

令和 3 年 6 月 3 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K05767

研究課題名(和文) ピッカリングエマルションを利用したナノセルロースのヤヌス型表面分子設計

研究課題名(英文) Janus-type surface design of nanocelluloses by Pickering emulsion system

研究代表者

横田 慎吾 (Yokota, Shingo)

九州大学・農学研究院・助教

研究者番号：30600374

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：水中カウンターコリジョン法により得られるセルロースナノファイバー(CNF)が、一本の繊維上に性質の異なる親水面と疎水面を併せ持つことが示された。さらに、この両親媒性CNFは、油・水界面に密に吸着することにより優れた乳化能を有することが明らかとなった。この界面固定されたCNFの油滴サイドのみをさらに疎水化することにより、水中での繊維凝集挙動が変化したことから、その挙動を制御することでの新たな高次構造材料構築の可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

循環利用可能なバイオマスのマテリアル変換は、脱炭素社会構築の一翼を担う研究開発課題である。樹木等から得られるセルロースナノファイバー(CNF)は、優れた物性をもつバイオナノ素材と注目されているが、原料や製造法により異なる、その表面物性の理解と制御が鍵となる。本研究では、両親媒性を示すACC法由来のCNFについて、表面構造・表面物性の基礎知見を得た。特に、ACC-CNFの優れた乳化特性は、食品を含む広範な分野へ応用展開が期待されるものである。

研究成果の概要(英文)：This study clarified that the cellulose nanofibers prepared by aqueous counter collision (ACC-CNF) possess both hydrophobic and hydrophilic planes on a single nanofibril surface. Furthermore, it was indicated that this amphiphilic ACC-CNF was densely adsorbed at oil and water interface, which resulting in stable Pickering emulsion formation. The surface of ACC-CNF was acetylated only in oil phase of an emulsion system. The localized hydrophobic faces induced unique self-aggregation behavior of the modified CNF in water, which would be applied as a new approach to fabricate a material with higher-ordered hierarchical structure in an aqueous system.

研究分野：多糖材料化学

キーワード：セルロースナノファイバー 表面・界面 ピッカリングエマルション 両親媒性構造 表面化学修飾

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。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

生物の織り成す構造形成は、主に水系環境ではたらく物質間の相互作用によって行われる。そのため、ビルディングブロックとなる生体分子・物質の多くは両親媒性を示す。特に「ナノ」の領域では、材料全体の性質に大きく関与する物質表面・界面の親水性・疎水性が重要な因子となる。樹木などから得られる天然由来のナノ繊維であるセルロースナノファイバー(CNF)は、その強靱な物性に着目した応用の試みが盛んである。一方で、原料や製造法によって CNF の性質が異なることを理解したうえでの材料利用が必要である。加えて、その分子構造ならびに結晶構造から期待される両親媒性を活かす CNF の材料設計の試みは少ない。しかし最近、水中カウンターコリジョン(ACC)法で得られる CNF(ACC-CNF)が、他の手法で製造される CNF と比較してより疎水性の高い表面(両親媒性)を有することを示す現象が見出されている。このことは、用途によって適材適所の利用が不可欠な CNF の応用・実用範囲をさらに広げる可能性を期待させるものである。

水と油のように互いに混ざり合わない液体を分散(乳化)させたエマルションは、食品、化粧品、医薬品、塗料、農薬などの幅広い分野で用いられている。安定なエマルションを得るためには、従来から水/油界面を仲立ちする界面活性剤(分子)が乳化剤として使用されているが、固体微粒子が水/油界面に集積する「ピッカリングエマルション」は、安定性・安全性の点でより優れると言われている。最近ではグリーンマテリアルである CNF の適用が試みられている。ごく最近、ACC-CNF が化学改質や添加剤なしに優れた乳化作用を示す現象が見出された。しかし、その作用機序に関わる ACC-CNF の表面特性にフォーカスした基礎的検討は未だほとんど行われていない。

2. 研究の目的

ACC-CNF の両親媒性は、一本のナノ繊維表面に親水性面と疎水性面の両面を有することに起因すると考えられる。本課題では、ACC-CNF の界面機能を追求すべく、下記について検討した。

(1) ACC-CNF の表面特性解析：疎水分子や界面活性剤との相互作用をプローブとして、予想されている ACC-CNF 表面の構造を検証し、さらに、その原料依存性を検討する。

