

令和 2 年 6 月 12 日現在

機関番号：13102
 研究種目：若手研究(B)
 研究期間：2017～2019
 課題番号：17K17742
 研究課題名(和文) ジエン骨格を特徴とするゴム材料の合成と高機能ゴム材料開発のためのモデル構築

研究課題名(英文) Synthesis of rubber featuring diene skeleton and model construction for development of high-performance rubber

研究代表者
 戸田 智之(TODA, Tomoyuki)
 長岡技術科学大学・工学研究科・助教

研究者番号：60709335
 交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、遷移金属錯体触媒による配位重合を用いたデンドラレン類を共役ジエンとみなし、その重合性の解明ならびに汎用ジエン類とデンドラレンとの共重合により、ポリマー内部に共役ジエン骨格を有するポリマー材料の開発ならびにこれを用いる新規ゴム材料開発の基礎的な知見を得ることを目指した。

具体的には、シクロペンタジエニルチタニトリクロリドと修飾メチルアルミノキサンをを用い、2-置換[3]デンドラレンの単独配位重合および、2-フェニル[3]デンドラレンと汎用モノマー(イソプレンならびにスチレン)との配位共重合を検討し、ポリマー内部に反応活性な共役ジエン部位を有する新規ポリマーの合成法を確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で [3] デンドラレンとイソプレンのランダム配位共重合により、ポリジエンの内部にデンドラレンに由来する共役ジエン骨格を導入することが可能となった。このことは汎用合成ゴムにおいて、ランダムに反応性の高い共役ジエン骨格を導入し、その部分で高分子反応を起こすことができる可能性を秘めている。言い換えると、ポリイソプレンやポリブタジエン、スチレンブタジエンゴム内部に反応活性な共役ジエンを導入しておき、この部位で架橋反応などを起こし、架橋点と物性の相関に関する影響を調べることが可能であり、新しい合成ゴム創製のための知見が得られる可能性があることから、意義が大きい。

研究成果の概要(英文)：In this study, we consider dendralenes as conjugated dienes using coordination polymerization with transition metal complex catalysts, elucidate their polymerizability, and copolymerize available dienes with dendralenes to form polymer materials with conjugated diene skeletons in the resulting polymers. We tried to obtain the basic knowledge of the development of rubber and the development of new rubber materials using it. Specifically, using cyclopentadienyl titanium trichloride (CpTiCl₃) and modified methylaluminoxane (MMAO), coordination polymerization of 2-substituted [3]dendralene, and 2-phenyl[3]dendralene with general-purpose monomers (isoprene and styrene) Coordination copolymerization was investigated, and a synthetic method of a novel polymer having a randomly high-reactive diene moiety inside the polymer was established.

研究分野：高分子合成、触媒化学、錯体化学

キーワード：デンドラレン 交差共役 イソプレン スチレン 配位重合 チタン 合成ゴム 均一系触媒

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

現代の我々の生活を支えるゴムは、カーボンブラックやシリカなどのフィラーを配合し、さら硫黄や助剤を加えて加硫することではじめて本来の性能を発揮する。その特性は強靱かつ弾力性を兼ね備えた特殊な物性を示し、他の材料では置き換えることのできない重要な材料である。ゴム材料の高機能化について古くから国内外で研究されているが、近年の主流はフィラー分散性の向上や加硫条件の最適化といったようなマクロな視点に立った研究とその計算機科学及び物性・特性評価に焦点を当てた研究が多い。これは一定の成果を挙げており、例えば近年の低燃費タイヤの発展に大きく寄与してきたが、より高機能なゴム材料の開発を目指すためには、よりミクロな視点、つまりポリマーの化学式の構造を明確にした合成化学的なアプローチが必要である。

代表者らの過去の研究成果、予備的知見

1. 高分子シランカップリング剤の開発

代表者の所属研究室では、スチレン、ブタジエンとシランカップリング剤となりうる官能基(トリエトキシシリル基; $-\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$)を有するブタジエン誘導体との乳化重合により、高分子シランカップリング剤の合成を報告している。得られた Si-変性スチレン-ブタジエンゴム (Si-変性 SBR) ラテックスと汎用 SBR ラテックスとテトラエトキシシラン ($\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$) とをブレンドし、ゾル-ゲル反応、続く加硫によって得られたシリカ複合ゴム材料は、シリカの分散性が向上し、引張強さと切断時伸びが高いことを明らかにしている(竹中ら、日本ゴム協会誌、76(7), 234-239 (2003))。このように、シリカとの複合化の技術の向上のためのポリマー分子側の開発は一定の効果が見られることは明らかであるが、ゴム材料とフィラーならびに加硫に関して網羅的かつ比較可能なモデルの構築は国内外を含めて全く例がない。

