

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：12608

研究種目：挑戦的研究（開拓）

研究期間：2018～2021

課題番号：18H05397・20K20402

研究課題名（和文）糖ケミカルコンバージョンによる革新的機能性高分子環境材料の創出

研究課題名（英文）Novel Bio-Based Polymers by Chemical Conversion of Carbohydrates

研究代表者

佐藤 浩太郎（Sato, Kotaro）

東京工業大学・物質理工学院・教授

研究者番号：70377810

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 19,800,000円

研究成果の概要（和文）：最も豊富で安価なバイオマスの一つである糖類もしくは関連する炭水化物由来の化学物質群に着目し、化学変換反応（ケミカルコンバージョン）によりビニルモノマーとし、種々の重合反応を行うことで革新的な機能性をもつ様々な高分子環境材料群の創出を目指した。グリセロールから環状カーボネート化もしくは環状アセタール化を行い、脱水反応を経て対応するビニルカーボネートおよびビニルエーテル誘導体へと変換し、カチオン重合やラジカル重合を行なった。また、フルフラールの水素添加反応によって生じるテトラヒドロフルフリルアルコールを用い脱水反応によりビニルエーテル骨格を有するモノマーへの誘導し、カチオン重合を検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果で得られる未開拓の「バイオマス由来の材料」は、すでに産業としても成熟期にある高分子材料開発において、カーボンニュートラル（リデュース）の観点から、環境適応型の材料として社会的ニーズを十分に満たすものとして注目される。とくに、石油依存度の高い日本において、非石油資源由来の材料開発は、資源の豊富な諸国に対し国際競争力を得るため、ますますその重要度は高いと考えられる。

研究成果の概要（英文）：Focusing on chemical compounds derived from saccharides or related carbohydrates, which is one of the most abundant and cheapest biomass, we designed their chemical conversion reactions into vinyl monomers for novel high-performance bio-based polymers. Glycerol was converted to the corresponding vinyl carbonate and vinyl ether derivatives through a dehydration reaction, of which cationic or radical polymerization was carried out. In addition, tetrahydrofurfuryl alcohol produced by the hydrogenation reaction of furfural was employed to be converted into a monomer having a vinyl ether skeleton by a dehydration reaction.

研究分野：高分子化学

キーワード：高分子合成 高分子環境材料 植物由来バイオマス 糖ケミカルコンバージョン 二酸化炭素固定化

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、研究者個人に帰属します。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

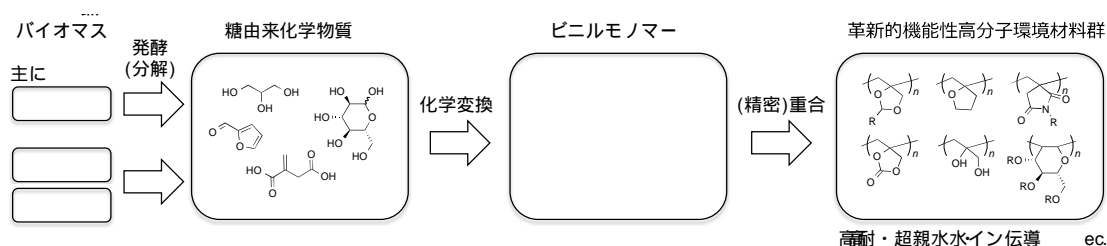
### 1. 研究開始当初の背景

近年、産業の高度化が急激に進行している中で、環境問題の見直しが社会的に重要視されてきている。とくに、循環型社会の形成や地球温暖化防止などに向けて、植物由来のバイオマスの有効利用が重要視され、従来代表的な石油化学製品であった高分子材料についても、研究開始当初までにポリ乳酸に代表される資源作物由来のポリエステルやポリアミドについて多くの研究・開発がなされ、実用化が進んできている。しかし、これらのポリエステルには実用物性が劣るなどの問題点があり、現在の市場における植物由来バイオベースポリマー開発の主流としては、従来の石油由来高分子材料を植物などバイオマスから得られる原料で製造する、といったものにシフトしつつあった。

