

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：10101

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K14886

研究課題名（和文）イオン液体を用いた多糖類の化学修飾・繊維化一貫プロセスの開発と物性・生分解性評価

研究課題名（英文）Development of Continuous Process for Chemical Modification and Wet Spinning of Polysaccharides Using Ionic Liquid and Evaluation of Physical Properties and Biodegradability

研究代表者

鈴木 栞 (Suzuki, Shiori)

北海道大学・農学研究院・助教

研究者番号：20867155

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：低置換度（DS）の多糖誘導体は、難分解性の石油合成プラスチックを代替する「生分解性バイオマスプラスチック」として期待されている。しかし、難溶性の多糖類が原料であるため、DS制御に多段階の合成手順を要する。また、溶解性や熱溶解性が乏しく、従来技術では成形加工が困難であることが、その材料利用研究の妨げとなっていた。そこで本研究では、イオン液体を溶媒かつ触媒として用いることで、 $\alpha$ -1,3-グルカン（カードラン）の均一系アセチル化により得られた反応後の溶液を直接、湿式紡糸に供する「化学修飾・湿式紡糸一貫法」を開発し、DSが0.1-1.0のカードランアセテートの簡便でグリーンな合成と繊維加工を実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

低炭素社会の実現と環境保全の観点から、再生可能資源（バイオマス）を原料とし、環境中で水と二酸化炭素にまで完全に分解される「生分解性バイオマスプラスチック」の開発と早期普及が望まれる。植物や微生物が産生する多糖類は、化学修飾によって多様な物性を発現する有用な素材であるが、生分解性を維持するためには、「置換度の低い多糖誘導体」でなくてはならない。しかし、溶解性や熱可塑性が乏しい低置換度の多糖誘導体は、既存の技術では成形加工ができないため、実用化に至っていない。本研究の主な成果は、低置換度の多糖類の簡便な合成と繊維加工を連続的に行う新技術の開発であり、材料としての実用可能性を創出した点に意義がある。

研究成果の概要（英文）：AaaPolysaccharide derivatives with low degree of substitution (DS) have attracted attention as biodegradable biomass-based plastics to replace persistent synthetic plastics derived from fossil fuels. However, tedious multistep synthesis is required to control the DS because of insolubility of the starting materials, polysaccharides. Furthermore, the molding process is usually difficult due to their poor solubility and thermoplasticity. These drawbacks have hindered the material research and their effective utilization. In this study, we developed a continuous process of homogeneous acetylation of  $\alpha$ -1,3-glucan and wet spinning using an ionic liquid as both a solvent and catalyst. This achieved a facile and green synthesis of curdlan acetate with DS of 0.1-1.0 and subsequent molding into fibers.

研究分野：木質関連科学

キーワード：繊維 湿式紡糸 多糖類 グルカン 結晶構造 イオン液体 アセチル化 生分解性

### 1. 研究開始当初の背景

海洋へ流出した難分解性プラスチックごみの環境汚染が世界的な問題となる中、自然環境中で水と二酸化炭素にまで完全に分解される「生分解性プラスチック」への期待が高まっている。一方、深刻化する地球温暖化への対策としては、再生可能資源（バイオマス）を原料とした「バイオマスプラスチック」の開発と早期普及が有効である。従って、これら二つの特性を備えた「生分解性バイオマスプラスチック」こそ、持続可能な社会を実現する鍵となる。しかし、既存の生分解性バイオマスプラスチックには、種類の少なさや生産コストの高さ、実用に耐える材料物性など、解決すべき課題が多い。

セルロースなどの天然の多糖類は、多種多様な構造を有するバイオマスであり、原料として有望である。特に、グルカンは構成単糖(グルコース)の結合様式に応じて、伸びきり鎖や一重・三重らせん状など特徴的な結晶構造を形成するため、それぞれ物性が大きく異なる。構造の多様性に富む多糖類を原料とした生分解性バイオマスプラスチックは、従来の石油系の合成プラスチックにはない固有の物性や機能を発現する可能性を秘めている。

