

令和 2 年 6 月 18 日現在

機関番号：34511

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2019

課題番号：15K07518

研究課題名(和文) コットンギャップを埋める再生セルロースの構造設計と制御

研究課題名(英文) Structure design and control of regenerated cellulose to fill the cotton gap

研究代表者

山根 千弘 (Yamane, Chihiro)

神戸女子大学・家政学部・教授

研究者番号：70368489

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：再生セルロースが極めて水に影響を受けやすいことを構造形成メカニズムと動的粘弾性から明らかにした。セルロース分子の構造形成過程を高輝度放射光で追跡したところ、まずグルコースの疎水性平面が接近し分子シートができるとともに、それが積層して表面が親水性の初期構造ができることを確認した。

セルロースの動的粘弾性の水分率依存性を調べたところ、水分率40-60%の時、動的粘弾性のピークが現れ、ガラス状態からゴム状態へ転移することを明らかにした。湿潤状態での分子運動を抑制することが、コットンギャップを埋めるキーポイントとなろう。

研究成果の学術的意義や社会的意義

再生セルロースは水に極めて影響を受けやすい。これは親水性の結晶面が表面に現れているからである。しかしそのような構造が形成される機構は不明であるし、水に濡れた状態のセルロース分子の運動状態も定かではない。もしこれらが解明されれば、再生セルロースの水の影響を制御できるかもしれない。

一方、近い将来コットンの需要と供給に大きな差(コットンギャップ)が生じることが懸念されている。これは綿畑の不足などにより、綿の供給が限界に近付いているためである。もし、再生セルロースの水の影響が制御され、コットンギャップを埋めることができれば、莫大な量の繊維市場が開け、日本が再び世界一の繊維生産国になることも夢ではない。

研究成果の概要(英文)：Structure formation of cellulose from its solution was revealed using high intensity X-ray generated from synchrotron radiation that molecular sheets were formed by hydrophobic interaction of glucose rings and then they stacked to be an initial structure with hydrophilic surface.

Dependence of water regain on viscoelastic phenomena of regenerated cellulose showed transition from glassy to rubbery state at 40-60% water regain. In order to fill the cotton gap, it is very important to restrain molecular movement in wet state.

研究分野：再生セルロースの構造と構造形成

キーワード：再生セルロース セルロース 動的粘弾性 ガラス転移 高輝度放射光 再生繊維

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

コットンギャップとは近い将来発生するコットンの需要と供給の大きなギャップのことをいう。世界人口の増加と経済発展はコットンの需要を高めているが、その生産能力はもう限界に近い。これは人口増加に対応するため穀物畑がまず優先されることや都市化の影響で畑そのものが減少していること、コットン栽培に必要な大量の農薬の弊害などによる。この膨大なギャップを埋める可能性を持つのはポリエステルではなく、再生セルロース繊維である。なぜなら再生セルロース繊維はコットンと同じ物質（セルロース）から構成されており、コットンと同じ機能が期待できるからである。ところが現在の再生セルロース繊維は水洗いすると、しわ、収縮、著しいフィブリル化が起き、基本的にドライクリーニングするしかない。家庭で洗濯できないものが、コットンの代わりに務められるわけがない。申請者は今まで、再生セルロースの構造的特徴とその形成メカニズムを明らかにし、新しい食品領域を開拓してきた(ナノ食品-木質パルプから構造制御されて得た機能性食品材料-(基盤 C, 2011-2014); セルロース/水酸化ナトリウム水溶液からの新機能性食品材料(基盤 B, 2005-2007)。本研究の目的は、これらの知見を生かし、コットンギャップを埋めることのできる再生セルロースの構造設計とその制御をおこなうことである。もしこれが出来れば、莫大な量の市場が開け、日本が再び世界の繊維生産国になることも夢ではない。

