ポリ(3-ヘキシルチオフェン)の DArP 合成: 分子量と末端構造の制御

本研究では, 混合配位子触媒(Herrmann 触媒由来の  $P(o\text{-tolyl})_3$  および  $P(2\text{-Me}_2\text{NC}_6\text{H}_4)_3$  (**L2**)) を用い, ポリ(3-ヘキシルチオフェン)(P3HT)の分子量と末端構造の制御について検討した(図8).

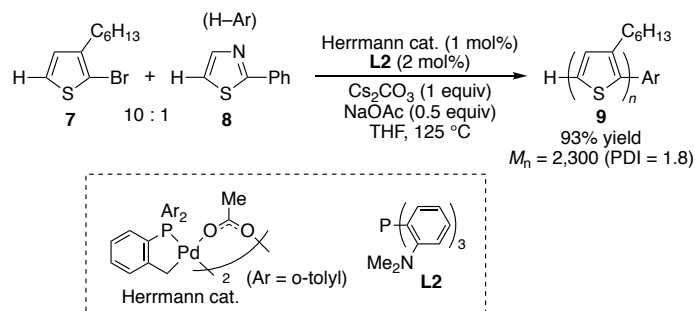


図8. 混合配位子触媒による P3HT の合成.

2-ブロモ-3-ヘキシルチオフェン(**7**)の DArP において, 末端修飾剤を共存させることにより修飾剤由来のユニットを末端に導入し, また, モノマーと修飾剤の混合比を変えることにより分子量(重合度)の制御を試みた. 検討を行った結果, 末端修飾剤としては, 直接的アリール化に対して高い反応性を示す 2-フェニルチアゾール(**8**)が有効であることが分かった(図8). 例えば, ブロモチオフェン**7**と**8**の10:1混合物の DArP を行うと, 末端修飾型 P3HT **9** が得られた(収率 93%,  $M_n = 2,300$ , 頭尾規則性 99.0%, 末端修飾率 95%). また, NMR により重合度を算出すると 12 となり, **7**と**8**の混合比( $[\mathbf{7}]_0/[\mathbf{8}]_0$ )と近い値になった. さらに, **7**と**8**の混合比を変えることにより重合度の制御が可能であり, 最大で 40 量体の末端修飾型 P3HT を得ることに成功した(図9).

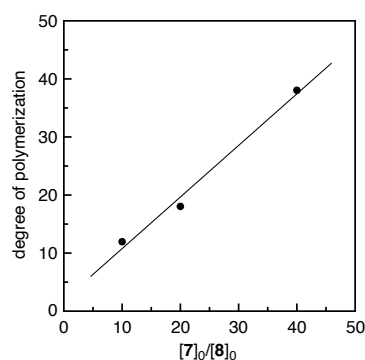


図9. **7**と**8**の混合比( $[\mathbf{7}]_0/[\mathbf{8}]_0$ )と生成ポリマーの重合度との関係.

本手法により得られた末端修飾型 P3HT は, 直接的アリール化に反応を示す C-H 結合を末端に有するので, これを利用することによってさらなる分子変換が可能である. 例えば, 図10に示すように, 末端修飾型 P3HT **9**と T 字骨格をもつトリブロモ体 **10**を我々独自の高選択的直接的アリール化触媒の存在下で反応させることにより, T 字形構造をもつ P3HT **11** が得られた. この T 字形 P3HT は, 薄膜状態において直線形 P3HT とは異なる分子配向を示すことが明らかとなった. すなわち, 直線形の P3HT が基板に対して垂直に配向する(edge-on 配向)のに対し, T 字形の P3HT は, 基板に対して水平に配向する(face-on 配向)ことが明らかになった.

