

令和 2 年 4 月 21 日現在

機関番号：17701
研究種目：基盤研究(C)（一般）
研究期間：2017～2019
課題番号：17K06001
研究課題名（和文）酵素合成されたらせん状アミロースアナログ多糖からの階層構造超分子材料の構築

研究課題名（英文）Fabrication of Hierarchically Structured Supramolecular Materials from Enzymatically Synthesized Helical Amylose Analog Polysaccharides

研究代表者
門川 淳一（Kadokawa, Jun-ichi）
鹿児島大学・理工学域工学系・教授

研究者番号：30241722
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、これまで研究代表者らが見出してきたグルコース1-リン酸やそのアナログモノマーを用いるホスホリラーゼ酵素触媒重合により得られる種々のアミロースアナログ多糖の高次らせん形成を検証し、さらにつる巻き重合の手法を適用して包接錯体創製、階層構造超分子材料構築への発展を目指した。その結果、酵素触媒重合のプライマーやゲスト高分子をデザインされた構造へと発展させた系でのつる巻き重合を行い、アミロースからの包接錯体形成を基盤とする階層構造超分子材料が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果により、多糖超分子という研究分野での大きな進展に貢献することができた。また、本研究を推進することで多糖超分子をキーワードとする階層構造形成のさらなる発展が可能となった。更に様々な研究分野に生成超分子を供給することが可能となり、新たな性質や機能と多糖構造との関わり合いが明らかになると考えられる。このことから、生体分子化学や生物化学との連携により実用的生体材料への発展が期待される。

研究成果の概要（英文）：This study investigated the evaluation of higher-order helical structures of various amylose analog polysaccharides, which were synthesized by phosphorylase-catalyzed enzymatic polymerization of glucose 1-phosphate and its analog monomers. Furthermore, the enzymatic polymerization approach was applied to vine-twining method to construct supramolecular inclusion complexes and hierarchically controlled materials. Consequently, the vine-twining approach in the designed systems using special primer and guest polymer structures was achieved to obtain hierarchically controlled supramolecular materials based on amylosic inclusion complexes.

研究分野：高分子化学

キーワード：多糖 アミロース 超分子 階層構造 酵素触媒重合

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

生体高分子は、生体内で厳密に制御された高次ナノ集合体構造を有することで高度な機能を発現し、生命活動において重要な役割を担っている。生体高分子集合体は、その合成過程で高分子鎖の伸長に伴って動的に構築され階層的に高次な構造へと発展している。このような観点から、新しい機能性高分子材料の開発のために人工的な高分子高次集合体構造の秩序制御は重要な研究領域であり、超分子化学として発展してきた。生体高分子のなかでも多糖は構成糖ユニット構造の複雑さやグリコシド結合(糖と糖を結び付ける結合)の位置および立体配置により多様な高次・集合体構造を形成し、生体内で固有の役割を担っている。らせん構造は多糖の代表的な高次構造であり、多重らせん形成能など生体内での本来の役割とは異なる機能の発現による材料素材としても利用されている。

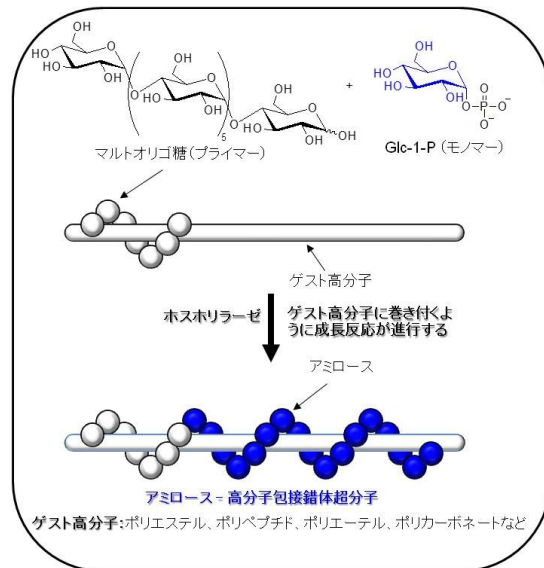


図1. つる巻き重合の概念

既に、研究代表者らは、らせん状多糖であるアミロース(グルコースが $\alpha(1\rightarrow4)$ -グリコシド結合でつながったデンプン中の多糖)を酵素触媒重合で生成する過程で、生成アミロースが合成高分子をらせん内部に自発的に取り込み、生体内と同様な動的な過程でアミロース-高分子集合体(包接錯体)を生成する手法を見出している(つる巻き重合、図1)。