(2) ACC-CNF の表面設計による乳化特性の制御：乳化条件とエマルション形成・安定性の相関、水/油界面における ACC-CNF の存在形態などの基礎的知見を蓄積する。さらに、表面改質を介して ACC-CNF の乳化剤としての機能拡張を図る。

(3) 界面集積を活かした新規材料設計：ACC-CNF の水/油界面での集積特性を制御することによる表裏で性質の異なるヤヌス型ナノレイヤーの創製や界面選択的化学修飾によるヘテロ構造体の設計を試みる。

3. 研究の方法

(1) ACC-CNF の両親媒性構造の可視化と定量：各種原料から調製された ACC-CNF の希釈分散水をポリプロピレンフィルム上に固定したのち、蛍光染料で染色処理を施し、共焦点レーザー走査顕微鏡(CLSM)により観察した。さらに、カチオン性界面活性剤(炭素鎖 12,14,16)を作用させたときのゼータ電位変化を指標として、CNF の親水性表面の定量的な評価を行った。

(2) ACC-CNF の乳化特性の検討：0.1-0.2% ACC-CNF 分散水と各種有機溶媒を体積比 1:1 の割合で混合・攪拌し、形成されるエマルションの所定時間後の体積、液滴径、エマルション型を検討した。さらに、竹漂白クラフトパルプ(BBKP)由来の ACC-CNF とシクロヘキサンを用いて乳化した試料について、遠心分離により余剰の CNF を除去したのちに急速凍結乾燥させ、電界放出形走査電子顕微鏡(FE-SEM)のを用いて形態観察を行った。

(3) 水・油界面を反応場とした ACC-CNF の局所的化学改質：バクテリア由来の ACC-CNF 分散水とトルエンを所定条件で攪拌することによってエマルションを調製した。その際、あらかじめアセチル化試薬および触媒を溶解させたトルエン溶液を用いた。所定の条件でアセチル化反応に供したのち、精製し、局所改質 CNF を得た。コントロールとして、N,N-ジメチルアセトアミドを分散媒とした均一分散系でのアセチル化も施した。得られた改質 CNF 分散水を用いてガラス基板上でキャストフィルムを調製した。乾燥後、フィルムを基板から剥離させ、その表裏を X 線光電子分光法(XPS)に供した。

4. 研究成果

(1) ACC-CNF 表面の親水性面に対して calcofluor white(CFW)を、疎水性面に対してセルロース分解酵素の carbohydrate binding module を緑色蛍光タンパク質でラベルした(CBM-GFP)を作用させ、二重染色を試みた。CLSM 観察の結果、一本の CNF 上の異なる領域で CFW と CBM-

GFP の蛍光領域がみとめられた。すなわち、ACC-CNF が異なる性質の二面を併せ持つ“ヤヌス型”繊維構造を有していることが可視化された。CBM-GFP で染色される疎水的な面は、直接染料である Congo red (CR) によっても同様に染色された。さらに、疎水面と親水面の相対比率を評価するために、各種 ACC-CNF に対する CR と CFW の吸着量を分光法により測定した。その結果、バクテリアセルロース由来の ACC-CNF が植物セルロース由来の ACC-CNF と比較してより疎水性面の割合が高いことが示された。

次いで、親水性 (OH 基) 面に対して、カチオン性界面活性剤の吸着性をプローブとしたより定量的な評価を試みた。ACC-CNF 表面に吸着した界面活性剤のアルキル鎖間のファンデルワールス力を算出してその吸着密度を検討したところ、微結晶セルロース (木質) 由来の方がバクテリアセルロース由来よりも界面活性剤が密に吸着していることが示された。したがって、微結晶セルロース由来の ACC-CNF はバクテリアセルロース由来よりも表面反応性が大きいことが推察された。ACC 法は原料セルロース繊維に応じて異なる親水疎水バランスや親水面の反応性を示す CNF を与えることが示唆された。

(2) ACC-CNF 分散水を任意の有機溶媒と混合攪拌することによって、容易に乳化し、安定な油滴分散型 (Oil-in-water (O/W)) エマルションが得られた。他手法で得られる CNF も乳化安定性を示すことが報告されているが、同一の原料 (広葉樹漂白パルプ) からマイクロフルイダイザーで調製された CNF と ACC-CNF の乳化特性を (シクロヘキサンを油層として) 比較したところ、ACC-CNF の顕著な乳化能が示された。このことは、ACC-CNF の両親媒性ヤヌス型構造に起因するものと考えられる。安定化された油滴を電子顕微鏡観察に供したところ、油相 / 水相界面に対して、ACC-CNF が高密度で吸着することが明らかとなった。さらに、乳化安定性に対する油相の物理化学的性質を詳細に検討し、特に、油相の比誘電率、粘度、密度が乳化安定のキーファクターとなる新たな知見が示された。また、簡便な表面疎水化 (アセチル化) によって、ACC-CNF の乳化特性を向上させることも明らかとなった。