2. デンドラレンのアニオン重合、ラジカル重合の研究

代表者らは、交差共役系化合物であるデンドラレン類の Kumada-Tamao-Corriu (熊田・玉尾・コリユー) カップリングを用いる大量かつ簡便な合成法を確立し、これを用いるアニオン重合、ラジカル重合について報告してきた(竹中ら、Macromolecules, 46(18), 7282-7289 (2013)、戸田・竹中ら学会発表 9 件)。特に 2 位に置換基を有する [3] デンドラレンのアニオン重合においては、ゲル化は進行せず、ほぼ計算された分子量のポリマーを与え、そのミクロ構造も共役付加のみで進行したことがわかった。さらに得られたポリマーは共役ジエン骨格を有するポリマーであり、メチルマレイミドと室温で攪拌するだけで、定量的に Diels-Alder 付加体が得られることを見出した。この高分子反応は、反応率が高いだけでなく、光や熱、触媒などを必要としないという点で分子修飾に理想的な系であると言える。

2. 研究の目的

本研究では、遷移金属錯体触媒による配位重合を用いたデンドラレン類を共役ジエンとみなし、その重合性の解明ならびに汎用ジエン類とデンドラレンとの共重合により、ポリマー内部に共役ジエン骨格を有するポリマー材料の開発ならびにこれを用いる新規ゴム材料開発の基礎的な知見を得ることを目的とする。

具体的には、4 族金属錯体を用い、汎用モノマー(ブタジエンならびにイソプレン、スチレン)と代表者が独自に研究を進めているデンドラレンとの共重合を検討し、ポリマー内部に Diels-Alder 反応可能な共役ジエン部位を有する新規ポリマーの合成法を確立する。さらにこのポリマーをフィラー(シリカ、カーボンブラック)複合ゴム材料ならびに加硫ゴム材料へと誘導し、その物性と分子構造との相関関係の解明を目指す。

3. 研究の方法

デンドラレンをモノマーとし、均一系分子錯体触媒である 4 族ハーフメタロセン錯体とメチルアルミノキサンを助触媒とする配位重合を検討し、その重合特性を評価する。また共重合性についても明らかにするため、共役系モノマーであるイソプレンとスチレンとの共重合についても検討する。全ての実験操作はアルゴンで満たされたグローブボックスまたはシュレンクテクニクによって行い、得られたポリマーについては核磁気共鳴スペクトル測定、サイズ排除クロマトグラフィー、示差走査熱量測定によって解析し、ポリマーの構造や分子量、熱的特性について明らかにする。

4. 研究成果

1. 2-置換 [3] デンドラレンの配位重合

これまでに代表者の所属する研究室ではこれまでに 2-置換 [3] デンドラレンのアニオン重合性ならびにラジカル重合性について研究しており、本研究では金属錯体触媒を用いる配位重合について検討した。

まず触媒の選定であるが、通常共役ジエンの重合において高い活性を有することが知られている 4 族ハーフメタロセン錯体に着目した。具体的にはシクロペンタジエニルチタニウムトリクロリド (CpTiCl_3)、シクロペンタジエニルジルコニウムトリクロリド、およびペンタメチルシクロペンタジエニルチタニウムトリクロリドを触媒前駆体錯体とし、助触媒として修飾メチルアルミノキサン (modified MAO; MMAO) を用いて室温で 2-ヘキシル [3] デンドラレンの重合

を行なった。その結果、 CpTiCl_3 を用いた場合のみポリマーが低収率ながら得られた。一般的に共役ジエンに対する触媒の効果として、中心金属の種類や配位子の種類が大きく影響することがわかっており、本モノマーである [3] デンドラレンに対する重合性においても、触媒の種類は重要であることがわかった。重合を行ったところ、類似の共役ジエンであるイソプレンと比較して重合は遅いものもわかった。核磁気共鳴スペクトル測定の結果、得られたポリマーのミクロ構造についてはビニル付加ではなく共役付加による構造のみが得られていることがわかり、これはテトラヒドロフラン溶媒中、低温でアニオン重合した際と同様の結果であった。サイズ排除クロマトグラフィーによる分子量分布 (M_w/M_n) は 2.1 とやや広がったが、単峰性であり、一般的な遷移金属錯体触媒による重合結果と一致している。

