

令和 4 年 6 月 9 日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02763

研究課題名(和文)官能基シナジーの出現/消失を利用した高分子合成・分解・変換法の開発

研究課題名(英文) Polymer Synthesis, Degradation and Conversion Utilizing Appearance/Disappearance of Functional Groups Synergy

研究代表者

高坂 泰弘 (Kohsaka, Yasuhiro)

信州大学・学術研究院繊維学系・准教授

研究者番号：90609695

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、官能基や特性結合の生成・消失を利用した精密重合や高分子分解、高分子機能の創出を狙った。位にエーテル結合を置換したビニルエステルやスチレン類のラジカル重合により、主鎖分解からの原料再生(ケミカルリサイクル)が可能なビニルポリマーを開発した。また、カルボキシラートイオンなどの弱い求核剤と鋭敏に反応して分解する新しいポリエステル、ポリウレタンや、重合後分解と再重合を繰り返し、物性を変化させる新しい高分子主鎖変換法を開発した。さらに、大気雰囲気下で実施可能なラクトン類のリビングアニオン開環重合(不死鳥重合)、条件選択により生成物の構造が変化する精密重合などの新しい高分子合成法も開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

機能高分子を設計する場合、ベースとなる高分子に、機能を誘導する官能基や原子団を都度導入する分子設計が一般的である。これに対し、研究代表者は複数の官能基のシナジーを効果的に引き出すことで、個々の官能基以上の機能を高分子に賦与できると考えた。その結果、合成が容易な反面、分解が困難とされていたビニルポリマーについて、効率的な分解技術を提供し、分子レベルでの原料再生と資源循環を実現した。また、一つの原料から性質が異なる高分子材料を誘導する様々な精密重合技術、合成した高分子の性質を必要に応じてチューニングする技術、特殊な装置がなくとも、精密重合によるポリエステル合成を実現する技術を提供した。

研究成果の概要(英文)：This research project aimed the developments of novel precise polymerization, polymer degradation, and polymer functions using the synergy of functional groups and bonds appearing/disappearing during the reaction. For example, chemically recyclable vinyl polymers were provided by radical polymerization of vinyl esters and styrene derivatives possessing ethereal bond at the alpha-position. Polyesters and polyurethanes, exhibiting an excellent degradability against some weak nucleophiles such as a carboxylate anion, were developed. The polymers also underwent main chain-scission by small amount of an initiator and re-polymerization to change the backbone structure. New polymerization methods, including living anionic ring-opening polymerization of lactones operatable under air atmosphere and precise polycondensation to afford different repeating units tuned by conditions, were also discovered.

研究分野：高分子化学

キーワード：ケミカルリサイクル 精密重合 高機能化モノマー 主鎖切断 共役置換反応 リビング重合 刺激応答材料

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。

1. 研究開始当初の背景

機能高分子を合成する場合、重合点と機能団を離して配置し、これらが互いに影響しないモノマー設計が一般的である(図 1A)。一方、研究代表者は、重合点を含むすべての官能基が連動して働く、新しいモノマー設計を提案している(図 1B; 機能材料, 2018, 38, 45)。これまで、水素結合の形成、キレート配位場の構築といった官能基どうしの相互作用(官能基シナジー)を利用し、合成不可能とされた高分子の合成や、多刺激応答性、発光特性といった機能の開発に成功している。

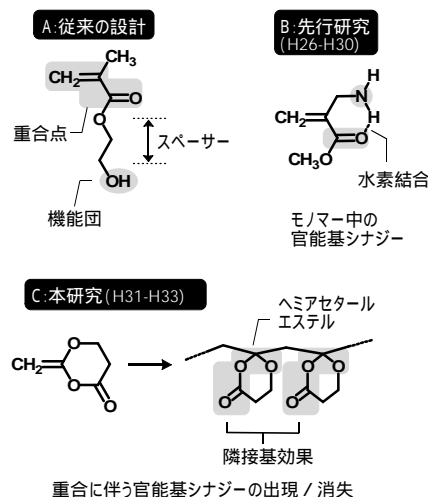


図 1 研究背景と本研究の概念

2. 研究の目的

研究代表者による先行研究では、官能基シナジーを起こす官能基を、予めモノマー中に配置していた。これに対し、本研究では重合反応の本質である、「分子と分子の連結」によって出現/消失する官能基を利用した、動的な官能基シナジーを提案する(図 1C)。