一般に、多糖類は生分解性だが、熱可塑性がないため、プラスチックの様な熱成形加工は困難である。多糖類に熱可塑性を付与する方法としては、分子内の OH 基をエステル基などの官能基で化学修飾する手法が汎用である。得られる多糖誘導体は、導入する官能基の種類によって、様々な機能を発現するため、材料設計の自由度が高い点が特長である。ただし、化学修飾の程度(置換度; DS)が高いと生分解性を失う可能性がある。従って、多糖類の本質的な生分解性と、導入する官能基に由来した付加的な機能を両立するためには、「低 DS (0~2) の多糖誘導体」でなくてはならない(図 1)。しかしながら、低 DS の多糖誘導体は、DS を制御するために、多段階の合成プロセスが必須、原料となる多糖類と同様に溶解性や熱可塑性が乏しく、成形加工が困難、といった理由から、高 DS の多糖誘導体と比較して、材料化研究が進んでいない。

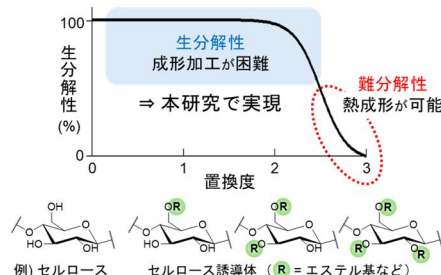


図 1 多糖誘導体の DS と物性

### 2. 研究の目的

環境にやさしい「生分解性バイオマスプラスチック」を、環境にやさしくない方法で製造する従来の合成法には改善の余地が大きい。また、高分子材料は一般に、組成や化学構造が同一でも、その成形法によって、力学物性が大きく変化する。つまり、成形加工技術の進歩は、これまでにない高性能な生分解性バイオマスプラスチックの創製に貢献し得る。そこで本研究では、天然の多糖類の生分解性と導入する官能基由来の機能を兼ね備えた「低 DS の多糖誘導体」の簡便かつ低環境負荷な合成と、従来困難だった成形加工を一挙に実現するための新規技術の開発を目的として設定した。

### 3. 研究の方法

DS の低い多糖誘導体の合成に多段階の工程を要する原因は、原料となる多糖類の難溶性に集約される。具体的には、不均一系の化学修飾反応では DS の直接的な制御が困難であるため、多糖類の全ての OH 基を化学修飾した後に、狙いの DS に下げることが目的とした後処理が必須となる。さらに、得られた低 DS の多糖誘導体もまた、溶解性や熱可塑性に乏しく、従来法では成形加工が困難、といった問題が、材料化研究を妨げてきた技術的な課題である。

上記の問題解決には「イオン液体」の利用が有効である。イオン液体とは、幅広い温度範囲で液体状の塩であり、不燃性・不揮発性であるため、安全性が高く、再利用も容易である。また、ある種のイオン液体(1-エチル-3-メチルイミダゾリウム酢酸塩; EmimOAc)はセルロースなどの難溶性の多糖類を温和な条件下で溶解し、エステル化の触媒としても機能する<sup>1</sup>。また、多くの場合、イオンのみから成るイオン液体は粘度が高く、多糖類を溶解した溶液やエステル化反応後の溶液も同様に高粘度である<sup>2</sup>。そこで、EmimOAc を溶媒かつ触媒とした均一系のエステル化により、狙いの DS の多糖誘導体を合成した後、その反応溶液を直接、水などの非溶媒中で繊維状に延伸・凝固させる湿式紡糸に供すれば(図 2)、低 DS の多糖誘導体の合成と成形加工を連続的に実現できると考えた。

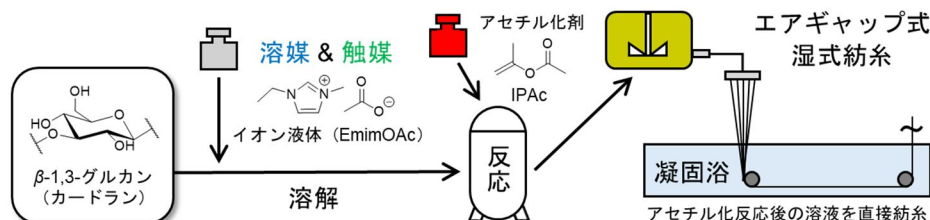


図 2 イオン液体を用いた多糖類の化学修飾・湿式紡糸一貫法

#### 4. 研究成果

本研究では、特徴的な三重らせんの分子鎖構造をもち、量産体制が整っている  $\beta$ -1,3-グルカン（カードラン）を対象とし、上述の「化学修飾・湿式紡糸一貫法」の開発研究に従事した。