一方、2-フェニル [3] デンドラレンの重合では、重合中では可溶性であるものの、再沈殿後には不溶性ポリマーを与えた。そこで重合溶液ならびに沈殿操作の際に用いる塩酸性メタノールを氷浴で冷やして沈殿操作をすることにより、可溶分を得ることができた。一方で 2-トリメチルシリル [3] デンドラレンについては重合が進行しなかった。これはモノマー上の置換基のかさ高さによる影響と考えられる。

2. 2-フェニル [3] デンドラレンとイソプレンの配位共重合

アニオン重合において、ポリスチレンの生長末端であるカルバニオンから 2-フェニル [3] デンドラレンモノマーへの生長は迅速に開始するが、ポリ 2-フェニル [3] デンドラレンの生長末端であるカルバニオンからスチレンモノマーへの開始は定量的に起こらず、すなわちアニオン重合法による 2-フェニル [3] デンドラレンとスチレンのランダム共重合が困難であることが報告されている。このことは、アニオン重合性においてスチレンと通常の共役ジエンの反応性が同程度であることが知られていることを踏まえて、イソプレンと 2-フェニル [3] デンドラレンの共重合においてもランダム共重合ができないことを意味する。この点を踏まえて、共役ジエン同士の重合という観点から、イソプレンと 2-フェニル [3] デンドラレンの配位共重合を検討した。

イソプレンと 2-フェニル [3] デンドラレンの共重合において、単独重合の際に触媒活性のあった CpTiCl_3 を用いた条件で重合を検討したところ、ランダム共重合が進行することがわかった。さらに核磁気共鳴スペクトル測定の結果、仕込みに近いポリマーの組成曲線が得られた。また示差走査熱量測定からはポリマーのガラス転移点は 1 点のみ観測され、イソプレンの含有量が多くなるにつれてポリイソプレンのガラス転移点に近づいていく傾向が見られた。以上のことからイソプレンと 2-フェニル [3] デンドラレンはランダム共重合が進行し、配位重合においては 2-フェニル [3] デンドラレンが共役ジエンと同様の反応性を示すことを示唆する。この点についてはアニオン重合の場合とは対照的な結果であり、アニオン重合が生長末端のカルバニオンの反応性とモノマーの求核攻撃を受ける位置により反応性や得られるポリマーのミクロ構造が決定されることと対照的に、配位重合ではモノマーの立体的に混み合っていない二重結合ないし共役二重結合への配位、挿入が重合を支配することから理解できる。

これらの結果からポリジエンの内部に、ランダムにデンドラレンに由来する共役ジエン骨格を導入することが可能となった。このことは汎用合成ゴムにおいて、ランダムに反応性の高い共役ジエン骨格を導入し、その部分で高分子反応を起こすことができる可能性を秘めている。研究期間ではポリマーの機能化まで達成することはできなかったが、合成化学的なアプローチによる合成ゴムの物性との相関など進めている。