3. 研究の方法

[A] 重合による反応点の生成(1): ビニルポリマーのリサイクル

脱水アスピリン A1 をラジカル重合すると、主鎖にヘミアセタールエステル骨格を有するポリマー A2 が生成する(図 2)。予備実験の結果、A2 を酸性水溶液で処理すると、

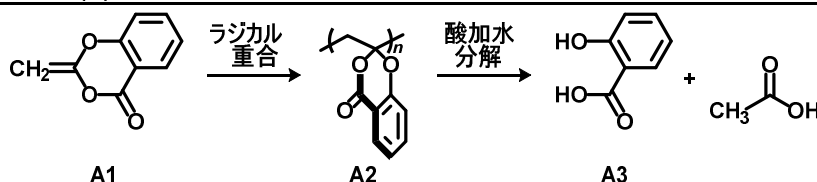


図 2 ケミカルリサイクル可能なビニルポリマー

主鎖切断反応が進行してサリチル酸(A3)と酢酸に分解することがわかった。A3と酢酸はA1の原料であることから、A2は循環可能なビニルポリマーと評価することができる。しかしながら、A2は溶解性に乏しく、また剛直でもあるため、完全な主鎖分解に1週間程度の加熱が必要であった。本研究では、モノマー構造や重合方法、分解条件を改良し、分解性のさらなる向上を狙う。

[B] 重合による反応点の生成(2): 主鎖分解・主鎖骨格変換

アリル位に脱離基を修飾したメタクリル酸エステルは共鳴と超共役に基づく官能基シナジーを受けて特殊な電子状態を採り、求核剤と付加-脱離型の共役置換反応を起こす。研究代表者はこの反応が室温で弱い求核種とも定量的に進行することに着目し、2官能性モノマー B1 を用いた重縮合反応を報告している(図 3, *Polym. Chem.* 2018, 9, 1610)。さらに、ポリ共役エステル B3 をモノチオールで処理すると共役置換

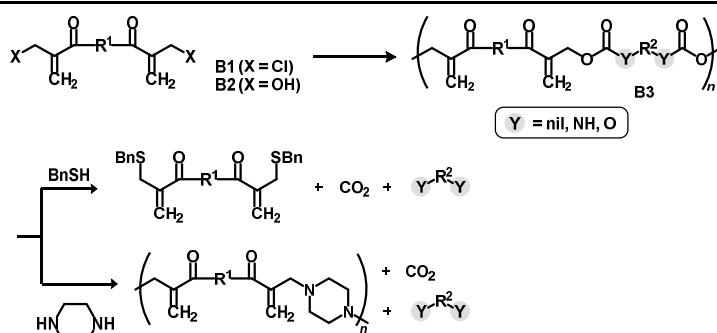


図 3 共役置換反応を利用した主鎖分解ならびに主鎖

反応に基づく主鎖切断が進行する一方、ジアミンで処理すると主鎖骨格がポリアミンに変換することを見出した。主鎖骨格変換反応は高分子の改質や異種接合を実現する接着剤への応用も期待されるが、B1の収率が低く、課題となっていた。本研究ではポリマーの合成戦略を大幅に見直し、ジオールモノマー B2 のアシル化、ウレタン化を用いた新経路を開拓する。

4. 研究成果

[A] 重合による反応点の生成(1): ビニルポリマーのリサイクル

A-1: 脱水アスピリンのカチオン開環重合とケミカルリサイクル

環状ケテンアセタールのカチオン重合には、単純なビニル重合に加えて、ビニル付加で生成し

たカチオンの転位を伴う開環重合の様式がある．環状ケテンアセタールエステルでも同様にビニル重合と開環重合が期待される (図 4)．そこで，イソブチルビニルエーテルの酢酸付加体 (IBVE·OAc) と $\text{BF}_3 \cdot \text{Et}_2\text{O}$ からなる開始剤系に，添加塩基として酢酸エチルを加え，トルエン中で 2 時間という条件で脱水アスピリン A1 のカチオン重合を試みた．重合は $-78\text{--}60\text{ }^\circ\text{C}$ で検討したが，いずれもビニル重合体が生成した．