##### (1) 均一系アセチル化反応による置換度制御

EmimOAc を用いたカードランの均一系アセチル化による DS 制御を試みた。事前に乾燥した 6 g のカードラン粉末を 100 g の EmimOAc に添加し、真空下で加熱攪拌して溶解した (80 °C、約 2 時間)。N<sub>2</sub> 置換後、所定量 (0–3.0 eq./AGU) のイソプロペニルアセテート (IPAc) を添加し、アセチル化を行った (80 °C、2 時間)。反応溶液を適量の DMSO で希釈し粘度を下げた後、メタノールへの再沈殿を行った。析出物を濾別し、メタノールと精製水で順に洗浄・置換した後、凍結乾燥した。得られた白色粉末を減圧乾燥し (70 °C、24 時間) 生成物を回収した。

上記生成物に含まれる未反応 OH 基を定量するため、不均一系プロピオン化を行った。事前に乾燥した 100 mg の粉末試料に、8 mL のトリフルオロ酢酸無水物とプロピオン酸の 1:1 (v/v) 混合物を添加し、加熱攪拌した (50 °C、約 2–4 時間)。懸濁液から均一かつ透明な溶液へと変化した時点を反応終了とみなし、加熱時間を調整した。反応後の溶液から、メタノールへの再沈殿により得られた析出物を濾別した。濾物をメタノールで洗浄した後、6–10 mL のクロロホルムに溶解した。調製した溶液を、メタノールと水の 4:1 (v/v) 混合溶媒に滴下し、生じた析出物を濾別した。濾物をメタノールと水で順に洗浄・置換した後、凍結乾燥した。得られた薄褐色粉末を減圧乾燥した後 (70 °C、24 時間) DMSO-*d*<sub>6</sub> または CDCl<sub>3</sub> を用いた <sup>1</sup>H NMR 測定に供し、アセチル (Ac) 基とプロピオン (Pr) 基の比率を求めた。さらに、カードランアセテート粉末の <sup>13</sup>C NMR 測定から、カードランの 2,4,6 位 OH 基に対する Ac 基の DS を見積もった。

表 1 に、IPAc 添加量を変化させて合成したカードランアセテートの DS と転化率を示す。80 °C、2 時間の反応条件では、IPAc 添加量の増加に伴い転化率が減少した。また、IPAc 添加量を調整することで、0.1 から 1.6 の範囲で DS を制御可能であることを明らかにした。

表 1 カードラン (Cd) およびカードランアセテート (CdAc) の DS と転化率

略称	IPAc / eq./AGU	DS <sub>Total</sub>	DS <sub>C6-OH</sub>	DS <sub>C2-/C4-OH</sub>	転化率 / %
Cd (0)	-	0.00	n.d.*	n.d.*	-
CdAc (0.1)	0.1	0.09	0.09	n.d.*	94
CdAc (0.2)	0.25	0.23	0.23	n.d.*	93
CdAc (0.4)	0.5	0.45	0.39	0.06	90
CdAc (0.8)	1.0	0.75	0.41	0.34	75
CdAc (1.0)	1.5	1.06	0.56	0.50	71
CdAc (1.3)	2.0	1.34	0.60	0.74	67
CdAc (1.5)	3.0	1.58	0.43	1.15	53

\* n.d.: Not detected.

##### (2) アセチル化・湿式紡糸一貫法

カードランの均一系アセチル化後の反応溶液を直接、湿式紡糸に供することで、低 DS のカードランアセテートの繊維加工を試みた。上記 (1) の手順で調製した反応溶液を、20 cc 容量のステンレスシリンダーに移し、真空脱気した (25 °C、数日間)。シリンダーを小型湿式紡糸装置 (株式会社 AIKI リオテック製) に取り付け、65–80 °C に加熱した。シングルノズル (φ1.0 mm、L/D 比 4) から押し出された溶液をエアギャップ (10 cm) で延伸し、凝固浴 (水) 中で繊維状に再生した後、ゴデットロール (φ11 cm) で巻き取った。押出速度 (V<sub>e</sub>) 5.0 m/min、巻取速度 (V<sub>t</sub>) 25 m/min、延伸比 (DR = V<sub>t</sub> / V<sub>e</sub>) 5 の条件下で、湿式紡糸を行った。巻き取った繊維は、60 °C の温水で十分に洗浄した後、一定の張力をかけながら風乾した。