(3) 水/油界面に吸着した ACC-CNF に対して油相側のみでアセチル化を施すことにより、ナノレベルで局所的な化学改質を試みた。この局所的改質を施した ACC-CNF は、均一系で改質された ACC-CNF とは異なる自己凝集挙動を示した。すなわち、親水性のガラス基板をもちいてキャストフィルムを調製した際、ACC-CNF 疎水性官能基の特異な分布が生じ、フィルムの空気面においてより疎水的なぬれ性を示すことが示された。均一分散系で表面改質を行った CNF の場合では、はく離したフィルムの空気側と基板側の XPS スペクトルにおいて差異はみとめられなかった。一方、エマルション系で局所的に表面アセチル化を施した CNF 由来のフィルムについては、膜の空気面で疎水性官能基 (アセチル基) の割合が高く、基板面ではヒドロキシ基の割合が高くなっていることが示唆された。得られたフィルム上に滴下された水滴の静的接触角や膜内への浸透にも差異がみられたことから、疎水性官能基と親水性のヒドロキシ基の局在の違いによって外部環境に応じた CNF の集合構造形成に違いが生じ、膜表面の物性に寄与したものと推察された。ACC-CNF を局所的に分子設計したナノビルディングブロックにより構築される高次元材料の新機能創出の可能性が示されてものと考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Yokota Shingo, Tagawa Satomi, Kondo Tetsuo	4. 巻 255
2. 論文標題 Facile surface modification of amphiphilic cellulose nanofibrils prepared by aqueous counter collision	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Carbohydrate Polymers	6. 最初と最後の頁 117342 ~ 117342
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbpol.2020.117342	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 Ishida Koichiro, Yokota Shingo, Kondo Tetsuo	4. 巻 261
2. 論文標題 Localized surface acetylation of aqueous counter collision cellulose nanofibrils using a Pickering emulsion as an interfacial reaction platform	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Carbohydrate Polymers	6. 最初と最後の頁 117845 ~ 117845
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbpol.2021.117845	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 Ye Wenbo, Yokota Shingo, Fan Yimin, Kondo Tetsuo	4. 巻 28
2. 論文標題 A combination of aqueous counter collision and TEMPO-mediated oxidation for doubled carboxyl contents of -chitin nanofibers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cellulose	6. 最初と最後の頁 2167 ~ 2181
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10570-021-03676-2	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 該当する
1. 著者名 Tsuji Tsubasa, Tsuboi Kunio, Yokota Shingo, Tagawa Satomi, Kondo Tetsuo	4. 巻 22
2. 論文標題 Characterization of an Amphiphilic Janus-Type Surface in the Cellulose Nanofibril Prepared by Aqueous Counter Collision	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biomacromolecules	6. 最初と最後の頁 620 ~ 628
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.biomac.0c01464	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 Yamamoto Kohji, Tsubota Takuya, Uno Tomohide, Tsujita Yutaro, Yokota Shingo, Sezutsu Hideki, Mita Kazuei	4. 巻 521
2. 論文標題 A defective prostaglandin E synthase could affect egg formation in the silkworm Bombyx mori	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biochemical and Biophysical Research Communications	6. 最初と最後の頁 347 ~ 352
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbrc.2019.10.121	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 Yokota Shingo, Kamada Keita, Sugiyama Aki, Kondo Tetsuo	4. 巻 226
2. 論文標題 Pickering emulsion stabilization by using amphiphilic cellulose nanofibrils prepared by aqueous counter collision	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Carbohydrate Polymers	6. 最初と最後の頁 115293 ~ 115293
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbpol.2019.115293	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 Hatakeyama Mayumi, Ryuno Daisuke, Yokota Shingo, Ichinose Hirofumi, Kitaoka Takuya	4. 巻 178