2. 研究の目的

再生セルロースとは、木質パルプなどの天然セルロースを一旦溶剤に溶かして、フィルムや繊維などの用途に応じた形態に沈殿させて得たものである。フィルム形態ではセロファンであり、繊維形態ではレーヨンやキュプラ、リヨセルなどである。再生セルロースの最も大きな特徴は、水に濡れやすいことである。例えば再生セルロースフィルムの水に対する接触角は 12° 前後であり、高分子素材中最も濡れやすいもののひとつである。同じく主鎖に多数の水酸基を有するポリビニルアルコールフィルムでも水滴接触角は 40° 前後もある。特筆すべきは、再生セルロースがデンプンフィルム（水滴接触角 40.8° ）より著しく接触角が小さく、濡れやすいことである。

これは、図1に示す分子シートが構造形成初期に形成してしまうからである。この分子シートの表面には水酸基が露出しており極めて親水性が高い。逆にシート内部は、-C-Hの水素原子が存在し疎水性である。そもそもグルコピラノースリングにエカトリアルな方向(リングの側面)に水酸基が結合しておりこの方向は親水性であるが(図2下)、一方アキシアル方向には水素原子が結合しているのでリング平面は疎水性である(図2上)。そして、セルロース溶液から凝固が開始されると、ピラノースリング表面の疎水性表面積を減らすような熱力学的ドライビングフォースが働き、ピラノースリング平面の疎水性部分がファンデルワールス力などの疎水性相互作用でスタッキングする。これが分子シートの形成である。これは分子動力学(MD)計算により提案されたものである。この分子シートはあたかも水中に分散したミセルのように内部が疎水性で、表面は水酸基が露出し親水性である。親水性分子シートが集合した再生セルロースは当然親水性であり、内部にも水が浸入しやすい構造になってしまう。

このように再生セルロースは本質的に水に影響を受けやすく、これを利用したのが申請者等による、世界で初めてのセルロース系ナノ食品の研究開発である。これは再生セルロースの水濡れ性の高さという本質を利用したものである。本研究の目標達成には、逆に再生セルロースを水に影響し難くしなければならない。一方、再生セルロース繊維の研究開発がレーヨン繊維のトップサプライヤーであるオーストリアのLenzing社によって精力的に行われている。その中で最も水に影響を受けない繊維がテンセル®®であるが、湿潤弾性率は乾燥弾性率の1/10にもみたく、本質的には今までの再生セルロース繊維の枠を出していない。そしてこのような弾性率の急激な低下は、水による再生セルロースのガラス転移の可能性を示唆するものである。これについては本研究課題でも詳細に検討する。テンセル素材を使ったデニムやジーンズなどの製品も発売されているが、特殊な樹脂加工を施されたものやポリエステルとの混紡であったり、コットンと同じような使い方ができるものではない。

本研究の最終点は、将来発生する莫大なコットンギャップを、再生セルロースで埋めることである。しかし今の再生セルロースでは極めて水に影響を受けやすく無理である。本研究課題の目的はその本質を見だし、解決のための考え方を提案するものである。

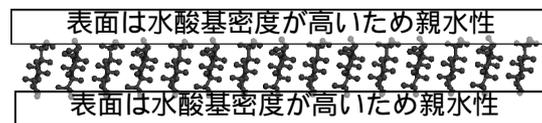


図1 親水性分子シート

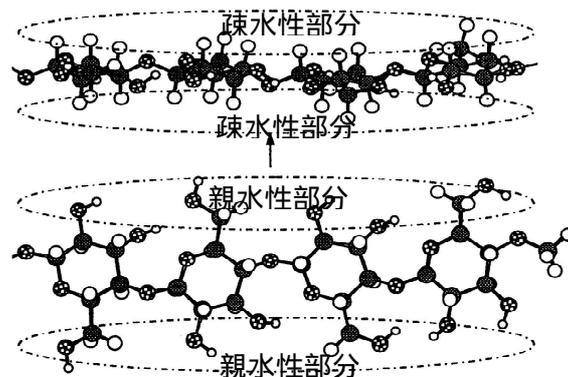


図2 セルロース分子の親水性部分(下)と疎水性部分(上)

