

令和 2 年 6 月 10 日現在

機関番号：13601

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H04893

研究課題名(和文) 生体親和性バイオナノファイバーと水だけを使用したグリーンな医療材料の創製

研究課題名(英文) Production of functional materials from biocompatibility nanofibers and water

研究代表者

長田 光正(Osada, Mitsumasa)

信州大学・学術研究院繊維学系・准教授

研究者番号：70435402

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 19,400,000円

研究成果の概要(和文)：常温の水中に分散した各種バイオナノファイバーを高温高圧下で処理することで、自立可能な機械的強度を有するハイドロゲルを作製した。従来必須とされてきた架橋剤や添加材を用いずに、セルロースやキチンだけでハイドロゲルを作製することができ、その性状をコントロールおよび予測する手法を明らかにした。ゲル化のメカニズムの解明のため、ゲル化前後の各種バイオナノファイバー物性を評価し、ナノファイバー同士の絡み合いの促進が原因であることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

安心安全かつ生体適合性の高い材料が、再生医療分野で求められている。各種細胞を培養する基材としてハイドロゲルが注目されているが、その作製過程では有害な化学物質が用いられており、その残存が懸念される。これに対して本研究では、生体親和性の高い自然由来の素材と水だけを用いたハイドロゲルの作製を達成した。生体に優しい素材と水だけで、なぜゲル化が起こるのかを解明したことの学術的意義も大きい。

研究成果の概要(英文)：Biocompatibility nanofibers such as cellulose, chitin, and proteins were converted to a self-sustaining hydrogel through wet pulverization and hydrothermal gelation. The effects of temperature and treatment time on the physicochemical properties of hydrogel were revealed. The cellulose nanofiber hydrogels formed via hydrothermal treatment were physical gels, and that the network structure may have formed through simple attractive forces.

研究分野：化学工学

キーワード：ナノファイバー 糖鎖 タンパク質

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

再生医療において細胞の3次元培養が求められており、そのためには3次元構造を持った細胞培養の基材が必須不可欠である。その基材の原料として、生体親和性の高いキチン、シルクフィブロイン、セルロースなどが有力な候補である。しかし通常、これらの原料から3次元基材を作製するためには、原料を特殊な有機溶媒などで溶解し、さらに形態を維持するために架橋剤を用いる点が問題である。もし原料と水しか用いずに3次元構造をもつ基材を作製できれば、医療材料製造に革新を起こせる。

申請者はこれまで、キチン粉末をウォータージェット湿式解砕装置によりナノファイバー化する研究を行ってきた。キチンナノファイバーとは直径5~10 nm、長さ数百 nm でキチン分子鎖が束になったものであり、粉末状のキチンと比較して比表面積が大きく、機能を最大化できることが特長である。

上記研究で、キチンナノファイバーが常温の水に分散した液を、高温高压処理することで、分散液がハイドロゲル化し、様々な固形物を創製できることを発見した。得られるハイドロゲルの強度は高く、自立可能である。ゲル化の現象は、従来の粉末状のキチンでは見られず、ナノファイバーを経由することで初めて発現する性質である。しかし高強度のハイドロゲルが、高温高压水処理で得られるメカニズムは明らかになっていなかった。また本手法がキチン以外のバイオ素材にも展開できるかどうか不明であった。

そこで本研究では、高温高压水中で各種バイオナノファイバーのハイドロゲル化を決定する因子の解明と、それを利用した新たな材料創製を行った。

### 2. 研究の目的

上記の背景とこれまでの研究成果をもとに、本研究では生体親和性の高いバイオナノファイバーの高温高压水中でのハイドロゲル化を決定する因子を解明し、本現象を利用したハイドロゲルやスポンジ材料を細胞培養足場材などの新たな医療材料に展開するための基礎研究を行う。

### 3. 研究の方法

#### (1) ナノファイバーのハイドロゲル化におよぼす高温高压水処理の効果の解明

常温の水中に分散したナノファイバーからハイドロゲルを作製する方法として、100 以上の高温高压水中でのナノファイバー同士の架橋(共有結合以外)を利用する。処理条件(温度、時間)がハイドロゲルやスポンジ材料の性状におよぼす影響を明らかにする。

#### (2) バイオナノファイバーの高温高压水中でのハイドロゲル化メカニズムの解明

ハイドロゲルやスポンジ材料の性状を制御するためには、ナノファイバーのハイドロゲル化の分子レベルでのメカニズムの解明が必要不可欠である。本研究では、ハイドロゲル化前の水に分散した状態と、生成したハイドロゲルの、ナノファイバー径や長さ、分子量を定量的に把握する。