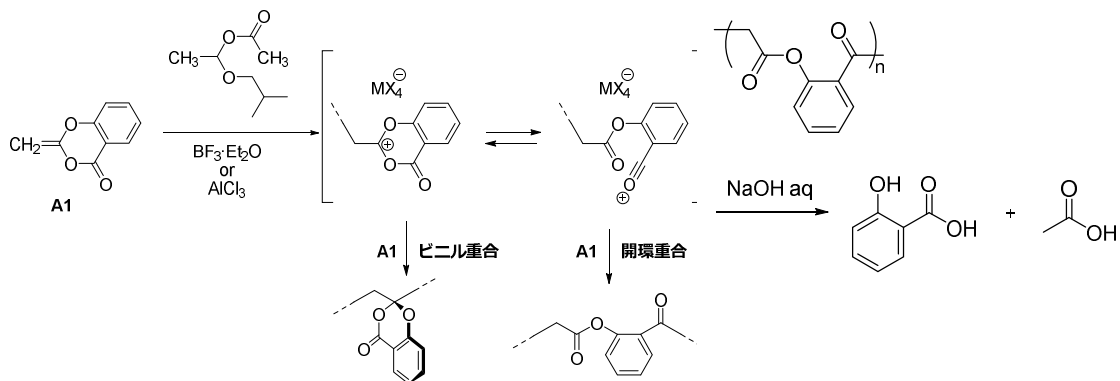


図 4 脱水アスピリンのカチオン重合

図 5 開環重合体の加水分解

Lewis 酸を EtAlCl_2 に変更したところ，開環によって β -ケトエステル骨格が生成した．ここで開環率と重合温度の相関をみると，低温になるに従い開環率は上昇し， $0\text{ }^\circ\text{C}$ 以下では開環率は 100% で一定になった．得られた開環重合体は β -ケトエステル骨格を主鎖に含み，塩基加水分解で酢酸とサリチル酸に分解した (図 5)．

以上をまとめると，A1 はラジカル重合ではビニル重合が選択的に進行する一方，カチオン重合ではビニル重合と開環重合が競争し，条件次第では選択的に開環重合した．各重合で生成する単位構造は，いずれも塩基による加水分解で酢酸とサリチル酸に分解した．これらの分解物はアスピリンの原料であることから，A1 は 2 つの重合様式により，異なる構造の循環型ポリマーを与える多機能モノマーと捉えることができる．本成果は循環型ポリマーや一石二鳥の効果的なモノマー設計を提示しており，資源循環型社会の実現に向けた指針を示している．

A-2: 3-メチレンフタリドのラジカル重合とケミカルリサイクル

A-1 の成果から，ビニルポリマーの分解では，側基を巻き込んだ反応による主鎖切断 (側基連動型主鎖切断) と，それに伴うモノマーの再生が有効と考えられる．この考えに基づき，脱水アスピリンに類似した構造を有する A2 のビニルポリマーの分解を検討した (図 6)．

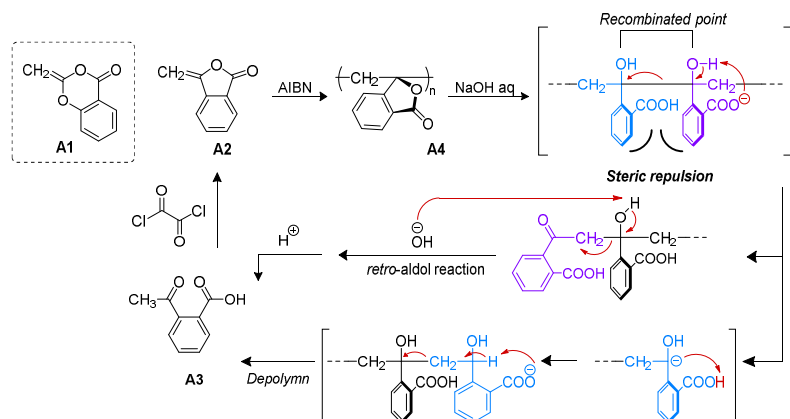
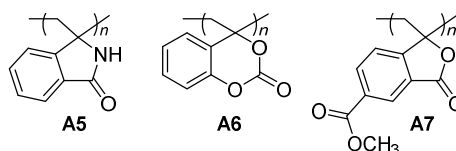


