

令和 6 年 6 月 5 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01996

研究課題名（和文）汎用性高分子材料に対する結晶性セロオリゴ糖集合体の複合化と機能発現

研究課題名（英文）Functional Crystalline Assemblies of Cello-Oligosaccharides on Versatile Polymeric Materials

研究代表者

芹澤 武（Serizawa, Takeshi）

東京工業大学・物質理工学院・教授

研究者番号：30284904

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：水中で自発的に進行する分子の自己集合は、低エネルギーかつ環境低付加な材料創成手法として有用である。本研究では、酵素反応で容易に合成可能なセルロースのオリゴマー（セロオリゴ糖）あるいはその片末端に機能基をもつ誘導体からなる結晶性集合体に着目し、濾紙や不織布などの様々な汎用性高分子材料に対して自己集合過程をもとにそれら集合体を複合化した後、得られた複合化材料の構造、物性、機能の評価と制御を通じて、本集合体の機能性複合化素材としての潜在的な利用価値を開拓した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

濾紙や不織布などの汎用性材料を構成する繊維の表面に、安定性、力学物性、生体適合性などに優れるナノサイズの結晶性集合体を非共有結合で複合化し、それら材料の実質的な表面積を増大させながら高度な機能を簡便かつ安定に付与する点に本研究の学術的意義がある。また、それを実現するための複合化素材として、分子レベルでの構造解析や溶液プロセスの構築が可能な短いセルロース（セロオリゴ糖）を用いる点や、化学的に純粋なセロオリゴ糖に加え、通常は合成がさらに困難な機能基をもつ誘導体を容易に酵素合成して用いる点に本研究のさらなる学術的意義がある。一連の研究を通じて、持続可能な汎用性材料を創出する社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：Molecular self-assembly that proceeds spontaneously in water is useful as a low-energy and environmentally friendly material creation method. In this study, we focused on crystalline aggregates consisting of cellulose oligomers (cello-oligosaccharides) or their derivatives with a functional group at the reducing end, which can be easily synthesized by in vitro enzymatic reaction, and composited them with various versatile polymer materials such as filter paper and nonwoven fabrics based on the self-assembly process. We then evaluated and controlled the structure, physical properties, and functions of the resulting composite materials, and developed the potential application value as functional composite materials.

研究分野：生体関連高分子材料

キーワード：セルロース 酵素合成 自己集合 汎用性高分子材料 結晶性集合体

1. 研究開始当初の背景

常温・常圧の温和な条件下、水中で自発的に進行する分子の自己集合は、特別な装置を必要とせず、低エネルギーかつ環境低付加な材料創成手法として有用である。これまでに、生体中で観察される分子集合体の魅力的な構造や高度な機能に触発されて、様々な生体分子やそれらの誘導体の自己集合が研究されてきた。しかしながら、セルロースやキチンなど、安定性や力学物性に優れる結晶性多糖の自己集合はほとんど研究されてこなかった。その理由として、糖鎖の有機・高分子合成が煩雑であるために研究対象になりにくかったこと、結晶性多糖の溶解性がきわめて低いために実験系の構築や分子レベルでの解析が困難であったことなどが挙げられる。よって、結晶性多糖の特徴を活かした機能性集合体を創成するためには、他の斬新なアプローチが必要である。

セルロースを高純度で容易に化学合成し、天然にはない形態や機能をもつ結晶性集合体を一段階で簡便に構築する有用な手法として、試験管内におけるセルロースの酵素合成系がある。応募者らは本研究の開始以前に、常温・常圧の中性緩衝液中で、水溶性セルロース（セロデキストリン）の加リン酸分解酵素であるセロデキストリンホスホリラーゼ（CDP）の逆反応を利用することにより、天然にはない形態や機能をもつ様々な人工セルロース集合体を構築できることを見出していた。例えば、CDPを触媒として、プライマー（重合反応の起点）であるグルコースから、モノマーである α -グルコースーリン酸（ α GIP）を脱リン酸反応とともに重合すると、反応液中でナノシート状に自己集合した重合度10程度のセロオリゴ糖が得られた。この集合体は、分子鎖が逆平行にパッキングした結晶形（セルロースII）をもち、両末端がシート表面に規則的に露出した魅力的な構造を有する。さらに、グルコース誘導体をプライマーとすることで、片末端に様々な機能基をもつセロオリゴ糖の合成とそれらの集合体の構築にも成功していた。

セルロースの酵素合成系は、重合によるセルロース鎖の生成と集合体形成を反応液中で一度に達成する点で優れているが、反応系は酵素が活性を維持する条件に限られるため、多様かつ望みの条件で自己集合させ、集合化に関する学術的な知見を系統的に獲得することや、集合構造を自在に制御することには限界がある。これを解決するために応募者らは、セロオリゴ糖がアルカリ水に常温・常圧で溶解することに着目し、あらかじめ酵素合成したセロオリゴ糖をアルカリ水溶液とした後、それらを酸で中和しpH調整する手法により自己集合を誘起（中和誘起自己集合）することに成功していた。