一方、研究代表者らはホスホリラーゼ酵素触媒重合において本来のモノマーであるグルコース 1-リン酸(Glc-1-P)の代わりに他の糖 1-リン酸(アナログモノマー)を用いても対応する糖残基から構成される非天然型多糖が得られることを見出している。

2. 研究の目的

本研究では、これまで研究代表者らが見出してきた Glc-1-P やそのアナログモノマーを用いるホスホリラーゼ酵素触媒重合により得られる種々のアミロースアナログ多糖の高次らせん形成能を検証し、さらにつる巻き重合の手法を適用して包接錯体創製、階層構造超分子材料構築への発展を目指した。例えば、酵素触媒重合のプライマーやゲスト高分子をデザインされた構造へと発展させた系でのつる巻き重合を行い、アミロースからの包接錯体形成を基盤とする階層構造超分子材料創製を検討した。

3. 研究の方法

(1)耐熱性ホスホリラーゼによる 2-デオキシ- α -D-グルコース 1-リン酸(2dGlc-1-P)の酵素触媒重合を、リン酸二水素カリウム含有 Tris-酢酸緩衝液中にプライマーのマルトトリオースに対して 30 当量の D-グルカールを溶解させ、酵素存在下、40°Cで行い、2-デオキシアミロースの合成を行った。単離した生成物の ^1H NMR 測定により構造を確認した。また、生成物の粉末 X 線回折(XRD)測定から結晶構造を解析した。これらの回折ピークを結晶構造に帰属するために、結晶化学動の分子動力学(MD)シミュレーションを実施した。さらに、1.0 M のアンモニア水溶液 1 mL に 2-デオキシアミロースを 1.0 mg 加え、超音波処理を行い一晩静置後に得られた溶液をスピコンコートし、SEM および TEM 観察から自己組織化学動を検討した。

(2) つる巻き重合の代表的な疎水性ゲスト高分子であるポリテトラヒドロフラン(PTHF)の両末端に親水性のポリ(2-メチル-2-オキサゾリン)(PMeOZO)を有する両親媒性トリブロック共重合体(PMeOZO-*block*-PTHF-*block*-PMeOZO)をゲスト高分子として用いたつる巻き重合を行った。つる巻き重合は、酢酸緩衝液にゲスト高分子、Glc-1-P、マルトヘプタオース(Glc₇、プライマー)、およびホスホリラーゼを加えて 40°C で 24 時間激しく攪拌することにより行った。反応終了後、沈殿物を水とメタノールで洗浄し乾燥することで生成物を得た。XRD および ^1H NMR 測定結果から、アミロースが包接錯体を形成していることを確認した。

(3) ゲストポリマーとしてポリ L-乳酸(PLLA)存在下または非存在下で Glc₇-グラフト化ポリ(γ -グルタミン酸)(PGA)を用いたホスホリラーゼ酵素触媒重合を行った。酵素触媒重合は、酢酸緩衝液に Glc₇-グラフト化 PGA (Glc₇ 導入率: 70.2%)、Glc-1-P、PLLA を加え、ホスホリラーゼ存在下で 80°C、6 時間行った(プライマー: Glc-1-P: PLLA = 1: 400: 0, 1, 3, 5 or 10)。反応終了後、室温で 24 時間静置して得られた沈殿が生成したため遠心分離し、水とアセトンで洗浄し、凍結乾燥を行うことにより生成物を得た。XRD 測定結果から、アミロースの結晶構造を解析し、SEM 測定からナノ構造を評価した。