3. 2-フェニル [3] デンドラレンとスチレンの配位共重合

上記の結果を踏まえて 2-フェニル [3] デンドラレンとスチレンとの共重合について検討した。触媒や重合条件はイソプレンとの共重合で使用したものをそのまま使用し、重合の検討を行ったが、ポリマーを得ることはできなかった。類似の重合において、共役ジエンとスチレンの共重合は共役ジエンの重合の場合と比較して高温条件が必要であることが知られており、重合温度を 40°C まで上げて重合を検討したところ、転化率は低いもののポリマーを得ることができた。サイズ排除クロマトグラフィーの結果からは標準ポリスチレン換算で平均分子量 (M_n) が 5,000、分子量分布 (M_w/M_n) が 1.6 程度であった。得られたポリマーの核磁気共鳴スペクトル測定からはスチレンユニットと 2-フェニル [3] デンドラレンユニットの存在が確認されたものの、その組成は仕込み組成と大きく異なり、2-フェニル [3] デンドラレンの方がスチレンよりも含有量が多く、2-フェニル [3] デンドラレンの重合が優先されることが明らかとなった。このことは、2-フェニル [3] デンドラレンとイソプレンの重合において重合時の仕込み組成とポリマー中の組成がほぼ一致することと対照的な結果であると言える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5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 T. Toda, I. Miura, M. Miya, K. Takenaka	4. 巻 9
2. 論文標題 Synthesis of Brominated Polyethylene by Copolymerization of Ethylene with α -bromoalkene Catalyzed by a Metallocene and Methylaluminoxane System	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Catalysts	6. 最初と最後の頁 660 ~ 660
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/catal9080660	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 Ohta Shun, Iwabuchi Yurika, Mukai Ryota, Ishizaki Manabu, Toda Tomoyuki, Kurihara Masato, Okazaki Masaaki	4. 巻 20
2. 論文標題 Adsorption of Polar Volatile Organic Compounds by a Crystalline Network Structure Based on a Bis(benzimidazole)NiCl ₂ Complex	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Crystal Growth & Design	6. 最初と最後の頁 4046 ~ 4053
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.cgd.0c00328	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 Ohta Shun, Kasai Yuki, Toda Tomoyuki, Nishii Kei, Okazaki Masaaki	4. 巻 51
2. 論文標題 Ethylene polymerization and ethylene/1-octene copolymerization with a titanium complex supported by a bis(indolyl) ligand	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 345 ~ 349
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1038/s41428-018-0124-9	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 Y. Higaki, K. Suzuki, Y. Kiyoshima, T. Toda, M. Nishiura, N. Ohta, H. Masunaga, Z. Hou, A. Takahara	4. 巻 50
2. 論文標題 Molecular Aggregation States and Physical Properties of Syndiotactic Polystyrene/Hydrogenated Polyisoprene Multiblock Copolymers with Crystalline Hard Domain	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 6184-6191
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.7b01193	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 Y, Takamura, K. Takenaka, T. Toda, H. Takeshita, M. Miya, T. Shiomi	4. 巻 219
2. 論文標題 Anionic polymerization of 2-hexyl[3]dendralene	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Macromol. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 1700046
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/macp.201700046	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 Y, Takamura, T. Toda, M. Miya, K. Takenaka, T. Shiomi	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Anionic Polymerization of 2-Phenyl[3]dendralene Using Lithium-based Initiators	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 e-Journal of Soft Materials	6. 最初と最後の頁 印刷中
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27件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 太田 俊, 向井 凌大, 岩淵 由理香, 石崎 学, 戸田 智之, 栗原 正人, 岡崎 雅明
2. 発表標題 ビス(ベンゾイミダゾール)配位ニッケルジクロリド錯体を基盤とする結晶性材料の揮発性有機化合物の吸着機能
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 工藤慎也・宮 正光・戸田智之・竹中克彦
2. 発表標題 チタン触媒を用いた 2-フェニル[3]デンドラレンの配位重合
3. 学会等名 日本ゴム協会2019 年年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本月菜・宮 正光・戸田智之・竹中克彦
2. 発表標題 Diels-Alder 反応を用いたアミノ基を有するポリ 2-フェニル[3]デンドラレンの合成
3. 学会等名 日本ゴム協会2019 年年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉原佳英・宮 正光・戸田智之・竹中克彦
2. 発表標題 マレイミド誘導体で保護した二重結合を有する 2-フェニル[3]デンドラレン誘導体とスチレン，ブタジエンとの三元乳化共重合
3. 学会等名 日本ゴム協会2019 年年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 片倉隼人・竹中克彦・戸田智之・宮 正光
2. 発表標題 側鎖に 1,3- ブタジエニル基を有する変性ブチルゴムの合成と架橋特性の評価
3. 学会等名 日本ゴム協会2019 年年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩崎 迅・宮 正光・戸田 智之・竹中 克彦・西井 圭
2. 発表標題 架橋型モノシクロペンタジエニルアミドジメチルチタン錯体を用いた非共役ジエンの重合