図 6 3-メチレンフタリドのラジカル重合とケミカルリサイクル

AIBN を用いて A2 のラジカル重合を行い，A4 ($M_n = 29000$, $D = 1.77$) を得た．A4 のジメチルスルホキシド溶液に，10 M 水酸化ナトリウム水溶液を繰返し単位当たり 3 モル等量加え， $70\text{ }^\circ\text{C}$ で加熱した．これを中和処理すると，A3 と同定される生成物が得られた (収率 78%)．次に，同様の反応を室温で実施したところ，反応開始 1 時間後に分子量が半減する主鎖切断が確認された．以降の分子量は A4 の分解度 (A3 の生成率) に反比例し減少し，末端からの分解が示唆さ

れた。以上から、A4 はけん化によって立体障害が増大した再結合停止点を起点に主鎖切断し、生成した各断片の末端から解重合および逆アルドール反応により A3 に分解したと考えられる。

側基に5員環アミドをもつ A5 ($M_n = 8200, D = 1.34$)
でも、けん化処理による A3 への転化が認められた
(分解度 71.1%)。一方、側基に6員環カーボネート
をもつ A6 ($M_n = 18500, D = 1.33$) では分解が非常に遅
く、1週間後もオリゴマー成分が多く残存した(分解



度: 33.0%)。以上から、側基環内の連結基がエステル結合、アミド結合、カーボネート結合のいずれのポリマーも塩基によりモノマーにより主鎖切断することがわかった。また、カルボニル置換基を多くもつ A7 ($M_n = 14,200, D = 2.19$) を先述の操作で 25 °C で加水分解したところ、A4 の分解と比べて飛躍的な分解性の向上が観測された。

[B] 重合による反応点の生成(2)：主鎖分解・主鎖骨格変換

アリル位にアシルオキシ基(エステル結合)を配置した骨格 A を持つポリマーは、アミンと付加-脱離機構 (S_N2' 機構) に基づく共役置換反応を起こして主鎖切断する(図7)。この反応は水中や固相でも室温で進行することから、環境分解性高分子の開発に繋がると期待されている。本研究では、カルボン酸でも不可逆的に主鎖切断する高分子骨格の開発を目的に、骨格 A におけるアリル置換基の効果を検討した。

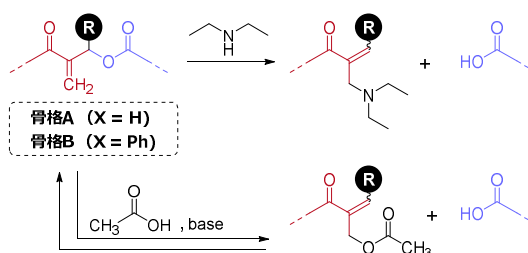


図7. 共役置換反応による高分子主鎖切断。

B-1 ジオールモノマーの合成と重合

B1 とアルデヒドから、高収率で B2 を誘導する方法を開発した(図8)。B2 とジイソシアネート B3a の重付加反応を行い、ポリウレタン B2-3a の合成を行った(図9)。B2 とジカルボン酸クロリド B4a の重合では、塩基による共役置換反応が併発し、重合と同時に主鎖切断する挙動が見られた。そこで、塩基に低求核性の 2,6-ルチジンを用いたとこと、問題なくポリエステル B2-4a が生成した。