#### (3) ナノファイバーから調製したハイドロゲルの医療材料としての評価

作製した材料を用いて細胞培養を行い、軟骨再生用材料としての評価を行う。キチンやシルクフィブロインは、もともと各種の細胞の培養に適している。これらをナノファイバーを経由して高い比表面積をもつハイドロゲルにした場合の効果を明らかにする。

### 4. 研究成果

#### (1) ナノファイバーのハイドロゲル化におよぼす高温高压水処理の効果の解明

常温の水中に分散したナノファイバーが、高温高压水中でハイドロゲル化する際の、温度、時間などの加熱条件の効果調べた。本研究で新たに製作した高温高压反応装置を用いて、100~200 の範囲でハイドロゲルを調製した。

まず広く市販されている TEMPO 酸化セルロースナノファイバーの分散液を用いて、高温高压水処理によるゲル化を検討した。その結果、図1に示すように分散液を 160 で 20 min 以上加熱することで、高温高压対応の反応管内部と同じ円柱型を保った状態で自立するハイドロゲルに変換することができた。高温高压水処理後のセルロース分解物により、生成したハイドロゲルは茶色に変色するが、これを常温の水に浸すことで脱色でき、無色透明で高強度なハイドロゲルが得られることも明らかにした。得られたハイドロゲルの圧縮弾性率、透明度、含水率と、処理条件(温度、時間など)の関係を明らかにした。

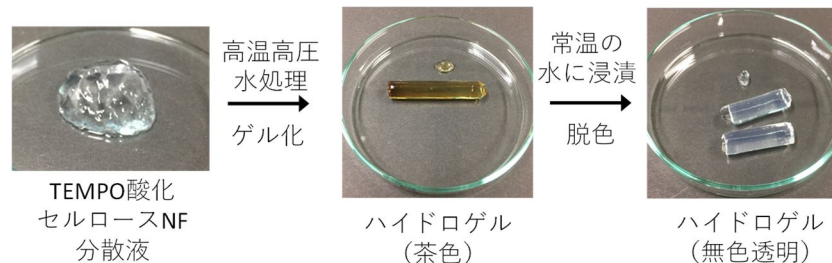


図1. 高温高压水処理により得られるハイドロゲルの外観

次に化学修飾されていない純粋なセルロースおよびキチンのナノファイバーについて検討した。化学修飾されていないナノファイバーの分散液の調製は、図2に示すウォータージェット技術を応用した湿式解繊装置を用いて行った。本手法では、セルロースおよびキチン粉末をナノファイバー化する際に、水しか用いていないという特長をもつ。ナノファイバーは、装置出口から水中に分散した状態で得られ、常温でも水に分散し続ける。

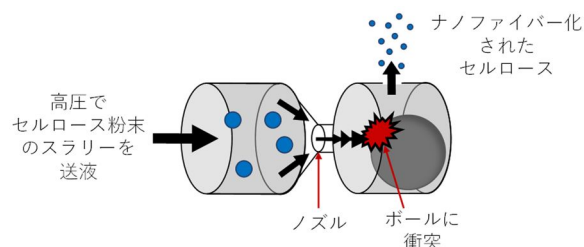


図2. 湿式解繊処理による各種バイオナノファイバー調製

化学修飾されていない純粋なセルロースナノファイバーを 100~200 の範囲でハイドロゲルを調製したところ、TEMPO酸化セルロースナノファイバーで見られた茶色の変色は見られなかった。TEMPO酸化セルロースでは、加水分解されたグルクロン酸塩がさらに熱分解した副生成物により茶色に変色するが、純粋なセルロースでは熱分解がほとんど起こらないことを明らかにした。

