

令和 3 年 5 月 2 日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2020

課題番号：19K22335

研究課題名（和文）ねじれたセルロースナノファイバーにおける力学的特質の解明

研究課題名（英文）Elucidation of mechanical properties in twisted cellulose nanofibers

研究代表者

上谷 幸治郎（Uetani, Kojiro）

大阪大学・産業科学研究所・助教

研究者番号：20733306

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、天然セルロースナノファイバーが固有に持つ右巻き捻れが力学性能に与える影響を明らかにする目的で、捻れ周期を超える十分に長いCNFの有限要素モデルを用いて引張・湾曲の力学試験を実施した。モデルの輪郭捻れと内部座標捻れを分離して解析することで、両者の寄与を明確化し、両者の拮抗作用で最終的な変形応答が決定されることを示した。引張変形では内部座標捻れによって回転変位が抑制され、湾曲変形では輪郭捻れが荷重方向以外への変形を抑制した。輪郭捻れを有するモデルの断面二次モーメントが周期変調することを示し、湾曲性が均質化される原因を解明した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、従来形態解析に留まっていたCNFの捻れが物性に及ぼす影響を解析した。特に、実験的には不可能な、捻れモデルの輪郭捻れと内部座標捻れを分離した解析プロセスにより、計算的手法の利点を最大限活用し、力学変位の不規則性に及ぼす両者の寄与を明確化した。引張および湾曲における弾性変形応答と捻れの関係を明確化することで、構造捻れ成分の異なる寄与が明らかになり、互いに拮抗して変形応答を決定することを導いた。本成果は、捻れたCNFを力学的に精密に活用するための学術的基盤となることが期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, the tensile and bending mechanical tests were conducted using the finite element model of a cellulose nanofiber (CNF) that is sufficiently long to exceed the torsion period, and the effect of the inherent right-handed torsion of natural CNFs on the mechanical performance was clarified. The contribution of both the contour torsion and the internal coordinate torsion was clarified. The final deformation response was found to be determined by the antagonistic effect of both torsional structures. In the tensile test, rotational displacement was suppressed by the internal coordinate torsion, while in the bending test, the contour torsion suppressed deformation in directions other than the loading direction. It is shown that the area moment of inertia of the model with contour torsion is periodically modulated, and the cause of the homogenization of the bendability was clarified.

研究分野：木質科学

キーワード：弾性変形 線形性 輪郭捻れ 内部座標捻れ

1. 研究開始当初の背景

木材由来の結晶性セルロースナノファイバー (CNF) は、幅 2~3 nm の六角形断面と、およそ 232 nm の非常に緩やかな捻れ周期を持つ。これまで、CNF の機械的特性を調べるために、原子間力顕微鏡を用いた~250 nm の短いスパンでの 3 点曲げ試験や、超音波破碎による確率論的解析 (木材 CNF では~300 nm に超音波破碎) がこれまでに行われてきた。しかし、極めて長いスパンでの力学試験は現実的に困難であり、CNF 固有の捻れ構造に由来する力学特性は解析されていなかった。一方シミュレーションでも、計算負荷と分子間相互作用の精度のバランスの問題から、長さの上限が 50 nm 程度の非常に小さな結晶モデルしか扱えなかったため、長いスケールの捻れに由来する力学的特性の解明は困難とされていた。特に、全原子分子動力学 (MD) を用いた力学計算は、原子断面積の定義が曖昧なため、得られるデータが一意ではないという欠点がある。この捻れ構造が発揮する力学特性を検証するためには、セルロースの分子構造に制約されない、十分に長いねじり棒モデルの力学特性を普遍的に理解することが重要だと考えられた。232 nm の捻れ周期よりもはるかに長い CNF モデルを取り扱うためには、原子情報を伴わない有限要素シミュレーションが现阶段で最も妥当であると見込まれた。

2. 研究の目的

本研究では、CNF の捻れた構造に由来する力学特性、すなわち弾性変形応答の特徴を明らかにすることを目的とする。その手段として、有限要素モデルを用いたシミュレーション解析を実施し、実験的に明らかにされた結晶断面構造、捻れ周期、直交異方性物性を用いた力学試験から、弾性変形挙動に及ぼす影響を具体的に明らかにする。