2. 論文標題 One-step synthesis of cellooligomer-conjugated gold nanoparticles in a water-in-oil emulsion system and their application in biological sensing	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Colloids and Surfaces B: Biointerfaces	6. 最初と最後の頁 74 ~ 79
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/J.colsurfb.2019.02.051	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33件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 高山 剛, 横田 慎吾, 近藤 哲男
2. 発表標題 酢酸菌細胞断片を用いた半人工セルロース繊維生産系の構築
3. 学会等名 第71回日本木材学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 掲 恬娟, 田川 聡美, 横田 慎吾, 近藤 哲男
2. 発表標題 水中カウンターコリジョン法で得られる竹由来セルロースナノファイバー中のキシランの表面特性への影響
3. 学会等名 第71回日本木材学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 横田 慎吾
2. 発表標題 両親媒性バイオナノファイバーの界面吸着と乳化特性
3. 学会等名 第35回繊維学会西部支部講演会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 横田 慎吾, 近藤 哲男
2. 発表標題 セルロースナノ材料の表面特性制御と高次構造化
3. 学会等名 第69回高分子討論会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石田 紘一郎, 横田 慎吾, 近藤 哲男
2. 発表標題 ヤヌスACC-ナノセルロース表面の局所的アセチル化による両親媒的二面性の向上
3. 学会等名 第70回日本木材学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三宅 佐和, 横田 慎吾, 近藤 哲男
2. 発表標題 ACC法に依り得られるナノセルロースの表面自由エネルギーの定量評価
3. 学会等名 第70回日本木材学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 後藤 明希子, 横田 慎吾, 近藤 哲男
2. 発表標題 オートクレーブ前処理を経た水中カウンターコリジョン法による竹からのナノファイバー創製
3. 学会等名 第70回日本木材学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Wenbo Ye, Tianjuan Jie, Shingo Yokota, Yimin Fan, Tetsuo Kondo
2. 発表標題 SURFACE FUNCTIONALIZATION VIA TEMPO-MEDIATED OXIDATION OF CHITIN NANOFIBERS PREPARED BY AQUEOUS COUNTER COLLISION
3. 学会等名 2019 Pusan-Gyeongnam/Kyushu-Seibu Joint Symposium on High Polymers(19th) and Fibers(17th) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sawa Miyake, Shingo Yokota, Tetsuo Kondo
2. 発表標題 QUANTIFICATION OF ADSORPTION ENERGY OF ACCNANOCELLULOSES AT OIL/WATER INTERFACE BY USING PENDANT DROP TENSOMETRY
3. 学会等名 2019 Pusan-Gyeongnam/Kyushu-Seibu Joint Symposium on High Polymers(19th) and Fibers(17th) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koichiro Ishida, Shingo Yokota, Tetsuo Kondo
2. 発表標題 ADSORPTION PROPERTIES OF ACC-NANOCELLULOSE TO POLYSTYRENE MICROSPHERE HAVING DIFFERENT DIAMETER
3. 学会等名 2019 Pusan-Gyeongnam/Kyushu-Seibu Joint Symposium on High Polymers(19th) and Fibers(17th) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masato Kamogawa, Satomi Tagawa, Gento Ishikawa, Shingo Yokota, Tetsuo Kondo
2. 発表標題 CRYSTALLIZATION BEHAVIOR OF POLYPROPYLENE ON 3D-HONEY COMB SCAFFOLDS OF ACC-NANOCELLULOSE
3. 学会等名 2019 Pusan-Gyeongnam/Kyushu-Seibu Joint Symposium on High Polymers(19th) and Fibers(17th) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hayate Kuroyanagi, Shingo Yokota, Tetsuo Kondo
2. 発表標題 FABRICATION OF ELASTOMER REINFORCED WITH NANOCELLULOSE HONEYCOMB CELL
3. 学会等名 2019 Pusan-Gyeongnam/Kyushu-Seibu Joint Symposium on High Polymers(19th) and Fibers(17th) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akiko Goto, Shingo Yokota, Tetsuo Kondo
2. 発表標題 CHEMICAL-FREE FABRICATION OF BAMBOO ACC-NANOFIBRIL VIA AUTOCLAVE PRETREATMENT
3. 学会等名 2019 Pusan-Gyeongnam/Kyushu-Seibu Joint Symposium on High Polymers(19th) and Fibers(17th) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tsubasa Tsuji, Kunio Tsuboi, Shingo Yokota, Tetsuo Kondo