一方、従来の高分子材料の中でとくに汎用プラスチックと呼ばれるものは、そのほとんどが炭素-炭素二重結合をもつビニル化合物(ビニルモノマー)の高分子合成反応(重合反応)によって得られる。近年では、電子情報分野などの発展に伴い、高機能・高性能を有する材料も構造設計が簡便なビニルモノマーの付加重合からでも製造できるようになってきている。このような状況を鑑みて、バイオマスより得られるビニルモノマーから得られる高分子材料の開発が望まれていた。

### 2. 研究の目的

本研究では、「糖ケミカルコンバージョンによる革新的機能性高分子環境材料の創出」を志向することを目的とした。本研究課題においては、最も豊富で安価なバイオマスの一つである糖類もしくは関連する炭水化物由来の化学物質群に着目し、化学変換反応(ケミカルコンバージョン)によりビニルモノマーとすることで革新的な機能性をもつ様々な高分子環境材料群を創出できるのではないかと、この着想に至った。とくに、種々の特徴的な構造をもつ糖由来ビニルモノマーに対して、これまでに本申請者が研究を行ってきた精密重合反応における知見を適用することで、これまでの石油依存の高分子材料開発の方向を大きく変革・転換する新たな機能性高分子材料化学の潜在性を見極めることを目的とした。具体的には、澱粉やセルロースの発酵や分解で生成するグルコースからも得られるグリセロール、フルフラールなどに着目し、重合反応の検討および得られる高分子の革新的機能性材料としての評価を行った。



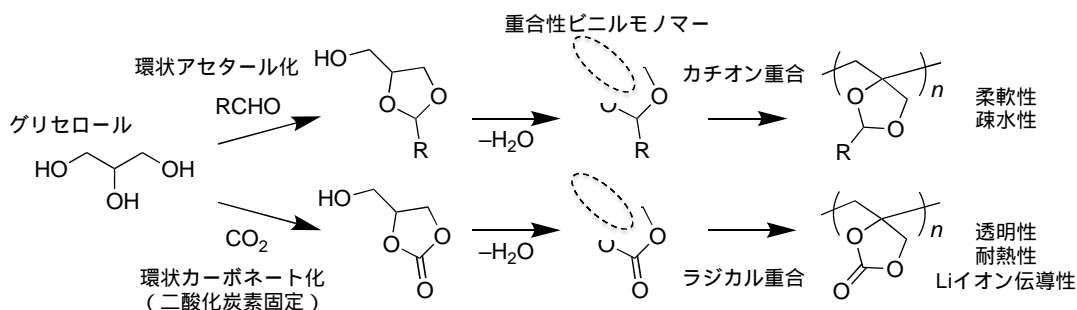
### 3. 研究の方法

本研究では、さまざまな糖類もしくは関連する炭水化物由来の化学物質を、化学変換により重合可能なビニルモノマーへと変換し、重合によって得られる種々の高分子材料の潜在性および将来性を見極める。とくに、澱粉やセルロースの発酵や分解で生成するグルコースからも得られるグリセロール、フルフラールなど高分子原料として未開拓のものに着目し、重合の検討および得られる高分子の革新的機能性材料としての評価を行った。以下に、研究方法と本研究で明らかにしようとする点について具体的に述べる。

グリセロール由来の種々の機能性高分子材料開発と二酸化炭素固定化

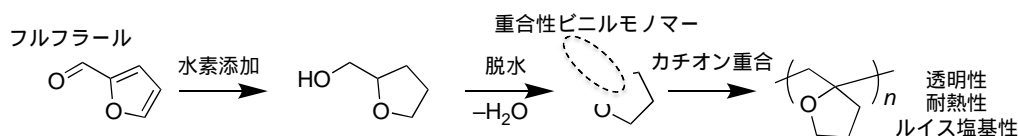
グリセロール(グリセリン)は、多糖類である澱粉の酵母発酵に加えて、脂質の鹸化によっても得られる豊富で安価な再生可能バイオマス資源である。本研究では、グリセロールを原料としてケミカルコンバージョンによりビニルモノマー化・重合反応により高分子とする。具体的には、環状カーボネート化もしくは環状アセタール化を行い、脱水反応を経て対応するビニル

カーボネートおよびビニルエーテル誘導体へと変換する。ここで、対応する石油由来化合物の重合反応性から、ビニルエーテルはカチオン重合により、ビニルカーボネートはラジカル重合によりそれぞれ主鎖にグリセロール由来の骨格をもつ高分子が生成可能であると考えられる。ここで、環状カーボネート化は二酸化炭素との直接反応によって変換されるため、二酸化炭素固定化技術としても考えることが可能で、生成する高分子中の二酸化炭素の固定化率は 44 重量%であり、従来の技術と比較しても遥かに効率的であると言える。