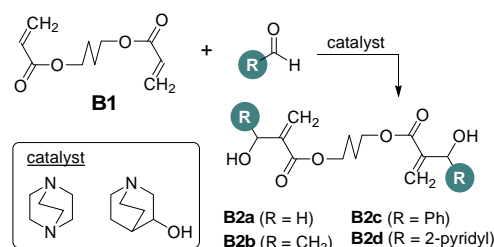


図8. ジオールモノマーの合成と重合

B-2 共役置換反応による不可逆的な主鎖切断反応

B2-3a のメタクリル骨格に対し、等モルの酢酸塩 B5 を反応させたところ、主鎖切断が全メタクリル骨格の 40% で進行した一方で、脱炭

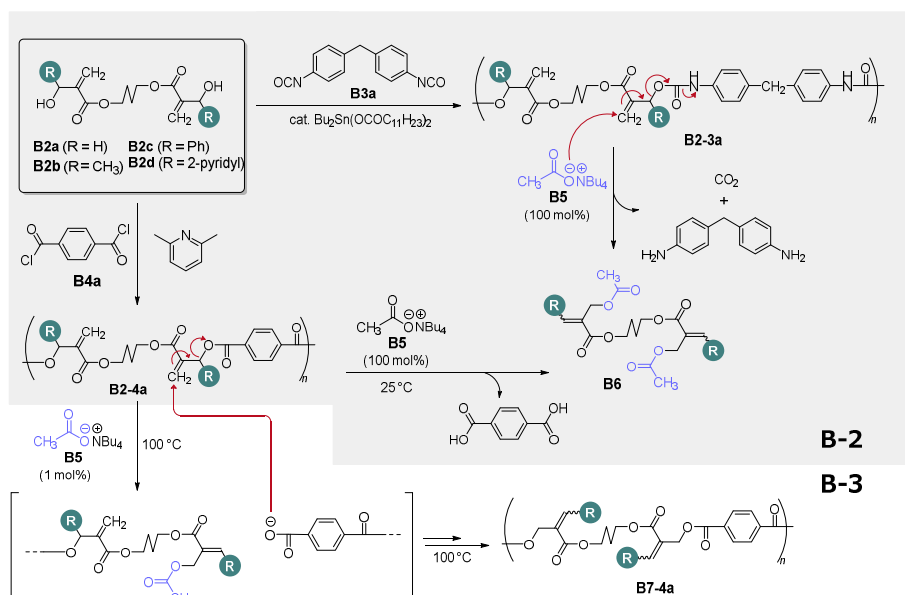


図9. ポリ共役エステル類の合成と主鎖分解, 主鎖変換

酸を経て遊離したアミン末端による共役置換反応(再重合)が残りのメタクリル骨格で生じたことがわかった。一方、アリル位にフェニル基を導入した B2-3c で同様の反応を行うと、再重合は起こらず、主鎖切断が 100% 進行し、分子量が大幅に減少した。すなわち、アリル置換基導入により、共役置換反応による主鎖分解が弱い求核剤とも不可逆的、定量的に進行することが可能となった。同様の現象は、B2-4a でも観測された。

B-3 共役置換を利用したポリエステル連続的異性化反応

近年、微弱な化学刺激で連鎖的に高分子分解を誘発し、材料物性に大きな変化をもたらす自壊性ポリマー (Self Immolative Polymer: SIP) が注目を集めている。本研究では SIP の概念を高分子の分解ではなく、官能基変換に応用することを考えた。すなわち、微弱な化学刺激に対し、連鎖的に官能基変換が生じる高分子反応である。図 9 で B5 をメタクリル骨格に対し 1 mol% とすると、遊離したカルボキシラート末端が未反応のメタクリル骨格を攻撃し、ケイ皮酸型骨格を誘導する連鎖的な共役置換反応が生じて、主鎖が異性化した。例えば 100 °C では 1 時間後に 22%、24 時間後に 76%、72 時間後には 84% が異性化した。このとき、サイズ排除クロマトグラフは徐々に低分子側にシフトし、内部オレフィン化に伴いポリマー鎖が剛直になり、流体力学半径が低下したことが示唆された。

