

令和元年6月11日現在

機関番号：32702

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K19162

研究課題名(和文)非等モル下重縮合の添加物による重合モード制御

研究課題名(英文)Control of polymerization mode of unstoichiometric polycondensation with additives

研究代表者

横澤 勉 (Yokozawa, Tsutomu)

神奈川大学・工学部・教授

研究者番号：80182690

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では鈴木・宮浦カップリング重合においてジプロモノマーを過剰に用いてもボロン酸エステル末端の高分子量ポリマーまたは環状ポリマーが生成する異常な非等モル下の重縮合を、臭素末端の鎖状ポリマーを与える正常な非等モル下の重縮合へと添加物によって容易に重合モードをスイッチングできる重合法の開発を目的とした。その結果、炭素-炭素三重結合と窒素-窒素二重結合を2つのフェニレン環で挟んだジプロモノマーを用いる重合では、スチレンやスチルベンのようなアルケンが、フェニレンやフルオレンのジプロモノマーを用いる重合では、ベンゾチアジアゾールが重合モードをスイッチングできることを見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

非等モル下においても分子量の高いポリマーが生成する異常な非等モル下重縮合はこれまでもいくつか見出されてきた。しかしながらモノマーのひとつの反応点が他のモノマーと反応後にもう1つの反応点の反応性が向上するという特異なモノマー構造に基づいているものであった。逆にこれらのモノマーを使って過剰に用いた量に従って生成高分子の分子量を低下させるという正常な非等モル下の重縮合を行うことはできない。本研究では同一モノマーの重縮合において異常及び正常な非等モル下重縮合を添加物の有無によってどちらでも行えるようにした。すなわち、生成高分子の分子量と高分子末端を自在に制御できる画期的な合成手法を開発した。

研究成果の概要(英文)：We investigated additive-controlled switching from abnormal to normal unstoichiometric Suzuki-Miyaura coupling polymerization of diboronic acid ester monomer and excess dibromo monomer with t-Bu₃P-ligated Pd catalyst. In polycondensation of diboronic acid ester and dibromo monomer containing carbon-carbon triple bond or nitrogen-nitrogen double bond, high-molecular-weight polymer with boronate at both ends was obtained, whereas the polycondensation in the presence of olefin such as styrene and stilbene gave low-molecular-weight polymer with bromine at both ends. In the case of polycondensation using general aromatic dibromides, benzothiadiazole was found to be effective for switching the polymerization mode.

研究分野：高分子合成、有機合成

キーワード：非等モル下重縮合 触媒分子内移動 スイッチング 高分子末端制御 鈴木カップリング Pd触媒

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

重縮合は逐次重合で進行するため分子量分布が狭く、分子量を制御して高分子を得ることは不可能と思われてきた。我々は2つの反応点が置換基効果を及ぼし合うモノマーでは連鎖重合がリビング重合のように進行し、分子量分布の狭いポリアミドなどの縮合系高分子が得られることを見いだした。次に遷移金属触媒を用いるポリチオフェンなどの共役系高分子の合成を検討した結果、熊田・玉尾カップリング重合や鈴木・宮浦カップリング重合においてもリビング的な連鎖重合が進行することを見いだした。この重合は金属触媒が高分子末端へと分子内移動することによって連鎖重合が進行することを明らかにした。しかしながらポリフェニレンビニレンのようにC=Cを含む共役系高分子の合成にはこの触媒移動型連鎖縮合重合が適用できず、その原因を探究した。その結果、モデル反応として置換基を持つジプロモスチルベンに対してPd触媒は分子内移動が起こり、フェニルボロン酸エステルとの反応において選択的に二置換体が生成するのに対し、この反応系に無置換スチルベンやスチレンを添加すると、Pd触媒はこれら添加物へ分子間移動して、触媒の分子内移動が阻害されることを見いだした。すなわち、ポリフェニレンビニレン合成においては、モノマーのC=Cが高分子主鎖を移動しているPd触媒をトラップするため目的とする重合が進行しないことがわかった。このモデル反応からジプロモモノマーにPd触媒存在下、ジボロン酸エステルモノマーを作用させると、Pd触媒のジプロモモノマーの分子内移動を経て、常にボロン酸エステル末端のポリマーがジプロモモノマー過剰下でも生成する異常非等モル下重縮合が進行することを見いだした。そこで、この異常非等モル下重縮合が触媒の分子内移動に基づいていることから、分子内移動を阻害するC=Cを持つ化合物を添加すれば正常な非等モル下重縮合へと容易にスイッチングできるという着想を得て、以下の目的で研究を進めた。