#### フルフラールのケミカルコンバージョンによる高分子材料開発

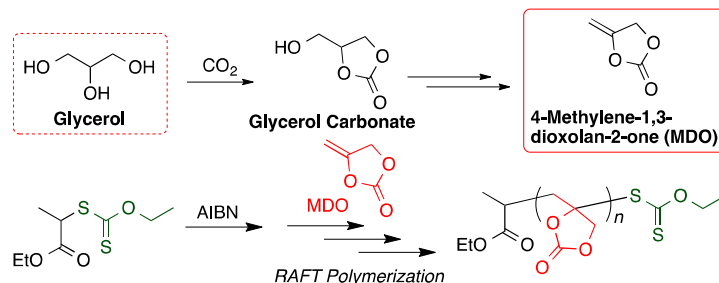
C5 糖類の脱水分解や木材や農業廃棄物などから生産可能なフルフラールは、非可食バイオ資源として近年注目されているが、フルフラール骨格をそのままビニルモノマーへと変換し、重合された例はない。本研究では、ケミカルコンバージョンによりフルフラールを重合可能なビニルモノマーへと変換することで新規バイオベースポリマーの創出を目的とした。とくに、フルフラールの水素添加反応によって生じるテトラヒドロフルフリルアルコールを用い、グリセロールのときと同様の脱水反応によりビニルエーテル骨格を有するモノマーへの誘導を検討した。



#### 4. 研究成果

##### グリセロール由来の種々の機能性高分子材料開発と二酸化炭素固定化

グリセロールと二酸化炭素を原料とするグリセロールカーボネートから誘導される *exo*-メチレン基をもった環状カーボネートを合成し、ラジカル重合およびその制御を行うことで新規なバイオベースポリマーの創出を目的とした。このモノマーのビニル重合によって得られるポリマーは、側鎖に環状カーボネート構造を有するため高い耐熱性や透明性が期待できる。今回、グリセロールカーボネートからモノマーを合成し、得られたモノマーのフリーラジカル重合、酢酸ビニルとのラジカル共重合、RAFT 重合を用いた分子量の制御について検討した(スキーム 1)。



Scheme 1. Synthesis and Radical Polymerization of 4-Methylene- 1,3-dioxolan-2-one from Glycerol

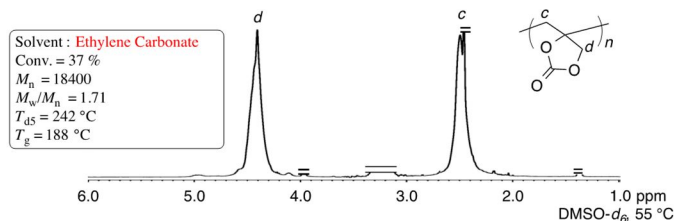
##### 4-メチレン-1,3-ジオキソラン-2-オン(MDO)の合成

グリセロールカーボネートを出発物質として、4-メチレン-1,3-ジオキソラン-2-オン(MDO)の合成を検討した。まず、グリセロールカーボネートのヒドロキシ基をアッペル反応により脱離能の高いヨウ素へと変換したのち、強塩基である DBU を用いた E2 反応を行った。蒸留精製後に得られたモノマーの  $^1\text{H}$  NMR スペクトルには、*exo*-メチレン基に由来するピークと環状カー

ボネートに由来するピークのみ観測され、 $^{13}\text{C}$  NMR との相関からも目的のモノマーMDOであることが確認された。

### MDOのフリーラジカル重合

得られたMDOのフリーラジカル重合を開始剤としてAIBNを用い、さまざまな溶媒中、 $60^\circ\text{C}$ で行った。いずれの溶媒中においてもフリーラジカル重合は進行し、数平均分子量1万以上のポリマーが生成した。とくに、溶媒を用いずにバルク中で重合したとき、重合中にポリマーが析出するものの、数平均分子量が最も高いポリマーが生成した。良溶媒であるエチレンカーボネート中で得られたポリマーを $^1\text{H}$  NMRにより解析したところ、スペクトルには2.5 ppm付近に主鎖メチレン、4.5 ppm付近に側鎖の環状カーボネートに由来するピークのみが観測され、側鎖の環状構造を損なうことなく、重合が進行したことが確認された。また、DSC解析からガラス転移温度は $188^\circ\text{C}$ であり、環状カーボネート骨格による高耐熱性ポリマーが得られたことが確認された(図1)。



**Figure 1.**  $^1\text{H}$  NMR spectrum of poly(MDO) obtained with AIBN;  $[\text{MDO}]_0 = 4.0 \text{ M}$ ,  $[\text{AIBN}]_0 = 20 \text{ mM}$  in ethylene carbonate at  $60^\circ\text{C}$ .