3. 研究の方法

有限要素シミュレーションソフト (COMSOL Multiphysics 5.4) を用いて、木材由来の CNF の六角形の断面形状とねじり周期に関する報告された知識に基づき、剛性テンソル、せん断弾性率、ポアソン比などの直方体の物理的特性がリンクしている断面方向の座標のねじりと曲線的な座標のねじりを持つねじり棒をモデル化した。1~25 周の長いスケールのねじれた CNF モデル (232~5800 nm) の引張および曲げ試験を行った。捻れ構造の影響を詳細に調べるために、輪郭捻れの有無と内部座標の捻れ (曲線座標) の有無を分離するため、4 種類のモデルを比較した。曲げ特性を特徴づけるために、ねじれた CNF モデルの面積慣性モーメントの変化を計算した。

4. 研究成果

(1) 有限要素モデルの構築とメッシュ分割依存性の検証

図 1 に示すように、木材 CNF で解析される 18 本鎖結晶モデルを参照し、断面が六角形で輪郭が捻れた CNF モデルを構築した。結晶軸捻れを再現するため、セルロース I β 結晶の直交異方性パラメータ (弾性テンソル、せん断係数、ポアソン比) を設定する内部座標を曲線化し、長手方向に右巻きの捻れを設定した。四面体の二次要素メッシュをメッシュサイズ 0.464~46.4 nm として生成し、計算負荷と収束性の両面を考慮して 10 周捻れにつき 82,685 メッシュを設定した。本試験に先立ち、10 周捻れモデルの総メッシュ数を約 10,000 から 400,000 程度まで段階的に変化させたいずれの場合も、各方位での引張変位はほぼ一定であり、変位のメッシュサイズ依存性が起こっていないことを確認した。

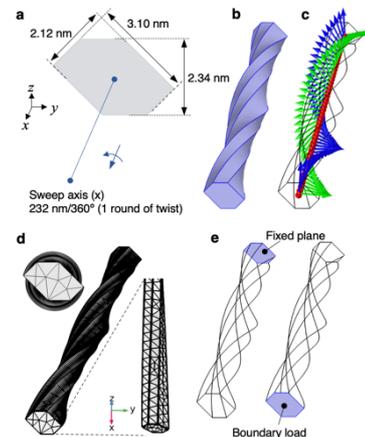


図 1. 有限要素 CNF モデルの設計

(2) モデルの引張試験

境界条件として、モデルの端面を固定拘束し、もう一方の端面にモデル長軸 (x 軸) 方向への引張荷重 1 nN を印加した。この荷重はモデル断面積を用いることで約 177 MPa 程度に相当すると見積もられる。1 周捻れモデルに引張荷重を印加すると、モデル全体が x 軸方向に伸長したのに加え、断面が僅かに回転変位を生じることが判明した。この傾向は 10 周捻れモデルでも確認された (図 2)。右巻き捻れモデルでは左回りの回転変位が、左巻きモデルでは右回りの回転変位が誘起された。また、荷重面の重心座標の抽出により、 y, z 軸方向への湾曲変位も同時に発生していることが判明した。すなわち、 x 軸方向への荷重印加によってそれ以外の方位への不規則な荷重伝達が発生した。これらの不規則変位は、捻れを与えない

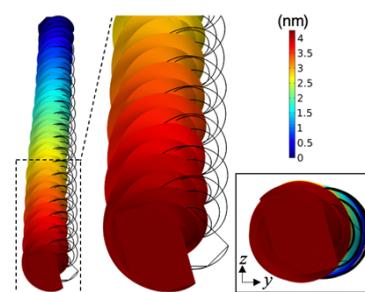


図 2. 10 周捻れモデルにおける引張変位

モデルでは発生することがなく、捻れ構造に起因した変位挙動であることが示された。

変位の捻れ周期依存性を特徴付けるため、1~25 周の捻れを持つ異なるモデルに対して引張試験を実施した。その結果、変形量が捻れ周期に伴って増加し、全てのモデルで僅かな湾曲変位と大きな回転変位が観測された。しかし、回転変位は全てのモデルで左巻きであったが、湾曲変位の方向はランダムであり傾向は見られなかった。変形後の荷重面重心座標を抽出すると、 x 軸方向の伸張は捻れ周期に伴って増加したが、 y, z 軸方向では挙動がランダムであり、計算上のゆらぎの範囲内に収まっていると示唆された。一方、すべてのモデルで不規則な回転変位が発生し、長軸周りの回転が捻れ周期に依存して増加した。