2. 研究の目的

2種のモノマーの重縮合では、正確に両モノマーの物質量を等しくしないと高分子量ポリマーが生成しないことはよく知られている。すなわち、どちらかのモノマーを過剰に用いる重縮合では、過剰のモノマーで高分子両末端が封止されてポリマーの分子量が低下する(ここでは正常非等モル下重縮合と呼ぶ)。しかしながら、過剰に用いたモノマーの2つの反応点が連続してもう一つのモノマーと反応する場合は、少ない方のモノマー由来の末端を持つポリマーが常に生成するので高分子量ポリマーが得られる(ここでは異常非等モル下重縮合と呼ぶ)。例えば、ビスフェノールとジクロロメタンの重縮合は、ジクロロメタンを溶媒として用いても高分子量ポリホルマールが生成する。我々は鈴木・宮浦カップリング重合においても平面上を分子内移動するPd触媒を用いると、ジプロモモノマーが過剰でもジボロン酸エステルモノマー由来のボロン酸エステル末端の高分子量ポリマーが生成する異常非等モル下重縮合を見出した。また、同条件でメタ型のモノマーを用いると選択的に環状ポリマーが生成することも見出した。しかしながら、このような異常非等モル下重縮合が進行するかどうかは用いるモノマーや触媒の特異的な性質によるものである。もし、同一モノマーにおいて正常または異常非等モル下重縮合が重合条件を変えるだけでスイッチングすることができれば、分子量と高分子末端の制御、さらには鎖状高分子と環状高分子の作り分けを行うことができる。本研究では、鈴木・宮浦カップリング重合において正常または異常非等モル下重縮合の重合モードを添加物によって制御することを目的とした。

3. 研究の方法

1) 多重結合を持つモノマーの重合モード変換

炭素-炭素二重結合(C=C)を持つジプロモスチルベンモノマーの*t*-Bu₃PPd触媒による鈴木・宮浦カップリング重合では、Pd触媒への配位能力の高いC=C上を移動中にさらに配位能力の高い無置換スチルベンのC=Cによってトラップされて触媒の分子間移動が促進されると考えられる。したがって、通常の芳香環より配位能力の高い炭素-炭素三重結合(C≡C)、窒素-窒素二重結合(N=N)、炭素-窒素二重結合(C=N)を持つジプロモモノマーは、*t*-Bu₃PPd触媒による重合においてさらに配位能力の高い無置換スチルベンを添加物として加えると、正常等モル下重縮合にスイッチングできると期待される。まずはこれらジプロモモノマーにおいて*t*-Bu₃PPd触媒が分子内移動するかを単官能性ボロン酸エステルと反応させるモデル反応によって明らかにする。すなわち、ジプロモモノマーの両端で選択的にボロン酸エステルと反応した二置換体が生成すれば、触媒がこれら多重結合モノマー上を分子内移動していることがわかる。次に過剰のジプロモモノマーとジボロン酸エステルの重縮合を行い、異常非等モル下重縮合を確認した後、スチルベンや他のC=Cを持つ化合物を添加物として加え、正常非等モル下の重合にスイッチングされたかを生成物の分子量と高分子末端を調べて検討する。

次に触媒が分子内移動するジプロモモノマーを過剰に用いてメタ型のジボロン酸エステルを*t*-Bu₃PPd触媒下反応させて環状ポリマーが生成するかを確認する。生成した場合はスチルベンを加えて鎖状のジプロモモノマーが生成する、すなわち正常非等モル下の重合に変換できたかを調べる。