3. 研究の方法

(1)動的粘弾性:セルロース繊維を室温 25 °C で水と有機溶媒の含有率を変化させ、動的粘弾性測定装置(ITK、DVA-200)で機械的損失正接 (貯蔵弾性率 E_r と損失弾性率の比: $\tan \delta$) と及び E_r を求めた。従来のガラス転移の観察には、示差走査熱量計や動的粘弾性測定装置が用いられるが、前者では再生セルロースの熱移動が極めて少ないためとらえることができず、後者では溶媒の含有率依存性の測定が不可能であった。そこで、湿潤状態の試料を動的粘弾性測定装置に設置し、乾燥過程の動的粘弾性を測定した。一方、同一試料の一部を用いて、水や有機溶媒の含有率の時間依存性も同時に測定した。これによって、動的粘弾性の乾燥時間依存性を含有率依存性に変換でき、含有率依存性の測定が可能になった。

(2)小角X線散乱:セルロース繊維に所定の含有率になるよう水や有機溶媒を含浸し、ガラスキャピラリー に密封した。これらの高輝度放射光 X 線(SPring-8、BL-40B2、波長 0.83Å) 散乱像を得た。

4. 研究成果

(1)親水性分子シートの構造形成:

分子動力学(MD)による検討から、次のような過程でセルロース溶液から再生セルロースの構造形成が進むことを我々は提案してきた。これを図示したのが図3である。ちなみにこの図では、すべての分子鎖が紙面に垂直に描かれている。セルロースの溶媒は極性が高いので、凝固が開始されると、ピラノースリング表面の疎水性表面積を減らすように、ピラノースリング平面の疎水性部分がファンデルワールス力などの疎水性相互作用でスタッキングする。これが分子シートの形成である(図3(b))。この分子シートはあたかも水中に分散したミセルのように内部が疎水性で、表面は水酸基が露出し親水性である。次にこの分子シートが、今度は水素結合で積層し微結晶が出来上がる(図3(c)の左)。シート同士が歪を持って(シート間隔に分布を持って)積層した部分が非晶となる(図3(c)の右)。

最後にこれが集合して、再生セルロースが出来上がるが(図3(d))、分子シートの表面は水酸基密度が高く極めて親水性なので、分子シートが集合した再生セルロースは内部表面も親水性であり、水が浸入しやすい構造になってしまう。もともと表面が親水性の分子シートが集まったものなので水に影響を受けやすくなるのは当然である。これが、再生セルロースが極めて濡れやすく、吸水性が高いことの原因である。しかしこれらはすべてMDにより得られた結果であり、現実的(実験的)にこの過程を証明したわけではない。そこで、高輝度放射光で構造形成過程を追跡した。

セルロース/水酸化ナトリウム水溶液(図3の一番上に対応)を加熱(加熱すると凝固する)、又はキャピラリー に入れて、上から凝固液を加えて、凝固過程

(構造形成過程)を高輝度放射光(SPring-8; BL40B2)で追跡した。図3に示す構造形成過程が正しいのなら、図3(b)に示す分子シート内のセルロース分子鎖の周期が、次に分子シートが積層する過程(図3(c))が観察されるはずである。測定では、凝固直後に $q = 14 \text{ nm}^{-1}$ に回折ピークが現れた、これは 0.45 nm の周期に相当し、まずはじめに分子シートが形成したことを示唆するものである。次に、図3(c)に相当する、分子シートの積層が観察されねばならない。図4に高輝度放射光により時分割的に観察された、凝固過程の小角領域(SAXS)の厚さのギニエプロットを示す。ここで図4に示された直線の傾きから平板構造(この場合は分子シートに相当)の厚さを見積もることができる。すなわち傾きが急になるほど平板構造の厚さが厚くなったことを示している。すなわち、小角領域の厚さのギニエプロットから、シート状物の厚さが時間とともに厚くなるのが観察され、最終的には分子シート3~4層分の厚みになることが示された。すなわちMDから提案された構造形成過程が高輝度放射光の測定により、実測でも支持されたわけである。このメカニズムから示唆される、再生セルロースの課題解決の方向は、構造形成初期に