捻れ周期が増加してモデルが極めて長くなった場合の再現性を確認するため、25 周捻れモデルの力学計算を個別に 100 回繰り返し、変形後の荷重面重心座標のばらつきを評価した。変位の x 軸成分は変化せず、 y, z 成分がわずかにゆらぎを持つことが明らかになった。しかし、これらの変動はモデル全体の寸法ならびにそれぞれの方位における変位量に対して十分小さく、高い計算再現性が得られていると結論された。

次に、モデルの輪郭捻れと内部座標捻れの捻れ 2 成分を分離し、それぞれの有無を設定した 4 種類のモデルを用いて引張試験を実施した。輪郭捻れを有するモデルでは、内部座標捻れの存在によって x 軸回りの回転変位が大きく抑制される結果となった。一方、輪郭捻れが無い直線的なモデルでは、内部座標捻れに対応した小さな変形が見られたが、特に y 軸方向の湾曲変位が内部座標捻れによって抑制された。

(3) モデルの湾曲試験

輪郭捻れと内部座標捻れの 2 成分を分離設定した 4 モデルを用いて、荷重面に $-z$ 方向に 1 fN を印加する湾曲試験を実施した。輪郭捻れを持たないモデルでは、荷重した $-z$ 方向に加えて y 方向にも大きな変位が観測された。この荷重方向と異なる変位は、内部座標捻れの有無とは無関係であった。一方で、輪郭捻れを有するモデルでは、荷重方向のみに変位が観測されたため、応力伝搬の線形性が高いと考えられる。

そこで、モデルの長さを 232~3248 nm (捻れ 1~14 周に相当) に段階的に変化させたところ、輪郭捻れと内部座標捻れを両方有するモデルでは荷重方向の変位が総変位とほぼ一致し、 x や y 軸方向変位はほとんど見られなかった(図 3a)。一方、両捻れを有さない直線的なモデルでは、荷重方向の変位に加えて明確な y 軸方向変位を示し、その捻れ周期依存性も同時に観測された(図 3b)。この不規則変位は、引張試験と同様に直交異方的な物性に起因すると見られる。すなわち、物性の異方性に起因する不規則な湾曲変位が、輪郭の捻れによって明確に抑制されることが示された。

一方で、引張試験と異なり、内部座標捻れの有無は湾曲変位にあまり影響を与えなかった。また、 y 軸方向に湾曲変位を印加した場合も、 $-z$ 方向への荷重時と変位量が異なるが同様の不規則変位が観測された。実際の CNF は輪郭捻れ・内部座標捻れ共に有するモデルで近似され、結晶の厚みや表面状態、乾燥状態によっては両捻れ成分の無いモデルに近づく。捻れの 2 成分が存在する限り、湾曲変位が線形化され、線形応答材料に近づくことが判明した。

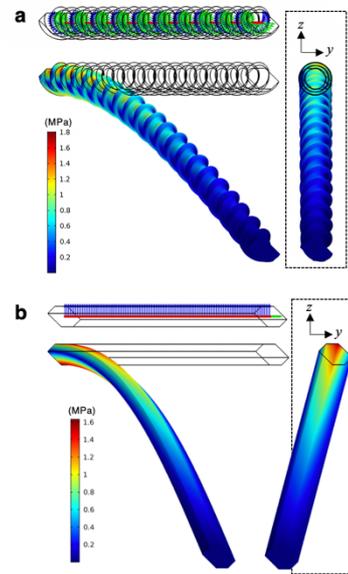


図 3. 輪郭捻れと内部座標捻れを有する 10 周捻れモデル(a)とどちらも有さないモデル(b)における湾曲変位。

(4) 断面二次モーメントの解析

輪郭捻れが直交異方的物性を平均化する理由を解明するため、モデルの長軸方向における断面構造の変化に注目した。輪郭捻れモデルでは、湾曲荷重方向が一定の場合、断面方向が CNF の長軸に沿って変化する。モデルの湾曲性(曲げやすさ)は断面二次モーメントで表現されることから、CNF モデルに対して初めて断面二次モーメントを定義した。その結果、図 4 のように y および z 軸における断面二次モーメントはいずれも断面の捻れ角に対して明確な周期性を示した。すなわち、輪郭捻れによってモデルの湾曲性が周期的に変調することが示された。この周期性が、物性の直交異方性を平均化し、荷重に対する応答性を線形に近づけたと考えられる。また輪郭捻れが無いモデルは、断面二次モーメントが常に一定であり、直交異方性が顕在化しやすくなると考えられ、上述の解析結果とも一致する。