4. 研究成果

(1) 耐熱性ホスホリラーゼによる 2dGlc-1-P の酵素触媒重合 (図 2) により得られた生成物の ¹H NMR 測定結果から、2-デオキシアミロースが得られたことを確認した。生成物の XRD 測定から、アミロースとは異なる回折パターンが観測されたことから、2-デオキシアミロースは固有の結晶構造を持つ

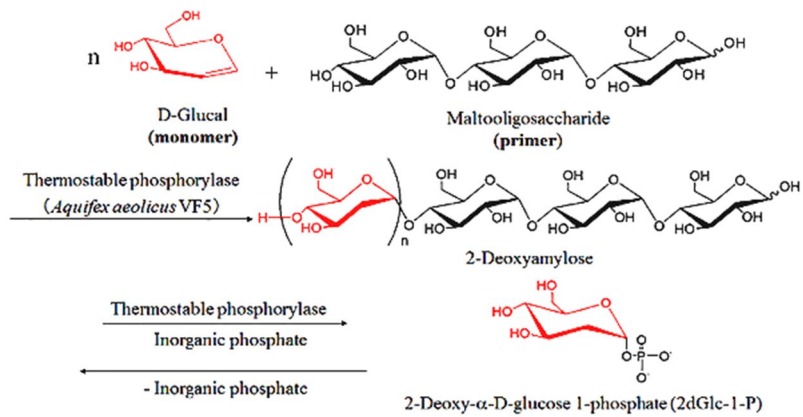


図 2. 系中での 2dGlc-1-P 生成による耐熱性ホスホリラーゼ酵素触媒重合

ていることが示唆され、明確な回折ピークからアミロースよりも結晶性が高いことも分かった。MD シミュレーションの結果、平行鎖二重らせん構造のアミロースに対して、2-デオキシアミロースは逆平行鎖二重らせん構造を形成し、より明確にヘキサゴナル配列を構築した。これは、2位ヒドロキシ基の欠損により疎水性が増加することで、各単糖残基どうしがスタッキングし、対称性の高い周期構造を形成したためと考察した。得られた二重らせん構造とヘキサゴナル配列に由来する面間隔は対応する XRD 回折ピークに完全に帰属することができた。次に、アンモニア水溶液のスピンコートによる 2-デオキシアミロースの自己組織化挙動を検討した。SEM 観察ではディスク状の形態が観察され、TEM 観察では外側のシェルと内側の薄いコアで形成された形態が観察され、特有の規則的な自己組織化挙動を示すことが分かった。

(2) PMeOZO-*block*-PTHF-*block*-PMeOZO をゲスト高分子として用いたつる巻き重合の生成物の XRD および ¹H NMR 測定結果から、アミロースが包接錯体を形成していることが示唆された。また、¹H NMR スペクトルのアミロースのアノマー位のピークと PTHF ブロックのメチレンピークの積分比から、アミロースはゲスト高分子の PTHF ブロックを部分的に包接していることが示唆された。

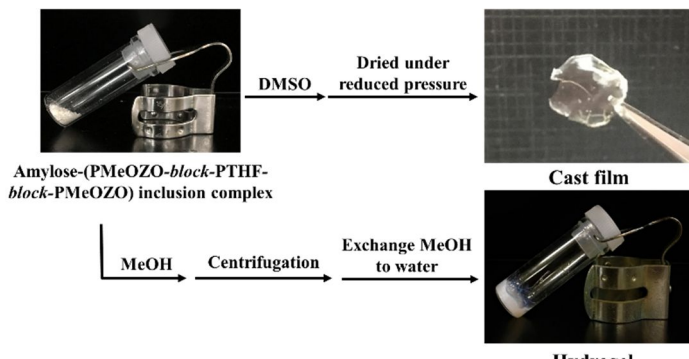


図 3. PMeOZO-*block*-PTHF-*block*-PMeOZO をゲスト高分子として用いたつる巻き重合生成物からのソフトマテリアル形成

た。つぎに、生成物を DMSO に溶解しキャストして乾燥させたところ透明性のあるフィルムが得られた (図 3)。一方、生成物をメタノールに膨潤させ、水との分散媒交換を行うことでヒドロゲルが得られた (図 3)。それぞれの XRD 測定結果から錯体形成が維持されたままフィルムやヒドロゲル形態を示したことが分かった。親水性ブロックが包接錯体間での結晶性を緩和し、さらに包接錯体間に親水性スペースができ水を保持することが可能になったためソフトマテリアル形成が可能になったと考えられる。