2) 単純芳香環モノマーの重合モード変換

予備的な実験結果として、フェニレンやチエニレンの二臭素化体と単官能ボロン酸エステルとの*t*-Bu₃PPd触媒を用いるモデル反応では、スチルベンやスチレンなどのC=Cを持つ化合物

を加えても選択的に二置換体が生成した。すなわち、芳香環上を移動中の *t*-Bu₃PPd 触媒は C=C を持つ化合物によってトラップされないことを示している。この問題に対して2つのアプローチを行う。1つは分子内移動を抑制する添加物の探索、もう1つは *t*-Bu₃PPd 触媒より若干分子内移動の低い Pd 触媒を用いる重合である。前者についてはスチルベンやスチレンよりアクセプター性の高い C=C 化合物を用いて Pd 触媒の分子間移動が起こりやすくなるかを検討する。後者については我々のこれまでの蓄積された実験結果から若干分子内移動の低い Pd 触媒は分かっているので、それを用いて検討する。

正常非等モル下重縮合が達成されたジプロモモノマー、Pd 触媒、そして添加物に対して、メタ型のジボロン酸エステルを用いて添加物による環状ポリマーと鎖状ポリマーのスイッチングが行えるかを検討する。

3) 非共役モノマーの重合モード変換

1) と 2) の検討では重合モード変換による 共役系高分子の分子量と末端の制御を目的としている。さらにこのアプローチの一般性を高めるため 共役系高分子からエンジニアリングプラスチックの分子量と末端の制御を目指す。まずは芳香環の間にカルボニル基やヘテロ原子を持つジプロモモノマーについて単官能ボロン酸エステルやフェノールを Pd 触媒存在下反応させて、触媒が分子内移動するかを検討する。分子内移動した場合は上記 1) と 2) と同様なアプローチによって異常または正常非等モル下重縮合の重合モード変換を検討する。

4. 研究成果

(1) 通常の芳香環より配位能力の高い炭素 - 炭素二重結合 (C=C) と窒素 - 窒素二重結合 (N=N) を 2 つのフェニレン環で挟んだジプロモモノマーと *p*-フェニレンジボロン酸(エステル) との *t*-Bu₃PPd 触媒による鈴木・宮浦カップリング重合を行うと、ジプロモモノマー過剰でもボロン酸(エステル) を両末端に有する高分子量ポリマーが生成することを確認した。一方、これらの重合系にスチレンを添加すると、低分子量で両末端が臭素のポリマーが生成し、目的の重合モードのスイッチングが行えた。

(2) 単純芳香環二臭化物を用いる重合モードのスイッチングを行うため、フェニレン二臭化物とフェニルボロン酸エステルとの鈴木・宮浦カップリング反応を種々の添加物存在下で検討した。その結果、添加物がないと触媒の分子内移動によるフェニル二置換体が生成するが、ベンゾチアジアゾール誘導体を加えると触媒が分子間移動してできるフェニル一置換体が選択的に生成することを見出した。

(3) *p*-ジプロモフェニレンと *p*-フェニレンジボロン酸エステルとの *t*-Bu₃PPd 触媒による鈴木・宮浦カップリング重合において、添加物がないとボロン酸エステルを両末端に有する高分子量ポリマーが生成するのに対し、ベンゾチアジアゾール誘導体を加えると両末端が臭素の低分子量ポリマーが生成し、重合モードのスイッチングが行えることを明らかにした。

(4) ジプロモフルオレン、ジプロモチオフェン、そしてジプロモベンゾトリアゾールと、*p*-フェニレンジボロン酸(エステル) とのそれぞれの鈴木・宮浦カップリング重合、およびジプロモベンゾトリアゾールとフルオレンジボロン酸エステルとの鈴木・宮浦カップリング重合においてもベンゾチアジアゾールが重合モードのスイッチングに有効であることを明らかにした。

(5) *p*-ジプロモフェニレンと *m*-フェニレンジボロン酸エステルとの *t*-Bu₃PPd 触媒による鈴木・宮浦カップリング重合では、環状ポリマーが生成するのに対して、ベンゾチアジアゾール存在下では、臭素末端の鎖状ポリマーが生成した。これによって生成ポリマーのトポロジーのスイッチングにも成功した。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計5件)