2. 発表標題 SURFACE ANALYSIS OF AMPHIPHILIC JANUS STRUCTURE ON ACC-NANOCELLULOSE
3. 学会等名 2019 Pusan-Gyeongnam/Kyushu-Seibu Joint Symposium on High Polymers(19th) and Fibers(17th) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 後藤 明希子, 横田 慎吾, 近藤 哲男
2. 発表標題 オールケミカルフリープロセスによる竹ナノファイバー創製
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石田 紘一郎, 横田 慎吾, 近藤 哲男
2. 発表標題 ACC-ナノセルロースのマイクロポリマー粒子への吸着現象に対して粒径が及ぼす影響
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鴨川 正人, 石川 元人, 横田 慎吾, 近藤 哲男
2. 発表標題 ACC-ナノセルロースで被覆されたポリプロピレン粒子の結晶化挙動
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 黒柳 遥風, 石川 元人, 横田 慎吾, 近藤 哲男
2. 発表標題 ナノセルロースハニカムセルにより補強されるエラストマーの創製
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 後藤 明希子, 横田 慎吾, 近藤 哲男
2. 発表標題 オートクレーブ前処理を経た水中カウンターコリジョン法によるケミカルフリーな竹ナノファイバー創製
3. 学会等名 セルロース学会第26回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石田 紘一郎, 横田 慎吾, 近藤 哲男
2. 発表標題 粒径の異なるマイクロポリマー粒子へのACC-ナノセルロースの吸着特性
3. 学会等名 セルロース学会第26回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三宅 佐和, 横田 慎吾, 近藤 哲男
2. 発表標題 懸滴法によるACC-ナノセルロースの界面活性能の評価
3. 学会等名 セルロース学会第26回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鴨川 正人, 石川 元人, 横田 慎吾, 近藤 哲男
2. 発表標題 ACC-ナノセルロースのポリプロピレンに対する結晶核剤効果
3. 学会等名 セルロース学会第26回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 辻 翼, 坪井 国雄, 横田 慎吾, 近藤 哲男
2. 発表標題 ACC-ナノセルロースにおける両親媒性ヤヌス構造の定量評価
3. 学会等名 セルロース学会第26回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shingo Yokota, Koki Miura, Tetsuo Kondo
2. 発表標題 Oriented deposition of bacterial nanocellulose induced by nematic ordered cellulose templates with unique surface energy distribution
3. 学会等名 257th American Chemical Society National Meeting & Exposition 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横田 慎吾
2. 発表標題 二面性を持つセルロースナノファイバーの可能性
3. 学会等名 平成30年度第48回繊維学会夏季セミナー (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 後藤明希子, 辻 翼, 横田 慎吾, 近藤 哲男
2. 発表標題 「竹」からの水のみを用いるリグノセルロースナノファイバー創製
3. 学会等名 セルロース学会第25回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 辻 翼, 横田 慎吾, 近藤 哲男
2. 発表標題 両親媒性ヤヌスACC-ナノセルロースにおける新水性表面の定量評価
3. 学会等名 セルロース学会第25回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 内田 詠子 メガン, 横田 慎吾, 近藤 哲男
2. 発表標題 両親媒性ヤヌスナノフィブリルを用いた新規ナノコンポジット製造法
3. 学会等名 セルロース学会第25回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三宅 佐和, 横田 慎吾, 近藤 哲男
2. 発表標題 両親媒性ヤヌスセルロースナノフィブリル配向性単層膜の創製への試み
3. 学会等名 第55回化学関連支部合同大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鎌田 啓大, 横田 慎吾, 近藤 哲男
2. 発表標題 原料種により異なる両親媒性ヤヌスセルロースナノファイバーの表面特性
3. 学会等名 第55回化学関連支部合同大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 辻 翼, 横田 慎吾, 近藤 哲男
2. 発表標題 両親媒性ヤヌスACCナノセルロース表面におけるカチオン性化合物の吸着特性
3. 学会等名 第55回化学関連支部合同大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 後藤 明希子, 辻 翼, 横田 慎吾, 近藤 哲男
2. 発表標題 水のみを用いる「竹」ナノファイバー創製
3. 学会等名 第55回化学関連支部合同大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鎌田 啓大, 横田 慎吾, 近藤 哲男
2. 発表標題 カチオン性界面活性剤との相互作用をプローブとしたヤヌスACC-ナノセルロースの親水性表面の評価
3. 学会等名 平成30年度繊維学会年次大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

九州大学研究者情報
<https://hyoka.ofc.kyushu-u.ac.jp/search/details/K003860/index.html>
九州大学バイオマテリアルデザイン研究室
<http://biomat.agr.kyushu-u.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
--	---------------------------	-----------------------	----

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