(3) Glc₇-グラフト化 PGA を用いた酵素触媒重合において、ゲストポリマーが存在しない場合、生成物の XRD 測定からアミロース二重らせん由来の回折パターンが観測された。また、SEM 測定より粒子形態が観察された。すなわち 80°C で生成したシングルアミロースが室温では自発的にグラフトポリマー間で二重らせんを形成し、安定な粒子形態を形成したと考えられる。一方、ゲストポリマーが存在する場合でも、生成物の XRD 測定から上記と同様な回折パターンが観測され、二重らせんを形成していることが分かった。また、SEM 測定より粒子形態が観察され、PLLA の仕込み比に応じて、粒径が増大した。つぎに PLLA 存在下、シングルアミロースが室温で超分子ネットワークを構築する初期段階の挙動を検討した。80°C での反応後、室温で 1 時間静置して得られた凍結乾燥生成物の XRD 測定からアミロース - PLLA 包接錯体由来の回折パターンが観測された。すなわち、ゲストポリマーが存在することにより、一部のシングルアミロースがまずアミロース - PLLA 包接錯体を形成することで粒子の核を形成し、その後、残りのアミロースがその核を覆うようにして生長し、二重らせんを形成しながらより大きな粒子形態を構築したと考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Jun-ichi Kadokawa, Keisuke Yano, Saya Orio, Kazuya Yamamoto	4. 巻 4
2. 論文標題 Formation of Supramolecular Soft Materials from Amylosic Inclusion Complexes with Designed Guest Polymers Obtained by Vine-Twining Polymerization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 6331-6338
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） doi.org/10.1021/acsomega.9b00238	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 Jun-ichi Kadokawa, Kazuya Tanaka, Kazuya Yamamoto	4. 巻 166
2. 論文標題 Enzymatic Preparation of Supramolecular Networks Composed of Amylosic Inclusion Complexes with Grafted Guest Polymers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Electrochem. Soc.	6. 最初と最後の頁 B3171-B3175
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Jun-ichi Kadokawa, Saya Orio, Kazuya Yamamoto	4. 巻 9
2. 論文標題 Formation of microparticles from amylose-grafted poly(gamma-glutamic acid) networks obtained by thermostable phosphorylase-catalyzed enzymatic polymerization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 16176-16182
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） doi.org/10.1039/C9RA02999K	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 Jun-ichi Kadokawa, Takuya Shoji, Kazuya Yamamoto	4. 巻 140
2. 論文標題 Preparation of supramolecular network materials by means of amylose helical assemblies	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Polymer	6. 最初と最後の頁 73-79
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 1016/j.polymer.2018.02.023	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 Toshifumi Yui, Takuya Uto, Takuya Nakauchida, Kazuya Yamamoto, Jun-ichi Kadokawa	4. 巻 189
2. 論文標題 Double helix formation from non-natural amylose analog polysaccharides	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Carbohydr. Polym.	6. 最初と最後の頁 184-189
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbpol.2018.02.026	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 Saya Orio, Takuya Shoji, Kazuya Yamamoto, Jun-ichi Kadokawa	4. 巻 10
2. 論文標題 Difference in macroscopic morphologies of amylosic supramolecular networks depending on guest polymers in vine-twining polymerization	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Polymers	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/polym10111277	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 Takuya Shoji, Kazuya Yamamoto, Jun-ichi Kadokawa	4. 巻 9
2. 論文標題 Preparation of Amylose-Carboxymethyl Cellulose Conjugated Supramolecular Networks by Phosphorylase-catalyzed Enzymatic Polymerization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Catalysts	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/catal9030211	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 Jun-ichi Kadokawa, Shintaro Nomura, Tsuyoshi Kyutoku	4. 巻 74
2. 論文標題 Preparation and characterizations of all-biodegradable supramolecular hydrogels through formation of inclusion complexes of amylose	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Polymer Bulletin	6. 最初と最後の頁 4499 ~ 4513
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1007/s00289-017-1972-8	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 Saya Orio, Kazuya Yamamoto, Jun-ichi Kadokawa	4. 巻 9
2. 論文標題 Preparation and Material Application of Amylose-Polymer Inclusion Complexes by Enzymatic Polymerization Approach	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Polymers	6. 最初と最後の頁 729 ~ 729
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.3390/polym9120729	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 Takuya Nakauchida, Kazuya Yamamoto, Jun-ichi Kadokawa	4. 巻 135
2. 論文標題 Hierarchically controlled assemblies from amylose analog aminopolysaccharides by reductive amination: From nano- to macrostructures	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Applied Polymer Science	6. 最初と最後の頁 45890
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.1002/APP.45890	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37件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 13件)