- (1) H. Sugita, M. Nojima, Y. Ohta, T. Yokozawa: Unstoichiometric Suzuki-Miyaura Cyclic Polymerization of Extensively Conjugated Monomers; *Polym. Chem.*, **10** (10) 1182-1185 (2019). (査読有。以下「有」と略記) (DOI: 10.1039/c8py01741g)
- (2) K. Kosaka, K. Nanjyo, Y. Ohta, T. Yokozawa: Importance of the Balance of Interaction between Palladium Catalyst and Aromatic π -Face for Unstoichiometric Suzuki-Miyaura Coupling Polymerization: Effective Pd cataCXium A Catalyst for Fluorene and Cyclopentadithiophene Monomers; *Chem. Lett.*, **47** (8) 1040-1043 (2018). (有) (DOI: 10.1246/cl.180398)
- (3) T. Kamigawara, H. Sugita, K. Mikami, Y. Ohta, T. Yokozawa: Intramolecular Transfer of Pd Catalyst on Carbon-Carbon Triple Bond and Nitrogen-Nitrogen Double Bond in Suzuki-Miyaura Coupling Reaction; *Catalysts*, **7** (7) 195-204 (2017). (有) (DOI: 10.3390/catal7070195)
- (4) H. Sugita, M. Nojima, Y. Ohta, T. Yokozawa: Unusual Cyclic Polymerization through Suzuki-Miyaura Coupling of Polyphenylene Bearing Diboronate at Both Ends with Excess Dibromophenylene; *Chem. Commun.*, **53** (2) 396-399 (2017). (有) (DOI: 10.1039/c6cc08333a)
- (5) M. Nojima, Y. Ohta, T. Yokozawa: Additive-Controlled Switching from Abnormal to Normal Unstoichiometric Suzuki-Miyaura Polycondensation for Poly(biphenylenevinylene); *Chem. Lett.*, **46** (1) 35-37 (2017). (有) (DOI: 10.1246/cl.160870)

[学会発表](計47件)