上記の自己集合化系の応用展開として応募者らは、濾紙内の空隙を集合体で充填し、安価でポータブルな濾紙を簡便に機能化することを発案した。そこで、セロオリゴ糖を濾紙内で中和誘起自己集合させた結果、予想外の興味深い予備知見を得ていた。つまり、当初、想定していた、濾紙の空隙への集合体の充填はまったく観察されず、その代わりに濾紙の繊維表面においてヘアリー状の集合体が高密度で生成（複合化）している様子が観察された。この際、濾紙の見た目や手触りに変化はなかった。また、非共有結合による複合化であるにもかかわらず、濾紙を洗浄してもほとんど剥離せずに安定であった。おそらくこの場合、空隙（バルク水溶液中）での均一核生成ではなく、濾紙の繊維表面における不均一核生成が支配的に起こることで繊維表面から集合体が成長したものと考えられた。

このように、従来技術で機能化する場合には煩雑な手技やプロセスを必要とする汎用性高分子材料に対して、セロオリゴ糖からなる結晶性集合体を自己集合化過程により複合化できるといった魅力的な予備知見を見出していた。

2. 研究の目的

本研究では、容易に酵素合成可能なセロオリゴ糖あるいはその片末端に機能基をもつ誘導体からなる結晶性集合体に着目し、様々な汎用性高分子材料（濾紙、不織布など）に対して自己集合化過程をもとにそれら集合体を複合化した後、得られる複合化材料の構造、物性、機能の評価と制御を通じて、本集合体の機能性複合化素材としての潜在的な利用価値を開拓することを目的とした（図1）。

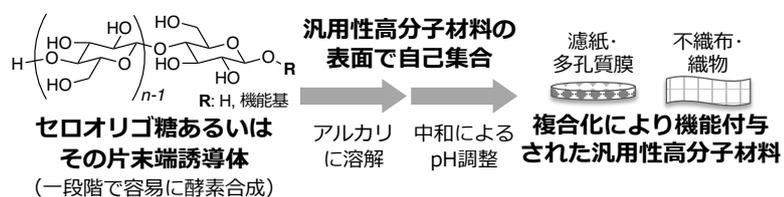


図1 本研究の実施概要

3. 研究の方法

Clostridium thermocellum YM4 あるいは *Acetivibrio thermocellus* DSM 1313 由来の CDP を大腸菌により発現させた後、ニッケル-ニトリロ三酢酸カラムを用いて精製した。得られた CDP を用い、 α GIP をモノマー、グルコースをプライマーとしてセロオリゴ糖を酵素合成した（図2）。片末端に機能基をもつセロオリゴ糖を合成する場合には、グルコースの代わりに、アノマー位に望みの機能基が導入されたグルコース誘導体をプライマーとして用いた。合成したセロオリゴ糖の化学構造をプロトン核磁気共鳴スペクトルにより、重合度とその分布をマトリックス支援レーザ

一脱離イオン化飛行時間型マススペクトルにより、セロオリゴ糖集合体の結晶構造を広角 X 線回折ならびに赤外吸収スペクトルにより、集合体の形態を各種顕微鏡によりそれぞれ評価した。得られたセロオリゴ糖を NaOH 水溶液に溶解した後、様々な汎用性高分子材料上に滴下、あるいは、その内部に含浸させ、そこに HCl 水溶液を加えることで中和し、セロオリゴ糖の自己集合を誘起した。得られた複合化材料中におけるセロオリゴ糖集合体の集合構造や形態を解析した。その後、抗体検出用デバイス等としての複合化材料の機能を評価した。