1. 発表者名 門川 淳一・折尾 彩・山元 和哉
2. 発表標題 酵素触媒重合場でのバイオベース超分子ネットワークのマクロ構造制御
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 門川 淳一・矢野 敬将・山元 和哉
2. 発表標題 ブロック共重合体を用いたつる巻き重合によるアミロース超分子材料の創製
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 中村翔汰・山元和哉・門川淳一
2. 発表標題 D-グルカールをモノマーとするホスホリラーゼ酵素触媒重合
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 中村翔汰・山元和哉・門川淳一
2. 発表標題 酵素触媒重合による2-デオキシアミロース誘導体の合成
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shota Nakamura, Kazuya Yamamoto, Jun-ichi Kadokawa
2. 発表標題 Synthesis of 2-deoxyamyloses by phosphorylase-catalyzed enzymatic polymerization
3. 学会等名 ACS Fall 2019 National Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村翔汰・山元和哉・門川淳一
2. 発表標題 2-デオキシアミロース誘導体のホスホリラーゼ酵素合成
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 折尾 彩・荘司 卓哉・山元 和哉・門川 淳一
2. 発表標題 つる巻き重合によるアミロース包接型ネットワーク材料の合成
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 矢野 敬将・山元 和哉・門川 淳一
2. 発表標題 ポリ(THF-block-2-オキサゾリン)を用いたつる巻き重合によるアミロース超分子の合成
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 折尾 彩・山元 和哉・門川 淳一
2. 発表標題 アミロース超分子ネットワーク材料の酵素合成
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 宇都 卓也・湯井 敏文・山元 和哉・門川 淳一
2. 発表標題 カチオン性とアニオン性のアミロースアナログ多糖からの錯体形成
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 宇都 卓也・湯井 敏文・山元 和哉・門川 淳一
2. 発表標題 カチオン性およびアニオン性のアミロースアナログ多糖からの錯体形成
3. 学会等名 平成30 年度繊維学会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村翔汰・山元和哉・門川淳一
2. 発表標題 非天然型複合多糖の酵素合成
3. 学会等名 第55回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Saya Orio, Kazuya Yamamoto, Jun-ichi Kadokawa
2. 発表標題 Enzymatic synthesis of supramolecular network materials by means of amylose helical assemblies
3. 学会等名 MACRO 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keisuke Yano, Kazuya Yamamoto, Jun-ichi Kadokawa
2. 発表標題 Preparation of Amylose-poly(tetrahydrofuran-block-2-oxazoline) Inclusion Complexes by Vine-twining Polymerization
3. 学会等名 MACRO 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jun-ichi Kadokawa
2. 発表標題 Enzymatic Preparation of Supramolecular Hydrogels by Means of Amylosic Helical Assemblies
3. 学会等名 First International Conference on 4D Materials and Systems (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Saya Orio, Kazuya Yamamoto, Jun-ichi Kadokawa
2. 発表標題 Gelation Behaviors of Amylosic Host-guest Supramolecular Networks Depending on Guest Polymers
3. 学会等名 First International Conference on 4D Materials and Systems (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村翔汰・山元和哉・門川淳一
2. 発表標題 ホスホリラーゼ酵素触媒共重合によるアミロースアナログ多糖の合成
3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jun-ichi Kadokawa
2. 発表標題 Enzymatic Synthesis of Polysaccharide-based Supramolecular Materials
3. 学会等名 ICEAN 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keisuke Yano, Kazuya Yamamoto, Jun-ichi Kadokawa
2. 発表標題 Preparation of Amylosic Inclusion Supramolecular Soft Materials