### MDOの共重合

MDOと種々の汎用モノマーとのラジカル共重合を行い、MDOの共重合反応性について評価した。AIBNを開始剤として、酢酸ビニル(VAc)、アクリル酸メチル(MA)、メタクリル酸メチル(MMA)との共重合を、モノマー仕込み比を1:1とし、エチレンカーボネート中、 $60^\circ\text{C}$ で行った。いずれの場合も共重合は進行し、とくに、構造が類似したVAcとのラジカル共重合においては、両モノマーはほぼ同程度の速度で消費された。また、得られた共重合体について熱物性を評価したところ、いずれの共重合体のガラス転移温度もそれぞれ単独重合体のもの(PVAc:  $27^\circ\text{C}$ , PMA:  $10^\circ\text{C}$ , PMMA:  $110^\circ\text{C}$ )より高くなった。

### 2-ブチル-4-メチレン-1,3-ジオキサラン(BMDO)の合成

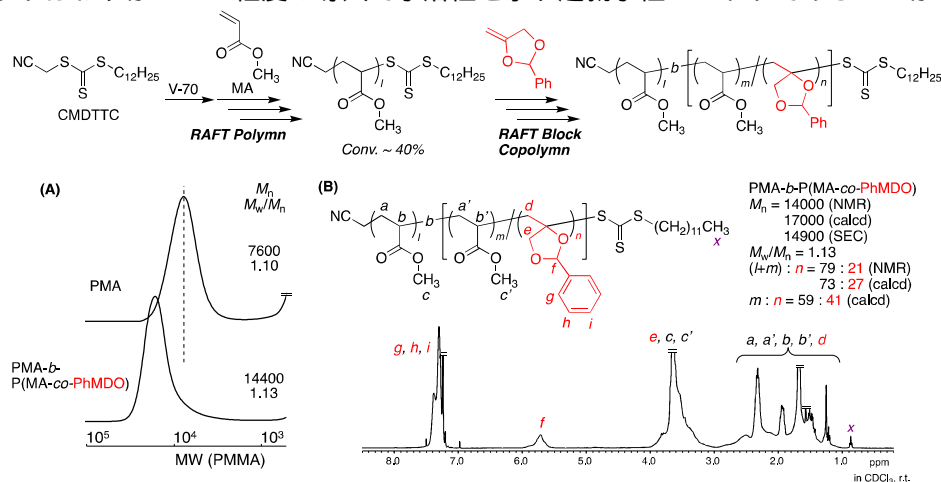
MDOと同様にグリセロールを出発物質として、アセタール化および脱水反応を経ることでビニルエーテルである4-メチレン-1,3-ジオキサラン誘導体を合成した。グリセロールを出発物質として、4-メチレン-1,3-ジオキサラン誘導体である2-ブチル-4-メチレン-1,3-ジオキサラン(BMDO)の合成を検討した。まず、グリセロールをアセトンにより5員環アセタールとしたのち、1級アルコールのトシル化を行った。次いで、バレラルデヒドを用いたアセタールの交換反応を行ったのち、*t*-ブトキシカリウム(K<sup>o</sup>Bu)を用いてE2反応によってトシル基の脱離を行うことによりBMDOを得た。蒸留精製後に得られたモノマーの $^1\text{H}$  NMRスペクトルから、それぞれのプロトン由来のピークが観測され、目的のモノマーが得られたことが確認された。