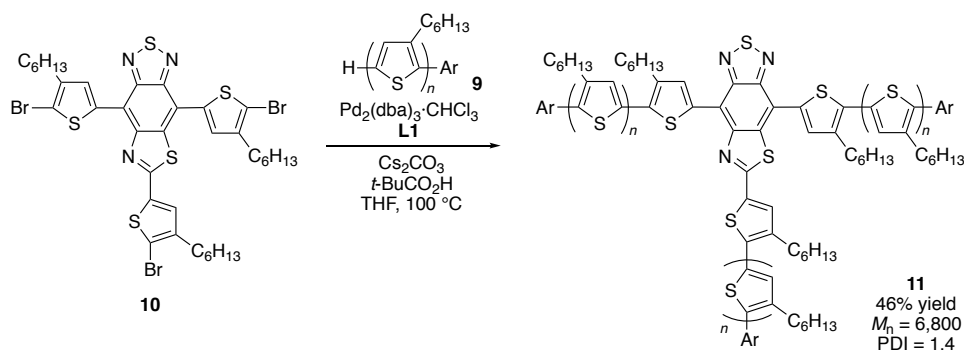


図10. T 字形 P3HT の合成.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Wakioka Masayuki, Ozawa Fumiyuki	4. 巻 7
2. 論文標題 Highly Efficient Catalysts for Direct Arylation Polymerization (DARp)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 1206 ~ 1216
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.201800227	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 脇岡 正幸、小澤 文幸	4. 巻 75
2. 論文標題 パラジウム触媒直接的アリール化重合 (DARp) の開発	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 有機合成化学協会誌	6. 最初と最後の頁 810 ~ 820
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5059/yukigoseikyokaisi.75.810	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 Wakioka Masayuki, Yamashita Natsumi, Mori Hiroki, Nishihara Yasushi, Ozawa Fumiyuki	4. 巻 23
2. 論文標題 Synthesis of a 1,2-Dithienylethene-Containing Donor-Acceptor Polymer via Palladium-Catalyzed Direct Arylation Polymerization (DARp)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Molecules	6. 最初と最後の頁 981 ~ 981
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/molecules23040981	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 Wakioka Masayuki, Morita Hazuki, Ichihara Nobuko, Saito Masahiko, Osaka Itaru, Ozawa Fumiyuki	4. 巻 53
2. 論文標題 Mixed-Ligand Approach to Palladium-Catalyzed Direct Arylation Polymerization: Synthesis of Donor/Acceptor Polymers Containing Unsubstituted Bithiophene Units	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 158 ~ 164
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.9b02298	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 脇岡 正幸、小澤 文幸	4. 巻 2019
2. 論文標題 パラジウム触媒直接的アリール化重合 (DArP)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 OM News	6. 最初と最後の頁 82 ~ 87
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 脇岡 正幸	4. 巻 71
2. 論文標題 直接的アリール化重合 共役ポリマーの簡便かつ精密な合成法	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 化学と工業(日本化学会誌)	6. 最初と最後の頁 1031 ~ 1032
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 -

[学会発表] 計25件(うち招待講演 10件/うち国際学会 4件)