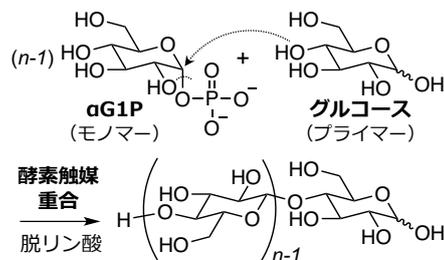


図2 セロオリゴ糖の酵素合成スキーム

4. 研究成果

セロオリゴ糖ならびにその片末端誘導体の酵素合成を実施した。CDP を用いる酵素合成系により、化学修飾されていないセロオリゴ糖のみならず、荷電基、親・疎水性基、反応性基などを片末端にもつ様々なセロオリゴ糖を合成することに成功した。末端基の種類により状況は異なるものの、平均重合度が7から10程度の範囲で異なり、また重合度分布も異なるセロオリゴ糖の合成条件を明らかにした。また、多様なプライマーを用いた合成結果を整理することで、CDP が示す、プライマーに対する反応性の違いを従来の知見に比べてより明確にした。合成したセロオリゴ糖あるいはその片末端誘導体を溶液 pH の変化によりバルク水溶液中で自己集合させ、集合体の生成速度や形態などの基礎知見を収集した。その結果、セロオリゴ糖およびその片末端誘導体の多くは、ナノリボン状の形態をもつ集合体を形成し、それらが良く成長すると溶液がゲル化することがわかった。また、末端基の有無あるいは化学構造の違いにより、集合体の生成速度が大きく異なることがわかった。

次に、汎用性高分子材料に対するセロオリゴ糖集合体の複合化と特性解析を実施した。基礎検討として、化学修飾されていないセロオリゴ糖を主に用いた。官能基の種類や親・疎水性などが異なる高分子材料上、あるいは高分子材料内でセロオリゴ糖を溶液 pH の変化により自己集合させ、集合体の複合化を検討した。セルロースを主成分とする濾紙や、様々な汎用性高分子（ビニロン、ポリエステル、ポリオレフィンなど）からなる不織布などの多孔質材料に対して、セロオリゴ糖集合体を複合化できることを見出した。セロオリゴ糖の濃度、複合化温度、溶液中の有機溶媒含量などが複合化の速度や量、複合化した集合体の形態や結晶構造、複合化の均一性（複合化した集合体の分布）などに影響することを明らかにした。これらにより、固体表面に対するセロオリゴ糖集合体の複合化に関する基礎知見を系統的に獲得し、セロオリゴ糖集合体を効率よく複合化するための制御因子を見出した。また、不織布のように疎水性が高く水が浸透しにくい多孔質材料の場合には、適量の水混和性有機溶媒をセロオリゴ糖溶液に添加することにより、効果的に複合化できることを見出した。これらにより、多孔質材料に対してセロオリゴ糖集合体を効率よく、安定かつ均一に複合化するための条件を明らかにした。このように、汎用性の多孔質材料に対するセロオリゴ糖あるいはその片末端誘導体からなる結晶性集合体の複合化手法を確立した。

その後、セロオリゴ糖集合体を複合化した高分子材料の機能評価を実施した。上記で確立した手法を用いて、濾紙や不織布などの様々な多孔質高分子材料に対して、片末端に様々な機能基をもつセロオリゴ糖からなる集合体を複合化した（図3）。化学修飾されていないセロオリゴ糖からなる集合体の複合化と同様の条件で、片末端に機能基をもつ、特性が異なる様々なセロオリゴ糖を複合化できることを見出した。それらに対して、共有結合や疎水性効果などを介して低分子化合物やタンパク質などを固定化し、得られた複合材料の機能を評価した。例えば、クリック反応性を有するアジド化セロオリゴ糖集合体を複合化した不織布では、低分子抗原のモデルであ

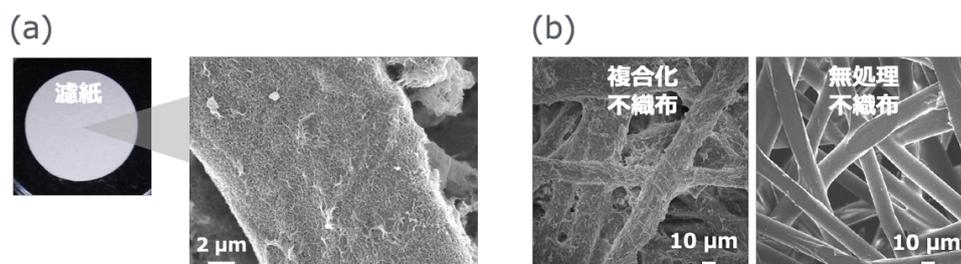


図3 (a) 濾紙に複合化したアミノ化セロオリゴ糖集合体および (b) ポリオレフィン製不織布に複合化したアジド化セロオリゴ糖集合体の走査型電子顕微鏡写真

るビオチンを共有結合により安定に固定化でき、引き続き酵素結合免疫吸着法により、抗ビオチン抗体を高いシグナル・ノイズ比で高感度に検出できた(図4)。また、アルキル化セロオリゴ糖集合体を複合化した濾紙では、ラッカーゼなどの酵素を物理吸着により簡便に固定化できた。その際、酵素の濃度やセロオリゴ糖集合体の複合化量によって酵素の固定化量が制御できた。固定化した酵素は変性することなく、その活性を維持していた。さらに、アルキル化セロオリゴ糖集合体ならびにアミノ化セロオリゴ糖集合体を複合化したガーゼでは、得られた複合材料が大腸菌などの微生物の吸着材として利用できた。このように、様々なセロオリゴ糖からなる結晶性集合体を複合化した多孔質高分子材料がバイオ・医療分野における機能性材料として有用であることを明らかにし、汎用性高分子材料に対する結晶性セロオリゴ糖集合体の複合化と機能発現に関する一般性のある基礎知見を得た。