##### (3) 低置換度 (0.1–1.0) のカードランアセテート繊維の結晶構造と物性

カードラン再生繊維とカードランアセテート繊維の光学顕微鏡写真と二次元 X 線繊維図、2 位 OH 基の置換度 (DS<sub>C2-OH</sub>) の値を図 3 に示す。カードラン再生繊維は既報<sup>3–5</sup> 同様、均一で透明な外観と柔軟性を有し、三重らせん状の結晶構造をもつことがわかった。また、DS が 0.1–1.0 のカードランアセテートの繊維加工に成功した。目視では、カードラン再生繊維と同様に均一な外観を示したが、DS 増加に伴い、繊維内部に点在する微小な異物が増加することが示唆された。カードランアセテート粉末の溶解性試験から、カードランアセテートは DS 増加に伴い、EmimOAc への溶解性が低下することを見出した。従って、繊維内部の微小な異物は、アセチル化の前で反応溶液中から析出した比較的高 DS なカードランアセテートの粒子であると考えられる。特に、DS が 1.3 以上のカードランアセテートを含む溶液では、反応後に生成物が析出し、目視でわかる程度に懸濁していた。そのため、曳糸性が極めて低く、湿式紡糸は困難だった。

カードラン再生繊維とカードランアセテート繊維の引張試験から得られた応力ひずみ曲線を、

図 4 に示す。カードラン再生繊維は既報<sup>3-5</sup>と同様に、30%を超える高い破断伸びを示した。対して、カードランアセテート繊維は、DS 増加(0-0.2)に伴い、引張強度が約半分に低下した。微量な Ac 基の導入により、カードランの結晶構造が徐々に乱れ、結晶配向度( $f_c$ )が低下したことが(図 3) 力学強度の低下をもたらした主な原因として考えられる。一方で、DS が 0.4 のカードランアセテート繊維では、破断伸びが著しく低下し、ヤング率が増加した。さらなる DS 増加は、破断強度とヤング率の低下をもたらすことを明らかにした。比較的 DS が高いカードランアセテート繊維は、既報のカードラン<sup>6</sup>やカードラントリアセテート<sup>7</sup>とは、明かに異なる二次元 X 線繊維図を示し、 $f_c$  が有意に増加した(図 3)。この結果は、DS が 0.8-1.0 のカードランアセテート繊維は固有の結晶構造を形成し、力学物性が顕著に変化したことを示唆する。

カードラン特有の三重らせん状の結晶構造は、主に 2 位 OH 基間の水素結合によって安定化されている<sup>8</sup>。DS が 0.4 以下のカードランアセテートでは、主に 6 位 OH 基が Ac 基へと置換されたのみであったため(表 1) カードランの結晶系を反映した力学物性を示したと考えられる。一方、DS が 0.8 を超えるカードランアセテートでは、2 位 OH 基の 3-4 割が Ac 基に置換されたため(図 3) 元の結晶構造を保持できず、新たな結晶形を発現したと考えられる。さらに、カードランの優れた保水性への寄与が大きい 4 位 OH 基の置換も進行したため、吸水率の低下と湿潤時の力学物性の向上をもたらすことがわかった。また、微小な DS の増減に応じて、熱分解開始温度やガラス転移温度が変化することも明らかにした。