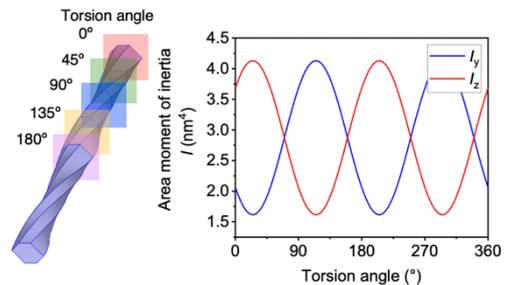


図 4. 輪郭捻れモデルの断面二次モーメント解析。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 12件）

1. 著者名 Koga Hirotaka, Nagashima Kazuki, Huang Yintong, Zhang Guozhu, Wang Chen, Takahashi Tsunaki, Inoue Akihide, Yan Hong, Kanai Masaki, He Yong, Uetani Kojiro, Nogi Masaya, Yanagida Takeshi	4. 巻 11
2. 論文標題 Paper-Based Disposable Molecular Sensor Constructed from Oxide Nanowires, Cellulose Nanofibers, and Pencil-Drawn Electrodes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 15044 ~ 15050
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.9b01287	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 Kasuga Takaaki, Yagyu Hitomi, Uetani Kojiro, Koga Hirotaka, Nogi Masaya	4. 巻 11
2. 論文標題 "Return to the Soil" Nanopaper Sensor Device for Hyperdense Sensor Networks	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 43488 ~ 43493
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.9b13886	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 Uetani Kojiro, Izakura Shogo, Koga Hirotaka, Nogi Masaya	4. 巻 2
2. 論文標題 Thermal diffusivity modulation driven by the interfacial elastic dynamics between cellulose nanofibers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nanoscale Advances	6. 最初と最後の頁 1024 ~ 1030
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9NA00734B	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 Nozomu, Itabashi Yutaka	4. 巻 11
2. 論文標題 Possible Roles of Amphiphilic Molecules in the Origin of Biological Homochirality	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Symmetry	6. 最初と最後の頁 966
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/sym11080966	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 Huang Yintong, Morishita Yoshitaka, Uetani Kojiro, Nogi Masaya, Koga Hirotaka	4. 巻 2
2. 論文標題 Cellulose paper support with dual-layered nano?microstructures for enhanced plasmonic photothermal heating and solar vapor generation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nanoscale Advances	6. 最初と最後の頁 2339 ~ 2346
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0NA00163E	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 Uetani Kojiro, Koga Hirotaka, Nogi Masaya	4. 巻 10
2. 論文標題 Checked Films of Multiaxis Oriented Nanocelluloses by Liquid-Phase Three-Dimensional Patterning	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nanomaterials	6. 最初と最後の頁 958 ~ 958
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/nano10050958	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 Kojiro Uetani, Takuya Kitaoka	4. 巻 16
2. 論文標題 Nanocellulose: Beyond the Ordinary	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 BioResources	6. 最初と最後の頁 1 ~ 4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15376/biores.16.1.1-4	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 -