以上のように、高分子材料を構成する繊維の表面に、安定性、力学物性、生体適合性などに優れるナノサイズの結晶性集合体を非共有結合で複合化し、それら材料の実質的な表面積を増大させながら高度な機能を簡便かつ安定に付与できた。また、それを実現するために、これまでに機能性素材としてほとんど扱われてこなかったセルロース鎖を主骨格として分子設計し、そのセルロース鎖として分子レベルでの構造解析や溶液プロセスの構築が可能なオリゴ糖を適用した。その際、化学的に純粋なセロオリゴ糖に加え、合成がさらに困難な機能基をもつ誘導体を酵素合成して用いた。セロオリゴ糖の集合体形成に関する研究例自体が少ないなか、本研究では集合体形成を溶液中から材料表面に展開し、従来に例のない機能性高分子材料を創成したものであり、この点において独自性はきわめて高い。本研究を通じて、材料表面における不均一核生成を引き金とする、結晶性セロオリゴ糖集合体の形成に関する深い理解を導くとともに、それら集合体の機能性複合化素材としての利用価値を明らかにした。

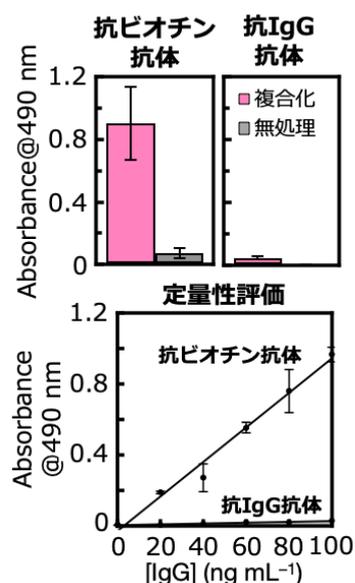


図4 ビオチンを固定化したポリオレフィン製不織布による抗ビオチン抗体の検出

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Shirokawa Koichi, Tanaka Shoki, Kawamura Izuru, Sawada Toshiki, Serizawa Takeshi	4. 巻 39
2. 論文標題 Synthetic Nanocelluloses Fluorescently Responsible to Enzymatic Degradation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 8494 ~ 8502
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.3c00770	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 Serizawa Takeshi, Yamaguchi Saeko, Sugiura Kai, Marten Ramona, Yamamoto Akihisa, Hata Yuuki, Sawada Toshiki, Tanaka Hiroshi, Tanaka Motomu	4. 巻 7
2. 論文標題 Antibacterial Synthetic Nanocelluloses Synergizing with a Metal-Chelating Agent	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ACS Applied Bio Materials	6. 最初と最後の頁 246 ~ 255
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsabm.3c00846	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 該当する
1. 著者名 Sugiura Kai, Sawada Toshiki, Hata Yuuki, Tanaka Hiroshi, Serizawa Takeshi	4. 巻 12
2. 論文標題 Distinguishing anti-PEG antibodies by specificity for the PEG terminus using nanoarchitectonics-based antibiofouling cello-oligosaccharide platforms	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry B	6. 最初と最後の頁 650 ~ 657
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D3TB01723K	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 Mizuuchi Yudai, Hata Yuuki, Sawada Toshiki, Serizawa Takeshi	4. 巻 25
2. 論文標題 Surface-mediated self-assembly of click-reactive cello-oligosaccharides for fabricating functional nonwoven fabrics	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Science and Technology of Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 2311052
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/14686996.2024.2311052	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 Kamada Hirotaka, Hata Yuuki, Sugiura Kai, Sawada Toshiki, Serizawa Takeshi	4. 巻 331
2. 論文標題 Interfacial jamming of surface-alkylated synthetic nanocelluloses for structuring liquids	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Carbohydrate Polymers	6. 最初と最後の頁 121896 ~ 121896
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbpol.2024.121896	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 Sakurai Yuta, Sawada Toshiki, Serizawa Takeshi	4. 巻 54
2. 論文標題 Phosphorylase-catalyzed synthesis and self-assembled structures of cellulose oligomers in the presence of protein denaturants	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 561 ~ 569
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41428-021-00592-x	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 Sugiura Kai, Saito Masashi, Sawada Toshiki, Tanaka Hiroshi, Serizawa Takeshi	4. 巻 10
2. 論文標題 Cellodextrin Phosphorylase-Catalyzed Single-Process Production and Superior Mechanical Properties of Organic-Inorganic Hybrid Hydrogels Composed of Surface-Carboxylated Synthetic Nanocelluloses and Hydroxyapatite	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Sustainable Chemistry & Engineering	6. 最初と最後の頁 13484 ~ 13494