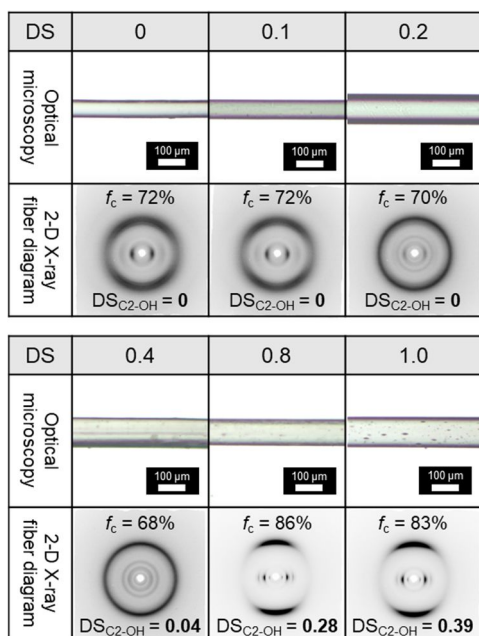


図 3 光学顕微鏡写真と二次元 X 線繊維図

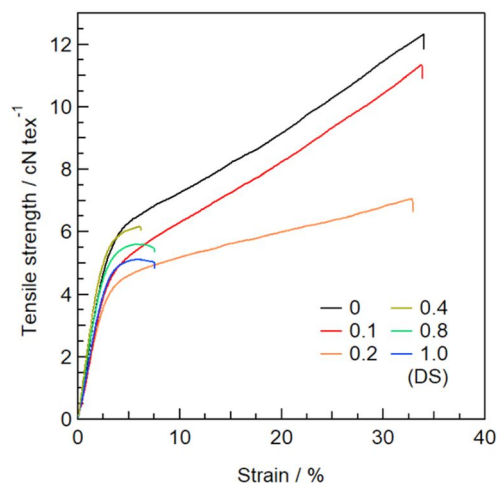


図 4 引張試験における応力ひずみ曲線

カードランアセテートの DS と生分解性の相関解明に関する検討としては、著者の元所属先である東京大学・高分子材料学研究室にて、 $\beta$ -1,3-グルカン(パラミロン)アセテートの酵素分解試験が行われ、DS が 1.5 以下のパラミロンアセテートは生分解性を維持することを明らかにした<sup>9</sup>。従って、本研究で繊維加工に成功したカードランアセテート(DS $\leq$ 1.0)も同様に、生分解性を有すると考えられる。

以上より、本研究では、EmimOAc を溶媒かつ触媒として用いたカードランの均一系アセチル化・湿式紡糸一貫法を開発し、DS が 1.0 以下のカードランアセテートの簡便な合成と繊維加工を実現した。本技術と結果に関する詳細は、英国王立化学会が刊行する *Green Chemistry* 誌(IF: 9.8) に掲載された著者の原著論文<sup>10</sup>を参照されたい。

#### <引用文献>

- [1] R. Kakuchi et al. *RSC Adv.* **5**, 72071 (2015).
- [2] S. C. Hernandez et al. *Cellulose* **30**, 2873 (2023).
- [3] S. Suzuki et al. *ACS Sustain. Chem. Eng.* **9**, 4247 (2021).
- [4] S. Suzuki et al. *Polym. J.* **54**, 493 (2022).
- [5] S. Suzuki et al. *J. Fiber Sci. Technol.* **79**, 143 (2023).
- [6] C. T. Chuah et al. *Macromolecules* **16**, 1375 (1983).
- [7] K. Okuyama et al. *Biopolym.* **38**, 557 (1996).
- [8] G. Fittolani et al. *Pept. Sci.* **112**, e24124 (2020).
- [9] J. Seok et al. *Polym. Degrad. Stabl.* **197**, 109855 (2022).
- [10] S. Suzuki et al. *Green Chem.* **24**, 2567 (2022).