1. 著者名 Li Chenyang, Kasuga Takaaki, Uetani Kojiro, Koga Hirotaka, Nogi Masaya	4. 巻 10
2. 論文標題 High-Speed Fabrication of Clear Transparent Cellulose Nanopaper by Applying Humidity-Controlled Multi-Stage Drying Method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nanomaterials	6. 最初と最後の頁 2194 ~ 2194
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/nano10112194	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 Uetani Kojiro, Kasuya Keitaro, Koga Hirotaka, Nogi Masaya	4. 巻 254
2. 論文標題 Direct determination of the degree of fibrillation of wood pulps by distribution analysis of pixel-resolved optical retardation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Carbohydrate Polymers	6. 最初と最後の頁 117460 ~ 117460
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbpol.2020.117460	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 Uetani Kojiro, Uto Takuya, Suzuki Nozomu	4. 巻 11
2. 論文標題 Irregular and suppressed elastic deformation by a structural twist in cellulose nanofibre models	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 790 ~ 790
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-80890-1	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 Zhu Luting, Huang Yintong, Morishita Yoshitaka, Uetani Kojiro, Nogi Masaya, Koga Hirotaka	4. 巻 9
2. 論文標題 Pyrolyzed chitin nanofiber paper as a three-dimensional porous and defective nanocarbon for photosensing and energy storage	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry C	6. 最初と最後の頁 4444 ~ 4452
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0tc05799a	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 Wang Jiahao, Kasuya Keitaro, Koga Hirotaka, Nogi Masaya, Uetani Kojiro	4. 巻 11
2. 論文標題 Thermal Conductivity Analysis of Chitin and Deacetylated-Chitin Nanofiber Films under Dry Conditions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nanomaterials	6. 最初と最後の頁 658 ~ 658
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/nano11030658	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 Tsuneyasu Shota, Watanabe Rikuya, Takeda Naoki, Uetani Kojiro, Izakura Shogo, Kasuya Keitaro, Takahashi Kosuke, Satoh Toshifumi	4. 巻 11
2. 論文標題 Enhancement of Luminance in Powder Electroluminescent Devices by Substrates of Smooth and Transparent Cellulose Nanofiber Films	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nanomaterials	6. 最初と最後の頁 697 ~ 697
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/nano11030697	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 Kasuga Takaaki, Yagyu Hitomi, Uetani Kojiro, Koga Hiroataka, Nogi Masaya	4. 巻 未定
2. 論文標題 Cellulose Nanofiber Coatings on Cu Electrodes for Cohesive Protection against Water-Induced Short-Circuit Failures	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Applied Nano Materials	6. 最初と最後の頁 未定
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnm.1c00267	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 Kojiro Uetani, Naliharifetra Jessica Ranaivoarimanana, Mayumi Hatakeyama, Takuya Kitaoka	4. 巻 16
2. 論文標題 Inherently Distinctive Potentialities and Uses of Nanocellulose Based on its Nanoarchitecture	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 BioResources	6. 最初と最後の頁 未定
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 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 Ikai Tomoyuki, Yamakawa Shoya, Suzuki Nozomu, Yashima Eiji	4. 巻 16
2. 論文標題 One Step Simultaneous Synthesis of Circularly Polarized Luminescent Multiple Helicenes Using a Chrysene Framework	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry - An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 769 ~ 774
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.202100035	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42件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 8件）