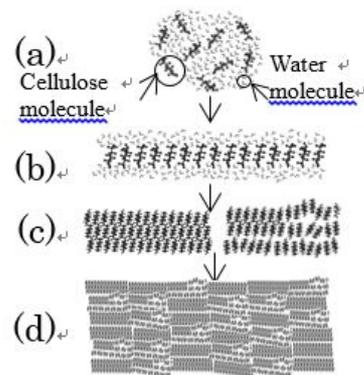


図3 セルロースの構造形成メカニズム

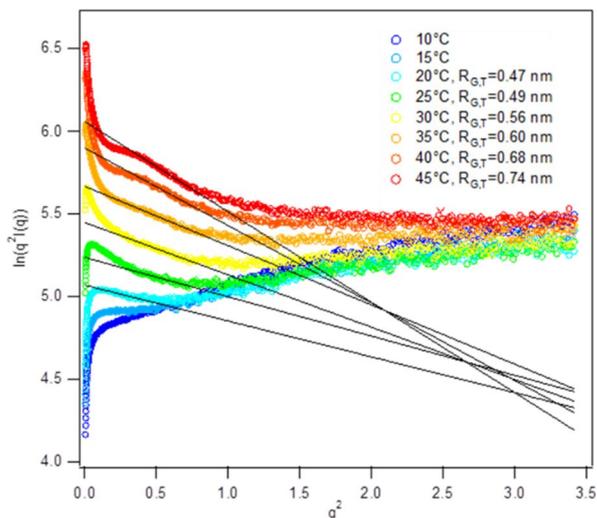


図4 厚さのギニエプロット

疎水性の相互作用で分子シートを形成させるのではなく、水素結合によって構造形成をスタートさせることである。そうすれば必然的にグルコピラノースの疎水性面が構造の表面に出てきて、水に影響を受けにくい再生セルロースができるはずである。

(2)結晶界面と水との相互作用：

上記のようなメカニズムで構造形成が行われたとしたら、親水性分子シートに相当する結晶面(1-10)面が再生セルロースの表面に現れるはずである。親水性分子シートの表面には水酸基密度が極めて高いため、その表面特性を理解することが、親・疎水性を制御するためには極めて重要である。まず親水性分子シートと類似した表面を持つ(1-10)結晶面を再生セルロースの結晶形であるセルロース形結晶から切り出し、その上に水分子を配置し、セルロース表面と水との界面エネルギーを計算した。この界面エネルギーは極めて低く、セルロース表面と水との親和性が高いことが確認できた。また、表面近傍に存在する水はバルクに比べて、密度は低く、エネルギーは高かった。これはセルロース表面により水が活性化されていることを示唆している。

(3)再生セルロース繊維の水による転移：

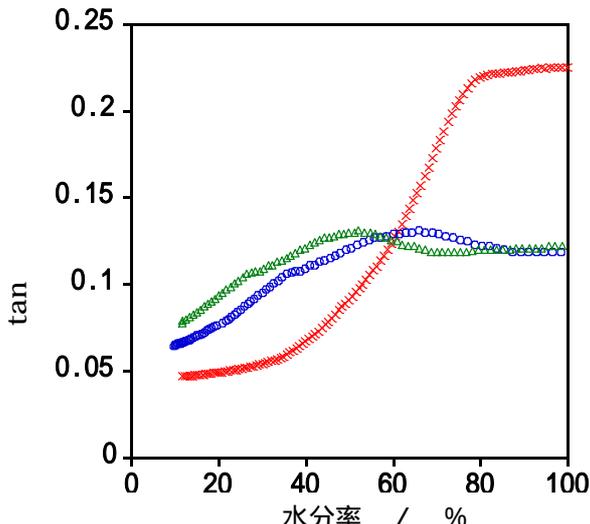


図5 tan δ の水分率依存性：温度 25 °C ; ×; rayon, ○; cupra, △; lyocell.