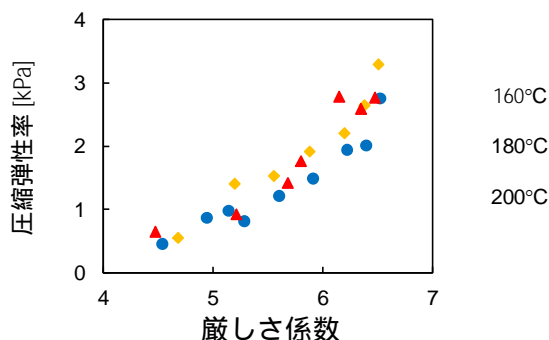


図3. 厳しさ係数によるキチンを原料としたハイドロゲル性状の予測

次に純粋なキチンを高温高圧水処理することで得られたハイドロゲルの圧縮弾性率、透明度と高温高圧水中での処理条件の関係を明らかにした。その結果、図3に示すようにハイドロゲルの圧縮弾性率、透明度などの性状は、厳しさ係数と呼ばれる温度、時間の関数で予測できることを見出した。これにより、キチンのハイドロゲルを作製する際に、ゲルの性状をコントロールする指標が得られた。

次にシルクフィブロインやケラチンなどのタンパク質についても検討した。ウォータージェットを応用した湿式粉碎により、各種タンパク質の粉末をナノオーダーまでダウンサイズすることで、常温の水中に分散する状態にできることを明らかにした。各種タンパク質の分散液を、高温高圧条件下で処理することで、ハイドロゲルが調製できることがわかった。さらに得られたハイドロゲルの圧縮弾性率、破断強度などの機械的性質と、高温高圧水中での処理条件の関係を明らかにした。

## (2) バイオナノファイバーの高温高圧水中でのハイドロゲル化メカニズムの解明

高温高圧水中でのハイドロゲル化のメカニズムの解明のため、ゲル化前後の各種バイオナノファイバー物性を評価した。評価した性状として、動的粘弾性測定、表面電荷（ゼータ電位）、ファイバー長（原子間力顕微鏡）、ファイバー径（電子顕微鏡）の測定を行った。電子顕微鏡による観察の結果、ファイバー径は加熱時間とともに増大していた。これは高温高圧水処理によってナノファイバー同士が接着し、網目構造が発達したことを示している。またX線回折からは、高温高圧水処理前後で、セルロースやキチンの結晶構造は大きく変化していないことも明らかにした。赤外分光法スペクトル測定からは、本研究で検討した温度、圧力、処理時間の範囲内では、セルロースやキチンの化学構造も安定に存在していることを確認した。また光散乱検出器を備えたサイズ排除クロマトグラフィーシステムにより、原料およびゲル化前後のナノファイバーの分子量を測定した（図4）。その結果、高温高圧水処理前後でセルロースの分子量は大きくは変化していないことがわかった。もしヘミアセタール構造など化学反応をとまなう架橋が形成される場合、図4の分子量プロットは処理時間とともに上方向（高分子側）にシフトするはずであるが、そのような結果は見られなかつ

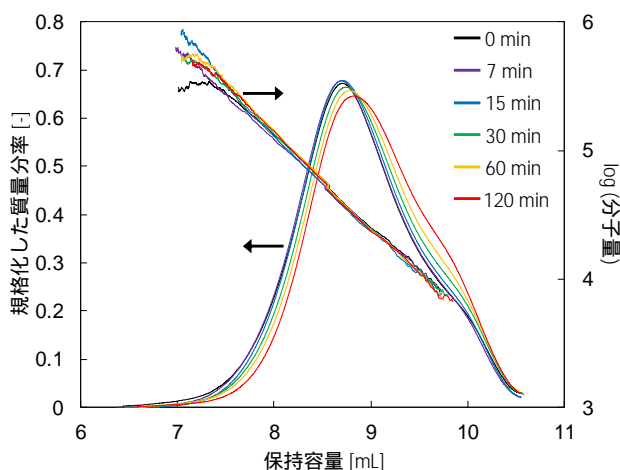


図4. セルロースナノファイバーを原料としたハイドロゲルの溶出体積と規格化した質量分率及び分子量の関係（160 処理）

た。これらの結果から、高温高压水中でのハイドロゲル化のメカニズムは、基本的にナノファイバー同士の絡み合い箇所増加による物理ゲルであることを明らかにした。(図5)

ナノファイバー内のセルロース高分子は、分子間水素結合とファンデルワールス力とで規則正しく配列している。高温高压水処理後のナノファイバー同士の接着界面では、いくらかのランダム性を持って配列していると考えている。もしナノファイバー間の接着が水素結合によるものであれば、水素結合はその結合距離が決まっているため、X線回折で新たな結晶のピークが検出されるが、そのようなピークは検出されなかった。したがって、ナノファイバーの接着はファンデルワールス力や疎水性相互作用によるものだと考えている。高温高压水処理において、セルロースナノファイバー同士の接着が生じた原因として、溶媒である水分子間の水素結合が高温高压条件下で弱化することによるセルロースナノファイバー間の疎水性相互作用の強化、水中でのセルロースナノファイバーの拡散速度が高温高压水中で大きくなることによるナノファイバー間の接触頻度の増大、が挙げられる。これを実証するためのさらなる検討が必要である。