1. 発表者名 脇岡正幸・石塚里沙・小澤文幸
2. 発表標題 高選択的直接的アリール化重合によるチオフェン置換ジケトピロロピロールとジチエニルエテンの交互共重合体の合成
3. 学会等名 第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 脇岡正幸
2. 発表標題 パラジウム触媒直接的アリール化重合: 共役系高分子の簡便かつ高精度な合成法
3. 学会等名 有機化学研究会(白鷺セミナー) 第85回講演会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 脇岡正幸
2. 発表標題 二次元拡張型 共役系高分子の合成とその配向性
3. 学会等名 第4回MAIRS ワークショップ:薄膜・分子吸着の構造にどこまで迫れるか (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 脇岡正幸・鳥居直弘・斎藤慎彦・尾坂 格・小澤文幸
2. 発表標題 高選択的直接的アリール化重合による 共役ポリマーの合成：太陽電池特性に及ぼすホモカップリング欠陥の影響
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 脇岡正幸
2. 発表標題 パラジウム触媒直接的アリール化重合： 共役系高分子の新規簡便合成法
3. 学会等名 第67回高分子学会年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masayuki Wakioka, Fumiyuki Ozawa
2. 発表標題 Highly Selective Direct Arylation Polymerization Catalysts for the Synthesis of $\pi$ -Conjugated Polymers with Least Defect Formation
3. 学会等名 The 28th International Conference on Organometallic Chemistry (国際学会)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 脇岡正幸・山下菜摘・森 裕樹・西原康師・小澤文幸
2. 発表標題 高選択的直接的アリール化重合により合成された1,2-ジチエニルエテン含有DAポリマーの構造とFET特性
3. 学会等名 第67回高分子討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鳥居直弘・脇岡正幸・斎藤慎彦・尾坂 格・小澤文幸
2. 発表標題 高選択的直接的アリール化重合によるベンゾジチオフェン含有DAポリマーの合成
3. 学会等名 第65回有機金属化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 脇岡正幸・山下菜摘・森田葉月・市原暢子・小澤文幸
2. 発表標題 共役ポリマーの精密合成のための高性能直接的アリール化重合触媒
3. 学会等名 第65回有機金属化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 脇岡正幸・山下菜摘・森田葉月・市原暢子・小澤文幸
2. 発表標題 直接的アリール化重合による1,2-ジチエニルエテン含有DAポリマーの合成
3. 学会等名 第122回触媒討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masayuki Wakioka, Natsumi Yamashita, Naohiro Torii, Hazuki Morita, Nobuko Ichihara, Fumiyuki Ozawa
2. 発表標題 Highly Efficient Palladium Catalysts for Precise Synthesis of Donor-Acceptor Conjugated Polymers via Direct Arylation Polymerization (DArP)
3. 学会等名 The 12th SPSJ International Polymer Conference (IPC2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 脇岡正幸
2. 発表標題 1,2-ジチエニルエテン含有 DA ポリマーの構造制御合成と異性化学動
3. 学会等名 第3回pMAIRS ワークショップ:分子配向解析の波及効果(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鳥居直弘・脇岡正幸・斎藤慎彦・尾坂 格・小澤文幸
2. 発表標題 パラジウム触媒によるベンゾジチオフエン類の高選択的直接的アリール化重合
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masayuki Wakioka, Fumiyuki Ozawa
2. 発表標題 Mixed-Ligand Palladium Catalysts for Highly Selective Direct Arylation Polymerization (DArP)
3. 学会等名 International Symposium on Pure & Applied Chemistry 2017 (ISPAC 2017) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山下菜摘・脇岡正幸・森 裕樹・西原康師・小澤文幸
2. 発表標題 高選択的パラジウム触媒によるジチエニルエテンの直接的アリール化重合
3. 学会等名 第64回有機金属化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 脇岡正幸・森田葉月・山下菜摘・市原暢子・小澤文幸
2. 発表標題 パラジウム触媒によるピチオフェン類の高選択的直接的アリール化重合
3. 学会等名 第120回触媒討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 脇岡正幸
2. 発表標題 直接的アリール化重合： 共役系高分子の新簡便合成法
3. 学会等名 第4回次世代の有機化学・広島シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鳥居直弘・脇岡正幸・小澤文幸
2. 発表標題 混合配位子触媒による高選択的直接的アリール化重合：ベンゾジチオフェン含有DAポリマーの合成
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山下菜摘・脇岡正幸・森 裕樹・西原康師・小澤文幸
2. 発表標題 直接的アリアル化重合による1,2-ジチエニルエテン含有DAポリマーの構造制御合成とその光異性化挙動
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 脇岡正幸
2. 発表標題 高性能直接的アリアル化重合触媒の開発 (第32回若い世代の特別講演)
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kai Xu, Masayuki Wakioka, Fumiyuki Ozawa
2. 発表標題 Synthesis of Poly(3-hexylthiophene) via Highly Selective Direct Arylation Polymerization: Control of Molecular Weight and End Groups
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masayuki Wakioka
2. 発表標題 Direct Arylation Polymerization: A Simple Yet Highly Precise Method for the Synthesis of $\pi$ -Conjugated Polymers
3. 学会等名 The 1st Germany-Japan-China Joint Workshop on Extremely Large $\pi$ -Systems (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小澤文幸
2. 発表標題 パラジウム触媒直接的アリール化重合 (DArP)
3. 学会等名 近畿化学協会有機金属部会2019年度第1回例会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 脇岡正幸
2. 発表標題 パラジウム触媒直接的アリール化重合： 共役系高分子の簡便かつ高精度な合成法
3. 学会等名 平成29年度第2回有機金属若手研究者の会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 脇岡正幸・森田葉月・山下菜摘・小澤文幸
2. 発表標題 高選択的直接的アリール化重合によるピチオフェン含有DAポリマーの合成とその有機電子デバイス特性
3. 学会等名 第66回高分子学会年次大会
4. 発表年 2017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
研究 分担 者	脇岡 正幸  (Wakioka Masayuki)  (50598844)	京都大学・化学研究所・助教    (14301)	