室温 25 °C で再生セルロース繊維の水分率を変化させると動的粘弾性における貯蔵弾性率と損失弾性率の比 (tan δ) のピークやショルダーが出現した (図 5)。この tan δ のピークやショルダーを与えた水分率 (WRmax) は、レーヨン 78%、キュプラ 63%、リヨセル 56% となり、tan δ のピークやショルダーの高さ (tan δ max) は、レーヨン 0.22、キュプラ 0.12、リヨセル 0.11 の順で低下した。この順は、再生セルロース繊維の温度依存性による乾燥状態のガラス転移の報告と一致した。くわえて、ここでの貯蔵弾性率 E_r の低下度合いは、レーヨン 1/10、キュプラ 1/8、リヨセル 1/3 となり、この急激な E_r の減少は熱可塑性ポリマーで見られる温度上昇に伴うガラス転移の典型的な挙動である。したがって、乾燥状態で 240-279 °C にある再生セルロース繊維のガラス転移温度が室温にまで低下することが示唆された。室温 25 °C、湿度 100% の水分率 (飽和水分率

とよぶ) ; レーヨン 47%、キュプラ 37%、リヨセル 31%) は、WRmax より低いことから、通常の使用状態から、わずかに水が加わるとゴム状態になると考えられる。

(4)再生セルロース繊維の有機溶媒による転移：

室温 25 °C で再生セルロース繊維(リヨセル)の溶媒の含有率を変化させると tan δ のピークが出現した (図 6、7)。この tan δ のピークを与えた有機溶媒の含有率は、極性溶媒では、エタノール 36%、プロパノール 65%、ブタノール 69%、非極性溶媒では、ヘキサン 35%、ヘプタン 54%、オクタン 54% であった。ここから、セルロースは親水性と疎水性を有する両親媒性高分子であるため、有機溶媒でも水分率依存性と同様に転移することが見出された。また、小角 X 線散乱像からも有機溶媒によって膨潤することが示唆された。くわえて、tan δ のピークの高さ tan δ max は、極性溶媒では、エタノール 0.11、プロパノール 0.06、ブタノール 0.05、非極性溶媒では、ヘキサン 0.12、ヘプタン 0.09、オクタン 0.07 の順で低下し、この順で運動領域が減少し、溶媒の分子量に対応して分子運動が起こりにくいことがわかった。したがって、分子量の

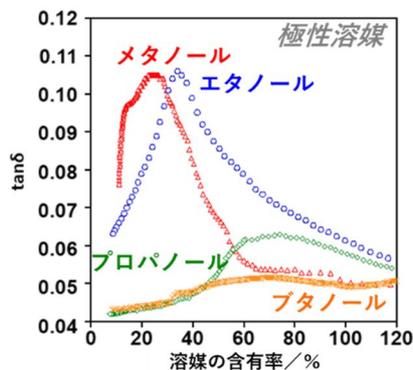


図6 極性溶媒の tan δ への影響

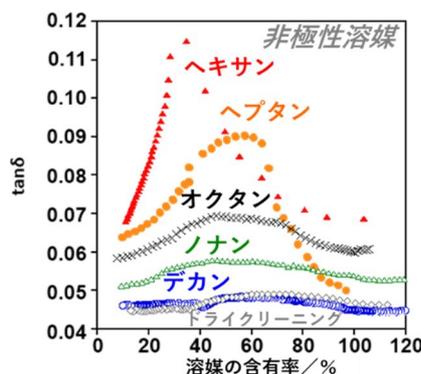


図7 非極性溶媒の tan δ への影響

大きさが非晶領域への侵入に影響することが見出された。しかし、分子量がノナン以上の非極性溶媒(ノナン、デカン、石油系ドライクリーニング溶剤)では、 \tan のピークは出現しなかった。ここで、石油系ドライクリーニング溶剤の主成分はノナン以上のアルカンであることから、ノナンより分子量が大きい石油系溶媒では、ガラス転移が起こらないことが明らかになり、これらの溶媒がドライクリーニングに用いられる理由を科学的に解明した。