[C] 派生研究：二重結合周辺の官能基位置変換を利用した精密重合と機能高分子設計

以下は当初計画を実施する上で発見された事象を利用した、派生研究である。

C-1: 連続的共役置換反応を利用したドミノ反応型重縮合と生成高分子の構造制御

β -ブromo- α -(ブromoメチル)アクリル酸メチル (C1) とジチオール C2 の共役置換反応による重縮合を検討し、2 つの異なる繰り返し単位 [A] と [B] が生成すること、これらの組成比は反応機構の理解により制御可能であることを見出した (図 10)。単位 [B] の増加はガラス転移点の上昇に繋がったことから、反応機構の理解による構造制御が物性制御に帰結したと結論づけられる。

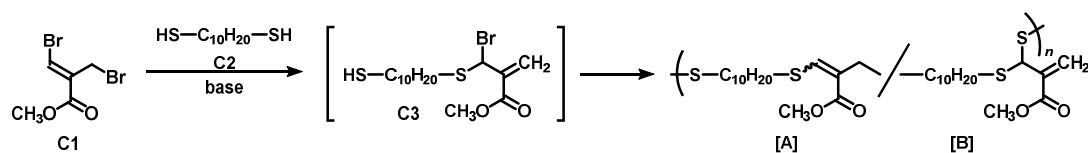


図 10 連続的共役置換反応を利用したドミノ反応型重縮合

C-2: 連続的共役置換反応を利用した、大気雰囲気下で実施可能なリビング開環重合

共役置換反応をラクトン C4 の開環重合の素反応に利用し、失活の懸念が一切なく、開放系で必要な試薬を混ぜるだけで実施できるリビングアニオン開環重合を開発した (図 11)。通常条件では失活せず、仮に酸性条件でも塩基により末端の活性を復活できる性質から、本重合を「不死鳥重合」と命名した。

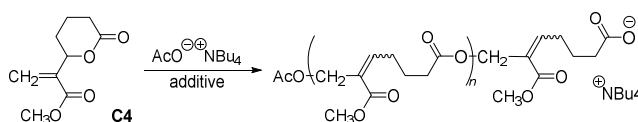


図 11 失活しないリビング重合こそ不死鳥重合

D-1: 選択的共役置換反応を利用したアリル位機能化メタクリルアミドの合成

アリル機能化アクリルアミド D3 を初めて合成した (図 12)。D3 は単独重合しなかったが、種々のアクリルアミド類とは良好な共重合性を示し、生成ポリマーは純水および塩酸中で特徴的な LCST 型の温度応答性を示した。

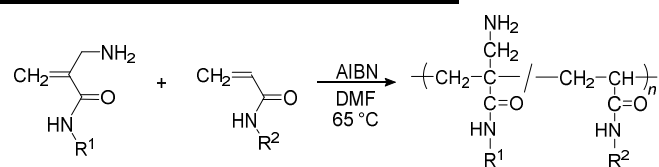


図 12 アリル位機能化メタクリルアミドの重合

[まとめ]

重合に伴う結合生成・変換により現れる官能基シナジーは、高分子分解に効果的に働いた。また、官能基シナジーの出現自体を重合反応の駆動力として利用することもできた。これらは機能団や官能基を予めモノマーに配置しておく従来型の分子設計とは異なる高分子化学の可能性を示すもので、機能材料や資源循環型材料への応用が期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5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 0件）