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acssuschemeng.2c04349	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 Serizawa Takeshi, Yamaguchi Saeko, Amitani Moe, Ishii Sawa, Tsuyuki Hiromi, Tanaka Yukiko, Sawada Toshiki, Kawamura Izuru, Watanabe Go, Tanaka Masaru	4. 巻 220
2. 論文標題 Alkyl chain length-dependent protein nonadsorption and adsorption properties of crystalline alkyl-celluloside assemblies	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Colloids and Surfaces B: Biointerfaces	6. 最初と最後の頁 112898 ~ 112898
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.colsurfb.2022.112898	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 Hata Yuuki, Hiruma Sumiyo, Sakurai Yuta, Sugiura Kai, Miyazaki Hiromi, Serizawa Takeshi, Nakamura Shingo	4. 巻 300
2. 論文標題 Nanospiked paper: Microfibrinous cellulose materials nanostructured via partial hydrolysis and self-assembly	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Carbohydrate Polymers	6. 最初と最後の頁 120257 ~ 120257
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbpol.2022.120257	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 Serizawa Takeshi, Tanaka Shoki, Sawada Toshiki	4. 巻 601
2. 論文標題 Control of parallel versus antiparallel molecular arrangements in crystalline assemblies of alkyl -cellulosides	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Colloid and Interface Science	6. 最初と最後の頁 505 ~ 516
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jcis.2021.05.117	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 Sugiura Kai, Sawada Toshiki, Tanaka Hiroshi, Serizawa Takeshi	4. 巻 53
2. 論文標題 Enzyme-catalyzed propagation of cello-oligosaccharide chains from bifunctional oligomeric primers for the preparation of block co-oligomers and their crystalline assemblies	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 1133 ~ 1143
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41428-021-00513-y	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 Hata Yuuki, Serizawa Takeshi	4. 巻 94
2. 論文標題 Robust Gels Composed of Self-Assembled Cello-oligosaccharide Networks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 2279 ~ 2289
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20210234	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 Suehiro Fumi, Hata Yuuki, Sawada Toshiki, Serizawa Takeshi	4. 巻 in press
2. 論文標題 Freeze-Dryable, Stable, and Click-Reactive Nanoparticles Composed of Cello-oligosaccharides for Biomolecular Sensing	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 ACS Applied Bio Materials	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) 10.1021/acsabm.4c00359	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68件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 桜井勇太, 澤田敏樹, 芹澤武
2. 発表標題 植物細胞壁の生合成に着想を得たセルロース系複合ハイドロゲルの酵素合成
3. 学会等名 第72回高分子年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kai Sugiura, Masashi Saito, Toshiki Sawada, Hiroshi Tanaka, Takeshi Serizawa
2. 発表標題 Single Process Production of Hybrid Materials Composed of Surface-Carboxylated Cellulose Oligomer Assemblies and Hydroxyapatite
3. 学会等名 第72回高分子年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 鎌田洋貴, 澤田敏樹, 芹澤武
2. 発表標題 液-液界面における二次元状セルロース集合体のジャミング特性
3. 学会等名 第72回高分子年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井田貴子, 桜井勇太, 澤田敏樹, 芹澤武