したがって綿を超える再生セルロース繊維を得るためには、水によるガラス転移現象を抑制する必要がある。

(5)水による膨潤と転移現象の関連：

再生繊維リヨセルの各水分率の小角二次元散乱を図8に示す。水分率が上昇するにつれ散乱強度が増すことが伺われる。赤道線上の強度は、水分率0%と9%では、広角側へ単調に減少しているに見えるが、水分率30%を超えると水分率の増加に伴って極大を示すように見える。この散乱像を赤道線上にスキャンしたプロファイルが図9であり、散乱ピークやショルダーが出現した。これらは、水分率の増加とともに顕著になり、低角側にシフトした。図10は、ショルダーの位置から長周期を見積もったグラフである。また、レーヨンとリヨセルはWRmaxを超えると横ばいになった。これは水によるErの変化に対応している。ここで、リヨセルの水分率0%の長周期は3.4 nmであった。また、レーヨンとキュブラの水分率0%にはピークやショルダーがないためデータプロットはないが、水分率0%まで外装すると3.6 nmと4.5 nmとなり、これらは広角X線散乱による乾燥状態の見かけの結晶サイズに類似していた。さらに過去の報告によると、再生繊維のマイクロフィブリルは幅3.5 nmであるといわれていることから、この長周期は水が浸透して密度が低下し、結晶と非晶領域の電子密度差によって出現したマイクロフィブリルの間隔を現わす可能性があり、湿潤によってマイクロフィブリルの間隔が広がることが示唆される(図11)。