### 環状ビニルエーテルBMDOのリビングカチオン重合

ビニルエーテル類のリビングカチオン重合に有効な開始剤系を用いて、得られたモノマーのリビングカチオン重合について検討を行った。開始剤としてビニルエーテルの塩化水素付加体を用い、 $\text{SnCl}_4$ を活性化剤として、ジクロロメタン中、 $-78^\circ\text{C}$ においてBMDOの重合を行った。 $\text{SnCl}_4$ のみを用いた場合、重合は非常に素早く進行し、数分で完結した。分子量は重合の進行とともに増加したが、分子量分布の広いポリマーが得られた。一方で、この開始剤系に添加剤として*n*-Bu<sub>4</sub>NCl、DTBPを加えると、重合は遅くなるものの、10時間程度で完結し、モノマーは定量的に消費された。このとき得られたポリマーのSEC曲線は、狭い分子量分布を保ったまま高分子量側へ移り、分子量は計算値に一致しながら直線的に増加した。これによりリビングカチオン重合が可能であることが示された。

### 環状ビニルエーテルのリビングラジカル共重合

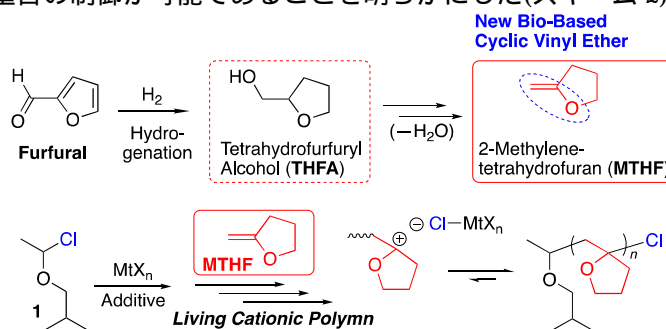
アルキル鎖や芳香環など種々の置換基を有するグリセロール由来環状ビニルエーテルと汎用ビニルモノマーとのリビングラジカル共重合についても検討した。グリセロール由来環状ビニルエーテル(PhMDO)と MA の RAFT ブロック共重合を検討した。まず、トリチオカーボネート型の RAFT 試薬 CMDTTC を用い、MA の RAFT 重合を、低温のアゾ開始剤である V-70 存在下、トルエン中 20 °C で行った。MA の重合率が約 40%に達した段階で重合系に PhMDO を添加した。PhMDO 添加後、両モノマーは同時に消費され、SEC 曲線が単峰性を保ったまま高分子量側へシフトしたことから、ブロック共重合体が生成したことが確認された(図 2A)。生成ポリマーの  $^1\text{H}$  NMR 解析を行ったところ、MA の単独ユニットと、環状ビニルエーテルの導入率が 41%のランダム共重合体のユニットからなるブロック共重合体 PMA-*b*-P(MA-*co*-PhMDO) が得られたことが確認された(図 2B)。さらに、得られた共重合体について、酸触媒を用いたアセタールの脱保護を行ったところ、ジオールユニットをもつ水溶性のポリマーが得られた。このユニットはわずか 10%程度の導入で水溶性を示す超親水性ユニットであることがわかった。



**Figure 2.** SEC curves (A) and  $^1\text{H}$  NMR spectrum (B) for RAFT block copolymerization of glycerol-derived cyclic vinyl ethers with MA.  $[\text{MA}]_0/[\text{CMDTTC}]_0/[\text{V-70}]_0 = 3750/25/6.25$  mM;  $[\text{PhMDO}]_{\text{add}} = 1500$  mM in toluene at 20 °C.

### フルフラールのケミカルコンバージョンによる高分子材料開発

フルフラールの水素添加反応で得られるテトラヒドロフルフリルアルコールから、*exo*-メチレン基を持つ環状ビニルエーテル(MTHF)の合成を検討し、得られたモノマーのリビングカチオン重合を検討し、重合の制御が可能であることを明らかにした(スキーム 2)。



**Scheme 2.** Synthesis and Cationic Polymerization of MTHF Derived from Naturally-Occurring Furfural

以上のように、豊富なバイオマスである糖類由来の化学物質群が脱水反応などの単純なケミカルコンバージョンにより様々な官能基・機能的基をもつビニルモノマーへと変換できることが明らかになった。このような手法を用いることで、従来の石油化学品に頼らない革新的な機能性をもつ様々な高分子環境材料群を創出できる可能性が示された。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 佐藤浩太郎, 上垣外正己,	4. 巻 57
2. 論文標題 植物由来原料に基づく新規ビニルポリマーの精密合成と材料設計	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本接着学会誌	6. 最初と最後の頁 418-425
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 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 Riko Kashima, a Akito Kajita, Tomohiro Kubo, Masami Kamigaito and Kotaro Satoh	4. 巻 in press
2. 論文標題 Novel Hydrophilic Bio-Based Polymers by Radical Copolymerization of Cyclic Vinyl Ethers Derived from Glycerol	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 in press
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 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 -