- (1) 上川原タケル, 杉田 一, 太田佳宏, 横澤 勉, 「非等モル下鈴木・宮浦重縮合の添加物によるポリマーの末端基およびトポロジー変換」, 第 68 回高分子学会年次大会, 2019 年 5 月 30 日, 大阪府立国際会議場 (大阪).
- (2) 杉田 一, 上川原タケル, 太田佳宏, 横澤 勉, 「ベンゾチアジアゾールとフェニレンモノマーを用いた $A_2 + B_2$ 非等モル下環化重合とベンゾチアジアゾール誘導体の添加剤効果」, 第 68 回高分子学会年次大会, 2019 年 5 月 30 日, 大阪府立国際会議場 (大阪).
- (3) 原田菜摘, 太田佳宏, 横澤 勉, 「触媒移動型縮合重合による制御されたポリビフェニルアミンの合成」, 第 68 回高分子学会年次大会, 2019 年 5 月 29 日, 大阪府立国際会議場 (大阪).
- (4) 時光果穂, 木村泰介, 杉田 一, 太田佳宏, 横澤 勉, 「側鎖にオリゴアミドを有する *m*-ジプロモモノマーの非等モル下鈴木・宮浦環化重縮合」, 第 68 回高分子学会年次大会, 2019 年 5 月 29 日, 大阪府立国際会議場 (大阪).
- (5) T. Yokozawa, Synthesis of cyclic polyarylenes by means of unstoichiometric Suzuki-Miyaura polycondensation through intra- and intermolecular catalyst transfer, 6th Frontiers in Polymer Science, 2019 年 5 月 8 日, Budapest (Hungary).
- (6) H. Sugita, T. Kamigawara, Y. Ohta, T. Yokozawa, Unstoichiometric cyclic polycondensation and model reaction of benzothiadiazole and phenylene monomers via Suzuki-Miyaura coupling reaction, 6th Frontiers in Polymer Science, 2019 年 5 月 8 日, Budapest (Hungary).
- (7) N. Harada, Y. Ohta, T. Yokozawa, Suzuki-Miyaura catalyst-transfer polymerization of AB type amine monomer, 6th Frontiers in Polymer Science, 2019 年 5 月 6 日, Budapest (Hungary).
- (8) 横澤 勉, 「分子内移動を利用した重縮合」, 高分子学会関東支部 北関東地区第 1 回講演会 (招待講演), 2019 年 3 月 11 日, 群馬大学 (桐生).
- (9) 横澤 勉, 「金属触媒の分子内移動を利用した重縮合～スランプからの脱出の一例～」, 高分子学会東海支部 東海高分子研究会 (招待講演), 2019 年 3 月 9 日, 名古屋大学 (名古屋).
- (10) T. Yokozawa, Unstoichiometric Suzuki-Miyaura polycondensation for the synthesis of a variety of cyclic polymers, Polymers Meet Topology (招待講演), 2019 年 1 月 31 日, 東京工業大学 (大岡山).
- (11) 横澤 勉, 「種々の官能基上の分子内触媒移動を利用した重縮合」, 触媒学会重合触媒設計研究会セミナー (招待講演), 2019 年 1 月 28 日, キャンパス・イノベーションセンター東京 (田町).
- (12) H. Sugita, T. Kamigawara, Y. Ohta, T. Yokozawa, Unstoichiometric cyclic condensation polymerization of phenylene and acceptor monomers by means of Suzuki-Miyaura coupling, International Polymer Conference 2018, 2018 年 12 月 5 日, 広島国際会議場 (広島).
- (13) T. Kimura, H. Sugita, Y. Ohta, T. Yokozawa, Synthesis of cyclic polyphenylene grafted with various polymers, International Polymer Conference 2018, 2018 年 12 月 5 日, 広島国際会議場 (広島).
- (14) N. Harada, H. Sugita, Y. Ohta, T. Yokozawa, Propensity for intramolecular transfer of Pd catalyst on two bromoarylenes connected to various functional groups and its application to polycondensation, International Polymer Conference 2018, 2018 年 12 月 5 日, 広島国際会議場 (広島).
- (15) 上川原タケル, 杉田 一, 太田佳宏, 横澤 勉, 「単純芳香環モノマーの非等モル下鈴木・宮浦重縮合における添加物による重合モード変換」, 第 8 回 CSJ 化学フェスタ 2018, 2018 年 10 月 24 日, タワーホール船堀 (船堀).
- (16) 原田菜摘, 杉田 一, 太田佳宏, 横澤 勉, 「様々な官能基を有する二芳香環アリレン上の Pd 触媒の分子内移動検討」, 第 8 回 CSJ 化学フェスタ 2018, 2018 年 10 月 23 日, タワーホール船堀 (船堀).
- (17) T. Yokozawa, Synthesis of cyclic polymers by means of unstoichiometric Suzuki-Miyaura polycondensation, Polycondensation 2018 (招待講演), 2018 年 10 月 16 日, Alexandria (USA).
- (18) 横澤 勉, 「質量分析に助けられた連鎖縮合重合の研究」, 質量分析学会材料分析部会 第 2 回講演会 (招待講演), 2018 年 9 月 18 日, 日本電子(株) 東京事務所 (大手町).
- (19) 上川原タケル, 杉田一, 太田佳宏, 横澤 勉, 「非等モル下鈴木・宮浦重縮合の添加物による重合モードの制御」, 第 67 回高分子討論会, 2018 年 9 月 14 日, 北海道大学 (札幌).
- (20) 原田菜摘, 杉田一, 太田佳宏, 横澤 勉, 「種々の官能基で連結した二芳香環ジプロモアリレン上の Pd 触媒の分子内移動と重縮合への応用」, 第 67 回高分子討論会, 2018 年 9 月 14 日, 北海道大学 (札幌).
- (21) 木村泰介, 杉田一, 太田佳宏, 横澤 勉, 「側鎖にビニルポリマーを有する環状ポリフェニレンの合成と物性」, 第 67 回高分子討論会, 2018 年 9 月 13 日, 北海道大学 (札幌).
- (22) T. Yokozawa, Intramolecular transfer of Pd catalyst on bis(bromophenylene) connected to various functional groups, 14th Japan-Belgium Symposium on Polymer Science (招待講演), 2018 年 9 月 3 日, Mons (Belgium).
- (23) 横澤 勉, 「縮合重合のリビング重合を実現」, 高分子学会講演会 (招待講演), 2018 年 7 月 18 日, 東京工業大学 (大岡山).
- (24) T. Yokozawa, End-functionalization of conjugated polymers via intramolecular catalyst transfer,