2. 発表標題 ヒアルロン酸とセルロースオリゴマー集合体からなる複合ハイドロゲルの構築
3. 学会等名 第72回高分子年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 丸山寛斗, 澤田敏樹, 芹澤武
2. 発表標題 ナノシート状セルロース集合体からなるフィルムの熱伝導性評価
3. 学会等名 第72回高分子年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 田代真優, 澤田敏樹, 芹澤武
2. 発表標題 自己集合化による構築するセルロースオリゴマーハイドロゲルの集合構造ならびに力学物性の制御
3. 学会等名 第72回高分子年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 秦裕樹, 宮崎裕美, 芹澤武, 中村伸吾
2. 発表標題 ナノスパイク構造を表面にもつマイクロ繊維からなるセルロース材料の創製と医用応用
3. 学会等名 第72回高分子年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yuta Sakurai, Toshiki Sawada, Takeshi Serizawa
2. 発表標題 Preparation of Cellulose-Based Composite Hydrogels Inspired by Biosynthesis of Plant Cell Wall
3. 学会等名 13th SPSJ International Polymer Conference (IPC2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kai Sugiura, Misaki Hanamura, Toshiki Sawada, Hiroshi Tanaka, Takeshi Serizawa
2. 発表標題 Molecularly Designable 2D Cellulose Assemblies as Biosensing Platforms
3. 学会等名 13th SPSJ International Polymer Conference (IPC2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hirotaka Kamada, Toshiki Sawada, Takeshi Serizawa
2. 発表標題 Jamming of Surface-Alkylated 2D Cellulose Assemblies at the Liquid-Liquid Interface
3. 学会等名 13th SPSJ International Polymer Conference (IPC2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井田貴子, 澤田敏樹, 芹澤武
2. 発表標題 ヒアルロン酸とセルロース間の相互作用に基づく複合ハイドロゲル構築
3. 学会等名 第52回医用高分子シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 秦裕樹, 宮崎裕美, 中村伸吾, 芹澤武
2. 発表標題 セロオリゴ糖の自己集合化によるナノスパイク表面の構築と細菌付着特性
3. 学会等名 第33回バイオ・高分子シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 鎌田洋貴, 秦裕樹, 澤田敏樹, 芹澤武
2. 発表標題 アルキル基を表面にもつシート状合成ナノセルロースの界面集合
3. 学会等名 第74回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 秦裕樹, 宮崎裕美, 中村伸吾, 芹澤武
2. 発表標題 細菌を吸着するナノスパイク表面をもつセルロースガーゼの創製
3. 学会等名 第72回高分子討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 桜井勇太, 秦裕樹, 澤田敏樹, 芹澤武
2. 発表標題 植物細胞壁に着想を得たセルロースオリゴマー-多糖ネットワーク構造の構築
3. 学会等名 第72回高分子討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井田貴子, 秦裕樹, 澤田敏樹, 芹澤武
2. 発表標題 セルロースオリゴマーと水溶性多糖の共集合化による植物 - 動物キメラ型細胞外マトリックス様構造体の構築
3. 学会等名 第72回高分子討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 丸山寛斗, 秦裕樹, 澤田敏樹, 原光生, 芹澤武
2. 発表標題 ナノシート状セルロース集合体からなるフィルムの構築と熱伝導性評価
3. 学会等名 第72回高分子討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石橋広一朗, 石井佐和, 露木弘美, 芹澤武, 渡辺豪
2. 発表標題 結晶性セルロース集合体へのタンパク質吸着現象の分子動力学シミュレーション
3. 学会等名 第72回高分子討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 末廣英弥, 秦裕樹, 澤田敏樹, 芹澤武
2. 発表標題 セルロースオリゴマー集合体へのリガンド導入とそれを利用した抗体検出
3. 学会等名 第13回CSJ化学フェスタ2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 水内裕大, 秦裕樹, 澤田敏樹, 芹澤武
2. 発表標題 セルロースオリゴマーの中和誘起自己集合化を利用した機能性不織布の簡易構築
3. 学会等名 第13回CSJ化学フェスタ2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 田代真優, 秦裕樹, 澤田敏樹, 芹澤武
2. 発表標題 自己集合化により形成するセルロースオリゴマーゲルの集合構造ならびに力学物性の制御
3. 学会等名 第13回CSJ化学フェスタ2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石橋広一朗, 石井佐和, 露木弘美, 芹澤武, 渡辺豪
2. 発表標題 結晶性セルロース集合体に対するタンパク質吸着現象のマイクロダイナミクス解明
3. 学会等名 第13回CSJ化学フェスタ2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石橋広一朗, 石井佐和, 露木弘美, 芹澤武, 渡辺豪
2. 発表標題 分子動力学計算による結晶性セルロース集合体の生体分子吸着特性の解析
3. 学会等名 第37回分子シミュレーション討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡本紗椰香, 秦裕樹, 宮崎裕美, 中村伸吾, 芹澤武
2. 発表標題 セロオリゴ糖の自己集合化によるナノスパイク表面の構築と細菌付着挙動
3. 学会等名 GlycoTOKYO 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yuta Sakurai, Yuuki Hata, Toshiki Sawada, Takeshi Serizawa
2. 発表標題 Construction of Plant Cell Wall-Inspired Hybrid Polysaccharide Networks via Enzyme-Catalyzed Synthesis of Cellulose Oligomers