1. 発表者名 上谷幸治郎、井櫻勝悟、古賀大尚、能木雅也
2. 発表標題 ナノファイバー不織シートの伝熱性を機械制御する
3. 学会等名 日本繊維機械学会第72回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上谷幸治郎、宇都卓也、安藤大将、鈴木望
2. 発表標題 天然キラルナノファイバーの力学性能
3. 学会等名 2019年度繊維学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上谷幸治郎、宇都卓也、安藤大将、鈴木望
2. 発表標題 生体由来ナノ繊維の固有ねじれとメカニクス
3. 学会等名 第87回形の科学会シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yintong Huang、上谷幸治郎、能木雅也、古賀大尚
2. 発表標題 太陽光による水蒸気発生に向けた「ペーパーリアクター」の開発
3. 学会等名 第86回紙パルプ研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yintong Huang、上谷幸治郎、能木雅也、古賀大尚
2. 発表標題 Gold nanoparticle-anchored cellulose paper reactor with dual-layered nano/microstructures for photothermal vapor generation
3. 学会等名 第26回セルロース学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 李晨陽、春日貴章、上谷幸治郎、古賀大尚、能木雅也
2. 発表標題 Highly efficient drying process of transparent cellulose nanopaper
3. 学会等名 第26回セルロース学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上谷幸治郎、宇都卓也、安藤大将、鈴木望、古賀大尚、能木雅也
2. 発表標題 セルロースナノファイバーの捻れと非線形力学挙動
3. 学会等名 第26回セルロース学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 磯部紀之、岡田賢、上谷幸治郎、大長一帆、井櫻勝悟、能木雅也、齋藤継之、磯貝明、出口茂
2. 発表標題 ミリメートル厚を有する半透明セルロース板の創出
3. 学会等名 第26回セルロース学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Luting Zhu, Yuki Yoshida, Kojiro Uetani, Masaya Nogi, Hirotaka Koga
2. 発表標題 Structure and Electronic Properties of Carbonized Nanocellulose and Nanochitin Papers
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井櫻勝悟、上谷幸治郎、古賀大尚、能木雅也
2. 発表標題 バルク材料の伝熱性変化と力学ひずみ量における相関解明
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上谷幸治郎、鈴木望、宇都卓也、安藤大将
2. 発表標題 セルロースナノファイバーの固有捻れが生じる非線形弾性変形
3. 学会等名 第7回アライアンス若手交流会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 朱陸亭、吉田由紀、上谷幸治郎、能木雅也、古賀大尚
2. 発表標題 Nanocellulose and nanochitin-derived nanocarbons: structure and electrical properties
3. 学会等名 第46回炭素材料学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森下哲孝、上谷幸治郎、能木雅也、古賀大尚
2. 発表標題 樹木ナノセルロースを用いたナノポラスカーボンの調製と光熱変換機能
3. 学会等名 第46回炭素材料学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chenyang LI , Takaaki KASUGA , Kojiro UETANI , Hirotaka KOGA , Masaya NOGI
2. 発表標題 Study on Relative Humidity Controlled Drying Behavior of Transparent Cellulose Nanoapaper
3. 学会等名 第70回日本木材学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森下哲孝、Yintong Huang、上谷幸治郎、能木雅也、古賀大尚
2. 発表標題 炭化ナノセルロースペーパーのメソ孔構造設計とエネルギー変換機能
3. 学会等名 第70回日本木材学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上谷幸治郎、井櫻勝悟、春谷慶太郎、古賀大尚、能木雅也
2. 発表標題 CNFフィルムの熱拡散率における湿度依存性
3. 学会等名 第70回日本木材学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 春谷慶太郎、井櫻勝悟、古賀大尚、能木雅也、上谷幸治郎
2. 発表標題 多価金属イオンの導入によるCNFフィルムの熱拡散率の変化
3. 学会等名 第70回日本木材学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 春日貴章、柳生瞳、上谷幸治郎、古賀大尚、能木雅也
2. 発表標題 紙の特性を最大限に活用した湿度センサデバイスの開発
3. 学会等名 第70回日本木材学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 出口巧、上谷幸治郎、古賀大尚、能木雅也
2. 発表標題 微結晶セルロースのアルカリ処理による加熱黄変特性の変化
3. 学会等名 第70回日本木材学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yunxia WANG , Hitomi YAGYU , Kojiro UETANI , Hirotaka KOGA , Masaya NOGI
2. 発表標題 Comparison of cellulose nanopaper properties of Wise-treated or peracetic acid-treated wood pulp
3. 学会等名 第70回日本木材学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上谷幸治郎
2. 発表標題 セルロースナノファイバーの高伝熱性および伝熱ダイナミクスの発見と展望
3. 学会等名 第42回持続性木質資源工業技術研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 春日貴章、上谷幸治郎、古賀大尚、能木雅也
2. 発表標題 セルロースナノペーパーを誘電層として用いたコンデンサの特性評価及びセンサデバイス応用
3. 学会等名 第8回JACI/GSCシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 能木雅也、Yintong Huang、上谷幸治郎、古賀大尚
2. 発表標題 Solar Vapor Generationに向けた金ナノ粒子担持ペーパーリアクターの構造設計
3. 学会等名 第8回JACI/GSCシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chenyang Li, Takaaki Kasuga, Kojiro Uetani, Hirotaka Koga, Masaya Nogi
2. 発表標題 Investigation of drying rate behaviors of cellulose nanofiber film under different conditions
3. 学会等名 第9回 物質・デバイス領域共同研究拠点活動報告会平成30年度 ダイナミック・アライアンス成果報告会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古賀大尚、 福島大喜、 吉田由紀、 上谷幸治郎、 能木雅也、 長島一樹、 高橋綱己、 柳田剛、 仁科勇太
2. 発表標題 樹木ナノセルロースの電子機能創発
3. 学会等名 第9回 物質・デバイス領域共同研究拠点活動報告会平成30年度 ダイナミック・アライアンス成果報告会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上谷幸治郎
2. 発表標題 CNFの熱伝導特性並びに光学特性の理解とそれらの応用について