- MACRO 2018 World Polymer Congress (招待講演), 2018 年 7 月 2 日, Cairns (Australia).
- (25) H. Sugita, Y. Ohta, T. Yokozawa, Unstoichiometric cyclic condensation polymerization of phenylene and heteroarylene by means of Suzuki-Miyaura coupling, MACRO 2018 World Polymer Congress, 2018 年 7 月 2 日, Cairns (Australia).
 - (26) N. Harada, H. Sugita, Y. Ohta, T. Yokozawa, Propensity for intramolecular transfer of Pd catalyst on two bromoarylenes connected to various functional group, MACRO 2018 World Polymer Congress, 2018 年 7 月 2 日, Cairns (Australia).
 - (27) T. Kamigawara, H. Sugita, Y. Ohta and T. Yokozawa, Additive controlled switching from abnormal to normal unstoichiometric Suzuki-Miyaura polycondensation, MACRO 2018 World Polymer Congress, 2018 年 7 月 2 日, Cairns (Australia).
 - (28) 横澤 勉, 「金属触媒の分子内移動を利用した共役系高分子の合成」, 高分子学会関東支部第 65 回湘北地区懇話会講演会 (招待講演), 2018 年 6 月 29 日, 東京工業大学 (大岡山).
 - (29) 木村泰介, 杉田 一, 太田佳宏, 横澤 勉, 「選択的鈴木-宮浦環化重合によるハロゲン部位を有する環状ポリマーの合成とグラフト化」, 高分子学会関東支部第 65 回湘北地区懇話会講演会, 2018 年 6 月 29 日, 東京工業大学 (長津田).
 - (30) 上川原タケル, 杉田 一, 太田佳宏, 横澤 勉, 「フェニレンモノマーの非等モル下鈴木・宮浦重縮合における添加物による重合モード変換」, 高分子学会関東支部第 65 回湘北地区懇話会講演会, 2018 年 6 月 29 日, 東京工業大学 (長津田).
 - (31) 原田菜摘, 杉田 一, 太田佳宏, 横澤 勉, 「様々な官能基で連結した二芳香環ジプロモアリレン上の Pd 触媒の分子内移動と非等モル下重縮合への応用」, 第 67 回高分子学会年次大会, 2018 年 5 月 24 日, 名古屋国際会議場 (名古屋).
 - (32) 行川 毅, 太田佳宏, 横澤 勉, 「非等モル下鈴木・宮浦カップリング重縮合による不飽和環状ポリエステルの合成とそのメタセシス交換反応による分子量と末端官能基制御」, 第 67 回高分子学会年次大会, 2018 年 5 月 24 日, 名古屋国際会議場 (名古屋).
 - (33) 田中直樹, 行川 毅, 太田佳宏, 横澤 勉, 「非等モル下鈴木・宮浦カップリング重合による環状ポリ(スチルベン-フェニレン)の合成およびそのメタセシス交換反応による分子量と両末端制御」, 第 67 回高分子学会年次大会, 2018 年 5 月 24 日, 名古屋国際会議場 (名古屋).
 - (34) 木村泰介, 杉田一, 太田佳宏, 横澤 勉, 「ハロゲン部位を有する環状ポリマーの合成とグラフト化」, 第 67 回高分子学会年次大会, 2018 年 5 月 24 日, 名古屋国際会議場 (名古屋).
 - (35) 杉田 一, 上川原タケル, 太田佳宏, 横澤 勉, 「アクセプターモノマーを用いた非等モル下鈴木・宮浦環化重合」, 第 67 回高分子学会年次大会, 2018 年 5 月 23 日, 名古屋国際会議場 (名古屋).