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Suzuki Shiori, Togo Azusa, Kimura Satoshi, Iwata Tadahisa	4. 巻 24
2. 論文標題 Curdlan acetate fibres with low degrees of substitution fabricated via a continuous process of chemical modification and wet spinning using an ionic liquid	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Green Chemistry	6. 最初と最後の頁 2567 ~ 2575
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d1gc04336f	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 Suzuki Shiori, Takahashi Kenji	4. 巻 e202200264
2. 論文標題 Ionic Liquids as Organocatalysts and Solvents for Lignocellulose Reactions	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Chemical Record	6. 最初と最後の頁 1 ~ 14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tcr.202200264	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 Suzuki Shiori, Togo Azusa, Gan Hongyi, Kimura Satoshi, Iwata Tadahisa	4. 巻 9
2. 論文標題 Air-Jet Wet-Spinning of Curdlan Using Ionic Liquid	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Sustainable Chemistry and Engineering	6. 最初と最後の頁 4247 ~ 4255
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acssuschemeng.1c00488	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 Togo Azusa, Suzuki Shiori, Kimura Satoshi, Iwata Tadahisa	4. 巻 3
2. 論文標題 Wet Spinning and Structure Analysis of $\alpha$ -1,3-Glucan Regenerated Fibers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Applied Polymer Materials	6. 最初と最後の頁 2063 ~ 2069
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsapm.1c00114	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 Togo Azusa、Suzuki Shiori、Kimura Satoshi、Iwata Tadahisa	4. 巻 6
2. 論文標題 High Tensile Strength Regenerated -1,3-Glucan Fiber and Crystal Transition	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 20361 ~ 20368
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.1c02365	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 Togo Azusa、Suzuki Shiori、Kimura Satoshi、Iwata Tadahisa	4. 巻 77
2. 論文標題 Wet Spinning of -1,3-glucan using an Ionic Liquid	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Fiber Science and Technology	6. 最初と最後の頁 213 ~ 222
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2115/fiberst.2021-0023	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 Suzuki Shiori、Togo Azusa、Iwata Tadahisa	4. 巻 54
2. 論文標題 Dry-jet wet spinning of -1,3-glucan and -1,3-glucan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 493 ~ 501
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41428-021-00573-0	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 鈴木菜、岩田忠久	4. 巻 28
2. 論文標題 イオン液体を活用した -1,3-グルカンの湿式紡糸と繊維物性評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cellulose Communications	6. 最初と最後の頁 88 ~ 93
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12件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 都甲梓、鈴木菜、木村聡、岩田忠久
2. 発表標題 a-1,3-グルカン再生繊維の物性評価および結晶構造解析
3. 学会等名 第72回日本木材学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木菜、都甲梓、木村聡、岩田忠久
2. 発表標題 多糖類の化学修飾・湿式紡糸連続法の開発および水中二次延伸による再生繊維の高強度化
3. 学会等名 第72回日本木材学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木菜
2. 発表標題 リグノセルロース系バイオマスの均一系誘導体化技術
3. 学会等名 令和4年度 リグニンネットワーク 夏のセミナー（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木菜
2. 発表標題 湿式紡糸 水中二次延伸法による多糖類繊維の高強度化
3. 学会等名 セルロース学会北海道・東北支部セミナー：多糖類の新展開（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shiori Suzuki、Azusa Togo、Taku Omura、Satoshi Kimura、Tadahisa Iwata
2. 発表標題 Development of Air-Jet Wet Spinning Process for Curdlan and the Acetyl Derivatives Using an Ionic Liquid and Evaluation of Fiber Properties
3. 学会等名 The 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 都甲梓、鈴木菜、宇佐川檀、木村聡、岩田忠久
2. 発表標題 -1,3-グルカンと -1,6-graft- -1,3-グルカンの酵素触媒重合、湿式紡糸およびプラスチック材料化
3. 学会等名 セルロース学会第28回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木菜、都甲梓、岩田忠久
2. 発表標題 イオン液体を用いた多糖類の化学修飾・湿式紡糸一貫プロセスの開発と繊維物性評価
3. 学会等名 2021年繊維学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木菜、都甲梓、岩田忠久
2. 発表標題 イオン液体を用いた多糖類の化学修飾一湿式紡糸連続プロセスの開発と繊維物性評価
3. 学会等名 第11回イオン液体討論会
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 鈴木菜、都甲梓、木村聡、岩田忠久
2. 発表標題 多糖類の化学修飾・湿式紡糸連続法の開発および水中二次延伸による再生繊維の高強度化
3. 学会等名 第72回日本木材学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木菜、都甲梓、木村聡、岩田忠久
2. 発表標題 a-1,3-グルカン再生繊維の物性評価および結晶構造解析
3. 学会等名 第72回日本木材学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木菜、高橋憲司、岩田忠久
2. 発表標題 イオン液体を活用した多糖材料の創製
3. 学会等名 セルロース学会関東支部 ミニシンポジウム - セルロースの未来を拓く若手研究者達VI (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木菜、高橋憲司、岩田忠久
2. 発表標題 イオン液体を活用したバイオマス由来材料の創製
3. 学会等名 21-1エコマテリアル研究会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

高分子材料科学研究室ホームページ  
<http://www.fp.a.u-tokyo.ac.jp/lab/polymer/>  
化学反応工学研究室ホームページ  
<https://ktlabo.w3.kanazawa-u.ac.jp/>  
高分子材料科学研究室 ホームページ  
<http://www.fp.a.u-tokyo.ac.jp/lab/polymer/publications/publications2021.html>  
鈴木菜 Research map  
[https://researchmap.jp/shiori\\_suzuki](https://researchmap.jp/shiori_suzuki)

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