3. 学会等名 ICEAN 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村翔汰・山元和哉・門川淳一
2. 発表標題 ホスホリラーゼ酵素触媒重合による新規高次構造を有する α -グルカンの合成
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 Jun-ichi Kadokawa
2. 発表標題 Synthesis of well-defined unnatural polysaccharides by phosphorylase-catalyzed enzymatic polymerization
3. 学会等名 253rd ACS National Meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中内田拓也・山元和哉・門川淳一
2. 発表標題 アミロースアナログアミノ多糖からの自己集合化材料の創製
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 荘司卓哉・山元和哉・門川淳一
2. 発表標題 つる巻き重合によるアミロース超分子ネットワーク材料の創製
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 アミロースアナログアミノ多糖からの異なるスケールでの集合化材料創製
2. 発表標題 中内田拓也・山元和哉・門川淳一
3. 学会等名 第54回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 門川淳一・山元和哉・田中知成
2. 発表標題 ホスホリラーゼ酵素触媒重合の特性を利用した機能化アミロースの合成
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 荘司卓哉・山元和哉・門川淳一
2. 発表標題 酵素合成アミロースからの高次構造形成を利用したネットワーク材料の創製
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 中内田拓也・山元和哉・門川淳一
2. 発表標題 ホスホリラーゼ酵素触媒重合によるアミロースアナログ多糖の合成
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 矢野敬将・折尾 彩・山元和哉・門川淳一
2. 発表標題 つる巻き重合を利用したアミロース-ポリ(THF-b-オキサゾリン)包接錯体材料の創製
3. 学会等名 第7回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 荘司卓哉・山元和哉・門川淳一
2. 発表標題 つる巻き重合によるアミロース包接型超分子ネットワーク材料の創製
3. 学会等名 第7回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 矢野敬将, 折尾 彩, 山元和哉, 門川淳一
2. 発表標題 ポリ(THF-b-オキサゾリン)をゲストポリマーに用いるつる巻き重合
3. 学会等名 平成29年度 繊維学会秋季研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takuya Nakauchida, Kazuya Yamamoto, Jun-ichi Kadokawa
2. 発表標題 Amylose Analog Aminopolysaccharide: A New Polysaccharide Material
3. 学会等名 IC3TC Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Jun-ichi Kadokawa
2. 発表標題 Precision Enzymatic Synthesis of Well-defined Polysaccharides
3. 学会等名 IC3TC Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Keisuke Yano, Saya Orio, Kazuya Yamamoto, and Jun-ichi Kadokawa
2. 発表標題 Preparation of Amylose-Poly(THF-b-oxazoline) Inclusion Complex by Vine-Twining Polymerization
3. 学会等名 九州・西部・釜山・慶南高分子 (第18回) 繊維(第16回) 合同シンポジウム (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Saya Orio, Takuya Shoji, Kazuya Yamamoto, Jun-ichi Kadokawa
2. 発表標題 Enzymatic Preparation of Supramolecular Network Materials Composed of Helical Structures of Amylose
3. 学会等名 九州・西部・釜山・慶南高分子 (第18回) 繊維(第16回) 合同シンポジウム (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Jun-ichi Kadokawa
2. 発表標題 Precision Synthesis of Functional Polysaccharides by Enzymatic Polymerization
3. 学会等名 EuroSciCon Conference on Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 矢野敬将, 山元和哉, 門川淳一
2. 発表標題 つる巻き重合によるアミロース ポリ(THF-b-オキサゾリン) 包接錯体の創製と材料展開
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 宇都卓也・湯井敏文・山元和哉・門川淳一
2. 発表標題 カチオン性とアニオン性のアミロースアナログアミノ多糖からの錯体形成
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018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	山元 和哉 (Yamamoto Kazuya) (40347084)	鹿児島大学・理工学域工学系・准教授 (17701)	