再生セルロース繊維の水による影響を要約すると、まず水が乾燥したマイクロフィブリルの間隔の非晶領域に浸透

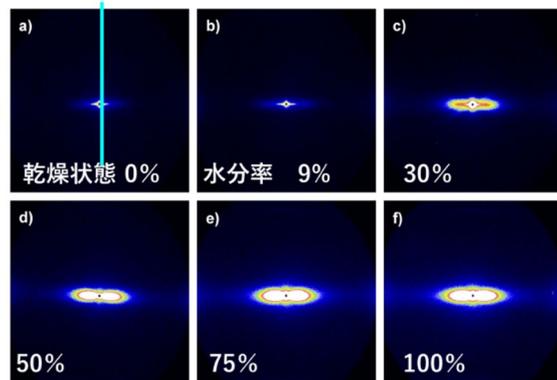


図8 各種水分率のリヨセルの小角二次元散乱像

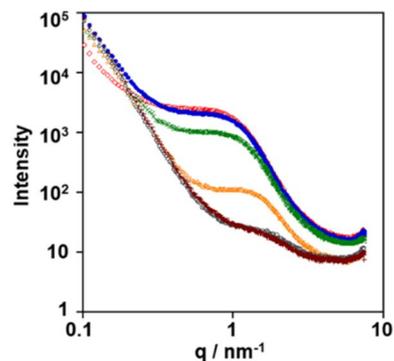


図9 赤道線上の散乱強度プロファイル

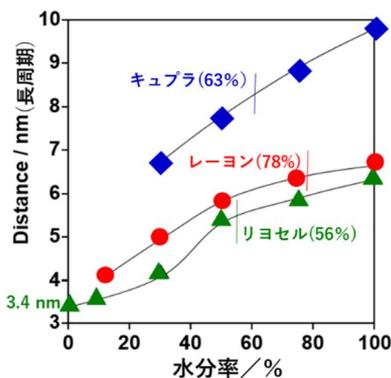


図10 長周期の水分率依存性

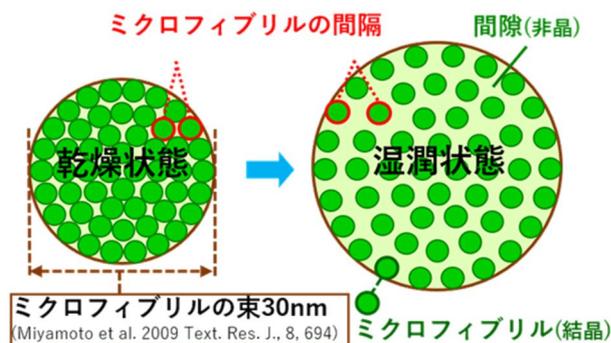


図11 湿潤によるマイクロフィブリル間隔の増大

し、セルロース分子間の相互作用を緩和する。これによりErやヤング率が低下し、マイクロフィブリルの間隔が広がる。次に飽和水分率に達するが、この段階ではまだセルロースの全体的な骨格の分子運動は起こらない。このように、再生セルロース繊維は日常生活では転移水分率WRmaxに到達しない。ここで、わずかに水が加わると、Erやヤング率、マイクロフィブリルの間隔の変化が横ばいになり、WRmaxに達し、 \tan のピークまたはショルダーが現れるとともにマイクロフィブリルの間隔も十分に広がる。この状態でセルロース分子の主鎖が動き始め、いわゆるゴム状態に変化する可能性がある。転移には、セルロース主鎖の運動に十分なスペースが必要であることが考えられ、膨潤挙動と緩和は関連性があると考えられる。以上より、乾燥時に240以上にあったガラス転移は湿潤によって室温にまで低下したといえよう。

綿を超える再生セルロース繊維を得るためには、このように水による膨潤を抑え、ガラス転移現象を抑制する必要がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 6件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Akari Okugawa, Kengo Ishikawa, Hirokazu Taniguti, Hiroyuki Kono, Chihiro Yamane	4. 巻 27
2. 論文標題 In vivo decomposition of 13C-labeled cellulose in the mouse	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Cellulose	6. 最初と最後の頁 2417-2426
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10570-020-02968-3	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 Okugawa Akari, Sakaino Manami, Yuguchi Yoshiaki, Yamane Chihiro	4. 巻 231
2. 論文標題 Relaxation phenomenon and swelling behavior of regenerated cellulose fibers affected by water	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Carbohydrate Polymers	6. 最初と最後の頁 115663 ~ 115663
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbpol.2019.115663	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 H. Miyamoto, Y. Yuguchi, D. M. Rein, Y. Cohen, K.Ueda and C. Yamane	4. 巻 23
2. 論文標題 Structure of cellulose/direct dye complex regenerated from supercritical water	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Cellulose	6. 最初と最後の頁 2099-2115
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10570-016-0900-7	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 Miyamoto Hitomi, Rein Dmitry M., Ueda Kazuyoshi, Yamane Chihiro, Cohen Yachin	4. 巻 24
2. 論文標題 Molecular dynamics simulation of cellulose-coated oil-in-water emulsions	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Cellulose	6. 最初と最後の頁 2699 ~ 2711
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10570-017-1290-1	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 Chihiro Yamane	4. 巻 30
2. 論文標題 Structure formation of regenerated cellulose from its solution and resultant features of high wettability	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Nordic Pulp and Paper Research Journal	6. 最初と最後の頁 78-91
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3183/NPPRJ-2015-30-01-p078-091	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 Chihiro Yamane, Kentaro Abe, Maho Satho, and Hitomi Miyamoto	4. 巻 30
2. 論文標題 Dissolution of cellulose nanofibers in aqueous sodium hydroxide solution	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Nordic Pulp and Paper Research Journal	6. 最初と最後の頁 92-98
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3183/NPPRJ-2015-30-01-p092-098	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 Hitomi Miyamoto, Udo Schnupf, Kazuyoshi Ueda, and Chihiro Yamane	4. 巻 30
2. 論文標題 Dissolution mechanism of cellulose in a solution of aqueous sodium hydroxide revealed by molecular dynamics simulations	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Nordic Pulp and Paper Research Journal	6. 最初と最後の頁 67-77
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3183/NPPRJ-2015-30-01-p067-077	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 Chihiro Yamane, Ryuji Hirase, Hitomi Miyamoto, Shigeo Kuwamoto, Yoshiaki Yuguchi	4. 巻 22
2. 論文標題 Mechanism of structure formation and dissolution of regenerated cellulose from cellulose/aqueous sodium hydroxide solution and formation of molecular sheets deduced from the mechanism	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Cellulose	6. 最初と最後の頁 2971-2982
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10570-015-0714-z	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 Hitomi Miyamoto, Chihiro Yamane, Kazuyoshi Ueda	4. 巻 22
2. 論文標題 Molecular dynamics simulation of dehydration in cellulose/water crystals	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Cellulose	6. 最初と最後の頁 2899-2910
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI 10.1007/s10570-015-0716-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 該当する