 - (36) H. Sugita, Y. Ohta, T. Yokozawa, Unusual cyclic polymerization through Suzuki-Miyaura coupling polymerization bearing diboronate at both ends with excess dibromoarylene, Spring 2018 ACS Meeting Cyclic and Topological Polymers Symposium, 2018 年 3 月 21 日, New Orleans (USA).
 - (37) 行川 毅, 岡林龍一, 杉田 一, 太田佳宏, 横澤 勉, 「非等モル下鈴木・宮浦重縮合による環状ポリマーの合成と不飽和環状ポリエステルのメタセシス交換反応による分子量と末端基制御」, 第 7 回 CSJ 化学フェスタ 2017, 2017 年 10 月 19 日, タワーホール船堀 (船堀).
 - (38) 上川原タケル, 杉田 一, 已上幸一郎, 太田佳宏, 横澤 勉, 「炭素-炭素三重結合、および窒素-窒素二重結合上の Pd 触媒分子内移動挙動」, 第 7 回 CSJ 化学フェスタ 2017, 2017 年 10 月 18 日, タワーホール船堀 (船堀).
 - (39) 木村泰介, 杉田一, 太田佳宏, 横澤 勉, 「芳香族ポリアミドをグラフト化した環状ポリフェニレンの合成」, 第 7 回 CSJ 化学フェスタ 2017, 2017 年 10 月 18 日, タワーホール船堀 (船堀).
 - (40) 行川 毅, 太田佳宏, 横澤 勉, 「非等モル下鈴木・宮浦カップリング重縮合による環状ポリマーの合成、および不飽和環状ポリマーのメタセシス交換反応による分子量と末端官能基制御」, 第 66 回高分子討論会, 2017 年 9 月 22 日, 愛媛大学 (松山).
 - (41) 木村泰介, 杉田 一, 太田佳宏, 横澤 勉, 「側鎖にビニルポリマーを有する環状ポリフェニレンの合成」, 第 66 回高分子討論会, 2017 年 9 月 22 日, 愛媛大学 (松山).
 - (42) 上川原タケル, 杉田 一, 已上幸一郎, 太田佳宏, 横澤 勉, 「炭素-炭素三重結合、および窒素-窒素二重結合上の Pd 触媒分子内移動と非等モル下重縮合への応用」, 第 66 回高分子討論会, 2017 年 9 月 21 日, 愛媛大学 (松山).
 - (43) 杉田 一, 野嶋雅貴, 太田佳宏, 横澤 勉, 「非等モル下鈴木・宮浦重縮合における鎖状ポリマーと環状ポリマーの特異的合成」, 第 66 回高分子討論会, 2017 年 9 月 21 日, 愛媛大学 (松山).
 - (44) 横澤 勉, 「金属触媒の分子内移動を利用した共役系高分子の末端官能基化」, 第 66 回高分子討論会 (招待講演), 2017 年 9 月 21 日, 愛媛大学 (松山).
 - (45) 木村泰介, 杉田 一, 太田佳宏, 横澤 勉, 「側鎖に芳香族ポリアミドを有する環状ポリフェニレンの合成」, 第 66 回高分子学会年次大会, 2017 年 5 月 31 日, 幕張メッセ (幕張).
 - (46) T. Kamigawara, H. Sugita, Y. Ohta, T. Yokozawa, Propensity for intramolecular transfer of $t\text{Bu}_3\text{PPd}$ catalyst on carbon-carbon triple bond and nitrogen-nitrogen double bond, 5th Frontiers in

Polymer Science, 2017 年 5 月 18 日, Seville (Spain).

(47) T. Kimura, H. Sugita, Y. Ohta, T. Yokozawa, Synthesis of cyclic polyphenylene grafted with aromatic polyamides, 5th Frontiers in Polymer Science, 2017 年 5 月 17 日, Seville (Spain).

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://apchem2.kanagawa-u.ac.jp/~yokozawalab/frame.html>

6 . 研究組織

(1)研究分担者

なし

(2)研究協力者

なし

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。