3. 学会等名 日本ゴム協会2019 年年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jin Iwasaki, Masamitsu Miya, Tomoyuki Toda, Katsuhiko Takenaka and Kei Nishii
2. 発表標題 Polymerization of non-conjugated dienes with Constrained Geometry Catalysts
3. 学会等名 The 8th Asian Polyolefin Workshop (APO2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Nishii, R. Baillul, A. Nakamura, R. Sato, T. Toda, S. Ohta
2. 発表標題 Stereoselective Polymerization of Isoprene with Group 4 ansa-Indenylamidodimethyl Complexes
3. 学会等名 The 8th Asian Polyolefin Workshop (APO2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩淵由理香, 向井凌大, 戸田智之, 岡崎雅明, 太田俊
2. 発表標題 ビス(ベンゾイミダゾール)配位ジクロリド錯体を基盤とする結晶性ネットワークの構築
3. 学会等名 錯体化学会第69回討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 沖野 翔一、竹中 克彦、戸田 智之、宮正 光
2. 発表標題 一酸化炭素と 4-(2-ヒドロキシエチル)- α -メチルスチレンを用いた新規ポリエステル合成
3. 学会等名 2019年度第68回高分子学会北陸支部研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口剛正, 宮正光, 戸田智之, 竹中克彦, 渡内稔季, 松尾司
2. 発表標題 かさ高いアリアルオキシド配位子を有するチタン錯体によるシンジオタクティックポリスチレンの合成
3. 学会等名 高分子討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三浦周, 竹中克彦, 戸田智之, 宮正光
2. 発表標題 非 Cp 型幾何拘束触媒の合成とエチレン重合活性の検討
3. 学会等名 高分子学会北陸支部研究発表講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 HUANG QiuYuan, 宮正光, 戸田智之, 竹中克彦
2. 発表標題 一酸化炭素とヒドロキシアルケンを用いた新規ポリエステルの合成
3. 学会等名 高分子学会北陸支部研究発表講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 DAI Shengyao, 宮正光, 戸田智之, 竹中克彦
2. 発表標題 アクリル酸長鎖アルキル, アクリル酸エチルの共重合と生成ポリマーの熱物性
3. 学会等名 高分子学会北陸支部研究発表講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹中克彦, 代勝堯, 戸田智之, 宮正光, 尾田威, 宮内俊明
2. 発表標題 アクリル酸エチル/アクリル酸長鎖アルキル共重合体の合成と熱物性評価
3. 学会等名 日本ゴム協会研究発表講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 城川将司, 戸田智之, 宮正光, 竹中克彦, 丸山学士
2. 発表標題 ジアルキルアクリルアミドセグメントを含むブロック共重合体の合成とそのシリカ親和性の評価
3. 学会等名 日本ゴム協会研究発表講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Ohta, M. Shimbayashi, A. Takenaka, Y. Kasai, T. Toda, K. Nishii, R. Miyamoto, M. Okazaki
2. 発表標題 Pyramidal Coordination of an Amido Nitrogen in Bis(indolyl) Ligands toward Group IV Transition Metals
3. 学会等名 43rd International Conference on Coordination Chemistry (ICCC2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 葛西侑毅, 戸田智之, 西井圭, 岡崎雅明, 太田俊
2. 発表標題 ビスインドリル配位子を持つチタン錯体によるエチレン重合活性
3. 学会等名 第66回高分子学会年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高村祐貴、戸田智之、宮正光、竹中克彦
2. 発表標題 配位重合およびアニオン重合によって得たポリ(2-ヘキシル[3]デンドラレン)のマイクロ構造
3. 学会等名 第66回高分子学会年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西井圭, 松本享典, 石崎直, 太田俊, 戸田智之
2. 発表標題 単純な希土類塩化物触媒系による植物由来ジエンモノマーの重合
3. 学会等名 第66回高分子討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuki Kaneko, Suguru Yanagiya, Tomoyuki Toda, Itaru Miura, Takamasa Yamaguchi, Katsuhiko Takenaka, Katsuyuki Tsuda, Hiroshi Matsuura
2. 発表標題 The bio-polymer synthesis from green alga <i>Botryococcus braunii</i>
3. 学会等名 2nd STI-Gigaku 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ryota Sato, Nao Ishizaki, Kyosuke Matsumoto, Shun Ohta, Tomoyuki Toda, Kei Nishii
2. 発表標題 Stereoselective Polymerization of Bio-renewable Myrcene Using New Simple Catalyst Systems Based on Rare-Earth-Metal Chlorides
3. 学会等名 2nd STI-Gigaku 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Itaru Miura, Katsuhiko Takenaka, Tomoyuki Toda
2. 発表標題 11-Bromoundec-1-ene as co-monomer for synthesis of brominated polyethylene
3. 学会等名 2nd STI-Gigaku 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 黄 秋源, 宮 正光, 戸田 智之, 竹中 克彦
2. 発表標題 一酸化炭素とヒドロキシャルケンを用いた新規ポリエステルの合成
3. 学会等名 第66回高分子学会北陸支部研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 代 勝亮, 宮 正光, 戸田 智之, 竹中 克彦
2. 発表標題 アクリル酸長鎖アルキル、アクリル酸エチルの共重合と生成ポリマーの熱物性
3. 学会等名 第66回高分子学会北陸支部研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山口 剛正, 竹中 克彦, 戸田 智之, 宮 正光
2. 発表標題 シクロオクタテトラエニル配位子を有するジルコニウム錯体のエチレン重合活性
3. 学会等名 第66回高分子学会北陸支部研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 三浦 周, 竹中 克彦, 戸田 智之, 宮 正光
2. 発表標題 メタロセン触媒を用いた - プロモアルケンの共重合による臭素化PE、臭素化EPMの合成
3. 学会等名 第66回高分子学会北陸支部研究発表会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>長岡技術科学大学物質材料工学専攻 高分子材料化学研究室 ホームページ http://mst.nagaokaut.ac.jp/polymer/</p>
--

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