1. 著者名 Yuji Daito, Reina Kojima, Naoyuki Kusuyama, Yasuhiro Kohsaka, Makoto Ouch	4. 巻 12
2. 論文標題 Magnesium bromide (MgBr ₂) as a catalyst for living cationic polymerization and ring-expansion cationic polymerization	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polymer Chemistry	6. 最初と最後の頁 702-710
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0PY01584A	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 Keito Hagiwara, Yasuhiro Kohsaka	4. 巻 12
2. 論文標題 Divergence of polycondensation by a tandem reaction based on sequential conjugate substitutions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polymer Chemistry	6. 最初と最後の頁 702-710
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0PY00648C	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 Yasuhiro Kohsaka, Mai Yamashita, Yosuke Matsushashi, Shuji Yamashita	4. 巻 120
2. 論文標題 Synthesis of poly(conjugated ester)s by ring-opening polymerization of cyclic hemiacetal ester bearing acryl skeleton	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 European Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 109185 (1-6)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.eurpolymj.2019.08.012	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 Akane Kazama, Yasuhiro Kohsaka	4. 巻 10
2. 論文標題 Radical polymerization of 'dehydroaspirin' with a formation of hemiacetal ester skeleton: A hint for recyclable vinyl polymers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Polymer Chemistry	6. 最初と最後の頁 2764-2768
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9PY00474B	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 高坂泰弘	4. 巻 56
2. 論文標題 主鎖にアクリル骨格を含む不飽和ポリエステル合成と性質	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本接着学会誌	6. 最初と最後の頁 94-98
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23件 (うち招待講演 7件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 風間 茜, 高坂 泰弘
2. 発表標題 脱水アスピリンのカチオン重合: ビニル重合 vs 開環重合
3. 学会等名 第69回 高分子学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 風間 茜, 高坂 泰弘
2. 発表標題 脱水アスピリンのラジカル重合およびカチオン重合
3. 学会等名 第69回高分子討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山下 舞, 松橋 洋介, 山下 修司, 高坂 泰弘
2. 発表標題 アクリル基含有環状ヘミアセタールエステル合成と重合
3. 学会等名 第69回高分子討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Chinbat Nyamdolgor , 高坂泰弘
2. 発表標題 -機能化アクリルアミド合成法の開発と温度/pH応答性ポリマーへの展開
3. 学会等名 2020年度東海高分子研究会学生発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田中杏里, 萩原敬人, 高坂泰弘
2. 発表標題 共役置換反応による室温での分解が可能な不飽和ポリウレタンの開発
3. 学会等名 2020年度東海高分子研究会学生発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高坂泰弘
2. 発表標題 アクリル骨格含有不飽和ポリエステル：硬化と分解が同一骨格で可能な高分子の合成
3. 学会等名 日本接着学会次世代接着材料研究会Part 第3回例会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高坂泰弘
2. 発表標題 アクリル骨格含有不飽和ポリエステル：主鎖の構築と連結・切断・変換
3. 学会等名 高分子学会 精密ネットワークポリマー研究会 第14回若手シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 北河 大葵, 大矢 高史, 高坂 泰弘
2. 発表標題 カルボン酸と - (ハロメチル) アクリル酸エステルの共役置換反応を用いた架橋ポリマーの合成と解架橋
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山下舞, 高坂泰弘, 松橋洋介
2. 発表標題 ビニル基含有環状ヘミアセタールエステルとラクトン類の開環共重合によるポリ共役エステルの合成
3. 学会等名 第68回高分子学会年次大会, 大阪, 大阪府立国際会議場, 2019年5月29日
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大矢高史, 宮崎匠, 高坂泰弘
2. 発表標題 - (置換メチル) アクリル骨格の共役置換反応を利用した高分子主鎖変換
3. 学会等名 第68回高分子学会年次大会, 大阪, 大阪府立国際会議場, 2019年5月30日
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大矢高史, 宮崎匠, 高坂泰弘
2. 発表標題 -(置換メチル)アクリル骨格を持つポリ共役エステルの合成と主鎖交換反応
3. 学会等名 2019年繊維学会年次大会, 東京, タワーホール船堀, 2019年6月6日
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山下舞, 高坂泰弘, 松橋洋介
2. 発表標題 アクリル基含有環状ヘミアセタールエステルと種々のラクトン類との共重合によるポリ共役エステルの合成
3. 学会等名 2019年繊維学会年次大会, 東京, タワーホール船堀, 2019年6月6日
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大矢高史, 宮崎匠, 高坂泰弘
2. 発表標題 共役置換反応を利用したポリ共役エステルの合成と主鎖変換反応
3. 学会等名 第169回東海高分子研究会講演会夏期合宿, 三重, 湯の山温泉 湯元 グリーンホテル, 2019年8月30日
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yasuhiro Kohsaka
2. 発表標題 Conjugate Substitution: Convenient and Versatile Reaction for Polymer Synthesis, Degradation, Functionalization and Conversion
3. 学会等名 IUPAC 13th International Symposium on Ionic Polymerization, Beijing Conference Center, Beijing, CHINA, September 8th-13th, 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yasuhiro Kohsaka
2. 発表標題 Polymer Synthesis, Degradation, Functionalization and Transformation by Conjugate Substitution Reaction
3. 学会等名 S-Membrane International Conference 2019 (SMIC2019), Kiryu, Japan, Sep. 6th, 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yasuhiro Kohsaka
2. 発表標題 Chemoselective Degradable Polymer by Monomer Designing
3. 学会等名 International Symposium on Polymer Synthesis and Materials (PolySM), Ueda, September 4th, 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 風間茜, 高坂泰弘
2. 発表標題 脱水アスピリンの重合および生成ポリマーの構造と性質
3. 学会等名 第68回高分子討論会, 福井大学, 福井, 2019年9月27日
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山下舞, 松橋洋介, 山下修司, 高坂泰弘
2. 発表標題 アクリル基含有環状ヘミアセタールエステルの開環重合: 選択的化学分解が可能な生分解性ポリエステルの合成
3. 学会等名 2019年繊維学会秋季研究発表会, 上田, 2019年11月9日
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yasuhiro Kohsaka
2. 発表標題 Conjugate substitution: Robust Chemistry for Polymer Synthesis, Degradation and Main Chain Exchanges
3. 学会等名 The Polymer Society of Korea, 2019 Annual Spring Meeting", Korea-Japan Joint Symposium: Fundamental Polymer Science for Future Technology, Busan, Korea, April 12th, 2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高坂泰弘
2. 発表標題 新重合・新材料を実現する -機能化アクリル酸エステル設計
3. 学会等名 高分子学会 接着と塗装研究会 / 日本接着学会「2019年度接着と塗装研究会講座」, 東京, 東京理科大学神楽坂キャンパス, 2019年11月15日, (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 風間茜, 高坂泰弘
2. 発表標題 化学分解・ケミカルリサイクルが可能なビニルポリマーへの挑戦: 脱水アスピリンのラジカル重合
3. 学会等名 ポリマー材料フォーラム, 名古屋, 2019年11月22日
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高坂泰弘
2. 発表標題 モノマー設計が拓く新しい高分子合成化学: 共役置換反応による高分子の合成・分解・変換
3. 学会等名 機能高分子材料研究会, 2019年7月17日, 上田 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 風間茜, 高坂泰弘
2. 発表標題 脱水アスピリンの重合による循環可能なビニルポリマーの開発
3. 学会等名 第50回 中部化学関係学協会支部連合秋季大会, 信州大学, 松本, 2019年11月9日
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計6件