タンパク質の湿式粉碎物の形状(電子顕微鏡)、サイズ(レーザー回折式粒度分布)、分散液の動的粘弾性の測定を行った。また原料、湿式粉碎物、ハイドロゲル化後のタンパク質の分子量を測定した。これらの結果から、タンパク質の粉碎物の高温高压水中でのハイドロゲル化のメカニズムは、セルロースなどで見られたナノファイバー同士の絡み合い箇所増加ではなく、異なる機構であることがわかった。

### (3) ナノファイバーから調製したハイドロゲルの医療材料としての評価

医療材料としての評価のため、ハイドロゲルを任意の形状で作製する検討を行った。大型の高温高压対応の反応器(内容積1リットル)を用いることで、図6に示すように星形や猫型などの形状のハイドロゲルを作製できることがわかった。これらのハイドロゲルの医療材料としての評価のため、骨芽細胞の培養試験(WST-1法)を行った。その結果、ハイドロゲルを調製する際の高温高压条件の違いにより、細胞増殖に影響があることを明らかにした。

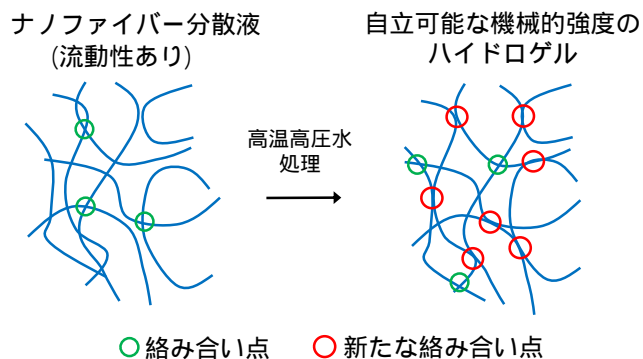


図5. セルロースナノファイバーのハイドロゲル化におよぼす高温高压水処理の影響

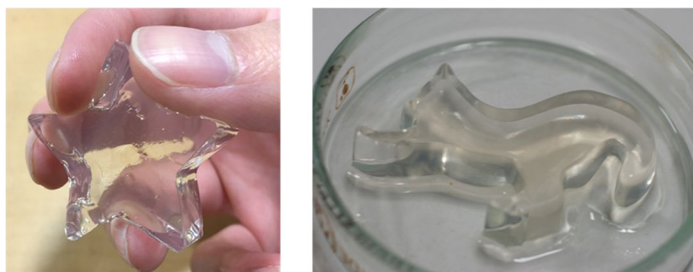


図6. 任意の形状に作製可能なハイドロゲルの外観

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Suenaga Shin, Osada Mitsumasa	4. 巻 25
2. 論文標題 Parameters of hydrothermal gelation of chitin nanofibers determined using a severity factor	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Cellulose	6. 最初と最後の頁 6873 ~ 6885
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10570-018-2053-3	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 Suenaga Shin, Osada Mitsumasa	4. 巻 4
2. 論文標題 Self-sustaining Cellulose Nanofiber Hydrogel Produced by Hydrothermal Gelation without Additives	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Biomaterials Science & Engineering	6. 最初と最後の頁 1536 ~ 1545
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsbmaterials.8b00026	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 Suenaga Shin, Osada Mitsumasa	4. 巻 115
2. 論文標題 Systematic Dynamic Viscoelasticity Measurements for Chitin Nanofibers Prepared with Various Concentrations, Disintegration Times, Acidities, and Crystalline Structures	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Biological Macromolecules	6. 最初と最後の頁 431 ~ 437
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijbiomac.2018.04.082	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 Suenaga Shin, Osada Mitsumasa	4. 巻 1
2. 論文標題 Hydrothermal Gelation of Pure Cellulose Nanofiber Dispersions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Applied Polymer Materials	6. 最初と最後の頁 1045 ~ 1053
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsapm.9b00076	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 Osada Mitsumasa, Kobayashi Hisaya, Miyazawa Tatsuya, Suenaga Shin, Ogata Makoto	4. 巻 136
2. 論文標題 Non-catalytic conversion of chitin into Chromogen I in high-temperature water	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Biological Macromolecules	6. 最初と最後の頁 994 ~ 999
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijbiomac.2019.06.123	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 Suenaga Shin, Osada Mitsumasa	4. 巻 126
2. 論文標題 Preparation of -chitin nanofiber aerogels by lyophilization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Biological Macromolecules	6. 最初と最後の頁 1145 ~ 1149
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijbiomac.2019.01.006	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 Osada Mitsumasa, Shoji Shinya, Suenaga Shin, Ogata Makoto	4. 巻 195
2. 論文標題 Conversion of N-acetyl-D-glucosamine to nitrogen-containing chemicals in high-temperature water	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Fuel Processing Technology	6. 最初と最後の頁 106154 ~ 106154
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.fuproc.2019.106154	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 Machida Junnosuke, Suenaga Shin, Osada Mitsumasa	4. 巻 155
2. 論文標題 Effect of the degree of acetylation on the physicochemical properties of -chitin nanofibers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Biological Macromolecules	6. 最初と最後の頁 350 ~ 357
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijbiomac.2020.03.213	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 Osada Mitsumasa	4. 巻 29
2. 論文標題 Preparation of Self-Sustaining Hydrogels by Hydrothermal Gelation of Biomass-Derived Nanofibers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Review of High Pressure Science and Technology	6. 最初と最後の頁 194 ~ 198
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4131/jshpreview.29.194	査読の有無 無
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 -

〔学会発表〕 計29件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 14件)