3. 学会等名 MRM2023/IUMRS-ICA2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hirotaka Kamada, Yuuki Hata, Toshiki Sawada, Takeshi Serizawa
2. 発表標題 Interfacial Properties of Two-Dimensional Cellulose Oligomer Assemblies with Surface-Alkyl Groups
3. 学会等名 MRM2023/IUMRS-ICA2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 芹澤 武
2. 発表標題 片末端修飾セロオリゴ糖の酵素合成と機能創出
3. 学会等名 高分子学会関東支部神奈川地区第8回講演会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 芹澤 武
2. 発表標題 合成ナノセルロースのボトムアップ構築と機能創出
3. 学会等名 Summer University in Hokkaido (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 芹澤 武
2. 発表標題 Synthetic Nanocelluloses: Molecularly Designable Cellulose Oligomer Assemblies
3. 学会等名 Taiwan-Japan Bilateral Polymer Symposium 2023 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井田貴子, 秦裕樹, 澤田敏樹, 芹澤武
2. 発表標題 セルロースオリゴマーと水溶性多糖の共集合化による植物 - 動物キメラ型細胞外マトリックス様構造体の形成
3. 学会等名 日本化学会第104春季年会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 田代真優, 秦裕樹, 澤田敏樹, 川村出, 芹澤武
2. 発表標題 セロオリゴ糖の中和誘起自己集合化の変調とゲル力学物性の向上
3. 学会等名 日本化学会第104春季年会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 丸山寛斗, 秦裕樹, 澤田敏樹, 原光生, 芹澤武
2. 発表標題 ナノシート状セルロース集合体からなる高熱伝導性フィルムの構築
3. 学会等名 日本化学会第104春季年会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 杉浦 開, 澤田敏樹, 田中浩士, 芹澤 武
2. 発表標題 オリゴエチレングリコール鎖を表面にもつセルロース集合体の構築とバイオセンシングへの展開
3. 学会等名 第71回高分子年次会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 桜井勇太, 澤田敏樹, 芹澤 武
2. 発表標題 酵素反応に基づく堅牢なセルロース系複合ハイドロゲルの創製
3. 学会等名 第71回高分子年次会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 杉浦 開, 澤田敏樹, 田中浩士, 芹澤 武
2. 発表標題 合成ナノセルロースを用いる抗PEG抗体の高感度検出システムの構築
3. 学会等名 第51回医用高分子シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 桜井勇太, 澤田敏樹, 芹澤 武
2. 発表標題 植物細胞壁に着想を得た堅牢なセルロース系ハイドロゲルの酵素合成
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 杉浦 開, 澤田敏樹, 田中浩士, 芹澤 武
2. 発表標題 合成ナノセルロースを利用した抗PEG抗体の高感度検出
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 杉浦 開, 齋藤政司, 澤田敏樹, 田中浩士, 芹澤 武
2. 発表標題 合成ナノセルロース/バイオミネラル複合ハイドロゲルの一段階酵素合成と力学物性
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 網谷 萌, 澤田敏樹, 芹澤 武
2. 発表標題 アルキル基をもつセルロースオリゴマーによる機能紙の簡易構築
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 城川晃一, 澤田敏樹, 芹澤 武
2. 発表標題 二分子膜状セルロース集合体への蛍光分子の内包とセルラーゼ検出への展開
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石井佐和, 露木弘美, 芹澤 武, 渡辺 豪
2. 発表標題 分子動力学計算による結晶性セルロース集合体に対するタンパク質の吸着ダイナミクス解明
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 水内裕大, 澤田俊樹, 芹澤 武
2. 発表標題 セルロースオリゴマーの自己集合化を利用した機能性不織布の簡易構築
3. 学会等名 第12回CSJ化学フェスタ2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鎌田洋貴, 杉浦 開, 澤田敏樹, 芹澤 武
2. 発表標題 表面にアルキル基をもつ二次元状セルロース集合体の界面集積特性
3. 学会等名 第73回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 末廣英弥, 澤田敏樹, 芹澤 武
2. 発表標題 セルロースオリゴマー集合体へのリガンドの導入とそれを利用した抗体検出
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 水内裕大, 澤田敏樹, 芹澤 武
2. 発表標題 セルロースオリゴマーの自己組織化を利用した機能性不織布の簡易構築
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 芹澤 武
2. 発表標題 セルロース系分子集合体の集合・水和構造の制御と水圏バイオ機能材料の構築
3. 学会等名 第12回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 芹澤 武
2. 発表標題 合成ナノセルロース：ボトムアップ構築と機能制御
3. 学会等名 第19回日本糖質科学コンソーシアム（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 芹澤 武
2. 発表標題 合成ナノセルロースの分子デザインと機能
3. 学会等名 第16回多糖の未来フォーラム (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山口彩英子, 澤田敏樹, 田中浩士, 芹澤 武
2. 発表標題 アミノ化セルロース集合体とキレート剤の併用により得られる相乗的な抗菌活性
3. 学会等名 第70回高分子年次会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉浦 開, 澤田敏樹, 田中浩士, 芹澤 武
2. 発表標題 特異形状セルロース鎖の酵素合成と集合構造