〔学会発表〕 計34件（うち招待講演 17件 / うち国際学会 14件）

1. 発表者名 佐藤浩太郎
2. 発表標題 異種反応を用いた精密高分子合成の新しい手法
3. 学会等名 第70回高分子学会年次大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kotaro Satoh
2. 発表標題 Controlled Polymerization of Functional Styrene from Natural Resource
3. 学会等名 The 48th World Polymer Congress, IUPAC-MACRO2020+（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤浩太郎
2. 発表標題 再生可能な植物資源を用いた高分子の精密合成
3. 学会等名 第50回繊維学会 夏季セミナー（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤浩太郎
2. 発表標題 高分子合成の基礎1 連鎖重合を中心に
3. 学会等名 2021年度若手社員のための高分子基礎講座，高分子学会関東支部（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kotaro Satoh
2. 発表標題 Controlled polymerization of renewable functional styrenes
3. 学会等名 Pacifichem 2021（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加島 璃子、久保 智弘、佐藤 浩太郎
2. 発表標題 新規バイオベースポリマーに向けたグリセロール由来ビニルエーテルのラジカル共重合
3. 学会等名 第70回高分子学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加島 璃子、久保 智弘、佐藤 浩太郎
2. 発表標題 グリセロール由来ビニルエーテルのリビングラジカル共重合およびカチオン重合
3. 学会等名 第70回高分子討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤浩太郎
2. 発表標題 ビニルモノマー精密重合の植物由来モノマーへの展開
3. 学会等名 新化学技術推進協会 エネルギー・資源技術部会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤浩太郎
2. 発表標題 精密重合を用いた植物由来機能性バイオベースポリマーの開発
3. 学会等名 第29回ポリマー材料フォーラム（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kotaro Satoh
2. 発表標題 Controlled Polymerization of Renewable Vinyl Monomers for Novel Functional Bio-Based Polymers
3. 学会等名 BASF-Kyoto Univ. AGORA（招待講演）
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 Kotaro Satoh
2. 発表標題 Precision Polymerization of Renewable Vinyl Monomers for Novel Functional Bio-Based Polymers
3. 学会等名 Soochow University International Mini Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kotaro Satoh
2. 発表標題 Controlled/Living Polymerization of Renewable Vinyl Monomers Bearing Naturally-Derived Functional Groups
3. 学会等名 International Gel Workshop in Fukui (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kotaro Satoh
2. 発表標題 Controlled Polymerization of Renewable Vinyl Monomers for Functional Bio-Based Polymers
3. 学会等名 the 3rd annual symposium on Frontiers of Soft Matter Science and Engineering (CSMSE-2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Yokota, T. Nishida, M. Uchiyama, K. Satoh, M. Kamigaito,
2. 発表標題 Synthesis and Living Cationic Polymerization of Vinyl Ether Derived from Naturally-Occurring Fulfulral
3. 学会等名 13th IUPAC International Symposium on Ionic Polymerization (IP '19) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田捷人, 横田知瞭, 西田竹徳, 内山峰人, 佐藤浩太郎, 上垣外正己
2. 発表標題 イソソルバイドを原料とした環状ジエンの合成とラジカル共重合
3. 学会等名 第68回高分子学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横田知瞭, 西田竹徳, 内山峰人, 佐藤浩太郎, 上垣外正己
2. 発表標題 フルフラール由来環状ビニルエーテルのリビングカチオン重合および共重合
3. 学会等名 第68回高分子学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横田知瞭, 西田竹徳, 内山峰人, 佐藤浩太郎, 上垣外正己
2. 発表標題 フルフラールを原料とした環状ビニルエーテルの合成とリビングカチオン重合によるバイオベースポリマー
3. 学会等名 第8回JACI/GSCシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田捷人, 西田竹徳, 内山峰人, 佐藤浩太郎, 上垣外正己
2. 発表標題 イソソルバイドを原料とした環状ジエンの合成とラジカル共重合
3. 学会等名 第8回JACI/GSCシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横田知瞭, 西田竹徳, 内山峰人, 佐藤浩太郎, 上垣外正己
2. 発表標題 植物由来フルフラールを原料としたフラン環骨格を有するビニルモノマーの精密重合による新規バイオベースポリマーの開発
3. 学会等名 第169回東海高分子研究会講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横田知瞭, 西田竹徳, 内山峰人, 佐藤浩太郎, 上垣外正己