産業財産権の名称 架橋高分子化合物およびその製造方法並びに高分子化合物の生成方法	発明者 大矢高史, 北河大葵, 高坂泰弘	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-033673	出願年 2021年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 -(置換メチル)アクリルアミド類及びその製造方法	発明者 チンバト ニヤムドルゴル, 高坂泰弘	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-073805	出願年 2021年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 -(ヒドロキシメチル)アクリル化合物およびその製造方法、ならびに その重合体	発明者 田中杏里, 高坂泰弘	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-073806	出願年 2021年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 高分子化合物の分解方法	発明者 田中杏里, 萩原敬人, 高坂泰弘	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-073804	出願年 2021年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 -(ヒドロキシメチル)アクリル化合物およびその製造方法、ならびにその重合体	発明者 高坂泰弘, 田中杏里	権利者 国立大学法人 信州大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-078802	出願年 2020年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 -(置換メチル)アクリルアミド類及びその製造方法	発明者 高坂泰弘, チンバト ニヤムドルゴル	権利者 国立大学法人 信州大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-078803	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

<p>学・材料学科 高坂 泰弘 准教授ら、アスピリンからピニールを合成する手法を開発 http://www.shinshu-u.ac.jp/faculty/textiles/news/2019/05/130734.html 化学・材料学科 高坂 泰弘 准教授ら、生分解性プラスチックの効率的製造法を開発 http://www.shinshu-u.ac.jp/faculty/textiles/news/2019/08/134880.html</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
---------------------------	-----------------------	----

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