1. 発表者名 Mitsumasa Osada
2. 発表標題 Green Technology for Chitin Utilization Using Only Water
3. 学会等名 14th International Chitin and Chitosan Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shin Suenaga, Mitsumasa Osada
2. 発表標題 Preparation of Self-standing Hydrogel Using - and -Chitin Nanofiber by Hydrothermal Treatment
3. 学会等名 14th International Chitin and Chitosan Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Junnosuke Machida, Shin Suenaga, Mitsumasa Osada
2. 発表標題 Preparation of Chitin Nanofiber Dispersion with High Viscosity and High Transmittance from -Chitin
3. 学会等名 14th International Chitin and Chitosan Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mizuki Nishiwaki, Shin Suenaga, Mitsumasa Osada
2. 発表標題 Purification of $\alpha$ -Chitin from Squid Pens Using Only Water and Production of $\alpha$ -Chitin Hydrogel
3. 学会等名 14th International Chitin and Chitosan Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mitsumasa Osada, Shin Suenaga
2. 発表標題 Production of Porous Material by using Chitin Nanofiber
3. 学会等名 The 11th Textile Bioengineering and Informatics Symposium (TBIS 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shin Suenaga, Mitsumasa Osada
2. 発表標題 Novel Gelation Method of Cellulose Nanofiber: Using Only Heat and Pressure
3. 学会等名 NANOFIBERS 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mitsumasa Osada, Shin Suenaga, Iori Shimada, Hiroshi Fukunaga, Nobuhide Takahashi
2. 発表標題 $\alpha$ -Chitin Nanofiber Preparation from Squid Pen by a Water Jet Machine
3. 学会等名 6th International Conference on Multifunctional, Hybrid and Nanomaterials (国際学会)
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 Shin Suenaga, Mitsumasa Osada
2. 発表標題 Preparation of Self-standing Hydrogel of Cellulose Nanofiber by Using Only Heat and Pressure
3. 学会等名 6th International Conference on Multifunctional, Hybrid and Nanomaterials (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長田光正
2. 発表標題 バイオマスナノファイバーの水熱ゲル化による自立可能な強度のハイドロゲル生成
3. 学会等名 化学工学会 超臨界流体部会 第17回サマースクール「エネルギー・環境問題に挑戦する超臨界流体」(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長田光正
2. 発表標題 高温高圧水処理によるセルロースおよびキチンのナノファイバー分散液からの高強度ハイドロゲル調製
3. 学会等名 第7回 応用糖質フレッシュシンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 末永信, 長田光正
2. 発表標題 酸化セルロースナノファイバーの水熱処理による自立可能な強度のハイドロゲル調製
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 末永信, 長田光正
2. 発表標題 セルロースナノファイバー分散液の水熱処理による高強度ハイドロゲル化
3. 学会等名 化学工学会 第50回秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小野田崇司, 尾形慎, 長田光正
2. 発表標題 高温高圧水中でのシアル酸からのN-acetyl-mannosamine (ManNAc) 配糖体と2,7-anhydro-Neu5Acの合成
3. 学会等名 日本応用糖質科学会 平成30年度大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mitsumasa Osada
2. 発表標題 Production of Functional Materials and Chemicals from Chitin Biomass by using various Water Media
3. 学会等名 Indo-Japan International Conference (IJC-2018) on "New Insights into Multifunctional Catalysis for Biomass Transformation" (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shin Suenaga, Mitsumasa Osada
2. 発表標題 Novel Preparation Method of Self-sustaining Hydrogel using only Cellulose Nanofiber Dispersion