2. 発表標題 植物由来フルフラールを原料としたフラン環骨格を有するビニルモノマーの精密重合による新規バイオベースポリマーの開発
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 吉田捷人, 西田竹徳, 内山峰人, 佐藤浩太郎, 上垣外正己
2. 発表標題 イソソルバイドを原料とした二環式ジエンの制御ラジカル共重合
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 横田知瞭, 西田竹徳, 内山峰人, 佐藤浩太郎, 上垣外正己
2. 発表標題 植物由来フルフラールを原料としたフラン環骨格を有するビニルモノマーの精密重合による新規バイオベースポリマーの開発
3. 学会等名 第50回中部化学関係協会支部連合秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横田知瞭, 西田竹徳, 内山峰人, 佐藤浩太郎, 上垣外正己
2. 発表標題 フルフルール由来環状ビニルエーテルのリビングカチオン重合および共重合
3. 学会等名 第28回ポリマー材料フォーラム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kotaro Satoh
2. 発表標題 Various Renewable Vinyl Monomers for Novel Bio-Based Polymer Using Precision Polymerization
3. 学会等名 Key Laboratory of Polymer Eco-materials Seminar, Changchun Institute of Applied Chemistry (CIAC) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kotaro Satoh
2. 発表標題 Bioplastics from Naturally-Occurring Vinyl Monomers via Precision Polymerization
3. 学会等名 JSPS Core-to-Core Program Bioplastic Global Joint Satellite Symposium in Universiti Sains Malaysia (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kotaro Satoh
2. 発表標題 Renewable Vinyl Monomers for Novel Bio-Based Polymer Using Precision Polymerizations
3. 学会等名 The 10th International Conference of Modification, Degradation and Stabilization of Polymers (MoDeSt2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kotaro Satoh
2. 発表標題 Plant-Derived Renewable Functional Vinyl Monomers for Novel Bio-Based Polymer
3. 学会等名 Polymer Minisymposium in Tsukuba (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kotaro Satoh
2. 発表標題 Controlled/Living Polymerization of Renewable Vinyl Monomers for Novel Functional Bio-Based Polymers
3. 学会等名 The 12th SPSJ International Polymer Conference (IPC2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kotaro Satoh
2. 発表標題 Precision Polymerization of Plant-Derived Vinyl Monomers for Novel Functional Bio-Based Polymers
3. 学会等名 International Conference on Advanced and Applied Petroleum, Petrochemicals, and, Polymers (ICAPP2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Yokota, T. Nishida, M. Uchiyama, K. Satoh, M. Kamigaito
2. 発表標題 Synthesis and Controlled Cationic Polymerization of Vinyl Ether Derived from Naturally-Occurring Furfural
3. 学会等名 The 10th International Conference of Modification, Degradation and Stabilization of Polymers (MoDeSt2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Yokota, T. Nishida, M. Uchiyama, K. Satoh, M. Kamigaito
2. 発表標題 Synthesis and Living Cationic Polymerization of Vinyl Ether Derived from Naturally-Occurring Fulfural
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 横田知瞭, 起貞吾, 西田竹徳, 内山峰人, 佐藤浩太郎, 上垣外正己
2. 発表標題 フルフラールを原料とした環状ビニルエーテルの合成と制御カチオン重合
3. 学会等名 第67回高分子学会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 横田知瞭, 西田竹徳, 内山峰人, 佐藤浩太郎, 上垣外正己
2. 発表標題 フルフラールを原料とした環状ビニルエーテルのリビングカチオン重合
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 横田知瞭, 西田竹徳, 内山峰人, 佐藤浩太郎, 上垣外正己
2. 発表標題 フルフラールを原料とした環状ビニルエーテルの合成と制御カチオン重合
3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ2018
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

佐藤浩太郎研究室  
<http://www.satoh-cap.mac.titech.ac.jp/>

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
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------