[学会発表] 計14件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 C. Yamane
2. 発表標題 Regeneration of cellulose from its solution and resultant feature of high wettability
3. 学会等名 The EPNOE 2019 International Polysaccharide Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. Okugawa and C. Yamane
2. 発表標題 Relationship between relaxation phenomenon and swelling behavior of regenerated cellulose fibers
3. 学会等名 The EPNOE 2019 International Polysaccharide Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. Okugawa, H. Matsubara, T. Asami, H. Kono and C. Yamane
2. 発表標題 Cellulose food from cellulose/aqueous sodium hydroxide solution
3. 学会等名 The EPNOE 2019 International Polysaccharide Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 奥川あかり、山根千弘
2. 発表標題 石油系ドライクリーニングなどの非極性溶剤が再生セルロース繊維の動的粘弾性に及ぼす影響
3. 学会等名 日本家政学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 奥川あかり、山根千弘、湯口宜明
2. 発表標題 動的粘弾性挙動における天然セルロース繊維の水分率依存性
3. 学会等名 セルロース学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 奥川あかり、湯口宜明、山根千弘
2. 発表標題 動的粘弾性挙動における天然セルロース繊維の水分率依存性
3. 学会等名 高分子学会、高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 後藤昌弘、山根千弘、橋本和弘、岩田恵美子、吉村眸、畑欣宏、浅見孝志
2. 発表標題 セルロース・グルコマンナン複合体を添加した植物性ホイップクリームの食味評価
3. 学会等名 家政学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉村眸、後藤昌弘、山根千弘、橋本和弘、岩田恵美子、畑欣敏、浅見孝志
2. 発表標題 セルロース複合麵の特性に関する研究（第2報）
3. 学会等名 日本家政学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 奥川 あかり、山根 千弘、湯口 宜明、村瀬 浩貴
2. 発表標題 再生セルロース繊維の膨潤挙動と緩和現象の関連
3. 学会等名 セルロース学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 奥川 あかり、山根 千弘、谷口 祐一、石原 健吾、甲野 裕之
2. 発表標題 マウスによるセルロースの生体内での分解挙動
3. 学会等名 セルロース学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 後藤昌弘、山根千弘、橋本和弘、岩田恵美子、吉村眸、畑欣宏、浅見孝志
2. 発表標題 セルロース複合麵の特性に関する研究（第3報）
3. 学会等名 日本調理科学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山根千弘
2. 発表標題 セルロースのTSCを用いた解析例 - 再生セルロースの水による構造変化 -
3. 学会等名 TSC (Thermally stimulated current) 研究会 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 山根千弘
2. 発表標題 木から食品を創る - 世界で初めてのセルロースによる食品材料 -
3. 学会等名 「ながのブランド郷土食」信州大学工学部・長野市 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 奥川あかり, 境野真奈美, 湯口宜明, 村瀬浩貴, 山根千弘
2. 発表標題 高輝度放射光により検討した再生セルロース繊維の膨潤挙動
3. 学会等名 セルロース学会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 H. Miyamoto, K. Sakakibara, I. Wataoka, Y. Tsuji, C. Yamane, K. Kajiwara	4. 発行年 2017年
2. 出版社 John Wiley & Sons, Inc. West Sussex UK	5. 総ページ数 印刷中
3. 書名 Interaction of Water Molecules with Carboxyalkyl Cellulose, Advances in Cellulose Science and Technology: Chemistry, Analysis, and Applications	

〔産業財産権〕

〔その他〕

神戸女子大学ホームページ
<http://www.yg.kobe-wu.ac.jp/wu/>

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	湯口 宜明 (Yugichi Yoshiaki) (00358300)	大阪電気通信大学・工学部・教授 (34412)	
研究分担者	上田 一義 (Ueda Kazuyoshi) (40223458)	横浜国立大学・大学院工学研究院・名誉教授 (12701)	