3. 学会等名 The 255th American Chemical Society National Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長田光正
2. 発表標題 高温高圧水処理がキチンの酵素糖化と物性におよぼす影響の解明
3. 学会等名 第31回日本キチン・キトサン学会大会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 長田光正
2. 発表標題 高温高圧水処理によるキチン調製と物性評価
3. 学会等名 第120回触媒討論会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 末永信, 戸谷一英, 野村義宏, 山下和彦, 嶋田五百里, 福長博, 高橋伸英, 長田光正
2. 発表標題 動的粘弾性試験によるキチンナノファイバーのレオロジー特性
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 末永信, 戸谷一英, 野村義宏, 山下和彦, 長田光正
2. 発表標題 キチンナノファイバーの高温高圧水処理による自立可能な強度のハイドロゲル生成
3. 学会等名 第31回日本キチン・キトサン学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 東海林真也, 末永信, 尾形慎, 戸谷一英, 長田光正
2. 発表標題 高温高圧水中でのN-アセチルグルコサミンの脱水反応における酸塩基触媒の影響
3. 学会等名 第31回日本キチン・キトサン学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 片岡康慈, 嶋田五百里, 福長博, 高橋伸英, 玉田靖, 長田光正
2. 発表標題 高温高圧水処理によるシルクフィブロインからのポリペプチド生成
3. 学会等名 化学工学会第49回秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Mitsumasa Osada
2. 発表標題 Preparation of Self-standing Hydrogels based on Biomass Nanofibers by Hydrothermal Gelation
3. 学会等名 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies (PACRIM13) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mitsumasa Osada, Shin Suenaga
2. 発表標題 Production of Self-sustaining Hydrogel of Cellulose Nanofiber by Using Only Heat and Pressure
3. 学会等名 1st International Conferences on Noncovalent Interactions (ICNI-2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mitsumasa Osada, Takashi Onoda, Makoto Ogata
2. 発表標題 Effect of Functional Groups on Monosaccharide Reactions in High-temperature and High-pressure Water
3. 学会等名 The 18th Congress of Asian-Pacific Confederation of Chemical Engineering (APCChE 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Junnosuke Machida, Shin Suenaga, Iori Shimada, Hiroshi Fukunaga, Nobuhide Takahashi, Mitsumasa Osada
2. 発表標題 Preparation of Chitin Nanofiber Dispersion with High Viscosity and Self-sustaining Hydrogel from $\alpha$ -Chitin
3. 学会等名 The 18th Congress of Asian-Pacific Confederation of Chemical Engineering (APCChE 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長田光正
2. 発表標題 水だけを用いたセルロースおよびキチンのナノファイバー化と高強度ハイドロゲル作製
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 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長田光正, 西脇瑞貴, 末永信
2. 発表標題 水だけを利用した $\alpha$ -キチン調製とナノファイバー化
3. 学会等名 第33回日本キチン・キトサン学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長田光正, 小野田崇司, 尾形慎
2. 発表標題 高温高圧水中での単糖変換の反応速度におよぼす置換基の影響
3. 学会等名 日本応用糖質科学会令和元年度大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 町田純之介, 末永信, 嶋田五百里, 福長博, 高橋伸英, 長田光正
2. 発表標題 部分脱アセチル化 キチンのナノファイバー化とハイドロゲルの作製
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
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 長田光正 (共著)	4. 発行年 2017年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 252
3. 書名 超臨界流体を用いる合成と加工 (5.3節 キチン・アミノ糖の高温高圧水処理)	

1. 著者名 長田光正 (共著)	4. 発行年 2019年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 483
3. 書名 ナノファイバーの製造・加工技術と応用事例 (第4節キチン系バイオマスの湿式解繊によるナノファイバー化)	

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----