3. 学会等名 京都グリーンケミカル・ネットワーク オープンイノベーション ~ナノセルロースの最新状況~ ニーズ・シーズマッチング会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上谷幸治郎
2. 発表標題 セルロースのブランディングに向けて
3. 学会等名 第15回セルロース学会若手セミナー「セルロースの使い方の過去・現在・未来」講演会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Luting Zhu, Yuki Yoshida, Kojiro Uetani, Masaya Nogi, Hirotaka Koga
2. 発表標題 Carbonized bio-nanofiber paper forelectronic applications
3. 学会等名 The 2nd edition of the International Symposium of CEFMS-NCTU (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yintong Huang, Kojiro Uetani, Masaya Nogi, Hirotaka Koga
2. 発表標題 Solar-driven thermal energy generation in space by using functionalized paper
3. 学会等名 The 23rd SANKEN International Symposium, The 18th SANKEN Nanotechnology International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Luting Zhu, Yuki Yoshida, Kojiro Uetani, Masaya Nogi, Hirotaka Koga
2. 発表標題 Nanochitin-derived 3D porous and defective nanocarbons for photo-sensing and energy-storage applications
3. 学会等名 The 23rd SANKEN International Symposium, The 18th SANKEN Nanotechnology International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Keitaro Kasuya, Shogo Izakura, Hirotaka Koga, Masaya Nogi, Kojiro Uetani
2. 発表標題 Development of the thermal conductive papers for use in space
3. 学会等名 The 23rd SANKEN International Symposium, The 18th SANKEN Nanotechnology International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takaaki Kasuga, Hitomi Yagyu, Kojiro Uetani, Hirotaka Koga, Masaya Nogi
2. 発表標題 Fabrication of nanopaper multifunctional layers by printing techniques for degradable sensor devices
3. 学会等名 The 23rd SANKEN International Symposium, The 18th SANKEN Nanotechnology International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Chenyang Li, Takaaki Kasuga, Kojiro Uetani, Hirotaka Koga, Masaya Nogi
2. 発表標題 High-speed Fabrication of Transparent Cellulose Nanopaper Using an Air Spray system
3. 学会等名 The 23rd SANKEN International Symposium, The 18th SANKEN Nanotechnology International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kojiro Uetani, Shogo Izakura, Keitaro Kasuya, Hirotaka Koga, Masaya Nogi
2. 発表標題 From ground to space: Performance enhancement of heat transfer cellulose
3. 学会等名 The 23rd SANKEN International Symposium, The 18th SANKEN Nanotechnology International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takaaki Kasuga, Hitomi Yagyu, Kojiro Uetani, Hirotaka Koga, Masaya Nogi
2. 発表標題 Characterization of nanopaper capacitors and humidity sensors for green sensor networks
3. 学会等名 ACS Spring 2020 National Meeting & Exposition (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上谷幸治郎、井櫻勝悟、春谷慶太郎、古賀大尚、能木雅也
2. 発表標題 外的刺激に应答するCNF紙の伝熱ダイナミズム
3. 学会等名 2020年纖維学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yintong Huang、上谷幸治郎、能木雅也、古賀大尚
2. 発表標題 ナノ-マイクロ2層構造を有する紙の太陽熱蒸留器
3. 学会等名 第87回紙バルブ研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 李晨陽、春日貴章、上谷幸治郎、古賀大尚、能木雅也
2. 発表標題 Relative Humidity Regulated Fabrication Process for Effective Preparation of Clear Transparent Nanopaper and Its Applications
3. 学会等名 第87回紙バルブ研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上谷幸治郎
2. 発表標題 セルロースの熱伝導性解析と伝熱機能材料の設計
3. 学会等名 セルロース学会2019年度学会各賞・林治助賞授賞式&受賞講演（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 渡部陸矢、竹田直樹、春谷慶太郎、高橋宏輔、上谷幸治郎、常安翔太、佐藤利文
2. 発表標題 高輝度化を可能とする分散型ELペーパーデバイスの実現
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上谷幸治郎、春谷慶太郎、古賀大尚、能木雅也
2. 発表標題 光学位相差分布解析に基づく木材パルプの解繊度評価
3. 学会等名 第71回日本木材学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森下哲孝、上谷幸治郎、能木雅也、古賀大尚
2. 発表標題 炭化ナノセルロースペーパーの光熱変換機能開拓
3. 学会等名 第71回日本木材学会年次大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 上谷幸治郎	4. 発行年 2019年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 5
3. 書名 高熱伝導材料の開発～さらなる熱伝導率の向上のために～	

1. 著者名 上谷幸治郎	4. 発行年 2019年
2. 出版社 WEB Journal	5. 総ページ数 4
3. 書名 WEB Journal 2019年10月号	

1. 著者名 上谷幸治郎、古賀大尚、能木雅也	4. 発行年 2020年
2. 出版社 高分子学会	5. 総ページ数 5
3. 書名 高分子 69巻2月号	

〔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
研究 分 担 者	鈴木 望 (Suzuki Nozomu) (00779845)	名古屋大学・工学研究科・特任助教 (13901)	

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