3. 学会等名 第70回高分子年次会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 桜井勇太, 澤田敏樹, 芹澤 武
2. 発表標題 植物細胞壁に着想を得たセルロース系ハイドロゲルのボトムアップ構築と力学物性
3. 学会等名 第70回高分子年次会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 城川晃一, 澤田敏樹, 芹澤 武
2. 発表標題 二分子膜状セルロース集合体の分子内包特性とそれを利用したセルラーゼの簡易検出
3. 学会等名 第31回バイオ・高分子シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山口彩英子, 澤田敏樹, 田中浩士, 芹澤 武
2. 発表標題 アミノ化セルロース集合体とキレート剤の併用により得られる相乗的な抗菌活性
3. 学会等名 第50回医用高分子シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉浦 開, 澤田敏樹, 田中浩士, 芹澤 武
2. 発表標題 セルロース系ブロックコオリゴマーの酵素合成と特性評価
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 芹澤 武, 田中翔生, 山口彩英子, 網谷 萌, 澤田敏樹, 田中有希子, 田中 賢
2. 発表標題 片末端アルキル化セロオリゴ糖集合体の分子配列制御とタンパク質吸着特性
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 山口彩英子, 澤田敏樹, 田中浩士, 芹澤 武
2. 発表標題 アミノ化セルロース集合体とキレート剤の併用により発現する相乗的な抗菌活性
3. 学会等名 第72回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 桜井勇太, 澤田敏樹, 芹澤 武
2. 発表標題 植物細胞壁の集合構造に着想を得たセルロース系複合ハイドロゲルの酵素合成
3. 学会等名 第31回日本MRS年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 網谷 萌, 澤田俊樹, 芹澤 武
2. 発表標題 セルロースオリゴマー誘導体の自己組織化を利用した機能紙の構築
3. 学会等名 第31回日本MRS年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 城川晃一, 澤田俊樹, 芹澤 武
2. 発表標題 二分子膜状セルロース集合体に対する蛍光分子の内包とセルラーゼ検出への応用
3. 学会等名 第31回日本MRS年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉浦 開, 澤田敏樹, 田中浩士, 芹澤 武
2. 発表標題 オリゴエチレングリコール基をもつセルロース集合体のバイオセンシング応用
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 桜井勇太, 澤田敏樹, 芹澤 武
2. 発表標題 植物細胞壁の集合構造に着想を得たセルロース系複合ハイドロゲルのボトムアップ構築
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 網谷 萌, 澤田俊樹, 芹澤 武
2. 発表標題 アルキル基をもつセルロースオリゴマーを利用した機能性濾紙の簡易構築
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 城川晃一, 澤田敏樹, 芹澤 武
2. 発表標題 二分子膜状セルロース集合体への蛍光分子の内包とセルラーゼ検出への応用
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 水内裕大, 澤田俊樹, 芹澤 武
2. 発表標題 セルロースオリゴマーの自己集合を利用した機能性不織布の簡易構築
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鎌田洋貴, 杉浦 開, 澤田敏樹, 芹澤 武
2. 発表標題 末端にアルキル基をもつセルロースオリゴマーによるピッカリングエマルション形成
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 芹澤 武
2. 発表標題 セルロース系ソフトマテリアルのボトムアップ構築
3. 学会等名 高分子学会21-1超分子研究会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takeshi Serizawa
2. 発表標題 Synthetic Nanocelluloses as Innovative Materials
3. 学会等名 Yonsei Virtual Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takeshi Serizawa
2. 発表標題 Molecularly Designable Synthetic Nanocelluloses
3. 学会等名 Japan-Taiwan Bilateral Polymer Symposium 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計4件

産業財産権の名称 抗PEG抗体結合材料および抗PEG抗体の検出方法	発明者 芹澤 武, 澤田敏 樹, 西浦聖人	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2023-138749	出願年 2023年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 ゲル化剤、液体組成物及びハイドロゲル	発明者 芹澤 武, 澤田敏 樹, 早川なつき, 西 浦聖人	権利者 東京工業大学, 第一工業製薬
産業財産権の種類、番号 特許、特願2023-048520	出願年 2023年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 抗菌剤および抗菌性組成物	発明者 芹澤 武, 澤田敏 樹, 西浦聖人, 村瀬 璃奈	権利者 東京工業大学, 第一工業製薬
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-034689	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 抗PEG抗体結合材料および抗PEG抗体の検出方法	発明者 芹澤 武, 澤田敏 樹, 村瀬璃奈, 西浦 聖人	権利者 東京工業大学, 第一工業製薬
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-31256	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

研究室ホームページ http://www.serizawa-cap.mac.titech.ac.jp/ 東京工業大学リサーチリポジトリ http://t2r2.star.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
研究 分 担 者	澤田 敏樹 (Sawada Toshiki) (20581078)	東京工業大学・物質理工学院・准教授 (12608)	

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			
ドイツ	ハイデルベルグ大学			